KOREAN REGISTER

2007
선급 및 강선규칙

제 12 편
이중선체 유조선 공통구조규칙

RA-12-K

한 국 선 급

이중선체 유조선 공통구조규칙

머리말

본 규칙은 2006 년 4 월 1 일 발효한다.

본 규칙은 두 부분으로 구성되며, 한 부분은 정보를 위한 것으로, 상세한 요건을 구성하는 것은 아니다. 다른 한 부분은 길이 150m 이상의 이중선체 유조선에 대한 구조 규칙을 규정한 것이다.

정보로서의 사항은 **제 1 장 서론** 및 **제 2 장 규칙의 원칙**에 규정한다.

상세한 규칙 요건은 **제 3 장** 내지 **제 12 장** 및 **부록**에 규정한다.

㈜ 아래 내용은, 참고를 위한 영문 원본의 번역이다.

1. 이 지침은 별도로 명시하는 것을 제외하고는 2007 년 7 월 1 일 이후 건조되는 선박에 적용한다.

2. 2006 년판 규칙에 대한 개정사항은 아래와 같다.

적용일자 : 2007 년 4 월 1 일 (건조 계약일 기준)

제 **6** 장 재료 및 용접

3. 부식추가
- 표 6.3.1 을 개정함.

제 **8** 장 치수요건

1. 종강도
- 1.1.2.2 를 개정함.
- 1.1.2.5 를 개정함.
- 1.4.2.6 을 개정함.
- 1.4.2.8 을 개정함.

제 **9** 장 설계검증

2. 강도평가(유한요소법)
- 표 9.2.1 을 개정함.

제 **10** 장 좌굴 및 최종강도

2. 강성 및 치수비
- 표 10.2.1 을 개정함.

제 **11** 장 일반요건

3. 지지구조 및 구조적 부가물
- 3.1.4.14 를 개정함.

제 **12** 장 운항선 신환기준

1. 선체구조에 대한 허용 두께 감소
- 표 12.1.2 를 개정함.

부록 C 피로강도평가

2. 유한요소 기반 핫 스폿 방법

- 그림 C.2.2, C.2.3 을 개정함.

차 례

제5장 구조 배치

제6장 재료 및 용접

제7장 하중

제8장 치수요건

제9장 설계 검증

제10장 좌굴 및 최종 강도

제11장 일반요건

제12장 운항선 신환 기준

부록 A 선체거더 최종강도

부록 B 구조강도 평가

부록 C 피로강도 평가

부록 D 좌굴강도 평가

1 유조선 공통 규칙의 소개

1.1 일 반

1.1.1 적 용

1.1.1.1 이 규칙은 2006년 4월 1일 이후 건조 계약되어 선급에 등록된 길이(L) 150m 이상의 이중선체 탱커에 적용한다. 선박의 길이 L 의 정의는 **4장/1.1.1.1**에 따른다.

1.1.1.2 길이 150m 미만의 이중선체 탱커에 대해서는, 우리 선급의 관련 규칙에 따른다.

1.1.1.3 이 규칙 발효일 이전 계약된 선박은 우리 선급의 관련 규칙에 따른다.

(주) 건조 계약 일자라 함은 예정된 선주 및 조선소간의 건조 계약서에 서명된 날을 의미한다. 건조 계약일자와 관련한 상세한 내용은 IACS PR No.29를 참조.

1.2 우리 선급 규칙의 적용

1.2.1 이 규칙이 적용되지 않는 선박

1.2.1.1 이 규칙이 적용되지 않는 구조에 대해서는, 우리 선급의 관련 규칙에 따른다.

1.3 규칙 구성

1.3.1 구 성

1.3.1.1 이 규칙은 규칙의 목적을 만족하기 위한 상세한 적용 및 요건에 대한 지시사항을 규정하는 장으로 구성되어 있다. 규칙에서 요구하는 구조해석에 대한 적절한 절차는 부록에 따른다.

1.3.2 번호 부여 및 참조문

1.3.2.1 장 및 장 하위의 번호 부여는 **표 1.1.1**과 같다.

표 1.1.1
장의 번호 부여

순서	등급	예
1	편, 장 및 절 번호 (상단에 표기)	12편 1장(서론) 1절
2	절	1 공통 구조 규칙 소개
3	하위 절 2	1.1 일반
4	하위 절 3	1.1.1 규칙 개발
5	문단의 번호 부여	1.1.1.1 선급의 주요한 부분은 규칙의 개발이

1.3.2.2 표 및 그림의 번호 부여는 **표 1.1.2**와 같다.

표 1.1.2 표 및 그림의 번호 부여	
문서에서 표 위치	**번호 부여 예**
5장, 1절, 2번째 표	표 5.1.2
1장, 12절, 5번째 표	표 1.12.5
10장, 4절, 3번째 표	표 10.4.3
문서에서 그림 위치	
5장, 1절, 2번째 그림	그림 5.1.2
1장, 12절, 5번째 그림	그림 1.12.5
10장, 4절, 3번째 그림	그림 10.4.3

1.3.2.3 참조문은 이 문서에서 이탤릭체로 표기하였다.

1.3.2.4 장 내의 참조문은 절 또는 문단 번호로 표기하였다.

예) **4.2** 또는 **4.2.1.1 표 1.1.3** 참조

1.3.2.5 다른 장의 참조문은 장 번호/절 또는 문단 번호로 표기하였다.

예) **4장/2.1.1.3 표 1.1.3** 참조

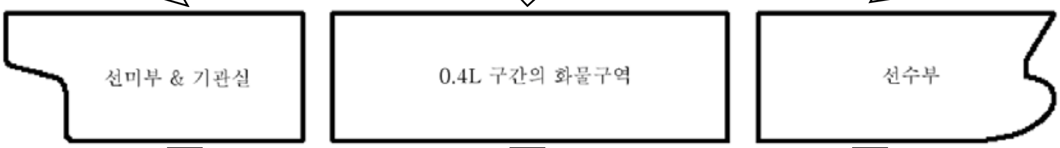
표 1.1.3 참조문의 적용	
참조문의 위치	**참조문의 예**
같은 장	
4.2의 본문	4.2 참조 또는 4.2에서
6.2.2의 본문	6.2.2 참조 또는 6.2.2에서
5.1.2.1의 본문	5.1.2.1 참조 또는 5.1.2.1에서
다른 장	
6장, 4.2의 본문	6장/4.2
6장, 6.2.2의 본문	6장/6.6.2
6장, 5.1.2.1의 본문	6장/5.1.2.1

1.3.3 규칙의 일반 구성

1.3.3.1 이 규칙의 일반 구성은 개략적으로 **그림 1.1.1**과 같다.

그림 1.1.1
규칙 체계 개략도

주 제	장
서론	1
규칙 원칙	2
규칙 적용	3
기본 정보	4
구조 배치	5
재료 및 용접	6
하중	7



주 제	장
기관실 일반구조	8/4.1
기관실 선저구조	8/4/2
기관실 선측구조	8/4.3
기관실 갑판구조	8/4.4
기관실 내부구조	8/4.5-4.8
선미 일반 구조	8/5.1
선미 선저 구조	8/5.2
선미 선측 구조	8/5.3
선미 갑판 구조	8/5.4
선미 내부 구조	8/5.5-5.7

주 제	장
선체 거더 강도	8/1
선체 외각판 부재	8/2.2
선체 외각 보강재	8/2.3
선저	8/2.4
격벽	8/2.5
1차 지지부재	8/2.6
슬로싱	8/6.2
선체거더 최종강도	9/1
강도평가(FEM)	9/2
피로 강도	9/3

주 제	장
일반 구조	8/3.1
선저 구조	8/3.2
선측 구조	8/3.3
갑판 구조	8/3.4
내부 구조	8/3.5-3.9
선저 슬래밍	8/6.3
선수 충격	8/6.4

주 제	장
선체 개구 및 폐쇄 장치	11/1
선원 보호	11/2
지지 구조 및 부가물	11/3
의 장	11/4
시험 절차	11/5
운항중의 교체 기준	12

1 서 론

1.1 원 칙

1.1.1 규칙의 목적

1.1.1.1 이 규칙의 목적은 인명의 안전, 환경 및 재산의 보전을 향상시키기 위해 구조적 손상의 위험성을 감소시키고, 선체구조가 설계 수명 동안 충분한 내구성을 확보하기 위한 규정을 확립하는데 있다.

1.1.2 일 반

1.1.2.1 각 절은 다음의 내용을 포함한다.

(a) 일반적인 가정 : 설계, 건조 및 선박의 운항과 관련된 것 및 선급, 선주, 조선소의 의무 사항에 관한 정보.

(b) 설계 기초 : 설계인자 및 선박의 운항상의 가정과 관련한 이 장의 규정이 기초로 하고 있는 설계 원칙인 전제사항을 지정.

(c) 설계 원칙 : 하중, 구조강도 및 평가 기준과 관련한 규칙의 구조적인 요건에 사용되는 기본적인 원칙을 정의 .

(d) 설계 원칙의 적용 : 설계 원칙 및 설계 방법의 적용, 구조의 사용 목적에의 적합성을 확인하기 위해 어떤 기준이 사용되는 가를 기술.

2 일반적인 가정

2.1 일 반

2.1.1 국제 및 국내 규정

2.1.1.1 선박은 IMO에 의해 국제적으로 규정되는 조약 및 주관청에 의해 시행하고 있는 법령의 틀속에서 설계, 건조 및 운항되어야 한다.

2.1.1.2 이 규칙은 모든 적용 가능한 법령이 만족하는 것으로 가정하고 있다.

2.1.1.3 이 규칙은 **표 2.2.1**의 IACS UR을 포함하고 있다.

2.1.2 선 급

2.1.2.1 선급은 선체구조 및 필수적인 공학시스템을 위한 기준을 개발하고 발간한다. 선급은 주관청의 권한을 부여받아 설계, 건조 및 운항중인 선박이 선급 규칙 및 적용 가능한 국제조약을 만족하는지를 검사한다.

표 2.2.1
유조선 강도에 적용되는 IACS 통일규칙

번 호	제 목
A1	의장품
S1	적하상태, 적하지침서 및 적하지침기기에 관한 규정
S2	선박의 길이 및 방형계수 C_b 의 정의
S3	선루 및 갑판실 단부격벽의 강도
S4	항복강도가 315 N/m^2 및 355 N/m^{2}의 고장력강의 사용 기준 (종강도 관련)
S5	보통형 선박의 구조치수 계산을 위한 중앙횡단면에서의 단면계수 계산
S6	각종 선체구조 부재에 대한 강재사용 – 길이 90m 이상의 선박
S7	최소 종강도 기준
S11	종강도 기준
S13	유조선의 선수 선저부 강도
S14	수밀구획의 시험 방법
S26	선수 노출갑판의 작은 해치의 강도 및 잠금장치
S27	선수 갑판 의장품 및 설비의 강도 규정 및 배치

2.1.3 선급, 조선소, 설계자 및 선주의 책임

2.1.3.1 이 규칙은 선급의 선체구조 부문에만 적용하므로 건조 및 운항 중에 이 규칙에 대한 적합성 검증과 관련된 요건은 포함하지 않는다. 이 적합성 검토는 각 당사자의 책임이며 적용에 관련된 모든 당사자들은 적절한 주의와 관리가 필요하다. 이러한 책임은 다음과 같다.

(a) 일반 관점 :

- 설계, 건조 및 운항에 관련된 정보 및 문서는 명확하고 효율적인 방법으로 모든 당사자 간에 전달되어야 한다. 건조자는 이 규칙의 요건에 따라 설계문서를 제공할 책임이 있다. 정보 및 문서에 대한 기타 요건은 각 선급에서 정한다.
- 이 규칙에의 적합성을 지원하기 위하여 설계, 건조, 운항 및 정비 활동에 대하여 품질시스템을 적용한다.

(b) 설계 관점 :

- 선박의 용도를 특정하는 것은 선주의 책임이며, 설계물의 운항 능력이 규칙에서 제공하는 구조 요건과 선주의 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 건조자의 책임이다.
- 건조자는 선박이 운항 제한 범위 내에서 안전하고 효율적으로 운항될 수 있도록 운항제한 사항을 식별하고 문서화하여야 한다.
- 건조자는 이 규칙 조항뿐만 아니라 국내외 법규에도 적합함을 검증해야 한다.
- 설계는 적합한 자질, 자격 및 경력을 갖춘 자가 수행해야 한다.
- 선급은 선박이 선급 규칙에 적합함을 검증하기 위하여 설계 계획 및 관련문서에 대한 기술적 검토와 검사를 수행할 책임이 있다.

(c) 건조 관점 :

- 건조자는 건조중에 적절한 감독 및 품질 관리가 수행되는지를 확인할 책임이 있다.
- 건조는 자격 및 경력을 갖춘자에 의해 수행되어야 한다.
- 정렬 및 공차를 포함한 기능은 선박 건조기준에 따라야 한다.
- 선급은 건조 및 품질 관리가 도면 및 절차에 적합한지 검사할 책임이 있다.

(d) 운항 관점 :

- 선주는 운항자가 안전 운항을 위한 제한 사항을 인식하고 준수하는지를 확인하여야 한다..
- 선주는 선박의 하중과 그에 따른 응력이 최소화되도록 숙련된 운항자를 제공해야 한다.
- 선주는 선박이 선급의 검사계획 및 국제 및 국내 규정 요건에 따라 최상의 상태로 유지되는지를 확인하여야 한다.
- 선급은 선박이 선급의 검사계획에 따라 선급 유지조건을 유지하는지를 검사할 책임이 있다.

3 설계 기초

3.1 일 반

3.1.1 설계 기준

3.1.1.1 이장의 규정은 규칙의 설계 원칙의 기초로서 사용되는 운항에 관한 설계 인자 및 전제조건에 대하여 규정한다.

3.1.1.2 이 규칙은 특정한 설계기준에 적합한 선박에 적용한다. 이 설계기준의 범위외에 대해서는 특별히 고려하여야 한다.

3.1.1.3 각 선박의 설계에 사용되는 설계기준은 문서화되어 선급에 검토 및 승인용으로 제출되어야 한다. 설계 기준과 다른 모든 사항들은 공식적으로 선급에 통보되어야 한다.

3.1.2 배열 및 배치

3.1.2.1 이 규칙은 길이 150m 이상의 전형적인 이중선체 탱커로서, 다음에 열거하는 배치를 가지는 선박에 적용한다.

(a) 기관실 및 갑판실이 화물구역의 후방에 위치한 선박

(b) 내각(inner skin)외에 선체중심에 종격벽 없이 두 개의 유밀 종격벽이 있거나, 또는

(c) 내각(inner skin)외에 중앙에 한 개의 유밀 종격벽을 가지는 선박

3.1.2.2 선박구조는 다음과 같이 가정한다.

(a) 용접 강구조물로 건조

(b) 보강 패널로 구성

(c) 종방향의 부재, 횡격벽 및 중간 특설늑골에 의해 구성

3.1.2.3 이 규칙의 규정을 적용하는 전형적인 배치는 **그림 2.3.1**과 같다. 구조 배치는 다음에 열거하는 배치를 가지는 것으로 한다.

(a) 조약요건에 적합한 폭/깊이 비를 가지는 좁은 이중선측구조 및 이중저 구조

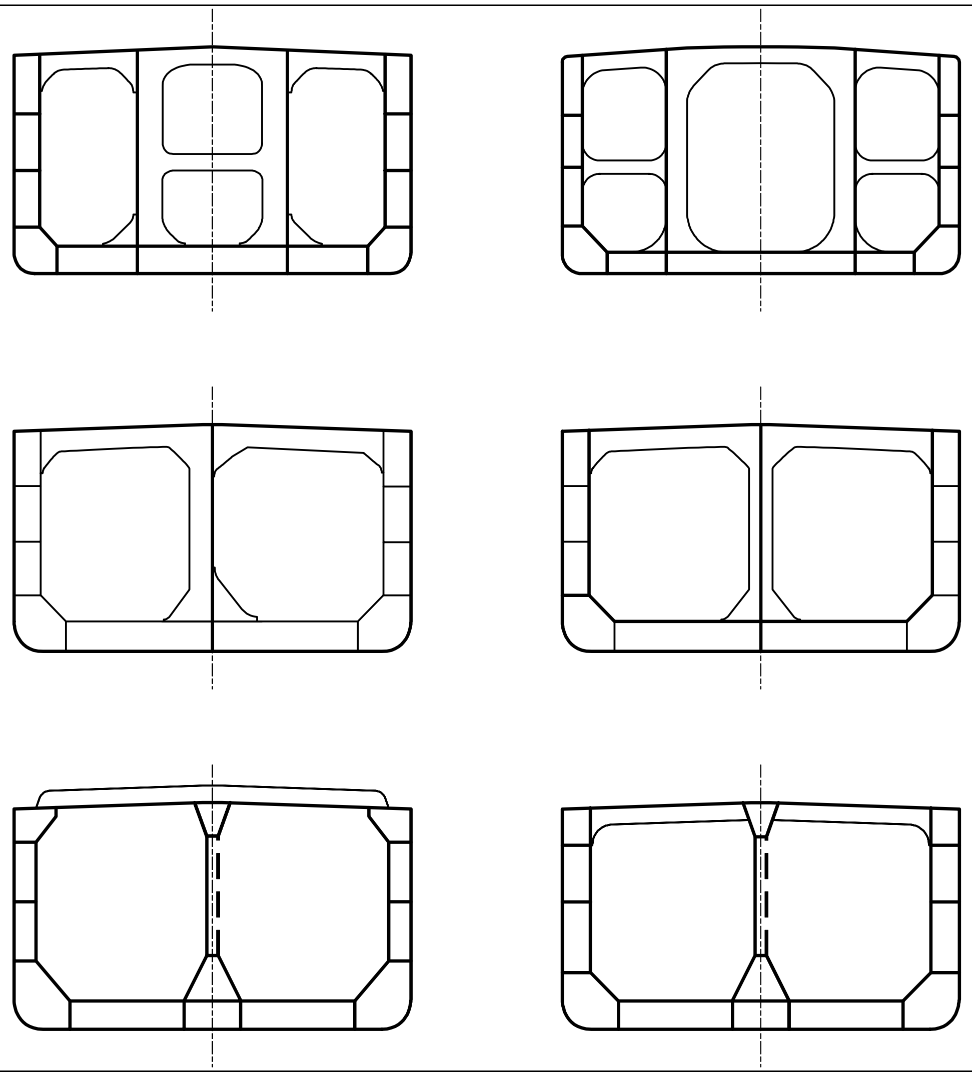
(b) 단일갑판 선박

(c) 선측 종늑골, 중심선 종늑골, 평판 횡격벽, 파형 횡격벽 또는 이중선체구조

(d) 격벽의 수와 위치는 조약 요건에 적합하도록 배치된 것.

그림 2.3.1의 단면은 대표적인 보기일 뿐이며, 이 외의 크로스 타이 및 특설늑골의 배치에 대해서도 동일하게 적용한다.

그림 2.3.1
이중선체탱커의 전형적인 배치



3.1.2.4 환경하중과 관련하여 다음에 열거하는 선체형상을 가지는 것으로 가정한다.

(a) 방형 계수(C_b)가 0.7 이상

(b) 선박 길이 대 폭의 비(L/B)는 5 이상

(c) 선박 폭 과 깊이의 비(B/D)는 2.5 미만

(d) 메타센터 높이(GM)는 균일 만재적재 상태에서 0.12B 정도, 밸러스트상태에서는 0.33B 정도로 되는 일반적인 것.

3.1.3 설계 수명

3.1.3.1 설계수명으로서 25년의 공칭 설계수명을 가정한다. 이 규칙에서 규정하는 설계수명은 선박이 운항에 종사한 공칭의 기간이다. 선박의 실제의 사용수명은 실제의 운항상태 및 보수정도에 의해 길게 되거나 짧게 되는 경우가 있다.

3.1.4 설계 속도

3.1.4.1 설계 최대 운항속도는 설계자가 설정한다. 이 규칙의 규정에 있어서 선박은 운항속도로 연속적으로 운항될수 있는 것으로 가정하고 있다. 단, 이것은 황천의 상황에서 선박을 적절히 운항하고, 감속 또는 진로의 변경을 행하여야 하는 선주 또는 운항자의 의무를 경감하지는 않는다. (**2.1.3.1(d)** 참조)

3.1.5 운항 조건

3.1.5.1 선박은 설계에 적합한 운항에 있어서 필요한 탄력성을 가지고, 소정의 화물을 운송할 수 있어야 한다. 설계자는 이 규칙에서 요구하는 화물 적하상태 및 선주가 요구하는 추가 요건을 만족하여야 한다.

3.1.5.2 이 규칙에서는 다음과 같이 가정한다.

(a) 이 규칙에 규정하는 최소한의 적하상태에 대하여 검토하여야 한다. 여기에는 항해시의 적하 하중상태 및 항내의 적하 하중상태를 포함하여야 한다.

(b) 최소한의 적하상태에 추가하여 예정된 선박의 운항 중에 정수중 전단력, 굽힘모멘트 또는 국부 정수압을 증가시킬수 있는 모든 적하상태가 검토를 위하여 제출되어야 한다.

(c) 트림 및 복원성 자료, 적하지침서 및 적하지침기기 시스템에는 적절한 조약 및 선급규칙에 적합한 선박의 운항상의 제한을 명시하여야 한다.

(d) 모든 화물창은 슬로싱을 포함한 국부강도 측면에서 **3.1.8**에서 규정하는 화물밀도에 대하여 아무런 제약이 없이 설계한다. 단, 규칙 및 적하지침서에 따른 인접한 탱크를 공창 또는 만재의 결과를 주는 적재경향의 제한은 1차 지지부재 및 선체거더 전단력 및 굽힘응력에 대하여는 적용한다.

3.1.6 운항시의 흘수

3.1.6.1 설계상의 운항흘수는 설계자에 의해 정의되며, 적절한 구조부재 치수에 의해 계산된 것이어야 한다. 설계상의 운항흘수는 적하지침서의 운항시의 모든 적재상태를 만족하는 것이어야 한다. 설계상의 운항흘수에 관하여, 최소한 다음의 항목에 대하여 고려하여야 한다.

(a) 최대 및 최소 평균 운항흘수

(b) 구조평가를 위한 최대 강도계산용 흘수

(c) 밸러스트탱크를 채우거나 비운상태의 선수 선저 슬래밍평가에 따른 선수 최소흘수

(d) 모든 화물탱크가 공창상태의 평균 최대흘수

(e) 중앙 혹은 선측화물탱크가 공창상태의 평균 최대흘수

3.1.7 외부 환경

3.1.7.1 전세계를 취항하고, 장래의 운항형태의 불확실성 및 그에 따른 조우할 파랑조건에 대응하기 위해 설계평가에 있어서 엄격한 해상조건을 적용한다. 규칙상의 요구는 선박의 설계수명 동안 북대서양의 파랑환경을 항행하는 선박에 근거를 두고 있다.

3.1.7.2 구조에 대한 바람 및 조류위 영향은 무시할 수 있는 것으로 포함하지 않는다.

3.1.7.3 이 규칙의 규정에 있어 빙하의 영향은 포함하지 않는다.

3.1.7.4 이 규칙의 규정은 다음과 같은 설계온도에 대한 선체강도부재의 구조평가를 유효한 것으로 가정한다.

(a) 일일 중 최저 평균 기온은 -15 °C

(b) 일일 중 최저 평균 수온은 0 °C

장기간 최저 평균기온보다 낮은 해역을 운항하는 선박은 우리 선급의 추가의 규정을 적용할 수 있다.

3.1.8 내부 환경 (화물 및 밸러스트 탱크)

3.1.8.1 화물 비중량(SG) 1.025 또는 설계자가 이것보다 높은값을 설정한 경우는 화물탱크 구조의 강도평가 시 화물유 비중량으로서 설정한 값을 적용하여야 한다.

3.1.8.2 화물탱크 구조의 피로 평가시에는 선박의 운항기간중을 통하여 대표적인 평균 화물 밀도를 적용하여야 한다. 이 대표적인 평균 밀도는 0.9 t/m^3로서, 이것보다 큰 경우에는 균일 강도계산용 흘수상태에서 계산된 화물밀도로 하여야 한다.

3.1.8.3 해수 밸러스트에 대한 화물밀도는 1.025(t/m^3)로 한다.

3.1.8.4 이 규칙의 규정에 있어서 화물의 설계 온도는 아래와 같다.

(a) 최고 설계 온도 80 °C

(b) 최저 설계 온도 0 °C.

3.1.8.5 이 규칙에서 규정하는 부식추가에 대한 설계 관점 및 가정은 다음에 따른다.

(a) 부식추가는 경험 및 과거의 부식 측정치의 통계적 평가를 조합한 것에 기반을 두고 있다. 부식추가는 원유 및 기타 각종의 부식특성을 가지는 유제품의 혼합적재를 근거로 한다.

(b) 부식추가는 **3.1.3.1**의 설계수명을 근거로 한다.

(c) 밸러스트 탱커는 도장된 상태이며, 도장의 시공 및 유지 요건은 이 규칙에서 제외한다.

3.1.8.6 부식추가 및 쇠모 허용값은 **6장/3** 및 **12장**에 각각 규정되어 있다.

3.1.9 구조물의 제작 및 검사

3.1.9.1 이 규칙의 구조 요건은 선박건조 및 수리가 적절한 조선, 수리표준 및 허용값에 따라 실시된다는 가정을 근거로 규정한다. 이 규칙의 적용에 있어서 구조의 주요개소의 건조 및 수리시에 추가의 주의사항을 요구할 수도 있다.

3.1.9.2 탱크 강도시험 및 수밀시험은 검사계획의 일부로서 시행되어야 한다.

3.1.9.3 이 규칙은 각각의 구조 요소에 대한 신환기준을 규정한다. 이 구조 요건은 우리 선급의 규칙에 따라 정기적 검사를 받는 것을 전제로 하고 있다. 모든 구조 요소는 검사를 위해 접근 가능하도록 배치되어야 한다.(**5장/5** 참조) 주요 부위에 대한 정밀검사를 규칙에 근거하여 정기적으로 시행하는 것을 전제로 한다.

3.1.10 선주의 추가 요구

3.1.10.1 일반적인 선급규칙 또는 협약규정에 부가하여 선주의 특정요건이 구조설계에 영향을 줄 수도 있다. 선주의 추가사항에는 다음의 요건을 포함하는 경우가 있다.

(a) 진동 해석

(b) 고장력강 사용율의 최대치

(c) 규칙의 요구치를 상회하는 추가의 부재 치수

(d) 규칙 등에서 규정하는 하중에 대한 추가의 설계 여유

(e) 설계 피로수명에 대하여 설계수명의 증가 또는 그것과 동등한 수법에 의한 피로강도의 개선

(f) 화물의 적재상태 및 규칙에 규정하는 상태를 상회하는 흘수에 관한 조합 조건

(g) 정기적으로 고밀도의 화물을 부분적재 상태에서 수송하는 선박에 대한 피로강도 평가를 위한 보다 높은 화물밀도

선주의 추가사항은 이 규칙에서는 다루지 않으며, 구조설계에 영향을 줄 수 있는 선주의 추가사항은 설계 문서에 확실히 기재되어야 한다.

4 설계의 원칙

4.1 원칙 전반

4.1.1 서 론

4.1.1.1 이 규정은 하중, 구조강도 모델 및 평가 기준 그리고 건조와 운항면에서 규칙의 기초로 되는 설계 원칙을 규정한다.

4.1.2 일 반

4.1.2.1 이 규칙은 다음의 전반적인 원칙에 근거한다.

(a) 선박이 운항하중, 환경하중 또는 환경상태의 영향하에 있는 경우, 그 구조 안전성은 잠재적 구조붕괴 모드에 의해 구현할 수 있다.

(b) 설계는 **3절**의 설계기초에 적합하고 있다.

(c) 구조평가는 가능성이 있는 대표적인 최악의 실현가능한 하중 시나리오에 의한 하중에 근거를 두고있다.

(d) 하중 및 강도모델에 따른 평가기준에 관한 구조요구는 요구의 각 요소를 명확히 나타내는 산식의 형태로 표현한다.

4.1.2.2 선체구조는 다음과 같이 설계한다.

(a) 선체구조는 고유의 여유를 가지도록 설계한다. 선체구조는 계층의 하방에 있는 구조요소의 손상이 즉시에 높은 계층의 구조요소의 손상을 초래하지 않도록 계층적인 거동을 한다.

(b) 선체구조는 영구적인 변형이 최소화 되도록 설계한다. 특히 구조의 건전성, 건전성의 억제, 구조 또는 다른 시스템에 영향을 주지않는 경우에 한하여 국부패널 또는 개개의 보강 패널 부재의 영구변형을 허용하여도 좋다.

(c) 선체구조는 운항중의 균열을 최소화 하도록 설계한다. 특히 구조의 건전성 또는 건전성의 제어에 영향을 주는 장소에 발생하는 균열, 구조 또는 다른 시스템에 영향을 주는 장소에 발생하는 균열, 검사 및 수리가 어려운 장소에 발생하는 균열을 최소화 하도록 설계한다.

(d) 구조가 사고에 의해 손상을 일으키는 상태, 예로서 구획이 침수하는 것 같은 경미한 영향에 있어서도 생존하도록 충분한 구조적 여유를 가져야 한다.

4.2 하 중

4.2.1 하중 시나리오

4.2.1.1 구조평가에 적용하는 하중은 해상 및 항내에 있어서 운항중에 선박이 조우하는 하중 시나리오를 포함한다.

4.2.2 설계하중 조합

4.2.2.1 설계하중 조합은 파악된 하중 시나리오를 나타내는 국부하중 및 전선하중으로 구성된다. 설계하중 조합은 정상운항에서 일어나는 모든 시나리오를 포함하도록 충분히 가혹하고 다양하여야한다.

4.2.2.2 선체 및 구조부재에 대한 설계하중 조합은 모든 하중의 조합에서도 일관된 안전수준을 유지하기 위하여 가장 불리한 하중의 조합을 고려한다.

4.2.2.3 설계하중 조합은 하중의 종류 및 하중 시나리오에 따라 다음의 정하중 및 동하중의 조합 중의 하나를 기초로 한다.

(a) 설계 정하중 조합(S)
모든 관련 정하중으로 일반적인 항 내, 탱크시험 또는 유사상태의 하중 시나리오를 모두 포함

(b) 설계 정하중 및 설계 동하중 조합(S+D)
모든 관련 정하중 및 동시에 발생하는 동하중의 조합으로 항해 중의 하중 시나리오

(c) 설계 충격하중 조합
항해 중 선저슬래밍 및 선수충격과 같은 충격하중. 일반적으로 충격하중과 연계된 다른 정하중 및 동하중은 무시해도 좋다.

(d) 설계 슬로싱하중 조합
항해 중의 조우하게 될 슬로싱하중

(e) 설계 피로하중
모든 관련 동하중

(f) 설계 사고하중 조합
일반적인 운항상태에서는 발생하지 않는다고 생각하는 우발적 하중

4.2.3 하중 분류

4.2.3.1 설계 하중조합은 **표 2.4.1**에 분류된 다양한 하중의 종류로 이루어져 있다.

4.2.3.2 운항하중은 정적하중이다. 이에는 경하중량, 부력하중, 변동하중 및 기타 하중으로 분류한다. 운항하중은 선박의 운항 및 조종의 결과로 발생한다.

4.2.3.3 환경하중은 외부영향에 따른 동하중이다. 규칙에 의한 환경하중은 파랑에 의한 것이다.

4.2.3.4 사고하중은 사고 또는 선박 운항과실로 인한 하중을 포함한다. 규칙에 의한 사고하중은 구획의 침수로 탱크압력을 증가시킨다.

4.2.3.5 변형하중은 열하중 및 잔류응력에 기인한다. 변형하중으로 인한 영향은 무시한다.

표 2.4.1
하중 분류

운항하중	경하 중량	강재무게 및 의장품 기관 및 영구 부착설비
	부력하중	배의 부력
	변동하중	화물 밸러스트수 비품 및 소모품 사람 임시설비
	기타 하중	예선 및 접안하중 예인하중 묘박 및 계선하중 크레인하중
환경하중	관성 하중을 포함하여 파랑에 의한 주기적 하중	동파랑압력
		선박운동가속도에 의한 동하중 및 동탱크압력
	충격하중 또는 변천하중	파랑충격 선저슬래밍 탱크 내의 액체슬로싱 그린파랑하중
사고하중		구획의 침수
변형하중		열하중 건조 시의 변형

4.2.4 특성 하중치

4.2.4.1 규칙에서 적용하는 하중요소의 특성치는 고려되는 설계하중 조합에 따른다. 하중의 특성은 일반적으로 다음에 따른다.

(a) 운항하중에서의 특성하중은 예상치 또는 정해진 값이다.

(b) 환경하중에서의 특성하중은 예를 들어 ‘극한치’ 같은 낮은 발생확률을 가진 일반적인 하중 값이다.

4.2.5 운항 하중

4.2.5.1 부력에 의해 선체에 가해지는 해수 정수압의 특성치는 고려하는 적하상태에서의 흘수에 따른다.

4.2.5.2 탱크 내부의 정압력에 대한 특성치는 채워진 높이와 화물/밸러스트의 비중량에 따르며, 공기관의 높이, 감압밸브의 조절 및 펌프 용량에 따라 발생할 수 있는 과압에 대한 허용값이 포함된다.

4.2.5.3 인원, 비품과 소모품, 임시용 및 상용 장비로 인한 하중의 특성치는 특정 수치를 기초로 한다.

4.2.5.4 예인선, 접안, 예인 및 계류하중의 특성치는 특정 수치를 기초로 한다.

4.2.6 환경 하중

4.2.6.1 **7장/3**의 파랑하중에 대한 규칙은 **4.2.6.2**에 따라 계산된 값을 기초로 하며, 운항경험 및 모델테스트의 피드백을 통해 수정된다.

4.2.6.2 파랑하중치를 산출하기 위한 일반 원칙은 아래와 같다.

(a) 하중치는 모든 유사 하중 시나리오에 일관되게 적용한다.

(b) 하중의 적용 목적 및 구조평가 방법에 적합하도록 하중 특성치를 선정한다. 즉, 강도평가에서는 예상되는 선박수명에서의 최대하중을 적용하고 피로평가에서는 예상하중 내역을 대표하는 평균치를 적용한다.

(c) 하중계산은 3차원 선형 유체역학 계산방법을 사용한다. 속도의 영향도 고려한다.

(d) 파랑 특성하중의 산출은 파랑환경(북대서양), 선박과 파랑의 진행각의 확률, IACS Rec.34에 따른 초과하중의 확률을 포함하는 장기통계방법을 기초로 한다.

(e) 예상선박수명의 최대하중에는 비선형 효과를 고려한다.

4.2.6.3 동하중의 조합은 모든 동하중이 동시에 일어나는 것으로 고려한다. 동시에 일어나는 하중을 정하는데 하나의 특정 하중성분을 최대화 또는 최소화 하고 동시에 일어나는 모든 하중성분의 상대 크기는 동하중 조합인자의 적용에 따라 정해진다. 이 동하중 조합인자는 등가의 설계파도의 적용을 기초로 하며, 그 값은 표로 주어진다.

4.2.6.4 선저 슬래밍, 선수충격하중 및 그린파랑 하중은 다음 요소를 고려한다.

(a) 선박 흘수

(b) 선체 형상

(c) 진로

(d) 전진 속도

(e) 갑판실/선루의 위치

(f) 구조요소의 형상

4.2.6.5 슬래밍 충격하중은 구조물에 순간 동적응답으로 나타난다. 충격하중의 식은 노출 선체 표면에 작용하는 동등한 정하중으로 고려한다.

4.2.6.6 선박의 전길이에 걸친 갑판구조물에 작용하는 그린파랑하중 효과도 고려한다. 선수부 및 중앙 평행부에 대한 그린 파랑하중은 모델테스트, 선박운동해석 및 운항경험을 기초로 결정된다. 선미부에서의 그린 파랑하중은 선수부 및 중앙부 하중에서 유도된 값으로 사용한다.

4.2.7 사고 하중

4.2.7.1 사고하중 시나리오는 IMO협약에 있는 가정에 따른 침수의 결과로 국부구조에 작용하는 하중을 다룬다. 이것은 수밀구획 경계에 대한 평가와 관련된다.

4.2.7.2 그러나 침수 상태의 흘수에 상응하는 정하중 만을 고려한다.

4.2.8 변형 하중

4.2.8.1 설계기초에서 규정한 한계 내의 열하중은 무시할 수 있는 것으로 간주 한다. 예측되는 열팽창의 고려 및 허용에 대해서 주의를 한 것으로 가정한다.

4.3 구조 능력 평가

4.3.1 일반

4.3.1.1 구조설계에 대한 기본원칙은 필요한 구조치수를 결정하기 위하여 정의된 설계하중을 적용하고 발생 가능한 실패 모드를 식별하며, 적절한 능력 모델을 찾아 적용하는 것이다.

4.3.2 강도에 대한 능력 모델

4.3.2.1 강도평가 방법은 필요한 정확도까지 문제의 실패 모드를 분석할 수 있어야 한다. 같은 실패 모드에 대해 여러 가지 평가방법이 적용될 수 있다.

4.3.2.2 강도능력 모델의 선택 시 다음 사항을 고려한다.

(a) 구조부재가 계통도의 상위 레벨 및/또는 후속 단계에서 더 정확한 방법 또는 더 정확한 응답 계산에 의하여 평가되었는지 여부

(b) 일부 응력 요소가 무시된 단순 능력 모델은 항상 보수적인 결과를 도출

(c) 실패 모드 평가를 위한 적절한 방법론

(d) 하중의 확률수준

(e) 주어진 하중 수준까지 구조의 물리적 거동을 표시하기 위한 응답 계산 능력

(f) 구조의 복잡성

(g) 하중의 복잡성

(h) 구조부재에 대한 임계성 (이것은 주로 평가기준에 영향을 주지만 구조평가를 위한 적절한 방법론 선택과 관련하여 고려하여야 한다)

4.3.2.3 구조능력의 평가 방법은 규정된 형식 또는 유한요소법과 같은 한층 진보된 계산의 사용을 요구한다.

4.3.2.4 응력, 변형 및 능력 결정에 사용되는 식은 선택된 능력평가 방법 및 설계 하중의 유형과 크기에 대해 적절해야 한다.

4.3.3 피로에 대한 능력 모델

4.3.3.1 피로평가 방법은 피로 실패로부터 세부 구조를 보호하기 위한 규칙 요건을 제공한다.

4.3.3.2 피로능력 모델은 S-N곡선, 특성응력 범위 및 가정된 장기응력 분포곡선을 조합한 선형누적손상법칙(Palmgren-Miner 법칙)을 기초로 한다.

4.3.3.3 피로능력 평가모델은 규정된 형식 또는 유한요소법과 같은 한층 진보된 계산법의 사용을 요구한다. 이 방법은 전선 및 국부 동하중의 조합된 영향을 고려한다.

4.3.4 순두께 계산 방법

4.3.4.1 순두께 계산방법은

(a) 선박 건조 단계에서 강도 계산에 사용되는 두께와 운항 단계에서 적합한 최소 두께 사이의 직접적인 관계를 제공한다.

(b) 선박의 수명 동안 부식에 관한 구조물의 상태를 명확히 할 수 있다.

4.3.4.2 순두께 계산방법은 국부부식과 전체부식의 차이를 구분한다. 국부부식은 판 또는 보강재와 같은 국부구조부재의 균일한 부식으로 정의된다. 전체부식은 일차지지부재 및 선체거더와 같은 넓은면적의 전체 평균부식으로 정의된다. 국부부식과 전체부식 모두 신조의 검토 사항으로 사용되며, 선박의 운항 중에 확인한다.

4.3.4.3 국부부식에 대한 순두께 계산방법은 **그림 2.4.1(a)**와 같이 신조 두께로 사용되며, 다음에 따른다.

(a) 국부강도 요구는 반올림한 순두께($t_{net\ req}$)로 한다.

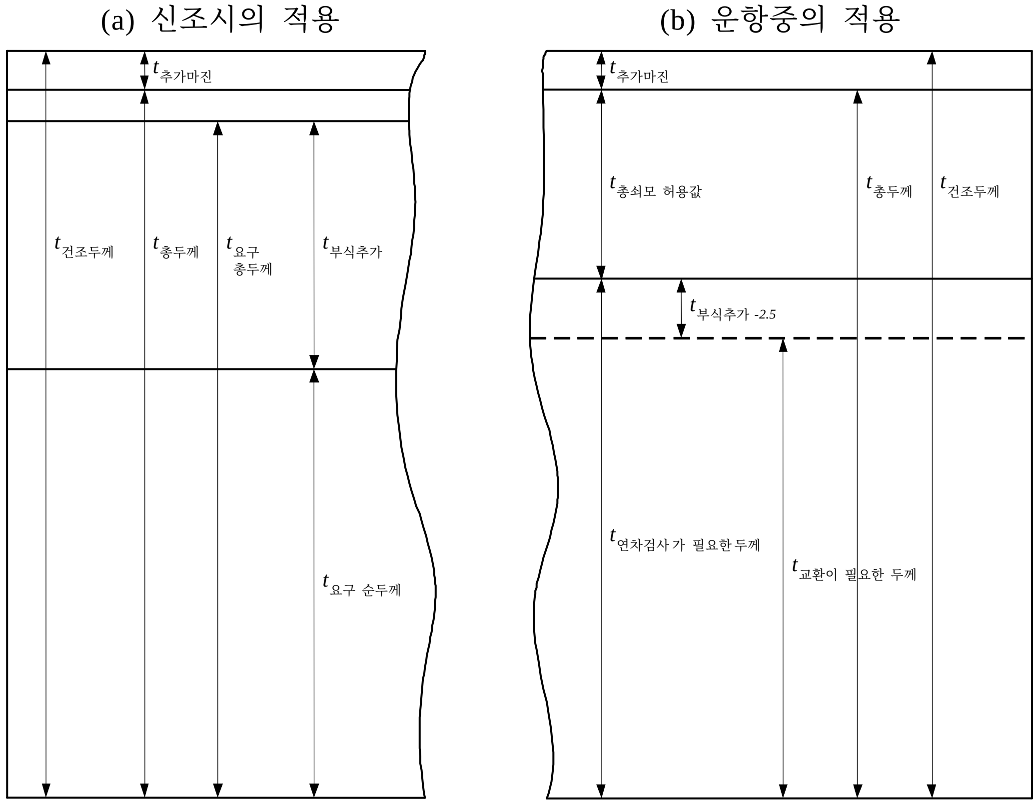
(b) 요구 총두께($t_{grs\ req}$)는 요구 순두께($t_{net\ req}$)에 부식추가(t_{corr})를 더한값으로 한다.

(c) 총두께(t_{grs})는 요구 총두께($t_{grs\ req}$)에 적합하도록 설계자가 결정한 실제 두께이고, 총두께($t_{grs\ req}$) 이상으로 한다.

(d) 건조두께는 총두께(t_{grs})에 선주의 추가마진을 합한 것이다.

(e) 선주가 정한 추가 두께(추가마진(t_{own}))은 요구 총두께($t_{grs\ req}$)의 평가에 포함되지 않는다.

그림 2.4.1
국부쇠모에 대한 순두께 계산



4.3.4.4 선박운항 중 국부신환두께를 정하기 위한 순두께 계산은 그림 **2.4.1(b)**와 같고, 다음에 따른다.

(a) 연차검사시에 판두께 계측이 필요한 경우의 요구두께(t_{annual})는 건조두께($t_{as\ \ built}$)에서 전체의 쇠모 허용값(t_{was}) 및 선주의 추가마진(t_{own})을 뺀값으로 한다.

(b) 교환이 요구되는 두께(t_{ren})는 건조두께($t_{as\ \ built}$)에서 쇠모 허용값(t_{was}), 두께$t_{corr\text{-}2.5}$ 및 선주의 추가마진(t_{own})을 뺀값으로 한다. 여기서, $t_{corr\text{-}2.5}$는 중간검사 및 정기검사 사이의 2.5년 사이에 예상되는 부식에 대한 쇠모추가이다.

(c) 전체 쇠모 허용치는 이 규칙에서 정한 쇠모 허용값(t_{was}) 및 예비 부식추가($t_{corr\text{-}2.5}$) 및 추가적인 선주의 마진(t_{own})을 더해서 얻어진다.

(d) 연차검사전에 이 규칙에서 규정하는 쇠모 허용값(t_{was})는 부식추가(t_{corr})에서 두께 $t_{corr\text{-}2.5}$ 를 뺀값으로 한다.

이 평가방법에 있어서 계측된 두께가 연차검사시에 계측이 요구된 경우의 요구 두께(t_{annual})보다 클 경우의 두께계측 간격은 2.5년 으로서, 계측된 두께가 연차검사시에 계측이 요구되는 경우의 요구두께(t_{annual})보다 작은 경우의 두께계측 간격은 1년 간격으로 한다.

4.3.4.5 1차 지지부재 및 선체거더 횡단면의 전반적인 평균부식은 해당하는 단면을 구성하는 모든 구조부재에서 국부 부식추가의 절반($0.5t_{corr}$)을 빼서 얻는다.

4.3.4.6 국부 치수 산정은 순선체거더특성(즉, 선체 거더의 전반적인 평균부식) 및 고려되는 국부 부재의 순두께에 기초한 국부응력(즉, 국부 부식)으로 주어지는 선체거더응력에 기초하여 이루어 진다. 선체구조는 최대로 국부적인 부식을 선체거더는 선체거더 부식으로 최대한 감소됨을 가정한다.

4.3.4.7 전선(선체거더 및 1차 지지부재) 치수의 평가는 전반적인 부식(즉, 모든 구조 부재에 대해 동시에 절반의 국부 부식)에 기초한다. 완전 국부 부식이 전반적으로 일어나지 않으므로 부식치는 더 낮게 가정하는 것이 적절하다. 각각의 부재는 최고 부식 추가치까지 부식할 수 있고, 이는 좌굴 평가에서 고려되어야 한다.

4.3.4.8 피로는 누적평가이므로 평가에 사용되는 치수 및 응력은 설계수명에 걸쳐 대표적인 평균치로 취한다. 설계수명 동안의 평균부식은 강도평가에서 가정하는 부식의 절반으로 한다. 국부응력은 국부 부식추가의 절반을 기초로 계산하고 선체거더응력은 전반적 부식의 절반을 기초로 계산한다. 전반적 부식의 절반은 동시에 모든 구조부재의 완전 국부부식추가의 1/4을 감함으로 얻어진다.

4.3.4.9 운항에서 실제쇠모량은 다음으로 한다.

(a) 국부적으로 : 완전 부식추가는 검사기간 동안 대표적인 쇠모에 대한 양보다 적다.

(b) 전반적으로 : 완전 전반적인 부식추가는 검사기간 동안 대표적인 쇠모에 대한 양보다 적다. 전반적인 쇠모는 운항중 선박의 전반적인 특성을 평가함으로서 감시된다.

4.3.5 비손상 구조

4.3.5.1 모든 강도계산은 구조가 비손상임을 전제로 한다. 구조 손상 상태에서 선박의 잔존 강도는 평가하지 않는다.

4.3.5.2 도장 또는 부식방지 시스템을 갖추더라도 구조능력에 대한 평가에서는 아무 이익이 없다.

4.4 재료 및 용접

4.4.1 재 료

4.4.1.1 구조부재를 위한 재료 선택과 관련한 규칙의 요건은 위치, 설계 온도(**3.1.7.4** 및 **3.1.8.3** 참조), 멤브레인, 두께 방향의 힘 및 부재의 중요도를 기초로 한다. 이 요건은 **IACS UR S6**을 따른다.

4.4.1.2 규칙 요건은 재료들이 **IACS UR W13**에 정의된 허용여유치 두께내에서 건조된다는 가정에 근거한다.

4.4.2 용 접

4.4.2.1 용접 형태, 크기 및 재료에 대한 이 규칙의 요건은 다음을 기초로 하여 고려한다.

(a) 접합 형태

(b) 접합 부재의 중요도

(c) 접합부에서 응력의 크기, 형태 및 방향

(d) 모재 및 용접재의 재료 특성

(e) 용접 틈 크기.

4.5 평가/허용 기준

4.5.1 설계 방법

4.5.1.1 치수의 평가 기준은 다음의 설계 방법을 기초로 한다.

(a) 작용응력설계(WSD, 허용응력방법)

(b) 부분 안전계수방법(PF) 또는 하중 및 저항계수 설계(LRFD)

4.5.1.2 WSD 및 PF에 대하여 설계평가조건 및 합격기준은 다음 두 가지와 같다. 이 조건은 조합하중의 확률과 관계가 있다.

(a) 조건 A는 일반적으로 정적설계하중의 조합인 예상(expected) 특성하중치에 기초한 설계하중조합에 적용한다.

(b) 조건 B는 일반적으로 정/동적설계하중의 조합인 최고(extreme) 특성하중치에 기초한 설계하중조합에 적용한다.

4.5.1.3 작용응력설계(WSD)는 다음과 같이 주어진다.

$W_{stat} \le \eta_1 R$: 조건 A

$W_{stat} + W_{dyn} \le \eta_2 R$: 조건 B

여기서,

W_{stat} : 동시발생 정하중(응력의 관점에서 하중효과)

W_{dyn} : 동시발생 동하중(동하중은 일반적으로 국부 및 전체하중요소의 결합이다)

R : 특성구조능력(항복응력 또는 좌굴능력)

η_n : 허용사용계수(저항계수), 사용계수에서는 하중, 구조능력 및 고장에 대한 불확실성을 고려한다.

4.5.1.4 부분 안전계수방법(PF)는 다음과 같이 주어진다.

$\gamma_{stat-1} W_{stat} + \gamma_{dyn-1} W_{dyn} \le \dfrac{R}{\gamma_R}$: 조건 A

$$\gamma_{stat-2} W_{stat} + \gamma_{dyn-2} W_{dyn} \le \frac{R}{\gamma_R}$$: 조건 B

여기서,

γ_{stat-i} : 정하중에 관련된 불확실성을 고려한 부분안전계수

W_{stat} : 동시발생 정하중(또는 응력의 관점에서 하중효과)

γ_{dyn-n} : 동하중에 관련된 불확실성을 고려한 부분안전계수

W_{dyn} : 동시발생 동하중(동하중은 통상 국부 및 전체하중요소를 조합한 것이다)

R : 특성구조능력(즉, 항복응력, 최종선체거더응력)

γ_R : 구조능력에 관련된 불확실성을 고려한 부분안전계수

4.5.1.5 작용응력설계(WSD) 및 부분 안전계수방법(PF)의 허용 기준은 정적 및 동적하중 효과의 모든 조합에 있어서 일관되고 수용 가능한 안전 수준을 성취할 수 있도록 다양한 규칙 요건에 대해서 교정되어야 한다.

4.6 안전 동등의 원칙

4.6.1 일 반

4.6.1.1 규칙에 따른 설계 또는 구조 배치와 상이한 새로운 설계는 특별히 고려한다. 새로운 설계에는 동등의 원칙이 적용되어야 하고, 따라서 새로운 설계의 구조 안전이 이 규칙에서 의도하는 것과 최소한 동등하다는 것이 증명되어야 한다.

4.6.1.2 동등의 원칙은 대체 계산 방법에 적용될 수 있다.

4.6.1.3 이 규칙의 개발에 체계적 검토 절차가 행하여 졌다. 이는 규칙에 의한 탱커의 구조 및 배치에 대한 운항적이고 환경적인 영향으로 인한 위해성의 가능한 결과가 파악되고 평가되었다. 새로운 설계는 이 규칙과 동등함을 나타내기 위해 독립적이고 체계적인 검토가 필요하다.

5 원칙의 적용

5.1 원칙 적용의 개요

5.1.1 일 반

5.1.1.1 이 규정은 **4절**에서 언급한 설계 원칙이 규칙 요건의 개발에 어떻게 적용되는지 보여준다.

5.2 구조 설계 절차

5.2.1 구조설계 절차의 개요

5.2.1.1 이 규칙에 적용되는 구조설계절차의 개요는 **그림 2.5.1**과 같다.

5.2.1.2 선체 및 구조부재에 대한 강도 및 허용가능한 안정성은 다음의 규칙요건을 적용함으로서 검증된다.

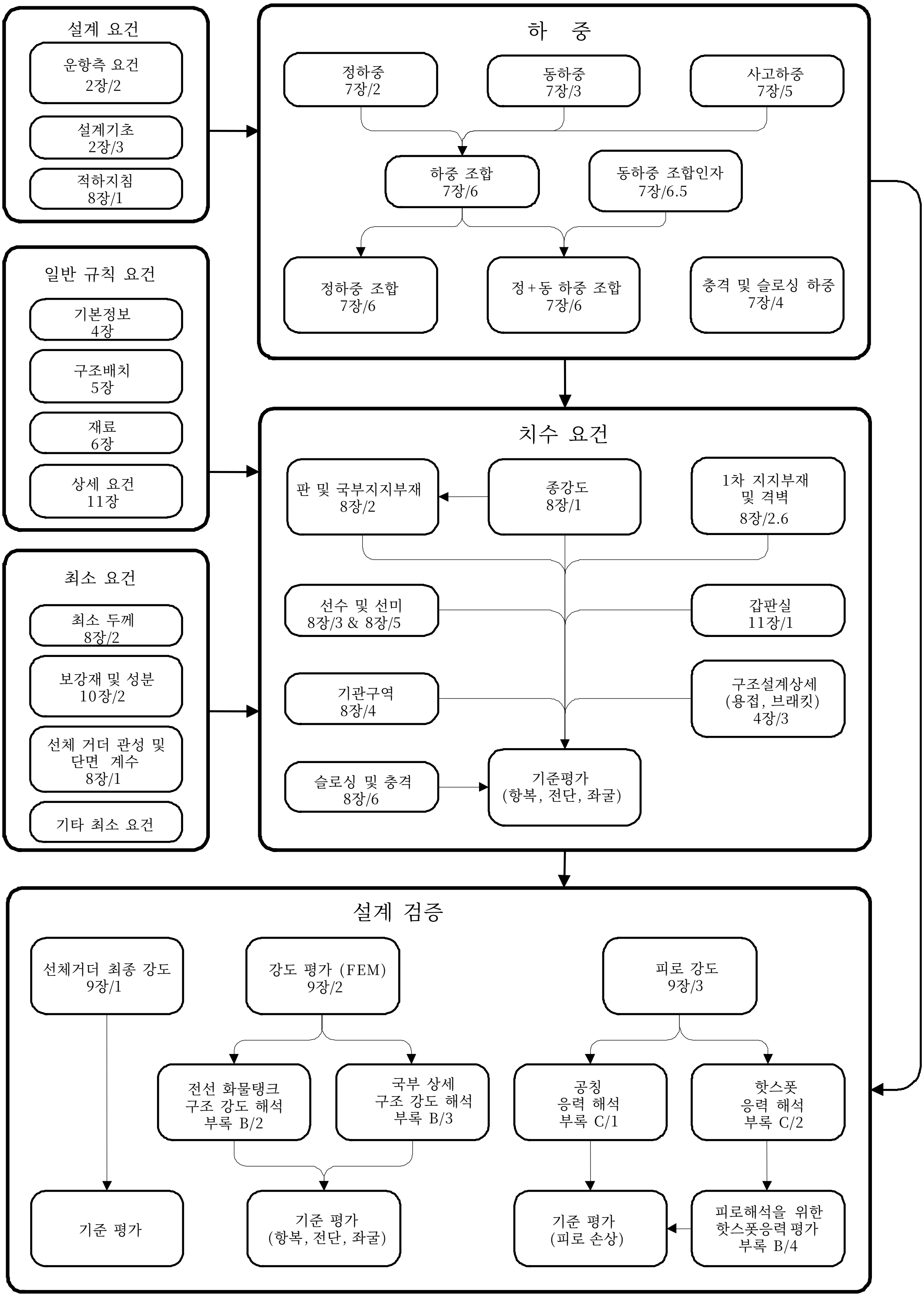
(a) 규정된 부재치수의 요건

- 최소 요건
- 하중-능력에 기초한 요건

(b) 하중-능력 방법에 기초한 설계검증요건

- 선체거더 최종강도
- 유한요소해석에 의한 강도평가
- 피로평가

그림 2.5.1
구조설계절차의 개요



5.3 최소 요건

5.3.1 일 반

5.3.1.1 최소요건은 일반적으로 다음의 형식을 취한다.

(a) 항복응력에 독립적인 최소 두께는 운항경험에 근거를 하며, 일반적으로 다음식으로 표현된다.

$$t = A + B\,L$$

여기서 ,

A, B : 상 수

L : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙에 의한 길이

5.3.1.2 (b) 최소한의 보강재 및 비율은 규정된 좌굴요건에 근거한다.

5.4 하중-능력에 기반한 요건

5.4.1 일 반

5.4.1.1 일반적으로 작용응력설계(WSD)는 부분안전계수(PF)가 적용되는 선체거더 최종강도 기준을 제외한 요건에 적용한다. 부분안전계수는 정하중, 동하중 및 구조능력과 관련된 불확실성에 대한 더 나은 평가를 하는 중요한 모드에 적용한다.

5.4.1.2 하중시나리오는 **표 2.5.3**에 주어진 설계하중, 설계형식, 허용기준에 대한 규칙으로 다루어진다. 이 표는 개략적인 개요를 보여준다.

5.4.1.3 규칙에 따른 하중시나리오는 원양항해, 적하 및 양하, 탱크시험, 밸러스트수 교환, 항구내에서 특별한 조작(예, 프로펠러검사 부양상태) 및 침수와 같은 상태를 다루고 있다.

5.4.1.4 하중시나리오를 표현하는 설계하중조합은 **7장/6**에 따르고 S(정하중), S+D(정하중+동하중)과 A(사고하중)로 표시한다. 또한, 규칙은 **7장/4**에서 충격하중 및 슬로싱하중을, **7장/3**에서 피로하중을 규정한다.

5.4.1.5 강도요건에 대하여 치수계산 요건에 기초한 전선 유한요소해석 및 하중능력의 가장 심한운항하중을 다루는 고려되는 하중은 선박의 운항 한계 내에서 가능한 최악의 적하상태를 나타내는 규칙 적하상태에 기초한다.

5.4.1.6 피로요건에 있어서는 예측된 하중기록에 대해 고려된 하중 및 선박의 계획된 항해에 대한 대표적인 적하상태를 적용한다.

5.4.1.7 허용기준은 3가지의 허용기준으로 분류된다. 이것은 **표 2.5.2** 및 **표 2.5.3**에 설명이 되어있다. 작용응력설계 요건에 적용하는 특정 허용기준은 특정 조합하중의 확률수준에 따른다.

5.4.1.8 허용기준 AC1은 특정조합하중이, 특히 정적 설계하중 조합이 자주 일어나는 경우에 적용하며, 슬로싱 설계하중에 대하여도 적용한다. 이는 하중이 빈번하게 혹은 규칙적으로 일어남을 의미한다. 빈번한 하중에 대한 허용응력은 다음의 영향을 고려하는 최고의 하중미만 이어야 한다.

(a) 반복항복

(b) 동하중의 허용

(c) 오작동에 대한 여유

5.4.1.9 일반적으로 허용기준 AC2는 조합된 특정하중이 정+동적 설계하중조합에 대한 최고치인 경우에 적용한다. 구조능력(R_i **표 2.5.1**)의 높은 사용(η_i **표 2.5.1**)은 고려되는 하중이 적은 발생확률의 최고하중인 경우 허용된다.

5.4.1.10 일반적으로 허용기준 AC3는 선저슬래밍 및 선수충격하중을 다루기 위해 적용되는 소성붕괴 모델상태에 기초한 능력 수식에 적용한다.

표 2.5.1
하중시나리오 및 규칙요건

하중 시나리오		규칙 요건			
운 항	하 중 (선박이 견디어야 하는)	설계하중조합 (**7장/6**에 명시) 번 호	설계하중조합 (**7장/6**에 명시) 기 호	설계체계 (**8장** 및 **9장**에 명시)	허용기준 (**8장** 및 **9장**에 명시)
원양 항해					
운 송	거친 해상에서 정하 중 및 동하중	1	정하중 +동하중	1. $S_G + S_L + D_G + D_L \leq \eta_2 R_1$	AC2
				2. $\gamma_S S_G + \gamma_D D_G \leq R_2 / \gamma_{R2}$	AC2
	거친 해상에서 충격하중	2	충격하중	$S_L + D_{imp} \leq \eta_3 R_p$	AC3
	내부 슬로싱하중	3	슬로싱	$S_G + D_{slh} \leq \eta_1 R_1$	AC1
	주기적 파랑하중	4	피로하중	$DM \leq \Sigma \eta_i / N_i$	-
넘침 또는 순차적 방법에 의한 밸러스트수 교환	거친 해상에서 정하중 및 동하중	5	정하중 +동하중	$S_G + S_L + D_G + D_L \leq \eta_2 R_1$	AC2
항 내 및 피항지					
적하, 양하 및 밸러스트 충수	각 하중 상태에서 대표적 최대 하중	6	정하중	$S_G + S_L \leq \eta_1 R_1$	AC1
탱크 시험	탱크시험중 대표적 최대 하중	7	정하중	$S_G + S_{L1} \leq \eta_1 R_1$	AC1
항 내에서의 특별 조건	항 내의 특별 조작 (프로펠러검사 또는 입거) 중의 대표적 최대 하중	8	정하중	$S_G + S_L \leq \eta_1 R_1$	AC1
사고 상태					
사고에 의한 침수	사고에 의한 침수로 내부 수밀격벽에 미치는 대표적인 최대 하중	9	사고하중	수밀구역에 대하여 1. $S_L \leq \eta_2 R_1$	AC2
				선수격벽에 대하여 2. $S_L \leq \eta_1 R_1$	AC1

(비 고)
1. 이표에 정의된 기호는 **5.4**에 정의되어 있음.

여기서,
D_G : 동적 전체하중
D_L : 동적 국부하중
DM : 누적 피로손상비
S_G : 정적 전체하중
S_L : 정적 국부하중
R_i : 구조 능력

5.4.2 치수요건 및 강도평가에 대한 설계하중(FEM)

5.4.2.1 구획경계(격벽)의 구조평가는 한쪽 탱크는 완전히 충수하고 다른쪽 탱크는 비우는 가능한 최악의 하중에 기초를 한다. 탱크의 반대상황도 고려를 한다. 유사하게 외판은 내부 충수없이 가장 깊은 흘수 및 내부 충수상태에서 최저흘수에 대해서 평가를 한다.

5.4.2.2 강도평가(FEM)에 사용되는 표준 적재방식은 2개의 유밀 종격벽 및 한 개의 유밀 중앙격벽을 가지는 탱커에 대한 것이 **부록B**, **표 B.2.3** 및 **B.2.4**에 나타나 있다. 치수요건에 대한 정보는 **8장**에 기술되어 있다.

5.4.2.3 접근의 일관성을 위하여, *GM*, R_{roll}, T_{sc} 및 C_b. 와 같은 매개변수에 대한 표준화된 규칙값이 규칙하중값을 정의하는데 이용된다.

5.4.2.4 동적 전체와 국부하중의 확률수준은 (D_G, D_L 및 D_{imp} , **표 2.5.1**)은 10^{-8} 이고, **4.2.6.2**에 명기한 장기통계 접근에 의해 구한다.

5.4.2.5 슬로싱 하중에 대한 확률수준(D_{slh} , 표 *2.5.1*)은 10^{-4} 이다.

5.4.2.6 파악된 하중시나리오에 상응하는 설계하중조합이 구조능력의 설계 및 검증에 적합한 현실적인 설계하중조합을 제시한다. 설계하중은 특정 혹은 여러개의 구조부재 설계에 대하여 동시에 작용하는 적용 가능한 정적 및 동적 국부하중성분(S_L 및 D_L , 표 *2.5.1*, 보통 압력성분) 및 정적 및 동적 전체하중성분(S_G 및 D_G , **표 2.5.1**, 보통 선체거더굽힘모멘트)에 적용한다. 치수요건에 대한 설계하중은 **8장/2** 내지 **8장/5**에 따른다. 유한요소평가에 대한 하중상태는 **부록B**에 따른다.

5.4.2.7 동시에 발생하는 동하중은 **7장/3**에 따른 동적하중값에 적용하는 동하중 조합계수로 정의된다. 동하중상태를 정의하는 동하중 조합계수는 구조강도평가(FE)에 대하여는 **7장/6.4**에 따르며, 치수요건에 대하여 **7장/6.5**에 따른다.

5.4.2.8 동하중 조합계수는 구조평가에 적합한 현실적으로 동시에 일어나는 동하중성분을 제공하기 위하여 동등한 설계파를 사용하여 얻는다.

5.4.2.9 **9장/1**에 규정한 선체거더 최종강도요건에 대한 설계하중의 결정에서 운항하중(적하상태) 및 환경하중(선체거더 파랑굽힘모멘트)은 원양항해의 새깅조건에서 최대화된다. 정수중 선체거더 새깅굽힘모멘트 M_{SW}에 대한 특정치는 **8장/1**에 규정된 원양항해에서의 최대치에 기초한다. 파랑선체거더 새깅굽힘모멘트 M_{WV}에 대한 특성치는 **7장/3**에 따른다.

5.4.3 피로요건에 대한 설계하중

5.4.3.1 **9장/3** 및 **부속서 C**에 규정한 피로요건에 대하여 하중평가는 적용되는 예상하중이력에 기초하며, 평균기법(average approach)이 적용된다. 설계수명에 대한 예상하중이력은 10^{-4}

확률수준의 동하중치로 특정되고 각 구조부재의 하중이력은 수반되는 응력의 웨이벨 (Weibull) 확률분포로 나타난다.

5.4.3.2 고려되는 파랑에 의한 하중은 다음을 포함한다.

(a) 선체거더하중(수직 및 수평굽힘모멘트)

(b) 동파랑압력

(c) 동탱크압력

5.4.3.3 피로해석은 선박의 주목적을 대표하는 두 개의 적재상태에 대하여 계산한다. 두 조건은다음과 같다.

(a) 설계흘수에서 균일 만재조건

(b) 통상 밸러스트 조건

만재상태의 선박 운항수명에서 비율은 50%이고 밸러스트 조건은 50%이다. 선박수명의 15%는 항내조건으로 가정한다. 결론적으로 선박은 수명동안 만재상태로 42.5% 그리고 밸러스트상태로 42.5% 만큼 바다에서 운항하는 것으로 가정한다.

5.4.3.4 하중치는 적용되는 적하상태에 상응하는 실제 계수(GM, Cb 등)에 기초하고 선박의 중앙에서의 흘수가 사용된다. 실제값은 적하지침서상의 특정 적하상태로부터 얻어진다.

5.4.3.5 동시에 발생하는 동하중은 다양한 동하중성분으로 인한 응력의 조합으로 고려된다. 응력조합의 절차는 **부속서 C**에 따른다.

5.4.3.6 실제 적하상태의 정수하중과 정 해상 및 탱크압력이 평균응력 효과를 결정하는데 사용된다.

5.4.4 구조 응답 해석

5.4.4.1 일반적으로 설계하중조합에 대한 구조응답을 결정하기 위한 방법은 다음과 같다.

(a) 보이론
- 규정된 요건을 사용

(b) FE 해석
- 화물창 모델 : 성긴(coarse) 요소분할
- 국부 모델 : 상세한(fine) 요소분할
- 피로평가 : 매우 상세한(very fine) 요소분할

5.4.5 구조능력평가

5.4.5.1 규칙에서 고려되는 파괴모드는 항복(소성 변형), 좌굴, 취성파괴 및 피로이다. 항복 및 좌굴에 의한 구조파괴는 주로 강도요건에 따르며, 취성파괴는 재료의 선택과 용접요건에 따르며, 피로파괴는 높은 주파수의 피로요건에 따른다.

5.4.5.2 일반적으로 규칙에 사용되는 **8장**의 치수요건은 단순보이론에 기초하고 탄성항복 및 소성능력을 포함한다. 좌굴능력은 단순화한 좌굴능력모델 또는 좀더 이론적인 비선형해석으로 평가한다.

5.4.5.3 설계검증요건은 선형 탄성 유한요소해석, 상세한 규정의 피로평가절차 및 단순화한 최종강도 평가절차에 기초한다. 또한, 호퍼너클부와 같은 구조부재에 대해서는 피로평가절차에 기초한 유한요소법도 있다.

5.4.5.4 구조능력을 평가하기 위한 순두께기법의 적용은 **6장/3.3**에 따른다.

5.4.6 허용기준

5.4.6.1 응력설계요건에 적용하는 허용기준은 **표 2.5.2** 및 **표 2.5.3**의 허용기준에 따른다. 국부하중과 전선하중, 정하중과 동하중 및 고려되는 부재의 상대적 비중량에 따라 각 기준에 약간의 변화량이 있다. 특정 허용기준은 **8장** 및 **9장/2**의 상세한 규칙요건에 따른다.

표 2.5.2
허용기준원칙 - 규칙요건

	판 및 국부 지지부재		1차 지지부재		선체거더 부재	
허용기준	항복	좌굴	항복	좌굴	항복	좌굴
AC1:	항복응력의 70~80%	강성 및 비율의 조정. 대표적인 사용계수 0.8	항복응력의 70~75%	강성 및 비율의 조정. 필러 좌굴	항복응력의 75%	N/A
AC2:	항복응력의 90~100%	강성 및 비율의 조정. 대표적인 사용계수 1.0	항복응력의 80%	강성 및 비율의 조정. 필러 좌굴	항복응력의 90~100%	대표적인 사용계수 0.9
AC3:	소성기준	강성 및 비율의 조정.	소성기준	강성 및 비율의 조정	N/A	N/A

표 2.5.3
허용기준원칙 - 설계검증 - 유한요소해석

	전선화물탱크해석		국부 유한요소해석
허용기준	항복	좌굴	항복
AC1:	항복응력의 60~80%	강성 및 비율의 조정. 대표적인 사용계수0.8	항복응력의 136%
AC2:	항복응력의 80~100%	강성 및 비율의 조정. 대표적인 사용계수 1.0	항복응력의 170%

5.4.6.2 다양한 집합의 적용 목적은 정하중과 동하중의 조합에 대한 일관되고 적절한 안전수준을 얻고 다양한 능력모델을 고려하기 위함이다.

5.5 재 료

5.5.1 일 반

5.5.1.1 취성파괴의 전파 위험성을 줄이기 위하여 높은 하중을 받는 중요 구조부재에 좀 더 우수한 재료가 선정된다.

5.6 규칙 요건의 적용

5.6.1 최소한의 요건

5.6.1.1 이 절은 모든 다른 요건과 무관하게 최소 부재치수요건을 정의하고 있음으로, 최소값이하의 두께는 허용이 되지 않는다.

5.6.2 하중에 기초한 요건

5.6.2.1 이는 모든 판, 국부지지부재, 1차 지지부재 및 선체거더에 대한 치수 요건을 규정하고 모든 갑판실, 갑판장치의 받침대 등을 포함하는 구조부재에 적용한다.

5.6.2.2 일반적으로 이 요건은 명확하게 하나의 특정 손상을 제어하며, 따라서 여러가지 요건이 하나의 특정 구조 부재를 평가하기 위해 적용될 수 있다.

5.6.3 설계검증 - 선체거더 최종강도

5.6.3.1 선체거더의 최종강도에 대한 요건은 부분 안전계수에 기초를 둔다.(**4.5** 참조) 안전계수는 기본변수, 정수굽힘모멘트, 파랑굽힘모멘트 및 최종강도 각각에 대하여 지정한다. 안전계수는 구조신뢰성평가기법을 사용하여 결정되고, 파랑굽힘모멘트의 장기하중분포는 최고파랑 굽힘모멘트를 결정하는데 적합한 선박운동해석을 사용하여 구한다.

5.6.3.2 선체거더 최종강도 검증의 목적은 이중선체탱커의 가장 가혹한 상태를 구현하는 것이다.

5.6.4 설계검증 - 전체 유한요소해석

5.6.4.1 전선 유한요소해석은 규정된 규칙에 기초한 하중-능력에 따른 치수를 검증하기 위해 사용된다. 규칙 요건은 복잡한 구조부재간의 간섭, 국부부재의 기하학적 특성, 복잡한 하중특성 및 두께, 구성부재의 성질을 고려하지 않는다. 그러므로 제안된 부재치수를 평가하기 위해 전체 유한요소해석이 사용된다.

5.6.4.2 화물구역(FE모델에서는 세 개의 탱크가 요구된다)의 선형 탄성 삼차원 유한요소해석이 제안된 선체거어더 및 1차 지지부재의 구조응답 및 1차 지지부재의 부재치수 요건을 확인하기 위해 수행된다. 유한요소해석의 목적은 적용되는 설계하중에 대한 1차 지지부재의 응력, 좌굴 능력을 검증하기 위함이다.

5.6.5 설계검증 - 피로평가

5.6.5.1 주요 구조의 피로수명이 적절한지 검증하기 위해 피로평가가 요구된다. 종방향 보강재의 끝단 연결부 같은 부위에 F, F2 급과 같은 기하학적 상세에 기초한 SN곡선기법을 사용하여 규정된 피로요건이 적용된다. 호퍼 너클부에는 유한요소법을 이용한 핫스폿(Hot spot) 피로평가 절차가 적용된다. 두 방법 모두에서 피로평가 방법은 Palmgren-Miner 모델을 기초로 한다.

5.6.6 규정된 부재치수 요건 및 강도평가(FEM)와의 관계

5.6.6.1 규정된 최소요건은 최소허용 부재치수를 정의한다. 이 값들은 하중-능력 요건이나 FEM과 같은 강도해석 계산 등의 방법 등에 의해 경감될 수 없다.

5.6.6.2 1차 지지부재의 단면계수와 전단면적 그리고 크로스타이의 1차 지지부재의 횡단면적은 경감된 부재치수가 강도평가(FEM)의 요건에 만족한다면 규정된 요건의 85% 까지 경감할 수 있다.

5.6.6.3 원리는 성긴(coarse) 기법이 상세한(detailed) 기법보다 보수적이다는 것이다. 그러므로 규정된 요건은 일반적으로 강도평가(FEM)에 근거한 요건보다 더욱 보수적이다.

1 부기 부호

1.1 부기 부호

1.1.1 일 반

1.1.1.1 이 규칙에서 규정하는 요건을 만족하고, 우리 선급이 인정하는 요건을 만족하는 선박에 대해서는 선급 부호 및 선종 부호를 적절하게 부여한다.

1.1.1.2 **1.1.1.1**에 추가하여, 이 규칙 요건에 적합한 선박은 (CSR) 부호가 부여된다.

2 문서화, 도면 및 자료 요건

2.1 문서화 및 자료 요건

2.1.1 적하 정보

2.1.1.1 선장이 규정된 운항 제한범위 내에서 선박을 유지할 수 있도록 충분한 정보를 포함한 적하 지침 정보가 선박에 비치되어야 한다. 적하지침 정보는 **8장/1.1.2** 및 **8장/1.1.3**의 요건에 따라 승인된 적하지침서 및 적하지침기기를 포함 하여야 한다.

2.1.2 계산 자료 및 결과의 제출

2.1.2.1 이 규칙의 부록에서 주어진 절차에 따라 계산을 시행하는 경우, 가능한 한 다음의 산출 자료의 사본 1부를 제출하여야 한다.

(a) 사용된 계산절차 및 기술 프로그램에 대한 언급

(b) 구조모델링의 설명

(c) 특성 및 경계조건을 포함한 해석매개변수의 요약

(d) 적하상태의 상세 및 적용 하중의 방법

(e) 계산결과의 전체적인 개요

(f) 적절한 계산 예제

2.1.2.2 일반적으로 유한요소법과 같은 프로그램에 관련된 많은 분량의 입력 및 출력자료의 제출은 필요하지 않다.

2.1.2.3 정확한 사양, 프로그램 자료 입력 및 수반되는 정확한 출력 전환에 대한 책임은 설계자에 있다.

2.1.3 규칙 계산을 위한 소프트웨어의 사용

2.1.3.1 일반적으로 **5.1**의 규정에 적합한 경우 규칙에 따른 치수를 결정하기 위하여 선급에서 인정하는 규칙 프로그램을 사용할 수 있다.

2.1.3.2 선급이 만족할 만한 신뢰성 있는 결과를 얻기 위하여 실행한 프로그램은 인정된 것으로 간주한다. 적용된 프로그램이 제공되지 않거나 선급에 인정되지 않은 경우 계산 결과의 실례를 포함하여 프로그램의 모든 자료가 제출되어야 한다. 해석 작업의 시작 전에 사용될 프로그램의 적정성에 대하여 설계자와 선급이 협의하는 것이 바람직하다.

2.2 도면 및 계산결과 제출

2.2.1 일 반

2.2.1.1 일반적으로 필요한 주요 카테고리 및 정보 목록은 **2.2.2**에 있다. 추가 요건은 하위 규정에 따른다.

2.2.1.2 도면은 통상 3부가 제출되어야 하나, 문서 및 계산자료로서는 단 1부만 필요하다. 선급에 따라 추가 사본이 요구될 수 있다.

2.2.1.3 도면은 건조상세, 재료, 용접 및 장비 및 시스템에 의해 구조에 부가되는 하중을 포함하는 구조를 충분히 정의하는 모든 필요한 정보를 포함하여야 한다.

2.2.1.4 도면은 **12장**에 규정하는 신환두께와 관련된 정보가 포함되어야 한다.

2.2.2 도면 및 계산자료

2.2.2.1 일반적으로 다음 항목을 포함하는 도면을 제출하여야 한다.

(g) 중요 치수도

- 종 및 횡 구조부재가 표시된 중앙횡단면도
- 갑판, 내저판, 격벽, 이중선측 스트링거 및 이중저 거더를 포함하여 선박의 길이를 따라 모든 주요 종부재를 나타내는 도면/건조계획도
- 외판전개도
- 1차 지지부재를 포함하여 주요 유밀 및 수밀 횡격벽

(h) 적하지침 정보

- 초기 적하지침서
- 최종 적하지침서
- 기본설계의 상세(**8장/1.1.2** 참조)
- 적하지침에 대한 시험조건

(i) 상세 건조도

- 이중저늑판, 이중선측웨브 및 기타 1차지지 횡부재의 치수 및 배치를 나타내는 화물탱크 건조도면
- 선수단구조도
- 선미단구조도
- 기관 및 추력베어링 받침대를 포함하여 기관실구조도
- 갑판실 및 선루

(j) **(a)** 및 **(c)**에 따른 도면에서 제공하는 정보를 제외한 상세 설계도

- 선미재
- 선체관통도
- 용접
- 빌지킬
- 설계기준의 상세
- 정박 및 계선설비
- 갑판에 대한 필러 및 거더지지재의 배치
- 화물탱크 내의 이중저 및 이중선측으로의 통로배치
- 검사목적의 접근수단 및 개구의 상세 및 배치

(k) **(a)** 내지 **(d)**에 따른 도면에서 제공하는 정보를 제외한 지지구조의 상세도

- 앵커윈들라스 및 체인스토퍼
- 계선윈치
- 마스트, 데릭포스트 및 크레인
- 비상예인장치
- 기타 갑판설비 또는 부속품

2.2.2.2 다음의 문서를 제출하여야 한다.

(a) 일반배치도

(b) 용적도

(c) 선도 또는 이에 상응하는 도면

(d) 상가도(있는 경우)

(e) 건현 지정에 관련된 도면 또는 동등물

㈜

만약, 탱크 경계/항목/체적/중심 및 공기관의 높이를 정의하는 정보가 제공된다면, 용적도는 제출되지 않아도 된다. 예를 들어, 이러한 정보는 때때로 적하지침서에 제공되는데, 이럴 경우 용적도는 제출이 요구되지 않는다.

2.2.2.3 다음의 계산 자료가 제출되어야 한다.

(a) 의장수 계산서

2.2.2.4 이 규칙 이외의 항목에 대한 도면은 우리 선급의 규정에 따라 제출되어야 한다.

2.2.3 선박에 비치되어야 하는 도면

2.2.3.1 각 구조 항목에 대한 신조두께 및 신환두께를 명시하는 다음과 같은 도면 1부

(a) **2.2.2.1(a)**에 따른 주요치수도면

(b) 최종 승인적하 지침서 사본 1부(**2.1.1** 참조)

(c) 최종 적하지침 시험조건 사본 1부(**8장/1** 참조)

(d) **2.2.2.1(c)**에 따른 건조상세도

(e) 용접

(f) 고장력강의 범위, 위치, 사양, 기계적 성질 및 용접/작업/취급에 대한 권고사항

(g) 선체건조에 사용되는 알루미늄합금강과 같은 특별 재료의 사용에 대한 정보

3 승인 범위

3.1 일 반

3.1.1 규칙 적용

3.1.1.1 **1장/1.1.2** 및 **1장/1.2.1**에 포함된 정보에 추가하여, 이 규칙은 길이 150m 이상의 이중선체 신조 탱커의 입급에 필요한 치수요건을 포함한다.

3.1.1.2 선급 요건에 추가되거나 능가하는 것으로, 구조에 영향을 주는 요건을 다루는 국제, 국내,운하 및 기타 당국의 규정에 대해서도 선주, 설계자 및 조선소는 주의를 하여야 한다.

3.1.1.3 이 규칙에 포함되지 않은 기타 구조설계 사항은 우리 선급의 개별 규칙을 적용 한다.

3.2 선급 등록

3.2.1 일 반

3.2.1.1 상기 **2절**에 규정된 문서, 도면 및 자료 요건이 제출되어야 한다. 우리 선급의 요건에 적합함을 검증하기 위하여 이러한 문서를 검토한다

3.2.1.2 우리 선급의 절차에 따라 도면, 보고서 또는 문서가 규칙에 적합함을 표시하는 적절한 용어가 사용된다.

3.3 기국 및 국제 규정의 요건

3.3.1 책 임

3.3.1.1 설계가 선박에 적용할 현재 기국 및 국제 규정에 적합함을 보증하는 책임은 설계자에 있다.

3.3.1.2 일반적인 선급승인 절차의 일부로 국제 및 기국 규정에 적합함을 평가하는 책임은 선급에 있지 않다. 그러나, 선급은 선박설계가 특정 규정에 적합하도록 검토 및 승인되도록 협정할 수 있다. 선급이 SOLAS Reg XI/1에 따른 기국으로부터 인정된 경우 이 승인은 기국을 대신하여 승인된 것으로 인정될 수 있다.

3.3.2 검토절차

3.3.2.1 기국에 의해 적합성이 검토될 때 기국에 의해 기국 및 국제 규정에 적합함을 명시하는 증서가 발급되어야 한다. 다음 요건 및 그 개정사항에 적합하도록 요구되는 설비 및 배치가 된 선박은 기국이 아니고 선급(또는 IACS회원)에 의해 적용되는 협약의 증서가 발급되어야 한다.

(a) 국제 만재흘수선 협약, 1966

(b) 국제 해상인명안전 협약, 1974 및 1978의정서

(c) 국제 해양오염방지 협약, 1973 및 1978의정서에 의한 개정사항

공식적인 공동선급 합의서로 인정되고 두 선급이 기국으로부터 위임받은 경우, 이중선급(dual class) 선에 대하여 협약증서는 선박이 등록된 둘 중 한 선급에 의해 발행될 수 있다.

4 동등 절차

4.1 일 반

4.1.1 규칙 적용

4.1.1.1 이 규칙은 통상의 형태, 특성, 속도 및 구조 배치를 가진 이중선체탱커에 일반적으로 적용된다. 가정을 정의하는 관련 설계 인자는 이 규칙의 **2장/3**에 반영되어 있다.

4.1.1.2 이 규칙은 용접 건조의 강선에 적용된다. 선체 건조에 사용되는 기타 재료는 특별히 고려하여야 한다.

4.1.1.3 **2장/3**의 범위 밖에 있는 기타 설계 변수를 포함하는 규칙의 적용에 대해서는 특별한 고려가 필요하다. 예를 들면:

(a) 피로수명 연장

(b) 부식추가 증가

(c) 화물밀도 증가

4.1.2 새로운 설계

4.1.2.1 신규 설계 선박, 즉 특수한 형태, 특성, 속도 및 구조 배치를 가지고 이 규칙 **2장/3.1.2**의 규정을 벗어나는 선박은 이 규정에 따라 특별히 고려되어야 한다.

4.1.2.2 새로운 설계의 구조 안전성이 적어도 규칙과 동등하다는 자료가 선급에 제출되어야 한다.

4.1.2.3 이러한 경우, 선급은 규칙의 적용성 및 추가 제출자료를 정하기 위하여 설계 초기단계에관여하여야 한다.

4.1.2.4 변화의 측면에서 규칙과 동등한 자료에 대한 체계적 검토가 요구될 수 있다.

4.1.3 계산 방법의 대체

4.1.3.1 규칙의 특정 장의 규정에 대한 대체 계산 방법은 치수 및 배치가 규칙 계산 방법을 사용한 결과와 적어도 동등한 강도를 보여주는 경우 적용될 수 있다.

5 치수요건의 계산 및 평가

5.1 판재에 대한 치수요건의 결정

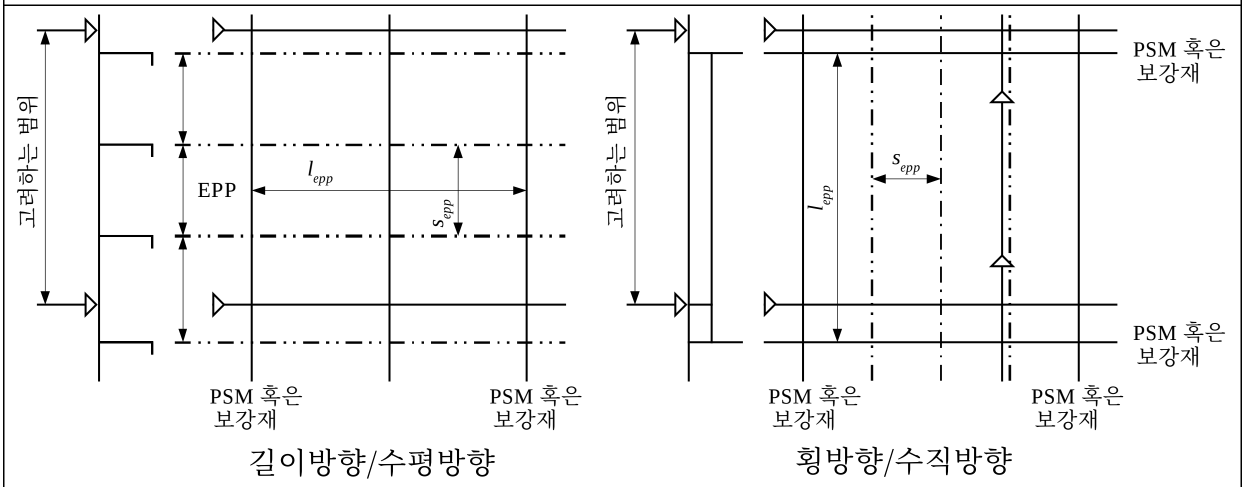
5.1.1 후판의 치수 결정 – 판의 이상화

5.1.1.1 후판의 치수는 요소판 패널(EPP)로 조립된 구조의 이상화에 기초하여 결정된다.

5.1.1.2 EPP는 보강재 사이 판의 보강되지 않은 부분이다. EPP의 길이(l_{epp}) 및 너비(s_{epp})는 **그림3.5.1**과 같이 긴 쪽과 짧은 쪽으로 정의된다.

5.1.1.3 강도 평가를 위하여 EPP의 이상화는 다양할 수 있고 FEM모델에서 요소분할의 배치를 고려할 수 있다.

그림 3.5.1
요소판 패널의 정의



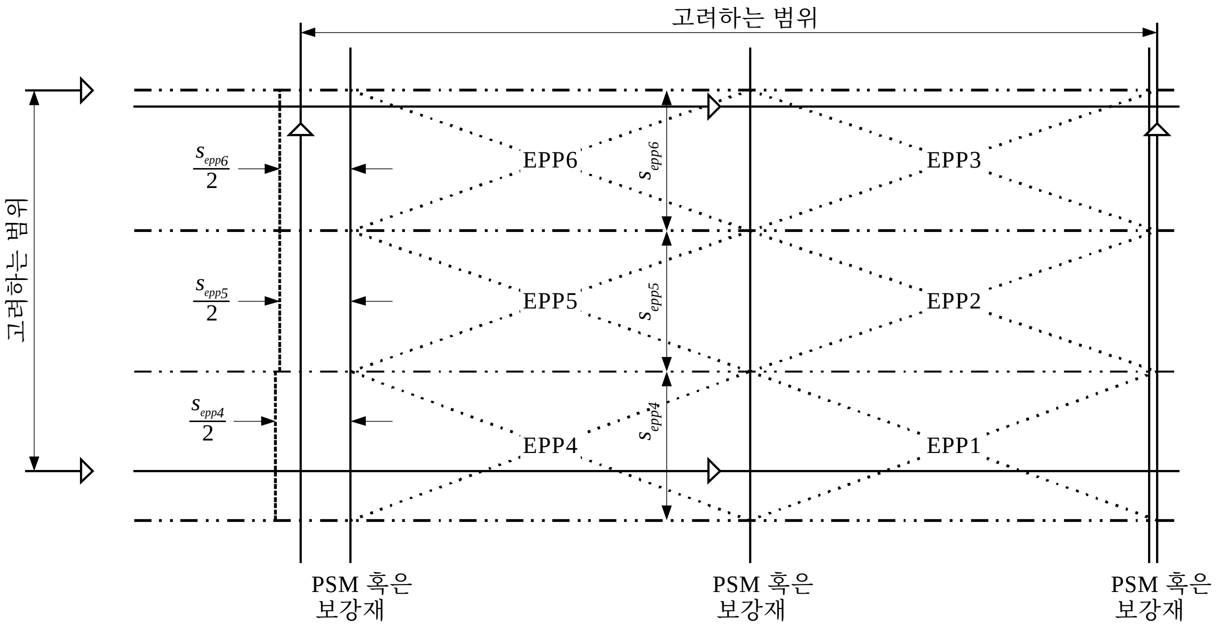
5.1.1.4 후판의 요구치수는 다음과 같이 후판내의 각 요소판패널(EPP)중에서 가장 큰 요구치를 취한다.

(a) 완전히 후판 경계 내에 위치한 EPP (예, **그림 3.5.2**에서 EPP2)

(b) EPP의 긴 쪽 방향에 따라 용접선이 있는 EPP (예, **그림 3.5.2**에서 EPP1, 3, 4 및 6)

(c) 가장자리로부터 EPP너비(s_{epp})의 절반 초과 이내에 EPP의 짧은 쪽 방향에 따라 용접선이 있는 EPP (예, **그림 3.5.3(a)**의 EPP1 및EPP2)

그림 3.5.2
후판에 대한 요소판 패널 결정



5.1.2 국부강도요건에 대한 요소판 패널의 치수결정

5.1.2.1 각 요소판 패널의 요구치수는 다음과 같이 정의되는 국부계산점(LCP)에서 계산된다.

(a) 종늑골형의 경우 하부 가장자리에서 x축을 따라 측정한 EPP 길이의 중간점. 수평판의 경우 하중계산점은 EPP의 선외방향 y값으로 한다.(**그림 3.5.3(a)** 참조)

(b) 횡늑골형의 경우 후판의 하부 가장자리에서 x축을 따라 측정한 EPP 길이의 중간점. 수평판의 경우 하중계산점은 EPP의 선외방향 y값으로 한다.(**그림 3.5.3(b)** 참조)

(c) 수직횡구조부재에서 수평늑골형의 경우 요소판판넬의 하부가장자리에서 EPP의 선외방향 y값.(**그림 3.5.3(c)** 참조)

(d) 수직횡구조부재에서 수직늑골형의 경우 EPP의 하부 가장자리에서 최대 y값 또는 후판의 하부 가장자리.(**그림 3.5.3(d)** 참조)

5.1.2.2 국부치수요건의 계산에 사용되는 국부압력 및 선체거더응력은 국부계산점에서 취한다.

5.1.3 선체거더강도에 대한 요소판 패널의 치수결정

5.1.3.1 요소판 패널의 요구되는 부재치수는 **8장/1**의 선체거더 굽힘 및 전단의 요건을 만족한다.

5.1.3.2 좌굴에 대한 각 요소판 패널의 요구되는 두께는 x 축을 따라 측정한 EPP의 중앙부에서의 응력값을 근거로 계산한다.

5.1.3.3 좌굴평가는 가장자리에서 최대응력을 취한 참고응력 및 **표 10.3.1**에 정의된 것과 같이 참고응력의 부분 φ로 주어진 다른쪽 가장자리에서의 경감응력으로 정의되는 판의 폭에 따른 응력분포를 사용하여 계산된다.

5.1.3.4 후판의 요구치수는 다음과 같이 후판내의 각 EPP 중에서 가장 큰 요구치를 취한다.

(a) 후판 경계 내에 위치한 EPP (예, **그림 3.5.2**에서 EPP2)

(b) EPP의 긴 쪽 방향에 따라 용접선이 있는 EPP (예, **그림** 3.5.2에서 EPP1, 3, 4 및 6)

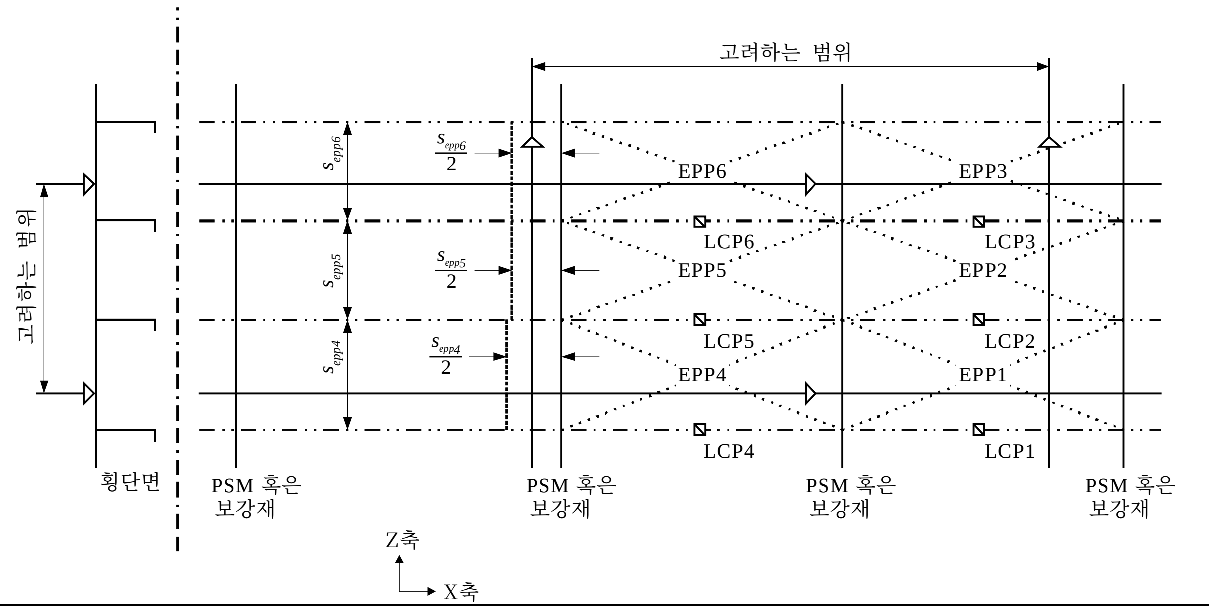
(c) 가장자리로부터 EPP너비(s_{epp})의 절반 초과 이내에 EPP의 짧은 쪽 방향에 따라 용접선이 있는 EPP (예, **그림 3.5.3(a)**의 EPP1 및EPP2)

5.1.4 FEM강도평가에서 요소판 패널의 치수결정

5.1.4.1 요소판 패널의 요구치수는 판 메시요소에서 얻는다. (**9장/2** 참조)

그림 3.5.3
일반적인 구조형상에 대한 하중 적용점의 예

(a) 종늑골형



(b) 횡늑골형

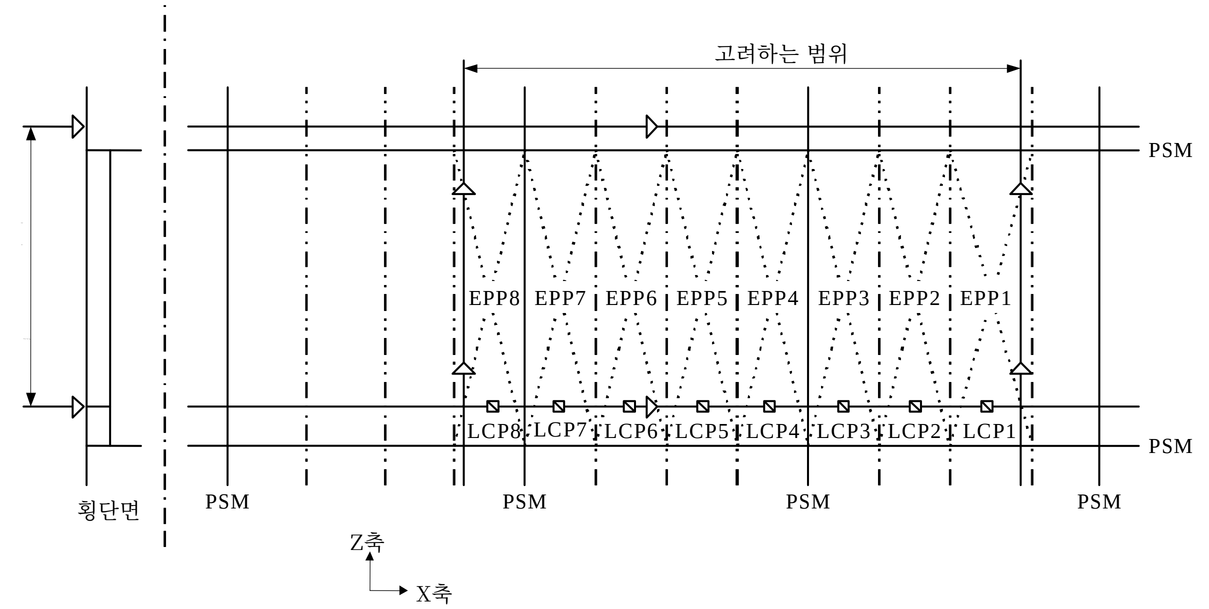
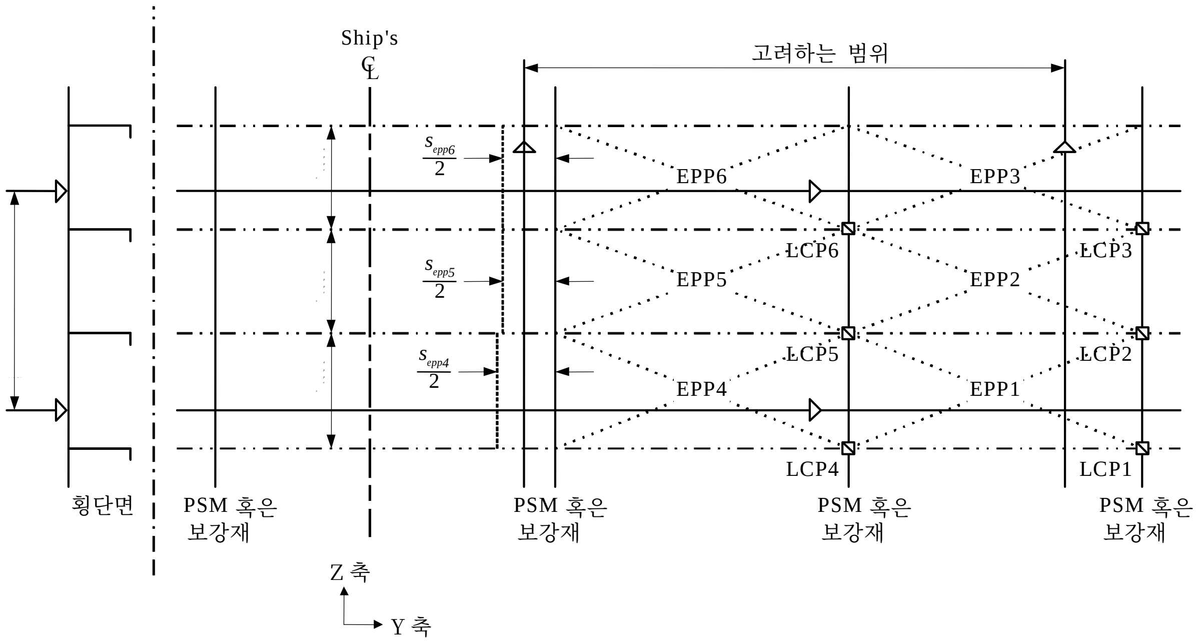
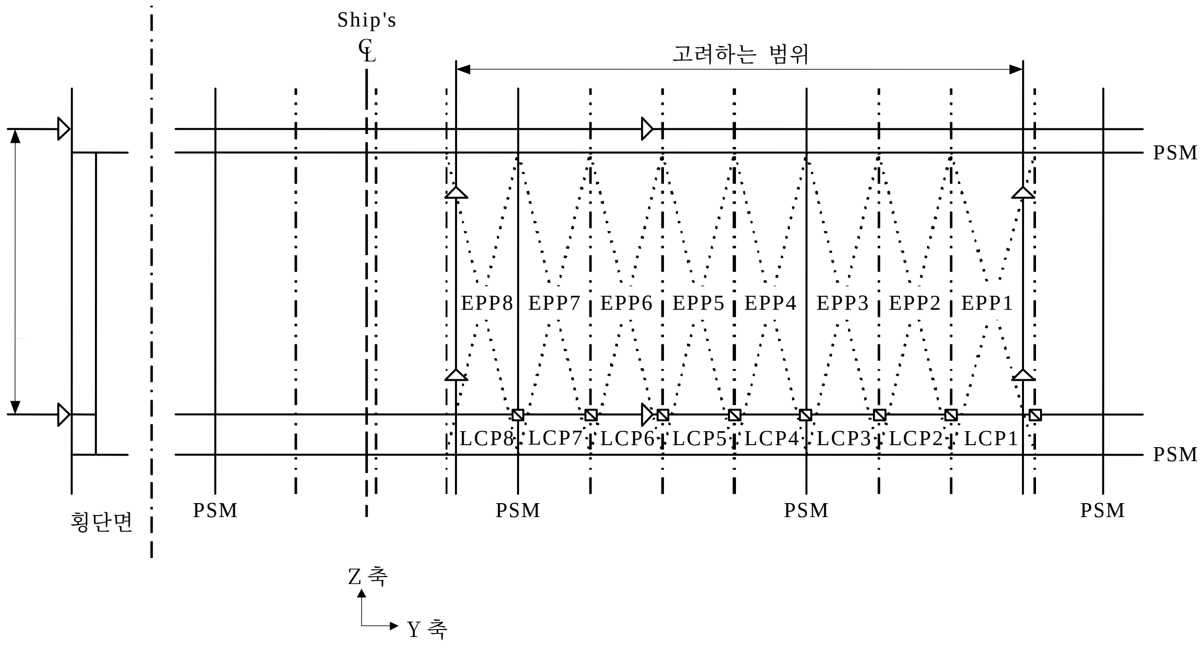


그림 3.5.3 (계속)
일반적인 구조형상에 대한 하중 적용점의 예

(c) 횡구조부재에서 수평 늑골형



(d) 횡구조부재에서 수직 늑골형



5.2 보강재의 치수 결정

5.2.1 보강재의 치수 결정 – 보강재의 이상화

5.2.1.1 각각의 보강재 치수는 보강된 패널의 연속으로 신조구조의 이상화에 기초한다.

5.2.1.2 보강된 패널은 하나의 이상화된 보강재와 하나 또는 다수의 요소판 패널의 경계를 지지하는 유효한 판플랜지로 구성된다. 보강된 패널의 배치는 5.1.1에 정의된 요소판 패널에 따른 구조의 이상화에 기초한다.

5.2.1.3 보강재의 치수는 **8장**의 요건에 근거하여 동일 치수의 보강재가 연속적으로 배치하여 그룹을 이룬다는 개념에 기초하여 결정된다. 그룹의 치수는 다음 중 큰 것으로 한다.

(a) 그룹 내 모든 보강재의 요구치수 평균

(b) 그룹 내 어느 하나 보강재의 최대요구치수의 90%

그룹의 개념은 **9장/3** 및 **부록 C** 와 같이 피로요건에는 적용하지 않는다.

5.2.2 국부 강도요건 및 피로와 관련된 패널 치수의 결정

5.2.2.1 보강된 패널의 요구치수는 다음과 같은 압력하중 계산점에 기초한다.

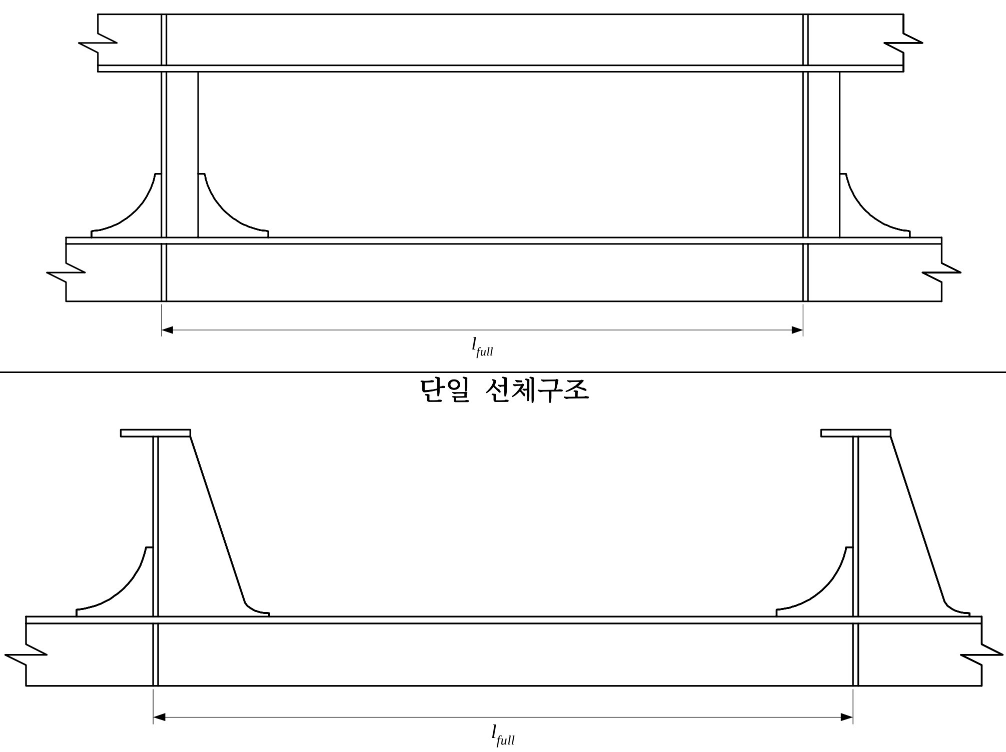
(a) 1차 지지부재 사이의 보강재 전길이(l_{full})의 중간점(**그림 3.5.4** 참조)

(b) 보강재의 판에의 연결점

그림 3.5.4
보강재 전길이(l_{full})의 정의

이중 선체구조

단일 선체구조



5.2.2.2 종늑골형 및 수평 늑골형에 대한 설계압력은 전길이 중간에서의 압력으로 한다.

5.2.2.3 횡늑골형 및 수직 늑골형에 대한 설계압력은 다음 중에서 큰 것으로 한다.

P_{ms} (kN/m^2)

$$\frac{(P_{end-1}+P_{end-2})}{2} \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

P_{ms} : 전길이의 중간점에서 계산된 압력(kN/m²)

P_{end-1} : 보강재 첫번째 끝단에서 계산된 압력(kN/m²)

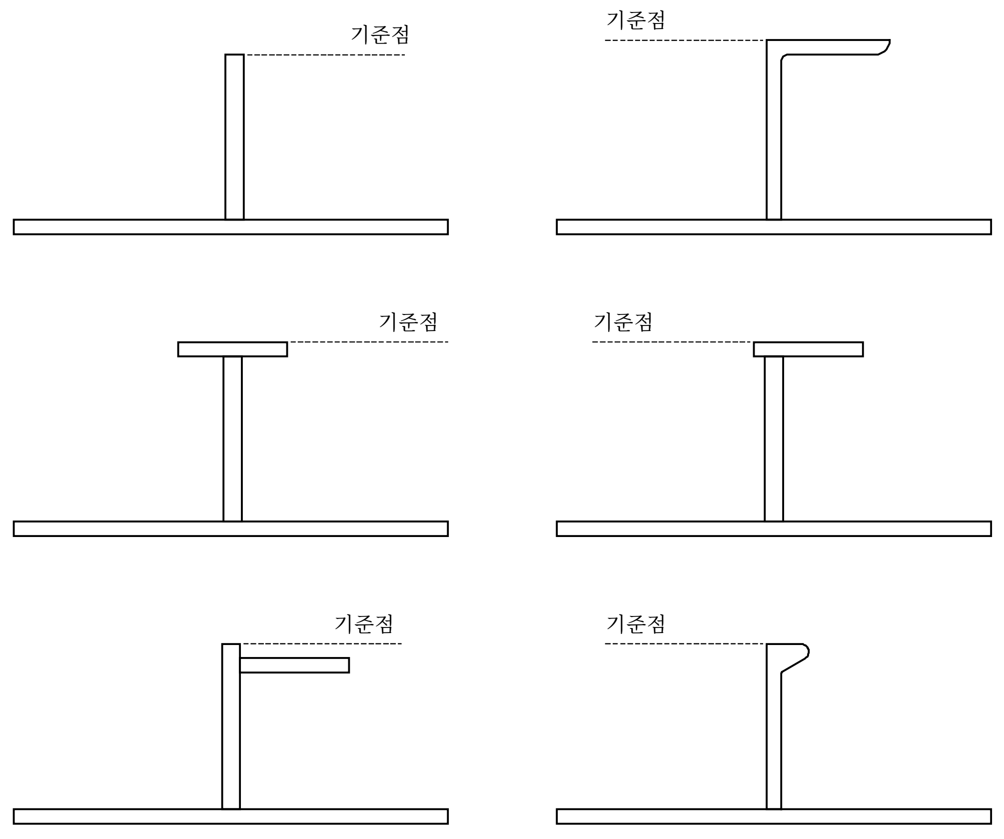
P_{end-2} : 보강재 두번째 끝단에서 계산된 압력(kN/m²)

l_{full} : 전길이(m) (**그림 3.5.4** 참조)

5.2.2.4 이 규칙에서 단면계수 요건은 최소 단면계수를 나타내는 기준선에 관련된다. 일반적으로 이것은 통상 면재의 외부면에 존재한다. 대표적인 단면계수 계산을 위한 기준선은 **그림 3.5.5**와 같다.

5.2.2.5 보강재에 대한 국부치수 요건의 계산에 사용되는 선체거더 응력은 **그림 3.5.5**와 같이 면재의 외부면에서 취한다.

그림3.5.5
국부치수평가를 위한 단면계수 및 선체거더응력의 계산에 대한 기준점



5.2.3 선체거더 좌굴강도를 위한 보강된 패널의 치수결정

5.2.3.1 좌굴과 관련한 보강된 패널의 요구되는 부재치수는 보강재와 판의 접촉점에서의 계산된 축응력 및 X좌표를 따라 측정된 보강재 중앙점의 길이에 근거한다.

5.2.3.2 **5.2.3.1**과 같이 요구치수는 지지로부터 s 만큼 떨어진 보강재에 적용한다. 여기서 s 는 보강재의 간격이다.

5.2.4 FEM강도평가를 위한 보강된 패널의 치수결정

5.2.4.1 보강된 패널의 요구치수는 **9장/2**에 따라 적용된 응력에 기초한다.

5.2.5 보강재에 대한 전단면적 요건

5.2.5.1 보강재의 전단면적 및/또는 웨브 두께의 요건은 **8장**과 같다.

5.2.5.2 **8장**의 요건은 **5.2.2**에 규정된 하중점 및 **4장/2.1.2**의 유효길이를 기초로 하여 계산하여야 한다.

5.2.5.3 **8장**의 요건은 보강재의 실제 전단면적에 대하여 평가되어야 한다. 이는 **4장/2.4.2**에 따른 보강재의 유효 전단높이 및 보강재의 특정 최소 항복에 기초한다.

5.2.5.4 브래킷은 유효길이 계산에 포함될 수 있으나 실제 전단면적 계산에는 포함되지 않아야 한다.

5.2.6 보강재의 굽힘 요건

5.2.6.1 보강재에 대한 단면계수 및 관성모멘트 요건은 **8장**과 같다.

5.2.6.2 **8장**의 요건은 **5.2.1**에 규정된 하중점 및 **4장/2.1.2**의 유효길이를 기초로 하여 계산하여야 한다.

5.2.6.3 **8장**의 요건은 보강재의 실제 단면계수/관성모멘트에 대하여 평가 되어야 한다. 보강재 웨브 및 면재도 실제 단면의 특성계산에 포함 되어야 한다.

5.2.6.4 브래킷은 유효길이 계산에 포함될 수 있으나 실제 단면계수/관성모멘트 계산에는 포함되지 않아야 한다.

5.2.6.5 보강재가 취부판보다 고강도 재료인 경우 **8장**의 단면계수 요건의 계산에 사용되는 항복응력은 취부판의 최소항복응력의 1.35배 이하이어야 한다. 만약 보강재의 항복응력이 이 제한을 넘으면 다음의 기준을 만족하여야 한다.

$$\sigma_{yd-stf} \le \left(\sigma_{yd-plt} - \left|\sigma_{hg}\right|\right)\frac{Z_{net-plt}}{Z_{net}} + \left|\sigma_{hg}\right| \qquad (\text{N/mm}^2)$$

여기서,

$\sigma_{yd\text{-}stf}$: 특정 보강재 재료의 최소 항복응력(N/mm^2)

$\sigma_{yd\text{-}plt}$: 특정 취부판 재료의 최소 항복응력(N/mm^2)

5.2.7 경사진 보강재의 평가

5.2.7.1 국부 지지부재에 대한 전단면적 및 단면계수 요건은 판에 평행한 축에 대한 것이다. 보강재 웨브와 부착된 판 간의 각 ϕ_w가 75도 미만 이라면 (**그림 4.2.14** 참조) 실제 단면계수 및 관성모멘트는 **4장/2.4.2** 및 **2.4.3**에 따라 조정되어야 한다. 보강재 웨브와 부착된 판 간의 각ϕ_w는 50도 미만이어서는 안 된다.

5.3 1차 지지부재에 대한 치수 요건의 계산 및 평가

5.3.1 1차 지지부재에 대한 하중 적용점

5.3.1.1 1차 지지부재에 대한 설계압력은 일반적으로 하중면적의 중심점에서 취하여야 한다. 1차지지부재에 대한 설계압력은 8장에서 개별부재에 대하여 규정하고 있다.

5.3.2 1차 지지부재에 대한 전단 요건

5.3.2.1 1차 지지부재에 대한 전단면적 및/또는 웨브두께는 **8장**과 같다.

5.3.2.2 이 요건은 **5.3.1**에 규정된 하중점 및 **4장/2.1.5**의 유효길이를 기초로 하여 계산하여야 한다.

5.3.2.3 이 요건은 1차 지지부재의 실제 전단면적 및 웨브의 특정 최소 항복에 대하여 평가되어야 한다. 1차 지지부재의 실제 전단면적은 **4장/2.5.1**에 정의되어있다. 브래킷은 유효길이 계산에는 포함될 수 있으나, 실제 전단면적 계산에는 포함되지 않아야 한다.

5.3.3 1차 지지부재에 대한 굽힘 요건

5.3.3.1 1차 지지부재에 대한 단면계수 및 관성모멘트 요건은 각각 **8장**과 **10장**에서 주어진다.

5.3.3.2 이 요건은 **5.3.1**에 규정된 하중점 및 **4장/2.1.4**의 유효길이를 기초로 하여 계산하여야 한다.

5.3.3.3 이 요건은 1차 지지부재의 실제 단면계수/관성모멘트에 대하여 평가 되어야 한다. 웨브 및 면재도 실제 단면에 대한 계산에 포함 되어야 한다. 브래킷은 유효길이 계산에는 포함될 수 있으나 실제 단면계수/관성모멘트 계산에는 포함되지 않아야 한다.

5.3.3.4 1차 지지부재를 요구되는 웨브 깊이에 맞추기가 불가능할 경우에는 부착되는 부재가 요구되는 것과 동등한 관성을 가지는 조건으로 경감된 깊이로 하는 것이 허용된다. 요구되는 동등한 관성은 요구되는 판두께, 요구되는 깊이 및 두께를 가지는 웨브, 충분한 깊이를 가지는 면재, 요구되는 연강재의 단면계수를 만족하는 두께를 가지는 유효폭으로 주어지는 동등한 단면을 근거로 한다. 다른 규칙의 요건, 최소두께, 세장비(slenderness, *s/t*), 단면계수 및 전단면적은 만족하여야 한다.

5.4 계산된 두께의 반올림

5.4.1 요구되는 총 두께

5.4.1.1 건조단계에서 선주의 추가마진을 제외한 어떤 부재의 요구되는 최고 총두께는 반올림된 요구되는 순두께에 적절한 부식추가를 고려하여 결정한다

5.4.1.2 요구되는 순두께는 계산된 순두께에 1/2 밀리미터 단위로 반올림한 값을 사용한다. 예는 다음과 같다.

(a) $10.75 \le t_{calc\text{-}net} < 11.25$ mm 에 대하여 규칙 요구두께는 11mm 이다.

(b) $11.25 \le t_{calc\text{-}net} < 11.75$ mm 에 대하여 규칙 요구두께는 11.5mm 이다.

1 정 의

1.1 기본 제원

1.1.1 길 이

1.1.1.1 길이(L)라 함은 강도계산용 흘수에서 선수재의 전단으로부터 타두재의 중심까지의 거리를 말한다. 길이(L)는 하기만재흘수선상 최대길이의 96% 미만이어서는 아니되며 97%를 넘을 필요는 없다. 특별한 선수 및 선미 형상을 가진 선박의 경우에는 특별히 고려되어야 한다.

1.1.2 건현용 길이

1.1.2.1 건현용 길이(L_L)라 함은 국제만재흘수선 협약의 정의와 같다.

1.1.3 형나비

1.1.3.1 형나비(B)라 함은 선체의 중앙에서 가장 넓은 형나비(m)를 말한다.

1.1.4 형깊이

1.1.4.1 형깊이(D)라 함은 선박의 중앙 형기준선으로부터 최상층 전통갑판의 형갑판선까지 수직거리(m)를 말한다. 둥근 거널을 가진 선박의 깊이(D)는 형갑판선의 연장선까지 측정한다.

1.1.5 흘수

1.1.5.1 흘수(T)는 선박의 하기 만재흘수선에서의 흘수로 선박의 중앙에서 형기준선으로부터 측정한다(m). 이것은 최대 허용 하기만재흘수보다 작을 수 있다.

1.1.5.2 T_{bal}(m)은 최소 계획 밸러스트 흘수로, 부재치수의 강도요건을 만족한다. 최소 계획 밸러스트 흘수는 선박중앙의 형기준선으로부터 측정이 되고, 입항 및 출항조건을 포함한 적하지침서의 모든 적하상태의 최소 밸러스트 흘수보다 커서는 아니된다

1.1.5.3 T_{bal-n}(m)은 통상 밸러스트 흘수로, 적하지침서상의 통상 밸러스트조건으로 출항시의 흘수를 말하며 선박중앙의 형기준선으로부터 측정한다. 통상 밸러스트조건은 **8장/1.1.2.2 a)** 에 정의된 밸러스트 조건과 일치한다.

1.1.5.4 T_{full}(m)은 만재 적하흘수로, 적하지침서상의 균일 만재 적하상태로 출항시의 흘수를 말하며 선박중앙의 형기준선으로부터 측정한다. 이 흘수는 만재 적하 계획흘수라고도 한다.

1.1.5.5 T_{sc}(m)은 최대 계획흘수로, 부재치수의 강도요건을 만족한다.

1.1.6 중앙부

1.1.6.1 선박의 중앙부라 함은 길이(L)의 중앙을 말한다.

1.1.7 형배수량

1.1.7.1 형배수량(△)이라 함은 비중량 1.025(t/m^3)의 해수에서 흘수(T_{sc})에 대한 배수량을 톤(ton)으로 표시한 것을 말한다.

1.1.8 최대 운항속력

1.1.8.1 최대 전진 운항속력(V, 노트)이라 함은 하기만재흘수에서 프로펠러 회전수(RPM)와 이에 상응하는 엔진 연속정격출력(MCR)으로 운항할 수 있도록 설계된 선박의 최대속력을 말한다.

1.1.9 방형계수

1.1.9.1 방형계수 (C_b)라 함은 다음과 같다.

$$C_b = \frac{\nabla}{L B_{WL} T_{sc}}$$

여기서,

∇ : 강도계산용 흘수에서 배수용적(m^3)

L : **1.1.1.1**에 따른 길이

B_{WL} : 강도계산용 흘수선에서의 형나비(m)

T_{sc} : **1.1.5.5**에 따른 강도계산용 흘수(m)

1.1.10 수선간 길이

1.1.10.1 수선간 길이(L_{pp})라 함은 강도계산용 흘수선에서 선수재의 전단으로부터 타주의 후단까지 또는 타주가 없는 경우 타두재의 중심까지의 길이를 말한다.

1.1.11 선수 수선

1.1.11.1 선수 수선(FP)이라 함은 강도계산용 흘수선과 선수재 전면과의 교점에서의 수선을 말하며, 선박의 길이(L)의 선수단을 말한다.

1.1.12 선미 수선

1.1.12.1 선미 수선(AP)라 함은 선수 수선(FP)로부터 측정되는 선박의 길이(L)의 선미단에서의 수선을 말한다.

1.1.13 건현용 방형계수

1.1.13.1 국제만재흘수선 협약에서 정의된 건현용 방형계수(C_{bL})는 다음과 같다.

$$C_{bL} = \frac{\nabla_L}{L_L B T_L}$$

여기서,

∇_L : **1.1.7.1**에 따른 형흘수(T_L)에서의 형배수량(m^3)

L_L : **1.1.2.1**에 따른 건현용 길이

B : **1.1.3.1**에 따른 형나비

T_L : 형깊이의 85%에서 수선까지 측정한 형흘수(m)

1.1.14 재화중량(DWT)

1.1.14.1 DWT 는 하기만재흘수선에서 비중량 1.025의 해수에 떠있는 선박의 재화중량(tonnes)

1.2 위치 1 및 위치 2

1.2.1 위치 1

1.2.1.1 위치 1은 건현갑판 및 저선미루 갑판의 노출부와 선수로부터 0.25 L_L 사이에 있는 선루 갑판의 노출부

1.2.2 위치 2

1.2.2.1 위치 2는 선수로부터 0.25 L_L 후방에 있는 선루갑판의 노출부

1.3 A 형 및 B 형 건현 선박

1.3.1 국제만재흘수선 협약의 정의

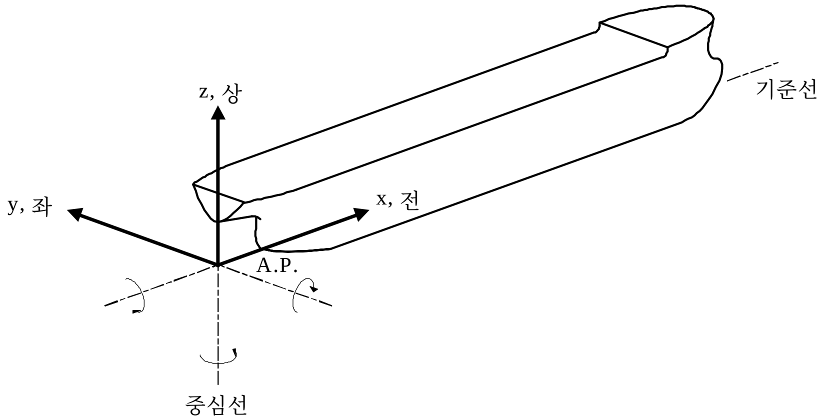
1.3.1.1 A 형 또는 B 형 건현 선박은 국제만재흘수선 협약의 정의에 따른다.

1.4 좌표계

1.4.1 원점 및 방위

1.4.1.1 이 규칙에서 사용하고 있는 좌표계는 **그림 4.1.1**과 같다. 운동 및 운동량은 선수, 좌현, 상방에 대하여 양의 값으로 고려한다. 각운동은 x, y, z 축에 대하여 시계방향에 대하여 양의 값으로 고려한다.

그림 4.1.1
좌표계



1.5 명칭

1.5.1 **격벽 명칭**

1.5.1.1 이 규칙에서 사용하는 일반적인 구조에 대한 명칭은 **그림 4.1.2**, **4.1.3** 및 **4.1.4**와 같다.

그림 4.1.2
파형횡격벽

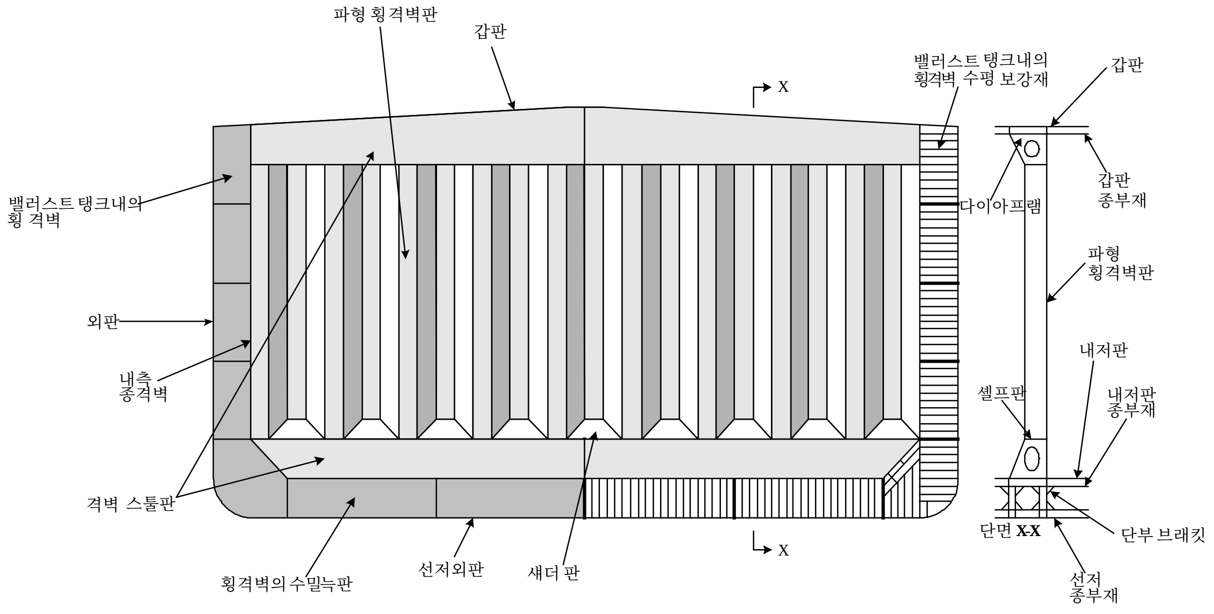
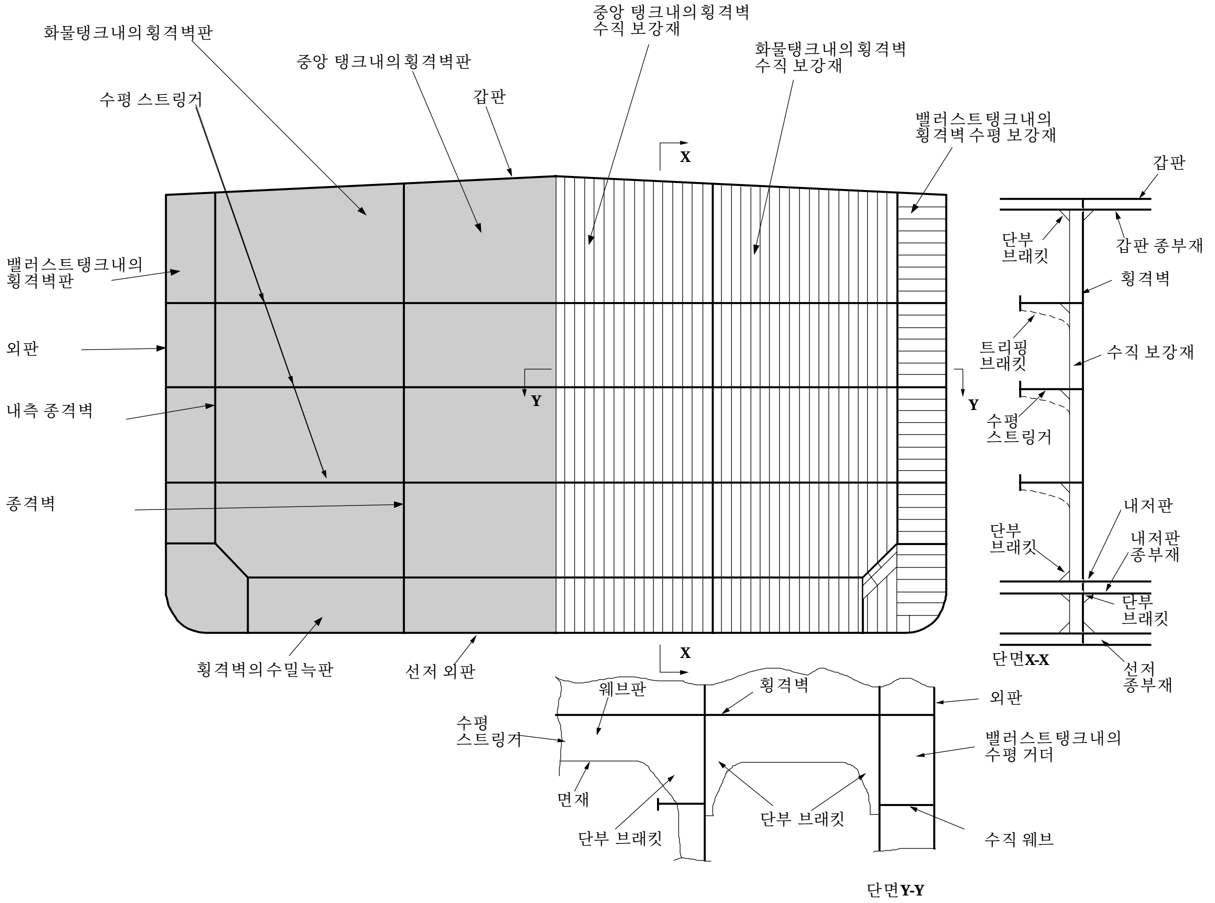
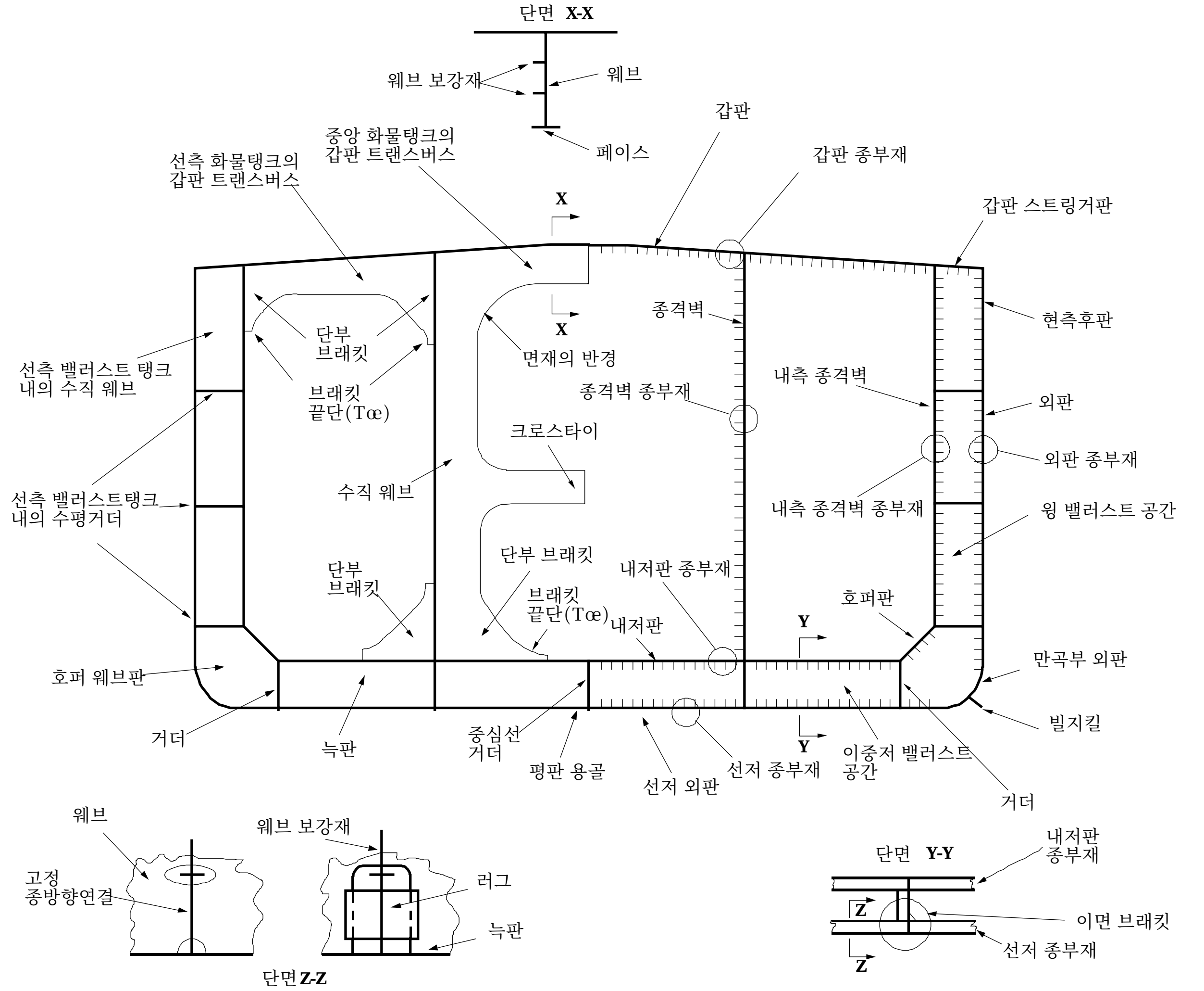


그림 4.1.3
평면 횡 격벽



화물탱크내의횡격벽판
중앙 탱크내의횡격벽판
수평 스트링거
갑판
중앙 탱크내의횡격벽 수직 보강재
화물탱크내의횡격벽 수직 보강재
밸러스트탱크내의 횡격벽수평 보강재
밸러스트탱크내의 횡격벽판
외판
내측 종격벽
종격벽
횡격벽의수밀늑판
선저 외판
X
Y
갑판
단부 브래킷
갑판 종부재
횡격벽
트리핑 브래킷
수직 보강재
수평 스트링거
내저판
단부 브래킷
내저판 종부재
단부 브래킷
단면X-X
선저 종부재
웨브판
횡격벽
외판
수평 스트링거
밸러스트탱크내의 수평 거더
면재
단부 브래킷
단부 브래킷
수직 웨브
단면Y-Y

그림 4.1.4
중앙 화물탱크의 횡단면



1.6 부 호

1.6.1 일 반

1.6.1.1 이 규칙에서 사용하는 기호 및 첨자는 해당부분에서 정의한다. 별도 언급이 없으면 **1.1**에 정의된 기본제원이 참조된다.

1.7 단 위

1.7.1 일 반

1.7.1.1 이 규칙에 사용되어지는 단위는 다음과 같다. 수식에 사용되어지는 단위는 각 식에서 설명된다.

(a) 일 반

- 치수(dimension) / 거리(distance) m

• 1차부재간격(primary spacings)	m
• 2차부재간격(secondary spacings)	mm
• 면적(area)	m^2
• 체적(volume)	m^3
• 질량(mass)	t
• 속도(velocity)	m/s
• 가속도(acceleration)	m/s^2

(b) 선체거더 특성치(hull girder properties)

• 치수(dimension)	m
• 면적(area)	m^2
• 단면계수(section modulus)	m^3
• 관성모멘트(moment of inertia)	m^4
• 면적모멘트(moment of area)	m^3

(c) 보강재 특성치(stiffener properties)

• 치수(dimension)	mm
• 면적(area)	cm^2
• 단면계수(section modulus)	cm^3
• 관성모멘트(inertia)	cm^4
• 길이/유효길이(effective length)	m
• 길이(span)	m

(d) 판

• 나비(breadth)	mm
• 길이(length)	m
• 두께(thickness)	mm

(e) 하중

• 압력(pressure)	kN/m^2
• 하중(loads)	kN
• 굽힘모멘트(bending moment)	kNm
• 전단력(shear force)	kN

(f) 기타

• 항복강도(yield strength)	N/mm^2

• 응력(stress)	N/mm^2
• 처짐(deflection)	mm
• 탄성계수(modulus of elasticity)	N/mm^2
• 밀도(density)	t/m^3
• 배수량(displacement)	tonnes
• 각도(degree)	deg
• 계산각(calculated angle)	rad
• 주기(period)	s
• 주파수(frequency)	Hz
• 선박의 속도(ship speed)	Knots

1.8 용 어

1.8.1 용어 정의

1.8.1.1 이 규칙에 사용되는 각각의 항목에 대한 정의는 **표 4.1.1**과 같다.

표 4.1.1
용어의 정의

용어	정의
거주구갑판 (accommodation deck)	주로 선원의 거주실로 사용되는 갑판
현측사다리 (accommodation ladder)	부두 또는 소형보트로부터 승하선시에 사용되는 선측사다리
선미피크(aft peak)	선미격벽 뒤쪽에 있는 구획
선미격벽 (aft peak bulkhead)	선미에 배치된 첫번째 횡수밀격벽
선미피크탱크 (aft peak tank)	선미격벽 후방에 있는 구획
앵커(Anchor)	선박이 한 곳에 위치하도록 앵커체인의 한쪽 끝단에 매달려 해저에 투하되는 것으로 바람과 조류의 영향으로 떠밀리는 선박이 이것을 끌어서 해저에 고정시키도록 설계되며 보통 주강으로 제작
밸러스트탱크 (ballast tank)	밸러스트수의 저장용 구획
베이(bay)	횡늑골 또는 횡격벽 사이의 지역
빌지키일(bilge keel)	횡동요를 감소시키기 위하여 선박 길이의 1/3정도 만큼 외판 빌지부에 수직으로 부착는 판
빌지후판(bilge strake)	선측판이 수직으로 되는 위치까지 빌지 만곡부에서 후판
보스(boss)	추진축 끝단부에 프로펠러날개가 붙어 있는 중심부
선저외판(bottom shell)	선체를 외형을 형성하는 최저바닥 수평외판
선수(bow)	선박의 앞쪽 형상을 형성하는 구조배치
선수 앵커(bow anchor)	선박의 선수에 위치한 앵커
브래킷(bracket)	두 부재의 연결에서 강도를 증가시키기 위해 취부하는 추가부재
브래킷 토우(bracket toe)	브래킷의 끝단
쇄파기(breakwater)	선수에 덮치는 해수를 제지하기 위해 노출갑판에 설치된 구조물
브레스트 훅(breast hook)	우현과 좌현의 선측부재를 선수에서 연결시키는 삼각 형태의 연결부재
선교(bridge)	전방 및 양현에 대한 시계가 확보되고 조타가 이루어지는 선루
벌브(bulb profile)	면재를 대신하여 웨브 끝단의 치수를 키운 보강재
격벽(bulkhead)	선박의 내부를 구획으로 나누는 부재
격벽 갑판(bulkhead deck)	횡수밀격벽과 외판이 도달하는 최상층 전통갑판
격벽 스툴(bulkhead stool)	파형횡격벽의 상부 및 하부 구조물
격벽 구조 (bulkhead structure)	보강재 및 거더를 부착한 횡 또는 종격벽판
불워크(bulwark)	노출갑판의 끝단을 따라 갑판상부에 부착한 수직판
연료고(bunker)	선박의 기관장치에 사용되는 연료유 저장용 구획
케이블(cable)	앵커에 연결되는 로프 또는 체인
캠버(camber)	선박의 양현에서 중심선으로 노출갑판이 불룩하게 위로 올라감
화물탱크격벽 (cargo tank bulkhead)	화물탱크를 분리하는 격벽
화물지역(cargo area)	화물탱크, 슬롭탱크, 인근지역(밸러스트탱크, 연료탱크, 코퍼댐, 보이드, 이에 해당되는 갑판, 선수격벽 및 화물탱크의 후미단 격벽 포함)

표 4.1.1
용어의 정의

용어	정의
칼링(carlings)	판의 변형을 방지하기 위해 갑판보 사이에 취부하는 평판
케이싱(casing)	어떤 공간의 보호를 위하여 둘러친 격벽 또는 커버
박판 구조 (cellular construction)	2개의 근접한 경계 및 내부판에 의하여 조그만 구획을 형성하듯이 배치된 구조
중심선 거더 (centerline girder)	선박의 중심에 위치한 종방향 거더
체인(chain)	앵커에 연결되거나 목재화물을 묶는 링크
체인 로커(chain locker)	앵커체인의 보관장소로 선박의 선수에 위치한 구획
체인 파이프(chain pipe)	앵커체인이 체인로커로 통하는 파이프
체인 스토퍼 (chain stopper)	앵커를 끌어 올렸을 때 윈들러스에 걸리는 응력을 감소시키위해 체인을 고정시키는 장치
코밍(coaming)	해치의 수직위벽구조물
코퍼댐(cofferdams)	구획 간의 기름유출을 방지하기 위하여 설계된 두 격벽 또느 갑판 사이의 구역
칼러판(collar plate)	종방향 보강재로 인하여 웨브에 뚫린 구멍을 막기 위해 취부하는 조각판
선수 격벽 (collision bulkhead)	최전단 수밀횡격벽
승강구실(companionway)	선박의 갑판에서 하부구역으로 들어가는 풍우밀입구
구획(compartment)	격벽으로 경계된 내부공간
제한공간(confined space)	출입용 또는 통풍용이나 작업자를 위한 임시통로에 의한 구역
파형 격벽 (corrugated bulkhead)	파형으로 된 격벽
크로스타이(cross tie)	유체의 정적 또는 동적하중에 대하여 유조선의 종격벽을 지지하는 부재
갑판(deck)	구획의 상부와 하부경계를 이루는 수평구조부재
갑판실(deck house)	건현갑판 또는 선루갑판상의 구조물
갑판구조(deck structure)	보강재, 거더 및 필러를 취부한 갑판
디프탱크(deep tank)	선저로부터 최하위갑판 또느 그 이상까지 도달하는 탱크
선외관(discharges)	빌지, 순환수, 배수 등의 선외배출을 위한 배관
입거 브래킷 (docking bracket)	입거를 위하여 이중저에 설치한 국부보강 브래킷
이중저 구조 (double bottom structure)	내저판을 포함하여 그 하부에 각종 부재를 설치하는 선저구조
이중판(doubler)	보강이 필요한 판에 취부하는 조각판(보통 보강재의 취부위치)
이중선체부재 (double skin member)	이중선체부재는 웨브, 취부판에 의해 형성되는 상부 및 하부 플랜지로 구성된 이상화된 보 같은 구조부재로 정의된다.
상자형 용골(duck keel)	화물탱크의 길이만큼에 걸쳐 설치된 상자형태의 용골판
폐위선루 (enclosed superstructure)	전방 및/또는 후방에 풍우밀문 과 폐쇄장치가 설치된 격벽들로 이루어진 선루
기관실 격벽 (engine room bulkhead)	기관실 전단 또는 후단 횡격벽
면재(face plate)	판에 평행하게 웨브에 취부하는 보강재
플랜지(flange)	웨브에 취부되는 보강재의 단면으로 때때로 웨브를 구부려 형성함. 일반적으로 판에 평행함.
평강(flat bar)	웨브만으로 된 보강재
늑판(floor)	선저의 횡부재
선수루(forecastle)	선수에 위치한 선루
선수 피크(fore peak)	선수격벽 전방의 지역
선수 갑판(fore peak deck)	선수에 한층 높인 갑판

표 4.1.1 용어의 정의	
용어	정의
건현 갑판 (free board deck)	일반적으로 모든 개구에 영구 폐쇄장치가 있는 최상층 전통 노출갑판
방수구(freeing port)	갑판으로 올라온 해수를 배출하기 위하여 불워크에 설치한 개구
현문(gangway)	선루간을 연결하는 한층 높게 설치된 통행로
거더(girder)	1차 지지구조부재의 공통적인 용어
거전(gudgeon)	선미포스트에서 타핀틀을 지지하기 위한 것으로 타가 회전할 수 있도록 함.
현단(gunwale)	현측의 상부 모서리
거싯(gusset)	두 구조부재 사이에서 하중이 분산되도록 하기 위하여 부착한 삼각형태의 판부재
화물창구(hatchway)	갑판 하부로 통하는 갑판에 만든 구멍으로 일반적으로 사각형
호저 파이프(hawse pipe)	선수 양현에 앵커체인을 통과시키기 위한 파이프
호저(hawser)	예인 또는 계류용으로 사용되는 강선 또는 섬유로프
호퍼판(hopper plating)	이중저 상부와 내부선측판 사이의 경사판
독립형 탱크 (independent tank)	선체의 일부로 구조를 형성하지 않는 탱크
내부선체(inner hull)	두번째 선체층을 형성하는 내부판
단절판(intercostals)	늑판 또는 늑골 간의 단속적인 종부재
JIS	일본산업표준
용골(keel)	선저중심선을 따라 종방향으로 배치된 수직보강 중요구조부재
너클(knuckle)	구조부재의 불연속부
경감구멍(lightening hole)	무게를 경감하기 위하여 구조부재에 뚫은 구멍
오수구(limber hole)	오수가 고이지 않도록 부재에 뚫어 놓은 작은 배출구
국부 지지부재 (local support members)	갑판빔과 같이 단일판의 구조 적합성에만 영향을 주는 보강재
중심선종격벽(longitudinal centerline bulkhead)	선박의 중심선에 위치한 종방향 격벽
맨홀(manhole)	갑판 또는 탱크에 접근을 위한 원형 또는 타원형 구멍
마진판(margin plate)	내저의 외측후판으로 빌지에서 굴곡이 있을 때, 이중저구조의 바깥경계를 형성한다.
노치(notch)	용접으로 인한 구조부재의 흠집
연료유탱크(oil fuel tank)	연료유 저장용 탱크
필러(pillar)	갑판이 외판 또는 격벽으로 지지되지 않은 경우 갑판 사이를 지지하는 수직 지지부재
핀틀(pintle)	타가 선미포스트에 매달리고 회전할 수 있도록 하는 타의 전부에 있는 수직핀
관터널(pipe tunnel)	각 탱크에서 기관실로 이어지는 각종 배관을 보호하기 위하여 외판과 내저판 사이에 설치한 공간
선미루(poop)	선미에 위치한 폐위선루 하부 구역
선미루 갑판(poop deck)	선미루의 갑판
1차 지지부재(primary support members)	외판, 탱크경계, 이중저늑판, 거더 및 현측 횡부재 등 선체 전체의 구조보존성 보장하는 부재
타(rudder)	선박조종장치. 보통 선미에 위치한 수직판으로 좌현 35도에서 우현 35도까지 조종되며 면적, 나비와 높이의 비 및 모양으로 구분한다.
스캘럽(scallop)	용접의 연속성을 보장하기 위하여 보강재에 뚫은 구멍
스카핑 브래킷 (scarping bracket)	근접된 구조부재들을 연결하는 브래킷
갑판배수구(scupper)	갑판으로부터 배수를 위해 설치한 구멍

표 4.1.1
용어의 정의

용어	정의
현창(scuttle)	어떤 구획에 접근 하기 위한 뚜껑을 가지는 갑판위의 작은 구멍
쉐더판(shedder plate)	파형격벽의 구조안전성을 개선하기 위하여 취부하는 경사판
현측 후판(sheer strake)	현측외판의 상부판
스툴정판 (shelf plate)	격벽 스툴 상부에 부착하는 수평판
외판 (shell envelope plating)	선체를 형성하는 외부 판
선측 외판(side shell)	선체를 형성하는 외부 수직판
단일선체부재 (single skin members)	단일 선체부재는 웨브, 취부판에 의해 형성되는 상부플랜지 및 면재에 의해 형성되는 하부 플랜지로 구성된 이상화된 보 같은 구조부재로 정의된다.
천창(skylight)	기관실 또는 폐위장소의 환기를 위한 갑판개구
슬롭 탱크(slop tank)	유조선에서 화물탱크의 세척에서 나오는 유수혼합물을 모으는 탱크
구역(space)	탱크를 포함해서 각 개별 구획
스테이(stay)	불워크 또는 창구코밍의 지지부재
선수재(stem)	선수 전단의 선체외판을 형성하는 봉 또는 판
선미재(stern frame)	단일 또는 세쌍의 추진기가 있는 선박에서 러더포스트와 결합된 고강도부재
선미관(stern tube)	추진축이 프로펠러에 이르도록 하는 관으로 선미베어링 역할을 하며, 물 또는 기름 윤활방식
보강재(stiffener)	2차 지지구조부재에 대한 공통적인 용어
스툴(stool)	화물창 격벽의 지지 구조물
스트레이크(strake)	외판, 갑판, 격벽 또는 기타 부분에서 종방향 층부재
강력 갑판(strength deck)	최상층 전통갑판
스트링거(stringer)	수직 횡늑골에 취부된 수평거더
스트링거 판 (stringer plate)	갑판에서 외측후판
선루(superstructure)	건현갑판에 선박나비의 92%이상 되는 나비의 구조물
내저판(tank top)	화물탱크의 하부를 형성하는 수평판
예인 페넌트 (towing pennant)	선박을 예인하는데 사용되는 긴 로프
트랜섬(transom)	선미 끝단을 형성하는 부재
트랜스버스 링 (transverse ring)	선박의 횡단면을 형성하는 이중저늑판, 수직웨브 및 횡갑판거더와 같은 모든 횡부재
횡늑골 (transverse web frame)	선박의 종부재와 연결되는 1차 횡거더
트리핑 브래킷 (tripping bracket)	비틀림 및 압축하중을 받는 부재의 보강용 브래킷
중간갑판(tween deck)	화물탱크에서 상갑판과 이중저탱크 상부판 사이에 있는 갑판을 이르는 용어
얼리지(ullage)	탱크 내의 화물이 채워지지 않은 공간
공소(void)	비어 있는 폐위구역
제수 격벽(wash bulkhead)	탱크 내의 구멍난 격벽 또는 부분 격벽
수밀(watertight)	설계수압에서 누수를 방지하는 구조
노천 갑판(weather deck)	모든 해치 및 개구에 풍우밀 잠금장치를 갖는 갑판
풍우밀(weathertight)	모든 해상상태에서 해수 침입을 방지
웨브(web)	판에 수직으로 취부되는 보강재
바람 및 물 막이 스트레이크 (wind and water strakes)	밸러스트와 가장 깊은 하중 수선사이에 있는 외판 스트레이크

표 4.1.1 용어의 정의	
용어	**정의**
양묘기(windlass)	앵커체인을 내리고 올리는 장비
현측 탱크(wing tank)	내부종격벽과 현측외판으로 경계되는 구역

2 구조의 이상화

2.1 스팬의 정의

2.1.1 국부지지부재의 유효굽힘스팬

2.1.1.1 보강재의 유효 굽힘스팬(l_{bdg})에 대하여는 **2.1.1.3** 내지 **2.1.1.7**에 전형적인 배치에 대하여 규정하고 있다. **그림 4.2.1** 내지 **그림 4.2.8**과 다른 경우에는 스팬정의는 특별히 고려되어야 한다.

2.1.1.2 유효 굽힘스팬은 브래킷이 인접구조에 의해 효과적으로 지지되는 배치의 경우, 브래킷에 의해 감소하는 것이 가능하다. 그 외의 경우 유효굽힘스팬는 1차부재 지지 사이의 보강재 전 길이로서 하여야 한다.

2.1.1.3 웨브 보강재가 한단이 스닙이거나 고려하는 보강재에 부착이 되어있지 않으면, 유효굽힘스팬은 뒷면 브래킷이 부착되지 않는 한 1차부재 지지 사이의 전길이로 한다 (**그림 4.2.2** 참조)

2.1.1.4 브래킷이 플랜지 또는 보강재의 자유단에 부착되는 경우에만 유효굽힘스팬은 경감된다. 부착판에서 보강재 부착면과 반대면에 부착된 브래킷은 유효굽힘스팬을 경감하는데 유효하다고 고려하지 않는다.

2.1.1.5 이중선체를 구성하는 보강재의 유효 굽힘스팬 (l_{bdg})에 대하여는 **그림 4.2.1**에 따른다.

2.1.1.6 단일선체를 구성하는 보강재의 유효 굽힘스팬(l_{bdg})에 대하여는 **그림 4.2.2**에 따른다.

2.1.1.7 보강재가 1차 지지부재의 한쪽 면에 브래킷에 의해 지지되는 경우 유효굽힘스팬은 **그림 4.2.2(a)**와 같이 1차 지지부재사이의 전 길이로서 하여야 한다. 만약, 브래킷이 1차 지지부재의 양쪽면에 설치되는 경우 유효굽힘스팬은 **그림 4.2.2(b), (c)** 및 **(d)**에 따른다.

그림 4.2.1
웨브 보강재에 의해 지지되는 보강재의 유효굽힘스팬 (이중선체구조)

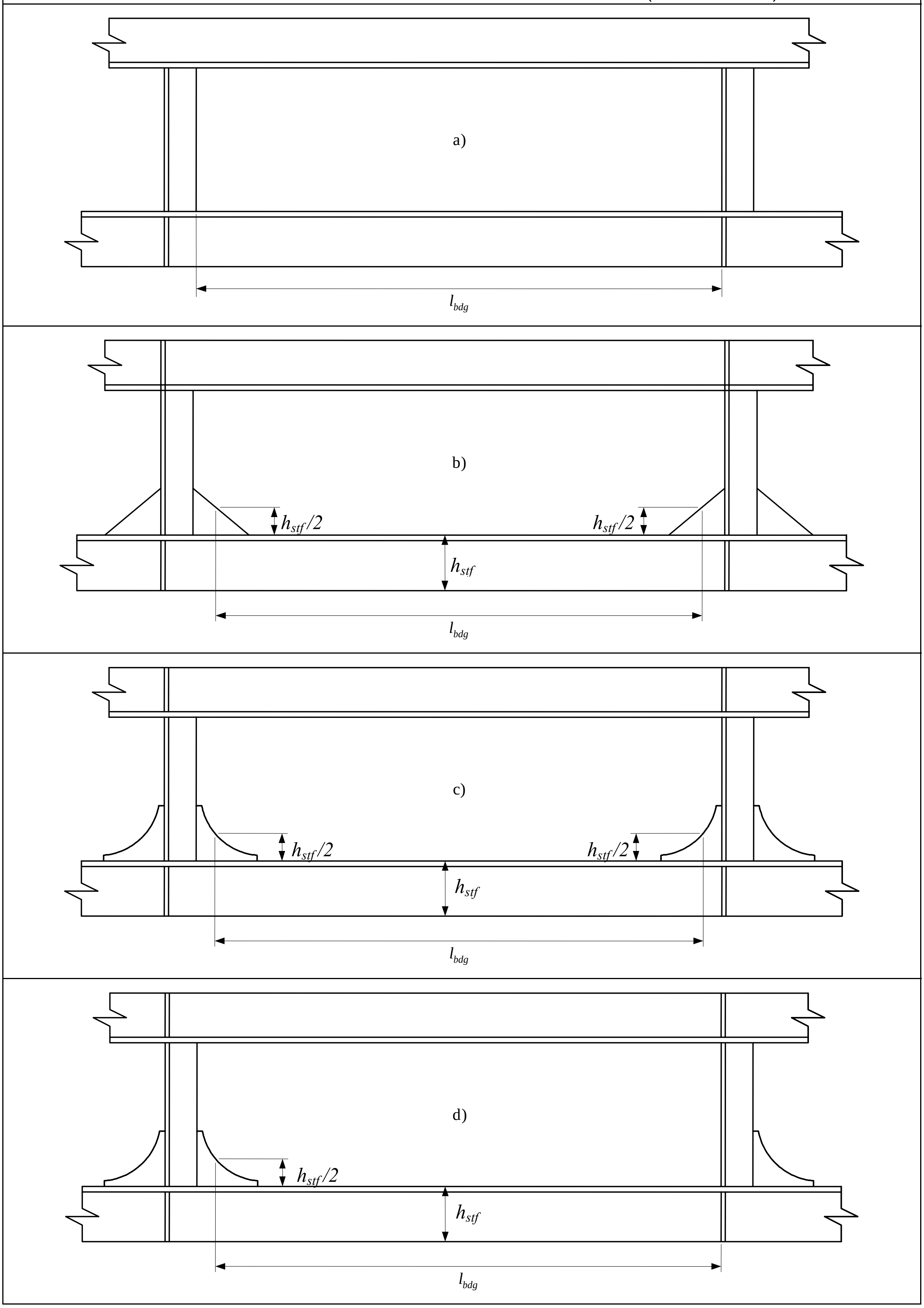
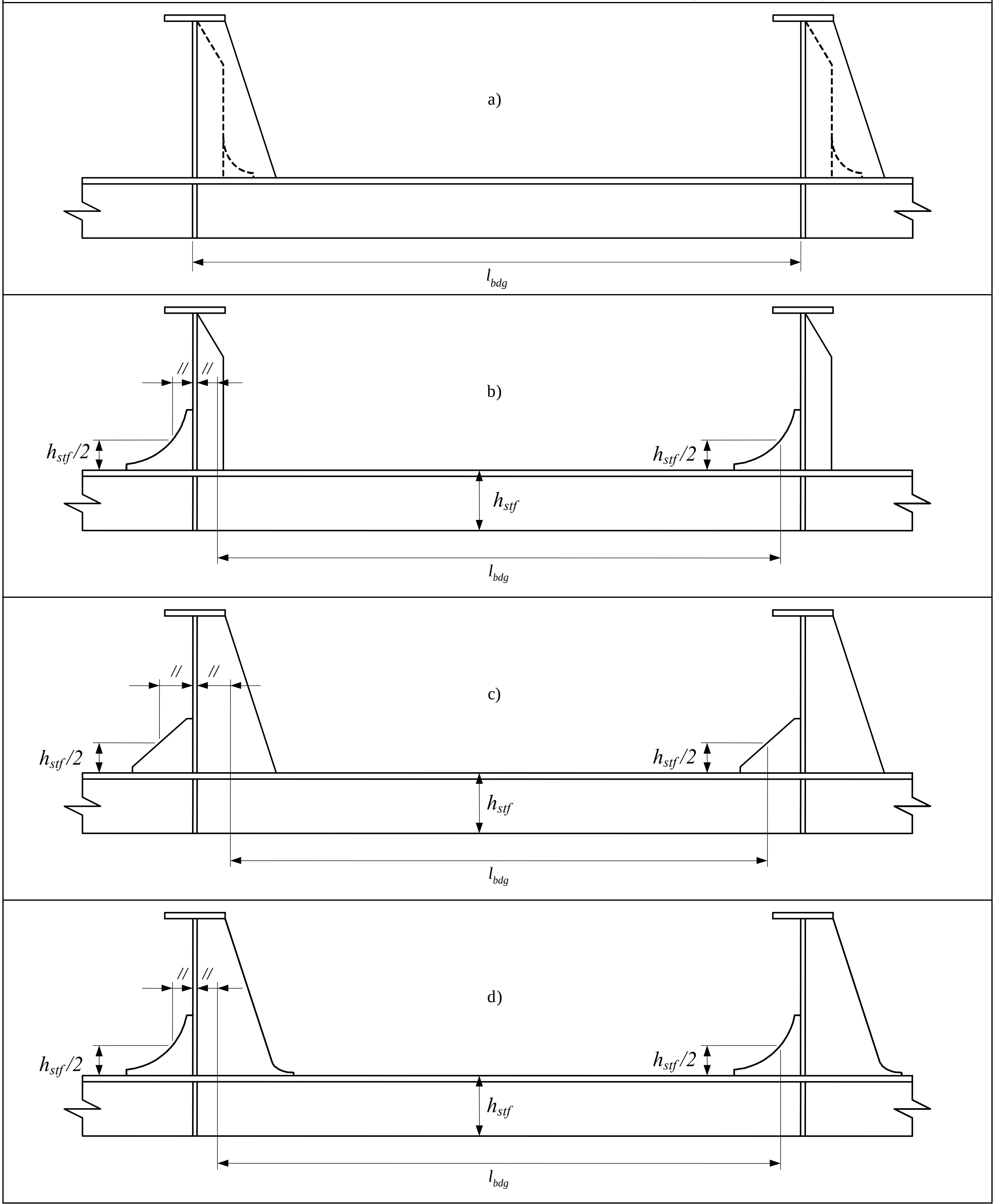


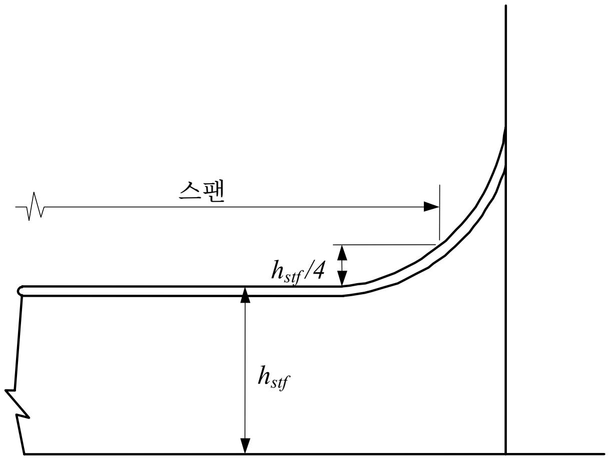
그림 4.2.2

웨브 보강재에 의해 지지되는 보강재의 유효굽힘스팬 (단일선체구조)



2.1.1.8 보강재의 면재가 브래킷의 곡선가장자리를 따라 연속되는 경우, 유효굽힘스팬은 브래킷의 깊이를 보강재 깊이의 1/4에 해당하는 점까지 하여야 한다. (**그림 4.2.3** 참조)

그림 4.2.3
브래킷 가장자리를 따라 연속적인 면재를 가진 국부 지지부재의 유효굽힘스팬



2.1.1.9 스팬점을 계산에 대해서는 브래킷의 길이는 격벽 또는 기준선에서 암길이의 1.5배를 넘어서는 아니된다.

2.1.2 국부지지부재의 유효전단스팬

2.1.2.1 보강재의 유효 전단스팬(l_{bdg})은 **2.1.2.5** 내지 **2.1.2.7**에 전형적인 배치에 대하여 정의되어 있다. 다른 형식의 배치에 있어서의 유효 굽힘스팬은 특별히 고려되어야 한다.

2.1.2.2 브래킷이 인접구조에 의해 효과적으로 지지되는 경우 브래킷으로 인하여 감소된 유효전단스팬은 인정할 수 있다. 그렇지 않으면, 유효전단스팬는 **2.1.2.4**와 같이 전 길이로서 하여야 한다.

2.1.2.3 플랜지 또는 보강재의 자유단에 부착된 브래킷으로 인하여 또는 보강재가 부착된 반대쪽에 부착된 브래킷으로 인하여 유효전단스팬은 경감될 수 있다. 브래킷이 플랜지 또는 보강재의 자유단에 부착된 경우와 보강재가 부착된 반대쪽에 부착된 경우의 유효전단스팬은 유효 브래킷암이 긴 것을 사용하여 계산하여도 된다.

2.1.2.4 유효 전단스팬은 지지구조상세와 상관없이 부재의 각 단에서 최소 s/4000 m를 공제할 수 있고 유효 전단스팬(l_{shr})은 다음 식 이하이어야 한다.

$$l_{shr} \le l - \frac{s}{2000} \quad \text{(m)}$$

여기서,

l : 1차 지지부재사이의 보강재의 전 길이(m)

s : 보강재의 간격(mm)

2.1.2.5 이중선체를 구성하는 보강재의 유효 전단스팬에 대하여는 **그림 4.2.4**에 따른다.

2.1.2.6 단일선체를 구성하는 보강재의 유효 전단스팬에 대하여는 **그림 4.2.5**에 따른다.

그림 4.2.4
웨브 보강재에 의해 지지되는 보강재의 유효전단스팬 (이중선체구조)

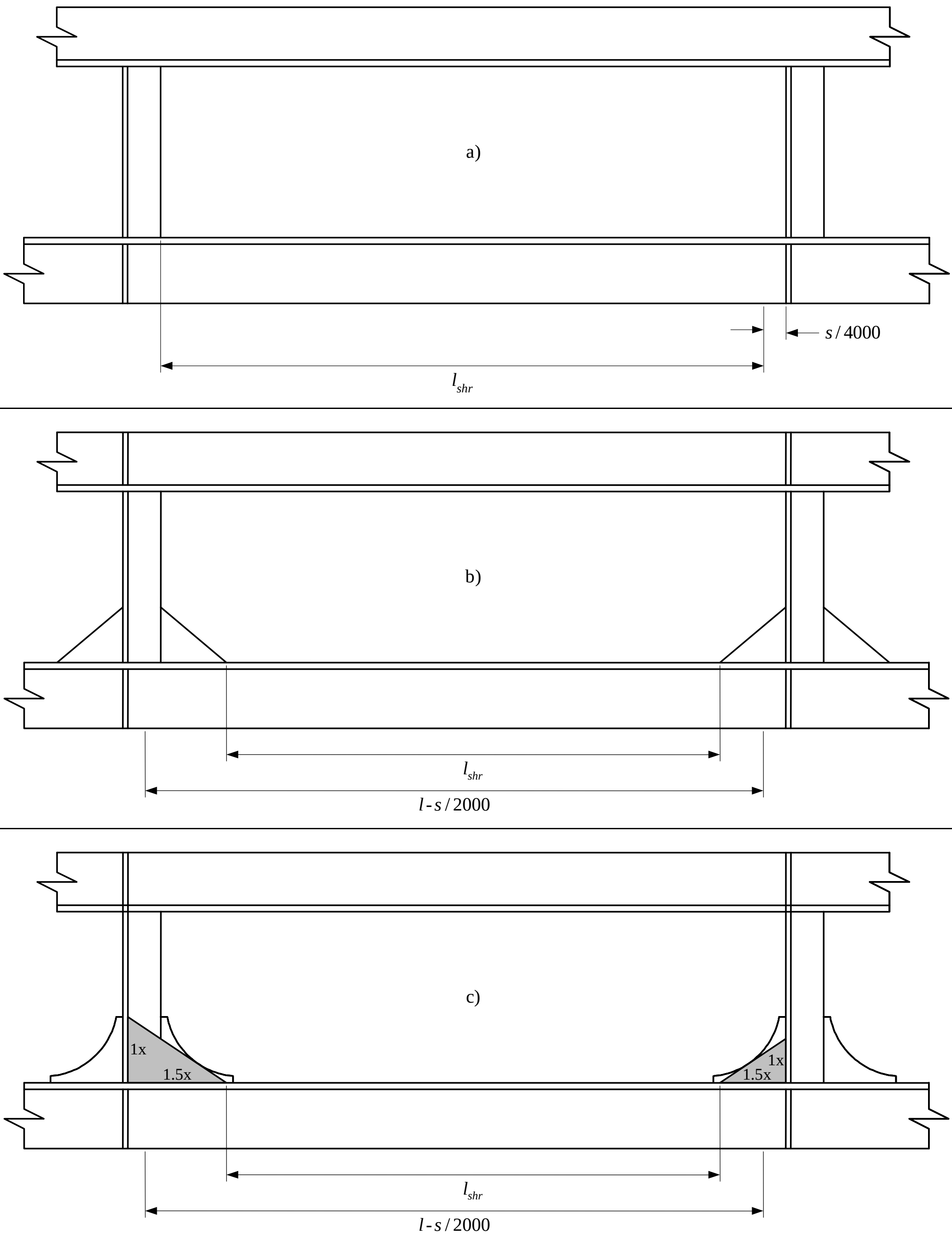


그림 4.2.5
웨브 보강재에 의해 지지되는 보강재의 유효전단스팬 (단일선체구조)

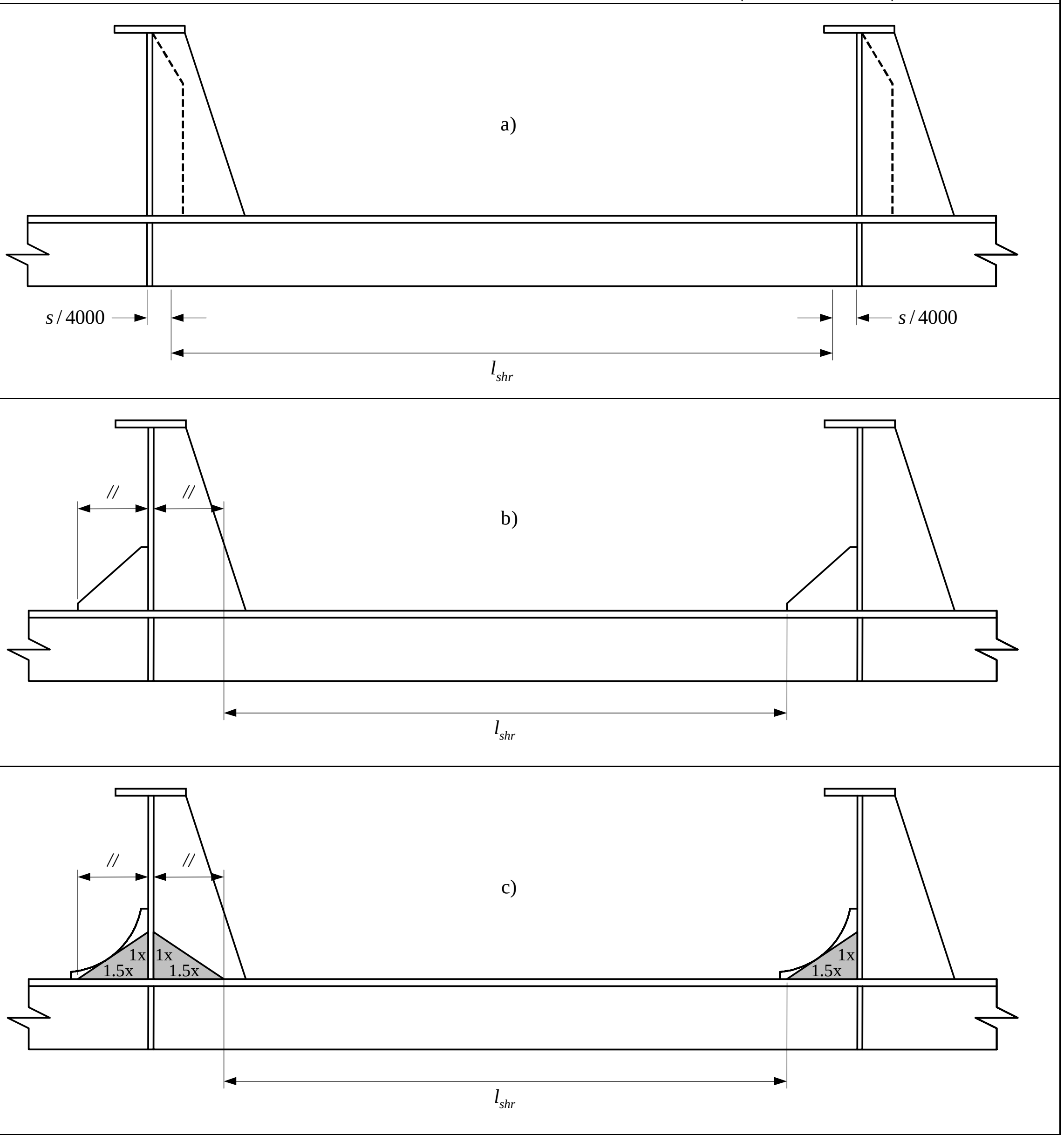
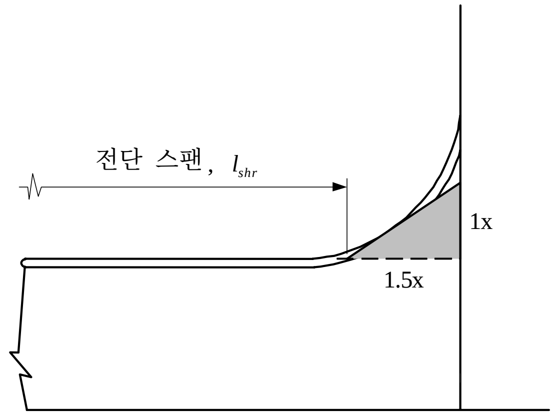


그림 4.2.6
브래킷 단부를 따라 연속적인 면재를 가진 국부지지부재의 유효전단스팬



2.1.2.7 보강재의 면재가 브래킷의 곡선단부를 따라 연속되는 경우, 유효 전단스팬은 **그림 4.2.6** 에 따른다.

2.1.2.8 곡선 혹은 긴 브래킷(높은 길이/높이 의 비)에 있어서는 **그림 4.2.4(c)** 및 **그림 4.2.5(c)** 와 같이 최대 1 : 1.5브래킷을 취하여야 한다.

2.1.3 국부 지지부재의 스팬에 대한 선체형상의 효과

2.1.3.1 1차 지지부재 사이의 보강재의 총길이 l 은 플랜지를 가진 보강재의 플랜지와 평강 보강재의 자유변을 따라서 측정한다. 곡진 보강재의 경우, 스팬은 스팬점사이의 현호길이이다. 유효스팬은 **2.1.1**의 요건에 따라 계산되어야 한다.

2.1.4 1차 지지부재의 유효굽힘스팬

2.1.4.1 1차 지지부재의 유효 굽힘스팬(l_{bdg})은 적절한 단부 브래킷이 부착된다는 조건아래 지지부재 사이의 부재 전 길이를 취하지 않아도 된다.

2.1.4.2 1차 지지부재의 보강재의 면재가 브래킷의 가장자리를 따라 연속되지 않는 경우, 즉 브래킷이 1차 지지부재에 용접되어 있는 경우의 유효굽힘스팬이 측정되는 부재의 각 단부에서의 스팬 점은 **그림 4.2.7(b)**와 같이 단부 브래킷의 깊이가 1차 지지부재의 깊이 1/2에 해당하는 점으로 하여야 한다. 스팬점을 정의하는 유효한 브래킷은 **2.1.4.4**와 같이 취한다.

2.1.4.3 1차 지지부재의 보강재의 면재가 브래킷의 곡선가장자리를 따라 연속되는 경우, 즉 브래킷이 1차 지지부재의 일부로 되어 있는 경우의 스팬점은 **그림 4.2.7(a), (c)** 및 **(d)**와 같이 브래킷의 깊이가 1차 지지부재의 깊이의 1/4에 해당하는 점까지로 하여야 한다. 스팬점을 정의하는데 있어서의 유효한 브래킷은 **2.1.4.4**와 같이 취하여야 한다.

2.1.4.4 유효한 브래킷은 부착된 브래킷안에 정확히 맞는 길이, 높이의 비가 1.5인 최대 크기의 삼각형 브래킷으로 정의된다. 곡선 브래킷의 경우는 **그림 4.2.7**과 같이 적합성을 확인하기 위해 탄젠트점이 이용된다.

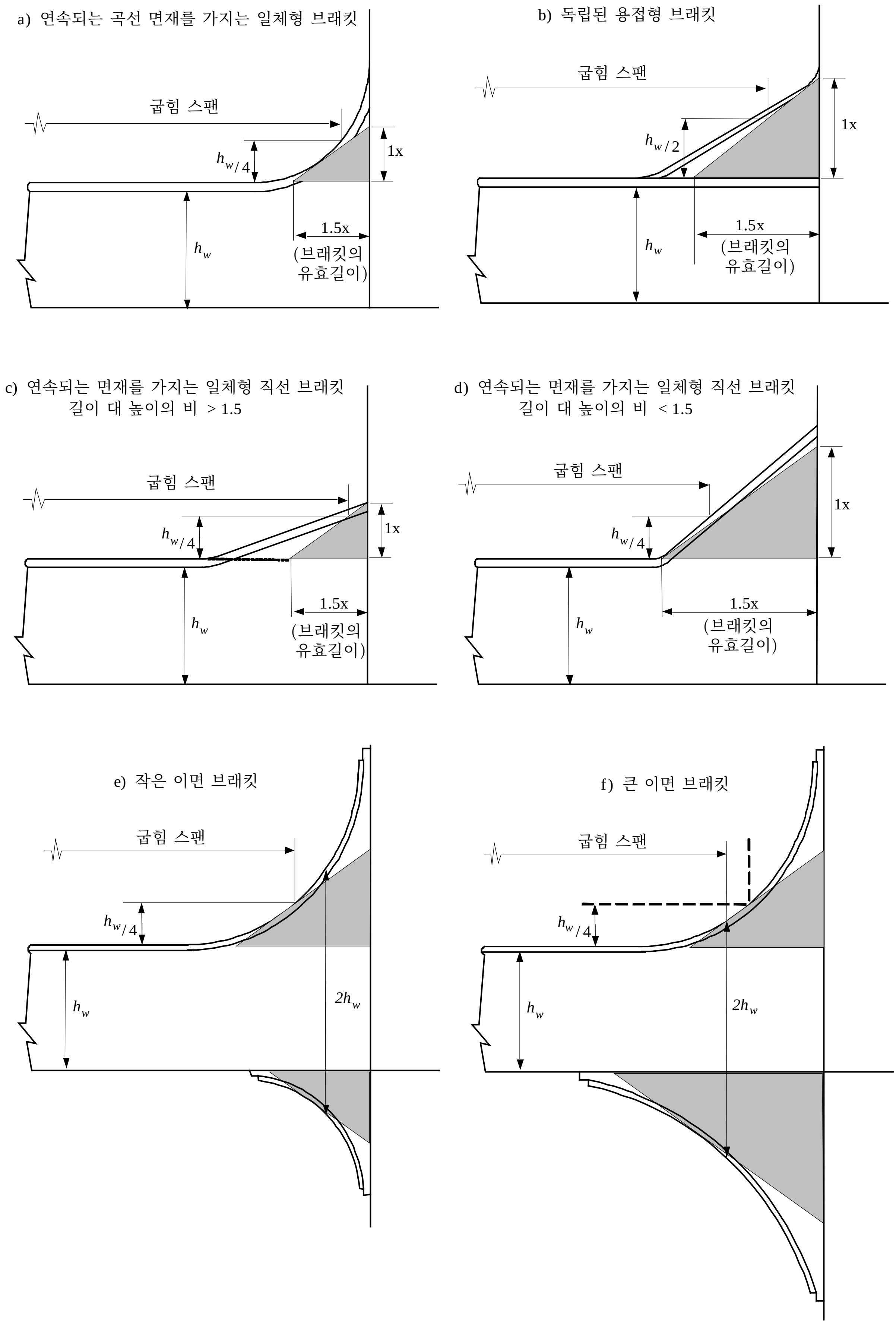
2.1.4.5 길이 대 높이의 비가 1.5이상인 직선 브래킷의 경우는 스팬점은 유효한 브래킷에 취하여야 한다. 곡선이 가파른 브래킷은 스팬점을 부착된 브래킷에 취하여야 한다.

2.1.4.6 곡선 브래킷의 경우, 스팬점은 부착된 브래킷 및 유효한 브래킷사이의 탄젠트점위의 스팬위치에서 측정되어야 한다. 탄젠트점이하의 스팬위치에 대하여는 스팬점은 유효한 브래킷에서 측정되어야 한다.

2.1.4.7 1차 지지부재의 면재가 브래킷의 역할을 하고 이면브래킷이 부착된 경우의 스팬점은 전체깊이가 1차 지지부재 깊이의 두배가 되는 지점보다 클 필요가 없다. 작거나 큰 뒷면 브래킷의 예는 **그림 4.2.7(e)** 및 **(f)**와 같다.

2.1.4.8 1차 지지부재의 높이가 일정하게 유지되고, 면재의 폭이 지지점을 향하여 증가되는 경우의 유효한 굽힘스팬은 면재의 폭이 공칭폭의 두배가 되는 지점으로 할 수가 있다.

그림 4.2.7
굽힘 평가를 위한 1차 지지부재의 유효스팬

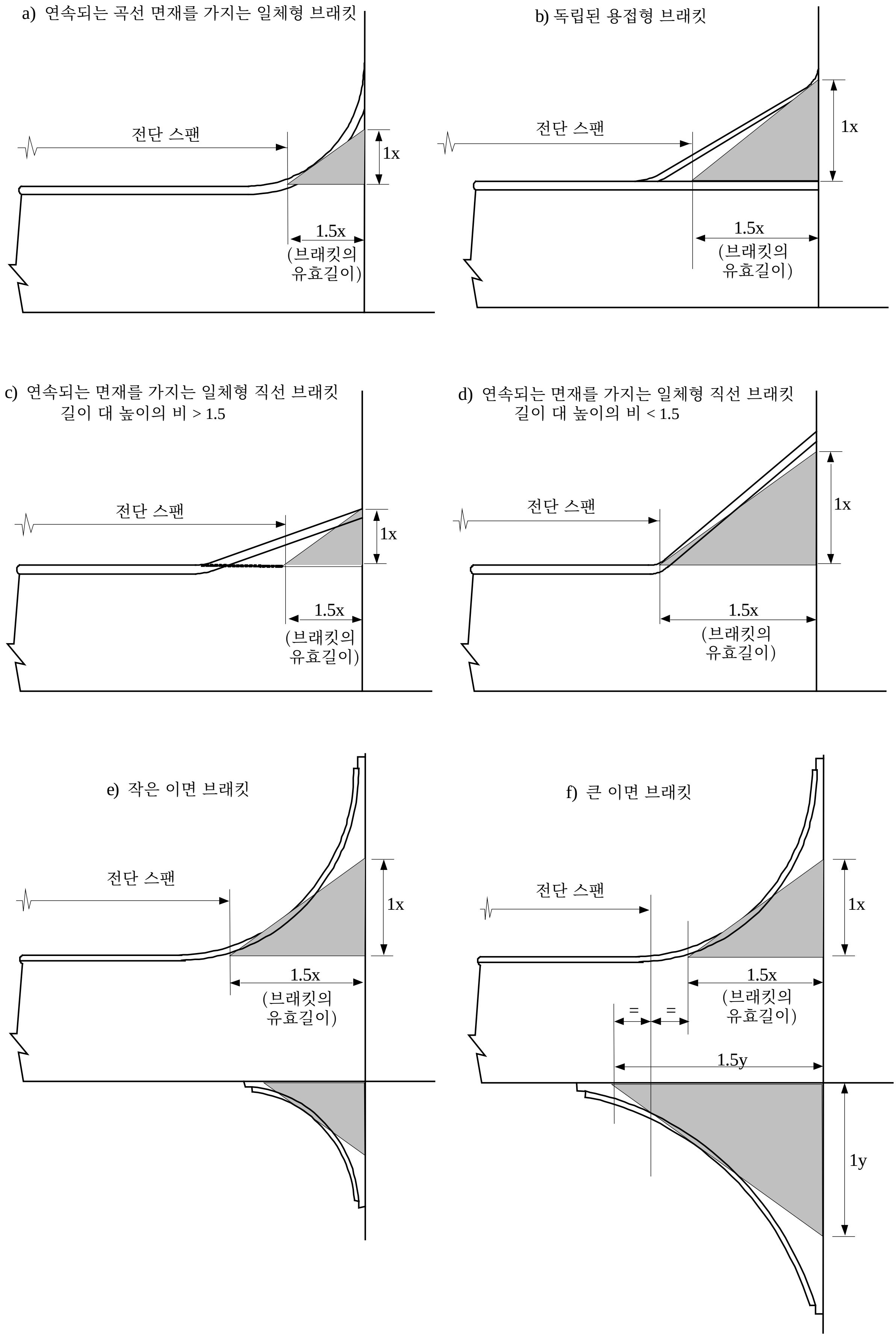


2.1.5 전단강도평가를 위한 1차 지지부재의 유효 스팬

2.1.5.1 전단스팬이 측정되는 1차 지지부재의 각 단부에서의 스팬점은 1차 지지부재를 지지하는 유효한 브래킷의 선단으로 하여야 하며, 유효한 브래킷의 선단은 **그림 4.2.8**과 같다. 선단점을 정의하기 위한 유효한 브래킷은 **2.1.4.4**와 같다.

2.1.5.2 유효한 이면 브래킷이 유효한 브래킷보다 큰 경우의 전단스팬은 **그림 4.2.8(f)**와 같이 유효한 브래킷 선단간 거리의 평균값을 취한다.

그림 4.2.8
전단 평가를 위한 1차 지지부재의 유효스팬



2.2 지지폭 및 간격의 정의

2.2.1 국부 지지부재의 지지되는 하중 폭

2.2.1.1 보강재에 의해 지지되는 하중 폭 및 보강재의 유효판 면재의 계산을 위한 보강재 간격 (s)은 양쪽 보강재 간격의 평균으로 한다. (**그림 4.2.9**참조)

2.2.2 1차 지지부재의 간격 및 지지되는 하중 폭

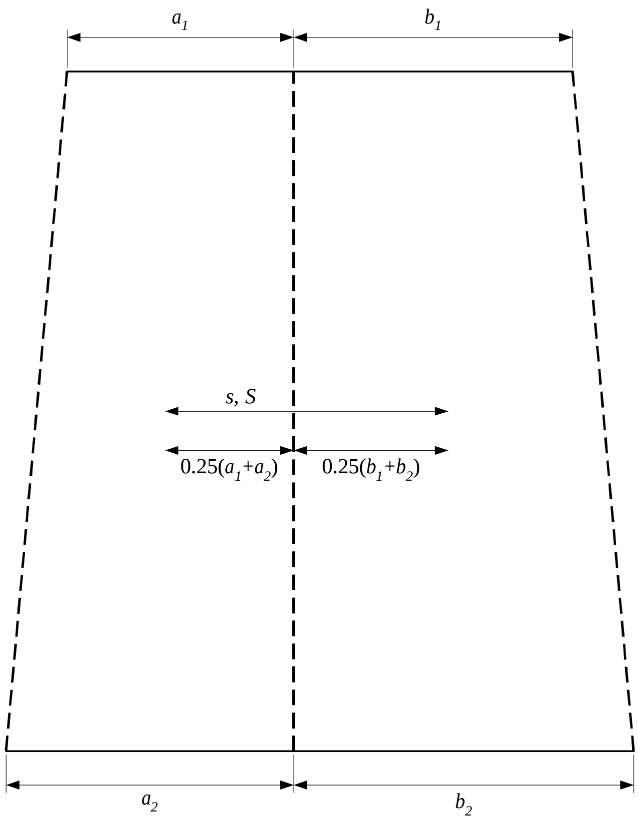
2.2.2.1 1차 지지부재의 유효판 면재의 계산에 사용되는 1차 지지부재의 간격(S)은 인접하는 1차 지지부재 간격의 평균으로 한다. (**그림 4.2.9** 참조)

2.2.2.2 규칙에 특별히 정의 되어있지 않은 경우, 거더에 의해 지지되는 하중 폭은 양쪽 일차부재 간격의 합의 1/2로 한다. (**그림 4.2.9** 참조)

2.2.3 곡진 판의 유효간격

2.2.3.1 곡진 판에서 보강재의 간격(*s* 혹은 S)은 부재사이의 평균현을 측정한다.

그림 4.2.9
국부/1차 지지부재의 지지력 및 부착판의 간격



(비 고)

1. 평균폭은 $0.25(a_1 + a_2 + b_1 + b_2)$로 취한다. 여기서 a_1, a_2, b_1, b_2 적절한 끝단에서의 국부/1 차 지지부재의 간격.

2.3 판의 유효폭

2.3.1 강도평가에 대한 국부지지부재 부착판의 유효폭

2.3.1.1 **2.3.1.2**에 정의된 유효폭은 **8장**에 따른 보강재의 치수요건에 적용한다.

2.3.1.2 보강재와 부착판의 조합된 단면계수의 계산에 사용되는 부착판의 유효폭(b_{eff})은 **2.2.1**에 규정된 보강재 평균간격 s 로 한다. 그러나, 부착판의 순두께($t_{p\text{-}net}$)가 8mm 미만인 경우 유효폭은 600mm 이하이어야 한다.

2.3.2 강도평가를 위한 1차 지지부재의 부착판 및 플랜지의 유효폭

2.3.2.1 **2.3.2.2** 내지 **2.3.2.4**까지의 정의에 따른 유효폭은 8장의 1차 지지부재의 치수요건에 적용한다.

2.3.2.2 유효 단부브래킷이 없는 경우 1차 지지부재의 단면계수 및/또는 관성모멘트 계산을 위한 부착판의 유효폭 b_{eff}은 다음과 같다.

$\left(\dfrac{l_{bdg}(1-\frac{1}{\sqrt{3}})}{2S}\right) \le 3$ 인 경우 $\qquad b_{eff} = 0.67\,S\sin\left[\dfrac{\pi}{6}\left(\dfrac{l_{bdg}(1-\frac{1}{\sqrt{3}})}{2S}\right)\right]$ (m)

$\left(\dfrac{l_{bdg}(1-\frac{1}{\sqrt{3}})}{2S}\right) > 3$ 인 경우 $\qquad b_{eff} = 0.67S$ (m)

여기서,

S : **2.2.2**에 정의된 고려하는 지점에서의 1차 지지부재의 평균간격(m)

l_{bdg} : **2.1.4**에 정의된 유효 굽힘스팬(m)

㈜ sin( )는 래디안으로 계산한다.

2.3.2.3 스팬의 중앙부에서 1차 지지부재의 단면계수 및/또는 관성모멘트 계산을 위한 부착판의 유효폭 b_{eff} 은 다음과 같다.

$\left(\dfrac{l_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right) \le 9$ 인 경우 $\qquad b_{eff} = S\sin\left[\dfrac{\pi}{18}\left(\dfrac{l_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right)\right]$ (m)

$\left(\dfrac{l_{bdg}}{S\sqrt{3}}\right) > 9$ 인 경우 $\qquad b_{eff} = 1.0S$ (m)

여기서,

S : **2.2.2**에 정의된 고려하는 지점에서의 1차 지지부재의 평균간격(m)

l_{bdg} : **2.1.4**에 정의된 유효 굽힘스팬(m)

㈜ sin( )는 래디안으로 계산한다.

2.3.2.4 유효 단부브래킷이 부착된 경우 스팬의 끝단에서 1차 지지부재의 단면계수계산을 위한 부착판의 유효폭(b_{eff})은 **2.3.2.2** 및 **2.3.2.3**의 평균으로 한다. **그림 4.2.7**에 정의된 길이가 1.0 l_{bdg} 이상인 경우 브래킷은 유효하다고 간주한다.

2.3.2.5 트리핑 브래킷의 배치가 **10장/2.3.3**에 적합한 경우 단일선체의 1차 지지부재의 자유면재는 일반적으로 충분히 유효하다고 인정한다. 곡선모양의 면재의 경우는 **2.3.4**에 따른다.

2.3.3 피로강도평가를 위한 국부지지부재 부착판의 유효폭

2.3.3.1 **2.3.3.2** 및 **2.3.3.3**에 정의된 유효폭은 **9장/3** 및 **부속서 C** 에 따른 국부지지부재의 피로강도 평가에 적용한다.

2.3.3.2 스팬의 끝단부에서 및 단부브래킷과 지지부재의 근처에서 보강재와 부착판의 조합된 단면계수 계산에 사용되는 부착판의 유효폭(b_{eff})은 다음과 같다.

$\left(\dfrac{1000 l_{bdg}\left(1-\dfrac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2s}\right) \le 3$ 인 경우 $\qquad b_{eff} = 0.67\ s\ \sin\left[\dfrac{\pi}{6}\left(\dfrac{1000 l_{bdg}\left(1-\dfrac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2s}\right)\right]$ (mm)

$\left(\dfrac{1000 l_{bdg}\left(1-\dfrac{1}{\sqrt{3}}\right)}{2s}\right) > 3$ 인 경우 $\qquad b_{eff} = 0.67 s$ (mm)

여기서,

S : **2.2.1**에 정의된 보강재의 간격(mm)

l_{bdg} : **2.1.1**에 정의된 유효 굽힘스팬(m)

㈜ sin ( )는 래디안으로 계산한다.

2.3.3.3 스팬의 중앙부에서 보강재와 부착판의 조합된 단면계수 계산을 위한 부착판의 유효폭

(b_{eff})은 다음과 같다.

$\left(\dfrac{1000 l_{bdg}}{s\sqrt{3}}\right) \le 9$ 인 경우 $\qquad b_{eff} = s\ \sin\left[\dfrac{\pi}{18}\left(\dfrac{1000 l_{bdg}}{s\sqrt{3}}\right)\right]$ (mm)

$\left(\dfrac{1000 l_{bdg}}{s\sqrt{3}}\right) > 9$ 인 경우 $\qquad b_{eff} = 1.0 s$ (mm)

여기서,

S : **2.2.1**에 정의된 보강재의 간격(mm)

l_{bdg} : **2.1.1**에 정의된 유효 굽힘스팬(m)

㈜ sin ( )는 래디안으로 계산한다.

2.3.4 1차 지지부재의 곡진 면재 또는 부착판의 유효면적

2.3.4.1 **2.3.4.2** 및 **2.3.4.3**에 정의된 유효면적은 다음과 같이 일차지지부재에 적용한다.

(a) **8장**의 치수요건에 대한 1차 지지부재의 단면계수를 계산하기 위하여 곡진 면재 및 곡진 부착판의 유효순면적을 구함.

(b) **9장/2** 및 **부속서 B** 의 강도평가(FEM)를 위하여 보요소로 모델링된 곡진 면재의 유효순면적을 구함.

2.3.4.2 1차 지지부재의 곡진 면재 또는 부착판의 유효면적($A_{eff\text{-}net50}$)는 다음과 같다.

$A_{eff\text{-}net50} = C_f \, t_{f\text{-}net50} \, b_f$ (mm²)

여기서,

C_f : **그림 4.2.10**에 따른 플랜지의 효율상수

$= C_{f1} \dfrac{\sqrt{r_f t_{f-net50}}}{b_1}$ (단, 1.0이하이어야 한다.)

C_{f1} $= \dfrac{0.643(\sinh\beta\cosh\beta + \sin\beta\cos\beta)}{\sinh^2\beta + \sin^2\beta}$: 대칭 및 비대칭 면재

(**그림 4.2.10**의 곡선 1 참조)

$= \dfrac{0.78\,(\sinh\beta + \sin\beta)(\cosh\beta - \cos\beta)}{\sinh^2\beta + \sin^2\beta}$: 웨브 두 개를 갖는 상자형 거더의 부착판,

(**그림 4.2.10**의 곡선 2 참조)

β $= \dfrac{1.285 b_1}{\sqrt{r_f t_{f-net50}}}$: 여러 웨브를 갖는 상자형 거더의 부착판

(**그림 4.2.10**의 곡선 3 참조)

b_1 $= 0.5\,(b_f - t_{w\text{-}net50})$: 대칭면재

$= b_f$: 비대칭면재

$= s_w - t_{w\text{-}net50}$: 상자형 거더의 부착판

s_w : 상자형 거더를 지지하는 웨브간격(mm)

$t_{f\text{-}net50}$: 플랜지 순두께

$= t_{f\text{-}grs} - 0.5 t_{corr}$ (mm)

비대칭 면재의 C_f 및 β 의 계산을 위해 $t_{f\text{-}net50}$ 은 $t_{w\text{-}net50}$ 이하이다.

$t_{f\text{-}grs}$: 면재의 총두께(mm)

$t_{w\text{-}net50}$: 웨브의 순두께

$= t_{w\text{-}grs} - 0.5 t_{corr}$ (mm)

$t_{w\text{-}grs}$: 웨브의 총두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 따른다.

r_f : 곡진 면재 또는 부착판의 반지름(mm)

b_f : 면재/부착판의 폭(mm)

2.3.4.3 반지름 방향의 브래킷에 의하여 지지되는 곡진 면재 또는 원통형 보강재에 의하여 지지되는 부착판 유효 순면적 $A_{eff\text{-}net50}$는 다음 식에 따른다.

$$A_{eff-net50} = \left(\frac{3 r_f \, t_{f-net50} + C_f \, s_r^2}{3 r_f \, t_{f-net50} + s_r^2} \right) t_{f-net50} \, b_f \qquad (\mathrm{mm}^2)$$

여기서,

C_f : **2.3.4.2**에 따른다.

$t_{f\text{-}net50}$: **2.3.4.2**에 따른다.

s_r 웨브에 수직인 트리핑 브래킷, 웨브보강재 또는 보강재의 간격(mm) (**그림 4.2.11** 참조)

b_f 면재 또는 부착판의 폭(mm) (**그림 4.2.11** 참조)

r_f 곡진 면재 또는 부착판의 반지름(mm) (**그림 4.2.11** 참조)

2.3.4.4 **2.3.4.2** 및 **2.3.4.3**의 유효면적은 1차 지지부재의 면재 및 부착판에만 적용한다. 이는 면재에 수평한 웨브 보강재의 면적에 적용하지 않는다.

그림 4.2.10
여러 가지 구조형상의 곡진 면재의 유효너비

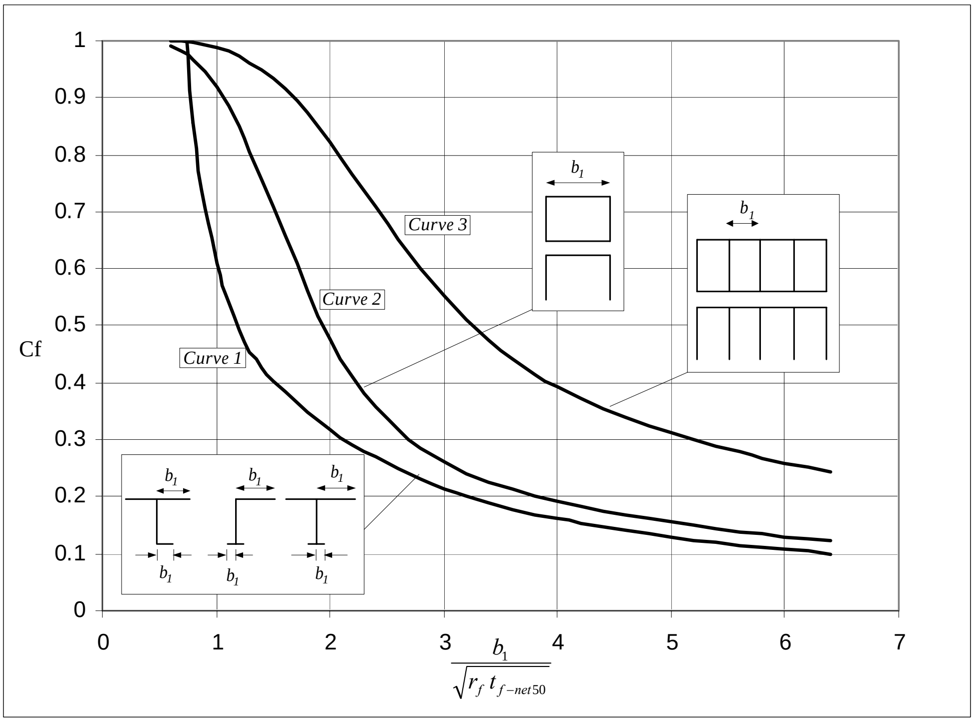
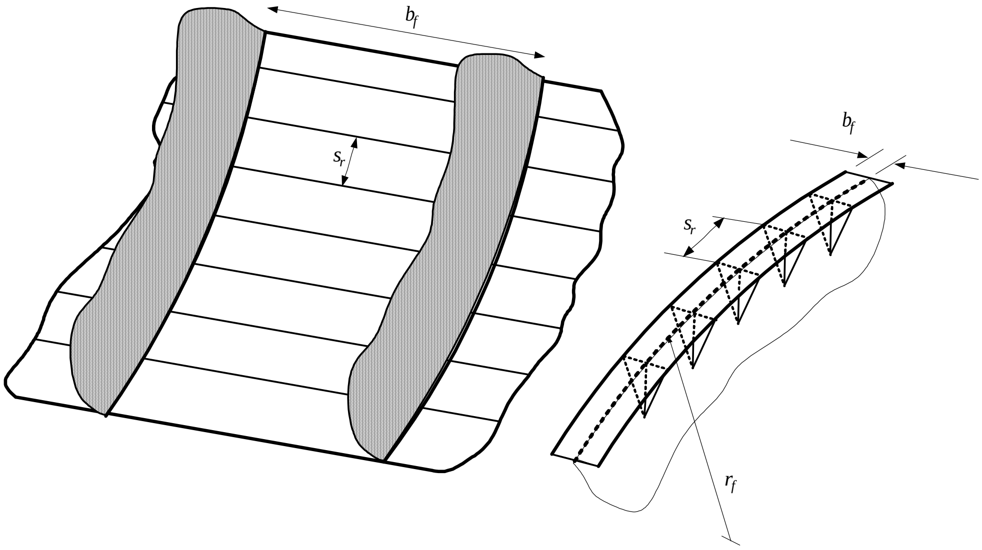


그림 4.2.11
곡진 외판패널 및 면재



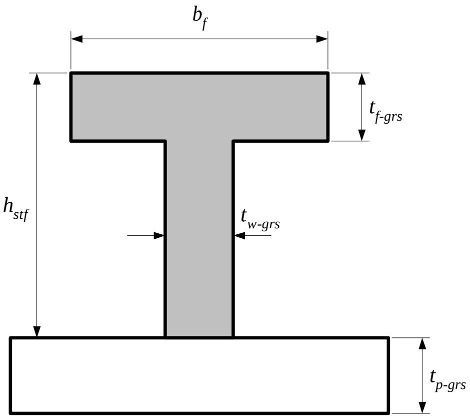
2.4 국부지지부재의 기하학적 특성

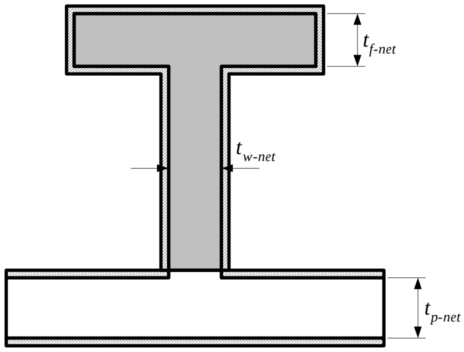
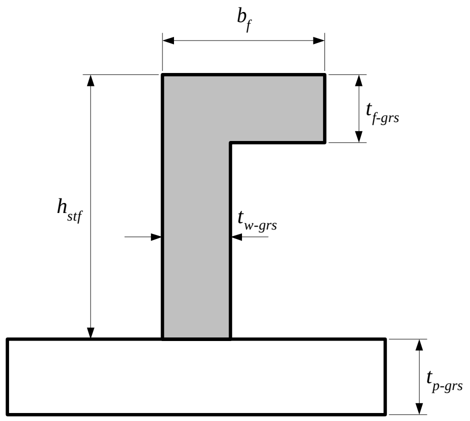
2.4.1 국부지지부재의 순단면 계산

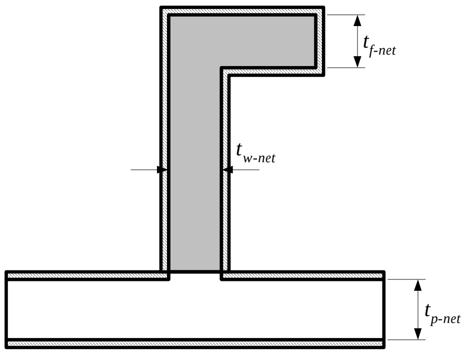
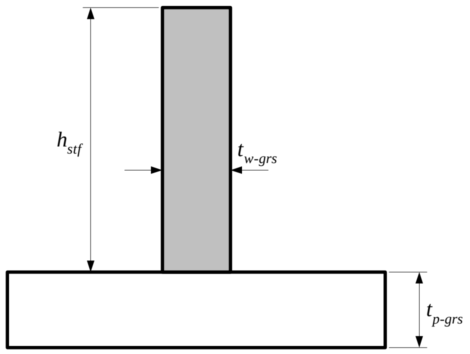
2.4.1.1 국부지지부재의 순단면계수, 관성모멘트와 전단면적 특성치는 부착판, 웨브 및 플랜지의 순두께를 사용하여 계산한다.

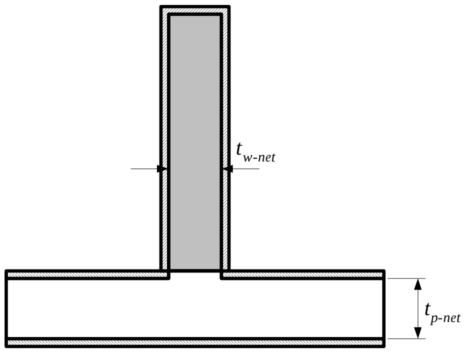
2.4.1.2 대표적인 형상의 순치수에 대한 설명은 **그림 4.2.12**에 따른다.

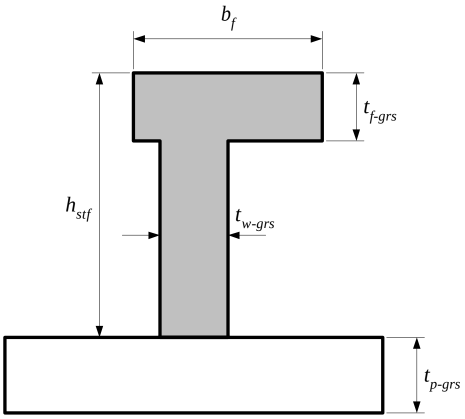
그림 4.2.12
국부지지부재의 순단면특성

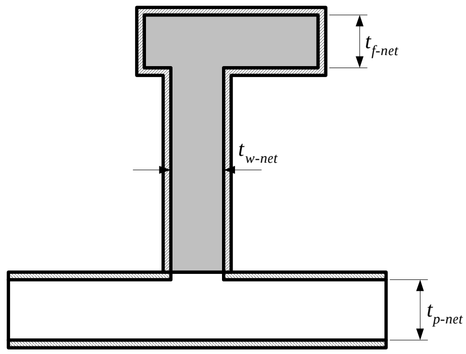
<table>
<tr><th rowspan="2">형상</th><th>경감방법</th></tr>
<tr><th>국부지지부재</th></tr>
<tr><td>

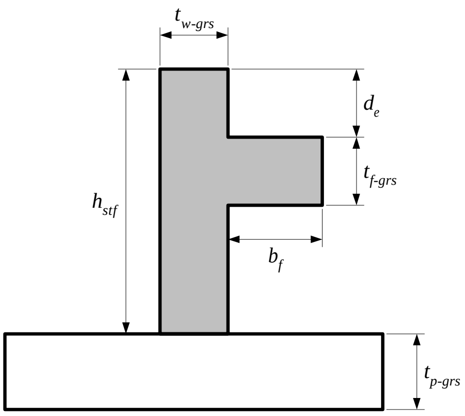
T– 형상</td><td>
</td></tr>
<tr><td>

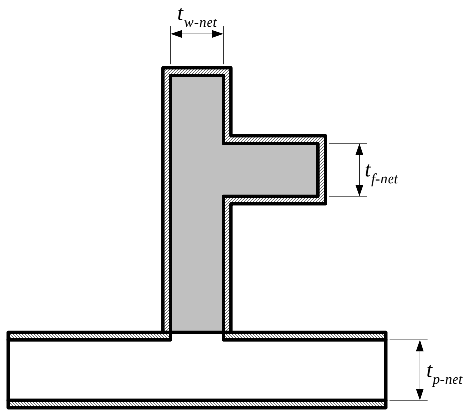
L –형상</td><td>
</td></tr>
<tr><td>

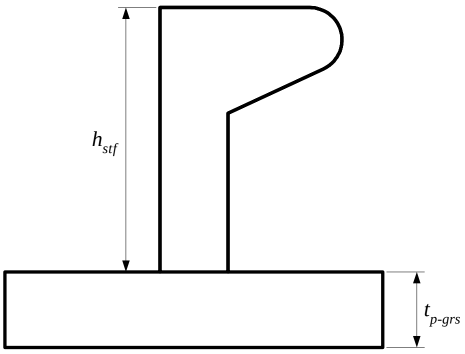
평판 – 형상</td><td>
</td></tr>
</table>

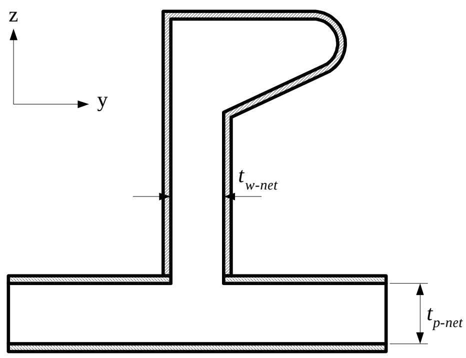
<table>
<tr><th colspan="2">그림 4.2.12
국부지지부재의 순단면특성</th></tr>
<tr><th rowspan="2">형상</th><th>경감방법</th></tr>
<tr><th>국부지지부재</th></tr>
<tr><td>


L2 – 형상</td><td>


</td></tr>
<tr><td>


L3 – 형상</td><td>


</td></tr>
<tr><td>


벌브 형상 및 유사형상</td><td>


순횡단면적, y축에 대한 관성모멘트, 단면의 중립축위치를 결정하는데 단면의 표면에서 부식두께 0.5 t_{corr} 의 공제를 가정한다</td></tr>
</table>

2.4.1.3 부착판 플랜지와 함께 HP 와 JIS 벌브의 조합된 순특성치는 **2.4.1.4**와같이 부착판 플랜지에 추가되는 단면의 순단면특성에 기초하여 결정한다.

2.4.1.4 부착판이 없는 벌브의 순단면특성치는 다음에 따른다.

(a) 벌브의 순횡단면적 $A_{bulb\text{-}net}$ 는 다음 식에 의한다.

$$A_{bulb-net} = A_{bulb-grs} - \Delta A_{bulb-grs}\ t_{corr} \quad (\mathrm{mm}^2)$$

(b) 벌브의 중립축 위치 $NA_{bulb\text{-}net}$ 는 다음 식에 의한다.

$$NA_{bulb-net} \cong NA_{bulb-grs} \quad (\mathrm{mm})$$

(c) 벌브의 순관성모멘트 $I_{bulb\text{-}net}$ 는 다음 식에 의한다.

$$I_{bulb-net} = I_{bulb-grs} - \Delta I_{bulb-grs}\ t_{corr} \quad (\mathrm{cm}^4)$$

여기서,

$\Delta A_{bulb\text{-}grs}$ 고려되는 형상높이에 대하여 **표 4.2.1** 및 **표 4.2.2**에 따른다. (mm^2)

$\Delta I_{bulb\text{-}grs}$ 고려되는 형상높이에 대하여 **표 4.2.1** 및 **표 4.2.2** 에 따른다.(cm^4)

$A_{bulb\text{-}grs}$ 공칭높이와 공칭웨브 총두께의 고려되는 벌브형상에 대한 횡단면적(mm^2)

$I_{bulb\text{-}grs}$ 공칭높이와 공칭웨브 총두께의 고려되는 벌브형상에 대한 관성모멘트(cm^4)

$NA_{bulb\text{-}grs}$ 공칭높이와 공칭웨브 총두께의 고려되는 벌브형상에 대한 웨브 최하단으로부터의 중립축위치(mm)

t_{corr} 고려하는 국부 지지부재의 **6장/3.2**에 따른 부식추가(mm)

2.4.1.5 **그림 4.2.13**과 같이 부착판을 포함한 벌브의 순단면 특성치는 다음에 따른다.

(a) 부착판을 포함한 벌브의 순횡단면적 $A_{tot\text{-}net}$ 는 다음 식에 의한다.

$$A_{tot-net} = A_{bulb-net} + A_{p-net} \quad (\mathrm{mm}^2)$$

(b) 부착판을 포함한 벌브의 중립축 위치 $NA_{tot\text{-}net}$ 는 다음 식에 의한다.

$$NA_{tot-net} = \frac{A_{bulb-net}\left(NA_{bulb-net} + t_{p-net}\right) + 0.5A_{p-net}t_{p-net}}{A_{tot-net}} \quad (\mathrm{mm})$$

(c) 부착판을 포함한 벌브의 순관성모멘트 $I_{tot\text{-}net}$ 는 다음 식에 의한다.

$$I_{tot-net} = I_{bulb-net} + I_{p-net} + A_{bulb-net}\left(NA_{bulb-net} + t_{p-net} - NA_{tot-net}\right)^2 + A_{p-net}\left(NA_{tot-net} - 0.5t_{p-net}\right)^2 \quad (\mathrm{cm}^4)$$

여기서,

$A_{bulb\text{-}net}$: **2.4.1.4**에 따른 구상형상에 따른 순단면적(mm^2)

$A_{p\text{-}net}$: 부착판의 순면적(mm^2)

$t_{p\text{-}net}$: 부착판의 순두께(mm)

$t_{p\text{-}grs}$: 부착판의 총두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 따른 부식추가(mm)

b_p : 부착판의 너비(mm)

$NA_{bulb\text{-}net}$: **2.4.1.4**에 따른 순구상 형상의 중립축

$I_{bulb\text{-}net}$: **2.4.1.4**에 따른 구상형상의 순관성 모멘트(cm^4)

$I_{p\text{-}net}$: 부착판의 순관성모멘트(cm^4)

$$= \frac{1}{12} b_p t_{p-net}{}^3$$

그림 4.2.13
부착판과 함께 벌브에 대한 중립축의 정의

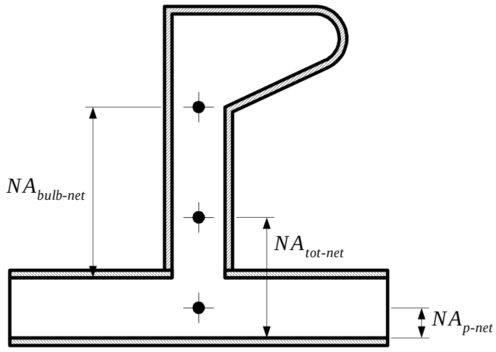


표 4.2.1
순 HP 벌브 형상에 대한 수정계수

높이 h_{stf}	$\Delta A_{bulb\text{-}grs}$ (mm^2)	$\Delta I_{bulb\text{-}grs}$ (cm^4)
200	253	100
220	279	133
240	305	173
260	330	220
280	357	276
300	383	339
320	409	413
340	435	496
370	474	640
400	513	810
430	552	1007

표 4.2.2
순 JIS 벌브 형상에 대한 수정계수

높이 h_{stf}	$\Delta A_{bulb\text{-}grs}$	$\Delta I_{bulb\text{-}grs}$
180	202	72
200	225	100
230	258	152
250	281	197

2.4.2 국부지지부재의 유효탄성특성

2.4.2.1 국부지지부재의 순탄성전단면적 $A_{shr\text{-}el\text{-}net}$ 은 다음 식에 의한다.

$$A_{shr-el-net} = \frac{(h_{stf} + t_{p-net})t_{w-net} \sin \varphi_w}{100} \quad (\text{cm}^2)$$

여기서,

h_{stf} : 면재를 포함한 보강재의 높이(mm)

$t_{p\text{-}net}$: 부착된 판의 순 두께(mm)

$t_{w\text{-}net}$: 순 웨브의 두께(mm)

φ_w : **그림 4.2.14**와 같이 보강재 웨브와 부착판 사이의 각(degree). φ_w 는 75도 이상인 경우에는 90도로 한다.

2.4.2.2 보강재의 유효전단깊이(d_{shr})는 다음에 따른다.

$$d_{shr} = (h_{stf} + t_{p-net})\sin \varphi_w \quad (\text{mm})$$

여기서,

h_{stf} : 면재를 포함하여 보강재 높이(mm)

$t_{p\text{-}net}$: 부착판의 순두께(mm)

φ_w : **그림 4.2.14**와 같이 보강재 웨브와 부착판 사이의 각(degree). φ_w 는 75도 이상인 경우에는 90도로 한다.

2.4.2.3 국부지지부재의 탄성순단면계수 $Z_{el-\varphi\text{-net}}$ 은 다음 식에 의한다.

$$Z_{el-\varphi-net} = Z_{stf\text{-}net} \sin \varphi_w \quad (\text{cm}^3)$$

여기서,

$Z_{stf\text{-}net}$: φ_w =90° 일때 수직 보강재의 순단면계수

φ_w : **그림 4.2.14**와 같이 보강재 웨브와 부착된 판사이의 각(degree). φ_w 는 75도 이상인 경우에는 90도로 한다.

2.4.3 유효 소성 단면계수 및 보강재의 전단면적

2.4.3.1 국부지지부재의 소성전단면적 $A_{shr\text{-}pl\text{-}net}$ 은 다음 식에 의한다.

$$A_{shr-pl-net} = \frac{(h_{stf} + t_{p-net})\, t_{w-net} \sin \varphi_w}{100} \quad (\text{cm}^2)$$

여기서,

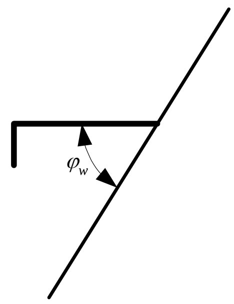
h_{stf} : 면재를 포함한 보강재의 높이(mm)

$t_{p\text{-}net}$: 부착된 판의 순두께(mm)

$t_{w\text{-}net}$: 순 웨브의 두께(mm)

φ_w : **그림 4.2.14**와 같이 보강재 웨브와 부착된 판사이의 각(degree). φ_w 는 75도 이상인 경우에는 90도로 한다.

그림 4.2.14
보강재 웨브와 판플랜지의 각



2.4.3.2 경사진 국부지지부재의 유효순소성 단면계수 $Z_{pl\text{-}net}$ 은 다음 식에 의한다.

$$Z_{pl-net} = \frac{f_w\, h_w^2\, t_{w-net} \sin\varphi_w}{2000} + \frac{(2\gamma - 1) A_{f-net} \left(h_{f-ctr-net} \sin\varphi_w - b_{f-ctr-net} \cos\varphi_w\right)}{1000} \quad (\text{cm}^3)$$

f_w : 웨브전단응력계수

n=1 또는 2일때 횡단면 : 0.75

n=0일때 횡단면 또는 평바 : 1.0

n : 유효 끝단지지 수

각 부재는 0, 1 또는 2의 유효끝단지지를 갖는다. 유효 끝단지지는 다음의 경우 고려된다.

(a) 보강재가 지지부에서 연속일 때

(b) 칼링에 의하여 끝단을 통하여 근접한 보에 연결될 때 보강판의 보강재

(c) 굽힘에 유효한 경사진 보나 브래킷에 부착된 보강재

브래킷은 다른 보에 부착될 때 굽힘에 유효한 것으로 한다.

(좌굴 보강재는 제외)

h_w : 보강재웨브 높이

T, L(압연재 및 제작재) 및 L2 : $h_{stf} - t_{f\text{-}net}$

평강 및 L3 : h_{stf}

벌브형상은 **표 4.2.3** 및 **표 4.2.4**에 따른다.

h_{stf} : 보강재높이(**그림 4.2.12** 참조)

γ = $0.25\left(1+\sqrt{3+12\beta}\right)$

β = 0.5, 중간에 트리핑브래킷이 없는 L 형상을 제외한 모든 경우

$$= \frac{10^6 t^2_{w-net}\, f_b\, l_f^2}{80\, b_{f-net}^2\, t_{f-net}\, h_{f-ctr-net}} + \frac{t_{w-net}}{2 b_{f-net}}$$

: 중간에 트리핑브래킷이 없는 L 형상(압연재 및 제작재)로 0.5이하

$A_{f\text{-}net}$: 플랜지의 순 횡단면적

$= b_{f\text{-}net}\, t_{f\text{-}net}$: 일반적인 경우

= 0 : 평강 보강재

b_f : 플랜지의 너비로 **그림 4.2.12**참조. 벌브형상은 **표 4.2.3** 및 **표 4.2.4**참조

$b_{f\text{-}ctr}$: 보강재 웨브의 두께 중앙에서 면재의 중심까지 거리

압연앵글 : $= 0.5(b_f - t_{w-grs})$

T 형상 : 0

벌브 : **표 4.2.3** 및 **표 4.2.4**에 따른 값

$h_{f\text{-}ctr}$: 플랜지 두께중심까지의 보강재 높이

L3형태를 제외한 직사각형의 플랜지가 있는 형태 : $h_{stf} - 0.5\ t_{f\text{-}net}$

L3형태 : $h_{stf} - d_{edge\text{-}net} - 0.5\ t_{\text{f-}net}$

벌브 : **표 4.2.3** 및 **표 4.2.4**에 따른다.

$d_{edge\text{-}net}$: 웨브의 상단으로부터 순플랜지에서 상부까지의 거리(mm)

L3형태는 **그림 4.2.12** 참조

f_b 1.0 : 일반적으로

0.8 : 단부 브래킷이 있는 연속플랜지(연속플랜지는 스닙되지 않고 일차지지부재를 통과하는 것으로 정의)

0.7 : 단부 브래킷이 있는 단속플랜지(단속플랜지는 1차 지지부재에서 스닙되거나 지지재의 이면에 정렬된 부재없이 지지재에서 끝나는 것으로 정의)

l_f : 웨브사이의 보강재 플랜지의 길이. 다만, 단부 브래킷이 있는 보강재의 경우 단부 브래킷의 길이만큼 감한다.

$t_{f\text{-}net}$: 플랜지의 순두께(mm)

평강 보강재 : 0

벌브형태 : **표 4.2.3** 및 **표 4.2.4**에 따른다.

$t_{w\text{-}net}$: 순웨브의 두께(mm)

φ_w : **그림 4.2.14**와 같이 보강재웨브와 플랜지판이 이루는 각 φ_w 는 75도 이상인 경우에는 90도로 한다.

표 4.2.3
HP 벌브에 대한 플랜지 자료(그림 4.2.15 참조)

h_{stf} (mm)	d_w (mm)	$b_{f\text{-grs}}{}^*$ (mm)	$t_{f\text{-}grs}{}^*$ (mm)	$b_{f\text{-}ctr}$ (mm)	$h_{f\text{-}ctr}$ (mm)
200	171	40	14.4	10.9	188
220	188	44	16.2	12.1	206
240	205	49	17.7	13.3	225
260	221	53	19.5	14.5	244
280	238	57	21.3	15.8	263
300	255	62	22.8	16.9	281
320	271	65	25.0	18.1	300
340	288	70	26.4	19.3	318
370	313	77	28.8	21.1	346
400	338	83	31.5	22.9	374
430	363	90	33.9	24.7	402

(비 고)
순치수 계산으로 변환되는 플랜지 자료는 다음과 같다.

$b_f \cong b_{f\text{-}grs}{}^* + 2\, t_{w\text{-}net}$

$t_{f\text{-}net} = t_{f\text{-}grs}{}^* - t_{corr}$

$t_{w\text{-}net} = t_{w\text{-}grs} - t_{corr}$

표 4.2.4
JIS 벌브에 대한 플랜지 자료(그림 4.2.15 참조)

h_{stf} (mm)	d_w (mm)	$b_{f\text{-grs}}{}^*$ (mm)	$t_{f\text{-}grs}{}^*$ (mm^2)	$b_{f\text{-ctr}}$ (mm)	$h_{f\text{-ctr}}$ (mm)
180	156	34	11.9	9.0	170
200	172	39	13.7	10.4	188
230	198	45	15.2	11.7	217
250	215	49	17.1	12.9	235

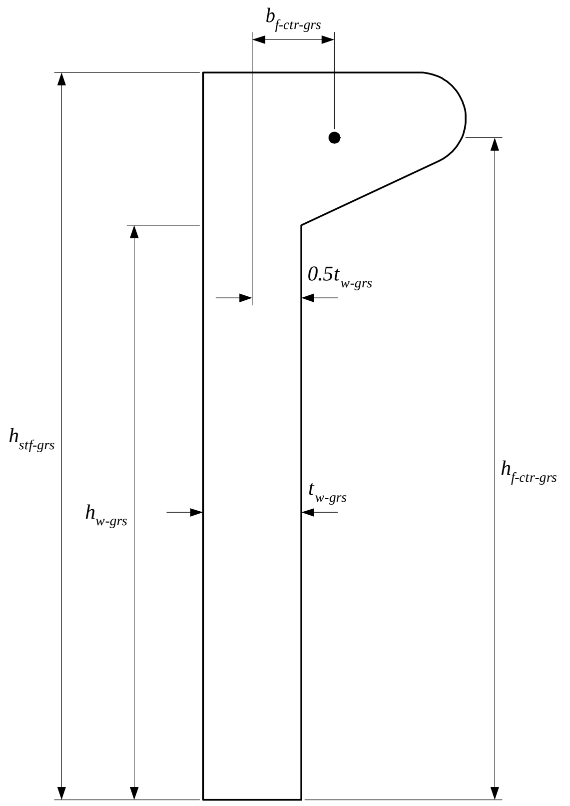
(비 고)
순치수 계산으로 변환되는 플랜지 자료는 다음과 같다.

$b_f \cong b_{f\text{-}grs}{}^* + 2\, t_{w\text{-}net}$

$t_{f\text{-}net} = t_{f\text{-}grs}{}^* - t_{corr}$

$t_{w\text{-}net} = t_{w\text{-}grs} - t_{corr}$

그림 4.2.15
벌브형상의 자료



2.5 1차 지지부재의 기하학적 특성

2.5.1 1차 지지부재의 유효 전단 면적

2.5.1.1 1차 지지부재의 전단면적을 계산하는데 웨브높이(h_w)는 1차 지지부재의 형높이로 한다.

2.5.1.2 단일선체 혹은 이중선체의 1차 지지부재 유효 순웨브 면적 $A_{w-net50}$ 은 다음 식에 의한다.

$A_{w-net50} = 0.01\, h_n\, t_{w-net50}$ (cm[2])

여기서,

h_n : **그림 4.2.16**과 같이 단일선체 1차 지지부재의 유효 웨브높이(mm) 는 다음중 작은 것으로 한다.

(a) h_w
(b) $h_{n3} + h_{n4}$
(c) $h_{n1} + h_{n2} + h_{n4}$

이중선체 1차 지지부재의 경우는 유효웨브높이를 결정하는데 동일한 원리가 사용된다.

h_w : 1차 지지부재의 웨브높이(mm)

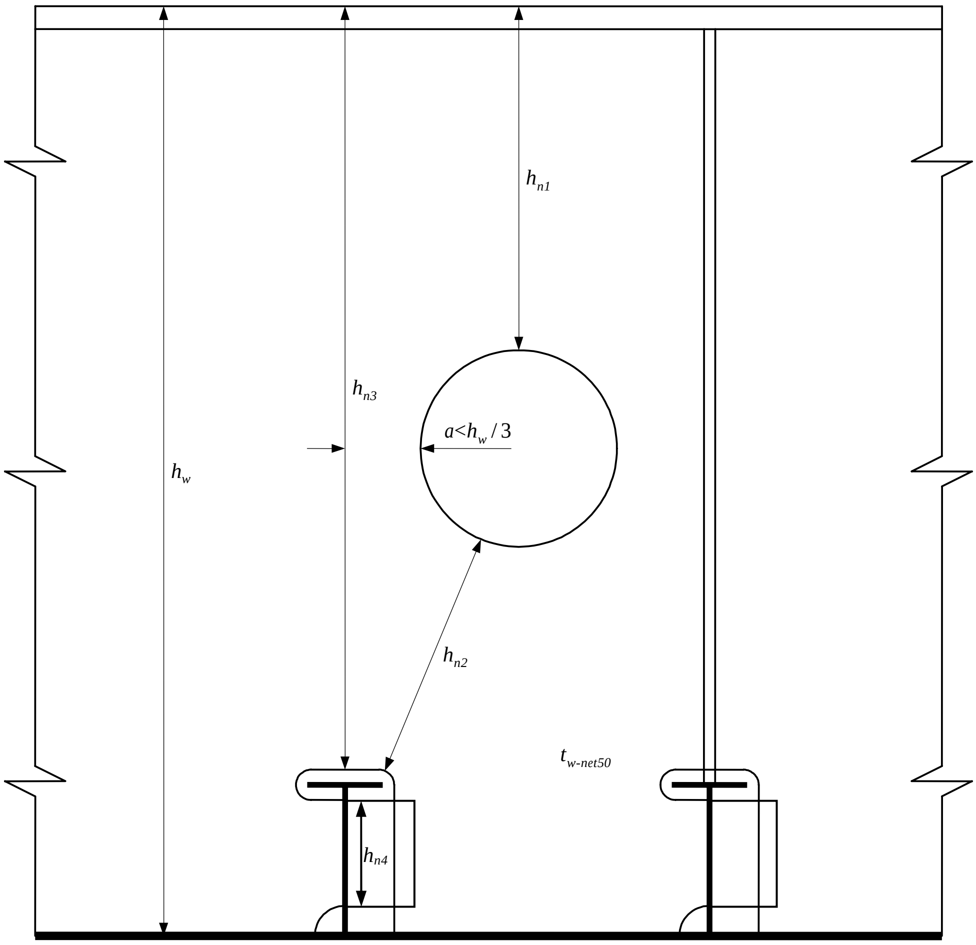
$h_{n1}, h_{n2}, h_{n3}, h_{n4}$: **그림 4.2.16** 참조

$t_{w-net50}$: 순웨브 두께(mm) = $t_{w-grs} - 0.5\, t_{corr}$

$t_{w\text{-}grs}$: 총웨브 두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 따른 부식추가(mm)

그림 4.2.16
개구 주변의 유효 웨브 면적



(비 고)
그림은 단일선체 1 차 지지부재의 유효웨브높이를 나타낸다.
이중선체 1 차 지지부재의 유효웨브높이의 경우는 동일한 원리를 적용한다.

2.5.1.3 만일 개구가 고려하는 교차면으로부터 $h_w/3$ 이내의 거리에 위치는 경우 h_n 은 개구를 통과하는 순높이 또는 순거리 중 작은 것으로 한다. (**그림 4.2.16**참조)

2.5.1.4 단일선체 1차 지지부재의 거더 플랜지가 부착판의 축과 평행하지 않은 경우 유효 순웨브 면적 $A_{w\text{-}net50}$는 다음 식에 의한다.

$A_{w\text{-}net50} = 0.01\, h_n\, t_{w\text{-}net50} + 1.3\, A_{f\text{-}net50} \sin 2\theta \sin\theta$ (cm²)

여기서,

$A_{f\text{-}net50}$: 플랜지/면재의 순면적(cm^2)

$=0.01\, b_f\, t_{f\text{-}net50}$

b_f : 플랜지/면재의 폭(mm)

$t_{f\text{-}net50}$: 순플랜지 두께 (mm)

$= t_{f\text{-}grs} - 0.5t_{corr}$

$t_{f\text{-}grs}$: 플랜지의 총두께(mm)

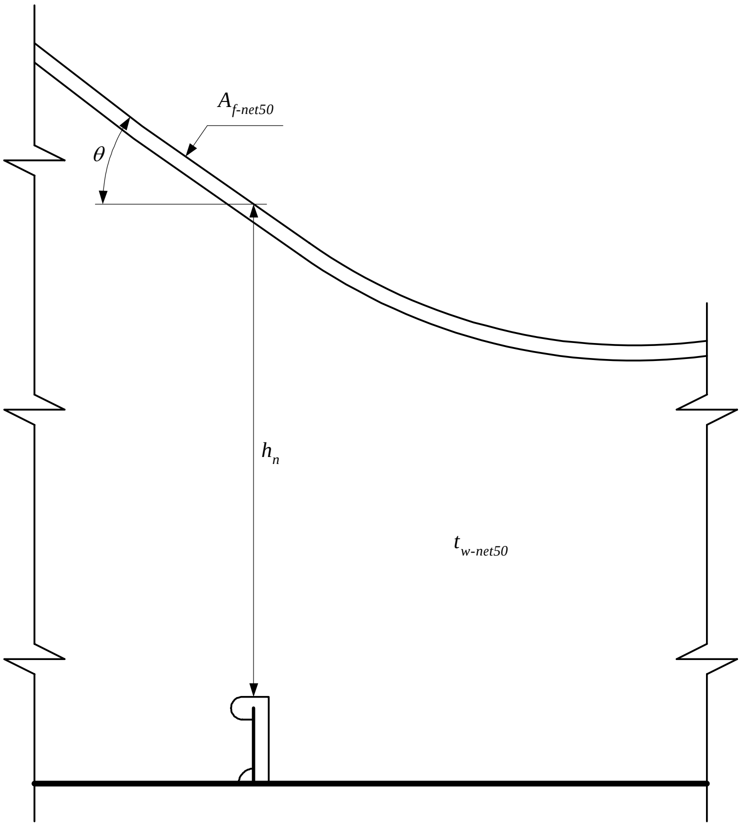
t_{corr} : **6장/3.2**에 주어진 부식추가(mm)

θ : 연속 플랜지의 경사각(**그림 4.2.17** 참조)

$t_{w\text{-}net50}$: **2.5.1.2**에 정하는 순웨브두께(mm)

h_n : **그림 4.2.16**에 정의된 유효웨브높이(mm)

그림 4.2.17
브래킷 주변의 유효 웨브 면적



2.5.2 1차 지지부재의 유효단면계수

2.5.2.1 1차 지지부재의 순단면계수는 부착판, 웨브 및 면재(또는 이중선체 거더의 상부 부착판)의 순두께를 사용하여 계산되고 순두께는 다음에 따른다.

$t_{w-net50} = t_{w-grs} - 0.5t_{corr}$: 웨브순두께(mm)

$t_{p-net50} = t_{p-grs} - 0.5t_{corr}$: 하부 부착판의 순두께(mm)

$t_{f-net50} = t_{f-grs} - 0.5t_{corr}$: 상부 부착판 또는 면재의 순두께(mm)

여기서,

$t_{w\text{-}grs}$: 웨브의 총두께(mm)

$t_{p\text{-}grs}$: 하부 부착판의 총두께(mm)

$t_{f\text{-}grs}$: 상부 부착판 또는 면재의 총두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 따른다.(mm)

㈜ 1차 지지부재의 곡진면재에 대하여 **2.3.4**을 참조한다.

2.6 선체거더 횡단면의 기하학적 특성

2.6.1 수직선체거더 단면계수

2.6.1.1 기준선에서 수직으로 거리 z 만큼 떨어진 유효 수직선체거더의 단면계수 Z_v 는 다음에 따른다.

$$Z_v = \frac{I_v}{|z - z_{NA}|} \quad (m^3)$$

여기서,

I_v : **2.6.3**에 따른 개구에 대한 경감을 한 고려하는 단면에서의 모든 종방향연속 부재의 수직 선체거더 관성모멘트(m^4)

z : 고려하는 구조부재의 기주선까지 거리(m)

z_{NA} : 기준선으로부터 선체거더 횡단면의 수평중립축까지 거리(m)

2.6.1.2 강도평가에 대한 **8장**에서 요구하는 수직선체거더 순단면계수 $Z_{v\text{-}net50}$의 계산을 위하여 수직 선체거더 순관성모멘트 및 수평 중립축의 위치는 선체거더 단면을 포함하여 모든 유효구조부재의 부식추가 0.5 t_{corr} 를 공제한 총두께에 기초하여 계산한다. t_{corr} 는 **6장/3.2**에 따른다.

2.6.1.3 피로평가에 대한 **9장/3**에서 요구하는 수직선체거더 순단면계수 $Z_{v\text{-}net75}$의 계산을 위하여 수직 선체거더 순관성모멘트 및 수평 중립축의 위치는 선체거더 단면을 포함하여 모든 유효구조부재의 부식추가 0.25 t_{corr} 를 공제한 총두께에 기초하여 계산한다. t_{corr} 는 **6장/3.2**에 따른다.

2.6.2 수평 선체거더 단면계수

2.6.2.1 횡방향으로 거리 y 만큼 떨어진 유효 수평선체 거더단면계수 Z_h 는 다음에 따른다.

$$Z_h = \frac{I_h}{|y - y_{NA}|} \quad (m^3)$$

여기서,

I_h : **2.6.3**에 따른 개구에 대한 경감을 한 고려하는 단면에서의 모든 종방향연속 부재의 수평 선체거더 관성모멘트(m^4)

y : 횡방향 좌표(m)

y_{NA} :중심선으로부터 선체거더 횡단면의 수직중립축까지 거리(m)

2.6.2.2 강도평가에 대한 **8장**에서 요구하는 수평선체거더 순단면계수 $Z_{h\text{-}net50}$의 계산을 위하여 수평 선체거더 순관성모멘트 및 수직 중립축의 위치는 선체거더 단면을 포함하여 모든 유효구조부재의 부식추가 0.5 t_{corr} 를 공제한 총두께에 기초하여 계산한다. t_{corr} 는 **6장/3.2**에 따른다.

2.6.2.3 피로평가에 대한 **9장/3**에서 요구하는 수평선체거더 순단면계수 $Z_{h\text{-}net75}$의 계산을 위하여 수평 선체거더 순관성모멘트 및 수직 중립축의 위치는 선체거더 단면을 포함하여 모든 유효구조부재의 부식추가 0.25 t_{corr} 를 공제한 총두께에 기초하여 계산한다. t_{corr} 는 **6장/3.2**에 따른다.

2.6.3 선체거더 관성모멘트 및 단면계수의 계산을 위한 유효면적

2.6.3.1 유효 선체거더 단면적은 개구에 대한 경감을 한 후 모든 종방향 연속 구조 부재를 포함한다. **2.6.3.2**에 따른 구조부재는 유효 선체거더 단면적에 포함되지 않는다. 경감하여야 하는 개구와 경감을 하지 않는 개구의 정의는 **2.6.3.4** 내지 **2.6.3.9**에 따른다. 단속격벽 및갑판 주변의 유효면적의 정의는 **2.6.3.10**에 따른다.

2.6.3.2 다음의 구조부재는 충분한 구조적 연속성을 갖지 않으므로 선체거더 단면적에 효과적으로 기여한다고 보지 않으며, 계산에서 제외한다.

(a) 강력갑판을 형성하지 않는 선루

(b) 갑판실

(c) 수직파형격벽

(d) 불워크 및 거터판

(e) 빌지킬

(f) 고려하는 횡단면이 보강재의 끝단으로부터 보강재 높이의 두배보다 가까운 경우 스닙되거나 단속적인 종보강재

2.6.3.3 개구에 대한 다음의 정의를 적용한다.

(a) 큰 개구는 길이 2.5m 및/또는 너비 1.2m 를 초과하는 개구이다. 여기서 길이는 **그림 4.1.1**과 같이 선박의 X 좌표를 따라서 측정한 거리이다.

(b) 작은 개구는 맨홀, 경감구멍 등과 같이 큰 개구가 아닌 개구이다.

(c) 격리된 개구는 선박의 횡/수직방향으로 1m 이상 떨어져 위치한 개구이다.

2.6.3.4 격리되지 않은 큰 개구 및 작은 개구는 단면계수계산에 사용되는 단면적은 경감되어야 한다.

2.6.3.5 종방향 보강재 또는 거더에서 격리된 작은 개구는 깊이가 웨브깊이의 25%를 초과하는 경우 경감되어야 한다.

2.6.3.6 여러개구가 동일한 횡단면에 위치하거나 이웃하게 위치한 경우 조합된 개구의 전체 동등너비(Σb_{ded})는 **2.6.3.7, 2.6.3.8** 및 **그림 4.2.18**과 같이 경감된다.

2.6.3.7 하나의 횡단면에서 너비 또는 그림자 너비의 총합이 갑판 또는 기준선에서 선체거더 단면계수가 3%를 초과하여 감하지 않으면 격리된 작은 개구는 경감할 필요가 없다. 또한, 작은 개구의 총 동등너비가 다음 수식 미만인 경우 격리된 작은 개구는 경감할 필요가 없다.

$$\Sigma b_{sm} = 0.06\left(B_{sect} - \Sigma b_{ded}\right)$$

여기서,

Σb_{sm} : 작은 개구의 총 동등너비(**그림 4.2.18** 참조)

$= b_{sm1} + b_{sm2} + b_{sm3}$

B_{sect} : 고려되는 단면에서 선박의 너비

Σb_{ded} : **2.6.3.4**에 정의에 따라 경감할 수 있는 개구의 너비 총합

경감할 수 있는 개구의 그림자면적은 고려되어야 한다.

2.6.3.8 개구의 총 동등너비를 계산할 때 각 개구는 **그림 4.2.18**과 같이 종방향 그림자 면적을 갖는다고 가정한다. 이 그림자면적은 선박의 종축에 15도 각도로 두 개의 접선을 그려 얻는다.

2.6.3.9 개구의 완전 및 부분적인 보정은 판, 종보강재, 거더 또는 기타 적절한 부재의 단면적을 증가시킴으로 얻는다. 보정면적은 개구의 전후방에 걸쳐 확장한다. 개구의 모서리 보강은 선체거더 단면계수 계산의 유효면적에 포함되지 않는다. **2.6.3.7**에 따라 경감되지 않는 개구는 보정이 필요 없다.

2.6.3.10 큰 개구 주변 및 비연속 갑판과 종격벽의 주변에서 무효한 면적의 계산에서 유효면적은 **그림 4.2.19**에 따라 정한다. 유효하지 않은 그림자면적은 선박의 종축에 15도 각도의 접선을 그려 얻는다.

그림 4.2.18
동등 너비의 계산

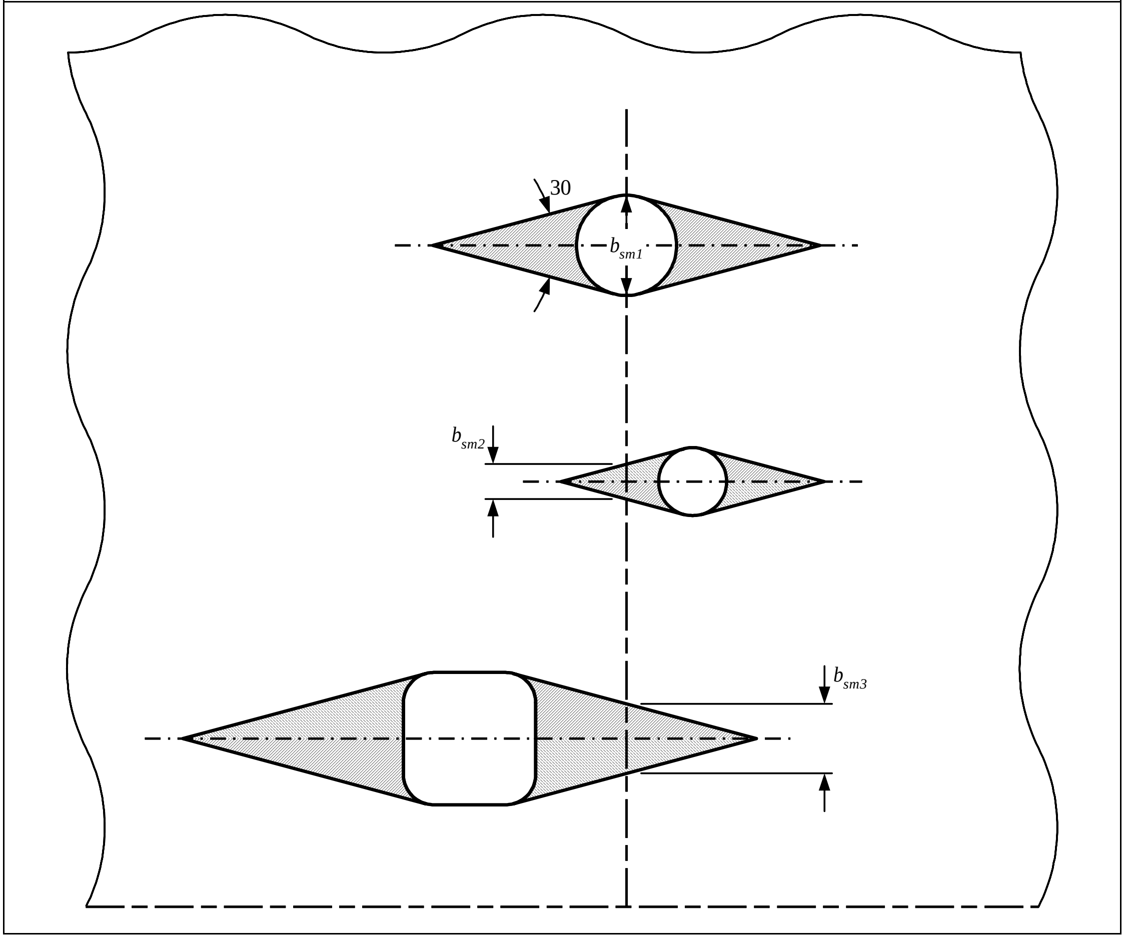
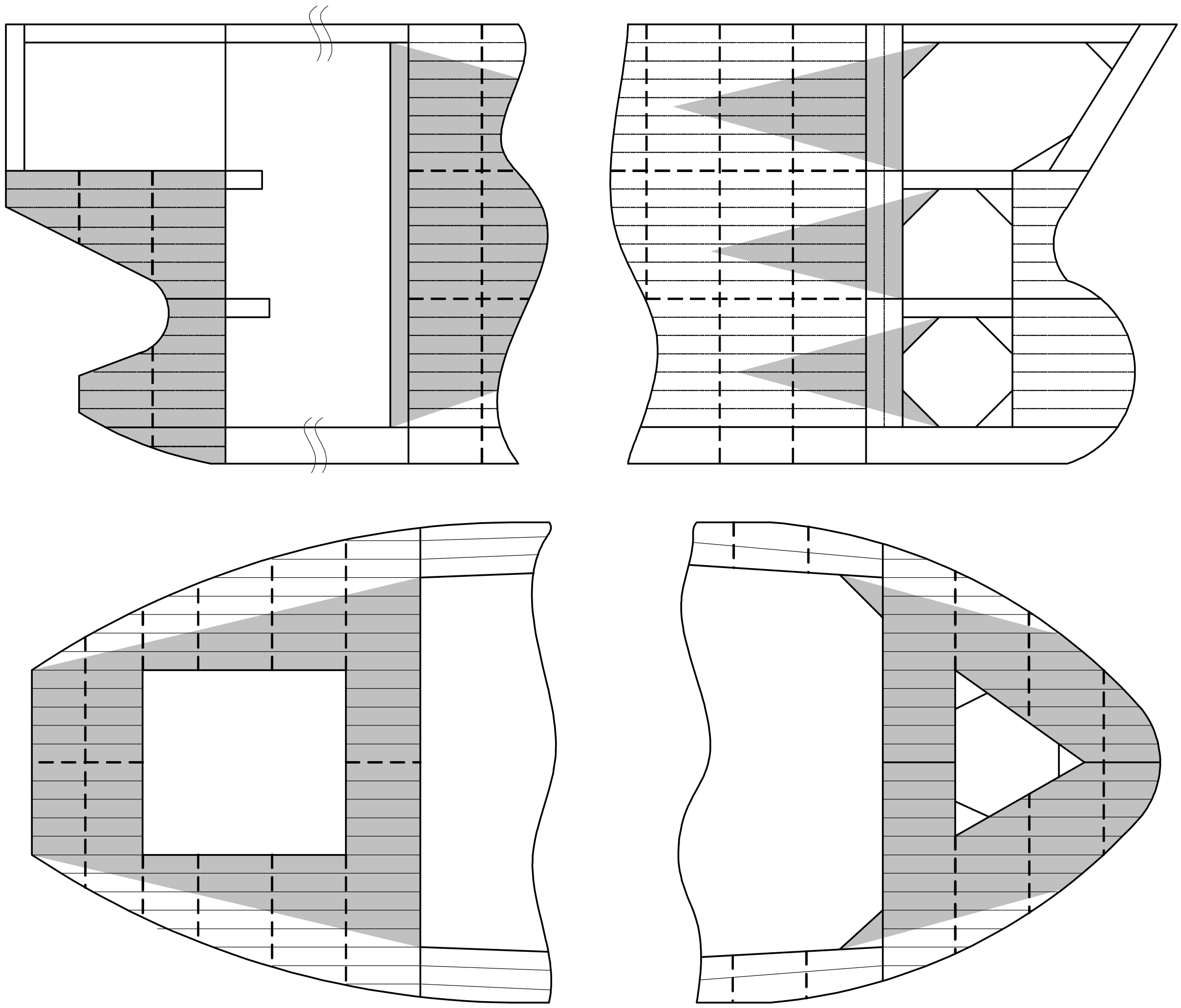


그림 4.2.19
비연속 갑판 및 격벽 주변의 유효면적



2.6.4 유효 수직선체거더 전단면적

2.6.4.1 유효 선체거더 수직 순전단면적은 빌지를 포함하는 선측외판의 순판면적, 호퍼측판을 포함하는 내저선체 및 이중저거더를 포함하는 종격벽을 포함한다.

2.6.4.2 선체거더 수직 순전단면적의 계산을 위하여 순판면적은 총두께에서 **2.6.4.1**에 따른 모든 유효 구조부재의 부식추가 0.5 t_{corr} 를 뺀 순두께 t_{net50}에 기초하여 계산한다. t_{corr} 는 **6장/3.2**의 정의에 따른다.

2.6.4.3 경사진 선체거더의 웨브를 형성하는 종강도부재에 대하여 전단력 계산에 포함되는 부재의 면적은 수직면에 투영된 면적을 기초로 한다. (**그림 4.2.20**참조)

2.6.4.4 수직 및 수평 파형격벽의 유효 순전단면적의 계산은 유효 순동등두께는 다음과 같이 $t_{cg-net50}$을 기초로 한다.

$$t_{cg-net50} = \left[0.5\left(t_{w-grs} + t_{f-grs}\right)\frac{b_{cg}}{b_w + b_f} \right] - 0.5t_{corr} \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

t_{w-grs} : 웨브의 총두께(mm)

t_{f-grs} : 플랜지의 총두께(mm)

b_{cg} : **그림 4.2.20**에 정의된 파형 하나의 투영길이

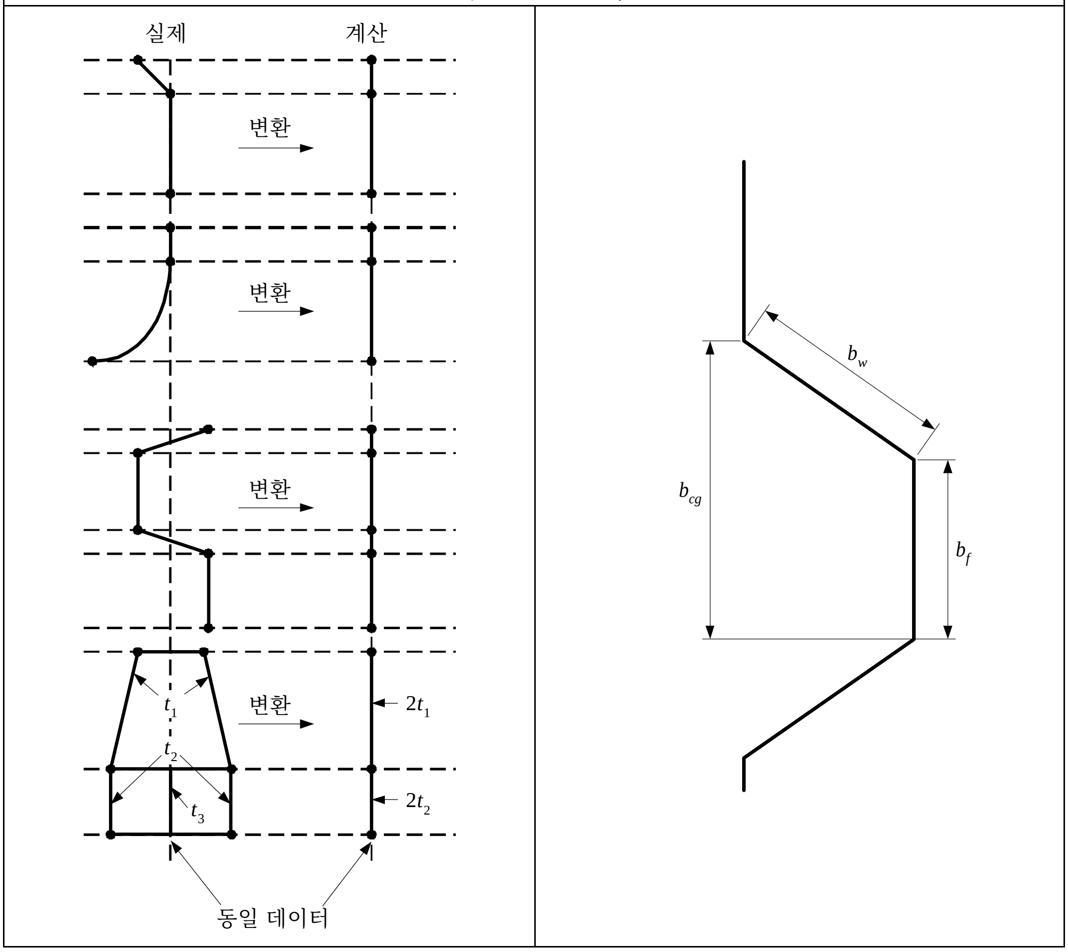
b_w : **그림 4.2.20**에 정의된 파형웨브의 너비

b_f : **그림 4.2.20**에 정의된 파형플랜지의 너비

t_{corr} : **6장/3.2**에 따른다.

2.6.4.5 동등파형 순두께 $t_{cg-net50}$은 유효면적 $A_{eff-net50}$및 전단력 배분계수 f_i 의 계산에만 적용한다.

그림 4.2.20
유효 전단면적



3 구조설계 상세

3.1 표준건조 상세

3.1.1 제출도면 상세

3.1.1.1 다음 사항을 반영한 표준건조 상세를 제출하여야 한다.

(a) 구조적 안전성을 위한 표준에 적합하도록 제작된 조립재의 형상

(b) 응력집중, 노치 및 재료피로와 같은 악영향을 줄이기 위한 다음의 구조상세 설계

- 부재와 브래킷과의 교차점에서의 단부 상세
- 공기구멍, 배수구멍 및 경감구멍의 형상 및 위치
- 내부부재의 슬롯 및 컷아웃의 형상 및 보강
- 맞대기 용접 주변의 스캘럽의 제거 또는 폐쇄, 적절한 브래킷 토우, 구조적 불연속 또는 단면의 갑작스런 변화의 감소
- 특히, 고장력강의 경우 엔진, 프로펠러 또는 파랑에 의해 발생되는 주기적 응력에 의한 피로응답을 줄이기 위한 구조부재의 두께 및 비율

3.2 국부지지부재의 단부

3.2.1 일 반

3.2.1.1 일반적으로 구조부재는 노치 및 응력집중을 피하도록 인접 구조와 유효하게 연결되어야 한다.

3.2.1.2 구조부재가 단절되는 경우 구조적 연속성은 늑골의 끝 연결부에 부착된 적절한 백업구조에 의해 유지되어야 한다. 또는, 이 단부연결부는 추가의 구조로 유효하게 연장되어야 하고 인접한 보, 보강재 등에 의하여 고착되어야 한다.

3.2.1.3 모든 종류의 보강재(종통재, 보, 늑골, 격벽 보강재)는 그것들의 단부가 연결되어져야 한다. 그러나 특별한 경우에는 스닙단을 허용할 수 있다. 여러 형태의 연결(브래킷, 브래킷이 없는 경우 또는 스닙단)은 **3.2.3** 내지 **3.2.5**에 따른다.

3.2.2 종강도 부재

3.2.2.1 모든 종강도 부재는 0.4*L* 범위 이내의 화물탱크 내에서 연속되어야 한다. 특별한 경우 큰 개구, 받침대 및 부분적인 거더 주변의 종강도 부재는 단절될 수 있으나, 단부 고착 및 용접은 특별히 고려되어야 한다.

3.2.2.2 브래킷에 의해 종부재 강도의 연속이 되는 경우, 1차 지지부재의 각 측면에 배치하는 브래킷은 정확하게 위치하여야 하고 브래킷의 부재치수는 보강재/브래킷의 조합에 대한 단면계수 및 유효횡단면적이 부재의 것들 이상이도록 하여야 한다.

3.2.3 브래킷 연결

3.2.3.1 브래킷 단부 연결에 있어서, 브래킷과 지지부재의 연결부 및 보강재의 브래킷의 연결부에서 강도의 연속성을 유지하여야 한다. 브래킷은 보강재 플랜지의 불연속을 보정하기 위하여 충분한 치수를 갖아야 한다.

3.2.3.2 브래킷과 보강재 사이의 연결에 있어서 연결부의 어떠한 부분에서도 그 단면계수가 보강재에 요구되는 단면계수 이상이어야 한다.

3.2.3.3 브래킷의 최소 순두께 $t_{bkt\text{-}net}$ 는 다음과 같다.

$$t_{bkt-net} = \left(2 + f_{bkt}\sqrt{Z_{rl-net}}\right)\left(\sqrt{\frac{\sigma_{yd-stf}}{\sigma_{yd-bkt}}}\right) \quad \text{(mm)}$$

다만, 6mm 보다 작지 않아야 하고 13.5mm 를 초과할 필요는 없다.

여기서,

f_{bkt} : 플랜지 또는 모서리보강재가 있는 브래킷의 경우 0.2

플랜지 또는 모서리보강재가 없는 브래킷의 경우 0.3

$Z_{rl\text{-}net}$: 보강재의 순 단면계수(cm3) 두 개의 보강재가 연결된 경우 작은 보강재의 것보다 클 필요가 없다.

$\sigma_{yd\text{-}stf}$: 보강재 재료의 최소 항복응력(N/mm^2)

$\sigma_{yd\text{-}bkt}$: 브래킷 재료의 최소 항복응력(N/mm^2)

3.2.3.4 불연속 국부 지지부재의 끝단에 끝단 회전을 구속하는 브래킷이 부착되며, 그렇지 않은 경우는 3.2.4와 같다. 끝단 브래킷 암(arm)의 길이 l_{bkt} 는 다음보다 작지 않아야 한다.

$$l_{bkt} = c_{bkt}\sqrt{\frac{Z_{rl-net}}{t_{bkt-net}}} \quad \text{(mm)}$$

다만, **그림 4.3.1(C)** 와 같이 보강재 웨브의 끝단이 지지되고, 브래킷이 보강재 웨브와 일직선상에 용접되는 경우, 연결을 위한 보강재의 깊이의 1.8배보다 작지 않아야 한다. 그림 4.3.1(a), (b) 및 (d)와 같이 위와 다른 경우에는 2배보다 작지 않아야 한다.

여기서,

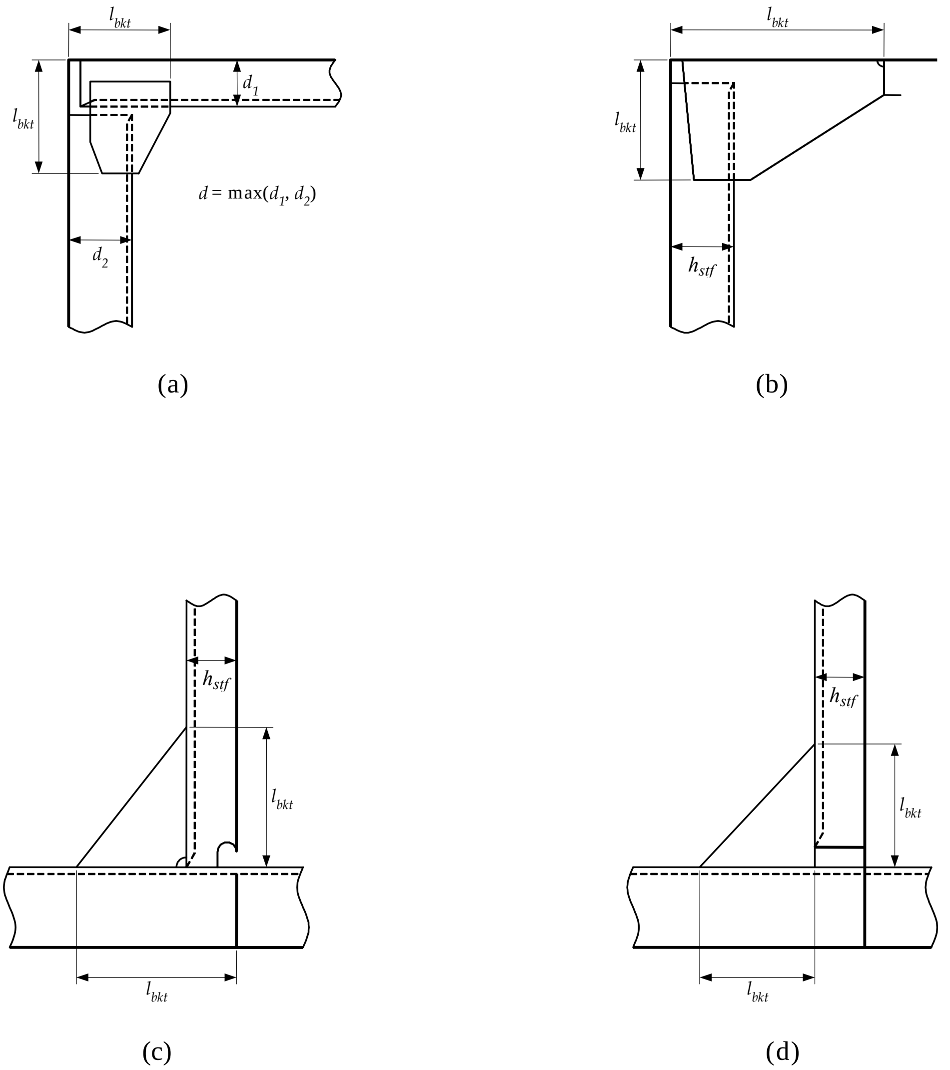
c_{bkt} : 플랜지 또는 모서리보강재가 있는 브래킷의 경우 65

플랜지 또는 모서리보강재가 없는 브래킷의 경우 70

$Z_{rl\text{-}net}$: 보강재의 순 단면계수(cm^3). 두 개의 보강재가 연결된 경우 작은 보강재의 것보다 클 필요가 없다.

$t_{bkt\text{-}net}$: **3.2.3.3**에 따른 최소 순 브래킷 두께

그림 4.3.1
브래킷의 길이



㈜

- 용접이 가능하기 위해 단을 지어 면재에 용접되는 브래킷은 웨브와 일직선상에 있는 것으로 고려하며 따라서 최소 요건인 보강재 웨브 깊이의 1.8배가 적용될 수 있다.
- 겹쳐지지 않은 형상 (b)의 보강재에 있어서, 브래킷 암(arm)의 길이 l_{bkt}는 보강재의 높이 h_{stf} 보다 작아서는 아니 된다.
- (c) 및 (d)와 유사한 보강재 배치에 있어서, h_{stf} 이름이 붙은 작은 보강재가 1차지지부재 또는 격벽에 연결되는 경우, 브래킷의 높이는 부착된 보강재의 깊이 h_{stf} 보다 작아서는 아니 된다.

3.2.3.5 모서리보강 또는 브래킷은 **10장/2.4**에 따른다. 모서리보강재가 필요한 경우 보강재 웨브 깊이 d_w는 다음 수식 이상이어야 한다.

$$d_w = 45\left(1 + \frac{Z_{rl-net}}{2000}\right) \quad \text{(mm)}$$ 다만, 50mm 이상이어야 한다.

여기서,

Z_{rl-net} : 보강재의 순 단면계수(cm^3)

두 개의 보강재가 연결된 경우 작은 보강재의 것보다 클 필요는 없다.

3.2.4 브래킷이 없는 연결

3.2.4.1 선체 구조의 일부를 형성하는 종통재, 보, 늑골 및 격벽보강재와 같은 국부지지부재는 일반적으로 **3.2.2** 및 **3.2.3**의 규정에 따라 단부에 연결하여야 한다.

3.2.4.2 대안적인 연결을 적용하는 경우에는 제안된 배치에 대하여 특별히 고려할 수 있다.

3.2.4.3 단부연결 및 지지구조의 설계는 접합부분의 회전 및 변위에 충분히 견디도록 하여야 한다.

3.2.5 스닙 단부

3.2.5.1 스닙 단부를 가진 보강재는 동적하중이 작고 진동이 작으면 즉, 선미부가 아니고 엔진 또는 발전기 주위가 아닌 구조에 허용할 수 있다. 이때, 보강재에 의해 지지되는 판의 두께 $t_{p\text{-}net}$ 는 다음 식 이상이어야 한다.

$$t_{p-net} = c_1\sqrt{(l - 0.5s)spk} \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

l : 보강재의 길이(m)

s : **2.2**에 따른다.(m)

p : 설계하중에서 보강재에 작용하는 설계압력(kN/m^2)

설계하중과 설계압력을 구하는 방법은 다음 기준에 따른다.

표 8.2.5 : 화물탱크지역

8장/3.9.2.2 : 선수화물탱크의 전부지역 및 선미부

8장/4.8.1.2 : 기관실

k : **6장/1.1.4**에 따른 재료계수

c_1 : 설계하중에 대한 계수로 다음에 따른다.

1.2 : 허용기준 AC1

1.0 : 허용기준 AC2

3.2.5.2 브래킷 토우와 스닙부재는 일반적으로 인접부재와 25mm 이내의 간격을 유지하여야 한다. 판의 반대쪽 면에 있는 다른 부재에 의해 지지되지 않으면 최대 거리는 40mm 를 초과하지 않는다. 30도 이내의 스닙을 사용하여 테이퍼를 주는 끝단의 경우에는 특히 주의하여야 한다. 토우 또는 스닙의 깊이는 일반적으로 브래킷 토우 또는 스닙부재의 두께를 초과하지 않아야 하나 15mm 이상이어야 한다.

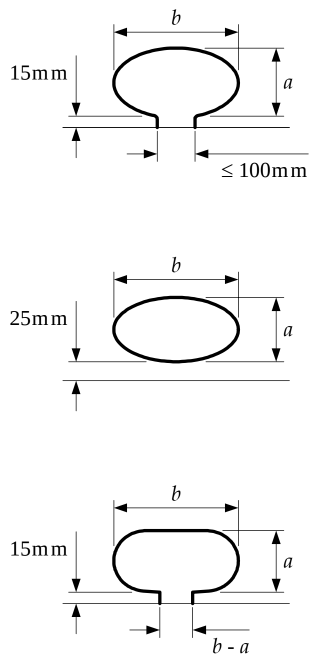
3.2.5.3 하중을 받지 않는 부재의 단부 고착은 스닙으로 할수 있다. 스닙은 30도 이하이어야 하고 일반적으로, 판의 반대쪽 면에 있는 부재에 의해 지지되지 않으면 인접부재와 50mm

이내의 간격을 유지하여야 한다. 토우의 깊이는 일반적으로 15mm 를 초과하지 않아야 한다.

3.2.6 공기구멍 및 배수구의 노치 및 스캘럽

3.2.6.1 공기구멍, 배수구, 스캘럽 및 블록 조립벗트는 단부 브래킷 토우부, 단부 연결부 및 다른 고응력 집중부에서 보강재의 중앙스팬 방향으로 적어도 200mm 의 간격을 두고 설치하여야 하며, 그 반대방향의 경우는 50 mm 이상이어야 한다.(**그림 4.3.2(b)** 참조) 전단응력이 허용한계의 60%보다 작은지역에는 다른 배치가 적용될 수 있다. 개구는 적절한 모서리 처리를 하여 둥글게 하여야 한다. 공기구멍, 배수구 및 스캘럽의 예는 **그림4.3.2(a)**와 같다. 일반적으로 **그림 4.3.2(a)**에 따른 *a/b* 비율은 0.5와 1.0 사이 이어야 한다. 피로에 민감한 지역에서 개구의 상세 및 배치에 대하여 더 깊은 주의가 필요하다.

그림 4.3.2 (a)
공기구멍, 배수구멍 및 스캘럽의 예

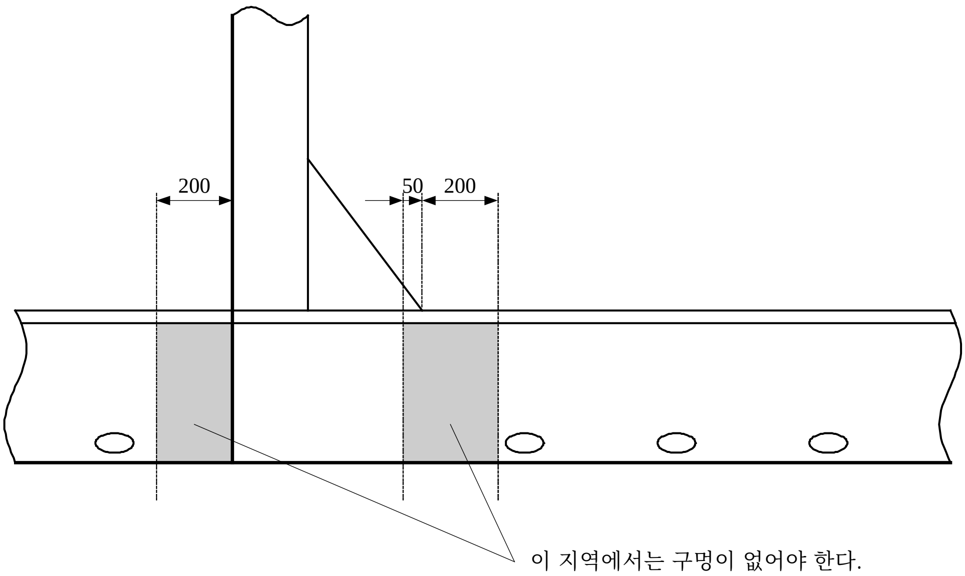


(비 고)
이 그림에 나타난 상세는 단순 설명을 위한 자료임.

3.2.7 특별요건

3.2.7.1 너무 가깝게 위치한 스캘럽 혹은 배수구, 즉 스캘럽/배수구간의 거리가 **그림 4.3.2(a)** 폭 b 의 2배보다 작을 경우, 는 종강도 부재 혹은 보강재의 끝단으로부터의 보강재 스팬의 20% 이내에는 허용이 되지 않는다. 간격이 큰 공기구멍 또는 배수구는 응력집중을 최소화하기 위하여 타원형이거나 이와 동등한 경우 허용이 가능하며, 일반적으로 용접부로부터 떨어져야 한다.

그림 4.3.2(b)
공기구멍 및` 배수구의 위치



3.3 1차 지지부재의 단부

3.3.1 일 반

3.3.1.1 1차 지지부재는 강도의 유효한 연속성을 보장하도록 배치하여야 하며, 깊이 및 단면의 급격한 변화를 피하여야 한다. 탱크 내의 1차 지지부재는 연속지지선을 형성하여야 하며 가능한 완전한 링 구조를 가져야 한다.

3.3.1.2 부재는 충분한 측면 안정성과 웨브 강성을 가져야 하며, 구조는 응력집중 및 하드스팟을 최소화하도록 배치하여야 한다. 개구는 둥근 모서리를 가져야 하며, 패널의 좌굴강도 및 응력분포를 고려하여 위치하여야 한다.

3.3.2 단부연결

3.3.2.1 1차 지지부재는 브래킷 또는 이와 동등한 구조에 의한 견고한 단부 고착을 가져야 한다. 단부연결 및 지지구조의 설계는 접합부분의 회전 및 변위를 적절히 제한하고 부재로부터의 효과적인 하중을 배분하도록 하여야 한다.

3.3.2.2 브래킷은 일반적으로 토우부를 적절한 둥글게 하여야 하며 적절한 반지름을 가져야 한다. 브래킷의 자유변은 보강되어야 하며, 브래킷의 치수와 상세는 **3.3.3**에 따른다.

3.3.2.3 1차 지지부재가 집중하중을 받는 경우, 특히 웨브와 정렬되지 않는 경우 추가의 보강이 요구된다.

3.3.2.4 일반적으로 1차 지지부재의 단부 또는 링구조를 형성하는 1차 지지부재 사이의 연결은 브래킷으로 한다. 브래킷이 없는 연결은 인접하는 면재의 적절한 지지가 있는 경우에 적용할 수 있다.

3.3.3 브래킷

3.3.3.1 일반적으로 1차 지지부재에 연결되는 브래킷의 암길이는 웨브의 깊이 이상이어야 하며, 웨브 깊이의 1.5배를 초과할 필요는 없다. 브래킷의 두 암의 길이는 대략 같은 길이이어야 한다. 브래킷의 두께는 거더 웨브판의 두께이상이어야 한다.

3.3.3.2 단부브래킷이 웨브의 일부를 구성하고 면재가 그 부재 및 브래킷의 모서리를 따라 연속되는 링구조에 있어서는 가장 큰 면재가 브래킷의 중간 지점까지 유지되고 작은 면재까지 점차적으로 테이퍼를 주어야 한다.

3.3.3.3 넓은 면재가 좁은 면재와 연결되는 경우, 테이퍼는 1:4이하이어야 한다. 두꺼운 면재가 얇은 면재와 연결되는 경우에 두께차이가 4mm 를 초과하면 두께에 대한 테이퍼는 1:3이하이어야 한다.

3.3.3.4 브래킷(**그림 4.2.7b**)에 따른 것과 동일한 일반적인 브래킷) 면재의 횡단면적은 다음 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$A_{f-net} = l_{bkt-edge} t_{bkt-net} \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

$l_{bkt\text{-}edge}$: 브래킷의 자유단의 길이(m). 구부러진 브래킷의 자유단 길이는 자유단의 중간에서 접선의 길이로 한다. $l_{bkt\text{-}edge}$ 이 1.5m 를 초과하는 경우 면재 면적의 40%가 자유단에 평행하게 취부되고 모서리로부터 최대 0.15m 인 보강재 내에 있어야 한다.

$t_{bkt\text{-}net}$: **3.2.3.3**에 정의된 최소 브래킷 순두께(mm)

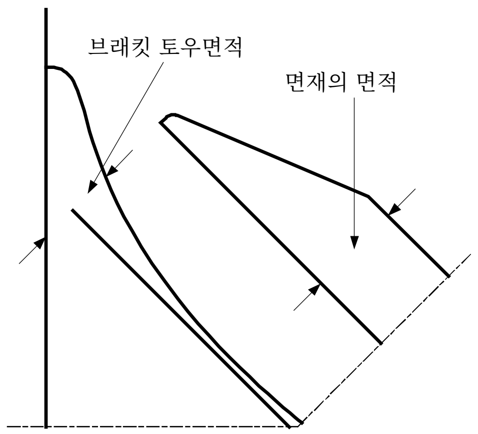
3.3.4 브래킷 토우

3.3.4.1 브래킷 토우는 보강되지 않은 판에 설치하여서는 아니된다. 브래킷 토우에서의 노치 효과는 토우를 오목하게 하거나 테이터를 주어 피할 수 있다. 일반적으로 토우의 높이는 브래킷 토우의 두께보다 크지 않으나 15mm 이상이어야 한다. 큰 1차 지지부재의 단부브래킷은 소프트토우이어야 한다. 단부브래킷이 면재를 갖는 경우에는 30도 이하가 되도록 테이퍼를 하여 스닙을 하여야 한다.

3.3.4.2 1차 지지부재를 고장력강으로 사용하는 경우, 특히 응력집중을 최소화하기 위하여 단부브래킷 토우의 설계에 주의하여야 한다. 1차 지지부재 브래킷의 모서리에 용접된 스닙 면재는 둥근 브래킷토우 위치까지 연장되어야 하며, 테이퍼는 3:1이하가 되도록 하여야 한다. 스닙 면재가 1차 지지부재 브래킷의 모서리에 인접하여 용접되는 경우, 스닙단의 위

치에서 브래킷토우는 충분한 횡단면을 가져야 한다. 일반적으로 면재에 수직하게 측정한 면적은 면재의 총횡단면적의 60%이상이어야 한다.(**그림4.3.2**참조)

그림 4.3.3
브래킷 토우 구조



(비 고)
이 그림의 구조상세는 규정에서 언급하는 사항을 단지 설명하기 위하여 사용될 뿐, 설계 지침 또는 권고를 하는 목적은 아니다.

3.4 연속적인 국부지지부재 및 1차 지지부재의 교차

3.4.1 일 반

3.4.1.1 1차 지지부재의 웨브를 통한 보강재의 통과를 위한 절단과 관련된 칼라의 배치는 부착된 웨브 보강재와 개구의 주변의 응력집중을 최소화 하도록 설계하여야 한다.

3.4.1.2 고응력부 또는 격벽 스툴하의 늑판 및 크로스타이 단부 주변에서의 절단은 완전한 칼라판을 취부한다.(**그림 4.3.4**참조)

3.4.1.3 러그형 칼라판은 **3.4.3**의 요건에 적합하여야 하는 절단부 및 주요 응력집중지역 특히 1차 지지부재의 토우 주변에 취부되어야 한다. 대표적인 러그형칼라판은 **그림 4.3.5**참조한다.

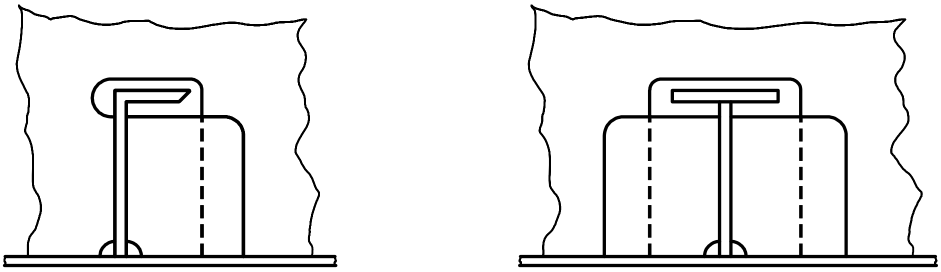
3.4.1.4 다음의 위치에서 **3.4.3.5**에 따라 계산된 1차 지지부재 웨브보강재의 직접 응력, σ_w 가 허용된 값의 80%를 넘을 경우에는 1차 지지부재 웨브보강재 힐(heel)주위를 소프트 힐(soft heel)로 하여야 한다.

(a) 강도계산용흘수 하방의 외판 종통재 연결

(b) 내저판의 종통재 연결

수밀격벽의 교차부에는 소프트힐이 요구되지 않는다. 여기는 이면 브래킷이 부착되거나 혹은 1차 지지부재 웨브가 보강재 면재에 용접으로 부착된다. 소프트힐은 **그림 4.3.6(c)**에 따라 키홀(keyhole)을 갖는다.

그림 4.3.4
고응력지역의 절단부 칼라



3.4.2 절단부 상세

3.4.2.1 절단부는 매끄러워야 하며, 모서리 반지름은 실행 가능한 한 절단부 폭의 최소 20% 또는 25mm 중 큰 것 이상이어야 하나 50mm 보다 클 필요가 없다.

3.4.3 1차 지지부재와 교차보강재(국부 지지부재) 사이의 연결

3.4.3.1 연결부의 횡단면적은 적절한 허용응력과 관련한 각 성분을 통하여 전달되어진 하중의 비율로부터 결정하여야 한다.

3.4.3.2 1차 지지부재의 연결부를 통하여 전달되어지는 전체 하중 W는 다음과 같다.

$$W = P\,s\left(S - \frac{s}{2000}\right)10^{-3} \quad \text{(kN)}$$

여기서,

P : 설계하중에서 보강재에 작용하는 설계압력(kN/m^2).

설계하중과 설계압력 및 허용기준을 구하는 방법은 다음 기준에 따른다.

표 8.2.5 : 화물탱크지역

8장/3.9.2.2 : 선수화물탱크의 전부지역 및 선미부

8장/3.9.2.2 : 선미부

8장/4.8.1.2 : 기관실

8장/6.2.4.1 : 슬로싱 하중이 있는 경우

8장/6.3.5.1 : 선저 슬래밍 하중이 있는 경우

8장/6.4.5.1 : 선수 충격하중이 있는 경우

S : **4장/2.2**에 정의된 1차지지부재의 간격(m)

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재의 간격(mm)

1차 지지부재의 각 면에서 서로 다른 1차 지지부재 간격 S 와 압력 P 를 갖는 보강재는 (예를 들면, 횡격벽의 수직휨보강재) 양쪽면에 대한 평균하중을 적용하여야 한다.

3.4.3.3 전단연결부을 통하여 전달되어지는 하중 W_1은 다음과 같다.

$$W_1 = W\left(\alpha_p + \frac{A_{1-net}}{4 f_c A_{w-net} + A_{1-net}}\right) \quad \text{(kN)}$$

$W_1 = W$, 웨브보강재가 교차보강재에 연결되지 않는 경우

여기서,

W : **3.4.3.2**에 정의된 전체하중(kN)

α_p : 판넬의 종횡비로 0.25이하

$$= \frac{s}{1000S}$$

S : 1차 지지부재의 간격(m)

s : 보강재의 간격(mm)

$A_{1\text{-}net}$: 연결부의 유효 순 전단면적으로 연결 성분의 합으로 한다.

$$A_{1d-net} + A_{1c-net} \quad (\text{cm}^2)$$

슬릿형태의 슬롯연결의 경우 $A_{1\text{-}net}$ 은

$$A_{1-net} = 2 l_d t_{w-net} 10^{-2} \quad (\text{cm}^2)$$

일반적인 이중러그 또는 칼라판 연결의 경우 $A_{1\text{-}net}$ 은

$$A_{1-net} = 2 f_1 l_c t_{c-net} 10^{-2} \quad (\text{cm}^2)$$

$A_{1d\text{-}net}$: 러그 또는 칼라판을 제외한 순 전단 연결면적은 다음 수식 및 **그림 4.3.5**에 따른다.

$$A_{1d-net} = l_d t_{w-net} 10^{-2} \quad (\text{cm}^2)$$

l_d : 보강재 및 1차 지지부재웨브 사이의 직접적인 연결 길이(mm)

$t_{w\text{-}net}$: 1차 지지부재 웨브의 순두께(mm)

$A_{1c\text{-}net}$: 러그 또는 칼라판을 포함한 순전단 연결면적은 다음 수식 및 **그림 4.3.5**에 따른다.

$$A_{1c-net} = f_1 l_c t_{c-net} 10^{-2} \quad (\text{cm}^2)$$

l_c : 러그 또는 칼라판과 1차 지지부재 사이의 연결길이(mm)

$t_{c\text{-}net}$: 러그 또는 칼라판의 순두께로 주변 1차 지지부재웨브의 순두께보다 크지 않아야 한다.

f_1 : 전단 보강재 계수

1.0 : 대칭단면의 보강재

$140/w$: 비대칭단면의 보강재로 1.0 이하

w : 비대칭 보강재에 대한 절단부의 너비로 보강재웨브의 절단면에서 측정(mm) (**그림 4.3.5** 참조)

$A_{w\text{-}net}$: **그림 4.3.6**과 같이 뒷면 브래킷(있는 경우)을 포함하여 연결부 주변의 1차 지지부재 웨브보강재의 유효 순횡단면적(cm^2).

1차 지지부재 웨브보강재가 소프트힐엔딩(soft heel ending) 또는 소프트힐(soft heel) 및 소프트토우엔딩(soft toe ending)과 결합되는 경우 **그림 4.3.6**과 같이 $A_{w\text{-}net}$ 는 연결부의 스로트(throat)에서 측정한다.

f_c : 다음에 따른 칼라하중계수

대칭단면의 교차보강재

$= 1.85$ $A_{w-net} \le 14$ 인 경우

$= 1.85 - 0.0441(A_{w-net} - 14)$ $14 < A_{w-net} \le 31$ 인 경우

$= 1.1 - 0.013(A_{w-net} - 31)$ $31 < A_{w-net} \le 58$ 인 경우

$= 0.75$ $A_{w-net} > 58$ 인 경우

비대칭단면의 교차보강재

$$= 0.68 + 0.0172 \frac{l_d}{A_{w-net}}$$

여기서,

$l_s = l_c$: 1차 지지부재에 단일러그 또는 칼라판으로 연결되는 경우

$l_s = l_d$: 1차 지지부재에 한면 직접 연결인 경우

$l_s = 0.5(l_c + l_d)$: 양쪽면의 연결길이의 평균, 러그 혹은 칼라로 직접 연결의 경우

3.4.3.4 1차 지지부재 웨브 보강재를 통하여 전달되는 하중 W_2는 다음 식에 의한다.

$$W_2 = W\left(1 - \alpha_p - \frac{A_{1-net}}{4 f_c A_{w-net} + A_{1-net}}\right) \quad \text{(kN)}$$

여기서,

W : **3.4.3.2**에 정의된 전체하중(KN)

α_p : 패널종횡비 $= \dfrac{s}{1000\,S}$

S : 1차 지지부재의 간격(m)

s : 보강재의 간격(mm)

A_{1-net} : **3.4.3.3**에 정의된 유효 순 전단면적(cm^2)

f_c : **3.4.3.3**에 정의된 칼라 하중계수

A_{w-net} : **3.4.3.3**에 정의된 1차 지지부재 웨브 보강재의 유효 순 단면적(cm^2)

3.4.3.5 A_{w-net}, A_{wc-net} 및 A_{1-net} 는 계산된 응력이 다음 기준에 적합하도록하여야 한다.

용접선에서 떨어진 1차 지지부재 웨브보강재에 연결의 경우 : $\sigma_w \le \sigma_{perm}$

용접선의 1 차 지지부재 웨부보강재에 연결의 경우 : $\sigma_{wc} \le \sigma_{perm}$

1차 지지부재 웨브에 전단연결의 경우 : $\tau_w \le \tau_{perm}$

여기서,

σ_w : 용접연결부로부터 최소 브래킷면적 만큼 떨어져서 1 차 지지부재 웨브보강재의 직응력

$$= \frac{10 W_2}{A_{w-net}} \quad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

σ_{wc} : 용접선에 따른 1차 지지부재 웨브보강재의 직응력

$$= \frac{10W_2}{A_{wc-net}} \quad (\text{N/mm}^2)$$

τ_w : 1차 지지부재의 전단연결에서 전단응력

$$= \frac{10W_1}{A_{1-net}} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$A_{w\text{-}net}$: **3.4.3.3**에 정의된 1차 지지부재 웨브 보강재의 유효 순단면적(cm^2)

$A_{wc\text{-}net}$: **그림 4.3.6**과 같이 용접 주변의 웨브보강재 유효순면적(cm^2)

$A_{1\text{-}net}$: **3.4.3.3**에 정의된 연결의 유효 순 전단면적(cm^2)

W_1 : **3.4.3.3**에 정의된 전단연결에 의한 하중(kN)

W_2 : **3.4.3.4**에 정의된 웨브 보강재에 의한 하중(kN)

σ_{perm} : **표 4.3.1**에 따른 허용 직응력, 3.4.3.2참조(N/mm^2)

τ_{perm} : **표 4.3.1**에 따른 허용 전단응력, 3.4.3.2참조(N/mm^2)

3.4.3.6 1차 지지부재 웨브보강재에 추가하여 이면 브래킷이 취부된 경우 웨브보강재와 정렬되어 반대쪽에 배치되어야 한다. 브래킷의 암길이는 웨브보강재의 깊이 이상이어야 하며, 브래킷의 목을 통한 순횡단면적은 **그림 4.3.6**에 따른 $A_{w\text{-}net}$ 의 계산에 포함하여야 한다.

3.4.3.7 1차 지지부재 웨브보강재의 겹침연결 또는 국부 지지부재의 트리핑브래킷은 화물탱크구역내에서는 허용되지 않는다. 즉, 횡/종 국부지지부재 사이의 겹침연결 이다.

3.4.3.8 조립된 보강재로서 면재를 웨브면에 용접하여 웨브의 단부를 노출시키는 구조는 외판 및 종격벽 종통재로 바람직하지 않다. 그러한 형상이 1차 지지부재 웨브보강재와 연결되는 경우 횡부재에 대하여 대칭연결이 되어야 한다. 대칭연결은 트랜스버스 웨브 또는 격벽의 반대면에 브래킷을 취부하는 것으로 할 수 있다. 화물창 구역에서 1차 지지부재의 웨브 보강재와 이면 브래킷은 교차하는 보강재웨브와 버트용접이 되어야 한다.

3.4.3.9 1차 지지부재의 웨브보강재가 교차하는 보강재의 웨브에 연결되지 않고 수평한 경우 1차 지지부재 웨브보강재는 **그림 4.3.7**과 같이 위치하여야 한다. 1차 지지부재 웨브보강재는 **그림 4.3.7**와 같이 슬롯끝단에 접근하여야 한다. 웨브보강재는 적절히 테이퍼화하고, 부드럽게 하여야 한다.

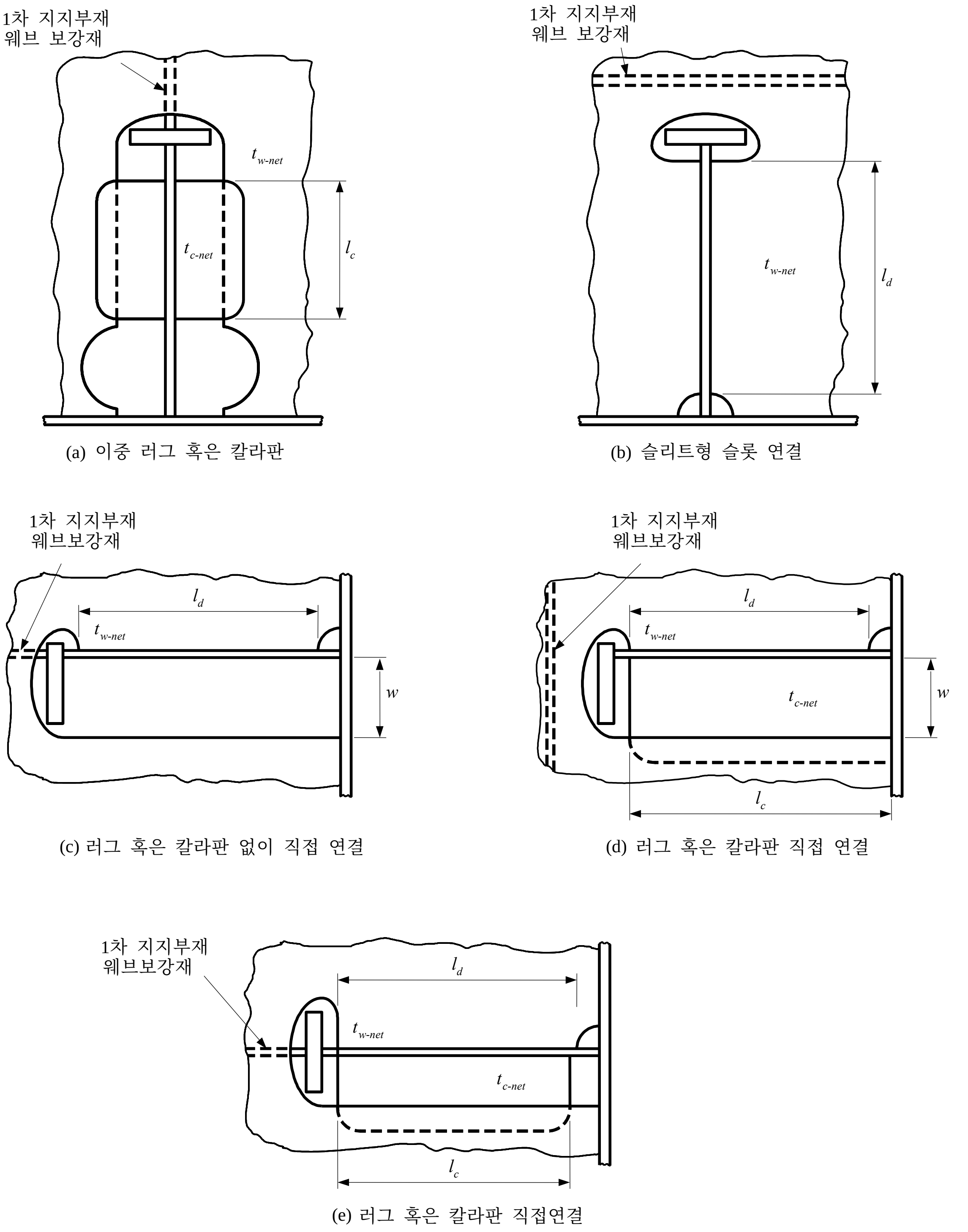
3.4.3.10 대안적인 배치는 동등한 효과를 가지는 하중 전달능력을 근거로 특별히 고려하여야 한다. 이에 대한 상세계산 및 시험절차가 제출되어야 한다.

3.4.3.11 필렛용접의 크기는 **표 4.3.2**에 나타난 용접계수에 기초하여 **6장/5**에 따라 계산되어야 한다. 전단연결 주변의 용접에서 그 크기는 고려하는 위치에서의 1차지지 웨브판에 대한 값 이상이어야 한다.

표 4.3.1 1차 지지부재와 보강재 사이의 연결에 대한 허용응력						
항목	직응력, σ_{perm}, (N/mm^2)			전단응력, τ_{perm}, (N/mm^2)		
	허용기준(3.4.3.2참조)			허용기준(3.4.3.2참조)		
	AC1	AC2	AC3	AC1	AC2	AC3
1차 지지부재의 웨브보강재	$0.80\sigma_{yd}$ (3)	σ_{yd}	σ_{yd}	-	-	-
용접연결 주변에서 1차 지지부재의 웨브보강재와 교차보강재 이중연속필랫 부분용입용접	$0.56\ \sigma_{yd}$ (3) $0.80\ \sigma_{yd}$ (2)(3)	$0.70\ \sigma_{yd}$ (3) σ_{yd} (2)	σ_{yd} σ_{yd}	- -	- -	- -
겹쳐지는 용접 주변에서 1차 지지부재의 웨브보강재와 교차보강재	$0.48\ \sigma_{yd}$	$0.60\ \sigma_{yd}$	σ_{yd}	-	-	-
용접을 포함하여 러그 또는 칼라 단일러그/칼라 이중러그/칼라	- -	- -	- -	$0.68\ \tau_{yd}$ $0.80\ \tau_{yd}$	$0.85\ \tau_{yd}$ τ_{yd}	τ_{yd} τ_{yd}
여기서 : τ_{perm} : 허용 전단응력(N/mm^2) σ_{perm} : 허용 직응력(N/mm^2) σ_{yd} : 특정 재료의 최소 항복응력(N/mm^2) yd : $\frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)						
(비 고) 1. 판의 응력계산은 순두께를 기초로 실행하고 총두께는 용접강도평가에 사용한다. (3.4.3.11 참조) 2. 루트 페이스는 1 차 지지부재 보강재의 총두께의 1/3 이하이어야 한다. 3. 1 차 지지부재의 웨브보강재 힐 주변이 소프트인 경우 허용응력은 5%증가될 수 있다.						

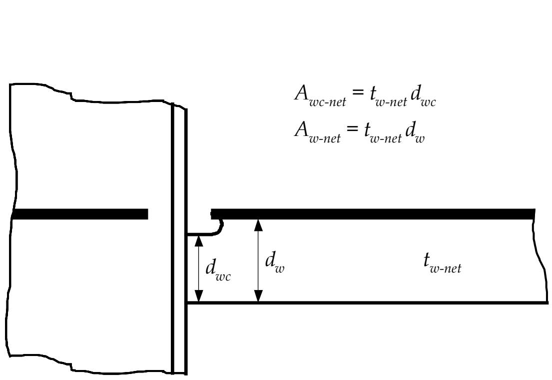
표 4.3.2 1차 지지부재와 보강재 사이의 연결에 대한 용접계수	
항목	용접계수
1차 지지부재의 보강재와 교차보강재	$0.6\ \sigma_{wc}/\sigma_{perm}$ 단, 0.38이상
러그 또는 칼라판을 포함하는 전단결합	0.38
러그 또는 칼라판을 포함하는 전단결합으로 1차 지지부재의 웨브보강재는 교차보강재에 연결되지 않음	$0.6\ \tau_w/\tau_{perm}$ 단, 0.44이상
여기서, τ_w : **3.4.3.5**에 따른다 σ_{wc} : **3.4.3.5**에 따른다 τ_{perm} : 허용전단응력(N/mm^2)(표 **4.3.1** 참조) σ_{perm} : 허용 직 응력(N/mm^2) (표 **4.3.1** 참조)	

그림 4.3.5
대칭 및 비대칭 절단

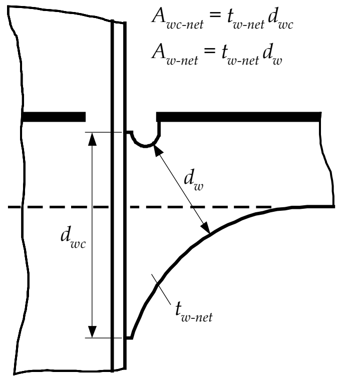


(비 고)
1. 이 그림에서 상세는 단지 기호 및 정의를 설명하는 것으로 설계지침 또는 권고사항은 아니다.

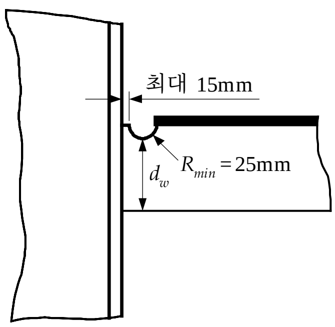
그림4.3.6
1차 지지부재의 웨브보강재 상세



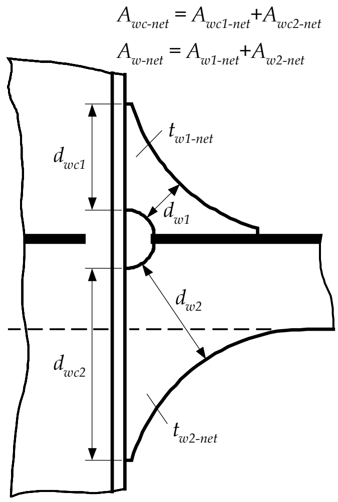
(a) 브래킷 없는 직선 힐



(b) 소프트 토우와 힐



(c) 소프트 힐에 따른 키홀



(d) 대칭 소프트 토우 브래킷

여기서,

$t_{ws\text{-}net}$, $t_{ws1\text{-}net}$ 및 $t_{ws2\text{-}net}$: 1 차 지지부재 웨브보강재/이면브래킷의 순 두께(mm)

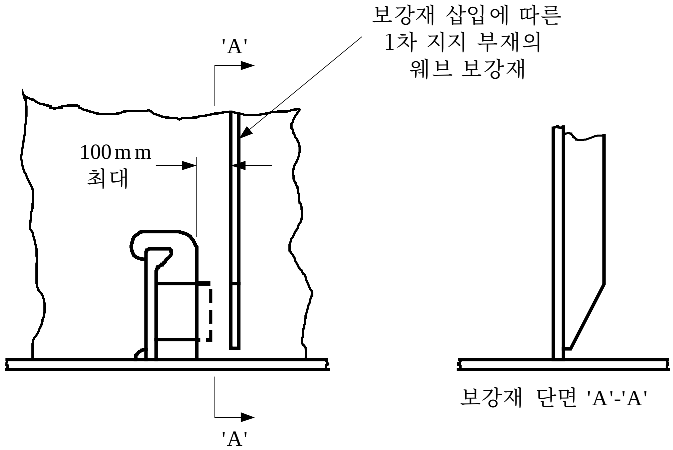
d_w, d_{w1} 및 d_{w2} : 1 차 지지부재 웨브보강재/이면브래킷의 최소깊이(mm)

d_{wc}, d_{wc1} 및 d_{wc2} : 1 차 지지부재 웨브보강재/이면브래킷 및 국부 지지보강재와의 연결길이(mm)

(비 고)

3.4.1.4 와 같이 소프트힐 대신 키홀의 상세가 명시되어 있지 않는 한, 이 그림의 상세는 단지 기호 및 정의를 설명하기 위한 것이며, 설계기준 혹은 권고사항을 나타내지는 않는다.

그림 4.3.7
1차 지지부재의 웨브보강재



3.5 개 구

3.5.1 일 반

3.5.1.1 개구는 단면과 모서리를 둥들게 하여야 한다.

3.5.1.2 맨홀, 경감구멍 및 다른 유사한 개구들은 높은 전단력이 걸리는 구역 및 집중된 하중을 피하여야 한다. 특히, 맨홀 및 유사한 개구는 판내의 응력 및 패널 좌굴 특성의 계산결과가 만족되지 않으면 고응력 범위를 피하여야 한다. 다음은 고응력 범위에 대한 예이다.

(a) 단부에서 1/6L 이내 범위의 좁은 코퍼댐 또는 이중판 격벽의 수직 또는 수평 판

(b) 스팬 단부에 근접한 늑판 또는 이중저 거어더

(c) 필러의 상/하단부

3.5.2 또는 **3.5.3**에서 정하는 것 이상의 큰 개구가 있는 경우, 배치 및 보강은 특별히 고려하여야 한다.

3.5.2 단일 선체에 있어서 보강이 요구되지 않는 맨홀 및 경감구멍

3.5.2.1 웨브 내에 있는 개구는 개구의 깊이가 웨브 깊이의 25%을 초과하지 않는 경우, 에지가 면재로부터 웨브 깊이의 40%이상에 위치하는 경우에는 일반적으로 보강은 요구되지 않는다. 개구의 길이가 웨브 깊이 또는 국부지지부재 간격의 60% 중 큰 것 이하이어야 하며, 개구의 단부는 국부지지부재에 대한 절단부의 모서리로부터 등거리이어야 한다.

3.5.3 이중 선체에 있어서 보강이 요구되지 않는 맨홀 및 경감구멍

3.5.3.1 고응력 집중부 이외의 웨브 내에 있는 개구는 개구의 깊이가 웨브 깊이의 50%을 초과하지 않는 경우, 그리고 국부지지부재의 통과를 위한 절단부가 모서리로부터 멀리 떨어져 있는 경우에는 보강이 요구되지 않는다.

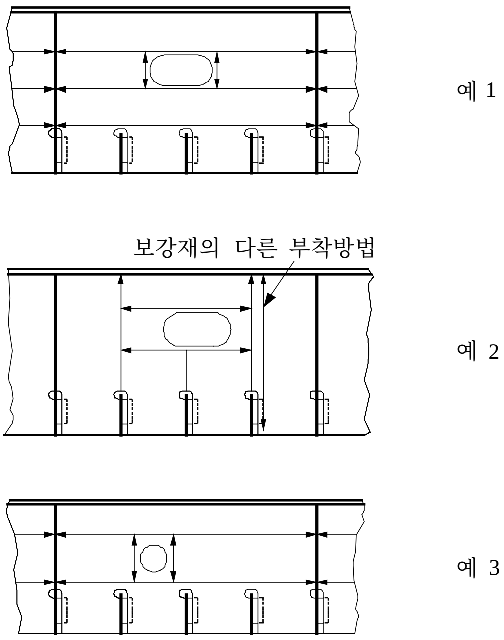
3.5.4 보강이 요구되는 맨홀과 경감구멍

3.5.4.1 맨홀과 경감구멍은 **3.5.4.2** 및 **3.5.4.3**에 따라 보강되어야 한다. **3.5.4.2** 및 **3.5.4.3**의 보강요건은 대체수단이 **9장/2**에 명시한 평가방법에 따라 응력 및 안전성에 대하여 만족스러운 경우 수정될 수 있다.

3.5.4.2 웨브판은 **8절** 또는**9장/2**의 요건적용에서 평균 전단응력이 AC1에 대하여 50N/mm^{2}을 초과하거나 AC2에 대하여 60N/mm^{2}을 초과하는 경우 개구에 보강되어야 한다. 보강은 **8절** 또는 **9장/2**의 하중에서 **10장**에 따른 좌굴강도를 만족하여야 한다.

3.5.4.3 종강도에 기여하는 부재에 대하여, 보강재는 개구의 수직축 및 수평축과 평행한 개구의 자유변을 따라 설치하여야 한다. 만일 가장 짧은 축이 400mm 이하이면, 보강재는 한 방향에 있어서, 만일 양 축이 300mm 이 이하이면, 양 방향에 있어서 생략할 수 있다. 에지의 보강은 보강재에 대안적으로 사용할 수 있다.(**그림 4.3.8** 참조)

그림 4.3.8
큰 개구를 갖는 웨브 판



3.6 국부 보강

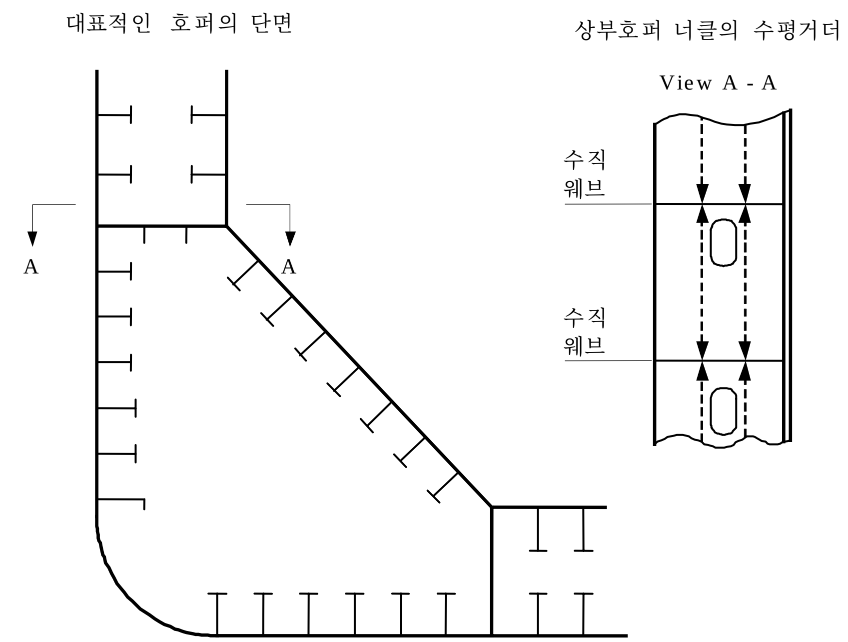
3.6.1 너클의 보강

3.6.1.1 주요부재(외판, 종격벽 등)에서의 너클은 횡강도를 전달하도록 너클에 충분히 보강하여야 한다. 웨브, 브래킷 또는 형강의 형태로의 보강은 전단강도를 전달하도록 횡부재에 연결하여야 한다. (**그림 4.3.9** 참조)

3.6.1.2 일반적으로 종방향 너클의 경우, 너클의 상하 종통재 사이에 촘촘한 간격의 칼링을 너클에 가로질러 설치하여야 한다. 갑판 캠버와 같이 너클에 높은 측압 및/또는 높은 면압을 받지 않는 너클의 주변에는 칼링 또는 다른 형식의 보강을 설치할 필요가 없다.

3.6.1.3 일반적으로, **3.6.1.1**과 같은 너클과 지지점 사이의 거리는 50mm 이하이어야 한다.

그림 4.3.9
너클 보강의 예



3.6.2 개구의 보강 및 검사목적의 접근에 따른 부착물

3.6.2.1 검사 목적의 접근을 위한 선체에는 적절한 위치 및 모든 부착물의 강도를 고려한 국부보강이 이루어져야 한다.

3.7 피로 강도

3.7.1 일 반

3.7.1.1 구조상세는 **9장/3**에 정의된 피로강도의 규정에 따라서 설계되어야 한다.

1 일 반

1.1 서 론

1.1.1 범 위

1.1.1.1 이 장은 국내법규 및 국제협약에 근거하여 선박의 일반적인 구조배치 요건을 규정한다. (**2장/2.1.1** 및 **3장/3.3** 참조)

2 수밀 구획

2.1 수밀격벽의 배치

2.1.1 일 반

2.1.1.1 모든 선박은 다음 요건에 따라 선체를 수밀구획으로 구분하기 위한 수밀격벽을 배치하여야 한다.

2.1.2 수밀격벽의 최소수 및 위치

2.1.2.1 모든 선박에는 다음의 수밀격벽을 설치하여야 한다.

(a) 선수격벽(**2.2.1.1** 참고)

(b) 선미격벽

(c) 기관실의 전후단 격벽

2.1.2.2 화물유 탱크구역의 격벽은 실용적인 범위에서 일정한 간격이어야 한다.

2.1.2.3 격벽의 적절한 수와 위치는 구획, 침수성 및 손상복원성의 요건을 만족하도록 배치되어야 한다.

2.1.2.4 수밀격벽의 개구수는 최소화 하여야 한다. 통행, 배관, 통풍, 전기배선 등이 수밀격벽이나 내부갑판을 관통할 필요가 있는 경우, 수밀성이 유지되도록 배치하여야 한다. 선수격벽에는 **8장/3.6.2**의 추가요건을 적용한다.

2.2 선수격벽의 위치

2.2.1 일 반

2.2.1.1 모든 선박에는 건현갑판까지 도달하는 선수격벽을 설치하여야 한다. 선수격벽은 기준점의 후방 0.05 L_L 또는 10m 중 작은 값 및 0.08 L_L 사이에 위치하여야 한다. 여기서 L_L 은 **4장/1.1.2.1**에, 기준점은 **2.2.1.2**에 규정하는 바에 따른다. 선수격벽을 0.08 L_L 보다 후방으로 하는 경우에 대해서는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

2.2.1.2 구상선수가 없는 선박의 기준점은 L_L 이 측정되는 수선상의 L_L 의 전단(선수재의 전단)으로 한다. 구상선수가 있는 선박의 기준점은 L_L 의 전단의 x 전방에서 계측한다. 여기서, 거리 x 는 다음 중에서 가장 작은 값으로 한다.

(a) L_L 전단에서 구상선수 최선단까지 거리의 절반

(b) 0.015 L_L

(c) 3.0m

2.2.1.3 일반적으로 선수격벽은 한 평면이지만, **2.2.1.1** 및 **2.2.1.2**의 규정하는 제한에 적합한 경우 계단부 또는 리쎄스를 설치할 수 있다.

2.3 선미격벽의 위치

2.3.1 일 반

2.3.1.1 수밀구획내에 선미관 및 타 트렁크를 포함하는 선미격벽을 설치하여야 한다. 축계의 배치에 의해 선미관을 하나의 수밀구획으로 하는 것이 불가능할 경우, 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다. 선미관 또는 타 트렁크를 설치하지 않는 기기에 의해 추진 또는 조종되는 선박에 대해서는 선미격벽의 위치에 대해서도 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

2.3.1.2 선미격벽은 하기 만재흘수선 상방 제1갑판까지 이어질 수 있다. 이 경우 선미 또는 트랜섬은 수밀구조이어야 한다.

3 이중선체배치

3.1 일 반

3.1.1 화물 탱크의 보호

3.1.1.1 모든 유조선은 **3.2** 및 **3.3**에 따라 이중저탱크 및 구역과 이중선측탱크 및 구역을 설치하여야 한다. 이중저 및 이중선측탱크, 구역은 화물탱크 및 구역을 보호하기 위한 것으로서 화물유의 수송에 사용해서는 아니된다.

3.1.2 밸러스트 탱크 용량

3.1.2.1 모든 유조선은 화물탱크에 밸러스트를 하지 않고 안전하게 밸러스트 항해가 가능하도록 전용 밸러스트 탱크용량이 결정되어야 한다. 항해중의 밸러스트 상태에 있어서의 밸러스트 용량은 전용 밸러스트 및 경하상태를 포함한 모든 밸러스트 상태 및 어떠한 항해상태에서도 선박의 흘수 및 트림이 **3.1.2.2** 내지 **3.1.2.4**의 요건을 만족할 수 있어야 한다.

3.1.2.2 호깅 또는 새깅에 대한 수정을 제외한 선체 중앙부 형흘수 T_m 는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$T_m = 2.0 + 0.02L \qquad \text{(m)}$$

여기서,

L : **4장/1.1.1.1**의 규정에 의한다.

3.1.2.3 선수수선 및 선미수선의 흘수는 선미트림을 $0.015L$(m) 이하로서, **3.1.2.2**에 따른 선체중앙부흘수에 대응하여야 한다.

3.1.2.4 선수수선의 흘수는 프로펠러의 침수에 필요한 값 이상이어야 한다.

3.1.3 화물탱크의 크기 및 배치 제한

3.1.3.1 화물탱크의 크기 및 배치는 선박의 길이방향의 어떤 장소에서도 선측 및 선저 손상시의 가상 기름 유출량이 제한내에 있도록 하여야 한다.

3.2 이중저

3.2.1 이중저 깊이

3.2.1.1 이중저의 최소 깊이 d_{db} 는 다음의 값 중 작은 것으로 한다.

$$d_{db} = \frac{B}{15} \quad \text{(m)}$$ 단, 1.0m 미만 이어서는 아니된다.

$$d_{db} = 2.0 \quad \text{(m)}$$

여기서,

B : **4장/1.1.3.1**에 따른 선박의 폭(m)

3.3 이중 선측

3.3.1 이중 선측 폭

3.3.1.1 이중 선측의 최소폭 w_{ds} 는 다음의 값 중 작은 것으로 한다.;

$w_{ds} = 0.5 + \frac{DWT}{20000}$ (m) 단, 1.0m 미만이어서는 아니된다.

$w_{ds} = 2.0$ (m)

여기서,

DWT : **4장/1.1.14.1**에 따른 선박의 재화중량

4 구획 분할

4.1 화물탱크의 분할

4.1.1 일 반

4.1.1.1 화물펌프룸, 화물탱크, 슬롭탱크 및 코퍼댐은 기관구역 전방에 위치하여야 한다. 주 화물제어장소, 제어장소, 거주구역 및 업무구역은 화물탱크, 슬롭탱크 및 기관구역으로부터 화물탱크 또는 슬롭탱크를 격리하는 구역보다 후방에 위치하여야 한다. 다만, 연료유 탱크 및 밸러스트 탱크 후방일 필요는 없다.

4.2 코퍼댐 구역

4.2.1 일 반

4.2.1.1 코퍼댐은 기밀이어야 하고 내부검사를 위한 점검설비는 가능한 한 **5.1**에 따른다.

5 접근설비

5.1 화물탱크 범위 내 및 그 전방에 있는 구역으로의 접근

5.1.1 일 반

5.1.1.1 화물탱크 구역 내 및 전방의 구역으로의 접근설비는 SOLAS ChII-1, Part A-1, Reg.3-6에 만족하여야 한다. 개구 및 선체구조물의 부가물에 대한 상세 및 배치에 대해서는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다. 이에 추가하여 **5.1.1.2** 내지 **5.1.1.5**의 규정에도 적합하여야 한다.

5.1.1.2 덕트 킬 또는 파이프 터널을 설치하는 경우는 개방갑판으로 두 개의 탈출로가 제공되어야 하며, 최대한 멀리 배치되어야 한다. 덕트 킬 또는 파이프 터널은 기관구역을 통과해서는 안되며, 파이프 터널에서 덕트킬의 후방으로의 접근은 가능하다. 펌프룸에서 덕트킬로의 접근 개구에는 유밀 해치 또는 수밀문이 설치되어야 한다. 덕트 킬이나 파이프터널에는 기계식 통풍장치가 제공되어야 하며 출입 전에 충분한 환기가 이루어져야 한다. 파이프 터널의 각 출입구에는 출입하기전에 충분한 시간 동안 통풍 팬을 작동시켜야 함을 나타내는 주의판이 설치되어야 한다. 또한, 덕트 킬 및 파이프터널내의 공기는 가스측정기에 의해 시료 채취되어야 하며, 화물탱크에 불활성 기체 시스템이 설치된 경우 산소측정측기가 제공되어야 한다.

5.1.1.3 덕트 킬로의 접근을 위한 수밀문을 펌프룸에 설치하는 경우의 수밀문의 부재치수는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 요건 외에 아래의 추가 요건을 만족하여야 한다.

(a) 수밀문은 선교에서 작동할 수 있어야 하며, 주 펌프룸 입구의 외부에서 수동으로 폐쇄가 가능하여야 한다. 문의 개폐상태를 알리는 지시기를 해당 구역 및 선교에 설치하여야 한다.

(b) 파이프 터널의 출입을 요하는 경우를 제외한 본선 운항중에는 수밀문이 닫힌 상태를 유지해야 한다는 주의판이 각 조작위치에 부착되어야 한다.

5.1.1.4 구조작업을 도울 수 있도록 수직 선측 밸러스트 구역의 각 수평 거더 및 노출갑판에 실제 크기 600mm×800mm 인 수평개구를 적어도 1개 이상 설치하여야 한다. 구조배치상 600mm×800mm 의 개구 크기가 어려울 경우, 600mm×600mm 의 크기를 인정할 수 있다.

5.1.1.5 수리 및 관리용 유밀해치를 접근 개구를 화물탱크 사이의 격벽에 설치하는 경우는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

1 강재 등급

1.1 선체 구조용 강재

1.1.1 적 용

1.1.1.1 이 장은 **규칙 2편 1장**의 규정에 적합한 강재를 사용하는 유조선의 모든 용접구조에 적용한다. 규칙에 만족하지 아니하는 기타 재료를 사용할 때에는 재질과 치수에 대하여 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

1.1.2 강 도

1.1.2.1 최소 항복강도가 235 N/mm^2 인 강을 선체구조용 연강으로, 최소 항복강도가 이보다 더 높게 규정되는 강은 선체구조용 고장력강으로 간주한다.

1.1.3 재료기호

1.1.3.1 선체구조용 압연강재의 종류 및 재료기호는 **규칙 2편 1장 301**. 및 다음에 따른다.

(a) A, B, D 그리고 E 는 연강의 종류를 표시한다.

(b) AH, DH, 그리고 EH 는 고장력강의 종류를 표시한다.

1.1.4 고장력강 재료계수

1.1.4.1 선체구조에 고장력강을 사용하는 경우, 선체 거더 횡단면계수의 결정을 위한 고장력강 재료계수 k 는 **표6.1.1**에 따른다.

표 6.1.1
고장력강 재료계수 k

규정 최소 항복강도 (N/mm^2)	$\boldsymbol{k}$
235	1.00
265	0.93
315	0.78
340	0.74
355	0.72
390	0.68

(비고)
1. 중간값은 선형보간법을 이용해서 계산한다.

1.1.5 두께방향 특성

1.1.5.1 T 이음 또는 십자이음부를 부분 또는 완전용입으로 용접하는 경우, 그리고 판재가 두께방향(압연면에 직각 방향)으로 아주 큰 변형응력을 받는 경우에는 **규칙 2편 1장**에서 규정하는 두께방향 특성시험에 합격한 강재를 사용하여야 한다. 승인도면 상에는 요구되는 재료기호의 뒤에 “Z”를 부기하여 이들 강재를 지정하여야 한다(예: EH36Z).

1.1.6 주•단강품

1.1.6.1 선미재, 타골재, 러더스톡, 프로펠러 샤프트 브래킷 및 기타 주요 구조부분에 사용되는 주강품 또는 단강품은 **규칙 2편 1장**에 따른다.

1.2 강재의 사용구분

1.2.1 재료의 선택

1.2.1.1 특정한 선체구조부재에 사용되는 강재는 **표 6.1.3**에 주어진 강재의 급별에 대해 **표 6.1.2**로 주어지는 강재의 급별보다 낮은 등급이어서는 아니된다.

1.2.2 적용 두께

1.2.2.1 **표 6.1.2** 및 **표 6.1.3**의 적용에 있어서, 강재의 급별은 건조두께에 해당하는 것이어야 한다.

표 6.1.2
두께에 따른 사용강재

두께, *t* (mm)	**강재의 급별**		
	I 급	**II**	**III**
t≤15	A, AH	A, AH	A, AH
15<t≤20	A, AH	A, AH	B, AH
20<t≤25	A, AH	B, AH	D, DH
25<t≤30	A, AH	D, DH	D, DH
30<t≤35	B, AH	D, DH	E, EH
35<t≤40	B, AH	D, DH	E, EH
40<t≤51	D, DH	E, EH	E, EH

1.2.3 저온해역을 취항하는 선박

1.2.3.1 가장 낮은 하루 평균기온이 -15℃ 이하인 저온해역에서 장기간 취항하는 (즉, 겨울에 북극과 남극을 정기 운항하는) 선박의 경우에는 노출되는 구조물에 사용되는 재료에 대하여 특별히 고려하여야 한다.

1.2.4 수리를 위한 지침

1.2.4.1 **규칙 2편 1장**의 관련 규정에 적합하지 아니한 재료를 선박건조에 사용한 경우에는 일반적으로 선박에 비치하는 도면에 추가하여, 당해 재료의 각각에 대하여 다음의 정보를 나타내는 자료 각 1세트를 선박에 비치하여야 한다.

(a) 재료사양서 및 사용 두께

(b) 용접방법

(c) 사용장소 및 범위

표 6.1.3
구조부재에 대한 강재의 사용구분

<table>
<tr><th rowspan="2">구조부재 명</th><th colspan="2">강재의 급별</th></tr>
<tr><th>중앙부0.4L 이내</th><th>중앙부0.4L 이외</th></tr>
<tr><td>○ 2차 강도부재(secondary):
- 종통격벽의 강판(1차 강도부재 제외)
- 강력갑판이 아닌 노출갑판(1차 강도부재 및 특급부재 제외)
- 선측외판</td><td>I</td><td>A[8] / AH</td></tr>
<tr><td>○ 1차 강도부재(primary):
- 선저외판(평판용골 포함)
- 강력갑판(특급부재 제외) [10]
- 강력갑판 상부의 종통부재(종방향 해치코밍 제외)
- 강력갑판에 접합되는 종통격벽판 [10]
- 강력갑판에 접합되는 톱 사이드 탱크판(해치 사이드 거더) 및 경사판의 최상부판</td><td>II</td><td>A[8] / AH</td></tr>
<tr><td>○ 특급부재(special):
- 강력갑판의 현측후판 [1][2][3][10]
- 강력갑판의 스트링거판 [1][2][3][10]
- 종통격벽에 접합되는 갑판의 강판 [2][4][10]
- 화물 창구의 선외측 모서리부의 강판
- 만곡부외판 [2][5][6]
- 종통 해치코밍</td><td>III</td><td>II
(0.6L 외부는 I)</td></tr>
<tr><td>○ 기타 강도부재:
- 선미재, 러더혼, 타 및 샤프트 브래킷에 사용되는 판재[7]
- 위에서 언급되지 아니한 강도부재[9]</td><td>-
A[8] / AH</td><td>II
A[8] / AH</td></tr>
<tr><td colspan="3">(비고)
1. 길이 L 이 250m 를 넘는 선박의 중앙부 0.4L 간은 E/EH 이상을 사용하여야 한다.
2. 선박의 중앙부 0.4L 간의 III급 또는 E/EH 강판의 사용이 요구되는 1조의 강판(single strake)의 나비는 800 + 5L mm 이상이어야 한다. 다만, 1,800mm 를 넘을 필요는 없다.
3. 원형 뱃전판(radius gunwale plate)이 선내측으로 그리고 수직으로 600mm 연장된 경우에는 스트링거 판 및 현측 후판에 대한 요건을 모두 만족하는 것으로 간주될 수 있다.
4. 너비 B 가 70m 를 넘는 유조선의 중심판(centreline strake) 및 좌우현 종통격벽 부근의 강판(strakes)은 III 급이어야 한다.
5. 전 너비 B 에 걸쳐 이중저를 가진, 길이 L 이 150m 미만의 선박은 II 급을 사용할 수 있다.
6. L 이 250m 를 넘는 선박의 중앙부 0.6L 간은 D/DH 이상을 사용하여야 한다.
7. 세미 스페이드 타의 하부 지지대 부분 또는 스페이드 타의 상부와 같이 응력집중이 발생하기 쉬운 타와 타판은 III 급 이상의 강재를 사용하여야 한다..
8. 두께가 40mm 를 넘는 판에는 B/AH 를 사용하여야 한다. 다만 선박 중앙부 0.6L 이외의 기관 거치구조(foundation 또는 프레임 및 베드)에 사용되는 후판재는 A/AH 로 할 수 있다.
9. 보강재로 사용되는 강재의 급별 및 누설방지바(spill protection bars)나 용골과 같이 용접부재로 사용되는 강재의 품질(즉, 연강 또는 고장력강)은 접합되는 선체외판(hull envelope plating)과 동일한 것이어야 한다. 원형 뱃전판에 부재가 연결되는 경우, 강재의 급별은 구조의 배치와 접합부의 상세를 감안하여 특별히 고려하여 결정하여야 한다.
10. 선박의 중앙부 0.4L 이내의 갑판, 현측후판 및 종통격벽의 상부판에 대한 강재의 급별은 위치에 상관없이 선루의 구조적 불연속부(structural breaks)에도 적용하여야 한다.</td></tr>
</table>

1.3 알루미늄 합금

1.3.1 일 반

1.3.1.1 선루, 선실, 창구덮개, 헬리콥터 플랫폼 또는 그 외의 국부 구성요소에 알루미늄 합금을 사용하고자 하는 경우에는 사용하고자 하는 알루미늄 합금의 재료 규격 및 제작방법 등에 대한 자료를 우리 선급에 제출하여야 한다.

1.3.1.2 알루미늄 합금과 강 구조의 연결방법에 대하여는 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

1.3.1.3 재료 규격 및 치수는 규칙 각 편의 관련 규정에 적합해야 한다.

1.3.2 강재와의 충격으로 인한 발연성 불꽃(incendiary sparking)

1.3.2.1 알루미늄은 특정한 환경 하에서 산화된 강과의 충격으로 인하여 발연성 불꽃을 일으킬 수 있는데, 특히 알루미늄 부재가 도장이 되지 아니한 강 구조와 끌리거나 마찰되는 경우 알루미늄 표면에 얇은 흠집(smear)이 생기고, 녹슨 부재에 의해 이 흠집 표면에 큰 에너지의 충격이 연속적으로 일어나면 주위의 불특정 가연성 가스를 발화 시킬 수 있는 발연성 불꽃을 생성할 수 있다. 그러므로 다음 요건을 만족하여야 한다.

(a) 오일을 운반하는데 사용되는 탱크나 코퍼댐 그리고 펌프실 내에는 알루미늄 의장품의 사용을 가능한 한 피해야 한다.

(b) 오일을 운반하는데 사용되는 탱크나 코퍼댐 그리고 펌프실 내에 알루미늄 의장품, 유닛 또는 지지대를 설치하는 경우에는 **2.1.2**에 규정하는 알루미늄 희생양극(anode)에 대한 요건을 만족해야 한다.

(c) 현문(gangways) 등과 같은 무거운 이동식 알루미늄 구조물의 밑면은 흠집 (smear)의 생성을 막기 위해 견고한 플라스틱이나 목재커버 또는 승인된 방법으로 보호하여야 한다. 그러한 보호장치는 구조물에 영구적으로 안전하게 설치되어야 한다.

2 도장을 포함한 방식조치 (corrosion protection including coatings)

2.1 선체 방식

2.1.1 일 반

2.1.1.1 해수 밸러스트 전용의 모든 탱크는 **SOLAS Reg. II-1/3-2 (2장/2.1.1** 참조)에서 요구하는 바에 따라 유효한 방식체계를 갖춰야 한다.

2.1.1.2 **SOLAS Reg II-1/3-2**개정으로 IMO 의 "밸러스트 탱크 및 보이드 스페이스의 보호도장 성능기준"이 강제요건으로 채택되는 날 이후 건조 계약되는 선박의 경우 SOLAS 협약 개정을 적용받는 내부구역(internal space)의 도장은 IMO 성능기준을 만족하여야 한다.

2.1.1.3 **IMO** 결의안 **A.798(19)** 및 **IACS UI SC/22**에 따라 도장의 선택, 사양 및 검사계획을 포함하는 도장시스템은 건조시작 전에 우리선급의 자문을 받아 조선소, 도장시스템 공급자 및 선주 간에 동의가 있어야 한다. 이들 구역에 대한 코팅시스템의 사양은 문서화되어야 하며, 도장성능기준에 부합되는지를 확인하기 위하여 우리선급에 제출되어야 한다.

2.1.1.4 조선소는 전처리 및 도장방법과 관련하여 선택한 도장체계가 제조공정 및 방법에 적합함을 입증해야 한다.

2.1.1.5 조선소는 도장검사자가 IMO 기준에서 규정하는 바에 따라 적절한 자격을 갖추고 있음을 입증하여야 한다.

2.1.1.6 검사원은 도장의 적용을 확인하지는 않지만 도장검사자의 보고서를 검토하고, 도장작업이 규정된 조선소 도장절차에 따라 시공되었음을 확인하여야 한다.

2.1.1.7 밸러스트 탱크에 희생양극을 설치하는 경우에는 밸러스트 탱크 내의 희생양극의 분포를 나타내는 도면을 우리 선급에 제출하여 승인을 받아야 한다. 도면에는 용접상세도와 같이 선체 연결부의 상세가 포함되어야 한다.

2.1.2 내부 음극방식체계

2.1.2.1 인화점이 60℃ 미만인 액체화물용 탱크 내의 강 구조에 음극방식체계를 설치하는 경우, 배치도면을 우리 선급에 제출하여 승인을 받아야 한다. 배치는 화재와 폭발에 안전하도록 고려되어야 한다. 이러한 승인은 인접한 탱크에 대하여도 요구된다.

2.1.2.2 해수 밸러스트 용도로만 사용되는 탱크를 제외하고는 마그네슘 또는 그 합금으로 제조된 영구 희생양극을 탱크 내부에 설치하여서는 안된다. 외부전원법(impressed current systems)도 염소와 수소의 발생으로 인하여 폭발을 일으킬 수 있기 때문에 탱크 내부에 사용되어서는 안된다. 인화점이 60℃ 미만인 액체화물 탱크나 인접한 밸러스트 탱크 내부에는 알루미늄 희생양극을 설치할 수 있다. 그러나 알루미늄 희생양극은 이완되거나 떨어지더라도 운동에너지(kinetic energy)가 275J 을 넘지 않도록 배치되어야 한다.

2.1.2.3 알루미늄 희생양극은 낙하물로부터 보호될 수 있는 방법으로 설치하여야 한다. 알루미늄 희생양극은 인접한 구조물에 의해 보호되지 않는 한, 탱크 해치 또는 버터워어드(butterworth) 개구부의 아래에 위치해서는 안된다.

2.1.2.4 모든 희생양극은 처음부터 그리고 사용기간 동안 안전하게 고정을 유지할 수 있는 방법으로 구조물에 설치되어야 한다. 다음의 방법들이 인정된다.

(a) 충분한 각장의 연속 필렛 용접으로 구조물에 연결되는 강재 코어(steel core)

(b) 적절하게 고정된 관통볼트(through-bolts) 또는 기타 잠금 장치(positive locking devices)에 의한 설치

우리 선급의 별도 승인을 받지 않는한 고정나사로 고정되는 클램프로 설치하여서는 안된다.

2.1.2.5 굽힘가공되고 또한 강 구조물에 직접 용접되는 희생양극 강재 코어(steel core)는 **규칙 2 편 1장**에 규정하는 A 의 요건에 적합해야 한다

2.1.2.6 희생양극은 보강재에 설치하거나 또는 격벽판 평면상에 보강재와 나란하게 설치하여야 한다. 그러나 외판에 설치하여서는 안된다. 희생양극의 양 끝단이 상호 운동을 할 수 있는 분리된 부재에 설치되어서는 안된다.

2.1.2.7 강재 코어(steel core)나 지지대를 국부 지지부재 또는 주요 지지부재에 용접하는 경우, 지지부재의 단부, 브래킷 토우 부위나 유사한 응력집중부위를 피해서 설치하여야 한다. 비대칭 보강재에 용접하는 경우 웨브의 가장자리로부터 25mm 이상 떨어져서 용접으로 연결하여야 한다. 면재가 대칭인 보강재 또는 거더의 경우에는 웨브 또는 면재의 중심선에 설치할 수 있다. 그러나 자유단을 피해서 설치하여야 한다. 희생양극은 원칙적으로 고장력강 면재에는 설치해서는 안된다.

2.1.2.8 희생양극이 설치된 탱크에는 가스가 모이는 것을 방지할 수 있도록 공기 순환용 구멍을 충분히 설치해야 한다.

2.1.3 알루미늄 성분을 포함한 페인트

2.1.3.1 알루미늄 성분을 포함하는 페인트는, 우리 선급이 인정하는 시험방법에 의해 발연성 불꽃 위해성을 증가시키지 않음이 입증되기 전에는 화물 증기가 쌓이는 곳에는 사용되어서는 아니된다. 그러나 알루미늄 성분이 중량으로 10% 미만인 도장에 대하여는 시험을 할 필요가 없다.

3 부식추가

3.1 일 반

3.1.1 적 용

3.1.1.1 강 구조물에 요구되는 순 두께는 이 절에서 규정하는 부식추가 두께 만큼 증가되어야 한다.

3.1.1.2 이 절에서 규정하는 부식추가는 C-Mn 강에 적용한다.(**1.1**참조) 스테인레스강과 같은 다른 재료에 대한 부식추가의 적용은 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

3.1.1.3 규칙 계산에서 부식추가의 적용은 **3.3**에 따른다.

3.2 국부 부식추가

3.2.1 일반사항

3.2.1.1 구조부재에 대한 국부 부식추가 t_{corr} 는 다음 식에 따라 계산된다.

$$t_{corr} = t_{was} + 0.5mm$$

여기서,

t_{was} 12장 1.4.2.2에 규정된 대상구조부재의 총 쇠모한도(mm)

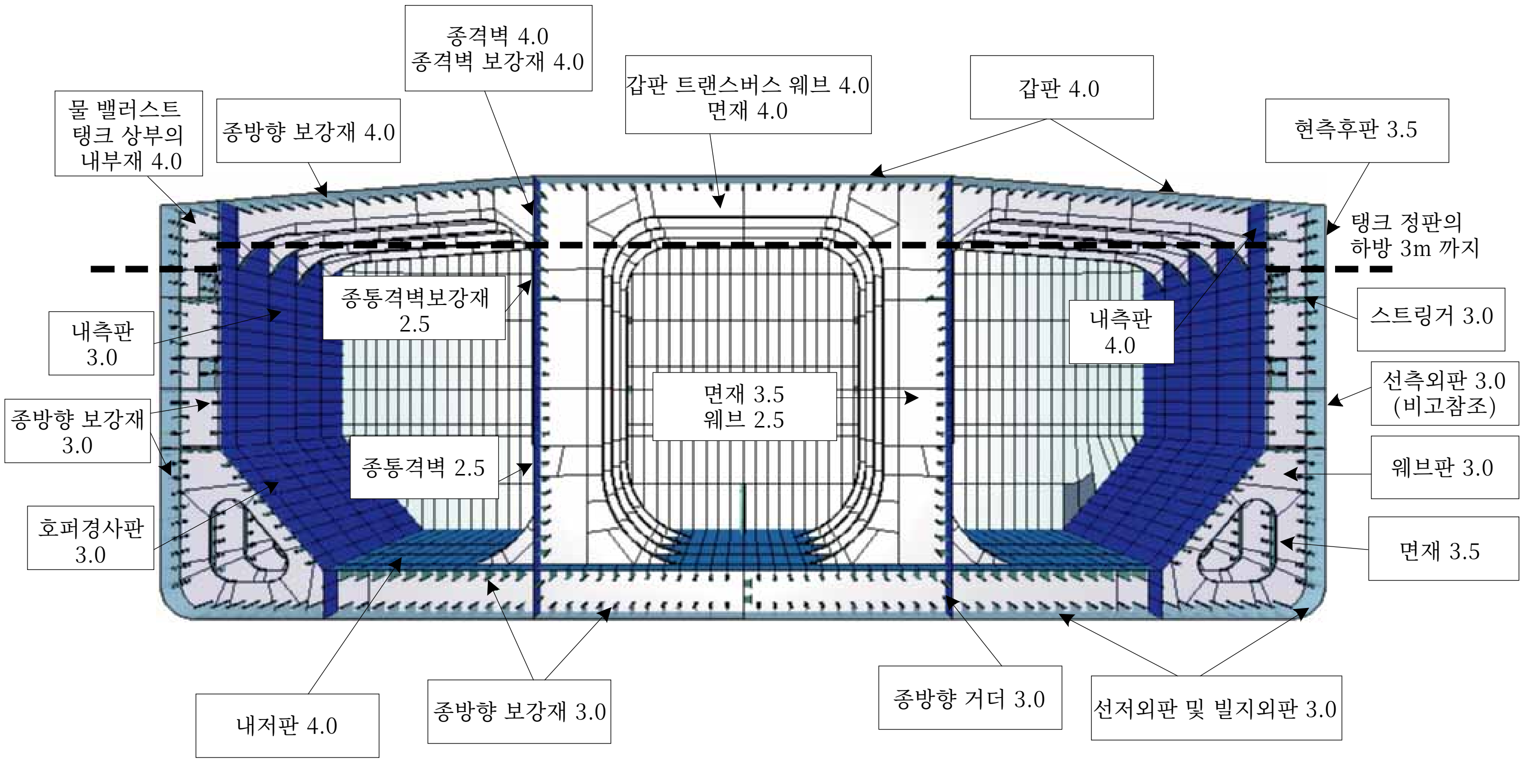
3.2.1.2 화물탱크 구역내의 전형적인 구조부재에 대한 국부 부식추가 t_{corr} 는 **표 6.3.1** 및 **그림6.3.1**에 따른다.

표 6.3.1
화물탱크내 대표적인 구조부재에 대한 부식추가, t_{corr}

범주			부식추가 t_{corr} (mm)
동일한 범주를 가지는 구역(space) 간의 내부부재 및 판경계			
밸러스트 탱크간 및 내부	PSM 의 면재	탱크 정부에서 하방 3m 까지 (1)	4.5
		나머지	3.5
	다른 부재	탱크 정부에서 하방 3m 까지 (1)	4.0
		나머지	3.0
	가열되는 화물 탱크 경계의 보강재	탱크 정부에서 하방 3m 까지 (1)	4.5
		나머지	3.5
화물유 탱크간 및 내부	PSM 의 면재	탱크 정부에서 하방 3m 까지 (1)	4.0
		나머지	3.5
	다른 부재	탱크 정부에서 하방 3m 까지 (1)	4.0
		나머지	2.5
양측 노출부	갑판상의 지지부재		2.5
보이드 스페이스간 및 내부	통상적으로 접근이 안되는 보이드 스페이스, 예를들어 볼트로 체결한 맨홀개구, 파이프터널 등을 통해서만 접근이 가능한 경우		2.0
건구역간 및 내부	선실, 기관구역, 펌프실, 저장품실, 조타장치 구역의 내부		1.5
상이한 범주를 가지는 구역간의 판경계			
밸러스트탱크와 화물유 탱크간의 경계	가열되지 않는 화물 탱크의 경우	탱크 정부에서 하방 3m 이내 (1)	4.0
		내저판	4.0
		나머지	3.0
	가열되는 화물 탱크의 경우	탱크 정부에서 하방 3m 이내 (1)	4.5
		내저판	4.5
		나머지	3.5
밸러스트탱크와 대기 또는 해수간의 경계	노천갑판		4.0
	다른 부재(2)	탱크 정부에서 하방 3m 이내 (1)	3.5
		나머지	3.0
밸러스트탱크와 보이드 스페이스 또는 건구역간의 경계	탱크 정부에서 하방 3m 이내 (1)		3.0
	나머지		2.5
화물탱크와 대기간의 경계	노천갑판		4.0
화물탱크와 보이드 스페이스간의 경계	탱크 정부에서하방 3m 이내 (1)		3.0
	나머지		2.5
화물탱크와 건구역간의 경계	탱크 정부에서 하방 3m 이내 (1)		3.0
	나머지		2.0

(비 고)
1. 탱크 정부가 노천갑판인 화물 및 밸러스트탱크에만 적용한다.
2. 8 장 그림 8.2.2 에 정의한 안벽접촉구역의 외판에 대하여는 0.5mm 를 추가하여야 한다.
3. 가열되는 화물유 탱크란 어떠한 형태로든 가열 능력을 갖춘 화물탱크를 의미한다.

그림 6.3.1
화물탱크내 대표적인 구조부재에 대한 부식추가, t_{corr}



(비고)
1. 부식추가는 가열장치를 갖지않는 화물유 탱크의 표준형상에 대하여 규정한다.
2. **8 장 그림 8.2.2** 에 정의한 안벽접촉구역의 외판에 대하여는 0.5mm 를 추가하여야 한다.

3.3 부식추가의 적용

3.3.1 일반사항

3.3.1.1 특별히 규정하는 것을 제외하고는 **3.3.2** 내지 **3.3.7**에 규정하는 부식추가 적용규정을 적용하여야 한다.

3.3.1.2 규칙에 따라 다음 두가지 방법을 적용한다. 다만, 방법 (a), (b)는 두께 평가에 적당하고, 방법 (b)는 단면특성 즉, 단면계수, 단면적 그리고 2차 관성모멘트의 평가에 적당하다.

(a) 규칙에서 요구되는 순 치수에 적용 가능한 부식추가를 더해서 구한 요구 총 치수(gross required)와 제안된 총 치수(proposed gross scantling)의 비교

(b) 요구되는 총 치수에 적용 가능한 부식추가를 빼서 구한 요구 순 치수(net required)와 제안된 순 치수(proposed net scantling)의 비교

3.3.1.3 순치수를 산정하기 위하여 사용되는 **3.3.2** 내지 **3.3.7**에 규정된 총 치수는 선주가 추가로 요구하는 추가두께를 포함하지 않은 치수이다.(**2장/4.3.4.3** 참조)

3.3.2 선체거더강도 계산에 대한 적용

3.3.2.1 8절의 1.에 규정된 종강도 평가를 위한 선체 거더 응력(hull girder stresses)의 계산은 선체거더의 횡단면을 구성하는 모든 구조부재들의 총치수로부터 부식추가의 절반 즉 $-0.5t_{corr}$ 을 빼고 계산된 순 선체거더 단면 특성을 기초로 수행하여야 한다.

3.3.2.2 선체 거더 응력의 지배를 받는 판과 보강재의 국부 좌굴강도는 **8장/1.4.2**에 규정된 순치수를 기초로 수행되어야 한다. 순치수는 총 치수로부터 전체 부식추가, 즉 $-1.0\ t_{corr}$ 를 빼고 계산한다.

3.3.3 판과 국부 지지부재의 강도평가에의 적용

3.3.3.1 판과 국부 지지부재에 대한 요구 총치수는 **4장/3.4**와 **8장/2** 내지 **8장/7**까지의 치수 요건에 따라서 요구되는 순치수에 전체 부식추가($+1.0\ t_{corr}$)를 더해서 계산한다.

3.3.3.2 국부 지지부재의 순 단면특성은 **4장/2.4.1**에 규정한 바와 같이 웨브와 면재 그리고 판재(attached)의 총 두께에서 전체 부식추가($-1.0\ t_{corr}$)를 뺀 값으로 계산하며, 또한 **4장/3.4**와 **8장/2** 내지 **8장/7**에 규정한 단면계수, 2차 관성모멘트 및 전단면적 요구치에 적합하여야 한다.

3.3.3.3 국부와 전체 하중의 조합하중에 대한 부재들의 강도평가를 위한 선체거더 응력의 계산은 선체거더의 횡단면을 구성하는 모든 구조부재들의 총치수로부터 부식추가의 절반 즉 $-0.5t_{corr}$ 을 빼고 계산된 순 선체거더 단면특성을 기초로 하여야 한다.

3.3.3.4 판 및 국부 지지부재에 대하여 요구되는 최소 총치수는 **8장/2.1.5**에 규정한 최소 순두께 요건에 부식추가(+1.0 t_{corr})를 더해서 계산한다.

3.3.4 1차 지지부재의 강도평가를 위한 부식추가의 적용

3.3.4.1 1차 지지부재에 대하여 요구되는 총치수는 **8장/2.6** 및 **8장/3** 내지 7의 강도 요구조건에 따라 요구되는 순치수에 부식추가의 절반(+0.5t_{corr})을 더해서 계산한다.

3.3.4.2 1차 지지부재의 순 단면특성은 웨브와 플랜지의 총두께로부터 부식추가의 절반(-0.5t_{corr})을 빼고 계산하며, 또한 **8장/2.6** 및 **8장/3** 내지 **7**에 규정한 단면계수, 2차 관성모멘트 및 단면적 요구치에 적합하여야 한다.

3.3.4.3 1차 지지부재에 대하여 요구되는 최소 총두께는 **8장/2.1.6.1**에 규정한 최소 순두께 요건에 부식추가의 절반(+0.5t_{corr})을 더해서 계산한다.

3.3.5 최종 종강도 해석을 위한 부식추가의 적용

3.3.5.1 **9장/1**에 규정된 바의 선체거더의 최종강도, Mu 의 계산은 선체거더의 횡단면을 구성하는 모든 구조부재들의 총치수로부터 부식추가의 절반 즉 –0.5t_{corr} 을 빼고 계산된 순 선체거더 횡단면 특성을 기초로 하여야 한다.

3.3.5.2 선체거더의 최종강도를 산출하기위해 사용되는 구조부재의 좌굴강도는 판과 보강재의 웨브 및 면재의 총두께에 부식추가의 절반(-0.5t_{corr})을 빼고 계산한다.

3.3.6 유한요소 해석에 의한 강도평가에 대한 부식추가의 적용

3.3.6.1 **9장/2.2** 및 **부록 B/2**에 규정된 바의 화물탱크 구조강도 해석에 있어서 유한요소모델은 모든 구조요소의 총치수로부터 부식추가의 절반(-0.5t_{corr})을 빼고 계산한 두께로 모델링한다.

3.3.6.2 판과 보강재의 국부 좌굴강도는 총치수로부터 전체 부식추가(-1.0t_{corr})를 빼고 계산한다

3.3.6.3 **9장/2.3** 및 **부록 B/3**에 규정된 바의 국부 상세 분할요소 구조강도 해석모델은 총치수로부터 부식추가의 절반(-0.5t_{corr})을 빼고 계산한두께로 모델링한다. 규정된 미세분할구역은 총치수에 전체 부식추가(-1.0t_{corr})를 빼고 모델링한다.

3.3.7 피로강도 해석을 위한 부식추가의 적용

3.3.7.1 **9장/3** 및 **부록 C/1**에 규정된 바의 피로평가용 선체거더 응력의 계산은 선체거더 횡단면을 구성하는 모든 구조요소들의 총치수로부터 부식추가의 4분의 1(-0.25 t_{corr})을 빼고 계산한 순 피로 선체거더 횡단면 특성에 기초하여야 한다.

3.3.7.2 **9장/3** 및 **부록 C/1**에 규정된 바의 피로강도 평가를 위한 횡하중을 받는 국부지지부재의 응력 계산은 보강재 웨브와 면재 그리고 부착판으로부터 부식추가의 절반(-0.5 t_{corr})을 뺀 치수를 기준으로 한다.

3.3.7.3 **9장/3** 및 **부록 C/ 2**에 규정된 바의 국부 피로 유한요소 모델에 있어서 호퍼경사판의 유한요소 모델은 총두께에서 부식추가의 4분의 1(-0.25 t_{corr})을 빼고 계산한 치수로 모델링 한다. 아주 상세한 분할 구역(very fine mesh areas)은 총두께에서 부식추가의 절반(-0.5 t_{corr})을 뺀 치수로 모델링 한다.

3.3.7.4 전 **3.3.7.3**의 대안으로, 호퍼경사판의 피로 유한요소 모델은 **3.3.6.1**에 규정한 바와 같이 유한요소 강도모델에 대한 요건, 즉 -0.5 t_{corr} 을 빼고 계산한 두께로 모델링될 수 있다. 다만 계산된 응력범위는 **부록 C** 의 **2.4.2.7**에 규정한 f_{model} 인자로 교정되어야 한다.

4 제작

4.1 일 반

4.1.1 공 사

4.1.1.1 모든 공사는 조선해양산업의 품질요구수준에 적합해야 하고 검사원이 인정해야 한다.용접은 **5**절의 요건에 따라야 한다. 모든 용접결함은 페인트, 시멘트 또는 다른 합성물로 도장되기 전에 검사원이 인정하도록 보수 되어야 한다.

4.1.2 제작 표준

4.1.2.1 구조물의 제작은 **"국제선급연합회(IACS) 권고 제47**, **"신조선용 건조 및 보수 품질기준**(IACS Recommendation 47, Shipbuilding and Repair Quality Standard for New Construction)" 또는 제작/건조 개시전에 우리 선급의 인정을 받은 공인제작표준에 따라 수행하여야 한다.

4.1.2.2 제작/건조중에 사용되는 제작표준은 제작/건조 개시전에 우리 선급의 입회 검사원에게 제시되어야 한다.

4.1.2.3 제작표준에는 다음의 항목에 대한 적용범위 및 공차한도가 설정되어야 하고 그 정보가 포함되어야 한다.

(a) 절단면 가장자리(cutting edge) : 절단면 가장자리의 경사도와 거칠기

(b) 플랜지가 있는 종늑골과 브래킷 및 조립한 형강 : 플랜지의 너비 및 웨브의 깊이, 웨브와 플랜지 사이의 각도, 그리고 플랜지의 평면 또는 면재의 상부에서의 직진도(straightness)

(c) 필러 (pillars) : 갑판 사이의 직진도 및 원통모양 구조의 지름

(d) 브래킷과 작은 보강재 : 트리핑 브래킷과 작은 보강재의 자유단(free edge line)의 뒤틀림.

(e) 소조립 보강재(sub-assembly stiffeners) : 2차면재와 보강재의 스닙 끝단부 상세

(f) 판 조립(plate assembly) : 편평하고 굽은 블록의 치수(길이와 너비), 뒤틀림, 직각도 그리고 판으로부터 내부재의 편차

(g) 3차원 블록의 조립(cubic assembly) : 판 조립에 대한 기준에 추가해서 편평하고 굽은 3차원 블록에 대해 상부와 하부 판 사이의 비틀림 편차

(h) 특별 조립(special assembly) : 상부 및 하부 키의 축받이(gudgeon) 사이의 거리, 프로펠러 보스의 선미단과 선미격벽사이의 거리, 선미재(stern frame assembly)의 비틀림,축중심선으로부터 러더의 편차, 러더 판의 뒤틀림과 편평함, 주기관 거치대 정판의 너비 및 길이. 선박의 선미 주요부 용접을 완료한 후, 프로펠러 보스, 선미재(stern frame), 스케그 또는 솔피스의 최종 보링과 러더, 핀틀 그리고 엑슬(axles)의 가접 및 정렬

을 하여야 한다. 최종 장착 전에 핀틀, 러더스톡 및 러더 액슬(axles)의 원뿔형 표면들 사이의 접촉상태를 점검하여야 한다.

(i) 판재의 맞대기 이음(butt joints in plating) : 판재 맞대기 이음의 정렬

(j) 십자 이음(cruciform joints) : 십자 이음의 중앙선과 끝선에서 계측된 정렬상태

(k) 내부재의 정렬상태(alignment) : T 자형 종늑골의 플랜지의 정렬상태(alignment), 패널 보강재의 정렬상태, T 자형 이음과 겹치기 이음의 간극, 그리고 조립 및 탑재용접이음에서 스캘롭(scallop)과 연속보강재를 위한 절단개구 사이의 거리

(l) 용골과 선저 계측(keel and bottom sighting) : 선박의 전 길이 및 두 인접한 격벽간 거리의 변형, 선수부와 선미부의 코킹업(cocking-up) 그리고 중앙부 늑판의 상승 정도

(m) 치수(dimensions) : 수선간장, 형 폭, 중앙부에서의 깊이, 프로펠러 보스의 끝에서 주기관 사이의 거리 등의 치수

(n) 늑골사이의 판의 편평한 정도(fairness) : 외판, 이중저, 격벽, 상갑판, 선루갑판, 선실갑판과 벽의 늑골 사이의 변형

(o) 늑골방향의 판의 편평한 정도(fairness) : 외판, 이중저, 격벽, 강력갑판과 그 외의 구조에서 계측된 늑골방향의 변형

4.2 냉간가공

4.2.1 특수 구조부재

4.2.1.1 노치 인성에 특히 주의를 기울여야 하는 선체거더의 높은 응력을 받는 부재의 경우(예를 들면, 곡선형 거널(gunwales)과 빌지 스트레이크와 같이 **표 6.1.3** 에서 등급 III 이 요구되는 구조부재) 냉간 가공된 C-Mn 강 판재의 안쪽 굽힘 반지름은 총 판두께의 10배 이상이어야 한다. 다만, **4.2.3**에 규정한 요건을 충족하는 경우에는 허용 안쪽 굽힘 반지름은 10배 이하로 할 수 있다.

4.2.2 기타 부재

4.2.2.1 주요구조부재, 즉 파형격벽 그리고 호퍼 너클부위에 대한 냉간가공시 안쪽 굽힘 반지름은 C-Mn 강의 경우 총 판두께의 4.5배 이상이어야 한다. 다만, **4.2.3**에 규정한 요건을 충족하는 경우에는 허용 안쪽 굽힘 반지름을 판두께의 4.5배 미만으로 감소시킬 수 있다.

4.2.3 추가요건

4.2.3.1 특수 구조부재 및 그 외 부재가 각각 총 판두께의 10배 또는 4.5배의 반지름을 가지고 650℃미만에서 가공되는 경우, 요건을 만족함을 입증할 수 있는 자료를 제출하여야 한다. 최소한 다음의 추가 요건들이 만족되어야 한다.

(a) 강재는 D/DH 등급 이상이어야 한다.

(b) 재료는 변형시효 조건(strain-aged condition)에서 충격시험되고, 여기에 규정된 요건을 만족하여야 한다. 이때 변형시효의 변형량은 다음 식에 따라 계산된, 제작 중에 가해지는 최대변형량과 같아야 한다.

변형시효의 변형량 = $t_{grs} / (2r_{bdg} + t_{grs})$

여기서, t_{grs} : 총 판두께, r_{bdg}: 굽힘반지름

한 개의 시험대를 계산전 변형량 또는 5% 중 큰 값으로 영구변형을 가하고 250℃에서 한 시간 동안 인공시효 처리를 한 후 샤르피 충격시험을 한다. 변형시효 후의 평균 충격에너지는 사용되는 강재 등급에 대한 충격시험 요건을 만족하여야 한다.

(c) 변형가공된 구역에 대하여는 100% 육안검사를 실시하여야한다. 또한 이에 더하여 자분탐상검사를 무작위로 실시하여야 한다.

굽힘반지름은 어떠한 경우에도 총 판두께의 2배 이상이어야 한다.

4.3 열간가공

4.3.1 온도 요구조건

4.3.1.1 강은 임계온도의 상한과 하한 사이에서 가공되지 않아야 한다. 만약 압연강, 제어압연강, TMCP 강 또는 노멀라이징 강에 대한 열간가공온도가 650 ℃를 초과하거나, 또는 담금질 후 템퍼링 열처리된 강에 대한 열간 가공온도가 템퍼링 온도보다 적어도 28 ℃보다 낮지 않다면, 이러한 온도가 강의 인장 및 충격특성에 나쁜 영향을 끼치지 않음을 확인하기 위한 기계적 시험을 실시하여야 한다. 4.3.2.1에 따라 선상가열 또는 점 가열에 의해 곡가공 또는 곡직되는 부위에 대해서는 이러한 기계적 시험은 요구하지 않는다.

4.3.1.2 열간가공과 응력완화 열처리를 위해 TMCP 강에 대해 4.3.1.1의 방법이 아닌 추가적인 가열을 고려하는 경우, 대표적인 재료를 이용한 시공절차 시험을 실시하여 추가적 가열 이후 기계적 특성이 특정 요구사항을 만족함을 입증하는 확인절차가 요구된다.

4.3.2 선상가열 또는 점가열

4.3.2.1 선상가열 또는 점 가열에 의한 곡 가공 또는 곡직은 재료의 특성에 나쁜 영향을 끼치지 않음을 보장할 수 있도록 승인된 절차에 따라 수행되어야 한다. 표면에서의 가열온도는 당해 강판의 등급에서 적용 가능한 최대 허용한계를 초과하지 않도록 조절되어야 한다.

4.4 용 접

4.4.1 일반사항

4.4.1.1 선체구조의 모든 용접은 **규칙 2편 2장**의 요건에 따라 우리 선급의 기량자격을 보유한 용접사가 우리 선급의 승인을 받은 용접용 재료를 사용하여, 우리 선급의 승인을 받은 용접절차 시방서에 따라서 실시하여야 한다.

4.4.2 용접 순서

4.4.2.1 적용되는 용접방법에 기인하는 평판 패널과 조립 등의 전 용접수축량의 영향과 조립순서에 대하여 주의하여야 한다. 용접은 체계적으로 각 용접이음부가 올바른 순서에 따라 완료되고, 과도한 중단 없이 진행되어야 한다.

4.4.2.2 가능한 한 용접은 각 부분이 하나 또는 여러방향으로 자유롭게 움직일 수 있도록 이음부의 중앙에서 바깥쪽으로 또는 조립품의 중심에서 바깥쪽으로 진행해야 한다.

4.4.2.3 트랜스버스, 늑골, 거더 등을 포함한 보강재를 평판 패널에 용접할 때에는 보강재의 뒤틀림을 최소화하기 위하여 자동화된 공정으로 용접하는 것을 원칙으로 한다.

4.4.3 용접 접합부에서의 정렬

4.4.3.1 연속 필릿용접으로 부착되는 보강재가 완전히 종료된 맞대기 또는 심용접부를 교차하는 경우, 접촉되는 면 부근의 용접부는 편평하게 처리되어야 한다. 유사하게 보강재 웨브의 맞대기 용접부도 필릿용접이 되기전에 용접이 완료되고, 또한 편평하게 처리되어야 한다. 편평하게 처리된 부분의 가장자리는 노치 또는 단면 형상의 급격한 변화없이 완만한 형상이어야 한다. 이러한 조건을 충족시키지 못하는 경우에는 보강재의 웨브에 스캘롭을 시공하여야 한다. 스캘롭은 돌림용접이 충분하게 될 수 있는 위치 및 크기이어야 한다.

4.4.4 누설 멈추개(leak stopper)

4.4.4.1 구조부재가 탱크의 경계를 관통하는 경우, 인접한 구역으로의 누설이 위해하거나 바람직하지 아니할 수 있으므로 부재에 대하여는 경계의 양쪽으로 적어도 150mm 이상 완전용입용접을 하여야 한다. 대안으로 구조부재에 대하여 구획의 바깥쪽 경계에 근접하여 적절한 형상의 작은 스캘롭을 시공하고, 모든 주위를 조심스럽게 용접할 수 있다.

5 용접설계와 치수

5.1 일 반

5.1.1 적 용

5.1.1.1 일반적으로 용접크기는 규칙의 총 두께를 기준으로 산정된다.

5.1.1.2 용접순서, 용접사의 자격, 용접절차 및 용접재료에 대한 요건은 **4.4**에 따른다.

5.1.2 도면과 용접절차시방서

5.1.2.1 새로운 선박을 건조할 때마다 용접크기와 용접상세를 나타내는 도면과 용접절차시방서를 승인용으로 우리 선급에 제출하여야 한다.

5.1.2.2 용접크기를 작게하고자 하는 경우에는 **5.9**에 규정된 요건이 적용되어야 하며, 다음의 상세가 용접절차시방서에 포함되어야 한다.

(a) 사용하고자 하는 용접 간극의 크기

(b) 사용하고자 하는 용접용재료

5.1.3 치수 허용 요건

5.1.3.1 연결되는 부재의 접합표면 사이의 간극은 최소 또는 승인된 시방서에 따라 유지되어야 한다.

5.1.3.2 필렛용접으로 연결되는 부재간의 간극이 2mm 를 초과하는 경우에는 **5.7.1.6**에 따라 용접크기를 증가시켜야 한다.

5.1.4 특별 주의사항

5.1.4.1 무거운 평판이나 단면을 용접하는데 작은 크기의 필렛용접이 사용되는 경우, 적용되는 용접절차 시방서는 우리 선급의 승인을 받은 것이어야 한다. 예열, 저 수소계 용접봉 또는 저수소 용접방법의 사용과 같은 특별 주의사항들은 인정된다.

5.1.4.2 무거운 구조부재를 상대적으로 가벼운 판에 용접하는 경우, 용접크기와 용접순서에 대해 수정이 요구될 수 있다.

5.2 맞대기 용접이음

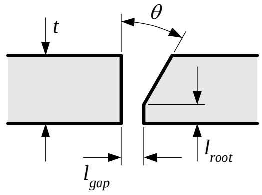
5.2.1 일 반

5.2.1.1 보강 패널 구조의 판 요소에서 이음은 일반적으로 맞대기 용접에 의해 연결되어야 한다. 전형적인 맞대기 용접의 개선형상은 **그림 6.5.1**과 같다.

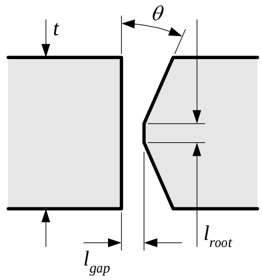
5.2.1.2 모든 형태의 맞대기 이음은 양면 모두 용접되어야 한다. 반대쪽 면을 용접하기 전에 건전하지 못한 용접 금속은 뒷면에서 적절한 방법으로 제거하여야 한다. 일면 맞대기 용접은 승인된 용접절차 시방서에 따른 특정한 용도에만 허용된다.

그림 6.5.1
대표적인 맞대기 이음

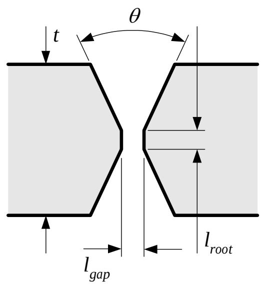
L 형 맞대기



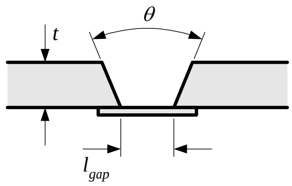
K 형 맞대기



X 형 맞대기



임시 또는 영구 백킹재를 가지는 V 형 맞대기 일면용접



(비고)
1. 상기 그림은 참고용으로만 한다. 실제 상세 및 치수는 인정된 제작표준에 따라야 한다. (**4.1.2.1** 참조)

5.2.2 맞대기 용접에서의 두께 차이

5.2.2.1 두께가 다른 판을 맞대기 용접하는 경우, 갑작스런 단면의 변화는 피해야 한다.

5.2.2.2 용접되는 판들의 두께차가 4mm 를 초과하는 경우, 적절하게 테이퍼 가공을 하여야 한다. 이는 더 두꺼운 부재를 테이퍼링 하거나 또는 요구되는 테이퍼를 가지는 용접이음 설계를 규정함으로서 이루어 질 수 있다.

5.2.2.3 종강도 부재의 횡방향 맞대기 용접에서 테이퍼의 길이는 두 부재의 두께 차이의 세배 이상으로 하여야 한다.

5.2.2.4 특정한 용도로서 우리 선급의 승인을 받는 경우에는 4mm 를 넘는 두께의 차이가 테이퍼 가공없이도 인정될 수 있다.

5.3 T 이음 또는 십자 이음

5.3.1 일 반

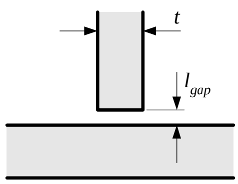
5.3.1.1 1차 지지부재와 보강재 웨브, 끝단부 연결 그리고 서로 다른 판과 인접한 판의 연결은 일반적으로 **5.7**과 **그림 6.5.2**에 규정하는 필릿용접으로 수행된다. 그 밖의 전형적인 T 또는 십자이음의 용접 배치는 **그림 6.5.3**에 따른다.

5.3.1.2 연결부가 응력이 높거나 또는 중요한 부재로 간주되는 경우, 연결되는 판의 가장자리를 개선하여 부분 또는 완전용입 용접이 되도록 하여야 한다.(**5.3.4** 및 **그림 6.5.3** 참조)

그림 6.5.2

대표적인 T 또는 십자이음 필릿용접

T 필릿

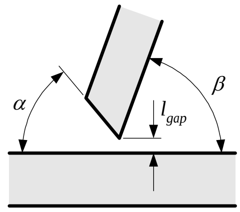


(비고)

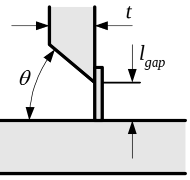
1. 상기 그림은 참고용으로만 한다. 실제 상세 및 치수는 인정된 제작표준에 따라야 한다. (**4.1.2.1** 참조)

그림 6.5.3
기타의 대표적인 T 및 십자이음 용접

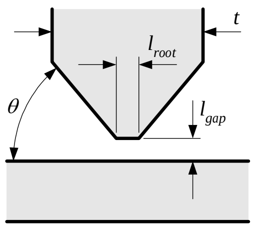
작은 각의 필릿 이음



영구 백킹재를 가지는 L 형 T 이음



K 형 T 이음



(비고)
1. 상기 그림은 참고용으로만 한다. 실제 상세 및 치수는 인정된 제작표준에 따라야 한다. (**4.1.2.1** 참조)

5.3.2 연속 용접

5.3.2.1 다음의 위치에서는 연속용접이 적용되어야 한다.

(a) 고장력강이 사용된 모든 필렛용접부

(b) 해치코밍과 갑판승강구와 그 외의 개구를 포함한 노천 갑판과 탑재부의 경계부

(c) 탱크와 수밀구획의 경계부

(d) 밸러스트 탱크와 청수 탱크 내부의 모든 구조와 밸러스트 탱크 및 청수 탱크의 격벽 보강재

(e) 선미의 모든 구조와 선미격벽의 보강재

(f) 선수탱크/보이드 스페이스 내부의 모든 구조

(g) 원유, 석유제품, 화학품, 식용의 액체화물 또는 청수를 싣는 탱크의 내부의 모든 용접

(h) 끝단부 브래킷, 러그, 스캘롭을 포함한 모든 끝부분 연결부 그리고 다른 부재와 직각으로 연결되는 부분의 용접

(i) 주 선체에서의 모든 겹치기 용접부

(j) 1차 지지부재와 선수부 0.3L 내의 선저외판의 보강재

(k) 판에 붙는 평강 종통재

(l) 고장력강판에 취부되는 소형 의장품과 기타 연결부 또는 부착품

5.3.3 단속 용접

5.3.3.1 연속 용접이 요구되지 않는 부위는 단속용접이 적용될 수 있다.

5.3.3.2 보, 보강재, 늑골 등이 단속적으로 용접되고 또한 홈이 있는 거더, 선반(shelves) 또는 스트링거를 뚫고 지나가는 경우, 모든 교차부의 양쪽에 한 쌍의 교호 단속용접이 시공되어야 한다. 또한 보, 보강재와 늑골은 거더, 선반과 스트링거에 유효하게 취부되어야 한다.

5.3.4 완전 또는 부분용입용접의 모서리 또는 T 이음

5.3.4.1 중간판을 통하여 높은 인장응력이 작용하는 구조부위(**그림 6.5.4** 참조)에서는 필릿용접의 크기를 증가시키거나 또는 **5.8**에서 요구하는 바와 같이 완전용입 용접을 적용하여야 한다. 그러한 구조의 예는 다음과 같다.

(a) 호퍼 경사판과 내측선각(inner hull) 연결

(b) 종격벽 / 횡격벽 1차지지부재의 이중저와의 끝부분 연결부

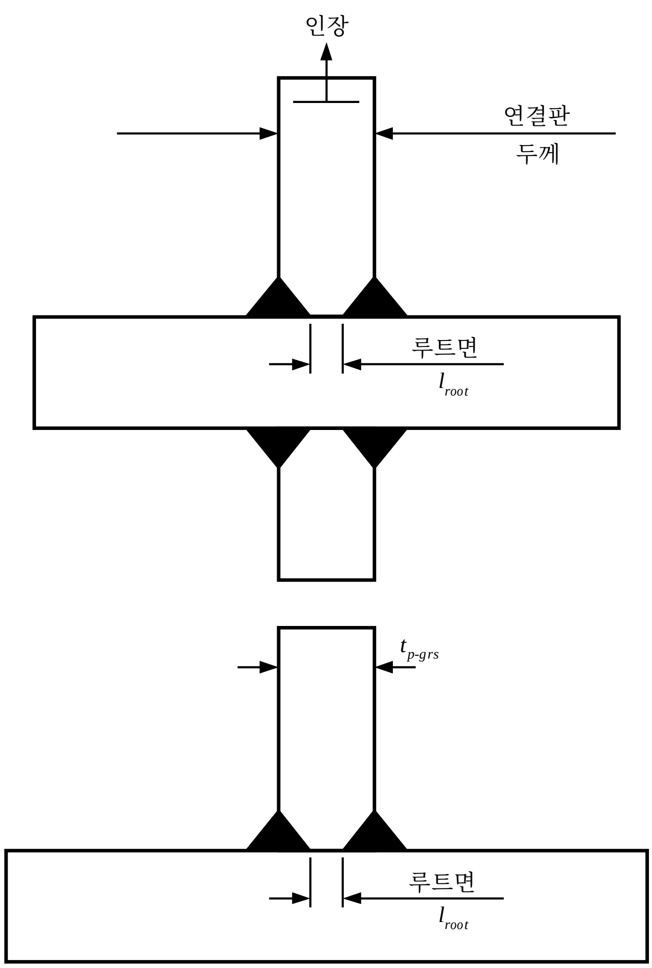
(c) 수직 파형격벽의 하부스툴 측판과 스툴정판의 연결부 및 호퍼탱크와 내저판의 연결부

(d) 거싯판과 파형격벽과의 연결부

(e) 이중저 늑판, 하부호퍼탱크 웨브와 파형격벽 플랜지 하부의 이중저 거더 그리고 하부스툴이 없는 형상의 파형격벽에 대한 거싯판의 연결

(f) 격벽 1차지지부재와 스툴판 하부의 이중저 내부의 구조요소와의 연결

그림 6.5.4
연결 평판 패널



5.3.4.2 호퍼경사판과 내저판의 연결에는 최대 루트면 $l_{root} = t_{p\text{-}grs}/3$ 을 가지는 완전 또는 부분용입용접을 적용하여야 한다. 여기서 l_{root} 는 용접루트면의 길이이고, $t_{p\text{-}grs}$ 는 총 판두께이다. (**그림 6.5.4** 참조)

5.3.4.3 다음의 연결부에는 완전용입용접을 적용하여야 한다.

(a) 수직파형격벽 연결부의 하단

(b) 파형격벽에 부착되는 거싯판의 하단

(c) 외판에 용접되는 러더 혼과 샤프트 브래킷

(d) 러더 스톡 연결부와 러더 외판의 용접

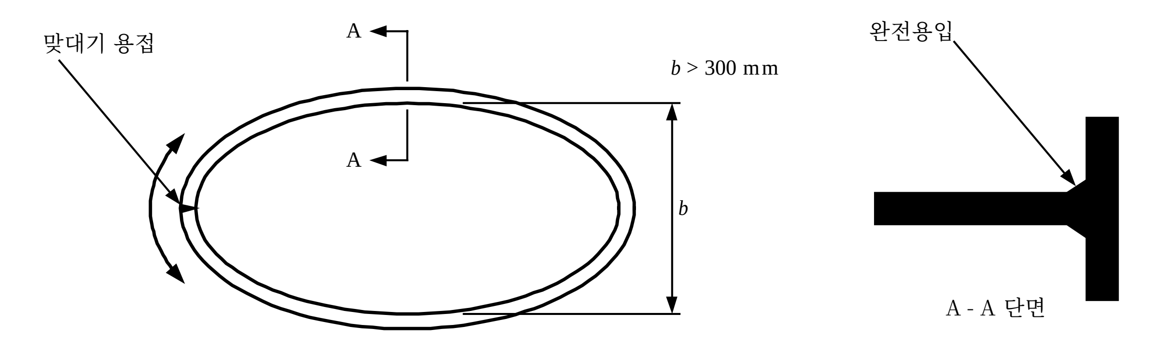
(e) 개구의 횡방향 치수가 300mm 를 초과하는 경우, 중앙부 0.6L 내 강력갑판, 현측 후판, 빌지판 및 선저외판의 단부 보강부(**그림 6.5.5** 참조) 파이프 관통부에 칼라판(collar plate)이 취부되는 경우, 그 칼라판은 연속 필렛 용접으로 용접해야 한다.

(f) 강도계산용 흘수 T_{sc} 아래의 해수흡입구(제한없음), 리더트렁크 및 트랜섬부를 포함하는 해수에 대해 경계를 형성하는 두께($t_{p\text{-}grs}$) 12mm 이하의 판과 용접되는 평판 패널.

총 두께($t_{p\text{-}grs}$)가 12mm 를 넘는 경우에는 최대 루트면 길이 $l_{root} = t_{p\text{-}grs}/3$ 을 가지는 부분용입용접이 허용될 수 있다. (**그림 6.5.4** 참조)

(g) 11장 3.1.4.14에 규정된 크레인 페데스털과 조합 브래킷(associated bracketing) 그리고 지지구조

그림 6.5.5
적절한 단부보강의 예



5.4 겹치기 이음

5.4.1 일 반

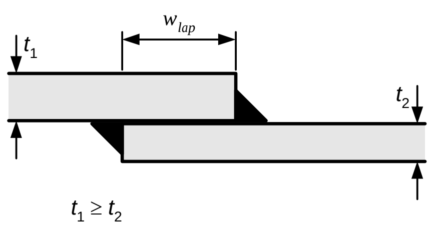
5.4.1.1 연결부가 큰 인장하중이나 압축하중을 받지 아니하는 경우에는 끝단부 연결방법으로 겹치기 이음을 적용할 수 있다.

5.4.1.2 겹치기 이음을 적용하는 경우, 겹쳐지는 너비(w_{lap})는 용접으로 연결되는 판 중 얇은 판 두께의 3배 이상, 4배 미만이어야 한다.(**그림 6.5.6** 참조). 연결되는 얇은 판의 총 두께가 25mm 이상인 경우 겹치기 이음의 적용은 특별히 고려되어야 한다. 웨브와 격벽판을 관통하는 보강재의 통과를 위한 절단구멍(cut-outs) 부근의 러그(lugs) 및 칼라(callars)의 겹침은 러그 두께의 세배 이상이어야 하지만, 50mm 를 넘을 필요는 없다. 이음은 건전한 용접이 이루어질 수 있도록 적절한 접근이 가능한 위치여야 한다.

5.4.1.3 겹이음의 접합면은 밀착되어야 하며, 또한 오버랩의 양단은 연속 필렛용접으로 시공되어야 한다.

그림 6.5.6
겹치기 이음

겹치기 이음에서의 필릿용접



5.4.2 겹침 단부 연결

5.4.2.1 0.4L 구역 내의 종강도 부재의 겹침 단부 연결은 양쪽 가장자리에 대하여 연속필렛용접을 하여야 한다. 각각의 용접각장은 연결되는 두개의 판 중 얇은 판의 총두께와 동일해야 한다. 다른 모든 겹침 단부 연결은 각 가장자리에 대하여 그림 6.5.6에서 보인 바와 같이, 용접각장, l_{leg},으로 연속용접되어야 한다. 여기서 두 각장의 합은 얇은 판 두께의 1.5배 이상어야한다.

5.4.3 겹침 심(seam) 용접

5.4.3.1 겹침 심 용접은 탱크의 경계 또는 수밀격벽에 대하여 **표 6.5.1**에 의해 요구되는 용접 크기로 양쪽 가장자리를 연속용접 하여야 한다. 탱크 이외의 두께가 12.5mm 이하인 판의 심은 **표 6.5.1**의 수밀격벽 경계에 대한 요건을 따라서 단속용접을 한 쪽 가장자리에 적용할 수 있다.

5.5 슬롯 용접

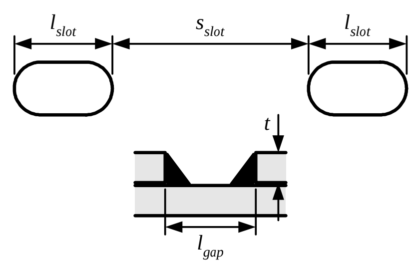
5.5.1 일 반

5.5.1.1 슬롯 용접은 특별한 용도에 대하여 특별하게 승인될 수 있다. 슬롯 용접의 전형적인 용도는 **5.5.2** 및 **5.5.3**에, 전형적인 배치는 **그림 6.5.7**에 따른다.

5.5.1.2 슬롯은 둥글게 그리고 75mm 의 최소 길이(l_{slot})와 총 판두께 2배의 너비(w_{slot})를 가져야 한다. 이중보강판 또는 유사한 위치에 슬롯용접을 적용하는 경우, 슬롯간의 거리(s_{slot})는 일반적으로 슬롯 최소길이(l_{slot})의 2~3배로 한다. 다만, 250mm 이하이어야 한다.

그림 6.5.7
슬롯 용접

슬롯 용접



5.5.2 막음판(closing plates)

5.5.2.1 내부 웨브에 판을 연결함에 있어서, 용접을 위한 접근이 용이하지 않니한 경우에는 웨브에 취부된 면재에 슬롯 필릿용접으로 막음판을 부착할 수 있다.

5.5.2.2 슬롯은 둥글게 그리고 90mm 의 최소 길이(l_{slot})와 총 판두께 2배의 최대 너비(w_{slot})를 가져야 한다. 판의 슬롯 절단부는 매끄럽고 깨끗하고, 가장자리가 직각이어야 하며, 슬롯간의 거리(s_{slot})는 일반적으로 140mm 넘지 않아야 한다. 슬롯은 용접으로 채워져서는 안된다.

5.5.3 러더 막음판(rudder closing plates)

5.5.3.1 용접을 위한 내부로의 접근이 용이하지 않은 경우, 수직 및 수평 웨브에 러더 외판의 연결은 웨브의 면재에 슬롯 용접을 하는 방법으로 할 수 있다. 슬롯은 75mm 의 최소 길이(l_{slot})와 러더외판 총 판두께의 2배의 최소 너비(w_{slot})를 가져야 한다. 슬롯의 끝모서리는 둥글게 가공하여야 한다. 슬롯간의 거리(s_{slot})는 150mm 이하이어야 하고, 용접의 크기는 **5. 7.1.2**에서 규정한 필릿각장 요건과 관련하여, 용접 계수 0.54를 기초로 산정해야 한다.

5.6 스터드 용접

5.6.1 일 반

5.6.1.1 높은 응력이 발생하는 주요 구조 부위에 영구 또는 임시의 스터드를 용접으로 취부하는 경우, 그 스터드가 적용되는 위치를 승인용으로 제출하여야 한다.

5.7 용접 크기의 결정

5.7.1 일 반

5.7.1.1 이 절에서 구하는 용접 크기는 0.5mm 간격으로 반올림 한다.

5.7.1.2 연속 필릿용접, 겹치기 이음 또는 단속 필릿용접(**그림 6.5.8** 참조)의 각장(l_{leg})은 **5.7.2** 내지 **5.7.5**의 요건에 따라 다음의 값 이상이어야 한다.

(a) $l_{leg} = f_1 t_{p-grs}$

(b) $l_{leg} = f_{yd} f_{weld} f_2 t_{p-grs} + t_{gap}$

(c) **표 6.5.2**에 규정한 l_{leg}

여기서,

f_1 : 0.30 (양쪽연속용접)

: 0.38 (단속용접)

t_{p-grs} : 판의 총두께(mm), t_{p-grs} 는 용접되는 부재의 두께, **5.7.1.5** 참조

f_{yd} : 용접금속의 항복강도를 고려한 수정계수. 그러나 0.707 이상이어야 한다.

$$= \left(\frac{1}{k}\right)^{0.5} \left(\frac{235}{\sigma_{weld}}\right)^{0.75}$$

σ_{weld} : 용접금속의 최소 항복응력. 그러나 다음 값 이상이어야 한다.

305 N/mm^2 (연강의 용접)

375 N/mm^2 (항복강도가 265 내지 355 N/mm^2 인 고장력강의 용접)

400 N/mm^2 (항복강도가 390 N/mm^2 인 고장력강의 연강의 용접)

항복강도가 규정 최소값을 초과하는 용접금속의 항복강도에 근거하여 용접크기를 결정하는 경우 추가로 적용되어야 하는 요건에 대하여는 **5.9.4**를 참조한다.

k : 1.1.4에 정의한 바와 같이 고장력강 계수 k 는 부착되는 판의 재료를 근거로 해야 한다.

f_{weld} : 구조부재 타입에 따른 용접계수, **5.7.1** 및 **5.7.4** 참조

f_2 : 용접 형태에 따른 수정계수

1.0 (양쪽 연속 필릿용접)

$\frac{s_{ctr}}{l_{weld}}$ (단속용접 또는 체인용접)

l_{weld} : 크레이터(crater)를 제외한 필릿용접의 실제 길이(mm)

s_{ctr} : 성공적인 필릿 용접부의 중심간 거리(mm)

t_{gap} : 용접 간극에 대한 공차(더 작은 간극도 허용, **5.9.2** 참조)

$= 2.0$ mm $\quad t_{p\text{-}grs} > 6.5$mm

$= 2\left(1.25 - \frac{1}{f_2}\right) \quad t_{p\text{-}grs} \le 6.5$mm

5.7.1.3 용접 각목(throat size)은 $l_{leg}/\sqrt{2}$ 이상이어야 한다. (각장, l_{leg} 는 **그림6.5.8** 참조)

5.7.1.4 단속용접과의 교차부의 어느 한쪽 필릿용접의 각장은 $0.62t_{p\text{-}grs}$ 또는 6.5mm 중 작은 값 이하여야 한다.

5.7.1.5 부착되는 종늑골의 총 웨브 두께가 15mm 를 초과하고 판부재의 두께를 초과하는 경우, 용접은 양쪽 연속이어야 하고, 용접 각장은 다음 중 가장 큰 값 이상이어야 한다.

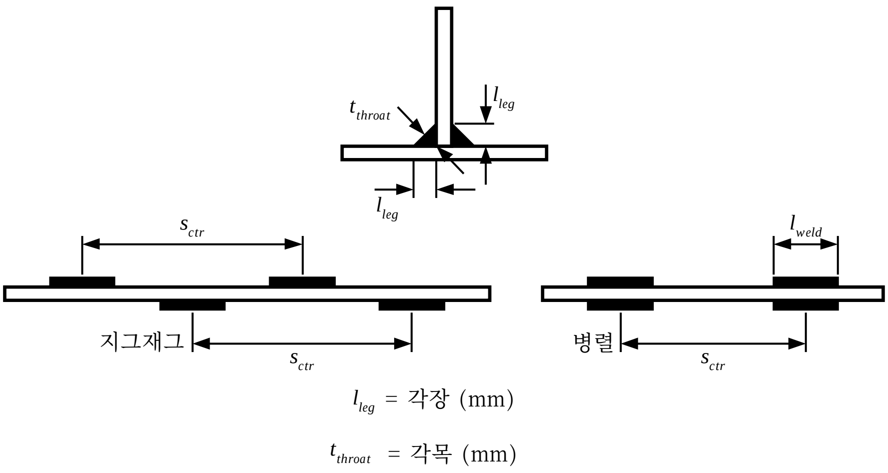
(a) 판부재 총 두께의 0.3배. 사용된 판부재의 총 두께는 30mm 를 초과할 필요는 없다.

(b) 부착되는 부재의 총 두께에 1mm 를 더한 값의 0.27배. 각장은 8.0mm 보다 클 필요는 없다.

(c) 보강재와 판을 용접하는 경우 **표 6.5.2**에 규정한 값

5.7.1.6 연결되는 부재들 사이의 간극이 2mm 를 초과하고, 5mm 이하인 경우, 용접 각장은 2mm 를 초과하는 간극의 양 만큼 증가되어야 한다. 부재들 사이의 간극이 5mm 를 초과하는 경우, 승인된 용접 절차에 따라 수정방안이 강구되어야 한다.

그림 6.5.8
용접 정의



5.7.2 주요 구조요소의 필릿이음 용접

5.7.2.1 선체구조부재의 연결에서의 일반적인 용접계수는 **표 6.5.1**에 따른다.

5.7.2.2 선체구성요소가 이중선체 1차지지부재의 일부를 이룰 경우에는 **5.7.4**의 요건이 적용되어야 한다.

5.7.2.3 중간판에 걸쳐서 높은 응력이 작용하는 구조부위(**그림 6.5.4** 참조)에 대하여는 필렛용접의 각장을 증가시키거나 **5.8**의 규정에 따라 용입용접을 사용하여야 한다.

5.7.3 1차 지지부재의 용접

5.7.3.1 1차 지지부재의 웨브 판의 연결에 대한 용접 계수는 **표 6.5.4**에 따른다.

5.7.3.2 최소 용접크기가 **5.7.1.2 (b)**의 규정에 따라 정해지는 경우, 외판, 갑판 그리고 격벽의 용접연결은 보강재가 구조부재를 뚫고 지나가는 경우, 절단부에서의 재료의 손실을 감안해야 한다. 보강재가 웨브를 뚫고 지나가고, 보강재 간격의 15%가 절단부의 너비에 해당하는 경우, 용접 각장의 크기는 다음 값을 곱해서 구해져야 한다. :

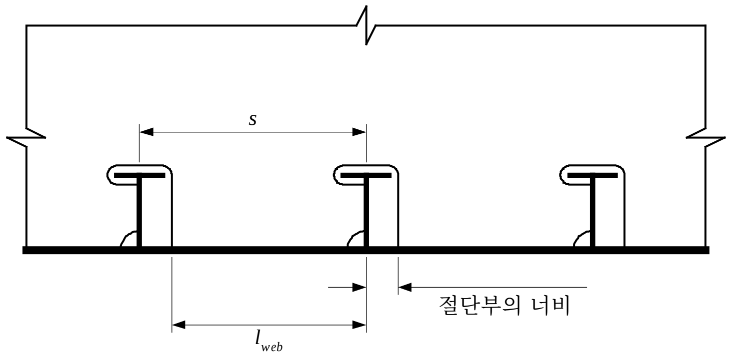
$$\frac{0.85s}{l_{web}}$$

여기서,

s : 보강재 간격(mm)

l_{web} : 노치 사이의 웨브 판의 길이(mm) (**그림 6.5.9** 참조)

그림 6.5.9
보강재를 위한 웨브 절단부에서의 재료손실



5.7.4 1차 구조부재의 끝단부 용접

5.7.4.1 1차 구조부재의 끝단부 용접(즉, 횡늑골과 거더)은 용접 면적, A_{weld} 이 규칙에서 요구하는 부재의 총 횡단면적과 동등해야 한다. 용접 각장은 다음 식에 따른다. :

$$l_{leg} = 1.41 f_{yd} \frac{h_w t_{p-grs}}{l_{dep}} \quad \text{mm}$$

여기서,

h_w : 1차 지지부재의 웨브 깊이(mm) (**그림 6.5.10** 참조)

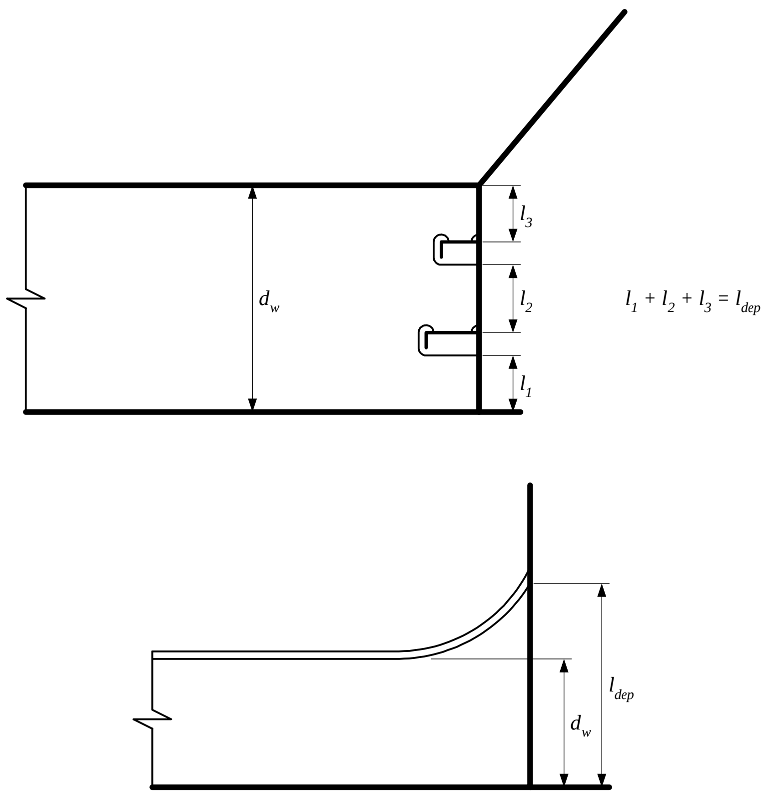
$t_{p\text{-}grs}$: 규칙에서 요구하는 1차 지지부재의 총 두께(mm)

l_{dep} : 용접금속의 총 용착길이(mm). 양쪽 연속용접에서는 일반적으로 **그림 6.5.10**에 나타낸 l_{weld}의 2배로 취할 수 있다.

f_{yd} : **5.7.1.2**에서 정의한 바의 용착금속의 항복강도를 고려한 보정계수

용접 각장은 탱크에서 0.48, 또는 그밖에는 0.38의 최소 용접계수를 사용해서 **5.7.1.2**에 따라 계산된 값 이상이어야 한다.

그림 6.5.10
1차 지지부재의 끝단부 용접



(비고)
1. 길이 l_{weld} 는 용접연결부의 길이를 말한다. 용접금속의 총 용착길이 l_{dep} 는 양쪽 연속용접에서는 용접연결부의 길이 l_{weld}의 2배로 한다.

5.7.5 보강재 끝단부 용접

5.7.5.1 판과 종늑골 끝단부에서의 용접은 양쪽 연속용접이어야 한다. 트랜스버스 부재 부근에서의 양쪽 연속용접길이는 종늑골의 깊이 또는 끝단부 브래킷의 깊이 중 큰 값과 동등해야 한다.

5.7.5.2 갑판 종늑골의 경우, 트랜스버스와 종늑골의 교차부는 양쪽 연속용접이어야 한다.

5.7.5.3 보강재(종늑골, 보와 격벽 보강재) 끝부분의 용접은 **표 6.5.5**에 규정된 값 이상 이어야 한다. 2개의 값이 규정된 경우에는 더 큰 값을 따른다. **표 6.5.5**에 규정하는 용접 면적(A_{weld})은 브래킷 또는 겹치기 이음의 각각의 아암(arm)에 적용되어야 한다.

5.7.5.4 종강도 부재가 1차지지부재에서 단절되고, 강도의 연속성이 브래킷에 의해 확보되는 경우, 용접 면적, A_{weld} (유효 목두께 * 용접 길이)은 부재의 횡단면적 이상이어야 한다. 만일 종강도 부재가 고장력강인 경우, 용접 면적, A_{weld} 은 **5.7.1.2**에 정의된 용착금속의 항복강도를 고려한 보정계수 f_{yd} 를 곱해서 조정되어야 한다.

5.7.5.5 보강재가 관통하고 1차 지지부재의 웨브에 의해 지지되는 경우, 용접 연결은 **4장 / 3.4.3.11** 규정에 따라야 한다.

5.7.5.6 단속용접이 허용되는 경우, 선체외판, 수밀/유밀 격벽 및 선실 앞쪽의 브래킷이 없는 보강재에 대하여는 각 끝부분에서 보강재 길이의 10분의 1만큼 양쪽 연속용접을 하여야 한다. 비 수밀격벽 갑판실의 측면 그리고 선미부의 브래킷 없는 보강재는 각 끝부분에서 한 쌍의 단속 용접이 이루어 져야 한다.

5.8 높은 인장응력을 받는 구조의 용접

5.8.1 최소 용접 각장

5.8.1.1 중간판에 높은 인장응력이 작용하는 경우(**그림 6.5.11** 참조), 양쪽 연속용접의 최소 용접 각장, l_{leg} 은 다음에 따른다.(**그림 6.5.9** 참조)

$$l_{leg} = 1.92\left(\frac{235}{\sigma_{weld}}\right)^{0.75}\left[0.2+\left(\frac{\sigma}{270}-0.25\right)\frac{l_{root}}{t_{p-grs}}\right]t_{p-grs}+2.0 \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

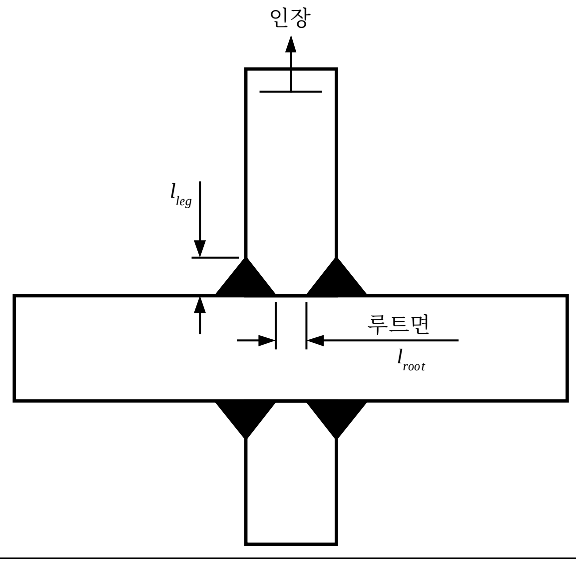
σ : 부착되는 판에서의 최대 인장응력(N/mm^2)

l_{root} : 루트 면의 길이(mm)

t_{p-grs} : 부착되는 판의 총 두께(mm)

σ_{weld} : **5.7.1.2**에 정의된 바와 같이 σ_{weld} 는 용착금속의 하부강도를 고려한 보정계수 f_{yd} (**5.7.1.2** 참조)에 함축된 한계에 의해 허용되는 최대 값으로 제한된다.

그림 6.5.11
높은 인장응력을 받는 용접부



5.9 용접크기의 경감

5.9.1 일 반

5.9.1.1 5.7에 따라 요구되는 필릿용접 크기의 경감은 **5.9.2, 5.9.3** 또는 **5.9.4**에 따라 특별히 승인될 수 있다.

5.9.1.2 용접크기의 경감 방법 중 어느 하나가 적용된 경우, 그 경감을 정당화하는 요건을 도면에 나타내야 한다. 당해 도면에는 경감된 용접각장에 대한 용접설계와 치수 요건 및 허용된 용접각장의 경감없이 5.7항에 의해 주어지는 용접각장 요구치를 자세히 나타내야 한다. 또한, 두 용접각장의 차이와 그들의 적용요건의 차이를 설명하는 주석이 도면에 추가 되어야 한다.

5.9.2 용접 틈의 관리

5.9.2.1 품질관리활동으로 용접부재 사이의 틈을 1mm 이하로 유지할 수 있는 경우에는 필릿용접의 각장을 0.5mm 감소시킬 수 있다.

5.9.3 깊은 용입 용접

5.9.3.1 우리 선급의 승인을 받은 심용입 용접절차를 적용하고 또한 품질관리 활동으로 용접부재 사이의 틈을 1mm 이하로 유지할 수 있는 경우에는 표 **6.5.1, 6.5.2 (c)** 및 **(d), 6.5.4** 그리고 **6.5.5**에 규정한 용접계수를 15% 경감시킬 수 있다. 조선소가 다음의 요건을 계속해서 만족시킬 수 있다면, 필릿용접 각장은 20%까지 경감시킬 수 있으나 1.5mm 를 초과해서 경감시킬 수는 없다.:

(a) 최소 및 최대 루트 간격(root gap)을 포함하는 용접절차 인정시험에 의해 확인된 적절한 용접절차를 선정할 것

(b) 루트(root)에서의 용입은 적어도 용접되는 부재에 경감되는 양과 같은 양일 것.

(c) 품질관리체계가 확립되어 있음을 입증할 것.

5.9.4 용접용 재료의 관리

5.9.4.1 용접되는 강의 최소 규격값보다 더 높은 강도를 가지는 용접용 재료의 사용을 보증하는 품질관리체계가 있는 경우, 사용되는 용접용 재료는 **5.7.1.2**에 규정된 최소값보다 큰 용착금속 항복강도를 가질 수 있으며 또한 용접크기는 높은 등급의 용접재료의 항복강도를 근거로 결정될 수 있다.

5.10 필러와 크로스타이의 끝단부 연결

5.10.1 유효 용접면적

5.10.1.1 필러와 크로스 타이의 끝단부 연결은 다음 식 이상의 유효한 필릿용접면적(용접길이와 용접 목두께의 곱)을 가져야 한다.

$$A_{weld} = f_3 \left(\frac{235}{\sigma_{weld}} \right)^{0.75} A_{grs} P \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

A_{grs} : 필러 또는 크로스 타이의 총 면적(m^2)

P : 고려하는 구조의 설계압력 하중(kN/m^2)

σ_{weld} : 용착금속의 최소 항복응력. **5.7.1.2**에 규정된 것처럼 σ_{weld}는 **5.7.1.2**에 규정된 보정계수 f_{yd}에 함축된 한계에 의해 허용되는 최대값으로 제한된다.

f_3 : 0.05 (압축하중만 받는 필러 또는 크로스 타이)

: 0.14 (인장하중을 받는 필러 또는 크로스 타이)

5.11 대안방법

5.11.1 일 반

5.11.1.1 전 항의 규정은 선체건조에서의 전기아크용접에 대한 최소 요건이 고려된 것으로 이를 대체하는 용접방법, 배치 및 상세는 특별히 승인을 받아야 한다.

5.11.1.2 **표 6.5.2**에 주어진 용접각장 한계는 어떠한 경우에도 적용되어야 한다.

표 6.5.1 용접계수		
항목	용접계수 f_{weld}	비고
(1) 일반적인 적용		항목 2-11에 의한 요건 제외
수밀경계	0.43	
비 밀폐판 경계	0.18	
강력갑판과 외판	**표 6.5.3** 참조	
기타 갑판과 외판 및 격벽(탱크경계를 형성하는 경우에는 제외)	0.30	일반적으로 연속용접
보강재와 판(끝연결부 제외)	0.13	건조구역 내부
	0.18	탱크 내부
보강재와 판(끝단부에서 0.1 스팬)	0.21	또는 큰 경우에는, 단부 브래킷의 범위
패널 보강재	0.13	
통상의 겹치기 용접부	0.36	
웨브의 총두께가 15mm 를 초과하는 종방향 부재와 판재	**5.7.1.5** 참조	**5.7.1.5**에 규정한 $t_{p\text{-}grs}$
(2) 화물탱크 구역내의 선저구조		(1)
비 밀폐 중심거더와 용골	0.30	
비 밀폐 중심거더와 선저판	0.28	스캘롭 없음
늑판 및 거더의 비밀폐 경계	0.15	스팬 중앙부 1/2
	0.24	스팬 끝단부 1/4
수직 1차 지지부재 부근의 ; 늑판 및 거더와 선저판		
	0.43	(1)
늑판 및 거더사이의 연결	0.36	(1)
늑판과 거더의 단부연결	0.43	(1)
도킹 브래킷	0.30	

표 6.5.1 (계속)
용접계수

항 목	용접계수 f_{weld}	비고
(3) 화물탱크구역내의 측구조		빌지호퍼탱크 포함 (1)
수직웨브와 선체격벽내판		
갑판트랜스버스/브래킷 부근	0.43	
해당되는 경우, 크로스타이 부근	0.36	
나머지	0.24	
수직웨브와 외판	0.24	
수직웨브 끝연결부	0.43	(1)
(4) 화물탱크격벽 구조		펌프실 및 코퍼댐 포함 (1)
종 및 횡 유밀격벽 경계와		
갑판, 내저판 및 선저외판	0.51	
종 및 횡 유밀격벽 측면 경계부	0.43	
수직파형격벽		
상단부	0.51	
하단부	**5.3.4** 참조	
비 밀폐 격벽 경계	0.24	
1차 지지부재	표 **6.5.4** 참조	
1차 지지부재간 연결부	0.49	
(5) 기관구역에서의 구조		
중심거더와 용골 및 내저판	0.36	
다음 장소에서의 늑판과 중심거더 :		
기관	0.36	
스러스트 및 보일러 받침대	0.36	
늑판 및 주기관 거치 거더	0.36	
늑판/거더와 외판 및 내저판	0.24	
주기관 거치거더와 정판 및 주요 선체구조	부분용입	가장자리는 최대루트가 $0.33t_{p\text{-}grs}$ 깊은 용입이 되도록 하여야 한다.
거치대 :		
보조기관 (>350kw)	0.40	
보일러 및 기타 보기	0.35	
주기 거치대를 지지하는 브래킷	0.21	
(6) 선수에서 0.25*L* 이내의 구조		
선저평판부근 :		
늑판과 외판 및 내저판	0.18	
거더와 외판 및 내저판	0.28	
선저종통부재와 외판 :		
전방 선저평판	0.30	
나머지	0.18	
선측외판 종통재와 선체외판	0.24	
선수구조 :		
내부구조부재	0.18	
(7) 선미구조		
내부구조부재 :		
수선 하	0.30	
수선 상	0.18	

표 6.5.1 (계속)
용접계수

항목	용접계수 f_{weld}	비고
(8) 선주 및 갑판실		
외부격벽과 갑판의 연결부		
첫번째 및 두번째 탑재층	0.28	
나머지	0.15	
내부격벽	0.12	
(9) 폐쇄장치 구조		
창구코밍과 갑판	0.43	
클리트와 의장품	0.60	최소용접계수 t_{p-grs} > 11.5mm 인 경우, l_{leg} 는 0.62 t_{p-grs} 를 넘을 필요는 없다. 설계에 따라서는 완전용입용접이 요구될 수 있다.
창구덮개 :		
유밀 이음부	0.46	
수밀 이음부 :		
외부	0.46	
내부	0.18	
창구덮개 :		
보강재의 단부(브래킷 없음)	0.38	(2)
보강재의 단부(브래킷 있음)	0.38	
나머지	0.12	
(10) 갑판장치		(3)
마스트, 데릭포스트, 크레인 페데스털 등과 갑판	0.43	
갑판기계 거치대와 갑판	0.20	
계류장치 거치대	0.43	
(11) 기타 의장품 및 장치		
통로구멍형식의 덮개를 위한 링과 선박	0.43	
선체외판의 늑골과 수밀문	0.43	
선체외판의 보강재와 수밀문	0.24	
통풍통, 공기관 등 코밍과 갑판	0.43	
통풍통 등 의장품 배수구 및 배출구와 갑판 불워크 지주와 갑판	0.24 0.55 0.24	
불워크 부착품과 갑판	0.43	
가드레일, 지지필러 등과 갑판	0.43	
빌지킬 그라운드바와 선체외판	**표 11.3.1** 참조	
빌지킬과 그라운드바	**표 11.3.1** 참조	
조립앵커	완전용입	

(비고)

1. 높은 인장응력이 걸리는 구역에서는 용접크기를 증가시켜야 한다. (**5.8** 참조)
2. 창구덮개의 브래킷이 있는 보강재 및 웨브는 단부에서 전 길이에 걸쳐 판재와 면재에 부재의 단부길이와 동일하게 연속적으로 용접되어야 한다.
3. 용접계수는 최저값이다.

표 6.5.2
각장

항목	최소각장[1], mm
(a) 총 판두께 $t_{p\text{-}grs} \le 6.5$mm	
수동 또는 자동용접	4.0
자동 심 용입용접	4.0
(b) 총 판두께 $t_{p\text{-}grs} > 6.5$mm	
수동 또는 자동용접	4.5
자동 심 용입용접	4.0
(c) 밸러스트 및 화물탱크 정부에서 아래로 3m 이내의 용접부[2]	6.5
(d) (c)를 제외하고 화물탱크구역내의 모든 용접부	6.0

(비고)
1. 모든 경우에 있어서, 제한값은 위에 규정한 적용값의 최대값으로 취해져야 한다.
2. 탱크정부가 노천갑판인 화물 및 밸러스트 탱크에만 적용한다.
3. 최소각장의 감소규정에 대하여는 **5.9.3** 참조

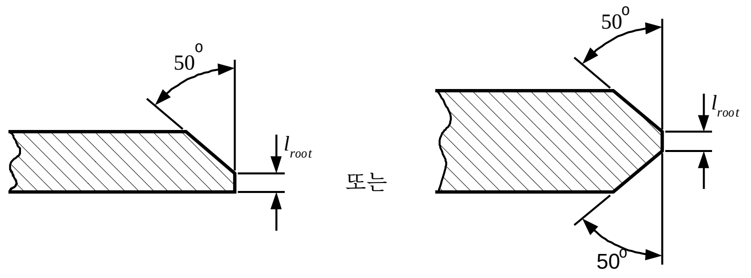
㈜

항목 (c) 및 (d)의 경우, 카링, 좌굴보강재 및 트리핑 브래킷의 2차 구조부재의 각장에 대해서는 추가적인 간극조절없이 5.5mm 까지 감소가 허용될 수 있다.

표 6.5.3
강력갑판과 현측후판의 용접연결

종통재 총 판두께(mm)	용접형식
$t_{p\text{-}grs} \le 15$	각장의 $0.60\, t_{p\text{-}grs} + 2.0$mm 인 양쪽 연속필릿용접
$15 < t_{p\text{-}grs} \le 20$	용접계수가 0.35인 연속필릿용접과 함께 홈개선각이 50^0이고, 루트면의 길이가 $l_{root} < t_{p\text{-}grs}/3$인 L 개선 또는 개선각이 50^0이고 루트면의 길이가 $l_{root} < t_{p\text{-}grs}/3$인 K 개선
$t_{p\text{-}grs} > 20$	개선각이 50^0이고 루트면의 길이가 $l_{root} < t_{p\text{-}grs}/3$, 그러나 10mm 보다 작은 K 개선

여기서, $t_{p\text{-}grs}$ = 스트링거판의 총두께(mm)



L 개선 K 개선

(비 고)

1. 이음부 개선을 포함하는 용접절차는 조선소별로 규정되고 승인되어야 한다.
2. 구조부재가 탱크의 경계를 관통하는 경우, **4.4.4** 에 따라 누설멈추개(leak stopper)가 설치되어야 한다.
3. 다른 방법으로의 연결은 특별한 고려가 필요하다.

표 6.5.4
1차 지지부재의 연결

1차 지지부재 총 접촉면적(cm^2)		위치 (1)	용접계수			
			탱크 내부		건조구역 내부	
초과	이하		면재와의 연결	판재와의 연결	면재와의 연결	판재와의 연결
	30.0	단부 나머지	0.20 0.12	0.26 0.20	0.20 0.12	0.20 0.15
30.0	65.0	단부 나머지	0.20 0.12	0.38 0.26	0.20 0.12	0.20 0.15
65.0	95.0	단부 나머지	0.42 0.30 (2)	0.59 (3) 0.42	0.20 0.15	0.30 0.20
95.0	130.0	단부 나머지	0.42 0.30 (2)	0.59 (3) 0.42	0.30 0.20	0.42 0.30
130.0		단부 나머지	0.59 0.42	0.59 (3) 0.42	0.42 0.30	0.59 (3) 0.42

(비 고)

1. 단부에서의 용접계수는 각 단부로부터 부재의 전체 길이의 0.2 배 만큼, 그러나 적어도 부재 및 브래킷의 토(toe) 너비까지 적용한다. 수직웨브에 있어서 정부에서는 용접의 증가를 생략할 수 있다. 그러나 적어도 바닥으로부터 전 길이의 0.3 배 이상 연장되어야 한다.
2. 화물탱크에 대하여는 용접계수 0.38 이 사용되어야 한다.
3. 웨브판 두께가 전단응력 요건을 충족시키기 위해 국부적으로 증가되는 경우, 용접크기는 증가된 지역을 제외한 총 웨브두께를 근거로 할 수 있다. 그러나 증가된 총 두께를 근거로 할 용접계수 0.42 보다 적어서는 안된다.
4. 높은 응력의 구간에 대해서는 **5.3.4, 5.7.4** 및 **5.8** 참조

표 6.5.5
보강재 단부연결 용접

연결	용접면적, A_{weld}, cm^2	용접계수(1)
(1) 판재에 직접 용접되는 보강재	$0.25A_{stf\text{-}grs}$ 또는 6.5 cm^2중 큰 값	0.38
(2) 브래킷이 없는 보강재의 연결, 브래킷에 겹치기 이음되는 보강재 또는 보강재에 겹치기 이음되는 브래킷 :		
(a) 건구역내	$1.2\sqrt{Z_{grs}}$	0.26
(b) 탱크내	$1.4\sqrt{Z_{grs}}$	0.38
(c) 선수에서 $0.15L$ 까지의 탱크 사이드 브래킷과 주늑골	(a) 또는 (b)	0.38
(3) 보강재의 면재에 용접되는 브래킷과 판재에 연결되는 브래킷	—	0.38

여기서,

$A_{stf\text{-}grs}$ 보강재의 총 횡단면적(cm^2)

A_{weld} 용접부 총 길이(cm)와 목 두께(cm)의 곱으로 계산되는 용접면적(cm^2). 용접간격이 2mm 를 넘는 경우에는 용접크기는 증가되어야 한다.(**5.7.1.6** 참조)

Z_{grs} 브래킷의 치수를 근거로 하는 보강재의 요구되는 총 단면계수(cm^3)

(비고)

1. 최소 필릿 용접크기에 대하여는 **표 6.5.2** 를 참조

1 서 론

1.1 일 반

1.1.1 적 용

1.1.1.1 이 절에서는 부재치수 계산을 위한 설계하중과 하중조합에 대하여 상세히 규정한다. 이 절에서 규정하는 하중은 항내 및 항해중의 하중 시나리오를 포함하고, 하중성분으로서는 정적하중, 변동하중, 슬로싱 하중 및 충격하중으로 한다.(**2장/5.4**참조)

1.2 정 의

1.2.1 좌표계

1.2.1.1 적용되는 x, y, z 좌표계는 **4장/1.4.1.1**에 따른다.

1.2.1.2 입사파의 방향은 **그림 7.1.1**과 같이 파의 진행방향과 x 축과 이루는 각을 β로 표현하며, 그 예는 다음과 같다.

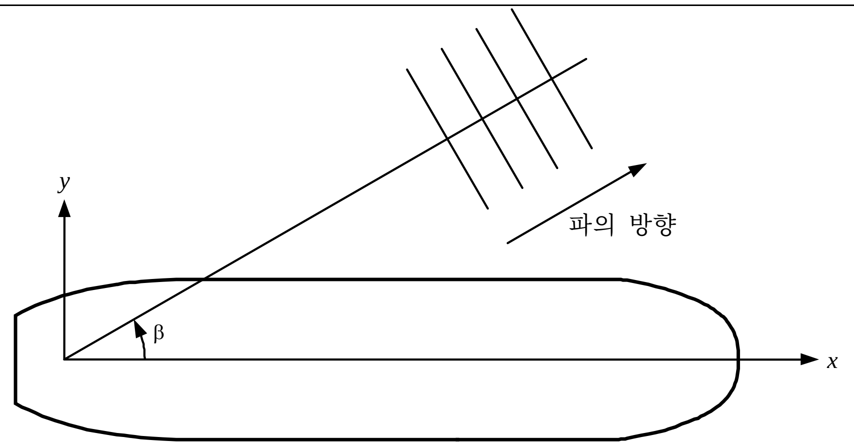
(a) 선수파는 x 축의 음의 방향으로 진행되는 파

(b) 횡파는 y 축의 양 또는 음의 방향으로 진행하는 파

(c) 사파는 선수파 및 횡파(또는 선미파 및 횡파) 사이의 방향으로 진행하는 파

(d) 추파는 x 축의 양의 방향으로 진행하는 파

그림 7.1.1
파랑 진행 방향의 정의



1.2.2 부호의 정의

1.2.2.1 **그림 7.1.2**과 같이 양의 운동은 다음과 같이 정의한다.

(a) 전후동요는 x 축의 양의 방향(전방)으로의 이동을 양으로 한다.

(b) 좌우동요는 y 축의 양의 방향(좌현방향)으로의 이동을 양으로 한다.

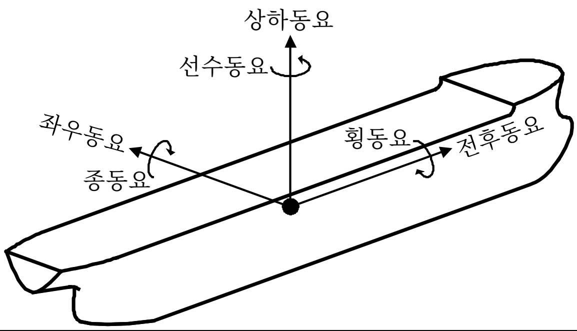
(c) 상하동요는 z 축의 양의 방향(상방)으로의 이동을 양으로 한다.

(d) 횡동요는 우현이 내려가고, 좌현이 올라가는 회전을 양으로 한다.

(e) 종동요는 선수부가 내려가고, 선미부가 올라가는 회전을 양으로 한다.

(f) 선수동요는 선수부가 좌현으로 돌아가고, 선미부가 우현으로 돌아가는 회전을 양으로 한다.

그림 7.1.2
양(+)방향 운동의 정의



(비 고)
1. 이 그림은 좌표계는 아니고 축회전을 표시한다.

1.2.2.2 양의 가속도는 다음과 같이 정의한다.

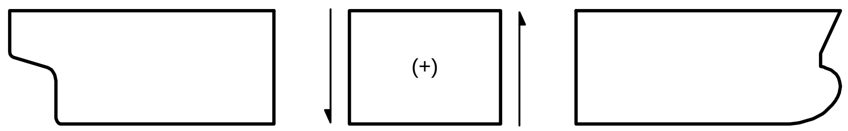
(a) 종방향 가속도는 x 축의 양의 방향(전방)의 가속도를 양으로 한다.

(b) 횡방향 가속도는 y 축의 양의 방향(좌현방향)의 가속도를 양으로 한다.

(c) 수직 가속도는 z 축의 양의 방향(상방)의 가속도를 양으로 한다.

1.2.2.3 양의 수직 선체거더 전단력은 **그림 7.1.3**에 따른다.

그림 7.1.3
양의 수직 선체거더 전단력



1.2.2.4 양의 선체거더 굽힘모멘트는 **그림 7.1.4** 및 **그림 7.1.5**에 따르며, 다음과 같이 정의한다.

(a) 수직 굽힘모멘트는 호깅모멘트를 양으로, 새깅모멘트를 음으로 한다.

(b) 수평 굽힘모멘트는 우현쪽이 인장상태, 좌현쪽이 압축상태를 양으로 한다.

그림 7.1.4
양의 선체거더 수직 굽힘모멘트

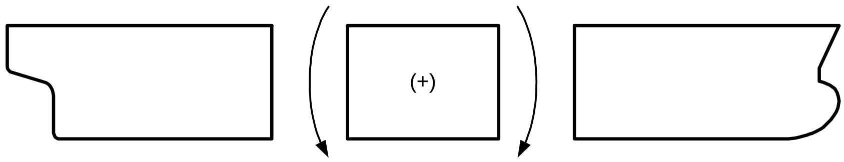
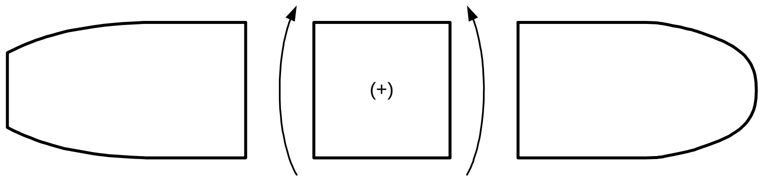


그림 7.1.5
양의 선체거더 수평 굽힘모멘트



2 정적 하중성분

2.1 정수중 선체거더 하중

2.1.1 정수중 선체거더 허용 굽힘모멘트

2.1.1.1 설계자는 항해중($M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$) 및 항내($M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$) 또는 폐쇄된 수역에서의 정수중 선체거더 호깅 및 새깅 굽힘모멘트의 허용값을 제공하여야 한다.

2.1.1.2 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트는 화물구역에서 각 횡격벽, 화물탱크의 중간, 선수격벽, 기관실 전단격벽 및 기관실 전후격벽의 중간에 있어서의 값을 나타내어야 한다.

2.1.1.3 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트는 **2.1.1.2**에 따른 길이방향 위치에서의 값을 선형보간법을 이용하여 구한다.

2.1.1.4 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트는 **8장/1.1.2**에 규정하는 적하지침서에 포함되어야 한다.

2.1.1.5 항해중에 있어서 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트($M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$)는 **2.1.2.1** 및 **2.1.2.2**에 따른 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용 굽힘모멘트의 규칙 최소요건과 적하지침서의 항해 적하상태에 대한 가장 엄격한 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트를 포함하여야 한다. 적하상태의 요건은 **8장/1.1.2**에 따른다.

2.1.1.6 항내 및 폐쇄된 수역에서의 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트($M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$)는 **2.1.2.3**에 따른 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트의 규칙 최소요건과 적하지침서의 항내 하중상태에 대한 가장 엄격한 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트를 포함하여야 하며, 항해중의 허용값($M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$) 미만이어서는 아니된다.

㈜

초기설계에서 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트는 선박의 설계건조 단계에서의 증가 및 설계의 여유분을 확보하기 위하여 적하지침서의 적하상태에 따른 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 굽힘모멘트에 적어도 5%를 증가시킨다.

2.1.2 정수중 최소 굽힘모멘트

2.1.2.1 선체 중앙부에 있어서 항해중의 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 최소굽힘모멘트($M_{sw\text{-}min\text{-}sea}$)는 다음에 따른다.

호깅상태 : $M_{sw-min-sea-mid} = f_{sea}\,(Z_{v-\min}\,\sigma_{perm-sea}\,10^3 - M_{wv-hog})$ (kNm)

으로, 다음식과 동일하다.

$$M_{sw-min-sea-mid} = 0.01\,C_{wv}\,L^2\,B\,(11.97 - 1.9C_b) \quad \text{(kNm)}$$

새깅상태 : $M_{sw-min-sea-mid} = f_{sea}\,(Z_{v-\min}\,\sigma_{perm-sea}\,10^3 + M_{wv-sag})$ (kNm)

으로, 다음식과 동일하다.

$$M_{sw-min-sea-mid} = -0.05185\, C_{wv}\, L^2\, B\, (C_b + 0.7) \quad \text{(kNm)}$$

여기서,

f_{sea} : 새깅 -0.85

호깅 1.0

Z_{v-min} : **8장/1.2.2.2**에 따른 규칙의 최소 선체 횡단면계수(m^3)

$\sigma_{perm-sea}$: **8장/1.2.3.2**에 따른 항해중의 선박 중앙에서의 종굽힘 허용응력(N/mm^2)

M_{wv-hog} : **3.4.1.1**에 따른 선박 중앙에서 호깅 굽힘모멘트(kNm)

M_{wv-sag} : **3.4.1.1**에 따른 선박 중앙에서 새깅 굽힘모멘트(kNm)

C_{wv} : **3.4.1.1**에 따른 조파계수

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

B : **4장/1.1.3.1**에 따른 선박의 형폭(m)

C_b : **4장/1.1.9.1**에 따른 방형계수

2.1.2.2 선박의 길이방향 전 지점에서의 항해중의 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 최소 굽힘모우먼트 ($M_{sw-min-sea}$) 는 다음에 따른다.

$$M_{sw-min-sea} = f_{sw}\, M_{sw-min-sea-mid} \quad \text{(kNm)}$$

여기서,

fsw : 1.00 : 중앙부 0.4 L 이내

0.15 : 선미수선 또는 선수수선으로부터 0.1L 의 위치

0 : 선미수선 및 선수수선

상기 이외의 위치에 있어서의 값은 **그림 7.2.1**과 같이 선형 보간법에 의한다.

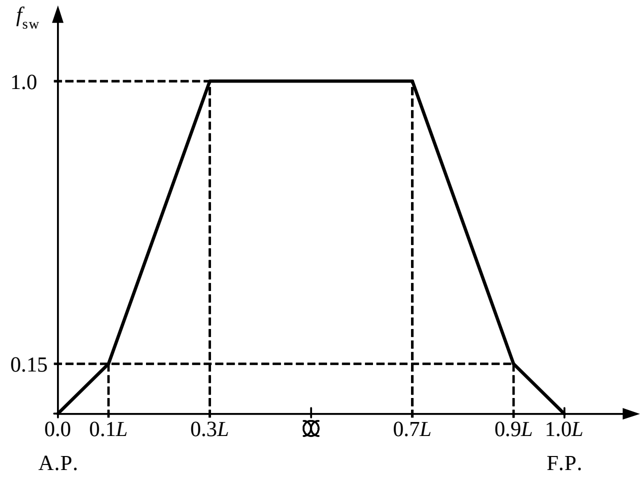
2.1.2.3 선박의 길이방향 전 지점에서의 항내 또는 폐쇄된 해역에서의 항해에 대한 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 최소굽힘모멘트($M_{sw-min-harb}$)는 다음에 따른다.

$$M_{sw-min-harb} = 1.25\, M_{sw-min-sea} \quad \text{(kNm)}$$

여기서,

$M_{sw-min-sea}$: **2.1.2.1** 및 **2.1.2.2**와 같이 고려하는 단면에 있어서의 항해중의 정수중 선체거더 호깅 및 새깅 최소 굽힘모우먼트

그림 7.2.1
정수중 굽힘모멘트의 분포



2.1.3 정수중 전단력

2.1.3.1 설계자는 항해($Q_{sw-perm-sea}$) 및 항내($Q_{sw-perm-harb}$) 또는 폐쇄된 수역에서의 정수 중 선체거더 양/음 허용 전단력의 허용값을 제공하여야 한다.

2.1.3.2 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력는 화물구역에서 각각의 횡격벽, 화물탱크의 중간, 선수격벽 및 기관실 전단격벽에서의 값을 나타내어야 한다.

2.1.3.3 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력은 **2.1.3.2**에 따른 길이방향 위치에서의 값을 선형보간법을 이용하여 구한다.

2.1.3.4 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력은 **8장/1.1.2**에 규정하는 적하지침서에 포함되어야 한다.

2.1.3.5 항해중에 있어서 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력($Q_{sw-perm-sea}$)은 **2.1.4.1** 및 **2.1.4.2**에 따른 정수 중 선체거더 양/음 최소 전단력 및 적하지침서의 항해 적하상태에 대한 가장 엄격한 정수 중 선체거더 양/음 허용 전단력을 포함하여야 한다. 적하상태의 요건은 **8장/1.1.2**에 따른다.

2.1.3.6 항내 및 폐쇄된 수역에서의 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력($Q_{sw-perm-sea}$)은 **2.1.4.3** 및 **2.1.4.4**에 따른 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력의 최소 요건과 적하지침서의 항내 적하상태에 대한 가장 엄격한 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력을 포함하여야 하며, 항해중의 허용값 ($Q_{sw-perm-sea}$)미만 이어서는 아니된다.

㈜ 초기설계에서 정수 중 선체거더 허용전단력은 선박의 설계건조 단계에서의 증가 및 설계의 여유분을 확보하기 위하여 적하지침서의 적하상태에 따른 정수 중 선체거더 전단력에 적어도 10% 증가시킨다.

2.1.4 정수 중 선체거더 최소 전단력

2.1.4.1 2열의 종격벽을 가지는 선박에 대한 중앙 화물탱크 사이의 횡격벽에 작용하는 항해중의 정수 중 선체거더 양/음 최소전단력($Q_{sw\text{-}min\text{-}sea}$)은 다음에 따른다.

$$Q_{sw-min-sea} = \pm \max \begin{cases} 0.225 \rho g B_{local} l_{tk} T_{sc} \\ 0.5 \rho g \left[0.98 (V_{CT} + 2V_{ST}) - 0.7 B_{local} l_{tk} T_{sc} \right] \end{cases} \quad \text{(kN)}$$

횡격벽의 전후방 화물탱크/밸러스트 탱크에 대한 $Q_{sw\text{-}min\text{-}sea}$ 값을 최대값으로 한다.

여기서,

ρ : 액체화물의 밀도. (단, 1.025 t/m^3 이상)

g : 중력 가속도(9.81 m/s^2)

B_{local} : 고려하는 탱크의 중앙부 T_{sc} 에서의 국부적인 선박의 폭(m)

l_{tk} : 화물탱크의 길이로서 횡격벽 전후방 화물탱크 중 큰쪽의 값(m)

T_{sc} : **4장/1.1.5.5** 에 정의된 강도계산용 흘수(m)

V_{CT} : 중앙 화물탱크의 용적으로, l_{tk}의 값을 취하는 중앙 화물탱크의 값으로 한다.(m^3)

V_{ST} : 선측 화물탱크의 용적으로, l_{tk}의 값을 취하는 선측 화물탱크의 값으로 한다.(m^3)

2.1.4.2 중심선상에 종격벽을 가지는 선박의 화물탱크 사이의 횡격벽에 작용하는 항해중의 정수 중 선체거더 양/음 최소전단력($Q_{sw\text{-}min\text{-}sea}$)은 다음과 같다.

$$Q_{sw-min-sea} = \pm 0.4 \rho g B_{local} l_{tk} T_{sc} \quad \text{(kN)}$$

횡격벽의 전후방 화물탱크/밸러스트 탱크에 대한 $Q_{sw\text{-}min\text{-}sea}$ 값을 최대값으로 한다.

여기서,

ρ : 액체화물의 밀도. (단, 1.025 t/m^3 이상)

g : 중력 가속도(9.81 m/s^2)

B_{local} : 고려하는 탱크의 중앙부 T_{sc} 에서의 국부적인 선박의 폭(m)

l_{tk} : 화물탱크의 길이로서 횡격벽 전후방 화물탱크 중 큰쪽의 값(m)

T_{sc} : **4장/1.1.5.5** 에 정의된 강도계산용 흘수(m)

2.1.4.3 2열의 종격벽을 가지는 선박에 대한 중앙 화물탱크 사이의 횡격벽에 작용하는 항내 또는 폐쇄된 수역의 정수 중 선체거더 양/음 최소전단력($Q_{sw\text{-}min\text{-}harb}$)은 다음과 같다.

$$Q_{sw-min-harb} = \pm \max \begin{cases} 0.275 \rho g B_{local} l_{tk} T_{sc} \\ 0.5 \rho g \left[0.98 (V_{CT} + 2V_{ST}) - 0.6 B_{local} l_{tk} T_{sc} \right] \end{cases} \quad \text{(kN)}$$

횡격벽의 전후방 화물탱크/밸러스트 탱크에 대한 $Q_{sw\text{-}min\text{-}harb}$ 값을 최대값으로 한다.

여기서,

P	:	액체화물의 밀도. (단, 1.025 t/m^3 이상)
G	:	중력 가속도(9.81 m/s^2)
B_{local}	:	고려하는 탱크의 중앙부 T_{sc} 에서의 국부적인 선박의 폭(m)
l_{tk}	:	화물탱크의 길이로서 횡격벽 전후방 화물탱크 중 큰쪽의 값(m)
T_{sc}	:	**4장/1.1.5.5** 에 정의된 강도계산용 흘수(m)
V_{CT}	:	중앙 화물탱크의 용적으로, l_{tk}의 값을 취하는 중앙 화물탱크의 값으로 한다.(m^3)
V_{ST}	:	선측 화물탱크의 용적으로, l_{tk}의 값을 취하는 선측 화물탱크의 값으로 한다.(m^3)

2.1.4.4 중심선상에 종격벽을 가지는 선박의 화물탱크 사이의 횡격벽에 작용하는 항내 또는 폐쇄된 수역의 정수 중 선체거더 양/음 최소전단력($Q_{sw\text{-}min\text{-}harb}$)은 다음과 같다.

$$Q_{sw-min-harb} = \pm\, 0.45 \rho g B_{local} l_{tk} T_{sc} \qquad \text{(kN)}$$

횡격벽의 전후방 화물탱크/밸러스트 탱크에 대한 $Q_{sw\text{-}min\text{-}harb}$ 값을 최대값으로 한다.

여기서,

ρ	:	액체화물의 밀도. (단, 1.025 t/m^3 이상)
g	:	중력 가속도(9.81 m/s^2)
B_{local}	:	고려하는 탱크의 중앙부 T_{sc} 에서의 국부적인 선박의 폭(m)
l_{tk}	:	화물탱크의 길이로서 횡격벽 전후방 화물탱크 중 큰쪽의 값(m)
T_{sc}	:	**4장/1.1.5.5** 에 정의된 강도계산용 흘수(m)

2.2 국부 정하중

2.2.1 일 반

2.2.1.1 다음의 정적하중을 고려하여야 한다.

(a) 정 수압

(b) 정 탱크압

(c) 탱크 초과압

(d) 정 갑판하중

2.2.2 정수압

2.2.2.1 정수압(P_{hys})은 다음식에 의한 값으로 한다.

$$P_{hys} = \rho_{sw} g (T_{LC} - z) \qquad \text{(kN/m}^2\text{)}$$

여기서,

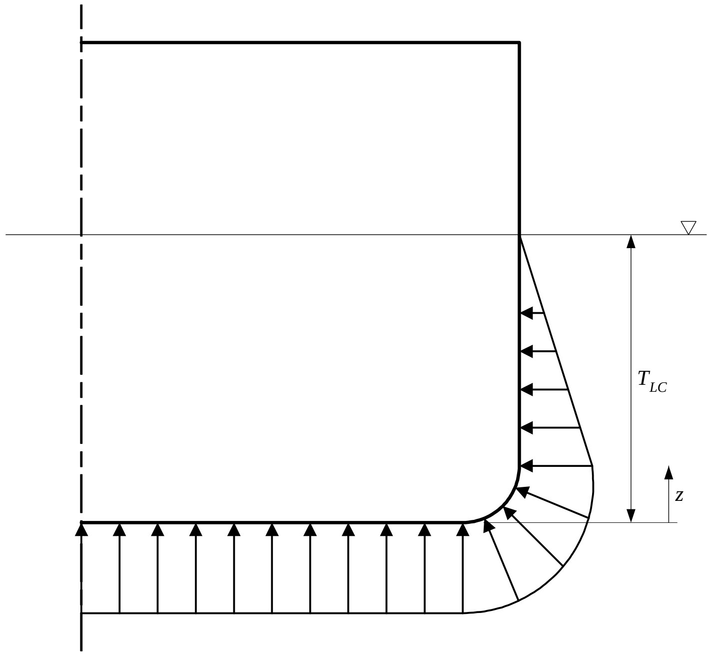
z : 하중점의 수직좌표(m)로서, T_{LC} 미만으로 한다.(**그림 7.2.2** 참조)

ρ_{sw} : 해수의 밀도(1.025 t/m^3)

T_{LC} : 고려하는 적하상태에 상응하는 흘수(m)

g : 중력가속도(9.81m/s^2)

그림 7.2.2
정수압



2.2.3 정 탱크압

2.2.3.1 정탱크압(P_{in-tk})는 다음식에 의한 값으로 한다.

$$P_{in-tk} = \rho g z_{tk} \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

z_{tk} : 탱크 최상단에서 하중점까지의 수직거리(m)(**그림 7.2.3** 참조).

ρ : 탱크내의 액체밀도(t/m^3)로서, 다음값 이상으로 한다. (**2장/3.1.8** 참조)

0.9 (피로강도 평가시의 액체화물)

1.025(그 외의 경우)

g : 중력가속도(9.81m/s^2)

2.2.3.2 밸러스트수의 교환 중에서 주수/초과주수에 대한 정탱크압(P_{in-air})는 다음식에 의한 값으로 한다.

$$P_{in-air} = \rho_{sw} g z_{air} \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

z_{air} : 공기관 또는 넘침관의 최상단에서 하중점까지의 수직거리(m) 중 작은 것. (**그림 7.2.3** 참조)

$= z_{tk} + h_{air}$

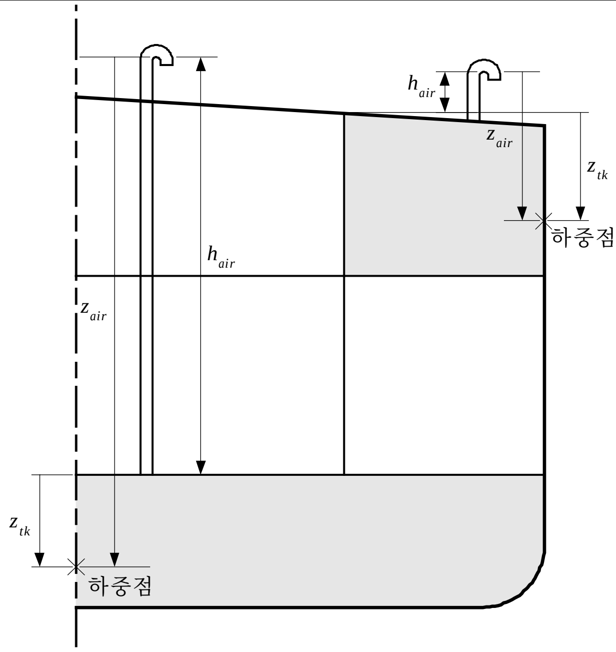
ρ_{sw} : 해수의 밀도(1.025ton/m^3)

g : 중력가속도(9.81m/s^2)

h_{air} : 공기관 또는 넘침관의 높이(m).

단, 탱크의 최상단의 0.76 이상으로서, 작은창구는 제외한다. 넘침탱크와 같이 배치되어 있지 않은 탱크에 있어서, 탱크의 정부가 노출갑판 하부로 되는 탱크의 공기관의 높이는 갑판상 0.76 m 이상이어야 한다. (**그림 7.2.3** 참조)

그림 7.2.3
정탱크압의 계산에 사용되는 압력, 수두 및 거리



2.2.3.3 밸러스트수 교환중의 주수 또는 초과주수때의 공기관 또는 넘침관에서의 액체의 흐름에 의한 부가 초과압 P_{drop} 은 25kN/m^{2}으로 한다. 배관배치에 의해 추가압력을 유발할 가능성이 있는 경우(예로서 배관이 길어지거나 밴드 및 밸브와 같은 배치)에는 추가적인 계산이 요구된다.

2.2.3.4 침수 또는 손상상태의 구획 및 탱크내의 압력 $P_{in\text{-}flood}$ 는 다음식에 따른다.

$$P_{in-flood} = \rho_{sw} g z_{flood} \quad \text{(kN/m}^2\text{)}$$

여기서,

z_{flood} : 하중점에서 적용가능한 손상시 복원성계산에 의해 계산된 평균흘수 중 최대 평균흘수까지의 수직거리. 손상시의 흘수가 불명확한 경우는 하중점에서 건현갑판까지의 수직거리(m)

ρ_{sw} : 해수밀도(1.025t/m^3)

g : 중력가속도(9.81m/s^2)

2.2.3.5　탱크시험 압력 $P_{in\text{-}test}$ 는 다음 중에서 큰값으로 하고, 시험 요건은 **표 11.5.1**을 따른다.

$P_{in-test} = \rho_{sw} g z_{test}$　　(kN/m^2)

$P_{in-test} = \rho_{sw} g z_{tk} + P_{valve}$　　(kN/m^2)

여기서,

z_{test}　: 다음의 위치 중 큰쪽에서 하중점까지의 수직거리(m)

(a)　넘침관의 최상단

(b)　탱크 정판 상부로 2.4m

z_{tk}　: 탱크의 최상부에서 하중점까지의 수직거리(m)(**그림 7.2.3** 참조)

ρ_{sw}　: 해수밀도(1.025t/m^3)

g　: 중력가속도(9.81m/s^2)

P_{valve}　: 압력개방 밸브를 설치하고 있는 경우의 압력개방 밸브의 설정압력으로 25kN/m^{2}이상으로 한다.

2.2.4　분포하중에 의한 갑판 정하중

2.2.4.1　갑판과 내저판에 분포되는 압력 P_{stat} 은 다음식에 따른다.

$P_{stat} = P_{deck}$　　(kN/m^2)

여기서,

P_{deck}　: 주기실의 갑판 및 무거운 기계부품이 있는 장소를 포함하는 선루내의 하층갑판에 있어서의 균일 분포하중 P_{deck} 는 16kN/m^2 이상이며, 갑판실의 갑판에 대한 설계압력은 **11장/1.4**의 규정에 따른다.

2.2.5　무거운 화물에 의한 갑판 정하중

2.2.5.1　무거운 중량을 가지는 화물설비나 의장품에 인접하는 구조의 치수는 설비하중이 20ton 이상인 경우, 설비하중에 작용하는 중력을 고려하여야 한다. 무거운 중량을 가지는 화물설비, 의장품 또는 구조부품의 지지구조 및 고정장치에 작용하는 하중 F_{stat} 은 다음에 따른다.

$F_{stat} = m_{un} g$　　(kN)

여기서,

m_{un}　: 설비의 질량(ton)

g　: 중력가속도(9.81 m/s^2)

3 동적 하중 성분

3.1 일 반

3.1.1 기본 성분

3.1.1.1 선체운동 및 가속도의 산식은 이절의 규정에 따른다.

3.1.1.2 기본적인 동적하중 성분에 대해서도 이절의 규정에 따르며, 기본적인 하중성분은 다음과 같다.

(a) 파랑 수직 굽힘모멘트 및 전단력

(b) 파랑 수평 굽힘모멘트

(c) 파랑 변동압

(d) 동적 탱크압력

3.1.2 하중 포락선

3.1.2.1 부재치수 요건 및 직접강도 평가에 대해서는 확률수준 10^{-8} 의 값을 이용하고, 피로강도 계산에 대해서는 확률수준 10^{-4} 의 하중을 이용한다.

3.1.2.2 부재치수 요건 및 직접강도 평가에 대해서는 비선형의 영향과 황천 시 운항을 고려한 보정 계수를 이용한다.

3.1.2.3 피로강도평가에 대해서는 계수를 이용하여 확률수준 10^{-8} 에서 10^{-4} 까지 하중으로의 조정을 행하여 필요에 따른 속도 수정계수를 적용한다.

3.1.2.4 포락값은 적용된 확률수준에서 모든 입사각의 영향을 고려한 장기예측값 이다.

3.1.3 메타센터 높이 및 횡동요 반지름

3.1.3.1 메타센터 높이 GM 및 횡동요반지름 $r_{roll\text{-}gyr}$ 은 규칙에 의한 적하상태 및 특정한 흘수에 대응한 값으로 **표 7.3.1** 에 따른다.

표 7.3.1
***GM* 및 $r_{roll\text{-}gyr}$**

	T_{LC}	GM	$r_{roll\text{-}gyr}$
화물적하시의 최대흘수	$0.9T_{sc}$ 와 T_{sc} 중간값	$0.12B$	$0.35B$
화물적하시의 경감된 흘수	$0.6T_{sc}$	$0.24B$	$0.40B$
밸러스트 항해 시	T_{bal}	$0.33B$	$0.45B$

여기서,

B : **4장/1.1.3.1**에 따른 선박의 형폭(m)

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서의 흘수(m)

T_{sc} : **4장/1.1.15.1**에 정의된 강도계산용 흘수(m)

T_{bal} : 밸러스트 흘수(m)

3.1.3.2 임의의 적하상태에 대한 GM 은 적하지침서에 따라 수정된 메타센터 높이로 한다. 임의의 적하상태 또는 황천 또는 비상 밸러스트 상태시의 GM 이 규정되지 않은 경우에 GM 은 평균흘수 $0.9T_{sc}$, 이상에 대하여는 $0.12B$ 하고, 평균흘수 $0.6T_{sc}$ 이하에 대하여는 0.24B 로 한다. 평균흘수가 상기 이외의 적하상태의 경우의 GM 은 $0.6T_{sc}$ 및 $0.9T_{sc}$ 의 값을 이용하여 선형보간법에 의하여 구한다.

3.1.3.3 임의의 적하상태 또는 황천 또는 비상 밸러스트 상태시의 $r_{roll\text{-}gyr}$ 는 적하지침서에 특별히 규정하지 않는 경우에 한하여 평균흘수 $0.9\ T_{sc}$ 이상에 대하여 $0.35B$ 로 하고, 평균흘수 0.6Tsc 이하는 0.4B 로 한다. 평균흘수가 상기 이외의 적하상태의 경우의 $r_{roll\text{-}gyr}$ 는 $0.6T_{sc}$ 및 $0.9T_{sc}$ 의 값을 이용하여 선형보간법에 의하여 구한다.

3.1.3.4 피로강도평가의 적하상태에 대하여 GM 은 적하지침서에 따라 수정된 메타센터 높이로 한다. 수정된 메타센타 높이를 적용하기 불가능한 경우 GM 은 밸러스트 적하상태에 대하여는 **표 7.3.1** 에 따르고, 만재 적하상태에 대하여는 **3.1.3.2** 에 따른다. 적하지침서에 명시하지 않는 $r_{roll\text{-}gyr}$ 의 경우 밸러스트 적하상태에 대해서는 **표 7.3.1** 에 정의된 값으로 하고, 만재 적하상태에 대해서는 **3.1.3.3** 에 따른다.

3.2 운 동

3.2.1 일 반

3.2.1.1 선체운동에 대한 포락값은 10^{-8} 의 확률수준에 의해 계산된 값으로 한다.

3.2.2 횡동요

3.2.2.1 횡동요 고유주기 U_{roll} 는 다음과 같다.

$$U_{roll} = \frac{2.30 r_{roll-gyr}}{\sqrt{GM}} \qquad \text{(secs)}$$

여기서,

GM : **3.1.3**에 따른 메타센타 높이(m)

$r_{roll\text{-}gyr}$: **3.1.3**에 따른 횡동요 회전반경(m)

3.2.2.2 횡동요 각 θ 는 다음과 같다.

$$\theta = \frac{50}{B+75}\left(1.25 - 0.025U_{roll}\right)f_{bk} \qquad \text{(rads)}$$

여기서,

f_{bk} : 1.2 빌지킬이 없는 선박

: 1.0 빌지킬이 있는 선박

B : **4장/1.1.3.1**에 정의된 선박의 형폭(m)

U_{roll} : **3.2.2.1**에 따른 횡동요 고유주기(secs)

3.2.3 종동요

3.2.3.1 종동요주기는 다음과 같이 주어진다.

$$U_{pitch} = f_V \sqrt{0.6 \frac{2\pi}{g}(1+f_T)L} \quad \text{(secs)}$$

여기서,

f_V : $1.0 + \frac{V_0}{V}\left(\frac{L}{525} - 0.67\right)$

f_T : $\frac{T_{LC}}{T_{sc}}$

V_0 : 선속 (knots)로서 다음에 따른다.

0 : 부재치수요건 및 직접강도평가의 경우

$0.75V$: 피로강도 평가의 경우

V : **4장/1.1.8.1**에 따른 최대 선속(knots)

T_{sc} : **4장/1.1.5.5**에 따른 강도계산용 흘수(m)

T_{LC} : 고려하는 적하상태의 흘수(m)

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

3.2.3.2 종동요각 φ는 다음과 같이 계산된다.

$$\varphi = 960\left(\frac{V_1}{C_b}\right)^{0.25} \frac{1}{L}\frac{\pi}{180} \quad \text{(rads)}$$

여기서,

V_1 : 선박 속력. (다만, 10knots 이상)

V : **4장/1.1.8.1**에 따른 최대 선속(knots)

C_b : **4장/1.1.9.1**에 따른 방형계수

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이

3.3 선박의 가속도

3.3.1 일 반

3.3.1.1 6 자유도의 운동에 의한 가속도를 조합한 포락값을 계산한다. 좌우 및 전후방향의 가속도 성분에는 횡동요 및 종동요로 인한 중력성분을 포함한다.

3.3.2 공통 가속도 변수

3.3.2.1 공통 가속도의 변수 a_0는 다음과 같이 주어진다.

$$a_0 = (1.58 - 0.47C_b)\left(\frac{2.4}{\sqrt{L}} + \frac{34}{L} - \frac{600}{L^2}\right)$$

여기서,

C_b : **4장/1.1.9.1**에 따른 방형계수

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

3.3.3 상하방향의 가속도

3.3.3.1 상하방향의 가속도는 어떤 위치에서도 다음에 따른다.

$$a_v = f_{prob}\sqrt{a_{heave}^2 + a_{pitch-z}^2 + a_{roll-z}^2} \qquad (\mathrm{m/s^2})$$

여기서,

a_{heave} : 상하동요에 의한 상하방향의 가속도

$= f_V a_0 g \qquad (\mathrm{m/s^2})$

$a_{pitch-z}$: 종동요에 의한 상하방향의 가속도

$$= \left(0.3 + \frac{L}{325}\right)\varphi\left(\frac{2\pi}{U_{pitch}}\right)^2 \left|x - 0.45L\right| \qquad (\mathrm{m/s^2})$$

a_{roll-z} : 횡동요에 의한 상하방향의 가속도

$$= 1.2\theta\left(\frac{2\pi}{U_{roll}}\right)^2 \left|y\right| \qquad (\mathrm{m/s^2})$$

a_0 : **3.3.2.1**에 따른 공통 가속도 매개변수

g : 중력 가속도($9.81\mathrm{m/s^2}$)

φ : **3.2.3.2**에 따른 종동요 각(rads)

U_{pitch} : **3.2.3.1**에 따른 종동요 고유주기(secs)

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

θ : **3.2.2.2**에 따른 횡동요 각(rads)

U_{roll} : **3.2.2.1**에 따른 횡동요 고유주기(secs)

x : 전후방향 좌표(m)

y : 좌우방향 좌표(m)

f_{prob} : **3.3.3.2** 및 **3.3.3.3**에 따른다.

f_V : **3.3.3.2** 및 **3.3.3.3**에 따른다.

3.3.3.2 부재치수요건 및 강도평가에 대하여 f_{prob} 는 1.0 으로, f_V 는 1.0 으로 한다.

3.3.3.3 피로강도평가에 대하여 f_{prob} 는 0.45 로, f_V 는 다음과 같다.

$$f_V = \left(\frac{C_{b-LC}}{C_b}\right)^2 \left(1.2 - \frac{L}{1000}\right)$$

여기서,

C_{b-LC} : 고려하는 적하상태에서의 방형계수

C_b : **4장/1.1.9.1**에 따른 방형계수

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

3.3.4 좌우방향의 가속도

3.3.4.1 좌우방향의 가속도는 어떤 위치에서도 다음에 따른다.

$$a_t = f_{prob}\sqrt{a_{sway}^2 + (g\,sin\theta + a_{roll-y})^2} \qquad (m/s^2)$$

여기서,

a_{sway} : 좌우동요 및 선수동요에 의한 좌우방향의 가속도

$= 0.3 g a_0 \qquad (m/s^2)$

a_{roll-y} : 횡동요에 의한 좌우방향의 가속도

$$= \theta\left(\frac{2\pi}{U_{roll}}\right)^2 R_{roll} \qquad (m/s^2)$$

θ : **3.2.2.2**에 횡동요 각(rads)

U_{roll} : **3.2.2.1**에 따른 횡동요 고유주기(secs)

R_{roll} : $= z - \left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2}\right)$ 또는 $z - \left(\frac{D}{2}\right)$ 중에서 큰 것(m)

g : 중력가속도(9.81 m/s^2)

a_0 : **3.3.2.1**에 따른 공통 가속도 매개변수

T_{LC} : 고려하는 적하상태에 대한 흘수(m)

D : **4장/1.1.4.1**에 따른 선박의 형깊이(m)

z : 상하방향의 좌표(m)

f_{prob} : 평가방법에 따라 **3.3.4.2** 또는 **3.3.4.3**에 규정하는 값

3.3.4.2 부재치수요건 및 강도평가에 대하여 f_{prob}는 1.0 으로 한다.

3.3.4.3 피로강도 평가에 대하여 f_{prob}는 0.5 으로 한다.

3.3.5 전후방향 가속도

3.3.5.1 전후방향의 가속도는 어떤 위치에서도 다음에 따른다.

$$a_{lng} = 0.7 f_{prob}\sqrt{a_{surge}^2 + \left(\frac{L}{325}\left(g\,sin\phi + a_{pitch-x}\right)\right)^2} \qquad (m/s^2)$$

여기서,

a_{surge} : 전후동요에 따른 전후방향의 가속도

$= 0.2 g a_0 \qquad (m/s^2)$

$a_{pitch-x}$: 종동요에 따른 전후방향의 가속도

$= f_V \phi (2\pi / U_{pitch})^2 R_{pitch} \qquad (m/s^2)$

ϕ : **3.2.3.2**에 따른 종동요 각(rads)

U_{pitch} : **3.2.3.1**에 따른 종동요 고유주기(secs)

R_{pitch} : $z-\left(\frac{D}{4}+\frac{T_{LC}}{2}\right)$ 또는 $z-\left(\frac{D}{2}\right)$ 중에서 큰 것으로 한다. (m)

g : 중력가속도(9.81 m/s^2)

a_0 : **3.3.2.1**에 따르는 가속도의 공통 매개변수

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서의 흘수(m)

D : **4장/1.1.4.1**에 따른 선박의 형깊이

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

z : 상하방향의 좌표(m)

f_{prob} : 평가방법에 따라 **3.3.5.2** 및 **3.3.5.3**에 규정하는 값

f_V : 평가방법에 따라 **3.3.5.2** 및 **3.3.5.3**에 규정하는 값

3.3.5.2 부재치수요건 및 직접강도평가에 대하여 f_{prob} 는 1.0 으로, f_V 는 1.0 으로 한다.

3.3.5.3 피로강도평가에 대하여 f_{prob} 는 0.5 로, f_V 는 1.7 로 한다.

3.4 동적 수직굽힘하중

3.4.1 파랑 수직굽힘모멘트

3.4.1.1 파랑 중 호깅 및 새깅 수직굽힘모멘트 $M_{wv\text{-}hog}$ 및 $M_{wv\text{-}sag}$ 는 다음에 따른다.

$$M_{wv-hog} = f_{prob}\,0.19 f_{wv-v} C_{wv} L^2 B C_b \qquad \text{(kNm)}$$
$$M_{wv-sag} = -f_{prob}\,0.11 f_{wv-v} C_{wv} L^2 B (C_b + 0.7)$$

여기서,

$f_{wv\text{-}v}$: **3.4.1.2** 또는 **3.4.1.3**에 따른 선박의 길이에 따른 수직 파랑 굽힘모멘트의 분포계수

C_{wv} : 조파계수로서 다음에 따른다.

$$= 10.75-\left(\frac{300-L}{100}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (150 \le L \le 300)$$

$$= 10.75 \qquad (300 < L \le 350)$$

$$= 10.75-\left(\frac{L-350}{150}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (350 < L \le 500)$$

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

B : **4장/1.1.3.1**에 따른 선박의 형폭(m)

C_b : **4장/1.1.9.1**에 따른 방형계수

3.4.1.2 부재치수요건 및 강도평가

$f_{wv\text{-}v}$: 선박의 길이에 따른 수직 파랑 굽힘모우먼트의 분포계수로서 다음과 같다

0.0 : 선수수선 또는 선미수선 위치

1.0 : 선수수선에서 0.4L 과 0.65L 사이

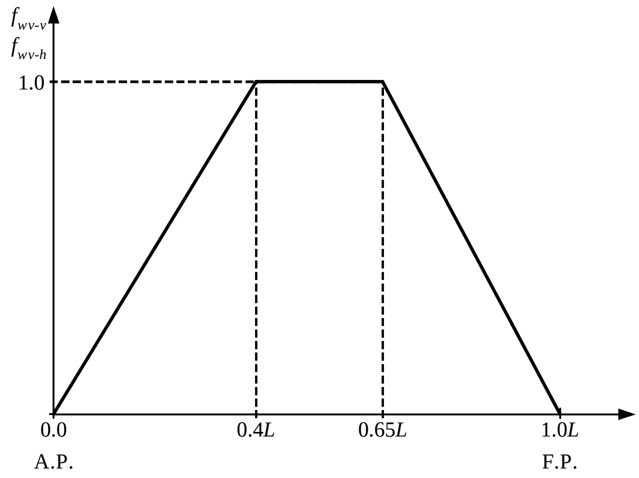
0.0 : 선수재 전면의 위치

지정한 범위내의 중간위치의 값은 선형 보간법으로 구한다. (**그림 7.3.1** 참조)

f_{prob} : 1.0

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

그림 7.3.1
부재치수요건 및 직접강도평가에 대한 수직 및 수평 파랑 굽힘모멘트 분포도



3.4.1.3 피로강도

f_{wv-v} : 선박의 길이에 따른 수직 파랑 굽힘모우먼트의 분포계수로서 다음과 같다.

0.0 : 선미수선의 위치

0.1 : 선미수선에서 0.1L

1.0 : 선미수선에서 0.4L 과 0.65L 사이

0.1 : 선미수선에서 0.9L

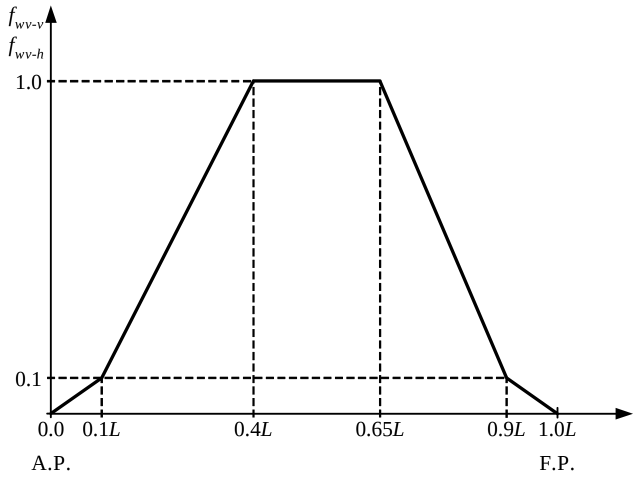
0.0 : 선수수선위치

지정한 범위내의 중간위치의 값은 선형보간법으로 구한다. (**그림 7.3.2** 참조)

f_{prob} : 0.5

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

그림 7.3.2
피로강도평가에 대한 수직 및 수평 파랑 굽힘모멘트 분포도



3.4.2 파랑 중 수평 굽힘모멘트

3.4.2.1 파랑 중 수평굽힘모멘트($M_{wv\text{-}h}$)는 다음 식에 의한다.

$$M_{wv-h} = f_{prob}(0.3 + \frac{L}{2000})f_{wv-h}C_{wv}L^2T_{LC}C_b \qquad \text{(kNm)}$$

여기서,

$f_{wv\text{-}h}$: 선박의 길이에 따른 파랑 수평 굽힘모멘트의 분포계수 (**3.4.2.2** 또는 **3.4.2.3** 참조)

C_{wv} : **3.4.1.1**에 따른 조파계수

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서의 흘수(m)

C_b : **4장/1.1.9.1**에 따른 방형계수

3.4.2.2 부재치수요건 및 강도평가

$f_{wv\text{-}h}$: 선박의 길이에 따른 수평 파랑굽힘모우먼트의 분포계수로서 다음과 같다.

0.0 : 선미수선 위치

1.0 : 선미수선에서 0.4L 과 0.65L 사이

0.0 : 선수수선 위치

지정한 범위내의 중간위치의 값은 선형보간법으로 구한다. (**그림 7.3.1**참조)

f_{prob} : 1.0

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

3.4.2.3 피로강도

$f_{wv\text{-}h}$: 선박의 길이에 따른 수평 파랑굽힘모우먼트의 분포계수로서 다음과 같다.

0.0 : 선미수선 위치

0.1 : 선미수선에서 0.1L

1.0 : 선미수선에서 0.4L 과 0.65L 사이

0.1 : 선미수선에서 0.9L

0.0 : 선수수선위치

지정한 범위내의 중간위치의 값은 선형보간법으로 구한다. (**그림 7.3.2** 참조)

f_{prob} : 0.5

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

3.4.3 파랑중 수직전단력

3.4.3.1 양과 음의 파랑중 수직전단력 $Q_{wv\text{-}pos}$ 와 $Q_{wv\text{-}neg}$ 는 다음 식과 같다.

$$Q_{wv-pos} = 0.3 f_{qwv-pos} C_{wv} LB(C_b + 0.7)$$
$$Q_{wv-neg} = -0.3 f_{qwv-neg} C_{wv} LB(C_b + 0.7) \quad \text{(kN)}$$

여기서,

$f_{qwv\text{-}pos}$: 선박의 길이에 따른 양의 파랑 수직전단력 분포계수

0.0 : 선미수선 위치

$1.59\dfrac{C_b}{(C_b+0.7)}$: 선미수선에서 0.2L 과 0.3L 사이

0.7 : 선미수선에서 0.4L 과 0.6L 사이

1.0 : 선미수선에서 0.7L 과 0.85L 사이

0.0 : 선수수선 위치

$f_{qwv\text{-}neg}$: 선박의 길이에 따른 음의 파랑 수직전단력 분포계수

0.0 : 선미수선 위치

0.92 : 선미수선에서 0.2L 과 0.3L 사이

0.7 : 선미수선에서 0.4L 과 0.6L 사이

$1.73\dfrac{C_b}{(C_b+0.7)}$: 선미수선에서 0.7L 과 0.85L 사이

0.0 : 선수수선 위치

지정한 범위 외의 임의 위치에서의 $f_{qwv\text{-}pos}$ 및 $f_{qwv\text{-}neg}$ 의 값은 선형 보간법으로 구한다. (**그림 7.3.3** 및 **7.3.4** 참조)

C_{wv} : **3.4.1.1**에 따른 조파계수

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

B : **4장/1.1.3.1**에 따른 선박의 형폭

C_b : **4장/1.1.9.1**에 방형계수

그림 7.3.3
양의 수직 파랑 전단력 분포

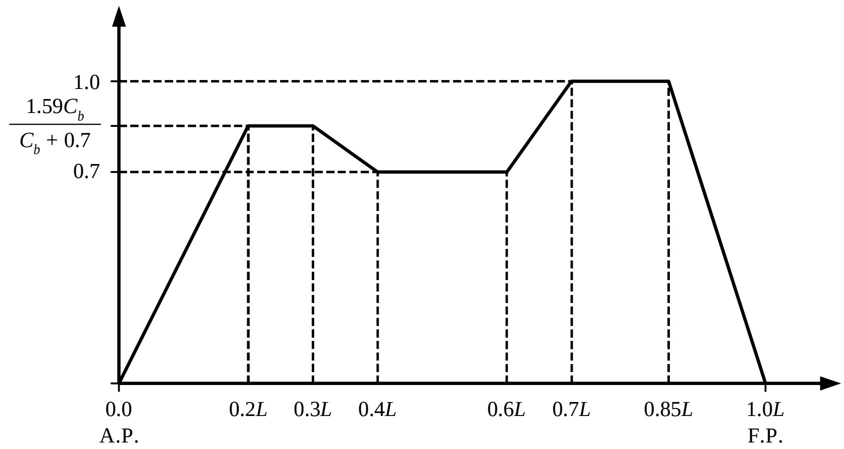
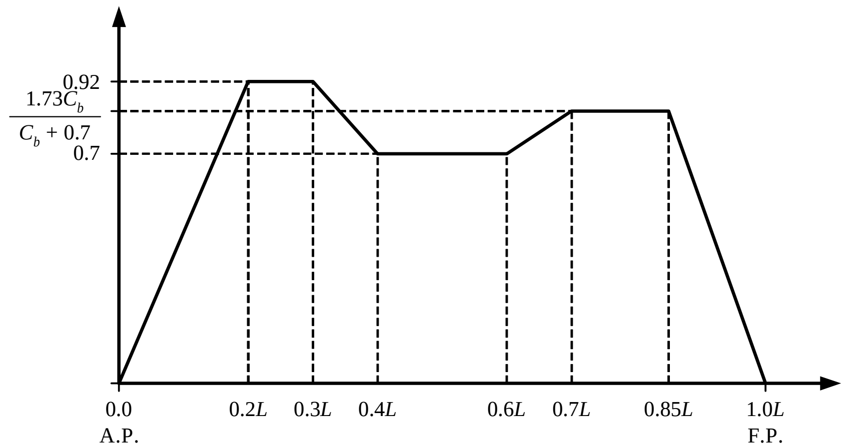


그림 7.3.4
음의 수직 파랑 전단력 분포



3.5 국부 동하중

3.5.1 일 반

3.5.1.1 이 절에서는 파랑 변동압, 탱크내의 동적압력 그리고 그린파랑하중 및 갑판상의 동적하중을 규정한다.

3.5.1.2 파랑 변동압은 **3.5.2** 에 따른다.

3.5.1.3 **3.5.3** 의 그린파랑하중은 부재치수요건 및 직접강도평가에만 적용하며, 피로강도에 대한 그린파랑하중은 0 으로 한다.

3.5.1.4 탱크내의 동적압력은 상하, 좌우, 전후방향의 가속도에 의한 내압성분의 조합이다. 하중의 성분에 대해서는 **3.5.4** 에 따른다.

3.5.1.5 갑판상의 동적하중은 **3.5.5** 및 **3.5.6** 에 따른다.

3.5.2 파랑 변동압

3.5.2.1 파랑 변동압 $P_{ex\text{-}dyn}$ 은 다음 중 큰 것으로 한다

$$P_1 = 2 f_{prob} f_{nl-P1}\left[\left(P_{11} + \frac{135 B_{local}}{4(B+75)} - 1.2(T_{LC} - z)\right) f_1 + \frac{135 B_{local}}{4(B+75)} f_2\right] \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$P_2 = 26 f_{prob} f_{nl-P2}\left[\begin{array}{l}\left(\dfrac{B_{local}}{8}\theta + f_T C_b \dfrac{0.25 B_{local} + 0.8 C_{wv}}{14}\left(0.7 + \dfrac{2z}{T_{LC}}\right)\right) f_1 \\ + \left(\dfrac{B_{local}}{8}\theta + f_T C_b \dfrac{0.25 B_{local}}{14}\left(0.7 + \dfrac{2z}{T_{LC}}\right)\right) f_2\end{array}\right] \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

B_{local} : 고려하는 적하상태에 있어서의 흘수위치의 형폭(m)으로, 0.5B 이상으로 한다.

θ : **3.2.2.2**에 정의된 횡동요 각(rads)

P_{11} : $(3 f_s + 0.8) C_{wv}$

C_{wv} : **3.4.1.1**에 따른 조파계수

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이

B : **4장/1.1.3.1**에 따른 선박의 형폭

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서의 흘수(m)

T_{sc} : **4장/1.1.5.5**에 따른 강도계산용 흘수(m)

C_b : **4장/1.1.9.1**에 따른 방형계수

f_1 $= f_{lng} - \dfrac{f_{lng}}{f_V} f_2 + f_2$

f_2 $= 0.25 f_V \left(\dfrac{4|y|}{B_{local}} - 1\right)$: $|y| < 0.25 B_{local}$

$= f_V \left(\dfrac{4|y|}{B_{local}} - 1\right)$: $|y| \geq 0.25 B_{local}$

f_T $= \dfrac{T_{LC}}{T_{sc}}$

f_s $= C_b + \dfrac{1.33}{\sqrt{C_b}}$: 선미수선 및 후부

$= C_b$: 선미수선에서 $0.2L$ 과 $0.7L$ 사이

$= C_b + \dfrac{1.33}{C_b}$: 선수수선 및 전부

위의 정해진 구간 이외의 f_s 값은 선형보간법을 이용하여 구한다.

f_{lng}

1.0 : 선미수선 및 후부

0.7 : 선미수선에서 $0.2L$ 과 $0.7L$ 사이

1.0 : 선수수선 위치 및 그 전방

위의 정해진 구간 이외의 f_{lng} 값은 선형보간법을 이용하여 구한다.

y : 좌우방향의 좌표(m)

z : 상하방향의 좌표(m)

부재치수요건 및 직접강도평가에서 $f_{nl\text{-}P1}$, $f_{nl\text{-}P2}$, f_{prob} 및 f_V 는 **3.5.2.2** 에 따르며, 피로강도는 **3.5.2.3** 에 따른다.

3.5.2.2 부재치수요건 및 직접강도평가에서 최대 파랑 변동압 $P_{ex\text{-}max}$ 및 최소 파랑 변동압 $P_{ex\text{-}min}$ 은 다음식에 따른다. (**그림 7.3.5** 및 **그림 7.3.6** 참조)

$P_{ex\text{-}max} = P_{ex\text{-}dyn}$ (kN/m^2) : z 가 흘수선보다 하방에 있는 경우

$= P_{WL} - 10(z - T_{LC})$ (kN/m^2) : $T_{LC} < z \le T_{LC} + \dfrac{P_{WL}}{10}$

$= 0$ (kN/m^2) : $z > T_{LC} + \dfrac{P_{WL}}{10}$

$P_{ex\text{-}min} = -P_{ex\text{-}dyn}$ (kN/m^2) : z 가 흘수선보다 하방에 있는 경우

$= 0$ (kN/m^2) : z 가 흘수선보다 상방에 있는 경우

$P_{ex\text{-}min}$ 는 $-\rho_{sw} g(T_{LC} - z)$ 이상으로 하여야 한다.

여기서,

$P_{ex\text{-}dyn}$: **3.5.2.1**에 정의된 파랑 변동압(kN/m^2)

$f_{prob} = 1.0$

$f_{nl\text{-}P1} = 0.9$

$f_{nl\text{-}P2} = 0.65$

$f_V = 1.0$

P_{WL} : 수선 위치에서의 압력으로, 정흘수선의 경우 $P_{ex\text{-}dyn}$ (kN/m^2)로 한다.

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서의 흘수(m)

ρ_{sw} : 해수밀도(1.025 t/m^3)

z : 상하방향의 좌표(m)

그림 7.3.5
부재 치수요건 및 직접강도평가에 대한 최대 파랑변동압의 좌우방향의 분포

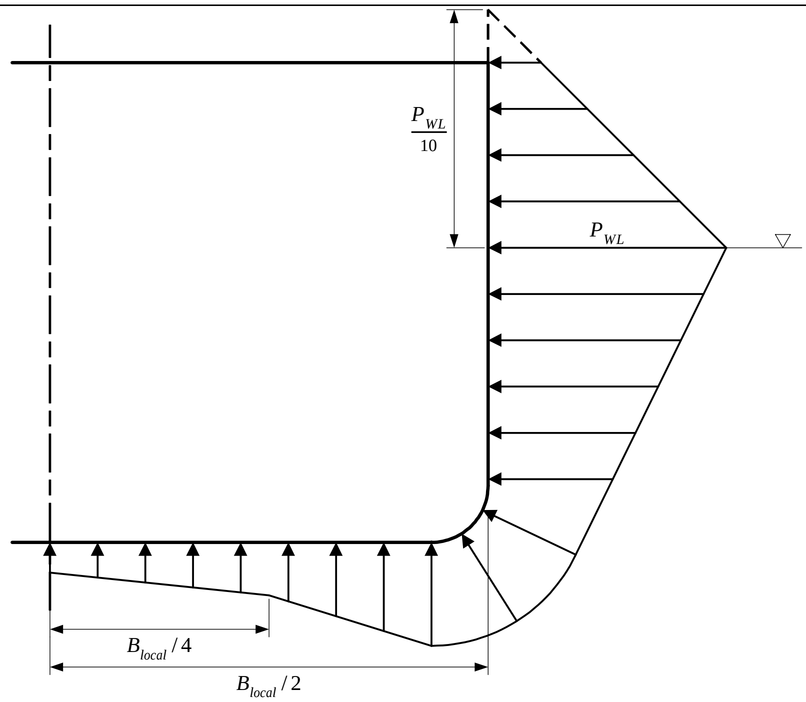
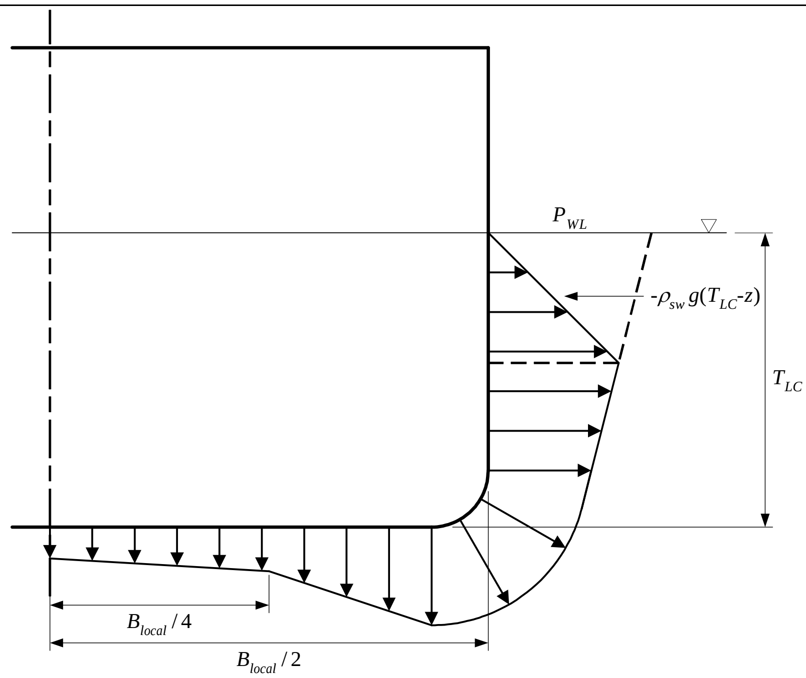


그림 7.3.6
부재치수요건 및 직접강도평가에 대한 최소 파랑변동압의 좌우방향의 분포



3.5.2.3 피로강도평가에 대한 파랑 변동압 의사 진폭(pseudo-amplitude) $P_{ex\text{-}amp}$ 는 **그림 7.3.7** 과 같으며, 다음 식에 따른다.

$P_{ex\text{-}amp} = 0$ (kN/m^2) : z 가 $T_{LC} + h_{WL}$ 또는 D 중 작은 것 이상인 경우

$= 0.5\, P_{WL}$ (kN/m^2) : z 가 흘수선상의 경우

$= P_{ex\text{-}dyn}$ (kN/m^2) : z 가 $T_{LC} + h_{WL}$ 또는 0 중 큰 것 이상인 경우

z 가 흘수선과 $T_{LC} - h_{WL}$ 사이에 있는 경우는 선형보간법에 의한다.

여기서,

h_{WL} : 정수선에서 파랑 변동압의 수두로 다음 식에 따른다.

$= P_{WL}/10$ (m)

P_{WL} : 흘수선상에서의 파랑 변동압의 최대값(kN/m^2)

$P_{ex\text{-}max}$: 최대 파랑 변동압으로 P_1 과 P_2 중 큰 것으로 한다(kN/m^2)

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서의 흘수(m)

D : **4장/1.1.4.1**에 따른 선박의 형깊이(m)

P_1 : **3.5.2**에 정의된 것으로 다음에 따른다. (kN/m^2)

$f_{prob} = 0.5$

$f_{nl\text{-}P1} = 1.0$

$f_V = 1.0$: 선미수선위치 및 선미수선에서 0.7L 사이

$= 1.0$: 선수수선위치 및 그의 전방

f_V 의 중간값은 선형보간법에 따른다.

P_2 : **3.5.2.1**에 따른 값(kN/m^2)

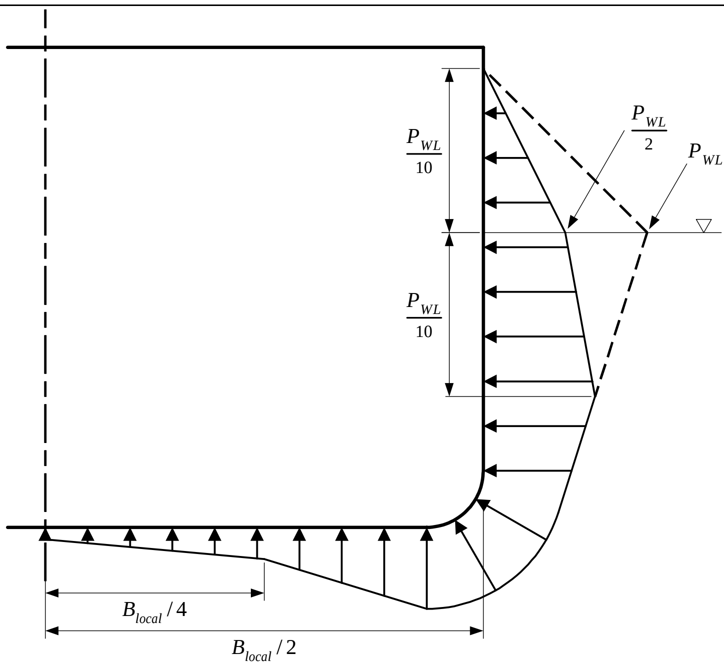
$f_{prob} = 0.5$

$f_{nl\text{-}P2} = 1.0$

$f_V = 1.0$

Z : 상하방향의 좌표(m)

그림 7.3.7
피로강도평가에 대한 파랑 변동압크기의 좌우방향분포



3.5.3 갑판의 그린 파랑하중

3.5.3.1 노출갑판 위의 그린파랑하중 P_{wdk} 은 다음 중 큰 것으로 한다.

$$P_{wdk} = f_{1-dk}\left(f_{op}P_{1-WL} - 10z_{dk-T}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$P_{wdk} = 0.8 f_{2-dk}\left(P_{2-WL} - 10z_{dk-T}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$P_{wdk} = 34.3 \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

$f_{1-dk} = 0.8 + \dfrac{L}{750}$

$f_{2-dk} = 0.5 + \dfrac{|y|}{B_{wdk}}$

f_{op} = 1.0 : 선미수선에서 0.2L 위치 및 그의 전방의 경우

= 0.8 : 선미수선의 위치 및 그의 후방의 경우

중간값은 선형보간법에 따른다.

$P_{1\text{-}WL}$: 고려하는 적하상태에 대한 정수선상의 하중 P_1(m) (**3.5.2.1** 참조)

$P_{2\text{-}WL}$: 고려하는 적하상태에 대한 정흘수선상의 하중 P_2(m) (**3.5.2.1** 참조)

$z_{dk\text{-}T}$: 정수중에서 고려하는 적하상태에 대한 흘수선에서 노출갑판까지의 거리(m)

B_{wdk} : 노출갑판에서의 형폭(m)

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 선박의 길이(m)

y : 하중점의 좌우방향의 좌표(m)

3.5.4 탱크 동적압력

3.5.4.1 상하방향의 가속도에 의한 탱크내의 동적압력 $P_{in\text{-}v}$ 는 다음에 따른다.

$P_{in-v} = \rho a_v\left(z_0 - z\right)$ (kN/m²) : 부재치수요건 및 직접강도평가의 경우

$P_{in-v} = \rho a_v\left|z_0 - z\right|$ (kN/m²) : 피로강도의 경우

여기서,

ρ : 탱크내의 액체 밀도(t/m³)로서 다음 값 미만이어서는 아니된다.
화물탱크 피로강도평가의 경우는 0.9이상, 이외는 1.025이상으로 한다.
(**2장/3.1.8** 참조)

a_v : 탱크 중심위치의 **3.3.3.1**에 따른 상하방향의 가속도(m/s²)

z : 하중점의 상하방향의 좌표(m)

z_0 : 부재치수요건 및 직접강도평가에 대한 기준점의 상하방향의 좌표(m)(**6.3.7** 참조)로서, 피로강도평가에 대하여 **3.5.4.5**를 따른다.(m)

3.5.4.2 좌우방향가속도에 의한 탱크내의 동적압력 $P_{in\text{-}t}$ 는 다음 식에 따른다.

$P_{in-t} = f_{ull-t}\rho a_t(y_0 - y)$ (kN/m^2) : 직접강도평가 및 부재치수요건의 경우

$P_{in-t} = \rho a_t|y_0 - y|$ (kN/m^2) : 피로강도평가의 경우

여기서,

ρ : 탱크내의 액체 밀도(t/m^3)로서 다음 값 미만이어서는 아니된다.
화물탱크 피로강도평가의 경우는 0.9이상, 이외는 1.025이상으로 한다.
(**2장/3.1.8** 참조)

f_{ull-t} : 화물탱크의 얼리지를 고려한 계수로서 다음에 따른다.
0.67 : 화물탱크(해수 밸러스트를 채우는 탱크를 포함)
1.0 : 밸러스트 및 기타 탱크

a_t : 탱크 중심위치의 **3.3.3.1**에 따른 좌우방향의 가속도(m/s^2)

y : 하중점의 좌우방향의 좌표(m)

y_0 : 부재치수요건 및 직접강도평가에 대한 기준점의 좌우방향의 좌표(m)(**6.3.7** 참조)로서, 피로강도평가에 대하여 **3.5.4.5**를 따른다.(m)

3.5.4.3 전후방향 가속도에 의한 탱크 동적압력 P_{in-lng} 는 다음에 따른다.

$P_{in-lng} = f_{ull-lng}\rho a_{lng}(x_0 - x)$ (kN/m^2) : 직접강도평가 및 부재치수요건의 경우

$P_{in-lng} = \rho a_{lng}|x_0 - x|$ (kN/m^2) : 피로강도의 경우

여기서,

ρ : 탱크내의 액체 밀도(t/m^3)로서 다음 값 미만이어서는 아니된다.
화물탱크 피로강도평가의 경우는 0.9이상, 이외는 1.025이상으로 한다.
(**2장/3.1.8** 참조)

$f_{ull-lng}$: 화물탱크의 얼리지를 고려한 계수로 다음에 따른다.
0.62 : 화물탱크(해수밸러스트를 채우는 탱크를 포함)
1.0 : 밸러스트 및 기타 탱크

a_{lng} : 탱크 중심위치의 **3.3.3.1**에 따른 전후방향의 가속도(m/s^2)

x : 하중점의 전후방향 좌표(m)

x_0 : 부재치수요건 및 직접강도평가에 대한 기준점의 전후방향의 좌표(m)(**6.3.7** 참조)로서, 피로강도평가에 대하여 **3.5.4.5**를 따른다.(m)

3.5.4.4 부재치수요건 및 직접강도평가의 경우, 동시에 작용하는 탱크내의 동적압력은 고려하는 동적하중상태에 대한 성분의 합으로 한다. (**6.3.7** 참조)

3.5.4.5 피로강도평가에 있어서 이웃 탱크가 비어있는 탱크의 경계에 작용하는 동적압력의 크기 P_{in-amp} 는 다음에 따른다.

$P_{in-amp} = f_v P_{in-v} + f_{ull-t} f_t P_{in-t} + f_{ull-lng} f_{lng} P_{in-lng}$ (kN/m^2)

여기서,

P_{in-v} : 3.5.4.1에 따른 상하방향의 가속도에 의한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$P_{in\text{-}t}$: 3.5.4.2에 따른 좌우방향의 가속도에 의한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$P_{in\text{-}lng}$: 3.5.4.3에 따른 전후방향의 가속도에 의한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$f_{ull\text{-}t}$: 화물탱크의 얼리지를 고려한 계수로 0.0 미만 또는 1.0보다 큰값 이어서는 아니된다.

$= \dfrac{|z_0 - z| + h_{roll}}{2h_{roll}}$: 화물탱크의 경우

$= 1.0$: 밸러스트 탱크의 경우

$f_{ull\text{-}lng}$: 화물탱크의 얼리지를 고려한 계수로 0.0 미만 또는 1.0보다 큰값 이어서는 아니된다.

$= \dfrac{|z_0 - z| + h_{pitch}}{2h_{pitch}}$: 화물탱크의 경우

$= 1.0$: 밸러스트 탱크의 경우

h_{roll} : 횡동요 높이 $= \dfrac{b_{fs} f_{prob} \theta}{2}$

h_{pitch} : 종동요 높이 $= \dfrac{l_{fs} f_{prob} \varphi}{2}$

f_{prob} : 계수로서 0.5로 한다.

θ : **3.2.2.2**에 따른 횡동요 각(rads)

φ : **3.2.3.2**에 따른 종동요 각(rads)

b_{fs} : 내저판에서의 탱크의 폭(m)(**그림 7.3.8** 참조)

l_{fs} : 내저판에서의 탱크의 폭(m)

x_0 : 기준점의 전후방향 좌표로 탱크 정부에서 탱크 길이의 중간으로 한다(m)

y_0 : 기준점의 좌우방향 좌표로 탱크 정부에서 탱크 폭의 중간으로 한다(m) (**그림 7.3.8** 참조)

z_0 : 기준점의 상하방향의 좌표로 탱크의 가장 높은 점으로 한다(m)(**그림 7.3.8** 참조)

f_v : **표 7.3.2**에 따른 압력 조합계수

f_t : **표 7.3.2**에 따른 압력 조합계수

f_{lng} : **표 7.3.2**에 따른 압력 조합계수

3.5.4.6 피로강도평가에 대하여 이웃하는 탱크가 만재된 탱크의 전후방향 경계에서 동압력의크기, $P_{in\text{-}amp}$ 은 다음에 따른다.

$$P_{in-amp} = f_v \left| P_{in-v-tk1} - P_{in-v-tk2} \right| + f_t \left| f_{ull-t-tk1} P_{in-t-tk1} + f_{ull-t-tk2} P_{in-t-tk2} \right| + f_{lng} \left| f_{ull-lng-tk1} P_{in-lng-tk1} - f_{ull-lng-tk2} P_{in-lng-tk2} \right| \quad \text{(kN/m}^2\text{)}$$

여기서,

$P_{in-v-tk1}$: 탱크1에서 상하방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$P_{in-v-tk2}$: 탱크2에서 상하방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$P_{in-t-tk1}$: 탱크1에서 좌우방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$P_{in-t-tk2}$: 탱크2에서 좌우방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$P_{in-lng-tk1}$: 탱크1에서 전후방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$P_{in-lng-tk2}$: 탱크2에서 전후방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력(kN/m^2)

$f_{ull-t-tk1}$: **3.5.4.5**에 따른 탱크1에서 얼리지를 고려한 계수

$f_{ull-t-tk2}$: **3.5.4.5**에 따른 탱크2에서 얼리지를 고려한 계수

$f_{ull-lng-tk1}$: **3.5.4.5**에 따른 탱크1에서 얼리지를 고려한 계수

$f_{ull-lng-tk2}$: **3.5.4.5**에 따른 탱크2에서 얼리지를 고려한 계수

f_v : **표 7.3.2**에 따른 압력 조합계수

f_t : **표 7.3.2**에 따른 압력 조합계수

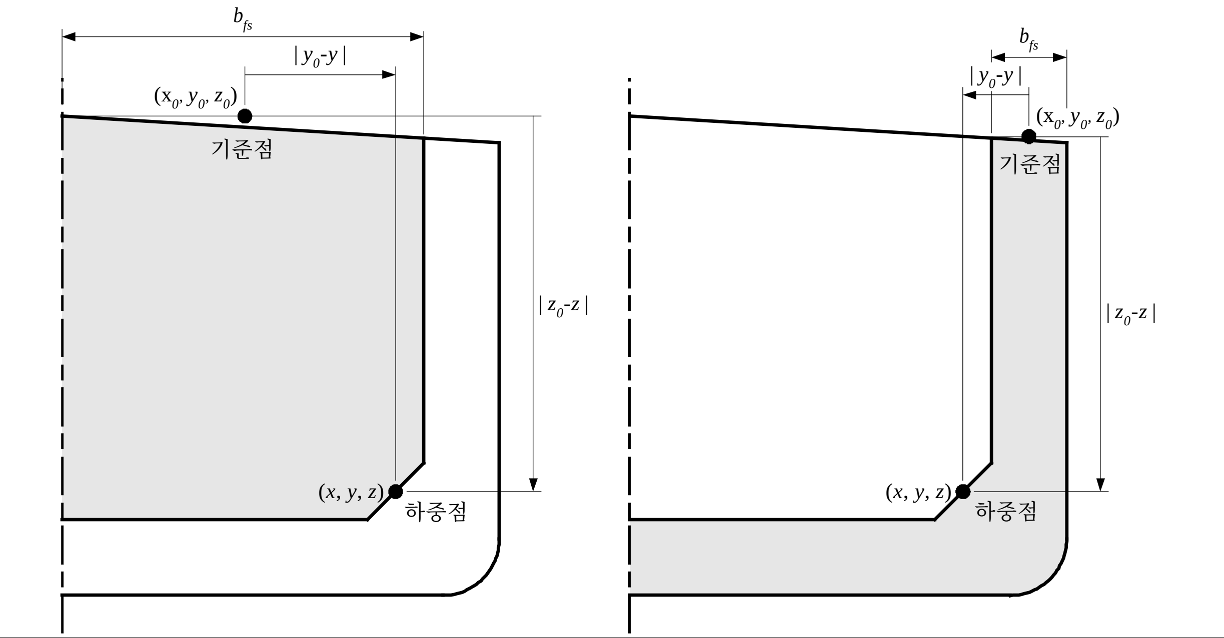
f_{lng} : **표 7.3.2**에 따른 압력 조합계수

탱크1과 탱크2는 일반적인 전후방향 경계로 이웃한다.

표 7.3.2
피로평가평가에 대한 압력 조합계수

	화물탱크	밸러스트 탱크
f_v	0.9	0.9
f_t	0.9	0.6
f_{lng}	0.4	0.4

그림 7.3.8
피로강도평가에 대하여 탱크 동적압력의 하중점 및 기준점



3.5.4.7 FE 방법에 의한 피로강도에 대하여 **그림 7.3.9** 에 설명한 상하, 좌우 및 전후방향 가속도로 인한 탱크 동적압력의 크기는 다음에 따른다.

$P_{in-v} = \rho a_v (z_0 - z)$ (kN/m^2)

$P_{in-t} = f_{ull-t} \rho a_t (y_0 - y)$ (kN/m^2)

$P_{in-lng} = f_{ull-lng} \rho a_{lng} (x_0 - x)$ (kN/m^2)

여기서,

ρ : 탱크 액체의 밀도(t/m^3) 로서 다음보다 적지 않아야 한다.
화물탱크는 0.9이상, 이외는 1.025 이상 (**2장/3.1.8** 참조)

f_{ull-t} : **3.5.4.5**에 따른 화물탱크의 얼리지를 고려한 계수

$f_{ull-lng}$: **3.5.4.5**에 따른 화물탱크의 얼리지를 고려한 계수

x : 하중점의 전후방향의 좌표(m)

y : 하중점의 좌우방향의 좌표(m)

z : 하중점의 상하방향의 좌표(m)

x_0 : 기준점의 전후방향 좌표로 탱크 정부에서 탱크 길이의 중간으로 한다. (m)

y_0 : 기준점의 좌우방향 좌표로 탱크 정부에서 탱크 폭의 중간으로 한다. (m)

z_0 : 기준점의 상하방향 좌표로 탱크의 가장 높은 점으로 한다. (m)

a_v : **3.3.3.1**에 따른 탱크의 무게중심에서의 상하방향의 가속도(m/s^2)

a_t : **3.3.4.1**에 따른 탱크의 무게중심에서의 좌우방향의 가속도(m/s^2)

a_{lng} : **3.3.5.1**에 따른 탱크의 무게중심에서의 전후방향의 가속도(m/s^2)

그림 7.3.9(a)
상하방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력

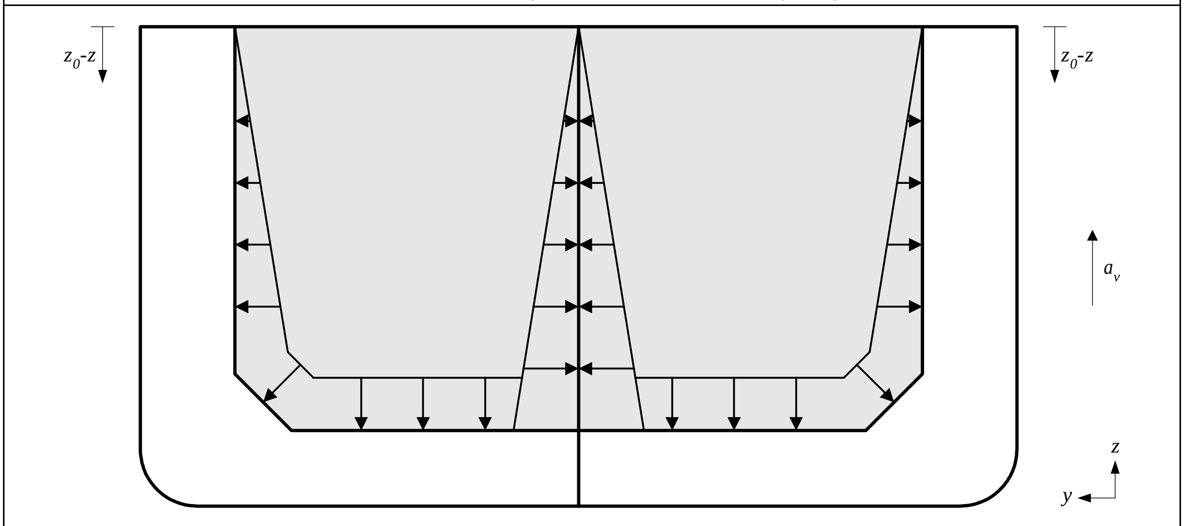


그림 7.3.9(b)
좌우방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력

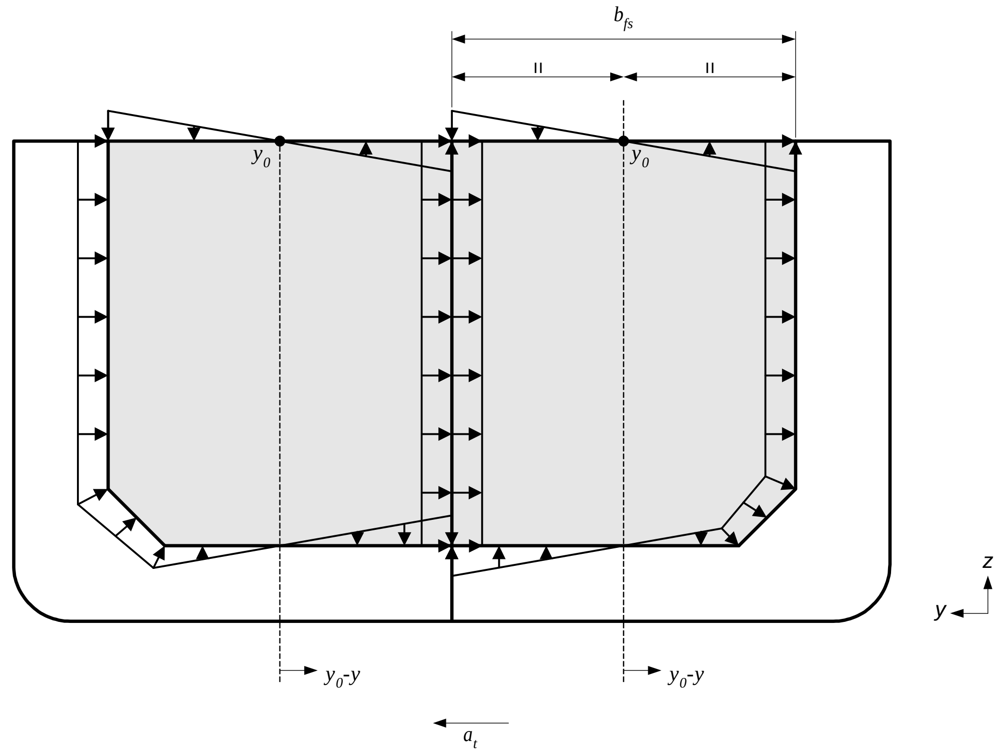
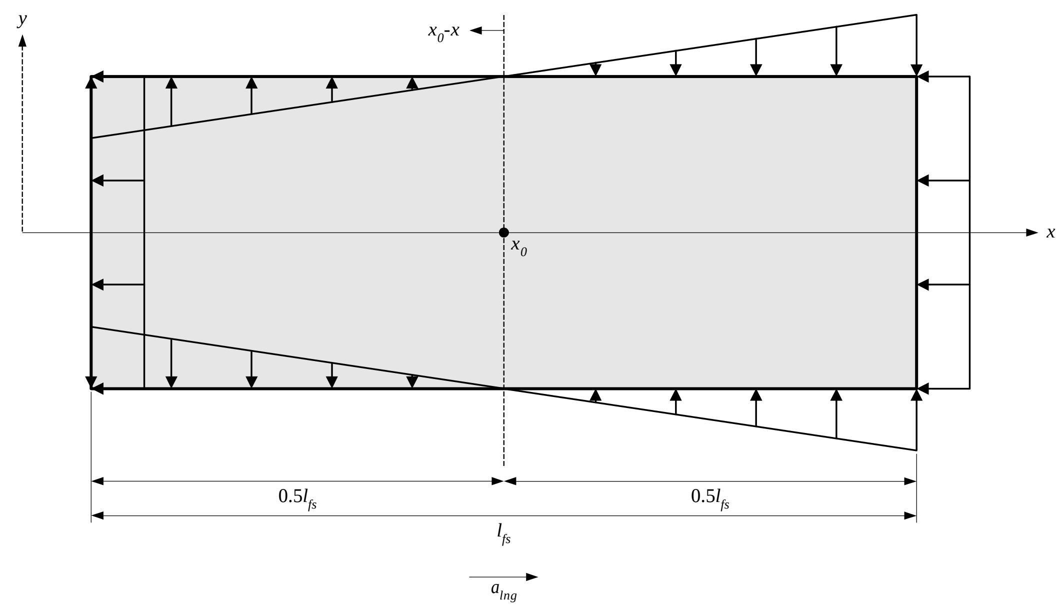


그림 7.3.9(c)
화물탱크에 대한 전후방향의 가속도로 인한 탱크 동적압력



3.5.5 분포하중으로 인한 갑판 동하중

3.5.5.1 갑판, 내저판 및 창구덮개 등에 작용하는 갑판 동적압력 $P_{deck\text{-}dyn}$ 는 다음에 따른다.

$$P_{deck-dyn} = P_{deck} \frac{a_v}{g} \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

a_v : **3.3.3.1**에 따른 상하방향의 가속도(m/s^2)

P_{deck} : **2.2.4.1**에 따른 하부갑판 및 선루내의 갑판의 균일 분포하중(kN/m^2)

g : 중력가속도(9.81 m/s^2)

3.5.6 무거운 적재물로 인한 동적하중

3.5.6.1 화물, 장비 또는 구조성분을 위한 지지구조물 및 고박설비에 대한 상하, 좌우, 전후방향으로 작용하는 갑판 동적하중 F_v, F_t, F_{lng} 은 다음에 따른다.

$$F_v = m_{un} a_v \quad (\text{kN})$$

$$F_t = m_{un} a_t \quad (\text{kN})$$

$$F_{lng} = m_{un} a_{lng} \quad (\text{kN})$$

여기서,

m_{un} : 단위 질량(ton)

a_v : **3.3.3.1**에 따른 고려하는 중량물의 중심에서의 상하방향의 가속도(m/s^2)

a_t : **3.3.4.1**에 따른 고려하는 중량물의 중심에서의 좌우방향의 가속도(m/s^2)

a_{lng} : **3.3.5.1**에 따른 고려하는 중량물의 중심에서의 전후방향의 가속도(m/s^2)

4 슬로싱 및 충격하중

4.1 일 반

4.1.1 하중성분

4.1.1.1 탱크내의 슬로싱 압력, 선수부 충격압력 및 선수선저부 슬래밍 압력은 이 절의 규정에 따른다.

4.2 탱크내의 슬로싱 압력

4.2.1 적용 및 제한

4.2.1.1 **4.2.2** 내지 **4.2.4**에 규정하는 슬로싱 압력은 선체운동에 의한 탱크내의 액체의 자유운동에 따르는 압력이다.

4.2.1.2 탱크내의 슬로싱압력은 탱크 경계나 내부부재에 대하여 높은 속력으로 부딪치는 충격압력의 영향은 포함하지 않는다. 유효슬로싱 폭 b_{slh} 가 $0.56B$ 를 초과하는 탱크 또는 유효슬로싱 길이 l_{slh} 가 $0.13L$ 을 초과하는 탱크에 대해서는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 추가의 충격평가를 행한다. 유효슬로싱 길이와 너비, l_{slh} 와 b_{slh} 는 각각 **4.2.2.1**과 **4.2.3.1**의 규정을 따른다.

4.2.2 종방향 액체운동에 의한 슬로싱 압력

4.2.2.1 종방향 액체운동에 따른 횡 수밀격벽 및 제수격벽에 대한 특정 액체 높이에서 슬로싱 압력은 다음식에 의한다.

$$P_{slh-lng} = \rho g l_{slh} f_{slh} \left[0.4 - \left(0.39 - \frac{1.7 l_{slh}}{L} \right) \frac{L}{350} \right] \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

ρ : 탱크내의 액체 밀도(1.025 t/m^3 이상)

l_{slh} : 고려하는 액체 높이에서 유효 슬로싱 길이로서 횡 수밀격벽 및 횡 제수격벽에 대하여 각각 **4.2.2.3** 및 **4.2.2.4**와 같다.

f_{slh} : $1 - 2\left(0.7 - \frac{h_{fill}}{h_{max}} \right)^2$

L : **4장/1.1.1.1**에 따른다. (m)

h_{fill} : 내저판으로부터 액체 높이(m) (**그림 7.4.1** 참조)

h_{max} : 내저판으로부터 작은 창구를 제외한 탱크의 최대 높이(m) (**그림 7.4.1** 참조)

g : 중력가속도(9.81 m/s^2)

4.2.2.2 종방향 액체운동에 의한 슬로싱 압력 $P_{slh\text{-}lng}$ 은 전체 탱크 깊이에 걸쳐 일정한 값으로 하며, 적재 깊이를 $0.05h_{max}$ 에서 $0.95h_{max}$ 까지 0.05 h_{max} 씩 증가시켜 슬로싱 압력을 계산한 것 중 가장 큰 값으로 한다.

4.2.2.3 횡 수밀격벽 주위의 슬로싱 압력 계산에서 유효슬로싱 길이 l_{slh} 는 다음 식에 의한다.

$$l_{slh} = \frac{(1+n_{wash-t}\alpha_{wash-t})(1+f_{wf}\alpha_{wf})l_{tk-h}}{(1+n_{wash-t})(1+f_{wf})} \quad \text{(m)}$$

여기서,

$n_{wash\text{-}t}$: 탱크 내 횡 제수격벽의 수

$\alpha_{wash\text{-}t}$: 횡 제수격벽 계수,

$$= \frac{A_{opn\text{-}wash\text{-}t}}{A_{tk\text{-}t\text{-}h}}$$ (**그림 7.4.1** 참조)

α_{wf} : 횡 특설늑골 계수

$$= \frac{A_{opn\text{-}wf\text{-}h}}{A_{tk\text{-}t\text{-}h}}$$ (**그림 7.4.2** 참조)

길이에 따른 형상의 변화를 가지는 탱크 그리고/혹은 다른 형상을 가지는 특설늑골에 대해서는 횡 특설늑골 계수 α_{wf} 는 다음과 같은 모든 횡 특설늑골의 위치의 가중된 평균을 취할 수 있다.

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{A_{opn\text{-}wf\text{-}h-i}}{A_{tk\text{-}t\text{-}h-i}}}{n_{wf}}$$

$A_{opn\text{-}wash\text{-}t}$: 고려하는 유체 높이 하부에서 제수격벽 주위의 횡단면에서 개구의 총면적(m^2)

$A_{tk\text{-}t\text{-}h}$: 고려하는 유체 높이 하부에서 총 횡단면적(m^2)

$A_{opn\text{-}wf\text{-}h}$: 고려하는 유체 높이 하부에서 특설늑골 주위 횡단면에서 개구부의 총면적(m^2)

f_{wf} : 탱크 내부에서 횡 특설늑골 및 횡 제수격벽의 수에 대한 계수

$= n_{wf} \ /(1 + n_{wash\text{-}t})$

n_{wf} : 탱크 내부에서 제수격벽을 제외하고 횡 특설늑골의 수

$l_{tk\text{-}h}$: 고려하는 유체 높이에서 탱크의 길이(m)

그림 7.4.1
횡 제수격벽 계수

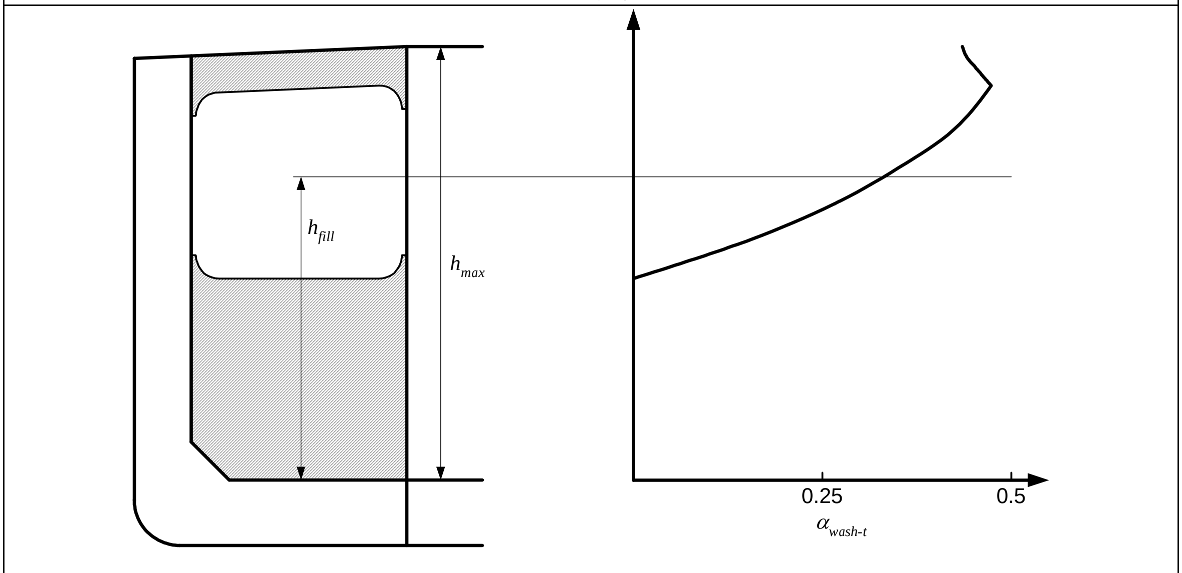
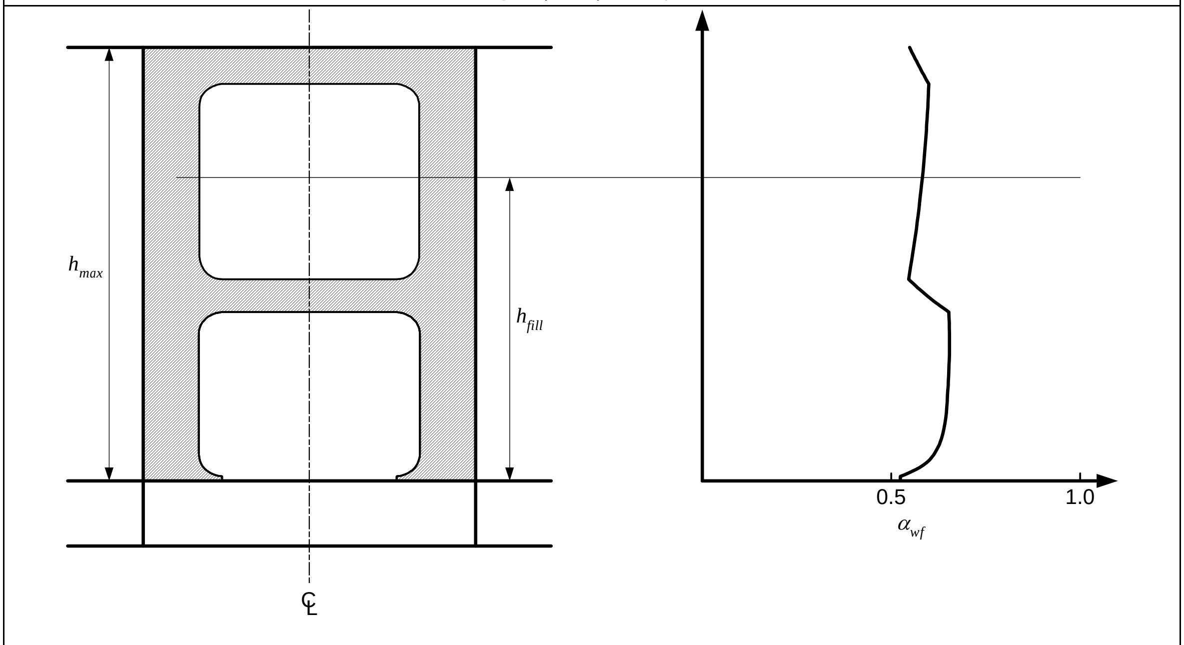


그림 7.4.2
횡 특설늑골 계수



4.2.2.4 횡 제수격벽 주위의 슬로싱 압력 계산에서 유효슬로싱 길이 l_{slh} 는 다음식에 의한다.

$$l_{slh} = \frac{\left[1+\left(n_{wash-t}-1\right)\alpha_{wash-t}\right]\left(1+f_{wf}\alpha_{wf}\right)l_{tk-h}}{\left(1+n_{wash-t}\right)\left(1+f_{wf}\right)} \quad (\mathrm{m})$$

여기서,

n_{wash-t} : 탱크내 횡 제수격벽의 수

$\alpha_{wash\text{-}t}$: 횡 제수격벽 계수,

$= \dfrac{A_{opn\text{-}wash\text{-}t}}{A_{tk\text{-}t\text{-}h}}$ (**그림 7.4.1** 참조)

α_{wf} : 횡 특설늑골 계수

$= \dfrac{A_{opn\text{-}wf\text{-}h}}{A_{tk\text{-}t\text{-}h}}$ (**그림 7.4.2** 참조)

길이에 따른 형상의 변화를 가지는 탱크 그리고/혹은 다른 형상을 가지는 특설늑골에 대해서는 횡 특설늑골 계수 $\alpha_{wf,}$ 는 다음과 같은 모든 횡 특설늑골의 위치의 가중된 평균을 취할 수 있다.

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n} \dfrac{A_{opn\text{-}wf\text{-}h-i}}{A_{tk\text{-}t\text{-}h-i}}}{n_{wf}}$$

$A_{opn\text{-}wash\text{-}t}$: 고려하는 유체 높이 하부의 제수격벽 주위 횡단면에서 개구의 총면적(m^2)

$A_{tk\text{-}t\text{-}h}$: 고려하는 유체 높이 하부의 총 횡단면적(m^2)

$A_{opn\text{-}wf\text{-}h}$: 고려하는 유체 높이 하부의 특설늑골 주위 횡단면에서 개구의 총면적(m^2)

탱크 내부에서 횡 특설늑골 및 횡 제수격벽의 수에 대한 계수

$= n_{wf}/(1 + n_{wash\text{-}t})$

n_{wf} : 탱크 내부에서 제수격벽을 제외한 횡 특설늑골의 수

$l_{tk\text{-}h}$: 고려하는 유체높이에서 탱크의 길이(m)

4.2.2.5 내부 특설늑골이 있는 탱크에서, 횡 수밀격벽 또는 제수격벽에 인접한 특설늑골에 작용하는 슬로싱압력 $P_{slh\text{-}wf}$ 은 격벽으로부터 0.25 l_{slh} 안쪽으로 위치하는 경우, 다음 식에 의한다.

$$P_{slh-wf} = P_{slh-lng}\left(1 - \frac{s_{wf}}{l_{slh}}\right)^2 \quad (kN/m^2)$$

여기서,

$P_{slh\text{-}lng}$: 종방향 액체운동에 의한 격벽에 작용하는 슬로싱 압력으로 **4.2.2.1**에 따른다.

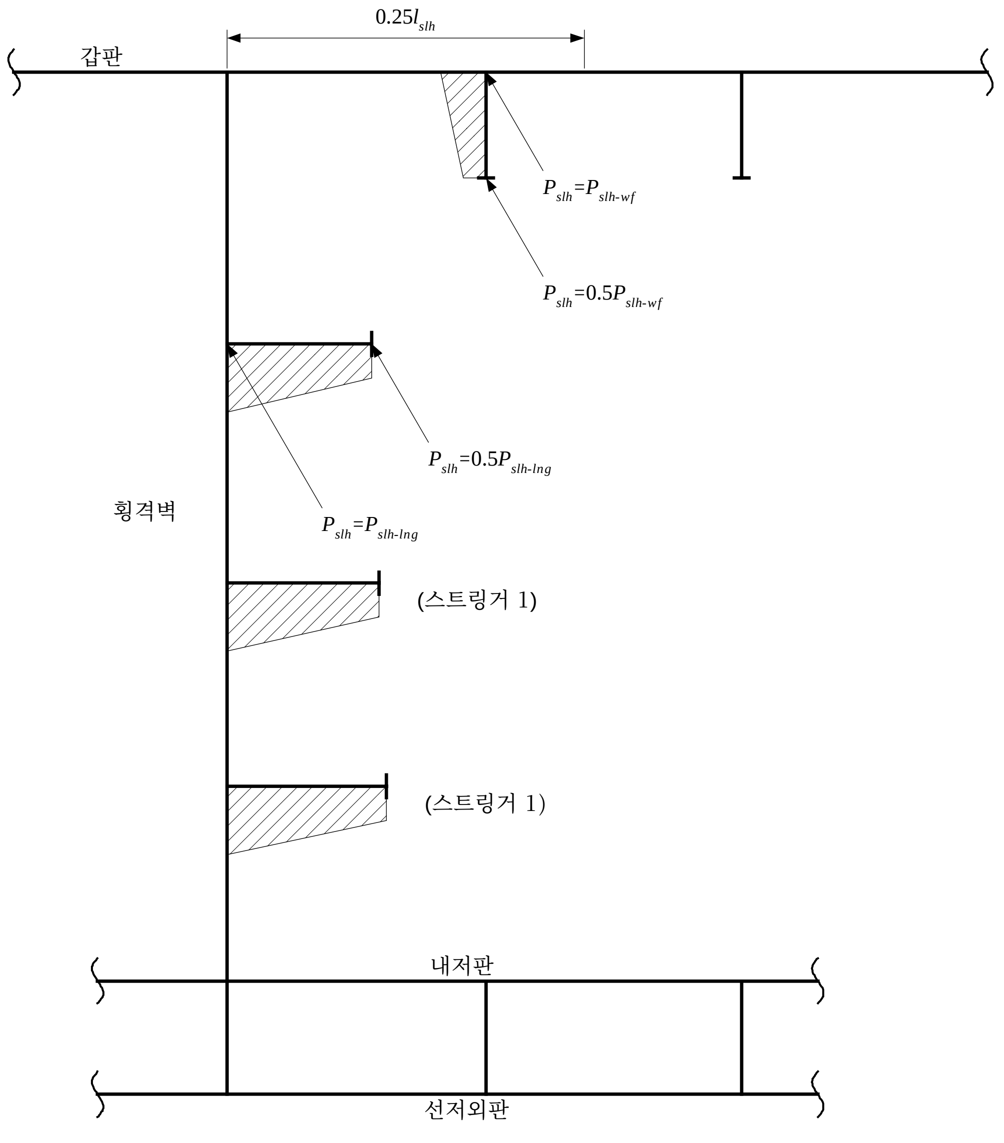
s_{wf} : 격벽으로부터 특설늑골까지의 거리(m)

l_{slh} : 횡수밀격벽 및 제수격벽에 대하여 각각 **4.2.2.3** 및 **4.2.2.4**의 정의에 따라 고려하는 유체 높이에서의 유효슬로싱 길이(m)

특설늑골의 압력분포는 **그림 7.4.3**에 따른다.

4.2.2.6 내부에 격벽 스트링거 및/또는 특설늑골이 있는 탱크에 대하여, 이러한 부재의 슬로싱 압력분포는 **그림 7.4.3**과 같다.

그림 7.4.3
스트링거 및 특설늑골의 슬로싱 압력 분포



4.2.3 횡방향 액체 운동에 의한 슬로싱 압력

4.2.3.1 횡방향 액체운동으로 인한 종 수밀격벽 및 제수격벽 주위 슬로싱 압력은 특정 액체 높이에서 다음 식과 같다.

$$P_{slh-t} = \mathbf{7}\rho g f_{slh}\left(\frac{b_{slh}}{B} - \mathbf{0.3}\right) GM^{\mathbf{0.75}} \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

ρ : 액체의 밀도(t/m^3), 1.025이상

b_{slh} : 유효슬로싱 폭(m)으로 종 수밀격벽 및 종 제수격벽에서 각각 **4.2.3.3** 및 **4.2.3.4** 에 의하며, 0.3B 이상이다.

GM : 밸러스트탱크에서 슬로싱 계산을 위한 메타센터 높이 GM 은 $0.33B$
화물탱크에서 슬로싱 계산을 위한 GM 은 $0.24B$

f_{slh} : $\mathbf{1-2\left(0.7-\frac{h_{fill}}{h_{max}}\right)^2}$

B : **4장/1.1.3.1**에 따른다. (m)

h_{fill} : 내저판으로부터의 유체높이(m)(**그림 7.4.1** 참조)

h_{max} : 내저판으로부터 작은창구를 제외한 최대 탱크 높이(m)(**그림 7.4.1** 참조)

g : 중력가속도(9.81 m/s^2)

횡방향 액체운동으로 인한 슬로싱 압력 P_{slh-t} 는 탱크의 전 깊이에 걸쳐 일정한 값으로 하며, 유체높이를 $0.05h_{max}$ 에서 $0.95h_{max}$ 까지 $0.05\ h_{max}$ 간격으로 계산한 것 중 가장 큰 값으로 한다.

4.2.3.2 종 수밀격벽 주위의 슬로싱 압력계산에서 유효 슬로싱폭 b_{slh} 은 다음과 같다.

$$b_{slh} = \frac{(1+n_{wash-lng}\alpha_{wash-lng})(1+f_{grd}\alpha_{grd})b_{tk-h}}{(1+n_{wash-lng})(1+f_{grd})} \quad \text{(m)}$$

여기서,

$n_{wash-lng}$: 탱크 내의 종제수격벽의 수

$\alpha_{wash-lng}$: 종 제수격벽 계수

$$= \frac{A_{opn-wash-lng}}{A_{tk-lng-h}}$$

α_{grd} : 거더 계수

$$= \frac{A_{opn-grd-h}}{A_{tk-lng-h}}$$

$A_{opn-wash-lng}$: 고려하는 유체높이 하부의 제수격벽 주위 종단면에서 개구의 총면적(m^2)

$A_{tk-lng-h}$: 고려하는 유체높이 하부의 탱크의 총 종단면적(m^2)

$A_{opn-grd-h}$: 고려하는 유체높이 하부의 종단면에서 개구의 총면적(m^2)

f_{grd} : 탱크 내 종거더 및 종 제수격벽를 고려한 계수
$= n_{grd}/(1 + n_{wash-lng})$

n_{grd} : 종 제수격벽을 제외하고 탱크 내 종거더의 수

b_{tk-h} : 고려하는 유체높이에서 탱크의 폭(m)

4.2.3.3 종 제수격벽의 주위 슬로싱압력을 계산하는 경우 유효슬로싱 폭 b_{slh} 은 다음과 같다.

$$b_{slh}=\frac{\left[1+\left(n_{wash-lng}-1\right)\alpha_{wash-lng}\right]\left(1+f_{grd}\alpha_{grd}\right)b_{tk-h}}{\left(1+n_{wash-lng}\right)\left(1+f_{grd}\right)}\quad \text{(m)}$$

여기서,

$n_{wash\text{-}lng}$: 탱크 내의 종 제수격벽의 수

$\alpha_{wash\text{-}lng}$: 종 제수격벽 계수

$$=\frac{A_{opn\text{-}wash\text{-}lng}}{A_{tk\text{-}lng\text{-}h}}$$

α_{grd} : 거더 계수

$$=\frac{A_{opn\text{-}grd\text{-}h}}{A_{tk\text{-}lng\text{-}h}}$$

$A_{opn\text{-}wash\text{-}lng}$: 고려하는 유체높이 하부의 제수격벽 주위 종단면에서 개구의 총면적(m^2)

$A_{tk\text{-}lng\text{-}h}$: 고려하는 유체높이 하부의 탱크의 총 종단면적(m^2)

$A_{opn\text{-}grd\text{-}h}$: 고려하는 유체높이 하부의 종단면에서 개구의 총면적(m^2)

f_{grd} : 탱크 내 종거더 및 종 제수격벽 계수

$=n_{grd}/(1+n_{wash\text{-}lng})$

n_{grd} : 종 제수격벽을 제외한 탱크 내 종거더의 수

$b_{tk\text{-}h}$: 고려하는 유체높이에서 탱크의 폭(m)

4.2.3.4 내부 종거더 또는 특설늑골이 있는 탱크에서 종 제수격벽 주위의 거더/특설늑골에서의 슬로싱 압력 $P_{slh\text{-}grd}$ 는 격벽으로부터 0.25 b_{slh} 이내에 위치할 때 다음 식에 의한다.

$$P_{slh-grd}=P_{slh-t}\left(1-\frac{s_{grd}}{b_{slh}}\right)^2\quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

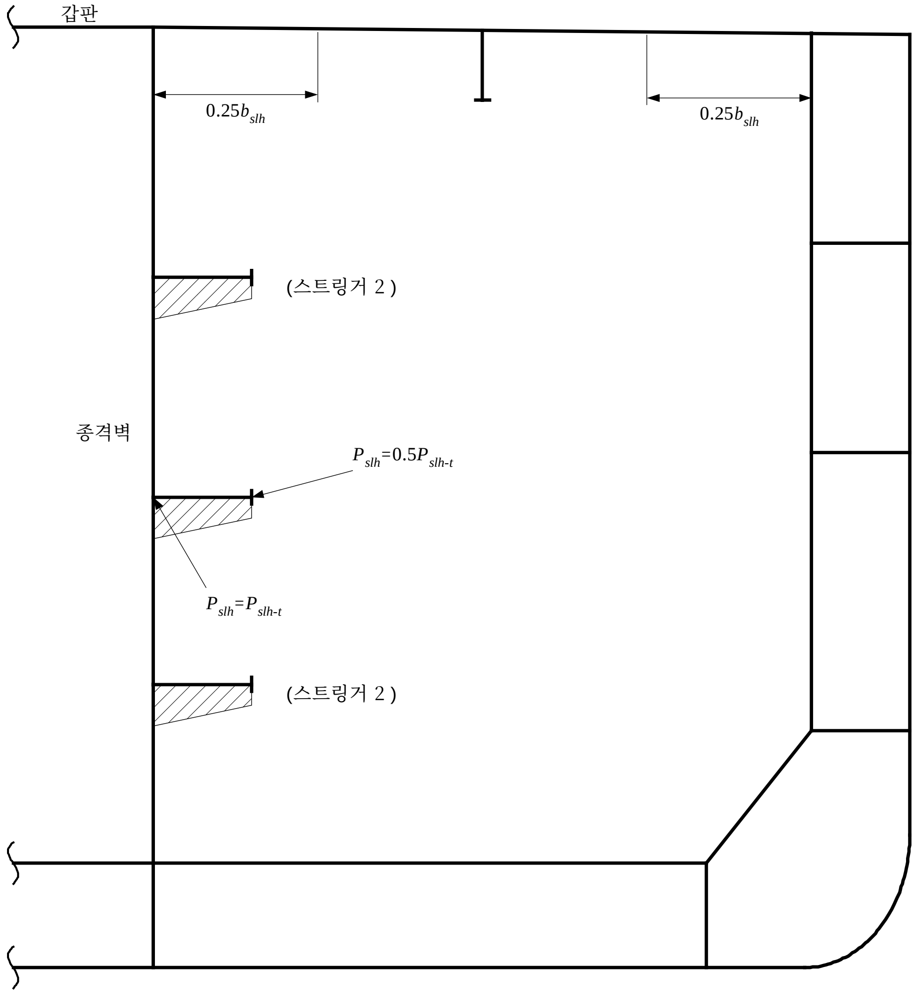
$P_{slh\text{-}t}$: 횡방향 액체운동에 의한 격벽에 작용하는 슬로싱 압력(**4.2.3.1**참조)

s_{grd} : 종격벽에서 고려하는 종거더까지의 거리(m)

b_{slh} : 유효 슬로싱폭(m)으로 종 수밀격벽 및 종 제수격벽에 대하여 각각 **4.2.3.3** 및 **4.2.3.4**에 따른다.

4.2.3.5 내부에 종스트링거, 종거더 또는 특설늑골이 있는 탱크에서 이러한 부재들에 작용하는 슬로싱 압력의 분포는 **그림 7.4.4**와 같다.

그림 7.4.4
스트링거 및 종거더의 압력분포



4.2.4 최소 슬로싱 압력

4.2.4.1 박판구조탱크를 제외한 화물 및 밸러스트 탱크에서 최소 슬로싱 압력 $P_{slh-min}$ 은 20kN/m^2 으로 한다.

4.2.4.2 박판구조 밸러스트탱크에서 최소 슬로싱 압력 $P_{slh-min}$ 은 12kN/m^2 으로 한다.

4.3 선저 슬래밍 하중

4.3.1 적용 및 제한

4.3.1.1 이 절에서의 슬래밍 하중은 C_b 가 0.7보다 크거나 같고, 슬래밍흘수가 0.02L 보다 크거나 같고, 0.045L 보다 작거나 같은 선박에 적용한다.

4.3.2 슬래밍 압력

4.3.2.1 선저슬래밍 압력 P_{slm} 은 다음 식과 같다.

$P_{slm-mt} = f_{slm} 130 g c_{slm-mt} e^{c_1}$ (kN/m^2)

$P_{slm-full} = f_{slm} 130 g c_{slm-full} e^{c_1} - c_{av} \rho g z_{ball}$ (kN/m^2)

여기서

g : 중력가속도(9.81m/s^2)

f_{slm} : 종 슬래밍 분포계수(**그림 7.4.5** 참조)

0.5L 에서 0

FP~$[0.175 - 0.5(C_{bl} - 0.7)]L$ 에서 1

FP~$[0.1 - 0.5(C_{bl} - 0.7)]L$ 에서 1

FP 의 전방에서 0.5

그 이외의 중간 값은 선형 보간법으로 계산한다.

C_{bl} : 방형계수로서 **4장/1.1.9.1**에 따른다. 단, 0.7미만이거나 0.8을 초과하지 않는다.

$c_{slm\text{-}mt} = 5.95 - 10.5\left(\frac{T_{FP-mt}}{L}\right)^{0.2}$

: 만재 밸러스트 탱크의 슬래밍 계수

$c_{slm\text{-}full} = 5.95 - 10.5\left(\frac{T_{FP-full}}{L}\right)^{0.2}$

c_1 : 계수로서 다음과 같다.

0 $L \le 180$m

$= -0.0125(L-180)^{0.705}$ $L > 180$m

$T_{FP\text{-}mt}$: **4.3.2.3**의 정의에 따른 선저슬래밍 영역의 밸러스트탱크가 비어있는 상태의 FP 에서 설계 슬래밍 밸러스트흘수(m)

$T_{FP\text{-}full}$: **4.3.2.4**의 정의에 따른 선저슬래밍 영역의 밸러스트탱크가 충만되어 있는 상태의 FP 에서 설계 슬래밍 밸러스트흘수(m)

c_{av} : 동적하중계수로서 1.25

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 규칙에 의한 길이(m)

z_{ball} : 탱크정부에서 하중점까지의 수직거리(m)

4.3.2.2 설계자는 설계 슬래밍흘수 $T_{FP\text{-}mt}$ 및 $T_{FP\text{-}ful}$ 을 제공하여야 한다.

4.3.2.3 FP 에서 설계 슬래밍흘수 $T_{FP\text{-}mt}$ 는 선저슬래밍 영역 내의 밸러스트탱크가 비어있는 모든 적하지침서상의 상태에 대한 FP 의 최소흘수 이상이어야 한다. 이것은 선저 슬래밍영역 내에서 순차적 교환방식에 의한 밸러스트 교환조건을 사용하는 탱크를 가지는 어떤 하중상태를 포함한다.

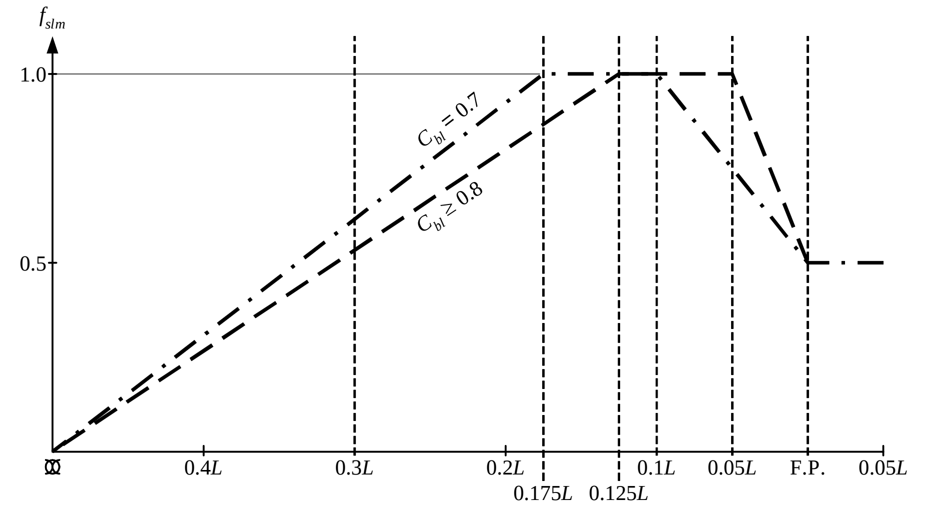
4.3.2.4 FP 에서 설계슬래밍흘수 $T_{FP\text{-}full}$ 는 선저슬래밍 영역 내의 밸러스트탱크가 충만되어 모든 적하지침서상의 상태에 대한 FP 의 최소흘수 이상이어야 한다.

이것은 선저 슬래밍영역에서 탱크가 넘침으로 교환하는 방식에 의한 밸러스트수 교환조

건을 사용하는 탱크를 가지는 어떤 적하상태를 포함한다.

4.3.2.5 적하지침은 설계슬래밍흘수 및 각 밸러스트탱크의 밸러스트수 교환방법을 명확하게 명시한다. (**8장/1.1**참조)

그림 7.4.5
슬래밍압력의 종방향분포



4.4 선수 충격 하중

4.4.1 적용 및 제한

4.4.1.1 선수충격압력은 FP 의 0.1L 후방에서 전방으로의 지역에서 선측구조 및 흘수 T_{sc} 에서 정수선과 선측 최상갑판 사이에 대하여 적용한다.

4.4.2 선수충격압력

4.4.2.1 선수충격압력 P_{im} 은 다음식과 같다.

$$P_{im} = 1.025 f_{im} c_{im} V_{im}^2 \sin\gamma \qquad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

f_{im} : 선수격벽에서 0.55
0.0125L 에서 0.9
FP 및 그 전방부에서 1.0
중간 위치에서는 선형 보간법을 이용한다.

$V_{im} = 0.514 V_{fwd} \sin\alpha_{wl} + \sqrt{L}$ (m/s)

$V_{fwd} = 0.75V$, 10 이상(knots)

V : **4장/1.1.8.1**에 따른 운항속력(knots)

$\alpha_{\omega\lambda}$: 고려하는 위치에서 수선각으로 35 도 이상(**그림 7.4.6** 참조)

γ_{wl} : 고려하는 지점에서의 외판에 수직으로 측정한 국부 선수충격각으로 50 도 이상(**그림 7.4.6** 참조)

C_{im} : 1.0 : 흘수 T_{bal} 및 T_{sc} 사이의 위치

$= \sqrt{1+cos^2[90\frac{(h_{fb}-2h_o)}{h_{fb}}]}$: 흘수 T_{sc} 이상의 위치

h_{fb} : 흘수 T_{sc} 의 수선에서 선측의 가장 높은 갑판까지의 수직거리(m)

h_o : 흘수 T_{sc} 의 수선에서 고려하는 위치까지의 거리(m)(**그림 7.4.6** 참조)

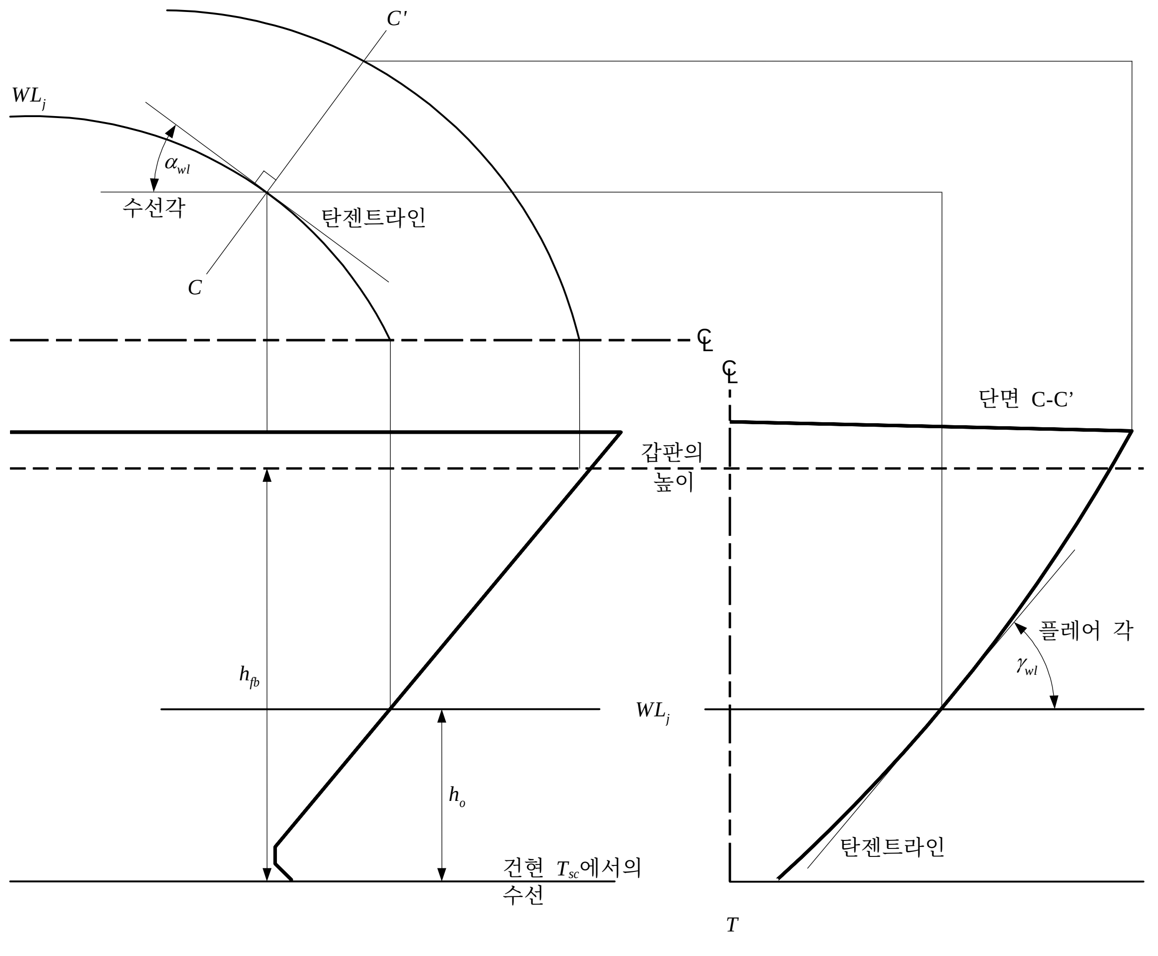
L : **4장/1.1.1.1**에 따른 규칙에 의한 길이(m)

T_{sc} : **4장/1.1.5.5**에 정의된 치수건현(m)

T_{bal} : **4장/1.1.5.2**에 정의된 통상 밸러스트 상태에서의 최소 설계밸러스트 건현(m)

WL_j : 고려하는 위치에서 수선(**그림 7.4.6** 참조)

그림 7.4.6
선수형상의 정의



5 사고 하중

5.1 침수상태

5.1.1 국부압력

5.1.1.1 침수 또는 손상 상태에서 구획 및 탱크에서 압력은 **2.2.3.4**와 같이 $P_{in\text{-}flood}$ 로 한다.

6 하중의 조합

6.1 일 반

6.1.1 적 용

6.1.1.1 설계하중조합 *S*, *S+D* 및 *A* 는 부재치수요건 및 강도평가(유한요소법)에 대한 치수계산에 사용된다. 설계하중조합은 **2장/4.2.2**에 따르며, 관련 하중 및 하중조합은 **6.2**에 따른다.

6.1.1.2 동적하중 *D* 는 여러가지 동적인 하중상태로 구성된다. 각 동적 하중상태에 대하여 **7장/3**에 따른 하중 값은 동시에 일어나는 동적하중으로 하기 위하여 동적 하중조합계수를 곱한다. 동시에 일어나는 동적하중을 계산하기 위한 절차는 **6.3**에 따른다. 동적 하중조합계수는 강도평가(유한요소법)에 대하여 **6.4**를, 부재치수요건에 대하여 **6.5**를 따른다.

6.2 설계하중의 조합

6.2.1 일 반

6.2.1.1 설계하중의 조합은 **표7.6.1**에 의한다.

표 7.6.1
설계하중상태의 조합

하중성분 \ 설계하중조합		S	S + D	A
$M_{v\text{-}total}$		$M_{sw\text{-}harb}$	$M_{sw\text{-}sea} + M_{wv}$	-
$M_{h\text{-}total}$		-	M_h	-
Q		$Q_{sw\text{-}harb}$	$Q_{sw\text{-}sea} + Q_{wv}$	-
P_{ex}	노출갑판	-	$P_{wdk\text{-}dyn}$	-
	선체	P_{hys}	$P_{hys} + P_{wv\text{-}dyn}$	-
P_{in}	밸러스트탱크(순차적교환방식)	a), b) 중 큰값 a) $P_{in\text{-}test}$ b) $P_{in\text{-}air} + P_{drop}$	$P_{in\text{-}tk} + P_{in\text{-}dyn}$	$P_{in\text{-}flood}$
	밸러스트탱크(넘침에 의한 교환방식)	a), b) 중 큰값 a) $P_{in\text{-}test}$ b) $P_{in\text{-}air} + P_{drop}$	$P_{in\text{-}air} + P_{drop} + P_{in\text{-}dyn}$	$P_{in\text{-}flood}$
	화물탱크(물밸러스트를 채우도록 설계된 화물탱크 포함)	a), b) 중 큰값 a) $P_{in\text{-}test}$ b) $P_{in\text{-}tk} + P_{drop}$	$P_{in\text{-}tk} + P_{in\text{-}dyn}$	-
	액체를 채우는 기타의 탱크	a), b) 중 큰값 a) $P_{in\text{-}test}$ b) $P_{in\text{-}air}$	$P_{in\text{-}tk} + P_{in\text{-}dyn}$	$P_{in\text{-}flood}$
	수밀 경계	-	-	$P_{in\text{-}flood}$
P_{dk}	액체를 적재하지 않은 구획 내의 갑판	P_{stat}	$P_{stat} + P_{dk\text{-}dyn}$	-
	무거운 기기를 적재한 갑판	F_{stat}	$F_{stat} + F_{dk\text{-}dyn}$	

표 7.6.1 (계속)
설계하중상태의 조합

(비 고)
1. 개별적인 하중요건은 강도평가(유한요소법) 및 치수요건에서 정할 수 있다..

여기서:

$M_{v\text{-}total}$	설계 수직굽힘모멘트(kNm)	
$M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$	항내에서의 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트(kN)	**2.1.1** 참조
$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$	항해상태에서의 정수 중 선체거더 호깅 및 새깅 허용굽힘모멘트 (kN)	**2.1.1**참조
M_{wv}	고려하는 동하중상태에서 수직파랑 굽힘모멘트(kN)	**6.3.2.1** 참조
$M_{h\text{-}total}$	설계 수평굽힘모멘트(kN)	
M_h	고려하는 동하중상태에서 수평파랑 굽힘모멘트(kN)	**6.3.3.1** 참조
Q	설계 수직전단력(kN)	
$Q_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$	항내에서의 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력의 한계	**2.1.3** 참조
$Q_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$	항해상태에서의 정수 중 선체거더 양/음 허용전단력의 한계(kN)	**2.1.3** 참조
Q_{wv}	고려하는 동하중상태에서 수직파랑전단력(kN)	**6.3.4.1** 참조
P_{ex}	설계외부압력(kN/m^2)	
P_{hys}	고려하는 흘수에서 외부 정수압(kN/m^2)	**2.2.2.1** 참조
$P_{ex\text{-}dyn}$	고려하는 동하중상태에서 동파랑 압력(kN/m^2)	**6.3.5** 참조
$P_{wdk\text{-}dyn}$	고려하는 동하중상태에서 그린파랑하중(kN/m^2)	**6.3.6** 참조
P_{in}	설계탱크압력(kN/m^2)	
$P_{in\text{-}test}$	탱크시험압력(kN/m^2)	**2.2.3.5** 참조
$P_{in\text{-}air}$	범람으로 인한 밸러스트수 교환 중에 과충수/충수 상태에서 탱크의 정압(kN/m^2)	**2.2.3.2** 참조
P_{drop}	범람으로 인한 밸러스트수 교환 중에 과충수 상태에서 공기관 또는 넘침관 내의 액체 유동에 따라 부가되는 과압(kN/m^2)	**2.2.3.3** 참조
P_{valve}	릴리프 밸브의 설치 압력(kN/m^2)	**2.2.3.5** 참조
$P_{in\text{-}tk}$	탱크의 정압(kN/m^2)	**2.2.3.1** 참조
$P_{in\text{-}dyn}$	고려하는 동하중상태에서 탱크의 동압(kN/m^2)	**6.3.7** 참조
$P_{in\text{-}flood}$	침수 또는 손상 시의 구획 및 탱크의 압력	**2.2.3.4** 참조
P_{stat}	갑판 및 내저판의 정압(kN/m^2)	**2.2.4.1** 참조
P_{dk}	설계갑판압력(kN/m^2)	
$P_{dk\text{-}dyn}$	동하중에서 갑판, 내저판 및 창구덮개의 동압(kN/m^2)	**6.3.8.1** 참조
F_{stat}	화물, 장비 또는 구조적 성분의 지지구조와 고박장치에 작용하는 하중(kN)	**2.2.5.1** 참조
$F_{dk\text{-}dyn}$	화물, 장비 또는 구조적 성분의 지지구조와 고박장치에 작용하는 동하중(kN)	**6.3.8.2** 참조

6.3 동하중의 적용

6.3.1 진행방향에 대한 수정계수 및 동하중조합계수

6.3.1.1 진행방향에 대한 수정계수 f_β 는 다음에 따른다.

f_β = 0.8 : 횡파랑 동하중 상태

= 1.0 : 기타의 동하중 상태

6.3.1.2 동시에 작용하는 동하중 계산에 사용되는 동하중조합계수는 FEM 에 의한 강도평가에 대하여 **표 7.6.2**에 따른다.(**6.4**참조) 동하중계수는 치수계산에 대하여 **표 7.6.4** 내지 **표 7.6.9**에 따른다.(**6.5**참조)

6.3.2 고려하는 동하중 상태에서 파랑 중 수직 굽힘모멘트

6.3.2.1 파랑 중 수직굽힘모멘트 M_{wv} 는 다음식과 같다.

$$M_{wv} = f_\beta f_{mv} M_{wv-hog} \quad \text{(kNm)} \qquad f_{mv} \geq 0$$

$$M_{wv} = -f_\beta f_{mv} M_{wv-sag} \quad \text{(kNm)} \qquad f_{mv} < 0$$

여기서,

$M_{wv\text{-}hog}$: **3.4.1.1**에 따른 호깅 수직파랑 굽힘모우먼트(kNm)

$M_{wv\text{-}sag}$: **3.4.1.1**에 따른 새깅 수직파랑 굽힘모우먼트(kNm)

f_{mv} : 고려하는 동하중상태에서 수직파랑굽힘모멘트에 대한 동하중조합계수(**6.3.1.2** 참조)

f_β : **6.3.1.1**에 따른 진행방향에 대한 수정계수

6.3.3 고려하는 동하중 상태에서 파랑 중 수평 굽힘모멘트

6.3.3.1 파랑중 수평굽힘모멘트 M_h 는 다음식과 같다.

$$M_h = f_\beta f_{mh} M_{wv-h} \quad \text{(kNm)}$$

여기서,

$M_{wv\text{-}h}$: **3.4.2**에 따른 수평 파형굽힘모우먼트(kNm)

f_{mh} : 고려하는 동하중상태에서 수평 파랑굽힘모멘트에 대한 동하중조합계수(**6.3.1.2** 참조)

f_β : **6.3.1.1**에 따른 진행방향에 대한 수정계수

6.3.4 고려하는 동하중상태에서 파랑 중 수직 전단력

6.3.4.1 파랑 중 수직 전단력 Q_{wv} 는 다음 식과 같다.

$$Q_{wv} = f_\beta f_{qv} Q_{wv-pos} \quad \text{(kN)} \qquad f_{qv} \geq 0$$

$$Q_{wv} = -f_\beta f_{qv} Q_{wv-neg} \quad \text{(kN)} \qquad f_{qv} < 0$$

여기서,

$Q_{wv\text{-}pos}$: **3.4.3**에 따른 양의 파랑중 수직 전단력(kN)

$Q_{wv\text{-}neg}$: **3.4.3**에 따른 음의 파랑중 수직 전단력(kN)

f_{qv} : 고려하는 동하중상태에서 수직파랑전단력에 대한 동하중 조합계수(**6.3.1.2**참조)

f_β : **6.3.1.1**에 따른 진행방향에 대한 수정계수

6.3.5 동 하중상태를 고려한 파랑 중 동 압력 분포

6.3.5.1 고려하는 동하중상태에서 화물탱크구역 내의 좌/우현에 동시에 작용하는 파랑동압력 $P_{wv\text{-}dyn}$ 는 다음에 따른다. 다만, 정수선 하부에서는 $-\rho_{sw}g(T_{LC} - z)$ 이상이고 정수선 상부에서는 0미만이어야 한다.

$$P_{wv-dyn} = P_{ctr} + \frac{|y|}{0.5B_{local}}\left(P_{bilge} - P_{ctr}\right)$$: 중앙선과 빌지 시작부 사이

$$P_{wv-dyn} = P_{bilge} + \frac{z}{T_{LC}}\left(P_{WL} - P_{bilge}\right)$$: 빌지 끝단부와 정수선 사이

$$P_{wv-dyn} = P_{WL} - 10(z - T_{LC})$$: 정수선 상방의 외판

빌지 주위의 $P_{wv\text{-}dyn}$ 중간값은 수직거리에 따른 선형보간법으로 한다.

여기서,

P_{ctr} :선저 외판에 중심선에서 파랑 중 동압력으로 다음에 따른다.

$= f_{ctr}P_{ex-max}$ (kN/m^2)

P_{bilge} : $z = 0$, $y = B_{local}/2$, 에서의 파랑 중 동압력으로 다음에 따른다.

$= f_{bilge}P_{ex-max}$ (kN/m^2)

P_{WL} :수선에서 파랑 중 동압력으로 다음에 따른다.

$= f_{WL}P_{ex-max}$ (kN/m^2)

$P_{ex\text{-}max}$: **3.5.2.2**에 따른 파랑중 최대 동압력(kN/m^2)

f_{WL} : 고려하는 동하중상태에서 정수선에서의 파랑동압력에 대한 동하중조합계수 (**6.3.1.2** 참조)

f_{bilge} : 고려하는 동하중상태에서 빌지에서의 파랑동압력에 대한 동하중조합계수 (**6.3.1.2**참조)

f_{ctr} : 고려하는 동하중상태에서 중심선에서의 파랑동압력에 대한 동하중조합계수 (**6.3.1.2**참조)

B_{local} : 고려하는 흘수에 대하여 수선에서의 폭(m)

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서의 흘수(m)

y : 횡좌표(m)

z : 수직좌표(m)

ρ_{sw} : 해수의 밀도(1.025 t/m^3)

g : 중력가속도(9.81 m/s^2)

6.3.5.2 고려하는 동하중에 대하여 화물구역 이외의 좌/우현에서 동시에 작용하는 파랑동압력 $P_{wv\text{-}dyn}$ 는 P_{ctr} 와 P_{WL} 사이의 선형보간법으로 구한다. 다만, 정수선 하부는 $-\rho_{sw}g(T_{LC} - z)$ 이상이고 정수선 상부는 0미만이어야 한다.

$P_{wv-dyn} = P_{ctr} + \frac{z}{T_{LC}}(P_{WL} - P_{ctr})$ 선저 중심선과 정수선 사이

$P_{wv-dyn} = P_{WL} - 10(z - T_{LC})$ 정수선 상부

여기서,

P_{ctr} :선저 외판에 중심선에서 파랑 중 동압력으로 다음에 따른다.

$f_{ctr} P_{ex-\max}$ (kN/m²)

P_{WL} :정수 수선에서 파랑 중 동압력으로 다음에 따른다.

$f_{wl} P_{ex-\max}$ (kN/m²)

P_{ex-max} : **3.5.2.2**에 따른 파랑중 최대 동압력(kN/m²)

f_{wl} : 고려하는 동하중에서 정수선에서의 파랑동압력에 대한 동하중조합계수 (**6.3.1.2** 참조)

f_{ctr} : 고려하는 동하중에서 선저 중심선에서의 파랑동압력에 대한 동하중조합계수 (**6.3.1.2** 참조)

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서의 흘수(m)

z : 수직좌표(m)

ρ_{sw} : 해수의 밀도(1.025 t/m³)

g : 중력가속도(9.81 m/s²)

6.3.5.3 **그림 7.6.1** 내지 **그림 7.6.3**은 동시에 작용하는 파랑 동압력을 설명한다.

그림 7.6.1
선수파의 동하중상태에 대한 파랑동압력

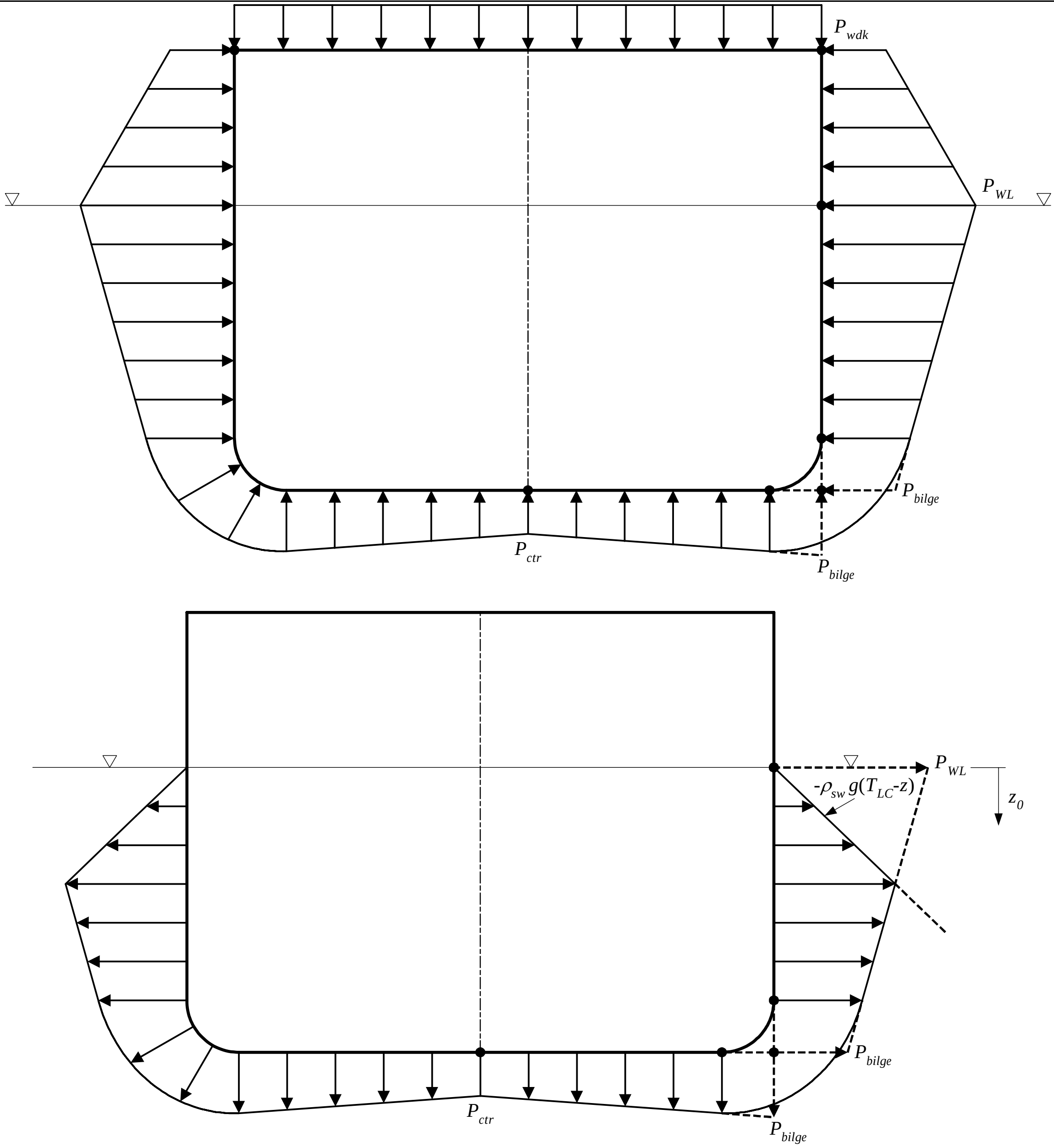


그림 7.6.2
횡파 및 사파의 동하중상태에 대한 파랑동압력

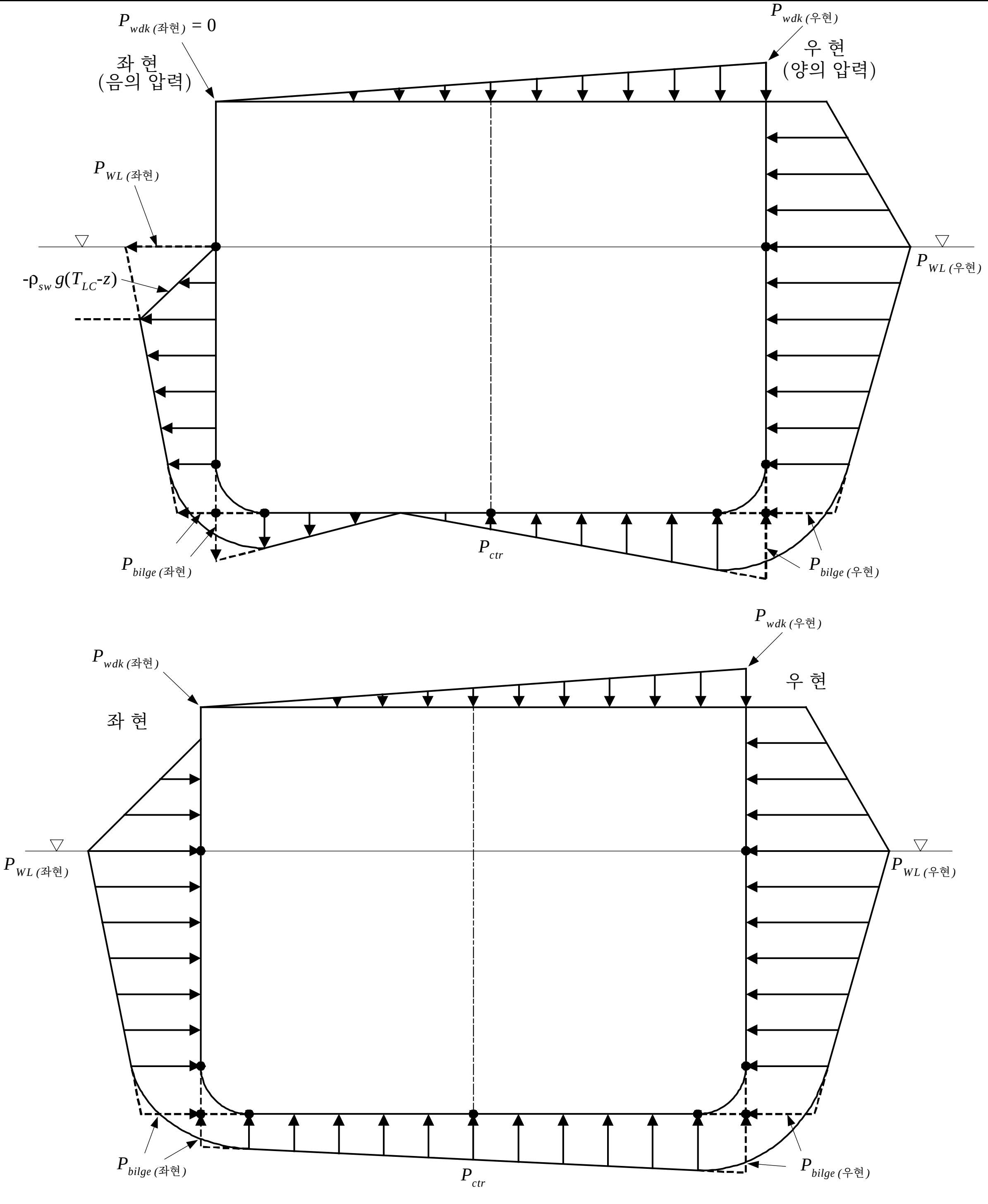
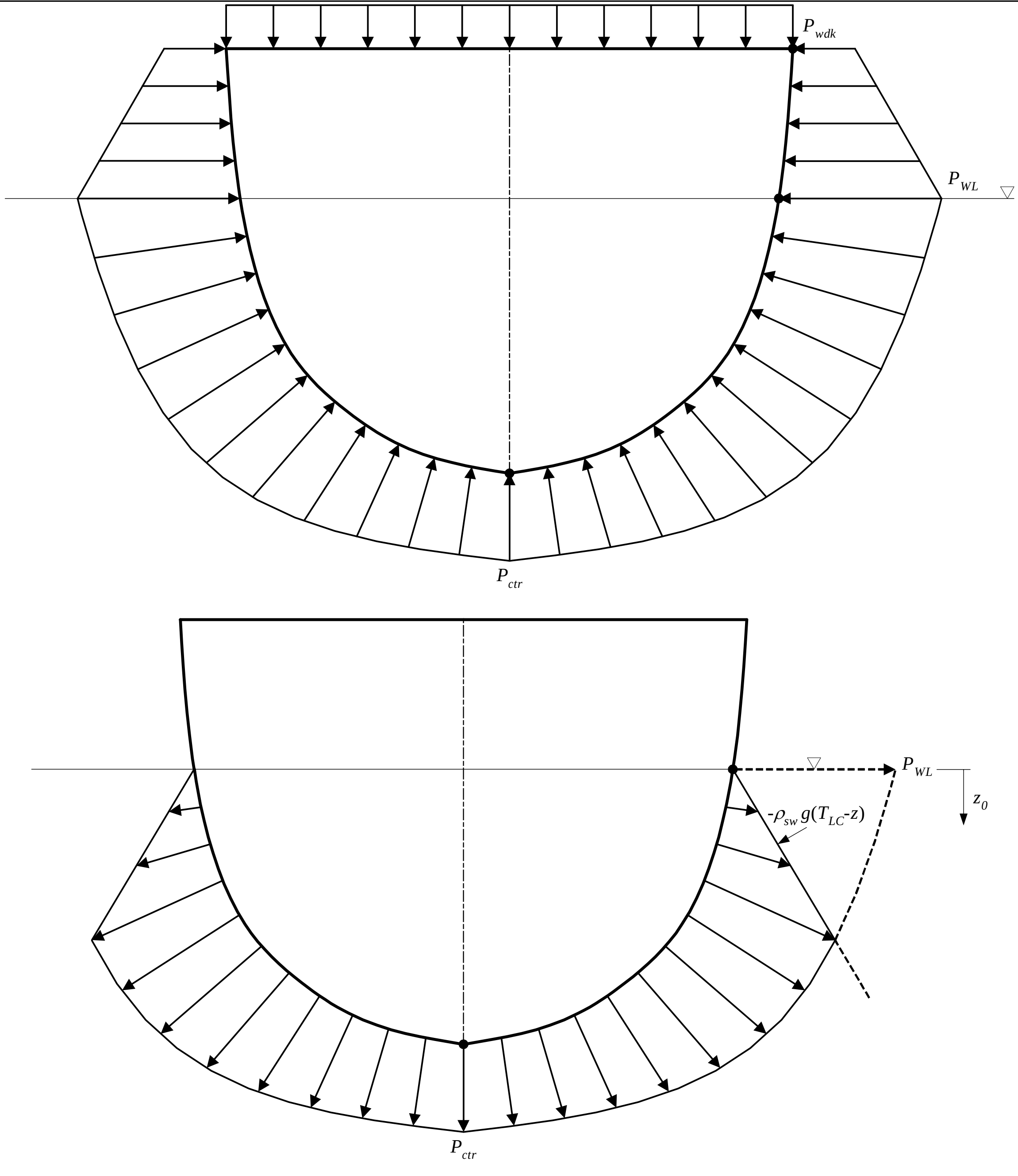


그림 7.6.3
선수 및 선미에서 파정과 파저의 압력분포



6.3.6 고려하는 동하중에서 그린 파랑 하중

6.3.6.1 강도평가에서 노출갑판에 동시에 작용하는 그린파랑하중 $P_{wdk\text{-}dyn}$ 은 $P_{wdk\text{-}pt}$ 및 $P_{wdk\text{-}stb}$ 사이의 선형보간법으로 얻는다.

좌현에서 그린파랑하중, $P_{wdk\text{-}pt}$ 는 다음 중 큰 것으로 한다.

$$P_{wdk-pt} = f_{1-dk}\left(f_{WL}\, f_{op} P_{1-WL} - 10 z_{dk-T}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$P_{wdk-pt} = 0.8\left(f_{WL} P_{2-WL} - 10 z_{dk-T}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

f_{WL} = 1.0 이고 설계 하중상태에 사용되는 선박의 흘수가 $0.9T_{sc}$ 보다 크거나 같을 경우에는 P_{wdk-pt} 는 34.3 kN/m^2 보다 작지 않아야 한다.

우현에서 그린파랑하중 $P_{wdk\text{-}stb}$ 는 다음 중 큰 것으로 한다.

$$P_{wdk-stb} = f_{1-dk}\left(f_{WL}\,f_{op}P_{1-WL} - 10z_{dk-T}\right) \qquad (\mathrm{kN/m^2})$$

$$P_{wdk-stb} = 0.8\left(f_{WL}P_{2-WL} - 10z_{dk-T}\right) \qquad (\mathrm{kN/m^2})$$

f_{WL} = 1.0 이고 설계 하중상태에 사용되는 선박의 흘수가 $0.9T_{sc}$ 보다 크거나 같을 경우에는 P_{wdk-pt} 는 34.3 kN/m^2 보다 작지 않아야 한다.

$P_{wdk\text{-}pt}$ 및 $P_{wdk\text{-}stb}$ 는 0 이상이다.

여기서,

$f_{1\text{-}dk}$ $= 0.8 + \dfrac{L}{750}$

f_{op} = 1.0 : AP 에서 0.2L 전방

= 0.8 : AP 그리고 후부

중간의 값은 선형보간법에 의한다.

$P_{1\text{-}WL}$: 고려하는 흘수에 대한 정수선에서 압력 P1(kN/m^2)(**3.5.2.1** 참조)

$P_{2\text{-}WL}$: 고려하는 흘수에 대한 정수선에서 압력 P2(kN/m^2)(**3.5.2.1** 참조)

f_{WL} : 고려하는 동하중상태에 대한 정수선에서 동파랑압력에 대한 동하중조합계수 (**6.3.1.2** 참조)

$z_{dk\text{-}T}$: 고려하는 적하상태에서의 적용 가능한 흘수의 갑판에서 정수선까지의 거리(m)

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 규칙에 의한 길이(m)

6.3.6.2 치수계산에서 노출갑판에 동시에 작용하는 그린파랑하중, $P_{wdk\text{-}dyn}$ 은 다음 중 큰 것으로 한다.

$$P_{wdk-dyn} = f_{1-dk}\left(f_{WL}\,f_{op}P_{1-WL} - 10z_{dk-T}\right) \qquad (\mathrm{kN/m^2})$$

f_{WL} = 1.0 이고 설계 하중상태에 사용되는 선박의 흘수가 $0.9T_{sc}$ 보다 크거나 같을 경우에는 P_{wdk-pt} 는 34.3 kN/m^2 보다 작지 않아야 한다.

$$P_{wdk-dyn} = 0.8\,f_{2-dk}\left(f_{WL}P_{2-WL} - 10z_{dk-T}\right) \qquad (\mathrm{kN/m^2})$$

f_{WL} = 1.0 이고 설계 하중상태에 사용되는 선박의 흘수가 $0.9T_{sc}$ 보다 크거나 같을 경우에는 P_{wdk-pt} 는 34.3 kN/m^2 보다 작지 않아야 한다.

다만, $P_{wdk\text{-}dyn}$ 는 0이상이다.

여기서,

$f_{1\text{-}dk}$ $= 0.8 + \dfrac{L}{750}$

$f_{2\text{-}dk}$ $= 0.5 + \dfrac{|y|}{B_{wdk}}$

f_{op} = 1.0 AP 에서 0.2L 전방

= 0.8 AP 그리고 후부

중간의 값은 선형보간법에 의한다.

$P_{1\text{-}WL}$: 고려하는 흘수에 대한 정수선에서 압력 P1(kN/m^2)(**3.5.2.1** 참조)

$P_{2\text{-}WL}$: 고려하는 흘수에 대한 정수선에서 압력 P2(kN/m^2)(**3.5.2.1** 참조)

f_{WL} : 고려하는 동하중 상태에 대한 정수선에서 동파랑압력에 대한 동하중조합계수, (**6.3.1.2** 참조)

y : 횡좌표(m)

$z_{dk\text{-}T}$: 고려하는 적하상태에서의 적용 가능한 흘수의 갑판에서 정수선까지의 거리(m)

B_{wdk} : 노출갑판에서 폭(m)

L : **4장/1.1.1.1**에 따른 규칙에 의한 길이(m)

6.3.7 고려하는 동하중에서 탱크동압력

6.3.7.1 화물구역의 탱크에서 동시에 작용하는 탱크동압력, $P_{in\text{-}dyn}$은 다음 식에 의한다.

$$P_{in-dyn} = f_{\beta}\left(f_v P_{in-v} + f_t P_{in-t} + f_{lng} P_{in-lng}\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

$P_{in\text{-}v}$: **3.5.4.1**에서 주어진 것처럼 수직 가속도에 따르는 탱크의 동압력(kN/m^2)으로서 기준점 z_0는 다음과 같다.

(a) 탱크정판

(b) 범람에 의한 밸러스트수 교환으로 설계된 밸러스트 탱크의 공기관의 상부 (**그림 7.6.4** 참조)

$P_{in\text{-}t}$: **3.5.4.2**에서 주어진 것처럼 횡방향가속도에 따르는 탱크의 동압력(kN/m^2)으로서 기준점 y_0는 다음과 같다.

(a) $f_t > 0$일때 좌현쪽으로 탱크정판

(b) $f_t < 0$일때 우현쪽으로 탱크정판

(**그림 7.6.5** 참조) ,

$P_{in\text{-}lng}$: **3.5.4.3**에서 주어진 것처럼 종방향가속도에 따르는 탱크의 동압력(kN/m^2)으로서 기준점 x_0는 다음과 같다.

(a) $f_{lng} > 0$ 이면 탱크의 전방격벽

(b) $f_{lng} < 0$이면 탱크의 후방격벽

(**그림 7.6.6** 참조)

f_v : 고려하는 동하중 상태에 대하여 수직가속도에 대한 동하중조합계수로 탱크의 위치에 따라 적절히 정한다. (**6.3.1.2** 참조)

f_t : 고려하는 동하중 상태에 대하여 횡가속도에 대한 동하중조합계수(**6.3.1.2** 참조)

f_{lng} : 고려하는 동하중 상태에 대하여 종가속도에 대한 동하중조합계수로 탱크의 위치에 따라 적절히 정한다. (**6.3.1.2** 참조)

f_β **: 6.3.1.1**에 따른 진행방향에 대한 수정계수

x_0 : 기준점의 종좌표(m)

y_0 : 기준점의 횡좌표(m)

z_0 : 기준점의 수직좌표(m)

(주)

평행하지 않은 탱크에서 y_0 는 기준점 x_0 에 대응하는 전방 혹은 후방 격벽으로부터 정해져야 한다.

길이방향 하중조합계수, f_{lng}=0 인 경우, y_0는 폭이 큰 격벽으로부터 정해져야 한다.

수직방향, 횡방향 및 종방향 가속도는 고려하는 탱크의 무게중심에서 정한다.

6.3.7.2 화물구역 외의 탱크에 동시에 작용하는 탱크동압력, P_{in-dyn} 은 다음에 따른다.

$$P_{in-dyn} = f_\beta\left(f_{v-mid}P_{in-v} + \left|f_t P_{in-t}\right| + \left|f_{lng}P_{in-lng}\right|\right) \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

P_{in-v} : **3.5.4.1**에서 주어진 것처럼 수직 가속도에 따르는 탱크의 동압력(kN/m^2)으로서 기준점 z_0는 다음과 같다.

(a) 탱크정판

(b) 범람에 의한 밸러스트수 교환으로 설계된 밸러스트 탱크의 공기관의 상부 (**그림 7.6.5** 참조)

P_{in-t} : 탱크의 최대폭으로 $(y_0 - y)$를 사용하여 **3.5.4.2**에서 주어진 것처럼 횡방향가속도에 따르는 탱크동압력

P_{in-lng} : 탱크의 최대길이로 $(x_0 - x)$를 사용하여 **3.5.4.3**에서 주어진 것처럼 종방향가속도에 따르는 탱크동압력

f_{v-mid} : 고려하는 동하중 상태에 있어서 수직방향 가속도에 대한 동하중 조합계수 (**6.3.1.2** 참조)

f_t : 고려하는 동하중 상태에 있어서 횡방향 가속도에 대한 동하중 조합계수 (**6.3.1.2** 참조)

f_{lng} : 고려하는 동하중 상태에 있어서 종방향 가속도에 대한 동하중 조합계수 (**6.3.1.2** 참조)

f_β : **6.3.1.1**에 따른 진행방향에 대한 수정계수

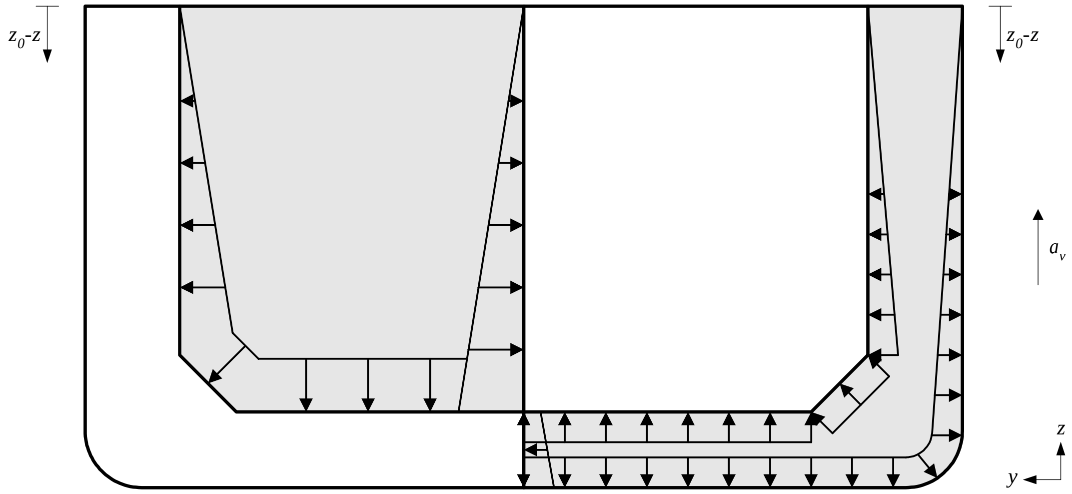
x_0 : 기준점의 종좌표(m)

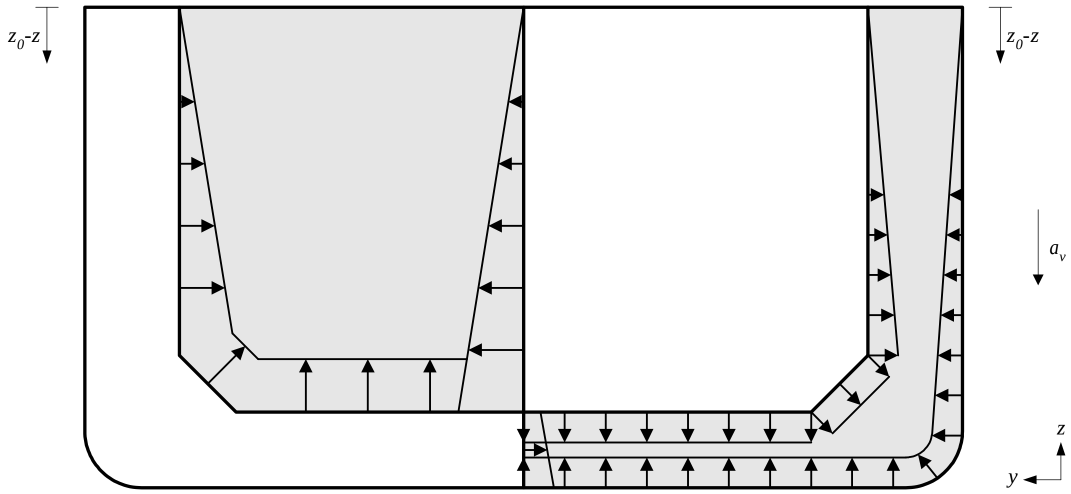
y_0 : 기준점의 횡좌표(m)

z_0 : 기준점의 수직좌표(m)

그림 7.6.4

태크의 양/음 수직가속도로 인한 화물탱크(왼쪽) 및 밸러스트탱크(오른쪽)에서 탱크의 동압력





(비 고)

탱크가 넘침으로 교환하는 방식에 의한 밸러스트수 교환을 하도록 설계된 밸러스트 탱크의 기준점 z_0 는 탱크의 공기관/넘침관 상단을 취한다.

그림 7.6.5
탱크의 음/양 횡가속도로 인한 화물탱크(왼쪽) 및 밸러스트탱크(오른쪽)에서 탱크의 동압력

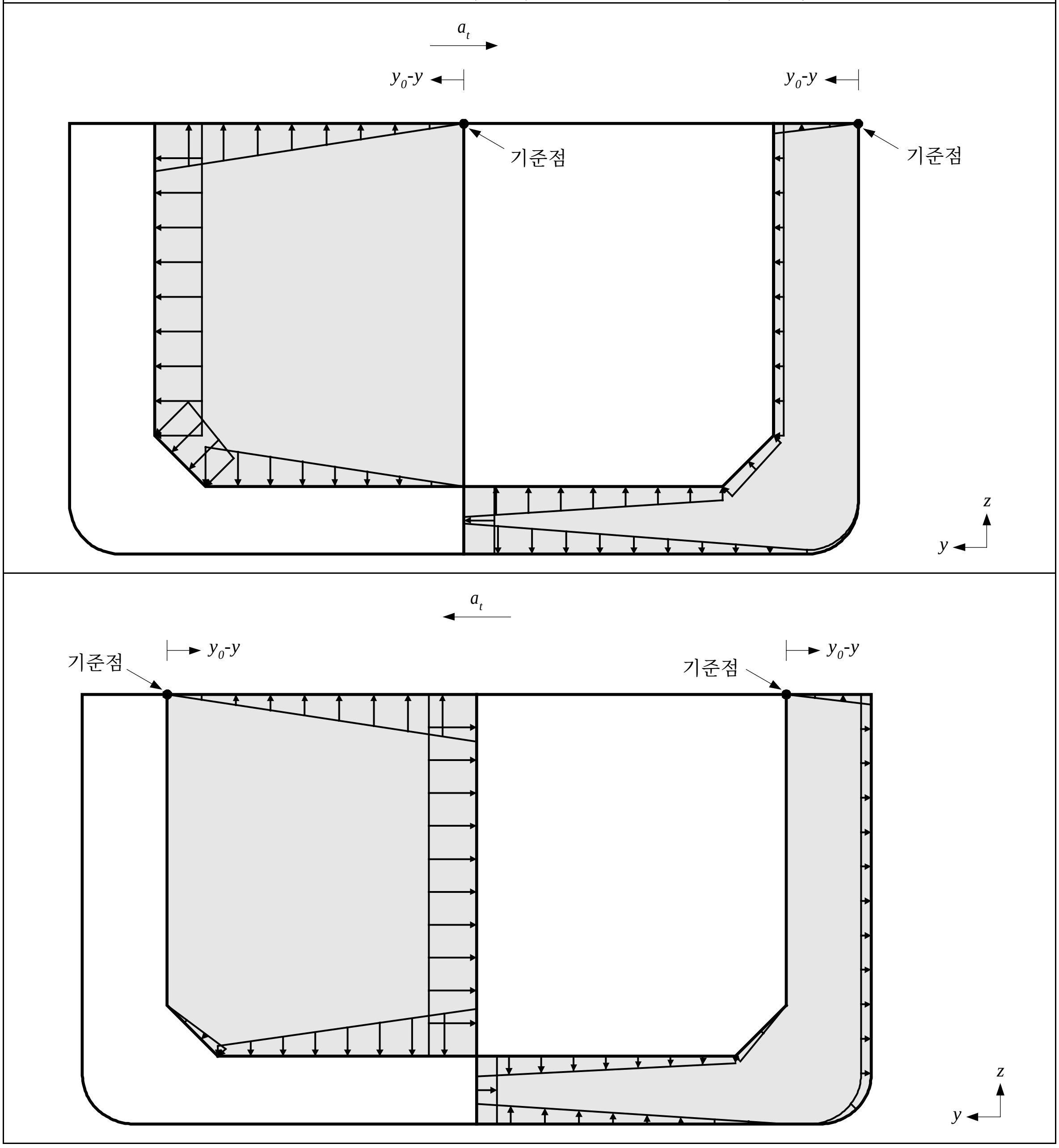
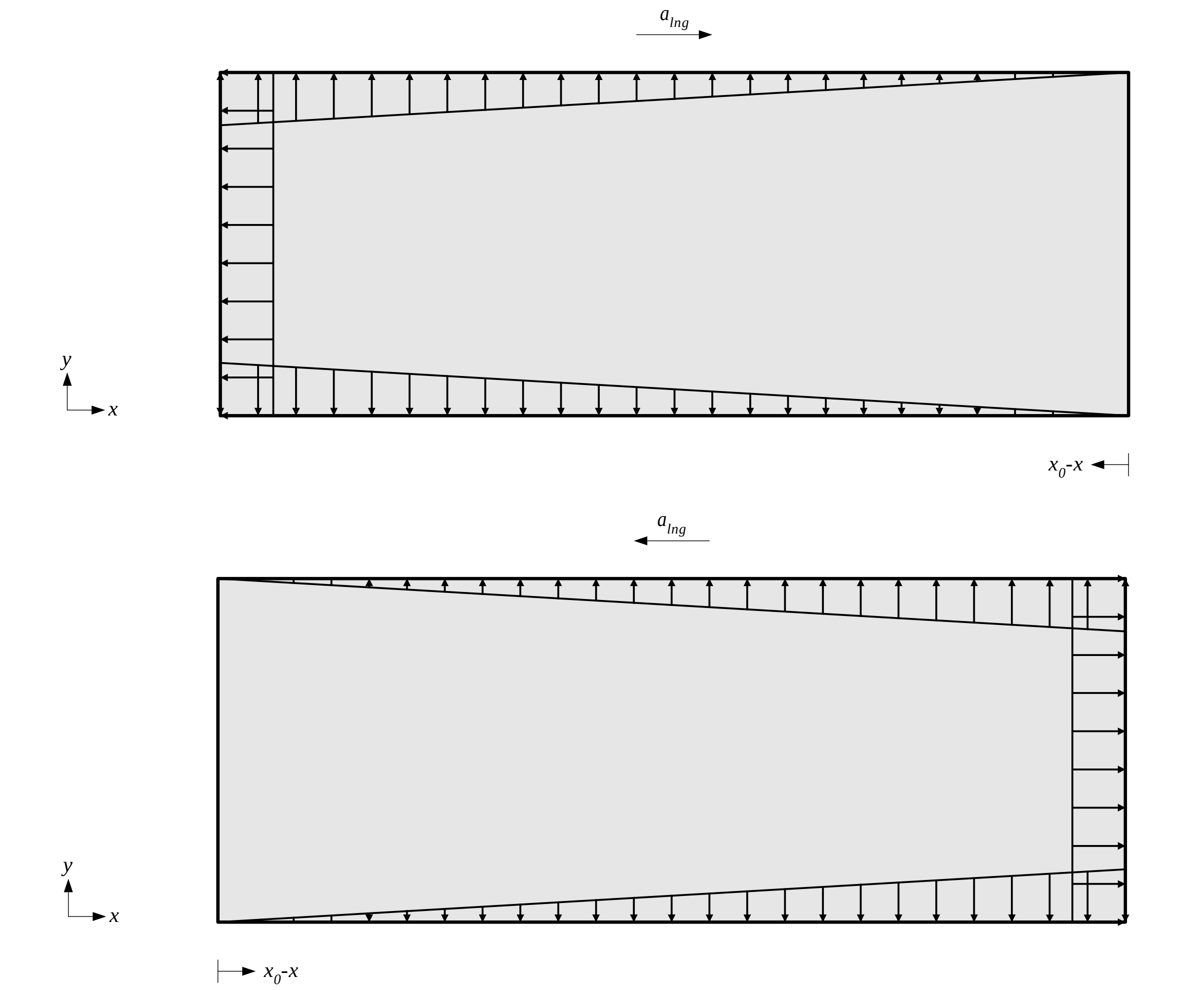


그림 7.6.6
양/음 종가속도로 인한 탱크의 동압력



6.3.8 고려하는 동하중에서 갑판의 동하중

6.3.8.1 선수루 또는 선미루가 있는 경우 상갑판 및 모든 하부갑판에서 균일분포하중에 대한 동시에 작용하는 동적갑판하중, $P_{dk\text{-}dyn}$ 은 다음에 따른다.

$$P_{dk-dyn} = f_\beta f_{v-mid} P_{deck-dyn} \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

$P_{deck\text{-}dyn}$: **3.5.5.1**에 따른 갑판, 내저판, 햇치카버에 작용하는 동적갑판하중(kN/m^2)

$f_{v\text{-}mid}$: 고려하는 동하중 상태에서 수직가속도에 대한 동하중조합계수(**6.3.1.2** 참조)

f_β : **6.3.1.1**에 따른 방향에 따른 수정계수

6.3.8.2 화물, 장비 또는 구조의 중량에 대한 지지구조 및 고박설비에 동시에 작용하는 동수직력, $F_{dk\text{-}dyn}$ 은 다음에 따른다.

$$F_{dk-dyn} = f_\beta f_{v-mid} F_v \quad (\text{kN})$$

여기서,

F_v : **3.5.6**에 따른 중량물의 수직동하중(kN)

$f_{v\text{-}mid}$: 고려하는 동하중 상태에서 수직가속도에 대한 동하중조합계수(**표 7.6.2** 및 **표 7.6.4** 내지 **표 7.6.9** 참조)

f_β : **6.3.1.1**에 따른 방향에 따른 수정계수

6.4 강도평가에서 동하중 상태 및 동하중 조합계수

6.4.1 일 반

6.4.1.1 강도 평가에서 **표 7.6.2**에 따른 동하중 상태들은 설계하중조합 $S + D$에 대한 부속서 B 의 요건에 따른다. 동시에 작용하는 동하중은 **표 7.6.2**에 따른 동하중조합계수를 사용하여 구한다.

표 7.6.2
강도평가에 대한 동 하중상태(FEM)

파도방향			선수파				횡파		사파	
최대응답			M_{wv} (Sagging)	M_{wv} (Hogging)	Q_{wv} (Sagging)	Q_{wv} (Hogging)	a_v		$M_{wv\text{-}h}$ (Hogging)	
동 하중상태			**1**	**2**	**3**	**4**	**5a**	**5b**	**6a**	**6b**
총 하중	M_{wv}	f_{mv}	-1.0	1.0	-1.0	1.0	0.0	0.0	0.4	0.4
	Q_{wv}	f_{qv}	1.0	-1.0	1.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	$M_{wv\text{-}h}$	f_{mh}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0
가속도	a_v	f_v	0.5	-0.5	0.3	-0.3	1.0	1.0	-0.1	-0.1
	a_t	f_t	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6	0.6	0.0	0.0
	a_{lng}	f_{lng}	-0.6	0.6	-0.6	0.6	-0.5	-0.5	0.5	0.5
파랑동압력 (좌현)	P_{WL}	f_{WL}	-0.3	0.3	0.1	-0.1	1.0	0.4	0.6	0.0
	P_{bilge}	f_{bilge}	-0.3	0.3	0.1	-0.1	1.0	0.4	0.4	0.0
	P_{ctr}	f_{ctr}	-0.7	0.7	0.3	-0.3	0.9	0.9	0.5	0.5
파랑동압력 (우현)	P_{WL}	f_{WL}	-0.3	0.3	0.1	-0.1	0.4	1.0	0.0	0.6
	P_{bilge}	f_{bilge}	-0.3	0.3	0.1	-0.1	0.4	1.0	0.0	0.4
	P_{ctr}	f_{ctr}	-0.7	0.7	0.3	-0.3	0.9	0.9	0.5	0.5

여기서,

기호는 **3.3**, **6.3.5.1**, 표 **7.6.1** 및 다음과 같다.

$f_{v\text{-}mid}$: 중앙 화물탱크 및 밸러스트탱크의 수직가속도와 관련한 동하중조합계수

$f_{v\text{-}pt}$: 좌현 화물탱크 및 현측 밸러스트 탱크의 수직가속도와 관련한 동하중 조합계수

$f_{v\text{-}stb}$: 우현 화물탱크 및 현측 밸러스트 탱크의 수직가속도와 관련한 동하중 조합계수

(비 고)

1. 계산에 사용되는 하중계수 및 위치는 부록 **B/2.4.1**에 따른다.

6.5 치수요건에 대한 동하중 상태 및 동하중 조합

6.5.1 일 반

6.5.1.1 치수요건에서 동하중 상태는 설계하중조합 *S+D* 에 대하여 **표 8.2.9** 및 **표 8.2.8**에 주어진 설계하중에 따라야 한다. 동시에 작용하는 동하중은 **표 7.6.4**에서 **표 7.6.9**까지 주어진 동하중조합계수를 사용하여 구한다.

6.5.1.2 사용되는 동하중 조합계수(DLCF)표는 **그림 7.6.7** 및 **그림 7.6.3**에서 정의하고 고려되는 종방향위치에 따른다.

6.5.1.3 동하중조합계수표에서 각 동하중 상태는 하나 또는 여러 동하중 성분을 최대화 한다. 최소화된 동하중 성분은 동하중 상태에 대하여 모든 동 하중조합계수에 -1.0을 곱하여 계산된다. 치수요건은 모든 최대화 및 최소화된 동 하중상태에 대하여 계산되어야 한다.

6.5.1.4 계산에 사용되는 하중계수는 **표 8.2.8** 및 **표 8.2.9**에 따른다.

그림 7.6.7
구조적인 구역에 대한 설명

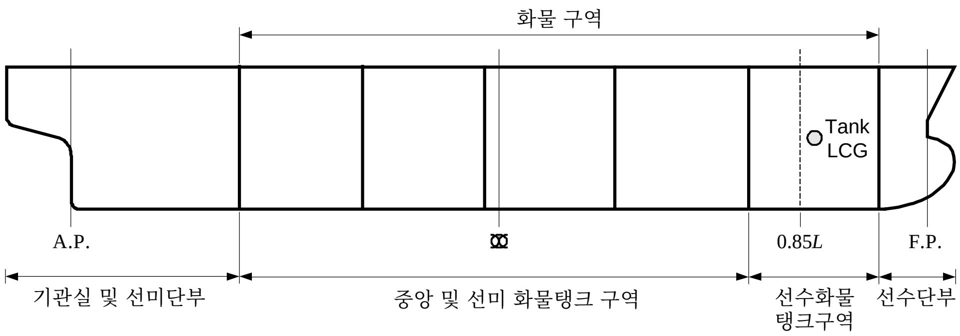


표 7.6.3 구조적인 구역 및 하중상태에 대한 동하중조합계수표				
구조적인 구역	기관실 및 선미단부	중앙 및 선미 화물탱크구역	선수화물탱크구역	선수단부
탱크 및 구역의 적용	가장 선미의 화물탱크의 후방	탱크의 무게중심이 0.85L 후방에 있는 경우	탱크의 무게중심이 0.85L 및 그 전방에 있는 경우	가장 선수격벽의 전방
적하상태의 DLCF	표7.6.7	표7.6.3	표7.6.5	표7.6.7
밸러스트상태의 DLCF	표7.6.8	표7.6.4	표7.6.6	표7.6.8

표 7.6.4
중앙 및 후방 화물탱크구역의 적재상태에 대한 동 하중상태

파도방향			선수파			사파		횡파					
최대응답			M_{wv}	a_v	a_{lng}	M_{wv-h}		a_t		P_{ctr}		P_{WL}	
동 하중상태			**1**	**2**	**3**	**4a**	**4b**	**5a**	**5b**	**6a**	**6b**	**7a**	**7b**
총하중	M_{wv}	f_{mv}	1.0	-1.0	0.5	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3
	M_{wv-h}	f_{mh}	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
가속도	a_{v-mid}	f_{v-mid}	-0.2	0.5	-0.4	-0.1	-0.1	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
	a_{v-pt}	f_{v-pt}	-0.2	0.5	-0.4	-0.1	-0.1	0.2	0.6	0.8	1.0	0.8	1.0
	a_{v-stb}	f_{v-stb}	-0.2	0.5	-0.4	-0.1	-0.1	0.6	0.2	1.0	0.8	1.0	0.8
	a_t	f_t	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	0.5	-0.5	0.6	-0.6
	$a_{lng-mid}$	$f_{lng-mid}$	0.3	-0.6	1.0	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6
	a_{lng-pt}	f_{lng-pt}	0.3	-0.6	1.0	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6
	$a_{lng-stb}$	$f_{lng-stb}$	0.3	-0.6	1.0	-0.2	-0.4	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6
	$a_{lng-ctr}$	$f_{lng-ctr}$	0.3	-0.6	1.0	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.5	-0.5	-0.6	-0.6
파랑동압력 (우현)	P_{ctr}	f_{ctr}	0.7	-0.6	0.2	-0.3	-0.3	0.5	0.5	1.0	1.0	0.9	0.9
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.3	-0.2	0.1	-0.4	-0.1	0.8	-0.3	0.9	0.4	1.0	0.4
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.3	0.1	-0.6	-0.1	0.5	-0.2	0.8	0.4	1.0	0.4
파랑동압력 (좌현)	P_{ctr}	f_{ctr}	0.7	-0.6	0.2	-0.3	-0.3	0.5	0.5	1.0	1.0	0.9	0.9
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.3	-0.2	0.1	-0.1	-0.4	-0.3	0.8	0.4	0.9	0.4	1.0
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.3	0.1	-0.1	-0.6	-0.2	0.5	0.4	0.8	0.4	1.0

여기서, 기호는 **3.3, 3.4.2, 6.3.5.1, 표 7.6.1, 표 7.6.2** 및 다음과 같다.

a_{v-pt} : 좌현탱크에 대한 수직가속도(m/s²)
a_{v-stb} : 우현탱크에 대한 수직가속도(m/s²)
$a_{lng-mid}$: 중앙탱크의 종방향 가속도(m/s²)
a_{lng-pt} : 좌현탱크에 대한 종방향 가속도(m/s²)
$a_{lng-stb}$: 우형탱크에 대한 종방향 가속도(m/s²)
$a_{lng-ctr}$: 중앙 선저 밸러스트탱크의 종방향 가속도(m/s²)
f_{lng-pt} : 좌현 화물 또는 밸러스트 탱크의 종방향 가속도와 관련한 동하중 조합계수
$f_{lng-stb}$: 우현 화물 또는 밸러스트 탱크의 종방향 가속도와 관련한 동하중 조합계수
$f_{lng-ctr}$: 중앙 선저 밸러스트 탱크의 종방향 가속도와 관련한 동하중 조합계수
$f_{lng-mid}$: 중앙 탱크의 종방향 가속도와 관련한 동하중 조합계수

표 7.6.5
중앙 및 후방 화물탱크구역의 밸러스트상태에 대한 동 하중상태

파도방향			선수파			사파		횡파					
최대응답			M_{wv}	a_v	a_{lng}	$M_{wv\text{-}h}$		a_t		P_{ctr}		P_{WL}	
동 하중상태			**1**	**2**	**3**	**4a**	**4b**	**5a**	**5b**	**6a**	**6b**	**7a**	**7b**
총하중	M_{wv}	f_{mv}	1.0	-1.0	0.4	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
	$M_{wv\text{-}h}$	f_{mh}	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	0.1	-0.1	-0.1	0.1	-0.2	0.2
가속도	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	-0.1	0.4	-0.2	0.1	0.1	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	-0.1	0.4	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.8	0.7	1.0	0.6	1.0
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	-0.1	0.4	-0.2	0.1	0.1	0.8	0.1	1.0	0.7	1.0	0.6
	a_t	f_t	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	0.8	-0.8	0.6	-0.6
	$a_{lng\text{-}mid}$	$f_{lng\text{-}mid}$	0.2	-0.1	1.0	-0.6	-0.6	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
	$a_{lng\text{-}pt}$	$f_{lng\text{-}pt}$	0.2	-0.1	1.0	-0.6	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
	$a_{lng\text{-}stb}$	$f_{lng\text{-}stb}$	0.2	-0.1	1.0	-0.4	-0.6	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
	$a_{lng\text{-}ctr}$	$f_{lng\text{-}ctr}$	0.2	-0.1	1.0	-0.4	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
파랑동압력 (우현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.8	0.3	-0.5	-0.5	0.3	0.3	0.8	0.8	0.4	0.4
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.3	-0.2	0.1	-0.4	0.0	0.9	-0.4	0.9	0.3	0.9	0.2
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.2	0.1	-0.6	0.0	0.7	-0.4	0.9	0.2	1.0	0.2
파랑동압력 (좌현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.8	0.3	-0.5	-0.5	0.3	0.3	0.8	0.8	0.4	0.4
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.3	-0.2	0.1	0.0	-0.4	-0.4	0.9	0.3	0.9	0.2	0.9
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.2	0.1	0.0	-0.6	-0.4	0.7	0.2	0.9	0.2	1.0

여기서,
기호는 **3.3, 3.4.2, 6.3.5.1,** 표 **7.6.1,** 표 **7.6.2** 및 다음과 같다.

표 7.6.6
전방 화물탱크구역의 화물적재상태에 대한 동 하중상태

파도방향			선수파		사파								횡파			
최대응답			a_v	a_{lng}	a_{lng}		P_{ctr}		P_{bilge}		P_{WL}		a_v		a_t	
동 하중상태			**1**	**2**	**3a**	**3b**	**4a**	**4b**	**5a**	**5b**	**6a**	**6b**	**7a**	**7b**	**8a**	**8b**
총하중	M_{wv}	f_{mv}	-0.7	0.9	0.3	0.3	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1
	M_{wv-h}	f_{mh}	0.0	0.0	-0.2	0.2	0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.2	-0.2	-0.1	0.1	-0.5	0.5
가속도	a_{v-mid}	f_{v-mid}	0.7	-0.6	-0.6	-0.6	0.7	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	1.0	1.0	0.4	0.4
	a_{v-pt}	f_{v-pt}	0.7	-0.6	-0.6	-0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	0.7	0.7	0.9	1.0	0.3	0.6
	a_{v-stb}	f_{v-stb}	0.7	-0.6	-0.6	-0.6	0.7	0.7	1.0	0.9	0.7	0.7	1.0	0.9	0.6	0.3
	a_t	f_t	0.0	0.0	-0.4	0.4	0.1	-0.1	0.7	-0.7	0.5	-0.5	0.6	-0.6	1.0	-1.0
	$a_{lng-mid}$	$f_{lng-mid}$	-0.8	1.0	0.8	0.8	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1
	a_{lng-pt}	f_{lng-pt}	-0.8	1.0	1.0	0.6	-1.0	-0.9	-0.5	-0.5	-1.0	-0.7	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1
	$a_{lng-stb}$	$f_{lng-stb}$	-0.8	1.0	0.6	1.0	-0.9	-1.0	-0.5	-0.5	-0.7	-1.0	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1
	$a_{lng-ctr}$	$f_{lng-ctr}$	-0.8	1.0	0.8	0.8	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-0.1	-0.1
파랑동압력 (우현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.9	-0.4	-0.4	1.0	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.4	0.4
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.6	-0.7	-0.6	-0.2	0.9	0.6	1.0	0.5	0.7	0.3	1.0	0.5	0.8	-0.1
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.5	-0.9	-0.2	0.8	0.4	0.9	0.4	1.0	0.2	0.9	0.4	0.6	-0.2
파랑동압력 (좌현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.9	-0.4	-0.4	1.0	1.0	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.4	0.4
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.6	-0.7	-0.2	-0.6	0.6	0.9	0.5	1.0	0.3	0.7	0.5	1.0	-0.1	0.8
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.5	-0.2	-0.9	0.4	0.8	0.4	0.9	0.2	1.0	0.4	0.9	-0.2	0.6

여기서,
기호는 **3.3, 3.4.2, 6.3.5.1,** 표 **7.6.1,** 표 **7.6.2** 및 다음과 같다.

표 7.6.7
전방 화물탱크구역의 밸러스트상태에 대한 동 하중상태

파도방향			선수파		사파								횡파			
최대응답			a_v	a_{lng}	a_{lng}		P_{ctr}		P_{bilge}		P_{WL}		a_v		a_t	
동 하중상태			**1**	**2**	**3a**	**3b**	**4a**	**4b**	**5a**	**5b**	**6a**	**6b**	**7a**	**7b**	**8a**	**8b**
총하중	M_{wv}	f_{mv}	-0.8	0.9	0.7	0.7	-1.0	-1.0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
	$M_{wv\text{-}h}$	f_{mh}	0.0	0.0	-0.4	0.4	0.0	0.0	-0.5	0.5	0.3	-0.3	-0.4	0.4	-0.4	0.4
가속도	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	0.7	-0.6	-0.7	-0.7	0.4	0.4	0.6	0.6	0.9	0.9	1.0	1.0	0.4	0.4
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	0.7	-0.6	-0.7	-0.7	0.4	0.4	0.3	0.8	0.7	0.7	0.5	1.0	0.0	0.7
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	0.7	-0.6	-0.7	-0.7	0.4	0.4	0.8	0.3	0.7	0.7	1.0	0.5	0.7	0.0
	a_t	f_t	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	-0.9	0.2	-0.2	0.7	-0.7	1.0	-1.0
	$a_{lng\text{-}mid}$	$f_{lng\text{-}mid}$	-0.9	1.0	1.0	1.0	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.9	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	$a_{lng\text{-}pt}$	$f_{lng\text{-}pt}$	-0.9	1.0	1.0	1.0	-0.6	-0.6	-0.5	0.2	-0.9	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
	$a_{lng\text{-}stb}$	$f_{lng\text{-}stb}$	-0.9	1.0	1.0	1.0	-0.6	-0.6	0.2	-0.5	-0.6	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
	$a_{lng\text{-}ctr}$	$f_{lng\text{-}ctr}$	-0.9	1.0	1.0	1.0	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-0.9	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
파랑동압력 (우현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.7	-0.9	-0.9	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.5	-0.4	-0.7	-0.3	0.6	0.6	1.0	-0.3	0.9	0.2	0.8	0.2	0.7	-0.3
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.2	-0.6	-0.1	0.4	0.4	0.9	-0.3	1.0	0.1	0.8	0.2	0.7	-0.4
파랑동압력 (좌현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	-0.7	-0.9	-0.9	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.2	0.2
	P_{bilge}	f_{bilge}	0.5	-0.4	-0.3	-0.7	0.6	0.6	-0.3	1.0	0.2	0.9	0.2	0.8	-0.3	0.7
	P_{WL}	f_{WL}	0.3	-0.2	-0.1	-0.6	0.4	0.4	-0.3	0.9	0.1	1.0	0.2	0.8	-0.4	0.7

여기서,
기호는 **3.3, 3.4.2, 6.3.5.1**, 표 **7.6.1**, 표 **7.6.2** 및 다음과 같다

표 7.6.8
화물탱크구역 이외 구역의 화물적재상태에 대한 동 하중상태

장소			기관실 및 선미							선수			
파도방향			선미파	사파		횡파				횡파			
최대응답			P_{ctr}	P_{WL}		a_v		a_t		a_v		a_t	
동 하중상태			**1**	**2a**	**2b**	**3a**	**3b**	**4a**	**4b**	**5a**	**5b**	**6a**	**6b**
총하중	M_{wv}	f_{mv}	-1.0	-0.7	-0.7	-0.4	-0.4	-0.1	-0.1	-	-	-	-
가속도	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	0.6	0.9	0.9	1.0	1.0	0.3	0.3	1.0	1.0	0.3	0.3
	$a_{v\text{-}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	0.6	-	0.9	-	1.0	-	0.4	-	1.0	-	0.3
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	0.6	0.9	-	1.0	-	0.4	-	1.0	-	0.3	-
	a_t	f_t	0.0	0.2	-0.2	0.5	-0.5	1.0	-1.0	0.7	-0.7	1.0	-1.0
	a_{lng}	f_{lng}	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	-0.1	-0.1	-0.7	-0.7	-0.1	-0.1
파랑동압력 (우현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.2	0.2	1.0	1.0	0.2	0.2
	P_{WL}	f_{WL}	0.5	1.0	0.2	0.8	0.3	0.5	-0.3	1.0	0.8	0.2	0.0
파랑동압력 (좌현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.2	0.2	1.0	1.0	0.2	0.2
	P_{WL}	f_{WL}	0.5	0.2	1.0	0.3	0.8	-0.3	0.5	0.8	1.0	0.0	0.2

여기서,
기호는 **3.3, 3.4.2, 6.3.5.1,** 표 **7.6.1,** 표 **7.6.2** 및 다음과 같다.

표 7.6.9
화물탱크구역 이외 구역의 밸러스트상태에 대한 동 하중상태

장소			기관실 및 선미							선수			
파도방향			선미파	사파		횡파				횡파			
최대응답			P_{ctr}	P_{WL}		a_v		a_t		a_v		a_t	
동 하중상태			**1**	**2a**	**2b**	**3a**	**3b**	**4a**	**4b**	**5a**	**5b**	**6a**	**6b**
총하중	M_{wv}	f_{mv}	-1.0	-0.3	-0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-
가속도	$a_{v\text{-}mid}$	$f_{v\text{-}mid}$	0.6	0.9	0.9	1.0	1.0	0.3	0.3	1.0	1.0	0.3	0.3
	$a_{v\text{--}pt}$	$f_{v\text{-}pt}$	0.6	-	0.9	-	1.0	-	0.5	-	1.0	-	0.5
	$a_{v\text{-}stb}$	$f_{v\text{-}stb}$	0.6	0.9	-	1.0	-	0.5	-	1.0	-	0.5	-
	a_t	f_t	0.0	0.1	-0.1	0.6	-0.6	1.0	-1.0	0.7	-0.7	1.0	-1.0
	a_{lng}	f_{lng}	0.7	0.8	0.8	0.2	0.2	0.0	0.0	-0.3	-0.3	0.0	0.0
파랑동압력 (우현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	0.7	0.7	0.5	0.5	0.1	0.1	0.6	0.6	0.1	0.1
	P_{WL}	f_{WL}	0.8	1.0	0.3	0.6	0.1	0.4	-0.3	0.7	0.3	0.3	-0.1
파랑동압력 (좌현)	P_{ctr}	f_{ctr}	1.0	0.7	0.7	0.5	0.5	0.1	0.1	0.6	0.6	0.1	0.1
	P_{WL}	f_{WL}	0.8	0.3	1.0	0.1	0.6	-0.3	0.4	0.3	0.7	-0.1	0.3

여기서,
기호는 **3.3, 3.4.2, 6.3.5.1,** 표 **7.6.1,** 표 **7.6.2** 및 다음과 같다.

1 종강도

1.1 적하지침

1.1.1 일 반

1.1.1.1 모든 선박에는 선장이 선박을 명시된 운항상의 제한 내에 유지시킬 수 있도록 하는 충분한 정보를 포함하는 적하지침자료가 제공되어야 한다. 적하지침자료는 **1.1.2** 및 **1.1.3**에 주어진 각 요건에 적합한 승인된 적하지침서 및 적하지침기기를 포함하여야 한다.

1.1.1.2 적하지침자료는 선박의 최종자료에 기초하여야 한다.

1.1.1.3 선박의 주요자료(경하중량, 부력분포, 탱크용량 또는 용도, 등)에 변경을 가져오는 개조가 이루어지는 경우 적하지침서를 최신화하여 재승인을 받아야 하며, 이후 적하지침기기도 최신화하여 재승인을 받아야 한다. 그러나, 변경된 흘수, 정수중 굽힘모멘트 및 전단력과 원래 승인된 자료와의 차이가 2%보다 작은 경우에는 새로운 적하지침을 재승인 받을 필요는 없다.

1.1.1.4 적하지침은 사용자가 이해할 수 있는 언어로 작성되어야 한다. 만일 이 언어가 영어가 아닌 경우, 영문번역이 포함되어야 한다. 적용가능한 경우 적하지침기기의 입력 및 출력자료의 언어를 영어로 번역한 문서가 제공되어야 한다.

1.1.1.5 적하지침자료는 선원이 최소선수흘수에서의 운항상 제한을 알 수 있도록 다음의 문장을 포함하여야 한다.

부재치수는 F.P 에서 최소선수흘수에 대하여 승인되었다. 슬래밍이 발생하기 쉬운 해상상태에서, 선수흘수는 다음보다 작아서는 아니된다.

이중저밸러스트탱크 *No(s)* ... 를 만재하고 *...m,* 또는

이중저밸러스트탱크 *No(s)...* 를 비우고 *...m*

1.1.2 적하지침서

1.1.2.1 적하지침서는 다음을 기술한 문서이다.

(a) 선박의 해상 및 내항/보호된 수역에서의 운항에 기초하여 설계 및 승인된 적하상태

(b) 정수중 굽힘모멘트, 전단력 및 적용가능한 경우, 비틀림과 횡하중의 계산결과

(c) **1.1.2.7**에 주어진 관련 운항상 제한

1.1.2.2 치수 승인의 기초가 되는 적하상태와 설계적재 및 밸러스트상태 중 최소한 다음이 적하지침서에 포함되어야 한다.

(a) 입항 및 출항상태 양쪽을 포함한 항해상태

- 최대흘수에서의 상태를 포함한 균일적하상태(균일적하상태는 드라이 및 크린밸러스트탱크의 적재를 포함해서는 아니된다)
- 통상밸러스트상태:
  - 밸러스트탱크는 만재, 부분만재 또는 공창일 수 있다. 부분만재옵션으로 하는 경우, **1.1.2.5** 의 조건이 만족되어야 한다.
  - 해상에서 물밸러스트의 운송에 적합한 화물탱크를 포함하여 모든 화물탱크는 공창이어야 한다.
  - 프로펠러는 완전히 잠겨야 한다. 그리고
  - 트림은 선미트림이어야 하고 0.015L 을 넘어서는 아니된다. 여기서 L 은 **4 장 1.1.1** 에 따른다.
- 헤비밸러스트상태:
  - 선수 수선에서의 흘수는 표준밸러스트상태에서의 흘수보다 작아서는 아니 된다.
  - 화물탱크지역 내의 밸러스트탱크 또는 화물탱크지역의 후방은 만재, 부분만재 또는 공창일 수 있다. 부분만재옵션으로 하는 경우, **1.1.2.5** 의 상태가 만족되어야 한다.
  - 선수피크 물밸러스트탱크는 만재이어야 한다. 상방 및 하방의 선수피크탱크가 설치되는 경우, 하방 선수피크탱크는 만재가 요구된다. 상방 선수피크탱크는 만재, 부분만재 또는 공창으로 할 수 있다.
  - 해상에서 물밸러스트의 운송에 적합한 화물탱크를 포함하여 모든 화물탱크는 공창이어야 한다.
  - 프로펠러는 완전히 잠겨야 한다.
  - 트림은 선미트림이어야 하고 0.015L 을 넘어서는 아니된다. (여기서 L 은 **4 장 1.1.1** 에 정의)
- 특정 불균일 하중분포
- 적용가능한 경우, 최대설계화물밀도를 포함한 고밀도화물 적재상태
- 탱크세정 또는 밸러스트상태와 확실히 상이한 기타작업과 관련되는 중간항해상태
- 밸러스트수교환절차를 포함하는 상태

(b) 항내/보호된 수역 상태

- 대표적인 전체의 적하 및 양하작업을 나타내는 상태
- 부양 입거상태
- 프로펠러축 중심선이 프로펠러와 관련된 수선상방으로 최소한 $D_{prop}/4$ 인 부양상태에서의 프로펠러 검사

(c) 추가 설계조건

- 화물탱크지역 내의 모든 분리밸러스트탱크는 만재이고 연료유탱크 및 청수탱크를 포함하여 기타 모든 탱크는 공창인 설계밸러스트상태

(주) (c)에 규정된 설계상태는 선체강도 평가를 목적으로할 뿐 선박 운항을 목적으로 하지는 않는다. 적하지침서 내의 해당상태가 화물탱크 구역의 분리 밸러스트 탱크 내의 밸러스트만을 포함하는 경우, 이 상태는 또한 IMO 73/78 SBT 상태에서 요구된다

1.1.2.3 출항상태에 대한 계산은 탱크의 적재에 대한 관련 복원성규정에 따라 만재탱크에 기초를 두어야 한다. 연료유탱크는 95%만재보다 작게 취하여서는 아니되며 기타 소모품은 100% 용량으로 취하여져야 한다. 입항상태는 연료유, 청수 및 저장품 최대용량의 10%에 기초를 두어야 한다.

1.1.2.4 항해의 중간단계에서 소모품의 양 및 배치가 **1.1.2.3**에 언급된 것 보다 더 심하다고 고려되는 경우, 이러한 중간단계에 대한 계산도 승인을 위하여 제출되어야 한다.

1.1.2.5 어떠한 출항, 입항 또는 중간상태에서 부분적재된 선수미탱크 그리고/또는 기타 밸러스트 탱크와 관련된 밸러스트 적하상태는 격창적재의 수위가 높은 응력수준을 초래할 수 있는 경우 설계적하상태로서 사용되어서는 아니된다. 그러나 이러한 탱크의 부분적재는 응력수준이 공창과 만재 사이의 모든 적재수위에 대한 응력 및 좌굴허용기준 아래에 있는 것을 조건으로 운항 중에 허용된다. 만일 응력수준이 적절한 탱크의 만재 또는 공창인 적하상태에 대한 응력 및 좌굴허용기준 아래에 있다면 설계 목적상 이 기준이 만족되어야 한다. 상응하는 만재 또는 공창조건이 정수중 굽힘모멘트 및 전단력의 계산을 위한 설계조건으로 고려되어야 하지만 **1.1.2.2**(a) 에 규정된 프로펠러잠김 및 트림요건에 적합하여야 하는 것은 아니다.

1.1.2.6 화물적하상태에서, 선수미탱크의 부분적재는 계산된 응력수준이 공창과 만재사이의 모든 적재수위에 대한 응력 및 좌굴허용기준 아래에 있지 아니하는 한 허용되지 아니한다. 만일 응력수준이 적절한 탱크의 만재 또는 공창인 적하상태에 대한 응력 및 좌굴허용기준 아래에 있다면 설계목적상 이 기준이 만족되어야 한다. 상응하는 만재 또는 공창조건이 정수중 굽힘모멘트 및 전단력의 계산을 위한 설계조건으로 고려되어야 하지만 프로펠러 잠김 및 트림요건에 적합하여야 하는 것은 아니다.

1.1.2.7 적하지침서는 치수의 승인에 기초가 되는 설계기초 및 운항상 제한을 포함하여야 한다. **표 8.1.1**에 나열된 정보가 적하지침서에 포함되어야 한다.

1.1.2.8 치수의 승인은 적하지침서에 주어진 적재경향 및 적하상태를 정의하는 규칙에 기초한다.

표 8.1.1
설계 인수

인수
정수중 굽힘모멘트의 허용한계(항해 및 항내/보호된 수역운항)
정수중 전단력의 허용한계(항해 및 항내/보호된 수역운항)
강도계산용 흘수, T_{sc}
중앙부에서 설계 최소밸러스트흘수, T_{bal}
선수의 이중저밸러스트탱크를 채운 설계슬래밍선수흘수, $T_{FP-full}$
선수의 이중저밸러스트탱크를 비운 설계슬래밍선수흘수, T_{FP-mt}
최대허용화물밀도
적하지침서 상의 어떠한 적하상태에서의 최대화물밀도
어떠한 운항상 제한을 포함한 밸러스트교환작업에 대한 사항
설계속력

1.1.2.9 선박이 해당조건으로 특별히 승인받고 운항하고자 하는 경우, 다음의 추가 적하상태가 적하지침서에 포함되어야 한다:

(a) MARPOL 제13규칙에 의하여 허용된 바에 따라 긴급상황에서 사용하고자 하는 하나 또는 그 이상의 화물탱크를 밸러스트수로 채운 항해밸러스트상태.(표 B.2.3의 A8 또는 표 B.2.4의 B7의 적재방식이 승인된 선박)

(b) 이중저에 상방으로 작용하는 순 정하중이 화물창은 공창이고 선박평균흘수가 $0.9T_{sc}$ 일 때 주어지는 것보다 큰 항해 적하상태.

(c) 화물탱크는 25% 미만으로 적재하고 선박평균흘수가 $0.9T_{sc}$ 보다 클 때의 항해 적하상태.

(d) 이중저에 하방으로 작용하는 순 정하중이 화물창은 화물밀도 1.025 tonnes/m^{3}으로 만재하고 선박평균흘수가 $0.6T_{sc}$ 일 때 주어지는 것보다 큰 항해 적하상태.

(e) 중앙화물탱크에 크로스타이가 설치된 선박인 경우, 좌현 및 우현의 윙화물탱크의 적재수준이 윙화물탱크 적재높이의 25%를 초과하는 비대칭 적재방식을 보이는 항해적재상태.(표 B.2.3의 A7의 적재방식이 승인된 선박)

1.1.2.10 이 절은 적하지침서에 포함되어야 하는 어떠한 기타의 적하상태을 회피하거나, 요구되는 적하지침서/적하지침기기를 어떠한 방법으로든 대체하고자 하는 의도는 아니다.

1.1.2.11 본선의 적하지침서 및 적하지침기기에 정의된 종강도 및 국부강도의 운상항 제한을 만족하고 관련복원성요건을 넘지아니하는 조건으로, 실제 운항에서의 탱커는 적하지침서에 규정된 설계 적하상태와 다르게 적재될 수 있다.

1.1.3 적하지침기기

1.1.3.1 적하지침기기는 별도로 규정하지 아니하는 한, 어떠한 적하상태가 운항상 제한을 초과하는지 쉽고 빠르게 확인할 수 있는 디지털의 장치이어야 한다.

1.1.3.2 적하지침기기는 우리 선급의 규칙에 기초하여 승인되어야 한다.

1.1.3.3 적하지침기기는 어떠한 특정 적하상태를 만들어낼 수 있고 이 것이 **1.1.2.2**에 주어진 모든 운항상 제한에 적합하다는 것을 검증할 수 있어야 하며, 입력 및 출력을 포함한 출력물을 제공할 수 있어야 한다.

1.1.3.4 만일 어떠한 운항상 제한이 점검되지 않는 경우, 그 장치를 사용할 때 제공되는 출력물에 의하여 사용자가 적절히 안내되어서, 이러한 항목이 다른 수단에 의하여 검증되어야 한다. 적하지침기기는 최소한 다음이 만족되는지 검증하여야 한다:

(a) 흘수제한

(b) 특정위치/입력위치에서 정수중 굽힘모멘트 및 전단력의 결과

1.1.3.5 적하지침기기의 최종 시험상태는 최종적하지침서에 주어진 상태에 기초하여야 한다. 시험상태는 승인을 받아야 하며 각 입력위치에서 적하지침기기에 의하여 계산된 전단력 및 굽힘모멘트는 적하지침서에 주어진 결과의 $0.02Q_{sw\text{-}perm}$ 또는 $0.02M_{sw\text{-}perm}$ 내에 있어야 한다. 여기서 $Q_{sw\text{-}perm}$ 및 $M_{sw\text{-}perm}$은 각 입력위치에서의 지정된 허용전단력 및 굽힘모멘트이다.

1.1.3.6 적하지침기기가 승인되기 전에, 다음에 국한되지는 아니하지만 이를 포함하는, 컴퓨터의 모든 관련 사항이 검사원에게 실증되어야 한다.

(a) 선박의 최종자료가 사용되었다는 것의 검증

(b) 모든 입력위치에 대한 관련 제한이 정확하다는 것의 검증

(c) 본선 설치 후 장치의 작동이 승인된 시험상태에 적합하다는 것

(d) 승인된 시험상태가 본선에서 사용가능하다는 것

(e) 작동지침서가 본선에서 사용가능하다는 것.

1.2 선체거더 굽힘강도

1.2.1 일 반

1.2.1.1 순 수직선체거더단면계수 $Z_{v\text{-}net50}$는 **1.2.2.2** 및 **1.2.3.2**에 주어진 요건 이상이어야 한다. **4장/2.6.1.1**에 정의된 순 수직선체거더 관성모멘트 $I_{v\text{-}net50}$는 **1.2.2.1**에 주어진 요건 이상이어야 한다.

1.2.1.2 **1.2.2.1** 및 **1.2.2.2**의 관성모멘트 및 단면계수요건에 기초를 둔 선체거더의 모든 연속된 종방향 부재의 치수는 중앙부 0.4L 이내에서 유지되어야 한다.

1.2.1.3 **1.2.3**의 선체거더 단면계수요건은 A.P 부터 F.P 까지의 선체거더의 전 길이에 걸쳐 적용한다.

1.2.1.4 선체거더단면계수에 포함되는 구조부재는 **1.4**에 주어진 좌굴기준에 만족하여야 한다.

1.2.2 최소요건

1.2.2.1 중앙부 횡단면에서 횡방향 중립축에 대한 순 수직선체거더 단면관성모멘트 $I_{v\text{-}net50}$는 다음으로 정의되는 규칙요구 최소 수직선체거더 단면관성모멘트 $I_{v\text{-}min}$ 보다 작아서는 아니된다.

$$I_{v-min} = 2.7 C_{wv} L^3 B (C_b + 0.7) \cdot 10^{-8} \quad (\mathrm{m}^4)$$

여기서,

C_{WV} : **표 8.1.2**에 정의된 파랑계수

L : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이(m)

B : **4장/1.1.3.1**에 정의된 평폭(m)

C_B : **4장/1.1.9.1**에 정의된 방형계수. 그러나 0.70보다 작아서는 아니된다.

표 8.1.2
파랑계수 C_{wv}

규칙상의 길이	**C_{wv}**
$150 \le L \le 300$	$10.75 - [(300 - L) / 100]^{3/2}$
$300 < L < 350$	10.75
$350 \le L \le 500$	$10.75 - [(L - 350) / 150]^{3/2}$

1.2.2.2　중앙부 횡단면에서 갑판 및 용골의 순 수직선체거더 단면계수 $Z_{v\text{-}min}$ 은 다음으로 정의되는규칙요구 최소선체거더 단면계수 $Z_{v\text{-}min}$ 보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{v-min} = 0.9kC_{wv}L^2B(C_b + 0.7)\cdot 10^{-6} \quad (m^3)$$

여기서,

k　: **6장/1.1.4**에 정의된 고장력강계수

C_{WV}　: **표 8.1.2**에 정의된 파랑계수

L　: **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이(m)

B　: **4장/1.1.3.1**에 정의된 형폭(m)

C_b　: **4장/1.1.11.1**에 정의된 방형계수. 그러나 0.70보다 작아서는 아니된다.

1.2.2.3　용골에서 순 선체거더 단면계수 $Z_{v\text{-}net50\text{-}kl}$ 는 **4장/2.6.1.2**에 따라 계산되어야 하고 z 는 용골에서 취하여야 한다.

1.2.2.4　갑판에서 순 선체거더 단면계수 $Z_{v\text{-}net50\text{-}dk}$ 는 **4장/2.6.1.2**에 따라 계산되어야 하고 z 는 유효갑판높이에서 취하여야 한다.(**1.2.2.5** 참조)

1.2.2.5　선체거더 단면계수에 대한 수평중립축으로부터의 유효갑판높이, $z_{dk\text{-}eff}$ 는 다음과 같이 취하여야 한다.

$$z_{dk\text{-}eff} = z_{dk\text{-}side} - z_{NA\text{-}net50} \quad (m)$$

어떠한 유효종강도부재도 선측에서 형갑판선으로부터 연장되어 중심선에서 중립축으로부터 $(z_{dk\text{-}side}-z_{NA\text{-}net50})/0.9$인 위치까지 연장된 선보다 위에 위치하지 아니하는 경우

$$z_{dk-eff} = (z_y - z_{NA-net50})\left(0.9 + 0.2\frac{y_{cl}}{B}\right) \quad (m)$$

어떠한 유효종강도부재가 선측에서 형갑판선으로부터 연장되어 중심선에서 중립축으로부터 $(z_{dk\text{-}side}-z_{NA\text{-}net50})/0.9$인 위치까지 연장된 선보다 위에 위치한 경우

여기서,

z_y　: 중심선으로부터 거리 y 에서 기선으로부터 연속된 종강도부재의 상단까지의 거리(m)로서 $z_{dk\text{-}eff}$의 최대값을 준다.(**그림 8.1.1** 참조)

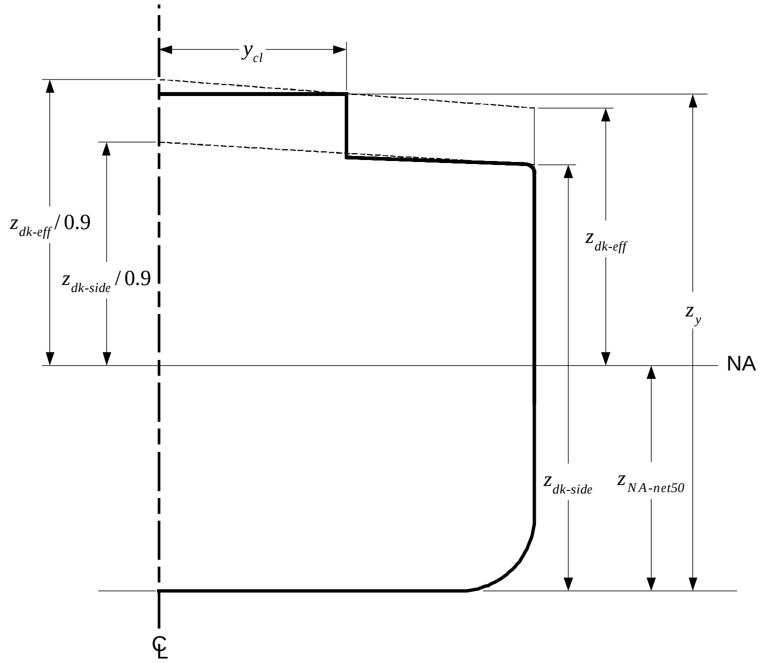
$z_{NA\text{-}net50}$　: 기선으로부터 수평중립축까지의 거리(m).(**그림 8.1.1** 참조)

y_{cl}　: 연속된 강도부재의 상단으로부터 선박의 중심선까지의 거리(m)로써 z_{adj} 의 최대값을 준다.(**그림 8.1.1** 참조)

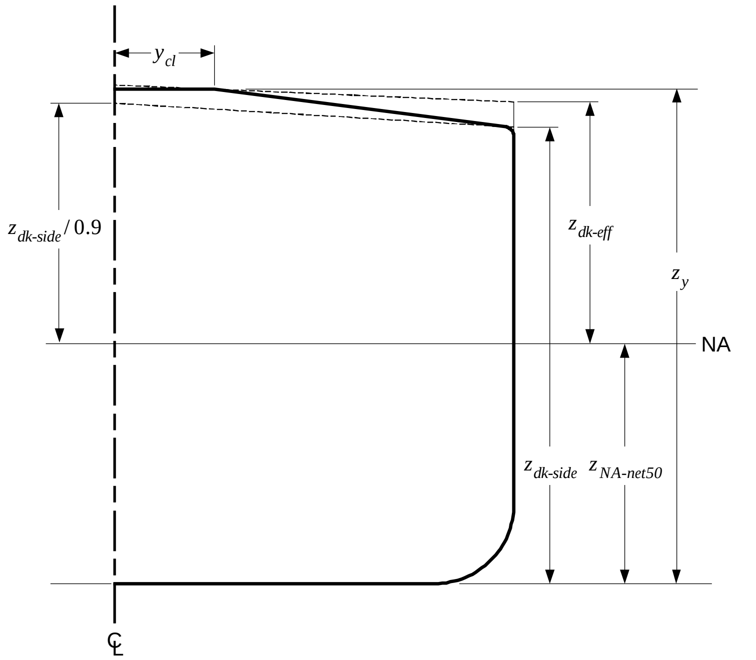
B　: **4장/1.1.3.1**에 정의된 형폭(m)

$z_{dk\text{-}side}$　: 선측에서 기선으로부터 형갑판선까지의 거리(m).(**그림 8.1.1**참조)

그림 8.1.1
갑판 단면계수 계산을 위한 위치



(a) 트렁크갑판 또는 연속된 창구코밍



(b) 큰 캠버를 가지는 선박

1.2.3 총설계굽힘모멘트에 대한 선체거더요건

1.2.3.1 **1.2.3.2**에 규정된 순 수직선체거더 단면계수요건은 호깅 및 새깅상태 양쪽에 대하여 평가되어야 한다.

1.2.3.2 수평중립축에 대한 순 선체거더 단면계수 $Z_{v\text{-}net50}$는 아래와 같이 정의되는 허용 정수중 굽힘모멘트 및 설계파랑중 굽힘모멘트에 기초를 둔 규칙요구 선체거더 단면계수 $Z_{v\text{-}req}$ 보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{v-req} = \frac{\left| M_{sw-perm} + M_{wv-v} \right|}{\sigma_{perm}} 10^{-3} \quad (\text{m}^3)$$

여기서,

$M_{sw-perm}$: 표 **8.1.3**에 주어진 호깅 또는 새깅 정수중 허용선체거더 굽힘모멘트(kNm)

M_{wv-v} : 표 **8.1.3**에 주어진 호깅 또는 새깅 파랑중 수직굽힘모멘트(kNm)

σ_{perm} : 표 **8.1.3**에 주어진 허용 선체거더굽힘응력(N/mm^2)

표 8.1.3
선체거더 굽힘평가에 대한 하중 및 관련 허용기준

설계하중조합	정수중 굽힘모멘트, M_{sw_perm}	파랑중 굽힘 모멘트, $M_{wv\text{-}v}$	허용선체거더 굽힘응력, σ_{perm} (1)	
(S)	$M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$	0	143/k	중앙부 0.4L 이내
			105/k	A.P.로부터 선수로 0.9L 이상 및 A.P.로부터 선미로 0.1L 이상
(S + D)	$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$	$M_{wv\text{-}v}$	190/k	중앙부 0.4L 이내
			140/k	A.P.로부터 선수로 0.9L 이상 및 A.P.로부터 선미로 0.1L 이상

여기서,

$M_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$: **7장/2.1.1**에 규정된 항내/보호된 수역 운항에 대한 호깅 및 새깅 정수중 허용선체거더 굽힘모멘트(kNm)

$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$: **7장/2.2.1**에 규정된 행해에 대한 호깅 및 새깅 정수중 허용선체거더 굽힘모멘트(kNm)

$M_{wv\text{-}v}$: **7장/3.4.1**에 규정된 호깅 및 새깅 파랑중 수직굽힘모멘트(kNm)로서 $M_{wv\text{-}v}$ 는 다음과 같이 취한다.
$M_{wv\text{-}hog}$ 호깅 파랑중 수직굽힘모멘트에 관련된 평가인 경우
$M_{wv\text{-}sag}$ 새깅 파랑중 수직굽힘모멘트에 관련된 평가인 경우

k : **6장/1.1.4**에 정의된 고장력강계수

(비 고)
1. σ_{perm} 는 주어진 값 사이에서 선형보간법에 따라야 한다.

1.3 선체거더 전단강도

1.3.1 일 반

1.3.1.1 선체거더 전단강도요건은 A.P.부터 F.P.까지 선체거더의 전체길이에 걸쳐 적용한다.

1.3.2 선체거더 전단강도의 평가

1.3.2.1 **1.3.2.2**에 규정된 순 선체거더 전단강도용량 $Q_{v\text{-}net50}$는 다음과 같이 표시되는 요구 수직전단력 $Q_{v\text{-}req}$보다 작아서는 아니된다.

$$Q_{v-req} = Q_{sw-perm} + Q_{wv} \quad \text{(kN)}$$

여기서,

$Q_{sw\text{-}perm}$: **7장/2.1.3**에 주어진 양 또는 음의 정수중 허용선체거더 전단력(kN)

Q_{wv} : **7장/3.4.3**에 규정된 양 또는 음의 파랑중 수직전단력(kN)

1.3.2.2 향해 및 내항/보호된 수역 운항에 대한 양 및 음의 정수중 허용전단력 $Q_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ 및 $Q_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$는 다음을 만족하여야 한다.

$$Q_{sw-perm} \le Q_{v-net50} - Q_{wv-pos} \quad \text{(kN)}$$

양의 최대허용전단력인 경우

$$Q_{sw-perm} \ge -Q_{v-net50} - Q_{wv-neg} \quad \text{(kN)}$$

음의 최소허용전단력인 경우

여기서,

$Q_{sw\text{-}perm}$: **표 8.1.4**에 주어진 정수중 허용선체거더 전단력(kN)

$Q_{v\text{-}net50}$: 선체거더 전단용량에 기여하는 모든 판요소에 대하여 최소로 취하여져야 하는 순 선체거더 수직전단강도

$$= \frac{\tau_{ij-perm} t_{ij-net50}}{1000 q_v} \quad \text{(kN)}$$

$\tau_{ij\text{-}perm}$: 판 ij 에 대하여 **표 8.1.4**에 주어진 허용 선체거더 전단응력 τ_{perm} (N/mm^2)

$Q_{wv\text{-}pos}$: **표 8.1.4**에 정의된 양의 파랑중 수직전단력

$Q_{wv\text{-}neg}$: **표 8.1.4**에 정의된 음의 파랑중 수직전단력

$t_{ij\text{-}net50}$: 판 ij 에 대한 등가 순 두께 t_{net50} (mm). 화물탱크 사이 종격벽인 경우, t_{net50} 등가은 $t_{sfc\text{-}net50}$ 및 $t_{str\text{-}k}$로 적절히 취하여져야 한다.(**1.3.3.1** 및 **1.3.4.1** 참조)

t_{net50} : 판에 대한 순 두께(mm).

$$= t_{grs} - 0.5 t_{corr}$$

t_{grs} : 판의 총 두께(mm). 파형격벽에 대한 판의 총 두께(mm)는 $t_{w\text{-}grs}$ 및 $t_{f\text{-}grs}$의 최소한으로 취하여져야 한다.

$t_{w\text{-}grs}$: 파형웨브의 총 두께(mm)

$t_{f\text{-}grs}$: 파형면재의 총 두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 정의된 부식추가(mm)

q_v : 순 치수산정에 기초가 되고 고려되는 판에 대한 mm 당 단위전단흐름

$$= f_i\left(\frac{q_{1-net50}}{I_{v-net50}}\right)\cdot 10^{-9} \quad (\mathrm{mm}^{-1})$$

f_i : 고려되는 부재에 전달되는 주요 종방향 선체거더에 대한 전단력 분포계수. 표준구조배치인 경우 f_i 는 **그림 8.1.2**의 정의에 따른다.

$q_{1\text{-}net50}$: 전단응력이 계산되는 수직방향 수위와 부재에 전달되는 유효전단의 수직방향 끝단 사이에서 부재의 수평중립축에 대한 면적의 1차 모멘트(cm^3). 면적의 1차 모멘트는 순 두께 t_{net50} 에 기초를 두어야 한다.

$I_{v\text{-}net50}$: **4장/2.6.1.1**에 정의된 순 수직선체거더 단면관성모멘트(m^4)

표 8.1.4
선체거더 전단평가에 대한 하중 및 관련 허용기준

설계하중조합	정수중 전단력, $Q_{sw\text{-}perm}$	파랑중 수직전단력, Q_{wv}	허용전단응력, τ_{perm}
내항/보호된 수역 운항 (S)	$Q_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$	0	판 ij 에 대하여 $105/k$
항해 (S + D)	$Q_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$	Q_{wv}	판 ij 에 대하여 $120/k$

여기서,

$Q_{sw\text{-}perm\text{-}harb}$: **7장/2.1.3**에 규정된 내항운항에 대한 양 또는 음의 정수중 허용선체거더 전단력(kN)

$Q_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$: **7장/2.1.3**에 규정된 항해운항에 대한 양 또는 음의 정수중 허용선체거더 전단력(kN)

Q_{wv} : **7장/3.4.3**에 규정된 양 또는 음의 파랑중 수직전단(kN)으로서 Q_{vw} 는 다음과 같다.

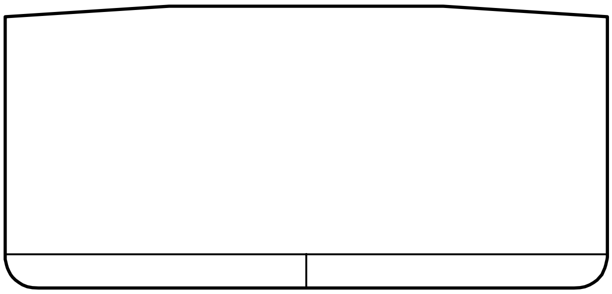
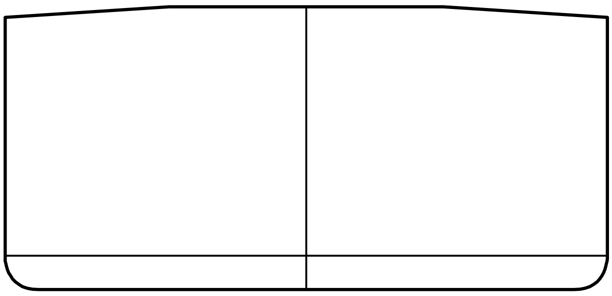
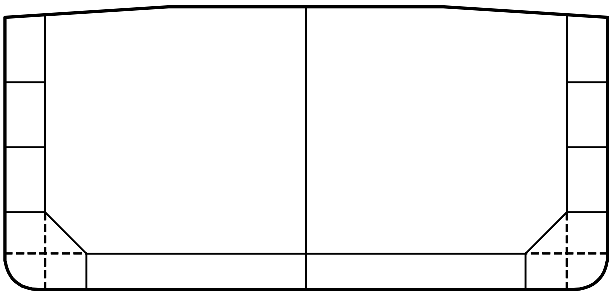
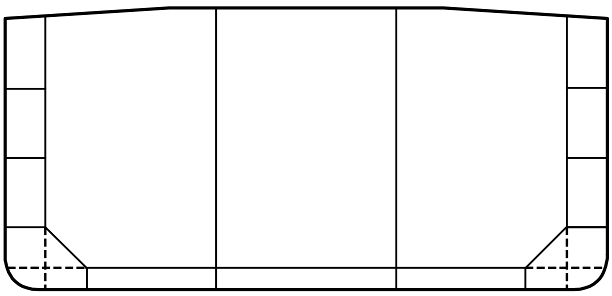
$Q_{wv\text{-}pos}$: 양의 정수중 최대허용전단력에 관련된 평가인 경우

$Q_{wv\text{-}neg}$: 음의 정수중 최소허용전단력에 관련된 평가인 경우

판 ij : 각 판 j 에 대하여, 요소를 구성하는 판의 구조부재를 표시하는 색인 i

k : **6장/1.1.4**에 정의된 고장력강계수

그림 8.1.2
전단력 분포계수

선체배치	**f_i 의 계수**
화물지역 밖 (종격벽 없음) 	선측외판 $f_1 = 0.5$
화물지역 밖(중심선격벽) 	선측외판 $f_1 = 0.231 + 0.076\dfrac{A_{1-net50}}{A_{3-net50}}$ 종격벽 $f_3 = 0.538 - 0.152\dfrac{A_{1-net50}}{A_{3-net50}}$
한 개의 중심선격벽 	선측외판 $f_1 = 0.055 + 0.097\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.020\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 내측선체 $f_2 = 0.193 - 0.059\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.058\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 종격벽 $f_3 = 0.504 - 0.076\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} - 0.156\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$
두 개의 종격벽 	선측외판 $f_1 = 0.028 + 0.087\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.023\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 내측선체 $f_2 = 0.119 - 0.038\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.072\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$ 종격벽 $f_3 = 0.353 - 0.049\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} - 0.095\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$

여기서,

i : 고려하는 구조부재에 대한 색인:
1. 선측외판인 경우
2. 내측선체인 경우
3. 종격벽에 대하여

$A_{i-net50}$: 고려하는 단면의 한 측면에서 구조부재 i 의 $0.5t_{corr}$, 공제에 기초를 두고 **4장/2.6.4**에 정의된 순 면적. 중심선격벽에 대한 면적 $A_{3-net50}$는 중심선 근처에서 대칭으로 경감되어서는 아니된다.

1.3.3 화물탱크 사이의 종격벽에 대한 전단력 수정

1.3.3.1 화물탱크 사이의 종격벽에 대하여 전체거더전단응력 $Q_{v\text{-}net50}$의 계산에 사용되는 판 ij 에 대한 내저판 상부 판의 순 유효판두께 $t_{sfc\text{-}net50}$는 국부전단분포에 따라 수정되어야 하고 다음으로 주어진다.

$$t_{sfc-net50} = t_{grs} - 0.5t_{corr} - t_{\Delta} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

t_{grs} : 총 판두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 정의된 부식추가(mm)

t_{Δ} : **1.3.3.2**에 정의된 판 ij 에 대한 두께경감(mm)

1.3.3.2 전단력 수정에 대한 두께경감의 수직분포는 **그림 8.1.3**과 같이 삼각형이라고 가정된다. 전단력 수정에 따른 두께경감 t_{Δ}는 다음과 같다.

$$t_{\Delta} = \frac{\delta Q_3}{h_{blk}\tau_{ij-perm}}\left(1 - \frac{x_{blk}}{0.5l_{tk}}\right)\left(2 - \frac{2(z_p - h_{db})}{h_{blk}}\right) \quad \text{(mm)}$$

여기서,

δQ_3 : 한 개 또는 두 개의 종격벽을 가지는 각 선박에 대하여 **1.3.3.3** 및 **1.3.3.5**에 정의된 종격벽에 대한 전단력 수정(kN).

l_{tk} : 화물탱크의 길이(m)

h_{blk} : 내저판으로부터 격벽의 상단의 갑판까지의 거리로 정의되는 종격벽높이(m)로서 **그림 8.1.3**에 나타난 바와 같다.

x_{blk} : 고려하는 횡단면으로부터 가장 가까운 화물탱크횡격벽까지의 최소 종방향 거리(m)로서 양의 값으로 취하여져야 하며 $0.5l_{tk}$ 을 넘어서는 아니된다.

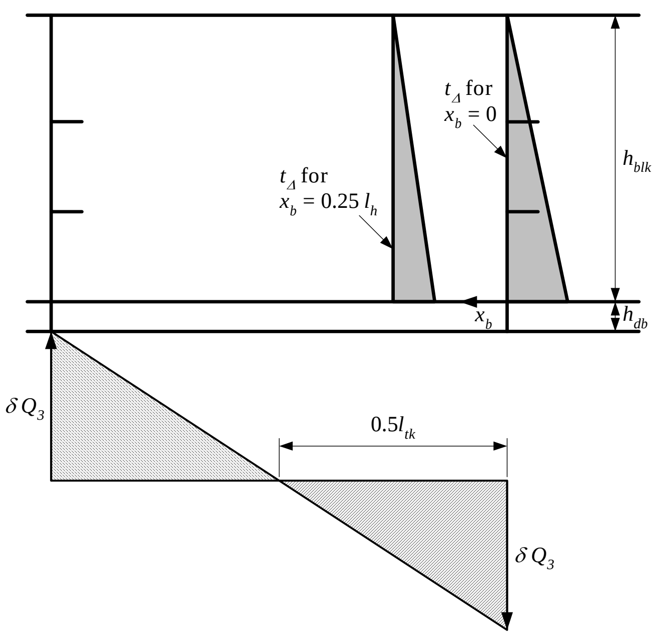
z_p : 판 ij 의 하단으로부터 기선까지의 수직거리(m)　($\geq h_{db}$)

h_{db} : 이중저높이(m)로서 **그림 8.1.3**에 나타낸 바와 같다.

$\tau_{ij\text{-}perm}$: 판 ij 에 대한 허용선체거더전단응력 τ_{perm} (N/mm^2)
$= 120 / k_{ij}$

k_{ij} : **6장/1.1.4**에 정의된, 판 ij 에 대한, 고장력강계수 k

그림 8.1.3
종격벽에 대한 전단력 수정



1.3.3.3 화물탱크 사이에 중심선격벽을 가지는 선박의 경우, 횡격벽에 대한 전단력 수정 δQ_3는 다음과 같다.

$$\delta Q_3 = 0.5K_3F_{db} \quad \text{(kN)}$$

여기서,

K_3 : **1.3.3.4**에 정의된 수정계수

F_{db} : **1.3.3.7**에 정의된 한 탱크 내의 이중저에 작용하는 최대 최종힘(kN)

1.3.3.4 화물탱크 사이에 중심선격벽을 가지는 선박의 경우, 횡격벽에 대한 수정계수 K_3는 다음과 같다.

$$K_3 = \left[0.40\left(1 - \frac{1}{1+n}\right) - f_3\right]$$

여기서,

n : 제수격벽과 일치하는 늑판을 제외하고 횡격벽사이의 늑판의 수

f_3 : 전단력분포계수(**그림 8.1.2** 참조)

1.3.3.5 화물탱크 사이에 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 경우, 전단력 수정 δQ_3는 다음과 같다.

$$\delta Q_3 = 0.5K_3F_{db} \quad \text{(kN)}$$

여기서,

K_3 : **1.3.3.6**에 정의된 수정계수

F_{db} : **1.3.3.7**에 정의된 한 탱크 내의 이중저에 작용하는 최대 최종힘(kN)

1.3.3.6 화물탱크 사이에 두개의 종격벽을 가지는 선박인 경우, 횡격벽에 대한 수정계수 K_3는 다음과 같다.

$$K_3 = \left[0.5\left(1-\frac{1}{1+n}\right)\left(\frac{1}{r+1}\right)-f_3\right]$$

여기서,

n : 제수격벽과 일치하는 늑판을 제외하고 횡격벽사이의 늑판의 수

r : 제수격벽 및 늑판에 의하여 종격벽으로부터 이중선측에 전달되는 하중의 비율로서 다음과 같다.

$$r = \frac{1}{\left[\dfrac{A_{3-net50}}{A_{1-net50}+A_{2-net50}}+\dfrac{2\times10^4 b_{80}(n_s+1)A_{3-net50}}{l_{tk}(n_s A_{T-net50}+R)}\right]}$$

일차적인 계산인 경우, r 은 0.5로 취할 수 있다.

l_{tk} : 선측화물탱크 내의 횡격벽 사이의 화물탱크의 길이(m)

b_{80} : 탱크길이의 중간에서, 종격벽으로부터 내측판까지의 거리의 80% (m)

$A_{T-net50}$: 직하방의 이중저늑판을 포함하여 선측화물탱크 내의 횡방향 제수격벽의 순 전단면적(cm^2)으로 수직단면 내의 최소면적으로 취한다. $A_{T-net50}$ 은 t_{grs} - $0.5t_{corr}$ 로 주어지는 순 두께와 함께 계산되어야 한다.

$A_{1-net50}$: **그림 8.1.2**에 정의된 순 면적(m^2)

$A_{2-net50}$: **그림 8.1.2**에 정의된 순 면적(m^2)

$A_{3-net50}$: **그림 8.1.2**에 정의된 순 면적(m^2)

f_3 : **그림 8.1.2**에 나타난 전단력분포계수

n_S : 선측화물탱크 내의 제수격벽의 수

R : 선측탱크 내의 횡방향 1차 지지부재의 총효율

$$R = \left(\frac{n}{2}-1\right)\frac{A_{Q-net50}}{\gamma}$$

$$\gamma = 1+\frac{300 b_{80}{}^2 A_{Q-net50}}{I_{psm-net50}}$$

$A_{Q-net50}$: 선측화물탱크 내의 횡방향 1차 지지부재의 순 전단면적(cm^2)으로, 늑판, 크로스타이 및 갑판드랜스버스웨브의 순 전단면적이 합으로 취한다. $A_{Q-net50}$ 은 t_{grs} - $0.5t_{corr}$ 로 주어지는 순 두께를 사용하여 계산되어야 한다. 순 전단면적은 부재의 스팬의 중간에서 계산되어야 한다.

$I_{psm-net50}$: 선측화물탱크 내의 횡방향 1차 지지부재의 1차 지지부재에 대한 순 관성모멘트(cm^4)로 트랜스버스 및 크로스타이의 관성모멘트의 합으로 취한다. 이 것은 t_{grs} - $0.5t_{corr}$ 로 주어지는 순 두께를 사용하여 계산되어야 한다. 순 관성모멘트는 1차 지지부재 간격과 동등한 폭의 판을 포함하여 부재의 스팬의 중간에서 계산되어야 한다.

t_{grs} : 총 판두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 정의된 부식추가(mm)

1.3.3.7 한 탱크 내의 이중저에 작용하는 최대 최종힘 F_{db}는 다음과 같다.

$$F_{db} = g\left|W_{CT} + W_{CWBT} - \rho_{sw} b_2 l_{tk} T_{mean}\right| \quad \text{(kN)}$$

여기서,

W_{CT} : **표 8.1.5**에 정의된 화물의 무게(tonnes)

W_{CWBT} : **표 8.1.5**에 정의된 밸러스트의 무게(tonnes)

b_2 : **표 8.1.5**에 정의된 폭(m)

l_{tk} : 선측화물탱크 내의 수밀횡격벽 사이 화물창의 길이(m)

T_{mean} : 고려하는 적하상태인 경우 탱크 길이의 중간에서의 흘수(m)

g : 중력가속도 9.81 (m/s^2)

ρ_{sw} : 해수밀도 1.025 (tonnes/m^3)

표 8.1.5
이중저에 대한 설계조건

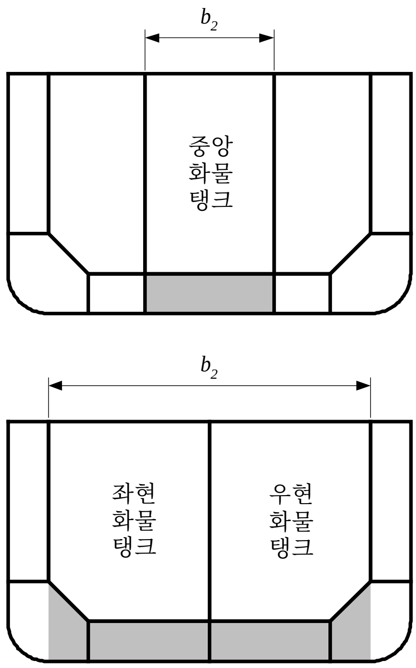
구조배치	W_{CT}	W_{CWBT}	b_2
한 개의 종격벽을 가진 선박	최소 비중량 1.025 tonnes/m^3 을 이용한 화물탱크 내의 화물의 무게(tonnes)	좌현 및 우현 내측 사이의 밸러스트의 무게(tonnes)	**그림 8.1.4**와 같이 탱크길이의 중간에서 좌현 및 우현 내측 사이의 최대폭(m)
두 개의 종격벽을 가진 선박	최소 비중량 1.025 tonnes/m^3 을 이용한 중앙탱크 내의 화물의 무게(tonnes)	중앙탱크 아래의 밸러스트의 무게(tonnes)	**그림 8.1.4**와 같이 탱크길이의 중간에서 중앙탱크의 최대폭(m)

1.3.3.8 탱크 내의 이중저에 작용하는 최대 최종힘 F_{db} 는 어떠한 경우에도 **표 8.1.6**에 주어진 규칙요구 최소조건에 의하여 주어진 값보다 작아서는 아니된다.

표 8.1.6
이중저에 대한 규칙요구 최소조건

구조배치	양/음의 힘, F_{db}	최소조건
한 개의 종격벽을 가진 선박	양의 최대 강도요구 수직력, F_{db}+	0.9T_{sc} 및 화물 및 밸러스트탱크 공창
	음의 최대 강도요구 수직력, F_{db}-	0.6T_{sc} 및 화물탱크 만재 및 밸러스트탱크 공창
두 개의 종격벽을 가진 선박	양의 최대 강도요구 수직력, F_{db}+	0.9T_{sc} 및 화물 및 밸러스트탱크 공창
	음의 최대 강도요구 수직력, F_{db}-	0.6T_{sc} 및 중앙화물탱크 만재 및 밸러스트탱크 공창

표 8.1.4
다른 탱크형식에 대하여 포함되어야 하는 탱크 폭



1.3.4 횡격벽 스트링거로부터의 하중으로 인한 전단력 수정

1.3.4.1 **그림 8.1.6**에 규정된 지역 내에서, 횡격벽 스트링거 수정에 대하여는, 선체거더 전단강도 $t_{str\text{-}k}$ 의 계산을 위하여 사용되는 판의 등가 순 두께는 다음보다 커서는 아니된다: 여기서 k 는 스트링거의 식별 번호를 의미한다.

$$t_{str-k} = t_{sfc-net50}\left(1 - \frac{\tau_{str}}{\tau_{ij-perm}}\right) \quad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{sfc\text{-}net50}$: **1.3.3.1**에 정의되고 스트링거의 높이에 대응하는 높이에 대하여 횡격벽에서 계산되는 유효 순 판두께(mm)

$\tau_{ij\text{-}perm}$: 판 ij 에 대한 허용선체거더 전단응력 $\tau_{perm} = 120 / k_{ij}$ (N/mm^2)

k_{ij} : **6장/1.1.4**에 정의된, 판 ij 에 대한, 고장력강계수 k

τ_{str} $= \dfrac{Q_{str-k}}{l_{str} t_{sfc-net50}}$ (N/mm^2)

l_{str} : 스트링거의 연결길이(m)(**그림 8.1.5** 참조)

$Q_{str\text{-}k}$: 탱크를 만재한 상태에서 스트링거로부터 종격벽에 작용하는 전단력

$$= 0.8 F_{str\text{-}k}\left(1 - \frac{z_{str} - h_{db}}{h_{blk}}\right) \quad \text{(kN)}$$

$F_{str\text{-}k}$: **1.3.4.2**에 정의된 총 스트링거 지지력(kN)

h_{db} : 이중저의 높이(m)로서 **그림 8.1.6**에 나타낸 바와 같다.

h_{blk} : 내저판으로부터 격벽상단에서의 갑판까지의 거리로 정의되는 격벽의 높이(m)로서 **그림 8.1.6**에 나타낸 바와 같다.

z_{str} : 기선으로부터 고려하는 스트링거까지의 수직거리(m)

1.3.4.2 종격벽에 대한 전체 스트링거지지력 F_{str-k} 은 다음과 같다.

$$F_{str-k} = \frac{P_{str} b_{str} \left(h_k + h_{k-1}\right)}{2} \quad \text{(kN)}$$

여기서,

P_{str} : 스트링거에 작용하는 압력(kN/m^2)으로 $10h_{tt}$ 으로 취한다.

h_{tt} : 탱크상단으로부터 스트링거 하방 $h_k/2$ 와 스트링거 상방 $h_{k-1}/2$ 사이에서 하중면적의 중간점까지의 높이(m)

h_k : 고려하는 스트링거로부터 하방의 스트링거까지의 수직거리(m). 최하단의 스트링거인 경우, 내저판까지의 평균수직거리의 80%로 한다.

h_{k-1} : 고려하는 스트링거로부터 상방의 스트링거까지의 수직거리(m). 최상단의 스트링거인 경우, 상갑판까지의 평균수직거리의 80%로 한다.

b_{str} : 스트링거에 작용하는 하중폭(m)(**그림 8.1.7** 및 **그림 8.1.8** 참조)

그림 8.1.5
스트링거의 유효연결길이

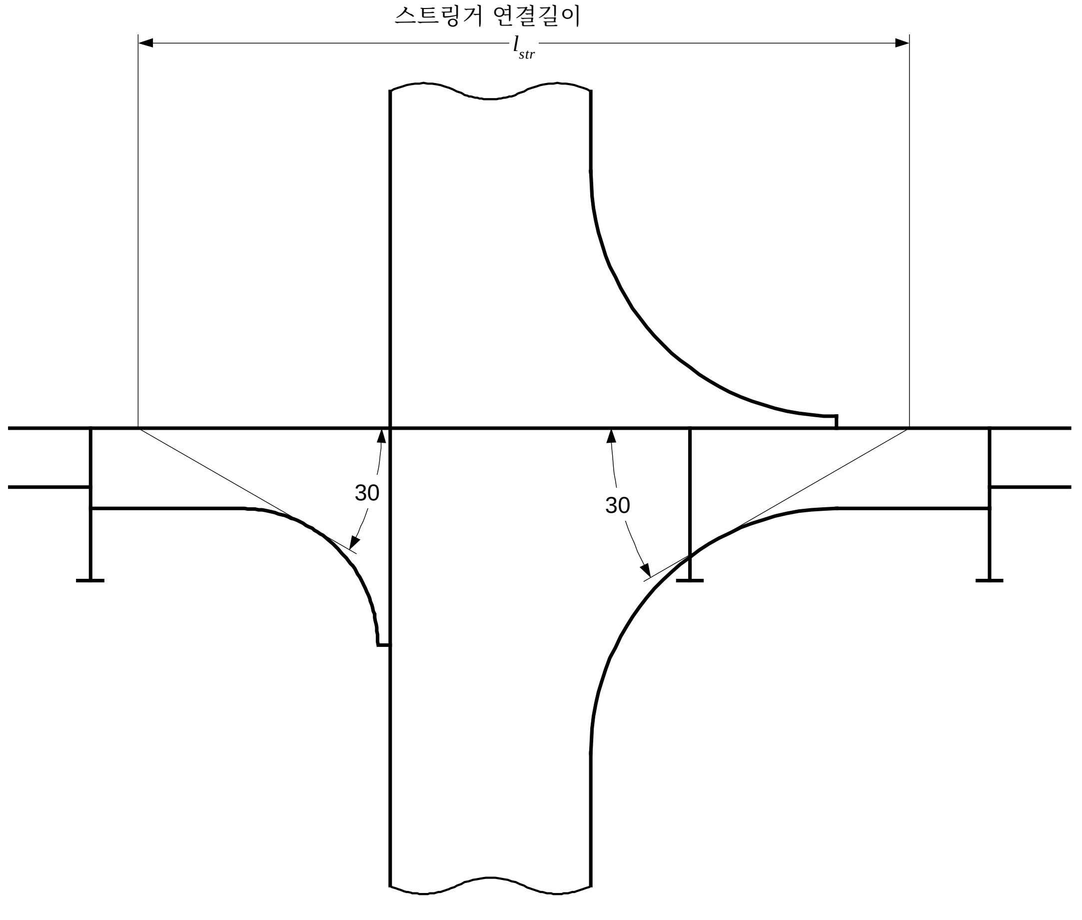


그림 8.1.6
세 개의 스트링거를 가진 탱커인 경우, 스트링거연결의 범위 t_{ij}

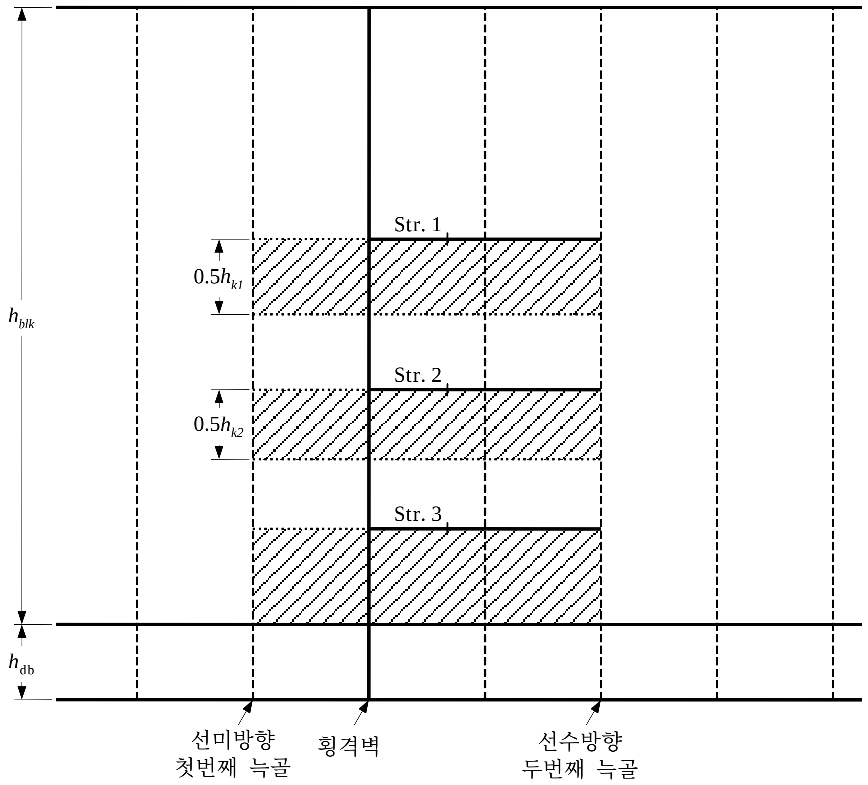
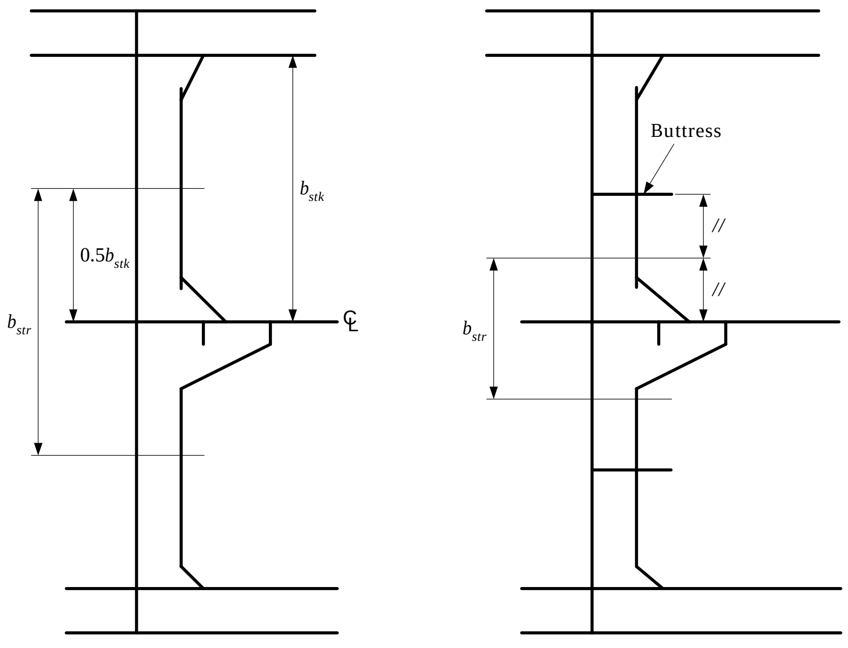
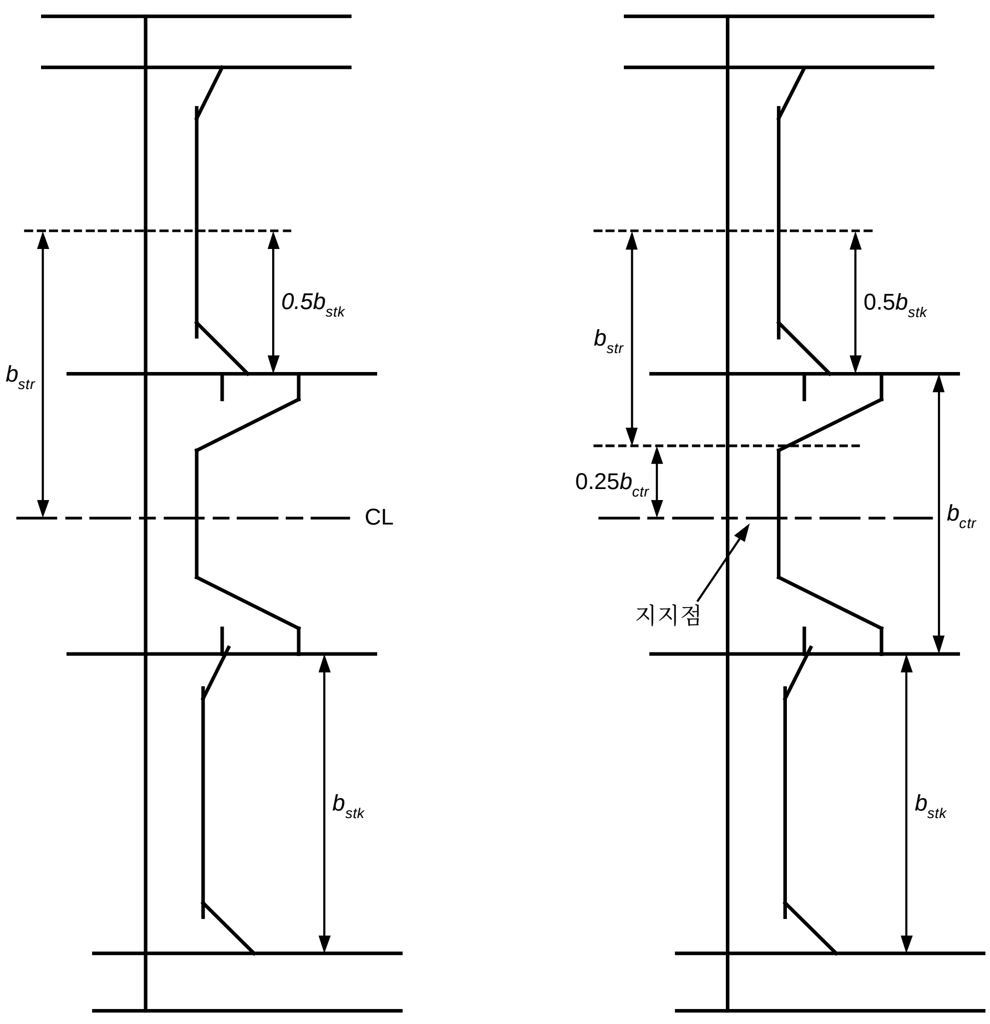


그림 8.1.7
중심선격벽을 가진 선박인 경우, 스트링거의 하중폭



1.3.4.3 상기 요건을 만족시키기 위하여 보강이 이루어지는 경우, $t_{str\text{-}k}$ 에 기초를 둔 보강면적은 종방향으로는 스트링거연결의 전길이에 걸쳐 그리고 격벽의 전방 및 후방으로 최소한 늑골 한 개 간격으로 연장되어야 한다. 보강면적은 수직방향으로는 스트링거 높이의 상방으로부터 하방으로 스트링거 하방 $0.5h_k$ 까지 연장되어야 한다. 여기서 h_k 는 **1.3.4.2**에 정의된 고려하는 스트링거로부터 하방 스트링거까지의 거리이다. 최하단의 스트링거인 경우 판두께요건 $t_{str\text{-}k}$ 는 내저판까지 하방으로 연장되어야 한다.(**그림 8.1.6** 참조)

그림 8.1.8
두 개의 내측종격벽을 가지는 선박인 경우 스트링거의 하중폭



(비 고)
1. b_{stk} : 윙화물탱크의 폭(m).
2. b_{ctr} : 중앙화물탱크의 폭(m).

1.4 선체거더 좌굴강도

1.4.1 일 반

1.4.1.1 이 요건은 선체거더 압축력 및 전단응력에 관련된 판패널 및 종통재에 대하여 적용한다. 이들 응력은 **7장/2.1**에 주어진 정수중 굽힘모멘트 및 전단력, 그리고 **7장/3.4**에 주어진 파랑중 굽힘모멘트 및 전단력의 허용값에 기초를 두어야 한다.

1.4.1.2 선체거더 좌굴강도요건은 A.P 부터 F.P 까지 선박의 전체길이에 걸쳐 적용한다.

1.4.1.3 이 절의 선체거더 좌굴강도 평가의 목적상, 다음은 개별적으로 고려되어야 한다.

(a) **1.4.2.6** 및 **1.4.2.8**의 요건을 만족하기 위하여 선체거더 압축 축응력

(b) **1.4.2.7**의 요건을 만족하기 위하여 선체거더 전단응력

1.4.2 좌굴평가

1.4.2.1 판 및 종통재의 좌굴평가는 순 선체거더 단면형상에 대하여 계산된 선체거더응력과 함께 **10장/3.1**에 따라 결정되어야 한다.

1.4.2.2 좌굴평가를 위한 좌굴강도는 국부 순 치수를 사용하여 유도되어야 하고, t_{net} 는 다음에 따른다.

$$t_{net} = t_{grs} - 1.0 t_{corr} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

t_{grs} : 총 판두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 정의된 부식추가(mm)

1.4.2.3 좌굴평가에 대하여 굽힘에 기인하는 선체거더압축응력 $\sigma_{hg\text{-}net50}$은 선체거더 단면형상을 이용하여 계산되어야 하고 다음 중 큰 것으로 취하여 져야 한다.

$$\sigma_{hg-net50} = \left| \frac{(z - z_{NA-net50})(M_{sw-perm-sea} + M_{wv-v})}{I_{v-net50}} \right| 10^{-3} \quad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{hg-net50} = \frac{30}{k} \quad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

여기서,

$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$: **7장/2.1.1**에 따르는 새깅상태에 대한 정수중 허용굽힘모멘트(KNm)로 부호는 **1.4.2.4**에 따른다.

$M_{wv\text{-}v}$: **1.4.2.4**에 주어진 부호를 가지는, **7장/3.4.1**에 정의된 호깅 및 새깅 파랑중 수직굽힘모멘트(kNm)

$M_{wv\text{-}v}$ 는 다음과 같이 취한다.

$M_{wv\text{-}hog}$ 호깅 정수중 굽힘모멘트 평가인 경우

$M_{wv\text{-}sag}$ 새깅 정수중 굽힘모멘트 평가인 경우

z	: 고려하는 구조부재로부터 기선까지의 거리(m)
$Z_{NA-net50}$	: 기선으로부터 수평중립축까지의 거리(m)(**그림 8.1.1**참조)
$I_{v-net50}$	: **4장/2.6.1.1**에 정의된 순 수직선체거더 단면관성모멘트(m^4)
k	: **6장/1.1.4.1**에 정의된 고장력강계수

1.4.2.4 $M_{sw-perm-sea}$ 및 M_{wv-v} 의 새깅굽힘모멘트 값은 중립축 상방의 부재에 대하여 취하여져야 한다. 호깅굽힘모멘트 값은 중립축 하방의 부재에 대하여 취하여져야 한다.

1.4.2.5 좌굴평가를 위한 설계 선체거더 전단응력 $\tau_{hg-net50}$은 순 선체거더 단면형상에 기초를 두고 계산되어야 하고 다음과 같이 취하여 져야 한다.

$$\tau_{hg-net50} = \left| \left(Q_{sw-perm-sea} + Q_{wv} \right) \left(\frac{1000 q_v}{t_{ij-net50}} \right) \right| \quad (\mathrm{N/mm^2})$$

여기서,

$Q_{sw-perm-sea}$	: **7장/2.1.3**에 정의된 항해에 대한 양 및 음의 정수중 허용전단력(kN)
Q_{wv}	: **7장/3.4.3**에 정의된 양 또는 음의 정수중 수직파랑전단력(kN) Q_{wv} 는 다음과 같이 취한다. Q_{wv-pos} 양의 허용 정수중 전단력 평가인 경우 Q_{wv-neg} 음의 허용 정수중 전단력 평가인 경우
$t_{ij-net50}$	: 판 ij 에 대한 순 두께(mm) $= t_{ij-grs} - 0.5 t_{corr}$
t_{ij-grs}	: 판 ij 의 총 판두께(mm). 파형격벽의 총 판두께는 t_{w-grs} 및 t_{f-grs} 의 최소값(mm)으로 취하여져야 한다.
t_{w-grs}	: 파형웨브의 총 두께(mm)
t_{f-grs}	: 파형플렌지의 총 두께(mm)
t_{corr}	: **6장/3.2**에 정의된 부식추가(mm)
q_v	: **1.3.2.2**에 정의된 바와 같이 고려되는 판에 대한 mm 당 단위전단

(주)

1. 최대 양의 전단(정수중+파랑중) 및 음의 전단(정수중+파랑중)은 설계전단응력의 계산을 위한 기초로 사용되어야 한다.
2. 선체 거더전단 용량에 기여하는 모든 판요소 ij 가 평가되어야 한다.(**표 8.1.4** 및 **그림 8.1.2** 참조)

1.4.2.6 판 패널의 압축 좌굴강도는 다음 기준을 만족하여야 한다.

$$\eta \le \eta_{allow}$$

여기서,

η : 좌굴사용계수

$$\frac{\sigma_{hg-net50}}{\sigma_{cr}}$$

$\sigma_{hg\text{-}net50}$: **1.4.2.3**에 정의된 선체거더 단면형상에 기초한 선체거더 압축응력(N/mm^2)

σ_{cr} : **10장/3.2.1.3**에 규정된 임계압축좌굴응력 σ_{xcr} 또는 σ_{ycr}. 임계압축좌굴응력은 선체거더 압축응력의 영향에 대하여만 계산되어야 한다. 기타 멤브레인응력 및 면외압력의 영향은 무시하여야 한다. σ_{cr}의 계산에는 **6장/3.3.2.2**에 설명된 순두께 $t_{grs} - t_{corr}$를 사용해야한다.

η_{allow} : 허용좌굴사용계수:

0.5D 상방의 판 패널인 경우 = 1.0

0.5D 하방의 판 패널인 경우 = 0.90

t_{grs} : 총판두께 (mm)

t_{corr} : 부식추가 (**6장/3.2**에 정의) (mm)

1.4.2.7 판 패널의 전단 좌굴강도는 다음 기준을 만족하여야 한다.

$\eta \leq \eta_{allow}$

여기서,

η : 좌굴사용계수

$$\frac{\tau_{hg-net50}}{\tau_{cr}}$$

$\tau_{hg\text{-}net50}$: **1.4.2.5**에 정의된 설계 선체거더 전단응력(N/mm^2)

τ_{cr} : **10장/3.2.1.3**에 규정된 임계전단 좌굴응력(N/mm^2). 임계전단 좌굴응력은 선체거더 전단응력의 영향에 대하여만 계산되어야 한다. 기타 멤브레인응력 및 면외압력의 영향은 무시하여야 한다. **6장/3.3.2.2**에 설명된 $t_{grs} - t_{corr}$로 주어지는 순두께가 τ_{cr} 의 계산에 사용된다.

η_{allow} : 허용좌굴사용계수

= 0.95

t_{grs} : 총 판두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 정의된 부식추가(mm)

1.4.2.8 종방향 보강재의 압축좌굴강도는 다음 기준을 만족하여야 한다.

$\eta \leq \eta_{allow}$

여기서,

η : **10장/3.3.2.1** 및 **10장/3.3.3.1**에 주어진 좌굴사용계수 중 큰 값. 좌굴사용계수는 선체거더 압축응력의 영향에 대하여만 계산되어야 한다. 기타 멤브레인응력 및 면외압력의 영향은 무시하여야 한다.

η_{allow} : 허용좌굴사용계수

0.5D 상방의 보강재인 경우 = 1.0

0.5D 하방의 보강재인 경우 = 0.90

1.5 선체거더 피로강도

1.5.1 일 반

1.5.1.1 다음은 종식갑판구조에서 동적선체거더응력에 대하여 단순화된 피로제어수단을 제공한다.

1.5.1.2 **1.5.1.3**은 필수요건은 아니지만, **9장/3** 및 **부록 C** 에 규정된 필수적인 피로요건에 적합한 요구되는 선체거더 단면계수의 지시를 주기 위하여 초기설계단계에서 적용하는 것을 권장한다.

1.5.1.3 **9장/3** 및 **부록 C** 에서 요구되는 갑판구조의 피로수명은 **4장/2.6.1.1**에 정의된 선측의 형갑판선에서의 순 수직선체거더 단면계수 $Z_{v\text{-}net50}$가 다음과 같이 정의되는 요구되는 선체거더 단면계수 $Z_{v\text{-}fat}$ 보다 작지 아니하는 한 통상 만족된다.

$$Z_{v-fat} = \frac{M_{wv-hog} - M_{wv-sag}}{1000 R_{al}} \quad (\mathrm{m}^3)$$

여기서,

$M_{wv\text{-}hog}$: **7장/3.4.1**에 정의된 피로에 대한 호깅 파랑중 수직굽힘모멘트(kNm)

$M_{wv\text{-}sag}$: **7장/3.4.1**에 정의된 피로에 대한 새깅 파랑중 수직굽힘모멘트(kNm)

R_{al} : 허용응력범위(N/mm^2)

F-상세 등급인 경우 = 0.17L + 86

F2-상세 등급인 경우 = 0.15L + 76

L : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이(m)

1.6 종방향 선체거더 요소의 테이퍼링 및 구조적 연속성

1.6.1 선체거더 단면형상 최소요건에 기초를 둔 테이퍼링

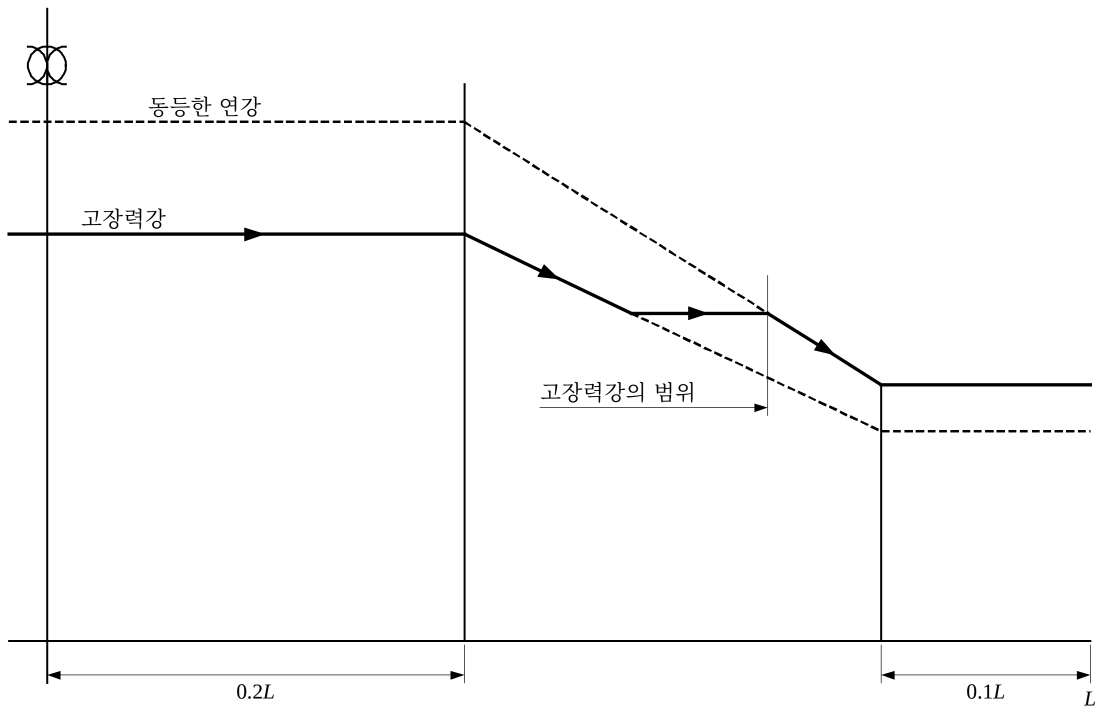
1.6.1.1 **1.2.2**에 주어진 관성모멘트 및 단면계수요건에 기초를 둔 선체거더의 모든 종방향 부재의 치수는 중앙부 0.4L 내에서 유지되어야 한다.

1.6.1.2 **1.2.2**에 주어진 최소관성모멘트 및 단면계수에 의하여 규칙에서 요구되는 중앙부 0.4L 밖의 치수는 선박의 전체길이에 따라 **1.2.3** 및 **1.4**에 주어진 선체거더굽힘 및 좌굴요건에 만족되는 경우 그 단부에서 국부요건까지 점차 경감될 수 있다. 고장력강의 테이퍼링에 대하여 **1.6.2** 및 **1.6.3** 참조한다.

1.6.2 고장력강의 종방향 범위

1.6.2.1 사용되는 경우 고장력강의 적용은 선박의 길이에 걸쳐 종방향 응력수준이 연강구조에 대한 허용범위 내에 있는 위치까지 연속되어야 한다.(**그림 8.1.9** 참조)

그림 8.1.9
고장력강의 종방향 범위



1.6.3 고장력강의 수직방향 범위

1.6.3.1 갑판 및 선저에 사용되는 고장력강의 수직방향 범위 z_{hts} 는 선측의 형갑판선 또는 용골로부터 측정하여 다음보다 작아서는 아니된다.(**그림 8.1.10** 참조)

$$z_{hts} = z_1\left(1 - \frac{190}{\sigma_1 k_i}\right) \quad \text{(m)}$$

여기서,

z_1 : 수평중립축으로부터 형갑판선 또는 용골까지의 각 거리(m)

σ_1 : 선체거더갑판 및 용골에 대하여 각각 σ_{dk} 또는 σ_{kl} 로 취하여야 한다(N/mm²)

σ_{dk} : 다음으로 주어진 형갑판선에서의 선체거더 굽힘응력:

$$= \frac{\left|M_{sw-perm-sea} + M_{wv-v}\right|}{I_{v-net50}}(z_{dk-side} - z_{NA-net50}) \cdot 10^{-3} \quad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

σ_{kl} : 다음으로 주어진 용골에서의 선체거더응력:

$$= \frac{\left|M_{sw-perm-sea} + M_{wv-v}\right|}{I_{v-net50}}(z_{NA-net50} - z_{kl}) \cdot 10^{-3} \quad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$: **7장/2.1.1**에 정의된 항해에 대한 정수중 허용선체거더 굽힘모멘트(kNm)

$M_{wv\text{-}v}$: **7장/3.4.1**에 정의된 파랑중 호깅 및 새깅 수직굽힘모멘트(kNm)

$M_{wv\text{-}v}$ 은 다음과 같이 취한다.

$M_{wv\text{-}hog}$: 호깅 파랑중 수직굽힘모멘트에 관련된 평가인 경우

$M_{wv\text{-}sag}$: 새깅 파랑중 수직굽힘모멘트에 관련된 평가인 경우

$I_{v\text{-}net50}$: **4장/2.6.1.1**에 정의된 순 수직선체거더모멘트(m^4)

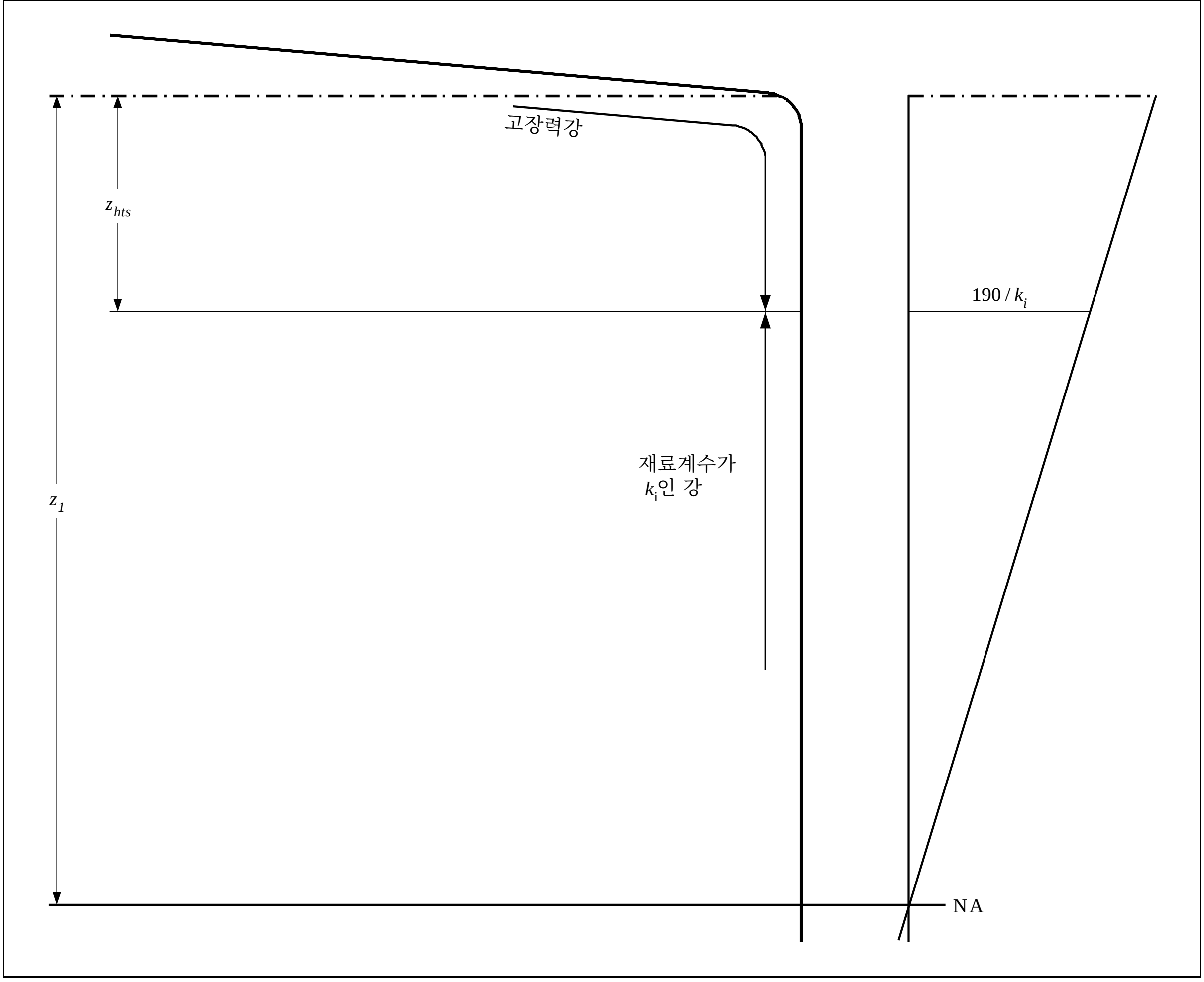
$z_{dk\text{-}side}$: 선측에서 기선으로부터 형갑판선까지의 거리(m)

z_{kl} : 기선으로부터 용골까지의 수직거리(m)

$z_{NA\text{-}net50}$: 기선으로부터 수평중립축까지의 거리(m)

k_i : **그림 8.1.10**에 정의된 면적 i 에 대한 고장력강계수. 계수 k 는 **6장/1.1.4**에 따른다.

그림 8.1.10
고장력강의 수직범위



1.6.4 선체거더 전단요건에 따른 판두께의 테이퍼링

1.6.4.1 어떠한 종방향 위치에서도 **1.3.2**에 주어진 요건에 적합한 경우, 전단보강의 종방향 테이퍼링이 허용된다. 중간 위치에서 전단강도의 제어가 격벽 및 탱크중간에서의 허용전단한계에 대한 선형보간법에 의하여 시행되어야 한다.

1.6.5 종격벽의 구조적 연속성

1.6.5.1 강도의 연속성 및 급격한 구조적 변화를 피하기 위하여 적당한 스카프배치가 이루어져야 한다. 특히 종격벽은 유효한 횡격벽에서 끝나야 하며 큰 트랜지션브래킷이 종격벽과 일치하여 설치되어야 한다.

㈜

0.05D 의 최소 각장을 가지는 브래킷이 결합되는 갑판 및 선저판의 끝단부에 대해서는 큰 트랜지션브래킷의 요구사항을 따를 지를 고려해야한다.

1.6.6 종방향 보강재의 구조적 연속성

1.6.6.1 종방향 보강재가 끝나고 횡식구조로 변경되는 경우, 급격한 변화를 피하기 위하여 적절한 배치가 이루어져야 한다.

1.6.6.2 개구 근처에서 종방향 갑판보강재가 끊어지는 경우, 그 지역의 구조적 연속성을 확보하기 위하여 보강이 이루어져야 한다. 보강범위는 개구의 전후단을 넘어서까지 충분히 연장되어야 하고 끊어진 종방향 부재의 범위보다 작아서는 아니된다. 보강재끝단 근처의 응력집중 및 판 및 패널의 관련 좌굴강도가 고려되어야 한다.

2 화물탱크 범위

2.1 일 반

2.1.1 적 용

2.1.1.1 이 절의 요건은 외판, 갑판, 내저판 및 격벽판, 보강재 및 1차 지지부재에 대하여 선박의 화물탱크지역내의 선체구조에 적용한다.

2.1.2 치수의 기초

2.1.2.1 이 절에서 언급되는 순 치수는 다음과 같이 총 치수에 관련된다.

(a) **2.1.5** 및 **2.1.6**에 규정된 최소두께요건을 적용하는 경우, 총 두께는 **6장/3**에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(b) 판 및 국부지지부재인 경우, 총 두께 및 총 횡단면 특성은 **6장/3**에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(c) 1차 지지부재인 경우, 총 두께, 총 단면계수 및 기타 총 횡단면 특성은 **6장/3**에 규정된 관련 전체부식추가의 1/2을 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(d) **10장/3**의 좌굴요건을 적용하는 경우, 총 두께 및 총 횡단면 특성은 **6장/3**에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

2.1.3 치수평가

2.1.3.1 다음의 치수요건은 모든 구조적 연결 및 용접상세가, 고려하는 위치에서 예상되는 작업응력수준에 적합한 것으로 설계되고 건조되었다는 가정에 기초를 둔다. 높은 응력을 받는 지역에 대한 설계 중, 적재방식, 응력집중 및 구조적 연결 및 상세의 잠재적 손상모드가 고려되어야 한다. 구조적 설계상세는 **4장/3**의 요건에 적합하여야 한다.

2.1.3.2 치수는(적용되는 경우) 강도기준이 모든 종방향 위치에서 만족됨이 확보되도록 산정되어야 한다.

2.1.3.3 국부치수증가는(적용되는 경우) 증가된 간격, 증가된 보강재 스팬 및 그린파랑압력하중 등의 국부변수를 위하여 적용되어야 한다. 국부치수증가는 또한 선수보강요건을 위하여서도 요구될 수 있다.(**8장/3** 참조)

2.1.4 일반치수요건

2.1.4.1 선체구조는 다음의 해당요건에 적합하여야 한다:

(a) 선체거더종강도(**8장/1** 참조)

(b) 슬로싱 및 충격하중에 대한 강도(**8장/6** 참조)

(c) 선체거더최종강도(**9장** 참조)

(d) 강도평가(FEM)(**9장** 참조)

(e) 피로강도(**9장/3** 참조)

(f) 좌굴 및 최종강도(**10장** 참조)

2.1.4.2 국부 및 1차 지지부재의 순 단면계수, 전단면적 및 기타 단면특성은 **4장/2**에 따라 결정되어야 한다.

2.1.4.3 국부 및 1차 지지부재의 단면계수, 전단면적 및 기타 단면특성은 끝단브래킷으로부터 떨어진 지역에 적용한다.

2.1.4.4 국부 및 1차 지지부재의 스팬은 **4장/2.1**에 정의된다.

2.1.4.5 1차 지지부재의 관성모멘트는 **4장/2.3.2.3**에 규정된 스팬의 중간에서 부착된 유효한 판과 관련하여 결정되어야 한다.

2.1.4.6 림버, 배수 및 공기구멍은 흡입관으로의 자유유동 및 공기관으로의 공기배출을 확보하기 위하여 요구되는 대로 구조의 모든 부분에 시공되어야 한다.

2.1.4.7 **4장/3.2.4** 및 **4장/3.2.5**에서 허용된 경우를 제외하고, 모든 선측늑골 및 탱크 주위벽의 보강재는 일반적으로 연속이어야 한다, 또는 그 끝단에 브래킷을 설치하여야 한다

2.1.5 판 및 국부지지부재의 최소두께

2.1.5.1 화물탱크지역내의 판 및 보강재의 두께는 **표 8.2.1**에 주어진 해당 최소두께요건에 적합하여야 한다.

표 8.2.1
화물탱크지역 내의 판 및 국부지지부재에 대한 최소 순 두께

치수산정 위치			순 두께**(mm)**
판	T_{sc} + **4.6m** 까지의 선체외부	용골판	$5.5+0.03L_2$
		선저외판/빌지/선측외판	$3.5+0.03L_2$
	T_{sc} + **4.6m** 상부의 선체외부	선측외판/상갑판	$4.5+0.02L_2$
	선체내부구조	선체내부탱크경계	$4.5+0.02L_2$
		비수밀격벽, 건조구역 사이의 격벽 및 일반적인 기타의 판	$4.5+0.01L_2$
국부지지부재	수밀경계상의 국부지지부재		$3.5+0.015L_2$
	기타구조상의 국부지지부재		$2.5+0.015L_2$
트리핑브래킷			$5.0+0.015L_2$

여기서,
T_{sc} : **4장/1.1.15.1**에 따른다.
L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L로서 300m보다 클 필요는 없다.

2.1.6 1차 지지부재의 최소두께

2.1.6.1 화물탱크지역 내의 1차 지지부재의 웨브판 및 면재판의 두께는 **표 8.2.2**에 주어진 해당 최소두께요건에 적합하여야 한다.

표 8.2.2
화물탱크지역 내의 1차 지지부재에 대한 최소 순 두께

치수산정 위치	**순 두께(mm)**
이중저 중심선 거더	$5.5+0.025L_2$
기타 이중저 거더	$5.5+0.02L_2$
이중저 늑판, 선측트랜스버스의 웨프판 및 이중선체 내의 스트링거	$5.0+0.015L_2$
종격벽상의 수직특설늑골의 웨브 및 면재, 횡격벽상의 수평스트링거 및 갑판트랜스버스 (상갑판 상방 및 하방)	$5.5+0.015L_2$
여기서, L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L로서 300m 보다 클 필요는 없다.	

2.2 선체외부판

2.2.1 용골판

2.2.1.1 용골판은 선박의 전체길이에 대하여 선저의 평편부에 걸쳐 연장되어야 한다. 폭 b_{kl} 은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$b_{kl} = 800 + 5L_2 \quad \text{(mm)}$$

여기서,

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L 로서 300m 보다 클 필요는 없다.

2.2.1.2 용골판의 두께는 **2.2.2**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.2.2 선저외판

2.2.2.1 선저외판의 두께는 **표 8.2.4**의 요건에 적합하여야 한다.

2.2.3 빌지판

2.2.3.1 빌지판의 두께는 인접한 선저외판(**2.2.2.1** 참조) 또는 인접한 선측외판(**2.2.4.1** 참조) 중 큰 것에 요구되는 것보다 작아서는 아니된다.

2.2.3.2 종방향 보강재가 없는 빌지판의 순 두께 t_{net} 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{net} = \frac{\sqrt[3]{r^2 S_t P_{ex}}}{100} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

P_{ex} : 빌지의 하부곡면에서 계산된 설계하중 세트 1에 대한 설계해양압력(kN/m^2)

r : 유효빌지곡률반경

$= r_0 + 0.5(a+b)$ (mm)

r_o : 곡률반경(mm) (**그림 8.2.1** 참조)

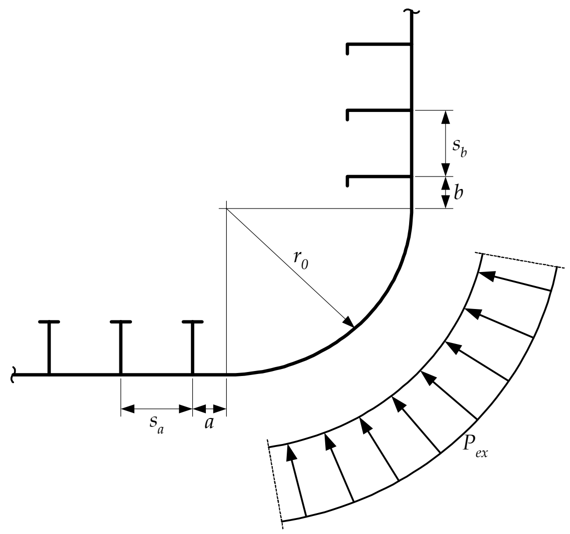
S_t : 횡방향 보강재, 웨브 또는 빌지브래킷 사이의 거리(m)

a : 빌지의 하부곡면과 가장 외측의 선저종통재 사이의 거리(mm)(**그림 8.2.1** 및 **2.3.1.2** 참조) 가장 외측의 선저종통재가 곡률 내에 있는 경우, 이 거리는 0으로 한다.

b : 빌지의 상부곡면으로부터 최하단 선측종통재까지의 거리(mm)(**그림 8.2.1** 및 **2.3.1.2** 참조) 최하단 선측종통재가 곡률 내에 있는 경우, 이 거리는 0으로 한다.

빌지킬은 이 요건의 적용상 “종방향 보강재”로 고려되지 아니한다.

그림 8.2.1
보강되지 아니한 빌지판



㈜

8/2.2.3.2에 주어진 두께 규정은 판의 곡선부분에 적용된다. 제작상의 이유로 블록조인트는 일반적으로 선측외판의 가장 밑에 부착된 보강재의 하방의 직선으로 된 판에 위치한다. 판의 심(seam)이 외판의 하부 보강재 하방으로 $s_b/4$를 넘지 않는다면 곡선판에 대해 요구되는 어떠한 두께 증가도 빌지 상방의 인접한 다음 판까지 연장해서 적용할 필요는 없다. 유사하게, 용접선이 제일 바깥쪽 선저종보강재를 지나 $s_a/4$를 넘지 않는다면 빌지 판에 대한 규정은 선저외판의 편평한 부분에 적용되지 않는다.

규칙적으로 종방향으로 보강된 빌지 판은 보강된 판(stiffened plate)으로 평가된다

2.2.3.3 빌지종통재가 면제되는 경우, 중앙부 $0.4L$ 바깥의 빌지판의 두께는 선형 및 내부 보강 배치로부터 유도되는 지지에 관련되어 고려되어야 한다. 일반적으로 중앙부 $0.4L$ 바깥에서 빌지판의 치수 및 배치는 동일지역의 일반선측 또는 선저외판의 요건에 적합하여야 한다. 전방의 지역에 증가된 하중이 있는 경우에는 주의를 기울여야 한다.

2.2.4 선측외판

2.2.4.1 선측외판의 두께는 **표 8.2.4**의 요건에 적합하여야 한다.

2.2.4.2 **2.2.4.3**에 규정된 범위 내에 있는 선측외판의 순 두께 t_{net} 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{net} = 28\left(\frac{s}{1000}+0.7\right)\left(\frac{BT_{sc}}{\sigma_{yd}{}^{2}}\right)^{0.25} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

B : **4장/1.1.3.1**에 정의된 형폭(m)

T_{sc} : **4장/1.1.15.1**에 정의된 강도계산용 흘수(m)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

2.2.4.3 **2.2.4.2**의 두께는 선측외판의 다음 범위에 적용되어야 한다.(**그림 8.2.2** 참조)

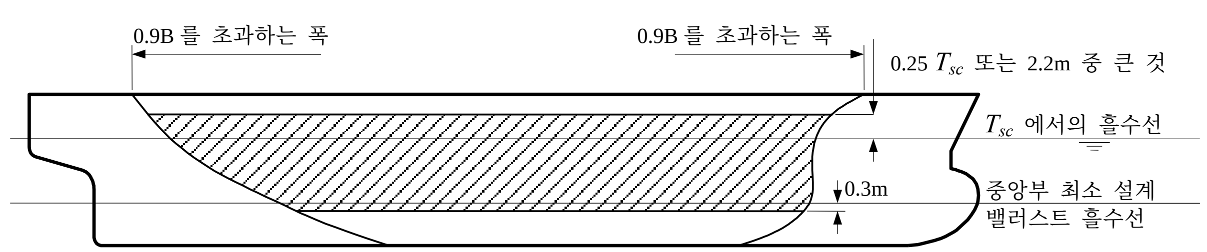
(a) 종방향 범위

- 수선에서의 폭이 0.9B 를 넘는 중앙부의 선미측 단면에서 수선에서의 폭이 0.6B 를 넘는 중앙부의 선수측 단면사이의 거리

(b) 수직방향 범위

- 중앙부 최저 설계밸러스트흘수선, $T_{bal,}$ 하방 300mm 부터 흘수 T_{sc} 상방 0.25T 또는 2.2m 중 큰 것까지의 거리.

그림 8.2.2
선측외판의 범위



2.2.5 현측후판

2.2.5.1 현측후판은 **2.2.4**의 요건에 적합하여야 한다.

2.2.5.2 중앙부 0.6L 내에서 둥근 현측후판에 갑판의장품이 용접되는 것은 피하여야 한다.

2.2.5.3 현측후판이 갑판스트링거판 상방으로 연장되는 경우, 현측후판의 상단에는 노치가 없어야 하고 용접된 의장품으로부터 떨어져 있어야 하며, 끝단에 둥금새를 주어 매끄럽게 하

여야 한다. 만일 절단표면이 매끈하지 아니한 경우 그라인딩이 요구될 수도 있다. 종방향으로 매끄러운 형상변화를 가지는 배수구멍이 허용될 수 있다.

2.2.6 갑 판

2.2.6.1 갑판의 두께는 **표 8.2.4**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.3 선체외부 늑골방식

2.3.1 일 반

2.3.1.1 선저외판, 내저판 및 갑판은 화물탱크지역 내에서 종늑골방식이어야 한다. 선측외판, 내측선체격벽 및 종격벽은 일반적으로 종늑골방식이다. 선측외판이 종늑골방식인 경우, 내측선체격벽은 유사하게 건조되어야 한다. 좌굴에대한 저항을 고려하여 적당한 대안이 특별히 고려될 수 있다.

2.3.1.2 종통재가 빌지 근처에서 면제되는 경우, 종통재는 선저 및 빌지판의 곡률이 시작되는 위치에 근접한 선측에 설치되어야 한다. 가장 외측의 선저종통재와 빌지의 하부곡면까지의 거리 a 는 일반적으로 두 개의 가장 외측의 선저종통재사이 간격 s_a 의 1/3보다 커서는 아니된다. 이와 유사하게, 최하단 선측종통재와 빌지의 상부곡면까지의 거리 b 는 일반적으로 두 개의 최하단 선측종통재사이 간격 s_b 의 1/3보다 커서는 아니된다. 이에 추가하여, 트랜스버스사이에 중간브래킷이 설치되지 않는 경우 s_a 및 s_b 는 빌지곡률반경의 1/3 또는 해당 국부외판두께의 50배 중 큰 것보다 커서는 아니된다.(**그림 8.2.1** 참조)

2.3.1.3 종통재는 **4장/3.2**에 주어진 연속성의 요건에 적합하여야 한다.

2.3.2 치수산정기준

2.3.2.1 선체외부 늑골방식의 단면계수 및 두께는 **표 8.2.5** 및 **표 8.2.6**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.3.2.2 선측외판종통재 또는 수직보강재가 각각 종방향 또는 수직방향 축으로 경사된 경우, 스팬은 **4장/2.1.3**에 따라야 한다.

2.3.2.3 휘어진 보강재인 경우, 스팬은 **4장/2.1.3**에 따라야 한다.

2.4 내저판

2.4.1 내저판의 판

2.4.1.1 내저판의 두께는 **표 8.2.4**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.4.1.2 용접된 호퍼너클 근처에서, 내저판은 주위구조로의 적절한 하중전달을 확보하고 응력집중을 줄이기 위하여 스카프되어야 한다.

2.4.1.3 설치된 경우, 파형격벽스툴 근처에서는 관통두께특성, 및 격벽스툴과 내저판의 연결부위에서 강도의 연속성을 위한 배치에 특별한 주의를 기울여야 한다. 규정된 관통두께특성을 가진 판의 요건에 대하여는 **6장/1.1.5**를 참조.

2.4.2 내저판 종통재

2.4.2.1 내저판 종통재의 단면계수 및 웨브판두께는 **표 8.2.5** 및 **표 8.2.6**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.5 격 벽

2.5.1 일 반

2.5.1.1 내측선체 및 종격벽은 일반적으로 평편하고 종늑골방식이어야 한다. 파형격벽은 **2.5.6**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.5.1.2 격벽이 화물 또는 밸러스트관에 의하여 관통되는 경우, 관련된 구조배치는 관내의 유체력에 의하여 격벽에 전달되는 하중에 대하여 적절한 것이어야 한다.

2.5.2 종방향 탱크주위 격벽판

2.5.2.1 종방향 탱크주위 격벽판의 두께는 **표 8.2.4**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.5.2.2 내측선체 및 종격벽은 실행가능한 한 선수미로 연장되어야 하고 인접하는 구조에 유효하게 스카프되어야 한다.

2.5.3 호퍼사이드구조

2.5.3.1 호퍼탱크판의 너클은 선측거더 및 스트링거 또는 깊은 종통재에 의하여 지지되어야 한다.

2.5.4 횡방향 탱크격벽판

2.5.4.1 횡방향 탱크격벽판의 두께는 **표 8.2.4**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.5.5 탱크주위 격벽보강재

2.5.5.1 탱크주위 종격벽 또는 횡격벽 상 보강재의 단면계수 및 웨브두께는 **표 8.2.5** 및 **표 8.2.6**에 주어진 요건에 적합하여야 한다.

2.5.6 파형격벽

2.5.6.1 **2.5.6** 및 **2.5.7**에 정의된 파형격벽에 관련된 치수요건은 순 치수요건이다. 총 치수요건은 **6장/3**에 규정된 전체부식추가을 더함으로써 해당요건으로부터 구하여진다.

2.5.6.2 일반적으로 파형격벽은 55도와 90도 사이의 파형각 ϕ를 갖도록 설계된다.

2.5.6.3 파형격벽, 하부스툴 및 상부스툴, 설치된 경우, 그리고 주위구조의 부착물의 총체적인 강도는 중앙부 영역의 화물탱크 FEM 모델로 검증되어야 한다. **9장/2** 참조. 중앙부지역 바깥의 파형격벽의총체적인 강도는 화물탱크 FEM 모델 및 고려하는 격벽에 적절한 압력을 사용한 결과에 기초를 두고 고려되어야 한다. 중앙부지역 선수미의 화물탱크격벽의 추가적인 FEM 해석은 격벽의 기하학적, 구조적 상세 및 지지배치의 상세가 중앙부 화물탱크지역 내의 격벽과 상당히 다른 경우 필요할 수 있다.

2.5.6.4 파형격벽 웨브 및 면재의 순 두께 t_{net} 은 **표 8.2.7** 주어진 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로 다음으로 주어진다.

$$t_{net} = 0.0158 b_p \sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

P : **3장/5.1**에 정의된 하중점에서 계산된 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력 (kN/m^2)

b_p : 판의 폭:

= b_f 면재의 경우(mm)(**그림 8.2.3** 참조)

= b_w 웨브판의 경우(mm)(**그림 8.2.3** 참조)

C_a : 허용굽힘응력계수:

= 0.75 허용기준 AC1인 경우

= 0.90 허용기준 AC2인 경우

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

2.5.6.5 면재와 웨브판두께가 다른 경우, 두꺼운 순 판두께 t_{m-net} 는 **표 8.2.7**에 주어진 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로 다음으로 주어진다.

$$t_{m-net} = \sqrt{\frac{0.0005 b_p^2 |P|}{C_a \sigma_{yd}} - t_{n-net}^2} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

t_n : 면재 또는 웨브 중 얇은 판의 순 두께(mm)

b_p : 면재 또는 웨브 중 두꺼운 판의 폭(mm)

P : **3장/5.1**에 규정된 하중점에서 계산된 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력 (kN/m^2)

C_a : 허용굽힘응력계수:

= 0.75 허용기준 AC1인 경우

= 0.90 허용기준 AC2인 경우

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

2.5.7 수직파형격벽

2.5.7.1 **2.5.6**의 요건에 추가하여, 수직파형격벽은 또한 **2.5.7**의 요건에 적합하여야 한다.

2.5.7.2 l_{cg} 가 **2.5.7.3**에 따라 정의되는 경우, **2.5.7.5** 및 **2.5.7.6**에 요구되는 순 판두께는 하단으로부터 파형길이 l_{cg} 의 2/3까지 유지되어야 한다. 상기의 순 판두께는 20% 경감될 수 있다.

2.5.7.3 파형의 하부 15%의 순 웨브판두께 $t_{w\text{-}net}$ 은 **표 8.2.7**에 주어진 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로 다음으로 주어진다. 이 요건은 하부스툴이 없는 파형격벽에는 적용하지 아니한다.(**2.5.7.9** 참조)

$$t_{w-net} = \frac{1000\left|Q_{cg}\right|}{d_{cg}\, C_{t-cg}\, \tau_{yd}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

Q_{cg} : 파형의 하단에서 웨브판에 작용하는 설계전단력

$$= \frac{s_{cg}\, l_{cg}\left|3P_l + P_u\right|}{8000} \quad \text{(kN)}$$

P_l : 파형의 하단에서 계산된 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

P_u : 파형의 상단에서 계산된 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

s_{cg} : 파형의 간격(mm)(**그림 8.2.3** 참조)

l_{cg} : 하부스툴과 상부스툴 또는 상부스툴이 설치되지 아니한 경우 상단사이의 거리로 정의되는 파형의 길이(m)(**그림 8.2.3** 참조)

d_{cg} : 파형의 깊이(mm)(**2.5.7.4** 및 **그림 8.2.3** 참조)

C_{t-cg} : 허용전단응력계수:

= 0.75 허용기준 AC1인 경우

= 0.90 허용기준 AC2인 경우

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad \text{N/mm}^2$$

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

2.5.7.4 파형의 깊이 d_{cg},는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$d_{cg} = \frac{1000\, l_{cg}}{15} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

l_{cg} : 하부스툴 또는 하부스툴이 설치되지 않은 경우 내저판과 상부스툴 또는 상부스툴이 설치되지 아니한 경우 상단사이의 거리로 정의되는 파형의 길이(m). (**그림 8.2.3** 참조)

2.5.7.5 파형격벽 면재의 순 두께 $t_{f\text{-}net}$ (하부 끝단에서부터 파형 길이의 2/3)은 **표 8.2.7**에 주어진 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로 다음으로 주어진다. 이 요건은 하부 스툴이 없는 파형격벽에는 적용하지 아니한다.(**2.5.7.9** 참조)

$$t_{f-net} = \frac{0.00657\, b_f \sqrt{\sigma_{bdg-\max}}}{C_f} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

$\sigma_{bdg\text{-}max}$: 면재 내 수직굽힘응력의 최대값. 굽힘응력은 파형길이의 하단 및 스팬의 중간에서 계산되어야 한다.

$$= \frac{1000 M_{cg}}{Z_{cg-act-net}} \quad (\text{N/mm}^2)$$

M_{cg} : **2.5.7.6**에 따른다.

$Z_{cg\text{-}act\text{-}net}$: 파형길이의 하단 및 중간에서 실제 순 단면계수(cm^3)

b_f : 면재의 폭(mm)(**그림 8.2.3** 참조)

b_w : 웨브판의 폭(mm)(**그림 8.2.3** 참조)

C_f : 계수

$$= 7.65 - 0.26\left(\frac{b_w}{b_f}\right)^2$$

2.5.7.6 단위파형의 파형길이의 하단과 상단에서 그리고 중간(l_{cg}/2)에서 순 단면계수 $Z_{cg\text{-}net}$ 는 **표 8.2.7**에 주어진 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로 다음으로 주어진다. 이 요건은 하부스툴이 없는 파형격벽에는 적용하지 아니한다.(**2.5.7.9** 참조)

$$Z_{cg-net} = \frac{1000\, M_{cg}}{C_{s-cg}\, \sigma_{yd}} \quad (\text{cm}^3)$$

여기서,

$$M_{cg} = \frac{C_i |P| s_{cg}\, l_0^{\,2}}{12000} \quad \text{(kNm)}$$

$$P = \frac{P_u + P_l}{2} \quad (\text{kN/m}^2)$$

P_l, P_u : 파형의 하단 및 상단에서 각각 계산된 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

(a) 파형횡격벽인 경우, 압력은 각 탱크의 종격벽으로부터 b_{tk}/2에 위치한 단면에서 계산되어야 한다.

(b) 파형종격벽인 경우, 압력은 각 탱크의 단부, 즉 선수미횡격벽과 종격벽의 교차점에서 계산되어야 한다.

b_{tk} : 격벽에서 측정된 고려하는 탱크의 최대폭(m)

s_{cg} : 파형의 간격(mm)(**그림 8.2.3** 참조)

l_o : 하부스툴의 중간깊이로부터 상부스툴의 중간깊이, 또는 상부스툴이 설치되지 아니한 경우 상단까지 측정된 파형의 유효굽힘스팬(m)(**그림 8.2.3** 참조)

l_{cg} : 하부스툴과 상부스툴 또는 상부스툴이 설치되지 아니한 경우 상단사이의 거리로 정의되는 파형의 길이(m)(**림 8.2.3** 참조)

C_i : **표 8.2.3**에 주어진 해당굽힘모멘트계수

C_{s-cg} : 허용굽힘모멘트계수

파형길이 l_{cg} 의 중간길이에서:

$= c_e$ 허용기준 AC1인 경우 0.75이하일 것.

$= c_e$ 허용기준 AC2인 경우 0.90이하일 것.

파형길이 l_{cg} 의 하단 및 상단에서:

$= 0.75$ 허용기준 AC1인 경우

$= 0.90$ 허용기준 AC2인 경우

c_e $= \dfrac{2.25}{\beta} - \dfrac{1.25}{\beta^2}$ $\beta \geq 1.25$인 경우

$= 1.0$ $\beta < 1.25$인 경우

β $= \dfrac{b_f}{t_{f-net}}\sqrt{\dfrac{\sigma_{yd}}{E}}$

b_f : 면재의 폭(mm)(**그림 8.2.3** 참조)

t_{f-net} : 파형면재의 순 두께(mm)

E : 탄성계수(N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.2.3
C_i 의 값

격벽	l_{cg} 의 하단에서	l_{cg} 의 중간길이에서	l_{cg} 의 상단에서
횡격벽	C_1	C_{m1}	$0.80C_{m1}$
종격벽	C_3	C_{m3}	$0.65C_{m3}$

여기서,

C_1 $= a_1 + b_1\sqrt{\frac{A_{dt}}{b_{dk}}}$ 다만, 0.60이상일 것.

a_1 $= 0.95 - \frac{0.41}{R_{bt}}$

b_1 $= -0.20 + \frac{0.078}{R_{bt}}$

C_{m1} $= a_{m1} + b_{m1}\sqrt{\frac{A_{dt}}{b_{dk}}}$ 다만, 0.55이상일 것.

a_{m1} $= 0.63 + \frac{0.25}{R_{bt}}$

b_{m1} $= -0.25 - \frac{0.11}{R_{bt}}$

C_3 $= a_3 + b_3\sqrt{\frac{A_{dl}}{l_{dk}}}$ 다만, 0.60이상일 것.

a_3 $= 0.86 - \frac{0.35}{R_{bl}}$

b_3 $= -0.17 + \frac{0.10}{R_{bl}}$

C_{m3} $= a_{m3} + b_{m3}\sqrt{\frac{A_{dl}}{l_{dk}}}$ 다만, 0.55이상일 것.

a_{m3} $= 0.32 + \frac{0.24}{R_{bl}}$

b_{m3} $= -0.12 - \frac{0.10}{R_{bl}}$

표 8.2.3 (계속) C_i 의 값	
R_{bt}	$= \dfrac{A_{bt}}{b_{ib}}\left(1+\dfrac{l_{ib}}{b_{ib}}\right)\left(1+\dfrac{b_{av-t}}{h_{st}}\right)$ 횡격벽의 경우
R_{bl}	$= \dfrac{A_{bl}}{l_{ib}}\left(1+\dfrac{l_{ib}}{b_{ib}}\right)\left(1+\dfrac{b_{av-l}}{h_{sl}}\right)$ 종격벽의 경우
A_{dt}	: 횡격벽 상부스툴의 몰드라인으로 폐위된 횡단면적(m^2) = 0 상부스툴이 설치되지 아니한 경우
dl	: 종격벽 상부스툴의 몰드라인으로 폐위된 횡단면적(m^2) = 0 상부스툴이 설치되지 아니한 경우
A_{bt}	: 횡격벽 하부스툴의 몰드라인으로 폐위된 횡단면적
A_{bl}	: 종격벽 하부스툴의 몰드라인으로 폐위된 횡단면적
b_{av-t}	: 횡격벽 하부스툴의 평균폭(m)(**그림 8.2.3** 참조)
b_{av-l}	: 종격벽 하부스툴의 평균폭(m)(**그림 8.2.3** 참조)
h_{st}	: 횡격벽 하부스툴의 높이(m)(**그림 8.2.3** 참조)
h_{sl}	: 종격벽 하부스툴의 높이(m)(**그림 8.2.3** 참조)
b_{ib}	: 내저판높이에서 호퍼탱크사이 또는 호퍼탱크와 중심선 하부스툴사이의 화물탱크 의폭(m)(**그림 8.2.3** 참조)
b_{dk}	: 갑판높이에서 상부윙탱크사이 또는 상부윙탱크와 중심선 갑판박스사이 또는 상부스툴이 설치되지 아니한 경우 파형면재사이의 화물탱크의 폭(m)(**그림 8.2.3** 참조)
l_{ib}	: 내저판높이에서 횡방향 하부스툴사이의 화물탱크의 길이(m)(**그림 8.2.3** 참조)
l_{dk}	: 갑판높이에서 횡방향 상부스툴사이 또는 상부스툴이 설치되지 아니한 경우 파형면재사이의 화물탱크의 길이(m)(**그림 8.2.3** 참조)

2.5.7.7　0.56B 보다 큰 유효슬로싱폭 b_{slh} 또는 0.13L 보다 큰 유효슬로싱길이 l_{slh} 를 가지는 탱크인 경우, 추가의 슬로싱해석이 우리 선급의 요건에 따라 단위파형의 단면계수를 평가하기 위하여 수행되어야 한다.

2.5.7.8　형깊이가 16m 이상인 선박인 경우,(**4장/1.1.4** 참조) 하부스툴이 다음 요건에 적합하게 설치되어야 한다.

(a) 일 반

- 높이 및 깊이는 파형의 깊이보다 작아서는 아니된다.
- 하부스툴은 이중저늑판 또는 거더와 일치하여 설치되어야 한다.
- 스툴구조 내의 선측보강재 및 수직웨브(다이어프램)은 이중저 내의 구조에 적절한 하중전달을 제공하기 위하여 실행가능한 한 하부의 구조에 일치되어야 한다.

(b) 스툴정판

- 스툴정판의 두께는 부착된 파형격벽에 요구되는 것보다 작아서는 아니되고 부착된 파형격벽과 최소한 동등한 재료의 항복강도의 것이어야 한다.
- 파형을 넘어서 정판의 연장은 파형의 조립면재 두께보다 작아서는 아니된다.

(c) 스툴측판 및 내부구조

- 스툴정판으로부터 파형깊이의 지역 내에서 스툴측판의 두께는 하단에서의 파형격벽면재에 대한 **2.5.7.2**에서 요구되는 것의 90%보다 작아서는 아니되고 최소한 동일한 재료항복강도의 것이어야 한다.
- 스툴측판의 두께 및 스툴선측보강재의 단면계수는 횡 또는 종격벽판과 보강재에 대한 **2.5.2, 2.5.4** 및 **2.5.5**에서 요구되는 것보다 작아서는 아니된다.
- 스툴선측 수직보강재의 끝단은 스툴의 상하단에서 브래킷에 고착되어야 한다.
- 연속성은 실행가능한 한 스툴내부의 파형웨브와 지지브래킷사이에서 유지되어야 한다. 브래킷두께는 파형웨브두께의 80%보다 작아서는 아니되고 최소한 동일한 재료항복강도의 것이어야 한다.
- 스툴측판과 내저판 및 스툴정판의 연결과 관련하여 다이어프램 내의 스켈롭은 서용되지 아니한다.

2.5.7.9 형깊이가 16m 미만인 선박인 경우,(**4장/1.1.4** 참조) 하부스툴은 다음 요건에 적합한 조건으로 생략될 수 있다.

(a) 일반

- 이중저늑판 또는 거더는 각각 횡 또는 종격벽의 파형면재와 일치되게 설치되어야 한다.
- 브래킷/칼링은 내저판 및 호퍼탱크 하방에 파형웨브와 일치되게 설치되어야 한다. 이 것이 적절하지 아니한 경우, 쉐더판과 함께 거싯판이 설치되어야 한다.(아래 (c) 및 **그림 8.2.3** 참조)
- 파형격벽 및 그 지지구조는 **9장/2**에 따라서 유한요소(FE)해석법에 의하여 평가되어야 한다. 이에 추가하여 **2.5.6.4** 및 **2.5.6.5**의 국부치수산정요건 및 **2.5.7.4**의 최소파형깊이요건이 적용되어야 한다.

(b) 내저판 및 호퍼탱크판

- 파형격벽에 인접한 내저판 및 호퍼탱크의 순 두께는 부착된 격벽의 순두께보다 작아서는 아니되고 부착된 파형격벽과 최소한 동일한 재료항복강도의 것이어야 한다.

(c) 지지구조

- 내저판 하부 파형깊이의 지역 내에서 지지하는 이중저늑판 또는 거더의 순 두께는 하단의 파형격벽면재의 순 두께보다 작아서는 아니되고 최소한 동일한 재료항복강도의 것이어야 한다.
- 지지하는 이중저늑판 또는 거더 상의 수직보강재의 상단은 인접하는 구조에 브래킷으로 연결되어야 한다.

- 파형웨브와 일치되어 설치된 브래킷/칼링은 파형깊이의 0.5배보다 작지아니하는 깊이를 가져야 하며 순 두께는 파형웨브 순 두게의 80%보다 작아서는 아니되고 최소한 동일한 재료항복강도의 것이어야 한다.
- 파형면재와 일치되어 설치된 지지하는 이중저늑판 및 거더의 보강재를 위한 절단부에는 완전한(full) 칼라판를 설치하여야 한다.
- 쉐더판과 거싯판에 의하여 지지되는 경우, 거싯판의 높이는, (**그림 8.2.3**의 h_g 참조) 최소한 파형깊이와 동등하여야 하고, 쉐더판과 거싯판은 모든 파형에 설치되어야 한다. 거싯판은 파형면재와 일치되게하여 그 사이에 설치되어야 한다. 거싯판 및 쉐더판의 순 두께는 파형면재 순 두께의 각각 100% 및 80% 보다 작아서는 아니되고 최소한 동일한 재료항복강도의 것이어야 한다.(**2.5.7.11** 참조)
- 내저판 또는 파형면재 및 웨브에의 연결과 관련된 브래킷, 거싯판 및 쉐더판의 스켈롭은 허용되지 아니한다.

2.5.7.10 일반적으로 상부스툴은 다음 요건에 적합하게 설치되어야 한다.

(a) 일반

- 상부스툴이 설치되지 아니하는 경우, 격벽지지구조 상세 및 배치의 상갑판구조에 대한 적정성을 실증하기 위하여 유한요소해석이 수행되어야 한다.
- 스툴구조 내의 선측보강재 및 수직웨브(다이어프램)은 적절한 하중전달을 제공하기 위하여 인접한 구조에 일치되어야 한다
- 상부스툴과 갑판상 구조사이의 교차점에 브래킷이 배치되어야 한다.

(b) 스툴바닥판

- 스툴바닥판의 순 두께는 부착된 파형격벽에 요구되는 것보다 작아서는 아니되고 부착된 파형격벽과 최소한 동일한 재료항복강도의 것이어야 한다.
- 파형을 넘어서 바닥판의 연장은 파형의 고착된 조립면재 두께보다 작아서는 아니된다.

(c) 스툴측판 및 내부구조

- 스툴바닥판 상부의 파형깊이의 지역 내에서 스툴측판의 순 두께는 동일한 재료가 사용되는 상단에서의 파형격벽면재에 대하여 **2.5.7.2**에서 요구되는 것의 80% 보다 작아서는 아니된다. 만일 항복강도가 다른 재료가 사용되는 경우, 요구되는 두께는 두 재료계수(k)의 비율에 따라서 수정되어야 한다. 여기서 K 는 **6장 /1.1.4.1**에 따른다.
- 스툴측판의 순 두께 및 스툴선측보강재의 순 단면계수는 횡 또는 종격벽판과 보강재에대한 **2.5.2, 2.5.4** 및 **2.5.5**에서 요구되는 것보다 작아서는 아니된다.
- 스툴선측수직보강재의 끝단은 스툴의 상하단에서 브래킷에 고착되어야 한다.

- 스툴측판과 갑판 및 스툴바닥판의 연결과 관련하여 다이어프램 내의 스켈롭은 허용되지 아니한다.

2.5.7.11 파형과 하부스툴 또는 내저판의 끝단연결에 쉐더판과 거싯판 또는 쉐더판(경사판)이 설치되는 경우, 이들 판에 의하여 가스포켓이 형성될 가능성을 방지하기 위하여 적절한 수단이 제공되어야 한다.

2.5.7.12 모든 연결 및 이음에 대한 용접은 **6장/5**에 적합하여야 한다.

2.5.8 비수밀격벽

2.5.8.1 설치되는 경우, 비수밀격벽(제수격벽)은 횡방향 웨브, 격벽 또는 유사한 구조에 일치되어야 한다. 이들은 수평 또는 수직방향으로 보강된 평면구조이어야 하고, **6.2**에 주어진 슬로싱요건에 적합하여야 한다. 일반적으로 비수밀격벽의 개구는 충분한 곡률반경을 가져야 하고 합계면적은 격벽면적의 10%보다 작아서는 아니된다.

표 8.2.3
파형격벽에 대한 계수의 정의
(중심선에 종격벽을 가지는 탱커)

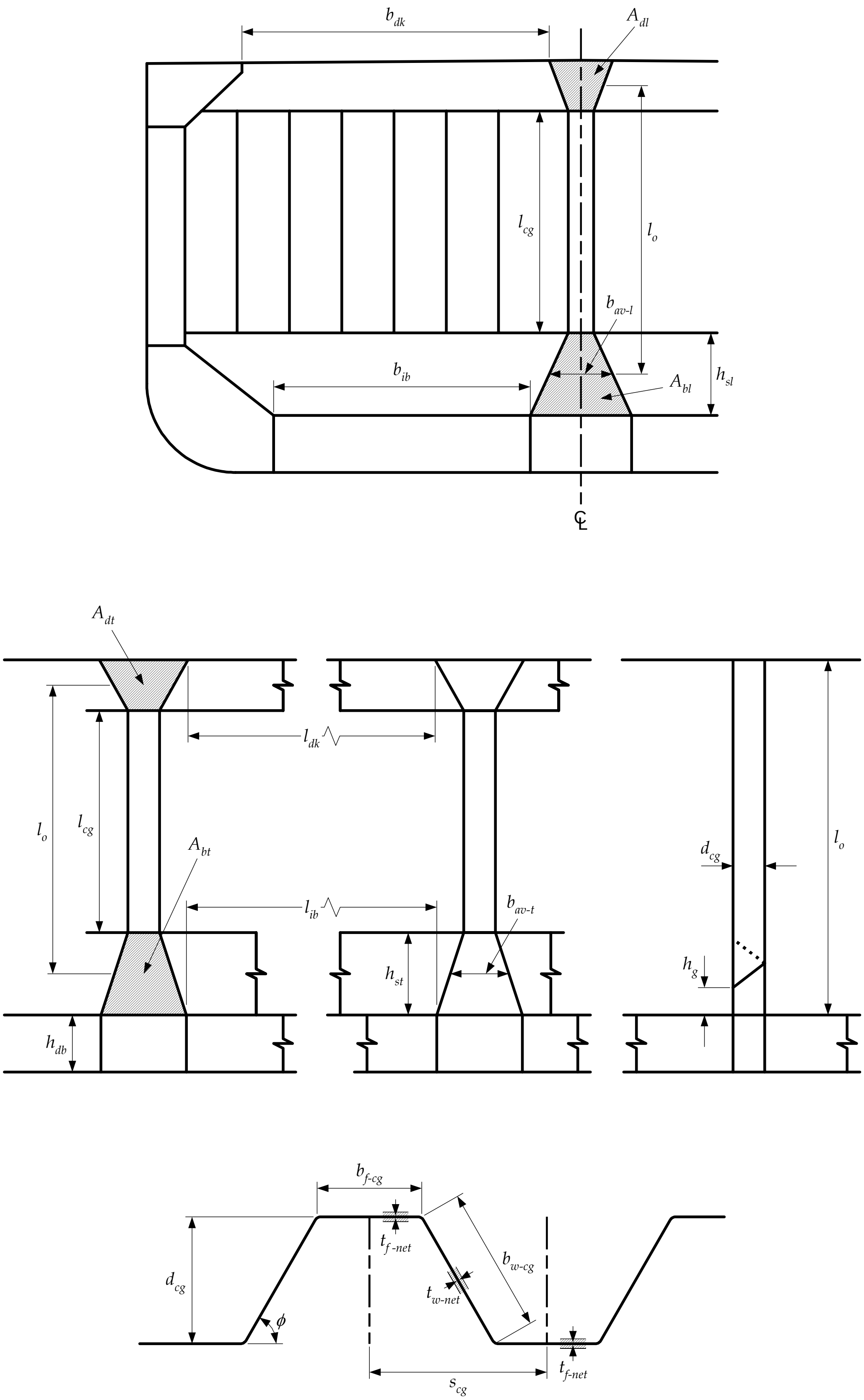


표 8.2.4
판에 대한 두께요건

요구되는 순 두께 t_{net} 은 **표 8.2.7**에 주어진 모든 적용설계하중세트에 대하여 최대값으로서 다음으로 주어진다.

$$t_{net} = 0.0158 \alpha_p s \sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

P : **3장/5.1**에서 정의되는 하중점에서 계산되고 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력 (kN/m^2)

α_p : 패널형상비에 대한 수정계수

$= 1.2 - \dfrac{s}{2100 l_p}$ 그러나, 1.0이하일 것.

s : **4장/2.2**에 따른다.(mm)

l_p : 판패널의 길이(m)로서, 칼링이 설치되지 아니하는 한 1차 지지부재의 간격 S 이다.

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

C_a : 고려하는 설계하중세트에 대한 허용굽힘응력계수

$= \beta_a - \alpha_a \dfrac{|\sigma_{hg}|}{\sigma_{yd}}$ 그러나 $C_{a\text{-}max}$ 보다 커서는 아니된다.

허용기준	구조부재		β_a	α_a	$C_{a\text{-}max}$
AC1	종강도부재	종방향으로 보강된 판	0.9	0.5	0.8
		횡방향 또는 수직방향으로 보강된 판	0.9	1.0	0.8
	기타부재		0.8	0	0.8
AC2	종강도부재	종방향으로 보강된 판	1.05	0.5	0.95
		횡방향 또는 수직방향으로 보강된 판	1.05	1.0	0.95
	수밀경계판을 포함한 기타부재		1.0	0	1.0

σ_{hg} : **3장/5.1.2**에 정의되는 하중계산점에서 고려하고 계산되는 선체거더 굽힘응력

$$= \left(\frac{(z - z_{NA-net50}) M_{v-total}}{I_{v-net50}} - \frac{y M_{h-total}}{I_{h-net50}} \right) 10^{-3} \quad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

$M_{v\text{-}total}$: 고려하는 설계하중세트에 대하여 고려하는 종방향 위치에서 전체 수직굽힘모멘트(kNm). 정수중 굽힘모멘트 $M_{sw\text{-}perm}$ 는 동시에 작용하는 파랑중 굽힘모멘트 M_{wv} 와 동일한 부호이어야 한다.(**표 7.6.1** 참조)

$M_{h\text{-}total}$: 고려하는 설계하중세트에 대하여 고려하는 종방향위치에서의 설계수평 굽힘모멘트(kNm)

$I_{v\text{-}net50}$: **4장/2.6.1**에 정의된 고려하는 종방향 위치에서 순 수직선체거더 관성모멘트(m^4)

$I_{h\text{-}net50}$: **4장/2.6.2**에 정의된 고려하는 종방향 위치에서 순 수평선체거더 관성모멘트(m^4)

y : 고려하는 하중점의 횡방향좌표(m)

z : 고려하는 하중점의 수직좌표(m)

$z_{NA\text{-}net50}$: 기선으로부터 **4장/2.6.1**에 정의된 수평중립축까지의 거리(m)

표 8.2.5
보강재에 대한 단면계수 요건

요구되는 순 단면계수, Z_{net} 는 **표 8.2.7**에 주어진 모든 적용설계하중세트에 대하여 최대값으로서 다음으로 주어진다.

$$Z_{net} = \frac{|P|\, s\, l_{bdg}^{\ 2}}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad (m^3)$$

여기서,

P : **3장/5.2**에서 정의되는 하중점에서 계산되고 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력 (kN/m^2)

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수:
연속된 보강재 및 고정단을 가지는 보강재의 끝단연결이 이상적으로 설치된 경우:
= 12 수평보강재인 경우
= 10 수직보강재인 경우
경감된 끝단고정인 보강재인 경우, **7장** 참조

l_{bdg} : **4장/2.1.1**에 정의되는 유효굽힘스팬(m)

s : **4장/2.2**에 따른다. (mm)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2) (또한 **3장/5.2.6.5** 참조(N/mm^2))

C_s : 고려하는 설계하중세트에 대한 허용굽힘응력계수로서 다음에 따른다.

선체거더굽힘응력의 부호, σ_{hg}	압력이 작용하는 쪽	허용기준
인장(+ve)	보강재측	$C_s = \beta_s - \alpha_s \dfrac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{\sigma_{yd}}$ C_{s-max} 이하일 것
압축(-ve)	판측	
인장(+ve)	판측	$C_s = C_{s-max}$
압축(-ve)	보강재측	

허용기준세트	구조부재	β_s	α_s	C_{s-max}
AC1	종강도부재	0.85	1.0	0.75
	횡 또는 수직부재	0.75	0	0.75
AC2	종강도부재	1.0	1.0	0.9
	횡 또는 수직부재	0.9	0	0.9
	수밀경계보강재	0.9	0	0.9

σ_{hg} : **3장/5.2.2.5**에 정의된 응력조합하중점에서 고려되고 계산된 설계하중세트에 대한 선체거더굽힘응력

$$= \left(\frac{(z - z_{NA-net50})\, M_{v-total}}{I_{v-net50}} - \frac{y\, M_{h-total}}{I_{h-net50}} \right) 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

$M_{v-total}$: 고려하는 설계하중세트에 대하여 고려하는 종방향 위치에서 전체 수직굽힘모멘트(kNm). $M_{v-total}$ 은 호깅 또는 새깅 정수중 허용굽힘모멘트 $M_{sw-perm}$ 을 사용하여 **표 7.6.1**에 따라 계산되어야 한다. $M_{sw-perm}$ 은 다음에 따른다.

보강재위치	$M_{sw-perm}$	
	판측에 작용하는 압력	보강재측에 작용하는 압력
중립축 상방	새깅 SWBM	호깅 SWBM
중립축 하방	호깅 SWBM	새깅 SWBM

$M_{h-total}$: 고려하는 설계하중세트에 대하여 고려되는 종방향 위치에서의 전체 설계수평 굽힘모멘트 (kNm)(**표 7.6.1** 참조)

$I_{v-net50}$: **4장/2.6.1**에 정의되는 고려하는 종방향 위치에서의 수직 순 선체거더 관성모멘트(m^4)

$I_{h-net50}$: **4장/2.6.2**에 정의되는 고려하는 종방향 위치에서의 수평 순 선체거더 관성모멘트(m^4)

y : **3장/5.2.2.5**에 정의되는 응력조합점의 횡방향좌표(m)

z : **3장/5.2.2.5**에 정의되는 응력조합점의 수직좌표(m)

$z_{NA-net50}$: 기선으로부터 **4장/2.6.1**에 정의된 수평중립축까지의 거리(m)

표 8.2.6 보강재 웨브에 대한 두께요건	
요구되는 순 웨브두께 t_{w-net} 는 **표 8.2.7**에 주어진 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로서 다음으로 주어진다. $t_{w-net} = \frac{f_{shr} \lvert P \rvert s\, l_{shr}}{d_{shr}\, C_t\, \tau_{yd}}$ (mm)	
여기서,	
P	: **3장/5.1**에 정의된 하중점에서 계산되고 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)
f_{shr}	: 전단력계수: 연속된 보강재 및 고정단을 가지는 보강재의 끝단연결이 이상적으로 설치된 경우: = 0.5 수평보강재인 경우 = 0.7 수직보강재인 경우 경감된 끝단고정인 보강재인 경우, **7절** 참조.
d_{shr}	: **4장/2.4.2.2**에 따른다. (mm)
C_t	: 고려하는 설계하중세트에 대한 허용전단응력계수로서 다음에 따른다: = 0.7 허용기준 AC1인 경우 = 0.9 허용기준 AC2인 경우
s	: **4장/2.2**에 따른다. (mm)
l_{shr}	: 유효전단스팬(m)(**4장/2.1.2** 참조)
τ_{yd}	$= \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)
σ_{yd}	: 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.2.7
판 및 국부지지부재에 대한 설계하중세트

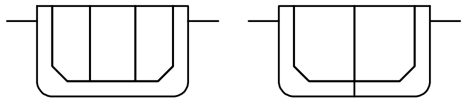
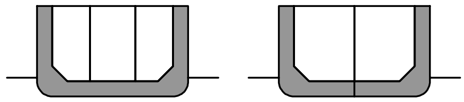
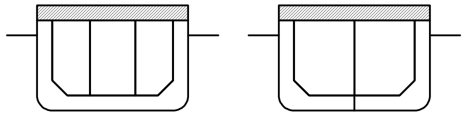
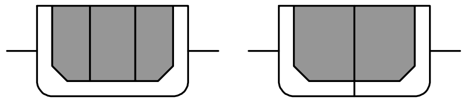
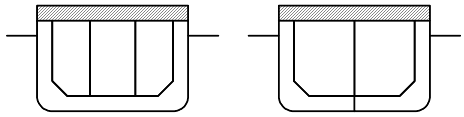
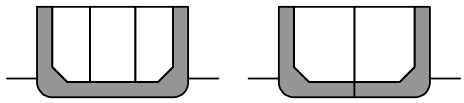
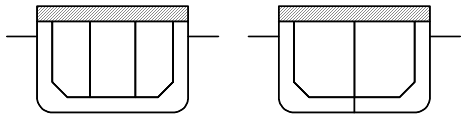
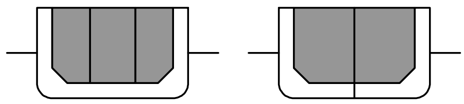
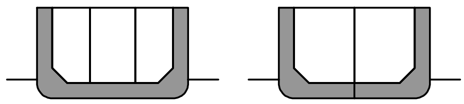
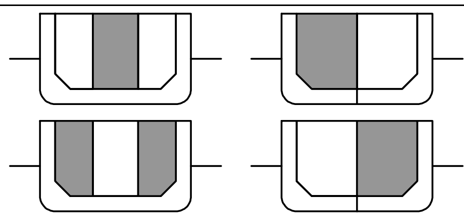
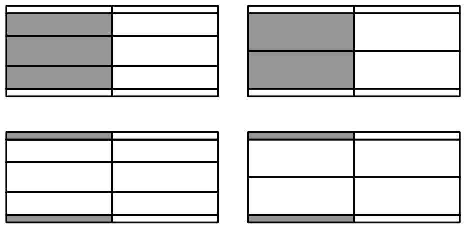
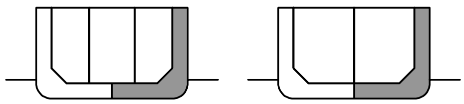
구조부재		설계하중세트 (1, 2, 3)	하중성분	흘수	설명	그림표시
용골, 선저외판, 빌지, 선측외판, 현측후판		1	P_{ex}	T_{sc}	해양압력 뿐	
		2	P_{ex}	T_{sc}		
		7	$P_{in} - P_{ex}$	T_{bal}	해수밸러스트압력과 해양압력 사이의 순 압력차	
		8	$P_{in} - P_{ex}$	$0.25T_{sc}$		
갑판	화물탱크	1	P_{ex}	T_{sc}	그린파랑압력 뿐 또는 갑판상 기타 하중	
		3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	화물압력 뿐	
		4	P_{in}	-		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
	기타탱크	1	P_{ex}	T_{sc}	그린파랑압력 뿐 또는 갑판상 기타 하중	
		5	P_{in}	T_{bal}	해수밸러스트 또는 기타 액체압력 뿐	
		6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
	기타지역	9	P_{dk}	T_{bal}	분포하중 또는 집중하중 뿐. 동시에 발생하는 그린파랑압력은 무시될 수 있다.	
		10	P_{dk}	-		
내저판, 내측선체, 호퍼사이드		3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	화물압력 뿐	
		4	P_{in}	-		
		5	P_{in}	T_{bal}	해수밸러스트 또는 기타 액체압력 뿐	
		6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
종격벽, 중심선격벽		3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	한쪽 면으로부터의 압력 뿐. 인접한 화물탱크는 공창인 화물탱크만재. 두 경우가 평가되어야 함: 1. 내측공창, 외측만재, 2. 내측만재, 외측공창	
		4	P_{in}	-		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		

표 8.2.7(계속)
국부지지부재에 대한 설계하중세트

구조부재		설계하중세트 (1, 2, 3)	하중성분	흘수	설명	그림표시
횡격벽	화물탱크	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	한쪽 면으로부터의 압력뿐. 인접한 전방 또는 후방 화물탱크는 공창인 화물탱크만재. 두 경우가 평가되어야 함 1) 전방 공창, 후방 만재 2) 전방 만재, 후방 공창	
		4	P_{in}	-		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
	기타탱크	5	P_{in}	T_{bal}		
		6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
기타탱크경계, 즉, 거더, 늑판, 스트링거		5	P_{in}	T_{bal}	한쪽 면으로부터의 압력뿐. 인접한 화물탱크는 공창인 탱크만재. 두 경우가 평가되어야 함. 상기참조	
		6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
		11	$P_{in\text{-}flood}$	-		

여기서,

T_{sc} : **4장/1.1.5.1**에 정의된 강도계산용 흘수(m)

T_{bal} : **8장/1.1.2.6**(a)에 정의된 최소 설계 밸러스트흘수(m)

(비 고)

1. : 각 설계하중세트에 대한 설계하중조합, 하중성분, 허용기준 및 기타 하중계수의 상세는 **표 8.2.8**에 따른다

2, : 선박의 배치가 상기로 설명될 수 없는 경우, 구조경계의 치수요건을 결정하기 위한 해당 설계하중세트는 인접한 탱크 또는 구역은 공창인 한쪽 선측의 만재탱크를 규정할 수 있도록 선택되어야 한다. 경계는 양측으로부터의 하중에 대하여 평가되어야 한다. 설계하중세트는 탱크 또는 구역의 적재물에 기초하여 선택되어야 하고 구조의 경계에 작용하는 압력을 최대화시켜야 하며, 사용되는 흘수는 설계하중세트 및 이 표에 따라서 취하여야 한다. S 및 S+D 설계하중조합을 포함하는 설계하중세트가 선택되어야 한다. ((비 고) 4. 및 **표 8.2.8** 참조)

3. : 선체외부의 일부를 형성하지 아니하는 보이드 및 건조구역은 설계하중세트 11을 사용하여 평가되어야 한다. (비고) 2 참조

4. : 상기에 포함되지 아니하는 구조부재에 대한 설계하중세트(DLS):
화물탱크와 스툴물밸러스트탱크의 경계인 경우:
- DSL 5, 6 및 11 을 물밸러스트탱크측으로부터의 압력에 대하여 적용
- DSL 3, 4 및 11 을 화물탱크측으로부터의 압력에 대하여 적용

두 개의 물밸러스트탱크를 구분하거나 또는 물밸러스트와 연료유탱크를 구분하는 이중저거더인 경우:
- DSL 5, 6 및 11 을 한번씩 각 측으로부터의 압력에 대하여 적용

화물탱크에 대한 스툴보이드스페이스의 경계인 경우:
- DSL 3, 4 및 11 을 화물탱크측으로부터의 압력에 대하여 적용
- DSL 11 을 보이드스페이스측으로부터의 압력에 대하여 적용

표 8.2.8
각 설계하중세트에 대한 설계하중조합의 상세, 허용기준 및 기타하중계수

설계하중세트	하중성분 (1)	설계하중조합 (2)	허용기준	하중성분계산의 계수		
				DLCF (3)	*GM*	$r_{roll\text{-}gyr}$
선체외부 (*PSM* 및 *LSM*)						
1	해양압력 P_{ex}	$S+D$	AC2	적재 *DLCF*	$0.12B$	$0.35B$
2		S	AC1			
화물탱크경계 (*PSM* 및 *LSM*)						
3	화물압력 P_{in}	$S+D$	AC2	적재 *DLCF*	$0.24B$	$0.40B$
4		S	AC1			
해수밸러스트 및 기타탱크의 경계 (*PSM* 및 *LSM*)						
5	해수밸러스트 또는 기타 액체탱크 압력 P_{in}	$S+D$	AC2	밸러스트 *DLCF*	$0.33B$	$0.45B$
6		S	AC1			
7	순 해수밸러스트 – 해양압력 $P_{in} - P_{ex}$	$S+D$	AC2	밸러스트 *DLCF*	$0.33B$	$0.45B$
8		S	AC1			
갑판 (*LSM* 및 *PSM*)						
9	갑판 상의 분포 및 집중하중 P_{dk}	$S+D$	AC2	밸러스트 *DLCF*	$0.33B$	$0.45B$
10		S	AC1			
수밀경계 (*LSM* 및 *PSM*)						
11	우발적인 침수 $P_{in\text{-}flood}$	A	AC2			
선체외부 (*PSM*)						
12	순 화물압력 – 해양압력 $P_{in} - P_{ex}$	$S+D$	AC2	적재 *DLCF*	$0.24B$	$0.40B$
13		S	AC1			
14	평균 화물 및 해양압력 $(P_{in} + P_{ex})/2$	$S+D$	AC2	적재 *DLCF*	$0.12B$	$0.35B$
15		$S+D$	AC2	적재 *DLCF*	$0.24B$	$0.40B$
16		S	AC1			

여기서,

PSM : 1차 지지부재

LSM : 국부지지부재

DLCF : 동하중조합계수

P_{in} P_{ex} P_{dk} $P_{in\text{-}flood}$: **표 7.6.1** 및 **표 8.2.7** 또는 **표 8.2.9**에 따른다.

B : **4장/1.1.3.1**에 정의된 형폭(m)

(비 고)

1. 구조부재는 적용할 수 있는 모든 설계하중세트를 사용하여 설계되어야 한다. 이 표에서는 설계하중세트의 압력하중성분이 주어진다. 선체거더굽힘모멘트는 **표 8.2.4** 및 국부지지부재에 대하여는 **표 8.2.5**에 주어진다.
2. 이 칸은 설계하중조합표 내의 어느 칸이 각 설계하중세트에 대하여 적용하여야 하는지 규정한다.(**표 7.6.1** 참조) 여기서 S 는 정적설계하중조합을, $S+D$ 는 정적 및 동적설계하중조합을, 그리고 A 는 우발적인 설계하중조합을 나타낸다.
3. 이 칸은 압력성분의 편차 및 전체하중성분에 대하여 어느 동적하중조합계수표가 사용되어야 하는지 규정한다.(**표 7.6.1** 참조)

2.6 1차 지지부재

2.6.1 일 반

2.6.1.1 다음의 요건은 **그림 8.2.4**에 나타내는 범위에 대하여 화물탱크지역 내의 1차 지지부재의 치수결정에 관련된다.

2.6.1.2 **2.6**에 포함된 1차 지지부재의 단면계수 및 전단면적기준은 **그림 2.3.1**에 나타난 구조배치에 적용하고 다음 구조요소에 적용된다.

(a) 이중저 내의 늑판 및 거더,

(b) 상갑판 하부에 설치된 갑판트랜스버스,

(c) 이중선측구조 내의 선측트랜스버스,

(d) 크로스타이가 있거나 또는 없는 종격벽 상의 수직특설늑골,

(e) 지지물 또는 기타 중간지지가 설치된 것을 제외하고, 횡격벽 상의 수평스트링거, 및

(f) 윙탱크 및 중앙화물탱크 내의 크로스타이

상기에 나열된 것 이외의 구조배치를 가지는 1차 지지부재에 대한 단면계수 및 전단면적기준은 **8장/7**에 규정된 계산법에 의하여 구하여져야 한다.

2.6.1.3 1차 지지부재의 치수산정은 **9장/2**에 정의된 유한요소(FE) 화물탱크구조해석으로 검증되어야 한다.

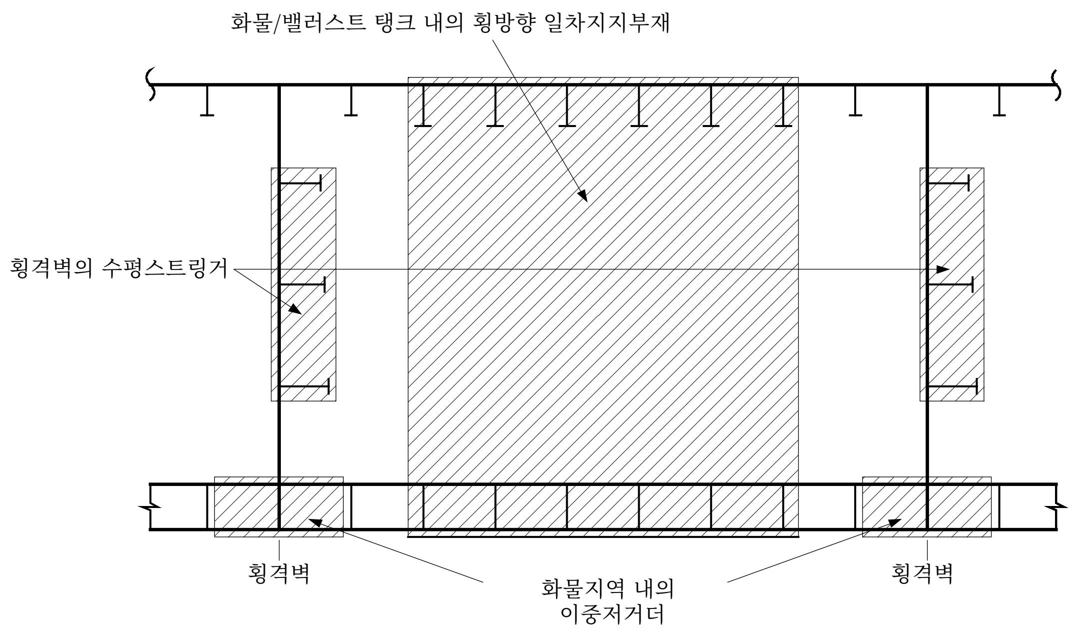
2.6.1.4 1차 지지부재의 단면계수 및/또는 전단면적 및/또는 1차 지지부재 크로스타이의 단면적은 경감된 치수가 **2.1.6** 및 FE 화물탱크구조해석에 적합하는 것을 조건으로 앞 요건의 85%까지 경감될 수 있다.

2.6.1.5 일반적으로, 1차 지지부재는 연속된 트랜스버스링을 형성하기 위하여 하나의 평면에 배치되어야 한다. 링의 1차 지지부재 사이의 연결을 이루는 브래킷은 **4장/3.3.3**에 따라 설계되어야 한다.

2.6.1.6 1차 지지부재의 웨브는 **10장/2.3**에 따라 보강되어야 한다.

2.6.1.7 1차 지지부재의 웨브는 해당 **2.6.4.1, 2.6.6.1** 및 **2.6.7.1**에 주어진 것보다 작지 아니한 깊이를 가져야 한다. 동등한 강성이 실증되는 경우 보다 작은 깊이도 인정될 수 있다.(**3장/5.3.3.4** 참조) 보강재를 위한 슬롯을 가지는 1차 지지부재는 그 슬롯 깊이의 2.5배보다 작지 아니하는 깊이를 가져야 한다.

그림 8.2.4
적용범위의 도시

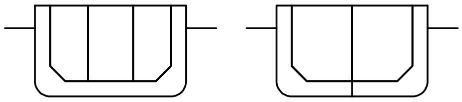
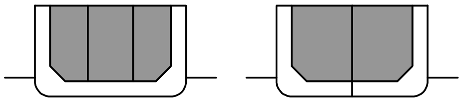
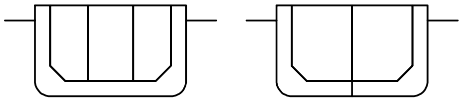
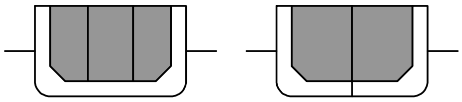
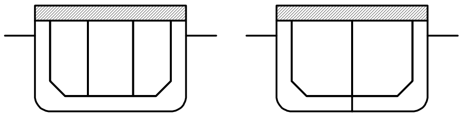
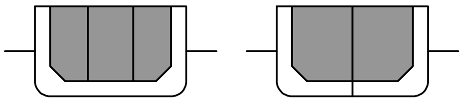
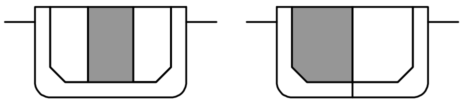
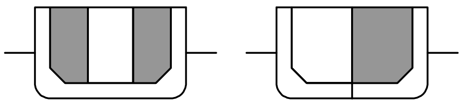
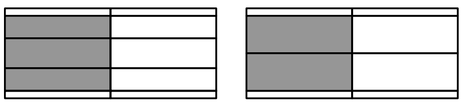
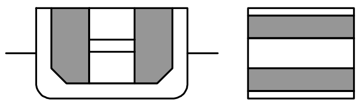
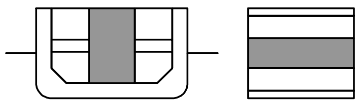


2.6.2 1차 지지부재에 대한 설계하중세트 및 허용응력계수

2.6.2.1 1차 지지부재의 평가를 위한 설계하중세트는 표 **8.2.9**에 따른다.

2.6.2.2 1차 지지부재의 평가를 위한 허용굽힘 및 전단응력계수는 표 **8.2.10**에 따른다.

표 8.2.9
1차 지지부재에 대한 설계하중세트

구조부재	설계하중세트 (1, 5, 6)	하중성분	흘수	설명	그림표시
이중저 늑판 및 거더 (3)	1	P_{ex}	$0.9T_{sc}$ (2)	해양압력 뿐	
	2	P_{ex}	T_{sc}		
	12	$P_{in} - P_{ex}$	$0.6T_{sc}$	화물압력과 해양압력 사이의 순 압력차	
	13	$P_{in} - P_{ex}$	(4)		
선측트랜스 버스 (3)	1	P_{ex}	$0.9T_{sc}$	해양압력 뿐	
	2	P_{ex}	T_{sc}		
	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	화물압력 뿐	
	4	P_{in}	-		
갑판트랜스 버스	1	P_{ex}	T_{sc}	그린파랑압력 뿐 또는 갑판상 기타하중	
	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	화물압력 뿐	
	4	P_{in}	-		
종격벽 상의 수직특설늑골	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	한쪽 면으로부터의 압력 뿐. 인접한 화물탱크는 공창인 만재화물탱크	
	4	P_{in}	-		
	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	한쪽 면으로부터의 압력 뿐. 인접한 화물탱크는 공창인 만재화물탱크	
	4	P_{in}	-		
횡격벽 상의 수평스트링거	3	P_{in}	$0.6T_{sc}$	한쪽 면으로부터의 압력 뿐. 인접한 전방 또는 후방 화물탱크는 공창인 만재화물탱크. 두 경우가 평가되어야 함: 1. 전방 공창 / 후방 만재 2. 전방 만재 / 후방 공창	
	4	P_{in}	-		
	11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
중앙탱크 내의 크로스타이	3	$\frac{P_{in-pt} + P_{in-stb}}{2}$	$0.6T_{sc}$	만재윙화물탱크, 중앙탱크 공창	
	4	P_{in}	-		
윙탱크 내의 크로스타이	14	$\frac{P_{in} + P_{ex}}{2}$	T_{sc}	만재화물탱크, 윙화물탱크 공창	
	15	$\frac{P_{in} + P_{ex}}{2}$	$0.6T_{sc}$		
	16	$\frac{P_{in} + P_{ex}}{2}$	T_{sc}		

<table>
<tr><th colspan="2">표 8.2.9(계속)
1차 지지부재에 대한 설계하중세트</th></tr>
<tr><td colspan="2">여기서,</td></tr>
<tr><td>P_{in-pt}</td><td>: 좌현 윙화물탱크로부터의 설계압력(kN/m^2)</td></tr>
<tr><td>P_{in-stb}</td><td>: 우현 윙화물탱크로부터의 설계압력(kN/m^2)</td></tr>
<tr><td>T_{sc}</td><td>: 4장/1.1.5.1에 정의된 강도계산용 흘수(m)</td></tr>
<tr><td>T_{bal}</td><td>: 4장/1.1.5.2에 정의된 최소 설계 밸러스트흘수(m)</td></tr>
<tr><td colspan="2">(비 고)</td></tr>
<tr><td>1.</td><td>표 8.2.8에 주어진 각 설계하중세트에 대한 설계하중조합, 하중성분, 허용기준 및 기타 하중계수의 상세</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>1.1.2.9(b) 참조</td></tr>
<tr><td>3.</td><td>선저늑판, 거더 및 선측트랜스버스에 대하여 규정된 흘수는 1.1.2에 규정된 운항상 제한에 기초를 둔다. 선택적 적하상태가 규칙에서 요구하는 적하상태를 넘어서는 경우, 흘수에 대하여 특별히 고려하여야 한다.</td></tr>
<tr><td>4.</td><td>두 개의 유밀종격벽을 가지는 탱커인 경우, 흘수는 $0.25T_{sc}$ 로 본다. 중심선격벽을 가지는 탱커인 경우, 흘수는 $0.33T_{sc}$ 로 본다.</td></tr>
<tr><td>5.</td><td>선박의 배치가 위에 식별된 구조부재 또는 구조배치로 설명될 수 없는 경우, 1차 지지부재의 치수요건을 결정하기 위한 해당 설계하중세트는 다음으로부터 모든 해당 상태를 규정할 수 있도록 선택되어야 한다.
- 부재의 한 측은 만재탱크이고 다른 측의 탱크 또는 구역은 공창
- 부재의 한 측은 만재탱크이고 외부압력은 최소화
- 외부압력은 최소화되고 인접한 탱크 또는 구역은 공창
경계는 양측으로부터의 하중에 대하여 평가되어야 한다. 설계하중세트는 탱크 또는 구역의 적재물에 기초하여 선택되어야 하고 구조의 경계에 작용하는 순 압력을 최대화시켜야 하며, 사용되는 흘수는 설계하중세트 및 이 표에 따라서 취하여야 한다. S 및 S+D 설계하중조합을 포함하는 설계하중세트가 선택되어야 한다. 또한 특정한 구조배치에 따라서 설계하중세트 11 이 적용될 필요가 있다.(표 8.2.7의 (비 고) 4 및 표 8.2.8 참조)</td></tr>
<tr><td>6.</td><td>보이드 또는 건조구역인 경우, 보이드측으로부터의 압력성분은 설계하중세트 11 이 적용되어야 하는 경우를 제외하고 무시되어야 한다.</td></tr>
</table>

표 8.2.10
1차 지지부재에 대한 허용응력계수 C_{s-pr} 및 C_{t-pr}

허용기준	허용굽힘응력계수, C_{s-pr}	허용전단응력계수, C_{t-pr}
AC1	0.70	0.70
AC2	0.85	0.85

2.6.3 이중저 내의 늑판 및 거더

2.6.3.1 호퍼사이드 및 종격벽과 격벽스툴 근처에서 중심선 및 상자형 용골에는 연속된 이중저거더가 배치되어야 한다. 늑판은 횡격벽 및 격벽스툴 근처에 배치되어야 한다.

2.6.3.2 늑판의 임의 위치에서 늑판의 순 전단면적 $A_{shr\text{-}net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q : 설계전단력

$= f_{shr} P S l_{shr}$ (kN)

f_{shr} : 전단력분포계수

$= f_{shr-i}\left(1-\frac{2y_i}{l_{shr}}\right)$ 다만, 0.2보다 작아서는 아니된다.

$f_{shr\text{-}i}$: **표 8.2.11**에 주어진 스팬 l_{shr}의 끝단에서의 전단력분포계수

l_{shr} : **그림 8.2.6**과 같이 이중저늑판의 유효전단스팬(m). 브래킷 끝단 근처에서 유효전단스팬은 **4장/2.1.5**에 정의된 유효끝단브래킷의 끝단까지 측정된다. 호퍼 또는 스툴구조에서 늑판이 거더에서 끝나는 경우, 유효전단스팬은 **그림 8.2.6**과 같이 거더로부터 인접한 선저 및 내저판 종통재까지 거리의 1/2인 점까지로 측정된다.

y_i : 고려하는 늑판의 횡단면으로부터 유효전단스팬 l_{shr}의 가장 가까운 끝단까지의 거리(m)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

P : 횡격벽 또는 횡격벽 및 제수격벽, 설치된 경우, 사이의 중간에 위치한 늑판의, 유효전단스팬 l_{shr}의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

$C_{t\text{-}pr}$: **표 8.2.10**에 주어진 1차 지지부재에 대한 허용전단응력계수

τ_{yd} $= \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.2.11
늑판의 전단응력 분포계수

구조배치	중앙탱크 (그림 8.2.5의 f_{shr3})	윙탱크	
		선내단 (그림 8.2.5의 f_{shr2})	호퍼너클끝단 (그림 8.2.5의 f_{shr1})
중심선 종격벽을 가지는 선박	-	0.4	0.6
두개의 종격벽을 가지는 선박	0.5	0.50	0.65

그림 8.2.5
늑판전단력 분포계수

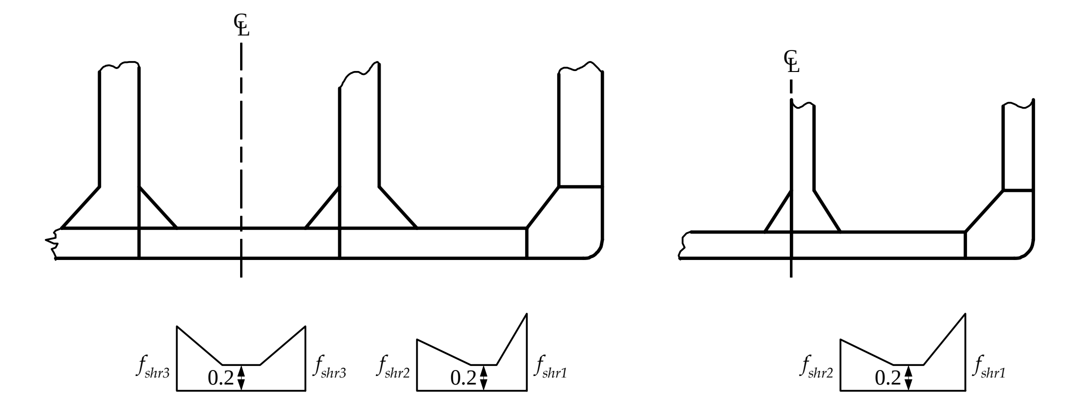
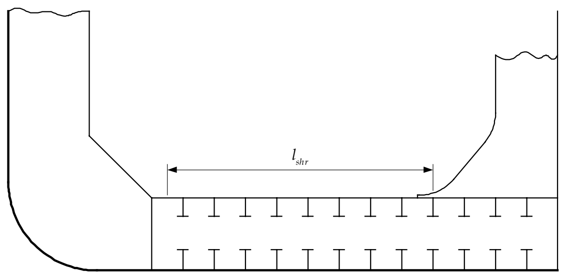
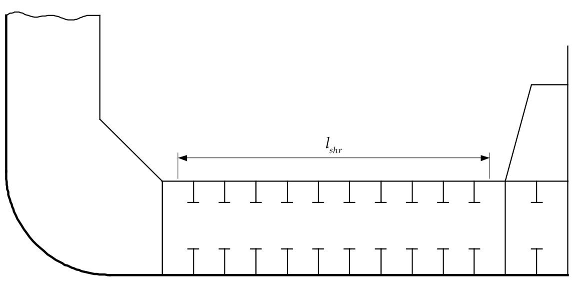


그림 8.2.6
늑판의 유효전단스팬



호퍼 및 끝단브래킷을 가지는 대표적인 배치



호퍼 및 스툴을 가지는 대표적인 배치

2.6.3.3 상부에 종격벽이 없는 이중저 중심선거더인 경우, 각 횡격벽 및 설치된 경우 제수격벽으로부터 첫번째 베이근처에서 이중저 중심선거더의 순 전단면적 $A_{shr-net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q : 설계전단력

$$= 0.21 n_1 n_2 P l_{shr}^{\ 2} \qquad (\text{kN})$$

l_{shr} : **그림 8.2.6**과 같이 이중저늑판의 유효전단스팬(m). 브래킷 끝단 근처에서 유효전단스팬은 **4장/2.1.5**에 정의된 유효끝단브래킷의 끝단까지 측정된다. 호퍼 또는 스툴구조에서 늑판이 거더에서 끝나는 경우, 유효전단스팬은 **그림 8.2.6**과 같이 거더로부터 인접한 선저 및 내저판 종통재까지 거리의 1/2인 점까지로 측정된다.

P : 횡격벽 또는 횡격벽 및 설치된 경우 제수격벽 사이의 중간에 위치한 늑판의, 유효전단스팬 l_{shr} 의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

n_1 $= 0.00935\left(\frac{l_{shr}}{S}\right)^2 - 0.163\left(\frac{l_{shr}}{S}\right) + 1.289$

n_2 $= 1.3 - \left(\frac{S}{12}\right)$

S : **4장/2.2.2**에 정의된 이중저늑판간격(m)

C_{t-pr} : **표 8.2.10**에 주어진 1차 지지부재에 대한 허용전단응력계수

τ_{yd} $= \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

2.6.3.4 상부에 종격벽이 없는 이중저선측거더인 경우, 각 횡격벽 및 설치된 경우 제수격벽으로부터 첫번째 베이근처에서 이중저선측거더의 순 전단면적 $A_{shr-net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q : 설계전단력

$$= 0.14 n_3 n_4 P l_{shr}^{\ 2} \qquad (\text{kN})$$

n_3 $= 1.072 - 0.0357\left(\frac{l_{shr}}{S}\right)$

n_4 $= 1.2 - \left(\frac{S}{18}\right)$

l_{shr} : **그림 8.2.6**과 같이 이중저늑판의 유효전단스팬(m). 브래킷 끝단 근처에서 유효전단스팬은 **4장/2.1.5**에 정의된 유효끝단브래킷의 끝단까지 측정된다. 호퍼 또는 스툴구조에서 늑판이 거더에서 끝나는 경우, 유효전단스팬은 **그림 8.2.6**과 같이 거더로부터 인접한 선저 및 내저판 종통재까지 거리의 1/2인 점까지로 측정된다.

S : **4장/2.2.2**에 정의된 이중저늑판간격(m)

P : 횡격벽 또는 횡격벽 및 설치된 경우 제수격벽 사이의 중간에 위치한 늑판의, 전단스팬 l_{shr}의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

C_{t-pr} : **표 8.2.10**에 주어진 1차 지지부재에 대한 허용전단응력계수

τ_{yd} $= \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

2.6.4 갑판트랜스버스

2.6.4.1 갑판트랜스버스의 웨브깊이는 다음보다 작아서는 아니된다.

(a) 0.20 l_{bdg-dt} : 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 윙화물탱크 내의 갑판트랜스버스인 경우.

(b) 0.13 l_{bdg-dt} : 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 중앙화물탱크 내의 갑판트랜스버스인 경우. 중앙화물탱크 내의 갑판트랜스버스의 웨브깊이는 윙화물탱크 내의 갑판트랜스버스의 웨브깊이의 90%보다 작아서는 아니된다.

(c) 0.10 l_{bdg-dt} : 중심선 종격벽을 가지는 선박의 갑판트랜스버스인 경우.

(d) **2.6.1.7** 참조

여기서,

l_{bdg-dt} : 갑판트랜스버스의 유효굽힘스팬(m). **4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조. 그러나, 탱크폭의 60%보다 작아서는 아니된다.

2.6.4.2 관련된 갑판과 함께 갑판트랜스버스의 관성모멘트는 갑판구조의 전반적인 변형을 통제하기 위하여 **10장/2.3.2.3**에 적합하여야 한다.

2.6.4.3 갑판트랜스버스의 순 단면계수는 다음에 주어진 $Z_{in-net50}$ 및 $Z_{ex-net50}$보다 작아서는 아니된다. 윙화물탱크 내의 갑판트랜스버스의 순 단면계수는 중앙탱크 내의 갑판트랜스버스에 요구되는 것보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{in-net50} = \frac{1000\,M_{in}}{C_{s-pr}\,\sigma_{yd}} \quad (\text{cm}^3)$$

$$Z_{ex-net50} = \frac{1000\,M_{ex}}{C_{s-pr}\,\sigma_{yd}} \qquad (\mathrm{cm}^3)$$

여기서,

M_{in} : 화물압력에 기인하는 설계굽힘모멘트(kNm)로서 다음에 따른다.

(a) 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 윙화물탱크 내의 갑판트랜스버스인 경우, 및 중심선 종격벽을 가지는 선박의 화물탱크 내의 갑판트랜스버스인 경우:

$= 0.042 \ \ P_{in-dt}\, S\, l_{bdg-dt}{}^2 + M_{st}$ 그러나, M_o 보다 작아서는 아니된다.

(b) 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 중앙탱크 내의 갑판트랜스버스인 경우:

$= 0.042 \ \ P_{in-dt}\, S\, l_{bdg-dt}{}^2 + M_{vw}$ 그러나, M_o 보다 작아서는 아니된다.

M_{st} : 선측트랜스버스로부터 전달되는 굽힘모멘트

$= c_{st}\, \beta_{st}\, P_{in-st}\, S\, l_{bdg-st}{}^2$ (kNm)

윙화물탱크 내에 크로스타이가 설치되고 $l_{bdg\text{-}st\text{-}ct}$ 가 $0.7 l_{bdg\text{-}st}$ 보다 큰 경우, 상기 식의 $l_{bdg\text{-}st}$ 는 $l_{bdg\text{-}st\text{-}ct}$ 로 볼 수 있다.

M_{vw} : 종격벽 상의 수직특설늑골로부터 전달되는 굽힘모멘트

$= c_{vw}\, \beta_{vw}\, P_{in-vw}\, S\, l_{bdg-vw}{}^2$ (kNm)

$l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ 가 $0.7 l_{bdg\text{-}vw}$ 보다 큰 경우, 상기 식의 $l_{bdg\text{-}vw}$ 는 $l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ 로 볼 수 있다.
수직파형격벽인 경우는 갑판트랜스버스 간격에 걸쳐 파형격벽상단의 굽힘모멘트와 동등하게 취하여져야 한다.

M_0 : 최소굽힘모멘트

$= 0.083\, P_{in-dt}\, S\, l_{bdg-dt}{}^2$ (kNm)

M_{ex} : 그린파랑압력에 기인한 설계굽힘모멘트

$= 0.067\, P_{ex-dt}\, S\, l_{bdg-dt}{}^2$ (kNm)

$P_{in\text{-}dt}$: 탱크중간에 위치한 갑판트랜스버스의 유효굽힘스팬 $l_{bdg\text{-}dt}$ 의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계화물압력(kN/m²)

$P_{in\text{-}st}$: 탱크중간에 위치한 선측트랜스버스의 유효굽힘스팬 $l_{bdg\text{-}st}$ 의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 윙화물탱크 내의 대응설계화물압력(kN/m²)

$P_{in\text{-}vw}$: 탱크중간에 위치한 종격벽상의 수직특설늑골의, 유효굽힘스팬 $l_{bdg\text{-}vw}$ 의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 중앙화물탱크 내의 대응설계화물압력(kN/m²)

$P_{ex\text{-}dt}$: 탱크중간에 위치한 갑판트랜스버스의 유효굽힘스팬 $l_{bdg\text{-}dt}$ 의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계그린파랑압력(kN/m²)

φ $= 1 - 5\left(\dfrac{y_{toe}}{l_{bdg-dt}}\right)$ 다만, 0.6보다 작아서는 아니된다.

y_{toe} : 유효굽힘스팬 l_{bdg-dt} 의 끝단으로부터 갑판트랜스버스의 끝단브래킷의 끝단까지의 거리(m)

β_{st} $= 0.9\left(\frac{l_{bdg-st}}{l_{bdg-dt}}\right)\left(\frac{I_{dt}}{I_{st}}\right)$ 다만, 0.10보다 작거나 0.65보다 커서는 아니된다.

β_{vw} $= 0.9\left(\frac{l_{bdg-vw}}{l_{bdg-dt}}\right)\left(\frac{I_{dt}}{I_{vw}}\right)$ 다만, 0.10보다 작거나 0.50보다 커서는 아니된다.

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

l_{bdg-dt} : 갑판트랜스버스의 유효굽힘스팬(m). (**4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조) 그러나, 탱크폭의 60%보다 작아서는 아니된다.

l_{bdg-st} : 갑판트랜스버스와 빌지호퍼 사이의 선측트랜스버스의 굽힘스팬(m).(**4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조)

$l_{bdg-st-ct}$: 윙화물탱크 내에 설치된 경우, 갑판트랜스버스와 크로스타이의 중간깊이 사이에서 선측트랜스버스의 유효굽힘스팬(m).(**4장/2.1.4** 참조)

l_{bdg-vw} : 갑판트랜스버스와 선저구조 사이에서 종격벽 상의 수직특설늑골의 유효굽힘스팬(m). (**4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조)

$l_{bdg-vw-ct}$: 갑판트랜스버스와 크로스타이의 중간깊이에서 종격벽 상의 수직특설늑골의 유효굽힘스팬(m).(**4장/2.1.4** 참조)

I_{dt} : **4장/2.3.2.3**에 규정된 부착된 판의 유효폭과 함께 갑판트랜스버스의 순 관성모멘트(cm^4)

I_{st} : **4장/2.3.2.3**에 규정된 부착된 판의 유효폭과 함께 선측트랜스버스의 순 관성모멘트(cm^4)

I_{vw} : **4장/2.3.2.3**에 규정된 부착된 판의 유효폭과 함께 종격벽수직특설늑골의 순 관성모멘트(cm^4)

c_{st} : **표 8.2.12**에 따른다.

c_{vw} : **표 8.2.12**에 따른다.

C_{s-pr} : **표 8.2.10**에 주어진 1차 지지부재에 대한 허용굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

<table>
<tr><th colspan="5">표 8.2.12
갑판트랜스버스에 대한 c_{st} 및 c_{vw} 의 값</th></tr>
<tr><th colspan="3">구조배치</th><th>c_{st}</th><th>c_{vw}</th></tr>
<tr><td colspan="3">중심선 종격벽을 가지는 선박</td><td>0.056</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="4">두 개의 종격벽을 가지는 선박</td><td rowspan="2">중앙화물탱크 내의 크로스타이</td><td>$l_{bdg-vw-ct}$에 기초한 M_{vw}</td><td>-</td><td>0.044</td></tr>
<tr><td>l_{bdg-st} 에 기초한 M_{st} 또는 l_{bdg-vw}에 기초한 M_{vw}</td><td>0.044</td><td>0.016</td></tr>
<tr><td rowspan="2">윙화물탱크 내의 크로스타이</td><td>$l_{bdg-st-ct}$ 에 기초한 M_{st} 또는 $l_{bdg-vw-ct}$ 에 기초한 M_{vw}</td><td>0.044</td><td>0.044</td></tr>
<tr><td>l_{bdg-st} 에 기초한 M_{st} 또는 l_{bdg-vw}에 기초한 M_{vw}</td><td>0.041</td><td>0.015</td></tr>
</table>

2.6.4.4 갑판트랜스버스의 순 전단면적은 다음과 같은 $A_{shr-in-net50}$ 또는 $A_{shr-ex-net50}$보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-in-net50} = \frac{10 Q_{in}}{C_{t-pr}\, \tau_{yd}} \quad (\text{cm}^2)$$

$$A_{shr-ex-net50} = \frac{10 Q_{ex}}{C_{t-pr}\, \tau_{yd}} \quad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q_{in} : 화물압력에 기인하는 설계전단력

$= 0.65 P_{in-dt}\, S\, l_{shr} + c_1\, D\, b_{ctr}\, S\, \rho\, g$ (kN)

Q_{ex} : 그린파랑압력에 기인하는 설계전단력

$= 0.65 P_{ex-dt}\, S\, l_{shr}$ (kN)

P_{in-dt} : 탱크중간에 위치한 갑판트랜스버스의 유효굽힘스팬 l_{bdg-dt}의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계화물압력(kN/m^2)

P_{ex-dt} : 탱크중간에 위치한 갑판트랜스버스의 유효굽힘스팬 l_{bdg-dt}의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계그린파랑압력(kN/m^2)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

l_{shr} : 갑판트랜스버스의 유효전단스팬(m). (**4장/2.1.5** 참조)

l_{bdg-dt} : 갑판트랜스버스의 유효굽힘스팬(m). (**4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조) 그러나, 탱크폭의 60%보다 작아서는 아니된다.

c_1 = 0.04 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 윙화물탱크에 대하여

= 0.00 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 중앙탱크에 대하여

= 0.00 중심선 종벽벽을 가지는 선박인 경우

D : **4장/1.1.4**에 정의된 형깊이(m)

b_{ctr} : 중앙탱크의 폭(m)

ρ : 탱크액체의 밀도(tonnes/m^3)로서 1.025보다 작아서는 아니된다.(**2장/3.1.8** 참조)

g : 중력가속도, 9.81 (m/s^2)

$C_{t\text{-}pr}$: 표 **8.2.10**에 주어진 1차 지지부재에 대한 허용전단응력계수

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (\text{N/mm}^2)$$

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

그림 8.2.7
갑판, 선측트랜스버스, 종격벽 상의 수직특설늑골 및 횡격벽 상의 수평스트링거 스팬의 정의

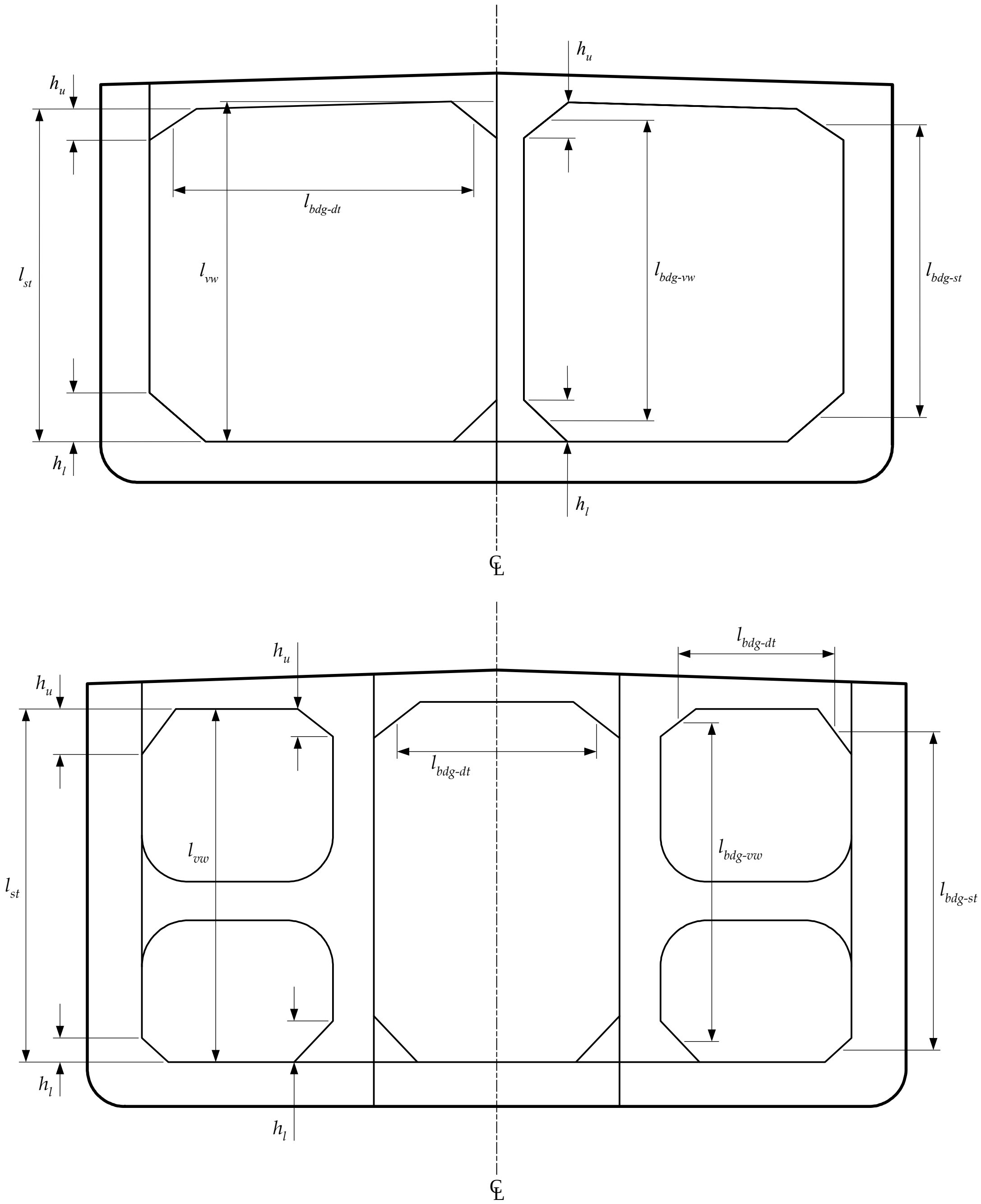
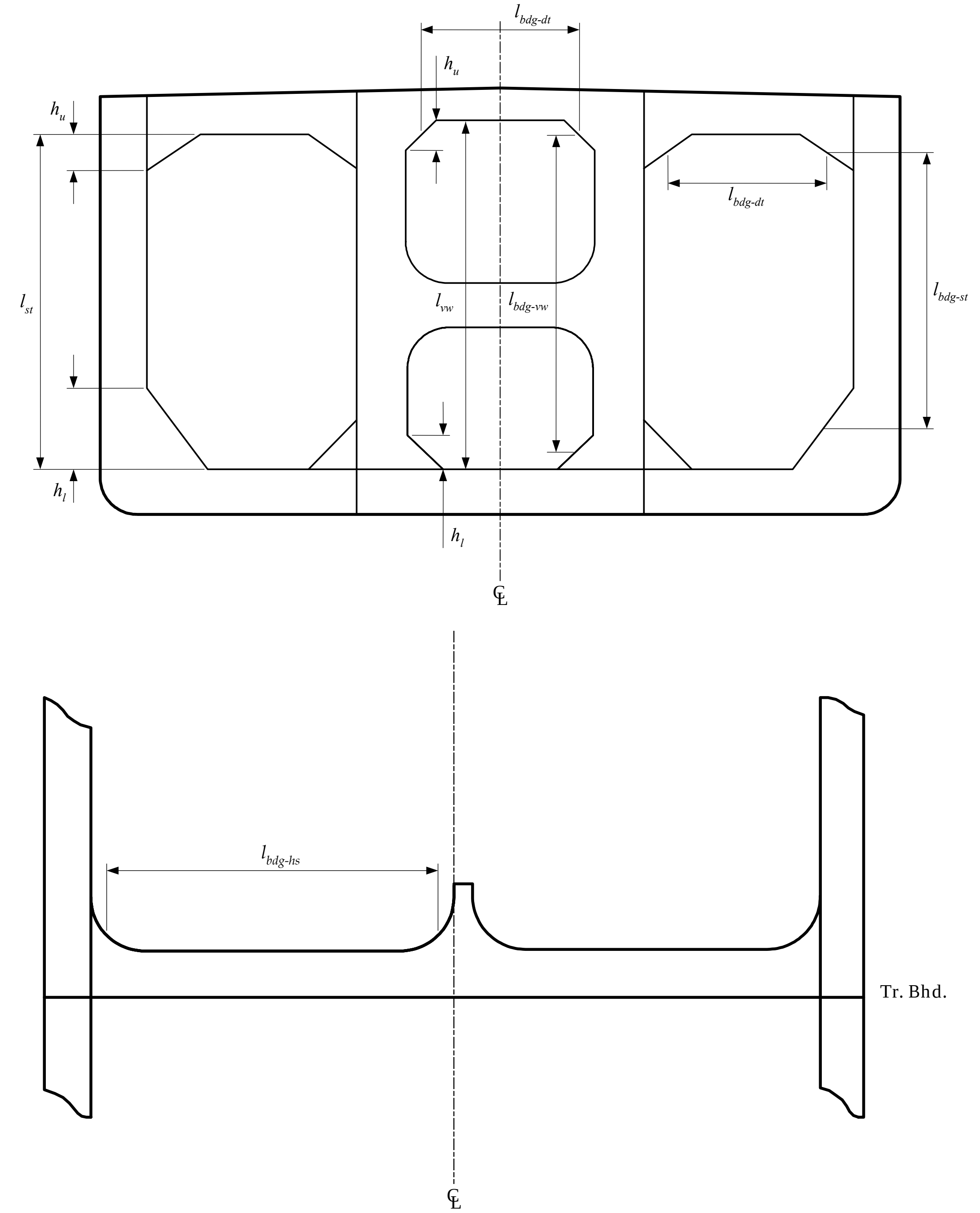


그림 8.2.7 (계속)
갑판, 선측트랜스버스, 종격벽 상의 수직특설늑골 및 횡격벽 상의 수평스트링거 스팬의 정의



2.6.5 선측트랜스버스

2.6.5.1 선측트랜스버스의 순 전단면적 $A_{shr-net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q : 다음과 같은 설계전단력(kN):

$= Q_u$ 선측트랜스버스의 상부인 경우

$= Q_l$ 선측트랜스버스의 하부인 경우

Q_u = $S[c_u\, l_{st}\,(P_u + P_l) - h_u\, P_u]$

윙화물탱크 내에 크로스타이가 설치되고 $l_{st\text{-}ct}$가 $0.7l_{st}$ 보다 큰 경우, 상기 식의 l_{st}는 $l_{st\text{-}ct}$ 를 취한다.

Q_l : 다음 중 큰 것으로 한다.

(a) $S[c_l\, l_{st}\,(P_u + P_l) - h_l\, P_l]$

(b) $0.35 c_l\, S\, l_{st}\,(P_u + P_l)$

(c) $1.2 Q_u$

윙화물탱크 내에 크로스타이가 설치되고 $l_{st\text{-}ct}$ 가 $0.7l_{st}$ 보다 큰 경우, 상기 식의 l_{st} 는 $l_{st\text{-}ct}$ 를 취한다.

P_u : 다음과 같이 탱크중간에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력 (kN/m^2)

(a) 갑판 하부에 갑판트랜스버스가 설치된 경우, P_u는 선측트랜스버스의 상부브래킷의 중간높이, h_u에서 계산되어야 한다.

(b) 갑판 상부에 갑판트랜스버스가 설치된 경우, P_u는 (c)가 적용되는 경우를 제외하고, 선측에서 갑판의 높이에서 계산되어야 한다.

(c) 다음과 같이 갑판 상부에 갑판트랜스버스가 설치되고 내측종격벽이 톱윙구조와 함께 설치된 경우:

- 윙구조의 상단에서 폭은 이중선측 폭의 1.5배보다 크고
- 내측종격벽과의 교선에서 경사판의 기준선에서의 점과 톱윙구조와 갑판의 교선에서의 점 사이의 선에 따른 각도는 수직으로 30도 이상일 것.

P_u는 톱윙구조의 중간깊이에서 계산되어야 한다.

P_l : 탱크중간에 위치한 빌지호퍼의 중간높이에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 대응설계압력(kN/m^2)

l_{st} : 선측트랜스버스의 길이(m)로서 다음과 같이 취하여져야 한다:

(a) 갑판 하부에 갑판트랜스버스가 설치된 경우, l_{st}는 갑판트랜스버스의 면재와 내저판사이의 길이이다.(**그림 8.2.7** 참조)

(b) 갑판 상부에 갑판트랜스버스가 설치된 경우, l_{st}는 선측에서 갑판의 높이와 내저판 사이의 길이이다.

$l_{st\text{-}ct}$: 선츠트랜스버스의 길이(m)로서 다음과 같이 취하여져야 한다.

(a) 갑판 하부에 갑판트랜스버스가 설치된 경우, l_{st}는 갑판트랜스버스의 면재와 설치된 경우 윙화물탱크 내의 크로스타이의 중간깊이 사이의 길이이다.

(b) 갑판 상부에 갑판트랜스버스가 설치된 경우, l_{st}는 선측에서 갑판의 높이와 설치된 경우 윙화물탱크 내의 크로스타이의 중간깊이 사이의 길이이다.

S　: **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

h_u　: 선측트랜스버스의 상부브래킷의 유효길이(m)로서 다음과 같이 취하여져야 한다.

(a) 갑판 하부에 갑판트랜스버스가 설치된 경우, h_u는 **그림 8.2.7**에 나타난 바와 같고 **4장/2.1.5**에 규정한 바와 같다.

(b) 갑판 상부에 갑판트랜스버스가 설치된 경우, h_u는 (c)가 적용되는 경우를 제외하고, 0.0으로 취하여져야 한다.

(c) 다음과 같이 갑판 상부에 갑판트랜스버스가 설치되고 내측종격벽이 톱윙구조와 함께 설치된 경우:

- 윙구조의 상단에서 폭은 이중선측 폭의 1.5배보다 크고
- 내측종격벽과의 교선에서 경사판의 기준선에서의 점과 톱윙구조와 갑판의 교선에서의 점 사이의 선에 따른 각도는 수직으로 30도 이상일 것.

h_u는 선측에서 갑판과 톱윙구조의 경사판의 하단 사이의 거리로서 취하여져야 한다.

h_l　: 빌지호퍼의 높이(m)로서 **그림 8.2.7**에 따른다.

c_u 및 c_l　: **표 8.2.13**에 따른다.

$C_{t\text{-}pr}$　: **표 8.2.10**에 주어진 1차 지지부재에 대한 허용전단응력계수

τ_{yd}　$= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$　(N/mm²)

σ_{yd}　: 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm²)

표 8.2.13
선측트랜스버스에 대한 c_u 및 c_l 값

구조배치			c_u		c_l	
선측스트링거의 수			3개 미만	3개 이상	3개 미만	3개 이상
중심선종격벽을 가지는 선박			0.12	0.09	0.29	0.21
두 개의 종격벽을 가지는 선박	중앙화물탱크 내의 크로스타이					
	윙화물탱크 내의 크로스타이	$l_{st\text{-}ct}$에 기초한 Q_u 또는 Q_l				
		l_{st}에 기초한 Q_u 또는 Q_l	0.08		0.20	

2.6.5.2　선측트랜스버스의 길이에 걸친 전단면적은 다음에 적합하여야 한다.

(a) 상부에 대하여 요구되는 전단면적은 상부 0.2 l_{shr} 에 걸쳐 유지되어야 한다.

(b) 하부에 대하여 요구되는 전단면적은 하부 0.2 l_{shr}에 걸쳐 유지되어야 한다.

(c) Q_u 및 Q_l 가 $l_{st\text{-}ct}$ 에 기초하여 결정되는 경우, 하부에 대하여 요구되는 전단면적은 또한 크로스타이 하부에서 유지되어야 한다.

(d) 윙화물탱크 내에 크로스타이가 없는 선박인 경우, 상부 및 하부사이의 요구되는 전단면적은 중간스팬에서 하부에 대하여 요구되는 전단면적의 50%까지 선형적으로 감소되어야 한다.

(e) 윙화물탱크 내에 크로스타이가 있는 선박인 경우, 스팬을 따라서 요구되는 전단면적은 상부 및 하부 사이에서 선형적으로 테이퍼되어야 한다.

(주)

다른 항복응력의 재료가 사용되는 경우, 재료항복응력의 차이를 고려하여 적절이 수정되어야 한다.

여기서,

l_{shr} : 선측트랜스버스의 유효전단스팬(m)

$= l_{st} - h_u - h_l,$ Q_u 및 Q_l 가 l_{st} 에 기초하여 결정되는 경우

$= l_{st\text{-}ct} - h_u,$ Q_u 및 Q_l 가 $l_{st\text{-}ct}$ 에 기초하여 결정되는 경우

$l_{st},\ l_{st\text{-}ct},\ h_u,\ h_l,\ Q_u$ 및 Q_l 는 **2.6.5.1**에 따른다.

2.6.6 종격벽 상의 수직특설늑골

2.6.6.1 종격벽 상의 수직특설늑골의 웨브깊이는 다음보다 작아서는 아니된다.

(a) 0.14 $l_{bdg\text{-}vw}$: 중심선 종격벽을 가지는 선박인 경우

(b) 0.09 $l_{bdg\text{-}vw}$: 두 개의 종격벽을 가지는 선박인 경우

(c) **2.6.1.7** 참조.

여기서,

$l_{bdg\text{-}vw}$: 종격벽 상의 수직특설늑골의 유효굽힘스팬. (**2.6.6.2** 및 **그림 8.2.7** 참조)

2.6.6.2 수직특설늑골의 순 단면계수 Z_{net50}는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{net50} = \frac{1000M}{C_{s-pr}\,\sigma_{yd}} \quad (\text{cm}^3)$$

여기서,

M : 설계굽힘모멘트(kNm)로서 다음에 따른다.

$= c_u P S l_{bdg-vw}^{\ 2}$ 특설늑골의 상부인 경우

$= c_l P S l_{bdg-vw}^{\ 2}$ 특설늑골의 하부인 경우

크로스타이가 설치되고 설치되고 $l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$가 $0.7l_{bdg\text{-}vw}$보다 큰 경우, 상기 식의 $l_{bdg\text{-}vw}$는 $l_{bdg\text{-}vw\text{-}ct}$ 를 취한다.

P : 탱크중간에 위치한 수직특설늑골의 유효굽힘스팬 l_{bdg-vw}의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m²)

l_{bdg-vw} : 갑판트랜스버스와 선저구조 사이에서 종격벽상의 수직특설늑골의 유효굽힘스팬(m).(**4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조)

$l_{bdg-vw-ct}$: 갑판트랜스버스와 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 크로스타이의 중간깊이 사이의 종격벽상의 수직특설늑골의 유효굽힘스팬(m).(**4장/2.1.4** 참조)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

C_{s-pr} : **표 8.2.10**에 주어진 허용전단응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm²)

c_u 및 c_l : **표 8.2.14**에 따른다.

표 8.2.14
종격벽 상의 수직특설늑골에 대한 c_u 및 c_l 의 값

구조배치			c_u	c_l
중심선 종격벽을 가지는 선박			0.057	0.071
두 개의 종격벽을 가지는 선박	중앙화물탱크 내의 크로스타이	$l_{bdg-vw-ct}$에 기초한 M	0.057	0.071
		l_{bdg-vw}에 기초한 M	0.012	0.028
	윙화물탱크 내의 크로스타이	$l_{bdg-vw-ct}$에 기초한 M	0.057	0.071
		l_{bdg-vw}에 기초한 M	0.016	0.032

2.6.6.3 종격벽상의 수직특설늑골의 길이에 걸친 단면계수는 다음에 적합하여야 한다.

(a) 상부에 대하여 요구되는 전단면적은 상부 0.2 l_{bdg-vw} 또는 0.2 $l_{bdg-vw-ct}$ 에 걸쳐 유지되어야 한다.

(b) 하부에 대하여 요구되는 전단면적은 하부 0.2 l_{bdg-vw} 또는 0.2 $l_{bdg-vw-ct}$ 에 걸쳐 유지되어야 한다.

(c) 요구되는 단면계수가 $l_{bdg-vw-ct}$ 에 기초하여 결정되는 경우, 하부에 대하여 요구되는 단면계수는 또한 크로스타이 하부에서 유지되어야 한다.

(d) 상부 및 하부사이에서 요구되는 단면계수는 중간스팬에서 하부에 대하여 요구되는 단면계수의 70%까지 선형적으로 감소되어야 한다.

(주)
다른 항복응력의 재료가 사용되는 경우, 재료항복응력의 차이를 고려하여 적절이 수정되어야 한다.

여기서,

l_{bdg-vw} 및 $l_{bdg-vw-ct}$: **2.6.6.2**에 따른다.

2.6.6.4 수직특설늑골의 순 단면적 $A_{shr-net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q : 다음과 같은 설계전단력(kN):

$= Q_u$ 특설늑골의 상부인 경우

$= Q_l$ 특설늑골의 하부인 경우

Q_u $= S\;[c_u\, l_{vw}\,(P_u + P_l) - h_u\, P_u]$

중앙 또는 윙화물탱크 내에 크로스타이가 설치되고 $l_{vw\text{-}ct}$가 $0.7l_{vw}$보다 큰 경우, 상기 식의 l_{vw}는 $l_{vw\text{-}ct}$ 를 취한다.

Q_l : 다음 중 큰 것으로 한다:

(a) $S\,[c_l\, l_{vw}\,(P_u + P_l) - h_l\, P_l]$

(b) $c_w\, S\, c_l\, l_{vw}\,(P_u + P_l)$

(c) $1.2Q_u$

중앙 또는 윙화물탱크 내에 크로스타이가 설치되고 $l_{vw\text{-}ct}$가 $0.7l_{vw}$보다 큰 경우, 상기 식의 l_{vw}는 $l_{vw\text{-}ct}$ 를 취한다.

P_u : 탱크중간에 위치한 수직특설늑골의 상부브래킷의 중간높이에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

P_l : 탱크중간에 위치한 수직특설늑골의 하부브래킷의 중간높이에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

l_{vw} : 갑판트랜스버스의 면재와 내저판 사이의 수직특설늑골의 길이(m). (**그림 8.2.7** 참조).

$l_{vw\text{-}ct}$: 설치된 경우, 갑판트랜스버스와 크로스타이의 중간깊이 사이의 수직특설늑골의 길이(m)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

h_u : **그림 8.2.7**에 나타내고 **4장/2.1.5**에 규정한 바와 같이 수직특설늑골 상부브래킷의 유효길이(m)

h_l : **그림 8.2.7**에 나타내고 **4장/2.1.5**에 규정한 바와 같이 수직특설늑골 하부브래킷의 유효전단길이(m)

c_u 및 c_l : **표 8.2.15**에 따른다.

c_w 0.57 : 중심선 종격벽을 가지는 선박인 경우

0.50 : 두 개의 종격벽을 가지는 선박인 경우

$C_{t\text{-}pr}$: **표 8.2.10**에 주어진 1차 지지부재에 대한 허용전단응력계수

τ_{yd} $= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

<table>
<tr><th colspan="3">표 8.2.15
종격벽 상의 수직특설늑골에 대한 c_u 및 c_l 값</th></tr>
<tr><th colspan="2">구조배치</th><th>c_u</th><th>c_l</th></tr>
<tr><td colspan="2">중심선종격벽을 가지는 선박</td><td rowspan="2">0.17</td><td rowspan="2">0.28</td></tr>
<tr><td rowspan="2">두 개의 종격벽을 가지는 선박</td><td>l_{vw-ct} 에 기초한 Q_u 또는 Q_l</td></tr>
<tr><td>l_{vw} 에 기초한 Q_u 또는 Q_l</td><td>0.075</td><td>0.18</td></tr>
</table>

2.6.6.5 선측트랜스버스의 길이에 걸친 전단면적은 다음에 적합하여야 한다.

(a) 상부에 대하여 요구되는 전단면적은 상부 0.2 l_{shr} 에 걸쳐 유지되어야 한다.

(b) 하부에 대하여 요구되는 전단면적은 하부 0.2 l_{shr} 에 걸쳐 유지되어야 한다.

(c) Q_u 및 Q_l 가 l_{vw-ct} 에 기초하여 결정되는 경우, 하부에 대하여 요구되는 전단면적은 또한 크로스타이 하부에서 유지되어야 한다.

(d) 윙 또는 중앙화물탱크 내에 크로스타이가 없는 선박인 경우, 상부 및 하부사이의 요구되는 전단면적은 중간스팬에서 하부에 대하여 요구되는 전단면적의 50%까지 선형적으로 감소되어야 한다.

(e) 윙 또는 중앙화물탱크 내에 크로스타이가 있는 선박인 경우, 스팬을 따라서 요구되는 전단면적은 상부 및 하부 사이에서 선형적으로 테이퍼되어야 한다.

(주)

다른 항복응력의 재료가 사용되는 경우, 재료항복응력의 차이를 고려하여 적절이 수정되어야 한다.

여기서,

l_{shr} : 선측트랜스버스의 유효전단스팬(m)

$= l_{vw} - h_u - h_l,$ Q_u 및 Q_l 가 l_{vw} 에 기초하여 결정되는 경우

$= l_{vw-ct} - h_u,$ Q_u 및 Q_l 가 l_{vw-ct} 에 기초하여 결정되는 경우

$l_{vw}, l_{vw-ct}, h_u, h_l,$ Q_u 및 Q_l 는 **2.6.6.4**에 따른다.

2.6.7 횡격벽 상의 수평스트링거

2.6.7.1 횡격벽 상의 수평스트링거의 웨브깊이는 다음보다 작아서는 아니된다.

(a) l_{bdg-hs} : 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 윙화물탱크 내의 수평스트링거인 경우

(b) 0.20 l_{bdg-hs} : 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 중앙탱크 내의 수평스트링거인 경우. 그러나, 중앙탱크 내의 수평스트링거의 웨브깊이는 윙화물탱크 내의 수평스트링거에 대하여 요구되는 깊이보다 작아서는 아니된다.

(c) 0.20 l_{bdg-hs} : 중심선 종격벽을 가지는 선박의 수평스트링거인 경우.

(d) **2.6.1.7** 참조.

여기서,

$l_{bdg\text{-}hs}$: 수평스트링거의 유효굽힘스팬(m). 그러나, 탱크폭의 50%보다 작아서는 아니된다. (**4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조)

2.6.7.2 끝단 0.20 $l_{bdg\text{-}hs}$ 에 걸친 수평스트링거의 순 단면계수 Z_{net50}은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{net50} = \frac{1000M}{C_{s-pr}\,\sigma_{yd}} \qquad (\text{cm}^3)$$

여기서,

M : 설계굽힘모멘트

$= c\,P\,S\,l_{bdg-hs}{}^2 \qquad$ (kNm)

P : 수평스트링거의 유효굽힘스팬 $l_{bdg\text{-}hs}$의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

S : 고려하는 수평스트링거 각 측의 1/2간격(스트링거사이의 거리)의 합 (m)

$l_{bdg\text{-}hs}$: 수평스트링거의 유효굽힘스팬(m). 그러나, 탱크폭의 50%보다 작아서는 아니된다. (**4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조)

c
0.073 : 중심선격벽을 가지는 선박의 화물탱크 내의 수평스트링거인 경우
0.083 : 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 윙화물탱크 내의 수평스트링거인 경우
0.063 : 두 개의 종격벽을 가지는 선박의 중앙탱크 내의 수평스트링거인 경우

$C_{s\text{-}pr}$: **표 8.2.10**에 주어진 허용전단응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

2.6.7.3 유효굽힘스팬의 중간에서 요구되는 단면계수는 끝단에서 요구되는 것의 70%로 취하여져야 하고, 중간값은 선형보간법에 의하여 구하여져야 한다. 다른 항복응력의 재료가 사용되는 경우, 재료항복응력의 차이를 고려하여 적절이 수정되어야 한다.

2.6.7.4 끝단 0.20 l_{shr} 에 걸친 수평스트링거의 순 전단면적 $A_{shr\text{-}net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-net50} = \frac{10Q}{C_{t-pr}\,\tau_{yd}} \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q : 설계전단력

$= 0.5\,P\,S\,l_{shr} \qquad$ (kN)

P : 수평스트링거의 유효굽힘스팬 $l_{bdg\text{-}hs}$의 중간위치에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

S : 고려하는 수평스트링거 각 측의 1/2간격(스트링거사이의 거리)의 합(m)

l_{shr} : 수평스트링거의 유효전단스팬(m). (**4장/2.1.5** 참조)

C_{t-pr} : **표 8.2.10**에 주어진 허용전단응력계수

τ_{yd} $= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm²)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm²)

2.6.7.5 유효굽힘스팬의 중간에서 요구되는 단면계수는 끝단에서 요구되는 것의 50%로 취하여져야 하고, 중간값은 선형보간법에 의하여 구하여져야 한다. 다른 항복응력의 재료가 사용되는 경우, 재료항복응력의 차이를 고려하여 적절이 수정되어야 한다.

2.6.8 크로스타이

2.6.8.1 크로스타이에 작용하는 최대 작용축하중 W_{ct} 는 허용하중 $W_{ct-perm}$ 이하이어야 하며 다음과 같다.

$$W_{ct} \le W_{ct-perm}$$

여기서,

W_{ct} : 작용축하중

$= P\, b_{ct}\, S$ (kN)

$W_{ct-perm}$: 허용하중

$= 0.1 A_{ct-net50}\, \eta_{ct}\, \sigma_{cr}$ (kN)

P : 탱크중간에 위치한 크로스타이에 의하여 지지되는 면적의 중심에서 계산된, 고려하는 모든 적용설계하중세트에 대한 최대 설계압력(kN/m²)

b_{ct} : 중앙화물탱크 내에 크로스타이가 설치된 경우:

$= 0.5\, l_{bdg-vw}$

윙화물탱크 내에 크로스타이가 설치된 경우:

$= 0.5\, l_{bdg-vw}$ 중앙화물탱크로부터 설계화물압력에 대하여

$= 0.5\, l_{bdg-st}$ 설계해양압력에 대하여

l_{bdg-vw} : 종격벽 상의 수직특설늑골의 유효굽힘스팬(m).(**4장/2.1.4** 및 **그림 8.2.7** 참조)

l_{bdg-st} : 선측트랜스버스의 유효굽힘스팬(m). (**4장/2.1** 및 **그림 8.2.7** 참조)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

η_{ct} : 사용계수로서 다음에 따른다.

$= 0.50$ 허용기준 AC1 인 경우

$= 0.60$ 허용기준 AC2 인 경우

σ_{cr} : **10장/3.5.1**에 따르는 순 단면특성을 사용하여 계산된, 압축상태의 크로스타이의 임계좌굴응력(N/mm²)으로서 크로스타이의 유효길이(m)는 다음에 따른다.

(a) 중앙탱트 내의 크로스타이인 경우:
크로트타이의 수평보강재가 부착된 우현 및 좌현 종격벽 상의 종방향보강재의 면재 사이의 거리

(b) 윙탱크 내의 크로스타이인 경우:
크로트타이의 수평보강재가 부착된 종격벽 상의 종방향보강재의 면재와 내측선체판 사이에 측정된 거리

$A_{ct\text{-}net50}$: 크로스타이의 순 횡단면적(cm^2)

2.6.8.2 웨브를 통한 압축력의 전달을 위한 유효한 수단을 제공하기 위하여 힘의 전달을 위한 용접연결의 적합성 및 또한 보강재 배치에 특별한 주의를 기울여야 한다. 크로스타이의 모든 끝단브래킷 끝단의 용접에 특별한 주의를 기울여야 한다.

2.6.8.3 수평보강재는 크로스타이의 끝단에서 종통재와 일치되어 부착되어야 한다.

2.6.9 중앙부 0.4L 밖에 위치한 1차 지지부재

2.6.9.1 중앙부 0.4L 밖의 지역에 대하여 화물탱크 FE 해석이 불가능한 경우, **2.6.9.2** 및 **2.6.9.3**의 요건은 중앙부 0.4L 밖에 위치한 1차 지지부재의 치수산정에 사용될 수 있다. 중앙부 0.4L 치수를 위한 치수산정은 **8장/2** 및 **9장/2**의 요건에 따라야 한다.(**2.6.1.3** 및 **2.6.1.4**참조)

2.6.9.2 중앙부 0.4L 밖에 위치한 1차 지지부재의 순 단면계수 $Z_{end\text{-}net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{end-net50} = \frac{Z_{mid-net50}\,\sigma_{yd-mid}\,M_{end}}{\sigma_{yd-end}\,M_{mid}} \qquad (\text{cm}^3)$$

여기서,

M_{end} : **2.6.3**부터 **2.6.8**의 해당요건에 따라 그리고 주어진 위치에 대하여 규정된 설계압력을 사용하여 계산된, 중앙부 0.4L 밖에 위치한 고려하는 구조부재의 굽힘모멘트(kNm)

M_{mid} : **2.6.2**부터 **2.6.8**의 해당요건으로부터 구한, 해당구조부재 및 중앙부 횡단면 위치에 대한 굽힘모멘트(kNm)

$Z_{mid\text{-}net50}$: 해당구조부재의 면재에서 그리고 중앙부 횡단면 위치에서 순 단면계수(cm^3)

$\sigma_{yd\text{-}end}$: 중앙부 0.4L 밖에 위치한 고려하는 구조부재 면재의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

$\sigma_{yd\text{-}mid}$: 중앙부 해당구조부재 면재의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

2.6.9.3 중앙부 0.4L 밖에 위치한 1차 지지부재에 대한 순 전단면적 $A_{shr\text{-}end\text{-}net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-end-net50} = \frac{A_{shr-mid-net50}\,\tau_{yd-mid}\,Q_{end}}{\tau_{yd-end}\,Q_{mid}} \qquad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q_{end} : **2.6.3**부터 **2.6.8**의 해당요건에 따라 그리고 주어진 위치에 대하여 규정된 설계 압력을 사용하여 계산된, 중앙부 0.4L 밖에 위치한 고려하는 구조부재에 대한 전단력(kN)

Q_{mid} : **2.6.2**부터 **2.6.8**의 요건으로부터 구한, 해당구조부재 및 중앙부 횡단면의 해당위치에 대한 전단력(kN)

$A_{shr-mid-net50}$: 해당구조부재 및 중앙부 횡단면 위치의 전단면적(cm^2)

$\tau_{yd-end} = \dfrac{\sigma_{yd-end}}{\sqrt{3}}$

$\tau_{yd-mid} = \dfrac{\sigma_{yd-mid}}{\sqrt{3}}$

σ_{yd-end} : 중앙부 0.4L 밖에 위치한 고려하는 구조부재의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

σ_{yd-mid} : 고려하는 중앙부 구조부재의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

3 전방화물탱크 전방의 구조

3.1 일 반

3.1.1 적 용

3.1.1.1 이 절의 요건은 최전방화물탱크 전단의 전방구조에 적용한다. 최전방화물탱크의 전단이 F.P.로부터 측정하여 선박길이의 0.1L 후방에 있는 경우, 이 요건 및 **8 장/2** 의 요건의 적용에 특별한 고려를 하여야 한다.

3.1.1.2 이 절에서 언급되는 순 치수산정은 다음과 같이 총 치수에 관련된다.

(a) **3.1.4** 에 규정된 최소두께요건을 적용하는 경우, 총 두께는 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(b) 판 및 국부지지부재인 경우, 총 두께 및 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(c) 1 차 지지부재인 경우, 총 두께, 총 단면계수 및 기타 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 관련 전체부식추가의 1/2 를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(d) **10 장/2** 의 좌굴요건을 적용하는 경우, 총 두께 및 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

3.1.2 일반치수요건

3.1.2.1 선체구조는 다음의 해당요건에 적합하여야 한다.

(e) 선체거더종강도(**8 장/1** 참조)

(f) 슬로싱 및 충격하중에 대한 강도(**8 장/6** 참조)

(g) 좌굴/최종강도(**10 장** 참조)

3.1.2.2 갑판두께 및 지지구조는 앵커윈들라스 및 기타 갑판기기, 그리고 크레인, 마스트 및 데릭포스트에 대하여 적당히 보강되어야 한다.(**11 장/3** 참조)

3.1.2.3 국부 및 1 차 지지부재의 순 단면계수, 전단면적 및 기타 단면특성은 **4 장/2** 에 따라 결정되어야 한다.

3.1.2.4 국부지지부재의 단면계수 및 웨브두께는 끝단 브래킷에서 떨어진 지역에 적용한다. 1 차 지지부재의 단면계수 및 횡단전단면적은 **표 8.3.5** 의 (비 고)에 적합하여야 한다.

3.1.2.5 치수산정기준은 모든 구조연결 및 용접상세가 고려하는 위치에서 예상되는 작용응력수준에 견딜수 있도록 설계되고 건조된다는 가정에 기초한다. 높은 응력을 받는 지역의 설계중에는 구조연결과 상세에 대한 적재방식, 응력집중 및 잠재적인 손상모드가 고려되어야 한다. 구조설계상세는 **4 장/3** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.1.2.6 림버, 배수 및 공기구멍은 흡입관으로의 자유유동 및 공기관으로의 공기배출을 확보하기 위하여 요구되는 대로 구조의 모든 부분에 시공되어야 한다. 디프탱크 상부 구역의 배수를 위한 배치가 이루어져야 한다.(**4 장/3** 참조)

3.1.2.7 웨브보강재는 선측외판 및 선저외판 상의 각 종통재에서 1 차 지지부재 상에 설치되어야 한다. 보강재끝단연결의 적합성 및 인접한 웨브와 격벽판의 강도가 실증되는 경우 다른 배치가 허용될 수 있다.

3.1.3 구조적 연속성

3.1.3.1 외판, 상갑판 및 내저판의 치수는 전단 쪽으로 테이퍼되어야 한다.(**1.6** 참조)

3.1.3.2 선수피크 후방의 전방화물탱크에로의 변이지대에서 단면의 급격한 변화를 피하기 위하여 주요 종방향부재의 배치에 합당한 고려를 하여야 한다. 플렛, 갑판, 수평프레임링 또는 선측스트링거 등의 선수피크 내의 구조는 구조후방 화물탱크 쪽으로 유효하게 경사되어야 한다. 이러한 구조가 전방화물탱크의 종방향 부재 후방에 일치하는 경우 테이퍼된 전달브래킷의 격벽부착물이 사용될 수 있다.

3.1.3.3 내측선체 또는 종격벽구조가 전방화물탱크의 전방격벽에서 끝나는 경우, 강도의 연속성을 확보하기위하여 테이퍼링브래킷과 함께 적절한 이면구조가 제공되어야 한다.

3.1.3.4 강력갑판의 종늑골방식은 실행가능한 한 멀리 전방으로 연장되어야 한다.

3.1.3.5 **4 장/3.2.4** 및 **4 장/3.2.5** 에서 허용된 경우를 제외하고, 모든 외판늑골 및 탱크경계보강재는 연속되거나 또는 그 끝단에 브래킷을 설치하여야 한다.

3.1.4 최소두께

3.1.4.1 이 절에 주어진 두께, 단면계수 및 보강재웨브 전단면적요건에 추가하여, 전방지역에서의 판 및 보강재의 두께는 **표 8.3.1** 에 주어진 해당 최소두께요건에 적합하여야 한다.

3.2 선저구조

3.2.1 평판용골

3.2.1.1 평판용골은 실행가능한 한 멀리 전방으로 연장되어야 하고 **2.2.1** 에 주어진 치수요건을 만족하여야 한다.

3.2.2 선저외판

3.2.2.1 선저외판의 두께는 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.2.3 선저종통재

3.2.3.1 선저종통재는 가능한 한 멀리 전방으로 연장되어야 한다. 그 넘어서는 적절히 보강된 늑골이 설치되어야 한다.

3.2.3.2 선저종통재의 단면계수 및 두께는 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

<table>
<tr><th colspan="4">표 8.3.1
전방화물탱크 전방구조의 순 최소두께</th></tr>
<tr><th colspan="3">치수산정 위치</th><th>순 두께(mm)</th></tr>
<tr><td rowspan="8">판</td><td rowspan="2">T_{sc} + 4.6m 까지의 선체외부</td><td>용골판</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td>선저외판/빌지/선측외판</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td>T_{sc} + 4.6m 상부의 선체외부</td><td>선측외판/상갑판</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td rowspan="4">선체내부구조</td><td>선체내부탱크경계</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td>비수밀격벽, 건조구역 사이의 격벽 및 일반적인 기타의 판</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td>필러격벽</td><td>7.5</td></tr>
<tr><td>브레스트훅</td><td>6.5</td></tr>
<tr><td colspan="3">늑판 및 선저거더</td><td>$5.5 + 0.02L_2$</td></tr>
<tr><td colspan="3">1차 지지부재의 웨브판</td><td>$6.5 + 0.015L_2$</td></tr>
<tr><td colspan="3">국부지지부재</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td colspan="3">트리핑브래킷</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td colspan="4">여기서,
T_{sc} : 4장/1.1.5.1에 정의된 강도계산용 흘수(m)
L_2 : 4장/1.1.1.1에 정의된 규칙상의 길이 L (m)로서 300m보다 클 필요는 없다.</td></tr>
</table>

3.2.4 선저늑판

3.2.4.1 선저늑판은 각 특설늑골위치에 설치되어야 한다. 중심선에서 늑판의 최소깊이는 화물탱크지역의 이중저에 요구되는 깊이보다 작아서는 아니된다. **5 장/3.2.1.1** 참조.

3.2.5 선저거더

3.2.5.1 중심선거더를 선미측으로 연장하거나 또는 디프거더나 중심선격벽을 설치하여 중심선에서 지지구조가 제공되어야 한다.

3.2.5.2 중심선거더가 설치된 경우, 최소깊이 및 두께는 화물탱크지역의 이중저 깊이에 요구되는 것보다 작아서는 아니되고, 상단은 보강되어야 한다. 중심선 제수격벽이 설치된 경우, 최하단판의 두께는 중심선 거더에 요구되는 것 보다 작아서는 아니된다.

3.2.5.3 종방향 제수격벽이 선저트랜스버스를 지지하는 경우, 격벽 내 개구의 상세 및 배치는 제수격벽과 선저트랜스버스의 연결에 높은 응력이 걸리는 지역을 피하도록 배치하여야 한다.

3.2.6 평판선수재

3.2.6.1 평판선수재는 스트링거 및 평판, 그리고 선수재를 따라 측정하여 1500mm 보다 크지아니하는 간격의 중간브레스트훅 다이어프램에 의하여 지지되어야 한다. 선수재의 곡률반경이 큰 경우, 중심선지지구조가 설치되어야 한다.

3.2.6.2 선수재위치 및 강도계산용 흘수 T_{sc} 에서 최소밸러스트흘수선과 하기만재흘수선 사이의 평판선수재 순 두께 t_{stem} 은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{stem} = \frac{L_2\sqrt{\dfrac{235}{\sigma_{yd}}}}{12}$$ (mm), 그러나 21mm 보다 클 필요는 없다.

여기서,

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L (m)로서 300m 보다 클 필요는 없다.

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

하기만재흘수선 상방에서 선수재판의 두께는 상갑판에서 선체외판에 요구되는 두께까지 테이퍼될 수 있다.

밸러스트흘수선 하방에서 선수재판의 두께는 평판용골에 요구되는 두께까지 테이퍼될 수 있다.

3.2.7 선수격벽 후방구역 내의 늑판 및 거더

3.2.7.1 선수격벽 후방 그리고 전방화물탱크 전방의 늑판 및 거더는 **3.2.4** 및 **3.2.5** 의 요건에 적합하여야 하고 **3.9.3.3** 의 전단면적요건에 적합하여야 한다.

3.3 선측구조

3.3.1 선측외판

3.3.1.1 선측외판의 두께는 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다. 해당되는 경우, 선측외판의 두께는 **2.2.4.2** 의 요건에도 적합하여야 한다.

3.3.1.2 선수루가 설치되는 경우, 선수루갑판높이까지 연장된 판에는 선측외판요건을 적용하여야 한다.

3.3.2 선측외판 국부지지부재

3.3.2.1 선측외판의 종늑골방식은 실행가능한 한 멀리 전방으로 연장되어야 한다.

3.3.2.2 선체외부 늑골방식의 단면계수 및 두께는 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.3.2.3 횡격벽에서 종통재의 끝단연결은 적절한 고착, 측면지지를 제공하여야 하고, 연속되지 아니한 경우에는 소프트노즈드 브래킷을 설치하여야 한다. 종통재에 겹쳐지는 브래킷을 사용하여서는 아니된다.

3.3.3 선측외판 1차 지지구조

3.3.3.1 일반적으로, **4 장/2.2.2** 에 정의된 특설늑골의 간격 S 는 다음에 따른다:

$S = 2.6 + 0.005L_2$ (m) 그러나, 3.5m 보다 클 필요는 없다.

여기서,

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L 로서 300m 보다 클 필요는 없다.

3.3.3.2 일반적으로, 선수격벽스트링거 전방의 횡늑골방식은 약 3.5m 간격이어야 한다. 스트링거는 10m 보다 크지아니하는 유효스팬을 가지고, 특설늑골구조에 의하여 적절히 지지되어야 한다. 횡늑골방식이 채택된 선수격벽 후방에서 스트링거의 간격은 증가될 수 있다.

3.3.3.3 특설늑골의 유효스팬이 10m 를 넘지 아니하도록 제한하기 위하여 관통된 평판이 설치되어야 한다.

3.3.3.4 종늑골을 지지하는 특설늑골과/또는 전방지역 내의 횡늑골을 지지하는 특설늑골의 치수는 다음의 추가요건과 함께 **3.9.3** 으로부터 결정되어야 한다.

(a) 크로스타이가 설치되지 아니하는 경우:

- 특설늑골의 요구되는 단면계수는 하단으로부터 측정하여 굽힘에 대한 유효스팬의 60%에 걸쳐 유지되어야 한다. 특설늑골의 나머지 부분에 요구되는 단면계수의 계산에 사용되는 굽힘모멘트의 값은 적절히 경감될 수 있으나 20%보다 커서는 아니된다.
- 특설늑골의 하부에 요구되는 전단면적은 하단으로부터 측정하여 전단스팬의 60%에 걸쳐 유지되어야 한다.

(b) 한 개의 크로스타이가 설치되는 경우:

- 특설늑골 또는 스트링거의 굽힘 및 전단에 대한 유효스팬은 크로스타이가 없다고 본다. 전단력 및 굽힘모멘트는 크로스타이가 없다고 보고 계산된 값의 50%까지 경감될 수 있다. 특설늑골의 경우, 특설늑골 하부에 요구되는 단면계수및 전단면적은 트로스타이까지 유지되어야 하고, 특설늑골 상부에 요구되는 단면계수 및 전단면적은 트로스타이 상부 단면에 걸쳐 유지되어야 한다.
- 크로스타이는 **표 8.2.8** 에 규정된 설계하중을 사용하여 **2.6.8** 의 요건에 만족하여야 한다.

(c) 다중크로스타이의 배치는 **3.3.3.4**(d) 에 따라서 특별히 고려되어야 한다.

(d) 복합격자구조가 채택되는 경우, 1 차 지지부재 치수산정의 적합성은 보다 진보된 계산법에 의하여 결정되어야 한다.

3.3.3.5 1 차 지지부재의 웨브깊이는 굽힘스팬의 14%보다 작아서는 아니되고, 만일, 슬롯을 메우지 아니한다면 보강재에 대한 슬롯 깊이의 최소한 2.5 배로 깊어야 한다.

3.4 갑판구조

3.4.1 갑 판

3.4.1.1 갑판의 두께는 해당 면외압력, 그린파랑 및 갑판하중과 함께 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.4.1.2 **3.4.1.1** 의 요건에 추가하여, 갑판의 순 판두께 t_{net}는 다음보다 작아서는 아니된다.

$t_{net} = 0.009s$ (mm)

여기서,

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

3.4.2 갑판보강재

3.4.2.1 갑판보강재의 단면계수 및 두께는 해당 면외압력, 그린파랑 및 갑판하중과 함께 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.4.3 갑판 1차 지지구조

3.4.3.1 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **3.9.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.4.3.2 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지 아니한 스팬의 10%보다 작아서는 아니된다.

3.4.3.3 무거운 설비로부터의 집중하중과 관련하여, 갑판구조의 치수는 실제하중에 기초를 두고 결정되어야 한다.(**11 장/3** 참조)

3.4.4 필 러

3.4.4.1 필러는 가능하면 동일한 수직선상에 설치되어야 하고, 모든 필러의 상단과 하단에서 하중을 분산시키도록 유효하게 배치되어야 한다. 필러가 편심하중을 지지하는 경우, 그에 발생하는 추가적인 굽힘모멘트에 대하여 보강되어야 한다.

3.4.4.2 관상 및 공동사각필러의 상단 및 하단에는 하중을 유효하게 전달하기 위하여 유효한 브래킷 또는 해당되는 경우 덧댐판/삽입판을 부착하여야 한다. 필러는 그 상단 및 하단에서 연속용접으로 고착되어야 한다. 압연형재로 제작된 필러의 상단 및 하단에서, 하중은 브래킷 또는 기타 동등수단에 의하여 분산되어야 한다.

3.4.4.3 탱크 내의 필러는 실체형재이어야 한다. 정수압이 필러의 인장응력을 발생시킬 수 있는 경우, 필러 및 그 끝단연결 내의 인장응력은 재료의 규정된 최소항복응력의 45%를 넘어서는 아니된다.

3.4.4.4 필러의 치수는 **3.9.5** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.4.4.5 무거운 설비로 부터의 하중이 **3.9.5** 의 설계하중을 넘는 경우, 필러치수는 실제하중에 기초하여 결정되어야 한다.

3.5 탱크격벽

3.5.1 일 반

3.5.1.1 탱크에는 구조에 작용하는 동적응력을 최소화하기 위하여 구획 또는 깊은 제수판이 요구될 수 있다.

3.5.2 구 조

3.5.2.1 어떠한 경우에도 탱크경계격벽의 치수는 수밀격벽에 대한 요건보다 작아서는 아니된다.

3.5.3 탱크경계격벽의 치수

3.5.3.1 탱크경계격벽의 두께는 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.5.3.2 보강재의 단면계수 및 두께는 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.5.3.3 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **3.9.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.5.3.4 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지아니한 스팬의 14%보다 작아서는아니된다.

3.5.3.5 파형격벽의 치수는 **3.9.4** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.6 수밀경계

3.6.1 일 반

3.6.1.1 수밀경계는 **5 장/2** 에 따라 설치되어야 한다.

3.6.2 선수격벽

3.6.2.1 선수격벽 구조성분의 치수는 **3.6.3** 의 요건에 적합하여야 한다. 이에 추가하여, 선수격벽은 **3.6.2.2** 부터 **3.6.2.4** 의 요건에도 적합하여야 한다.

3.6.2.2 선수격벽의 위치는 **5 장/2.2** 에 따라야 한다.

3.6.2.3 문, 맨홀, 상설출입구 또는 통풍덕트는 건현갑판 하방 선수격벽에 시공되어서는 아니된다. 선수격벽이 건현갑판 상방까지 연장된 경우, 연장부 내 개구의 수는 설계 및 선박 고유의 용도에 적합한 범위 내에서 최소한으로 유지되어야 한다. 개구에는 풍우밀 폐쇄장치를 설치하여야 한다. 관에 건현갑판 상방에서 조작할 수 있는 밸브를 설치하는 조건으로 선수격벽은 탱크의 내용물을 격벽 전방으로 이송하기위한 관에 의하여 관통될 수 있다. 밸브는 일반적으로 선수피크 내의 선수격벽 상에 설치되어야 하고 화물탱크의 내부에 설치되어서는 아니된다.

3.6.2.4 선수격벽 전방의 구획은 인화성액체의 운송을 위하여 배치되어서는 아니된다.

3.6.3 수밀경계의 치수

3.6.3.1 경계판의 두께는 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.6.3.2 보강재의 단면계수 및 두께는 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.6.3.3 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **3.9.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.6.3.4 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지 아니한 스팬의 10%보다 작아서는 아니된다.

3.6.3.5 파형격벽의 치수는 **3.9.4** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.7 선 루

3.7.1 선수루 구조

3.7.1.1 선수루 구조는 깊은 보를 가지는 거더 및 특설늑골에 의하여 지지되어야 하고, 일반적으로 완전한 횡방향 벨트 내에 배치되어야 하며, 하부의 구조에 아래도 연장된 필러에 의하여 지지되어야 한다. 실행가능한 경우, 깊은 보 및 거더를 깊은 보, 특설늑골,그리고/또는 거더 사이의 간격을 약 3.5m 로 제한하기 위하여 배치되어야 한다. 필러가 **3.4.4** 에 따라 제공되어야 한다. 주요구조의 교차는 필러의 상단 및 하단 연결 및 응력집중을 피하는 것에 특별한 주의를 기울이며 개발되어야 한다.

3.7.2 선수루단 격벽

3.7.2.1 선수루단 격벽의 상세 및 치수는 **11 장/1.4** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.8 기타구조

3.8.1 필러격벽

3.8.1.1 거더, 또는 거더 대신에 설치된 필러 및 종격벽을 지지하는 격벽은 스탠션 또는 필러에 요구되는 것 보다 더 효과적인 지지를 제공하기 위하여 보강되어야한다. 필러단면의 작용하중 및 순 횡단면적은 **3.4.4** 의 요건을 사용하여 결정되어야 한다. 보강재의 순 관성모멘트는 $40t_{net}$ 의 폭으로 계산되어야 한다, 여기서 t_{net} 는 순 판두께(mm)이다.

3.8.1.2 필러격벽은 다음 요건에 적합하여야 한다.

(a) 격벽보강재 사이의 거리는 1500mm 를 넘어서는 아니된다.

(b) 파형인 경우, 파형의 깊이는 100mm 보다 작아서는 아니된다.

3.8.2 구상선수

3.8.2.1 구상선수가 설치되는 경우, 구조배치는 구상선수가 적절히 지지되고 선수피크구조에 통합되는 것이어야 한다.

3.8.2.2 구상선수의 전단에서 구조는 일반적으로 깊은 중심선 웨브와 함께 약 1m 간격의 수평다이어프램판에 의하여 지지되어야 한다.

3.8.2.3 일반적으로, 수직 횡방향 다이어프램판은 피크늑골로부터 구상선수늑골에의 변이에 관련하여 배치되어야 한다.

3.8.2.4 일반적으로 넓은 구상선수에 대하여 추가적인 보강으로써 중심선 제수격벽이 설치되어야 한다.

3.8.2.5 일반적으로 긴 구상선수에 대하여 추가적인 보강으로써 횡방향 제수격벽 또는 튼튼한 특설늑골이 설치되어야 한다.

3.8.2.6 외판은 구상선수의 전단 및 또한 앵커조작 중에 앵커 및 체인케이블과 접촉이 될 것 같은 지역에서 두께를 증가시켜야 한다. 증가된 판두께는 선수재 판에 요구되는 것과 동일하여야 한다.

3.8.3 체인로커

3.8.3.1 체인로커는 **11 장/4.2.9** 의 요건에 적합하여야 한다.

3.8.4 바우스러트터 터널

3.8.4.1 터널판의 순 두께 $t_{tun-net}$ 은 바우스러스트 근처의 외판에 요구되는 것보다 작아서는 아니된다. 이에 추가하여 $t_{tun-net}$ 은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{tun-net} = 0.008 d_{tun} + 1.8 \quad \text{mm}$$

여기서,

d_{tun} : 터널의 내경(mm), 그러나 970mm 보다 작아서는 아니된다.

3.8.4.2 터널의 바깥쪽 끝에 봉 또는 격자가 제공되는 경우, 봉 또는 격자는 유효하게 고착되어야 한다.

3.9 치수요건

3.9.1 일 반

3.9.1.1 설계하중세트는 **표 8.3.8** 에 따라 국부지지 및 1 차 지지부재의 구조요건에 적용하여야 한다. 정적 및 동적하중성분은 **표 7.6.1** 및 **7 장/6.3** 에 주어진 절차에 따라 결합되어야 한다.

3.9.2 판 및 국부지지부재

3.9.2.1 면외압력을 받는 판인 경우, 순 판두께 t_{net} 는 **표 8.3.8** 에 따라 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로 다음과 같다.

$$t_{net} = 0.0158\alpha_p s\sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{mm}$$

여기서,

α_p : 패널형상비에 대한 수정계수

$$= 1.2 - \frac{s}{2100 l_p} \qquad (\le 1.0)$$

P : **3장/5.1.2**에 정의된 하중점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_p : 칼링이 설치되지 아니하는 한, 1차 지지부재의 간격으로 취하여져야 하는 판패널의 길이(m)

C_a : **표 8.3.2**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.3.2
판에 대한 허용굽힘응력계수

허용기준	구조부재	C_a
AC1	모든 판	0.80
AC2	선체외부판	0.95
	내부경계판 (1)	1.00
(비 고) 1. 선수격벽판은 허용기준 AC1 을 사용하여 설계하중세트 11(우발적인 침수)에 대하여 평가되어야 한다.		

3.9.2.2 면외압력을 받는 보강재인 경우, 순 단면계수 Z_{net} 은 **표 8.3.8** 에 따라 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 값 중 최대값으로 다음과 같다.

$$Z_{net} = \frac{|P| s\, l_{bdg}^{\ 2}}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \quad \text{cm}^3$$

여기서,

P : **3장/5.2.2**에 정의된 하중점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_{bdg} : **4장/2.1.1**에 정의된 유효굽힘스팬(m)

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수:

연속된 보강재 및 고정단을 가지는 보강재의 끝단연결이 이상적으로 설치된 경우:

12 : 수평보강재에 대하여

10 : 수직보강재에 대하여

기타 배치인 경우 굽힘모멘트계수는 **표 8.3.5**에 따를 수 있다.

C_s : **표 8.3.3**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.3.3
보강재에 대한 허용굽힘응력계수

허용기준	구조부재	C_s
AC1	모든 보강재	0.75
AC2	모든 보강재[(1)]	0.90

(비 고)
1. 선수격벽 보강재는 허용기준 AC1을 사용하여 설계하중세트 11(우발적인 침수)에 대하여 평가되어야 한다.

3.9.2.3 면외압력을 받는 보강재인 경우, 전단면적요건에 기초를 둔 웨브 순 두께 t_{w-net} 는 **표 8.3.8** 에 따라 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로 다음과 같다.

$$t_{w-net} = \frac{f_{shr}\left|P\right| s\, l_{shr}}{d_{shr}\, C_t\, \tau_{yd}} \quad \text{mm}$$

여기서,

P : **3장/5.2.2**에 정의된 하중점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

f_{shr} : 전단력계수:

연속된 보강재 및 고정단을 가지는 보강재의 끝단연결이 이상적으로 설치된 경우:

0.5 : 수평보강재에 대하여

0.7 : 수직보강재에 대하여

기타 배치인 경우 전단력계수는 **표 8.3.5**에 따를 수 있다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_{shr} : **4장/2.1.2**에 정의된 유효전단스팬(m)

d_{shr} : **4장/2.4.2.2**에 정의된 보강재의 유효웨브깊이(mm)

C_t : **표 8.3.4**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용전단응력계수

τ_{yd} $= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ N/mm^2

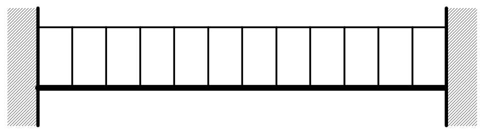
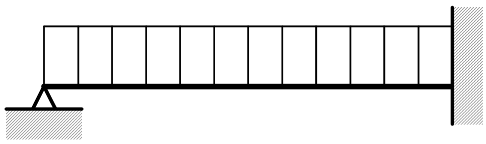
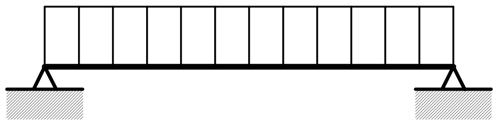
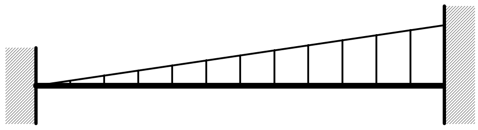
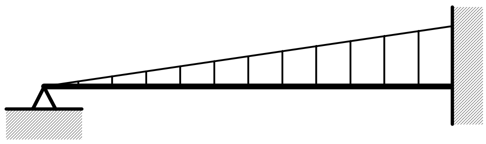
σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.3.4
보강재에 대한 허용전단응력계수

허용기준	구조부재	C_t
AC1	모든 보강재	0.75
AC2	모든 보강재(1)	0.90

(비 고)
1. 선수격벽 보강재는 허용기준 AC1을 사용하여 설계하중세트 11(우발적인 침수)에 대하여 평가되어야 한다.

표 8.3.5
굽힘모멘트 및 전단력계수, f_{bdg} 및 f_{shr}

하중 및 경계조건				굽힘모멘트 및 전단력계수(하중이 변하는 경우 스팬 중간에서의 하중에 기초를 둔)		
	위치			1	2	3
하중모델	1 지지	2 필드	3 지지	f_{bdg1} f_{shr1}	f_{bdg2} -	f_{bdg3} f_{shr3}
A				12.0 0.50	24.0 -	12.0 0.50
B				- 0.38	14.2 -	8.0 0.63
C				- 0.50	8.0 -	- 0.50
D				15.0 0.30	23.3 -	10.0 0.70
E				- 0.20	16.8 -	7.5 0.80

(비 고)

1. 지지점에 대한 굽힘모멘트계수 f_{bdg}는 국부 및 1차 지지부재 양측에 대한 유효굽힘스팬의 끝단으로부터 $0.2l_{bdg}$ 거리에 걸쳐 적용할 수 있다
2. 지지점에 대한 전단력계수 f_{shr}는 국부 및 1차 지지부재 양측에 대한 유효전단스팬의 끝단으로부터 $0.2l_{shr}$ 거리에 걸쳐 적용할 수 있다.
3. 국부지지부재에 대한 f_{bdg} 및 f_{shr}의 적용:
   (a) 국부지지부재의 단면계수요건은 f_{bdg1} , f_{bdg2} 및 f_{bdg3} 의 최소값을 사용하여 결정되어야 한다.
   (b) 국부지지부재의 전단면적요건은 f_{shr1} 및 f_{shr3} 의 최소값을 사용하여 결정되어야 한다.
4. 1차 지지부재에 대한 f_{bdg} 및 f_{shr}의 적용:
   (a) 유효스팬의 끝단으로부터 $0.2l_{bdg}$ 내의 단면계수요건은 일반적으로 해당 f_{bdg1} 및 f_{bdg3} 를 사용하여 결정되어야 한다. 그러나, f_{bdg} 는 12 보다 클 필요는 없다.
   (b) 스팬의 중간지역의 단면계수는 f_{bdg} =24 또는 표의 f_{bdg2} 중 작은 것을 사용하여 결정되어야 한다.
   (c) 유효스팬의 끝단으로부터 $0.2l_{shr}$ 내의 끝단연결의 전단면적요건은 f_{shr} = 0.5 또는 해당 f_{shr1} 또는 해당 f_{shr3} 중 큰 것을 사용하여 결정되어야 한다
   (d) 모델 A 부터 E 의 경우, f_{shr} 의 값은 일반적으로 중간스팬에서 $0.2l_{shr}$ 방향으로 $0.5f_{shr}$ 바깥에서 경감될 수 있다. 여기서 f_{shr} 는 f_{shr1} 또는 f_{shr3} 중 큰 값이다
5. 기타하중모델에 대하여는 **표 8.7.1**을 참조.

3.9.3 1차 지지부재

3.9.3.1 휘어진 선체형재와 교차되거나 인접한 1 차 지지부재인 경우, 끝단브래킷의 유효성은 선체의 곡률에 대한 허용을 포함하여야 한다. 선측 횡늑골인 경우, 이 요건은 크로스타이가 있는 경우 경감될 수 있다.(**3.3.3.4** 참조)

3.9.3.2 면외압력을 받는 1 차 지지부재인 경우, 순 단면계수 Z_{net50} 은 **표 8.3.8** 에 따라 모든 적용설계하중세트에 대한 최대값으로 다음과 같다.

$$Z_{net50} = 1000 \frac{|P| S\, l_{bdg}^2}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad \text{cm}^3$$

여기서,

P : **3장/5.3.3**에 정의된 하중점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

l_{bdg} : **4장/2.1.4**에 정의된 유효굽힘스팬(m)

f_{bdg} : **표 8.3.5**에 주어진 굽힘모멘트계수:

C_s : **표 8.3.6**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.3.6
1차 지지부재에 대한 허용굽힘응력계수

허용기준	1차 지지부재에 부착된 구조	C_s
AC1	갑판 및 플랫을 포함한 모든 경계	0.70
AC2	갑판 및 플랫을 포함한 모든 경계(1)	0.85

(비 고)
1. 선수격벽 1차 지지부재는 허용기준 AC1을 사용하여 설계하중세트 11(우발적인 침수)에 대하여 평가되어야 한다.

3.9.3.3 면외압력을 받는 1 차 지지부재인 경우, 순 유효전단면적 $A_{w\text{-}net50}$ 은 **표 8.3.8** 에 따라 모든 작용설계하중세트에 대한 최대값으로 다음과 같다.

$$A_{w-net50} = 10 \frac{f_{shr} |P| S\, l_{shr}}{C_t\, \tau_{yd}} \quad \text{cm}^2$$

여기서,

P : **3장/5.3.2**에 정의된 하중점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

l_{shr} : **4장/2.1.5**에 정의된 유효전단스팬(m)

f_{shr} : **표 8.3.5**에 주어진 전단력계수

C_t : **표 8.3.7**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용전단응력계수

τ_{yd} $= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ N/mm^2

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.3.7 1차 지지부재에 대한 허용전단응력계수		
허용기준	1차 지지부재에 부착된 구조	C_t
AC1	갑판 및 플랫을 포함한 모든 경계	0.70
AC2	갑판 및 플랫을 포함한 모든 경계 (1)	0.85
(비 고) 1. 선수격벽 1차 지지부재는 허용기준 AC1을 사용하여 설계하중세트 11(우발적인 침수)에 대하여 평가되어야 한다.		

3.9.3.4 1 차 지지부재는 일반적으로 특정구조형식에 대하여 기술된 특정방법으로 해석되어야 한다. 보다 진보된 계산방법은 적용설계하중세트에 따르는 경우 모든 1 차 치지부재에 대한 공칭응력수준이 **3.9.3.2** 와 **3.9.3.3** 에 주어진 허용응력 및 응력계수보다 작음을 확보하기 위하여 필요할 수도 있다.

3.9.4 파형격벽

3.9.4.1 설치된 경우 파형격벽의 승인에는 특별한 고려를 하여야 한다.

(주)
화물탱크지역 내의 파형격벽의 치수요건이 기초로 사용될 수 있다. (**2.5.6** 및 **2.5.7** 참조)

3.9.5 필 러

3.9.5.1 필러 상의 최대하중 W_{pill} 은 **표 8.3.8** 에 따라 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로, 다음 식으로 주어진 허용필러하중 이하이어야 한다. 여기서 $W_{pill\text{-}perm}$ 은 필러의 순 특성에 기초한다.

$$W_{pill} \le W_{pill-perm}$$

여기서,

W_{pill} : 필러 상의 작용축하중

$= P\, b_{a-\sup}\, l_{a-\sup} + W_{pill-upr}$ kN

$W_{pill\text{-}perm}$: 필러 상의 허용하중

$= 10 A_{pill-net50}\, \eta_{pill}\, \sigma_{crb}$ kN

P : 고려하는 필러에 의하여 지지되는 갑판면적의 중심에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

$b_{a\text{-}sup}$: 지지되는 면적의 평균폭(m)

$l_{a\text{-}sup}$: 지지되는 면적의 평균길이(m)

$W_{pill\text{-}upr}$: 필러 또는 필러상부로부터의 축하중(kN)

$A_{pill\text{-}net50}$: 필러의 순 횡단면적(cm^2)

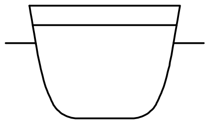
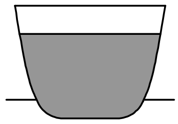
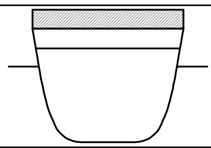
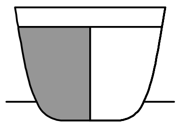
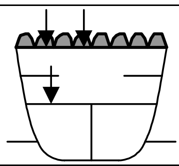
η_{pill} : 고려하는 설계하중세트에 대한 사용계수:

= 0.5 허용기준 AC1인 경우

= 0.6 허용기준 AC2인 경우

σ_{crb} : **10장/3.5.1**에 따라 계산된 순 단면특성에 기초를 둔 필러의 압축 시의 임계좌굴응력(N/mm^2)

표 8.3.8
각 적재상태에 대한 적재방식의 상세

국부지지 및 1차 지지 부재의 형태	설계기준세트 (1)	하중성분	외부흘수	설명	그림표시
선체외부	1	P_{ex}	T_{sc}	해양압력 뿐	
	2	P_{ex}	T_{sc}		
	5	P_{in}	T_{bal}	탱크압력 뿐. 해양압력은 무시	
	6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
외부갑판	1	P_{ex}	T_{sc}	그린파랑압력 뿐	
탱크경계 그리고/또는 수밀경계	5	P_{in}	T_{bal}	한쪽 면으로부터의 압력 뿐. 인접한 탱크는 공창인 만재탱크	
	6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
	11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
내부 및 외부갑판 또는 플랫	9	P_{dk}	T_{bal}	분포 또는 집중하중 뿐. 인접한 탱크는 공창. 그린파랑압력은 무시	
	10	P_{dk}	T_{bal}		

여기서,

T_{sc} : **4장/1.1.5.5**에 정의된 강도계산용 흘수(m)

T_{bal} : **4장/1.1.5.2**에 정의된 최소 설계 밸러스트흘수(m)

(비 고)

1. 설계하중조합의 상세 및 설계하중세트에 대한 기타하중변수는 **표 8.2.8**에 따른다.
2. 선박의 배치가 상기로 설명될 수 없는 경우, 구조경계의 치수요건을 결정하기 위한 해당 설계하중세트는 인접한 탱크 또는 구역은 공창인 한쪽 선측의 만재탱크를 규정할 수 있도록 선택되어야 한다. 경계는 양측으로부터의 하중에 대하여 평가되어야 한다. 설계하중세트는 탱크 또는 구역의 적재물에 기초하여 선택되어야 하고 구조의 경계에 작용하는 압력을 최대화시켜야 하며, 사용되는 흘수는 설계하중세트 및 이 표에 따라서 취하여야 한다. S 및 S+D 설계하중조합을 포함하는 설계하중세트가 선택되어야 한다. (**표8.2.7**의 (비 고) 4 및 표 8.2.8 참조)
3. 선체외부의 일부를 형성하지 아니하는 보이드 및 건조구역은 설계하중세트 11을 사용하여 평가되어야 한다. ((비 고) 2 참조)

4 기관구역

4.1 일 반

4.1.1 적 용

4.1.1.1 이 절의 요건은 최후방 화물탱크 후단격벽의 후방지역 및 선미피크격벽을 포함하여 그 전방에위치한 기관구역에 적용한다.

4.1.1.2 이 절에서 언급되는 순 치수산정은 다음과 같이 총 치수에 관련된다.

(a) **4.1.5** 에 규정된 최소두께요건을 적용하는 경우, 총 두께는 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(b) 판 및 국부지지부재인 경우, 총 두께 및 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(c) 1 차 지지부재인 경우, 총 전단면적, 총 단면계수 및 기타 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 관련 전체부식추가의 1/2 를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(d) **10 장/2** 의 좌굴요건을 적용하는 경우, 총 두께 및 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

4.1.2 일반치수요건

4.1.2.1 선체구조는 다음의 해당요건에 적합하여야 한다:

(a) 선체거더종강도(**8 장/1** 참조)

(b) 슬로싱 및 충격하중에 대한 강도(**8 장/6** 참조)

(c) 좌굴/최종강도(**10 장** 참조)

4.1.2.2 국부 및 1 차 지지부재의 순 단면계수, 전단면적 및 기타 단면특성은 **4 장/2** 에 따라 결정되어야 한다.

4.1.2.3 국부지지부재의 단면계수 및 웨브두께는 끝단 브래킷으로부터 떨어진 지역에 적용한다. 1 차 지지부재의 단면계수 및 횡단전단면적은 **표 8.3.5** 의 (비 고)에 따라 적용한다.

4.1.2.4 치수산정기준은 모든 구조연결 및 용접상세가 고려하는 위치에서 예상되는 작용응력수준에 견딜수 있도록 설계되고 건조된다는 가정에 기초한다. 높은 응력을 받는 지역의 설계중에는 구조연결과 상세에 대한 적재방식, 응력집중 및 잠재적인 손상모드가 고려되어야 한다. 구조설계상세는 **4 장/3** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.1.2.5 림버, 배수 및 공기구멍은 흡입관으로의 자유유동 및 공기관으로의 공기배출을 확보하기 위하여 요구되는 대로 구조의 모든 부분에 시공되어야 한다. 탱크 상부 구역의 배수를 위한 배치가 이루어져야 한다.(**4 장/3** 참조)

4.1.3 구조적 연속성

4.1.3.1 외판, 상갑판 및 내저판의 치수는 후단 쪽으로 테이퍼되어야 한다.(**1.6** 참조)

4.1.3.2 선박의 주된 종강도에 기여하는 구조가 기관구역에 대하여 면제되는 경우, 강도의 연속성을 확보하고 급격한 불연속을 피하기 위하여 적당한 배치가 이루어져야 한다.

4.1.3.3 내측선체 또는 종격벽구조가 기관실 전단격벽에서 끝나는 경우, 강도의 연속성을 확보하기위하여 테이퍼링브래킷과 함께 적절한 이면구조가 제공되어야 한다.

4.1.3.4 **4 장/3.2.4** 및 **4 장/3.2.5** 에서 허용된 경우를 제외하고, 모든 외판늑골 및 탱크경계보강재는 전체에 걸쳐 연속되거나 또는 그 끝단에 브래킷을 설치하여야 한다.

4.1.3.5 기관실 내에 배치된 종방향 1 차 지지부재, 하부갑판 및 격벽은 실행가능한 한 화물탱크 지역의 유사한 구조와 일치되어야 한다. 직접적인 얼라인먼트가 불가능한 경우, 테이퍼브래킷과 같은 적당히 경사된 배치가 제공되어야 한다.

4.1.4 배 치

4.1.4.1 기관구역 내에서 갑판/격벽에 개구가 제공되는 경우, 배치는 갑판, 선측 및 선저구조에 대한 지지를 확보하여야 한다.

4.1.4.2 기관, 축 등의 모든 부분은 하중을 선체구조에 분산시키도록 지지되어야 한다. 인접한 구조는 적당히 보강되어야 한다.

4.1.4.3 1 차 지지부재는 유효한 구조적 설계를 얻기위하여 보강재 및 정렬된 필러지지에 걸친 규정을 고려하여 위치되어야 한다.

4.1.4.4 이들 요건은 전통적인 일축일기선 배치를 가정하여 만들어 졌다. 두개의 스크류 또는 여러 개의 엔진을 가지는 선박, 또는 고출력 선박은 특히 기관이 거치대폭에 비례하여 상대적으로 높게 위치된 엔진인 경우 기관의 무게, 출력 및 크기에 비례하는 구조 및 부착물 지역의 치수에 추가적으로 요구할 수 있다.

4.1.4.5 주추진기관, 감속기, 축 및 스러스트베어링의 거치대, 그리고 이들 거치대의 지지구조는 예상되는 모든 하중상태 하에 요구되는 얼라인먼트 및 강성이 유지되어야 한다. 기관제조자의 검토를 위하여 다음 도면의 제출이 고려되어야 한다.

(a) 주추진기관의 거치대

(b) 감속기의 거치대

(c) 스러스트베어링의 거치대

(d) (a), (b) 및 (c)의 지지구조

4.1.4.6 화물탱크를 기관구역으로부터 격리하기 위하여 코퍼댐이 제공되어야 한다. 이 목적을 위하여 펌프룸, 밸러스트탱크, 또는 연료유탱크를 코퍼댐으로 고려할 수 있다.

4.1.5 최소두께

4.1.5.1 **4.2** 부터 **4.8** 에 주어진 두께, 단면계수 및 전단면적에 대한 요건에 추가하여, 기관구역 내 판 및 보강재의 두께는 **표 8.4.1** 에 주어진 해당 최소두께요건에 적합하여야 한다.

표 8.4.1
기관구역 내 구조의 최소 순 두께

치수산정 위치			순 두께 **(mm)**
판	T_{sc} **+ 4.6m** 까지의 선체외부	용골판	2.1.5.1 참조
		선저외판/빌지/선측외판	2.1.5.1 참조
	T_{sc} **+ 4.6m** 상부의 선체외부	선측외판/상갑판	2.1.5.1 참조
	선체내부구조	선체내부탱크경계	2.1.5.1 참조
		비수밀격벽, 건조구역 사이의 격벽 및 일반적인 기타의 판	2.1.5.1 참조
		하부갑판 및 플랫	3.3 + 0.0067s
		내저판	$6.5 + 0.02L_2$
선저중심선거더			2.1.6.1 참조
늑판 및 선저종거더			$5.5 + 0.02L_2$
1차 지지부재의 웨브판			$5.5 + 0.015L_2$
국부지지부재			2.1.5.1 참조
트리핑브래킷			2.1.5.1 참조

여기서,
T_{sc} : **4장/1.1.5.5**에 정의된 강도계산용 흘수(m)
L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L로서 300m보다 클 필요는 없다.
s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

4.2 선저구조

4.2.1 일 반

4.2.1.1 일반적으로, 이중저가 기관구역 내에 설치되어야 한다. 이중저의 깊이는 최소한 화물탱크 지역에 요구되는 것과 동등한 것이어야 한다. **5 장/3.2.1** 참조. 기관구역 내 이중저의 깊이가 인접구역 내의 것과 다른 경우, 종방향 부재의 연속성은 적당한 종방향 범위에 걸쳐 경사된 내저판에 의하여 유지되어야 한다.

4.2.2 선저외판

4.2.2.1 용골판너비는 **8 장/2.2.1.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.2.2.2 선저외판(용골판 포함)의 두께는 **4.8.1.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.2.3 선저외판 보강재

4.2.3.1 선저외판 보강재의 단면계수 및 두께는 **4.8.1.2** 및 **4.8.1.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.2.4 거더 및 늑판

4.2.4.1 이중저에는 중심선거더를 배치하여야 한다. 중심선거더의 깊이는 최소한 화물탱크지역의 이중저 깊이에 요구되는 것과 동일한 것이어야 한다.**(5 장/3.2.1** 참조)

4.2.4.2 전체깊이의 선저거더가 주기관 무게를 유효하게 분산시키고, 구조의 강성을 확보하기 위하여 주기관 근처에 배치되어야 한다. 거더는 가능한 멀리 전방 및 후방으로 연장되어야 하고, 기관으로부터의 하중을 분산시키기 위하여 그 끝단에서 적당히 지지되어야 한다. 거더는 요구되는 범위 밖에서 테이퍼되어야 한다.

4.2.4.3 설치된 경우, 선측거더는 인접구역의 선저선측거더와 일치시켜야 한다.

4.2.4.4 이중저가 횡늑골방식인 경우, 늑판이 모든 늑골마다 설치되어야 한다.

4.2.4.5 이중저가 종늑골방식인 경우, 늑판이 주기 및 스러스트베어링 하부의 모든 늑골에 설치되어야 한다. 주기 및 베어링시트의 바깥측에서는 늑판을 늑골 하나 걸러마다에 설치할 수 있다.

4.2.4.6 내저판 상에 무거운 설비가 직접 탑재되는 경우, 늑판과 거더의 두께는 적당히 증가되어야 한다.

4.2.5 내저판

4.2.5.1 주기관 또는 스러스트베어링이 내저판에 직접 볼팅되는 경우, 내저판의 순 두께는 적어도 19mm 이어야 한다. 거치볼트는 늑판 및 종거더에 가능한 가깝게 배치되어야 한다. 판두께 및 거치볼트의 배치는 또한 제조자의 권고를 고려하여야 한다.

4.2.6 해수흡입구

4.2.6.1 내저판 또는 이중저구조가 해수흡입구의 일부를 구성하는 경우, 판두께는 지지되지 아니하는 최대판폭을 고려하여 동일위치의 외판에 요구되는 것보다 작아서는 아니된다.

4.3 선측구조

4.3.1 일 반

4.3.1.1 선측외판 및 종통재의 치수는 중앙부지역으로부터 후단 쪽으로 적당히 테이퍼되어야 한다.

4.3.1.2 종늑골방식이 끝나고 횡늑골방식으로 대치되는 경우, 종늑골방식을 적당히 경사시키는 배치가 이루어져야 한다.

4.3.1.3 보강재 및 1 차 지지부재는 그 끝단에서 지지되어야 한다.

4.3.2 선측외판

4.3.2.1 선측외판의 두께는 **4.8.1.1** 의 요건에 적합하여야 한다. 해당되는 경우, 선측외판의 두께는 **2.2.4.2** 의 요건에도 적합하여야 한다.

4.3.3 선측외판 국부지지부재

4.3.3.1 종방향 및 수직방향 선측보강재의 단면계수 및 두께는 **4.8.1.2** 및 **4.8.1.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.3.3.2 종방향 및 수직방향 보강재의 스팬은 부재를 따라 측정되어야 한다.

4.3.3.3 횡격벽에서 종통재의 끝단연결은 적절한 고착, 측면지지를 제공하여야 하고, 연속되지 아니한 경우에는 소프트노즈드 브래킷을 설치하여야 한다. 종통재에 겹쳐지는 브래킷이 설치되어서는 아니된다.

4.3.4 선측외판 1차 지지구조

4.3.4.1 특설늑골은 상단과 하단에서 적당한 강성의 부재에 연결되어야 하고 갑판트랜스버스에의하여 지지되어야 한다.

4.3.4.2 횡늑골방식의 기관구역에 대하여 특설늑골의 간격은 일반적으로 늑골 다섯개 간격을 넘어서는 아니된다.

4.3.4.3 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **4.8.2** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.3.4.4 만일, 슬롯를 메우지 아니한다면 웨브 깊이는 인접한 늑골의 웨브깊이의 2.5 배보다 작아서는 아니된다.

4.3.4.5 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지 아니한 스팬의 14%보다 작아서는 아니된다.

4.4 갑판구조

4.4.1 일 반

4.4.1.1 모든 개구는 틀을 가져야 한다. 구조적 연속성에 주의를 기울여야 한다. 형상, 단면 및 판두께의 급격한 변화는 피하여야 한다.

4.4.1.2 기관구역 개구의 모서리는 적당한 형상의 것으로 응력집중을 최소화할 수 있도록 설계되어야 한다.

4.4.1.3 기관구역 개구에 대하여, 갑판 또는 플랫이 선측횡늑골 또는 특설늑골을 유효하게 지지한다면 갑판 또는 평판은 충분한 강도를 가져야 한다.

4.4.1.4 횡늑골방식이 채택된 경우, 갑판보강재는 필러 또는 필러격벽과 관련하여 적당한 종거더 배치에 의하여 지지되어야 한다. 설치된 경우, 갑판트랜스버스는 끝단고정 및 강도의 횡방향 연속성을 제공하기 위하여 특설늑골과 일치하여 배치되어야 한다.

4.4.1.5 종늑골방식이 채택된 경우, 갑판종통재는 필러 또는 필러격벽과 관련하여 특설늑골과 일치하는 갑판트랜스버스에 의하여 지지되어야 한다.

4.4.1.6 기관실 케이싱은 필러 또는 필러격벽과 관련하여 갑판트랜스버스 및 종거더의 적당한 배치에 의하여 지지되어야 한다. 특별히 큰 기관실 케이싱 개구에 대하여는, 크로스타이가 필요할 수 있다. 이들은 갑판트랜스버스와 일치하여 배치되어야 한다.

4.4.1.7 만일 갑판이 탱크의 경계를 형성한다면, 구조치수는 탱크경계에 요구되는 것 보다 작아서는 아니된다.

4.4.1.8 만일 갑판이 수밀구역의 경계를 형성한다면, 구조치수는 수밀격벽에 요구되는 것 보다 작아서는 아니된다.

4.4.2 갑판 치수

4.4.2.1 갑판의 판두께는 **4.8.1.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.4.2.2 갑판보강재의 단면계수 및 두께는 **4.8.1.2** 및 **4.8.1.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.4.2.3 갑판보강재의 웨브깊이는 60mm 보다 작아서는 아니된다.

4.4.2.4 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **4.8.2** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.4.2.5 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되니 아니하는 스팬의 10%보다 작아서는 아니된다.

4.4.2.6 무거운 설비로부터의 집중하중에 대하여, 갑판구조의 치수는 실제하중에 기초하여 결정되어야 한다.

4.4.3 필 러

4.4.3.1 필러는 가능하면 동일한 수직선상에 설치되어야 하고, 모든 필러의 상단과 하단에서 하중을 분산시키도록 유효하게 배치되어야 한다. 필러가 편심하중을 지지하는 경우, 그에 발생하는 추가적인 굽힘모멘트에 대하여 보강되어야 한다.

4.4.3.2 관상 및 공동사각필러의 상단 및 하단에는 하중을 유효하게 전달하기 위하여 유효한 브래킷 또는 해당되는 경우 덧댐판/삽입판을 부착하여야 한다. 필러는 그 상단 및 하단에서 연속용접으로 고착되어야 한다. 압연형재로 제작된 필러의 상단 및 하단에서, 하중은 브래킷 또는 기타 동등수단에 의하여 분산되어야 한다.

4.4.3.3　넓은 간격의 필러하부의 이중저에서, 늑판의 거더에의 연결, 및 늑판과 거더의 내저판에의 연결은 적당히 증가되어야 한다. 필러가 늑판과 거더의 교차점의 직상부에 있지아니한 경우, 필러를 지지하기 위하여 필요한 부분늑판 및 늑간재를 설치하여야 한다. 필러하단 하부의 늑판 및 거더에는 맨홀을 설치하여서는 아니된다.

4.4.3.4　탱크 내의 필러는 실체형재이어야 한다. 정수압이 필러의 인장응력을 발생시킬 수 있는 경우, 필러 및 그 끝단연결 내의 인장응력은 재료의 규정된 최소항복응력의 45%를 넘어서는 아니된다.

4.4.3.5　필러의 치수는 **4.8.4** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.4.3.6　무거운 설비로부터의 하중이 **4.8.4** 의 설계하중을 넘는 경우, 필러치수는 실제하중에 기초하여 결정되어야 한다.

4.5　기관거치대

4.5.1　일 반

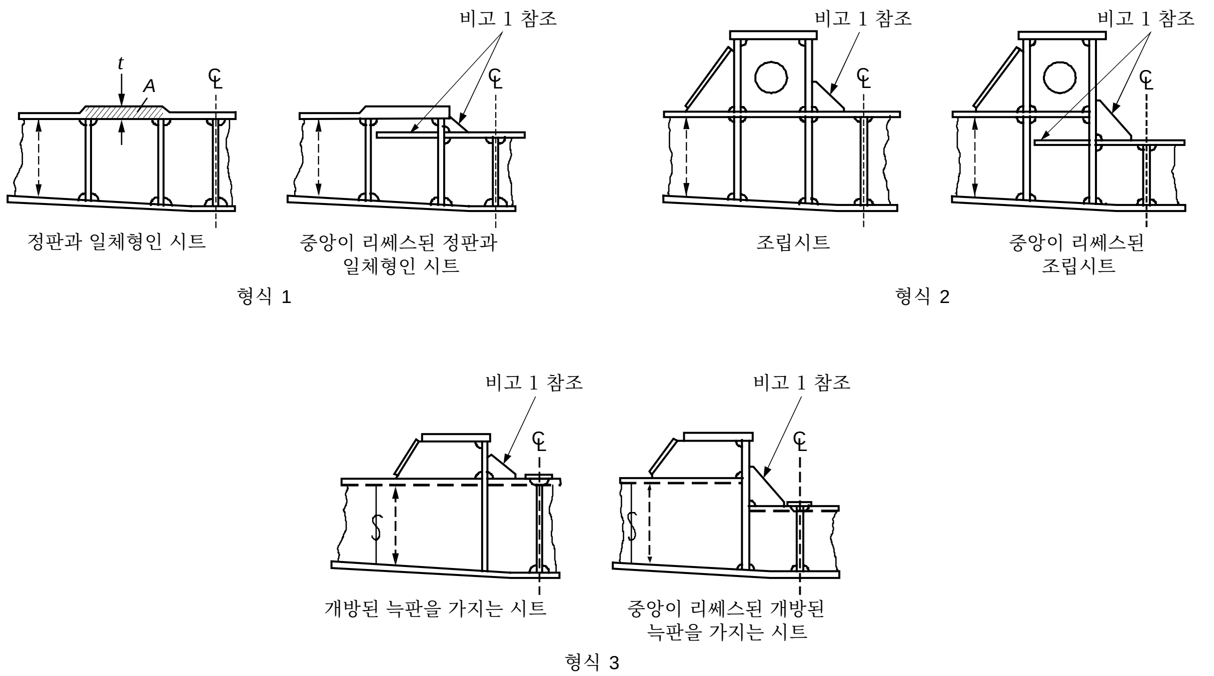
4.5.1.1　주기관 및 스러스트베어링은 작용할 수 있는 다양한 중력, 추력, 토크, 동력 및 진동력을 견디기에 충분한 강도의 거치대에 의하여 선체구조에 유효하게 고착되어야 한다.

4.5.1.2　고출력내연기관 또는 터빈장치인 경우, 거치대는 일반적으로 이중저구조와 일체형이어야 한다. 기관거치대 또는 터빈기어케이스, 또는 스러스트베어링 근처의 내저판두께를 충분히 증가시키는 것을 고려하여야 한다. **그림 8.4.1** 제 1 형식 참조.

4.5.1.3　**그림 8.4.1** 제 2 형식의 거치대로 지지되는 주기관의 경우, 기관으로부터 인접한 구조에 전달되는 힘은 가능한 한 균등하게 분산되어야 한다. 거치대를 지지하는 종방향 부재는 이중저 내의 거더와 일치하여야 하고, 횡방향 보강재는 늑판과 일치되게 배치되어야 한다. (**그림 8.4.1**, 제 2 형식 참조)

4.5.1.4　기관구역 내에 조립늑판을 가지는 선박인 경우, 거치대는 일반적으로 늑판 상단과 같은 높이에 배치되어야 하고 브래킷으로 고착되어야 한다.(**그림 8.4.1**, 제 3 형식 참조)

그림 8.4.1
기관거치대



(비 고)

1. 브래킷은 가능한 한 커야 한다. 기관제조자의 권고에 따라 기관거치대의 거더와 간섭되는 경우 브래킷은 생략될 수 있다

4.5.2 내연기관 및 스러스트베어링의 거치대

4.5.2.1 내연기관 및 스러스트베어링 거치대의 치수를 결정하는데 있어서, 기관의 일반적인 강성 및 평형력을 벗어난 경우의 설계특성을 고려하여야 한다.

4.5.2.2 일반적으로, 내연기관 및 스러스트베어링의 거치대에는 두개의 거더를 설치하여야 한다.

(주)

일반적으로, 추진기관의 최대연속출력이 $3500\,kw$ 이상인 경우, 거치대 정판의 총 두께는 $45\,mm$ 보다 작아서는 아니된다.

4.5.3 보기의 거치대

4.5.3.1 보기는 적당한 크기와 기관으로부터의 하중을 지지구조에 균등하게 분배하는 배치의 거치대 상에 고착되어야 한다.

4.6 탱크격벽

4.6.1 일 반

4.6.1.1 탱크에는 구조에 작용하는 동적응력을 최소화하기 위하여 구획 또는 깊은 제수판이 요구될 수 있다.

4.6.2 구 조

4.6.2.1 어떠한 경우에도 탱크경계격벽의 치수는 수밀격벽에 대한 요건보다 작아서는 아니된다.

4.6.3 탱크경계격벽의 치수

4.6.3.1 탱크경계격벽의 두께는 **4.8.1.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.6.3.2 보강재의 단면계수 및 두께는 **4.8.1.2** 및 **4.8.1.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.6.3.3 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **4.8.2** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.6.3.4 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지 아니한 스팬의 14%보다 작아서는 아니된다.

4.7 수밀경계

4.7.1 일 반

4.7.1.1 기관구역 내의 수밀경계는 **5 장/2** 에 따라 설치되어야 한다.

4.7.2 수밀경계의 치수

4.7.2.1 수밀경계판의 두께는 **4.8.1.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.7.2.2 보강재의 단면계수 및 두께는 **4.8.1.2** 및 **4.8.1.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.7.2.3 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **4.8.2** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.7.2.4 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지 아니한 스팬의 10%보다 작아서는 아니된다.

4.8 치수요건

4.8.1 판 및 국부지지부재

4.8.1.1 면외압력을 받는 판인 경우, 순 판두께는 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다. 그러나, **표 8.4.2** 에 정의된 허용굽힘응력계수 C_a 를 사용하여야 한다.

4.8.1.2 면외압력을 받는 보강재인 경우, 순 단면계수는 **3.9.2.2** 의 요건에 적합하여야 한다. 그러나, **표 8.4.3** 에 정의된 허용굽힘응력계수 C_s 를 사용하여야 한다.

4.8.1.3 면외압력을 받는 보강재인 경우, 전단면적요건에 기초를 둔 순 웨브두께는 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

표 8.4.2
판에 대한 허용굽힘응력계수

고려하는 설계하중세트에 대한 허용굽힘응력계수 C_a 는 다음에 따른다.

$C_a = \beta_a - \alpha_a \dfrac{|\sigma_{hg}|}{\sigma_{yd}}$ 그러나, $C_{a\text{-}max}$ 보다 커서는 아니된다.

여기서,

β_a , α_a , $C_{a\text{-}max}$

허용기준	구조부재		β_a	α_a	$C_{a\text{-}max}$
AC1	종강도부재	종방향으로 보강된	0.9	0.5	0.8
		횡방향 또는 수직방향으로 보강된 판	0.9	1.0	0.8
	기타부재		0.8	0	0.8
AC2	종강도부재	종방향으로 보강된 판	1.05	0.5	0.95
		횡방향 또는 수직방향으로 보강된 판	1.05	1.0	0.95
	기타부재		1.0	0	1.0

σ_{hg} : **3장/5.1.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된 고려하는 설계하중세트에 대한 선체거더굽힘응력

$= \dfrac{(z - z_{NA-net50})\, M_{v-total}}{I_{v-net50}} 10^{-3}$ N/mm²

$M_{v\text{-}total}$: 고려하는 종방향위치에서 고려하는 설계하중세트에 대한 설계수직굽힘모멘트(kNm). 정수중굽힘모멘트 $M_{sw\text{-}perm}$은 동시에 작용하는 파랑중 굽힘모멘트 M_{wv}와 동일한 부호이어야 한다. (**표 7.6.1** 참조)

$I_{v\text{-}net50}$: **4장/2.6.1**에 정의된 고려하는 종방향 위치에서 선체거더 순 수직관성모멘트(m^4)

z : 고려하는 하중계산점의 수직좌표(m)

$z_{NA\text{-}net50}$: 기선으로부터 **4장/2.6.1**에 정의된 수평중립축까지의 거리(m)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

표 8.4.3
보강재에 대한 허용굽힘응력계수

허용굽힘응력계수 C_s 는 다음에 따른다.

선체거더굽힘응력 σ_{hg} 의 부호	압력이 작용하는 쪽	허용기준
인장(+ve)	보강재 측	$C_s = \beta_s - \alpha_s \dfrac{\lvert\sigma_{hg}\rvert}{\sigma_{yd}}$ 그러나, $C_{s\text{-}max}$ 보다 커서는 아니된다.
압축(-ve)	판 측	
인장(+ve)	판 측	$C_s = C_{s\text{-}max}$
압축(-ve)	보강재 측	

여기서,

β_s , α_s , $C_{s\text{-}max}$: 허용굽힘응력계수는 다음에 따른다.

허용기준	구조부재	β_s	α_s	$C_{s\text{-}max}$
AC1	종방향으로 유효한 보강재	0.85	1.0	0.75
	기타 보강재	0.75	0	0.75
AC2	종방향으로 유효한 보강재	1.0	1.0	0.9
	기타 보강재	0.9	0	0.9
	수밀경계보강재	0.9	0	0.9

σ_{hg} : **3장/5.2.2.5**에 정의된 응력조합위치에서 계산된 고려하는 설계하중세트에 대한 선체거더굽힘응력

$$= \left(\frac{\left(z - z_{NA-net50}\right) M_{v-total}}{I_{v-net50}} \right) 10^{-3} \qquad (\text{N/mm}^2)$$

$M_{v\text{-}total}$ 고려하는 종방향위치에서 고려하는 설계하중세트에 대한 설계수직굽힘모멘트(kNm)
$M_{v\text{-}total}$은 새깅 또는 호깅 정수중 굽힘모멘트를 사용하여 **표 7.6.1**에 따라 계산되어야 한다

보강재 위치	$M_{sw\text{-}perm}$	
	판측에 작용하는 압력	보강재측에 작용하는 압력
중립축 상방	새깅 SWBM	호깅 SWBM
중립축 하방	호깅 SWBM	새깅 SWBM

$I_{v\text{-}net50}$: **4장/2.6.1**에 정의된 고려하는 종방향 위치에서 선체거더 순 수직관성모멘트(m^4)
z : **3장/5.2.2.5**에 정의된 기준점의 수직좌표(m)
$z_{NA\text{-}net50}$: 기선으로부터 **4장/2.6.1**에 정의된 수평중립축까지의 거리(m)
σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

4.8.2 1차 지지부재

4.8.2.1 휘어진 선체형재와 교차되거나 인접한 1 차 지지부재인 경우, 끝단브래킷의 유효성은 선체의 곡률에 대한 허용을 포함하여야 한다.

4.8.2.2 면외압력을 받는 1 차 지지부재인 경우, 순 단면계수 요건은 **3.9.3.2** 의 요건에 적합하여야 한다.

4.8.2.3 면외압력을 받는 1 차 지지부재인 경우, 웨브의 순 횡단면적은 **3.9.3.3** 의 요건에 적합하여야한다.

4.8.2.4 1 차 지지부재는 일반적으로 특정구조형식에 대하여 기술된 특정방법으로 해석되어야 한다. 보다 진보된 계산방법은 적용설계하중세트에 따르는 경우 모든 일자치지부재에 대한 공칭응력수준이 **3.9.3.2** 와 **3.9.3.3** 에 주어진 허용응력 및 응력계수보다 작음을 확보하기 위하여 필요할 수도 있다.

4.8.3 파형격벽

4.8.3.1 설치된 경우 파형격벽의 승인에는 특별한 고려를 하여야 한다.

(주)

화물탱크지역 내의 파형격벽의 치수요건이 기초로 사용될 수 있다. (**2.5.6** 및 **2.5.7** 참조)

4.8.4 필 러

4.8.4.1 필러에 작용하는 최대하중은 **3.9.5** 의 요건에 의하여 주어진 허용필러하중보다 작아야 한다.

5 선미구조

5.1 일 반

5.1.1 적 용

5.1.1.1 이 절의 요건은 선미격벽과 선박의 선미단사이에 위치한 구조에 적용한다.

5.1.1.2 이 절의 요건은 다음에 적용하지 아니한다.

(a) 러더혼

(b) 러더, 조타노즐 및 프로펠러와 같이 선체와 일체가 아닌 구조

(c) 선체에 영구적으로 부착된 기타 부가물

이러한 것이 설치된 경우, 우리 선급의 요건에 적합하여야 한다.

5.1.1.3 **5.1** 부터 **5.7** 에 언급되는 순 치수산정은 다음과 같이 총 치수에 관련된다.

(a) **5.1.4** 에 규정된 최소두께요건을 적용하는 경우, 총 두께는 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(b) 판 및 국부지지부재인 경우, 총 두께 및 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(c) 1 차 지지부재인 경우, 총 전단면적, 총 단면계수 및 기타 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 관련 전체부식추가의 1/2 를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(d) **10 장/2** 의 좌굴요건을 적용하는 경우, 총 두께 및 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

5.1.2 일반치수요건

5.1.2.1 선체구조는 다음의 해당요건에 적합하여야 한다.

(a) 선체거더종강도(**8 장/1** 참조)

(b) 슬로싱 및 충격하중에 대한 강도(**8 장/6** 참조)

(c) 좌굴/최종강도(**10 장** 참조)

5.1.2.2 갑판두께 및 지지구조는 조타기, 무어링윈들라스 및 기타 갑판기기에 대하여 적당히 보강되어야 한다.(**11 장/3** 참조)

5.1.2.3 국부 및 1 차 지지부재의 순 단면계수, 전단면적 및 기타 단면특성은 **4 장/2** 에 따라 결정되어야 한다.

5.1.2.4 국부지지부재의 단면계수 및 웨브두께는 끝단 브래킷으로부터 떨어진 지역에 적용한다. 1 차 지지부재의 단면계수 및 횡단전단면적은 **표 8.3.5** 의 (비 고)에 따라 적용한다.

5.1.2.5 치수산정기준은 모든 구조연결 및 용접상세가 고려하는 위치에서 예상되는 작용응력수준에 견딜수 있도록 설계되고 건조된다는 가정에 기초한다. 높은 응력을 받는 지역의 설계중에는 구조연결과 상세에 대한 적재방식, 응력집중 및 잠재적인 손상모드가 고려되어야 한다. 구조설계상세는 **4 장/3** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.1.2.6 림버, 배수 및 공기구멍은 흡입관으로의 자유유동 및 공기관으로의 공기배출을 확보하기 위하여 요구되는 대로 구조의 모든 부분에 시공되어야 한다. 디프탱크 상부 구역의 배수를 위한 배치가 이루어져야 한다.(**4 장/3** 참조)

5.1.3 구조적 연속성

5.1.3.1 외판, 상갑판 및 내저판의 치수는 후단 쪽으로 테이퍼되어야 한다. **1.6** 참조.

5.1.3.2 선미구조의 기관구역에로의 변이지대에서 1 차 지지부재의 테이퍼링에 합당한 고려를 하여야 한다

5.1.3.3 강력갑판의 종늑골방식은 후방으로 선미까지 연장되어야 한다.

5.1.3.4 **4 장/3.2.4** 및 **4 장/3.2.5** 에서 허용된 경우를 제외하고, 모든 외판늑골 및 탱크경계보강재는 일반적으로 연속되거나 또는 그 끝단에 브래킷을 설치하여야 한다.

5.1.4 최소두께

5.1.4.1 **5.2** 부터 **5.7** 에 주어진 두께, 단면계수 및 보강재웨브 전단면적요건에 추가하여, 선미지역에서의 판 및 보강재의 두께는 **표 8.5.1** 에 주어진 해당 최소두께요건에 적합하여야 한다.

<table>
<tr><th colspan="4">표 8.5.1
선미격벽 후방구조의 최소 순 두께</th></tr>
<tr><th colspan="3">치수산정 위치</th><th>순 두께(mm)</th></tr>
<tr><td rowspan="6">판</td><td rowspan="2">T_{sc} + 4.6m 까지의 선체외부</td><td>용골판</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td>선저외판/빌지/선측외판</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td>T_{sc} + 4.6m 상부의 선체외부</td><td>선측외판/상갑판</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td rowspan="3">선체내부구조</td><td>선체내부탱크경계</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td>비수밀격벽, 건조구역 사이의 격벽 및 일반적인 기타의 판</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td>필러격벽</td><td>7.5</td></tr>
<tr><td colspan="3">선저거더 및 선미늑판</td><td>$5.5 + 0.02L_2$</td></tr>
<tr><td colspan="3">1차 지지부재의 웨브판</td><td>$6.5 + 0.015L_2$</td></tr>
<tr><td colspan="3">국부지지부재</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td colspan="3">트리핑브래킷</td><td>2.1.5.1 참조</td></tr>
<tr><td colspan="4">여기서,
T_{sc} : 4장/1.1.5.5에 정의된 강도계산용 흘수(m)
L_2 : 4장/1.1.1.1에 정의된 규칙상의 길이 L로서 300m보다 클 필요는 없다.</td></tr>
</table>

5.2 선저구조

5.2.1 일 반

5.2.1.1 늑판은 선미피크 내에서 각 늑골간격마다 설치되어야 하고, 최소한 상부 선미관 높이까지 연장되어야 한다. 늑판이 플랫 또는 갑판까지 연장되지 아니한 경우, 이들은 상단에서 플랜지에 의하여 보강되어야 한다.

5.2.1.2 중심선 선저거더는 실행가능한 한 멀리 후방으로 연장되어야 하고 선미재에 부착되어야 한다.

5.2.2 선미늑판 및 거더

5.2.2.1 늑판 및 거더상의 보강재의 깊이 d_{stf}는 다음보다 작아서는 아니된다.

$d_{stf} = 80.0\, l_{stf}$ (mm), 평강보강재인 경우

$d_{stf} = 70.0\, l_{stf}$ (mm), 벌브단면 및 플랜지 보강재인 경우

여기서,

l_{stf} : 보강재의 길이(m)로서 **그림 8.5.1**에 따른다.

5.2.2.2 5.2.2.1 의 요건과 관련하여, 보강재는 다음과 같이 끝단브래킷이 제공되어야 한다.

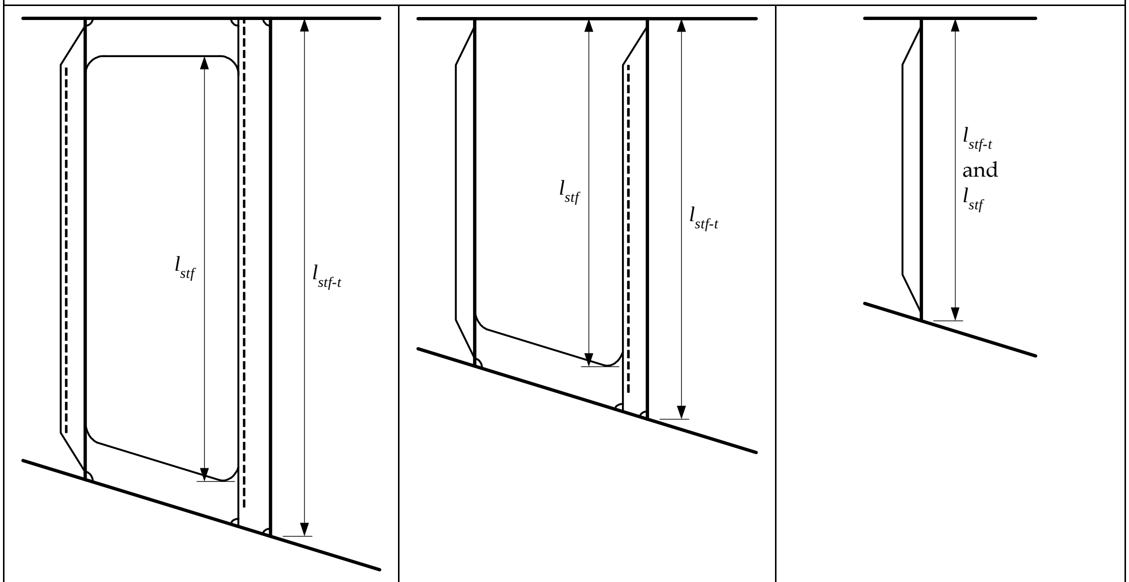
(a) l_{stf} 가 4m 를 넘는 경우, 브래킷은 상단 및 하단에 설치되어야 한다.

(b) l_{stf} 가 2.5m 를 넘는 경우, 브래킷은 하단에 설치되어야 한다.

여기서,

$l_{stf\text{-}t}$: 보강재의 총길이(m)로서 **그림 8.5.1** 에 따른다

그림 8.5.1
선미피크 내 늑판 및 거더의 보강재



a) $l_{stf\text{-}t} > 4$ 인 경우 b) $l_{stf\text{-}t} > 2.5$ 인 경우 c) $l_{stf\text{-}t} \le 2.5$ 인 경우

5.2.2.3 러더혼의 후면 근처와 러더혼 내의 웨브에 일치하여 두꺼운 늑판이 설치되어야 한다. 이들은 첫번째 갑판 또는 플렛까지 연장되도록 요구될 수 있다. 이 지역에서 절단, 스켈롭 또는 기타 개구는 최소한으로 유지되어야 한다.

5.2.3 선미재

5.2.3.1 선미재는 강판 또는 주강으로 제작될 수 있다. 적용하여야 하는 재료상세 및 강의 등급에 대하여는 **표 6.1.3** 을 참조. 기타재료 또는 구조의 선미늑판은 특별히 고려되어야 한다.

5.2.3.2 일축선의 선미재 상 프로펠러보스 하방의 치수는 **5.2.3.3** 또는 **5.2.3.4** 의 해당 요건에 적합하여야 한다.

5.2.3.3 조립선미재는 다음 기준을 만족하여야 한다:

(a) $t_{grs} \ge 2.25\sqrt{L}$ (mm)

(b) $w_{st} \ge 450$ (mm)

(c) $t_{grs} \ge \dfrac{C_f L^{1.5}}{w_{st}^{\,2}\sqrt{1+\left(\dfrac{2l_{st}}{w_{st}}\right)^2}}$ (mm)

여기서,

t_{grs} : 측판의 총 두께(mm)

w_{st} : 선미재의 폭(mm).(**그림 8.5.2a** 참조)

l_{st} : 선미재의 길이(mm).(**그림 8.5.2a** 참조)

L : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이

C_f = 9600

5.2.3.4 주강선미재는 다음 기준에 만족하여야 한다:

(a) $t_{1-grs} \geq 3.0\sqrt{L}$ (mm) 그러나, 25mm 보다 작아서는 아니된다.

(b) $t_{2-grs} \geq 1.25 t_{1-grs}$ (mm)

(c) $\dfrac{(t_{1-grs} + t_{2-grs})}{2} \geq \dfrac{C_f L^{1.5}}{w_{st}^{\,2}\sqrt{1+\left(\dfrac{2l_{st}}{w_{st}}\right)^2}}$

여기서,

t_{1-grs} : 끝단에서 주강의 총 두께(mm).(**그림 8.5.2b** 참조)

t_{2-grs} : 길이의 중앙에서 주강의 총 두께(mm).(**그림 8.5.2b** 참조)

w_{st} : 선미재의 폭(mm).(**그림 8.5.2b** 참조)

l_{st} : 선미재의 길이(mm).(**그림 8.5.2b** 참조)

L : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이

C_f = 8400

외판에의 맞대기이음의 두께는 오프셋의 최소한 세배의 테이퍼길이로 t_1 하방에 테이퍼될 수 있다. 주강은 결함을 내포하기 쉬운 두꺼운 재질로 대량생산되는 것을 피하도록 제작되어야 하고, 전체에 걸쳐 비교적 균일한 단면이 유지되어야 한다. 단면변화에 대하여 적당한 곡률이 제공되어야 한다.

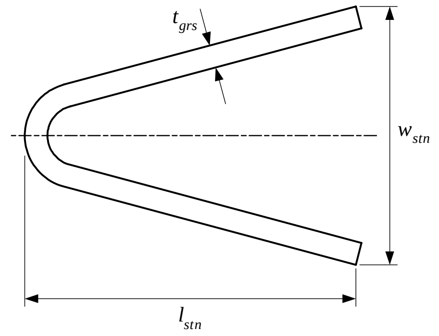
5.2.3.5 선체형상이 불룩하고 중심선 지지부재가 제공되는 프로펠러 개구의 상부에서 두께는 **5.2.3.2** 내지 **5.2.3.4** 의 해당 요건의 80%까지 경감될 수 있는 것을 제외하고, 프로펠러보스 상방에서 치수산정은 **5.2.3.2** 내지 **5.2.3.4** 에 따라야 한다.

5.2.3.6 선미재의 후단에 원형바가 사용되는 경우, 그 치수 및 연결상세는 용접에 용이한 것이어야 한다.

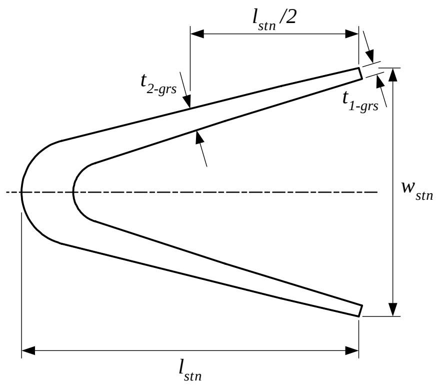
5.2.3.7 두께가 $0.8t_{grs}$ 또는 $0.8t_{1\text{-grs}}$ 이상인 리브 또는 수평브래킷이 적당한 간격으로 제공되어야 한다. 여기서 t 및 t_1 은 **5.2.3.3** 및 **5.2.3.4** 에 따른다. t_{grs} 또는 $t_{1\text{-grs}}$ 이 **5.2.3.5** 에 따라 경감되는 경우, 리브 또는 수평프래킷 두께의 비례적인 경감이 이루어져야 한다.

5.2.3.8 러더거전은 선미재의 일부이어야 하고 우리 선급의 요건에 적합하여야 한다.

그림 8.5.2
선미재



a 조립선미재



b 주조선미재

5.3 선측구조

5.3.1 선측외판

5.3.1.1 선측외판 및 트랜섬판의 순 두께 t_{net} 은 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 하고 다음보다 작아서는 아니된다.

$t_{net} = 0.035(L_2 - 42) + 0.009s$ (mm)

여기서,

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L 로서 300m 보다 클 필요는 없다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

5.3.1.2 선미재에 부착된 외판의 순 판두께 t_{net} 은 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 하고 다음보다 작아서는 아니된다.

$t_{net} = 0.094(L_2 - 43) + 0.009s$ (mm)

여기서,

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L 로서 300m 보다 클 필요는 없다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

5.3.1.3 보스 및 힐판에 대하여, 순 외판두께 t_{net} 은 다음보다 작아서는 아니된다.

$t_{net} = 0.105(L_2 - 47) + 0.011s$ (mm)

여기서,

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L 로서 300m 보다 클 필요는 없다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

5.3.1.4 **2.2.4.3** 에 규정된 범위 내에서, 선측외판의 두께는 **2.2.4.2** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.3.1.5 두꺼운 외판이 **5.2.2.3** 에 의하여 요구되는 두꺼운 늑판 근처에 국부적으로 설치되어야 한다. 두꺼운 늑판의 외측에서, 두꺼운 외판의 두께는 실행가능한 방법으로 점차 경감될 수 있다. 러더혼의 판이 외판쪽으로 곡률을 가지는 경우, 외판과 연결되는 곳의 곡률 r 은 다음보다 작아서는 아니된다.

$r = 150 + 0.8L_2$ (mm)

여기서,

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L 로서 300m 보다 클 필요는 없다.

5.3.2 선측외판 국부지지부재

5.3.2.1 선체외부 늑골방식의 단면계수 및 두께는 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.3.3 선측외판 1차 지지구조

5.3.3.1 **5.3.3** 의 요건은 수직웨브 그리고/또는 수평스트링거 또는 평판에 의하여 지지되는 단일선측구조에 적용한다.

5.3.3.2 종늑골방식이 채택된 경우, 종통재는 늑판으로부터 상갑판에 연장된 수직 1 차 지지부재에의하여 지지되어야 한다. 갑판트랜스버스는 특설늑골과 일치하여 설치되어야 한다.

5.3.3.3 횡늑골방식이 채택된 경우, 늑골은 수직 1 차 지지부재 사이에 스팬을 갖는 수평 1 차 지지부재에 의하여 지지되어야 한다.

5.3.3.4 종늑골방식, 스트링거 및 횡늑골방식을 지지하는 특설늑골의 치수는 **3.9.3** 으로부터 결정되어야 한다.

5.3.3.5 1 차 지지부재의 웨브깊이는 굽힘스팬의 14%보다 작아서는 아니되고, 만일, 슬롯을 메우지 아니한다면 보강재에 대한 슬롯 깊이의 최소한 2.5 배로 깊어야 한다.

5.4 갑판구조

5.4.1 갑판

5.4.1.1 갑판의 두께는 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.4.1.2 5.4.1.1 의 요건에 추가하여, 갑판의 순 판두께 t_{net} 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$t_{net} = 0.009s$ (mm)

여기서,

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

5.4.2 갑판보강재

5.4.2.1 갑판보강재의 단면계수 및 두께는 해당 면외압력, 그린파랑하중 및 갑판하중과 함께 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.4.3 갑판 1차 지지구조

5.4.3.1 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **3.9.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.4.3.2 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지 아니한 스팬의 10%보다 작아서는 아니된다.

5.4.3.3 무거운 설비로부터의 집중하중과 관련하여, 갑판구조의 치수는 실제하중에 기초를 두고 결정되어야 한다.(**11 장/3** 참조)

5.4.4 필 러

5.4.4.1 필러는 가능하면 동일한 수직선상에 설치되어야 하고, 모든 필러의 상단과 하단에서 하중을 분산시키도록 유효하게 배치되어야 한다. 필러가 편심하중을 지지하는 경우, 그에 발생하는 추가적인 굽힘모멘트에 대하여 보강되어야 한다.

5.4.4.2 관상 및 공동사각필러의 상단 및 하단에는 하중을 유효하게 전달하기 위하여 유효한 브래킷 또는 해당되는 경우 덧댐판/삽입판을 부착하여야 한다. 필러는 그 상단 및 하단에서 연속용접으로 고착되어야 한다. 압연형재로 제작된 필러의 상단 및 하단에서, 하중은 브래킷 또는 기타 동등수단에 의하여 분산되어야 한다.

5.4.4.3 탱크 내의 필러는 실체형재이어야 한다. 정수압이 필러의 인장응력을 발생시킬 수 있는 경우, 필러 및 그 끝단연결 내의 인장응력은 재료의 규정된 최소항복응력의 45%를 넘어서는 아니된다.

5.4.4.4 필러의 치수는 **3.9.5** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.4.4.5 무거운 설비로 부터의 하중이 **3.9.5** 의 설계하중을 넘는 경우, 필러치수는 실제하중에 기초하여 결정되어야 한다.

5.5 탱크격벽

5.5.1 일 반

5.5.1.1 탱크에는 구조에 작용하는 동적응력을 최소화하기 위하여 구획 또는 깊은 제수판이 요구될 수 있다.

5.5.2 구 조

5.5.2.1 어떠한 경우에도 탱크경계격벽의 치수는 수밀격벽에 대한 요건보다 작아서는 아니된다.

5.5.3 탱크경계격벽의 치수

5.5.3.1 탱크경계격벽의 두께는 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.5.3.2 보강재의 단면계수 및 두께는 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.5.3.3 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **3.9.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.5.3.4 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지아니한 스팬의 14%보다 작아서는아니된다.

5.6 수밀경계

5.6.1 일 반

5.6.1.1 수밀경계는 **5 장/2** 에 따라 설치되어야 한다.

5.6.1.2 수밀격벽 내의 개구의 수는 설계 및 선박 고유의 용도에 적합한 범위 내에서 최소한으로 유지되어야 한다. 접근, 배관, 통풍, 전선 등을 위하여 수밀격벽 및 내부갑판의 관통이 필요한 경우, 그 배치는 수밀보존성이 유지되도록 하는 것이어야 한다.

5.6.2 선미격벽

5.6.2.1 **5 장/2.3** 에 적합한 선미격벽이 제공되어야 한다.

5.6.2.2 선미격벽 구조성분의 치수는 **5.5** 및 **5.6.3** 의 해당 요건에 적합하여야 한다.

5.6.3 수밀경계의 치수

5.6.3.1 경계판의 두께는 **3.9.2.1** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.6.3.2 보강재의 단면계수 및 두께는 **3.9.2.2** 및 **3.9.2.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.6.3.3 1 차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **3.9.3** 의 요건에 적합하여야 한다.

5.6.3.4 1 차 지지부재의 웨브판의 깊이는 굽힘을 받는 지지되지 아니한 스팬의 10%보다 작아서는 아니된다.

5.7 기타구조

5.7.1 필러격벽

5.7.1.1 거더, 또는 거더 대신에 설치된 필러 및 종격벽을 지지하는 격벽은 스탠션 또는 필러에 요구되는 것 보다 작게 유효하지 아니한 지지를 제공하기 위하여 보강되어야한다. 필러 단면의 작용하중 및 순 횡단면적은 **5.4.4** 의 요건을 사용하여 결정되어야 한다. 보강재의 순 관성모멘트는 40 t_{net} 의 판폭으로 계산되어야 한다, 여기서 t_{net} 는 순 판두께(mm)이다.

5.7.1.2 필러격벽은 다음 요건에 적합하여야 한다.

(a) 격벽보강재 사이의 거리는 1500mm 를 넘어서는 아니된다.

(b) 파형인 경우, 파형의 깊이는 100mm 보다 작아서는 아니된다.

5.7.2 러더트렁크

5.7.2.1 러더트렁크의 치수는 **5.3.1** 및 **5.3.2** 의 외판 및 늑골에 따라야 한다. 러더트렁크가 해양에 개방된 경우, 해수가 조타실구획에 침입하는 것을 방지하기위하여 최대만재흘수선 상방에 시일 또는 스터핑박스를 설치하여야 한다.

5.7.3 선미스러스트터널

5.7.3.1 터널판의 순 두께 $t_{tun\text{-}net}$ 은 스러스트 근방의 외판에 요구되는 것보다 작아서는 아니된다. 이에 추가하여 $t_{tun\text{-}net}$ 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{tun-net} = 0.008 d_{tun} + 1.8 \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

d_{tun} : 터널의 내경(mm)으로서 970mm 보다 작아서는 아니된다.

5.7.3.2 터널의 바깥쪽 끝에 봉 또는 격자가 제공되는 경우, 봉 또는 격자는 유효하게 고착되어야 한다.

6 슬로싱 및 충격하중에 대한 구조평가

6.1 일 반

6.1.1 적 용

6.1.1.1 이 절의 요건은 액체를 운송하는 탱크 내에 발생할 수 있는 슬로싱하중 및 전방구조에 발생할 수 있는 충격하중에 국한된 보강요건에 적용한다. **6.2**부터 **6.4**에 적용하여야 하는 슬로싱 및 충격하중은 **7장/4**에 기술된다

6.1.1.2 이 절에서 언급되는 순 치수산정은 다음과 같이 총 치수에 관련된다.

(a) 판 및 국부지지부재인 경우, 총 두께 및 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

(b) 1 차 지지부재인 경우, 총 횡단면적, 총 단면계수 및 기타 총 횡단면특성은 **6 장/3** 에 규정된 관련 전체부식추가의 1/2 를 더함으로써 해당요건으로부터 구한다.

6.1.2 일반치수요건

6.1.2.1 **6.2**부터 **6.4**의 요건은 **8장**의 해당 요건에 추가하여 적용되어야 한다.

6.1.2.2 충격 및 슬로싱하중에 기인한 국부치수증가는 하드스팟, 노치 및 기타 유해한 응력집중의 상세 및 회피에 합당한 고려를 하여야 한다.

6.2 탱크 내의 슬로싱

6.2.1 범위 및 제한

6.2.1.1 **6.2**의 요건은 탱크 내 액체의 자유운동에 기인한 **7장/4.2**에 주어진 슬로싱하중이 작용하는 탱크의 경계 및 내부구조에 대한 치수요건을 규정한다.

6.2.1.2 화물탱크, 슬롭탱크, 밸러스트탱크 및 연료유탱크 및 주요 청수탱크와 같은 큰 디프탱크의 구조는 슬로싱에 대하여 평가되어야 한다. 작은 탱크가 슬로싱압력에 대하여 평가될 필요는 없다.

6.2.1.3 모든 화물탱크 및 밸러스트탱크는 적재높이에 제한을 받지 아니하는데 적합한 치수를 가져야 한다.

6.2.1.4 다음의 구조부재가 평가되어야 한다.

(a) 탱크의 경계를 이루는 판 및 보강재

(b) 제수격벽 상의 판 및 보강재

(c) 탱크 내에 위치한 1 차 지지부재의 웨프판 및 웨브보강재

(d) 탱크 내의 1 차 지지부재를 지지하는 트리핑브래킷

6.2.1.5 유효슬로싱폭 b_{slh} 이 0.56B 보다 크거나 또는 유효슬로싱길이 l_{slh} 가 0.13L 보다 큰 탱크인 경우, 우리 선급의 절차에 따라 추가적인 슬로싱충격평가가 수행되어야 한다. 유효슬로싱길이 l_{slh} 및 폭 b_{slh} 은 각각 **7장/4.2.2** 및 **7장/4.2.3**에 따른다.

6.2.2 슬로싱압력의 적용

6.2.2.1 다음의 탱크는 **6.2.2.2**부터 **6.2.2.5**에 따라 설계슬로싱압력 $P_{slh-lng}$ 및 P_{slh-t} 에 대하여 평가되어야 한다.

(a) 화물 및 슬롭탱크

(b) 선수피크 및 선미피크밸러스트탱크

(c) 다음을 제외하고, 액체가 자유운동될 수 있는 기타탱크

- 유효슬로싱길이가 0.03L 보다 작은경우, $P_{slh-lng}$ 에 관련된 계산은 요구되지 아니한다. 그리고
- 유효슬로싱폭이 0.32B 보다 작은 경우, P_{slh-t} 에 관련된 계산은 요구되지 아니한다.

6.2.1.2 에 언급된 기타탱크에 대한 설계슬로싱압력은 **7 장/4.2.4** 에 정의된 최소슬로싱압력 $P_{slh-min}$ 으로 본다.

6.2.2.2 **7장/4.2.2.1**에 정의된 종방향 액체운동에 기인한 설계슬로싱압력 $P_{slh-lng}$ 는 **그림 8.6.1**과 같이 다음의 부재에 적용되어야 한다.

(a) 횡방향 수밀격벽

(b) 횡방향 제수격벽

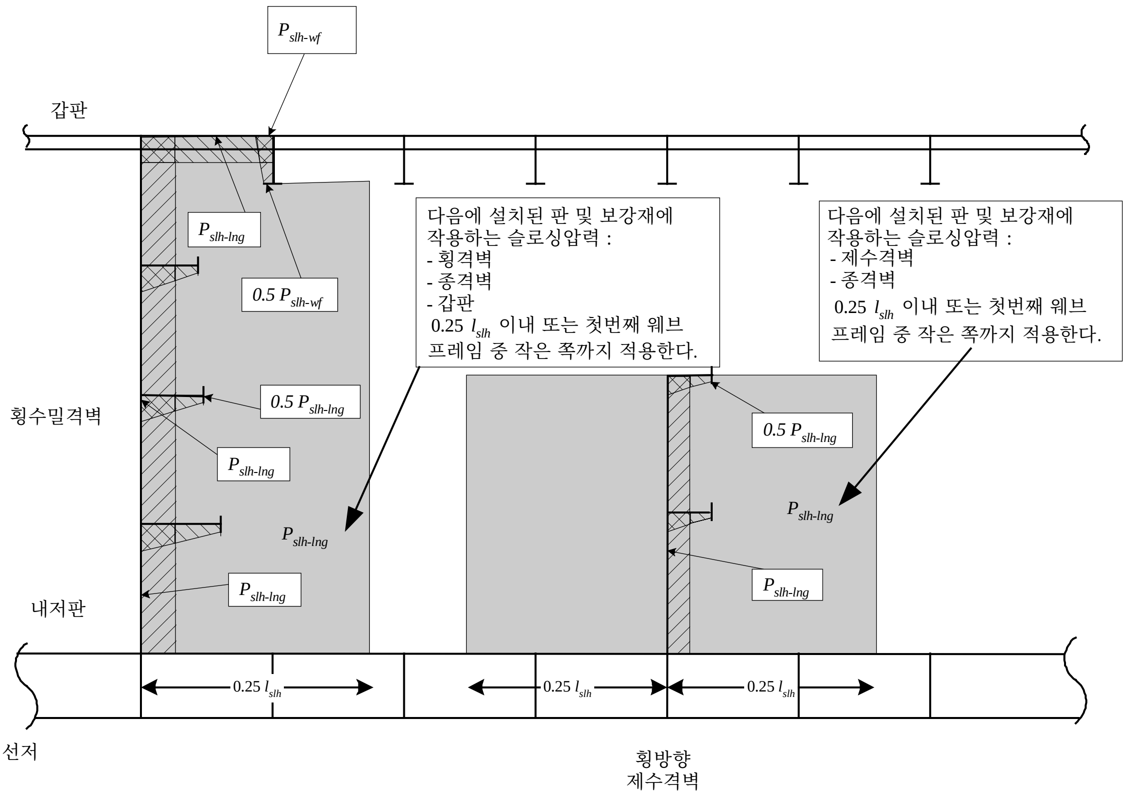
(c) 횡방향 수밀 및 제수격벽 상의 스트링거

(d) 횡격벽과 격벽으로부터 첫번째 특설늑골사이 또는 격벽과 0.25l_{slh} 사이 중 작은 것 사이에 있는 종격벽, 갑판 및 내측선체 상의 판 및 보강재

6.2.2.3 **6.2.2.2**에 추가하여, 만일 **그림 8.6.1**과 같이 특설늑골이 격벽으로부터 0.25l_{slh} 내에 있는경우, 횡방향 수밀 또는 제수격벽 옆의 첫번째 특설늑골은 **7장/4.2.2.5**에 정의된 반사슬로싱압력 P_{slh-wf} 특설늑골에 대하여 평가되어야 한다.

6.2.2.4 **7장/4.2.4**에 정의된 최소슬로싱압력 $P_{slh-min}$ 이 모든 기타부재에 적용되어야 한다.

그림 8.6.1
종방향 액체운동에 기인한 슬로싱하중의 적용



6.2.2.5 **7장/4.2.3.1**에 정의된 횡방향 액체운동에 기인한 설계슬로싱압력 P_{shl-t} 는 **그림 8.6.2**와 같이 다음의 부재에 적용되어야 한다.

(a) 종방향 수밀격벽

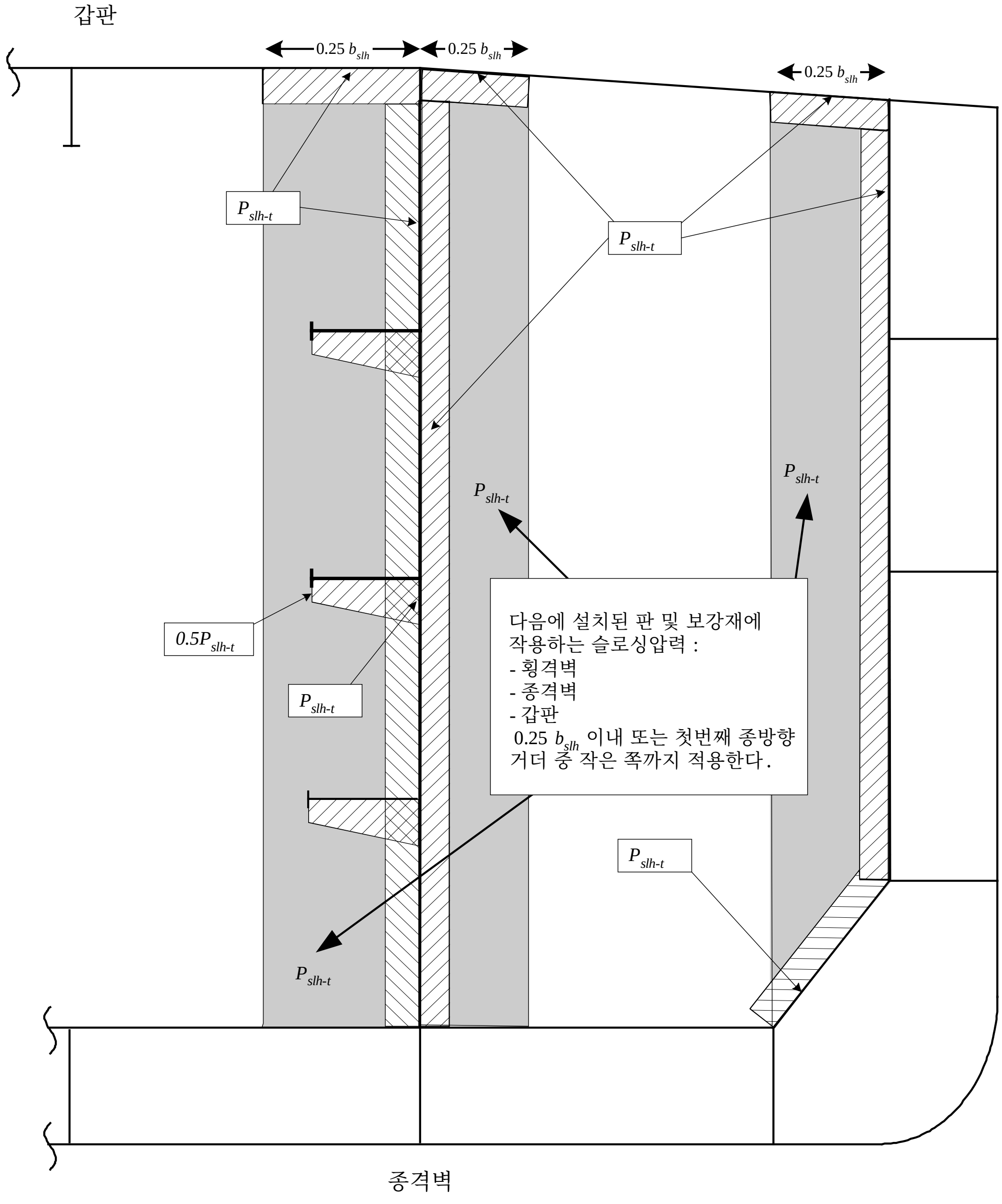
(b) 종방향 제수격벽

(c) 종방향 수밀 및 제수격벽 상의 스트링거

(d) 종격벽과 격벽으로부터 첫번째 거더사이 또는 격벽과 $0.25b_{slh}$ 사이 중 작은 것 사이에 있는 스트링거 및 갑판을 포함한 횡방향 수밀격벽 상의 판 및 보강재

6.2.2.6 **6.2.2.5**에 추가하여, 만일 **그림 8.6.2**와 같이 거더가 종격벽으로부터 $0.25b_{slh}$ 내에 있는 경우, 종방향 수밀 또는 제수격벽 옆의 첫번째 거더는 **7장/4.2.3.5**에 정의된 반사 슬로싱압력 $P_{slh-grd}$ 에 대하여 평가되어야 한다.

그림 8.6.2
횡방향 액체운동에 기인한 슬로싱하중의 적용



6.2.2.7 **7장/4.2.4**에 정의된 최소슬로싱압력 $P_{slh-min}$ 이 모든 기타부재에 적용되어야 한다.

6.2.2.8 횡방향 및 종방향 유체운동에 기인한 슬로싱압력은 독립적으로 작용하는 것으로 가정한다. 그러므로 구조부재는 종방향 및 횡방향 유체운동에 기인한 최대슬로싱압력에 기초하여 평가되어야 한다.

6.2.3 탱크경계를 형성하는 판의 슬로싱평가

6.2.3.1 슬로싱압력이 작용하는 탱크경계를 형성하는 판의 순 두께 t_{net} 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{net} = 0.0158\alpha_p s\sqrt{\frac{P_{slh}}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

α_p : 패널형상비에 대한 수정계수

$= 1.2 - \frac{s}{2100 l_p}$ 그러나, 1.0보다 커서는 아니된다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_p : 칼링이 설치되지 아니하는 한, 1차 지지부재의 간격으로 취하여져야 하는 판패널의 길이(m)

P_{slh} : **6.2.2**에 규정된 $P_{slh\text{-}lng}$, $P_{slh\text{-}t}$ 또는 $P_{slh\text{-}min}$ 중 가장 큰 것

C_a : **표 8.6.1**에 주어진 허용판굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.2.4 탱크경계 상 보강재의 슬로싱평가

6.2.4.1 슬로싱압력이 작용하는 탱크경계 상 보강재의 순 단면계수 Z_{net} 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{net} = \frac{P_{slh}\, s\, l_{bdg}^{\ 2}}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad \text{(cm}^3\text{)}$$

여기서,

l_{bdg} : **4장/2.1**에 정의된 보강재의 유효굽힘스팬(m)

C_s : **표 8.6.2**에 주어진 허용굽힘응력계수

P_{slh} : **6.2.2**에 규정된 $P_{slh\text{-}lng}$, $P_{slh\text{-}t}$ 또는 $P_{slh\text{-}min}$ 중 가장 큰 것

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수:

= 12 각 끝단에서 회전에 대하여 고정된 보강재인 경우. 이 것은 일반적으로 모든 연속보강재의 치수산정에 적용된다.

= 8 한쪽 또는 양단이 회전에 대하여 고정되지 아니한 보강재인 경우. 이 것은 일반적으로 불연속 보강재에 적용된다.

기타의 배치인 경우, 굽힘모멘트계수는 **표 8.3.5**에 따를 수 있다.

6.2.5 1차 지지부재의 슬로싱평가

6.2.5.1 화물 및 밸러스트탱크 내의 스트링거, 거더 및 특설늑골 상의 웨브판, 웨브보강재 및 트리핑브래킷은 **6.2.2**에 주어진 슬로싱압력에 기초하여 평가되어야 한다.

6.2.5.2 1차 지지부재의 순 웨브판두께 t_{net}는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{net} = 0.0158\alpha_p\, s\sqrt{\frac{P_{slh}}{C_a\sigma_{yd}}} \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

α_p : 패널형상비에 대한 수정계수

$= 1.2 - \dfrac{s}{2100\, l_p}$ 그러나, 1.0보다 커서는 아니 된다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_p : 판패널의 길이, 패널의 긴 끝단의 국부지지부재 사이, 특히 트리핑브래킷 사이의 평균간격(m)

P_{slh} : **6.2.2**에 규정된 $P_{slh-lng}$, P_{slh-t} 또는 $P_{slh-min}$ 중 가장 큰 것. 압력은 **그림 8.6.1**과 같이 부재높이에 걸친 분포를 고려하여 **3장/5.1.2**에 정의된 하중적용위치에서 계산되어야 한다.

C_a : **표 8.6.1**에 주어진 허용판굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.2.5.3 슬로싱압력이 작용하는 1차 지지부재의 웨브판 상 각 개별적인 보강재의 순 단면계수 Z_{net}는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{net} = \frac{P_{slh}\ s\ l_{bdg}^{\ 2}}{f_{bdg}\ C_s\,\sigma_{yd}} \qquad (\text{cm}^3)$$

여기서,

P_{slh} : **6.2.2**에 규정된 $P_{slh-lng}$, P_{slh-t}, P_{slh-wf}, $P_{slh-grd}$ 또는 $P_{slh-min}$ 중 가장 큰 것. 압력은 **그림 8.6.1** 및 **8.6.2**와 같이 부재높이에 걸친 분포를 고려하여 **3장/ 5.1.2**에 정의된 하중적용위치에서 계산되어야 한다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_{bdg} : **4장/2.1**에 정의된 웨브보강재의 유효굽힘스팬(m)

C_s : **표 8.6.2**에 주어진 허용굽힘응력계수

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수:

= 12 각 끝단에서 회전에 대하여 고정된 보강재인 경우. 이 것은 일반적으로 모든 연속보강재의 치수산정에 적용된다.

= 8 한쪽 또는 양단이 회전에 대하여 고정되지 아니한 보강재인 경우. 이 것

은 일반적으로 불연속 보강재에 적용된다.

기타의 배치인 경우, 굽힘모멘트계수는 **표 8.3.5**에 따를 수 있다.

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.2.5.4 화물 및 밸러스트탱크내의 1차 지지부재을 지지하는 트리핑브래킷의 기초와 관련하여 순단면계수 Z_{net}는 다음보다 작하서는 아니된다.

$$Z_{net} = \frac{1000 P_{slh}\, s_{trip}\, l_{trip}^2}{2 C_s\, \sigma_{yd}} \quad (\text{cm}^3)$$

여기서,

P_{slh} : **6.2.2**에 규정된 $P_{slh\text{-}lng}$, $P_{slh\text{-}t}$, $P_{slh\text{-}wf}$, $P_{slh\text{-}grd}$ 또는 $P_{slh\text{-}min}$ 중 가장 큰 것. 평균압력은 **그림 8.6.1** 및 **그림 8.6.2**와 같은 분포를 고려하여 트리핑브래킷의 중앙점에서 계산될 수 있다.

s_{trip} : 트리핑브래킷 사이 또는 기타 1차 지지부재 또는 격벽사이의 평균간격(mm)

l_{trip} : 트리핑브래킷의 길이(m). **그림 8.6.3** 참조.

C_s : 트리핑브래킷에대한 허용굽힘응력계수

= 0.75

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.2.5.5 화물 및 밸러스트탱크 내 1차 지지부재를 지지하는 트리핑브래킷의, 절단 및 슬롯의 공제 후, 순 전단면적 $A_{shr\text{-}net}$는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{shr-net} = 10 \frac{P_{slh}\, s_{trip}\, l_{trip}}{C_t \tau_{yd}} \quad (\text{cm}^2)$$

여기서,

P_{slh} : **6.2.2**에 규정된 $P_{slh\text{-}lng}$, $P_{slh\text{-}t}$, $P_{slh\text{-}wf}$, $P_{slh\text{-}grd}$ 또는 $P_{slh\text{-}min}$ 중 가장 큰 것. 평균압력은 **그림 8.6.1** 및 **그림 8.6.2**와 같은 분포를 고려하여 트리핑브래킷의 중앙점에서 계산될 수 있다.

s_{trip} : 트리핑브래킷 사이 또는 기타 1차 지지부재 또는 격벽사이의 평균간격(mm)

l_{trip} : 트리핑브래킷의 길이(m). **그림 8.6.3** 참조.

C_t : 허용굽힘응력계수로서 표 8.6.3에 따른다.

τ_{yd} $= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

그림 8.6.3
트리핑브래킷의 유효길이

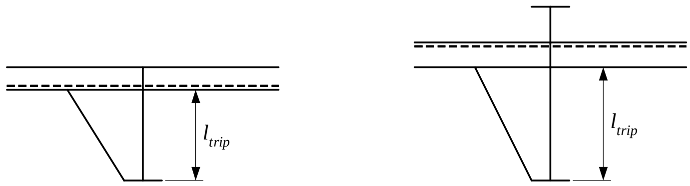


표 8.6.1
판에 작용하는 슬로싱의 평가를 위한 허용판굽힘응력계수 C_a

고려하는 설계하중세트에 대한 허용굽힘응력계수 C_a는 다음에 따른다.

$$C_a = \beta_a - \alpha_a \frac{|\sigma_{hg}|}{\sigma_{yd}}$$ 그러나, C_{a-max}보다 커서는 아니된다.

여기서,

α_a, β_a, C_{a-max} 허용굽힘응력계수는 다음에 따른다.

<table>
<tr><th>허용기준</th><th colspan="2">구조부재</th><th>β_a</th><th>α_a</th><th>C_{a-max}</th></tr>
<tr><td rowspan="3">AC1</td><td rowspan="2">다음을 포함한 화물탱크지역 내의 종강도부재:
- 갑판
- 평면 종격벽
- 수평파형 종격벽
- 화물탱크지역 내의 종방향 거더 및 스트링거</td><td>종방향으로 보강된 판</td><td>0.9</td><td>0.5</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td>횡방향 또는 수직방향으로 보강된 판</td><td>0.9</td><td>1.0</td><td>0.8</td></tr>
<tr><td colspan="2">다음을 포함한 기타 강도부재
- 수직파형 종격벽
- 평면 횡격벽
- 횡방향 스트링거 및 특설늑골
- 화물탱크지역 밖의 탱크경계판 및 1차 지지부재</td><td>0.8</td><td>0</td><td>0.8</td></tr>
</table>

σ_{hg} : **3장/5.1.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된 고려하는 설계하중세트에 대한 선체거더 굽힘응력

$$= \left(\frac{\left(z - z_{NA-net50}\right) M_{sw-perm-sea}}{I_{v-net50}} \right) 10^{-3} \qquad (\mathrm{N/mm^2})$$

z : 고려하는 하중계산점의 수직좌표(m)

$z_{NA-net50}$: 기선으로부터 **4장/2.6.1**에 정의된 수평중립축까지의 거리(m)

$M_{sw-perm-sea}$: 고려하는 위치에서 항해상태에 대한 호깅 및 새깅 정수중 허용선체거더 굽힘모멘트(kNm). 새깅 및 호깅 굽힘모멘트 중 가장 큰 값이 사용되어야 한다. **7장/2.1** 참조.

$I_{v-net50}$: **4장/2.6.1**에 정의된 고려하는 종방향 위치에서 선체거더 순 수직관성모멘트(m^4)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

<table>
<tr><td colspan="6">표 8.6.2
보강재에 작용하는 슬로싱의 평가를 위한 허용굽힘응력계수 C_s</td></tr>
<tr><td colspan="6">고려하는 설계하중세트에 대한 허용굽힘응력계수는 다음에 따른다.
$C_s = \beta_s - \alpha_s \dfrac{\left|\sigma_{hg}\right|}{\sigma_{yd}}$ 그러나, $C_{s\text{-}max}$보다 커서는 아니된다.
여기서,
$\alpha_s, \beta_s, C_{s\text{-}max}$ 허용굽힘응력계수는 다음에 따른다.</td></tr>
<tr><td>허용기준</td><td colspan="2">구조부재</td><td>β_s</td><td>α_s</td><td>$C_{s\text{-}max}$</td></tr>
<tr><td rowspan="3">**AC1**</td><td rowspan="2">다음을 포함한 화물탱크지역 내의 종강도부재:
- 갑판 보강재
- 종격벽 상의 보강재
- 화물탱크지역 내의 종방향 거더 및 스트링거 상의 보강재</td><td>종방향 보강재</td><td>0.85</td><td>1.0</td><td>0.75</td></tr>
<tr><td>횡방향 또는 수직방향 보강재</td><td>0.7</td><td>0</td><td>0.7</td></tr>
<tr><td colspan="2">다음을 포함한 기타 강도부재
- 횡격벽 상의 보강재
- 횡방향 스트링거 및 특설늑골 상의 보강재
- 화물탱크지역 밖의 탱크경계 및 1차 지지부재 상의 보강재</td><td>0.75</td><td>0</td><td>0.75</td></tr>
<tr><td colspan="6">σ_{hg} : **3장/5.2.2.5**에 정의된 기준점에서 고려하는 설계하중세트에 대한 선체거더 굽힘응력:
$= \left(\dfrac{\left(z - z_{NA-net50}\right) M_{sw-perm-sea}}{I_{v-net50}}\right) 10^{-3}$ (N/mm^2)
z : **3장/5.2.2.5**에 정의된 기준점의 수직좌표(m)
$z_{NA\text{-}net50}$: 기선으로부터 **4장/2.6.1**에 정의된 수평중립축까지의 거리(m)
$M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$: 고려하는 위치에서 항해상태에 대한 호깅 및 새깅 정수중 허용선체거더 굽힘모멘트 (kNm). 새깅 및 호깅 굽힘모멘트 중 가장 큰 값이 사용되어야 한다. **7장/2.1** 참조.
$I_{v\text{-}net50}$: **4장/2.6.1**에 정의된 고려하는 종방향 위치에서 선체거더 순 수직관성모멘트(m^4)
σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="3">표 8.6.3
허용전단응력계수</td></tr>
<tr><td>허용기준</td><td>구조부재</td><td>C_t</td></tr>
<tr><td>**AC1**</td><td>모든 보강재 및 트리핑브래킷</td><td>0.75</td></tr>
</table>

6.3 선저슬래밍

6.3.1 적 용

6.3.1.1 **7장/4.3.2.1**에 정의된 최소선수흘수 $T_{FP\text{-}mt}$ 또는 $T_{FP\text{-}full}$가 0.045L 보다 작은 경우, 선수선저는 선저슬래밍압력에 견디도록 추가로 보강되어야 한다.

6.3.1.2 선저가 보강된 흘수는 외판전개도 및 적하지침서에 표기되어야 한다. **1.1** 참조.

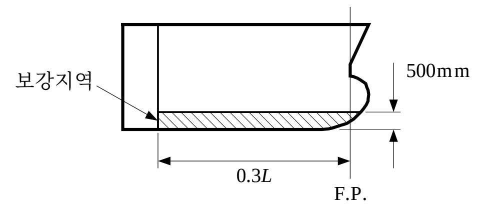
6.3.1.3 **6.3**에 기술된 치수는 **6.1.1.2**에 기술된 총 치수에 관련되는 순 치수이다. 1차 지지부재의 단면계수 및 전단면적은 **4장/2.5**에 따라 결정되어야 한다.

6.3.1.4 국부지지부재의 전단계수 및 웨브두께는 끝단 브래킷으로부터 떨어진 지역에 적용하여야 한다. 1차 지지부재의 횡단전단면적은 **6.3.7.3** 및 **6.3.7.4**의 요건에 따라 적용되어야 한다..

6.3.2 보강범위

6.3.2.1 보강은 선저의 평편부 및 기선으로부터 500mm 높이까지 보강재가 고착된 인접한 판에 걸쳐 F.P.로부터 0.3*L* 전방까지 연장되어야 한다.

그림 8.6.4
선저슬래밍에 대한 보강범위



6.3.2.2 선저슬래밍에 견디기 위해 보강된 지역 밖에서 치수는 종강도 그리고/또는 횡강도의 연속성을 유지하기 위하여 테이퍼되어야 한다.

6.3.3 선저슬래밍하중에 견디기 위한 설계

6.3.3.1 선저슬래밍지역 내의 보강재 끝단연결의 설계는 지지부재를 통하여 보강재를 연속되게 하든지 **4장/3.2.3**에 적합한 끝단브래킷을 제공함으로써 끝단고정을 확보하여야 한다. 이 요건에 적합하기가 실행불가능한 경우, 대체 끝단고정 배치에 대한 순 소성단면계수 $Z_{pl\text{-}alt\text{-}net}$는 다음보다 작아서는 아니 된다.

$$Z_{pl\text{-}alt\text{-}net} = \frac{16 Z_{pl-net}}{f_{bdg}}$$

여기서,

$Z_{pl\text{-}net}$: **6.3.5.1**에서 요구되는 소성단면계수(cm^3)

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수

$$= 8\left(1+\frac{n_s}{2}\right)$$

n_s = 0 양쪽 끝단이 낮은 끝단고정인 경우(단순지지)

= 1 한쪽 끝단이 고정단, 다른 한쪽 끝단은 단순지지인 경우

6.3.3.2 격벽을 포함한 1차 지지부재에서 치수 및 배치는 **6.3.7**에 적합하여야 한다.

6.3.4 선체외부판

6.3.4.1 선체외부판의 순 두께 t_{net}는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{net} = \frac{0.0158\alpha_p s}{C_d}\sqrt{\frac{P_{slm}}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

α_p : 패널형상비에 대한 수정계수

$= 1.2 - \dfrac{s}{2100 l_p}$ 그러나, 1.0보다 커서는 아니 된다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_p : 1차 지지부재(**4장/2.2.2** 참조) 또는 패널브레이커의 간격으로 취하여져야 하는 판패널의 길이(m)

P_{slm} : **3장/5.1.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.3**에 주어진 선저슬래밍압력 (kN/m^2)

C_d : 판용적 수정계수

= 1.3

C_a : 허용굽힘응력계수

= 1.0 허용기준 AC3인 경우

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.3.5 선체외부보강재

6.3.5.1 각 개별적인 보강재의 순 소성단면계수 Z_{pl-net}는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{pl-net} = \frac{P_{slm}\, s l_{bdg}{}^2}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad \text{(cm}^3\text{)}$$

여기서,

P_{slm} : **3장/5.1.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.3**에 주어진 선저슬래밍압력(kN/m^2)

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_{bdg} : **4장/2.1.1**에 정의된 유효굽힘스팬(m)

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수:

$= 8\left(1 + \dfrac{n_s}{2}\right)$

n_s = 2.0 연속된 보강재 또는 양단에 브래킷이 있는 보강재인 경우

다른 배치인 경우 **6.3.3.1**을 참조.

C_s : 허용굽힘응력계수

= 0.9 허용기준 AC3인 경우

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm²)

6.3.5.2 6.3.5.2 각 종통재의 순 웨브두께 t_{w-net} 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{w-net} = \frac{P_{slm} s l_{shr}}{2 d_{shr} C_t \tau_{yd}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

l_{shr} : **4장/2.1.2**에 정의된 유효전단스팬(m)

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

P_{slm} : **3장/5.1.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.3**에 주어진 선저슬래밍압력 (kN/m²)

d_{shr} : **4장/2.4.2.2**에 정의된 보강재의 유효웨브깊이(mm)

C_t : 허용전단응력계수

= 1.0 허용기준 AC3인 경우

τ_{yd} $= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm²)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm²)

6.3.5.3 각 종통재의 세장비는 **10장/2**에 적합하여야 한다.

6.3.6 1차 지지부재에 대한 이상선저슬래밍하중의 정의

6.3.6.1 **6.3.7** 항목의 치수는 **7장/4.3**에 정의된 슬래밍압력을 선체외부판의 이상화된 면적에 적용하는 것에 기초를 둔다. 여기서 슬래밍하중면적 A_{slm} 는 다음에 따른다.

$$A_{slm} = \frac{1.1 L B C_b}{1000} \quad (\text{m}^2)$$

여기서,

L : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이

B : **4장/1.1.3.1**에 정의된 형폭(m)

C_b : **4장/1.1.9.1**에 정의된 방형계수

6.3.7 1차 지지부재

6.3.7.1 늑판 및 거더의 웨브판 내 개구의 크기 및 수는 **6.3.7.2**에 주어진 요구되는 전단면적을 고려하여 최소화되어야 한다.

6.3.7.2 스팬을 따라 임의의 위치에서 각 1차 지지부재웨브의 순 전단면적 $A_{w-net50}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{w-net50} = 10 \frac{Q_{slm}}{C_t \tau_{yd}} \quad (\text{cm}^2)$$

여기서,

Q_{slm} : **6.3.7.3**에 따라 결정된 가장 취약한 위치에 패치하중 F_{slm}을 적용하는 데 기초를 둔 고려하는 위치에 대한 슬래밍에 기인하는 최대전단력(kN)

C_t : 허용전단응력계수

= 0.9 허용기준 AC3인 경우

τ_{yd} $= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.3.7.3 격자효과가 무시될 수 있는 1차 지지부재의 단순배치인 경우, 전단력 Q_{slm} 은 다음에 따른다.

$Q_{slm} = f_{pt} f_{dist} F_{slm}$ (kN)

여기서,

f_{pt} : 단일 1차 지지부재에 작용하는 패치하중의 비율에 대한 수정계수

$= 0.5(f_{slm}{}^3 - 2 f_{slm}{}^2 + 2)$

f_{slm} : 패치하중 변경계수

$= 0.5 \dfrac{b_{slm}}{S}$ ($\leq$ 1.0)

f_{dist} : 스팬을 따라 있는 최대전단력분포에 대한 계수. **그림 8.6.5** 참조.

F_{slm} $= P_{slm}\, l_{slm}\, b_{slm}$

P_{slm} : **3장/5.1.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.3**에 주어진 선저슬래밍압력 (kN/m^2)

l_{slm} : 스팬을 따라 있는 슬래밍하중면적의 범위

$= \sqrt{A_{slm}}$ (m), 그러나, l_{shr} 보다 커서는 아니된다.

l_{shr} : **4장/2.1.5**에 정의된 유효전단스팬(m)

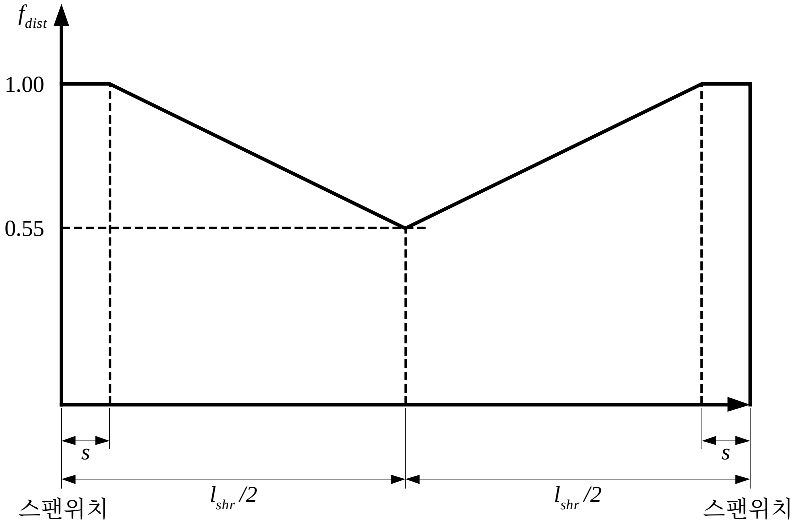
b_{slm} : 1차 지지부재에 의하여 지지되는 충격면적의 폭

$= \sqrt{A_{slm}}$ (m), 그러나, S 보다 커서는 아니 된다.

A_{slm} : **6.3.6.1**에 따른다.

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

그림 8.6.5
단순 1차 지지부재의 스팬을 따라 있는 f_{dist}의 분포



여기서,

s : 보강재간격

l_{shr} : 4장/2.1.5에 정의된 유효전단스팬(m)

6.3.7.4 1차 지지부재의 복합배치인 경우, 각 1차 지지부재의 스팬을 따라 임의의 위치에서 최대 전단력 Q_{slm} 은 **표 8.6.4**에 따라 직접계산에 의하여 유도되어야 한다.

표 8.6.4
Q_{slm} 의 유도에 대한 직접계산법

해석형식	보이론	이중저격자
모델범위	유효굽힘지지부재 사이 부재의 전체스팬	한 개의 화물탱크이어야 하는 종방향 범위 내측호퍼너클과 중심선 사이이어야 하는 횡방향 범위
늑판의 가정된 끝단고정	끝단고정	모델경계에서 고정되어야 하는 늑판 및 거더

(비 고)
1. 각 1차 지지부재를 따라 최대전단력의 선체외부는 스팬을 따라 위치의 수만큼 하중패치를 적용함으로써 유도되어야 한다. **6.3.7.2** 참조.

6.3.7.5 외판에 인접한 1차 지지부재의 순 웨브두께 $t_{w\text{-}net}$ 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{w-net} = \frac{s}{70}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.3.8 종통재의 1차 지지부재에의 연결

6.3.8.1 일반적으로 종통재는 연속이어야 한다. 이것이 실행불가능한 경우, **4장/3.2.3**에 적합한 끝단브래킷이 제공되어야 한다.

6.3.8.2 각 종통재에 대한 끝단연결 근처의 치수는 **4장/3.4**의 규정에 적합하여야 한다.

6.4 선수충격

6.4.1 적 용

6.4.1.1 F.P.로부터 0.1L 전방지역 내의 선측구조는 선수충격압력에 대하여 보강되어야 한다.

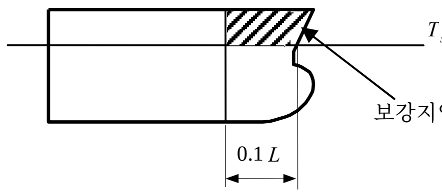
6.4.1.2 **6.4**에 언급된 치수는 **6.1.1.2**에 언급된 총 치수에 관계되는 순 치수이다.

6.4.1.3 단면계수 및 횡단전단면적은 끝단브래킷으로부터 떨어진 지역에 적용한다. 1차 지지부재의 단면계수는 끝단 브래킷으로부터 떨어진 굽힘스팬을 따라서 적용하여야 하고 1차 지지부재의 횡단면적은 끝단/지지부재에서 적용되어야 하며 **그림 8.6.5**에 나타낸 f_{dist} 의 분포에 따라 끝단/지지부재로부터 떨어진 스팬을 따라서 점차 감소될 수 있다.

6.4.2 보강범위

6.4.2.1 보강은 F.P.로부터 0.1L 전방까지 그리고 수직방향으로 최소 설계밸러스트흘수, T_{bal}, (**4장/1.1.5.2 그림 8.6.6**에 정의)상부까지 연장되어야 한다.

그림 8.6.6
선수충격에 대한 보강범위



6.4.2.2 **6.4.2.1**에 따라 보강된 지역 밖에서 치수는 종강도 그리고/또는 횡강도의 연속성을 유지하기 위하여 테이퍼되어야 한다.

6.4.3 선수충격하중에 견디기 위한 설계

6.4.3.1 선수충격지역에서는 실행가능한한 전방으로 멀리 종늑골방식을 채택하여야 한다.

6.4.3.2 선수충격지역 내의 보강재 끝단연결의 설계는 지지부재를 통하여 보강재를 연속되게 하든지 **4장/3.2.3**에 적합한 끝단브래킷을 제공함으로써 끝단고정을 확보하여야 한다. 이 요건에 적합하기가 실행불가능한 경우, 대체 끝단고정 배치에 대한 순 소성단면계수 $Z_{pl-alt-net}$는 다음보다 작아서는 아니 된다:

$$Z_{pl-alt-net} = \frac{16 Z_{pl-net}}{f_{bdg}}$$

여기서,

Z_{pl-net} : **6.4.5**에서 요구되는 유효 순 소성단면계수(cm^3)

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수

$= 8\left(1 + \frac{n_s}{2}\right)$

n_s = 0 양쪽 끝단이 낮은 끝단고정인 경우(단순지지)

= 1.0 한쪽 끝단이 고정단, 다른 한쪽 끝단은 단순지지인 경우

6.4.3.3 격벽을 포함한 1차 지지부재에서 치수 및 배치는 **6.4.7**에 적합하여야 한다. 최대 선수충격하중의 경우 선체외판에 수직으로 배치된 웨브보강재의 채택 및 이중면 러그연결이 일반적으로 설치되어야 한다.

6.4.3.4 외판늑골을 지지하는 갑판 및 격벽의 주보강재방향은 좌굴에 견디도록 지지되는 외판늑골의 스팬방향과 평행하게 배치되어야 한다.

6.4.4 선측외판

6.4.4.1 선측외판의 순 두께 t_{net}는 다음보다 작아서는 아니 된다.

$$t_{net} = 0.0158 \alpha_p s \sqrt{\frac{P_{im}}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

α_p : 패널형상비에 대한 수정계수

$= 1.2 - \frac{s}{2100 l_p}$ 그러나, 1.0보다 커서는 아니된다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_p : 1차 지지부재(**4장/2.2.2** 참조) 또는 패널브레이커 사이의 간격으로 취하여져야 하는 판패널의 길이(m)

P_{im} : **3장/5.1.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.4**에 주어진 선수충격압력 (kN/m^2)

C_a : 허용굽힘응력계수

= 1.0 허용기준 AC3인 경우

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.4.5 선측외판 보강재

6.4.5.1 부착된 유효판과 관련하여 각 보강재의 순 소성단면계수 Z_{pl-net} 는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{pl-net} = \frac{P_{im}\ s l_{bdg}^{\ 2}}{f_{bdg}\ C_s\ \sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

여기서,

P_{im} : **3장/5.2.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.4**에 주어진 선수충격압력 (kN/m^2)

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재스팬(mm)

l_{bdg} : **4장/2.1.1**에 정의된 유효굽힘스팬(m)

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수

$= 8\left(1+\dfrac{n_s}{2}\right)$

n_s = 2.0 연속된 보강재 또는 양단에 브래킷이 있는 보강재인 경우

다른 배치인 경우 **6.3.3.1**을 참조.

C_s : 허용굽힘응력계수

= 0.9 허용기준 AC3인 경우

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.4.5.2 각 보강재의 순 웨브두께 $t_{w\text{-}net}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{w-net} = \frac{P_{im} s l_{shr}}{2 d_{shr} C_t \tau_{yd}} \quad (mm)$$

여기서,

l_{shr} : **4장/2.1.2**에 정의괸 유효전단스팬(m)

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

P_{im} : **3장/5.2.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.4**에 주어진 선수충격압력 (kN/m^2)

d_{shr} : **4장/2.4.2.2**에 정의된 보강재의 유효웨브깊이(mm)

C_t : 허용전단응력계수

= 1.0 허용기준 AC3인 경우

$\tau_{yd} = \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.4.5.3 각 종통재의 세장비는 **10장/2**에 적합하여야 한다.

6.4.5.4 브레스트훅/다이어프램 판의 순 최소두께 $t_{w\text{-}net}$은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{w-net} = \frac{s}{70}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}} \quad (mm)$$

여기서,

s : **4장/2.2**에 정의된 웨브상 보강재의 간격(mm). 보강재가 없는 경우 s 는 웨브의 깊이로 본다.

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.4.6 1차 지지부재에 대한 이상선수충격하중의 정의

6.4.6.1 **6.4.7** 항목의 치수는 **7장/4.4**에 정의된 선수충격압력을 선체외부판의 이상화된 면적에 적용하는 것에 기초를 둔다. 여기서 선수충격하중면적 A_{slm} 는 다음에 따른다.

$$A_{slm} = \frac{1.1LBC_b}{1000} \quad (m^2)$$

여기서,

L : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이

B : **4장/1.1.3.1**에 정의된 형폭(m)

C_b : **4장/1.1.9.1**에 정의된 방형계수

6.4.7 1차 지지부재

6.4.7.1 선수충격지역 내 1차 지지부재는 강도의 유효한 연속성 및 하드스팟의 회피를 확보하기 위하여 배치되어야 한다.

6.4.7.2 최종선수충격하중 하의 변형을 제한하고 판패널에 대한 경계구속을 확보하기 위하여, 종늑골방식을 지지하는 특설늑골 또는 횡늑골방식을 지지하는 스트링거의 외판 표면길이를 따라 측정된 S 는 다음보다 커서는 아니된다.

$$S = 3+0.008L_2 \quad (m)$$

여기서,

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L 로서 300m 보다 커서는 아니된다.

6.4.7.3 1차 지지부재의 끝단브래킷은 그 끝단을 따라 적당히 보강되어야 한다. 브래킷의 끝단의 설계는 횡단면의 급격한 변화를 최소화하기 위하여 고려되어야 한다.

6.4.7.4 트리핑 배치는 **10장/2.3.3**에 적합하여야 한다. 이에 추가하여, 트리핑브래킷은 끝단브래킷의 끝단 및 1차 지지부재의 플랜지가 너클되거나 굽은 위치에 설치되어야 한다.

6.4.7.5 각 1차 지지부재의 순 단면계수 Z_{net50}은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$Z_{net50} = 1000\frac{f_{bdg-pt}P_{im}\, b_{slm}f_{slm}l_{bdg}{}^2}{\mathrm{f_{bdg}C_s}\sigma_{yd}} \quad (cm^3)$$

여기서,

f_{bdg-pt} : 패치하중을 고려하여 끝단에서 굽힘모멘트에 대한 수정계수

$$= 3f_{slm}{}^3 - 8f_{slm}{}^2 + 6f_{slm}$$

f_{slm} : 패치하중수정계수

$= \frac{l_{slm}}{l_{bdg}}$

l_{slm} : 스팬을 따라 선수충격하중면적의 범위

$= \sqrt{A_{slm}}$ m, 그러나, l_{bdg} 보다 커서는 아니된다.

A_{slm} : **6.4.6.1**에 정의된 선수충격하중지역(m^2)

l_{bdg} : **4장/2.1.4**에 정의된 유효굽힘스팬(m)

P_{im} : **3장/5.3.3**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.4**에 주어진 선수충격압력 (kN/m^2)

b_{slm} : 1차 지지부재에 의하여 지지되는 충격하중면적의 폭(m)으로 4장/2.2.2에 정의된 1차 지지부재 사이의 간격으로 취하여 져야 한다. 그러나, l_{slm} 보다 커서는 아니 된다.

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수

= 12 끝단고정의 연속된 면재, 보강재를 가지는 1차 지지부재 또는 보강재의 양단에 **4장/3.3**에 따르는 브래킷이 설치된 경우

C_s : 허용굽힘응력계수

= 0.8 허용기준 AC3인 경우

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

6.4.7.6 끝단브래킷의 지지/끝단에서 각 1차 지지부재의 순 웨브면적 $A_{w\text{-}net50}$는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$A_{w-net50} = \frac{5 f_{pt} P_{im} b_{slm} l_{shr}}{C_t \tau_{yd}} \quad (cm^2)$$

여기서,

f_{pt} : 패치하중수정계수

$= \frac{l_{slm}}{l_{shr}}$

l_{slm} : 스팬을 따라 선수충격하중면적의 범위

$= \sqrt{A_{slm}}$ (m) 그러나, l_{shr} 보다 커서는 아니 된다.

l_{shr} : **4장/2.1.2**에 정의된 유효전단스팬(m)

P_{im} : **3장/5.3.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, **7장/4.4**에 주어진 선수충격압력 (kN/m^2)

b_{slm} : 1차 지지부재에 의하여 지지되는 충격하중면적의 폭(m)으로 **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재 사이의 간격으로 취하여 져야 한다. 그러나, l_{slm} 보다 커서는 아니 된다.

C_t : 허용굽힘응력계수

= 0.75 허용기준 AC3인 경우

$\tau_{yd} \quad = \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm²)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm²)

6.4.7.7 선측외판 근처에서 갑판/격벽을 포함하여 각 1차 지지부재의 순 웨브두께 t_{w-net} 은 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t_{w-net} = \frac{P_{im} b_{slm}}{\sin \varphi_w \sigma_{crb}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

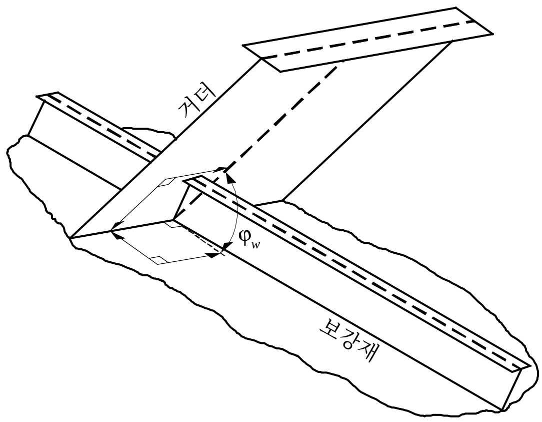
P_{im} : **3장/5.3.2**에 정의된 하중계산점 또는 갑판/격벽과 선측외판의 교차점에서 계산된, **7장/4.4**에 주어진 선수충격압력(kN/m²)

b_{slm} : 1차 지지부재에 의하여 지지되는 충격하중면적의 폭(m)으로 **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재 사이의 간격으로 취하여 져야 한다. 그러나, l_{slm} 보다 커서는 아니된다.

φ_w : 1차 지지부재 웨브와 외판 사이의 각도. **그림 8.6.7** 참조.

σ_{cr} : **10장/3.2.1**에 주어진 적용하중에 대하여 1차 지지부재 또는 갑판/격벽 패널 웨브의 압축상태의 임계좌굴응력(N/mm²)

그림 8.6.7
외판 1차 부재와 외판 사이의 각도



6.4.8 보강재와 1차 지지부재의 연결

6.4.8.1 일반적으로 보강재는 연속이어야 한다. 이것이 실행불가능한 경우 **4장/3.2.3**에 적합한 끝단브래킷이 제공되어야 한다.

6.4.8.2 각 보강재의 끝단연결의 치수는 **4장/3.4**에 적합하여야 한다.

7 기타구조에 대한 치수요건의 적용

7.1 일 반

7.1.1 적 용

7.1.1.1 이 절의 요건은 기본구조배치 또는 **8장/2**부터 **8장/5**에서 가정되는 강도모델이 적절하지 아니한 국부 및 1차 지지부재에 적용한다. 이는 다양한 하중가정 및 끝단지지조건을 위한 일반취지의 강도요건이다. 이들 요건은 **8장/2**부터 **8장/5**의 요건을 적용할 수 있다면이 요건의 대안으로서 사용되어서는 아니된다.

7.1.1.2 **7.2**에서 언급되는 순 치수산정은 다음과 같이 총치수에 관련된다.

(a) 판 및 국부지지부재인 경우, 총 두께 및 총 횡단면특성은 **6장/3**에 규정된 전체부식추가를 더함으로써 **7.2.2**의 요건요건으로부터 구한다.

(b) 1차 지지부재인 경우, 총 전단면적, 총 단면계수 및 기타 총 횡단면특성은 **6장/3**에 규정된 관련 전체부식추가의 1/2를 더함으로써 **7.2.3**의 요건으로부터 구한다.

7.1.1.3 이들 요건은 종강도, 최소두께, 비율 및 구조적 안정, 강도평가(FEM), 피로 및 선체거더 최종강도를 포함하여 고려하는 특정구조부재에 대하여 **8장, 9장** 및 **10장**의 모든 기타 관련요건과 관련하여 적용되어야 한다.

7.1.1.4 국부 및 1차 지지부재에 대한 요건은 부재가 다음과 같은 경우 특별히 고려되어야 한다.

(a) 격자구조의 일부

(b) 끝단 지지 사이에서 큰 상대변형이 적용되는 경우

(c) 하중모델 또는 끝단지지조건이 **표 8.7.1**에 따르지 아니하는 겨우

7.1.1.5 대체 또는 더욱 진보된 계산방법의 적용은 특별히 고려된다.

7.2 치수요건

7.2.1 일 반

7.2.1.1 국부 및 1차 지지부재에 대한 구조요건에 적용되어야 하는 설계하중세트는 고려하는 특정구조에 따라 **표 8.7.2**에 주어진다. 정적 및 동적하중성분은 **표 7.6.1** 및 **7장/6.3**의 요건에 따라 합성되어야 한다.

7.2.2 판 및 국부지지부재

7.2.2.1 면외압력을 받는 판인 경우, 순 두께 t_{net} 는 **표 8.7.2**에 따라 모든 적용설계하중세트에 대한 최대값으로 다음과 같다.

$$t_{net} = 0.0158\alpha_p s\sqrt{\frac{|P|}{C_a \sigma_{yd}}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

α_p : 패널형상비에 대한 수정계수

$$= 1.2 - \frac{s}{2100\ l_p}$$

P : **3장/5.1.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_p : 칼링이 설치되지 아니하는 한, 1차 지지부재의 간격 S 로 취하여져야 하는 판 패널의 길이(m)

C_a : 고려하는 개별적인 부재에 따라 적용하는 **표 8.2.4**, **표 8.3.2** 또는 **표 8.4.2**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

7.2.2.2 면외압력, 점하중, 또는 그들의 합성력을 받는 보강재인 경우, 순 단면계수 Z_{net} 은 **표 8.7.2**에 따라 모든 적용설계하중세트에 대한 값 중 최대값으로 다음과 같다.

$$Z_{net} = \frac{|P| s l_{bdg}^2}{f_{bdg} C_s \sigma_{yd}} \quad \text{(cm}^3\text{)},$$ 면외압력인 경우

$$Z_{net} = \frac{1000\ |F| l_{bdg}}{f_{bdg}\ C_s\ \sigma_{yd}} \quad \text{(cm}^3\text{)},$$ 점하중인 경우

$$Z_{net} = \frac{\left|\sum \frac{P_i\, s\, l_{bdg}^2}{f_{bdg-i}} + \sum \frac{1000 F_j\, l_{bdg}}{f_{bdg-j}}\right|}{C_s\ \sigma_{yd}} \quad \text{(cm}^3\text{)},$$ 하중의 조합인 경우

여기서,

P : **3장 5.2.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

s : **4장 2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_{bdg} : **4장 2.1.1**에 정의된 유효굽힘스팬

f_{bdg} : 굽힘모멘트계수

연속된 보강재 및 고정단을 가지는 보강재의 끝단연결이 이상적으로 설치된 경우:

= 12 수평보강재에 대하여

= 10 수직보강재에 대하여

기타 배치인 경우 굽힘모멘트계수는 **표 8.7.1**에 따를 수 있다.

C_s : 고려하는 개별적인 부재에 따라 적용하는 **표 8.2.5, 표 8.3.3** 또는 **표 8.4.3**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

F : 고려하는 설계하중세트에 대한 하중점(kN)

i : 하중성분 i 에 대한 색인

j : 하중성분 j 에 대한 색인

7.2.2.3 면외압력, 점하중, 또는 그들의 합성력을 받는 보강재인 경우, 전단면적요건에 기초를 둔 순 웨브두께 t_{w-net} 는 **표 8.7.2**에 따라 모든 적용설계하중세트에 대하여 계산된 최대값으로 다음과 같다.

$$t_{w-net} = \frac{f_{shr}\,|P|\,s\,l_{shr}}{d_{shr}\,C_t\,\tau_{yd}} \quad \text{(mm)}, \qquad \text{면외압력하중인 경우}$$

$$t_{w-net} = \frac{1000 f_{shr}\,|F|}{d_{shr}\,C_t\tau_{yd}} \quad \text{(mm)}, \qquad \text{점하중인 경우}$$

$$t_{w-net} = \frac{\left|\sum f_{shr-i}\,P_i\,s\,l_{shr} + \sum 1000\,f_{fhr-j}\,F_j\right|}{d_{shr}\,C_t\tau_{yd}} \quad \text{(mm)}, \quad \text{하중조합인 경우}$$

여기서,

P : **3장/5.2.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력 (kN/m^2)

f_{shr} : 전단력계수

연속된 보강재 및 고정단을 가지는 보강재의 끝단연결이 이상적으로 설치된 경우:

= 0.5 수평보강재에 대하여

= 0.7 수직보강재에 대하여

기타 배치인 경우 전단력계수는 **표 8.7.1**에 따를 수 있다.

s : **4장/2.2**에 정의된 보강재간격(mm)

l_{shr} : **4장/2.1.2**에 정의된 유효전단스팬

d_{shr} : **4장/2.4.2.2**에 따른다.(mm)

C_t : 고려하는 개별적인 부재에 따라 적용하는 **표 8.2.6** 또는 **표 8.3.4**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용굽힘응력계수

τ_{yd} $= \dfrac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$ (N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

F : 고려하는 하중세트에 대한 하중점(kN)

i : 하중성분 i 에 대한 색인

j : 하중성분 j 에 대한 색인

7.2.3 1차 지지부재

7.2.3.1 **7.2.3**의 요건은 1차 지지부재가 단순보와 같이 이상화된 경우에 적용한다. 보다 진보된 계산방법은 적용설계하중세트에 따르는 경우 모든 일자치지부재에 대한 공칭응력수준이 **7.2.3.4**와 **7.2.3.5**에 주어진 허용응력 및 응력계수보다 작음을 확보하기 위하여 필요할 수도 있다. **7.1.1.4** 참조.

7.2.3.2 국부지지부재의 단면계수 및 웨브 두께는 끝단 브래킷으로부터 떨어진 지역에 적용한다. 1차 지지부재의 요구되는 순 단면계수 및 순 횡단전단면적은 **표 8.7.1**의 (비 고)에 따른다.

7.2.3.3 휘어진 선각형재와 교차되거나 인접한 1차 지지부재인 경우, 끝단브래킷의 유효성은 선체의 곡률에 대한 허용을 포함하여야 한다.

7.2.3.4 1차 지지부재인 경우, 순 단면계수요건 Z_{net50}은 **표 8.7.2**에 따라 모든 적용설계하중세트에 대한 최대값으로 다음과 같다.

$$Z_{net50} = \frac{1000\ |P|\, S\, l_{bdg}^2}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad (\text{cm}^3), \qquad \text{면외압력하중인 경우}$$

$$Z_{net50} = \frac{1000\ |F|\, l_{bdg}}{f_{bdg}\, C_s\, \sigma_{yd}} \quad (\text{cm}^3), \qquad \text{점하중인 경우}$$

$$Z_{net50} = \frac{\left| \sum \dfrac{1000 P_i\, S\, l_{bdg}^2}{f_{bdg-i}} + \sum \dfrac{1000 F_j\, l_{bdg}}{f_{bdg-j}} \right|}{C_s\, \sigma_{yd}} \quad (\text{cm}^3), \qquad \text{하중조합인 경우}$$

여기서,

P : **3장/5.3.3**에 정의된 하중계산점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m²)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

l_{bdg} : **4장/2.1.4**에 정의된 유효굽힘스팬

f_{bdg} : **표 8.7.1**에 주어진 굽힘모멘트계수

C_s : 고려하는 개별적인 부재에 따라 적용하는 **표 8.2.10** 또는 **표 8.3.6**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용굽힘응력계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm²)

F : 고려하는 설계하중세트에 대한 하중점(kN)

i : 하중성분 i 에 대한 색인

j : 하중성분 j 에 대한 색인

7.2.3.5 1차 지지부재인 경우, 순 웨브전단면적 $A_{w\text{-}net50}$은 **표 8.7.2**에 따라 모든 작용설계하중세트에 대한 최대값으로 다음과 같다.

$$A_{w-net50} = \frac{10 f_{shr} |P| S l_{shr}}{C_t \tau_{yd}} \quad (\text{cm}^2),$$ 면외압력인 경우

$$A_{w-net50} = \frac{10 f_{shr} |F|}{C_t \tau_{yd}} \quad (\text{cm}^2),$$ 점하중인 경우

$$A_{w-net50} = \frac{\left|\sum 10 f_{shr-i} P_i l_{shr} + \sum 10 f_{shr-j} F_j\right|}{C_t \tau_{yd}} \quad (\text{cm}^2),$$ 하중조합인 경우

여기서,

P : **3장/5.3.2**에 정의된 하중계산점에서 계산된, 고려하는 설계하중세트에 대한 설계압력(kN/m^2)

S : **4장/2.2.2**에 정의된 1차 지지부재간격(m)

l_{shr} : **4장/2.1.5**에 정의된 유효전단스팬

f_{shr} : **표 8.7.1**에 주어진 전단력계수

C_t : 고려하는 개별적인 부재에 따라 적용하는 **표 8.2.10** 또는 **표 8.3.7**에 따라 고려하는 허용기준에 대한 허용전단응력계수

$$\tau_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (\text{N/mm}^2)$$

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

F : 고려하는 설계하중세트에 대한 하중점(kN)

i : 하중성분 i 에 대한 색인

j : 하중성분 j 에 대한 색인

표 8.7.1
f_{bdg} 및 f_{shr} 의 값

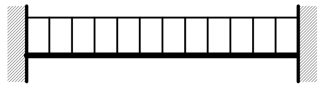
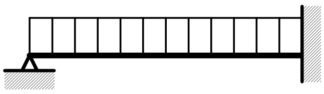
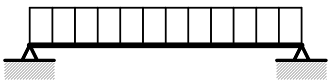
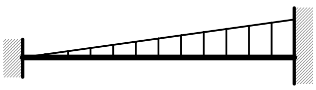
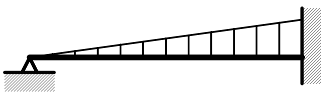
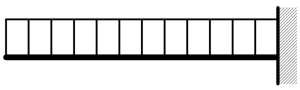
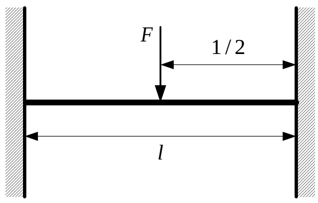
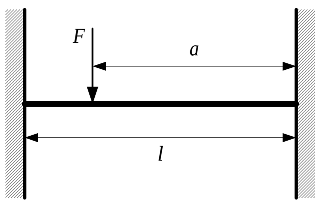
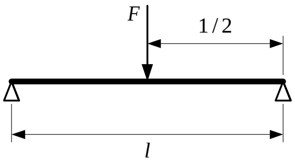
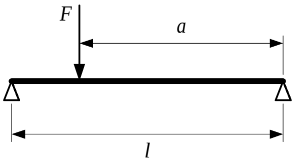
하중 및 경계조건				굽힘모멘트 및 전단력계수 (하중이 변하는 경우 스팬 중간에서의 하중에 기초한)			적용
하중모델	위치[(1)]			1	2	3	
	1 지지	2 필드	3 지지	f_{bdg1} f_{shr1}	f_{bdg2} -	f_{bdg3} f_{shr3}	
A				12.0 0.50	24.0 -	12.0 0.50	양단고정.균일 압력분포
B				- 0.38	14.2 -	8.0 0.63	일단고정 + 일단단순지지. 균일압력분포
C				- 0.50	8.0 -	- 0.50	단순지지(양단 자유회전). 균일압력분포
D				15.0 0.30	23.3 -	10.0 0.70	양단고정. 선형변화압력분포
E				- 0.20	16.8 -	7.5 0.80	일단고정 + 일단단순지지. 선형변화압력분포
F				- -	- -	2.0 1.0	외팔보. 균일압력분포
G				8.0 0.5	8.0 -	8.0 0.5	양단고정. 스팬의 중간에 단순점하중
H				$\frac{l^3}{a^2(l-a)}$ $\frac{a^2(3l-2a)}{l^3}$	$\frac{l^4}{2a^2(l-a)^2}$ -	$\frac{l^3}{a(l-a)^2}$ $\frac{(l-a)^2(l+2a)}{l^3}$	양단고정. 스팬의 임의의 위치에 단순점하중

그림 8.7.1 (계속)
f_{bdg} 및 f_{shr} 의 값

하중 및 경계조건				굽힘모멘트 및 전단력계수(하중이 변하는 경우 스팬 중간에서의 하중에 기초한)			적용
하중 모델	위치 [(1)]			1	2	3	
	1 지지	2 필드	3 지지	f_{bdg1} f_{shr1}	f_{bdg2} -	f_{bdg3} f_{shr3}	
I				- 0.5	4 -	- 0.5	단순지지. 스팬의 중간에 단순점하중
J				- $\frac{a}{l}$	$\frac{l^2}{a(l-a)}$ -	- $\frac{l-a}{l}$	단순지지. 스팬의 임의의 위치에 단순점하중

(비 고)

1. 지지위치에 대한 굽힘모멘트계수 f_{bdg} 는 국부 및 1차 지지부재 양측에 대하여 유효굽힘스팬의 끝단으로부터 $0.2l_{bdg}$ 의 거리에 대하여 적용한다
2. 지지위치에 대한 전단력계수 f_{shr} 는 국부 및 1차 지지부재 양측에 대하여 유효전단스팬의 끝단으로부터 $0.2l_{shr}$ 의 거리에 대하여 적용한다.
3. 국부지지부재에 대한 f_{bdg} 및 f_{shr} 의 적용:
   (a) 국부지지부재의 단면계수요건은 f_{bdg1}, f_{bdg2} 및 f_{bdg3} 중 최소값을 사용하여 결정되어야 한다.
   (b) 국부지지부재의 전단면적요건은 f_{shr1}및 f_{shr3} 중 최대값을 사용하여 결정되어야 한다.
4. 1차 지지부재에 대한 f_{bdg} 및 f_{shr} 의 적용:
   (a) 유효스팬의 끝단으로부터 $0.2l_{bdg}$ 내의 단면계수요건은 일반적으로 해당 f_{bdg1} 및 f_{bdg3}를 사용하여 결정되어야 한다. 그러나 f_{bdg} 는 12 보다 커서는 아니된다.
   (b) 중간스팬지역의 단면계수는 표로부터 f_{bdg} = 24, 또는 f_{bdg2} 중 작은 것을 사용하여 결정되어야 한다.
   (c) 유효스팬의 끝단으로부터 $0.2l_{shr}$ 내의 끝단연결의 전단면적요건은 f_{shr} = 0.5 또는 해당 f_{shr1} 또는 f_{shr3} 중 최대값을 사용하여 결정되어야 한다.
   (d) 모델 A 부터 F 인 경우 f_{shr} 의 값은 스팬의 중간에서 $0.5f_{shr}$ 쪽으로 $0.2l_{shr}$ 밖에서 점차 경감될 수 있다. 여기서 f_{shr} 는 f_{shr1} 또는 f_{shr3} 중 최대값이다.

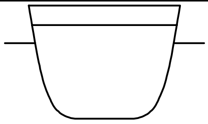
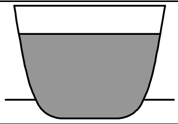
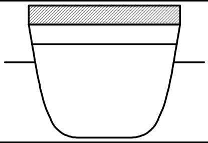
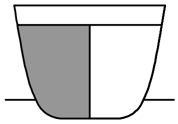
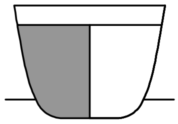
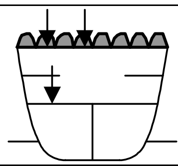
여기서,

l : 유효스팬, 해당 l_{bdg} 및 l_{shr}

l_{bdg} : 국부지지부재인 경우 **4장/2.1.1**에, 1차 지지부재인 경우 **4장/2.1.2**에 따른다.

l_{shr} : 국부지지부재인 경우 **4장/2.1.2**에, 1차 지지부재인 경우 **4장/2.1.5**에 따른다.

표 8.7.2
판, 국부지지부재 및 1차 지지부재에 대한 설계하중세트

국부지지 및 1차 지지부재의 형태	설계하중세트 (1)	하중성분	외부흘수	설명	그림표시
선체외부	1	P_{ex}	T_{sc}	해양압력 뿐	
	2	P_{ex}	T_{sc}		
	5	P_{in}	T_{bal}	탱크압력 뿐. 해양압력은 무시	
	6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
외부갑판	1	P_{ex}	T_{sc}	그린파랑압력 뿐	
화물탱크경계	3	P_{in}	$0.6\ T_{sc}$	한쪽 면으로부터의 압력만 작용 (인접한 탱크는 공창인 만재탱크)	
	4	P_{in}	$-_{c}$		
	11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
기타탱크경계 또는 수밀경계	5	P_{in}	T_{bal}	한쪽 면으로부터의 압력만 작용 (인접한 탱크는 공창인 만재탱크)	
	6	P_{in}	$0.25T_{sc}$		
	11	$P_{in\text{-}flood}$	-		
내부 및 외부갑판 또는 플렛	9	P_{dk}	T_{bal}	분포 또는 집중하중 뿐. 인접한 탱크는 공창. 그린파랑압력은 무시	
	10	P_{dk}	T_{bal}		

여기서,
T_{sc} : **4장/1.1.5.5**에 정의된 강도계산용흘수(m)
T_{bal} : **4장/1.1.5.2**에 정의된 최소 설계 밸러스트흘수(m)
(비 고)
1. 설계하중조합의 상세 및 설계하중세트에 대한 기타하중변수는 **표 8.2.8**에 따른다.
2. 선박의 배치가 상기로 설명될 수 없는 경우, 구조경계의 치수요건을 결정하기 위한 해당 설계하중세트는 인접한 탱크 또는 구역은 공창인 한쪽 선측의 만재탱크를 규정할 수 있도록 선택되어야 한다. 경계는 양측으로부터의 하중에 대하여 평가되어야 한다. 설계하중세트는 탱크 또는 구역의 적재물에 기초하여 선택되어야 하고 구조의 경계에 작용하는 압력을 최대화시켜야 하며, 사용되는 흘수는 설계하중세트 및 이 표에 따라서 취하여야 한다. S 및 S+D 설계하중조합을 포함하는 설계하중세트가 선택되어야 한다. **표 8.2.7**의 (비 고) 4 및 표 8.2.8 참조.
3. 선체외부의 일부를 형성하지 아니하는 보이드 및 건조구역은 설계하중세트 11을 사용하여 평가되어야 한다. (비 고 2 참조)

1 선체거더 최종강도

1.1 일 반

1.1.1 적 용

1.1.1.1 새깅 상태에서 선체 최종종강도를 평가하여 다음 기준을 만족하는지 검토하여야 한다. 이 기준은 극한 해상조건에서 손상되지 않은 선체 구조에 적용할 수 있다. 이 기준은 호깅 상태, 항 내 또는 손상 조건에 적용하지 않는다.

1.1.1.2 이 절에 규정된 치수 요건은 중앙부 0.4L 내에서 적용되며, 규칙 내의 모든 다른 규정에 추가하여 적용하여야 한다.

1.1.1.3 중앙부 0.4L 밖에서, 판 및 보강재는 양단(선수미)에서의 국부 요건까지 점차적으로 감소시킬 수 있다.

1.2 기 준

1.2.1 수직 선체거더 최종 굽힘 능력

1.2.1.1 수직 선체거더 최종 굽힘 능력은 다음 기준을 만족 하여야 한다.

$$\gamma_S M_{sw} + \gamma_W M_{wv-sag} \leq \frac{M_U}{\gamma_R}$$

M_{sw} : 새깅 정수중 모멘트(kNm)으로서, **표 9.1.1**에 규정한 값으로 취한다.

$M_{wv\text{-}sag}$: 새깅 수직 파랑 굽힘 모멘트(kNm)으로서, **7장/3.4.1.1**에서 정의한 선체 중앙부의 새깅 값으로 취한다.

M_U : 새깅 수직 선체거더 최종 굽힘 능력(kNm)으로서, **부록 A/1.1.1**의 규정에 따른다.

γ_S, γ_W, γ_R : **1.4**에 주어진 설계하중 조합에 대한 부분 안전계수이다.

1.3 선체거더 굽힘모멘트 능력

1.3.1 능력의 계산

1.3.1.1 새깅상태에서 선체거더 최종 굽힘 능력 (M_U)는 **부록 A/1.1.1**.에 따라 계산하여야한다.

1.3.1.2 선체거더 최종강도 능력 평가를 위한 유효 면적은 **8장/1.2.1**에 규정되어 있다.

1.3.1.3 능력은 부식 추가 $0.5t_{corr}$ 을 사용한 순 치수에 기초하여야 하며, **6장/3.2**을 참조한다.

1.4 부분 안전계수

1.4.1 일 반

1.4.1.1 **표 9.1.1**에 주어진 부분 안전계수는 **부록 A/2.1**의 단일 단계방법 또는 **A/2.2**의 증분 방법에 따라 M_U 을 계산할 때 적용한다. 부분 안전계수는 두가지 서로 다른 설계 하중조합에 대하여 주어지며, 두가지 조합 모두가 만족되어야 한다. 각 조합에 대하여 M_{sw} 의 정의가 다르다는 것에 유의하여야 한다.

표 9.1.1
부분 안전계수

설계 하중 조합	정수 중 굽힘모멘트 M_{sw} 의 정의	γ_S	γ_W	γ_R
a)	허용 정수 중 새깅모멘트(kNm), $M_{sw\text{-}perm\text{-}sea}$ (**7/2.1.1** 참조)	1.0	1.2	1.1
b)	균일 만재조건 해상운항에 대한 최대 정수 중 새깅 굽힘모멘트(kNm), $M_{sw\text{-}full}$ ((비 고) 1 참조)	1.0	1.3	1.1

여기서,

γ_S : 정수 중 새깅굽힘모멘트에 대한 부분 안전계수

γ_W : 환경 및 파랑 하중예측 불확실성을 포함하는 새깅 수직파랑 굽힘모멘트에 대한 부분 안전계수

γ_R : 재료, 기하학적 및 강도 예측 불확실성을 포함하는 새깅 수직 선체거더 굽힘모멘트에 대한 부분 안전계수

(비 고)

1 최대흘수에서의 균일 적재 조건으로 출항, 입항 및 항해중간 조건으로부터 최대 정수 중 새깅 굽힘모멘트를 취한다.

2 강도평가 (유한요소법)

2.1 일 반

2.1.1 적 용

2.1.1.1 유한요소 해석을 이용한 선체구조의 강도평가는 강제사항이다.

2.1.1.2 유한요소 해석은 두 부분으로 이루어진다.

(a) 종 선체거더 구조 부재, 1차 지지부재 및 횡격벽의 강도를 평가하기 위한 화물탱크해석

(b) 국부 구조에서 상세 응력 수준을 평가하기 위한 상세 분할요소 해석

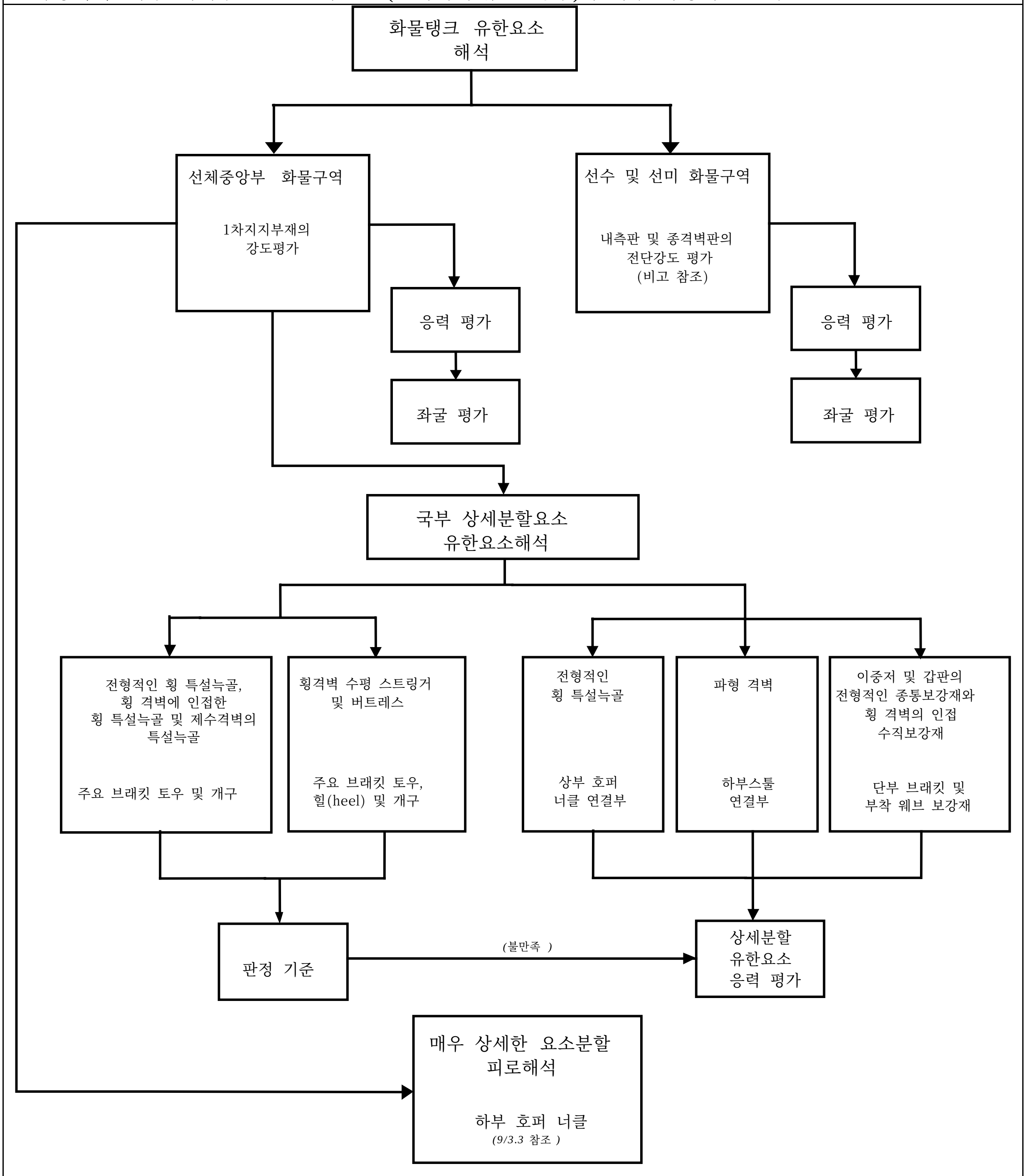
2.1.1.3 유한 요소 해석의 최소 요건을 보여주는 흐름도를 **그림 9.2.1**에 보인다.

2.1.1.4 구조 평가는 **부록 B** 에 제시된 요건에 따라 수행한다. 구조 평가는 **2.2.5** 및 **2.3.5**에 규정된 허용 기준을 만족하는지 입증하는 것이다.

2.1.1.5 화물 탱크 범위 내의 구조 평가에 의하여 검증된 치수의 적용은 **2.4**에 따른다.

그림 9.2.1
유한요소해석에 관한 규칙 최소요건

- 선체중앙부 화물구역: 횡격벽, 종 선체거더 및 1차 지지부재의 강도 평가
- 선수 및 선미 화물 구역: 수직 선체거더 전단력에 대한 종 선체거더 전단 구조부재의 평가(비고 참조)
- 파형격벽: 하부 지지구조 또는 거싯 판(설치되어 있는 경우)과 하부 파형의 연결부



(비 고)

1. 횡격벽 위치에서 선체거더 수직전단 하중에 대한, 2.2.1.1 및 4 절/표 4.1.1 에 정의한 종 선체거더 전단 구조부재의 강도평가는, 판 및 보강재 특성을 적절히 변경하여 선체중앙부 화물 탱크 유한요소 모델에 기초할 수 있다.(부록 B/1.1.1 및 B/2.2.1 을 참조)

2.1.2 결과의 제출

2.1.2.1 규정된 구조 설계 기준을 만족함을 입증하기 위하여 구조 해석의 상세 보고서를 제출하여야 한다. 이 보고서는 아래 정보를 포함하여야 한다.

(a) 날짜와 버전을 포함하는 사용된 도면 리스트

(b) 도면과 대비한 모든 모델링 가정, 구조의 기하학적 형상 및 배치의 모든 차이를 포함하는 구조 모델링에 대한 상세한 설명

(c) 정확한 구조 모델링과 할당된 특성(두께 또는 단면 특성)를 설명하는 그림

(d) 모델링에 쓰인 물성치, 판 두께, 보 특성 등의 세부 사항

(e) 경계조건의 상세

(f) 계산된 선체거더 전단력 및 굽힘모멘트 분포를 갖고 검토된 모든 적하상태의 상세

(g) 적용 하중의 상세 및 개별 및 전체 적용 하중의 정확함을 확인

(h) 적용된 하중 하에서 구조 모델의 정확한 거동을 보여주는 결과와 그림

(i) 전체 및 국부 처짐의 그림과 요약

(j) 어느 부재에서도 설계 기준을 초과하지 않음을 보여주는 충분한 응력 그림과 요약

(k) 판과 보강 패널의 좌굴 해석과 결과

(l) 설계 기준에 만족 여부를 보여주는 결과표

(m) 필요 시, 설계 기준에 만족 여부를 보여주는 개정된 응력 평가, 좌굴 및 피로 특성을 포함하는 구조 개정 안

2.1.3 컴퓨터 프로그램

2.1.3.1 굽힘, 전단, 축 및 비틀림 변형의 조합 효과를 적절히 고려할 수 있다면, 일반적으로 우리 선급이 인정하는 모든 유한요소 프로그램을 선체 구조의 변형과 응력 결정을 위하여 사용할 수 있다.

2.1.3.2 패널 좌굴 능력 평가를 위해 사용하는 컴퓨터 프로그램은 **10장/4**에서 요구하는 2축 압축 응력, 전단 응력 및 면외 압력 하중들의 조합된 상호작용을 반영하여야 한다.

2.1.3.3 우리 선급이 만족하는 신뢰할 수 있는 결과를 주는 것으로 입증된 컴퓨터 프로그램을 인정된 프로그램으로 간주한다. 사용된 컴퓨터 프로그램이 선급으로부터 제공되거나 인정되지 않은 경우, 계산 결과를 포함한 프로그램의 모든 자세한 내용을 승인을 위하여 제출하여야 한다. 설계자는 모든 해석 업무를 수행하기 전에 사용하려는 컴퓨터 프로그램의 적합성에 관하여 우리 선급과 상의할 것을 권고한다.

2.2 화물탱크 구조강도 해석

2.2.1 목적 및 범위

2.2.1.1 구조 해석은 적어도 다음의 평가를 포함하여야 한다.

(a) 중앙부 화물탱크 구역 내의 종 선체거더 구조부재, 1차 지지구조부재 및 횡격벽

(b) 화물 구역 내의 선체거더 수직 전단하중에 대한 횡격벽 위치에서의 종 선체거더 전단 구조부재. 이 구조부재에는, **4절/표 4.1.1**에 정의한 선측 외판, 상부 경사판을 포함한(설치된 경우) 내측 종격벽판, 호퍼, 종격벽 및 이중저 거더가 포함된다. 선수부, 중앙부 및 선미부 화물 구역 내의 횡격벽 위치에서 선체거더 전단력에 대하여 요구되는 보강은 고려하는 구역 내의 최대 선체거더 전단력에 기초할 수 있다. 대안으로서 개별 횡격벽 위치에서 보강 요건을 결정하기 위하여 평가를 수행할 수 있다. 이에 대한 상세는 **부록 B/1.1.1**에 주어진다.

2.2.1.2 선수부, 중앙부 및 선미부 화물 구역 내의 횡격벽 위치에서 선체거더 전단력에 대하여 요구되는 보강은 고려하는 구역 내의 최대 선체거더 전단력에 기초할 수 있다. 대안으로서 개별 횡격벽 위치에서 보강 요건을 결정하기 위하여 평가를 수행할 수 있다. 이에 대한 상세는 **부록 B/1.1.1**에 주어진다.

2.2.1.3 구조해석은 적용한 정적, 동적 하중 하에서 아래 사항이 허용 기준 이내에 있음을 입증하여야 한다.

(a) 종 선체거더 구조부재의 판, 1차 지지구조부재, 횡격벽, 판 및 봉요소로 모델링 된 1차지지부재의 면재의 응력수준

(b) 판과 보강 패널의 좌굴 능력

2.2.2 구조모델링

2.2.2.1 화물 탱크 유한요소 모델의 모델링 치수는 **6장/3.3.6.1** 및 **부록 B/2.2.1.5**에 규정한 순 치수에 기초하여야 한다.

2.2.2.2 화물 탱크 유한요소 모델의 길이는 3개의 화물 탱크 길이를 포함하여야 한다. 중앙부 화물구역 내의 탱크들이 서로 다른 길이를 갖는 경우, 유한요소 모델의 중앙 탱크는 가장 긴 길이의 화물 탱크를 나타내어야 한다. 유한요소 모델에는 모든 주요한 종 및 구조 요소가 표현되어야 한다. 여기에는 내측 판 및 외판, 이중저 늑판 및 거더 시스템, 횡 및 수직 방향 특설늑골, 스트링거, 횡 및 종 방향 격벽구조가 포함된다. 이러한 구조 요소상에 있는 웨브 보강재를 포함하는 모든 판과 보강재를 모델링해야 한다.

2.2.2.3 유한 요소 모델의 요소 분할은 실행 가능한 한 구조의 보강 시스템을 따라야 하며,보강재 사이의 실제 판 패널을 나타내야 한다.

2.2.2.4 구조 모델링은 **부록 B/2.2**에 제시된 요건을 따라야 한다.

2.2.3 하중 및 적하상태

2.2.3.1 선체 구조에 가장 불리한 하중 형태를 부과할 수 있는 선박의 정적 및 동적 하중의 조합을 구조 해석에서 검토하여야 한다.

2.2.3.2 구조 해석 할 때 사용하는 표준 하중 상태가 **부록 B/2.3.1**에 제시되어 있다. 이러한 하중 상태에는 항해 조건(설계 하중 조합 S+D) 및 항내/탱크시험 조건(설계 하중 조합 S)을 포함하여야 한다.

2.2.3.3 설계자가 규정한 적하상태가 표준 하중 상태에 의하여 다루어지지 않는 조건인 경우, 이러한 추가적인 적하상태를 검토하여야 하며, **부록 B/2.3.1**을 참조한다.

2.2.4 하중 적용과 경계조건

2.2.4.1 모든 동시 작용 선체거더 및 국부 하중을 모델에 작용시킨다. 유한요소 모델에의 국부 및 선체거더 하중 적용은 **부록 B/2.4** 및 **B/2.5**에 따라야 한다.

2.2.4.2 적용해야 할 경계조건은 **부록 B/2.6**에 주어진다.

2.2.5 허용기준

2.2.5.1 허용 기준에 대한 결과의 검증은 **부록 B/2.7**에 따라 수행하여야 한다.

2.2.5.2 허용 기준에 대한 결과의 검증은 3개 탱크길이 유한요소모델의 중앙부 탱크의 종방향 범위 내 및 횡격벽 스트링거 및 버트리스 구조의 범위까지 중앙부 탱크의 전부 및 후부 구역의 모든 구조부재에 대하여 수행한다. 선체거더 전단 하중에 대한 횡격벽 위치에서의 전단강도 평가에 대하여, 설치되어 있는 경우 상부 경사판을 포함한 내측 종통격벽, 선측외판, 종격벽, 호퍼 및 선저 종거더의 응력 수준 및 좌굴 능력을 허용 기준에 대하여 검증하여야 한다. **부록 B/2.7.1**을 참조한다.

2.2.5.3 구조해석은 **표 9.2.1** 및 **9.2.2**에 규정된 허용 Von Mises 응력 기준 및 판과 보강패널의 좌굴에 대한 사용 계수를 초과하지 않음을 입증하여야 한다.

2.2.5.4 판 및 보강 패널의 국부 좌굴 능력 평가에 사용된 능력 모델은, **6장/3.3.6.2** 및 **부록 B/2.7.3**에 규정한 것처럼 판 및 보강재로부터전체 부식추가 두께를 공제한 치수에 기초하여야 한다.

2.2.5.5 횡 또는 종 파형격벽에 하부 스툴이 설치되어 있지 않은 경우, **표 9.2.1 및 9.2.2**에 주어진 최대 허용응력 및 좌굴 사용계수는, 다음에 정의한 범위 내의 파형 및 하부 지지구조에 대하여는 10% 감소시켜야 한다.

(a) 파형의 전체 높이

(b) 횡 파형격벽에 대한 지지 구조 – 종방향으로 해당 격벽의 전부 및 후부 특설늑골의 1/2 간격 내

(c) 종 파형격벽에 대한 지지 구조 – 횡방향으로 해당 격벽의 각 측으로부터 3개 종통보강재 간격 내

<table>
<tr><th colspan="2">표 9.2.1
최대 허용 응력</th></tr>
<tr><th>구조 요소</th><th>항복 사용(utilization) 계수</th></tr>
<tr><td colspan="2">탱크 내부 구조</td></tr>
<tr><td>횡 특설늑골 구조, 제수격벽, 내부 웨브, 수평 스트링거, 늑판 및 거더를 포함하는 모든 비수밀 구조부재의 판. 판 또는 봉 요소를 이용하여 모델링되는 1차 지지부재의 면재</td><td>$\lambda_y \le 1.0$ (하중조합 S + D)

$\lambda_y \le 0.8$ (하중조합 S)</td></tr>
<tr><td colspan="2">탱크 경계 상의 구조</td></tr>
<tr><td>갑판, 선측, 내측판, 호퍼 판, 빌지 판, 평면 및 파형 화물탱크 종격벽의 판. 수밀 늑판, 거더 및 웨브</td><td>$\lambda_y \le 0.9$ (하중조합 S + D)

$\lambda_y \le 0.72$ (하중조합 S)</td></tr>
<tr><td>내저판, 선저외판, 평면 및 파형 횡 격벽의 판.</td><td>$\lambda_y \le 0.8$ (하중조합 S + D)

$\lambda_y \le 0.64$ (하중조합 S)</td></tr>
<tr><td colspan="2">여기서,</td></tr>
<tr><td>λ_y</td><td>항복 사용 계수
$= \dfrac{\sigma_{vm}}{\sigma_{yd}}$, 일반적인 판 요소에 대하여
$= \dfrac{\sigma_{rod}}{\sigma_{yd}}$, 일반적인 봉요소에 대하여</td></tr>
<tr><td>σ_{vm}</td><td>요소중심에서 막응력에 기초하여 계산된 von Mises 응력(N/mm^2)</td></tr>
<tr><td>σ_{rod}</td><td>봉 요소의 축응력(N/mm^2)</td></tr>
<tr><td>σ_{yd}</td><td>재료의 규정 최소 항복 응력(N/mm^2), 다만 응력집중 구역에서는 315(N/mm^2) 보다 크게 취하여서는 아니 된다. (2)</td></tr>
<tr><td colspan="2">(비 고)
1. 표에 주어진 구조 요소는 단지 참고용이다. 2.2.5.2에 규정된 유한요소 모델의 모든 부분에 대한 응력은 허용응력 기준에 대한 검증을 하여야 한다. 또한 부록 B/2.7.1을 참조한다.
2. 응력집중 구역은 개구의 코너, 너클 연결부, 1차 지지부재 및 보강재의 토우 및 힐(heel)을 말한다.
3. 횡 또는 종 파형 격벽에 하부 스툴이 설치되지 않은 경우, 2.2.5.5에 따라 최대 허용응력을 10% 감소시켜야 한다.</td></tr>
</table>

㈜

화물 탱크들 사이의 종격벽에 대한 항복사용계수(yield utilization factor)는, 격벽의 양면이 공창이거나 또는 양면이 적재상태인 경우에, FE 하중상태를 위한 비수밀 구조 부재에 대한 것으로 취해질 수 있다.

표 9.2.2 좌굴에 대한 최대 허용 사용계수	
구조 요소	좌굴 사용계수
판 및 보강 패널[3]	$\eta \leq 1.0$ (하중조합 S + D) $\eta \leq 0.8$ (하중조합 S)
개구 위치의 웨브 판	$\eta \leq 1.0$ (하중조합 S + D) $\eta \leq 0.8$ (하중조합 S)
크로스타이 구조의 필러 좌굴	$\eta \leq 0.5$ (하중조합 S + D) $\eta \leq 0.4$ (하중조합 S)
파형 격벽 - 플랜지 좌굴 - 기둥 좌굴	$\eta \leq 0.9$ (하중조합 S + D) $\eta \leq 0.72$ (하중조합 S)
여기서, η 부록 **D/5** 및 **B/2.7.3**에 따라 계산된 좌굴에 대한 사용계수. 또한 개구 위치의 웨브 판에 대하여는 **10장/3.4.1**을, 크로스타이 구조에 대하여는 **10장/3.5.1** 을 참조한다.	
(비 고) 1. 곡 패널(예를 들면 빌지 판), 1차 지지부재의 면재 및 트리핑 브래킷의 좌굴 능력은 유한요소 응력 결과에 기초하여 평가하지 않는다. 2. 횡 또는 종 파형 격벽에 하부 스툴이 설치되지 않은 경우, **2.2.5.5**에 따라 최대 허용좌굴 사용계수를 10% 감소시켜야 한다. 3. 이 표에 규정한 허용 좌굴사용계수는 **부록 D/1.1.2**에 주어진 참조 진보된 좌굴방법에 대하여 적용한다. 대안 좌굴절차가 사용되는 경우, 허용 사용계수를 평가하여야 하며, 요구되는 경우 **부록 D/1.1.2**에 규정한 동등성에 대한 허용기준을 만족하도록 허용사용계수를 조정하여야 한다.	

2.3 국부 상세 분할요소 구조강도 해석

2.3.1 목적 및 범위

2.3.1.1 재래식 배치를 갖는 탱커에 대하여는, 최소 요건으로서 선박 중앙부 화물구역 내의다음 구역들을 검토하여야 한다.

(a) 중요한 위치에 있는 주요 브래킷 토우 및 개구, 그리고 선박 중앙부 탱크 내에 위치한 전형적인 횡 특설늑골의 상부 호퍼 너클 연결부. 제수 격벽이 설치되어 있는 경우, 횡 및 수직 웨브의 중요 위치에서의 주요 브래킷 토우 및 개구

(b) 횡 격벽 수평 스트링거 위치에서 횡격벽에 인접한 전형적인 횡 특설늑골상의 위험 위치에서의 주요 브래킷 토우, 힐 및 개구.

(c) 수평 스트링거의 중요 위치에 있는 주요 브래킷 토우, 힐 및 개구, 그리고 횡격벽과 이중저 거더의 연결부 또는 횡격벽과 전형적인 횡격벽 버트리스와의 연결부.

(d) 파형 횡 및 종 격벽과 하부 스툴 또는 하부 스툴이 설치되지 않은 경우, 내저판 및 이중저 지지구조와의 연결부. 거싯 판이 설치된 경우, 파형과 거싯의 상부 모서리의 연결부를 평가하여야 한다.

(e) 이중저 및 갑판의 전형적인 종통 보강재, 그리고 횡격벽의 인접하는 수직 보강재의 단부 브래킷 및 부착된 웨브 보강재

2.3.1.2 상세 분할요소 해석을 수행하는 **2.3.1.1**에 규정한 구조 부재 상의 중요 위치의 선정은 **부록 B/3.1**에 따라야 한다.

2.3.1.3 **2.3.1.1**에 규정하지 않은 구조 부재의 응력집중 구역의 응력 수준이 화물 탱크 해석의 허용기준을 초과하는 경우, 만족하는 치수임을 입증하기 위하여 상세 분할요소 해석을 수행하여야 한다.

2.3.1.4 형상이 화물 탱크 유한요소 모델에서 적절히 표현되지 않은 경우, 만족하는 치수임을 입증하기 위하여 상세 분할요소 해석을 수행할 수 있다. 이런 경우, 화물탱크해석에서 명기된 것과 등가의 영역(일반적으로 s × s) 내에서의 평균응력은 **표 9.2.1**에 주어진 규정을 따라야 한다. (**표 9.2.3**의 ㈜ **1** 참조)

2.3.2 구조모델링

2.3.2.1 상세 분할요소 구조 모델은 **부록 B/3.2**에 제시된 요건에 따라야 한다.

2.3.2.2 상세 분할요소 해석은, 화물 탱크 모델로부터 얻은 경계조건을 연계시킨 별도의 국부 상세 모델 또는 화물 탱크 모델 안에 상세 분할요소 구역을 편입시켜서 해석을 수행할 수 있다.

2.3.2.3 관심 구역에서 계산된 응력이 부과된 경계조건 및 적용하중에 의하여 크게 영향 받지 않도록, 국부 유한요소 모델의 범위를 잡아야 한다. 국부 유한요소 모델의 상세 요건은 **부록 B/3.2**에 제시되어 있다.

2.3.2.4 상세 분할요소 구역은 고응력인 국부 부위를 표현하여야 한다. 상세 분할요소 구역 내의 유한 요소 분할 크기는 50mm x 50mm 이하로 하여야 한다. 상세 분할요소 구역의 범위는 **부록 B/3.2**에 따른다.

2.3.2.5 상세 분할요소 모델은 **6장/3.3.6.3** 및 **부록 B/3.2**에 따라 순 치수에 기초하여야 한다.

2.3.3 하중 및 적하상태

2.3.3.1 상세 분할요소를 사용한 상세 응력 해석은, 표준 하중 상태 및 **2.2.3**에서 요구하는 특별히 명기된 모든 하중 상태에 대하여 수행한다.

2.3.4 하중 적용 및 경계조건

2.3.4.1 유한 요소 모델에 대한 하중 및 경계조건의 적용은 **부록 B/3.4**에 주어진 요건에 따라야 한다.

2.3.5 허용 기준

2.3.5.1 허용 기준에 대한 응력 결과의 검증은 **부록 B/3.5**에 따라 수행하여야 한다.

2.3.5.2 구조 평가는, 상세 분할 유한요소 해석에서 얻은 von Mises 응력이 **표 9.2.4**에 규정한 최대 허용응력 기준을 초과하지 않는다는 것을 입증하여야 한다.

표 9.2.3
상세 분할요소 해석에 대한 최대 허용 막 응력

요소 응력	항복 사용 계수
용접에 인접하지 않은 요소	$\lambda_y \le 1.7$ (하중조합 S + D) $\lambda_y \le 1.36$ (하중조합 S)
용접에 인접한 요소	$\lambda_y \le 1.5$ (하중조합 S + D) $\lambda_y \le 1.2$ (하중조합 S)

여기서,

λ_y 항복 사용계수

$= \dfrac{k\,\sigma_{vm}}{235}$, 판 요소에 대하여

$= \dfrac{k\,\sigma}{235}$, 봉 또는 보 요소에 대하여

σ_{vm} 요소중심에서 막응력에 기초하여 계산된 von Mises 응력 (N/mm^2)

σ_{rod} 봉 요소의 축응력(N/mm^2)

k **6/1.1.4**에 정의된 고장력강 계수, 다만 하중조합 S + D 에 대하여는 0.78보다 작게 취하여서는 아니 된다.

(비 고)

1. 상세분할 요소에 의하여 검토 중인 구역 위치에서, 화물탱크 유한요소 모델의 요소 von Mises 응력이 **표 9.2.1** 에 규정된 허용 값을 초과하는 경우 상세분할 요소 해석으로부터 얻어진, 화물탱크 유한요소 모델의 요소크기와 동등한 면적에 걸쳐 계산된 평균 von Mises 응력은 **표 9.2.1** 에 규정한 허용 값보다 작아야 한다.
2. 최대 허용응력은 50mm x 50mm 인 분할요소 크기에 기초한 것이다. 더 작은 분할요소 크기가 사용되는 경우, 규정된 분할요소 크기와 같은 면적에 걸쳐 **부록 B/3.5.1** 에 따라 계산된 평균 von Mises 응력을, 허용응력과의 비교를 위하여 사용할 수 있다.
3. 다음과 같이 요소 면적에 대한 가중 평균에 기초하여 평균 von Mises 응력을 계산하여야 한다.

$$\sigma_{vm-av} = \frac{\sum_{1}^{n} A_i\,\sigma_{vm-i}}{\sum_{1}^{n} A_i}$$

여기서,

σ_{vm-av} : 평균 von Mises 응력

σ_{vm-i} : 고려하는 면적 내의 i 번째 판 요소의 von Mises 응력

A_i : 고려하는 면적 내의 i 번째 판 요소의 면적

n : 고려하는 면적 내의 요소 수

4. 구조 불연속 및 인접 구조를 가로지르는 응력 평균화는 하지 않는다.
5. 횡 또는 종 파형 격벽에 하부 스툴이 설치되지 않은 경우, 상세 분할요소 해석에 의하여 검토 중인 면적에 대하여는, 최대 허용응력을 10% 감소시켜야 한다.

2.4 화물탱크 구역 내의 치수적용

2.4.1 일반

2.4.1.1 화물 탱크 구역 내의 구조에 대한, 유한 요소 강도평가 요건을 만족하는 치수의 적용은 본 **2.4**에 주어진 규정에 따라야 한다.

2.4.1.2 본 **2.4**절에 주어진 적용은, 화물 탱크 구역 전체를 통하여 구조의 동일한 재료 항복 강도가 유지되는 것으로 가정한다. 다른 항복 강도를 갖는 강이 적용되는 경우, 요구되는 치수를 평가하여야 한다.

2.4.1.3 이 절에 주어진 치수조정(scaling) 절차는 **9장/2** 및 **부록 B** 에 주어진 요건을 만족한 치수에 기초한다.

2.4.1.4 이 절에 기술된 판 및 국부 지지부재에 대한 순 두께 및 단면특성치는 총 두께로부터 **6장/표 6.3.2**에 규정한 전체 부식추가를 공제한 값에 기초하여야 한다. 판, 국부 지지부재의 웨브 및 면재의 총 두께는 순 두께에 전체 부식추가를 더하여 구하여야 한다.

2.4.2 갑판 치수의 적용

2.4.2.1 갑판 판 및 종통 보강재의 치수는 선박 중앙부 0.4*L* 내에서 유지되어야 한다. 선박 중앙부 0.4*L* 내 주어진 트랜스버스 위치에서의 갑판 판 및 종통 보강재의 치수는, **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크 길이에 따라 대응하는 트랜스버스 위치에 대하여 요구되는 최대 값보다 작게 취하여서는 아니 된다.

2.4.2.2 선박 중앙부 0.4*L* 바깥에서, 갑판 판 및 종통 보강재의 치수는 화물 탱크 구역의 양단에서 8장에 의한 요구 값까지 점차 감소시킬 수 있다.

2.4.3 내저 치수의 적용

2.4.3.1 내저 판 두께는 탱크의 길이 및 폭을 따라서 변할 수 있다.

2.4.3.2 선박 중앙부 화물 탱크의 내저 판 및 종통 보강재의 치수는, **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 대응하는 위치에 요구되는 치수보다 작게 취하여서는 아니 된다. 이러한 치수는, 최전방 및 최후방 화물 탱크를 제외한 화물 구역 내의 모든 탱크에 대하여 유지되어야 한다.

2.4.3.3 전방 또는 후방 화물탱크에서 1차 지지부재의 간격이 감소되지 않는다면, 최전방 및 최후방 화물 탱크에 대하여, 내저 종통 보강재의 치수는 선박 중앙부 화물 탱크에 대한 치수 요구치보다 작아서는 아니 된다. 내저 판의 최소 순 두께 $t_{ib\text{-}net}$ 는 다음으로 주어진다.

$$t_{ib-net} = t_{ib-net-mid}\left(\frac{l_{bdg}}{l_{bdg-mid}}\right)^{0.25} \frac{s_{ib}}{s_{ib-mid}} \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{ib\text{-}net\text{-}mid}$: 선박중앙부 탱크 내의 대응 위치에 대하여 요구되는 내저판 순 두께(mm).

L_{BDG} : 고려 중인 위치에서 늑판의 유효 굽힘 스팬으로서, 그림 4.2.7에 따른다.(m)

$L_{BDG\text{-}MID}$: 선박중앙부 탱크 내의 대응 위치에서 늑판의 유효 굽힘 스팬으로서, **그림 4.2.7**정의에 따른다.(m)

S_{IB} : 고려 중인 위치에서 종통 보강재 사이의 간격(mm)

$s_{ib\text{-}mid}$: 선박중앙부 탱크 내의 대응 위치에서 종통 보강재 사이의 간격(mm)

2.4.4 선저 치수의 적용

2.4.4.1 선저 종통 보강재의 치수는, 선박 중앙부 0.4L 내에서 종방향으로 유지되어야 한다. 선박 중앙부 0.4L 내 주어진 트랜스버스 위치에서의 선저 종통 보강재의 치수는, **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크 길이를 따라 대응하는 트랜스버스 위치에 요구되는 최대값보다 작게 취하여서는 아니 된다.

2.4.4.2 선박 중앙부 0.4L 바깥에서, 선저 종통 보강재의 치수는 화물 탱크 구역의 양단에서 8절에 의한 요구 값까지 점차 감소시킬 수 있다.

2.4.4.3 선저 판의 두께는 탱크의 길이 및 폭을 따라서 변할 수 있다. 선박 중앙부 탱크의 선저판 두께는, **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 대응하는 위치에 요구되는 것보다 작어서는 아니 된다. 이러한 두께는, 최전방 및 최후방 화물 탱크를 제외한 화물 구역 내의 모든 탱크에 대하여 유지되어야 한다.

2.4.4.4 최전방 및 최후방 화물 탱크에 대하여, 선저 판의 요구 최소 순 두께 $t_{btm\text{-}net}$ 은 다음으로 주어진다.

$$t_{btm-net} = t_{btm-net-mid}\left(\frac{l_{bdg}}{l_{bdg-mid}}\right)^{0.25}\frac{s_{btm}}{s_{btm-mid}} \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{btm\text{-}net\text{-}mid}$: 선박중앙부 탱크 내의 대응 위치에 대하여 요구되는 선저판 순 두께(mm)

L_{BDG} : 고려 중인 위치에서 늑판의 유효 굽힘 스팬으로서, **그림 4.2.7**에 따른다.(m)

$L_{BDG\text{-}MID}$: 선박중앙부 탱크 내의 대응 위치에서 늑판의 유효 굽힘 스팬으로서, **그림 4.2.7**정의에 따른다.(m)

S_{BTM} : 고려 중인 위치에서 종통 보강재 사이의 간격(mm)

$s_{btm\text{-}mid}$: 선박중앙부 탱크 내의 대응 위치에서 종통 보강재 사이의 간격(mm)

2.4.5 선측 외판, 종격벽 및 내측 종격벽 치수의 적용

2.4.5.1 갑판으로부터 0.15*D* 내에 있는 선측 외판, 종격벽 및 내측 종통 격벽의 판 및 종통 보강재의 치수는 선박 중앙부 0.4*L* 내에서 종방향으로 유지되어야 한다. 주어진 높이에서 판 및 종통 보강재의 치수는, **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크

길이를 따라 대응하는 수직 위치에 요구되는 최대값보다 작아서는 아니 된다. 선박 중앙부 0.4L 바깥에서, 갑판으로부터 0.15D 내에 있는 판 및 보강재의 치수는 화물 탱크 구역의 양단에서 **8절**에 의한 요구 값까지 점차 감소시킬 수 있다.

2.4.5.2 갑판으로부터 0.15D 바깥에 있는 선측 외판, 종격벽 및 종격벽 및 호퍼 판을 포함하는 내측 종통 격벽의 판 두께는 탱크 길이 및 높이를 따라서 변할 수 있다. 횡격벽으로부터 멀리 떨어진 해당 판 두께는, **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 대응하는 위치에 요구되는 것보다 작아서는 아니 된다. 이러한 두께는, 최전방 및 최후방 화물 탱크를 제외한 화물 구역 내의 모든 탱크에 대하여 유지되어야 한다. 최전방 및 최후방 화물 탱크에 대하여, 갑판으로부터 0.15D 바깥에 있는 선측 외판, 종격벽 또는 내측 종격벽(호퍼 판 포함) 판의 최소 순 두께는 다음으로 주어진다.

$$t_{net} = t_{net-mid}\frac{s}{s_{mid}} \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{net\text{-}mid}$: 선박중앙부 탱크 내의 대응 위치에 대하여 요구되는 순 두께(mm)

s : 고려 중인 위치에서 종통 보강재 사이의 간격(mm)

s_{mid} : 선박중앙부 탱크 내의 대응 위치에서 종통 보강재 사이의 간격(mm)

2.4.5.3 횡격벽 위치에서 선체거더 전단하중에 대한 보강을 위하여 요구되는, 선측 외판, 종격벽 및 호퍼 판을 포함하는 내측 종통 격벽의 판 두께는 **부록 B/1.1.1.6**, **B/1.1.1.7** 및 **B/1.1.1.8**에 의한 요구 값보다 작아서는 아니 된다. 갑판으로부터 0.15D 내에서, 횡격벽 위치의 판 두께는 **2.4.5.1**에 의하여 요구되는 값 이상이어야 한다. 갑판으로부터 0.15D 바깥에서, 횡격벽 위치의 판 두께는 **2.4.5.2**에 의하여 요구되는 값 이상이어야 한다.

2.4.5.4 갑판으로부터 0.15D 바깥의 주어진 높이에서, 선측 외판, 종격벽, 내측 종격벽 및 호퍼 판의 종통 보강재의 치수는, **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 대응하는 수직 위치에 요구되는 값보다 작아서는 아니 된다. 이러한 치수는 화물 구역 내의 모든 탱크에 대하여 유지되어야 한다.

2.4.6 횡격벽 치수의 적용

2.4.6.1 횡격벽 판, 보강재 및 수평 스트링거의 치수는 격벽의 높이 및 폭을 따라서 변할 수 있다. 주어진 높이에서의 치수는, **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크 및 단부 횡격벽의 대응 위치에서 요구되는 최대값보다 작아서는 아니 된다.

2.4.7 1차 지지부재 치수의 적용

2.4.7.1 1차 지지부재의 웨브 두께는 탱크의 길이, 폭 및 높이를 따라서 변할 수 있다. 1차 지지부재의 치수는 **부록 B/1.1.1.5**에 의한 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 대응하

는 위치에 요구되는 값보다 작아서는 아니 된다. 이러한 치수는, 최전방 및 최후방 화물 탱크를 제외한 화물 구역 내의 모든 탱크에 대하여 유지되어야 한다.

2.4.7.2 최전방 및 최후방 탱크 내의 1차 지지부재에 대한 치수 요건은, **8장/2.6.9**에 따른 선박 중앙부 탱크 내의 대응하는 구조 부재의 치수를 조정하여(by scaling) 결정되어야 한다.

2.4.8 구조 상세 및 개구

2.4.8.1 **부록 B/3**의 요건을 만족하는, 1차 구조부재의 구조 상세 및 개구의 배치 및 치수는 화물 탱크 구역 내의 모든 탱크 내의 대응하는 구조 부재에 적용하여야 한다.

3 피로강도

3.1 피로평가

3.1.1 일 반

3.1.1.1 **부록 C** 와 함께, 이 절은 이 규칙에서 규정하는 구조 상세에 대하여 피로 파손에 대한 설계 최소 요건을 규정한다. 중요하다고 생각되는 다른 위치에서의 구조 상세는, 이 규칙에 포함되어 있는 내용과 일관성이 있는 절차를 사용하여 평가할 수 있다.

3.1.1.2 구조 상세 및 배치의 넓은 범위에 적용되는 피로 기준을, 수치 기법을 사용한 피로강도 평가에 사용하여야 한다.

3.1.1.3 **3.4**에 규정한 바와 같이, 구조상세에 따라 공칭응력 방법 또는 핫 스폿 응력 방법을 사용하여 피로해석을 수행하여야 한다.

3.1.1.4 공칭응력 방법에 있어서는, 적용 하중 및 구조요소의 구조 특성값에 기초하여 구조 요소의 응력은 해석적 방법(예: 보 모델) 또는 수치적 방법(예: 거친(coarse) 유한요소 분할)을 사용하여 계산한다.

3.1.1.5 핫 스폿 응력 방법에서는, 피로균열이 발생할 수 있는 위험 위치(핫 스폿)에서의 국부 응력을 수치적 방법(예: 상세 분할 유한요소 해석)에 의하여 계산한다. 해석에서는 연결 형상으로 인한 구조적 불연속 영향은 고려하지만, 용접의 영향은 제외한다.

3.2 피로기준

3.2.1 부식 모델

3.2.1.1 **6장/3.3.7**에 따른 순 두께를 피로 평가에 사용하여야 한다.

3.2.2 하 중

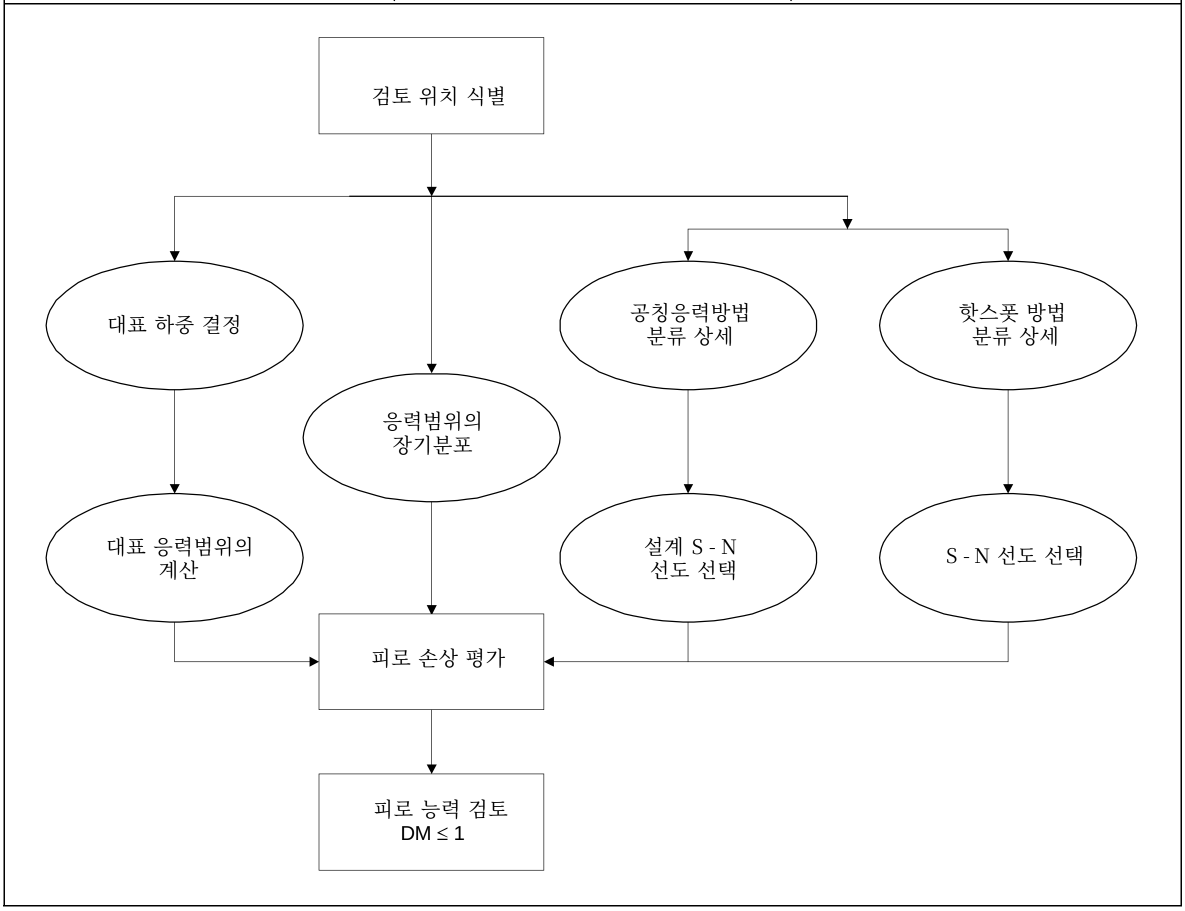
3.2.2.1 **7장/3**에 규정한, 북대서양 파랑 환경에 기초한 하중을 피로 평가에 사용하여야 한다. 슬래밍, 저주기 또는 진동으로 인한 피로와 같이, 선박의 기대 수명에 걸쳐 큰 응력범위 수준을 줄 수 있는 기타의 2차적인 주기 하중은, 비록 이 규칙의 범위 내에 있지는 않지만 특별히 고려할 필요가 있을 수 있다.

3.2.2.2 이 규칙은 하중 적용 및 피로강도 평가 목적을 위하여, 초과 확률 수준 10^{-4}을 가정한다.

3.2.3 허용 기준

3.2.3.1 구조(능력)의 피로강도, 그리고 피로를 일으키는 하중(요구)의 비교로서, **부록 C** 및 이 절에서 규정한 기준은 피로손상 인수 DM 의 형태로 표현한 것이며, **부록 C/1.4.1.1**을 참조한다. 계산한 피로손상 DM 은 선박 설계수명 동안 1 이하이어야 하며, 선박 설계수명은 25년보다 작게 취하여서는 아니 된다.

그림 9.3.1
피로평가 과정의 개략도
(각 위치 또는 구조상세에 대하여)



3.3 적용위치

3.3.1 종통 구조

3.3.1.1 선저, 내저, 선측, 내측, 종격벽 및 강력갑판에 위치하는, 화물 탱크 구역 내의 횡격벽, 제수격벽 및 특설늑골에 붙는 종통 보강재의 단부 연결부에 대하여 피로강도 평가를 수행하여 제출하여야 한다.

3.3.1.2 화물 탱크 구역 내 강력 갑판 상의 블록 연결부 위치의 스켈롭에 대하여 피로강도 평가를 수행하여야 한다.

3.3.2 횡 구조

3.3.2.1 선박 중앙부에 가까운 최소 한 개의 횡 늑골에 대하여 내저 및 호퍼 판 사이의 너클에 대하여 피로강도 평가를 수행하여 제출하여야 한다. 피로 평가를 위한 전체 응력 범위는 상세 분할 유한요소 해석으로부터 결정하여야 한다.

3.4 피로평가 방법

3.4.1 공칭 응력 방법

3.4.1.1 **부록 C/1**에 규정한 공칭 응력 방법은 다음 사항의 피로 계산을 위하여 사용한다.

(a) 선저, 내저, 선측, 내측, 종격벽 및 강력 갑판 상의 횡격벽, 제수격벽 및 특설늑골에 붙는 종통 보강재의 단부 연결부

(b) **부록 C/1.6**에 규정한 블록 연결부 위치의 스켈롭

3.4.2 핫 스폿 응력 방법

3.4.2.1 **부록 C/2**에 규정한 핫 스폿 응력 방법은 다음 사항의 피로 계산을 위하여 사용한다.

(a) 내저 및 호퍼 판 사이의 너클

3.4.3 대안 직접 계산 방법

3.4.3.1 **7/3**에 규정한 하중을 적용하디 않고, 대안 직접 계산 방법을 사용하는 피로 평가가 필요한 경우, 우리 선급과 협의한 절차에 기초하여야 한다. 그러나, 어떠한 경우에도 **3.4.1** 및 **3.4.2**에 의하여 요구되는 치수 이하로 되어서는 아니 된다.

1 일 반

1.1 강도 기준

1.1.1 범 위

1.1.1.1 이 절은 국부 지지부재, 1차 지지부재 및 필러, 파형격벽 및 브래킷과 같은 기타 구조의 좌굴 및 최종 강도에 대한 강도기준을 포함한다. 이러한 기준은 초기 구조 치수 결정을 위한 **8절** 및 설계검증을 위한 **9절**에 규정한 바와 같이 적용하여야 한다.

1.1.1.2 모든 구조 요소는 **2**에 규정된 강성 및 치수비 요건을 만족하여야 한다.

1.1.1.3 각 구조 부재에 대하여 특성 좌굴강도는 가장 불리한 또는 위험한 좌굴 모드로 취하여야 한다.

1.1.1.4 강도 기준은 설계에 있어서 좌굴 및 최종 강도 관리에 대한 다음의 가정과 제한에 기초하여야 한다.

(a) 보강재의 좌굴강도는 보강재가 지지하는 판 패널보다 커야 한다.

(b) 보강재를 지지하는 1차 지지부재는 자신의 면외 좌굴을 방지하기 위한 충분한 단면 2차모멘트를 가져야 하며 **2.3.2.3**을 참조한다.

(c) 인접 유효판을 갖는 모든 보강재는 적절한 횡 좌굴 안정성을 주는 단면 2차 모멘트를 가져야 한다.

(d) 국부 지지부재 및 1차 지지부재의 치수비는 국부 불안정을 방지할 수 있어야 한다.

(e) 1차 지지부재의 트리핑(비틀림 불안정성)은 트리핑 브래킷 또는 동등한 것을 부착하여 방지하여야 한다.

(f) 1차 지지부재의 웨브 판은 보강재 사이의 판의 탄성좌굴을 방지하도록 되어야 한다.

(g) 개구를 가진 판에 대하여, 개구 또는 도려낸 부분 주위의 면적에 대한 좌굴 강도 및 변의 보강은 적절하여야 한다.(**3.4.2** 및 **2.4.3** 참조)

2　강성 및 치수비

2.1　구조 요소

2.1.1　일 반

2.1.1.1　모든 구조 요소는 **2.2** 내지 **2.3**의 적용 가능한 세장비 또는 치수비 요건을 만족하여야 한다.

2.1.1.2　다음 요건은 순 두께에 기초한 것이며, **6장/3**을 참조한다.

2.1.1.3　구조 이상화 및 정의에 대하여는 **4장/2**를 참조한다.

2.2　판 및 국부지지부재

2.2.1　판 패널 및 국부지지부재의 치수비

2.2.1.1　판 패널 및 보강재의 순 두께는 다음 기준을 만족하여야 한다.

(a) 판 패널

$$t_{net} \geq \frac{s}{C}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$$

(b) 보강재 웨브 판

$$t_{w-net} \geq \frac{d_w}{C_w}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$$

(c) 프랜지/면재

$$t_{f-net} \geq \frac{b_{f-out}}{C_f}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$$

여기서,

s : 판 폭(mm)으로서, **4/2.2.1**의 정의대로 보강재 사이의 간격으로 취한다.

t_{net} : 판의 순 두께(mm)

d_w : 보강재 웨브의 깊이(mm)로서 **표 10.2.1**에 주어진다.

t_{w-net} : 순 웨브 두께(mm)

b_{f-out} : 면재 돌출부의 폭(mm)으로서 **표 10.2.1**에 주어진다.

t_{f-net} : 면재의 순 두께(mm)

C, C_w, C_f : 세장비(slenderness) 계수로서 **표 10.2.1**에 주어진다.

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

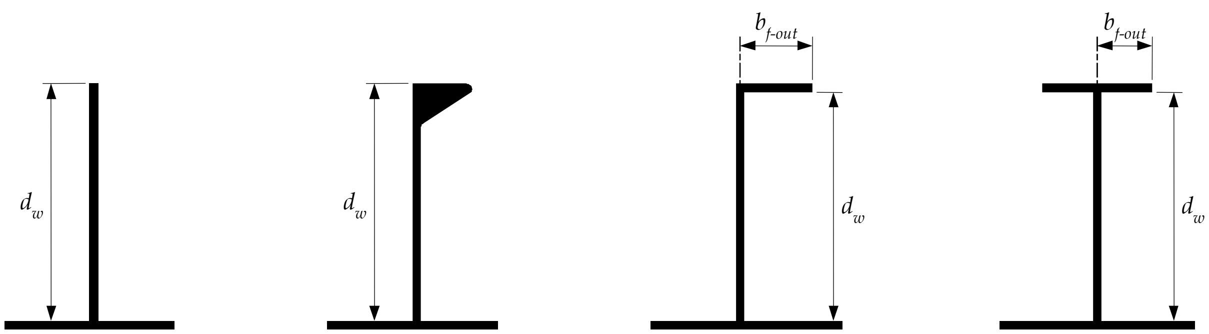
표 10.2.1
세장비(slenderness) 계수

항목		계수
판 패널, C	선체 외곽판(envelope) 및 탱크 경계	100
	그 외 구조	125
보강재 웨브 판, C_w	앵글 및 T 형강	75
	구 평강(bulb profile)	41
	평강	22
플랜지/면재[(1)], C_f	앵글 및 T 형강	12

(비 고)
1. 앵글 및 T 형강에 대하여는, 전 플랜지 폭, b_f은 $b_f = 0.25 d_w$ 이상으로 한다.
2. 폭 및 깊이의 계측은 *4/2.4.1.2* 에 규정한 총 치수에 기초하여야 한다.

여기서,

t_{net} 판의 순 두께(mm)
d_w 웨브 판의 깊이(mm)
$t_{w\text{-}net}$ 순 웨브 두께(mm)
$b_{f\text{-}out}$ 플랜지 돌출부의 폭(mm)
$t_{f\text{-}net}$ 플랜지(면재)의 순 두께(mm)



T 형강

2.2.2 보강재의 강성

2.2.2.1 보강재 간격 s 의 80%인 판의 유효폭을 갖는 각 보강재의 부착판에 평행한 중립축에 관한 최소 순 단면 2차 모멘트 I_{net} 은 다음으로 주어진다.

$$I_{net} = C l_{stf}^2 A_{net} \frac{\sigma_{yd}}{235} \qquad (\text{cm}^4)$$

여기서,

l_{stf} : 유효 지지점 사이의 보강재 길이(m)
A_{net} : 보강재의 순 단면적(cm^2)으로서 0.8 s 의 유효폭을 가정한 부착판을 포함한다.
s : 4/2.2.1에서 정의한 보강재 간격(mm)

σ_{yd} : 부착판의 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

C : 세장비 계수

= 1.43 : 선체거더 응력을 받는 종통재

= 0.72 : 기타 보강재

2.3 1차 지지부재

2.3.1 웨브 및 플랜지/면재의 치수비

2.3.1.1 1차 지지부재의 웨브 및 면재의 순 두께는 다음 기준을 만족하여야 한다.

(a) 웨브 판

$$t_{w-net} \ge \frac{s_w}{C_w}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$$

(b) 플랜지/면재판

$$t_{f-net} \ge \frac{b_{f-out}}{C_f}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}}$$

여기서,

s_w : 판 폭(mm)으로서 웨브 보강재 사이의 간격으로 취한다. 부착판에 나란히 보강된 웨브 판의 경우, 간격은 **부록 D/그림 5.6**에 따라 수정될 수 있다.

$t_{w\text{-}net}$: 순 웨브 두께(mm)

$b_{f\text{-}out}$: 플랜지 돌출부의 폭(mm)

$t_{f\text{-}net}$: 순 플랜지(면재) 두께(mm)

C_w : 웨브 판의 세장계수(slenderness coefficient)

= 100

C_f : 플랜지/면재판의 세장계수(slenderness coefficient)

= 12

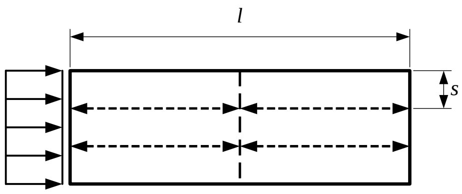
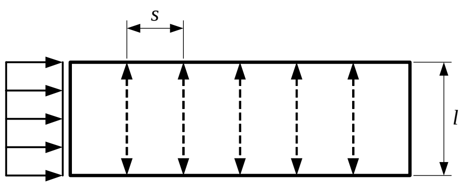
σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

2.3.2 강성 요구

2.3.2.1 웨브 보강재의 웨브 및 플랜지의 순 두께는 **2.2.1**에서 규정한 것 이상이어야 한다.

2.3.2.2 보강재 간격 s 의 80%인 판의 유효 폭을 갖는 각 웨브 보강재의 순 단면 2차 모멘트 I_{net} 는 **표 10.2.2**에 규정한 것 이상이어야 한다.

표 10.2.2
웨브 보강재의 강성기준

모드	단면 2차 모멘트(cm⁴)
(a) 압축 응력에 평행한 웨브 보강재 	$I_{net} = Cl^2 A_{net}\dfrac{\sigma_{yd}}{235}$
(b) 압축응력에 수직한 웨브 보강재 	$I_{net} = 1.14\text{x}10^{-5} l\ s^2 t_{w-net}\left(2.5\dfrac{1000l}{s} - 2\dfrac{s}{1000l}\right)\dfrac{\sigma_{yd}}{235}$

여기서:

C	= 1.43 선체 거더 응력을 받는 종통보강재의 경우 = 0.72 기타 보강재의 경우
l	웨브 보강재의 길이(m) 국부지지부재에 용접된 웨브 보강재에 대하여는, 이 길이는 국부지지부재의 플랜지 사이로 재야 한다. 스닙된 웨브 보강재에 대하여는, 이 길이는 횡(lateral) 지지 사이로 재야 한다. 즉, 모드 (b)에 보인 1차 지지부재의 플랜지 사이의 전 길이.
A_{net}	보강재 간격 s 의 80%인 유효폭을 갖는 부착 판을 포함한 웨브 보강재의 순 단면적, (cm²)
s	**4장/2.2.1**에 정의한 보강재의 간격(mm)
t_{w-net}	1차 지지부재의 순 웨브 두께(mm)
σ_{yd}	1차 지지부재의 웨브 판의 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm²)

2.3.2.3 압축 응력을 받는 보강재를 지지하는, 스팬 중앙에서의 유효 폭을 포함한 1차 지지부재에 대한 단면 2차 모멘트 $I_{prm-net50}$는 다음 식에 의한 것 이상이어야 한다.

$$I_{psm-net50} = 300\frac{l_{bdg}^4}{S^3 s} I_{net} \qquad (\text{cm}^4)$$

여기서,

S : 1차 부재 사이의 간격(m)

l_{bdg} : 1차 부재 사이의 길이(m)

s : 보강재의 간격(mm)

I_{net} : 기둥 좌굴강도를 만족하는 보강재의 관성 모멘트(cm⁴)로서 **2.2.2.1**의 규정에 따른다.

2.3.3 플랜지 지지 또는 트리핑 브래킷 사이의 간격

2.3.3.1 1차 지지부재의 비틀림 좌굴 모드는 플랜지 지지 또는 트리핑 브래킷으로 방지하여야 한다. 1차 지지부재 면재의 지지되지 않은 길이, 즉 트리핑 브래킷 사이의 거리 s_{bkt} 는 다음 값 이하이어야 한다.

$$s_{bkt} = b_f C \sqrt{\frac{A_{f-net50}}{\left(A_{f-net50} + \frac{A_{w-net50}}{3}\right)}\left(\frac{235}{\sigma_{yd}}\right)} \quad \text{(m)}$$

단, $s_{bkt\text{-}min}$ 보다 작을 필요는 없다.

여기서,

b_f : 플랜지의 나비(mm)

C : 세장비 계수

= 대칭인 플랜지 : 0.022

= 단 측 플랜지 : 0.033

$A_{f\text{-}net50}$: 플랜지의 순 단면적(cm^2)

$A_{w\text{-}net50}$: 웨브 판의 순 단면적(cm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

$s_{bkt\text{-}min}$: 화물탱크 구역 내, 탱크 경계 상 또는 외부 갑판을 포함하는 선체외곽 상의 1차 지지부재에 대하여: 3.0 m

기타 구역 내의 1차 지지부재에 대하여: 4.0 m

2.4 기타구조

2.4.1 필러의 치수비

2.4.1.1 I-단면에 대하여, 웨브 판 두께 및 면재 두께는 **2.2.1.1**을 만족하여야 한다.

2.4.1.2 얇은 벽 두께를 갖는 상자형 단면의 두께는 **2.2.1.1(b)**의 규정을 만족하여야 한다. 원형관 단면의 반지름은 필러 순 두께의 50배 미만이어야 한다.

2.4.2 브래킷의 치수비

2.4.2.1 단부 브래킷의 순두께는, **2.4.2.2**에 규정한 것을 제외하고는, 다음 식에 의한 것 이상이어야 한다.

$$t_{bkt-net} = \frac{d_{bkt}}{C}\sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{235}} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

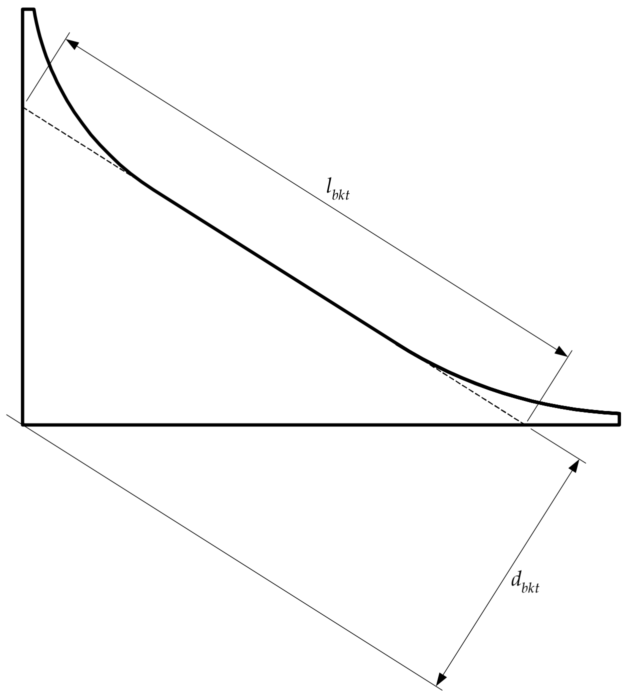
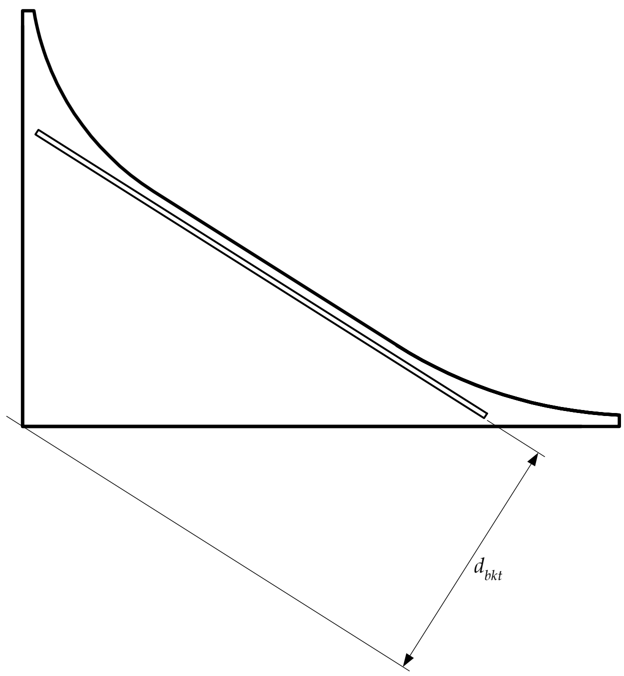
d_{bkt} : 브래킷의 깊이(mm) 로서 **표 10.2.3**에 따른다.

C : **표 10.2.3**에 정의한 세장비 계수

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

2.4.2.2 예를 들어 보이드스페이스에 의하여 둘러싸인 탱크 내의 내부 브래킷 위치와 같이, 인장 응력 만을 받는 것을 입증할 수 있는 경우에는, **2.4.2.1**의 요건을 만족할 필요는 없다.

표 10.2.3
브래킷의 치수비에 대한 좌굴계수 *C*

모드	C
(a) 단부 보강재가 없는 브래킷 	$C = 20\left(\frac{d_b}{l_{bkt}}\right) + 16$ 여기서: $0.25 \le \frac{d_{bkt}}{l_{bkt}} \le 1.0$
(b) 단부 보강재가 있는 브래킷 	$C = 70$
여기서, l_{bkt} 브래킷 변의 유효 길이(mm)	

2.4.2.3 변의 유효 길이 l_{bkt} 가 다음 값을 초과하는 경우, 1차 지지부재 상의 트리핑 브래킷은 플랜지 또는 단부 보강재에 의하여 보강하여야 한다.

$l_{bkt} = 75 t_{bkt-net}$ (mm)

여기서,

$t_{bkt\text{-}net}$: 브래킷 두께(mm)

2.4.3 개구 및 브래킷 변 근처의 변 보강 요건

2.4.3.1 개구 및 브래킷 변 위치의 변 보강재의 보강재 웨브 깊이 d_w 은 다음 식에 의한 것 이상이어야 한다.

$d_w = C l_{stf} \sqrt{\dfrac{\sigma_{yd}}{235}}$ (mm), 단, 50mm 이상이어야 한다.

여기서,

l_{stf} : 유효 지지 사이의 보강재의 길이(m)

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

C : 세장비 계수

단부 브래킷 : 75

트리핑 브래킷: 50

개구 위치의 변 보강: 50

2.4.3.2 웨브 판 및 변 보강재 면재의 순 두께는 **2.2.1**에서 규정하는 값 이상이어야 한다.

3 좌굴 요건 규정

3.1 일 반

3.1.1 범 위

3.1.1.1 이 절은 좌굴 능력의 결정 방법, 좌굴 사용계수 정의 및 판 패널, 보강재 및 1차 지지부재의 좌굴을 억제하기 의하여 필요한 기타 대책을 포함한다.

3.1.1.2 좌굴 사용계수 η 는 다음 기준을 만족하여야 한다.

$$\eta = \eta_{allow}$$

여기서,

η_{allow} : 허용 좌굴 사용계수로서 **8장** 및 **9장**에 정의된다.

η : **3.2.1.1, 3.3.2.2, 3.3.3.1, 3.4.1.1** 및 **3.5.1.1**에 규정한 좌굴 사용계수.

3.1.1.3 구조 이상화 및 정의에 대하여는 **4장/2**도 참조한다. 판 및 보강재의 두께 및 단면 치수비는 적합한 규칙요건에 규정한 대로 취하여야 한다.

3.2 판의 좌굴

3.2.1 판의 1축 좌굴

3.2.1.1 1축 응력에 대한 좌굴 사용계수 η 은 다음과 같이 취한다.

$$\eta = \frac{\sigma_x}{\sigma_{xcr}}$$ x -방향의 압축응력에 대하여

$$\eta = \frac{\sigma_y}{\sigma_{ycr}}$$ y-방향의 압축응력에 대하여

$$\eta = \frac{\tau}{\tau_{cr}}$$ 전단응력에 대하여

여기서,

σ_{x}, σ_{y} : 실제 압축응력(N/mm^2)

τ : 실제 전단응력(N/mm^2)

$\sigma_{xcr}, \sigma_{ycr}$: 임계 전단응력(N/mm^2)으로서, **3.2.1.3**에 정의된다.

τ_{cr} : 임계 전단응력(N/mm^2)으로서, **3.2.1.3**에 정의된다.

3.2.1.2 참조 세장비 정도(degree of slenderness)는 다음으로 취하여야 한다.

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_{yd}}{K \sigma_E}}$$

여기서,

K : 좌굴 계수, **표 10.3.1**을 참조한다.

σ_E : 참조응력(N/mm^2)

$$= 0.9\,E\left(\frac{t_{net}}{l_a}\right)^2$$

E	: 탄성 계수로서, 206 000 N/mm^{2}으로 한다.
t_{net}	: 판 패널의 순 두께(mm)
l_a	: **표 10.3.1**에 정의한 판 패널의 변 길이(mm)
σ_{yd}	: 재료의 규정 최소항복응력(N/mm^2)

3.2.1.3 압축 또는 전단을 받는 판 패널의 임계응력 σ_{xcr}, σ_{ycr} 또는 τ_{cr} 은 각각 다음과 같이 취한다.

$$\sigma_{xcr} = C_x\,\sigma_{yd}$$

$$\sigma_{ycr} = C_y\,\sigma_{yd}$$

$$\tau_{er} = C_\tau\,\frac{\sigma_{yd}}{\sqrt{3}}$$

여기서,

C_x, C_y, C_τ : **표 10.3.1**에 주어진 감소 계수

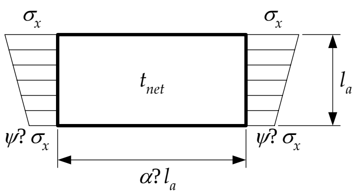
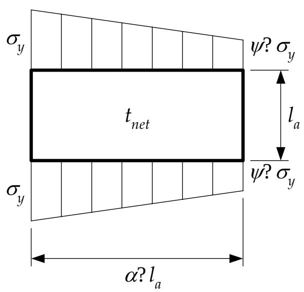
<table>
<tr><th colspan="5">표 10.3.1
평면 판 패널에 대한 좌굴계수 및 감소계수</th></tr>
<tr><th>경우</th><th>응력비 ψ</th><th>종횡비 α</th><th>좌굴계수 K</th><th>감소계수 C</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1

</td><td>$1 \ge \psi \ge 0$</td><td rowspan="3">$a > 1$</td><td>$K = \frac{8.4}{\psi + 1.1}$</td><td rowspan="3">$C_x = 1$ for $\lambda \le \lambda_c$
$C_x = c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$ for $\lambda > \lambda_c$
여기서, $c = (1.25 - 0.12\psi) \le 1.25$
$\lambda_c = \frac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{0.88}{c}}\right)$</td></tr>
<tr><td>$0 > \psi > -1$</td><td>$K = 7.63 - \psi(6.26 - 10\psi)$</td></tr>
<tr><td>$\psi \le -1$</td><td>$K = 5.975(1-\psi)^2$</td></tr>
<tr><td rowspan="5">2

</td><td>$1 \ge \psi \ge 0$</td><td>$a \ge 1$</td><td>$K = \left(1 + \frac{1}{\alpha^2}\right)^2 \frac{2.1}{(\psi + 1.1)}$</td><td rowspan="5">$C_y = c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{R + F^2(H - R)}{\lambda^2}\right)$
여기서, $c = (1.25 - 0.12\psi) \le 1.25$
$R = \lambda(1 - \lambda / c)$ for $\lambda < \lambda_c$
$R = 0.22$ for $\lambda \ge \lambda_c$
$\lambda_c = 0.5c\left(1 + \sqrt{1 - 0.88 / c}\right)$
$F = \left(1 - \left(\frac{K}{0.91} - 1\right) / \lambda_p^2\right)c_1 \ge 0$
$\lambda_p^2 = \lambda^2 - 0.5$ 및 $1 \le \lambda_p^2 \le 3$
$c_1 = 1$;직접하중으로 인한 σ_y (3)
$c_1 = (1 - 1 / a) \ge 0$; 굽힘으로 인한 σ_y(일반적으로) (2)
$c_1 = 0$; 극한 하중상태의 굽힘으로 인한 σ_y
$H = \lambda - \frac{2\lambda}{c(T + \sqrt{T^2 - 4}} \ge R$
$T = \lambda + \frac{14}{15\lambda} + \frac{1}{3}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$0 > \psi > -1$</td><td>$1 \le a \le 1.5$</td><td>$K = \left[1 + \frac{1}{\alpha^2}\right]^2 \frac{2.1(1+\psi)}{1.1}$
$- \frac{\psi}{\alpha^2}(13.9 - 10\psi)$</td></tr>
<tr><td>$a > 1.5$</td><td>$K = \left[1 + \frac{1}{\alpha^2}\right]^2 \frac{2.1(1+\psi)}{1.1}$
$- \frac{\psi}{\alpha^2}(5.87 + 1.87\alpha^2$
$+ \frac{8.6}{a^2} - 10\psi)$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$\psi \le -1$</td><td>$1 \le a \le \frac{3(1-\psi)}{4}$</td><td>$K = \left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^2 5.975$</td></tr>
<tr><td>$a > \frac{3(1-\psi)}{4}$</td><td>$K = \left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^2 3.9675$
$+ 0.5375\left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^4 + 1.87$</td></tr>
</table>

표 10.3.1 (계속)
평면 판 패널에 대한 좌굴계수 및 감소계수

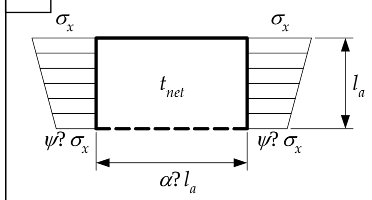
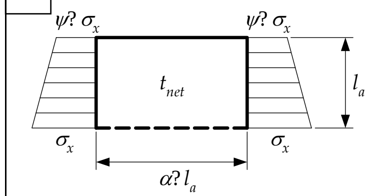
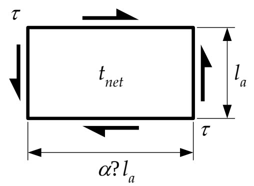
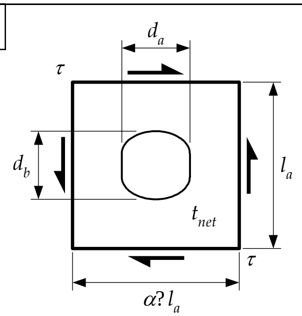
경우	응력비 ψ	종횡비 α	좌굴계수 K	감소계수 C
3 	$1 \geq \psi \geq 0$	$\alpha > 0$	$K = \dfrac{4(0.425 + 1/a^2)}{3\psi + 1}$	$C_x = 1 \quad ; \ \lambda \leq 0.7$ $C_x = \dfrac{1}{\lambda^2 + 0.51} \quad ; \ \lambda > 0.7$
	$0 > \psi \geq -1$		$K = 4\,(0.425 + 1/\alpha^2)\,(1+\psi) - 5\,\psi\,(1 - 3.42\,\psi)$	
4 	$1 \geq \psi \geq -1$	$\alpha > 0$	$K = \left(0.425 + \dfrac{1}{a^2}\right)\dfrac{3-\psi}{2}$	
5 	-		$K = K_\tau\,\sqrt{3}$	$C_\tau = 1 \quad ; \ \lambda \leq 0.84$ $C_\tau = \dfrac{0.84}{\lambda} \quad ; \ \lambda > 0.84$
		$\alpha \geq 1$	$K_\tau = \left[5.34 + \dfrac{4}{a^2}\right]$	
		$0 < \alpha < 1$	$K_\tau = \left[4 + \dfrac{5.34}{a^2}\right]$	
6 	-		$K = K' r$ K' = 경우 5에 따른 K r = 개구 감소계수 $r = \left(1 - \dfrac{d_a}{al_a}\right)\left(1 - \dfrac{d_b}{l_a}\right)$ $\dfrac{d_a}{al_a} \leq 0.7$ and $\dfrac{d_b}{l_a} \leq 0.7$	

표 10.3.1 (계속)
평면 판 패널에 대한 좌굴계수 및 감소계수

여기서,

ψ : 경우 1-4에 대하여 보인 최소 및 최대 압축응력 사이의 비

l_a : 경우 1 및 2에 대하여 판 패널의 짧은 변 길이(mm)

l_a : 경우 3, 4, 5 및 6에 대하여 정의한 판 패널의 변 길이(mm)

a : 판 패널의 종횡비

변 경계 조건:

\- - - - - - - - - 판 변 자유

———— 판 변 단순지지

(비 고)

(1) 열거한 경우는 일반적인 경우이다. 각 응력 성분(σ_x, σ_y) 은 국부 좌표계에서 이해되어야 한다.

(2) 굽힘(일반적인)으로 인한 c_l 은 큰 구조 내에 통합되어 있는 판 패널의 직선 변(균일 변위)에 해당한다.
이 값은 선체거더 좌굴 및 개구 주위의 1차 지지부재의 웨브 판의 좌굴에 적용하여야 한다.

(3) 직접 하중에 대한 c_l 은, 비 직선의 변이 될 수 있는 풀인(pull-in)이 제한되지 않는 변을 갖는 판 패널에 해당한다.

3.3 보강재의 좌굴

3.3.1 임계압축응력

3.3.1.1 보강재의 좌굴 사용계수는 **3.3.2** 및 **3.3.3**에 주어진 기둥 및 비틀림 좌굴 모드의 최대값으로 취하여야 한다.

3.3.2 기둥 좌굴 모드

3.3.2.1 보강재는, **3.3.2.2**에 주어진 기둥 좌굴 모드에 대하여 허용 좌굴 사용계수 η_{allow} 을 갖고 검증되어야 하며 **3.1.1.2**를 참조한다. 횡 압력을 받지 않고 **3.3.2.4**를 만족하는 순 관성 모멘트를 갖는 보강재는 허용 가능한 기둥좌굴 강도를 갖고 있으며, **3.3.2.2**에 대하여 검증할 필요는 없다.

3.3.2.2 보강재의 기둥좌굴에 대한 좌굴사용계수는 다음과 같이 취하여야 한다.

$$\eta = \frac{\sigma_x + \sigma_b}{\sigma_{yd}}$$

여기서,

σ_x : 보강재의 스팬 중앙 위치에서, 보강재의 압축 축응력(N/mm^2). **3장/5.2.3.1**을 참조한다.

σ_b : **3.3.2.3**에 따른 보강재의 스팬 중앙에서의 굽힘응력(N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

3.3.2.3 보강재의 굽힘응력 σ_b (N/mm^2)은 다음과 같다.

$$\sigma_b = \frac{M_o + M_1}{1000\, Z_{net}}$$

여기서,

Z_{net} : **3.3.4.1**에 따른, 판 유효폭을 포함한 보강재의 순 단면계수(cm^3)

a) 보강재에 면외압력이 작용하는 경우:

면외압력이 보강재와 같은 측에 작용하는 경우, Z_{net} 은 플랜지에서 계산된 단면계수이다.

면외압력이 보강재의 반대 측에 작용하는 경우, Z_{net} 은 부착 판에서 계산된 단면계수이다.

b) 보강재에 면외압력이 작용하지 않는 경우:

Z_{net} 은 플랜지 및 부착 판에서 계산된 것 중 최소 단면계수이다.

M_1 : 횡 하중 P 로 인한 굽힘 모멘트(Nmm)

$$= \frac{P s l_{stf}^2}{24} 10^3$$

P : 횡 하중(kN/m^2)

s : **4장/2.2.1**에 정의한 보강재 간격(mm)

l_{stf} : 보강재의 스팬(m)으로서, 1차 지지부재 간의 간격과 같다.

M_0 : 보강재의 횡 변위 w 로 인한 굽힘 모멘트(Nmm)

$$= F_E \left(\frac{P_z\, w}{c_f - P_z} \right) \qquad \text{여기서, } (c_f - P_z) > 0$$

F_E : 보강재의 이상 탄성좌굴 하중 (N)

$$= \left(\frac{\pi^2}{l_{stf}^{\;2}} \right) E\, I_{net}\, 10^{-2}$$

E : 탄성계수로서 206 000(N/mm^2)로 한다.

I_{net} : **3.3.4.1**에 따른 부착 판의 유효 폭을 포함하는 보강재의 관성 모멘트(cm^4). I_{net} 은 다음 요건을 만족하여야 한다.

$$I_{net} \ge \frac{s\, t_{net}^{\;3}}{12} 10^{-4}$$

t_{net} : 판 플랜지의 순 두께(mm)로서, 두 부착 판 패널의 평균 두께로 취한다.

P_z : 보강재 스팬 중앙 위치의 부착 판 내의 막 응력 σ_x, σ_y 및 τ_1 때문에 보강재에 작용하는 공칭 횡 하중(N/mm^2)

$$= \frac{t_{net}}{s} \left(\sigma_{xl} \left(\frac{\pi\, s}{1000\, l_{stf}} \right)^2 + 2\, c_y\, \sigma_y + \sqrt{2}\, \tau_1 \right)$$

$$\sigma_{xl} = \sigma_x \left(1 + \frac{A_{net}}{s\, t_{net}} \right) \qquad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

$$\tau_1 = \left[\tau - t_{net} \sqrt{\sigma_{yd}\, E \left(\frac{m_1}{(1000\, l_{stf})^2} + \frac{m_2}{s^2} \right)} \right] \ge 0$$

m_1 및 m_2 은 다음과 같다.

$m_1 = 1.47 \quad m_2 = 0.49$, $\dfrac{1000\, l_{stf}}{s} \ge 2.0$ 인 경우

$m_1 = 1.96 \quad m_2 = 0.37$, $\dfrac{1000\, l_{stf}}{s} < 2.0$ 인 경우

σ_x : 보강재 스팬 중앙 위치에서의 보강재의 압축 축 응력(N/mm^2). 3장/5.2.3.1 참조

A_{net} : 부착 판을 제외한 보강재의 순 단면적(mm^2)

c_y : 보강재 축에 직각으로 작용하는 부착 판 내의 막 응력을 고려한 계수

$= 0.5\,(1+\psi)$, $0 \le \psi \le 1$ 인 경우

$= \dfrac{0.5}{1-\psi}$, $\psi < 0$ 인 경우

ψ : **표 10.3.1**에 따른 경우 2에 대한 변 응력비

σ_y : 보강재 축에 직각으로 작용하는 부착 판 내의 막 압축 응력(N/m^2)

τ : 부착 판 내의 전단 막 응력(N/mm^2)

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

w : 보강재의 변위(mm)

$= w_0 + w_1$

w_0 : 가정 초기변위(imperfection)(mm)

$$= \min\left[\frac{1000\, l_{stf}}{250},\ \frac{s}{250},\ 10\right]$$

양단에서 스닙된 보강재에 대하여, w_0 은 부착 판의 중앙점으로부터, 3.3.4.1에 따라 부착 판의 유효 폭을 갖고 계산된 보강재의 중립축까지의 거리보다 작게 취하여서는 아니 된다.

w_1 : 횡 하중 P 로 인한 보강재 스팬 중앙점에서의 보강재의 변위(mm). 균일 분포하중의 경우, w_1은 다음과 같다.

$$= \frac{P\, s\, l_{stf}^{\ 4}}{384 \cdot E\, I_{net}} 10^5$$

c_f : 보강재에 의한 탄성 지지(N/mm^2)

$$= F_E \frac{\pi^2}{l_{stf}^{\ 2}} (1 + c_p) 10^{-6}$$

$$c_p = \frac{1}{1 + \dfrac{0.91}{c_a}\left(\dfrac{12\, I_{net} 10^4}{s\, t_{net}^{\ 3}} - 1\right)}$$

$$c_a = \left[\frac{1000\, l_{stf}}{2s} + \frac{2s}{1000\, l_{stf}}\right]^2 \quad , \quad l_{stf} \geq \frac{2s}{1000} \text{ 인 경우}$$

$$c_a = \left[1 + \left(\frac{1000\, l_{stf}}{2s}\right)^2\right]^2 \quad , \quad l_{stf} < \frac{2s}{1000} \text{ 인 경우}$$

3.3.2.4 횡 압력을 받지 않는 보강재는, 순 관성 모멘트(cm^4)가 다음 요건을 만족하는 경우, **3.3.2.2**의 요건을 만족하는 것으로 본다.

$$I_{net} \geq 100 \frac{P_z\, l_{stf}^{\ 2}}{\pi^2} \left[\frac{w_o\left(e_f - 0.5 t_{f-net}\right)}{\eta_{allow}\sigma_{yd} - \sigma_x} + \frac{l_{stf}^{\ 2}}{E \pi^2} 10^6\right]$$

여기서,

e_f : 판과의 연결점(**그림 10.3.1**에 보인 C)으로부터 플랜지의 중심까지 거리(mm)

$= (d_w - 0.5 t_{f-net})$, 구평강(bulb flat)에 대하여

$= (d_w + 0.5 t_{f-net})$, 형강 및 T 형강에 대하여

d_w : **그림 10.3.1**에 보인 웨브 판의 깊이(mm)

$t_{f\text{-}net}$: 순 플랜지 두께(mm)

η_{allow} : **8절** 및 **9절**에 정의한 허용 좌굴 사용계수

㈜

다른 인자들은 **3.3.2.3**에 정의된다.

3.3.3 비틀림 좌굴 모드

3.3.3.1 비틀림 좌굴 모드는 허용 좌굴사용계수 η_{allow} 에 대하여 검증되어야 한다. 보강재의 비틀림 좌굴에 대한 좌굴사용계수는 다음으로 취한다.

$$\eta = \frac{\sigma_x}{C_T \sigma_{yd}}$$

여기서,

σ_x : 보강재 스팬 중앙 위치에서의 보강재의 압축 축 응력(N/mm^2)(3장/5.2.3.1 참조)

C_T : 비틀림 좌굴계수

$= 1.0$, $\lambda_T \le 0.2$ 인 경우

$= \dfrac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_T^2}}$, $\lambda_T > 0.2$ 인 경우

$\Phi = 0.5(1 + 0.21(\lambda_T - 0.2) + \lambda_T^2)$

λ_T : 비틀림 좌굴에 대한 참조 세장비 정도(degree of slenderness)

$= \sqrt{\dfrac{\sigma_{yd}}{\sigma_{ET}}}$

σ_{ET} : 비틀림 좌굴에 대한 참조 응력(N/mm^2)

$$= \frac{E}{I_{p-net}}\left(\frac{\varepsilon \pi^2 I_{\omega-net} 10^{-4}}{l_t^2} + 0.385 I_{T-net}\right)$$

$I_{P-net}, I_{T-net}, I_{\omega-net}$ 에 대하여는 **그림 10.3.1** 및 **표 10.3.2**를 참조한다.

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

E : 탄성 계수로서, 206 000(N/mm^2)으로 한다.

I_{P-net} : **그림 10.3.1**에 보인 점 C 에 관한 보강재의 순 극관성 모멘트(cm^4)

I_{T-net} : 보강재의 순 상브난(St. Venant) 관성 모멘트(cm^4)

$I_{\omega-net}$: **그림 10.3.1**에 보인 점 C 에 관한 보강재의 순 섹터(sectorial) 관성 모멘트(cm^6)

ε : 고정도

$$= 1 + 100\sqrt{\frac{l_t^4}{I_{\omega-net}\left(\dfrac{s}{t_{net}^3} + \dfrac{4(e_f - 0.5t_{f-net})}{3t_{w-net}^3}\right)}}$$

l_t : 비틀림 좌굴 길이(m)로서, 트리핑 지지 사이의 거리와 같게 취한다.

d_w : 웨브 판의 깊이(mm)

t_{w-net} : 순 웨브 두께(mm)

b_f : 플랜지 폭(mm)

t_{f-net} : 순 플랜지 두께(mm)

e_f : 판 과의 연결점(**그림 10.3.1**의 **C**)으로부터 플랜지 중심까지 거리(mm)

$= (d_w - 0.5 t_{f-net})$, 구평강에 대하여

$= (d_w + 0.5 t_{f-net})$, 형강 및 T 형강에 대하여

A_{w-net} : 순 웨브 면적(mm^2)

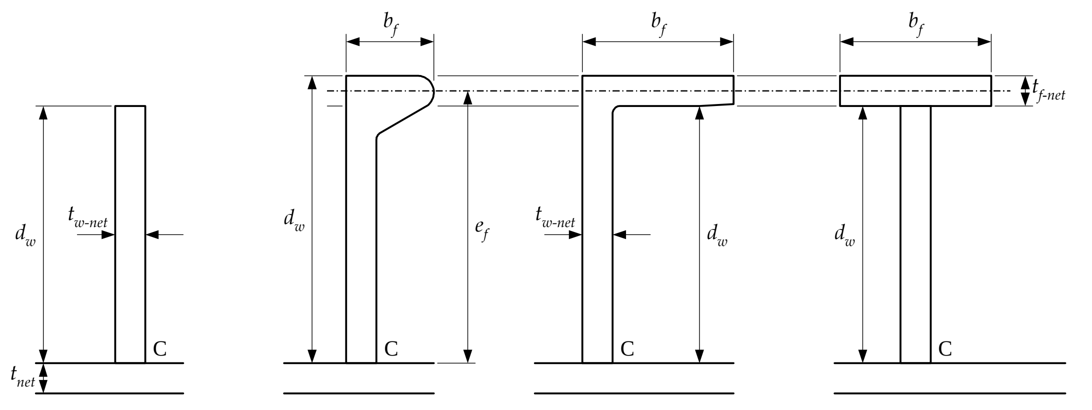
$= (e_f - 0.5 t_{f-net}) t_{w-net}$

A_{f-net} : 순 플랜지 면적(mm^2)

$= b_f \, t_{f-net}$

s : **4장/2.2.1**에 정의한 보강재 간격(mm)

그림 10.3.1
보강재 단면



(비 고)
1. 폭 및 깊이 측정은 **4장/2.4.1.2**에 규정한 총 치수에 기초한다.
2. 구평강에 대한 특성 플랜지 자료는 **부록 C**/**표 C.1.2**에 주어진다.

표 10.3.2 관성 모멘트		
단면 특성값	**평강**	**구평강, 형강 및 T 형강**
I_{P-net}	$\dfrac{d_w^3\, t_{w-net}}{3\text{x}10^4}$	$\left(\dfrac{A_{w-net}(e_f-0.5t_{f-net})^2}{3}+A_{f-net}\,e_f^2\right)10^{-4}$
I_{T-net}	$\dfrac{d_w t_{w-net}^3}{3\text{x}10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_{w-net}}{d_w}\right)$	$\dfrac{(e_f-0.5t_{f-net})t_{w-net}^3}{3\text{x}10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_{f-net}}{e_f-0.5t_{f-net}}\right)$ $+$ $\dfrac{b_f\, t_{f-net}^3}{3\text{x}10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_{f-net}}{b_f}\right)$
$I_{\omega-net}$	$\dfrac{d_w^3\, t_{w-net}^3}{36\text{x}10^6}$	구평강 및 형강에 대하여: $\dfrac{A_{f-net}\,e_f^2\,b_f^2}{12\text{x}10^6}\left(\dfrac{A_{f-net}+2.6A_{w-net}}{A_{f-net}+A_{w-net}}\right)$ T 형강에 대하여: $\dfrac{b_f^3\,t_{f-net}\,e_f^2}{12\text{x}10^6}$

3.3.4 부착 판의 유효 폭

3.3.4.1 일반 보강재의 부착 판의 유효폭은 다음으로 취한다.

$$b_{eff}=\min\left(C_x s,\ \ \chi_s s\right)$$

여기서,

$$\chi_s=0.0035\left(\frac{1000\ l_{stf}}{s}\right)^3-0.0673\left(\frac{1000\ l_{stf}}{s}\right)^2+0.4422\left(\frac{1000\ l_{stf}}{s}\right)-0.0056\ \leq\ 1.0$$

s : **4장/2.2.1**에서 정의한 보강재 간격(mm)

C_x : **표 10.3.1**의 경우 1에 따른, 두 부착 판 패널의 좌굴에 대한 평균 감소계수

l_{stf} : 보강재의 스팬(m)으로, 1차 지지부재 사이의 간격과 같다.

3.4 1차 지지부재

3.4.1 개구 위치에서 1차 지지부재의 웨브 좌굴

3.4.1.1 개구를 갖는 1차 지지부재의 웨브 판은 좌굴에 대하여 조합 축 압축 및 전단 응력에 기초하여 평가하여야 한다. 개구에 인접한 양 측의 웨브 판은 **표 10.3.3**에 보인 바와 같이 보강되지 않은 개별 판 패널로 간주하여야 한다. 좌굴 사용계수 η 은 다음과 같이 취한다.

$$\eta = \left(\frac{|\sigma_{av}|}{C\,\sigma_{yd}}\right)^{e} + \left(\frac{|\tau_{av}|\sqrt{3}}{C_\tau \sigma_{yd}}\right)^{e_\tau}$$

여기서,

σ_{av} : **표 10.3.1**의 경우 1, 2 또는 3에 따라, 고려 중인 웨브 판 면적 내의 평균 압축응력(N/mm²)

τ_{av} : **표 10.3.1**의 경우 5 또는 6에 따라, 고려 중인 웨브 판 면적 내의 평균 전단응력(N/mm²)

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm²)

$e = 1 + C^4$: 압축 응력에 대한 지수

$e_\tau = 1 + C\,C_\tau^2$: 전단 응력에 대한 지수

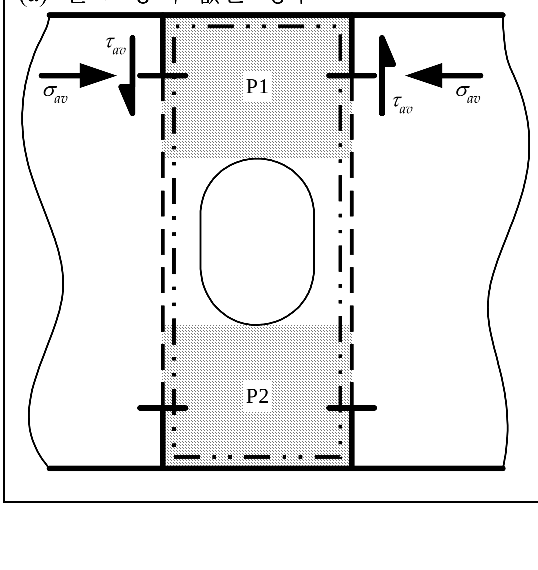
$C = C_x$: **표 10.3.1**의 경우 1 또는 3에 따른 감소계수

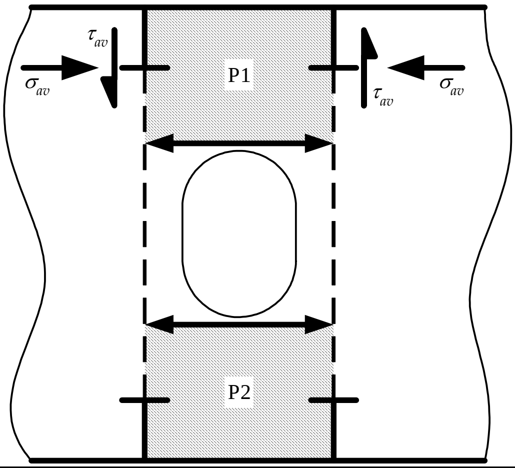
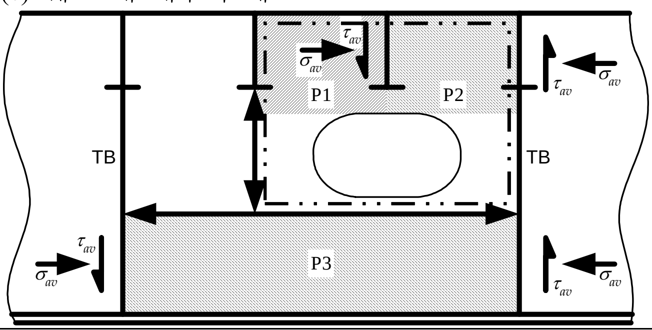
$C = C_y$: **표 10.3.1**의 경우 2에 따른 감소계수

C_τ : **표 10.3.1**의 경우 5 또는 6에 따른 감소계수

3.4.1.2 개구에 인접한 웨브 판 패널의, C_τ 와 조합한 감소계수 C_x 또는 C_y 는 **표 10.3.3**과 같이 취한다.

표 10.3.3
감소계수

모드	C_x, C_y	C_τ
(a) 변 보강이 없는 경우  	변 응력비 $\psi = 1.0$ 을 가지고, **표 10.3.1**의 경우 3을 사용하여 면적 P1 및 P2에 대하여 별도의 감소계수를 적용하여야 한다.	다음과 같이 표시된 면적에 대하여, **표 10.3.1**의 경우 6을 사용하여 면적 P1 및 P2에 대하여 공통 감소계수를 적용하여야 한다. 

<table>
<tr><th colspan="3">표 10.3.3 (계속)
감소계수</th></tr>
<tr><th>모드</th><th>C_x, C_y</th><th>C_τ</th></tr>
<tr><td>(b) 변 보강이 있는 경우

</td><td>응력비 $\psi = 1.0$ 을 가지고, 표 10.3.1의 경우 1에는 C_x 을, 경우 2에는 C_y 를 사용하여, 면적 P1 및 P2에 대하여 별도의 감소계수를 적용하여야 한다.</td><td>표 10.3.1의 경우 5를 사용하여 면적 P1 및 P2에 대하여 공통 감소계수를 적용하여야 한다.</td></tr>
<tr><td>(c) 웨브 내 개구의 예

</td><td colspan="2">패널 P1 및 P2는 (a)에 따라서 평가하여야 한다. 패널 P3는 (b)에 따라 평가하여야 한다.</td></tr>
<tr><td colspan="3">(비 고)
좌굴에 대하여 고려해야 하는 개구 주위의 웨브 패널은 음영 표시 및 P1, P2 등으로 번호가 매겨져 있다.</td></tr>
</table>

3.5 기타구조

3.5.1 스트러트, 필러 및 크로스타이

3.5.1.1 축 방향 압축을 받는 스트러트, 필러 및 크로스타이에 대한 임계 좌굴응력은 기둥 및 비틀림 임계 좌굴응력 중 작은 값으로 취한다. 좌굴 사용계수 η 은 다음과 같다.

$$\eta = \frac{\sigma_{av}}{\sigma_{cr}}$$

여기서,

σ_{av} : 부재 내의 평균 축 압축 응력(N/mm^2)

σ_{cr} : **3.5.1.2**에 따른 최소 임계좌굴응력(N/mm^2)

3.5.1.2 각 모드에 대한 압축 임계 좌굴응력 σ_{cr} 은 다음과 같다.

$\sigma_{cr} = \sigma_E$, $\sigma_E \le 0.5\sigma_{yd}$ 인 경우

$$\sigma_{cr} = \left(1 - \frac{\sigma_{yd}}{4\sigma_E}\right)\sigma_{yd} \quad , \ \sigma_E > 0.5\sigma_{yd} \quad \text{인 경우}$$

여기서,

σ_E : 각 좌굴 모드에 대하여 주어진 탄성 압축 좌굴응력(N/mm^2). **3.5.1.3** 내지 **3.5.1.5** 를 참조한다.

σ_{yd} : 재료의 규정 최소항복응력(N/mm^2)

3.5.1.3 축 압축을 받는 필러의 탄성 압축 기둥좌굴응력 σ_E 은 다음과 같다.

$$\sigma_E = 0.001 E f_{end} \frac{I_{net50}}{A_{pill-net50} l_{pill}^2} \qquad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

여기서,

I_{net50} : 단면의 가장 약한 축에 관한 순 관성 모멘트(cm^4)

$A_{pill-net50}$: 필러의 순 단면적(cm^2)

f_{end} : 단부 지지 계수:

1.0, 양단이 핀(pin) 지지인 경우

2.0, 일단은 핀 지지, 타단은 고정인 경우

4.0, 양단이 고장인 경우

유효한 브래킷이 부착되어 있는 경우, 필러는 고정으로 볼 수 있다. 이러한 브래킷은 필러보다 더 큰 굽힘 강성을 갖는 구조부재에 의하여 지지되어야 한다.

E : 탄성 계수로서, 206 000(N/mm^2)으로 한다.

l_{pill} : 필러의 비 지지 길이(m)

3.5.1.4 필러의 축 압축에 관한 탄성 비틀림 좌굴응력 σ_{ET} 은 다음으로 취한다.

$$\sigma_{ET} = \frac{G I_{sv-net50}}{I_{pol-net50}} + \frac{0.001 f_{end} E c_{warp}}{I_{pol-net50} l_{pill}^2} \qquad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

여기서,

G : 전단 탄성계수

$$= \frac{E}{2(1+\upsilon)}$$

E : 탄성계수로서, 206000(N/mm^2)으로 한다.

v : 포아송 비, 0.3

$I_{sv-net50}$: 순 상브난(St. Venant) 관성 모멘트(cm^4)로서 **표 10.3.4**을 참조한다.

$I_{pol-net50}$: 단면의 전단중심에 관한 순 극 관성 모멘트 (cm^4)

$$= I_{y-net50} + I_{z-net50} + A_{net50}\left(y_0^2 + z_0^2\right)$$

f_{end} : 단부 구속 계수

양단이 핀 지지인 경우 : 1.0

일 단은 핀, 타 단은 고정인 경우 : 2.0

양단이 고정인 경우 : 4.0

c_{warp} : 워핑(Warping) 정수 (cm^4)로서 표 **10.3.4**을 참조한다.

l_{pill} : 필러의 보강되지 않은 길이(m)

y_0 : 단면 중심에 대한 상대적인 전단 중심의 위치(cm)로서 표 **10.3.4**를 참조한다.

z_0 : 단면 중심에 대한 상대적인 전단 중심의 위치(cm))로서 표 **10.3.4**를 참조한다.

A_{net50} : 단면적(cm^2)

$I_{y\text{-}net50}$: y 축에 관한 순 단면 2차 모멘트(cm^4)

$I_{z\text{-}net50}$: z 축에 관한 순 단면 2차 모멘트(cm^4)

3.5.1.5 단면중심과 전단중심이 일치하지 않는 단면에 대하여는, 비틀림 및 기둥 좌굴 모드 사이의 상호작용을 검토하여야 한다. 축 압축에 관한 탄성 비틀림/기둥 좌굴응력 σ_{ETF} 은 다음 식으로 취한다.

$$\sigma_{ETF} = \frac{1}{2\zeta}\left[(\sigma_E + \sigma_{ET}) - \sqrt{(\sigma_E + \sigma_{ET})^2 - 4\zeta\sigma_E\sigma_{ET}}\right]$$

여기서,

$$\zeta = 1 - \frac{z_0^2 A_{net50}}{I_{pol-net50}}$$

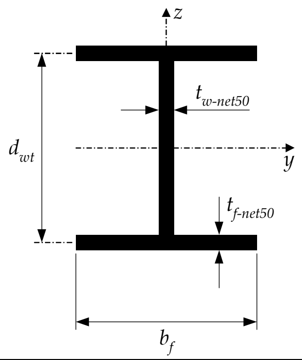
z_0 : 단면 중심에 대한 상대적인 전단 중심의 위치(cm)로서 표 **10.3.4**를 참조한다.

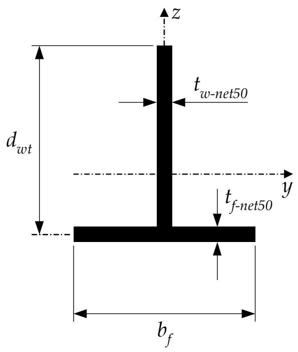
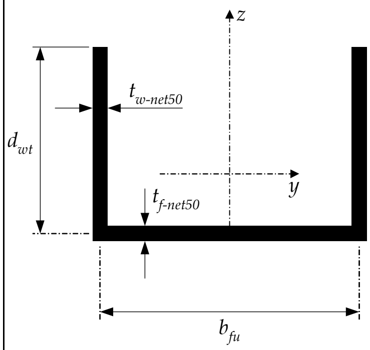
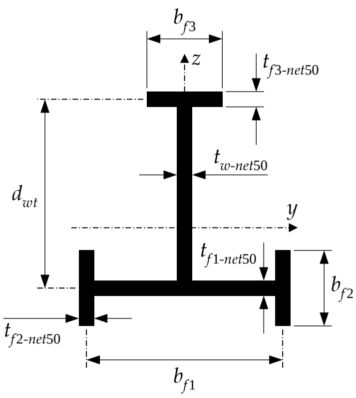
A_{net50} : 순 단면적(cm^2)

$I_{pol\text{-}net50}$: **3.5.1.4**에 정의한 단면의 전단중심에 관한 순 극 관성모멘트

σ_{ET} : 탄성 비틀림 좌굴응력으로서 **3.5.1.4**의 규정에 따른다.

σ_E : 탄성 기둥 좌굴응력으로서 **3.5.1.3**의 규정에 따른다.

표 10.3.4 **단면 특성**	
이중대칭 단면	
	$I_{sv-net50} = \frac{1}{3}\left(2b_f t_{f-net50}^3 + d_{wt} t_{w-net50}^3\right)10^{-4}$ cm^4
	$c_{warp} = \frac{d_{wt}^2 b_f^3 t_{f-net50}}{24} 10^{-6}$ cm^6

<table>
<tr><th colspan="2">표 10.3.4 (계속)
단면 특성</th></tr>
<tr><th colspan="2">단일대칭 단면</th></tr>
<tr><td rowspan="2">
</td><td>$I_{sv-net50} = \frac{1}{3}\left(b_f t_{f-net50}^3 + d_{wt} t_{w-net50}^3\right)10^{-4}$ (cm^4)</td></tr>
<tr><td>$y_0 = 0$ (cm)
$z_0 = -\frac{0.5 d_{wt}^2 t_{w-net50}}{d_{wt} t_{w-net50} + b_f t_{f-net50}} 10^{-1}$ (cm)
$c_{warp} = \frac{b_f^3 t_{f-net50}^3 + 4 d_{wt}^3 t_{w-net50}^3}{144} 10^{-6}$ (cm^6)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">
</td><td>$I_{sv-net50} = \frac{1}{3}\left(b_{fu} t_{f-net50}^3 + 2 d_{wt} t_{w-net50}^3\right)10^{-4}$ (cm^4)</td></tr>
<tr><td>$y_0 = 0$ (cm)
$z_0 = -\frac{d_{wt}^2\ t_{w-net50} 10^{-1}}{2d_{wt}\ t_{w-net50} + b_f\ t_{f-net50}} - \frac{0.5\ d_{wt}^2\ t_{w-net50} 10^{-1}}{d_{wt}\ t_{w-net50} + b_{fu}\ t_{f-net50}/6}$ (cm)
$c_{warp} = \frac{b_{fu}^2 d_{wt}^3 t_{w-net50}\left(3d_{wt} t_{w-net50} + 2b_{fu} t_{f-net50}\right)}{12\left(6d_{wt} t_{w-net50} + b_{fu} t_{f-net50}\right)} 10^{-6}$ (cm^6)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">
</td><td>$I_{sv-net50} = \frac{1}{3}\left(b_{f1} t_{f1-net50}^3 + 2b_{f2} t_{f2-net50}^3 + b_{f3} t_{f3-net50}^3 + d_{wt} t_{w-net50}^3\right)10^{-4}$ (cm^4)</td></tr>
<tr><td>$y_0 = 0$ (cm)
$z_o = z_s - \frac{(b_{f3}\ d_{wt}\ t_{f3-net50} + 0.5 d_{wt}^2\ t_{w-net50})10^{-1}}{d_{wt}\ t_{w-net50} + b_{f1}\ t_{f1-net50} + 2b_{f2}\ t_{f2-net50} + b_{f3}\ t_{f3-net50}}$ (cm)
$c_{warp} = \left(I_{f1}\ z_o^2 + \frac{I_{f2}\ b_{f1}^2}{2} + I_{f3}\ (d_{wt} - z_o)^2\right)10^{-2}$ (cm^6)
$I_{f1} = \left(\frac{(b_{f1} - t_{f2\text{-net50}})^3\ t_{f1-net50}}{12} + \frac{b_{f2}\ t_{f2-net50}\ b_{f1}^2}{2}\right)10^{-4}$ (cm^4)
$I_{f2} = \frac{b_{f2}^3\ t_{f2-net50}}{12} 10^{-4}$ (cm^4)
$I_{f3} = \frac{b_{f3}^3\ t_{f3-net50}}{12} 10^{-4}$ (cm^4)
$z_s = \frac{I_{f3}\ d_{wt}}{I_{f1} + I_{f3}} 10^{-1}$ (cm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">(비 고)
모든 치수는 mm 이다.</td></tr>
</table>

3.5.2 파형 격벽

3.5.2.1 파형격벽의 단위 플랜지의 국부좌굴은 **표 10.3.1**에 보인 경우 1에 대하여 응력비 ψ = 1.0을 적용하여, **3.2.1.1**에 따라 방지되어야 한다.

3.5.2.2 축 압축을 받는 파형 격벽의 전체 좌굴 파손 모드는 **3.5.1**에 따라 기둥좌굴에 대하여 검토되어야 한다. 파형 깊이의 2배를 초과하는 폭을 갖는 스툴 위치에서 사용되는 고정단 지지를 제외하고는, 핀 단부에 대응하는 단부 지지 계수를 적용하여야 한다.

4 진보된 좌굴평가

4.1 일 반

4.1.1 평 가

4.1.1.1 조합 응력장(stress field)을 받는 판 및 보강 패널의 좌굴 평가에 대하여는, 진보된 좌굴 평가 방법에 따라야 한다.

4.1.1.2 고등 좌굴 평가방법은 좌굴 능력을 구할 때 다음 효과를 고려하여야 한다.

(a) 하학적 비선형 거동

(b) 비탄성 재료 거동

(c) 초기 부정(판과 보강재의 기하학적 면외 처짐)

(d) 용접잔류응력

(e) 판, 보강재, 거더 등과 같은 구조부재들 간의 상호작용 ;

(f) 동시 작용 하중 ; 2축 압축/인장, 전단 및 면외 압력

(g) 경계조건

4.1.1.3 모든 효과는 구조강도의 하한치를 나타낼 수 있도록 모델링 되어야 한다. 기하학적인 초기 부정의 모델링 형태 및 크기는 가장 위험한 파손 모드를 유발하도록 하여야 한다.

4.1.1.4 좌굴 강도는 **부록 D** 에서 규정한 방법에 따라 구한다.

4.1.1.5 **부록 D** 에서 규정한 진보된 좌굴 방법을 사용하여 얻은 벤치마크 결과와 동등한 결과를 주는 경우에는, 대안으로서의 진보된 좌굴 해석 수단을 사용할 수 있다.

4.1.1.6 대안으로서의 진보된 좌굴 해석에 대한 이론적인 배경, 가정, 모델, 검증 및 교정 등의 자료를 검토 및 승인을 위하여 제출하여야 한다.

1 선체개구 및 폐쇄장치

1.1 외판 및 갑판의 개구

1.1.1 일 반

1.1.1.1 선루, 갑판실의 측면 및 단부 내의 개구에 대한 폐쇄장치에 대하여는 **1.4**를 참조한다. 넘침관 및 통풍관, 그리고 배출 및 흡입관에 대하여는 **1.5**를 참조한다.

1.1.1.2 시험요건에 대하여는 **5절**을 참조한다.

1.1.2 화물탱크창구 – 재료

1.1.2.1 화물탱크 및 인접구역을 위한 접근창구, 청소 및 기타개구의 덮개는 아래의 재료로 제작되어야 한다.

(a) **6.1**에 따른 보통 강도의 강(연강)

(b) 황동이나 청동과 같은 비철금속재료를 고려할 수 있다. 그러나 화물탱크 및 이에 인접한 구역으로의 모든 개구의 덮개에 알루미늄합금을 사용하여서는 아니된다.

(c) 의도하는 작업조건과 관련된 내화성 및 물리화학적 특성을 고려하여, 합성재료도 고려할 수 있다. 재료특성, 덮개의 설계, 제조방법의 상세를 제출하여 승인을 받아야한다.

1.1.2.2 창구덮개의 패킹재료는 운송할 화물에 적합한 재료이어야 하며, 기능이 유효하게 유지되어야 한다.

1.1.3 화물탱크 접근코밍

1.1.3.1 건현갑판 상면상의 창구코밍높이는 600mm 이상이어야 한다. 이보다 낮은 높이는 기국정부에 의하여 허용될 수 있다. 또한 이러한 창구코밍의 정부는 그 것이 설치된 탱크의 가장 높은점 보다 낮아서는 아니되며, 손상복원성의 목적을 위하여 충분한 높이를 가져야 한다.

1.1.3.2 코밍판의 총 두께는 10mm 이상이어야 한다. 설치된 코밍의 높이가 600 mm 를 초과하는 경우, 그 두께의 증가 또는 단부보강이 요구될 수 있다. 1.2 m^2 이상의 면적을 갖는, 그리고/또는 충분히 둥근형태를 갖는 형상이 아닌 탱크접근용 코밍판의 치수는 추가요건의 적용을 받을 수 있다.

1.1.4 화물탱크 접근창구덮개

1.1.4.1 1.2m^2이하인 면적을 갖는 보강되지 않은 판덮개의 총 두께는 12.5mm 이상이어야 한다. 이 보다 더 넓은 면적을 가진 덮개의 총 두께는 증가시키거나 보강이 요구된다.

1.1.4.2 원형창구 상의 편평하고 보강되지 않은 덮개는 600mm 이하의 간격을 갖는 잠금장치로 고정하여야 한다.

1.1.4.3 사각형창구인 경우, 잠금장치의 간격은 일반적으로 450mm 이하로 하여야 하며, 창구모서리와 인접한 잠금장치의 거리는 230mm 이하이어야 한다.

1.1.4.4 **1.1.4.1** 내지 **1.1.4.3**의 요건은 접시형 덮개나 기타 특별히 승인된 설계에 대하여는 적용하지 않는다.

1.1.4.5 덮개가 힌지를 갖는 경우, 힌지위치에 있는 코밍 및 덮개는 적절한 보강을 하여야 한다. 일반적으로 힌지는 덮개를 위한 고정장치로 볼 수 없으며, 개스킷을 과도하게 조이지 않도록 설계되어야 한다.

1.1.5 기관구역 접근개구 - 보호

1.1.5.1 일반적으로 기관실 위벽은 폐위된 선미루 또는 선교루에 의하여 보호되거나, **1.4**의 강도요건을 만족하는 갑판실 구조에 의하여 보호되어야 한다.

1.1.5.2 선박이 A 형 건현선박을 위한 국제만재흘수선협약에 의하여 허용되는 건현으로 운항하고자 하는 경우, 폐위된 선미루, 선미루 또는 갑판실의 높이는 2.3m 이상이어야 한다. 이들 구조의 전단격벽은 선교루 전단격벽에 대하여 요구되는 것과 동등 이상의 치수를 가져야 한다.(**1.4.9** 및 **1.4.13** 참조)

1.1.6 노출 선수갑판상의 소형창구

1.1.6.1 **1.1.6.2**에서 규정한 전방구역으로의 개구는 아래 **1.1.6.3** 내지 **1.1.6.14**의 규정을 만족하여야 한다.

1.1.6.2 선수수선으로부터 0.25L 내의 노출갑판 위에 있고, 창구위치에서 하기만재흘수선으로 부터 0.1L 또는 22m 중 작은 높이에 있는 소형창구(일반적으로 개구면적이 2.5 m^2 이하인)에 대하여 이 규정을 적용한다.

1.1.6.3 비상탈출용으로 설계한 창구는 **1.1.6.9**(a), **1.1.6.9**(b), **1.1.6.13** 및 **1.1.6.14**를 만족할 필요는 없다.

1.1.6.4 소형 사각형 강재창구덮개에 대하여 판두께, 보강재의 배치 및 치수는 **표 11.1.1** 및 **그림 11.1.1**을 따라야 한다.

1.1.6.5 보강재는, 설치되어 있는 경우, **1.1.6.10** 및 **1.1.6.11**에서 요구하는 금속 대 금속 접촉점과 일치되어야 한다.(**그림 11.1.1** 참조) 1차 보강재는 연속되어야 한다. 모든 보강재는 내부 모서리 보강재에 용접되어야 한다.(**그림 11.1.2** 참조)

1.1.6.6 창구코밍의 상부모서리는 통상 코밍의 상부모서리로부터 190mm를 넘지 아니하는 수평 부재에 의하여 적절하게 보강되어야 한다.

1.1.6.7 원형 또는 이와 유사한 형상의 소형 창구덮개인 경우, 덮개 판두께 및 보강은 소형 사각형창구에 대한 요건과 동등한 강도 및 강성을 제공하여야 한다.

1.1.6.8 보통 강도의 강 이외의 재료로 제작된 소형 창구덮개인 경우, 요구되는 치수는 동등한 강도 및 강성을 제공하여야 한다.

1.1.6.9 1차 잠금장치는 다음 중 한 방법을 채택한 잠금장치에 의하여 창구덮개를 정위치에 고정시킬 수 있어야 하고 풍우밀이 되어야 한다.

(a) 포크(클램프) 위에서 조여 주는 나비너트

(b) 순간작동클리트

(c) 중앙식 잠금장치

쐐기를 갖는 도그(비틀림 조임 핸들)는 인정되지 아니한다.

1.1.6.10 창구덮개에는 탄성재료의 개스킷이 설치되어야 한다. 이것은 설계된 압축력에서 금속 대 금속 접촉이 허용되어야 하며, 잠금장치가 느슨해지거나 벗겨지는 원인이 되는 그린파랑 하중에 의한 개스킷의 과도한 압축을 방지하여야 한다.

1.1.6.11 금속 대 금속 접촉은 **그림 11.1.1**에 보인 바와 같이 각각의 잠금장치에 가깝게 설치하여야 하며, 지지력(bearing force)을 견디기에 충분하여야 한다.

1.1.6.12 1차 잠금장치는 도구를 사용하지 않고 한 사람에 의해 설계압축압력을 얻을 수 있도록 설계 및 제작되어야 한다.

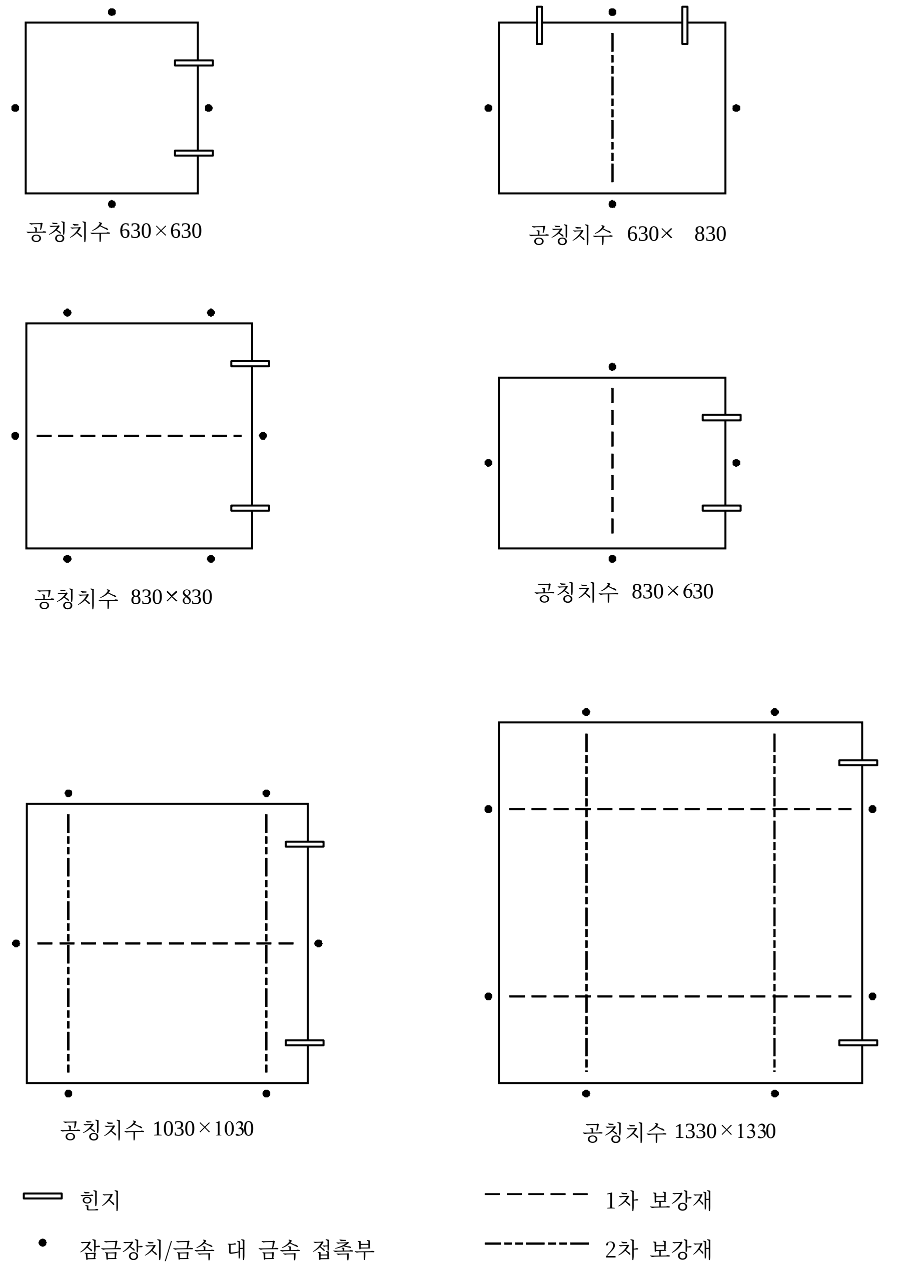
1.1.6.13 나비너트를 사용한 1차 잠금장치에 있어서 포크(클램프)는 견고하게 설계되어야 한다. 포크는 끝부분을 올려서 포크를 상방으로 구부리거나 혹은 유사한 방법으로 사용 중에 나비너트 이탈 위험성을 최소화하도록 설계되어야 한다. 보강하지 아니한 강재포크의 총 판두께는 16mm 이상이어야 한다. 장치의 한 예를 **그림 11.1.2**에 나타내었다.

1.1.6.14 노출된 선수갑판 상의 소형창구는, 예를들어 1차 잠금장치가 느슨해지거나 이탈되는 경우에도 창구덮개를 제자리에 고정시킬수 있는 슬라이딩볼트, 걸쇠(hasp) 또는 이완부착품의 고리와 같은 독립된 2차 잠금장치를 설치하여야 한다. 이들은 창구덮개 힌지와 반대방향으로 설치하여야 한다.

표 11.1.1
선수갑판상 소형강재 창구덮개의 치수

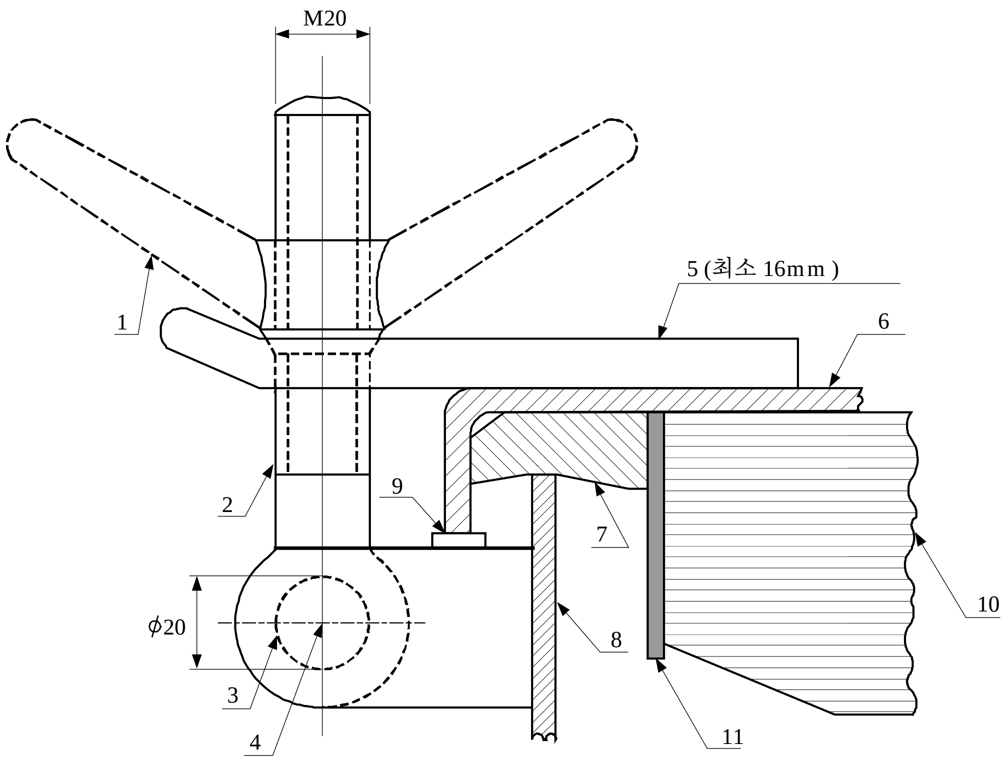
공칭치수 (mm × mm)	덮개판 총두께 (mm)	1차 보강재	2차 보강재
		평강 총 치수(mm × mm) ; 수	
630 × 630	8	-	-
630 × 830	8	100 × 8 ; 1	-
830 × 630	8	100 × 8 ; 1	-
830 × 830	8	100 × 10 ; 1	-
1030 × 1030	8	120 × 12 ; 1	80 × 8 ; 2
1330 × 1330	8	150 × 12 ; 2	100 × 10 ; 2

그림 11.1.1
보강재의 배치



(비 고)
1. 크기단위는 mm.

그림 11.1.2
1차 잠금장치의 예



(비고 : 단위 mm)

1: 나비너트
2: 볼트
3: 핀
4: 핀의 중심
5: 포크(클램프)판
6: 창구덮개
7: 개스킷
8: 창구코밍
9: 금속 대 금속 접촉부를 위한 토글볼트의 브래킷에 용접된 베어링판
10: 보강재
11: 내부모서리 보강재

1.1.7 맨홀 및 평갑판구

1.1.7.1 **4장/1.2**에 정의된 제1위치 또는 제2위치, 또는 폐위선루 외의 선루 내에 있는 맨홀 및 평갑판구는 수밀이 가능한 견고한 덮개에 의하여 폐쇄되어야 한다.

1.1.7.2 수밀 맨홀의 강도는 갑판의 강도와 동등하여야 한다.

1.1.7.3 조밀한 간격의 볼트로 고정되지 아니하는 한, 덮개는 영구적으로 부착되어야 한다.

1.1.8 기타 개구

1.1.8.1 창구를 제외한 건현갑판 내의 개구, 기관구역개구, 맨홀 및 평갑판구는 폐위선루, 갑판실 또는 동등한 강도 및 풍우밀성을 갖는 승강구실에 의하여 보호되어야 한다. 건현갑판 아래 구역 또는 폐위선루 내의 구역으로의 접근통로가 되는, 노출된 선루갑판 또는 건현갑판 상 갑판실 정판 상의 모든 개구는 **1.4**에 정의된 유효한 갑판실 또는 승강구실에 의하여 보호되어야 한다.

1.1.9 탈출구

1.1.9.1 탈출구의 폐쇄장치는 양측에서 쉽게 조작할 수 있어야 한다.

1.1.10 로프창구

1.1.10.1 로프창구는 충분히 고정되어 있고 선장의 판단에 의해서만 개방되는 조건으로, 감소된 코밍을 허용할 수 있으나 일반적으로 380mm 이상으로 하여야 한다. 총 코밍두께는 그 위치에서 선체외부판에 대한 규칙상의 최소 총 두께 또는 11mm 중 작은 값 이상이어야 한다.

1.1.11 이동식 판

1.1.11.1 하역장치 또는 유사한 이유로 이동식 판이 케이싱 또는 갑판 내에 요구되는 경우, 관통되지 않은 격벽 또는 갑판과 동등한 강도를 갖는 조건으로 조립식 판이 허용할 수 있다. 조립식 판에는 평덮개를 설치할 수 있으며, 볼트지름의 5배를 넘지 않는 거리의 조밀한 간격의 볼트 및 개스킷에 의하여 고정되어야 한다.

1.1.11.2 항해 중 영구적으로 닫혀있는 덮개에 의하여 폐쇄되는 접근개구의 문턱높이 및 갑판개구의 코밍높이는 특별히 고려한다.

1.1.12 탱크청소 및 얼리지용 개구

1.1.12.1 탱크청소 및 얼리지용 개구에는 수밀덮개 또는 이와 동등한 것을 설치하여야 한다. **1.1.11**의 해당 요건을 만족하는 경우, 탱크청소 및 얼리지용 개구에 평덮개를 허용할 수 있다.

표 11.1.2
900mm 높이 통풍통의 두께 및 브래킷 표준

파이프 공칭지름	최소 총 두께(mm)	헤드의 최대투영면적 (cm^2)	브래킷 높이(mm)
80A	6.3	-	460
100A	7.0	-	380
150A	8.5	-	300
200A	8.5	550	-
250A	8.5	880	-
300A	8.5	1200	-
350A	8.5	2000	-
400A	8.5	2700	-
450A	8.5	3300	-
500A	8.5	4000	-

1.2 통풍통

1.2.1 일반

1.2.1.1 통풍통은 **1.2.2**내지 **1.2.6** 요건에 적합하여야 하며, 기관장치에 대한 우리 선급의 모든 관련요건에도 적합하여야 한다.

1.2.2 통풍통에 대한 상세, 배치 및 치수

1.2.2.1 표에 나타난 투영면적 이하의 헤드로 폐쇄되는 높이 900mm의 표준통풍통인 경우, 최소관두께 및 브래킷 높이는 **표 11.1.2**에 따라야 한다.

1.2.2.2 900mm를 초과하는 높이의 통풍통인 경우, 브래킷 또는 대체 지지수단을 가져야 한다. 브래킷이 설치되는 경우, 그 높이에 따라 적절한 두께와 길이를 가져야 한다.

1.2.2.3 통풍통은 강 또는 기타 동등한 재료로 제작된 코밍을 가져야 하고, **표 11.1.3**에 명시된 요건을 만족하여야 한다.

1.2.2.4 통풍통의 모든 구성요소와 연결부위는 **1.2.3**에 정의된 하중에 견딜 수 있어야 한다.

1.2.2.5 회전식 버섯형 통풍통헤드는 **1.2.3.1**에 규정한 면적에 적용하지 않는다.

1.2.2.6 폐위선루 외의 선루를 통하여 지나가는 통풍통은 건현갑판에 강재 또는 기타 동등한 재료로 견고하게 제작된 코밍을 가져야 한다. 디프탱크의 통풍통 또는 이중갑판을 통하여 지나가는 터널은 수밀이어야 하며, 예상되는 압력에 견디는 치수를 가져야 한다.

표 11.1.3 통풍통의 코밍	
특 징	요 건
높이(4)	$h_{coam} = 900$ 제1위치에서 $h_{coam} = 760$ 제2위치(1)에서
두께(2), (3)	$d_{coam} \le 130$ $t_{coam\text{-}grs} = 7.5$ $165 < d_{coam} < 320$ $t_{coam\text{-}grs} = 8.5$ $d_{coam} \ge 470$ $t_{coam\text{-}grs} = 10.0$ 중간값은 선형보간법에 의하여 구하여야 한다.
지지(3)	h_{coam} 이 900을 넘는 경우, 코밍은 특별히 지지되어야 한다.
여기서, h_{coam} : 코밍의 높이(mm) d_{coam} : 코밍의 외경(mm) $t_{coam\text{-}grs}$: 코밍의 총두께(mm)	
(비 고) 1. 코밍의 높이는 해당 구획 및 손상복원성 요건을 만족하기 위하여 증가될 수 있다. 2. 통풍통의 높이가 위에 주어진 것보다 큰 경우, 위에 주어진 총 두께는 그 높이 상방에서 최소 6.5mm 까지 점차 경감될 수 있다. 3. 선박의 전방에 설치된 통풍통에 대하여는 **1.2.3** 및 **1.2.4**를 참조. 4. 높이는, 설치된 경우, 피복상방에서 측정되어야 한다.	

1.2.3 통풍구에 적용하는 하중

1.2.3.1 선수 0.25L 내의 노출갑판 상에 있는 통풍구는, 해당 통풍구에서 하기만재흘수선으로부터 노출갑판의 높이가 $0.1L$ 또는 22m 중 작은 값 미만일 경우, **1.2.3.2, 1.2.3.3** 및 **1.2.4.1**의 규정을 만족하여야 한다.

1.2.3.2 통풍통 및 폐쇄장치에 작용하는 압력 P_{vent}은 다음으로 주어진다.

$$P_{vent} = 0.5\rho_{sea} {v_{sea}}^2 C_1 C_2 C_3 \qquad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

ρ_{sea} : 해수밀도, 1.025 tonnes/m^3

v_{sea} : 선수갑판에 대한 해수속도, 13.5 m/sec

C_1 : 형상계수:

0.5 관인 경우

1.3 관 또는 일반적인 통풍통헤드

0.8 관 또는 수직방향 축을 가지는 원통형 통풍통헤드

C_2 : 슬래밍계수, 3.2

C_3 : 보호계수:

0.7 쇄파기 또는 선수루 바로 뒤에 위치한 관 및 통풍통헤드인 경우

1.0 불워크의 바로 뒤를 포함한 그 외의 경우

1.2.3.3 통풍통 및 폐쇄장치에 수평방향으로 작용하는 힘은 각 요소의 가장 큰 투영면적을 사용하여 상기 식으로부터 계산할 수 있다.

1.2.4 통풍통 및 폐쇄장치에 대한 강도요건

1.2.4.1 통풍통의 굽힘모멘트와 응력은 다음의 주요위치에 대하여 계산되어야 한다.

(a) 관통 부품

(b) 용접 또는 플랜지 연결부위

(c) 지지 브래킷의 토우 부분

순 단면의 굽힘응력은 $0.8\sigma_{yd}$ 을 초과하여서는 아니되며, 여기서 σ_{yd} 는 규정된 최소항복응력 또는 실온에서 강재의 0.2%내력(proof stress)이다. 부식방지와 관계없이 순 단면에 2mm 의 부식추가를 적용하여야 한다.

1.2.5 폐쇄장치

1.2.5.1 이 절에서 별도로 규정하지 아니하는한, 통풍통의 개구는 영구적으로 부착된 유효한 폐쇄장치를 가져야 한다. 갑판 상 4.5m 를 초과하는 코밍을 갖는 제1위치에서의 통풍통 및 갑판 상 2.3m 를 초과하는 코밍을 갖는 제2위치에서의 통풍통은, 특이한 설계특성 때문에 필요하지 않다면, 폐쇄장치를 가질 필요가 없다. 제1위치 및 제2위치의 정의는 **4장/1.2**에 따른다.

1.2.6 방화댐퍼

1.2.6.1 방화댐퍼가 통풍코밍 내에 위치하는 경우, 코밍이나 통풍통를 해체하지 않고 댐퍼의 검사가 용이하도록 최소한 150mm 의 지름을 가진 검사구멍 또는 개구를 코밍 내에 설치하여야 한다. 검사구멍 또는 개구에 설치된 폐쇄장치는 코밍의 수밀보전성 및 해당되는 경우 방화보전성을 유지하여야 한다.

1.3 공기관 및 측심관

1.3.1 일 반

1.3.1.1 공기관 및 측심관은 **1.3.2** 내지 **1.3.6**의 요건에 적합하여야 하며 기관장치에 대한 우리 선급의 모든 관련요건에도 적합하여야 한다.

1.3.2 높 이

1.3.2.1 노천에 노출된 갑판 상 공기관의 최소높이는 다음으로 주어진다.

(a) 건현갑판 상의 공기관 : 760mm

(b) 선루갑판 상의 공기관 : 450mm

설치되어 있는 경우, 높이는 피복상단으로부터 물이 하방으로 침입하는 점까지 측정한다.

1.3.2.2 공기관의 높이가 선상에서의 작업을 방해할 수 있는 경우, 그 통풍구의 개구 끝단에 승인된 폐쇄장치를 설치하는 조건으로 낮은 높이를 허용할 수 있다.

1.3.2.3 모든 해당 구획 및 손상복원성 요건을 만족시키기 위하여 그 높이가 증가될 수 있다.

1.3.2.4 공기관이 선루의 측면을 통하여 나오는 경우, 해당 공기관 개구의 높이는 최소한 하기만 재흘수선 상부 2.3m 이상이어야 한다. 승인된 설계의 자동벤트헤드가 설치되어야 한다.

1.3.3 공기관 및 측심관의 상세, 배치 및 치수

1.3.3.1 노천에 노출되는 경우, 공기관 및 측심관의 위벽두께는 **표 11.1.4**에 주어진 값 이상이어야 한다.

<table>
<tr><th colspan="2">표 11.1.4
공기관 및 측심관의 최소위벽두께</th></tr>
<tr><th>외경(mm)</th><th>최소 총 위벽두께(mm)</th></tr>
<tr><td>$d_{air} \le 80$</td><td>6.0</td></tr>
<tr><td>$d_{air} \ge 165$</td><td>8.5</td></tr>
<tr><td colspan="2">여기서,
d_{air} : 관의 외경(mm)</td></tr>
<tr><td colspan="2">(비 고)
1. 중간값은 선형보간법에 의하여 구하여야 한다.
2. 선박의 전방에 설치된 통풍통에 대하여는 1.3.4 및 1.3.5를 참조.</td></tr>
</table>

1.3.3.2 표에 나타난 평면투영면적 이하인 헤드로 폐쇄되는 높이 760mm 의 표준공기관인 경우, 최소 관두께 및 브랫킷 높이는 **표 11.1.5**에 규정된 바에 따른다. 브래킷이 요구되는 경우, 세 개 이상의 방사형 브래킷을 설치하여야 한다. 이에 추가하여 **1.3.4**의 관련요건도 만족하여야 한다.

1.3.3.3 브래킷은 8mm 이상의 총 두께, 최소 100mm 이상의 길이 및 **표 11.1.5**에 따르는 높이를 가져야 한다. 그러나 헤드에 대하여는 연결 플랜지 위로 연장할 필요는 없다. 갑판에서 브래킷 토우는 적절하게 지지되어야 한다. 이에 추가하여 **1.3.4**를 따른 하중을 작용시켜야 한다. 설치되어 있는 경우, 브래킷은 높이에 따라 적절한 두께 및 길이를 가져야 한다.

1.3.3.4 총 관두께는 기관장치에 대한 우리 선급의 관련요건에 따라야 한다.

1.3.4 공기관 및 측심관에 작용하는 하중

1.3.4.1 공기관 또는 측심관의 위치에서 측정한 하기만재흘수선으로부터 노출갑판까지의 높이가 0.1*L* 또는 22m 중 작은 값 미만인 경우, 선수 0.25*L* 내의 노출갑판 상의 공기관 및 측심관은 **1.3.4.2, 1.3.4.3** 및 **1.3.5.1**의 규정에 적합하여야 한다.

표 11.1.5
760mm 높이 공기관의 두께 및 브래킷 표준

파이프 공칭 지름	최소 총 두께 (mm)	헤드의 최대 투영면적 (cm^2)	브래킷 높이 [1] (mm)
65A	6.0	-	-
80A	6.3	-	480
100A	7.0	-	460
125A	7.8	-	380
150A	8.5	-	300
175A	8.5	-	300
200A	8.5[2]	1900	300
250A	8.5[2]	2500	300 [2]
300A	8.5[2]	3200	300 [2]
350A	8.5[2]	3800	300 [2]
400A	8.5[2]	4500	300 [2]

(비 고)
1. 브래킷(**1.3.3.2** 참조)가 헤드의 연결플랜지까지 연장될 필요는 없다.
2. 관단면의 총 두께가 10.5 mm 보다 작은 경우, 또는 표에 나타난 투영헤드면적을 초과하는 경우, 브래킷이 요구된다.

1.3.4.2 공기관, 측심관 및 폐쇄장치에 작용하는 압력 P_{pipe} 은 다음으로 주어진다.

$$P_{pipe} = 0.5\rho_{sea} v_{sea}{}^2 C_1 C_2 C_3 \quad (kN/m^2)$$

여기서,

ρ_{sea} : 해수밀도 1.025 tonnes/m^3

v_{sea} : 선수갑판에 대한 해수속도, 13.5 m/sec

C_1 : 형상계수:

- 0.5 관인 경우
- 1.3 관 또는 일반적인 통풍통헤드
- 0.8 관 또는 수직방향 축을 가지는 원통형 통풍통헤드

C_2 : 슬래밍계수, 3.2

C_3 : 보호계수:

- 0.7 쇄파기(breakwater) 또는 선수루 바로 뒤에 위치한 관 및 통풍통헤드인 경우
- 1.0 불워크의 바로 뒤를 포함한 그 외의 경우

1.3.4.3 관 및 폐쇄장치에 수평방향으로 작용하는 힘은 각 요소의 가장 큰 투영면적을 사용하여 상기 압력으로부터 계산할 수 있다.

1.3.5 공기관, 측심관 및 폐쇄장치에 대한 강도요건

1.3.5.1 공기관 및 측심관의 굽힘모멘트와 응력은 다음의 주요위치에서 계산되어야 한다.

(a) 관통부품

(b) 용접 또는 플랜지 연결부위

(c) 지지 브래킷의 토우부분

순 단면의 굽힘응력은 $0.8\sigma_{yd}$ 을 초과하여서는 아니되며, 여기서 σ_{yd} 는 규정된 최소항복응력 또는 실온에서 강재의 0.2%내력(proof stress)이다. 부식방지와 상관없이 순 단면에 2mm 의 부식추가를 적용하여야 한다.

1.3.6 공기관의 폐쇄장치

1.3.6.1 노천갑판 상에서 끝나는 모든 공기관은 안으로 물이 침입하는 것을 방지하기 위하여 리턴밴드(구스넥) 또는 기타 동등한 장치를 설치하여야 한다.

1.3.6.2 방출구쪽에는 풍우밀 영구 폐쇄장치가 설치되어야 한다. 폐쇄장치는 자동식이어야 한다. 즉, 다음 중 어느 한 경우로 물속에 잠기는 즉시(볼 플로트 또는 동등물) 자동적으로 폐쇄되어야 한다.

(a) 선박이 하기만재흘수선에서 40도로 경사하여 또는 해수유입각이 40도 미만인 경우 해수유입각으로 경사하여 방출구가 잠기는 경우

(b) 손상복원성 요건을 만족시키기 위하여

1.3.6.3 통풍기능을 저해시킬 수 있는 밸브를 가지는 공기관을 설치하여서는 아니된다.

1.4 갑판실 및 승강구

1.4.1 적 용

1.4.1.1 이 절의 요건은 **1.4.3.1** 및 **1.4.3.2**에 규정된 강재 갑판실 및 승강구에 적용한다.

1.4.1.2 치수요건은 항목의 흘수에 대한 상대적 수직위치에 따라 결정된다. 이 위치는 층(tier)이라는 용어로 분류한다.

1.4.2 재 료

1.4.2.1 **1.4**의 치수요건은 **6장/1**의 요건에 따라 선체구조용 강으로 제작된 구조물에 적용한다. 알루미늄 합금인 갑판실의 치수는 우리 선급에 의하여 고려되며, 제안된 합금의 사양을 제출하여 입증하여야 한다.

1.4.3 정 의

1.4.3.1 갑판실은 강력갑판 상에 선박 폭 B 의 4% 이상 안쪽으로 들어간 측판을 가지는 갑판구조로 정의된다.

1.4.3.2 승강구는 건현갑판 하부 또는 폐위선루 내의 구역으로 통하는 접근개구를 보호하는 풍우밀 갑판구조로 정의된다.

1.4.3.3 층은 갑판실 범위의 척도로서 정의된다. 갑판실 층은 한 개의 갑판과 외부격벽으로 구성된다. 일반적으로 첫 번째 층은 건현갑판 상에 위치하는 층이다.

1.4.4 구조연속성

1.4.4.1 선미갑판실에서, 전단격벽은 하부선체 내의 횡격벽과 일치시키거나 부분 횡격벽, 거더 및 필라의 조합에 의하여 지지되어야 한다.

1.4.4.2 후단격벽은 유효하게 지지되어야 한다.

1.4.4.3 강력갑판 상 갑판실부착의 모서리에서 하중이 하부의 갑판지지구조로 잘 전달되도록 갑판실과 갑판의 연결 및 배치에 주의하여야 한다.

1.4.4.4 실행 가능한 한, 노출된 측벽 및 종/횡방향의 주격벽은 선체구조 내의 격벽 및/또는 깊은 거더프레임 위에 위치시켜야 하고 거주구의 여러 층과 일치시켜야 한다. 이러한 구조적 배치가 불가능한 경우, 기타 유효한 구조로 지지되어야 한다.

1.4.4.5 배치는 조립단계에서의 불연속으로 인한 영향을 최소화하기 위한 것이어야 한다. 측면에서의 모든 개구는 견고히 보강되고 충분히 둥근 모서리를 가져야 한다. 문 및 유사한 개구의 상부 및 하부에는 연속된 코밍 또는 거더를 설치하여야 한다.

1.4.5 갑판

1.4.5.1 판의 총 두께는 다음 값 이상이어야 한다.

$$t_{dk\text{-}grs} = 7.5\sqrt{\frac{k\,s}{s_{std}}} \quad \text{mm, 제1층 갑판실}$$

$$t_{dk\text{-}grs} = 7.0\sqrt{\frac{k\,s}{s_{std}}} \quad \text{(mm), 제2층 갑판실}$$

$$t_{dk\text{-}grs} = 6.5\sqrt{\frac{k\,s}{s_{std}}} \quad \text{(mm), 제3층 및 상부갑판실}$$

여기서,

s : 보강재의 간격(mm)

k : **6장/ 1.1.4**에 정의된 고장력강계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

s_{std} : 종통재 또는 보의 표준 참조간격(m)

$= 0.470 + 0.00167 L_1$

L_1 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이. 그러나, 250m 보다 커서는 아니된다.

1.4.5.2 갑판실 내의 판두께는 감소된 총 두께가 다음 값 이상일 것을 조건으로, 10% 만큼 경감할 수 있다.

$t_{dh\text{-}grs} = (5.8s + 1)\sqrt{k}$ (mm), 그러나 5.5mm 보다 작아서는 아니된다.

여기서,

s : 보강재의 간격(m)

k : **6장/1.1.4**에 정의된 고장력강계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

1.4.6 갑판종통재 및 보

1.4.6.1 각 종통재 및 보에 대하여, 부착된 판을 포함하여 총 단면계수는 다음 값 이상이어야 한다.

$Z_{lng\text{-}grs} = 4.563 s\, l_{bdg}{}^2 h_{tier} k$ (cm^3)

여기서,

s : 보강재의 간격(m)

l_{bdg} : **4장/2.1.1**에 정의된 유효굽힘스팬(m)

B : **4장/1.1.3.1**에 따른다.

h_{tier} : 갑판실 층에 따른 수두(m):

1.68 선미루 및 건현갑판 상방 제1층

1.30 건현갑판 상방 제2층

0.91 건현갑판 상방 제3층 및 그 이상의 층

일반적으로 풍우밀만으로 사용되는 건현갑판 상방 제2층 또는 그 이상의 층의 갑판인 경우, h_{tier}의 값은 경감될 수 있으나, 0.46보다 작아서는 아니된다.

k : **6장/1.1.4**에 정의된 고장력강계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

1.4.7 갑판거더 및 트랜스버스

1.4.7.1 갑판거더와 트랜스버스는 갑판보 또는 갑판종통재를 지지하도록 배치하여야 한다. 격자구조로서 작용하는 갑판거더 및 트랜스버스의 배치인 경우, 격자효과를 고려하고 치수가 **1.4.7.2** 및 **1.4.7.3**에 의하여 요구되는 것과 동등함을 입증하기 위하여, 추가의 해석이 수행될 수 있다. 이러한 해석에서는 총 치수가 사용되며 기본적인 기하학적 변수는 **1.4.7.2**에 나타낸 것이어야 한다. 하중은 **1.4.7.2**에 의하여 요구되는 단위밀도 0.715tonnes/m^{3}을

갖는 수두로서 취한다. 허용굽힘응력은 $0.67\sigma_{yd}$ 로 취한다. **1.4.7.3**에 의하여 요구되는 것과 동등한 치수를 결정하는 경우, 동등성은 거더/트랜스버스의 교차점 및 이들 부재의 중앙 스팬에서의 변위에 기초하여야 한다. 허용변위는 **1.4.7.2**의 요건을 충족하며 **1.4.7.3**에서 요구하는 깊이 d_{grd} 을 갖는 단순보에 대하여 계산된 변위로서 취한다.

1.4.7.2 각 갑판거더 또는 트랜스버스에 대하여, 총 단면계수 $Z_{t\text{-}grs}$은 다음 값 이상이어야 한다.

$$Z_{t\text{-}grs} = 4.74 b_{dk} l_{bdg}^{2} h_{tier} k \qquad (cm^3)$$

여기서,

b_{dk} : 갑판지지면적의 평균폭(m)

l_{bdg} : 지지필러의 중심사이, 또는 필러, 횡부재, 거더 및/또는 이들을 지지하는 격벽 사이의 거리로 취하여야 하는 유효굽힘스팬(m). 격벽에 유효한 브래킷이 설치된 경우, 길이 l_{bdg}는 수정될 수 있다.(**4장/2.1.4** 참조)

h_{tier} : 갑판실층에 따른 수두(m):

1.68 선미루 및 건현갑판 상방 제1층

1.30 건현갑판 상방 제2층

0.91 건현갑판 상방 제3층 및 그 이상의 층

일반적으로 풍우밀만으로 사용되는 건현갑판 상방 제2층 또는 그 이상인 층의 갑판인 경우, h_{tier}의 값은 경감될 수 있으나, 0.46보다 작아서는 아니된다.

k : **6장/1.1.4**에 정의된 고장력강계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

1.4.7.3 거더 및 트랜스버스웨브의 깊이 d_{grd} 는 다음 값 이상이어야 한다.

$$d_{grd} = 0.0583 l_{bdg} \qquad (m)$$

여기서,

l_{bdg} : 지지필러의 중심사이, 또는 필러, 횡부재, 거더 그리고/또는 이들을 지지하는 격벽 사이의 거리로 취하여야 하는 유효굽힘스팬(m). 격벽에 유효한 브래킷이 설치된 경우, 길이 l_{bdg}는 수정될 수 있다.(**4장/2.1.4** 참조)

거더 및 트랜스버스웨브가 교차할 때, 짧은 부재가 긴 부재의 완전한 지지를 제공하는 경우, 긴 부재에 대하여 작은 깊이를 허용하기 위한 고려를 할 수 있다.

1.4.7.4 거더 및 트랜스버스웨브의 총 두께는 깊이 100mm 당 1mm에 추가 4mm를 더한 값 이상이어야 한다. 웨브 전단강도 및 좌굴능력이 만족하다는 것이 입증되는 경우, 더 작은두께를 허용할 수 있다. 전단강도해석을 위하여 총 두께를 사용한다. 기본적인 기하학적 변수는 **1.4.7.2**에 나타낸 것이어야 한다. 허용전단응력은 $0.39\sigma_{yd}$로 취한다. 좌굴능력은 웨브의 총 두께 비에 대한 깊이가 75 미만인 경우, 만족하는 것으로 한다.

1.4.8 필러

1.4.8.1 필러의 총 치수는, **1.4.8.4**의 요건을 고려하여 **1.4.8.2**에 따라 결정되는 허용하중이 **1.4.8.3**에 따라 결정되는 설계하중보다 크게 하여야 한다.

1.4.8.2 필러의 허용하중 W_{perm} 은 다음으로 주어진다.

$$W_{perm} = (f_{s1} - h_{pill} f_{s2} / r_{gyr\text{-}grs}) A_{pill\text{-}grs} \quad (kN)$$

여기서,

f_{s1} : 강재계수:

12.09	연강
13.59	HT27고장력강
16.11	HT32고장력강
17.12	HT34고장력강
18.12	HT36고장력강
20.14	HT40고장력강

h_{pill} : 갑판 또는 기타구조를 지지하는 필러의 상단과 지지되는 보 또는 거더의 하부까지의 거리(m)

f_{s2} : 강재계수:

4.44	연강
5.57	HT27고장력강
7.47	HT32고장력강
8.24	HT34고장력강
9.00	HT36고장력강
10.52	HT40고장력강

$r_{gyr\text{-}grs}$: 총 필러단면에 대한 회전반지름(cm^2)

$A_{pill\text{-}grs}$: 필러의 총 횡단면적(cm^2)

1.4.8.3 특정 필라의 설계하중 W_{des} 은 다음과 같다.

$$W_{des} = 7.04 b_{dk} h_{tier} l_{dk} \quad (kN)$$

여기서,

b_{dk} : 갑판지지면적의 평균폭(m)

h_{tier} : 갑판실층에 따른 수두(m):

1.68	선미루 및 건현갑판 상방 제1층
1.30	건현갑판 상방 제2층
0.91	건현갑판 상방 제3층 및 그 이상의 층

일반적으로 풍우밀만으로 사용되는 건현갑판 상방 제2층 또는 그 이상인 층의 갑판인 경우, h_{tier} 의 값은 경감될 수 있으나, 0.46보다 작아서는 아니된다.

l_{dk} : 갑판지지면적의 평균길이(m)

1.4.8.4 필러가 수직선으로 배치되는 경우, 각 수직높이에서 필러에 작용하는 설계하중은 필러의 직상부에 있는 갑판에 직접 작용하는 설계하중과 상부의 각 필러에 대한 설계하중의 절반을 더하여 계산되어야 한다.

1.4.9 노출격벽

1.4.9.1 갑판실 및 승강구의 노출격벽의 치수는 **1.4.10** 내지 **1.4.13**에 따라야 한다. 그 구조가 갑판설비, 의장, 등으로부터의 하중을 지지해야 하는 경우, 증가된 치수가 요구될 수 있다.

1.4.9.2 건현갑판, 선루갑판 또는 가장 낮은 층의 갑판실 내의 개구를 보호하지 않는 갑판실의 격벽치수에 대하여 특별히 고려할 수 있다. 해당격벽이 거주실을 포함하지 않거나 선박의 운항에 필수적인 장비를 보호하지 않는 경우, 기관실 위벽을 보호하지 않는 갑판실의 격벽치수도 특별히 고려할 수 있다.

1.4.9.3 길이가 긴 갑판실은 래킹에 대한 저항을 제공하기 위하여 추가적인 지지가 필요할 수 있다. **1.4.13**을 참조.

1.4.10 노출격벽판

1.4.10.1 판의 총 두께 $t_{blk\text{-}grs}$ 은 **1.4.10.2**으로부터 계산된 값 및 다음으로 주어지는 값보다 작아서는 아니 된다.

$$t_{blk\text{-}grs} = 3s\sqrt{k\,h_{des}} \qquad \text{(mm)}$$

여기서,

s : 보강재의 간격(m)

k : **6장/1.1.4**에 정의된 고장력강계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

h_{des} : 설계수두(m):

$$C_4[(C_5 f) - z]c$$

그러나, 특정위치에 대하여 다음에 주어진 값보다 작아서는 아니된다.

$2.5 + L_1/100$	최하층 상의 보호되지 아니한 전단격벽
$1.25 + L_2/200$	그 외

L_1 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L. 다만, 250m 보다 크게 취하지는 않는다.

L_2 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L. 다만, 300m 보다 크게 취하지는 않는다.

C_4 : **표 11.1.6**에 주어진 계수

C_5 : 계수:

$$1.0 + \left[\frac{(x/L) - 0.45}{C_{b1} + 0.2}\right]^2 \qquad x/L \le 0.45 \text{ 일 때}$$

$$1.0+1.5\left[\frac{(x/L)-0.45}{C_{b1}+0.2}\right]^2 \qquad x/L > 0.45 \text{ 일 때}$$

C_{b1} : **4장/1.1.9.1**에 정의된 방형계수. 다만, 0.60보다 작거나 0.80보다 크게 취하지않는다. 중앙부 전방의 후단격벽인 경우, C_{b1}은 0.80으로 취할 수 있다.

x : A.P.와 고려하는 격벽사이의 거리(m). 갑판실 선측격벽은 길이 0.15L 을 넘지아니하는 등분으로 나누어져야 하고, x 는 A.P.로부터 고려하는 각 부분의 중심까지 측정되어야 한다.

L : **4장/ 1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이

f : **표 11.1.7**에 따른다.

z : 하기만재흘수선으로부터 판의 중간까지 측정된 수직거리(m)

c $0.3+0.7b_{dh}/B_1$

그러나, 노출된 기관케이싱 격벽인 경우 1.0보다 작아서는 아니되고 어떠한 경우에도 b_{dh}/B_1은 0.25보다 작아서는 아니된다.

b_{dh} : 고려하는 위치에서 갑판실의 폭(m)

B_1 : 고려하는 위치의 건현갑판에서 선박의 실제폭(m)

표 11.1.6
C_4 의 값

격벽위치	C_4 의 값
보호되지 아니한 전단, 최하층	$2.0+L_2/120$
보호되지 아니한 전단, 제2층	$1.0+L_2/120$
보호되지 아니한 전단, 제3층	$0.5+L_2/150$
보호된 전단, 모든 층	$0.5+L_2/150$
선측, 모든 층	$0.5+L_2/150$
후단, 중앙부 후방, 모든 층	$0.7+(L_2/1000)-0.8x/L$
후단, 중앙부 전방, 모든 층	$0.5+(L_2/1000)-0.4x/L$

표 11.1. 7
f 의 값

L (m)	f (m)
90	6.00
100	6.61
120	7.68
140	8.65
160	9.39
180	9.88
200	10.27
220	10.57
240	10.78
260	10.93
280	11.01
≥ 300	11.03
(비 고) 이 표는 표 11.1.8에 주어진 식에 기초를 둔다	

표 11.1.8 f 값의 기원	
L (m)	**f (m)**
$L \le 150$	$(L/10)(e^{-L/300}) - [1-(L/150)^2]$
$150 < L < 300$	$(L/10)(e^{-L/300})$
$L \ge 300$	11.03

1.4.10.2 가장 낮은 층의 격벽 총 두께 $t_{blk\text{-}tier\text{-}grs}$ 은 다음 값 이상이어야 한다.

$t_{blk-tier-grs} = 5.0 + L_1/100$ (mm)

다른 층에 대하여는, 격벽의 총 두께는 다음 값 이상이어야 한다:

$t_{blk\text{-}tier\text{-}grs} = 4.0 + L_1/100$ (mm), 또는 5.0mm 중 큰 값

여기서,

L_1 : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이 L. 다만, 250mm 보다 크게 취하지 않는다.

1.4.11 노출격벽 보강재

1.4.11.1 부착 판을 포함한 각 보강재는 다음 값 이상의 총 단면계수 $Z_{blk\text{-}grs}$ 을 가져야 한다:

$Z_{blk\text{-}grs} = 3.5 s h_{tween}{}^2 h_{des} k$ (cm^3)

여기서,

s : 보강재의 간격(m)

h_{tween} : 이중갑판높이(m)

h_{des} : **1.4.10.1**에 정의된 설계수두. 여기서 z 는 하기만재흘수선으로부터 보강재스팬의 중간까지의 수직거리(m)

k : **6장/1.1.4**에 정의된 고장력강계수

σ_{yd} : 재료의 규정된 최소항복응력(N/mm^2)

1.4.12 노출격벽 보강재의 단부부착

1.4.12.1 가장 낮은 층의 노출격벽 보강재의 양단은 유효하게 부착하여야 한다. 다른 형태의 단부연결을 갖는 보강재의 치수는 특별히 고려하여야 한다.

1.4.13 노출격벽 상의 웨브배치

1.4.13.1 다층 구조를 갖는 긴 갑판실에는, 첫 번째 층 내에 특설늑골 또는 부분격벽을 설치하여야 하며, 그 간격은 최대 약 9m 로 하고, 실행가능한 한 하부의 수밀격벽과 일치시켜야한다.

1.4.13.2 또한 큰 개구, 보트대빗 및 큰 하중을 받는 곳에도 웨브를 배치하여야 한다.

1.4.14 갑판실 및 승강구 내의 개구에 대한 폐쇄장치

1.4.14.1 폐위선루 또는 건현갑판 하부의 구역으로 직접 통하는 갑판실 및 승강구의 격벽에 있는 모든 개구는, 어떠한 해상상태에서도 물이 선박으로 들어오지 않도록 하는 유효한 폐쇄수단을 가져야 한다.

1.4.14.2 그러한 개구의 문은, 강재 또는 이와 동등한 재료이어야 하며, 격벽에 영구적으로 견고하게 부착되어야 한다. 문은 격벽이나 문 자체에 영구적으로 부착된 개스킷 및 조임장치 또는 다른 동등한 장치를 가져야 한다. 문은 격벽의 양측에서 조작할 수 있도록 배치되어야 한다. 인정된 국가 또는 국제표준을 만족하는 문은 일반적으로 인정될 수 있다.

1.4.14.3 접근개구는 문틀로 보강되어서 닫혔을 때 전체구조가 개구가 없는 격벽과 동등하여야 한다.

1.4.14.4 **1.4.14.5**에 의하여 허용된 경우를 제외하고, 접근개구, 공기흡입구 및 거주구역, 통제실 및 기관구역의 개구는 화물탱크지역과 맞닿지 않아야 한다. 이러한 개구들은, 화물탱크지역과 맞닿는 갑판실의 끝으로부터 3m 이상 및 최소한 0.04L 떨어진 횡격벽 또는 갑판실 측면에 설치하여야 한다. 이 거리는 5m 를 초과할 필요는 없다.

1.4.14.5 해당 문이 거주구역, 제어장소 또는 업무구역(조리실, 조리기구실, 작업실 또는 증기발화원을 포함하는 유사한 구역과 같은)을 포함하거나 제공하는 어떠한 다른 구역으로 직접 또는 간접적으로 통하지 않는 조건으로, 화물탱크지역과 맞닿거나 또는 **1.4.14.4**에서 규정한 5m 한계 내에 있고 주화물제어실 및 업무구역(식량창고, 선용품실 및 로커와 같은)으로 통하는, 경계격벽 내의 출입문을 허용할 수 있다. 그러한 구역의 경계는, 화물탱크지역과 맞닿는 경계를 제외하고는 A-60등급으로 방열하여야 한다.

1.4.15 접근개구의 문턱

1.4.15.1 폐위선루 또는 건현갑판 하부의 구역으로 직접 통하는, 갑판실 및 승강구의 격벽에 있는 접근개구의 문턱높이는 **4장/1.2**에서 정의하는 제1위치에서 최소한 600mm, 제2위치에서 최소한 380mm 로 하여야 한다.

1.4.16 A 형 건현 탱커의 기관실위벽에 있는 접근개구

1.4.16.1 일반적으로 건현갑판으로부터 노출된 기관실 위벽 내의 기관구역까지 직접 통하는 개구가 있어서는 아니된다.

1.4.16.2 해당 문이 기관실위벽과 같이 견고하게 제작된 구역 또는 통로로 통하고, **1.4.14.1** 내지 **1.4.14.3**의 요건을 만족하는 2차 문에 의하여 기관실로부터 격리되어 있다면, **1.4.14.1** 내지 **1.4.14.3**의 요건을 만족하는 문은 노출된 기관실 위벽에 허용될 수 있다. 외부 문의 문턱은 600mm 이상으로 하여야 하고, 2차 문의 문턱은 230mm 이상이어야 한다.

1.4.17 창과 현창

1.4.17.1 갑판실 외부격벽의 현창 및 풍우밀문은 인정된 국가 또는 국제기준에 따라 견고한 구조로 하여야 한다.

1.4.17.2 선루 내부로 또는 건현갑판 아래의 구역으로 통하는 직접 접근통로를 보호하는 갑판실의 경계에 설치된 창 및 현창은 유효한 힌지식 안덮개를 설치하여야 한다.

1.4.17.3 화물탱크지역에 면하는 창 및 항등, 그리고 **1.4.14.4** 및 **1.4.14.5**에서 규정한 한계내의 선루 또는 갑판실의 측면 상에 있는 창 및 항등(portlight)은 고정식(비개방형)이어야한다. 조타실 창을 제외하고 이러한 창과 항등은 A-60급 기준을 따라 설치하여야 한다.

1.5 배수구, 흡입구 및 배출구

1.5.1 배수 – 폐위구역

1.5.1.1 국제만재흘수선협약 제12규칙의 요건을 만족하는 문이 설치된, 건현갑판 하부 또는 건현갑판 상부 비손상 선루 내 또는 갑판실 내의 구역을 배수하는 배수구 및 배출구에 대하여, 배수구의 경우에는 빌지로 또는 화장실 배출수의 경우에는 화장실 탱크로 유도할 수 있다. 대안으로서 해당 배수구 또는 배출구는 다음 조건 하에 선외로 유도할 수 있다.

(a) 좌우현 어느 쪽이든지 선박이 5도 기울었을 때 갑판 선측가장자리가 잠기지 않을 건현을 갖고,

(b) 각 배수시설이, **1.5.3**에 따라 물이 선내를 통과하는 것을 방지하는 수단이 설치될 것

1.5.2 배수 – 개방구역

1.5.2.1 국제만재흘수선협약 제12규칙의 요건을 만족하는 문이 설치되지 않은 선루 또는 갑판실로부터 유도되는 배수는 선외로 유도하여야 한다.

1.5.3 물의 선내 통과방지

1.5.3.1 선외로 유도하는 것이 허용된, 건현갑판 하방의 구역으로부터 또는 건현갑판 상방의 선루 및 갑판실 내로부터의 배수시설(**1.5.1.1**(a) 참조)은, **1.5.3.2** 내지 **1.5.3.7**에 따라 물이 선내를 통과하는 것을 방지하는 유효하고 접근가능한 수단을 설치하여야 한다.

1.5.3.2 화장실 배출구와 같이 선박의 정상운항 중에 열린 채로 있는 배수시설인 경우, 물이 선내를 통과하는 것을 방지하는 수단은 상기 지역에 대하여 다음에 따라야 한다. h_{disc} 는 하기만재흘수선으로부터 배출구 선내단까지의 높이(m)이다.

(a) $h_{disc} \leq 0.01L_L$:

- 건현갑판 상부의 위치에 적극적인 폐쇄수단을 갖는 한 개의 자동역지밸브
- 이를 대신하여, 한 개의 자동역지밸브 및 건현갑판 상방에서 조작되는 한 개의 적극적인 잠금밸브를 허용할 수 있다.

(b) $0.01L_L < h_{disc} \leq 0.02L_L$:

- 선내밸브가 운항상태에서 점검을 위하여 항상 접근가능한 경우, 적극적인 폐쇄수단이 없는 두 개의 자동역지밸브.
- 이러한 선내밸브는 가장 깊은 흘수선 상방에 있어야 한다.
- 이것이 실행 불가능한 경우, 추가의 해당위치에서 조작되는 적극적인 폐쇄수단을 선외에 갖거나 또는 해당위치에서 조작되는 적극적인 폐쇄수단의 선외역지밸브를 가질 수 있다. 이러한 경우 선내밸브는 가장 깊은 흘수선 상방에 있을 필요는 없다.

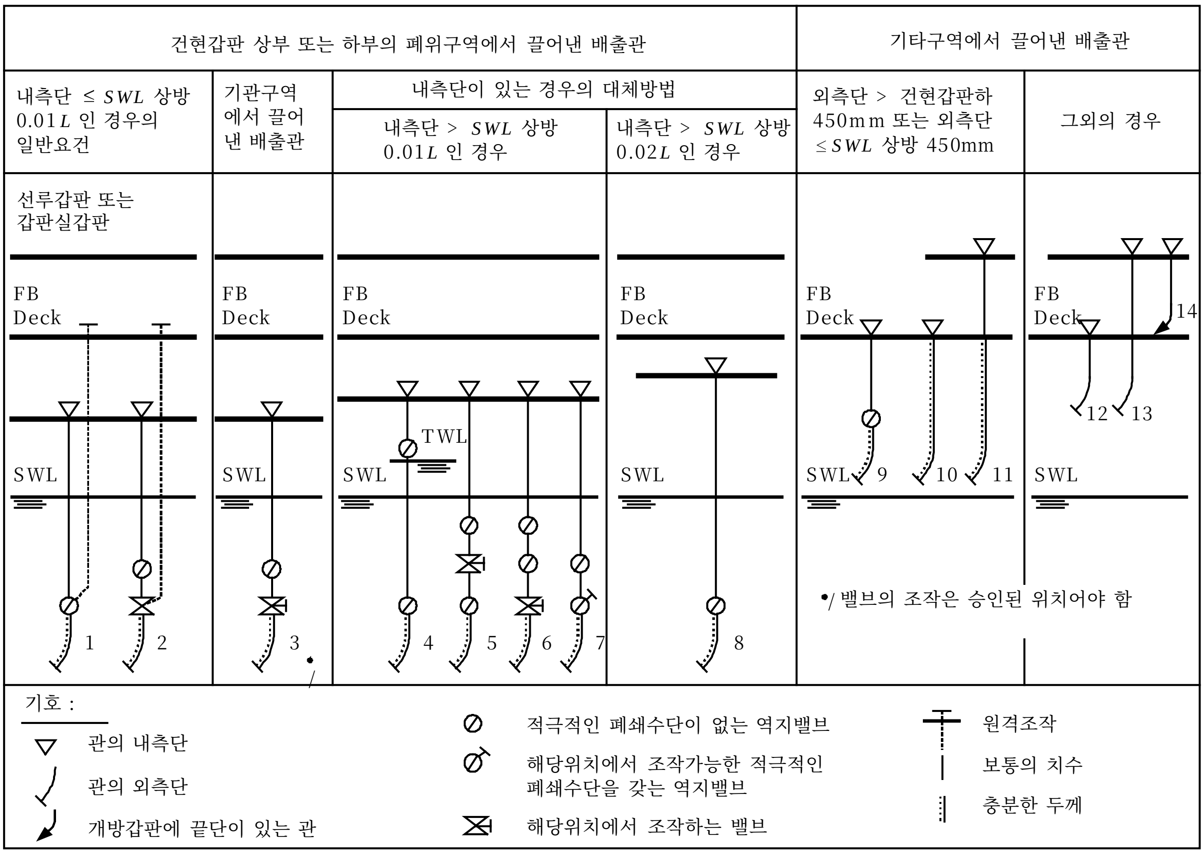
(c) $h_{disc} > 0.02L_L$:

- 적극적인 폐쇄수단이 없는 한 개의 자동역지밸브

1.5.3.3 기관구역의 선외배출구인 경우, **1.5.3.2**에서 요구되는 것을 대신하여 선내의 역지밸브와 외판의 해당위치에서 조작되는 한 개의 적극적인 잠금밸브를 허용할 수 있다.

1.5.3.4 배출구 및 배수구에 대한 허용 가능한 배치에 대하여는 **그림 11.1.3**을 참고한다.

그림 11.1.3
배출관 및 배수관장치의 그림표시



1.5.3.5 톱사이드 밸러스트탱크로부터의 중력식 배수와 같이, 해상에서 닫혀있는 배수구인 경우, 갑판에서 조작되는 단일 나사조임식 밸브를 허용할 수 있다.

1.5.3.6 적극적인 잠금밸브를 조작하는 수단은 쉽게 접근가능하여야 하고 개폐지시지를 설치하여야 한다.

1.5.3.7 건현갑판 하방 450mm 이상 또는 하기만재흘수선 상방 600mm 이하의 외판을 관통하는 모든 위치에서 시작하는 배수관은 외판에 역지밸브를 설치하여야 한다. **1.5.3.2**내지 **1.5.3.4**에 의하여 요구되지 않는다면 관이 **1.5.7.3**에 따라 충분한 두께를 갖는 경우, 이 밸브는 생략될 수 있다.

1.5.4 해수흡입구

1.5.4.1 유인 기관구역 내에서, 기관운전과 관련된 주 및 보조해수흡입구 및 배출구는 해당 위치에서 조작될 수 있다. 조작하는 수단은 쉽게 접근가능하여야 하고 개폐지시기를 설치하여야 한다.

1.5.5 외판밸브 및 부속품

1.5.5.1 설치에 대하여, 외판밸브는 외판(또는 해수흡입구)에 부착하여야 한다. 이 것이 실행불가능한 경우, **1.5.7.3**에 따르는 충분한 두께의 디스턴스피스를 설치할 수 있다. 외판배출구는 어떤 배출수도 내려진 생존정 위로 떨어지지 않도록 위치시켜야 한다.

1.5.5.2 재료에 대하여, 모든 요구되는 외판밸브와 부속품은 강, 동 또는 기타 승인된 연성재료이어야 한다. 일반적인 주철 또는 유사한 재료의 밸브는 허용되지 않는다.

1.5.5.3 열에 의하여 쉽게 유효성을 상실하는 재료는, 화재 시 재료의 손상이 침수의 위험을 초래할 수 있는 외판연결부에 사용하여서는 아니된다.

1.5.6 무인기관구역

1.5.6.1 무인기관구역에 대하여, 해수흡입구, 수선하부의 배출구 또는 빌지분사장치에 쓰이는 밸브의 제어는, 만재상태에서 선내로 물이 침입할 때 그 제어장치에 접근하여 조작하기에 적절한 시간을 허용하는 위치에 설치하여야 한다.

1.5.6.2 무인기관구역에 대아여 **1.5.6.1**을 적용함에 있어서, 가장 높은 빌지경보가 개시되고 10분 후에 손상으로인한 수선이 탱크정판 상방에 있지 않음이 계산으로 입증될 수 있는 경우, 그 밸브의 제어는 탱크정판에서 이루어질 수 있다.

(주)
각 기국은 이 요건에 대한 해석을 가지고 있다. 이 요건에 대한 해석을 가지고 있는 정부의 선박인 경우, 그 기국의 해석이 **1.5.6.2**의 요건에 우선한다.

1.5.7 관

1.5.7.1 외판으로부터 첫 번째 밸브까지 모든 관은 강 또는 이와 동등한 재료이어야 한다.

1.5.7.2 더 두꺼운 두께가 요구되지 않는다면, 밸브의 선내 강관의 총 벽두께는 **표 11.1.9**에 주어진 값 이상으로 한다.

표 11.1.9
일반강관의 두께

외경(mm)	총 위벽두께(mm)
≤ 155	4.5
≥ 230	6.0

(비 고)
1. 중간값은 선형보간법에 의하여 구한다.

1.5.7.3 더 두꺼운 두께의 것이 요구되는 경우, 강 관의 총 벽두께는 **1.5.3.7** 및 **1.5.5.1**을 참고하여, **표 11.1.10**에 주어진 값 이상이어야 한다.

표 11.1.10
두꺼운 강관의 두께

외경(mm)	총 위벽두께(mm)
≤ 80	7.0
180	10.0
≥ 220	12.5

(비 고)
1. 중간값은 선형보간법에 의하여 구한다.

1.5.8 쓰레기 투하장치, 쓰레기 및 유사한 배출구

1.5.8.1 쓰레기 투하장치, 쓰레기 및 유사한 배출구는 연강 관 또는 외판두께와 같은 판으로 만들어야 한다. 기타재료는 특별히 고려된다.

1.5.8.2 개구는 현측후판 및 높은 응력집중부위로부터 떨어져야 한다.

1.5.8.3 쓰레기 투하장치의 호퍼는, 배출구플랩과 호퍼덮개가 동시에 열릴 수 없도록 연동장치를 갖고 선내단에 힌지식 풍우밀덮개로 구성되어야 한다.

1.5.8.4 호퍼덮개는 사용하지 않을 때는 잠겨있어야 하고, 제어위치에 적절한 경고를 게시하여야 한다.

1.5.8.5 호퍼의 선내단이 0.01 L_L 미만인 경우, 덮개와 플랩에 추가하여 가장 깊은 흘수선 상방의 쉽게 접근가능한 위치에 적극적인 잠금밸브를 가져야 한다.

1.5.8.6 밸브는 호퍼와 인접한 위치에서 조작되어야 하며 개폐지시기를 설치하여야 한다. 밸브는 사용하지 않을 때는 잠겨있어야 하며, 그러한 취지의 경고문이 밸브조작위치에 게시되어야한다.

2 선원의 보호

2.1 불워크 및 보호난간

2.1.1 일 반

2.1.1.1 노출된 건현갑판 및 선루갑판의 경계, 제1층 갑판실의 경계 및 선루의 끝단에는 불워크 또는 보호난간을 설치하여야 한다.

2.1.1.2 불워크 또는 보호난간의 높이는 피복으로부터 측정하여 최소한 1.0m 이어야 하며, **2.1.2**의 요건에 따라 제작되어야 한다. 다만, 이 높이가 선박의 통상의 작업을 방해하는 경우에는 보다 낮은 높이를 승인할 수 있다. 보다 낮은 높이의 승인이 요청되는 경우, 정당성을 입증하는 자료를 제출하여야 한다.

2.1.1.3 중앙부 0.6*L* 내에서, 불워크는 선체거더응력을 받지 않도록 배치되어야 한다.

2.1.1.4 선원실구역, 기관구역 및 선박의 선원작업을 위하여 필요한 모든 기타구역으로 통행하는 선원의 보호를 위하여 보호난간, 구명줄, 상설보행로, 갑판하통로 또는 동등물의 형태의 만족할 만한 수단이 제공되어야 한다.(**2.3.1.1** 참조)

2.1.2 불워크의 구조

2.1.2.1 노출된 건현갑판 및 선루갑판의 경계에서 불워크판의 총 두께는 **표 11.2.1**에 주어진 값보다 작아서는 아니된다.

표 11.2.1
불워크판의 두께

불워크의 높이	총 두께
1.8m 이상	동일한 위치의 선루에 요구되는 두께
1.0m	6.5mm
중간높이	선형보간법에 의하여 결정되어야 한다

2.1.2.2 판재 불워크는 상부난간에 의하여 보강되어야 하고 일반적으로 2.0m 를 넘지아니하는 간격(spacing)의 지주에 의하여 지지되어야 한다.

㈜

11장/2.1.2.2의 간격(spacing)에 대한 요구사항은 건현갑판 및 선수루갑판에 있는 불워크에만 적용된다.

2.1.2.3 지주의 자유단은 보강되어야 한다.

2.1.2.4 지주의 총단면계수 $Z_{stay-grs}$ 는 아래 주어진 값보다 작아서는 아니된다. 단면계수의 계산에 있어서는 갑판에 연결된 재료만이 포함되어야 한다. 지주의 벌브 또는 플랜지는 갑판에 연결된 경우 고려될 수 있다. 선박의 끝단에서, 불워크판이 현측후판에 연결된 경우, 600mm 를 넘지아니하는 부착된 판의 폭이 포함될 수도 있다.

$$Z_{stay\text{-}grs} = 77 h_{blwk}{}^{2} s_{stay} \qquad (\mathrm{cm}^3)$$

여기서,

h_{blwk} : 갑판상면으로부터 난간상면까지의 불워크높이(m)

S_{stay} : 지주간격(m)

2.1.2.5 계류장치가 불워크에 큰 힘을 작용시키는 경우, 지주의 강도는 적당히 증가되어야 한다.

2.1.2.6 불워크지주는 적당한 갑판하보강재에 의하여 지지되거나 일치되어 있어야 한다. 보강재는 불워크지주연결에서 양면연속필렛용접에 의하여 연결되어야 한다.

2.1.2.7 불워크가 현문 또는 기타개구의 형태로 절단되는 경우, 개구의 끝단에는 보강된 지주를 설치하여야 한다.

2.1.2.8 불워크는 계류관에 대하여 적절히 보강되고 두께를 증가시켜야 한다.

2.1.2.9 현문 또는 기타개구를 위한 불워크 내의 절단시공이 선루에서는 없어야 한다.

2.1.2.10 불워크가 설치된 경우, **2.1.5**의 요건에 따라 방수구를 설치하여야 한다. 방수구는 우리 선급의 요건에 적합하여야 한다.

2.1.3 보호난간의 구조

2.1.3.1 2.1.1.1에서 요구되는 보호난간의 지지대는 다음 요건에 적합하여야 한다.

(a) 고정식, 탈착식 또는 힌지식의 지지대는 약 1.5m 의 간격으로 설치되어야 한다.

(b) 적어도 매 3번째 지지대는 브래킷이나 지주에 의해 지지되어야 한다.

(c) 탈착식 또는 힌지식 지지대는 직립된 상태에서 고정될 수 있어야 한다.

(d) 둥근거널을 가지는 선박인 경우, 지지대는 갑판의 평평한 곳에 놓여져야 한다.

(e) 현측후판을 가지는 선박인 경우, 지지대는 현측후판, 업스탠드 또는 연속된 거터바에 부착되어서는 아니된다.

2.1.3.2 보호난간의 최하열의 하방으로 갑판 또는 업스탠드까지의 개구는 최대 230mm 를 넘어서는 아니된다. 나머지 횡봉의 간격은 380mm 이하이어야 한다.

2.1.3.3 특별한 경우 및 제한된 길이 내에서 보호난간 대신에 와이어로프도 인정될 수 있다. 이 경우 와이어로프는 턴버클을 이용하여 팽팽하게 유지되어야 한다.

2.1.3.4 두개의 고정된 지지대 그리고/또는 불워크 사이에 설치된 경우, 보호난간 대신에 체인도 인정될 수 있다.

2.1.4 누설방지에 관련된 불워크 및 보호난간에 대한 추가요건

2.1.4.1 일반적으로 개방형보호난간은 상갑판 상에 설치되어야 한다. 하단에 높이 230mm 의 연속된 개구를 가지는 판재 불워크는, 그 배치가 갑판상 누출물을 적절히 처리할 수 있고 인화성개스가 축적될 가능성을 최소화 하는 것을 조건으로 허용될 수 있다.

2.1.4.2 갑판상 누설은 화물갑판 주위로 최소높이 100mm 의 연속된 상설코밍에 의하여 거주구역 및 업무구역으로 분출되거나 해상으로 배출되는 것이 방지되어야 한다. 화물갑판 후단에서 선측을 따라, 코밍은 각 모서리로부터 전방으로 최소 4.5m 연장되고 최소높이는 200mm 이어야 한다. 화물갑판의 후단에서, 코밍의 최소높이는 300mm 이어야 하고 선측으로부터 선측까지 연장되어야 한다.

2.1.4.3 연속된 거터바 갑판코밍이 설치된 경우, 거터바는 부착된 갑판과 동일한 재료강도 및 등급으로 제작되어야 한다.

2.1.4.4 기계식의 배수구 플러그가 제공되어야 한다. 또한 코밍 사이의 기름 또는 유성폐수의 배수 또는 제거수단이 제공되어야 한다.

2.1.5 깊은 적재에 대한 추가요건

2.1.5.1 A 형 또는 B-100형 건현(즉, 표 B-60에 기초한 것 보다 작은 건현)을 가지는 선박은 노천갑판 노출부길이의 최소 1/2에 걸쳐 개방형 보호난간이 설치되어야 한다. 이를 대신하여 연속된 불워크가 설치된 경우, 최소방수구면적은 불워크 전체면적의 최소한 33%이어야 한다. 방수구면적은 불워크의 하부에 위치하여야 한다.

2.1.5.2 선루가 트렁크에 연결된 경우, 건현갑판의 노출부 전체길이에 걸쳐 개방형 보호난간이 설치되어야 한다.

2.1.5.3 표 B-60건현(즉, 표 B 에 기초한 것보다 작고 표 B-60보다는 작지아니한 건현)을 가지는 선박은 불워크 전체면적의 최소 25%의 최소방수면적을 가져야 한다. 방수구면적은 불워크의 하부에 위치하여야 한다.

2.2 탱크로의 접근

2.2.1 화물탱크지역 내의 탱크로의 접근

2.2.1.1 화물탱크지역 내의 탱크로의 접근은 **5장/5**에 따라야 한다.

2.3 선수로의 접근

2.3.1 일 반

2.3.1.1 험한 기상상태에서도 선원이 안전하게 선수로 접근할 수 있도록 하는 수단이 제공되어야 한다.(**표 11.2.2** 참조)

<table>
<tr><th colspan="6">표 11.2.2
접근에 대한 인정 가능한 설비</th></tr>
<tr><th rowspan="2">접근위치</th><th rowspan="2">지정된
하기건현</th><th colspan="4">지정된 건현형식에 따라
인정 가능한 설비 (6)(7)(8)</th></tr>
<tr><th>A형</th><th>B-100형</th><th>B-60형</th><th>B형 & B^{+}형</th></tr>
<tr><td rowspan="2">선수단으로의 통행
선미루와 선수 사이, 또는

거주설비 또는 항해설비, 또는 둘 다를 포함한 갑판실과 선수 사이, 또는

평갑판 선박의 경우, 선원거주용 갑판실과 선수단 사이</td><td>$\le \left(h_{FB} + h_{ss}\right)$</td><td colspan="4">a
e
$f^{(1)}$
$f^{(5)}$</td></tr>
<tr><td>$> \left(h_{FB} + h_{ss}\right)$</td><td colspan="4">a
e
$f^{(1)}$
$f^{(2)}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">선미단으로의 통행
평갑판 선박의 경우, 선원거주용 갑판실과 선미단 사이</td><td>$\le 3000\,mm$</td><td>a
b
$c^{(1)}$
e
$f^{(1)}$</td><td>a
b
$c^{(1)}$
$c^{(2)}$
e
$f^{(1)}$
$f^{(2)}$</td><td>a
b
$c^{(1)}$
$c^{(2)}$
e
$f^{(1)}$
$f^{(2)}$</td><td rowspan="2">a
b
$c^{(1)}$
$c^{(2)}$
$c^{(4)}$
$d^{(1)}$
$d^{(2)}$
$d^{(3)}$
e
$f^{(1)}$
$f^{(2)}$
$f^{(4)}$</td></tr>
<tr><td>$> 3000\,mm$</td><td>a
b
$c^{(1)}$
$d^{(1)}$
e
$f^{(1)}$</td><td>a
b
$c^{(1)}$
$c^{(2)}$
$d^{(1)}$
$d^{(2)}$
e
$f^{(1)}$
$f^{(2)}$</td><td>a
b
$c^{(1)}$
$c^{(2)}$
$c^{(4)}$
$d^{(1)}$
$d^{(2)}$
$d^{(3)}$
e
$f^{(1)}$
$f^{(2)}$
$f^{(4)}$</td></tr>
</table>

표 11.2.2 (계속)
접근에 대한 인정 가능한 설비

여기서,

h_{ss} : ICLL 제33규칙에 정의된 선루의 표준높이

h_{FB} : 실제로 지정된 건현 형식과 관계없이, A형 선박으로서 계산된, 선박 중앙부 하기만재흘수선으로부터의 건현(m)

a : 건현갑판에 가능한 가까이 설치하여야 하며, 고려하는 위치로의 출입을 위하여 충분히 조명되고 환기되는 최소한 폭 0.8m 및 높이 2m의 장애물이 없는 개구를 가진 갑판하 통로

b : 영구적으로 설치된 상설보행로, 이것은 선루갑판의 높이 또는 그 상부에 설치되고, 선박의 중심선상 또는 가능한 한 중심선 근처에 설치되고, 폭이 0.6m 이상이고 미끄럼방지 표면으로 되어있는 연속된 보행로로서 양쪽에 전길이에 걸쳐 연결된 발턱 및 보호난간을 제공하여야 한다. 보호난간은 최대 1.5m 간격의 지지대가 설치되어야하는 경우를 제외하고 **2.1.3**의 요건에 따라야 한다.

c : 폭이 최소 0.6m 이상인 영구적인 통행로, 이것은 건현갑판 높이에 설치되며 최대 3m의 간격으로 배치된 지지대와 2열을 가진 보호난간이 통행로 양측에 설치되어야 한다. 횡봉의 열의 수 및 간격은 **2.1.3**에 따라야 한다. B형 선박에 있어서, 높이가 0.6m 이상인 창구코밍은 통행로의 한 쪽 보호난간을 형성하는 것으로 인정될 수 있다. 다만, 이 경우 창구사이에는 통행로 양쪽에 2열의 보호난간을 설치하여야 한다.

d : 약 10m 간격의 지지대로 지지되고 최소지름 10mm의 로프구명줄, 또는 창구사이에 연속되어 있고 적절히 지지되어있는 창구코밍에 부착된 단일의 난간 또는 와이어로프

e : 선루갑판 또는 그 상부, 선박의 중심선 또는 가능한 한 중심선 근처에 영구적으로 설치된 상설보행로:

- 갑판의 작업지역을 가로질러서 용이한 통행을 방해하지 않도록 위치할 것
- 폭이 적어도 1.0m 이상인 연속적인 보행로를 제공할 것
- 내화성 및 미끄럼방지 재료로 제작될 것
- 보행로 양쪽에 전길이에 걸쳐 연결된 보호난간이 설치될 것. 보호난간은 최대 1.5m 간격의 지지대가 설치되어야하는 경우를 제외하고 **2.1.3**의 요건에 따라야 한다.
- 양쪽에 발턱이 설치될 것
- 적절하게 사다리가 설치되어 갑판으로의 출입이 가능한 개구를 가질 것. 개구는 40m 이상 떨어져 있지 않아야 함.
- 상설보행로가 설치되어야 할 노출갑판의 길이가 70m를 초과한다면, 45m 이하의 간격으로 상설보행로상에 충분한 구조의 피난처를 설치할 것. 모든 피난처는 적어도 한사람 이상을 수용할 수 있어야 하며 전방 및 좌우현의 비바람으로부터 보호할 수 있도록 건조되어야 한다.

f : 발턱을 제외한 '*e*' 에 규정된 영구적인 상설보행로와 같은 사양을 갖는, 선박의 중심선상 또는 가능한 한 중심선에 가까이, 건현갑판 높이에 위치한 영구적이고 유효하게 건조된 통행로. 폐쇄상태에서 창구코밍과 창구덮개를 합친 창구코밍높이가 1m 이상이고 창구사이에는 통행로 양쪽에 보호난간이 설치된 B형건현 선박의 경우, 창구코밍이 통행로의 한쪽 보호난간을 형성하는 것으로 인정할 수 있다.

표 11.2.2 (계속) 접근에 대한 인정 가능한 설비
(비 고) 1. 선박의 중심선 또는 근처, 또는 선박의 중심선 또는 근처의 창구상에 설치 2. 선박의 각 현에 설치 3. 선박의 한쪽 현에 설치, 다만, 어느 현에도 설치될 수 있는 설비를 가질 것 4. 선박의 한쪽 현에만 설치 5. 가능한 한 중심선 가까이 창구의 양쪽에 설치 6. 와이어로프가 설치된 경우, 팽팽한 상태를 유지할 수 있도록 적절한 장치가 설치되어야 한다. 7. 영구적으로 설치된 배관 및 다른 부착품들과 같은 장애물 위로 넘어가는 통행수단이 제공되어야 한다. 8. 일반적으로, 상설보행로 또는 통행로의 폭은 1.5m를 넘어서는 아니된다.
(주) 1. 각 경우마다 해당 기국의 협정이 있는 조건으로 이 요건의 일부 또는 전부에 대한 적용 제외를 허용할 수 있다.

3 지지구조 및 구조적 부가물

3.1 갑판설비에 대한 지지구조

3.1.1 일 반

3.1.1.1 **3.1.2**내지 **3.1.7**에 나열된 갑판설비 및 의장의 지지구조에 대한 자료가 승인을 위하여 제출되어야 한다.

3.1.1.2 이 절은 다음 설비 및 의장의 지지구조 및 거치대에 대한 치수요건을 포함한다.

(a) 양묘기

(b) 앵커체인 스토퍼

(c) 무어링윈치

(d) 갑판크레인, 데릭 및 리프팅마스트

(e) 비상예인장치

(f) 볼라드 및 비트, 페어리더, 스탠드롤러, 축 및 캡스턴

(g) 특별승인을 받아야 하는 기타 갑판설비 및 의장

(h) 특별승인을 받지 않아도 되는 기타 갑판의장

3.1.1.3 갑판설비가 작동하중 및 그린파랑하중과 같은 복합하중상태에 적용되는 경우, 작동하중 및 그린파랑하중은 거치대 및 지지구조의 강도평가에 대하여 개별적으로 적용되어야 한다.

3.1.2 양묘기 및 체인스토퍼에 대한 지지구조

3.1.2.1 양묘기는 갑판에 유효하게 거치되고 고정되어야 한다. 양묘기 및 체인스토퍼 근처의 갑판두께는 갑판부착물 설계에 상응하는 것이어야 한다.

3.1.2.2 **3.1.2.6**의 요건에 적합하는 것에 추가하여, 선박건조자 및 양묘기 제조자는 거치대가 양묘설비의 안전한 작동 및 유지보수에 적당하다는 것에 만족하여야 한다.

3.1.2.3 파단강도는 체인의 최소파단강도로 정의된다.

3.1.2.4 다음의 도면 및 자료가 승인을 위하여 제출되어야 한다.

(a) 양묘기에 대한 지지구조의 상세

(b) 거치볼트의 재료사양 및 거치대의 갑판연결을 포함하여, 양묘기 거치대 설계의 상세

(c) 재료사양 및 거치대의 갑판연결을 포함하여, 체인스토퍼 거치대 설계의 상세

3.1.2.5 다음의 보완자료가 제출되어야 한다.

(a) 앵커설비의 일반배치도

(b) **3.1.2.8** 및 **3.1.2.9**에 규정된 설계하중 및 거치대와 지지구조에 작용하는 관련 반력

3.1.2.6 지지구조의 치수는 **3.1.2.8** 및 **3.1.2.9**에 규정된 각 하중시나리오에 대하여 지지구조 내의 계산된 응력이 **3.1.2.15**내지 **3.1.2.18**에 주어진 허용응력수준을 넘지아니한다는 것을 확보하도록 결정되어야 한다.

3.1.2.7 이들 요건은 총 두께를 이용한 탄성보이론, 이차원격자 또는 유한요소해석에 기초를 둔 간단한 공학적 해석을 사용하여 평가되어야 한다.

3.1.2.8 다음의 하중상태가 앵커작동에 대하여 적절히 시험되어야 한다.

(a) 체인스토퍼가 있는 양묘기: 파단강도의 45%

(b) 체인스토퍼가 없는 양묘기: 파단강도의 80%

(c) 체인스토퍼: 파단강도의 80%

파단강도는 **3.1.2.3**에 따른다.

3.1.2.9 다음의 힘들이 0.25L 전방의 그린파랑에 따른 설계하중에 대하여 시험되어야 하는 하중상태에 각각 적용되어야 한다.(**그림 11.3.1** 참조)

$P_x = 200 A_x$ (kN), 축에 수직으로 작용

$P_y = 150 A_y f$ (kN), 축에 평행하게 작용(선내측 및 선외측방향이 개별적으로 시험되어야 한다)

여기서,

A_x : 투영정면면적(m^2)

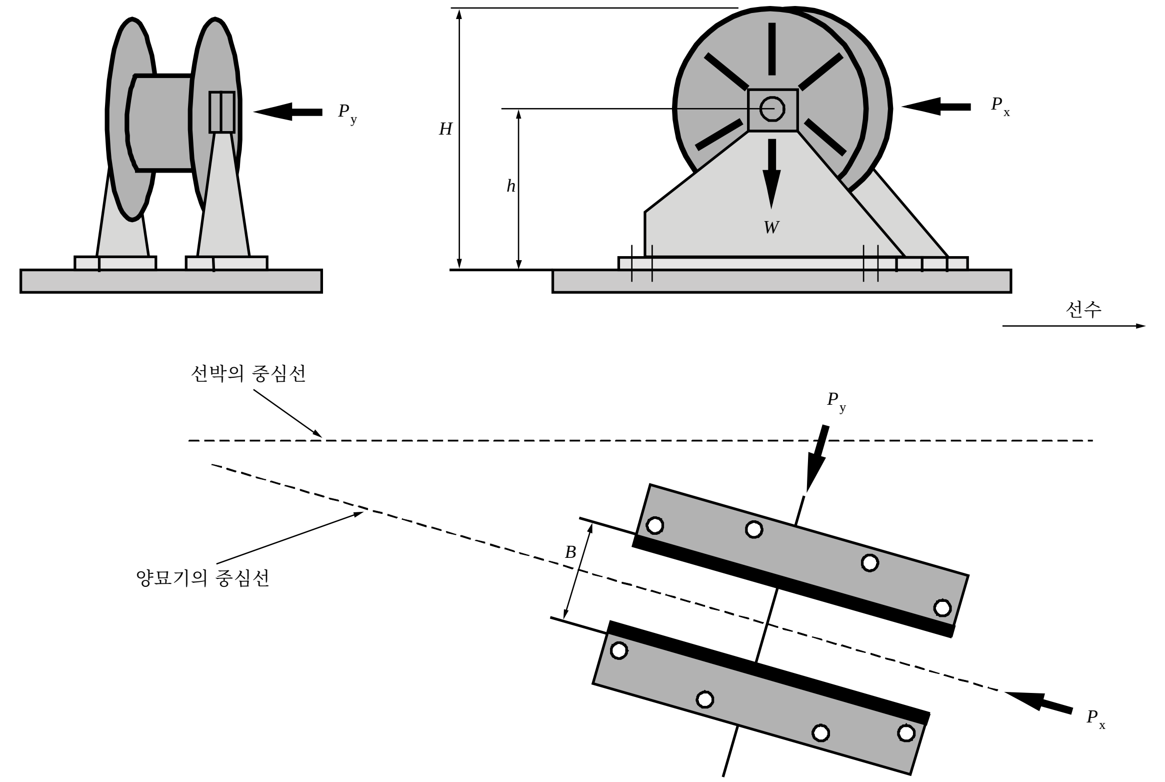
A_y : 투영측면면적(m^2)

f = $1 + B_w / H$, 그러나 2.5보다 커서는 아니된다.

B_w : 축에 평행하게 측정된 양묘기의 폭(m).(**그림 11.3.1** 참조)

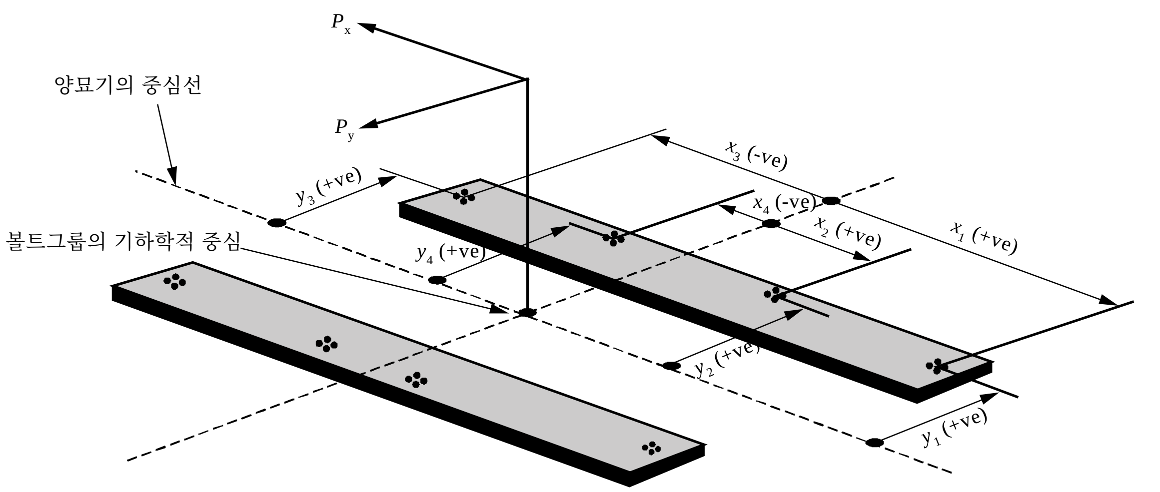
H : 양묘기의 전체높이(m).(**그림 11.3.1** 참조)

그림 11.3.1
힘과 중량의 방향



3.1.2.10 양묘기를 갑판에 고정시키는 볼트, 축 및 스토퍼에 그린파랑 설계하중으로부터 작용하는 힘이 계산되어야 한다. 양묘기는 각기 한 개 또는 그 이상의 볼트를 포함하는 몇 개의 볼트그룹 N에 의하여 지지된다.

그림 11.3.2
볼트배치 및 부호규정



3.1.2.11 인장을 양으로 하는 볼트그룹(또는 볼트) i 내의 축력 R_{xi} 및 R_{yi} 는 다음에 따른다.

$$R_{xi} = P_x h x_i A_i / I_x$$

$$R_{yi} = P_y h y_i A_i / I_y$$

$$R_i = R_{xi} + R_{yi} - R_{si}$$

여기서,

P_x : 축에 수직으로 작용하는 힘(kN)

P_y : 선내측 또는 선외측 중 볼트그룹 i 내의 힘 중 큰 값으로 축에 평행하게 작용하는 힘(kN)

h : 양묘기 거치대 상부 축중심 높이(cm)(**그림 11.3.1** 참조)

x_i, y_i : 모든 N 볼트그룹의 기하학적 중심으로부터 볼트그룹 i 의 x 및 y 좌표(cm). 힘이 작용하는 반대방향을 양으로 본다.

A_i : 그룹 i 내의 모든 볼트의 횡단면적(cm ^{2})

I_x : N 볼트그룹에 대한 $\sum A_i x_i^2$ (cm^4)

I_y : N 볼트그룹에 대한 $\sum A_i y_i^2$ (cm^4)

R_{si} : 양묘기의 중량으로 인한 볼트그룹 i 에서의 정적반력(kN)

3.1.2.12 볼트그룹 i 에 작용하는 전단력 F_{xi} 및 F_{yi}, 그리고 조합된 합성력 $F_{i,}$는 다음에 따른다.

$$F_{xi} = (P_x - C_1 g m) / N$$

$$F_{yi} = (P_y - C_1 g m) / N$$

$$F_i = \sqrt{F_{xi}^2 + F_{yi}^2}$$

여기서,

C_1 : 마찰계수, 0.5

m : 양묘기 중량(tonnes)

g : 중력가속도, 9.81m/sec^2

N : 볼트그룹의 수

3.1.2.13 **3.1.2.8** 및 **3.1.2.9**에 규정된 하중의 적용으로부터의 합성력은 지지구조의 설계에 고려되어야 한다.

3.1.2.14 양묘기의 제동기를 위하여 별도의 거치대가 설치되는 경우, 제동기는 **3.1.2.8**에 정의된 하중상태 (a) 및 (b)에 적용된다는 가정하에 합성력의 분포가 계산되어야 한다.

3.1.2.15 지지구조에 전달되는 앵커설계하중으로부터의 응력은 구조의 총 두께에 기초를 둔 다음의 허용값보다 커서는 아니된다.

법선(direct)응력 1.00 σ_{yd}

전단응력 0.58 σ_{yd}

여기서,

σ_{yd} : 규정된 재료의 최소항복응력(N/mm^2)

3.1.2.16 각 볼트그룹 i 내의 개별적인 볼트 내에서 그린파랑설계하중으로부터의 인장 축응력은 상기 힘을 받는 상태에서의 볼트내력의 50%를 넘어서는 아니된다. 하중은 체인방향으로 작용하여야 한다. 설치된 볼트가 한쪽 또는 양쪽 방향으로 이들 전단력을 지지하도록 설계된 경우, Von-Mises 등가응력은 볼트내력의 50%를 넘어서는 아니된다.

3.1.2.17 그린파랑설계하중 F_{xi} 및 F_{yi} 로부터의 수평방향 힘은 전단 촉에 의하여 반력을 받을 수 있다. 거치대에 쏟아부을 수 있는 수지가 사용되는 경우, 계산에 합당한 고려를 하여야 한다.

3.1.2.18 지지구조에 전달되는 그린파랑 설계하중으로부터의 응력은 구조의 총 두께에 기초를 둔 다음의 허용값보다 커서는 아니된다.

법선(direct)응력 1.00 σ_{yd}

전단응력 0.58 σ_{yd}

여기서,

σ_{yd} : 규정된 재료의 최소항복응력(N/mm^2)

3.1.3 무어링윈치에 대한 지지구조

3.1.3.1 무어링윈치는 갑판에 유효하게 거치되고 고정되어야 한다. 무어링윈치 근처의 갑판두께는 갑판부착물 설계에 상응하는 것이어야 한다.

3.1.3.2 **3.1.3.6**의 요건에 적합하는 것에 추가하여, 선박건조자 및 무어링윈치 제조자는 거치대가 무어링윈치설비의 안전한 작동 및 유지보수에 적당하다는 것에 만족하여야 한다.

3.1.3.3 정격인장력(Rated Pull)은 무어링윈치가 작동 중에 받도록 설계된 최대하중으로 정의되며, 무어링윈치 거치대/지지구조 도면에 명시되어야 한다.

3.1.3.4 유지부하(Holding Load)는 무어링윈치가 작동 중에 견디도록 설계된 최대하중으로 정의되고 설계제동유지부하 또는 이와 동등하게 취해지며, 무어링윈치 거치대/지지구조 도면에 명시되어야 한다.

3.1.3.5 다음의 도면 및 자료가 승인을 위하여 제출되어야 한다.

(a) 무어링윈치에 대한 지지구조의 상세

(b) 거치볼트의 재료사양 및 거치대의 갑판연결을 포함하여, 무어링윈치 거치대 설계의 상세

(c) **3.1.3.8** 및 **3.1.3.9**에 규정된 설계하중 및 거치대와 지지구조에 작용하는 관련 반력

3.1.3.6 지지구조의 치수는 **3.1.3.8** 및 **3.1.3.9**에 규정된 각 하중상태에 대하여 지지구조 내의 계산된 응력이 **3.1.3.13**와 **3.1.3.14**에 주어진 허용응력수준을 넘지아니한다는 것을 확보하도록 결정되어야 한다.

3.1.3.7 이들 요건은 총 두께를 이용한 탄성보이론, 이차원격자 또는 유한요소해석에 기초를 둔 간단한 공학적 해석을 사용하여 평가되어야 한다.

3.1.3.8 다음의 하중상태가 무어링작동에 기인한 설계하중에 대하여 적절히 시험되어야 한다.

(a) 무어링윈치 최대인장: 정격인장력의 100%

(b) 유효한 제동기가 있는 무어링윈치: 유지부하 100%

(c) 라인강도: 선박의 해당 의장수에 대한 **표 11.4.2**에 요구되는 계선삭(호저)의 파단강도의 125%

정격인장력 및 유지부하는 **3.1.3.3** 및 **3.1.3.4**에 따른다. 설계하중은 무어링 배치도면에 보여진 배치에 따른 무어링라인 전체에 적용된다.

3.1.3.9 0.25L 전방에 위치한 무어링윈치인 경우, 그린파랑에 대한 하중상태는 **3.1.2.9**와 같이 적용되어야 한다.

3.1.3.10 0.25L 전방에 위치한 무어링윈치인 경우, 그린파랑 설계하중으로부터 얻어지는 볼트 내의 합성력은 **3.1.2.10**내지 **3.1.2.12**에 따라 계산되어야 한다.

3.1.3.11 **3.1.3.8** 및 **3.1.3.9**에 규정된 하중의 적용으로부터의 합성력은 지지구조의 설계에 고려되어야 한다.

3.1.3.12 무어링윈치의 제동기를 위하여 별도의 거치대가 설치되는 경우, 합성력의 분포는 다른 하중경로가 고려되어야 한다. 제동기는 **3.1.3.8**의 하중상태 (b)의 힘에만 관련하여 고려되어야 한다.

3.1.3.13 지지구조를 포함하여 무어링작동 설계하중으로부터의 응력은 **3.1.2.15**에 주어진 값보다 커서는 아니된다.

3.1.3.14 0.25L 전방에 위치한 무어링윈치인 경우, 볼트 및 지지구조에 전달되는 그린파랑 설계하중으로부터의 응력은 **3.1.2.16**내지 **3.1.2.18**의 값보다 커서는 아니된다.

3.1.4 체인, 데릭 및 리프팅마스트에 대한 지지구조

3.1.4.1 30kN 초과의 안전사용하중, 또는 지지구조에 대하여 100 kNm 초과의 최대전복모멘트를 가지는 크레인, 데릭 및 리프팅마스트의 지지구조는 다음 요건에 적합하여야 한다.

3.1.4.2 이 요건은 갑판과 크레인, 데릭 및 리프팅마스트의 지지구조의 연결에 적용한다. 크레인, 데릭 또는 리프팅마스트가 우리 선급의 승인을 받아야 하는 경우, 우리 선급에 의하여 추가적인 요건이 적용될 수 있다.

3.1.4.3 이 요건은 다음 사항을 다루지는 아니한다.

(a) 선원 또는 여객을 위한 승강설비의 지지(**3.1.7.5** 참조)

(b) 하역승강설비 페데스털 또는 갑판연결부 상부의 포스트의 구조

(c) 하역승강설비의 일부로 고려되는 거치볼트 및 그 배치

3.1.4.4 하역승강설비(lifting appliance)라 함은 크레인, 데릭 또는 리프팅마스트로 정의된다.

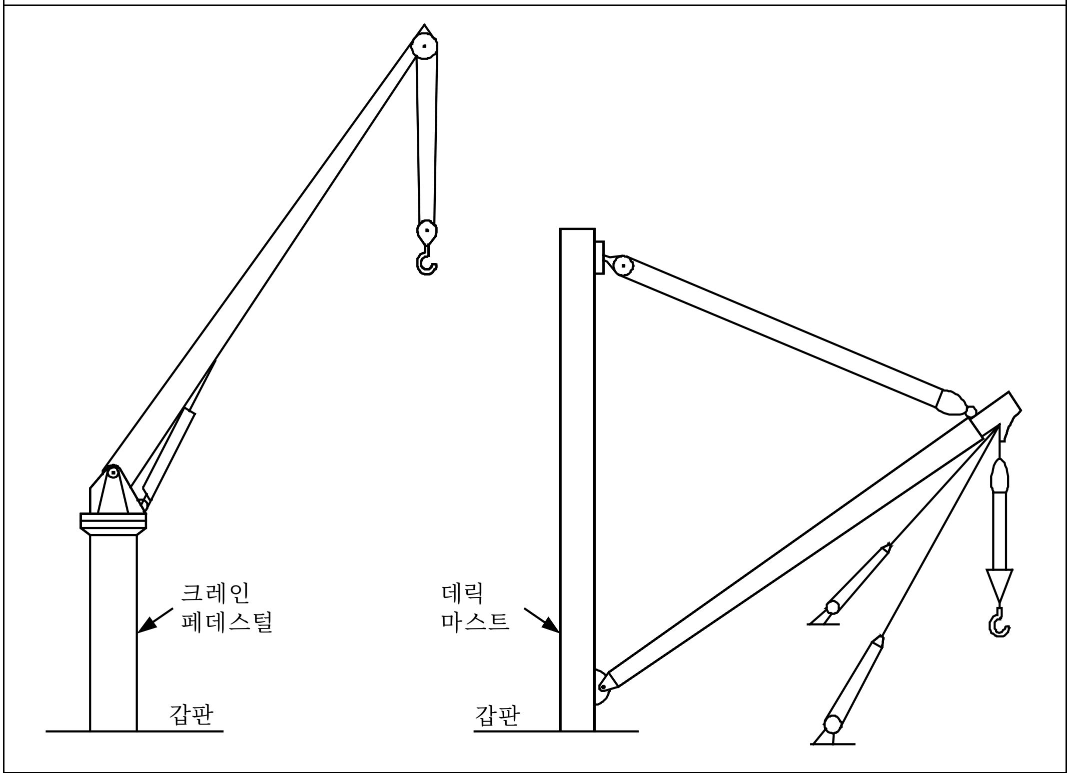
3.1.4.5 안전사용하중(safe working load)이라 함은 하역승강설비가 임의의 특정 아웃리치에서 달아 올릴 수 있다고 보증된 최대하중으로 정의된다.

3.1.4.6 자중(self weight)은 모든 리프팅기어의 중량을 포함하여 하역승강설비의 총자중으로 계산된다.

3.1.4.7 전복모멘트(overturning moment)는 아웃리치 및 자중을 고려하여, 안전사용하중에서 작동하는 하역승강설비에 의하여 하역승강설비와 선체구조의 연결부에서 계산되는 최대굽힘모멘트이다.

3.1.4.8 크레인페데스털 및 데릭마스트는 **그림 11.3.3**에 따른다.

그림 11.3.3
크레인페데스털 및 데릭마스트



3.1.4.9 다음의 도면 및 자료가 승인을 위하여 제출되어야 한다.

(a) 갑판과의 연결부를 포함한 하역승강설비의 지지구조의 상세

(b) 하역승강설비 지지구조의 안전사용하중, 자중, 수직반력 및 최대전복모멘트

(c) 해상작동인 경우, 하역승강설비가 사용되어야 하는 최대해상상태

3.1.4.10 다음의 보충자료가 또한 제출되어야 한다.

(a) 크레인/데릭/리프팅마스트의 일반배치도

3.1.4.11 갑판 및 갑판하 구조는 계산된 수직하중 및 최대전복모멘트에 대하여 데릭마스트를 적절히 지지할 수 있어야 한다. 갑판이 관통되는 경우, 갑판은 적당히 보강되어야 한다.

3.1.4.12 갑판 및 갑판하 구조는 계산된 수직하중 및 최대전복모멘트에 대하여 크레인페데스털을 적절히 지지할 수 있어야 한다.

3.1.4.13 일반적으로, 갑판구조의 구조적 연속성이 유지되어야 하고 깊은 갑판하 부재는 크레인페데스털을 지지할 수 있어야 한다.

3.1.4.14 크레인페데스털에 대한 갑판연결의 배치에 따라 다음의 추가요건에 적합하여야 한다.

(a) 페데스털이 갑판상 브래킷이 없이 갑판에 직접 연결되는 경우, 크레인페데스털에 직접 일치되도록 적절한 갑판하 구조를 설치하여야 한다. 크레인페데스털이 브래킷이 없이 갑판에 부착되는 경우 또는 크레인페데스털이 갑판을 통해 연속되지 아니한 경우, 크레인페데스털과 갑판의 용접 및 갑판하 지지구조는 적당한 완전용입용접의 것이어야 한다. 만약 완전용입의 결과를 가져오고 결론적으로 용접완료 후 초음파탐상시험이 가능하다면, 최대 3mm 의 루트면을 가지는 깊은 용입절차도 허용될 수 있다. 용접연결의 설계는 **3.1.4.21**에 따라 용접연결 내의 계산된 응력에 적절한 것이어야 한다.

(b) 페데스털이 브래킷으로 갑판에 직접 연결되는 경우, 갑판하 지지구조는 하중의 만족스런 전달 및 구조적 취약부위을 피하는 것을 확보하도록 설치되어야 한다. 갑판상 브래킷은 페데스털의 내측 또는 외측에 설치될 수 있고 갑판거더 및 웨브에 일치되어야 한다. 설계는 급격한 단면의 변화에 의한 응력집중을 피하여야 한다. 브래킷 및 기타 직접하중을 전달하는 구조와 갑판하 지지구조는 적당한 완전용입용접에 의하여 갑판에 용접되어야 한다. 만약 완전용입의 결과를 가져오고 결론적으로 용접완료 후 초음파탐상시험이 가능하다면, 최대 3mm 의 루트면을 가지는 깊은 용입절차도 허용될 수 있다. 연결의 설계는 **3.1.4.21**에 따라 계산된 응력에 적절한 것이어야 한다.

3.1.4.15 갑판의 두께 및 재료강도는 크레인페데스털에 적합한 것이어야 한다. 필요한 경우, 두꺼운 삽입판을 설치하여야 한다. 구조가 인장을 받는 경우, 어떠한 경우에도 덧댐판을 사용하여서는 아니된다.

3.1.4.16 지지지구조의 치수는 **3.1.4.18** 및 **3.1.4.19**에 규정된 하중상태인 경우, 지지구조의 계산된 응력이 **3.1.4.21**에 주어진 값을 넘지 아니한다는 것을 확보하도록 결정되어야 한다.

3.1.4.17 이들 요건은 총 두께를 이용한 탄성보이론, 이차원격자 또는 유한요소해석에 기초를 둔 간단한 공학적 해석을 사용하여 평가되어야 한다.

3.1.4.18 항내에서만 사용하도록 제한된 하역승강설비인 경우, 다음의 하중시나리오가 시험되어야 한다.

(a) 하역승강설비 자중에 더해진 안전사용하중의 130%

3.1.4.19 해상작동에 사용될 수 있는 하역승강설비인 경우, 다음이 승인을 위하여 제출되어야 한다.

(a) 하역승강설비가 사용되어야 하는 최대해상상태

(b) 최악의 수직 및 수평가속도

(c) 특정 설계해상상태 및 바람환경에 대한 최악의 바람하중

시험되어야 하는 하중시나리오는 이들 환경하중을 고려하여야 한다. 최소한 다음의 하중시나리오가 시험되어야 한다.

(a) 하역승강설비 자중에 더해진 안전사용하중의 150%

선회링 상부에 크레인 운전대가 설치된 경우, 하중시나리오는 특별히 고려되어야 한다.

3.1.4.20 **3.1.4.18** 및 **3.1.4.19**에 규정된 설계하중에 대응하는 수직반력 및 최대전복모멘트가 계산되어 구조평가에 사용되어야 한다.

3.1.4.21 지지구조에 야기되는 응력은 구조의 총 두께에 기초를 둔 다음의 허용값보다 커서는 아니된다.

직접응력 $0.67\ \sigma_{yd}$

전단응력 $0.39\ \sigma_{yd}$

여기서,

σ_{yd} : 규정된 재료의 최소항복응력(N/mm^2)

3.1.4.22 좌굴손상에 대한 지지구조의 능력이 또한 확보되어야 한다.

3.1.5 탱커의 비상예인장치에 사용되는 부품에 대한 지지구조

3.1.5.1 재화중량이 20,000tonnes 이상인 탱커는 양단에 해사안전위원회 결의 MSC 35(63)에 적합한 비상예인장치를 설치하여야 한다.

3.1.5.2 비상예인장치의 안전사용하중은 다음과 같이 IMO 결의 MSC 35(63)에 따른다.

(a) 재화중량이 20,000tonnes 이상 50,000tonnes 미만인 선박인 경우 1000kN

(b) 재화중량이 50,000tonnes 이상인 선박인 경우 2000kN

3.1.5.3 다음의 도면이 승인을 위하여 제출되어야 한다.

(a) 갑판연결을 포함한 비상예인장치에 대한 지지구조의 상세

3.1.5.4 다음의 보충자료가 또한 제출되어야 한다.

(a) 확인되어야 하는 하중작용의 위치 및 방향을 알 수 있도록 충분한 상세를 보이는 비상예인장치의 상세

3.1.5.5 스트롱포인트 및 페어리더 근처의 갑판의 최소총두께는 15mm 이어야 한다.

3.1.5.6 구조배치는 강도의 연속성을 가져야 한다.

3.1.5.7 비상예인장치에 대한 선체구조의 구조배치는 응력집중을 최소화하기 위하여 급격한 형상변화 또는 단면변화를 피하는 것이어야 한다. 특히 높은 응력을 받는 지역에서는 예리한 모서리나 노치가 없어야 한다.

3.1.5.8 지지구조의 치수는 **3.1.5.10** 및 **3.1.5.11**에 규정된 하중상태인 경우, 지지구조의 계산된 응력이 **3.1.5.12**에 주어진 값을 넘지 아니한다는 것을 확보하도록 결정되어야 한다.

3.1.5.9 이들 요건은 총 두께를 이용한 탄성보이론, 이차원격자 또는 유한요소해석에 기초를 둔 간단한 공학적 해석을 사용하여 평가되어야 한다.

3.1.5.10 스트롱포인트 및 의장품과 갑판 및 지지구조의 연결에 대한 설계하중은 안전사용하중의 두배로 하여야 한다.

3.1.5.11 구조의 평가에는 제안된 특정배치를 고려하여 적용된 설계하중의 작용선을 고려하여야 한다. IMO MSC 35(63) 참조.

3.1.5.12 **3.1.5.10** 및 **3.1.5.11**에 규정된 설계하중인 경우, 지지구조에 야기되는 응력 및 스트롱포인트 및 페어리더에 대한 용접은 구조의 총 두께에 기초를 둔 다음의 허용값보다 커서는 아니된다.

법선(direct)응력 $1.00\ \sigma_{yd}$

전단응력 $0.58\ \sigma_{yd}$

여기서,

σ_{yd} : 규정된 재료의 최소항복응력(N/mm^2)

3.1.5.13 좌굴손상에 대한 지지구조의 능력이 또한 확보되어야 한다.

3.1.6 볼라드 및 비트, 페어리더, 스탠드롤러, 촉 및 캡스턴에 대한 지지구조

3.1.6.1 일반적으로, 선박의 계선, 예인 및 비상예인(**3.1.5**에 규정된 것 이외의)에 사용되는 본선의장품(볼라드 및 비트, 페어리더, 스탠드롤러 및 촉) 및 캡스턴은 용도에 적합하게 설계된 거치대 또는 부착물을 사용하여 갑판 또는 불워크구조에 설치되어야 한다.

3.1.6.2 **8장/2.2.5.2** 및 **8장/2.2.5.3**에 요구되는 바와 같이 본선의장품을 현측후판 또는 현측후판 직립연장부에 부착하는 것은 피하여야 한다.

3.1.6.3 페어리더가 불워크에 설치되고 계선 또는 예인삭으로부터의 부과된 하중이 큰 경우, 불워크의 두께는 증가될 수 있다.(**2.1.2** 참조)

3.1.6.4 다음의 도면이 승인을 위하여 제출되어야 한다.

(a) 본선의장품 및 그 거치대와 갑판의 연결을 포함한 본선의장품 및 캡스턴 배치에 대한 지지구조의 상세

3.1.6.5 다음의 보완자료가 또한 제출되어야 한다.

(a) 안전사용하중 및 확인되어야 하는 하중작용의 위치 및 방향을 알 수 있도록 충분한 상세를 보이는 배치를 포함한 본선의장품 및 캡스턴의 상세

3.1.6.6 구조배치는 강도의 연속성을 가져야 한다.

3.1.6.7 본선의장품과 그 거치대 및 캡스턴 위치의 선체구조의 구조배치는 응력집중을 최소화하기 위하여 급격한 형상변화 또는 단면변화를 피하는 것이어야 한다. 특히 높은 응력을 받는 지역에서는 예리한 모서리나 노치가 없어야 한다.

3.1.6.8 지지구조의 치수는 **3.1.6.10, 3.1.6.11** 및 **3.1.6.12**에 규정된 하중상태인 경우, 지지구조의 계산된 응력이 **3.1.6.13**에 주어진 값을 넘지 아니한다는 것을 확보하도록 결정되어야 한다.

3.1.6.9 이들 요건은 총 두께를 이용한 탄성보이론, 이차원격자 또는 유한요소해석에 기초를 둔 간단한 공학적 해석을 사용하여 평가되어야 한다.

3.1.6.10 본선의장품 및 그 거치대와 갑판 및 그 지지구조의 연결에 대한 설계하중은 해당 의장품 및 그 용도에 적합하게, 다음 요건 중 큰 선하중에 기초하여야 한다.

(a) 항내 또는 조선작업의 통상적인 예인의 경우, 예인 및 계선장치도에 표시된 최대예인삭하중의 125%

(b) 호위작업과 같이 항내 또는 조선작업에 이루어지는 것 이외의 예인작업인 경우, 선박의 해당 의장수에 대한 표 11.4.2에 따른 예인삭의 공칭파단강도, 또는

(c) 계선작업인 경우, 선박의 해당 의장수에 대한 표 11.4.2에 따른 계선삭(호저) 또는 예인삭의 공칭파단강도의 125%

3.1.6.11 캡스턴의 지지구조에 대한 설계하중은 다음에 기초하여야 한다.

(a) 최대인장력의 125%

3.1.6.12 구조의 평가에는 제안된 특정배치를 고려하여 적용된 설계하중의 작용선을 고려하여야 한다. 그러나 **3.1.6.10**에 설명된 예인 및 계선시나리오에 적용되는 총 힘은 계선삭 또는 예인삭에 작용하는 설계하중의 두 배를 넘을 필요는 없다. 본선의장품상의 힘의 작용점은 계선삭 또는 예인삭의 부착위치 또는 변경된 방향에 대하여 취하여야 한다.

3.1.6.13 **3.1.6.10, 3.1.6.11** 및 **3.1.6.12**에 규정된 설계하중인 경우, 지지구조에 야기되는 응력 및 용접은 구조의 총 두께에 기초를 둔 다음의 허용값보다 커서는 아니된다.

법선(direct)응력 1.00 σ_{yd}

전단응력 0.58 σ_{yd}

여기서,

σ_{yd} : 규정된 재료의 최소항복응력(N/mm^2)

3.1.6.14 좌굴손상에 대한 지지구조의 능력이 또한 확보되어야 한다.

3.1.7 특별승인을 받아야 하는 기타 갑판설비 및 의장에 대한 지지구조

3.1.7.1 다음의 요건은 **3.1.2**내지 **3.1.6**에서 다루지 아니하는 갑판설비의 기타 사항에 관련된다. 이러한 항목에 대한 지지구조의 치수 및 배치는 다음의 요건 및 우리 선급의 추가요건에 따라야 한다.

3.1.7.2 이 절에 언급되지 아니한 항목의 지지구조는 우리 선급에 의하여 개별적으로 고려된다.

3.1.7.3 다음의 상세가 승인을 위하여 제출되어야 한다. 이들은 개별적으로 표시되거나 주요 구조도면에 포함될 수 있다.

(a) 갑판설비/의장에 대한 지지구조를 보이는 도면

(b) 갑판설비/의장에 의하여 구조에 가해지는 하중의 상세

3.1.7.4 지지구조는 갑판구조에 작용하는 면내 및 면외하중에 견디기 위하여 배치되어야 한다.

3.1.7.5 사람을 위한 승강설비의 지지는 다음과 같이 제공되어야 한다:

(a) 일반적으로 구명설비(구명정, 구명뗏목 및 구조정)는 목적에 맞게 제작된 크래들, 거치대 또는 전개장치 상에 탑재되어야 한다. 선체구조에 가해지는 설계하중은 구명설비 공급자에 의하여 확립되어야 한다.

(b) 지지구조는 설계하중에 적절한 것이어야 한다. 국부보강 및 국부적으로 판두께증가를 시켜여야 한다. 깊은 지지부재가 요구될 수 있다. 해당되는 경우, 추가의 국가 및 국제규정에 따라야 한다.

(c) 선원용 승강기의 지지구조는 승강작동설비의 고정위치 근처에 제공되어야 한다.

(d) 승선용사다리(선측사다리)에 대한 지지구조는 선측사다리의 고정위치 근처에 제공되어야 한다.

3.1.7.6 항해보조기구가 설치된 마스트구조에 대한 지지는 다음과 같이 제공되어야 한다.

(a) 마스트에 대한 적절한 1차 지지부재가 격벽, 깊은 보 또는 거더의 형태로 배치되어야 한다. 이러한 부재는 마스트구조의 하부 또는 근접하여 배치되어야 한다.

(b) 마스트구조로부터 일자지지부재에 하중을 전달하기 위하여, 갑판하 보강재가 마스트와 갑판을 고착하는 마스트구조의 하부에 배치되어야 한다.

(c) 갑판의 두께가 용접고착을 위한 적절한 두께를 제공하기 위하여 증가되도록 요구될 수 있다.

3.1.7.7 쇄파기에 대한 지지구조는 쇄파기 자체와 동일한 설계하중에 견딜 수 있도록 설계되어야 한다. 쇄파기로부터 선박의 주요지지부재로의 하중전달에 적당하여야 한다. 유효한 갑판하 보강재가 갑판연결을 형성하는 쇄파기구조에 대하여 제공되어야 한다.

3.1.8 특별승인을 받지 않아도 되는 기타 갑판설비의 지지 및 부착

3.1.8.1 다음의 일반요건은 선체구조상에 상대적으로 작은 하중을 부과하고 특별승인을 받지 않아도 되는 기타설비의 지지 및 부착에 대한 설계에 고려되어야 한다. 이러한 상세의 배치는 우리 선급의 도면승인이 요구되지는 않는다.

3.1.8.2 지지위치는 선체구조에의 부착이 끝단브래킷의 끝단과 같이 갑판개구 및 응력집중부에서 떨어지도록 배치되어야 한다. 지지의 설계는 갑판에의 부착이 하드포인트의 생성을 최소화하도록 하는 것이어야 한다.

3.1.8.3 카고매니폴드의 지지는 선박의 양하역에 사용되는 주관을 지지하도록 설계된 자장식, 조립체이다. 카고매니폴드의 지지에 대한 설계는 양하역 중에 관에 부과되는 하중을 선체구조에 분배시킬 수 있는 것이어야 한다. 이를 위하여, 카고매니폴드 지지와 갑판의 연결은 통상 주요선체구조의 보강재와 일치시켜 배치되어야 한다. 이것이 실행불가능 할 경우, 추가의 보강재가 하드포인트의 생성을 피하기 위하여 설치되어야 한다. 단면변화의 영향을 최소화하기 위하여 갑판부착을 형성하는 구조의 상세설계에 주의를 기울여야 한다.

3.2 입 거

3.2.1 입거배치

3.2.1.1 건식독의 배치 자체를 이 규칙에서 명백히 다루지는 아니한다.

3.2.1.2 선저거더의 구조는 선박의 입거에 의하여 부과되는 힘에 견딜 수 있도록 충분히 보강되어야 한다.

3.2.1.3 일반적인 형태가 아닌 선박인 경우, 또는 선주가 입거강도에 대하여 특정요건을 가지는 경우, 건조자는 추가의 계산을 수행할 필요가 있을 수 있다. 이러한 계산은 선급사항은 아니지만, 요청이 있는 경우 검토될 수 있다.

3.2.2 입거계획

3.2.2.1 선박에 입거계획을 제공하도록 고려할 것이 권고된다. 입거계획은 반목의 배치, 입거 중의 최대허용하중 및 각 반목의 해당 하중을 포함하여, 그러나 이것으로 제한되지는 않고, 설계 중에 이루어진 모든 가정을 표시하여야 한다.

3.2.2.2 입거계획은 선급유지조건으로서 우리 선급의 승인을 요하지는 아니한다.

(주)
1. 선저플러그는 용골판에 설치되지 아니할 것을 권고한다.

3.3 빌지킬

3.3.1 구조 및 재료

3.3.1.1 빌지킬은 부착된 빌지외판과 동일한 재료인장특성의 것이어야 한다.

3.3.1.2 **그림 11.3.4**와 상이한 설계의 빌지킬은 특별히 고려된다.

3.3.1.3 모든 빌지킬의 도면이 재료강도 및 등급, 용접연결 및 상세설계의 승인을 위하여 제출되어야 한다.

3.3.1.4 단일웨브 빌지킬의 설계는 웨브의 손상이 그라운드바의 손상 전에 발생하는 것을 확보하여야 한다. 이 것은 일반적으로 빌지킬 웨브의 두께가 그라운드바의 두께보다 크지 아니하도록 하여 확보한다.

3.3.2 그라운드바

3.3.2.1 설치된 경우 빌지킬은 **그림 11.3.4** 및 **그림 11.3.5**와 같이 그라운드바 또는 덧댐판에 의하여 외판에 부착되어야 한다. 일반적으로 그라운드바는 연속이어야 한다.

3.3.2.2 그라운드바의 최소 총두께는 빌지외판의 총두께 또는 14mm 중 작은 것과 같아야 한다.

3.3.2.3 그라운드바는 부착된 빌지외판과 동일한 재료강도의 것이어야 하고, 빌지외판에 대한 제 **6장/1.2, 표 6.1.2** 및 **표 6.1.3**에 주어진 강재등급으로 건조되어야 한다.

3.3.3 끝단상세

3.3.3.1 빌지킬의 끝단은 적당히 테어퍼되어야 하고 내부보강재 상에서 끝나야 한다. 이 절의 요건에 적합한 전형적인 배치는 **그림 11.3.5**에 따른다. 동등하다고 인정되는 대체 끝단배치는 인정된다.

3.3.3.2 그라운드바 및 빌지킬끝단은 테이퍼되거나 둥금새를 주어야 하다. 끝단이 테이퍼되는 경우, 테이퍼는 최소 3:1의 비율로 점진적이어야 한다.(**그림 11.3.5(a), 11.3.5(b), 11.3.5(d)** 및 **그림 11.3.5(e)** 참조) 끝단에 둥금새를 주는 경우, 상세는 **그림 11.3.5(c)**에 따른다. ‘A’지대내에서 빌지킬 웨브의 절단은 허용되지 아니한다.(**그림 11.3.5(b)** 및 **그림 11.3.5 (e)** 참조)

3.3.3.3 빌지킬 웨브의 끝단은 그라운드바의 끝단으로부터 50mm 이하 100mm 초과이어서는 아니된다.(**그림 11.3.5(a)** 및 **그림 11.3.5(d)** 참조)

3.3.3.4 내부 횡방향 지지부재가 빌지킬웨브의 끝단과 그라운드바의 끝단의 중간점과 빌지킬 웨브의 끝단 사이에 위치하여야 한다.(**그림 11.3.5(a), 11.3.5(b)** 및 **그림 11.3.5(c)** 참조)

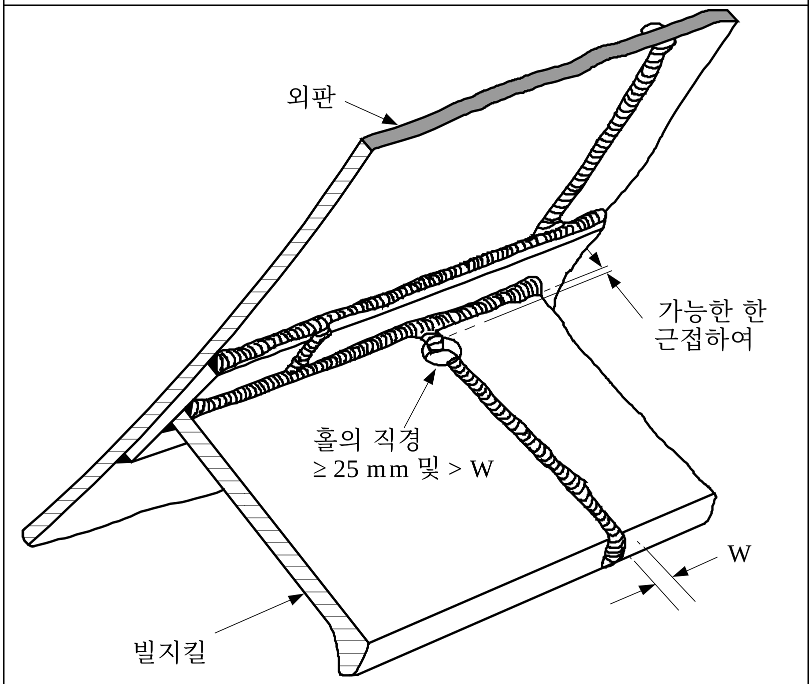
3.3.3.5 내부 종방향 보강재가 빌지킬 웨브와 일치하여 설치된 경우, 종방향 보강재는 최소한 'A'지대 전후방의 가장 가까운 횡방향 부재까지 연장되어야 한다.(**그림 11.3.5(b)** 및 **그림 11.3.5(e)** 참조) 이 경우, 내부 횡방향 지지에 관련된 상기 요건은 적용하지 아니한다.

3.3.4 용 접

3.3.4.1 **표 11.3.1**에 따라 그라운드바는 연속필렛용접으로 외판에 연결되어야 하고, 빌지킬은 그라운드바에 가벼운 연속용접으로 연결되어야 한다.

3.3.4.2 빌지킬과 그라운드바 내의 맞대기용접은 서로 멀리 떨어져야 하고 외판의 맞대기용접과도 멀리 떨어져야 한다. 일반적으로 외판의 맞대기용접은 그라운드바 에서 평평하게 되어야 하고 그라운드바의 맞대기용접은 빌지킬에서 평평하게 되어야 한다. 그라운드바의 맞대기용접과 외판사이, 그리고 빌지킬의 맞대기용접과 그라운드바 사이의 직접연결은 피하여야 한다.

그림 11.3.4
빌지킬 구조



3.3.4.3 일반적으로 스켈롭 및 절단은 사용되어서는 아니된다. 균열멈춤구멍은 가능한 한 그라운드바에 근접하여 빌지킬 맞대기용접 내에 뚫려야 한다. 구멍의 지름은 **그림 11.3.4**와 같이 맞대기용접의 폭보다 커야하고 최소한 25mm 이어야 한다. 맞대기용접에 비파괴검사를 시행하는 경우, 균열멈춤구멍은 생략될 수 있다.

3.3.4.4 ‘B’지대 내의 그라운드바 및 빌지판의 끝단, 그리고 빌지킬웨브의 끝단 및 그라운드바연결에서 용접의 목두께는 “끝단”에 대한 **표 11.3.1**에 따른다.(**그림 11.3.5(a)** 및 **그림 11.3.5 (d)** 참조) 이들 용접의 끝단은 모재와 부드럽게 조화되도록 둥글게 되어야 한다.

그림 11.3.5 (a) – (c)
빌지킬 끝단부 설계

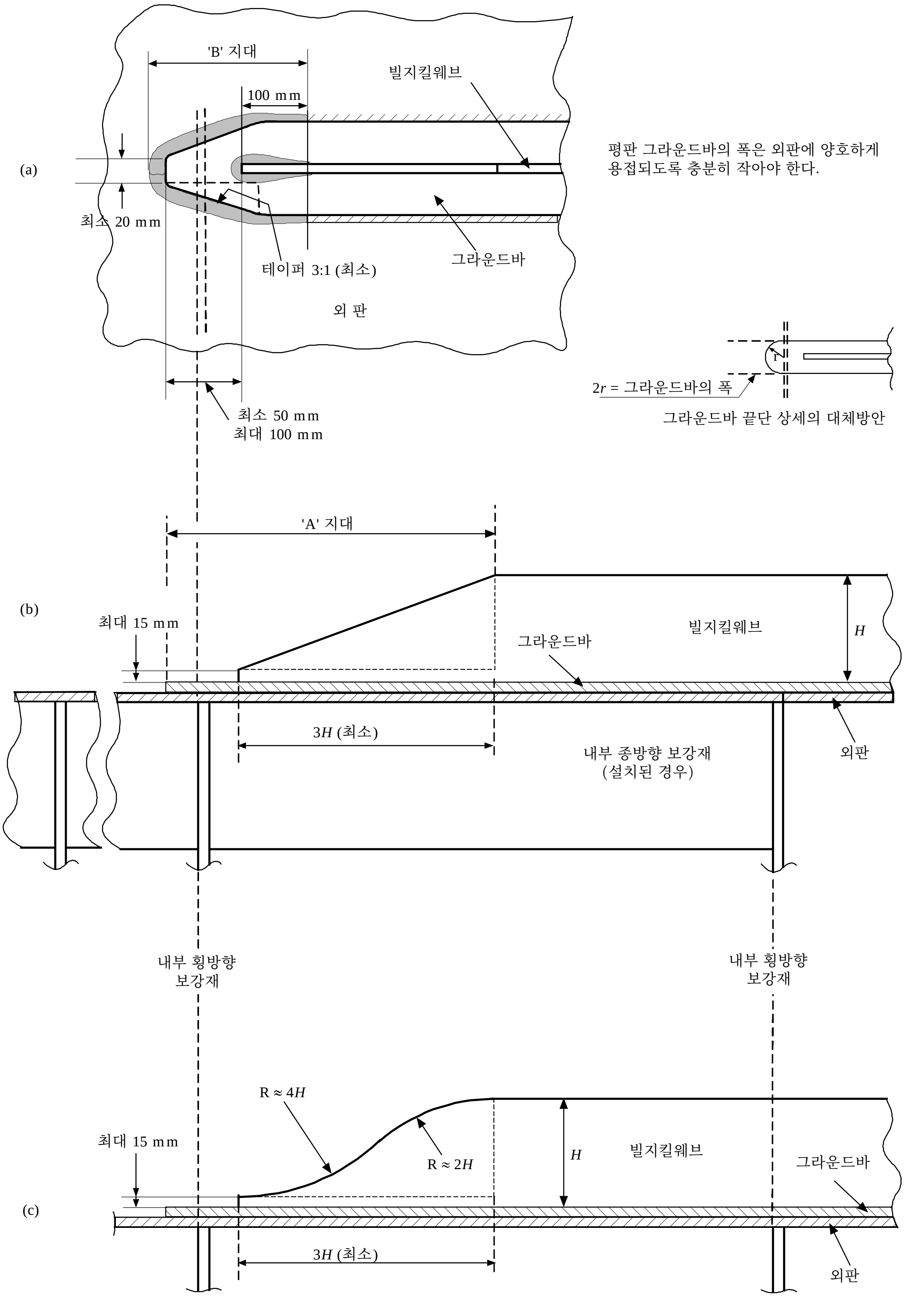


Figure 11.3.5 (d) – (e)
빌지킬 끝단부 설계

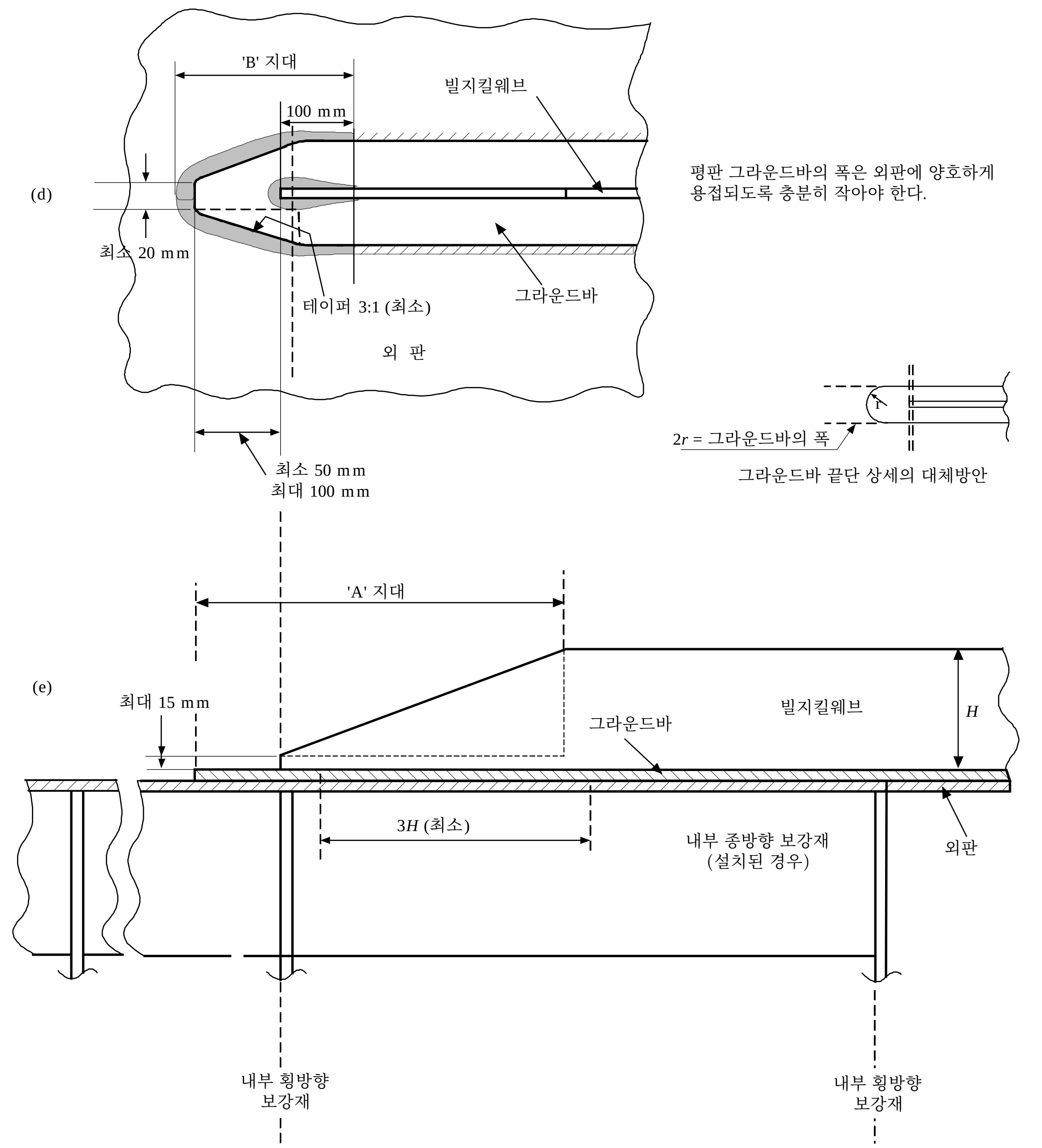


표 11.3.1
빌지킬의 끝단연결에 대한 용접요건

연결되는 구조부재	목두께(mm)	
	끝단에서	기타
외판에 연결되는 그라운드바	0.44 t_{grs}	0.34 t_{grs}
그라운드바에 연결되는 빌지킬웨브	0.34 t_{grs}	0.21 t_{grs}
여기서, t_{grs} : 부착되는 부재의 총 두께(mm)		

4. 의 장

4.1 의장수계산

4.1.1 요 건

4.1.1.1 앵커 및 체인은 **표 11.4.1**에 따라야 하고 이들의 갯수, 중량 및 크기는 다음과 같은 의장수(EN)에 의하여 결정되어야 한다.

$$EN = \Delta^{2/3} + 2Bh_{dk} + 0.1A$$

여기서,

Δ : **4장/1.1.7.1**에 정의된 형배수량(tonnes)

B : **4장/1.1.3.1**에 정의된 형폭(m)

h_{dk} : **그림 11.4.1**과 같이 $h_{FB} + h_1 + h_2 + h_3 + . . . , h$ 의 계산에 있어서 현호, 캠버 및 트림은 무시될 수 있다.

h_{FB} : 중앙부에서 하기만재흘수선으로부터 건현(m)

$h_1, h_2, h_3 \ldots h_n$: $B/4$보다 큰 폭을 가지는 갑판실의 각 층의 중심선상의 높이(m)

A : 길이 L 내에 있는 하기만재흘수선 상의 선체, 선루 및 갑판실의 투영면적(m^2). 임의의 위치에서 $B/4$ 이하의 폭을 가지는 선루 또는 갑판실은 제외될 수 있다. A 의 결정에 있어서, 스크린 또는 불워크의 높이가 1.5m 를 넘는 경우, **그림 11.4.2**에서 A_2로 나타낸 면적은 A 에 포함되어야 한다.

L : **4장/1.1.1.1**에 정의된 규칙상의 길이

그림 11.4.1
갑판실의 유효높이

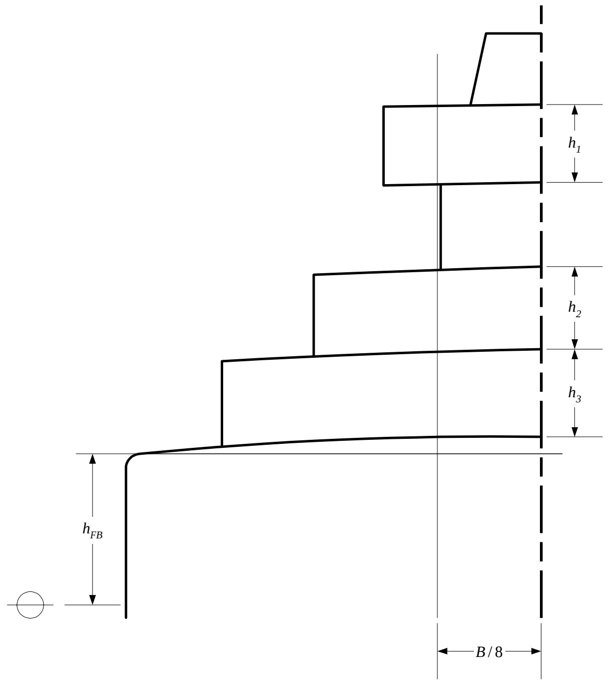
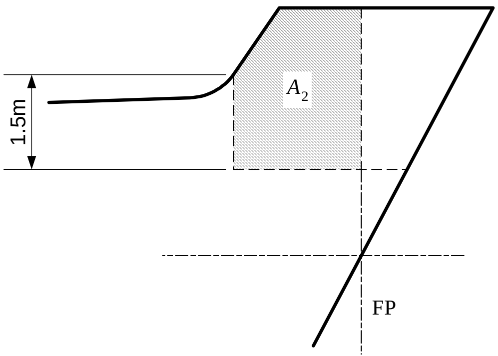


그림 11.4.2
스크린 및 불워크의 투영면적



4.2 앵커 및 계류설비

4.2.1 일 반

4.2.1.1 다음의 묘박설비사양은 선박이 정박지, 조수 등을 기다릴 때 항내 또는 보호된 수역내에서의 임시적인 계류를 목적으로 한다.

4.2.2 제 한

4.2.2.1 규정된 설비는 험한 기상에 완전히 노출된 해안에 있는 선박을 고정시키거나 또는 이동중이거나 표류 중인 선박을 정지시키기에 적절하려고 의도된 것은 아니다. 이러한 조건에서 묘박설비에 작용하는 하중은 그 구성요소가 손상 또는 손실될 수 있는 정도의 것으로 증가된다.

4.2.2.2 규정된 묘박설비는 앵커가 끌리지 아니하도록 양호하게 해저를 파지한 상태에서 선박을 고정시키려는 의도이다. 해저를 양호하지 못하게 파지한 상태에서는 앵커가 선박을 고정시키는 능력이 크게 감소된다.

4.2.3 가 정

4.2.3.1 요구되는 묘박설비에 대한 의장수(EN)식은 조류속력 2.5m/s, 풍속 25m/s 그리고 6과 10 사이의 체인케이블 길이의 가정에 기초한다. 체인케이블의 길이는 펼쳐진 체인의 길이와 수심사이의 비율로 정의된다.

4.2.3.2 보통의 상황 하에서 선박은 한 번에 한 개의 선수앵커와 체인케이블만을 사용하는 것으로 가정된다.

4.2.4 문 서

4.2.4.1 다음의 도면 및 요목이 승인을 위하여 제출되어야 한다.

(a) 의장수계산서

(b) 앵커의 형식, 앵커체인의 등급, 스틸 및 섬유로프의 형식 및 파단하중를 포함한 설비의 목록

(c) 재료사양을 포함하여, 만일 표준 또는 이전의 승인된 앵커형식과 다른 경우, 앵커설계

(d) 양묘기 설계; 케이블리프터, 축, 커플링 및 제동기를 포함하여

(e) 체인스토퍼설계 및 재료사양

(f) 비상예인, 예인 및 계선장치도와 해당 안전사용하중자료, 그리고 선장의 지침을 위하여 본선에서 사용가능한 비상예인 및 계선장치와 관련된 기타자료

4.2.5 앵 커

4.2.5.1 두 개의 선수앵커가 체인케이블에 연결되어 사용준비위치에 탑재되어야 한다.

4.2.5.2 세번째 앵커가 예비선수앵커로 제공될 것이 권고되고 단지 지침을 위해 목록에 들어간다; 이 것이 선급유지조건으로 요구되지는 아니한다.

4.2.5.3 앵커는 승인된 설계의 것이어야 한다. 앵커헤드의 설계는 응력집중을 최소화하는 것이어야 한다. 특히 단면에 큰 변화가 있는 경우, 특히 주조된 앵커헤드의 모든 부위에 대한 곡률반경은 가능한 한 커야 한다.

4.2.5.4 **표 11.4.1**에 주어진 선수앵커의 앵커 당 중량은 동일중량의 앵커에 대한 것이다. 모든 앵커의 조합된 중량이 동일질량의 앵커에 요구되는 것보다 작지아니한 조건으로, 각 앵커의 중량은 표의 값의 상하 7%까지 변할 수 있다.

4.2.6 일반앵커

4.2.6.1 앵커는 스톡이 없는 형식의 것이어야 한다. 핀 및 부속품을 포함한 스톡이 없는 앵커의 헤드의 중량은 앵커의 총중량의 60%보다 작아서는 아니된다.

4.2.7 고파지력 앵커

4.2.7.1 선주가 동의하는 경우, 특별한 형식의 앵커를 사용할 것을 고려한다. 파지력이 증가된 것으로 입증된 경우, 또한 앵커중량의 기본요건에 있어서 **표 11.4.1**에 명시된 중량의 최대 25%까지 경감하도록 고려할 수 있다.

4.2.7.2 고파지력(HHP) 앵커로 승인받고자 하는 앵커는 동일중량의 스톡이 없는 앵커에 대하여 승인된 파지력의 두배를 가진다는 것을 입증하기 위하여 해상에서 시험되어야 한다.

4.2.7.3 크기의 범위에 대하여 승인받고자 하는 경우, 최소한 두개가 시험되어야 한다. 두 앵커 중 작은 것의 중량은 큰 앵커의 1/10보다 작아서는 아니된다. 시험된 두 앵커 중 큰 것의 중량은 승인을 받고자 하는 최대앵커의 1/10보다 작아서는 아니된다.

4.2.7.4 각 시험은 최소한 두개의 앵커, 한 개의 스톡이 없는 선수앵커 및 한 개의 HHP 앵커사이의 비교를 포함하여야 한다. 앵커들의 중량은 대략 동일하여야 한다.

4.2.7.5 시험은 부드러운 진흙 또는 침적토, 모래 또는 자갈, 딱딱한 점토 또는 유사하게 조밀한 재료의 최소한 세가지 다른 해저형태에서 시행되어야 한다.

4.2.7.6 일반적으로 시험은 예인선에 의하여 시행되어야 한다. 인장력은 동력계로 측정되거나 프로펠러 rpm 의 함수로서 예인선의 예인력의 최근 검증된 자료로부터 계산되어야 한다.

4.2.7.7 앵커에 연결된 체인케이블의 지름은 해당 의장수에 따라 요구되는 것이어야 한다. 시험 중 각 앵커케인케이블의 길이는 대략 앵커에 작용하는 수평인장력을 얻기에 충분한 것이어야 한다. 일반적으로 앵커와 예인선사이의 수평거리는 수심의 10배와 동등하면 충분하다.

4.2.7.8 고파지력앵커는 보통형태의 호저파이프로부터 떨어지는 경우 해저에 처음 착지한 각도 또는 위치에 관계없이, 앵커가 지체없이 해저를 유효하게 파지하고 **4.2.7.2**에서 요구되는 값의 파지력으로 안정을 유지하는 것을 확보하는 설계의 것이어야 한다. 우리 선급은 이러한 능력에 대한 실증을 요구할 수 있다.

4.2.7.9 고파지력앵커의 설계승인은 일반/형식승인으로 주어질 수 있고, 우리 선급에 의하여 발행된 인증목록문서에 등재될 수 있다.

4.2.8 체인케이블

4.2.8.1 **표 11.4.1**에 따라 본선탑재가 요구되는 체인의 전체길이는 두 선수앵커 사이에 대략 균등히 분배되어야 한다.

4.2.8.2 선주가 82.5m 보다 깊은 깊이에서 투양묘를 위한 설비를 요구하는 경우, 요구되는 체인케이블의 적절한 전체길이를 명시하는 것은 선주의 책임이다. 이 경우, 체인케이블을 두개의 다른 길이로 배분하는 것이 고려될 수 있다.

4.2.8.3 의장품의 일부를 이루고자하는 체인케이블은 선박이 진수될 때 체크체인으로 사용되어서는 아니된다.

4.2.9 체인로커

4.2.9.1 체인로커는 케이블이 완전히 적재되었을 때 케이블을 체인파이프를 통하여 쉽게 곧바로 내보낼 수 있도록 하는 적절한 용적을 가져야 하고 체인케이블을 적절히 적재할 수 있도록 적당한 형태의 것이어야 한다. 좌우현의 케이블은 분리된 구역을 가져야 한다.

4.2.9.2 체인로커의 경계 및 출입구는 수밀이어야 한다. 악천후에서 체인로커가 침수될 가능성을 최소화하는 수단이 마련되어야 한다. 체인로커에 대한 적절한 배수설비가 제공되어야 한다.

4.2.9.3 체인 또는 스퍼링파이프는 적당한 크기의 것이어야 하며 마모방지덧판(chafing lip)이 제공되어야 한다.

4.2.9.4 선수격벽 후방에 설치된 체인로커는 수밀이어야 하고 그 구역은 유효하게 배수되어야 한다.

4.2.10 체인케이블의 고정 및 비상이탈

4.2.10.1 체인의 선내단을 선체구조에 고정하는 장치가 제공되어야 한다. 이 고정은 설치된 체인케이블의 최소파단강도의 15% 이상 30% 미만의 힘에 견딜수 있어야 한다. 체인이 고정되는 선체구조는 이 하중에 적절한 것이어야 한다.

4.2.10.2 선체에대한 체인의 고정은 앵커 및 체인을 버려야 하는 비상시, 체인로커 바깥의 접근가능한 위치로부터 체인이 즉시 이탈될 수 있도록 배치되어야 한다. 체인케이블의 풀림에 대하여 제안되는 배치는 가능한한 수밀이어야 한다.

4.2.11 체인스토퍼

4.2.11.1 체인이 풀릴 때 각 체인케이블을 고정하는 수단이 제공되어야 한다. 이 수단은 통상적으로 체인스토퍼이다.

4.2.11.2 체인스토퍼의 고정장치는 영구변형을 일으키지 아니하고, **4.2.8**에서 요구되는 체인케이블의 파단하중의 80%의 하중에 견딜 수 있어야 한다.

4.2.12 시 험

4.2.12.1 모든 앵커 및 체인케이블은 우리 선급의 해당 재료규정에 따라 검사원 또는 우리 선급의 기타 대표자의 입회 하에, 우리 선급이 인정하는 시설 및 기계에서 시험되어야 한다.

4.2.12.2 앵커의 무게, 또는 크기 및 케이블의 무게 그리고 적용된 시험하중의 요목을 표기한 증서가 이용가능하여야 한다. 이들 증서는 앵커 및 케이블이 본선에 탑재될 때 검사원에 의하여 검사되어야 한다.

4.2.12.3 스틸와이어로프 및 섬유로프는 우리 선급의 해당 재료규정에 따라 시험되어야 한다.

4.2.13 계류삭 및 예인삭

4.2.13.1 **4.3**에 명시된 것을 제외하고, 계류삭 및 예인삭은 선급유지의 조건으로 요구되지는 아니한다. **표 11.4.2**에 나열된 호저 및 예인삭은 지침용이다. 표의 파단강도가 490kN 보다 큰 경우, 그들의 제품이 표에 주어진 호저의 파단강도 및 갯수 보다 작지아니한 조건으로, 표에 주어진 각 호저의 파단강도 및 갯수는 수정될 수 있다.

4.2.14 계류삭의 갯수 및 강도의 증가

4.2.14.1 노출된 정박지를 정기적으로 사용하는 선박인 경우, 계류삭의 전체강도는 **4.2.13.1**에 명시된 것의 두배일 것이 권고된다.

4.2.14.2 노출된 위치에서 탱커의 계류에 대한 지침으로 OCIMF(oil companies international marine forum)의 계류설비지침에 주의하여야 한다.

4.2.15 대체 계류설비

4.2.15.1 쉬운 조작을 위하여, 섬유로프의 지름은 20mm보다 작아서는 아니된다.

4.2.15.2 파단강도가 736kN 보다 크고, 통상계류작업에 사용되는 모든 로프는 적절히 설계된 윈치에 의하여 조작되고 저장되어야 한다. 저장의 대체방법을 고려하고는 경우 파단강도가 490kN을 넘는 로프의 수동조작은 어렵다는 점에 합당한 주의를 기울여야 한다. 이 경우 **표 11.4.2**에 주어진 각 호저의 파단강도 및 갯수는 수정될 수 있으나, 그들의 제품은 표에 주어진 호저의 파단강도 및 갯수 보다 작아서는 아니된다. 그러나, 계류삭의 개수는 6개보다 작아서는 아니되고 어떠한 계류삭의 파단강도는 490kN보다 작아서는 아니된다.

4.2.16 계류삭의 고정

4.2.16.1 계류삭을 본선에 적절히 고정시킬 수 있는 수단이 제공되어야 한다. 선박의 각 현에 적당히 위치된 볼라드의 전체 개수 그리고/또는 무어링윈치의 총제동력은 계류삭의 최대파단강도의 합의 1.5배 이상을 지탱할 수 있는 것이어야 한다.

4.2.17 볼라드 및 비트, 페어리더, 스탠드롤거 및 촉

4.2.17.1 선수, 현측 및 선미에서 통상 그리고/또는 비상작동시 사용되는 본선 의장품의 강도는 **4.2.17.2** 및 **4.2.17.3**의 요건에 적합하여야 한다. 이들 본선 의장품의 지지구조에 대한 요건은 **3.1.6**에 따른다.

4.2.17.2 본선 의장품은 공인된 기준(예를 들면, ISO3913 shipbuilding welded steel bollards)에 따라 설계되고 건조되어야 한다. 본선 의장품 및 선체에 부착되는 그 부착품의 평가에 사용되는 설계하중은 **3.1.6**에 따른다.

4.2.17.3 안전사용하중(SWL)에 대한 다음 요건은 계류 그리고/또는 비상예인에 사용되는 본선 의장품에 적용한다.

(a) SWL은 해당 **3.1.6.10(a)** 및 **3.1.6.10(c)**에 규정된 설계하중의 80% 또는 **3.1.6.10(b)**에 규정된 설계하중의 100% 를 넘어서는 아니된다.

(b) 각 의장품의 SWL은 용접비드 또는 이와 동등한 것으로 표시되어야 한다.

(c) 각 의장품의 계류, 예인 또는 비상예인작업 또는 이들의 조합과 같은 사용목적의 SWL은 선장의 지침으로 본선에서 사용할 수 있는 예인/비상예인 및 계류장치도에 표시되어야 한다. 배치도 또는 자료는 각 의장품에 대하여 상세한 선상위치, 의장품형식, 안전사용하중, 목적, 하중적용방법 및 사용각도제한에 대한 정보를 포함하여야 하고, 계류삭 그리고/또는 예인삭을 그 의도된 기능외 그리고/또는 다른 특성으로 사용하는 것을 명백히 금지하여야 한다.

(d) 이 항의 요건은 단일포스트기준(single post basis)(한 케이블의 한바퀴 이하)에 대하여 적용한다.

4.2.18 무어링윈치

4.2.18.1 무어링윈치 설계 및 용량은 선급유지의 조건으로 우리 선급의 승인을 받아야 하는 것은 아니다. **3.1.3**에 요구되는 바와 같이 윈치에 대한 지지구조의 승인 및 무어링윈치와 그 거치대의 연결 및 거치대와 갑판의 연결을 위하여 무어링윈치도면 및 자료가 제출되어야 한다.

(주)
무어링윈치에는 윈치드럼 상의 첫번째 층에 설치된 로프의 인장이 무어링 배치도면에 명시된 로프의 최대파단강도보다 큰 파단강도를 가지는 로프에 대한 인장 또는 선박의 해당 의장수에 대하여 **표 11.4.2**에 따르는 인장의 80%일 때 계류삭이 풀리는 것을 방지하기에 충분한 강도의 드럼제동기가 설치되어야 한다.

4.2.19 양묘기

4.2.19.1 충분한 출력과 체인의 크기에 적합한 양묘기가 우리 선급의 요건에 따라 본선에 설치되어야 한다. 선주가 규칙요건을 크게 초과하는 설비를 요구하는 경우, 증가된 양묘기의 출력을 명시하는 것은 선주의 책임이다.

4.2.19.2 양묘기는 어느 한쪽의 케이블을 감을 수 있어야 한다.

4.2.19.3 양묘기의 설계는 스퍼링파이프 상에 덮개 또는 충분한 강도의 시일을 설치를 할 수 있도록 체인파이프에 접근할 수 있는 것이어야 한다. 험한 기상상태에서 체인로커 또는 선수루의 침수가능성을 최소화하는 동등배치의 허용을 특별히 고려할 수 있다.

4.2.20 양묘기시험

4.2.20.1 각 양묘기는 본선설치 이후 만족한 작동을 실증하기 위하여 작동상태에서 시험되어야 한다. 각 구성부분은 다음과 같이 개별적으로 시험되어야 한다.

(a) 제동

(b) 클러치 기능

(c) 체인케이블과 앵커의 강하 및 인양

(d) 체인리프터 상에 체인의 적절한 걸침

(e) 호저파이프 및 체인파이프를 통한 체인의 적절한 이송

(f) 체인 및 앵커의 유효적절한 저장

4.2.20.2 본선 시험 중, 양묘기는 다음이 실증되어야 한다.

(a) 모든 특정설계 투양묘 깊이에서, 82.5m 의 깊이에서 27.5m 의 깊이 까지 9m/min 의 평균속도로 앵커를 끌어올리는 것

(b) 82.5m 보다 큰 특정설계 투양묘 깊이에서, (a)에 추가하여 특정설계 투양묘 깊이에서82.5m 의 깊이까지 3m/min 의 평균속도로 앵커를 끌어올리는 것

시험지역의 수심이 부적절한 경우, 적당히 동등한 모의시험조건이 대체방안으로 고려될 수 있다.

4.2.21 앵커의 저장과 전개장치

4.2.21.1 앵커의 간단한 전개, 회수 및 저장을 확보하는 장치가 제공되어야 한다. 이러한 장치는 일반적으로 호저파이프 및 조립앵커박스 또는 포켓형식일 수 있는 앵커하우징으로 구성된다.

4.2.21.2 호저파이프가 설치되지 아니하는 경우, 대체장치가 특별히 고려된다.

4.2.22 호저파이프 및 앵커포켓의 크기 및 치수

4.2.22.1 호저파이프는 적절한 틈새 및 선측을 통하여 체인스토퍼로부터 체인케이블이 쉽게 나올 수 있도록 적당한 크기 및 배치를 가져야 한다.

4.2.22.2 호저파이프는 충분한 강도를 가져야 한다.

4.2.22.3 앵커포켓은 충분한 두께를 가져야 하며 가능한한 최대로 파랑작용에 의한 케이블의 처짐 또는 앵커의 이동을 방지하면서 앵커를 유효하게 격납시키도록 적당한 크기와 형태의 것이어야 한다.

4.2.22.4 호저파이프 및 앵커포켓은 케이블이 찍히는 것을 최소화 하고, 케이블링크가 높은 굽힘응력을 받을 가능성을 최소화하기 위하여 완전원형플랜지 또는 고무로 된 바를 가져야 한다. 곡률반경은 선박이 정박할 때 체인케이블을 풀거나 인양하는 동안 지지되는 부분인 호저파이프의 상단 및 하단의 곡률부위에서 최소한 세개의 체인링크가 동시에 견딜 수 있는 것이어야 한다.

4.2.23 선체보강

4.2.23.1 호저파이프는 두꺼운 덧댐판 또는 삽입판에 연속용접으로 확실히 고착되어야 한다.

4.2.23.2 호저파이프 또는 앵커포켓에 대한 늑골은 선체에 강체고착이 되도록하는데 필요한 보강이 되어야 한다.

4.2.23.3 앵커를 조작하는 동안 앵커와 외판사이의 적당한 간격을 얻을 수 없는 구상선수를 갖는 선박인 경우, 외판두께를 증가시킴으로써 구상선수의 국부보강을 하여야 한다.

4.2.24 시 험

4.2.24.1 앵커가 호저파이프 내에 끼일 위험이 없다고 검사원이 만족하도록 앵커가 탑재 및 양육되어야 한다.

4.2.24.2 해상에서의 양묘기 시험 중, 제동기를 해제하면 앵커의 자중에 의하여 앵커가 즉시 강하를 시작하는지에 대하여 검사원이 만족되어야 한다.

4.2.24.3 호저파이프 및 앵커포켓은 정위치에서 **5절**의 요건에 따른 호스압력에 의하여 전체에 걸쳐 수밀이 시험되어야 한다.

표 11.4.1
의장 – 선수앵커 및 체인케이블

		스톡이 없는 선수앵커		체인케이블 스터드링크 선수체인 지름			
의장수		앵커의 갯수	앵커당 중량 (kg)	길이(m)	연강(1급) (mm)	고장력강 (2급) (mm)	특수고장력강(3급) (mm)
이상	미만						
150	175	2	480	275	22	19	
175	205	2	570	302.5	24	20.5	
205	240	2	660	302.5	26	22	20.5
240	280	2	780	330	28	24	22
280	320	2	900	357.5	30	26	24
320	360	2	1020	357.5	32	28	24
360	400	2	1140	385	34	30	26
400	450	2	1290	385	36	32	28
450	500	2	1440	412.5	38	34	30
500	550	2	1590	412.5	40	34	30
550	600	2	1740	440	42	36	32
600	660	2	1920	440	44	38	34
660	720	2	2100	440	46	40	36
720	780	2	2280	467.5	48	42	36
780	840	2	2460	467.5	50	44	38
840	910	2	2640	467.5	52	46	40
910	980	2	2850	495	54	48	42
980	1060	2	3060	495	56	50	44
1060	1140	2	3300	495	58	50	46
1140	1220	2	3540	522.5	60	52	46
1220	1300	2	3780	522.5	62	54	48
1300	1390	2	4050	522.5	64	56	50
1390	1480	2	4320	550	66	58	50
1480	1570	2	4590	550	68	60	52
1570	1670	2	4890	550	70	62	54
1670	1790	2	5250	577.5	73	64	56
1790	1930	2	5610	577.5	76	66	58
1930	2080	2	6000	577.5	78	68	60
2080	2230	2	6450	605	81	70	62
2230	2380	2	6900	605	84	73	64
2380	2530	2	7350	605	87	76	66
2530	2700	2	7800	632.5	90	78	68
2700	2870	2	8300	632.5	92	81	70
2870	3040	2	8700	632.5	95	84	73
3040	3210	2	9300	660	97	84	76

표 11.4.1 (계속)
의장 – 선수앵커 및 체인케이블

		스톡이 없는 선수앵커		체인케이블 스터드링크 선수체인 지름			
의장수		앵커의 갯수	앵커당 중량 (kg)	길이(m)	연강(1급) (mm)	고장력강 (2급) (mm)	특수고장력강(3급) (mm)
이상	미만						
3210	3400	2	9900	660	100	87	78
3400	3600	2	10500	660	102	90	78
3600	3800	2	11100	687.5	105	92	81
3800	4000	2	11700	687.5	107	95	84
4000	4200	2	12300	687.5	111	97	87
4200	4400	2	12900	715	114	100	87
4400	4600	2	13500	715	117	102	90
4600	4800	2	14100	715	120	105	92
4800	5000	2	14700	742.5	122	107	95
5000	5200	2	15400	742.5	124	111	97
5200	5500	2	16100	742.5	127	111	97
5500	5800	2	16900	742.5	130	114	100
5800	6100	2	17800	742.5	132	117	102
6100	6500	2	18800	742.5	*	120	107
6500	6900	2	20000	770	*	124	111
6900	7400	2	21500	770	*	127	114
7400	7900	2	23000	770	*	132	117
7900	8400	2	24500	770	*	137	122
8400	8900	2	26000	770	*	142	127
8900	9400	2	27500	770	*	147	132
9400	10000	2	29000	770	*	152	132
10000	10700	2	31000	770	*	*	137
10700	11500	2	33000	770	*	*	142
11500	12400	2	35500	770	*	*	147
12400	13400	2	38500	770	*	*	152
13400	14600	2	42000	770	*	*	157
14600	16000	2	46000	770	*	*	162

(비 고)

1. 예비앵커는 요구되는 앵커의 갯수에 포함되지 아니한다.
2. ‘*’ 체인등급은 이 지름에서 사용되어서는 아니된다.

표 11.4.2
의장 – 예인삭 및 호저

의장수		예인삭 와이어 또는 로프		호저		
의장수		길이 (m)	파단강도 (kN)	갯수	각 호저의 길이 (m)	파단강도 (kN)
이상	미만					
150	175	180	98.0	3	120	54.0
175	205	180	112.0	3	120	59.0
205	240	180	129.0	4	120	64.0
240	280	180	150.0	4	120	69.0
280	320	180	174.0	4	140	74.0
320	360	180	207.0	4	140	78.0
360	400	180	224.0	4	140	88.0
400	450	180	250.0	4	140	98.0
450	500	180	277.0	4	140	108.0
500	550	190	306.0	4	160	123.0
550	600	190	338.0	4	160	132.0
600	660	190	371.0	4	160	147.0
660	720	190	406.0	4	160	157.0
720	780	190	441.0	4	170	172.0
780	840	190	480.0	4	170	186.0
840	910	190	518.0	4	170	201.0
910	980	190	559.0	4	170	216.0
980	1060	200	603.0	4	180	230.0
1060	1140	200	647.0	4	180	250.0
1140	1220	200	691.0	4	180	270.0
1220	1300	200	738.0	4	180	284.0
1300	1390	200	786.0	4	180	309.0
1390	1480	200	836.0	4	180	324.0
1480	1570	220	888.0	5	190	324.0
1570	1670	220	941.0	5	190	333.0
1670	1790	220	1024.0	5	190	353.0
1790	1930	220	1109.0	5	190	378.0
1930	2080	220	1168.0	5	190	402.0
2080	2230	240	1259.0	5	200	422.0
2230	2380	240	1356.0	5	200	451.0
2380	2530	240	1453.0	5	200	480.0
2530	2700	260	1471.0	6	200	480.0
2700	2870	260	1471.0	6	200	490.0
2870	3040	260	1471.0	6	200	500.0
3040	3210	280	1471.0	6	200	520.0
3210	3400	280	1471.0	6	200	554.0
3400	3600	280	1471.0	6	200	588.0
3600	3800	300	1471.0	6	200	618.0
3800	4000	300	1471.0	6	200	647.0
4000	4200	300	1471.0	7	200	647.0
4200	4400	300	1471.0	7	200	657.0
4400	4600	300	1471.0	7	200	667.0
4600	4800	300	1471.0	7	200	677.0
4800	5000	300	1471.0	7	200	686.0

표 11.4.2 (계속)
의장 – 예인삭 및 호저

의장수		예인삭 와이어 또는 로프		호저		
이상	미만	길이 (m)	파단강도 (kN)	갯수	각 호저의 길이 (m)	파단강도 (kN)
5000	5200	300	1471.0	8	200	686.0
5200	5500	300	1471.0	8	200	696.0
5500	5800	300	1471.0	8	200	706.0
5800	6100	300	1471.0	8	200	706.0
6100	6500	300	1471.0	9	200	716.0
6500	6900	300	1471.0	9	200	726.0
6900	7400	300	1471.0	10	200	726.0
7400	7900	300	1471.0	11	200	726.0
7900	8400	300	1471.0	11	200	735.0
8400	8900	300	1471.0	12	200	735.0
8900	9400	300	1471.0	13	200	735.0
9400	10000	300	1471.0	14	200	735.0
10000	10700	-	-	15	200	735.0
10700	11500	-	-	16	200	735.0
11500	12400	-	-	17	200	735.0
12400	13400	-	-	18	200	735.0
13400	14600	-	-	19	200	735.0
14600	16000	-	-	21	200	735.0

4.3 비상예인

4.3.1 일반요건

4.3.1.1 재화중량 20,000tonnes 이상의 모든 탱커의 선수 및 선미에는 개정된 1974년 **해상인명안전협약(II-1장 제3-4규칙)**에서 요구하는 비상예인장치가 설치되어야 한다.

4.3.1.2 예인장치의 설계 및 제작은 IMO MSC.35(63), 탱커비상예인장치에 대한 지침에 기초하여 해당 기국의 승인을 받아야 한다. 또한 비상예인장치의 지지구조에 관련된 요건은 **3.1.5**를 참조한다.

5 시험절차

5.1 탱크시험

5.1.1 적 용

5.1.1.1 다음의 탱크 및 경계는 **5.1.3**내지 **5.1.9**의 요건에 따라 다음과 같이 시험되어야 한다.

(a) 용적 $5m^3$ 미만의 독립형탱크를 제외하고, 중력식탱크의 구조적합성 및 밀폐성

(b) 탱크경계 이외의 수밀경계의 수밀성

(c) 풍우밀경계의 풍우밀성

5.1.2 정 의

5.1.2.1 수밀(watertight)이라 함은 경계구조가 설계된 수두 하에서 구조를 통한 물의 침입을 방지할 수 있는 것을 말한다.

5.1.2.2 풍우밀(weathertight)이라 함은 어떠한 해상상태에서도 선박의 내부로 물이 침입하지 아니하는 것을 말한다.

5.1.2.3 구조시험(structural test)은 설계의 구조적 적합성을 실증하기 위하여 시행되는 정수압시험이다. 몇몇 실질적인 제한사항으로 정수압시험을 시행할 수 없는 경우, 대신에 수압-공기압시험이 시행될 수 있다.

5.1.2.4 누설시험(leak test)이라 함은 구조의 밀폐성을 실증하기 위하여 시행되는 공기 또는 기타 매개물을 이용한 기밀시험을 말한다.

5.1.2.5 사수시험(host test)은 정수압시험이나 누설시험의 적용대상이 아닌 구조부재 및 선체의 수밀 또는 풍우밀 보전성에 기여하는 기타 구성요소의 밀폐성을 실증하기 위하여 물을 분사하여 시행된다.

5.1.2.6 수압-공기압시험(hydropneumatic testing)은 탱크를 물로 채우고 추가의 공기압을 가하는 정수압시험과 기밀시험의 조합이다. 이 것은 정수압시험의 대체방법으로서 탱크의 밀폐성 및 설계의 구조적 적합성을 실증하기 위하여 시행된다.

5.1.2.7 정수압시험은 **표 11.5.1**에 주어진 높이까지 물을 채워 생성되는 수압의 수단에 의하여 설계의 구조적 적합성 및 탱크구조의 밀폐성을 검증하기 위한 시험이다. 정수압시험이 몇몇 실질적인 제한사항이 정수압시험을 방해하거나 기밀시험이 허용된 경우를 제외하고 구조시험의 통상적인 방법이다.

5.1.2.8 숍프라이머(shop primer)라 함은 조립 중의 부식을 방지하기 위하여 표면처리 후 조립에 앞서 적용하는 얇은 도장을 말한다.

5.1.2.9 보호도장(protective coating)이라 함은 부식으로부터 구조를 보호하기 위하여 적용되는 도장시스템을 말한다. 숍프라이머는 여기서 제외한다.

5.1.3 시험절차

5.1.3.1 시험은 검사원 입회 하에 검사원이 만족하도록 시행되어야 한다. 구조는 충분히 완성단계에 근접한 시점에, 구조의 강도 또는 밀폐성에 영향을 줄 수 있는 모든 부착물, 의장 또는 관통작업이 완성된 후, 강도 및 밀폐성이 시험 후 손상되지 않도록, 그리고 이음부에 대한 모든 내장 및 시멘트공사 전에 시행되어야 한다.

5.1.3.2 시험절차의 상세는 **표 11.5.1**에 따른다.

5.1.3.3 시험과 관련하여 도장의 적용시점에 대하여는 **5.1.8**을 참조한다.

5.1.4 구조시험

5.1.4.1 **표 11.5.1**에 따라 구조시험이 규정된 경우, 실질적인 제한사항이 정수압시험을 방해하는 경우 또는 **표 11.5.1**의 (비 고) 1에 의하여 누설시험이 허용된 경우를 제외하고 정수압시험이 허용된다. 수압-공기압시험이 정수압시험 대신에 승인될 수 있다.

5.1.4.2 정수압시험은 **표 11.5.1**에 규정된 높이의 수두로 시행하여야 한다.

5.1.4.3 승인된 경우 수압-공기압시험은 수위와 공기압력의 조합을 가능한 한 실제적인 적재에 가깝게 하여 모의실험되어야 한다. 또한 공기압에 관련된 **5.1.5**의 요건 및 권고도 적용한다.

5.1.4.4 건식도크 내 또는 건조대 상에서 물을 사용한 시험이 바람직하지 아니한 경우, 구조시험은 부양상태에서 시행될 수 있다. 구조시험이 부양상태에서 시행되는 경우, 각 탱크 및 코퍼댐을 개별적으로 **표 11.5.1**에 주어진 시험수두까지 채워서 시행하여야 한다.

5.1.4.5 약 반수의 탱크를 채우고, 빈 탱크의 바닥판 및 하부의 판이 시험되어야 하고 나머지 하부의 판은 나머지 탱크로 물이 이송된 후에 시험되어야 한다.

5.1.4.6 탱크경계는 적어도 한쪽 면으로부터 시험되어야 한다. 구조적 적합성을 위하여 시험되어야 하는 탱크(**표 11.5.1** (비 고) 1 참조)는 모든 대표적인 구조부재가 예상되는 인장 및 압축에 대하여 시험되도록 선택되어야 한다.

5.1.5 누설시험

5.1.5.1 모든 용접경계, 선대조립부, 및 관연결을 포함하여 관통부는 승인된 절차에 따라 누설검지액(예를 들면 비눗물 검지액)으로 최소한 0.15bar 의 압력으로 시험되어야 한다. 0.20bar 보다 큰 압력은 권고되지 아니한다.

5.1.5.2 탱크주위의 인원수는 최소로 하고 시험압력까지 낮추기 전에 탱크 내의 공기압을 상승시켜 약 한 시간 동안 0.20bar로 유지할 것이 권고된다.

5.1.5.3 요구되는 시험압력에 해당하는 높이까지 물을 채운 U자관이 검증 및 과압을 피하기 위하여 설치되어야 한다. U자관의 횡단면적은 공기공급관의 단면적보다 작아서는 아니된다. U자관에 추가하여, 압력을 검증하기 위하여 마스터게이지 또는 기타 승인된 수단을 제공하여야 한다.

5.1.5.4 필렛용접부의 압축기밀시험 또는 진공시험을 포함하여 누설시험의 기타 유효한 방법이 전체 시방서 제출에 고려될 수 있다.

5.1.6 사수시험

5.1.6.1 사수시험은 **표 11.5.1**에 따라 수밀 또는 풍우밀이 요구되지만 구조시험 또는 기밀시험의 적용대상이 아닌 구조에 적용한다.

5.1.6.2 사수시험은 시험 중에 적어도 2.0bar의 호스 내 압력으로 시행되어야 한다. 노즐의 최소 내경은 12mm이고 1.5m를 넘지 아니하는 거리로부터 시험되는 이음을 향하여야 한다.

5.1.6.3 누설시험 또는 구조시험은 사수시험으로 대체할 수 있다.

5.1.7 기타 시험방법

5.1.7.1 기타 시험방법이 모든 상세가 명시된 방안서에 따라 허용될 수 있다.

5.1.8 도장의 적용 – 보호도장

5.1.8.1 최종도장을 적용하기 전에 기밀시험이 시행되는 조건으로 정수압시험 전에 최종도장을 적용할 수 있다.

5.1.8.2 도장의 모든 변색 또는 교란의 원인과 수리된 모든 결함이 확인되어야 한다.

5.1.8.3 관통부를 포함하여 모든 수동 또는 반자동탑재용접, 그리고 모든 탱크경계의 필렛용접 연결부에 대하여, 최종도장은 누설시험을 시행한 후에 적용되어야 한다. 기타의 용접부에 대하여는, 도장을 적용하기 전에 검사원이 용접에 대하여 주의깊은 검사를 하고 만족하는 조건으로, 최종도장을 누설시험 전에 적용할 수 있다. 검사원은 조선소의 품질관리절차를 고려하여 자동탑재용접부 및 수동 또는 자동선행탑재용법부에 대하여 최종도장 전에 누설시험을 요구할 수 있다.

5.1.8.4 최종도장은 요구되는 모든 사수시험을 시행한 후에 적용되어야 한다.

5.1.9 임시도장

5.1.9.1 결함 또는 누설을 숨길 수 있는 임시도장은 보호도장에 대하여 규정된 바와 같이 적용되어야 한다.(**5.1.8** 참조) 이 요건은 조립 전에 적용되는 숍프라이머에 적용하지는 아니한다.

5.1.9.2 규산염 전색제 숍프라이머는 누설시험전에 용접부에 적용될 수 있다. 프라이머의 층은 최대두께 50microns으로 적용되어야 한다. 불확실한 화학성분의 기타프라이머는 최대두께 30microns으로 적용되어야 한다.

표 11.5.1
탱크 및 경계에 대한 시험요건

	시험될 구조	시험방법	정수압시험 수두 또는 압력	비고
1	이중저탱크	구조시험[(1)]	다음 중 큰 값 - 넘침관 상단까지의 수두, 또는 - 격벽갑판까지의 수두	탱크경계는 최소한 한쪽 면에서 시험
2	이중선측탱크	구조시험[(1)]	다음 중 큰 값 - 넘침관 상단까지의 수두, 또는 - 탱크정부[(2)] 상방 2.4m까지의 수두	탱크경계는 최소한 한쪽 면에서 시험
3	화물탱크	구조시험[(1)]	다음 중 큰 값 - 넘침관 상단까지의 수두, 또는 - 탱크정부[(2)] 상방 2.4m까지의 수두, 또는 - 탱크정부[(2)] +압력도출밸브의 설정압	탱크경계는 최소한 한쪽 면에서 시험
	연료유탱크	구조시험		
4	코퍼댐	구조시험[(3)]	다음 중 큰 값 - 넘침관 상단까지의 수두, 또는 - 코퍼댐정부 상방 2.4m까지의 수두	
5a	피크탱크	구조시험	다음 중 큰 값 - 넘침관 상단까지의 수두, 또는 - 탱크정부[(2)] 상방 2.4m까지의 수두	선미관 설치 후 선미탱크시험을 실시
5b	탱크로 사용되지 않는 선수피크	SOLAS II.1 Reg.13참조		
5c	탱크로 사용되지 않는 선미피크	누설시험		
6	건조구역의 수밀격벽	사수시험[(4)]		계단부 및 리세스 포함
7	건현 또는 격벽갑판 하방의 수밀문	사수시험		설치 전 시험인 경우[(5)]
8	복판타	구조시험[(1), (6)]	2.4m수두. 타는 옆으로 눕혀진 동안에 시험	
9	겸용선 탱크의 수밀창구덮개	구조시험	다음 중 큰 값 - 창구덮개 상단 상방 2.4m 까지의 수두, 또는 - 압력도출밸브의 설정압	적어도 매 두 번째 창구덮개는 시험되어야 한다
10	풍우밀 창구덮개, 문 및 기타 폐쇄장치	사수시험[(4)]		
11	펌프실 위치의 외판	육안검사		선박이 부양된 상태에서 주의깊게 시험되어야 한다

표 11.5.1 (계속)
탱크 및 경계에 대한 시험요건

	시험될 구조	시험방법	정수압시험 수두 또는 압력	비고
12	체인로커 (선수격벽 후방)	구조시험	체인로커 스퍼링파이프 상단까지의 수두	
13	독립형탱크	구조시험	다음 중 큰 값 - 넘침관 상단까지의 수두, 또는 - 탱크정부 상방 0.9 m까지의 수두	
14	밸러스트덕트	구조시험	밸러스트펌프 최대압력 또는 만일 밸러스트덕트의 안전밸브의 설정압력이 작다면 이 압력	
15	호저파이프	사수시험		

(비 고)

1. 각 형식에 대하여 최소한 한 개의 탱크가 설계승인과 관련되어 선택되어서 구조시험을 받는 조건으로 누설 또는 공기 - 정수압시험이 **5.1.5** 에 규정된 조건하에 허용될 수 있다. 검사원이 반복시행이 필요하다고 인정하는 경우를 제외하고, 일반적으로 동형신조선 시리즈의 후속선에 대하여 구조시험을 반복할 필요는 없다. 동형신조선 시리즈의 후속선의 화물구역경계 및 분리화물 또는 오염물질을 위한 탱크에 대한 구조시험은 우리 선급의 요건에 따라야 한다.
2. 탱크정부라 함은 창구를 제외하고 탱크의 정부를 구성하는 갑판을 말한다.
3. 채택된 건조공법 및 용접절차를 고려하여 공기 - 정수압시험이 요구될 수 있는 것을 제외하고, **5.1.5** 에 따른 누설시험이 허용될 수 있다.
4. 의장공사(기관, 전선, 배전반, 방화구조 등)의 단계상 사수시험을 시행할 수 없는 경우, 우리 선급의 판단에 따라 모든 교차부 및 용접이음에 대한 주의깊은 육안검사로 대체할 수 있다. 액체침투탐상시험, 누설시험 또는 초음파누설시험이 요구될 수 있다.
5. 설치(즉, 통상 제조지에서) 전에 수밀출입문 또는 창구는 가장 누설되기 쉽다고 여겨지는 측면으로부터, 격벽갑판 중심에서와 동등한 수두로 정수압시험을 하여야 한다. 허용기준은 다음에 따른다
    - 개스킷을 가지는 문 또는 창구인 경우 누설이 없을 것
    - 금속성 시일을 가지는 문 또는 창구인 경우 분당 1 리터의 최대누수
6. 만일 누설시험 또는 공기 - 정수압시험이 시행되는 경우, 어떠한 압력도 0.30bar를 넘게 가해지지 않도록 하는 조치를 취하여야 한다.

1 선체구조에 대한 허용 두께 감소

1.1 일 반

1.1.1 적 용

1.1.1.1 이 절의 목적은 선체구조의 허용 두께 감소에 대한 기준을 제공하는 것이다.

1.1.1.2 이 기준은 이 규칙에 의하여 설계되고 건조된 운항 중인 선박에만 적용한다.

1.1.1.3 규정한 신환 기준에 대하여 선체구조를 평가하기 위하여 두께 계측을 하여야 한다.

1.1.2 쇠모 허용 개념

1.1.2.1 쇠모 허용은 국부적인 쇠모 허용 및 전체 선체거더 쇠모 허용의 두 가지 관점으로 구성된다. 국부적인 쇠모 허용은 **1.4**에 규정되어 있고, 전체 선체거더 쇠모 허용은 **1.5**에 규정되어 있다.

1.1.2.2 선박의 운항 수명 동안, 국부 및 전체 선체거더 쇠모 기준에 대한 평가가 요구된다.

1.1.2.3 국부 또는 전체 선체거더 쇠모 허용을 초과하는 경우, 강재 신환이 요구된다.

1.1.2.4 이 규칙 내의 신조선 요건은 부식 추가(**6장/3** 참조)를 반영하고 있고, 모든 관련된 하중 및파손 모드(예: 항복, 좌굴 및 피로)를 고려하고 있다. 모든 구조 부재의 두께가 여기에 규정한 신환 두께보다 크다면, 선박의 운항 수명 동안 이 규칙 내의 요건에 대한 치수 평가를 더 이상 요구하지 않는다.

1.1.3 문서화 요건

1.1.3.1 본 선에 제공될 도면(**3장/2.2.3** 참조)은 실제 및 **1.4.2**에 정의한 신환 두께를 포함하여야 한다. 모든 선주 여분 두께도 명확히 도면에 표시하여야 한다.

1.1.3.2 조선소가 제공하여 본선이 가지고 있는 실제 중앙 횡단면도는, 모든 화물 탱크 내의 탱크중앙부 횡단면에 대하여 **1.5**에 규정한 최소 허용 선체 거더 단면 특성 값을 보여주는 표를 포함하여야 한다.

1.2 두께 계측의 평가

1.2.1 일반

1.2.1.1 이중 선체 유 탱커의 선급 유지를 위한 최소 검사 요건은 **규칙 1편 3장 5절**(IACS 통일규칙 Z10.4)에 규정한다.

1.2.1.2 두께 계측은 우리선급의 요건 및 IACS 통일규칙 Z10.4에 따라 수행하여야 한다.

1.2.2 국부 쇠모의 평가

1.2.2.1 **1.4.2** 및 **1.6**에 규정된 일반 부식 및 국부 피팅/단부 부식에 대하여 계측된 두께가 신환 두께 이상임을 확인하기 위하여 두께 계측을 한다.

1.2.2.2 검사 결과 강재 신환이 요구되거나, 검사원의 의견 상 선박의 계속되는 운항 적합성을 해치는 구조적인 결함이 있는 경우, 선박이 운항을 계속하기 전에 수리 조치를 해야한다.

1.2.2.3 계측된 두께 t_m 이 다음으로 정의되는 연차 검사 시의 t_{annual} 보다 작은 경우, 연차 및 중간 검사에서 재평가 및 추가적인 두께 계측이 요구된다.

$t_{annual} = t_{as-built} - t_{own} - t_{was}$ (mm)

여기서,

$t_{as\text{-}.built}$: 건조 두께(mm)

t_{was} : **1.4.2.2**에서 정의한 허용 쇠모

t_{own} : 해당되는 경우, 선주/조선소가 규정한 추가적인 허용 쇠모(mm)

1.2.2.4 **1.2.2.3**에 의하여 재평가 및 추가적인 두께 계측이 요구되는 경우에는 부식 양태의 전 범위를 결정하기 위하여 **표 12.1.1**에 따라 추가적인 계측을 시행하여야 한다.

표 12.1.1
$t_m < t_{annual}$ 인 것으로 식별된 구조 위치에서의 추가적인 두께 계측

구조부재	계측 범위	계측 형태
판	의심 지역 및 인접 판	1m^2 당 5 점
보강재	의심 지역	웨브를 따라 선 상으로 3 계측 플랜지를 따라 선 상으로 3 계측

1.2.2.5 매 연차 검사 시에, 검사원이 필요하다고 판단하는 바에 따라 중요 지역에서 두께 계측을 하여야 한다. 중요 지역은, **1.2.2.3**을 위반하거나 급속한 쇠모 경향이 있다고 보이는 부식수준을 갖는 선박 전체의 위치를 포함한다.

1.2.3 전체 선체거더 쇠모의 평가

1.2.3.1 계산된 선체거더 단면 특성값이 **1.5.2**에 규정한 최소 허용값 이상임을 확인할 목적으로, **규칙 1편 3장 5절**(IACS 통일규칙 Z10.4)에 규정한 단면에 대하여 선박의 선체거더 단면 특성값을 두께계측에 의하여 주어진 두께에 기초하여 계산한다. 계측 두께에 기초하고 **규칙 1편 3장 5절**(IACS 통일규칙 Z10.4)에 따라 계산된 실제 단면 특성값을 우리선급에 제출하여야 한다.

1.3 부식의 분류

1.3.1 일반 부식

1.3.1.1 일반 부식은, 넓은 범위에 걸쳐 재료 두께의 일반적인 균등 감소가 발견되는 면적으로 정의한다.

1.3.1.2 일반 부식에 대한 신환 기준은 **1.4**에 주어진다.

1.3.2 피팅 부식

1.3.2.1 피팅 부식은, 주위 면적 내의 일반 부식보다 큰 국부적인 재료 감소를 갖는 산재된 부식 점들/면적으로 정의한다.

1.3.2.2 피팅 집중도는 **그림 12.1.1**에 정의한다.

1.3.2.3 피팅 부식에 대한 신화 기준은 **1.6.2**에 주어진다.

1.3.3 단부 부식

1.3.3.1 단부 부식은, 판, 보강재 및 1차 지지부재의 자유변과 개구 주변의 국부 부식으로 정의된다. 단부 부식의 예를 **그림 12.1.2**에 보인다.

1.3.3.2 단부 부식에 대한 신환 기준은 **1.6.3**에 주어진다.

1.3.4 홈(groove) 부식

1.3.4.1 홈 부식은 보강재 접합부를 따른 용접 결합부 및 보강재 또는 판의 버트(butt) 또는 심(seam)에 인접한 전형적인 국부 재료 감소이다. 홈 부식의 예를 **그림 12.1.3**에 보인다.

1.3.4.2 홈 부식에 대한 신환 기준은 **1.6.4**에 주어진다.

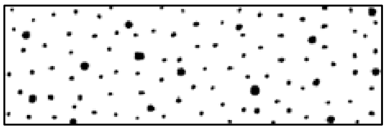
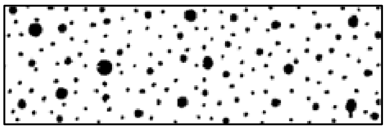
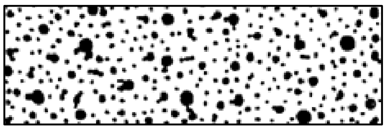
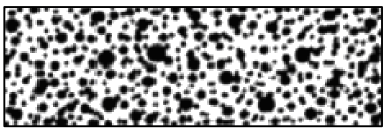
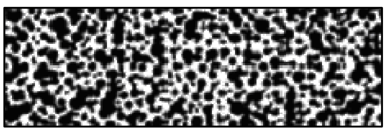
그림 12.1.1 피팅 강도	
5% 산재된 피팅	
10% 산재된 피팅	
20% 산재된 피팅	
30% 산재된 피팅	
50% 산재된 피팅	

그림 12.1.2
단부 부식

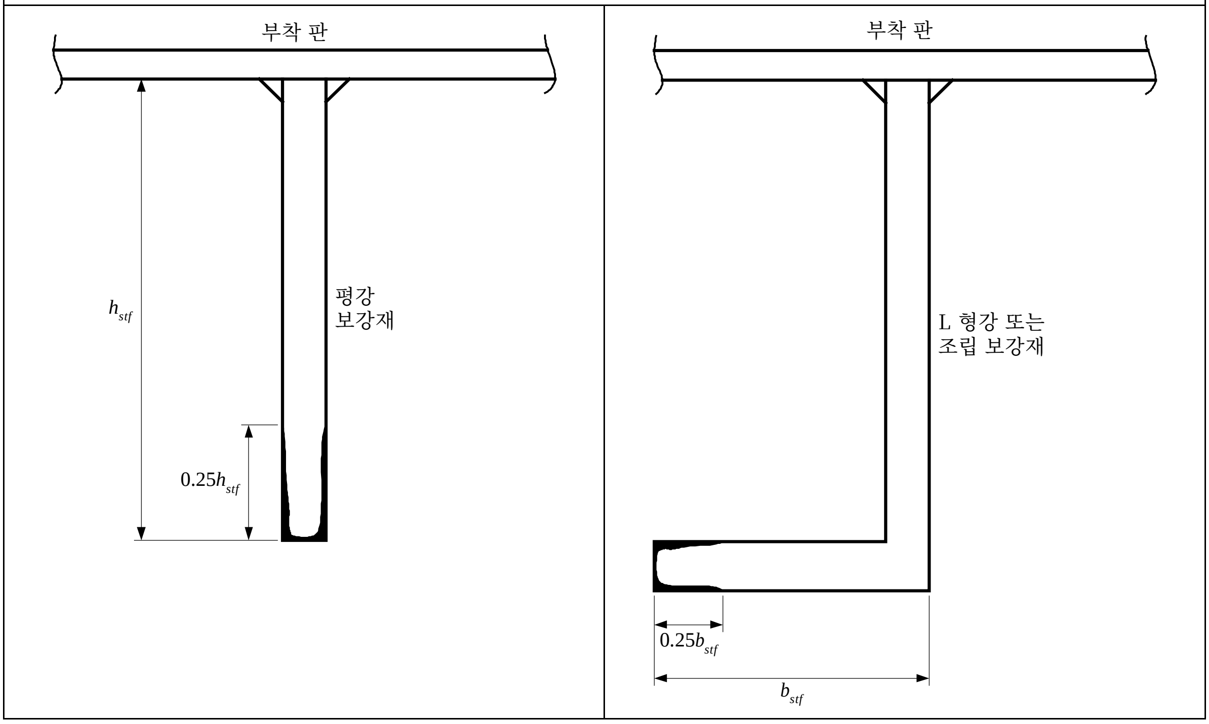
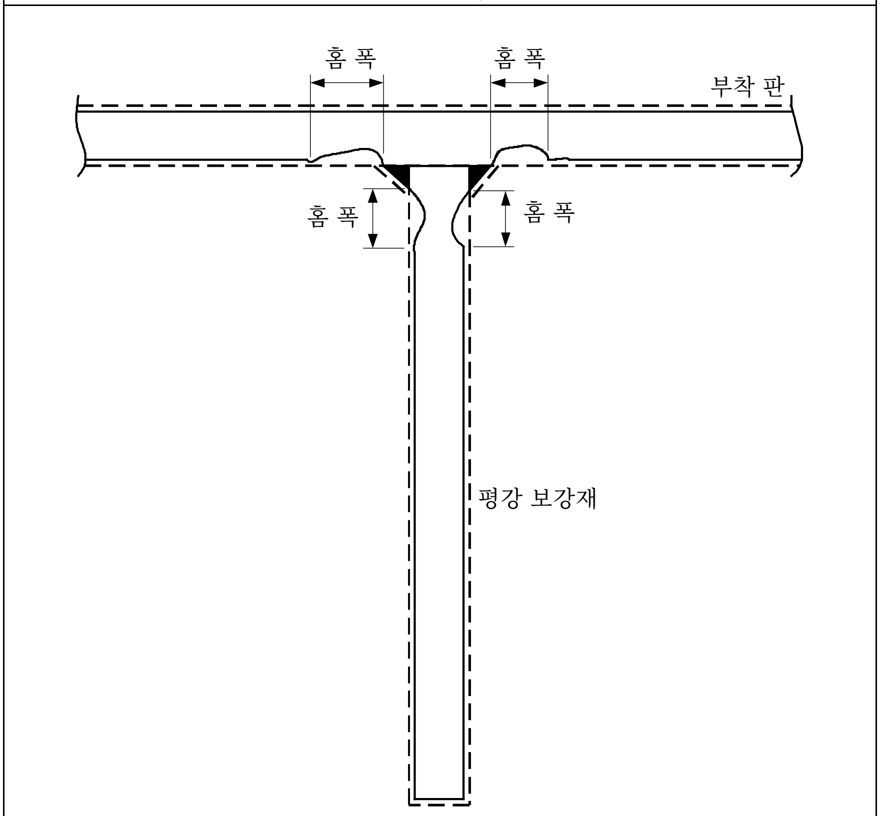


그림 12.1.3
홈 부식



1.4 일반 부식에 대한 허용 두께 감소

1.4.1 적 용

1.4.1.1 **1.4.2**의 신환 기준은 일반적으로 일반 부식을 갖는 구조 부재의 면적에 적용한다.

1.4.2 신환 기준

1.4.2.1 다음으로 정의되는 신환 두께 t_{ren} 보다 계측 두께 t_{tm} 가 작을 경우, 강재 신환이 요구된다

$$t_{ren} = t_{as-built} - t_{was} - t_{own} - t_{corr-2.5} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{as\text{-}.built}$: 건조 두께(mm)

t_{was} : **1.4.2.2**에서 정의한 허용 쇠모

t_{own} : 적용되는 경우, 선주/조선소가 규정한 추가 허용 쇠모(mm)

$t_{corr\text{-}2.5}$: 중간검사 및 정기검사 사이의 2.5년 내에 발생하는 쇠모에 대한 예비 허용 쇠모로서, 0.5mm로 한다.

1.4.2.2 허용 쇠모 t_{was} 은 다음으로 주어진다.

$$t_{was} = t_{was-1} + t_{was-2} \quad \text{(mm)}$$ 그리고 가장 가까운 0.5mm로 반올림한다.

여기서,

t_{was} : 고려하는구조부재의 전 허용 쇠모(mm)

$t_{was\text{-}1}$: 노출되는 구획 내의 내용물을 고려한 구조부재의 면 1에 대한 허용 쇠모(mm)로서, **표 12.1.2**에 주어진다.

$t_{was\text{-}2}$: 노출되는 구획 내의 내용물을 고려한 구조부재의 면 2에 대한 허용 쇠모(mm)로서, **표 12.1.2**에 주어진다.

1.4.2.3 어느 경우에도 허용 쇠모 t_{was}은 1.5mm 이상이어야 한다. 다만 1.0mm가 적용되는 건 구역 및 펌프실의 내부재는 예외로 한다.

1.4.2.4 **표 12.1.2**에 등재되지 않은 구획에 대한 허용 쇠모는 특별히 고려하여야 한다.

1.4.2.5 일반적으로 **1.4.2.1**의 신환 기준에 기초하여 신환이 요구되는 면적은, 원래의 것과 동등 이상의 급/강도를 갖고 다음 값 이상인 t_{repair}을 갖는 삽입 재료로 수리하여야 한다.

$$t_{repair} = t_{as-built} - t_{own} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{as\text{-}built}$: 건조 두께(mm)

t_{own} : 해당되는 경우, 선주/조선소가 규정한 추가적인 허용 쇠모(mm)

표 12.1.2
구조요소의 한 면에 대한 국부 허용 쇠모

구획 종류	구조 부재		운항선의 허용 쇠모, t_{was-1} 또는 t_{was-2} (mm)
밸러스트 수 탱크 및 체인로커	PSM 의 면재	탱크 정부 하부 3m 이내 (1)	2.0
		그 외	1.5
	다른 부재(3)	탱크 정부 하부 3m 이내 (1)	1.7
		그 외	1.2
화물유 탱크	PSM 의 면재	탱크 정부 하부 3m 이내 (1)	1.7
		그 외	1.4
	내저판/탱크 저판		2.1
	다른 부재	탱크 정부 하부 3m 이내 (1)	1.7
		그 외	1.0
대기에 노출	노출 갑판		1.7
	다른 부재		1.0
해수에 노출	외판(2)		1.0
연료 및 윤활유 탱크(4)	탱크 정부 및 부착되는 내부 보강재		1.0
	그 외		0.7
청수 탱크	탱크 정부 및 부착되는 내부 보강재		1.0
	그 외		0.7
보이드스페이스	예를 들어 볼트 체결된 맨홀, 관 터널 등과 같이, 통상 접근하지 않는 구역		0.7
건 구역	갑판실, 기관실, 펌프실, 창고, 조타기실 등의 내부재		0.5

(비 고)
1. 탱크 정부로서 노출갑판을 갖는 화물 및 밸러스트 탱크에만 적용
2. **8/그림 8.2.2** 에 정의한, 안벽접촉 구역의 선측판에 대하여는 0.5mm 를 추가한다.
3. 밸러스트수탱크와 가열되는 화물유탱크 사이의 판 경계의 경우 밸러스트수에 노출되는 판의 면재에는 0.5mm 를 추가한다. 밸러스트탱트 내부이며 밸러스트탱크와 가열되는 화물유탱크 간의 경계에 붙은 보강재의 면재와 웨브의 표면에는 각각 0.3mm 를 추가한다. 가열되는 화물유탱크란 어떠한 형태로든 가열 능력을 갖춘 화물탱크를 의미한다. (가장 일반적인 형태는 가열코일이다.)
4. 밸러스트수탱크와 가열되는 연료유탱크 사이의 판 경계에는 0.7mm 를 추가한다

1.5 일반 부식에 대한 선체거더 단면 특성값의 신환 기준

1.5.1 일 반

1.5.1.1 다음의 선체거더 단면 특성 값에 대하여 검증하여야 하며, **1.5.2-3**을 참조한다.

(a) 수평축에 대한 수직 선체거더 관성 모멘트, I_v

(b) 수평축에 대한 선체거더의 갑판 선측에서의 단면계수, Z_{v-dk}

(c) 수평축에 대한 선체거더의 용골에서의 단면계수, Z_{v-kl}

(d) 수직축에 대한 선체거더의 선측에서의 단면계수, Z_{h-side}

(e) 선체거더의 수직 전단면적, A_{v-shr}

1.5.2 신환 기준

1.5.2.1 실제 두께 계측자료를 사용하여 계산된 선체거더 단면 특성값 $I_{v\text{-}tm}$, $Z_{v\text{-}tm\text{-}dk}$, $Z_{v\text{-}tm\text{-}kl}$, $Z_{h\text{-}tm\text{-}side}$, $A_{v\text{-}tm\text{-}shr}$ 가 **1.5.3**에 따른 최소 허용 선체거더 단면 특성값 미만인 경우, 강재 신환이 요구된다.

1.5.2.2 **1.5.2.1**에 기재된 실제 선체거더 단면특성값은, 계측두께를 사용하여 **4장/2.6**에 따라 계산하여야 한다.

1.5.2.3 감소된 선체거더 단면 특성 값으로 인하여 강재 신환이 요구되는 경우, 강재 신환은 국부 부식된 구조 요소를 교체하는 것에 의하여 이루어 져야 한다. 교체 후에 선체거더 단면 특성 값의 결과가 **1.5.2.1**을 만족한다면, 구조 요소의 어떤 조합으로도 교체할 수 있다. 신환되는 국부 구조 요소는 **1.4.2.3**의 요건에 따라 신환하여야 한다.

1.5.3 최소 허용 선체거더 단면 특성 값의 계산

1.5.3.1 **1.5.1.1**에 기재된 최소 허용 선체거더 단면 특성 값은 **1.5.3.2**에 정의한 두께를 사용하여 **4장/2.6**에 따라 계산하여야 한다.

1.5.3.2 부식된 조건에서의 최소 허용 선체거더 단면 특성 값은 신조선 단계에서 사용된 동일한 일반 두께 감소를 사용하여 계산하며, 이렇게 하여 신조선 및 운항 중인 선박의 기준이 서로 연결된다. 따라서 최소 허용 선체거더 단면 특성 값의 계산은 다음으로 주어지는 부재 두께 t 에 기초하여야 한다.

$$t = t_{as-built} - 0.5 t_{corr} - t_{own} \quad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{as\text{-}built}$: 건조 두께(mm)

t_{corr} : **6장/3.2**에 정의한 부식 추가

t_{own} : 해당되는 경우, 선주/조선소가 규정한 허용 쇠모(mm)

1.6 피팅, 홈 및 단부 부식에 대한 허용 재료 감소

1.6.1 일 반

1.6.1.1 계측된 두께가 **1.6.2**, **1.6.3** 및 **1.6.4**에 각각 정의한 기준보다 작은 경우, 피팅, 홈 및 단부 부식에 대한 강재 신환이 요구된다.

1.6.2 피 팅

1.6.2.1 **그림 12.1.1**을 참조하여 피팅 집중도가 20% 미만인 판에 대하여는, 모든 개별 계측의 계측 두께 t_{tm} 은 다음 기준을 만족하여야 한다.

$$t_{tm} \geq 0.7\left(t_{as-built} - t_{own}\right) \quad \text{(mm)}$$

$$t_{tm} \geq t_{ren} - 1 \quad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{as\text{-}built}$: 부재의 건조 두께(mm)

t_{own} : 해당되는 경우, 선주/조선소가 규정하는 추가적인 허용 쇠모(mm)

t_{ren} : **1.4.2.1**에 정의한 일반 부식에 대한 신환 기준

1.6.2.2 해당 판 내에서 모든 단면에 걸친 평균 두께는 **1.4.2.1**에 주어진 일반 부식에 대한 신환 기준 이상이어야 한다.

1.6.3 단부 부식

1.6.3.1 **그림 12.1.2**를 참조하여 면재(또는, 평강 보강재의 경우에는 웨브) 단부 부식의 전체 부식 높이가, 해당 보강재 면재 폭 또는 웨브 높이의 25% 미만인 경우, 계측 두께 t_{tm} 은 다음 기준 중 작은 값을 만족하여야 한다.

$$t_{tm} \geq 0.7(t_{as-built} - t_{own}) \quad \text{(mm)}$$

$$t_{tm} \geq t_{ren} - 1 \quad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{as\text{-}built}$: 부재의 건조 두께(mm)

t_{own} : 해당되는 경우, 선주/조선소가 규정하는 추가적인 허용 쇠모(mm)

t_{ren} : **1.4.2.1**에 정의한 일반 부식에 대한 신환 기준

1.6.3.2 보강재의 폭 또는 높이에 걸친 평균 계측 두께는 **1.4.2**에 정의한 것 이상이어야 한다.

1.6.3.3 다음 조건이 충족되는 경우, 맨홀, 경감 구멍 등 개구에서 판 단부는 **1.4.2**에 주어진 최소 두께보다 작을 수 있다.

(a) **1.4.2**에 주어진 최소 값 보다 작은, 감소된 판 두께의 개구 단으로부터의 최대 범위가 개구 최소 치수의 20% 이하이고 100 mm 이하인 경우

(b) 개구의 최대 치수가 10% 이상 증가하지 않는다면, 울퉁불퉁한 또는 평탄하지 않은 단부를 깎아 낼 수 있다.

1.6.4 홈

1.6.4.1 홈 폭이 웨브 높이의 15%보다 크지만 30 mm 이하인 곳에서는(**그림 12.1.3** 참조), 홈 부위 내의 계측 두께 t_{tm} 은 다음 기준 중 작은 값을 만족하여야 한다.

$$t_{tm} \geq 0.75(t_{as-built} - t_{own}) \quad \text{(mm)}$$

$$t_{tm} \geq t_{ren} - 0.5 \quad \text{(mm)}$$

다만 다음 값 이상이어야 한다.

$$t_{tm} = 6 \quad \text{(mm)}$$

여기서,

$t_{as\text{-}built}$: 부재의 건조 두께(mm)

t_{own} : 해당되는 경우, 선주/조선소가 규정하는 추가적인 허용 쇠모(mm)

t_{ren} : **1.4.2.1**에 정의한 일반 부식에 대한 신환 기준

1.6.4.2 **1.6.4.1**의 면적보다 큰 홈 면적을 갖는 부재는, 판/보강재에 걸친 평균 계측 두께를 사용하여 **1.4.2**에 정의한 일반 부식에 대한 기준에 기초하여 평가하여야 한다.

1 일 반

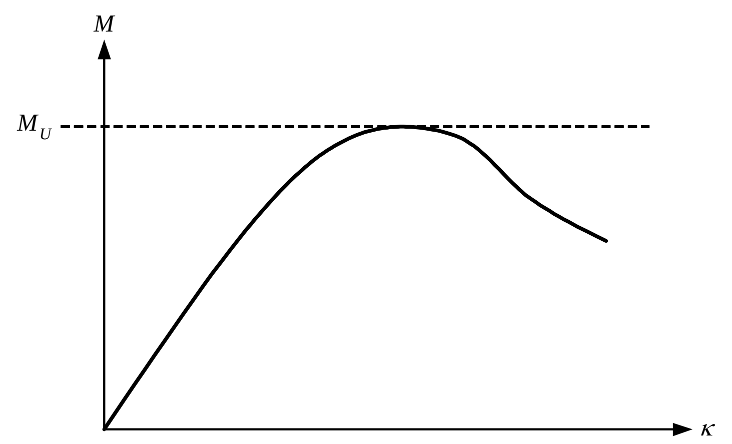
1.1 정 의

1.1.1 선체거더 굽힘모멘트 능력

1.1.1.1 선체거더 최종 굽힘능력 M_U 는, 이를 초과하면 선체 붕괴가 일어나는 선체거더의 최대 굽힘능력으로 정의한다. 선체거더 파손은 종방향 구조 부재의 좌굴, 최종강도 및 항복에 의하여 지배된다.

1.1.1.2 선체거더 단면의 새깅 선체거더최종능력은 정적 비선형 굽힘 모멘트-곡률 관계(M-κ)의 최대값으로 정의하며 **그림 A.1.1**을 참조한다. 이 곡선은 수직 종굽힘 하의 선체거더의 점진적인 붕괴거동을 나타낸다.

그림 A.1.1
굽힘모멘트 – 곡률 곡선, ***M*-*κ***



1.1.1.3 중요한 프레임 간(inter-frame) 단면의 곡률 κ은 다음으로 정의된다.

$$\kappa = \frac{\theta}{l}$$

여기서,

θ : 횡 프레임 위치에서 두 인접한 횡단면의 상대 회전각

l : 횡 프레임 간격, 즉 종통재의 스팬

1.2 적 용

1.2.1 일 반

1.2.1.1 새깅 선체거더 최종굽힘능력은 **2.1**에 규정된 간이적인 단일 단계(single step) 방법 또는 2.2의 증분 반복 방법에 의하여 평가하여야 한다. 이 절차는 새깅 굽힘모멘트를 받는 종늑골식 이중선체 탱커에 대하여만 적용한다.

1.2.1.2 **9장/1.4**의 부분 안전계수의 크기는, **2.1**에 규정하는 간이적인 단일단계 방법에 대하여 조정된 것이며, **2.2**에 규정하는 증분 반복 방법에 대하여도 적합하다.

1.3 가 정

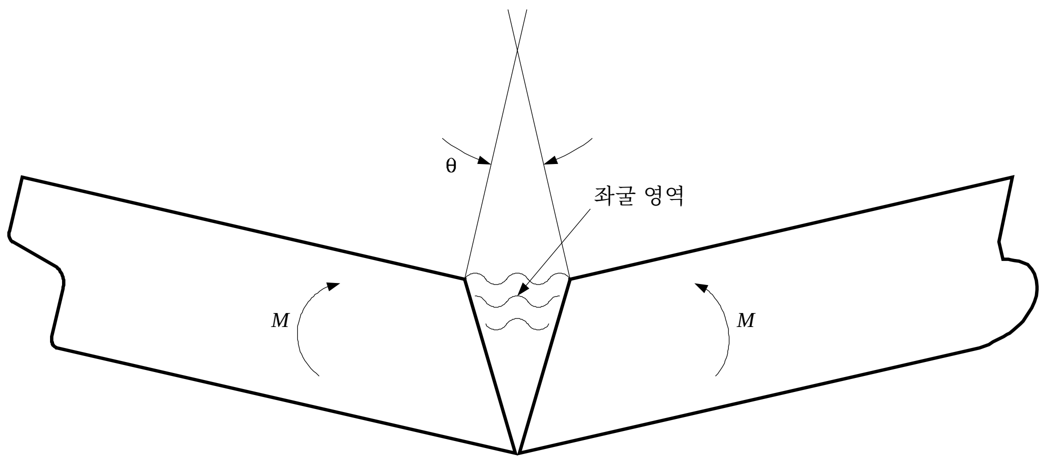
1.3.1 일 반

1.3.1.1 최종 선체거더 능력을 계산하는 방법은 모든 주요한 종방향 구조 요소의 중요한 파손 모드를 식별하여야 한다. 새깅 상태의 탱커에 대하여는, 중요한 모드는 일반적으로 갑판 구조의 프레임 간 좌굴이며, **그림 A.1.2**에 표시하였다.

1.3.1.2 좌굴 한계를 넘어 압축을 받는 구조는 하중 부담 능력이 감소한다. 프레임 간의 최소 파손 모드를 식별하기 위하여, 판 좌굴, 보강재의 비틀림 좌굴, 보강재 웨브의 좌굴,보강재의 횡 및 전체 좌굴, 그리고 이들의 상호작용과 같은 개별 구조 요소에 대한 모든 관련된 파손 모드를 고려하여야 한다.

1.3.1.3 새깅 상태의 탱커에 대하여는 수직 종굽힘만을 고려한다. 전단력, 비틀림 하중, 수평 굽힘 모멘트 및 면외 압력의 효과는 무시한다.

그림 A.1.2
극한 새깅상태 선박의 프레임 간 좌굴에 의한 파손



1.4 대안방법

1.4.1 일 반

1.4.1.1 선체거더 최종 굽힘 능력의 계산을 위한 대안 방법(예를 들면, **2.2**에 정의한 것과 다른 증분-반복 절차 및 비선형 유한 요소해석)에 대한 원칙들이 **3절**에 규정되어 있다.

1.4.1.2 대안방법을 적용하는 경우에는, 사전에 우리선급과 협의하여야 한다. 해석방법의 증빙 문서 및 우리선급의 절차에 의한 결과와의 상세비교를, 검토 및 승인용으로 제출하여야 한다. 그러한 방법의 사용에 대하여 **9장/1.4**의 부분 안전계수의 재조정을 요구할 수 있다.

2 선체거더 최종 능력 계산

2.1 간이적인 단일 단계(single step) 최종 능력 방법

2.1.1 절 차

2.1.1.1 새깅상태의 선체거더 최종 굽힘능력의 계산에 대한 단일 단계 절차는, 갑판 좌굴을 고려하여 감소된 선체거더 굽힘강성에 기초한 간이 방법이며, **그림 A.2.1**을 참조한다. 선체거더 최종능력 M_U 은 다음과 같이 취하여야 한다.

$$M_U = Z_{red}\sigma_{yd} \cdot 10^3 \qquad \text{(kNm)}$$

여기서,

Z_{red} : 갑판의 감소된 단면계수(갑판의 평균 높이까지)

$$= \frac{I_{red}}{z_{dk-mean} - z_{NA-red}} \qquad (\text{m}^3)$$

I_{red} : 감소된 선체거더 단면 2차 모멘트(m^4)로서, **8장/2.6.1.1**에 따라, 다음을 사용하여 계산한다:

- 모든 종방향 유효 부재에 대하여 선체거더 순 두께 t_{net50}을 사용
- 좌굴 후 갑판 각 보강 패널의 유효 순 단면적 A_{eff} 을 사용

A_{eff} : 보강 갑판 패널의 좌굴 후 유효 순 면적. 유효 면적은 항복까지 유효하게 응력을 받을 수 있는 보강 갑판 패널의 부분으로 다음과 같다:

$$= \frac{\sigma_U}{\sigma_{yd}} A_{net50} \qquad (\text{m}^2)$$

㈜ 갑판거더의 유효면적은 두께 t_{net50}을 사용한 거더의 순 면적으로 취한다.

A_{net50} : 갑판 보강 패널의 순 면적(m^2)

σ_U : 갑판 보강 패널의 좌굴 능력(N/mm^2). 다음을 사용하여 각 보강 패널에 대하여 계산할 것.

- **10장/4** 및 **부록 D** 에 규정하는 진보된 좌굴 해석 방법
- 순 두께 t_{net50}

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복 응력(N/mm^2)으로서, 선체거더 단면계수 결정 시 적용한 값으로 한다.

$z_{dk-mean}$: 기선으로부터 갑판 평균 높이까지의 수직거리(m)로서, 기선으로부터 선측 및 중심선에서의 갑판높이의 평균으로 취한다.

z_{NA-red} : 기선으로부터 강도가 경감된 단면의 중립축까지의 수직거리(m)

2.1.1.2 최종 굽힘모멘트 능력 M_U 가 선저판에서 재료의 규정 최소 항복응력 σ_{yd} 을 초과하는 응력을 발생시키지 않음을 보여야 한다. 즉 최종 선체거더 굽힘모멘트 능력 M_U 는 다음 값 미만이어야 한다.

$$M_U = \sigma_{yd} \frac{I_{red}}{z_{NA-red}} \cdot 10^3 \qquad \text{kNm}$$

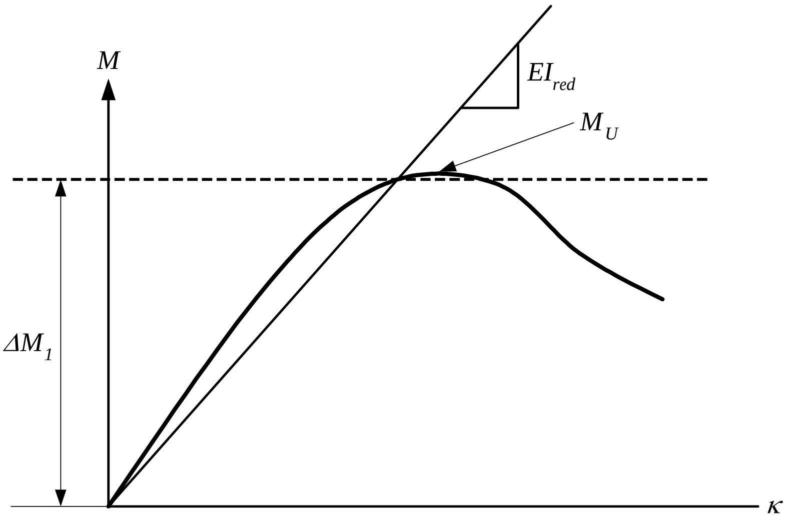
여기서,

σ_{yd} : 재료의 규정 항복응력(N/mm^2)

I_{red} : **2.1.1.1**에 정의한 감소된 선체거더 관성모멘트

z_{NA-red} : 기선으로부터 강도가 감소된 단면의 중립축까지의 수직거리(m)

그림 A.2.1
간이적인 단일 단계 절차의 선체거더 모멘트-곡률 관계



2.1.2 가 정

2.1.2.1 이 간이적인 방법에서는, 보강 갑판 패널이 최종능력이 달하는 시점에서, 새깅상태의 탱커는 최종 새깅 능력에 도달한다고 가정한다. 만일 이러한 가정이 유효하지 않은 구조 형상인 경우에는, 최종 능력을 추정하는 대안 방법에 의하여 검토하여야 한다.

2.2 증분-반복 접근법에 기초한 간이 방법

2.2.1 절차

2.2.1.1 이 방법에서는 최종 선체거더 굽힘모멘트 능력 M_U 은 **그림 A.1.1**에 보인 바와 같이 선박 횡단면의 수직굽힘모멘트 M- 곡률 κ 곡선의 피크 점으로 정의된다.

2.2.1.2 곡선 M-κ 은 증분-반복 접근법에 의하여 얻는다. 이 절차의 각 단계는 **2.2.1.7**에 주어지며, **그림 A.2.2**에 흐름도를 보인다.

2.2.1.3 부과된 곡률 κ_i 로 인하여 선체거더 횡단면에 작용하는 굽힘모멘트 M_i 은 증분 절차의 매 단계에 대하여 계산된다. 이 부과된 곡률은 선체거더의 유효 중립축에 관한 횡단면의 회전각에 해당하며, 이 회전각은 각 선체 구조 요소 내에 축변형률 ε 을 야기시킨다. 새깅 조건에서, 중립축 하부의 구조요소는 인장되고, 중립축 상부의 요소는 압축된다.

2.2.1.4 변형률 ε 에 의하여 각 구조요소 내에 발생된 응력 σ 은, 비선형 탄소성 영역에서의 구조요소의 거동을 고려한 응력-변형률 곡선 σ-ε 으로부터 얻는다.

2.2.1.5 각 구조요소 내의 힘은 해당 요소 면적과 응력의 곱으로 구하며, 이러한 힘은 횡단면 상의 전체 축력을 구하기 위하여 합쳐진다. 요소면적은 구조요소의 전체 순 면적으로 취하는 것에 유의한다. 비선형 응답으로 인하여 유효 중립축이 이동하므로 이 전체 힘은 0(zero)이 아닐 수 있다. 따라서 전체 힘이 0이 될 때까지 중립축 위치를 조정하고 요소의 변형률 및 힘 그리고 전체 단면력의 재계산을 반복한다.

2.2.1.6 일단 새 중립축 위치를 알면, 구조요소 내의 정확한 응력 분포를 얻는다. 각 구조 요소 내의 힘에 의하여 주어지는 모멘트 기여를 합하여, 부과된 곡률 κ_i 로 인한 새 중립축에 관한 굽힘모멘트 M_i 를 얻는다.

2.2.1.7 증분-반복 접근법의 주요 단계는 다음과 같다. **그림 A.2.2**를 참조한다.

단계 1: 선체거더 횡단면을 구조요소 즉 종통보강된 패널(요소당 한 개의 보강재), 강체 모서리(hard corner) 및 횡 보강된 패널로 나눈다. (**2.2.2.2** 참조)

단계 2: 모든 구조요소에 대하여 응력-변형률 곡선(load-end shortening curve)을 구한다. (**2.3** 참조)

단계 3: 추정 최대 요구 곡률 κ_F 을 구한다.(**2.2.1.8** 참조) 곡률의 각 단계에서의 크기 $\Delta\kappa$ 은 $\kappa_F/300$으로 취한다. 첫 단계에서의 곡률 κ_I은 $\Delta\kappa$ 로 취한다. 탄성 선체거더 단면계수 값 $z_{v\text{-}net50}$을 가지고, 첫 번째 증분 단계(i=1)에 대한 중립축 $z_{NA\text{-}i}$ 을 구한다. (**4장/2.6.1** 참조)

단계 4: 각 요소(첨자 j)에 대하여, κ_i에 대응하는 변형률 $\varepsilon_{ij} = \kappa_i (z_j - z_{NA\text{-}i})$ 및 대응 응력 σ_j 을 계산(**2.2.1.9** 참조)하여, 요소 내 힘 $\sigma_j A_j$ 을 계산한다.

단계 5: 전체 횡단면에 걸친 종방향 힘 평형을 조사하여 새 중립축 위치 $z_{NA\text{-}i}$ 을 결정한다. 그후 $F_i = 0.1\Sigma A_j\sigma_j$ kN = 0이 될 때까지 z_{NA_i} 을 조정한다. 압축 요소에 대하여는 σ_j 이 양, 인장 요소에 대하여는 음임을 유의한다. 평형이 만족될 때까지 단계 4부터 반복한다. 중립축 위치 변화가 0.0001m 보다 작은 경우, 평형을 만족한 것으로 한다.

단계 6: 다음과 같이 모든 요소의 힘 기여를 합하여 대응하는 모멘트를 계산한다.

$$M_i = 0.1\sum\left|\sigma_j A_j\left(z_j - z_{NA-i}\right)\right| \qquad \text{(kNm)}$$

단계 7: $\Delta\kappa$ 만큼 곡률을 증가시키고, 다음 곡률 증분을 위한 초기 값으로 현재 중립축 위치를 사용한다. 최대 요구 곡률이 도달될 때까지 단계 4에서부터 반복한다. 최종 능력은 M-κ 곡선으로부터의 피크 값 M_u 이다. 피크 값이 곡선에 나타나지 않는 경우, 피크에 도달할 때까지 κ_F 을 증가시켜야 한다.

2.2.1.8 새깅 상태에서의 추정 최대 요구 곡률 κ_F (m^{-1})은 다음 식에 의한 값으로 하여야 한다.

$$\kappa_F = 3\frac{M_{yd}}{EI_{v-net50}}10^{-3} \quad \text{m}^{-1}$$

여기서,

M_{yd} : 갑판 또는 용골의 선형탄성 굽힘응력에 의한 수직 종굽힘모멘트로서, 다음 중 큰 값을 취한다.

$Z_{v\text{-}net50\text{-}dk}\ \sigma_{yd}\ 10^3\ (kNm)$

$Z_{v\text{-}net50\text{-}kl}\ \sigma_{yd}\ 10^3\ (kNm)$

$Z_{v\text{-}net50\text{-}dk}$, $Z_{v\text{-}net50\text{-}kl}$: 갑판 또는 용골에서의 단면계수(m^3).(**8장/1.2.2.3** 및 **1.2.2.4** 참조)

E : 탄성계수로서, 2.06 x 10^5 (N/mm^2)로 한다.

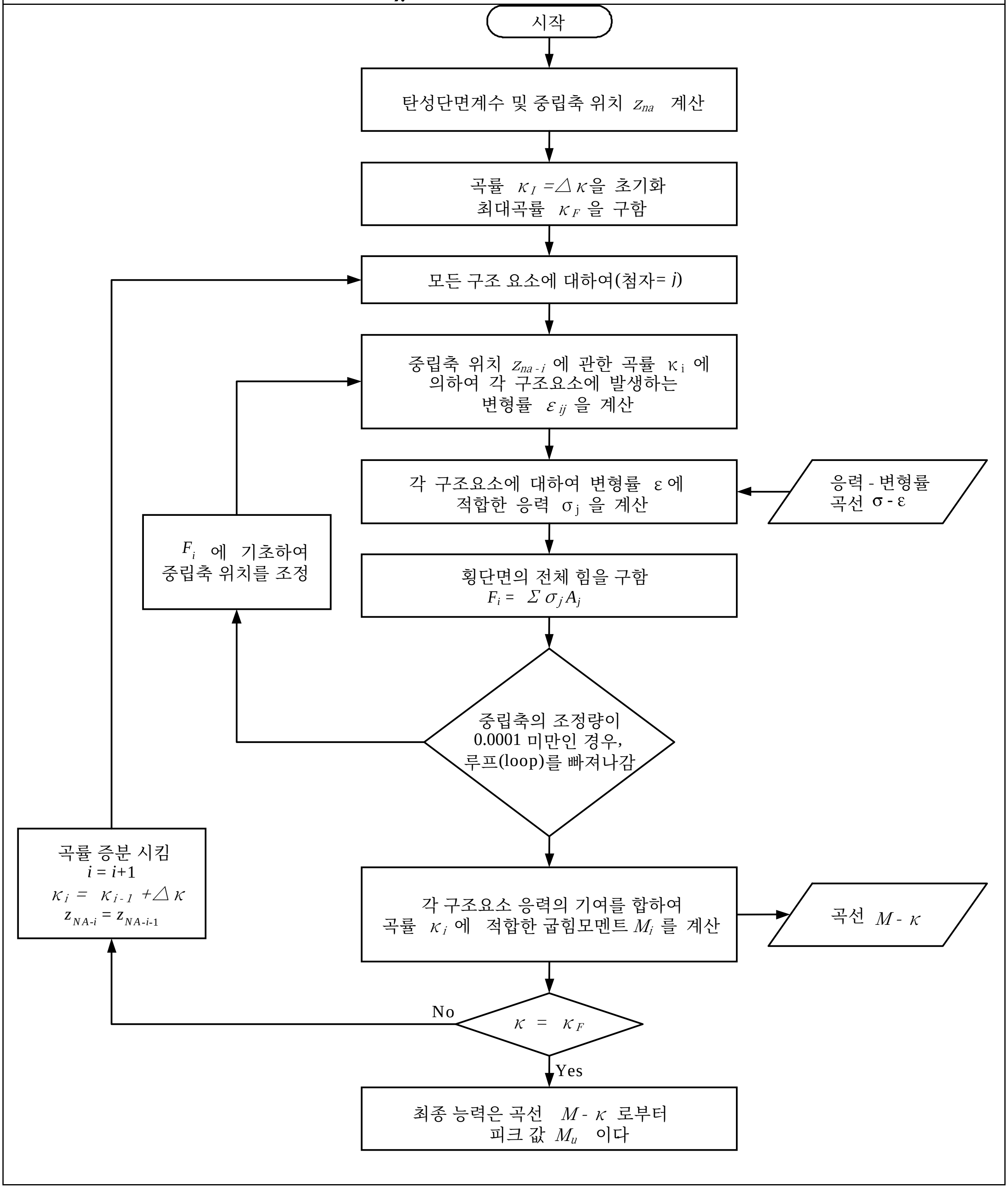
σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

$I_{v\text{-}net50}$: 선체거더 단면 2차 모멘트(m^4). (**8장/1.2.1.1** 참조)

2.2.1.9 각 구조요소에 대하여, 요소 변형률 ε_{ij} 에 대응하는 응력 σ_j 은, 해당 요소에 대하여 적용한 모든 응력-변형률 곡선 σ-ε 으로부터의 최소 응력소값으로 하여야 한다.

그림 A.2.2

곡선 ***M-χ*** 의 평가를 위한 절차 흐름도



2.2.2 선체거더 단면의 가정 및 모델링

2.2.2.1 **2.2.1**에 기술된 절차를 적용함에 있어서, 다음 가정을 하여야 한다.

(a) 두 인접한 트랜스버스 웨브 사이의 선체거더 단면에서 최종강도를 계산한다.

(b) 각 곡률증분 동안 선체거더 횡단면은 평면으로 남는다.

(c) 강의 재료특성은 탄성-완전소성으로 가정한다.

(d) 선체거더 횡단면은 서로 독립적으로 작용하는 요소의 집합으로 나눌 수 있다.

2.2.2.2 선체거더 횡단면을 구성하는 요소는 다음과 같다.

(a) 부착 판을 갖는 종방향 보강재로서, 구조 거동은 **2.3.1**에 주어진다.

(b) 횡방향 보강된 판 패널로서, 구조 거동은 **2.3.1**에 주어진다.

(c) **2.2.2.3**에 정의된 강체모서리(hard corner)로서, 구조거동은 **2.3.2**에 주어진다.

2.2.2.3 다음 구조 지역은 강체모서리로 정의하여야 한다.

(a) 교차하는 판에 인접한 판 지역

(b) 30도 이상의 각을 갖는 너클 판에 인접한 범위

(c) 둥근 거널을 포함하는 판부재

종격벽 상의 거더에 대한 강체모서리 정의의 예시가 **그림 A.2.3**에 주어진다. 강체모서리 크기는 **2.2.2.4**에 정의된다.

2.2.2.4 강체모서리 요소의 크기 및 모델링은 다음에 따른다.

(a) 종방향으로 보강된 판에 대하여, 판 교차점으로부터 $s/2$까지 강체모서리가 연장된다고 가정한다. 여기서, s 은 보강재 간격이다.

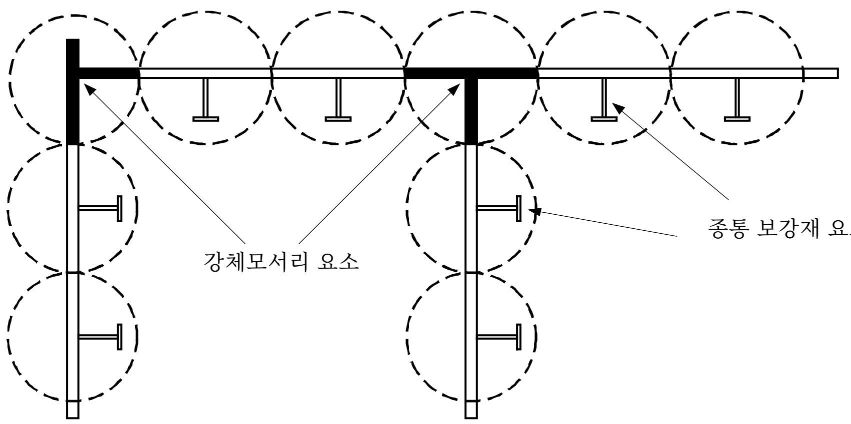
(b) 횡방향으로 보강된 판에 대하여, 판 교차점으로부터 $20t_{grs}$ 까지 강체모서리가 연장된다고 가정한다. 여기서, t_{grs} 은 총 판 두께이다.

㈜

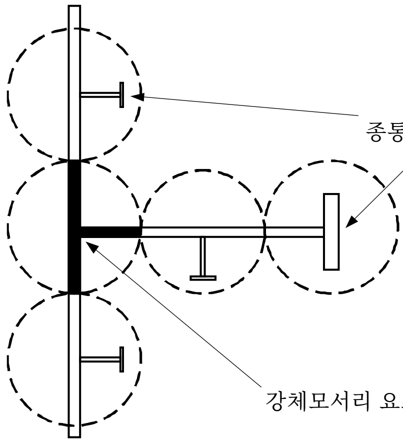
횡방향으로 보강된 판에 대하여, 응력-변형률 곡선 하중단부(load shortening portion)에서의 판의 유효폭은, 그 판부재의 전체 폭으로 한다. 즉 강체모서리의 단부부터가 아니라, 다른 판부재와의 교차점까지로 잡는다. 면적은 교차 판부재 간의 폭으로 계산한다.

그림 A.2.3
구조요소 정의 예

a) 선측 외판, 내측 판 및 갑판의 예



b) 종격벽 상의 거더 예



2.3 응력-변형률 곡선 (또는 하중-단부수축(load-end shortening) 곡선)

2.3.1 판 패널 및 보강재

2.3.1.1 판 패널 및 보강재는 **표 A.2.1**에 규정된 파손모드의 하나를 따라 파손된다고 가정한다. 관련된 응력-변형률 곡선 σ-ε 은 **표 A.2.1**에 대응하는 신장(lengthening) 및 수축(shortening) 변형률에 의하여 구하여야 한다.

2.3.2 강체모서리

2.3.2.1 강체모서리는 탄성역 또는 완전소성역에서 좌굴 및 파손한다고 가정하는 매우 강건한 요소이다. 관련한 응력-변형률 곡선 σ-ε 은 **2.3.3**에 대응하는 강체모서리의 신축에 의하여 구하여야 한다.

표 A.2.1 판 패널 및 보강재의 파손 모드		
요소	**파손 모드**	**응력-변형률 곡선 σ-ε**
보강재를 횡방향으로 배치한 인장을 받는 판부재 및 보강재	탄성-완전소성 파손	**2.3.3** 참조
압축을 받는 보강재	보 기둥 좌굴 비틀림 좌굴 플랜지로 작용하는 경우의 국부좌굴 평판의 국부 웨브 좌굴	**2.3.4** 참조 **2.3.5** 참조 **2.3.6** 참조 **2.3.7** 참조
보강재를 횡방향으로 배치한 압축을 받는 판 부재	판의 좌굴	**2.3.8** 참조

2.3.3 구조 요소의 탄성 - 소성 파손

2.3.3.1 응력-변형률 곡선 σ-ε 을 나타내는 또는 구조요소의 탄성-소성 파손을 나타내는 산식은 다음 식에 의하여야 한다. 다음 식은 강체모서리의 양(압축 또는 수축) 및 모든 요소의 음(인장 또는 신장) 변형률에 대하여 유효하다. **그림 A.2.4**를 참조한다.

$\sigma = \Phi \sigma_{yd}$

여기서,

Φ : 경계 함수

$\Phi = -1$, $\varepsilon < -1$ 인 경우

$\Phi = \varepsilon$, $-1 < \varepsilon < 1$ 인 경우

$\Phi = 1$, $\varepsilon > 1$ 인 경우

ε : 상대 변형률

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_E}{\varepsilon_{yd}}$$

ε_E : 요소 변형률

ε_{yd} : 요소의 항복응력에 대응하는 변형률:

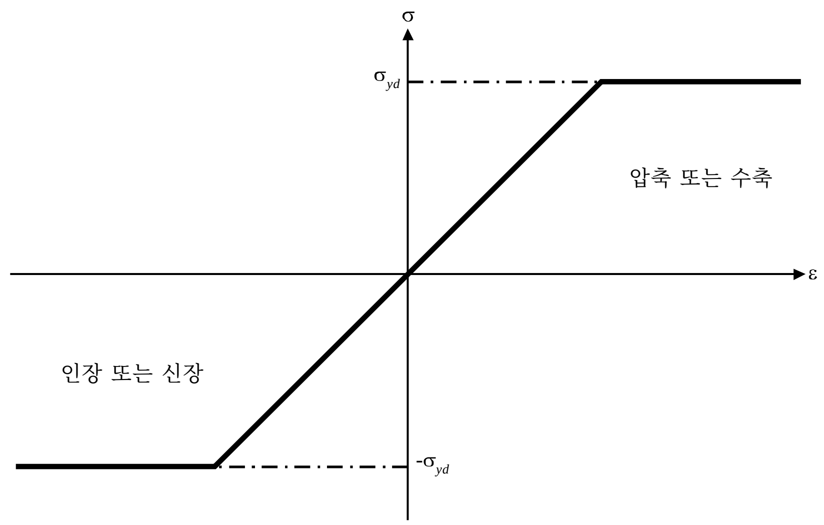
$$\varepsilon_{yd} = \frac{\sigma_{yd}}{E}$$

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

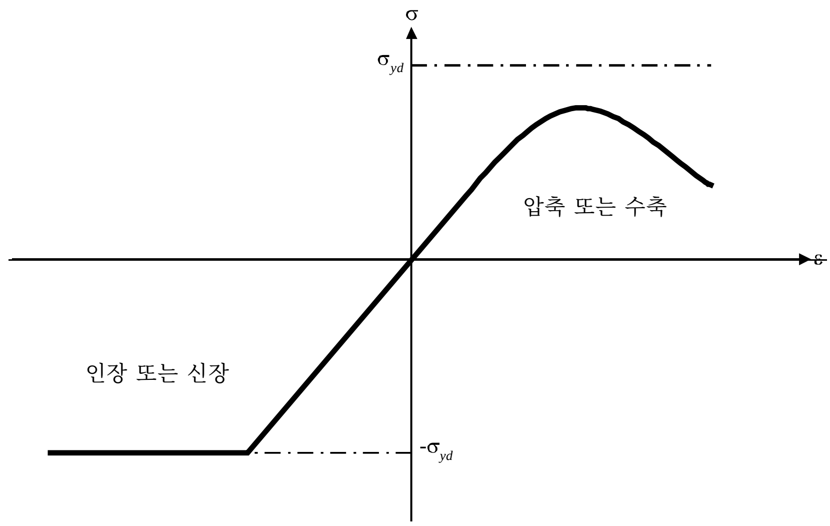
㈜ 이 부록의 응력 및 변형률의 부호는 나머지 규칙의 부호와는 반대이다.

그림 A.2.4
응력 - 변형률 곡선 σ - ε 의 예

a) 강체모서리의 탄성-완전소성 파손에 대한 응력 변형률 곡선 σ-ε



b) 보강재의 탄성-소성 파손에 대한 전형적인 응력 변형률 곡선 σ-ε



2.3.4 보 기둥 좌굴

2.3.4.1 보강재의 보 기둥 좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR1}-ε 의 수축 부분을 나타내는 방정식은 다음 식에 의하여야 한다.

$$\sigma_{CR1} = \Phi \sigma_{C1} \left(\frac{A_{s-net50} + 10^{-2} b_{eff-p} t_{net50}}{A_{s-net50} + 10^{-2} s t_{net50}} \right) \quad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

여기서,

Φ : 경계 함수로서, **2.3.3.1**에 정의된다.

$A_{s-net50}$: 부착 판을 제외한 보강재의 순 면적(cm^2)

σ_{C1} : 임계응력(N/mm^2)

$$\sigma_{C1} = \frac{\sigma_{E1}}{\varepsilon} \quad , \quad \sigma_{E1} \le \frac{\sigma_{yd}}{2}\varepsilon \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{C1} = \sigma_{yd}\left(1 - \frac{\Phi\sigma_{yd}\varepsilon}{4\sigma_{E1}}\right) \quad , \quad \sigma_{E1} > \frac{\sigma_{yd}}{2}\varepsilon \text{ 인 경우}$$

ε : 상대 변형률로서, **2.3.3.1**에 정의한다.

σ_{E1} : 오일러 보 기둥 좌굴 응력(N/mm^2):

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E \frac{I_{E-net50}}{A_{E-net50} l_{stf}^2} 10^{-4}$$

E : 탄성계수로서, 2.06 x 10^5 (N/mm^2)으로 한다.

$I_{E\text{-}net50}$: 폭 $b_{eff\text{-}s}$ 인 부착 판을 갖는 보강재의 순 단면 2차 모멘트(cm^4)

$b_{\text{eff-s}}$: 보강재에 대한 부착 판의 유효 폭(mm)

$$b_{eff-s} = \frac{s}{\beta_p} \quad , \quad \beta_p > 1.0 \text{ 인 경우}$$

$$b_{eff-s} = s \quad , \quad \beta_p \le 1.0 \text{ 인 경우}$$

β_p $= \dfrac{s}{t_{net50}}\sqrt{\dfrac{\varepsilon\sigma_{yd}}{E}}$

s : 판 폭(mm)으로, 보강재 사이의 간격으로 잡는다. **4장/2.2.1**에 정의한다.

t_{net50} : 부착 판의 순 두께(mm)

$A_{E\text{-}net50}$: 폭 $b_{eff\text{-}p}$ 인 부착 판을 갖는 보강재의 순 면적(cm^2)

l_{stf} : 보강재의 스팬(m)으로서, 1차 지지부재 사이의 간격과 같다.

$b_{eff\text{-}p}$: 판의 유효 폭(mm)

$$b_{eff-p} = \left(\frac{2.25}{\beta_p} - \frac{1.25}{\beta_p^2}\right)s \quad , \quad \beta_p > 1.25 \text{ 인 경우}$$

$$b_{eff-p} = s \quad , \quad \beta_p \le 1.25 \text{ 인 경우}$$

2.3.5 보강재의 비틀림 좌굴

2.3.5.1 보강재의 횡-굽힘 좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR2}-ε 의 수축 부분을 나타내는 방정식은 다음 식에 의하여야 한다.

$$\sigma_{CR2} = \Phi \frac{A_{s-net50}\sigma_{C2} + 10^{-2} s t_{net50}\sigma_{CP}}{A_{s-net50} + 10^{-2} s t_{net50}} \quad \text{(N/mm}^2\text{)}$$

여기서,

Φ : 경계 함수로서, **2.3.3.1**에 정의한다.

$A_{s\text{-}net50}$: 부착 판을 제외한 보강재의 순 면적(cm^2)

σ_{C2} : 임계응력(N/mm^2):

$$\sigma_{C2} = \frac{\sigma_{E2}}{\varepsilon} \quad , \quad \sigma_{E2} \le \frac{\sigma_{yd}}{2}\varepsilon \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{C2} = \sigma_{yd}\left(1 - \frac{\Phi\sigma_{yd}\varepsilon}{4\sigma_{E2}}\right) \quad , \quad \sigma_{E2} > \frac{\sigma_{yd}}{2}\varepsilon \text{ 인 경우}$$

σ_{E2} : 오일러 비틀림 좌굴 응력(N/mm²)

$\sigma_{E2}=\sigma_{ET}$

σ_{ET} : **10장/3.3.3.1**에 정의한 비틀림 좌굴에 대한 참조응력(N/mm²)으로서, 총 두께에서 부식 추가 $0.5t_{corr}$ 을 공제하여 계산한다.

ε : 상대 변형률로서, **2.3.3.1**에 정의한다.

s : **4장/2.2.1**에 정의한 판 폭(mm)으로, 보강재 사이의 간격으로 잡는다.

t_{net50} : 부착 판의 순 두께(mm)

σ_{CP} : 보강재에 대한 부착 판의 최종강도(N/mm²)

$$\sigma_{CP} = \left(\frac{2.25}{\beta_p} - \frac{1.25}{\beta_p^2}\right)\sigma_{yd} \quad , \quad \beta_p > 1.25 \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{CP} = \sigma_{yd} \quad , \quad \beta_p \le 1.25 \text{ 인 경우}$$

β_p : **2.3.4**에 정의한 계수

2.3.6 플랜지로서 작용하는 보강재의 국부 웨브좌굴

2.3.6.1 플랜지로서 작용하는 보강재의 국부 웨브좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR3}-ε 의 수축 부분을 나타내는 방정식은 다음 식에 의하여야 한다.

$$\sigma_{CR3} = \Phi\sigma_{yd}\left(\frac{b_{eff-p}t_{net50} + d_{w-eff}t_{w-net50} + b_f t_{f-net50}}{st_{net50} + d_w t_{w-net50} + b_f t_{f-net50}}\right) \quad (\text{N/mm}^2)$$

여기서,

Φ : **2.3.3.1**에 정의된 경계함수

b_{eff-p} : **2.3.4**에 정의된 판의 유효 폭(mm)

t_{net50} : 판의 순 두께(mm)

d_w : 웨브 깊이(mm)

$t_{w-net50}$: 웨브의 순 두께(mm)

b_f : 플랜지의 폭(mm)

$t_{f-net50}$: 플랜지의 순 두께(mm)

s : **4장/2.2.1**에 정의한 판 폭(mm)으로, 보강재 사이의 간격으로 잡는다.

d_{w-eff} : 웨브의 유효 깊이(mm)

$$d_{w-eff} = \left(\frac{2.25}{\beta_w} - \frac{1.25}{\beta_w^2}\right)d_w \quad , \quad \beta_w > 1.25 \text{ 인 경우}$$

$$d_{w-eff} = d_w \quad , \quad \beta_w \le 1.25 \text{ 인 경우}$$

β_w $= \dfrac{d_w}{t_{w-net50}}\sqrt{\dfrac{\varepsilon\sigma_{yd}}{E}}$

ε : 상대 변형률로서, **2.3.3.1**에 정의한다.

E : 탄성계수로서, 2.06 x 10^5 (N/mm^2)으로 한다.

2.3.7 평판 보강재의 웨브 국부 좌굴

2.3.7.1 평판 보강재의 웨브 국부 좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR4}-ε 의 수축 부분을 나타내는 방정식은 다음 식에 의하여야 한다.

$$\sigma_{CR4} = \Phi\left(\frac{st_{net50}\sigma_{CP} + 10^{-2}A_{s-net50}\sigma_{C4}}{st_{net50} + 10^{-2}A_{s-net50}}\right)$$

여기서,

Φ : 경계함수로서, **2.3.3.1**에 정의한다.

σ_{CP} : 부착 판의 최종강도(N/mm^2)로서, **2.3.5**에 정의한다.

σ_{C4} : 임계응력(N/mm^2)

$$\sigma_{C4} = \frac{\sigma_{E4}}{\varepsilon} \quad , \quad \sigma_{E4} \le \frac{\sigma_{yd}}{2}\varepsilon \quad \text{인 경우}$$

$$\sigma_{C4} = \sigma_{yd}\left(1 - \frac{\Phi\sigma_{yd}\varepsilon}{4\sigma_{E4}}\right) \quad , \quad \sigma_{E4} > \frac{\sigma_{yd}}{2}\varepsilon \quad \text{인 경우}$$

σ_{E4} : 오일러 좌굴 응력(N/mm^2)

$$\sigma_{E4} = 160000\left(\frac{t_{w-net50}}{d_w}\right)^2$$

ε : 상대 변형률로서, **2.3.3.1**에 정의한다.

$A_{s-net50}$: 보강재의 순 면적(cm^2)으로, **2.3.5.1**을 참조한다.

$t_{w-net50}$: 웨브의 순 두께(mm)

d_w : 웨브의 깊이(mm)

s : **4장/2.2.1**에 정의한 판 폭(mm)으로, 보강재 사이의 간격으로 잡는다.

t_{net50} : 부착 판의 순 두께(mm)

2.3.8 횡방향으로 보강재를 배치한 판의 좌굴

2.3.8.1 횡방향으로 보강재를 배치한 판의 좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR5}-ε 의 수축 부분을 나타내는 방정식은 다음 식에 의하여야 한다.

$$\sigma_{CR5} = \min\begin{cases} \sigma_{yd}\left[\dfrac{s}{1000 l_{stf}}\left(\dfrac{2.25}{\beta_p} - \dfrac{1.25}{\beta_p^2}\right) + 0.1\left(1 - \dfrac{s}{1000 l_{stf}}\right)\left(1 + \dfrac{1}{\beta_p^2}\right)^2\right] \\ \sigma_{yd}\,\Phi \end{cases} \quad (\text{N/mm}^2)$$

여기서,

β_p : **2.3.4.1**에 정의한 계수

Φ : **2.3.3.1**에 정의한 경계함수

s : **4장/2.2.1**에 정의한 판 폭(mm)으로, 보강재 사이의 간격으로 잡는다.

l_{stf} : 보강재 스팬(m)으로, 1차 지지부재의 간격과 같다.

σ_{yd} : 재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)

3 대안방법

3.1 일 반

3.1.1 대안 모델에 대한 고려

3.1.1.1 대안 방법에 의하여 굽힘 모멘트-곡률 관계(M-κ)를 구할 수 있다. 그러한 모델은 다음 사항을 고려하여 비선형 응답에 중요한 모든 관련된 효과를 고려하여야 한다.

(a) 기하학적 비선형 거동

(b) 재료 비탄성 거동

(c) 기하학적 초기 부정 및 잔류응력(판 및 보강재의 기하학적 면외 처짐)

(d) 조합 하중 :

- 2축 압축
- 2축 인장
- 전단 및 면외 압력

(e) 경계조건

(f) 좌굴 모드 간의 상호작용

(g) 평판, 보강재, 거더 등과 같은 구조 요소 간의 상호작용

(h) 후 좌굴 재하능력

3.2 방 법

3.2.1 증분 반복법

3.2.1.1 선체거더 최종 모멘트 능력을 평가하기 위하여 가장 일반적으로 사용하는 방법은, 두 인접한 횡 프레임 사이의 선체단면의 굽힘곡률을 증분적으로 증가시켜서 비선형 모멘트-곡률 관계 M-κ 을 구하고, 이 곡선의 최대 굽힘모멘트를 최종 굽힘능력 M_U 으로 간주하는 방법이다.

3.2.1.2 해당 횡 단면에서 M-κ 곡선은 개별 구조 요소에 대한 비선형 P-ε(하중/변형률) 하중-수축 변위 곡선에 기초하여야 한다. P-ε 곡선은 **3.1.1.1**에 언급한 모든 관련된 구조상의 영향인자를 고려하여야 한다.

3.2.2 비선형 유한요소 해석

3.2.2.1 선체거더 최종 능력의 평가를 위하여 진보된 비선형 유한요소 해석을 사용할 수 있다. 그러한 모델은 **3.1.1.1**에서 언급한 항목들을 고려하여 비선형 응답에 중요한 관련된 영향인자를 고려하여야 한다.

3.2.2.2 기하학적 초기 부정의 형상 및 크기의 모델링에 특히 주의하여야 한다. 기하학적 초기 부정의 형태와 크기는 가장 지배적인 파손 모드의 요인이 된다.

1 일 반

1.1 적 용

1.1.1 일 반

1.1.1.1 **9장/2.1**에 따라, 선체구조강도를 검증하기 위하여 유한요소 평가가 수행되어야 한다.

1.1.1.2 구조평가는, 이 부록에 주어진 요건에 따라 수행하여야 한다. 구조평가는 규정된 허용기준을 만족하는가를 검증하는 것이다.

1.1.1.3 이 부록의 요건은 중앙부 화물탱크구역 내의 탱크의 종 굽힘강도 구조부재, 1차 지지구조부재 및 횡격벽의 평가에 적용한다. 추가하여 선수미 화물구역 내에 있어서, 횡격벽 부근의 전단력의 영향을 깊이방향으로 받는 **9장/2.2.1.1** 및 **4장/표 4.1.1**에 규정한 종 선체거더 전단강도부재의 평가에 적용한다. 이 부록에 주어진 종 선체거더 전단 구조부재의 강도평가는, 선수 횡격벽, 기관실 횡격벽 및 슬롭탱크 횡격벽에 대하여는 적용하지 않는다.

1.1.1.4 유한요소 구조평가를 위한 화물탱크 구역은 **그림 B1.1**과 같이 정의한다.

1.1.1.5 **부록 B/2**에 따라, 선체중앙부 화물구역의 종굽힘 선체거더 구조부재, 1차 지지 구조부재 및 횡격벽의 치수 평가를 위한 화물탱크 구조강도해석은 강제 적용하여야 한다. 최후방 화물탱크의 전부 격벽과 AP 로부터 0.65*L* 사이에 있어서는, 최대허용 정수 중 선체거더 수직전단력(하중조합 S) 및 정수 및 파랑의 조합 선체거더 수직전단력(하중조합 S+D)에 기초하여 평가하여야 한다. 다만, 최후방 화물탱크의 전부 격벽은 포함하며, 기관실 및 슬롭탱크 횡격벽은 제외한다.(**그림 B.1.1(a)** 참조)

1.1.1.6 **부록 B/2**에 따라, 선수부 화물구역의 종 선체거더 전단 구조부재의 평가는 강제 적용하여야 한다. 선수부 화물구역에 있는 탱크 내의 횡격벽 부근의 해당 구조부재의 강도평가는, AP 로부터 0.65*L* 보다 전방에 있는 격벽위치에서의 최대허용 정수 중 선체거더 수직전단력(하중조합 S) 및 정수 및 파랑의 조합 선체거더 수직전단력(하중조합 S+D)에 기초하여 수행할 수 있다. 다만 선수 선수격벽은 제외한다. (**그림 B.1.1(b)** 참조)

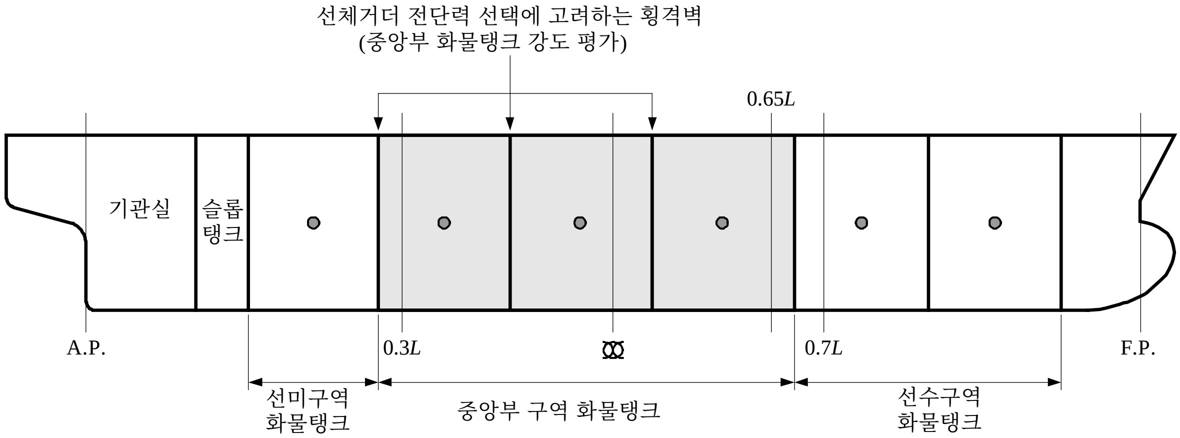
1.1.1.7 **부록 B/2**에 의한 중앙부 및 선미부 화물구역의 횡격벽 부근에서의 종 선체거더 전단 구조부재의 강도는, **1.1.1.5**에 규정한 중앙부 화물구역의 해석으로부터 구한 치수에 기초하여도 좋다.

1.1.1.8 대안으로서, 각 횡격벽 위치에서의 종 선체거더 전단 구조부재의 보강요건의 결정은, 고려하는 횡격벽 위치에서의 정수 중 선체거더 수직전단력(하중조합 S) 및 정수 및 파랑의 조합 선체거더 수직전단력(하중조합 S+D)의 최대허용값에 기초하여, 평가를 선택적으로 수행할 수 있다. (**그림 B.1.1(b)** 참조)

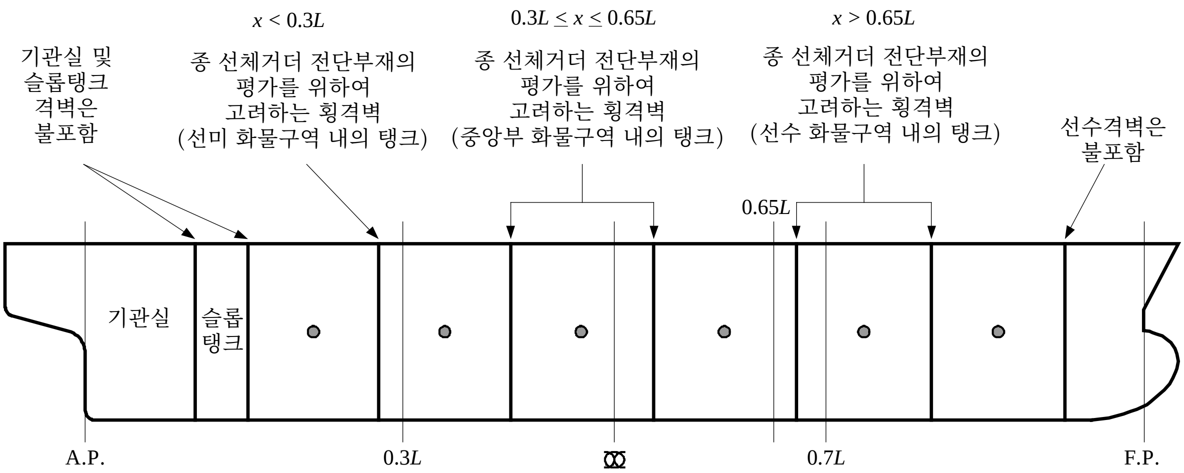
1.1.1.9 중앙부 화물구역에 대하여는 **부록 B/3**에 따른 상세분할 유한요소해석 및 **부록 B/4**에 따른 하부 호퍼너클 연결부의 유한요소 기반 피로평가를 강제 적용한다.

그림 B.1.1.
유한요소 구조평가를 위한 화물탱크 구역의 정의

(a) 선체중앙부 화물탱크 강도평가



(b) 종 선체거더 전단 구조부재의 평가



(비 고)

1. 선수부 화물구역 내의 탱크는 종방향 중심 위치가 AP 로부터 0.7L 의 전방에 있는 탱크를 말한다.
2. 선체중앙부 화물구역 내의 탱크는 종방향 중심 위치가 AP 로부터 0.3L 및 0.7L 사이에 있는 탱크를 말한다.
3. 선미부 화물구역 내의 탱크는 종장향 중심 위치가 AP 로부터 0.3L 의 후방에 있는 탱크를 말한다.

1.2 기호, 단위 및 정의

1.2.1 일 반

1.2.1.1 본 1.2에서 적용하는 기호와 정의는 **4장/1** 및 **7장**에 규정한 것 외에는 다음에 의한다.

a_v	수직가속도로서, 탱크의 중심에서 취한다.
a_t	횡 가속도로서, 탱크의 중심에서 취한다.
a_{lng}	종 가속도로서, 탱크의 중심에서 취한다.
E	강의 탄성계수로서, 2.06x10^5 (N/mm^2)으로 한다.
M_{wv}	동적하중상태에 대한 수직 파랑 종굽힘모멘트
M_{sw}	유한요소 하중 양식에서의 수직 정수 중 굽힘모멘트
M_h	동적하중상태에 대한 수평 파랑굽힘모멘트
Q_{wv}	동적하중상태에 대한 수직 파랑 전단력
Q_{sw}	유한요소 하중 양식에서의 수직 정수 중 전단력
T_{LC}	고려하는 적하상태에서의 흘수
T_{sc}	강도계산용 흘수로서, **4장/1.1.5.5**에 정의되어 있다.
$T_{bal\text{-}em}$	선박의 비상 시 흘수
t_{grs}	선주의 여분 여유를 제외한 제공 신조 총 두께로(**2장/6.3.4** 참조)
t_{corr}	**표 6.3.1**에 정의한 부식 추가
σ_{yd}	재료의 규정 최소 항복응력(N/mm^2)
σ_{vm}	von Mises 응력
	$= \sqrt{\sigma_x{}^2 + \sigma_y{}^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}{}^2}$
σ_x	요소 x 방향 축 응력
σ_y	요소 y 방향 축 응력
τ_{xy}	요소 x-y 방향 전단응력
δ_x	**4장/1.4**에서 정의한 좌표계에 따른 x 방향 변위
δ_y	**4장/1.4**에서 정의한 좌표계에 따른 y 방향 변위
δ_z	**4장/1.4**에서 정의한 좌표계에 따른 z 방향 변위
θ_x	**4장/1.4**에서 정의한 좌표계에 따른 x 축에 관한 회전
θ_y	**4장/1.4**에서 정의한 좌표계에 따른 y 축에 관한 회전
θ_z	**4장/1.4**에서 정의한 좌표계에 따른 z 축에 관한 회전

1.2.1.2 구조 부재의 명칭은 **4장/1.5**에 정의되어 있다.

1.2.1.3 구조해석 전체를 통하여 일관된 좌표와 단위체계를 사용하여야 한다. 다만, 규칙의 산식을 이용하는 계산에서는 규정된 단위와 좌표계를 사용하여야 한다. 규칙의 산식으로부터 얻은 결과 값들이 구조해석에 사용된 단위계 및 좌표계와 다른 경우에는, 결과값을 적절한 단위와 좌표계로 환산하여야 한다.

1.2.2 유한요소 종류

1.2.2.1 구조평가는 3차원모델의 선형유한요소해석을 기초로 하여야 한다. 유한요소해석에 사용되는 유한 요소의 일반적인 종류들은 **표 B.1.1**에 주어져 있다.

1.2.2.2 선체구조를 구현하기 위하여 2절점 선 요소와 3절점 또는 4절점 판 또는 쉘 요소들은 충분한 것으로 간주된다. 이 부록에 주어진 분할요건들은 이들 요소들이 유한요소모델에 사용된다는 가정을 기초로 한다. 그러나, 더 높은 차수의 요소들을 사용할 수 있다.

표 B.1.1 유한요소의 종류	
봉(또는 트러스) 요소	축강성만을 갖고 요소 길이를 따라 일정 단면적을 갖는 선 요소
보 요소	축, 비틀림, 두 방향 전단 및 굽힘 강성을 갖고 요소 길이를 따라 일정 단면특성을 갖는 선 요소
막(또는 면내응력)판 요소	두축 및 면내 요소 강성을 갖는 일정 두께의 판 요소
쉘(또는 굽힘 판) 요소	면내 및 면외 강성을 갖는 일정 두께의 판 요소

1.2.2.3 **부록 B/2** 및 **B/3**에 규정한 화물 탱크 및 상세분할 강도해석에 있어서, 허용기준에 대한 평가는 판요소의 막응력(즉 면내 응력)에 기초하여야 한다. **부록 B/4**에 정의한 피로평가에 대하여는, 피로수명 결정을 위한 동적응력범위는 판요소의 표면응력을 기초로 하여야 한다.

2 화물탱크 구조강도 해석

2.1 평 가

2.1.1 일 반

2.1.1.1 기존의 일반적인 배치를 가진 탱커에 대하여, 선체거더 및 1차 지지구조부재의 유한요소 강도평가는 이 절의 요건에 따라야 한다.

2.2 구조의 모델링

2.2.1 일 반

2.2.1.1 중앙부 화물탱크에 대한 유한요소모델의 길이방향 범위는, 중앙부를 중심으로 세 개의 화물탱크의 범위로 하여야 한다. 중앙부 화물구역에 있어서 탱크길이가 서로 다른 경우, 유한요소 모델의 중앙탱크가 가장 긴 길이의 탱크가 되도록 하여야 한다. 유한요소 모델은 주형(prismatic) 단면형상으로 된다. 모델 양단의 횡격벽을 모델링하여야 한다. 파형 횡격벽이 설치된 경우, 모델 단부에서의 탱크 전후단의 격벽 스툴구조의 범위을 포함하여 모델링하여야 한다. 모델 단부의 횡격벽을 넘어 연장한 모델 길이는 양단에서 같게 유지하여야 한다. 모델 양단의 특설늑골을 모델링하여야 한다. 서로 다른 형상을 갖는 탱커의 중앙부 화물탱크 구역의 전형적인 유한요소 모델을 **그림 B.2.1**에 보인다.

2.2.1.2 **9장/2.2.1.1** 및 **4장/표 4.1.1**에 정의한 화물구역의 선수선미부에서의 선체거더 수직 전단하중에 대한 종 선체거더 전단 구조부재의 평가는, 판 및 보강재의 특성을 고려하여 적절히 변경한 중앙부 화물탱크 유한요소모델을 이용할 수 있다. 전단강도 평가를 위하여 별도의 화물탱크 유한요소 모델을 사용하는 경우, 모델 길이는 3개의 탱크 길이로 하여야 한다.

2.2.1.3 선박 좌우현 모두를 모델링 하여야 한다. 선박의 전 깊이를 모델링 하여야 한다.

2.2.1.4 모든 주요 종방향 및 횡방향 구조 부재들을 모델링하여야 한다. 이러한 모델에는 내측 및 외측 선체판, 이중저 늑판 및 거더 시스템, 횡 및 수직 특설늑골, 그리고 스트링거와 횡 및 종격벽 구조들을 포함한다. **2.2.1.11**을 참고하여 웨브 휩 보강재를 포함한 구조의 모든 판과 보강재들을 모델링 하여야 한다.

2.2.1.5 화물탱크 유한요소모델에서 사용되는 감소된 순 두께는, 모든 판과 보강재의 웨브 및 플랜지에 적용하며, 다음과 같이 계산하여야 한다.

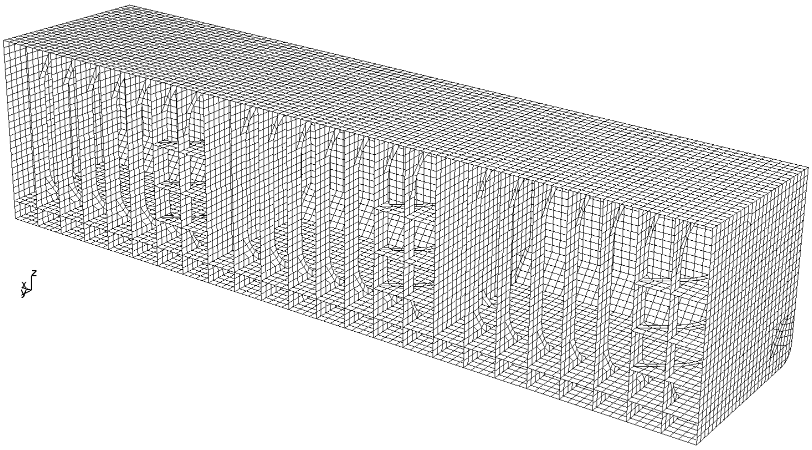
$$t_{FEM-net50} = t_{grs} - 0.5 t_{corr}$$

여기서,

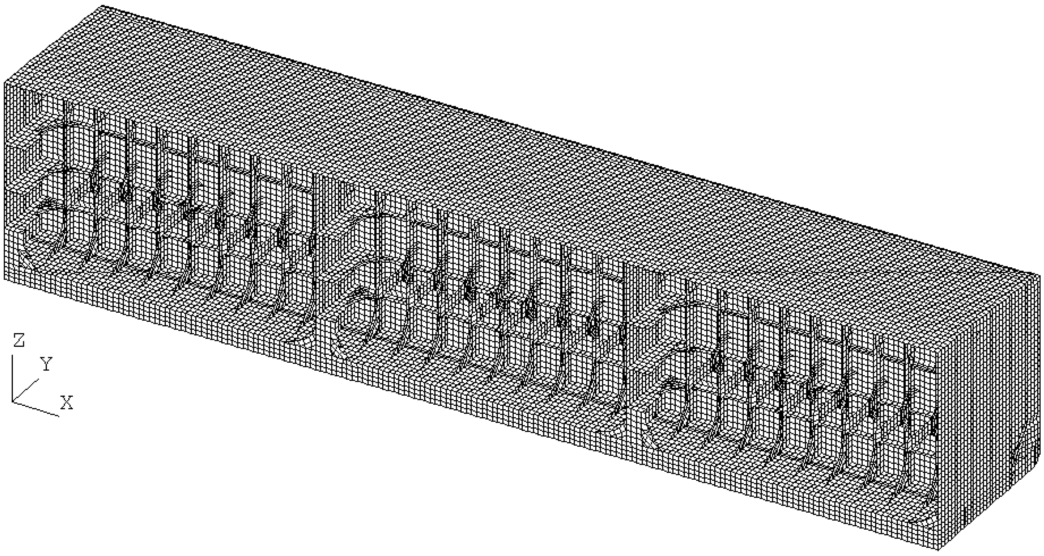
t_{grs} : **1.2**에 정의한 총 두께

t_{corr} : **표 6.3.1**에 정의한 부식 추가

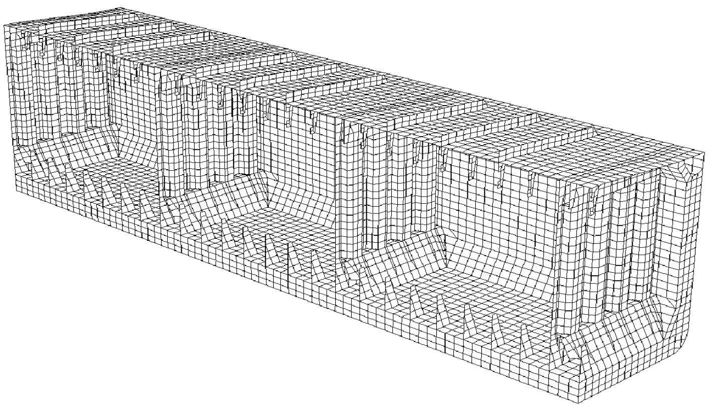
그림 B.2.1
중앙부 화물탱크구역의 전형적인 3 - 탱크 유한요소 모델



아프라막스 유탱커의 전형적인 화물탱크 모델(전폭 모델의 우현측만을 표시)



VLCC의 전형적인 화물탱크 모델(전폭 모델의 좌현측만을 표시)



석유제품 운반선의 전형적인 화물탱크 모델(전폭 모델의 좌현측만을 표시)

2.2.1.6 판 요소 분할은 실행 가능한 한 보강 체계를 따라야 하여, 보강재와 보강재 사이의 실제 패널을 나타내도록 한다. 일반적으로, 판 요소 분할은 다음의 조건을 만족하여야 한다:

(a) 매 종통 보강재 사이에 하나의 요소.(**그림 B.2.2** 참고)
종 방향으로는, 요소 길이가 종통재 간격(longitudinal space)의 두 배를 넘지 않아야 한다.

(b) 횡 격벽 상의 매 수직 보강재 사이에 하나의 요소.(**그림 B.2.3** 참고)

(c) 횡 및 수직 특설늑골, 크로스타이와 스트링거 상의 매 웨브 보강재 사이에 하나의 요소.(**그림 B.2.2** 와 **그림 B.2.4** 을 참고할 것)

(d) 이중저 거더와 늑판, 횡 특설늑골, 수직 특설늑골 그리고 횡 격벽상의 수평 스트링거의 깊이방향으로 적어도 세 개의 요소로 분할한다. 웨브 깊이가 작은 크로스타이, 갑판 트랜스버스 그리고 제수 횡격벽 및 종격벽에 붙는 수평 스트링거에 대하여는, 적어도 매 웨브 보강재 사이에 한 개의 요소가 배치되는 것을 조건으로, 그 깊이 방향으로 두개의 요소로 분할할 수 있다. 인접구조의 분할 크기는 적합하게조절되어야 한다.

(e) 호퍼탱크 내 웨브의 분할은 웨브 링 개구 형상을 나타낼 수 있을 만큼 충분히 상세해야한다.(**그림 B.2.2** 참고)

(f) 1차 지지부재의 일부를 구성하는 대형 브래킷 자유변의 곡률 형상은, 기하학적 불연속에 기인한 비현실적인 고응력이 계산되는 것을 피하기 위하여 정확하게 모델링 하여야 한다. 일반적으로, 보강재 간격과 같은 분할 크기라면 허용할 수 있다. 브래킷 팔의 모델길이가 실제 팔 길이를 초과하지 않는다면, 브래킷 토우는 연결되는 판 부재의 가장 가까운 절점에 결합시킬 수 있다. **그림 B.2.5**와 같이 브래킷 면재는 브래킷이 도달하는 판 부재에 연결하여서는 아니 된다. 면재가 테이퍼되는 부분의 모델링은 **2.2.1.14**에 따라야 한다. **그림 B.2.5**는 허용할 수 있는 분할의 예을 보여준다. 브래킷 토우에서의 상세응력을 구하는 경우, 보다 상세한 요소분할이 사용되어야 한다. (**부록 B/3** 참고)

2.2.1.7 파형 격벽과 격벽 스툴은, **그림 B.2.6**을 참고하여 쉘 요소를 이용하여 모델링 하여야한다. 스툴 내부 다이어프램과 스툴판의 내부 종/수직 보강재들도 모델에 포함하여야 한다. 모델링은 다음과 같이 수행하여야 한다.

(a) 파형의 면재 및 웨브의 쉘 요소 분할은 일반적으로 격벽 스툴내부의 보강재 간격을 따른다.

(b) 파형과 스툴 간에 요소분할이 일치하지 않는 경우, 실제의 파형격벽 기하학적형상을 유지할 수 있도록, 파형의 요소분할에 연결되는 스툴의 요소분할을 조정할 수 있다. 다만, 만약 모델링 간소화를 위하여 파형의 형상을 조정했다면 **2.7.2.6** 의 규정에 의한 응력 평가를 사용하여 이 효과를 고려하여야 한다.

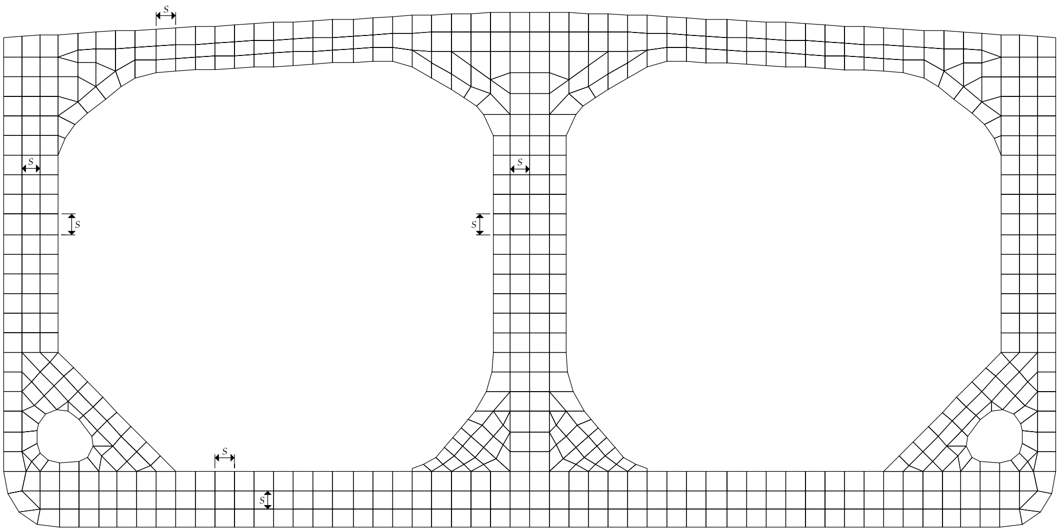
(c) 상부 또는 하부 스툴이 없는 파형 격벽에 대하여는, 필요하다면 모델링 간소화를 위하여 기하학적 형상을 조정할 수 있다. 조정은 파형 및 1 차 지지부재의 형상과 위치가 유지될 수 있도록 하여야 한다. 따라서 조정은 필요하다면 보강재와 판 이음(seam)에서 이루어져야 한다.

2.2.1.8 판 요소의 종횡비는 일반적으로 3을 넘지 않아야 한다. 삼각형 판 요소의 사용은 최소화하여야 한다. 가능하면, 높은 응력이나 급격한 응력변화가 예상되는 부위의 판 요소 종횡비는 1에 가깝게 유지되어야 하고 삼각형 요소의 사용은 피해야 한다.

2.2.1.9 화물탱크구조의 전형적인 요소분할 배치를 **그림 B.2.7**에 나타낸다.

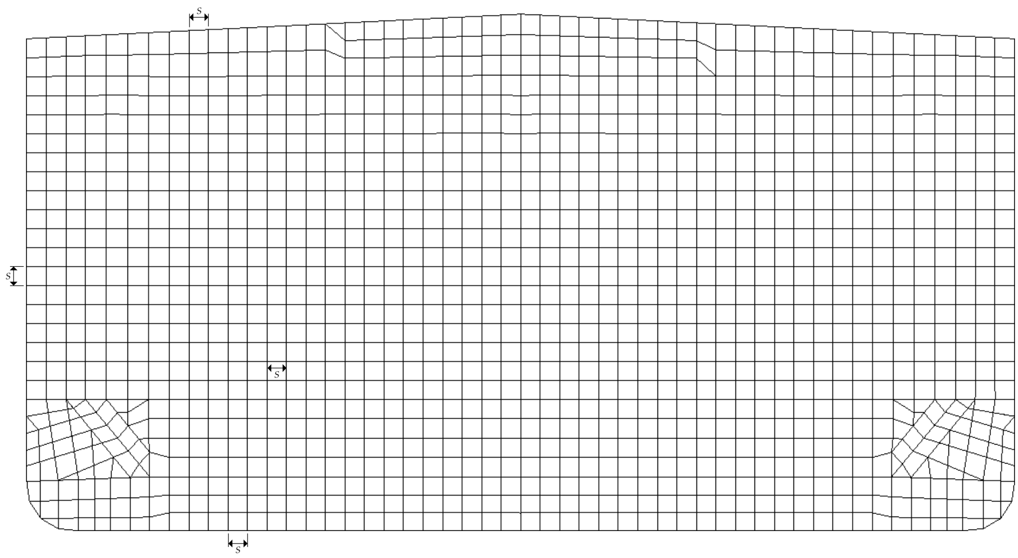
2.2.1.10 면외압력이 작용하는 보강패널의 모델링 시에는, 보 요소와 결합한 쉘 요소를 사용하여야 한다. 면외압력이 작용하는 부위의 보강되지 않은 패널을 모델링할 때에는 쉘 요소를 사용하여야 한다. 압력을 받지 않는 비밀폐 구조의 모델화에는 막 및 봉 요소를 사용할 수 있다.

그림 B.2.2
특설늑골의 전형적인 유한요소 분할크기



S = 보강재 간격

그림 B.2.3
횡격벽의 전형적인 유한요소 분할크기



S = 보강재 간격

그림 B.2.4
횡격벽 붙이 수평 트랜스버스 스트링거의 전형적인 유한요소 분할크기

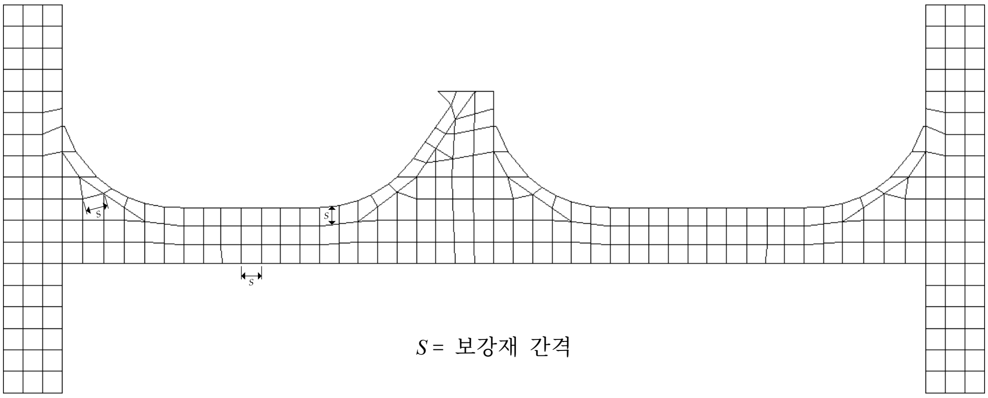


그림 B.2.5
횡 특설늑골 주 브래킷의 전형적인 유한요소 분할크기

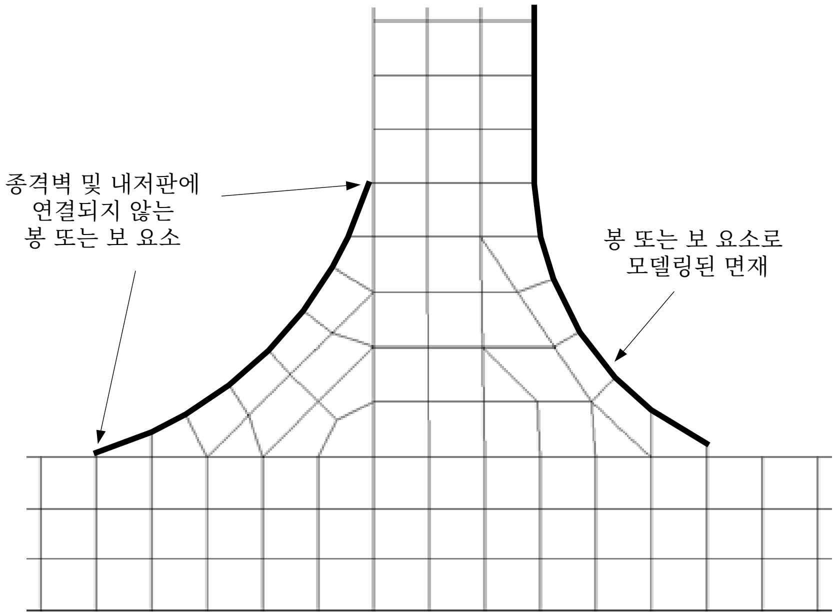


그림 B.2.6
파형 횡격벽 구조의 전형적인 유한요소 분할크기

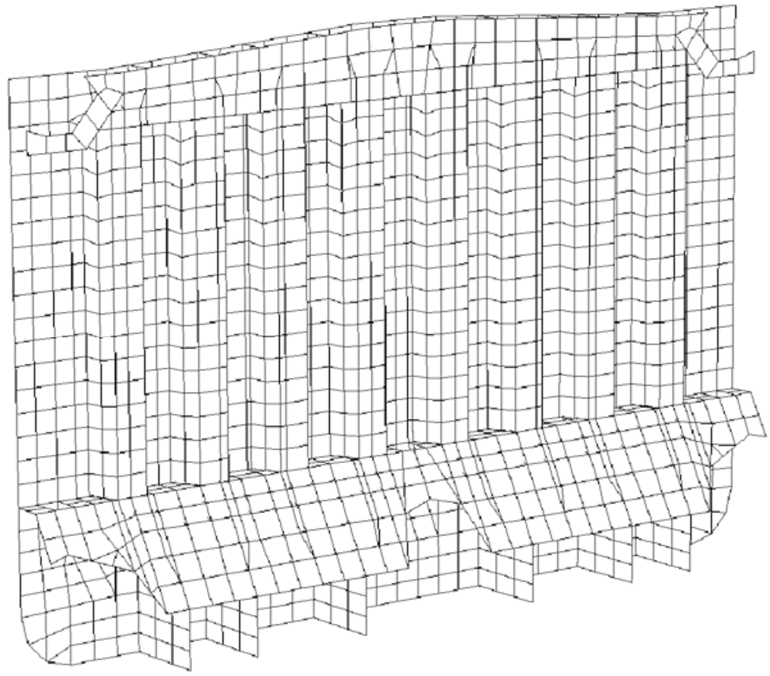
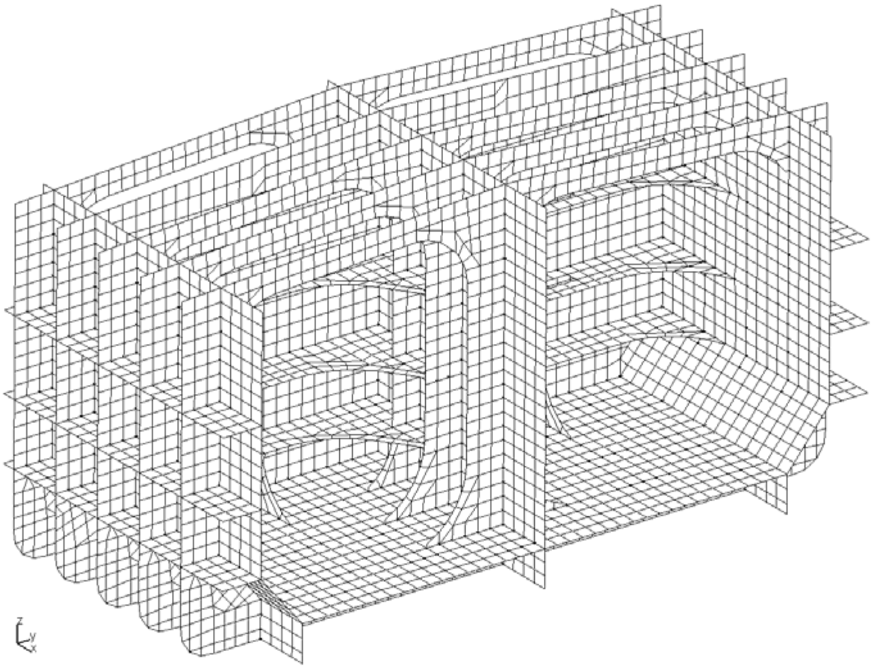
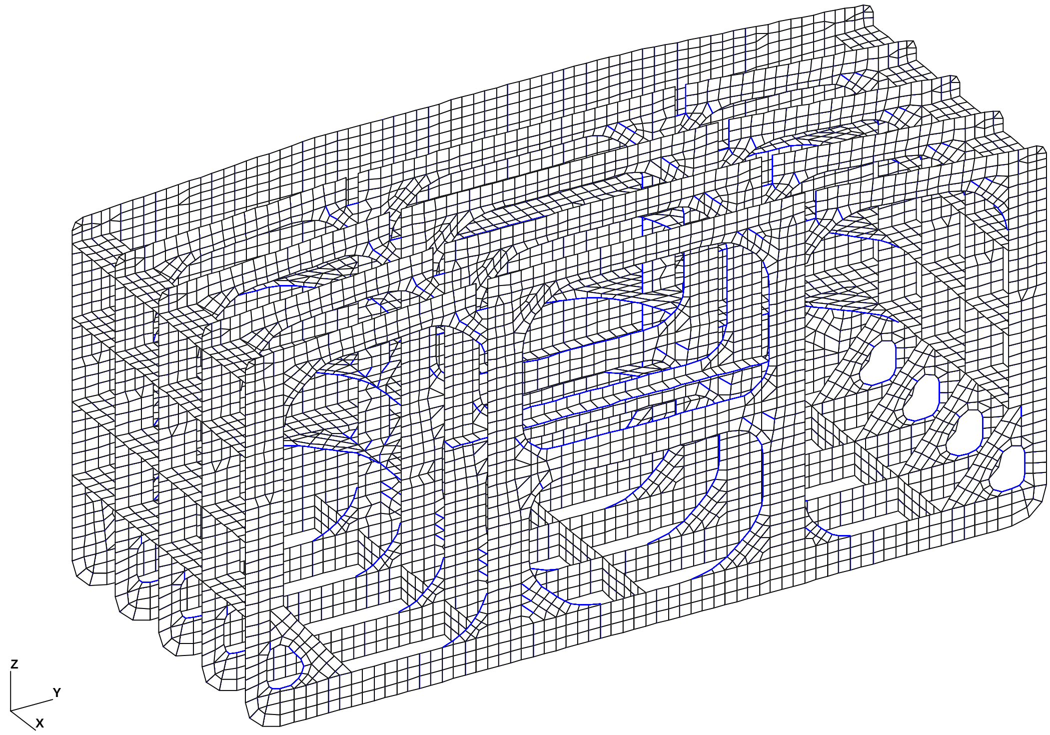


그림 B.2.7
화물탱크 구조의 전형적인 유한요소 분할 배치

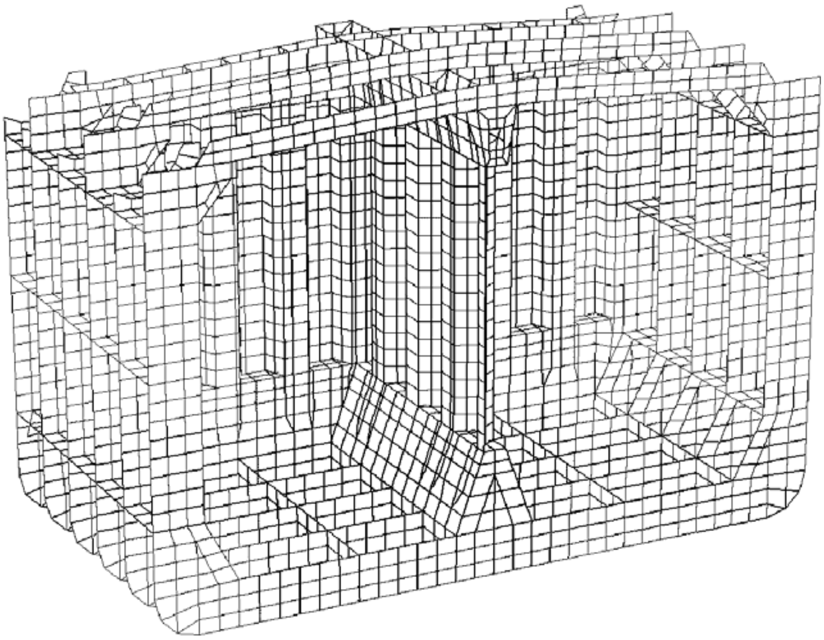


아프라막스 탱커

그림 B.2.7 (계속)
화물탱크 구조의 전형적인 유한요소 분할 배치



VLCC



석유제품 운반선

2.2.1.11 모든 국부 보강재를 모델링 하여야 한다. 이러한 보강재는 판의 평면 내에 선 요소로 모델링 할 수 있다. 면외하중(lateral load)이 작용하는 곳에는 보 요소를 사용하여야 하고, 반면 면외하중이 작용하지 않는 내부구조부재의 국부 보강재는 봉 요소를 사용할 수 있다. 선 요소는 다음 특성을 가져야 한다.

(a) 보 요소에 대하여, 면외 굽힘 특성으로서 판과 보강재가 결합된 단면 2 차모멘트를 나타내야 한다. 부착 판의 폭은 보강재 각 측 간격의 1/2+1/2 로 취한다. 이때 중립축의 이동은 고려하지 않아도 좋다.

(b) 보 및 봉 요소에 대하여, 단면 특성은 부착 판의 면적을 제외한 보강재 면적에 기초하여야 한다.

2.2.1.12 불연속 보강재의 유효 횡단면적은 **표 B.2.1**에 따라 계산하여야 한다.

표 B.2.1
선 요소를 사용한 보강재의 유효 단면적

선 요소로 표현되는 구조	유효 단면적 A_e	
스닙(비연속) 단으로부터 거리 $2d_w$ 내의 보강재	전 단면	A_e=25%$A_{a-net50}$
스닙(비연속) 단으로부터 거리 $2d_w$ 바깥의 보강재	전 단면	A_e=100%$A_{n-net50}$
여기서, $A_{n-net50}$ 선 요소의 길이에 걸친 평균 단면적 d_w 부착 판을 제외한 보강재 웨브의 깊이		

2.2.1.13 1차 지지부재의 웨브에 붙는 보강재는 모델링 되어야 한다. 이들 보강재들이 유한요소 분할선과 일치하지 않을 경우, 보강재 간격의 0.2배를 넘지 않도록 거리를 조정하고 가까운 절점을 따라 선 요소를 배치하면 충분하다. 얻어진 응력 및 좌굴사용계수는 그러한 조정에 대하여 수정할 필요는 없다. 플랜지와 평행한 대형 브래킷, 갑판 트랜스버스 및 스트링거의 좌굴 보강재를 모델링 하여야 한다. 이들 보강재는 봉 요소를 이용하여 모델링 할 수 있다.

2.2.1.14 1차 지지부재 및 브래킷의 면재는 봉 요소로 모델링 할 수 있다. 만곡부를 따라 부착된 면재의 유효 단면적은 **4장/2.3.4**에 따라 계산하여야 한다. 면재 테이퍼 부분을 나타내는 봉 요소의 단면적은 해당요소 길이에서의 면재의 평균 단면적으로 한다.

2.2.1.15 1차 지지부재 웨브 내 개구의 모델링에 있어서는, **표 B.2.2**에 따라야 한다. 국부 보강재를 위한 작은 개구(cut-out), 스켈롭, 배수구멍 및 공기구멍은 모델링할 필요는 없다.

표 B.2.2
거더 웨브의 개구부 모델 표현

$h_o/h < 0.35$ 및 $g_o < 1.2$	개구부를 모델할 필요 없다.
$0.5 > h_o/h \geq 0.35$ 및 $g_o < 1.2$	평균 두께 $t_{1\text{-}net50}$로 판을 모델링할 수 있다.
$h_o/h < 0{,}35$ 및 $2 > g_o \geq 1.2$	평균 두께 $t_{2\text{-}net50}$로 판을 모델링할 수 있다.
$0.5 > h_o/h \geq 0.35$ 및 $2 > g_o \geq 1.2$	$t_{1\text{-}net50}$ 과 $t_{2\text{-}net50}$ 중 최소 두께로 판을 모델링할 수 있다.
$h_o/h \geq 0.5$ 또는 $g_o \geq 2.0$	개구부 형상을 모델링하여야 한다.

여기서,

$g_o \quad = 1 + \dfrac{l_o^2}{2.6(h - h_o)^2}$

$t_{1\text{-}net50} \quad = \dfrac{h - h_o}{h} t_{w-net50}$

$t_{2\text{-}net50} \quad = \dfrac{h - h_o}{h g_o} t_{w-net50}$

$t_{w\text{-}net50}$ 웨브 순 두께
l_o 거더 웨브의 길이 방향에 연한 개구 길이(**그림 B.2.8** 참조)
h_o 웨브 깊이 방향에 연한 개구 높이(**그림 B.2.8** 참조)
h 개구 위치의 거더 웨브의 높이(**그림 B.2.8** 참조)
t_{corr} **표 6.3.1**에 정의한 부식 추가

(비 고)
1. 개구부 간 거리 d_o가 $0.25h$ 보다 작은 연속된 개구에 대하여는, 길이 l_o 은 **그림 B.2.9**와 같이 개구를 가로지르는 길이로 취하여야 한다.
2. l_o, h_o 및 h에 대하여는 같은 단위를 사용하여야 한다.

그림 B.2.8
웨브 내의 개구부

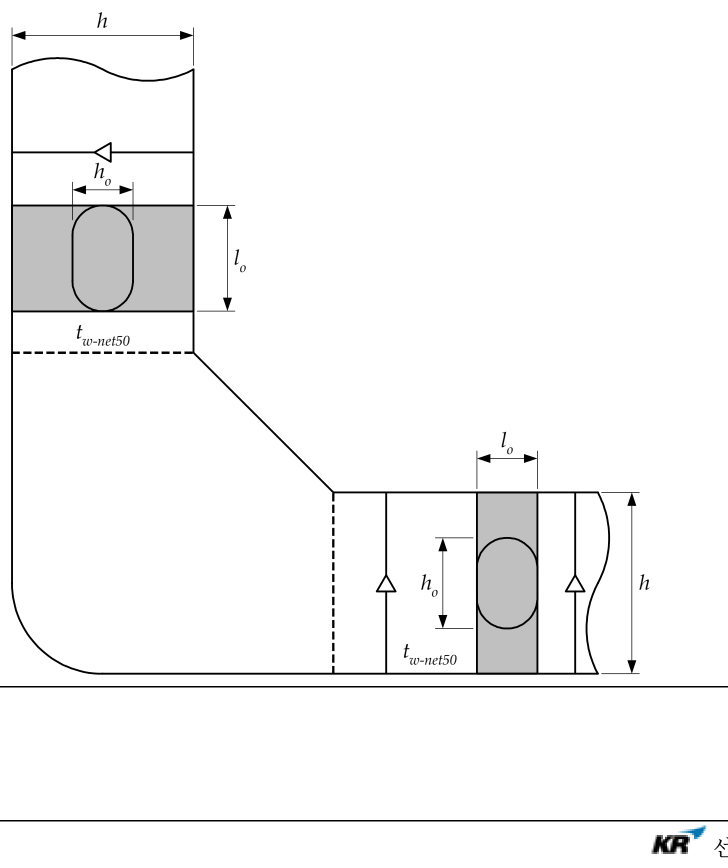
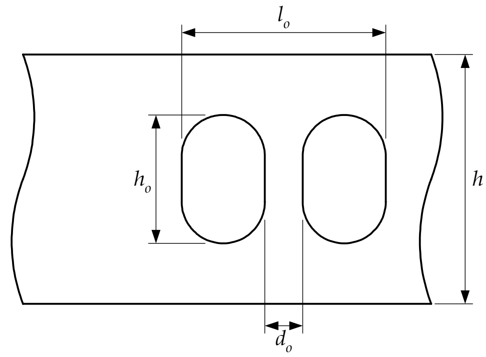


그림 B.2.9

$d_o < \frac{h}{4}$ 인 연속된 개구부에 대한 길이 l_o



2.3 적하 상태

2.3.1 유한요소 하중 상태

2.3.1.1 구조해석에 사용되는 표준 설계하중 조합은, 두개의 유밀 종격벽을 갖는 탱커와 하나의 중심선 유밀종격벽을 갖는 탱커에 대해 각각 **표 B.2.3**과 **표 B.2.4**의 규정에 의한다.

2.3.1.2 설계하중 조합 S+D (원양항해 하중상태)에 대하여, 각 적재 양식에 대하여 검토가 요구되는 동적하중 상태의 경우 수가, **표 B.2.3**및 **B.2.3**의 각 적재 양식에 대하여 규정된 동적하중상태 번호로 제시되어 있다. 각 설계하중 조합 S+D 은 다음 두 부분으로 이루어진다.

(a) 하중 양식에 의하여 규정된 정적하중, 선박흘수, 규정된 정수 중 선체거더 굽힘 모멘트 및 전단력

(b) 규정된 동적하중상태 번호에 대하여 **7 장/표 7.6.2** 에 규정된 동적하중

2.3.1.3 두개의 유밀 종격벽 및 중앙 화물탱크 내에 하나의 크로스타이가 배치된 탱커에 대하여, 횡 방향으로 한 쌍의 현측 화물탱크의 비대칭 적재로 인하여 더욱 가혹한 응력응답을 유발시킬 가능성이 있는 경우에는, **표 B.2.3**의 적재 양식 A7과 A12에 대하여 검토하여야 한다. 다만, 그러한 비대칭 해상 적하상태가 선박의 적하지침서에 포함되어 있는 경우에만, 적재 양식 A7의 해석이 요구된다. 중앙화물탱크에 크로스타이가 배치되지 않은 탱커에 대하여는 적재 양식 A7과 A12를 검토할 필요는 없다.

2.3.1.4 두개의 유밀 종격벽을 갖는 탱커에 대하여, 대양항해 적재 양식 A3및 항내 하중양식 A13과 같이 폭 방향으로 모든 화물탱크가 비어있는 경우에는, 선박 흘수를 각각 $0.55T_{sc}$ 및 $0.65T_{sc}$ 로 하여 해석하여야 한다. 만일 적하지침서에 하중양식 A3 및 A13에 대하여 더 깊은 흘수가 규정되어 있으면, 적하지침서의 해당 최대 규정된 흘수를 사용하여야 한다.

2.3.1.5 두개의 유밀 종격벽을 갖는 탱커에 대하여, 대양항해 적재 양식 A5 및 항내 적재 양식 A11과 같이 모든 폭 방향 탱크가 만재되는 경우에는, 흘수를 각각 $0.8T_{sc}$ 및 $0.7T_{sc}$ 로 하

여 해석하여야 한다. 만일 적하지침서에 적재 양식 A5 및 A11에 대하여 더 낮은 흘수가 규정되어 있으면, 적하지침서에 규정된 해당 최소 흘수를 사용하여야 한다

2.3.1.6 하중양식 A1, A2, B1, B2 및 B3와 같이 선측 화물탱크가 비워지는 경우에는, 최소선박흘수 0.9 T_{sc} 로서 해석을 하여야 한다. 만일 적하지침서에 빈 선측 화물탱크를 갖는 하중양식에 대하여 더 깊은 흘수가 규정되어 있으면, 실제 조건에 대하여 규정된 최대 흘수를 사용하여야 한다.

2.3.1.7 한 개 이상의 화물탱크에 밸러스트를 주입하는 상태가 적하지침서에 규정되어있는 경우, **표 B.2.3** 및 **B.2.4**의 하중양식 A8 및 B7에 대하여 검토하여야 한다.

표 B.2.3
두개의 유밀 종격벽을 갖는 탱커에 대한 유한요소 하중상태

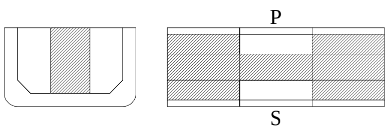
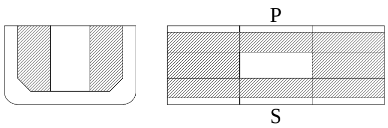
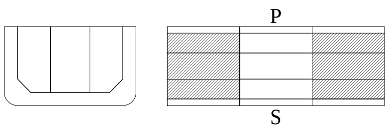
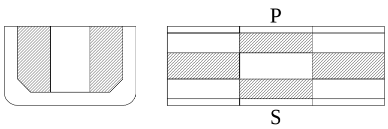
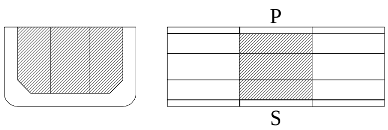
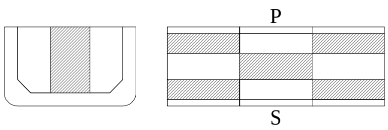
적재 양식	적재도	정수 하중: 흘수	정수 하중: 허용 SWBM(2)의 %	정수 하중: 허용 SWSF (2)의 %	동적 하중 상태: 강도평가 (1a) 선박 중앙부	동적 하중 상태: 선체거더 전단 하중에 대한 강도평가 (1b) 선수 구역	동적 하중 상태: 선체거더 전단 하중에 대한 강도평가 (1b) 선박 중앙부 및 선미 구역
설계하중 조합 S + D (원양 하중상태)							
A1		0.9 T_{sc}	100% (새깅)	(비 고) 3 참조	1	\	\
			100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	2, 5a	\	\
A2		0.9 T_{sc}	100% (새깅)	(비 고) 3 참조	1	\	\
			100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	2, 5a	\	\
A3		0.55 T_{sc} (비 고) 6 참조	100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 5 참조	2	4	2
				100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	5a	\	\
A4		0.6 T_{sc}	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	1, 5a	\	\
A5		0.8 T_{sc} (비 고) 7 참조	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 5 참조	1	3	1
				100% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	5a	\	\
A6		0.6 T_{sc}	100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	5a	\	\

표 B.2.3(계속)
두개의 유밀 종격벽을 갖는 탱커에 대한 유한요소 하중상태

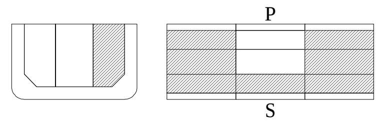
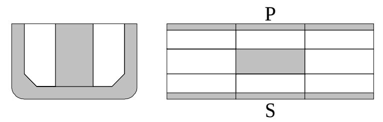
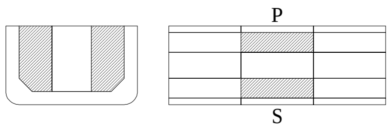
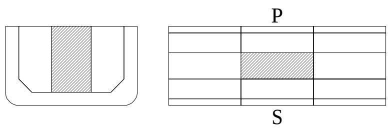
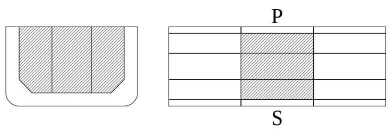
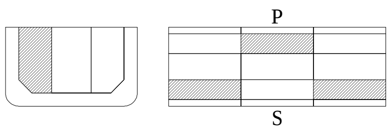
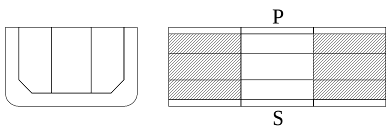
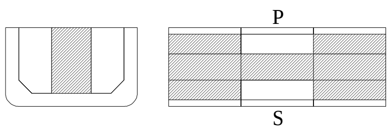
적재 양식	적재도	정수 하중			동적 하중 상태		
		흘수	허용 SWBM(2)	허용 SWSF(2)	강도평가 (1a)	선체거더 전단 하중에 대한 강도평가 (1b)	
					선박 중앙부 구역	선수 구역	선박 중앙부 및 선미 구역
A7 (8)		T_{LC}	100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	5a	\	\
A8(9)		$T_{bal\text{-}em}$	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	1	\	\
설계하중조합 S (항내 및 탱크 시험하중 상태)							
A9(13)		$¼T_{sc}$	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	선박중앙부 구역의 강도평가에만 적용((비 고) 1(a) 참조)		
A10(13)		$¼T_{sc}$	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	선박중앙부 구역의 강도평가에만 적용((비 고) 1(a) 참조)		
A11(12,13)		0.7 T_{sc} see note 12	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 5 참조	선박중앙부 두역의 강도평가((비 고) 1(a) 참조) 및 선체거더 전단하중에 대한 강도평가((비 고) 1(b) 참조)에 적용		
A12(10,13)		$1/3T_{sc}$	(비 고) 10 참조	(비 고) 10 참조	선박중앙부 구역의 강도평가에만 적용((비 고) 1(a) 참조)		
A13(11,13)		0.65 T_{sc} (비 고) 11 참조	100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 5 참조	선박중앙부 두역의 강도평가((비 고) 1(a) 참조) 및 선체거더 전단하중에 대한 강도평가((비 고) 1(b) 참조)에 적용		
A14(13)		T_{sc}	100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	선박중앙부 구역의 강도평가에만 적용((비 고) 1(a) 참조)		

표 B.2.3(계속) 두개의 유밀 종격벽을 갖는 탱커에 대한 유한요소 하중상태
(비 고) 1. (a) 중앙부 화물구역 내의 종 선체거더 구조부재, 1차 지지 구조부재 및 횡격벽의 치수 평가에 대하여 적용(**1.1.1.5**를 참조) (b) 선체거더 수직전단하중에 대한 횡격벽 위치에서의 종 선체거더 전단구조부재의 강도 평가에 적용하며, **1.1.1.6, 1.1.1.7** 및 **1.1.1.8**을 참고할 것. 2. 서로 다른 화물구역의 평가에 사용하는 허용 SWBM 및 SWSF의 산정위치는 **표 B.2.6**에 따라야 한다. 적용하여야 할 허용 SWBM 및 SWSF의 비율(%)은 이 표에 따라야 한다. 3. 유한요소 모델에 정적 및 동적 국부하중을 적용하여 생기는 실제 전단력을 사용하여야 한다. 4. 유한요소 모델에 정적 및 동적 국부하중을 적용하여 생기는 실제 전단력을 사용하여야 한다. 이러한 전단력이, 목표 SWSF(설계하중조합 S) 또는 SWSF 및 VWSF(**2.4.5.2**에 따라 계산된 값)의 조합(설계하중조합 S+D) 값을 초과하는 경우에는, 요구되는 값까지 전단력을 하향 조정하기 위하여 수직하중을 수정하여 적용하여야 한다. 5. 규정된 요구 값까지 전단력을 조정하기 위하여, 수직하중을 수정하여 적용하여야 한다. 6. 원양항해 조건에서 폭방향으로 모든 화물탱크가 비워진 적재 양식 A3에 대하여, 흘수 $0.55T_{sc}$ 을 해석에 사용한다. $0.55T_{sc}$ 보다 큰 흘수를 갖는 조건이 선박 적하지침서에 명기된 경우에는, 그러한 적하상태에 대한 최대 명기된 흘수를 유한요소해석에 사용하여야 한다. 7. 원양항해 조건에서 폭방향으로 모든 화물탱크가 만재된 적재양식 A5에 대하여, 흘수 $0.8T_{sc}$를 해석에 사용한다. $0.8T_{sc}$ 보다 작은 흘수를 갖는 조건이 선박 적하지침서에 명기된 경우에는, 그러한 적하상태에 대한 최소 명기된 흘수를 유한요소해석에 사용하여야 한다. 8. 적재양식 A7은, 센터 화물탱크 내에 크로스타이 배치를 갖는 탱커에서, 선박 적하지침서에 단지 한 개의 윙 탱크만을 채우는 비대칭 적하상태를 포함하는 경우에만, 해석이 요구된다. 해당조건에 대하여 적하지침서로부터의 실제 흘수가 해석에 사용되어야 한다. (**표 B.2.5** 참조) 9. 한개 또는 그 이상의 화물탱크가 밸러스트로 채워진 밸러스트 적재 양식 A8 (즉, 게일(gale) 밸러스트/비상 밸러스트 상태 등)의 해석은 해당 상태가 선박의 적하지침서에 명기된 경우에만 해석이 요구된다. 해당 상태에 대하여 적하지침서의 실제 하중양식과 흘수를 해석에 사용한다. (**표 B.2.5** 참고) 10. 적재 양식 A12은 중심 화물탱크 내에 크로스타이 배치를 가진 탱커에만 요구된다. 유한요소 모델에 작용시킨 국부하중으로 인한 실제 전단력 및 굽힘모멘트를 사용한다. 수직하중 및 굽힘모멘트의 조정은 적용하지 않는다. 11. 항내 상태에서 폭 방향으로 모든 화물탱크가 빈 하붕양식 A13에 대하여, 흘수 $0.65T_{sc}$ 을 해석에 사용한다. 흘수가 $0.65T_{sc}$ 보다 큰 상태가 적하지침서에 있는 경우, 그러한 적하상태에 대한 최대 명기된 흘수를 유한요소 해석에 사용하여야 한다. 12. 항내 상태에서 폭방향으로 모든 화물탱크가 만재된 적재양식 A11에 대하여, 흘수 $0.7T_{sc}$ 를 해석에 사용한다. $0.7T_{sc}$ 보다 작은 흘수를 갖는 상태가 선박 적하지침서에 명기된 경우에는, 그러한 적하상태에 대한 최소 명기된 흘수를 유한요소해석에 사용하여야 한다. 13. 설계하중조합 S(항내 및 시험하중 상태)에는 동적인 하중을 적용하지 않는다.

표 B.2.4
한 개의 중심선 유밀 종격벽을 갖는 탱커에 대한 하중상태

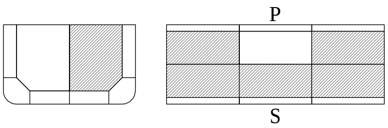
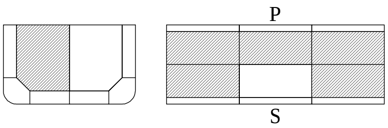
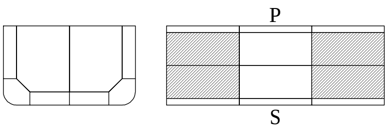
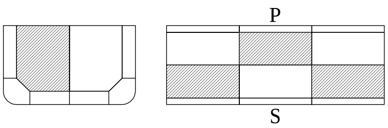
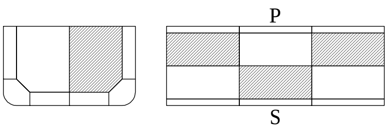
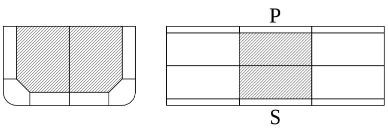
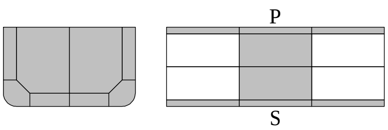
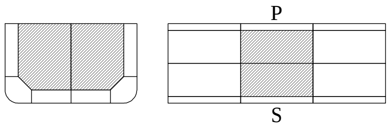
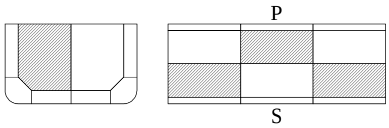
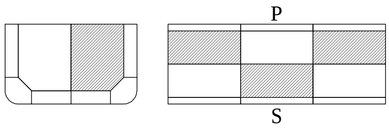
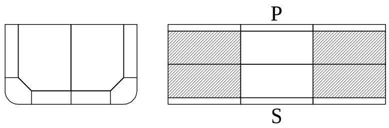
적재 양식	적재도	정수 하중			동적하중상태		
		흘수	허용 SWBM(2) 의 %	허용 SWSF (2) 의 %	강도평가 (1a)	선체거더 전단하중에 대한 강도평가 (1b)	
					선박 중앙부 구역	선수 구역	선박 중앙부 및 선미 구역
설계하중 조합 S + D (원양 하중상태)							
B1		0.9 T_{sc}	100% (새깅)	(비 고) 3 참조	1	\	\
			100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	2, 5a	\	\
B2 (6)		0.9 T_{sc}	100% (새깅)	(비 고) 3 참조	1	\	\
			100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	2, 5b	\	\
B3		0.9 T_{sc}	100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 5 참조	2	4	2
				100% (-ve fwd) (비 고) 4 참조	5a, 5b, 6a, 6b	\	\
B4		0.6 T_{sc}	100% (새깅)	75% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	1, 5a	\	\
B5 (6)		0.6 T_{sc}	100% (새깅)	75% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	1, 5b	\	\
B6		0.6 T_{sc}	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 5 참조	1	3	1
				100% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	5a, 5b	\	\
B7 (7)		T_{bal-em}	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	1	\	\

표 B.2.4 (계속)
한 개의 유밀 종격벽을 갖는 탱커에 대한 하중상태

적재 양식	적재도	정수 하중			동적하중상태		
		흘수	허용 SWBM[2]	허용 SWSF[2]	강도평가 (1a)	선체거더 전단하중에 대한 강도평가 (1b)	
					선박 중앙부 구역	선수 구역	선박 중앙부 및 선미 구역
설계하중조합 S (항내 및 탱크 시험하중 상태)							
B8[8]		$1/3T_{sc}$	100% (새깅)	100% (+ve fwd) (비 고) 5 참조	선박중앙부 구역의 강도평가((비 고) 1(a) 참조) 및 선체거더 전단하중에 대한 강도평가((비 고) 1(b) 참조)에 적용		
B9[8]		$1/3T_{sc}$	100% (새깅)	75% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	선박중앙부 구역의 강도평가에만 적용((비 고) 1(a) 참조)		
B10[6, 8]		$1/3T_{sc}$	100% (새깅)	75% (+ve fwd) (비 고) 4 참조	선박중앙부 구역의 강도평가에만 적용((비 고) 1(a) 참조)		
B11[8]		T_{sc}	100% (호깅)	100% (-ve fwd) (비 고) 5 참조	선박중앙부 두역의 강도평가((비 고) 1(a) 참조) 및 선체거더 전단하중에 대한 강도평가((비 고) 1(b) 참조)에 적용		

(비 고)

1.
   (a) 선박중앙부 구역 내의 종 선체거더 구조부재, 1차 지지 구조부재 및 횡격벽의 치수 평가에 적용하며, **1.1.1.5**를 참조할 것.
   (b) 선체거더 전단하중에 대한 횡격벽 위치에서의 종 선체거더 구조부재의 강도 평가에 적용하며, **1.1.1.6, 1.1.1.7** 및 **1.1.1.8**을 참고할 것.
2. 서로 다른 화물구역의 평가에 사용하는 허용 SWBM 및 SWSF의 산정위치는 **표 B.2.6**에 따라야 한다. 적용하여야 할 허용 SWBM 및 SWSF의 비율은 이 표에 따라야 한다.
3. 유한요소 모델에 정적 및 동적 국부하중을 적용하여 생기는 실제 전단력을 사용하여야 한다.
4. 유한요소 모델에 정적 및 동적 국부하중을 적용하여 생기는 실제 전단력을 사용하여야 한다. 이러한 전단력이, 목표 SWSF(설계하중조합 S) 또는 **2.4.5.2**에 따라 계산된 이 표에서 규정한 목표 조합 SWSF 및 VWSF(설계하중조합 S+D)를 초과하는 경우에는, 요구되는 값까지 전단력을 하향 조정하기 위하여 수직하중을 수정하여 적용하여야 한다.
5. 규정된 요구 값까지 전단력을 조정하기 위하여, 수직하중을 수정하여 적용하여야 한다.
6. 하중 상태 B2, B5 및 B10는 구조가 선박 중심선에 대하여 좌우 비대칭인 경우에만 요구된다.
7. 선박 적하지침서에 해당 상태가 명기되어 있는 경우에만, 화물탱크에 밸러스트를 채운 밸러스트 적재 양식 B7(즉, 게일(gale) 밸러스트/비상 밸러스트 상태 등)의 해석이 요구된다. 해당상태에 대한 적하지침서로부터 실제 적재양식 및 흘수를 해석에 사용한다.(**표 B.2.5** 참조)
8. 설계하중조합 S(항내 및 시험하중 상태)에는 동적인 하중을 적용하지 않는다.

2.3.2 동적하중상태

2.3.2.1 유한요소 해석에 사용하는 동적 하중상태는, 7장/6.4에 규정된 것으로 한다.

2.4 하중의 적용

2.4.1 일반

2.4.1.1 유한요소 모델에 하중적용은 **7장/6** 및 **B/2.4**에 규정한 요건에 따라야 한다.

2.4.1.2 적용 하중 및 가속도의 계산에 사용하는 하중 인수(parameter) 및 위치는 **표 B.2.5** 및 **표 B.2.6**에 따라야 한다.

2.4.1.3 요소중심에서 계산한 일정 압력하중은 판 요소에 적용할 수 있다. 대안으로서 요소 절점 사이에서 선형 압력분포를 적용할 수 있다.

표 B.2.5
하중 및 가속도 계산을 위한 인수

	표준 적재상태			추가 적재상태	
인수	흘수 T_{sc}	흘수 0.9 T_{sc}	흘수 0.6T_{sc}	하중 상태: A3 (흘수 > 0.6 T_{sc}) 및 A7	게일/비상 밸러스트 상태: A8 및 B7
L	규칙 길이			규칙 길이	
C_b	4/1.1.1.1에서 정의한 방형계수			4/1.1.1.1에서 정의한 방형계수	
선박 속력	0.0			0.0	
횡동요 응답					
횡방향 메타센터 높이(GM)	0.12 B	0.12 B	0.24 B	고려하는 하중 또는 게일/비상 밸러스트 양식에 대한 선박 적하지침서 내의 수정된 GM, (비 고) 1 참조	
$r_{roll\text{-}gyr}$	0.35B	0.35B	0.4B	(비 고) 2 참조	
종동요 응답, 종 및 횡 가속도, 수평 파랑굽힘 모멘트 및 파랑압력					
선박 흘수	T_{sc}	0.9T_{sc}	0.6T_{sc}	고려하는 하중 형태에 대한 적하지침서 내의 최대 평균흘수	고려하는 하중 형태에 대한 적하지침서 내의 최소 평균흘수

(비 고)
1. 추가 하중상태 또는 게일/비상 밸러스트 상태에 대한 GM이 선박 적하지침서 내에 주어져 있지 않은 경우, GM은 **7장/3.1.3.2**에 따라 결정하여야 한다.
2. 추가 하중상태 또는 게일/비상 밸러스트 상태에 대한 $r_{roll\text{-}gyr}$ 이 선박 적하지침서 내에 주어져 있지 않은 경우, $r_{roll\text{-}gyr}$ 은 **7장/3.1.3.3**에 따라 결정하여야 한다.
3. 게일/비상 밸러스트 상태는 한 개 이상의 화물탱크에 밸러스트를 채우는 상태를 말한다.

표 B.2.6
하중 및 가속도의 계산 위치

	강도 평가 [(1a)]	선체거더 전단하중에 대한 강도 평가 [(1b)]		
	중앙부 화물 구역	선수부 화물 구역	중앙부 화물 구역	선미부 화물 구역
설계 하중조합 S + D (원양항해 하중 상태)				
동적 파랑압력 및 그린파랑하중	AP 로부터 0.5L 에서의 횡단면	AP 로부터 0.75L 에서의 횡단면	AP 로부터 0.5L 에서의 횡단면	AP 로부터 0.25L 에서의 횡단면
가속도 a_v, a_t, a_{lng}	중앙부 탱크들의 CG 위치에서 (즉, AP 로부터 0.5L 은 탱크 경계 내)	선수부 탱크들의 CG 위치에서 (즉, AP 로부터 0.75L 은 탱크 경계 내)	중앙부 탱크들의 CG 위치에서 (즉, AP 로부터 0.5L 은 탱크 경계 내)	선미부 탱크들의 CG 위치에서 (즉, AP 로부터 0.25L 은 탱크 경계 내)
VWBM 및 SWBM (SWBM 은 원양항해 허용값에 기초하며, **7장/2.1.1** 및 **2.1.2**에 정의한다.)	AP 로부터 0.5L	AP로부터 0.75L	AP로부터 0.5L	AP로부터 0.25L
HWBM	AP 로부터 0.5L	\	\	\
VWSF 및 SWSF (SWSF은 원양항해 허용값에 기초하며, **7장/2.1.3** 및 **2.1.4**에 정의한다.)	해당구역 내의 최대조합 원양항해 허용 SWSF 및 VWSF 을 갖는 횡격벽 위치(**1.1.1.5** 참조)	해당구역 내의 최대조합 원양항해 허용 SWSF 및 VWSF 을 갖는 횡격벽 위치(**1.1.1.6** 참조) 또는 각 개별 격벽 위치(**1.1.1.8** 참조)	중앙부 화물탱크 강도 평가에 의하거나(**1.1.1.7** 참조) 또는 각 개별 횡격벽 위치에서의 원양항해 허용 SWSF 및 VWSF (**1.1.1.8** 참조)	
설계 하중조합 S (항내 및 탱크시험 하중 상태)				
SWBM (SWBM 은 항내 허용값에 기초하며, **7 장/2.1.1** 및 **2.1.2** 에 정의한다.)	AP 로부터 0.5L	AP로부터 0.75L	AP로부터 0.5L	AP로부터 0.25L
SWSF (SWSF 은 항내 허용값에 기초하며, **7 장/2.1.3** 및 **2.1.4** 에 정의한다.)	해당 구역 내의 최대 항내 허용 SWSF (**1.1.1.5** 을 참조)	해당 구역 내의 최대 항내허용 SWSF(**1.1.1.6** 참조) 또는 각 개별 격벽 위치(**1.1.1.8** 참조)	중앙부 화물탱크 강도 평가에 의하거나(**1.1.1.7** 참조) 또는 각 개별 횡격벽 위치에서의 항내허용 SWSF (**1.1.1.8** 참조)	

(비 고)

1. 다음 평가가 수행되어야 한다.
   (a) 선박중앙부 화물구역 내 탱크의 종 선체거더 구조부재, 1 차 지지부재 및 횡격벽의 강도 치수평가(**1.1.1.5** 참조)
   (b) 선체거더 전단하중에 대하여 각 개별 횡격벽 위치의 종 선체거더 전단 구조부재의 강도 평가(**1.1.1.6, 1.1.1.7** 및 **1.1.1.8** 참조)
2. 각 유한요소 하중 상태에 대하여, 가속도는 이 표에 따라 밸러스트 또는 화물의 중심위치에서 계산하여야 한다. 참조로 하는 각 탱크에 대하여 계산된 가속도는 유한요소 모델의 길이에 걸쳐 3개의 대응하는 탱크 또는 밸러스트 탱크에 적용하여야 한다.
3. 하중 계산에 사용되는 종방향 거리는 **4장/1.1.12**에 정의한 바와 같이, A.P.로부터 선수쪽으로 잰 거리를 말한다.
4. 규정된 단면에서 계산된 동적 파랑압력은 유한요소 모델의 전 길이에 적용한다.
5. 설계하중조합 S + D (원양항해 하중상태)에 대한 동적하중에 적용하는 동적하중 조합계수는, **7장/6.4** 을 참조할 것)
6. 적용하는 SWBM 및 SWSF는 **표 B.2.3** 및 **B.2.4**에 따라야 한다.

2.4.2 구조 중량, 화물 및 밸러스트 밀도

2.4.2.1 설계 화물 밀도은 1.025 tonnes/m^{3}으로 취하여야 하며, 2.4.7.2를 참조한다.

2.4.2.2 해수의 밀도는 1.025 tonnes/m^{3}으로 취하여야 한다.

2.4.2.3 구조 중량은 유한요소해석에 포함되어야 한다. 강의 밀도는 7.85 tonnes/m^{3}으로 취한다.

2.4.3 정적 해수압력

2.4.3.1 판 요소에 작용하는, 흘수로 의한 정적 해수압력은 **7장/2.2.2**에 따라 계산하여야 한다.

2.4.3.2 모든 유한요소 하중 상태에 대하여 고려하는 정수 중 흘수는, **표 B.2.3**및 **B.2.4**에 따라야 한다. 화물탱크 유한요소모델의 전 길이에 거쳐 일정한 흘수를 적용하여야 한다.

2.4.3.3 직립상태의 선박에 대한, 흘수로 인한 정적 해수압력을 모든 유한요소 하중상태에 적용하여야 한다. 선박의 롤링에 의한 정정적 해수압력의 변화는 동적 파랑압력 식에 포함된다.

2.4.4 동적파랑압력

2.4.4.1 동적파랑압력의 분포는 **표 B.2.6**에 정의한 종 방향 위치의 선체 횡단면에서 결정하여야 한다. 동적 파랑압력 분포는 **7장/6.3.5**에 따라 계산하여야 한다. 이 압력분포는 유한요소모델의 전 길이에 걸쳐 적용하여야 한다.

2.4.4.2 노출갑판 상의 그린파랑하중(green sea load)으로 인한 압력분포는 **표 B.2.6**에서 정의한 종 방향 위치에서 **7장/6.3.6**에 따라 계산하여야 한다. 이 압력 분포는 유한요소 모델의 전 길이에 걸쳐 적용하여야 한다.

2.4.5 선체거더 수직 굽힘 모멘트 및 전단력

2.4.5.1 3-탱크 유한요소모델의 중앙부 탱크 길이 내의 임의 단면에서, 선체거더 수직굽힘모멘트는 다음 요구 값 $M_{v\text{-}targ}$ 에 도달해야 한다.

$$M_{v-targ} = M_{sw} + M_{wv}$$

여기서,

M_{sw} : 유한요소 하중상태에 적용하는 정수중 굽힘모멘트로서, **표 B.2.3** 및 **B.2.4**에 규정되어 있다.

M_{wv} : 고려하는 동적 하중상태에 대한 수직파랑 굽힘모멘트로서, **7장/6.3.2**에 따라 계산한다.

2.4.5.2 중앙부 탱크의 전부 횡 격벽 위치에서, 선체거더 수직 전단력은 다음에서 요구하는 값 Q_{targ} 에 도달해야 한다.

$$Q_{targ} = Q_{sw} + Q_{wv}$$

여기서,

Q_{sw} : 유한요소 하중상태에 적용하는 수직 정수중 전단력으로서, **표 B.2.3** 및 **B.2.4**에 규정되어 있다.

Q_{wv} : 고려하는 동적 하중상태에 대한 수직파랑 전단력으로, **7장/6.3.4**에 따라 계산한다.

2.4.5.3 요구되는 선체거더 수직 굽힘모멘트 및 전단력은, 표 B.2.3 및 B.2.4에 규정하는 동일한 하중상태에서 각각 구해야 한다. 요구되는 전단력 및 굽힘모멘트 분포의 적용 순서는 **2.5**에 의한다.

2.4.6 선체거더 수평 파랑굽힘모멘트

2.4.6.1 선체거더 수평 파랑굽힘모멘트는 3-탱크 유한요소 모델 중 중앙부 탱크 길이 내의 임의 단면에서, **7장/6.3.3**에 따라 계산된 고려 중인 동적하중상태에 의하여 요구되는 값에 도달해야 한다.

2.4.6.2 요구되는 선체거더 수평굽힘모멘트를 적용하는 과정은 **2.5**에 기술되어있다.

2.4.7 화물 및 밸러스트 탱크의 압력

2.4.7.1 유한요소해석에서 화물 또는 밸러스트 탱크의 주위벽에 작용하는 전체 탱크압력 P_{in}는, **7장/표7.6.1** 및 **표 B.2.6**에 규정하는 정적 및 동적 성분의 조합으로 하여야 한다.

2.4.7.2 원양항해 하중 상태(설계하중조합 S+D)에 대하여, 화물탱크 내 압력은 다음으로 취하여야 한다.

$$P_{in} = f_{density}(P_{in-tk} + P_{in-dyn}) \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

$f_{density}$: 계획화물밀도 및 설계수명 25년 내에 발생가능한 최대 해상상태(sea state)의 발생결합확률에 대한 계수

$= \rho_{max-LM} / \rho_{allowable}$

ρ_{max-LM} : 선박 적하지침서의 모든 적재상태에 의한 만재상태의 최대 화물밀도. 다만, ρ_{max-LM} 은 화물적하상태에 대하여는 0.9 tonnes/m^3 이상이어야 하며, 추가 비상 밸러스트상태(즉, 각각 **표 B.2.3** 및 **B.2.4**의 A8 및 B7)에 대하여는 1.025 tonnes/m^3 이상이어야 한다.

$\rho_{allowable}$: 만재 상태에서의 설계 화물밀도로서, 더 큰 밀도가 조선소에 의하여 명시되지 않는 한, 1.025 tonnes/m^3 로 취한다. (**2장/3.1.8.1** 참조)

P_{in-tk} : **7장/2.2.3.1**에 주어진 정적 탱크 내 압력(kN/m^2)으로서, 탱크의 액체밀도는 설계 화물밀도 $\rho_{allowable}$와 같은 값으로 한다.

P_{in-dyn} : **7장/6.3.7.1**에 주어진 동시에 작용하는 동적 탱크압력으로서, **2.4.7.3**에 주어진 단순화를 하고, 탱크의 액체밀도는 설계 화물밀도 $\rho_{allowable}$와 같은 값으로 한다.

2.4.7.3 탱크중심 위치에서의 포괄적 수직가속도 a_v 에 대하여는, 다음과 같이 단순화를 행하고 **7장/3.3.3**절에 따라 계산한다.

(a) 선수파 조건에 대하여, a_{roll-z} 는 0 으로 취한다

(b) 횡파 조건에 대하여, a_{roll-z} 는 0 으로 취한다

2.4.7.4 수직, 횡 및 종 방향 가속도는 **표 B.2.5**에 규정한 종 방향 위치에서 폭방향으로 나란한 탱크의 각 중심에서 계산하여야 한다. 이 가속도는 3 탱크길이 유한요소모델의 길이에 걸친 모든 해당 탱크에 적용한다.

2.4.7.5 탱크 내 동적 압력은 **7장/6.3.7.1**에 따라 계산하며, **표 B.2.6**도 참조한다.

2.4.7.6 플로우-스루(flow-through) 방법에 의한 밸러스트 수 교환을 하는 밸러스트 탱크에 대하여는, **7장/표7.6.1**에서 요구하는 원양항해 하중상태(설계하중 조합 S+D)에 대한 탱크 내 압력을 계산할 때, 다음을 고려하여야 한다.

- 화물 구역 내 모든 밸러스트 탱크의 공기관 또는 넘침관의 최대 수직 높이, 즉 **7장/2.2.3.2** 및 **그림 7.2.3** 에서 정의한 h_{air} 을, 수직가속도(**7/6.3.7.1** 참조)로 인한 동적 탱크 압력을 계산할 때 사용하여야 한다.
- 화물구역 내의 모든 밸러스트 탱크의 h_{air} 및 **7 장/2.2.3.3** 에서 정의한 P_{drop} 의 최대 값을 정적 탱크 압력을 계산에 사용하여야 한다.

2.4.7.7 **7장/표 7.6.1**에 의하여 요구되는 항내 및 탱크시험 하중상태(설계하중 조합 S)에 대한 화물탱크 내의 정적 탱크압력을 계산할 때 다음을 고려하여야 한다.

- **7 장/2.2.3.5** 에 정의한 모든 화물탱크의 압력도출밸브의 최대 설정값 및, 해당되는 경우 **7 장/2.2.3.2** 및 **그림 7.2.3** 에 정의한 화물 구역의 모든 화물 탱크의 최대 h_{air} 를 계산 시에 고려하여야 한다. (**7 장/2.2.3.5** 참조)

2.4.7.8 모델 길이가 단부 횡격벽을 넘어서 연장되어 있는 경우(**2.2.1.1** 참조), 탱크 내 압력은 단부 횡격벽을 넘어 연장된 부분에 작용시킬 필요는 없다.

2.5 선체거더 전단력과 굽힘 모멘트의 조정절차

2.5.1 일 반

2.5.1.1 **2.5**에 규정하는 절차는, 요구하는 값을 얻기 위하여 3탱크길이 유한요소모델에 가하는 수평굽힘모멘트, 수직 전단력 및 수직굽힘모멘트 분포의 조정을 위하여 적용하여야 한다.

2.5.1.2 유한요소 모델 내 중앙부 탱크의 전부 횡격벽에서, 요구되는 전단력 값과, 유한요소 모델 내 중앙부 탱크의 길이 내의 임의 위치에서 요구되는 수직 굽힘 모멘트 값을 발생시키기 위하여, 모델 양단에 적용하는 수직굽힘모멘트와 더불어, 수직분포하중을 각 프레임 위치에 적용하여야 한다. 요구 값은 **2.4.5**에 규정한다.

2.5.1.3 유한요소모델 중앙부 탱크의 길이 내 임의 위치에서 수평굽힘모멘트의 요구 목표 값을 발생시키기 위하여, 수평굽힘모멘트를 모델의 양단에 적용한다. 요구 값은 **2.4.6**에 규정한다.

2.5.2 국부하중에 의한 전단력 및 굽힘모멘트

2.5.2.1 국부하중에 의한 수직전단력은 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 횡격벽 위치에서 계산하여야 한다. 국부하중에 의하여 발생되는 수직 굽힘모멘트 분포는 3 화물탱크유한요소 모델의 중앙부 탱크의 길이에 걸쳐 계산하여야 한다. 대안방법으로서, 3-탱크 유한요소모델에 상당하는 양단 지지의 단순보 모델에 의하여 전단력 및 굽힘모멘트 값을 결정할 수 있다.

2.5.2.2 횡파 및 사파 상태의 경우, 동적 해수압력 및 동적 탱크 내 압력에 의한 수평굽힘모멘트 분포는 유한요소 모델의 중앙부 탱크 길이에 걸쳐 계산하여야 한다.

2.5.2.3 다음의 국부하중을 선체거더 전단력 및 굽힘모멘트 계산을 위하여 적용하여야 한다.

(a) 3 탱크길이 모델의 길이에 걸친 선박 자중분포(정 하중). 단순보 모델를 사용하는 경우, 각 탱크의 구조중량은 화물탱크의 전 길이에 걸쳐 균일하게 분포시킬 수 있다. 구조중량은 화물탱크 유한요소 모델의 작성에 사용한 0.5 t_{corr} 의 두께감소에 기초하여 계산하여야 한다.(**2.2.1.5** 절 참조)

(b) 화물 및 밸러스트 중량(정 하중)

(c) 정적 해수압력, 동적 파랑압력 및 적용되는 경우 그린파랑하중. 설계하중조합 S(항내 및 탱크시험 하중상태)에 대하여는, 정적 해수압력만을 적용한다.

(d) 설계하중조합 S+D(원양항해 하중상태)에 대한 탱크 내 동적압력

2.5.3 수직 전단력 분포의 조정절차

2.5.3.1 횡격벽 위치에서 요구되는 전단력의 조정량(**그림 B.2.10**에 보인 ΔQ_{aft} 와 ΔQ_{fwd})은 **그림 B. 2.11**에 나타난 것처럼 프레임 위치에서 수직하중을 작용시켜 발생시킨다. 수직 수정 하중은, 유한요소 모델의 모든 밀폐 횡격벽, 선수 탱크의 전방 및 선미 탱크의 후방에 있는 모든 프레임에는, 적용하지 않음에 주의하여야 한다. 가해진 수직 수정하중의 합은 0 이 되어야 한다.

2.5.3.2 격벽에서 요구 전단력을 발생시키기 위하여, 유한요소모델의 중앙부 탱크의 전방 및 후방격벽 위치에서 요구되는 전단력 조정량은 다음과 같다.

$\Delta Q_{aft} = - Q_{targ} - Q_{aft}$

$\Delta Q_{fwd} = Q_{targ} - Q_{fwd}$

여기서,

ΔQ_{aft} : 중앙부 탱크의 후방 격벽에서의 요구되는 전단력 조정량

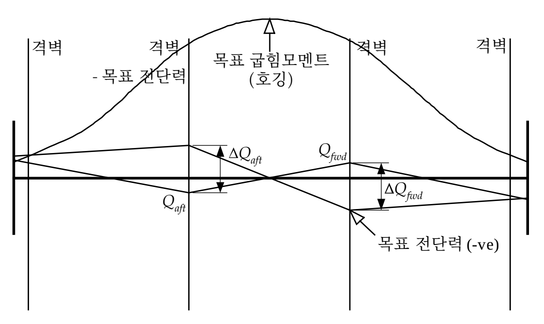
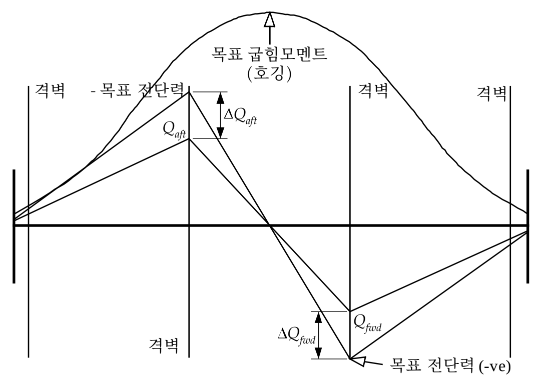
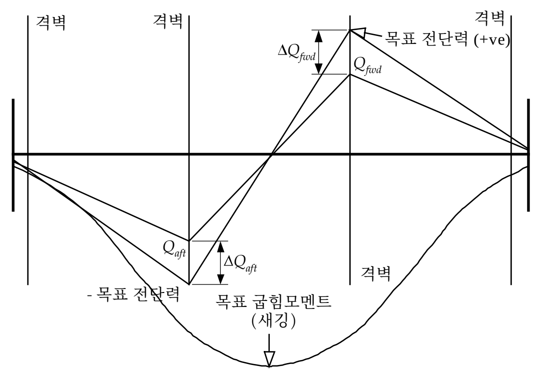
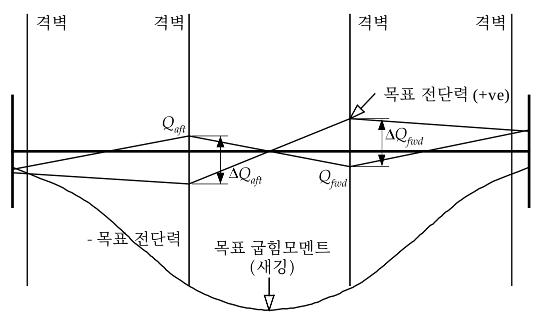
ΔQ_{fwd} : 중앙부 탱크의 전방 격벽에서의 요구되는 전단력 조정량

Q_{targ} : 중앙부 탱크의 전방 격벽에서 얻어지는 요구 전단력(**2.4.5** 참조)

Q_{aft} : 중앙부 탱크의 후방 격벽에서 국부하중으로 인한 전단력(**2.5.2** 참조)

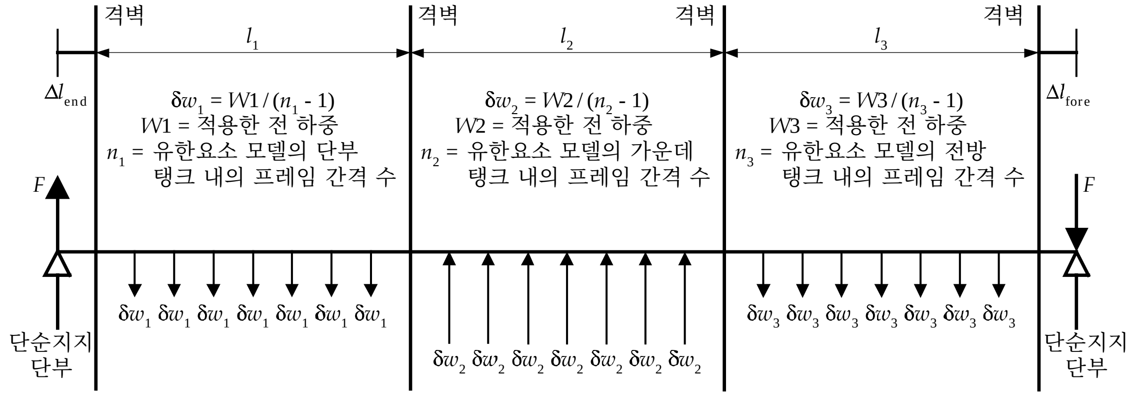
Q_{fwd} : 중앙부 탱크의 전방 격벽에서 국부하중으로 인한 전단력(**2.5.2** 참조)

그림 B.2.10
횡격벽 위치에서의 목표 전단력 및 요구되는 조정 전단력

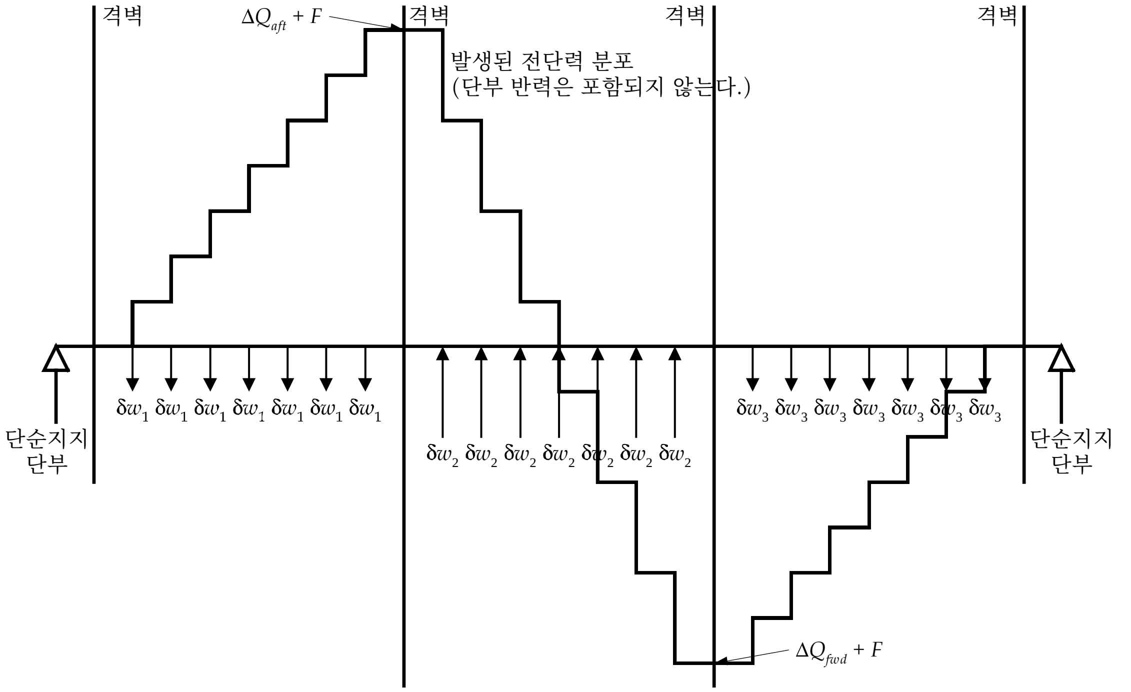
필요조건	목표			후방 격벽		전방 격벽	
	굽힘 모멘트	전단력	격벽 위치	전단력	**ΔQaft**	전단력	**ΔQfwd**
	호깅	-ve	전방	$-Q_{targ}$	$-Q_{targ} - Q_{aft}$	Q_{targ} (-ve)	$Q_{targ} - Q_{fwd}$
	호깅	-ve	전방	$-Q_{targ}$	$-Q_{targ} - Q_{aft}$	Q_{targ} (-ve)	$Q_{targ} - Q_{fwd}$
	새깅	+ve	전방	$-Q_{targ}$	$-Q_{targ} - Q_{aft}$	Q_{targ} (+ve)	$Q_{targ} - Q_{fwd}$
	새깅	+ve	전방	$-Q_{targ}$	$-Q_{targ} - Q_{aft}$	Q_{targ} (+ve)	$Q_{targ} - Q_{fwd}$

(비 고)
기호 정의에 대하여는, **2.5.3.2**를 참조한다.

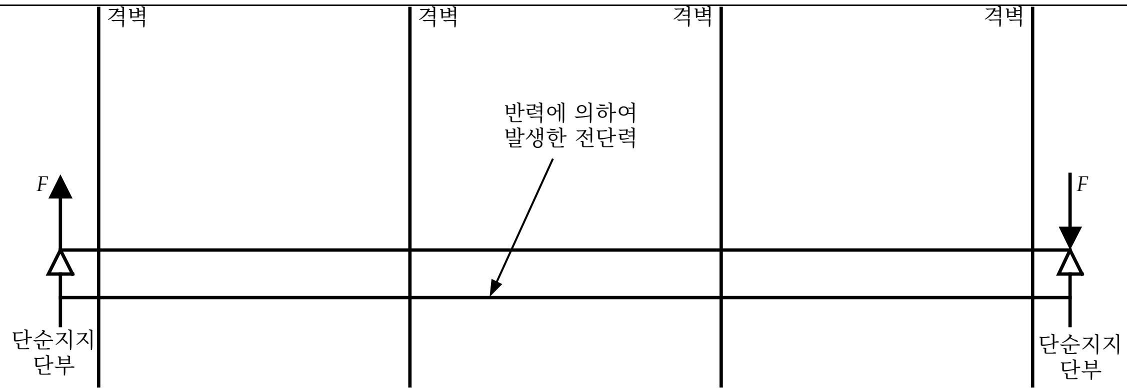
그림 B.2.11
프레임 위치에서의 조정수직력 분포 및 결과전단력 분포



(비 고) : 횡격벽위치의 프레임에는 하중을 가하지 않는다.
최후방 탱크의 후방 횡격벽 및 최전방 탱크의 전방 격벽의 범위를 넘는 프레임에는 하중을 가하지 않는다.
F = 지지 단에 의하여 발생하는 반력



프레임 위치에서의 수직력에 의한 전단력 분포



(비 고) : $l_1 = l_3$ 이고, $\Delta l_{fore} = \Delta l_{end}$ 이면, $F = 0$, 하중은 모델의 길이 중앙에 대하여 대칭이다.

(비 고)
기호 정의에 대하여는, 표 **B.2.7**을 참조한다.

2.5.3.3 격벽에서 전단력 증가를 계산하기 위하여 각 프레임에 가하는 수직하중의 값은 단순보모델을 이용하여 계산할 수 있다. 각 탱크 내에서 프레임 간격이 균일할 경우, 각 프레임에서 분포되는 수직력의 양은 **표 B.2.7**에 따라 계산할 수 있다. 개별 화물탱크의 길이 및 프레임 간격은 다를 수 있다.

표 B.2.7
수직 전단력 조정을 위한 수직분포하중 계산식

$$\delta w_1 = \frac{\Delta Q_{aft}(2l - l_2 - l_3) + \Delta Q_{fwd}(l_2 + l_3)}{(n_1 - 1)(2l - l_1 - 2l_2 - l_3)}$$

$$F = 0.5\left(\frac{W1(l_2 + l_1) - W3(l_2 + l_3)}{l}\right)$$

$$\delta w_2 = \frac{(W1 + W3)}{(n_2 - 1)} = \frac{(\Delta Q_{aft} - \Delta Q_{fwd})}{(n_2 - 1)}$$

$$\delta w_3 = \frac{-\Delta Q_{fwd}(2l - l_1 - l_2) - \Delta Q_{aft}(l_1 + l_2)}{(n_3 - 1)(2l - l_1 - 2l_2 - l_3)}$$

여기서,

l_1	모델의 후방 화물탱크의 길이
l_2	모델의 가운데 화물탱크의 길이
l_3	모델의 전방 화물탱크의 길이
ΔQ_{aft}	가운데 탱크의 후방격벽에서의 요구되는 전단력 조정량(**그림 B.2.10** 참조)
ΔQ_{fwd}	가운데 탱크의 전방격벽에서의 요구되는 전단력 조정량(**그림 B.2.10** 참조)
F	각 프레임에 수직하중의 적용으로 인한 단부 반력
$W1$	유한요소 모델의 후방 탱크 내에서 적용하는 전체 균일분포 수직하중, $(n_1 - 1)\ \delta w_1$
$W2$	유한요소 모델의 중앙부 탱크에 적용하는 전체 균일분포 수직하중, $(n_2 - 1)\ \delta w_2$
$W3$	유한요소 모델의 전방 탱크에 적용하는 전체 균일분포 수직하중, $(n_3 - 1)\ \delta w_3$
n_1	유한요소 모델의 후방 화물탱크 내의 프레임 간격 수
n_2	유한요소 모델의 중앙부 화물탱크 내의 프레임 간격 수
n_3	유한요소 모델의 전방 화물탱크 내의 프레임 간격 수
δw_1	유한요소 모델의 후방 화물탱크 내 프레임에서의 분포 하중
δw_2	유한요소 모델의 중앙부 화물탱크 내 프레임에서의 분포 하중
δw_3	유한요소 모델의 전방 화물탱크 내 프레임에서의 분포 하중
Δl_{end}	후방 화물탱크의 단부 격벽에서 모델 후단까지 거리
Δl_{fore}	전방 화물탱크의 전방 격벽에서 모델 전단까지 거리
l	단부 격벽의 범위를 넘는 부분을 포함하는 유한요소 모델(보)의 전체 길이로 다음 식에 의한 값, $l_1 + l_2 + l_3 + \Delta l_{end} + \Delta l_{fore}$

(비 고)

1. 식 중의 하중, 전단력 및 조정전단력의 양의 방향은 **그림 B.2.10** 및 **B.2.11**에 따른다.
2. $W1 + W3 = W2$
3. 위의 식들은 각 탱크 내에서 프레임 간격이 등 간격이 사용되는 경우에만 적용됨에 유의하여야 하며, **2.5.3.3**을 참조할 것. 개별 화물탱크의 길이 및 프레임 간격은 다를 수 있다.

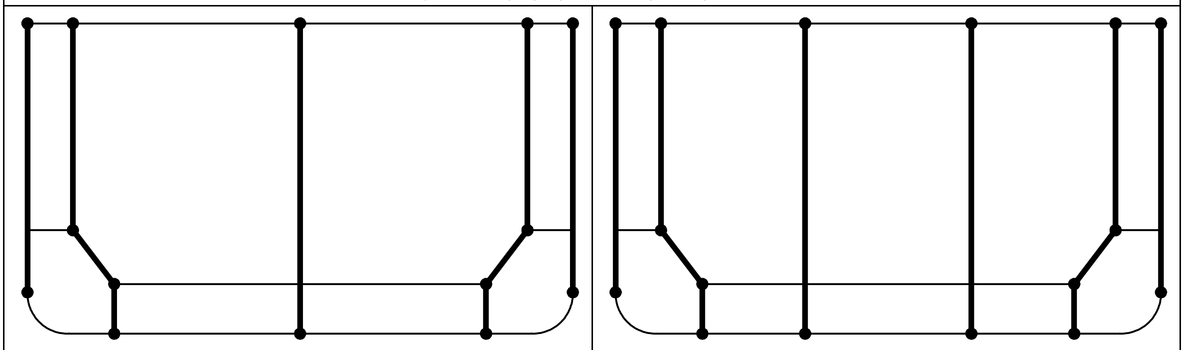
2.5.3.4　수직 하중을 발생시키기 위하여 각 트랜스버스 프레임 단면의 구조 부분에 적용해야하는 조정하중의 양 $\delta w_{i,}$은 **그림 B.2.12**에 따라야 한다. 이 하중은 해당 구조부분의 유한요소 절점에 분포시켜야 한다. 4-절점 또는 3-절점 판 유한요소를 사용하는 경우, 판 요소의 각 절점에 적용해야 하는 하중은 다음에 의한다.

$$F_{i-grid} = \frac{\sum_{1}^{n} 0.5\, A_{i-elem-net50}}{A_{s-net50}} F_s$$

여기서,

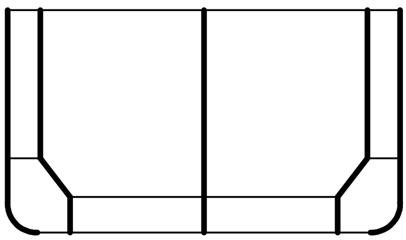
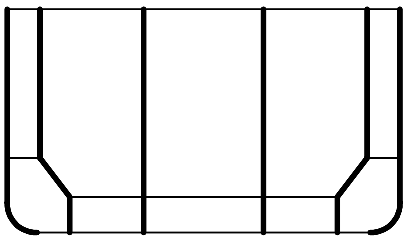
F_{i-grid}	고려 중인 각 구조부재(즉, **그림 B2.12**에 정의한 선측외판, 종격벽 및 선저 거더, 내측 종격벽, 호퍼 판, 내측 선체의 상부 경사판 및 외측 거더) 상의 i 번째 유한요소 절점에 적용하는 하중
$A_{i-elem-net50}$	i 번째 절점에 연결되어 있는, 고려 중인 각 구조부재(**그림 B.2.12**)의 각 판 요소의 단면적
n	i 번째 절점에 연결되어 있는 판 요소의 번호
F_s	**그림 B.2.12**에 명시되어 있는, 고려 중인 각 구조부재에 적용하는 전체 하중
$A_{s\text{-}net50}$	고려 중인 각 구조부재(즉, **그림 B2.12**에 정의한 선측외판, 종격벽 및 선저 거더, 내측 종격벽, 호퍼 판, 내측 선체의 상부 경사판 및 외측 거더)의 판 단면적

그림 B.2.12
횡단면에서의 조정하중의 분포



구조부재	적용하중 F_s
외판	$f \cdot \delta w_i$
하부 선저거더를 포함하는 종격벽	$f \cdot \delta w_i$
내측 선체 종격벽(수직 부분)	$f \cdot \delta w_i \cdot \frac{A_{Ih-net50}}{A_{2-net50}}$
호퍼 판	$f \cdot \delta w_i \cdot \frac{A_{Hp-net50}}{A_{2-net50}}$
내측 선체의 상부 경사 판	$f \cdot \delta w_i \cdot \frac{A_{Usp-net50}}{A_{2-net50}}$
외측 거더	$f \cdot \delta w_i \cdot \frac{A_{Og-net50}}{A_{2-net50}}$

그림 B.2.12 (계속) **횡단면 상의 조정하중의 분포**	
여기서,	
δw_i	트랜스버스프레임 위치의 각 횡단면에 작용하는 수직하중(**2.5.3.3** 및 **표 B.2.7** 참조)
f	표 B.2.8에 따라 탱크 중앙부 위치에서 계산된 구조 부분의 전단력 분포계수
$A_{Ih\text{-}net50}$	각 내측 선체 종격벽의 판 단면적
$A_{Hp\text{-}net50}$	각 호퍼 판의 판 단면적
$A_{Usp\text{-}net50}$	내측 선체의 각 상부 경사판의 판 단면적
$A_{Og\text{-}net50}$	각 외측거더의 판 단면적
$A_{2\text{-}net50}$	**표 B.2.8**에 따라 계산되는 판 단면적
(비 고) 1. 조정 하중은 내측 선체의 호퍼 경사판 및 상부 경사판의 면내에 작용시켜야 한다. 2. 주어진 조정 하중은 각 구조부재에 작용시켜야 한다.	

표 B.2.8 **전단력 분포 계수**		
	선측외판	$f = 0.055 + 0.097\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.020\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$
	내측선체	$f = 0.193 + 0.059\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.058\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$
	중심선 종격벽	$f = 0.504 - 0.076\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} - 0.156\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$
	선측외판	$f = 0.028 + 0.087\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.023\dfrac{A_{-net502}}{A_{3-net50}}$
	내측선체	$f = 0.119 - 0.038\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.072\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$
	종격벽	$f = 0.353 + 0.049\dfrac{A_{1-net50}}{A_{2-net50}} + 0.095\dfrac{A_{2-net50}}{A_{3-net50}}$
여기서, $A_{1\text{-}net50}$ 개별 외판(즉 편현)의 판 단면적으로, 빌지를 포함한다. $A_{2\text{-}net50}$ 개별 내측 선체 종격벽(즉 편현)의 판 단면적으로, 호퍼 경사판, 그리고 이중저 측거더 및 설치된 경우 내측 선체의 상부 경사판을 포함한다. $A_{3\text{-}net50}$ 개별 종격벽의 판 단면적으로, 이중저 거더를 포함한다.		
(비 고) 1. 구조부재의 일부가 수직이 아닌 경우, 면적은 수직방향으로의 투영면적을 사용하여 계산하여야 한다. 2. 모든 판 면적은 화물탱크 유한요소 모델의 모델링 두께를 기준으로 계산하여야 하며, **2.2.1.5**를 참고할 것. 3. 수직 파형 종격벽에 대하여, 전단력 분포계수 f의 계산을 위한 파형두께는 **4장/2.6.4**에 따라 수정하여야 한다.		

2.5.4 수직 및 수평 굽힘모멘트 조정절차

2.5.4.1 모델의 중앙부 탱크 모델에 있어서, 요구되는 수직 굽힘 모멘트를 유발시키기 위하여, 추가의 수직 굽힘 모멘트를 화물탱크 유한요소모델의 양단에 작용시켜야 한다. 이 단부 수직 굽힘모멘트는 다음에 의한다.

$$M_{v-end} = M_{v-targ} - M_{v-peak}$$

여기서,

M_{v-end} : 유한요소 모델의 양단에 적용하는 추가 수직 굽힘모멘트

M_{v-targ} : **2.4.5**에 규정한 요구되는 호깅(양) 또는 새깅(음) 수직 굽힘모멘트

M_{v-peak} : **2.5.2.3**에 규정한 국부 하중 및 **2.5.3**에 규정한 전단력 계산에 이용하는 추가 수직하중에 의하여 발생하는, 중앙부 탱크에서의 최대 또는 최소 굽힘모멘트. M_{v-targ} 이 호깅(양)인 경우에는 M_{v-peak} 은 최대 굽힘모멘트로 취하며, M_{v-targ} 이 새깅(음)인 경우에는 최소 굽힘모멘트로 취한다. M_{v-peak} 은 유한요소 해석으로부터 얻을 수 있는데, 대체안으로서 M_{v-peak} 은 단순지지 보 모델에 기초하여 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$M_{v-peak} = Max\,\{M_o + xF + M_{lineload}\}$$

M_o : **2.5.2.3**에서 기술한 국부하중으로 인한 위치 x 에서의 수직 굽힘모멘트

$M_{lineload}$: 요구되는 전단력 계산에 이용한 각 프레임에서의 수직 선하중의 적용으로 인한, 위치 x 에서의 수직 굽힘모멘트.(**2.5.3** 참조)

F : 각 프레임에 가한 수직하중으로 인한 단부 반력. (**2.5.3** 참조)

x : 단부로부터 모델 중앙부 탱크의 프레임까지의 종방향 거리.(**2.5.4.2** 참조)

2.5.4.2 횡파 및 사파 하중상태에 대하여, 모델의 중앙부 탱크 길이 내의 한 단면에서, 요구되는 수평 굽힘모멘트를 유발시키기 위하여 화물탱크 유한요소모델의 양단에 추가 수평 굽힘 모멘트를 작용시켜야 한다. 추가 수평 굽힘 모멘트는 다음에 의한다.

$$M_{h-end} = M_{h-targ} - M_{h-peak}$$

여기서,

M_{h-end} : 유한요소 모델 양단에 적용하는 부가 수평굽힘모멘트

M_{h-targ} : 요구되는 목표 수평굽힘모멘트(**2.4.6** 참조)

M_{h-peak} : **2.5.2.3**에 규정한 국부하중으로 인한 중앙부 탱크의 길이 내의 최대 또는 최소 수평 굽힘모멘트. M_{h-peak} 은 M_{h-targ} 이 양(우현 측이 인장)인 경우에는 최대 수평 굽힘모멘트로 취하고, M_{h-targ} 이 음(좌현 측이 인장)인 경우에는 최소 수평굽힘모멘트로 취하여야 한다.

2.5.4.3 **2.5.4.1** 및 **2.5.4.2**에서 규정한 각 최대 또는 최소 굽힘모멘트 위치 및 값을 식별할 수 있도록, 수직 및 수평 굽힘모멘트를 유한요소 모델의 중앙부 탱크길이의 전 범위에 걸쳐 계산하여야 한다.

2.5.4.4 부가 수직 굽힘모멘트 $M_{v\text{-}end}$ 와 수평 굽힘 모멘트 $M_{h\text{-}end}$ 는 화물탱크 모델의 양 단에 가하여야 한다. 굽힘 모멘트는 **2.5.4.5** 또는 **2.5.4.6**에 규정한 어느 한 방법에 의하여 계산하여 적용하여도 좋다.

2.5.4.5 다음과 같이 단순보 이론에 따라 모델 양단에서, 종방향 전 요소의 절점에 축 하중을 분포 시킴으로써, 수직 및 수평 굽힘모멘트를 가할 수 있다.

$$(F_x)_i = \frac{M_{v-end}}{I_{y-net50}} \frac{A_{i-net50}}{n_i} z_i$$ 수직굽힘모멘트에 대하여

$$(F_x)_i = \frac{M_{h-end}}{I_{z-net50}} \frac{A_{i-net50}}{n_i} y_i$$ 수평굽힘모멘트에 대하여

여기서,

$M_{v\text{-}end}$: 모델 단에 적용하는 부가 수직굽힘모멘트

$M_{h\text{-}end}$: 모델 단에 적용하는 부가 수평굽힘모멘트

$(F_x)_i$: i 번째 요소의 절점에 부가하는 축력

$I_{y\text{-}net50}$: 수평중립축에 관한 단부 단면에서의 선체거더 수직 단면 2차모멘트

$I_{z\text{-}net50}$: 수직중립축(통상 중심선)에 관한 단부 단면에서의 선체거더 수평 단면 2차모멘트

z_i : 중립축으로부터 i 번째 요소의 단면적 중심까지의 수직 거리

y_i : 중립축으로부터 i 번째 요소의 단면적 중심까지의 수평 거리

$A_{i\text{-}net50}$: i 번째 요소의 단면적

n_i : 단면 상의 i 번째 요소의 절점 수(예를 들면, 4 절점 판요소에 대하여 $n_i = 2$)

2.5.4.6 수직 및 수평 굽힘모멘트를 가하는 별도의 대체안으로서, 수직 중립축(통상 중심선) 및 수평 중립축이 교차하는 독립된 절점에 부가하여도 좋다. (**그림 B.2.13** 참조) 이 단부 단면 상의 종방향 요소의 모든 절점은, 자유도 θ_y (수직굽힘에 대하여), θ_z (수평굽힘에 대하여) 및 δ_x 에 대하여, 독립 절점에 강체 연결시켜야 한다. 이 독립 절점은 강체 연결에 의한 것을 제외하고는 모델과 연결시키지 않아야 한다. 이러한 강체 연결은 가해진 굽힘모멘트의 작용 하에서 모델의 단부 단면을 평면으로 유지시키는데 있어서, 단순보 이론에 따라 절점에 규정된 변위를 가하는 것과 동등하다.

2.6 경계조건

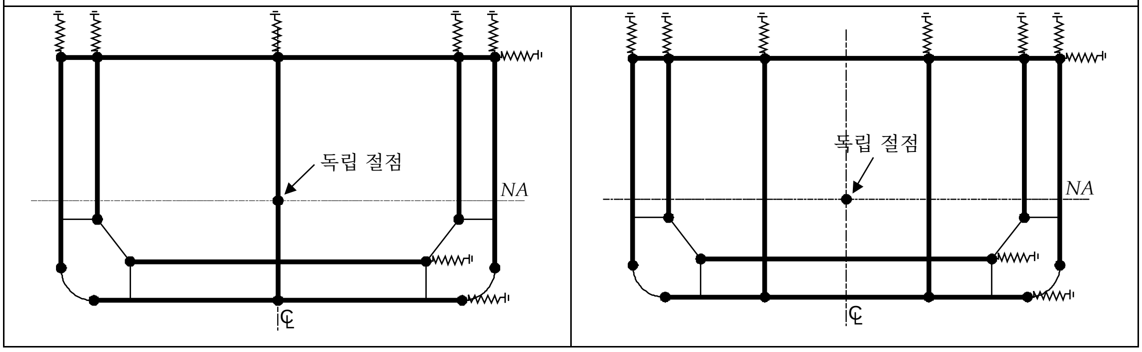
2.6.1 일 반

2.6.1.1 **2.6**절에 기술된 모든 경계조건은 **4장/1.4**에 정의한 전체 좌표계에 따른다. 화물탱크 유한요소모델의 양단에 적용하는 경계조건은 **표 B.2.9**에 의한다. 해석은 하나의 완전한 하중상태로서 모든 하중을 모델에 적용하여 수행할 수도 있고 몇 개의 별도 하위 하중상태로부터 구한 응력응답을 조합하여 수행할 수도 있다.

2.6.1.2 기반(ground) 스프링요소(즉, 일단의 6자유도가 구속된)로서, 전체 좌표계의 y 방향 자유도에 강성을 갖는 스프링요소에 있어서는, **그림 B.2.13**과 같이 상갑판, 내저판 및 선저외판에 연한 절점에 적용시킨다.

2.6.1.3 기반(ground) 스프링요소로, 전체 좌표계의 z 자유도 방향으로 강성을 갖는 **그림 B.2.13**과 같이 선측 외판, 내측 종격벽 및 유밀 종격벽의 연직부분에 연한 절점에 적용시켜야 한다.

그림 B.2.13
모델 단부에서의 스프링 지지



<table>
<tr><th colspan="7">표 B.2.9
모델 양단에서의 경계조건</th></tr>
<tr><th rowspan="2">위치</th><th colspan="3">병진</th><th colspan="3">회전</th></tr>
<tr><th>δ_x</th><th>δ_y</th><th>δ_z</th><th>θ_x</th><th>θ_y</th><th>θ_z</th></tr>
<tr><td colspan="7">후 단</td></tr>
<tr><td>후단
(모든 종 요소)</td><td>RL</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>RL</td><td>RL</td></tr>
<tr><td>후단 독립점, 그림 B.2.13를 참조할 것.</td><td>고정</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>$M_{v\text{-}end}$</td><td>$M_{h\text{-}end}$</td></tr>
<tr><td>갑판, 내저판 및 선저외판</td><td>-</td><td>스프링</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>선측외판, 내측판 및 종격벽</td><td>-</td><td>-</td><td>스프링</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="7">전 단</td></tr>
<tr><td>전단
(모든 종요소)</td><td>RL</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>RL</td><td>RL</td></tr>
<tr><td>전단 독립점, 그림 B.2.13를 참조할 것</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>$M_{v\text{-}end}$</td><td>$M_{h\text{-}end}$</td></tr>
<tr><td>갑판, 내저판 및 선저외판</td><td>-</td><td>스프링</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>선측외판, 내측판 및 종격벽</td><td>-</td><td>-</td><td>스프링</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="7">여기서,
- 구속 조건 없음(자유)
RL 모든 종요소의 절점들을, 중심선 상의 중립축에 있는 독립점에 강체 연결
(비 고)
1. 모든 병진 및 회전 변위는 4장/1.4에 정의되어 있는 전체 좌표계에 따른다.
2. $M_{h\text{-}end}$ 이 적용되지 않는 곳에서는, 전단 및 후단에 있는 독립점은 θ_z 을 자유로 하여야 한다.
3. $M_{v\text{-}end}$ 이 적용되지 않는 곳에서는, 전단 및 후단에 있는 독립점은 θ_y 을 자유로 하여야 한다.
4. 굽힘모멘트가 적용되지 곳에서는, 전단 및 후단에 있는 독립점은 θ_y 및 θ_z 를 자유로 하여야 한다..
5. 굽힘모멘트를 절점력으로써 적용하는 곳에서는, 전단 및 후단에 있는 독립점은 대응하는 회전 자유도(즉, θ_y 또는 θ_z)를 자유로 하여야 한다.</td></tr>
</table>

2.6.2 스프링 강성 계산

2.6.2.1 화물탱크 모델의 각 단에 적용하는, 각 구조 부재에 대한 개개의 스프링 요소의 강성 c 는 다음에 의한다.

$$c = \left(\frac{E}{1+\nu}\right)\frac{A_{s-net50}}{l_{tk}\ n} = 0.77\ \frac{A_{s-net50}E}{l_{tk}\ n} \quad \text{(N/mm)}$$

여기서,

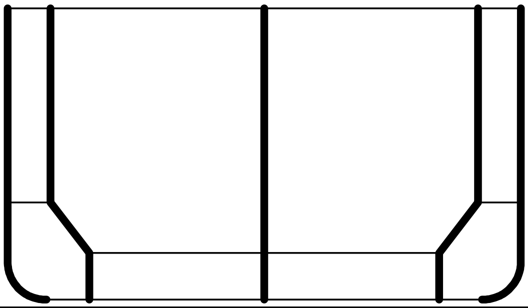
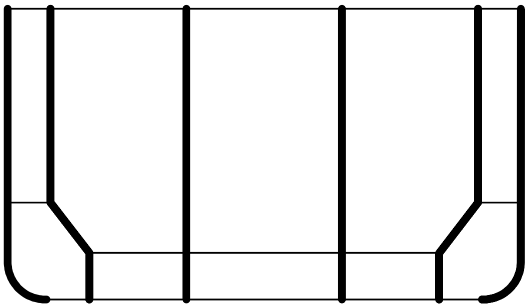
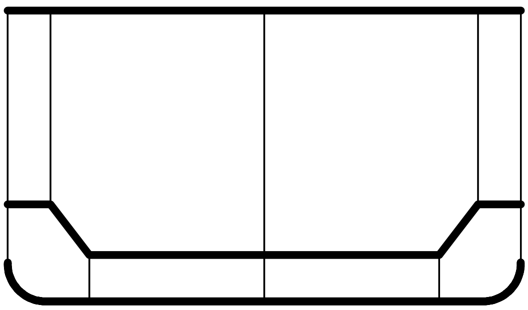
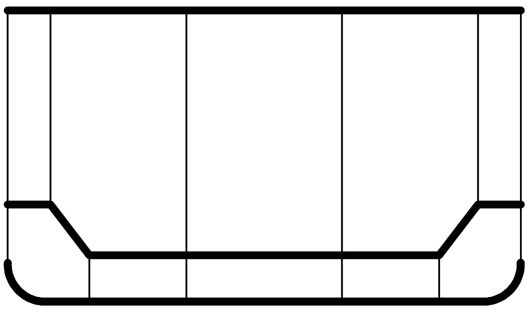
$A_{s\text{-}net50}$: 고려하는 개별 구조부재(즉 갑판, 내저판, 선저외판, 선측외판, 내측판 또는 유밀 종격벽의 판)의 전단면적. $A_{s\text{-}net50}$ 은, 고려중인 구조부재에 대하여 **표 B.2.10** 에 명시되어 있는 면적에 대하여, 화물탱크 유한요소 모델의 두께에 기초하여 계산하여야 한다.

ν : 재료의 포아송 비

l_{tk} : 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 횡격벽 간 화물탱크 길이

E : 재료의 탄성계수(N/mm^2)

n : 고려하는 구조부재에 스프링 요소가 적용되는 절점 총수

표 B.2.10 스프링 강성 계산에 고려하는 전단 면적	
수직 스프링	
	외판 빌지를 포함하는 선측외판 면적 내측 종통 격벽 호퍼 사판 및 이중저 측거더를 포함하는 내측판의 면적 종격벽 이중저 거더를 포함하는 종격벽 판 면적
	(비 고) 구조부재의 일부가 수직이 아닌 경우, 면적은 수직 방향으로의 투영면적을 시용하여 계산하여야 한다.
수평 스프링	
	갑판 갑판의 판 면적 내저판 호퍼 사판 및 수평 스트링거를 포함하는 내저판의 면적 선저 외판 빌지를 포함하는 선저외판의 면적
	(비 고) 구조부재의 일부가 수평이 아닌 경우, 면적은 수평 방향으로의 투영면적을 시용하여 계산하여야 한다.

2.6.2.2 수직 파형 종격벽에 대하여, 스프링강성 c 의 계산을 위한 파형부 두께는 **4장/2.6.4**에 따라 계산하여야 한다.

2.6.2.3 대안으로서, 스프링요소 대신 봉 요소를 사용할 수 있다. 이러한 봉 요소의 등가 단면적은 $(c \cdot l)/E$ 이며, 여기서 l 은 봉 요소의 길이이다. 봉 요소의 일단은 6자유도 모두 구속하여야 한다.

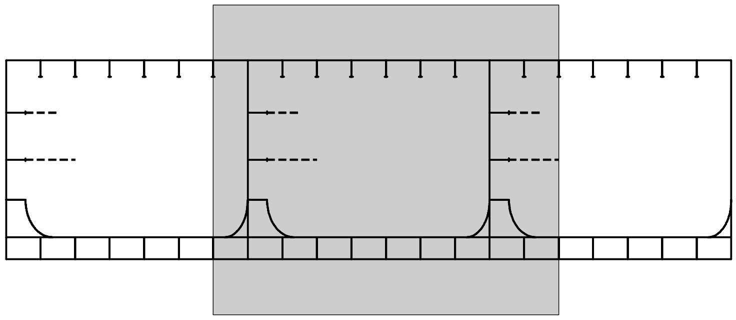
2.7 결과평가

2.7.1 일 반

2.7.1.1 허용기준에 대한 결과검증은 **그림 B2.14**에 보인 종 방향 범위 내의 구조부재에 대하여 수행한다. 여기에는 3 탱크길이 유한요소모델 가운데 탱크 및 횡격벽 스트링거 및 버트리스 구조 범위까지의 가운데 탱크의 전부 및 후부 구역을 포함한다. 선체중앙부 화물구역 내 탱크의 강도 평가에 대하여, 종강도부재, 1차 지지부재 및 횡격벽의 응력 수준 및 좌굴강도 능력을 검증하여야 한다. 선체거더 전단력에 대하여 횡격벽 위치에서 요구되는 강도평가에 대하여, 설치된 경우 상부 경사판을 포함하는 내측선체 종격벽 판, 선측외판, 호퍼, 선저거더 및 종격벽의 응력수준 및 좌굴강도 능력을 검증하여야 한다.

2.7.1.2 2.3.1절에 규정한 표준 하중상태 외에, **9장/2.2.3**에서 요구하는 특별히 고려되어야 하는 다른 모든 하중상태에 대하여도, 결과의 검증을 실시하여야 한다.

그림 B.2.14
유한요소 모델의 허용기준 평가 범위



2.7.2 응력평가

2.7.2.1 응력은 **9장/2.2.5**에 주어진 허용 값을 넘지 않아야 한다.

2.7.2.2 최대허용응력은 **2.2**에 기술한 요소분할 크기 및 요소 종류를 기준으로 한다.

2.7.2.3 von Mises 등가응력 σ_{vm} 은 판 요소의 면내 법선응력과 전단응력을 기초로 계산하여야 한다.쉘 요소를 사용하는 경우, 응력은 요소 판두께 중앙에서 평가하여야 한다. 판 요소가 사용된 경우, 응력은 요소중심에서 평가하여야 한다.

2.7.2.4 **2.7.2.5**에 명시한 것을 제외하고는, 개구 위치에서의 요소 전단응력은, 다음 식에 따라 전단면적 감소에 대하여 수정하여야 한다. 허용기준에 대한 검증을 위한 요소의 von Mises 응력을 계산하는데 수정된 요소 전단응력을 사용하여야 한다.

$$\tau_{cor} = \frac{h\ t_{mod-net50}}{A_{s-net50}}\ \tau_{elem}$$

여기서,

τ_{cor} : 수정된 요소전단응력

h : 개구부의 웨브 높이(**그림 B.2.8** 참조). 개구 기하학적 형상을 모델링 하는 경우, h 은 모델링된 개구 높이를 공제한 순높이로 취한다.

$t_{mod-net50}$: 개구부에서의 모델링된 웨브 두께(**표 B.2.2** 참조)

$A_{s-net50}$: 보강재 관통용 슬롯 때문에 공제된 면적을 고려하여, **4장/2.5**에 따라 계산된 웨브의 실제 유효 전단면적. 웨브의 두께는 총 두께로부터 $0.5t_{corr}$ 을 공제하여 얻어지는 순 두께에 기초하여야한다.

τ_{elem} : 수정 전의 요소전단응력

2.7.2.5 다음의 경우에는, 개구 존재로 인한 요소 전단 응력의 수정은 요구되지 않는다.

(a) 국부 지지 보강재 관통용의 모든 슬롯에 러그(lug) 고착 또는 칼라판이 설치 된 경우

(b) 모델링된 판 전단면적과 **4 장/2.5.1** 에 따라 계산된 실제 유효 전단면적 $A_{s-net50}$ 의 차이가 모델링된 전단면적의 20% 미만인 경우

(c) 항복 사용계수가 **9 장/표 9.2.1** 에 주어진 허용 항복사용계수의 80% 보다 작은 경우

2.7.2.6 파형부가 정확한 기하학적 형상으로 모델링 되지 않았을 경우, 수정된 파형부 플랜지 축응력 σ_{fl-act} 은 다음 중 큰 값으로 취하여야 한다.

$$\sigma_{fl-act} = \sigma_{fl-FEM} \frac{Z_{corr-FEM-net50}}{Z_{corr-act-net50}} \frac{l_{corr-act}}{l_{corr-FEM}}$$

$$\sigma_{fl-act} = \sigma_{fl-FEM}$$

여기서,

σ_{fl-FEM} : 유한요소해석으로부터 얻어지는 축응력(**그림 B.2.15** 참조)

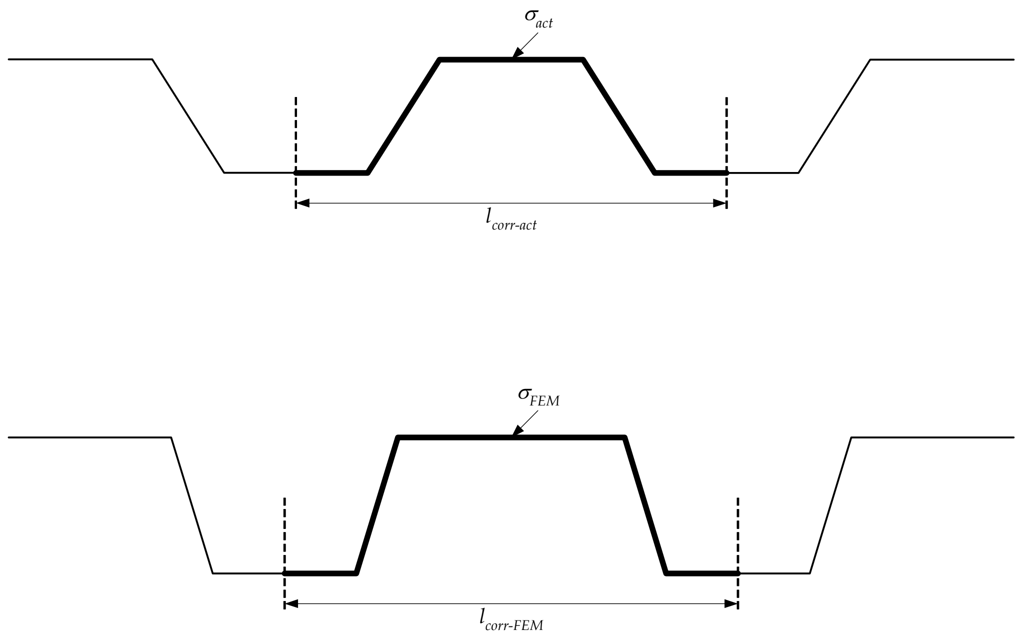
$Z_{corr-FEM-net50}$: **그림 B.2.15**에 따라 계산되는 모델링된 파형의 유효단면계수

$Z_{corr-act-net50}$: **그림 B.2.15**에 따라 계산되는 실제 파형의 유효단면계수

$l_{corr-act}$: **그림 B.2.15**에 주어진, 파형 단면의 유효폭

$l_{corr-FEM}$: **그림 B.2.15**에 주어진, 파형 단면의 유효폭

그림 B.2.15
플랜지 파형의 축 굽힘응력



(비 고)
$l_{corr-act} = Z_{corr-act-net50}$ 의 계산을 위한 파형단면의 길이
$l_{corr-FEM} = Z_{corr-FEM-net50}$ 의 계산을 위한 파형단면의 길이

2.7.3 좌굴 평가

2.7.3.1 상갑판, 이중선측외판, 선측외판, 선저, 이중저, 호퍼, 횡 및 수직 특설늑골, 스트링거, 횡 및 종 격벽 구조를 포함하는, 종 선체거더 구조부재, 1차 지지 구조부재 및 횡격벽의 평판및 보강 패널에 대하여 좌굴 능력을 평가하여야 한다. 곡면이 있는 패널(예를 들어,빌지), 1차 지지부재의 면재 및 트리핑 브래킷은 유한요소해석으로 구한 응력결과에 기초한 좌굴강도 평가는 하지 않는다.

2.7.3.2 모든 판 및 보강 패널에 대하여 좌굴에 대한 사용(utilization) 계수는, **9장/2.2.5**에 규정한 허용값을 초과할 수 없다. 판 및 보강 패널의 좌굴 평가를 수행하는 방법은 **부록 D/5**에 규정한다.

2.7.3.3 좌굴평가는 제안 두께에서 전체 부식 추가두께 t_{corr} 및 모든 선주 여분을 공제하여 구한 순 두께에 기초한 좌굴능력모델과 관련한 유한요소해석으로부터 구한 응력을 기초로 한다. 이 순 두께는 모든 판, 보강재 웨브판 및 면재판에 적용한다.

2.7.3.4 좌굴평가는 판요소의 중심에서 계산한 막응력을 기초로 한다. 쉘요소를 사용하는 경우, 좌굴평가를 위하여 요소 판두께 중앙에서의 응력을 사용한다.

2.7.3.5 좌굴 계산에서, 이축 압축응력, 전단응력 및 면외 압력 하중의 상호작용을 고려하여야 한다. **2.7.2**에서 요구한 응력 수정을 유한요소 응력에 적용하는 경우, 좌굴 평가는 수정된 응력을 기초로 한다.

2.7.3.6 크로스타이 배치를 갖는 유조선에 대하여, 크로스타이의 필러 좌굴 능력은 **10장/3.5.1**에 규정한 좌굴공식에 기초하여 평가하여야 한다. 선박 횡방향으로 크로스 타이의 스팬 중앙에서, 단면적에 의하여 가중계산된 평균 축압축 응력을 좌굴평가에 사용하여야 한다.

2.7.3.7 파형격벽의 모델링에 대한 적절한 진보된 좌굴방법이 **부록 D/5**에 규정되어 있지 않기 때문에, 단위파형 면재의 국부좌굴 평가는 **10장/3.5.2** 에 따라 수행하고 **9장/2.2.5**에 규정한 기준을 따른다. 이 평가는 파형너클에 평행한 일 축응력(요소중심의 막응력) 만에 기초하여야 한다. 요소 간의 평균응력을 사용하여서는 아니 된다. 하부 스툴 정판으로부터 위로 *s*/2 (*s* 는 플랜지의 폭)까지의 파형 판의 면재 부분에 대하여, 좌굴평가을 위한 응력은 스툴 정부 위로 *s*/2 위치에서 구한 값보다 더 큰 값으로 취할 필요는 없다. 만약 *s*/2 위치의 응력 값을 판 요소로부터 직접 구할 수 없는 경우, 보간법으로 구하여도 좋다.

2.7.3.8 개구를 가진 패널의 모델링에 대한 적당한 진보된 좌굴방법이 **부록 D/5**에 규정되어 있지 않기 때문에, 1차 지지부재 웨브 판의 개구부 국부좌굴강도는 **9장/2.2.5**에 규정한 좌굴사용계수에 따라 **10장/3.4**에 의하여 평가하여야 한다. 이 평가는 판 요소의 중심에서 계산한 유한요소 막 응력에 기초하여야 한다. 좌굴평가을 위한 웨브 면적 내의 응력은 요구되는 면적 내의 판 요소의 평균응력으로서 구하여야 한다. 화물탱크 해석 또는 국부 상세 분할요소 해석에서 구한 응력 중, 어느 것을 이용하여 평가하여도 좋다. 개구 영향을 화물탱크 해석에서 고려하지 않은 경우, 유한요소해석으로부터 구한 응력은 **2.7.2.4** 및**2.7.2.5**에 따라 수정하여야 한다.

3 국부 상세분할 구조강도 해석

3.1 일 반

3.1.1 적 용

3.1.1.1 일반적인 배치를 가지는 탱커에 대하여, 구조 상세의 유한요소 상세분할해석은 이 절에 주어진 요건에 따라야 한다.

3.1.1.2 상세 분할요소 해석의 추가 요건은 **9 장/2.3.1.3** 및 **9 장/2.3.1.4** 에 따라야 한다.

3.1.2 횡 특설늑골 및 제수격벽

3.1.2.1 **그림 B.3.1** 에 보인 상부 호퍼너클 연결부는, 화물탱크 모델의 중앙부 탱크의 전형적인 횡 특설늑골에 대하여, 상세 분할요소 해석에 의하여 평가하여야 한다. **3.1.6** 에 주어진 심사(screening) 기준을 만족하지 못하는 경우, **그림 B.3.1** 에 제시된 주 브래킷 토우 및 개구는 상세 분할요소 해석에 의하여 평가하여야 한다.

3.1.2.2 제수 격벽이 설치된 경우, **3.1.6** 에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우, **그림 B.3.1** 에 제시된 횡 및 수직 웨브의 주 브래킷 토우 및 개구는 상세 분할요소 해석에 의하여 평가하여야 한다.

3.1.2.3 화물탱크해석의 결과, 최대 von Mises 응력을 나타내는 특설늑골에 대하여 상세 분할요소 해석 대상으로 선택하여야 한다.

그림 B.3.1
전형적인 횡 특설늑골, 제수격벽 및 횡격벽에 인접한 특설늑골의
상세 분할요소 해석의 검토가 요구되는 구역

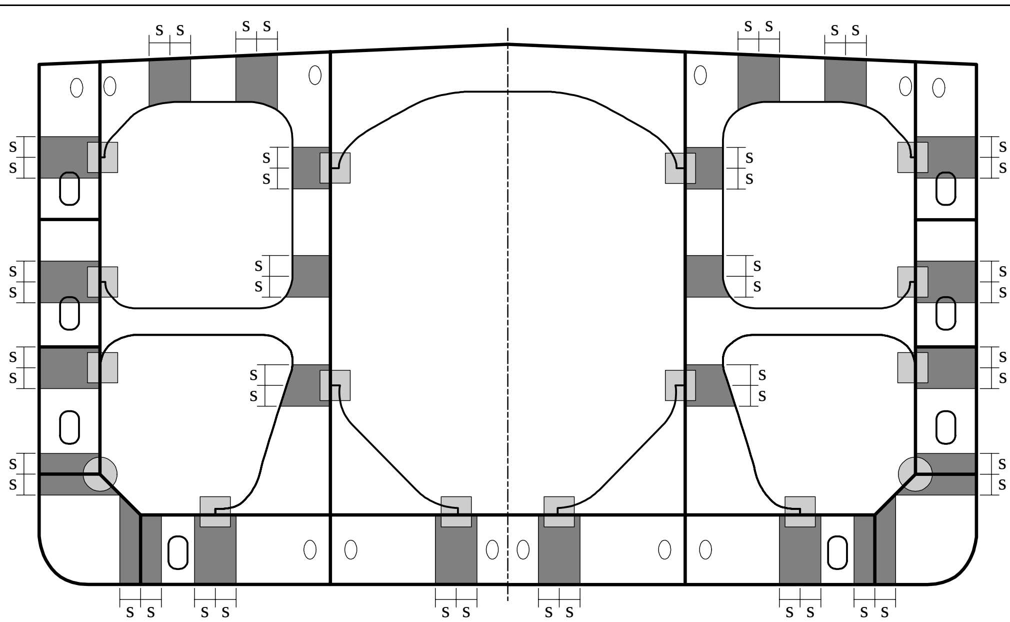


그림 B.3.1 (계속)
전형적인 횡 특설늑골, 제수격벽 및 횡격벽에 인접한 특설늑골의
상세 분할요소 해석의 검토가 요구되는 구역

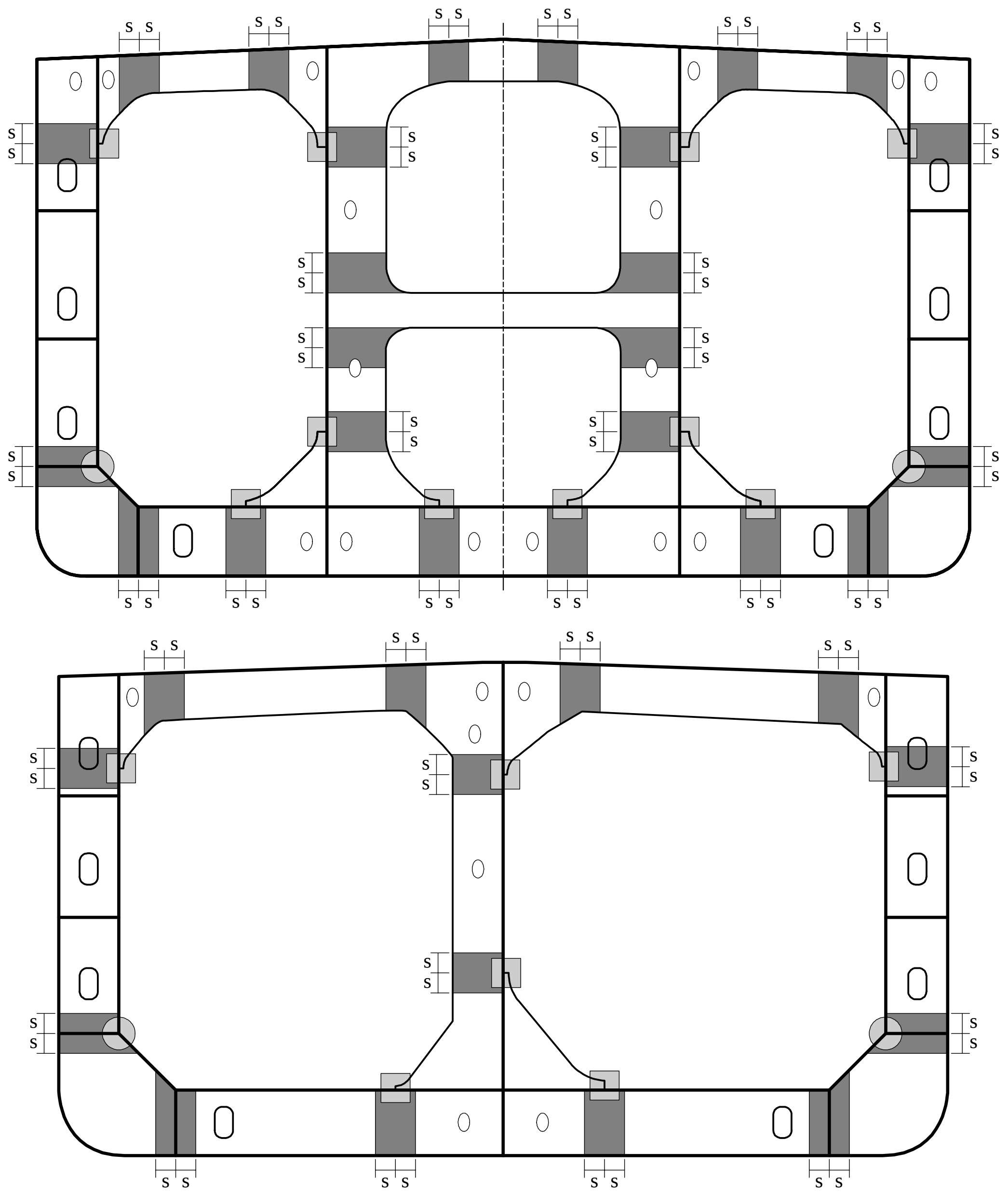
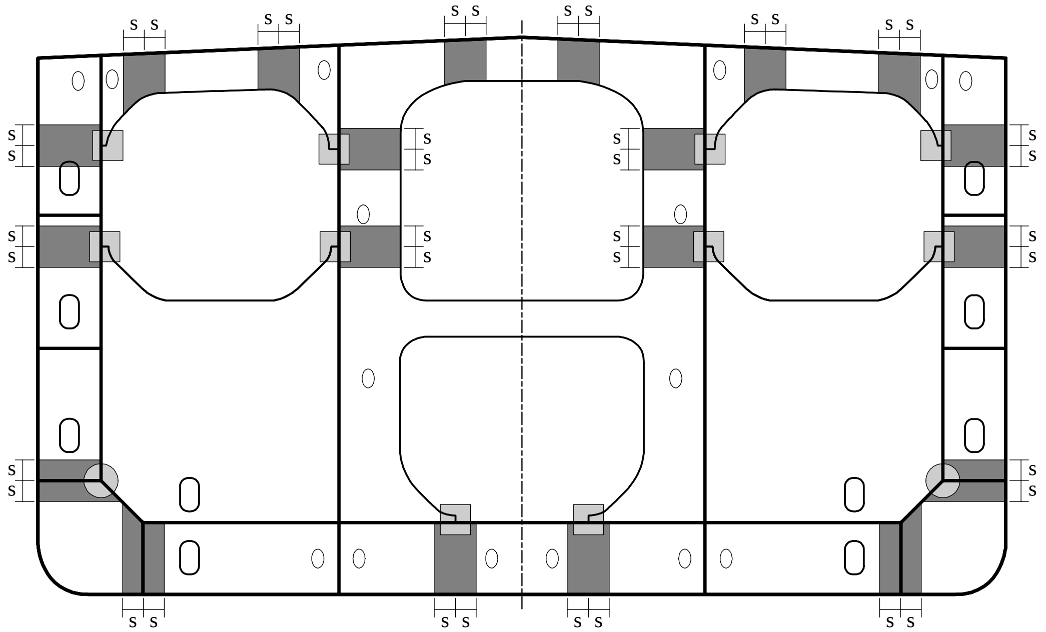


그림 B.3.1 (계속)
전형적인 횡 특설늑골, 제수격벽 및 횡격벽에 인접한 특설늑골의
상세 분할요소 해석의 검토가 요구되는 구역



- 상부 호퍼 너클
- 브래킷 토우
- 개구(음영 구역)
- 개구(음영이 없는 구역)

3.1.2에 보인 화물탱크 전형적인 특설늑골에 대하여, 상부 호퍼 너클의 상세 분할요소 해석이 요구된다. 횡격벽에 인접한 특설늑골의 상부 빌지호퍼 너클에 대하여는, 상세 분할요소 해석을 요구하지 않는다.

3.1.6에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우, 상세 분할요소 해석을 수행하여야 한다.

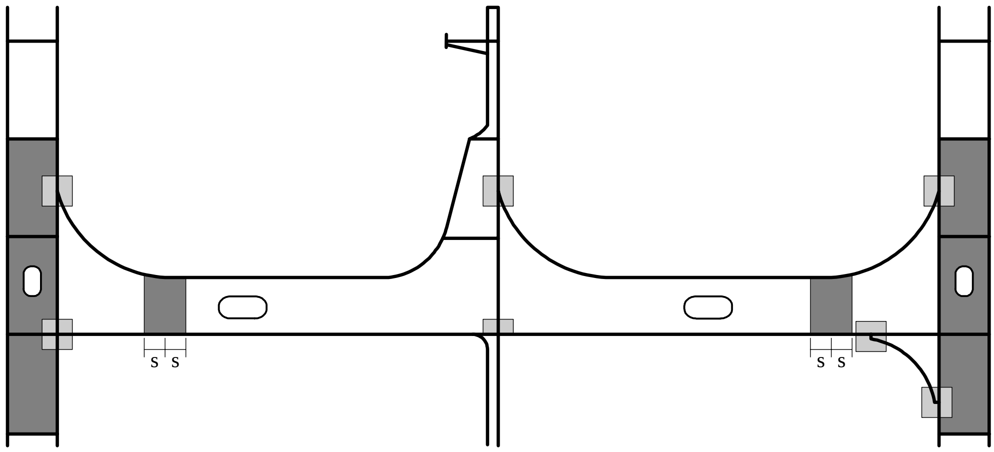
3.1.6에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우에는, 음영 구역의 모든 개구에 대하여 상세 분할요소 해석을 수행하여야 한다.

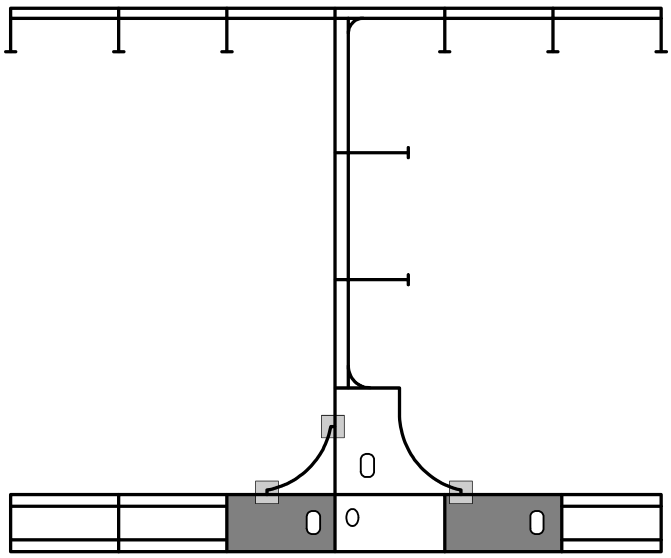
다음의 경우, 음영이 없는 구역의 개구에 대하여는 **3.1.6**에 주어진 심사 기준에 기초한 상세 분할요소 해석 또는 평가를 요구하지 않는다.

- $h_o/h < 0.35$ 및 $g_o < 1.2$ 그리고,
- 개구부의 각 단이 반 원호를 형성하는 경우 (즉, 개구의 반지름이 $b/2$ 인 개구부의 각 단부)

여기서, h_o, h 및 g_o 은 **표 B.2.2**에 정의되며, b 는 개구 길이와 폭 중 작은 값이다. 음영이 없는 구역의 다른 개구부는, **3.1.6**에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우, 상세분할 요소 해석을 하여야 한다.

그림 B.3.2
수평 스트링거 및 횡격벽과 이중저와의 연결부에 있어서
상세 분할요소 해석의 검토 요구 범위





상세 분할요소 해석 시 필요한 고려 구역

3.1.6에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우, 상세 분할요소 해석을 수행하여야 한다.

브래킷 토우 및 힐 (heel)	**3.1.6**에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우, 상세 분할요소 해석을 수행하여야 한다.
개구(음영 구역)	**3.1.6**에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우, 음영 구역의 모든 개구부에 대하여 상세 분할요소 해석을 수행하여야 한다.
개구(음영 없는 구역)	다음의 경우, 음영이 없는 구역의 개구에 대하여는 **3.1.6**에 주어진 심사 기준에 기초한 상세 분할요소 해석 또는 평가를 요구하지 않는다. • $h_o/h < 0.35$ 및 $g_o < 1.2$ 그리고, • 개구의 각 단이 반 원호를 형성하는 경우 (즉, 개구의 반지름이 $b/2$ 인 개구부의 각 단부) 여기서, h_o, h 및 g_o 은 **표 B.2.2**에 정의되며, b 은 개구길이와 폭 중 작은 값이다. 음영이 없는 구역의 다른 개구는, **3.1.6**에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우, 상세 분할요소 해석을 하여야 한다.

3.1.3 횡격벽 스트링거, 버트리스 및 인접한 특설늑골

3.1.3.1 **3.1.6** 에 주어진 심사 기준을 만족하지 못하는 경우, 다음 위치들에 대하여 상세 분할요소 해석을 수행하여야 한다.

(a) **그림 B.3.2** 에 명기된 횡격벽 수평 스트링거의 주요 브래킷 토우, 힐(heel)과 개구부. 화물 탱크 해석 결과, 구조 상세 위치에서 가장 높은 von-Mises 응력을 보이는 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 횡격벽 전후 스트링거에 대하여는, 상세 분할요소 해석을 하여야 한다.

(b) **그림 B.3.2** 에 명기된 횡격벽과 이중저와의 연결부 또는 버트리스 구조의 주요 브래킷 토우 및 개구부. 화물 탱크 해석 결과, 구조 상세 위치에서 가장 높은 von-Mises 응력을 나타내는 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 전후 횡격벽과 이중저와 연결부 또는 버트리스구조에 대하여는 상세 분할요소 해석 대상으로 하여야 한다.

(c) 횡격벽에 인접한 수직 특설늑골에 있어서, **그림 B.3.1** 에 명기된 주요 브래킷 토우및 개구부. 화물 탱크 유한요소 모델의 중앙부 탱크의 전후 횡격벽의 수평 스트링거와 수직 특설늑골의 연결부에 대하여도 고려하여야 한다. 화물 탱크 해석 결과, 구조 상세 위치에서 가장 높은 von-Mises 응력을 나타내는 특설늑골을 상세 분할요소 해석 대상으로 하여야 한다.

3.1.3.2 횡격벽 수평 스트링거와 선측 수평거더와의 힐(heel) 연결부에 있어서, 응력 수준이 허용 기준을 초과하는 경우에는, 응력을 감소시키기 위하여 **부록 C/2.5** 에 따라 이면 브래킷을 설치할 것을 권장한다.

3.1.4 상갑판, 이중저 종통재 및 이에 연결되는 횡격벽 수직보강재

3.1.4.1 다음 구조부재의 단부 연결부 및 이에 부착되는 웨브 보강재를 평가하여야 한다.

(a) 적어도 한쌍의 내저 및 선저 종통 보강재 및 이에 연결되는 횡격벽의 수직보강재

(b) 적어도 하나의 상갑판 종통 보강재 및 이에 연결되는 횡격벽의 수직보강재

3.1.4.2 해석할 종통재 및 수직보강재의 선택은 해당 부재의 지지점 사이(예를 들어 늑판과 횡격벽의 사이)의 최대 상대변위량에 기초하여야 한다. 보강재들 간에 단부 연결형상 및 치수에 현저한 차이가있는 경우, 추가의 보강재에 대한 해석을 하여야 한다. **그림 B.3.3** 은 상갑판, 내저 및 선저 종통재와 횡격벽 수직보강재와의 연결부 위치에서 상세 분할요소 해석이 요구되는 구역을 보여준다.

3.1.5 파형 격벽

3.1.5.1 파형 횡격벽 또는 파형 종격벽에 쉐더판이 없거나 거싯판이 없는 쉐더판이 설치된 경우, **그림 B.3.4** 에서 보여주는 파형판 하부 스툴정판과 하부지지구조와의 연결부분은, 상세

분할요소 해석에 의하여 평가하여야 한다. 하부 스툴이 설지되지 않은 경우, 파형판, 내저판 및 하부지지구조와의 연결부분은 상세 분할요소 해석에 의하여 평가하여야 한다.

3.1.5.2 거싯판을 갖는 쉐더판이 파형 횡격벽 또는 파형 종격벽에 설치되는 경우, 파형판과 거싯판의 상부 모서리와의 연결부는 상세 분할요소 해석에 의하여 평가하여야 한다.

3.1.5.3 상세 분할요소 해석의 대상이 되는 단위(unit) 파형격벽의 위치 선정은 화물탱크해석의 응력결과를 기준으로 한다. 파형판 연결 위치에서 최대 von-Mises 등가응력을 갖는 위치를 해석대상으로 선택하여야 한다.

3.1.5.4 횡 및 종 파형격벽이 서로 다른 형상이나 치수인 경우, 상세 분할요소 해석을 두 격벽 모두에 대하여 수행하여야 한다.

3.1.5.5 파형판과 하부 스툴과의 연결부에 있어서, 응력 수준이 허용 기준을 초과하는 경우, 응력을 감소시키기 위하여 **부록 C/2.5** 에 따라 쉐더판 및 거싯판을 설치할 것을 권장한다. 하부 스틀이 없는 파형 격벽에 대하여 요구되는 지지구조의 배치에 대하여는 **8 장/2.5.7.9** 를 참조한다.

그림 B.3.3
상갑판, 내저 및 선저 종늑골에 있어서 상세 분할요소 해석을 요구하는 구역

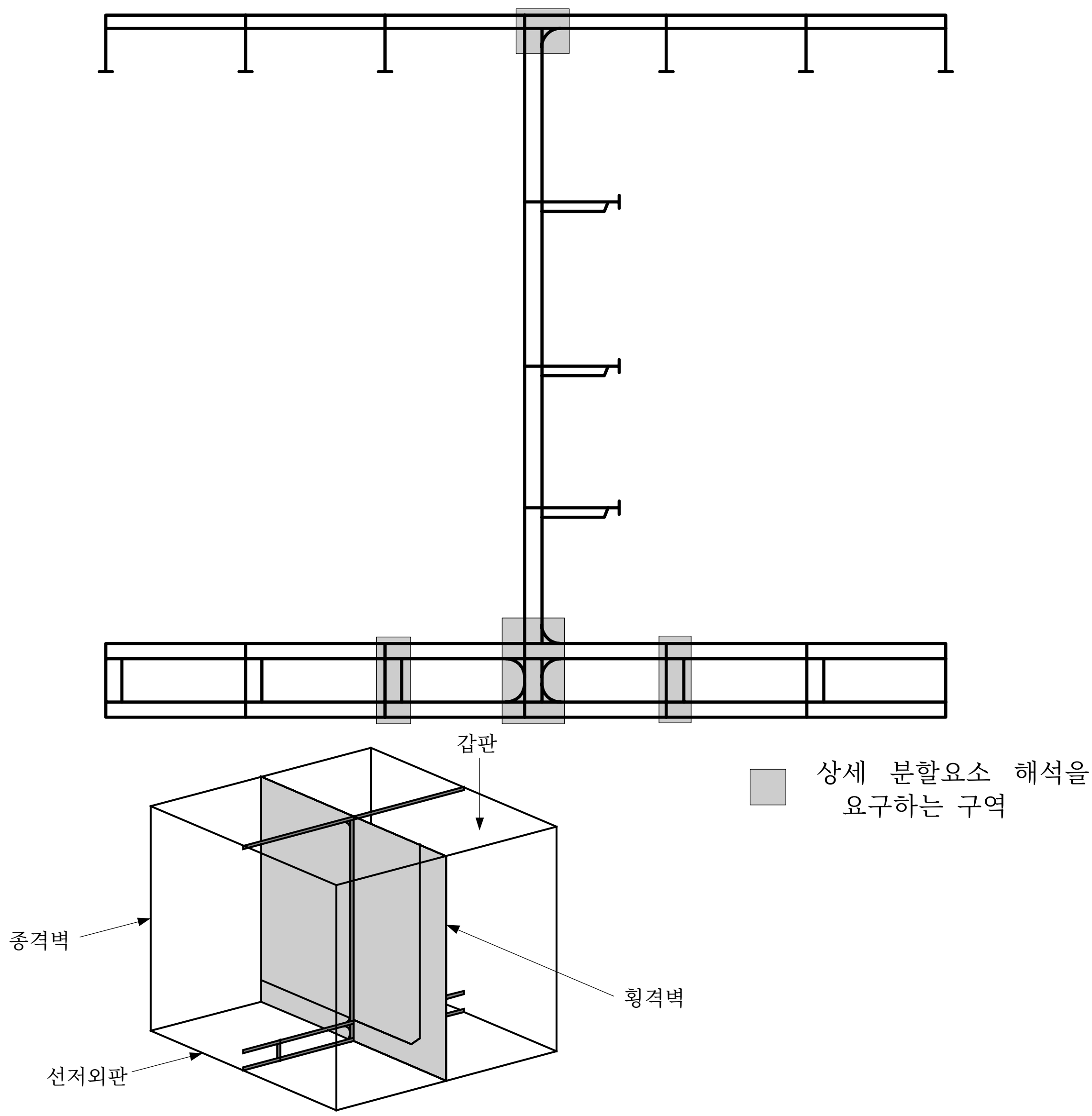
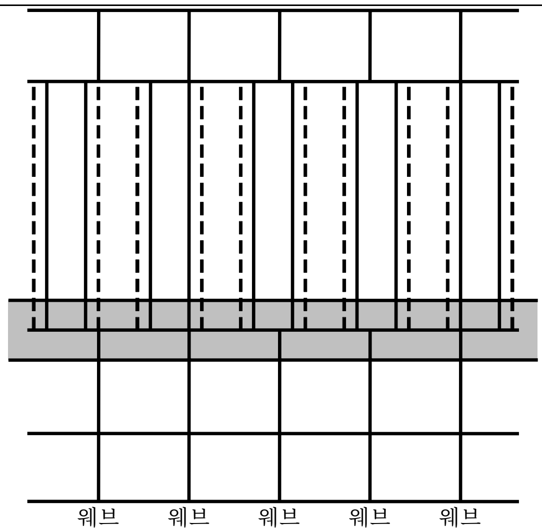


그림 B.3.4
파형격벽과 하부스툴의 연결부에 있어서 상세 분할요소 해석을 요구하는 구역



(비 고)
상세 분할요소 해석을 실시하는 단위(unit) 파형부재의 정확한 위치는, 화물탱크 응력해석결과에 기초하여 선정한다.

3.1.6 상세 분할요소 해석 필요성판정(screening) 기준

3.1.6.1 본 **3.1.6** 의 규정은 상세 분할 유한요소 해석에 의한 검토가 요구되는 구역을 식별하기 위한 것이다. **3.1.6** 의 기준은 횡 특설늑골의 개구부, 브래킷 토우 및 힐, 제수 격벽의 수직 및 횡 웨브, 횡격벽의 수평 스트링거 및 그에 연결되는 선측 수평거더, 버트리스 및선저 종거더에 적용한다.

3.1.6.2 본 **3.1.6** 에 규정하는 구조상세의 기준을 만족하는 경우, **3.1.6.3** 의 규정을 제외하고는, 해당 구조상세의 상세 분할유한요소 해석을 생략할 수 있다. 이 기준의 만족 여부는 모든 유한요소 하중상태에 대하여 검증되어야 한다.

3.1.6.3 기하학적 형상이 **표 B.2.2** 에 따라 화물탱크 유한요소 모델 내에 표현이 요구되는 경우, 큰 개구는 상세 분할요소 해석에 의하여 검토하여야 한다.

표 B.3.1
1차 지지부재 내의 개구부에 대한 상세 분할요소 해석 심사(screening) 기준

다음의 경우, 상세 분할 유한요소 해석을 수행하여야 한다.
$\lambda_y > 1.7$ (하중 조합 $S + D$)
$\lambda_y > 1.36$ (하중 조합 S)

여기서,

λ_y 항복 사용계수

$$= 0.85 C_h \left(\left| \sigma_x + \sigma_y \right| + \left(2 + \left(\frac{l_0}{2r} \right)^{0.74} + \left(\frac{h_0}{2r} \right)^{0.74} \right) \left| \tau_{xy} \right| \right) \frac{k}{235}$$

C_h $= 1.0 - 0.23 \left(\frac{h_0}{h} \right) + 2.12 \left(\frac{h_0}{h} \right)^2$ 윙 밸러스트 탱크의 수직거더 및 수평거더, 이중저 늑판 및 종거더 그리고 횡격벽의 수평 스트링거의 개구부에 대하여

$= 1.0$ 주요 브래킷 및 버트리스의 개구부에 대하여(하기 그림 참조)

r 개구부 반지름(mm)
h_0 웨브 깊이와 평행한 개구부 높이(mm)
l_0 거더 웨브 방향에 평행한 개구부 길이(mm)
h 개구부 위치에서 종거더 웨브의 높이(mm)
σ_x 화물탱크 유한요소해석으로부터 결정된, 도시한 좌표계에 따른 요소 x 방향의 축 응력(N/mm^2)
σ_y 화물탱크 유한요소해석으로부터 결정된, 도시한 좌표계에 따른 요소 y 방향의 축 응력(N/mm^2)
τ_{xy} 화물탱크 유한요소해석으로부터 결정된 요소 전단응력(N/mm^2) (2)
k **6장/1.1.4** 에 규정된 고장력강 계수. 단, 하중조합 S+D에 대하여는 0.78 이상으로 한다.

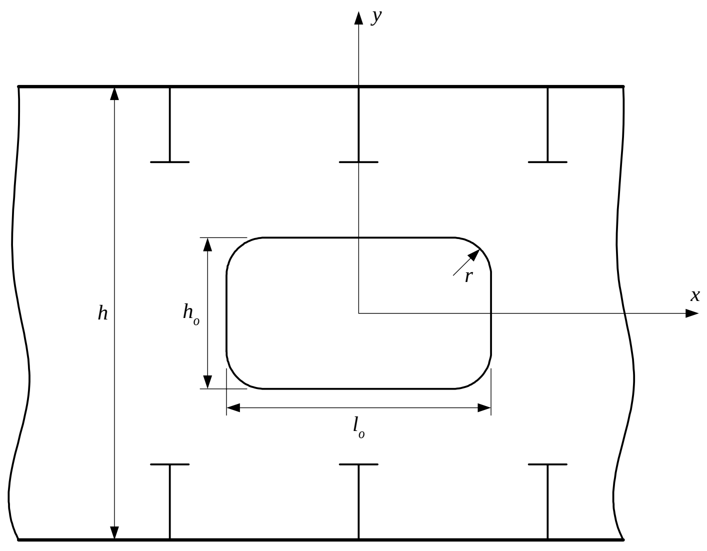
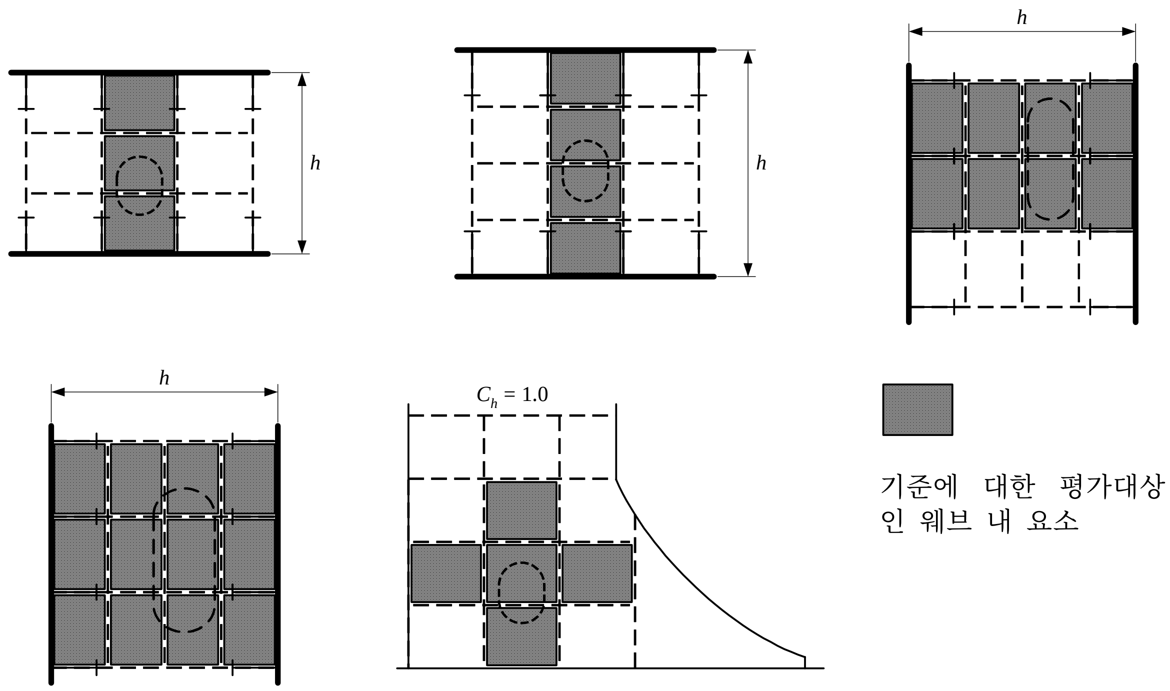


표 B.3.1 (계속)
1차 지지 부재 내의 개구부에 대한 상세 분할요소 해석 심사 기준



(비 고)

1. 표 **B.2.2** 에 따라 화물탱크 유한요소 모델에서, 반영이 요구되지 않는 형상을 가진 개구에 대하여만, 심사(screening) 기준을 적용한다. 개구형상이 표 **B.2.2** 에 따라 모델링되도록 요구되는 경우에는, 응력 레벨을 결정하기 위하여 상세 분할요소 해석을 수행하여야 한다.
2. 표 **B.2.2** 에 따라서 개구 위치의 웨브 모델 두께를 감소한 경우, 항복사용계수를 이용한 스크리닝 판정에 앞서, 요소 전단응력은 실제 순 웨브 두께(즉 총 두께로부터 $0.5t_{corr}$ 을 공제한)와 모델링된 감소 평균 두께(즉 표 **B.2.2** 에서 규정한 $t_{1-net50}$ 또는 $t_{2-net50}$)의 비에 의해 수정하여야 한다.
3. 심사 기준은, 화물탱크 유한요소 모델 및 요소 응력이 **B/2** 에 따른 경우에만 유효하다.

표 B.3.2
1차 지지 부재의 브래킷 토우에 있어서 상세 분할요소 심사 기준

다음의 경우, 상세 분할 유한요소 해석을 수행하여야 한다.

$\lambda_y \le 1.5$　　(하중 조합 $S+D$)

$\lambda_y \le 1.2$　　(하중 조합 S)

여기서:

λ_y　항복 사용계수

$$= C_a \left(0.75 \left(\frac{b_2}{b_1} \right)^{0.5} |\sigma_{vm}| + 0.55 \left(\frac{A_{bar-net50}}{b_1 t_{net50}} \right)^{0.5} |\sigma_{bar}| \right) \frac{k}{235}$$

C_a
$$= 1.0 - 0.2 \left(\frac{R_a}{1400} \right)^2$$

b_1, b_2　화물탱크 유한요소 모델 내의 브래킷 토우 위치의 판 요소 높이(mm)

$A_{bar-net50}$　화물탱크 유한요소 모델 내의 브래킷 면재를 나타내는 봉 요소의 단면적(mm^2)

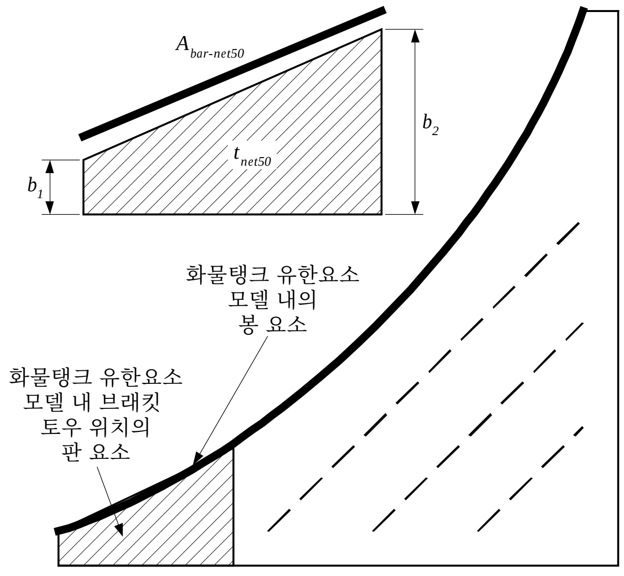
σ_{bar}　화물탱크 유한요소 해석으로부터 결정된 봉 요소 축응력(N/mm^2)

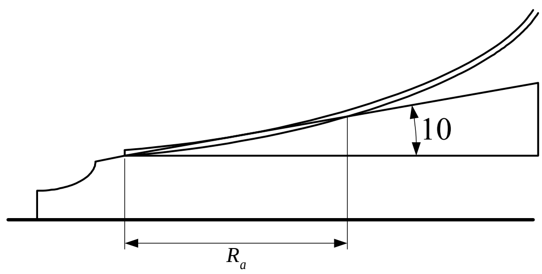
σ_{vm}　화물탱크 유한요소 해석으로부터 결정된 브래킷 토우 위치에서의 판 요소 Von Mises 응력 (N/mm^2)

t_{net50}　브래킷 토우 위치의 판 요소 두께(mm)

R_a　브래킷 단부의 각장(mm)로서, 1400mm 이하로 한다.

k　**6장/1.1.4** 의 고장력강 계수. 단, 하중조합 $S+D$ 에 대하여는 0.78 이상으로 한다.





(비 고)

1. 심사 기준은, 화물탱크 유한요소 해석 및 요소응력 도출이 **B/2** 에 따른 경우에만 유효하다.

표 B.3.3

횡격벽 수평 스트링거의 힐(heel)부에 있어서 상세 분할요소 해석 심사 기준

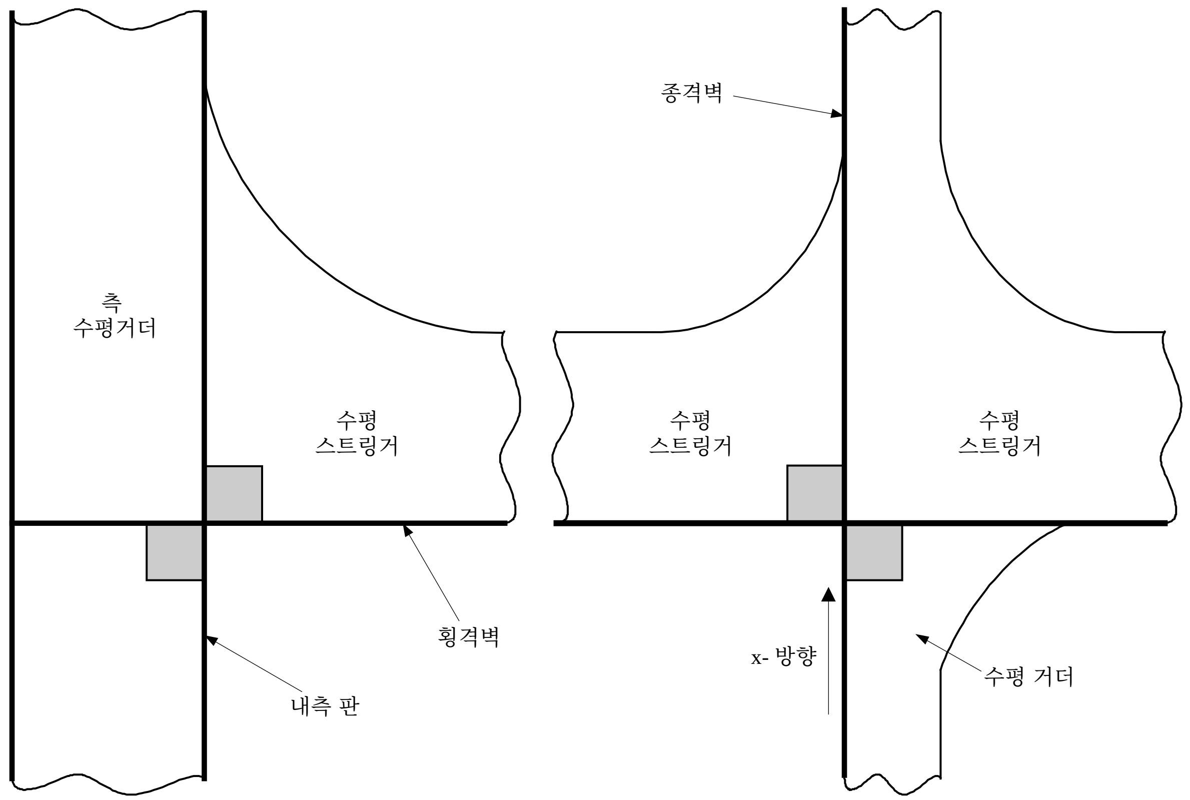
다음의 경우, 상세 분할 유한요소 해석을 수행하여야 한다.

$\lambda_y \le 1.5$ (하중 조합 S + D)

$\lambda_y \le 1.2$ (하중 조합 S)

여기서:

λ_y	항복 사용 계수	
	$= 3.0\lvert\sigma_{vm}\rvert\dfrac{k}{235}$	선측 수평거더 및 횡격벽 수평 스트링거의 힐(heel)부에 대하여, 즉 그림의 위치 1, 2 및 3
	$= 5.2\lvert\sigma_x\rvert\dfrac{k}{235}$	종격벽 수평 스트링거의 힐(heel)부에 대하여, 즉 그림의 위치 4
σ_x	화물탱크 유한요소해석으로부터 결정된, 도시한 좌표계에 따른 요소 x 방향의 축 응력(N/mm^2)	
σ_{vm}	화물탱크 유한요소해석으로부터 결정된, 힐(heel) 위치의 판 요소 Von Mises 응력 (N/mm^2)	
k	**6장/1.1.4** 의 고장력강 계수. 단, 하중 조합 S + D에 대하여는 0.78 이상으로 한다.	



기준에 대한 평가를 실시하는 각 요소

(비 고)

1. 심사 기준은, 화물탱크 유한요소 해석 및 요소응력의 도출이 **B/2** 절에 따른 경우에만 유효하다.

3.2 구조의 모델링

3.2.1 일 반

3.2.1.1 고응력 위치에서의 상세 응력 평가에는 상세 유한요소 분할의 사용이 요구된다. 이러한 상세 분할요소 해석은 화물탱크 모델로부터 구한 경계조건을 적용하여, 상세 분할 요소를 이용한 국부 유한요소모델을 사용하여 수행할 수 있다. 대안으로서 상세 분할요소 구역을 화물탱크 모델에 넣어 적용하여도 된다.

3.2.1.2 국부 유한요소모델의 범위는, 검토대상 부위에서 계산된 응력이 부과된 경계조건 및 하중적용에 의해 크게 영향을 받지 않도록 결정하여야 한다. 상세 분할요소 모델의 경계는 화물탱크모델 내의 종거더, 스트링거 및 늑판같은 1 차 지지부재와 일치시켜야 한다.

3.2.1.3 상세 분할요소 크기는 50mm x 50mm 이하이어야 한다. 일반적으로, 상세 분할요소 구역의 범위는 검토대상 구역으로부터 모든 방향으로 10 개의 요소 이상이어야 한다.

3.2.1.4 상세 분할요소 구역 내의 모든 판은 쉘 요소로 표현되어야 한다. 분할 요소의 크기는 서서히 변화시켜야 한다. 상세 분할요소 구역 내 요소의 종횡 비는 가능한 1.0 에 가깝게 유지되어야 한다. 상세 분할요소 구역 내 분할 조밀도의 분산 및 삼각형 요소의 사용은 피해야 한다. 어떠한 경우에도, 요소의 종횡비는 3 이하로 하여야 한다. 요소 코너의 각도가 60 도 미만이거나 또는 120 도를 초과하는 삐뚤어진 요소는 피해야 한다. 상세 분할요소 구역 내의 보강재는 쉘 요소로 모델링 하여야 한다. 상세 분할요소 구역 밖의 보강재는 보 요소로 모델링 할 수 있다.

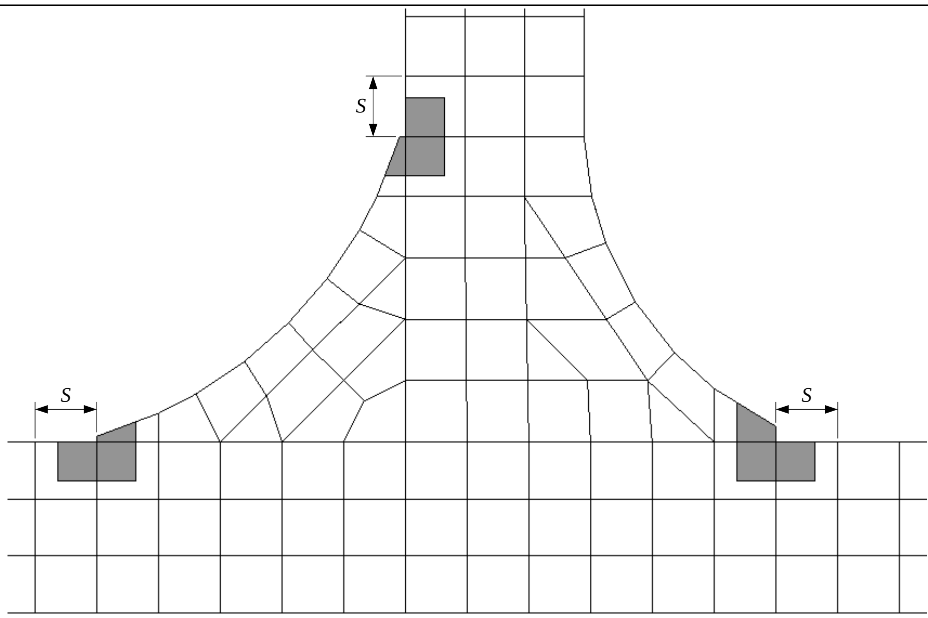
3.2.1.5 상세 분할요소 구역 내의 요소는 총 두께로부터 전체 부식추가 두께 t_{corr} 을 제외하여 얻어진 순 두께를 사용하여 모델링 되어야 한다. 상세 분할요소 구역 밖의 구조에 대하여는, **2.2.1.5** 에 따라 화물탱크해석에 사용된 총 두께로부터 부식 추가 두께의 절반 0.5 t_{corr} 을 뺀 순 두께에 기초하여 모델링 되어야 한다.

3.2.1.6 주요 브래킷 단부 연결부에 대하여 상세 분할요소 해석이 요구되는 경우, 상세 분할요소 구역은 관심부위로부터 모든 방향으로 적어도 10 개 요소는 연장되어야 하며, **그림 B.3.5** 을 참고한다. 상세 분할요소 구역의 모델링 치수는 **3.2.1.5** 에 따라야 한다.

3.2.1.7 개구부에 대해 상세 분할요소 해석이 요구되는 경우, 개구에 연한 요소에서 자유단으로부터 처음 두 줄의 요소는, 전체부식 추가두께 t_{corr} 을 감한 순 두께를 기준으로 50mm x 50mm 이하의 분할 크기로 모델링 되어야 한다. 처음 두줄 밖의 요소는 부식 추가 0.5 t_{corr} 을 감한 순 두께를 기준으로 해야 하며, **3.2.1.5** 을 참조한다. 상세 분할요소로부터 보통 분할요소 크기로의 변화는 서서히 유지되어야 한다. 개구 자유단에 직접 용접된 주변 보강재는 판 요소로 모델링하여야 한다. 개구에 가까운 웨브 보강재는, 개구 주변으로부터 최소한 50mm 거리에 위치는 경우, 봉이나 보 요소를 이용하여 모델링 할 수 있다. 개구부 주변의 전형적인 상세요소 분할을 **그림 B.3.6** 에 보인다.

3.2.1.8　개구부, 1 차 지지부재 및 그 브래킷에 붙는 면재는, 그 폭 방향으로적어도 3 개의 요소로 모델링 하여야 한다.

그림 B.3.5
브래킷 토우 단부에 있어서 상세 분할요소 구역



상세 분할요소 구역
요소 크기 $\leq$ 50mm x 50mm
범위 - 모든 방향으로 최소한 10개 요소
면재는 판 요소로 모델링할 것

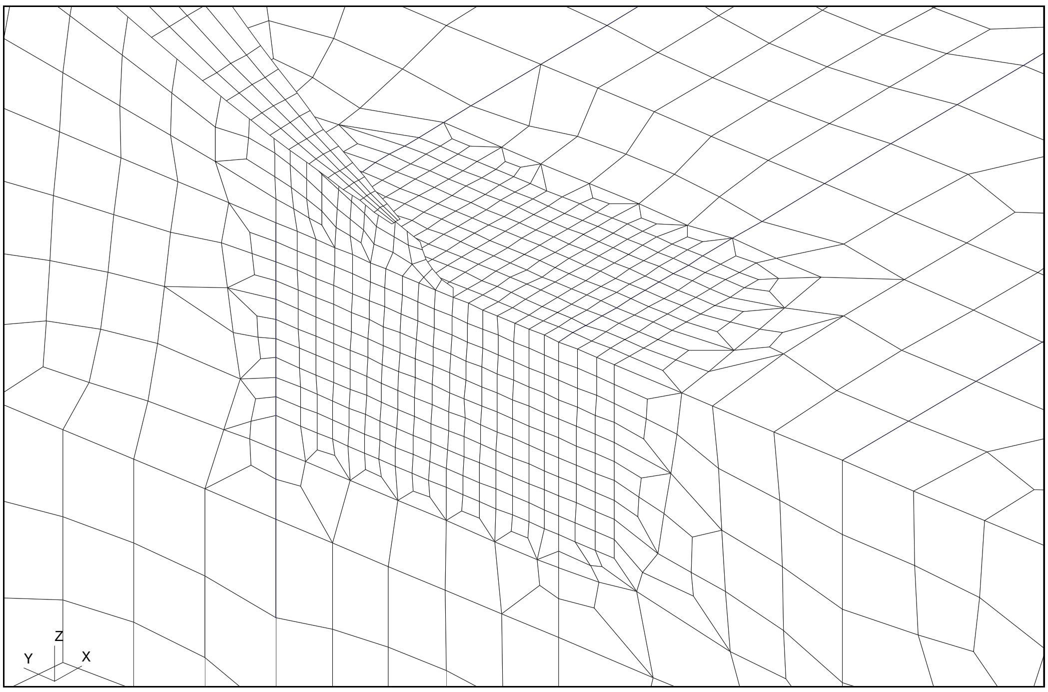
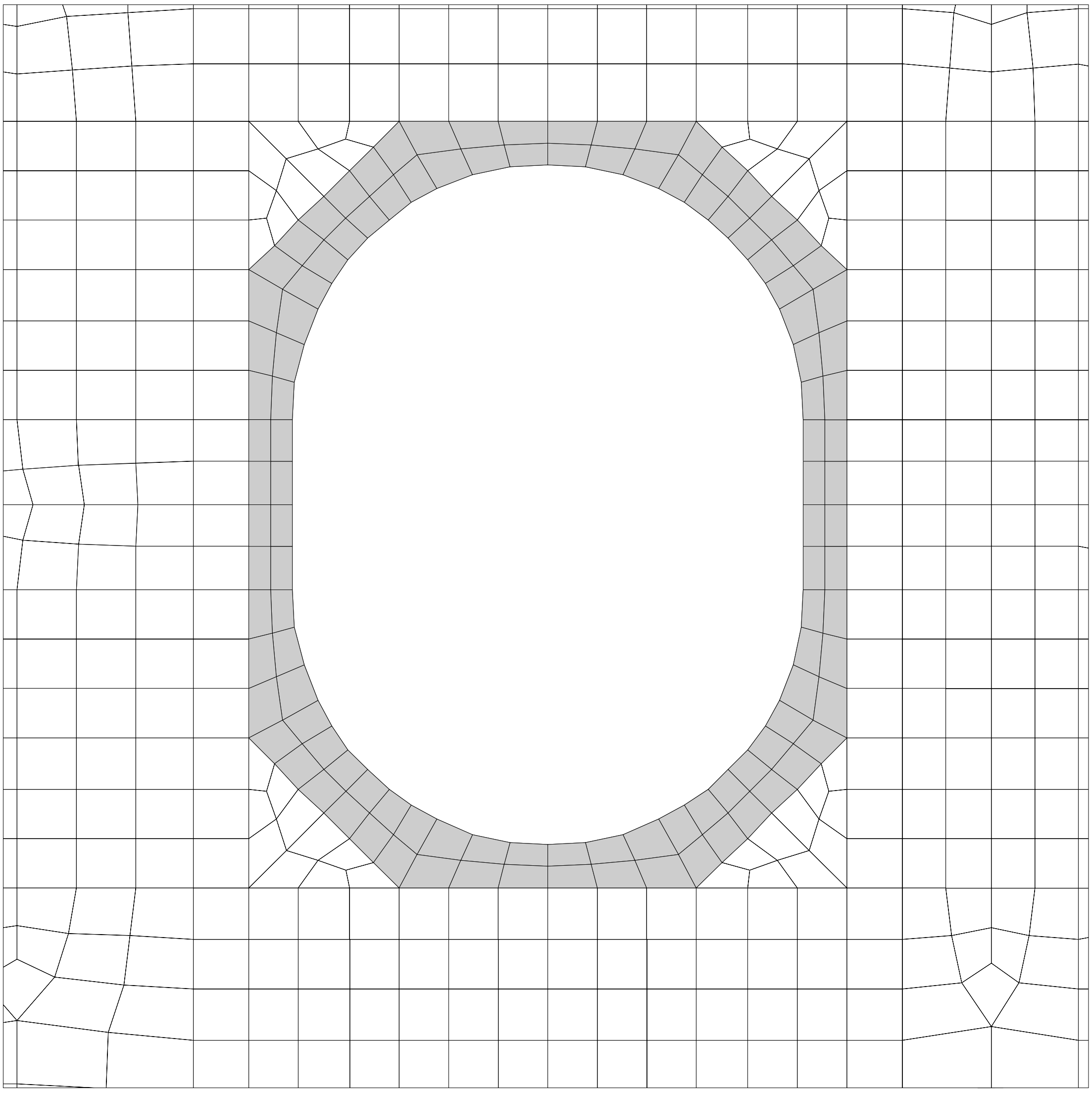


그림 B.3.6
개구부 주변의 상세 분할요소 구역



상세 분할요소 구역
요소 크기 ≤ 50 mm x 50 mm

3.2.2 횡 특설늑골

3.2.2.1 **3.2.1** 의 요건에 추가하여, 이 **3.2.2** 절의 모델링 요건을, 전형적인 횡 특설늑골 해석에 적용한다.

3.2.2.2 유한요소 부(sub) 모델이 사용될 경우, 적어도 1+1 특설늑골 간격의 범위를 가져야 한다. 즉 검토 중인 횡 특설늑골의 전후로 한 특설늑골 간격을 확장하여야 한다. 다만, 검토 대상 전후의 횡 특설늑골은 부 모델에 포함할 필요는없다.

3.2.2.3 선박의 전 깊이와 전폭에 걸쳐 모델링 하여야 하며, **그림 B.3.7** 을 참조한다.

3.2.2.4 **그림 B.3.8** 은 수직 특설늑골 및 이면 브래킷의 유한요소 분할의 확대도를 보여준다.

그림 B.3.7
특설늑골 연결부 및 개구부의 상세 분할요소 해석을 위한 부(sub) 모델의 범위

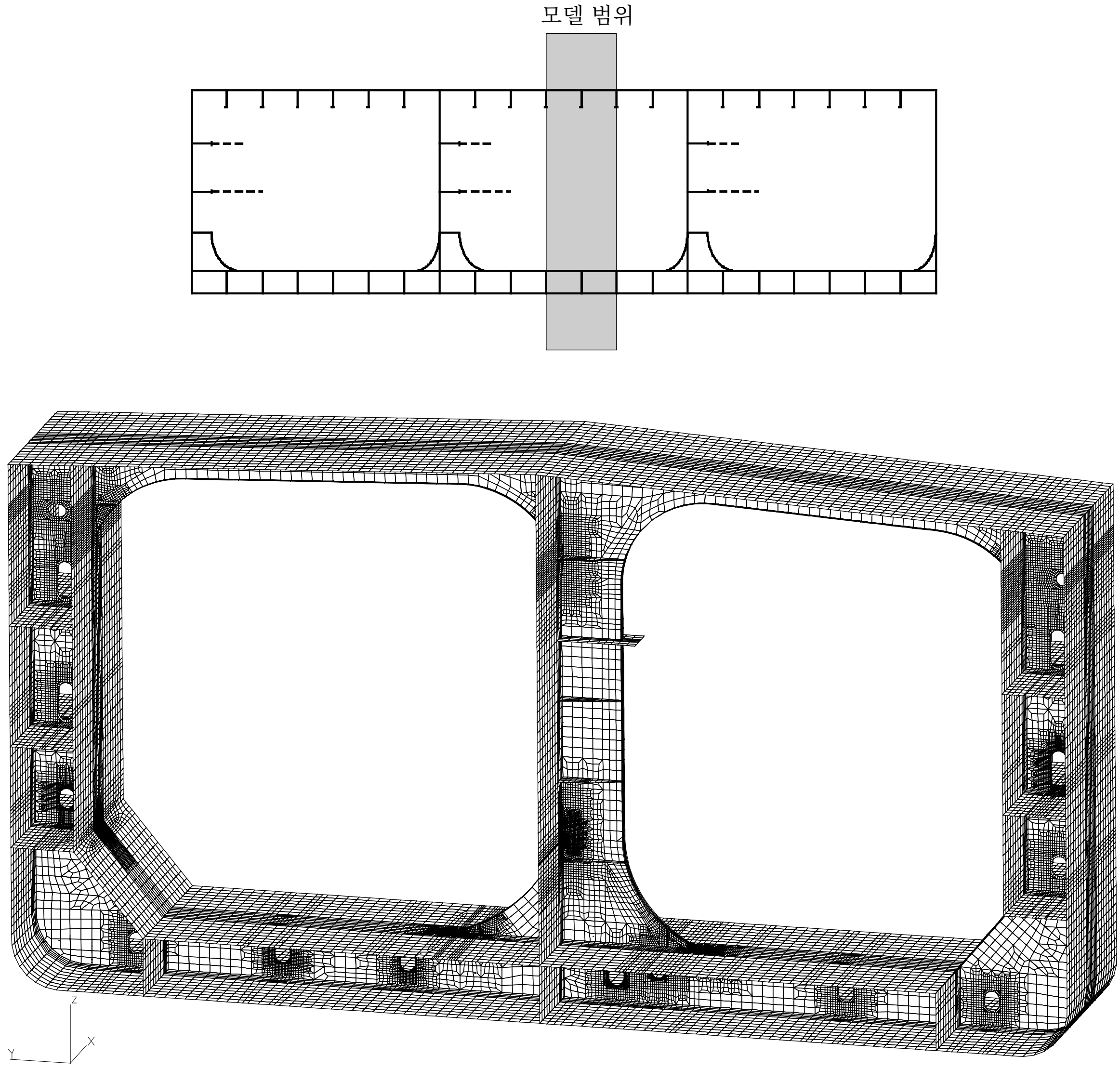
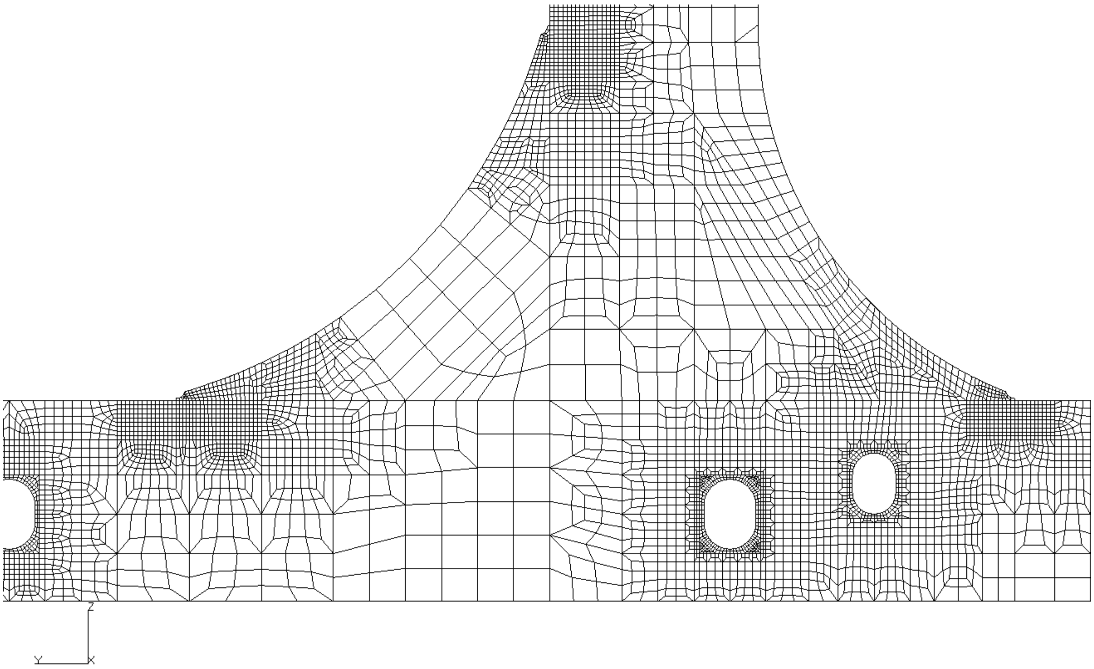
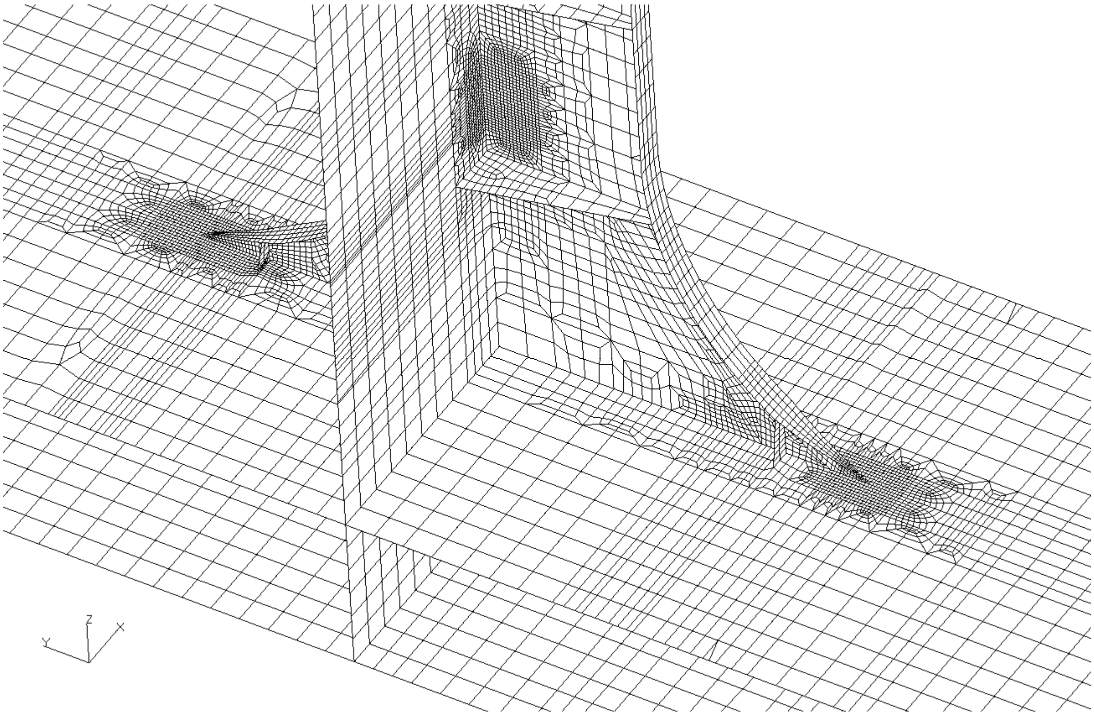


그림 B.3.8
수직 특설늑골 하부 및 이면 브래킷에 있어서 상세 분할요소의 확대도





3.2.3 횡격벽 스트링거, 버트리스 및 인접한 특설늑골

3.2.3.1 **3.2.1** 에 추가하여, 이 **3.2.3** 절의 모델링 요건을 **3.1.3** 에 규정한 횡격벽 및 그에 인접하여 배치한 특설늑골 상세해석에 적용한다.

3.2.3.2 횡격벽, 수평 스트링거, 특설늑골, 상갑판 및 선저 구조 각각의 구조적 상호작용을 고려하여, 유한요소 부 모델은 전체 선체횡단면을 모델링하는 것을 권장한다. 해당 부 모델의 단부는 적어도 검토대상 부위로부터 길이방향 전후로 한 특설늑골 간격만큼 모델링하여야 하며,**그림 B.3.9** 을 참조한다. 선박의 전 폭 및 전 깊이를 모델링 하여야 한다.

3.2.3.3 대안으로서, **그림 B.3.10** 과 같이 각 구조부재를 개별적으로 해석하기 위하여 복수의 부 모델을 사용하여도 좋다. 횡격벽 수평 스트링거의 해석에 있어서는, 선박의 전폭을 모델링 하여야 한다. 버트리스 구조의 해석에 있어서는, 부 모델의 폭은 적어도 4+4 종통재 간격으로 하여야 한다. 즉 버트리스 양측 각각 4 개의 종통재 간격을 모델링한다.

3.2.3.4 **그림 B.3.11** 은 횡격벽 수평 스트링거의 유한요소 분할을 보여준다. **그림 B.3.12** 는 횡격벽 및 이중저 버트리스 구조와의 연결부 및 개구부에 대한 상세해석용 부 모델을 보여준다.

그림 B.3.9
횡격벽 및 인접구조의 상세 분할요소 해석을 위한 부 모델 범위

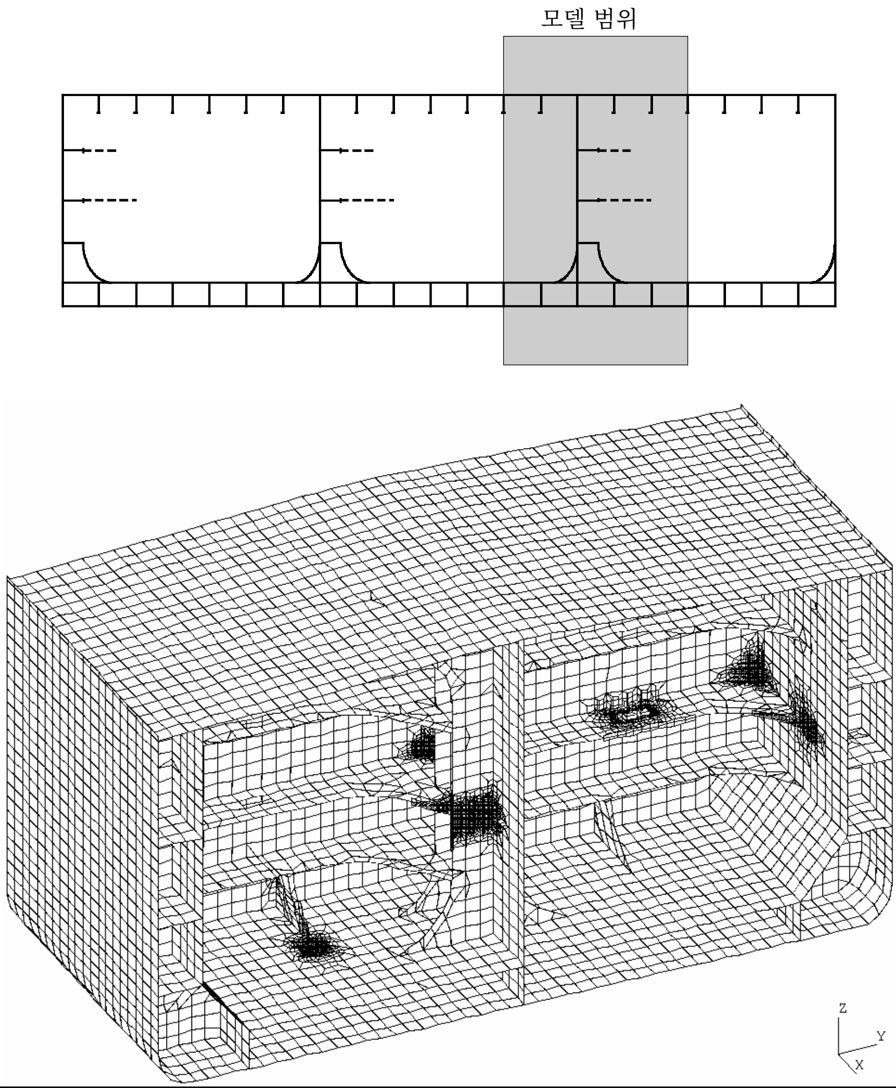


그림 B.3.10
부 모델을 사용한 횡격벽 구조의 해석

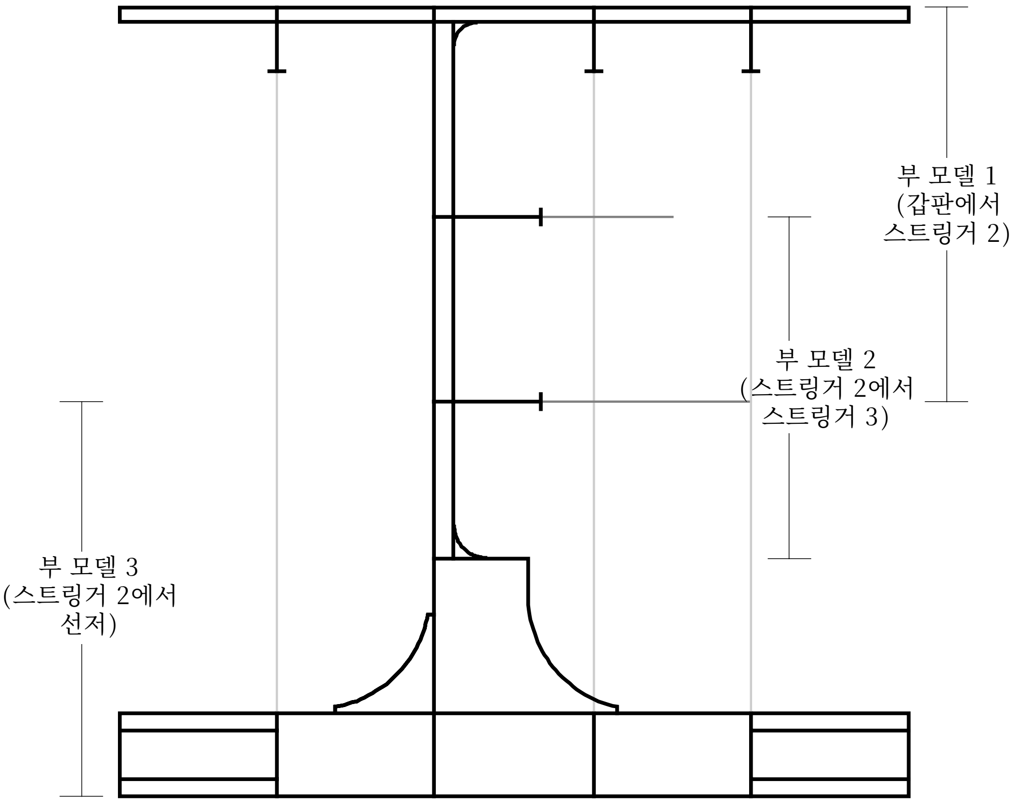


그림 B.3.11
횡격벽 수평 스트링거의 상세요소 분할(모델의 좌현 측을 도시)

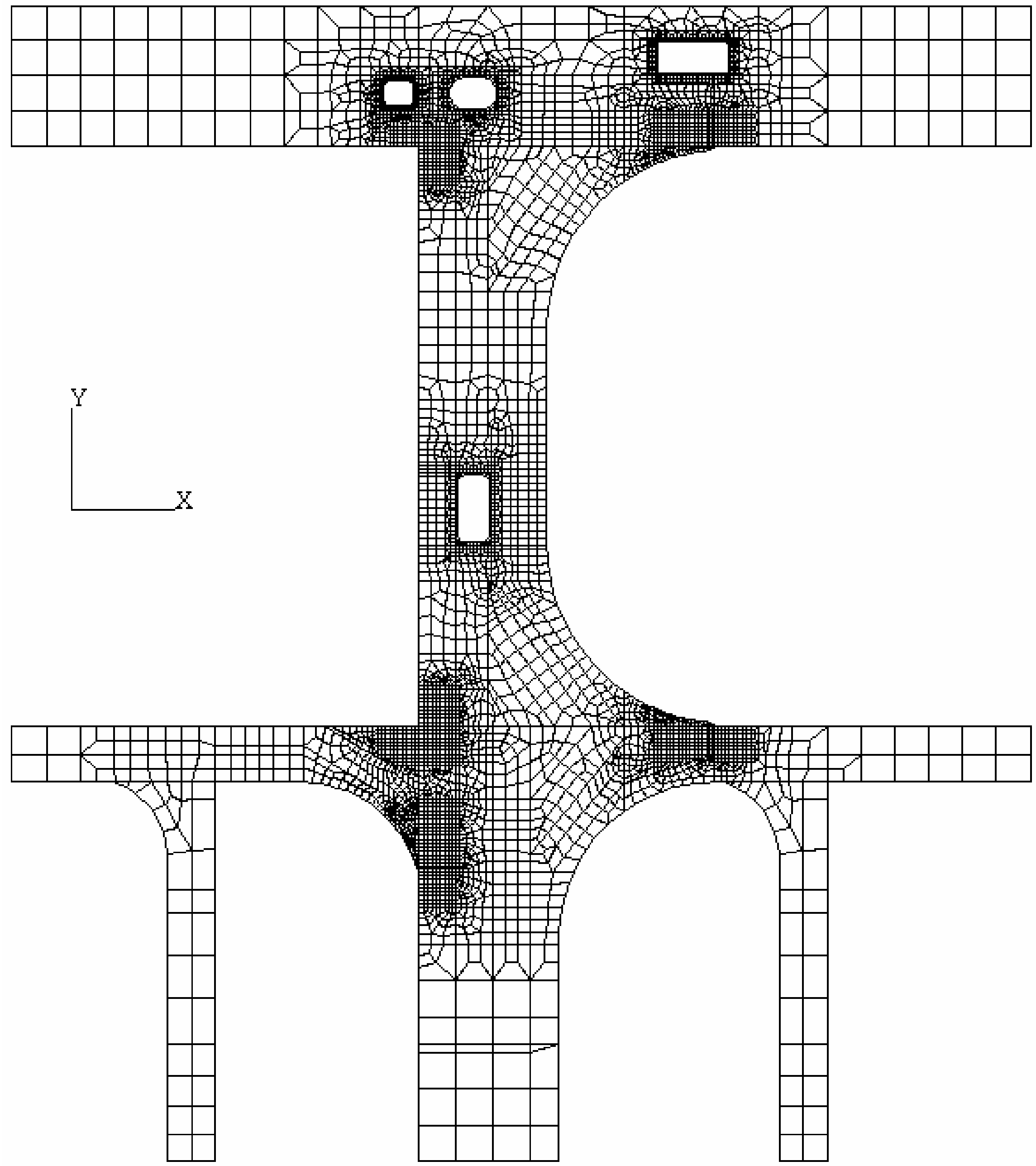
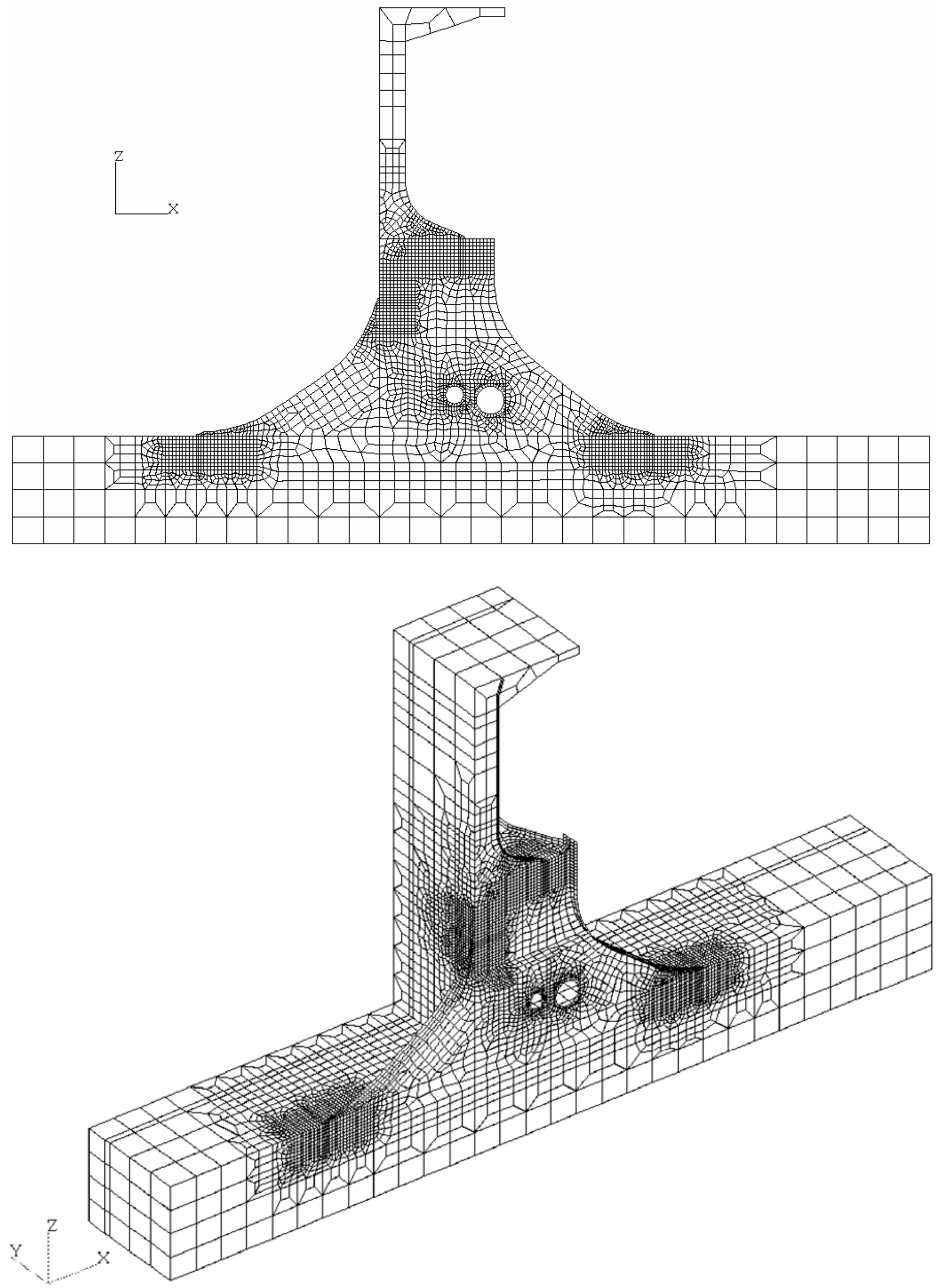


그림 B.3.12
격벽과 이중저 구조 사이의 버트리스 연결부의 해석용 부 모델(모델의 좌현 반을 도시)



3.2.4 상갑판, 이중저 종통재와 연결되는 횡격벽 수직 보강재

3.2.4.1 이 **3.2.4** 절의 모델링 요건은 **3.1.4** 에 규정하는 종통재 및 수직 보강재의 단부 연결부 및 그에 부착된 웨브 보강재의 상세해석에 적용한다.

3.2.4.2 국부 유한요소 모델이 사용되는 경우, 해당 모델의 각 단은 검토대상 구역으로부터 길이 방향으로 적어도 두 특설늑골 간격만큼 모델링하여야 한다. 모델 폭은 적어도 2+2 종통재 간격은 되어야 한다. **그림 B 3.13** 은 상갑판 및 이중저 종통재와 연결되는 횡격벽 수직 보강재의 해석을 위한 부 모델의 범위를 보여준다.

3.2.4.3 화물탱크 모델로부터 얻어진 변위 또는 하중을 화물탱크 모델과 일치하는 모든 경계 절점에 적용하여야 한다.

3.2.4.4 웨브, 면재, 부착 판(½ + ½ 종통재 간격 내의) 및 연결 브래킷을 포함한, 검토대상 종통재 및 수직 보강재는 총두께로부터 전 부식추가 t_{corr} 을 감한 두께를 사용하여 모델링 하여야 한다. 상기 이외의 다른 부분은 부식 추가의 절반 0.5 t_{corr} 을 감한 두께를 기준으로 한다.

3.2.4.5 종통 보강재의 웨브는 깊이에 걸쳐 적어도 3 개의 쉘 요소로 분할하여야 한다. 또한 같은 크기의 요소를 선저 판 및 내저판 모델링에 사용하여야 한다. 종통 보강재 및 그 브래킷에 붙는 면재는, 적어도 그 폭에 걸쳐 3 개의 요소로 분할 모델링 되어야 한다.

3.2.4.6 분할요소 크기 및 상세 분할요소 구역의 범위는 **3.2.1.3** 에 따라야 하며, **그림 B.3.13** 을 참조한다.

그림 B.3.13
상갑판 및 이중저 종늑골과 횡격벽 수직보강재와의 단부 연결부에 있어서
상세 분할요소 해석용 부 모델

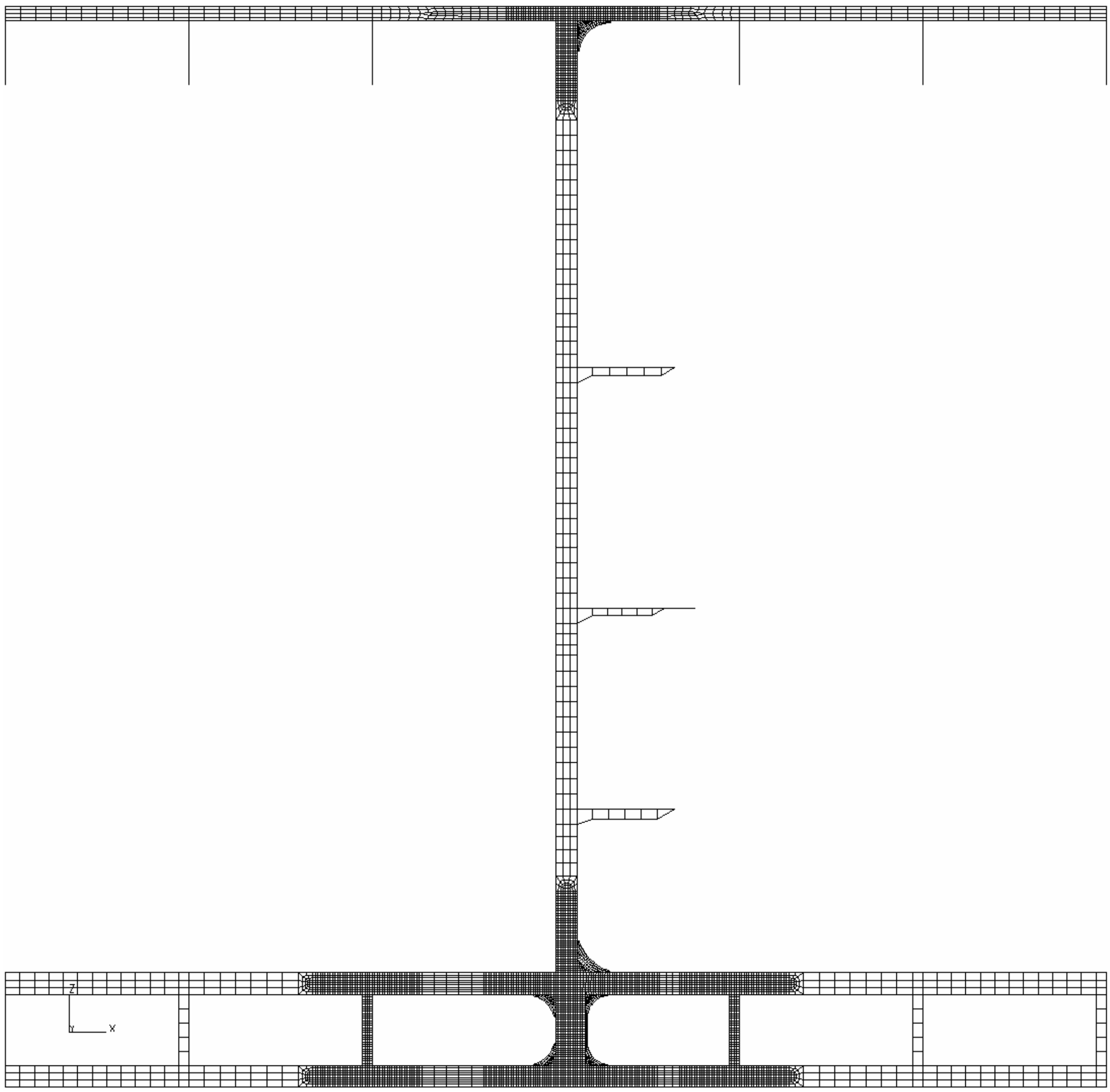
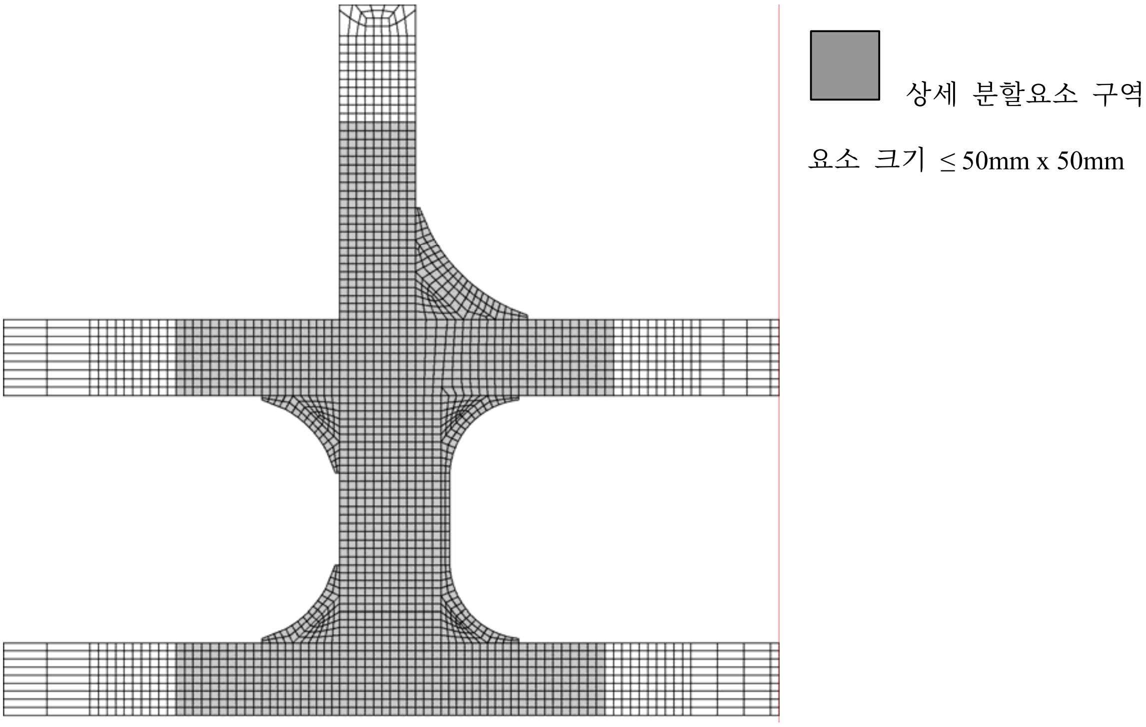
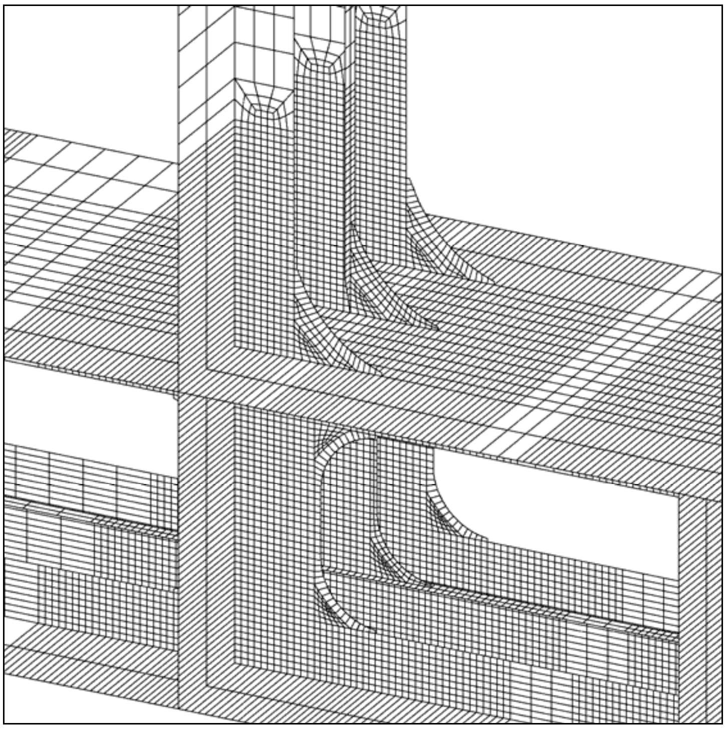


그림 B.3.13 (계속)
상갑판 및 이중저 종늑골과 횡격벽 수직보강재와의 단부 연결부에 있어서
상세 분할요소 해석용 부 모델





3.2.5 파형 격벽

3.2.5.1 **3.2.1** 에 추가하여, 이 **3.2.5** 에 규정하는 모델링 요건을 **3.1.5** 에 규정한 파형 격벽과 격벽 하부 스툴의 연결부 상세해석에 적용한다.

3.2.5.2 부 모델의 최소 모델화 범위는 다음과 같으며, **그림 B.3.1.4** 을 참조한다.

(a) 수직방향으로, 격벽 하부스툴의 바닥으로부터, 파형부와 스툴 상부의 연결부로부터 적어도 2m 위치까지. 부 모델의 상부경계는 화물탱크 유한요소모델의 수평요소 분할선과 일치해야 한다.

(b) 횡 파형격벽에 대하여, 부 모델은 횡 방향으로 상세 분할요소 영역의 양 측으로 인접한 하부 스툴내의 다이어프램 판까지(즉 부 모델은 격벽 하부스툴의 두개 횡트랜스버스 웨브간격을 포함한다.) 모델링하여야 한다. 모델 양단에 있는 다이어프램 판은 모델링할 필요 없다.

(c) 종 파형격벽에 대하여, 부 모델은 상세 분할요소 영역의 양 측으로 가장 가까운 특설늑골까지(즉 부 모델은 두 프레임 간격을 포함한다.) 연장되어야 한다. 모델 양단의 웨브는 모델링 할 필요 없다.

(d) 검토대상 구역이 횡 및 종 파형격벽의 교차부에 근접한 위치에 있는 경우, 부 모델은 다이어프램판(선폭 방향) 및 특설늑골(종 방향)의 범위 내에 있는 구조부재에 대하여 적절하게 상세히 모델링하여야 한다. 추가로, 부 모델은 스툴과의 교차부로부터 바깥쪽으로 적어도 하나의 다이어프램판 및 특설늑골까지 모델링하여야 한다.

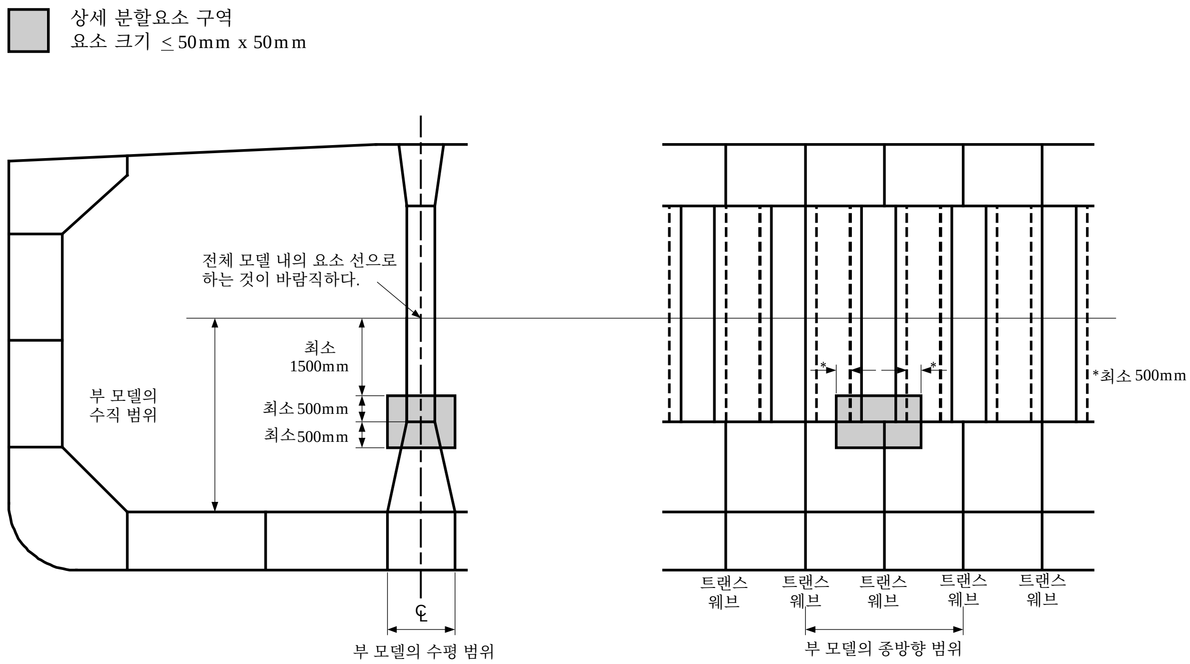
3.2.5.3 상세 분할요소 영역은 파형부 연결부로부터 연직 방향으로 적어도 500mm (10 요소)만큼 연장 되어야 하며, **그림 B.3.1.4** 을 참조한다. 수평 방향으로, 상세 분할요소 구역은 적어도 검토대상 파형부 면재를 포함하여, 면재 양측에 붙은 파형부 웨브 및 그 양단으로부터 500mm 의 위치까지 포함하여야 하며(즉 상세 분할요소 영역은 4 개의 파형부 너클점을 포함한다.), **그림 B.3.1.4** 을 참조한다. 상세 분할요소 영역 내 분할요소의 크기는 50mm x 50mm 이하이어야 한다.

3.2.5.4 하부 스툴 내의 다이어프램 웨브, 브래킷 및 스툴 측판의 수직늑골은 부 모델 범위 내의 실제위치에 모델링 하여야 한다. 다이어프램, 브래킷 및 보강재 웨브의 모델링에는 쉘 요소를 사용하여야 한다. 보강재 및 브래킷의 면재는보 요소를 사용하여 모델링한다.

3.2.5.5 하부 스툴 측판의 수평 보강재는 보 요소로 표현하여야 한다.

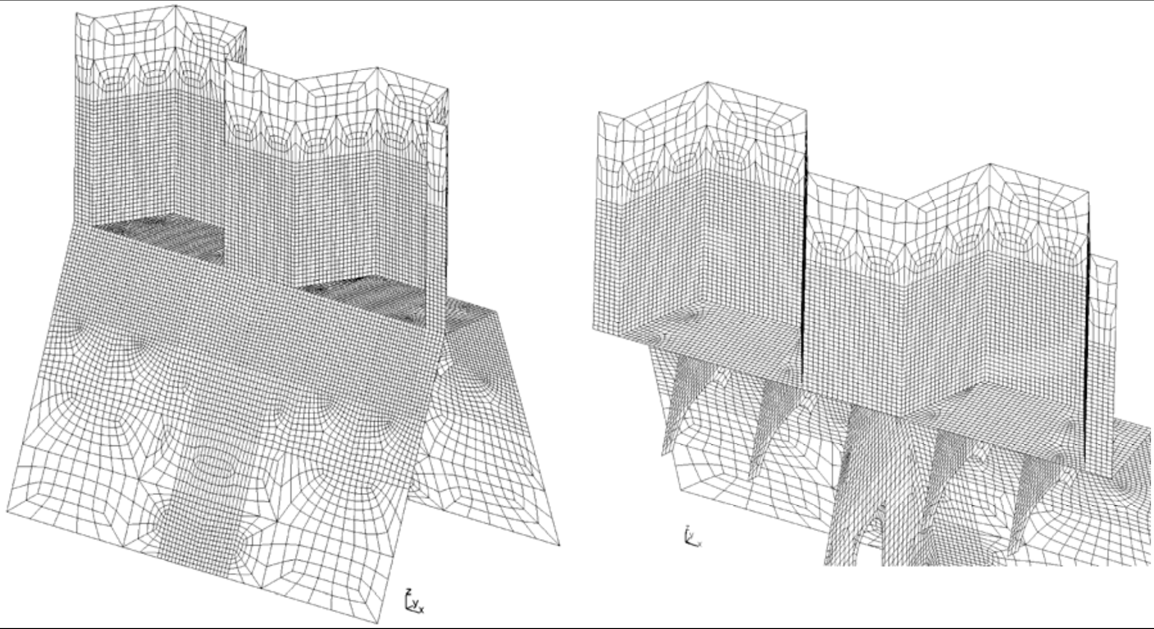
3.2.5.6 **그림 B.3.15** 는 종격벽과 하부 스툴과의 연결부 상세 분할요소 해석을 위한 유한요소 부 모델을 보여준다.

그림 B.3.14
하부 스툴과 파형 격벽 연결부의 해석을 위한 부 모델 및 상세 분할요소 구역의 범위



(비 고)
상기 그림은 하부 스툴과 종 파형격벽 연결부의 부 모델 및 상세 분할요소 구역의 범위를 보여 준다. 횡 파형격벽에 대하여도 같은 범위로 한다.

그림 B.3.15
하부 스툴과 종 파형격벽 연결부의 해석을 위한 부 모델



3.3 적하상태

3.3.1 응력 해석

3.3.1.1 상세 분할요소 해석은 **2.3.1** 에 명기된 표준하중상태 외에 **9 장/2.2.3** 의 규정에 의하여 요구되는 특수한 하중상태 모두에 대하여 수행되어야 한다.

3.4 하중과 경계조건의 적용

3.4.1 일 반

3.4.1.1 상세 분할 요소응력해석에 별도의 국부유한요소 모델을 사용하는 경우, 화물탱크 모델로부터 구한 절점 변위를 국부모델 상의 대응하는 경계점들에 강제변위로서 적용하여야 한다. 대안으로서, 화물탱크 모델로부터의 등가 절점력을 경계점들에 적용할 수 있다.

3.4.1.2 화물탱크 모델 상의 절점과 일치하지 않는 국부모델 경계 상의 절점들이 있는 경우, 다점구속을 사용하여 정해진 강제변위를 이들 절점에 적용하여도 좋다. 또한 2 개의 인접하한 절점에 대한 선형 다점구속 관계식을 사용하여 고려해도 좋다.

3.4.1.3 모든 국부하중은, 선체거더 전단력 수정에 적용한 모든 수직하중을 포함하여, 각각의 국부 유한요소모델 전체에 적용하여야 한다.

3.5 결과평가와 허용기준

3.5.1 응력평가

3.5.1.1 상세 분할요소 해석의 응력평가는 **3.3.1** 에 명기된 하중상태에 대하여 수행하여야 한다.

3.5.1.2 von-Mises 응력 σ_{vm} 은 요소 중심에서 계산된 판 요소의 막 법선응력 및 전단응력을 기초로 계산하여야 한다. 쉘 요소를 사용한 경우, 응력은 요소 판두께 중심에서 계산하여야 한다.

3.5.1.3 결과 von-Mises 응력은 **9 장/2.2.5** 에 규정한 허용 막응력 값 이하이어야 한다.

3.5.1.4 최대허용응력은 **3.2.1** 에 규정한 50mm x 50mm 의 분할요소 크기를 기초로 한 것이다. 더 작은 분할 크기를 사용한 경우, 규정된 분할요소 크기와 같은 면적에 걸쳐 계산된 평균 von-Mises 응력을 허용응력과 비교하기 위하여 사용할 수 있다. 다만, 대상으로 하는 구역 내에 위치하는 전체경계를 갖는 요소에 대하여만 응력의 평균계산을 하여야 한다. 평균응력은 요소 중심에서의 응력을 기초로 계산하여야 한다. 즉 보간법 또는 외삽법에 의하여 얻어진응력 값을 사용하여서는 아니 된다. 구조적 불연속부 및 교차하는 구조 간에서는 응력평균 계산을 수행하여서는 아니 된다.

4 피로해석을 위한 핫스폿 응력의 평가

4.1 적 용

4.1.1 일 반

4.1.1.1 이 부록은 **부록 C/2**은 따라 피로손상도를 구할 때 기하학적 핫스폿 응력 산정에 의한, 매우 상세한 분할요소를 이용하는 유한요소해석 수행 절차를 규정한다.

4.1.1.2 유한요소해석에 기초한 피로평가를 수행하여야 하는 위치는 **9장/3.3**에 규정한다.

4.2 구조 모델링

4.2.1 일 반

4.2.1.1 고 응력 집중 구역에서의 피로평가를 위한 핫스폿응력의 산정에 있어서는, 매우 상세한 유한요소 분할을 적용한다. 이 매우 상세한 분할요소 해석은, 화물탱크 모델로부터 구한 경계조건을 준 매우 상세한 분할요소 영역을 갖는 별도의 국부 유한요소모델에 의하여 수행할 수 있다. 대안으로서 화물탱크모델에 포함시킨 매우 상세한 분할 구역을 이용하여도 좋다.

4.2.1.2 핫스폿 위치(hot spot position)로부터 모든 방향으로 최소 500mm 의 범위 내의 모든 구조 부재는, 총 두께로부터 부식추가두께의 절반(즉 0.5 t_{corr})을 감한 순 두께에 기초하여모델링 하여야 한다.

4.2.1.3 피로평가를 위한 화물탱크 유한요소 모델은 **2.2**에 따라, 제안 두께로부터 부식추가두께의 1/4(0.25 t_{corr})을 공제한 순 두께를 기초로 모델링 하여야 한다. 대안으로서, 0.5 t_{corr} 의 두께 공제에 기초한 구조강도평가용 화물탱크 유한요소 모델을 사용하는 경우, 계산된 응력은 **부록 C/2.4.2.7**에 주어진 모델링 감소수정계수 f_{model} 을 이용하여 수정하여야 한다.

4.2.1.4 별도의 국부 유한요소 모델을 이용하는 경우, 계산된 응력이 부과한 경계조건 및 적용하중에 의하여 크게 영향을 받지 않도록 국부 모델의 범위를 잡아야 한다. 상세 분할요소 모델의 경계는 화물탱크 모델 내의 종거더, 스트링거 및 늑판과 같은 1차 지지부재와 일치시켜야 한다. 호퍼 너클의 국부 유한요소 모델의 범위는 **4.2.2**에 의한다.

4.2.1.5 핫스폿응력의 산정은 t_{net50} x t_{net50}의 분할크기를 갖는 쉘 요소에 기초하여야 하며, 여기서 t_{net50}은 잠재적인 피로 균열이 발생할 확률이 가장 많은 판의 순 두께이다. 이러한 분할요소 크기는 매우 상세한 분할요소 구역 내에서 유지하여야 하며, 피로 균열발생 위치로부터 모든 방향으로 최소한 10 요소에 걸쳐 확장하여야 한다. 매우 상세한 분할 요소 구역 내에는 균일한 사각형 분할을 하여야 한다. 매우 상세한 분할요소 구역에 이르는 분할 밀도는 서서히 변화시켜야 한다.

4.2.1.6 매우 상세한 분할 요소 영역에 있어서는, 굽힘 및 막 특성을 갖는 4 절점 쉘 요소를 사용하여야 한다. 그러한 쉘 요소는 판 중앙의 응력 및 굽힘 특성을 표현하도록 모델링하여야 한다. 용접부 기하학적 형상과 구조적 불일치에 대한 모델링은 요구되지 않는다.

4.2.1.7 자유 단부나 모서리 용접부(예를 들어, 거더 보강재가 관통하는 슬롯부 등), 판 맞대기 용접 단부 및 해치 코너부에서 응력 평가가 필요한 경우는, 요구하는 응력 값을 구하기 위하여 무시할 수 있는 단면적(예를 들어 1 mm^2) 을 갖는 봉 요소를 사용하여야 한다.

4.2.1.8 매우 상세한 분할 요소 영역에 근접한 구조는 쉘 요소로 명확히 모델링 하여야 한다. 가능하다면 삼각형 요소는 피하여야 한다. 극단적인 종횡비(예를 들어, 3을 초과하는 종횡비) 및 찌그러진 요소(예를 들어, 요소의 모서리 각이 60도 미만 또는 120도 초과)의 사용을 피하여야 한다.

4.2.2 호퍼 너클 연결부

4.2.2.1 **4.2.1** 의 일반 요건에 추가하여, 이 **4.2.2**절의 모델링 요건은 용접구조를 채용하는 호퍼 너클부 모델링에 적용할 수 있다.

4.2.2.2 선박 중앙부 화물탱크 구역 내에 있어서는 최소한 하나의 트랜스버스 프레임에 대하여, 내저판 및 호퍼 사판과의 너클 연결부에 대한 피로 평가를 수행하여야 하며, **9장/3.3.3** 을 참조한다. 선체의 한 측의 구조 상세에 대하여, 피로평가 수행이 요구된다.

4.2.2.3 일반적으로, 횡격벽 사이의 중앙위치에 있는 호퍼 너클 연결부를 평가하여야 한다. 제수격벽이 있는 경우, 제수격벽 및 화물탱크 단부 횡격벽 사이의 중앙위치에 있는 호퍼 너클 연결부를 일반적으로 평가하여야 한다. 피로평가를 수행하여야 하는 선측 부를 식별하기 위하여, **2.2**에 규정하는 화물탱크 유한요소 해석 결과를 이용하여 하부 빌지호퍼 너클 선에 접한 내저 판의 폭 방향 최대 면내응력을 검토하여야 한다.

4.2.2.4 별도의 국부 유한요소 모델을 사용하는 경우, 국부 모델의 최소 범위는 다음과 같다.

(a) 길이 방향으로, 모델은 2 특설늑골 간격(즉 고려하는 횡 특설늑골로부터 어느 한 측으로 1 특설늑골 간격을 모델링)을 포함하여야 한다. 국부 모델 단부의 횡 특설늑골은 부 모델에 표현할 필요는 없다.

(b) 수직 방향으로, 기선으로부터 이중 선측 밸러스트 탱크 내의 하부 스트링거까지 모델을 확장하여야 한다. 상부 너클 연결부에 대하여도 피로평가를 하는 경우, 모델은 이중선측 밸러스트 탱크 내의 하부 스트링거 상방 4 종통재 간격까지 확장한다.

(c) 선폭 방향으로, 모델은 선측으로부터 이중저 측 거더로부터 선체중심선 방향으로 4 종통재 간격까지 확장하여야 한다.

4.2.2.5 너클 연결부 위치의 분할요소 크기는 t_{net50} x t_{net50}이어야 하며, 여기서 t_{net50}은 **4.2.1.2**에 규정한 총 두께로부터 0.5 t_{corr} 을 공제하여 구한 연결부 위치의 내저판 순 두께이다. t_{net50} x t_{net50}인 분할요소의 최소 범위는 다음과 같으며, **그림 B.4.1**을 참조한다.

(a) 내저판 : 선폭 방향으로 너클선으로부터 10 요소, 길이 방향으로 해당 늑판의 전후로 10 요소

(b) 스카핑 브래킷/내저판 돌출부 : 선폭 방향으로 너클선으로부터 10 요소, 길이 방향으로 해당 늑판의 전후로 10 요소

(c) 호퍼 경사판: 횡 방향으로 너클선으로부터 10 요소, 길이 방향으로 해당 호퍼 웨브의 전후로 10 요소

(d) 측거더 : 수직 방향으로 너클선으로부터 10요소, 길이 방향으로 해당 늑판/호퍼 웨브의 전후로 10 요소

(e) 늑판/호퍼웨브 : 선폭 방향 및 수직 방향으로 각각 호퍼 너클선으로부터 10 요소

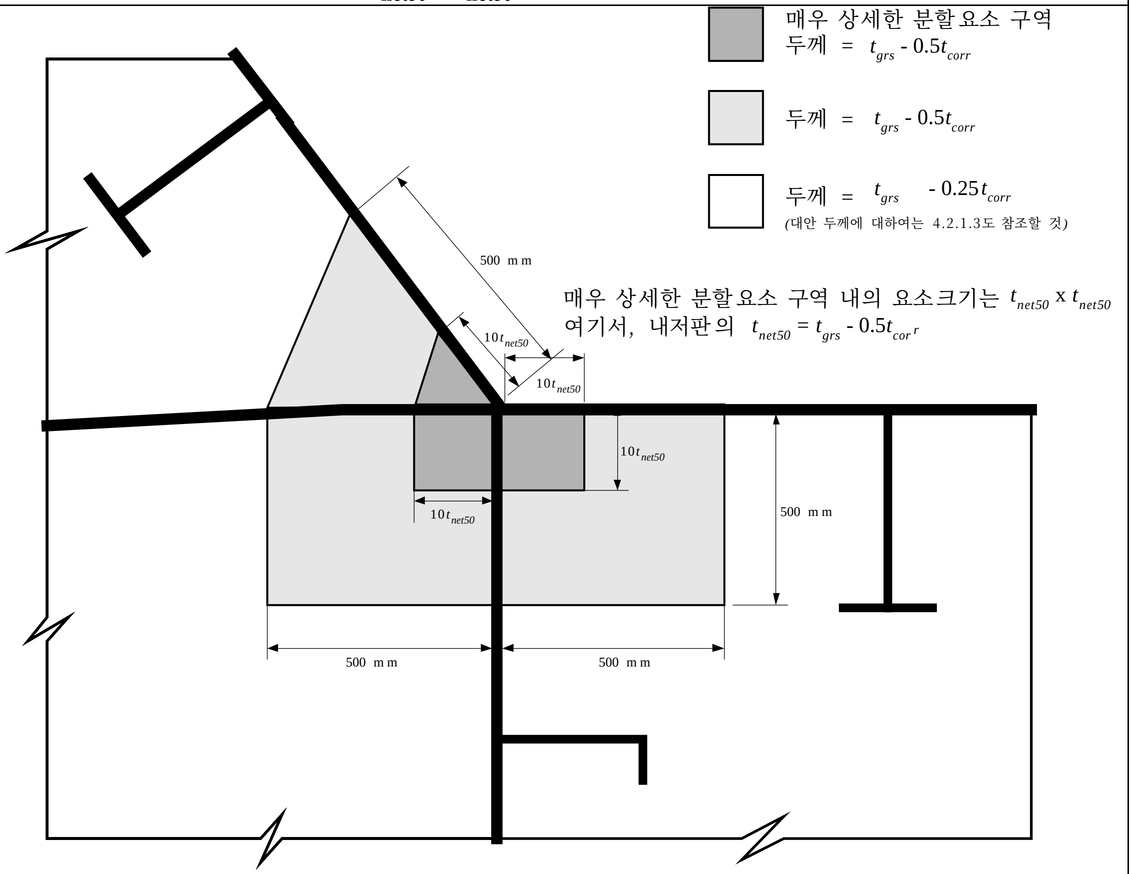
4.2.2.6 내저판에 인접한 특설늑골의 모든 스카핑 브래킷, 주 프레임 위치에서 벗어난 모든 칼링(carling)과 너클부로부터 떨어진 첫 번째 종통 보강재 및 브래킷은, 쉘 요소를 사용하여 정확히 모델링 하여야 한다. 너클부로부터 떨어져 있는 종통 보강재는 보 요소로 모델링 할 수 있다. 거더의 바깥 쪽, 즉 빌지호퍼 탱크 내로 돌출한 내저판은 스카핑 브래킷 범위까지 쉘 요소를 이용하여 모델링 하여야 한다. 스카핑 브래킷의 범위 바깥의 내저판 돌출부는, 등가한 면적을 갖는 선 요소로 모델링 할 수 있다. 너클 점으로부터 하나의 보강재 간격 내에 있는 전선, 관 및 접근용 개구와 같은 모든 구멍은 정확히 모델링 하여야 한다.

4.2.2.7 **그림 B.4.1**은 t_{net50} x t_{net50} 분할요소구역 범위 그 이외 부위에 적용하는 순 두께 구역을 나타낸다.

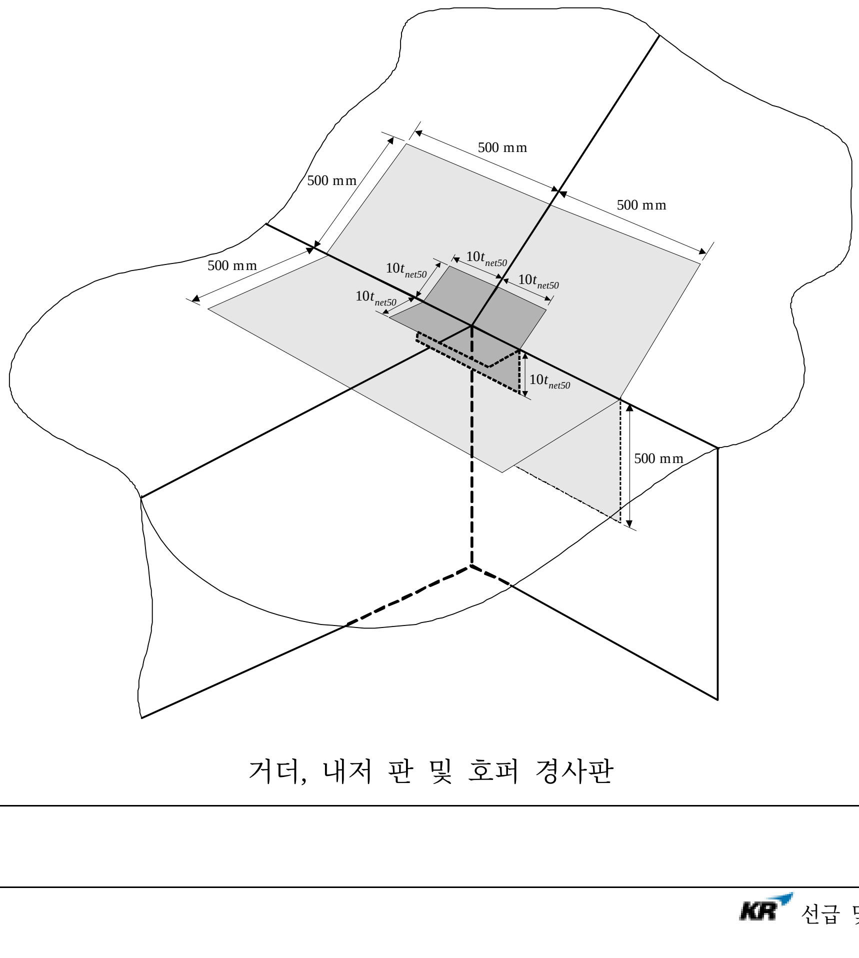
4.2.2.8 **그림 B.4.2** 내지 **그림 B.4.4** 은 호퍼너클 연결부의 전형적인 국부 유한요소 모델 및 t_{net50} x t_{net50} 분할요소 구역의 확대도를 보여준다.

그림 B.4.1

호퍼 하부 연결부의 t_{net50} x t_{net50} 영역 및 국부 순두께 영역의 최소범위



늑판 및 호퍼 웨브



거더, 내저 판 및 호퍼 경사판

그림 B.4.2
호퍼너클 연결부의 전형적인 국부 유한요소 모델
(내저 판 및 호퍼 사판의 t_{net50} x t_{net50} 분할요소)

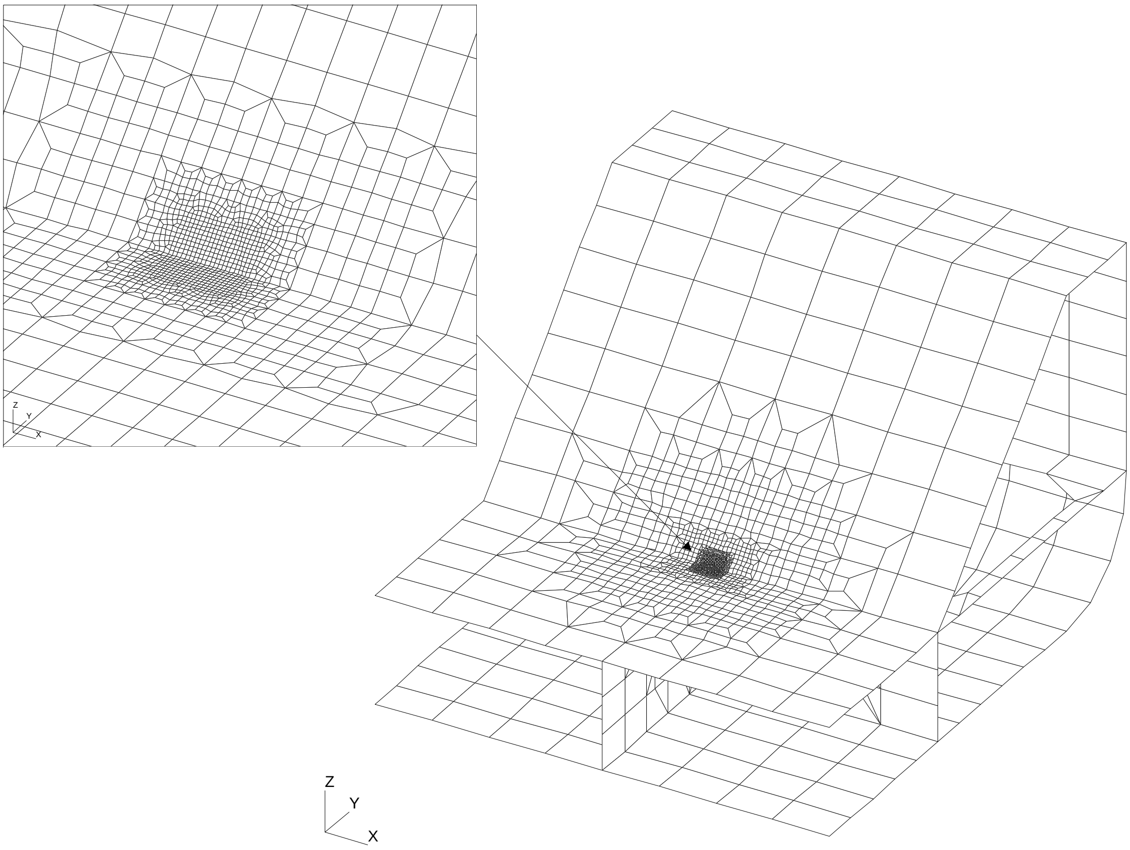
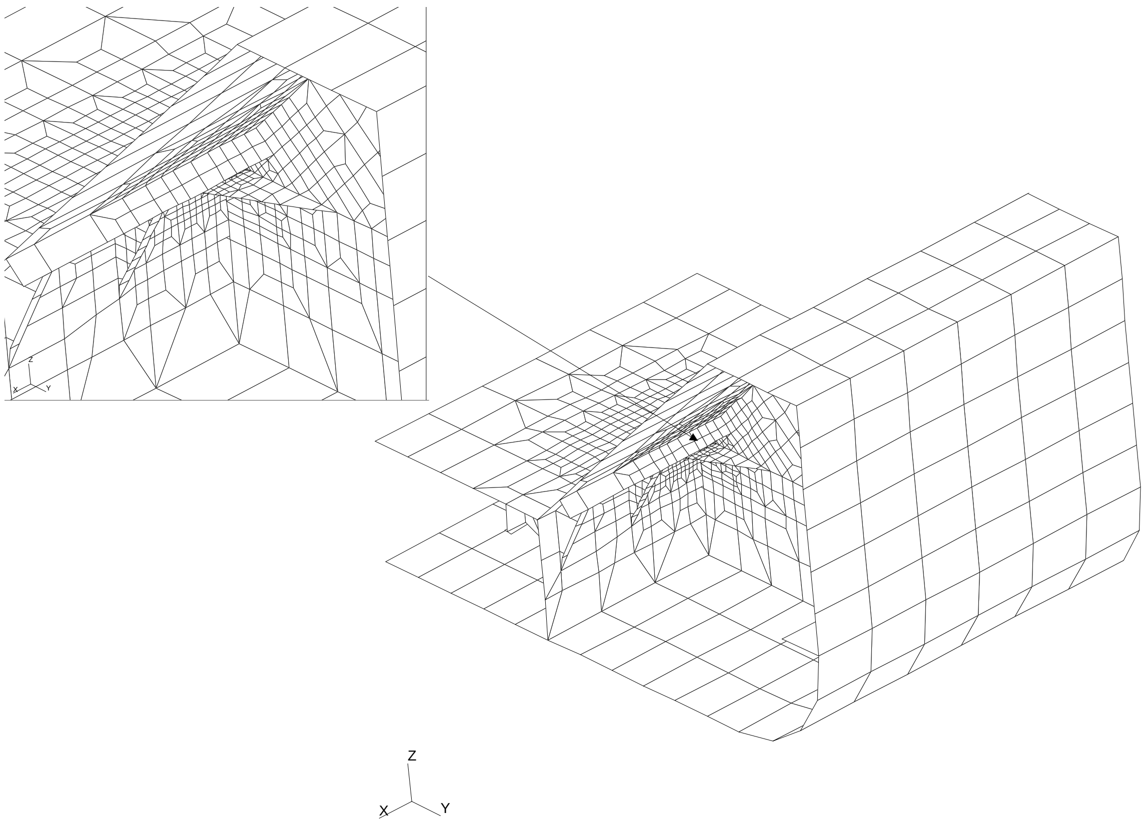


그림 B.4.3
호퍼너클 연결부의 전형적인 국부 유한요소 모델
(호퍼 사판, 특설늑골, 거더 및 브래킷의 t_{net50} x t_{net50} 분할요소)



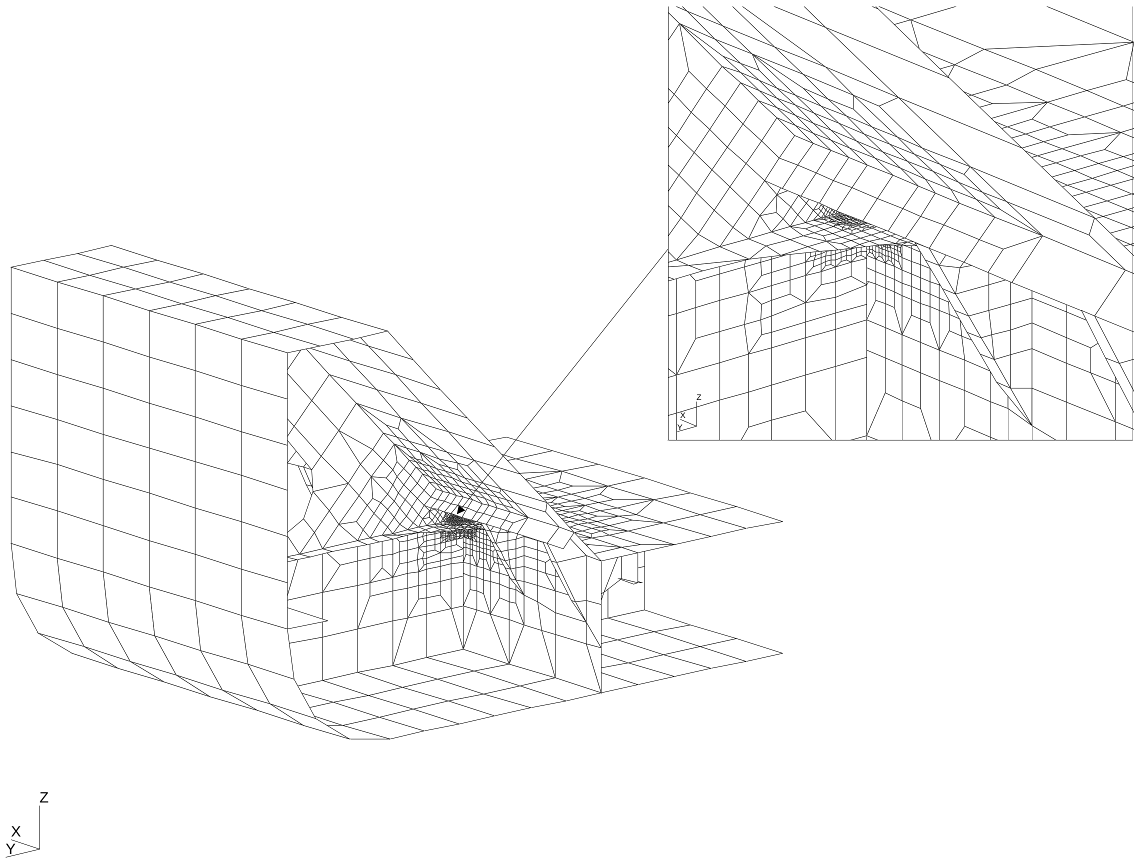
4.3 적하상태

4.3.1 일 반

4.3.1.1 피로강도평가를 위한 동적응력범위 산정을 위한 적하상태는 **부록 C/1.3.2**에 따른다.

4.3.1.2 피로 평가를 위하여 사용되는 화물 밀도는 균일적하 강도계산용 흘수 조건에 대한 화물 밀도와 0.9 t/m^3 중 큰 값으로 취하여야 한다.

그림 B.4.4
호퍼너클 연결부의 전형적인 국부 유한요소 모델
(호퍼 사판, 특설늑골, 종거더 및 브래킷의 t_{net50} x t_{net50} 분할요소)



4.3.2 호퍼너클 연결부에 대한 유한요소 하중 상태

4.3.2.1 이 **4.3.2**절의 요건은 호퍼 너클 연결부의 핫스폿응력 범위 산정에 적용한다.

4.3.2.2 피로응력 범위 산정에는 동적 하중만을 고려한다. 정적 하중을 유한요소해석에 포함할 필요는 없다.

4.3.2.3 조합응력 범위(**부록 C/2.4.2.7** 참조)의 결정을 위한 각 성분응력 범위를 구할 때 요구되는 하중 상태는 **표 B.4.1**에 주어진다.

4.3.2.4 수직 및 수평 선체거더 굽힘모멘트로 인한 응력은 피로평가를 위한 응력범위에 포함시키지 않는다. 선체거더의 굽힘효과로 인한 응력은 **4.5.2** 에 규정한 절차에 따라 피로응력범위 결과로부터 계산하여야 한다.

표 B.4.1
호퍼너클 연결부에 대한 성분응력범위 평가를 위한 하중상태

하중상태	성분응력	적용하중	하중 계산을 위한 인수
만재 적재 상태			
L 1	s_{e1}	동적파랑압력(전 범위)은 해석하는 호퍼너클 측의 선측에만 적용한다.	선박 흘수=적하지침서 내의 균일만재 출항조건에서의 선체중앙부 흘수로서, **부록 C/1.3.2**을 참조한다. GM: **7장/3.1.3.4**을 참조한다. $r_{roll-gyr}$: **7장/3.1.3.4**을 참조한다. 화물밀도 = 0.9 t/m^3 (최소값: **4.3.1.2** 참조)
L 2	s_{e2}	동적파랑압력(전 범위)은 해석하지 않는 호퍼너클 측의 선측에만 적용한다.	
L 3	s_{ix}	종방향 가속도로 인한 동적 탱크 압력(전 범위)	
L4	s_{iy}	횡방향 가속도로 인한 동적 탱크 압력(전 범위)	
L5	s_{iz}	수직방향 가속도로 인한 동적 탱크 압력(전 범위)	
밸러스트 상태			
L6	s_{e1}	동적파랑압력(전 범위)은 해석하는 호퍼너클 측의 선측에만 적용한다.	선박 흘수=적하지침서 내의 통상(normal) 밸러스트 출항 상태에서의 선체중앙부 흘수. 통상 밸러스트 상태가 정의되어 있지 않은 경우, 경하(light) 밸러스트 상태의 중앙부 흘수를 사용한다. **C/1.3.2**을 참조할 것.
L7	s_{e2}	동적파랑압력(전 범위)은 해석하지 않는 호퍼너클 측의 선측에만 적용한다.	
굽힘모멘트 수정을 위한 하중상태			
C1	s_{VBM}	단위 수직굽힘모멘트를 화물탱크 모델의 양단에 적용한다.	좌란 이외의 다른 하중은 적용하지 않는다.
C2	s_{HBM}	단위 수평굽힘모멘트를 화물탱크 모델의 양단에 적용한다.	

표 B.4.1 (계속) **호퍼너클 연결부에 대하여 성분응력범위 산정을 위한 하중상태**
여기서, $s_{e1}, s_{e2}, s_{ix}, s_{iy}, s_{iz}$: 굽힘모멘트 효과에 대한 수정 전의 성분응력(적절한 부호 규약을 사용하는)(5) s_{VBM} : 화물탱크 모델 양단에 단위수직굽힘모멘트의 적용에 의한 응력 응답 s_{HBM} : 화물탱크 모델 양단에 단위수평굽힘모멘트의 적용에 의한 응력 응답
(비 고) 1. 동적 화물압력 하중상태에 대하여, 선체 중앙부에서의 압력분포를 계산하고, 이를 화물탱크 유한요소 모델의 전 길이에 걸쳐 적용하여야 한다. 2. 동적 파랑압력 하중상태에 대하여, 압력분포는 선체중앙부의 화물탱크 중심위치에서 상하, 좌우 및 전후 방향 가속도를 계산할 것. 또한 각 탱크에서 계산된 가속도는 화물탱크 유한요소모델 전 길이에 걸쳐, 대응하는 화물탱크에 적용한다. 3. 화물탱크 중심위치에서의 상하, 좌우 및 전후 방향 가속도는 **7 장/3.3** 에 따라 계산하여야 한다. 가속도로 인한 동적 화물압력진폭은 **7 장/3.5.4.7** 에 따라 계산하여야 한다. 동적 탱크압력(전 범위)은 동적 탱크압력진폭을 2 배하여 구하고, **그림 7.3.9** 의 분포에 따라야 한다. 이 압력분포는 강도해석에서 사용된 것과 다르다는 것에 주의하여야 한다. 4. 동적 파랑압력진폭은 **7 장/3.5.2.3** 에 따라서 계산하여야 한다. 동적파랑압력(전 범위)은 동적파랑압력진폭을 2 배하여 구한다. 동적파랑압력 및 분포가 강도해석에서 사용된 것과 다르다는 것에 주의하여야 한다. 5. 하중상태 L1 내지 L7 으로부터 계산된 성분응력들은(적절한 부호규약을 사용하는) 수직 및 수평 굽힘모멘트 효과로 인한 성분을 공제하기 위하여 수정되어야 하며, **4.5.2.2** 을 참조한다.

4.4 경계조건

4.4.1 화물탱크 모델

4.4.1.1 화물탱크 모델의 양단에 적용하는 경계조건은 **2.6**에 따른다. 모델 양단에서의 단위 수직 및 수평 굽힘모멘트의 적용은 **2.5.4.5** 또는 **2.5.4.6**에 따른다.

4.4.2 국부 유한요소 모델

4.4.2.1 핫스폿응력 범위 산정을 위하여 별도의 국부 유한요소 모델을 사용하는 경우, 화물 탱크 모델로부터의 절점변위 또는 등가 절점력을 국부 모델의 대응하는 경계절점에 적용하여야 한다.

4.4.2.2 국부 모델 경계 상에 화물탱크 모델 상의 절점과 일치하지 않는 절점이 있는 경우, 다절점 구속을 이용하여 이들 절점에 변위를 부과할 수 있다. 두 개의 인접한 절점에 대한 선형 다절점 구속 관계방정식을 사용하여 고려해도 좋다.

4.4.2.3 별도의 국부 유한요소 모델로 표현된 구조부재에 대한 모든 국부하중을 모델에 작용시켜야 한다.

4.5 결과평가

4.5.1 일 반

4.5.1.1 잠재적인 균열 발생위치에서 균열 방향과 수직한 방향의 핫스폿응력범위에 기초하여 피로손상 계산을 하여야 한다.

4.5.1.2 용접 구조상세에 대하여, 용접토우 위치로부터 0.5 t_{net50} 의 거리에서 용접선에 직교하는 표면응력으로부터 핫스폿응력범위를 구하여야 한다. 여기서 t_{net50} 은 피로균열이 예상되는 위치에서의 판의 순 두께이며, **부록 C/2.4.2.6**을 참조한다.

4.5.1.3 자유 변의 피로평가에 대하여, 자유 변에서의 응력을 구하기 위하여 봉 요소를 사용한다. 응력범위는 봉 요소의 축 응력에 기초하여야 한다.

4.5.1.4 호퍼 너클 연결부의 피로손상 계산에 대하여는 **4.5.2**를 참조한다.

4.5.2 호퍼너클 연결부

4.5.2.1 용접된 호퍼너클 연결부의 피로평가를 위한 핫스폿응력범위는, 내저판과 호퍼 사판의 교선에 직교하는 방향의 따르는 요소법선응력에 기초하여야 한다. 응력범위는 그 교선으로부터 0.5 t_{net50} + x_{wt} 의 거리만큼 떨어진 위치에서 호퍼 사판 및 내저 판의 상면에서 산정하여야 한다. 여기서 t_{net50} 은 내저판의 순 두께이고, x_{wt} 은 용접 토우부 각장이며 **그림 C.2.1**을 참조한다. 요구되는 위치에서의 응력은, 호퍼 경사판과 내저판의 교선으로부터 첫 번째 및 두 번째 요소의 중심에서 산정한 표면응력을 선형보간하여 구한다.

4.5.2.2 **표** B.4.1의 하중상태 L1 내지 L7로부터 산정한 성분응력 범위는, 선체거더 수직 및 수평 굽힘모멘트로 인해 유발된 응력을 제거하기 위하여 다음 수정을 하여야 한다.

$$S_{c\_i} = \left| s_{c\_i} - M_{V\_i}\, s_{VBM} - M_{H\_i}\, s_{HBM} \right|$$

여기서,

S_{c_i} : $S_{e1}, S_{e2}, S_{ix}, S_{iy}$ 또는 S_{iz}, 굽힘모멘트의 영향을 수정한 후의 성분응력 범위

s_{c_i} : $s_{e1}, s_{e2}, s_{ix}, s_{iy}$ 또는 s_{iz}, L1 내지 L7으로부터 구한 수직 및 수평 굽힘모멘트의 영향을 포함한 성분응력(적절한 부호규약을 사용하는)(**표 B.4.1** 참조)

M_{V_i} : 하중상태 L1, L2, L3, L4, L5, L6 또는 L7에 의한 하중에 대한 수직선체거더 굽힘모멘트. 굽힘모멘트는 길이방향에 대하여, 평가위치의 쉘 요소의 중심에서 계산하여야 한다.

M_{H_i} : 하중상태 L1, L2, L3, L4, L5, L6 또는 L7에 의한 하중에 대한 수평선체거더 굽힘모멘트. 굽힘모멘트는 길이방향에 대하여, 평가위치의 쉘 요소 중심에서 계산하여야 한다.

s_{VBM} : 하중상태 C1으로부터 구한 단위수직굽힘모멘트로 인한 응력(**표 B.4.1** 참조)

s_{HBM} : 하중상태 C2으로부터 구한 단위수평굽힘모멘트로 인한 응력(**표 B.4.1** 참조)

4.5.2.3 요소 중심에서 프레임 위치까지의 길이방향 거리가 500 mm 미만인 경우, **4.5.2.2** 의 선체거더 수직 및 수평 굽힘모멘트는 평가하는 호퍼 너클 프레임 위치에서 산정해도 좋다.

4.5.2.4 만재하중 상태에 대하여 종, 횡 및 수직 가속도에 기인하는 동적 화물압력으로 인한 성분 응력범위 S_i 은 다음으로 주어진다.

$$S_i = 0.4\left|S_{ix}\right| + 0.9\left|S_{iy}\right| + 0.9\left|S_{iz}\right|$$

4.5.2.5 피로손상 계산을 위하여 요구되는 조합 핫스폿응력범위는 **부록 C/2.4.2.7**에 따라 계산하여야 한다.

4.5.2.6 피로손상 및 피로수명 계산은 **부록 C/1.4.1**에 따라야 한다.

1 공칭응력 방법

1.1 일 반

1.1.1 적 용

1.1.1.1 이 부록은 선박 구조 상세의 피로강도 평가를 위하여 사용하는 간이피로평가에 대한 절차를 규정한다. 피로강도평가는 보 이론에 기초한 공칭응력방법을 사용한다.

1.1.1.2 피로강도평가는 최소항복강도가 400 N/mm^{2}미만인 강재를 사용한 용접 연결부에 적용하여야 한다.

1.1.2 가 정

1.1.2.1 피로강도 평가는 다음과 같은 가정을 전제로 한다.

(a) 선형누적 손상모델(즉 Palmgren-Miner 법칙)은 **1.4.5**의 S-N 선도를 사용한다.

(b) 종통 보강재 단부 연결부에 대하여는, **1.4.2** 내지 **1.4.4**의 경험식에서 얻어지는 공칭응력 및 **1.3**에 규정하는 규칙하중을 이용한 공칭응력 기반 피로평가에 기초한다.

(c) 구조 상세에 대한 장기 응력범위는 **1.4.1.5** 및 **1.4.1.6** 에 규정하는 수정된 Weibull 확률분포인자 ξ에 의하여 특성이 정해진다.

(d) 구조상세는 **1.5**와 같이 이상화 및 분류한다.

1.1.2.2 **1.5**의 구조상세 분류는 단순 하중을 받고 있는 전형적인 연결부의 기하학적 형상에 기초한 것이다. 구조상세가 **1.5**에 보인 것과 다른 경우, 피로강도 견지에서 해당 상세의 타당성을 입증하기 위하여 적절한 유한요소 해석을 하여야 한다. (**2.1.1.3** 참조)

1.1.2.3 하중 또는 기하학적 형상이 너무 복잡하여 단순히 구분하기 어려운 경우, 유한요소 해석을 수행하여 해당 상세의 피로응력을 결정하여야 한다. 횡식 1차 지지부재 위치의 용접된 호퍼너클 연결부에 있는 용접 토우 위치의 핫 스폿 응력을 결정 및 평가하기 위한 유한요소해석 절차를 **C.2절**에 규정한다. 굽힘 형 너클 연결부에 대하여는, **2.1.1.2**를 참조한다.

1.2 부식 모델

1.2.1 순 두께

1.2.1.1 **6장/3**에서 규정하는 순 두께 및 부식추가두께를 사용하여, 구조강도 모델을 하여야 한다.

1.3 하 중

1.3.1 일 반

1.3.1.1 선박구조는 다음을 포함한 다양한 종류의 하중을 고려하여야 한다.

(a) 화물화중 및 선각중량을 포함하는 정적 하중

(b) 파랑 하중

(c) 선저 슬래밍, 선수 플래어 충격 및 부분 적재된 탱크의 슬로싱과 같은 충격하중

(d) 주기관으로 인한 주기적인 하중 및 프로펠러 유기 진동 하중

(e) 열 하중과 같은 과도적인 하중

(f) 잔류응력

1.3.1.2 피로강도 해석에서는 응력의 장기분포 계산을 위하여 다음의 파랑 유기 하중을 고려한다.

(a) 선체거더 하중(즉, 수직 및 수평 굽힘모멘트)

(b) 동적 파랑압력

(c) 선박 운동에 의한 동적 탱크내 압력

1.3.2 적하상태 선택

1.3.2.1 의도된 선박 운항에 따라, 대표적인 적재상태에 대하여 피로해석을 수행하여야 한다. 다음 두 적하상태가 검토되어야 한다.

(a) 설계 흘수 T_{full} 에서의 만재하중 상태. (**4장/1.1.5.4** 참조)

(b) 통상(normal) 밸러스트 흘수 T_{bal-n} 의 밸러스트 상태. 적하지침서에 통상 밸러스트 상태가 없는 경우에는, 최소 밸러스트 흘수 T_{bal} 를 사용하여야 한다.(**4장/1.1.5.2** 참조)

1.3.2.2 선박 중앙부에서의 해당 흘수를 피로하중 결정을 위하여 사용하여야 한다.

1.3.3 하중 결정

1.3.3.1 해당 적하상태에 대한 응력범위를 결정하기 위하여 구조에 작용하는 하중을 계산하여야 한다.

1.3.3.2 전체하중과 국부하중의 작용으로 인한 조합응력은 확률레벨 10^{-4}에서 고려하며, **1.4.4**에 따라서 계산하여야 한다.

1.3.4 수직 파랑 굽힘모멘트

1.3.4.1 수직 파랑 굽힘모멘트는 **7장/3.4.1**에 기초하여 계산하여야 한다. 만재하중 및 밸러스트 상태에 대한 수직 파랑 굽힘 모멘트의 의사 진폭(1/2 범위) 값은 다음 식에 따른다.

$$M_{wv-v-amp} = 0.5(M_{wv-hog} - M_{wv-sag}) \quad \text{(kNm)}$$

여기서,

M_{wv-hog} : 호깅 수직 파랑 굽힘모멘트(kNm)

M_{wv-sag} : 새깅 수직 파랑 굽힘모멘트(kNm)

1.3.5 수평 파랑 굽힘모멘트

1.3.5.1 수평 파랑 굽힘 모멘트는 **7장/3.4.2**에 따라서 계산하여야 한다. 만재하중 및 밸러스트 상태에서 수평 파랑 굽힘모멘트의 의사 진폭(1/2 범위) 값은 다음 식에 따른다.

$$M_{wv-h-amp} = 0.5(M_{wv-h-pos} - M_{wv-h-neg}) \quad \text{(kNm)}$$

여기서,

$M_{wv\text{-}h\text{-}pos}$: 양(+)의 수평 파랑 굽힘모멘트 (kNm)

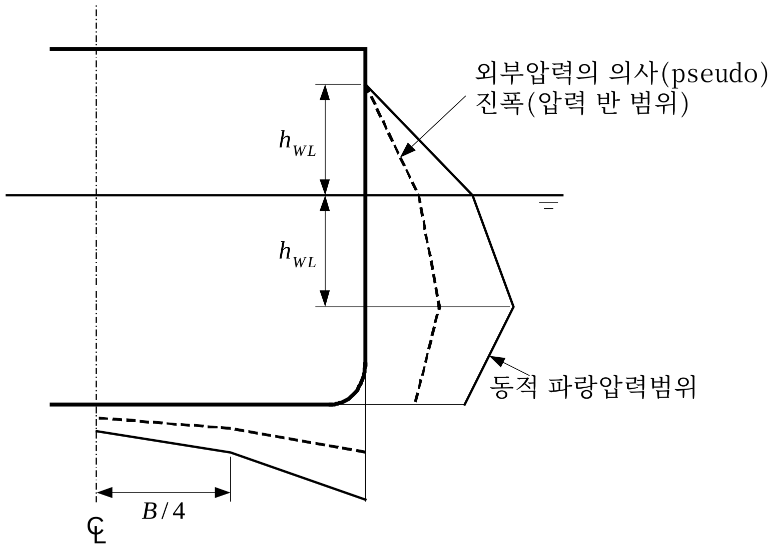
$M_{wv\text{-}h\text{-}neg}$: 음(-)의 수평 파랑 굽힘모멘트 (kNm)

1.3.6 동적 파랑 압력

1.3.6.1 동적 파랑 압력은 **7장/3.5.2**에 따라 계산하여야 한다.

1.3.6.2 단속적으로 건습이 되는 구역으로 인한 외부압력의 확장범위를 고려하여, 외부압력의 의사 진폭(1/2 압력범위) $P_{ex\text{-}amp}$ 은 **7장/3.5.2.3**에 의한다. 또한 해당 외부압력의 진폭을 **그림 C.1.1**에 나타낸다.

그림 C.1.1
동적 압력



1.3.7 동적 탱크 압력

1.3.7.1 동적 탱크내부 압력 진폭은 **7장/3.5.4.5** 및 **7장/3.5.4.6**에 따라 계산하여야 한다. 다만, 갑판에 대하여는 동적 탱크 내부 압력을 고려하지 않는다.

1.4 피로 손상 계산

1.4.1 피로 강도 결정

1.4.1.1 구조의 피로 평가는 다음에 주어진 Palmgren-Miner 누적손상법칙을 적용한다. 누적 손상도 DM 이 1을 초과하는 구조는 허용되지 않는다. DM 은 다음 식에 따른다.

$$DM = \sum_{i=1}^{i=n_{tot}} \frac{n_i}{N_i}$$

여기서,

n_i : 응력범위 S_i 의 반복횟수

N_i : 응력범위 S_i 에서의 피로수명, 즉 파손까지의 반복횟수

n_{tot} : 응력범위 블록의 총 개수

1.4.1.2 용접된 구조부재의 피로강도 평가는 다음의 세 단계를 포함한다.

(a) 응력범위의 계산

(b) 설계 S-N 선도의 선택

(c) 누적손상도의 계산

1.4.1.3 선박의 설계수명동안 누적 손상도 DM 은 1 미만이어야 한다. 설계수명은 25년 이상이어야 한다. 별도로 규정되지 않는 한, 합성 누적 손상은 다음에 의한다.

$$DM = \sum_{i=1}^{2} DM_i$$

여기서,

DM_i : 적용하는 적하상태에 대한 누적피로손상

i : 1=만재하중 상태, 2 = 통상(normal) 밸러스트 상태

1.4.1.4 응력의 장기분포는 2인수(parameter) Weibull 확률 분포에 따르는 경우, 각 하중 상태에 대한 누적 피로손상은 다음 식에 의한다.

$$DM_i = \frac{\alpha_i N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(lnN_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma(1+\frac{m}{\xi})$$

여기서,

N_L : 설계수명에 대한 반복횟수. 별도 규정이 없는 한, N_L 은 다음에 의한다.

$$= \frac{f_0 U}{4logL}$$

25년의 설계수명에 대하여, 이 값은 일반적으로 $0.6x10^8 \sim 0.8x10^8$ 범위에 있다.

f_0 : 적하 및 양하, 수리 등과 같이 비 항해 시간을 고려한 계수로서, 0.85로 한다.

U : 설계수명(sec)

$= 0.788x10^9$ (설계수명 25년에 대하여)

L : 규정 길이로서 **4장/1.1.1.1**에 따른다.

m : **1.4.5.5**에 규정된 S-N 선도의 인수

K_2 : **1.4.5.5**에 규정된 S-N 선도의 인수

α_i : 선박의 수명의 비율

$\alpha_1 = 0.5$ (만재하중 상태)

$\alpha_2 = 0.5$ (밸러스트 상태)

S_{Ri} : 대표 확률레벨 10^{-4}에서의 응력범위(N/mm^2)

N_R : 확률레벨 10^{-4}에 대응하는 반복 횟수로서 10,000으로 한다.

ξ : Weibull 확률분포 인수로서, **1.4.1.6**에 정의된다.

Γ : 감마함수

μ_i : S-N 선도의 기울기 변화를 고려한 계수

$$\mu_i = 1 - \frac{\left\{\gamma\left(1+\frac{m}{\xi}, v_i\right) - v_i^{-\Delta m/\xi}\gamma\left(1+\frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)\right\}}{\Gamma(1+\frac{m}{\xi})}$$

v_i : $\left(\frac{S_q}{S_{Ri}}\right)^{\xi} lnN_R$

S_q : S-N 선도의 두 선분의 교점에서의 응력범위 (**표 C.1.6** 참조)

Δm : S-N 선도의 상부 및 하부 선분의 기울기 변화로서 2로 한다.

$\gamma(a,x)$: 불완전 감마함수, 르장드르 형(Legendre form)

1.4.1.5 응력범위(선체거더+국부굽힘)의 장기분포의 확률밀도함수는 2 인수 Weibull 분포에 의하여 표현되는 것으로 한다. 이 가정은, Weibull 분포의 2 인수가 결정되면, 피로수명 계산을 위하여 해석적인 형태의 방정식의 사용이 가능하다. 확률밀도함수 $f(S)$ 은 다음에 의한다.

$$f(S) = \frac{\xi}{f_1}\left(\frac{S}{f_1}\right)^{\xi-1} exp\left(-\frac{S}{f_1}\right)^{\xi}$$

여기서,

S : 응력범위 (N/mm^2)

ξ : Weibull 확률분포 인수(**1.4.1.6 참조)**

f_1 : 척도 인수

$$= \frac{S_R}{(lnN_R)^{1/\xi}}$$

N_R : $1/N_R$ 의 초과확률에 대응하는 반복횟수

S_R : $1/N_R$ 의 초과확률을 갖는 응력범위 (N/mm^2)

1.4.1.6 고려하는 구조상세에 대하여, Weibull 형상인수는 반복응력에 기여하는 하중 범주를 고려하여 선정하여야 한다. Weibull 형상인수 ξ은 다음과 같이 취한다.

$$\xi = f_{Weibull}(1.1 - 0.35\frac{L-100}{300})$$

여기서,

L : 규정 길이로서, **4장/1.1.1.1**에 정의된다.

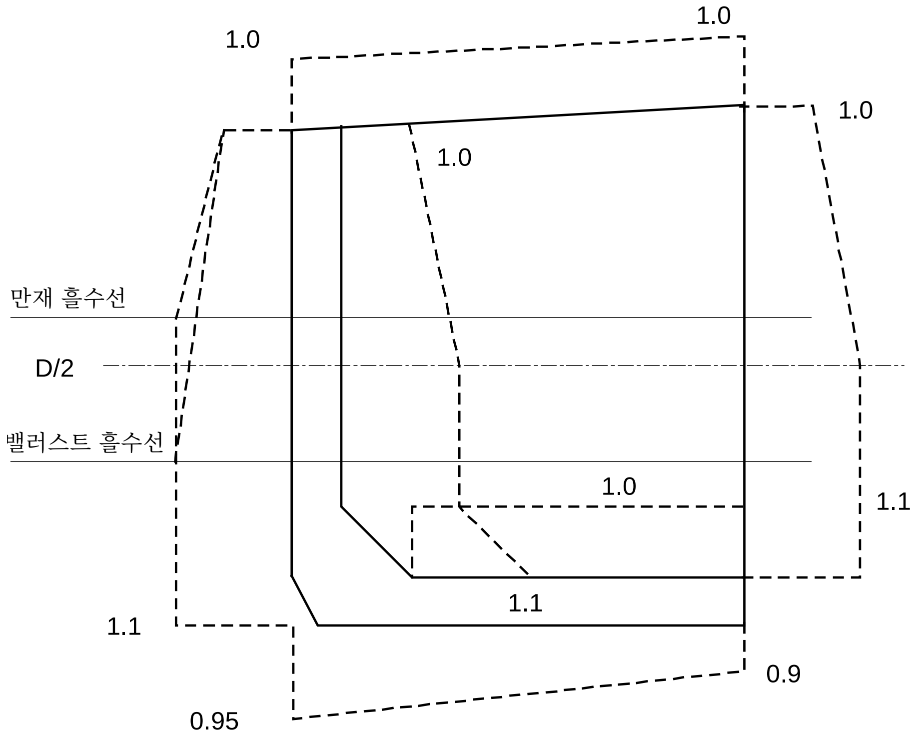
D : 형 깊이로서, **4장/1.1.4.1**에 정의된다.

$f_{Weibull}$: 변동폭 의존과 관련한 수정계수로서, **표 C.1.1** 및 **그림 C.1.2**에 주어진다.

표 C.1.1
계수 $f_{Weibull}$ 의 분포

판 구역	$f_{Weibull}$ ((비 고) 참조)
선저	중심선에서 0.9, 그 이외에서는 0.95
선측 및 빌지	흘수 T_{LC} 이하에서 1.1 , 갑판에서 1.0
갑판	1.0
내저판	1.0
내측	D/2 이하는 1.1, 갑판에서 1.0
내측 종격벽	D/2 이하는 1.1, 갑판에서 1.0
중심선 종격벽	D/2 이하는 1.1, 갑판에서 1.0
(비 고) 중간 값은 선형보간한다.	

표 C.1.2
계수 $f_{Weibull}$ 의 분포



1.4.1.7 누적 피로손상도 DM 은 아래에 주어진 관계를 이용하여 피로수명으로 전환할 수 있다. 이 형식에 있어서는, 계산된 수명은 선박의 설계수명 이상이어야 한다.

$$피로수명 = \frac{설계수명}{DM} \quad (년)$$

1.4.2　사용 응력

1.4.2.1　구조상세의 전체적인 기하학적 형상 변화를 고려하여 공칭응력을 결정하여야 한다. 구조적 불연속, 부착물의 존재 및 용접형상에 의한 응력집중의 영향은 고려하지 않는다.

1.4.3　공칭응력 계산

1.4.3.1　이 **1.4.3**에서는 선박 응력응답의 전체 및 국부 응력의 조합을 결정하는 간이 접근법에 대하여 규정한다.

1.4.3.2　응력응답은 상세레벨을 변화시켜 계산하여야 한다. 간이 절차로서 다음 접근법을 채용할 수 있다.

(a) 종방향 선체거더를 고려하는 종통 요소에서 공칭응력 레벨에 대한 합리적인 근사값을 얻는 방법으로, 선체 거더를 단순보로 취급한다. 중요한 상세 위치에서의 선체거더 응력 산정에 이를 적용한다.

(b) 동적 파랑압력 및 동적 탱크압력 하중으로 인한 종 및 횡 늑골의 공칭응력응답을 결정함에 있어서, 유효한 부착 판(유효폭)을 갖는 구조부재를 사용한다. 해당 부재의 단부 구속 및 모멘트를 고려하여야 한다.

1.4.4　응력 성분의 정의

1.4.4.1　동적 응력은 응력범위 S 또는 응력진폭 σ 중 어느 하나를 참조한다.

1.4.4.2　피로해석에서 고려하는 전체 동적 응력성분(일차응력)은 수직 파랑 선체거더 굽힘응력 σ_v 및 수평 파랑 선체거더 굽힘응력 σ_h 으로 한다.

1.4.4.3　고려하는 국부 동적 응력진폭은 동적 파랑 압력하중 또는 동적 탱크 내 변동 압력하중에 의한 총 국부 응력진폭 σ_{e-i} 으로 정의 한다.

1.4.4.4　국부 응력성분은, 종거더 시스템의 굽힘에 의한 이차응력σ_2, 종거더 지지점 사이의 보강재 굽힘에 의한 응력진폭 σ_{2A} 및 종통재 및 횡늑골 사이의 보강되지 않은 판 요소의 굽힘에 의한 3차 응력진폭 σ_3으로 한다.(**그림 C.1.3** 참조)

1.4.4.5　동적파랑 및 동적 탱크 내 압력하중으로 인한 총 국부응력 σ_{e-i} 은 다음으로 취한다.

$$\sigma_{e-i} = \sigma_2 + \sigma_{2A} + \sigma_3 \quad (\text{N/mm}^2)$$

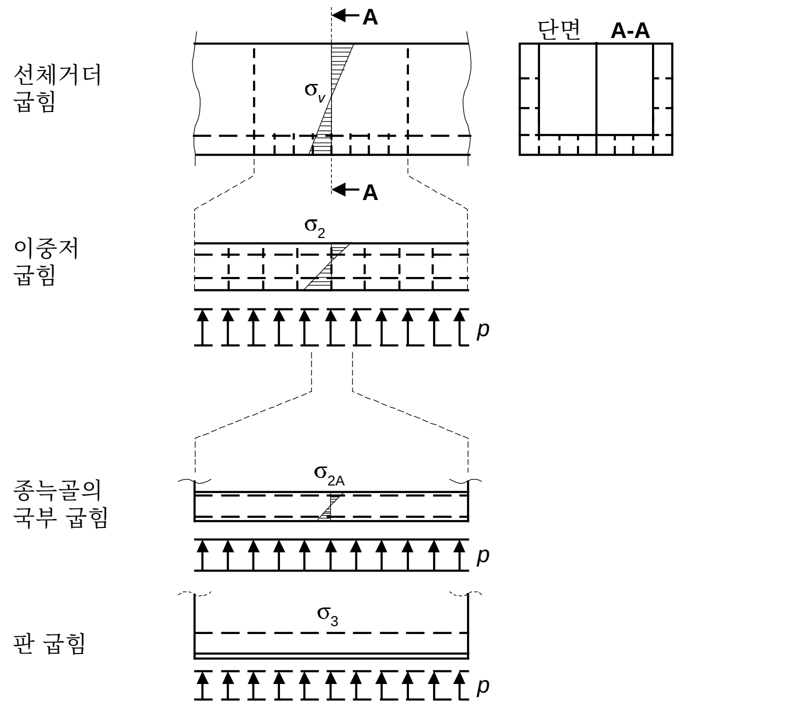
여기서,

σ_2　: 국부 응력성분(N/mm^2)으로, **1.4.4.4**에 정의한다.

σ_{2A}　: 국부 응력성분(N/mm^2)으로, **1.4.4.4**에 정의한다.

σ_3　: 국부 응력성분(N/mm^2)으로, **1.4.4.4**에 정의한다.

그림 C.1.3
국부응력 성분의 정의



1.4.4.6 응력 성분의 계산에 대하여, 수직 파랑 선체거더 응력 σ_v 은 다음에 의한다.

$$\sigma_v = \frac{M_{wv-v-amp}}{Z_{v-net75}} 10^{-3} \quad (\mathrm{N/mm^2})$$

여기서,

$M_{wv\text{-}v\text{-}amp}$: 의사 진폭(반 범위)(kNm)으로, **1.3.4**에 정의한다.

$Z_{v\text{-}net75}$ $= \dfrac{I_{v-net75}}{|z - z_{NA-net75}|}$ ($\mathrm{m^3}$) (**4장/2.6.1** 참조)

$I_{v\text{-}net75}$: 개구가 공제된 횡 중립축에 관한 선체 횡단면의 순 수직 선체거더 관성 모멘트($\mathrm{m^4}$), 여기서 $I_{v\text{-}net75}$은 모든 유효한 구조부재에 대하여 총 두께에서 $0.25t_{corr}$ 을 공제한 두께를 기초하여 계산하여야 한다.(**4장/2.6.1.3** 참조)

z : 기선으로부터 고려하는 중요부재까지의 거리, 즉 종통보강재의 플랜지 상면까지의 거리(m)

$z_{NA\text{-}net75}$: 기선으로부터 수평 중립축까지의 거리 (m)로, $I_{v\text{-}net75}$와 일관되게 잡는다.

1.4.4.7 수직 파랑 굽힘모멘트에 의한 응력범위 S_v 는 다음으로 취한다.

$$S_v = 2\sigma_v \quad (\mathrm{N/mm^2})$$

여기서,

σ_v : 수직 파랑 선체거더 응력($\mathrm{N/mm^2}$)으로, **1.4.4.6**에 따른다.

1.4.4.8 수평파랑 선체거더 응력 σ_h 은 다음으로 취한다.

$$\sigma_h = \frac{M_{wv-h-amp}}{Z_{h-net75}} 10^{-3} \quad (\text{N/mm}^2)$$

여기서,

$M_{wv-h-amp}$: 1.3.5에 정의한다. (kNm)

$Z_{h-net75}$: $\frac{I_{h-net75}}{|y|}$ (m^3) , (**4장/2.6.2** 참조)

y : 선체 횡단면의 수직 중립축으로부터 고려하는 중요부재까지의 거리, 즉 종통 보강재의 상면까지의 거리(m)

$I_{h-net75}$: 개구가 공제된 수직 중립축에 관한 선체 횡단면의 순 수평 선체거더 관성 모멘트(m^4), 여기서 $I_{h-net75}$ 는 모든 구조부재에 대하여 총 두께에서 0.25 t_{corr} 을 공제한 두께를 기초로 하여 계산하여야 한다.

1.4.4.9 수평파랑 굽힘모멘트에 의한 해당 응력범위 S_h 은 다음으로 취한다.

$$S_h = 2\sigma_h \quad (\text{N/mm}^2)$$

여기서,

σ_h : 수평 파랑 선체거더 응력(N/mm^2)으로, **1.4.4.8**에 따른다.

1.4.4.10 이중선체 유조선에 대하여, **1.4.4.4**에 정의한 σ_2의 영향은 일반적으로 작으므로 이 영향은 고려하지 않아도 좋다.

1.4.4.11 거더 지지(예를 들면 프레임, 격벽) 사이의 보강재 굽힘으로 발생하는 응력진폭 σ_{2A} 은 다음에 의한다.

$$\sigma_{2A} = K_n K_d \frac{M}{Z_{net50}} 10^3 \quad (\text{N/mm}^2)$$

여기서,

K_n : **1.4.4.15**에 규정하는 비대칭 단면형상에 대한 응력계수

K_d : 지지점 사이의 상대 처짐에 의하여 야기되는 종통 보강재의 굽힘응력에 대한 응력계수로서, 실제 상대변위를 고려하는 경우는 유한요소해석에 의하여 결정할 수 있고, 또는 다음에 따른다..

1.0: 늑골 연결부에서

1.15: 제수격벽을 포함하는 횡격벽 연결부의 모든 종통재
다만 다음 경우는 제외한다.

(a) 만재 적재 상태:

1.3: 최하부 측 스트링거 및 갑판 코너 사이의 중간 위치에 있는 선측부 및 빌지부 종통보강재에 대하여

1.15: 최하부 측 스트링거 및 갑판 코너에 있는 선측부 및 빌지부 종통보강재에 대하여

두 위치 사이는 선형보간한다.

1.5: 종격벽, 선저거더 또는 버트리스 구조 사이의 중간 위치의 선저 종통 보강재에 대하여

1.15: 종격벽, 선저거더 또는 버트리스 구조에서의 선저 종통 보강재에 대하여

두 위치 사이는 선형보간한다.

그림 C.1.4를 참조한다.

(b) 밸러스트 상태:

1.5: 종격벽, 선저거더 또는 버트리스 구조 사이의 중간 위치의 선저 종통 보강재에 대하여

1.15: 종격벽, 선저거더 또는 버트리스 구조에서의 선저 종통 보강재에 대하여

두 위치 사이는 선형보간한다.

M : 늑골의 용접토우(예를 들면 브래킷 토우)의 늑골 지지점에서의 모멘트

$$= \frac{P s\, l_{bdg}^2 10^{-3}}{12} r_p$$

s : 보강재 간격(mm)

l_{bdg} : 종통 보강재의 유효 굽힘스팬(m) 으로서 그림 C.1.5에 따른다. 소프트 토우 브래킷에 대하여는, **4장 그림 4.2.1** 및 **4.2.2**을 참조한다. 소프트 토우를 갖는 보강재 정부는, 소프트 토우 브래킷을 가진 평강과 동등한 것으로 취급한다. 스팬점은 부재의 면재로부터 측정한 단부 브래킷의 깊이가 해당 부재 깊이의 1/2되는 점으로 한다.

Z_{-net50} : 유효 판 플랜지 b_{eff} 을 갖는 종통 보강재의 단면계수(cm^3)로서, 총 두께에서 부식 추가 $0.5t_{corr}$ 을 공제한 두께에 기초하여 계산한다.

b_{eff} : **4장/2.3.3**에 정의한다.

r_p : 보강재 길이를 따라 용접토우 위치까지 보간법에 대한 모멘트 보간 계수

$$= \left| 6\left(\frac{x}{l_{bdg}}\right)^2 - 6\left(\frac{x}{l_{bdg}}\right) + 1.0 \right| \qquad \text{여기서, } 0 \le x \le l_{bdg}$$

여기서, x 은 핫 스폿까지의 거리(m)이며, **그림 C.1.5**를 참조한다.

P : 고려하는 프레임과 이웃 프레임 사이의 스팬중간에서의 횡 동적 압력진폭 (kN/m^2).

P_{in-amp} : 동적 탱크 내 압력으로, **1.3.7**에 정의한다.

P_{ex-amp} : 동적 파랑 압력으로, **1.3.6**에 정의한다.

그림 C.1.4
두개의 종통격벽을 갖는 선박에 대하여 만재적재상태에서 격벽계수 K_d 의 변화

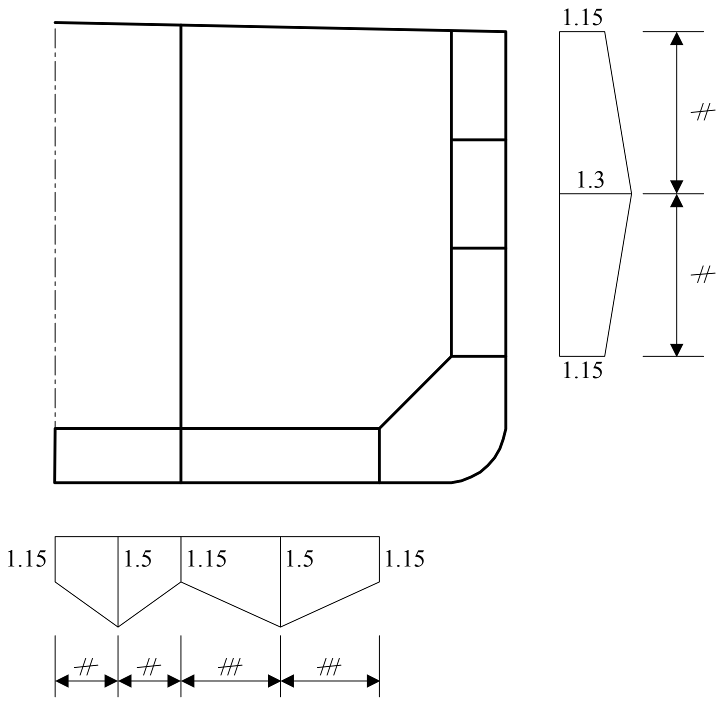
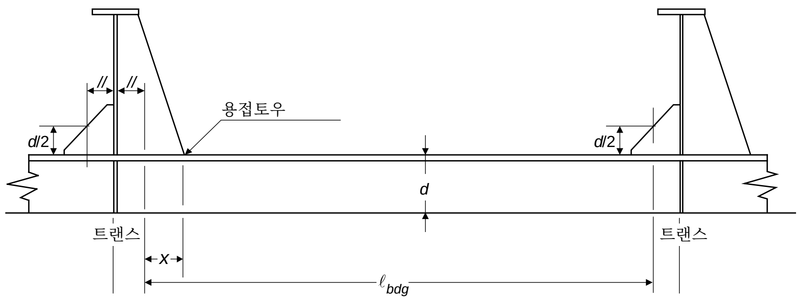
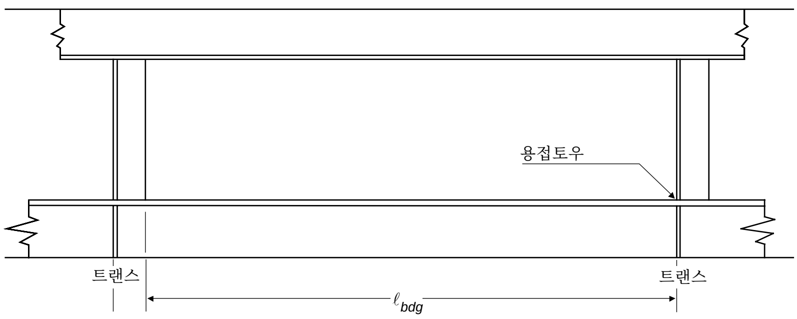


그림 C.1.5
유효 스팬 길이의 정의

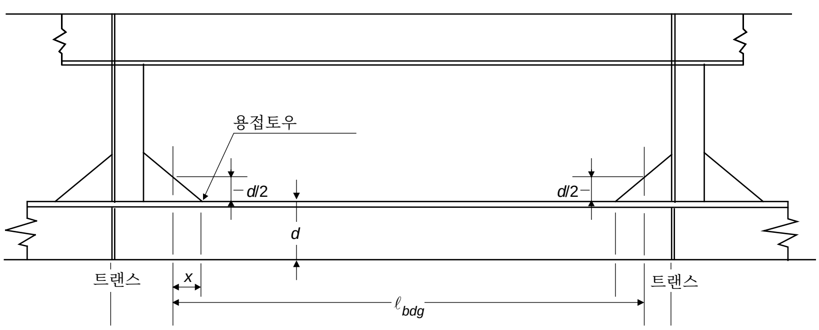
자유 면재를 갖는 트랜스버스에 의한 지지 (1)



자유 면재를 갖는 트랜스버스에 의한 지지 (2)



이중 선체 / 횡격벽에 의한 지지 (1)



이중 선체 / 횡격벽에 의한 지지 (2)

1.4.4.12 외부파랑 또는 내부탱크 압력에 의한 응력범위 S_e 또는 S_i 은 다음 식에 의한다.

$S_e = 2\sigma_{2Ae}$ (N/mm^2)

$S_i = 2\sigma_{2Ai}$ (N/mm^2)

여기서,

σ_{2Ae} : P_{ex-amp} 이 사용되는 경우, **1.4.4.11**에 정의한 응력 진폭(N/mm^2)

σ_{2Ai} : P_{in-amp} 이 사용되는 경우, **1.4.4.11**에 정의한 응력 진폭(N/mm^2)

1.4.4.13 판, 횡늑골 또는 격벽 연결부 용접부의 종방향 국부 3차 판 굽힘응력 진폭 σ_3는 고려하는 중요 위치와 관련이 없으므로 무시한다.

1.4.4.14 양단에서 굽힘에 대하여 균일 횡 하중을 받는, 굽힘에 있어서 보강재(종통재)의 판 면재의 유효 폭(전단지연에 인한)은 **4장/2.3.3**에 따른다.

1.4.4.15 **그림 C.1.6** 에 보인 바와 같이 횡 하중을 받는 패널 상의 비대칭 보강재 면재에서의 응력집중계수는 다음으로 취한다.

면재 단에서 : $K_{n1} = \dfrac{1+\lambda\beta}{1+\lambda\beta^2\psi}$

웨브 위치에서 : $K_{n2} = \dfrac{1+\lambda\beta^2}{1+\lambda\beta^2\psi}$

β : 다음 식에 따른다.

조립식 형상의 경우 : $1-\dfrac{2b_g}{b_f}$

압연 앵글형상의 경우 : $1-\dfrac{t_{w-net50}}{b_f}$

b_g : 웨브 중심선으로부터 플랜지의 폭(mm)(**그림 C.1.5** 참조)

$t_{w-net50}$: 순 웨브 두께 (mm)

d_w : 보강재 웨브의 깊이(mm)로서, **그림 C.1.7**에 따른다.

λ : **1.4.4.17**에 규정하는 계수

ψ : 플랜지 위치에서 산정한 플랜지 붙이 보강재 웨브의 단면계수와, 전체 완전한 패널 보강재의 단면계수 비로서, 근사 값으로 다음 식을 적용할 수 있다.

$$\frac{d_w^2\, t_{w-net50}}{4Z_{net50}10^3}$$

Z_{net50} : 보강재 웨브에 직각인 중립축에 관한, 부착판 전 폭 s 를 포함하는 보강재의 단면계수(cm^3). 총 두께에서 부식 추가 $0.5t_{corr}$ 를 공제한 두께를 기초로 계산하여야 한다.

그림 C.1.6
동일한 웨브 및 플랜지 면적을 갖는 대칭 및 비대칭 패널 휩 보강재의 굽힘응력

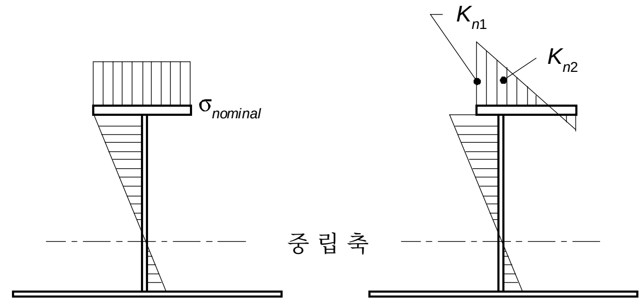
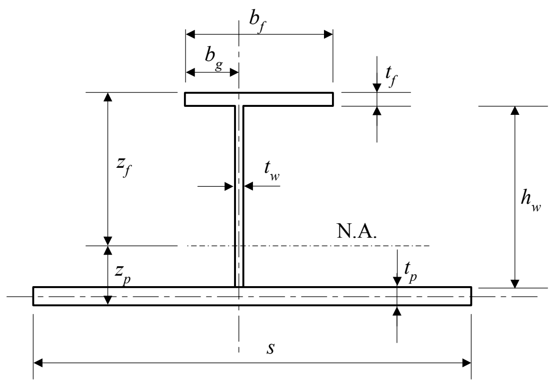


그림 C.1.7
보강재 형상



1.4.4.16 벌브 형강에 대하여는, 응력집중계수 산식을 직접 적용할 수 없다. 따라서 그림 C.1.8과 같이 등가의 조립식 형상으로 고려하여야 한다. 가정된 조립형강의 면재는 수직축 및 중립축에 있어서, 단면적과 단면 2차 모멘트가 벌브 면재와 동일한 값을 가져야 한다. HP 벌브 형강의 경우, 등가 조립형강의 치수를 규정하고 있고, 표 C.1.2에 몇 가지 예를 나타낸다.

1.4.4.17 연속 보강재(양단 고정)에 대하여, 지지 점에서 λ계수는 다음으로 취한다.

$$\lambda = \frac{3(1+\frac{\eta}{280})}{1+\frac{\eta}{40}}$$

여기서,

$$\eta = \frac{l_{bdg}^4 \, 10^{12}}{b_f^3 \, t_{f-net50} \, h_{stf}^2 \left(\frac{4h_{stf}}{t_{w-net50}^3} + \frac{s}{t_{p-net50}^3} \right)}$$

l_{bdg} : 종통 보강재의 유효 굽힘스팬(m)

b_f : 플랜지 폭(mm)

$t_{f\text{-}net50}$: 순 플랜지 두께(mm)

h_{stf} : 면재를 포함한 보강재 높이(mm)

$t_{w\text{-}net50}$: 순 웨브 두께(mm)

$t_{p\text{-}net50}$: 순 판 두께(mm)

s : 보강재 사이의 판 폭(mm)

그림 C.1.8
벌브 형상과 등가 조립형 플랜지

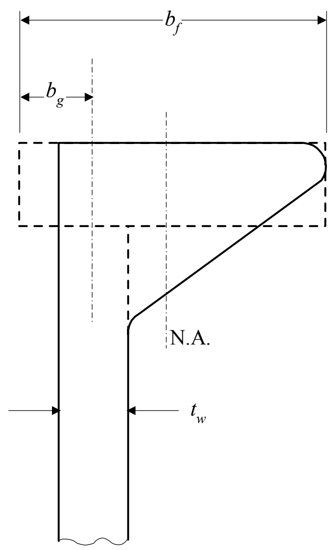


표 C.1.2
HP 등가 조립형 형상의 치수

HP- 구평강		등가 조립 플랜지		
높이 **(mm)**	웨브 폭 t_w **(mm)**	b_f **(mm)**	t_f **(mm)**	b_g **(mm)**
200	9 – 13	$t_w + 24.5$	22.9	$(t_w + 0.9)/2$
220	9 - 13	$t_w + 27.6$	25.4	$(t_w + 1.0)/2$
240	10 – 14	$t_w + 30.3$	28.0	$(t_w + 1.1)/2$
260	10 – 14	$t_w + 33.0$	30.6	$(t_w + 1.3)/2$
280	10 – 14	$t_w + 35.4$	33.3	$(t_w + 1.4)/2$
300	11 – 16	$t_w + 38.4$	35.9	$(t_w + 1.5)/2$
320	11 – 16	$t_w + 41.0$	38.5	$(t_w + 1.6)/2$
340	12 – 17	$t_w + 43.3$	41.3	$(t_w + 1.7)/2$
370	13 – 19	$t_w + 47.5$	45.2	$(t_w + 1.9)/2$
400	14 – 19	$t_w + 51.7$	49.1	$(t_w + 2.1)/2$
430	15 – 21	$t_w + 55.8$	53.1	$(t_w + 2.3)/2$

1.4.4.18 각 적하상태에 대하여, 동시 발생하는 내부탱크 및 외부파랑 압력하중에 의한 조합 국부 응력성분에 선체거더 파랑굽힘에 의한 전체 응력성분을 조합하여야 한다.

1.4.4.19 총 조합 응력범위 S 은 다음으로 주어진다.

$$S = f_{SN}\left| f_1 S_v + f_2 S_h + f_3 S_e + f_4 S_i \right| \quad (\text{N/mm}^2)$$

여기서,

f_1, f_2, f_3 및 f_4 : 응력범위의 조합계수로서, 총 응력범위와 각 응력범위성분사이의 위상 관계를 나타내며, **표 C.1.2** 내지 **C.1.4**에 정의한 대로 1.0과 -1.0사이의 값이다. 계수 값이 1.0을 초과할 경우 1.0을 적용하며, -1.0 미만인 경우 -1.0을 적용한다.

f_{SN} : 피로에 대하여 보호되는 환경 및 보호되지 않은 환경이 있는 것을 고려하기 위한, 연결부의 고려 계수로서, 1.06 으로 한다.

S_v : 수직 굽힘모멘트로 인한 응답 응력범위(N/mm^2)로서, **1.4.4.7**에 따른다.

S_h : 수평 굽힘모멘트로 인한 응답 응력범위(N/mm^2)로서, **1.4.4.9**에 따른다

S_e : 외부 파랑 또는 내부 탱크 압력으로 인한 응력범위(N/mm^2)로서, **1.4.4.12**에 따른다.

S_i : 외부 파랑 또는 내부 탱크 압력으로 인한 응력범위(N/mm^2)로서, **1.4.4.12**에 따른다.

1.4.4.20 응력범위의 조합계수 f_1, f_2, f_3 및 f_4는 다음 구역에 적용하여야 하며, **표 C.1.2** 및 **C.1.4**에 의한다.

(a) M 구역 : 선박 중앙부. 이 구역은 탱크 LCG 가 AP 로부터 0.35L 과 0.8L 사이에 있는 모든 탱크의 전 길이를 말한다.

(b) A 구역 : 선미 구역. 이 구역은 구역 M 의 직후에 있는 탱크 중앙에서 시작하며, 후방으로 모든 최후방 탱크를 포함하는 구역을 말한다.

(c) F 구역 : 선수 구역. 이 구역은 구역 M 의 직전에 있는 탱크 중앙에서 시작하여 전방으로 모든 최전방 탱크를 포함하는 구역을 말한다.

(d) AT 구역 : 구역 M 과 구역 A 사이의 후방 천이 구역. M 구역과 A 구역 응력범위 조합계수 사이의 선형보간에 의하여, 응력범위조합계수를 계산한다.

(e) FT 구역 : 구역 M 과 구역 F 사이의 전방 천이 구역. M 구역과 F 구역 응력범위 조합계수 사이의 선형보간에 의하여, 응력범위조합계수를 계산한다.

㈜ 밸러스트 탱크, 중앙 및 현측 탱크가 같은 길이를 갖지 않는 경우, 즉 슬롭탱크가 존재하는 경우에는 탱크의 중앙 위치는 긴 탱크의 중앙에서 취하여야 한다.

표 C.1.3 구역 M에 대한 응력범위 조합 계수							
	보강재 위치		f_1	f_2	f_3	f_4	f_i
밸러스트상태	선저 외판	a_i	-0.49	0.49	-1.04	-0.13	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	0.97	0.17	0.87	0.56	
	$D/2$ 하방 선측 외판 및 빌지	a_i	-1.48	0.50	-0.64	0.72	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	0.94	0.40	0.72	0.04	
	$D/2$ 상방 선측 외판	a_i	1.70	-1.00	-1.10	-0.60	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-0.65	1.15	0.95	0.70	
	내저판 및 하부 스툴	a_i	-0.18	0.34	0.00	-0.30	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	0.90	0.22	0.00	0.74	
	호퍼판을 포함하여 $D/2$ 하방의 내측 판	a_i	-1.70	-0.90	0.00	1.04	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.15	0.70	0.00	0.45	
	$D/2$ 상방의 내측 판	a_i	1.40	0.50	0.00	-1.94	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-0.40	0.00	0.00	1.94	
	갑판 및 상부 스툴	a_i	-0.15	1.05	0.00	0.00	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	1.02	-0.27	0.00	0.00	
	$D/2$ 하방 중심선 종격벽	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ 상방 중심선 종격벽	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ 하방의 종격벽	a_i	-0.20	1.30	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.10	0.00	0.00	
	$D/2$ 상방의 종격벽	a_i	0.20	-1.30	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	0.80	1.40	0.00	0.00	

표 C.1.3 (계속) 구역 M 에 대한 응력범위 조합 계수							
	보강재 위치		f_1	f_2	f_3	f_4	f_i
만재상태	선저 외판	a_i	-0.43	0.78	-0.77	0.00	$a_i\ (\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	0.98	0.13	0.75	0.00	
	D/2 하방 선측 외판 및 빌지	a_i	-0.29	-0.47	0.14	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.19	0.78	0.92	0.00	
	D/2 상방 선측 외판	a_i	1.77	-0.05	-1.20	0.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.84	0.57	1.59	0.00	
	내저판 및 하부 스툴	a_i	-0.71	1.13	0.00	0.55	$a_i\ (\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	1.03	0.18	0.00	-0.18	
	호퍼판을 포함하여 *D*/2 하방의 내측 판	a_i	-0.80	-1.70	0.00	2.60	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.55	1.20	0.00	-0.35	
	D/2 상방의 내측 판	a_i	1.90	0.30	0.00	-1.70	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.80	0.20	0.00	1.80	
	갑판 및 상부 스툴	a_i	-0.26	1.40	0.00	0.00	$a_i\ (\lvert y\rvert/B) + b_i$
		b_i	1.02	-0.16	0.00	0.00	
	D/2 하방 중심선 종격벽	a_i	-1.40	0.00	0.00	1.00	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.75	0.00	0.00	0.60	
	D/2 상방 중심선 종격벽	a_i	1.70	0.00	0.00	-1.20	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	-0.80	0.00	0.00	1.70	
	D/2 하방의 종격벽	a_i	-0.60	0.40	0.00	1.10	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.40	0.00	0.05	
	D/2 상방의 종격벽	a_i	0.60	-0.84	0.00	-0.84	$a_i\ (z/D) + b_i$
		b_i	0.40	1.02	0.00	1.02	

표 C.1.4
구역 A 에 대한 응력범위 조합계수

	보강재 위치		f_1	f_2	f_3	f_4	f_i
밸러스트 상태	선저 외판	a_i	-0.20	-0.80	1.20	1.50	a_i (|y|/B) + b_i
		b_i	0.00	0.50	-0.25	1.07	
	D/2 하방 선측 외판 및 빌지	a_i	-1.00	1.20	-0.80	2.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	0.20	0.00	0.60	-0.40	
	D/2 상방 선측 외판	a_i	3.40	-1.20	-2.80	0.80	a_i (z/D) + b_i
		b_i	-2.00	1.20	1.60	0.20	
	내저판 및 하부 스툴	a_i	-0.50	-1.90	0.00	0.30	a_i (|y|/B) + b_i
		b_i	-0.05	0.60	0.00	0.85	
	D/2 하방의 내측 판	a_i	8.20	-2.80	0.00	0.20	a_i (z/D) + b_i
		b_i	-3.50	1.00	0.00	0.90	
	D/2 상방의 내측 판	a_i	0.60	2.80	0.00	-0.50	a_i (z/D) + b_i
		b_i	0.30	-1.80	0.00	1.25	
	갑판 및 상부 스툴	a_i	0.00	0.70	0.00	0.00	a_i (|y|/B) + b_i
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	
	D/2 하방 내측 종격벽	a_i	-1.20	2.00	0.00	0.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	1.10	0.00	0.00	0.00	
	D/2 상방 내측 종격벽	a_i	1.50	-2.70	0.00	0.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	-0.25	2.35	0.00	0.00	
	D/2 하방 중심선 종격벽	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	a_i (z/D) + b_i
	D/2 상방 중심선 종격벽	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	a_i (z/D) + b_i
만재상태	선저 외판	a_i	-2.20	1.50	2.60	0.00	a_i (|y|/B) + b_i
		b_i	1.20	-0.15	-0.30	0.00	
	D/2 하방 선측 외판 및 빌지	a_i	-1.20	-1.20	0.60	0.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	0.30	0.80	0.70	0.00	
	D/2 상방 선측 외판	a_i	3.00	-0.30	-0.50	0.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	-1.80	0.35	1.25	0.00	
	내저판 및 하부 스툴	a_i	-1.00	2.30	0.00	-0.20	a_i (|y|/B) + b_i
		b_i	1.00	-0.10	0.00	0.00	
	D/2 하방의 내측 판	a_i	-0.80	1.00	0.00	1.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	0.20	0.00	0.00	0.50	
	D/2 상방의 내측 판	a_i	3.20	-1.00	0.00	-0.80	a_i (z/D) + b_i
		b_i	-1.80	1.00	0.00	1.40	
	갑판 및 상부 스툴	a_i	-0.10	1.50	0.00	0.00	a_i (|y|/B) + b_i
		b_i	1.00	-0.15	0.00	0.00	
	D/2 하방 내측 종격벽	a_i	-0.80	0.30	0.00	1.00	a_i (z/D) + b_i
		b_i	1.00	0.50	0.00	0.30	
	D/2 상방 내측 종격벽	a_i	0.20	-0.90	0.00	-0.08	a_i (z/D) + b_i
		b_i	0.50	1.10	0.00	0.84	
	D/2 하방 중심선 종격벽	a_i	-1.10	0.00	0.00	0.44	a_i (z/D) + b_i
		b_i	0.60	0.00	0.00	0.80	a_i (z/D) + b_i
	D/2 상방 중심선 종격벽	a_i	1.30	0.00	0.00	-0.56	a_i (z/D) + b_i
		b_i	-0.60	0.00	0.00	1.30	a_i (z/D) + b_i

표 C.1.5
구역 F 에 대한 응력범위 조합계수

	보강재 위치		f_1	f_2	f_3	f_4	f_i
밸러스트 상태	선저 외판	a_i	-0.90	1.00	2.40	-1.20	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	0.85	-0.10	-1.00	1.10	
	$D/2$ 하방 선측 외판 및 빌지	a_i	-0.60	-0.40	1.00	-1.80	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	0.00	0.50	-0.15	0.90	
	$D/2$ 상방 선측 외판	a_i	0.60	-0.90	-2.70	3.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-0.60	0.75	1.70	-1.50	
	내저판 및 하부 스툴	a_i	-0.30	-1.00	0.00	0.00	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	0.90	0.25	0.00	1.00	
	$D/2$ 하방의 내측 판	a_i	-12.00	-2.40	0.00	1.20	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	5.00	1.00	0.00	0.50	
	$D/2$ 상방의 내측 판	a_i	3.00	1.40	0.00	-0.90	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-2.50	-0.90	0.00	1.55	
	갑판 및 상부 스툴	a_i	0.00	1.00	0.00	0.00	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	1.00	-0.10	0.00	0.00	
	$D/2$ 하방 내측 종격벽	a_i	-1.80	1.90	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.30	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ 상방 내측 종격벽	a_i	1.80	-2.50	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-0.50	2.20	0.00	0.00	
	$D/2$ 하방 중심선 종격벽	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
	$D/2$ 상방 중심선 종격벽	a_i	0.00	0.00	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
만재상태	선저 외판	a_i	-0.60	-0.15	0.00	0.00	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	-0.45	0.05	1.00	0.00	
	$D/2$ 하방 선측 외판 및 빌지	a_i	-1.20	0.18	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	0.00	-0.03	1.00	0.00	
	$D/2$ 상방 선측 외판	a_i	4.00	0.02	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-2.60	0.05	1.00	0.00	
	내저판 및 하부 스툴	a_i	2.80	2.20	0.00	-1.00	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	-0.80	-0.30	0.00	1.10	
	$D/2$ 하방의 내측 판	a_i	10.20	1.60	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-4.50	-0.60	0.00	1.00	
	$D/2$ 상방의 내측 판	a_i	-0.80	-0.90	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.00	0.65	0.00	1.00	
	갑판 및 상부 스툴	a_i	-0.24	1.80	0.00	0.00	$a_i (\|y\|/B) + b_i$
		b_i	1.00	0.00	0.00	0.00	
	$D/2$ 하방 내측 종격벽	a_i	-2.10	-1.00	0.00	1.50	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	1.15	0.60	0.00	0.35	
	$D/2$ 상방 내측 종격벽	a_i	0.40	-0.30	0.00	-0.40	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-0.10	0.25	0.00	1.30	
	$D/2$ 하방 중심선 종격벽	a_i	-0.60	0.00	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	0.25	0.00	0.00	1.00	$a_i (z/D) + b_i$
	$D/2$ 상방 중심선 종격벽	a_i	0.20	0.00	0.00	0.00	$a_i (z/D) + b_i$
		b_i	-0.15	0.00	0.00	1.00	$a_i (z/D) + b_i$

1.4.5 S - N 선도의 선택

1.4.5.1 피로강도에 관한 용접된 강 연결부의 능력은 S-N 선도로 특성이 주어지며, S-N 선도는상세부에 작용하는 응력범위와 파손에 이르는 일정진폭하중의 반복횟수와의 관계를준다.

1.4.5.2 선박의 구조상세 부재에 대하여 S-N 선도는 다음과 같이 표현된다.

$$S^m N = K_2$$

여기서,

S : 응력범위로서 **1.4.4.19**에 따른다. (N/mm^2)

N : 파단에 이르는 응력 사이클 수

m : 재료 및 용접 종류, 하중종류, 기하학적인 형상 및 환경조건 (공기중 또는 해수중) 등에 관계되는 상수로서 **1.4.5.5**에 따른다.

K_2 : 재료 및 용접 종류, 하중종류, 기하학적인 형상 및 환경조건 (공기중 또는 해수중) 등에 관계되는 상수로서 **1.4.5.5**에 따른다.

1.4.5.3 실험에 기초한 S-N 선도는 평균 피로수명과 표준편차에 의해 정의된다. 평균 S-N 선도는 구조상세가 N 번의 하중 반복 후 50% 확률로 파손되는 응력 레벨 S 를 준다. 이 규칙에서 고려하는 S-N 선도는 적합한 실험자료의 통계해석에 기초하고 있으며, 평균선도에서 아래로 2배의 표준편차를 감한 선도를 나타낸다.

1.4.5.4 직접 실험한 계측자료를 이용할 수 없는 경우에는, 구조상세의 피로강도평가를 위하여 **1.4.5.5** 내지 **1.4.5.16**에 기술한 S-N 선도를 사용하여야 한다.

1.4.5.5 그림 C.1.9에서 나타내는 것과 같이, 기본 설계선도는 log(S) 와 log(N)사이의 선형적인 관계로 이루어지며, 다음에 의한다. S-N 선도는 N = 10^7 (응력범위 S_q 에 해당되는)에서 역기울기 값이 m 에서 m + 2 로 변한다.

$$log(N) = log(K_2) - mlog(S)$$

여기서,

$log(K_2)$ $= log(K_1) - 2\delta$

N : 응력범위 S 를 받을 때 파단에 이르는 예상 사이클 수

K_1 : 평균 S-N 선도와 관련된 상수로서, **표 C.1.6**에 주어진다.

δ : log(N)의 표준편차

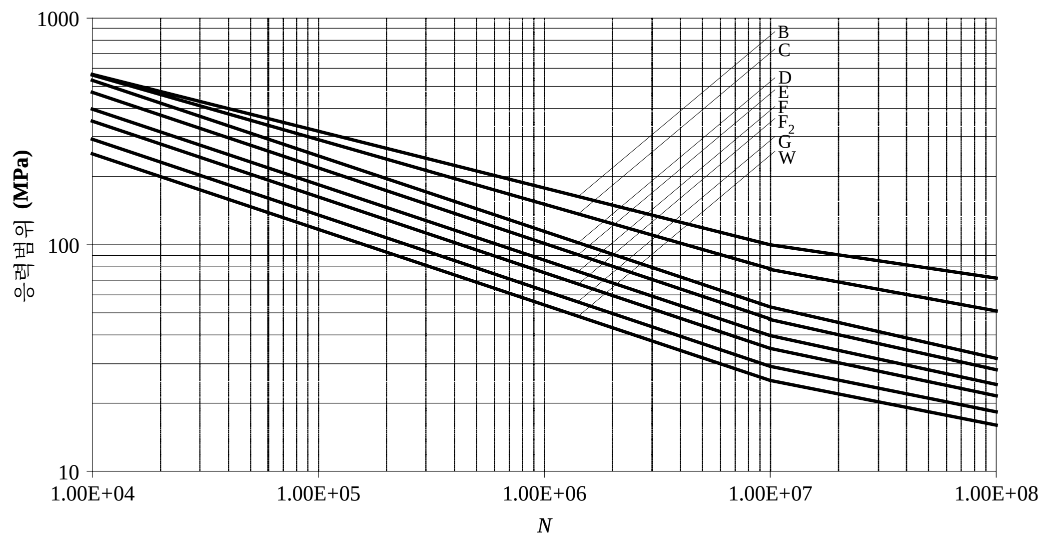
m : S-N 선도의 역기울기로서, **표 C.1.6**에 주어진다.

S_q : S-N 선도의 10^7사이클에 해당하는 응력범위(N/mm^2)로서, **표 C.1.6**에 주어진다.

표 C.1.6
S - N선도

분류	K_1			m	표준 편차		K_2	S_q N/mm²
		log_{10}	log_e		Log_{10}	log_e		
B	2.343 E15	15.3697	35.3900	4.0	0.1821	0.4194	1.01E15	100.2
C	1.082 E14	14.0342	32.3153	3.5	0.2041	0.4700	4.23E13	78.2
D	3.988 E12	12.6007	29.0144	3.0	0.2095	0.4824	1.52E12	53.4
E	3.289 E12	12.5169	28.8216	3.0	0.2509	0.5777	1.04E12	47.0
F	1.726 E12	12.2370	28.1770	3.0	0.2183	0.5027	0.63E12	39.8
F_2	1.231 E12	12.0900	27.8387	3.0	0.2279	0.5248	0.43E12	35.0
G	0.566E12	11.7525	27.0614	3.0	0.1793	0.4129	0.25E12	29.2
W	0.368 E12	11.5662	26.6324	3.0	0.1846	0.4251	0.16E12	25.2

그림 C.1.9
기본 설계 S - N 선도, 공기 중



1.4.5.6 누적 피로 손상 DM 의 결정을 위하여 선택한 S-N 선도의 등급은, 해석하는 상세의 형식과 사용하는 피로강도 평가법과 일관성을 가져야 한다.

1.4.5.7 실험 S-N 선도는 공칭 응력범위와 파손에 이르는 사이클 수와의 관계를 준다. 따라서 S-N 선도를 사용할 때 계산된 응력은 S-N 선도를 작성할 때 사용된 공칭응력과 일치하여야 한다.

1.4.5.8 종통 보강재 단부의 피로강도 평가를 위하여 이 부록에서 사용하는 기본 S-N 선도는 **1.4.5.5**에 주어져 있으며, 해당 S-N 선도의 인수는 **표 C.1.6**에 주어져 있다.

1.4.5.9 일반적으로 다음 사항을 고려하기 위하여 S-N 선도에 대한 조정을 할 수 있다.

(a) 평균응력 효과

(b) 판 두께 효과

(c) 용접방법의 개량

(d) 환경의 영향

1.4.5.10 평균 응력이 인장 또는 압축인가에 따라 응력범위는 감소될 수 있다. 압축응력이 존재하고 정량화가 가능하다는 것을 입증할 수 있는 경우에는, 응력범위를 인장 성분에 압축 성분의 60%를 합한 값으로 가정함으로써 평균응력의 영향을 고려할 수 있다. 만재 적재 상태 또는 밸러스트 상태에 대한 실제 정수중 굽힘모멘트(SWBM)와 정수압 및 탱크내 압력을 평균응력 레벨의 결정 시 사용하여야 한다.

1.4.5.11 평균응력 영향을 고려한 총 응력범위는 다음에 의한다.

$S_{Ri} = \sigma_{tensile} - 0.6\,\sigma_{compressive}$,　($\sigma_{compressive} < 0$ 및 $\sigma_{tensile} > 0$ 인 경우)

$S_{Ri} = S$,　($\sigma_{compressive} \geq 0$ 인 경우)

$S_{Ri} = 0.6S$,　($\sigma_{tensile} \leq 0$ 인 경우)

여기서,

$\sigma_{tensile}$: 평균 응력 + 반 응력범위(N/mm^2)

$= \sigma_{mean} + S/2$

$\sigma_{compressive}$: 평균 응력 - 반 응력범위(N/mm^2)

$= \sigma_{mean} - S/2$

σ_{mean} : 만재 적재상태 또는 밸러스트 상태의 정적 하중성분으로 인한 평균응력 (N/mm^2). 1.3.2를 참조한다.

공칭 응력방법에 대하여, S 및 σ_{mean} 은 다음에 의한다.

S : 총 조합 응력범위(N/mm^2)로서, **1.4.4.19**에 정의한다.

σ_{mean} $= \sigma_{hg} + \sigma_{ex} + \sigma_{in}$

σ_{hg} : 만재적재 상태 또는 밸러스트 상태에 대한 실제 SWBM 를 취한 $M_{wv\text{-}v\text{-}amp}$ 을 가지고, **1.4.4.6**의 σ_v 로부터 구한 선체거더굽힘으로 인한 평균응력으로, **1.3.2**를 참조한다.

σ_{ex} : 해당되는 경우, 외부 정적 해수압력으로 인한 평균 국부 굽힘응력. 만재적재상태 또는 밸러스트 상태에 대한 실제 흘수에 기초하여 계산된 P 를 가지고, **1.4.4.11**로부터 σ_{2A} 을 이용하여, σ_{ex} 을 구한다. **1.3.2**를 참조한다. 다만, $P = P_{hys}$ 인 경우, **7장/2.2.2.1**을 참조한다.

σ_{in} : 해당되는 경우, 내부 정적 탱크압력으로 인한 평균 국부 굽힘응력. 만재적재상태 또는 밸러스트 상태에 대하여 탱크용적 및 탱크정부까지의 수두(head)에 기초하여 계산된 P 를 가지고, **1.4.4.11**의 σ_{2A} 로부터 σ_{in} 을 구한다. **1.3.2**를 참조한다. 다만, $P = P_{in\text{-}tk}$ 인 경우, **7장/2.2.3.1**을 참조한다.

(주)

1　P 는 압력이 판 측에 작용할 때 음(-)으로 취하고, 보강재 측에 작용할 때 양(+)으로 취한다.

2　두 화물 탱크 사이의 경계벽에 보강재가 있는 경우, 평균응력은 보강재에 작용하는 순압력을 고려하여야 한다.

3 해수 밸러스트 및 화물탱크는 100% 채운 것으로 가정한다. 액체밀도는 **7장/2.2.3.1**에 의한다. 다만, 화물 밀도는 0.9 tonnes/m^3 이상으로 하여야 한다.

부록 C.2절의 핫 스폿 응력방법에 있어, 평균응력 σ_{mean} 은 만재적재상태 또는 밸러스트 상태에서의 유한요소 모델에 적절한 정하중을 적용하여 계산한다. 대안 방법으로서, 정적 하중을 유한요소 모델에 적용하는 대신에, 총 응력범위를 **2.4.2.8**에 따라 계산한다.

1.4.5.12 구조상세의 피로 성능은 부재 두께에 의존한다. 동일한 응력범위에 있어서, 부재의 두께가 증가함에 따라서 연결부의 피로 한도는 감소한다. "척도효과"로도 불리는 이 영향은 인접한 판 두께 및 두께에 걸친 응력 구배에 관련한 관련한 용접 토우의 기하학적 형상 및에 의하여 발생한다. 기본적인 설계 S-N 선도는 판 두께가 22mm 를 초과하지 않는 경우에 적용한다. 22mm 를 초과하는 부재에 대하여는, 순 두께 t_{net50} (mm) 을 고려한 연결부의 S-N 선도는 다음에 의한다.

$$\log(N) = \log(K_2) - m\log\left(\frac{S_{Ri}}{(22/t_{net50})^{0.25}}\right)$$

여기서,

$\log(K_2) \quad = \log(K_1) - 2\delta$

N : 응력범위 S 를 받을 때 파손에 이르는 예상 사이클 수

K_1 : 평균 S-N 선도와 관련된 상수로서, **표 C.1.6**에 주어진다.

δ : log(N)의 표준편차

m : S-N 선도의 역기울기로서, **표 C.1.6**에 주어진다.

S_{Ri} : 응력범위(N/mm^2)로서 **1.4.5.11**에 따른다.

1.4.5.13 종통 보강재가 평강 또는 벌브 형강인 경우 **1.4.5.12**에서 규정하는 두께 효과를 적용하지 않는다.

1.4.5.14 설계 단계에서 용접토우의 연마(grinding)에 의한 이점을 고려하여서는 아니 된다. 그러나 국부두께의 증가, 용접각장의 증가 및 국부기하학적형상의 수정과 같은 실제적인 설계 선택에 의하여 요구되는 설계피로수명을 만족시킬 수 없는 경우에는, 호퍼사판과 내저판의 용접연결부에 대하여는 특별히 고려할 수 있다. 연마 효과를 제외하고 계산된 피로수명은 17년 보다 커야 한다. 연마 시공을 하는 경우, 연마 범위, 표면 조도상세, 최종 용접 형상 및 작업자의 연마기량 그리고 품질 허용기준을 포함하는 표면연마기준의 모든 상세내용을 해당 도면에 명시하고, 계산된 피로수명에 대한 제안 계수를 나타내는 추가의 입증계산자료와 함께 검토용으로 제출하여야 한다. 연마는 회전 숫돌(rotary burr)로 수행하는 것이 권장되고, 토우 결함을 제거하도록 판 표면 내부까지 시행하고, 연마 구역은 유효한 부식보호 대책을 가져야 한다. 연마 처리는 용접 토우에서, 모든 가시 언더컷(undercut)의 저면 아래 최소한 0.5mm 까지 판표면 안으로 침하관통 깊이를 갖는 매끄러운 오목면을 얻어야 한다. 얻어진 홈(groove) 깊이는 최소한으로 유지시키고, 일반적으로

최대 1mm 이내로로 한다. 어떠한 경우에도 연마 깊이는 2mm 와 판 총두께의 7% 중 작은 값을 초과하여서는 아니 된다. 연마는 고응력 구역 밖까지 충분히 연장하여야 한다. 이러한 권장사항을 따르는 조건으로, 최대 2배까지 피로수명 개선을 인정할 수 있다.

1.4.5.15 **그림 C.1.9**에 보인 바와 같이 기본 설계 S-N 선도는 공기 중에 위치하는 연결부 또는 해수에 노출되지만 유효한 도장에 의하여 부식으로부터 적절히 보호된 상세에 대하여 유효하다. 해수에 노출된 보호되지 않은 연결부의 경우 기본 S-N 선도는 피로수명에 대하여 1/2으로 감소시켜야 한다.

1.4.5.16 이 부록에서는 **그림 C.1.9**에 나타낸 기본 설계 S-N 선도를 사용한다. 해당 연결부가 보호된 환경 및 비 보호된 환경 속에서 시간의 일부를 보내는 것을 고려하기 위하여, f_{SN} 을 전 공칭 응력범위 계산에 도입한다.

1.5 구조상세의 분류

1.5.1 일 반

1.5.1.1 소프트 토우 및 이면 브래킷을 갖는 설계가 **그림 C.1.10**에 보인 상세 설계에 해당하는 경우, 구조상세의 연결부 분류는 **표 C.1.7**에 따른다. 대안 설계가 제안되는 경우, 피로강도 견지에서의 적합성을 적절한 유한요소해석을 사용하여 입증하여야 한다. (**2.1.1.3** 참조)

1.5.1.2 선저, 선측 및 내부구조에 종통 보강재를 연결하는 필러(늑판이나 웨브에 붙는 보강재)가 없는 구조를 채용하는 경우에는, **표 C.1.7**의 (비 고) 6.을 참조한다.

표 C.1.7
구조 상세부의 분류

(비 고)

1. 부착 길이가 150mm 이하인 경우, S-N 선도는 표에 규정한 것보다 한 등급 올려야 한다. 예를 들어, 표에서의 등급이 F2인 경우, F 로 등급을 올린다. 접합부의 길이는 종통 보강재 면재 판 상의 용접 부착의 길이로 정의하며, 스켈롭 공제는 하지 않는다.
2. 종통보강재가 평강이고 면재에 보강재/브래킷이 용접되어 있는 경우, S-N 선도는 표에서 규정하는 등급보다 한 등급 내린다. 예를 들어 표의 등급이 F 라면 F2로 내리고, 표의 등급이 F2라면 G 로 내린다. 보강재 플랜지의 단부와 접합부 면재 사이의 간격이 8mm 미만의 경우 이 규정은 비 대칭 형상(구평강(bulb) 또는 앵글같이 규정한 간격이 얻어질 수 없는 형상)에 대해서도 적용된다.
3. 겹침(lapped) 이음(종통재의 웨브에 용접하는 브래킷 등)은 채용하지 말아야 하며, 따라서 이 표에서 다루어지지 않는다.
4. 소프트 힐(heel)을 갖는 연결부에 대하여, 주로 축 하중을 받는 경우 등급 F 를 사용한다. 갑판 상 및 선측 갑판 하방 0.1D 이내에 부착된 보강재는 이 조건을 만족하는 것으로 고려한다.
5. 면재 주위에 밀폐 칼라판을 갖는 연결부에 대하여, 축하중을 받는 경우 등급 F 를 사용한다. 갑판 상 및 선측 갑판 하방 0.1D 이내에 부착된 보강재는 이 조건을 만족하는 것으로 고려한다.
6. 웨브 보강재가 생략되거나 종통 보강재 면재에 연결되지 않는 경우, 식별번호 32를 적용할 수 있다. 선측의 파랑을 받는 개소 및 그 하부, 선저부 및 선측 갑판 하방 0.1D 보다 하부의 내부부재에 있어서는, 수밀 칼라판 또는 대안으로서 **그림 C.1.11**에 보인 개구에 대한 상세 설계, 또는 동등한 설계가 채용되어야 한다. 다른 설계는 핫 스폿 응력에 기초한 비교 유한요소 방법을 사용하여 만족할만한 피로평가가 수행되어야 한다. **그림 C.1.11**에서 보인 또는 이와 대등한 개구에 대한 상세 설계의 경우, S-N 선도는 E 급으로 한다.
7. 비고 6에서 언급한 것 이외의 다른 구역, 즉 파랑접촉구역 상부의 선측, 선저, 갑판, 선측 갑판 하방 0.1D 내의 내부부재에서는, 웨브가 생략되거나 종통 보강재 면재에 연결되지 않는 경우에 있어서는, 통상의 슬롯 형상을 갖고 분류 F 를 적용한다. (식별번호 32에 의할 것) 전체 응력범위만을 고려하는 F 분류를 적용하여 25년이 얻어진다면, 전체 응력과 국부 응력범위의 조합에 E 분류가 적용될 수 있다. 전체 응력범위를 얻는 경우, 갑판에 대한 응력 범위 조합계수가 사용될 수 있다.

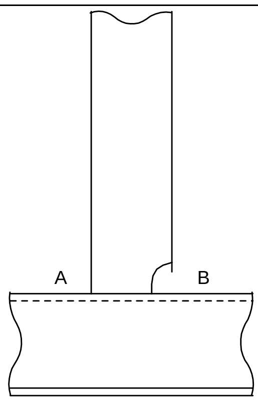
식별 번호	연결 종류	중요 위치(1), (2), (3)	
		A	B
1		F2	F2

표 C.1.7 (계속)
구조 상세부의 분류

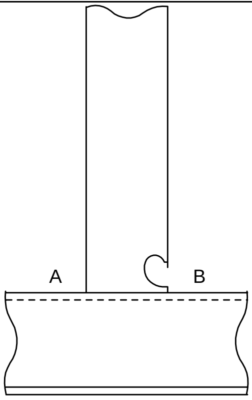
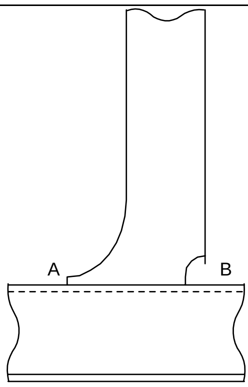
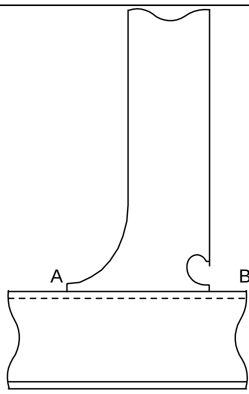
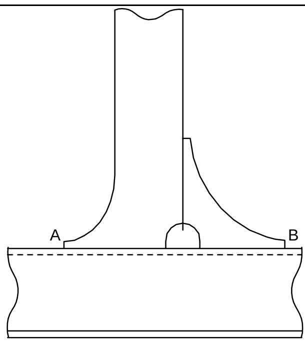
식별 번호	연결 종류	중요 위치(1), (2), (3)	
		A	B
2		F2	F2(4)
3		F	F2
4		F	F2(4)
5		F	F

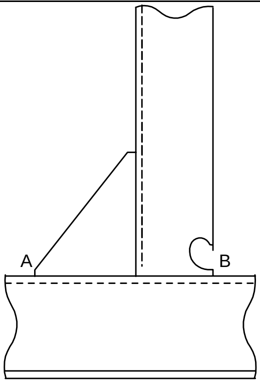
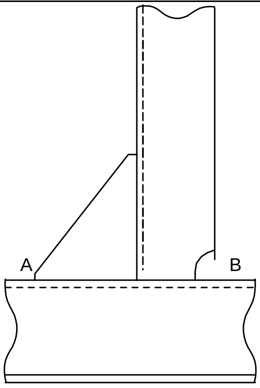
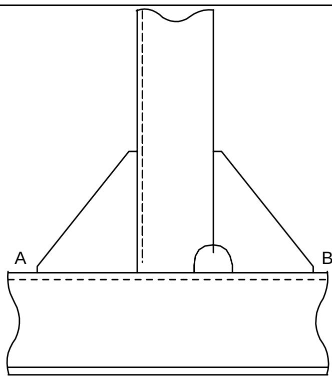
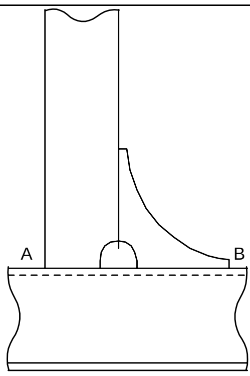
표 C.1.7 (계속) 구조 상세부의 분류			
식별 번호	연결 종류	중요 위치[(1), (2), (3)]	
		A	B
6		F2	F2[(4)]
7		F2	F2
8		F2	F2
9		F2	F

표 C.1.7 (계속)
구조 상세부의 분류

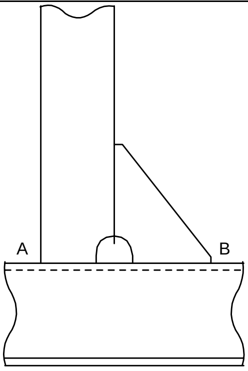
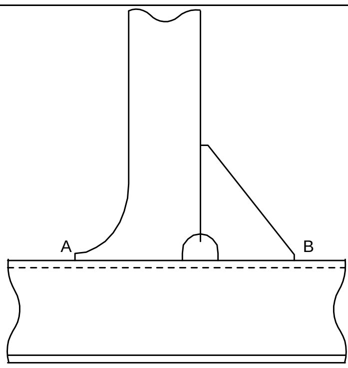
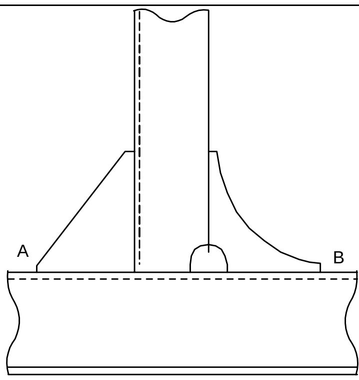
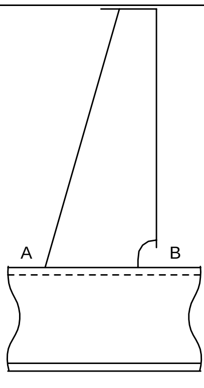
식별 번호	연결 종류	중요 위치[(1), (2), (3)] A	중요 위치[(1), (2), (3)] B
10		F2	F2
11		F	F2
12		F2	F
13		F2	F2

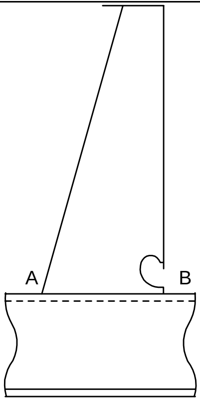
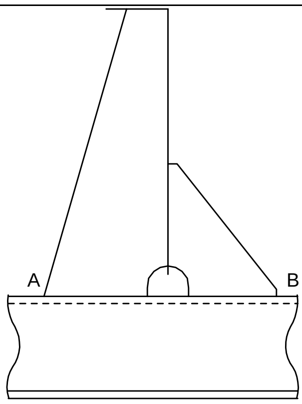
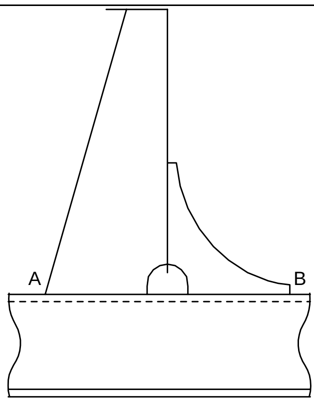
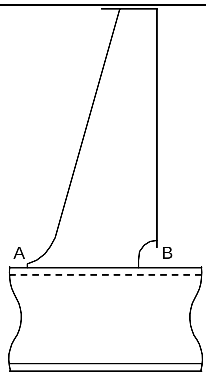
표 C.1.7 (계속) 구조 상세부의 분류			
식별 번호	연결 종류	중요 위치(1), (2), (3)	
		A	**B**
14	 	F2	F2(4)
15	 	F2	F2
16	 	F2	F
17	 	F	F2

표 C.1.7 (계속)
구조 상세부의 분류

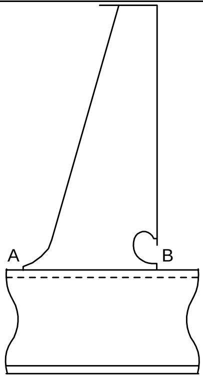
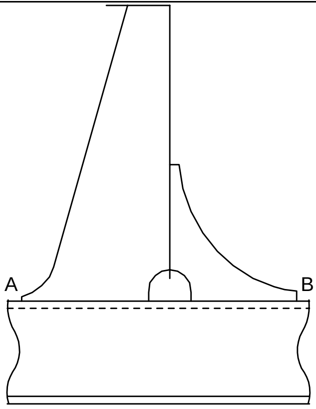
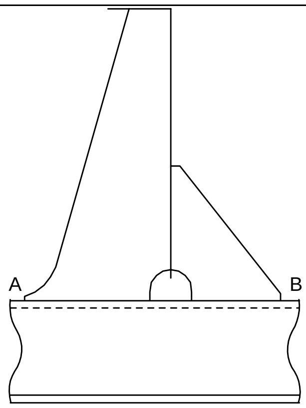
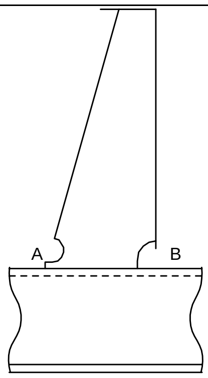
식별 번호	연결 종류	중요 위치[(1), (2), (3)] A	중요 위치[(1), (2), (3)] B
18		F	F2[(4)]
19		F	F
20		F	F2
21		F	F2

표 C.1.7 (계속)
구조 상세부의 분류

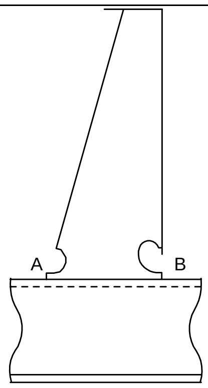
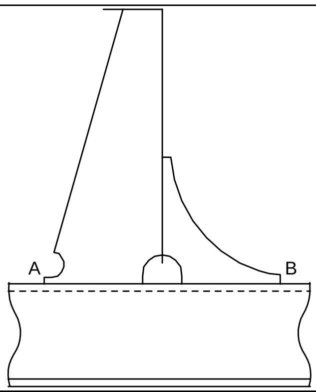
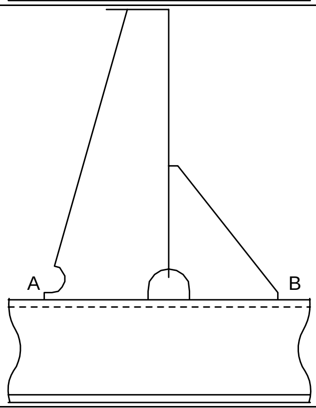
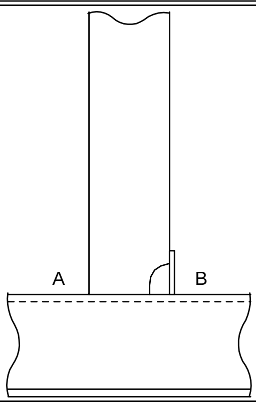
식별 번호	연결 종류	중요 위치(1), (2), (3)	
		A	B
22		F	F2(4)
23		F	F
24		F	F2
25		F2	F2(5 만)

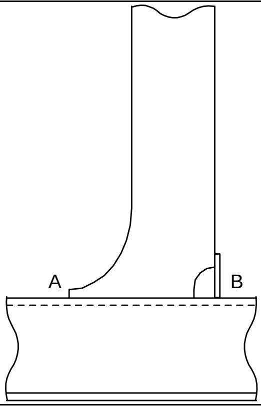
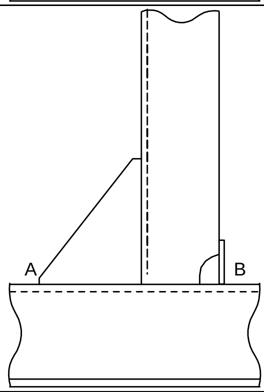
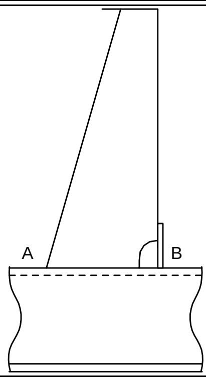
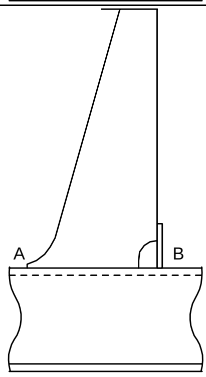
표 C.1.7 (계속) 구조 상세부의 분류			
식별 번호	연결 종류	중요 위치(1), (2), (3)	
		A	B
26		F	F2(5 만)
27		F2	F2(5 만)
28		F2	F2(5 만)
29		F	F2(5 만)

표 C.1.7 (계속)
구조 상세부의 분류

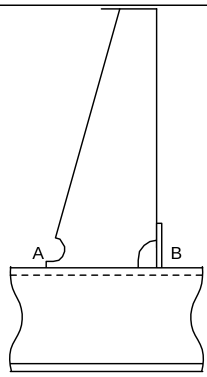
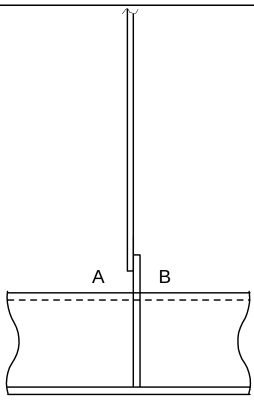
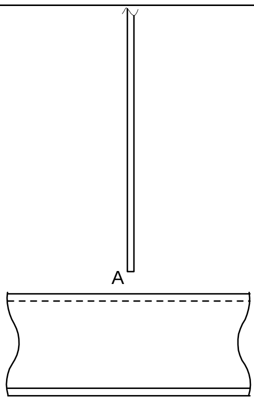
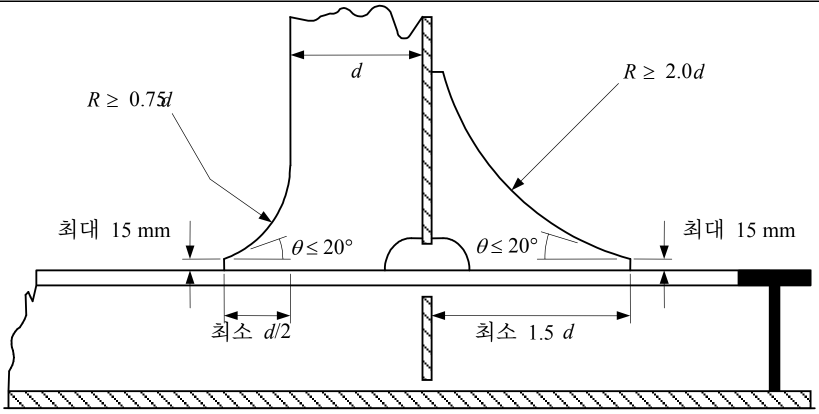
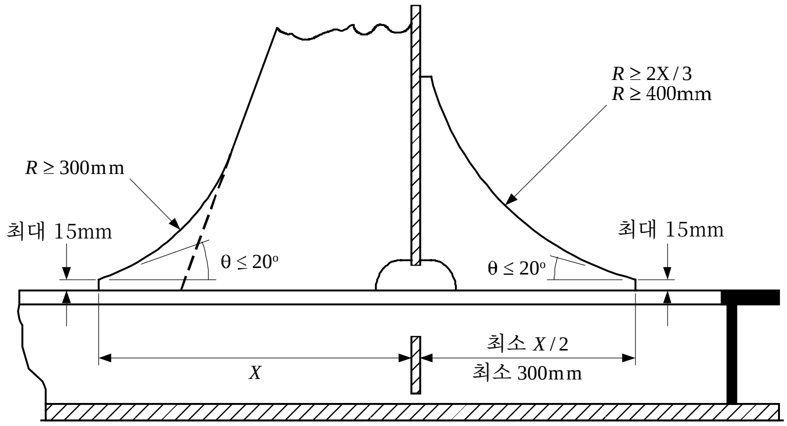
30		F	F2(5 만)
31		F2(5 만)	F2(5 만)
32		F(6 만)	N/A

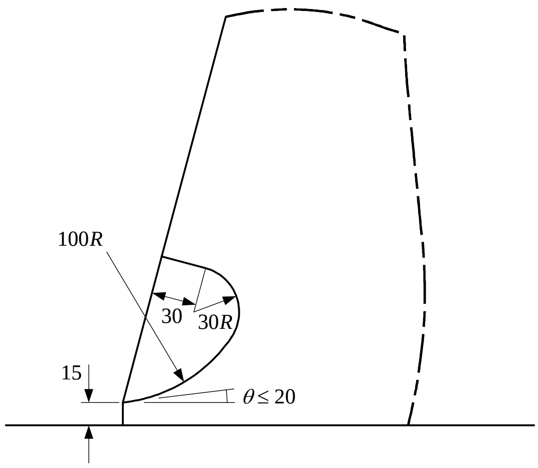
그림 C.1.10
소프트 토우 및 이면 브래킷에 대한 상세 설계



필러(pillar) 보강재의 소프트 토우 및 백 브래킷의 권장설계



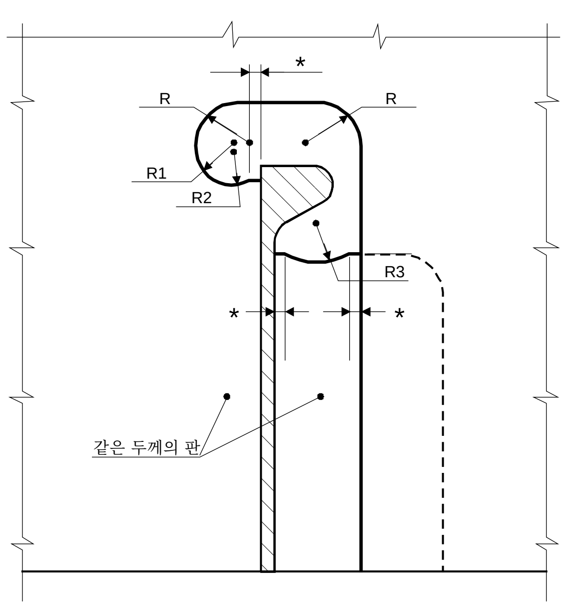
트리핑 브래킷의 소프트 토우 및 백 브래킷의 권장설계



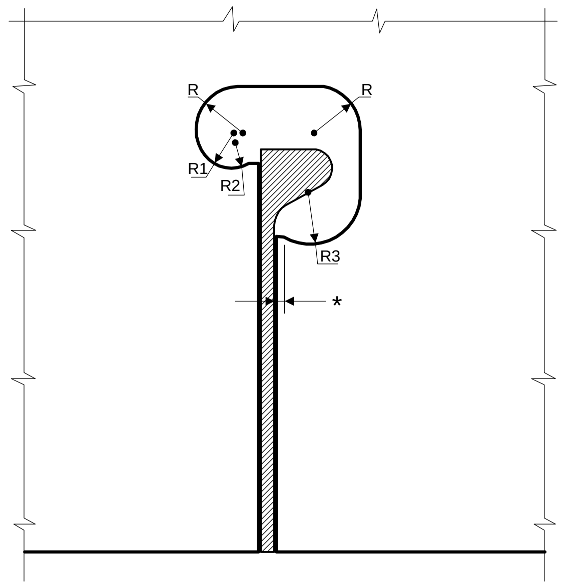
트리핑 브래킷의 소프트 토우의 권장 대안설계

그림 C.1.11
웨브 보강재가 생략된 경우 컷 아웃에 대한 설계

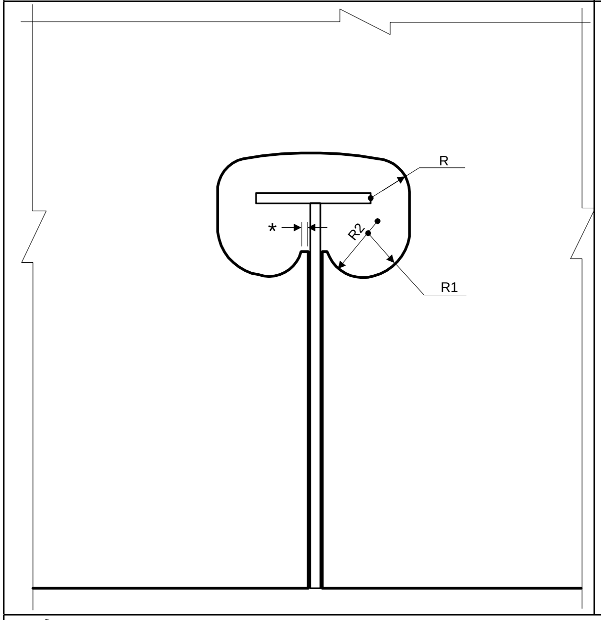
1



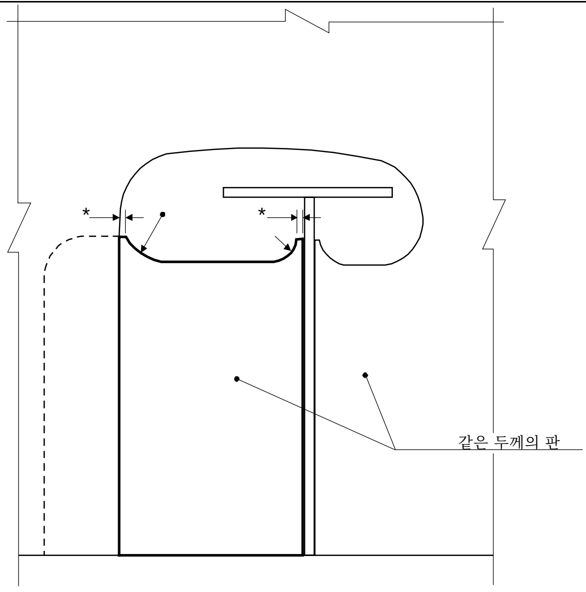
2



3



4



(비 고)

1. “*” 표시의 소프트 토우는, 용접으로부터 곡진 부분까지 부드럽게 이행하고 용접각장에 일치하도록 필요한 치수로 하여야 한다. 최대 15mm 로 한다.
2. 선측 및 선저에서는, 형상 2 또는 3을 권장한다. 또는 맞댐 러그판을 사용해도 좋다.

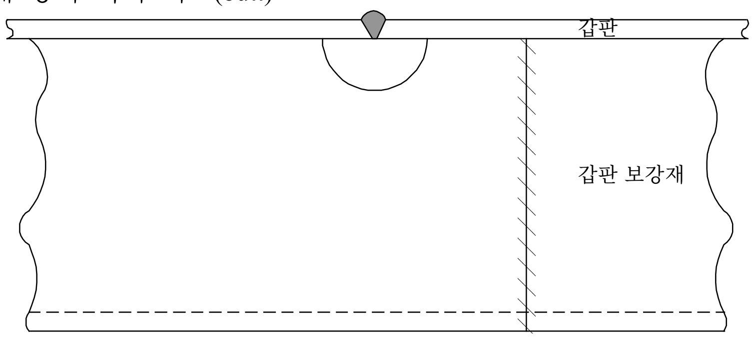
1.6 기타 구조상세

1.6.1 블록 연결부의 스켈롭

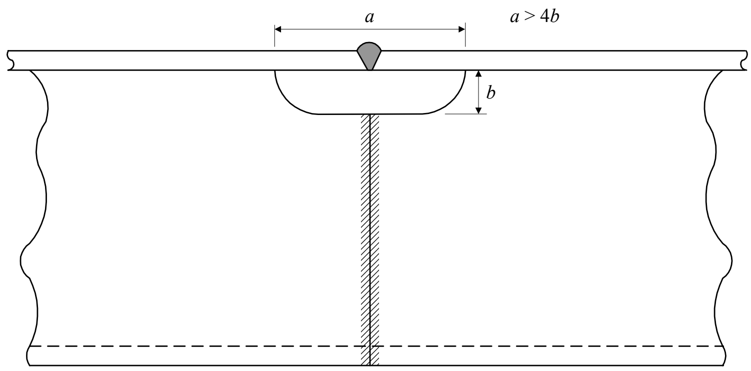
1.6.1.1 강력갑판에 위치하는 화물탱크 구역 및 갑판단부로부터 하부로 0.1D 까지에 위치하는 블록 연결부의 스켈롭은 F2급에 의한 **8장/1.5.1.3**의 규정을 만족하지 않는 한, **그림 C.1.12**에 따라 설계하여야 한다.

그림 C.1.12
블록 연결부 위치에서의 갑판 보강재의 용접

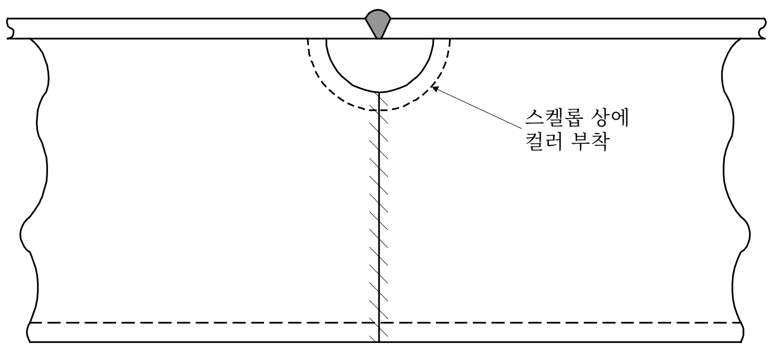
(I) 보강재 상의 격리 버트(butt)



(II) 보강재 상의 확장 스켈롭



(III) 칼라로 막은 스켈롭



(비 고)

(II)에 보인 각 스켈롭의 형상은, 용접 위치에서의 추가적인 응력집중계수, 상세분할요소를 이용한 유한요소해석 및 D 급 S-N 선도를 적용하여 고려하여, 선체거더 하중을 기초로 규정을 만족한 피로수명 검증을 조건으로 인정할 수 있다.

2 유한요소 기반 핫스폿 방법

2.1 일 반

2.1.1 적 용

2.1.1.1 이 **C.2**절은 내저 및 호퍼 사판 사이의 용접된 너클에 적용하는 유한요소 기반 핫스폿방법을 사용하는 피로 해석 절차를 규정한다. 다음에서 규정하는 것을 제외하고는, 공칭응력방법에 과한 **부록 C.1**에 규정하는 적용방법을 사용한다.

2.1.1.2 내저판과 호퍼판 사이의 호퍼 너클이 굽힘 형인 경우, **2.5.1.2**에 기술한 상세설계 기준을 따른다면 핫 스폿 응력 피로 평가는 요구되지 않는다. 대안 설계가 제안되는 경우, 피로강도 측면에서 해당 구조상세의 동등함을 입증하기 위하여 적합한 유한요소 해석을 하여야 한다.

2.1.1.3 공칭응력 방법을 대신하여 종통 보강재 단부 연결부의 적합성을 입증하기 위하여 핫 스폿 응력 방법이 필요한 경우, 일반적으로 **C.1** 절에 기술한 절차를 따른다. 다만 S_v, S_h, S_i 및 S_e 은, 부착물(attachment)의 중심선 및 용접 토우 위치까지의 선형외삽에 의하여 얻어지는 용접에 수직한 표면 핫 스폿 응력성분을 사용하여 직접 유한요소해석으로부터 결정하여야 한다. **2.4.3**에 따른 S-N 선도를 적용한다.

2.1.2 가 정

2.1.2.1 1.1.2의 가정에 따른다.

2.2 부식 모델

2.2.1 순 두께

2.2.1.1 순 두께 및 **6장/3**에 주어진 부식 추가를, **부록 B.4**의 규정과 같이 구조강도를 유한요소 모델 시 반영하여야 한다.

2.3 하 중

2.3.1 일 반

2.3.1.1 내저판 및 호퍼판 사이 너클의 유한요소 기반 피로해석을 위하여 동적파랑 및 탱크압력을 고려하여야 하며, **1.3.6** 및 **1.3.7** 을 참조한다.

2.4 피로 손상 계산

2.4.1 피로강도 결정

2.4.1.1 **1.4**에 기술한 절차를 적용하여야 한다.

2.4.1.2 내저 및 호퍼 판 사이의 용접 너클부에 대하여 적용할 수 있는 Weibull 형상인수 ξ은 다음에 의한다.

$$\xi = 1.1 - 0.35\frac{L - 100}{300}$$

여기서,

L : **4장/1.1.1.1**에 정의한 규정 길이(m).

2.4.2 사용 응력

2.4.2.1 핫 스폿 응력을 결정하기 위하여 3D 성긴 분할요소 해석과 함께 국부 2D 또는 3D 매우 상세한 분할요소 해석을 사용하여야 한다. 고 응력 구역에서, 특히 구조적 불연속부 근방에서는 응력 레벨은 큰 응력구배 때문에, 응력수준은 요소 크기에 의존한다. 응력장이 1축 응력장보다 더 복잡한 경우, 잠재 균열위치에 인접한 응력을 사용하여야 한다. 분할요소 크기가 급격한 변화 없이, 점진적으로 변하도록 분할하여야 한다.

2.4.2.2 다음은 국부 구조의 모델링을 위한 일반 원칙을 규정한 것이다.

(a) 핫 스폿 응력은 어긋남이 없는 이상적인 용접 연결을 이용하여 계산하여야 한다. 유한요소 분할은 핫 스폿 근처에서 충분히 상세하여 충분한 정도를 가지고 응력 및 응력구배를 결정할 수 있어야 한다.

(b) 1차 지지부재 및 2차 부재의 판, 웨브 및 면재는 4절점 박판 쉘 요소로 모델링하여야한다. 응력 구배가 심한 경우, 8절점 박판 쉘 요소를 사용하여야 한다.

(c) 박판 쉘 요소를 사용하는 경우, 구조는 판의 중립면 위치에서 모델링하여야 한다. 실용적인 목적 상, 서로 다른 두께를 연결하는 판들은 그 중심선이 일치하는 것으로 가정한다. 즉 두께 변화 위치에서 어긋남을 모델링 하는 것은 요구하지 않는다.

(d) 요소의 종횡비는, 핫 스폿 근방에서 3을 초과하지 말아야 한다.

(e) 핫 스폿 근처에 있는 요소의 크기는 구조부재의 순 두께 정도이어야 한다.

(f) 응력은 판 굽힘 모멘트를 고려하기 위하여 판 표면에서 계산하여야 한다.

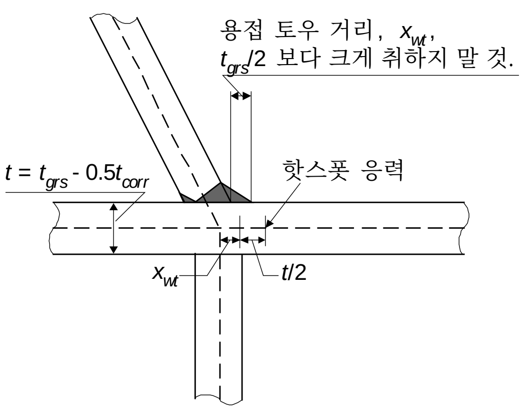
2.4.2.3 유한요소 모델링을 사용하는 핫스폿 계산의 상세 내용은 **부록 B/4**에 주어져 있다.

2.4.2.4 일반적으로 요소응력은 가우스 적분 점에서 구해진다. 요소 종류에 따라 고려하는 핫 스팟 위치에서 실제응력을 결정하기 위하여 몇 차례 보간을 수행할 필요가 있을 수도 있다.

2.4.2.5 중요한 구조 상세의 경우, 핫 스폿 응력은 일반적으로 구조 표현에 사용한 유한요소 모델에 크게 의존한다. 핫 스폿 응력을 구하기 위하여, 여기서 기술한 절차에 대한 대안적인 방법은 유사한 구조상세에 대한 사용가능한 피로시험 결과를 참조하여 확인되고 문서화되어야 한다.

2.4.2.6 핫 스폿 응력은 **그림 C.2.1**에서와 같이 용접 토우 위치로부터 $0.5t$ 떨어진 점에서 표면응력으로 정의한다. 이 응력은 구조 교차점으로부터 첫 번째와 두 번째 요소의 각 응력을 사용하여 선형 보간하여 얻을 수 있다.

그림 C.2.1
핫 스폿 응력



2.4.2.7 **2.3**에 정의한 하중으로 인한, 용접에 수직한 방향을 따르는 응력범위 성분은 **부록 B/4**에 기초하여 계산하여야 한다. 총 조합응력범위 S 는 다음으로 취하여야 한다.

만재하중상태의 경우 : $S = f_{model}\left|0.85\left(S_{e1} + 0.25S_{e2}\right) - 0.3S_i\right|$

밸러스트상태의 경우 : $S = f_{model}\left|0.85\left(S_{e1} - 0.2S_{e2}\right)\right|$

여기서,

S_{e1} : 해석하는 측의 호퍼 너클부의 유한요소 모델에 작용하는 외부 압력하중에 의한 응력범위 (N/mm^2)

S_{e2} : 해석하는 부분 반대측의 호퍼 너클부의 유한요소 모델에 작용하는 동적 파랑 압력에 의한 응력범위 (N/mm^2)(**표 B.4.1** 참조)

S_i : 유한요소모델에 작용한 동적 탱크 내 압력에 의한 응력범위(N/mm^2) (**부록 B/4.5.2.4** 및 **B.4.1** 참조)

f_{model} : 피로에 대한 순 두께에 의하여 유한요소 모델을 작성한 경우에는 계수 값은 1.0을 적용한다. 즉 $0.5t_{corr}$ 부식추가를 사용하는(너클 위치 및 모든 방향으로 500mm 이내) 부위의 구조를 제외하고는, 부식추가 $0.25t_{corr}$ 을 사용한 경우 강도 평가에 대한 유한요소모델이 사용된 경우, 계수 값은 0.95로 한다. 강도평가를 위한 유한요소 모델은, 중요 부위의 구조를 포함한 전체 구조에 대하여 부식추가 $0.5t_{corr}$ 을 적용한다.

2.4.2.8 유한요소모델에 정하중을 적용하는 대신, 평균응력의 영향을 고려하여, 총 응력범위를 다음과 같이 취할 수 있다.

$S_{Ri} = 1.0S$ 만재적재상태에 대하여

$S_{Ri} = 0.6S$ 밸러스트 적재상태에 대하여

여기서,

S : **2.4.2.7**에 정의한 전 조합응력범위(N/mm^2)

2.4.3 S - N 선도의 선택

2.4.3.1 **2.4.2.8**에 따라서 핫 스폿 응력을 계산하는 경우, 피로해석은 용접 상세에 대하여 D 급 S-N 선도를 적용하여 수행하여야 한다. **1.4.5.12**에 따른 두께 효과를 적용한다.

2.5 상세 설계표준

2.5.1 호퍼 너클

2.5.1.1 호퍼판 및 내저판 사이의 용접 너클에 대한 설계 상세는 **그림 C.2.2**에 의한다.

(주) **그림 C.2.2**은 호퍼 연결부에서 피로강도를 증가시키기 위한 선택으로 사용할 수 있다.

2.5.1.2 호퍼판과 내저판 사이의 굽힘형 너클에 대한 설계상세는 **그림 C.2.4**에 의한다.

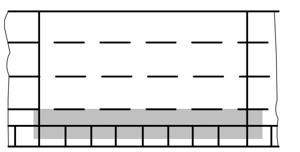
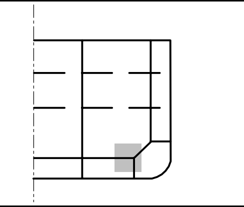
2.5.2 횡격벽 수평 스트링거 힐(heel) 부

2.5.2.1 횡 유밀 및 제수 격벽과 내측 종통격벽 사이의 수평 스트링거 힐 위치에서 피로강도를 증가시키고 응력수준을 낮추기 위하여, **그림 C.2.5**에 주어진 상세 설계 개선이 권고된다. 이 권고는 **부록 B/3.1.3**에서 요구되는 상세 분할요소 유한요소해석과 함께 고려되어야 한다.

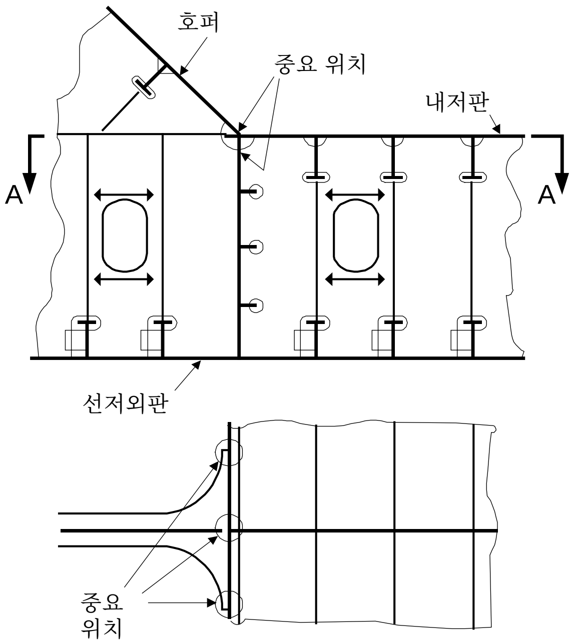
그림 C.2.2
브래킷이 없는 호퍼너클 연결부 상세

이중저 탱크의 늑판과 호퍼탱크의 연결부
내저판과 호퍼 경사판을 용접한 호퍼 코너 연결부

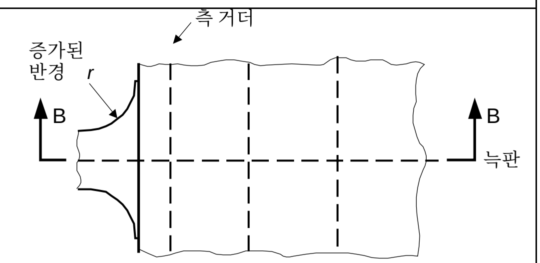
중요(critical) 구역	상세설계 기준 A

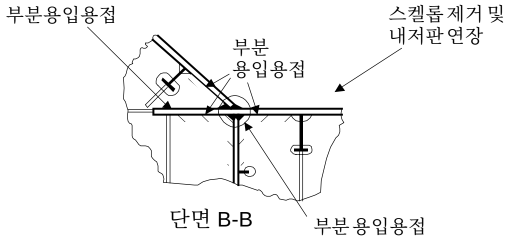



중요 위치



단면 A-A





단면 B-B

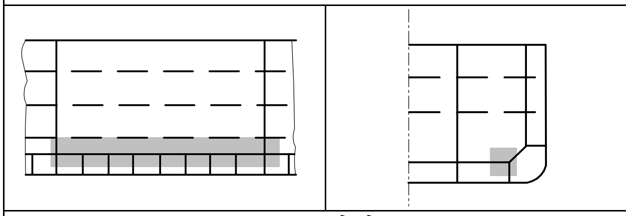
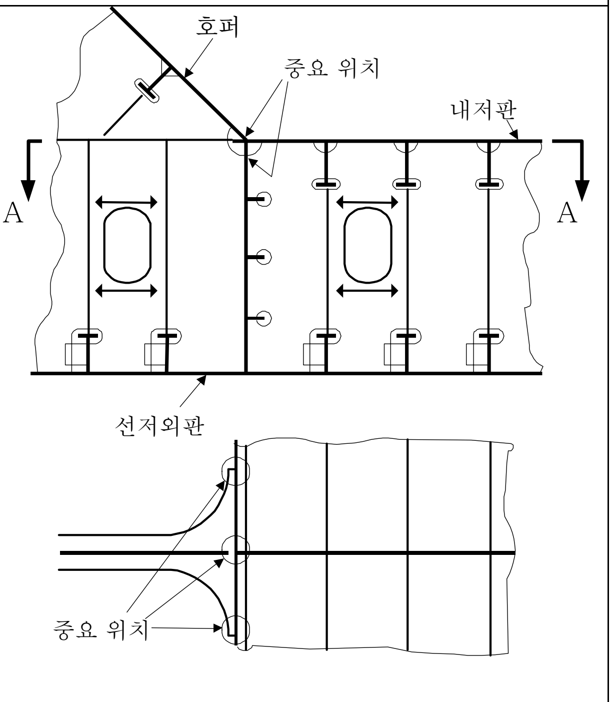
호퍼판과내저판사이의용접은드레싱하고
그라인딩할것.
가시 언더컷을 제거할 것.

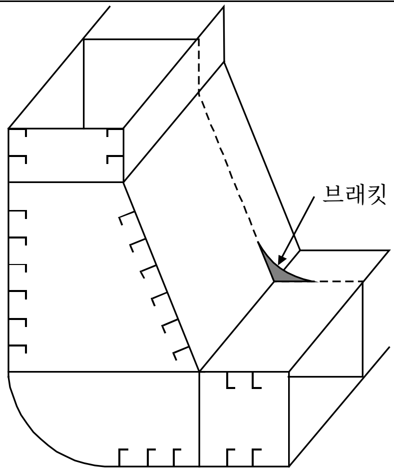
늑판 양측 드레싱 범위	
VLCC	250 mm
Suezmax	200 mm
Aframax	150 mm
Product	100 mm

(비 고)

1. **6장/5.3.4** 에 규정하는 부분 용입 용접에 대하여, 최대 인접판 두께의 1/3을 갖는 루트면은 허용된다.
2. 형상으로 인해 늑판 간격이 감소된 No.1 탱크에는, 그라인딩을 할 필요는 없다.
3. 횡격벽 위치의 너클 연결부 또는 횡격벽에 인접한 늑판에는, 그라인딩을 할 필요는없다.

최소 규정	최소요건으로 상세설계 기준 A 및 B 에 따라야 한다. 호퍼 각이 50도를 초과하는 경우 다시 검토하여야 한다. 도장을 하지 않는 화물탱크의 하부 너클 구역의 경우, 연마된 표면은 적절히 배합된 도료로 스트립 도장을 하여야 한다.
중요 위치	늑판 위치의 내저판과 호퍼 경사판의 연결부, 호퍼 코너 위치의 내저판 및 선측거더와 연결되는 늑판 연결부
상세설계 기준	호퍼 코너에 스캘럽을 제거하여야 하며, 반복적인 외부 동적수압, 화물관성 압력 및 선체거더 하중에 기인하는 응력값을 줄이기 위하여 내저판을 연장한다. 스카핑 브래킷의 두께는 너클부의 내저판 두께정도로 한다.
조립 편차	호퍼 경사판의 중립 선과 거더 중립 선은 일치하여야 하며, 그 허용오차는 늑판 위치에서 중심선을 향해 *t*/3 또는 5mm 중 작은 값 내에 있어야 한다. 여기서 *t* 는 내저판 두께이다
용접 규정	다음 연결부에 대하여 부분 용입용접 수행 - 호퍼 경사판과 내저판 사이 - 늑판과 내저판 및 측거더의 연결부, 호퍼 코너부에 있어 호퍼 트랜스 웨브와 경사판, 내저판 및 거더의 연결부

<table>
<tr><td colspan="2">그림 C.2.3
브래킷이 없는 호퍼너클 연결부 상세(임의선택)</td></tr>
<tr><td colspan="2">이중저 탱크의 늑판과 호퍼탱크의 연결부
내저판과 호퍼 경사판을 용접한 호퍼 코너 연결부</td></tr>
<tr><td>중요(critical) 구역</td><td>상세설계 기준 B</td></tr>
<tr><td>
중요 위치


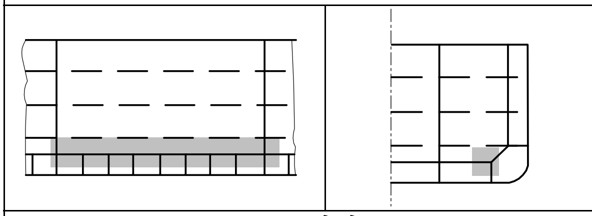
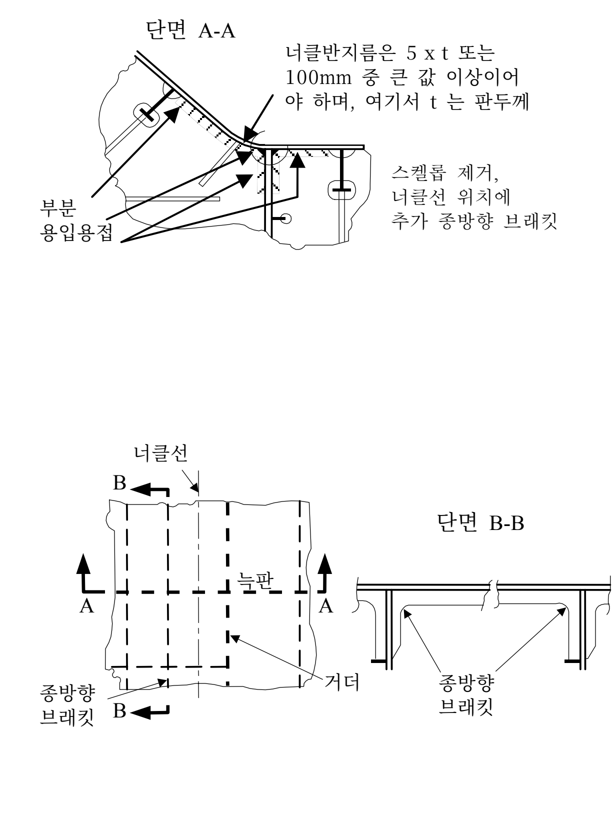
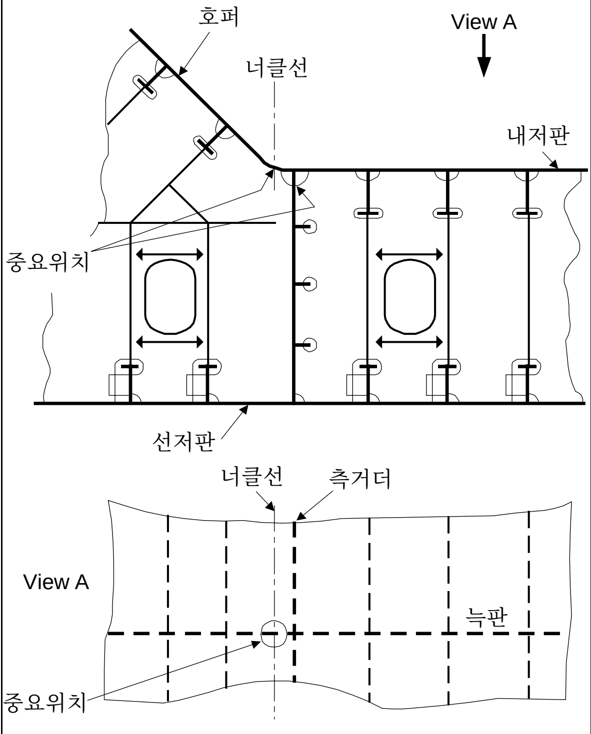
단면 A-A</td>
<td>

(비 고)
1. 화물탱크 내부에 브래킷을 설치한다
2. 브래킷을 첫번째 종늑골까지 연장한다
3. 브래킷토우를 소프트한 모양이 되도록 설계
4. 브래킷 토우위치는 완전용입용접을 한다
5. 브래킷 재료는 내저판과 동일 재료를 사용
6. 브래킷의 좌굴강도 확인:
$$\frac{d}{t_{bkt}} < 21\sqrt{235/\sigma_{yd}}$$
여기서,
d = 브래킷 최대 깊이
t_{bkt} = 브래킷 두께
σ_{yd} = 재료의 규정 최소 항복응력</td></tr>
</table>

최소 규정	최소요건으로 상세설계 기준 A 및 B 에 따라야 한다. 호퍼 각이 50도를 초과하는 경우 좀더 신중하여야 한다. 도장을 하지 않는 화물탱크의 하부 너클 구역의 연마된 표면은 적절히 배합된 도료로 스트립 도장을 하여야 한다
중요 위치	늑판 위치의 내저판과 호퍼 경사판의 연결부, 호퍼 코너 위치의 내저판 및 선측 거더와 연결되는 늑판 연결부
상세설계 기준	호퍼 코너에 스캘럽을 제거하여야 하며, 반복적인 외부 동적수압, 화물관성 압력 및 선체거더 하중에 기인하는 응력값을 줄이기 위하여 내저판을 연장한다. 스카핑 브래킷의 두께는 너클부의 내저판 두께정도로 한다.
조립 편차	호퍼 경사판의 중립 선과 거더 중립 선은 일치하여야 하며, 그 허용오차는 늑판 위치에서 중심선을 향해 $t/3$ 또는 5mm 중 작은 값 내에 있어야 한다. 여기서 t 는 내저판 두께이다
용접 규정	다음 연결부에 대하여 부분 용입용접 수행 -호퍼 경사판과 내저판 -늑판과 내저판의 연결부, 늑판과 거더의 연결부, 호퍼 코너부에 있어 호퍼 트랜스 웨브와 경사판, 내저판 및 거더의 연결부

그림 C.2.4
호퍼 너클 연결 상세, 굽힘 형

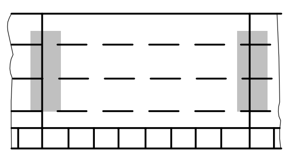
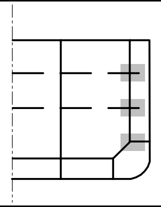
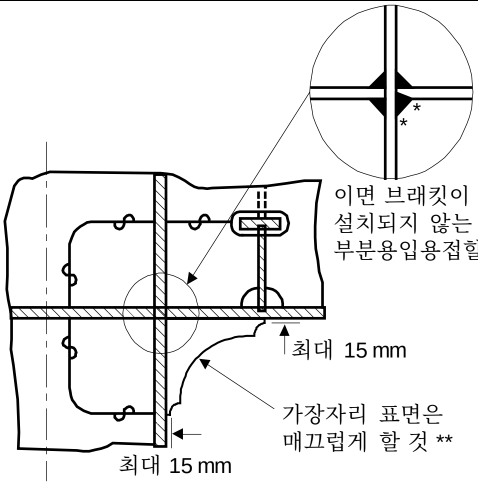
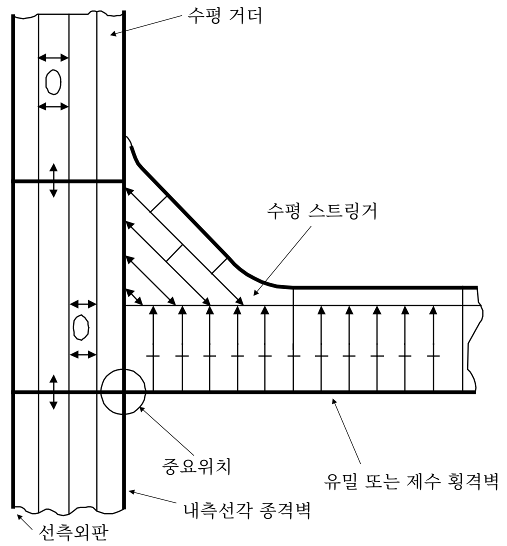
이중저 탱크 내 늑판의 호퍼 탱크 연결부
내저판과 호퍼경사판에 굽힘형 너클을 채용한 호퍼 코너 연결부

중요(critical) 구역	상세설계 기준 C
	 (비고): 너클선에서 거더가 충분한 지지를 제공한다는 것이 입증되는 경우, 종방향 브래킷은 생략할수 있다.
중요 위치	
	

최소 규정	최소 요건으로 상세 설계 기준 C 가 설치되어야 한다.
중요 위치	늑판 위치에서 측거더의 내저판 연결부. 호퍼 코너 위치에서 늑판 및 호퍼 트랜스버스 웨브의 내저판 및 측거더 연결부
상세설계 기준	호퍼 코너 위치의 스켈롭 제거. 반복적인 외부 동적수압, 화물 관성압 및 선체거더 전체 하중 때문에 발생하는 합 응력의 피크 값 및 범위를 낮추기 위하여 추가 종방향 브래킷 설치
조립 편차	강화된 구조일치(alignment) 기준. 두 인접 부재(예를 들어, 늑판 및 호퍼웨브판 및 추가 지지 브래킷)의 두께 중심 사이의 공칭 거리는 표의 부재 두께의 1/3을 초과하여서는 아니 된다.
용접 규정	최대 인접 판두께의 1/3의 루트면을 갖는 부분용입용접(측거더와 내저판 연결부. 늑판과 내저판 및 측거더 연결부. 호퍼 코너 위치에서 호퍼 트랜스버스 웨브와 경사진 내저판 및 측거더 연결부

그림 C.2.5
횡격벽 수평 스트링거 힐(heel) (임의선택)

이중선측 탱크 내의 수평거더와 횡격벽 연결부
평면 유밀 횡격벽 또는 제수격벽 상의 수평 스트링거와 내측 선체 종격벽의 연결부

중요(critical) 구역	상세 설계 개선
 	
중요 위치	
	(비 고) * 브래킷이 설치되지 않는 경우, 용접 토우는 매끄럽게 연마하고 가시 언더컷은 제거하여야 한다. ** 면재가 필요한 경우, 면재 단부에서 응력집중을 낮추기 위한 설계형상을 채용할 것을 권장한다.(예를 들어, 테이퍼 및 소프트 단부(nose))

중요 위치	직각 코너를 형성하는 횡격벽 수평 스트링거의 웨브와 이중선측 탱크 수평거더의 교차부
상세설계 기준	십자형 연결부 위치의 스켈롭 제거. 반복적인 화물 관성압력 및 선체거더 전체하중 때문에 발생하는 합응력의 피크값 및 범위를 낮추기 위하여 규칙 요구 두께에 추가하여 최소 7mm 의 두께를 갖는 국부적인 급 삽입판 설치. 추가하여, 적절한 치수를 갖는 소프트 토우 이면브래킷을 설치하여야 한다. 다음 브래킷 크기가 권장된다. • VLCC: 그림과 같이 소프트 토우를 갖는 800x800x30 R600 을 설치 • 스웨즈막스 및 아프라막스 탱커: 그림과 같이 소프트 토우를 갖는 800x600x25 R550 을 설치, 여기서 내측선체 위치에서 더 긴 암길이로 한다. 실제 브래킷 설계는 **부록 B/3.1.3**에 따라 상세 분할 요소 유한요소 해석에 의하여 검증되어야 한다.
조립 편차	강화된 구조일치(alignment) 기준. 두 인접 부재의 두께 중심 사이의 공칭거리는 표의 부재 두께의 1/3을 초과하여서는 아니 된다.
용접 규정	이면 브래킷이 설치되는 경우, 최소 용접계수 0.44를 갖는 필릿용접. 이면 브래킷이 설치되지 않는 경우에는 부분용입용접. 부분용입 범위는 종통재 간격 정도로 한다. 스켈롭을 제거하는 경우, 적절한 형상(격벽의 연속용접 완성 후에 용접에 의하여 메공하는)의 작은 스켈롭을 가져야 한다.

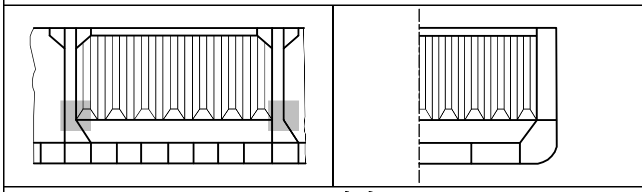
2.5.3 횡 및 종 파형격벽의 하부스툴과의 연결부

2.5.3.1 횡 및 종 파형격벽의 하부스툴과의 연결부에는 **그림 C.2.6** 의 구조상세 설계 개선을 권고한다. 이 권고는 **부록 B/3.1.5** 에서 요구하는 상세 분할요소 유한요소해석과 함께 고려되어야 한다.

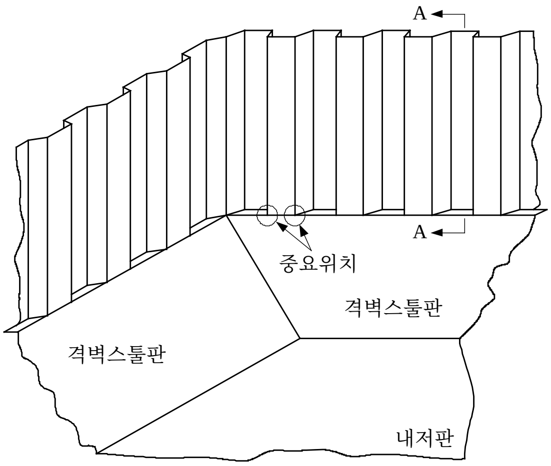
그림 C.2.6
횡 및 종 파형격벽의 하부스툴과의 연결부

이중선측 탱크 내의 선측 스트링거와 횡격벽의 연결부
고장력 스트링거의 평면 유밀 횡격벽 또는 제수격벽 상의 수평거더 연결부

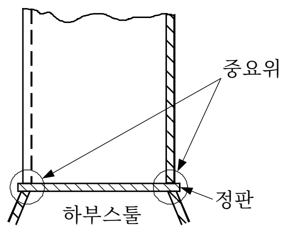
중요(critical) 구역



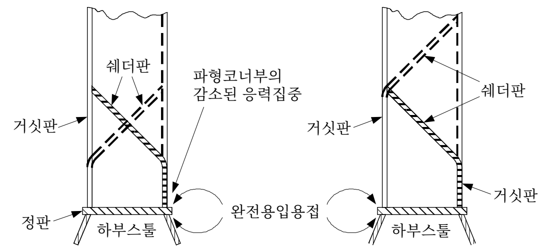
중요 위치



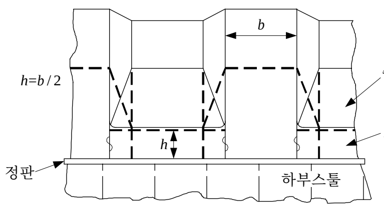
단면 A-A



상세 설계 개선



단면 A-A



(비 고)

* 파형격벽 및 스툴판의 하부스툴 정판과의 연결부에는 완전용입용접을 할 것.

** 인접 쉐더판이 교차하는 경우, 브래킷 보강재를 교차점에 시공할 것.

중요 위치	1. 파형격벽의 하부스툴 및 정판 연결부 2. 거싯판 없이 설치된다면, 파형격벽과 정판의 연결부
상세설계 기준	1. 파형 코너부에서 응력집중을 감소시키기 위하여, 파형면재와 일치시켜서 거싯판을 정판에 설치하여야 한다. 거싯판의 최소높이는 파형격벽 플랜지폭의 1/2로 한다. 2. 쉐더판 교차부에서 응력집중을 감소시키기 위하여, 쉐더판을 그림과 같이 엇갈린 형상으로 배치할 수 있다. 대안으로서, 쉐더판 하부 교차점에 브래킷이 있는 보강재를 설치할 수 있다.
조립 편차	가능한 한 하부 스툴 경사판과 파형면재 사이에 좋은 구조일치를 확보할 것. 두 인접 부재의 두께 중심 사이의 공칭 거리는 표의 부재 두께의 1/3을 초과하여서는 아니 된다.
용접 규정	격벽파형, 거싯판 및 하부스툴 경사판의 하부스툴 정판(Z 급 강재를 권장한다)과의 연결부에 완전용입용접을 사용하여야 한다. 용접의 시작과 끝은, 파형 코너로부터 가능한 한 멀리 떨어져야 한다.

1 진보된 좌굴 해석

1.1 일반

1.1.1 범 위

1.1.1.1 이 부록은 규칙에 의하여 요구되는 진보된 좌굴 해석 방법 및 그 적용에 대하여 규정한다. 진보된 좌굴해석 방법은 보강 패널 또는 패널의 복잡한 거동을 추정할 수 있는 비선형 해석기법 또는 이와 동등한 기법에 기초하여야 한다.

1.1.2 대안 절차

1.1.2.1 이 부록은 일반적인 목적 또는 직접계산 기법을 이용하는 경우에 대해 기술한다. **9장/표 9.2.2**의 허용 좌굴사용계수의 기초가 된 참조의 진보된 좌굴절차를 사용하여 얻은 결과와 동등하고 일관성이 있는 결과를 주는 경우, 이 부록에 규정한 진보된 좌굴최종강도해석법에 대신하여 그러한 대안 절차를 사용할 수 있다.

1.1.2.2 진보된 해석법 대신에 대안 절차를 사용하는 경우, 검토 및 검증을 위하여 대안 절차에 대한 문서, 참조의 진보된 좌굴절차에 의한 결과와의 상세 비교 및 소프트웨어 도구를 제출하여야 한다.

1.1.2.3 대안 절차가 **부록 D** 의 배경에 규정된 시험 경우에 대하여 검증되고, 대안 방법에 대한 허용 사용좌굴계수 $\eta_{all\text{-}alt}$ 이 다음을 만족하는 경우, 참조 진보된 좌굴절차에 대한 대안 좌굴 절차의 사용이 허용될 수 있다.

$$\eta_{all-alt} \le \eta_{all} \cdot \left(\frac{\eta_{ref-i}}{\eta_{alt-i}}\right)_{\min}$$

여기서,

η_{all} : **9장/표 9.2.2**에 규정된, 좌굴에 대한 허용 사용계수

$\eta_{ref\text{-}I}$: **부록 D** 에 규정된 시험 경우 i 에 대하여, 참조 진보된 좌굴절차에 대한 사용계수

$\eta_{alt\text{-}I}$: **부록 D** 의 배경에 규정된 시험 경우 i 에 대하여, 대안 좌굴절차에 대한 사용계수

1.1.3 정 의

1.1.3.1 "좌굴"은 일반적으로 면내 압축 또는 전단을 받고 있는 구조의 강도를 기술하는 총칭적인 용어이다. 좌굴 강도 또는 능력은 상황에 따라 하중의 내부 재분배를 고려할 수 있어야 한다.

1.1.3.2 하중 재분배로 국부 탄성 판 좌굴을 허용하는 좌굴 능력을 ‘방법 1’이라 부른다. 좌굴 능력은 보강된 패널의 어느 곳이든 면내 응력이 최초로 항복 응력(membrane yield stress)에 도달하게 하는 하중이다. 이 원리에 기초한 좌굴 능력은 최종 능력의 하한 추정 또는 큰 영구변형 없이 패널이 분담할 수 있는 최대 하중을 제공한다. 방법 1 좌굴 능력 평가에서는 판에 대한 양의 탄성 후-좌굴 효과(positive elastic post-buckling effect)를 사용하며 판과 보강재 사이 같은 구조요소들 간의 하중 재분배를 고려한다. 세장한 구조에 대하여는, 이 방법을 이용하여 계산된 능력 값은 이상화된 탄성 좌굴 응력(최소 고유치)보다 일반적으로 더 크다. 세장하고 보강된 패널에서의 구조요소의 탄성 좌굴을 허용하는 것은 높은 좌굴 사용 범위(higher buckling utilization levels)에서 큰 탄성 변형과 면내 강성의 감소가 발생함을 의미한다.

1.1.3.3 방법 2 좌굴 능력은 구조부재들 간의 하중 재분포를 허용하지 않고, 이상화된 탄성 좌굴 응력과 방법 1 좌굴 능력의 최소값을 참조한다. 세장한 패널에 대한 값이 이상화된 탄성 좌굴 응력(최소 고유치 범위)이라면, 방법 2 좌굴 능력에서는 세장비가 작은(stocky) 패널에 대해 일반적으로 방법 1과 동일한 강도를 가진다. 이상화된 탄성 좌굴 응력 제한을 적용함으로써, 높은 좌굴 사용 범위(higher buckling utilization levels)에서는 큰 탄성 변형과 면내 강성 감소가 방지된다.

1.1.3.4 “좌굴파손모드”는 좌굴파괴의 특정한 패턴을 상정한다. 개단면인 보강 패널의 전형적인 파손 모드는 다음과 같다.

(a) 판의 좌굴

(b) 보강재의 비틀림 좌굴

(c) 보강재 웨브 판의 좌굴

(d) 보강재의 횡 좌굴(면외 좌굴)

2 진보된 좌굴 해석 방법

2.1 일반

2.1.1 고려해야 하는 영향

2.1.1.1 진보된 좌굴평가 방법은 아래의 영향을 고려할 수 있어야 한다.

(a) 기하학적 비선형 거동

(b) 재료 비탄성 거동

(c) 초기처짐 – 기하학적인 초기 부정/비평면성

(d) 용접잔류응력

(e) 좌굴모드와 구조부재들 즉, 판, 보강재 및 거더 등의 상호작용

(f) 동시작용 하중 즉, 2축 압축/인장, 전단 및 횡 압력

(g) 경계조건

2.1.1.2 **2.1.1.1**에 규정된 사항들에 대한 상세 요건은 **2.1.2** 내지 **2.1.8**에 주어진다. 비선형 유한요소 모델의 적용에 대한 추가적인 요건은 **2.1.9** 내지 **2.1.10**에 주어진다.

2.1.2 기하학적 비선형 거동

2.1.2.1 좌굴 평가방법은 비선형 대변형 판이론 또는 이와 동등한 이론에 기초하여야 한다. 또한 기하학적 비선형으로 인한 2차 막 변형률을 고려하여야 한다.

2.1.2.2 Von Karman 및 Marguerre 의 비선형 판 이론은 이상적인 탄성 좌굴의 범위를 넘는 강도를 평가하는데 사용될 수 있다.

2.1.3 재료 거동 및 특성

2.1.3.1 비탄성 재료 거동을 고려하여야 한다. 좌굴 평가방법이 비선형 재료 및 소성역의 확산을 다룰 수 없는 경우, 기하학적인 비선형 거동 및 기하학적인 초기 부정으로 인한 응력의 재배분은 Von Mises 항복 기준 이하가 되도록 하여야 한다.

2.1.3.2 대안으로서, 좌굴해석 방법이 비선형 재료를 다룰 수 있는 경우, 소성역에서 안전측의 변형율 경화 계수를 갖는 쌍일차(bi-linear) 재료모델을 사용하여야 한다.

2.1.3.3 재료 특성은, 항복응력 및 탄성계수(Young’s modulus)의 특성치를 사용하여야 한다. 해당되는 경우, 변형률 경화를 무시한 쌍일차 등방성 완전 탄소성 재료 모델을 사용하여야 한다. 또는 접선 강성계수를 안전측의 값으로 취하여야 한다. 연강과 고장력강에 대하여 소성역의 접선강성계수로서 1000 MPa 을 사용한다.

2.1.4 초기 처짐 – 기하학적 초기 부정(imperfection) / 비평면성

2.1.4.1 초기 처짐은 좌굴 평가 시 고려하여야 한다.

2.1.4.2 결정론적 강도 평가를 위하여 기하학적 초기 부정은 규칙적인 형태로 전환되어야 한다.

2.1.4.3 초기 결함은 국부 부정(판의 면외 처짐 및 보강재의 횡(sideways) 면외 처짐)과, 보강재의 전체 부정(보강재의 횡(lateral)/수직 면외 처짐)으로 나눌 수 있다.

2.1.4.4 초기 처짐의 형태는 가장 지배적인 파손모드가 표현되고 해석에 의하여 유발될 수 있도록 하여야 한다. 일반적으로, 가장 저차의 좌굴 고유모드의 조합이 적절한 붕괴모드가 된다. 가장 지배적인 파손모드가 최저차의 고유 모드와 다른 경우, 높은 세장비를 가진 판부재의 경우 및 동시에 하중을 받는 경우를 고려하여야 한다.

2.1.4.5 초기 부정의 설정 최대값은 우리선급이 적절하다고 인정하는 공작표준(IACS SARQS(ship building and quality repair standard) 등)에 따라 취하여야 한다. 그러나, 규칙적인 형태의 초기 부정 진폭은 일반적으로 규정된 최대 허용 값보다 작게 취할 수 있다. 규칙적인 형태의 초기 부정은 주로 하중 비에 의존하며, 또한 용접으로 인한 초기 부정을 포함한다. 초기 부정의 실제 수준은 해석방법, 모델의 범위 등에 의존하므로 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

2.1.5 용접 잔류응력

2.1.5.1 좌굴 평가에서 용접잔류응력은 포함하지 않아도 좋다. **2.1.4.5** 참조.

2.1.6 좌굴모드와 구조부재들간의 상호작용

2.1.6.1 진보된 좌굴 해석방법은 다양한 구조부재들의 상호작용 및 그로 인한 여러가지 좌굴 모드들의 상관을 정확하게 나타내어야 한다.

2.1.6.2 모든 위험한 초기 부정 형태가 포함되어야 하며, **2.1.4**를 참조한다.

2.1.7 동시 작용 하중

2.1.7.1 이 평가 방법에서는, 2축 면내 압축 및 전단 막 하중, 그리고 면외 압력의 어떠한 조합형태도 나타낼 수 있어야 한다.

2.1.7.2 변형 형상을 발생시키기 위하여 모든 면외 압력을 먼저 적용시켜야 한다. 그리고 이 면외 압력은 일정한 값으로 유지시킨다.

2.1.7.3 면내 하중과는 다른 양식의 처짐을 발생시키는 면외 압력 효과는 가장 위험한 좌굴 모드가 나타나도록 고려되어야 한다.

2.1.8 경계조건

2.1.8.1 경계조건은 판 또는 보강 패널의 실제 응답을 나타낼 수 있도록 설정하여야 한다. 면내 및 면외 경계조건을 고려하여야 한다.

2.1.8.2 한 패널이, 선저 또는 선측 판과 같은 보강 판의 큰 연속적인 보강패널의 일부분인 경우, 그 단부에서의 면내변위는 자유롭게 이동할 수 있게 취할 수 있으나, 직선 형태는 유지하여야 한다. 스트링거 웨브 또는 선저 거더 웨브와 같이, 주변 구조에 의하여 면내 방향으로 패널이 지지되어 있지 않은 경우, 패널 단부는 완전 자유로 고려하여야 한다.

2.1.8.3 보강재로 인한 판의 회전구속 영향은, 판과 보강재 상호작용의 직접 해석에 의하여 구하여야 한다. 사전에 미리 정의된 규정작인 경계조건은 일반적으로 인정하지 않는다.

2.1.8.4 패널은 1차 지지부재 위치에서 횡 또는 수직 방향으로 지지된 것으로 취할 수 있다. 보강재는 1차 지지부재와 교차하는 위치(교차위치에서 기울어짐을 방지)에서, 보강재의 수평 방향으로 지지된 것으로 보아도 좋다. 1차 지지부재로 인한 패널의 기하학적인 회전구속은 무시하여야 한다.

2.1.9 모델 범위

2.1.9.1 좌굴평가에 사용되는 모델의 범위는 평가대상 패널 주위의 구조물을 고려하여 충분하게 하여, 경계조건에 의한 불확실성을 경감하도록 모델링하여야 한다.

2.1.9.2 일반적으로 모델은 보강재 방향으로 한 보강재 스팬 이상을 포함하여야 하며, 보강재에 수직한 방향으로 두 개의 1차 지지부재 사이의 범위를 모델링에 포함하여야 한다.

2.1.10 비선형 유한요소모델의 요소 크기

2.1.10.1 요소크기는 충분히 작아서 좌굴 변형을 정확히 표현할 수 있어야 한다.

2.1.10.2 요소분할 크기는 기하학적인 복잡성, 하중 및 사용된 요소의 종류에 의존한다. 다만, 좌굴 반파장 길이에 걸쳐 최소한 5개의 요소로 분할 것이 일반적으로 요구된다.

3 적용 및 구조모델링 원칙

3.1 일 반

3.1.1 범 위

3.1.1.1 이하에 진보된 좌굴 해석방법의 적용에 대한 표준적인 가정을 규정한다. 진보된 좌굴 해석방법이 구조물의 더 정확한 표현을 할 수 있는 경우, 이러한 가정은 수정될 수 있다.

3.1.2 경계조건

3.1.2.1 경계조건은 보강재, 1차 지지부재 및 인접한 판과 같은 인접구조에 의한 면내 및 회전의 구속영향을 정확히 고려하여야 한다. **3.1.2.3** 내지 **3.1.2.5**에 규정하는 가정을 적용하여야 한다.

3.1.2.2 경계조건은 두개의 그룹 즉, “자유 변이 있는 판”과 “연속적인 판”을 나타내는 그룹으로 나누어 진다. 후자의 그룹은 갑판, 선저외판 및 선측외판과 같은 큰 보강 패널을 표현하며, 전자의 그룹은 거더, 늑판 및 스트링거 등을 표현한다.

3.1.2.3 연속적인 판 조건은 주위 구조에 의한 면내지지의 조건을 갖는 요소로 한다. 보강 패널에 대한 경계조건은 다음과 같이 취한다.

(a) 보강재에 직각인 패널 변은 단순지지로 간주한다.

(b) 보강재와 평행한 패널 변은 패널내의 보강재에 의한 회전구속과 동등한 회전구속을 갖는 것으로 간주한다.

(c) 보강재의 양단은 연속 판의 일부로 간주하여 1차 지지부재에 의하여 옆으로(sideways) 지지되는 것으로 간주한다.

(d) 보강판의 모든 변은 면내방향으로 자유롭게 변형할 수 있으나 직선을 유지하도록 구속하여야한다.

3.1.2.4 단부의 변이 자유인 판부재는, 하나 이상의 약한 동일 면내에서 지지되는 요소를 표현한다. 수직 보강재 붙이 이중저 늑판이 그 예이다. 보강 패널에 대한 경계조건은 다음과 같이 취한다.

(a) 보강재에 직각인 패널 변은 단순지지로 간주한다.

(b) 보강재와 평행한 패널 변은 패널내의 보강재에 의한 회전구속과 동등한 회전구속을 갖는 것으로 간주한다.

(c) 인접 구조에 직접 부착되어 있는 경우, 보강재 단부는 옆으로(sideways) 지지되는 것으로 간주한다. 그 외에는 단순 지지로 가정한다.

(d) 판의 모든 변은 면내방향으로 자유롭게 변형하여야 한다. 자유 변에 보강을 한 경우, 이에 의한 회전 구속을 고려할 수 있다.

3.1.2.5 보강되지 않은 패널에 대한 경계 조건은 다음과 같이 취한다.

(a) 특별히 정한 경우 외에는, 패널 변은 단순지지로 간주한다.

(b) 패널의 단부 변이 자유 변인 경우, 면내 변위는 자유롭게 변형하여야 한다. 연속된 패널의 변은 직선을 유지하도록 구속하여야 한다.

3.1.3 구조 이상화

3.1.3.1 자유 변이 있는 판에 대하여 적용하는 구조 모델링 및 좌굴평가 방법은 다음과 같다.

(a) 보강재 방향과 평행 방향 : 현저한 응력구배를 갖는 구조에 대하여 한 프레임 간(bay)이면 통상 충분하다. 종 거더와 같이 보강재 방향과 평행한 자유 변을 갖는 균일 압축요소에 대하여는, 복수의 프레임(multi-bay) 간의 모델을 고려하여야 한다.

(b) 보강재 방향과 수직 방향 : 1차 지지부재 사이로 한다. 다만 6개의 보강재 간격까지로 하여도 좋다.

(c) 평가방법 : 특별히 정하는 경우 외에는, 하중재분배를 허용하지 않는 방법 2로 한다.

3.1.3.2 연속적인 판 구조의 모델링 및 좌굴 평가방법은 다음과 같다.

(a) 보강재 방향과 평행 방향: 인접한 패널 사이의 초기 부정을 표현하기 위하여 최소한 2개의 프레임 구획으로 모델링 한다.

(b) 보강재 방향과 수직 방향: 1차 지지부재 사이로 한다. 다만 6개의 보강재까지로 하여도 좋다.

(c) 평가방법 : 특별히 정하는 외에는, 하중재분배를 허용하는 좌굴강도인 방법 2로 한다.

4 평가기준

4.1 일 반

4.1.1 좌굴강도 평가 방법

4.1.1.1 좌굴강도능력 값은 다음 평가 방법 중의 하나에 기초하여야 한다.

(a) 하중 재분배를 허용하는 좌굴 강도능력

(b) 하중 재분배를 허용하지 않는 좌굴 강도능력

평가방법의 적용은 **3.1.3**에 규정한다.

4.1.2 방법 1: 하중 재분배를 허용하는 좌굴강도능력

4.1.2.1 좌굴강도능력 값은 보강 패널 내의 어느 곳에서든 막 항복응력의 최초 발생을 일으키는 하중으로 취한다. 이는 **1.1.3.2**에서 나타낸 하중 재분배를 포함한다. 특히 다음 위치에서는 von-Mises 응력으로 해당 위치의 항복을 확인하여야 한다.

(a) 판의 변에서

(b) 판과 보강재의 교차선을 따라서, 특히 보강재의 양단 및 보강재 스팬의 중앙점에서

(c) 보강재의 플랜지를 따라서, 특히 보강재의 양단 및 보강재 스팬의 중앙점에서

4.1.3 방법 2: 하중 재분배를 허용하지 않는 좌굴강도능력

4.1.3.1 좌굴강도능력 값 또는 보강 패널 내의 어느 곳에서든 막 항복응력의 최초 발생을 일으키는 하중은 **1.1.3.3**을 참조한다.

4.2 사용 계수

4.2.1 일 반

4.2.1.1 사용계수 η 는 좌굴강도 상의 파손에 대한 안전 여유의 척도로 사용된다. 사용계수는 작용 하중과 대응하는 최종강도능력 또는 좌굴강도능력과의 비로 정의한다.

4.2.1.2 구조는 다음의 기준을 만족하는 좌굴강도능력을 가져야 한다.

$$\eta_{act} \le \eta_{allow}$$

여기서,

η_{allow} : 허용 좌굴 사용계수로서, **9장/2.2.5**에 정의된다.

η_{act} : 작용설계 하중에 기초한 실제 좌굴 사용계수

4.2.1.3 조합 하중에 대하여 사용계수 η 는 **그림 D.4.1**에 나타낸 바와 같이 작용한 등가하중과 대응하는 좌굴강도능력의 비로 취하며 다음과 같다.

$$\eta = \frac{W_{act}}{W_u}$$

여기서,

W_{act} : 조합 막 하중으로 인한 작용 등가 하중

$= \sqrt{\sigma_{dx}^2 + \sigma_{dy}^2 + \tau_d^2}$ (N/mm^2)

W_u : 좌굴강도 점에서의 조합 막 하중에 의한 등가 하중.(**그림 D.4.1** 참조)

$= \sqrt{\sigma_{cx}^2 + \sigma_{cy}^2 + \tau_{cr}^2}$ (N/mm^2)

단, 조합하중은 모두 같은 비로 적용하고, 작용압력 하중은 일정하게 유지한다.

σ_{dx} : x 방향의 작용 축응력(N/mm^2)

σ_{dy} : y 방향의 작용 축응력(N/mm^2)

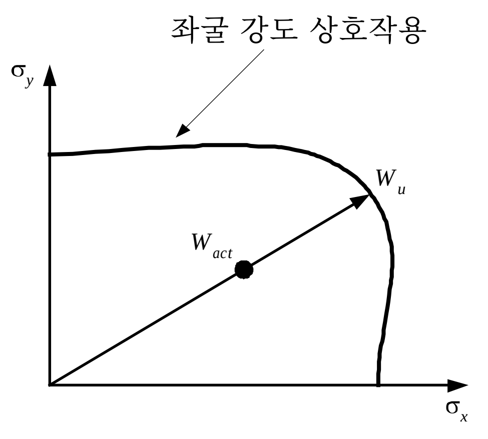
τ_d : 작용 전단응력(N/mm^2)

σ_{cx} : x 방향의 압축으로 인한 좌굴강도(N/mm^2)

σ_{cy} : y 방향의 압축으로 인한 좌굴강도(N/mm^2)

τ_{cr} : 전단 좌굴강도(N/mm^2)

그림 D.4.1
사용계수의 정의(이축 하중상태의 예)



5 강도평가 (유한요소법) - 좌굴 평가 절차

5.1 일 반

5.1.1 범 위

5.1.1.1 설계검증절차의 일부분으로서 강도평가(FEM)에 대한 좌굴 요건의 평가에 대하여 다음 절차를 적용하며, **9장/2**를 참조한다.

5.1.1.2 유한요소해석의 모든 구조 요소는 개별적으로 평가하여야 한다. 부착판을 갖는 각 보강재 및 모든 보강되지 않은 패널을 평가하여야 한다.

5.1.1.3 다음 기준을 만족하는 경우, 각 부재의 좌굴강도성능은 만족되는 것으로 한다.

$\eta_{act} \le \eta_{allow}$

여기서,

η_{allow} : **9장/2.2.5**에서 정의한 허용 좌굴 사용계수

η_{act} : 작용 설계하중에 기초한 실제 좌굴 사용계수(**4.2.1** 참조)

5.2 구조모델링 및 능력 평가방법

5.2.1 일 반

5.2.1.1 종강도에 유효한 선체거더 종통부재는 **표 D.5.1** 및 **그림 D.5.1**에 규정하는 보강 패널 또는 보강되지 않은 패널로 모델링하여야 한다. 이렇게 모델링하면 좌굴 능력 평가 방법에 사용하는 표준 가정이 적용된다.

5.2.1.2 구조 모델은 제공 두께로부터 전 부식추가두께 -1.0t_{corr} 및 선주 여유를 뺀 순 두께에 기초하여야 한다. 이러한 두께 공제는 판과 보강재의 웨브 및 면재에 적용한다.

5.2.2 보강 패널

5.2.2.1 부착 판을 갖는 각 보강재는 **표 D.5.1**에 규정한 범위의 보강 패널의 일부로 표현한다. 또한 전체 좌굴거동을 정확히 표현하도록 더 큰 구조물의 부분인 것으로 가정한다.

5.2.2.2 일반적으로, 평가 방법은 판두께, 보강재 크기 및 간격의 변화를 정확히 표현하여야 한다. 다만, 진보된 좌굴 평가방법이 이러한 변화를 정확하게 모델링 할 수 없는 경우, 계산은 각 보강재 및 보강재 사이의 판에 대하여 별도로 수행하여야 한다. 고려하는 위치에서의 판두께, 보강재 특성 및 보강재 간격을 전 패널에 대하여 고려한다. 만일 보강 패널 내에서 판 두께, 보강재 특성 및 보강재 간격이 변하는 경우, 모든 조합에 대하여 계산하여야 한다. 보강재 간의 패널이 여러가지 판 두께로 구성되어 있다면, 상응하는 보강재/판 조합의 평가시 판의 두께에 대해서는 가중된 평균두께가 사용될 수 있다. 가중된 평균두께는 5.2.3.3에 따른다.

5.2.3 보강되지 않은 패널

5.2.3.1 평가방법은 판 두께 및 패널 기하학적 형상의 변화를 모델링에 표현하여야 한다.

5.2.3.2 특설늑골, 스트링거 및 브래킷 위치에서 패널의 기하형상(예를 들어 웨브 보강재/면재에 의하여 구획되는 판)은 직사각형 형상을 갖지 않을 수 있다. 진보된 좌굴 평가방법이패널 기하형상을 정확하게 모델링 할 수 없는 경우에는, **그림 D.5.5** 및 **D.5.6**에 보인 바와 같이 등가의 직사각형 패널을 사용한다. 등가 직사각형 패널의 적용에 있어서, 실제적인 응력 값을 얻도록 유한요소 해석에서 실제 구조를 표현하여야 한다.

5.2.3.3 진보된 좌굴 평가 방법이 패널에 걸쳐 순 판두께의 변화를 정확하게 반영할 수 없고, 해당 패널이 다수의 요소로 구성되어 있다면, 평균 두께를 다음과 같이 취한다.

$$t_{avr} = \frac{\sum A_j t_j}{\sum A_j}$$

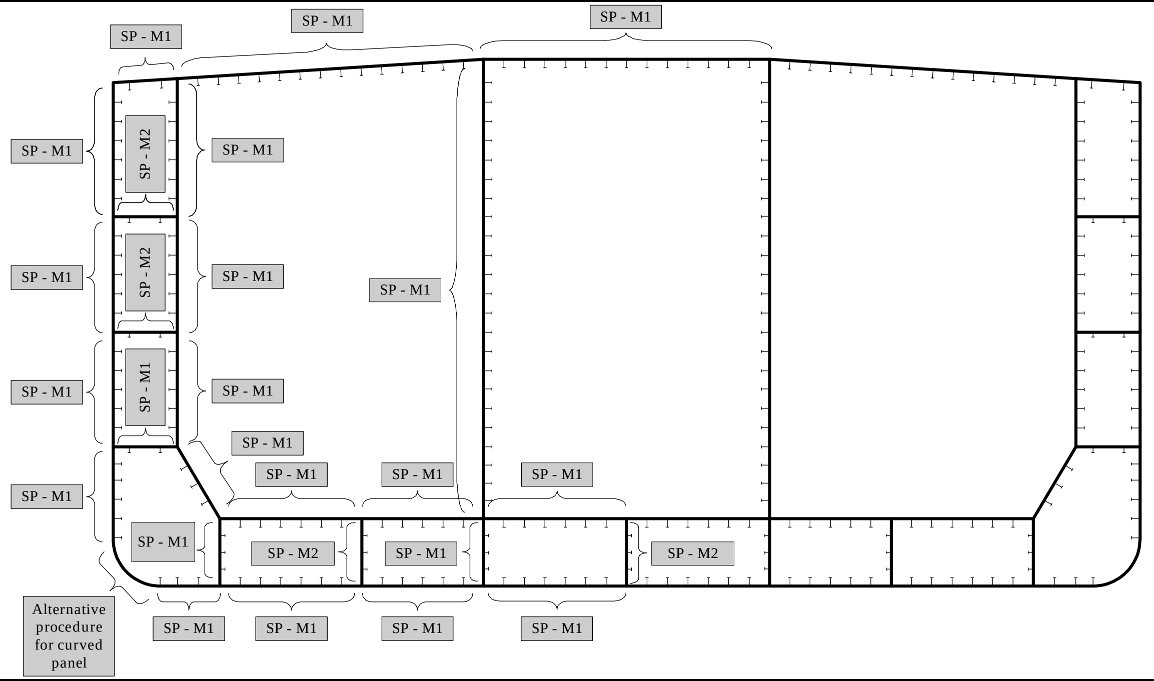
여기서,

A_j : 패널을 구성하는 j 번째 판 요소의 면적

t_j : 패널을 구성하는 j 번째 판 요소의 순 두께

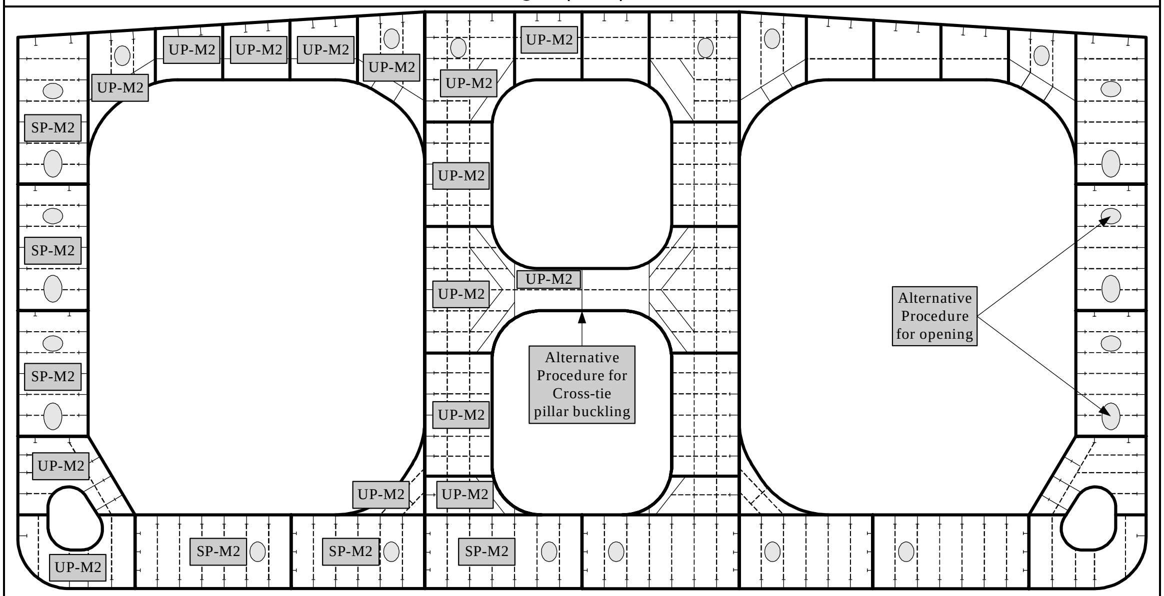
표 D.5.1 강도 평가(유한요소법)를 위한 구조 요소			
구조부재	**이상화**	**평가방법[1]**	**통상의 패널 정의[2]**
종방향 구조(그림 D.5.1)			
종방향 보강 패널: 외판 갑판 내측판 호퍼탱크사판 종격벽 중심선 종통격벽	보강 패널	방법 1	길이: 특설늑골 사이 폭: 1차지지부재(PSM) 사이 [3]
종격벽 직하 및 호퍼 탱크 사판을 구성하는 이중저 종거더의 웨브	보강 패널	방법 1	길이: 특설늑골 사이 폭 : 웨브 전체 깊이
호퍼 탱크 사판을 구성하는 이중 선측 탱크 내의 수평 거더의 웨브	보강 패널	방법 1	길이: 특설늑골 사이 폭 : 웨브 전체 깊이
종격벽 직하에 없거나 호퍼 탱크 사판을 구성하지 않는 이중저 종거더의 웨브	보강 패널	방법 2	길이: 특설늑골 사이 폭 : 웨브 전체 깊이
호퍼 탱크 사판을 구성하지 않는 이중 선측 탱크 내의 수평거더의 웨브	보강 패널	방법 2	길이: 특설늑골 사이 폭 : 웨브 전체 깊이
단저구조의 종거더 웨브	보강되지 않은 패널	방법 2	국부 보강재/면재/PSM 사이
횡강도 구조부재(그림 D.5.2)			
브래킷을 포함하는 갑판 횡거더의 웨브	보강되지 않은 패널	방법 2	국부 보강재/면재/PSM 사이
이중선측 탱크 내의 수직 웨브	보강 패널	방법 2	길이: 웨브 전체 깊이 폭 : 1차 지지부재 사이
모든 불규칙적으로 보강된 패널 예) 호퍼탱크 및 빌지 부의 웨브 패널	보강되지 않은 패널	방법 2	국부 보강재/면재/PSM 사이
이중저 늑판	보강 패널	방법 2	길이: 웨브 전체 깊이 폭 : 1차 지지부재 사이
브래킷을 포함하는 수직 웨브	보강되지 않은 패널	방법 2	수직 웨브 보강재/면재/PSM 사이
크로스 타이 웨브 판	보강되지 않은 패널	방법 2	수직 웨브 보강재/면재/PSM 사이
횡 유밀 및 수밀 격벽(그림 D.5.3) 및 제수격벽(그림 D.5.4)			
모든 규칙적으로 보강된 격벽 패널	보강 패널	방법 1	길이: : 1차 지지부재 사이 폭 : 1차 지지부재 사이
모든 불규칙적으로 보강된 격벽 패널 예) 호퍼탱크 및 빌지 부의 웨브 패널	보강되지 않은 패널	방법 2	국부 보강재/면재 사이
브래킷을 포함하는 격벽 스트링거의 웨브 판	보강되지 않은 패널	방법 2	국부 보강재/면재 사이
파형 횡격벽			
보강재를 포함하는 상/하 스툴	보강 패널	방법 1	길이: 스툴 내 웨브다이아프램 사이 폭 : 스툴 측판의 길이(높이)
스툴 내부 웨브 다이아프램	보강되지 않은 패널	방법 2	국부 보강재/면재/ PSM 사이
(비고) 1. 평가 방법은 어느 좌굴강도 평가 방법이 사용되어야 하는가를 나타낸다. (**4.1** 참조) 2. **3.1.3**의 구조 이상화를 참조한다.			

그림 D.5.1
종강도에 대한 진보된 좌굴 평가



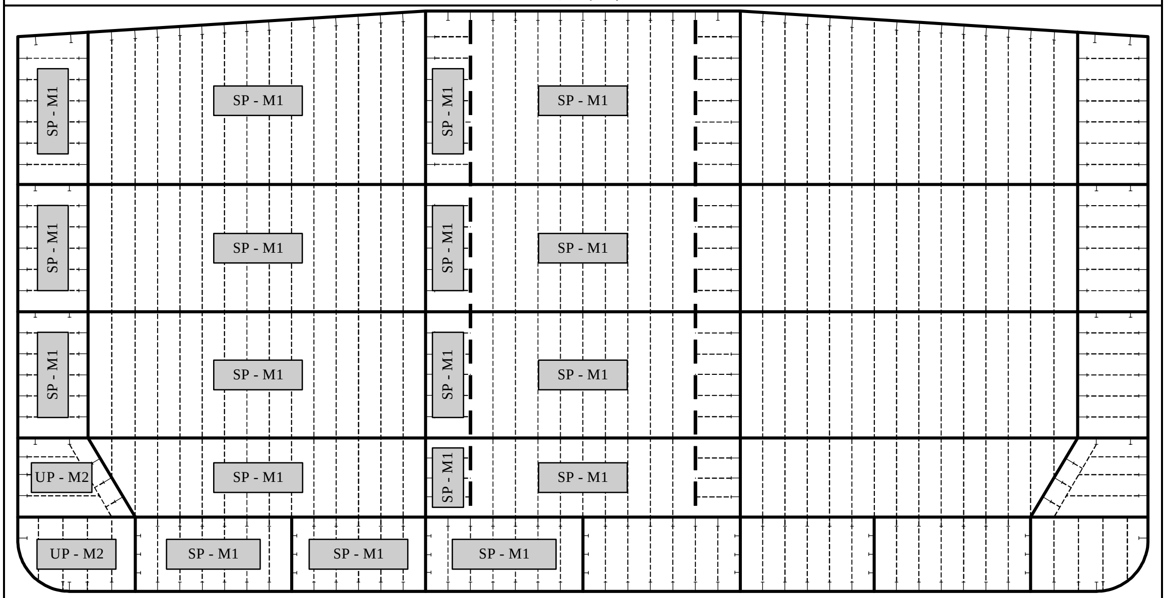
(비 고)
SP – M1 은 방법 1을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강패널을 나타낸다.
SP – M2 은 방법 2을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강패널을 나타낸다.

그림 D.5.2
횡 특설늑골



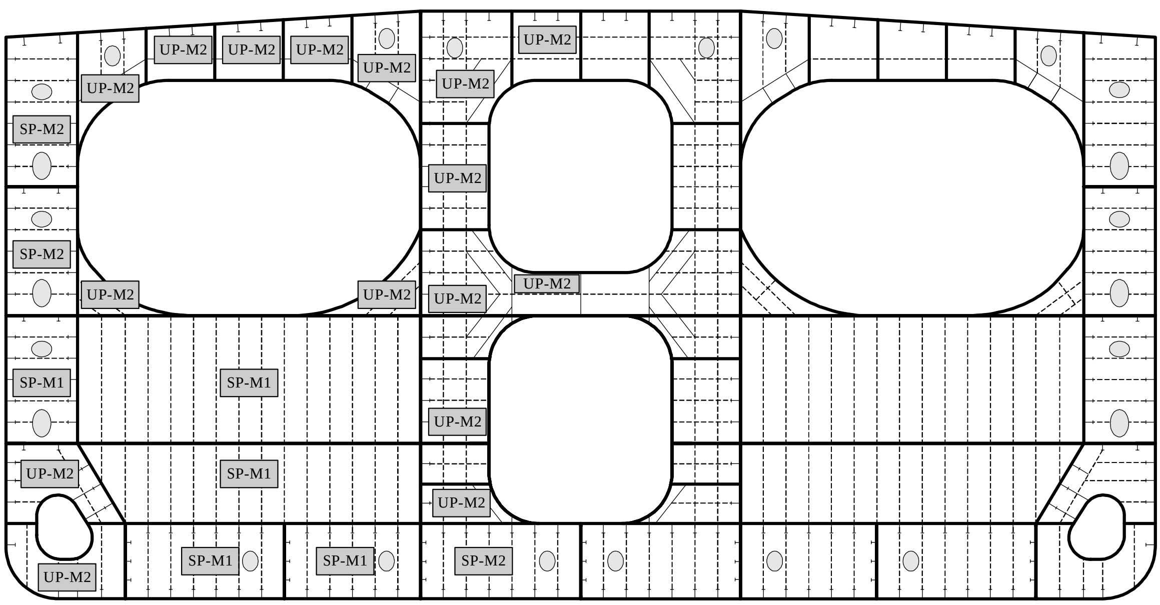
(비 고)
SP – M1 은 방법 1을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강패널을 나타낸다.
UP – M2 은 방법 2을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강되지 않은 패널을 나타낸다.
SP – M2 은 방법 2을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강패널을 나타낸다.

그림 D.5.3
횡격벽



(비 고)
SP – M1 은 방법 1을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강패널을 나타낸다.
UP – M2 은 방법 2을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강되지 않은 패널을 나타낸다.

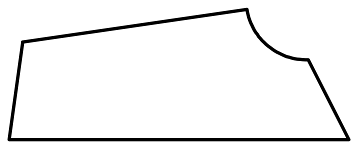
그림 D.5.4
크로스 타이



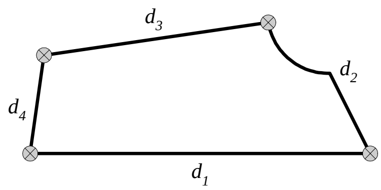
(비 고)
SP – M1 은 방법 1을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강패널을 나타낸다.
UP – M2 은 방법 2을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강되지 않은 패널을 나타낸다.
SP – M2 은 방법 2을 사용하여 좌굴강도를 평가하는 보강패널을 나타낸다.

그림 D.5.5
불규칙한 형상을 갖는 보강되지 않은 패널의 모델링

(a) 폐 다각형 판에 있어서, 가장 90도에 가까운 4개의 모서리를 식별한다.

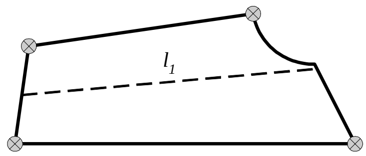


(b) 식별된 4개의 모서리 사이의 폐 다각형 판을 따라 거리를 계산한다. 즉, 모서리 사이의 직선으로 계산한 거리의 합계



(c) 가장 작은 합 길이를 갖는 마주보는 변의 쌍을 식별한다. 즉, d_1+d_3 와 d_2+d_4 중의 최소값을 식별한다.

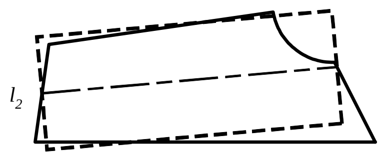
(d) 선택된 마주보는 변의 각 중앙점 사이를 직선으로 연결한다. 이 선분은 강도능력 모델의 장변방향(x_1)으로 정의된다. 이 선분의 길이가 강도능력 모델의 길이(l_1)로서 정의된다.



(e) 모델의 폭 l2 은 다음과 같이 취한다.

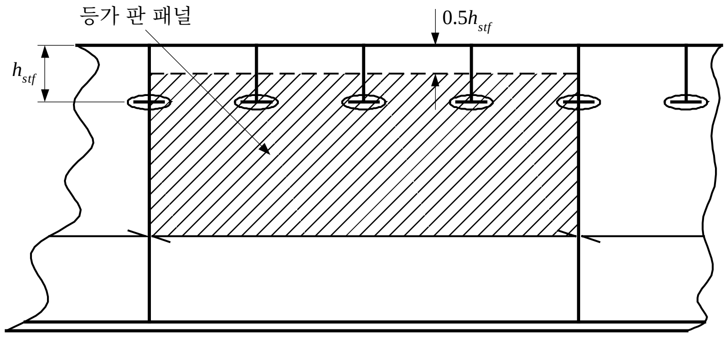
$$l_2 = A / l_1$$

여기서 A 는 판의 면적



(f) 유한요소 해석으로 구한 응력들은 등가 직사각형 패널의 국부좌표계로 변환하여야 한다. 이 변환된 응력성분들을 좌굴 평가에 사용하여야 한다.

그림 D.5.6
웨브 판의 강도능력 모델



(비 고)
관통 보강재에 웨브/컬러판이 붙어 있다면, 컬러판이 있는/없는 다른 슬롯 형상에 대해서도 패널 너비의 수정이 가능하다

5.3 하중 적용

5.3.1 일 반

5.3.1.1 구조 패널에 작용하는 면내 2축 및 전단 막응력의 조합응력의 영향에 대하여 평가하여야 한다.

5.3.1.2 축 압축 및 전단 응력 분포를 유한요소해석으로부터 구하여 좌굴 모델에 적용하여야 한다. 유한요소 해석으로부터 구한 응력은 좌굴에 의한 요구 판두께의 변화에 대하여 조정하지 않는다. 즉 유한요소 해석에는 $-0.5t_{corr}$ 를, 좌굴 평가에는 $1.0t_{corr}$ 를 사용한다.

5.3.1.3 유한요소 해석에 적용한 면외 압력은 좌굴 평가에도 또한 적용한다.

5.3.1.4 유한요소해석으로부터 구한 강제변위를 패널 변에 가하거나 패널 변에 가하는 하중에 의하여 응력을 적용할 수 있다.

5.3.1.5 만약 진보된 좌굴 평가방법이 패널에 걸친 축 및 전단 응력 변화를 정확하게 표현할 수 없는 경우에는, 응력 및 압력을 **5.3.2** 및 **5.3.3**에 정의한 바와 같이 평균할 수 있다.

5.3.2 평균 막응력

5.3.2.1 판 패널이 다수의 유한요소로 구성되어 있는 경우, 평균 막응력을 다음에 주어진 가중평균법을 사용하여 계산하여야 한다.

$$\sigma_{xm} = \frac{\sum_{1}^{n} A_i \sigma_{xmi}}{\sum_{1}^{n} A_i} \qquad (\text{N/mm}^2)$$

$$\sigma_{ym} = \frac{\sum_{1}^{n} A_i \sigma_{ymi}}{\sum_{1}^{n} A_i} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\tau_{xym} = \frac{\sum_{1}^{n} A_i \tau_{xymi}}{\sum_{1}^{n} A_i} \quad (\text{N/mm}^2)$$

여기서,

σ_{xmi} : 패널의 i 번째 판 요소의 중심에서 x-방향 막응력 (N/mm^2)

σ_{ymi} : 패널의 i 번째 판 요소의 중심에서 y-방향 막응력 (N/mm^2)

τ_{xymi} : 패널의 i 번째 판 요소의 중심에서 x-방향 막 전단응력 (N/mm^2)

A_i : 패널을 구성하는 i 번째 판 요소의 면적(mm^2)

n : 패널 내의 요소 번호

σ_{xmi} 또는 σ_{ymi} 이 인장일 때, 각 값은 영(0)으로 취한다.

5.3.3 평균 면외 압력

5.3.3.1 판 패널이 다수의 유한요소로 구성되어 있는 경우, 평균압력 P_{avr} 는 다음의 가중평균법에 의하여 계산한다.

$$P_{avr} = \frac{\sum_{1}^{n} A_i P_i}{\sum_{1}^{n} A_i} \quad (\text{kN/m}^2)$$

여기서,

P_i : 패널을 구성하는 i 번째 판 요소 상에 작용하는 압력(kN/m^2)

A_i : 패널을 구성하는 i 번째 판 요소의 면적(mm^2)

n : 패널 내의 요소 번호

5.4 진보된 좌굴 평가방법의 적용 한계

5.4.1 일 반

5.4.1.1 다음 구조 요소들은 진보된 좌굴평가가 적용되지 않으며, **표 D.5.2**에 따라 평가한다.

표 D.5.2 **진보된 좌굴평가가 적용되지 않는 구조요소에 대한 요건**		
구조 요소	**좌굴 모드**	**관련 규정**
빌지 판	횡방향 탄성 좌굴	**8/2.2.3**
1차 지지부재	전체 및 비틀림 좌굴	**10/2.3**
1차 지지부재의 웨브 판의 개구위치	웨브 판의 좌굴	**10/3.4**
크로스 타이	전체 좌굴	**10/3.5**

6 최종 선체거더 강도 평가

6.1 일 반

6.1.1 범 위

6.1.1.1 이 절차는 설계검증 절차의 부분으로서 최종 선체거더 강도에 대하여 요구되며, **9장/1**을 참조한다.

6.1.1.2 강력갑판의 모든 구조 요소들은 개별적으로 평가하여야 한다.

6.2 하중 적용

6.2.1 일 반

6.2.1.1 종방향으로 보강된 갑판 패널의 최종강도 능력평가에 사용하는 1축 압축응력은 보강재와 판의 교차점에서 계산하여야 한다.

6.2.1.2 선체거더 응력은 제공두께에서 부식추가의 1/2인 $-0.5t_{corr}$ 및 선주 여유분을 공제한 단면계수 특성에 기초하여야 한다.

6.2.1.3 면외 압력은 선체거더 최종강도에 대한 좌굴 평가에 포함하지 않는다.

6.3 구조모델링 및 좌굴 평가

6.3.1 일 반

6.3.1.1 강력갑판의 유효한 종강도 부재는, 최종강도 능력을 구하는 방법 1을 사용하여 보강 패널로 모델링 한다.

6.3.1.2 부착 판을 갖는 각 갑판 보강재는 두 인접한 1차 지지부재 사이의 횡방향 범위를 갖는 보강 패널로서 표현된다.

6.3.1.3 좌굴 강도능력 모델은 제공두께에서 부식추가의 1/2인 $-0.5t_{corr}$ 및 선주 여유분을 공제한 순 두께에 기초하여야 한다. 이 두께 공제는 판과 보강재의 웨브 및 면재에 적용한다.

6.3.1.4 일반적으로, 좌굴 방법은 판 두께, 보강재 크기 및 간격의 변화를 정확하게 반영하여야 한다. 다만, 진보된 좌굴 평가방법이 이러한 변화를 정확하게 모델링 할 수 없는 경우, 계산은 각 보강재 및 보강재 사이의 판에 대하여 별도로 수행하여야 한다. 고려하는 위치에서의 판 두께, 보강재 특성 및 간격을 전 패널에 대하여 가정한다. 만일 보강 패널 내에서 판 두께, 보강재 특성 및 간격이 변하는 경우에는, 계산은 모든 조합에 대하여 수행하여야 한다.

선급 및 강선규칙

인 쇄 2007년 2월 15일
발 행 2007년 3월 1일

제12편 이중선체유조선 공통구조규칙

발행인 오 공 균
발행처 **한 국 선 급**
대전광역시 유성구 장동 23-7, 신성로 54
전화 : (042) 869-9114
FAX : (042) 862-6011
Website : http://www.krs.co.kr

등록번호 : 제 9호(2000. 3. 22)