KOREAN REGISTER

2007

선급 및 강선규칙

제 11 편

산적화물선 공통구조규칙

RA-11-K

한 국 선 급

산적화물선 공통구조규칙

머리말

본 규칙은 2006 년 4 월 1 일 발효한다.

본 규칙은 길이 90m 이상의 산적화물선의 등록을 위한 구조요건을 규정하고 있다.

본 규칙은 13 장으로 구성되어 있다.

㈜ 아래 내용은, 참고를 위한 영문 원본의 번역이다.

차 례

제5장 선체 거더 강도

제6장 선체 부재치수

제7장 직접강도 해석

제8장 구조상세의 피로검토

11 편 1 장

일반 원칙

제 1 절 적 용

1. 일 반

1.1 구조 요건

1.1.1

이 규칙은 우리 선급에 등록하는 선박으로서, 2006년 4월 1일 이후 건조 계약된 선박에 적용한다.

㈜ "건조 계약"의 의미는 예정된 선주 및 조선소간의 건조계약 서명일을 의미한다. 이와 관련한 상세한 내용은 IACS PR No.29를 참조.

1.1.2

이 규칙은 길이(L) 90m 이상이고, 항행구역의 제한이 없는 국제항해선으로 단일선측 및 이중선측 산적화물선의 선체구조에 적용한다. 여기서 산적화물선이라 함은 일반적으로 화물구역내에 단일갑판, 이중저, 호퍼탱크, 톱사이드탱크를 가지며, 단일 또는 이중선측으로 건조되어 자항으로 원양항해를 하며, 주로 건화물을 산적의 형태로 운송하는 선박을 의미한다. 단, 광석운반선과 겸용운반선은 제외한다.

적어도 한 개 이상의 화물창이 호퍼 탱크 및 톱사이드 탱크를 가지고 있는 하이브리드(hybrid) 산적 화물선도 이 규칙을 적용한다. 이 경우 호퍼탱크 및/혹은 톱사이드 탱크를 가지지 않는 화물창 구조부재의 강도도 이 규칙에 정의된 강도기준을 만족하여야 한다.

1.1.3

이 규칙에는 아래의 특성을 가지는 모든 형태의 산적화물선에 적용되는 선체구조치수, 배치, 용접, 구조상세, 재료 및 의장품에 대한 IACS 의 요건이 포함되어 있다.

- $L < 350$ m
- $L / B > 5$
- $B / D < 2.5$
- $C_B \geq 0.6$

1.1.4

이 규칙 요건은 **3장 1절**의 규정에 적합한 특성을 가지는 강선 선체 용접구조에 적용한다. 또한, 이 규칙은 선루나 소형 창구덮개와 같은 선체구조의 일부를 강 이외의 재료이지만 **3장 1절**에 적합한 재료로 된 용접구조 선박에도 적용한다.

1.1.5

선체 재료가 **[1.1.4]**에 규정하는 것과 다른 선박 및 새로운 형태 또는 특이한 선체 설계의 선박에 대해서는 이 규칙에 규정된 원칙과 기준을 근거로 개별적으로 고려하여야 한다.

1.1.6
이 규칙의 적용에 있어서 고려하는 강도 계산용 흘수는 지정된 건현에 상응하는 흘수보다 작아서는 안 된다.

1.1.7
부재치수를 **7장**에 규정하는 직접강도해석 절차와는 다른 계산절차에 의해 결정하는 경우는 **2절**에 규정하는 적절한 보완문서를 우리 선급에 제출하여야 한다.

1.2 하역장치에 대한 적용

1.2.1
선체구조와 일체형으로 고려되는 하역장치의 고정부에 있어 선체구조에 직접 영향을 미치는 부분은 선체구조와 용접에 의하여 영구적으로 고착된 구조이어야 한다. (예로서 크레인 페데스탈(pedestal), 마스트, 킹 포스트, 데릭받침대 등이며 크레인, 데릭붐, 로프, 부속품 및 일반적으로 분해 가능한 부분은 제외) 선체에 설치된 마스트의 슈로우드(shroud)는 고정부로서 고려한다.

1.2.2
하역장치의 고정부 및 선체구조에 고착되는 부분은 해당 설비의 등록여부와는 관계없이 하역장치 규칙의 관련 규정에 따라야 한다.

1.2.3
고정식 하역장치를 지지하는 구조물 및 이동식 장치를 지지하기 위해 부착되는 구조물은 해당 장치의 작동으로 인해 발생하는 부가하중을 고려하여 설계하여야 한다.

1.3 용접 시공방법에 대한 적용

1.3.1
이 규칙 요건은 선체구조의 용접부의 준비, 용접 및 검사에도 적용한다. 이 규칙에 규정하지 않는 용접에 관련된 일반적인 요건과 용접시공 및 자격에 관한 인증은 우리 선급의 적절한 요건에 따른다.

2. 규칙 적용

2.1 선박 부분

2.1.1 일 반
이 규칙의 적용에 있어서 선박은 다음의 3부분으로 구분한다.

- 선수부

- 중앙부
- 선미부

2.1.2 선수부

선수부는 선수격벽 전방에 위치한 구조를 말한다.

- 선수창 구조
- 선수재

또한, 상기에 추가하여 다음을 포함한다.

- 선수 선저부의 보강부
- 선수 플레어(flare)의 보강부

2.1.3 중앙부

중앙부는 선수격벽 및 선미격벽 사이의 구조를 말한다.

선수 선저부 또는 선수 플레어부가 선수격벽 후부까지 연장된 경우에는 선수부로서 취급한다.

2.1.4 선미부

선미부는 선미격벽 후부에 위치하는 구조를 말한다.

2.2 선체구조 각 부분에 적용되는 규칙

2.2.1

선체구조 각 부분의 치수계산은 **표 1**에 따라 해당 각 장 및 절을 적용한다.

표 1: 선체구조 각 부분의 치수계산에 적용되는 장 및 절

<table>
<tr><th rowspan="2">선박 각 부분</th><th colspan="2">적용되는 장, 절</th></tr>
<tr><th>일반</th><th>상세</th></tr>
<tr><td>선수부</td><td rowspan="3">1장
2장
3장
4장
5장
9장[(1)]
(9장 1절,
9장 2절 제외)
11장</td><td>9장 1절</td></tr>
<tr><td>중앙부</td><td>6장
7장
8장</td></tr>
<tr><td>선미부</td><td>9장 2절</td></tr>
<tr><td colspan="3">(1) [2.3] 참조</td></tr>
</table>

2.3 선박의 기타 부분에 대한 규칙 적용

2.3.1

선박의 기타 부분의 치수계산은 **표 2**에 따라 해당 각 장 및 절을 적용한다.

표 2: 기타 부분의 치수계산에 적용되는 장 및 절

항 목	적용되는 장, 절
기관실	9장 3절
선루 및 갑판실	9장 4절
창구덮개	9장 5절
선체 및 선루의 개구	9장 6절
타	10장 1절
불워크 및 보호난간	10장 2절
의장	10장 3절

3. 선급 부호

3.1 부기부호 BC-A, BC-B 및 BC-C

3.1.1

다음 요건은 **[1.1.2]**에 정의하는 선박에 있어서, 길이(L) 150m 이상의 선박에 적용한다.

3.1.2

이 규정을 적용받는 산적운반선은 다음 부호 중 하나를 지정한다.

a) BC-A : BC-B 의 조건에 추가하여 최대흘수에서 화물밀도가 1.0 t/m^3 이상인 건화물을 지정된 화물창을 공창으로하여 화물을 운송하도록 설계된 산적화물선에 부여하는 부호

b) BC-B : BC-C 의 조건에 추가하여 화물밀도가 1.0 t/m^3 이상의 건화물을 모든 화물창에 균일적재하여 운송하도록 설계된 산적화물선에 부여하는 부호

c) BC-C : 화물밀도가 1.0 t/m^3 미만의 건화물을 운송하도록 설계된 산적화물선에 부여하는 부호

3.1.3

설계시에 적용된 설계하중조건의 결과에 의하여 운항중에 관찰되는 제한사항들에 대한 보다 상세한 설명을 위하여 추가적인 부호 및 특기사항을 다음과 같이 부여할 수 있다.

- (최대 화물밀도 (t/m^3)) : 최대 화물밀도가 3.0 t/m^3 미만인 경우 BC-A 및 BC-B 에 대한 부호. (**4장 7절 [2.1]** 참조)
- (no MP) : **4장 7절 [3.3]**에 규정하는 조건에 따라 여러 항구에서의 적하 및 양하에 대한 설계를 하지 않은 선박에 대한 부호
- (규정된 공창의 허용조합) : BC-A 부호에 관한 사항 (**4장 7절 [2.1]** 참조)

3.2 부기 부호 GRAB [X]

3.2.1 적 용

[3.1.2]에 따라 부기 부호 BC-A 또는 BC-B 를 갖는 선박은 의무적으로 부기 부호 GRAB[X]를 갖는다. 이러한 선박들의 **12장 1절**에 규정하는 GRAB[X] 요건은 화물이 없는 상태에서 그랩중량 X 가 20톤 이상 이어야 한다. 다른 모든 선박에 대한 부기 부호 GRAB[X]는 선택사항이다.

3.3 부기 부호 CSR

3.3.1 적 용

해당 선급의 선급 부호 및 위에 정의된 부기 부호에 추가하여, 이 규칙에 적합한 선박은 CSR 부호를 부기한다.

제 2 절 적합성 검증

1. 일 반

1.1 신조선

1.1.1

신조선에 관한 **[2]**의 승인용 제출도면 및 문서는 선박에 부여되는 선급부호 및 특기사항 혹은 선박의 길이에 대한 관련 기준을 고려하여 이 규칙의 1장 내지 12장에 규정된 적용 요건에 만족하여야 한다.

1.1.2

제조중 등록검사를 받는 선박에 대하여 우리 선급은 다음의 사항을 행한다.

- 규칙에 의해 제출되는 도면 및 문서를 승인
- 선박 건조에 사용되는 재료 및 의장품의 설계승인 및 조선소에서의 검사
- 승인도면에 관하여 검사를 실시 또는 부재치수 및 구조가 규칙요건에 적합한지를 확인하는 적절한 증거를 수집
- 규칙에 따른 시험 및 시운전에 입회
- 선급 부호를 부여

1.1.3

제조중 등록검사를 받는 선박의 건조에 사용되는 재료 및 의장품에 대해서는 특별히 규정된 규칙을 적용한다. 이 재료 및 의장품에 대해서는 원칙적으로 해당 규칙의 조항에 따른 설계의 승인 및 제품 검사를 받아야 한다.

1.1.4

선박 건조 중에 검사원은 다음의 사항을 행한다.

- 규칙에서 규정하는 선박의 부분에 대한 전반적인 검사를 실시
- 규칙에서 요구하는 경우 건조 방법 및 절차에 대한 검사
- 규칙에서 규정하는 항목에 대한 검사
- 적용되는 경우 또는 필요하다고 판단되는 경우, 시험 및 시운전에 입회

1.2 현존선

1.2.1

현존선에 대해서는 이 규칙 **13장**의 요건을 만족하여야 한다.

2. 제출 문서

2.1 제조중 등록검사 선박

2.1.1 승인용 제출 도면 및 문서

우리 선급에 제출되어야 할 승인용 도면 및 문서는 **표 1**과 같다. 이것에 추가하여 승인용 또는 정보로서 설계 검토에 필요하다고 판단되는 그 외 다른 도면 및 문서를 요구할 수 있다. 구조도면은 각 부분의 연결 상세를 보여주어야 하며, 일반적인 제조방법, 용접방법 및 열처리를 포함한 설계자료를 명시하여야 한다. (**11장 2절 [1.4]** 참조)

2.1.2 참고용 도면 및 문서

[2.1.1]에 추가하여, 다음의 도면 및 문서가 참고용으로 우리 선급에 제출되어야 한다.

- 일반 배치도
- 모든 구획 및 탱크의 용적과 무게중심이 표시된 용적도
- 선도
- 배수량 등곡선도
- 경하중량 분포도
- 입거 배치도

또한, 이 규칙의 요건에 따라 설계자가 직접 강도계산을 실시한 경우, 이와 관련한 문서등도 우리 선급에 제출되어야 한다. (**[3]** 참조)

2.2 선급이 해당 주관청을 대신하는 선박

2.2.1 승인용 제출 도면 및 문서

[2.1]의 도면에 추가하여 우리 선급이 별도로 정하는 규칙에 따라 관련 기국요건에서 요구하는 도면이 승인용으로 우리 선급에 제출되어야 한다.

표 1: 승인용 제출도면 및 문서

도면 및 문서	포함되어야 할 사항
중앙단면도, 횡단면도, 외판전개도, 갑판 구조도 및 측면도, 이중저 구조도, 필러 배치도, 늑골 배치도, 디프탱크 및 밸러스트탱크의 격벽/제수격벽도	선급부호, 주요요목, 최소 밸러스트흘수, 늑골간격, 계약상의 운항속도, 화물밀도, 갑판 및 이중저의 설계하중, 사용재료의 등급, 방식장치, 갑판 및 외판의 개구/개구 보강, 선저 및 외판에 있어서 평행부의 경계, 구조적 보강부 및 불연속부의 상세, 빌지키일 및 선체와의 연결부 상세
수밀격벽, 수밀터널	개구 및 폐쇄장치를 포함(설치한 경우)
선수부 구조	
선미부 구조	
기관실 구조, 주기 및 보일러의 기초	주기관의 형식, 출력 및 회전수 기관 및 보일러의 질량 및 무게중심
선루 및 갑판실, 기관실 케이싱	알루미늄합금의 범위 및 기계적 성질(적용한 경우)
창구덮개	창구덮개에 걸리는 설계하중, 밀폐 및 고정장치, 고정볼트의 형식 및 위치, 하기만재흘수선 및 선수단으로부터의 창구덮개 까지의 거리
횡추진기 일반배치, 터널구조, 터널 및 선체구조와 횡추진기와의 결합부 (설치된 경우)	
불워크 및 방수구	건현갑판 및 선루갑판상에서 불워크/방수구의 배치 및 치수
창/현창의 배치도 및 구조상세	
배수장치 및 위생장치	
타 및 러더혼 (1)	최대 전진속도
선미재, 선미관, 프로펠러축 및 브래킷 (1)	
수밀문 도면 및 제어장치도	제어장치, 동력조작 및 폐쇄지시 회로에 관한 전기계통도
폭로부의 문 및 해치	
데릭 및 하역설비, 하역설비구조	설계하중(힘 및 모우먼트), 선체구조와의 결합부
씨 체스트, 스테빌라이저실	
호오스 파이프	
맨홀 배치도	
구획에의 교통 및 탈출 설비도	
통풍 장치도	각 구획의 용도, 각 구획의 통풍관 위치 및 높이
탱크시험 요목	각 구획의 시험방법, 시험파이프의 높이
적하지침서, 적하지침기기	**4장 7절**에 정의된 적하상태 (**4장 8절** 참조)
의장수계산서	계산에 필요한 기하형상, 의장품 목록, 와이어로프의 제조 및 절단강도, 합성섬유로프의 재료, 구조, 절단강도 및 연신율
(1) 다른 조타 또는 추진장치가 설치된 경우(예로서 노즐식 조타장치 혹은 선회식 추진장치)가 설치된 경우는 관련장치의 배치 및 구조치수를 나타내는 승인용 도면이 제출되어야 한다. 선회식 추진장치에 대해서는 **10장 1절 [11]**을 참조한다.	

3. 컴퓨터 프로그램

3.1 일반

3.1.1

구조설계의 자유도를 높이기 위해 컴퓨터 프로그램을 사용한 직접 강도계산을 사용 하는것도 가능하다. (**7장** 참조) 이러한 해석의 목적은 선체구조가 이 규칙 요건에 적합하다는 것을 평가하는데 있다.

3.2 범용 프로그램

3.2.1

현재 이용 가능한 기술요건에 따라 컴퓨터 프로그램의 선택은 제한이 없으나 **7장** 및/또는 **8장**에서 요구하는 구조 모델과 하중조건에 적합하여야 한다. 프로그램은 이전에 행한 시험용 예제에 의한 비교계산을 통하여 확인할 수 있다. 그러나, 컴퓨터 프로그램에 대하여 일반적인 유효성 승인은 하지 아니한다.

3.2.2

직접 강도계산은 다음 분야에서 사용하는 것이 가능하다.

- 전선 구조강도
- 종강도
- 보 및 격자구조 해석
- 상세 구조강도

3.2.3

이러한 계산을 위한 컴퓨터 모델, 경계조건 및 하중조건은 우리 선급이 승인한 것이어야 하며, 입력 및 출력을 포함한 계산 자료를 제출 하여야 한다. 검토 시 필요에 따라 선급이 자체적인 비교 계산을 수행할 수도 있다.

제 3 절 기능적 요건

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

이 절은 다음의 목적에 적합하기 위하여 선박의 설계 및 건조 중에 준수되어야 할 기능에 관한 요건을 규정한다.

1.2 설계 수명

1.2.1

선박은 정상적으로 운항되고 보수 된다면 예상 설계수명 동안 안전하고 환경 친화적인 상태로 있어야 한다. 이때 달리 규정하지 않는 한 그 수명은 25년을 예상한다. 실제의 선박 수명은 선박의 실제 상태 및 보수 여하에 따라 또한, 선령의 영향, 특히 피로, 도장 노화, 부식, 쇠모등에 의해 설계 수명보다 길거나 짧을수도 있다.

1.3 환경 조건

1.3.1

선박의 구조설계는 설계수명 동안 북대서양에서 예상되는 환경으로 항해하는 가정을 기본으로 한다. 따라서 구조강도 설계에 관한 기본 원칙에 있어서 통계적 파랑 빈도분포와 같은 대표적인 파랑조건을 고려한다.

1.4 구조 안정성

1.4.1

선박은 구조붕괴, 침수, 수밀성의 상실에 따른 선박의 전손의 결과로서 발생하는 해상에 있어서 인명 안전 및 해양환경 오염등의 위험을 최소화하기 위하여 설계 및 건조되고, 또한 운항 및 보수되어야 한다.

1.5 구조 접근성

1.5.1

선박은 현상검사, 정밀검사 및 두께계측이 가능하도록 모든 내부구조에 대한 적절한 접근설비가 제공되도록 설계 및 건조되어야 한다.

1.6 건조 품질

1.6.1
목적으로서 선박은 필요에 맞는 승인된 자료를 사용하는 통제된 품질 생산기준에 따라서 건조되어야 한다.

2. 기능적 요건

2.1 일반사항

2.1.1
선체 구조에 관한 기능적 요건은 **[2.2]** 내지 **[2.6]**에 따른다.

2.2 구조 강도

2.2.1
선박은 비 손상시에 있어서 적절한 적하상태에서 설계수명동안의 환경조건을 견디도록 설계되어야한다. 구조 강도는 좌굴 및 항복에 대하여 충분하다는 것이 검증되어야 한다. 최종강도 계산은 최종 선체거더 굽힘 능력 및 판부재 및 보강재의 최종강도를 포함하는 것 이어야 한다.

2.2.2
선박은 합리적으로 예상되는 손상 상태, 즉 충돌, 좌초 또는 침수로 인한 파랑 및 내부하중에 견딜 수 있는 충분한 예비강도를 갖도록 설계되어야 한다. 잔존강도 계산에는 영구변형 및 좌굴 후의 거동을 고려한 선체거더에 대한 최종강도까지의 예비치를 고려하여야 한다.

2.2.3
선박은 대표적인 구조상세가 충분한 피로수명을 갖도록 설계되어야 한다.

2.3 도 장

2.3.1
도장이 요구되는 경우, 도장은 화물창, 탱크, 코퍼댐 등 선박구획의 사용 목적, 재질 및 기타 부식방지시스템 즉, 전기방식 또는 기타 대체방식의 적용과 관련하여 선택되어야 한다. 보호도장은 강재의 선 처리, 도료 선택, 적용 장소 및 유지 방법을 고려한 제조자의 사양에 따라 적용 및 유지되는 것으로, SOLAS 요건, 기국 정부의 규정 및 선주 사양에 만족하여야 한다.

2.4 부식 추가

2.4.1

구조강도 계산에서 규정하는 순 부재치수에 추가되는 부식추가는 운항수명에 대하여 적절한 것이어야 한다. 부식추가는 부식 방지시스템 즉, 도장, 전기방식 또는 대체방식에 추가하여 내부 및 외부구조의 사용목적 및 폭로된 부식환경 즉 해수, 화물 또는 부식성 환경에 근거하여 지정 되어야 한다.

2.5 접근 설비

2.5.1

현상검사, 정밀검사 및 두께계측을 해야 하는 선박구조는 해당 구조물에 안전하게 접근할 수 있는 설비가 제공되어야 한다. 이 접근 설비는 선박구조 접근지침서에 기술되어야 한다.

(**SOLAS II-1장 3-6규칙** 참조)

2.6 건조 품질 절차서

2.6.1

재료의 제조, 조립, 결합 및 용접절차, 강재 표면처리 및 도장에 관한 사양은 선박건조 품질 절차서에 포함되어야 한다.

3. 기타 규정

3.1 국제 법규

3.1.1

이 규칙의 적용을 받는 설계자, 조선소 및 선주들은 다음의 사항에 주의하여야 한다.

선박은 IMO 에서 국제적으로 규정하고, 이행하는 복잡한 규제의 틀에서 설계, 건조 및 운항되어야 한다. 법 규정은 구명설비, 구획, 복원성, 방화 및 소화설비 등과 같은 선박의 법 규제의 기준으로부터 만들어진다. 이러한 규정은 선박의 운항 및 화물적재에 관한 배치에 영향을 미치고, 따라서 선체 구조설계에도 영향을 줄 수 있다.

벌크캐리어의 강도에 대하여 통상적으로 적용되는 주요 국제규정은 다음과 같다.

- 해상인명안전 협약 (SOLAS)
- 국제 만재흘수선 협약 (ILLC)

3.2 기국 규정

3.2.1

적용되는 기국의 규정을 준수하여야 한다.

4. 공 사

4.1 제조자가 준수해야 할 요건

4.1.1

제조공장은 재료, 제조공정, 구조요소 등을 적절히 처리할 수 있는 장비 및 시설을 갖추어야 한다. 제조공장은 충분히 숙련된 인원이 배치되어야 하며, 모든 감독자 및 프로젝트 관리자의 명단과 책임 범위를 우리 선급에 알려야 한다.

4.2 품질 관리

4.2.1

요구되는 또한 적절한 범위까지 제조자는 제조 중 및 제조 완료후에 모든 선각구조의 구성부분을 검사하여, 그것들의 완성도, 치수의 정확성, 제작기술의 만족도 및 양호한 조선기술의 기준에 적합한지를 확인하여야 한다. 선각구조의 구성부분은 제조공장에 의한 검사 및 수정이 끝나면 구조물은 통상 도장이 안된 상태로, 또한 검사를 위한 적절한 접근설비가 설치된 상태에서 우리 선급 검사원에게 검사를 받아야 한다.
검사원은 공장에서 적절히 검사하지 않은 구조물에 대해서는 불합격 처리 할수있으며, 점검 및 수정 완료 후에 재신청을 하도록 요구할 수 있다.

5. 구조 상세

5.1 제조 문서의 상세

5.1.1

구조물의 품질 및 기능에 관한 모든 주요한 상세는 공작도 등의 제조문서에 기재되어야 한다. 여기에는 부재치수뿐만 아니라 관련되는 경우 표면상태(예: 절단선 및 용접선의 마무리)와 같은 항목도 포함된다. 그리고 검사 및 허용에 관한 요건 및 허용오차와 같은 제조자의 특별한 제작법도 포함된다. 이러한 목적으로 기준(작업표준 혹은 국제표준 등)이 사용되는 경우 우리 선급에 제출하여야 하며, 용접상세는 **11장 2절**을 참조하여야 한다.
제조문서에 누락되거나 불충분한 상세로 인하여 구조물의 품질이나 기능이 의심스러운 경우 우리 선급은 제작자에게 적절한 개선을 요구할 수 있다. 여기에는 도면승인 시 요구되지 않았을 경우에도 보충적 또는 추가적인 부분(예를 들면 보강재)이 포함된다.

제 4 절 기호 및 정의

1. 주요기호 및 단위

1.1

1.1.1

달리 규정되지 않는 한, 이 규칙에서 사용된 일반적인 기호 및 단위는 **표 1**과 같다.

표 1: 주요 기호

기호	의 미	단위
A	면적	m^2
	일반보강재와 1차 지지부재의 단면적	cm^2
B	선박의 형너비 (**[2]** 참조)	m
C	계수	-
D	선박의 깊이 (**[2]** 참조)	m
E	탄성계수	N/m^2
F	힘 및 집중하중	kN
I	선체거더 단면 2차 모멘트	m^4
	일반보강재와 1차 지지부재의 단면 2차모멘트	cm^4
L	선박의 길이 (**[2]** 참조)	m
M	굽힘모멘트	kN.m
Q	전단력	kN
S	1차 지지부재의 간격	m
T	선박의 흘수 (**[2]** 참조)	m
V	선박의 속도	knot
Z	선체거더 단면계수	m^3
a	가속도	m/s^2
b	부착판의 너비	m
	일반 보강재와 1차지지부재 면재의 너비	mm
g	중력가속도 (**[2]** 참조)	m/s^2
h	높이	m
	일반 보강재와 1차 지지부재 웨브의 높이	mm
k	재료계수 (**[2]** 참조)	-
ℓ	일반 보강재와 1차 지지부재의 길이/폭	m
m	질량	t
n	항목의 수	-

기호	의 미	단위
p	압력	kN/m^2
r	반경	mm
	판부재의 곡률 또는 빌지반경	m
s	일반 보강재의 간격	m
t	두께	mm
w	일반 보강재와 1차 지지부재의 단면계수	cm^3
x	배 길이 방향축의 좌표 (**[4]** 참조)	m
y	배 폭 방향축의 좌표 (**[4]** 참조)	m
z	수직방향축의 좌표 (**[4]** 참조)	m
γ	안전계수	-
δ	처짐/변위	mm
θ	각도	deg
ξ	웨이블(Weibull) 형상계수	-
ρ	밀도	t/m^3
σ	굽힘응력	N/mm^2
τ	전단응력	N/mm^2

2. 기 호

2.1 선박 주요 자료

2.1.1

L : **[3.1]**에 따른 규칙길이(m)

L_{LL} : **[3.2]**에 따른 건현용 길이(m)

L_{BP} : 가장 깊은 구획 만재흘수선 즉, 적용되는 구획규정에서 허용되는 최대 흘수에 대응하는 흘수선에 있어서 양 수선에서 측정된 수선간의 길이(m)

FP_{LL} : 건현용 선수수선. 선수수선은 L_{LL}의 전부 끝단에서 취하며, 이는 L_{LL} 이 측정된 수선상의 선수재 전면과 일치한다.

AP_{LL} : 건현용 선미수선. 선미수선은 L_{LL}의 후부 끝단에서 취한다.

B : **[3.4]**에 따른 형 너비(m)

D : **[3.5]**에 따른 형 깊이(m)

T : **[3.6]**에 따른 형 흘수(m)

T_S : 강도계산용 흘수(m)로 최대흘수와 같다. (**1장 1절 [1.1.6]** 참조)

T_B : **4장 7절 [2.2.1]**에 따른 정규 밸러스트상태에서 선체중앙부의 최소 밸러스트흘수(m)

T_{LC} : 고려하는 적하상태에서 선체중앙부의 흘수(m)

Δ : 흘수 T 에서의 형배수량 (tonnes , 밀도 ρ = 1.025 t/m^3)

C_B : 방형계수

$$C_B = \frac{\Delta}{1.025LBT}$$

V : 최대 전진속도(knots)

x, y, z : 참조 좌표계에 관한 계산점의 X, Y 및 Z 좌표(m)

2.2 재 료

2.2.1

E : 영탄성계수(N/mm^2) 로 다음과 따른다.

$E = 2.06 \times 10^5$ N/mm^2 : 일반강

$E = 1.95 \times 10^5$ N/mm^2 : 스테인레스강

$E = 7.0 \times 10^4$ N/mm^2 : 알루미늄합금강

R_{eH} : 최소 항복응력(N/mm^2)

k : **3장 1절 [2.2]**에서 정의하는 재료계수

ν : 프아송비 (Poisson's ratio)로 특별히 규정하지 않는 한 0.3으로 한다.

R_m : 재료의 최종 최소 인장강도(N/mm^2)

R_Y : 재료의 공칭 항복응력(N/mm^2)으로 특별히 규정하지 않는 한 235/k N/mm^{2}으로 한다.

2.3 하 중

2.3.1

g : 중력 가속도(9.81 m/s^2)

ρ : 해수 밀도(1.025 t/m^3)

ρ_L : 적재되는 액체의 밀도(t/m^3)

ρ_C : 적재되는 건화물의 화물밀도(t/m^3)

C : 파에 관한 매개변수로서, 다음에 따른다.

$$C = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100}\right)^{1.5} \quad : \quad 90 \le L < 300 \text{ m}$$

$$C = 10.75 \quad : \quad 300 \le L < 350 \text{ m}$$

h : 탱크의 바닥에서 상부까지의(작은 창구는 제외) 수직거리(m)

Z_{TOP} : 기선으로부터 탱크의 최상부까지 수직거리(m)

밸러스트 화물창의 경우에는 기준선에서부터 창구코밍 상부까지의 수직거리

ℓ_C : 구획의 길이(m)

M_{SW} : 고려하는 선체횡단면에 있어서 설계 정수중 굽힘모멘트(kN.m)

$M_{SW} = M_{SW,H}$: 호깅상태

$M_{SW} = M_{SW,S}$: 새깅상태

M_{WV} : 고려하는 선체횡단면에 있어서 파랑중 종굽힘모멘트(kN.m)

$M_{WV} = M_{WV,H}$: 호깅상태

$M_{WV} = M_{WV,S}$: 새깅상태

M_{WH} : 고려하는 선체횡단면에 있어서 파랑중 횡굽힘모멘트(kN.m)

Q_{SW} : 고려하는 선체횡단면에 있어서 설계 정수중 전단력(kN)

Q_{WV} : 고려하는 선체횡단면에 있어서 파랑 전단응력(kN)

P_S : 정수압(kN/m^2)

p_W : 파랑 변동압(kN/m^2)

p_{SF}, p_{WF} : 침수상태에서의 정수압 및 파랑변동압(kN/m^2)

σ_X : 선체거더 법선응력(N/mm^2)

a_X, a_Y, a_Z : X, Y 및 Z 축 방향의 가속도(m/s^2)

T_R : 횡동요 주기(s)

θ : 횡동요 각(deg)

T_p : 종동요 주기(s)

Φ : 종동요 각(deg)

k_r : 횡동요 회전반경(m)

GM : 메타센터 높이(m)

λ : 파장(m)

2.4 치 수

2.4.1 선체 거더 치수

I_Y : 선체 횡단면의 수평중립축에 대한 단면 2차모멘트(m^4)

I_Z : 선체 횡단면의 수직중립축에 대한 단면 2차모멘트(m^4)

Z_{AB}, Z_{AD} : 선저 및 갑판에서의 단면계수(m^3)

N : 기선에서 선체 횡단면의 수평 중립축까지의 수직거리(m)

2.4.2 국부 치수

s : 스팬의 중앙에서 곡면을 따라 측정한 일반 보강재의 간격(m)

S : 스팬의 중앙에서 곡면을 따라 측정한 1차 지지부재의 간격(m)

ℓ : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 스팬(m)으로, 곡면을 따라 측정한다.

ℓ_b : 브래킷의 길이(m)

t_C : 부식 추가(mm)

h_w : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 웨브 높이(mm)

t_w : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 웨브 순두께(mm)

b_f : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 면재 너비(mm)

t_f : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 면재 순두께(mm)

t_p : 일반 보강재 또는 1차 지지부재 부착판의 순두께(mm)

b_P : 항복강도 평가에 있어서 일반 보강재 또는 1차 지지부재 부착판의 너비(m)

A_S : 폭 s 의 부착판을 가진 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 순 단면적(cm^2)

A_{Sh} : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 순 전단면적(cm^2)

I : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 판에 수평한 중립축에 대한 순 단면 2차모멘트로서 부착판은 제외한 값(cm^4)

I_p : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 판부재와의 연결부에 대한 순 단면 극 2차모멘트(cm^4)

I_w : 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 판부재와의 연결부에 대한 순 관성면적 모멘트(cm^6)

I_S : 폭 s 의 부착판을 가진 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 판에 수평한 중립축에 대한 순 단면 2차모멘트(cm^4)

Z : 폭 b_P 의 부착판을 가진 일반 보강재 또는 1차 지지부재의 순 단면계수(cm^3)

3. 정 의

3.1 길이

3.1.1

길이 L 은 하기 만재흘수선에 있어서 선수재 전단으로부터 타주가 있는 선박은 타주의 후단까지, 타주가 없는 선박에서는 타두재의 중심까지의 거리이다. 단, L 은 하기 만재흘수선상 최대 길이의 96% 미만이어서는 아니되며, 97%를 넘을 필요는 없다.

3.1.2

타두재가 없는 선박(예: 선회식 추진장치 탑재선박)의 길이 L 은 하기만재흘수선에서 최대 길이의 97%로 한다.

3.1.3

일반적이지 않은 선수 또는 선미구조의 선박에서 길이 L 은 경우에 따라 특별히 고려한다.

3.2 건현용 길이

3.2.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 3(1,a))

건현용 길이 L_{LL} 은 용골의 상면으로부터 측정한 최소 형깊이 85% 위치의 흘수선상에서 선수재의 전단으로부터 타두재 중심까지 거리(m)이다. 단, L_{LL} 은 같은 수선의 전 길이의 96% 이상이어야 한다.

3.2.2

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 3(1,c))

선수재의 윤곽선이 최소 형깊이의 85% 에 있는 수선상부에서 오목한 경우, 전 길이의 최전단부와 선수재의 전면은 각각 선수재 윤곽선의(그 흘수선 상부의) 최후부 지점에서 그 흘수선에 수직으로 내린 곳으로 하여야 한다.

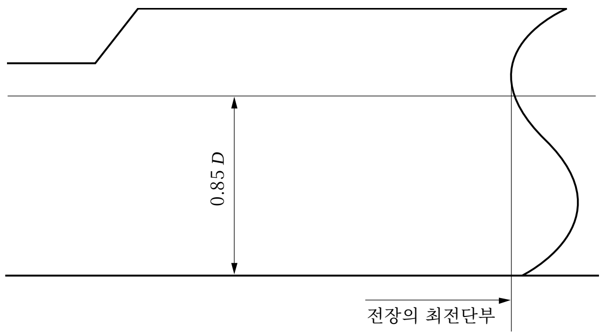


그림 1: 오목한 선수재 윤곽

3.3 길이 L 의 끝단 및 선체 중앙

3.3.1 선수단

길이 L 의 선수단(FE)은 선수재 전면에서 하기만재흘수선에 대한 수직선이다. (**그림 2** 참조)

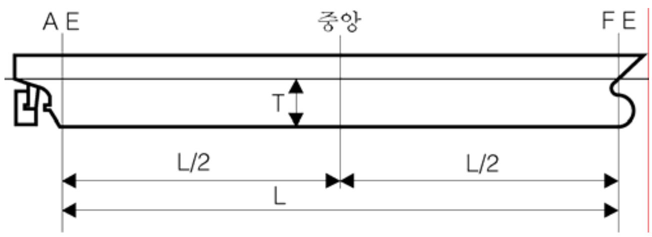


그림 2: 선수미 단 및 중앙부

길이 *L* 의 선미단(AE)은 선수단에서 선미방향으로 *L* 거리에 있는 수선에 대한 수직선이다. (**그림 2** 참조)

3.3.2 선체 중앙

중앙은 선수단에서 선미방향으로 0.5L 거리에 있는 수선에 대한 수직선이다.

3.3.3 중앙부

선박의 중앙부는 달리 규정되지 않는 한 중앙에서 0.4L 범위이다.

3.4 형 폭

3.4.1

형폭 B 는 폭로갑판하의 중앙에서 측정한 최대 형폭(m)이다.

3.5 깊 이

3.5.1

깊이 D 는 중앙 횡단면에서 수직으로 측정한 기선으로부터 최상층 전통갑판의 선측에서 갑판보의 상부까지 거리(m)이다.

3.6 형 흘수

3.6.1

형 흘수 T 는 중앙 횡단면에서 수직으로 측정한 기선으로부터 하기 만재흘수선까지 거리(m)이다.

3.7 경하중량

3.7.1

경하중량은 화물, 연료, 윤활유, 밸러스트, 청수 및 용수, 소모품 및 승객과 선원 및 그들의 소지품을 제외하고, 단, 배관 내의 액체 만을 포함한 배수량(ton)이다.

3.8 재화중량

3.8.1

재화중량은 비중 ρ=1.025 t/m^{3}의 해수 중 하기 만재배수량과 경하중량과의 차이(ton)이다.

3.9 건현갑판

3.9.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC. 143(77) Reg. 3(9))

건현갑판은 1966 국제만재흘수선협약의 제3규칙의 규정에 따른다.

3.10 격벽갑판

3.10.1

Ref. SOLAS Reg.II-1/2 .5

격벽갑판은 선수미 격벽을 제외한 수밀 횡격벽이 도달하는 유효한 구조의 최상층 갑판이다.

3.11 강력갑판

3.11.1
강력갑판은 선박 길이에 걸쳐 외판에 달하는 최상층 연속갑판이다.

3.12 선 루

3.12.1 일 반
Ref. ILLC. As amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 3(10,a))
선루라 함은 건현갑판상에 설치된 상부에 갑판을 가지고 있는 구조물로서 선측에서 선측까지 달하거나 선측외판에서 너비(B)의 4%를 넘지 아니하는 위치에 그 측판을 가지고 있는 것을 말한다.

3.12.2 폐위 및 개방 선루
선루는 다음과 같이 분류한다.
- 폐위로 인정되는 경우는
  (1) **9장 4절**의 요건에 적합한 선수격벽, 선측격벽 및 선미격벽에 의해 폐위되거나,
  (2) 전단, 측면 및 후단의 모든 개구에 효율적인 풍우 및 폐쇄장치가 부착된 경우이다.
- 폐위되지 않은 경우, 개방으로 간주한다.

3.13 선수루

3.13.1
Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 3(10,g))
선수루라 함은 선수수선으로부터 선미수선의 전방의 위치까지 연장되는 선루를 말한다. 선수루는 선수수선의 전방에 있는 지점으로부터 시작될 수도 있다.

3.14 저 선미루

3.14.1
Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 3(10,i))
저 선미루라 함은 선미수선으로부터 앞쪽으로 연장되어 있으며, 일반적으로 정상적인 선루보다 낮은 높이의 선루로서 수밀이 완벽한 전부격벽(유효한 안덮개가 설치된 비개방형 현창 및 볼트로 폐쇄되는 맨홀커버)을 갖는다.(**그림 3** 참조) 전부격벽이 문 또는 출입구의 설치로 인하여 수밀이 완벽하지 않는 경우, 이는 선미루로 간주된다.

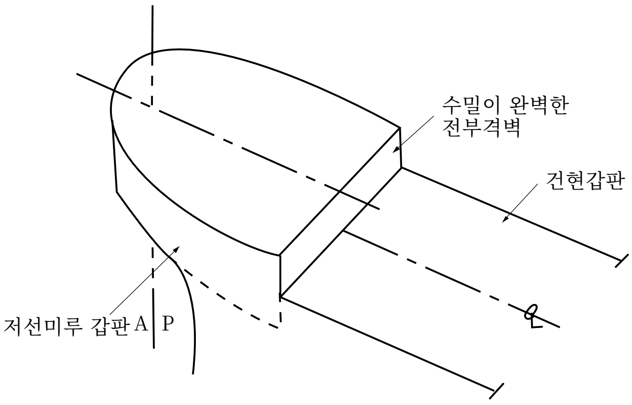


그림 3: 저 선미루

3.15 갑판실

3.15.1

갑판실은 건현갑판 또는 그 상부에 위치한 선루를 제외한 갑판을 갖는 구조를 말한다.

3.16 트렁크

3.16.1

트렁크는 갑판실과 비슷한 갑판을 갖는 구조이나 하부갑판이 없는 구조를 말한다.

3.17 제수 격벽

제수격벽이라함은 탱크안에 설치된 구멍이 뚫리거나 혹은 부분적인 격벽을 말한다.

3.18 선루의 표준 높이

3.18.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 33)

선루의 표준 높이는 **표 2**와 같다.

표 2: 선루의 표준높이

건현길이 L_{LL} (m)	표준높이 h_S (m)	
	저선미루	기타 모든 갑판실
$90 < L_{LL} < 125$	$0.3 + 0.012\ L_{LL}$	$1.05 + 0.01\ L_{LL}$
$L_{LL} \geq 125$	1.80	2.30

3.19 A 형 및 B 형 선박

3.19.1 A 형 선박

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 27.1)

A 형 선박이란 다음과 같은 선박을 말한다.

- 산적 액체 화물만을 운송하도록 설계된 것 ;
- 수밀 개스킷이 붙은 강 또는 동등 재료로 된 덮개에 의하여 폐쇄되고 갑판에서 화물구획으로 통하는 작은 출입구만이 존재하여 노출된 갑판이 고도의 완전성을 가진 것;
- 적재된 화물구획의 낮은 침수율을 가진 것.

A 형 선박은 1966 국제 만재흘수선 협약의 요건에 따라 건현이 지정되어야 한다.

3.19.2 B 형 선박

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 27.5)

[3.19.1]에 규정된 A 형 선박에 관한 규정에 해당하지 아니하는 모든 선박은 B 형 선박으로 간주하여야 한다. B 형 선박은 1966 국제 만재흘수선 협약의 요건에 따라 건현이 지정되어야 한다.

3.19.3 B - 60형 선박

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 27.9)

B-60형 선박은 1966 국제 만재흘수선협약의 적용 요건에 따라 해당 선박 길이에 대한 “B” 및 “A” 표 값과의 차의 60%까지 감소시켜 건현이 지정된 길이 100m 이상의 B 형 선박이다.

3.19.4 B - 100형 선박

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 27.10)

B-100형 선박은 1966 국제 만재흘수선협약의 적용 요건에 따라 해당 선박 길이에 대한 “B” 및 “A” 표 값과의 차의 100%까지 감소시켜 건현이 지정된 길이 100m 이상의 B 형 선박이다.

3.20 위치 1 및 위치 2

3.20.1 위치 1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 13)

위치 1은 다음을 포함한다.

- 노출 건현갑판 및 저선미루 갑판상
- 용골상면에서 측정된 최소 형깊이의 85%인 수선 상의 선수수선으로 부터 $0.25L_{LL}$ 지점의 전방에 위치하는 노출된 선루갑판상

3.20.2 위치 2

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 13)

위치 2는 다음을 포함한다.

- 용골상면에서 측정한 최소 형깊이의 85%인 수선 상의 선수수선으로부터 $0.25L_{LL}$의 후방에 위치하고, 건현갑판 상부로 최소한 표준 선루높이에 있는 노출된 선루갑판상
- 용골상면에서 측정한 최소 형깊이의 85%인 수선 상의 선수수선으로부터 $0.25L_{LL}$의 전방에 위치하고, 건현갑판 상부로 최소한 2배의 표준 선루높이에 있는 노출된 선루갑판상

4. 기준 좌표계

4.1

4.1.1

선박의 형상, 운동, 가속도 및 하중은 다음의 우수계 좌표계에 따른다. (**그림 4** 참조)

- 원점 : 선박의 종방향 대칭면, L 의 선미단 및 기준선의 교차점
- X 축 : 선수방향이 양의 값인 종축
- Y 축 : 좌현방향이 양의 값인 횡축
- Z 축 : 상방이 양의 값인 수직축

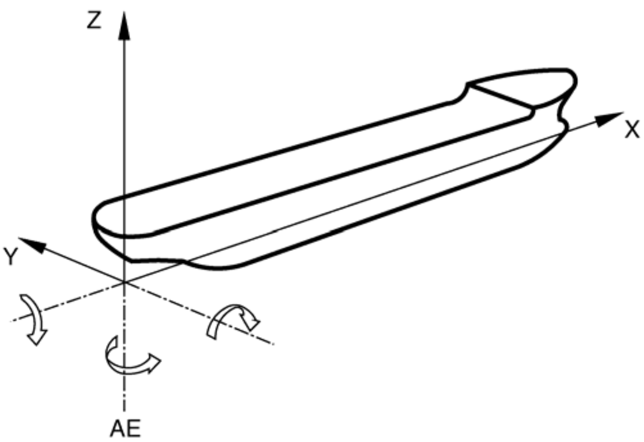


그림 4: 기준 좌표계

4.1.2

회전은 x, y 및 z 축에 대해서 반시계 방향을 양의 값으로 한다.

11 편 2 장

일반배치설계

제 1 절 격벽 배치(Subdivision arrangement)

1. 횡 수밀격벽의 수 및 배치

1.1 수밀격벽의 수

1.1.1 일 반

모든 선박은 **[1.1.2]**의 규정에 추가하여, 최소한 다음의 횡 수밀격벽을 설치하여야 한다.

- 한 개의 선수격벽
- 한 개의 선미격벽
- 중앙부에 기관실을 가지는 선박에 있어서 기관구역의 경계를 이루는 두 개의 격벽, 그리고 선미부에 기관실을 가지는 선박에 있어서 기관구역의 전방에 한 개의 격벽. 전기추진기(electrical propulsion plant)를 가지는 선박인 경우에는 발전기실 및 기관실 모두는 수밀격벽으로 페위하여야 한다.

1.1.2 추가 격벽

구획요건(subdivision regulations)을 적용받지 아니하는 선박인 경우에는, 적절한 간격으로, 그러나 **표 1**에 규정된 수보다 적지 않은 수의 횡격벽을 설치하여야 한다.

표 1: 격벽의 수

길이(m)	선미부에 기관실을 가지는 선박에 대한 격벽의 수(1)	기타 선박에 대한 격벽의 수
$90 \le L < 105$	4	5
$105 \le L < 120$	5	6
$120 \le L < 145$	6	7
$145 \le L < 165$	7	8
$165 \le L < 190$	8	9
$L \ge 190$	각 경우에 따라 결정되어야 한다.	
(1) 선미격벽과 기관실 후단격벽은 동일한 것이다.		

2. 선수 격벽

2.1 선수격벽의 배치

2.1.1

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 11

건현갑판까지 수밀이 되는 선수격벽을 설치하여야 한다. 이 격벽은 선수수선(FP_{LL})으로부터 선박길이(L_{LL})의 5% 또는 10m 중 작은 값과 선박길이(L_{LL})의 8% 보다는 작은 거리 사이에 위치하여야 한다.

2.1.2
Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 11

구상선수와 같이 흘수선 아래의 선체의 일부가 선수수선보다 전방에 연장되어 있는 경우, **[2.1.1]**에 규정된 거리(m)는 다음 중 어느 하나의 위치 중 거리가 최소가 되는 위치로부터 측정하여야 한다.

- 해당 연장부의 중심, 또는
- 선수수선으로부터 전방으로 선박길이(L_{LL})의 1.5%인 곳, 또는
- 선수수선의 전방으로 3m 인 곳

2.1.3
Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 11

격벽은 **[2.1.1]** 또는 **[2.1.2]**에 규정된 한도 내에서 계단부(step) 또는 굴절부(recesse)를 가질 수 있다. 이 격벽에는 문, 맨홀, 통풍덕트 또는 기타의 어떠한 개구도 설치하여서는 아니된다.

3. 선미 격벽, 기관구역 격벽 및 선미관

3.1

3.1.1 일 반
Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 11

선미격벽 및 기관구역을 전후방의 화물구역과 분리시키는 격벽이 설치되어야 하며 건현갑판까지 수밀되어야 한다. 그러나 선미격벽은 구획함으로써 선박의 안전도를 저해하지 않는 조건으로 격벽 갑판 하방에 계단부를 설치할 수 있다.

3.1.2 선미관
Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 11

선미관은 적당한 용적의 수밀구역으로 폐위되어야 한다. 우리 선급이 필요하다고 인정하는 경우, 선미관장치의 손상으로 선체가 침수되는 위험을 최소화하기 위한 다른 조치를 취할 수 있다.

4. 탱크격벽의 수 및 배치

4.1 액체화물을 운송하는 구획의 격벽

4.1.1
액체화물을 운송하는 구획의 횡 및 종수밀격벽의 수 및 배치는 해당 선박에 적용하여야 하는 구획요건에 따라야 한다.

5. 횡수밀격벽의 배치

5.1 일 반

5.1.1
하나의 단면에 수밀격벽을 설치하는 것이 실행 불가능한 경우, 격벽에 계단부를 설치할 수 있다. 이 경우, 계단부를 이루는 갑판은 수밀이어야 하며 격벽과 동등한 강도를 가져야 한다.

6. 수밀격벽의 개구

6.1 일 반

6.1.1

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B-1, Reg. 25-9 and IMO Res. A.684(17) – Part B

수밀구획의 개구의 수는 설계 및 선박 고유의 용도에 적합한 범위 내에서 최소한으로 유지하여야 한다. 출입구, 배관, 통풍, 전선 등이 수밀격벽과 내부갑판을 관통할 필요가 있을 경우, 수밀보전성을 유지하기 위한 조치를 취하여야 한다. 우리 선급은 건현갑판 상부에 있는 개구의 수밀성에 대하여 완화할 수 있다. 다만, 어떠한 점진적인 침수도 용이하게 통제할 수 있고 또한 선박의 안전이 저해되지 아니한다는 것이 실증되는 것을 조건으로 한다.

6.1.2

구획갑판(subdivision deck) 하방의 선수격벽에는 문, 맨홀, 통풍덕트 또는 어떠한 개구도 설치하여서는 아니된다.

6.1.3

화재로 인하여 수밀구획격벽을 관통하는 장치의 손상이 격벽의 수밀보전성에 영향을 줄 수 있는 경우, 이러한 장치에 납 또는 열에 민감한 재료를 사용하여서는 아니된다.

6.1.4

관장치의 일부를 구성하지 아니하는 밸브는 수밀구획격벽에 설치하여서는 아니된다.

6.1.5

[6.2] 및 **[6.3]**에 적합한 문 또는 기타 폐쇄장치의 작동장치와 밀폐성에 관련된 규정은 **표 2**에 따른다.

표 2: 문

			슬라이딩식			힌지식			롤링식 (화물갑판 구역 사이)
			선교에 원격조작지시기	선교에 지시기	기기측 조작 뿐	선교에 원격조작 지시기	선교에 지시기	기기측 조작 뿐	
수밀	건현갑판 하방	해상에 개방	X						
		통상폐쇄(2)		X			X (3)		
		폐쇄유지(2)			X (4) (5)			X (4) (5)	X (4) (5)
풍우밀/수밀(1)	건현갑판 상방	해상에 개방	X						
		통상폐쇄 (2)		X			X		
		폐쇄유지 (2)						X (4) (5)	

(비 고)

(1) 문이 최종침수평형상태의 수선 하방에 위치한 경우 수밀문이 요구되고, 그 밖의 경우에는 풍우밀문이 허용된다.

(2) “해상에서 폐쇄된 채로 유지되어야 한다.”는 주의가 문의 양측에 부착되어야 한다.

(3) 길이 150 m 이상의 A 형 선박 및 감소된 건현을 가지는 B 형 선박은 이 문의 문턱이 하기만재흘수선 상방에 있는 조건으로 기관실과 조타기실 사이에 힌지식 수밀문을 가질 수 있다.

(4) 문은 항해를 시작하기 전에 폐쇄되어야 한다.

(5) 만일 항해 중 출입할 수 있는 문인 경우, 승인을 받지 아니하고 개방하는 것을 방지하기 위한 장치를 설치하여야 한다.

6.2 건현갑판 하방의 수밀격벽의 개구

6.2.1 항해 중 사용되는 개구

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B-1, Reg. 25-9

항해 중 사용되는 내부개구의 수밀보전성을 확보하기 위하여 설치된 문은 미닫이 수밀문이어야 하며 이는 선교에서 원격폐쇄할 수 있고 또한 격벽의 양쪽에서 지역조작할 수 있는 것이어야 한다. 제어장소에는 문의 개폐여부를 나타내는 표시기가 설치되어야 하며 문의 폐쇄위치에 가청경보기를 설치하여야 한다. 동력원, 제어장치 및 표시기는 주 동력원의 고장 시에도 작동할 수 있어야 하며 제어장치의 고장으로 인한 영향을 최소로 하기 위하여 특별한 주의를 기울여야 한다. 각 동력작동 미닫이 수밀문은 개별의 수동작동장치를 갖추고 있어야 한다. 문 자체의 양쪽에서 수동으로 개폐할 수 있음이 보증되어야 한다.

6.2.2 항해 중 통상 폐쇄되는 개구

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B-1, Reg. 25-9

내부개구의 수밀보전성을 확보하기 위한 목적으로 항해 중 통상 폐쇄되는 출입문 및 출입창구덮개(access hatch cover)는 그 개폐여부를 나타내는 표시기가 지역 및 선교에 설치되어야 한다. 이러한 문과 창구덮개는 이들이 열린 채로 방치되어서는 안된다는 취지의 게시문이 각각 부착되어야 한다. 그러한 문 또는 창구덮개의 사용은 당직사관의 허가를 받아야 한다.

6.2.3 큰 화물구역의 문 또는 램프

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B-1, Reg. 25-9

큰 화물구역을 내부적으로 구획하기 위하여 만족하는 구조의 수밀문 또는 램프를 설치할 수도 있다. 다만, 우리 선급이 그러한 문 또는 램프가 필수적이라고 인정하여야 한다. 이들 문 또는 램프는 여닫이형, 회전형 또는 미닫이형으로 할 수 있으나 원격제어되어서는 아니된다. 그러한 문 또는 램프는 항해를 시작하기 전에 폐쇄하여야 하며 항해 중 폐쇄상태를 유지하여야 한다. 항해 중 이러한 문 또는 램프에 접근이 가능한 경우에는 무단개방을 방지하기 위한 장치를 하여야 한다. 여기서 "만족하는"이라 함은 그러한 문 또는 램프의 치수 및 폐쇄요건이 침수흘수에서의 최대수두에 충분히 견딜 수 있는 것을 말한다.

6.2.4 항해 중 영구적으로 폐쇄되는 개구

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B-1, Reg. 25-9

내부개구의 수밀보전성을 확보하기 위하여 항해 중 영구적으로 폐쇄되어 있는 기타의 폐쇄장치에도 이들이 폐쇄된 채로 유지되어야 한다는 취지의 게시문이 각각 부착되어야 한다. 좁은 간격으로 볼트가 설치된 덮개를 가지는 맨홀은 그러한 표시를 할 필요가 없다.

6.3 건현갑판 상부의 격벽의 개구

6.3.1 일 반

최종침수 평형상태의 흘수선 하방에 있는 침수경계의 개구는 수밀이어야 한다. 정복원정곡선(positive righting lever curve)의 범위 내에 있는 침수되는 개구는 풍우밀로 할 수 있다.

6.3.2 항해 중 사용되는 문

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B-1, Reg. 25-9

항해 중 사용되는 문은 미닫이 문이어야 하며 이는 선교에서 원격폐쇄할 수 있고 또한 격벽의 양쪽에서 지역조작할 수 있는 것이어야 한다. 제어장소에는 문의 개폐여부를 나타내는 표시기가 설치되어야 하며 문의 폐쇄위치에 가청경보기를 설치하여야 한다. 동력원, 제어장치 및 표시기는 주동력원의 고장 시에도 작동할 수 있어야 하며 제어장치의 고장으로 인한 영향을 최소로 하기 위하여 특별한 주의를 기울여야 한다. 각 동력작동 미닫이 수밀문은 개별의 수동작동장치를 갖추고 있어야 한다. 문 자체의 양쪽에서 수동으로 개폐할 수 있음이 보증되어야 한다.

6.3.3 항해 중 통상 폐쇄되는 문

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B-1, Reg. 25-9

항해 중 통상 폐쇄되는 문은 그 개폐여부를 나타내는 표시기가 지역 및 선교에 설치되어야 한다. 이러한 문에는 이들이 열린 채로 방치되어서는 안된다는 취지의 게시문이 각각 부착되어야 한다.

6.3.4 항해 중 영구적으로 폐쇄되는 개구

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B-1, Reg. 25-9

항해 중 폐쇄되는 문은 여닫이 문이어야 한다. 항해 중 폐쇄되는 이러한 문 또는 기타의 폐쇄장치에는 이들이 열린 채로 방치되어서는 안된다는 취지의 게시문이 각각 부착되어야 한다. 좁은 간격으로 볼트가 설치된 덮개를 가지는 맨홀은 그러한 표시를 할 필요가 없다.

제 2 절 구획 배치(Compartment arrangement)

1. 정 의

1.1 코퍼댐

1.1.1

코퍼댐이라 함은 양측의 구획이 공통경계를 갖지 아니하도록 배치된 빈 공간을 말하며 수직 또는 수평으로 설치될 수 있다. 원칙적으로 코퍼댐은 적절히 통풍되고 적절한 검사, 유지 및 안전한 탈출을 위하여 충분한 크기의 것이어야 한다.

1.2 A 류 기관구역

1.2.1

Ref. SOLAS Ch. II-2, Part A, Reg. 3.31

A 류 기관구역이라 함은 다음을 포함하는 장소 및 이 장소에 이르는 트렁크를 말한다.

- 주추진을 위하여 사용되는 내연기관, 또는
- 주추진 이외의 목적을 위하여 사용되는 합계출력 375KW 이상의 내연기관, 또는
- 기름보일러 또는 연료유장치

2. 코퍼댐

2.1 코퍼댐의 배치

2.1.1

액체탄화수소(연료유, 윤활유)를 적재하는 구획과 소화용 액체포말탱크나 청수(음료수, 기관 및 보일러 운전용 물)를 적재하는 구획 사이에 코퍼댐을 설치하여야 한다.

2.1.2

연료유탱크와 윤활유탱크를 분리하는 코퍼댐 및 윤활유탱크와 소화용 액체포말탱크 또는 청수탱크 또는 보일러 급수탱크를 분리하는 코퍼댐은 이러한 탱크를 포함하는 구역의 특성 및 치수를 고려하여 불가능하거나 불합리하다고 우리 선급이 인정하는 경우, 다음의 조건으로 면제될 수 있다.

- 인접하는 탱크의 공통 경계판의 두께를 **6장 1절**에 따라 청수탱크 또는 보일러급수탱크인 경우는 2mm, 다른 모든 경우에는 1mm 까지 증가시킬 것.
- 이들 판의 가장자리에서 필렛용접의 각목의 합은 그 판의 두께 이상일 것.
- **11장 3절**과 관련하여, 수두 1m 를 증가시켜 구조시험을 시행할 것.

2.1.3

인화성액체를 적재하는 구역은 코퍼댐에 의하여 거주구 및 업무구역과 분리되어야 한다.

2.1.4
연료유 이중저탱크의 내저판이 선측에서 경사되어 있어 연료유의 수두가 내저판에 걸리는 경우, 연료유 이중저탱크와 그 직상부의 탱크 사이에 코퍼댐을 설치하여야 한다. 모서리가 접하는 경우에도 이들 탱크는 인접하여서는 아니된다. 코퍼댐으로 분리되지 아니한 인접한 탱크는 검사를 용이하게 할 수 있도록 적절한 치수의 것이어야 한다.

3. 이중저

3.1 일 반

3.1.1
Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 12-1
이중저는 실행가능한 또한 선박의 설계 및 고유용도에 적합한 범위 내에서 선수격벽으로부터 선미격벽까지 설치하여야 한다.

3.1.2
Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 12-1
이중저가 설치되어야 하는 곳에 있어서 그 깊이는 **3장 6절 [6]**의 규정에 따라야 하며 내저판은 선저를 보호하기 위하여 만곡부까지 연장되어야 한다.

3.1.3
Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 12-1
화물창의 배수설비와 관련하여 이중저에 설치하는 웰은 필요이상으로 깊은 것이어서는 아니된다. 다만, 선박의 축로후단에서는 선저까지 도달하는 웰의 설치가 허용될 수 있다. **[3.1]**의 규정에 적합한 이중저와 동등한 정도의 보호를 제공하는 배치라고 인정하는 경우, 우리 선급은 기타의 웰의 설치를 허용할 수 있다.

3.1.4
Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 12-1
선저에 손상을 받더라도 선박의 안전에 지장이 없다고 우리 선급이 인정하는 경우, 액체운송에만 사용되는 수밀구획부근에는 이중저를 설치하지 아니할 수 있다.

4. 선수격벽 전방의 구획

4.1 일 반

4.1.1
선수격벽 전방에 있는 선수탱크 및 기타 구획에 연료유 또는 기타 인화성액체를 적재하여서는 아니된다.

5. 최소선수높이

5.1 일 반

5.1.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC. 143(77) Reg. 39(1))

지정된 하기건현 및 계획트림에 상응하는 수선과 선측에 있어서의 노출갑판의 상면과의 사이의 선수수선에 있어서의 수직거리로 정의되는 선수높이(F_b)는 다음 식으로 주어진 값보다 작아서는 아니된다.

$$F_b = (6075(L_{LL}/100) - 1875(L_{LL}/100)^2 + 200(L_{LL}/100)^3) \text{ x } (2{,}08 + 0{,}609C_b - 1{,}603C_{wf} - 0{,}0129(L/T_1))$$

여기서,

F_b : 계산된 최소선수높이(mm)

T_1 : 깊이 D_1의 85%에서의 흘수(m)

D_1 : 건현용 깊이로써 선박의 중앙에 있어서의 형깊이에 현측에서의 건현갑판 두께를 더한 것을 말한다. 너비(B)의 4%가 넘는 반경의 둥근 거널을 가지는 선박 또는 특이한 형상의 상부현측을 가지는 선박의 건현용 깊이는 중앙횡단면 현측이 수직이고 동일한 캠버를 갖는 선박으로서 상부단면적이 실제 중앙횡단면적과 같은 선박의 건현용깊이로 한다.

C_{wf} : $L_{LL}/2$ 전방의 수선면적계수

$$C_{wf} = \frac{A_{wf}}{\frac{L_{LL}}{2}B}$$

A_{wf} : $L_{LL}/2$ 전방의 흘수 T_1에서의 수선면적(m^2)

목재건현이 지정된 선박의 경우, 상기 공식을 적용함에 있어서 하기건현(하기목재건현이 아님)이 가정되어야 한다.

5.1.2

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC. 143(77) Reg. 39(2))

[5.1.1]에서 요구되는 선수높이가 현호에 의하여 얻어지는 경우, 현호는 선수수선으로부터 측정하여 적어도 선박길이의 15%에 걸쳐져 있어야 한다. 그것이 선루를 설치하여 얻어지는 경우, 이와 같은 선루는 선수재로부터 선수수선의 후방으로 적어도 0.07L 의 점까지 연장되어야 하며 **9장 4절**에 정의된 바와 같이 폐위되어야 한다.

5.1.3

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC. 143(77) Reg. 39(3))

예외적인 운항조건을 맞추기 위하여 **[5.1.1]** 및 **[5.1.2]**의 규정에 적합하지 못하는 선박에 대하여 우리 선급은 각 선박마다 개별적으로 고려할 수 있다.

5.1.4

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC. 143(77) Reg. 39(4, a))

선수루의 길이가 0.15L 미만이고 0.07L 을 초과하는 경우라도 선수루 갑판의 현호를 고려할 수 있다. 다만, 이 경우 그 선수루의 높이는 0.07L 과 선수수선 사이에서 표준선루높이의 1/2보다 작아서는 아니된다.

5.1.5

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC. 143(77) Reg. 39(4, b))

선수루의 높이가 표준선루높이의 1/2보다 작은 경우, 선수루의 높이는 다음과 같이 결정될 수 있다.

a) 건현갑판이 후방 0.15L 로부터 연장된 현호를 갖는 경우, 선박의 중앙부 깊이와 동일한 높이에서 선수수선 후방 0.15L 지점을 원점으로 하는 포물선으로 결정한다. 이 포물선은 선수루단 격벽과 갑판이 교차하는 지점을 통과하여 선수수선에서 선수루갑판 높이보다 높지 아니한 지점까지 연장된다. (**그림 1**에 나타낸 바와 같음) 그러나, **그림 1**에서 h_t 로 표기된 높이의 값이 h_b 로 표기된 높이의 값보다 작은 경우, 유효한 선수높이로서 h_t 는 h_b 로 대체할 수 있다.

여기서,

$$ht = Z_b\left(\frac{0{,}15L}{x_b}\right)^2 - Z_t$$

Z_b : **그림 1**에 따른다.

Z_t : **그림 1**에 따른다.

hf : 표준선루높이의 1/2

b) 건현갑판의 현호가 0.15L 보다 작게 연장된 경우 또는 현호가 없는 경우, 0.07L 지점에서 선수루 갑판의 선측으로부터 기선에 평행하게 선수수선까지 연장한 선으로 결정한다. (**그림 2**에 나타낸 바와 같음)

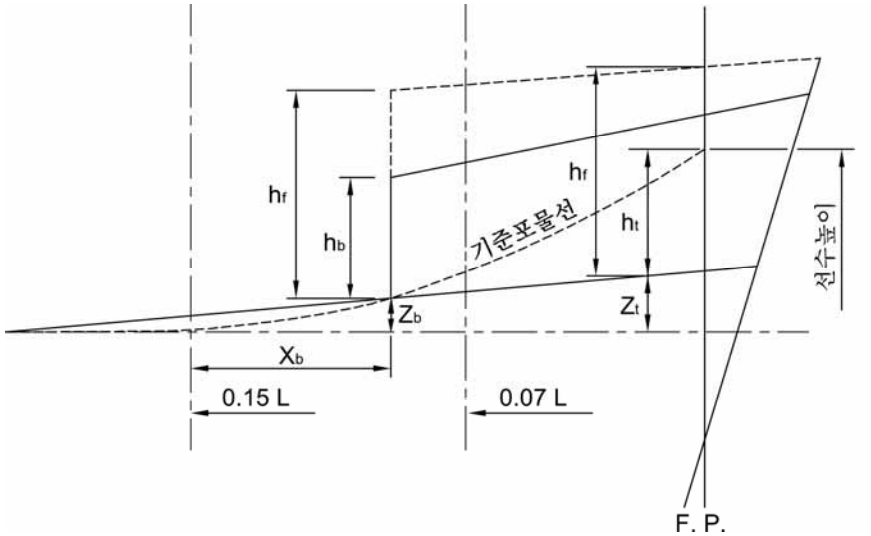


그림 1: 건현갑판이 후방 0.15L 로부터 연장된 현호를 갖는 경우의 선수높이

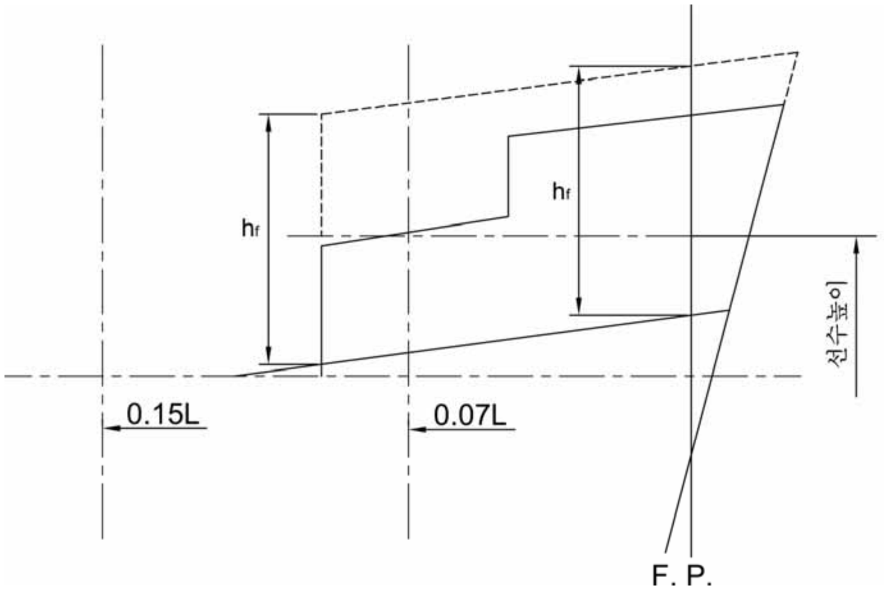


그림 2: 현호가 0.15L 보다 작게 연장된 경우의 선수높이

6. 축 로

6.1 일 반

6.1.1

축로는 수밀이어야 한다.

7. 수밀 통풍관 및 트렁크

7.1 일 반

7.1.1

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 19.1

수밀 통풍관 및 트렁크는 최소한 건현갑판까지 도달하는 것이어야 한다.

8. 연료유탱크

8.1 일 반

8.1.1
Ref. SOLAS Ch. II-2, Part B, Reg. 4.2

연료유의 저장, 배분 및 사용상 취하여야 하는 조치는 선박과 승선자의 안전을 확보하는 것이어야 한다.

8.1.2
Ref. SOLAS Ch. II-2, Part B, Reg. 4.2

연료유탱크는 가능한 한 선체의 일부를 구성하는 것이어야 하며 A 류 기관구역 외부에 설치하여야 한다. 이중저탱크 이외의 연료유탱크를 A 류 기관구역 내부 또는 A 류 기관구역에 인접하여 설치할 필요가 있는 경우에는 그 연료유탱크의 수직면 중 최소한 1개가 A 류 기관구역의 경계에 접하여 있어야 하며 또한 그 연료유탱크는 이중저탱크와 공동의 경계를 가지고 있어야 하며 A 류 기관구역과 공동의 탱크경계면적은 최소로 하여야 한다. 이중저탱크 이외의 연료유탱크가 A 류 기관구역 내부에 설치되는 경우 인화점이 섭씨 60도 이하의 기름을 당해 탱크에 적재하여서는 아니된다.

8.1.3
Ref. SOLAS Ch. II-2, Part B, Reg. 4.2

연료유탱크는 연료유탱크에서 유출 또는 누설된 기름이 가열된 표면에 떨어짐으로써 위험이 발생할 우려가 있는 위치에 설치하여서는 아니된다. 펌프, 여과기 또는 가열기로부터 가압상태의 누출기름이 가열된 표면에 접촉하지 않도록 주의하여야 한다. 우리 선급이 특별히 고려하는 경우를 제외하고, 보일러구역의 연료유탱크는 보일러의 직상 또는 고온지역 내에 설치하여서는 아니된다.

8.1.4
상품 또는 석탄을 적재하는 구획이 가열된 액체용기의 근처에 설치되는 경우, 적절한 방열을 하여야 한다.

제 3 절 접근설비(Access arrangement)

1. 일 반

1.1 화물구역 또는 기타구역으로의 접근설비

1.1.1

Ref. SOLAS Reg.II-1/3-6 2.1(Resolution MSC.151(78))

선박의 일생 동안 선체구조에 대한 현상검사, 정밀검사 및 두께계측을 위하여 각 구역에는 접근설비가 제공되어야 한다. 그러한 접근설비는 **[1.3]** 및 **[2]**의 규정에 적합한 것이어야 한다.

1.1.2

Ref. SOLAS Reg.II-1/3-6 2.1(Resolution MSC.151(78))

상설 접근설비가 통상적인 적·양하작업에 의하여 쉽게 손상을 입을 수 있거나 설치하는 것이 불가능한 경우, 이를 대신하여 우리 선급은 휴대식 접근설비를 부착, 장착, 매달거나 또는 지지하는 수단이 선체구조에 영구적으로 설치되는 경우, **[2]**에서 규정하는 이동식 또는 휴대식 접근설비를 허용할 수 있다.

1.1.3

Ref. SOLAS Reg.II-1/3-6 .2.1(Resolution MSC.151(78))

모든 접근설비와 이들을 선체구조에 고정시키는 부착물의 구조 및 재료는 우리 선급이 만족하는 것이어야 한다.

1.2 화물창, 화물탱크, 밸러스트탱크 및 기타구역으로의 안전한 접근

1.2.1

Ref. SOLAS Reg.II-1/3-6 .3.1(Resolution MSC.151(78)) and IACS UI SC 191

화물지역 내의 화물창, 코퍼댐, 밸러스트탱크, 화물탱크 및 기타구역으로의 안전한 접근은 개방갑판으로부터 직접 통하여야 하며, 완전한 검사를 할 수 있도록 하여야 한다. 이중저구역 또는 선수밸러스트탱크로의 안전한 접근은 펌프실, 디프코퍼댐, 파이프터널, 화물창, 이중선체구역 또는 기름이나 위험화물을 적재하지 아니하는 유사한 구획으로부터 이루어질 수 있다. 이중선측구역으로의 접근은 톱사이드탱크 또는 이중저탱크 또는 이들 모두로부터 이루어질 수 있다.

1.2.2

Ref. SOLAS Reg.II-1/3-6 .3.2(Resolution MSC.151(78))

길이가 35m 이상인 탱크 및 탱크구획에는 가능한 한 멀리 떨어진 최소한 2개의 출입용 창구 및 사다리를 설치하여야 한다. 길이가 35m 미만의 탱크에는 최소한 1개의 출입용 창구 및 사다리를 설치하여야 한다. 1개 이상의 제수격벽 또는 이와 유사한 장애물에 의하여 탱크가 구획되어져서 그 탱크의 다른 부분으로 신속하게 접근할 수 없는 경우에는 최소한 2개의 출입용 창구 및 사다리를 설치하여야 한다.

1.2.3

Ref. SOLAS Reg.II-1/3-6 .3.2(Resolution MSC.151(78))

각각의 화물창에는 가능한 한 멀리 떨어진 최소한 2개의 접근설비를 설치하여야 한다. 이러한 접근설비는 일반적으로 대각선으로 배치되어야 한다. 예를 들면, 전방격벽 부근에 1개의 접근설비를 좌현에, 후방격벽 부근에 1개의 접근설비를 우현에 설치한다.

1.3 일반기술사양

1.3.1

Ref. SOLAS Reg.II-1/3-6 .5.1(Resolution MSC.151(78)) and IACS UI SC 191

수평개구, 창구 또는 맨홀을 통한 접근인 경우, 그 치수는 자장식 공기호흡구 및 보호장구를 착용한 사람이 방해 없이 모든 사다리를 이용할 수 있고, 또한 구획의 바닥으로부터 부상자를 쉽게 끌어올리기에 충분한 것이어야 한다. 개구는 최대 100mm 곡률반경의 모서리를 가지는 최소 600mm x 800mm 이상의 것이어야 한다. 구조해석의 결과에 따라 개구의 주위에서 응력이 감소되어야 하는 경우, 개구의 치수를 증가시키는 것이 바람직하다. 예를 들면, 최대 100m 곡률반경의 모서리를 가지는 600mm x 600mm 의 개구를 300mm 곡률반경의 모서리를 가지는 600mm x 800mm 로 증가시킨다. 화물창으로의 출입이 화물창구를 통하여 이루어지는 경우, 사다리의 최상부는 창구코밍과 가능한 한 가까이에 위치하여야 한다. 높이 900mm 이상의 출입용 창구코밍에는 사다리와 연계하여 외측에 발판을 설치하여야 한다.

1.3.2

Ref. SOLAS Reg.II-1/3-6 .5.2(Resolution MSC.151(78)) and IACS UI SC 191

구역의 길이 및 폭 방향으로의 통행을 위하여 제수격벽, 늑판, 거더 및 웨브프레임에 설치되는 수직개구 또는 맨홀을 통한 접근인 경우, 그 최소 통과개구치수는 최대 300mm 곡률반경의 모서리를 가지는 최소 600mm x 800mm 이상의 것이어야 하며, 또한 바닥판 또는 기타의 발판이 설치되어 있지 아니한 경우 개구의 높이는 선저외판에서 600mm 를 넘어서는 아니된다. 들것에 실린 부상자를 쉽게 대피시킬 수 있는가에 대한 검증과 관련하여, 300mm 곡률반경의 모서리를 가지는 600mm x 800mm 의 개구를 대신하여 하반부는 600mm 미만일 수 있으나 상반부는 600mm 보다 넓고 전장이 850mm 이상인 620mm x 850mm 의 수직개구는 인정할 수 있다. (**그림 1** 참조)

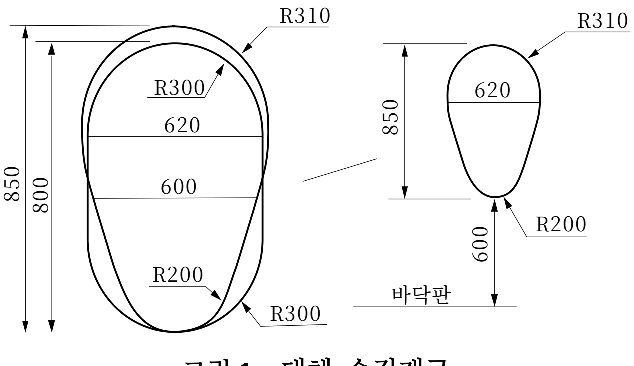


그림 1: 대체 수직개구

2. 접근설비에 대한 기술조항

2.1 정 의

Ref. IMO Technical Provisions, 2(Resolution MSC.158(78))

IMO Technical Provisions, 2(Resolution MSC.158(78)) 참조.

2.1.1 수직사다리발판(rung)

수직사다리발판(rung)이라 함은 수직사다리의 발판 또는 수직면 상의 발판을 말한다.

2.1.2 디딤판(tread)

디딤판(tread)이라 함은 경사사다리의 발판 또는 수직개구를 위한 발판을 말한다.

2.1.3 사다리의 플라이트(flight of a ladder)

사다리의 플라이트(flignt of a ladder)라 함은 경사사다리 스트링거의 실제길이를 말하며 수직사다리인 경우 플랫폼 사이의 거리를 말한다.

2.1.4 스트링거(stringer)

스트링거(stringer)라 함은,

1) 사다리의 프레임(frame), 또는

2) 그 구역의 선측외판, 횡격벽 그리고/또는 종격벽에 설치된 보강된 수평판구조.
   이중선측구역을 형성하는 폭 5m 미만의 밸러스트탱크에 대하여, 수평판구조가 선측외판 또는 종격벽상의 프레임 또는 보강재를 넘어 폭 600mm 이상의 연속적인 통로를 제공한다면, 그 수평판구조는 스트링거 및 종방향 상설접근설비로 간주할 수 있다. 상설접근설비로 사용되는 스트링거판상의 개구에는 스트링거상의 안전한 통행 또는 각 트랜스버스웨브로의 안전한 접근을 위하여 가드레일 또는 격자덮개(grid cover)를 설치하여야 한다.

2.1.5 수직사다리(vertical ladder)

수직사다리(vertical ladder)라 함은 경사각이 70° 이상 90° 이하인 사다리를 말하며, 횡방향 경사각은 2° 이하이어야 한다.

2.1.6 상부장애물(overhead obstruction)

상부장애물(overhead obstruction)이라 함은 접근설비 상부에 있는 보강재를 포함한 갑판 및 스트링거구조를 말한다.

2.1.7 상부갑판 아래의 거리(distance below deck head)

상부갑판 아래의 거리(distance below deck head)라 함은 판으로부터 하방의 거리를 말한다.

2.1.8 크로스데크(cross deck)

크로스데크(cross deck)라 함은 창구코밍 사이의 선내측에 위치한 주갑판의 횡방향 부분을 말한다.

2.2 상설접근설비

2.2.1

Ref. IMO Technical Provisions, 3.1 & 3.2(Resolution MSC.158(78))

이중저구역 내의 부재들을 제외하고 구조부재들에는 **[2.7]**내지 **[2.13]**에 규정된 정도까지 상설접근설비가 제공되어야 한다. 상설접근설비는 자체의 견고함을 확보하고 전반적인 선체구조강도에 기여하도록 가능한 한 선체의 구조부재와 일체화하여야 한다.

2.2.2

Ref. IMO Technical Provisions, 3.3(Resolution MSC.158(78) and IACS UI SC191)

상설접근설비로서 고가통로(elevated passageway)가 설치된 경우, 최소 600mm 의 폭을 가지고 개방측의 전 길이에 걸쳐 가드레일이 제공되어야 한다. 다만, 수직웨브를 돌아 지나가는 경우에는 450mm 까지 그 폭을 감소시킬 수 있다. 단독으로 설치된 통로에는 그러한 구조의 양측에 가드레일을 설치하여야 한다. 접근설비의 일부로서 설치되고 선박이 등흘수에 직립일 때 수평면에 대한 각도가 5° 이상인 경사구조물은 미끄럼방지구조이어야 한다. 가드레일은 그 높이가 1000mm 이고 레일 및 500mm 높이의 중간횡봉으로 구성되며, 견고한 구조이어야 한다. 지지대(stanchion)는 3m 이하의 간격이어야 한다.

2.2.3

Ref. IMO Technical Provisions, 3.4(Resolution MSC.158(78))

선저로부터의 상설접근설비 및 수직개구에는 쉽게 접근할 수 있는 통로, 사다리 및 디딤판을 설치하여야 한다. 디딤판은 측면지지대가 있어야 한다. 수직사다리발판(rung)이 수직면에 설치되는 경우, 수직사다리발판(rung)의 중앙점이 수직면으로부터 최소한 150mm 이상 떨어져 있어야 한다. 수직맨홀이 보행면에서 600mm 보다 높게 설치된 경우, 접근이 용이하도록 양쪽에 승강단(platform landing)을 가진 디딤판과 손잡이를 설치하여야 한다.

2.3 사다리의 구조

2.3.1 일 반

Ref. IMO Technical Provisions, 3.5(Resolution MSC.158(78))

상설경사사다리는 그 경사각이 70° 미만이어야 한다. 개구 근방을 제외하고는 경사사다리면으로부터 750mm 이내에는 방해물이 없어야 한다. 개구 근방에서는 600mm 까지 줄일 수 있다. 적절한 치수의 휴식용 플랫폼(resting platform)이 수직높이 6m 이하의 간격으로 제공되어야 한다. 사다리와 핸드레일은 강 또는 적합한 강도 및 강성을 가진 강과 동등한 재질로서 제작되어야 하며, 스테이에 의하여 구조에 견고히 부착되어야 한다. 지지방법 및 스테이의 길이는 진동이 실질적으로 최소화 될 수 있도록 하여야 한다. 화물창의 사다리는 화물의 양·하역을 방해하지 않고, 또한 하역설비에 의한 손상의 위험을 최소화 할 수 있도록 설계되고 배치되어야 한다.

2.3.2 경사사다리

Ref. IMO Technical Provisions, 3.6(Resolution MSC.158(78))

경사사다리의 스트링거 간 폭은 400mm 이상이어야 한다. 디딤판(tread)은 동일한 간격으로서 발판 사이의 수직거리는 200mm 에서 300mm 사이이어야 한다. 강재 디딤판은 단면이 22mm x 22mm 이상인 사각봉 2개로 구성되어야 하며, 두 모서리가 위를 향하게 하여 수평발판을 형성하여야 한다. 디딤판은 사이드스트링거를 관통하여 지지되어야 하며 양면연속용접으로 부착되어야 한다. 모든 경사사다리는 견고한 구조의 핸드레일이 디딤판으로로부터 적당한 높이를 가지고 양쪽에 부착되어야 한다.

2.3.3 수직사다리 또는 나선형사다리

Ref. IMO Technical Provisions, 3.7(Resolution MSC.158(78))

수직사다리 또는 나선형사다리의 폭과 구조는 우리 선급이 인정하는 국제기준 또는 국가기준에 따라야 한다.

2.4 개구를 통한 접근

2.4.1 수평개구, 창구 또는 맨홀을 통한 접근

Ref. IMO Technical Provisions, 3.10(Resolution MSC.158(78))

수평개구, 창구 또는 맨홀을 통한 접근인 경우, 최소 통과개구크기는 600mm x 600mm 이상이어야 한다. 화물창으로의 출입이 화물창구를 통하여 이루어지는 경우 사다리의 최상부는 창구코밍과 가능한 한 가까이에 위치하여야 한다. 높이 900mm 이상의 출입용 창구코밍에는 사다리와 연계하여 외측에 발판을 설치하여야 한다.

2.4.2 수직개구 또는 맨홀을 통한 접근

Ref. IMO Technical Provisions, 3.11(Resolution MSC.158(78))

구역의 길이 및 폭 방향의 통행을 위하여 제수격벽, 늑판, 거더 및 웨브프레임에 설치되는 수직개구 또는 맨홀을 통한 접근인 경우, 그 최소 통과개구치수는 600mm x 800mm 이상이어야 하며, 또한 바닥판 또는 기타의 발판이 설치되어 있지 아니한 경우 개구의 높이는 통행로로부터 600mm 를 넘어서는 아니된다.

2.5 화물창 및 기타구역으로의 접근용 사다리

2.5.1 일 반

Ref. IMO Technical Provisions, 3.13.1 & 3.13.2(Resolution MSC.158(78))

화물창 및 기타구역으로의 접근용 사다리는 다음에 따라야 한다.

a) 인접한 갑판의 상면 사이 또는 화물구역 바닥과 갑판 사이의 수직거리가 6m 이하일 경우, 수직사다리 또는 경사사다리를 설치하여야 한다.

b) 인접한 갑판의 상면 사이 또는 화물구역에서 갑판과 바닥 사이의 수직거리가 6m 이상인 경우, 상부장애물 안쪽으로부터 계측하여 화물구역의 최상부 2.5m 및 최하부 6m 를 제외하고는, 화물창의 한 끝단부에 설치된 하나 또는 일련의 경사사다리는 수직사다리를 가질 수 있다. 다만, 수직사다리를 연결하는 단일의 경사사다리 또는 복수의 경사사다리의 수직범위가 2.5m 이상이어야 한다.

2.5.2

Ref. IMO Technical Provisions, 3.13.2(Resolution MSC.158(78))

화물창 다른 쪽 끝단부의 두 번째 접근설비로 일련의 교차된 수직사다리를 설치할 수 있는데, 이 사다리에는 수직으로 6m 이내 간격으로, 사다리 좌측 또는 우측 한쪽으로 치우친 한 개 또는 그 이상의 사다리연결플랫폼을 설치하여야 한다. 인접한 사다리는 횡방향으로 적어도 사다리 폭만큼 떨어뜨려 설치하여야 한다. 직접 화물창에 연결되는 사다리의 최상부는, 상부장애물 내측으로부터 2.5m 구간에서 수직으로 배치하여야 하며, 하방에 사다리연결플랫폼을 설치하여야 한다.

2.5.3

Ref. IMO Technical Provisions, 3.13.3(Resolution MSC.158(78))

갑판과 탱크 내 종방향 통행설비, 스트링거 또는 출입구 직하에 있는 그 구획의 바닥 사이의 수직거리가 6m 이하인 경우, 수직사다리를 톱사이드탱크의 접근설비로 사용할 수 있다. 수직사다리의 갑판으로부터 출입구 최상부는 상부장애물로부터 2.5m 구간에서 수직으로 배치되어야 하며, 그 2.5m 의 수직거리 내에 종방향 통행설비, 스트링거 또는 바닥에 대한 발판이 없는 경우, 하방에 사다리연결플랫폼이 설치되어야 한다.

2.5.4

Ref. IMO Technical Provisions, 3.13.4(Resolution MSC.158(78))

[2.5.3]에서 허용하는 경우를 제외하고, 갑판과 출입구 하방 스트링거 사이, 스트링거와 스트링거 사이, 갑판 또는 스트링거와 출입구 직하에 있는 그 구획의 바닥 사이의 수직거리가 6m 를 넘는 경우, 탱크 또는 구역으로의 접근을 위하여 경사사다리 또는 경사사다리의 조합이 사용되어야 한다.

2.5.5

Ref. IMO Technical Provisions, 3.13.5(Resolution MSC.158(78))

상기 **[2.5.4]**의 경우, 갑판으로부터 사다리 최상부 출입부분은 상부장애물 안쪽으로부터 2.5m 구간에서 수직으로 배치되어야 하며, 하방에 랜딩플랫폼을 통하여 경사사다리와 연결되어야 한다. 경사사다리의 플라이트(flight)는 실제 길이로 9m 이하이어야 하며, 수직거리로 6m 이하이어야 한다. 사다리의 최하부는 수직거리로 2.5m 이상 구간에서 수직으로 할 수 있다.

2.5.6

Ref. IMO Technical Provisions, 3.13.6(Resolution MSC.158(78))

폭이 2.5m 미만인 이중선측구역에서, 해당 구역의 통행은 수직으로 6m 이하의 간격으로, 사다리 좌측 또는 우측 한쪽으로 치우친 한 개 또는 그 이상의 연결플랫폼을 설치한 수직사다리로 할 수 있다. 인접한 사다리는 적어도 횡방향으로 사다리 폭만큼 떨어뜨려 설치하여야 한다.

2.5.7

Ref. IMO Technical Provisions, 3.13.7(Resolution MSC.158(78))

나선형사다리는 경사사다리의 대체설비로 인정될 수 있다. 이 경우, 최상부 2.5m 는 나선사다리의 일부로 연결할 수 있으며, 수직사다리로 변경할 필요는 없다.

2.6 탱크로의 접근용 사다리

2.6.1

Ref. IMO Technical Provisions, 3.14(Resolution MSC.158(78))

탱크로의 접근을 제공하는 수직사다리의 갑판으로부터 출입구 최상부는, 상부장애물 안쪽으로부터 2.5m 구간에서 수직으로 설치하여야 하고, 사다리 좌측 또는 우측 한쪽으로 치우친 사다리연결플랫폼을 가져야 한다. 갑판구조로부터 1.6m – 3.0m 하방의 범위 안에 종방향 또는 횡방향 상설접근설비가 위치하는 경우, 이 수직사다리는 그 범위 안에 위치할 수 있다.

2.7 화물창의 갑판하 구조로의 접근

2.7.1

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.1(Resolution MSC.158(78))

선체중앙선 근처 및 크로스데크의 양 측에, 상부구조물에 대한 접근을 위하여 상설접근설비가 설치되어야 한다. 각 접근설비는 화물창의 접근로 또는 주갑판에서 직접 접근 가능하여야 하며, 갑판 하방 최소 1.6m 최대 3.0m 에 설치되어야 한다.

2.7.2

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.2(Resolution MSC.158(78))

크로스데크 하방 최소 1.6m 에서 최대 3.0m 위치의 횡격벽에 설치된 횡방향 상설접근설비를 **[2.7.1]**과 동등한 것으로 인정할 수 있다.

2.7.3

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.3(Resolution MSC.158(78))

크로스데크 상부구조로의 상설접근설비는 상부스툴을 통하여 접근할 수 있다.

2.7.4

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.4(Resolution MSC.158(78))

내부로부터 모든 프레임과 판을 검사할 수 있는, 주갑판으로부터의 접근이 가능한 상부스툴(즉, 톱사이드탱크 사이 그리고 창구단보 사이까지 연장되어 있는 스툴)이 있는 횡격벽을 가지는 선박은 크로스데크에 대한 상설접근설비를 요구하지 아니한다.

2.7.5

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.5(Resolution MSC.158(78))

대체설비로, 수직거리가 내저판으로부터 17m 이하인 경우, 크로스데크의 상부구조로의 접근을 위하여 이동식 접근설비를 사용할 수 있다.

2.8 이중선체 산적화물선의 이중선측탱크로의 접근

2.8.1

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.8 & Tab 1, 2.1(Resolution MSC.158(78))

빌지호퍼부 상부 너클포인트보다 위쪽의 이중선체구역에 대하여 다음에 따르는 상설접근설비를 제공하여야 한다.

a) 최상부 수평스트링거와 갑판 사이의 수직거리가 6m 이상인 경우, 1개의 연속된 종방향 접근설비를 탱크의 전 길이에 걸쳐서 제공하여야 하며, 이 접근설비는 갑판으로부터 최소 1.6m 에서 최대 3.0m 하부에 트랜스버스를 통과하도록 설치하여야 하고, 탱크 양단에 수직접근사다리를 갖추고 있어야 한다.

b) 구조부재와 일체화된 연속된 종방향 상설접근설비는 수직거리로 6m 이하의 간격이어야 한다.

c) 가능한 한 스트링거판은 횡격벽의 수평거더와 일렬정렬을 이루어야 한다.

2.9 단일선체 산적화물선 화물창의 수직구조에 대한 접근

2.9.1

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.6(Resolution MSC.158(78))

모든 화물창에 상설수직접근설비를 제공하여야 한다. 이러한 접근설비는 횡격벽 근방의 화물창 양단을 포함하여 화물창 전체에 걸쳐 좌, 우현에 균등히 분포되어 최소한 화물창 늑골 전체수의 25%에 대한 검사가 가능하도록 하는 일체화된 구조이어야 한다. 다만, 어떠한 경우에도 이러한 수직접근설비가 각 현 3개 이상(화물창 전후단 및 중앙)이어야 한다. 2개의 인접한 화물창늑골 사이에 설치된 상설수직접근설비는 양쪽늑골 모두의 검사를 위한 접근설비로 본다. 하부 호퍼밸러스트탱크경사판 위로의 접근을 위하여 휴대식 접근설비를 사용할 수 있다.

2.9.2

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.7(Resolution MSC.158(78))

추가로, 상기 접근설비가 설치되지 않은 화물창늑골에 대한 상부 브래킷까지의 검사 및 횡격벽의 검사를 위하여 휴대식 또는 이동식 접근설비를 사용할 수 있다.

2.9.3

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.8(Resolution MSC.158(78))

화물창늑골의 상부 브래킷까지의 접근을 위하여 **[2.9.1]**에서 요구된 상설접근설비를 대신하여 휴대식 또는 이동식접근설비를 사용할 수 있다. 다만, 이들 접근설비는 본선에 비치하여 항상 사용 가능하여야 한다.

2.9.4

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.9(Resolution MSC.158(78))

화물창늑골로의 접근을 위한 수직사다리의 폭은 사다리 양쪽 프레임 간 거리가 최소한 300mm 이상이어야 한다.

2.9.5

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.10(Resolution MSC.158(78))

단일선측구조의 화물창 선측늑골 검사용 수직사다리에 대해서는 길이가 6m 를 초과하여도 인정될 수 있다.

2.10 이중선체 산적화물선의 화물창의 수직구조에 대한 접근

2.10.1

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 1.11(Resolution MSC.158(78))

이중선측구조에 대해서는 화물창 외부의 검사를 위하여 수직사다리가 요구되지 않는다. 이러한 구조의 검사는 이중선측구역 내부로부터 시행되어야 한다.

2.11 단일선체 산적화물선의 톱사이드 밸러스트탱크에 대한 접근

2.11.1

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.1(Resolution MSC.158(78))

높이 6m 이상의 각 톱사이드탱크에는 1개의 연속된 종방향 접근설비가 선측외판웨브를 따라 갑판 아래로 최소 1.6m 에서 최대 3.0m 에 설치되어야 한다. 이러한 접근설비는 톱사이드탱크의 각 출입구 근처에 수직접근사다리를 제공하여야 한다.

2.11.2

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.2(Resolution MSC.158(78))

탱크바닥으로부터 600mm 이내에 트랜스버스웨브를 통과하는 접근개구가 없고 웨브프레임링의 웨브높이가 선측외판 및 경사판 근처에서 1m 를 초과할 경우에는, 각 트랜스버스 웨브프레임링을 넘어 안전하게 접근하기 위하여 발판/손잡이를 제공하여야 한다.

2.11.3

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.3(Resolution MSC.158(78))

각 탱크의 양 단 베이(bay)와 중간 베이에 설치된 3개의 상설접근설비는 탱크바닥으로부터 창구측 거더와 경사판의 교차점까지 걸쳐 있어야 한다. 기 설치된 종식구조는 이러한 접근설비의 일부로서 사용할 수 있다.

2.11.4

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.4(Resolution MSC.158(78))

톱사이드탱크의 높이가 6m 미만인 경우, 상설접근설비 대신에 대체설비나 휴대식설비를 사용할 수 있다.

2.12 빌지호퍼 밸러스트탱크에 대한 접근

2.12.1

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.5(Resolution MSC.158(78) and IACS UI SC191)

높이가 6m 이상인 각 빌지호퍼탱크에 대하여, 1개의 연속된 종방향 상설접근설비가 선측외판웨브를 따라 제공되어야 하며, 이러한 접근설비는 웨브링의 개구상단으로부터 최소 1.2m 하방에 설치되어야 하고 이 탱크의 각 출입구 근처에 수직접근사다리가 제공되어야 한다. 연속된 종방향 상설접근설비와 빌지호퍼 탱크바닥 사이의 접근사다리가 탱크의 각 끝단에 제공되어야 한다. 대체설비로 식별된 취약한 구조지역을 보다 적절하게 검사할 수 있는 배치인 경우에는, 연속된 종방향 상설접근설비를 웨브링 개구상부의 웨브판을 관통하여 갑판으로부터 최소 1.6m 하방에 설치할 수 있다. 폭이 600mm 이상인 큰 종늑골은 통행로로 사용할 수 있다. 이중선측 산적화물선에 대해서는 빌지의 너클포인트로의 접근을 위한 대체방법과 함께 사용된다면, 연속된 종방향 상설접근설비는 빌지의 너클포인트로부터 6m 이내에 설치될 수도 있다.

2.12.2

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.6(Resolution MSC.158(78))

탱크바닥으로부터 600mm 이내에 트랜스버스웨브를 통과하는 접근개구가 없고 웨브프레임링의 웨브높이가 선측외판 및 경사판 근처에서 1m 를 초과할 경우에는, 각 트랜스버스 웨브프레임링을 넘어 안전하게 접근하기 위하여 발판/손잡이가 제공되어야 한다.

2.12.3

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.7(Resolution MSC.158(78))

6m 미만 높이의 빌지호퍼탱크에는 상설접근설비 대신에 대체설비나 휴대식설비가 사용될 수 있다. 이러한 접근설비는 필요 시 해당 장소에서 전개하여 쉽게 이용할 수 있음이 입증되어야 한다.

2.13 선수탱크에 대한 접근

2.13.1

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.9(Resolution MSC.158(78))

선수격벽의 중심선에서 깊이 6m 이상인 선수탱크에 대하여, 갑판하부구조, 스트링거, 선수격벽, 선측 외판구조 등과 같은 중요부위에 대한 접근을 위하여 적절한 접근설비를 제공하여야 한다.

2.13.2

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.9.1(Resolution MSC.158(78))

갑판으로부터 또는 직상에 있는 스트링거로부터 수직거리 6m 이내에 있는 스트링거는 휴대식 접근설비와 조합하여 적절한 접근설비로 간주할 수 있다.

2.13.3

Ref. IMO Technical Provisions, Tab 2, 2.9.2(Resolution MSC.158(78))

갑판과 스트링거 간, 스트링거 간 및 최하부 스트링거와 탱크바닥 간의 수직거리가 6m 이상인 경우 대체설비를 제공하여야 한다.

3. 축 로

3.1 일 반

3.1.1

터널은 축에 쉽게 접근할 수 있도록 충분히 넓어야 한다.

3.1.2

터널에의 접근을 위해 기관실 후단격벽에 **2장 1절 [6]**에 따르는 수밀문을 설치하여야 하며, 길이가 7m 이상인 터널에는 수밀 통풍관 역할도 하는 탈출트렁크를 구획갑판까지 설치하여야 한다.

4. 조타기실에의 접근

4.1 일 반

4.1.1

조타기실은 쉽게 접근할 수 있어야 하며, 가능한 한 기관구역으로부터 분리되어야 한다.

4.1.2

조타장치의 조작을 위하여 접근할 수 있는 적절한 배치가 이루어져야 한다. 이러한 배치에는 작동유가 누설된 경우에도 적당한 작업조건을 확보하기 위한 핸드레일과 그레이팅 또는 기타 미끄럼 방지표면을 포함한다.

11 편 3 장

구조설계 원칙

제 1 절 재 료

1. 일 반

1.1 재료의 규격

1.1.1

이 절의 규정은 **규칙 2편 1장**의 요건에 적합한 강재를 사용하여 용접으로 건조하는 선박에 대하여 적용한다.

1.1.2

규칙 2편 1장에 규정한 규격과 다른 재료에 대하여는 그 재료의 제조, 화학성분, 기계적 성질 및 용접 등에 관한 상세를 우리 선급에 제출하여 승인을 받아서 사용할 수 있다.

1.2 재료시험

1.2.1

재료는 특별히 규정한 것을 제외하고는 **규칙 2편 1장**의 관련 규정에 따라 시험되어야 한다.

1.3 제조법

1.3.1

이 절의 요건은 용접, 냉간 및 열간 제조과정이 IACS UR W 에 정의된 현행 건전한 작업관행 및 재료에 대한 우리선급 요건에 적합하게 수행됨을 전제로 한다. 특히,

- 모재 및 용접방법은 재료의 사용 용도에 따라 규정된 제한 조건을 따라야 한다.
- 용접 전에 예열이 요구될 수 있다.
- 용접, 냉간가공 또는 열간가공 후에 적절한 열처리 과정이 요구될 수 있다.

2. 선체 구조용 강재

2.1 일반

2.1.1

선박의 건조에 현재 사용되는 강재의 기계적 성질은 **표 1**에 따른다.

표 1: 선체구조용 강재의 기계적 성질

재료기호 ($t \le 100$ mm)	최소 항복응력 R_{eH} (N/mm^2)	인장강도 R_m (N/mm^2)
A, B, D, E	235	400-520
AH32, DH32, EH32, FH32	315	440-570
AH36, DH36, EH36, FH36	355	490-630
AH40, DH40, EH40, FH40	390	510-660

2.1.2

선체구조에 고장력 강재를 사용하고자 할 때에는 사용범위, 위치, 재질 및 치수를 명기한 도면을 제출하여 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

2.1.3

표 1에 규정한 것 이외의 고장력 강재를 사용하고자 할 때에는 건별로 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

2.1.4

선체구조에 최소 항복응력(R_{eH}) 235 N/mm^2 이외의 강재를 사용하는 경우, 구조부재의 치수는 **[2.2]**에서 정의되는 재료계수 k 를 고려해서 결정하여야 한다.

2.1.5

선박에는 선체구조에 사용된 강재의 종류와 재료기호를 나타내는 도면이 비치되어야 한다. **표 1**에 규정한 것 이외의 강재가 사용된 경우, 당해 강재의 화학적 및 기계적 성질과 작업기준 또는 권고사항이 앞에 언급한 도면와 함께 비치되어야 한다.

2.2 재료계수 k

2.2.1

별도로 규정되지 않는 한, 선체 구조부재의 치수를 결정하기 위한 연강 및 고장력강의 재료계수 k 는 최소 항복응력(R_{eH})에 의한 **표 2**에 따른다.

최소 항복응력(R_{eH})이 **표 2**의 중간에 해당하는 경우, 재료계수 k 는 선형보간법에 의한다. 항복응력이 390 N/mm^2 보다 큰 강재를 사용하는 경우, 사안 별로 우리 선급이 고려한다.

표 2: 재료계수 k

최소 항복응력 R_{eH} (N/mm^2)	k
235	1.0
315	0.78
355	0.72
390	0.68

2.3 강재의 사용구분

2.3.1

여러 가지 구조부재에 사용되는 강재는 **표 4**에 규정한 재료의 사용등급(class)에 대하여 **표 3**에 규정한 I, II 및 III 등급에 해당하는 강재보다 낮은 등급의 것이어서는 아니된다.

표 3에 언급되지 않은 강도부재에 대하여는 A 급 또는 AH 급 강을 사용할 수 있다.

2.3.2

일반적으로 선미재, 타, 러더혼 및 샤프트 브래킷의 강판은 II 등급 이상의 재료를 사용하여야 한다. 다만, 반 스페이드 타(**규칙 4편 1장 그림 4.1.1**의 D 및 E 형 타)의 하부 지지대 부분 또는 스페이드 타(**규칙 4편 1장 그림 4.1.1**의 C 형 타)의 상부와 같이 응력집중을 받는 타와 타판에 대하여는 III 등급을 적용하여야 한다.

2.3.3

내저판에 삽입되는 추진기 및 보조엔진 거치대을 위한 시트의 베드판은 I 등급이어야 한다. 이외의 경우, 강재는 적어도 A 급 이상이어야 한다.

2.3.4

냉동화물창의 해치의 경우에서처럼 강력갑판 하부에 위치한 갑판상의 대형창구 코너부의 판재와 선측 외판의 대형 개구의 코너의 삽입판은 일반적으로 III 등급 이어야 한다.

2.3.5

규칙에 의한 순 두께로부터 얻어지는 총 두께보다 두꺼운 판을 사용하는 경우, 건조 총 두께(As-built gross thickness)에 해당하는 강재의 사용등급이 적용되어야 한다.

표 3: I, II 및 III 급별에 따른 사용강재

급별	I		II		III	
두께 (mm)	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS
$t \le 15$	A	AH	A	AH	A	AH
$15 < t \le 20$	A	AH	A	AH	B	AH
$20 < t \le 25$	A	AH	B	AH	D	DH
$25 < t \le 30$	A	AH	D	DH	D	DH
$30 < t \le 35$	B	AH	D	DH	E	EH
$35 < t \le 40$	B	AH	D	DH	E	EH
$40 < t \le 50$	D	DH	E	EH	E	EH

(비 고)
NSS : 연강
HSS : 고장력강

표 4: 강재의 급별 및 등급의 적용

구 조 부 재 구 분	강재의 급별	
	중앙부 0.4L 이내	중앙부 0.4L 이외
○ 2차 (secondary): - 종통격벽의 강판(1차 강도부재 제외) - 강력갑판이 아닌 노출갑판(1차 강도부재 및 특급부재 제외) - 선측외판(7)	I	A/AH
○ 1차 (primary): - 선저외판(평판용골 포함) - 강력갑판(특급 범주 제외) - 강력갑판 상부의 종통부재(해치코밍 제외) - 강력갑판에 접합되는 종통격벽판 - 수직판(해치사이드 거더) 및 톱 사이드 탱크 내 경사판의 최상부판	II	A/AH
○ 특급(special): - 강력갑판의 현측후판(1), (6) - 강력갑판의 스트링거판(1), (6) - 종통격벽에 접합되는 갑판의 강판(6) - 산적화물선, 광석운반선, 겸용선 및 이와 유사한 화물창구 형상을 갖는 선박의 화물 창구 모서리부의 강력갑판(2) - 만곡부외판(3) (4), (6) - 길이가 0.15L 보다 큰 종방향 해치코밍(5) - **BC-A** 또는 **BC-B** 의 부가적인 특성을 갖는 단일선측 산적화물선의 선측 늑골 하부 브래킷(5) - 종방향 화물 해치코밍의 끝단 브래킷 및 갑판실 연결부분(5)	III	II (I : 중앙부 0.6 *L* 이외)

(비 고)

(1) L 이 250m 를 넘는 선박의 중앙부 0.4L 간은 E/EH 이상을 사용하여야 한다.

(2) 선박의 중앙부 0.6L 간의 화물구역에는 III등급 이상을, 화물 구역의 나머지 길이 내에는 II등급 이상을 사용하여야 한다.

(3) 전폭에 걸쳐 이중저를 가진 L 이 150m 미만인 선박은 II 등급을 사용할 수 있다.

(4) L 이 250m 를 넘는 선박의 중앙부 0.4L 간은 D/DH 이상을 사용하여야 한다.

(5) D/DH 이상을 사용하여야 한다.

(6) 선박의 중앙부 0.4L 내의 III등급 또는 E/EH 강판이 요구되는 1조의 강판(single strake)은, 선박 설계형상에 의하여 제한받지 않는다면, 0.8+0.05L 이상의 폭을 가져야 한다. 다만 1.8m 를 넘을 필요는 없다.

(7) 단일선측 구조를 갖는 **BC-A** 및 **BC-B** 선박에 대하여는, 선측외판 및 빌지호퍼 경사판의 교점 상하로 0.125ℓ 에 위치하는 두 점 사이에 전부 또는 일부가 포함되는 선측외판 강판은 D/DH 이상이어야 한다. 여기서 ℓ 은 늑골의 스팬이다.

2.3.6
강판이나 형강의 총두께가 재료의 기호별로 **표 3**에 규정된 두께제한 치수보다 두꺼운 경우에는 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

2.3.7
[2.3.6]과 같은 특별한 경우, 선체거더의 응력분포를 고려하여 중앙부 0.4L 범위 안에 요구되는 사용등급의 강재를 그 범위를 초과해서 요구할 수 있다.

2.3.8
중앙부 0.4L 범위 내의 강력갑판, 현측후판 그리고 종격벽의 상부판재에 요구되는 재료의 사용등급은 선교 끝단과 선미루 전단에 걸쳐 적절한 길이만큼 유지되어야 한다.

2.3.9
거터바(gutter bars)와 같이 선체 외판 상의 용접 부착물에 사용되는 압연재(rolled product)는 부근의 선체외판에 사용된 것과 같은 등급의 재질이어야 한다.

2.3.10
연속부재에 수직하게 높은 국부응력이 발생하는 장소에 위치하는 완전용입 용접이음의 경우, 우리 선급은 라멜라 균열의 위험을 방지하기 위한 것과 같이 두께방향으로 적절한 연성을 갖는 두께방향특성강재(Z 타입 강재)의 사용을 요구할 수 있다.

2.3.11
우리 선급은 높은 응력이 발생하는 구역의 총두께가 20mm 를 초과하는 강판에 대하여는 D/DH 등급 또는 E/EH 등급의 사용을 요구할 수 있다.

2.4 저온에 노출되는 구조

2.4.1
저온해역에서 운항하도록 설계된 선박에 적용되는 강재는 **[2.4.2]** 내지 **[2.4.6]**의 규정에 따른다.

2.4.2
저온해역(영하 20°C 이하)에서 운항하도록 설계된 선박, 예를들면 정기적으로 동절기에 북극해나 남극해를 운항하는 선박의 경우 노출부재의 재료는 다음 **[2.4.3]**에 정의된 설계온도 t_D 에 따라 선택하여야 한다.

2.4.3
설계온도 t_D 는 선박의 항행구역에 대한 일일 평균온도의 최저온도를 말한다.

- 평균(Mean) : 관찰기간 동안의 통계학적 평균치(20년 이상)

- 1일 평균(Average) : 일일동안의 평균
- 최저(Lowest) : 1년중 최고로 낮은 값

그림 1은 북극해에서의 온도의 정의를 나타낸다.
계절 제한을 받는 운항의 경우, 그 기간 중 가장 낮은 기온을 적용한다.

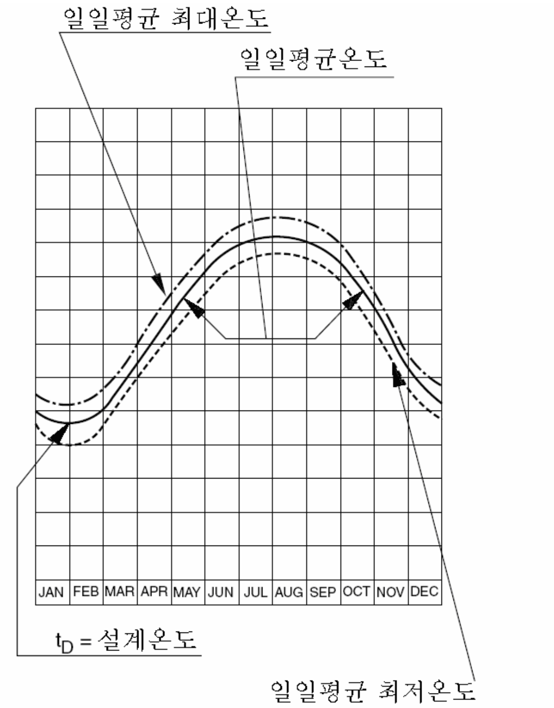


그림 1: 공통적으로 사용되는 온도의 정의

2.4.4
최소 밸러스트 수선(ballast water line: BWL) 상부에 위치하고 대기중에 노출된 강도부재의 재료는 구조부재의 종류(2차, 1차 및 특급)에 따라서 **표 5**에 표기된 등급이상의 강재를 사용하여야 한다. 대기중에 노출되지 않은 부재와 최소 밸러스트 수선 하부에 위치한 부재는 **[2.3]**에 따른다.

표 5: 저온에 노출된 강재의 급별 및 등급의 적용

구 조 부 재 명	강재의 급별	
	중앙부 0.4L 이내	중앙부 0.4L 이외
o 2차 (secondary) : - 노출갑판 - 최소 밸러스트 수선 상부의 선측외판 - 최소 밸러스트 수선 상부의 횡격벽판	I	I
o 1차 (primary) : - 강력갑판(1) - 강력갑판 상부의 연속된 종통부재(종방향 해치코밍제외) - 최소 밸러스트 수선 상부의 종통격벽판 - 최소 밸러스트 수선 상부 톱사이드탱크의 격벽판	II	I
o 특급 (special) : - 강력갑판의 현측후판(2) - 강력갑판의 스트링거판(2) - 종통격벽에 접합되는 갑판의 강판(3) - 연속된 종방향 해치코밍(4)	III	II
(비 고) (1) 큰 창구 모서리부의 강판은 특별히 고려하여야 한다. 높은 국부응력이 발생되는 장소는 III 급 또는 E/EH 급의 강재를 사용하여야 한다. (2) L 이 250m 를 넘는 선박의 중앙부 0.4L 간은 E/EH 급 이상을 사용하여야 한다. (3) B 가 70m 를 넘는 선박에 있어서 적어도 3조의 갑판의 강판은 III 급 이상이어야 한다. (4) D/DH 급 이상을 사용하여야 한다.		

2.4.5

두께와 설계온도에 따른 선체구조부재의 사용강재는 **표 6, 표 7** 및 **표 8**에 따른다. 설계온도가 -55°C 미만인 경우, 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

2.4.6

III급 또는 등급 E/EH 및 FH 의 강판이 요구되는 1조의 강판(single strakes)의 나비 b 는 다음 식에 의한 값(m) 이상이어야 하며 1.8m 를 넘을 필요는 없다.

$b = 0.05L + 0.8$

표 6: 저온 급별 I 에 대한 강재의 등급

두께 (mm)	-20 / -25°C		-26 / -35°C		-36 / -45°C		-46 / -55°C	
	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS
$t \leq 10$	*A*	*AH*	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*
$10 < t \leq 15$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*
$15 < t \leq 20$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$20 < t \leq 25$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$25 < t \leq 30$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
$30 < t \leq 35$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
$35 < t \leq 45$	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*	-	*FH*
$45 < t \leq 50$	*E*	*EH*	*E*	*EH*	-	*FH*	-	*FH*

(비 고)
NSS: 연강, **HSS:** 고장력강

표 7: 저온 급별 II 에 대한 강재의 등급

두께(mm)	-20 / -25°C		-26 / -35°C		-36 / -45°C		-46 / -55°C	
	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS
$t \leq 10$	*B*	*AH*	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*
$10 < t \leq 20$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
$20 < t \leq 30$	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*	-	*FH*
$30 < t \leq 40$	*E*	*EH*	*E*	*EH*	-	*FH*	-	*FH*
$40 < t \leq 45$	*E*	*EH*	-	*FH*	-	*FH*	-	-
$45 < t \leq 50$	*E*	*EH*	-	*FH*	-	*FH*	-	-

(비 고)
NSS: 연강, **HSS:** 고장력강

표 8: 저온 급별 III 에 대한 강재의 등급

두께 (mm)	-20 / -25°C		-26 / -35°C		-36 / -45°C		-46 / -55°C	
	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS	NSS	HSS
$t \leq 10$	*D*	*DH*	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*
$10 < t \leq 20$	*D*	*DH*	*E*	*EH*	*E*	*EH*	-	*FH*
$20 < t \leq 25$	*E*	*EH*	*E*	*EH*	-	*FH*	-	*FH*
$25 < t \leq 30$	*E*	*EH*	*E*	*EH*	-	*FH*	-	*FH*
$30 < t \leq 40$	*E*	*EH*	-	*FH*	-	*FH*	-	-
$40 < t \leq 45$	*E*	*EH*	-	*FH*	-	*FH*	-	-
$45 < t \leq 50$	-	*FH*	-	*FH*	-	-	-	-

(비 고)
NSS: 연강, **HSS:** 고장력강

3. 단강품 및 주강품

3.1 일 반

3.1.1

구조부재로 사용되는 단강품 및 주강품 (이하 주단강품이라 한다)의 화학성분 및 기계적 성질은 **규칙 2편 1장**의 요건에 적합한 것이어야 한다.

3.1.2

용접구조로 사용되는 주단강품은 용접성과 관련하여 우리 선급이 적절하다고 인정하는 화학성분 및 기계적 성질을 가진 것이어야 한다.

3.1.3

사용되는 주단강품은 **규칙 2편 1장**의 관련 규정에 따라 시험되어야 한다.

3.2 단강품

3.2.1

우리 선급의 승인을 받은 경우, 단강품 대신에 압연봉강(rolled bar)을 사용할 수 있다. 이 경우 재질이나 시험과 관련하여 단강품에 대한 규정 대신에 사용이 허용된 압연봉강에 대한 규칙의 요건에 따르도록 요구할 수 있다.

3.3 주강품

3.3.1

선수재, 선미재, 타, 조타장치의 부품 그리고 갑판 기기로 사용되는 주강품은 일반적으로 **규칙 2편 1장 5절**의 규정에 따라 규격최소인장강도 (R_m) 400 N/mm^2 또는 440 N/mm^2 를 갖는 C 또는 C-Mn 계의 용접구조용 주강재이어야 한다.

3.3.2

선체 강도에 기여하는 주판(main plating)에 주강품을 용접하는 경우에는 그 용접시공절차에 대하여 우리 선급의 승인을 받아야 하며, 주판의 충격특성에 적합한 충격특성을 가져야 한다. 또한 우리 선급은 이러한 주강품에 대하여는 비파괴시험 등을 추가로 요구할 수 있다.

3.3.3

큰 응력을 받는 조타장치의 주강품, 특히 키 없이 설치되는 용접 조립품과 틸러 또는 로터에 대하여는 그것들의 내부구조를 확인하기 위하여 비파괴 검사를 하여야 한다.

4. 알루미늄 합금 구조

4.1 일 반

4.1.1

알루미늄 합금은 **규칙 2편 1장 8절**의 규정에 적합하여야 한다. Al-Mn 계의 5000계열 알루미늄 합금과 Al-Mn-Si 계의 6000계열 알루미늄 합금을 사용하여야 한다.

4.1.2

저온구역을 항해하는 선박이나 또는 기타 특별한 용도에 사용되는 알루미늄 합금에 대하여는 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

4.1.3

특별히 규정하는 것을 제외하고, 알루미늄 합금의 탄성계수(Young 율)은 70,000 N/mm^2 그리고 프와송 비는 0.33과 같다.

4.2 압출 판재 (Extruded plating)

4.2.1

판과 보강재로 구성되는 압출판재(Extruded plating)라 불리는 압출형재(Extrusions)의 사용을 사용할 수 있다.

4.2.2

압출판재의 사용은 일반적으로 갑판, 격벽, 선루 및 갑판실로 제한된다. 압출판재를 다른 곳에 사용하기 위해서는 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

4.2.3

압출판재는 보강재가 주요한 응력 방향과 평행하게 향하도록 하여야 한다.

4.2.4

압출판재를 주요부재에 연결하는 경우에는 특별히 주의하여야 한다.

4.3 용접이음부의 기계적 특성

4.3.1

용접입열은 가공경화에 의해 경화된 알루미늄 (5000계열 다만, 열처리가 O 또는 H111인 경우는 제외) 또는 열처리에 의해 경화된 알루미늄 합금 (6000계열)의 기계적 강도를 국부적으로 저하시킨다.

4.3.2
5000계열 알루미늄 합금에서 용접한 그대로(as welded)의 상태는 일반적으로 열처리가 O 또는 H111 인 상태와 그 특성이 같다. 충분히 증명을 할 경우 더 큰 기계적특성도 고려할 수 있다.

4.3.3
6000계열 알루미늄 합금에서 용접한 그대로(as welded) 상태의 특성에 대하여는 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

4.4 재료계수 k

4.4.1
알루미늄 합금의 재료계수 k 는 다음 식에 따라 구한다.

$$k = \frac{235}{R'_{\lim}}$$

여기서,

$R'_{\lim}$: 용접상태에서의 모재의 최소항복강도 $R'_{p0.2}$ (N/mm^2), 그러나 용접상태에서의 모재의 최소인장강도 R'_m (N/mm^2)의 70%보다 크게 취하여서는 아니 된다.

$$R'_{p0.2} = \eta_1 R_{p0.2}$$

$$R'_m = \eta_2 R_m$$

$R_{p0.2}$: 출하상태에서의 모재의 최소항복강도 (N/mm^2)

R_m : 출하상태에서의 모재의 최소인장강도 (N/mm^2)

η_1 , η_2 : **표 9**에 따른다.

4.4.2
2 종류의 서로 다른 알루미늄 합금을 용접하는 경우, 부재치수의 결정을 위해 사용되는 재료 계수 k 는 서로 조립되는 2 종류의 알루미늄합금의 k 값중에서 큰 값으로 한다.

표 9: 용접구조용 알루미늄 합금

알루미늄 합금	η_1	η_2
가공경화 처리를 하지 아니한 알루미늄 합금 (열처리가 O 또는 H111 인 5000계열)	1	1
가공경화에 의해 경화된 알루미늄 합금 (열처리가 O 또는 H111 이외의 5000계열)	$R'_{p0.2} / R_{p0.2}$	R'_m / R_m
열처리에 의해 경화된 알루미늄 합금 (6000계열) (1)	$R'_{p0.2} / R_{p0.2}$	0.6
(비 고) (1) : 열처리에 대한 자료가 없는 경우, 계수 η_1은 **표 10**에 정의한 야금학적 이음효율 계수 β 와 동일하게 한다. $R'_{p0.2}$: 용접상태에서의 모재의 최소 보증 항복응력 (N/mm^2) R'_m : 용접상태에서의 모재의 최소 보증 인장강도 (N/mm^2)		

표 10: 알루미늄 합금 - 야금학적 이음효율계수 β

알루미늄 합금	열처리	총 두께(mm)	β
6005A(개 단면 형강)	T5 또는 T6	$t \le 6$	0.45
		$t > 6$	0.40
6005A(폐 단면 형강)	T5 또는 T6	전체	0.50
6001(형강)	T6	전체	0.53
6002(형강)	T6	전체	0.45

5. 기타 재료 및 제품

5.1 일 반

5.1.1

주철제 부품 (허용된 경우), 동 및 동합금으로 만든 제품, 리벳, 앵커, 체인 케이블, 크레인, 마스트, 데릭포스트, 데릭, 부속품과 와이어 로프는 우리 선급 규칙의 관련 규정에 적합하여야 한다.

5.1.2

우리 선급의 규칙에 규정되지 아니한 플라스틱 또는 기타 특수한 재료를 사용하는 경우에는, 당해 재료에 대한 시험 및 허용기준을 포함하여 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

5.1.3

용접용 재료는 **규칙 2편 2장**의 요건에 적합하여야 한다.

5.2 주철제 부품 (Iron cast parts)

5.2.1

회주철, 가단주철 및 구상흑연주철로 만든 부품은 일반적으로 응력이 낮은 2차부재 요소의 제작에만 허용된다.

5.2.2

보통주철은 창과 현창(Side scuttles)에 사용되어서는 아니된다. 우리 선급의 승인을 득한 경우에는 적합한 종류의 고급주철을 사용할 수 있다.

제 2 절 순 치수 방법

기호

t_{as_built} : 건조 두께. 신조선 단계에서 주어지는 실제 두께(mm)로서 $t_{voluntary\_addition}$ 이 있는 경우, 이를 포함한다.

t_C : 부식추가 두께(mm)로서 **3장 3절**의 정의에 따른다.

$t_{gross\_offered}$: 제공 총 두께. 신조선 단계에서 주어지는 실제 총 두께(mm)로서, 부식 쇠모를 위한 선주 여분 여유가 있는 경우 이를 제외한다.

$t_{gross\_required}$: 요구 총 두께. 요구 순 두께에 t_C 을 더하여 얻어지는 총 두께(mm)

$t_{net\_offered}$: 제공 순 두께. 제공 총 두께로부터 t_C 을 빼서 얻어지는 순 두께(mm)

$t_{net\_required}$: 요구 순 두께. 모든 구조강도 요건을 만족시키도록 규칙에서 요구하는 순 두께(mm)로서, 가장 가까운 반 밀리미터(closest half millimetre)로 올림 또는 내림 한다.

$t_{voluntary\_addition}$: 자발적 추가 두께. t_C 에 추가하여 부식 쇠모를 위하여 선주가 자발적으로 추가하는 여유 두께(mm)

1. 일반 원리

1.1.1

순 치수 방법은 신조선 단계 직후부터 선박 설계수명을 통하여 구조강도요건을 만족시키기 위하여 유지되어야 하는 "순 치수"를 확실히 규정하여야 한다. 이 방법은 선박 운항 중 발생할 수 있는 부식을 위한 부가두께를 순 두께와 명확히 분리한다.

2. 적용 기준

2.1 일 반

2.1.1

이 규칙에서 규정한 기준을 적용하여 얻어지는 치수는 **[3.1]** 내지 **[3.3]**에서 규정하는 순 치수 이다. 즉 하중을 견디기 위하여 요구되는 강도 특성을 제공하는 치수로서, 어떠한 부식 추가 혹은 선주의 여분과 같은 자발적 추가두께가 있는 경우 이를 제외한다. 다음의 제공 총 치수는 예외로 한다. 즉 다음의 치수는 부식 추가두께를 이미 포함하고 있으나, 선주의 여분 여유와 같은 자발적 추가 두께는 없다.

- **9장 4절**에 따른 선루 및 갑판실의 치수
- **10장 1절**에 따른 타 구조의 치수
- 단강, 주강으로 제작하는 살이 많은 부분의 치수

2.1.2

요구 강도 특성은 다음과 같다.

- 1차 지지부재를 구성하는 판을 포함하는 판 두께

- 일반 보강재 및 해당되는 경우 1차 지지부재에 대한 단면계수, 전단면적, 단면 2차 모멘트 및 국부 두께
- 선체거더에 대한 단면계수, 단면 2차 모멘트 및 1차 모멘트

2.1.3
선박은 최소한 순 치수에 **3장 3절**의 부식 추가를 더하여 얻어지는 총 치수로 건조하여야 한다. 자발적 추가 두께는 여분으로 더하여야 한다.

3. 순 치수 방법

3.1 순 치수의 정의

3.1.1 요구 두께
총 요구 두께 $t_{gross\_required}$ 는 요구 순 두께에 **3장 3절**의 부식추가를 더하여 얻어지는 총 두께보다 작아서는 아니 되며, 다음 식으로 구한다.

$$t_{gross\_required} = t_{net\_required} + t_C$$

3.1.2 제공 두께
제공 총 두께 $t_{gross\_offered}$ 는 신조선 단계에서 주어지는 총 두께로서, 다음과 같이 건조 두께로부터 자발적 추가 두께를 빼서 구한다.

$$t_{gross\_offered} = t_{as\_built} - t_{voluntary\_addition}$$

3.1.3 판의 순 두께
제공 순 두께 $t_{net\_offered}$ 는 다음과 같이 제공 총 두께로부터 t_C 을 빼서 구한다.

$$t_{net\_offered} = t_{gross\_offered} - t_C = t_{as\_built} - t_{voluntary\_addition} - t_C$$

3.1.4 보강재의 순 단면계수
순 횡단면 치수는 보강재를 구성하는 요소의 제공 총 두께로부터 t_C 을 빼서 구한다.

구평강(bulb profile)에 대하여는 **3장 6절**에 규정한 등가 L 형강으로 고려할 수 있다.

순 강도 특성은 순 횡단면에 대하여 계산한다.

선체 거더 응력 및 이중저와 같은 국부구조의 국부굽힘으로 인한 응력을 반영하는 보강재의 순 강도 특성을 평가함에 있어서는, 선체 거더의 단면계수 또는 구조의 강성은 관련된 요소의 제공 총 두께로부터 $0.5t_C$ 을 빼서 구한다.

3.2 고려하는 순 치수

3.2.1 선체 거더의 항복 검토
5장 1절에 따라 선체거더의 항복 검토를 위하여 고려하는 구조부재의 순 두께는 제공 총 두께로부터 $0.5t_C$ 을 빼서 구한다.

3.2.2 선체 거더 굽힘모멘트 및 전단력으로 인한 응력과 같은 선체거더(global) 응력
5장 1절에 따라 선체거더 굽힘 모멘트 및 전단력으로 인한 응력을 위하여 고려되는 구조 부재의 순 두께는 제공 총 두께로부터 $0.5t_C$ 을 빼서 구한다.

3.2.3 선체거더 좌굴 검토
6장 3절에 따라 좌굴 검토를 위하여 고려하는 구조 부재의 순 두께는 제공 총 두께로부터 t_C 을 빼서 구한다.

3.2.4 선체거더 최종 강도 검토
5장 2절에 따라 선체거더의 최종강도 검토를 위하여 고려되는 구조 부재의 순 두께는 제공 총 두께로부터 $0.5t_C$ 을 빼서 구한다.

3.2.5 직접강도 해석
7장에 따라 검토하는 1차 지지부재를 구성하는 판의 순 두께는 제공 총 두께로부터 $0.5t_C$ 을 빼서 구한다. 직접강도해석으로부터 얻은 응력을 사용하여, **6장 3절**에 따른 좌굴 검토를 위하여 고려하는 판 부재의 순 두께는 제공 총 두께로부터 t_C 을 빼서 구한다

3.2.6 피로 검토
8장에 따라 피로 검토를 하는 구조부재의 순 두께는 제공 총 두께로부터 $0.5t_C$ 을 빼서 구한다.

3.2.7 길이 150m 이하의 선박에 대한 1차지지부재의 검토
6장 4절 에 따라 검토되는 길이 150 m 이하의 선박에 대한 1차지지부재를 구성하는 판의 순두께는 총두께에서 t_C 를 빼서 구한다.

3.3 구조 도면상의 정보

3.3.1
구조 도면은 각 구조 요소에 대하여, **13장 2절**에 규정되어 있는 총 두께 및 신환 두께를 나타내야 한다.
건조 두께에 자발적인 추가 두께가 포함되어 있다면, 이를 도면 상에 명확히 기술하여 식별되도록 하여야 한다.

제 3 절 부식 추가

기호

t_C : **[1.2]**에 정의한 총 부식 추가(mm)

t_{C1}, t_{C2} : **표 1**에 정의한 고려하는 구조 부재의 한 면의 부식 추가(mm)

$t_{reserve}$: **13장 2절**에서 정의한 예비 두께(mm)로서 다음과 같다.

$t_{reserve} = 0.5$

1. 부식 추가

1.1 일 반

1.1.1

이 절에서 규정하는 부식 추가 값은 **5절**에서 요구하는 적절한 보호도장과 연관시켜 적용한다.

탄소강과 다른 재료에 대하여는 부식추가에 대하여 특별한 고려를 하여야 한다.

1.2 부식 추가의 결정

1.2.1 강의 부식추가

구조부재 두 면의 각 면에 대한 부식 추가 t_{C1} 혹은 t_{C2}는 **표 1**에 따른다.

구조부재의 두 면에 대한 총 부식 추가 t_C (mm)는 다음 식에 의하여 구한다.

$$t_C = Roundup_{0.5}(t_{C1} + t_{C2}) + t_{reserve}$$

주어진 구획의 내부 부재에 대하여는, 다음 식에 의하여 총 부식추가 t_C 을 구한다.

$$t_C = Roundup_{0.5}(2t_{C1}) + t_{reserve}$$

여기서 t_{C1} 은 **표 1**에 규정한 값으로 그 구획에 노출된 한 면에 대한 것이다.

한 값 이상의 부식추가 값의 영향을 받는 구조부재의 경우(예를 들어 하부 구역보다 상방으로 연장되어 있는 건 산적 화물창 내의 판), 일반적으로 그 부재에 적용 가능한 부식추가 값 중 가장 가혹한 것으로 치수 기준을 적용한다.

또한 총 부식추가 t_C 은, 일반 보강재의 웨브나 면재를 제외하고는 2mm 보다 작게 취하여서는 아니 된다.

1.2.2 알루미늄 합금에 대한 부식추가

알루미늄 합금으로 제작한 구조부재에 대하여, 부식추가 t_C 은 0(zero)으로 취한다.

표 1: 구조부재 한 면에 대한 부식추가

<table>
<tr><th rowspan="3">구획 종류</th><th rowspan="3" colspan="2">구조부재</th><th colspan="2">부식추가 t_{C1} 또는 t_{C2} (mm)</th></tr>
<tr><th rowspan="2">$L \geq 150$ m 인 BC-A 또는 BC-B 선박</th><th rowspan="2">그 외 선박</th></tr>
<tr></tr>
<tr><td rowspan="4">밸러스트 수 탱크(2)</td><td rowspan="2">1차부재의 면재</td><td>탱크 정부 하부 3m 이내 (3)</td><td colspan="2">2.0</td></tr>
<tr><td>상기 외</td><td colspan="2">1.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">그외 부재</td><td>탱크 정부 하부 3m 이내 (3)</td><td colspan="2">1.7</td></tr>
<tr><td>상기 외</td><td colspan="2">1.2</td></tr>
<tr><td rowspan="9">건 산적화물창(1)</td><td rowspan="3">횡격벽</td><td>상부 (4)</td><td>2.4</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td>하부스툴 :경사판, 수직판 및 정판</td><td>5.2</td><td>2.6</td></tr>
<tr><td>상기 외</td><td>3.0</td><td>1.5</td></tr>
<tr><td rowspan="4">그외 부재</td><td>상부 (4)</td><td rowspan="2">1.8</td><td rowspan="2">1.0</td></tr>
<tr><td>단일선측 산적화물선 선측늑골의 상단부 브래킷의 웨브 및 면재</td></tr>
<tr><td>단일선측 산적화물선 선측늑골의 하단부 브래킷의 웨브 및 면재</td><td>2.2</td><td>1.2</td></tr>
<tr><td>상기 외</td><td>2.0</td><td>1.2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">호퍼탱크 경사판, 내저판</td><td>연속 목재 내장판</td><td>2.0</td><td>1.2</td></tr>
<tr><td>비 연속 목재 내장판</td><td>3.7</td><td>2.4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">대기 노출</td><td colspan="2">수평부재 및 노출갑판 (5)</td><td colspan="2">1.7</td></tr>
<tr><td colspan="2">비 수평부재</td><td colspan="2">1.0</td></tr>
<tr><td colspan="3">해수 노출 (7)</td><td colspan="2">1.0</td></tr>
<tr><td colspan="3">연료 탱크 및 윤활유 탱크(2)</td><td colspan="2">0.7</td></tr>
<tr><td colspan="3">청수 탱크</td><td colspan="2">0.7</td></tr>
<tr><td>보이드스페이스(6)</td><td colspan="2">예를 들어 볼트 붙이 맨홀 만을 통한 접근과 같이, 통상 접근하지 않는 구역 및 파이프 터널 등</td><td colspan="2">0.7</td></tr>
<tr><td>건 구역</td><td colspan="2">갑판실, 기관실, 창고, 펌프실, 조타기실 등의 내부재</td><td colspan="2">0.5</td></tr>
<tr><td colspan="3">상기 이외의 구획</td><td colspan="2">0.5</td></tr>
<tr><td colspan="5">(비 고)
(1) 건 산적 화물 운송을 계획하는 건화물창으로서 해수 밸러스트를 나르는 선창을 포함한다.
(2) 해수 밸러스트와 가열하는 연료유 탱크 사이의 판에 대한 부식추가는 0.7mm 만큼 증가시킨다.
(3) 내저판 및 내저판 하부에 위치하는 구조부재에는 적용하지 않는다.
(4) 화물창의 상부라 함은 톱 사이드와 내측 외판 또는 외판과의 연결부 보다 상부에 있는 구역에 해당한다. 톱 사이드 탱크가 없는 경우, 화물창 상부는 화물창 높이의 상부 1/3에 해당한다.
(5) 수평부재라 함은 수평선에 대하여 20° 이하의 각을 이루는 부재를 뜻한다
(6) 파이프 터널 위치의 선측 외판에 대한 부식 추가는 해수 밸러스트 탱크로서 간주하여야 한다.
(7) 정상(normal) 밸러스트 흘수와 강도계산용 흘수 사이의 선측외판은 0.5mm 만큼 증가시킨다.</td></tr>
</table>

제 4 절 한계 상태

1. 일 반

1.1 일반 원리

1.1.1
표 1에 보인 구조강도 평가는 현행 규칙 요건에서 다루어 지는 것이다.

표 1: 구조강도 평가

		항복 검토	좌굴 검토	최종강도 검토	피로 검토
국부부조	일반 보강재	✓	✓	✓ (1)	✓ (2)
	면외 압력을 받는 판	✓	✓	✓ (3)	-
1차 지지부재		✓	✓	✓	✓ (2)
선체 거더		✓	✓ (4)	✓	-

(비 고) ✓ 는 구조평가가 수행되어야 함을 나타낸다.
(1) 보강재의 최종강도 검토는 보강재의 좌굴검토에 포함된다.
(2) 보강재 및 1차 지지부재의 피로검토라 함은 이들 부재의 연결상세에 대한 것을 말한다.
(3) 판의 최종강도 검토는 판의 항복검토 식에 포함된다.
(4) 선체거더 강도에 기여하는 보강재 및 판의 좌굴검토는 선체거더 굽힘모멘트 및 전단력으로 인한 응력에 대하여 수행한다.

1.1.2
침수조건에서의 선체구조 강도를 평가하여야 한다.

1.2 한계 상태

1.2.1 사용성 한계 상태
통상 사용에 관련한 사용성 한계상태는 다음을 포함한다.

- 구조의 사용 수명을 단축시키거나 구조부재의 효율 혹은 외관에 나쁜 영향을 주는 국부 손상
- 구조부재의 효율적인 사용 및 외관 또는 의장품의 기능발휘에 악영향을 주는 허용할 수 없는 변형

1.2.2 최종 한계상태
최대 하중부담 능력 또는 어떤 경우에는 최대 적용 가능한 변형률 혹은 변형에 대응하는 최종 한계상태는 다음을 포함한다.

- 파단이나 과도한 변형으로 인한 단면, 부재 혹은 연결부의 최대 저항 능력의 한계 도달
- 전체 혹은 일부 구조의 구조불안정성(좌굴)

1.2.3 피로 한계상태
피로한계상태는 주기적인 하중으로 인한 파손 가능성에 관련이 있다.

1.2.4 사고 한계상태
사고한계상태는 다른 구획으로의 침수 진전 없는 임의의 한 화물창 침수를 고려하며, 다음을 포함한다.

- 선체거더의 최대 하중 부담 능력
- 이중저 구조의 최대 하중 부담 능력
- 격벽 구조의 최대 하중부담 능력

전체(entire) 보강 패널의 최종강도 평가에 있어서, 임의의 한 화물창의 한 구조 부재의 우발적인 단일 파손을 고려하여야 한다.

2. 강도 기준

2.1 사용성 한계상태

2.1.1 선체거더
선체거더의 항복 검토에 대하여, 응력은 확률 수준 10^{-8} 의 하중에 대응한다.

2.1.2 판
1차 지지부재를 구성하는 판의 항복 및 좌굴 검토에 대하여, 응력은 확률 수준 10^{-8} 의 하중에 대응한다.

2.1.3 일반 보강재
일반 보강재의 항복 검토에 대하여, 응력은 확률 수준 10^{-8} 의 하중에 대응한다.

2.2 최종 한계상태

2.2.1 선체거더
선체거더의 최종강도는 확률 수준 10^{-8} 의 수직굽힘모멘트와 부분 안전계수를 곱하여 얻는 최대 수직굽힘 모멘트에 견디는 것이어야 한다.

2.2.2 판
일반 보강재 및 1차 지지부재 사이의 판의 최종강도는 확률 수준 10^{-8} 의 하중에 견디는 것이어야 한다.

2.2.3 일반 보강재
일반 보강재의 최종강도는 확률 수준 10^{-8} 의 하중에 견디는 것이어야 한다.

2.3 피로 한계상태

2.3.1 구조 상세
일반 보강재와 1차 지지부재의 연결부와 같은 대표적인 구조상세의 피로수명은 확률 수준 10^{-4} 의 참조 압력으로부터 구한다.

2.4 사고 한계상태

2.4.1 선체거더

화물창 침수 조건에서의 선체거더 종강도는 **5장 2절**에 따라 평가하여야 한다.

2.4.2 이중저 구조

화물창 침수 조건에서의 이중저 구조는 **6장 4절**에 따라 평가하여야 한다.

2.4.3 격벽구조

화물창 침수 조건에서의 격벽구조는 **6장 4절**에 따라 평가하여야 한다.

3. 충격하중에 대한 강도 검토

3.1 일 반

3.1.1

선수선저 슬래밍, 선수 플래어 슬래밍 및 그랩 낙하와 같은 충격하중에 대한 구조응답은 하중면적, 하중크기 및 격자 구조에 의존한다.

3.1.2

격자를 구성하는 구조부재, 즉 일반 보강재와 1차 지지부재 사이의 판 및 부착판을 고려한 일반 보강재의 최종강도는 가해지는 최대 충격하중에 견디는 것이어야 한다.

제 5 절 부식 방지

1. 일 반

1.1 보호해야 할 구조

1.1.1
모든 해수 밸러스트 탱크, 화물창 및 밸러스트 선창은, 각각 **[1.2], [1.3]** 및 **[1.4]**에 따라 설치된 부식 방지 시스템을 가져야 한다.

1.1.2
보이드스페이스인 이중선측 공간은 **[1.2]**에 따라 도장하여야 한다.

1.1.3
연료유 수송을 목적으로 하는 공간의 내부 면에 대하여는 부식방지 도장이 요구되지 않는다

1.1.4
특히 비접근성 때문에 검사 및 보수유지가 실용적으로 쉽지 않은 선박의 양단에서, 일반적으로 좁은 공간은 효율적인 보호 물질로 채워야 한다

1.2 보이드스페이스인 이중선측 공간 및 해수 밸러스트 탱크의 보호

1.2.1
모든 전용 해수 밸러스트 탱크 및 보이드스페이스인 이중선측 공간은, 제조자의 권고에 따라 적용되는 경화 보호도장 또는 이와 동등한 효율적인 부식 방지 시스템을 가져야 한다.
도장은 밝은 색, 즉 녹과 쉽게 구분되어 검사를 촉진하도록 하는 색깔이어야 한다.
적절한 경우, **[2]**에 따라 설치되는 전기 방식용 양극을 또한 사용할 수 있다.

1.2.2
개정된 SOALS 규칙 II-1/3-2이 채택된 이후에 건조(SOLAS 에서 정의한 용골 거치 또는 유사한 건조 단계에 있는)되는 선박에 대하여, IMO 의 “밸러스트 탱크 및 보이드스페이스에 대한 보호 도장에 대한 성능기준”의 적용이 강제화되며, 개정된 SOALS 규칙의 적용을 받는 내부 구획의 도장은 IMO 의 도장 성능기준을 만족하여야 한다.
IMO 결의 A.798(19) 및 IACS UI SC 122에 따라, 도장의 선택, 사양 및 검사 계획을 포함하는 도장 시스템의 선택은, 건조 시작 전에 우리 선급과 협의하여, 조선소, 도장 시스템 공급자 및 선주 강에 합의되어야 한다. 이러한 구획의 도장 시스템 사양은 문서화되어야 하며, 이 문서는 우리 선급에 의하여 검증되어야 하고, 도장 성능 기준에 완전히 만족하여야 한다.
조선소는 관련한 표면 처리 및 적용 방법을 갖는 선택된 도장 시스템이 제조 과정 및 방법과 합치하는가를 입증하여야 한다.
조선소는 도장 검사원이 IMO 기준에서 요구하는 적절한 자질을 갖고 있음을 입증하여야 한다.

우리 선급의 입회 검사원은 도장 작업을 검증하지 않으며, 규정된 조선소 도장 절차가 준수되는가를 검증하기 위하여 도장 검사원의 보고서를 검토한다.

1.3 화물창 공간의 보호

1.3.1 도 장

계획된 화물, 특히 그 화물과 융화성을 위하여 적절한 도장을 선택하는 것은 건조자 및 선주의 책임이다

1.3.2 적 용

해치 코밍 및 창구 덮개의 모든 내부 및 외부 면, 그리고 내저판, 호퍼 탱크 경사판 및 하부 스툴 경사판을 제외한 화물창(선측 및 격벽)의 모든 내부 면은 제조자의 권고에 따라 적용되는 에폭시 종류 또는 이와 동등한 효율적인 보호 도장을 가져야 한다.

선측 및 횡격벽 구역은 각각 **[1.3.3]** 및 **[1.3.4]**에 따라 도장하여야 한다.

1.3.3 도장해야 하는 선측 구역

도장하여야 하는 면적은 다음의 내부 면이다.

- 내측 판
- 톱사이드 탱크 경사판의 내부 면
- 단일 선측 산적화물선의 선측 늑골 단부 브래킷 하방 또는 이중선측 산적화물선의 호퍼 탱크 상단 하방 300 mm 거리에 있는 호퍼탱크 경사판의 내부 면

이들 구역은 **그림 1**에 보인 바와 같다.

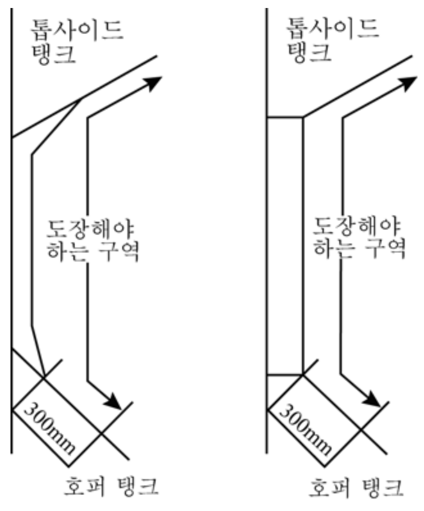


그림 1: 도장해야 하는 선측 구역

1.3.4 도장해야 하는 횡격벽 구역

도장해야 하는 횡격벽 구역은, 단일 선측 산적화물선의 늑골 단부 브래킷 하방 또는 이중 선측 산적화물선의 호퍼 탱크 상단 하방 300mm 거리에 위치하는 수평선 위의 모든 구역이다.

1.4 밸러스트 화물창 공간의 보호

1.4.1 적 용

해치 코밍 및 창구덮개의 모든 내부 및 외부 면, 그리고 밸러스트 화물창의 모든 내부 면은, 제조자의 권고에 따라 적용하는 에폭시 종류 또는 이와 동등한 유효한 보호 도장을 하여야 한다.

2. 전기 방식용 양극

2.1 일 반

2.1.1

양극은 강제 심(steel core)을 가져야 하고, 양극 지지대에 의하여 충분히 튼튼하게 부착되어야 한다. 양극 지지대는 쇠모된 후에도 양극을 지지하도록 설계되어야 한다.

삽입 강은 연속 용접에 의하여 구조에 부착하여야 한다. 대안으로서 잠금 너트를 갖는 최소 두개의 볼트를 사용한다면, 삽입 강은 볼트에 의하여 별도의 지지에 부착할 수 있다. 그러나 부착을 위한 다른 기계적 수단도 허용할 수 있다

2.1.2

양극의 각 단에서의 지지는 독립적인 이동 가능성이 있는 별도의 구조에 부착하지 않도록 한다

2.1.3

양극 삽입물 또는 지지대가 구조에 용접되는 경우, 용접은 매끄럽게 하여야 한다.

3. 내장판에 의한 내저판 보호

3.1 일 반

3.1.1

내저판 상의 내장판은, 설치되는 경우, **[3.2]** 및 **[3.3]**에 따른다

3.2 배 치

3.2.1

빌지 상부 및 내저판 상의 내장판을 형성하는 판자는 보수유지를 위한 접근을 허용할 수 있도록 쉽게 제거할 수 있어야 한다

3.2.2

이중저에 연료유 수송을 계획하고 있는 경우, 누설된 연료유의 빌지로의 배수가 촉진되도록 내저판 상 내장판은 배튼에 의하여 판보다 30 mm 높게 분리하여야 한다

3.2.3

이중저에 물 수송을 계획하고 있는 경우, 미리 적절한 보호 배치구성이 적용된다면 내저판 상 내장판은 판에 접하여 깔 수 있다

3.2.4
조선소는 내장판 부착이 이중저의 밀폐성을 손상시키지 않도록 주의하여야 한다

3.3 치 수

3.3.1
소나무인 경우, 내장 판자의 두께 60 mm 이상이어야 한다. 화물창구 아래에서는 내장판 두께를 15 mm 증가시킨다.

늑판 간격이 큰 경우, 내장판 두께는 각 경우에 따라 우리 선급이 고려할 수 있다.

제 6 절 구조배치 원칙

기호

이 절에서 정의하지 않은 기호에 대하여는 **4장 1절**을 참조한다.

b_h : 화물 창구의 폭(m)

ℓ_b : 단부 브래킷 자유변의 길이(m)

1. 적 용

이 절의 요건은 화물창 구역에 적용한다. 다른 구역에 대하여는 **9장 1절** 내지 **9장 4절**의 요건을 적용한다.

2. 일반 원칙

2.1 정 의

2.1.1 1차 프레임 간격

1차 프레임 간격(m)이라 함은 1차 지지부재 사이의 거리를 말한다.

2.1.2 2차 프레임 간격

2차 프레임 간격(mm)이라 함은 일반 보강재 사이의 거리를 말한다.

2.2 구조적 연속성

2.2.1 일 반

선박 중앙부로부터 선수미 양단으로의 치수 감소는 실행 가능한 한 점진적으로 이루어져야 한다.

늑골 방식이 변화하는 부근, 1차 지지부재 또는 일반 보강재의 연결부, 그리고 선수, 선미 및 기관실 구역의 양단부 위치 및 선루의 양단부 위치에서 구조적 연속성에 주의하여야 한다.

2.2.2 종강도 부재

종강도 부재는 강도의 연속성을 유지하도록 배치되어야 한다.

선체거더 종강도에 기여하는 강도 부재는 선박의 양단 쪽으로 충분한 거리에 걸쳐 연속적으로 연장시켜야 한다.

특히 화물창 구역에 걸쳐 연장되어 있는 수직 및 수평 1차 지지부재를 포함하는 종격벽의 연속성은 화물구역을 넘어서도 확보되어야 한다. 스카핑 브래킷이 가능한 수단이 된다.

2.2.3 1차 지지부재

1차 지지부재는 적절한 강도 연속성을 확보할 수 있도록 배치하여야 한다. 높이 또는 단면의 급격한 변화는 피하여야 한다.

2.2.4 일반 보강재

선체 거더 종강도에 기여하는 일반 보강재는 일반적으로, 1차 지지부재를 관통할 때 연속시켜야 한다.

2.2.5 판

판 두께 변화는 하중부담 방향으로 얇은 판 두께의 50%을 초과하여서는 아니 된다. 버트 용접의 개선은 **11장 2절 [2.2]**의 요건에 따라야 한다.

2.2.6 응력 집중

구조 불연속부에서 응력집중이 일어나는 경우, 응력집중을 감소시키도록 충분히 고려하고, 적절한 보상 및 보강을 하여야 한다.

실행 가능한 한 고응력 구역 부근에서는 개구를 회피하여야 한다.

개구가 배치되는 경우, 개구 형상은 응력집중이 허용 한계 내에 있도록 하여야 한다.

개구는 매끈한 가장자리를 갖고 충분한 곡을 갖도록 하여야 한다.

용접 연결부는 응력집중이 일어날 수 있는 곳으로부터 적절히 떨어져야 한다.

2.3 고장력 강과의 연결

2.3.1 고장력 강과의 연결

선체구조에서 다른 강도의 강이 섞여있는 경우, 고장력 강과 인접한 저장력 강에서의 응력에 적절한 고려를 하여야 한다.

저장력 강인 보강재가 고장력 강인 1차 지지부재의 지지를 받는 경우, 1차 지지부재의 변형으로 인한 보강재의 과도응력이 발생하지 않도록 1차 지지부재의 강성과 치수에 적절한 고려를 하여야 한다.

갑판 및 선저 구조에 고장력 강을 사용하는 경우, 해치코밍, 거터바, 갑판개구의 보강, 빌지킬 등과 같은 종강도에 기여하지 않으면서 강력 갑판, 선저 판 또는 빌지 판에 용접하는 부재들은 같은 고장력 강으로 제작하여야 한다. 해치코밍, 스트링거 및 거더와 같은 선체거더 종강도에 기여하는 1차부재의 웨브에 용접하는 불연속 종통 보강재에 대하여도 마찬가지이다.

3. 판

3.1 판의 구조적인 연속

3.1.1 삽입 판

삽입판에 의하여 판 두께의 국부적인 증가가 일반적으로 달성되는 경우, 삽입 판은 용접되는 판과 최소한 동급인 품질(항복 및 강재 등급)의 강으로 제작하여야 한다.

4. 일반 보강재

4.1 보강재의 형상

4.1.1 구평강 단면을 갖는 보강재 형상

구평강은 조립단면과 등가단면으로 취할 수 있다. 등가 L 형 단면의 치수(mm)는 다음 식으로부터 구한다.

$$h_w = h'_W - \frac{h'_W}{9.2} + 2$$

$$b_f = \alpha\left(t'_W + \frac{h'_W}{6.7} - 2\right)$$

$$t_f = \frac{h'_W}{9.2} - 2$$

여기서,

h'_W 및 t'_W : **그림 1**에 보인 구평강의 높이 및 순 두께(mm)

α : 다음 식으로 주어지는 계수

$$\alpha = 1.1 + \frac{(120 - h'_W)^2}{3000} \quad , h'_W \le 120 \text{ 인 경우}$$

$$\alpha = 1.0 \quad , h'_W > 120 \text{ 인 경우}$$

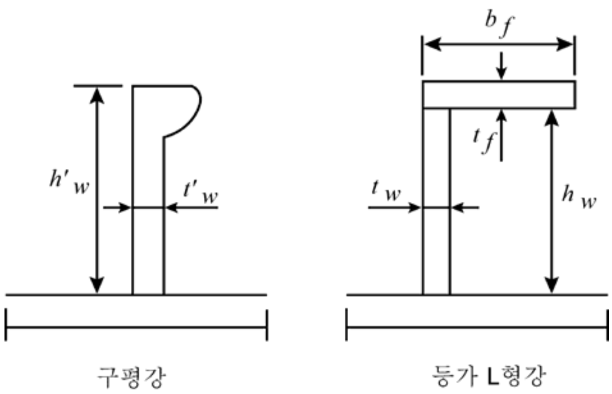


그림 1: 보강재의 치수

4.2 일반 보강재의 스팬

4.2.1 일반 보강재

일반 보강재의 스팬 ℓ 은 **그림 2**와 같이 잰다. 곡이 있는 보강재에 대하여는 스팬은 곡을 따라 잰다.

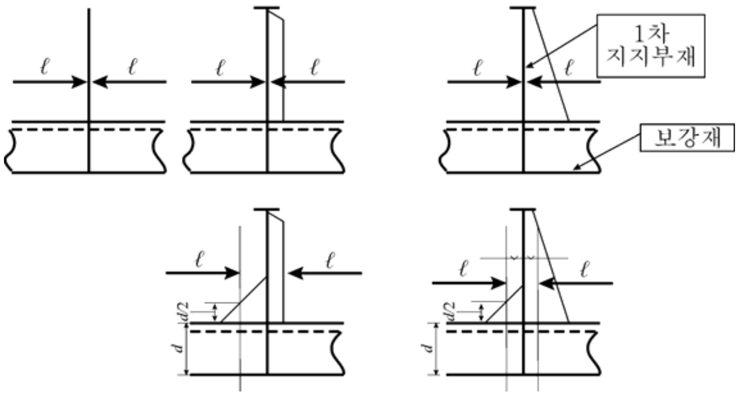


그림 2: 일반 보강재의 스팬

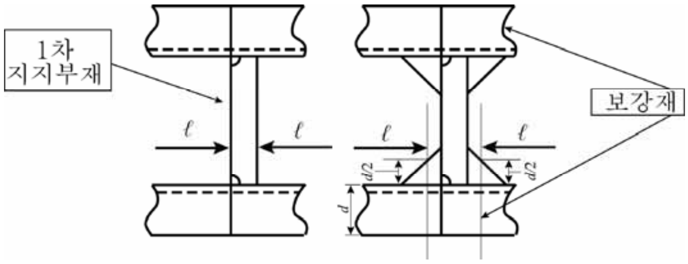


그림 3: 이중 선각 내의 일반 보강재의 스팬

4.2.2 이중 선각 내의 일반 보강재

이중 선각 내에 설치하는 일반 보강재의 스팬 ℓ 은, 즉 1차 지지부재의 웨브가 면재로서 작용하는내측 선각 및 외판과 연결되어 있는 경우, **그림 3**과 같이 잰다.

4.2.3 스트럿으로 지지되는 일반 보강재

길이가 120 m 를 넘는 선박에서는 스트럿으로 지지되는 일반 보강재의 배치는 피해야 한다.

1차 지지부재 사이의 중간에 설치하는 한 개의 스트럿으로 지지하는 일반 보강재의 스팬 ℓ 은 $0.7\ell_2$ 로 잡는다.

1차 지지부재 사이에 두개의 스트럿이 설치되는 경우, 일반 보강재의 스팬 ℓ은 $1.4\ell_1$ 및 $0.7\ell_2$ 중 큰 값으로 한다.

ℓ_1 및 ℓ_2 은 **그림 4** 및 **5**에 정의한 스팬이다.

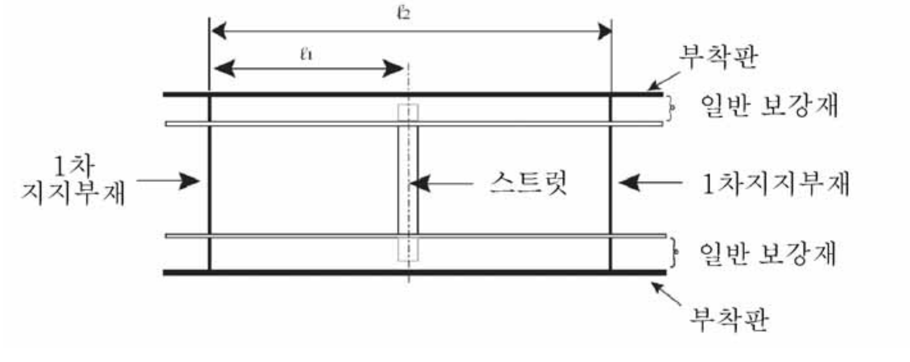


그림 4: 한 개의 스트럿을 갖는 일반 보강재의 스팬

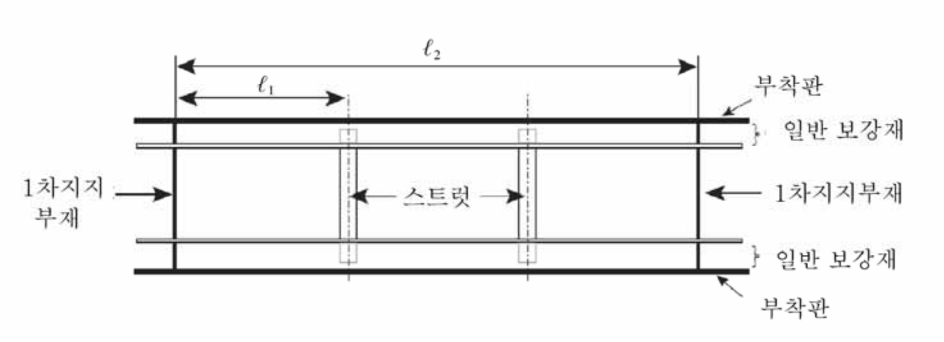


그림 5: 두개의 스트럿을 갖는 일반 보강재의 스팬

4.3 부착 판

4.3.1 항복 검토를 위한 유효 폭

일반 보강재의 항복 검토를 위하여 실제 순 단면계수에서 고려하는 부착 판의 유효 폭 b_p (m)은 다음 식으로부터 구한다.

1. 판이 일반 보강재의 양측으로 연장된 경우

   $b_p = 0.2\ell$

   $b_p = s$

   두 값 중 작은 값으로 한다.

2. 판이 일반 보강재의 한 측으로만 연장되어 있는 경우(즉 개구의 경계를 이루는 일반 보강재)

   $b_p = 0.5s$

   $b_p = 0.1\ell$

   두 값 중 작은 값으로 한다.

4.3.2 좌굴 검토를 위한 유효 폭

일반 보강재의 좌굴 검토를 위한 부착 판의 유효 폭은 **6장 3절 [4.1]**에 따른다.

4.4 일반 보강재의 기하학적 특성

4.4.1 일 반

단면 2차 모멘트, 단면계수, 전단 면적, 웨브 판의 세장비 등과 같은 보강재의 기하학적 특성은 **3장 2절**에 따른 순 두께에 기초하여 계산한다.

4.4.2 부착 판에 직각이 아닌 보강재

보강재의 실제 단면계수는 부착 판에 평행한 축에 관하여 계산하여야 한다.

보강재가 부착 판에 직각이 아닌 경우, 실제 순 단면계수(cm^3)는 다음 식으로부터 구한다.

$w = w_0 \sin\alpha$

여기서,

w_0 : 부착 판에 수직이라고 가정한 보강재의 실제 순 단면계수(cm^3)

α : 그림과 같이 보강재 웨브와 부착판 사이의 각도(degrees)로서, 50 도 보다 작게 취하여서는 아니 된다.

수정은 α가 50도 와 75도 사이인 경우에 적용한다.

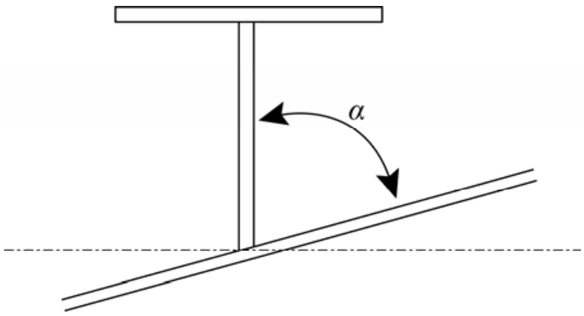


그림 6: 보강재와 부착 판 사이의 각도

보강재의 웨브와 부착 판 사이의 각도가 50도 미만인 경우, 트리핑 브래킷을 적당한 간격으로 설치하여야 한다. 만일 비대칭 보강재와 부착 판 사이의 각도가 50도 미만인 경우, **그림 7**과 같이 보강재의 면재는 큰 각(open bevel) 측에 설치하여야 한다.

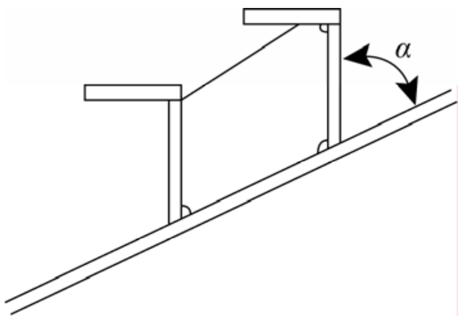


그림 7: 각도가 50 도 미만일 경우의 보강재 방향 결정

4.5 일반 보강재의 단부 연결부

4.5.1 일 반

일반 보강재가 1차 지지부재를 관통하여 연속하는 경우, 적절한 하중 전달을 확보하기 위하여 보강재를 웨브 판에 연결하여야 한다. **그림 8** 내지 **그림 11**에 연결부를 예시한다.

(a) (b)

그림 8: (a) 컬러 판이 없는 연결 (b) 종통재의 한측에서 보강재와의 연결

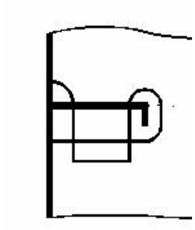


그림 9: 컬러 판을 가진 연결

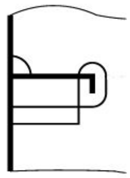


그림 10: 큰 컬러 판을 가진 연결

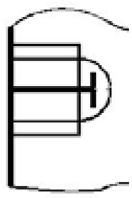


그림 11: 두 개의 큰 컬러 판을 가진 연결

4.5.2 보강재의 구조적 연속성

1차 지지부재 위치에서 일반 보강재가 잘리는 경우, 구조적 연속성을 확보하기 위하여 브래킷을 설치한다. 이 경우, 브래킷의 순 단면계수 및 순 단면적은 일반 보강재의 그 것 이상 이어야 한다.

브래킷의 최소 순 두께는 일반 보강재의 웨브 판에 대하여 요구되는 두께 이상이어야 한다.

다음의 한 경우에 해당하는 경우, 브래킷은 굽힘면재 또는 용접 면재를 가져야 한다.

- 브래킷의 순 두께(mm)가 $15\ell_b$ 미만인 경우, 여기서 ℓ_b 은 단부 브래킷 또는 브래킷의 자유 변의 길이(m)
- 브래킷의 긴 팔 길이가 800 mm 을 초과하는 경우

굽힘 변 또는 면재의 순 단면적(cm^2)은 $10\ell_b$ 이상이어야 한다.

4.5.3 단부 연결부

보강재의 단부 연결부는 1차 지지부재에 의하여 충분히 지지하여야 한다. 일반적으로 일반 보강재를 지지하기 위한 보강재나 브래킷을 설치하여야 한다.

보강재 관통용 슬롯이 컬러로 보강되어 있는 경우, 컬러는 1차 지지부재와 같은 재료이어야 한다.

일반 보강재를 지지하는 브래킷 또는 보강재는 구조적 연속성과 관련하여 충분한 단면적 및 단면 2차 모멘트를 가져야 하며, 피로강도와 관련하여 적절한 형상을 가져야 한다. 만일 일반 보강재를 지지하는 브래킷 또는 보강재를 설치하는 경우 혹은 피로강도를 고려한 특별한 슬롯 형상을 설치하는 경우, 우리선급은 슬롯에 대한 피로강도 평가를 요구한다.

5. 1차 지지부재

5.1 일 반

5.1.1

1차 지지부재는 적절한 강도 연속성이 확보되도록 배치하여야 한다. 높이 혹은 단면의 급격한 변화는 피하여야 한다.

5.1.2

1차 지지부재의 배치가 유한요소 해석, 피로평가 및 최종강도 평가의 결과에 기초하여 적절하다고 입증되는 경우, 1차 지지부재는 그러한 평가 결과에 따라 배치할 수 있다.

5.2 보강재 배치

5.2.1

1차 지지부재의 웨브 순 두께를 t (mm)라 할 때, 1차 지지부재의 웨브 높이가 $100t$ 보다 큰 경우에는 웨브를 보강하여야 한다.

일반적으로 1차 지지부재의 웨브 보강재는 $110t$ 이하의 간격으로 배치하여야 한다.

웨브 보강재 및 브래킷은, 부착되는 1차 지지부재의 최소 순 두께 이상이어야 한다.

전단응력이나 압축응력이 높다고 기대되는 트랜스버스 1차 지지부재의 크로스 타이 등과 의 연결부에서, 단부 브래킷 부근에는 추가 보강재를 설치하여야 한다. 이 부분은 개구를 가져서는 아니 된다. 이 부분에서의 일반 보강재 관통을 위한 슬롯은 컬러 판으로 보강하여야 한다.

보강재 깊이는 보강재 길이의 1/12 보다 커야한다.

5.2.2

면재에 용접되는 트리핑 브래킷(**그림 12** 참조)은 일반적으로 다음과 같이 설치한다.

- 일반 보강재의 매 4 간격마다, 다만 4 m 를 초과하여서는 아니 된다.
- 단부 브래킷의 끝단부에
- 곡률을 가진 면재에
- 크로스 타이 위치에
- 집중하중을 받는 위치에
- 단면이 변화하는 위치에

대칭 면재의 폭이 400 mm 보다 큰 경우, 트리핑 브래킷 위치에 이면 브래킷을 설치하여야 한다. 1차 지지부재의 면재가 웨브의 어느 한 측으로 180 mm 를 초과하는 경우, 트리핑 브래킷은 면재도 또한 지지하여야 한다.

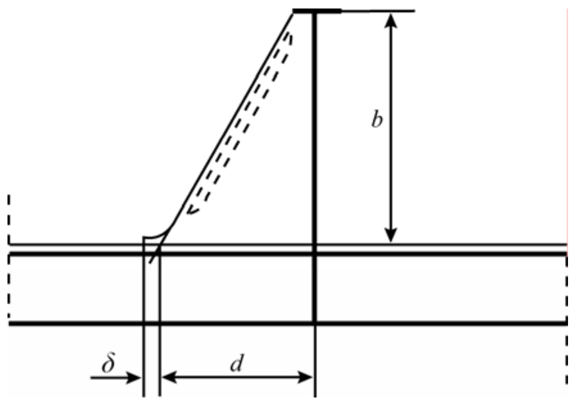


그림 12: 1 차 지지부재: 일반 보강재 위치의 웨브 보강재

5.2.3
빌지 호퍼 탱크 및 톱사이드 탱크 내의 트랜스버스 링과 같은 링 형사상을 제외하고, 1차 지지부재의 면재 폭은, 트리핑 브래킷이 **[5.2.2]**에 따라 배치되는 경우, 웨브 깊이의 1/10 이상이어야 한다.

5.2.4
트리핑 브래킷의 팔 길이(m)는 다음 중 큰 값 이상이어야 한다.

$d = 0.38b$

$d = 0.85\sqrt{\frac{s_t}{t}}$

여기서,

b : **그림 12**에 보인 트리핑 브래킷의 높이(m)

s_t : 트리핑 브래킷의 간격(m)

t : 트리핑 브래킷의 순 두께(mm)

5.2.5
$10\ell_b$ 보다 작은 순 두께를 갖는 트리핑 브래킷은 굽힘면재 또는 용접면재를 가져야 한다. 굽힘 변 또는 면재의 순 단면적(cm^2)은 $7\ell_b$ 이상이어야 한다. 여기서 ℓ_b 은 브래킷의 자유변의 길이(m)이다.
트리핑 브래킷의 높이나 폭이 3 m 보다 큰 경우에는, 브래킷 자유변과 평행하게 추가 보강재를 설치하여야 한다.

5.3 1차 지지부재의 스팬

5.3.1 정의
단부 브래킷이 없는 1차 지지부재의 스팬 ℓ(m)은 지지점 사이의 부재길이로 취한다. 단부 브래킷을 갖는 1차 지지부재의 스팬 ℓ(m)은, **그림 13(a)**에 보인 바와 같이 브래킷 깊이가 1차 지지부재 깊이의 반(1/2)과 같은 점 사이의 거리로 취한다.
그러나 **그림 13(b)**와 같이 1차 지지부재의 면재가 브래킷의 면재를 따라 연속인 곡선형 브래킷의 경우에는, 스팬은 브래킷 깊이가 1차 지지부재 깊이의 1/4 과 같은 점 사이의 거리로 취한다.

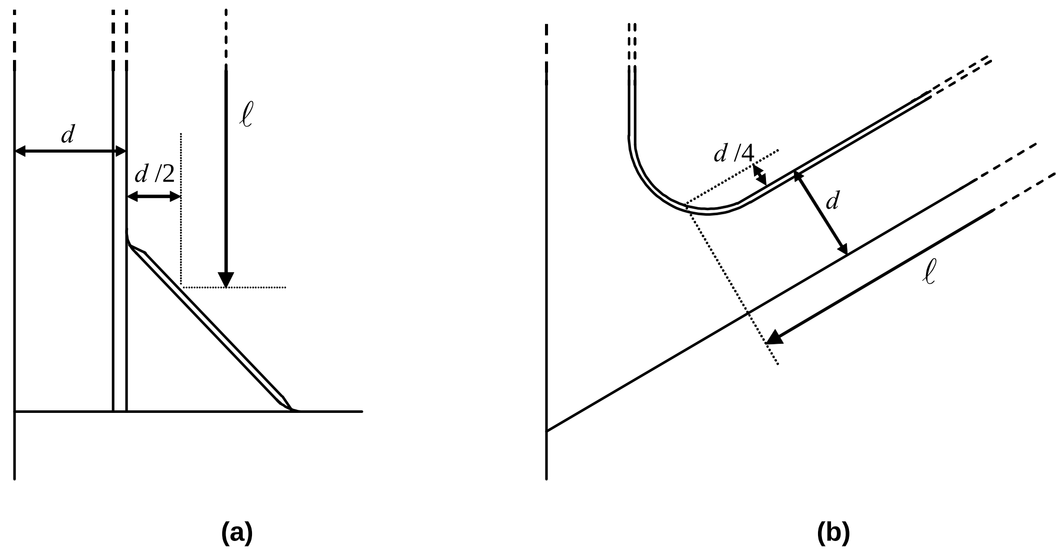


그림 13: 1 차 지지부재의 스팬

5.4 1차 지지부재의 유효 폭

5.4.1 일 반

항복 검토를 위하여 실제 순 단면계수에서 고려하는 1차 지지부재의 부착 판의 유효 폭은 인접한 1차 지지부재 사이의 평균 간격으로 취한다.

5.5 기하학적 특성

5.5.1 일 반

단면 2차모멘트, 단면계수, 전단 면적, 웨브 판의 세장비 등과 같은 1차 지지부재의 기하학적 특성은 **3장 2절**에서 규정한 순 두께에 기초하여 계산하여야 한다.

5.6 브래킷 단부 연결

5.6.1 일 반

1차 지지부재의 단부가 격벽, 내저판 등에 연결되는 경우, 모든 1차 지지부재의 단부 연결은 격벽, 내저판의 이면에 있는 유효한 지지부재에 의하여 균형을 이루어야 한다.

단부 브래킷의 안쪽 변 및 다른 1차 지지부재의 연결부에서는 1차 지지부재의 웨브 판 상에 트리핑 브래킷을 설치하여야 하며, 또한 이 트리핑 브래킷은 1차 지지부재를 유효하게 지지하도록 적당한 간격으로 설치한다.

5.6.2 브래킷의 치수

다른 규정이 없는 한, 일반적으로 브래킷의 팔 길이는 1차 지지부재의 스팬 길이의 1/8 이상이어야 한다. 양단에서 브래킷의 팔 길이는 실행 가능한 한 같아야 한다.

단부 브래킷의 높이는 1차 지지부재의 높이 이상이어야 한다. 단부 브래킷 웨브 순 두께는 1차 지지부재 웨브 판 두께 이상이어야 한다.

단부 브래킷의 치수는 단부 브래킷을 포함한 1차 지지부재의 단면계수가 스팬 중앙점에서의 1차 지지부재의 단면계수 이상이 되도록 하여야 한다.

단부 브래킷 면재의 폭(mm)은 $50(\ell_b+1)$이상 이어야 한다.

또한 면재의 순 두께는 브래킷 웨브 두께 이상이어야 한다.

단부 브래킷의 보강은 적절한 웨브 좌굴강도가 제공되도록 설계하여야 한다.

참고로서 다음을 적용할 수 있다.

- 길이 ℓ_b 가 1.5 m 보다 크면, 브래킷의 웨브를 보강하여야 한다.
- 웨브 보강재의 순 단면적(cm^2)은 16.5ℓ 이상이어야 한다. 여기서 ℓ 은 보강재의 스팬 (m) 이다
- 웨브 보강재의 횡 좌굴을 방지하기 위하여 트리핑 평강을 설치하여야 한다. 대칭 면재 폭이 400 mm 보다 큰 경우, 추가 브래킷을 설치하여야 한다.

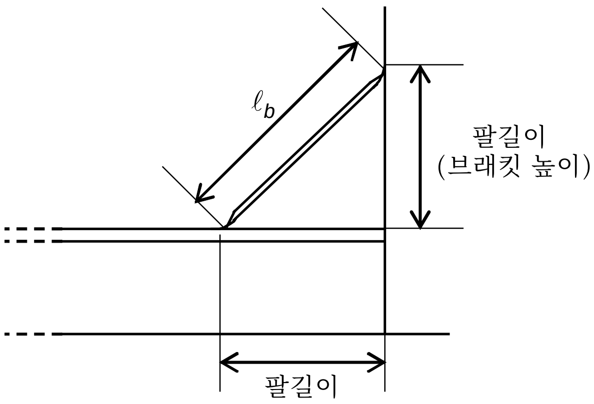


그림 14: 브래킷 치수

5.7 슬롯 및 개구

5.7.1

일반 보강재의 관통을 위한 슬롯은 가능한 한 작게 하여야 하며, 가장자리를 매끄럽게 하고 충분한 곡률을 주어야 한다. 슬롯 깊이는 1차 지지부재 깊이의 50% 이하로 하여야 한다.

5.7.2

1차 지지부재에 경감구멍과 같은 개구를 뚫는 경우, 면재 및 슬롯 코너로부터 등거리에 있게 배치하며, 일반적으로 그 높이는 웨브 높이의 20% 이하여야 한다.

자유 변을 갖는 경감 구멍이 있는 경우, 경감 구멍의 치수 및 위치는 일반적으로 **그림 15**에 보인 것과 같이 하여야 한다.

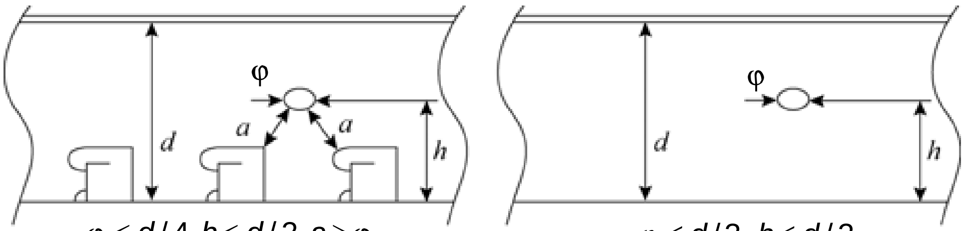


그림 15: 경감 구멍의 위치 및 치수

경감구멍을 브래킷 내에 뚫는 경우, 그 개구 주변으로부터 브래킷의 자유 변 면재까지의 거리는 경감구멍 직경 이상이어야 한다.

5.7.3

개구는 단부 브래킷의 끝 부근에 설치하여서는 아니 된다.

5.7.4

1차 지지부재 스팬의 0.5배 내의 중앙 부분에서, 개구 길이는 인접 개구들 사이의 거리 이하이어야 한다. 스팬의 양단부에서 개구 길이는 인접 개구들 사이 거리의 25% 이하이어야 한다.

5.7.5

1차 지지부재의 웨브에 큰 개구가 있는 경우(예를 들어, 이중저 내에 파이프 터널이 설치되는 경우), 개구 보강을 위하여 1차 지지부재의 부가(2차) 응력을 고려하여야 한다.

다음 식에 따라 구한 등가 순 전단면적을 1차 지지부재에 부여함으로써, 이러한 고려를 할 수 있다.

$$A_{sh} = \frac{A_{sh1}}{1 + \dfrac{0.0032\ell^2 A_{sh1}}{I_1}} + \frac{A_{sh2}}{1 + \dfrac{0.0032\ell^2 A_{sh2}}{I_2}}$$

여기서(**그림 16** 참조),

I_1, I_2 : 판에 평행한 중립축에 관한 각각 깊은 웨브 (1) 및 (2)의 순 관성 모멘트(cm^4)로서, 부착 판을 포함한다.

A_{sh1}, A_{sh2} : 각각 깊은 웨브 (1) 및 (2)의 순 전단면적(cm^2)으로서, 해당되는 경우 일반 보강재의 통과를 위한 슬롯 깊이만큼의 웨브 높이 감소를 고려한다.

ℓ : 깊은 웨브 (1) 및 (2)의 스팬(cm)

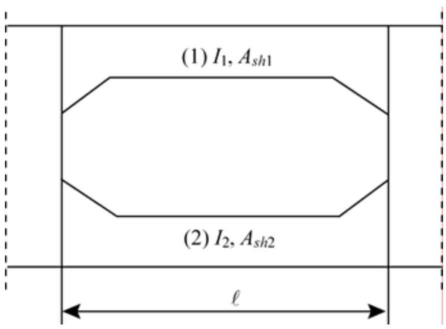


그림 16: 1 차 지지부재의 웨브 내의 큰 개구

6. 이중저

6.1 일 반

6.1.1 이중저 범위

Ref. SOLAS II-1, Part B, Reg. 12-1

이중저는 선수격벽으로부터 선미격벽까지 설치하여야 한다.

6.1.2 늑골 방식

길이 120 m 를 넘는 선박에 대하여 최소한 화물창 구역 내에서는 선저, 이중저 및 호퍼탱크의 경사판은 종늑골 방식으로 하여야 한다. 늑판 및 이중저 거더의 간격은 늑골 간격에 의하여 지배될 뿐 아니라 절대값 요건도 또한 **[6.3.3]** 및 **[6.4.1]**에 규정되어 있다.

6.1.3 이중저 높이

달리 규정하지 않는 한, 이중저 높이는 $B/20$ 혹은 2 m 중 작은 값 이상이어야 한다.

이중저 높이가 변화하는 경우, 일반적으로 그 변화는 적절한 길이에 걸쳐 점진적으로 이루어져야 하며, 내저판의 너클은 실체 늑판 부근에 위치하여야 한다.

이것이 불가능할 경우, 부분 거더, 종방향 브래킷 등과 같은 너클에 걸친 적절한 종방향 구조를 설치하여야 한다.

6.1.4 이중저 치수

이중저 폭은 그림 17과 같이 취한다.

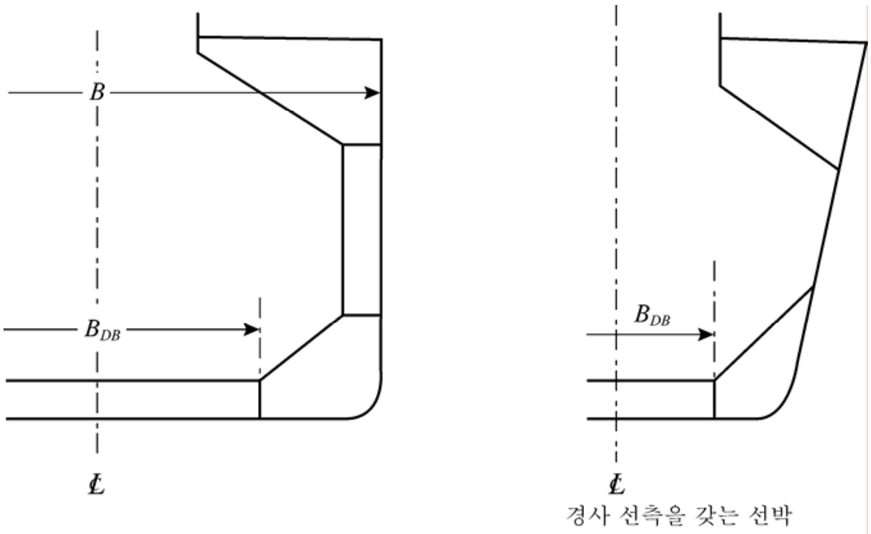


그림 17: 이중저 폭

6.1.5 도킹

선저는 선박 입거로 인한 하중을 견딜 수 있는 충분한 강도를 가져야 한다.

도킹 브래킷이 실체 늑판 사이에 설치되고 중심선 거더와 선저 판을 연결하는 경우, 도킹 브래킷은 인접한 선저 종통 보강재에 연결시켜야 한다.

6.1.6 강도의 연속

늑골 방식이 종식에서 횡식으로 변화하는 경우, 추가 거더 혹은 늑판에 의하여 강도 연속성을 특별히 유의하여야 한다. 이러한 늑골 방식 변화가 중앙부 $0.6L$ 내에서 일어나는 경우, 일반적으로 내저판은 경사판에 의하여 연속성을 유지시켜야 한다.

일반적으로 선저 및 내저 종통 일반 보강재는 늑판을 관통하여 연속되어야 한다.

호퍼탱크가 설치되어 있는 경우, 경사판의 하부 판의 실제 순 두께 및 항복응력은 연결되어 있는 내저판의 값들 이상이어야 한다.

6.1.7 보 강

주기관 및 추진기 시트 하부와 같이 집중하중이 예상되는 경우, 선저는 국부적으로 보강하여야 한다.

매 필러, 격벽 보강재의 단부 브래킷 끝 및 격벽 하부스툴의 경사판 하부에는 거더 및 늑판을 설치하여야 한다. 거더 및 늑판이 설치되지 않는 경우, 추가적인 1차 지지부재 또는 지지 브래킷에 의하여 적절한 보강이 제공되어야 한다.

고형 밸러스트가 설치되는 경우, 확실히 위치시켜야 한다. 필요하다면, 이러한 목적으로 중간 늑판을 요구할 수 있다.

6.1.8 맨홀 및 경감구멍

원칙적으로 접근성 및 통풍 확보를 위하여 늑판 및 거더에는 맨홀 및 경감구멍을 설치한다.

이중저의 모든 부분의 용이한 접근 및 방해 받지 않는 통풍을 확보하도록 하면서, 내저판의 맨홀 수는 최소한으로 하여야 한다.

필러 힐(heel) 하부의 거더 및 늑판에서, 맨홀을 시공하지 않는다.

6.1.9 공기구멍 및 배수구멍

늑판 및 거더에는 공기 및 배수 구멍을 설치하여야 한다.

실행 가능한 한 공기 구멍은 내저판 가까이 뚫고, 배수구멍은 선저판 가까이 뚫어야 한다.

유효한 밸러스트수 교환이 이루어지고 밸러스트 수를 완전히 채우고 비울 수 있도록, 공기 및 배수 구멍을 설계하여야 한다.

6.1.10 내저판의 배수

내저판으로부터의 배수를 위하여 유효한 배치가 제공되어야 한다. 배수를 위한 웰이 설치되어 있는 경우, 그러한 웰의 연장은 이중저 높이의 1/2 이하이어야 한다.

6.1.11 타격 판

측심 봉으로 인한 바닥 판의 손상을 방지하기 위하여 측심관 하부에는, 적절한 두께의 타격판 또는 동등한 배치를 제공하여야 한다.

6.1.12 덕트 킬

덕트 킬이 배치되는 경우, 중심선 거더는 일반적으로 3 m 이하의 간격으로 배치되는 두개의 거더로 대치할 수 있다.

덕트 킬 거더의 충분한 연속성이 확보되도록 늑판 부근의 구조를 배치한다.

6.2 용 골

6.2.1

용골의 폭(m)은 다음 식으로 구한 값 이상이어야 한다.

$b = 0.8 + L / 200$

6.3 거 더

6.3.1 중심선 거더

중심선 거더는 화물창 지역 내에 걸쳐 있어야 하고, 선수 및 선미 쪽으로 실행 가능한 한 멀리 연장하여야 하며, 선박 전 길이 내에서 구조 연속성을 가져야 한다.

이중저 구획이 연료유 , 청수 또는 밸러스트 수의 수송에 사용되는 경우, 중심선 거더는 수밀이어야 한다. 다만 양단의 좁은 폭 탱크의 경우나 중심선으로부터 $0.25B$ 내에 다른 수밀 거더가 설치되어 있는 경우에는 예외로 한다.

6.3.2 측 거더

측 거더는 화물창 지역의 평행부 내에 걸쳐있어야 하고, 실행 가능한 한 화물창 지역의 전후로 멀리 연장하여야 한다.

6.3.3 간격

인접한 거더 간의 간격은 일반적으로 4.6 m 또는 선저 혹은 내저 종통 일반 보강재 간격의 5배 중 작은 값 이하이어야 한다. 7장에 따른 해석결과에 따라 더 큰 간격을 허용할 수 있다.

6.4 늑판

6.4.1 간격

늑판의 간격(m)은 일반적으로 3.5 m 또는 설계자가 정한 늑골 간격의 4배 중 작은 값 이하 이어야 한다. 7장에 따른 해석결과에 따라 더 큰 간격을 허용할 수 있다.

6.4.2 횡격벽 부근의 늑판

하부 스툴을 갖는 횡격벽이 설치되는 경우, 하부 스툴의 양측과 일치시켜 실체 늑판을 설치하여야 한다. 하부 스툴을 갖지 않는 횡격벽이 설치되는 경우, 실체 늑판은 수직 파형 횡격벽의 양 플랜지와 일치시키거나 평면 횡격벽과 일치시켜야 한다.

지지 늑판 및 파이프 터널 보의 순 두께 및 재료특성은 횡격벽 판 또는 스툴이 설치된 경우에는 스툴 경사판에 요구되는 것 이상이어야 한다.

6.4.3 웨브 보강재

종통 일반 보강재 위치에서 웨브 보강재를 갖는 늑판을 설치하여야 한다. 웨브 보강재를 설치하지 않는 경우, 슬롯 및 종통 보강재의 연결부에 대한 피로강도 평가를 수행하여야 한다.

6.5 만곡부 외판(빌지 판) 및 빌지 킬

6.5.1 만곡부 외판(빌지 판)

빌지 부분에서 종통 보강재의 일부를 생략하는 경우, 실행 가능한 한 빌지 곡선부 가까이에 종통 보강재를 설치하여야 한다.

6.5.2 빌지 킬

빌지 킬은 외판에 직접 용접하여서는 아니 된다. 매개 평강(이중판)이 외판 위에 요구된다. 빌지 킬의 양단은 **그림 18**에 보인 바와 같이 스닙 혹은 큰 반경을 갖도록 한다. 매개 이중판의 양단은 블록 연결선에 위치하여서는 아니 된다.

빌지 킬 및 매개 이중판은 만곡부 외판과 같은 항복응력을 갖는 강으로 하여야 한다. 길이가 0.15L 을 넘는 빌지 킬은 만곡부 외판과 같은 등급의 강으로 하여야 한다.

매개 이중판의 순 두께는 만곡부 외판과 같게 하여야 한다. 그러나 일반적으로 이 두께는 15 mm 보다 클 필요는 없다. 빌지 킬 내에 스캘롭을 시공하여서는 아니 된다.

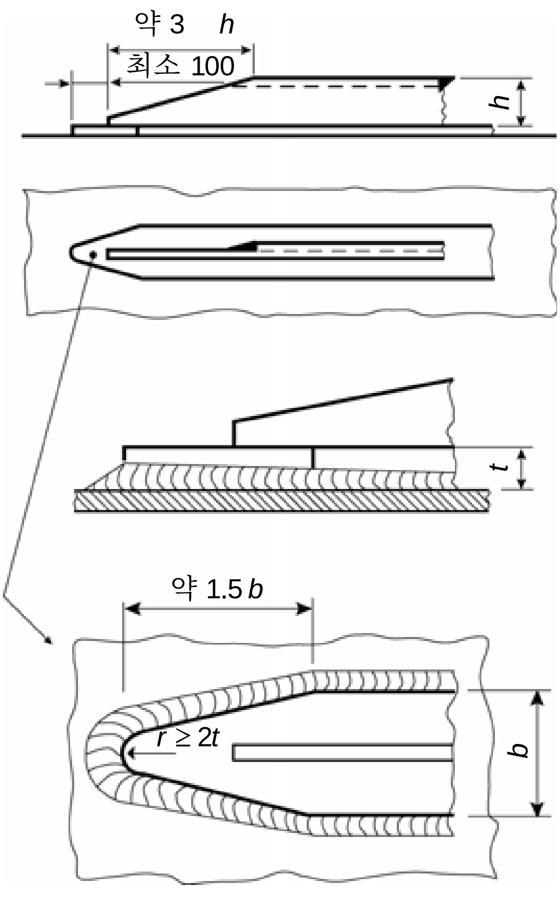


그림 18: 빌지 킬 배치 예

7. 이중 선측구조

7.1 적 용

7.1.1

이 규정은 종 혹은 횡식으로 보강된 선측구조에 적용한다.

횡식 선측 구조는 가능하면 수평 선측거더가 지지하는 횡 늑골식 구조로 한다.

종식 선측구조는 수직 1차 지지부재가 지지하는 종통 일반 보강재 구조로 한다.

일반적으로 호퍼 및 톱사이드 탱크 내의 선측은 종 늑골식으로 한다. **[6.1.2]** 및 **[9.1.1]**에 따라 각각 이중저 및 갑판에 대하여 횡 늑골식이 허용되는 경우, 횡 늑골식으로 할 수 있다.

7.2 설계 원칙

7.2.1

이중선측 구역이 보이드스페이스인 경우, 이 구역의 경계를 이루는 구조 부재는 **6장**에 따라 해수 밸러스트 탱크로서 구조설계가 되어야 한다. 이 경우 대응하는 공기관은 선측에서 건현갑판 상 0.76m 연장된 것으로 고려하여야 한다.

부식 추가에 대하여는 이 구역은 여전히 보이드스페이스로서 고려한다.

7.3 구조 배치

7.3.1 일 반

이중 선측 구조는 이중 선측 내에 웨브 프레임 및 선측 스트링거를 설치하여 완전히 보강하여야 한다.

화물구역을 넘어서도 스트링거를 포함한 내측 구조의 연속성이 확보되어야 한다. 스카핑 브래킷의 설치가 가능한 수단이 된다.

7.3.2 1차 지지부재의 간격

횡식 구조의 경우, 횡 선측 1차 지지부재의 간격은, 일반적으로 늑골 간격의 3배 이하이어야 한다.

7장에 따른 화물창의 1차 지지부재의 해석결과에 따라, 더 큰 간격을 허용할 수 있다.

안전 접근을 위한 요건을 만족하는 적합한 구조 부재가 제공되지 않는 경우, 이중 선측의 수평 1차부재 사이의 수직거리는 6 m 를 초과하여서는 아니 된다.

7.3.3 1차 지지부재 설치

톱사이드 및 호퍼 탱크 내의 웨브 프레임과 일치시켜 횡 선측 1차 지지부재를 설치하여야 한다. 그러나 톱사이드 웨브 프레임에 대하여 이러한 것이 실제적이지 못한 경우, 톱 사이드 구역에 이중선측 웨브 프레임과 일치시켜 큰 브래킷을 설치하여야 한다.

선측 공간의 횡격벽은 화물창 횡격벽과 일치시켜 배치하여야 한다.

해치 단부 보 근처에 수직 1차 지지부재를 설치하여야 한다.

다른 규정이 없다면, 선수격벽의 후방 선수 단으로부터 $0.2L$ 후방까지 선수탱크 거더와 일치시켜 수평 선측거더를 설치하여야 한다.

7.3.4 횡 일반 보강재

이중 선측의 높이 범위 내에서 외판 및 내측 판의 횡 일반 보강재는 연속이어야 하며, 단부 브래킷 연결로 설치하여야 한다. 횡 일반 보강재는 유효하게 스트링거에 연결하여야 한다. 횡 일반 보강재의 상하 단에서, 마주보는 외판 및 내측 판의 횡 일반 보강재 및 지지 스트링거 판은 브래킷으로 연결하여야 한다.

7.3.5 종 일반 보강재

외판 및 내측 판의 종통 일반 보강재가 설치되어 있는 경우, 이 보강재는 화물창 지역의 평행부 길이 내에서 연속이어야 하며, 화물창 격벽과 일치시켜 횡격벽 부근에서 이중선측 브래킷을 갖고 설치되어야 한다. 이러한 종통 보강재는 이중선측 구조의 횡 웨브 프레임에 유효하게 연결시켜야 한다. 화물창 지역의 평행부 밖에 있는 외판 및 내측 판의 종통 일반 보강재에 대하여는 구조 연속성에 특히 주의하여야 한다.

7.3.6 현측 후판

현측 후판의 폭(m)은 다음 식으로부터 구한 값 이상이어야 한다.

$b = 0.715 + 0.425L/100$

현측 후판은 강력갑판의 스트링거 판에 용접하든지 굽힘 형식으로 할 수 있다.

현측 후판이 굽힘 형식인 경우, 그 반경(mm)은 $17t_S$ 이상이어야 하며, t_S 는 현측 후판의 순 두께(mm)이다.

현측 후판과 갑판의 연결이 용접 형식인 경우 필릿 용접은 완전 용입 혹은 깊은 용입 용접으로 할 수 있다.

용접 형식인 현측 후판의 상판은 둥글게 가공하여 노치가 없어야 한다. 불워크, 아이 플레이트와 같은 부착물은 선수미 부분을 제외하고는, 현측 후판의 상단부에 직접 용접하여서는 아니 된다.

굽힘 형식 현측 후판의 종방향 이음용접(seam welds)은, 현측 후판의 최대 순 두께의 5배 이상의 거리를 두고 굽힘 구역 밖에 위치시켜야 한다.

선박의 양단에서 선루 배치와 관련하여, 굽힘 형식 현측 후판으로부터 각진 현측 후판으로의 변환부는 설계에 주의하여 어떠한 불연속도 없어야 한다.

7.3.7 판 연결

내측 판 및 내저 판이 연결되는 위치에서는, 응력집중이 일어나지 않도록 구조 배치를 하여야 한다.

내측 판의 너클은, 너클과 일치시켜 설치된 일반 보강재 혹은 동등 수단에 의하여 적절히 보강하여야 한다.

호퍼 탱크 판와 내측 판 및 내저 판과의 연결은 1차 지지부재에 의하여 지지되어야 한다.

7.4 종식 늑골 형식의 이중선측

7.4.1 일 반

이중 선측의 폭이 단절되거나 변하는 곳에서는 적절한 강도 연속성을 확보하여야 한다.

7.5 횡식 늑골 형식의 이중선측

7.5.1 일 반

선측 및 내측 횡 늑골은 스트럿에 의하여 연결할 수 있다. 스트럿은 일반적으로 수직 브래킷으로 횡 늑골에 연결한다.

8. 단일 선측구조

8.1 적 용

8.1.1

이 규정은 횡 늑골 형식의 단일 선측구조에 적용한다.

단일 선측구조가 횡 및 종 1차 지지부재에 의하여 지지되는 경우, 이중선측의 1차 지지부재로 간주하여 상기 **[7]**의 규정을 적용한다.

8.2 일반 배치

8.2.1

선측 늑골은 매 늑골 간격마다 배치하여야 한다.

공기관이 화물창을 통과하는 경우, 이 공기관은 기계적인 손상을 피할 수 있도록 적절한 수단으로 보호되어야 한다.

8.3 선측 늑골

8.3.1 일 반

늑골은 상단 및 하단에 일체형 브래킷을 갖는 대칭 단면으로 제작하며 소프트 토우를 배치한다.

단부 브래킷과의 연결부에서 선측 늑골의 면재는 너클이 아닌 곡선으로 하여야 한다. 곡률은 다음 식으로 주어지는 r (mm)이상이어야 한다.

$$r = \frac{0.3 b_f^2}{t_f + t_s}$$

여기서,

t_s : **3장 3절**에 따르는 부식 추가(mm)

b_f 및 t_f : 곡선 면재의 폭 및 순 두께(mm). 면재의 단부는 스닙한다.

190 m 미만의 선박에서는, 연강 늑골은 분리 브래킷을 갖는 비대칭 단면으로 할 수 있다. 양단에서 브래킷의 면재는 스닙하여야 한다. 브래킷은 소프트 토우를 갖도록 배치한다.

선측 늑골의 치수는 **그림 19**에 따른다.

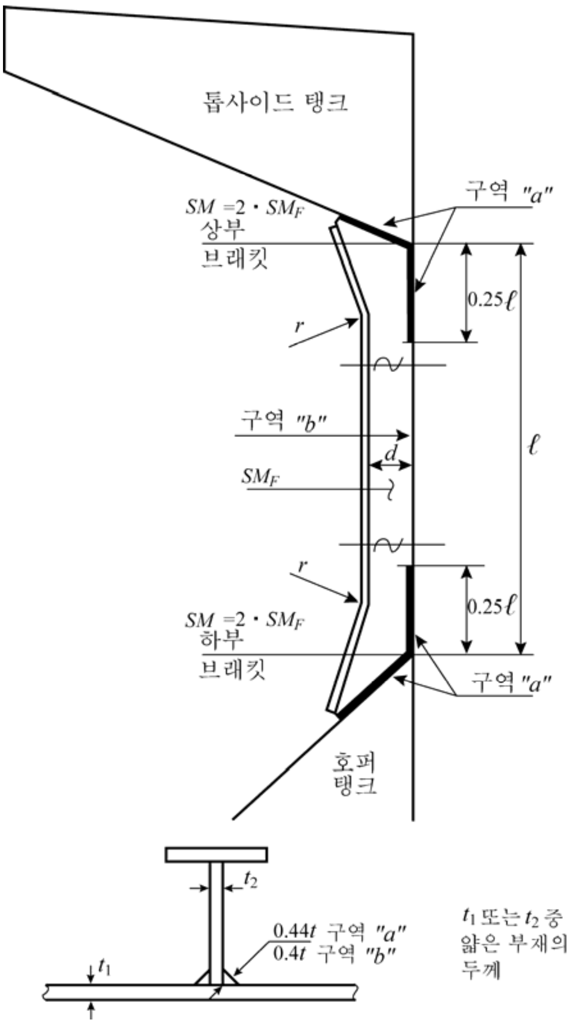


그림 19: 선측 늑골 치수

8.4 상부 및 하부 브래킷

8.4.1

양단에서 브래킷의 면재는 스닙시켜야 한다.

브래킷은 소프트 토우를 갖도록 배치하여야 한다.

브래킷의 건조 두께는 연결되는 선측늑골의 웨브의 건조 두께 이상이어야 한다.

8.4.2

하부 및 상부 브래킷의 치수(특히 높이 및 길이)는 **그림 20**에 보인 값 이상이어야 한다.

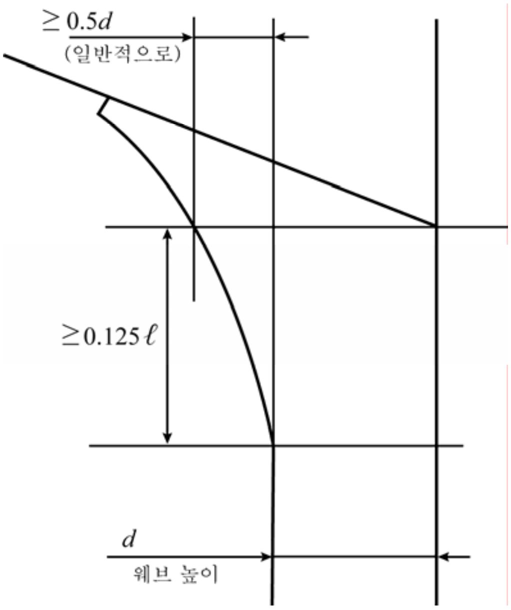


그림 20: 하부 및 상부 브래킷의 치수

8.5 트리핑 브래킷

8.5.1

최전방 화물창 및 BC-A 선박의 화물창에서는, 비대칭 단면을 갖는 선측 늑골은 **그림 21**과 같이 한 늑골 걸러 마다 트리핑 브래킷을 설치하여야 한다.

트리핑 브래킷의 건조 두께는 연결되어 있는 선측늑골 웨브의 건조 두께 이상이어야 한다.

트리핑 브래킷과 선측늑골 웨브 및 외판과의 연결은 양면 연속용접을 하여야 한다.

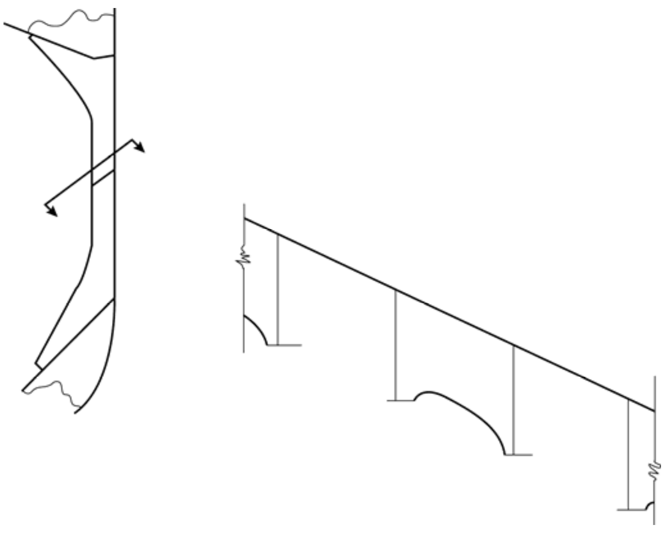


그림 21: 최전방 화물창에 설치하는 트리핑 브래킷

8.6 지지구조

8.6.1

호퍼 및 톱사이드 탱크 내에서 선측 늑골의 하단 및 상단 연결부와의 구조적 연속성은 **그림 22**와 같이 연결 브래킷에 의하여 확보하여야 한다. **[5.6.2]**에 따라 브래킷은 좌굴에 대하여 보강하여야 한다.

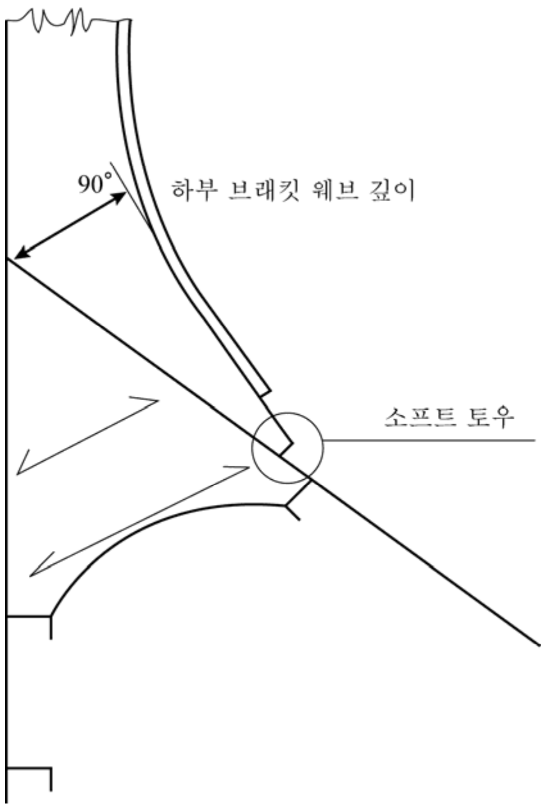


그림 22: 하단부 지지구조의 예

9. 갑판 구조

9.1 적 용

9.1.1

해치 선(line) 밖의 갑판 및 톱사이드 탱크 경사판은 종식구조로 하여야 한다. 적절한 구조 연속성이 확보된다면, 해치 선 내에는 종식 보강 방식 이외의 다른 배치를 고려할 수 있다.

9.2 일반 배치

9.2.1

톱사이드 탱크 내의 웨브 프레임 간격은 일반적으로 늑골 간격의 6배 이하 이어야 한다. **7장**에 따라 수행된 해석결과에 따라 경우에 따라, 우리선급은 더 큰 간격을 허용할 수 있다.

9.2.2
갑판 지지구조는 1차 지지부재에 의하여 지지되는 종방향 또는 횡방향으로 배치된 일반 보강재로 제작한다.

9.2.3 갑판
개구 선 안쪽의 크로스 갑판에 대하여는 일반적으로 횡식 구조를 채용하여야 하며, 갑판 보는 거더에 의하여 적절히 지지되어야 하며, 해치 측 거더로부터 불워크를 향하여 두 번째 종통 늑골까지 연장하여야 한다. 실행 불가능한 경우, 해치 측 거더와 두 번째 종통 늑골 사이에 단속 보강재(intercostal stiffener)를 설치하여야 한다.

선측에서 크로스 갑판과 강력갑판의 부드러운 연결을 중간 두께 판에 의하여 확보하여야 한다.

9.2.4 톱사이드 탱크 구조
톱사이드 탱크 구조는 기관 구역 내로 가능한 한 멀리 연장시켜야 하며 적절히 점차 감소시켜야 한다.

톱 사이드 탱크 웨브 프레임의 면 밖에 이중선측 1차 지지부재가 설치되는 경우, 이에 일치시켜서 큰 브래킷을 설치하여야 한다.

9.2.5 스트링거 판
스트링거 판의 폭은 다음 식으로 구한 값(m) 이상이어야 한다.

$b = 0.35 + 0.5L / 100$

굽힘 형식 스트링거 판을 채용하는 경우, **[7.3.6]**의 요건에 맞는 반경을 가져야 한다.

9.2.6
다음 구조 부근에서는, 구조의 적절한 겹침이나 적절한 스카핑 부재를 설치하여 구조의 적절한 연속성을 확보하여야 한다.

- 단이 진 강력 갑판
- 보강 형식의 변화

9.2.7
갑판 기기, 크레인, 킹 포스트 및 예인설비, 계류설비 등 의장 하부의 갑판지지구조는 적절히 보강하여야 한다.

9.2.8
일반적으로 무거운 집중하중 하부에는 필러 혹은 다른 지지구조를 설치하여야 한다.

9.2.9
갑판실 및 부분 선루의 단부 및 모서리 위치에는 적절한 보강 배치를 고려하여야 한다.

9.2.10 갑판구조와 해치 단부 보의 연결
톱사이드 탱크 내에 웨브 프레임이나 브래킷을 설치하여 갑판구조와 해치 단부 보의 연결을 적절히 확보하여야 한다.

9.2.11 갑판 구조

창구 또는 갑판상의 다른 개구는 둥그스름한 모서리를 가져야 하며, 적절한 보상을 하여야 한다.

9.3 종식 구조의 갑판

9.3.1 일 반

해치 개구의 선(line) 내를 제외하고 화물창 지역의 평행부 내의 갑판 종통 늑골은 갑판 트랜스 및 횡격벽 위치에서 연속되어야 한다. 종강도의 적절한 연속성이 확보된다면, 화물창 지역의 평행부 밖의 갑판 종통재에 대하여는 다른 배치도 고려할 수 있다.

종통 보강재 양단에서의 연결부는 굽힘 및 전단에 대하여 충분한 강도를 확보하여야 한다.

9.4 횡식 보강 갑판

9.4.1 일 반

갑판 구조가 횡식 보강구조인 경우, 갑판 보 또는 갑판 횡보강재는 매 프레임마다 설치하여야 한다.

횡식 보 또는 갑판 횡보강재는 선측 구조 혹은 늑골에 브래킷으로 연결시켜야 한다.

9.5 해치 지지 구조

9.5.1

화물창 개구 주위에는 보강된 치수를 갖는 해치 측 거더 및 해치 단부 보를 설치하여야 한다.

9.5.2

개구로부터 떨어져서, 종통 해치 코밍의 적절한 강도 연속성을 갑판하부 거더에 의하여 확보하여야 한다. 종통 거더 및 웨브 프레임에의 해치 단부 보의 연결을 확보하여야 한다. 해치 단부 보는 톱사이드 탱크 내의 트랜스버스 웨브 프레임과 일치시켜야 한다.

9.5.3

창구 모서리에서, 해치 코밍 및 종통 갑판 거더의 면재 또는 연장부 및 양측의 해치 단부 거더의 면재는 유효하게 연결되어 강도 연속성을 유지하여야 한다.

9.5.4

해치 측 거더(즉, 톱사이드 탱크 판의 상부) / 화물창 및 해치코밍 상부의 해치 단부 보에 반환 봉과 같은 적절한 보호장치를 부착하여, 화물창 개구 주위의 와이어 로프 홈을 방지하여야 한다.

9.6 강력 갑판 개구

9.6.1 일 반

강력갑판에 있는 개구는 최소로 유지하여야 하며, 서로 가능한 한 멀리 간격을 두어야 하고, 또한 유효한 선루가 중단 된 곳으로부터 멀리 떨어져야 한다. 개구는 창구 모서리, 해치 측(side) 코밍 및 선측 외판으로부터 가능한 한 멀리 뚫어야 한다.

9.6.2 작은 개구 위치

개구는 일반적으로 다음과 같이 정의되는 **그림 23**의 빗금친 면적에서 보인 범위 밖에 뚫어야 한다.

- 굽힘 형식 현측 후판이 설치된 경우, 현측 후판 또는 선측 외판 의 굽은 면적
- 창구 모서리 상부로부터 0.25(B - b)
- $0.07\ell + 0.1b$ 와 $0.25b$ 중 큰 값

여기서,

b : 폭 방향으로 잰 고려하는 창구의 폭(m)(**그림 23** 참조)

ℓ : 종 방향으로 잰 고려하는 모서리 부근의 두 개의 인접한 창구 사이의 크로스 갑판의 폭(m)(**그림 23** 참조)

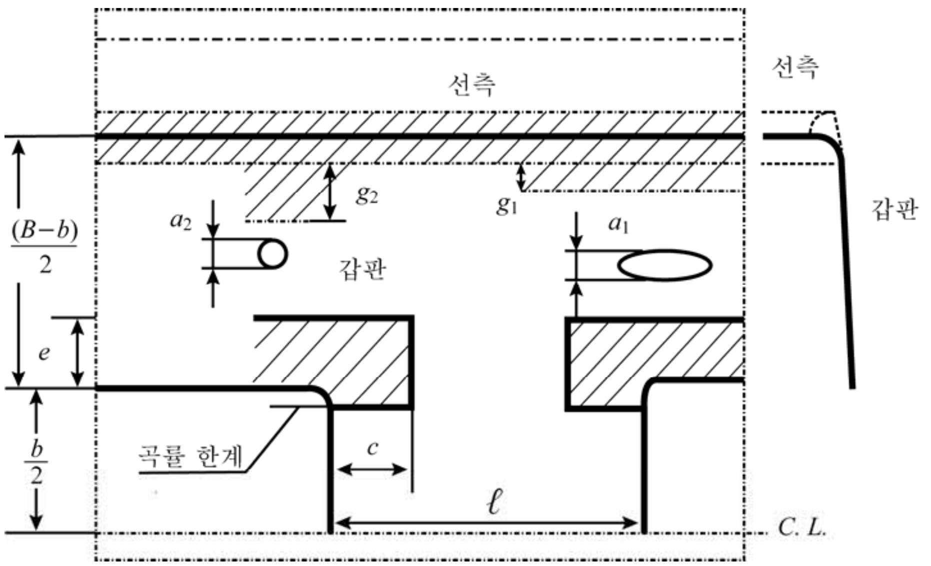


그림 23: 강력 갑판 내의 개구 위치

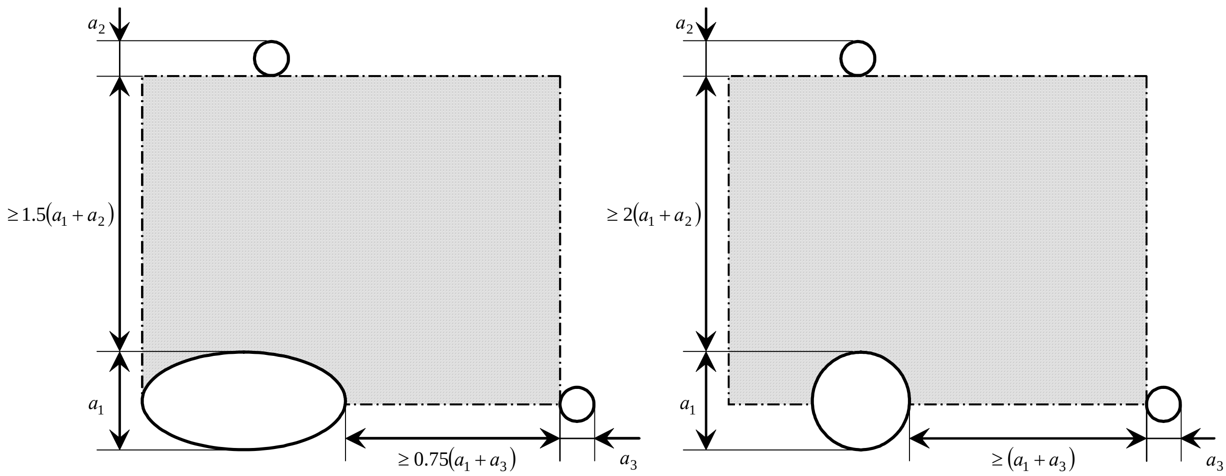


그림 24: 강력 갑판 상의 타원 및 원형 개구

또한 이러한 범위와 개구 사이의 횡방향 거리 또는 개구 사이의 횡방향 거리는 다음 값 이상이어야 한다.

- 상기 범위와 개구 사이 또는 창구와 개구 사이의 횡방향 거리(**그림 23** 참조)

  $g_2 = 2a_2$ 원형 개구에 대하여

  $g_1 = a_1$ 타원형 개구에 대하여

- 개구 사이의 횡방향 거리(**그림 24** 참조)

  $2(a_1 + a_2)$ 원형 개구에 대하여

  $1.5(a_1 + a_2)$ 타원형 개구에 대하여

  여기서,

  a_1 : 타원형 개구의 횡방향 치수 또는 원형 개구의 직경

  a_2 : 타원형 개구의 횡방향 치수 또는 원형 개구의 직경

  a_3 : 타원형 개구의 종방향 치수 또는 원형 개구의 직경

- 개구 사이의 종방향 거리는 다음 값 이상이어야 한다.

  $(a_1 + a_3)$ 원형 개구에 대하여

  $0.75(a_1 + a_3)$ 타원형 개구 및 원형 개구와 일직선상의 타원형 개구

개구 배치가 이러한 요건에 맞지 않는 경우, **5장**에 따른 종강도 평가는 그러한 개구 면적을 제외하고 수행하여야 한다.

9.6.3 창구 모서리

화물구역 내에 위치한 창구에 대하여, 다음 식으로 결정되는 두께를 갖는 삽입 판을 일반적으로 개구가 원형인 모서리에 배치하여야 한다.

원형 모서리의 반경은 창구 폭의 5% 이상이어야 하며, 창구 코밍 하부에는 연속 종통 갑판 거더를 설치하여야 한다.

폭 방향으로 두 개 이상의 창구를 배치하는 경우, 개별 사례에 따라 우리선급은 모서리 반경을 고려한다.

화물구역 내에 위치하는 창구에 대하여 개구가 타원형 또는 포물선 및 타원형 또는 포물선 아치형을 갖고 다음 값 이상인 경우에는, 일반적으로 모서리에 삽입 판을 요구하지 않는다.

- 폭 방향으로 창구 폭의 1/20 와 600 mm 중 작은 값
- 선수미 방향으로 폭 치수의 두배

삽입 판이 요구되는 경우, 순 두께(mm)는 다음 식으로부터 구한다.

$$t_{INS} = (0.8 + 0.4\ell / b) \cdot t$$

다만, t 이상이고, 1.6 t 이하이어야 한다.

여기서,

ℓ : 고려하는 모서리에서, 종 방향으로 잰 두 개의 연속하는 창구 사이 크로스 갑판의 폭(m)(**그림 23** 참조)

b : 고려하는 창구에서, 횡 방향으로 측정한 폭(m) (**그림 23** 참조)

t : 창구 측면에서 갑판의 실제 순 두께(mm)

단부 창구의 맨 끝 모서리에 대하여, 삽입 판의 두께는 인접 갑판의 건조 두께보다 60% 커야 한다. 계산 결과 창구 모서리에서의 응력이 허용 값보다 작은 경우 우리선급은 더 작은 두께를 허용할 수 있다.

삽입 판이 요구되는 경우, 그 배치는 **그림 25**와 같이 하고, d_1, d_2, d_3 및 d_4 는 일반 보강재 간격보다 커야 한다.

화물구역 바깥에 위치하는 창구에 대하여, 우리선급은 개별 사례에 따라 모서리에서 삽입 판 두께 감소를 고려할 수 있다.

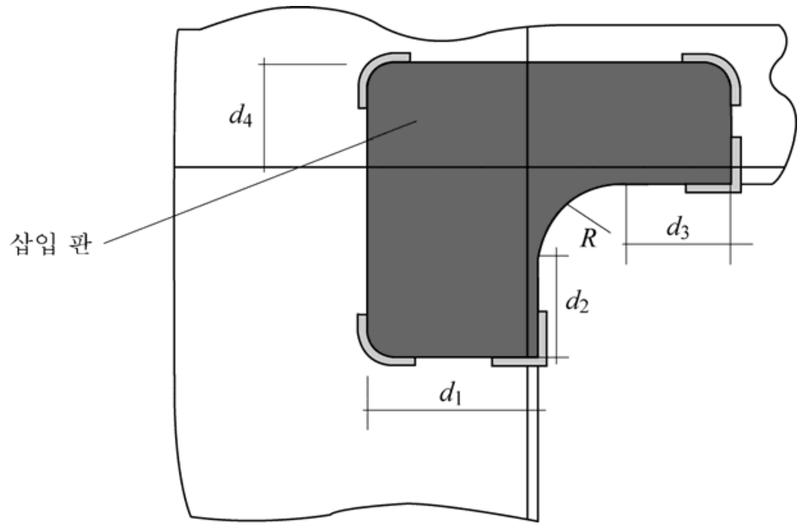


그림 25: 창구 모서리 삽입 판

10. 격벽 구조

10.1 적 용

10.1.1

이 규정은 평면 또는 파형인 종 및 횡 격벽에 적용한다.

10.1.2 평면 격벽

평면 격벽은 수평 또는 수직으로 보강할 수 있다.

수평 보강된 격벽은 수직 1차 지지부재가 지지하는 수평 일반 보강재로 제작한다.

수직 보강된 격벽은 수평 거더가지지하는 수직 일반 보강재로 제작한다.

10.2 일 반

10.2.1

격벽의 수직 1차 지지부재의 웨브 높이는 저부에서 갑판까지 점차로 줄일 수 있다.

10.2.2

선미관 근처의 선미 격벽 판의 순 두께는, 선미격벽 판 다른 부분의 최소 60% 만큼 증가시켜야 한다.

10.3 평면 격벽

10.3.1 일 반

격벽이 최상층 연속 갑판까지 연장되지 않는 경우, 그러한 격벽의 연장부는 적절히 보강이 이루어 져야 한다.

갑판 거더 위치에서 격벽을 보강하여야 한다.

호퍼 및 톱사이드 탱크 수밀격벽의 수직 보강재 웨브는 내측 선각 경사판의 종통 보강재의 웨브와 일치시켜야 한다.

종 격벽의 모든 수직 너클부에는 1차 지지부재를 설치하여야 한다. 너클과 1차 지지부재 사이의 거리는 70 mm 이하이어야 한다. 너클이 수직이 아닌 경우, 너클과 일치시켜 일반 보강재나 동등한 수단으로 적절히 보강하여야 한다.

횡격벽과 일치시켜 이중저에는 실체 늑판을 설치하여야 한다.

10.3.2 일반 보강재의 단부 연결

수밀격벽을 관통하는 일반 보강재의 교차는 수밀이어야 한다.

일반적으로, 일반 보강재의 단부 연결은 브래킷으로 하여야 한다. 선형 등으로 인하여 브래킷 단부연결이 불가능한 경우, 단부는 인접 종통재 사이에 횡 보강재에 의하여 끝내야 한다. 이것이 가능하지 않은 경우, 일반 보강재의 치수를 대응시켜 증가시킨다면 스닙 단을 허용할 수 있다.

10.3.3 일반 보강재의 스닙 단

정수압을 받는 격벽에는 스닙 단을 허용하지 않는다. 스닙된 일반 보강재를 설치하는 경우, 스닙 각은 30 도 이하이어야 하며, 단부는 격벽의 경계에 까지 실행 가능한 한 멀리 연장시켜야 한다.

10.3.4 브래킷을 부착한 일반 보강재

브래킷을 부착한 일반 보강재를 설치하는 경우, **그림 26** 및 **그림 27**에 보인 단부 브래킷의 팔 길이(mm)는 다음 값 이상이어야 한다.

- 팔 길이 a
  - 수평 보강재의 브래킷 및 수직 브래킷의 하부 브래킷

    $a = 100\ell$
  - 수직 브래킷의 상부 브래킷

    $a = 80\ell$
- 팔 길이 b 는 다음 중 큰 값

  $b = 80\{(w+20)/t\}^{0.5}$

  $b = \alpha p s \ell / t$

여기서,

ℓ : 지지점 사이의 보강재 스팬(m)

w : 보강재의 순 단면계수(cm^3)

t : 브래킷의 순 두께(mm)

p : 스팬 중앙점에서 계산한 설계압력(kN/m^2)

α : 다음과 같은 계수

$\alpha = 4.9$ 탱크 격벽에 대하여

$\alpha = 3.6$ 수밀 격벽에 대하여

보강재와 브래킷 사이의 연결은 연결부의 순 단면계수가 보강재 단면계수 이상이어야 한다.

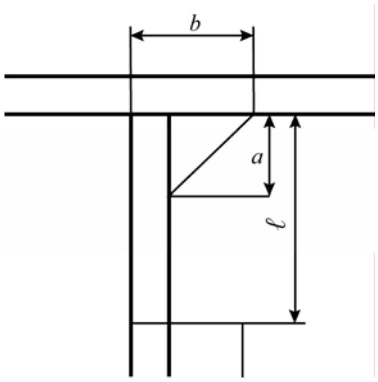


그림 26: 평면격벽 일반 보강재의 상단 브래킷

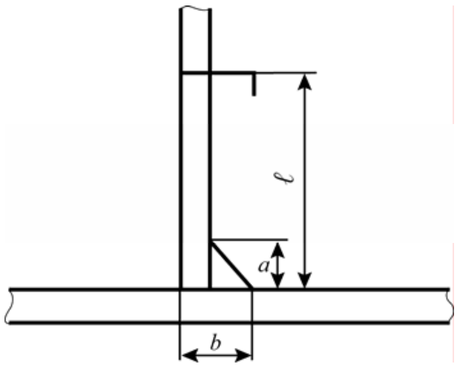


그림 27: 평면격벽 일반 보강재 하단 브래킷

10.4 파형 격벽

10.4.1 일반

길이 190 m 이상의 선박에서 수직 파형을 갖는 횡 수밀격벽은 하부 스툴을 설치하고, 일반적으로 갑판 하부에 상부 스툴을 설치하여야 한다. 길이 190m 미만의 선박에서 파형은 7장에서 규정하는 직접강도 해석에 따라 150m 이상 선박의 선체구조의 강도가 만족한다는 가정하에 선박의 내저판부터 갑판까지 연장할 수 있다.

10.4.2 구조

그림 28에 파형격벽의 주요치수 a, R, c, d, t, φ 및 s_C 을 정의한다.

굽힘 반경은 다음 값(mm) 이상이어야 한다.

$R = 3.0t$

여기서,

t : 파형격벽의 순 두께(mm)

그림 28의 파형 각도 φ 은 55도 이상이어야 한다.

파형 하부의 두께는 내저판으로부터(하부 스툴이 없는 경우) 또는 하부 스툴 정판으로부터 $0.15\ell_C$ 이상의 거리에 유지시켜야 한다.

파형 중앙부의 두께는 갑판으로부터(상부 스툴이 없는 경우) 또는 상부 스툴 저판으로부터 $0.3\ell_C$ 이하의 거리에 유지시켜야 한다.

격벽 나머지 부분에서 파형의 단면계수는 중앙부 요구 단면계수의 75% 이상이어야 하며, 단면계수는 서로 다른 최소항복 응력에 대하여 수정한 값으로 한다.

용접이 굽힘 축과 평행한 방향으로 굽힘구역 내에 있는 경우, 용접절차는 우리선급의 승인을 받아야 한다.

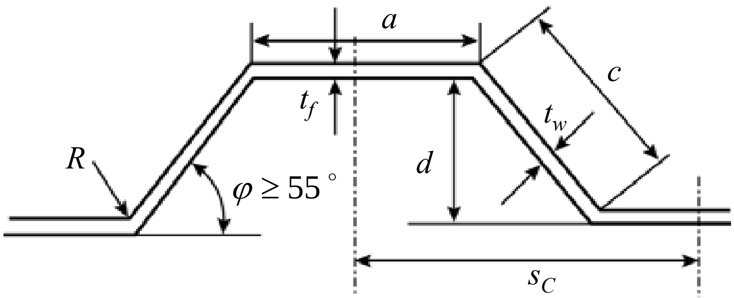


그림 28: 파형격벽의 치수

10.4.3 파형의 실제 단면계수

파형의 순 단면계수(cm^3)는 다음 식으로부터 구한다.

$$w = \left[\frac{d(3at_f + ct_w)}{6}\right]10^{-3}$$

여기서,

t_f, t_w : **그림 28**에 보인 파형 판의 순 두께(mm)

d, A, c : **그림 28**에 보인 파형의 치수 (mm)

격벽의 단부에서 웨브의 연속성이 보장되지 않는 경우, 파형의 순 단면계수(cm^3)는 다음 식으로부터 구하여야 한다.

$$w = 0.5\,a\,t_f\,d \cdot 10^{-3}$$

10.4.4 파형의 스팬

파형의 스팬 ℓ_C 은 **그림 29**에 보인 거리로 취한다.

ℓ_C 의 정의에 대하여, 상부 및 하부 스툴의 높이는 **[10.4.7]** 및 **[10.4.8]**에 규정한 값보다 작게 취하여서는 아니 된다.

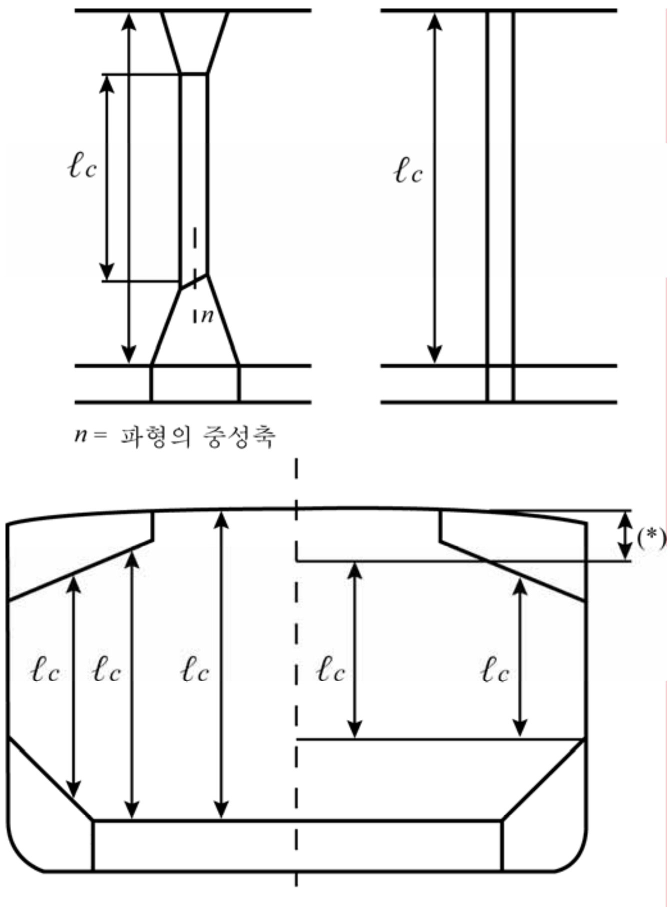


그림 29: 파형의 스팬

10.4.5 구조배치

파형 단부에서 파형격벽의 강도 연속성을 확보하여야 한다.

1차 지지부재 위치에서 파형격벽이 잘리는 경우, 1차 지지부재의 각 측에서 파형의 정확한 일치를 확보하도록 주의하여야 한다.

내저판에 수직파형 횡격벽 또는 종격벽이 용접되는 경우, 파형 면재 위치에는 각각 늑판 또는 거더를 설치하여야 하며, 늑판 및 거더의 순 두께 및 재료는 인접한 파형 면재 판의 두께 및 재료 이상이어야 한다.

일반적으로, 주변경계 구조에 연결되는 첫번째 수직 파형은, 전형적인 파형 면재 폭 이상의 폭을 가져야 한다.

횡격벽의 하부에 스툴이 설치되어 있는 경우, 인접 늑판의 순 두께는 스툴 판 순 두께 이상이어야 한다.

10.4.6 격벽 스툴

이중저 종거더 또는 실체늑판 위치에서 하부 스툴 내에는, 해당되는 경우 판 다이어프램 또는 웨브 프레임을 설치하여야 한다.

상부 스툴과 갑판 구조 또는 해치 단부 보에 연결시키는 브래킷 또는 깊은 웨브를, 해당되는 경우 설치하여야 한다.

파형격벽과 스툴 판의 연속성을 적절히 확보하여야 한다. 특히 하부 스툴의 상부 판은 격벽 하부 판과 같은 순 두께 및 항복응력을 가져야 한다.

10.4.7 하부 스툴

하부 스툴이 설치되어 있는 경우, 일반적으로 그 높이는 파형 깊이의 3배 이상이어야 한다.

스툴 정판의 순 두께 및 재료는 상부 격벽 판에 요구되는 것 이상이어야 한다. 스툴정판으로부터 파형 면재 폭과 같은 거리(깊이) 내에 있는 수직 혹은 경사 스툴측판 상부의 순 두께 및 재료 특성은 파형 하부에서 격벽강성 요건을 만족시키기 위하여 요구되는 면재 판 두께 및 재료 이상이어야 한다.

수직 평면에 스툴 측 보강재가 설치되어 있는 경우, 그 단부는 스툴의 상단 및 하단에서 브래킷으로 연결하여야 한다.

스툴정판의 가장자리로부터 파형 면재 표면까지의 거리 d 은 **그림 30**에 따라야 한다.

스툴 저부는 해당되는 경우 이중저 늑판 또는 거더와 일치시켜 설치하여야 하며, 파형 평균 깊이의 2.5배 이상인 폭을 가져야 한다.

파형격벽의 유효한 지지를 위하여, 해당되는 경우 이중저 거더나 늑판에 일치시킨 다이어프램을 스툴에 설치하여야 한다. 스툴 정판과의 연결부에는, 브래킷이나 다이어프램에 스캘롭을 시공하여서는 아니 된다.

파형이 하부스툴에서 잘리는 경우, 스툴 정판에 접합하는 파형 및 스툴 측판의 용접은 완전용입 용접이어야 한다. 내저판에 접합하는 스툴 측판 및 지지 늑판의 용접은 완전용입 또는 깊은 용입 용접이어야 한다.

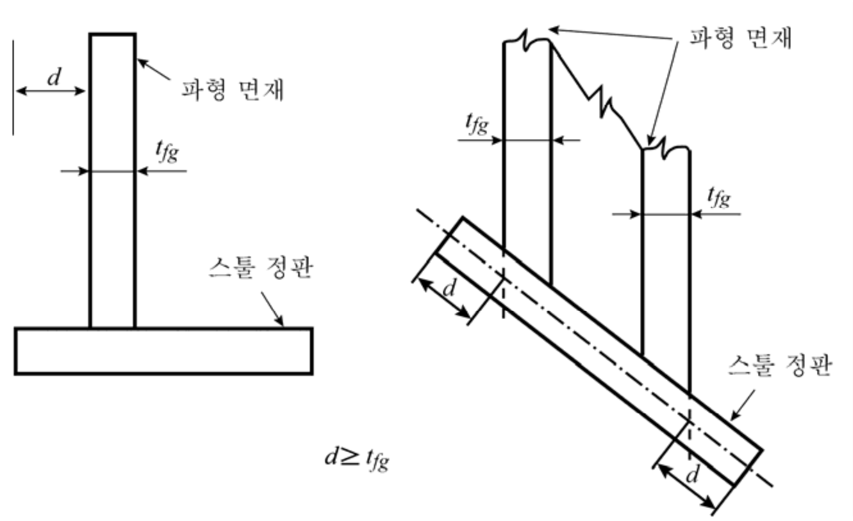


그림 30: 스툴 정판 끝단으로부터 파형 면재 표면까지의 허용거리 *d*

10.4.8 상부 스툴

상부 스툴이 설치되어 있는 경우, 그 높이는 일반적으로 파형 깊이의 2배와 3배 사이의 값을 가져야 한다. 직사각형 스툴은, 해치 측 거더 위치에서 갑판으로부터 일반적으로 파형 깊이의 2배의 높이를 가져야 한다.

인접한 해치 단부 보 사이에서 갑판거더 또는 깊은 브래킷에 의하여, 횡격벽의 상부 스툴을 적절히 지지하여야 한다.

상부 스툴 저판의 폭은 일반적으로 하부 스툴 정판의 폭과 같아야 한다. 직사각형이 아닌 스툴 정판은 파형 깊이의 2배 이상의 폭을 가져야 한다.

같은 재료를 사용하는 경우, 스툴 측판 하부의 두께는 격벽 판의 상부에 요구되는 두께의 80% 이상이어야 한다.

수직 평면에 스툴 측 보강재를 설치하는 경우, 그 단부는 스툴의 상단 및 하단에서 브래킷에 연결하여야 한다.

파형격벽의 유효한 지지를 위하여, 해당되는 경우 해치 단부 코밍 거더 또는 횡방향 갑판 1차 지지부재까지 연장된 종 갑판 거더에 일치시켜 유효하게 연결한 다이어프램을 스툴에 설치하여야 한다. 스툴 저판과의 연결부에는, 브래킷이나 다이어프램에 스캘롭을 시공하여서는 아니 된다.

10.4.9 구조 일치

상부 스툴이 설치되지 않는 경우, 갑판에서 해당되는 경우 두 개의 횡 또는 종 보강 보를 파형 면재와 일치시켜 설치하여야 한다.

하부 스툴이 설치되지 않는 경우, 파형 면재는 지지 늑판 또는 거더와 일치시켜야 한다.

내저 판에 접합하는 파형 및 늑판 또는 거더의 용접은 완전용입 용접이어야 한다. 지지 늑판 또는 거더의 두께 및 재료특성은 파형 면재에 요구되는 것 이상이어야 한다. 또한 이중저 늑판으로의 내저 종늑골의 연결을 위한 슬롯은 컬러 판으로 메공하여야 한다. 지지 늑판 또는 거더는 적절히 설계된 전단 판에 의하여 서로 연결시켜야 한다.

스툴 측 판은 파형 면재와 일치시켜야 한다. 하부 스툴 내의 측 수직보강재 및 그 브래킷은 종통재 등과 같은 내저 구조와 일치시켜 이들 보강구조 사이에 적절한 하중전달이 되도록 하여야 한다.

하부 스툴 측판은, 내저판과 스툴 정판 사이 어느 곳에서도 너클되어서는 아니 된다.

10.4.10 압축 면재의 유효 폭

격벽강도 검토를 위하여 고려하는 압축 파형 면재의 유효 폭(m)은 다음 식으로부터 구한다.

$$b_{ef} = C_E a$$

여기서,

C_E : 계수로서 다음과 같다.

$$C_E = \frac{2.25}{\beta} - \frac{1.25}{\beta^2} \qquad , \beta > 1.25 \text{ 인 경우}$$

$$C_E = 1.0 \qquad , \beta \le 1.25 \text{ 인 경우}$$

β : 계수로서 다음과 같다.

$$\beta = 10^3 \frac{A}{t_f}\sqrt{\frac{R_{eH}}{E}}$$

a : 파형 면재의 폭(m)(**그림 28** 참조)

t_f : 면재의 순 두께(mm)

10.4.11 유효한 쉐더 판

유효한 쉐더 판은 다음을 만족하는 것을 말한다.

- 너클이 되지 않아야 한다.
- **11장**에 따라 파형을 하부스툴 정판에 용접하여야 한다.
- 경사각 45도 이상으로 부착되어야 하고, 그 하단은 하부스툴 측판과 일치시켜야 한다.
- 그 두께는 파형면재에 요구되는 두께의 75% 이상이어야 한다.
- 파형 면재에 요구되는 재료 특성 이상이어야 한다.

10.4.12 유효한 거싯판

유효한 거싯 판은 다음을 만족하는 것을 말한다.

- **[10.4.11]**에서 요구되는 두께, 재료특성 및 용접구조를 가진 쉐더판과 결합되어야 한다.
- 거싯판 높이가 파형면재 폭의 1/2 이상이어야 한다.
- 스툴 측판과 일치시켜 부착되어야 한다.
- **11장**에 따라 하부 스툴 정판, 파형 및 쉐더판에 용접되어야 한다.
- 파형 면재에 요구되는 두께 및 재료특성 이상 이어야 한다.

10.4.13 파형 하단에서의 단면계수

a) 파형 하단에서의 단면계수(**그림 31** 내지 **그림 34**)는 **[10.4.10]**에 규정한 폭 이하의 유효폭 b_{ef} 을 가진 압축 면재를 가지고 계산하여야 한다.

b) 경우 e)를 제외하고, 하부의 파형 웨브가 스툴정판 하부(또는 내저 판 하부) 국부 브래킷에 의하여 지지되지 않는 경우, 파형 단면계수는 파형 웨브의 30%를 유효한 것으로 간주하여 계산하여야 한다.

c) 유효한 쉐더판

[10.4.11]의 유효한 쉐더판이 설치된다면(**그림 31** 및 **그림 32**), 하단에서의 파형 단면계수를 계산할 때 (**그림 31** 및 **그림 32**의 단면 1) 면재 판 면적을 다음 식에 의한 값(cm^2) 만큼 증가시킬 수 있다.

$$I_{SH} = 2.5a\sqrt{t_f t_{SH}}$$

다만 $2.5at_f$ 이하로 한다.

여기서,

a : 파형 면재 폭(m)(**그림 28**)

t_{SH} : 쉐더 판의 순 두께(mm)

t_F : 면재 순 두께(mm)

d) 유효한 거싯판

[10.4.12]의 유효한 거싯판이 설치된다면(**그림 33** 내지 **그림 35**), 하단에서의 파형 단면계수를 계산할 때 (**그림 33** 내지 **그림 35**의 단면 1) 면재 판 면적을 다음 식에 의한 값(cm^2) 만큼 증가시킬 수 있다.

$$I_G = 7h_G t_F$$

여기서,

h_G : 거싯판 높이(m)(**그림 33** 내지 **그림 35**)로서, $(10/7)S_{GU}$ 이하로 취한다.

S_{GU} : 거싯판의 폭(m)

t_F : 건조 조건에 기초한 순 면재 두께 (mm)

e) 경사 스툴정판

수평면과 45도 이상의 각도를 가진 경사 스툴정판에 파형 웨브를 용접하는 경우, 파형단면계수는 파형웨브가 전부 유효한 것으로 간주하여 계산할 수 있다. 45도 미만의 각도에 대하여, 웨브의 유효도는 0도에 대하여 30% 및 45도에 대하여 100%으로 하여 선형보간으로 구할 수 있다.

유효한 거싯판이 부착되는 경우, 파형단면계수를 계산할 때 상기 d)에 규정한 바와 같이 면재 판의 면적을 증가시킬 수 있다. 쉐더판만 있는 경우 면재판 면적 증가는 고려하지 않는다.

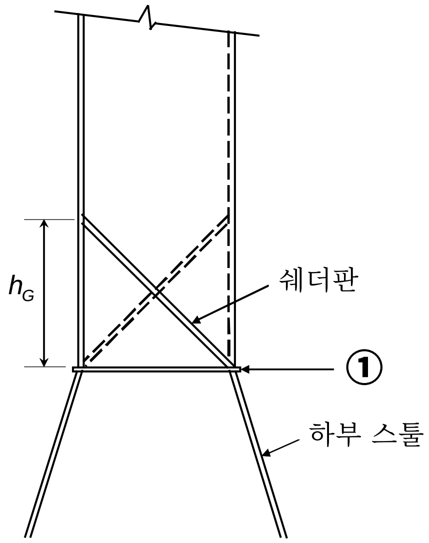


그림 31: 대칭 쉐더판

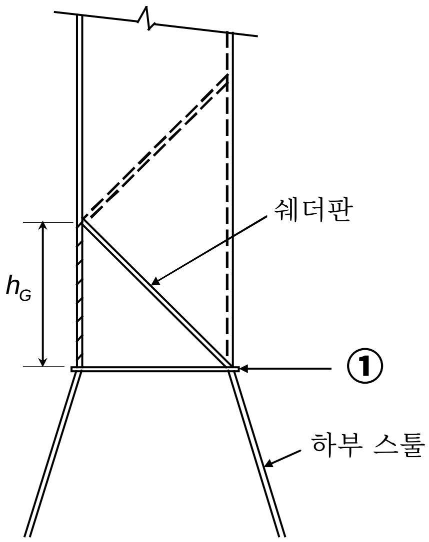


그림 32: 비대칭 쉐더판

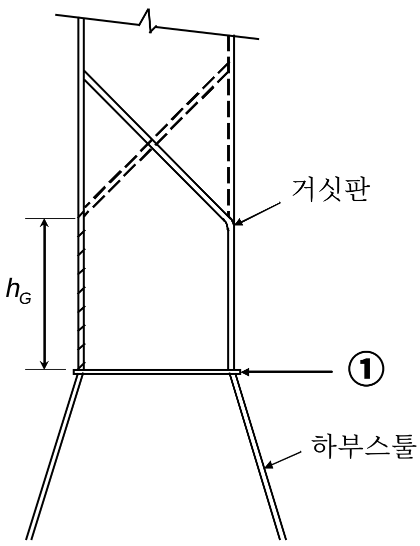


그림 33: 대칭 거싯/쉐더 판

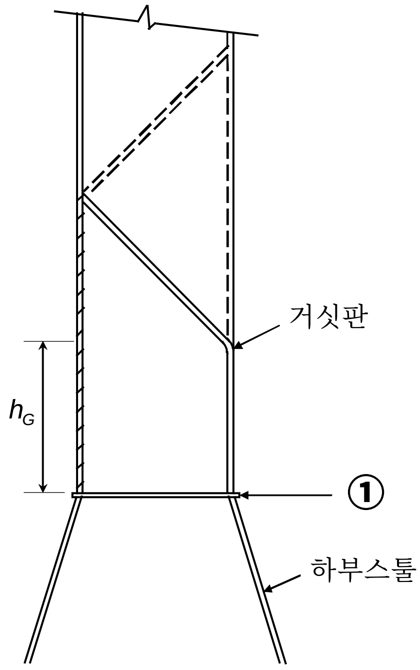


그림 34: 비대칭 거싯/쉐더 판

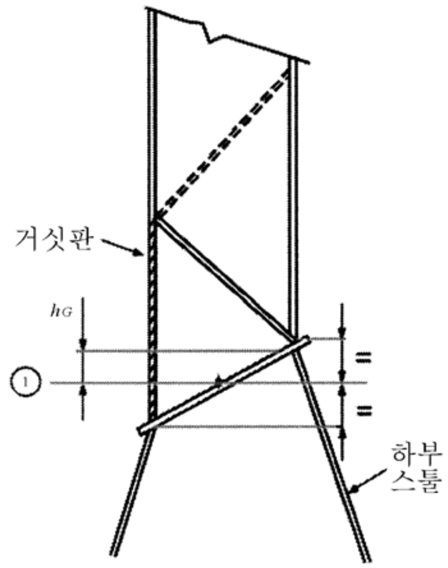


그림 35: 경사 스툴정판의 비대칭 거싯/쉐더 판

10.4.14 파형 하단 이외 단면의 단면계수

파형 웨브는 유효하다고 간주하고 압축 면재 폭은 **[10.4.10]**에서 구한 값 이하의 유효폭 b_{ef} 을 갖고, 단면계수를 계산한다.

10.4.15 전단면적

파형 웨브와 면재 사이의 있을 수 있는 비 수직성을 고려하여 전단 면적을 감소시켜야 한다. 일반적으로 감소된 전단면적은 웨브 단면적에 (sinφ)을 곱하여 구할 수 있으며, 여기서 φ 는 웨브와 면재 사이의 각이다. (**그림 28**)

10.5 비수밀 격벽

10.5.1 필러로서 작용하지 않는 비수밀 격벽

필러로서 작용하지 않는 비수밀 격벽에는 다음과 같은 최대 간격을 갖는 수직 보강재를 설치하여야 한다.

- 횡격벽에 대하여 0.9 m
- 종 격벽에 대하여 2 늑골 간격, 다만 최대 1.5 m

격벽 보강재의 깊이는 보강재 길이의 1/12 이상이어야 한다. 격벽 보강재의 순 두께는 고려하는 격벽 판에 요구되는 최소 두께 이상이어야 한다.

10.5.2 필러로서 작용하는 비수밀 격벽

필러로서 작용하는 비수밀 격벽에는 다음과 같은 최대 간격을 갖는 수직 보강재를 설치하여야 한다.

- 늑골 간격이 0.75 m 를 넘지 않는 경우, 2 늑골 간격
- 늑골 간격이 0.75 m 를 넘는 경우, 1 늑골 간격

판 순 두께의 35배 또는 보강재 길이의 1/12 중 작은 값과 같은 부착 판 폭을 고려하여, 각 수직 보강재는 지지하여야 할 하중에 대하여 **6장 2절**의 해당되는 요건을 충족시켜야 한다.

종식으로 보강된 갑판을 지지하는 비수밀 격벽의 경우, 갑판 트랜스버스 위치에는 수직 거더를 배치하여야 한다.

10.6 트렁크 및 터널의 수밀 격벽

10.6.1

Ref. SOLAS Ch. II-1, Part B, Reg. 19.1

수밀 트렁크, 터널, 덕트 킬 및 통풍통은 해당되는 위치에서의 수밀격벽과 같은 강도를 가져야 한다. 수밀로 하기 위한 수단 및 메공을 위한 배치는 우리선급이 만족하는 것이어야 한다.

11. 필 러

11.1 일 반

11.1.1

실행 가능한 한 필러는 동일한 수직선에 설치하여야 한다.

불가능한, 하부 지지구조에 하중전달을 할 수 있도록 유효한 수단이 제공되어야 한다.

11.1.2

이중저 거더와 일치시켜서 혹은 실행 가능한 한 가까이에 필러를 설치하여야 하며, 필러의 상하부 구조는 하중이 유효하게 분산을되도록 충분한 강도를 가져야 한다.

내저 판에 연결되는 필러가 늑판 및 거더의 교차점에 위치하지 않는 경우, 부분 늑판 혹은 거더 또는 적절히 필러를 지지하는 동등 구조를 배치하여야 한다.

11.1.3

탱크에 설치된 필러는 안이 찬 단면이거나 개 단면이어야 한다. 폭발성 가스를 발생할 수 있는 제품을 운송하려 하는 공간에 위치한 필러는 개단면이어야 한다.

11.1.4 연 결

필요한 경우 두꺼운 이중판 및 브래킷으로 필러의 상부 및 하부를 튼튼하게 하여야 한다. 탱크 내와 같이 필러가 인장력을 받을 수 있는 경우, 필러의 상부 및 하부는 인장력을 견디도록 유효한 구조로 하고 이중판이 아닌 삽입 판으로 한다.

일반적으로 이중판의 두께는 필러 순 두께의 1.5배 이상이어야 한다.

필러는 상부 및 하부에서 연속 용접으로 부착시킨다.

11 편 4 장

설계하중

제 1 절 일반사항

1. 일반사항

1.1

1.1.1
정수중 및 파랑중에 작용하는 면외하중 및 선체거더 하중을 포함한 설계하중을 산정하기 위하여 등가설계파(Equivalent Design Wave: EDW)법을 사용한다.

1.1.2
외부 정수압 및 화물과 밸러스트에 의한 내부 정수압은 정수중의 면외하중으로 보고, 외부 동적수압 및 화물과 밸러스트에 의한 내부 관성압력은 파랑중의 면외하중으로 본다.

1.1.3
정수중 수직전단력 및 굽힘모멘트, 파랑중 수직전단력 및 굽힘모멘트 및 파랑중 수평굽힘모멘트는 선체거더하중으로 본다.

1.1.4
파랑중 면외하중과 파랑중 선체거더 하중에 의한 응력은 각 등가설계파에 대하여 결정되는 하중조합인자를 사용하여 하중을 합성함으로써 구하여야 한다.

제 2 절 선체운동 및 가속도

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

a_0 = 가속도 변수로서 다음에 따른다.

$$a_0 = f_p(1.58 - 0.47C_B)\left(\frac{2.4}{\sqrt{L}} + \frac{34}{L} - \frac{600}{L^2}\right)$$

T_R : **[2.1.1]**에 정의된 횡동요 주기(s)

θ : [2.1.1]에 정의된 단일 횡동요 진폭(deg)

T_P : **[2.2.1]**에 정의된 종동요 주기(s)

Φ : [2.2.1]에 정의된 단일 종동요 진폭(deg)

f_p : 확률수준에 해당하는 계수로서 다음에 따른다.

f_p = 확률수준 10^{-8}에 해당하는 강도평가의 경우: 1.0

f_p = 확률수준10^{-4}에 해당하는 강도평가의 경우: 0.5

1. 일 반

1.1

1.1.1

선체운동 및 가속도는 주기적이라고 가정한다. 이 절의 식에서 정의되는 운동의 진폭은 파정에서 파저까지의 절반을 의미한다.

1.1.2

이 절의 식에 따르는 것에 대신하여, 우리 선급이 선박의 특성 및 항행구역을 고려하여 적절하다고 인정하는 경우, 직접계산이나 모형시험을 통하여 얻어진 선박운동 및 가속도를 인정할 수 있다. 일반적으로 결정되어야 하는 선박운동 및 가속도는 확률수준 10^{-8}부터 10^{-4} 내에 있어야 한다. 어느 경우에도 가정하는 해상 분포 도표 및 스펙트라를 포함한 모형시험 또는 계산결과를 우리 선급에 제출하여 승인을 받아야 한다.

2. 선체의 절대운동 및 가속도

2.1 횡동요

횡동요 주기(s) 및 단일 횡동요 진폭(deg)은 다음 식으로 주어진다.

$$T_R = \frac{2.3k_r}{\sqrt{GM}}$$

$$\theta = \frac{9000(1.25 - 0.025T_R)f_p k_b}{(B + 75)\pi}$$

여기서,

k_b : 계수로서 다음에 따른다.

$k_b = 1.2$: 빌지킬이 없는 선박

$k_b = 1.0$: 빌지킬이 있는 선박

k_r : 해당 적재조건에서의 횡동요 회전반경(m). k_r 을 알 수 없는 경우, **표 1**에 규정된 값으로 가정할 수 있다.

GM : 해당 적재조건에서의 메타센터높이(m). GM 을 알 수 없는 경우, **표 1**에 규정된 값으로 가정할 수 있다.

표 1: k_r 및 GM의 값

적재조건	k_r	GM
만재상태(격창적재 또는 균일적재)	$0.35B$	$0.12B$
표준밸러스트상태	$0.45B$	$0.33B$
황천밸러스트상태	$0.40B$	$0.25B$

2.2 종동요

2.2.1

종동요 주기(s) 및 단일 종동요 진폭(deg)은 다음 식으로 주어진다.

$$T_P = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}}$$

$$\Phi = f_p \frac{960}{L} \sqrt[4]{\frac{V}{C_B}}$$

여기서,

$$\lambda = 0.6\left(1 + \frac{T_{LC}}{T}\right)L$$

2.3 상 하 동 요

2.3.1

상하동요에 의한 수직가속도(m/s^2)는 다음 식으로 주어진다.

$$a_{heave} = a_0 g$$

2.4 좌 우 동 요

2.4.1

좌우동요에 의한 횡가속도(m/s^2)는 다음 식으로 주어진다.

$$a_{sway} = 0.3 a_0 g$$

2.5 전 후 동 요

2.5.1

전후동요에 의한 종가속도(m/s²)는 다음 식으로 주어진다.

$$a_{surge} = 0.2 a_0 g$$

3. 선박의 상대가속도

3.1 일 반

3.1.1

어느 위치에서, X, Y 및 Z 방향의 가속도는 **[2.1]**내지 **[2.5]**에서 정의된 선박의 절대운동 및 가속도로부터 얻어지는 가속도성분이다.

3.2 가속도

3.2.1

임의의 위치에서 종, 횡 및 수직가속도의 기준치는 다음 식으로부터 얻는다.

- 종방향:

$$a_X = C_{XG} g \sin\Phi + C_{XS} a_{surge} + C_{XP} a_{pitch\,x}$$

- 횡방향:

$$a_Y = C_{YG} g \sin\theta + C_{YS} a_{sway} + C_{YR} a_{roll\,y}$$

- 수직방향:

$$a_Z = C_{ZH} a_{heave} + C_{ZR} a_{roll\,z} + C_{ZP} a_{pitch\,z}$$

여기서,

C_{XG}, C_{XS}, C_{XP}, C_{YG}, C_{YS}, C_{YR}, C_{ZH}, C_{ZR} 및 C_{ZP} : **4장 4절 [2.2]**에 정의된 하중조합계수

$a_{pitch\,x}$ = 종동요에 의한 종가속도(m/s²)

$$a_{pitch\,x} = \Phi \frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_P}\right)^2 R$$

$a_{roll\,y}$ = 횡동요에 의한 횡가속도(m/s²)

$$a_{roll\,y} = \theta \frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_R}\right)^2 R$$

$a_{roll\,z}$ = 횡동요에 의한 수직가속도(m/s²)

$$a_{roll\,z} = \theta \frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_R}\right)^2 y$$

$a_{pitch\,z}$ = 종동요에 의한 수직가속도(m/s^2)

$$a_{pitch\,z} = \Phi \frac{\pi}{180}\left(\frac{2\pi}{T_P}\right)^2 \left|(x-0.45L)\right|$$

여기서, $\left|(x-0.45L)\right|$ 은 0.2L 이상일 것.

R = $z - \min\left(\frac{D}{4}+\frac{T_{LC}}{2}, \frac{D}{2}\right)$

x, y, z : **1장 4절**에 정의된 참조좌표계에 대한 고려하는 임의 위치의 X, Y 및 Z 좌표(m)

제 3 절 선체거더하중

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

x : 참조 좌표계에 대한 계산점의 X 좌표(m)

f_p : **4장 2절**에 정의된 확률수준에 해당하는 계수

1. 일 반

1.1 굽힘 모멘트 및 전단력에 대한 부호규칙

1.1.1

이 절에 나오는 굽힘모멘트 및 전단력은 절대값으로 취하여야 한다. 굽힘모멘트 및 전단력의 부호는 **4절 표 3**에 따라야 한다. 임의의 선체횡단면에 작용하는 수직 굽힘모멘트, 수평 굽힘모멘트 및 전단력에 대한 부호규칙은 **그림 1**과 같다.

- 수직 굽힘모멘트 M_{SW} 및 M_{WV}은 강력갑판에 인장응력을 발생시킬 때 양(호깅굽힘모멘트), 그 반대의 경우에 음(새깅 굽힘모멘트)이다.
- 수평 굽힘모멘트 M_{WH}는 우현에 인장응력을 발생시킬 때 양, 그 반대의 경우에 음이다.
- 수직 전단응력 Q_{SW}, Q_{VW} 은 고려하는 선체 횡단면에서의 힘의 방향이 앞면에서 하방으로 뒷면에서 상방으로 작용할 때 양, 그 반대의 경우에 음이다.
-

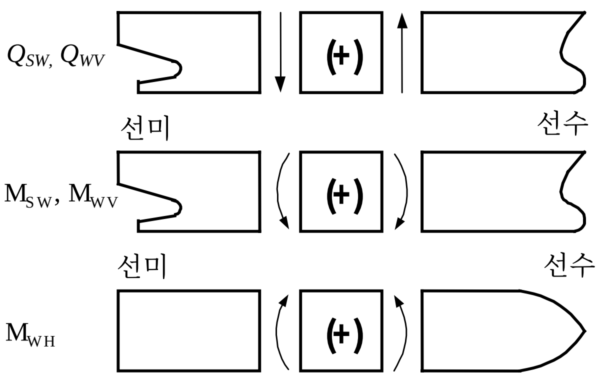


그림 1: 전단력 Q_{SW}, Q_{WV} 및 굽힘모멘트 M_{SW}, M_{WV}, M_{WH} 에 대한 부호규칙

2. 정수중의 하중

2.1 일 반

2.1.1

일반적으로 각 적재상태에 따른 정수중 수직굽힘모멘트와 전단력이 적용되어야 한다. 조선소는 **4장 7절**에 규정된 각 적재상태에 대한 종강도계산결과를 제출하여야 한다.

정수중 수직굽힘모멘트 및 전단력은 선체거더강도와 관련하여 상한값으로 취급하여야 한다.

일반적으로, M_S 및 Q_S 의 계산에는 출항 및 도착시의 연료유, 청수 및 비품의 양을 근거로 한 설계화물 및 밸러스트 적재상태에 대하여 고려하여야 한다. 만약 항해 중에 소모품의 양과 배치가 보다 큰 하중을 초래하는 경우, 출항 및 도착상태에 추가하여 이러한 항해 중의 적재상태에 대한 계산결과도 제출하여야 한다. 또한, 항해 중에 밸러스트를 적재하거나 배출하고자 하는 경우, 해당 밸러스트탱크에 밸러스트를 적재하거나 배출하기 직전 및 직후의 적재상태에 대한 계산결과를 제출하여야 하며 승인된 적하지침서에 참고용으로 포함되어야 한다.

2.1.2 밸러스트 적재상태에서의 부분적재 밸러스트탱크

출항, 도착 또는 항해 중에 부분적재 선수미 및/또는 기타 밸러스트탱크를 포함하는 밸러스트 적재상태은 다음을 제외하고는 설계 적재상태으로 사용되어서는 아니된다.

- 공창과 만재 사이의 모든 수위에 대하여 설계허용응력을 만족하고,
- BC-A 및 BC-B 선박에 대하여, **5장 1절 [2.1.3]**에 따르는 침수 시 선체거더 종강도는 공창과 만재 사이의 모든 수위에 대하여 만족하여야 한다.

그러나, 설계목적상 출항, 도착 및 **[2.1.1]**에서 요구하는 경우 항해 중의 각 적재상태에 있어서 부분적재를 하고자 하는 탱크는 공창 그리고 만재된 것으로 가정할 수 있다. 이에 추가하여, 계획하는 적재상태에 있어서의 지정된 부분적재 수위를 고려하여야 한다.

2.1.3 화물 적재상태에서의 부분적재 밸러스트탱크

화물 적재상태 중, **[2.1.2]**의 요건은 선수미탱크에 한하여 적용한다.

2.2 정수중 굽힘모멘트

2.2.1

임의의 선체횡단면에 작용하는 설계 정수중 굽힘모멘트 $M_{SW,H}$ 및 $M_{SW,S}$ 는 **[2.1.1]**에 규정된 적재상태에 대하여 그 선체횡단면에 작용하는 호깅 및 새깅상태에서 계산된 최대 정수중 굽힘모멘트이다. 설계자가 규정하는 경우 보다 큰 값으로 고려할 수 있다.

2.2.2

만일 초기설계단계에서 임의의 선체횡단면에 대한 정수중 굽힘모멘트가 정의되지 아니한 경우, **그림2**에 나타난 종방향 분포에 따를 수 있다.

그림 2에서 M_{SW} 는 호깅 또는 새깅상태에서 선체중앙에 작용하는 설계 정수중 굽힘모멘트로써 다음 식에 의한 값(kN-m)보다 작아서는 아니된다.

- 호깅상태:

$$M_{SW,H} = 175CL^2B(C_B + 0.7)10^{-3} - M_{WV,H}$$

- 새깅상태:

$$M_{SW,S} = 175CL^2B(C_B + 0.7)10^{-3} - M_{WV,S}$$

여기서, $M_{WV,H}$ 및 $M_{WV,S}$ 는 **[3.1]**에 정의된 파랑중 수직굽힘모멘트이다.

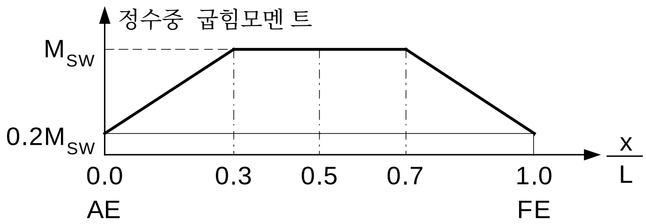


그림 2: 초기 정수중 굽힘모멘트 분포

2.3 정수중 전단력

2.3.1

임의의 선체횡단면에 작용하는 설계 정수중 전단력 Q_{SW}는 **[2.1.1]**에 규정된 적재상태에 대하여 그 선체횡단면에서 계산된 최대의 양 또는 음의 전단력이다. 설계자가 규정하는 경우 보다 큰 값으로 고려할 수 있다.

2.4 침수상태에서의 정수중 굽힘모멘트 및 정수중 전단력

2.4.1

호깅 및 새깅상태의 정수중 굽힘모멘트 $M_{SW,F}$ 및 침수상태에서의 정수중 전단력 $Q_{SW,F}$ 는 각 화물창이 개별적으로 평형상태의 수선까지 침수되는 것을 고려한 침수시나리오에 의하여 결정되어야 한다. 이 것은 이중선측구역은 침수되지 아니하는 것으로 고려할 수 있고, 화물창은 완전히 침수되지 아니하고 평형상태의 수선까지 침수되는 것으로 고려할 수 있다는 것을 의미한다.

2.4.2

유입된 물의 중량을 계산하기 위하여, 다음의 가정이 이루어져야 한다.

a) 비어있는 화물구역 및 화물적재 후 남은 체적의 침수율은 0.95로 한다.

b) 적재된 화물에 따라 적절한 침수율 및 산적밀도를 사용하여야 한다. 철광석인 경우, 최소 0.3의 침수율에 대응하는 산적밀도는 3.0 t/m^{3}을 사용한다. 시멘트인 경우, 최소 0.3의 침수율에 대응하는 산적밀도는 1.3 t/m^{3}을 사용한다. 이러한 관점에서, 고체산적화물의 "침수율"은 산적화물의 총부피에 대한 화물의 입자, 알갱이 또는 큰 덩어리 사이에 침수가능한 부피의 비율을 의미한다.

압연강재와 같이 꽉 채워진 화물인 경우, 침수율은 0으로 하고 화물의 실제 밀도를 사용하여야 한다.

2.4.3
유입된 물이 정수중 선체거더굽힘모멘트 및 정수중 전단력에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 구체적인 계산을 수행하여야 한다. 선박설계의 기초가 되는 적재상태를 고려하여야 하며, 각 적재상태에 대하여 화물창은 개별적으로 평형상태의 수선까지 침수되는 것으로 고려하여야 한다. 따라서 정수중 굽힘모멘트 및 정수중 전단력은 고려하는 적재상태와 침수화물창의 모든 조합에 대하여 계산되어야 한다.

3. 파랑하중

3.1 파랑 수직굽힘모멘트

3.1.1 비손상 상태

임의의 선체횡단면에 작용하는 비손상 상태의 파랑 수직굽힘모멘트(kN-m)는 다음 식으로부터 구한다.

- 호깅상태:

$$M_{WV,H} = 190 F_M f_p C L^2 B C_B 10^{-3}$$

- 새깅상태:

$$M_{WV,S} = 110 F_M f_p C L^2 B (C_B + 0.7) 10^{-3}$$

여기서,

F_M : **표1**에 따르는 분포계수(**그림 3** 참조)

표 1: 분포계수 F_M

선체횡단면 위치	분포계수 F_M
$0 \le x < 0.4L$	$2.5\dfrac{x}{L}$
$0.4L \le x \le 0.65L$	1.0
$0.65L < x \le L$	$2.86\left(1-\dfrac{x}{L}\right)$

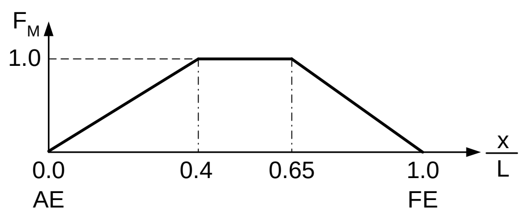


그림 3: 분포계수 F_M

3.1.2 침수상태

임의의 선체횡단면에 작용하는 침수상태의 파랑 수직굽힘모멘트(kN-m)는 다음 식으로부터 구한다.

$$M_{WV,F} = 0.8 M_{WV}$$

여기서, M_{WV} 는 **[3.1.1]**에 따른다.

3.1.3 입항상태

임의의 선체횡단면에 작용하는 입항상태의 파랑 수직굽힘모멘트(kN-m)는 다음 식으로부터 구한다.

$$M_{WV,P} = 0.4M_{WV}$$

여기서, M_{WV} 는 **[3.1.1]**에 따른다.

3.2 파랑 수직전단력

3.2.1 비손상 상태

임의의 선체횡단면에 작용하는 비손상 상태의 파랑 수직 전단력(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

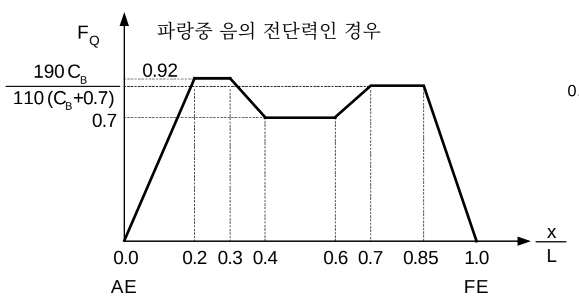
$$Q_{WV} = 30F_Q f_p CLB(C_B + 0.7)10^{-2}$$

여기서,

F_Q : **표 2**에 따르는 양 또는 음의 전단력에 대한 분포계수(**그림 4** 참조)

표 2: 분포계수 F_Q

선체횡단면 위치	분포계수 F_Q	
	파랑중 양의 전단력	파랑중 음의 전단력
$0 \le x < 0.2L$	$4.6A\frac{x}{L}$	$4.6\frac{x}{L}$
$0.2L \le x \le 0.3L$	$0.92A$	0.92
$0.3L < x < 0.4L$	$(9.2A-7)\left(0.4-\frac{x}{L}\right)+0.7$	$2.2\left(0.4-\frac{x}{L}\right)-0.7$
$0.4L \le x \le 0.6L$	0.7	0.7
$0.6L < x < 0.7L$	$3\left(\frac{x}{L}-0.6\right)+0.7$	$(10A-7)\left(\frac{x}{L}-0.6\right)-0.7$
$0.7L \le x \le 0.85L$	1	A
$0.85L < x \le L$	$6.67\left(1-\frac{x}{L}\right)$	$6.67A\left(1-\frac{x}{L}\right)$
(비 고) $A = \frac{190C_B}{110(C_B+0.7)}$		



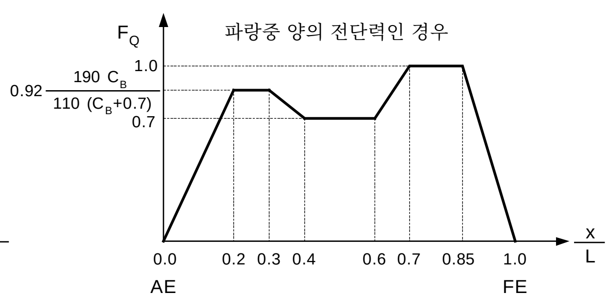


그림 4: 분포계수 F_Q

3.2.2 침수상태

임의의 선체횡단면에 작용하는 침수상태의 파랑 수직전단력(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$Q_{WV,F} = 0.8 Q_{WV}$$

여기서, Q_{WV} 는 **[3.2.1]**에 따른다.

3.2.3 입항상태

임의의 선체횡단면에 작용하는 입항상태의 파랑 수직전단력(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$Q_{WV,P} = 0.4 Q_{WV}$$

여기서, Q_{WV} 는 **[3.2.1]**에 따른다.

3.3 파랑중 수평굽힘모멘트

3.3.1

임의의 선체횡단면에 작용하는 파랑중 수평굽힘모멘트(kN-m)는 다음 식으로 주어진다.

$$M_{WH} = (0.3 + \frac{L}{2000}) F_M f_p C L^2 T_{LC} C_B$$

여기서, F_M 은 **[3.1.1]**에 따르는 분포계수이다.

3.4 파랑중 비틀림모멘트

3.4.1

임의의 선체횡단면에 작용하는 파랑중 비틀림모멘트(kN-m)는 다음 식으로 주어진다.

$$M_{WT} = f_p (|M_{WT1}| + |M_{WT2}|)$$

여기서,

$$M_{WT1} = 0.4 \cdot C \sqrt{\frac{L}{T}} \cdot B^2 D \cdot C_B \cdot F_{T1}$$

$$M_{WT2} = 0.22 C L B^2 C_B \cdot F_{T2}$$

F_{T1}, F_{T2} : 다음에 따르는 분포계수

$$F_{T1} = \sin\left(\frac{2\pi x}{L}\right)$$

$$F_{T2} = \sin^2\left(\frac{\pi x}{L}\right)$$

제 4 절 하중상태

기호

이 절에서 규정하지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

a_{surge}, $a_{pitch\ x}$, a_{sway}, $a_{roll\ y}$, a_{heave}, $a_{roll\ z}$, $a_{pitch\ z}$: **4장 2절**에 따르는 가속도 성분

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

이 절에서 언급하는 하중상태는 다음을 위하여 사용되는 것이다.

- 각각 **6장 1절**, **6장 2절** 및 **6장 4절**의 규정에 따르는 판, 일반보강재 및 1차 지지부재에 대한 국부강도 해석
- **7장**의 규정에 따르는 구조부재의 직접강도해석
- **8장**의 규정에 따르는 구조상세의 피로 검토

1.1.2

국부강도해석 및 직접강도해석의 경우, 하중상태는 **[2]**에 언급된 상호 배타적인 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2이다.

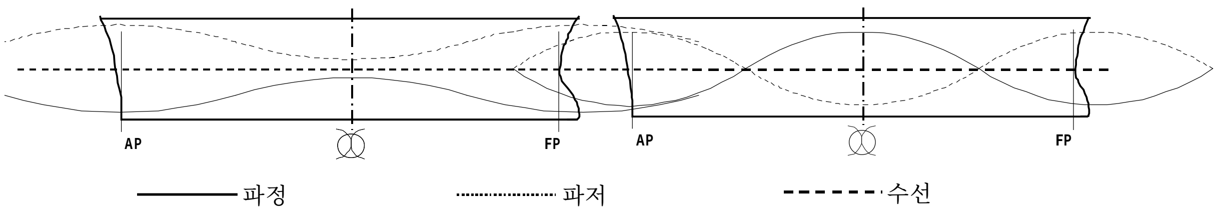
1.2 등가설계파

1.2.1

구조부재에 가장 지배적이라고 여겨지는 하중성분의 장기응답치에 등가를 이루는 응답치를 생성하는 규칙파를 등가설계파(EDWs)로 설정하며, 다음으로 구성된다.

- 선수파에서 파랑중 수직굽힘모멘트가 최대가 될 때의 규칙파(EDW “H”)
- 선미파에서 파랑중 수직굽힘모멘트가 최대가 될 때의 규칙파(EDW “F”)
- 횡동요운동이 최대가 될 때의 규칙파(EDW “R”)
- 수선에서의 동적수압이 최대가 될 때의 규칙파(EDW “P”)

EDW “H” 및 EDW “F” 에서 파정 및 파저의 정의는 **그림 1**과 같이 주어지며, EDW “R” 및 EDW “P”에 대한 풍상측하강 및 풍상측상승의 정의는 **그림 2**와 같이 주어진다.



(a) EDW “H”인 경우 (b) EDW ”F”인 경우

그림 1: EDWs “H” and “F” 에서 파저 및 파고의 정의

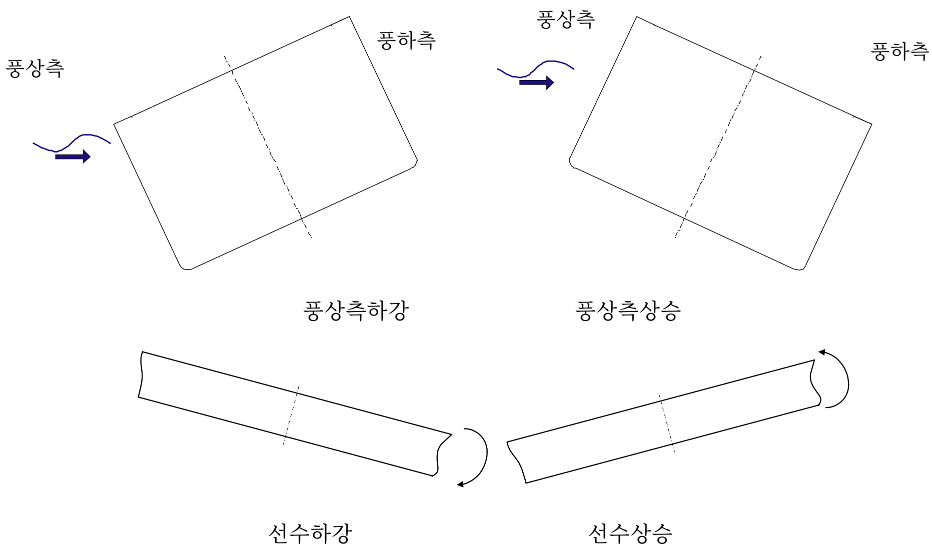


그림 2: 선박운동의 정의

2. 하중상태

2.1 일 반

등가설계파(EDWs)에 대응하는 하중상태는 **표 1**과 같이 정의되며, 선체거더하중 및 선박운동은 **표 2**와 같다. 만일 선체의 구조 또는 적재상태가 선체중심면에 대하여 대칭이 아닌 경우, 우현으로부터(이 경우 우현이 풍상측이다) 오는 파도에 부딪히는 횡파조건에 대응하는 하중상태(R1, R2, P1 및 P2)도 구조강도 평가에 포함되어야 한다.

표 1: 하중상태의 정의

하중상태	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
EDW	“H”		“F”		“R”		“P”	
파랑	선수파		선미파		횡파 (좌현 : 풍상측)		횡파 (좌현:풍상측)	
영향	최대굽힘모멘트		최대굽힘모멘트		최대횡동요		최대외부압력	
	새깅	호깅	새깅	호깅	(+)	(-)	(+)	(-)

표 2: 참조 선체거더하중 및 선박운동

하중상태	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
수직굽힘 모멘트 및 전단력	있음		있음		-		있음	
수평굽힘 모멘트	-		-		있음		-	
상하동요	하강	상승	-	-	하강	상승	하강	상승
종동요	선수하강	선수상승	-	-	-	-	-	-
횡동요	-	-	-	-	우현상승	우현하강	우현상승	우현하강
전후동요	선미	선수	-	-	-	-	-	-
좌우운동	-	-	-	-	-	-	좌현	우현

2.2 하중조합계수

2.2.1
각 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2 에서의 선체거더하중 및 가속도성분은 각 성분의 기준 절대값에 **표 3**에 정의된 해당 하중조합계수(LCF)를 곱하여 구한다.

2.2.2
정수중 수직굽힘모멘트는 하중조합계수에 의하여 계산된 파랑중 선체거더하중에 추가되어야 한다.

2.2.3
내부하중은 갑판에 작용하는 것을 포함하여 적재중량에 의해 발생하는 정압 또는 힘의 합이고, 또한 적재중량에 작용하는 가속도에 의해 발생하고 하중조합계수에 의하여 계산되는 내부압력 또는 힘의 합이다.

표 3: 하중조합계수 LCF

	LCF	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
M_{WV}	C_{WV}	-1	1	-1	1	0	0	$0.4-\frac{T_{LC}}{T}$	$\frac{T_{LC}}{T}-0.4$
Q_{WV}	$C_{QW}{}^{*}$	-1	1	-1	1	0	0	$0.4-\frac{T_{LC}}{T}$	$\frac{T_{LC}}{T}-0.4$
M_{WH}	C_{WH}	0	0	0	0	$1.2-\frac{T_{LC}}{T}$	$\frac{T_{LC}}{T}-1.2$	0	0
a_{surge}	C_{XS}	-0.8	0.8	0	0	0	0	0	0
$a_{pitch\ x}$	C_{XP}	1	-1	0	0	0	0	0	0
$g\sin\Phi$	C_{XG}	1	-1	0	0	0	0	0	0
a_{sway}	C_{YS}	0	0	0	0	0	0	1	-1
$a_{roll\ y}$	C_{YR}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
$g\sin\theta$	C_{YG}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
a_{heave}	C_{ZH}	$0.6\frac{T_{LC}}{T}$	$-0.6\frac{T_{LC}}{T}$	0	0	$\frac{\sqrt{L}}{40}$	$-\frac{\sqrt{L}}{40}$	1	-1
$a_{roll\ z}$	C_{ZR}	0	0	0	0	1	-1	0.3	-0.3
$a_{pitch\ z}$	C_{ZP}	1	-1	0	0	0	0	0	0

(비 고) * C_{QW} 에 대한 LCF 는 중앙횡단면의 선미부에 대하여만 사용한다. 중앙횡단면의 선수부에 대하여는 그 부호를 역으로 하여 사용하여야 한다.

제 5 절 외부압력

기호

이 절에서 정의되지 아니한 기호는 **1장 4절**에 따른다.

L_2 : 규칙상의 길이 (L), 300m 보다 클 필요는 없다.

C : **1장 4절 [2.3.1]**에 따르는 파랑계수

λ : **[1.3.1], [1.4.1]** 및 **[1.5.1]**에 따르는 하중상태에 대응하는 파장(m)

f_p : **4장 2절**에 따르는 확률수준에 대응하는 계수

T_{LCi} : 고려하는 적재상태에서 고려하는 횡단면에서의 흘수(m)

B_i : 고려하는 횡단면에서 수선위치에서의 형폭(m)

x, y, z : **1장 4절**에 정의된 참조좌표계에 대한 하중점의 X, Y 및 Z 좌표(m)

1. 선체외판 및 선저에 작용하는 외부해수압

1.1 일 반

1.1.1

다음 식으로부터 구하는 선체 임의의 점에 작용하는 전체압력 p 는 음의 값이어서는 아니된다.

$$p = p_S + p_W$$

여기서,

p_S : **[1.2]**에 따르는 정수압

p_W : **[1.3], [1.4]** 및 **[1.5]**에 정의된 동적수압과 동일한 파랑압력으로, **[1.6]**에 따라서 수정될 수 있다.

1.2 정수압

1.2.1

정수중 흘수에 대응하는 선체 임의의 위치에서의 정수압 p_S (kN/m^2)는 각 적재상태에 대하여 **표 1**의 식으로부터 구한다. (**그림 1** 참조)

표 1: 정수압 p_S

위 치	정수압 p_S, (kN/m^2)
수선 및 수선하부 ($z \le T_{LCi}$)	$\rho g(T_{LCi} - z)$
수선상부 ($z > T_{LCi}$)	0

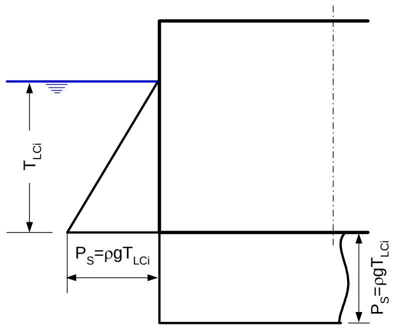


그림 1: 정수압 p_S

1.3 동적수압 – 하중상태 H1, H2, F1 및 F2

하중상태 H1, H2, F1 및 F2에 대하여 수선하부 선체의 임의의 위치에 작용하는 동적수압(kN/m^2) p_H 및 p_F는 **표 2**로부터 구한다.

표 2: 하중상태 H1, H2, F1 및 F2 에 대한 동적수압

하중상태	동적수압(kN/m^2)
H1	$p_{H1} = - k_\ell\, k_P\, p_{HF}$
H2	$p_{H2} = k_\ell\, k_P\, p_{HF}$
F1	$p_{F1} = - p_{HF}$
F2	$p_{F2} = p_{HF}$

여기서,

$$p_{HF} = 3 f_p f_{nl} C \sqrt{\frac{L+\lambda-125}{L}} \left(\frac{z}{T_{LCi}} + \frac{|2y|}{B_i} + 1 \right), \text{ 이때 } \frac{|2y|}{B_i} \le 1.0 \text{ 이고, } z \text{ 는 } T_{LCi} \text{ 이하로 취한다.}$$

f_{nl} : 비선형 효과를 고려한 계수로 다음에 따른다.

$f_{nl} = 0.9$ 확률수준이 10^{-8}인 경우

$f_{nl} = 1.0$ 확률수준이 10^{-4}인 경우

k_ℓ : 선체 종방향의 진폭계수로서 다음에 따른다.

$$k_\ell = 1 + \frac{12}{C_B}\left(1 - \sqrt{\frac{|2y|}{B}}\right)\left|\frac{x}{L} - 0.5\right|^3 \qquad 0.0 \le x/L \le 0.5 \text{ 인 경우}$$

$$k_\ell = 1 + \frac{6}{C_B}\left(3 - \frac{|4y|}{B}\right)\left|\frac{x}{L} - 0.5\right|^3 \qquad 0.5 \le x/L \le 1.0 \text{ 인 경우}$$

k_p : 선체 종방향의 위상계수로서 다음에 따른다.

$$k_P = \left(1.25 - \frac{T_{LC}}{T}\right)\cos\left(\frac{2\pi|x-0.5L|}{L}\right) - \frac{T_{LC}}{T} + 0.25 \,,$$

만재상태 이외의 상태에 대한 국부강도해석, 직접강도해석 및 피로강도평가에 대하여

$k_P = -1.0$, 만재상태에 대한 국부강도해석인 경우

λ : 파장(m)으로서 다음에 따른다.

$\lambda = 0.6\left(1+\frac{T_{LC}}{T}\right)L$ 하중상태 H1 및 H2인 경우

$\lambda = 0.6\left(1+\frac{2}{3}\frac{T_{LC}}{T}\right)L$ 하중상태 F1 및 F2인 경우

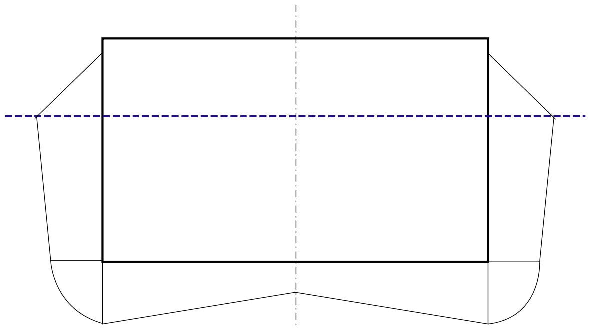


그림 2: 중앙 횡단면에 작용하는 동적수압 p_{F2} 의 분포

1.4 동적수압 – 하중상태 R1 및 R2

하중상태 R1 및 R2에 대하여 흘수선 하부의 임의의 점에 작용하는 동적수압(kN/m²) p_R 은 다음 식으로부터 구한다. 압력 p_{R1}의 분포는 **그림 3**과 같다.

$$p_{R1} = f_{nl}\left(10y\sin\theta + 0.88 f_p C\sqrt{\frac{L+\lambda-125}{L}}\left(\frac{|2y|}{B}+1\right)\right)$$

$$p_{R2} = -p_{R1}$$

여기서,

f_{nl} = 비선형 효과를 고려한 계수로서 다음에 따른다.

$f_{nl} = 0.8$ 확률수준이 10^{-8}인 경우

$f_{nl} = 1.0$ 확률수준이 10^{-4}인 경우

$\lambda = \frac{g}{2\pi}T_R^2$

y = 하중점의 Y 좌표(m)로서 풍우측을 양으로 취한다.

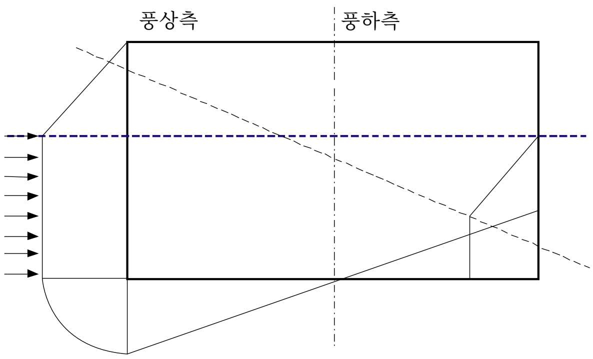


그림 3: 중앙횡단면에 작용하는 동적수압 p_{R1} 의 분포

1.5 동적수압 – 하중상태 P1 및 P2

하중상태 P1 및 P2에 대하여 흘수선 하부의 임의의 점에 작용하는 동적수압(kN/m²) p_P 는 다음 식으로부터 구한다. 압력 p_{P1}의 분포는 **그림 4**와 같다.

표 3: 하중상태 P1 및 P2 에 대한 동적수압

하중상태	동적수압(kN/m²)	
	풍상측	풍하측
P1	$p_{P1} = p_P$	$p_{P1} = p_P/3$
P2	$p_{P2} = -p_P$	$p_{P1} = -p_P/3$

여기서,

$$p_P = 4.5 f_p f_{nl} C \sqrt{\frac{L+\lambda-125}{L}}\left(2\frac{|z|}{T_{LCi}} + 3\frac{|2y|}{B}\right)$$

f_{nl} = 비선형 효과를 고려한 계수로서 다음에 따른다.

$f_{nl} = 0.65$ 확률수준이 10^{-8}인 경우

$f_{nl} = 1.0$ 확률수준이 10^{-4}인 경우

$$\lambda = \left(0.2 + 0.4\frac{T_{LC}}{T_S}\right)L$$

y = **[1.4.1]**에 따르는 하중점의 Y 좌표(m)

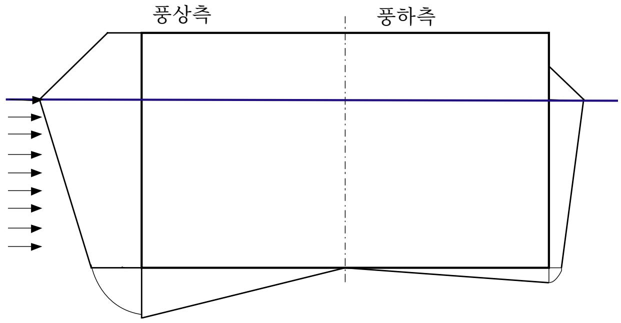


그림 4: 중앙횡단면에 작용하는 동적수압 p_{P1} 의 분포

1.6 동적수압의 수정

1.6.1

수선에서 동적수압이 양인 경우(하중상태 H1, H2, F2, R1, R2 및 P1에서), 수선상부 선측에 작용하는 동적수압(kN/m²) $P_{W,C}$는 다음과 같다.(**그림 5** 참조)

- $p_{W,C} = p_{W,WL} + \rho g (T_{LCi} - z)$ $T_{LCi} \le z \le h_W + T_{LCi}$ 에 대하여
- $p_{W,C} = 0$ $z \ge h_W + T_{LCi}$ 에 대하여

여기서,

$p_{W,WL}$: 고려하는 하중상태에 대하여 수선에 작용하는 양의 동적수압

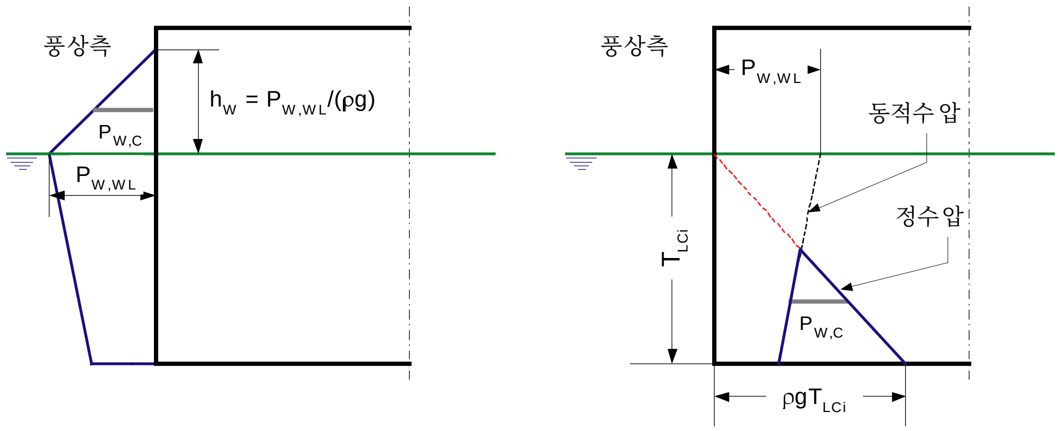
$$h_W = \frac{p_{W,WL}}{\rho g}$$

1.6.2
수선에서 동적수압이 음인 경우(하중상태 H1, H2, F1, R1, R2 및 P2 에서), 수선하부 선측에 작용하는 동적수압(kN/m^2) $P_{W,C}$ 는 다음과 같다.(**그림 5** 참조)

$p_{W,C} = p_W$, $\rho g(z\text{-}T_{LCi})$ 이상으로 취할 것

여기서,

p_W : 고려하는 하중상태에 대하여 수선하부에 작용하는 음의 동적수압



동적수압이 양인 경우 동적수압이 음인 경우

그림 5: 동적수압의 수정

2. 노출갑판에 작용하는 외부압력

2.1 일 반

2.1.1
노출갑판에 쇄파기가 설치된 경우, 쇄파기 후방에 위치한 노출갑판의 면적에 대하여 **[2.2]** 및 **[2.3]**에 정의된 외부압력에 대한 경감은 허용되지 아니한다.

2.2 하중상태 H1, H2, F1 및 F2

2.2.1
하중상태 H1, H2, F1 및 F2에 대하여 노출갑판의 임의의 위치에 작용하는 외부압력(kN/m^2) p_D 는 다음 식으로부터 구한다.

$$p_D = \varphi p_W$$

여기서,

p_W : **표 4**의 식으로부터 구하는 압력

φ : **표 5**에 따르는 계수

표 4: 하중상태 H1, H2, F1 및 F2 에 대하여 노출갑판에 작용하는 압력

위치	압력 p_W (kN/m^2)	
	$L_{LL} \geq 100$ m	$L_{LL} < 100$ m
$0 \leq x/L_{LL} \leq 0.75$	34.3	$14.9 + 0.195\,L_{LL}$
$0.75 < x/L_{LL} < 1$	$34.3 + (14.8 + a(L_{LL} - 100))\left(4\dfrac{x}{L_{LL}} - 3\right)$	$12.2 + \dfrac{L_{LL}}{9}\left(5\dfrac{x}{L_{LL}} - 2\right) + 3.6\dfrac{x}{L_{LL}}$
(비 고) a: 계수로서 다음에 따른다. $a = 0.0726$ B 형 건현을 가지는 선박인 경우 $a = 0.356$ B-60 또는 B-100 형 건현을 가지는 선박인 경우		

표 5: 노출갑판에 작용하는 압력에 대한 계수

노출갑판위치	φ
건현갑판 및 선수루갑판	1.00
선수루갑판을 제외한 선루갑판	0.75
제1층 갑판실	0.56
제2층 갑판실	0.42
제3층 갑판실	0.32
제4층 갑판실	0.25
제5층 갑판실	0.20
제6층 갑판실	0.15
제7층 및 상부 갑판실	0.10

2.3 하중상태 R1, R2, P1 및 P2

2.3.1

하중상태 R1, R2, P1 및 P2에 대하여 노출갑판의 임의의 위치에 작용하는 외부압력(kN/m^2) p_D 는 다음 식으로부터 구한다.

$$p_D = 0{,}4\varphi p_W$$

여기서,

p_W : Z 상좌표에서 **[1.6]**에 의하여 계산될 수 있는 하중상태 R1, R2, P1 및 P2에 대한 노출갑판 선측에서의 유체동압(kN/m^2). p_W 는 노출갑판의 양측(좌현 및 우현)에서 유체동압 $p_{W,C}$ 중의 하나보다는 커야하며, 0보다 작아서는 아니된다.

φ : **표 5**에 따르는 계수

2.4 노출갑판에 걸리는 하중

2.4.1

노출갑판에 특정하중이 걸리는 경우, 이 하중에 대응하는 정압 p_S 는 설계자에 의하여 결정되어야 하고, 일반적으로 10 kN/m^{2}보다 작아서는 아니된다.

이 하중에 의한 전체압력(kN/m^2) p 는 **[2.2]** 및 **[2.3]**에서 정의하는 압력과 동시에 고려되어서는 아니되며, 다음 식에 의한 값 중 큰 값을 취하여야 한다.

$p = p_S + p_W$

$p = p_D$

여기서,

p_S : 해당되는 경우, 작용되는 분포하중에 의한 정압

p_W : 작용되는 분포하중에 의한 동적압력(kN/m^2)으로서 다음에 따른다.

$$p_W = \frac{a_Z}{g} p_S$$

a_Z : **4장 2절 [3.2]**에 정의된 식에 의하여 얻어지는, 고려하는 하중상태에 작용하는 분포하중의 무게중심에서의 수직가속도(m/s^2)

p_D : **[2.1.1]** 및 **[2.3.1]**에 따르는 고려하는 하중상태에 대한 노출갑판의 압력

2.4.2 단위하중에 의한 집중힘

노출갑판 상에 단위하중이 작용하는 경우, 작용하는 단위하중에 의한 정적 및 동적 힘이 고려되어야 한다. 이 하중에 의한 총 힘 F 는 **[2.2]** 및 **[2.3]**에 정의된 압력과 동시에 일어나지 않는 것으로 고려되어야 하며, 다음 식으로부터 구한 값(kN)과 동등하게 취하여야 한다.

$F = F_S + F_W$

여기서,

F_S : 작용하는 단위하중에 의한 정적 힘(kN)으로서 다음에 따른다.

$$F_S = m_U g$$

F_W : 작용하는 단위하중에 의한 동적 힘(kN)으로서 다음에 따른다.

$$F_W = m_U a_Z$$

m_U : 작용하는 단위하중의 질량(t)

a_Z : **4장 2절 [3.2]**에 정의된 식에 의하여 얻어지는, 고려하는 하중상태에 작용하는 단위하중의 무게중심에서의 수직가속도(m/s^2)

3. 선루 및 갑판실에 작용하는 외부압력

3.1 폭로갑판

3.1.1

선루 및 갑판실의 노출갑판에 작용하는 외부압력은 **[2]**에 따라 구한다.

3.2 노출된 조타실 상단

3.2.1

노출된 조타실 상단에 작용하는 면외압력(kN/m^2)은 다음보다 작아서는 아니된다.

$p = 2.5$

3.3 선루측면

3.3.1

선루의 측면에 작용하는 면외압력(kN/m²)은 다음 식으로부터 구하여야 한다.

$$P_{SI} = 2.1 C f_P c_F (C_B + 0.7) \frac{20}{10 + z - T}$$

f_P : 확률계수로서 다음에 따른다.

$f_P = 1.0$ 판패널인 경우

$f_P = 0.75$ 일반보강재 및 1차 지지부재인 경우

c_F : **표 6**에 따른 분포계수

표 6: 분포계수 c_F

위치	c_F
$0 \le \frac{x}{L} < 0.2$	$1.0 + \frac{5}{C_B}\left(0.2 - \frac{x}{L}\right)$, $\frac{x}{L}$ 은 0.1보다 작지 아니할 것
$\frac{x}{L} \ge 0.2$	1.0

3.4 선루단 격벽 및 갑판실 위벽

3.4.1

치수산정을 위한 면외압력(kN/m²)은 다음 식 중 큰 값 이상이어야 한다.

$$P_A = nc[bC - (z - T)]$$

$$P_A = P_{A\min}$$

여기서,

n : 층높이에 따라 **표 7**에 정의된 계수

최하층은 통상 깊이 D 가 측정되어야 하는 최상층전통갑판의 직상에 위치한 층이다. 그러나, 실제 거리가 개정된 ILLC 에 따라 수정되지 아니한 최소 표정건현을 **1장 4절 [3.18.1]**에 정의된 표준선루높이를 최소한 하나만큼 초과하는 경우, 이 층은 제2층으로 정의될 수 있고 그 상부의 층은 제3층으로 정의된다.

c : 다음에 따른 계수

$$c = 0.3 + 0.7 \frac{b_1}{B_1}$$

기관케이싱의 노출부인 경우, c 는 1.0보다 작아서는 아니된다.

b_1 : 고려하는 위치에서 갑판실의 폭

B_1 : 고려하는 위치에서 노출된 노천갑판상 선체의 실제 최대폭.

b_1/B_1 은 0.25보다 작아서는 아니된다.

b : **표 8**에 따르는 계수

x : 고려하는 격벽에 대한 계산점의 X 좌표(m). 갑판실의 측면을 결정하는 경우, 갑판실은 각기 0.15L 을 넘지 아니하는 대략의 등간격으로 구획되어야 하고, x 는 고려하는 각 부분의 중심의 X 좌표로서 취하여 져야 한다.

z : 보강재 스팬의 중간위치, 또는 판범위의 중간까지의 Z 좌표(m)

ℓ : 각기 선루높이 또는 갑판실높이로 취하여져야 하는 스팬(m)으로서 2.0m 보다 작아서는 아니된다.

$P_{A\min}$: **표 9**에 따르는 최소 면외압력(kN/m^2)

표 7: 계수 n

격벽의 형식	위치	n
보호되지 아니한 전단	최하층	$20+\dfrac{L_2}{12}$
	제2층	$10+\dfrac{L_2}{12}$
	제3층 이상	$5+\dfrac{L_2}{15}$
보호된 전단	모든 층	$5+\dfrac{L_2}{15}$
측면	모든 층	$5+\dfrac{L_2}{15}$
선미단	선미 중앙부	$7+\dfrac{L_2}{100}-8\dfrac{x}{L_2}$
	선수 중앙부	$5+\dfrac{L_2}{100}-4\dfrac{x}{L_2}$

표 8: 계수 b

격벽의 위치	b
$\frac{x}{L} < 0.45$	$1.0 + \left(\frac{\frac{x}{L} - 0.45}{C_B + 0.2}\right)^2$
$\frac{x}{L} \geq 0.45$	$1.0 + 1.5\left(\frac{\frac{x}{L} - 0.45}{C_B + 0.2}\right)^2$
(비 고) C_B : $0.6 \leq C_B \leq 0.8$ 의 방형계수. 중앙부전방의 선미단의 치수를 산정하는 경우, C_B 는 0.8보다 작아서는 아니된다.	

표 9: 최소면외압력 $p_{A\min}$

	$p_{A\min}$ (kN/m^2)	
L	보호되지 아니한 최하층	기타(1)
$90 < L \leq 250$	$25 + \frac{L}{10}$	$12.5 + \frac{L}{10}$
$L > 250$	50	25
(1) 제4층 및 이상인 경우, $p_{A\min}$ 는 2.5 kN/m^{2}으로 한다.		

4. 선수부에 작용하는 압력

4.1 선수플레어부의 압력

4.1.1

선수 플레어부의 보강에 고려되어야 하는 선수압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$p_{FB} = K(p_S + p_W)$$

여기서,

p_S, p_W : T_B 에서 표준 밸러스트상태로 계산된 하중상태 H, F, R 및 P 중의 정수압 및 최대 동적수압

K : 계수로서 다음에 따른다.

$$K = \frac{c_{FL}\left(0.2V + 0.6\sqrt{L}\right)^2}{42C(C_B + 0.7)\left(1 + \frac{20}{C_B}\left(\frac{x}{L} - 0.7\right)^2\right)}(10 + z - T_B)$$ 은 1.0보다 작아서는 아니된다.

c_{FL} : 계수로서 다음에 따른다.

$c_{FL} = 0.8$ 일반적인 경우

$c_{FL} = \dfrac{0.4}{1.2 - 1.09\sin\alpha}$ 플레어각 α 가 40° 보다 큰 경우

4.2 설계 선저슬래밍 압력

4.2.1

선수선저 플레어부의 보강에 고려되어야 하는 선저 슬래밍압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$p_{SL} = 162 c_1 c_{SL}\sqrt{L}$ $L \le 150m$ 인 경우

$p_{SL} = 1984 c_1 c_{SL}(1.3 - 0.002L)$ $L > 150m$ 인 경우

여기서,

c_1 : 계수로서 다음에 따른다.

$c_1 = 3.6 - 6.5\left(\dfrac{T_{BFP}}{L}\right)^{0.2}$, 1.0보다 커서는 아니 된다.

T_{BFP} : 표준 밸러스트상태에 대한 선수수선에서 정의되는 최소 설계밸러스트흘수(m).

밸러스트를 순차적으로 교환하는 방법이 적용되는 경우, T_{BFP} 는 순차적인 교환에 대하여 고려되어야 한다.

c_{SL} : 분포계수로써 다음에 따른다. (**그림 6** 참조)

$c_{SL} = 0$ $\dfrac{x}{L} \le 0.5$ 인 경우

$c_{SL} = \dfrac{\frac{x}{L} - 0.5}{c_2}$ $0.5 < \dfrac{x}{L} \le 0.5 + c_2$ 인 경우

$c_{SL} = 1.0$ $0.5 + c_2 < \dfrac{x}{L} \le 0.65 + c_2$ 인 경우

$c_{SL} = 0.5\left(1 + \dfrac{1 - \frac{x}{L}}{0.35 - c_2}\right)$ $\dfrac{x}{L} > 0.65 + c_2$ 인 경우

c_2 : 계수로써 다음에 따른다.

$c_2 = 0.33 C_B + \dfrac{1}{2500}$ 으로 0.35보다 커서는 아니된다.

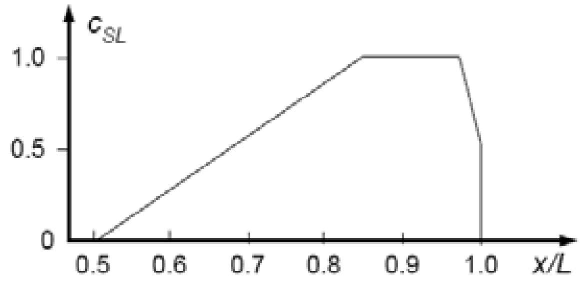


그림 6: 분포계수 c_{SL}

4.2.2
밸러스트 교환작업을 하는 동안 다른 것들 중에서 기상상태 및 특히 이러한 작업을 하는 동안 선수흘수가 T_{BFP} 보다 작은 경우 선수흘수를 관찰하는 것은 선장의 책임이다.

상기 요건 및 흘수 T_{BFP} 는 작업지침서에 명백하게 표시되어야 한다.

5. 창구덮개에 작용하는 외부압력

5.1 일 반

5.1.1
창구덮개에 특정하중이 걸리는 경우, 그 압력은 **[2.4]**에 따라 구한다.

5.2 파랑압력

5.2.1
창구덮개의 임의의 위치에 작용하는 압력은 φ 를 1.0으로 하여 **[2.2.1]**에 따라 구한다. 그러나, 창구가 건현갑판 상부에 있고, 최소한 하나의 **1장 4절** **[3.18]**에 정의된 선루표준높이에 위치한 경우, 압력 p_W 는34.3 kN/m^{2}으로 할 수 있다.

제 6 절 내부압력 및 힘

기호

이 절에서 정의되지 아니한 기호는 **1장 4절**에 따른다.

ρ_C : 산적건화물의 밀도(t/m^3)로서 다음에 따른다.

- 길이(L) 150m 이상인 선박에 대하여는 **표 1**에 주어진 값
- 길이(L) 150m 미만인 선박에 대하여는 적하지침서에 따른 최대밀도

표 1: 산적건화물의 밀도

적재형태	밀도	
	BC-A, BC-B	**BC-C**
상갑판까지 적재된 화물창	max(M_H/V_C, 1.0)	1.0
상갑판까지 적재되지 아니한 화물창	3.0 (1)	-
(1) 설계자에 의하여 별도로 규정된 것을 제외한다.		

ρ_L : 내부액체의 밀도(t/m^3)로서 내부액체가 밸러스트수인 경우 1.025로 한다.

M_H : 최대흘수에서 균일 적재상태에 해당하는 화물창 내의 실제 화물질량(t)

V_C : 창구코밍으로 둘러 쌓인 용적을 제외한 화물창의 용적(m^3)

K_C : 계수로서 다음에 따른다.

$K_C = \cos^2\alpha + (1-\sin\psi)\sin^2\alpha$ 내저판, 호퍼탱크, 횡격벽 및 종격벽, 하부스툴, 수직상부스툴, 내측 및 선측외판 인 경우

$K_C = 0$ 톱사이드탱크, 상갑판 및 경사상부스툴인 경우

α : 수평면과 고려하는 패널 사이의 각도(deg)

ψ : 산적화물(수분이 제거된)의 추정 안식각(deg); 보다 정확한 평가가 없는 경우, 다음의 값으로 할 수 있다.

ψ = 30°, 일반화물인 경우

ψ = 35°, 철광석인 경우

ψ = 25°, 시멘트인 경우

h_C : **[1.1.1]** 또는 **[1.1.2]**에 따르는 내저판에서 산적화물의 상부표면까지의 수직거리(m)

h_{DB} : 중심선에서 이중저의 높이(m)

h_{LS} : 내저판으로부터 측정한 하부스툴의 평균높이(m)

z_{TOP} : 직립상태에서 탱크정부의 Z 좌표(m)

z_{B0} : 넘침관상단의 Z 좌표(m)

a_X : **4장 2절 [3.2]**에 정의된 식으로 구한, 고려하는 화물창 또는 탱크의 무게중심에 작용하는 종방향 가속도(m/s^2)

a_Y : **4장 2절 [3.2]**에 정의된 식으로 구한, 고려하는 화물창 또는 탱크의 무게중심에 작용하는 횡방향 가속도(m/s^2)

a_Z : **4장 2절 [3.2]**에 정의된 식으로 구한, 고려하는 화물창 또는 탱크의 무게중심에 작용하는 수직방향 가속도(m/s^2)

B_H : 화물창의 평균 폭(m)

b_{IB} : **그림 2**에 따르는 내저판의 폭(m)

D_1 : 중앙횡단면의 선측에서 기선으로부터 건현갑판까지의 거리(m)

s_C : 파형격벽 파형의 간격(m), **3장 6절 그림 28** 참조

x, y, z : **1장 4절**에 정의된 참조좌표계에 대한 하중점의 X, Y 및 Z 좌표(m)는 풍우측을 양으로 한다.

x_G, y_G, z_G : **1장 4절**에 정의된 참조좌표계에 대한 화물창 또는 탱크의 무게중심의 X, Y 및 Z 좌표(m)

d_{AP} : 공기관상단으로부터 구획정부까지의 거리(m)로서 다음에 따른다.

$d_{AP} = z_{B0} - z_{TOP}$

1. 산적건화물에 의한 면외압력

1.1 산적건화물의 상부표면

1.1.1

산적건화물의 밀도가 화물창이 창구코밍의 상단까지 적재되는 것인 경우, 산적건화물의 상부표면은 선측외판 또는 선측구조에 의하여 경계를 이루는 화물창에 동일하게 적재된 화물용적을 고려하여 산정하여야 하는 등가수평표면으로, 다음과 같다.

원통모양의 화물창인 경우, 산적건화물의 등가수평표면은 내저판 상방으로 다음 식으로부터 구하는 거리(m) h_C 에 위치한다고 볼 수 있다. (**그림 1** 참조)

$$h_C = h_{HPU} + h_0$$

여기서,

$$h_0 = \frac{S_A}{B_H}$$

$$S_A = S_0 + \frac{V_{HC}}{\ell_H}$$

h_{HPU} : 톱사이드탱크와 선측외판 또는 내측판과의 하부교점과 내저판사이의 수직거리(m)로서 **그림 1**에 따른다.

S_0 : 톱사이드탱크와 선측외판 또는 내측판과의 하부교점 상방으로 상갑판 높이까지의 음영면적(m^2)으로서 **그림 1**에 따른다.

V_{HC} : 창구코밍으로 폐위된 용적(m^3)

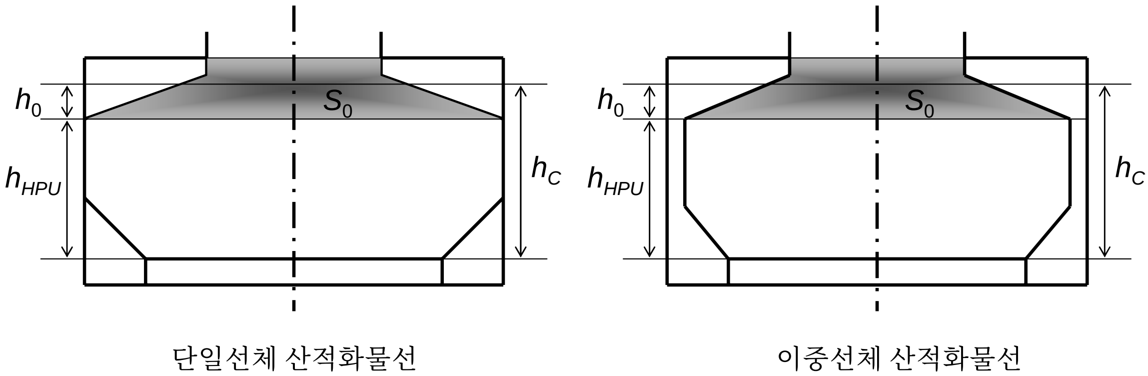


그림 1: h_C, h_0, h_{HPU} 및 S_0 의 정의

1.1.2

산적건화물의 밀도가 화물창이 상갑판까지 적재되지 아니하는 것인 경우, 산적건화물의 상부표면은 중심선에 폭이 $B_H/2$ 인 수평면을 가지고 가장자리에는 안식각($\psi/2$)으로 적재된 부분이 있는 것으로 생각하고, 고려하는 화물창에 동일하게 적재된 화물용적을 M/ρ_C 로 고려하여 산정하여야 한다.

원통모양의 화물창인 경우, 산적건화물의 상부표면은 내저판 상방으로 다음 식으로부터 구하는 거리(m) h_C 에 위치한다고 볼 수 있다. (**그림 2** 참조)

$$h_C = h_{HPL} + h_1 + h_2$$

여기서,

h_{HPL} : 호퍼탱크와 내측판과의 상부교점과 내저판사이의 수직거리(m)로서 **그림 2**에 따른다. 호퍼탱크가 없는 경우 h_{HPL} 는 0으로 한다.

h_1 : 수직거리(m)로서 다음 식에 따른다(**그림 2** 참조)

$$h_1 = \frac{M_{HD}}{\rho_C \cdot B_H \ell_H} - \frac{B_H + b_{IB}}{2B_H} h_{HPL} - \frac{3}{16} B_H \tan\frac{\psi}{2} + \frac{V_{TS}}{B_H \ell_H}$$

M : **4장 7절**에 정의된 고려하는 산적화물의 질량(t)

V_{TS} : 고려하는 화물창 길이 ℓ_H 내에서 횡격벽의 하부에 있는 횡스툴의 전체용적(m³). 이 용적에는 횡격벽을 통과하는 호퍼탱크의 부분은 제외한다.

h_2 : y 에 따른 산적화물의 상부표면(m)으로서 다음 식으로 주어진다.

$$h_2 = \frac{B_H}{4}\tan\frac{\psi}{2}, \qquad 0 \le |y| \le \frac{B_H}{4} \text{ 인 경우}$$

$$h_2 = \left(\frac{B_H}{2} - |y|\right)\tan\frac{\psi}{2}, \qquad \frac{B_H}{4} \le |y| \le \frac{B_H}{2} \text{ 인 경우}$$

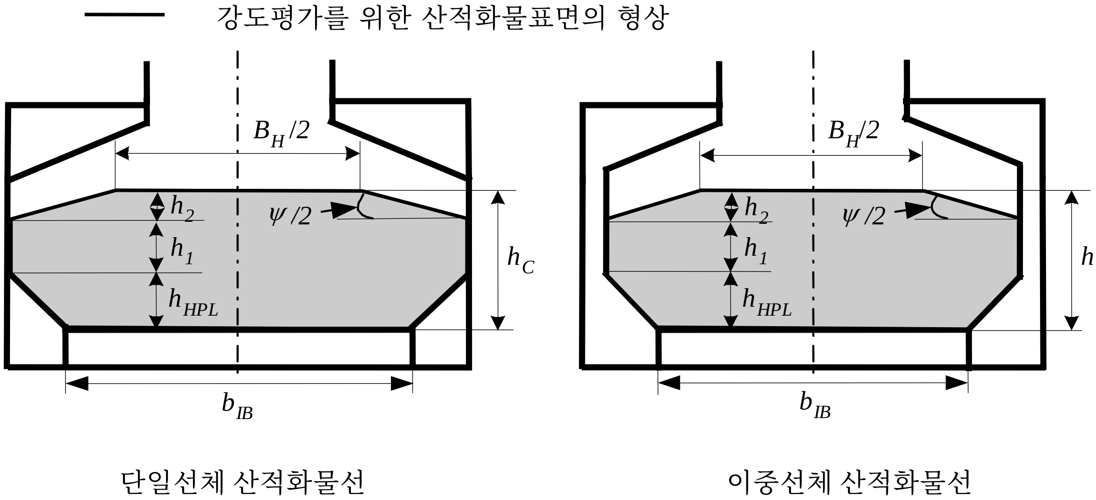


그림 2: h_C, h_1, h_2 및 h_{HPL} 의 정의

원통모양이 아닌 화물창에 대하여, 그리고 규정하는(prescriptive) 규칙 요건인 경우, 산적화물의 상부표면은 산적건화물의 밀도를 M/V_C 로 하여 상갑판 높이에서 취할 수 있다.

1.2 정수중 산적건화물에 의한 압력

1.2.1

정수중 산적건화물에 의한 압력은 다음 식으로 주어진다.

$$p_{CS} = \rho_C g K_C (h_C + h_{DB} - z)$$

1.3 산적건화물에 의한 관성압력

1.3.1

각 하중상태에 대하여 산적건화물에 의한 관성압력(kN/m^2) p_{CW} 는 다음 식으로 주어진다.

- 하중상태 H 에 대하여: $p_{CW} = \rho_C [0.25 a_X (x - x_G) + K_C a_Z (h_C + h_{DB} - z)]$
- 하중상태 F 에 대하여: $p_{CW} = 0$
- 하중상태 R 및 P 에 대하여: $p_{CW} = \rho_C [0.25 a_Y (y - y_G) + K_C a_Z (h_C + h_{DB} - z)]$

(x-x_G) 는 국부강도에 대하여는 **6장**에 의거, 그리고 종방향 보강재를 위한 피로해석에 대하여는 **8장**에 의거하여 하중상태 H1에서 0.25ℓ_H 또는 하중상태 H2에서 -0.25ℓ_H로 하여야 한다.

1.4 산적건화물에 의한 전단하중

1.4.1

수직방향의 전체 힘을 평가하기 위하여, 산적건화물에 의하여 빌지호퍼탱크 및 하부스툴의 경사판에 작용하는 전단하중을 고려하여야 한다.

정수중 산적건화물에 의하여 경사부재에 작용하는 전단하중(kN/m^2) $p_{CS\text{-}S}$ (내저판쪽으로의 하향이 양)는 다음 식으로 주어진다.

$$p_{CS-S} = \rho_C g \frac{(1-K_C)(h_C + h_{DB} - z)}{\tan\alpha}$$

파랑중 산적건화물에 의하여 경사부재에 작용하는 전단하중(kN/m^2) p_{CW-S} (내저판쪽으로의 하향이 양)는 다음 식으로 주어진다.

- 하중상태 H, R 및 P 에 대하여: $p_{CW-S} = \rho_C a_Z \frac{(1-K_C)(h_C + h_{DB} - z)}{\tan\alpha}$
- 하중상태 F 에 대하여: $p_{CW-S} = 0$

1.4.2

종방향 및 수평방향의 전체 힘을 평가하기 위하여, 산적건화물에 의하여 내저판에 작용하는 전단하중을 고려하여야 한다.

파랑중 산적건화물에 의하여 종방향으로 작용하는 전단하중(kN/m^2) p_{CW-S} (선수방향이 양)는 다음 식으로 주어진다.

- 하중상태 H 에 대하여: $p_{CW-S} = 0.75\rho_C a_X h_C$
- 하중상태 F, R 및 P 에 대하여: $p_{CW-S} = 0$

파랑중 산적건화물에 의하여 횡방향으로 작용하는 전단하중(kN/m^2) p_{CW-S} (풍우측이 양)는 다음 식으로 주어진다.

- 하중상태 R 및 P 에 대하여: $p_{CW-S} = 0.75\rho_C a_Y h_C$
- 하중상태 H 및 F 에 대하여: $p_{CW-S} = 0$

2. 액체에 의한 횡압력

2.1 정수중 액체에 의한 압력

2.1.1

정수중 액체압력(kN/m^2)는 다음 중 큰 값으로 주어진다.

$$p_{BS} = \rho_L g(z_{TOP} - z + 0.5d_{AP})$$

$$p_{BS} = \rho_L g(z_{TOP} - z) + 100P_{PV}$$

여기서,

P_{PV} : 설치된 경우, 안전밸브의 설정압력(bar)을 고려하여야 한다.

국부강도평가인 경우, 정압 p_{BS} 는 25 kN/m^2 이상으로 취한다.

2.1.2

범람방법(flow through method)에 의한 밸러스트수 교환작업을 검토하는 경우, **7장**에 의한 국부강도평가 및 직접강도해석을 위한 정적 압력 p_{BS} 는 다음 이상이어야 한다.

$$p_{BS} = \rho_L g(z_{TOP} - z + d_{AP}) + 25$$

배관 또는 펌프배치가 높은 압력을 야기하는 경우 추가계산이 요구될 수도 있다.

2.2 액체에 의한 관성압력

2.2.1

각 하중상태에 대하여 액체에 의한 관성압력(kN/m^2) p_{BW} 는 다음으로 주어진다. 범람방법(flow through method)에 의한 밸러스트수 교환작업을 검토하는 경우, 국부강도평가 및 직접강도해석에 대하여는 밸러스트수로 인한 관성압력은 고려하지 않는다.

- 하중상태 H 에 대하여: $p_{BW} = \rho_L\,[a_Z(z_{TOP} - z) + a_X(x - x_B)]$

  $(x\text{-}x_G)$ 는 국부강도에 대하여는 6장에 의거, 그리고 종방향 보강재를 위한 피로해석에 대하여는 **8장**에 의거하여 하중상태 H1에서 $0.75\ell_H$ 또는 하중상태 H2에서 $-0.75\ell_H$로 하여야 한다.
- 하중상태 F 에 대하여: $p_{BW} = 0$
- 하중상태 R 및 P 에 대하여: $p_{BW} = \rho_L\,[a_Z(z_B - z) + a_Y(y - y_B)]$

여기서,

x_B : 선수측이 하향일 때 탱크후단, 또는 선수측이 상향일 때 탱크전단의 X 좌표로서 **그림 3**에 따른다.

y_B : 풍우측이 하향일 때 반대편 최선측에 위치한 탱크정부, 또는 풍우측이 상향일 때 풍우측 최선측에 위치한 탱크정부의 Y 좌표로서 **그림 3**에 따른다.

z_B : 다음 위치의 Z 좌표
- 완전히 채워진 구역에 대하여: 탱크정부
- 밸러스트화물창에 대하여: 창구코밍의 상단

기준점 B 는 **그림 3**과 같이 수직축과 글로벌가속도벡터 $\vec{A}_G$ 사이의 각도 φ 만큼 회전한 후의 최상부 점으로 정의된다. φ 는 다음 식으로부터 구한다.

- 하중상태 H1 및 H2:

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{|a_X|}{g\cos\Phi + a_Z}\right)$$

- 하중상태 R1(P1) 및 R2(P2):

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{|a_Y|}{g\cos\theta + a_Z}\right)$$

여기서,

θ : **4장 2절 [2.1.1]**에 따르는 단일 횡동요주기(deg)

Φ : **4장 2절 [2.2.1]**에 따르는 단일 종동요주기(deg)

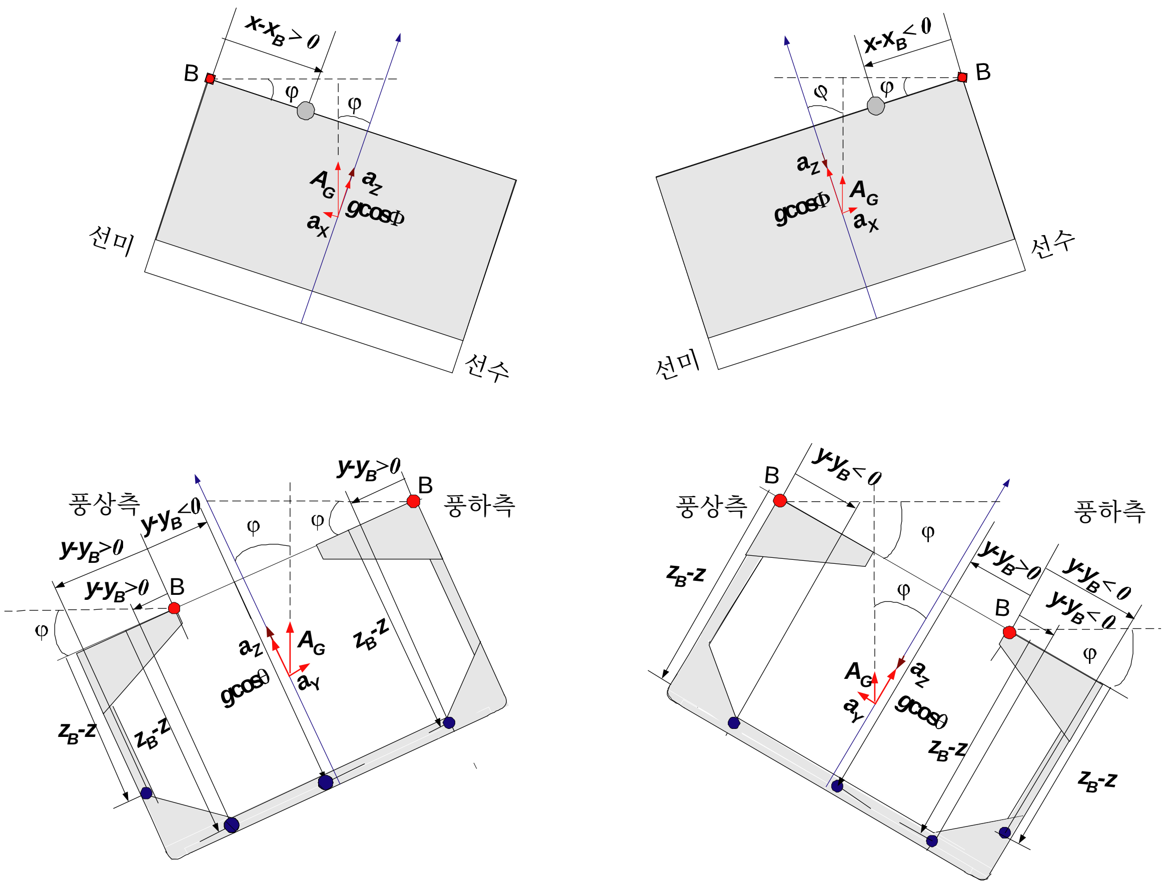


그림 3: x_B 및 y_B 의 정의

3. 침수상태의 면외압력 및 힘

3.1 적 용

3.1.1

침수상태에서 고려하여야 하는 침수압력은 다음에 표시된다.

- 일반적인 경우 **[3.2]**
- 횡파형격벽의 특별한 경우 **[3.3]**
- 이중저의 특별한 경우 **[3.4]**

3.2 일 반

3.2.1

액체를 운송하지 아니하는 구획의 경계를 이루는 판(선저 및 선측외판은 제외)에 작용하는 것으로 고려하여야 하는 압력(kN/m^2) p_F 는 다음 식으로부터 구한다.

$$p_F = \rho g \left(1 + 0.6\frac{a_Z}{g}\right)(z_F - z), \; gd_0 \text{ 이상일 것}$$

여기서,

z_F : 고려하는 횡단면에 대하여 선측에서 건현갑판의 Z 좌표(m). 손상복원성계산 결과를 이용할 수 있는 경우, 건현갑판을 대신하여 가장 깊은 평형상태의 수선을 고려할 수 있다. 이 경우, 우리 선급은 과도기상태를 고려할 것을 요구할 수 있다.

d_0 : 거리(m)로서 다음에 따른다.

$d_0 = 0.02L$ $\quad$ $90 \text{ m} \le L < 120 \text{ m}$ 인 경우

$d_0 = 2.4$ $\quad$ $L \ge 120 \text{ m}$ 인 경우

3.3 수직파형 횡수밀격벽

3.3.1 적 용

각 화물창은 개별적으로 침수되는 것으로 고려하여야 한다.

3.3.2 일 반

각 격벽에 작용하는 것으로 고려하여야 하는 하중은 화물에 의한 하중과 시험하고자 하는 격벽에 인접한 하나의 화물창 침수에 의한 하중의 조합에 의하여 주어진다. 어느 경우에도, 침수되는 물만으로 인하여 발생하는 압력은 고려되어야 한다.

하중을 발생시키는 화물과 침수하중간의 최악의 조합을 각 격벽의 부재치수 결정에 사용하여야 하며, 적하지침서를 포함한 적재조건에 따라,

- 균일적재상태
- 비균일적재상태

적재 및 공창 시의 개별적인 침수를 고려하여야 한다.

이 항의 목적상, 균일적재상태이라 함은 각 화물창에 대하여, 서로 다른 화물밀도에 대하여 수정된 최고적재율과 최저적재율 사이의 비율이 1.20 이하인 적재조건을 말한다.

다항적재(multiport loading)에 따른 비균일 부분적재상태 및 균일적재상태의 하역작업은 이 요건에 따라 고려할 필요가 없다.

화물창에 대하여 정해진 설계하중의 한계값은 설계자에 의하여 정의되는 적재상태에 의하여 적하지침서에 표시되어야 한다.

이 항의 목적상, 포장된 화물을 운송하는 화물창은 이 규정의 적용상 공창으로 고려하여야 한다.

비균일적재상태의 철광석 또는 산적밀도가 1.78 t/m^3 이상의 화물만을 운송하는 선박이 아닌 경우, 화물창에 적재할 수 있는 화물의 최대중량은 중심선에서 상갑판높이까지 적재하는 것으로 고려하여야 한다.

3.3.3 침수수위

침수수위 z_F 는 직립위치에 있는 선박의 기선으로부터 수직으로 측정한 거리(m)로서 다음에 따른다.

- 일반적으로,

  최전방 파형 횡격벽에 대하여 D_1

  기타 격벽에 대하여 $0.9D_1$

비균일 적재상태의 산적밀도 1.78 t/m^3 미만의 화물을 운송하는 선박인 경우, 다음의 값이 가정될 수 있다.

  최전방 파형횡격벽에 대하여 $0.95D_1$

  기타 격벽에 대하여 $0.85D_1$

- B 형 건현의 재화중량 50000 t 미만의 선박에 대하여,

  최전방 파형횡격벽에 대하여 $0.95D_1$

  기타 격벽에 대하여 $0.85D_1$

비균일 적재상태의 산적밀도 1.78 t/m^3 미만의 화물을 운송하는 선박인 경우, 다음의 값이 가정될 수 있다.

  최전방 파형 횡격벽에 대하여 $0.9D_1$

  기타 격벽에 대하여 $0.8D_1$

3.3.4 침수되지 아니한 산적화물을 적재한 화물창의 파형에 작용하는 압력 및 힘

격벽의 각 위치에서, 압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$p_B = \rho_C g\left(h_C + h_{DB} - z\right)\tan^2\left(45 - \frac{\psi}{2}\right)$$

파형에 작용하는 힘(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$F_B = \rho_C g s_C \frac{\left(h_C - h_{LS}\right)^2}{2}\tan^2\left(45 - \frac{\psi}{2}\right)$$

3.3.5 침수된 산적화물을 적재한 화물창의 파형에 작용하는 압력 및 힘

z_F 및 h_C 의 값에 따라서 두 경우를 고려하여야 한다. (**[3.3.3]** 및 **[1.1]** 참조)

- 첫번째 경우, $z_F \geq h_C + h_{DB}$ 일 때

기선으로부터 z_F 와 $h_C + h_{DB}$ 사이의 거리에 위치한 격벽의 각 위치에서, 압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$p_{B,F} = \rho\, g\, (z_F - z)$

기선으로부터 $h_C + h_{DB}$ 보다 낮은 거리에 위치한 격벽의 각 위치에서, 압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$p_{B,F} = \rho g(z_F - z) + [\rho_C - \rho(1 - perm)]g(h_C + h_{DB} - z)\tan^2\left(45 - \frac{\psi}{2}\right)$$

여기서, perm 은 화물의 침수율로서 철광석, 석탄 및 시멘트에 대하여 0.3으로 한다.

파형에 작용하는 힘(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$F_{B,F} = s_C\left[\rho g\frac{(z_F - h_C - h_{DB})^2}{2} + \frac{\rho g(z_F - h_C - h_{DB}) + (p_{B,F})_{LE}}{2}(h_C - h_{LS})\right]$$

여기서, $(p_{B,F})_{LE}$ 는 파형의 하부 모서리에서 계산된 압력(kN/m^2) $p_{B,F}$ 이다.

- 두번째 경우, $z_F < h_C + h_{DB}$ 일 때

기선으로부터 z_F 와 $h_C + h_{DB}$ 사이의 거리에 위치한 격벽의 각 위치에서, 압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$p_{B,F} = \rho_C g(h_C + h_{DB} - z)\tan^2\left(45 - \frac{\psi}{2}\right)$$

기선으로부터 z_F 보다 낮은 거리에 위치한 격벽의 각 위치에서, 압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$p_{B,F} = \rho g(z_F - z) + [\rho_C(h_C + h_{DB} - z) - \rho(1 - perm)(z_F - z)]g\tan^2\left(45 - \frac{\psi}{2}\right)$$

여기서, perm 은 화물의 침수율로서, 철광석, 석탄 및 시멘트에 대하여 0.3으로 한다.

파형에 작용하는 힘(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$F_{B,F} = s_C\left[\rho_C g\frac{(h_C + h_{DB} - z_F)^2}{2}\tan^2\left(45 - \frac{\psi}{2}\right)\right] + s_C\left[\frac{\rho_C g(h_C + h_{DB} - z_F)\tan^2\left(45 - \frac{\psi}{2}\right) + (p_{B,F})_{LE}}{2}(z_F - h_{DB} - h_{LS})\right]$$

여기서, $(p_{B,F})_{LE}$ 는 파형의 하부 모서리에서 계산된 압력(kN/m^2) $p_{B,F}$ 이다.

3.3.6 침수된 공창의 파형에 작용하는 압력 및 힘

격벽의 각 위치에서, 고려되어야 하는 침수로 인한 정수압(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$p_F = \rho g (z_F - z)$

파형에 작용하는 힘(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$F_F = s_C \rho g \frac{(z_F - h_{DB} - h_{LS})^2}{2}$$

3.3.7 합성압력 및 합성력

균일적재 및 비균일 적재상태에 대하여 계산되어야 하는 합성압력 및 합성력은 다음 식으로부터 구한다.

- 균일 적재상태

격벽구조의 각 위치에서, 격벽의 부재치수산정에 고려되어야 하는 합성압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$p = p_{B,F} - 0.8 p_B$

파형에 작용하는 합성력 (kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$F = F_{B,F} - 0.8 p_B$

여기서,

p_B : **[3.3.4]**에 따라 구하여야 하는, 침수되지 아니한 화물창의 압력(kN/m^2)

$p_{B,F}$: **[3.3.5]**에 따라 구하여야 하는, 침수된 화물창의 압력(kN/m^2)

$F_{B,F}$: **[3.3.5]**에 따라 구하여야 하는, 침수된 화물창의 파형에 작용하는 힘(kN)

F_B : **[3.3.4]**에 따라 구하여야 하는, 침수되지 아니한 화물창의 파형에 작용하는 힘(kN)

- 비균일 적재상태

격벽구조의 각 위치에서, 격벽의 부재치수산정에 고려되어야 하는 합성압력(kN/m^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$p = p_{B,F}$

파형에 작용하는 합성력(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$F = F_{B,F}$

여기서,

$p_{B,F}$: **[3.3.5]**에 따라 구하여야 하는 침수된 화물창의 압력(kN/m^2)

$F_{B,F}$: **[3.3.5]**에 따라 구하여야 하는, 침수된 화물창의 파형에 작용하는 힘(kN)

3.4 이중저

3.4.1 적 용

각 화물창은 개별적으로 침수되는 것으로 고려하여야 한다.

3.4.2 일 반

이중저에 작용하는 것으로 고려하여야 하는 하중은 외부 해수압력, 그리고 화물하중과 이중저가 속한 화물창의 침수로 인한 하중과의 조합이다.

하중을 발생시키는 화물과 침수하중간의 최악의 조합을 사용하여야 하며, 적하지침서를 포함한 적재조건에 따라,

- 균일 적재상태
- 비균일 적재상태
- 포장화물상태(압연강재의 경우와 같은)

각 적재상태에 대하여, 운송되어야 하는 산적 건화물의 최대밀도는 화물창의 허용적재하중 계산에 고려되어야 한다.

3.4.3 침수수위

침수수위 z_F 는 선박이 직립위치에 있을 때 기선으로부터 수직으로 측정한 거리(m)로써 다음에 따른다.

- B 형 건현을 가지는 50000톤 미만의 선박인 경우
  - 최전방 화물창인 경우 0.95 D_1
  - 기타 화물창인 경우 0.85 D_1
- 기타 선박인 경우
  - 최전방 화물창인 경우 D_1
  - 기타 화물창인 경우 0.9 D_1

4. 시험 면외압력

4.1 정수압

4.1.1

탱크시험과 관련하여 판 및 보강재에 작용하는 것으로 고려해야 하는 전체압력(kN/m²)은 다음 식으로부터 구한다.

$$P_{ST} = 10(z_{ST} - z)$$

여기서,

z_{ST} : **표 2**에 따르는 시험압력수두(m)

표 2: 시험하중높이

시험대상 구획 또는 구조	시험압력수두(m)
이중저탱크	다음 중 큰 것: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_{ml}$
호퍼사이드탱크, 톱사이드탱크, 이중선측탱크, 탱크로 사용되는 선수미탱크, 코퍼댐	다음 중 큰 것: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_{TOP} + 2.4$
탱크격벽, 디프탱크, 연료유탱크	다음 중 큰 것: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_{TOP} + 2.4$ $z_{ST} = z_{TOP} + 10p_{PV}$
밸러스트화물창	다음 중 큰 것: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_h + 0.9$
탱크로 사용되지 않는 선수 및 선미탱크	다음 중 큰 것: $z_{ST} = z_F$ $z_{ST} = z_{ml}$
건현갑판 하방의 수밀문	$z_{ST} = z_{fd}$
체인로커(선수격벽 후방에 있는 경우)	$z_{ST} = z_{TOP}$
독립형 탱크	다음 중 큰 것: $z_{ST} = z_{TOP} + d_{AP}$ $z_{ST} = z_{TOP} + 0.9$
밸러스트덕트	밸러스트펌프의 최대압력에 상응하는 시험압력수두
(비 고) z_{ml} : 마진라인의 Z 좌표(m) z_h : 창구상단의 Z 좌표(m) z_F : **[3.2.1]**에 따른다. z_{fd} : 건현갑판의 Z 좌표(m) p_{PV} : 안전밸브의 조정압력(bar)	

제 7 절 적재 상태

기호

M_H : 최대흘수에서 균일 적재상태에 해당하는 화물창 내의 실제 화물질량(t)

M_{FULL} : 가상밀도(균일질량/화물창용적, 최소 1.0 t/m^3)를 가지는 화물을 창구코밍 상단까지 적재한 경우 이에 상응하는 화물창 내의 화물질량(t)

$M_{FULL} = V_{Full} \cdot max(M_H / V_H, 1.0)$

M_{FULL} 는 어떠한 경우에도 M_H 이상일 것.

M_{HD} : 최대흘수에서 특정 화물창은 공창인 설계 적재상태에 따라 화물창에 운송하도록 허용된 최대 화물질량(t)

V_{FULL} : 창구코밍에 의하여 폐위된 용적을 포함한 화물창용적(m^3)

V_H : **4장 6절**에 따르는 용적(m^3)

T_{HB} : 가장 깊은 밸러스트흘수(m)

1. 적 용

1.1 길이(L) 150m 미만의 선박

1.1.1

적하지침서, 중앙단면도 또는 설계자에 의하여 다르게 규정된 가장 가혹한 적재상태가 **5장 1절**의 종강도 및 **6장**의 판, 일반보강재 및 1차 지지부재에 대한 국부강도에 대한 검토를 위하여 고려되어야 한다.

1.2 길이(L) 150m 이상의 선박

1.2.1

[2]부터 **[4]**의 요건은 길이(L) 150m 이상의 선박에 적용한다.

1.2.2

이 요건들은 계산서가 제출되어야 하는 적하지침서에 포함되어야 하는 다른 적재상태를 금지하려는 것은 아니다.

1.2.3

최대 적재상태에 대한 흘수는 하기건현에 대한 형흘수로 한다.

1.2.4

[2]에 나열된 적재상태는 **5장 1절**에서 요구하는 종강도, **6장**에 의한 국부강도, **7장**에 의한 직접강도해석, 밸러스트탱크의 용량 및 배치 그리고 복원성에 대한 검토를 위하여 적용되어야 한다. **[3]**에 나열된 적재상태는 국부강도에 대한 검토를 위하여 적용되어야 한다. **[4]**에 나열된 적재상태는 직접 강도해석에 대하여 적용되어야 한다.

1.2.5

실제 운항에 있어서, 산적화물선은 적하지침서 및 본선 적하지침기기에 규정된 종강도 및 국부강도와 해당 복원성요건을 초과하지 않는 경우, 적하지침서에 규정된 설계 적재상태와 다르게 적재될 수 있다.

2. 일 반

2.1 설계 적재상태 – 일반

2.1.1

화물창 내의 최대화물질량을 결정하기 위하여, 50%의 소모품과 함께 최대흘수까지 적재한 선박에 대응하는 상태를 고려하여야 한다.

2.1.2 BC - C

모든 밸러스트탱크가 공창인 최대흘수에서, 화물창구를 포함하여 모든 화물창이 100% 만재되는 화물밀도를 갖는 균일화물 적재상태

2.1.3 BC - B

BC-C 에 대한 요건에 추가하여,

모든 밸러스트탱크가 공창인 최대흘수에서, 모든 화물창에 화물밀도가 3.0 t/m^3 인 화물을 동일한 적재율(화물질량/화물창용적)로 적재하는 균일화물 적재상태.

이 설계 적재상태에 적용되는 화물밀도가 3.0 t/m^3 미만인 경우, 선박이 운송하도록 허용된 화물의 최대밀도는 추가적인 특기사항 (**maximum cargo density *x.y* t/m^3**)으로 표기되어야 한다.

2.1.4 BC - A

BC-B 에 대한 요건에 추가하여,

모든 밸러스트탱크가 공창인 최대흘수에서, 모든 적재화물창에 화물밀도가 3.0 t/m^3 인 화물을 동일한 적재율(화물질량/화물창용적)로 적재하고 지정된 화물창은 공창인 화물적재상태.

공창으로 지정된 화물창의 조합은 추가적인 특기사항 (**holds *a, b,* ... may be empty**)으로 표기되어야 한다.

적용되는 설계화물밀도가 3.0 t/m^{3}미만인 경우, 선박이 운송하도록 허용된 화물의 최대밀도는 추가적인 특기사항, 예를 들면 (**holds *a, b,* ... may be empty with maximum cargo density *x.y* t/m^3**)으로 표기되어야 한다.

2.2 적용되는 밸러스트상태

2.2.1 밸러스트탱크 용량 및 배치

모든 산적화물선은 충분한 용량의 밸러스트탱크를 가져야 하며 최소한 다음의 요건을 만족하도록 배치되어야 한다.

표준 밸러스트상태

표준 밸러스트상태라 함은 다음의 밸러스트상태(화물은 비적재)를 말한다.

- 밸러스트탱크는 만재, 부분적재 또는 공창으로 할 수 있다. 밸러스트탱크가 부분적재인 경우, **4장 3절**의 적재상태를 적용하여야 한다.
- 모든 화물창 또는 항해 중 밸러스트를 운송하도록 되어있는 화물창은 공창이어야 한다.
- 프로펠러는 완전히 잠겨져 있어야 한다, 그리고
- 트림은 선미트림이어야 하고 $0.015L_{BP}$를 넘지 않아야 한다.

프로펠러잠김 및 트림에 대한 평가에 선수 및 선미수선의 흘수를 사용할 수 있다.

헤비 밸러스트상태

헤비 밸러스트상태라 함은 다음의 밸러스트상태(화물은 비적재)를 말한다:

- 밸러스트탱크는 만재, 부분적재 또는 공창으로 할 수 있다. 밸러스트탱크가 부분적재인 경우, **4장 3절**의 적재상태를 적용하여야 한다.
- 항해 중 밸러스트를 운송하도록 되어있는 최소한 하나의 화물창은 만재되어야 한다.
- 프로펠러잠김 I/D 은 최소한 60% 이상이어야 한다. 여기서,

  I = 프로펠러 중심선으로부터 수선까지의 거리

  D = 프로펠러 직경
- 트림은 선미트림이어야 하고 $0.015L_{BP}$를 넘지 않아야 한다.
- 헤비 밸러스트상태의 선수 형흘수는 $0.03L_{BP}$ 또는 8m 중 작은 값 미만이어서는 아니된다.

2.2.2 강도요건

모든 산적화물선은 다음의 강도요건을 만족하여야 한다.

표준 밸러스트상태:

- 선수선저구조는 최소선수 흘수에서 **[2.2.1]**의 표준 밸러스트상태에서의 슬래밍에 대한 규칙에 따라 보강되어야 한다.
- **4장 3절**에 따른 종강도요건은 **[2.2.1]**의 표준 밸러스트상태에 대하여 만족되어야 한다. 그리고
- 추가하여, **4장 3절**에 따른 종강도요건은 모든 밸러스트탱크를 100% 만재한 상태에 대하여 만족되어야 한다.

헤비 밸러스트상태:

- **4장 3절**에 따른 종강도요건은 **[2.2.1]**의 헤비 밸러스트상태에 대하여 만족되어야 한다.
- 추가하여, **4장 3절**에 따른 종강도요건은 모든 밸러스트탱크를 100% 만재하고, 항해 중 밸러스트를 운송하도록 지정된 하나의 화물창이 있는 경우 이를 100% 만재한 상태에 대하여 만족되어야 한다.
- 둘 이상의 화물창이 항해 중 밸러스트를 운송하도록 지정된 경우, 종강도평가에 있어서 둘 이상의 화물창이 동시에 100% 만재되는 가정은, 헤비 밸러스트상태에 이러한 상태가 예상되지 아니하는 한, 요구되지 아니한다. 각 화물창이 개별적으로 검토되지 아니하는 한, 지정된 헤비 밸러스트화물창 및 다른 밸러스트화물창의 사용에 대한 모든 제한은 적하지침서에 표기되어야 한다.

2.3 출항 및 도착상태

2.3.1

별도로 규정되지 아니하는 한, **[2.1]** 및 **[2.2]**에 정의된 각 설계 적재상태는 아래와 같이 정의되는 도착 및 출항상태에 대하여 검토되어야 한다.

- 출항상태: 연료탱크 95% 이상 적재 및 기타소모품 100% 적재
- 도착상태: 소모품 10% 적재

3. 국부강도에 대한 설계 적재상태

3.1 정 의

3.1.1

하나의 화물창, 또는 화물을 적재하는 두 개의 인접한 화물창의 최대허용화물질량 또는 최소요구화물질량은 이중저에 작용하는 순 하중에 관련된다. 이중저에 작용하는 순 하중은 이중저탱크에 적재되는 연료유 및 밸러스트수의 질량뿐만이 아니라 흘수와 화물창내의 화물질량의 함수이다.

3.2 적용되는 일반적인 상태

3.2.1

임의의 화물창은 화물창에 인접한 이중저 내의 연료유탱크가 있는 경우 이를 100% 만재하고, 화물창에 인접한 이중저 내의 밸러스트탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수에서 M_{Full} 을 운송할 수 있어야 한다.

3.2.2

임의의 화물창은 화물창에 인접한 모든 이중저탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수에서 M_H 의 50%를 운송할 수 있어야 한다.

3.2.3

임의의 화물창은 화물창에 인접한 모든 이중저탱크를 공창으로 한 상태로 가장 깊은 밸러스트흘수에서 공창이 될 수 있어야 한다.

3.3 추가적인 특기사항 (no MP)이 지정된 경우를 제외하고 적용되는 추가상태

3.3.1
임의의 화물창은 화물창에 인접한 이중저내의 연료유탱크가 있는 경우 이를 100% 만재하고 화물창에 인접한 이중저 내의 밸러스트탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수의 67%에서 M_{Full} 을 운송할 수 있어야 한다.

3.3.2
임의의 화물창은 화물창에 인접한 모든 이중저탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수의 83%에서 공창이 될 수 있어야 한다.

3.3.3
임의의 인접한 두 개의 화물창은 화물창에 인접한 이중저내의 연료유탱크가 있는 경우 이를 100% 만재하고, 화물창에 인접한 이중저내의 밸러스트탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수의 67%에서 M_{Full} 를 운송할 수 있어야 한다. 또한 화물질량 및 화물창에 인접한 이중저 탱크내의 연료유질량에 대한 이 요건은 해당되는 경우, 인접한 화물창에 밸러스트를 적재하는 경우의 상태에도 적용된다.

3.3.4
임의의 인접한 두 개의 화물창은 화물창에 인접한 모든 이중저탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수의 75%에서 공창이 될 수 있어야 한다.

3.4 BC-A 에만 적용하는 추가상태

3.4.1
최대흘수에서 공창이 되도록 되어있는 화물창은 화물창에 인접한 모든 이중저탱크를 공창으로 한 상태에서 공창이 될 수 있어야 한다.

3.4.2
고밀도화물을 적재하도록 되어있는 화물창은 화물창에 인접한 이중저내의 연료유탱크가 있는 경우 이를 100% 만재하고 화물창에 인접한 이중저내에 밸러스트탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수에서 M_{HD} 에 M_H 의 10%를 더한 화물을 운송할 수 있어야 한다.

3.4.3
설계적재상태에 따라서 옆 화물창이 공창인 상태로 화물이 적재될 수 있는 임의의 인접한 두 개의 화물창은 화물창에 인접한 이중저내의 연료유탱크가 있는 경우 이를 100% 만재하고 화물창에 인접한 이중저내의 밸러스트탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수에서 그 설계 적재상태에 따른 최대 화물하중에 추가하여 각 화물창에 M_H 의 10%를 운송할 수 있어야 한다.

운항 시 최대허용 화물질량은 설계적재상태에 따른 최대 화물하중으로 제한되어야 한다.

3.5 밸러스트 화물창에만 적용하는 추가상태

3.5.1

밸러스트 화물창으로 설계된 화물창은 화물창에 인접한 모든 이중저탱크를 100% 만재한 상태로 모든 헤비 밸러스트흘수에서 밸러스트수를 화물창구를 포함하여 100% 만재할 수 있어야 한다. 톱사이드윙, 호퍼 및 이중저탱크에 인접한 밸러스트 화물창에 대하여 톱사이드윙, 호퍼 및 이중저탱크가 공창인 상태에서 그 밸러스트 화물창을 만재할 경우 강도상으로 만족되어야 한다.

3.6 항내에서의 적하 및 양하 중에만 적용하는 추가상태

3.6.1

임의의 단일 화물창은 항내상태에서 최대흘수의 67%로 최대 허용항해질량을 적재할 수 있어야 한다.

3.6.2

임의의 인접한 두 개의 화물창은 화물창에 인접한 이중저 내의 연료유탱크가 있는 경우 이를 100% 만재하고 화물창에 인접한 이중저 내의 밸러스트탱크를 공창으로 한 상태로 최대흘수의 67%에서 항내상태로 M_{Full} 을 운송할 수 있어야 한다.

3.6.3

항내에서의 적하 및 양하 중에 감소된 흘수에서, 화물창의 최대허용질량은 항해상태의 최대흘수에서 허용되는 최대질량의 15%까지 증가시킬 수 있으나, 항해상태의 최대흘수에서 허용되는 질량을 초과하여서는 아니된다. 최소 요구질량은 동일한 양만큼 경감할 수 있다.

3.7 화물질량곡선

3.7.1

[3.2]부터 **[3.6]** (**[3.5.1]**은 제외)에 주어진 국부강도를 위한 설계 하중상태에 기초한 화물질량곡선은 항내에서의 적하 및 양하 중 뿐만이 아니라 항해상태에서의 흘수의 함수인 최대허용질량 및 최소요구질량을 나타내는 적하지침서 및 적하지침기기에 포함되어야 한다. 화물질량곡선은 **4장 부록1**에 따라 계산되어야 한다.

3.7.2

설계 적재상태에서 명시된 것 이외의 다른 흘수에서, 최대 허용질량 및 최소 요구질량은 선저에 작용하는 부력의 변화에 따라 조정되어야 한다. 부력의 변화는 각 흘수에서의 수선면적을 이용하여 계산되어야 한다.

임의의 인접한 두 개의 화물창뿐만이 아니라 임의의 단일화물창에 대한 화물질량곡선은 적하지침서 및 적하지침기기에 포함되어야 한다.

4. 직접강도평가를 위한 설계 적재상태

4.1 적재 경향

4.1.1

[2] 및 **[3]**에 따라 직접강도해석에 고려되어야 하는, 다양한 특기사항을 가지는 산적화물선에 적용되는 적재경향은 **표 1**에 따른다.

표 1: 추가적인 특기사항에 따라 적용되는 적재경향

번호	적재경향	관련조항	BC-			BC-, (no MP)		
			A	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
1	균일적재 만재상태	**3.2.1**	x	x	x	x	x	x
2	슬랙적재	**3.2.2**	x	x	x	x	x	x
3	표준밸러스트	**3.2.3**	x	x	x	x	x	x
4	다항적재 -1	**3.3.1**	x	x	x			
5	다항적재 -2	**3.3.2**	x	x	x			
6	다항적재 -3	**3.3.3**	x	x	x			
7	다항적재 -4	**3.3.4**	x	x	x			
8	격창적재	**3.4.1＆.2**	x			x		
9	격창블록적재	**3.4.3**	x			x		
10	헤비밸러스트	**3.5.1**	x	x	x	x	x	x
11	항내상태 -1	**3.6.1**				x	x	x
12	항내상태 -2	**3.6.2**				x	x	x

4.1.2

표 1에 없는 기타의 적재상태가 적하지침서에 있다면 이 또한 고려되어야 한다.

4.2 정수중 굽힘모멘트 및 전단력

4.2.1

4절에 정의된 하중상태는 **표 1**에 주어진 각 적재경향에 대하여 고려되어야 한다. **표 2**에 따른 정수중 수직굽힘모멘트 및 **표 3**에 따른 정수중 수직 전단력은 적재경향 및 하중상태의 각 조합에 대하여 사용되어야 한다.

4.2.2

적하지침서 상의 한 적재상태가 해당 적재경향에 대하여 **표 2**의 값보다 큰 정수중 수직굽힘모멘트를 가지는 경우, 이 적재경향에 대한 **표 2**의 값은 적하지침서의 값으로 대치되어야 한다.

4.3 적 용

4.3.1

수직 전단력해석을 포함하여, 직접강도해석을 위한 최소요구 적재상태는 **4장 부록 2**에 정의된다..

4.3.2

피로해석을 위한 표준 적재상태는 **4장 부록 3**에 정의된다.

표 2: 정수중 수직굽힘모멘트

		적재 양식				
		균일적재 만재상태	슬랙적재 격창적재 표준밸러스트	다항적재 격창블록적재 가장 깊은 밸러스트	헤비밸러스트 (밸러스트 화물창)	항내상태
하중상태	H1	$0.5M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	---
	H2	$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	F1	$0.5\ M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
	F2	$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	R1	$0.5\ M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
		$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	R2	$0.5\ M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
		$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	P1	$0.5\ M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
	P2	$0.5M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	0	
	정수중	---				$M_{SW,P,S}$
						$M_{SW,P,H}$

여기서,

$M_{SW,H}$: 항해상태인 경우 호깅상태에서 정수중 허용 수직굽힘모멘트

$M_{SW,S}$: 항해상태인 경우 새깅상태에서 정수중 허용 수직굽힘모멘트

$M_{SW,P,H}$: 항내상태인 경우 호깅상태에서 정수중 허용 수직굽힘모멘트

$M_{SW,P,S}$: 항내상태인 경우 새깅상태에서 정수중 허용 수직굽힘모멘트

표 3: 정수중 수직전단력

		적재경향				
		균일적재 만재상태	격창적재 (BC-A)	다항적재 (BC-B 및 BC-C)	헤비밸러스트 (밸러스트화물창)	헤비밸러스트 (밸러스트화물창 제외)
하중상태	H1	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	H2	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	F1	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---
	F2	---	Q_{SW}	Q_{SW}	Q_{SW}	---

여기서,

Q_{SW} : 고려하는 횡격벽의 위치에서 정수중 허용 전단력

제 8 절 적하지침서 및 적하지침기기

1. 일 반

1.1 모든 선박

승인된 적하지침서가 모든 선박에 제공되어야 한다.

이에 추가하여, 승인된 적하지침기기가 모든 선박에 제공되어야 한다.

적하지침기기는 선박별로 탑재되는 본선 장비이며 계산결과는 단지 계산결과가 승인된 선박에만 적용된다. 승인된 적하지침기기로 승인된 적하지침서를 대신할 수 없다.

1.2 길이(L) 150m 이상의 선박

BC-A, BC-B 및 BC-C 선박에는 이 절의 해당 요건에 따라 승인된 적하지침서 및 승인된 컴퓨터식의 적하지침기기를 비치하여야 한다. 적하 및 양하절차에 대한 지침은 **[5]**에 따른다.

2. 적하지침서

2.1 정 의

2.1.1 모든 선박

적하지침서라 함은 다음을 기술하는 문서이다.

- 정수중 굽힘모멘트 및 전단력의 허용한계를 포함하여 선박설계의 기초가 되는 적재상태, 밸러스트 교환절차 및 입거절차에서 규정된 상태를 적하지침서에 포함하여야 한다.
- 정수중 굽힘모멘트 및 전단력의 계산결과
- 구조(창구덮개, 갑판, 이중저, 등)에 대한 허용 국부하중

2.1.2 길이(L)가 150m 를 넘는 선박

[2.1.1]에 추가하여 BC-A, BC-B 및 BC-C 선박인 경우, 적하지침서는 또한 다음에 대하여도 기술되어야 한다.

- **5장 1절**에 따른 화물창 침수상태에서 정수 중 굽힘모멘트 및 전단력에 대한 포락선결과(envelope result) 및 허용한계
- 만재흘수 시 빈 화물창이 될 수 있는 화물창 또는 이들의 조합. 만일 만재흘수 시 빈 화물창이 허용되지 않는 경우 이 것을 적하지침서에 명기하여야 한다.
- 각 화물창의 중앙부에서의 흘수에 대한 함수로서 해당 화물창의 화물 및 이중저에 적재된 내용물에 대한 최대허용질량 및 최소요구질량
- 임의의 인접한 2개의 화물창에 대하여 이들 화물창의 중간위치에서의 평균흘수의 함수로서 화물 및 이중저에 적재된 내용물에 대한 최대허용질량 및 최소요구질량. 이러한 평균흘수는 두 개의 화물창의 중간위치에서의 흘수를 평균함으로써 계산될 수 있다.
- 산적화물이 아닌 화물에 대한 화물특성의 상세와 함께 탱크상단에 작용하는 최대허용하중

- 갑판 및 창구덮개에 작용하는 최대허용하중. 만일 선박이 갑판 또는 창구덮개상에 화물을 적재하도록 승인되지 않은 경우, 이것은 적하지침서에 명기하여야 한다.
- 밸러스트 적재계획은 밸러스트 교환을 할 수 있는 비율을 기본으로 하여 터미널과 합의되어야 한다는 내용과 최대 밸러스트 교환비율

2.2 승인의 조건

2.2.1 모든 선박

승인된 적하지침서는 선박의 최종자료를 기초로 하여야 한다. 적하지침서는 선체치수 승인의 기초가 되고 출항상태 및 도착상태로 적절히 구분된 설계(화물 및 밸러스트)적재상태를 포함하여야 한다.

개조가 선박의 주요자료의 변경을 초래하는 경우, 새로운 적하지침서를 승인받아야 한다.

2.2.2 길이(L)가 150m 를 넘는 선박

[2.2.1]에 추가하여 BC-A, BC-B 및 BC-C 선박인 경우, 적하지침서에 출항상태 및 도착상태로 적절히 구분된 다음의 적재상태가 또한 포함되어야 한다.

- 최대흘수에서 경량화물 및 중량화물의 균일 적재상태
- 해당되는 경우, 최대흘수에서 경량화물 및 중량화물의 격창적재상태
- 밸러스트상태. 톱사이드윙, 호퍼 및 이중저탱크에 인접한 밸러스트화물창을 가지는 선박에 대하여, 톱사이드윙, 호퍼 및 이중저탱크가 공창인 상태에서 밸러스트 화물창을 만재할 경우 강도상으로 만족되어야 한다.
- 제한된 양의 연료유를 적재한 최대흘수까지 적재된 선박인 경우 단기항해상태
- 여러 항구에서의 적하/양하상태
- 해당되는 경우, 갑판화물상태
- 해당되는 경우, 균일적재상태, 해당 부분적재상태 및 격창적재상태에 대하여 화물적하의 시작으로부터 만재에 이르기까지 선박이 적하되는 대표적인 적하절차. 이러한 상태에 대한 대표적인 양하절차 역시 포함되어야 한다. 대표적인 적하/양하절차는 또한 적용되는 강도한계를 초과하지 아니하도록 작성되어야 한다. 대표적인 적하절차는 또한 적하율 및 밸러스트 배출용량에 충분한 주의를 기울여서 작성되어야 한다. 단순히 참고용으로서 적하절차요약서의 예는 **표 1**과 같다.
- 해당되는 경우, 항해중의 밸러스트교환에 대한 대표적인 절차

2.3 언 어

2.3.1

적하지침서는 사용자가 이해할 수 있는 언어로 작성되어야 한다. 만일 영어가 아닌 경우, 영어번역문이 포함되어야 한다.

3. 적하지침기기

3.1 정 의

3.1.1 모든 선박

적하지침기기라 함은 지정된 계측점에서, 임의의 적재상태 또는 밸러스트상태에서도 정수중 굽힘모멘트 및 전단력이 정해진 허용치를 초과하지 않음을 쉽고 빠르게 확인할 수 있는 수단으로서의 아날로그 또는 디지털방식의 기기를 말한다.

3.1.2 길이(L)가 150m 를 넘는 선박

BC-A, BC-B 및 BC-C 선박인 경우, 적하지침기기는 **[3.1.1]**에 정의된 승인된 디지털장치이어야 한다. **[3.1.1]**에 추가하여, 해당되는 경우 적하지침기기는 다음을 확인할 수 있어야 한다:

- 화물창의 중앙위치에서 흘수의 함수로서의 화물 및 각 화물창에 인접한 이중저에 적재된 내용물의 질량
- 임의의 인접한 두 개의 화물창에 대하여 이들 화물창의 평균흘수의 함수로서 화물 및 이중저에 적재된 내용물의 질량
- 화물창 침수상태에서 정수 중 굽힘모멘트 및 전단력이 정해진 허용치를 넘지 아니함.

3.2 승인의 조건

3.2.1 모든 선박

적하지침기기는 다음을 포함하여 승인을 받아야 한다.

- 해당되는 경우, 형식승인의 검증
- 선박의 최종자료가 사용되었다는 검증
- 모든 계측점의 수 및 위치에 대한 승인
- 계측점에서 해당 한계치에 대한 승인
- 합의된 시험조건 하에 적하지침기기의 적절한 본선 설치 및 작동에 대한 확인, 그리고 작동설명서가 본선에서 사용가능한지에 대한 확인

3.2.2 길이(L)가 150m 를 넘는 선박

이에 추가하여 BC-A, BC-B 및 BC-C 선박에 대하여는, 해당되는 경우 적하지침기기의 승인에 다음이 포함되어야 한다.

- 모든 계측점에서 선체거더 굽힘모멘트의 한계치에 대한 승인
- 모든 계측점에서 선체거더 전단력의 한계치에 대한 승인
- 흘수의 함수로서 각 화물창의 화물 및 이중저에 적재된 내용물의 질량에 대한 한계치에 대한 승인
- 흘수의 함수로서 화물 및 임의의 두 개의 화물창에 인접한 이중저에 적재된 내용물의 질량에 대한 한계치에 대한 승인

3.2.3
개조가 선박의 주요자료의 변경을 초래하는 경우, 적하지침기기는 이에 따라 수정되고 승인을 받아야 한다.

3.2.4
적하지침기기에는 항상 작동설명서가 제공되어야 한다.

적하지침기기의 작동설명서 및 출력자료는 사용자가 이해할 수 있는 언어로 작성되어야 한다. 만일 영어가 아닌 경우, 영어번역문이 포함되어야 한다.

3.2.5
적하지침기기의 작동은 합의된 시험조건 하에서 설치하여 검증되어야 한다. 합의된 시험조건이 확인되어야 하며 적하지침기기의 작동설명서가 본선에서 사용가능한지 확인되어야 한다.

4. 연차검사 및 정기검사

4.1 일 반

4.1.1
각 연차검사 및 정기검사 시에, 승인된 적하지침서가 본선에서 사용가능한지 확인되어야 한다.

4.1.2
선박의 선장은 정기적인 간격으로 시험적재상태를 적용하여 적하지침기기의 정확도를 확인하여야 한다.

4.1.3
각 정기검사 시에 이러한 확인은 검사원의 입회 하에 시행되어야 한다.

5. 적하/양하절차에 대한 지침

5.1 일 반

5.1.1
대표적인 적하/양하절차는 적하/양하율에 충분한 주의를 기울여서 작성되어야 한다.

5.1.2
조선소는 대표적인 적하/양하절차를 작성하여 승인을 받도록 요구된다.

5.1.3
관련된 대표적인 적하절차는 다음을 포함하여야 한다.

- 경량화물 및 중량화물의 격창적재상태
- 경량화물 및 중량화물의 균일적재상태
- 제한된 양의 연료유를 적재한 최대흘수까지 적재된 선박인 경우 단기항해상태
- 여러 항구에서의 적하/양하상태
- 갑판화물상태
- 블록적하

5.1.4
적하/양하절차는 항구에 따라 정해지거나 대표적인 것으로 할 수 있다.

5.1.5
적하/양하절차는 화물적하의 시작으로부터 만재에 이르기까지 단계별로 세워야 한다. 하역장치의 위치가 새로운 화물창으로 변경될 때 마다 새로운 단계가 정의된다. 각 단계는 문서화되어 우리 선급에 제출되어야 한다. 종강도에 추가하여, 각 화물창의 국부강도가 고려되어야 한다.

5.1.6
각 적재상태에 대하여 모든 단계의 요약이 포함되어야 한다. 이러한 요약에는 다음과 같은 각 단계에서의 기본적인 정보가 강조되어야 한다.

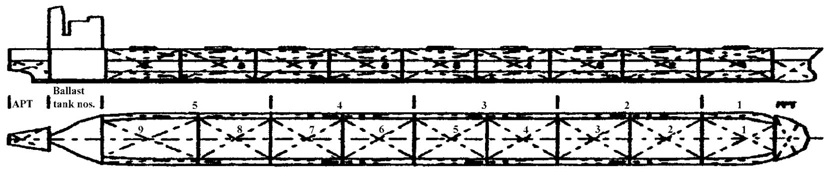
- 각기 다른 단계 중에 각 화물창에 얼마만큼의 화물이 적재되었는가
- 각기 다른 단계 중에 각 밸러스트탱크로부터 얼마만큼의 밸러스트가 배출되었는가
- 각 단계의 완료시점에서의 정수 중 최대굽힘모멘트 및 전단력
- 각 단계의 완료시점에서의 선박의 트림 및 흘수

표 1: 대표적인 적하절차요약서에 대한 지침

LOADING/UNLOADING SEQUENCE SUMMARY FORM

Vessel name	Voyage No.	Condition	Yard	Id. Number

Port (specific or typical) :	Condition at commencement of loading/discharging		
Total mass of cargo to be loaded/discharged :	Condition at end of loading/discharging		
Dock water density (t/m3) :	Maximum Loading/discharging rate :	Average Loading/discharging rate :	
Number of loaders/dischargers :	Maximum Ballasting/Deballasting rate :	Average Ballasting/Deballasting rate :	



Hold No.		7	6	5	4	3	2	1
Volume of Hold, Vh(m^3)								
Height of hold, h(m)								

Note : During each pour it has to be controlled that allowable limits for hull girder shear force, bending moments and mass in holds are not exceeded. Loading/discharging operations may have to be paused to allow for ballasting/deballasting in order to keep actual values within limits.

Hold content at commencement of loading/discharging

Cargo mass									
Density (t/m^3)									
Grade									

Ballasting contents at commencement of loading/discharging

Wings or peaks	APT	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	FPT
Upper									
Lower/Peaks									

Commencement of loading/discharging (sea)

Taft (m)	Trim (m)	Tfwd (m)	Maximum S.F.(%)	Maximum B.M.(%)

CARGO OPERATIONS / BALLASTING OPERATIONS

Pour No. / Grade	Hold	Hold	Hold 7	Hold 6	Hold 5	Hold 4	Hold 3	Hold 2	Hold 1	Upper / Lower/Peak	APT	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	No. B.T.	FPT
1										Upper									
										Lower/Peak									
2										Upper									
										Lower/Peak									
3										Upper									
										Lower/Peak									
4										Upper									
										Lower/Peak									
5										Upper									
										Lower/Peak									
6										Upper									
										Lower/Peak									
7										Upper									
										Lower/Peak									
8										Upper									
										Lower/Peak									
										Upper									
										Lower/Peak									

Values at end of pour (from harbour to sea)

Taft (m)	Trim (m)	Tfwd (m)	Maximum S.F.(%)	Maximum B.M.(%)

Total cargo onboard (t) : Remaining cargo to be loaded (t) : Total amount of bunkers onboard (t) :

Draft Survey n-1										Upper									
										Lower/Peak									
Draft Survey n										Upper									
										Lower/Peak									

Hold content at end of loading/discharging

Cargo mass									

Total mass loaded /discharged (t)		

Ballasting contents at end of loading/discharging

Wings or peaks	APT	Ball.no.5	Ball.no.4	Hold no.6	Ball.no.3	Hold no.4	Ball.no.2	Ball.no.1	FPT
Upper									
Lower/Peaks									

Values at end of loading/discharging (sea)

Taft (m)	Trim (m)	Tfwd (m)	Maximum S.F.(%)	Maximum B.M.(%)

Maximum occuring values among all conditions above

Net load on Double Bottom									tons/m^2
Net load in two adjacent holds									tons

Net load on double bottom = $(Mh/V) \cdot h \cdot T$ (t/m^2)
where : Mh = Mass in hold + mass in DB (t)
V = Total volume of hold (m^3)
h = height of hold from inner bottom to top of coaming (m)
T = draught (m)

Approved by : ______

Date : ______

부록 1 – 화물질량곡선

기호

h : 선체중심선에서 내저판 상면으로부터 상갑판까지의 수직거리(m)

M_H : **4장 7절**에 따른다.

M_{Full} : **4장 7절**에 따른다.

M_{HD} : **4장 7절**에 따른다.

M_D : 각 화물창에 주어진 최대화물질량(t)

T_{HB} : **4장 7절**에 따른다.

T_i : i 번째 적재상태의 화물창길이(ℓ_H)의 중앙에서의 흘수(m)

V_H : **4장 6절**에 따른다.

V_f 및 V_a : 창구부분을 제외한 전방 및 후방 화물창의 용적(m^3)

T_{min} : 0.75 T_s 또는 두 개의 인접한 화물창이 공창인 밸러스트상태의 흘수 중 큰 것(m)

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

이 부록의 요건은 길이(L)가 150m 이상인 선박에 적용한다.

1.1.2

이 부록은 다음을 결정하는데 사용되어야 하는 절차를 나타낸다.

- 화물창의 중앙에서의 흘수의 함수로서 각 화물창 내의 최대 및 최소화물질량
- 어느 두 개의 인접한 화물창에 대한 평균흘수의 함수로서 이들 화물창 내의 최대 및 최소화물질량

1.1.3

이들 계산의 결과는 설계검토로부터 얻어지는 바에 따라 각 화물창 또는 어느 두 개의 인접한 화물창 내의 강도계산용 흘수에서의 최대허용 화물질량을 또한 표시하여야 하는 검토된 적하지침서에 포함되어야 한다.

1.1.4

최대허용 및 최소요구 화물질량에 대한 다음의 주의가 적하지침서에 명시되어야 한다.

이중저의 국부강도에 악영향을 주고 적하지침서에 화물로서 명시되지 아니한 핫코일 또는 중량화물과 같은 화물을 운송하는 항해를 하는 선박인 경우, 최대허용 및 최소요구 화물질량은 특별히 고려되어야 한다.

2. 각 화물창 내의 최대 및 최소화물질량

2.1 항해상태에서 단일화물창의 최대허용질량 및 최소요구질량

2.1.1 일 반

항해상태에서 단일 화물창의 화물질량곡선은 **[2.1.2]**부터 **[2.1.5]**에 따른다. 그러나 선체구조가 **4장 7절 [3.7.1]**에 고려된 어느 적재상태보다 더 엄격한 적재상태에 대하여 검토된 경우, 최소요구 화물질량은 그에 상응하는 적재상태에 기초할 수 있다.

2.1.2 BC - A 선박

- 적재된 화물창에 대하여

변화하는 흘수 (T_i) 에서의 최대 허용질량($(W_{\max}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.

$$W_{\max}(T_S) = M_{HD} + 0.1 M_H$$

$$W_{\max}(T_i) = M_{HD} + 0.1 M_H - 1.025 V_H \frac{(T_S - T_i)}{h}$$

그러나, $W_{\max}(T_i)$ 는 M_{HD} 보다 클 필요는 없다.

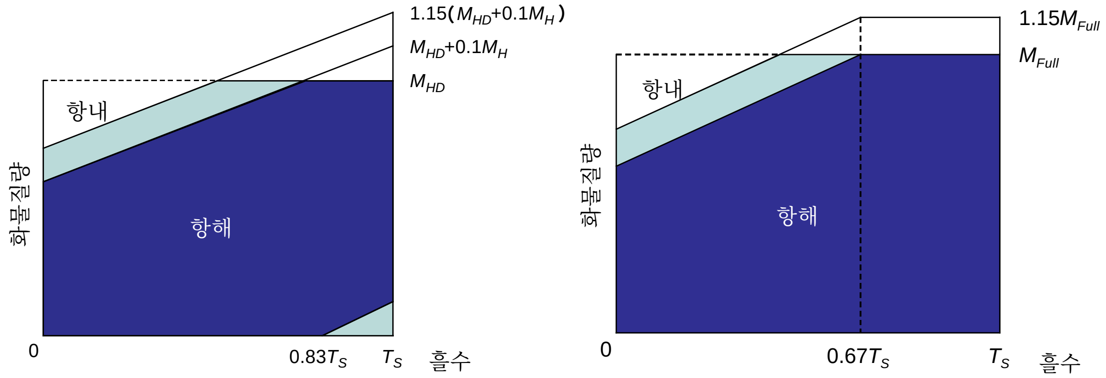
변화하는 흘수 (T_i) 에서의 최소 요구질량($(W_{\min}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.

$W_{\min}(T_i) = 0$ $T_i \le 0.83 T_S$ 인 경우

$W_{\min}(T_i) = 1.025 V_H \dfrac{(T_i - 0.83 T_S)}{h}$ $T_S \ge T_i > 0.83 T_S$ 인 경우

- 최대흘수에서 공창이 될 수 있는 공창에 대하여
- 변화하는 흘수 (T_i) 에서의 최대 허용질량($(W_{\max}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.
- $W_{\max}(T_i) = M_{Full}$ $T_S \ge T_i \ge 0.67 T_S$ 인 경우
- $W_{\max}(T_i) = M_{Full} - 1.025 V_H \dfrac{(0.67 T_S - T_i)}{h}$ $T_i < 0.67 T_S$ 인 경우
- 최소 요구질량($(W_{\min}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.
- $W_{\min}(T_i) = 0$ $T_i \le T_S$ 인 경우

BC-A 선박인 경우 적재된 화물창 및 최대흘수에서 공창일 수 있는 화물창의 질량곡선의 예는 **그림 1**과 같다.



(a) 적재된 화물창 (b) 최대흘수에서 공창일 수 있는 화물창

그림 1: BC-A 선박인 경우 질량곡선의 예

2.1.3 (No MP)를 가지는 BC - A 선박

- 적재된 화물창에 대하여

변화하는 흘수 (T_i) 에서의 최대허용질량($(W_{\max}(T_i))$ (t)은 **[2.1.2]**에 규정된 바와 같다.

최소 요구질량($(W_{\min}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.

$W_{\min}(T_i)=0$ $T_i \le T_{HB}$ 인 경우

$W_{\min}(T_i)=1.025V_H \dfrac{(T_i - T_{HB})}{h}$ $T_S \ge T_i > T_{HB}$ 인 경우

- 최대흘수에서 공창일 수 있는 화물창에 대하여

변화하는 흘수 (T_i) 에서의 최대 허용질량($(W_{\max}(T_i))$ 및 최소요구질량 $(W_{\min}(T_i))$ 은 **[2.1.2]**에 규정된 바와 같다.

2.1.4 BC - B 및 BC - C 선박

변화하는 흘수 (T_i) 에서의 최대허용질량($(W_{\max}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.

$W_{\max}(T_i)=M_{Full}$ $T_S \ge T_i \ge 0.67T_S$ 인 경우

$W_{\max}(T_i)=M_{Full} - 1.025V_H \dfrac{(0.67T_S - T_i)}{h}$ $T_i < 0.67T_S$ 인 경우

최소요구질량($(W_{\min}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.

$W_{\min}(T_i)=0$ $T_i \le T_S$ 인 경우

$W_{\min}(T_i)=1.025V_H \dfrac{(T_i - 0.83T_S)}{h}$ $T_S \ge T_i > 0.83T_S$ 인 경우

2.1.5 (No MP)를 가지는 BC - B 및 BC - C 선박

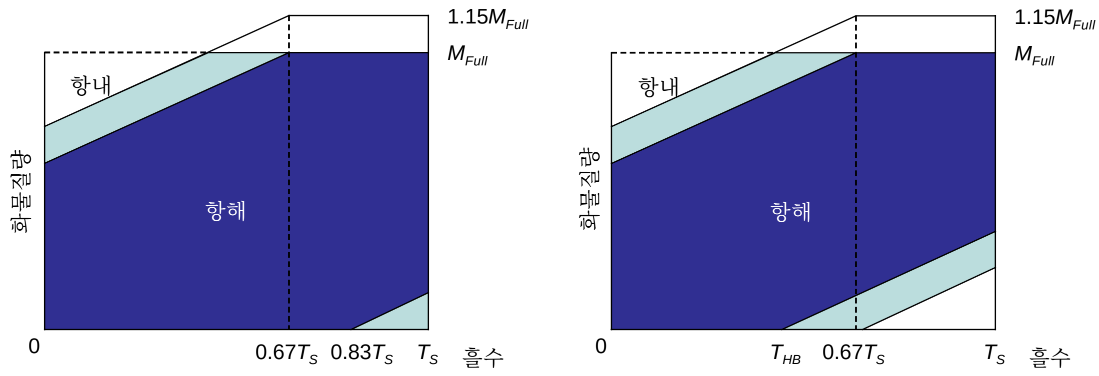
변화하는 흘수 (T_i) 에서의 최대허용질량($(W_{max}(T_i))$ 은 **[2.1.4]**에 규정된 바와 같다.

최소요구질량($(W_{min}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.

$W_{min}(T_i)=0$ $T_i \le T_{HB}$ 인 경우

$W_{min}(T_i)=1.025V_H \dfrac{(T_i - T_{HB})}{h}$ $T_S \ge T_i > T_{HB}$ 인 경우

BC-B 및 BC-C 선박인 경우 화물창의 질량곡선의 예는 **그림 2**와 같다.



(a) (No MP)를 가지는 경우 (b) (No MP)를 가지지 아니하는 경우

그림 2: BC-B 및 BC-C 선박인 경우 질량곡선의 예

2.2 항내상태에서 단일화물창의 최대 허용질량 및 최소 요구질량

2.2.1 일 반

항내상태에서 단일화물창의 화물질량곡선은 **[2.2.2]**에 따른다. 그러나 선체구조가 **4장 7절 [3.7.1]**에 고려된 어느 적재상태보다 더 엄격한 적재상태에 대하여 검토된 경우, 최소요구 화물질량은 그에 상응하는 적재상태에 기초할 수 있다.

2.2.2 모든 선박

항내상태에서 적하/양하상태에 따른 흘수에 상응하는 최대 허용화물질량 및 최소 요구화물질량은 항해상태에서의 최대흘수에 대한 화물창 최대허용질량의 15%만큼 증가 또는 감소될 수 있다. 그러나, 어떠한 경우에도 최대 허용질량은 각 화물창에 대한 최대 설계만재흘수에서의 최대 허용화물질량보다 커서는 아니된다.

3. 인접한 두 개의 화물창의 최대 및 최소화물질량

3.1 항해상태에서 인접한 두 개의 화물창의 최대허용질량 및 최소요구질량

3.1.1 일 반

항해상태에서 두 개의 인접한 화물창의 화물질량곡선은 **[3.1.2]**부터 **[3.1.3]**에 따른다. 그러나 선체구조가 **4장 7절 [3.7.1]**에 고려된 어느 적재상태보다 더 엄격한 적재상태에 대하여 검토된 경우, 최소요구 화물질량은 그에 상응하는 적재상태에 기초할 수 있다.

3.1.2 BC - A 선박

변화하는 흘수 (T_i) 에서의 인접한 두 개의 화물창에 대한 최대 허용질량($(W_{\max}(T_i))$ 및 최소요구질량 $(W_{\min}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.

$W_{\max}(T_i) = 2(M_{Full}$ 또는 $M_{HD}) + 0.1M_H$ 중 큰 것 $T_S \ge T_i \ge 0.67T_S$ 인 경우

$W_{\max}(T_i) = W_{\max}(0.67T_S) - 1.025(V_f + V_a)\dfrac{(0.67T_S - T_i)}{h}$ $T_i \le 0.75T_S$ 인 경우

$W_{\min}(T_i) = 1.025(V_f + V_a)\dfrac{T_i - 0.75T_S}{h}$ $T_S \ge T_i > 0.75T_S$ 인 경우

3.1.3 BC - B 및 BC - C 선박

변화하는 흘수 (T_i) 에서의 최대허용질량($(W_{\max}(T_i))$ 및 최소 요구질량($(W_{\min}(T_i))$ (t)은 다음 식에 의하여 구한다.

$W_{\max}(T_i) = 2M_{Full}$ $T_i \ge 0.67T_S$ 인 경우

$W_{\max}(T_i) = W_{\max}(0.67T_S) - 1.025(V_f + V_a)\dfrac{(0.67T_S - T_i)}{h}$ $T_i < 0.67T_S$ 인 경우

$W_{\min}(T_i) = 0$ $T_i \le 0.75T_S$ 인 경우

$W_{\min}(T_i) = 1.025(V_f + V_a)\dfrac{T_i - 0.75T_S}{h}$ $T_S \ge T_i > 0.75T_S$ 인 경우

BC-B 및 BC-C 선박인 경우 화물창의 질량곡선의 예는 **그림 3**과 같다.

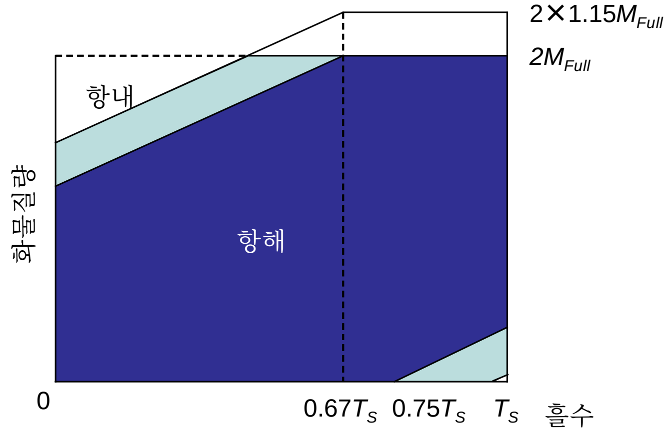


그림 3: BC-B 및 BC-C 선박인 경우 질량곡선의 예

3.2 항내상태에서 인접한 두 개의 화물창의 최대허용질량 및 최소요구질량

3.2.1 일 반

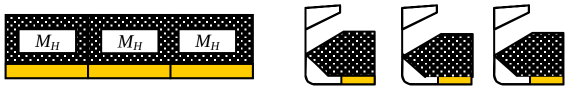
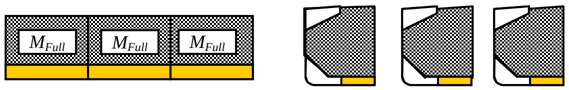
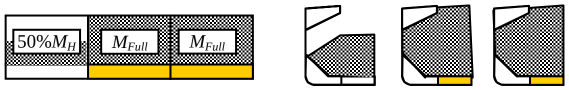
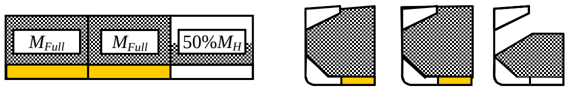
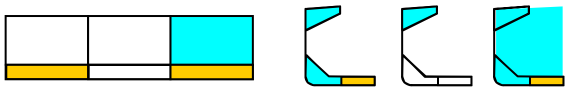
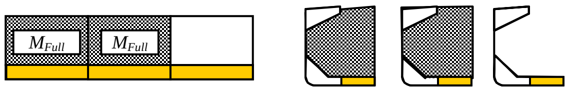
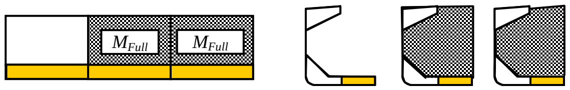
항내상태에서 두 개의 인접한 화물창의 화물질량곡선은 **[3.2.2]**에 따른다. 그러나 선체구조가 **4장 7절 [3.7.1]**에 고려된 어느 적재상태보다 더 엄격한 적재상태에 대하여 검토된 경우, 최소요구 화물질량은 그에 상응하는 적재상태에 기초할 수 있다.

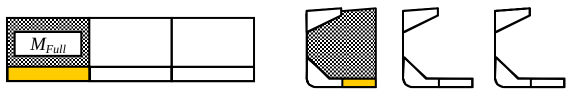
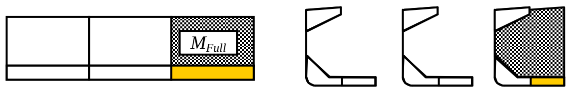
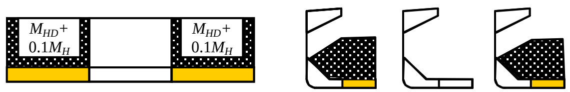
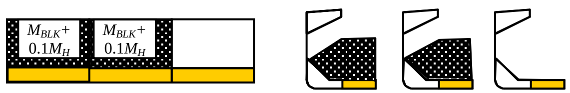
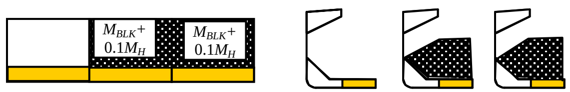
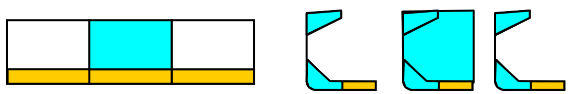
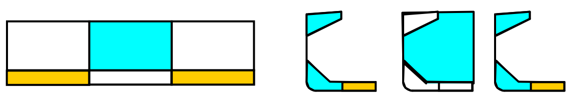
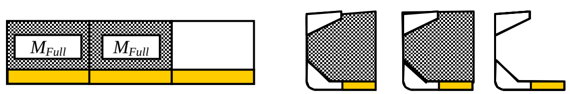
3.2.2 모든 선박

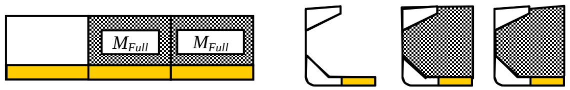
항내상태에서 적하/양하상태에 따른 흘수에 상응하는 최대 허용화물질량 및 최소 요구화물질량은 항해상태에서의 최대흘수에 대한 화물창 최대허용질량의 15% 만큼 증가 또는 감소될 수 있다. 그러나, 어떠한 경우에도 최대허용질량은 각 화물창에 대한 최대 설계만재흘수에서의 최대 허용화물질량보다 커서는 아니된다.

부록2 - 직접강도해석을 위한 표준 적재상태

표 1: BC - A 선박의 격창적재상태의 공창에 적용되는 굽힘모멘트해석(중간 화물창이 공창)

번호	설명 [a)]	흘수	적재경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파) 정수중 수직 굽힘모멘트 [b)]				비고 (아래 참조)
1	만재상태 ([2.1.3])	T_S		P1				1), 2)
				$0.5M_{SW,S}$				
2	만재상태 ([3.2.1])	T_S		P1				1), 3)
				$0.5M_{SW,S}$				
3	슬랙적재 ([3.2.2])	T_S		P1				3)
				0				
4	슬랙적재 ([3.2.2])	T_S		P1				3)
				0				
5	가장 깊은 밸러스트 [3.2.3])	T_{HB}		R1	R1	P1		4), 5)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$		
6	다항적재-3 ([3.3.3])	$0.67T_S$		H1				3), 6)
				$M_{SW,S}$				
7	다항적재 -3 ([3.3.3])	$0.67T_S$		H1				3), 6)
				$M_{SW,S}$				

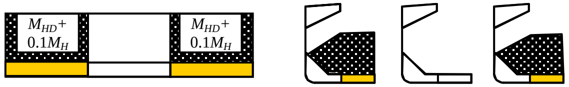
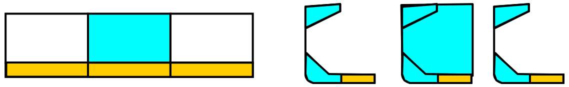
번호	설명 a)	흘수	적재경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파)				비고 (아래 참조)
				정수중 수직 굽힘모멘트 b)				
8	다항적재 -4 ([3.3.4])	$0.75T_S$		F2	P1			3), 6)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$			
9	다항적재 -4 ([3.3.4])	$0.75T_S$		F2	P1			3), 6)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$			
10	격창적재 ([3.4.1])	T_S		F2	P1			2)
				$M_{SW,H}$	0			
11	격창블록적재 ([3.4.3])	T_S		H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
				$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$		
12	격창블록적재 ([3.4.3])	T_S		H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
				$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$		
13	황천밸러스트 ([3.5.1])	$T_{HB}(min)$		H1	R1	R1		11),12)
				$M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$		
14	황천밸러스트	$T_{HB}(min)$		R1	R1			11), 12), 13)
				0	$M_{SW,S}$			
15	항내상태-2 ([3.6.2])	$0.67T_S$		---	---			3), 14), 15)
				$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			

번호	설명 a)	흘수	적재경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파) 정수중 수직 굽힘모멘트 b)				비고 (아래 참조)
16	항내상태 -2 ([3.6.2])	$0.67T_S$		--- $M_{SW,P,H}$	--- $M_{SW,P,S}$			3), 14), 15)

a) **4장 7절**에 명기된 적재경향에 상응하는 문단번호를 참조.
b) $M_{SW,H}$, $M_{SW,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항해상태에 대한 정수중 허용 수직굽힘 모멘트
$M_{SW,P,H}$, $M_{SW,P,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항내상태에 대한 정수중 허용 수직굽힘 모멘트

(비 고)
1) 화물밀도 3.0 t/m^3 인 M_{Full} 의 단일적재경향이 이들 두 적재경향 대신에 해석될 수 있다
2) 건화물의 계산인 경우 원칙적으로 화물밀도는 3.0t/ m^{3}을 사용하여야 한다
3) 건화물압력의 계산인 경우 화물밀도는 M_H/V_H 또는 1.00t/ m^3 중 큰 것을 사용하여야 한다.
4) 밸러스트화물창이 없는 경우, $M_{SW,S} = 0$ 으로 가정하는 표준밸러스트상태가 해석되어야 한다.
5) 밸러스트화물창의 위치는 적절히 조정되어야 한다.
6) 이 상태는 (**no MP**)부호가 부기된 경우 요구되지 아니한다.
7) 수직전단력해석인 경우, 감소된 수직굽힘모멘트($0.8M_{SW} + 0.65C_{WV}M_{WV}$)를 가지는 최대전단력($Q_{SW} + Q_{WV}$)가 고려되어야 한다.
8) 이 상태는 적하지침서 내에 작성된 경우에 한하여 요구된다.
9) “M_{BLK}” 는 적하지침서 내의 설계적재상태에 따르는 최대화물질량이다.
10) 적하지침서에 주어진 실제 정수중 수직굽힘모멘트는 설계값 대신에 사용될 수 있다.
11) 이 상태는 밸러스트화물창으로 지정된 화물창이 있는 경우 이 공창에 대하여 고려되어야 한다.
12) 원칙적으로 황천밸러스트상태 중의 최소흘수가 사용되어야 한다.
13) 이 상태는 이러한 상태가 적하지침서에서 명백히 금지된 경우 요구되지 아니한다.
14) 이 상태는 (**no MP**) 부호가 지정된 경우 해석되어야 한다.
15) 외부해양압력 및 내부압력은 정압력으로 고려될 수 있다.

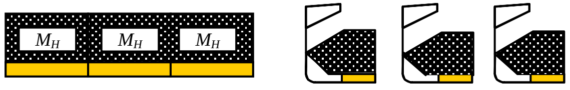
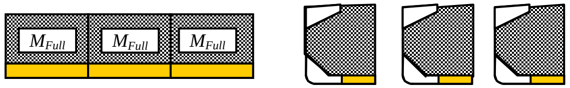
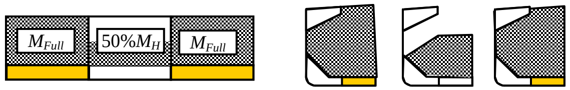
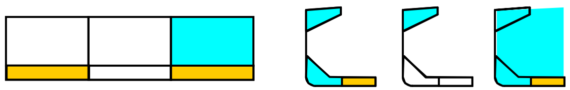
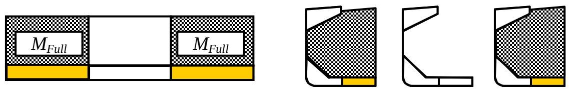
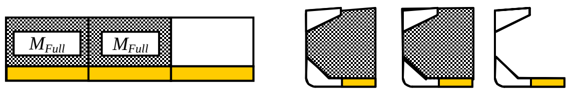
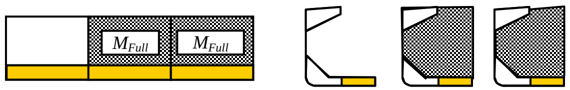
표 2: BC - A 선박의 공창에 적용되는 전단력해석(중간 화물창이 공창)

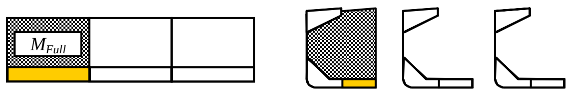
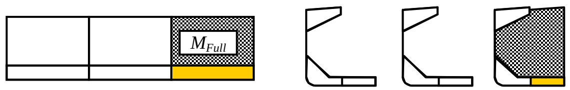
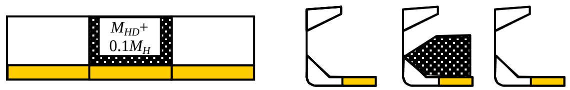
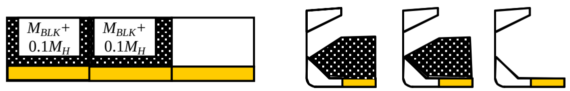
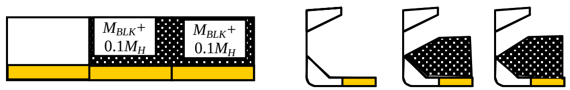
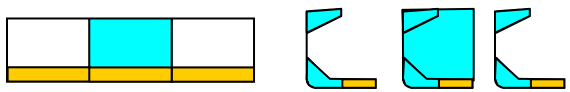
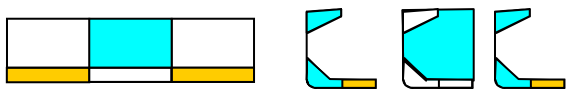
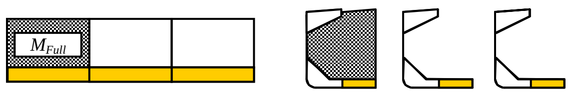
번호	설명 a)	흘수	적재경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파) 정수중 수직 굽힘모멘트 b) 정수중 전단력				비고 (표 1 참조)
10SF	격창적재 ([3.4.1])	T_S		F2				2), 7)
				$0.8M_{SW,H}$				
				Q_{SW}				
13SF	황천밸러스트 ([3.5.1])	$T_{HB}(min)$		H1				7), 11), 12)
				$0.8M_{SW,S}$				
				Q_{SW}				

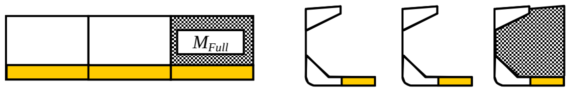
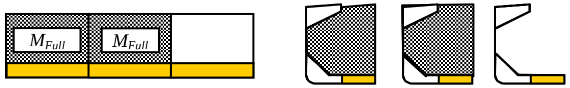
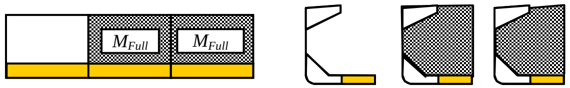
a) **4장 7절**에 명기된 적재경향에 상응하는 문단번호를 참조

b) $M_{SW,H}$, $M_{SW,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항해상태에 대한 정수중 허용 수직굽힘 모멘트

표 3: BC - A 선박의 격창적재상태의 적재된 화물창에 적용되는 굽힘모멘트해석(중간 화물창이 적재된 화물창)

번호	설명 a)	흘수	적재 경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파) 정수중 수직 굽힘모멘트 b)				비고 (아래 참조)
1	만재상태 ([2.1.3])	T_S	 	P1				1), 2)
				$0.5M_{SW,S}$				
2	만재상태 ([3.2.1])	T_S	 	P1				1), 3)
				$0.5M_{SW,S}$				
3	슬랙적재 ([3.2.2])	T_S	 	P1				3)
				0				
4	가장깊은 밸러스트 ([3.2.3])	T_{HB}		R1	R1	P1		4), 5)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$		
5	다항적재 -2 ([3.3.2])	$0.83T_S$	 	F2	P1			3), 6)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$			
6	다항적재 -3 ([3.3.3])	$0.67T_S$	 	P1				3), 6)
				$M_{SW,S}$				
7	다항적재 -3 ([3.3.3])	$0.67T_S$	 	P1				3), 6)
				$M_{SW,S}$				

번호	설명 a)	흘수	적재 경향　　선미　　중앙　　선수	하중상태(설계파) 정수중 수직 굽힘모멘트 b)				비고 (아래 참조)
8	다항적재 -4 ([3.3.4])	$0.75T_S$		F2	R1	R1	P1	3), 6)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
9	다항적재 -4 ([3.3.4])	$0.75T_S$		F2	R1	R1	P1	3), 6)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
10	격창적재 ([3.4.2])	T_S		F2	P1			2)
				$M_{SW,H}$	0			
11	격창블록적재 ([3.4.3])	T_S		H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
				$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$		
12	격창블록적재 ([3.4.3])	T_S		H1	F2	P1		2), 8), 9), 10)
				$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$		
13	황천밸러스트 ([3.5.1])	$T_{HB}(min)$		H1	R1	R1		11),12)
				$M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$		
14	황천밸러스트	$T_{HB}(min)$		R1	R1			11), 12), 13)
				0	$M_{SW,S}$			
15	항내상태 -1 ([3.6.1])	$0.67T_S$		---	---			3), 14), 15)
				$M_{SW,P,H}$	$M_{SW,P,S}$			

번호	설명 a)	흘수	적재 경향　선미　중앙　선수	하중상태(설계파) 정수중 수직 굽힘모멘트 b)				비고 (아래 참조)
16	항내상태 -1 ([3.6.1])	0.67T_S		--- $M_{SW,P,H}$	--- $M_{SW,P,S}$			3), 14), 15)
17	항내상태 -2 ([3.6.2])	0.67T_S		--- $M_{SW,P,H}$	--- $M_{SW,P,S}$			3), 14), 15)
18	항내상태 -2 ([3.6.2])	0.67T_S		--- $M_{SW,P,H}$	--- $M_{SW,P,S}$			3), 14), 15)

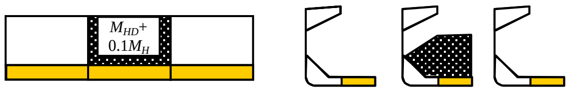
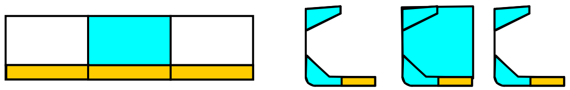
a) **4장 7절**에 명기된 적재경향에 상응하는 문단번호를 참조

b) $M_{SW,H}$, $M_{SW,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항해상태에 대한 정수중 허용 수직굽힘 모멘트
$M_{SW,P,H}$, $M_{SW,P,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항내상태에 대한 정수중 허용 수직굽힘 모멘트

(비 고)

1) 화물밀도 3.0 t/m^3 인 M_{Full} 의 단일적재경향이 이들 두 적재경향 대신에 해석될 수 있다.
2) 건화물의 계산인 경우 원칙적으로 화물밀도는 3.0 t/m^3 사용하여야 한다.
3) 건화물압력의 계산인 경우 화물밀도는 MH/VH 또는 1.00 t/m^3 중 큰 것을 사용하여야 한다.
4) 밸러스트화물창이 없는 경우, $M_{SW,S}$ =0으로 가정하는 표준밸러스트상태가 해석되어야 한다.
5) 밸러스트화물창의 위치는 적절히 조정되어야 한다.
6) 이 상태는 (**no MP**)부호가 부기된 경우 요구되지 아니한다.
7) 수직전단력해석인 경우, 감소된 수직굽힘모멘트(0.8M_{SW} + 0.65$C_{WV}M_{WV}$)를 가지는 최대전단력(Q_{SW} + Q_{WV})가 고려되어야 한다.
8) 이 상태는 적하지침서 내에 작성된 경우에 한하여 요구된다.
9) “M_{BLK}” 는 적하지침서 내의 설계적재상태에 따르는 최대화물질량이다.
10) 적하지침서에 주어진 실제 정수중 수직굽힘모멘트는 설계값 대신에 사용될 수 있다.
11) 이 상태는 있는 경우 밸러스트 화물창으로 지정된 적재된 화물창에 대하여 고려되어야 한다.
12) 원칙적으로 황천 밸러스트상태 중의 최소흘수가 사용되어야 한다.
13) 이 상태는 이러한 상태가 적하지침서에서 명백히 금지된 경우 요구되지 아니한다.
14) 이 상태는 (**no MP**) 부호가 지정된 경우 해석되어야 한다.
15) 외부해양압력 및 내부압력은 정압력으로 고려될 수 있다.

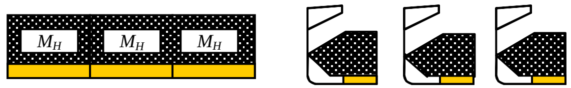
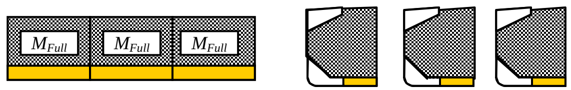
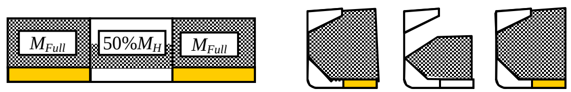
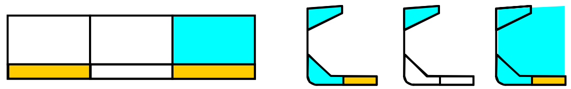
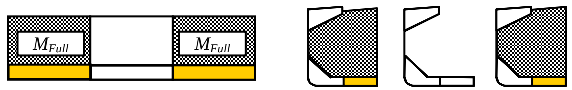
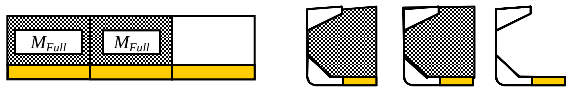
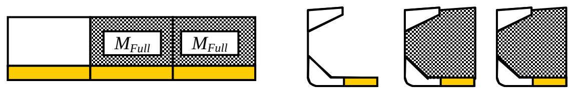
표 4: BC - A 선박의 적재된 화물창에 적용되는 전단력해석(중간 화물창이 적재된 화물창)

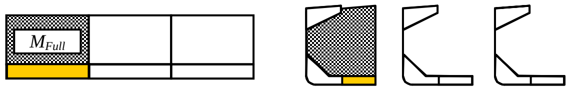
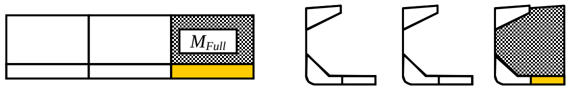
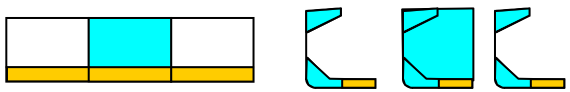
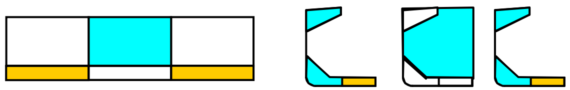
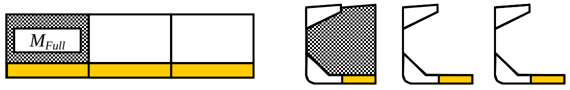
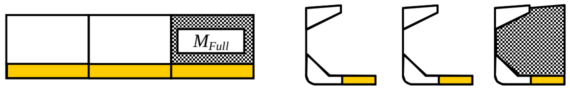
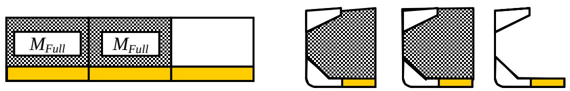
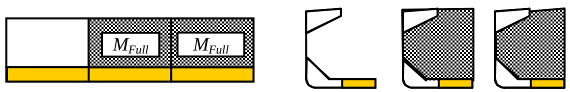
번호	설명 a)	흘수	적재 경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파) 정수중 수직 굽힘모멘트 b) 정수중 전단력				비고 (표 3 참조)
10SF	격창적재 ([3.4.2])	T_S		F2				2), 7)
				$0.8M_{SW,H}$				
				Q_{SW}				
13SF	황천밸러스트 ([3.5.1])	$T_{HB}(min)$		H1				7), 11), 12)
				$0.8M_{SW,S}$				
				Q_{SW}				

a) **4장 7절**에 명기된 적재경향에 상응하는 문단번호를 참조

b) $M_{SW,H}$, $M_{SW,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항해상태에 대한 정수중 허용 수직굽힘 모멘트

표 5: BC - B 및 BC - C 선박에 적용되는 굽힘모멘트해석

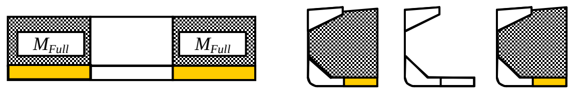
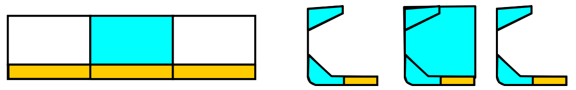
번호	설명 [a)]	흘수	적재 경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파)				비고 (아래 참조)
				정수중 수직 굽힘모멘트 [b)]				
1	만재상태 ([2.1.3])	T_S		P1				1), 2), 3)
				$0.5M_{SW,S}$				
2	만재상태 ([3.2.1])	T_S		P1				2), 4)
				$0.5M_{SW,S}$				
3	슬랙적재 ([3.2.2])	T_S		P1				4)
				0				
4	가장깊은 밸러스트 ([3.2.3])	T_{HB}		R1	R1	P1	F2	5), 6), 14)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,H}$	
5	다항적재 -2 ([3.3.2])	$0.83T_S$		F2	P1			4), 7)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$			
6	다항적재 -3 ([3.3.3])	$0.67T_S$		P1				4), 7)
				$M_{SW,S}$				
7	다항적재 -3 ([3.3.3])	$0.67T_S$		P1				4), 7)
				$M_{SW,S}$				

번호	설명 [a)]	흘수	적재 경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파) 정수중 수직 굽힘모멘트 [b)]				비고 (아래 참조)
8	다항적재 -4 ([3.3.4])	$0.75T_S$		F2	R1	R1	P1	4), 7)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
9	다항적재 -4 ([3.3.4])	$0.75T_S$		F2	R1	R1	P1	4), 7)
				$M_{SW,H}$	$M_{SW,H}$	$M_{SW,S}$	$M_{SW,S}$	
10	황천밸러스트 ([3.5.1])	$T_{HB}(min)$		H1	R1	R1		9), 10)
				$M_{SW,S}$	0	$M_{SW,S}$		
11	황천밸러스트	$T_{HB}(min)$		R1	R1			9), 10), 11)
				0	$M_{SW,S}$			
12	항내상태 -1 ([3.6.1])	$0.67T_S$		---	---			4), 12),13)
				$M_{S,P}(+)$	$M_{S,P}(-)$			
13	항내상태 -1 ([3.6.1])	$0.67T_S$		---	---			4), 12), 13)
				$M_{S,P}(+)$	$M_{S,P}(-)$			
14	항내상태 -2 ([3.6.2])	$0.67T_S$		---	---			4), 12), 13)
				$M_{S,P}(+)$	$M_{S,P}(-)$			
15	항내상태 -2 ([3.6.2])	$0.67T_S$		---	---			4), 12), 13)
				$M_{S,P}(+)$	$M_{S,P}(-)$			

a) **4장 7절**에 명기된 적재경향에 상응하는 문단번호를 참조
b) $M_{SW,H}$, $M_{SW,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항해상태에 대한 정수중 허용 수직굽힘 모멘트
$M_{SW,P,H}$, $M_{SW,P,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항내상태에 대한 정수중 허용 수직굽힘 모멘트

(비 고)
1) BC-B 선박에 한하여 적용한다.
2) BC-B 선박인 경우 화물밀도 3.0t/m^3 인 M_{Full} 의 단일적재경향이 이들 두 적재경향 대신에 해석될 수 있다.
3) 건화물의 계산인 경우 원칙적으로 화물밀도는 3.0t/m^{3}을 사용하여야 한다.
4) 건화물압력의 계산인 경우 화물밀도는 MH/VH 또는 1.00t/m^3 중 큰 것을 사용하여야 한다.
5) 밸러스트화물창이 없는 경우, $M_{SW,S}$ =0으로 가정하는 표준밸러스트상태가 해석되어야 한다.
6) 밸러스트화물창의 위치는 적절히 조정되어야 한다.
7) 이 상태는 (**no MP**)부호가 부기된 경우 요구되지 아니한다.
8) 수직전단력해석인 경우, 감소된 수직굽힘모멘트($0.8M_{SW} + 0.65C_{WV}M_{WV}$)를 가지는 최대전단력($Q_{SW} + Q_{WV}$)가 고려되어야 한다.
9) 이 상태는 적하지침서 내에 작성된 경우에 한하여 요구된다.
10) 원칙적으로 황천밸러스트상태 중의 최소흘수가 사용되어야 한다.
11) 이 상태는 이러한 상태가 적하지침서에서 명백히 금지된 경우 요구되지 아니한다.
12) 이 상태는 (**no MP**) 부호가 지정된 경우 해석되어야 한다.
13) 외부해양압력 및 내부압력은 정압력으로 고려될 수 있다.
14) 하중상태 F2는 (**no MP**) 부호가 지정된 경우 해석되어야 한다.

표 6: BC - B 및 BC - C 선박에 적용되는 전단력해석

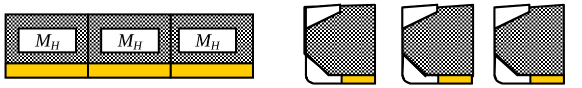
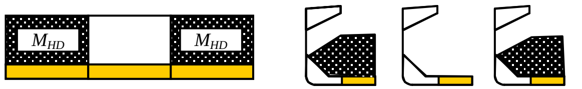
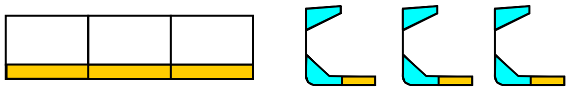
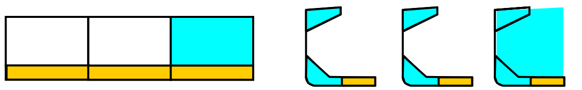
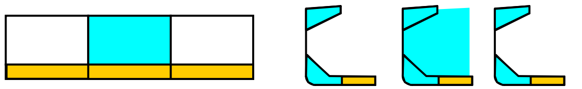
번호	설명 [a]	흘수	적재 경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파) / 정수중 수직 굽힘모멘트 [b] / 정수중 전단력				비고 (표 5 참조)
5SF	다항적재-2 ([3.3.2])	$0.83T_S$		F2				4), 7), 8)
				$0.8M_{SW,H}$				
				Q_{SW}				
10SF	황천밸러스트 ([3.5.1])	$T_{HB}(min)$		H1				8), 9), 10)
				$0.8M_{SW,S}$				
				Q_{SW}				

a) **4장 7절**에 명기된 적재경향에 상응하는 문단번호를 참조

b) $M_{SW,H}$, $M_{SW,S}$: 호깅 또는 새깅상태에서 항해상태에 대한 정수중 허용 수직 굽힘모멘트

부록 3 – 피로해석을 위한 표준적재상태

표 1: BC - A 선박의 격창적재상태의 공창에 적용되는 피로해석(중간 화물창이 공창)

번호	설명	흘수 a)	적재경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파)				정수중 수직 굽힘모멘트 b)	비고 (아래 참조)
1	만재상태	T		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(1)}$	1)
				H2	F2	R2	P2		
2	격창적재	T		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(2)}$	2)
				H2	F2	R2	P2		
3	표준밸러스트	T_{NB}		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(3)}$	
				H2	F2	R2	P2		
4	황천밸러스트	T_{HB}		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	3)
				H2	F2	R2	P2		
				H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	4)
				H2	F2	R2	P2		

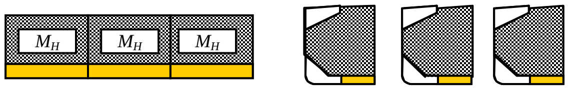
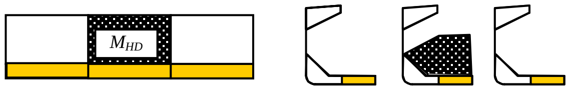
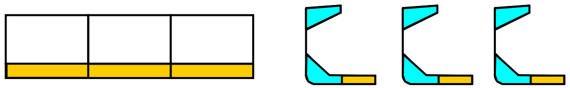
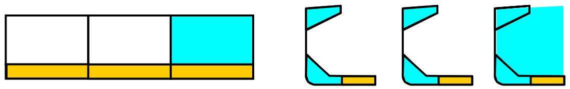
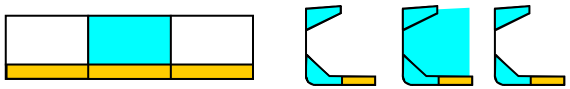
a) T : 형깊이, T_{NB} : 표준밸러스트상태의 흘수, T_{HB} : 황천밸러스트상태의 흘수

b) $M_{S,(1)}$, $M_{S,(2)}$, $M_{S,(3)}$, $M_{S,(4)}$: **8장 3절 [3.2.2]**에 정의된 정수중 수직 굽힘모멘트

(비 고)

1) 건화물압력의 계산인 경우 화물밀도는 M_H/V_H 을 사용하여야 한다.
2) 건화물의 계산인 경우 원칙적으로 화물밀도는 3.0t/ m^{3}을 사용하여야 한다.
3) 이 상태는 밸러스트화물창으로 지정되지 아니한 공창에 대하여만 적용되어야 한다. 밸러스트화물창의 위치는 적절히 조정되어야 한다.
4) 이 상태는 밸러스트화물창으로 지정된 공창에 대하여만 적용되어야 한다.

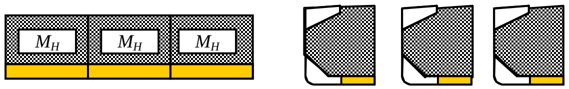
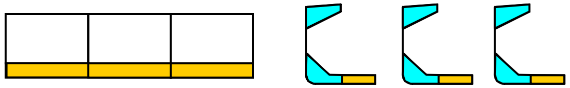
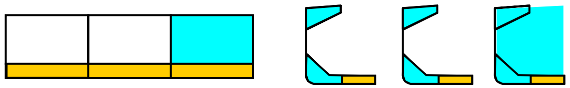
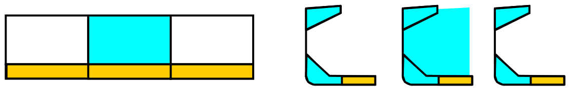
표 2: BC - A 선박의 격창적재상태의 적재된 화물창에 적용되는 피로해석(중간 화물창이 적재된 화물창)

번호	설명	흘수 a)	적재경향 선미 중앙 선수	하중상태(설계파)				정수중 수직 굽힘모멘트 b)	비고 (아래 참조)
1	만재상태	T		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(1)}$	1)
				H2	F2	R2	P2		
2	격창적재	T		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(2)}$	2)
				H2	F2	R2	P2		
3	표준밸러스트	T_{NB}		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(3)}$	
				H2	F2	R2	P2		
4	황천밸러스트	T_{HB}		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	3)
				H2	F2	R2	P2		
				H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	4)
				H2	F2	R2	P2		

a) T : 형깊이, T_{NB} : 표준밸러스트상태의 흘수, T_{HB} : 황천밸러스트상태의 흘수
b) $M_{S,(1)}$, $M_{S,(2)}$, $M_{S,(3)}$, $M_{S,(4)}$: **8장 3절 [3.2.2]**에 정의된 정수중 수직 굽힘모멘트

(비 고)
1) 건화물압력의 계산인 경우 화물밀도는 M_H/V_H 을 사용하여야 한다.
2) 건화물의 계산인 경우 원칙적으로 화물밀도는 3.0t/ m^3을 사용하여야 한다.
3) 이 상태는 밸러스트화물창으로 지정되지 아니한 적재된 화물창에 대하여만 적용되어야 한다. 밸러스트화물창의 위치는 적절히 조정되어야 한다.
4) 이 상태는 밸러스트화물창으로 지정된 적재된 화물창에 대하여만 적용되어야 한다.

표 3: BC - B 및 BC - C 선박에 적용되는 피로해석

번호	설명	흘수 [a)]	적재경향　선미　중앙　선수	하중상태(설계파)				정수중 수직 굽힘모멘트 [b)]	비고 (아래 참조)
1	만재상태	T		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(1)}$	1)
				H2	F2	R2	P2		
2	표준밸러스트	T_{NB}		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(3)}$	
				H2	F2	R2	P2		
3	황천밸러스트	T_{HB}		H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	2)
				H2	F2	R2	P2		
				H1	F1	R1	P1	$M_{S,(4)}$	3)
				H2	F2	R2	P2		

a) T : 형깊이,　T_{NB} : 표준밸러스트상태의 흘수,　T_{HB} : 황천밸러스트상태의 흘수

b) $M_{S,(1)}$, $M_{S,(2)}$, $M_{S,(3)}$, $M_{S,(4)}$: **8장 3절 [3.2.2]**에 정의된 정수중 수직 굽힘모멘트

(비 고)

1) 건화물압력의 계산인 경우 화물밀도는 M_H/V_H 을 사용하여야 한다.

2) 이 상태는 밸러스트화물창으로 지정되지 아니한 중앙 화물창에 대하여만 적용되어야 한다. 밸러스트화물창의 위치는 적절히 조정되어야 한다.

3) 이 상태는 밸러스트화물창으로 지정된 중앙 화물창에 대하여만 적용되어야 한다.

11 편 5 장

선체 거더 강도

제 1 절 항복 검토

기호

이 절에서 정의하지 않은 기호는 **1장 4절**에 따른다.

M_{SW} : **4장 3절 [2.2]**에서 정의한, 고려하는 선체 횡단면에서 비손상 상태의 설계 정수 중 굽힘모멘트 (kN.m)

- $M_{SW} = M_{SW,H}$: 호깅 상태
- $M_{SW} = M_{SW,S}$: 새깅 상태

M_{WV} : **4장 3절 [3.1]**에서 정의한, 고려하는 선체 횡단면에서 비손상 상태의 수직 파랑굽힘모멘트 (kN.m)

$M_{SW,F}$: **4장 3절**에 따라 계산한 고려하는 선체 횡단면에서, 침수 상태의 정수 중 굽힘모멘트(kN.m)

$M_{WV,F}$: **4장 3절**에 따라 계산한 고려하는 선체 횡단면에서, 침수 상태의 수직 파랑 굽힘모멘트(kN.m)

$M_{WV,P}$: **4장 3절**에 따라 계산한 고려하는 선체 횡단면에서, 항내 상태의 수직 파랑 굽힘모멘트(kN.m)

M_{WH} : **4장 3절 [3.3]**에서 정의한 고려하는 선체 횡단면에서의 수평 파랑 굽힘모멘트(kN.m)

Q_{SW} : **4장 3절 [2.3]**에서 정의한 고려하는 선체 횡단면에서, 비손상 상태의 설계 정수 중 전단력 (kN.m)

Q_{WV} : **4장 3절 [3.2]**에서 정의한 고려하는 선체 횡단면에서, 비손상 상태의 수직 파랑 전단력 (kN.m)

$Q_{SW,F}$: **4장 3절**에 따라 계산한 고려하는 선체 횡단면에서, 침수 상태의 정수 중 전단력(kN)

$Q_{WV,F}$: **4장 3절**에 따라 계산한 고려하는 선체 횡단면에서, 침수 상태의 수직 파랑 전단력(kN)

$Q_{WV,P}$: **4장 3절**에 따라 계산한 고려하는 선체 횡단면에서, 항내 상태의 수직 파랑 전단력(kN)

k : **1장 4절 [2.2.1]**에서 정의한 재료 계수

x : **1장 4절 [4]**에서 정의한 좌표계에서 계산하는 점의 X 좌표(m)

z : **1장 4절 [4]**에서 정의한 좌표계에서 계산하는 점의 Z 좌표(m)

N : **1장 4절 [4**]에서 정의한 좌표계에서 **[1.2]**에서 정의한 선체 횡단면의 무게중심의 Z 좌표(m)

V_D : **[1.4.2]**에서 정의한 수직 거리(m)

I_Y : **[1.5]**에 따라 계산한 수평 중립축에 대한 선체 횡단면의 순 2차 모멘트(m^4)

I_Z : **[1.5]**에 따라 계산한 수직 중립축에 대한 선체 횡단면의 순 2차 모멘트(m^4)

S : **[1.6]**에 따라 계산한 선체 횡단면의 순 1차 모멘트(m^3)

Z_A : **[1.4.1]**에 따라 계산한 선체 횡단면의 임의 한 점에서의 순 단면계수(m^3)

Z_{AB}, Z_{AD}: **[1.4.2]**에 따라 계산한, 각각 선저 및 갑판에서의 순 단면계수(m^3)

C : **1장 4절 [2.3.1]**에서 정의한 파랑계수

$\sigma_{1,ALL}$: **[3.1.1]**에서 정의한 허용 법선응력(N/mm^2)

$\tau_{1,ALL}$: **[3.2.1]**에서 정의한 허용전단응력 (N/mm^2)

ρ : 해수밀도로서 1.025 t/m^{3}로 취한다.

1. 선체거더 횡단면의 강도 특성

1.1 일 반

1.1.1
4장 3절에서 규정한 선체거더 하중과 관련하여, 이 절에서는 **[2]** 내지 **[5]**의 검토에 사용하는 선체거더 강도 특성 계산을 위한 기준을 규정한다.

1.2 선체 거더 횡단면

1.2.1 일 반
선체거더 횡단면은 종강도에 기여하는 부재들로 구성된다고 간주한다. 즉 **[1.2.2]** 내지 **[1.2.9]**의 요건을 고려하여 **[1.3]**에서 정의한 강력갑판 및 강력갑판 하의 모든 연속 종 부재들로서 구성된다.

다음 검토를 위하여 선체거더 강도특성을 사용하는 경우, 이들 부재는 제공 총 두께에서 0.5 t_C를 감한 제공 순 치수를 갖는 것(또한 **3장 2절** 참조)으로 고려한다.

- **[2]** 내지 **[5]**에 따른 선체거더 항복 검토
- **5장 2절**에서의 최종 강도 검토
- **6장**에 따른 판, 일반 보강재 및 1차 지지부재의 강도검토를 위한 선체거더 응력의 계산

1.2.2 연속 트렁크 및 연속 종방향 해치코밍
선체거더 횡단면에는, 종격벽 또는 1차 지지부재가 지지하는 연속 트렁크 및 연속 종 해치코밍을 포함시킬 수 있다.

1.2.3 갑판 상에 용접한 종방향 일반 보강재 또는 거더
선체거더 횡단면에는 갑판 상에 용접한 종방향 일반 보강재 또는 거더(**[1.2.2]**에 규정한 대로 설치한 트렁크의 갑판을 포함)를 포함시킬 수 있다.

1.2.4 종 격벽에 의하여 지지되는 창구 간 종 거더
종격벽에 의하여 유효하게 지지되는 종 거더가 창구 사이에 설치되어 있는 경우에는, 이러한 종 거더의 단면적은 선체거더 횡단면에 포함한다.

1.2.5 수직파형을 갖는 종 격벽
수직파형을 갖는 종 격벽은 선체거더 횡단면에 포함시키지 않는다.

1.2.6 강 이외의 재료를 사용한 부재
종강도에 기여하는 구성부재가 영 계수 $E = 2.06\times10^5$ (N/mm^2)을 갖는 강 이외의 재료인 경우, 선체거더 횡단면에 포함시키는 등가 강 단면적(m^2)은 다음 식에 의한다.

$$A_{SE} = \frac{E}{2.06\times10^5} A_M$$

여기서,

A_M : 고려하는 부재의 단면적(m^2)

1.2.7 큰 개구

큰 개구는 다음과 같다.

- 길이 2.5m 또는 폭 1.2m 을 초과하는 타원형 개구
- 직경 0.9m 을 초과하는 원형 개구

큰 개구 및 스켈롭 용접을 시공하는 경우의 스켈롭은 선체거더 횡단면적에서 제외시킨다.

1.2.8 작은 개구

다음 조건을 만족하는 경우, 한 횡단면에서 강력갑판 또는 선저부에 있는 작은 개구들은 선체거더 횡단면적에서 제외시킬 필요는 없다.

$\Sigma b_S \le 0.06(B - \Sigma b)$

여기서,

Σb_S : 고려하는 횡단면에서 강력갑판 또는 선저부에 있는 작은 개구들의 전 폭(m)으로서, **그림 1**에 따라 결정한다.

Σb : 고려하는 횡단면에서 큰 개구들의 전 폭(m)으로서, **그림 1**에 따라 결정한다.

작은 개구들의 전 폭 Σb_S 이 상기 기준을 만족하지 못하는 경우, 폭의 초과 분만을 선체거더 횡단면적에서 제외시킨다.

1.2.9 경감구멍, 배수구 및 단일 스켈롭

종 부재에 있는 경감구멍, 배수구 및 단일 스켈롭은 그 높이가 $0.25h_w$ 보다 작고, 75 mm 이하인 경우, 제외하지 않아도 좋다. 여기서, h_w 는 웨브 높이(mm)이다.

그렇지 않을 경우에는 초과 분을 단면적에서 제외 또는 보상하여야 한다.

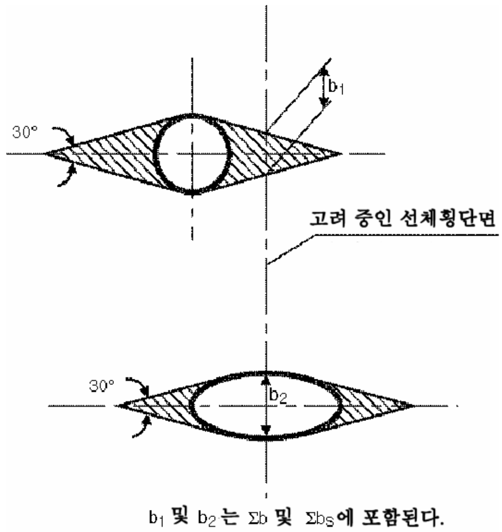


그림 1: Σb 및 Σb_S 의 계산

1.3 강력 갑판

1.3.1

일반적으로 강력갑판은 최상층 연속 갑판이다.

종강도에 기여하는 선루 또는 갑판실이 있는 경우, 강력갑판은 그러한 선루 갑판 또는 최상층 갑판실의 갑판이다.

1.3.2

선박중앙부 $0.4L$ 내의 최소한 $0.15L$ 이상에 걸쳐있는 선루는 일반적으로 종강도에 기여하는 것으로 간주할 수 있다.

그 밖의 선루 및 갑판실에 대하여는, 종강도에 대한 기여율 산정은 각 경우 별로 평가한다.

1.4 단면계수

1.4.1

선체 횡단면의 임의점에서의 단면계수(m^3)는 다음 식으로부터 구한다.

$$Z_A = \frac{I_Y}{|z - N|}$$

1.4.2

선저 및 갑판에서의 단면계수(m^3)는 다음 식으로부터 구한다.

- 선저

  $$Z_{AB} = \frac{I_Y}{N}$$

- 갑판

  $$Z_{AD} = \frac{I_Y}{V_D}$$

  여기서,

  V_D : 수직거리(m)로서 다음과 같다.

  - 일반적인 경우

    $V_D = z_D - N$

    여기서,

    z_D : **1장 4절 [4]**에서 정의한 참조 좌표계에 관한, **[1.3]**에서 정의한 선측에서 강력갑판의 Z 좌표(m)

  - **[1.2.2]**에서 규정한 바와 같이, 연속 트렁크 또는 해치코밍이 I_Y 의 계산에 고려된 경우

    $$V_D = (z_T - N)\left(0.9 + 0.2\frac{y_T}{B}\right) \geq z_D - N$$

    여기서,

y_T, z_T : **1장 4절 [4]**에서 정의한 참조 좌표계에 관한, 연속 트렁크 또는 해치코밍 상면의 Y 및 Z 좌표. y_T 및 z_T 은 V_D 값이 최대가 되도록 계측한다.

- **[1.2.3]**에 규정한 강력갑판 상에 용접된 종통 일반 보강재 또는 거더를 I_Y 의 계산에서 고려하는 경우, V_D 는 연속 트렁크 및 해치코밍에 대하여 상기 식으로부터 구한다. 이 경우 Y_T 및 z_T (m)은 종통 보강재 또는 거더 상면의 Y 및 Z 좌표로서, **1장 4절 [4]**에서 정의한 참조 좌표계에 관하여 구한다.

1.5 단면 2차 모멘트

1.5.1

[1.2]에서 정의한 선체 횡단면의 단면 2차 모멘트 I_Y 및 I_Z 은, 각각 수평 및 수직 중립축에 관하여 계산한 값이다.

1.6 단면 1차 모멘트

1.6.1

기선 상부 위치 z 에서의 단면 1차 모멘트 S 는, **[1.2]**에서 정의한 선체 횡단면의 z 보다 상부에 위치하는 부분의 수평 중립축에 관한 단면 1차 모멘트이다.

2. 선체거더 응력

2.1 법선응력

2.1.1 일 반

[1.2.6]에서 규정한 바와 같이 선체거더 횡단면에 포함되어 있는 탄성 계수 $E = 2.06\times10^5$ (N/mm^2)을 갖는 강 이외의 재료인 부재의 법선응력은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_1 = \frac{E}{2.06\times10^5}\sigma_{1S}$$

여기서,

σ_{1S} : 고려하는 부재가 **[1.2.6]**에 정의한 강 등가 단면적 A_{SE} 을 갖는다고 고려하여, **[2.1.2]** 및 **[2.1.3]**에 따라 계산된 해당 부재의 법선 응력(N/mm^2)

2.1.2 수직 굽힘 모멘트로 인한 법선응력

수직 굽힘 모멘트로 인한 법선응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

- z_{VD} 하부에 위치한 선체 횡단면의 임의 점에서(여기서, $z_{VD} = V_D + N$)

$$\sigma_1 = \frac{M_{SW} + M_{WV}}{Z_A}10^{-3}$$

- 선저에서

$$\sigma_1 = \frac{M_{SW} + M_{WV}}{Z_{AB}}10^{-3}$$

- 갑판에서

$$\sigma_1 = \frac{M_{SW} + M_{WV}}{Z_{AD}} 10^{-3}$$

2.1.3 선박의 침수상태에서의 법선응력

이 규정은 **[2.1.2]**에 추가하여 BC-A or BC-B 선박에 적용한다.

4장 3절에서 규정한 침수상태에서의 법선응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_1 = \frac{M_{SW,F} + M_{WV,F}}{Z_A} 10^{-3}$$

2.2 전단 응력

2.2.1 일 반

비손상 상태에서 수직 전단력 Q_{SW} 및 Q_{WV} 로 인한 전단응력, 그리고 **BC-A** 및 **BC-B** 선박에 대하여는 침수상태에서 수직 전단력 $Q_{SW,F}$ 및 $Q_{WV,F}$ 로 인한 전단응력은 통상 직접해석을 통하여 구한다.

이들의 조합을 고려하는 경우, 비손상 상태에서의 수직 전단력 Q_{SW} 및 Q_{WV} 은 같은 부호를 갖는 것으로 취한다. 침수상태에서의 수직 전단력 $Q_{SW,F}$ 및 $Q_{WV,F}$ 의 조합에 대하여도 마찬가지이다.

[2.2.2]에 따라 전단력 수정 ΔQ_C 을 고려한다. 최전방 화물창의 전단 및 최후방 화물창의 후단에서는 전단력 수정을 고려할 필요가 없다.

이러한 절차의 대안으로서, 비손상 상태에서 수직 전단력 Q_{SW} 및 Q_{WV} 로 인한 전단응력 및 침수상태에서 **BC-A** 및 **BC-B** 선박에 대한 수직 전단력 $Q_{SW,F}$ 및 $Q_{WV,F}$ 로 인한 전단응력 은 각각 **[2.2.2]** 및 **[2.2.3]**의 간이 절차를 통하여 구할 수 있다.

2.2.2 수직 전단력으로 인한 전단응력의 간이 계산

수직 전단력으로 인한 계산점에서의 전단응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\tau_1 = \left(Q_{SW} + Q_{WV} - \varepsilon \Delta Q_C\right) \frac{S}{I_Y t} \delta$$

여기서,

t : **표 1**에 따라, 해당하는 경우 선측 및 내측 판의 최소 순 두께(mm)

δ : **표 1**에 따르는 전단분포 계수

$\varepsilon = \mathrm{sgn}(Q_{SW})$

ΔQ_C : 전단력 수정(**그림 2** 참조)으로서, 해당하는 경우 이중저 거더에 의하여 횡격벽으로 전달되는 하중 부분을 고려한다.

- 격창적재상태 및 화물창에 밸러스트를 실는 헤비 밸러스트 상태와 같은 비균일 적재상태를 갖는 선박

$$\Delta Q_C = \alpha \left| \frac{M}{B_H \ell_H} - \rho T_{LC} \right|$$

- 그 외의 선박

$\Delta Q_C = 0$

$$\alpha = g\frac{\ell_0 b_0}{2+\varphi\frac{\ell_0}{b_0}}$$

$\varphi = 1.38 + 1.55\frac{\ell_0}{b_0}$ 다만, 3.7 보다 크게 취하여서는 아니 된다.

ℓ_0, b_0 : 고려하는 화물창에서 이중저 평탄한 부분의 각각 길이 및 폭(m)으로서, b_0 는 해당 화물창의 중앙의 선체 횡단면에서 계측한다.

ℓ_C : 고려하는 화물창의 길이(m)로서, 파형 횡격벽 깊이의 중앙 간에서 계측한다.

B_H : 선박의 폭(m)으로서, 고려하는 화물창 중앙의 선체 횡단면의 내저판 위치에서 계측한다.

M : 고려하는 화물창의 화물 전 질량(t)

T_{LC} : 고려하는 화물창 중앙의 선체 횡단면에서 수직으로 계측한 흘수(m)로서, 고려하는 적하상태에서 형 기선으로부터 수선까지의 거리로 한다.

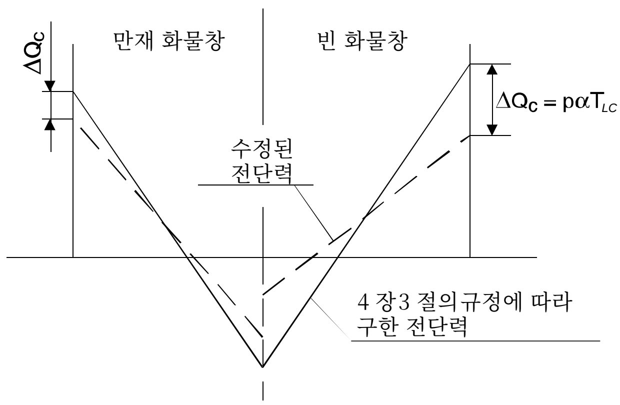


그림 2: ΔQ_C 전단력 수정 ΔQ_C

표 1: 수직 전단력으로 인한 전단응력

선박형상	위치	*t* (mm)	δ
단일 선측 선박	선측 외판	t_S	0,5
이중 선측 선박	선측 외판	t_S	$0.5(1-\phi)$
	내측 판	t_{IS}	0.5ϕ

여기서,

t_S, t_{IS} : 각각 선측 외판 및 내측 판의 최소 순 두께(mm)

t_{SM}, t_{ISM} : 각각 선측 외판 및 내측 판의 모든 판들의 평균 순 두께(mm)로서, $\Sigma(\ell_i t_i) / \Sigma\ell_i$ 로 계산된다. 여기서, ℓ_i 및 t_i 은 선측 외판 및 내측 판의 i 번째 판의 길이(m) 및 순 두께(mm)

ϕ : 계수로서, $\phi = 0.275 + 0.25\frac{t_{ISM}}{t_{SM}}$

2.2.3 BC - A 또는 BC - B 선박의 침수상태에서의 전단응력

이 규정은 **[2.2.1]** 및 **[2.2.2]**에 추가하여 BC-A 또는 BC-B 선박에 적용한다.

4장 3절에 규정한 침수상태에서의 전단응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\tau_1 = \left(Q_{SW,F} + Q_{WV,F} - \varepsilon \Delta Q_C\right)\frac{S}{I_Y t}\delta$$

$\varepsilon = sgn(Q_{SW,F})$

ΔQ_C : **[2.2.2]**에 따르는 전단력 수정으로서 질량 M 은 고려하는 화물창 안으로 들어 온 물의 질량을 포함하며, 흘수 T_{LC} 는 평형 수선까지 계측한다.

t : 선측 판의 순 두께(mm)

3. 검토 기준

3.1 법선응력

3.1.1

[2.1.2] 및 해당하는 경우 **[2.1.3]**에 따라 계산한 법선응력 σ_1 은 다음을 만족하여야 한다.

$\sigma_1 \le \sigma_{1,ALL}$

여기서,

$\sigma_{1,ALL}$: 허용 법선응력(N/mm^2)으로서 다음 식에 따른다.

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{130}{k} \quad , \quad \frac{x}{L} \le 0.1 \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{190}{k} - \frac{1500}{k}\left(\frac{x}{L} - 0,3\right)^2 \quad , \quad 0.1 < \frac{x}{L} < 0.3 \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{190}{k} \quad , \quad 0.3 \le \frac{x}{L} \le 0.7 \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{1,ALL} \frac{190}{k} - \frac{1500}{k}\left(\frac{x}{L} - 0,7\right)^2 \quad , \quad 0.7 < \frac{x}{L} < 0.9 \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{1,ALL} = \frac{130}{k} \quad , \quad \frac{x}{L} \ge 0.9 \text{ 인 경우}$$

3.2 전단 응력

3.2.1

[2.2.1] 또는 **[2.2.2]**, 또한 해당되는 경우 **[2.2.3]**에 따라 계산한 전단응력 τ_1 은 다음을 만족하여야 한다.

$\tau_1 \le \tau_{1,ALL}$

여기서,

$\tau_{1,ALL}$: 허용 전단응력(N/mm^2)

$\tau_{1,ALL} = 120/k$

4. 단면계수 및 단면 2차 모멘트

4.1 일 반

4.1.1

[4.2] 내지 **[4.5]**는, **[3]** 에 나타낸 검토기준을 만족하는 선체 거더의 최소 순 단면계수 및 충분한 선체 거더 강성을 확보하기 위하여 요구되는 중앙부 순 단면 2차 모멘트에 대하여 규정한다.

4.1.2

[1]에 따라 종강도에 기여하는 선저 및 갑판부재에 사용하는 재료에 관하여 재료계수 k 를 정의한다. 고장력 강재에 관한 재료계수를 사용하는 경우, **[4.5]**의 규정을 적용한다.

4.2 중앙부 0.4L 구간 내의 단면계수

4.2.1

중앙 횡단면에서 순 단면계수(m^3) Z_{AB} 및 Z_{AD} 는 다음 식에 의한 값 이상이어야 한다.

- $Z_{R,MIN} = 0.9CL^2B(C_B + 0.7)k10^{-6}$

4.2.2

추가하여, 중앙부 구간 0.4L 내의 순 단면계수(m^3) Z_{AB} 및 Z_{AD} 는 다음 식의 값 이상이어야 한다.

- $Z_R = \dfrac{M_{SW}+M_{WV}}{\sigma_{1,ALL}}10^{-3}$
- BC-A 및 BC-B 선박에 대하여는 다음을 추가로 적용한다.

  $Z_R = \dfrac{M_{SW,F}+M_{WV,F}}{\sigma_{1,ALL}}10^{-3}$

4.2.3

[1.2.8]에 정의한 바와 같이, 작은 개구들의 전 폭 Σb_S 을 선체거더 횡단면에 포함되는 단면적으로부터 제외한 경우, **[4.2.1]** 또는 **[4.2.2]**의 $Z_{R,MIN}$ 및 Z_R 은 3% 감할 수 있다.

4.2.4

중앙부 구간 0.4L 내에서, **[4.2.1]**의 단면계수 요건에 기초한 종강도에 기여하는 부재의 치수(**[1]** 참조)는 그대로 유지하여야 한다.

4.3 중앙부 0.4L 밖에서의 단면계수

4.3.1

중앙부 0.4L 구간 밖에서의 순 단면계수(m^3) Z_{AB} 및 Z_{AD} 은 다음 식으로부터 구한 값 이상이어야 한다.

- $Z_R = \dfrac{M_{SW}+M_{WV}}{\sigma_{1,ALL}}10^{-3}$

- BC-A 및 BC-B 선박에 대하여는 다음을 추가로 적용한다.

$$Z_R = \frac{M_{SW,F} + M_{WV,F}}{\sigma_{1,ALL}} 10^{-3}$$

4.3.2
중앙부 0.4L 구간 밖에서 종강도에 기여하는 부재의 치수(**[1]** 참조)는, 각각 **9장 1절** 또는 **9장 2절**에서 규정한 전부 및 후부에서 국부강도 목적상 요구되는 값까지 점차로 감소시킬 수 있다.

4.4 중앙 횡단면의 단면 2차 모멘트

4.4.1
수평 중립축에 관한 중앙 횡단면의 순 단면 2차 모멘트(m^4)는 다음 식의 값 이상이어야 한다.

$$I_{YR} = 3Z'_{R,MIN} L \cdot 10^{-2}$$

여기서, $Z'_{R,MIN}$ 은 **[4.2.1]** 에서 규정대로 계산한 요구 중앙횡단면의 순 단면계수 $Z_{R,MIN}$ 이다. 다만, $k = 1$을 가정한다.

4.5 고장력 강의 범위

4.5.1
[4.2] 또는 **[4.3]**에 따라 선저 또는 갑판에서의 요구 단면계수를 계산할 때 고장력 강 재료계수를 사용하는 경우, 최소한 다음 식으로부터 얻어지는 수직거리까지 종강도(**[1]** 참조)에 기여하는 모든 부재에 대하여 적절한 고장력 강을 사용하여야 한다.

- 기선 상부(선저에서의 단면계수)

$$V_{HB} = \frac{\sigma_{1B} - k\sigma_{1,ALL}}{\sigma_{1B} + \sigma_{1D}} z_D$$

- 선체 횡단면 중립축 상부로 거리 V_D (**[1.4.2]** 참조)에 위치하는 수평선 하부(갑판에서의 단면계수)

$$V_{HD} = \frac{\sigma_{1D} - k\sigma_{1,ALL}}{\sigma_{1B} + \sigma_{1D}} \left(N + V_D\right)$$

여기서,

σ_{1B}, σ_{1D} : **[2.1.2]**에 따르는 각각 선저 및 갑판에서의 법선응력(N/mm^2)

z_D : **1장 3절 [4]**의 참조 좌표계에 관한 **[1.3]**에서 정의한 강력갑판의 Z 좌표(m)

4.5.2
현행 규칙의 규정에 따라 강도 목적 상 요구하는 경우, 고장력강은 길이 방향으로 최소한 중앙부 0.4L 범위에 걸쳐 연장하여야 한다.

5. 허용 정수 중 굽힘모멘트 및 전단력

5.1 비손상 상태에서의 허용 정수 중 굽힘모멘트 및 전단력

5.1.1 허용 정수 중 굽힘 모멘트

비손상 상태의 호깅 및 새깅 상태에서, 임의의 선체 횡단면의 허용 정수 중 굽힘 모멘트는 **[4.2]** 및 **[4.3]**에 따른 선체거더 단면계수 계산에서 고려한 M_{SW} 값으로 한다.

선체 횡단면에 구조적 불연속이 있는 경우, 허용 정수 중 굽힘 모멘트의 분포는 그때 그때의 경우에 따라 고려한다.

5.1.2 허용 정수 중 전단력 – 직접 계산

[2.2.1]에 따른 해석을 통하여 전단응력을 구한 경우, 비손상 상태의 임의의 선체 횡단면의 허용 양 또는 음의 정수 중 전단력(kN)은 다음 식에 따른다.

$$Q_P = \varepsilon|Q_T| - Q_{WV}$$

여기서,

$\varepsilon = \mathrm{sgn}(Q_{SW})$

Q_T : **[2.2.2]**에 따른 전단력 수정을 고려하여, 선체 순 횡단면의 최대 응력점에서 전단응력 $\tau = 120/k$ N/mm^2 을 발생시키는 전단력(kN)

조선소의 요청이 있는 경우, 더 낮은 허용 정수 중 전단력값을 고려할 수 있다.

5.1.3 허용 정수 중 전단력 – 간이 계산

[2.2.2]의 간이절차를 통하여 전단응력을 구하는 경우, 비손상 상태의 임의의 선체 횡단면의 허용 양 또는 음의 정수 중 전단력(kN)은 다음 식에 따른다.

$$Q_P = \varepsilon\left(\frac{120}{k\delta}\frac{I_Y t}{S} + \Delta Q_C\right) - Q_{WV}$$

여기서,

$\varepsilon = \mathrm{sgn}(Q_{SW})$

δ : **표 1**에 따르는 전단 분포계수

t : **표 1**에 따라 해당하는 경우, 선측 및 내측 판의 최소 순 두께(mm)

ΔQ_C : **[2.2.2]**에 따르는 전단력 수정

조선소의 요청이 있는 경우, 더 낮은 허용 정수 중 전단력 값을 고려할 수 있다.

5.2 항내에서의 허용 정수 중 굽힘 모멘트 및 전단력

5.2.1 허용 정수 중 굽힘 모멘트

항 내에서 호깅 또는 새깅 상태의 임의의 선체 횡단면의 허용 정수 중 굽힘 모멘트는 다음 식으로부터 구한다.

$$M_{P,P} = M_{SW} + M_{WV} - M_{WV,P}$$

조선소의 요청이 있는 경우, 항내 상태에서 더 낮은 허용 정수 중 굽힘모멘트 값을 고려할 수 있다.

5.2.2 허용 정수 중 전단력

항 내에서 임의의 선체 횡단면의 허용 양 또는 음의 정수 중 전단력(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$Q_{P,P} = \varepsilon Q_P + Q_{WV} - Q_{WV,P}$$

여기서,

$\varepsilon = \mathrm{sgn}(Q_{SW})$

Q_P : **[5.1.3]**에 따라 계산한 항해 중 허용 정수 중 전단력(kN)

조선소의 요청이 있는 경우, 항내 상태에서 더 낮은 허용 정수 중 전단력 값을 고려할 수 있다.

5.3 침수 상태에서의 허용 정수 중 굽힘 모멘트 및 전단력

5.3.1 허용 정수 중 굽힘 모멘트

침수상태에서의 호깅 또는 새깅상태의 임의의 선체 횡단면의 허용 정수 중 굽힘 모멘트는 **[4.2]** 및 **[4.3]**에 따른 선체거더 단면계수 계산에서 고려한 $M_{SW,F}$ 값으로 한다.

선체 횡단면에 구조적 불연속이 있는 경우, 허용 정수 중 굽힘 모멘트의 분포는 그때 그때의 경우에 따라 고려한다.

5.3.2 허용 정수 중 전단력 – 직접계산

[2.2.1]에 따른 해석을 통하여 전단응력을 구한 경우, 침수 상태의 임의의 선체 횡단면의 허용 양 또는 음의 정수 중 전단력(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$Q_{P,F} = \varepsilon |Q_T| - Q_{WV,F}$$

여기서,

$\varepsilon = \mathrm{sgn}(Q_{SW,F})$

Q_T : **[2.2.2]**에 따른 전단력 수정을 고려하여, 선체 순 횡단면의 최대 응력 점에서 전단응력 $\tau = 120/k$ N/mm^2 을 발생시키는 전단력(kN)

5.3.3 허용 정수 중 전단력 – 간이 계산

[2.2.2]의 간이 절차를 통하여 전단응력을 구하는 경우, 침수 상태의 임의의 선체 횡단면의 허용 양 또는 음의 정수 중 전단력(kN)은 다음 식으로부터 구한다.

$$Q_{P,F} = \varepsilon \left(\frac{120}{k\delta} \frac{I_Y t}{S} + \Delta Q_C \right) - Q_{WV,F}$$

여기서,

$\varepsilon = \mathrm{sgn}(Q_{SW})$

δ : **표 1**에 따르는 전단 분포계수

t : **표 1**에 따라 해당하는 경우, 선측 및 내측 판의 최소 순 두께(mm)

ΔQ_C : **[2.2.2]**에 따라 계산한 전단력 수정으로서, 질량 M 은 고려하는 화물창 안으로 들어 온 물의 질량을 포함하며 흘수 T_{LC} 은 평형 수선까지 계측한다.

제 2 절 최종강도 검토

1. 적 용

1.1

1.1.1
이 장의 규정은 길이 L 이 150m 이상인 선박에 적용한다.

2. 선체거더 최종강도 검토

2.1 선체거더 하중

2.1.1 굽힘모멘트
선체거더의 최종강도 검토에서 고려되는 새깅 및 호깅 상태의 굽힘 모멘트 M (kN.m)은 비손상 상태, 침수 상태 및 항내 상태에 대하여 다음 식으로부터 구한다.

$$M = M_{SW} + \gamma_W M_{WV}$$

여기서,

M_{SW} , $M_{SW,F}$, $M_{SW,P}$: 각각 비손상 상태(M_{SW}), 침수 상태($M_{SW,F}$) 및 항내 상태($M_{SW,P}$)에서 계산한, 고려하는 선체 횡단면의 새깅 및 호깅 상태에서의 설계 정수 중 굽힘 모멘트(kN.m)

M_{WV}, $M_{WV,F}$, $M_{WV,P}$: 각각 비손상 상태(M_{WV}), 침수 상태($M_{WV,F}$) 및 항내 상태($M_{WV,P}$)에서 **4장 3절**에서 정의한, 고려하는 선체 횡단면의 새깅 및 호깅 상태에서의 수직 파랑 굽힘 모멘트(kN.m)

γ_W : 파랑 선체거더 굽힘 모멘트에 대한 안전계수로서 다음과 같다.

$\gamma_W = 1.20$

2.2 선체거더 굽힘 모멘트

2.2.1 굽힘 모멘트 - 곡률 ($M - \chi$) 곡선
호깅 및 새깅 상태에서 선체거더 횡단면의 최종 굽힘모멘트 능력은 고려하는 횡단면의 곡률 χ 에 대한 굽힘모멘트 능력 M 의 곡선의 최대 값으로 정의한다. (**그림 1** 참조)

곡률 χ 은 호깅 상태에서 양, 새깅 상태에서 음으로 한다.

곡선 M-χ 은, **부록 1**에 규정한 기준에 따라 증분-반복 절차를 통하여 구한다.

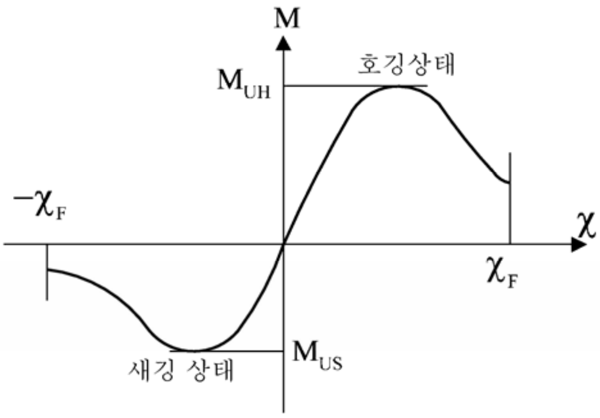


그림 1: M- χ 곡선

2.2.2 선체거더 횡단면

선체거더 횡단면은 선체거더 종강도에 기여하는 요소들로 구성되며, **3장 2절 [3.2.4]**에 따른 제공 순치수를 갖는 것으로 고려된다.

2.3 검토 기준

2.3.1

임의의 횡단면에서 선체거더 최종 굽힘능력은 다음 식을 만족하여야 한다.

$$M \le \frac{M_U}{\gamma_R}$$

여기서,

M_U : 고려하는 선체 횡단면의 최종 굽힘모멘트 능력(kN.m)으로서, 제공 총 두께에서 0.5 t_C 을 공제한 제공 순 치수를 갖고 계산된다.

$M_U = M_{UH}$: 호깅 상태

$M_U = M_{US}$: 새깅 상태

M_{UH} : 호깅 상태의 최종 굽힘모멘트 능력으로서 **[2.2.1]**에 따른다.

M_{US} : 새깅 상태의 최종 굽힘모멘트 능력으로서 **[2.2.1]**에 따른다.

M : 비손상 상태, 침수 상태 및 항내 상태에 대한 굽힘모멘트(kN.m)로서 **[2.1.1]**에 따른다.

γ_R : 안전계수로서 1.10으로 한다.

부록 1 – 선체 거더 최종강도

기호

이 부록에 정의하지 않은 기호에 대하여는 **1장 4절**에 따른다.

I_y : 선체횡단면의 수평 중립축에 대한 단면 2차 모멘트(m^4)로서, **5장 1절 [1.5.1]**에 따라 계산한다.

Z_{AB}, Z_{AD}: 각각 선저 및 갑판에서의 단면계수(cm^3)로서 **5장 1절 [1.4.2]**에 따른다.

1. 선체 거더 최종강도 검토

1.1 서 론

1.1.1

이 부록에서는 굽힘 모멘트-곡률 M-χ 곡선 및 **[2.1]**에 규정한 간이화된 증분-반복법에 따라 최종 종굽힘 모멘트 능력 M_U 를 구하는 기준을 규정하고 있다.

2. 굽힘 모멘트 - 곡률 $M-\chi$ 곡선의 계산

2.1 증분 - 반복법에 기초한 간이계산법

2.1.1 절 차

굽힘 모멘트-곡률 $M-\chi$ 곡선은 증분반복법을 이용하여 구하며 그 절차는 **그림 1**의 흐름도에 요약되어 있다.

이 방법에서는 최종 선체거더 굽힘모멘트 능력 M_U 는 **그림 1**에 보인 바와 같이 선체횡단면의 수직굽힘 모멘트 M 과 곡률 χ 곡선의 피크 값으로 정의한다. 굽힘 모멘트-곡률 곡선은 증분-반복법에 의하여 구한다.

증분 절차의 각 단계는 부과 곡률 χ_i 의 결과로 선체횡단면에 작용하는 굽힘모멘트 M_i 의 계산으로 이루어 진다.

각 증분 단계에 대하여, χ_i 은 이전 단계의 곡률 χ_{i-1}와 곡률의 증가분 $\Delta\chi$ 을 합하여 구한다. 이러한 곡률 증가는 수평 중립축에 대한 선체 횡단면의 회전각의 증분에 해당한다.

이 회전 증가분은 각 선체 구조부재의 축방향 변형률 ε 을 발생시키며 그 크기는 부재의 위치에 따라 결정된다. 호깅조건에서 중립축 상부의 구조요소는 인장이 발생하고, 중립축 하부는 압축이 발생한다. 새깅조건에서는 이와는 반대의 변형이 발생한다.

변형률 ε 로 인한 각 구조 요소에 발생한 응력 σ 은 구조요소의 비선형 탄소성 영역 거동을 고려한 응력-변형률 σ-ε 곡선으로부터 구한다.

응력-변형률 σ-ε 관계가 비선형이기 때문에, 각 단계에 대하여 선체 횡단면을 구성하는 모든 구조부재에서 발생한 응력 분포로부터 중립축의 변화량을 결정한다. 고려하는 단계에 대한 새로운 중립축 위치는 모든 선체요소에 작용하는 응력 간에 평형조건을 부과하여 반복계산 과정을 통하여 구한다.

중립축 위치를 결정하고 단면 구조요소의 응력분포를 구한 후, 고려하는 증분 단계에서 부과한 곡률 χ_i 에 해당하는 새로운 중립축 위치에 대한 단면 굽힘모멘트는 각 요소 응력의 기여 분을 합하여 구한다.

위에서 규정한 증분반복법의 주요단계를 요약하면 은 다음과 같다. (**그림 1** 참조)

단계 1 : 선체 횡단면을 보강판 요소로 나눈다.

단계 2 : **표 1**에 따라 모든 요소들에 대한 응력-변형률의 관계를 정의한다.

단계 3 : 다음 증분 곡률 값(강력 갑판에서 항복강도의 1%에 해당하는 응력을 유발하는 곡률)을 가지고 최초 증분 단계에 대하여 곡률 χ_1 와 중립축을 초기화한다.

$$\chi_1 = \Delta\chi = \frac{0.01\dfrac{R_{eH}}{E}}{z_D - N}$$

여기서,

z_D : **1장 4절 [4]**에 정의한 참조 좌표계에 대한 선측에서 강력갑판의 Z 좌표(m)

단계 4 : 각 요소에 대하여 대응하는 변형률 $\varepsilon_i = \chi z_i$ 과 응력 σ_i 을 계산한다.

단계 5 : 각 증분 단계에서 전 횡단면에 걸친 힘의 평형을 고려하여 중립축 z_{NA_cur} 을 결정한다.

$\Sigma A_i \sigma_i = \Sigma A_j \sigma_j$ (i-번째 요소는 압축, j-번째 요소는 인장)

단계 6 : 모든 요소의 기여 분을 합하여 대응하는 모멘트를 계산한다.

$$M_U = \sum \sigma_{Ui} A_i \left|(z_i - z_{NA\_cur})\right|$$

단계 7 : 이전 증분 단계의 굽힘 모멘트와 현재 단계의 모멘트를 비교한다. 굽힘 모멘트-곡률 M-χ 곡선의 기울기가 음의 고정된 값보다 작으면 이 과정을 끝내고 M_U 의 피크 값을 정의한다. 그렇지 않으면 $\Delta\chi$ 의 양만큼 곡률을 증가시킨 후 **단계 4**로 간다.

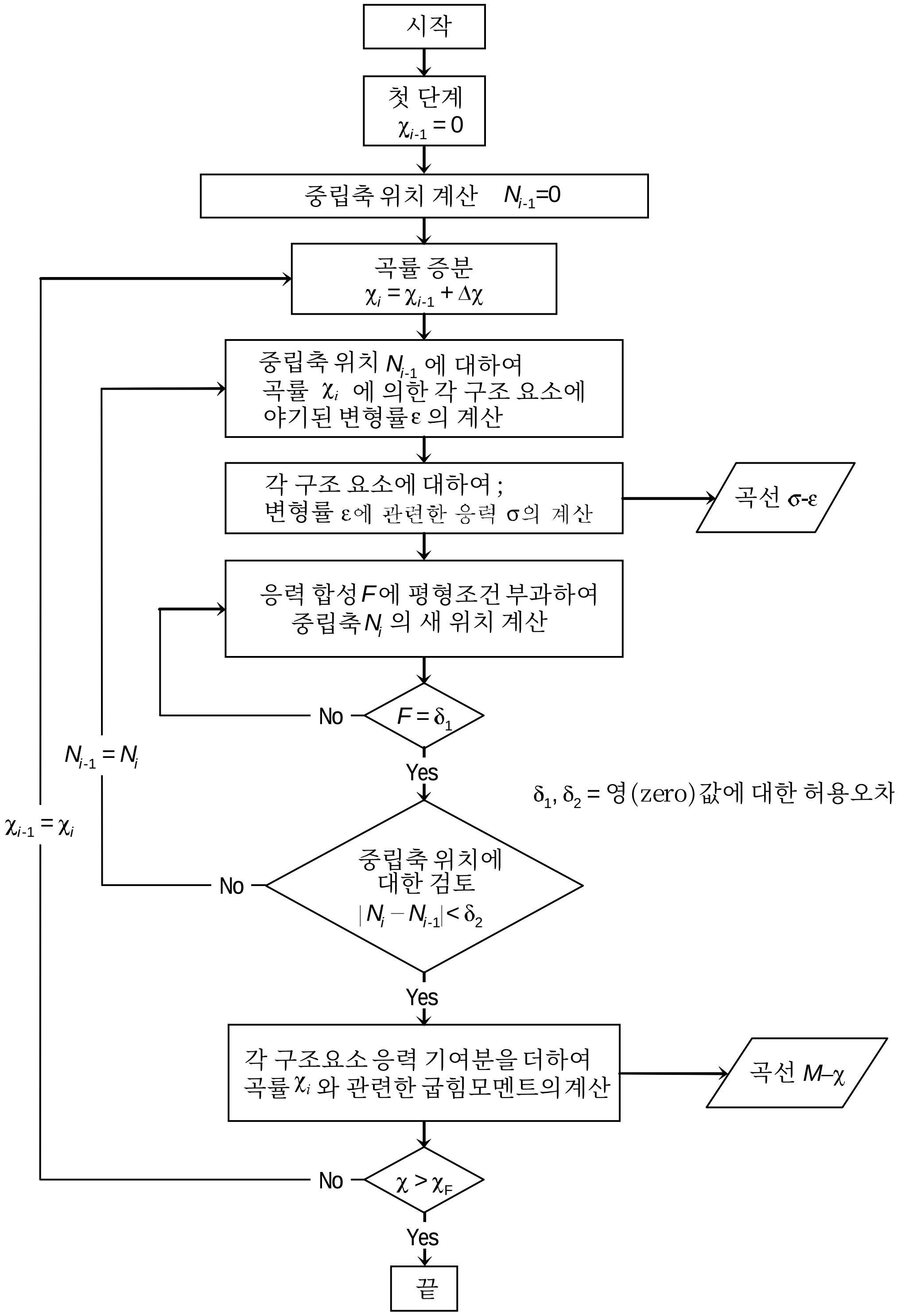


그림 1: 곡선 *M-χ* 계산 과정 흐름도

2.1.2 가 정

[2.1.1]에 규정한 절차를 적용하는데 있어서 다음과 같이 가정한다.

- 두 인접한 트랜스버스 웨브 사이의 선체 횡단면에서 최종강도를 계산한다.
- 각 곡률 증분 동안 선체 횡단면은 평면을 유지한다.

- 선체 재료는 탄소성 거동을 한다.
- 선체거더 횡단면을 독립적으로 거동하는 요소의 집합으로 나눈다. 다음과 같은 요소가 있다.
  - 횡늑골식 패널 및/또는 부착판을 갖는 일반 보강재. 이들 요소의 거동은 **[2.2.1]**에 정의되어 있다.
  - 교차하는 판으로 구성되는 강체요소(hard corner). 강체요소의 구조거동은 **[2.2.2]**에 정의되어 있다.
- 반복 과정에 따라 각 곡률 값 χ_i 마다, 횡단면에 작용하는 M_i 는 각 구조 요소에 작용하는 응력 σ 의 기여 분을 합하여 구한다. 각 곡률 증분에 대하여 요소의 비선형 응력-변형률 곡선 $\sigma - \varepsilon$ 으로부터, 요소 변형률 ε 에 해당하는 응력 σ를 구한다.

  요소의 파손기구에 대하여 이러한 응력-변형률 곡선을 **[2.2]**에 규정한 식들로부터 계산한다. 응력 σ 은 고려하는 응력-변형률 $\sigma - \varepsilon$ 곡선들 각각으로부터 얻은 값 중 가장 낮은 값으로 취한다.
- 이러한 절차는, 부과한 곡률 값이 호깅 및 새깅상태에서 다음 식으로 구한 값 χ_F (m^{-1})에 도달할 때까지 반복한다.

$$\chi_F = \pm 0.003 \frac{M_Y}{EI_Y}$$

여기서,

M_Y : M_{Y1} 및 M_{Y2} 중 작은 값(kN.m)

$M_{Y1} = 10^{-3}\, R_{eH}\, Z_{AB}$

$M_{Y2} = 10^{-3}\, R_{eH}\, Z_{AD}$

만약 χ_F 가 모멘트-곡률 $M - \chi$ 곡선의 피크 값을 계산하기에 충분하지 않을 경우, 부과한 곡률 값이 곡선의 최대 굽힘 모멘트를 계산할 수 있을 때까지 과정을 반복한다.

2.2 변형률 곡선 σ-ε

2.2.1 판 패널 및 일반 보강재

선체 횡단면을 구성하는 판 패널 및 일반 보강재는 **표 1**에 규정한 파손 모드 중 하나에 따라서 붕괴한다.

2.2.2 강체요소(hard corner)

강체요소란 선체거더 횡단면을 구성하는 더욱 강한 요소로서, 탄소성 파손모드(재료항복)에 따라 주로 붕괴한다. 이러한 요소는 일반적으로 동일 평면에 있지 않은 두 판으로 구성된다. 빌지, 현측후판-갑판스트링거 요소, 거더-갑판 연결부 및 큰 거더 상의 면재-웨브 연결부가 전형적인 강체요소이다.

인장 또는 압축 상태의 강체요소에 대한 응력-변형률 곡선은 **[2.2.3]**에 따라 구한다.

표 1: 판 패널 및 일반 보강재의 파손모드

요소	파손 모드	아래에서 정의된 곡선 $\sigma-\varepsilon$
인장을 받는 횡식 보강 판 패널 혹은 일반 보강재	탄소성 붕괴	**[2.2.3]**
압축을 받는 일반 보강재	보기둥 좌굴 비틀림 좌굴 플랜지가 있는 형강의 웨브 국부좌굴 평강의 웨브 국부좌굴	**[2.2.4]** **[2.2.5]** **[2.2.6]** **[2.2.7]**
압축을 받는 횡식 보강 판 패널	판 좌굴	**[2.2.8]**

2.2.3 구조요소의 탄소성 붕괴

선체 횡단면을 구성하는 구조 요소들의 탄-소성 붕괴에 관한 응력-변형률 곡선(load-end shortening curve) σ-ε 을 나타내는 식은 다음과 같으며, 양(인장) 및 음(압축) 변형률 상태에 모두 적용 가능하다.(**그림 2** 참조)

$\sigma = \Phi R_{eH}$

여기서,

Φ : 경계함수(edge function)로서 다음과 같다.

$\Phi = -1$, $\varepsilon < -1$ 인 경우

$\Phi = \varepsilon$, $-1 \le \varepsilon \le 1$인 경우

$\Phi = 1$, $\varepsilon > 1$ 인 경우

ε : 상대 변형률로서 다음과 같다.

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_E}{\varepsilon_Y}$$

ε_E : 요소 변형률

ε_Y : 요소의 항복응력을 포함한 변형률로서 다음과 같다.

$$\varepsilon_Y = \frac{R_{eH}}{E}$$

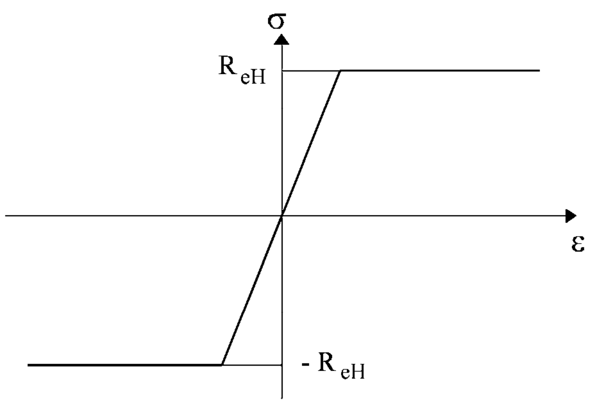


그림 2: 탄소성 붕괴에 대한 응력-변형률 곡선

2.2.4 보 - 기둥 좌굴

선체 횡단면을 구성하는 일반 보강재의 기둥 좌굴에 대한 응력-변형률 $\sigma_{CR1}-\varepsilon$ 곡선 식은 다음 식으로 부터 구한다. (**그림 3** 참조)

$$\sigma_{CR1} = \Phi\sigma_{C1}\frac{A_{Stif}+10b_E t_p}{A_{Stif}+10st_p}$$

여기서,

Φ : **[2.2.3]**에 따르는 경계함수

A_{Stif} : 부착판을 가지지 않은 보강재의 순단면적(cm^2)

σ_{C1} : 임계응력(N/mm^2)

$$\sigma_{C1} = \frac{\sigma_{E1}}{\varepsilon} \quad , \quad \sigma_{E1} \le \frac{R_{eH}}{2}\varepsilon \quad \text{인 경우}$$

$$\sigma_{C1} = R_{eH}\left(1-\frac{\Phi R_{eH}\varepsilon}{4\sigma_{E1}}\right) \quad , \quad \sigma_{E1} > \frac{R_{eH}}{2}\varepsilon \quad \text{인 경우}$$

ε : **[2.2.3]**에 따르는 상대 변형률

σ_{E1} : 오일러 기둥좌굴 응력(N/mm^2)

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E\frac{I_E}{A_E l^2}10^{-4}$$

I_E : 폭 b_{E1} 인 부착 외판을 갖는 일반 보강재의 순 2차 모멘트(cm^4)

b_{E1} : 부착 외판의 유효 폭(m)

$$b_{E1} = \frac{s}{\beta_E} \quad , \quad \beta_E > 1.0 \quad \text{인 경우}$$

$$b_{E1} = s \quad , \quad \beta_E \le 1.0 \quad \text{인 경우}$$

$$\beta_E = 10^3\frac{s}{t_p}\sqrt{\frac{\varepsilon R_{eH}}{E}}$$

A_E : 폭 b_E 인 부착판을 갖는 일반 보강재의 순 단면적 (cm^2)

b_E : 부착판의 유효폭(m)

$$b_E = \left(\frac{2.25}{\beta_E}-\frac{1.25}{\beta_E^2}\right)s \quad , \quad \beta_E > 1.25 \quad \text{인 경우}$$

$$b_E = s \quad , \quad \beta_E \le 1.25 \quad \text{인 경우}$$

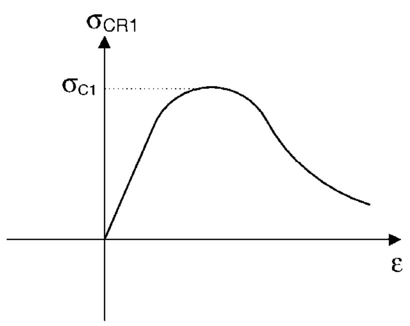


그림 3: 보-기둥 좌굴의 응력-변형률 곡선 σ_{CR1}-ε

2.2.5 비틀림 좌굴

선체 횡단면을 구성하는 일반 보강재의 굽힘-비틀림 좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR2}-ε 의 식은 다음 식으로부터 구한다. (**그림 4** 참조)

$$\sigma_{CR2} = \Phi \frac{A_{Stif}\sigma_{C2} + 10st_p\sigma_{CP}}{A_{Stif} + 10st_p}$$

여기서,

Φ : **[2.2.3]**에 따르는 경계함수

A_{Stif} : 부착판을 가지지 않은 보강재의 순단면적(cm^2)

σ_{C2} : 임계응력(N/mm^2)으로서 다음과 같다.

$$\sigma_{C2} = \frac{\sigma_{E2}}{\varepsilon} \quad , \quad \sigma_{E2} \le \frac{R_{eH}}{2}\varepsilon \quad \text{인 경우}$$

$$\sigma_{C2} = R_{eH}\left(1 - \frac{\Phi R_{eH}\varepsilon}{4\sigma_{E2}}\right) \quad , \quad \sigma_{E2} > \frac{R_{eH}}{2}\varepsilon \quad \text{인 경우}$$

σ_{E2} : **6장 3절 [4.3]**에 따르는 오일러 비틀림좌굴 응력(N/mm^2)

ε : **[2.2.3]**에 따르는 상대 변형률

σ_{CP} : 부착 판의 좌굴응력(N/mm^2)

$$\sigma_{CP} = \left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2}\right)R_{eH} \quad , \quad \beta_E > 1.25 \quad \text{인 경우}$$

$$\sigma_{CP} = R_{eH} \quad , \quad \beta_E \le 1.25 \quad \text{인 경우}$$

β_E : **[2.2.4]**에 따르는 계수

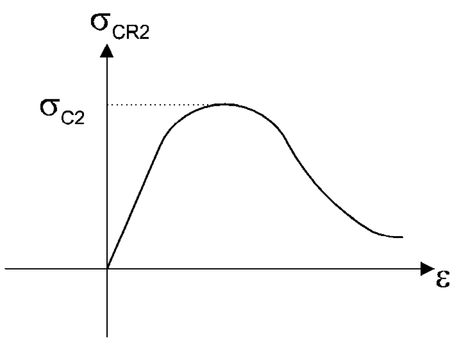


그림 4: 굽힘-비틀림 좌굴의 응력-변형률 곡선 σ_{CR2}-ε

2.2.6 면재가 있는 일반 보강재의 웨브 국부 좌굴

선체거더 횡단면을 구성하는 면재가 있는 일반 보강재의 웨브 국부좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR3}-ε 은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{CR3} = \Phi R_{eH} \frac{10^3 b_E t_p + h_{we}t_w + b_f t_f}{10^3 st_p + h_w t_w + b_f t_f}$$

여기서,

Φ : **[2.2.3]**에 따르는 경계함수

b_E : **[2.2.4]**에 따르는 부착 외판의 유효폭(m)

h_{we} : 웨브의 유효 높이(mm)

$$h_{we} = \left(\frac{2.25}{\beta_w} - \frac{1.25}{\beta_w^2}\right)h_w \quad , \beta_w > 1.25 \text{ 인 경우}$$

$$h_{we} = h_w \quad , \beta_w \le 1.25 \text{ 인 경우}$$

$$\beta_w = \frac{h_w}{t_w}\sqrt{\frac{\varepsilon R_{eH}}{E}}$$

ε : **[2.2.3]**에 따르는 상대 변형률

2.2.7 평강의 일반 보강재의 웨브 국부좌굴

선체거더 횡단면을 구성하는 평강의 일반 보강재의 웨브 국부좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR4}-ε 을 나타내는 식은 다음 식에 따른다. (**그림 5** 참조)

$$\sigma_{CR4} = \Phi\frac{10st_P\sigma_{CP} + A_{Stif}\sigma_{C4}}{A_{Stif} + 10st_P}$$

여기서,

Φ : **[2.2.3]**에 따르는 경계함수

A_{Stif} : 부착판을 가지지 않은 보강재의 순단면적(cm^2)

σ_{CP} : **[2.2.5]**에 따르는 부착 판의 좌굴응력(N/mm^2)

σ_{C4} : 임계응력(N/mm^2)

$$\sigma_{C4} = \frac{\sigma_{E4}}{\varepsilon} \quad , \sigma_{E4} \le \frac{R_{eH}}{2}\varepsilon \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{C4} = R_{eH}\left(1 - \frac{\Phi R_{eH}\varepsilon}{4\sigma_{E4}}\right) \quad , \sigma_{E4} \le \frac{R_{eH}}{2}\varepsilon \text{ 인 경우}$$

σ_{E4} : 국부 오일러 좌굴응력(N/mm^2)

$$\sigma_{E4} = 160000\left(\frac{t_w}{h_w}\right)^2$$

ε : **[2.2.3]**에 따르는 상대 변형률

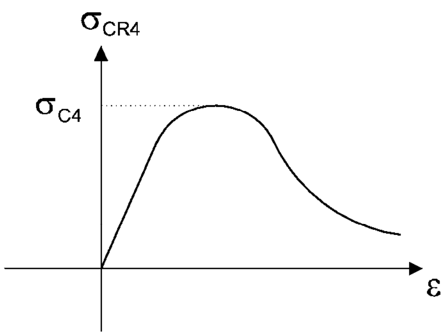


그림 5: 웨브 국부좌굴에 대한 응력-변형률 곡선 σ_{CR4}-ε

2.2.8 판 좌굴

선체 횡단면을 구성하는 횡늑골식 보강 패널의 좌굴에 대한 응력-변형률 σ_{CR5}-ε 곡선을 나타내는 식은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{CR5} = \min\begin{cases} R_{eH}\,\Phi \\ R_{eH}\left[\dfrac{s}{\ell}\left(\dfrac{2.25}{\beta_E}-\dfrac{1.25}{\beta_E^2}\right)+0.1\left(1-\dfrac{s}{\ell}\right)\left(1+\dfrac{1}{\beta_E^2}\right)^2\right]\end{cases}$$

여기서,

Φ : **[2.2.3]**에 따르는 경계함수

β_E : **[2.2.4]**에 따르는 계수

11 편 6 장

선체 부재치수

제 1 절 판 부재

기 호

이 절에서 정의하지 않은 기호에 대해서는 **1장 4절**을 따른다.

I_Y : 선체 횡단면의 수평 중립축에 대한 순단면 2차모멘트(m^4)로서 **5장 1절 [1.5]**에 따르며, 모든 선체 구조부재에 대해서 제공 총두께에서 0.5 t_C 만큼 두께를 감소시켜 계산한다.

I_Z : 선체 횡단면의 수직 중립축에 대한 순단면 2차모멘트(m^4)로서 **5장 1절 [1.5]**에 따르며, 모든 선체 구조부재에 대해서 제공 총두께에서 0.5 t_C 만큼 두께를 감소시켜 계산한다.

N : **1장 4절 [4]**에 정의하는 참조 좌표계에서의 순선체 횡단면의 무게중심의 Z 좌표(m)이다. 순선체 횡단면은 **5장 1절 [1.2]**에 따르며, 모든 선체 구조부재에 대해서 제공 총두께에서 0.5 t_C 만큼 두께를 감소시켜 고려한다.

t : 판부재의 순두께(mm)

p_S, p_W : 비손상상태에서의 정수압, 파랑변동압(kN/m^2)으로 **[3.1.2]**에 따른다.

p_F : 침수상태에서의 압력(kN/m^2)으로 **[3.1.3]**에 따른다.

p_T : 수압 시험상태에서의 압력(kN/m^2)으로 **[3.1.4]**에 따른다.

σ_X : **[3.1.5]**에 따르는 법선응력(N/㎟)

ℓ : 면에 따라 측정한 요소판 패널의 긴 변의 길이(m)

s : ℓ의 중앙에서 면에 따라 측정한 요소판 패널의 짧은 변의 길이(m)

c_a : 판 패널의 형상비(aspect ratio)에 대한 계수로서 아래의 식에 따른다. 다만, 1.0 이하로 한다.

$$c_a = 1.21\sqrt{1 + 0.33\left(\frac{s}{\ell}\right)^2} - 0.69\frac{s}{\ell}$$

c_r : 패널의 곡률에 대한 계수로서 아래의 식에 따른다. 다만, 0.4 이상으로 한다.

$$c_r = 1 - 0.5\frac{s}{r}$$

r : 곡률반경(m)

1. 일반사항

1.1 적 용

1.1.1

이 절의 규정은 면외압력 및 종강도에 기여하는 것에 있어서는 선체거더 법선응력에 대한 판부재 강도평가에 적용한다. 이에 추가하여, 판 및 보강판의 좌굴강도평가는 **6장 3절**에 따라 수행되어야 한다.

1.2 순두께

1.2.1
3장 2절에 언급된 바와 같이, 이 절에서 언급된 모든 두께는 어떠한 부식추가도 포함되하지 않은 순두께이다. 총두께는 **3장 2절 [3]**에 따른다.

1.2.2
각 판부재의 순두께(mm)는 고려하는 판부재에 있어서 **[1.5.1]** 따른 각각의 하중 계산점에서 계산된 순두께중 가장 큰 값으로 주어진다.(**표 1** 참조) 고려하는 모든 형상은 하중계산점에 있어서 요소판 패널의 형상이어야 한다.

1.3 하중의 조합

1.3.1 외판
외판에 대한 정수압 및 변동압은 다음의 하중을 각각 단독으로 고려하여야 한다.

- 정수압 및 파랑 변동압
- 외판에 인접한 구획의 적재물에 의한 정압 및 동적압력

  외판에 인접한 구획에 액체를 적재하는 경우의 외판에 작용하는 정수압 및 파랑변동압은 해당 구획의 정적 및 동적압력을 경감한 것으로 하여야 한다.

1.3.2 외판 이외의 판 요소
인접하는 구획의 경계를 이루는 판부재에서 고려하는 모든 정적 및 동적압력은 2개의 구획에 각각 작용하는 압력을 별도로 고려하여야 한다.

1.4 요소판 패널

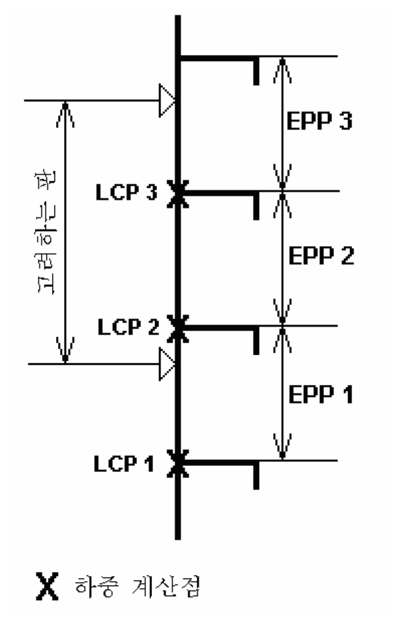
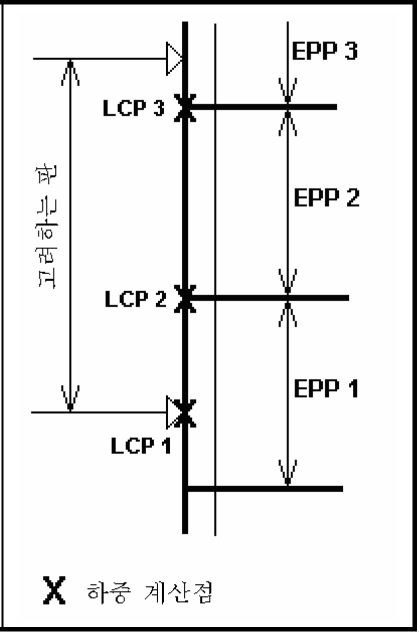
1.4.1
요소판 패널이라 함은 보강재 사이에서 보강되지 않은 판의 최소요소를 의미한다.

1.5 하중 계산점

1.5.1
특별히 규정하는 경우를 제외하고는, 면외압력과 선체거더 응력은 아래의 하중계산점에서 계산되어야 한다.

- 종식구조의 경우 : 수직패널에 있어서는 요소판 패널의 최하점(**표 1** 참조) , 수평패널에 있어서는 판요소내에서 y 좌표가 최소로 되는 지점
- 횡식구조의 경우 : 수직패널에 있어서는 요소판 패널의 최하점 또는 각 판의 최하점(**표 1** 참조), 수평패널에 있어서는 y 좌표가 최소로 되는 지점

표 1: 하중계산점

종방향으로 보강된 판부재	횡방향으로 보강된 판부재
	

2. 일반 규정

2.1 파형 격벽

2.1.1

별도로 규정하지 않는 한 파형격벽의 순두께는 a 와 c 중 큰쪽의 값을 보강재 간격 s 로 하는 판부재에 대한 값 이상이어야 한다. (a 와 c 는 **그림 1** 참조)

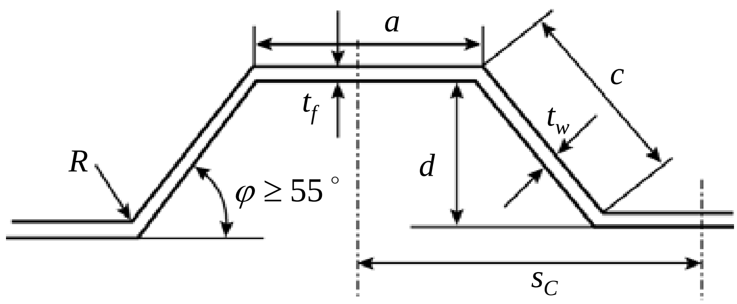


그림 1: 파형 격벽

2.2 최소 순두께

2.2.1

판부재의 순두께는 **표 2**에서 주어진 값 이상이어야 한다.

또한, 화물창에 있어서의 표준밸러스트상태의 흘수로부터 만재흘수선(T) 상부 0.25T 위치까지(최소 2.2mm)의 선측외판의 순두께(mm)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t = 28(s+0.7)\frac{(BT)^{0.25}}{\sqrt{R_{eH}}}$$

표 2: 판의 최소 순두께

판의 종류	최소 순두께(mm)
평판용골	7.5 + 0.03L
선저외판, 내저판,	5.5 + 0.03L
강력갑판, 트렁크	4.5 + 0.02L
선측외판, 빌지외판	$0.85L^{1/2}$
내측판(Inner side), 빌지호퍼 경사판, 톱사이드 탱크 경사판	$0.6L^{1/2}$
제수격벽	6.5
거주구의 갑판	5.0

2.3 만곡부의 외판

2.3.1

종식구조의 만곡부 외판의 순두께(mm)는 [3.2]에 의한 값 이상이어야 한다.

2.3.2

횡식구조의 만곡부 외판의 순두께(mm)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t = 0.76[(p_S + p_W)s_b]^{0.4} R^{0.6} k^{0.5}$$

여기서,

R : 만곡부의 반지름(m)

s_b : 실체늑판 또는 만곡부 횡브래킷의 간격(m)

2.3.3

만곡부 외판의 순두께는 인접하는 2m 범위의 선저외판 혹은 선측외판 중 큰쪽의 순두께 이상이어야 한다.

2.4 평판 용골

2.4.1

평판 용골의 순두께는 인접하는 2m 범위의 선저외판의 순두께 이상 이어야 한다.

2.5 현측 후판

2.5.1 용접구조 현측후판

용접구조 현측후판의 순두께는 인접하는 2m 범위의 선측외판의 순두께 이상이어야 한다.

다만, 고장력강 사용하는 경우에는 재료계수에 의한 수정을 할수 있다.

2.5.2 둥근 현측후판

둥근 현측후판의 순두께는 인접하는 갑판의 순두께 이상이어야 한다.

2.5.3 긴 선루 단부의 현측후판의 순두께

긴 선루의 단부가 선체중앙부 0.5*L* 내에 있는 경우, 이 선루단부의 현측후판의 순두께는 선루단부의 전, 후단 각각에서 선폭의 1/6 이상의 범위에 걸쳐 순두께를 증가시켜야 한다. 이 순두께 증가는 통상의 현측후판에 대한 순두께 요구치의 40% 이상이어야 하나, 4.5mm 보다 클 필요는 없다.

또한, 긴 선루의 단부가 선체중앙부 0.5*L* 전방 혹은 후방에 있는 경우에는 상기의 순두께 증가는 통상의 선측외판에 대한 순두께 요구치의 30%까지 경감할 수 있으나, 2.5mm 보다 클 필요는 없다.

2.5.4 짧은 선루 단부의 현측후판의 순두께

짧은 선루의 단부가 선체중앙부 0.6*L* 내에 있는 경우, 이 선루단부의 현측후판의 순두께는 선루단부의 전, 후단 각각에서 선폭의 1/6이상의 범위에 걸쳐 순두께를 증가시켜야 한다. 이 순두께 증가는 통상의 선측외판에 대한 순두께 요구치의 15% 이상이어야 하나, 4.5mm 보다 클 필요는 없다.

2.6 스트링거판

2.6.1 일반

스트링거판의 순두께는 인접갑판의 순두께 이상이어야 한다.

2.6.2 긴 선루 단부의 스트링거판의 순두께

긴 선루의 단부가 선체중앙부 0.5L 내에 있는 경우, 이 선루단부의 스트링거판의 순두께는 선루단부의 전, 후단 각각에서 선폭의 1/6이상의 범위에 걸쳐 순두께를 증가시켜야 한다. 이 순두께 증가는 통상의 갑판에 대한 순두께 요구치의 40% 이상이어야 하나, 4.5mm 보다 클 필요는 없다.

또한, 긴 선루의 단부가 선체중앙부 0.5L 전방 혹은 후방에 있는 경우에는 상기의 순두께 증가는 통상의 갑판에 대한 순두께 요구치의 30%까지 경감할 수 있으나, 2.5mm 보다 클 필요는 없다.

2.6.3 짧은 선루단 부분의 스트링거판의 순두께

짧은 선루의 단부가 중앙부 0.6L 내에 있는 경우, 이 선루단부 스트링거판의 순두께는 선루단부의 전, 후단 각각에서 선폭의 1/6이상의 범위에 걸쳐 순두께를 증가시켜야 한다. 이 순두께증가는 통상의 갑판에 대한 순두께 요구치의 15%이상이어야 하나, 4.5mm 보다 클 필요는 없다.

2.7 던에이지(dunnage)위에 강재코일을 적재한 내저판

2.7.1 일반

강재코일을 적재하는 선박의 내저판, 빌지호퍼 경사판 및 내부선체판의 순두께는 **[2.7.2]** 내지 **[2.7.4]**까지의 규정에 적합하여야 한다. 이절의 규정은 강재코일 표준적인 고박방법으로 **그림 2** 와 같은 적재상태를 예상한다. 강재코일을 2단 이상으로 적재하는 경우, 최하단의 강재코일만 빌지호퍼 경사판 혹은 내부선체판(Inner hull)에 접하는 경우에 한하여 **[2.7.2]** 및 **[2.7.3]**의 규정을 적용하는 것이 가능하다. 그외 경우

에 있어서의 판의 치수는 직접계산 혹은 우리 선급이 적절하다고 인정하는 방법에 의하여 계산하여야 한다.

2.7.2 내저판

종식구조의 내저판의 순두께 (mm)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t = K_1 \sqrt{\frac{(g + a_Z)F}{\lambda_P R_Y}}$$

여기서,

K_1 : 계수로서 다음과 같다.

$$K_1 = \sqrt{\frac{1.7 s \ell K_2 - 0.73 s^2 K_2^2 - (\ell - \ell')^2}{2\ell'(2s + 2\ell K_2)}}$$

a_Z : **4장 2절 [3.2]**에 따르는 수직가속도 (m/s^2)

F : 다음식에 의한 힘(kg)

$$F = K_S \frac{W n_1 n_2}{n_3}$$

λ_P : **표 6**에 따른 계수

K_S : 다음에 따른 계수

$K_S = 1.4$: 강재코일이 키코일을 포함하는 1단 적재일 경우

$K_S = 1.0$: 그 외의 경우

W : 강재코일 1개의 질량 (kg)

n_1 : 강재코일의 적재단수

n_2 : 다음에 따른 내저판의 요소판패널 당 하중점의 수

- **그림 3** 과 같이 코일이 적재된 경우는 n_2 는 n_3 및 ℓ / ℓ_S 값에 따라 **표 3** 에서 취한다.
- **그림 4** 와 같이 코일이 적재된 경우는 $n_2 = n_3$

n_3 : 1개의 강재코일을 지지하는 던에이지(dunnage)의 수

ℓ_S : 강재코일의 폭 (m)

K_2 : 다음에 따른 계수

$$K_2 = -\frac{s}{\ell} + \sqrt{\left(\frac{s}{\ell}\right)^2 + 1.37\left(\frac{\ell}{s}\right)^2\left(1 - \frac{\ell'}{\ell}\right)^2 + 2.33}$$

ℓ' : 다음에 따른 내저판의 요소판패널 당 하중점간의 거리 (m)

- **그림 3** 과 같이 강재코일이 적재된 경우는 ℓ'는 ℓ, ℓ_S, n_2 및 n_3 값에 따라 **표 4** 에서 취한 값
- **그림 4** 와 같이 강재코일이 적재된 경우 ℓ'는 실제값

2.7.3 빌지호퍼 경사판 및 내부 선체판

종식구조의 빌지호퍼 경사판 및 내부 선체판의 순두께(mm)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t = K_1 \sqrt{\frac{[g\cos(\theta_1 - \theta_2) + a_Y \sin\theta_1]F'}{\lambda_P R_Y}}$$

여기서,

K_1 : **[2.7.2]**에 따른 계수

θ_1 : 내저판과 호퍼 경사판 혹은 내부 선체판간의 각 (deg)

θ_2 : **4장 2절 [2.1]**에 따른 단일 횡동요 진폭 (deg)

a_Y : **4장 2절 [3.2]**에 따른 횡 가속도 (m/s^2)

F' : 다음식에 의한 힘 (kg)

$$F' = \frac{W n_2 C_k}{n_3}$$

λ_P : **표 6**에 정의된 계수

W, n_2, n_3 : **[2.7.2]**에 따른 값

C_k : 다음에 따른 계수

$C_k = 4.0$: 강재코일을 2단 이상으로 적재하거나 혹은 강재코일을 1단으로 적재하고, 키코일이 호퍼경사판 또는 내저선체판에서 두번째에 위치한 경우

$C_k = 2.5$: 그 외의 경우

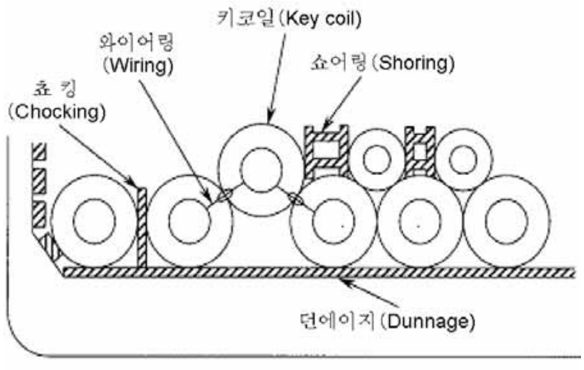


그림 2: 강재코일이 적재된 내저판

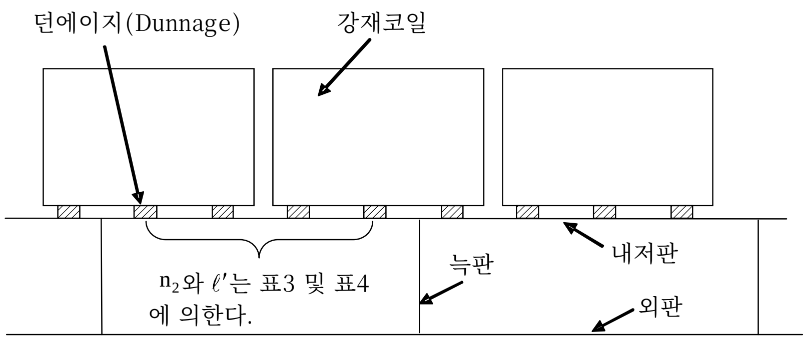


그림 3: 강재코일의 적재조건

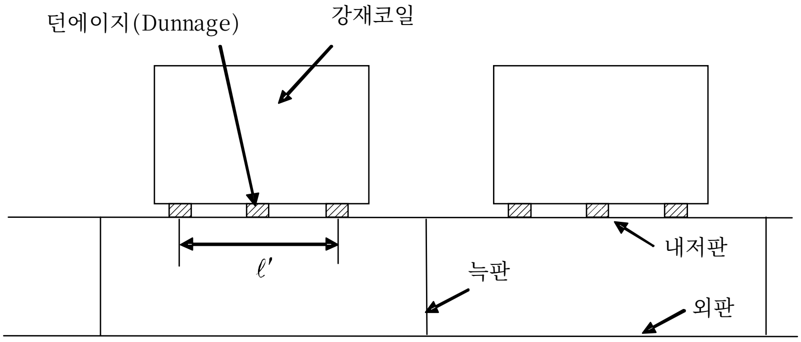


그림 4: 강재코일의 적재조건

표 3: 요소판패널 1 매에 작용하는 하중점의 수 n_2

n_2	$n_3 = 2$	$n_3 = 3$	$n_3 = 4$	$n_3 = 5$
1	$0 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.5$	$0 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.33$	$0 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.25$	$0 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.2$
2	$0.5 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.2$	$0.33 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.67$	$0.25 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.5$	$0.2 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.4$
3	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.7$	$0.67 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.2$	$0.5 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.75$	$0.4 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.6$
4	$1.7 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2.4$	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.53$	$0.75 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.2$	$0.6 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 0.8$
5	$2.4 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2.9$	$1.53 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.87$	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.45$	$0.8 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.2$
6	$2.9 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 3.6$	$1.87 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2,4$	$1.45 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1,7$	$1.2 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1,4$
7	$3.6 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 4.1$	$2.4 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2.73$	$1.7 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.95$	$1.4 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.6$
8	$4.1 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 4.8$	$2.73 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 3.07$	$1.95 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2.4$	$1.6 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 1.8$
9	$4.8 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 5.3$	$3.07 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 3.6$	$2.4 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2.65$	$1.8 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2.0$
10	$5.3 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 6.0$	$3.6 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 3.93$	$2.65 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2.9$	$2.0 < \frac{\ell}{\ell_S} \le 2.4$

표 4: 내저판의 요소판 패널 1 매가 받는 하중점간의 거리

n_2	n_3			
	2	3	4	5
1	실제의 던에이지 폭			
2	$0.5\ell_S$	$0.33\ell_S$	$0.25\ell_S$	$0.2\ell_S$
3	$1.2\ell_S$	$0.67\ell_S$	$0.50\ell_S$	$0.4\ell_S$
4	$1.7\ell_S$	$1.20\ell_S$	$0.75\ell_S$	$0.6\ell_S$
5	$2.4\ell_S$	$1.53\ell_S$	$1.20\ell_S$	$0.8\ell_S$
6	$2.9\ell_S$	$1.87\ell_S$	$1.45\ell_S$	$1.2\ell_S$
7	$3.6\ell_S$	$2.40\ell_S$	$1.70\ell_S$	$1.4\ell_S$
8	$4.1\ell_S$	$2.73\ell_S$	$1.95\ell_S$	$1.6\ell_S$
9	$4.8\ell_S$	$3.07\ell_S$	$2.40\ell_S$	$1.8\ell_S$
10	$5.3\ell_S$	$3.60\ell_S$	$2.65\ell_S$	$2.0\ell_S$

2.7.4
요소판패널당 하중점의 수 n_2는 10보다 크거나 던에이지의 수 n_3가 5보다 큰 경우는 내저판에는 균일분포하중이 작용하는 것으로 고려한다. 이러한 경우 내저판의 순두께는 **[3.2.1]**에 따라 계산한다.

3. 면외압력을 받는 판의 강도검토

3.1 하중모델

3.1.1 일반

비손상상태에 있어서 해수, 화물 및 밸러스트에 의해 발생되는 정적 및 동적압력은 고려하는 판부재의 장소 및 접하는 구획의 종류에 따라 검토되어야한다. 선저외판이나 선측외판을 제외한 부재에서 액체를 적재하지 않는 구획의 경계를 구성하는 판부재에 있어서는 침수상태에 있어서 면외압력에 대한 검토도 행하여져야 한다. 파랑에 의한 면외압력과 선체거더 하중은 **4장 4절**에 규정하는 10^{-8} 초과 확률에 대응하는 서로 독립된 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2 를 고려하여야 한다.

3.1.2 비손상 상태에서의 면외압력

비손상상태에서의 면외압력은 정적 및 동적압력으로 구성된다.

정적압력(p_S)은 다음의 압력을 포함한다.

- **4장 5절 [1]**에 따른 정수압
- **4장 6절**에 따른 화물 및 밸러스트에 의한 정적압력

동적압력(p_W)는 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2에 대하여 각각 다음의 압력을 포함한다.

- **4장 5절 [1]**에 따른 변동압
- **4장 6절**에 따른 화물 및 밸러스트에 의한 동적압력

3.1.3 침수상태에서의 면외압력

침수상태에서의 면외압력(p_F)은 **4장 6절 [3]**의 정의에 따른다.

3.1.4 시험상태에서의 면외압력

시험상태에서의 면외압력(p_T)은 아래와 같다.

- $p_T = p_{ST} - p_S$, 선저외판 및 선측외판의 경우
- $p_T = p_{ST}$, 그 밖의 경우

여기서,

p_{ST} : **4장 6절 [4]**에 따른 수압시험시의 압력

p_S : 아래에서 정의하는 압력

- 선박이 물위에 떠 있는 상태에서 수압시험을 행하는 경우 : 설계자가 정의한 시험조건의 흘수 T_1에서 **4장 5절 [1]**에 따른 정수압을 고려하여야 한다. 다만, 시험조건의 흘수 T_1이 정의되지 않은 경우에는 시험이 물위에 떠 있지 않은 상태에서 이루어진다고 고려한다.
- 선박이 물위에 떠 있는 않는 상태에서 시험을 행하는 경우 : $p_S = 0$

3.1.5 법선응력

선체거더 종강도에 기여하는 판부재의 강도평가의 경우에 고려하는 모든 법선응력은 호깅 과 새깅상태에서 다음식에 의한 σ_X (N/mm^2)의 최대값을 말한다.

$$\sigma_X = \left[C_{SW} \left| \frac{M_{SW}}{I_Y} \right| (z - N) + C_{WV} \left| \frac{M_{WV}}{I_Y} \right| (z - N) - C_{WH} \left| \frac{M_{WH}}{I_Z} \right| y \right] 10^{-3}$$

여기서,

M_{SW} : 고려하는 상태에 대응하는 호깅 및 새깅상태에서의 허용 정수중 종굽힘모멘트 (kN.m)

M_{WV} : 고려하는 상태에 대응하는 호깅 및 새깅상태에서의 파랑 종굽힘모멘트(kN.m) 로서 **4장 3절**을 따른다.

M_{WH} : 수평굽힘모멘트(kN.m) 로서 **4장 3절**을 따른다.

C_{SW} : 하중의 조합계수로서, 하중조건 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2에 따른 **표 5**에 의한 값.

C_{WV}, C_{WH} : **4장 4절 [2.2]**에 따른 조합계수로서, 하중조건 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2에 따른 **표 5**에 의한 값.

표 5: 조합계수 C_{SW}, C_{WV} 및 C_{WH}

하중 상태	호깅			새깅		
	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}
H1	-			-1	-1	0
H2	1	1	0	-		
F1	-			-1	-1	0
F2	1	1	0	-		
R1	1	0	$1.2 - T_{LC}/T$	-1	0	$1.2 - T_{LC}/T$
R2	1	0	$-1.2 + T_{LC}/T$	-1	0	$-1.2 + T_{LC}/T$
P1	1	$0.4 - T_{LC}/T$	0	-1	$0.4 - T_{LC}/T$	0
P2	1	$-0.4 + T_{LC}/T$	0	-1	$-0.4 + T_{LC}/T$	0

3.2 판두께

3.2.1 비손상 상태

면외하중을 받는 판부재의 순두께(mm)는 다음 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t = 15.8 c_a c_r s \sqrt{\frac{p_S + p_W}{\lambda_P R_Y}}$$

여기서,

λ_P : 표 **6**에 따른 계수

표 6: 계 수

판부재		계수 λ_P
종강도에 기여하는 판부재	종식 구조	$0.95 - 0.45\left\|\frac{\sigma_X}{R_Y}\right\|$ 단, 0.9이하
	횡식 구조	$0.95 - 0.90\left\|\frac{\sigma_X}{R_Y}\right\|$ 단, 0.9이하
그외의 판부재		0.9

3.2.2 화물창을 분리하는 수직 파형횡격벽을 제외한 침수상태에서의 순두께

선저외판, 선측외판 및 화물창을 분리하는 수직 파형횡격벽을 제외한 부재로서 액체를 운송할 목적이 아닌 구획의 경계를 이루는 판부재는 침수상태에서의 검토가 이루어져야 한다. 침수상태에 대한 순두께(mm)는 다음 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t = 15.8 c_a c_r s \sqrt{\frac{p_F}{\alpha \lambda_P R_Y}}$$

여기서,

λ_P : 침수상태에 있어서 σ_X 을 고려하여 결정한 계수로서, **표 6**에 따른 값

α : 계수로서 아래와 같다.

- α = 0.95 : 선수격벽의 경우
- α = 1.15 : 이외 다른 수밀격벽의 경우

3.2.3 침수상태에서 화물창을 분리하는 파형 횡격벽의 순두께

화물창을 분리하는 파형횡격벽의 순두께(mm)는 아래 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t = 14.9s\sqrt{\frac{1.05p}{R_{eH}}}$$

p : **4장 6절 [3.3.7]** 에 따르는 합성압력

용접구조의 파형 형격벽에서 면재와 웨브의 두께가 다른 경우는 다음에 따른다.

- 판폭이 좁은쪽의 판의 순두께(mm)는 아래 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t_N = 14.9s\sqrt{\frac{1.05p}{R_{eH}}}$$

- 판폭이 넓은쪽의 판의 순두께(mm)는 아래 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t_W = 14.9s\sqrt{\frac{1.05p}{R_{eH}}}$$

$$t_W = \sqrt{\frac{462s^2p}{R_{eH}} - t_{NP}^2}$$

여기서,

t_{NP} : 좁은 판의 실제 순두께(mm)로서, 아래 식에 의한 값 이하이어야 한다.

$$t_{NP} = 14.9s\sqrt{\frac{1.05p}{R_{eH}}}$$

3.2.4 시압시험 상태

4장 6절 [4]에 정의된 구획이나 구조의 판부재는 수압시험상태를 고려하여야 한다. 수압시험상태에 대한 순두께(mm)는 아래식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t = 15.8c_a c_r s\sqrt{\frac{p_T}{1.05R_Y}}$$

제 2 절 일 반 보 강 재

기호

이 절에서 정의하지 않은 기호에 대해서는 **1장 4절**을 따른다.

L_2 : 규칙에 의한 길이 L . 단, 300m 이상일 경우에는 300 m 로 한다.

I_Y : 선체횡단면의 수평중립축에 대한 순단면 2차모멘트(m^4)로서, **5장 1절[1.5]**에 따른다. 모든 선체구조부재에 대해서 제공총두께에서 0.5 t_C 만큼 두께를 감소시켜 계산한다.

I_Z : 선체횡단면의 수직중립축에 대한 순단면 2차모멘트(m^4)로서, **5장 1절[1.5]**에 따른다. 모든 선체구조부재에 대해서 제공총두께에서 0.5 t_C 만큼 두께를 감소시켜 계산한다.

N : **1장 4절 [4]**에 정의하는 참조 좌표계에서의 순선체 횡단면의 무게중심의 Z 좌표(m)이다. 순선체 횡단면은 **5장 1절 [1.2]**에 따르며, 모든 선체 구조부재에 대해서 제공 총두께에서 0.5 t_C 만큼 두께를 감소시켜 고려한다.

p_S, p_W : 비손상상태에서의 정수압, 파랑변동압(kN/m^2)으로 **[3.1.2]**에 따른다.

p_F : 침수상태에서의 압력(kN/m^2)으로 **[3.1.3]**에 따른다.

p_T : 수압시험상태에서의 압력(kN/m^2)으로 **[3.1.4]**에 따른다.

σ_X : **[3.1.5]**에 따르는 법선응력(N/㎟)

s : 스팬의 중앙에서 면에 따라 측정한 보강재의 간격(m)

ℓ : 지지부재사이를 면에 따라 측정한 보강재의 스팬 (m) (**3장 6절 [4.2]** 참조)

h_w : 웨브의 높이(mm)

t_w : 웨브의 순두께(mm)

b_f : 면재의 폭(mm)

t_f : 면재의 순두께(mm)

b_p : 항복강도평가에서 고려하는 보강재에 부착된 판의 폭 (m) 으로, **3장 6절 [4.3]**에 따른다. (m)

w : 폭(b_p)의 부착판을 포함한 보강재의 순 단면계수(cm^3)로서, **3장 6절 [4.4]**에 따른다.

A_{Sh} : 순 전단면적(cm^2)으로서, **3장 6절 [4.4]**에 따른다.

m : 계수로서 다음에 따른다

- m =10 : 수직 보강재의 경우
- m =12 : 이외의 경우

τ_a : 허용전단응력 (N/mm^2) 으로서 다음과 같다.

$$\tau_a = \frac{R_Y}{\sqrt{3}}$$

1. 일반사항

1.1 적 용

1.1.1
이 장의 요건은 면외압력 및 종강도에 기여하는 일반보강재에 대해서는 법선응력에 대한 일반보강재의 항복 강도평가에 적용한다. 집중하중과 같이 특정한 하중을 받는 보강재의 경우도 항복강도 평가를 시행하여야 한다. 또한, 일반 보강재의 좌굴평가는 **6장 3절**에 따른다.

1.2 순 부재치수

1.2.1
3장 2절에 규정된 바와 같이, 이 장에서 고려하는 모든 부재치수는 부식추가를 포함하지 않은 순 부재치수이다. 총 부재치수는 **3장 2절 [3]**에 따른다.

1.3 압력의 조합

1.3.1 외판 요소
정수압 및 파랑 변동압은 다음의 하중을 각각 독립적으로 고려하여야 한다.

- 정수압 및 파랑 변동압
- 외판에 인접하는 구획의 적재물에 의한 정적 및 동적압력

  외판에 인접한 구획에 액체를 적재하는 경우의 외판에 작용하는 정수압 및 파랑 변동압은 해당 구획의 정적 및 동적압력을 감소한 것으로 한다.

1.3.2 외판부재 이외의 요소
인접하는 구획의 경계가 되는 요소에 고려되는 모든 정적 및 동적압력은 2개의 구획에 각각 작용하는 압력을 별도로 고려하여야 한다.

1.4 하중계산점

1.4.1 수평 보강재
특별히 규정하는 경우를 제외하고, 면외압력 및 선체거더응력은 고려하는 보강재 길이의 중앙에서의 값을 고려하여야 한다.

1.4.2 수직 보강재
면외압력 p 는 보강재 길이의 중앙에서 구해진 값과 아래 식에 의해 구해진 압력 중 큰 값으로 계산한다.

- $p = \dfrac{p_U + p_L}{2}$: 수직보강재의 상단이 압력 0이되는 최하방의 높이 보다도 낮은 위치에 있는 경우

- $p = \frac{\ell_1}{\ell}\frac{p_L}{2}$: 수직보강재의 상단이 압력 0이되는 최하방의 높이 보다도 높은 위치에 있는 경우 (**그림 1 참조**)

여기서,

ℓ_1 : 보강재의 하단과 압력이 0이 되는 최하방의 위치까지의 거리(m)

p_U, p_L : 스팬 ℓ의 보강재의 상단과 하단에서 각각의 면외압력(kN/m^2)

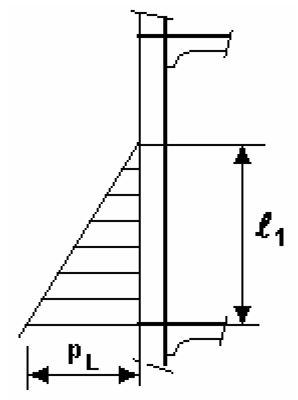


그림 1: 수직보강재에 작용하는 면외압력

2. 일반 규정

2.1 파형 격벽

2.1.1

특별히 규정하는 경우를 제외하고, 파형격벽의 순단면계수와 전단면적은 s_C 를 **그림 2**와 같이 규정하는 경우, s_C 의 값과 동일한 간격 s 의 보강재에 대하여 구한 값 이상이어야 한다.

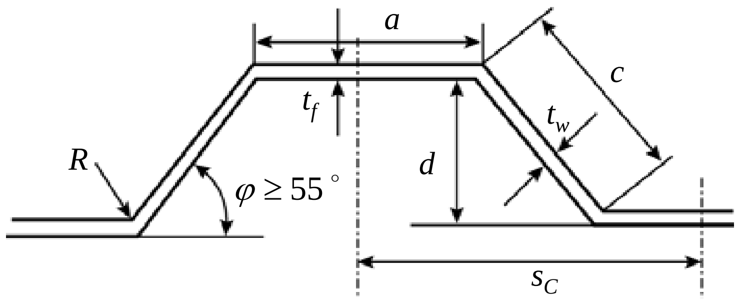


그림 2: 파형격벽

2.2 일반 보강재 웨브의 최소 순두께

2.2.1 단일 선측 산적화물선의 측늑골을 제외한 일반 보강재

일반 보강재 웨브의 최소 순두께(mm)는 다음식의 값 중 큰 것 이상이어야 한다. 단, 고려하는 보강재 부착판의 순두께의 2배보다는 작아야 한다.

- $t = 3.0 + 0.015L_2$
- 고려하는 보강재의 부착판 순두께의 40%

2.2.2 단일선측 산적화물선의 선측늑골

화물창내의 횡늑골 웨브 순두께(mm)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$t_{MIN} = 0.75\alpha(7 + 0.03L)$

여기서,

α : 계수로서 아래에 따른다.

$\alpha = 1.15$: 최전방 화물창내의 선측늑골의 경우

$\alpha = 1.0$: 그 외의 화물창내의 선측늑골의 경우

2.3 일반 보강재의 순 치수

2.3.1 평강

평강 일반 보강재의 순 치수는 다음에 적합하여야 한다.(**그림 3** 참조)

$$\frac{h_W}{t_W} \le 20\sqrt{k}$$

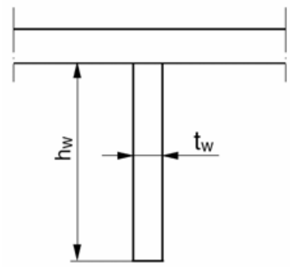


그림 3: 평강의 순치수

2.3.2 T - 형강

T-형강 일반 보강재의 순 치수는 다음에 적합하여야 한다. (**그림 4** 참조)

$$\frac{h_W}{t_W} \le 65\sqrt{k}$$

$$\frac{b_f}{t_f} \le 33\sqrt{k}$$

$$b_f t_f \ge \frac{h_W t_W}{6}$$

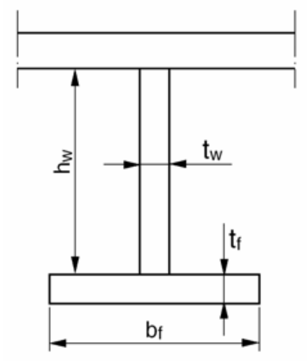


그림 4: T-형강의 순치수

2.3.3 앵글(angle)

앵글 일반 보강재의 치수는 다음에 적합하여야 한다.(**그림 5** 참조)

$$\frac{h_W}{t_W} \le 55\sqrt{k}$$

$$\frac{b_f}{t_f} \le 16.5\sqrt{k}$$

$$b_f t_f \ge \frac{h_W t_W}{6}$$

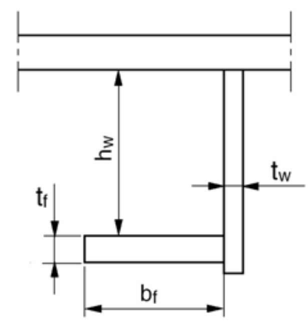


그림 5: 앵글의 순치수

2.4 일반 보강재를 연결하는 스트러트

2.4.1

일반 보강재를 연결하는 스트러트의 순단면적 A_{SR} (cm^2)과 스트러트에 수직인 축에 관한 최소 순단면 2차 모멘트 I_{SR} (cm^4)는 아래의 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$A_{SR} = \frac{p_{SR} s \ell}{20}$$

$$I_{SR} = \frac{0.75 s\ell (p_{SR1} + p_{SR2}) A_{ASR}\ \ell_{SR}^2}{47.2 A_{ASR} - s\ell (p_{SR1} + p_{SR2})}$$

여기서,

p_{SR} : 압력으로, 아래의 식에 의한 값 중 큰 값으로 한다.

$$p_{SR} = 0.5(p_{SR1} + p_{SR2})$$

$$p_{SR} = p_{SR3}$$

p_{SR1} : 스트러트가 위치한 구획의 외측에서 스트러트의 한면에 작용하는 외부압력 (kN/m^2)

p_{SR2} : 스트러트가 위치한 구획의 외측에서 스트러트의 다른 한면에 작용하는 외부압력 (kN/m^2)

p_{SR3} : 스트러트가 위치한 구획에서 스트러트 스팬 중앙부에 작용하는 압력 (kN/m^2)

ℓ : 스트러트에 의해 연결되는 보강재의 스팬(m) (**3장 6절 [4.2.3]** 참조)

ℓ_{SR} : 스트러트의 길이(m)

A_{ASR} : 스트러트의 실제 순단면적(cm^2)

2.5 던에이지(dunnage)위에 강재코일을 적재하는 내저판의 일반보강재

2.5.1 일 반

이 규정은 **6장 1절 그림 2**와 같이 던에이지위에 강재코일을 적재하는 선박의 내저판, 빌지호퍼 경사판 및 내부선체의 보강재에 적용한다. 강재코일을 2단 이상으로 적재하는 경우, **[2.5.2]** 및 **[2.5.3]**의 규정을 적용할 수 있다. 이외 경우의 순단면계수 및 순전단면적은 직접 강도평가 또는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 기타의 방법으로 계산한다.

2.5.2 내저판의 일반 보강재

내저판의 일반보강재의 순단면계수 w (cm^3) 및 순전단면적 A_{sh} (cm^2)은 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$w = K_3 \frac{(g + a_Z)F}{8\lambda_S R_Y}$$

$$A_{sh} = \frac{5(g + a_Z)F}{\tau_a \sin\phi} 10^{-3}$$

여기서 ,

K_3 : **표 1**에 따른 계수

a_Z : **4장 2절 [3.2]**에 따른 수직 가속도 (m/s^2)

F : **6장 1절 [2.7.2]**에 따른 힘 (kg)

λ_S : 표 3에 따른 계수

ϕ : **[3.2.3]**에 따른 각도(deg)

2.5.3 호퍼경사판 또는 내부선체판의 일반 보강재

호퍼 경사판 및 내부 선체판의 일반보강재의 순단면계수 w (cm^3) 및 순전단면적 A_{sh} (cm^2)은 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$w = K_3 \frac{[g\cos(\theta_1 - \theta_2) + a_Y \sin\theta_1]F'}{8\lambda_S R_Y}$$

$$A_{sh} = \frac{5a_Y F'}{\tau_a \sin\varphi \sin\phi} 10^{-3}$$

여기서 ,

K_3 : **표 1**에 따르는 계수

θ_1 , θ_2 : **6장 1절 [2.7.3]**에 따른 각 (deg)

a_Y : **4장 2절 [3.2]**에 따른 횡가속도 (m/s^2)

F' : **6장 1절 [2.7.3]**에 따른 힘 (kg)

λ_S : 표 3에 따른 계수

ϕ : [**3.2.3**]에 따른 각 (deg)

φ : 내저판과 빌지호퍼경사판 또는 내부 선체판과의 각 (deg)

ℓ' : **6장 1절 [2.7.2]**에 따른 내저판, 경사판 혹은 내부 선체판의 요소판패널당 하중점 사이의 거리 (m)

표 1: 계 수 K_3

n_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_3	ℓ	$\ell - \frac{\ell'^2}{\ell}$	$\ell - \frac{2\ell'^2}{3\ell}$	$\ell - \frac{5\ell'^2}{9\ell}$	$\ell - \frac{\ell'^2}{2\ell}$	$\ell - \frac{7\ell'^2}{15\ell}$	$\ell - \frac{4\ell'^2}{9\ell}$	$\ell - \frac{3\ell'^2}{7\ell}$	$\ell - \frac{5\ell'^2}{12\ell}$	$\ell - \frac{11\ell'^2}{27\ell}$

2.5.4

요소판패널당의 하중점의 수(n_2)가 10보다 크거나 던에이지의 수(n_3)가 5보다 큰 경우에는 내저판에는 균일 분포하중이 작용하는 것으로 볼 수있다. 이 경우 내저판의 보강재의 순치수는 **[3.2.3]**에 따라 계산한다.

2.6 생존정용 또는 구조정용 진수장치 주위의 갑판 일반보강재

2.6.1

갑판 일반보강재의 치수는 직접계산에 의해 결정되어야 한다.

2.6.2

진수장치에 의한 하중은 진수장치의 안전사용하중(SWL)에 상당하는 것 이어야 한다.

2.6.3

조합응력(N/mm^2)은 아래 식에 의한 값 중 작은 값 이하로 하여야 한다.

$$\frac{100}{235} R_{eH} \quad \text{또는} \quad \frac{54}{235} R_m$$

여기서, R_m : 보강재의 재료의 인장강도 (N/mm^2)

3. 항복강도평가

3.1 하중 모델

3.1.1 일반 사항

비손상 상태에서 해수, 화물 및 밸러스트에 의해 발생하는 정적 및 동적압력은 고려하는 보강재의 위치 및 인접하는 구획의 종류에 따라 검토하여야 한다.

선저 및 선측외판을 제외하고 액체를 운송하지 않는 구획의 경계를 구성하는 판부재의 일반보강재는 침수상태에서의 면외압력에 대한 검토도 이루어져야 한다.

파랑에 의한 면외압력 및 선체거더 하중에 대해서는 **4장 4절**에서 정의하는 10^{-8} 확률수준에 대응하는 서로 독립된 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2를 고려하여야 한다.

3.1.2 비손상 상태에서의 면외압력

비손상 상태에서의 면외압력은 정적압력(p_S)과 동적압력(p_W)으로 구성된다.

정적압력(p_S)은 다음의 압력을 포함한다.

- **4장 5절 [1]** 에 따른 정수압
- **4장 6절**에 따른 화물 및 밸러스트에 의한 동적압력

동적압력(p_W)은 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2에 대하여 각각 다음의 압력을 포함한다.

- **4장 5절 [1]** 에 따른 변동압
- **4장 6절**에 따른 화물 및 밸러스트에 의한 동적압력

3.1.3 침수상태에서의 면외압력

침수상태에서의 면외압력(p_F)은 **4장 6절 [3]** 에 따른다.

3.1.4 수압 시험상태에서의 면외압력

수압 시험상태에서의 면외압력(p_T)은 다음과 같다.

- $p_T = p_{ST} - p_S$: 선저외판 및 선측외판의 경우
- $p_T = p_{ST}$: 그 외의 판부재의 경우

여기서,

p_{ST} : **4장 6절 [4]** 에 따른 수압시험 시의 압력

p_S : 다음에 규정하는 압력

- 선박이 물위에 떠 있는 상태에서 수압시험을 시행하는 경우: 설계자가 정의한 시험상태의 흘수 T_1 에서 **4장 5절 [1]**에 따른 정수압을 고려하여야 한다. 다만, 시험상태의 흘수 T_1 이 정의되지 않은 경우에는 시험이 물위에 떠 있지 않은 상태에서 이루어진다고 고려한다.
- 선박이 물위에 떠 있지 않는 상태에서 수압시험을 시행하는 경우 : $p_S = 0$

3.1.5 법선응력

선체거더 종강도에 기여하는 일반 보강재의 강도평가에 고려되는 법선응력σ_X (N/mm^2)은 호깅 및 새깅 상태에서의 다음식에 의한 값의 최대값으로 한다.

$$\sigma_X = \left[C_{SW} \left| \frac{M_{SW}}{I_Y} \right| (z-N) + C_{WV} \left| \frac{M_{WV}}{I_Y} \right| (z-N) - C_{WH} \left| \frac{M_{WH}}{I_Z} \right| y \right] 10^{-3}$$

여기서 ,

M_{SW} : 허용 정수중 굽힘모멘트(kN.m)로, 고려하는 상태에 대응하는 호깅 및 새깅의 상태를 고려한다.

M_{WV} : 파랑 종굽힘모멘트(kN.m)로서 **4장 3절**에 따른다. 고려하는 상태에 대응하는 호깅 및 새깅의 상태를 고려한다

M_{WH} : 수평 굽힘모멘트(kN.m)로서 **4장 3절**에 따른다.

C_{SW} : 하중의 조합계수로서 **표 2**에 의한 값.

C_{WV}, C_{WH} : **4장 4절 [2.2]**에 따른 조합계수로서 **표 2**에 의한 값.

표 2: 조합 계수 C_{SW}, C_{WV} 및 C_{WH}

LC	호 깅			새 깅		
	X_{SW}	X_{WV}	X_{WH}	X_{SW}	X_{WV}	X_{WH}
H1	비 적용			-1	-1	0
H2	1	1	0	비 적용		
F1	비 적용			-1	-1	0
F2	1	1	0	비 적용		
R1	1	0	$1.2 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	-1	0	$1.2 - \frac{T_{LC}}{T_S}$
R2	1	0	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 1.2$	-1	0	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 1.2$
P1	1	$0.4 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	0	-1	$0.4 - \frac{T_{LC}}{T_S}$	0
P2	1	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 0.4$	0	-1	$\frac{T_{LC}}{T_S} - 0.4$	0

3.2 일반 보강재의 강도 기준(단일선측 산적화물선의 선측 늑골 제외)

3.2.1 경계 조건

이 규정은 보강재의 양끝단이 고정이라고 간주하고 적용한다. 이것과 다른 경계조건의 방요재의 항복강도평가는 각 경우에 따라 검토하여야 한다.

3.2.2 동일 치수의 일반 보강재의 그룹

동일 치수의 일반보강재를 여러 개 취부된 경우의 **[3.2.3]** 내지 **[3.2.7]** 에 규정하는 최소 순단면계수는 각각의 보강재에 요구되는 단면계수의 평균값으로 할수 있다. 단, 상기의 최소 순 단면계수는 각각의 보강재에 대한 요구 단면계수의 최대값의 90% 이상이어야 한다. 최소 순전단면적에 대해서도 동일하게 적용한다.

3.2.3 비손상 상태에서의 일반 보강재의 순단면계수 및 순전단면적

면외압력을 받는 일반 보강재의 순단면계수(cm³)와 순전단면적(cm²)은 다음의 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$w = \frac{(p_S + p_W)s\ell^2}{m\lambda_S R_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5(p_S + p_W)s\ell}{\tau_a \sin\phi}$$

여기서,

λ_S : **표 3**에 따른 계수

ϕ : 보강재 웨브와 보강재를 취부한 판부재와의 각도 (deg)로서, 보강재 중앙에서의 값으로 한다. 다만, ϕ가 75도 미만일 경우에는 수정되어야 한다.

표 3: 계 수 λ_S

보강재	표 4: 계 수 λ_S
종강도에 기여하는 종통 보강재	$1.2\left(1.0 - 0.85\left\|\frac{\sigma_X}{R_Y}\right\|\right)$ 단, 0.9이하
이외의 보강재	0.9

3.2.4 150 m 미만의 선박의 밸러스트 화물창 파형 횡격벽의 순 단면게수

150 m 이만의 선박의 밸러스트 화물창 파형횡격벽의 면외압력에 대한 순 단면계수 w (cm³)는 다음 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$w = K\frac{(p_S + p_W)s_C\ell^2}{m\lambda_S R_Y}10^3$$

여기서,

K : 계수로서, 단부지지조건에 따라 **표 4, 표 5**에 따른 값.
$d_H < 2.5d_0$ 일 때는, 파형격벽의 1/2 피치마다의 단면계수 및 내저판위치에서의 하부 스툴의 단면계수를 계산하여야 한다.

s_C : **[2.1.1]**에 따른 파형격벽의 1/2 피치의 폭(m)

ℓ : **그림 6**에 따른 지지부재간의 거리(m)

λ_Σ : **표 3**에 따른 계수

표 4: $d_H \geq 2.5d_0$ 인 경우의 K값

하단부의 지지조건	상단부의 지지조건		
	거어더로 지지	갑판에 고착	스툴에 고착
거더로 지지 갑판 혹은 내저판에 고착	0.83	1.25	1.25
스툴에 고착	1.25	1.00	0.83

표 5: $d_H < 2.5d_0$ 인 경우의 K값

평가 대상	상단부의 지지조건		
	거어더로 지지	갑판에 고착	스툴에 고착
파형 횡격벽의 단면계수	0.83	0.71	0.65
스툴하부의 단면계수	0..83	1.25	1.13

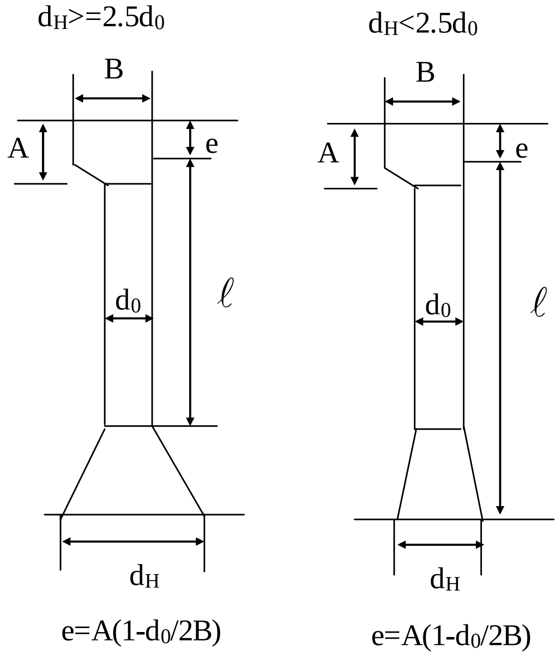


그림 6: ℓ 의 측정

3.2.5 침수상태에서의 일반 보강재의 순단면계수 및 순전단면적

화물창을 구분하는 수직 파형 횡격벽을 제외한 침수상태에서의 일반보강재의 순 단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{sh} (cm^2)은 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$w = \frac{p_F s \ell^2}{16\alpha\lambda_S R_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5 p_F s \ell}{\alpha \tau_a \sin\phi}$$

여기서 ,

λ_s, ϕ : **[3.2.3]** 에 따른 계수. λ_s 는 침수상태에서의 σ_X 에 따라 결정된다.

α : 계수로서 다음에 따른다.

선수격벽의 일반 보강재 경우 : $\alpha = 0.95$

상기 이외의 수밀격벽의 일반보강재 경우 : $\alpha = 1.15$

$\alpha\lambda_S$ 는 1.0 이하로 한다.

3.2.6 침수상태에서의 수밀 파형 횡격벽의 굽힘강도 및 전단강도

수밀 파형 횡격벽의 굽힘강도 및 전단강도는 다음의 식을 만족하여야 한다.

$$0.5W_{LE} + W_M \geq \frac{M}{0.95R_{eH}} 10^3$$

$$\tau \leq \frac{R_{eH}}{2}$$

여기서,

M : 파형 횡격벽의 설계상의 굽힘모멘트(kN.m)로서, 다음식에 따른다.

$M = F\ell_C / 8$

F : **4장 6절 [3.3.7]**에 따른 작용하는 힘(kN)

ℓ_C : **3장 6절 [10.4.4]**에 따른 파형 횡격벽의 스팬(m)

W_{LE} : **3장 6절 [10.4.13]**에 따른 파형 횡격벽의 하단부에서의 순단면계수(cm^3). 단, 다음식으로 계산된 값을 초과 할 수 없다.

$$W_{LE,M} = W_G + \left(\frac{Qh_G - 0.5h_G^2 s_C p_G}{R_{eH}} \right) 10^3$$

W_G : **3장 6절 [10.4.14]**에 따른 파형 횡격벽 1/2피치의 순단면계수(cm^3). 단, 쉐더판 또는 거싯판이 있는 경우에는 그것들의 최상부까지의 값으로 한다.

Q : 파형 횡격벽의 전단력(kN)으로서 다음 식에 따른다.

$Q = 0.8F$

h_G : 쉐더판 또는 거싯판의 높이(m) (**3장 6절 그림 31** 내지 **그림 35** 참조)

p_G : 쉐더판 또는 거싯판의 중앙점에서의 압력 (kN/m^2)으로서 **4장 6절 [3.3.7]**에 따른다.

s_C : **그림 2**에 따른 파형 횡격벽의 간격 (m)

W_M : 파형 횡격벽의 스팬 중앙에서의 순단면계수 (cm^3)로서 **3장 6절 [10.4.14]**에 따른다.

다만, 1.15 W_{LE} 이하로 한다.

τ : 파형 횡격벽의 전단응력 (N/mm^2)으로, 다음식에 따른다.

$$\tau = 10 \frac{Q}{A_{SH}}$$

A_{SH} : 파형 횡격벽의 전단면적(cm^2)으로서, **3장6절 [10.4.15]**에 따른다.

3.2.7 수압 시험상태에서의 일반 보강재의 순단면계수와 순전단면적

수압 시험상태에서의 일반 보강재의 순단면계수 w (cm^3)와 순전단면적 w (cm^3)은 아래식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$w = \frac{p_T s \ell^2}{1.05 m R_Y} 10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5 p_T s \ell}{1.05 \tau_a \sin\phi}$$

여기서,

ϕ : **[3.2.3]**에 따른 각도

3.3 단일선측 산적화물선의 선측늑골에 대한 강도기준

3.3.1 선측늑골의 순단면계수와 순전단면적

면외하중을 받는 선측늑골의 스팬 중앙부에 있어서의 순단면계수 w (cm^3) 와 순전단면적 w (cm^3)은 스팬 중앙부에서 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$w = 1.125 \alpha_m \frac{(p_S + p_W) s \ell^2}{m \lambda_S R_Y} 10^3$$

$$A_{sh} = [1.1] \alpha_S \frac{5(p_S + p_W) s \ell}{\tau_a \sin\phi} \left(\frac{\ell - 2\ell_B}{\ell} \right)$$

여기서,

α_m : 계수로서 아래에 따른다.

- 0.42 : BC-A 선박
- 0.36 : 그 밖의 선박

λ_S : 계수로서, 0.9로 한다.

ℓ : **3장 6절 그림 19**에 따른 선측늑골의 스팬(m)으로서 0.25D 이상 이어야 한다.

α_S : 계수로서 다음에 따른다.

- 1.1 : BC-A 선박에서 격창적하상태에서 공창의 선측늑골
- 1.0 : 그 밖의 선측늑골

ℓ_B : **그림 7** 에 따른 선측늑골 하부 브래킷의 길이(m)

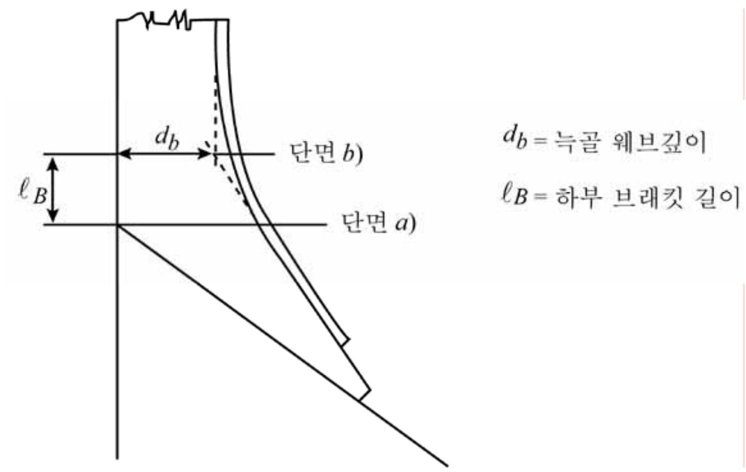


그림 7: 선측늑골 하부 브래킷 길이

밸러스트를 적재하는 화물창 선측늑골의 순단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{sh} (cm^2)은 이 규정에 추가하여 **[3.2.3]**에도 만족하여야 한다.

3.3.2 추가 요건

최전방 화물창내의 선수격벽으로부터 3번째까지의 선측늑골에 대해서는 **[3.3.1]**에 추가하여 순단면 2차 모멘트는 다음식에 의한 값 이상으로 하여야 한다.

$$I = 0.18\frac{(p_S + p_W)\ell^4}{n}$$

여기서,

ℓ : 선측늑골의 스팬(m)

n : 선수격벽에서 고려하는 선측늑골까지의 늑골수로서, 뒤로 1, 2 또는 3으로 한다.

대체방법으로 선수격벽과 호퍼탱크 및 톱사이드탱크 안에 설치된 횡특설웨브와 일직선상에 있는 선측늑골 사이에 수평 스트링거와 같은 지지부재를 설치하여, 최전방 화물창과 선수창내의 스트링거와의 연속성을 유지하여야 한다.

3.3.3 선측늑골 하부 브래킷

3장 6절 그림 19에 규정하는 늑골 하부 브래킷의 위치에 있어서, 하부 브래킷 또는 일체형 하부브래킷의 선측외판을 고려한 순단면계수는 **[3.3.1]**에 의한 선측늑골의 스팬 중앙부에서 요구되는 순단면계수의 2배 이상이어야 한다.

하부 브래킷의 순두께 t_{LB} (mm)는 선측늑골 웨브의 순두께에 1.5mm 더한 값 이상이어야 하며, 또한 다음식을 만족하여야 한다.

- 좌우대칭인 단면을 가지는 선측늑골 : $\dfrac{h_{LB}}{t_{LB}} \le 87\sqrt{k}$
- 좌우 비대칭인 단면을 가지는 선측늑골 : $\dfrac{h_{LB}}{t_{LB}} \le 73\sqrt{k}$

여기에서 선측늑골의 하부 브래킷 웨브깊이 h_{LB} 는 호퍼탱크 경사판과 선측외판과의 교점에서 하부 브래킷 면재에 수직으로 측정할수도 있다. (**3장 6절 그림 22** 참조)

[3.3.2]에 의하여 부재치수를 증가한 선수격벽에서 3번째까지의 선측늑골에 있어서 선측늑골 하부브래킷의 순두께 t_{LB} 가 선측늑골 웨브의 순두께 t_W 의 1.73배 보다 큰 경우, t_{LB} 는 아래 식에 의해 얻어진 t'_{LB} 로 할 수 있다.

$$t'_{LB} = \left(t_{LB}^2 \, t_W\right)^{1/3}$$

여기서,

t_W : **[3.3.1]**에 따른 전단면적 A_{sh} 에 대응하는 순두께(mm)

웨브로부터 면재의 자유단까지의 폭은 면재 순두께의 $12k^{0.5}$ 배를 초과하여서는 아니 된다.

3.3.4 선측늑골 상부 브래킷

3장 6절 그림 19에 규정하는 늑골 상부 브래킷의 위치에 있어서, 상부 브래킷 또는 일체형 상부브래킷의 선측외판을 고려한 순단면계수는 **[3.3.1]**에 의한 선측늑골의 스팬 중앙부에서 요구되는 순단면계수의 2배 이상 이어야 한다. 상부브래킷의 순두께 t_{UB}(mm)는 선측늑골 웨브의 순두께 이상이어야 한다.

3.4 단일선측 산적화물선의 선측늑골 상하단의 고착

3.4.1

다음에 열거하는 보강재의 단면계수는 선측늑골 상단 및 하단의 고착부에 있어서 각각 다음의 식을 만족하여야 한다. (**3장 6절 그림 22** 참조)

- 선측늑골 하단의 연결 브래킷을 지지하는 선측외판 및 빌지 호퍼경사판의 종통 보강재
- 선측늑골 상단의 연결 브래킷을 지지하는 선측외판 및 톱사이드탱크 경사판의 종통 보강재

$$\sum_n w_i d_i \geq \alpha_T \frac{(p_S + p_W)\ell^2 \ell_1^2}{16 R_Y}$$

여기서,

n : 선측외판 및 빌지호퍼 경사판에 있어서 선측늑골 하부의 연결 브래킷을 지지하는 종통 보강재의 수 또는 선측외판 및 톱사이드탱크 경사판에 있어서 선측늑골의 상부 연결브래킷을 지지하는 종통 보강재의 수

w_i : 선측외판붙이 종통보강재 및 빌지호퍼 탱크 또는 톱사이드 탱크 경사판 붙이 종통 보강재에있어서 선측늑골 상부 또는 하부 연결브래킷을 지지하는 i-번째 종통보강재의 순 단면계수(cm^3)

d_i : i-번째 종통보강재의 선측외판과 빌지 호퍼탱크 또는 톱사이드탱크 경사판의 교점에서의 거리(m)

ℓ_1 : 빌지호퍼탱크 또는 톱사이드탱크 내의 횡지지 웨브의 간격(m)

R_y : 선측외판붙이 종통보강재 및 빌지호퍼탱크 또는 톱사이드탱크 경사판 붙이 종통보강재에 있어서 선측늑골 상부 또는 하부 연결브래킷을 지지하는 것의 최소 등가항복응력(N/mm^2)

α_T : 계수로서 다음에 따른다.

$\alpha_T = 150$: 선측늑골 하부 연결브래킷을 지지하는 종통 보강재의 경우

$\alpha_T = 75$: 선측늑골 상부 연결브래킷을 지지하는 종통보강재의 경우

ℓ : **[3.3.1]**에 따른 선측늑골의 스팬(m)

3.4.2

선측늑골 상부 또는 하부 연결브래킷과 그것을 지지하는 i-번째의 종통보강재와의 고착부의 순 면적 Ai (cm^2)는 아래 식에 따른다.

$$A_i = 0.4\frac{w_i s}{\ell_1^2}\frac{k_{bkt}}{k_{\lg,i}}$$

여기서,

w_i : 선측외판붙이 종통보강재 및 빌지호퍼탱크 또는 톱사이드탱크 경사판 붙이 종통보강재에 있어서, 선측늑골의 상부 또는 하부 연결브래킷을 지지하는 i-번째의 종통보강재의 순단면계수 (cm^3)

ℓ_1 : **[3.4.1]**을 따른다.

k_{bkt} : 브래킷의 재료계수

$k_{lg,i}$: i-번째 종통보강재의 재료계수

s : 선측늑골의 간격(m)

3.5 다중 스팬을 갖는 일반 보강재의 강도기준

3.5.1 강도 기준

[3.5.2]에 규정하는 다중 스팬을 갖는 일반보강재의 최대 법선응력 σ와 전단응력 τ는 **표 6**의 식에 따른다.

표 6: 다중 스팬을 갖는 보강재의 강도기준

상 태	비손상상태	침수상태	시험상태
법선응력	$\sigma \le \lambda_S R_Y$	$\sigma \le \alpha\lambda_S R_Y$	$\sigma \le 1.05 R_Y$
전단응력	$\tau \le \tau_a$	$\tau \le \alpha\tau_a$	$\tau \le 1.05\tau_a$
(비 고) λ_s : **[3.2.3]**에 따른 계수 α : **[3.2.5]**에 따른 계수			

3.5.2 다중 스팬을 갖는 일반보강재

다중 스팬을 갖는 일반 보강재의 최대 법선응력 σ와 전단응력 τ는 다음 사항을 고려한 직접계산에 따른다.

- 정압, 동적압력 및 힘의 분포
- 중간 지지부재(갑판 또는 거어더 등)의 수와 위치
- 보강재의 단부 및 중간 지지부재단부의 고착조건
- 보강재의 중간 스팬에서의 기하학적인 특징

4. 1차 지지부재의 웨브 보강재

4.1 순 치수계산

4.1.1

1차 지지부재의 웨브 보강재가 웨브를 관통하는 일반보강재의 면재에 용접하는 경우, 웨브 보강재의 순 단면적(cm^2)은 웨브의 중간위치에서 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$A = 0.1 k_1 p s \ell$

여기서 ,

k_1 : 웨브와 웨브를 관통하는 일반보강재의 고착부계수로서 다음에 따른다.

$k_1 =$ 0.30 : 칼라 플레이트가 없는 경우 (**3장 6절 그림 8** 참조)

k_1 = 0.225 : 칼라 플레이트가 있는 경우 (**3장 6절 그림 9** 참조)

k_1 = 0.20 : 하나 또는 두개의 큰 칼라플레이트가 있는 경우 (**3장 6절 그림10**, **그림11** 참조)

p : 웨브를 관통하는 일반 보강재에 작용하는 압력(kN/m^2)

4.1.2

비수밀 1차 지지부재의 웨브보강재의 순단면계수(cm^3)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$w = 2.5 s^2 t S_S^2$

여기서,

s : 웨브 보강재의 길이(m)

t : 1차 지지부재의 웨브 순 판두께(mm)

S_s : 웨브 보강재의 간격(m)

4.1.3 웨브 보강재의 단부고착

밸러스트 탱크 또는 수밀 탱크의 1차 지지부재의 웨브 보강재 단부에 있어서의 응력(N/mm^2)은 브래킷이 없는 경우 다음식을 만족하여야 한다.

$\sigma \le 175$

여기서,

$$\sigma = 1.1 K_{con} K_{longi} K_{stiff} \frac{\Delta\sigma}{\cos\theta}$$

K_{con} : 응력집중계수를 고려한 계수로서, 다음에 따른다. (**그림 8** 참조)

$K_{con} = 3.5$: 이중저 또는 이중 선측내에서의 웨브 보강재의 경우

$K_{con} = 4.0$: 그 외 다른 웨브보강재의 경우 (호퍼 탱크, 톱사이드 탱크 등)

K_{longi} : 종통부재의 단면형상을 고려한 계수로서, 다음에 따른다.

$K_{longi} = 1.0$: 좌우대칭인 단면을 가지는 웨브보강재의 경우(T - 단면, 플랫바)

$K_{longi} = 1.3$: 좌우 비대칭인 단면을 가지는 웨브보강재의 경우(앵글단면, 벌브(bulb) 형상)

K_{stiff} : 웨브보강재 단부의 상세구조에 따른 계수로서, 다음에 따른다. (**그림 9**참조)

K_{stiff} = 1.0 : 표준 웨브

K_{stiff} = 0.8 : 표준웨브보다 피로강도를 향상 시킨 형상의 경우

θ : **그림 10** 에 따른다.

$\Delta\sigma$: 종부재로부터 전달되는 웨브보강재 단부에 발생하는 응력진폭(N/mm^2)으로, 다음에 따른다.

$$\Delta\sigma = \frac{2W}{0.322h'\left[\left(A_{w1}/\ell_1\right)+\left(A_{w2}/\ell_2\right)\right]+A_{s0}}$$

W : 변동하중(N)으로 다음에 따른다.

$W = 1000(\ell - 0.5s)sp$

p : 액체에 의한 최대압력(kN/m^2)으로, **4장 6절 [2]**의 규정에 있어서 10^{-4} 초과확률레벨에 따라 구한 값

ℓ : 종통 부재의 스팬(m)

s : 종통부재의 간격(m)

A_{s0}, A_{w1}, A_{w2} : **그림 10**에 따른 기하학적 파라미터(mm^2)

ℓ_1, ℓ_2 : **그림 10**에 따른 기하학적 파라미터(mm)

h' : 다음식에 의한 값(mm)

$h' = h_s + h_0'$

h_s : **그림 10**에 따른 값(mm)

h_0' : 다음식에 의한 값(mm)

$b' \le 150$ 일때 $h_0' = 0.636b'$

$150 < b'$ 일때 $h_0' = 0.216b' + 63$

b' : 웨브 보강재 단부의 최소 폭 (mm)(**그림 10** 참조)

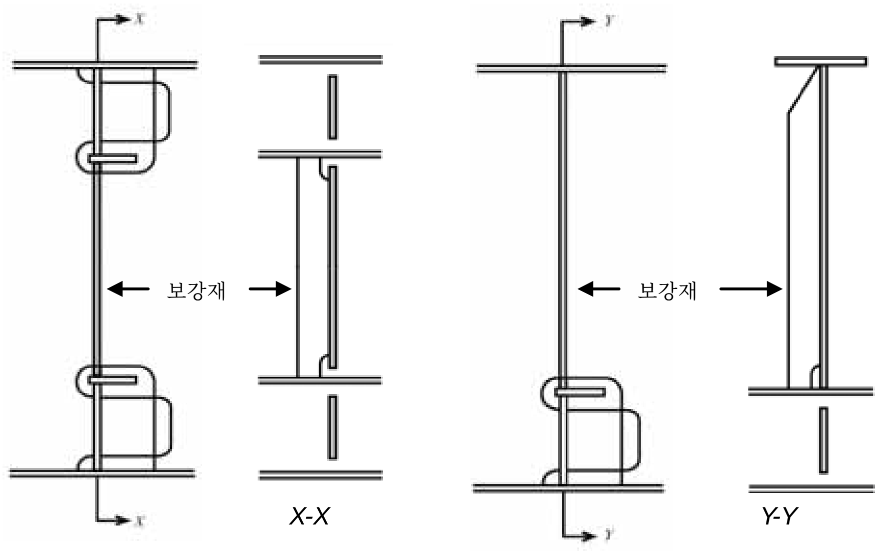


그림 8: 1 차 지지부재에 부착된 웨브 보강재

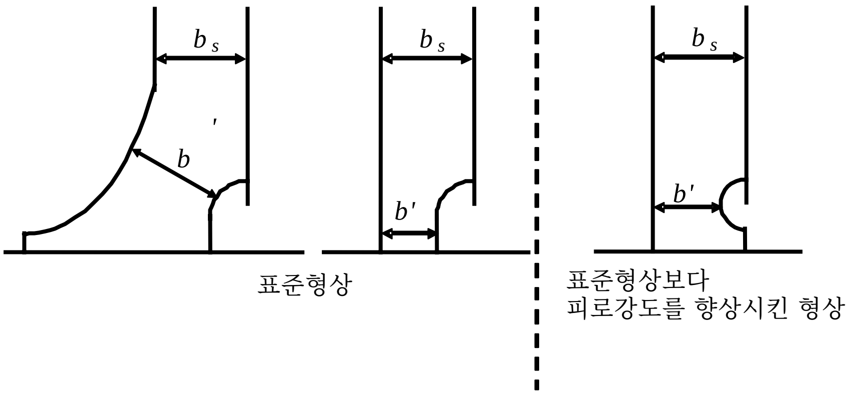


그림 9: 웨브 보강재 단부 형상

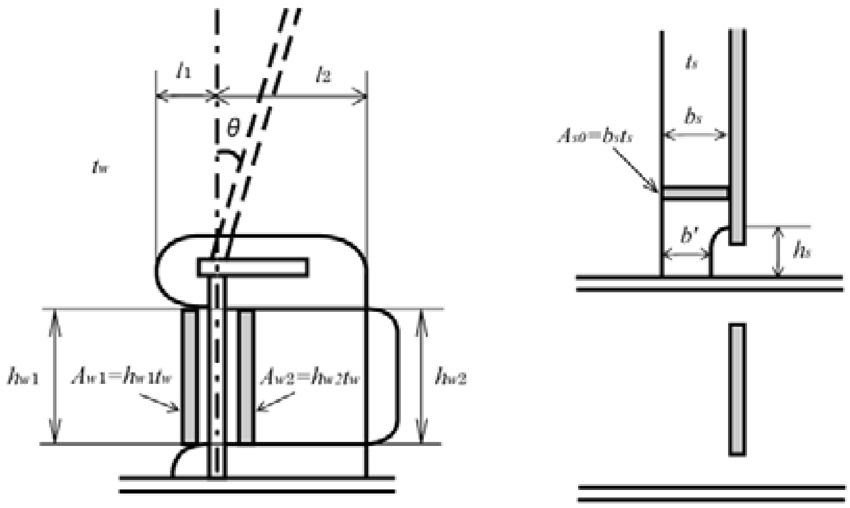


그림 **10:** 1 차 지지부재 관통부의 파라미터

제 3 절 일반 보강재 및 보강패널의 좌굴 및 최종강도

기 호

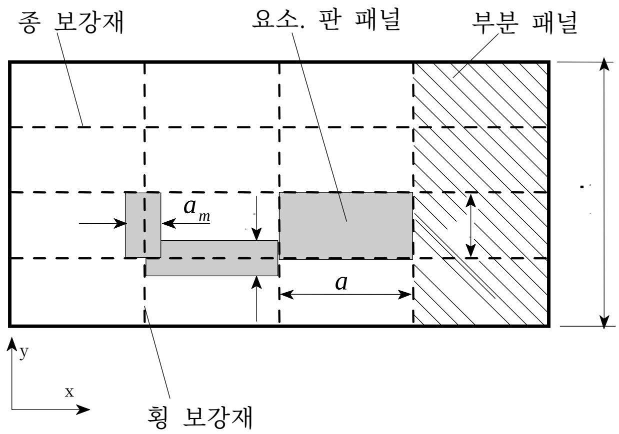
이 절에서 정의하지 않은 기호에 대해서는 **1장 4절**을 따른다. 또한, 압축 및 전단응력은 양(+)으로, 인장응력은 음(-)으로 한다.

a : 단일의 기본요소 패널 또는 부분패널의 길이(mm)

b : 요소 판 패널의 너비(mm)

α : 요소 판 패널의 종횡비 ($\alpha = a/b$)

n : 부분 또는 전체 판 패널의 폭방향에 포함되는 요소 판 패널 수



종방향 : 길이 a 방향의 보강재
횡방향 : 폭 b 방향의 보강재

그림 1: 패널의 배치

t : 판의 순 두께(mm)

σ_n : 선체거더 종굽힘에 의한 법선응력(N/mm^2)

τ_{SF} : **[2.1.3]**에 따른 전단력에 의한 전단응력(N/mm^2)

σ_x : x 방향의 막응력(N/mm^2)

σ_y : y 방향의 막응력(N/mm^2)

τ : x-y 평면의 전단응력(N/mm^2)

λ : 세장비의 참조 차수로서, 다음에 따른다.

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{eH}}{K \cdot \sigma_e}}$$

K : 좌굴계수로서, **표 2**와 **표 3**에 따른다.

σ_e : 참조 응력으로서, 다음에 따른다.

$$\sigma_e = 0.9E\left(\frac{t}{b'}\right)^2$$

b' : 요소 판 패널의 짧은변의 길이

Ψ : 단부 응력비로 다음에 따른다.

$\Psi = \sigma_2 / \sigma_1$

여기서,

σ_1 : 최대 압축응력

σ_2 : 최소 압축응력 또는 인장응력

S : 안전계수로서, 다음에 따른다.

$S = 1.0$: 아래에 기술하는 것을 제외한 구조부재

$S = 1.1$: 창구덮개, 파운데이션(foundation)과 같이 독립된 국부하중을 받는 구조부재

$S = 1.15$: 해치 코밍, 톱사이드 탱크 및 호퍼탱크의 경사판, 내저판, 내측판(inner side), 단일 선측구조선박의 선측외판 및 횡격벽의 상/하부 스툴의 종/횡방향 일반 보강재의 굽힘좌굴에 대한 최종강도를 [4.2]에 의해 평가하는 경우

알루미늄 합금의 경우는 개개의 값에 1.0을 증가시킨 값으로 한다.

F_1 : **표 1**에 의한 요소 판 패널 단부의 긴 변 위에 있는 일반보강재의 경계조건에 관한 수정계수. 패널 단부의 2개의 긴 변 방향에 있는 일반보강재의 고착조건이 다른 경우, 적절한 수정계수 F_1 의 최소값으로 한다.

표 1: 수정 계수 F_1

고착 조건	F_1 (2)	단부 보강재
양단 스닙된 보강재	1.0	
양단이 인접하는 부재에 유효하게 고착되어 있는 보강재(1)	1.05	평강
	1.10	구평강
	1.20	앵글 및 T 형강
	1.30	큰 강성을 갖는 거더 (예:선저트랜스버스)

(1) 직접계산에 의해 정확한 값을 구할 수 있다.
(2) 양단에 있어서 보강재가 다른 경우의 F_1은 두 값의 평균값을 이용한다.

1. 일반 사항

1.1

1.1.1

이 절의 규정은 압축응력, 전단응력 및 면외압력을 받는 구조부재의 좌굴 강도평가에 적용한다.

1.1.2

이하의 규정에 따라 좌굴 강도평가를 수행한다.

a) **4장 4절**에 규정하는 비손상 상태에서의 모든 하중상태에 대하여, 다음의 구조부재 또는 구조요소는 2, 3 및 4의 규정에 의한다.

- 선체 횡단면해석에서 요소판 패널 및 일반보강재
- **7장**에서 요구되는 유한요소법에서 모델화된 요소판 패널

b) 침수상태에 있어서 다음의 구조부재는 [6]의 요건에 따른다.

- 횡수직 파형 수밀격벽

요소판 패널의 경계조건은 단순지지로 한다. 경계조건이 단순지지와 다른 경우 **표 2**의 **3, 4** 및 **7** 내지 **10**까지에 따라 보다 더 적절한 경계조건을 적용할 수 있다.

2. 적 용

2.1 선체 횡단면 해석에 있어서의 응력

2.1.1 일반 사항

고려하는 선체 횡단면을 구성하는 구조부재에 있어서는 다음 사항을 조합하여 좌굴강도 평가를 하여야 한다.

- **[2.1.2]**에 따른 선체거더 굽힘에 의한 법선응력(σ_n)
- **[2.1.3]**에 따른 전단응력(τ_{SF})
- 부재에 발생하는 비손상 상태에서의 면외압력

면외압력 및 선체거더 하중은 4**장 4절**에 규정하는 10^{-8}의 확률 수준에 대응하는 서로 독립된 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2를 고려하여야 한다.

2.1.2 법선 응력 (σ_n)

개개의 패널 및 보강재에 대하여 [2.1.1]에 규정하는 하중상태에 있어서 되는 법선응력은 **6장 1절 [3.1.5]** 및 **6장 2절 [3.1.5]**의 규정에 따른 구조부재에 대하여 계산하는 최대 압축응력으로 한다. 횡식의 일반보강재에서 [2.1.1]에 규정하는 각 하중상태에 있어서 법선응력은 보강재 각 단부에서의 최대 압축응력으로 한다.

2.1.3 전단 응력 (τ_{SF})

[2.1.1]에 규정하는 각 하중상태에 있어서 고려하는 전단응력은 다음의 전단응력에 의해 발생하는 전단응력으로 한다.

$$Q = Q_{SW} + C_{QW} Q_{WV}$$

여기서,

Q_{SW} : **4장 3절 [2.3]**에 따른 비손상상태에 대한 선체 횡단면 위치의 설계 정수중 전단력

Q_{WV} : **4장 3절 [3.2]**에 따른 비손상상태에 대한 선체 횡단면 위치의 파랑 전단력

C_{QW} : **4장 4절 표 3**에 따른 하중 조합계수

설계초기 단계에서 설계 정수중 전단력이 정해지지 않은 경우는 설계 정수중 전단력을 다음에 따를 수 있다.

$$Q_{SW0} = 30CLB(C_B + 0.7)10^{-2}$$

2.1.4 면외 압력

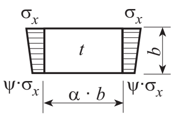
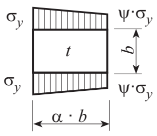
굽은 판 패널 및 보강재에 관한 좌굴 강도검토에 있어서 고려하는 면외압력은 각각 **6장 1절 [3.1]**, **6장 2절 [3.1]**에 따른다. 굽은 판 패널의 하중 계산점은 곡선에 따라서 측정한 길이의 중간점으로 한다. 일반 보강재의 하중 계산점은 **6장 2절 [1.4]**에 따른다.

2.2 적 용

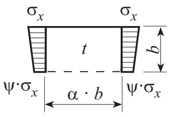
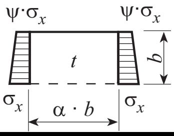
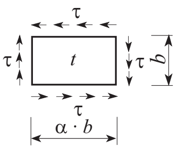
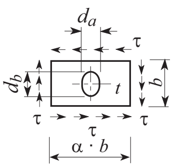
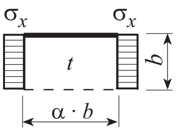
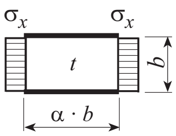
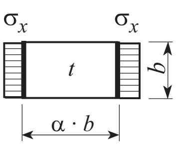
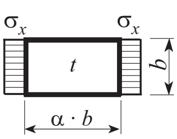
2.2.1

좌굴 및 최종 강도기준의 적용은 **부록 1**에 따른다.

표 2: 평면 요소 판 패널의 좌굴 및 경감계수

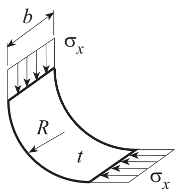
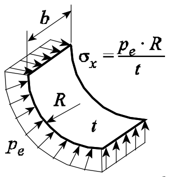
<table>
<tr><th>응력 상태</th><th>단부
응력비 ψ</th><th>종횡비
$\alpha = a/b$</th><th>좌굴 계수 K</th><th>경감 계수 κ</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1
</td><td>$1 \ge \psi \ge 0$</td><td rowspan="3">$\alpha \ge 1$</td><td>$K = \frac{8.4}{\psi + 1.1}$</td><td rowspan="3">$\lambda \le \lambda_c$ 인 경우 $\kappa_x = 1$
$\lambda > \lambda_c$ 인 경우
$\kappa_x = c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$
$c = (1.25 - 0.12\psi) \le 1.25$
$\lambda_c = \frac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{0.88}{c}}\right)$</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>$K = (1-\psi)^2 \cdot 5.975$</td></tr>
<tr><td rowspan="5">2
</td><td>$1 \ge \psi \ge 0$</td><td>$\alpha \ge 1$</td><td>$K = F_1\left(1 + \frac{1}{\alpha^2}\right)^2 \frac{2.1}{(\psi + 1.1)}$</td><td rowspan="5">$\kappa_y = c\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{R + F^2(H - R)}{\lambda^2}\right)$
$c = (1.25 - 0.12\psi) \le 1.25$
$\lambda < \lambda_c$ 인 경우
$R = \lambda\left(1 - \frac{\lambda}{c}\right)$
$\lambda \ge \lambda_c$ 인 경우 $R = 0.22$
$\lambda_c = \frac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{0.88}{c}}\right)$
$F = \left(1 - \frac{\frac{K}{0.91} - 1}{\lambda_p{}^2}\right) \cdot c_1 \ge 0$
$1 \le \lambda_p{}^2 \le 3$ 인 경우
$\lambda_p{}^2 = \lambda^2 - 0.5$
σ_y 가 압축응력인 경우 :
$c_1 = 1$
σ_y 가 굽힘에 의한 응력인 경우 : $c_1 = \left(1 - \frac{F_1}{\alpha}\right) \ge 0$
σ_y 가 침수시에 있어서 굽힘에 의한 응력인 경우 (수밀격벽) : $c_1 = 0$
$H = \lambda - \frac{2\lambda}{c\left(T + \sqrt{T^2 - 4}\right)} \ge R$
$T = \lambda + \frac{14}{15\lambda} + \frac{1}{3}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$0 > \psi > -1$</td><td>$1 \le \alpha \le 1.5$</td><td>$K = F_1\left[\left(1 + \frac{1}{\alpha^2}\right)^2 \frac{2.1(1+\psi)}{1.1} - \frac{\psi}{\alpha^2}(13.9 - 10\psi)\right]$</td></tr>
<tr><td>$\alpha > 1.5$</td><td>$K = F_1\left[\left(1 + \frac{1}{\alpha^2}\right)^2 \frac{2.1(1+\psi)}{1.1} - \frac{\psi}{\alpha^2}\left(5.87 + 1.87\alpha^2 + \frac{8.6}{\alpha^2} - 10\psi\right)\right]$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$\psi \le -1$</td><td>$1 \le \alpha \le \frac{3(1-\psi)}{4}$</td><td>$K = F_1\left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^2 \cdot 5.975$</td></tr>
<tr><td>$\alpha > \frac{3(1-\psi)}{4}$</td><td>$K = F_1\left[\left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^2 \cdot 3.9675 + 0.5375\left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^4 + 1.87\right]$</td></tr>
<tr><td colspan="5">경계조건 - - - - - 자유
———— 단순 지지
━━━━ 고정</td></tr>
</table>

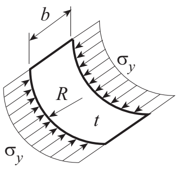
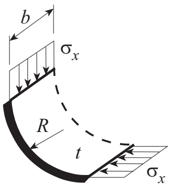
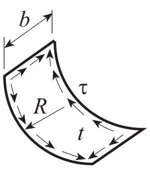
㈜ **표 2** 의 응력상태는 일반적인 경우이다. 응력(σ_x, σ_y)는 국부 좌표계에서의 값이다.

3 	$1 \ge \psi \ge 0$	$\alpha > 0$	$K = \dfrac{4\left(0.425 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right)}{3\psi + 1}$	$\lambda \le 0.7$ 인 경우 $\kappa_x = 1$ $\lambda > 0.7$ 인 경우 $\kappa_x = \dfrac{1}{\lambda^2 + 0.51}$
	$0 > \psi \ge -1$		$K = 4\left(0.425 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right)(1+\psi) - 5\psi(1 - 3.42\psi)$	
4 	$1 \ge \psi \ge -1$	$\alpha > 0$	$K = \left(0.425 + \dfrac{1}{\alpha^2}\right)\dfrac{3-\psi}{2}$	
5 	===		$K = K_\tau \sqrt{3}$	$\lambda \le 0.84$ 인 경우 $\kappa_\tau = 1$ $\lambda > 0.84$ 인 경우 $\kappa_\tau = \dfrac{0.84}{\lambda}$
		$\alpha \ge 1$	$K_\tau = \left[5.34 + \dfrac{4}{\alpha^2}\right]$	
		$0 < \alpha < 1$	$K_\tau = \left[4 + \dfrac{5.34}{\alpha^2}\right]$	
6 	===		$K = K'r$ 하중상태 5에 따라 $K' = K$ r = 수정 계수 r = $\left(1 - \dfrac{d_a}{a}\right)\left(1 - \dfrac{d_b}{b}\right)$ 단, $\dfrac{d_a}{a} \le 0.7$ 및 $\dfrac{d_b}{b} \le 0.7$	
7 	===	$\alpha \ge 1.64$	$K = 1.28$	$\lambda \le 0.7$ 인 경우 $\kappa_x = 1$ $\lambda > 0.7$ 인 경우 $\kappa_x = \dfrac{1}{\lambda^2 + 0.51}$
		$\alpha < 1.64$	$K = \dfrac{1}{\alpha^2} + 0.56 + 0.13\alpha^2$	
8 	===	$\alpha \ge \dfrac{2}{3}$	$K = 6.97$	$\lambda \le 0.83$ 인 경우 $\kappa_x = 1$ $\lambda > 0.83$ 인 경우 $\kappa_x = 1.13\left[\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{0.22}{\lambda^2}\right]$
		$\alpha < \dfrac{2}{3}$	$K = \dfrac{1}{\alpha^2} + 2.5 + 5\alpha^2$	
9 	===	$\alpha \ge 4$	$K = 4$	
		$4 > \alpha > 1$	$K = 4 + \left[\dfrac{4-\alpha}{3}\right]^4 \cdot 2.74$	
		$\alpha \le 1$	$K = \dfrac{4}{\alpha^2} + 2.07 + 0.67\alpha^2$	
10 	===	$\alpha \ge 4$	$K = 6.97$	
		$4 > \alpha > 1$	$K = 6.97 + \left[\dfrac{4-\alpha}{3}\right]^4 \cdot 3.1$	
		$\alpha \le 1$	$K = \dfrac{4}{\alpha^2} + 2.07 + 4\alpha^2$	
경계조건			- - - - - 자유 ——— 단순 지지 ━━━ 고정	

㈜ **표 2** 의 응력상태는 일반적인 경우이다. 응력(σ_x, σ_y)는 국부 좌표계에서의 값이다.

표 3: R/t ≤ 2500 [1] 인 곡판 패널에 대한 좌굴 및 경감계수

<table>
<tr><th>응력 상태</th><th>종횡비 b/R</th><th>좌굴 계수 K</th><th>경감 계수 κ</th></tr>
<tr><td>1a

</td><td>$\frac{b}{R} \le 1.63\sqrt{\frac{R}{t}}$</td><td>$K = \frac{b}{\sqrt{R\,t}} + 3\frac{(R\,t)^{0.175}}{b^{0.35}}$</td><td rowspan="2">$\lambda \le 0.4$ [2] 인 경우 $\kappa_x = 1$
$0.4 \lt \lambda \le 1.2$ 인 경우
$\kappa_x = 1.274 - 0.686 \cdot \lambda$
$\lambda \gt 1.2$ 인 경우 $\kappa_x = \frac{0.65}{\lambda^2}$</td></tr>
<tr><td>1b


p_e= 외부압력 (N/mm²)</td><td>$\frac{b}{R} \gt 1.63\sqrt{\frac{R}{t}}$</td><td>$K = 0.3\frac{b^2}{R^2} + 2.25\left(\frac{R^2}{b\,t}\right)^2$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2

</td><td>$\frac{b}{R} \le 0.5\sqrt{\frac{R}{t}}$</td><td>$K = 1 + \frac{2}{3}\frac{b^2}{R\,t}$</td><td rowspan="2">$\lambda \le 0.25$ [2] 인 경우 $\kappa_y = 1$
$0.25 \lt \lambda \le 1$ 인 경우
$\kappa_y = 1.233 - 0.933 \cdot \lambda$
$1 \lt \lambda \le 1.5$ 인 경우
$\kappa_y = 0.3/\lambda^3$
$\lambda \gt 1.5$ 인 경우
$\kappa_y = 0.2/\lambda^2$</td></tr>
<tr><td>$\frac{b}{R} \gt 0.5\sqrt{\frac{R}{t}}$</td><td>$K = 0.267\frac{b^2}{R\,t}\left[3 - \frac{b}{R}\sqrt{\frac{t}{R}}\right]$
$\ge 0.4\frac{b^2}{R\,t}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3

</td><td>$\frac{b}{R} \le \sqrt{\frac{R}{t}}$</td><td>$K = \frac{0.6 \cdot b}{\sqrt{R\,t}} + \frac{\sqrt{R\,t}}{b} - 0.3\frac{R\,t}{b^2}$</td><td rowspan="2">하중상태 1a 와 동일</td></tr>
<tr><td>$\frac{b}{R} \gt \sqrt{\frac{R}{t}}$</td><td>$K = 0.3\frac{b^2}{R^2} + 0.291\left(\frac{R^2}{b\,t}\right)^2$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4

</td><td>$\frac{b}{R} \le 8.7\sqrt{\frac{R}{t}}$</td><td>$K = K_\tau\sqrt{3}$
$K_\tau = \left[28.3 + \frac{0.67\,b^3}{R^{1.5}\,t^{1.5}}\right]^{0.5}$</td><td rowspan="2">$\lambda \le 0.4$ 인 경우 $\kappa_\tau = 1$
$0.4 \lt \lambda \le 1.2$ 인 경우
$\kappa_\tau = 1.274 - 0.686 \cdot \lambda$
$\lambda \gt 1.2$ 인 경우 $\kappa_\tau = \frac{0.65}{\lambda^2}$</td></tr>
<tr><td>$\frac{b}{R} \gt 8.7\sqrt{\frac{R}{t}}$</td><td>$K_\tau = 0.28\frac{b^2}{R\sqrt{R\,t}}$</td></tr>
<tr><td colspan="4">경계조건
- - - - - 자유
───── 단순 지지
━━━━━ 고정

1. 곡률이 매우 큰 패널의 경감계수 κ 는 평면으로 전개한 상태에 대해서 구한 값 미만으로 이여서는 아니된다.

2. 빌지외판과 같이 패널이 부분패널 또는 전체패널에 포함되는 경우, 경감계수 κ 는 다음값으로 할 수 있다.
응력 상태 1b: $\kappa_x = \frac{0.8}{\lambda^2} \le 1.0$ 응력 상태 2: $\kappa_y = \frac{0.65}{\lambda^2} \le 1.0$</td></tr>
</table>

3. 요소판 패널의 평가 기준

3.1 판

3.1.1 일반 사항

요소판 패널의 순두께는 다음에 따른다.

$t \geq b/100$

선체횡단면 해석에 있어서 패널은 **[3.1.2]**에 따라 평가되어야 하며, 이 경우 응력조합은 다음의 2 가지 상태를 고려하여야 한다.

- 응력조합 1 : **[2.1.2]**에 따른 법선응력 100% 및 [2.1.3]에 따른 전단응력 70%
- 응력조합 2 **:** **[2.1.2]**에 따른 법선응력 70% 및 [2.1.3]에 따른 전단응력 100%

유한요소해석에서 패널의 검증은 **[3.2]**에 따른다.

3.1.2 선체횡단면 해석에 있어서 요소판 패널의 평가

각 요소판 패널은 **[2.1]**에서 정의하는 하중상태에 있어서 다음의 기준을 만족하여야 한다.

- 종식구조의 경우

$$\left(\frac{|\sigma_x| \cdot S}{\kappa_x \cdot R_{eH}}\right)^{e1} + \left(\frac{|\tau| \cdot S \cdot \sqrt{3}}{\kappa_\tau \cdot R_{eH}}\right)^{e3} \leq 1.0 \qquad : \text{응력조합 1} \quad \sigma_x = \sigma_n \text{ 과 } \tau = 0.7\tau_{SF}$$

$$\left(\frac{|\sigma_x| \cdot S}{\kappa_x \cdot R_{eH}}\right)^{e1} + \left(\frac{|\tau| \cdot S \cdot \sqrt{3}}{\kappa_\tau \cdot R_{eH}}\right)^{e3} \leq 1.0 \qquad : \text{응력조합 2} \quad \sigma_x = 0.7\sigma_n \text{ 과 } \tau = \tau_{SF}$$

- 횡식구조의 경우

$$\left(\frac{|\sigma_y| \cdot S}{\kappa_y \cdot R_{eH}}\right)^{e2} + \left(\frac{|\tau| \cdot S \cdot \sqrt{3}}{\kappa_\tau \cdot R_{eH}}\right)^{e3} \leq 1.0 \qquad : \text{응력조합 1} \quad \sigma_y = \sigma_n \text{ 과 } \tau = 0.7\tau_{SF}$$

$$\left(\frac{|\sigma_y| \cdot S}{\kappa_y \cdot R_{eH}}\right)^{e2} + \left(\frac{|\tau| \cdot S \cdot \sqrt{3}}{\kappa_\tau \cdot R_{eH}}\right)^{e3} \leq 1.0 \qquad : \text{응력조합 2} \quad \sigma_y = 0.7\sigma_n \text{ 과 } \tau = \tau_{SF}$$

상기 조건의 각 항은 1.0미만이어야 한다.

경감계수 κ_x 및 κ_y 는 **표 2** 및 **표 3**에 따른다.

계수 e_1, e_2 및 e_3는 **표 4**에 따른다.

$e3$의 결정에 있어 종식구조의 경우에는 κ_y 를 1 로, 횡식구조의 경우에는 κ_x 를 1 로 한다.

3.2 유한 요소해석에서의 요소 판패널의 평가

3.2.1 일 반

각 요소판 패널의 좌굴강도에 대해서는 **[3.2.2]**의 응력상태에 대응하여, [3]의 규정에 의해 평가되어야 한다. 이 경우, 고려하는 패널의 좌굴계수 및 경감계수는 **[3.2.2]**에 따라 **표2**의 적절한 응력상태에 대해서 산정하여야 한다.

3.2.2 응 력
좌굴응력은 **4장 7절**에서 규정하는 적하상태에 대하여 단부 응력비 Ψ 를 포함, **표2**, **표3** 및 **7장**의 규정에 의해 결정하여야 한다.

3.2.3 포아손(Poisson) 효과
간접법 또는 직접법에 의해 도출된 좌굴강도 평가에 있어서 포아손(Poisson)효과에 의한 영향을 고려하여 경감하여야 한다. 간접법에 있어서의 수정은 국부하중에 의한 응력에 선체거더응력을 더한 후에 이루어져야 한다.

σ_x^* 및 σ_y^* 두 응력이 압축응력인 경우, 다음의 식에 따라 수정하여야 한다.

$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0.3\sigma_y^*)/0.91$$

$$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0.3\sigma_x^*)/0.91$$

여기서,

σ_x^*, σ_y^* : 포아손(Poisson) 효과를 포함하는 응력

$\sigma_y^* < 0.3\sigma_x^*$의 경우 : $\sigma_y = 0$ 및 $\sigma_x = \sigma_x^*$

$\sigma_x^* < 0.3\sigma_y^*$의 경우 : $\sigma_x = 0$ 및 $\sigma_y = \sigma_y^*$

3.2.4 평가 기준
각 요소판 패널에 있어서 **[2.1]**에 규정하는 하중에 의한 응력은 다음의 기준을 만족하여야 한다.

$$\left(\frac{|\sigma_x|S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} + \left(\frac{|\sigma_y|S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} - B\left(\frac{\sigma_x\sigma_y S^2}{R_{eH}^2}\right) + \left(\frac{|\tau|S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \le 1.0$$

또한, 압축응력 σ_x, σ_y 및 전단응력 τ 는 각각 다음식에 적합하여야 한다.

$$\left(\frac{|\sigma_x|S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} \le 1.0$$

$$\left(\frac{|\sigma_y|S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} \le 1.0$$

$$\left(\frac{|\tau|S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \le 1.0$$

경감계수 κ_x ,κ_y 및κ_τ 는 **표 2** 및 **표 3**에 따른다.

- $\sigma_x \le 0$ (인장 응력)의 경우 : $\kappa_x = 1.0$
- $\sigma_y \le 0$ (인장 응력)의 경우 : $\kappa_Y = 1.0$

계수 $e1, e2, e3$ 및 B 는 **표 4**에 따른다.

표 4: 계수 $e1$, $e2$, $e3$ 및 B

지 수 $e1 - e3$ 및 계 수 B	패 널 평면	패 널 곡면
$e1$	$1+\kappa_x^4$	1.25
$e2$	$1+\kappa_y^4$	1.25
$e3$	$1+\kappa_x\kappa_y\kappa_\tau^2$	2.0
B (σ_x 및 σ_y 가 양 (압축응력)의 경우)	$(\kappa_x\kappa_y)^5$	0
B (σ_x 및 σ_y 음 (인장응력)의 경우)	1	-

3.3 웨브 및 면재

3.3.1

보강재 및 거어더부재의 웨브 및 플랜지에 있어 보강되지 않은 것에 대해서는 해당 웨브 및 플랜지 패널의 좌굴강도는 [3.1]의 규정에 의해 평가하여야 한다.

4. 부분 및 전체 패널의 좌굴 강도기준

4.1 종식 보강재 및 횡식 보강재

4.1.1

선체 횡단면해석에서 부분 또는 전체 패널의 종식 및 횡식보강재는 **[4.2]** 및 **[4.3]**의 요건에 적합하여야 한다.

4.2 면외 좌굴모드에서의 최종강도

4.2.1 평가 기준

횡식 또는 종식강재는 다음의 기준에 따른다.

$$\frac{\sigma_a + \sigma_b}{R_{eH}} S \le 1$$

여기서,

σ_a : 보강재의 축방향으로 균일하게 분포하는 압축응력(N/mm^2)으로 다음에 따른다.

종식 보강재의 경우 : $\sigma_a = \sigma_n$

횡식 보강재의 경우 : $\sigma_a = 0$

σ_b : 보강재에 작용하는 굽힘응력(N/mm^2)으로 [4.2.2]에 따른다.

단, [4.2.2]의 적용에 있어서 $\sigma_x = \sigma_n$ 및 $\tau = \tau_{SF}$ 로 한다.

4.2.2 굽힘 응력

보강재에 작용하는 굽힘응력은 다음에 따른다.

$$\sigma_b = \frac{M_0 + M_1}{W_{st} \cdot 10^3}$$

여기서,

M_0 : 다음식에서 얻어진 보강재 변형 w 에 의해 발생하는 굽힘 모멘트(N.mm)

$$M_0 = F_{Ki} \frac{p_z \cdot w}{c_f - p_z} \qquad \text{단,} \quad (c_f - p_z) > 0$$

M_1 : 다음식에서 얻어진 면외하중 p에 의해 발생하는 굽힘 모멘트(N.mm)

종식 보강재의 경우 : $M_1 = \dfrac{p \cdot b \cdot a^2}{24 \cdot 10^3}$

횡식 보강재의 경우 : $M_1 = \dfrac{p \cdot b \cdot (n \cdot b)^2}{c_s \cdot 8 \cdot 10^3}$, 일반적으로 $n = 1$로 한다.

W_{st} : [5]에 규정하는 판 유효폭을 포함하는 보강재의 순단면계수(cm^3)로서, 다음에 따른다.

- 면외하중이 보강재에 작용하는 경우
  면외하중이 보강재쪽에서 가해지는 경우에는 W_{st} 는 면재측의 순단면계수로 한다.
  면외하중이 보강재 반대쪽에서 가해지는 경우 W_{st} 는 부착판측의 순단면계수로 한다.
- 면외압력이 보강재에 작용하지 않는 경우
  W_{st} 는 면재측 및 부착판측의 순단면계수 중 최소의 값으로 한다.

c_s : 횡식 보강재의 경계조건을 고려한 계수로서 다음에 따른다.

$c_s = 1.0$: 단순지지된 보강재

$c_s = 2.0$: 부분적으로 구속된 보강재

p : **6장 2절 [1.4]**에서 규정하는 하중 계산위치에 대하여 **4장 5절** 및 **4장 6절**에 의해 계산된 면외하중 (kN/mm^2)

F_{Ki} : 보강재의 이상화된 좌굴 힘(N)으로 다음에 따른다.

종식 보강재의 경우 : $F_{Kix} = \dfrac{\pi^2}{a^2} \cdot E \cdot I_x \cdot 10^4$

횡식 보강재의 경우 : $F_{Kiy} = \dfrac{\pi^2}{(n \cdot b)^2} \cdot E \cdot I_y \cdot 10^4$

I_x, I_y : **[5]**에 따른 부착판의 유효폭을 포함하는 종식 및 횡식보강재의 순 단면2차모멘트 (cm^4).

I_x 및 I_y는 다음에 따른다.

$$I_x \ge \frac{b \cdot t^3}{12 \cdot 10^4}$$

$$I_y \ge \frac{a \cdot t^3}{12 \cdot 10^4}$$

p_z : σ_x, σ_y 및 τ에 의한 공칭면외 하중(N/mm^2)

종식 보강재의 경우 : $p_{zx} = \dfrac{t_a}{b}\left(\sigma_{xl}\left(\dfrac{\pi \cdot b}{a}\right)^2 + 2 \cdot c_y \cdot \sigma_y + \sqrt{2}\tau_1\right)$

횡식 보강재의 경우 : $p_{zy} = \dfrac{t_a}{a}\left(2 \cdot c_x \cdot \sigma_{xl} + \sigma_y\left(\dfrac{\pi \cdot a}{n \cdot b}\right)^2\left(1 + \dfrac{A_y}{a \cdot t_a}\right) + \sqrt{2}\tau_1\right)$

$$\sigma_{xl} = \sigma_x\left(1 + \frac{A_x}{b \cdot t_a}\right)$$

t_a : 보강재 부착판의 순두께(mm)

c_x, c_y : 보강재의 축방향에 수직이고, 길이방향에 따라 분포하는 응력에 대한 계수로서, 다음에 따른다.

$0 \le \Psi \le 1$ 인 경우 : $0.5 \cdot (1 + \Psi)$

$\Psi < 0$ 인 경우 : $\dfrac{0.5}{1 - \Psi}$

A_x, A_y : 보강재의 부착판을 포함하지 않는 종식 및 횡식 보강재의 순단면적(mm^2)

$$\tau_1 = \left[\tau - t\sqrt{R_{eH} \cdot E\left(\frac{m_1}{a^2} + \frac{m_2}{b^2}\right)}\right] \ge 0$$

m1, m2 : 계수로서 다음에 따른다.

- 종식 보강재인 경우 :

$\dfrac{a}{b} \ge 2.0$: $m_1 = 1.47$, $m_2 = 0.49$

$\dfrac{a}{b} < 2.0$: $m_1 = 1.96$, $m_2 = 0.37$

- 횡식 보강재인 경우 :

$\dfrac{a}{n \cdot b} \ge 0.5$: $m_1 = 0.37$, $m_2 = \dfrac{1.96}{n^2}$

$\dfrac{a}{n \cdot b} < 0.5$: $m_1 = 0.49$, $m_2 = \dfrac{1.47}{n^2}$

$w = w_0 + w_1$

w_0 : 초기 부정량(imperfection)(mm)으로, 다음에 따른다.

종식 보강재의 경우 : $w_{0x} = \min(\dfrac{a}{250}, \dfrac{b}{250}, 10)$

횡식 보강재의 경우 : $w_{0y} = \min(\dfrac{a}{250}, \dfrac{n \cdot b}{250}, 10)$

양단이 스닙된 보강재의 경우 w_0는 부착판 중앙으로부터 해당 부재의 유효폭을 포함한 보강재의 중립축까지 거리 이상으로 한다.

w_1 : 면외하중 P에 의한 보강재 스팬 중앙부의 변형량(mm). 균일 분포하중의 경우, 다음식으로 계산된 값으로 할 수 있다.

$$w_1 = \frac{p \cdot b \cdot a^4}{384 \cdot 10^7 \cdot E \cdot I_x} \quad \text{(종식 보강재)}$$

$$w_1 = \frac{5 \cdot a \cdot p \cdot (n \cdot b)^4}{384 \cdot 10^7 \cdot E \cdot I_y \cdot c_s^2} \quad \text{(횡식 보강재)}$$

c_f : 보강재에 의한 탄성지지(N/mm^2)로 다음에 따른다.

- 종식 보강재인 경우

$$c_f = F_{Kix} \cdot \frac{\pi^2}{a^2} \cdot (1 + c_{px})$$

$$c_{px} = \frac{1}{1 + \dfrac{0.91 \cdot \left(\dfrac{12 \cdot 10^4 \cdot I_x}{t^3 \cdot b} - 1 \right)}{c_{xa}}}$$

c_{xa} 는 계수로서 다음에 따른다.

$a \geq 2b$ 인 경우 $\quad c_{xa} = \left[\dfrac{a}{2b} + \dfrac{2b}{a} \right]^2$

$a < 2b$ 인 경우 $\quad c_{xa} = \left[1 + \left(\dfrac{a}{2b} \right)^2 \right]^2$

- 횡식 보강재인 경우

$$c_f = c_S F_{Kiy} \frac{\pi^2}{(n \cdot b)^2} \left(1 + c_{py} \right)$$

$$c_{py} = \frac{1}{1 + \dfrac{0.91 \cdot \left(\dfrac{12 \cdot 10^4 \cdot I_y}{t^3 \cdot a} - 1 \right)}{c_{ya}}}$$

c_{ya} 는 계수로서 다음에 따른다.

$n \cdot b \geq 2a$ 일때 $\quad c_{ya} = \left[\dfrac{n \cdot b}{2a} + \dfrac{2a}{n \cdot b} \right]^2$

$n \cdot b \leq 2a$ 일때 $\quad c_{ya} = \left[1 + \left(\dfrac{n \cdot b}{2a} \right)^2 \right]^2$

4.2.3 면외하중이 작용하지 않는 종식 및 횡식 보강재의 기준

[4.2.1]의 적용에 있어 면외하중이 작용하지 않는 종식 및 횡식보강재의 순단면 2차모멘트 I_x 및 I_y (cm^4)는 다음식에 의한 값 이상으로 하여야 한다.

- $I_x = \dfrac{p_{zx} \cdot a^2}{\pi^2 \cdot 10^4} \left(\dfrac{w_0 \cdot h_w}{\dfrac{R_{eH}}{S} - \sigma_x} + \dfrac{a^2}{\pi^2 \cdot E} \right)$: 종식 보강재

- $$I_y = \frac{p_{zy} \cdot (n \cdot b)^2}{\pi^2 \cdot 10^4} \left(\frac{w_0 \cdot h_w}{\frac{R_{eH}}{S} - \sigma_y} + \frac{(n \cdot b)^2}{\pi^2 \cdot E} \right)$$: 횡식 보강재

4.3 비틀림 좌굴

4.3.1 종식 보강재

종식 보강재는 다음의 기준을 만족하여야 한다.

$$\frac{\sigma_x \cdot S}{\kappa_T \cdot R_{eH}} \le 1{,}0$$

κ_T 는 계수로서, 다음에 따른다.

$\lambda_T \le 0.2$ 인 경우 $\kappa_T = 1.0$

$\lambda_T > 0.2$ 인 경우 $\kappa_T = \dfrac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_T{}^2}}$

$$\Phi = 0.5\left(1 + 0.21(\lambda_T - 0.2) + \lambda_T{}^2\right)$$

λ_T : 세장비로서, 다음에 따른다.

$$\lambda_T = \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{KiT}}}$$

$$\sigma_{KiT} = \frac{E}{I_p}\left(\frac{\pi^2 \cdot I_\omega \cdot 10^2}{a^2} \varepsilon + 0.385 \cdot I_T \right) \quad (\mathrm{N/mm^2})$$

여기서,

I_p : **그림 2**의 C 점에 있어서 보강재의 순단면 극2차 모멘트(cm^4)로서, **표 5**에 따른다.

I_T : 보강재의 상부난(St. Venant) 굽힘저항 모멘트(cm^4)로서, **표 5**에 의한다.

I_ω : **그림 2**의 C 점에 있어서 보강재의 순 관성단면모멘트(cm^6)로서, **표 5**에 의한다.

ε : 고착도에 관한 계수로서, 다음에 따른다.

$$\varepsilon = 1 + 10^{-3} \sqrt{\frac{a^4}{\frac{4}{3}\pi^4 I_\omega \left(\frac{b}{t^3} + \frac{4h_w}{3t_w^3} \right)}}$$

A_w : 웨브의 순단면적으로 다음에 따른다. $A_w = h_w t_w$

A_f : 면재의 순단면적으로 다음에 따른다. $A_f = b_f t_f$

$$e_f = h_w + \frac{t_f}{2} \quad (\mathrm{mm})$$

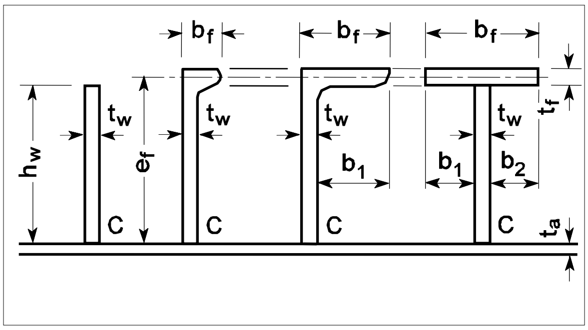


그림 2: 보강재의 치수

표 5: 단면 2 차모멘트

단면	I_P	I_T	I_w
평 강	$\dfrac{h_w^3 \cdot t_w}{3 \cdot 10^4}$	$\dfrac{h_w \cdot t_w^3}{3 \cdot 10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_w}{h_w}\right)$	$\dfrac{h_w^3 \cdot t_w^3}{36 \cdot 10^6}$
구평강, 앵글 또는 T 형강	$\left(\dfrac{A_w \cdot h_w^2}{3}+A_f \cdot e_f^2\right)10^{-4}$	$\dfrac{h_w \cdot t_w^3}{3 \cdot 10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_w}{h_w}\right)$ + $\dfrac{b_f \cdot t_f^3}{3 \cdot 10^4}\left(1-0.63\dfrac{t_f}{b_f}\right)$	구평강, 앵글의 경우: $\dfrac{A_f \cdot e_f^2 \cdot b_f^2}{12 \cdot 10^6}\left(\dfrac{A_f+2.6A_W}{A_f+A_W}\right)$ T 형강의 경우 : $\dfrac{b_f^3 \cdot t_f \cdot e_f^2}{12 \cdot 10^6}$

4.3.2 횡식 보강재

축 압축응력이 작용하고, 종식 보강재에 지지되지 않는 횡식 보강재에 있어서는 **[4.3.1]**의 규정을 준용하여야 한다.

5. 유효폭

5.1 일반 보강재

5.1.1

일반보강재 부착판의 유효폭은 다음 식에 따른다. (**그림 1** 참조)

- 종식 보강재의 경우 : $b_m = \min(\kappa_x b; \kappa_s s)$
- 횡식 보강재의 경우 : $a_m = \min(\kappa_y a; \kappa_s s)$

여기서,

$$\kappa_s = 0.0035\left(\frac{\ell_{eff}}{s}\right)^3 - 0.0673\left(\frac{\ell_{eff}}{s}\right)^2 + 0.4422\left(\frac{\ell_{eff}}{s}\right) - 0.0056$$ 다만, 1.0 이하로 한다.

s : 보강재의 간격 (mm)

ℓ_{eff} : 다음에 따른다.

- 종식 보강재인 경우

  $\ell_{eff} = a$: 보강재의 양단이 단순지지인 경우

  $\ell_{eff} = 0.6\,a$: 보강재의 양단이 고정인 경우

- 횡식 보강재인 경우

  $\ell_{eff} = b$: 보강재의 양단이 단순지지인 경우

  $\ell_{eff} = 0.6\,b$: 보강재의 양단이 고정인 경우

5.2 1차 지지부재

5.2.1

1차 지지부재의 보강된 플랜지판의 유효폭 e'_m 은 다음 a) 및 b)에 따른다.

e : 1차지지부재가 지지하는 판의 폭(mm)으로, 인접한 지지되지 않은 판들의 중심에서 중심까지의 거리

e_m : 1차지지부재의 부착판의 유효폭(mm)으로, 하중의 종류에 따라서 표 6에서 결정된 값. 단, 부착판의 유효폭이 한쪽만인 경우 또는 비대칭의 면재의 경우는 별도로 검토하여야 한다. e_{m1}은 1차지지부재에 균일 분포하중이 작용하는 경우 또는 집중하중이 같은 간격으로 6개소 이상 작용하는 경우에 적용하고, e_{m2}는 1차 지지부재에 집중하중이 3개소 이하 작용하는 경우에 적용되는 값이다.

a) 1차 지지부재의 웨브에 평행하게 보강되는 경우 (**그림 3**참조)

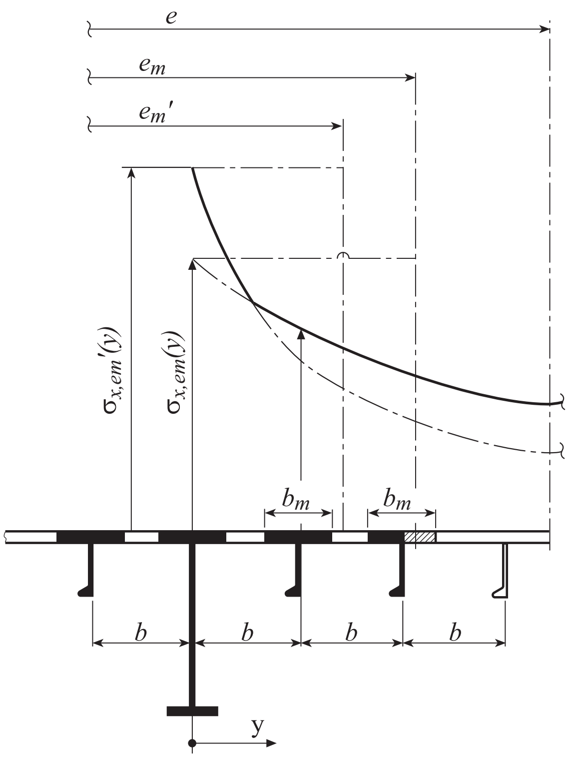


그림 3: 웨브에 평행하게 보강

$b < e_m$

$e_m' = n \cdot b_m$

n : 유효폭 e_m 에 포함되는 보강재 간격 b 의 수로서, 다음에 따른다.

$$n = \mathrm{int}\left(\frac{e_m}{b}\right):$$

b) 1차 지지부재의 웨브에 수직하게 보강되는 경우 (**그림 4**참조)

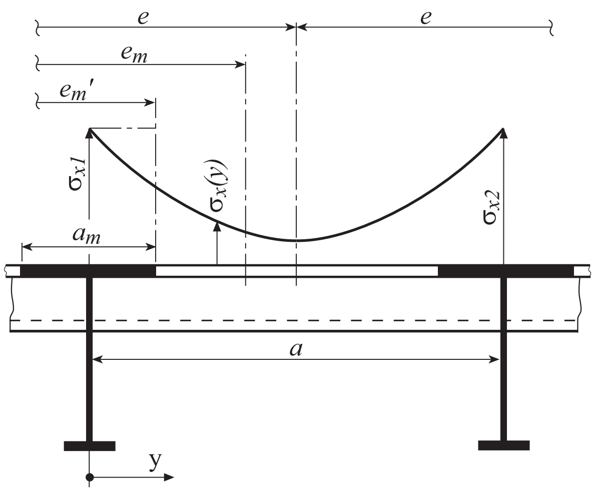


그림 4: 웨브에 수직하게 보강

$a \geq e_m$

$e_m' = n \cdot a_m < e_m$

$$n = 2.7 \cdot \frac{e_m}{a} \leq 1$$

여기서, $b \geq e_m$ 이거나 $a < e_m$ 인 경우 a 와 b 를 바꾸어서 계산하여야 한다.

표 6: 부착판의 유효폭

ℓ/e	0	1	2	3	4	5	6	7	8이상
e_{m1}/e	0	0.36	0.64	0.82	0.91	0.96	0.98	1.00	1.0
e_{m2}/e	0	0.20	0.37	0.52	0.65	0.75	0.84	0.89	0.9

ℓ/e 가 표의 중간에 있는 경우는 보간법에 의해 결정한다.

ℓ : 굽힘모멘트 곡선에서 0이 되는 2점사이의 거리.
단순지지의 1차지지부재의 경우, 지지되지 않은 스팬의 거리로 하고, 양단고정의 1차지지부재에서는 지지되지 않은 스팬의 0.6 배의 거리로 한다.

6. 침수상태에서의 파형 횡수밀격벽

6.1 일 반

6.1.1 파형격벽의 웨브의 좌굴강도 평가

6장 2절 [3.2.6]에 의하여 계산된 전단응력 τ 는 다음식을 만족하여야 한다.

$\tau < \tau_C$

여기서,

τ_C : 한계좌굴 응력(N/mm^2)으로 다음에 따른다.

$\tau_E \le \dfrac{R_{eH}}{2\sqrt{3}}$ 인 경우 $\tau_C = \tau_E$

$\tau_E > \dfrac{R_{eH}}{2\sqrt{3}}$ 인 경우 $\tau_C = \dfrac{R_{eH}}{\sqrt{3}}\left(1 - \dfrac{R_{eH}}{4\sqrt{3}\tau_E}\right)$

τ_E : 오일러(Euler)의 전단좌굴 응력(N/mm^2)으로 다음에 따른다.

$$\tau_E = 0.9 k_t E \left(\frac{t_w}{10^3 C}\right)^2$$

k_t : 계수로서 6.34 로 한다.

t_w : 파형격벽의 웨브 순 두께 (mm)

C : 파형격벽의 웨브의 폭(m)으로, 6**장 2절 그림 2** 에 의한다.

제 4 절 1차 지지부재

기호

이 절에서 정의하지 않은 기호에 대해서는 **1장 4절**에 따른다.

L_2 : 규칙에 의한 길이. 단, 300m 이상일 경우는 300m 로 한다.

I_Y : 선체 횡단면의 수평중립축에 대한 순단면 2차모멘트(m^4)로서, **5장 1절 [1.5]**에 따른다. 모든 선체 구조부재에 대해서 제공총두께에서 0.5tc 만큼 두께를 감소시켜 계산한다.

I_Z : 선체 횡단면의 수직중립축에 대한 순단면 2차모멘트(m^4)로서, **5장 1절 [1.5]**에 따른다. 모든 선체 구조부재에 대해서 제공총두께에서 $0.5t_C$ 만큼 두께를 감소시켜 계산한다.

N : **1장 4절 [4]**에 정의하는 참조 좌표계에서의 순선체 횡단면의 중심위치의 Z 좌표(m)이다. 순선체 횡단면은 **5장 1절 [1.2]**에 따르며, 모든 선체 구조부재에 대해서 제공 총두께에서 $0.5\ t_C$ 만큼 두께를 감소시켜 고려한다.

p_S, p_W : 비손상상태에서의 정수압, 파랑변동압(kN/m^2)으로 **[2.1.2]**에 따른다.

σ_X : **[2.1.5]**에 정의된 법선응력 (kN/m^2)

s : 1차 지지부재 사이의 간격(m)

ℓ : 1차 지지부재의 스팬으로, 해당 부재를 지지하는 부재사이의 거리(m)로서, **3장 6절 [5.3]**에 따른다.

h_w : 웨브 높이(mm)

t_w : 웨브 순두께(mm)

b_f : 면재의 폭(mm)

t_f : 면재의 순두께(mm)

b_p : 1차지지부재의 부착판의 항복강도 평가시에 고려하는 폭(m)으로, **3장 6절 [4.3]**에 따른다.

w : 폭(b_p)의 부착판을 포함하는 1차 지지부재의 순단면계수(cm^3)로서 **3장 6절 [4.4]**에 따른다.

A_{Sh} : 순전단면적(cm^2)으로서 **3장 6절 [5.5]**에 따른다.

m : 계수로서 10으로 한다.

τ_a : 허용 전단응력으로서 다음에 따른다.

$$\tau_a = 0.4R_Y$$

k : **1장 4절 [2.2.1]**에 정의된 재료계수

x, y, z : 평가하고 있는 점의 **1장 4절**에 규정하는 참조좌표계에서의 X, Y 및 Z 좌표(m)

1. 일반 사항

1.1 적 용

1.1.1

이 절의 규정은 면외압 및 종강도에 기여하는 부재에 있어서는 선체거더 법선응력에 대한 기둥 및 1차 지지부재의 강도평가에 적용한다. 집중하중을 받는 부재에 대해서도 항복강도 평가를 수행하여야 한다.

1.2 길이(L) 150m 미만 선박의 1차 지지부재

1.2.1

길이(L) 150m 미만 선박의 1차 지지부재에 대해서는 **[2], [4]**의 규정에 따라 강도평가를 수행하여야 한다.

1.2.2

[1.2.1]의 규정에도 불구하고, 1차 지지부재의 강도평가는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 직접 강도평가 방법에 따라 수행을 할 수가 있다.

1.3 길이 150m 이상 선박의 1차 지지부재

1.3.1

길이 150m 이상 선박의 1차 지지부재에 대해서는 **7장**에 규정하는 직접강도계산에 의해 강도평가를 수행하여야 한다. BC-A 및 BC-B 선박의 1차 지지부재는 **[3], [4]**의 규정을 만족하여야 한다.

1.4 순 치수

1.4.1

이 절에서 규정하는 모든 부재치수는 **3장 2절**에 의한 순판두께로서 어떤 부식추가도 포함하지 않은 것으로 한다. 총 판두께에 대해서는 **3장 2절 [3]**의 규정을 따른다.

1.5 1차 지지부재 웨브의 최소 순두께

1.5.1

1차 지지부재 웨브의 순두께(mm)는 $0.6\sqrt{L_2}$ 이상이어야 한다.

2. 길이 150m 미만 선박의 1차 지지부재 치수

2.1 하중 모델

2.1.1 일 반

비손상 상태에 있어서 해수, 화물 및 밸러스트에 의해 발생하는 정적 및 동적압력은 고려하는 1차 지지부재의 장소 및 인접하는 구획의 종류에 따라 검토하여야 한다.

파랑에 의한 면외압력 및 선체거더하중에 대해서는 **4장 4절**에 규정하는 10^{-8} 확률수준에 대응하는 서로 독립된 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2를 고려하여야 한다.

2.1.2 비손상 상태에서의 면외압력

비손상 상태에서의 면외압력은 정적 및 동적압력으로 구성된다.

정적압력(p_S)은 다음의 압력을 포함한다.

- **4장 5절 [1]**에 따른 정수압
- **4장 6절**에 따른 화물 및 밸러스트 정적압력

동적압력(p_W)은 하중상태 H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1 및 P2에 대해서 각각 다음의 압력을 포함한다.

- **4장 5절 [1]**에 따른 변동압
- **4장 6절**에 따른 화물 및 밸러스트에 의한 동적압력

2.1.3 외 판

외판에 대한 정수압 및 변동압은 다음에 열거하는 면외압력을 각각 단독으로 고려하여야 한다.

- 정수압 및 파랑 변동압
- 외판에 인접하는 구획의 적재물에 의한 정적 및 동적압력

단, 외판에 인접하는 구획에 액체를 적재하는 경우에는 외수압만을 고려한다.

2.1.4 외판 이외의 부재

인접하는 구획의 경계로 되는 판부재에 고려되는 정적 및 동적압력은 2개의 구획에 각각 작용하는 압력을 별도로 고려하여야 한다.

2.1.5 법선 응력

종강도에 기여하는 1차 지지부재의 강도평가의 경우에 고려되는 법선응력 σ_X (N/mm^2)는 새깅 및 호깅의 각각의 상태에 있어서, 다음식에 의한 값의 최대값으로 한다.

$$\sigma_X = \left[C_{SW} \left| \frac{M_{SW}}{I_Y} \right| (z-N) + C_{WV} \left| \frac{M_{WV}}{I_Y} \right| (z-N) - C_{WH} \left| \frac{M_{WH}}{I_Z} \right| y \right] 10^{-3}$$

여기서,

M_{SW} : 호깅 및 새깅상태에서의 허용 정수중 굽힘모멘트 (kN.m)

M_{WV} : 호깅 및 새깅상태에서의 파랑 종굽힘모멘트(kN.m)로서, **4장 3절**에 따른다.

M_{WH} : 수평 굽힘모멘트(kNm)로서, **4장 3절**에 따른다.

C_{SW} : 하중의 조합계수로서, **표 1**에 의한 값.

C_{WV}, C_{WH} : **4장 4절 [2.2]**에 따른 조합계수로서, **표 1**에 의한 값.

표 1: 조합 계수 C_{SW}, C_{WV} 및 C_{WH}

하중 조건	호 깅			새 깅		
	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}	C_{SW}	C_{WV}	C_{WH}
H1	비 적용			-1	-1	0
H2	1	1	0	비 적용		
F1	비 적용			-1	-1	0
F2	1	1	0	비 적용		
R1	1	0	$1.2-\frac{T_{LC}}{T_S}$	-1	0	$1.2-\frac{T_{LC}}{T_S}$
R2	1	0	$\frac{T_{LC}}{T_S}-1.2$	-1	0	$\frac{T_{LC}}{T_S}-1.2$
P1	1	$0.4-\frac{T_{LC}}{T_S}$	0	-1	$0.4-\frac{T_{LC}}{T_S}$	0
P2	1	$\frac{T_{LC}}{T_S}-0.4$	0	-1	$\frac{T_{LC}}{T_S}-0.4$	0

2.2 중심선 거더 및 측 거더

2.2.1 웨브의 순두께

이중저구조의 중심선거더 및 측거더의 순두께(mm)는 t_1, t_2 및 t_3 중 가장 큰값 이상이어야 한다.

$$t_1 = C_1 \frac{pS|x-x_c|}{(d_0-d_1)\tau_a}\left\{1-4\left(\frac{y}{B_{DB}}\right)^2\right\}$$

여기서,

$$t_2 = 1.75 \times \sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_1^{'}} t_1}$$

$$t_3 = \frac{C_1^{''} a}{\sqrt{k}}$$

여기서,

$|x-x_c|$: 각 화물창의 중앙에서 고려하는 위치까지의 선박의 길이방향의 거리(m). 단, $0.25\ell_{DB}$ 미만의 경우는 $0.25\ell_{DB}$ 로 한다.

p : 이중저에 작용하는 압력 차(kN/m²)로서, 다음에 따른다.

$$p = \left| \left(p_{s,IB} + p_{w,IB}\right) - \left(p_{s,BM} + p_{w,B}\right) \right|$$

$p_{S,IB}$: 내저판에 작용하는 화물 또는 밸러스트에 의한 정압(KN/m²)으로 **4장 6절**에 따른다. 고려하는 화물창의 이중저 중앙부에서의 값으로 한다.

$p_{W,IB}$: 내저판에 작용하는 화물 또는 밸러스트에 의한 동적압력(KN/m²)으로 **4장 6절**에 따른다. 고려하는 화물창의 이중저 중앙부에서의 값으로 한다.

$p_{S,BM}$: 선저외판에 작용하는 해수 및 밸러스트에 의한 정압(KN/m²)으로 **4장 6절**에 따른다. 고려하는 화물창의 이중저 중앙부에서의 값으로 한다.

$p_{W,BM}$: 선저외판에 작용하는 해수 및 밸러스트에 의한 변동압(KN/m²)으로 **4장 6절**에 따른다. 고려하는 화물창의 이중저 중앙부에서의 값으로 한다.

S : 고려하는 중심선 거더 또는 측거더에 인접하는 거더 사이의 거리(m)로서, 좌우 양측의 거더까지 거리의 평균값으로 한다.

d_0 : 고려하는 중심선 거더 또는 측거더의 깊이(m)

d_1 : 고려하는 위치에 있어서 개구의 깊이(m)

ℓ_{DB} : 이중저의 길이(m). 횡격벽에 스툴이 있는 경우, ℓ_{DB}는 토우사이의 거리로 한다.

x_c : **1장 4절**에 정의된 참조좌표계에 따른 고려하는 이중저 중앙부의 x 좌표(m)

B_{DB} : 중앙부에서의 이중저의 폭으로 호퍼탱크의 토우사이의 거리(**그림 3** 참조)

C_1 : B_{DB}/ℓ_{DB}에 따라 **표 2**에 의해 정해지는 계수. B_{DB}/ℓ_{DB}의 중간값의 경우에 C_1는 보간법으로 구한다.

a : 고려되는 위치에서의 거더의 깊이(m). 단, 거더에 수평보강재가 설치된 경우 a는 수평보강재와 선저외판 또는 내저판사이의 거리(m), 또는 해당 보강재사이의 거리로 한다.

S_1 : 중신선거더 또는 측거더의 수직보강재 또는 늑판의 간격(m)

C_1' : S_1/a에 따라 **표 3**에 의해 정해지는 계수. S_1/a가 표의 중간값인 경우에는 보간법으로 구한다.

H : 다음 식에 의한 값

- $H = 1 + 0.5\dfrac{\phi}{\alpha}$: 거더에 보강되지 않는 개구를 설치하는 경우
- $H = 1.0$: 그 밖의 경우

ϕ : 개구의 큰쪽 직경(m)

α : a와 S_1중 큰 값(m)

C_1'' : S_1/a에 따라 **표 4**에 의해 정해지는 계수. S_1/a가 표의 중간값인 경우에는 보간법으로 구한다.

표 2: 계수 C_1

B_{DB}/ℓ_{DB}	0.4이하	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6이상
C_1	0.5	0.71	0.83	0.88	0.95	0.98	1.00

표 3: 계수 $C_1^{'}$

$\frac{S_1}{a}$	0.3이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4이상
$C_1^{'}$	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

표 4: 계수 $C_1^{''}$

$\frac{S_1}{a}$		0.3 이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6이상
$C_1^{''}$	중심선 거더	4.4	5.4	6.3	7.1	7.7	8.2	8.6	8.9	9.3	9.6	9.7
	측거더	3.6	4.4	5.1	5.8	6.3	6.7	7.0	7.3	7.6	7.9	8.0

2.3 늑 판

2.3.1 웨브의 순두께

이중저구조 늑판의 순두께는 다음의 t_1, t_2 및 t_3 중 가장 큰값 이상이어야 한다.

$$t_1 = C_2 \frac{pSB_{DB}}{(d_0 - d_1)\tau_a}\left(\frac{2|y|}{B_{DB}^{'}}\right)\left\{1 - 2\left(\frac{x - x_c}{l_{DB}}\right)^2\right\}$$

여기서,

$|x - x_c|$가 $0.25\ell_{DB}$ 미만의 경우는 $|x - x_c|$는 $0.25\ell_{DB}$로, $|y|$가 $B_{DB}^{'}/4$ 미만의 경우는 $|y|$는 $b^{'}/4$로 한다.

$$t_2 = 1.75 \times \sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_2^{'}} t_1}$$

$$t_3 = \frac{8.5S_2}{\sqrt{k}}$$

여기서,

$|x - x_c|$: 각 화물창의 중앙에서 고려하는 위치까지의 선박의 길이방향의 거리(m). 단, $0.25\ell_{DB}$ 미만의 경우는 $0.25\ell_{DB}$ 로 한다.

y : 고려하는 늑판에 있어서 선체중심선에서 고려하는 위치까지의 선폭방향의 거리(m). 단, $B_{DB}^{'}/4$ 미만의 경우는 $B_{DB}^{'}/4$로 한다.

S : 늑판의 간격(m)

d_0 : 고려하는 위치에서의 늑판의 깊이(m)

d_1 : 고려하는 위치에서 개구의 깊이(m)

$B_{DB}^{'}$: 고려하는 늑판의 내저판 상면에서의 이중저의 폭으로, 호퍼탱크의 내단(토우) 사이의 거리(m).

C_2 : B_{DB}/ℓ_{DB} 에 따라 **표 5**에 의해 정해지는 계수, B_{DB}/ℓ_{DB} 가 중간의 값일 경우는 보간법에 의한다.

$p, B_{DB}, x_c, \ell_{DB}$: **[2.2.1]**의 정의에 따른다.

a : 고려하는 위치에서의 늑판의 깊이(m). 단, 늑판에 수평보강재를 설치하는 경우, a 는 해당 보강재와 선저외판 또는 내저판사이의 거리(m), 또는 해당 보강재사이의 거리로 한다.

S_1 : 늑판의 수직보강재 또는 이중저 거더의 간격(m)

$C_2^{'}$: S_1/d_0 에 따라 **표 6**에 의해 정해지는 계수. S_1/d_0 의 중간값인 경우는 보간법에 의한다.

H : 다음 식에 따른다.

a) 늑판에 보강된 개구를 설치하는 경우 또는 개구가 없는 경우

1) 보강되지 않은 슬롯를 설치하는 경우 :

$$H = \sqrt{4.0\frac{d_2}{S_1} - 1.0} \quad \text{단, } H = 1.0 \text{ 이상}$$

2) 보강된 슬롯을 설치하는 경우 : $H = 1.0$

b) 늑판에 보강되지 않은 개구를 설치하는 경우

1) 보강되지 않은 슬롯를 설치하는 경우 :

$$H = \left(1 + 0.5\frac{\phi}{d_0}\right)\sqrt{4.0\frac{d_2}{S_1} - 1.0} \quad \text{단, } 1+0.5\frac{\phi}{d_0} \text{ 이상}$$

2) 보강된 슬롯를 설치하는 경우 : $H = 1 + 0.5\frac{\phi}{d_0}$

d_2 : 보강되지 않은 슬롯의 깊이(m)로서, 늑골의 상하에 설치되어 있는 슬롯으로서, 큰쪽의 값으로 한다.

ϕ : 개구의 큰쪽 직경(m)

S_2 : S_1과 a 중 작은 값(m)

표 5: 계수 C_2

$\frac{B_{DB}}{\ell_{DB}}$	0.4이하	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6이상
C_2	0.48	0.47	0.45	0.43	0.40	0.37	0.34

표 6: 계수 $C_2^{'}$

S_1/d_0	0.3이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4이상
$C_2^{'}$	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

2.4 이중 선측구조의 스트링거

2.4.1 웨브의 순두께

이중 선측구조의 스트링거의 순두께는 다음의 t_1, t_2 및 t_3 중 가장 큰 값 이상이어야 한다.

$$t_1 = C_3 \frac{pS|x - x_c|}{(d_0 - d_1)\tau_a} \qquad t_3 = \frac{8.5S_2}{\sqrt{k}}$$

여기서,

$|x - x_c|$: 각 화물창의 중앙에서 고려하는 위치까지의 선박의 길이방향의 거리(m). 단, $0.25\ell_{DB}$ 미만의 경우는 $0.25\ell_{DB}$ 로 한다.

p : 이중 선측부에 있어서의 압력 차(kN/m²)로서, 다음에 따른다.

$$p = \left|(p_{S,SS} + p_{W,SS}) - (p_{S,LB} + p_{W,LB})\right|$$

$p_{S,SS}$: 선측외판에 작용하는 해수 및 밸러스트에 의해 발생하는 정압(kN/m²)으로서, **4장 6절**에 따른다. 하중은 빌지호퍼 상단부에서 이중선측의 길이 ℓ_{DS} 의 중앙부에서의 값으로 한다.

$p_{W,SS}$: 선측외판에 작용하는 해수 및 밸러스트에 의해 발생하는 변동압(kN/m²)으로서, **4장 6절**에 따른다. 하중은 빌지호퍼 상단부에서 이중선측의 길이 ℓ_{DS} 의 중앙부에서의 값으로 한다.

$p_{S,LB}$: 종격벽에 작용하는 밸러스트에 의해 발생하는 정압(kN/m²)으로서, **4장 6절**에 따른다. 하중은 빌지호퍼 상단부에서 이중선측의 길이 ℓ_{DS} 의 중앙부에서의 값으로 한다.

$p_{W,LB}$: 종격벽에 작용하는 밸러스트에 의해 발생하는 변동압(kN/m²)으로서, **4장 6절**에 따른다. 하중은 빌지호퍼 상단부에서 이중선측의 길이 ℓ_{DS} 의 중앙부에서의 값으로 한다.

S : 스트링거가 지지하는 부분의 폭(m)

d_0 : 스트링거의 깊이(m)

d_1 : 고려하는 위치에서의 개구의 깊이(m)

x_c : **1장 4절**에서 정의된 좌표계에 따른 이중선측 중심에서의 x 좌표(m)

ℓ_{DS} : 고려하는 이중선측내의 횡격벽 사이의 거리(m)

h_{DS} : 고려하는 이중선측의 높이(m)로서, 빌지호퍼의 상단과 톱사이드 탱크의 하단 사이의 거리(m)

C_3 : h_{DS}/ℓ_{DS} 에 따라 **표 7** 에 의해 정해지는 계수. h_{DS}/ℓ_{DS} 의 중간값인 경우는 보간법에 의한다.

a : 고려하는 위치에서의 스트링거의 깊이(m). 단, 스트링거에 종방향 보강재를 설치하는 경우, a 는 해당 보강재와 선측외판 또는 종격벽사이의 거리 또는 해당 보강재 사이의 거리.로 한다.

S_1 : 스트링거의 선폭방향에 설치하는 보강재 간격(m)

C_3' : S_1/a 에 따라 **표 8**에 의해 정해지는 계수. S_1/a 의 중간값의 경우는 보간법에 의한다.

H : 다음 식에 따른다.

- $H = 1 + 0.5\dfrac{\phi}{\alpha}$: 스트링거에 보강되지 않는 개구를 설치하는 경우
- $H = 1.0$: 그 밖의 경우

ϕ : 개구의 큰쪽 직경(m)

α : a 또는 S_1 중 큰 값(m)

S_2 : a 또는 S_1 중 작은 값(m)

표 7: 계수 C_3

$\dfrac{h_{DS}}{\ell_{DS}}$	0.5이하	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3이상
C_3	0.16	0.23	0.30	0.36	0.41	0.44	0.47	0.50	0.54

표 8: 계수 C_3'

$\dfrac{S_1}{a}$	0.3이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4이상
C_3'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

2.5 이중 선측구조의 횡늑골

2.5.1 웨브의 순두께

이중 선측구조의 선측 횡늑골의 순두께는 t1, t2 및 t3의 값 중에서 가장 큰 값 이상이어야 한다.

$t_1 = C_4 \dfrac{pSh_{DS}}{(d_0 - d_1)\tau_a}\left(1 - 1.75\dfrac{z - z_{BH}}{h_{DS}}\right)$, 여기서 $z - z_{BH} >$ $0.4h_{DS}$ 이면, $z - z_{BH}$ 는 $0.4h_{DS}$

$$t_2 = 1.75 \times \sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_4'} t_1}$$

$$t_3 = \frac{8.5 S_2}{\sqrt{k}}$$

여기서,

$z - z_{BH}$: 각 화물창의 빌지호퍼 상단에서 고려하는 위치까지의 깊이 방향의 거리(m). 단, $0.4h_{DS}$ 를 초과하는 경우에는 $0.4h_{DS}$ 로 한다.

S : 트랜스버스가 지지하는 부분의 폭(m)

d_0 : 트랜스버스 깊이(m)

d_1 : 고려하는 위치에서의 개구의 깊이(m)

C_4 : h_{DS}/ℓ_{DS} 에 따라 **표 9**에 의해 정해지는 계수. h_{DS}/ℓ_{DS} 가 중간의 값인 경우는 보간법에 의한다.

z_{BH} : 빌지호퍼 상단의 **1장 4절**에서 정의된 좌표계에 따른 Z 좌표(m)

p, h_{DS} 및 ℓ_{DS} : **[2.4.1]**에 따른다.

a : 고려하는 위치에서 트랜스버스의 깊이(m). 단, 트랜스버스에 수직 보강재를 설치하는 경우, a 는 해당 보강재와 선측외판 또는 종격벽까지의 거리 또는 해당 휨보강재 사이의 거리(m)로 한다.

S_1 : 트랜스버스의 수평 보강재의 간격(m)

C_4' : S_1/a 에 따라 **표 10**에 의해 정해지는 계수. S_1/a 의 중간값인 경우는 보간법에 의한다.

H : 다음 식에 따른다.

- $H = 1 + 0.5\dfrac{\phi}{\alpha}$: 트랜스버스에 보강되지 않는 개구를 설치하는 경우
- $H = 1.0$: 그 밖의 경우

ϕ : 개구의 최대 직경(m)

α : a 또는 S_1 중 큰 값(m)

S_2 : a 또는 S_1 중 작은 값(m)

표 9: 계수 C_4

$\dfrac{h_{DS}}{\ell_{DS}}$	0.5이하	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3이상
C_4	0.62	0.61	0.59	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41

표 10: 계수 C_4'

$\dfrac{S_1}{a}$	0.3이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4이상
C_4'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

2.6 빌지호퍼탱크, 톱사이드탱크 및 그 밖의 구조의 1차지지부재

2.6.1 하중 평가위치

수평부재의 경우에 대해서는 특별히 규정하는 경우를 제외하고, 고려하는 1차 지지부재의 스팬 중앙에서의 하중을 고려하여야 한다. 수직부재의 경우에 대해서는 고려하는 1차 지지부재의 스팬 중앙에서의 값과 다음식에 의한 값 중 큰쪽의 값을 고려하여야 한다.

- $p = \dfrac{p_U + p_L}{2}$: 수직부재의 상단의 위치가 압력이 0 인 위치보다 하방에 있는 경우
- $p = \dfrac{\ell_1}{\ell}\dfrac{p_L}{2}$: 수직부재의 상단이 압력이 0 인 위치이거나 상방에 있는 경우 (**그림 1**참조)

여기서,

ℓ_1 : 수직부재의 하단과 압력이 0 인 위치 사이의 거리(m)

p_U, p_L : 수직부재 상, 하단부에 있어서의 면외하중(kN/m²)

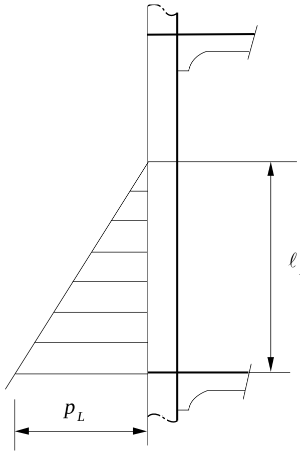


그림 1: 수직부재의 하중

2.6.2 경계조건

이 규정은 양단이 고정단인 1차 지지부재에 적용한다. 이것과 다른 경계조건의 1차 지지부재의 항복강도평가는 경우에 따라서 검토를 행하여야 한다.

2.6.3 순단면계수 및 순전단면적

면외압력이 작용하는 1차 지지부재의 순단면계수 w (cm^3) 순전단면적 A_{sh} (cm^2) 및 웨브의 순두께 t_w (mm)는 아래 식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$w = \frac{(p_S + p_W)s\ell^2}{m\lambda_S R_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5(p_S + p_W)s\ell}{\tau_a \sin\phi}$$

$$t_w = 1.75 \cdot \sqrt[3]{\frac{h_w \tau_a}{10^4\ C_5} A_{sh}}$$

여기서,

λ_S : **표 11**에서 정의된 계수

ϕ : 1차 지지부재의 웨브와 해당 지지부재의 부착판과의 각도(deg)로서, 해당 지지부재 스팬의 중앙에서의 값으로 한다. ϕ가 75도 미만일 경우에는 보정하여야 한다.

C_5 : s_1 및 d_0 에 따라 **표 12**에 의해 정해지는 계수. s_1/d_0의 중간값인 경우는 보간법에 의한다.

k : S_1과 d_0에 따라 **표 12**에 의해 정해지는 계수. S_1/a 의 중간값인 경우는 보간법에 의한다.

S_1 : 웨브 보강재 또는 웨브에 설치된 트리핑 브래킷 간격(m)

d_0 : 판부재에 평행한 웨브 보강재 간격(m)

표 11: 계수 λ_S

1차 지지부재	계수 λ_S
종강도에 기여하는 종방향부재	$1.1\left(1.0-0.85\left\|\frac{\sigma_X}{R_Y}\right\|\right)$, 0.8 이하의 값으로 한다.
상기 이외의 부재	0.8

표 12: 계수 C_5

s_1/d_0	0.3이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	2.0이상
C_5	60.0	40.0	26.8	20.0	16.4	14.4	13.0	12.3	11.1	10.2

3. BC-A, BC-B 선박의 1차 지지부재에 대한 추가요건

3.1 침수시의 이중저 강도평가

3.1.1 이중저의 전단능력

이중저의 전단능력은 다음의 늑판 및 거더의 양단부에 있어서 전단능력의 합으로서 계산한다.

- 양현 호퍼탱크에 인접한 모든 늑판. 다만, 횡격벽 하부스툴 또는 스툴이 없는 경우는 횡격벽에 인접하는 2개의 늑판(**그림 2** 참조)에 대해서는 1/2의 강도로서 평가한다. 늑판의 전단강도는 **[3.1.2]**에 따른다.
- 횡격벽의 하부스툴 또는 스툴이 없는 경우는 횡격벽의 하부에 있는 모든 이중저 거더. 거더의 전단강도는 **[3.1.3]**에 따른다.

화물창단부에 있어서 거더 또는 늑판이 경계로 되는 스툴하부의 늑판 또는 빌지호퍼 내단의 거더에 도달하지 않는 경우의 강도는 경계까지 도달하고 있는 단부만으로 평가하여야 한다.

고려되어야 할 늑판 및 거더는 빌지호퍼 및 스툴(스툴이 없는 경우는 횡격벽)로서 폐위되는 범위 내에 있는것으로 하여야 한다. 빌지호퍼 내단의 측거더 및 내저판과 스툴(스툴이 없는 경우는 횡격벽)의 접합부 하단의 늑골은 포함하지 않는다.

이중저의 형상 또는 구조적 배치가 앞의 내용에 적합하지 않는 경우의 이중저의 전단능력은 7장에서 규정하는 직접강도계산에 의해 계산하여야 한다.

3.1.2 늑판의 전단강도

늑판의 전단강도(kN)는 다음 식에 따른다.

- 빌지호퍼 내단의 거더에 접하는 늑판 패널

$$S_{f1} = A_f \frac{\tau_A}{\eta_1} 10^{-3}$$

- 거더와 늑판으로 폐위되는 구획의 일부(이하 간단히 베이라 한다.)에 있어서 가장 선측의 장소에 개구를 설치한 늑판의 패널

$$S_{f2} = A_{f,h} \frac{\tau_A}{\eta_2} 10^{-3}$$

여기서,

A_F : 빌지호퍼에 접하는 부분에 있어서 늑판패널의 순단면적(㎟)

$A_{F,H}$: 가장 선측의 베이에 개구를 설치한 경우의 개구부에 있어서 늑판패널의 순단면적(㎟)

τ_A : 허용 전단응력(N/㎟)으로 다음 중 작은 값으로 한다.

$$\tau_A = 0.645 \frac{R_{eH}^{0.6}}{(s/t_N)^{0.8}} \quad 및 \quad \tau_A = \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}}$$

t_N : 늑판의 순두께(㎜)

s : 고려하는 패널의 보강재 간격(m)

η_1 : 계수로서 1.1로 한다.

η_2 : 계수로서 1.2로 한다. 다만, 우리 선급이 인정하는 보강을 행한 경우는 1.1로 할 수 있다.

3.1.3 거더의 전단강도

거더의 전단강도(kN)는 다음 식에 따른다.

- 스툴(스툴이 없는 경우 횡격벽) 하부의 늑판에 도달하는 거더패널

$$S_{g1} = A_g \frac{\tau_A}{\eta_1} 10^{-3}$$

- 가장 전방 또는 후방의 베이에 개구를 설치한 거더의 패널

$$S_{g2} = A_{g,h} \frac{\tau_A}{\eta_2} 10^{-3}$$

여기서,

A_g : 스툴(스툴이 없는 경우 횡격벽)에 인접한 거더의 순단면적(㎟)

$A_{g,h}$: 가장 전방 또는 후방의 베이에 개구를 설치한 경우의 개구부에 있어서 거더의 순단면적(㎟)

τ_A : 허용 전단응력(kN/㎡)으로 **[3.1.2]**에 따른다. 단, t_N 은 거더의 순두께로 치환한다.

η_1 : 계수로서 1.1로 한다.

η_2 : 계수로서 1.15로 한다. 다만, 우리 선급이 적절하다고 인정하는 보강을 행한 경우는 1.1로 할 수 있다.

3.1.4 화물창의 허용 적재중량

화물창의 허용 적재중량(ton)은 다음 식에 따른다. 단, 어떤 경우에도 비 침수시의 계획 최대적재중량을 초과하여서는 아니된다.

$$W = \rho_C V \frac{1}{F}$$

여기서,

F : 계수로서 다음과 같다.

- F=1.1 : 일반적인 경우
- F=1.05 : 강재 화물인 경우

V : 높이 h_B 까지 균일 적재한 상태에 있어서 화물의 적재용적(m^3)

h_B : 화물의 적재높이로서 다음식에 따른다.

$$h_B = \frac{X}{\rho_C g}$$

X : 압력으로서 다음에 따른다.

- 산적 건화물의 경우 다음 식에 의한 값 중 작은 값

$$X = \frac{Z + \rho g (z_F - 0.1 D_1 - h_F)}{1 + \frac{\rho}{\rho_C}(perm - 1)}$$

$$X = Z + \rho g (z_F - 0.1 D_1 - h_F\, perm)$$

- 강재 화물등의 경우

$$X = \frac{Z + \rho g (z_F - 0.1 D_1 - h_F)}{1 - \frac{\rho}{\rho_C}}$$

D_1 : 선박의 깊이로서, 선측에서 기준선부터 건현갑판까지의 거리(m).

h_F : 고려하는 점에 있어서 침수수두(m)로서, 선체의 트림 및 횡경사가 없는 상태에 있어서 계산점에서 화물창의 침수깊이 z_F (m)까지의 수직거리.

z_F : **4장 6절 [3.4.3]**에 따른 침수깊이(m).

$perm$: 침수율로서 0.3을 초과 할 필요가 없다.

Z : 압력(kN/m^2)으로서 다음 식에 의한 값 중 작은 값

- $Z = \dfrac{C_H}{A_{DB,H}}$
- $Z = \dfrac{C_E}{A_{DB,E}}$

C_H : **[3.1.1]**에 따른 이중저의 전단능력(kN)으로서, 늑판에 대해서는 전단강도 S_{f1} 과 S_{f2} (**[3.1.2]** 참조) 중 작은 값을 한다. 거더에 대하여는 전단강도 S_{g1}과 S_{g2} (**[3.1.3]** 참조) 중 작은 값을 고려한다.

C_E : **[3.1.1]**에 따른 이중저의 전단능력(kN)으로서, 늑판에 대해서는 전단강도 S_{f1} (**[3.1.2]** 참조)과 거더에 대하여는 전단강도 S_{g1} 과 S_{g2} (**[3.1.3]** 참조) 중 작은 값을 고려한다.

- $A_{DB,H} = \sum_{i=1}^{n} S_i B_{DB,i}$
- $A_{DB,H} = \sum_{i=1}^{n} S_i (B_{DB} - s)$

n : 스툴(스툴이 없는 경우 횡격벽) 사이의 늑판의 수

S_i : i 번째 늑판이 지지하는 면재의 폭(m)

$B_{DB,i}$: 길이(m)로서 다음에 따른다.

- $B_{DB,i} = B_{DB,i} - s$: 늑판이 $S_{f1} < S_{f2}$ 일 경우 (**[3.1.2]** 참조)
- $B_{DB,i} = B_{DB,h}$: 늑판이 $S_{f1} \geq S_{f2}$ 일 경우 (**[3.1.2]** 참조)

B_{DB} : 빌지호퍼사이의 이중저의 나비(m). (**그림 3** 참조)

$B_{DB,h}$: 두개의 개구 사이의 거리(m). (**그림 3** 참조)

s : 빌지호퍼에 인접한 내저판 종늑골의 간격(m).

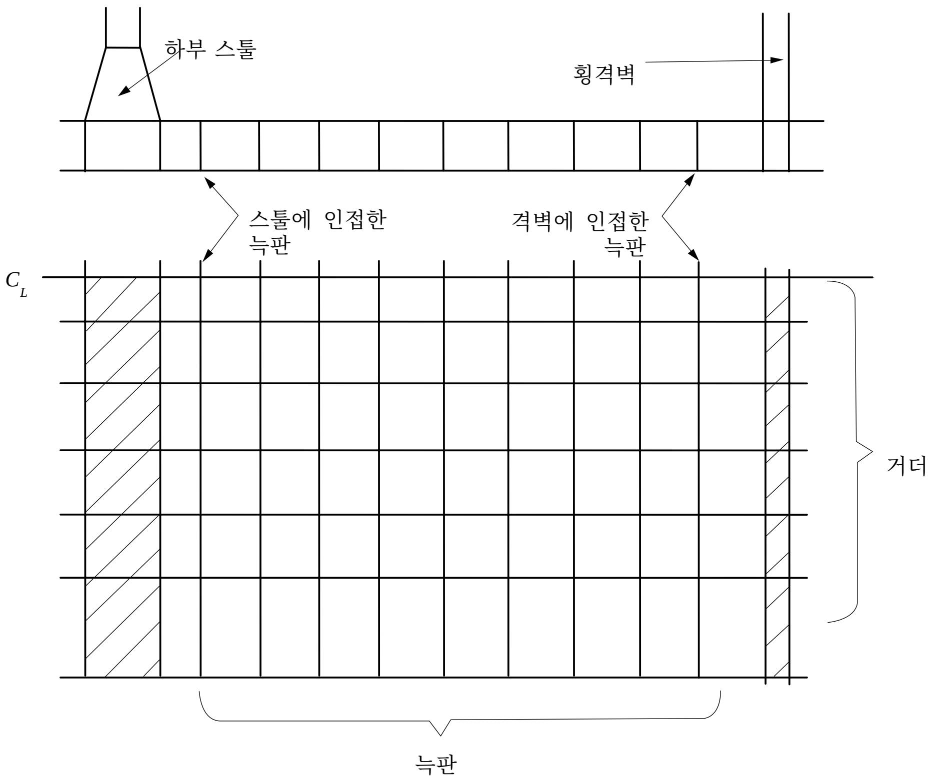


그림 2: 이중저 구조

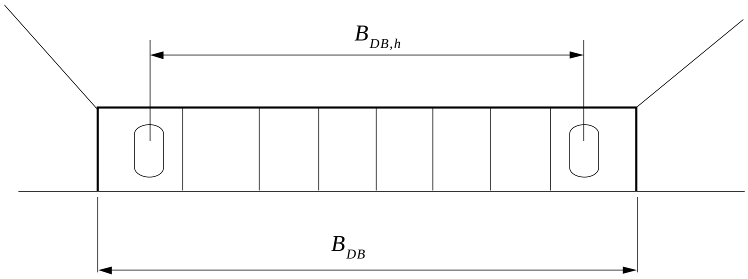


그림 3: B_{DB} **및** $B_{DB,h}$ **의 치수**

4. 필 러

4.1 압축 축 하중에 의한 필러의 좌굴

4.1.1 일 반

필러에 작용하는 압축응력은 **[4.1.2]**의 규정에 의한 임계기둥(Critical Column) 좌굴응력 이하 이어야 한다.

4.1.2 필러의 임계기둥 좌굴응력

필러의 임계기둥 좌굴응력(N/mm^2)은 다음식에 따른다.

$\sigma_{E1} \le \dfrac{R_{eH}}{2}$ 일때 $\sigma_{cB} = \sigma_{E1}$

$\sigma_{E1} > \dfrac{R_{eH}}{2}$ 일때 $\sigma_{cB} = R_{eH}\left(1 - \dfrac{R_{eH}}{4\sigma_{E1}}\right)$

여기서,

σ_{E1} : 오일러 기둥(Euler Column) 좌굴응력(N/mm^2)으로 다음에 따른다.

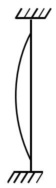
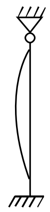
$$\sigma_{E1} = \pi^2 E \frac{I}{A(fl)^2} 10^{-4}$$

I : 필러의 최소 순단면 2차모멘트(cm^4)

A : 필러의 순 단면적(cm^2)

f : **표 13**에 의한 계수

표 13: 　계 수　f

기둥의 경계조건	f
양단 고정 	0.5
1단 고정, 1단 힌지 	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
양단 힌지 	1.0

부 록 1 – 좌굴 및 최종강도

1. 6 장 3 절의 적용

1.1 일 반

1.1.1 가변 전단응력

일정하지 않은 전단응력이 요소판 패널의 폭 b 에 작용하는 경우, 다음의 2 값 중 큰쪽의 값을 전단응력으로 하여야 한다.

- 전단응력 τ 의 평균값
- $0.5\tau_{max}$

1.1.2 요소 판패널내에서의 두께의 변화

요소 판패널 폭 b 의 범위내에서 두께가 변화하는 경우, 패널의 크기가 $a \times b'$, 두께가 얇은쪽의 두께 t_1 으로 한 등가의 패널을 이용하여 좌굴평가를 수행하는 것이 가능하다.

등가 패널의 폭은 다음식으로 정의된다.

$$b' = b_1 + b_2\left(\frac{t_1}{t_2}\right)^{1.5}$$

여기서,

b_1　: 얇은쪽의 두께 t_1 부위의 요소 판패널의 폭

b_2　: 두꺼운쪽의 두께 t_2 부위의 요소 판패널의 폭

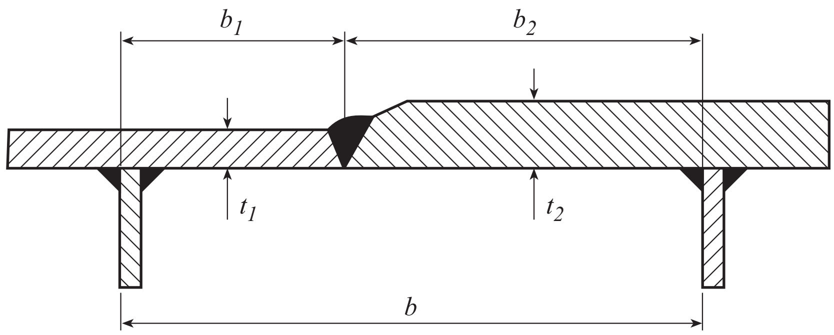


그림 1: 판 두께의 변화

1.1.3 개구를 설치한 늑판 및 거더의 평가

개구를 설치한 늑판 및 거더의 평가는 다음에 따른다.

a) 그림 2 와 같이 판요소를 여러개의 요소판패널로 분할한다.

b) 요소 판패널 및 a)에 따라 세분화한 패널에 대하여, 다음과 같은 경계조건에서 평가한다.

- 1 에서 4의 세분화한 패널의 경우 : 4변 지지로 한다.
  (**6장 3절 표 2**의 응력상태 1 및 2를 적용한다.)
- 5 와 6 의 패널의 경우 : 3변은 지지로, 나머지 1변은 자유로 한다.
  (**6장 3절 표 2**의 응력상태 3을 적용한다.)

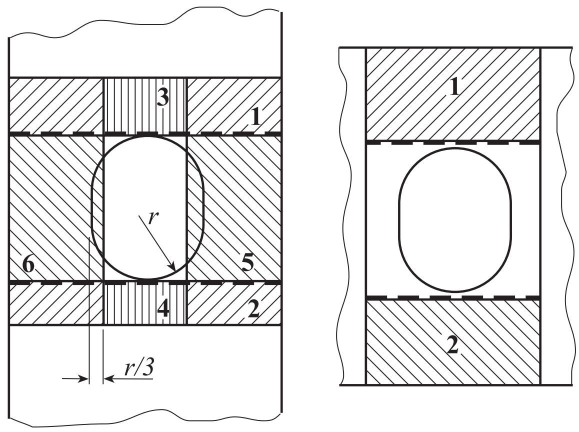


그림 2: 개구을 가지는 거더의 요소 판패널

1.2 선체 횡단면 해석에의 적용

1.2.1 이상화한 요소 판패널

요소 판패널의 좌굴강도는 **6장 3절** [2.1]에 규정하는 응력상태에 있어서, **6장 3절** [3]의 규정에 따라 평가하여야 한다. 평면패널 및 곡면패널의 좌굴계수 및 경감계수는 **6장 3절 표** 2 및 **6장 3절 표** 3에 규정한다.

좌굴계수 및 경감계수를 **6장 3절 표** 2에 의해 정하는 경우, 응력상태 및 판의 보강형식에 따라 다음의 상태를 고려하여야 한다.

- 압축응력의 경우
  1) 종식구조에 대한 응력상태 1의 경우 :
     X 방향에 작용하는 막응력 σ_x 를 **6장 3절 [2.1.2]**에 규정하는 법선응력 σ_n 로 한다.
  2) 횡식구조에 대한 응력상태 2의 경우 :
     Y 방향에 작용하는 막응력 σ_y 를 **6장 3절 [2.1.2]**에 규정하는 법선응력 σ_n 로 한다. 종횡비 α 를 산정하는 경우, α 가 1이상의 값이 되도록 패널의 a, b 값을 서로 바꿀수 있다.

- 전단응력의 경우
  1) 응력상태 5의 경우 :
     전단응력 τ를 **6장 3절 [2.1.3]**에 정의된 τ_{SF}로 한다.

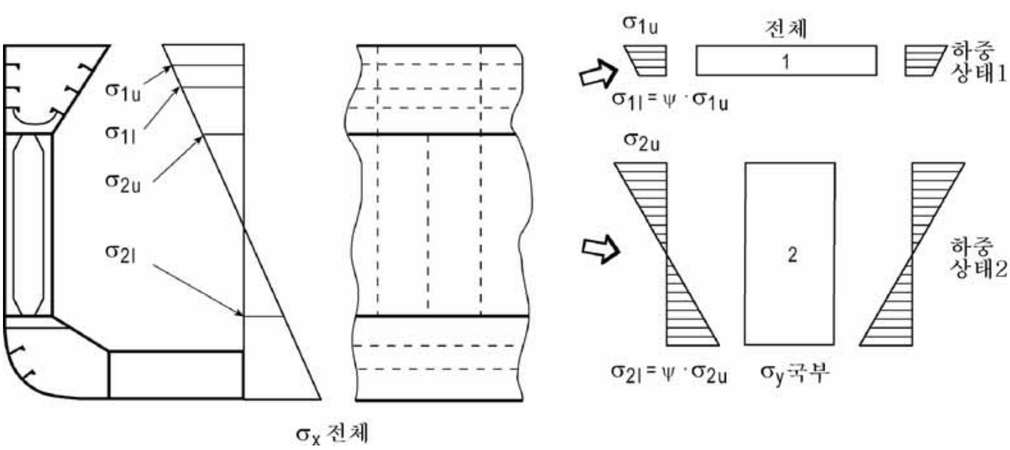


그림 3: 요소 판패널의 이상화

1.2.2 일반 보강재

부분 또는 전체 판패널의 종방향 및 횡방향 일반보강재에 대해서는 **6장 3절 [2.1]**에 정의하는 하중상태에 대해서 **6장 3절 [4]**의 규정 및 다음의 조건에 의해 좌굴강도평가를 하여야 한다.

- σ_x를 **6장 3절 [2.1.2]**에 규정하는 법선응력 σ_n 로 한다.
- $\sigma_y = 0$ 로 한다.

보강재 부착판의 유효폭에 대해서는 **6장 3절 [5]**의 규정에 따른다.

고려하는 보강재의 스팬 중앙에서의 응력 또는 인접하는 패널에 있어서 최대 압축응력의 0.5 중, 큰쪽의 응력이 균일하게 작용한다고 가정한다.

1.2.3 1차 지지부재에 평행하게 보강재를 취부하는 경우

1차 지지부재 부착판의 유효폭은 **6장 3절 [5.2]**에 따른다.

1차 지지부재의 부착판에 보강재를 해당 부재의 웨브에 평행하게 취부하는 경우, 1차지지부재의 좌굴평가는 부착판의 보강재의 단면 2차모멘트를 고려한 단면 2차모멘트 I_x에 대하여 평가한다. (**6장 3절 그림 3** 참조)

1.2.4 1차 지지부재에 수직하게 보강재를 취부하는 경우

1차 지지부재 부착판의 유효폭은 **6장 3절 [5.2]**에 따른다.

1차 지지부재의 부착판에 보강재를 해당 부재의 웨브에 수직하게 취부하는 경우, 1차지지부재의 좌굴평가는 부착판의 유효폭을 고려한 단면 2차모멘트 I_x에 대하여 평가한다.

(**6장 3절 그림 4** 참조)

1.3 직접 강도계산에의 적용

1.3.1 패널의 길이방향에 불균일 압축응력이 작용하는 경우

하중을 받지 않는 패널의 변에 있어서 압축응력이 판의 길이방향에 걸쳐 불균일하게 분포할 경우 (예 : 굽힘을 받는 종거더), 압축응력은 해당 패널의 변에 있어서 최대의 압축응력이 작용하는 쪽의 패널의 변에서 $b/2$에서의 응력으로 하여야 한다.(**그림** 4 참조) 단, 긴변방향에 따라 작용하는 압축응력의 평균값 이상 이어야 한다.

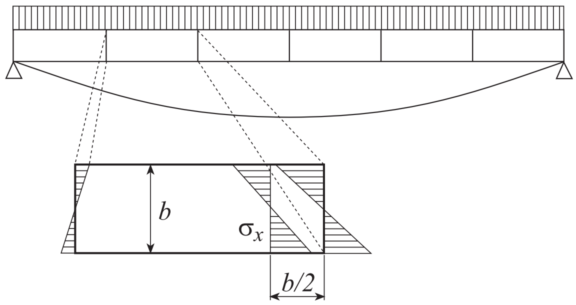


그림 4: 불균일 압축응력

1.3.2 사각형이 아닌 요소판 패널의 좌굴응력 계산

- 사각형 패널

  그림 5와 같이 불규칙한 좌굴패널을 형성하는 패널을 검토 시에는 이 형상의 면적이 최소가 되는 패널을 고려한다. 이 패널을 종횡비 및 중심이 변화하지 않게 최초 패널 과 동일한 면적이 될때까지 축소한다. 이상에 의해 긴변 a, 짧은 변 b 의 최종적인 패널을 결정한다.

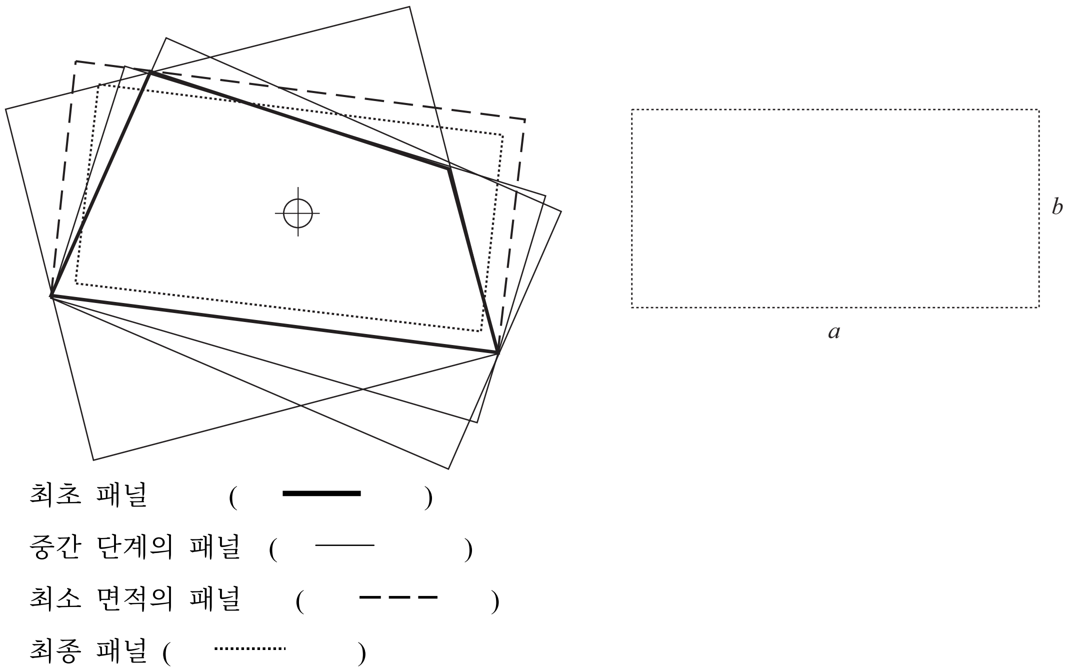


그림 5: 사각형이 아닌 요소판 패널의 추정

- 사다리꼴 요소판 패널

윗변 및 아래변의 평균값을 a 로, 원래의 패널 높이 b 를 가지는 사각의 패널로 한다.

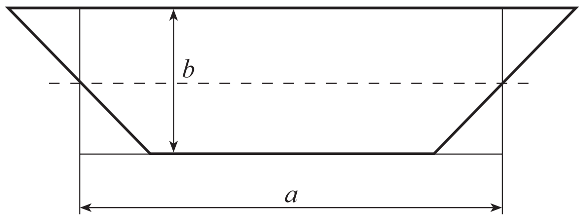


그림 6: 사다리꼴 요소판 패널의 추정

- 직각 삼각형

삼각형의 패널은 직각을 구성하는 2변을 각각 $\sqrt{0.5}$ 배 하여, 면적 및 종횡비가 동일하게 되는 사각형 패널로 한다.

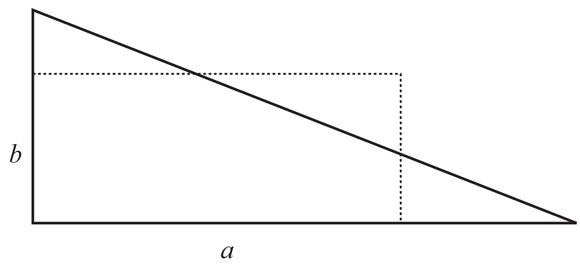


그림 7: 직각 삼각형의 추정

- 일반적인 삼각형

일반적인 삼각형은 상기 사각형 패널의 규정에 따른다.

1.3.3 선측외판의 좌굴 평가

수직방향으로 보강된 선측외판의 좌굴강도 평가에 대해서는 이하의 상태를 고려한다.

(1) 패널의 긴변방향의 압축응력 및 전단응력이 패널의 높이방향에 있어 일정한 경우

- **6장 3절 표 2**에 규정하는 응력상태 1, 2 및 5를 적용한다.
- 수평응력에 대하여는 $\psi = f(\sigma_1, \sigma_2)$ 로 한다.
- 수직응력에 대하여는 $\psi = 1.0$ 로 한다.
- 판두께는 패널의 최소두께로 한다.

(2) 요소판 패널의 긴변방향의 압축응력, 짧은변 방향의 압축응력 및 전단응력이 패널의 높이방향에 분포하는 경우, 다음의 응력상태를 각각 평가하여야 한다.

a) 패널의 긴변방향에 압축응력만 작용하는 경우

- 패널의 크기는 $b \times b$ $(\alpha = 1)$로 한다.
- $\psi = 1.0$으로 한다.
- 좌굴평가는 패널에 작용하는 최대 압축응력에 대하여 수행하여야 한다.

b) 패널의 긴변방향에 압축응력 및 전단응력이 작용하는 경우

- 패널의 크기는 $2b \times b$ $(\alpha = 2)$로 한다
- $\psi = 1.0$로 한다.
- 다음의 두 응력의 조합이 고려되어야 한다.
  * 요소 판패널에 작용하는 최대 압축응력, 최대 압축응력이 작용하는 위치에 있어서의 전단 응력 및 법선 응력
  * 요소 판패널에 작용하는 최대 전단응력, 최대 전단응력이 작용하는 위치에 있어서의 압축 응력 및 법선응력
- 고려하는 판의 두께는 각각 최대 압축응력 또는 최대 전단응력이 발생하는 위치에서의 값으로 한다.

c) 분포하는 법선응력, 패널의 긴변방향의 압축응력 및 전단응력이 작용하는 경우

- 실제의 요소 판패널로 하여야 한다. $(\alpha = f(a,b))$.
- ψ 는 법선응력에 대한 것으로 하여야 한다.
- 압축응력 및 전단응력에 대해서는 각각 평균값을 이용한다.
- 판두께는 패널의 최소두께로 한다.

1.3.4 파형격벽의 좌굴 평가

파형격벽의 면재부의 패널은 파형에 평행한 법선응력을 고려하여야 한다. 파형격벽의 웨브부의 패널은 법선응력 및 전단응력을 조합한 응력을 고려하여 좌굴평가를 하여야 한다. 패널의 폭 b 는 **그림 8**에 따른 값으로 한다.

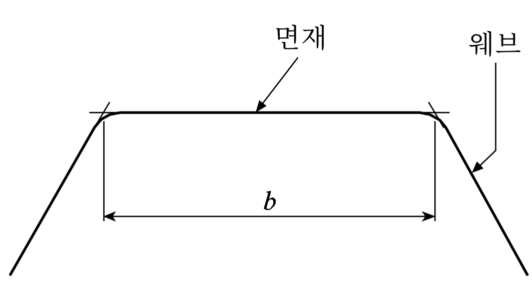


그림 8: 파형격벽의 *b* 측정

a) 면재의 평가

- $F_1 = 1.1$ 이 사용된다.

- **6장 3절 표 2**에 따른 응력상태 1을 적용하여야 한다.
- 고려하는 패널의 크기는 b x b ($\alpha = 1$)로 한다.
- $\psi = 1.0$ 로 한다.
- 패널에 작용하는 최대 수직응력을 고려하여야 한다.
- 고려하는 판의 두께는 최대 수직응력이 발생하는 위치에 있어서의 값으로 한다.

b) 웨브의 평가

- $F_1 = 1.1$ 이 사용된다.
- **6장 3절 표 2**에 따른 응력상태 1 및 5를 적용하여야 한다.
- 고려하는 패널의 크기는 $2b$ x b ($\alpha = 2$)로 한다.
- $\psi = 1.0$ 로 한다.
- 다음의 두 응력의 조합이 고려되어야 한다.
  * 요소판패널에 작용하는 최대 압축응력, 최대 압축응력이 작용하는 위치에 있어서 전단응력 및 법선응력
  * 요소판패널에 작용하는 최대 전단응력, 최대 전단응력이 작용하는 위치에 있어서 압축응력 및 법선응력
- 고려하는 판의 두께는 각각 최대 압축응력 또는 최대 전단응력이 발생하는 위치에 있어서의 값으로 한다.

11 편 7 장

직접강도 해석

제 1 절 1차 지지부재의 직접강도 평가

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

3 차원 유한요소해석을 기초로 한 1차 지지부재의 직접강도 평가는 길이 L 이 150m 이상인 선박에 적용한다.

1.1.2

이 장에서는 3 종류의 유한요소해석 절차를 규정한다.

a) 화물창 구조의 1차 지지부재의 전체 강도를 평가하기 위한 전체강도 유한요소해석 (첫 번째 유한요소 해석 단계)로서, **2절**에 따른다.

b) 상세한 요소 분할을 가지고 고응력 부위를 평가하기 위한 상세 응력평가(두 번째 유한요소 해석 단계)로서, **3절**에 따른다.

c) 피로강도 평가를 위하여 매우 상세한 요소 분할을 가지고 응력집중 점에서의 핫 스폿 응력을 계산하기 위한 핫 스폿 응력 해석(세 번째 유한요소 해석 단계)으로서, **4절**에 따른다.

직접강도 평가를 위한 유한요소해석 절차의 흐름도는 **그림 1**에 따른다.

1.2 컴퓨터 프로그램

1.2.1

유한요소 계산 프로그램은 목적하는 해석에 적합한 것이어야 한다.

인정받지 못한 프로그램의 신뢰성은, 해석을 시작하기 전에 우리 선급이 만족하도록 입증되어야 한다.

1.3 해석 보고서의 제출

1.3.1

해석의 배경 정보를 포함하여 직접강도 유한요소 해석의 상세 보고서를 제출하여야 한다. 이 보고서는 다음 사항을 포함하여야 한다.

a) 버전 및 날짜를 포함하는 해석에 사용된 도면 목록.

b) 구조 모델링 원칙, 실제 구조와 모델의 차이에 대한 자세한 설명

c) 구조 모델 그림

d) 모델에서 사용한 물성치, 판두께, 보 특성값

e) 경계조건의 세부사항

f) 해석된 모든 적재 조건

g) 하중 적용 데이터

h) 계산된 처짐에 대한 그림과 요약

i) 계산된 응력의 그림과 요약

j) 좌굴 강도 평가의 상세

k) 설계 기준의 만족 여부를 보여주는 도표화 된 결과

l) 버전 및 날짜를 포함하는 유한요소 계산 프로그램의 인용문

1.4 순 치수

1.4.1

직접 강도 해석은 **3장 2절**에 따른 순 치수 접근 방법에 기초하여야 한다.

1.5 적용 하중

1.5.1 설계 하중

확률 수준이 10^{-4} 인 피로강도 평가를 제외하고는, 직접강도해석은 **4장**에 주어진 확률수준 10^{-8}에서의 설계하중을 적용하여 수행하여야 한다. 가장 가혹한 하중 상황을 부과할 수 있는 정적 및 동적 하중의 조합이 3D 유한 요소 모델에 적용되어야 한다.

1.5.2 구조 중량

선체 구조 중량 효과는 정적 하중에 포함되어야 하며, 동적 하중에는 포함되지 않는다. 강의 표준 비중은 7.85 t/m^3으로 취한다.

1.5.3 적재 조건

4장 7절에 규정된 적재 조건을 3D 유한 요소 해석에서 고려하여야 한다.

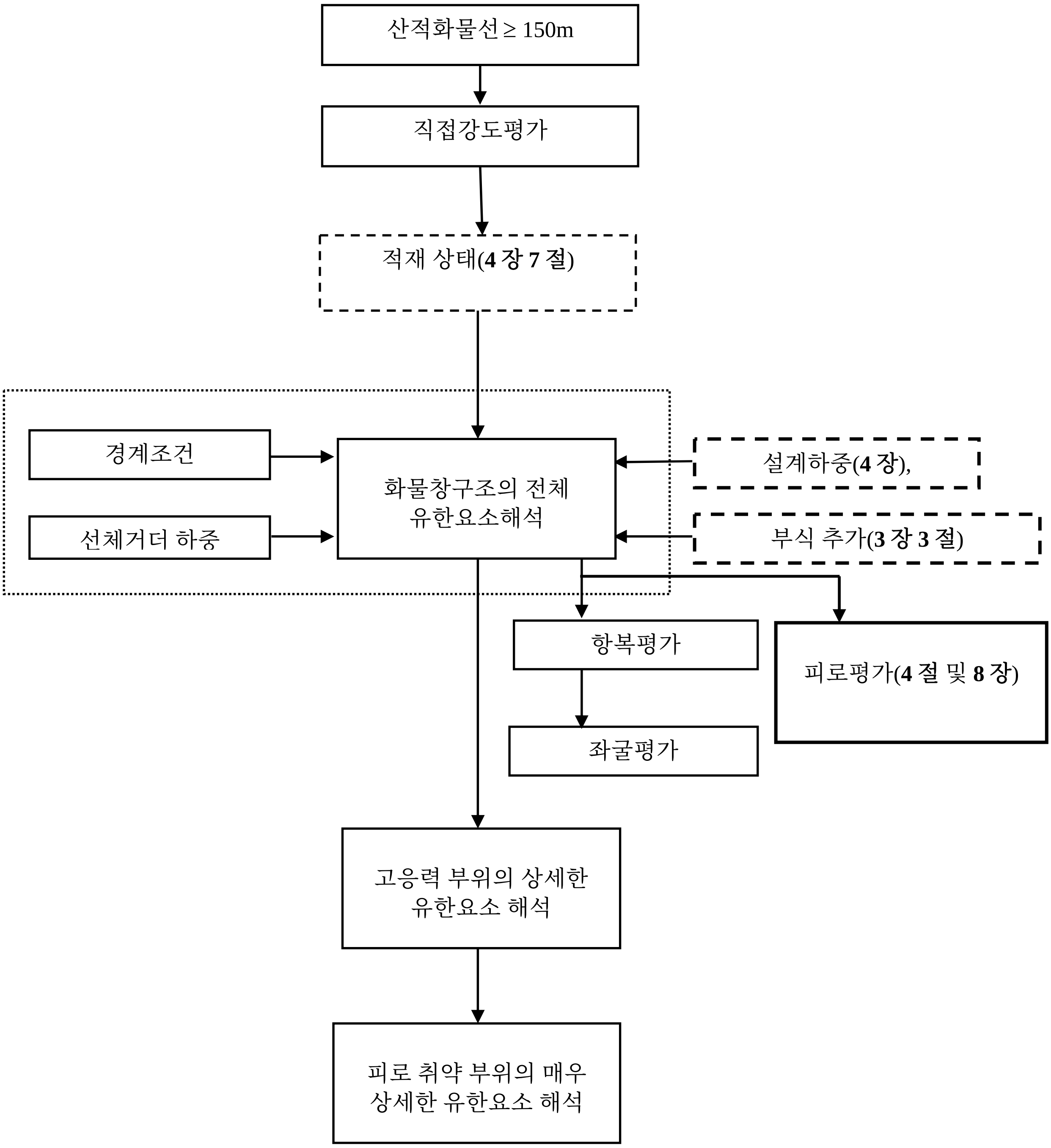


그림 1: 유한요소 해석 절차의 흐름도

제 2 절 화물창 구조의 전체 강도 유한요소 해석

기호

이 절에 정의되지 않은 기호에 대하여는 **1장 4절**에 따른다.

M_{SW} : **4장 7절 표 2**에 따르는 설계 수직 굽힘 모멘트

M_{WV} : **4장 3절 [3.1.1]**에 따르는 호깅 또는 새깅 상태에서의 수직 파랑 굽힘 모멘트

M_{WH} : **4장 3절 [3.3.1]**에 따르는 수평 파랑 굽힘 모멘트

Q_{SW} : **4장 7절 표 3**에 따르는 고려중인 격벽 위치에서의 허용 정수 중 전단력

Q_{WV} : **4장 3절 [3.2.1]**에 따르는 수직 파랑 전단력

C_{WV} , C_{WH} : **4장 4절 표 3**에 따르는 하중 조합계수

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

이 절의 절차는 선박 중앙부 내 화물창 구조의 직접 강도 해석에 집중하여 기술한다.

1.1.2

화물창구조의 전체 강도 유한요소해석은 작용시킨 정적 및 동적 하중 하에서 다음 값들이 허용 기준 내에 있나를 검증하기 위하여 수행한다.

a) 선체거더 및 1차 지지부재의 응력수준

b) 1차 지지부재의 좌굴강도 능력

c) 1차 지지부재의 변형

2. 해석 모델

2.1 모델 범위

2.1.1

유한요소 모델의 종 방향 범위는 3개의 화물창 및 4개의 횡격벽을 포함하여야 한다. 모델 범위의 양단에 있는 횡격벽은 연결되어 있는 스툴과 함께 포함되어야 한다. 모델의 양단은 수직 면을 형성하여야 하며, 해당되는 경우 평면 상의 모든 트랜스버스 웨브 프레임을 포함하여야 한다. 모델 범위의 상세는 **부록 1**에 주어진다.

2.1.2

유한 요소 모델은 횡 방향으로의 비대칭 파랑 유기 하중을 고려하여 선체구조 양현을 포함하여야 한다.

2.1.3
유한요소 모델에는 모든 주 구조 부재들을 표현하여야 한다. 여기에는 내측 및 외측 외판, 이중저 늑판 및 거더 시스템, 횡 및 수직 웨브 프레임, 스트링거 및 횡 및 종 격벽을 포함한다. 이들 구조 부재 상의 모든 판재와 보강재를 모델링하여야 한다.

2.2 유한요소 모델링

2.2.1
유한요소 모델에는 **[2.1.3]**에서 상세히 언급한 모든 구조 부재(판재 및 보강재)를 표현하여야 한다.

2.2.2
유한 요소의 분할 요소 경계는 가능한 한 실제 구조 상의 보강 시스템을 표현하여야 하며, 보강재 사이의 패널의 정확한 형상을 나타내어야 한다.

2.2.3
각 구조 부재의 강성은 구조 부재에 대한 적합한 요소 종류를 사용하여 정확히 표현되어야 한다. 요소 종류를 선택하는 원칙은 다음과 같다.

(1) 보강재는 축, 비틀림, 2 축 전단 및 굽힘 강성을 갖는 보 또는 봉 요소로 모델링한다. 그러나 1 차 지지부재의 웨브 보강재 및 면재는 축 강성만을 갖고 길이에 걸쳐서 일정 단면적을 갖는 봉요소로 모델링할 수 있다.

(2) 판은 2축 및 면내 강성에 추가하여 면외 굽힘 강성을 갖는 쉘 요소로 모델링하여야 한다. 그러나 2축 및 면내 강성만을 갖는 막 요소를 면외 압력을 받지 않는 판에 사용할 수 있다.
막 및 쉘 요소에 대하여, **그림 1**에 보인 선형 사각형 및 삼각형 요소만을 채용하여야 한다.

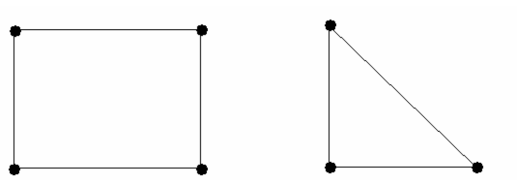


그림 1: 선형 막/쉘 사각형 및 삼각형 요소

특히 큰 응력 구배가 기대되는 개구 주위, 브래킷 연결부 및 호퍼 연결부와 같은 구역 및 고 응력 구역에서는, 가능한 한 에서는 삼각형 요소는 피한다.

(3) 보강 패널은 패널의 강성을 적절히 나타낼 수 있는 2 차원 직교 요소로 모델링할 수 있다.

2.2.4
직교(orthotropic) 요소가 유한요소 모델에서 사용되지 않는 경우, 다음에 따른다.

- 분할 요소 크기는 종 보강재 또는 횡 선측 늑골의 대표적인 간격 이하이어야 한다.
- 보강재는 봉 요소 또는 보 요소를 사용하여 모델링한다.
- 이중 선각의 경우, 1차 지지부재의 웨브는 높이 방향으로 최소 3개의 요소로 분할한다.

- 이중 선각이 설치되어 있지 않은 경우 선측 프레임 및 단부 브래킷은, 웨브에 대하여는 쉘 요소를 사용하여 모델링하며, 면재에 대하여는 쉘/보/봉 요소를 사용한다. 선측 외판 늑골의 웨브는 깊이 방향으로 분할할 필요는 없다.
- 요소의 종횡비는 1:4를 초과하지 않도록 한다.

부록 1에 전형적인 요소 분할의 예를 보인다.

2.2.5

보강 패널에 대하여 유한 요소 모델에서 직교 요소를 사용한 경우, 요소 분할은 다음에 따른다.

- 이중저 거더 혹은 늑판과 같은 부재에 대하여는, 요소 높이는 이중저 높이로 한다.
- 2 개의 직교 요소 경계에 보강재가 위치하는 경우, 보강재는 보/봉 요소로 모델링하거나 혹은 2개의 직교 요소상의 보강재의 강성에 반영하여 모델링한다.
- 직교 요소와 막/쉘 요소 경계에 보강재가 위치하는 경우, 보강재는 보/봉 요소로 모델링하여야 한다.
- 2개의 막/쉘 요소의 경계에 보강재가 위치하는 경우, 보강재는 보/봉 요소로 모델링하여야 한다.
- 이중 선각이 설치되는 경우, 1차 지지부재의 높이 방향으로 한 요소를 갖고 모델링한다.
- 이중선각이 설치되지 않는 경우, 최소한 세 프레임에 하나는 연결된 브래킷과 함께, 웨브에 대하여는 쉘 요소를 사용하여, 면재에 대하여는 쉘/보 요소를 사용하여 모델링한다.
- 요소의 종횡비는 1:2를 초과하지 않도록 한다.

2.3 경계조건

2.3.1

모델의 양단은 **표 1** 및 **표 2**에 따라 단순 지지한다. 양 단면에서 종 부재 상의 절점은, 표 1에 보인 바와 같이 선체 중심선 상에서 중립축에 있는 독립 절점에 강체 연결되어야 한다. 이 양단의 독립 절점은 표 2에 보인 것처럼 고장되어야 한다.

표 1: 양단의 강체 - 연결

모델의 양단에서 종 부재 상의 절점	병진			회전		
	Dx	**Dy**	**Dz**	**Rx**	**Ry**	**Rz**
모든 종 부재	RL	RL	RL	-	-	-
RL 은 독립 절점의 관련된 자유도에 강체 연결됨을 의미한다.						

표 2: 독립 절점의 지지 조건

독립 절점의 위치	병진			회전		
	Dx	**Dy**	**Dz**	**Rx**	**Ry**	**Rz**
모델 후단 상의 독립 절점	-	Fix	Fix	-	-	-
모델 전단 상의 독립 절점	Fix	Fix	Fix	Fix	-	-

2.4 적재 조건

2.4.1 일 반

하중 패턴 및 하중 상태와 조합된 적재 조건을, **4장 부록 2**에 보인 바와 같이 재래적인 설계를 위한 강제 조건으로서 고려하여야 한다.

2.5 선체 거더 하중의 고려

2.5.1 일반

각 적재 조건은 대응하는 선체 거더 하중과 연결이 되어야 한다. 하중 조합은, 각 하중 상태에 대하여 **4장 4절**에 규정한 파랑유기 굽힘 및 수평 굽힘 모멘트와 수직 전단력의 하중조합 계수 (Load Combination Factors, LCF)를 사용하여 고려한다.

2.5.2 수직 굽힘 모멘트 해석

수직 굽힘 모멘트 해석은 **4장 7절 표 2**에 열거한 상태에 대하여 수행되어야 하며, 최소 요구 상태는 **4장 부록 2**에 열거되어 있다.

수직 굽힘 모멘트 해석에 있어서, 목표 선체 거더 하중은 유한 요소 모델 내의 중앙 화물창의 중앙부에서 발생할 수 있는 최대 수직 굽힘 모멘트이다. 선체 거더 하중의 목표 값은, **4장 7절 표 2** 및 **4장 부록 2**에 규정된 정수 중 수직 굽힘 모멘트를 고려하여, **표 3**에 따라 구해진다.

표 3: 수직 굽힘 모멘트 해석에 대한 목표 하중

선체 거더 하중효과	정수 중	파랑	고려 위치
수직 굽힘 모멘트	M_{SW}	$C_{WV}\,M_{WV}$	중앙 화물창의 중앙
수직 전단력	0	0	중앙 화물창의 중앙
수평 굽힘 모멘트	---	$C_{WH}\,M_{WH}$	중앙 화물창의 중앙
수평 전단력	---	0	중앙 화물창의 중앙

2.5.3 수직 전단력 해석

수직 전단력 해석은 **4장 7절 표 3**에 열거한 상태에 대하여 수행되어야 하며, 최소 요구 상태는 **4장 부록 2**에 열거되어 있다.

수직 전단력 해석에 있어서, 목표 선체 거더 하중은 유한 요소 모델 내의 중앙 화물창의 횡격벽 중 하나에서 발생할 수 있는 최대 수직 전단력이다. 감소된 수직 굽힘 모멘트를 동시에 고려한다. 선체 거더 하중의 목표 값은, **4장 7절 표 2**, **4장 7절 표 3** 및 **4장 부록 2**에 규정된 정수 중 수직 굽힘 모멘트 및 전단력을 고려하여, **표 4**에 따라 구해진다.

표 4: 수직 전단력 해석에 대한 목표 하중

선체 거더 하중효과	정수 중	파랑	위치
수직 굽힘 모멘트	$0.8M_{SW}$	$0.65\,C_{WV}\,M_{WV}$	횡격벽
수직 전단력	Q_{SW}	Q_{WV}	횡격벽
수평 굽힘 모멘트	---	0	횡격벽
수평 전단력	---	0	횡격벽

2.5.4 국부 하중의 영향

모델에 가해진 국부 하중에 의하여 야기되는 선체 거더 전단력 및 굽힘 모멘트의 분포는 선체 거더에 대하여 단순 보이론을 사용하여 계산된다.

모델의 양단에서의 반력 및 국부 하중에 의하여 야기되는 전단력 및 굽힘 모멘트의 분포는 다음 식으로 결정할 수 있다.

$$R_{V\_fore} = -\frac{\sum_i (x_i - x_{aft})\vec{f}_i \cdot \vec{z}}{x_{fore} - x_{aft}} \qquad R_{V\_aft} = \sum_i \vec{f}_i \cdot \vec{z} + R_{V\_fore}$$

$$R_{H\_fore} = \frac{\sum_i (x_i - x_{aft})\vec{f}_i \cdot \vec{y}}{x_{fore} - x_{aft}} \qquad R_{H\_aft} = -\sum_i \vec{f}_i \cdot \vec{y} + R_{H\_fore}$$

$$Q_{V\_FEM}(x) = R_{V\_aft} - \sum_i \vec{f}_i \cdot \vec{z} \qquad , x_i < x \text{ 인 경우}$$

$$Q_{H\_FEM}(x) = R_{H\_aft} + \sum_i \vec{f}_i \cdot \vec{y} \qquad , x_i < x \text{ 인 경우}$$

$$M_{V\_FEM}(x) = (x - x_{aft})R_{V\_aft} - \sum_i (x - x_i)\vec{f}_i \cdot \vec{z} \qquad , x_i < x \text{ 인 경우}$$

$$M_{H\_FEM}(x) = (x - x_{aft})R_{H\_aft} + \sum_i (x - x_i)\vec{f}_i \cdot \vec{y} \qquad , x_i < x \text{ 인 경우}$$

여기서,

x_{aft} : 후단 지지 위치

x_{fore} : 전단 지지 위치

x : 고려하는 위치

R_{V_aft}, R_{V_fore}, R_{H_aft} 및 R_{H_fore} : 전단 및 후단에서의 수직 및 수평 반력

Q_{V_FEM}, Q_{H_FEM}, M_{V_FEM} 및 M_{H_FEM} : 유한 요소 모델에 가해진 국부 하중에 의하여 발생되는 수직 및 수평 전단력 및 굽힘 모멘트 . Q_{V_FEM}, M_{V_FEM} 및 M_{H_FEM} 의 부호는 4장 3절의 부호규칙에 따르며, 반력의 부호는 양의 전단력의 방향을 양으로 한다.

$\vec{f}_i$: 모든 국부 하중으로 인하여 절점 i 에 작용하는 힘

x_i : 절점 i 의 종 방향 좌표

2.5.5 선체 거더 하중을 고려하는 방법

굽힘 모멘트 해석에 대하여, 1차 지지부재의 평가에 있어 선체 거더 하중/응력을 고려하기 위하여 두 가지 대안 방법을 사용할 수 있다.

a) 유한 요소 모델에 선체 거더 하중을 직접 부가하는 방법(직접법). 또는

b) 면외 하중을 사용한 구조 해석으로부터 구한 응력에 별개로 선체 거더 응력을 중첩하는 방법(중첩법).

전단력 해석에 대하여는 “직접법”을 사용하여야 한다.

2.5.6 직접법

직접법에서는, 3차원 유한요소 모델에서 선체 거더 하중 효과를 직접적으로 고려한다. **[2.5.2]** 및 **[2.5.3]**에 규정된 선체 거더 하중 및 **[2.5.4]**에 규정된 국부 하중의 영향을 고려하도록 평형 하중을 모델 양단에 작용하여야 한다.

목표 위치에서의 전단력을 조절하기 위하여 두 세트의 강제 모멘트를 모델의 양단에 작용시킨다. 이러한 모멘트는 다음 식으로 계산한다.

$$M_{Y\_aft\_SF} = M_{Y\_fore\_SF} = \frac{(x_{fore} - x_{aft})}{2}\left[Q_{V\_T}(x_{eq}) - Q_{V\_FEM}(x_{eq})\right]$$

$$M_{Z\_aft\_SF} = M_{Z\_fore\_SF} = \frac{(x_{fore} - x_{aft})}{2}\left[Q_{H\_T}(x_{eq}) - Q_{H\_FEM}(x_{eq})\right]$$

목표 위치에서의 굽힘 모멘트를 조절하기 위하여 두 세트의 강제 모멘트를 모델의 양단에 작용시킨다. 이러한 모멘트는 다음 식으로 계산한다.

$$M_{Y\_aft\_BM} = -M_{Y\_fore\_BM} = -\left[M_{V\_T}(x_{eq}) - M_{V\_FEM}(x_{eq}) - M_{Y\_aft\_SF}\left(2\frac{x_{eq} - x_{aft}}{x_{fore} - x_{aft}} - 1\right)\right]$$

$$M_{Z\_aft\_BM} = -M_{Z\_fore\_BM} = -\left[M_{H\_T}(x_{eq}) - M_{H\_FEM}(x_{eq}) - M_{Z\_aft\_SF}\left(2\frac{x_{eq} - x_{aft}}{x_{fore} - x_{aft}} - 1\right)\right]$$

여기서,

x_{eq} : 선체 거더 하중 평가를 위한 고려 위치

Q_{V_FEM}, Q_{H_FEM}, M_{V_FEM}, M_{H_FEM} : **[2.5.4]**의 정의에 따른다.

Q_{V_T}, Q_{H_T}, M_{V_T}, M_{H_T} : **표 3** 및 **표 4**에 정의된, 위치 x_{eq} 에서의 목표 수직 및 수평 전단력 및 굽힘 모멘트 . Q_{V_T}, M_{V_T}, M_{H_T} 의 부호는 4장 3절의 규정에 따른다.

$M_{Y\_aft\_SF}$, $M_{Y\_fore\_SF}$, $M_{Y\_aft\_BM}$, $M_{Y\_fore\_BM}$: 수직 전단력 및 굽힘 모멘트 조절을 위하여 전단 및 후단에 작용시키는 강제 모멘트로서, y 축에 관하여 시계 방향을 양(+)으로 한다. $M_{Y\_aft\_SF}$, $M_{Y\_fore\_SF}$, $M_{Y\_aft\_BM}$, $M_{Y\_fore\_BM}$ 의 부호는 유한요소 모델의 축에 대한 부호규칙에 따른다. 다른 굽힘모멘트, 전단력, 반력의 부호는 4장 3절의 규정에 따른다.

$M_{Z\_aft\_SF}$, $M_{Z\_fore\_SF}$, $M_{Z\_aft\_BM}$, $M_{Z\_fore\_BM}$: 수평 전단력 및 굽힘 모멘트 조절을 위하여 전단 및 후단에 작용시키는 강제 모멘트로서, z 축에 관하여 시계 방향을 양(+)으로 한다. $M_{Z\_aft\_SF}$,

$M_{Z\_fore\_SF}$, $M_{Z\_aft\_BM}$, $M_{Z\_fore\_BM}$ 의 부호는 유한요소 모델의 축에 대한 부호규칙에 따른다. 다른 굽힘모멘트, 전단력, 반력의 부호는 4장 3절의 규정에 따른다.

모델 단에서의 강제 모멘트는 다음 방법 중 하나를 이용하여 발생시킬 수 있다.

- 합력을 영(zero)으로 하고 합 모멘트를 강제 모멘트와 같게, 모델의 단부 단면에 분포력을 작용시킨다. 분포력은 종 부재 상의 절점에 적용시키며, 경계 조건은 **표 1** 에 따른다. 분포력은 박판 벽 보이론(thin wall beam theory)을 사용하여 결정한다.
- **[2.3.1]**에 정의한 독립 점에서 집중 모멘트를 작용시킨다.

2.5.7 중첩법

중첩법에서 수직 굽힘 모멘트 해석에 대하여, 다음 식으로 구한 응력을 3차원 유한 요소 해석으로부터 구한 종 부재의 각 요소 종 방향 응력에 중첩시킨다. 수직 전단력 해석은 **[2.5.6]**에 따른다.

$$\sigma_{SIM} = \frac{M_{V\_T}}{I_Y/(z-N)} - \frac{M_{H\_T}}{I_Z/y}$$

여기서,

M_{V_T}, M_{H_T} : 국부 하중으로 인한 수정을 행한, 고려하는 위치에서의 각각 목표 수직 및 수평 굽힘 모멘트로서, 다음과 같다.

$$M_{V\_T} = M_{SW} + C_{WV} \cdot M_{WV} - M_{V\_FEM}$$
$$M_{H\_T} = C_{WH} \cdot M_{WH} - M_{H\_FEM}$$

I_Y : **3장 2절 [3.2.1]**에 따라 계산된, 수평 중립축 주위의 수직 단면 관성 모멘트

I_Z : **3장 2절 [3.2.1]**에 따라 계산된, 수평 단면 관성 모멘트

N : **5장 1절**에 정의한 선체 횡단면의 중심의 Z 좌표

y : 요소의 Y 좌표

z : 요소의 Z 좌표

3. 해석 기준

3.1 일 반

3.1.1 평가 화물창

3차원 유한 요소 해석에 있어서 3-화물창 길이(1 + 1 + 1) 유한요소 모델의 중앙 화물창 내의 격벽을 포함한 모든 1차 지지부재를 평가하여야 한다.

3.1.2

구조 해석 결과는 항복 강도, 좌굴 강도 및 1차 지지부재의 처짐에 관한 기준을 만족시켜야 한다.

3.2 항복강도 평가

3.2.1 참조응력

참조 응력은, **[2.5.4]** 또는 **[2.5.5]**에 따라 선체 거더 하중의 고려를 한 유한 요소 해석으로부터 얻은 평면 요소(쉘 또는 멤브레인)의 중심의 Von Mises 등가 응력 또는 선 요소(보 또는 봉)의 축응력으로 한다.

유한 요소 모델에서 개구 효과가 고려되지 않은 경우, 개구 위치의 참조 응력은 웨브 높이와 개구 높이의 비율에 비례하여 전단 응력을 조절하여 적절히 변형시켜야 한다.

3.2.2 등가 응력

Von Mises 등가응력은 다음 식으로 주어 진다.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^{\ 2} - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^{\ 2} + 3\tau_{xy}^{\ 2}}$$

σ_x, σ_y : 요소 법선 응력(N/mm^2)

τ_{xy} : 요소 전단 응력 (N/mm^2)

중첩법에 있어서, **[2.5.7]**에 정의한 응력 σ_{SIM} 은 종 방향 응력 성분에 중첩하여야 한다.

3.2.3 허용 응력

[2.2.4]에 규정된 직교요소를 포함하지 않는 유한요소 모델 내의 참조 응력은 235/k (N/mm^2)를 초과하여서는 아니 된다. 여기서, k 는 **3장 1절**에 정의된 재료계수이다.

[2.2.5]에 규정된 직교요소를 포함하는 유한요소 모델 내의 참조 응력은 205/k (N/mm^2)를 초과하여서는 아니 된다. 여기서, k 는 **3장 1절**에 정의된 재료계수이다.

3.3 좌굴 및 최종 강도 평가

3.3.1 일 반

좌굴 및 최종 강도 평가는 **6장 3절**에 따라 1차 지지부재 상의 패널에 대하여 수행한다.

3.3.2 패널의 응력

각 패널의 응력은 다음 절차에 따라 구한다.

1) 분할 모델이 성분 패널의 기하 형상과 다른 경우, 성분 판 패널에 작용하는 응력 σ_x, σ_y 및 τ 은 요소 응력을 사용하거나 **부록 2**에 기술한 변위기반 방법을 사용하여 주위 요소들의 외삽 혹은 보간에 의하여 산정한다.

2) 중첩법 또는 직접법으로부터 구한 응력은, 두 가지 해석 방법에서 고려된 포아송 효과 때문에 좌굴 평가를 위하여 감소시켜야 한다. 국부 및 전체 하중으로 인한 응력을 합한 후에, 이러한 수정을 하여야 한다.

   응력 σ_x^* 및 σ_y^* 이 모두 압축 응력인 경우, 다음 식에 따라 응력 감소를 행한다.

$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0.3 \cdot \sigma_y^*) / 0.91$$
$$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0.3 \cdot \sigma_x^*) / 0.91$$

압축 응력이 $\sigma_y^* < 0.3\sigma_x^*$ 인 경우, $\sigma_y = 0$ 및 $\sigma_x = \sigma_x^*$

압축 응력이 $\sigma_x^* < 0.3\sigma_y^*$ 인 경우, $\sigma_x = 0$ 및 $\sigma_y = \sigma_y^*$

σ_x^*, σ_y^* : 포아송 효과를 포함하는 응력

3) **그림 2** 에 보인 적절한 선형 근사를 하여 고려하는 좌굴 패널의 변을 따라 응력 분포를 결정한다.

4) **6 장 3 절**에 따라 변 계수 ψ을 계산한다.

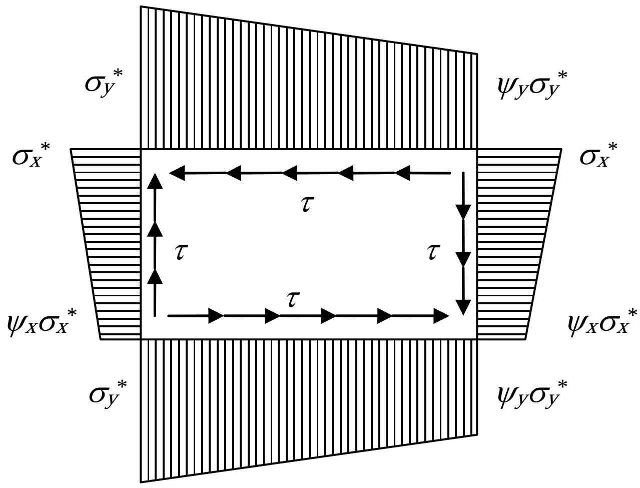


그림 2: 좌굴 평가를 위한 패널 응력

3.3.3 경계 조건

응력 분포 및 개구 형상에 따라, **6장 3절 표 2**의 좌굴 하중 상태 1, 2, 5 및 6을 평가 중인 좌굴 패널에 작용시킨다.

실제 경계 조건이 단순 지지 조건과 현저히 다른 경우, **6장 3절 표 2**의 다른 한 상태를 적용할 수 있다.

3.3.4 안전 계수

판의 좌굴 및 최종 강도 평가를 위한 안전계수는 1.0으로 한다.

3.4 1차 지지부재의 변위

유한요소해석으로부터 얻은 이중저와 전부(혹은 후부) 횡격벽 사이의 최대 상대변위는 다음 기준 값을 초과하여서는 아니 된다.

$$\delta_{\max} \le \frac{\ell_i}{150}$$

여기서,

$\delta_{\max}$: 이중저와 전부(혹은 후부) 횡격벽 사이의 최대 상대변위(mm)

ℓ_i : 이중저 편평부의 길이 혹은 폭 중 작은 값(mm)

제 3 절 상세 응력 평가

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

이 절은 1차 지지부재의 고 응력 부위를 평가하기 위하여 상세 분할 요소를 가지고 상세 응력 평가를 하기 위한 절차를 기술한다.

2. 해석 모델

2.1 상세 분할 구역

2.1.1

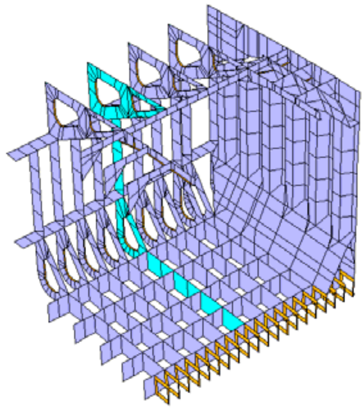
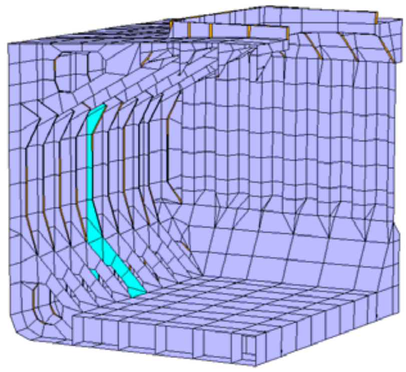
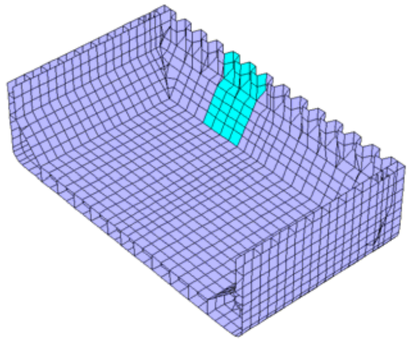
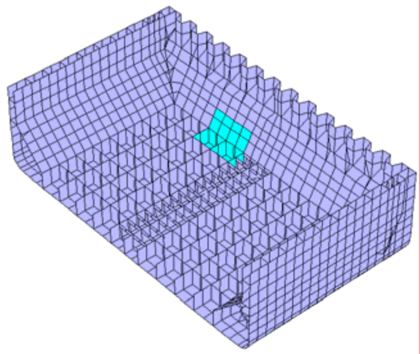
2절 [2.2.4]의 모델링 기준에 따른 모델을 이용하여 2절의 전체 화물창 해석을 하는 경우, **표 1**에 열거한 구역은 계산된 응력이 **2절 [3.2.3]**에 규정한 허용응력의 95%를 초과하는 위치에서 상세 분할하여야 한다.

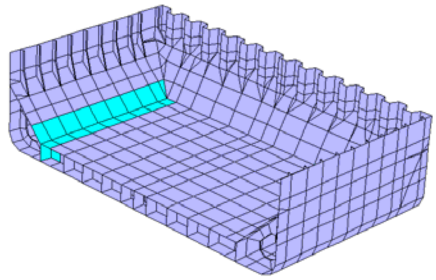
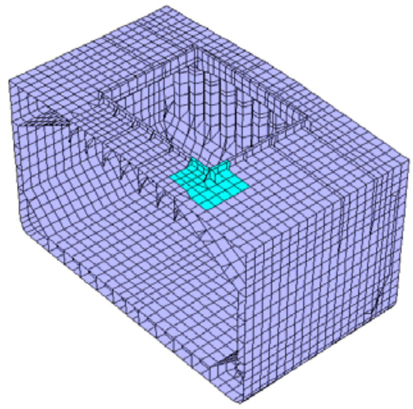
2.1.2

2절 [2.2.5]의 모델링 기준에 따른 모델을 이용하여 **2절**의 전체 화물창 해석을 수행하는 경우, 아래에 열거하는 모든 고 응력 구역은 상세 분할하여야 한다.

- 계산된 응력이 **2절 [3.2.3]**에 규정한 허용 응력의 85%를 초과하는 부위
- **표 1**에 보인 1차 지지부재의 전형적인 구조상세
- **표 1**에 보인 고려하는 화물창 횡격벽의 전형적인 구조상세

표 1: 상세분할이 요구되는 전형적인 구조상세

구조부재	고려 구역	추가 명세	도해
1차 지지부재	이중 선측 산적화물선의 고 응력을 받는 횡 1차 지지부재	고응력 횡 1차 지지부재의 상세 분할 위치: 이중저 호퍼 탱크 이중 선측 톱사이드 탱크	
	단일 선측 산적화물선의 고 응력을 받는 횡 1차 지지부재	고응력횡1차 지지부재의 상세 분할 위치: 이중저 호퍼 탱크 톱사이드 탱크 호퍼 탱크 및 톱사이드 탱크 연결부 및 단부 브래킷을 포함하는 선측 횡늑골	
횡격벽 및 하부 스툴	하부 스툴과 파형의 고 응력 연결부	하부 스툴 다이아프램을 포함하여 고 응력 요소를 모델링하여야 한다.	
	하부 스툴과 내저판의 고 응력 연결부	고응력 요소를 모델링하여야 한다.	

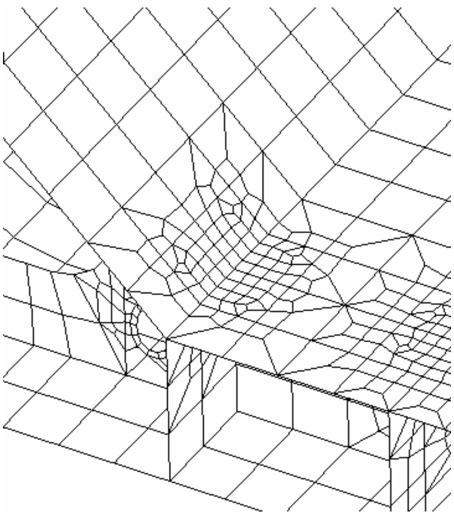
구조부재	고려 구역	추가 명세	도해
연결 지지부재를 포함하여 내저판 및 빌지호퍼 판	호퍼 경사판과 내저판의 고응력 연결부	고 응력부의 상세분할 위치: 내저판 호퍼 경사판 늑판 거더	
갑판	고 응력 해치 코너 부근의 갑판	고 응력 요소를 모델링 하여야 한다.	

2.2 상세분할 방법

2.2.1

고 응력 구역의 상세분할에는 두 가지 방법이 사용할 수 있다.

- **7장 2절**의 전체 화물창 해석용 모델에 직접 상세분할 구역을 모델링(**그림 1** 참조)
- 상세 분할 구역의 상세 응력을 별도의 부-모델에 의하여 해석할 수 있다.
-



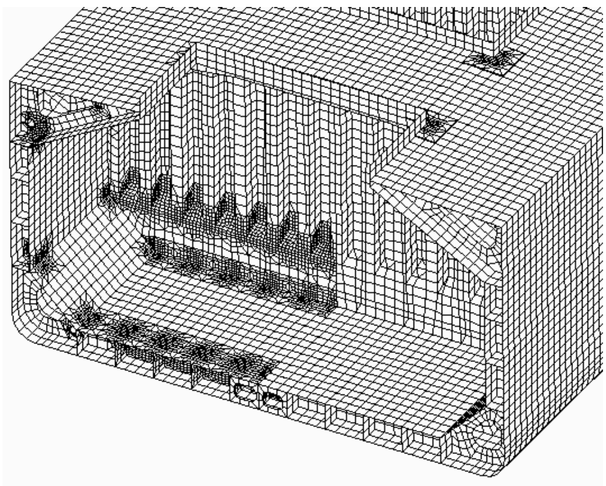


그림 1: "직접" 상세 분할 모델링

2.3 모델링

2.3.1 요소 종류

각 구조 부재는 **2절 [2.2.3]**의 원칙에 따라 구조에 대한 적절한 요소 종류를 이용하여 모델링하여야 한다. 직교 요소는 상세 분할 구역에 사용하지 않는다.

2.3.2 분할 요소

상세 분할 구역 내의 요소 크기는 대상 구역 내의 일반 보강재의 대표 간격의 대략 4분의 1 정도로 한다. 즉 일반 보강재 간격이 800 mm 인 구조에 대하여 200 x 200mm 의 요소로 모델링하여야 한다.

또한 1차 지지부재의 및 단일 선측 산적화물선의 웨브 프레임의 웨브 높이는 최소한 3 요소로 분할하여야 한다.

요소의 종횡비는 3을 초과하여서는 아니 된다. 실행 가능한 한 4각형 요소는 90°의 각을 가져야 하며, 불가능한 경우, 45° 와 135° 사이의 각으로 한다.

2.3.3 부 - 모델의 범위

부-모델의 최소 범위는 부-모델의 경계가 인접 지지부재의 위치에 대응되도록 하여야 한다. (**그림 2** 참조)

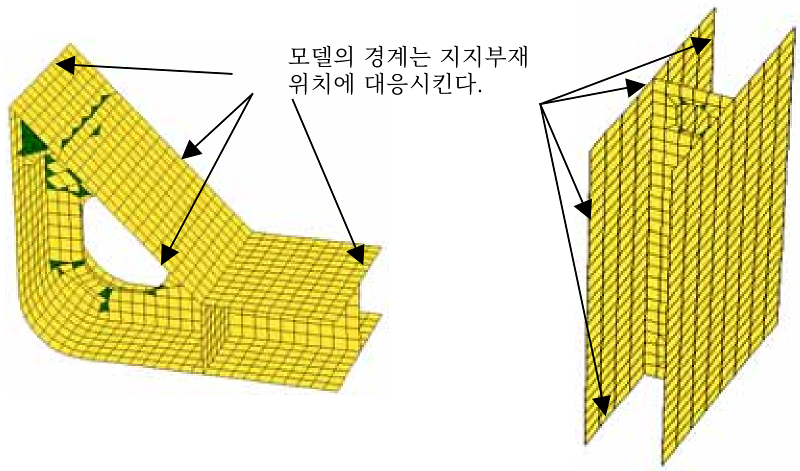


그림 2: 부-모델의 경계

2.4 적재 조건

2.4.1

2절에 따른 전체 화물창 해석을 위한 3차원 유한 요소 모델에 적용하고, **[2.1]**에 규정한 기준을 초과하는 고려 위치에서의 응력을 야기시키는 적재 조건을 상세 응력 평가에서 고려하여야 한다.

2.5 경계 조건

2.5.1

2절 [2.3.1]에서 규정한 경계조건은 상세 요소 분할한 전체 화물창 유한 요소 모델에 적용하여야 한다.

2.5.2 **경계 조건**

2절의 전체 화물창 해석으로부터 구한 절점력 및 절점 변위는 부-모델에 적용하여야 한다. 절점력이 주어진 경우, 부-모델의 경계에 위치하는 지지부재는 부-모델에 포함되어야 한다. 절점 변위가 주어지고 부가 절점이 부-모델에 있는 경우, 부가 절점에서의 절점 변위는 적절한 보간으로 결정하여야 한다.

3. 해석 기준

3.1 허용 응력

3.1.1

상세 구역 내 판 요소의 Von Mises 등가 응력 및 선 요소의 축 응력은 $280/k$ N/mm^{2}을 초과하여서는 아니되며, 여기서 k 는 **3장 1절**에 정의한 재료 계수이다.

[2.3.2]에서 정의한 크기보다 현저히 작은 요소를 사용한 경우에는, 이 기준은 **[2.3.2]**에 규정한 크기를 갖는 단일 요소에 대응하는 면적 내에 포함된 모든 요소의 평균 응력에 적용한다.

제 4 절 피로강도 평가를 위한 핫스폿 응력 해석

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1
이 절은 유한요소법을 사용하여, **8장 1절 표1**에 규정한 각 위치에서의 피로강도 평가를 위한 핫 스폿 응력을 계산하는 절차를 규정한다.

1.1.2
[2.2]에서 규정한 적재 조건 및 하중 상태를 핫 스폿 응력 해석에 고려한다.

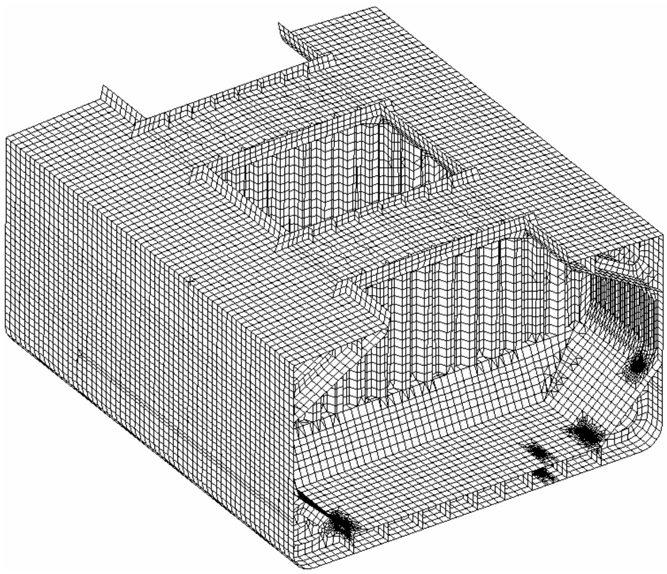
2. 해석 모델

2.1 모델링

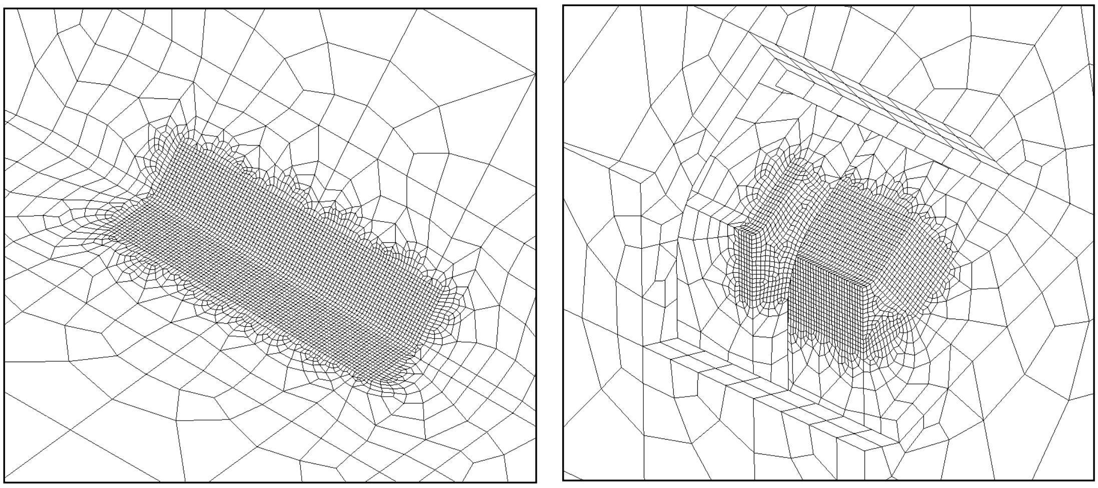
2.1.1
그림 1에 보인 바와 같이 피로 평가를 위한 핫 스폿 응력은, 피로 평가를 위한 구역을 매우 상세한 분할 요소로 모델링한 전체 화물창 모델에 의하여 구한다.
대안 방법으로서 **3절 [2]**와 유사한 절차를 사용하여, 핫 스폿 응력을 부-모델로부터 구할 수 있다,

2.1.2
핫 스폿 위치로부터 모든 방향으로 최소한 늑골 간격의 4분의 1 내의 면적은 매우 상세한 분할 요소로 모델링하여야 한다. 매우 상세한 분할 요소 면적 내의 요소 크기는 평가 구역의 대표적인 순 두께와 대략 같아야 하며, 요소 종횡 비는 1에 가까워야 한다.

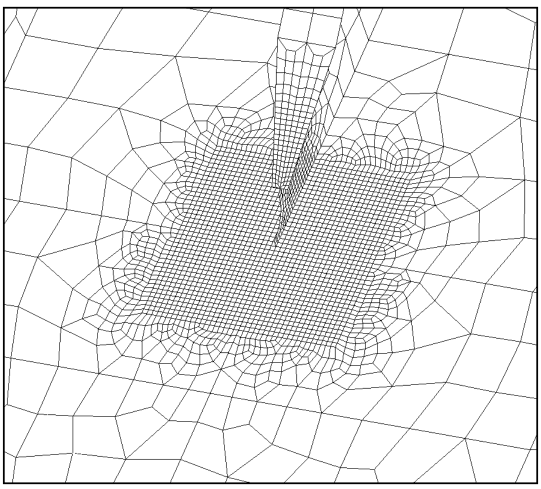
2.1.3
그림 2에 보인 바와 같이 분할 요소의 크기는 변환 면적에 걸쳐서 매우 상세한 요소 분할로부터 상세한 요소 분할로 점진적으로 변화하여야 한다. 변환 면적 내의 브래킷, 보강재, 종통 보강재 및 트랜스버스 링(ring)의 면재를 포함한 모든 구조 부재는 굽힘 및 막 특성을 갖는 쉘 요소로 모델링하여야 한다. 용접 형상은 모델링하지 않는다.



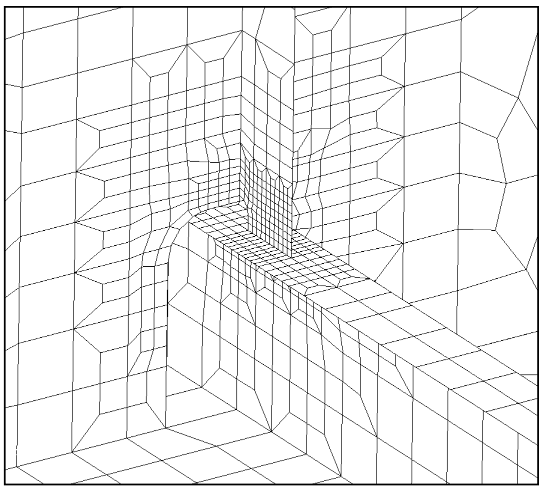
(a) 매우 상세한 분할 모델을 갖는 전체 화물창 모델의 일부분



(b) 빌지호퍼 너클 부분



(c) 화물창 늑골 단부



(d) 종통재

그림 1: 매우 상세한 분할 모델의 예

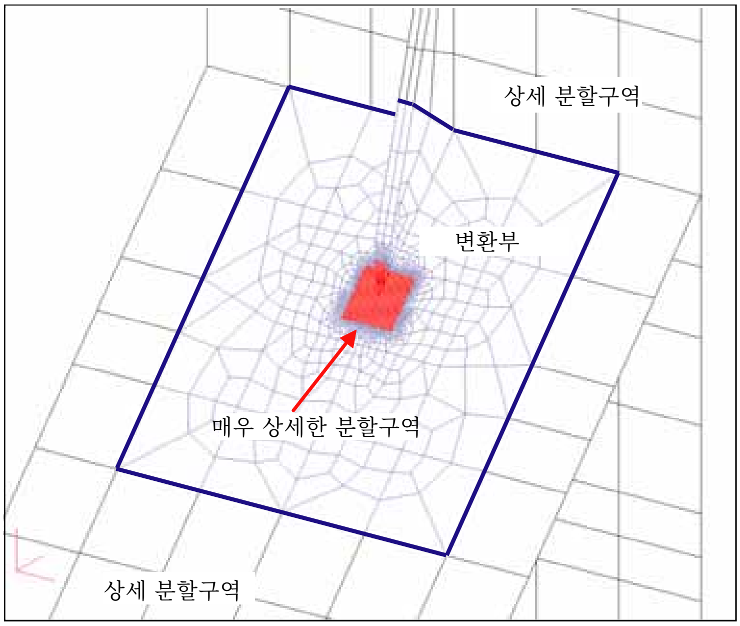


그림 2: 매우 상세한 분할 구역, 변환부 및 상세 분할 구역

2.2 적재 조건

2.2.1

8장 1절 표 2에 규정되고 **4장 부록 3**에 보인 적재 조건을 고려한다.

2.2.2

설계 하중의 계산에는 10^{-4}의 확률 수준을 사용한다.

2.3 경계 조건

2.3.1

2절 [2.3.1]에 규정된 경계 조건을 국부적인 매우 상세한 요소 분할을 갖는 화물창 모델 또는 부-모델의 모(mother) 모델 에 적용하여야 한다. 부-모델을 사용하는 경우, 모 모델로부터 구한 절점 변위나 힘을 부-모델에 적용하여야 한다.

3. 핫 스폿 응력

3.1 정의

3.1.1

핫 스폿 응력은 핫 스폿 표면 상의 구조 기하학적인 응력으로 정의한다.

3.1.2

중첩법을 사용하여 구한 핫 스폿 응력은 **8장 3절 [2.2]** 및 **[3.2]**에 따라 변경하여야 한다.

3.2 핫 스폿 응력의 계산

3.2.1

매우 상세한 요소 분할 내의 핫 스폿 응력은 선형 보간을 사용하여 구한다. 순 판 두께의 0.5배 및 1.5배에 위치하는 응력은 **그림 3** 및 **그림 4**에 보인 바와 같이 핫 스폿 위치에서 외삽된다.
가정한 피로 균열과 45° 보다 큰 각을 갖는 핫스폿 위치에서의 주 응력은 핫 스폿 응력으로 간주한다.

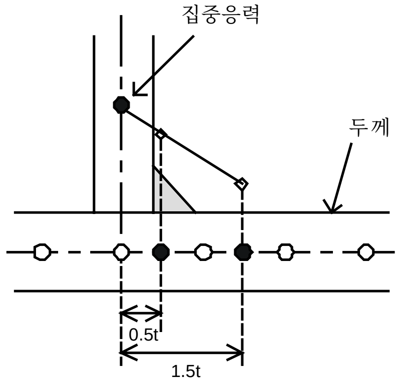


그림 3: 두 판의 교점에서 핫 스폿 응력의 정의

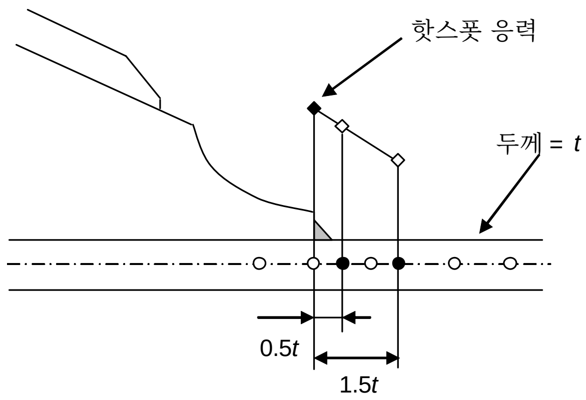


그림 4: 판과 브래킷의 교점에서 핫 스폿 응력의 정의

3.2.2

실제 핫 스폿 위치와 가정한 위치의 차이 및 0° 와 90° 사이에서 계측되는 두 판 사이의 각도 θ에 따른 응력 구배의 차이를 고려하여, **[3.2.1]**로부터 얻은 두판의 교점에서의 핫 스폿 응력은 아래에서 정의하는 수정 계수 λ을 곱하여야 한다

- 두 판 사이의 용접된 교점 : $$\lambda = \begin{cases} 0.8 & : \theta \le 75 \\ 0.8 - \dfrac{0.2}{15}(\theta - 75) & : 75 < \theta \end{cases}$$
- 굽은 판과 평면 판 사이의 용접된 교점: $\lambda = 0.7$ (즉 굽힘 형식의 빌지 너클 부분)

3.2.3

비 용접부나 자유 변에 따른 핫 스폿 응력은, **그림 5**에 보인 바와 같이 두 인접 요소의 주 응력을 외삽하여 결정한다.

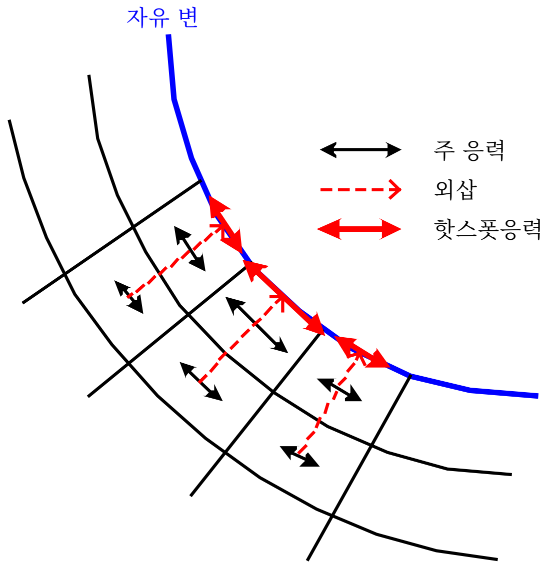


그림 5: 자유 변에 따른 핫 스폿 응력의 정의

3.3 빌지 호퍼 너클 부분에 대한 간이 방법

3.3.1

빌지 너클 부에서, 핫 스폿 응력 $\sigma_{hotspot}$ 은 공칭응력 $\sigma_{nominal}$ 에 **[3.3.3]**에서 정의한 응력집중계수를 곱하여 계산할 수 있다.

$$\sigma_{hotspot} = K_{gl} \cdot \sigma_{nominal}$$

3.3.2

핫스폿위치에서의 공칭응력은 **그림 6**와 같이 핫 스폿 위치로부터 늑골 간격의 1.5배 및 2.5배 위치에서의 막응력을 외삽하여 결정하여야 한다.

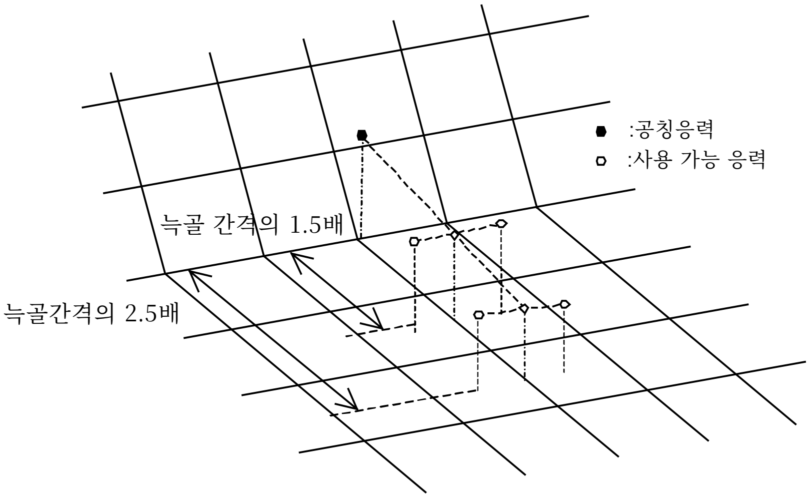


그림 6: 빌지호퍼 너클 부분에서의 공칭응력의 정의

3.3.3

빌지 호퍼 너클 부분에 대한 기하학적 응력집중계수 K_{gl} 은 다음 식으로 주어진다.

$$K_{gl} = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4$$

여기서,

K_0 : **표 1**에서 정의한, 고려하는 구조의 치수에 의존하는 응력집중계수

K_1 : **표 2**에 정의한, 너클 연결 유형에 의존하는 수정계수

K_2 : **표 2**에 정의한, 트랜스버스 웨브의 두께 증가에 의존하는 수정계수. 두께 증가가 없는 경우에는 1.0으로 취한다.

K_3 : **표 2**에 정의한, 수평 거싯 혹은 종 리브의 삽입에 의존하는 수정계수(**그림 7** 참조). 수평 거싯 혹은 종 리브가 없는 경우에는 1.0으로 취한다.

K_4 : **표 2**에 정의한, 횡 리브의 삽입에 의존하는 수정계수(**그림 8** 참조). 횡 리브가 없는 경우에는 1.0으로 취한다.

표 1: 응력집중계수 K_0

판 두께 (mm)	수평선과 호퍼 경사판이 이루는 각도(deg.)			
	40	**45**	**50**	**90**
16	3.0	3.2	3.4	4.2
18	2.9	3.1	3.3	4.0
20	2.8	3.0	3.2	3.8
22	2.7	2.9	3.1	3.6
24	2.6	2.8	3.0	3.5
26	2.6	2.7	2.9	3.4
28	2.5	2.7	2.8	3.3
30	2.4	2.6	2.7	3.2

(비 고) 대안 방법으로서, K_0 은 다음 식으로 결정할 수 있다.

$$K_0 = \frac{0.14\theta \cdot (1.15 - 0.0033\theta)}{(0.5t)^{(0.2+0.0028\theta)}}$$

표 2: 수정 계수

<table>
<tr><th>너클 유형</th><th>K_1</th><th>K_2</th><th>K_3</th><th>K_4</th></tr>
<tr><td>용접 형</td><td>1.7</td><td rowspan="2">0.9</td><td>0.9</td><td rowspan="2">0.9</td></tr>
<tr><td>굽힘 형</td><td>1.75 ; $R/t < 4$
2.80 ; $R/t > 8$</td><td>0.85 ; $R/t < 4$
0.55 ; $R/t > 8$</td></tr>
<tr><td colspan="5">(비 고)
(1) $4 \le R/t \le 8$ 에 대하여는 선형 보간이 적용된다.
“R” 은 굽힘 부분의 반경을, “t” 은 판 두께를 나타낸다.
(2) 수정계수 K_2 의 사용에 있어서, 반경부의 굽힘 변형이 유효하게 억제되도록 부재를 배치하여야 한다.
(3) 웨브 두께의 증가는 내저 판의 두께에 기초하여 취한다.</td></tr>
</table>

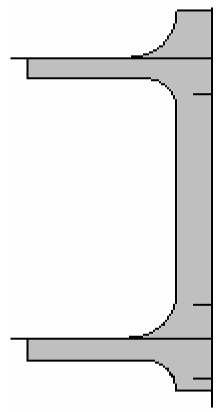


그림 7: 수평 거싯 또는 종 리브의 삽입 예

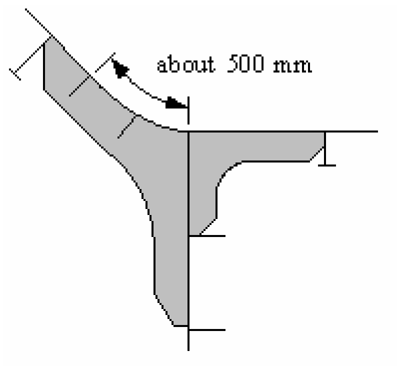


그림 8: 횡 리브의 삽입 예

부록 1 - 유한요소 모델의 종방향 범위

1. 종방향 범위

해석을 위하여, 평가 목표로서 가운데 선창을 갖는 세 선창 길이 유한요소 모델을 권장한다.

세 선창 길이 유한요소 모델은 평가되는 가운데 선창 내에서 경계조건의 역 효과를 최소로 감소시킨다.

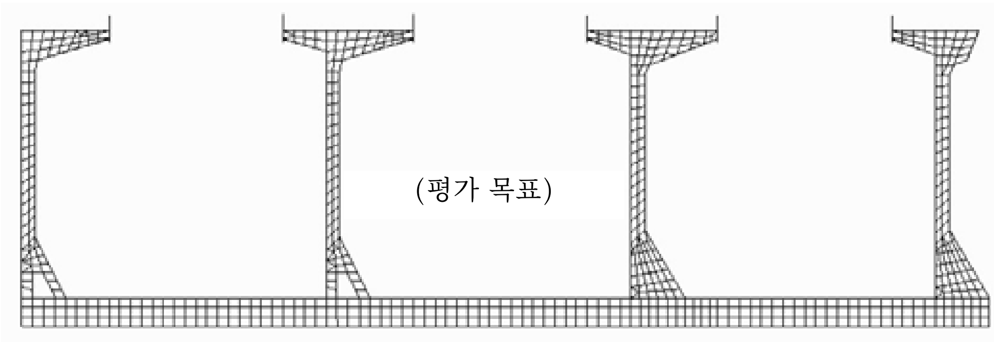


그림 1: 유한요소 모델의 종방향 범위

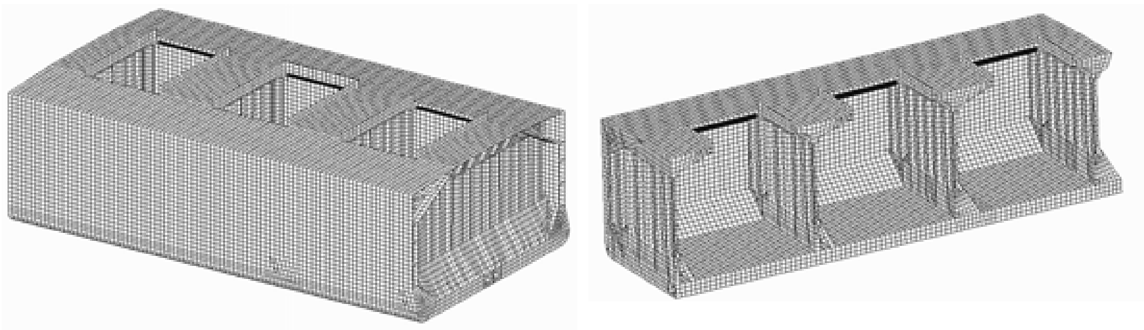


그림 2: 유한요소 모델의 예

2. 전형적인 요소 분할

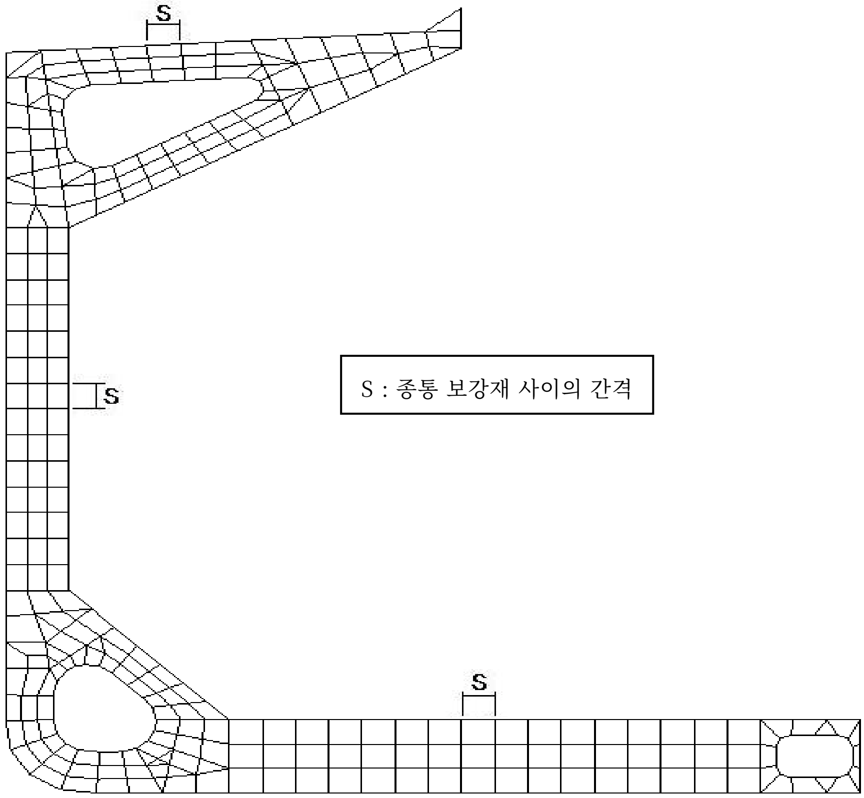


그림 3: 웨브 프레임의 전형적인 요소 분할

부록 2 – 유한요소 해석에 있어서 변위에 기초한 좌굴평가

기호

이 절에 정의되지 않은 기호에 대하여는, **1장 4절**에 따른다.

a : 판 패널의 장 변 길이

b : 판 패널의 단 변 길이

x : a 에 평행인 방향으로서 종방향으로 취한다.

y : b 에 평행인 방향으로서 횡방향으로 취한다.

C : 계수로서 다음에 따른다.

$$C = \frac{E}{2(1-\nu^2)}$$, 4절점 좌굴 패널에 대하여

$$C = \frac{E}{4(1-\nu^2)}$$, 8절점 좌굴 패널에 대하여

ν : 포아송 비

m : 계수로서 다음에 따른다.

$$m = 1 - \nu$$

1. 서 론

1.1

1.1.1

이 부록은 유한요소 계산으로부터 요소 판 패널(elementary plate panel, EPP)에 대한 좌굴 응력 및 변 응력비를 구하는 방법을 제시한다. 이 방법을 "변위법"이라고 부른다.

2. 변위법

2.1 일반

2.1.1

유한요소의 분할은 일반적으로 좌굴 패널과 일치하지 않기 때문에, EPP 의 절점은 유한요소 분할 상에 사상(mapping)될 수 있으며, 이들 절점의 변위는 유한요소 계산으로부터 도출될 수 있다.

변위에 대한 계산을 행할 때는 항상 변위의 전 숫자 정확성(full numerical accuracy)을 사용하여야 한다.

2.1.2 4 절점 및 8 절점 패널

EPP 의 종횡비가 3보다 작고 종방향의 응력 변화가 작은 경우, 4절점 패널을 사용할 수 있다. 그렇지 않은 경우, 8절점 패널을 사용하여야 한다.

2.1.3 절점 변위의 계산

세가지 다른 절점 위치가 가능하다.

- 좌굴 패널의 절점이 유항요소 절점에 위치하는 경우, 변위는 직접 전달될 수 있다.
- 좌굴 패널의 절점이 평면 응력 요소의 변위에 위치하는 경우, 변위는 그 변의 유한요소 절점 사이에서 선형보간할 수 있다.
- 좌굴 패널의 한 절점이 한 요소내에 위치하는 경우, 해당 변위는 그 요소의 모든 절점의 쌍-선형(bi-linear) 보간을 사용하여 구할 수 있다.

2.1.4 국부 계로의 변환

전체 유한요소계로부터 좌굴 패널의 국부계로의 절점 변위의 변환은 다음과 같이 수행된다.

$$(u) = [\lambda] \cdot (u_g)$$

여기서,

(u) : 국부 변위 벡터

(u_g) : 전체 변위 벡터

$[\lambda]$: 변환 행열(2×3)로서, 두 조의 축 사이에서 형성되는 각의 방향여현(direction cosine)으로 구성된다.

2.2 좌굴 응력과 변 응력 비의 계산

2.2.1

EPP 의 모서리에서 도출된 변위는, 어떤 응력 점에서의 응력을 도출하는 입력으로 고려하여야 한다. 4절점 좌굴 패널에서 이러한 점들은 동일하지만, 8절점 좌굴 패널에서는 다르다. 위치 및 번호를 매기는 규약은 **그림 1** 및 **그림 2**를 사용할 수 있다.

EPP 모서리 절점에서 도출된 응력은 **6장 3절**에 따른 좌굴 평가를 위한 입력으로 직접 사용될 수 있다. 유한요소 좌굴 평가에서 고려해야 하며 **7장**에 정의되어 있는 좌굴 하중 상태는, **6장 3절 표 2**의 좌굴 하중 상태 1, 2 및 5와 **6장 3절 표 3**의 1a, 1b, 2 및 4이다. 특별한 경우에 있어서, 다른 좌굴 하중 상태를 수계산에 의한 좌굴 평가에 사용할 수 있다.

2.2.2 4절점 좌굴 패널

4절점 좌굴 패널에 대한 응력 변위 관계식(압축응력이 양(+))

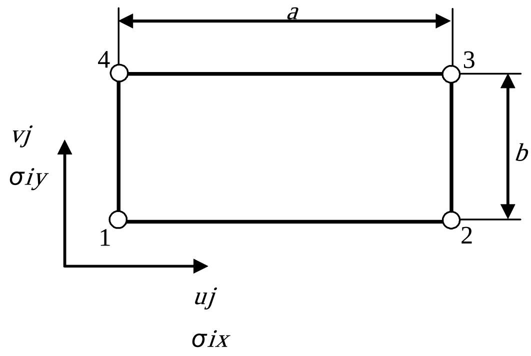


그림 1: 4 절점 좌굴 패널

EPP 모서리 절점의 변위로부터, 이들 절점의 응력은 다음을 사용하여 구할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} \sigma_{1x}^* \\ \sigma_{1y}^* \\ \tau_1 \\ \sigma_{2x}^* \\ \sigma_{2x}^* \\ \tau_2 \\ \sigma_{3x}^* \\ \sigma_{3y}^* \\ \tau_3^* \\ \sigma_{4x}^* \\ \sigma_{4y}^* \\ \tau_4 \end{pmatrix} = -C \cdot \begin{pmatrix} -2/a & -2\nu/b & 2/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\nu/b \\ -2\nu/a & -2/b & 2\nu/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 2/b \\ -m/b & -m/a & 0 & m/a & 0 & 0 & m/b & 0 \\ -2/a & 0 & 2/a & -2\nu/b & 0 & 2\nu/b & 0 & 0 \\ -2\nu/a & 0 & 2\nu/a & -2/b & 0 & 2/b & 0 & 0 \\ 0 & -m/a & -m/b & m/a & m/b & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2\nu/b & 2/a & 2\nu/b & -2/a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2/b & 2\nu/a & 2/b & -2\nu/a & 0 \\ 0 & 0 & -m/b & 0 & m/b & m/a & 0 & -m/a \\ 0 & -2\nu/b & 0 & 0 & 2/a & 0 & -2/a & 2\nu/b \\ 0 & -2/b & 0 & 0 & 2\nu/a & 0 & -2\nu/a & 2/b \\ -m/b & 0 & 0 & 0 & 0 & m/a & m/b & -m/a \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ u_4 \\ v_4 \end{pmatrix}$$

여기서,

$(\sigma_{1x}^*, \sigma_{1y}^*, \tau_1, \cdots, \sigma_{4x}^*, \sigma_{4y}^*, \tau_4)^T = (\sigma^*)$: E 요소 응력 벡터

$(u_1, v_1, \cdots, u_4, v_4)^T = (u)$: 국부 절점 변위 벡터

만일 σ_x^* 및 σ_y^* 이 모두 압축이라면, 응력 σ_x 및 σ_y 은 다음과 같이 구하여야 한다.

$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0.3\sigma_y^*) / 0.91$$
$$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0.3\sigma_x^*) / 0.91$$

압축 응력이 조건 $\sigma_y^* < 0.3\sigma_x^*$ 을 만족하는 경우, $\sigma_y = 0$ 및 $\sigma_x = \sigma_x^*$

압축 응력이 조건 $\sigma_x^* < 0.3\sigma_y^*$ 을 만족하는 경우, $\sigma_x = 0$ 및 $\sigma_y = \sigma_y^*$

이렇게 하면 다음의 응력 벡터를 얻는다.

$$(\sigma) = (\sigma_{1x}, \sigma_{1y}, \tau_1, \cdots, \sigma_{4x}, \sigma_{4y}, \tau_4)^T$$

최종적으로 적합한 좌굴 응력 및 변 응력 비는 다음과 같이 구한다.

- LC 1 : 종 방향 압축

$$\sigma_l = \max\left(\frac{\sigma_{1x} + \sigma_{4x}}{2}, \frac{\sigma_{2x} + \sigma_{3x}}{2}\right)$$

$$\Delta\sigma_l = \frac{1}{2}\left(-\sigma_{1x} + \sigma_{4x} - \sigma_{2x} + \sigma_{3x}\right)$$

$$\sigma_x = \sigma_l + 0.5\left|\Delta\sigma_l\right|$$

$$\psi_x = 1 - \left|\Delta\sigma_l\right| / \sigma_x$$

- LC 2 : 횡 방향 압축

$$\sigma_t = 0.25\sum_{i=1}^{4}\sigma_{iy}$$

$$\Delta\sigma_t = \frac{1}{2}\left(-\sigma_{1y} - \sigma_{4y} + \sigma_{2y} + \sigma_{3y}\right)$$

$$\sigma_y = \sigma_t + 0.5\left|\Delta\sigma_t\right|$$

$$\psi_y = 1 - \left|\Delta\sigma_t\right| / \sigma_y$$

- LC 5 : 전단

$$\tau = \left|\frac{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4}{4}\right|$$

2.2.3 8절점 좌굴 패널

8절점 좌굴 패널에 대한 응력 변위 관계식(압축응력이 양(+))

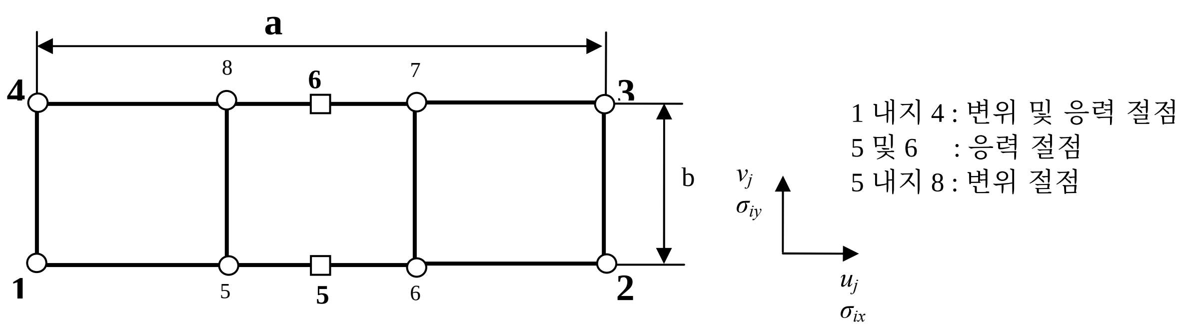


그림 2: 8 절점 좌굴 패널

EPP 모서리 절점의 변위로부터, 이들 절점 및 가운데 위치에서의 응력은 다음을 사용하여 구한다.

$$
\begin{pmatrix} \sigma_{1x}^* \\ \sigma_{1y}^* \\ \tau_1 \\ \sigma_{2x}^* \\ \sigma_{2y}^* \\ \tau_2 \\ \sigma_{3x}^* \\ \sigma_{3y}^* \\ \tau_3 \\ \sigma_{4x}^* \\ \sigma_{4y}^* \\ \tau_4 \\ \sigma_{5x}^* \\ \sigma_{5y}^* \\ \tau_5 \\ \sigma_{6x}^* \\ \sigma_{6y}^* \\ \tau_6 \end{pmatrix} = -C \cdot
\begin{pmatrix}
-12/a & -4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4\nu/b & 12/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-12\nu/a & -4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4/b & 12\nu/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
-2m/b & -6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 2m/b & 0 & 0 & 6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 12/a & -4\nu/b & 0 & 4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & -12/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 12\nu/a & -4/b & 0 & 4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & -12\nu/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & -2m/b & 6m/a & 2m/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & -4\nu/b & 12/a & 4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -12/a & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & -4/b & 12\nu/a & 4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -12\nu/a & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & -2m/b & 0 & 2m/b & 6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -6m/a & 0 & 0 \\
0 & -4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & -12/a & 4\nu/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12/a & 0 \\
0 & -4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & -12\nu/a & 4/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12\nu/a & 0 \\
-2m/b & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2m/b & -6m/a & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6m/a \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -12/a & -2\nu/b & 12/a & -2\nu/b & 0 & 2\nu/b & 0 & 2\nu/b \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -12\nu/a & -2/b & 12\nu/a & -2/b & 0 & 2/b & 0 & 2/b \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -m/b & -6m/a & -m/b & 6m/a & m/b & 0 & m/b & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2\nu/b & 0 & -2\nu/b & 12/a & 2\nu/b & -12/a & 2\nu/b \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2/b & 0 & -2/b & 12\nu/a & 2/b & -12\nu/a & 2/b \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -m/b & 0 & -m/b & 0 & m/b & 6m/a & m/b & -6m/a
\end{pmatrix} \cdot
\begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ u_3 \\ v_3 \\ u_4 \\ v_4 \\ u_5 \\ v_5 \\ u_6 \\ v_6 \\ u_7 \\ v_7 \\ u_8 \\ v_8 \end{pmatrix}
$$

여기서,

$$\left(\sigma^*\right) = (\sigma_{1x}^*, \sigma_{1y}^*, \tau_1, \cdots, \sigma_{6x}^*, \sigma_{6y}^*, \tau_6)^T$$

$$\left(u\right) = (u_{1x}, v_{1y}, \cdots, u_{8x}, v_{8y})^T$$

만일 σ_x^* 및 σ_y^* 이 모두 압축이라면, 응력 σ_x 및 σ_y 은 다음과 같이 구하여야 한다.

$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0.3 \cdot \sigma_y^*)/0.91$$
$$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0.3 \cdot \sigma_x^*)/0.91$$

압축 응력이 조건 $\sigma_y^* < 0.3\sigma_x^*$ 을 만족하는 경우, $\sigma_y = 0$ 및 $\sigma_x = \sigma_x^*$

압축 응력이 조건 $\sigma_x^* < 0.3\sigma_y^*$ 을 만족하는 경우, $\sigma_x = 0$ 및 $\sigma_y = \sigma_y^*$

이렇게 하면 다음의 응력 벡터를 얻는다.

$$\left(\sigma\right) = (\sigma_{1x}, \sigma_{1y}, \tau_1, \cdots, \sigma_{6x}, \sigma_{6y}, \tau_6)^T$$

적합한 좌굴 응력 및 변 응력 비는 다음과 같이 구한다.

- LC 1 : 종 방향 압축

$$\sigma_l = \max\left(\frac{\sigma_{1x} + \sigma_{4x}}{2}, \frac{\sigma_{6x} + \sigma_{5x}}{2}, \frac{\sigma_{2x} + \sigma_{3x}}{2}\right)$$
$$\Delta\sigma_l = \frac{1}{3}\left(\sigma_{4x} - \sigma_{1x} - \sigma_{5x} + \sigma_{6x} + \sigma_{3x} - \sigma_{2x}\right)$$
$$\sigma_x = \sigma_l + 0.5\left|\Delta\sigma_l\right|$$
$$\psi_x = 1 - \left|\Delta\sigma_l\right| / \sigma_x$$

- LC 2 : 횡 방향 압축

$$\sigma_t = \frac{1}{6}\sum_{i=1}^{6}\sigma_{iy}$$
$$\Delta\sigma_t = \frac{1}{2}\left(-\sigma_{1y} - \sigma_{4y} + \sigma_{2y} + \sigma_{3y}\right)$$
$$\sigma_y = \sigma_t + 0.5\left|\Delta\sigma_t\right|$$
$$\psi_y = 1 - \left|\Delta\sigma_t\right| / \sigma_y$$

- LC 5 : 전단

$$\tau = Max\left\{\left|\frac{\tau_1 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6}{4}\right|, \left|\frac{\tau_2 + \tau_3 + \tau_5 + \tau_6}{4}\right|\right\}$$

11 편 8 장

구조상세의 피로검토

제 1 절 일 반 사 항

1. 일반사항

1.1 적 용

1.1.1
이 장의 규정은 북대서양 해역에서 25년의 운항 수명을 갖는 길이 L 이150m 이상의 선박에 대하여 적용한다.

1.1.2
이 장의 규정은 파랑하중에 의한 피로 사이클에 적용한다. 진동, 저 사이클 하중 또는 슬래밍과 같은 충격하중에 의한 피로는 이 장의 범위에서 다루지 않는다.

1.1.3
이 장의 규정은 최소항복응력이 400 N/mm^2 미만인 강재에 적용한다.

1.2 순 치수

1.2.1
이장에서 규정하는 모든 치수 및 응력은 **3장 2절**에 따라 구한 순 치수에 대한 것이다.

1.3 대상 부재

1.3.1
화물창 구역 내에서 **표 1**에 나타낸 부재에 대하여, 고려하는 위치에서 피로강도 평가를 한다.

표 1: 피로강도 평가 대상 부재 및 위치

부재	구조상세
내저판	하부스툴의 경사판/수직판과의 교차부
	호퍼탱크 경사판과의 교차부
내측판	호퍼탱크 경사판과의 교차부
횡격벽	하부스툴 경사판과의 교차부
	상부스툴 경사판과의 교차부
단일선측 산적화물선의 선창내 늑골	상부 및 하부 윙 탱크와의 교차부
이중선측 내의 일반 보강재	웨브프레임 및 횡격벽과 종늑골의 교차부
	스트링거 등과 횡늑골의 교차부
상부 및 하부 윙탱크 내의 일반 보강재	웨브프레임 및 횡격벽과 종늑골의 교차부
이중저 내의 일반 보강재	횡격벽 근처의 늑판과 종늑골의 교차부
해치 코너	해치코너의 자유단

2. 정의

2.1 핫스폿(hot spot)

2.1.1
피로균열이 발생할 수 있는 위치를 핫스폿(hot spot)이라 한다.

2.2 공칭응력

2.2.1
공칭응력은 구조 불연속 및 용접에 의한 응력집중은 고려하지 않고 광의의 구조형상 효과를 고려한 구조 부재의 응력이다. 공칭응력은 **7장 4절**에 규정한 성긴 분할요소(coarse mesh)를 사용한 유한요소해석 또는 **4절**에 명시된 간이 절차에 따라 구한다.

2.3 핫스폿 응력

2.3.1
핫스폿 응력은 균열발생점에서의 국부응력으로 정의한다. 핫스폿 응력은 용접비드 형상의 영향은 고려하지 않고 연결부의 형상에 기인한 구조적 불연속의 영향을 고려한다. 핫스폿 응력은 **7장 4절**에 규정한 상세요소를 사용한 유한요소해석 또는 **4절**에 정의한 공칭응력에 응력집중계수를 곱하여 구한다.

2.4 노치응력

2.4.1
노치 응력은 용접비드 형상 뿐만 아니라 구조형상의 영향에 의한 응력집중을 고려한 용접 토우에서의 피크응력으로 정의한다. 노치응력은 핫스폿 응력에 **2절 [2.3.1]**의 **표 1**에서 정의한 피로 노치계수를 곱하여 구한다.

3. 하중

3.1 적재 조건

3.1.1
선종에 따라서 **표 2**에 규정하는 적재상태를 고려한다.

표 2: 적재 조건

선종	만재하중조건		밸러스트 조건	
	균일적재	격창적재	통상 밸러스트	헤비 밸러스트
BC-A	✓	✓	✓	✓
BC-B	✓	---	✓	✓
BC-C	✓	---	✓	✓

3.2 하중 상태

3.2.1 하중 상태

각 적재상태에 대하여 **4장 4절 [2]**에서 규정하는 다음의 하중 상태를 고려하여야 한다.

(a) 등가 설계파 “H”에 해당하는 “H1” 및 “H2” (맞파)

(b) 등가 설계파 “F”에 해당하는 “F1” 및 “F2” (추파)

(c) 등가 설계파 “R”에 해당하는 “R1” 및 “R2” (횡파)

(d) 등가 설계파 “P”에 해당하는 “P1” 및 “P2” (횡파)

3.2.2

해치 코너의 피로평가에 있어서는, **4장 3절 [3.4]**에 규정한 파랑 비틀림모멘트를 고려하는 사파 상태만을 고려한다.

3.2.3 지배적인 하중 상태

각 적재상태 및 상기의 하중상태로부터, 조합응력범위가 최대가 되는 하중 상태가 지배적인 하중 상태가 된다.

제 2 절 피로강도 평가

기호

이 절에서 정의되지 않은 기호는 **1장 4절**을 참조한다.

i : **4장 4절**에서 규정한 하중상태 "H", "F", "R" 또는 "P"를 표시하는 아래 첨자 "i1"은 "H1", "F1", "R1" 또는 "P1"의 하중상태를, "i2"은 "H2", "F2", "R2" 또는 "P2"의 하중상태를 나타낸다.

(k) : **1절 표 2**에서 정의한 "균일적재상태", "격창적재상태", "통상 밸러스트 상태", "헤비 밸러스트 상태"를 표시하는 아래 첨자

$\Delta\sigma_{W,i(k)}$: 적재상태 "(k)"의 하중상태 "i" 에서의 핫스폿 응력범위, N/mm^2

$\sigma_{mean,i(k)}$: 적재상태 "(k)"의 하중상태 "i" 에서의 구조적 평균 핫스폿 응력

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

이 절은, 본 장의 피로강도평가를 위한 선형 누적손상 평가 절차를 규정한다.

1.1.2

등가핫스폿 응력범위에 피로노치계수를 곱하여 얻은 등가노치응력범위에 기초하여 피로강도평가를 한다.

1.1.3

1차 부재 , 종통 보강재 연결부 및 해치 코너의 핫 스폿 응력범위 및 핫 스폿 평균응력은 각각 **3절, 4절 및 5절**에 따라 계산한다.

1.1.4 1차 지지부재 및 종통 보강재 연결부

지배적인 하중 상태 및 '상태 1'은 각각 **[2.1]** 및 **[2.2]**에서 구하여야 한다. **3절** 및 **4절**에서 계산된, 각 적재상태에 대한 지배적인 하중 상태에 대응하는, 핫스폿 응력범위는 등가 핫스폿 응력범위를 계산하기 위하여 **[2.3.2]**에서 사용하여야 한다.

1.1.5 해치 코너

5절에서 계산된 핫스폿 응력범위는 등가 핫스폿 응력범위를 계산하기 위하여 **[2.3.2]**에서 사용하여야 한다.

2. 등가 노치응력범위

2.1 지배적 하중상태

2.1.1

각 적재상태에 대한 피로평가에 있어서 지배적 하중상태 "*I*" 는, **1절 [3.2.1]**에 규정한 하중상태 "H", "F", "R" 및 "P" 중에서 대상 부재에 대하여 조합 응력범위가 최대로 되는 하중상태를 뜻한다. 즉

$$\Delta\sigma_{W,I(k)} = \max_i\left(\Delta\sigma_{W,i(k)}\right)$$

여기서,

$\Delta\sigma_{W,i(k)}$: **3절 [2.1.1], [2.2.1]** 또는 **4절 [2.3.1]**에서 정의한 조합 핫스폿 응력범위 (N/mm^2)

I : 적재상태 "(k)"에서 선택된 지배적 하중상태를 표시하는 첨자

2.2 적재 '상태 1'

2.2.1

'상태 1'이란 아래 식에 의하여 계산된 최대응력이, **1절 표 2**에서 규정한 "균일", "격창", "통상 밸러스트" 및 "헤비 밸러스트" 적재상태 중에서 인장측에서 최대가 되는 적재상태를 말한다.

$$\sigma_{\max,1} = \max_k\left(\sigma_{mean,I(k)} + \frac{\Delta\sigma_{W,I(k)}}{2}\right)$$

여기서,

$\sigma_{mean,I(k)}$: **[2.1.1]**에서 정의한 적재상태 "(k)" 의 지배적 하중상태에 있어서의 구조적 평균 핫스폿 응력 (N/mm^2)

$\Delta\sigma_{W,I(k)}$: **[2.1.1]**에서 정의한 적재상태 "(k)" 의 지배적 하중상태에 있어서의 핫스폿 응력범위(N/mm^2)

2.2.2

[2.2.1]에 따른 '상태 1' 의 결정에 더하여, 대응하는 적재 상태는 아래 첨자 "j" 을 1로 하여 색인을 붙인다.

2.3 등가 노치응력범위

2.3.1 등가 노치응력범위

각 적재상태에 대하여 등가 노치응력범위(N/mm^2)는 다음 식에 따라 계산한다.

$$\Delta\sigma_{eq,j} = K_f \cdot \Delta\sigma_{equiv,j}$$

여기서,

$\Delta\sigma_{equiv,j}$: **[2.3.2]**에 의하여 구한 적재상태 "j"에서의 등가 핫스폿 응력범위(N/mm^2)

K_f : **표 1**의 피로노치계수

표 1: 피로노치계수 K_f

대상	K_f
맞대기 용접부	1.35
필릿 용접부	1.42
비 용접부	1.00

2.3.2 등가 핫스폿 응력범위

각 적재상태에 대하여 등가 핫스폿 응력범위(N/mm^2)는 다음 식에 따라 계산한다.

$$\Delta\sigma_{equiv,\,j} = f_{mean,\,j} \cdot \Delta\sigma_{W,\,j}$$

여기서,

$f_{mean,j}$: 평균응력 수정계수

- 해치 코너에 대하여 $f_{mean,j} = 0.77$
- 1 차 지지부재 및 종통 보강재에 대하여, 상태 "j"에 대응하는 $f_{mean,j}$ 로서 다음과 같다.

$$f_{mean,\,j} = \max\left\{0.4,\left[\max\left(0,\ \frac{1}{2} + \frac{-\ln\left(10^{-4}\right)}{4}\frac{\sigma_{m,\,j}}{\Delta\sigma_{W,\,j}}\right)\right]^{0.25}\right\}$$

$\sigma_{m,1}$: 상태 "1" 에서의 국부 평균 핫스폿 응력 (N/mm^2)

- $0.6\Delta\sigma_{W,1} \ge 2.5R_{eH}$:

  $\sigma_{m,1} = -0.18\Delta\sigma_{W,1}$

- $0.6\Delta\sigma_{W,1} < 2.5R_{eH}$:

  $\sigma_{m,1} = R_{eH} - 0.6\Delta\sigma_{W,1}$, $0.6\Delta\sigma_{W,1} > R_{eH} - \sigma_{res} - \sigma_{mean,1}$ 인 경우

  $\sigma_{m,1} = \sigma_{mean,1} + \sigma_{res}$, $0.6\Delta\sigma_{W,1} \le R_{eH} - \sigma_{res} - \sigma_{mean,1}$ 인 경우

$\sigma_{m,j}$: 상태 "j" 에서의 국부 평균 핫스폿 응력 (N/mm^2)

- $0.24\Delta\sigma_{W,\,j} \ge R_{eH}$:

  $\sigma_{m,\,j(j\ne1)} = -0.18\Delta\sigma_{W,\,j}$

- $0.24\Delta\sigma_{W,\,j} < R_{eH}$:

  $\sigma_{m,\,j(j\ne1)} = -R_{eH} + 0.24\Delta\sigma_{W,\,j}$, $0.24\Delta\sigma_{W,\,j} > R_{eH} + \sigma_{m,1} - \sigma_{mean,1} + \sigma_{mean,\,j}$ 인 경우

  $\sigma_{m,\,j(j\ne1)} = \sigma_{m,1} - \sigma_{mean,1} + \sigma_{mean,\,j}$, $0.24\Delta\sigma_{W,\,j} \le R_{eH} + \sigma_{m,1} - \sigma_{mean,1} + \sigma_{mean,\,j}$ 인 경우

$\sigma_{mean,j}$: 상태 "j"에 대응하는 구조적 평균 핫스폿 응력

σ_{res} : 잔류응력(N/mm^2)으로서 다음 식에 의하여 구한다.

$$\sigma_{res} = \max\left\{\sigma_{res,\,j}\ ,\quad j = 1,2,3,4\right\}$$

$$\sigma_{res,\,j} = \begin{cases} \max\left[-R_{eH}, \min\left\{R_{eH}, \sigma_{res0} + \sigma_{mean,\,j} + 0.6\Delta\sigma_{W,\,j}\right\} - \sigma_{mean,\,j} - 0.6\Delta\sigma_{W,\,j}\right] & \sigma_{mean,\,j} \ge 0 \text{인 경우} \\ \min\left[R_{eH}, \max\left\{-R_{eH}, \sigma_{res0} + \sigma_{mean,\,j} - 0.24\Delta\sigma_{W,\,j}\right\} - \sigma_{mean,\,j} + 0.24\Delta\sigma_{W,\,j}\right] & \sigma_{mean,\,j} < 0 \text{인 경우} \end{cases}$$

$$\sigma_{res0} = \begin{cases} 0.25R_{eH} & \text{용접연결부에 대하여} \\ 0 & \text{비용접부에 대하여} \end{cases}$$

3. 피로손상 계산

3.1 등가 노치응력범위의 수정

3.1.1

등가 노치응력범위는 다음 식에 따라 수정한다.

$$\Delta\sigma_{E,j} = f_{coat} \cdot f_{material} \cdot f_{thick} \cdot \Delta\sigma_{eq,j}$$

여기서,

f_{coat} : 부식환경에 대한 수정계수

$f_{coat} = 1.05$ (해수밸러스트 및 연료유 탱크)

$f_{coat} = 1.03$ (건화물창 및 보이드스페이스)

$f_{material}$: 재료 수정계수

$$f_{material} = \frac{1200}{965 + R_{eH}}$$

f_{thick} : 판두께 수정계수로서 평강이나 벌브 보강재에 대하여는 1.0, 그 외의 경우에는 다음 식에 의한다.

$$f_{thick} = \left(\frac{t}{22}\right)^{0.25} \qquad t \geq 22 \text{ mm 인 경우}$$

$$f_{thick} = 1.0 \qquad t < 22 \text{ mm 인 경우}$$

t : 대상부재의 순 두께(mm). 보강재의 경우에는 면재

$\Delta\sigma_{eq,j}$: **[2.3.1]**에서 정의한 등가 노치응력범위(N/mm^2)

3.2 응력범위의 장기분포

3.2.1

조합 노치응력범위 장기분포의 누적확률밀도함수는 2 계수 웨이블(Weibull) 분포에 따르는 것으로 한다.

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\Delta\sigma_{E,j}}\right)^{\xi}(\ln N_R)\right]$$

여기서,

ξ : 웨이블(Weibull) 형상계수로서 1.0으로 한다.

N_R : 사이클 수로서 10^4으로 한다.

3.3 성분 피로손상

3.3.1

각 적재상태에 대한 성분 피로손상은 다음 식에 따라 계산한다.

$$D_j = \frac{\alpha_j N_L}{K}\frac{\Delta\sigma_{E,j}^{\ 4}}{(\ln N_R)^{4/\xi}}\left[\Gamma\left(\frac{4}{\xi}+1,\nu\right) + \nu^{-3/\xi}\gamma\left(\frac{7}{\xi}+1,\nu\right)\right]$$

여기서,

K : S-N 선도 계수로서, 1.014 × 10^{15}으로 한다.

α_j : 해치 코너의 평가에 대하여는 1.0으로 한다. 1차 지지부재 및 종통 보강재 연결부에 대하여는 표 2의 적재상태에 따른 계수.

N_L : 선박설계수명에 대한 총 사이클 수

$$N_L = \frac{0.85 T_L}{4 \log L}$$

T_L : 선박수명 25년에 해당하는 설계수명(초)으로서, 7.884 × 10^8으로 한다.

$$\nu = \left(\frac{100.3}{\Delta \sigma_{E,j}} \right)^{\xi} \ln N_R$$

Γ : 유형 2 불완전 감마 함수

γ : 유형 1 불완전 감마 함수

표 2: 적재상태에 따른 계수, α_j

	적재 상태	BC-A	BC-B, BC-C
$L < 200$ m	균일 적재	0.6	0.7
	격창적재	0.1	---
	통상 밸러스트	0.15	0.15
	헤비 밸러스트	0.15	0.15
$L \geq 200$ m	균일 적재	0.25	0.5
	격창적재	0.25	---
	통상 밸러스트	0.2	0.2
	헤비 밸러스트	0.3	0.3

4. 피로강도 기준

4.1 누적 피로 손상

4.1.1

조합등가응력에 대하여 계산한 누적피로손상은 다음 기준을 만족하여야 한다.

$$D = \sum_j D_j \leq 1.0$$

여기서,

D_j : 각 적재상태에 대한 성분 피로손상

제 3 절 1차부재의 피로평가

기호

이 절에서 정의하지 않은 기호는 **1장 4절**을 참조한다.

i : **4장 4절**에 규정한 하중상태 “H”, “F”, “R” 또는 “P”를 표시하는 첨자
“i1”은 “H1”, “F1”, “R1” 또는 “P1”의 하중상태를, “i2”은 “H2”, “F2”, “R2” 또는 “P2”의 하중상태를 나타낸다.

(k) : **1절 표 2**에 정의한 적재상태 “균일적재상태”, “격창적재상태”, “통상 밸러스트상태” 또는 “헤비 밸러스트상태”을 표시하는 첨자

$\Delta\sigma_{W,\,i(k)}$: 적재상태 “(k)”의 하중상태 “i”에서의 핫스폿응력범위(N/mm^2)

$\sigma_{mean\,,\,i(k)}$: 적재상태 “(k)”의 하중상태 “i”에서의 구조적 평균 핫스폿응력

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

7장 4절의 규정 및 이 절의 규정에 따라, 1차 부재의 핫 스폿 응력범위 및 구조적 평균 핫스폿응력을 산정하여야 한다.

2. 핫스폿 응력범위

2.1 직접 방법에 따른 응력범위

2.1.1

적재상태 “(k)”의 하중상태 “i”에서의 핫스폿 응력범위(N/mm^2)는 다음 식으로부터 구한다.

$$\Delta\sigma_{W,\,i(k)} = \left|\sigma_{W,\,i1(k)} - \sigma_{W,\,i2(k)}\right|$$

여기서,

$\sigma_{W,\,i1(k)}$, $\sigma_{W,\,i2(k)}$: **7장 4절**에 규정한 상세 분할요소를 사용한 직접 유한요소해석에 의하여 구한, 적재상태 “(k)”의 하중상태 “i1” 및 “i2” 에서의 핫스폿응력(N/mm^2)

2.2 중첩법에 따른 응력범위

2.2.1 핫스폿 응력범위

적재상태 “(k)”의 하중상태 “i”에서의 핫스폿 응력범위(N/mm^2)

$$\Delta\sigma_{W,\,i(k)} = \left|\left(\sigma_{GW,\,i1(k)} + \sigma_{LW,\,i1(k)}\right) - \left(\sigma_{GW,\,i2(k)} + \sigma_{LW,\,i2(k)}\right)\right|$$

여기서,

$\sigma_{LW,i1(k)}$, $\sigma_{LW,i2(k)}$: **7장 4절**에 규정한 상세요소 유한요소 모델을 사용한 직접계산에 의하여 각각 구한, 적재상태"(k)" 의 하중상태 "$i1$" 및 "$i2$" 에서의 국부하중으로 인한 핫스폿응력(N/mm^2)

$\sigma_{GW,i1(k)}$, $\sigma_{GW,i2(k)}$: **[2.2.2]**에 따라 얻어진 적재상태"(k)" 의 하중상태 "$i1$" 및 "$i2$" 에서의 선체 거더 모멘트에 의한 핫스폿응력(N/mm^2)

2.2.2 선체 거더 모멘트에 의한 응력

적재상태 "(k)"의 하중상태 "$i1$" 및 "$i2$"에서의 선체 거더 핫스폿응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{GW,ij(k)} = C_{WV,ij} \cdot \sigma_{WV,ij} + C_{WH,ij} \cdot \sigma_{WH,(k)} \qquad (j = 1, 2)$$

여기서,

$C_{WV,i1}$, $C_{WV,i2}$, $C_{WH,i1}$, $C_{WH,i2}$: **4장 4절 [2.2]**에서 정의한 각 하중상태에 대한 하중조합계수

$\sigma_{WV,i1}$: 수직파랑굽힘 모멘트에 의한 새깅상태에서의 공칭 선체 거더 응력(N/mm^2)

$$\sigma_{WV,i1} = \frac{M_{WV,S} \cdot (z - N)}{I_Y} \cdot 10^{-3}$$

$\sigma_{WV,i2}$: 수직파랑굽힘 모멘트에 의한 호깅상태에서의 공칭 선체 거더 응력(N/mm^2)

$$\sigma_{WV,i2} = \frac{M_{WV,H} \cdot (z - N)}{I_Y} \cdot 10^{-3}$$

$M_{WV,H}$, $M_{WV,S}$: f_p = 0.5로 하여, **4장 3절 [3.1.1]**에서 정의한 호깅 및 새깅 상태에서의 수직 파랑굽힘 모멘트(kN.m)

N : 5장 1절에서 정의한, 중립축의 Z 좌표

z : 고려하는 점의 Z 좌표

$\sigma_{WH,(k)}$: 수평 파랑굽힘 모멘트에 의한 공칭 선체 거더 응력

$$\sigma_{WH,(k)} = \frac{M_{WH,(k)} \cdot y}{I_Z} \cdot 10^{-3}$$

$M_{WH,(k)}$: f_p = 0.5로 하여, **4장 3절 [3.3.1]**에서 정의한 적재상태 "(k)"에서의 수평파랑굽힘 모멘트(kN-m)

y : 고려하는 점의 Y 좌표로서, 좌현 쪽을 양(+)으로 우현 쪽을 음(-)으로 잡는다.

I_Y, I_Z : **5장 1절**에서 정의한 각각 수평 및 수직 축에 관한 선체 횡단면의 순 관성 모멘트(m^4)

3. 평균 핫스폿응력

3.1 직접법에 따른 평균응력

3.1.1

적재상태 "(k)"의 하중상태 "i"에서의 구조적 평균 핫스폿응력(N/mm^2)으로서, 다음 식에 따라 구한다.

$$\sigma_{mean,i(k)} = \frac{\sigma_{W,i1(k)} + \sigma_{W,i2(k)}}{2}$$

3.2 중첩법에 따른 평균응력

3.2.1 평균 핫스폿응력

적재상태 “(k)”의 하중상태 “i”에서의 구조적 평균 핫스폿 응력(N/mm^2)으로서 다음 식에 따라 구한다.

$$\sigma_{mean,i(k)} = \sigma_{GS,(k)} + \frac{\sigma_{LW,i1(k)} + \sigma_{LW,i2(k)}}{2}$$

여기서,

$\sigma_{GS,(k)}$: **[3.2.2]**에서 정의한 적재상태 “(k)”에서 정수중 선체 거더 모멘트에 의한 평균 핫스폿 응력(N/mm^2)

$\sigma_{LW,i1(k)}$, $\sigma_{LW,i2(k)}$: **[2.2.1]**에 따른다.

3.2.2 정수중 선체 거더 모멘트에 의한 응력

적재상태 “(k)”에서 정수중 굽힘 모멘트에 의한 핫스폿 응력(N/mm^2)으로서 다음 식에 따라 구한다.

$$\sigma_{GS,(k)} = \frac{M_{S,(k)} \cdot (z - z_0)}{I_Y} \cdot 10^{-3}$$

여기서,

$M_{S,(k)}$: **4장 3절 [2.2]**에 정의한 적재상태에 따른 정수중 수직 굽힘 모멘트(kN.m). 설계 초기 단계에서 설계 정수중 굽힘 모멘트가 정의되어 있지 않은 경우, 각 적재 상태에서의 정수중 굽힘 모멘트는 다음 식으로부터 구할 수 있다.

균일 적재 상태; $M_{S,(1)} = -0.5 F_{MS} M_{SW,S}$

격창 적재 상태; $M_{S,(2)} = F_{MS} M_{SW,H}$

통상 밸러스트 상태 ; $M_{S,(3)} = F_{MS} M_{SW,H}$

헤비 밸러스트 상태 ;
$$M_{S,(4)} = \begin{cases} 2.66 \dfrac{x}{L} M_{SW,H} & ; \quad 0 < x \le 0.15L \\ 2.66 \left(0.3 - \dfrac{x}{L}\right) M_{SW,H} & ; \quad 0.15L < x \le 0.3L \\ -3.5 \left(\dfrac{x}{L} - 0.3\right) M_{SW,S} & ; \quad 0.3L < x \le 0.5L \\ -3.5 \left(0.7 - \dfrac{x}{L}\right) M_{SW,S} & ; \quad 0.5L < x \le 0.7L \\ 2.66 \left(\dfrac{x}{L} - 0.7\right) M_{SW,H} & ; \quad 0.7L < x \le 0.85L \\ 2.66 \left(1 - \dfrac{x}{L}\right) M_{SW,H} & ; \quad 0.85L < x \le L \end{cases}$$

$M_{SW,H}$, $M_{SW,S}$: 호깅 및 새깅 상태에서의 허용 정수중 굽힘 모멘트(kN.m)

F_{MS} : **4 장 3절 그림 2**에 따른 분포계수

제 4 절 보강재의 피로평가

기호

이 절에 정의되지 않은 기호는 **1장 4절**에 따른다.

i : **4장 4절**에 규정한 하중상태 “H”, “F”, “R” 또는 “P”를 표시하는 첨자
“i1”은 하중상태 “H1”, “F1”, “R1” 또는 “P1”을 표시하며, “i2”는 하중상태 “H2”, “F2”, “R2” 또는 “P2”을 표시한다.

(k) : **1절 표 2**에 정의한 적재상태 “균일적재상태”, “격창적재상태”, “통상 밸러스트상태” 또는 “헤비 밸러스트상태”를 표시하는 첨자

$\sigma_{W', i(k)}$: 적재상태 “(k)”의 하중상태 “i”에서의 핫스폿 응력범위(N/mm^2)

$\sigma_{mean, i(k)}$: 적재상태 “(k)”의 하중상태 “i”에서의 구조적 평균 핫스폿 응력

1. 일반사항

1.1 적 용

1.1.1

종통 보강재의 핫스폿 응력범위 및 구조적 평균 핫스폿 응력은 이 절의 규정에 따라서 평가한다.

2. 핫스폿 응력범위

2.1 직접 방법에 따른 응력범위

2.1.1

각 적재상태의 각 하중상태 “H”, “F”, “R” 및 “P”에 대하여 직접계산에 의하여 계산한 핫스폿응력범위(N/mm^2)는 **3절 [2.1]**의 규정에 따라 구한다.

2.2 중첩법에 따른 응력범위

2.2.1

각 적재상태의 각 하중상태 “H”, “F”, “R” 및 “P”에 대하여 중첩법에 따른 핫스폿응력범위(N/mm^2)는 **3절 [2.2]**의 규정에 따라 구한다.

2.3 간이절차에 따른 응력범위

2.3.1 핫스폿응력범위

적재상태 “(*k*)”의 하중상태 “*i*”에서 동하중으로 인한 핫스폿응력범위(N/mm²)는 다음 식으로부터 구한다.

$$\Delta\sigma_{W,i(k)} = \left|\left(\sigma_{GW,i1(k)} + \sigma_{W1,i1(k)} - \sigma_{W2,i1(k)} + \sigma_{d,i1(k)}\right) - \left(\sigma_{GW,i2(k)} + \sigma_{W1,i2(k)} - \sigma_{W2,i2(k)} + \sigma_{d,i2(k)}\right)\right|$$

여기서,

$\sigma_{GW,i1(k)}$, $\sigma_{GW,i2(k)}$: **[2.3.2]**에서 정의한 선체 거더 모멘트로 인한 응력

$\sigma_{W1,i1(k)}$, $\sigma_{W1,i2(k)}$: 고려하는 경우에 따라, 해당 압력이 보강재와 같은 측에 작용할 때, 압력으로 인한 응력 $\sigma_{LW,ij(k)}$, $\sigma_{CW,ij(k)}$ 및 $\sigma_{LCW,ij(k)}$

$\sigma_{W2,i1(k)}$, $\sigma_{W2,i2(k)}$: 고려하는 경우에 따라, 해당 압력이 보강재와 반대 측에 작용할 때, 압력으로 인한 응력 $\sigma_{LW,ij(k)}$, $\sigma_{CW,ij(k)}$ 및 $\sigma_{LCW,ij(k)}$

$\sigma_{LW,i1(k)}$, $\sigma_{LW,i2(k)}$: **[2.3.3]**에서 정의한 파랑압력으로 인한 응력

$\sigma_{LBW,i1(k)}$, $\sigma_{LBW,i2(k)}$: **[2.3.4]**에서 정의한 유체압력으로 인한 응력

$\sigma_{LCW,i1(k)}$, $\sigma_{LCW,i2(k)}$: **[2.3.5]**에서 정의한 벌크 건화물로 인한 응력

$\sigma_{d,i1(k)}$, $\sigma_{d,i2(k)}$: **[2.3.6]**에서 정의한 횡격벽의 상대변위로 인한 응력

2.3.2 선체거더 모멘트로 인한 응력

적재상태 “(*k*)”의 하중상태 “*i*1” 및 “*i*2”에서 선체거더 핫스폿응력(N/mm²)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{GW,ij(k)} = K_{gh} \cdot \left(C_{WV,ij} \cdot \sigma_{WV,ij} + C_{WH,ij} \cdot \sigma_{WH,(k)}\right) \qquad (j = 1, 2)$$

여기서,

K_{gh} : **표 1**에서 정의한 단부 연결의 구조상세에 따른 공칭 선체거더응력에 대한 기하학적 응력집중 계수

$C_{WV,i1}$, $C_{WV,i2}$, $C_{WH,i1}$, $C_{WH,i2}$: **4장 4절 [2.2]**에서 정의한 각 하중상태에 대한 하중조합계수

$\sigma_{WV,i1}$, $\sigma_{WV,i2}$, $\sigma_{WH,(k)}$: **3절 [2.2.2]**에서 정의한 공칭 선체거더 응력(N/mm²)

2.3.3 파랑압력으로 인한 응력

적재상태 “(*k*)”의 하중상태 “*i*1” 및 “*i*2”에서 파랑압력으로 인한 핫스폿 응력(N/mm²)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{LW,ij(k)} = \frac{K_{gl} K_s C_{NE,ij(k)} p_{W,ij(k)} s \ell^2 \left(1 - \frac{6x_f}{\ell} + \frac{6x_f^{\,2}}{\ell^2}\right)}{12w} \cdot 10^3 \qquad (j = 1, 2)$$

여기서,

$p_{W,ij(k)}$: 적재상태 “(*k*)”의 하중상태 “*i*1” 및 “*i*2”에서, $f_p = 0.5$로 하여 **4장 5절 [1.3], [1.4]** 및 **[1.5]**에서 규정한 유체동압력(kN/m²). 고려대상 부재의 위치가 수선 상부에 있는 경우에는, 유체동압력은 수선에서의 압력으로 취한다.

K_{gl} : **표 1**에 정의한 단부 연결 상세에 따라, 면외 압력으로 인한 응력에 대한 기하학적 응력집중계수. 단부 연결 상세가 **표 1**에 정의되어 있지 않은 경우, 응력집중은 유한요소 해석에 의하여 산정할 수 있다.

K_s : 보강재 형상으로 인한 기하학적 응력집중계수

$$K_s = 1 + \left[\frac{t_f(a^2 - b^2)}{2w_b}\right]\left[1 - \frac{b}{b_f}\left(1 + \frac{w_b}{w_a}\right)\right]\cdot 10^{-3}$$

a , b : **그림 1**에서 정의한 면재의 편심(mm). 앵글재에 대하여는 “b”는 웨브 원 두께의 반으로 잡는다.

w_a , w_b : 부착 판을 제외한 Z 축에 관한 보강재의 각각 A 및 B(**그림 1** 참조)에서의 순 단면계수.

$C_{NE\,,\,i\,j(k)}$: 적재상태 “(k)”의 하중상태 “$i1$” 및 “$i2$”에서 파랑압력범위의 비선형성에 대한 수정계수

$$C_{NE,\,i\,j(k)} = \begin{cases} \exp\left[-\left(\dfrac{z - T_{LC(k)} + \dfrac{\left|p_{W,\,i\,j(k),\,WL}\right|}{\rho g}}{\dfrac{\left|p_{W,\,i\,j(k),\,WL}\right|}{\rho g}(-\ln 0.5)^{-1/2.5}}\right)^{2.5}\right] & , \quad z > T_{LC(k)} - \dfrac{\left|p_{W,\,i\,j(k),\,WL}\right|}{\rho g} \text{ 인 경우} \\ 1.0 & , \quad z \le T_{LC(k)} - \dfrac{\left|p_{W,\,i\,j(k),\,WL}\right|}{\rho g} \text{ 인 경우} \end{cases}$$

$T_{LC(k)}$: 고려하는 적재상태 “(k)”의 흘수(m)

$p_{W\,,\,i\,j(k)\,,\,WL}$: 적재상태 “(k)”의 하중상태 “$i1$” 및 “$i2$”에서, 수선에서의 유체동압력(kN/m^2)

z : 고려하는 점의 Z 좌표

s : 보강재 간격(m)

ℓ : **그림 2**와 같이 계측된 스팬 (m). 보강재 면재로부터 잰 단부 브래킷의 깊이가 보강재 깊이의 1/2 이 되는 점을 스팬 단부로 한다.

x_f : “ℓ”의 가까운 단부로부터 균열발생점까지의 거리(m) (**그림 2** 참조)

w : 고려하는 보강재의 순 단면계수(cm^3). 다음식에 따라 계산한 부착 판의 유효폭 s_e (m)을 고려하여 단면계수 w 를 계산한다.

$$s_e = \begin{cases} 0.67s \cdot \sin\left[\dfrac{\pi}{6}\left(\dfrac{\ell\left(1 - 1/\sqrt{3}\right)}{2s}\right)\right] & , \quad \dfrac{\ell}{s} \le \dfrac{6}{1 - 1/\sqrt{3}} \text{ 인 경우} \\ 0.67s & , \quad \dfrac{\ell}{s} > \dfrac{6}{1 - 1/\sqrt{3}} \text{ 인 경우} \end{cases}$$

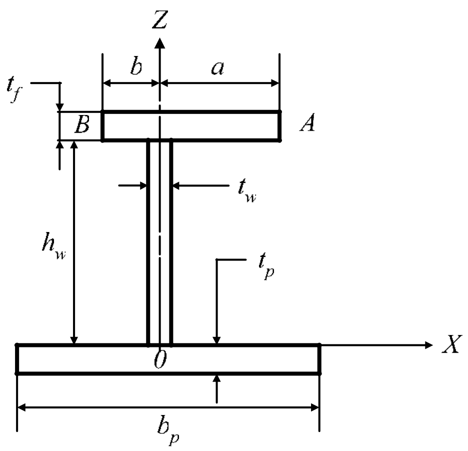


그림 1: 보강재의 단면 치수

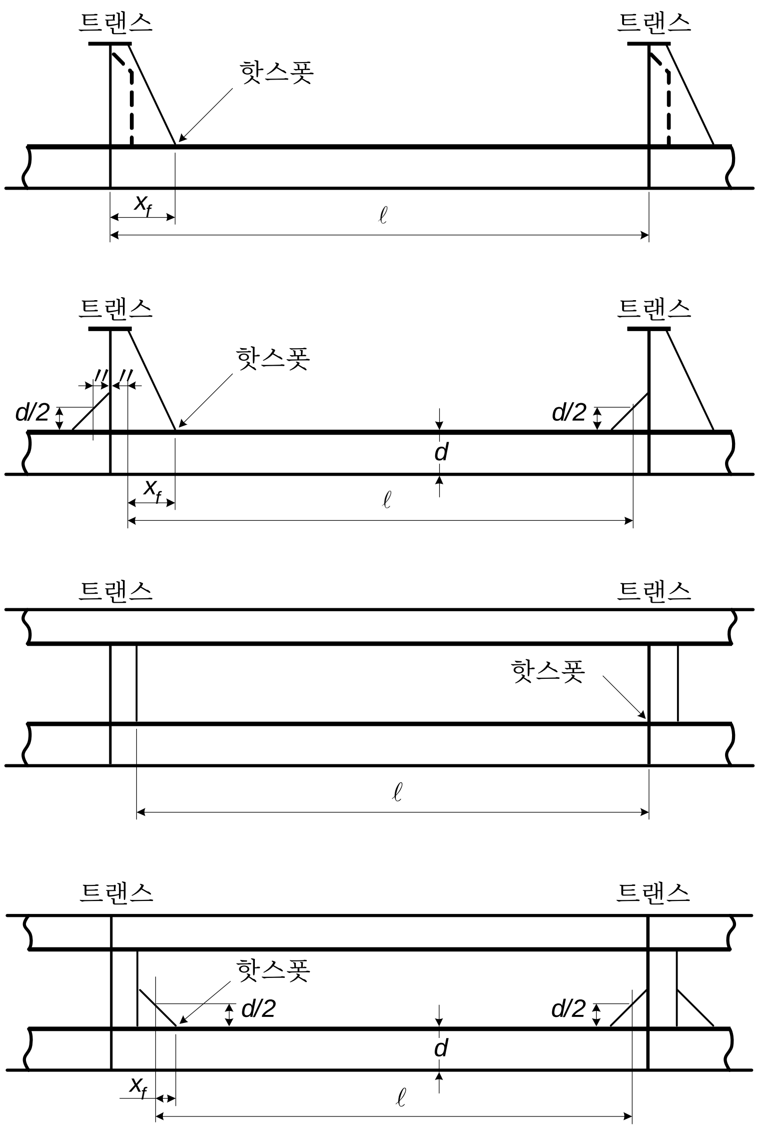


그림 2: 종통 보강재의 스팬 및 핫 스폿

2.3.4 유체압으로 인한 응력

적재상태 "(*k*)"의 하중상태 "*i*1" 및 "*i*2"에서 유체압력으로 인한 핫스폿응력(N/mm²)

$$\sigma_{CW,\,i\,j(k)} = \frac{K_{gl} K_s C_{NI,\,i\,j(k)}\, p_{BW,\,i\,j(k)}\, s \ell^2 \left(1 - \frac{6x_f}{\ell} + \frac{6{x_f}^2}{\ell^2}\right)}{12w} \cdot 10^3 \qquad (j = 1, 2)$$

여기서,

$p_{BW,\,i\,j(k)}$: 적재상태 "(*k*)"의 하중상태 "*i*1" 및 "*i*2"에서 $f_p = 0.5$로 하여, **4장 6절 [2.2]**에서 규정한 밸러스트로 인한 관성압(kN/m²)

$C_{NI,\,i\,j(k)}$: 적재상태 "(*k*)"의 하중상태 "*i*1" 및 "*i*2"에서, 관성압 범위의 비선형성에 대한 수정계수

$$C_{NI,\,i\,j(k)} = \begin{cases} \exp\left[-\left(\dfrac{z - z_{SF} + \dfrac{\left|p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}\right|}{\rho g}}{\dfrac{\left|p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}\right|}{\rho g}\left(-\ln 0.5\right)^{-1/2.5}}\right)^{2.5}\right] & , \quad z > z_{SF} - \dfrac{\left|p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}\right|}{\rho g} \text{ 인 경우} \\ 1.0 & , \quad z \le z_{SF} - \dfrac{\left|p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}\right|}{\rho g} \text{ 인 경우} \end{cases}$$

z_{SF} : 유체의 *Z* 좌표. 일반적으로 탱크 정부까지의 거리로 잡는다. 연료유 탱크의 경우에는 탱크 높이의 1/2까지의 거리로 잡을 수 있다.

z : 고려하는 점의 *Z* 좌표.

$p_{BW,\,i\,j(k),\,SF}$: 적재상태 "(*k*)"의 하중 상태 "*i*1" 및 "*i*2"에 있어서, 유체 표면에서 취한 관성압(kN/m²)

2.3.5 벌크 건화물 압력으로 인한 응력

적재상태 "(*k*)"의 하중 상태 "*i*1" 및 "*i*2"에 있어서, 벌크 건화물 압력으로 인한 핫스폿응력(N/mm²)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{LCW,\,i\,j(k)} = \frac{K_{gl} K_s\, p_{CW,\,i\,j(k)}\, s \ell^2 \left(1 - \frac{6x_f}{\ell} + \frac{6{x_f}^2}{\ell^2}\right)}{12w} \cdot 10^3 \qquad (j = 1, 2)$$

여기서,

$p_{CW,\,i\,j(k)}$: 적재상태 "(*k*)"의 하중 상태 "*i*1" 및 "*i*2"에 있어서 , $f_p = 0.5$로 하여 **4장 6절 1.3**에서 규정한 벌크 건화물로 인한 관성압력(kN/m²)

2.3.6 횡격벽의 상대변형으로 인한 응력

적재상태 "(*k*)"의 하중 상태 "*i*1" 및 "*i*2"에 있어서, 횡격벽과 인접한 트랜스버스 웨브 또는 늑판 사이의 횡방향 상대변위로 인한 부가 핫스폿응력(N/mm²)

$$\sigma_{d,\,i\,j(k)} = \begin{cases} K_{dF-a}\sigma_{dF-a,\,i\,j(k)} + K_{dA-a}\sigma_{dA-a,\,i\,j(k)} & , \text{ 점 "}a\text{"에 대하여} \\ K_{dF-f}\sigma_{dF-f,\,i\,j(k)} + K_{dA-f}\sigma_{dA-f,\,i\,j(k)} & , \text{ 점 "}f\text{"에 대하여} \end{cases} \qquad (j = 1, 2)$$

여기서,

a , f : **표 1**에서 나타낸 고려 위치를 표시하는 첨자

A , F : **표 1**에서 나타낸, 상대변위가 발생하는 트랜스버스 웨브 또는 늑판의 전("F") 및 후("A") 방향을 표시하는 첨자(**그림 3** 참조)

$\sigma_{dF\text{-}a\,,\,i\,j(k)}$, $\sigma_{dA\text{-}a\,,\,i\,j(k)}$, $\sigma_{dF\text{-}f\,,\,i\,j(k)}$, $\sigma_{dA\text{-}f\,,\,i\,j(k)}$: 적재상태 "(k)"의 하중상태 "i1" 및 "i2"에 있어서, 횡격벽과 각각 전("F") 및 후("A")의 트랜스버스 웨브 또는 늑판 사이의 상대변위로 인한 점 "a" 및 "f"에서의 부가응력

$$\sigma_{dF-a,\,i\,j(k)} = \frac{3.9\delta_{F,\,i\,j(k)}EI_A I_F}{w_A \ell_F (\ell_A I_F + \ell_F I_A)}\left(1 - 1.15\frac{|x_{fA}|}{\ell_A}\right)10^{-5}$$

$$\sigma_{dA-a,\,i\,j(k)} = \left[\frac{3.9\delta_{A,\,i\,j(k)}EI_A I_F}{w_A \ell_A (\ell_A I_F + \ell_F I_A)}\left(1 - 1.15\frac{|x_{fA}|}{\ell_A}\right) - \frac{0.9\delta_{A,\,i\,j(k)}EI_A |x_{fA}|}{w_A \ell_A{}^3}\right]10^{-5}$$

$$\sigma_{dF-f,\,i\,j(k)} = \left[\frac{3.9\delta_{F,\,i\,j(k)}EI_A I_F}{w_F \ell_F (\ell_A I_F + \ell_F I_A)}\left(1 - 1.15\frac{|x_{fF}|}{\ell_F}\right) - \frac{0.9\delta_{F,\,i\,j(k)}EI_F |x_{fF}|}{w_F \ell_F{}^3}\right]10^{-5}$$

$$\sigma_{dA-f,\,i\,j(k)} = \frac{3.9\delta_{A,\,i\,j(k)}EI_A I_F}{w_F \ell_A (\ell_A I_F + \ell_F I_A)}\left(1 - 1.15\frac{|x_{fF}|}{\ell_F}\right)10^{-5}$$

$\delta_{F\,,\,i\,j(k)}$, $\delta_{A\,,\,i\,j(k)}$: 적재상태 "(k)"의 하중상태 "i1" 및 "i2" 에서 횡격벽과 전(F) 및 후(A) 트랜스버스 웨브 또는 늑판 사이의 상대 변위(mm) (**그림 3** 참조)

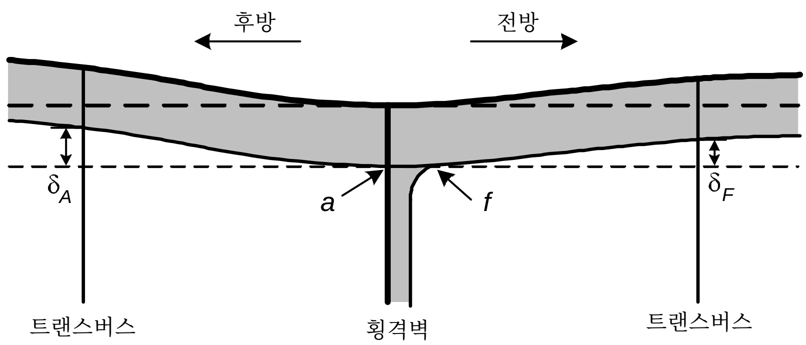


그림 3: 횡격벽과 트랜스버스 웨브 또는 늑판 사이의 상대 변위

I_F , I_A : 전("F") 및 후("A") 종통재의 순 관성모멘트(㎝^{4})

$K_{dF\text{-}a}$, $K_{dA\text{-}a}$, $K_{dF\text{-}f}$, $K_{dA\text{-}f}$: **표 1**에 정의한, 횡격벽과 전("F") 및 후("A") 트랜스버스 웨브 사이의 상대변위를 받는 점 "a" 및 "f" 에서 보강재 단부 연결부에 대한 응력집중계수. 고려하는 구조 형상이 **표 1**에 보인 어느 것과도 대응하지 않는 경우, 유한요소해석에 의하여 응력집중을 직접 구할 수 있다.

l_F , l_A : **그림 2**과 같이 계측한 전("F") 및 후("A") 종통재의 스팬(m)

x_{fF} , x_{fA} : 각각 l_F 및 l_A 의 가까운 단부로부터 균열발생점까지의 거리(m) (**그림 2** 참조)

3. 평균 핫스폿응력

3.1 직접법에 따른 평균응력

3.1.1
직접법에 따른 각 적재상태에서의 구조적 평균 핫스폿응력(N/mm^2)은 **3절 [3.1]**에 따라 구한다.

3.2 중첩법에 따른 평균응력

3.2.1
중첩법에 따른 각 적재상태에서의 구조적 평균 핫스폿응력은 **3절 [3.2]**에 따라 구한다.

3.3 간이 절차에 따른 평균응력

3.3.1 평균 핫스폿응력
하중상태 "*i*"에 관계없이, 적재상태 "(*k*)"에서의 구조적 평균 핫스폿응력은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{mean,(k)} = \sigma_{GS,(k)} + \sigma_{S1,(k)} - \sigma_{S2,(k)} + \sigma_{dS,(k)}$$

여기서,

$\sigma_{GS,(k)}$: **[3.3.2]**에서 정의한 정수중 선체거더 모멘트로 인한 응력

$\sigma_{S1,(k)}$: 고려하는 경우에 따라 일반 보강재와 같은 측에 압력이 작용할 때 정수압으로 인한 응력

$\sigma_{S2,(k)}$: 고려하는 경우에 따라 보강재와 반대 측에 압력이 작용할 때 정수압으로 인한 응력

$\sigma_{LS,(k)}$: **[3.3.3]**에서 정의한 정수압으로 인한 응력

$\sigma_{CS,(k)}$: **[3.3.4]**에서 정의한 유체 정압으로 인한 응력

$\sigma_{LCS,(k)}$: **[3.3.5]**에서 정의한 정수중 산적 건화물 압력으로 인한 응력

$\sigma_{dS,(k)}$: **[3.3.6]**에서 정의한 정수중 횡격벽의 상대변위로 인한 응력

3.3.2 정수중 선체거더 모멘트로 인한 응력
적재상태 "(*k*)"에서 정수중 굽힘 모멘트로 인한 핫스폿응력은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{GS,(k)} = K_{gh} \frac{M_{S,(k)} \cdot (z - z_0)}{I_Y} \cdot 10^{-3}$$

여기서,

$M_{S,(k)}$: **3절 [3.2.2]**에서 정의한 정수중 수직굽힘 모멘트(kN-m)

3.3.3 정수압으로 인한 응력
적재상태 "(*k*)"에서 정수압으로 인한 핫스폿응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{LS,(k)} = \frac{K_{gl} K_s p_{S,(k)} s \ell^2 \left(1 - \frac{6x_f}{\ell} + \frac{6{x_f}^2}{\ell^2}\right)}{12w} \cdot 10^3$$

여기서,

$p_{S,(k)}$: **4장 5절 [1.2]**에서 규정한 적재상태 “(k)”에서의 정수압(kN/m^2)

3.3.4 정수중 유체 압력으로 인한 응력

적재상태 “(k)”에서 유체 정수압으로 인한 구조적 평균 핫스폿응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{CS,\ (k)} = \frac{K_{gl} K_s p_{CS,(k)} s \ell^2 \left(1 - \frac{6x_f}{\ell} + \frac{6{x_f}^2}{\ell^2}\right)}{12w} 10^3$$

여기서,

$p_{CS,(k)}$: **4장 6절 [2.1]**에서 규정한 적재상태 “(k)”에서 정수중 유체 압력(kN/m^2)

3.3.5 정수중 산적 건화물 압력으로 인한 응력

적재상태 “(k)”에서 산적 건화물 정압으로 인한 구조적 평균 핫스폿응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{LCS,(k)} = \frac{K_{gl} K_s p_{CS,(k)} s \ell^2 \left(1 - \frac{6x_f}{\ell} + \frac{6{x_f}^2}{\ell^2}\right)}{12w} \cdot 10^3$$

여기서,

$p_{CS,(k)}$: **4장 6절 [1.2]**에서 규정한 적재상태 “(k)”에서 정수중 산적 건화물 압력(kN/m^2)

3.3.6 정수 중 횡격벽의 상대변위로 인한 응력

적재상태 “(k)”에서 횡격벽과 인접하는 트랜스버스 웨브 또는 늑판 사이의 횡방향 상대변위로 인한 부가적인 평균 핫스폿응력(N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma_{dS,(k)} = \begin{cases} K_{dF-a}\sigma_{dSF-a,(k)} + K_{dA-a}\sigma_{dSA-a,(k)} & ,\ \text{점 "}a\text{"에 대하여} \\ K_{dF-f}\sigma_{dSF-f,(k)} + K_{dA-f}\sigma_{dSA-f,(k)} & ,\ \text{점 "}f\text{"에 대하여} \end{cases}$$

여기서,

$\sigma_{dSF\text{-}a,(k)}$, $\sigma_{dSA\text{-}a,(k)}$, $\sigma_{dSF\text{-}f,(k)}$, $\sigma_{dSA\text{-}f,(k)}$: 적재상태“(k)”에서 각각 횡격벽과 전방(F) 및 후방 (A) 트랜스버스 웨브 또는 늑판 사이의 상대변위로 인한 점 “a” 및 “f“ 에서의 부가응력(N/mm^2)

$$\sigma_{dSF-a,(k)} = \frac{3.9\delta_{SF,(k)} E I_A I_F}{w_A \ell_F \left(\ell_A I_F + \ell_F I_A\right)} \left(1 - 1.15\frac{|x_{fA}|}{\ell_A}\right) 10^{-5}$$

$$\sigma_{dSA-a,(k)} = \left[\frac{3.9\delta_{SA,(k)} E I_A I_F}{w_A \ell_A \left(\ell_A I_F + \ell_F I_A\right)} \left(1 - 1.15\frac{|x_{fA}|}{\ell_A}\right) - \frac{0.9\delta_{SA,(k)} E I_A |x_{fA}|}{w_A {\ell_A}^3}\right] 10^{-5}$$

$$\sigma_{dSF-f,(k)} = \left[\frac{3.9\delta_{SF,(k)} E I_A I_F}{w_F \ell_F \left(\ell_A I_F + \ell_F I_A \right)} \left(1 - 1.15 \frac{\left| x_{fF} \right|}{\ell_F} \right) - \frac{0.9\delta_{SF,(k)} E I_F \left| x_{fF} \right|}{w_F {\ell_F}^3} \right] 10^{-5}$$

$$\sigma_{dSA-f,(k)} = \frac{3.9\delta_{SA,(k)} E I_A I_F}{w_F \ell_A \left(\ell_A I_F + \ell_F I_A \right)} \left(1 - 1.15 \frac{\left| x_{fF} \right|}{\ell_F} \right) 10^{-5}$$

$\delta_{SF,(k)}$, $\delta_{SA,(k)}$: 적재상태 (k) 에서 각각 횡격벽과 전방(F) 및 후방(A) 트랜스버스 웨브 및 늑판 사이의 횡방향 정수중 상대변위(mm)

표 1: 보강재 단부 결합부의 응력집중계수

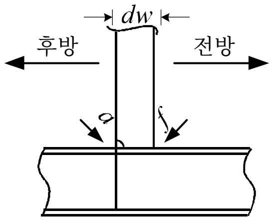
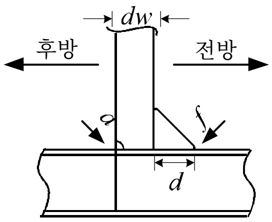
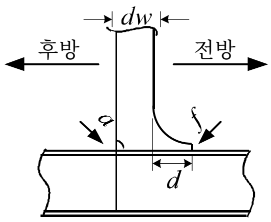
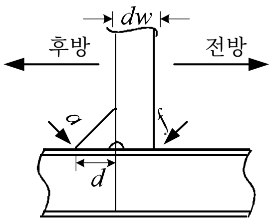
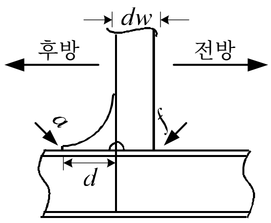
구조 형식	평가점	컬러판	브래킷 크기	응력집중계수			
				K_{gl}	K_{gh}	K_{dF}	K_{dA}
1  	*a*	수밀	-----	1.5	1.1	1.15	1.5
		비수밀	-----	1.65	1.1	-----	-----
	f	수밀	-----	1.1	1.05	1.55	1.05
2  	*a*	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.45	1.1	1.15	1.4
			$1.5dw \le d$	1.4	1.05	1.15	1.35
		비수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.55	1.1	-----	-----
			$1.5dw \le d$	1.5	1.05	-----	-----
	f	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.15	1.1
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.1	1.05
3  	*a*	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.4	1.1	1.1	1.35
			$1.5dw \le d$	1.35	1.05	1.05	1.3
		비수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.5	1.1	-----	-----
			$1.5dw \le d$	1.45	1.05	-----	-----
	f	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.05	1.05	1.1	1.05
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.05
4  	*a*	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.05	1.25
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.2
	f	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.3	1.1	1.35	1.05
			$1.5dw \le d$	1.3	1.05	1.3	1.05
		비수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.4	1.1	-----	-----
			$1.5dw \le d$	1.4	1.05	-----	-----
5  	*a*	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.05	1.2
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.15
	f	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.3	1.1	1.55	1.1
			$1.5dw \le d$	1.3	1.05	1.5	1.05
		비수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.35	1.1	-----	-----
			$1.5dw \le d$	1.35	1.05	-----	-----

표 1: 보강재 단부 결합부의 응력집중계수(계속)

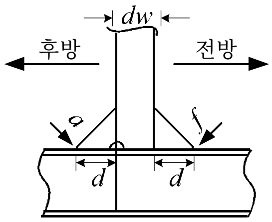
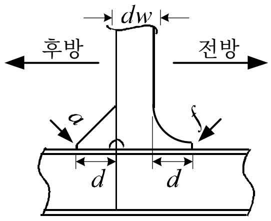
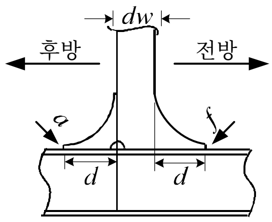
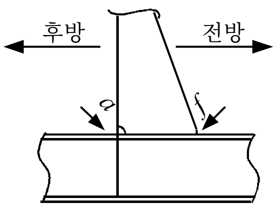
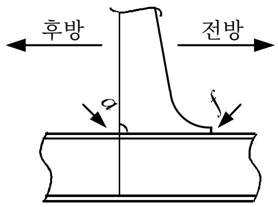
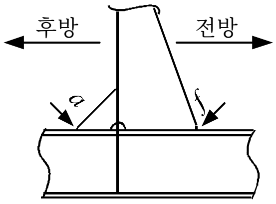
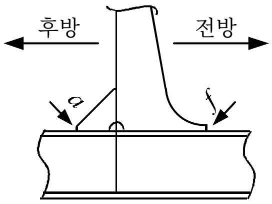
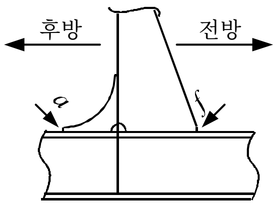
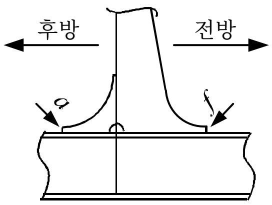
구조 형식	평가점	컬러판	브래킷 크기	응력집중계수			
				K_{gl}	K_{gh}	K_{dF}	K_{dA}
6 	*a*	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.05	1.1
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.05
		비수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.15	1.05	-----	-----
			$1.5dw \le d$	1.1	1.05	-----	-----
	f	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.05	1.05	1.1	1.05
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.05
7 	*a*	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.05	1.2
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.15
		비수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.15	1.05	-----	-----
			$1.5dw \le d$	1.1	1.05	-----	-----
	f	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.05	1.05	1.05	1.05
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.05
8 	*a*	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.1	1.1	1.05	1.15
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.1
		비수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.1	1.1	-----	-----
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	-----	-----
	f	수밀	$dw \le d < 1.5dw$	1.05	1.05	1.1	1.05
			$1.5dw \le d$	1.05	1.05	1.05	1.05
9 	*a*	수밀	-----	1.4	1.05	1.05	1.75
	f	수밀	-----	1.6	1.05	1.7	1.05
10 	*a*	수밀	-----	1.3	1.05	1.05	1.75
	f	수밀	-----	1.55	1.05	1.3	1.05

표 1: 보강재 단부 결합부의 응력집중계수(계속)

구조 형식	평가점	컬러판	브래킷 크기	응력집중계수			
				K_{gl}	K_{gh}	K_{dF}	K_{dA}
11 	*a*	수밀	-----	1.1	1.05	1.05	1.2
	f	수밀	-----	1.75	1.05	1.4	1.05
12 	*a*	수밀	-----	1.1	1.05	1.05	1.2
	f	수밀	-----	1.3	1.05	1.05	1.05
13 	*a*	수밀	-----	1.05	1.05	1.05	1.15
	f	수밀	-----	1.95	1.05	1.55	1.05
14 	*a*	수밀	-----	1.05	1.05	1.05	1.15
	f	수밀	-----	1.7	1.05	1.15	1.05

제 5 절 해치 코너의 응력 평가

1. 일 반

1.1 적용

1.1.1

간이 절차에 기초한 해치 코너의 핫스폿 응력범위 및 구조적 평균 핫스폿 응력은 이 절의 규정에 따라 평가한다.

2. 공칭응력 범위

2.1 파랑비틀림모멘트로 인한 공칭응력범위

2.1.1

파랑 비틀림모멘트에 의한 크로스 갑판 굽힘으로 인한 공칭 응력범위(N/mm^2)는 다음 식으로부터 구한다.

$$\Delta\sigma_{WT} = \frac{2}{1000} F_S F_L \frac{Q \cdot B_H}{W_Q}$$

여기서,

$$Q = \frac{1000u}{\dfrac{(B_H + b_s)}{12EI_Q} + \dfrac{2.6B_H}{EA_Q}}$$

u : 해치코너의 종방향 변위(m)로서 다음과 같다.

$$u = \frac{31.2}{1000} \frac{M_{WT}\ \omega}{I_T E\ DOC}$$

DOC : 갑판 개구 계수로서, 다음과 같다.

$$DOC = \frac{L_C B}{\sum_{i=1}^{n} L_{H,i} B_{H,i}}$$

M_{WT} : f_p = 0.5로 하여 **4장 3절 [3.4.1]**에 정의한 최대 파랑 비틀림 모멘트(kNm)

F_S : 응력 수정계수로서, 다음과 같다.

$$F_S = 5$$

F_L : 해치 코너의 종방향 위치에 대한 수정계수로서, 다음과 같다.

$$F_L = 1.75\frac{x}{L} \quad ,\ 0.57 \le x/L \le 0.85 \text{ 인 경우}$$

$$F_L = 1.0 \quad ,\ x/L < 0.57 \text{ and } x/L > 0.85 \text{ 인 경우}$$

B_H : 해치 개구의 폭(m)

W_Q : 해치 코너 부근의 상부 스툴을 포함한 크로스 갑판의 단면계수(m^3) (**그림 2** 참조)

I_Q : 해치 코너 부근의 상부 스툴을 포함한 크로스 갑판의 관성 모멘트(m^4) (**그림 2** 참조)

A_Q : 해치 코너 부근의 상부 스툴을 포함한 크로스 갑판의 전단 면적 (m^2) (**그림 2** 참조)

b_S : 해치 개구 옆의 남은 갑판 스트립의 폭(m)

I_T : 격벽의 상부 및 하부 스툴을 무시하고 크로스 갑판 면적 내에서 계산된, 선체 횡단면의 비틀림 관성 모멘트(m^4)(**그림 1** 참조)로서, **부록 1**에 따라 계산할 수 있다.

ω : I_T 와 같은 횡단면 및 해치 코너의 Y 및 Z 위치에서 계산된 섹터 좌표(m^2)로서, **부록 1**에 따라 계산할 수 있다.

LC : 화물 구역의 길이(m)로서, 기관실 격벽과 선수격벽 사이의 거리로 한다.

$B_{H,i}$: 해치 i 의 해치개구의 폭(m)

$L_{H,i}$: 해치 i 의 해치개구의 길이(m)

n : 해치의 수

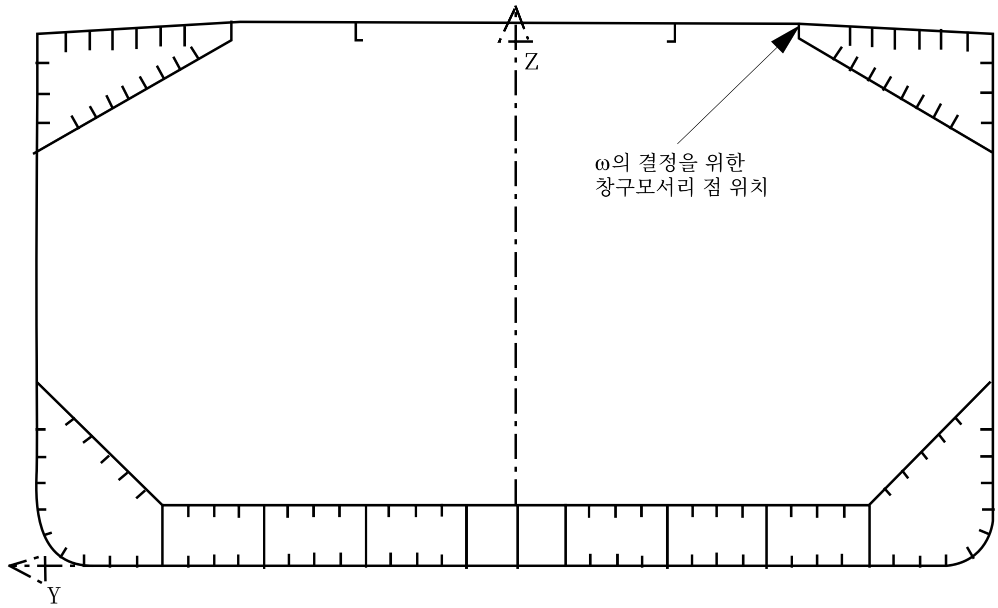


그림 1: I_T 및 ω 의 결정을 위한 횡단면

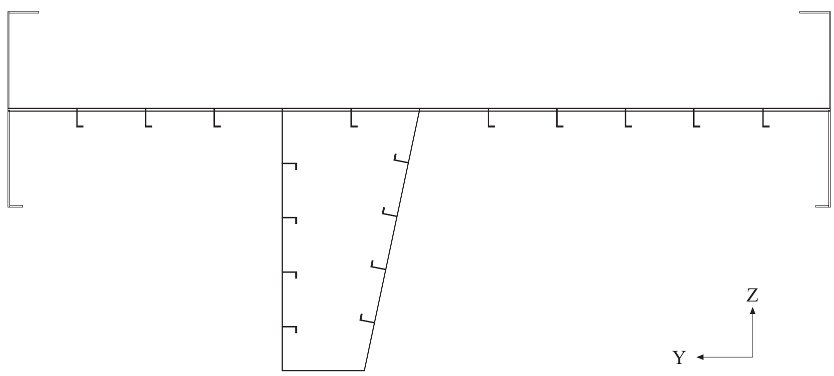


그림 2: A_Q, W_Q 및 I_Q 의 결정을 위하여 고려하는 요소

2.2 공칭 평균응력

2.2.1

크로스 갑판 내의 정수중 굽힘 모멘트로 인한 평균 응력은 0(zero)으로 설정한다.

3. 핫스폿 응력

3.1 핫스폿 응력범위

3.1.1

핫스폿 응력범위(N/mm²)는 다음과 같이 구한다.

$$\varDelta\sigma_W = K_{gh}\,\varDelta\sigma_{WT}$$

여기서,

K_{gh} : 해치 코너에 대한 응력집중계수로서, 다음과 같다. 다만 1보다 작게 취하여서는 아니 된다.

$$K_{gh} = \frac{r_a + 2r_b}{3r_a}\left[1 + \left(\frac{b}{1.23\ell_{CD} + 0.8b}\,\frac{0.22\ell_{CD}}{r_a}\right)^{0.65}\right]$$

r_a : 장축 반경(m)

r_b : 단축 반경(m) (코너 형상이 원형인 경우, r_b 및 r_a 는 같다.)

ℓ_{CD} : 크로스 갑판의 선체 종방향 길이(m)

b : 개구단으로부터 선측까지의 거리(m)

부록 1 – 비틀림에 대한 단면 특성

1. 계산 식

1.1 비틀림 함수 Φ

1.1.1

폐 단면 셀(cell)의 임의의 부분 면적에 대하여, 다음의 기하학적 그림 및 비를 계산하여야 한다.

$$A_y = \frac{1}{2}(z_i + z_k)(y_k - y_i)$$

$$l = \sqrt{(y_k - y_i)^2 + (z_k - z_i)^2}$$

$$\frac{s}{t} = \frac{\ell}{t}$$

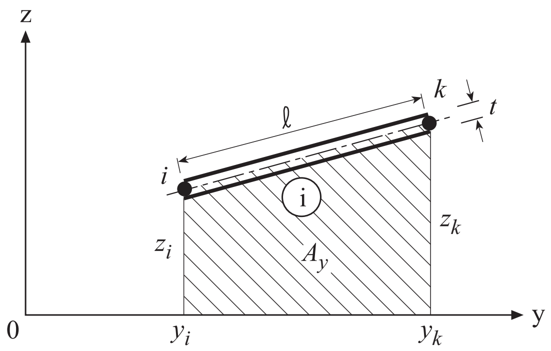


그림 1:

단면 유형에 따라 다음 세 가지의 계산 방식을 적용할 수 있다.

방식 A: **그림 2**에 보인 비대칭 개 단면

방식 B: **그림 3**에 보인 바와 같은 개별 폐 단면 셀(공유 벽이 없는 폐 단면 셀)을 갖는 대칭 단면. 이 경우 비틀림 함수는 개별적으로 각 셀에 대하여 계산할 수 있다.

$$\Phi_0 = \frac{2\sum_{Cell\ 0} A_y}{\sum_{Cell\ 0} \frac{s}{t}} \quad ; \qquad \Phi_2 = \frac{2\sum_{Cell\ 2} A_y}{\sum_{Cell\ 2} \frac{s}{t}}$$

방식 C: **그림 4**에 보인 바와 같은 다중 폐 단면 셀(공유 벽을 갖는 폐 단면 셀). 이 경우 각 셀 i 에 대한 비틀림 함수는, 공유 벽을 고려한 선형 연립 방정식을 풀어 계산할 수 있다.

$$\Phi_0 \sum_{Cell\ 0} \frac{s}{t} + \Phi_1 \left(\frac{s}{t}\right)_{Common\ Wall} = 2A_{Cell0}$$

$$\Phi_1 \sum_{Cell\ 1} \frac{s}{t} + \Phi_0 \left(\frac{s}{t}\right)_{Common\ Wall} = 2A_{Cell1}$$

이러한 연립 방정식으로부터 비틀림 함수 Φ_0 및 Φ_1 을 유도할 수 있다.

1.2 좌표계, 움직이는 좌표 s

1.2.1

2차원 직교(카테시안) 좌표계를 사용한다. 참조 점 O(좌표계의 원점)의 선택은 자유이지만, 대칭 단면에 대하여는 원점을 단면의 대칭선에 정의하는 것이 유리하다. 대칭선과 단면 형상의 교점에서, 움직이는 좌표 s 은 대칭 면 내에서 시작한다. 즉 **그림 2** 내지 **그림 4**에서 '0'로 나타낸 선체중심선과 선저판 또는 내저판의 교점에서의 선체 횡 단면 내에서 움직이는 좌표 s 은 시작한다. 대수 부호 및 비틀림 함수에 대한 연립 방정식 조립에 관하여, s 의 방향은 폐 단면 내의 적분 방향은 물론 s 의 방향도 고려하여야 한다.

1.3 단면의 각 부분에 대한 여러 가지 특성의 계산

1.3.1

ω_i = 선행 부분 면적 또는 선행 분기점의 ω_k (계산 시작 시에 영(zero)로 놓는다.)

ω_k = $\omega_i + y_i z_k - y_k z_i - \Phi \dfrac{\ell_i}{t_i}$, 폐 단면 내의 $\Phi \dfrac{\ell_i}{t_i}$ 을 가지고 계산한다.

l = $\sqrt{(y_k - y_i)^2 + (z_k - z_i)^2}$

		합산
A	$= \ell t$	$\sum A$
S_y	$= A/2 (z_i + z_k)$	$\sum S_y$
S_z	$= A/2 (y_i + y_k)$	$\sum S_z$
S_ω	$= A/2 (\omega_i + \omega_k)$	$\sum S_\omega$
I_y	$= A/3 (z_i^2 + z_i z_k + z_k^2)$	$\sum I_y$
I_z	$= A/3 (y_i^2 + y_i y_k + y_k^2)$	$\sum I_y$
I_{yz}	$= A/6 [(2y_k + y_i) z_k + (2y_i + y_k) z_i]$	$\sum I_{yz}$
I_ω	$= A/3 (\omega_i^2 + \omega_i \omega_k + \omega_k^2)$	$\sum I_\omega$
$I_{\omega y}$	$= A/6 [(2y_k + y_i)\omega_k + (2y_i + y_k)\omega_i]$	$\sum I_{\omega y}$
$I_{\omega z}$	$= A/6 [(2z_k + z_i)\omega_k + (2z_i + z_k)\omega_i]$	$\sum I_{\omega z}$
$s t^3$	$= \ell t^3$	$\sum s \cdot t^3$

1.4 전체 단면에 대한 단면 특성의 계산

비 대칭 단면	대칭 단면 (단면의 절반만 모델링)
$A = \sum A$	$A = 2\sum A$
$y_s = \dfrac{\sum S_z}{\sum A}$	
$z_s = \dfrac{\sum S_y}{\sum A}$	$z_s = \dfrac{\sum S_y}{\sum A}$
$I_y = \sum I_y - \sum A z_s^2$	$I_y = 2\left(\sum I_y - \sum A z_s^2\right)$
$I_z = \sum I_z - \sum A y_s^2$	$I_z = 2\left(\sum I_z - \sum A y_s^2\right)$
$I_{yz} = \sum I_{yz} - \sum A y_s z_s$	
$I_T = \sum \dfrac{s t^3}{3}$	$I_T = 2\left[\sum \dfrac{s t^3}{3} + \sum_{Cell\ i} \left(2 A_{yi} \Phi_i\right)\right]$
$\omega_0 = \dfrac{\sum S_\omega}{\sum A}$	
$I_{\omega y} = \sum I_{\omega y} - \sum A y_s \omega_0$	$I_{\omega y} = 2\sum I_{\omega y}$
$I_{\omega z} = \sum I_{\omega z} - \sum A z_s \omega_0$	
$y_M = \dfrac{I_{\omega z} I_z - I_{\omega y} I_{yz}}{I_y I_z - I_{yz}^2}$	
$z_M = \dfrac{I_{\omega z} I_{yz} - I_{\omega y} I_y}{I_y I_z - I_{yz}^2}$	$z_M = -\dfrac{I_{\omega y}}{I_z}$
$I_\omega = \sum I_\omega - \sum A \omega_0^2 + z_m I_{\omega y} - y_M I_{\omega z}$	$I_\omega = 2\sum I_\omega + z_m I_{\omega y}$

I_y, I_z, I_{yz} : 중심에 관하여 계산되어야 한다.

S, I_ω : 전단 중심 M 에 관하여 계산되어야 한다.

섹터(sector)-좌표 ω 는 전단 중심 M 에 관하여 변환되어야 한다. 유형 A 의 단면에 대하여, **[1.3]**에 정의한 대로 ω_0 는 각 ω_i 및 ω_k 에 더하여야 한다.

유형 B 및 C 의 단면에 대하여는, $\Delta\omega$ 는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\Delta\omega_i = \omega - \omega_O = z_M\left(y_i\right) - y_M\left(z_i\right)$$

여기서,

ω_O : **[1.3]**에 주어진 ω_k 에 대한 식에 따라 계산을 위하여 선택된 좌표계의 중심(O)에 관하여 계산된 섹터 좌표

ω : 전단 중심 M 에 관하여 변환된 섹터 좌표

y_M, z_M : 전단 중심 M 과 좌표계 B 의중심 사이의 거리

ω 의 변환된 값은 $\Delta\omega$ 을 **[1.3]**에 따라 구한 ω_O 값에 더하여 구할 수 있다.

ω 의 변환된 값은 단면과 대칭선(선박 단면의 중심선)의 교점에서 영(zero)이 되어야 한다.

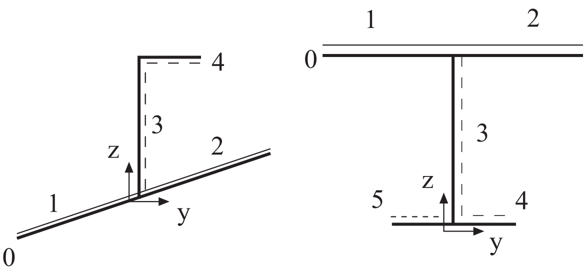


그림 2: 유형 A 단면

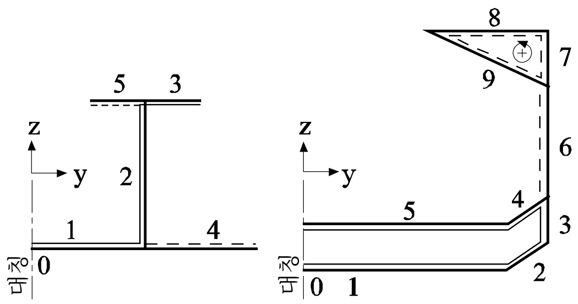


그림 3: 유형 B 단면

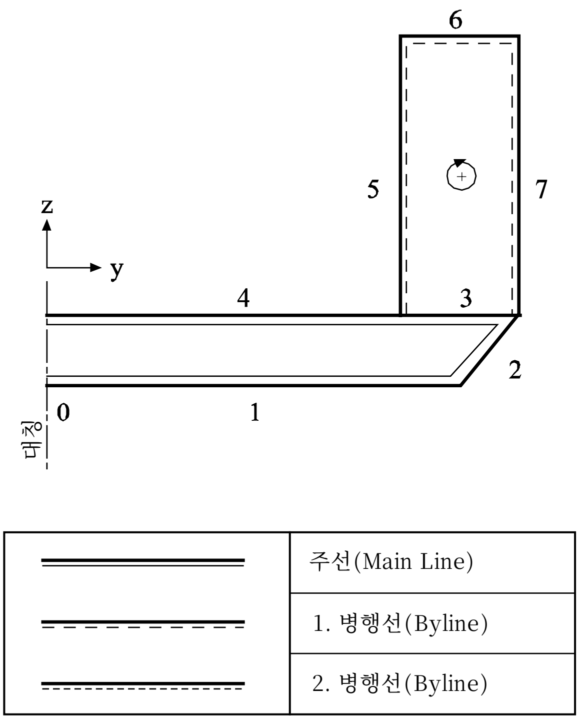


그림 4: 유형 C 단면

선 유형의 지정(단면의 특정 부분에서의 번호)은 계산을 위한 특정 부분의 순서를 제공하며, 따라서 움직이는 좌표 s 의 방향을 제공한다.

2. 단일선각 선체단면의 계산 예

2.1 단면 자료

2.1.1

단면은 **그림 5**에 보인다. **그림 5**의 꽉 찬 검은 점으로 표시된 절점의 좌표는 **표 1**에 주어지며, 단면의 판 두께 및 선분(**그림 5**에 원으로 표시된)은 **표 2**에 주어진다.

표 1: 단면의 절점-좌표

절점 번호	*Y* 좌표	*Z* 좌표
0	0.00	0.00
1	14.42	0.00
2	16.13	1.72
3	16.13	6.11
4	11.70	1.68
5	0.00	1.68
6	16.13	14.15
7	16.13	19.6
8	7.50	20.25
9	7.50	19.63
10	0.00	20.25

2.2 비틀림 함수 Φ 의 결정

2.2.1

첫 단계는 각 폐 단면 셀의 비틀림 함수 Φ 의 결정을 위한 선형 연립 방정식을 세우는 것이다. 단면 및 셀은 **그림 5**에 보인다.

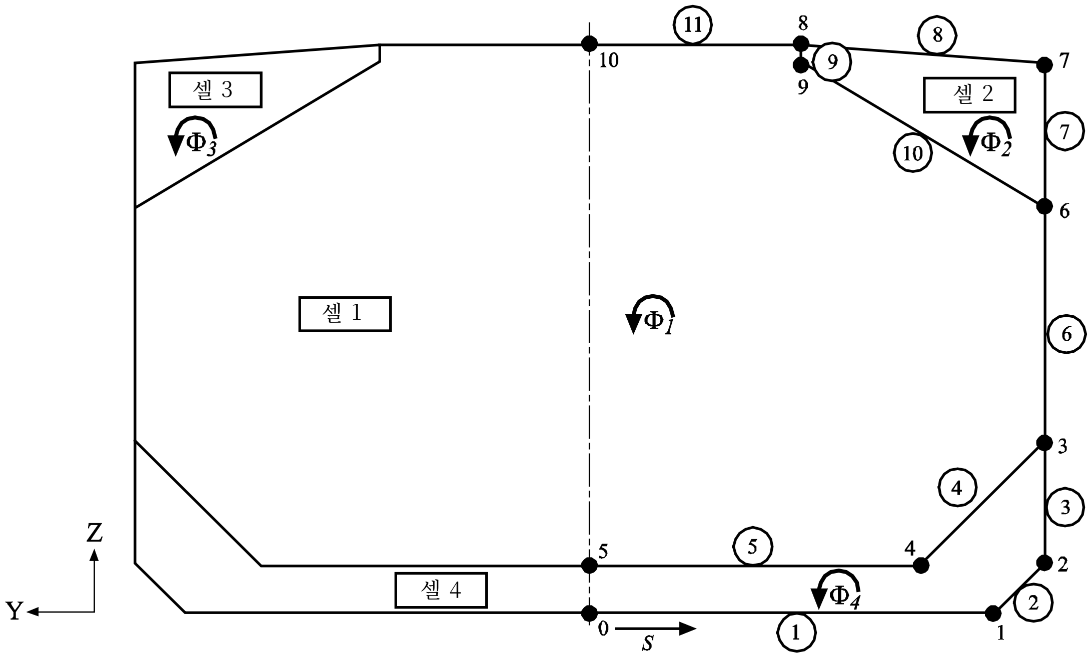


그림 5: 단일 선측 선체 단면

표 2: 단면의 선분의 길이 및 절점

선-번호	절점 i	절점 k	y_i	z_i	y_k	z_k	길이	두께
1	0	1	0.00	0.00	14.42	0.00	14.42	0.017
2	1	2	14.42	0.00	16.13	1.72	2.43	0.017
3	2	3	16.13	1.72	16.13	6.11	4.39	0.018
4	3	4	16.13	6.11	11.70	1.68	6.26	0.019
5	4	5	11.70	1.68	0.00	1.68	11.70	0.021
6	3	6	16.13	6.11	16.13	14.15	8.04	0.018
7	6	7	16.13	14.15	16.13	19.6	5.45	0.021
8	7	8	16.13	19.60	7.50	20.25	8.65	0.024
9	8	9	7.50	20.25	7.50	19.63	0.62	0.024
10	9	6	7.50	19.63	16.13	14.15	10.22	0.015
11	8	10	7.50	20.25	0.00	20.25	7.50	0.012

단면의 셀 4(**그림 5**에 직사각형으로 표시된)를 고려하여, 비틀림 함수 Φ 의 결정을 위한 다음 연립 방정식을 세울 수 있다. 회전 방향을 고려해야 함에 주의하여야 한다(비틀림 함수 Φi 를 위한 회전 방향은 연립 방정식을 세우기 위한 모든 Φi 에 대하여 같은 방향으로 되어야 한다).

$$\begin{aligned}
\sum_{1}\frac{s}{t}\Phi_1 \quad -\sum_{1-2}\frac{s}{t}\Phi_2 \quad -\sum_{1-3}\frac{s}{t}\Phi_3 \quad -\sum_{1-4}\frac{s}{t}\Phi_4 &= 2\sum_{1}A \\
-\sum_{1-2}\frac{s}{t}\Phi_1 \quad +\sum_{2}\frac{s}{t}\Phi_2 \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad &= 2\sum_{2}A \\
-\sum_{1-3}\frac{s}{t}\Phi_1 \qquad\qquad\quad +\sum_{3}\frac{s}{t}\Phi_3 \qquad\qquad\quad &= 2\sum_{3}A \\
-\sum_{1-4}\frac{s}{t}\Phi_1 \qquad\qquad\qquad\qquad\quad +\sum_{4}\frac{s}{t}\Phi_4 &= 2\sum_{4}A
\end{aligned}$$

행열의 계수는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\sum_{1}\frac{s}{t}=\frac{2\cdot 11700}{21}+\frac{2\cdot 6265}{19}+\frac{2\cdot 8040}{18}+\frac{2\cdot 10223}{15}+\frac{2\cdot 620}{24}+\frac{2\cdot 7500}{12}=5331.81$$

$$\sum_{2}\frac{s}{t}=\frac{10223}{15}+\frac{5450}{21}+\frac{620}{24}+\frac{8654}{24}=1327.48$$

$$\sum_{3}\frac{s}{t}=1327.48$$

$$\sum_{4}\frac{s}{t}=\frac{2\cdot 14420}{17}+\frac{2\cdot 11700}{21}+\frac{2\cdot 6265}{19}+\frac{2\cdot 2425}{17}+\frac{2\cdot 4390}{18}=4243.34$$

$$\sum_{1-2}\frac{s}{t}=\frac{10223}{15}+\frac{620}{24}=707.36$$

$$\sum_{1-3}\frac{s}{t}=707.36$$

$$\sum_{1-4}\frac{s}{t}=\frac{2\cdot 11700}{21}+\frac{2\cdot 6265}{19}=1773.76$$

셀 면적은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$2\sum_{1} A = 2 \cdot 2 \cdot 260.72 = 1042.90 \quad m^2$$

$$2\sum_{2} A = 2 \cdot 26.19 = 52.38 \quad m^2$$

$$2\sum_{3} A = 52.38 \quad m^2$$

$$2\sum_{4} A = 2 \cdot 2 \cdot 35.44 = 141.76 \quad m^2$$

이러한 결과들을 갖고 계수 행열은 다음과 같이 된다.

$$\begin{array}{lllll} 5331.81\Phi_1 & -707.360\Phi_2 & -707.36\Phi_3 & -1773.76\Phi_4 & = 1042.90 \\ -707.36\Phi_1 & +1327.48\Phi_2 & & & = 52.38 \\ -707.36\Phi_1 & & +1327.48\Phi_3 & & = 52.38 \\ -1773.76\Phi_1 & & & +4243.34\Phi_4 & = 141.76 \end{array}$$

이 계의 해는 다음이 된다.

$$\Phi_1 = 0.3018$$
$$\Phi_2 = 0.2003$$
$$\Phi_3 = 0.2003$$
$$\Phi_4 = 0.1596$$

2.3 선분 특성의 결정

2.3.1

다음 단계는 **[1.3]**에 주어진 식에 따라 ω_k 을 결정하는 것이다. 's' 는 점 0(**그림 5**)에서 ω_i=0 를 갖고 시작하며, 점 0로부터 점 1, 2, 3, 4 및 5까지의 경로를 따른다. 선분 1에서 3까지에 대하여는 항 $\varPhi\left(\ell_i / t_i\right)$ 은 $\varPhi_4\left(\ell_{1...3} / t_{1...3}\right)$으로 계산되고, 반면에 선분 4 및 5가 셀 4 및 셀 1의 공유벽이므로 선분 4 및 5에 대하여는 이 항은 $(\varPhi_4 - \varPhi_1)\left(\ell_{4...5} / t_{4...5}\right)$이 됨을 유의하여야 한다. 적분 방향(계산을 위하여 따라야 하는 경로의 방향)과 함께 비틀림 함수에 대한 회전 방향은 이 항 내의 대수 부호를 결정한다.

선분 6에 대하여 ω_i 은 점 3에서의 값으로 설정하여야 하며, $\varPhi\left(\ell_i / t_i\right) = \varPhi_1\left(\ell_6 / t_6\right)$ 이다. 이제 's' 는 점 6으로부터 점 7, 8, 9까지 그 경로를 따른 후 점 6으로 되돌아 온다. 셀 2 와 셀 1 사이의 공유 벽은 비틀림 함수 $\varPhi$ 을 포함하는 항에 대하여 고려하여야 한다. 점 8 및 10 사이의 선분 11에 대하여 ω_i 은 점 8에서의 값으로 설정하여야 한다.

선분의 다른 특성은 **[1.3]**에 주어진 식에 의하여 계산할 수 있다.

2.4 단면 특성의 결정

2.4.1

선분 특성을 합한 후, 단면 특성은 **[1.4]**에 기술한 대로 계산할 수 있다.

[1.4]에 기술한 대로 섹터 좌표는 전단 중심에 관하여 변환되어야 한다.

표 3과 같이 계산 결과는 섹터 좌표를 준다.

표 3: 그림 5 의 단면에 대한 섹터 좌표

점 i	$\omega_{O,i}$	$\Delta\omega_i$	ω_i
0	0.00	0.00	0.00
1	-135.97	84.99	-50.98
2	-134.04	95.07	-38.97
3	-102.32	95.07	-7.25
4	-99.49	68.96	-30.53
5	-0.06	0.00	-0.06
6	-108.20	95.07	-13.13
7	-72.30	95.07	22.77
8	35.07	44.21	79.27
9	33.08	44.21	77.28
10	-2.75	0.00	-2.75

2.5 유의 사항

2.5.1

단일 선측 산적화물선에 대하여, 통상 선체 횡단면은 4개의 상자(계산 예에서 보인 바와 같이 셀1은 화물창, 셀 2 및 3은 윙 탱크, 셀 4은 호퍼탱크 및 이중저)를 갖는 단면으로 단순화될 수 있고, 반면에 이중 선측 산적화물선은 두 개의 폐 단면 셀만(셀 1은 화물창, 셀 2은 이중선체)을 갖는 횡단면으로 단순화될 수 있다. 변화하는 두께를 갖는 선분의 판 두께에 대하여는, 다음 식에 의하여 계산된 등가 판 두께를 사용할 수 있다.

$$t_{eq} = \frac{t_1\ell_1 + t_2\ell_2 + \ldots + t_i\ell_i + \ldots + t_k\ell_k}{\sum_{i=1}^{k}\ell_i}$$

단순화 때문에, 횡단면과 선체 중심선의 교점에서 섹터 좌표 값 ω 은 0과 다를 수 있다. 단순화된 횡단면에 대하여 섹터 좌표 ω 의 값 및 비틀림 관성 모멘트 I_T 의 값 사이의 차이는 통상적인 경우 원래의 횡단면 값과 비교하여 3% 미만이다.

11 편 9 장

기타 구조

제 1 절 선수부

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

L_2 : 규칙상의 길이 L 로서, 300m 를 초과 할 경우는 300m 로 한다.

T_B : 표준 밸러스트상태에 대하여 설계밸러스트 최소흘수(m)

k : **3장 1절 [2.2]**에 정의된 재료계수

m : 계수로서 다음에 따른다.

m = 수직보강재에 대하여 10

m = 기타 보강재에 대하여 12

τ_α : 허용전단응력(N/mm²)으로서 다음에 따른다.

$$\tau_a = \frac{R_Y}{\sqrt{3}}$$

s : 보강재 길이의 중간스팬에서 측정한 일반보강재 사이의 거리(m)

ℓ : 지지부재 사이의 보강재 길이를 따라 측정한 일반보강재의 스팬(m), **3장 6절 [4.2]** 참조.

c_a : 판패널의 형상비로서 다음과 같다.

$$c_a = 1.21\sqrt{1+0.33\left(\frac{s}{\ell}\right)^2} - 0.69\frac{s}{\ell}$$, 1.0 이하일 것

c_r : 패널의 곡률계수로서 다음과 같다.

$$c_r = 1 - 0.5\frac{s}{r}$$, 0.4 이상일 것

r : 곡률반경(m)

1. 일 반

1.1 서 언

1.1.1

이 절의 요건은 다음에 적용한다.

- 선수 격벽 전방에 위치한 구조, 즉
- 선수 구조
- 선수재
- **[4.1]**에 따른 선수플레어부의 보강
- **[5.1]**에 따른 선수선저 편평부의 보강

1.2 순 두께

1.2.1

3장 2절의 규정에 따라, 이 절에 언급된 모든 치수는 순 치수로서 어떠한 부식추가도 포함하지 아니한다. 총 두께는 **3장 2절 [3]**의 규정에 따라 구한다.

2. 배 치

2.1 구조배치의 원칙

2.1.1 일반

외판, 상갑판 및 내저판의 치수는 해당되는 경우 전단 방향으로 테이퍼 되어야 한다. 단면의 급격한 변화를 피하기 위하여 주요 종통부재의 구조적 연속성에 특별히 주의하여야 한다. 플렛폼, 갑판, 수평링프레임 또는 선측스트링거와 같은 선수피크 내의 구조는 뒤쪽 구조인 화물창 안쪽으로 스카프되어야 한다. 내측 선체구조가 선수격벽에서 끝나는 경우, 테이퍼링 브래킷의 적절한 구조에 의하여 선수격벽 전방으로의 구조적 연속성이 확보되어야 한다. 갑판, 선저 및 선측외판의 종방향 보강재는 실행가능한 한 전방으로 멀리 연장되어야 한다. 모든 외판늑골 및 탱크 주위벽의 보강재는 연속이거나, 또는 그 단부에 브래킷을 설치하여야 한다. 구조적 연속성을 확보하기 위하여 전단으로부터 선수수선 후방 0.15L 사이에 브래킷이 제공되는 경우, 플랜지 브래킷이 사용되어야 한다.

2.1.2 탱크 내부구조

선수미가 탱크로 사용되는 경우, 스트링거판은 플랜지를 가지거나 내측단부에 페이스바를 설치하여야 한다. 스트링거는 힘이 적합하게 전달될 수 있도록 선수격벽에 유효하게 설치되어야 한다.

2.2 트리핑브래킷

2.2.1

횡식구조의 선수격벽 전방에 있는 피크탱크 또는 기타 탱크인 경우, **그림 1**에 따라 1차 지지부재, 갑판 및/또는 플랫폼 사이에 수직거리가 2.6m 를 넘지 않는 간격으로 트리핑브래킷을 설치하여야 한다. 트리핑브래킷의 건조두께는 연결된 선측늑골웨브의 건조두께보다 작아서는 아니된다.

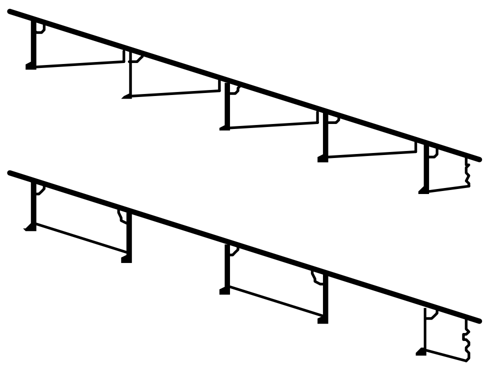


그림 1: 트리핑브래킷

2.3 늑판 및 선저거더

2.3.1
중심선 격벽이 설치되지 아니하는 경우, 중심선 선저거더를 설치하여야 한다. 일반적으로 중심선에서 늑판 및 중심선 거더의 최소깊이는 최전방 화물창에 요구되는 이중저 깊이보다 작아서는 아니된다.

2.3.2 실체늑판
횡늑골방식인 경우, 실체늑판을 각 늑골마다 설치하여야 한다. 종늑골방식인 경우, 실체늑판의 간격은 3.5m 또는 횡골 4개 간격 중 작은 것보다 커서는 아니된다.

2.3.3 선저거더
횡늑골방식인 경우, 선저거더의 간격은 2.5m 를 넘어서는 아니된다.

종늑골방식인 경우, 선저거더의 간격은 3.5m 를 넘어서는 아니된다.

3. 하중모델

3.1 하중점

3.1.1
별도로 규정하지 아니하는 한, 면외압력은 하중점에서 다음에 따라 계산되어야 한다.

- 판에 대하여 **6장 1절 [1.5]**
- 보강재에 대하여 **6장 2절 [1.4]**

3.2 선수부의 압력

3.2.1 비손상 상태의 면외압력
선수부의 압력(kN/m^2)은 (p_S+ p_W)으로 한다.

여기서,

p_S, p_W : **4장 5절**에 따른 하중상태 H, F, R 및 P 중에서 동적수압 및 최대동적수압

3.2.2 시험상태의 면외압력
시험상태의 면외압력 p_T 는 다음과 같다.

$p_T = p_{ST} - p_S$: 선저외판 및 선측외판의 경우

$p_T = p_{ST}$: 그 외 경우

여기서,

p_{ST} : **4장 6절 [4]**에 따른다

p_S : 다음에 따른다.

- 시험이 부상상태에서 실시 될 경우 : 실제 시험이 수행되는 흘수 T 에서의 4장 5절[1] 정의된 유체 압력. T 가 규정되어 있지 않으면, 시험은 부상상태가 아니라고 간주한다.
- 부상상태가 아닌 경우 : $p_S = 0$ 으로 한다.

3.2.3 외판의 요소

정수중 및 파랑중 면외압력은 개별적으로 고려하여 계산되어야 한다.

- 정수중 및 파랑중 외부압력
- 하중이 가해지는 외판에 인접한 구획을 고려한 정수중 및 파랑중 내부압력. 만일 외판에 인접한 구획에 액체를 운송하고자 하는 경우, 이 정수중 및 파랑중 내부압력은 해당 정수중 및 파랑중 외부압력으로부터 상쇄되어야 한다.

3.2.4 외판 이외의 요소

인접한 두 구획을 분리하는 요소에 작용하는 것으로 고려하여야 하는 정수중 면외압력과 파랑중 면외압력은 그 두 구획이 개별적으로 힘을 받는 것으로 고려하여 구한다.

3.3 선수플레어부의 압력

3.3.1

선수압력 p_{FB} (kN/m^2)은 **4장 5절 [4.1]**에 따라 구한다.

3.4 선저슬래밍압력

3.4.1

선수선저 편평부의 선저슬래밍압력 p_{SL} (kN/m^2)은 **4장 5절 [4.2]**에 따라 구한다.

4. 치수산정

4.1 선수플레어 보강

4.1.1

보강되어야 하는 선수플레어부는 **[4.2]** 내지 **[4.4]**의 해당요건에 따라 후단으로부터 0.9L 전방 및 표준밸러스트흘수선 상방으로 연장되어야 한다.

4.2 판

4.2.1

판의 순 두께는 **표 1** 및 **표 2**의 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

표 1: 판의 최소 순 두께

최소 순 두께(mm)	
선저	$5.5 + 0.03L$
선측	$0.85L^{1/2}$
내저판	$5.5 + 0.03L$
강력갑판	$4.5 + 0.02L$
플랫폼 및 제수격벽	6.5

표 2: 판의 순 두께

순 두께(mm)	
비손상상태	$t = 15.8 c_a c_r s \sqrt{\dfrac{p_S + p_W}{0.9 R_Y}}$
선수플레어부	$t = 15.8 c_a c_r s \sqrt{\dfrac{p_{FB}}{0.9 R_Y}}$
시험상태	$t = 15.8 c_a c_r s \sqrt{\dfrac{p_T}{1.05 R_Y}}$

4.3 일반보강재

4.3.1 일 반

이 조항의 요건은 양단이 구속되었다고 고려되는 일반보강재에 적용한다. 기타의 경계조건으로, 항복강도검토가 각 경우에 따라 고려되어야 한다.

4.3.2

일반보강재의 순 치수는 **6장 2절 [2.3]**의 요건에 적합하여야 한다.

4.3.3

일반보강재의 웨브의 순 두께(mm)는 다음 중 큰 값 이상이어야 하며,

- $t = 3.0 + 0.015 L_2$
- 부착된 판의 순 두께의 40%
- 그리고 부착된 판의 순 두께의 2배보다는 작아야 한다.

4.3.4

단일스팬 일반보강재의 순 치수는 **표 3**의 식으로부터 구한 값 이상이어야 한다.

표 3: 단일스팬 일반보강재의 순 치수

보강재 형식	순 단면계수 w (cm^3)	순 단면전단면적 A_{sh} (cm^2)
면외압력이 작용하는 단일스팬 일반보강재	$w = \dfrac{(p_S + p_W) s \ell^2}{0.9 m R_Y} 10^3$	$A_{sh} = \dfrac{5 (p_S + p_W) s \ell}{\tau_a \sin\phi}$
선수플레어부에 위치한 단일스팬 일반보강재	$w = \dfrac{p_{FB} s \ell^2}{0.9 m R_Y} 10^3$	$A_{sh} = \dfrac{5 p_{FB} s \ell}{\tau_a \sin\phi}$
시험압력에 관련된 단일스팬 일반보강재	$w = \dfrac{p_T s \ell^2}{1.05 m R_Y} 10^3$	$A_{sh} = \dfrac{5 p_T s \ell}{1.05 \tau_a \sin\phi}$

(비 고)

ϕ : 보강재스팬의 중앙에서 측정한 보강재 웨브와 외판사이의 각도(deg), ϕ가 75보다 작은 경우 수정을 하여야 한다.

4.3.5

다중스팬 일반보강재의 최대법선응력σ 및 최대전단응력 τ는 **표 4**의 식에 적합하여야 한다.

다중스팬 일반보강재의 최대법선응력σ 및 최대전단응력 τ는 다음을 고려하여 직접계산에 의해 결정되어야 한다.

- 있는 경우, 정수중 및 파랑중의 압력과 힘의 분포
- 중간 지지(갑판, 거더, 등)의 수 및 위치
- 보강재의 양단 및 중간지지에서의 구속조건
- 중간스팬에서의 보강재의 기하학적 특성.

표 4: 다중스팬 일반보강재에 대한 검토기준

상태	비손상	시험
법선응력	$\sigma \le 0.9R_Y$	$\sigma \le 1.05R_Y$
전단응력	$\tau \le \tau_a$	$\tau \le 1.05\tau_a$

4.4 1차 지지부재

4.4.1 최소두께

1차 지지부재의 웨브의 순 두께(mm)는 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$t = 0.7\sqrt{L_2}$$

4.4.2 선측트랜스버스

선측트랜스버스의 순 단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{Sh} (cm^2)은 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = \frac{(p_S + p_W)s\ell^2}{0.9mR_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5(p_S + p_W)s\ell}{\tau_a \sin\phi}$$

이에 추가하여, 선수플레어부 내에 위치한 선측트랜스버스의 순 단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{Sh} (cm^2)은 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = \frac{p_{FB}s\ell^2}{0.9mR_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5p_{FB}s\ell}{\tau_a \sin\phi}$$

4.4.3 선측거더

선측거더의 순 단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{Sh} (cm^2)은 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니 된다.

$$w = \frac{(p_S + p_W)s\ell^2}{0.9mR_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5(p_S + p_W)s\ell}{\tau_a \sin\phi}$$

이에 추가하여, 선수플레어부 내에 위치한 선측거더의 순 단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{Sh} (cm^2)은 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = \frac{p_{FB}s\ell^2}{0.9mR_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5p_{FB}s\ell}{\tau_a \sin\phi}$$

4.4.4 갑판 1차 지지부재

갑판 1차 지지부재의 치수는 **[3.2]** 및 **[3.3]**의 하중을 고려하여 **6장 4절**에 따라야 한다.

5. 선수선저 평편부의 보강

5.1 적용

5.1.1

보강되어야 하는 선수선저 평편부는 선수수선의 끝단으로부터 $0.2V\sqrt{L}$ 전방으로, 기선 상방 $0.05T_B$ 또는 0.3m 중 작은 높이까지 연장된 선체선저의 편평한 부분이다.

5.2 선저외판

5.2.1

선수선저 평편부의 순 두께(mm)는 다음 값보다 작아서는 아니된다.

$$t = 15.8C_aC_rs\sqrt{\frac{C_s p_{SL}}{R_{eH}}}$$

여기서,

C_s : 충격압력의 하중피치에 따르는 계수로서 다음에 따른다.

- $C_s = 1.0$ 일반보강재 사이에 중간종통재가 없는 경우
- $C_s = 1.3$ 일반보강재 사이에 중간종통재가 있는 경우.

5.2.2

선저기울기를 가지는 선박인 경우, 판의 보강은 최소한 빌지만곡부까지 연장되어야 한다.

5.3 일반보강재

5.3.1
선수선저 평편부의 횡 또는 종방향 일반보강재의 순 단면계수(cm^3)는 다음 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = \frac{C_S p_{SL} s l^2}{16 R_{eH}} 10^3$$

여기서,

C_s : **[5.2.1]**에 정의된 계수.

5.3.2
선수선저 평편부의 횡 또는 종방향 일반보강재의 순 전단면적(cm^2)은 다음 값보다 작아서는 아니된다.

$$A = \frac{5\sqrt{3} p_{SL} s(\ell - 0.5s)}{R_{eH} \sin\phi}$$

용접으로 연결된 면적은 최소한 이 값의 두 배이어야 한다.

5.4 1차 지지부재

5.4.1 거 더
선수선저 평편부 거더의 순 두께(mm)는 각 위치에 따라 다음에 규정된 t_1부터 t_3까지의 값 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

$$t_1 = \frac{c_A p_{SL} S \ell}{2(d_0 - d_1)\tau_a}$$

$$t_2 = 1.75 \cdot \sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_1'} t_1}$$

$$t_3 = \frac{C_1'' a}{\sqrt{k}}$$

여기서,

c_A : 계수로서 다음에 따른다.

$c_A = 3/A, \quad 0.3 \le c_A \le 1.0$

A : 고려하는 구조의 지지점 사이의 하중면적(m^2)

p_{SL} : **[3.4]**에 따른다.

S : 고려하는 중심거더 또는 선측거더의 간격(m)

ℓ : 고려하는 늑판의 간격(m)

d_0 : 고려하는 중심거더 또는 선측거더의 깊이(m)

d_1 : 있는 경우, 고려하는 위치에서 개구의 깊이(m)

H : 다음 식으로부터 구하는 값.

(a) 거더에 보강되지 아니한 개구가 있는 경우: $H = 1 + 0.5\dfrac{\phi}{\alpha}$

(b) 기타의 경우: $H = 1.0$

ϕ : 개구의 최대직경(m)

α : a 또는 S_1 중 큰 값(m)

a : 고려하는 위치에서 거더의 깊이(m). 그러나, 수평보강재가 거더에 설치되는 경우, a 는 고려하는 수평보강재로부터 선저외판 또는 내저판까지의 거리, 또는 고려하는 수평보강재 사이의 거리이다.

S_1 : 수직통상보강재 또는 늑판의 간격(m)

C_1' : S_1/a 에 따라 **표 5**로부터 구하는 계수. S_1/a 의 중간값에 대하여, C_1' 는 선형보간법에 의하여 결정되어야 한다.

C_1'' : S_1/a 에 따라 **표 6**으로부터 구하는 계수. S_1/a 의 중간값에 대하여, C_1'' 는 선형보간법에 의하여 구하여야 한다.

표 5: 계수 C_1'

$\frac{S_1}{a}$	0.3 이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4 이상
C_1'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

표 6: 계수 C_1''

$\frac{S_1}{a}$		0.3 이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6 이상
C_1''	중심선거더	4.4	5.4	6.3	7.1	7.7	8.2	8.6	8.9	9.3	9.6	9.7
	선측거더	3.6	4.4	5.1	5.8	6.3	6.7	7.0	7.3	7.6	7.9	8.0

5.4.2 늑 판

선수선저 평편부 늑판의 순 두께(mm)는 각 위치에 따라 다음에 규정된 t_1부터 t_3까지의 값 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

$$t_1 = \frac{c_A p_{SL} S\ell}{2(d_0 - d_1)\tau_a}$$

$$t_2 = 1.75 \cdot \sqrt[3]{\frac{H^2 a^2 \tau_a}{C_2'} t_1}$$

$$t_3 = \frac{8.5 S_2}{\sqrt{k}}$$

여기서,

c_A : **[5.4.1]** 에 따른다.

p_{SL} : **[3.4]**에 따른다.

S : 고려하는 실체늑판의 간격(m)

ℓ : 고려하는 거더의 간격(m)

d_0 : 고려하는 위치에서 실체늑판의 깊이(m)

d_1 : 있는 경우, 고려하는 위치에서 개구의 깊이(m)

H : 다음 식으로부터 구한 값.

a) 실체늑판에 보강이 된 개구 또는 개구가 없는 경우

1) 보강이 되지 아니한 슬롯이 있는 경우:

$$H = \sqrt{4.0\frac{d_2}{S_1} - 1.0}\,, \quad 1.0 \text{ 이상일 것.}$$

2) 보강이 된 슬롯이 있는 경우: $H = 1.0$

b) 실체늑판에 보강이 되지 아니한 개구가 있는 경우

1) 보강이 되지 아니한 슬롯이 있는 경우:

$$H = \left(1 + 0.5\frac{\phi}{d_0}\right)\sqrt{4.0\frac{d_2}{S_1} - 1.0}\,, \quad 1 + 0.5\frac{\phi}{d_0} \text{ 이상일 것}$$

2) 보강이 된 슬롯이 있는 경우:

$$H = 1 + 0.5\frac{\phi}{d_0}$$

d_2 : 실체늑판의 상부 및 하부에 보강이 되지 아니한 슬롯 중 큰 것의 깊이(m)

S_1 : 수직일반보강재 또는 거더의 간격(m)

ϕ : 개구의 최대직경(m)

a : 고려하는 위치에서 실체늑판의 깊이(m). 그러나, 수평보강재가 늑판에 설치되는 경우, a 는 고려하는 수평보강재로부터 선저외판 또는 내저판까지의 거리, 또는 고려하는 수평보강재 사이의 거리이다.

S_2 : S_1 또는 a 중 작은 값(m)

C_2' : S_1/d_0 에 따라 **표 7**에 주어진 계수. S_1/d_0 의 중간값에 대하여, C_2' 는 선형보간법에 의하여 결정되어야 한다.

표 7: 계수 C_2'

S_1/d_0	0.3 이하	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4 이상
C_2'	64	38	25	19	15	12	10	9	8	7

6. 선수재

6.1 바 선수재

6.1.1

만재흘수선 하방의 바 선수재의 총횡단면적(cm^2)은 다음 값보다 작아서는 아니된다.

$$A_b = 1.25L$$

6.1.2

바 선수재의 총횡단면적은 만재흘수선으로부터 시작하여 상단의 방향으로 $0.75A_b$까지 감소될 수 있다.

6.2 판 선수재 및 구상선수

6.2.1

총두께(mm)는 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$t = (0.6 + 0.4 s_B)(0.08L + 6)\sqrt{k}$, $25\sqrt{k}$ 보다 커서는 아니된다.

여기서,

s_B : 수평보강재(부분 또는 부분이 아닌), 브레스트훅, 또는 동등수평보강부재 사이의 간격(m)

총판두께는 **[4.2]**에 따라 구해지는 순 두께에 **3장 3절**에 정의된 부식여유 t_C를 추가한 것 보다 작아서는 아니된다.

일반보강재의 치수는 **[4.3]**에 따라 결정되어야 한다.

6.2.2

만재흘수선 상방 0.6m 로부터 시작하여 $T + C$ 까지에서, t 가 **[6.2.1]**에 정의된 총 두께인 경우, 총 두께는 $0.8t$ 까지 점차적으로 감소될 수 있다.

6.2.3

판 선수재 및 구상선수는 브레스트훅 및/또는 늑골에 의하여 보강되어야 한다.

7. 선수루

7.1 일 반

7.1.1

폐위된 선수루가 건현갑판 상에 설치되어야 한다.

폐위된 선수루의 후단격벽은 **그림 2**와 같이 최전방 화물창의 전단격벽 위치 또는 그 후방에 설치되어야 한다.

그러나, 이 요건으로 인하여 창구덮개 작동이 방해를 받는다면, 선수루의 후단격벽은, 선수루 길이가 선수재의 앞면보다 후방으로 **1장 4절 [3.2]**에 규정된 선박의 건현용길이의 7% 이상인 경우, 최전방 화물창 전단격벽의 전방에 설치할 수 있다.

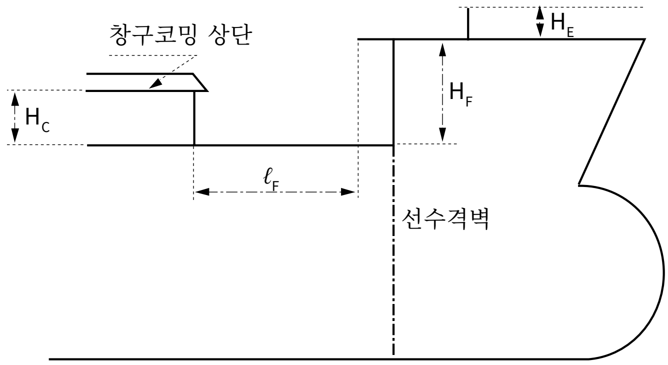


그림 2: 선수루

7.1.2

주갑판 상 선수루의 높이 H_F 는 다음 값 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

- **1장 4절 [3.18]**에 규정된 선루의 표준높이
- H_C + 0.5 m, 여기서 H_C 는 최전방 화물창, 즉 제1번 화물창의 전방 횡 창구코밍의 높이이다.

7.1.3

$$\ell_F = 5\sqrt{H_F - H_C}$$

선수루갑판 선미단의 모든 지점은 **9장 5절 [6.2.2]** 및 **9장 5절 [7.3.8]**을 적용하여 제1번 전방 횡 창구코밍 및 제1번 창구덮개에 감소된 하중을 적용하기 위하여 창구코밍판으로부터 ℓ_F 또는 ℓ_F 보다 작은 거리에 위치하여야 한다.

7.1.4

창구코밍 또는 창구덮개를 보호하기 위하여 선수루갑판 상부에 쇄파기를 설치하여서는 아니된다. 만일 다른 목적으로 설치된 경우, 쇄파기 중심선에서의 상단이 선수루갑판의 선미단으로부터 전방으로 $H_B/tan20°$ 보다 작은 곳에 위치하여서는 아니된다. 여기서 H_B 는 선수루 상방 쇄파기 높이이다. (**그림 2** 참조)

제 2 절 선미부

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

L_1 : 규칙상의 길이 L 로서, 200m 를 초과 할 경우는 200m 로 한다.

L_2 : 규칙상의 길이 L 로서, 300m 를 초과 할 경우는 300m 로 한다.

k : **3장 1절 [2.2]**에 정의된 재료계수

z_{TOP} : 탱크상단의 Z 좌표(m)

m : 계수로서 다음에 따른다.

- $m = 10$ 수직보강재에 대하여
- $m = 12$ 기타보강재에 대하여

τ_α : 허용전단응력 (N/mm²)으로서 다음에 따른다.

$$\tau_a = \frac{R_Y}{\sqrt{3}}$$

s : 보강재 길이의 중간스팬에서 측정한 일반보강재 사이의 간격(m)

ℓ : 지지부재 사이의 보강재 길이를 따라 측정한 일반보강재의 스팬(m), **3장 6절 [4.2]** 참조.

c_a : 판패널의 형상비로서 다음과 같다.

$$c_a = 1.21\sqrt{1 + 0.33\left(\frac{s}{\ell}\right)^2} - 0.69\frac{s}{\ell}$$ 1.0 이하일 것

c_r : 패널의 곡률계수로서 다음과 같다.

$$c_r = 1 - 0.5\frac{s}{r}$$, 0.4 이상일 것.

r : 곡률반경(m)

1. 일 반

1.1 서 언

1.1.1

이 절의 요건은 선미격벽 후방에 위치한 구조의 치수결정 및 선미선저 평편부의 보강에 적용한다.

1.1.2

액체를 운송하고자 하지 않는 구역의 경계를 이루고, 외판에 속하지 아니하는 선미구조는 침수상태에서 면외압력을 받는다. 이 들의 치수는 **6장**의 관련기준에 따라 결정되어야 한다.

1.2 선미부와 선미격벽 전방에 위치한 구조와의 연결

1.2.1 테이퍼링

선미부와 선미격벽 전방구조의 치수사이에 적절한 테이퍼링을 두어야 한다. 테이퍼링은 양측 부분에 대한 치수요건을 만족하는 것이어야 한다.

1.3 순 치수

1.3.1

3장 2절의 규정에 따라, 이 절에 언급된 모든 치수는 순 치수로서 어떠한 부식추가도 포함하지 아니한다. 총 두께는 **3장 2절 [3]**의 규정에 따라 구한다.

2. 하중모델

2.1 하중점

2.1.1

별도로 규정하지 아니하는 한, 횡압력은 하중점에서 다음에 따라 계산되어야 한다.

- 판에 대하여 **6장 1절 [1.5]**
- 보강재에 대하여 **6장 2절 [1.4]**

2.2 면외압력

2.2.1 비손상상태의 면외압력

비손상상태의 선미부 면외횡압력(kN/m^2)은 다음에 따른다.

$(p_s + p_w)$

여기서,

p_s, p_w : **4장 5절**에 따른 하중상태 H, F, R 및 P 중에서 정수압 및 최대 동적수압

2.2.2 시험상태의 면외압력

시험상태의 면외압력 p_T 는 다음과 같다.

$p_T = p_{ST} - p_S$: 선저외판 및 선측외판의 경우

$p_T = p_{ST}$: 그 외 경우

여기서,

p_{ST} : **4장 6절 [4]**에 따른다

p_S : 다음에 따른다.

- 시험이 부상상태에서 실시 될 경우 : 실제 시험이 수행되는 흘수 T 에서의 4장 5절[1] 정의된 유체 압력. T 가 규정되어 있지 않으면, 시험은 부상상태가 아니라고 간주한다.
- 부상상태가 아닌 경우 : $p_S = 0$ 으로 한다.

2.2.3 외판의 요소
정수중 및 파랑중 횡압력은 개별적으로 고려하여 계산되어야 한다.

- 정수중 및 파랑중 외부압력
- 하중이 가해지는 외판에 인접한 구획을 고려한 정수중 및 파랑중 내부압력. 만일 외판에 인접한 구획에 액체를 운송하고자 하는 경우, 이 정수중 및 파랑중 내부압력은 해당 정수중 및 파랑중 외부압력으로부터 상쇄되어야 한다.

2.2.4 외판 이외의 요소
인접한 두 구획을 분리하는 요소에 작용하는 것으로 고려하여야 하는 정수중 면외압력과 파랑중 면외압력은 그 두 구획이 개별적으로 힘을 받는 것으로 고려하여 구한다.

3. 선미피크

3.1 배 치

3.1.1 일 반
일반적으로 선미피크는 횡늑골방식이어야 한다.

3.1.2 늑 판
실체늑판을 모든 늑골간격에 설치되어야 한다.

늑판의 높이는 선체형상에 따라 적절한 것이어야 한다. 선미관이 설치되는 경우, 늑판의 높이는 최소한 선미관 상방까지 연장되어야 한다. 만일 선형이 이러한 연장을 허용하지 아니하는 경우, 보강이 된 상단 및 하단을 가지고 늑골에 견고히 부착된 적절한 높이의 판을 선미관 상방에 설치하여야 한다.

타주, 프로펠러포스트 및 러더혼 부근에서, 늑판은 선미탱크 상단까지 연장되어야 하고 두께를 증가시켜야 한다. 두께의 증가에 대하여 우리 선급은 제안된 배치에 따라 각 경우 별로 고려할 수 있다.

늑판에는 800mm 를 넘지 아니하는 간격으로 보강재를 설치하여야 한다.

3.1.3 선측늑골
선측늑골은 만재흘수선 상방에 위치한 갑판까지 연장되어야 한다.

선측늑골은 다음 중 한가지 구조형태로 지지되어야 한다.

- 총면적이 플렛폼 면적의 10% 이상인 개구를 가지는 비수밀플랫폼
- 갑판트랜스버스와 연결된 선측일차지지부재에 의하여 지지되는 선측거더

3.1.4 플랫폼 및 선측거더
선미피크 내의 플랫폼 및 선측거더는 바로 전방부에 위치한 플랫폼 및 선측거더와 일치하도록 배치되어야 한다.

만일 선체의 형상 및 접근의 필요성 때문에 이러한 배치가 불가능한 경우, 선미피크와 바로 전방의 구조 사이의 구조적 연속성은 폭이 넓은 테이퍼링브래킷을 채용함으로써 확보되어야 한다.

선미피크가 선측이 종늑골방식인 기관구역에 인접한 경우, 선미피크 내의 선측거더에는 테이퍼링브래킷을 설치하여야 한다.

3.1.5 종격벽

일반적으로 선미피크의 상부의 선체중심선에는 매 늑골간격으로 보강이 된 비수밀종격벽을 설치하여야 한다.

튀어나온 선미가 매우 크거나, 수밀 또는 제수격벽으로 분리된 구역의 최대폭이 20m 를 넘는 경우, 추가의 종통제수격벽이 요구될 수 있다.

4. 치수산정

4.1 측 판

4.1.1

판의 순 두께는 **표 1** 및 **표 2**의 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

표 1: 판의 최소 순 두께

최소 순 두께(mm)	
선저	$5.5 + 0.03L$
선측 및 트랜섬	$0.85L^{1/2}$
내저판	$5.5 + 0.03L$
강력갑판	$4.5 + 0.02L$
플랫폼 및 제수격벽	6.5

표 2: 판의 순 두께

순 두께(mm)	
비손상상태	$t = 15.8 c_a c_r s \sqrt{\dfrac{p_S + p_W}{0.9 R_Y}}$
시험상태	$t = 15.8 c_a c_r s \sqrt{\dfrac{p_T}{1.05 R_Y}}$

4.2 일반보강재

4.2.1 일 반

이 조항의 요건은 양단이 구속되었다고 고려되는 일반보강재에 적용한다. 기타의 경계조건으로, 항복강도검토가 경우에 따라 고려되어야 한다.

4.2.2

일반보강재의 순 치수는 **6장 2절 [2.3]**의 요건에 적합하여야 한다.

4.2.3

일반보강재의 웨브의 순 두께(mm)는 다음 중 큰 값 이상이어야 하며,

- $t = 3.0 + 0.015L_2$
- 부착된 판의 순 두께의 40%

그리고 부착된 판의 순 두께의 2배보다는 작아야 한다.

4.2.4

단일스팬 일반보강재의 순 치수는 **표 3**의 식으로부터 구한 값 이상이어야 한다.

표 3: 단일스팬 일반보강재의 순 치수

보강재 형식	순 단면계수 w (cm^3)	순 단면전단면적 A_{sh} (cm^2)
면외압력이 작용하는 단일스팬 일반보강재	$w = \frac{(p_S + p_W)s\ell^2}{0.9mR_Y}10^3$	$A_{sh} = \frac{5(p_S + p_W)s\ell}{\tau_a \sin\phi}$
시험압력에 관련된 단일스팬 일반보강재	$w = \frac{p_T s\ell^2}{1.05mR_Y}10^3$	$A_{sh} = \frac{5 p_T s\ell}{1.05\tau_a \sin\phi}$
(비 고) ϕ : 보강재스팬의 중앙에서 측정한 보강재 웨브와 외판사이의 각도(deg), ϕ 가 75보다 작은 경우 수정을 하여야 한다.		

4.2.5

다중스팬 일반보강재의 최대법선응력 σ 및 최대전단응력 τ 는 **표 4**의 식에 적합하여야 한다.

다중스팬 일반보강재의 최대법선응력 σ 및 최대전단응력 τ 는 다음을 고려하여 직접계산에 의해 결정되어야 한다.

- 해당되는 경우, 정수중 및 파랑중의 압력과 힘의 분포
- 중간 지지(갑판, 거더, 등)의 수 및 위치
- 보강재의 양단 및 중간지지에서의 구속조건
- 중간스팬에서의 보강재의 기하학적 특성.

표 4: 다중스팬 일반보강재에 대한 검토기준

상태	비손상	손상
법선응력	$\sigma \le 0.9R_Y$	$\sigma \le 1.05R_Y$
전단응력	$\tau \le \tau_a$	$\tau \le 1.05\tau_a$

4.3 1차 지지부재

4.3.1 늑 판

늑판의 순 두께(mm)는 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$t = 0.7\sqrt{L_2}$$

4.3.2 선측트랜스버스

선측트랜스버스의 순 단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{Sh} (cm^2)은 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = \frac{(p_S + p_W)s\ell^2}{0.9mR_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5(p_S + p_W)s\ell}{\tau_a \sin\phi}$$

4.3.3 선측거더

선측거더의 순 단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{Sh} (cm^2)은 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = \frac{(p_S + p_W)s\ell^2}{0.9mR_Y}10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5(p_S + p_W)s\ell}{\tau_a \sin\phi}$$

4.3.4 갑판 1차 지지부재

갑판 1차 지지부재의 치수는 **[2.2]**의 하중을 고려하여 **6장 4절**에 따라야 한다.

5. 선체구조와 러더혼의 연결

5.1 선미구조와 러더혼의 연결

5.1.1 일 반

이 조항의 요건은 선미재가 개방형이고 러더혼이 설치된 경우, 선미구조와 러더혼의 연결에 적용한다.

5.1.2 러더혼

혼의 설계는 용접 및 검사를 위한 충분한 접근을 가능하게 하는 것이어야 한다.

10장 1절 [9.2]에 적합하여야 하는 러더혼의 치수는 선체 내부에서 점차 변화될 수 있다.

슬롯용접에 의한 연결을 인정되지 아니한다.

5.1.3 선체구조

외판과 혼의 교차점과 선미탱크상단 사이에서, 선체구조의 수직연장은 외판과 혼의 교차점으로부터 하부혼거전의 중심점까지의 거리로 정의되는 혼 높이보다 작아서는 아니된다.

외판, 늑판, 플랫폼 및 선측거더, 중앙격벽 및 기타 구조와 같이 러더혼에 인접한 구조의 두께는 혼의 치수에 따라 적절히 증가되어야 한다.

5.2 선미피크 상부의 구조배치

5.2.1 선측트랜스버스

러더혼이 설치되는 경우, 갑판보에 연결되는 선측트랜스버스는 선미탱크 상단을 형성하는 플랫폼과 노천갑판 사이에 배치되어야 한다.

선측트랜스버스 간격은 다음보다 커서는 아니된다.

- 혼 주위에서 늑골 2개 간격
- 러더혼 전후부에서 늑골 4개 간격
- 선미격벽에 근접한 지역 내에서 늑골 6개 간격

선측트랜스버스에는 단부브래킷을 설치하여야 하고 선미루 내에 위치하여야 한다. 선미루가 없는 경우, 노천갑판 하부의 선측트랜스버스의 치수는 **[4.3.2]**의 식으로부터 구한 치수에 따라 적절히 증가시켜야 한다.

5.2.2 선측거더

선미탱크상단으로부터 노천갑판까지의 깊이가 2.6m 보다 크고 선측이 횡늑골방식인 경우, 가능한 전방의 구조와 유사하게 일치시켜 하나 또는 그 이상의 선측거더를 설치하여야 한다.

6. 선미재

6.1 일 반

6.1.1

선미재는 공동단면을 가진 주조 또는 단조강이거나 강판으로 제작된 것일 수 있다.

6.1.2

주조강 및 제작된 선미재는 적절한 간격의 수평판에 의하여 보강되어야 한다.

주강에서는 급격한 단면변화를 피하여야 한다; 모든 단면은 적절한 테이퍼링 반경을 가져야 한다.

6.2 연 결

6.2.1 선체구조와의 연결

선미재는 선미구조에 유효하게 부착되어야 하고 선미재의 하부는 용골과의 유효한 연결을 위하여 프로펠러포스트의 전방으로 $1500 + 6L$ mm 이상의 길이까지 연장되어야 한다. 그러나, 선미재가 선미격벽을 넘어서까지 연장될 필요는 없다.

선미재에 연결되는 외판의 순 두께(mm)는 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$t = 8.5 + 0.045L$

6.2.2 용골과의 연결

선미재 하부의 두께는 중실바용골 또는 용골판까지 점차 변화될 수 있다.

용골판이 설치된 경우, 선미재의 하부는 용골과의 유효한 연결을 확보하도록 설계되어야 한다.

6.2.3 트랜섬 늑판과의 연결

타주 및 프로펠러포스트는 이중저 높이보다 적지 않는 높이를 가지는 트랜섬늑판에 연결되어야 하고 순 두께(mm)는 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$t = 9 + 0.023L_1$

6.2.4 중심선 내용골과의 연결

선미재가 주강인 경우, 선미재의 하부에는 실행가능한 한 중심선 내용골과의 연결을 위하여 종통웨브를 설치하여야 한다.

6.3 프로펠러포스트

6.3.1 총 치수산정

3장 2절을 참조하여, **[6.3.2]**내지 **[6.3.4]**에 언급된 모든 치수산정 및 치수는 총 치수이다, 즉 부식여유를 포함한다.

6.3.2 프로펠러포스트의 총 치수

프로펠러포스트의 총 치수는 일축선에 대하여는 **표 5**의 식, 이축선에 대하여는 **표 6**의 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

프로펠러단면의 종축 부근에 대한 단면계수가 **표 5** 또는 **표 6** 중 적절한 쪽의 프로펠러포스트치수로 계산한 것보다 작지않다는 조건으로 상기와 다른 프로펠러포스트의 치수 및 비율을 인정하는 것을 고려할 수 있다.

6.3.3 프로펠러축 보싱 하방의 단면계수

솔피스가 없는 프로펠러포스트인 경우, 프로펠러포스트의 단면계수는 프로펠러보싱의 하방에서 **표 5** 또는 **표 6** 중 적절한 쪽으로 계산한 값의 85%까지 점차 감소될 수 있다.

모든 경우에 있어서, 프로펠러포스트의 두께는 표의 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

6.3.4 제작된 프로펠러포스트와 프로펠러축 보싱과의 용접

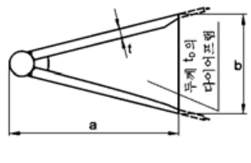
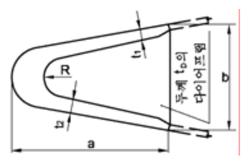
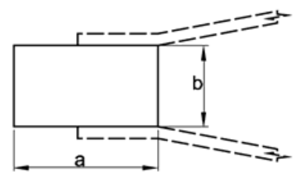
제작된 프로펠러포스트와 프로펠러축 보싱과의 용접은 **11장 2절**에 따라야 한다.

6.4 프로펠러축 보싱

6.4.1

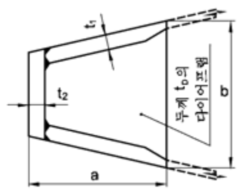
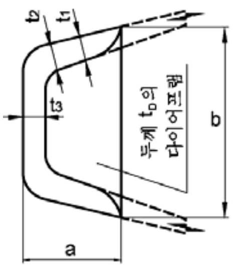
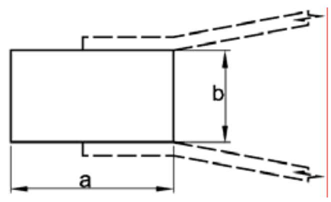
일축선의 경우, 프로펠러포스트를 포함하여 프로펠러축 보싱의 두께는 직사각형 단면의 바 프로펠러포스트에 대하여 **[6.3.2]**에서 요구하는 치수 “b” 의 60%보다 작아서는 아니된다.

표 5: 일축선 – 프로펠러포스트의 총 치수

프로펠러포스트의 총 치수(mm)	조립식 프로펠러포스트 	주조 프로펠러포스트 	직사각형단면을 가지는 주조 또는 단조의 바 프로펠러포스트 
a	$50\ L^{1/2}$	$33\ L^{1/2}$	$10\sqrt{7.2L-256}$
b	$35\ L^{1/2}$	$23\ L^{1/2}$	$10\sqrt{4.6L-164}$
t_1 (1)	$2.5\ L^{1/2}$	$3.2\ L^{1/2}$ 19 mm 이상일 것	-
t_2 (1)	-	$4.4\ L^{1/2}$ 19 mm 이상일 것	-
t_D	$1.3\ L^{1/2}$	$2.0\ L^{1/2}$	-
R	-	$50\ L^{1/2}$	-

(1) 프로펠러포스트 두께 t_1 및 t_2는 모든 경우에 있어서 $(0.05\ L + 9.5)$ mm 보다 작아서는 아니된다.

표 6: 이축선 – 프로펠러포스트의 총 치수

프로펠러포스트의 총 치수(mm)	조립식 프로펠러포스트 	주조 프로펠러포스트 	직사각형단면을 가진 주조 또는 단조의 바 프로펠러포스트 
a	$25\ L^{1/2}$	$12.5\ L^{1/2}$	$2.4L+6$
b	$25\ L^{1/2}$	$25\ L^{1/2}$	$0.8L+2$
t_1 (1)	$2.5\ L^{1/2}$	$2.5\ L^{1/2}$	-
t_2 (1)	$3.2\ L^{1/2}$	$3.2\ L^{1/2}$	-
t_3	-	$4.4\ L^{1/2}$	-
t_D	$1.3\ L^{1/2}$	$2.0\ L^{1/2}$	-

(1) 프로펠러포스트 두께 t_1, t_2 및 t_3 는 모든 경우에 있어서 $(0.05\ L+9.5)$ mm 보다 작아서는 아니 된다.

6.5 선미관

6.5.1 선미관

우리 선급은 선미관 두께에 대하여 경우에 따라 고려한다. 그러나 어떠한 경우에도 선미재에 인접한 측판의 두께보다 작아서는 아니된다.

선미관 재질과 선미재에 인접한 판의 재질이 다른 경우, 선미관의 두께는 적어도 그 판과 동등한 것이어야 한다.

제 3 절 기관구역

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

k : **3장 1절 [2.2]**에 정의된 재료계수

P : 기관의 최대연속출력(KW)

n_r : 출력 P 에서 기관축의 분당회전수

L_E : 기관 제조자에 의하여 명시된 바에 따라, 엔진을 시트에 볼팅하기 위해 요구되는 기관거치대의 유효길이(m)

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

이 절의 요건은 일반적인 강도의 관점에서 기관구역구조의 배치 및 치수산정에 대하여 적용한다. 이 요건은 조선소에 의하여 다루어져야 하는 기관제조자의 요건을 대체하는 것은 아니다.

1.2 치수산정

1.2.1 순 치수

3장 2절에 규정된 바와 같이 이 절에서 언급된 모든 치수는 순 치수이다, 즉 어떠한 부식여유도 포함하지 아니한다. 총 치수는 **3장 3절**에 규정된 바에 따라 구한다.

1.2.2 일 반

이 절에서 별도로 규정하지 아니하는 한, 기관구역의 판, 일반보강재 및 1차 지지부재의 치수는 **6장**의 관련기준에 따라 결정되어야 한다.

이에 추가하여 이 절에서 규정하는 최소두께요건을 적용한다.

1.2.3 1차 지지부재

설계자는 각 경우에 따라 시험을 위하여 우리 선급에 제출되어야 하는 직접계산에 기초하여, 이 절의 요건을 대체하는 배치 및 치수를 제안할 수 있다.

또한 우리 선급은 필요하다고 인정하는 경우 이러한 직접계산을 수행할 것을 요구할 수 있다.

1.3 기관구역과 전후부 구조와의 연결

1.3.1 테이퍼링

기관구역과 기관구역의 전후부의 치수사이에 적절한 테이퍼링을 두어야 한다. 테이퍼링은 모든 부분에 대한 치수요건을 만족하는 것이어야 한다.

1.3.2 기관실과 최후단화물창 사이의 변이구역

기관실과 최후단화물창 사이의 변이구역에서는 화물창으로 가는 평판, 갑판, 수평링 또는 선측스트링거과 같은 기관실 내의 주종통부재에 대하여, 기관실로 가는 종격벽(내측, 상하윙탱크)에 대하여 적절한 테이퍼링을 주도록 충분한 고려를 하여야 한다.

이러한 구조가 화물창 격벽의 전후 종통부재와 일치하는 경우, 윙탱크 또는 기관실 내부에 큰 테이퍼링 브래킷을 설치하여 적절한 테이퍼링을 확보하여야 한다.

1.3.3 갑판 불연속성

기관구역에서 중단되는 갑판은 수평브래킷을 사용하여 선측에서 테이퍼되어야 한다.

2. 이중저

2.1 배 치

2.1.1 일 반

기관구역이 선미피크의 바로 전방에 있는 경우, 이중저는 횡늑골방식이어야 한다. 모든 다른 경우에는 횡늑골방식 또는 종늑골방식일 수 있다.

2.1.2 이중저 높이

기관구역의 위치에 상관없이 중심선에서의 이중저 높이는 **3장 6절 [6.1]**에 정의된 값보다 작아서는 아니된다. 이 깊이는 주기시트의 형식이나 깊이에 따라 상당히 증가시키는 것이 필요할 수 있다.

기관구역이 매우 크거나 경하상태와 만재상태의 흘수차가 큰 경우 조선소는 상기 높이를 증가시켜야 한다.

기관구역 내의 이중저 높이가 인접구역과 다른 경우, 종통부재의 구조적 연속성은 적절한 종방향 범위에 걸쳐 내저판을 경사시켜 확보하여야 한다. 경사진 내저판의 너클은 늑판 근처에 위치하여야 한다.

2.1.3 선저 중심거더

일반적으로 선저 중심거더는 개구를 설치하여서는 아니된다. 모든 경우에 있어서, 이중저에의 접근 및 보수유지에 반드시 필요한 경우에만 허용되는 중심거더 상의 맨홀을 위한 개구의 근처는 국부적으로 보강되어야 한다.

2.1.4 선저 선측거더

기관구역에서 선저 선측거더의 수는 인접한 지역에 따라, 구조의 적절한 강성을 확보하기 위하여, 적절히 증가되어야 한다. 선저 선측거더는 기관구역에 인접한 지역 내에서 선저종통재와 연속되어야 하고, 3m 보다 크지 않고 종통재 간격의 3배보다 크지 아니한 간격이어야 한다.

2.1.5 기관시트 근처의 선저 선측거더

기관시트 근처에는 추가적인 선저 선측거더를 설치하여야 한다.

주기시트 근처에 배치된 선저 선측거더는 기관구역의 전 길이에 걸쳐 연장되어야 한다.

선저거더는 선저의 형상에 따라 실행가능한 한 선미쪽으로 연장되어야 하고 그 끝단부에서는 늑판 및 선측의 1차 지지부재에 의하여 지지되어야 한다.

기관구역 전단격벽의 전방에서, 선저거더는 최소한 늑골 3개 간격에 걸쳐 테이퍼되어야 하고 선체구조에 유효하게 연결되어야 한다.

2.1.6 종늑골방식 이중저의 늑판

이중저가 종늑골방식인 경우, 늑판의 간격은 다음보다 커서는 아니된다.

- 주기 및 추력베어링 근처에는 늑골 1개 간격
- 기관구역의 기타 지역에는 늑골 2개 간격.

기타 주요기관 근처에 추가의 늑판이 설치되어야 한다.

2.1.7 횡늑골방식 이중저의 늑판

기관구역의 이중저가 횡늑골방식인 경우, 늑판은 매 늑골마다 배치되어야 한다. 나아가, 보일러 거치대 또는 기타주요기관 근처에는 추가의 늑판을 설치하여야 한다.

2.1.8 늑판 보강재

3장 6절의 요건에 추가하여, 늑판에는 끝단에서 스닙이된 웨브보강재를 약 1m 이하의 간격으로 설치하여야 한다.

웨브보강재의 단면계수는 **6장 2절 [4]**에서 요구되는 것의 1.2배보다 작아서는 아니된다.

2.1.9 맨홀 및 웰

시트 및 인접한 지역의 근처에 위치한 늑판에 설치되는 맨홀의 수 및 크기는 이중저에의 접근 및 보수유지에 필요한 최소한의 것으로 유지되어야 한다.

맨홀의 깊이는 일반적으로 그 위치늑판깊이의 40%보다 커서는 아니되며, 어떠한 경우에도 750mm 보다 커서는 아니된다. 늑판의 폭은 대략 400mm 이어야 한다.

일반적으로 맨홀의 가장자리는 플랜지로 보강되어야 한다; 이렇게 할 수 없는 경우, 늑판은 맨홀측면에서 플랫바로 적절히 보강되어야 한다.

이동식 다공판을 가진 맨홀이 기관실 후단격벽의 근처에 배치된 웰 부근의 내저판에 설치되어야 한다.

터널의 배수구는 터널 후단에 위치한 웰을 통하여 배치되어야 한다.

2.2 최소두께

2.2.1

내저판, 늑판 및 거더웨브의 순 두께는 **표 1**에 주어진 값보다 작아서는 아니된다.

표 1: 이중저 – 내처판, 늑판 및 거더웨브의 최소 순 두께

요소	최소 순 두께(mm)
내저판	$6.6 + 0.024L$ 우리 선급은 각 경우에 따라 기관시트 및 주추력블록 근처의 내저판의 두께를 증가시키도록 요구할 수 있다.
마진플레이트	$0.9L^{1/2} + 1$
중심거더	$1.55L^{1/3} + 3.5$
늑판 및 선측거더	$1.7L^{1/3} +1$
덕트킬을 이루는 거더	$0.8L^{1/2} + 2.5$, 중심거더에 요구되는 것보다 작아서는 아니된다.

3. 선 측

3.1 배 치

3.1.1 일 반

기관구역의 선측늑골 방식은 일반적으로 인접한 지역과 동일한 것이어야 한다.

3.1.2 기관구역 내의 선체종방향구조의 연장

기관구역이 선미에 위치하고 선측이 종늑골구조인 선박에 있어서, 종방향구조는 되도록 기관구역의 전 길이에 걸쳐 연장되어야 한다.

어떠한 경우에도, 종방향구조는 최후단 전단격벽으로부터 측정하여 기관구역 길이의 최소한 0.3배로 유지되어야 하고, 종늑골방식구조와 횡늑골방식구조 사이에 갑작스런 구조적 불연속을 피하여야 한다.

3.1.3 선측트랜스버스

선측트랜스버스는 늑판과 일치시켜야 한다. 한 개는 되도록 기관케이싱의 전단에, 다른 한 개는 기관케이싱의 후단 근처에 위치시켜야 한다.

종늑골방식의 선측인 경우, 선측트랜스버스의 간격은 늑골 4개 간격보다 커서는 아니된다.

횡늑골방식의 선측인 경우, 선측트랜스버스의 간격은 늑골 5개 간격보다 커서는 아니된다. 웨브의 높이는 인접한 늑골높이의 2배보다 작아서는 아니되며 단면계수는 인접한 늑골단면계수의 4배보다 작아서는 아니된다.

각 경우에 따라 정의되어야 하는 우리 선급의 요건에 따라 일반늑골의 치수가 증가되는 것을 조건으로, 상기보다 큰 선측트랜스버스간격이 허용될 수 있다.

4. 플랫폼

4.1 배 치

4.1.1 일 반

기관구역 내의 플랫폼의 위치 및 연장은 인접한 선체부위에 위치한 플랫폼과 선측거더 뿐만이 아니라 선측종보강재의 구조와 연속되도록 배치되어야 한다.

4.1.2 플랫폼트랜스버스

일반적으로 플랫폼트랜스버스는 선측 또는 종격벽트랜스버스 근처에 배치되어야 한다.

종늑골방식의 플랫폼인 경우, 플랫폼트랜스버스의 간격은 늑골 간격의 4배보다 커서는 아니된다.

4.2 최소두께

4.2.1

플랫폼의 순 두께는 6.5mm 보다 작아서는 아니된다.

5. 필 러

5.1 배 치

5.1.1 일 반

기관구역 내의 필러는 기관 및 선루에 의하여 전달되는 집중하중과 주기 및 보기의 위치를 고려하여 배치되어야 한다.

5.1.2 필 러

필러는 일반적으로 다음 위치에 배치되어야 한다.

- 기관케이싱 모서리 및 플랫폼 상 큰 개구의 모서리; 이를 대신하여 두개의 필러를 중심선에 설치할 수 있다(개구의 각 끝단에 한 개)
- 플랫폼트랜스버스와 거더의 교차점 근처
- 트랜스버스와 선루의 종격벽 근처

일반적으로 필러는 그 단부에 브래킷을 설치하여야 한다.

5.1.3 필러격벽

일반적으로 상갑판 하방의 이중갑판에 설치된 필러격벽은 선루의 하중을 견디는 격벽 근처에 위치하여야 한다.

종방향 필러격벽은 기관구역 전후방의 인접한 구역 내의 주요 종방향 선체구조와 연속이어야 한다.

필러격벽의 치수는 기관케이싱격벽에 대하여 **[6.3]**에 요구되는 치수보다 작아서는 아니된다.

6. 기관케이싱

6.1 배 치

6.1.1 일반보강재 간격

일반보강재는 다음 위치에 배치하여야 한다.

- 종격벽에 있어서 각 늑골마다
- 횡격벽에 있어서 약 750mm 간격으로

특히 파랑운동에 노출되는 케이싱 부분의 일반보강재 간격은 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려되어야 한다.

6.2 개 구

6.2.1 일 반

6절 [6]의 요건에 적합하여야 하는 모든 기관구역의 개구는 최상층 개방갑판으로 이어지는 강재 케이싱에 의하여 폐위되어야 한다. 케이싱은 그 단부에서 필러와 연계되는 갑판보 및 거더에 의하여 보강되어야 한다.

큰 개구인 경우, 갑판보와의 연속을 위해 크로스타이를 배치할 것이 요구될 수 있다.

조명 및 환기를 위한 개구를 가진 천창은 다음 높이 이상의 코밍을 설치하여야 한다.

- 제1위치인 경우, 900mm
- 제2위치인 경우, 760mm

6.2.2 출입문

케이싱으로의 출입문은 **6절 [6.2]**에 적합하여야 한다.

6.3 치수산정

6.3.1 판 및 일반보강재

판 및 일반보강재의 순 치수는 **9장 4절**의 해당요건에 따라 얻어진 치수보다 작아서는 아니된다.

6.3.2 최소두께

격벽의 순 두께는 다음보다 작아서는 아니된다.

- 화물창 근처의 격벽에 대하여 5.5mm
- 거주구역 근처의 격벽에 대하여 4mm

7. 주기시트

7.1 배 치

7.1.1 일 반

주기시트 및 추력베어링의 치수는 기관의 무게와 마력 그리고 추진장치에 의해 전달되는 정적 및 동적 힘과 관련하여 적절한 것이어야 한다.

7.1.2 시트지지구조

시트를 지지하는 횡 및 종부재는 늑판 및 이중저 또는 단저거더와 각각 일치되게 위치시켜야 한다.

이들은 불연속을 피하도록 배치되어야 하고 연결부의 용접과 검사 및 유지보수를 위하여 충분한 접근성을 확보할 수 있도록 배치되어야 한다.

7.1.3 이중저구조에 포함되는 시트

고출력 내연기관 또는 터빈이 설치되는 경우, 시트는 이중저구조와 일체형이어야 한다. 시트근처의 받침판을 지지하는 거더는 이중저거더와 일치되어야 하고 추력블록의 거더를 형성하기 위하여 후방으로 연장되어야 한다.

시트 근처의 거더는 받침대부터 선저외판까지 연속되어야 한다.

7.1.4 이중저판 상부의 시트

시트가 이중저판 상부에 있는 경우, 시트 근처의 거더에는, 일반적으로 매 늑골에 위치하고 선체의 중심 및 선측의 양방향으로 연장된 플랜지브래킷를 설치하여야 한다.

이중저판 상부에 있는 시트의 연장은 받침대 볼트의 설치를 위한 적절한 공간이 확보된다면 실행 가능한 멀리 제한되어야 한다.

7.1.5 단저구조의 시트

기관구역 내에 단저구조를 가지는 선박인 경우, 시트는 늑판의 상부에 위치하여야 하고 후방의 늑판 및 하부에 위치한 거더에 적절히 연결되어야 한다.

7.1.6 기관시트 근처의 거더의 수

주기시트 근처에는 최소한 2 개의 거더를 설치하여야 한다.

다음의 세 가지 식에 적합한 경우 1 개의 거더를 설치할 수 있다:

$L < 150$ m

$P < 7100$ kW

$P < 2.3\, n_r\, L_E$

7.2 최소치수

7.2.1

내연기관시트 근처의 구조요소의 순 치수는 **표 2**의 식으로부터 구한다.

표 2: 기관시트 근처의 구조요소의 최소치수

항목	치수최소값
각 시트의 받침대의 순 단면적(cm^2)	$40+70\dfrac{P}{n_r L_E}$
받침대의 순 두께(mm)	2 개 또는 그 이상의 거더에 의해 지지되는 받침대: $\sqrt{240+175\dfrac{P}{n_r L_E}}$ 1 개의 거더에 의해 지지되는 받침대: $5+\sqrt{240+175\dfrac{P}{n_r L_E}}$
기관시트 근처에 설치된 거더의 총 웨브 순 두께(mm)	2 개 또는 그 이상의 거더에 의해 지지되는 받침대: $\sqrt{320+215\dfrac{P}{n_r L_E}}$ 1 개의 거더에 의해 지지되는 받침대: $\sqrt{95+65\dfrac{P}{n_r L_E}}$
기관시트 근처에 설치된 늑판의 웨브 순 두께(mm)	$\sqrt{55+40\dfrac{P}{n_r L_E}}$

제 4 절 선루 및 갑판실

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

L_2 : 규칙상의 길이 L 로서, 300m 를 초과 할 경우는 300m 로 한다.

p_D : **[3.2.1]**에 정의된 갑판의 면외압력(kN/m^2)

p_{SI} : **[3.2.3]**에 정의된 선루측면의 면외압력(kN/m^2)

k : **3장 1절 [2.2]**에 정의된 재료계수

s : 보강재 길이의 중간스팬에서 측정한 일반보강재 사이의 간격(m)

ℓ : 지지부재 사이를 측정한 일반보강재의 스팬(m), **3장 6절 [4.2]** 참조.

t_C : **3장 3절**에 따르는 부식추가

c : 계수로서 다음에 따른다.

c = 한쪽 또는 양단에서 단순지지되는 보, 거더 및 트랜스버스에 대하여 0.75

c = 그 외의 경우 0.55

m_a : 계수로서 다음에 따른다.

$$m_a = 0.204\frac{s}{\ell}\left[4-\left(\frac{s}{\ell}\right)^2\right], \quad \frac{s}{\ell}\le 1 \text{ 인 경우}$$

1. 일 반

1.1 정 의

1.1.1 선 루

1장 4절 [3.12.1] 참조

1.1.2 갑판실

1장 4절 [3.15.1] 참조

1.1.3 긴 갑판실

긴 갑판실이라 함은 중앙부 0.4L 이내에서 길이가 0.2L 또는 12m 중 큰 쪽을 넘는 갑판실을 말한다. 긴 갑판실의 강도는 특별히 고려되어야 한다.

1.1.4 짧은 갑판실

짧은 갑판실이라 함은 **[1.1.3]**에 주어진 정의에 해당되지 아니하는 갑판실을 말한다.

1.1.5 비유효선루

이 절의 목적상, 중앙부 0.4L 밖에 위치하거나 길이가 0.15L 또는12 m 보다 작은 모든 선루는 비유효선루로 본다.

1.1.6 단열된 연돌

단열된 연돌의 치수는 갑판실로 보고 결정되어야 한다.

1.2 총 치수

1.2.1

3장 2절을 참조로 하여, **[4]** 및 **[5]**에서 언급된 모든 치수산정과 치수는 총 치수이다. 즉, 부식여유를 포함한다.

2. 배 치

2.1 선루단의 보강

2.1.1

중앙부 $0.4L$ 내에 위치한 선루단격벽 근처에서, 외판으로부터 폭 $0.1B$ 이내의 강력갑판의 두께, 현측외판의 두께, 그리고 선루측판의 두께는 **표 1**에 명시된 보강백분율에 의해 증가되어야 한다. 보강은 단부격벽 선미쪽으로 늑골 4개 간격으로부터 단부격벽 선수쪽으로 늑골 4개 간격까지의 범위에 걸쳐 연장되어야 한다.

표 1: 보강백분율

선루의 형식	강력갑판 및 현측외판	선루의 측판
유효	30 %	20 %
비유효	20 %	10 %

2.1.2

중앙부 $0.6L$ 근처의 강력갑판 하부에서, 거더는 종방향의 벽의 끝점을 넘어서 최소한 늑골 3개 이상의 간격에 걸쳐 연장되어야 하는 종방향의 벽과 일치시켜 설치되어야 한다. 거더는 최소한 늑골 2개의 간격에 의하여 종방향의 벽과 중첩되어야 한다.

2.2 보강부재의 부착

2.2.1 갑판보의 부착

횡방향 갑판보는 **3장 6절**에 따른 브래킷에 의하여 늑골에 연결되어야 한다.

종방향 위벽 및 거더를 통과하는 갑판보는 종방향 위벽의 보강재 및 거더의 웨브에 각각 브래킷없이 용접으로 부착될 수 있다.

2.2.2 갑판거더 및 트랜스버스의 부착

격벽에서 거더의 끝단부착은 굽힘모멘트 및 전단력이 전달될 수 있는 치수이어야 한다. 거더 하부의 격벽보강재는 거더를 지지할 수 있는 충분한 치수이어야 한다.

면재는 **3장 6절**에 따른 트리핑브래킷에 의해 보강되어야 한다. 대칭단면의 거더에서 트리핑브래킷은 웨브의 양측에 번갈아가며 배치되어야 한다.

2.2.3 선루늑골의 끝단부착

선루늑골은 주늑골 하부 또는 갑판에 연결되어야 한다. 그 끝단부착은 **그림 1**에 따를 수 있다.

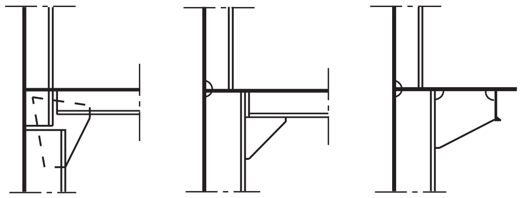


그림 1: 선루늑골의 끝단부착

2.3 선루 및 갑판실의 횡식구조

2.3.1

선루 및 갑판실의 횡식구조는 단부격벽, 웨브프레임, 선실 및 케이싱의 강재위벽의 적절한 배치 또는 기타 수단에 의하여 충분한 치수의 것이어야 한다.

2.4 폐위선루의 개구

2.4.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 12(1))

폐위선루단부의 격벽에 있는 모든 출입구에는 격벽에 상설적으로 부착된 풍우밀문을 설치하여야 하며 모든 구조는 개구가 없는 격벽과 동일한 강도가 되도록 문틀과 휨보강재를 설치하여야 한다. 문은 격벽 양측에서 조작할 수 있도록 장치되어야 한다.

2.4.2

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 12(3))

폐위선루단부의 격벽에 있는 출입구 문턱의 높이는 갑판상 적어도 380mm 이상이어야 한다.

2.4.3

건현갑판 직상의 선루갑판 또는 갑판실 갑판 상의 어떠한 개구(승강구실로 둘러싸인 갑판실)도 유효한 풍우밀덮개에 의해 보호되어야 한다.

3. 하중모델

3.1 하중계산점

3.1.1

별도로 규정하지 아니하는 한, 면외압력은 다음으로 정의되는 하중계산점에서 계산되어야 한다.

- 판에 대하여 **6장 1절 [1.5]**
- 일반보강재 및 1차 지지부재에 대하여 **6장 2절 [1.4]**

3.2 하 중

3.2.1 갑판의 면외압력

선루 및 갑판실의 갑판에 작용하는 면외압력(kN/m^2)은 **4장 5절 [2.1]**에 정의된 외부압력 p_D 와 동등한 것이어야 한다.

3.2.2 폭로된 조타실 정판에 작용하는 면외압력

폭로된 조타실 정판에 작용하는 면외압력 P (kN/m^2) 는 **4장 5절 [3.2]**에 따라 구한다.

3.2.3 선루측면에 작용하는 면외압력

선루측면에 작용하는 면외압력 p_{SI} (kN/m^2)는 **4장 5절 [3.3]**에 따라 구한다.

4. 치수산정

4.1 비유효선루의 측판

4.1.1

비유효선루의 측판의 두께(mm)는 다음 값 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

$$t = 1.21s\sqrt{kp_{SI}} + t_C$$

$$t = 0.8\sqrt{kL}$$

4.2 비유효선루의 갑판

4.2.1

비유효선루의 갑판의 두께(mm)는 다음 값 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

$$t = 1.21s\sqrt{kp_D} + t_C$$

$$t = (5.5 + 0.02L)\sqrt{k}$$

여기서 L 은 200m 보다 커서는 아니된다.

4.2.2

건현갑판 상에 위치한 비유효선루 상에 추가적인 선루가 배치되는 경우, **[4.2.1]**에 의해 요구되는 두께는 10%로 감소될 수 있다.

4.2.3

갑판의 판이 피복제에 의하여 보호되는 경우, **[4.2.1]** 및 **[4.2.2]**에 따른 갑판의 두께는 t_C 까지 감소될 수 있다. 그러나 이러한 갑판은 5mm 보다 작아서는 아니된다.

나무 이외의 피복제가 사용되는 경우, 피복제가 강판에 영향을 주지 않음에 주의하여야 한다. 피복제는 갑판에 유효하게 설치되어야 한다.

4.3 갑판보 및 갑판구조지지

4.3.1 횡방향 갑판보 및 종방향 갑판 일반보강재

횡방향 갑판보 및 종방향 갑판 일반보강재의 단면계수 w (cm^3) 및 전단면적 A_{sh} (cm^2)는 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = ckp_D s\ell^2$$

$$A_{sh} = 0{,}05(1 - 0{,}817 m_a) kp_D s\ell$$

4.3.2 갑판 거더 및 트랜스버스

갑판 거더 및 트랜스버스의 단면계수 w (cm^3) 및 전단면적 A_{sh} (cm^2)은 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = ckp_D e\ell^2$$

$$A_{sh} = 0.05 kp_D e\ell$$

여기서,

e : 각 판 범위의 중앙으로부터 반대편 판의 중앙까지 측정한, 지지되지 아니한 인접한 판 범위의 하중을 받는 부분의 폭(m)

거더의 깊이는 $\ell/25$ 보다 작아서는 아니된다. 갑판보의 연속을 위하여 스켈롭이 있는 거더의 웨브깊이는 갑판보깊이의 최소한 1.5배 이어야 한다.

거더가 전 판 범위에 걸쳐 동일한 단면계수를 가지지 아니하는 경우, 지지부재 상부에는 큰 치수를 유지하고 작은 치수에 대하여 점차적으로 감소되어야 한다.

4.4 선루늑골

4.4.1 단면계수 및 전단면적

선루늑골의 단면계수 w (cm^3) 및 전단면적 A_{sh} (cm^2)은 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = 0.55 kp_{SI} s\ell^2$$

$$A_{sh} = 0.05(1 - 0.817 m_a) kp_{SI} s\ell$$

4.4.2

늑골이 종늑골방식의 갑판에 의해 지지되는 경우, 웨브프레임 사이에 설치된 늑골은 브래킷에 의해 인접한 종방향 일반보강재에 연결되어야 한다. 브래킷의 치수는 늑골의 단면계수에 기초하여 **3장 6절**에 따라 결정되어야 한다.

4.4.3

선루 상에 더 이상의 선루 또는 갑판실이 배치되는 경우 그 구역하부 늑골의 보강이 요구될 수 있다.

4.5 짧은 갑판실의 갑판

4.5.1 판

짧은 갑판실의 노천갑판의 두께(mm)는 다음보다 작아서는 아니된다.

$$t = 8s\sqrt{k} + t_C$$

피복제로 보호된 짧은 갑판실의 노천갑판 및 갑판실 내의 갑판에 대하여, 그 두께는 t_C 까지 감소될 수 있다. 그러나 이러한 갑판은 5mm 보다 작아서는 아니된다.

4.5.2 갑판보

갑판보 및 갑판구조지지는 **[4.3]**에 따라 결정되어야 한다.

5. 선루단격벽 및 갑판실위벽

5.1 적 용

5.1.1

[5.2] 및 **[5.3]**의 요건은 개정된 ILLC 에 따른 개구 및 거주구의 유일한 보호를 형성하는 선루단격벽 및 갑판실위벽에 적용한다.

5.2 하 중

5.2.1

치수결정을 위한 설계하중 p_A (kN/m²)는 **4장 5절 [3.4]**에 따라 구한다.

5.3 치수산정

5.3.1 보강재

보강재의 단면계수 w (cm³) 및 전단면적 A_{sh} (cm²)은 다음 식으로 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = 0.35 k p_A s \ell^2$$

이 요건은 최하층보강재의 웨브가 갑판에 유효하게 용접되었다고 가정한다. 다른 형식의 끝단연결은 특별히 고려되어야 한다.

갑판실 선측보강재의 단면계수는, 간격 s 및 스팬 ℓ 을 고려하여, 바로 하부에 위치한 갑판의 선측늑골의 단면계수보다 클 필요는 없다.

5.3.2 판두께

판의 두께(mm)는 다음 식으로부터 구한 값 중 큰 것보다 작아서는 아니된다.

$$t = 0.9\,s\sqrt{kp_{\mathrm{A}}} + t_C$$

$t_{\min} = \left(5.0 + \dfrac{L_2}{100}\right)\sqrt{k}$, 최하층에 대하여

$t_{\min} = \left(4.0 + \dfrac{L_2}{100}\right)\sqrt{k}$, 상부층에 대하여, 5.0mm 보다 작아서는 아니된다.

제 5 절 창구덮개

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

p_s : **[4.1]**에 정의된 정수 중 압력(kN/m^2)

p_w : **[4.1]**에 정의된 파랑압력(kN/m^2)

p_C : **[6.2]**에 정의된 창구코밍에 작용하는 압력(kN/m^2)

F_S, F_W : 계수로써 다음에 따른다.

$F_S = 0$ 및 $F_W = 0.9$ 밸러스트화물창의 창구덮개인 경우

$F_S = 1.0$ 및 $F_W = 1.9$ 기타의 경우

s : 요소판 패널의 짧은 측의 길이(m)

ℓ : 요소판 패널의 긴 측의 길이(m)

b_P : **[3]**에 정의된 일반보강재 또는 1차 지지부재에 부착된 판의 유효폭(m)

w : 폭 b_P 의 판이 부착된 일반보강재 또는 1차 지지부재의 순 단면계수(cm^3)

A_{Sh} : 일반보강재 또는 1차 지지부재의 순 전단면적(cm^2)

m : 일반보강재 및 1차 지지부재에 대한 경계계수로서 다음에 따른다.

- $m = 8$ 일반보강재 및 1차 지지부재가 양단에서 단순지지되는 경우 또는 한쪽끝단에서 지지되고 다른 한쪽끝단에서는 구속된 경우
- $m = 12$ 일반보강재 및 1차 지지부재가 양단에서 구속된 경우

t_C : **[1.4]**에 정의된 총 부식추가(mm)

σ_a, τ_a : **[1.5]**에 정의된 허용응력(N/mm^2)

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

[1]내지 **[8]**의 요건은 **1장 4절 [3.20]**에 정의된 노천갑판 상의 제1위치 및 제2위치에 있는 강재창구덮개에 적용한다.

[9]의 요건은 $0.25L$ 전방의 노출된 선수갑판 상에 설치된 강재창구덮개 및 소형창구에 적용한다.

1.2 재 료

1.2.1 강

치수산정을 위하여 **[5]**에 주어진 식이 강재창구덮개에 적용된다.

강재창구덮개의 구조에 사용되는 재료는 우리 선급의 해당요건에 적합하여야 한다.

1.2.2 기타의 재료
강재 이외의 재료의 사용은 치수산정을 위해 채택된 기준이 강재창구덮개의 기준과 동등한 강도 및 강성을 확보하는 것을 검토하여 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려되어야 한다.

1.3 순 치수

1.3.1
별도로 규정하지 아니하는 한, 이 절에 언급된 모든 치수는 순 치수이다. 즉 부식여유를 포함하지 아니한다.

[5.3] 및 **[5.4]**에서 응력 σ 및 τ 를 계산할 때, 순 치수를 사용하여야 한다.

총치수는 **3장 2절**에 명시된 바에 따라 구한다.

부식추가는 **[1.4]**에 주어진다.

1.4 부식추가

1.4.1 부식추가
창구덮개, 창구코밍 및 코밍스테이의 판 및 내부재에 대하여 고려되어야 하는 양측의 총 부식추가는 **표 1**에 명시된 값과 동등한 것이어야 한다.

창구코밍 및 코밍스테이의 부식추가는 **3장 3절**에 따라 정의된다.

표 1: 창구덮개에 대한 부식추가 t_c

양측의 부식추가 t_c (mm)	
단일창구덮개의 판 및 보강재	2.0
이중창구덮개의 정판 및 바닥판	2.0
이중창구덮개의 내부구조부재	1.5

1.5 허용응력

1.5.1
Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 15(6) and 16(5))

허용응력 σ_a 및 τ_a (N/mm^2)는 **표 2**로부터 구한다.

표 2: 허용응력(N/mm^2)

부재위치	적용하중	σ_a, in N/mm^2	τ_a, in N/mm^2
풍우밀 창구덮개	**4장 5절 [2]**에 정의된 외부압력	0.80 R_{eH}	0.46 R_{eH}
폰툰창구덮개		0.68 R_{eH}	0.39 R_{eH}
풍우밀창구덮개 및 폰툰창구덮개	기타의 하중	0.90 R_{eH}	0.51 R_{eH}

2. 배 치

2.1 창구코밍의 높이

2.1.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 14 (1, 1))

갑판 상 창구코밍의 높이는 다음보다 작아서는 아니된다.

- 제1위치에서 600mm
- 제2위치에서 450mm

2.1.2

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 14 (1, 2))

개스킷 및 고박장치가 있는 강재창구덮개에 의하여 폐쇄되는 제1위치 및 제2위치에서 창구코밍의 높이는 어떠한 해상상태에서도 선박의 안전이 그것에 의해서 저하되지 않는다고 주관청이 만족하는 조건으로 상기 값까지 경감될 수 있거나 코밍이 완전히 면제될 수 있다.

이러한 경우 창구덮개, 개스킷, 고박설비 및 갑판으로의 배수 리세스의 치수는 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려된다.

2.1.3

채택된 폐쇄장치의 형식에 무관하게, 폐위된 선루 내의 개구에 설치되는 코밍은 높이를 경감하거나 면제될 수 있다.

2.2 창구덮개

2.2.1

노출갑판 상의 창구덮개는 풍우밀이어야 한다.

폐위선루 내의 창구덮개는 풍우밀이어야 할 필요는 없다.

그러나, 밸러스트탱크, 연료유탱크 또는 기타탱크에 설치된 창구덮개는 수밀이어야 한다.

2.2.2

창구덮개의 일반보강재 및 1차 지지부재는 실행가능한 한, 창구덮개의 폭과 길이에 걸쳐 연속이어야 한다. 이것이 실행불가능한 경우, 스닙끝단연결을 사용하여서는 아니되고 충분한 하중전달능력을 확보하기 위하여 적절한 배치가 채택되어야 한다.

2.2.3

일반보강재의 방향과 평행한 1차 지지부재의 간격은 1차 지지부재 스팬의 1/3보다 커서는 아니된다.

2.2.4

1차 지지부재 플랜지의 폭은 3m 보다 크고 측면으로 지지되지 아니한 스팬에 대하여 그 깊이의 40%보다 작아서는 아니된다.

플랜지의 돌출부는 총플랜지두께의 15배를 넘어서는 아니된다.

2.2.5
창구덮개 상의 화물에 의하여 발생되는 종방향 및 횡방향 힘이 작용하는 경우, 창구덮개의 이동을 방지하기 위하여 유효한 잠금장치를 설치하여야 한다. 이러한 잠금장치는 창구코밍 측면브래킷 근처에 위치되어야 한다.

2.2.6
창구덮개의 각 지지면의 폭은 최소한 65mm 이어야 한다.

2.3 창구코밍

2.3.1
코밍, 보강재 및 브래킷은 작동설비에 적재된 화물로 인한 것뿐만이 아니라 창구덮개의 고박 및 이동을 위해 필요한 조임장치 및 작동설비에 따른 국부적인 힘에 견딜 수 있어야 한다.

2.3.2
선수창구의 횡방향 전단코밍의 강도 및 이 코밍상 창구덮개의 폐쇄장치의 치수산정에 특별히 주의하여야 한다.

2.3.3
종방향 코밍은 최소한 갑판보의 하단까지 연장되어야 한다.

- 연속된 갑판거더의 일부가 아닌 경우, 종방향 코밍의 하단은 개구의 끝단을 넘어 최소한 늑골 2개 간격까지 연장되어야 한다.
- 종방향 코밍이 갑판거더의 일부인 경우, 그 치수는 **6장 4절**에 따라야 한다.

2.3.4
웨브프레임 또는 유사한 구조가 갑판 하부에 횡방향 코밍과 일치시켜 설치되어야 한다.

2.4 소형창구

2.4.1
소형창구코밍의 높이는 제1위치에 있는 경우 600mm, 제2위치에 있는 경우 450mm 보다 작아서는 아니된다.
폐쇄장치가 개스킷 및 스윙볼트에 의하여 풍우밀로 폐쇄되는 힌지식 강재덮개의 형식인 경우, 코밍의 높이는 경감되거나 코밍이 아예 면제될 수 있다.

2.4.2
소형창구덮개는 주 창구에 요구되는 강도와 동등한 강도를 가져야 하고 강재, 풍우밀 및 일반적으로 힌지식이어야 한다.
고박설비 및 창구덮개모서리의 보강은 모든 해상상태에서 풍우밀이 유지될 수 있는 것이어야 한다.
최소한 하나의 잠금장치를 각 측면에 설치하여야 한다. 소형의 원형코밍, 힌지는 잠금장치와 동등한 것으로 고려될 수 있다.

2.4.3
노천갑판 상에 위치한 화물창 출입구에는 폐위선루에 의해 보호되지 아니하는 한 금속성의 풍우밀창구덮개를 설치하여야 한다.

2.4.4
코퍼댐 및 밸러스트탱크로의 접근은 충분히 조밀한 간격의 볼트로 고정되는 수밀덮개가 설치된 맨홀이어야 한다.

2.4.5
특별히 설계된 창구는 각 경우에 따라 우리 선급에 의해 고려된다.

3. 부착된 판의 폭

3.1 일반보강재

3.1.1
일반보강재의 검토를 위하여 고려되어야 하는 부착된 판의 폭(m)은 다음 식으로부터 구한다.

- 부착된 판이 보강재의 양측으로 연장되는 경우:

  $b_P = s$

- 부착된 판이 보강재의 한측으로 연장되는 경우:

  $b_P = 0.5s$

3.2 1차 지지부재

3.2.1
분리된 보 또는 격자모델을 통하여 해석된 1차 지지부재의 항복검토 및 좌굴검토를 위하여 고려되어야 하는 부착된 판의 유효폭(m)은 다음 식으로부터 구한다.

- 판이 1차 지지부재의 양측으로 연장되는 경우:

  $b_P = b_{P,1} + b_{P,2}$

- 판이 1차 지지부재의 한측으로 연장되는 경우:

  $b_P = b_{P,1}$

여기서,

$b_{P,1} = \min\left(0.165\ell_P\,,\, S_{P,1}\right)$

$b_{P,2} = \min\left(0.165\ell_P\,,\, S_{P,2}\right)$

ℓ_p : 고려하는 1차 지지부재의 스팬(m)

$S_{P,1}$, $S_{P,2}$: 고려하는 1차 지지부재와 인접한 부재와의 거리의 반(m)으로, 한측에 대하여는 $S_{P,1}$, 다른 측에 대하여는 $S_{P,2}$.

분리된 보 또는 격자해석이 사용되는 경우, 일반보강재는 부착된 1차 부재의 플랜지면적에 포함되어서는 아니된다.

4. 하중모델

4.1 면외압력 및 힘

4.1.1 일 반
창구덮개에 작용하는 것으로 고려되어야 하는 면외압력 및 힘은 **[4.1.2]**내지 **[4.1.6]**에 따른다.

모든 경우에 있어서, **[4.1.2]**에 정의된 해양압력이 노출갑판 상에 위치한 창구덮개에 대하여 고려되어야 한다.

이에 추가하여, 균일화물, 특별화물 또는 컨테이너를 운송하고자 하는 창구덮개인 경우, **[4.1.3]**부터 **[4.1.6]**에 규정된 압력 및 힘은 해양압력과는 개별적으로 고려되어야 한다.

4.1.2 해양압력
정수 및 파랑 면외압력 고려되어야 하고 다음에 따라야 한다.

- 정수압: $p_s = 0$
- **4장 5절 [5.2]**의 정의에 따르는 파랑압력 p_W

4.1.3 액체화물 또는 밸러스트수로 인한 내부압력
적용되는 경우, 정적 및 동적 면외압력이 고려되어야 하고 **4장 6절 [2]**에 정의된다.

4.1.4 균일화물로 인한 압력
적용되는 경우, 정적 및 동적 압력이 고려되어야 하고 **4장 5절 [2.4.1]**에 정의된다.

4.1.5 특별화물로 인한 압력 및 힘
항해 중 일시적으로 물을 보유할 수 있는 특별화물(예를 들면, 관, 등)을 창구덮개 상에 운송하는 경우, 적용되어야 하는 면외압력 및 힘은 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려되어야 한다.

4.1.6 컨테이너로 인한 힘
창구덮개 상에 컨테이너를 운송하는 경우, 컨테이너 모서리 하부의 집중하중은 우리 선급의 해당 요건에 따라 결정되어야 한다.

4.2 하중점

4.2.1 노출갑판 상의 창구덮개에 대한 파랑면외압력
각 창구덮개에 작용하는 것으로 고려되어야 하는 파랑면외압력은 다음에 위치한 점에서 계산되어야 한다.

- 종방향으로, 창구덮개 길이의 중간에서
- 횡방향으로, 선체대칭의 종단면 상에서
- 수직방향으로, 창구덮개 상단에서

4.2.2 파랑압 이외의 면외압력
면외압력은 다음과 같이 계산되어야 한다.

- 판에 대하여는 판패널의 기하학적 무게중심에 대하여
- 일반보강재 및 1차 지지부재에 대하여 스팬의 중앙에서

5. 강도검토

5.1 일 반

5.1.1 적 용

강도검토는 한 방향으로 배치된 차 지지부재 또는 종방향 및 횡방향 1차 지지부재의 격자로 설계된 것으로, 균일압력이 작용하는 직사각형 창구덮개에 적용한다.

후자의 경우, 1차 지지부재의 응력은 격자 또는 유한요소해석에 의하여 결정되어야 한다.

집중하중에 의하여 야기되는 응력에 대한 검토는 **[5.4.4]**의 기준에 따라야 한다.

5.1.2 컨테이너를 지지하는 창구덮개

컨테이너를 지지하는 창구덮개의 치수는 우리 선급의 해당 규정에 적합하여야 한다.

5.1.3 특별화물을 적재하는 창구덮개

특별화물을 지지하는 창구덮개에 대하여, 일반보강재 및 1차 지지부재는 보강재배치 및 상대관성을 고려하여, 일반적으로 직접계산에 의하여 검토되어야 한다.

5.1.4 소형창구의 덮개

덮개의 총두께는 8mm 보다 작아서는 아니된다. 덮개의 최대수평치수가 0.6m 를 넘는 경우 이 두께는 증가되거나 또는 우리 선급이 만족하는 충분한 보강이 이루어져야 한다.

5.2 판

5.2.1 순 두께

강재창구덮개 정판의 순 두께(mm)는 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$t = 15.8 F_p s \sqrt{\frac{F_S\, p_s + F_W\, p_w}{0.95 R_{eH}}}$$

여기서,

F_p : 조합된 멤브레인 및 굽힘응답에 대한 계수로서 다음에 따른다.

- $F_p = 1.5$ 일반적으로
- $F_p = 1.9\sigma/\sigma_a$, $\sigma \geq 0.8\sigma_a$ 인 경우 1차 지지부재의 부착된 판에 대하여

σ : 경우에 따라 **[5.4.3]**에 따라 계산되거나 격바해석 또는 유한요소해석으로 결정된 1차 지지부재에 부착된 판의 법선응력(N/mm^2)

5.2.2 최소 순 두께

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 16 (5, c))

[5.2.1]에 추가하여, 창구덮개의 정판을 형성하는 판의 순 두께(mm)는 다음 값 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

$t = 10s$

$t = 6$

5.2.3 임계좌굴응력검토

일반보강재의 방향과 평행한 1차 지지부재의 굽힘에 의하여 발생하는 창구덮개판의 압축응력 σ는 다음 식에 적합하여야 한다.

$$\sigma \le \frac{0.88}{S}\sigma_{C1}$$

여기서,

S : **6장 3절**에 정의된 안전계수

σ_{C1} : 임계좌굴응력 (N/mm^2)으로서 다음에 따른다.

$$\sigma_{C1} = \sigma_{E1} \qquad \sigma_{E1} \le \frac{R_{eH}}{2} \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{C1} = R_{eH}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sigma_{E1}}\right) \qquad \sigma_{E1} > \frac{R_{eH}}{2} \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{E1} = 3.6\,E\left(\frac{t}{1000s}\right)^2$$

t : 판패널의 순 두께(mm)

일반보강재의 방향과 수직인 1차 지지부재의 굽힘에 의하여 발생하는 창구덮개판의 압축응력 σ는 다음 식에 적합하여야 한다.

$$\sigma \le \frac{0.88}{S}\sigma_{C2}$$

여기서,

S : **6장 3절**에 정의된 안전계수

σ_{C2} : 임계좌굴응력(N/mm^2)으로서 다음에 따른다.

$$\sigma_{C2} = \sigma_{E2} \qquad \sigma_{E2} \le \frac{R_{eH}}{2} \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{C2} = R_{eH}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sigma_{E2}}\right) \qquad \sigma_{E2} > \frac{R_{eH}}{2} \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{E2} = 0.9\,m\,E\left(\frac{t}{1000s_s}\right)^2$$

m : 계수로서 다음에 따른다.

$$m = c\left[1+\left(\frac{s_s}{\ell_s}\right)^2\right]^2 \frac{2.1}{\Psi+1.1}$$

t : 판패널의 순 두께(mm)

s_s : 판패널의 짧은 측의 길이(m)

ℓ_s : 판패널의 긴 측의 길이(m)

Ψ : 최소압축응력과 최대압축응력사이의 비

c : 계수로서 다음에 따른다.

$c = 1.3$ 판이 1차 지지부재에 의하여 보강되는 경우

$c = 1.21$ 판이 앵글 또는 T 형 일반보강재에 의하여 보강되는 경우

$c = 1.1$ 판이 벌브형 일반보강재에 의하여 보강되는 경우

$c = 1.05$ 판이 평강에 의하여 보강되는 경우

이에 추가하여, 유한요소해석법에 의하여 계산되는 경우, 창구덮개판의 2축의 압축응력은 **6장 3절**의 요건에 적합하여야 한다.

5.3 일반보강재

5.3.1

평강 일반보강재에 대하여, h_w/t_w 의 비율은 다음 식에 적합하여야 한다.

$$\frac{h_w}{t_w} \le 15\sqrt{\frac{235}{R_{eH}}}$$

5.3.2 웨브의 최소 순 두께

일반보강재 웨브의 순 두께(mm)는 **[5.2.2]**에 주어진 최소값보다 작아서는 아니된다.

5.3.3 순 단면계수 및 순 단면적

면외압력에 대한 일반보강재의 순 단면계수 w (cm^3) 및 순 전단면적 A_{sh} (cm^2)는 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = \frac{(F_S p_S + F_W p_W) s \ell_s^2}{m \sigma_a} 10^3$$

$$A_{sh} = \frac{5(F_S p_S + F_W p_W) s \ell_s}{\tau_a}$$

여기서,

ℓ_s : 1차 지지부재의 간격(m)으로 취해져야 하는 일반보강재의 스팬(m) 또는 적용가능한 경우, 1차 지지부재와 끝단지지부재 사이의 거리. 모든 일반보강재 스팬의 양 끝단에 브래킷이 설치된 경우, 일반보강재 스팬은 최소 브래킷 암 길이의 2/3으로 경감할 수 있다. 그러나 각각의 브래킷에 대하여 전체 스팬의 10%보다 커서는 아니된다.

5.3.4 임계좌굴응력검토

일반보강재의 방향에 평행한 1차 지지부재의 굽힘에 의하여 발생하는 일반보강재 면재의 압축응력 σ는 다음 식에 적합하여야 한다.

$$\sigma \le \frac{0.88}{S}\sigma_{CS}$$

여기서,

S : **6장 3절**에 정의된 안전계수

σ_{CS} : 임계좌굴응력(N/mm^2)으로서 다음에 따른다.

$$\sigma_{CS} = \sigma_{ES} \qquad \sigma_{ES} \le \frac{R_{eH}}{2} \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{CS} = R_{eH}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sigma_{ES}}\right) \qquad \sigma_{ES} > \frac{R_{eH}}{2} \text{ 인 경우}$$

$$\sigma_{ES} = \min(\sigma_{E3}, \sigma_{E4})$$

$$\sigma_{E3} = 0.001\frac{EI_a}{A\ell^2}$$

I_a : 일반보강재의 간격과 같은 면재를 포함하는, 일반보강재의 관성모멘트(cm^4)

A : 일반보강재의 간격과 같은 면재를 포함하는, 일반보강재의 횡단면적(cm^2)

ℓ : 일반보강재의 스팬(m)

$$\sigma_{E4} = \frac{\pi^2 E I_w}{10^4 I_p \ell^2}\left(m^2 + \frac{K}{m^2}\right) + 0.385E\frac{I_t}{I_p}$$

$$K = \frac{C\ell^4}{\pi^4 E I_w}10^6$$

m : **표 3**에서 주어지는 반파의 수

표 3: 허용응력(N/mm^2)

	$0 < K < 4$	$4 < K < 36$	$36 < K < 144$	$(m-1)^2 m^2 < K \le m^2 (m+1)^2$
m	1	2	3	m

I_w : 판과의 연결부근에서의 일반보강재의 단면관성모멘트(cm^6)로서 다음에 따른다.

$$I_w = \frac{h_w^3 t_w^3}{36}10^{-6} \qquad \text{평강 일반보강재에 대하여}$$

$$I_w = \frac{t_f b_f^3 h_w^2}{12}10^{-6} \qquad \text{T 형 일반보강재에 대하여}$$

$$I_w = \frac{b_f^3 h_w^2}{12(b_f + h_w)^2}\left[t_f\left(b_f^2 + 2b_f h_w + 4h_w^2\right) + 3t_w b_f h_w\right]10^{-6} \qquad \text{앵글 및 벌브 일반보강재에 대하여}$$

I_p : 판과의 연결부근에서의 일반보강재의 극관성모멘트(cm^4)로서 다음에 따른다.

$$I_t = \frac{h_w^3\, t_w}{3} 10^{-4}$$ 평강 일반보강재에 대하여

$$I_p = \left(\frac{h_w^3\, t_w}{3} + h_w^2\, b_f\, t_f \right) 10^{-4}$$ 플랜지 일반보강재에 대하여

I_t : 면재가 없는 일반보강재의 St Venant's 관성모멘트(cm^4)로서 다음에 따른다.

$$I_t = \frac{h_w\, t_w^3}{3} 10^{-4}$$ 평강 일반보강재에 대하여

$$I_t = \frac{1}{3}\left[h_w\, t_w^3 + b_f\, t_f^3 \left(1 - 0.63 \frac{t_f}{b_f} \right) \right] 10^{-4}$$ 플랜지 일반보강재에 대하여

C : 창구덮개 정판에 의하여 발생되는 스프링강성으로서 다음에 따른다.

$$C = \frac{k_p\, E\, t_p^3}{3\, s \left(1 + \dfrac{1.33\, k_p\, h_w\, t_p^3}{1000\, s\, t_w^3} \right)} 10^{-3}$$

$k_p = 1 - \eta_p$, 플랜지 일반보강재에 대하여 0보다 작아서는 아니된다, k_p 는 0.1보다 작을 필요는 없다.

$$\eta_p = \frac{\sigma}{\sigma_{E1}}$$

σ_{E1} : **[5.2.3]**에 따른다.

t_p : 창구덮개판 패널의 순 두께(mm)

5.4 1차 지지부재

5.4.1 적 용

[5.4.3]내지 **[5.4.5]**의 요건은 분리된 보 모델을 통해 해석될 수 있는 1차 지지부재에 적용한다.

배치가 격자형식이고 분리된 보 모델을 통하여 해석될 수 없는 1차 지지부재는 **[5.4.4]**의 검토기준을 사용한 직접계산에 의하여 검토되어야 한다.

5.4.2 웨브의 최소 순 두께

1차 지지부재 웨브의 최소 순 두께(mm)는 **[5.2.2]**에 주어진 최소값보다 작아서는 아니된다.

5.4.3 분리된 보에 대한 법선응력 및 전단응력

[5.1.1]의 요건에 따라 격자해석 또는 유한요소해석이 수행되지 아니하는 경우, 1차 지지부재의 최대 법선응력 σ (N/mm^2) 및 최대전단응력 τ (N/mm^2)은 다음 식으로부터 구한다.

$$\sigma = \frac{s(F_S\, p_s + F_W\, p_w)\ell_m^2}{mW} 10^3$$

$$\tau = \frac{5s(F_S\, p_s + F_W\, p_w)\ell_m}{A_{sh}}$$

여기서,

ℓ_m : 1차 지지부재의 스팬

5.4.4 검토기준

각 경우에 따라, **[5.4.3]**에 따라 계산되거나, 격자해석 또는 유한요소해석을 통해 결정된 법선응력 σ 및 전단응력 τ 는 다음식에 적합하여야 한다.

$$\sigma \le \sigma_a$$

$$\tau \le \tau_a$$

5.4.5 변형한도

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 15 (6) and 16 (5, b))

해양압력에 의하여 하중을 받는 경우, 1차 지지부재의 강도요구 관성모멘트는 변형이 $\mu\ell_{\max}$ 을 넘지 아니하는 것이어야 한다.

μ : 계수로서 다음에 따른다

- $\mu = 0.0056$ 풍우밀 창구덮개에 대하여
- $\mu = 0.0044$ 폰툰 창구덮개에 대하여

$\ell_{\max}$: 1차 지지부재의 최대 스팬(m)

5.4.6 1차 지지부재의 웨브패널의 임계좌굴응력검토

각 경우에 따라, **[5.4.3]**에 따라 계산되거나, 격자해석 또는 유한요소해석을 통해 결정된 1차 지지부재의 웨브패널의 전단응력 τ 는 다음식에 적합하여야 한다.

$$\tau \le \frac{0.88}{S_f}\tau_C$$

여기서,

S_f : **6장 3절**에 정의된 안전계수

τ_C : 임계전단좌굴응력 (N/mm²)으로서 다음에 따른다.

$$\tau_C = \tau_E \qquad \tau_E \le \frac{R_{eH}}{2\sqrt{3}} \text{ 인 경우}$$

$$\tau_C = \frac{R_{eH}}{\sqrt{3}}\left(1 - \frac{R_{eH}}{4\sqrt{3}\tau_E}\right) \qquad \tau_E > \frac{R_{eH}}{2\sqrt{3}} \text{ 인 경우}$$

$$\tau_E = 0.9 k_t E\left(\frac{t_{pr,n}}{1000d}\right)^2$$

$$k_t = 5.35 + 4.0\left(\frac{a}{d}\right)^2$$

$t_{pr,n}$: 1차 지지부재 웨브의 순 두께(m)

a : 1차 지지부재의 웨브패널의 큰 치수(m)

d : 1차 지지부재의 웨브패널의 작은 치수(m)

일반보강재의 방향과 평행인 1차 지지부재인 경우, τ_c 는 패널의 실제치수를 고려하여 계산되어야 한다. 일반보강재의 방향과 수직인 1차 지지부재인 경우 또는 일반보강재 없이 제작된 창구덮개인 경우, 응력 τ_c 의 결정을 위하여 치수 d 를 가지는 사각패널을 가정하여 취하여야 하며, 여기서 d 는 1차 지지부재의 웨브패널의 작은 치수(m)이다. 이러한 경우, 이 패널의 각 끝단에서 계산된 값 사이의 평균 전단응력 τ 가 고려되어야 한다.

5.4.7
1차 지지부재 웨브의 좌굴보강재에 대하여, 비율 h_w/t_w 는 다음 식에 적합하여야 한다.

$$\frac{h_w}{t_w} \le 15\sqrt{\frac{235}{R_{eH}}}$$

5.5 불균일 횡단면을 가지는 일반보강재 및 1차 지지부재

5.5.1
불균일 횡단면을 가지는 일반보강재 및 1차 지지부재의 순 단면계수는 다음 식으로부터 구한 값(cm^3) 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = w_{CS}$$

$$w = \left(1 + \frac{3.2\alpha - \psi - 0.8}{7\psi + 0.4}\right) w_{CS}$$

여기서,

w_{CS} : **[5.4.4]**의 검토기준에 적합한 균일횡단면에 대한 순 단면계수(cm^3)

α : 계수로서 다음에 따른다.

$$\alpha = \frac{\ell_1}{\ell_0}$$

ψ : 계수로서 다음에 따른다.

$$\psi = \frac{w_1}{w_0}$$

ℓ_1 : 불균일 단면부분의 길이(m) (**그림 1** 참조)

ℓ_0 : 끝단 지지부재 사이에서 측정된 스팬(m) (**그림 1** 참조)

w_1 : 끝단에서 순 단면계수(cm^3) (**그림 1** 참조)

w_0 : 스팬의 중앙에서 순 단면계수(cm^3) (**그림 1** 참조)

또한, 불균일 횡단면을 가지는 일반보강재 및 1차 지지부재의 순 관성모멘트는 다음 식으로부터 구한 값(cm^4) 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

$$I = I_{CS}$$

$$I = \left[1 + 8\alpha^3\left(\frac{1-\varphi}{0.2 + 3\sqrt{\varphi}}\right)\right] I_{CS}$$

여기서,

I_{CS} : **[5.4.5]**에 적합한 균일횡단면을 가지는 순 관성모멘트(cm^4)

φ : 계수로서 다음에 따른다.

$$\varphi = \frac{I_1}{I_0}$$

I_1 : 끝단에서 순 관성모멘트(cm^4) (**그림 1** 참조)

I_0 : 스팬의 중앙에서 순 관성모멘트(cm^4) (**그림 1** 참조)

이들 식의 사용은 횡단면의 급격한 변화가 그 길이에 걸쳐 일어나지 아니하는 일반보강재 및 1차 지지부재의 강도결정에 제한되어야 한다.

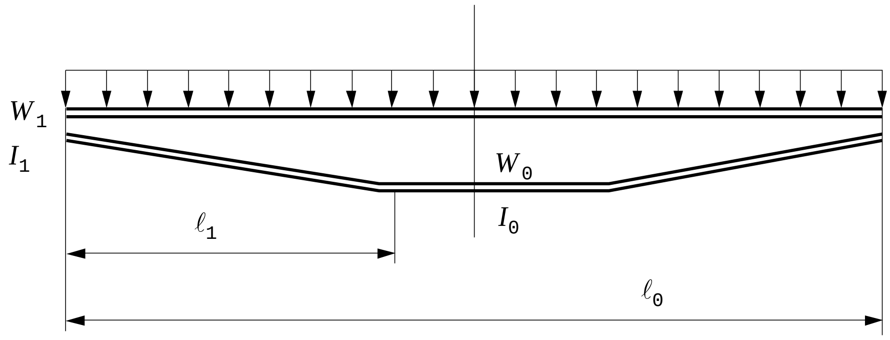


그림 1: 불균일 횡단면 보강재

6. 창구코밍

6.1 보 강

6.1.1

창구코밍의 일반보강재는 창구코밍의 폭 및 길이에 걸쳐 연속되어야 한다.

6.1.2

코밍은 그 상단에서 창구덮개 폐쇄장치를 설치하기에 적합한 형상의 보강재에 의하여 보강되어야 한다.

또한, 타폴린이 설치되는 덮개인 경우, 앵글 또는 벌브형강을 길이 3m 또는 높이 600mm 를 초과하는 코밍의 모든 주위에 설치하여야 한다.

6.1.3

타폴린이 설치되는 창구덮개인 경우, 코밍은 3m 이하의 간격으로 브래킷 또는 스테이에 의하여 보강되어야 한다. 코밍의 높이가 900mm 를 넘는 경우, 추가적인 보강이 요구될 수도 있다.

그러나, 보호된 지역의 횡방향 코밍에 대하여는 경감할 수 있다.

6.1.4

두개의 창구가 서로 근접한 경우, 종방향 코밍의 강도의 연속성을 유지하기 위하여 갑판하 보강재를 종방향 코밍과 연결되도록 설치하여야 한다.

길이가 늑골 9개 간격을 넘는 창구의 끝단에는 늑골 2개 간격에 걸쳐 유사한 보강을 하여야 한다.

경우에 따라, 우리 선급은 코밍의 연속성이 갑판 상부에 걸쳐 유지되도록 요구할 수 있다.

6.1.5
금속성의 수밀창구덮개가 설치된 경우, 동등한 강도의 다른 장치가 채택될 수 있다.

6.2 하중모델

6.2.1
창구코밍에 작용하는 것으로 고려되어야 하는 면외압력 p_c 는 **[6.2.2]** 및 **[6.2.3]**에 명시된 것이다.

6.2.2
제1번 선수창의 횡방향 창구코밍의 파랑면외압력 p_c (kN/m^2)는 다음에 따른다.

- p_c = 220, **1절 [7.1]**에 따라 선수루가 설치된 경우
- p_c = 290, 기타의 경우

6.2.3
제1번 선수창의 횡방향 창구코밍 이외의 창구코밍의 파랑면외압력 p_c (kN/m^2)는 다음에 따른다.

- p_c = 220

6.2.4
액체화물을 운송하고자 하는 화물창인 경우, 창구코밍에 작용하는 액체내부압력은 **4장 6절**에 따라 결정되어야 한다.

6.3 치수산정

6.3.1 판
창구코밍판의 순 두께(mm)는 다음 식으로부터 구한 값 중 큰 값보다 작아서는 아니된다.

$$t = 15.98 s \sqrt{\frac{p_c}{0.95 R_{eH}}}$$

t = 9.5

6.3.2 일반보강재
창구코밍의 종방향 또는 횡방향 일반보강재의 순 단면계수는 다음 식으로부터 구한 값(cm^3)보다 작아서는 아니된다.

$$w = 1.21 \frac{p_c s \ell^2 10^3}{m c_p R_{eH}}$$

여기서,

m : 계수로서 다음에 따른다.

m = 16 일반적인 경우

m = 12 코밍의 모서리에서 스닙된 보강재의 끝단 스팬인 경우

c_p : 부착된 판폭(mm)이 40t 인 일반보강재의 탄성단면계수에 대한 소성단면계수의 비율. 여기서 t 는 판의 순 두께이다.

c_p = 1.16 보다 정확한 평가가 없는 경우

6.3.3 코밍스테이

갑판에 연결된 플랜지를 가진 보 또는 스닙되고 브래킷이 설치되도록(**그림 2** 및 **그림 3**의 예를 참조) 설계된 코밍스테이의 순 단면계수 w (cm^3) 및 강도요구두께 t_w (mm)는, 갑판과의 연결부에서 다음 식으로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다.

$$w = \frac{s_C p_c H_C^2 10^3}{1.9 R_{eH}}$$

$$t_w = \frac{s_C p_c H_C 10^3}{0.5 h R_{eH}}$$

여기서,

H_C : 스테이높이(m)

s_C : 스테이간격(m)

h : 갑판과의 연결부에서 스테이깊이(mm)

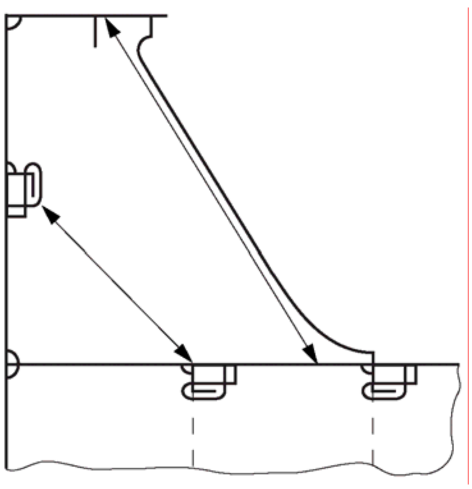


그림 2: 코밍스테이: 예 1

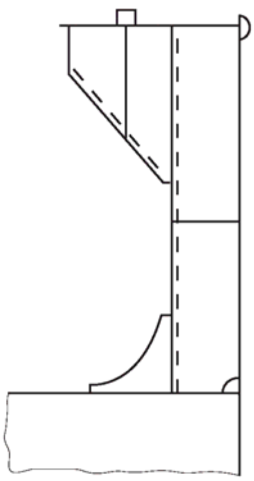


그림 3: 코밍스테이: 예 2

코밍스테이의 단면계수를 계산하는 경우, 면재가 갑판에 완전용입용접으로 용접되고 적절한 갑판하 구조가 이를 통하여 전달된 응력을 지지하도록 설치된 경우에 한하여 코밍스테이 면재의 면적을 고려하여야 한다.

그림 4 및 **그림 5**와 같은 예와 같이 다른 설계의 코밍스테이인 경우, 각 경우에 따라 격자해석 또는 유한요소해석을 통해 결정된 응력수준을 적용하고 가장 높은 응력부위를 검토하여야 한다.

$$\sigma \le 0.95 R_{eH}$$

$$\tau \le 0.5 R_{eH}$$

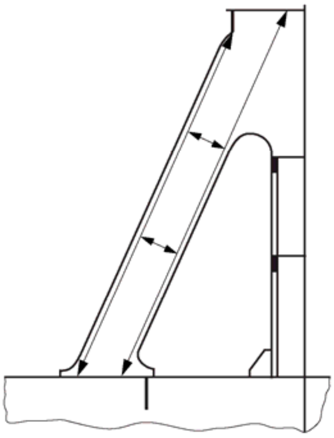


그림 4: 코밍스테이: 예 3

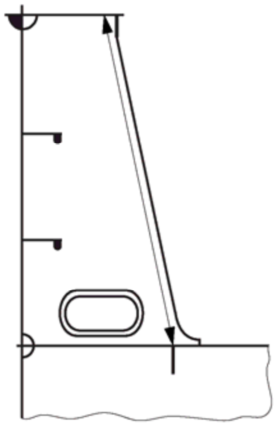


그림 5: 코밍스테이: 예 4

6.3.4 국부상세

국부상세의 설계는 창구덮개의 압력을 창구코밍으로 전달하여 이를 통하여 하부의 갑판구조에 전달하려는 목적을 위하여 이 절의 요건에 적합하여야 한다.

창구코밍 및 지지구조는 종방향, 횡방향 및 수직방향으로 창구덮개로부터의 하중을 수용하기 위하여 적절히 보강되어야 한다.

스테이를 통한 하중전달에 의하여 갑판하구조에 발생하는 법선응력 σ (N/mm^2) 및 전단응력 τ (N/mm^2) 은 다음 식에 적합하여야 한다.

$\sigma \leq 0.95 R_{eH}$

$\tau \leq 0.5 R_{eH}$

별도로 규정하지 아니하는 한, 용접 및 재료는 우리 선급의 요건에 따라 산정되고 선택되어야 한다.

양면연속필렛용접이 스테이웨브와 갑판의 연결에 채택되어야 하며 용접각목의 두께는 $0.44t_w$ 보다 작아서는 아니된다. 여기서 t_w 는 스테이웨브의 총두께이다.

스테이웨브의 토우는 갑판에 스테이폭의 15%보다 작지 아니한 거리에 걸쳐 연장되는 양면개선 완전용입용접으로 연결되어야 한다.

6.3.5 소형창구의 코밍

코밍판의 총 두께는 다음 값 중 작은 값보다 작아서는 아니된다.

- 코밍의 높이와 보강재들 사이의 거리 중 작은 값을 보강재의 간격으로 가정하여, 그 위치에서 계산된 개구의 갑판 내측에 대한 총 두께, 또는
- 10 mm

코밍은 그 형태가 적절한 강성을 확보하지 아니하는 한, 높이가 0.80m 를 넘거나 또는 최대 수평치수가 1.20m 를 넘는 경우 적절히 보강되어야 한다.

7. 풍우밀, 폐쇄장치, 잠금장치 및 스토퍼

7.1 풍우밀

7.1.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 16 (1))

창구가 노출된 경우, 양적 질적으로 충분한 개스킷 및 조임장치에 의하여 풍우밀이 확보되어야 한다.

풍우밀은 또한 타폴린으로 확보될 수도 있다.

7.1.2

일반적으로, 최소한 두개의 잠금장치 또는 이와 동등한 것이 창구덮개의 각 측면에 설치되어야 한다.

7.2 개스킷

7.2.1

선체운동에 의하여 발생한 관성력과 함께, 창구덮개 또는 그 위에 적재된 모든 화물의 무게는 강재와 강재의 접촉을 통하여 선체구조로 전달되어야 한다.

이 것은 창구덮개 스커트판과 선체구조의 연속적인 강재와 강재의 접촉 또는 정해진 베어링패드에 의하여 얻어질 수 있다.

7.2.2

시일은 필요한 풍우밀을 얻기위하여 비교적 부드러운 압축탄성재료의 연속된 개스킷에 의하여 얻어져야 한다. 유사한 시일이 십자연결요소 사이에 배치되어야 한다.

설치된 경우, 개스킷과 접촉하는 부위에는 압축평강 또는 앵글의 모서리를 충분히 둥글게 하여야 하고 내식성 재료의 것이어야 한다.

7.2.3

개스킷 및 잠금장치는 창구덮개와 선체구조 사이 또는 창구덮개요소 사이의 큰 상대운동에 대하여 그 유효성이 유지되어야 한다.

필요한 경우, 이러한 운동을 제한하기 위한 적절한 장치가 설치되어야 한다.

7.2.4

개스킷의 재료는 선박이 만날 수 있는 모든 환경조건에 적당한 품질의 것이어야 하고, 화물운송에 적합한 것이어야 한다.

선택된 개스킷의 재료 및 형상은 창구덮개의 형식, 잠금장치 및 창구덮개와 선체구조사이의 예상되는 상대운동과 관련하여 고려되어야 한다.

개스킷은 창구덮개에 유효하게 고정되어야 한다.

7.2.5

개스킷과 접촉되는 코밍과 창구덮개의 강재부분에는 예리한 모서리를 가져서는 아니된다.

7.2.6
창구덮개와 선체구조사이에 접지를 위하여 금속성의 접촉이 요구된다.

7.3 폐쇄장치, 잠금장치 및 스토퍼

7.3.1 일 반
패널창구덮개는 코밍을 따라서 그리고 덮개요소 사이에 적당한 간격의 적절한 장치(볼트, 웨지 또는 유사한 것)에 의하여 고정되어야 한다.

잠금장치 및 정지장치는 쉽게 제거될 수 없는 적절한 수단을 사용하여 설치되어야 한다.

상기 요건에 추가하여, 모든 창구덮개 및 특별한 경우 갑판화물을 운송하는 창구덮개는 선박운동에 따른 수평방향의 힘에 의하여 발생하는 수평이동에 견디도록 유효하게 고정되어야 한다.

선수미 방향으로, 수직가속력이 중력을 넘을 수 있다. **[7.3.5]**내지 **[7.3.7]**에 따라 잠금장치의 치수를 결정하는 경우 산출되는 양력이 고려되어야 한다.

창구코밍 및 지지구조는 창구덮개로부터의 하중을 수용하기 위하여 적절히 보강되어야 한다.

특수한 밀봉장치를 가지는 창구덮개, 단열된 창구덮개, 평편한 창구덮개 및 경감된 높이의 코밍을 가지는 창구덮개(**[2.1]** 참조)는 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려된다.

컨테이너를 운송하는 창구덮개의 경우, 폐쇄장치의 치수는 컨테이너에 의하여 전달되어 발생할 수 있는 상향의 수직력이 고려되어야 한다.

7.3.2 배 치
잠금장치 및 멈춤장치는 창구덮개와 코밍사이 및 인접한 창구덮개 사이의 개스킷에 충분한 압력을 확보하도록 배치되어야 한다.

배치 및 간격은 잠금장치 사이의 창구덮개 모서리의 강성뿐만이 아니라 창구덮개의 형식 및 크기에 따라 풍우밀의 유효성에 합당한 주의를 기울여 결정되어야 한다.

십자연결 다중패널덮개에서, 하중을 받는 패널과 하중을 받지 아니하는 패널 사이의 과도한 상대수직변형을 방지하기 위하여 (양/음)수직가이드가 설치되어야 한다.

스토퍼의 위치는 창구덮개와 선체구조의 손상을 방지하기 위하여 이들 사이의 상대운동에 적합하여야 한다. 스토퍼의 수는 가능한 작은 것이어야 한다.

7.3.3 간 격
잠금장치의 간격은 일반적으로 6m 보다 커서는 아니된다.

7.3.4 구 조
갑판에 해수가 들이칠 가능성이 무시할만한 것이라는 것이 입증될 수 있는 경우, 경감된 치수의 잠금장치가 허용될 수 있다.

잠금장치는 신뢰할 수 있는 구조의 것이어야 하고 창구코밍, 갑판 또는 창구덮개에 확실하게 부착되어야 한다.

각 창구덮개의 개별적인 잠금장치는 대략 유사한 강성의 특성을 가져야 한다.

7.3.5 잠금장치의 면적

각 잠금장치의 총 횡단면적은 다음 식으로부터 구한 값(cm²)보다 작아서는 아니된다.

$$A = 1.4 S_S \left(\frac{235}{R_{eH}} \right)^{\alpha}$$

여기서,

S_S : 잠금장치의 간격(m)

α : 계수로서 다음에 따른다.

- $\alpha = 0.75$ for $R_{eH} > 235$ N/mm²
- $\alpha = 1.0$ for $R_{eH} \leq 235$ N/mm².

상기 계산에서, R_{eH} 은 $0.7R_m$ 보다 커서는 아니된다.

창구덮개와 코밍과 십자연결 사이에, 풍우밀을 확보하기에 충분한 패킹라인압력이 잠금장치에 의하여 유지되어야 한다. 패킹라인압력이 5 N/mm 를 넘는 경우, 순 횡단면적 A 는 정비례로 증가되어야 한다. 패킹라인압력은 명시되어야 한다.

보통과는 상이한 창구의 폭으로 현저한 응력을 받는 잠금장치의 경우, 상기 잠금장치의 순 횡단면적 A 는 직접계산을 통하여 결정되어야 한다.

7.3.6 모서리요소의 관성

창구덮개 모서리의 강성은 잠금장치 사이의 적절한 밀봉압력을 유지하기에 충분하여야 한다. 모서리요소의 관성모멘트는 다음 식으로부터 구한 값(cm⁴)보다 작아서는 아니된다.

$$I = 6 p_L S_S^4$$

여기서,

p_L : 패킹라인압력(N/mm)으로서 5 보다 작아서는 아니된다.

S_S : 잠금장치의 간격(m)

7.3.7 로드 또는 볼트의 직경

면적5 m² 를 넘는 창구인 경우, 로드 또는 볼트의 총직경은 19 mm 보다 작아서는 아니된다.

7.3.8 스토퍼

창구덮개는 175 kN/m²의 압력으로부터 발생하는 횡방향 힘에 대하여, 스토퍼에 의하여, 유효하게 고정되어야 한다.

제1번 창구덮개를 제외하고, 창구덮개는 175 kN/m²의 압력으로부터 발생하는 선수단에 작용하는 종방향 힘에 대하여, 스토퍼에 의하여 유효하게 고정되어야 한다.

제1번 창구덮개는 230 kN/m²의 압력으로부터 발생하는 선수단에 작용하는 종방향 힘에 대하여, 스토퍼에 의하여 유효하게 고정되어야 한다. **1절 [7.1]**에 따라 선수루가 설치되는 경우, 이 압력은 175 kN/m²까지 경감될 수 있다.

스토퍼, 그 지지구조 및 스토퍼용접의 각목에서 계산된 등가응력은 $0.8R_{eH}$ 와 동등한 허용치보다 작아서는 아니된다.

7.4 타폴린

7.4.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 15 (11))

창구덮개의 풍우밀이 타폴린에 의하여 확보되는 경우, 최소한 타폴린 2장이 설치되어야 한다.

타폴린은 황마를 함유하지 아니한 것으로 수밀이어야 하며 적절한 강도특성 및 대기중의 병원체 및 고온 저온에 대한 저항을 가져야 한다.

방수처리 이전에, 식물성섬유로 만들어진 타폴린의 단위표면 당 질량은 다음보다 작아서는 아니된다.

- 0.65 kg/m^2 타르에 의한 방수인 경우
- 0.60 kg/m^2 화학적 드레싱에 의한 방수인 경우
- 0.55 kg/m^2 블랙오일을 사용한 드레싱에 의한 방수인 경우

식물성섬유로 만들어진 타폴린에 추가하여, 합성직물 또는 합성수지 적층으로 만들어진 타폴린이 강도, 수밀과 고온 및 저온에 대한 저항의 품질이 식물성섬유로 만들어진 타폴린의 품질과 동등한 경우 우리 선급에 의하여 허용될 수 있다.

7.5 클리트

7.5.1

로드클리트가 설치된 경우, 탄성와셔 또는 완충물이 함께 설치되어야 한다.

7.5.2

유압클리트가 채택되는 경우, 유압장치가 고장난 경우 유압클리트가 폐쇄위치에서 기계적으로 잠긴상태가 유지되도록 보장하는 능동적 수단이 제공되어야 한다.

7.6 쐐 기

7.6.1 쐐 기

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 15 (10))

쐐기는 일반적으로 길이 200mm 폭 50mm 보다 크지않은 견고한 목재이어야 한다.

쐐기는 일반적으로 1/6로 테이퍼되어야 하고 두께는 13mm 보다 작아서는 아니된다.

8. 배수로

8.1 배 치

8.1.1
배수로는 거터바 또는 선측 및 선수미 창구코밍의 수직연장의 수단에 의하여 개스킷 라인의 내측에 배치되어야 한다.

8.1.2
배수구는 배수로의 끝단에 배치되어야 하고 바깥으로부터 해수의 유입을 방지하기 위하여 역지밸브 또는 이와 동등한 것과 같은 유효한 수단이 제공되어야 한다.

8.1.3
다중패널 창구덮개의 십자연결부분에는 그 구역 상부로부터의 배수 및 개스킷 하부의 배수로가 배치되어야 한다.

8.1.4
창구덮개와 선체구조 사이에 연속적으로 강재접촉이 이루어지는 경우, 강재접촉과 개스킷 사이의 구역으로부터의 배수로도 제공되어야 한다.

9. 선수부 노출갑판 상에 설치된 작은 창구

9.1 적 용

9.1.1
[9]의 요건은 창구근처의 노출갑판의 높이가 $0.1L$ 또는 하기만재흘수선 상방 22 m 중 작은 것보다 작은 경우, $0.25L$ 전방에 걸쳐 선수부 노출갑판 상에 설치되는 작은 창구의 강재덮개에 적용한다.

작은창구는 갑판 하부의 구역으로 접근하기 위하여 설계된 창구이며 풍우밀 또는 수밀로 폐쇄될 수 있어야 한다. 작은 창구의 개구는 일반적으로 2.5 m^2 이하이어야 한다.

9.1.2
비상탈출을 위하여 설계된 작은 창구는 **[9.4.1]** a) 및 b), **[9.4.3]** 및 **[9.5.1]**의 요건을 제외하고 **[9]**의 요건에 적합하여야 한다.

9.2 강 도

9.2.1
사각형의 작은 강재창구덮개인 경우, 판의 총두께, 보강재 배치 및 치수는 **표 4** 및 **그림 6**으로부터 구한 값(mm)보다 작아서는 아니된다.

설치된 경우 일반보강재는 **[9.3.1]**에 규정된 금속간 접촉점에 맞추어 배치하여야 한다. (**그림 6** 참조)

일차보강재는 연속성이 있어야 하며 모든 보강재는 내부 끝단 보강재에 용접하여야 한다. (**그림 7** 참조)

표 4: 선수갑판 상의 작은 창구덮개에 대한 총 치수

호칭치수 (mm × mm)	덮개판두께(mm)	일차보강재	일반보강재
		평강(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

9.2.2
창구코밍의 상단은 수평보강재에 의하여 적절히 보강되어야 하며, 통상 코밍의 상단으로부터 170 mm 에서 190mm 이하인 위치에 보강재를 설치한다.

9.2.3
원형 또는 유사한 형상의 작은 창구덮개에 대한 두께 및 보강은 **[5.2]**에 적합하여야 한다.

9.2.4
강재 이외의 재료로 만들어진 작은 창구덮개에 대한 구조치수는 강재와 동등한 강도를 갖도록 하여야 한다.

9.3 풍우밀

9.3.1
창구덮개에는 탄성재료의 개스킷이 설치되어야 한다. 이 것은 설계된 압축력에서 금속간 접촉이 허용되어야 하며, 잠금장치가 느슨해지거나 벗겨지는 원인이 되는 그린파랑하중에 의한 개스킷의 과도한 압축을 방지하여야 한다. 금속간 접촉은 **그림 6**에 따라 각각의 잠금장치에 가깝게 설치하여야 하며, 지지력(bearing force)을 견디기에 충분하여야 한다.

9.4 1차 잠금장치

9.4.1
선수 노출갑판 상에 위치한 작은 창구에는 창구덮개를 정위치에 고정시키고 아래 방법 중 하나의 기계적 수단에 의하여 풍우밀이 되도록하는 1차 잠금장치를 설치하여야 한다:

a) 포크(클램프) 위에서 조여 주는 나비너트
b) 순간작동클리트
c) 중앙식 잠금장치

쐐기를 갖는 갈고리(dog, 돌려서 조여주는 핸들)는 인정되지 아니한다.

9.4.2
1차 잠금장치는 도구를 사용하지 않고 한 사람에 의해 설계압축압력을 얻을 수 있도록 설계 및 제작되어야 한다.

9.4.3
나비너트를 사용한 1차 잠금장치에 있어서, 포크(클램프)는 견고하게 설계되어야 한다. 클램프는 끝부분을 올려서 포크를 상방으로 구부리거나 혹은 유사한 방법으로 사용 중에 나비너트 이탈 위험성을 최소화하도록 설계되어야 한다. 보강하지 아니한 강재 포크의 판두께는 16mm 보다 작아서는 아니된다. 배치의 일례는 **그림 7**과 같다.

9.4.4
최전방 화물창구 앞쪽의 노출갑판에 위치한 작은 창구덮개의 힌지는, 그린파랑의 주방향으로 설치함으로써 덮개가 닫히도록 하여야 하며, 이는 힌지가 보통 앞쪽 끝단에 위치하여야 함을 뜻한다.

9.4.5
주화물창구와 주화물창구 사이, 예를 들어 1번과 2번 창구사이에 위치한 작은 창구의 힌지는 횡파 또는 선수사파(bow quartering)상태에서 그린파랑으로부터 보호될 수 있도록 앞 끝 또는 바깥쪽에 두어야 한다.

9.5 2차 잠금장치

9.5.1
선수갑판 상의 작은 창구는 슬라이딩볼트, 이완부착품의 고리 또는 걸쇠(hasp)와 같은 독립된 2차 잠금장치를 설치하여야 한다. 이 장치는 1차 잠금장치가 느슨해지거나 또는 이탈되는 경우에도 창구덮개를 제자리에 고정할 수 있어야 한다. 이들은 창구덮개 힌지와 반대 방향으로 설치하여야 한다.

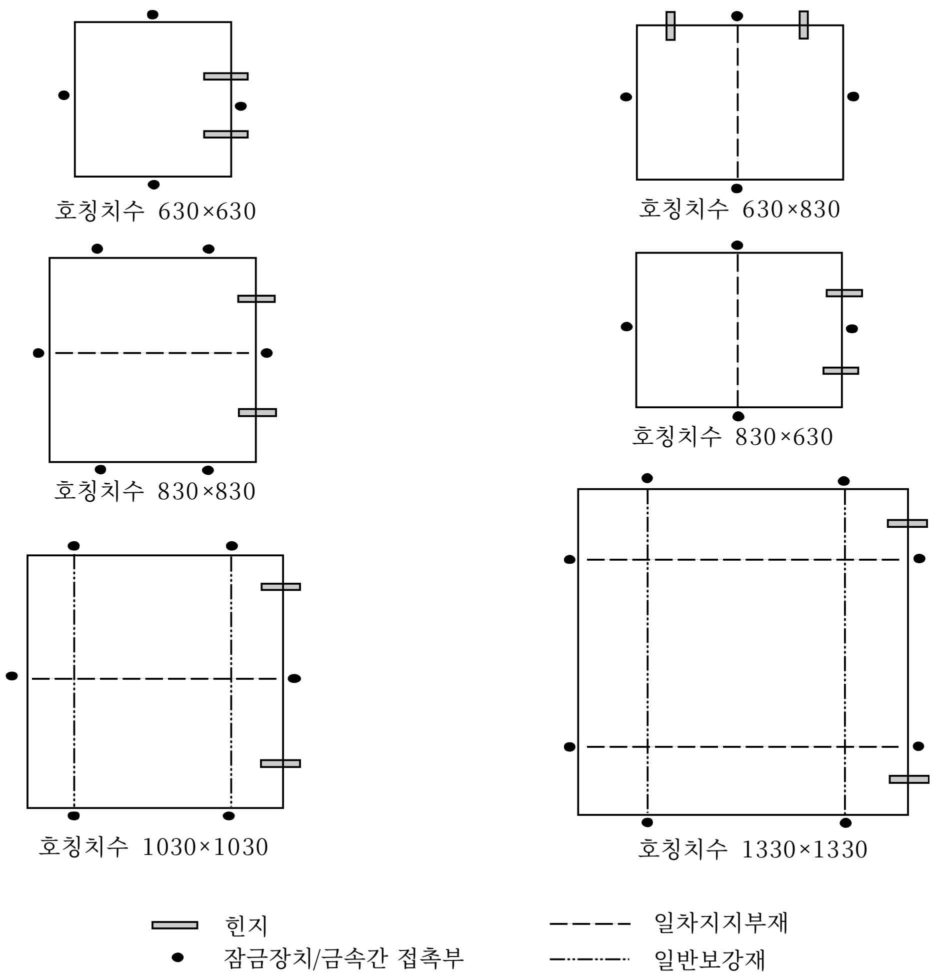
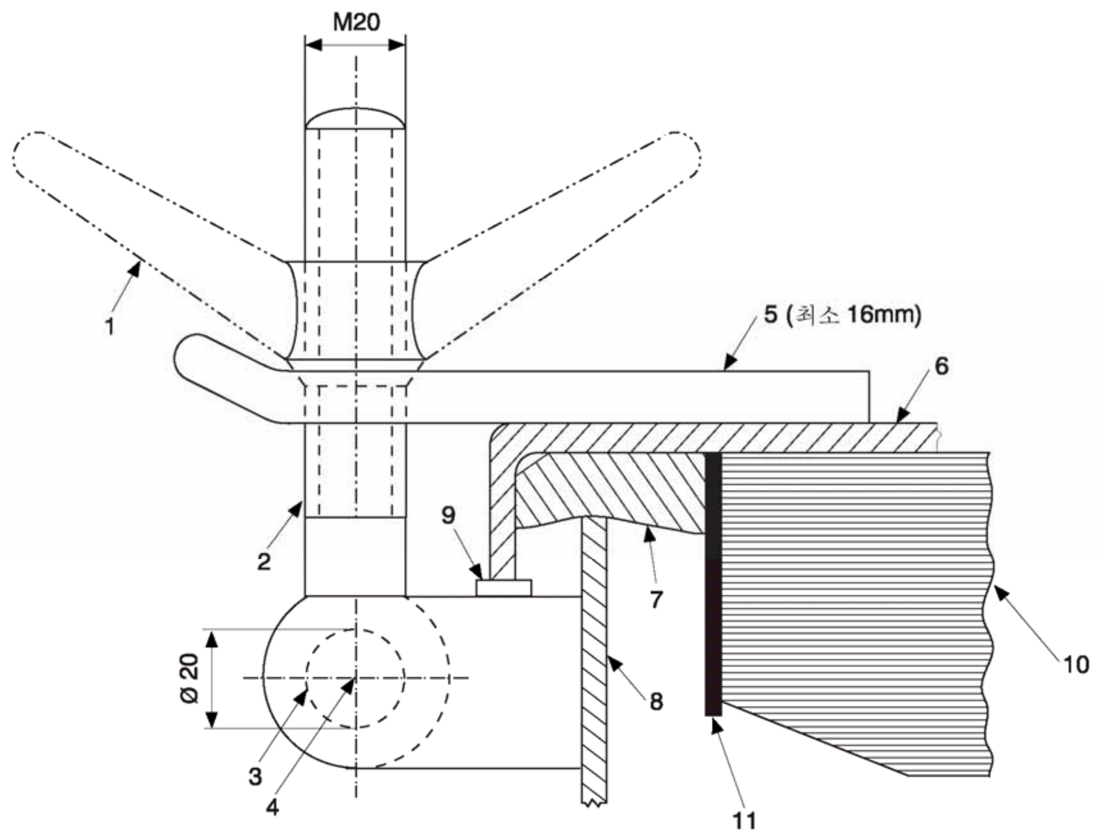

호칭치수 630×630
호칭치수 630×830
호칭치수 830×830
호칭치수 830×630
호칭치수 1030×1030
호칭치수 1330×1330
힌지
잠금장치/금속간 접촉부
일차지지부재
일반보강재

그림 6: 보강재의 배치



1) 나비너트
2) 볼트
3) 핀
4) 핀의 중심
5) 포크(클램프)판
6) 창구덮개
7) 개스킷
8) 창구코밍
9) 금속간 접촉을 위한 토글볼트의 브래킷에 용접된 베어링판
10) 보강재
11) 내부 끝단 보강재

그림 7: 1 차 잠금장치(primary securing method)의 예

제 6 절 선체 및 선루개구의 배치

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

p : **[3.3.2]**에 따르는 횡압력(kN/m^2)

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

이 절의 요건은 **9장 5절**의 요건을 적용하여야 하는 창구를 제외한 선체 및 선루개구의 배치에 적용한다.

1.2 정 의

1.2.1 선루의 표준높이

선루의 표준높이는 **1장 4절**의 정의에 따른다.

1.2.2 표준현호

표준현호는 개정된 ILLC 의 정의에 따른다.

1.2.3 노출부

노출부(exposed zone)라 함은 선측으로부터 0.04B 이하의 거리로 들어간 선루 또는 갑판실의 경계를 말한다.

1.2.4 비폭록부

비노출부(unexposed zone)라 함은 선측으로부터 0.04B 보다 큰 거리로 들어간 갑판실의 경계를 말한다.

2. 외부개구

2.1 일 반

2.1.1

Ref. SOLAS Reg.II-1/25-10 .1

손상계산에서 비손상으로 가정되는 구획으로 통하는 외부개구 최종손상수선의 하방에 있는 경우에는 모두 수밀로 하여야 한다.

2.1.2

Ref. SOLAS Reg.II-1/25-10 .2

[2.1.1]에 따라 수밀이 요구되는 외부개구는 충분한 강도의 것이어야 하며, 화물창구덮개를 제외하고는 선교에 지시기를 설치하여야 한다.

2.1.3

외판문, 창문 또는 현문과 같은 영구개구 또는 임시개구의 어떠한 개구도 해상탈출설비의 승정장소와 최대경하항해상태의 수선 사이의 선측외판에 허용되지 아니한다. 우리 선급의 해당 방화구조기준에 적합한 경우, 비개방형 창문 및 현창은 허용된다.

2.1.4

Ref. SOLAS Reg.II-1/25-10 .5

외부개구의 수밀보전성을 확보하기 위하여 항해 중 영구적으로 폐쇄된 채로 유지되어야 하는 기타 폐쇄장치에는 이들이 항상 폐쇄되어 있어야 한다는 취지의 게시문이 각 장치에 부착되어야 한다. 좁은 간격으로 볼트가 설치된 덮개를 가진 맨홀은 그러한 표시를 할 필요가 없다.

2.2 갱웨이, 재화문 및 재탄문

2.2.1

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1 & Reg.II-1/17 .10.1 & .10.2 and ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 21(2))

건현갑판 하방에 설치된 갱웨이, 재화문 및 재탄문은 충분한 강도의 것이어야 한다. 이들은 선박의 출항 전에 유효하게 폐쇄되고 수밀을 확보하여야 하며, 항해 중에 폐쇄된 채로 유지되어야 한다.

이러한 현문은 어떠한 경우에도 최대구획만재흘수선 하방에 그 최하점을 갖도록 설치되어서는 아니된다.

우리 선급이 별도로 허용하지 아니하는 한, 개구의 최하단은 최고만재흘수선의 상단으로부터 위로 최소한 230mm 인 점을 최하점으로 하는 선측에 있어서 건현갑판에 평행하게 그은 선보다 하방에 있어서는 아니된다.

3. 현창, 창문 및 천창

3.1 일 반

3.1.1 적 용

[3.1]내지 **[3.4]**의 요건은 해양작용 및/또는 악천후에 노출된 위치에 있는, 빛과 공기를 제공하는, 현창 및 직사각형 창문에 적용한다.

3.1.2 현창의 정의

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(2))

현창(side scuttle)이라 함은 면적이 0.16m^{2}을 넘지아니하는 원형 또는 타원형의 개구를 말한다. 면적이 0.16m^{2}을 넘는 원형 또는 타원형의 개구는 창문으로 취급되어야 한다.

3.1.3 창문의 정의

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(3))

창문(window)이라 함은 공인된 국가기준 또는 국제기준에 적합한 창문의 크기에 따라 각 모서리에 곡률을 가지고, 면적이0.16m^{2}을 넘는 원형 또는 타원형의 개구로서, 일반적으로 직사각형의 개구이다.

3.1.4 외판의 개구수

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1& Reg.II-1/17 .1

외판개구의 수는 선박의 설계 및 고유의 용도에 적합한 범위 내에서 최소한으로 하여야 한다.

3.1.5 재료 및 치수

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(1))

현창 및 창문은 유리 및 만약, 안덮개와 스톰커버가 부착되어있다면, 공인된 국가기준 또는 국제기준 또는 이와 동등한 기준에 따라 승인된 설계와 견고한 구조의 것이어야 한다.

비금속 틀은 인정되지 아니한다. 일반주철의 사용은 건현갑판 하방의 현창에 금지된다.

3.1.6 개폐수단

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1& Reg.II-1/17 .2

외판개구의 폐쇄장치의 배치 및 유효성은 그 개구의 목적에 적합한 것이어야 하며, 그 것이 설치된 위치는 일반적으로 우리 선급이 만족하는 것이어야 한다.

3.1.7 현창의 개구

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1& Reg.II-1/17 .3.2

문턱이 건현갑판 하방에 있는 모든 현창은 선장의 동의없이는 어떠한 사람도 현창을 개방할 수 없도록 효과적으로 방지할 수 있는 구조의 것이어야 한다.

3.2 개구의 배치

3.2.1 일 반

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(5))

현창은 그 문턱이 선측에서 건현갑판에 평행하게 그은 선의 하방에 있고 그 최하점이 하기만재흘수선(또는 지정된 경우에 하기목재만재흘수선)의 상방 *0,025B* 또는 *0,5 m* 중 큰 거리에 있는 선의 하방의 위치에 설치되어서는 아니된다.

3.2.2 수선상방 (1,4 + 0,025 *B*) m 하방의 현창

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1& Reg.II-1/17 .3.3.1 and .3.3.3

이중갑판에서 어느 현창의 문턱이 선측에서 건현갑판에 평행하게 그은 선의 하방에 있고 그 최하점이 선박이 어느 항구로부터 출항시의 수면 상방으로 *1,4+0,025B* 에 있는 경우, 이중갑판에 있는 현창은 출항전에 수밀로 폐쇄하고 잠겨야 하며, 선박이 다음 항구에 도착하기 전에 개방되어서는 아니된다. 이 요건을 적용함에 있어서 해당되는 경우, 담수에 대하여 적당한 허용을 둘 수 있다.

최대구획만재흘수선으로 부양하고 있을 때, 한 개 이상의 현창이 상기 요건이 적용되는 위치에 있는 선박에 대하여, 우리 선급은 이러한 현창의 문턱이 선측에서 건현갑판에 평행하게 그은 선의 상방에 있고 그 최하점이 제한평균흘수에 대응하는 수선의 상방 *1,4+0,025B* 에 있으며, 따라서 이들을 미리 폐쇄 및 잠그지 아니하고 출항하고 다음 항구까지의 항해 중에 선장의 책임 하에 이들을 개방하는 것을 허용할 수 있는 제한평균흘수를 표시할 수 있다. 발효중인 국제만재흘수선협약에 정의된 열대지역에 대하여, 이 제한흘수는 0.3m 증가될 수 있다.

3.2.3 화물구역

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1& Reg.II-1/17 .6.1 to .6.3

화물 또는 석탄의 운송에만 전적으로 적합한 어떠한 구역에도 현창이 설치되어서는 아니된다. 그러나, 화물 또는 여객의 운송에 교대로 이용되는데 적합한 구역에는 현창이 설치될 수 있으나, 선장의 동의 없이는 어떠한 사람도 현창 또는 현창의 안덮개를 개방하는 것을 효과적으로 방지하는 구조의 것이어야 한다.

이러한 구역에 화물이 적재되는 경우, 현창 및 현창의 안덮개는 화물이 적재되기 전에 수밀로 폐쇄되어야 하고 잠궈져야 한다. 우리 선급의 판단에 따라 폐쇄하고 잠근 시간을 항해일지에 기록되어야 함을 규정할 수 있다.

3.2.4 비개방형 현창

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(6))

손상복원성기준에 따라 선박에 요구되는 모든 손상상태에 대하여 현창이 침수의 중간단계 또는 최종평형흘수선에서 잠기는 경우, 현창은 비개방형이어야 한다.

3.2.5 맨홀 및 평갑판구

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 18(1))

제1위치 또는 제2위치, 또는 폐위선루 이외의 선루 내에 있는 맨홀과 평갑판구는 수밀이 될 수 있는 견고한 덮개로 폐쇄되어야 한다. 좁은 간격으로 배치된 볼트로 폐쇄되지 아니하는 한, 덮개를 상설적으로 설치하여야 한다.

3.2.6 자동통풍현창

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1& Reg.II-1/17 .7

건현갑판 하방의 외판에 설치된 자동통풍현창은 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려된다.

3.2.7 창문의 배치

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(7))

창문은 건현갑판 하방, 폐위선루의 제1층 전후단 격벽 또는 측벽 및 또는 하방으로 들어가는 개구를 보호하고 있거나 복원성계산에서 부력으로 산입된 제1층의 갑판실에 설치하여서는 아니된다.

3.2.8 천 창

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(12))

고정식 또는 개방식 천창은 현창과 창문에 대하여 요구되는 바와 같은 치수 및 위치에 적합한 두께의 유리를 가져야 한다. 어느 위치의 천창 유리도 기계적 손상에 대하여 보호가 되는 것이어야 하고, 제1위치 또는 제2위치에 설치된 천창 유리는 안덮개 또는 스톰커버를 상설적으로 설치하여야 한다.

3.3 유 리

3.3.1 일 반

일반적으로, 특별한 형식의 프레임을 갖는 강화유리는 공인된 국가기준 또는 국제기준, 또는 이와 동등한 기준에 적합하게 사용되어야 한다. 투명한 판유리의 사용은 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려된다.

3.3.2 설계하중

설계하중은 **9장 4절**의 해당 요건에 따라 결정되어야 한다.

3.3.3 재 료

강화유리는 따라 현창에 대하여는 ISO 1095, 그리고 창문에 대하여는 ISO 3254에 따라야 한다.

3.3.4 현창의 강화유리두께

현창의 강화유리두께는 다음 식으로부터 구한 값(mm)보다 작아서는 아니된다.

$$t = \frac{d}{358}\sqrt{p}$$

여기서,

d : 현창의 직경(mm)

3.3.5 직사각형 창문의 강화유리두께

직사각형 창문의 강화유리두께는 다음 식으로부터 구한 값(mm)보다 작아서는 아니된다.

$$t = \frac{b}{200}\sqrt{\beta_p}$$

여기서,

β : **표 1**에 정의된 계수. β 는 a/b 의 중간 값에 대한 선형보간법에 의하여 얻을 수 있다.

a : 창문의 긴 쪽의 길이(mm)

b : 창문의 짧은 쪽의 길이(mm)

표 1: 계수 β

a/b	β
1.0	0.284
1.5	0.475
2.0	0.608
2.5	0.684
3.0	0.716
3.5	0.734
≥ 4.0	0.750

우리 선급은 직사각형 창문의 크기에 대한 제한 및 특히 황천에 노출된 전단격벽에는 증가된 두께의 유리를 사용할 것을 요구할 수 있다.

3.4 안덮개의 배치

3.4.1 일 반

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(4))

다음 구역의 현창은 힌지식 안덮개를 설치하여야 한다.

- 건현갑판 하방의 구역
- 폐위선루의 제1층 내의 구역
- 하방으로 연결되는 개구를 보호하고 있거나 복원성계산에서 부력장소로 산입된 건현갑판상 제1층 갑판실

안덮개는 폐쇄할 수 있어야 하며 건현갑판 하부에 설치되는 경우에는 수밀로 고정되어야 하며, 건현갑판 상부에 설치되는 경우에는 풍우밀이어야 한다.

3.4.2 제2층에서 선측외판의 개구

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(8))

제2층의 선측외판에 설치된 현창 및 창문은 그 선루가 하방으로 연결되는 개구에 직접 통하는 통로를 보호하거나 복원성계산에서 부력장소로 산입된 경우, 풍우밀로 폐쇄할 수 있는 유효한 힌지식 안덮개를 설치하여야 한다.

3.4.3 제2층에서 선측외판 안쪽으로 설치된 개구

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(9) and .23(10))

[3.4.1]에 언급된 구역의 하방으로 직접 통하는 통로를 보호하는 측벽이 선측외판에서 안쪽으로 설치된 제2층에서 그 측벽의 현창 및 창문은 힌지식 안덮개를 설치하거나, 접근이 가능한 경우에 풍우밀로 폐쇄할 수 있는 외부의 스톰커버를 상설적으로 설치하여야 한다.

하부로 또는 복원성계산에서 부력으로 산입된 제2층 갑판실로 직접 통하는 통로로부터 현창 및 창문을 분리하는 제2층 및 그 상부갑판실의 내부선실격벽 및 문은 현창 및 창문에 설치되는 안덮개 및 스톰커버를 대신하는 것으로 인정될 수 있다.

㈜ 1 : 공인된 기준에 따른 안덮개가 창문 및 현창의 내부에 설치되어야 한다. 접근이 가능한 경우, 안덮개와 동등한 사양의 스톰커버가 창문의 바깥에 설치되어야 하고, 이는 힌지식 또는 휴대식일 수 있다.

3.4.4 표준높이보다 낮은 선루상의 갑판실

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 23(11))

저선미루갑판 또는 표준높이보다 낮은 선루갑판상의 갑판실은 안덮개 요건에 관한한 제2층으로 간주될 수 있다. 다만, 저선미루갑판 또는 선루의 높이가 표준저선미루갑판높이와 동등 이상이어야 한다.

3.4.5 갑판실에 의하여 보호되는 개구

건현갑판 하방의 구역 또는 폐위선루 내의 구역으로의 통로를 제공하는 건현갑판 상의 선루갑판 또는 갑판실 정판의 개구가 갑판실에 의하여 보호되는 경우, 개방된 계단으로의 직접통로를 제공하는 구역 내에 설치된 현창에만 안덮개가 설치되어야 한다고 본다.

4. 배출구

4.1 배출구의 배치

4.1.1 흡입구 및 배출구

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1 & Reg.II-1/17 .9.1

선체외판의 모든 흡입구 및 배출구는 선내로의 우발적인 침수를 방지하기 위하여 효과적이며 접근할 수 있는 장치를 부착하여야 한다.

4.1.2 소각재배출구(ash - shoot), 쓰레기배출구(rubbish - shoot) 등의 선내개구

Ref. SOLAS Reg.II-1/17-1 & Reg.II-1/17 .11.1 and .11.2

각 소각재배출구, 쓰레기배출구, 등의 선내개구에는 유효한 덮개가 설치되어야 한다.

만일 선내개구가 건현갑판 하방에 있는 경우, 그 덮개는 수밀이어야 하고, 이에 추가하여 최대구획만재흘수선 상방의 쉽게 접근할 수 있는 위치에서 배출구에 자동역지밸브를 설치하여야 한다. 배출구를 사용하지 아니할 경우 덮개와 밸브는 모두 폐쇄되고 고정된 채로 유지되어야 한다.

4.2 쓰레기배출구의 배치

4.2.1 수선상부의 내측단

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 22-1(1, b))

내측단은 지정된 하기건현에 대한 흘수에서 좌현 또는 우현으로 *8,5°* 경사하더라도 수선상방에 위치하여야 하지만, 하기만재흘수선 상방 *1000 mm* 인 점보다 아래에 있어서는 아니된다.

선내 게이트밸브가 운항 중에 항상 접근가능하다면 내측단이 하기만재흘수선 상방 *0.01L* 인 점보다 위에 있는 경우, 건현갑판에서의 밸브조작은 요구되지 아니한다.

4.2.2 수선하부의 내측단

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 22-1(4))

길이 100m 를 넘는 선박에서, 손상 후의 최대흘수에 대한 수선 하방에 쓰레기배출구의 내측단이 있는 경우:

- 내측단의 힌지식 덮개/밸브는 수밀이어야 한다.
- 밸브는 최대구획만재흘수선 상방에서 쉽게 접근할 수 있는 위치에 설치된 나사조임식 역지밸브이어야 한다.
- 나사조임식 역지밸브는 건현갑판 상방의 위치에서 조작되어야 하며 개폐지시기를 설치하여야 한다. 밸브조작에 대하여 “사용하지 않을 때는 닫아둘 것”이라고 명확하게 표시하여야 한다.

4.2.3 게이트밸브

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 22-1(1, a))

쓰레기 배출구인 경우, 건현갑판 상방의 위치에서의 적극적으로 폐쇄시킬 수 있는 수단을 갖는 역지밸브 대신에, 배출구의 작업갑판에서 조작되는 두개의 게이트밸브는 인정될 수 있다. 이에 추가하여, 둘 중 아래쪽의 게이트밸브는 건현갑판 상방의 위치에서 조작될 수 있어야 하며 두 밸브사이에는 연동장치가 설치되어야 한다.

두 게이트밸브 사이의 거리는 연동장치의 원활한 작동을 허용하는 적절한 것이어야 한다.

4.2.4 힌지식 덮개 및 배출플랩

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 22-1(1, c))

[4.2.3]에서 요구되는 상·하 게이트밸브는 배출플랩과 함께 배출구의 내측단에 힌지식의 풍우밀덮개를 설치하는 것으로 대체할 수 있다.

그 덮개와 플랩은 호퍼커버가 닫힐 때까지 배출플랩이 열리지 아니하도록 연동장치로 배치되어야 한다.

4.2.5 밸브 및 힌지식 덮개의 표시

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 22-1(3))

게이트밸브 및/또는 힌지식 덮개의 조작에 대하여 “사용하지 않을 때는 닫아둘 것”이라고 명확하게 표시하여야 한다.

4.3 쓰레기배출구의 치수

4.3.1 재 료

배출구는 강재로 제작되어야 한다. 기타 동등한 재료는 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려된다.

4.3.2 벽두께

덮개를 포함하여 덮개까지 배출구의 벽두께는 **표 2**로부터 구한 값(mm)보다 작아서는 아니된다.

표 2: 쓰레기배출구의 벽두께

외경 d (mm)	두께(mm)
$d \le 80$	7.0
$80 < d < 180$	$7.0 + 0.03(d - 80)$
$180 \le d \le 220$	$10.0 + 0.063(d - 180)$
$d > 220$	12.5

5. 배수구

5.1 일반규정

5.1.1 일 반

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (1, a) and Reg.3 (15))

건현갑판 또는 선루갑판의 노출부에 있는 불워크가 웰을 형성하는 경우, 갑판에서 신속히 방수 또는 배수하기위한 충분한 설비를 하여야 한다.

웰(well)이라 함은 외기에 노출된 갑판상에서 물이 고일 수 있는 모든 지역을 말한다. 웰이란 갑판상 구조물에 의하여 사방이 둘러싸인 갑판의 지역이다. 그러나, 그들의 배치에 따라, 갑판구조물에 의하여 세면 또는 심지어 두면 이 둘러싸인 갑판의 지역은 웰로 간주될 수 있다.

5.1.2 방수구 면적

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24)

건현갑판상 불워크에 요구되는 최소방수구면적은 **표 3**에 따른다.

표 3: 건현갑판상에 위치한 불워크의 방수구 면적

선박의 형식 또는 선박의 요목	방수구 면적 A (m²)	적용요건
B-100 형 선박	$0.33\ell_B h_B$	[5.5.2]
B-60 형 선박	$0.25\ell_B h_B$	[5.5.1]
건현계산에 포함되고 그리고/또는 폭≥ 0.6B 인 트렁크가 설치된 선박	$0.33\ell_B h_B$	[5.3.1]
건현계산에 포함되지 아니하고 그리고/또는 연속되거나 충분히 연속된 창구코밍이 설치된 선박	A_2	[5.3.1]
불연속 트렁크 그리고/또는 창구코밍이 설치된 선박	A_3	[5.3.2]
개방선루가 설치된 선박	선루인 경우 A_S	[5.4.2]
	웰인 경우 A_W	[5.4.3]
기타 선박	A_1	[5.2.1]

(비 고)

ℓ_B : 선박의 한 측에서 웰이 있는 불워크의 길이(m)

h_B : 웰이 있는 길이 $_B$ 인 불워크의 높이(m)

5.1.3 방수구 배치

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (5))

시어가 있는 경우, 요구되는 방수구면적의 2/3는 현호곡선의 최저점에 가장 가까운 웰의 1/2이내에 제공되어야 한다.

요구되는 방수구면적의 1/3은 웰의 나머지 길이에 걸쳐 균등하게 분포되어야 한다. 노출건현갑판 또는 노출선루갑판 상에 현호가 없거나 작은 경우, 방수구면적은 웰의 길이에 걸쳐 균등하게 분포되어야 한다.

노출건현갑판 또는 노출선루갑판 상에 현호가 없거나 작은 경우, 방수구면적은 웰의 길이에 걸쳐 균등히 분포되어야 한다.

그러나, 불워크에는 선루의 측면으로부터 유효하게 떨어져 있지 않는 한, 선루의 쇄파기 근방에는 충분한 개구 또는 통로가 없을 수 있다.

5.1.4 방수구의 위치

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (5) and 24 (6))

방수구의 하단은 실행가능한 한 갑판 근처에 있어야 한다.

불워크의 모든 개구는 약 230mm 간격으로 놓여진 레일 또는 봉으로 보호하여야 한다.

5.1.5 방수구 덮개

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (6))

방수구에 셔터를 붙일 때에는 끼어서 고착되지 않도록 충분한 틈새를 주어야 한다. 힌지는 내식성금속의 핀 또는 베어링을 두어야 한다. 셔터에 고정장치가 설치되는 경우, 이 장치는 승인된 구조의 것이어야 한다.

5.2 트렁크 또는 창구에 인접하지 않는 웰의 방수구면적

5.2.1 방수구 면적

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (1, b and c))

웰 근처의 현호가 표준이거나 또는 표준보다 큰 경우, 각 웰에 대한 각 현의 방수구면적은 **표 4**로부터 구한 값(m^2)보다 작아서는 아니된다.

현호를 갖지 아니한 선박에 있어서 상기 면적은 50% 증가시켜야 한다. 현호가 표준현호보다 작은 경우, 증가백분율은 선형보간법에 의하여 구하여야 한다.

표 4: 트렁크 또는 창구에 인접하지 않는 웰의 방수구면적

위치	방수구면적 A_I (m²)	
	$\ell_B \le 20$	$\ell_B > 20$
건현갑판 및 저선미루갑판	$0.7 + 0.035\ell_B + A_C$	$0.07\ell_B + A_C$
선루갑판	$0.35 + 0.0175\ell_B + 0.5A_C$	$0.035\ell_B + 0.5A_C$

(비 고)

ℓ_B : 웰이 있는 불워크의 길이(m). 다만, 어느경우에도 $0.7L_{LL}$ 보다 크게 취하지 않는다.

A_C : 면적(m²)으로서, 다음과 같은 부호를 취하여야 한다.

$$A_c = \frac{\ell_B}{25}(h_B - 1.2) \qquad h_B > 1.2$$
$$A_c = 0 \qquad 0.9 \le h_B > 1.2$$
$$A_c = \frac{\ell_B}{25}(h_B - 0.9) \qquad h_B < 0.9$$

h_B : 길이ℓ_B 의 웰이 있는 불워크의 평균높이(m)

5.2.2 0.8B 보다 작지않은 폭을 가지는 갑판실의 최소방수구면적

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (1, d))

0.8 B 보다 작지않은 폭을 가지는 갑판실이 중앙부에 설치되고, 선박측면을 따라 너비가 보다 작은 통로가 설치된 평갑판선인 경우, 방수구면적은 갑판실 선수미의 두개의 분리된 웰에 대하여 계산되어야 한다. 여기서 ℓ_B 는 고려하는 웰의 실제길이와 동등하게 취하여야 한다.

5.2.3 스크린격벽의 최소방수구면적

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (1, e))

스크린격벽이 중앙부 갑판실의 전단에 선박 전폭을 가로질러 설치되어 있는 경우, 노천갑판은 갑판실의 너비에 관계없이, 두개의 웰로 나누는 것으로 고려하여야 하며, 그리고 방수구면적은 **[5.2.1]**에 따라 구한다.

5.3 트렁크 또는 창구에 연속된 웰의 방수구면적

5.3.1 연속된 트렁크 또는 연속된 창구코밍에 대한 방수면적

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (2))

건현계산에 포함되지 않는 연속된 트렁크 또는 분리된 선루사이에 충분히 연속된 선측 창구코밍이 설치된 선박의 경우, 방수구면적은 **표 5**로부터 구한 값(m^2)보다 작아서는 아니된다.

표 5: 연속된 트렁크 또는 창구에 연속된 웰의 방수구면적

창구 또는 트렁크의 폭 B_H (m)	방수구면적 A_2 (m²)
$B_H \le 0.4B$	$0.2\ell_B h_B$
$0.4B < B_H < 0.75B$	$\left[0.2 - 0.286\left(\frac{B_H}{B} - 0.4\right)\right]\ell_B h_B$
$B_H \ge 0.75B$	$0.1\ell_B h_B$
(비 고) ℓ_B : 선박의 한 현에서 웰이 있는 불워크의 길이(m) h_B : 길이 ℓ_B 의 웰이 있는 불워크의 평균높이(m)	

건현계산에 포함되고, 폭이 0.6B 보다 작지않은 연속된 트렁크가 설치된 선박인 경우, 그리고 트렁크 근처 건현갑판의 노출부 상에 개방형 레일이 그 노출부 길이의 최소한 1/2 에 걸쳐 설치되지 않은 경우, 그 트렁크에 연속된 웰의 방수구면적은 그 불워크 전체면적의 33%보다 작아서는 아니된다.

5.3.2 불연속 트렁트 또는 창구코밍의 방수구면적

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (3))

선박의 갑판을 가로지르는 물의 자유유동이 고려하는 웰의 전체 길이에서 불연속 트렁크, 창구코밍 또는 갑판실에 의하여 방해를 받는 경우, 이 웰의 불워크의 방수구면적은 **표6**으로부터 구한 값(m^2)보다 작아서는 아니된다.

표 6: 불연속 트렁크 또는 창구에 연속된 웰의 방수구면적

자유유동면적 f_P, (m²)	방수구면적 A_3, (m²)
$f_P \le A_1$	A_2
$A_1 < f_P < A_2$	$A_1 + A_2 - f_P$
$f_P \ge A_2$	A_1
(비 고) f_P : 갑판상 자유유동면적으로, 불워크의 실제높이까지 창구사이, 창구와 선루사이 및 선루와 갑판실 사이 간격의 순면적 A_1 : **표 4**로부터 구하여야 하는 방수구의 면적(m²) A_2 : **표 5**로부터 구하여야 하는 방수구의 면적(m²)	

5.4 선루 내의 개방구역에서의 방수구면적

5.4.1 일 반

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (4))

건현갑판 또는 선루갑판상에서 불워크에 의하여 형성된 웰의 일단 또는 양단이 개방된 선루를 갖는 선박에 대해서는 선루내 개방구역의 물을 방수하기위한 적절한 조치가 제공되어야 한다.

5.4.2 개방선루의 방수구면적

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (4))

개방선루에 대한 선박 각 현의 방수구면적은 다음 식으로부터 구한 값(m^2)보다 작아서는 아니된다:

$$A_S = A_1 C_{SH}\left[1-\left(\frac{\ell_W}{\ell_T}\right)^2\right]\left(\frac{b_o h_s}{2\ell_T h_w}\right)$$

여기서,

ℓ_T : 전체웰길이(m)로서 다음에 따른다:

$$\ell_T = \ell_W + \ell_S$$

ℓ_W : 불워크에 의하여 폐위된 개방갑판의 길이(m)

ℓ_S : 개방선루 내의 공통구역의 길이(m)

A_1 : **표 4**에 따라 길이 ℓ_T의 개방웰에 요구되는 방수구면적(m^2), 여기서 A_C 는 0으로 취한다.

C_{SH} : 만일, 현호가 없을 때의 계수로서 다음에 따른다.

C_{SH} = 1.0 표준현호 또는 현호가 표준현호보다 큰 경우

C_{SH} = 1.5 현호가 없는 경우

b_o : 폐위선루단격벽의 개구의 폭(m)

h_S : **[1.2.1]**에 정의된 표준선루높이(m)

h_W : 건현갑판 상부 웰갑판의 거리(m)

5.4.3 개방웰의 방수구면적

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 24 (4))

개방웰에 대한 선박 각 현의 방수구면적은 다음 식으로부터 구한 값(m^2)보다 작아서는 아니된다.

$$A_W = A_1 c_{SH}\left(\frac{h_S}{2h_W}\right)$$

A_1 : **표 4**에 따라 길이 ℓ_w 의 개방웰에 요구되는 방수구면적(m^2)

c_{SH}, h_s, h_w, ℓ_w : **[5.4.2]**의 정의에 따른다.

개방선루 및 개방웰에 대하여 계산된 방수구면적은 개방선루에 의하여 둘러싸인 개방구역의 양측을 따라 그리고 개방웰의 양측을 따라 각각 제공되어야 한다.

5.5 B-100 및 B-60형 선박에 대한 건현갑판의 불워크의 방수구면적

5.5.1 B-60형 선박의 방수구 배치

B-60형 선박인 경우, 건현갑판의 불워크의 하부에 있는 방수구면적은 고려하는 웰이 있는 불워크의 전체 면적의 25%보다 작아서는 아니된다.

현측후판의 상단은 가능한 한 낮게 유지되어야 한다.

5.5.2 트렁크를 가진 B-100형 선박의 방수구배치

B-100형 선박인 경우, 개방레일이 트렁크 근처 건현갑판의 노출부 상에 개방형 레일이 그 노출부 길이의 최소한 1/2에 걸쳐 설치되어야 한다.

이를 대신하여 연속된 불워크가 설치된 경우, 건현갑판 불워크 하부의 방수구면적은 고려하는 웰이 있는 불워크 전체면적의 33%보다 작아서는 아니된다.

6. 기관구역의 개구

6.1 기관실 천창

6.1.1

제1위치 및 제2위치의 기관실 천창은 적당히 틀을 설치하고 갑판에 확실하게 부착되어야 하며 충분한 강도의 강재 케이싱에 의하여 유효하게 폐위되어야 한다. 케이싱이 다른 구조에 의하여 보호되지 아니하는 경우, 그 강도는 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려되어야 한다.

6.2 폐쇄장치

6.2.1 기관 케이싱

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 17 (1)and 12 (1))

제1위치 또는 제2위치에 있는 기관구역케이싱의 개구에는 강 또는 다른 동등한 재료로서 격벽에 상설적으로 견고하게 달린 문을 설치하여야 하며, 모든 구조는 개구가 없는 격벽과 동등한 강도로 하고 폐쇄시에는 풍우밀이 되도록 문틀을 취부하고 휨보강재를 설치하여야 한다. 문은 양측에서 조작할 수 있어야 하고, 파도의 충격에 대한 추가적인 보호를 위하여 일반적으로 바깥쪽으로 열려야 한다.

이러한 케이싱에 있는 다른 개구는 적당한 위치에 상설적으로 부착된 동등한 덮개를 설치하여야 한다.

6.2.2 문지방의 높이

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 17 (1 and 2))

문지방의 높이는 다음보다 작아서는 아니된다.

- 제1위치인 경우 갑판상 600mm
- 제2위치인 경우 갑판상 380mm
- 모든 기타의 경우 230mm

6.2.3 이중문

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 17 (1 and 2))

케이싱이 다른 구조물에 의하여 보호되지 않는 경우, 개정된 국제만재흘수선협약의 표 B 에 따른 건현보다 작게 지정된 건현을 갖는 선박은 이중문(즉, 내부문 및 외부문)의 설치가 요구된다. 이때 외부문의 문턱높이는 600mm, 내부문의 문턱높이는 230mm 이어야 한다.

6.2.4 보일러실 통풍구

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 17 (5))

보일러실 통풍구에는 적당한 위치에 상설적으로 부착되어 풍우밀을 확보할 수 있는 강 또는 기타 동등한 재료의 견고한 덮개를 설치하여야 한다.

6.3 코 밍

6.3.1

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 17 (3))

건현갑판 또는 선루갑판의 노출부에 있는 보일러실 통풍구, 연돌 또는 기관구역의 통풍장치의 코밍높이는 합리적이고 실행가능한 한 높아야 한다.

일반적으로, 기관구역 및, 필요에 따라, 비상발전기실에 공기를 연속적으로 공급하는데 필요한 통풍장치는 풍우밀 폐쇄장치를 설치할 필요가 없이 **[8.1.3]**에 적합한 높이의 코밍을 가져야 한다.

6.3.2

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 17 (4))

선박의 크기 및 배치로 보아 위의 요건을 충족하기가 실행 불가능한 경우, 기관구역 및 비상발전기실에 중단없이 충분한 공기를 공급할 수 있는 다른 적절한 설비를 갖춘 경우, 우리 선급은 이들 구역에 **[8.1.2]**에 따른 풍우밀 폐쇄장치를 갖는 통풍장치를 설치하고 통풍장치 코밍의 높이를 경감시켜줄 수 있다.

7. 승강구실

7.1 일 반

7.1.1 건현갑판의 개구

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 18 (2))

창구, 기관구역의 개구, 맨홀 및 평갑판구 이외의 건현갑판에 있는 개구는 폐위선루 또는 동등한 강도 및 풍우밀성이 있는 갑판실 또는 승강구실에 의하여 보호되어야 한다.

7.1.2 선루의 개구

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 18 (2))

노출된 선루갑판에 있는 또는 건현갑판상의 갑판실 정판에 있는 개구로서 건현갑판 하의 장소 또는 폐위선루 내의 장소로 통하는 것은 유효한 갑판실 또는 승강구실에 의하여 보호되어야 한다.

7.1.3 표준높이보다 작은 높이를 가지는 선루의 개구

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 18 (3))

저선미루상의 갑판실 정판 또는 표준저선미루 높이와 같거나 큰 높이를 가지면서 표준선루높이보다 작은 선루 상의 갑판실 정판에 있는 개구에는 수용 가능한 폐쇄장치를 설치하여야 한다. 그러나, 갑판실의 높이가 적어도 선루의 표준높이와 같다면 그러한 개구는 유효한 갑판실 또는 승강구실에 의하여 보호될 필요는 없다. 표준선루높이보다 작은 갑판실 상에 있는 갑판실 정판에 있는 개구도 동일한 방법으로 취급될 수 있다.

7.2 치수산정

7.2.1

폐위구역으로 통하는 개구를 보호하는 노출갑판상의 승강구실은 강재이어야 하고 갑판에 견고하게 부착되어야 하며 적절한 치수를 가져야 한다.

7.3 폐쇄장치

7.3.1 문

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 18 (2))

건현갑판 하부의 장소 또는 폐위선루로 통하는 갑판실 또는 승강구실의 출입구에는 풍우밀문을 설치하여야 한다. 문은 강재로 제작되어야 하고, 양측에서 조작할 수 있어야 하며, 파도의 충격에 대한 추가적인 보호를 위하여 일반적으로 바깥쪽으로 열려야 한다.

이를 대신하여, 갑판실 내의 계단이 풍우밀문이 설치된 적절히 만들어진 승강구실 내에 폐위된다면, 외부문은 풍우밀일 필요는 없다.

선루 및 갑판실에 있는 출입구의 폐쇄장치가 풍우밀이 아닌 경우, 내부의 갑판 개구는 노출된 것으로, 즉 개방갑판에 위치한 것으로 고려하여야 한다.

7.3.2 문지방의 높이

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 18 (4 to 6))

승강구실 출입구의 문지방 높이는 갑판상 높이는 다음보다 작아서는 아니된다:

- 제1위치에서 600mm
- 제2위치에서 380mm

건현갑판으로부터의 출입에 대한 대체수단으로써 상부갑판에서 출입할 수 있는 경우에는 선교루 또는 선미루의 출입구 문지방 높이는 380mm 이상이어야 한다. 건현갑판 상의 갑판실에도 동일하게 적용되어야 한다.

상부갑판에서 접근할 수 없는 경우에는 건현갑판상의 갑판실 출입구 문지방 높이는 600mm 이상이어야 한다.

8. 통풍통

8.1 폐쇄장치

8.1.1 일 반

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 19 (4))

통풍통 개구는 강 또는 기타 동등한 재료의 풍우밀의 폐쇄장치를 설치하여야 한다.

8.1.2 폐쇄장치의 면재

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 19 (3))

우리 선급이 별도로 요구하지 아니하는한, 코밍이 다음을 넘는 경우, 통풍통에 폐쇄장치를 설치할 필요가 없다.

- 제1위치에서 갑판상 4.5m
- 제2위치에서 갑판상 2.3m

8.1.3 길이 100m 를 넘지 아니하는 선박의 폐쇄장치

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 19 (4))

길이 100m 이하의 선박에서는 통풍통 코밍에 폐쇄장치를 상설적으로 설치하여야 한다.

8.1.4 길이 100m 를 넘는 선박의 폐쇄장치

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 19 (4))

길이가 100m 를 넘는 선박에서 상설적인 폐쇄장치가 없는 경우, 폐쇄장치는 폐쇄장치를 설치하여야 할 통풍통 가까이 편리하게 보관되어야 한다.

8.1.5 기관구역 및 비상발전기실의 통풍통

모든 기상상태에 다음을 만족하기 위하여,

- 기관구역의 연속적인 통풍
- 그리고, 필요시, 비상발전기실의 즉각적인 통풍

이러한 구역의 통풍통은 **[8.1.2]**에 적합하여야 한다. 즉, 그 개구는 폐쇄장치가 요구되지 아니하는 위치에 있어야 한다.

8.1.6 기관구역 및 비상발전기실의 통풍통 코밍의 경감된 높이

선박의 크기 및 배치로 보아 **[8.1.5]**의 요건을 충족하기가 실행 불가능한 경우, 기관구역 및 비상발전기실에 드레인이 설치된 분리기와 같이 중단없이 충분한 공기를 공급할 수 있는 다른 적절한 설비를 갖추고 이들 구역에 **[8.1.1], [8.1.3]** 및 **[8.1.4]**에 따른 풍우밀 폐쇄장치를 갖는 통풍장치를 설치하고 통풍장치 코밍의 높이를 경감시켜줄 수 있다.

8.1.7 선외로 통하거나 폐위선루를 통과하는 통풍통의 폐쇄장치

선측으로 배출되거나 폐위선루를 통과하는 통풍통의 폐쇄장치는 각 경우에 따라 우리 선급에 의하여 고려된다. 이러한 통풍통이 건현갑판 4.5m 보다 상방으로 배출되는 경우, 폐쇄장치는 만족할만한 배플 및 배수장치가 설치되는 조건으로 생략될 수 있다.

8.2 코 밍

8.2.1 일 반

Ref. ILLC, as amended (Resolution MSC.143(77) Reg. 19 (1 and 2))

제1위치 또는 제2위치의 통풍통이 건현갑판하 또는 폐위선루 갑판하의 장소로 통하는 것에는 견고한 구조로서 갑판에 유효하게 취부된 강 또는 기타 동등한 재료의 코밍을 설치하여야 한다. 폐위선루 이외의 선루를 관통하는 통풍통에는 건현갑판의 위치에서 강 또는 기타 동등한 재료의 코밍을 견고히 설치하여야 한다.

8.2.2 치수산정

노천에 노출된 통풍통 코밍의 치수는 **표 7**로부터 구한 값보다 작아서는 아니된다. 노출된 위치에서 또는 부력계산에 적합하기 위한 경우, 코밍의 높이는 우리 선급이 만족하는 만큼 증가시키도록 요구될 수 있다.

표 7: 통풍통 코밍의 치수

형상	치수
갑판 상방 코밍의 높이(mm)	제1위치에서 $h = 900$ 제2위치에서 $h = 760$
코밍두께(mm)[1]	$t = 5.5 + 0.01\ d_v$ 다만, $7.5 \le t \le 10$
지지	$h > 900$ mm 인 경우, 코밍은 적절히 보강되거나 스테이에 의하여 지지되어야 한다.
(비 고) d_V : 통풍통의 외경(mm) [1] 통풍통의 높이가 높이 h 를 넘는 경우, 그 높이 상부에서 코밍두께는 6.5mm 까지 점차 감소될 수 있다.	

9. 탱크세정용 개구

9.1 일 반

9.1.1

얼리지플러그, 사이팅포트 및 탱크세정용 개구는 폐위구역 내에 배치될 수 있다.

11 편 10 장

선체 의장

제 1 절 타 및 조종 장치

기호

이 절에서 정의하지 않은 것은 **1장 4절**을 참조한다.

C_R : 타 력(N)

Q_R : 타 토크(N.m)

A : 타의 가동부의 면적(m^2)으로, 타의 중앙을 통하는 수직면에의 투영면적으로 한다.
노즐 타의 경우, 노즐 투영면적의 1.35배 이상으로 하여야 한다.

A_t : 타 가동부면적 A 에 러더 혼의 면적을 더한 면적(m^2)

A_f : 타두재 전방에 위치한 타 가동부의 면적(m^2)

b : 타 가동부 면적의 평균 높이(m)

c : 타 가동부면적의 평균 너비(m)(**그림 1** 참조)

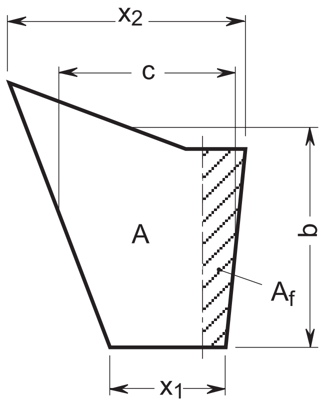
Λ : 타 면적 A_t 의 종횡비로서, 다음식에 따른다.

$$\Lambda = \frac{b^2}{A_t}$$

V_0 : **1장 4절**에 정의된 최대 전진속도(knots)
이 속도가 10노트 보다 적은 경우는 v_0는 다음에 따른다.

$$V_{\min} = \frac{(V_0 + 20)}{3}$$

V_a : 선박의 최대 후진속도(knots)로 0.5 v_0 이상으로 한다. 후진속도가 큰 경우, 타력 및 타토크에 대해서는 타각의 함수로서 특별한 평가가 요구될 수 있다. 후진상태에서 타각에 대한 제한이 규정되어 있지 않은 경우의 계수 κ_2 는 **표 1**의 후진상태에 대한 값 이상으로 하여야 한다.



$$c = \frac{x_1 + x_2}{2} \qquad b = \frac{A}{c}$$

그림 1: 러더의 치수

1. 일 반

1.1 조종 장치

1.1.1
선박에는 충분한 조종 능력이 보증된 조종 장치를 설치하여야 한다. 조종 장치는 타 및 조타장치 등 선박을 조타하는데 필요한 모든 기기를 포함한다.

1.1.2
이 장에서는 타두재, 타커플링, 타베어링 및 타 본체를 다룬다. 조타장치에 대해서는 우리 선급의 적절한 규칙에 적합하여야 한다.

1.1.3
조타기실은 쉽게 접근할 수 있어야 하고, 가능한 한 기관구역과 분리되어야 한다.

㈜ 조타기실에서의 자기 콤파스 설치장소에 대해서는 주관청의 규정을 준수하여야 한다.

1.2 구조 상세

1.2.1
타두재상부에 러더캐리어를 사용하는 등, 베어링에 과대한 압력이 발생하지 않고 타 본체의 중량을 지지하는 효과적인 수단이 마련되어야 한다. 러더캐리어 부근의 선체구조는 적절한 보강을 하여야 한다.

1.2.2
타가 들리는 것을 방지하기 위한 적절한 장치가 마련되어야 한다.

1.2.3
타판구조와 타두재 고착부의 단강 또는 주강재의 일체형부품과의 접합부에 대해서는 해당 부분에 과대한 응력집중이 발생하지 않도록 적절히 설계되어야 한다.

1.2.4
조타기실에의 침수 및 러더케리어에서의 윤활유의 유출을 방지하기 위해 러더 트렁크를 수밀구조로 하든지 또는 가장 깊은 흘수선보다 상방에 패킹을 설치하여야 한다.

러더 트렁크 상부가 가장 깊은 흘수선보다도 하방에 위치하는 경우, 두개의 별도로 된 차폐박스가 마련되어야 한다.

1.3 타 면적의 크기
충분한 조종 성능을 달성하기 위하여 타 가동부의 면적 A(m^2) 는 다음식에 의한 값 이상으로 하여야 한다.

$$A = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100} \ (\mathrm{m}^2)$$

여기서,

c_1 : 계수로서 0.9로 한다.

c_2 : 타의 형태에 관한 계수로서, 다음에 따른다.

$c_2 = 1.0$: 일반 적인 타

$c_2 = 0.9$: 반 삽형 (semi-spade)타

$c_2 = 0.7$: 고 양력(high lift) 타

c_3 : 타의 외형에 의한 계수로서, 다음에 따른다.

$c_3 = 1.0$: NACA 형 및 단판 타

$c_3 = 0.8$: 홀로우(hollow) 형 및 혼합형

c_4 : 타의 배치에 관한 계수로서, 다음에 따른다.

$c_4 = 1.0$: 프로펠러 후류 내에 있는 타

$c_4 = 1.5$: 프로펠러 후류 외에 있는 타

반 삽형 타에 대해서는 러더 혼 투영면적의 50%를 타 면적 A 에 포함시킬 수 있다. 복수의 타를 설치하는 경우에는 각각의 타면적은 최대 20%까지 축소하는 것이 가능하다. 타 가동부면적 A 의 산정은 **[2.1]**에 따른다.

1.4 재 료

1.4.1

타두재, 핀틀, 커플링 볼트 등의 자료는 우리 선급의 재료 및 용접에 관한 규칙에 따른다.

1.4.2

일반적으로 최소 항복응력 R_{eH} 가 200 N/mm² 미만의 재료, 최소 인장강도가 400 N/mm² 미만의 재료 또는 900 N/mm² 를 초과하는 재료에 대해서는 타두재, 핀틀, 키 및 볼트에 사용해서는 안 된다. 이 절의 규정은 최소 항복응력 R_{eH} 가 235 N/mm² 인 것을 기본으로 하고 있다. R_{eH} 가 235와 다른 재료를 사용한 경우에 대해서는 재료계수 k_r 는 다음과 같이 결정한다.

$R_{eH} > 235$ 인 경우 $k_r = \left(\dfrac{235}{R_{eH}}\right)^{0.75}$

$R_{eH} \le 235$ 인 경우 $k_r = \dfrac{235}{R_{eH}}$

여기서,

R_{eH} : 사용된 재료의 최소 항복응력(N/mm²).

R_{eH} 는 0.7Rm 또는 450 N/mm² 중 작은쪽 값 이하로 하여야 한다.

1.4.3

R_{eH} 가 235 N/mm ² 를 초과하는 재료를 사용하여 타두재 지름을 현저히 감소하는 경우, 사전에 타두재의 탄성변형에 대한 평가를 요구할 수도 있다. 베어링 부위에 작용하는 과도한 응력을 피하기 위하여, 큰 변형의 발생을 피하여야 한다.

1.4.4
[5.1]에 규정하는 허용응력은 일반강도 강에 적용한다. 고장력강을 사용하는 경우, 각각의 경우에 대하여 보다 높은 허용응력을 이용하는 것이 가능하다.

2. 타력 및 토크

2.1 보통 타에 대한 타력 및 토크

2.1.1
타력(N)은 다음식에 따라 결정된다.

$C_R = 132\,AV^2 \kappa_1 \kappa_2 \kappa_3 \kappa_t$

여기서,

V : 전진상태인 경우 v_0

후진상태인 경우 v_a

κ_1 : 종횡비 λ 에 따른 계수

$\kappa_1 = (\Lambda + 2)/3$ 단, Λ 는 2보다 클 필요는 없다.

κ_2 : **표 1**에 따른 타의 형태 및 타의 외형에 따른 계수

표 1: 계 수 κ_2

타의 외형/형식	κ_2	
	전진	후진
NACA-00 괴팅겐형	1.1	0.8
플랫 사이드(Flat side) 형	1.1	0.9
혼 합 형 (예: HSVA)	1.21	0.9
할로우(Hollow) 형	1.35	0.9
하이 리프트(High lift) 러더	1.7	특별히 고려하여야 한다. 우리 선급이 적당하다고 인정하는 데이터가 없는 경우는 1.3으로 한다.
피시 테일(Fish tail)	1.4	0.80
단 판	1.00	1.00

κ_3 : 타의 배치에 관한 계수

$\kappa_3 = 0.8$: 프로펠러 후류 외에 있는 타의 경우

$\kappa_3 = 1.0$: 프로펠러 후류 내에 있는 경우를 포함한 그 이외의 경우

$\kappa_3 = 1.15$: 프로펠러 노즐의 후방에 있는 경우

κ_t : 프로펠러 후류내에 있는 타의 경우는 1.0으로 한다.

추력계수 $C_{Th} > 1.0$ 인 경우, 계수 κ_t 를 경우에 따라 적절히 고려할 수 있다.

2.1.2

타 토크(N.m)는 다음식에 따른다.

$Q_R = C_R \cdot r$

여기서,

r : 타력중심에서 파두재중심까지의 거리(m)로서, 다음식에 따른다.
전진상태에 대해서는 0.1c 미만 이어서는 아니된다.

$r = c(\alpha - k_{bc})$

α : 계수는 다음과 같다.

전진상태인 경우 : α = 0.33

후진상태(일반)인 경우 : α = 0.66

후진상태(할로우 형)인 경우 : α = 0.75

단, 러더혼등의 고정된 구조구조 뒤에 있는 부분에 대하여는 다음에 따른다.

전진상태인 경우 : α = 0.25

후진상태인 경우 : α = 0.55

고양력 타에 대해서는 α 를 특별히 고려한다. 우리 선급이 적당하다고 인정하는 자료가 없는 경우, 전진상태에 있어서 α =0.40으로 한다.

k_b : 균형에 관한 계수로서 다음에 따른다. 불평형타에 있어서는 0.08로 한다.

$$k_b = \frac{A_f}{A}$$

2.1.3

조타장치의 선택 및 조작에 있어서는 타형 및 타외형을 고려하여야 한다.

2.2 컷아웃이 있는 형상의 타 (semi-spade 타형)에 있어서 타력 및 타토크

2.2.1

타 전체의 타력 C_R 에 대해서는 **[2.1.1]**에 따라 계산되어야 한다. 타 토크 및 타의 강도를 결정하는 근거로서 타면적상의 압력분포에 대해서는 다음에 따라 결정한다.

- 타 면적은 **그림 2**과 같이 면적 A1 및 A2를 갖는 두개의 직사각형 또는 사다리꼴 부분으로 나눈다.
- 각 부분에 발생하는 힘은 다음에 따른다.

$$C_{R1} = C_R \frac{A_1}{A}$$

$$C_{R2} = C_R \frac{A_2}{A}$$

2.2.2

각 부분에 발생하는 토크(N.m)는 다음에 따른다.

$Q_{R1} = C_{R1} \cdot r_1$

$Q_{R2} = C_{R2} \cdot r_2$

여기서,

$r_1 = c_1(\alpha - k_{b1})$ (m)

$r_2 = c_2(\alpha - k_{b2})$ (m)

$k_{b1} = \frac{A_{1f}}{A_1}$

$k_{b2} = \frac{A_{2f}}{A_2}$

A_{1f}, A_{2f} (**그림 2** 참조)

$c_1 = \frac{A_1}{b_1}$

$c_2 = \frac{A_2}{b_2}$

b_1, b_2 : A_1 및 A_2 부분 각각의 평균 높이(**그림 2**참조).

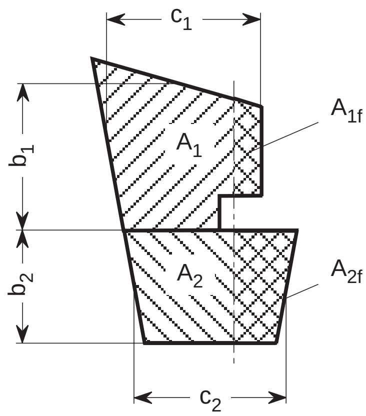


그림 2: A_1 및 A_2 의 면적

2.2.3

전체의 타 토크(N.m) 는 다음 식에 의한 값 중 큰 값으로 한다.

$Q_R = Q_{R1} + Q_{R2}$

$Q_{R\min} = C_R \cdot r_{1,2\min}$

여기서,

$r_{1,2\min} = \frac{0.1}{A}(c_1 \cdot A_1 + c_2 \cdot A_2)$ (m)

3. 타두재의 치수

3.1 타두재 지름

3.1.1
타 토크를 전달하는 타두재의 지름(m)은 다음 값 이상으로 하여야 한다.

$$D_t = 4.2\sqrt[3]{Q_R \cdot k_r}$$

여기서,

Q_R : **[2.1.2], [2.2.2]** 및 **[2.2.3]** 에 따른다.

상기 요구값에 대응하는 비틀림응력 (N/mm^2)은 다음과 같다.

$$\tau_t = \frac{68}{k_r}$$

여기서,

kr : **[1.4.2]** 및 **[1.4.3]** 에 따른다.

3.1.2
조타기, 스토퍼 및 고정장치를 결정할 때는 [3.1.1]에 의한 타두재의 직경을 고려한다.

3.1.3
기계식 조타기의 경우, 보조조타장치에서의 비틀림 모멘트의 전달만에 사용하는 타두재 상부의 직경에 대해서는 0.9 D_t 로 하여도 좋다. 보조 틸러(tiller)를 부착한 사각형 부분의 1변의 길이는 0.77 D_t 이상, 높이는 0.8 D_t 이상으로 한다.

3.1.4
타두재는 축방향 미끌림으로부터 안전해야 한다. 축의 허용여유치는 조타엔진의 구조 및 베어링에 따라 결정된다.

3.2 타두재의 강도

3.2.1
타두재에 타토크에 추가하여 굽힘응력이 발생하는 타에 대해서는 타두재의 지름을 적당히 증가 하여야 한다. 이 경우의 커플링 치수 결정시에는 타두재의 직경을 증대를 고려한다.

증가된 타두재에 있어서 굽힘 및 비틀림에 의한 등가응력(N/mm^2)은 다음 값 이하로 하여야 한다.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} \le \frac{118}{k_r}$$

여기서,

σ_b : 굽힘응력(N/mm^2) 으로, 다음에 따른다.

$$\sigma_b = \frac{10.2\,M_b}{D_1^3}$$

M_b : 넥 베어링에 작용하는 굽힘 모멘트(N.m)

τ : 비틀림응력(N/mm^2)으로, 다음에 따른다.

$$\tau = \frac{5.1 Q_R}{D_1^3}$$

D_1 : 타두재 지름(cm)으로, 다음에 따른다.

$$D_1 = 0.1 D_t \sqrt[6]{1 + \frac{4}{3}\left(\frac{M_b}{Q_R}\right)^2}$$

Q_R : **[2.1.2]**, **[2.2.2]** 및 **[2.2.3]** 에 따른다.

D_t : **[3.1.1]** 에 따른다.

㈜ 두개의 피스톤이 있는 조타기를 이용하는 경우, 조타기에서 타두재에 추가의 굽힘모멘트가 전달될 수도 있다. 이 경우 타두재의 지름을 결정할 때에는 추가의 굽힘모멘트를 고려하여야 한다.

3.3 해 석

3.3.1 일 반

타 및 타두재로 형성되는 타 모델에 있어서 굽힘 모멘트, 전단력 및 지지력의 평가는 **그림 3** 내지 **그림 5**에 나타내는 타형에 따라 **[3.3.2]** 및 **[3.3.3]**에 의해 계산한다.

3.3.2 해석 자료

l_{10}, ⋯.., l_{50} : 타 모델에 있어서 각 부분의 길이(m)

I_{10}, ⋯.., I_{50} : 각 부분의 단면 2차모멘트(cm^4)

슈우피이스로 지지되는 타에 있어서 길이 l_{20} 은 타 본체의 하단부와 슈우피이스 중심까지의 거리이고, I_{20} 은 하부핀틀의 단면 2차모멘트이다.

타 본체에 대한 하중(kN/m) (일반)

$$p_R = \frac{C_R}{\ell_{10} \cdot 10^3}$$

반삽형 타에 대한 하중(kN/m)

$$p_{R10} = \frac{C_{R2}}{\ell_{10} \cdot 10^3}$$

$$p_{R20} = \frac{C_{R1}}{\ell_{20} \cdot 10^3}$$

C_R, C_{R1}, C_{R2} 는 **[2.1]** 과 **[2.2]** 에 따른다.

Z : 슈우피이스 또는 러더혼에서의 지지에 관한 스프링 상수(kN/m)

슈우피이스 지지인 경우 (**그림 3** 참조)

$$Z = \frac{6.18 \cdot I_{50}}{\ell_{50}^3}$$

러더혼 지지인 경우 (**그림 4** 참조)

$$Z = \frac{1}{f_b + f_t}$$

f_b : 단위 하중 1kN 이 지지 중심에 작용하는 경우의 러더 혼의 단위 변위량(m/kN)

$$f_b = \frac{1.3 \cdot d^3 \cdot 10^8}{3 \cdot E \cdot I_n}$$

$$f_b = 0.21\frac{d^3}{I_n} \quad \text{(강 구조에 대한 참고값)}$$

I_n : d/2위치에서의 x 축에 대한 러더혼의 단면 2차모멘트(cm^4)(**그림 4**참조)

f_t : 단위 비틀림모멘트에 의한 러더혼의 단위변위량(m/kN)

$$f_t = \frac{d \cdot e^2}{G \cdot J_t}$$

$$f_t = \frac{d \cdot e^2 \cdot \sum u_i / t_i}{3.17 \cdot 10^8 \cdot F_T^2} \quad \text{(강 구조의 경우)}$$

G : 전단 강성계수 (kN/m^2)로서, 강 구조의 경우는 다음의 값으로 한다.

$$G = 7.92 \cdot 10^7$$

J_t : 관성 비틀림모멘트 (m^4)

F_T : 러더혼의 평균 단면적 (m^2)

u_i : 평균 단면적부에 있어서 러더혼 면적을 형성하는 개개 판의 폭(mm)

t_i : 폭 u_i 의 판의 두께 (mm)

e, d : 러더혼에 관한 거리(m)로서 **그림 4**에 따른다.

K_{11}, K_{22}, K_{12} : 타 또는 타두재를 2점에서 탄성지지하는 러더 혼(**그림 5** 참조) 에 대하여 계산 된 러더혼의 추종계수. 2점의 탄성지지에 대해서는 다음식에 의한 수평변위에 관하여 정의한다.

2개의 탄성지지는 다음 수식에 따른 수평변위로 정의된다.

하부 러더혼 베어링 : $y_1 = - K_{12} F_{A2} - K_{22} F_{A1}$

상부 러더혼 베어링 : $y_2 = - K_{11} F_{A2} - K_{12} F_{A1}$

여기서,

y_1, y_2 : 하부/상부 러더혼 베어링에서의 수평 변위(m)

F_{A1}, F_{A2} : 하부/상부 러더혼 베어링에서의 수평 지지력(kN)

K_{11}, K_{22}, K_{12} : 다음 식에 따른다.

$$K_{11} = 1.3 \cdot \frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{e^2 \lambda}{GJ_{th}}$$

$$K_{12} = 1.3 \cdot \left[\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{\lambda^2 \cdot (d-\lambda)}{2EJ_{1h}}\right] + \frac{e^2 \cdot \lambda}{GJ_{th}}$$

$$K_{22} = 1.3 \cdot \left[\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}} + \frac{\lambda^2 \cdot (d-\lambda)}{EJ_{1h}} + \frac{\lambda \cdot (d-\lambda)^2}{EJ_{1h}} + \frac{(d-\lambda)^3}{3EJ_{2h}}\right] + \frac{e^2 \cdot d}{GJ_{th}}$$

여기서,

d : **그림 5**에 규정하는 러더혼의 높이(m)로서, 러더혼 상단의 곡률이 변하는 점에서 러더혼 하부 핀틀 중심까지의 거리로 한다.

λ : **그림 5**에 규정하는 길이(m)로서, 러더혼 상단의 곡률이 변이하는 점에서 러더혼 상부 핀틀의

중심가지의 거리이다. 이 값이 0인 경우, 이 단면을 안쪽이 빈 단면으로 가정하면 상기 식은 1점 탄성지지의 러더혼에 관한 스프링 정수 값에 수렴한다.

e : **그림 5**에 규정하는 러더혼의 비틀림에 관한 레버의 길이(m). $Z=d/2$에서의 값으로 한다.

J_{1h} : 러더혼 상부베어링보다 위쪽 부분에 있어서, 러더혼의 X 축에 대한 관성 비틀림모멘트(m^4). 길이λ 사이의 평균값으로 한다.(**그림 5** 참조)

J_{2h} : 러더혼 상부 및 하부 베어링 사이 부분에 있어서, 러더혼의 X 축에 대한 관성 비틀림모멘트(m^4). 높이 d 에서 λ 의 범위에 있어서 평균값으로 한다.(**그림 5** 참조)

J_{th} : 러더혼의 비틀림 강성계수(m^4)로서, 밀폐된 임의의 폐단면에 대해서는 다음식에 의한다.

$$J_{th} = \frac{4F_T^2}{\sum_i \frac{u_i}{t_i}}$$

F_T : 러더혼 외벽부의 평균 단면적(m^2)

u_i : 러더혼 외벽부의 평균 단면적을 형성하는 각 판의 길이(mm)

t_i : 러더혼 외벽부의 평균 다년적을 형성하는 각 판의 두께(mm)

J_{th} 값은 길이방향의 평균값으로서 러더혼의 어떤 장소에서도 이 값으로 한다.

3.3.3 모멘트 및 힘

a) 타 본체에 작용하는 굽힘모멘트 M_R 및 전단력 $Q1$, 넥 베어링에 작용하는 굽힘 모멘트 M_B 및 지지력 B_1, B_2, B_3 를 평가하여야 한다.

평가된 모멘트와 힘은 **[3.2]**와 **[5]** 및 **[9.1]**과 **[9.2]**에서 요구하는 응력해석에 사용된다.

b) 삽형 타에 있어서 모멘트(N.m) 및 힘(N)은 다음식에 의하여 결정된다. (**그림 6** 참조)

$$M_b = C_R\left(\ell_{20} + \frac{\ell_{10}(2x_1 + x_2)}{3(x_1 + x_2)}\right)$$

$$B_3 = \frac{M_b}{\ell_{30}}$$

$$B_2 = C_R + B_3$$

c) 타두재를 지지하는 러더 트렁크가 있는 삽형 타에 있어서 모멘트(N.m) 및 힘(N)은 다음식에 의하여 결정된다. (**그림 7**참조)

M_R 은 다음 중에서 큰 값으로 한다.

$M_R = C_{R2}\ (\ell_{10} - CG_{2Z})$

$M_R = C_{R1}\ (CG_{1Z} - \ell_{10})$

여기서,

C_{R1} : 타판의 A_1부분에 작용하는 타력

C_{R2} : 타판의 A_2부분에 작용하는 타력

CG_{1Z} : 타판의 A_1부분의 중심의 수직위치

CG_{2Z} : 타판의 A_2부분의 중심의 수직위치

$M_B = C_{R2}\ .\ (l_{10} - CG_{2Z})$

$B_3 = (M_B + M_{CR1})/(l_{20} + l_{30})$

$B_2 = C_R + B_3$

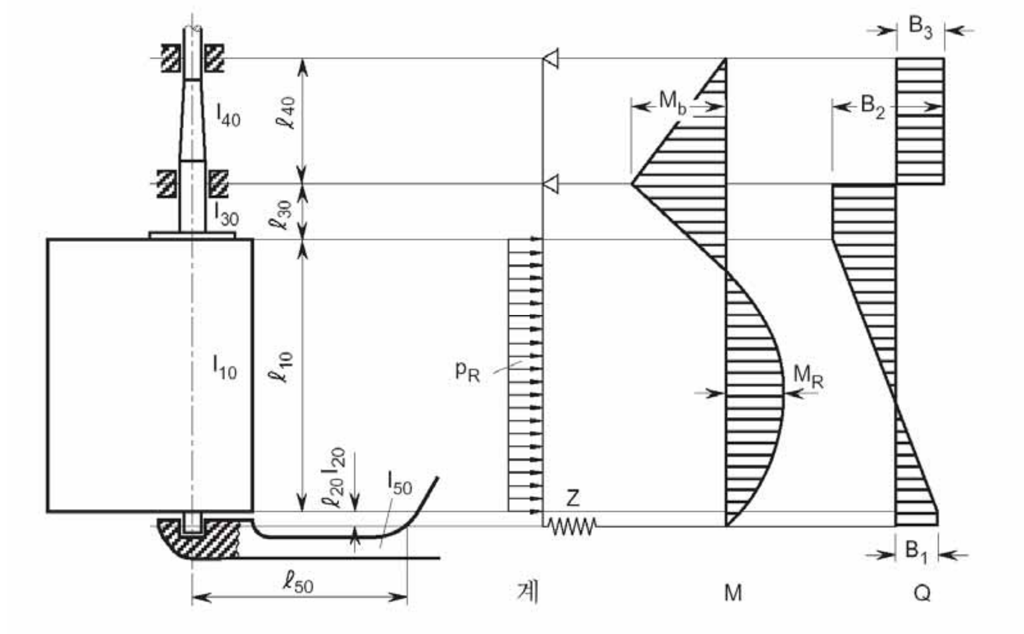


그림 3: 슈우피이스에 의해 지지되는 타

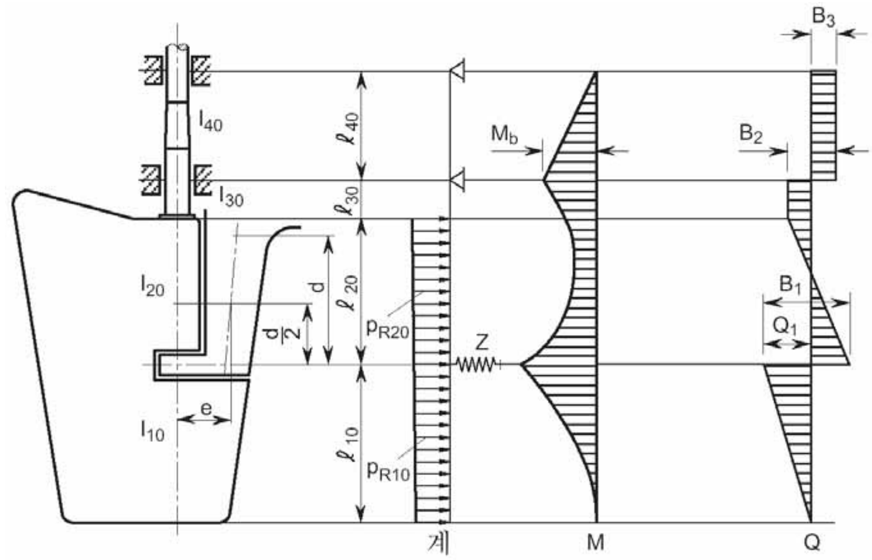


그림 4: 1 점 탄성지지 반삽형 타

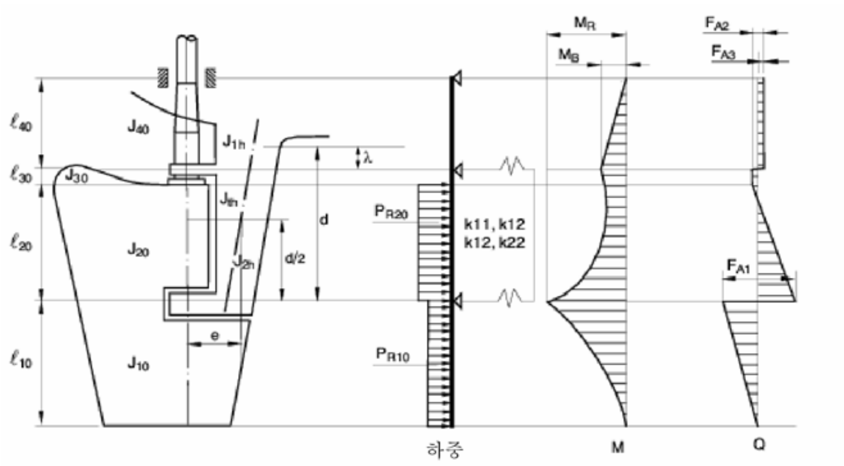


그림 **5:** **2** 점 탄성지지 반삽형 타

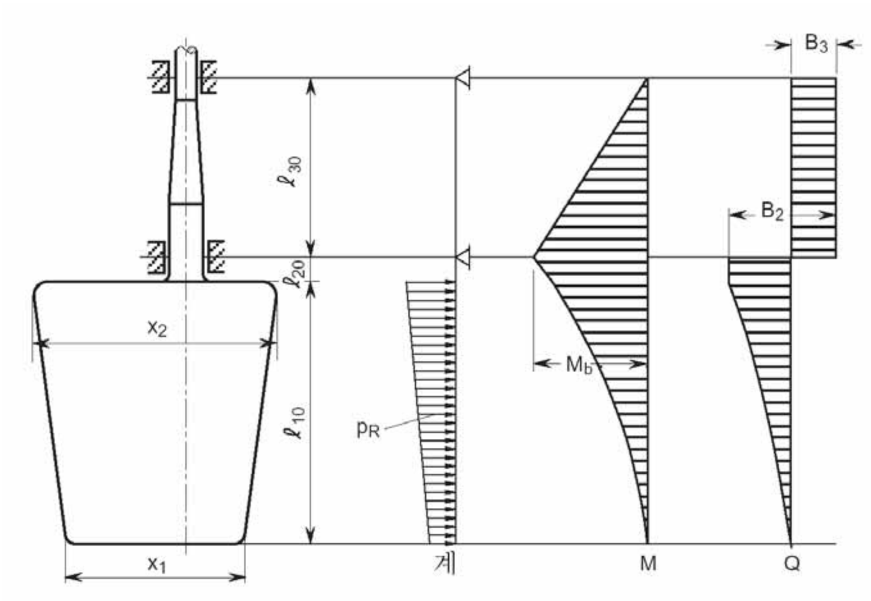


그림 **6:** 삽형타

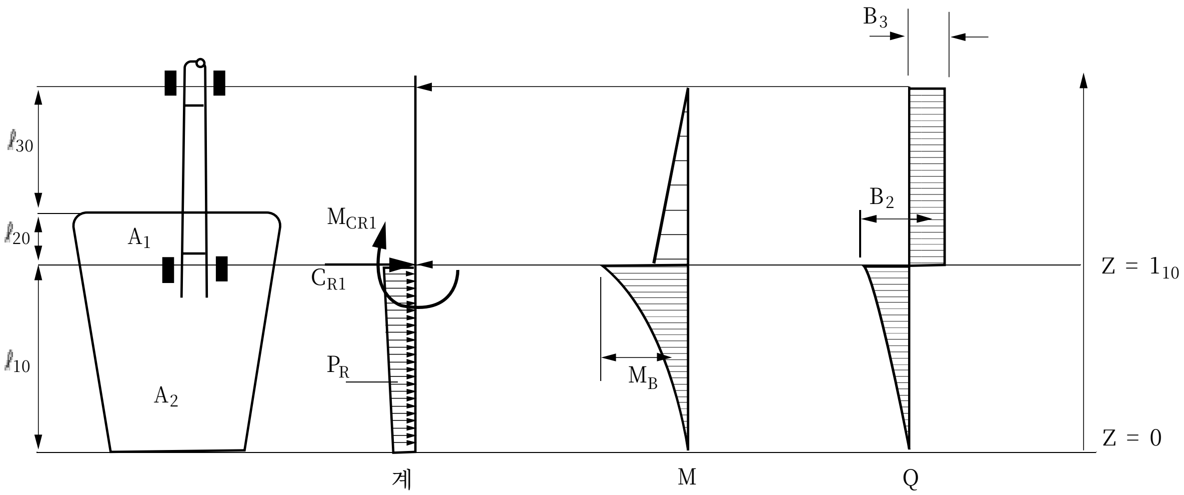


그림 **7:** 타두재를 지지하는 러더트렁크가 있는 삽형타

3.4 타두재를 지지하는 러더 트렁크

3.4.1

타두재가 트렁크 안에 배치되고, 타의 작동에 의한 응력을 받는 구조의 러더 트렁크에 대해서는 굽힘 및 전단에 의한 등가응력은 사용재료의 $0.35 \cdot R_{eH}$ 이하로 하여야 한다.

3.4.2

타두재를 내포하는 러더 트렁크에 있어, **[2.1.1]**에 규정하는 타판에 의해 발생하는 압력이 러더 트렁크의 용접부에 작용하는 것에 있어, 러더 트렁크의 굽힘응력은 다음을 만족하여야 한다.

$\sigma \leq 80 / k$

여기서, 러더 트렁크에 있어 재료계수 k 는 0.7이상으로 한다.

굽힘응력의 계산에서 고려되는 길이는 러더 트렁크 하부 베어링의 높이의 중심과 트렁크가 외판 또는 스케그하부에 고착된 점 사이의 거리로 한다.

3.4.3

러더 트렁크에 사용하는 강재는 용접성이 좋고 레이들분석에서 탄소성분이 0.23%를 초과하지 않고 탄소당량(CEQ)가 0.41을 초과 하지 않아야 한다.

3.4.4

러더 트렁크와 외판 또는 스케그 하부의 연결부 용접은 완전 용접으로 하여야 한다. 필릿 어깨반경은 실시 가능한 범위에서 크게 하고, 다음 식에 의한 값으로 한다. 단, 30mm 이상으로 한다.

$\sigma \geq 40 / k$ N/mm^2 인 경우 $r = 60$ mm

$\sigma < 40 / k$ N/mm^2 인 경우 $r = 0.1\, D_1$

여기서 D_1은 **[3.2.1]**에 따른다.

반경형성은 그라인더 작업으로 할 수도 있다. 디스크 그라인더를 사용하는 경우, 그라인더 자국이 용접방향으로 향하지 않도록 한다. 상기 반경은 게이지를 사용하여 정확도를 확인하여야 하며, 적어도 4개의 외형측면에 대하여 확인하고 확인 기록을 검사원에게 제출한다.

3.4.5

용접 개시전에 용접준비, 용접자세, 용접조건, 용접재료, 예열, 후열처리 및 검사절차를 포함하는 상세 용접시공 절차서를 우리 선급에 제출하여야 한다. 용접 절차서는 우리 규칙에 재료 및 용접에 관한 적용요건에 근거하여 승인되어야 한다. 제조자는 개개의 용접을 추적 가능하도록 관리하기 위해 용접, 후 열처리 및 점검의 기록을 유지하여야 한다. 또한, 이것들의 기록을 검사원에게 제출하여야 한다.

3.4.6

용접 완료 후 최소 24시간 이내에 비파괴검사를 실시하여야 한다. 해당 용접부에 대해서 자분탐상 및 100%의 초음파탐상을 실시한다. 용접부는 균열, 용해부족 및 용입불량이 없어야 한다. 비파괴검사의 기록은 검사원에게 제출하여야 한다.

3.4.7
러더 트렁크에 강 이외의 재료를 사용하는 경우에는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

3.4.8
외판 또는 스케그하부의 판두께는 트렁크의 판두께와 부합되어야 한다.

4. 러더 커플링

4.1 일 반

4.1.1
커플링은 타두재의 토크가 충분히 전달되도록 설계되어야 한다.

4.1.2
플랜지에 의한 커플링의 경우는 플랜진의 모서리로부터 커플링 볼트 중심선까지의 거리는 볼트 지름의 1.2배보다 작아서는 안 된다. 수평 커플링의 경우는 최소 2개의 볼트가 타두재 축의 앞쪽으로 배치되어야 한다.

4.1.3
커플링 볼트는 정확히 맞는 볼트이어야 한다. 볼트 및 너트는 풀어지지 않도록 효과적으로 고정되어야 한다.

4.1.4
삽형 타의 커플링 플랜지의 요구 두께 t_f 가 50mm 이하의 경우 또는 [4.4] 및 [4.5]에 의한 콘 커플링을 적용하는 경우에만, [4.2]에 규정하는 수평 커플링으로 하는 것이 가능하다.

4.2 수평 커플링

4.2.1
커플링 볼트의 지름(mm)은 다음 값 이상이어야 한다.

$$d_b = 0.62\sqrt{\frac{D^3 \cdot k_b}{k_r \cdot n \cdot e}}$$

여기서,

D : **[6]**에 따른 타두재의 지름(mm)

n : 볼트의 총 수로서, 6 이상이어야 한다.

e : 볼트배치의 중앙에서 각 볼트의 중심선까지의 평균거리(mm)

kr : **[1.4.2]**에 규정하는 타두재의 재료계수

kb : **[1.4.2]**에 규정하는 볼트의 재료계수

4.2.2
커플링 플랜지의 두께(mm)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$t_f = 0.62\sqrt{\frac{D^3 \cdot k_f}{k_r \cdot n \cdot e}} \quad (0.9 \cdot d_b \text{ 이상})$$

여기서,

k_f : **[1.4.2]**에 따른 커플링 플랜지의 재료계수

볼트 구멍이 없는 커플링 플랜지의 두께는 $0.65\,t_f$ 이상이어야 한다.

볼트 구멍의 바깥 부분의 폭은 $0.67\,d_b$ 이상이어야 한다.

4.2.3

커플링 플랜지에는 볼트를 풀기 위한 DIN6885 또는 등가의 표준에 따라 키를 설치하여야 한다. 볼트의 지름을 10% 증가하는 경우에는 키를 생략하여도 좋다.

4.2.4

수평 커플링 플랜지는 타두재와 일체로서 단조된 것 또는 **[10.1.3]**의 규정에 의해 타두재에 용접하는것으로 하여야 한다.

4.2.5

타 본체에 부착하는 커플링 플랜지의 접합에 대해서도 **[10]**에 따른다.

4.3 수직 커플링

4.3.1

커플링 볼트의 지름(mm)은 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$d_b = \frac{0.81 \cdot D}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{k_b}{k_r}}$$

D, k_b, k_r, n 은 **[4.2.1]**에 따른다. 단, n 은 8이상으로 한다.

4.3.2

커플링의 중앙에 있어서의 볼트의 단면 2차모멘트 (cm^3)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$S = 0.0043D^3$$

4.3.3

커플링 플랜지의 두께(mm)는 $t_f = d_b$ (mm)이상이어야 한다.

볼트 구멍 바깥 부분의 폭은 $0.67d_b$ 이상이어야 한다.

4.4 키가 있는 콘 커플링

4.4.1

콘 커플링은 c 가 1:8 에서 1:12의 테이퍼를 가지는 것이 좋다. 여기서 $c = (d_0 - d_u)/l$ 로 한다.

(그림 8 참조**)**

콘 커플링의 형상은 정확히 맞아야 하며, 너트는 **그림 8**의 고정판 등에 의해 충분히 고정되어야 한다.

4.4.2

커플링 길이 l 은 일반적으로 $1.5 \cdot d_0$ 이상이어야 한다.

4.4.3

타두재와 타 사이에는 키가 있어야 하며, 키의 전단면적(cm²)은 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$a_s = \frac{17.55 Q_F}{d_k R_{eH1}}$$

여기서,

Q_F : **[6]**에 따른 타두재의 설계 허용모멘트(N.m)

d_k : 타두재의 원추부분의 키 부착부에서의 지름(mm)

R_{eH1} : 키 재료의 최소 항복응력(N/mm²)

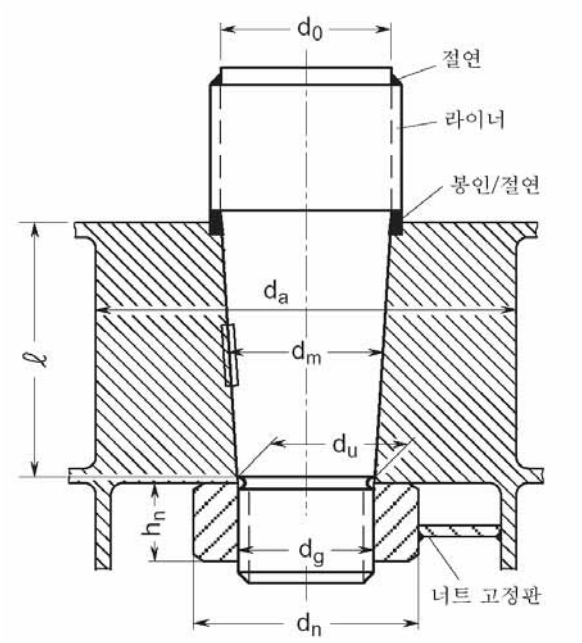


그림 8: 키를 갖는 콘 커플링

4.4.4

키와 타두재의 접합부 또는 키와 콘 커플링 접합부(둥근 부분은 제외)의 유효 표면적(cm²)은 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$a_k = \frac{5 Q_F}{d_k R_{eH2}}$$

여기서,

R_{eH2} : 키, 타두재 또는 커플링부의 재료의 최소 항복응력 중 작은 것 (N/mm²)

4.4.5

너트의 치수는 다음과 같다. (**그림 8 참조**)

- 높이 : $h_n = 0.6\ d_g$
- 외경(큰쪽의 값) : $d_n = 1.2\ d_u$ 또는 $d_n = 1.5\ d_g$
- 외부 나사직경 : $d_g = 0.65\ d_0$

4.4.6
콘 커플링부의 마찰만에 의해 설계 허용모멘트의 50%를 전달된다는 것이 입증되어야 한다. 이 경우 비틀림 모멘트에 대하여, [4.5.3]에 따른 압입력 및 압입길이에 관한 규정을 적용하여야 한다.
비틀림 모멘트 : $Q'_F = 0.5 \cdot Q_F$

4.5 설치 및 분리를 위한 특별한 배치의 콘 커플링

4.5.1
타두재의 지름이 200mm 를 초과할 경우, 압입은 유압방식에 의하여 이루어 지도록 한다. 이 같은 경우에 콘은 더욱 가늘게 하여 $c \approx 1:12$ 에서 $c \approx 1:20$ 으로 한다

4.5.2
유압방식에서 너트는 타두재 또는 핀틀에 효과적으로 고정되어야 한다. 단, 타 본체에 너트를 고정하는 고정판을 이용하여서는 아니된다. (**그림 9**참조)

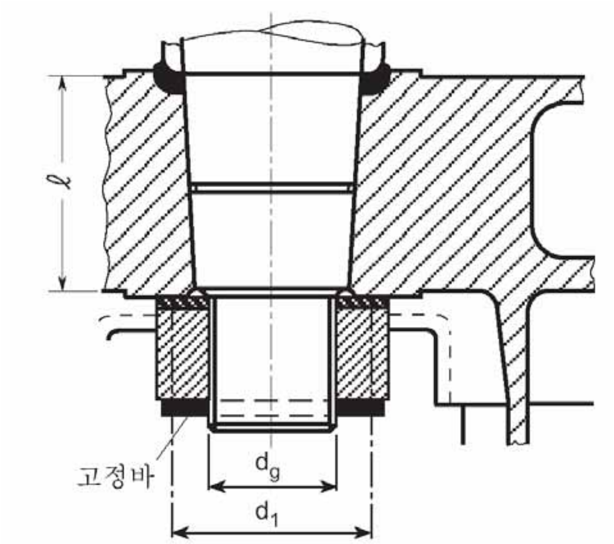


그림 9: 키없는 콘 커플링

㈜ 전단면적(mm^2)은 다음식 이상으로 하는 경우, 고정 평강을 너트 유효한 고정장치로 본다.

$$A_s = \frac{P_s \cdot \sqrt{3}}{R_{eH}}$$

여기서,

Ps : 전단력(N)

$$Ps = \frac{P_e}{2} \cdot \mu_1 \left(\frac{d_1}{d_g} - 0.6 \right)$$

P_e : **[4.5.3]**에 따른 압입력 (N)

μ_1 : 너트와 타본체 사이의 마찰계수로서, 일반적으로 $\mu_1 = 0.3$

d_1 : 너트와 타 본체 사이의 마찰면의 평균지름

d_g : 너트의 나사산 직경

R_{eH} : 고정평강 재료의 최소 항복응력 (N/mm²)

4.5.3 압입력 및 압입 길이

타두재와 타본체 사이의 커플링에 의하여 비틀림모멘트를 안전하게 전달하기 위하여 압입길이와 압입력은 [4.5.4] 및 [4.5.5]에 따라 결정되어야 한다.

4.5.4 압입력

압입력은 다음 두 값 중 큰 값 이상이어야 한다.

$$p_{req1} = \frac{2 \cdot Q_F \cdot 10^3}{d_m^2 \cdot \ell \cdot \pi \cdot \mu_0}$$

$$p_{req2} = \frac{6 \cdot M_b \cdot 10^3}{\ell^2 \cdot d_m}$$

여기서,

Q_F : **[6]**에 따른 타두재의 설계모멘트 (N.m)

d_m : 콘의 평균지름(mm)

l : 콘의 길이(mm)

μ_0 : 마찰계수로서 근사적으로 0.15로 한다.

M_b : 삽형타의 경우, 콘 커플링의 굽힘모멘트(N.m)

압입력은 타두재 콘부의 허용 면압을 초과하지 않아야 한다. 허용면압은 다음에 따른다.

$$p_{perm} = \frac{0.8 \cdot R_{eH}\left(1-\alpha^2\right)}{\sqrt{3+\alpha^4}}$$

R_{eH} : 거전(gudgeon)재료의 최소 항복응력 (N/mm^2)

$\alpha = \dfrac{d_m}{d_a}$ (**그림 14.6** 참조)

d_m : **그림 8**에 규정하는 타두재 콘부의 평균직경(mm)

d_a : 거전의 외경(mm) 으로, $1.5 d_m$ 이상으로 한다.

4.5.5 압입 길이

압입 길이(mm)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$\Delta\ell_1 = \frac{p_{req} \cdot d_m}{E\left(\dfrac{1-\alpha^2}{2}\right)c} + \frac{0.8 \cdot R_{tm}}{c}$$

여기서,

R_{tm} : 평균 거칠기로서 근사적으로 0.01로 한다.

c : **[4.5.1]**에 따른 직경의 기울기

다만, 압입길이(mm)는 다음 이하이어야 한다.

$$\Delta\ell_2 = \frac{1.6 \cdot R_{eH} \cdot d_m}{\sqrt{3+\alpha^4} E \cdot c} + \frac{0.8 \cdot R_{tm}}{c}$$

㈜ 유압방식의 경우 타두재 콘에 대한 요구 압입력 P_e (N)은 다음식에 따라 결정하는 것이 가능하다.

$$P_e = p_{req} \cdot d_m \cdot \pi \cdot \ell \left(\frac{c}{2} + 0.02 \right)$$

유압을 사용하는 경우의 마찰계수는 참고값으로서 0.02를 사용하지만, 기계적 처리 및 세부의 거칠기에 따라 변한다. 결합순서에 따라 타의 중량을 원인으로 하는 부분압입의 영향이 발생하는 경우, 우리선급이 인정하는 바에 따라 규정 압입길이의 결정에 고려 할 수 있다.

4.5.6 핀틀 베어링에 대한 압입 압력

핀틀 베어링에 대한 요구 압입압력(N/mm^2)은 다음식에 따라 결정한다.

$$p_{req} = 0.4 \frac{B_1 \cdot d_0}{d_m^2 \cdot \ell}$$

여기서,

B_1 : 핀틀베어링에서 지지력 (N) (**그림 4** 참조)

d_m, l : **[4.5.3]** 에 따른다.

d_0 : **그림 8**에 따른 핀틀직경(mm)

5. 타 및 타 베어링

5.1 타본체의 강도

5.1.1

타는 타본체를 보로서 유효하다고 보고, 수평 및 수직 웨브에 의해 보강하여야 한다. 타의 후단부에 대해서는 추가로 보강되어야 한다.

5.1.2

타본체의 강도에 대해서는 **[3.3]**에 따른 직접 계산에 의하여 검증하여야 한다.

5.1.3

컷아웃이 없는 타에 대하여 허용 응력은 다음에 따른다.

- **[3.3.3]**에 정의된 M_R 에 의한 굽힘응력(N/mm^2) :

  $\sigma_b = 110$

- **[3.3.3]**에 정의된 Q1에 의한 전단응력(N) :

  $\tau_t = 50$

- 굽힘 및 전단에 의한 등가응력 :

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma \frac{2}{b} + 3\tau^2} = 120$$

타판에 커플링 또는 핀틀 너트에 접근하기 위한 개구가 있는 경우, **[5.1.4]**에 따른 허용응력을 적용한다. 단, 개구부 모서리의 반경이 $0.15 \cdot h_o$ (h_o:개구의 높이)보다 미만일 경우, 보다 작은 허용응력값을 요구하는 것이 가능하다.

5.1.4

컷아웃이 있는 타(반 삽형 타)의 경우 다음의 응력 값 이하로 하여야 한다.

- M_R 에 의한 굽힘응력 (N/mm^2) :

  $\sigma_b = 90$

- Q_1에 의한 전단응력 (N/mm^2) :

  $\tau = 50$

- Mt 에 의한 비틀림응력 (N/mm^2) :

  $\tau_t = 50$

- 굽힘 및 전단에 의한 등가응력, 굽힘 및 비틀림에 의한 등가응력 (N/mm^2) :

$$\sigma_{v1} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} = 120$$

$$\sigma_{v2} = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_t^2} = 100$$

여기서,

$$M_R = C_{R2} \cdot f_1 + B_1 \frac{f_2}{2} \qquad \text{(N.m)}$$

$$Q_1 = C_{R2} \qquad \text{(N)}$$

f_1, f_2 : **그림 10** 에 따른다.

τ_t : 비틀림응력(N/mm^2) :

$$\tau_t = \frac{M_t}{2\ell h t}$$

$M_t = C_{R2} \cdot e$ (N.m)

C_{R2} : 고려하는 단면 아래의 부분 (A_2의 부분)에 의한 타력 (N)

e : 비틀림모멘트의 거리로서 A_2부분의 압력중심과 고려하는 단면의 유효단면적의 중심인 a-a 선의 수평거리(**그림 10** 참조) 압력중심에 대해서는 면적 A_2의 전단에서 후방으로 $0.33 \cdot c_2$ 의 위치라고 가정한다. 여기서, c_2 는 면적 A_2의 평균폭으로 한다.

h, l, t : **그림 10**에 따르는 값(cm).

수직 웨브 사이의 거리 l 은 $1.2 \cdot h$ 이하 이어야 한다.

타판의 굽힘반경은 판두께의 4~5배 이상으로 한다. 단, 50mm 보다 작아서는 아니된다.

㈜ 전 침수시의 타 및 국부구조물의 고유진동수는 프로펠러의 진동수(회전수 x 날개수) 보다 10% 높이 할것을 권장한다. 관련이 있는 경우, 더욱 높은 범위에 있는 것을 권장한다.

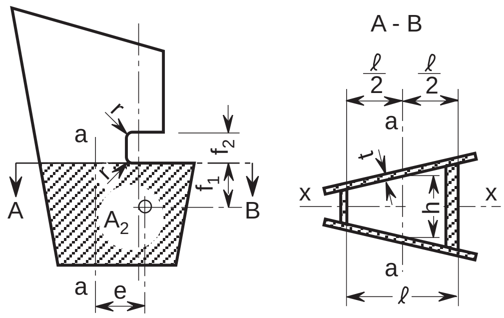


그림 **10:** 러더의 치수

5.2 타 판

5.2.1

타판의 두께(mm)는 다음식에 따른다.

$$t_P = 1.74a\sqrt{p_R k} + 2.5$$

여기서,

$$p_R = 10 \cdot T + \frac{C_R}{10^3 \cdot A} \qquad (\mathrm{kN/m^2})$$

a : 판부재의 보강되지 않은 폭의 짧은쪽의 값(m)

평판 패널의 종횡비 영향은 **3장**에 따라 고려하여도 좋다 단, 판 두께는 **9장 2절**에 따른 선체후부의 외판 두께 이상이어야 한다. 또한, 치수와 용접에 대한 사항은 **[10.1.1]**에 따른다.

5.2.2

타의 측판과 웨브와의 접합에 관해서는 테논(tenon) 용접을 사용해서는 안 된다. 필렛용접을 적용하기가 곤란한 경우는 측판은 웨브에 용접하는 플랫 바에 슬롯 용접하는 방법으로 연결해야 한다.

5.2.3

웨브의 두께(mm)는 **[5.2.1]**에 따른 타 판 두께의 70%이상이어야 하며, 어떤 경우에 있어서도 다음 식 이상이어야 한다.

$$t_{\min} = 8\sqrt{k}$$

해수에 노출된 웨브는 **[5.2.1]**에 따라 크기가 결정되어야 한다.

5.3 타판 구조와 단강 또는 주강의 일체형 부품과의 연결

5.3.1 일반 사항

타두재 또는 핀틀의 하우징을 구성하는 단강 또는 주강의 일체형 부품은 일반적으로 2개의 수평웨브와2개의 수직웨브에 의해 타 구조물에 연결하여야 한다.

5.3.2 타두재 하우징과의 연결부에 있어서 최소 단면계수

타두재 하우징의 일체형 부품과의 연결부에 있어서 수직웨브 및 타판으로 형성되는 타판구조의 단면계수(cm^3)는 다음 식 이상이어야 한다.

$$w_s = c_s d_1^3 \left(\frac{H_E - H_x}{H_E} \right)^2 \frac{k}{k_1} 10^{-4}$$

여기서,

c_S : 다음에 따른 계수

$c_S = 1$: 타판에 개구가 없는 경우 또는 개구가 완전용입으로 용접된 판에 의해 밀폐된 경우

$c_S = 1.5$: 타의 고려하는 단면 위에 개구가 있는 경우

D_1 : **[3.2.1]**에 따른 타두재의 직경(mm)

H_E : 타판의 하단과의 일체형부품의 상단사이의 수직거리(m)

H_X : 고려하는 단면과 일체형부품의 상단사이의 수직거리(m)

k, k_1 : 타판 및 타두재의 재료계수

5.3.3 타두재 하우징과의 연결부에 있어서 단면계수의 계산

타두재 하우징부의 일체형 부품에 연결하는 타판구조의 단면에 있어서 단면계수는 타의 대칭축에 대하여 계산하여야 한다. 이 단면계수의 계산에 있어서 고려하는 타판의 폭(mm)은 다음식에 의한 값 이하로 하여야 한다.

$$b = s_v + 2\frac{H_X}{m}$$

여기서,

s_V : 두 수직웨브의 간격(m) (**그림11** 참조)

H_X : **[5.3.2]**에 따른 거리

m : 계수로서 일반적으로 3으로 한다.

타두재 고정볼트에 접근하기 위한 개구를 완전용입으로 용접되지 않은 경우, 개구부를 경감하여야 한다. (**그림11** 참조)

5.3.4 수평 웨브의 두께

일체형부품 부근 수평웨브의 판두께 및 수평웨브 사이의 타판 두께(mm)는 다음식에 의한 값 중 큰것으로 하여야 한다.

$t_H = 1.2\ t_P$

$$t_H = 0.045 \frac{d_s^2}{s_H}$$

여기서,

t_P : **[5.2.1]**에 따른다.

d_S : 다음에 따른 직경(mm)

$d_S = D_1$: 타두재와 결합하는 일체형 부품의 경우

$d_S = d_A$: 핀틀과 결합하는 일체형 부품의 경우

D_1 : **[3.2.1]**에 따른 타두재의 직경(mm)

d_A : **[5.5.1]**에 따른 핀틀의 직경(mm)

s_H : 두 개의 수평웨브 사이의 간격(mm)

직접계산의 결과에 근거하여 적당하다고 인정하는 경우, 다른 두께의 적용도 가능하다. 이 경우, 직접계산의 결과 및 관련자료를 우리 선급에 제출하여야 한다.

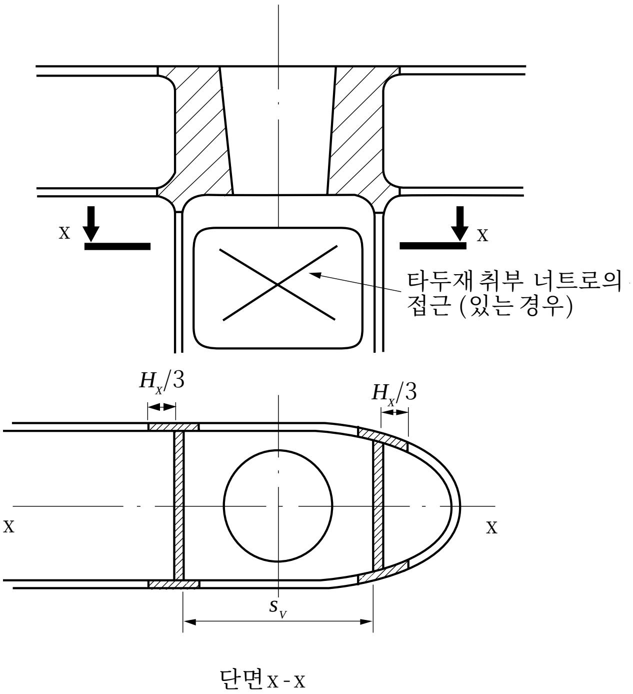


그림 11: 타판구조와 타두재 하우징의 연결부 횡단면

5.3.5 일체형 부품과 용접한 타판 및 수직웨브의 두께

타두재 하우징부의 일체형 부품과 용접한 수직웨브 및 해당 일체형 부품 하방의 타판 두께에 대해서는 **표 2** 에 의한 값 이상이어야 한다.

표 2: 타판 및 수직 웨브의 두께

타의 종류	수직웨브의 두께(mm)		타판의 두께(mm)	
	개구가 없는 경우	개구 경계	개구가 없는 경우	개구부
슈우피스로 지지하는 타(**그림 3**)	1.2 t_P	1.6 t_P	1.2 t_P	1.4 t_P
반삽형 및 삽형 타(**그림 4**내지**6**)	1.4 t_P	2.0 t_P	1.3 t_P	1.6 t_P
t_P 는 **[5.2.1]**의 정의에 따른다.				

5.3.6 일체형 부품의 돌출부

일체형 부품은 돌출부를 갖는 구조로 하여야 한다. 타의 수직 및 수평 웨브는 이 돌출부에 맞대기용접을 한다. 웨브의 판두께를 다음 값 미만으로 할 경우, 이 돌출부를 설치 할 필요는 없다.

- 10mm : 반삽형타의 하부 핀틀의 하우징부 일체형 부품과 용접한 웨브 및 삽형타의 타두재 커플링 부의 일체형 부품과 용접한 수직웨브의 경우
- 20mm : 기타의 웨브

5.3.7

타 토크를 타 본체 내부에 연장된 축에 의하여 타에 전달하는 경우, 연장 축은 타 본체내의 연장된 길이의 상부 10%의 위치에서 지름이 D_t 또는 D_1의 큰쪽의 값을 지름으로 하여야 한다. 충분한 지지가 제공된다면 아래쪽으로 0.6 D_t 까지, 삽형 타의 경우 보강된 지름의 0.4배까지 테이퍼될 수도 있다.

5.4 타 베어링

5.4.1

베어링에는 라이너와 부시를 취부하여야 한다.

최소 두께는 다음에 따른다.

- t_{min} = 8 mm : 금속 및 합성재료
- t_{min} = 22 mm : 리그넘 재료

소형의 선박에서 부시를 취부하지 않은 경우의 타두재에 있어서는 취항후에 기계가공할 수 있도록 지름을 적당히 증가시켜야 한다.

5.4.2

적당한 윤활장치가 제공되어야 한다.

5.4.3

베어링력은 **[3.3]**에 규정하는 직접계산의 결과에 따른다. 초기 추정으로써 베어링력은 탄성지지를 고려하지 않고 결정될 수 있다.

- 두개의 지지가 있는 표준적인 타의 경우

  타력 C_R 은 타면적의 무게중심으로부터 수직거리에 따라서 지지점에 분포된다.
- 반삽형 타의 경우

  러더혼에서의 지지력 (N)

  $$B_1 = C_R \cdot \frac{b}{c}$$

  상부베어링에서의 지지력 (N)

  $$B_2 = C_R - B_1$$

b 및 c 는 그림 **14** 참조 한다.

5.4.4

베어링면의 투영면적 A_b (베어링 높이 X 라이너의 외경) (mm^2)은 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$A_b = \frac{B}{q}$$

여기서,

B : 지지력 (N)

q : **표 3**에 따른 허용면압

5.4.5

스테인레스 및 내마모성강, 청동 및 가열압착 청동그래파이트는 비합금강과 상당히 다른 점이 있으므로 각각에 대한 예방책이 요구된다.

5.4.6

베어링 높이는 베어링의 지름 이상, 지름의 1.2배를 초과해서는 안 된다. 베어링 높이를 베어링 지름 미만으로 하는 경우, 보다 높은 압력을 허용하도록 하여야 한다. 슈우피스 및 러더혼의 핀틀 베어링의 두께는 핀틀 직경의 대략 1/4이어야 한다.

표 3: 베어링 재료의 표면압력 q

베어링 재료	q [N/mm²]
리그넘바이트	2.5
화이트메탈, 윤활유	4.5
합성재료(1)	5.5
강(2), 청동 및 가열압착 청동그래파이트	7.0

(1) 합성재료는 형식승인품이어야 한다.
표면압력은 베어링제조자의 사양과 시험에 따라 5.5 N/mm² 을 초과하는면압을 인정하는 경우가 있다. 단, 10 N/mm² 을 넘어서는 아니된다.

(2) 타두재 라이너와 승인된 조합으로 사용하는 스테인레스 및 내마모성 강
시험에 의해 검증된 경우, 7 N/mm² 를 초과하는 면압을 인정하는 경우가 있다.

5.5 핀 틀

5.5.1

핀틀은 **[4.4]** 및 **[4.6]**에 규정하는 조건을 만족하는 치수이어야 한다. 핀틀의 지름(mm)은 다음식에 의한 값 이상 이어야 한다.

$$d = 0.35\sqrt{B_1 \cdot k_r}$$

여기서,

B_1 : 지지력 (N)

k_r : 재료 계수 (**[1.4.2]** 참조)

5.5.2
라이너 또는 부시의 두께(mm)는 다음 또는 **[5.4.1]**의 최소값 이상이어야 한다.

$$t = 0.01\sqrt{B_1}$$

5.5.3
원추형상의 핀틀의 경우, 테이퍼는 다음에 적합하여야 한다.

- 1:8 to 1:12 : 슬러깅 너트를 이용하는 경우
- 1:12 to 1:20 : 오일 분사 및 유압 너트를 이용하는 경우

5.5.4
핀틀은 의도하지 않은 헐거워짐이나 떨어져 나가는 것을 방지할 수 있도록 설치되어야 한다. 너트 및 나사에 대하여는 **[4.4.5]** 및 **[4.5.2]**의 요건을 적용한다.

5.6 베어링 틈새

5.6.1

금속 베어링 재료의 베어링 틈새(mm)는 다음 이상이어야 한다.

$$\frac{d_b}{1000} + 1.0$$

여기서,

d_b : 부시의 내면의 지름(mm)

5.6.2
비금속 베어링 재료를 사용하는 경우, 베어링 틈새는 재료의 부풀기 및 열 팽창 특성치를 고려하여 특별히 결정하여야 한다.

5.6.3
틈새는 지름에서 1.5mm 미만이어서는 아니된다. 자기 윤활형 부시의 경우, 제조자의 사양에 따라 이 값을 작게 할 수가 있다.

6. 타두재의 설계 허용모멘트

6.1 일 반

6.1.1
타두재의 설계 허용모멘트는 다음식에 따른다.

$$Q_F = 0.02664\frac{D_t^3}{k_r}$$

D_t : **[3.1]**에 따른 타두재의 지름(mm)

실제로 이용되는 타두재의 지름 D_{ta} 을 계산에 의해 얻어진 지름 D_t 보다 큰것으로 하는 경우, 상기식에서 D_t 대신에 D_{ta} 를 사용하여야 한다. 단, 상기 식의 적용상의 D_{ta} 는 1.145 D_t 보다 클 필요는 없다.

7. 스토퍼, 고정 장치

7.1 스토퍼

7.1.1

커드란트(quadrants) 또는 틸러의 운동은 양현에 설치된 스토퍼에 의하여 제한된다. 스토퍼 및 선체와 연결되는 받침대는 타두재의 설계 허용모멘트에 대하여 사용재료의 항복응력을 초과하지 않는 충분한 강도를 가지는 구조로 하여야 한다.

7.2 고정 장치

7.2.1

타를 원하는 위치에 고정할 수 있도록 각 조타장치는 고정장치를 설치하여야 한다. 고정장치 및 선체에 있는 받침대뿐만 아니라 이 장치도 강한 구조로 되어서 **[6]**에 규정하는 타두재의 설계 허용모멘트에서 재료의 항복응력을 초과하지 않는 충분한 강도를 가지는 구조로 하여야 한다. 선박의 속도가 12 knot 를 초과하는 경우 설계 허용모멘트는 속도를 12 knot 로 하는 경우의 타두재의 지름에 대하여 계산하는 것으로 하여도 좋다.

7.3

7.3.1

스토퍼 및 고정장치에 대해서는 우리 선급의 관련 규정을 참고한다.

8. 프로펠러 노즐

8.1 일 반

8.1.1

이하의 요건은 내부 지름이 최대 5m 인 프로펠러 노즐에 대하여 적용한다. 그 이상의 지름을 지닌 노즐에 대하여는 특별히 고려하여야 한다.

8.1.2

고정 노즐의 선체구조에의 부착은 특별한 주의를 기울여야 한다.

8.2 설계 압력

8.2.1

프로펠러 노즐에 대한 설계압력 (kN/m^2)은 다음식에 따른다.

$$p_d = c \cdot p_{d0}$$

$$p_{d0} = \varepsilon \frac{N}{Ap}$$

여기서,

N : 최대 축 출력 (kW)

A_p : 프로펠러 회전면의 면적(m^2)

$$A_p = D^2 \frac{\pi}{4}$$

D : 프로펠러 지름(m)

ε : 다음 식에 따른 계수로서 최소값은 0.1로 한다.

$$\varepsilon = 0{,}21 - 2 \cdot 10^{-4} \frac{N}{A_p}$$

C 계수로서 다음에 따른다. (**그림 12**참조)

$C =$ 1.0 : 2구역

$C =$ 0.5 : 1구역 및 3구역

$C =$ 0.35 : 4구역

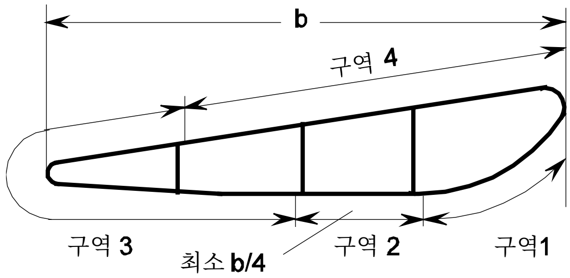


그림 12:

8.3 판 두께

8.3.1

노즐 외판의 두께(mm)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다. 단, 7.5 mm 미만으로 하여서는 아니된다.

$$t = t_0 + t_k$$

여기서,

t_0 : 두께(mm) 로서 다음에 따른다.

$$t_0 = 5a\sqrt{p_d}$$

a : 링 보강재의 간격(m)

t_k : 허용 쇠모량(corrosion allowance)(mm)

$t_0 \le 10$ 일때 $t_k = 1.5$

$t_0 > 10$ 일때 $t_k = \text{최소}\left[0.1\left(\frac{t_0}{\sqrt{k}} + 0.5\right), 3.0\right]$

8.3.2
구역 3에 있어서 노즐 내부의 보강 링의 두께는 구역 3에 대한 노즐외판 두께 이상이며, 최소 7.5mm 이상이어야 한다.

8.4 단면 계수

8.4.1
그림 12의 단면의 중립축에 대한 단면 계수(cm^3)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$W = n \cdot d^2 \cdot b \cdot v_0^2$$

여기서,

d : 노즐의 내경(m)

b : 노즐의 길이(m)

n : 계수로서 다음에 따른다.

$n = 1.0$: 선회식 노즐

$n = 0.7$: 고정 노즐

8.5 용 접

8.5.1
노즐의 외측 및 내측의 노즐 외판은 가능한 한 이중 연속용접에 의하여 내부 보강링에 용접되어야 한다. 플러그 용접은 외측의 노즐 외판에 대해서만 허용된다.

9. 러더혼 및 슈우피스의 치수

9.1 슈우피스

9.1.1
슈우피스의 z 축에 대한 단면계수(cm^3)는 다음식에 의한 값 이상이어야 한다.

$$W_z = \frac{B_1 \cdot x \cdot k}{80}$$

여기서,

B_1 : **[3.3]** 의 규정에 따른다.

2점지지 타의 경우, 슈우피스의 탄성을 무시하면, 그 지지력은 대략 $B_1 = C_R/2$이다.

x : 각각의 단면의 타축에서의 거리(m)로서, 다음에 따른다.

$x_{min} = 0.5\ell_{50}$

$x_{max} = \ell_{50}$

l_{50} : **그림 13** 및 **[3.3.2]**에 따른다.

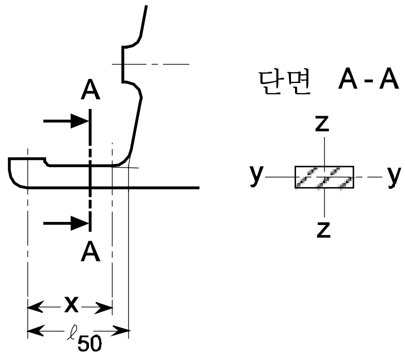


그림 13: 슈유피스

9.1.2
y 축에 대한 단면계수는 다음 이상이어야 한다.

- 러더 포스트 및 타축이 없는 경우

$$W_y = \frac{W_z}{2}$$

- 러더 포스트 또는 타축이 있는 경우

$$W_y = \frac{W_z}{3}$$

9.1.3
$x = l_{50}$ 위치에서의 단면적(mm^2)은 다음 값 이상이어야 한다.

$$A_s = \frac{B_1}{48}k$$

9.1.4
굽힘응력 및 전단응력을 고려한 등가응력은 길이 l_{50} 이내의 어떠한 위치에서도 다음 값 이하로 해서는 아니된다.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2} = \frac{115}{k}$$

여기서,

$$\sigma_b = \frac{B_1 \cdot x}{W_z}$$

$$\tau = \frac{B_1}{A_s}$$

9.2 반 삽형 러더 혼 (일점 탄성지지)

9.2.1

굽힘모멘트(N.m), 전단력(N) 및 비틀림 모멘트(N.m)의 분포는 다음식에 따라 결정된다.

- 굽힘 모멘트 : $M_b = B_1 z$

  $M_{b\max} = B_1 d$
- 전단력 : $Q = B_1$
- 비틀림모멘 트 : $M_T = B_1 e_{(z)}$

초기 부재치수 결정을 위하여 러더 혼의 굽힘을 무시하는 경우, 지지력 B_1(N)은 다음식에 따라 계산하는 것이 가능하다.

$$B_1 = C_R \frac{b}{c}$$

여기서,

b, c, d, $e_{(z)}$ 및 z 는 **그림 14** 및 **그림 15** 에 따른다.

b 는 타면의 중심 위치에서 구한다.

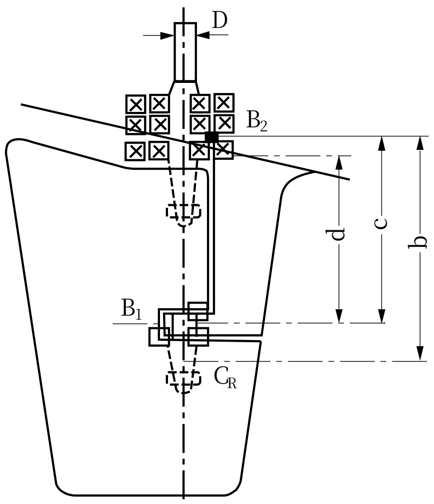


그림 14: 러더혼의 치수

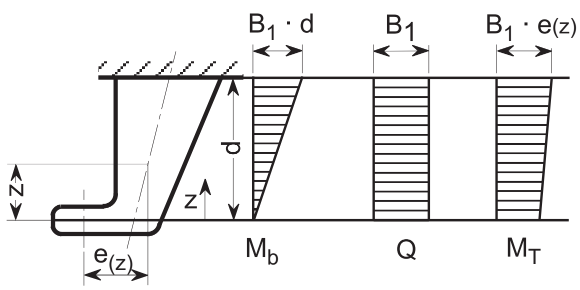


그림 15: 러더혼에 작용하는 하중

9.2.2
러더혼의 횡방향 x 축에 대한 단면계수 (cm^3)는 어떠한 z 위치에 있어서도 다음값 이상이어야 한다.

$$W_x = \frac{M_b \cdot k}{67}$$

9.2.3
러더혼의 어느 단면에 있어서도 전단력 Q 에 의한 전단응력(N/mm^2)은 다음 값 이하이어야 한다.

$$\tau = \frac{48}{k}$$

전단응력은 다음식에 따른다.

$$\tau = \frac{B_1}{A_h}$$

여기서,

A_h : 러더혼의 y 축 방향의 유효전단면적(mm^2)

9.2.4
러더 혼의 어떠한 z 위치에 있어서도, 등가 응력(N/mm^2)은 다음 값 이하이어야 한다.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\left(\tau^2 + \tau_T^2\right)} = \frac{120}{k}$$

여기서,

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_x}$$

$$\tau_T = \frac{M_T \cdot 10^3}{2 \cdot A_T \cdot t_h}$$

여기서,

A_T : 고려하는 위치에 있어서 러더혼에 둘러 쌓인 단면적(mm2)

t_h : 러더혼 판의 두께(mm)

9.2.5
러더 혼의 판 두께를 결정할 때는 **[5.2]** 내지 **[5.4]**을 만족하여야 하고, 두께는 $2.4\sqrt{L \cdot k}$ (mm)이상이어야 한다.

9.2.6
힘을 적절히 전달하기 위해 러더혼의 외판은 종방향 거더에 연결하는 등에 의해 적절히 선미구조와 연결하여야 한다. (**그림 16** 참조).

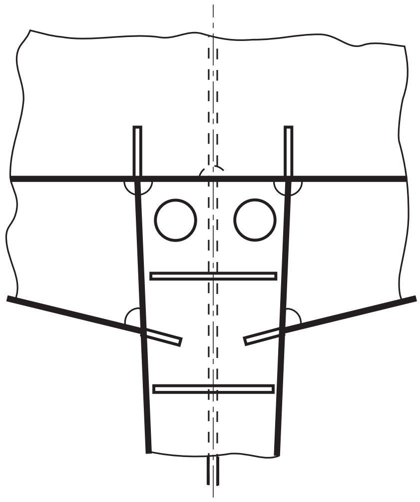


그림 16: 러더혼과 선체구조의 연결

9.2.7
러더 혼의 횡방향 웨브는 충분한 수를 선체에 인접하는 갑판까지 도달하도록 하여야 하며, 적당한 두께를 가지는 것 이어야 한다.

9.2.8
선체와의 완전한 연결을 확보하기 위하여 러더혼의 횡방향 웨브와 동일 선상에 견고한 실체늑판을 설치하여야 한다. 이러한 늑판의 두께는 **6장 1절** 또는 **9장 2절**에 따른 선저 외판두께의 50% 증가된 것이어야 한다.

9.2.9
러더혼은 선미탱크의 중심선 격벽(제수 격벽)과 연결되어야 한다.

9.2.10
러더혼과 외판의 접합하는 부분을 곡면으로 연결하는것으로 하는 경우, 부착되는 개소 중앙부에 있는 A-A 단면에 있어서 러더혼의 요구 단면계수의 약 50%는 횡방향 웨브에 의한 것 이어야 한다. 즉, A-A 단면은 부착부의 곡이 시작되는 위치의 상방 0.7r 의 단면으로 한다. (**그림 17** 참조)

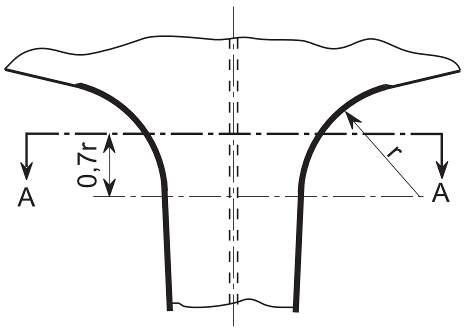


그림 17: 러더혼과 외판의 접합부

9.3 반삽형 러더혼 (이점 탄성지지)

9.3.1 굽힘 모멘트

러더혼의 일반적 단면에 작용하는 굽힘모멘트(N.m)는 다음에 따른다.

- 러더혼의 상부와 하부 지지점 사이

$$M_H = F_{A1}\, z$$

- 러더혼 상부지지점 보다 위쪽

$$M_H = F_{A1}\, z + F_{A2}\,(z - d_{lu})$$

여기서,

F_{A1} : **그림 5**에 따른 러더혼 하부 지지점에서의 지지력(N)으로, B_1 과 동일한 값을 취한다.

F_{A2} : **그림 5**에 따른 러더혼 상부 지지점에서의 지지력(N)으로, B_2 와 동일한 값을 취한다.

z : **그림 19**에 규정하는 길이로 d 미만으로 한다(m).

d_{lu} : **그림 18**에 따른 러더혼 하부와 상부 베어링 사이의 거리(m) ($d_{lu} = d - \lambda$)

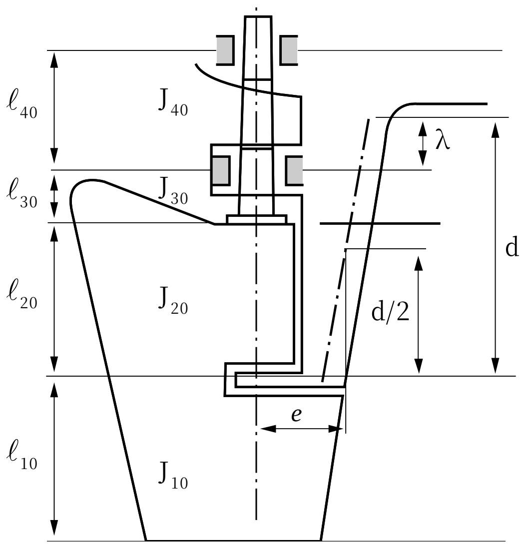


그림 18: 러더혼의 굽힘모멘트 계산을 위한 기하학적 매개변수

9.3.2 전단력

러더혼의 일반적인 단면에 작용하는 전단력 Q_H (N)는 다음에 따른다.

- 하부와 상부 러더혼 베어링 사이

$$Q_H = F_{A1}$$

- 러더혼 상부 베어링의 위쪽

$$Q_H = F_{A1} + F_{A2}$$

여기서,

F_{A1}, F_{A2} : 지지력(N)

9.3.3 토 크

러더혼의 일반적인 단면에 작용하는 토크(N.m)는 다음에 따른다.

- 하부와 상부 러더혼 베어링 사이

$M_T = F_{A1}\, e_{(z)}$

- 러더혼 상부베어링의 위쪽

$M_T = F_{A1}\, e_{(z)} + F_{A2}\, e_{(z)}$

여기서,

F_{A1}, F_{A2} : 지지력(N)

$e_{(z)}$: **그림 19**에 따른 비틀림 모멘트 지지거리(m)

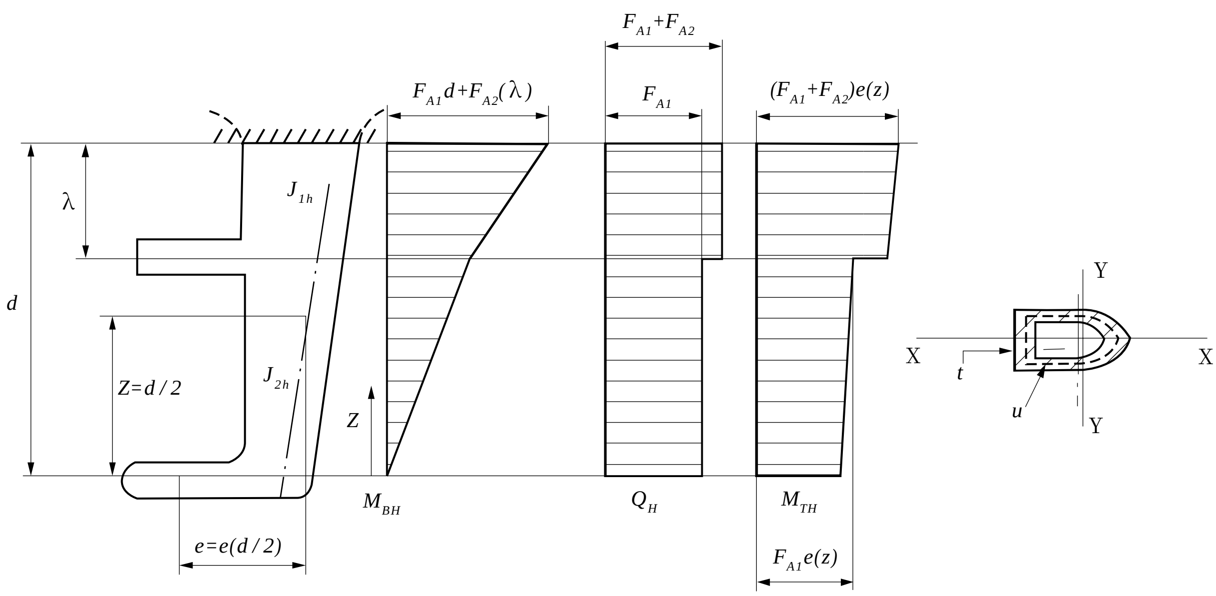


그림 19: 러더 혼 기하학적 매개변수

9.3.4 전단응력 계산

a) 하부와 상부 러더혼 베어링 사이의 일반적인 단면에 대하여 응력은 다음 식으로 계산한다.

τ_S : 전단응력 (N/mm^2)은 다음에 따른다.

$$\tau_s = \frac{F_{A1}}{A_H}$$

τ_T : 중공의 러더혼에 대한 비틀림 응력(N/mm^2)은 다음에 따른다.

$$\tau_T = \frac{M_T 10^3}{2F_T t_H}$$

실체구조의 러더혼에 대해서는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

b) 러더혼 상부베어링보다 위쪽의 일반적인 단면에 대하여 응력은 다음 식으로 계산한다.

τ_S : 전단응력(N/mm^2)은 다음에 따른다.

$$\tau_s = \frac{F_{A1} + F_{A2}}{A_H}$$

τ_T : 중공의 러더혼에 대한 비틀림응력 (N/mm^2)은 다음에 따른다.

$$\tau_T = \frac{M_T 10^3}{2F_T t_H}$$

실체구조의 러더혼에 대해서는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

여기서,

F_{A1}, F_{A2} : 지지력(N)

A_H : y 축방향에 관한 러더혼의 유효전단면적(mm2)

M_T : 토크(N.m)

F_T : 러더혼의 외벽부의 평균면적(m^2)

t_H : 러더혼의 외벽부의 판두께(mm)로서, 임의의 러더혼의 단면에 있어서 τ_T의 최대값은 t_H 가 최소가 되는 위치에서 계산한다.

9.3.5 굽힘응력 계산

그림 14에 규정된 길이 d 범위내의 러더혼의 일반적인 단면에 대하여 응력은 다음 식으로 계산한다.

σ_B : 굽힘응력 (N/mm^2)은 다음에 따른다.

$$\sigma_B = \frac{M_H}{W_X}$$

M_H : 고려하는 단면에서의 굽힘응력(N.m)

W_X : X 축에 대한 단면계수(cm^3) (**그림 19** 참조)

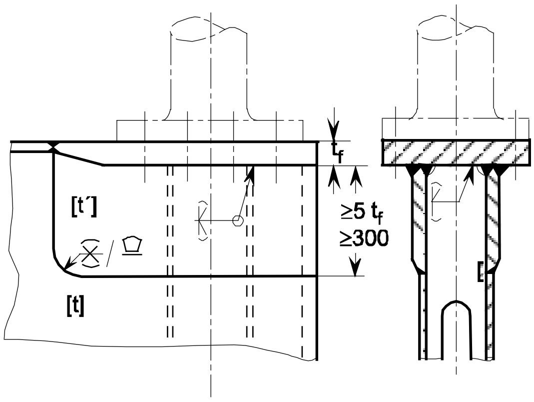
9.3.6 비 고

상기 **[9.2.5]** 내지 **[9.2.10]**의 규정은 이점 탄성지지 타에 대해서도 적용한다.

10. 러더 커플링 플랜지

10.1.1

일체형의 단조, 주조 플랜지 또는 단조, 주조의 용접구조의 플랜지를 사용하지 않는 경우, 타의 수평 커플링 플랜지는 판 두께를 증가한 타 본체의 부재에 **11장 1절**에 규정하는 일면 또는 양면 개선 완전 용입 용접으로 타에 연결되어야 한다. (**그림 20**참조)



t = 타판의 두께(mm)

t_f = 실제 플랜지의 두께 (mm)

$t' = \frac{t_f}{3} + 5$ (mm) 여기서, $t_f < 50mm$

$t' = 3\sqrt{t_f}$ (mm) 여기서, $t_f \ge 50mm$

그림 20: 타의 수평 커플링 플랜지

10.1.2

커플링플랜지는 판 두께방향의 강도저하에 대비하여 적절한 여유를 가지는 것으로 하여야 한다. 필요한 경우, 용접결합의 타당성에 관하여 계산에 의한 검증을 하여야 한다.

10.1.3

타두재 와 플랜지의 용접결합은 **그림 21**에 따른다.

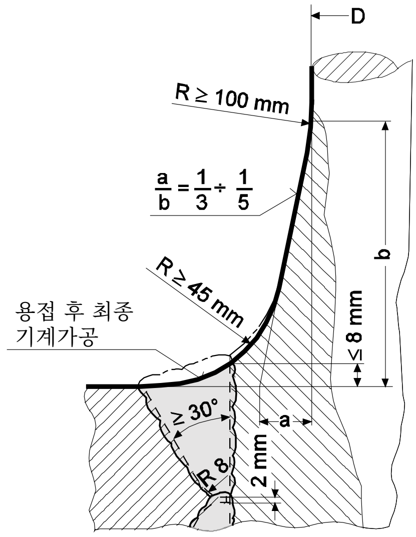


그림 21: 타두재와 커플링플랜지의 용접결합

11. 선회식 추진장치

11.1 일 반

11.1.1 배 치

선회식 추진장치는 다음으로 구성된다. (**그림 22** 참조)

- 조타기
- 베어링
- 선체 지지부
- 시스템의 타기부
- 포드추진 장치의 경우, 전기모터를 내장한다.

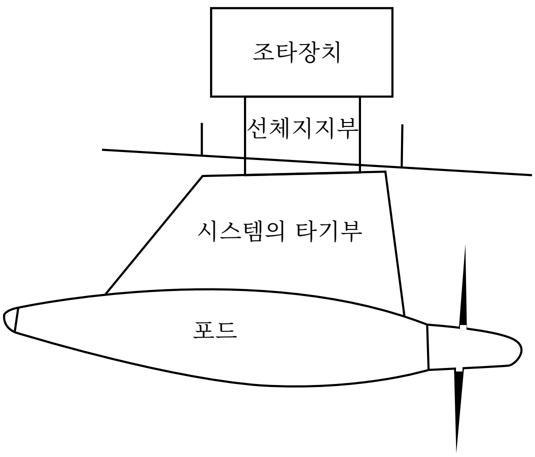


그림 22: 선회식 추진장치

11.1.2 적 용

이 규정은 선체지지부, 타기부 및 포드에 적용한다. 조타기와 베어링은 우리 선급의 관련규정에 적합하여야 한다.

11.1.3 작동조건

선박이 최대속력으로 항해 중에서 선회식 추진장치의 각 현으로의 최대 각도가 설계자에 의해 규정되어야 한다. 일반적으로 최대 선회각도는 어떤 회전방향에 대해서도 35도 미만이어야 한다. 일반적으로 선속에 대한 회전각도가 승인용으로 제출된 경우, 최대 각도 이상의 회전이 인정될 수 있다.

11.2 배 치

11.2.1 도면 승인

포드 및 타기부의 구조적 배치에 대한 도면에 추가하여 선회식 추진장치의 지지부 배치도가 우리 선급에 승인용으로 제출되어야 한다. 지지부의 치수 및 지지부에 작용하는 최대하중이 이 도면에 명시되어야 한다.

11.2.2 고정 장치

선회식 추진장치는 손상상태에서 의도하지 않은 방향으로 추진되지 않도록 장비의 회전을 방지하기 위하여 기계적으로 고정할 수 있어야 한다.

11.3 설계 하중

11.3.1

선회식 추진장치의 판 및 보강재의 치수결정을 위한 면외압은 선박이 최대속력으로 항해 중에서 최대 선회각(양방의 회전방향)에서 결정한다.

- 선회식 추진장치에 작용하는 총힘은 장비의 외부표면에 작용하는 면외압의 총량이다.
- 면외압 및 작용력의 계산서를 우리 선급에 제출하여야 한다.

11.4 판부재

11.4.1 선회식 추진장치의 타기부 판부재

선회식 추진장치의 타기부 판의 두께(mm)는 C_R/A 를 **[11.3]**에 따른 면외압력으로 대체하고 **[5.2.1]**에 따른 것 이상이어야 한다.

11.4.2 포드의 판

포드의 판두께(mm)는 **6장 1절** 혹은 **9장 2절** 에 따른 것 이상이어야 한다.

여기서, 면외압은 **[1.1.3]**에 의해 계산된다.

11.4.3 웨브

포드 추진장치의 타기부 웨브 두께는 **[5.2.3]**에 따른다.

여기서, 면외압은 **[11.3]**에 의해 계산된다.

11.5 일반 보강재

11.5.1 포드의 일반 보강재

포드의 일반보강재 치수는 **6장 2절** 또는 **9장 2절**에 따른 것 이상이어야 한다. 여기서, 면외압은 **[11.3]**에 의해 계산된다.

11.6 1차 지지부재

11.6.1 해석 기준

선회식 추진장치의 1차 지지부재 치수계산는 다음 요건에 따라 직접계산으로 설계자가 실시한다.

- 구조모델은 포드, 추진장치의 타기부, 베어링 및 선체지지부로 구성
- 선회식 추진장치와 선체구조의 결합을 나타내는 경계조건
- **[11.6.2]**에 따른 하중
- 설계자에 의한 직접 계산해석(구조모델, 하중 및 응력계산, 강도평가)을 참고로서 우리 선급에 제출하여야 한다.

11.6.2 하 중

선회식 추진장치의 1차지지부재에 대한 직접계산에서 설계자는 다음의 하중을 고려하여야 한다.

- 중력에 의한 하중
- 부력
- 선박이 최대속력으로 항해 시 각 현으로 회전할 수 있는 최대각에서 계산된 최대하중
- 최대 선회각 이상의 회전각에 상응하는 선속에 대한 조타 가능한 선회각도에 있어서 최대하중 (**[11.1.3]**참조)
- 프로펠러의 역회전에 의한 급정지시의 계산된 최대 하중
- 포드의 180도 선회에 의한 급정지시의 계산된 최대 하중

11.6.3 강도평가

[11.6.2]에 정의된 하중에 대하여 계산된 1차 지지부재의 Von Mises 의 등가응력 σ_E (N/mm^2) 은 다음식에 적합하여야 한다.

$\sigma_E \leq \sigma_{ALL}$

여기서,

σ_{ALL} : 허용응력 (N/mm^2)으로 다음 값 중에서 작은 값에 따른다.

$\sigma_{ALL} = 0.275\ R_m$

$\sigma_{ALL} = 0.55\ R_{eH}$

11.7 선회식 추진장치의 선체지지부

11.7.1 해석 기준

선회식 추진장치의 선체지지부 치수는 **[11.6.1]**의 요건에 따라 설계자에 의해 직접계산으로 한다.

11.7.2 하 중

선회식 추진장치의 선체지지부에 대한 직접계산에서 고려되는 하중은 **[11.6.2]**에 따른다.

11.7.3 강도 평가

[11.6.2]에 규정하는 하중조건에 대하여 계산된 선체지지부의 Von Mises 의 등가응력σ_E (N/mm^2)은 다음 식에 따른다.

$\sigma_E \le \sigma_{ALL}$

여기서,

σ_{ALL} : 허용응력으로 다음에 따른다.

$\sigma_{ALL} = 65 / k_r$

k_r : **[1.4.2]**에 따른 재료계수

σ_{ALL} 보다 큰 σ_E 는 등가응력의 위치와 직접계산 평가의 방법에 따라 개별적으로 우리 선급의 승인을 받아야 한다.

제 2 절 불워크 및 가드레일

1. 일 반

1.1 서 론

1.1.1
이 절의 요건은 건현갑판, 선루갑판 및 건현갑판 상의 갑판실 1층 상부에 설치하는 불워크 및 가드레일의 배치에 적용한다.

1.2 일반사항

1.2.1
건현갑판, 건현갑판 위의 선루갑판, 건현갑판 및 선루갑판 끝단의 갑판실 1층에서 모든 노출부에 효과적인 불워크 또는 가드레일이 설치되어야 한다.

1.2.2
불워크 또는 가드레일의 높이는 갑판으로부터 적어도 1m 이어야 한다. 그러나, 높이가 선박의 통상적인 운항에 지장을 주는 경우에는 적절한 보호조치가 있고 정부 요건에 적합한 경우 그 높이를 낮출 수 있다.

1.2.3
선루가 트렁크로 연결된 경우 건현갑판의 노출부 전체에 대하여 개방레일을 설치한다.

1.2.4
B-100형 선박은 폭로부 길이의 적어도 절반에 대하여 건현갑판 노출부에 개방레일을 설치하거나 **9장 6절 [5.5.2]**에 적합한 방수구를 설치한다.

1.2.5
건현계산에 포함되는 불워크 및 0.6B 이상 너비의 트렁크를 갖는 선박은 폭로부 길이의 적어도 절반에 대하여 트렁크 주위의 건현갑판 노출부에 개방레일을 설치하거나 **9장 6절 [5.3.1]**에 적합한 방수구를 설치한다.

1.2.6
한단 또는 양단이 개방된 선루를 갖는 선박은 선루에 적절한 방수구를 설치한다.

1.2.7
불워크의 하부에 방수구는 **9장 6절 [5]**의 요건에 적합하여야 한다.

2. 불워크

2.1 일반사항

2.1.1
규칙에 따라 불워크는 상단부에 적절한 바로 보강되어야 하고 2.0 m. 이하의 간격에 스테이 또는 브래킷으로 지지되어야 한다. 스테이의 자유변 혹은 브래킷은 보강되어야 한다. 불워크의 스테이 및 빔은 하부의 빔과 일치 하여야 하며 혹은 부분 횡보강재를 이용하여 빔과 연결 되어야 한다. 다른방법으로 스테이의 하부 끝단이 종 보강재에 의해 보강 될수도 있다.

2.1.2
B-60 및 B-100형 선박에서 브래킷 또는 스테이의 전단으로부터 0.07L 까지의 간격은 1.2m 이하이어야 한다.

2.1.3
불워크가 끝나는 곳에서 스테이 또는 브래킷의 치수는 **[2.2]**에 따라 증가시킨다.

2.1.4
규칙에 따라 불워크는 현측후판의 상부끝단 또는 양상측판에 연결되지 않아야 하나 이것이 어려운 경우 연결의 상세가 선급에 개별적으로 검토되어야 한다.

2.2 부재 치수

2.2.1
높이가 1m 를 초과하지 않는 건현갑판상의 불위크, 총두께는 6.5 mm 이상 이어야 한다.

불워크의 높이가 1.8 m 이상인 경우 두께는 같은 위치의 선루 측면에 대한 계산과 동일하다. 불워크의 높이가 1.0 m 와 1.8m 사이인 경우는 선형 보간하여 계산한다.

2.2.2
하역설비에 사용되는 아이플레이트, 계선용 또는 예인용의 호오서홀 또는 페어리더 주위의불워크판과 스테이는 적절히 보강되어야 한다.

2.2.3
선루의 끝단 및 측판이 불워크로 연결되는 부분은 측판과 동일한 두께이어야 하고 이러한 부분의 불워크에 개구가 있는 경우 두께를 증가시키거나 적절한 방법으로 보강되어야 한다.

2.2.4
불워크 하부에 있는 스테이의 단면계수(cm^3)는 다음에 따른 값 이상이어야 한다.

$w = 77 s h_B^2$

여기서,

s : 스테이의 간격(m)

h_B : 상부 끝단과 갑판사이의 불워크 높이(m)

스테이와 갑판의 연결 단면이 상기 단면계수의 계산에 고려되어야 한다. 스테이의 벌브 또는 면재는 갑판에 용접된 경우에만 고려한다. 이 경우 하부 갑판보는 양면 연속용접으로 한다. 갑판에 연결되지 않고 보강재가 있는 스테이의 최소단면계수 계산은 개별적으로 선급에 따른다. 선미부에서 불워크가 현측후판에 연결된 경우 600mm 이하의 너비를 갖는 취부판이 스테이 단면계수 계산에 고려될 수 있다.

2.2.5
불워크의 개구는 선원의 보호를 위하여 적어도 **[3.1.2]**의 요건과 동일하여야 한다. 이 목적으로 수평적으로 배치하는 것을 대신하여 230mm 간격으로 수직 레일 또는 바를 인정할 수 있다.

2.2.6
갑판에 목재화물을 운송하는 선박은 특별한 건현 요건에 적합하여야 한다.

3. 가드레일

3.1 일반사항

3.1.1
가드레일이 있는 경우 선측후판의 상단부가 가능한 한 낮게 유지되어야 한다.

3.1.2
하부의 개구는 230mm 이하이어야 하고 그 상부로는 380mm 이하이어야 한다.

3.1.3
현단 또는 선측후판이 원형으로 된 경우 지주는 평평한 갑판에 위치하도록 한다.

3.1.4
고정식, 제거식 또는 힌지식 지주는 1.5m 정도의 간격으로 설치한다. 적어도 매 세번째 지주는 브래킷 또는 스테이로 지지한다. 제거식 또는 힌지식 지주는 고정시킬 수 있어야 한다.

3.1.5
특별한 경우에 한정된 길이에 대하여 가드레일을 대신하여 와이어로프만 인정할 수 있다. 와이어는 턴버클로 팽팽해져야 한다.

3.1.6
두개의 고정된 지주 또는 불워크 사이에서 가드레일을 대신하여 작은 길이에 한 하여 체인을 인정할 수 있다.

제 3 절 의 장

기 호

이 절에 정의되지 않은 기호는 **1장 4절**을 참조한다.

EN : **[2.1]**에 정의된 의장수

1. 일 반

1.1 일 반

1.1.1

이 절의 요건은 항내 또는 부근 및 보호지역에서 임시적인 계선에 적용한다. 그러므로 이 절의 요건에 적합한 장비는 악천후의 완전 노출 해안에서 또는 움직이거나 표류하는 선박을 지탱하는 용도가 아니다.

1.1.2

이 절의 요건에 적합한 장비는 앵커가 끌리지 않는 해저 지반에서 선박을 지탱하는 용도이다. 파지 지반이 불량한 경우 앵커의 파지력은 현저히 감소된다.

1.1.3

묘박장치에 대한 의장수(EN)는 조류 2.5m/s, 풍속 25m/s 및 체인의 방출길이와 해수깊이의 비가 6에서 10을 고려한 것이다.

1.1.4

평상시 선박은 한 개의 앵커를 사용하는 것으로 한다.

2. 의장수

2.1 의장수

2.1.1 일 반

모든 선박은 의장수 EN 에 따라 **표 1**과 같이 앵커 및 앵커체인(**[3.3.5]**에 따른 로프)을 설치하여야 한다. 일반적으로 스톡리스앵커를 적용한다. 의장수가 16000을 넘는 선박은 설비의 결정에서 개별적으로 선급의 승인이 있어야 한다.

표 1: 설비

의장수		스톡리스앵커		스터드 앵커체인			
		수(1)	단량(kg)	길이(m)	지름 (mm)		
넘고	이하				제1종	제2종	제3종
50	70	2	180	220.0	14.0	12.5	
70	90	2	240	220.0	16.0	14.0	
90	110	2	300	247.5	17.5	16.0	
110	130	2	360	247.5	19.0	17.5	
130	150	2	420	275.0	20.5	17.5	
150	175	2	480	275.0	22.0	19.0	
175	205	2	570	302.5	24.0	20.5	
205	240	3	660	302.5	26.0	22.0	20.5
240	280	3	780	330.0	28.0	24.0	22.0
280	320	3	900	357.5	30.0	26.0	24.0
320	360	3	1020	357.5	32.0	28.0	24.0
360	400	3	1140	385.0	34.0	30.0	26.0
400	450	3	1290	385.0	36.0	32.0	28.0
450	500	3	1440	412.5	38.0	34.0	30.0
500	550	3	1590	412.5	40.0	34.0	30.0
550	600	3	1740	440.0	42.0	36.0	32.0
600	660	3	1920	440.0	44.0	38.0	34.0
660	720	3	2100	440.0	46.0	40.0	36.0
720	780	3	2280	467.5	48.0	42.0	36.0
780	840	3	2460	467.5	50.0	44.0	38.0
840	910	3	2640	467.5	52.0	46.0	40.0
910	980	3	2850	495.0	54.0	48.0	42.0
980	1060	3	3060	495.0	56.0	50.0	44.0
1060	1140	3	3300	495.0	58.0	50.0	46.0
1140	1220	3	3540	522.5	60.0	52.0	46.0
1220	1300	3	3780	522.5	62.0	54.0	48.0
1300	1390	3	4050	522.5	64.0	56.0	50.0
1390	1480	3	4320	550.0	66.0	58.0	50.0
1480	1570	3	4590	550.0	68.0	60.0	52.0
1570	1670	3	4890	550.0	70.0	62.0	54.0
1670	1790	3	5250	577.5	73.0	64.0	56.0
1790	1930	3	5610	577.5	76.0	66.0	58.0
1930	2080	3	6000	577.5	78.0	68.0	60.0
2080	2230	3	6450	605.0	81.0	70.0	62.0
2230	2380	3	6900	605.0	84.0	73.0	64.0
2380	2530	3	7350	605.0	87.0	76.0	66.0
2530	2700	3	7800	632.5	90.0	78.0	68.0
2700	2870	3	8300	632.5	92.0	81.0	70.0
2870	3040	3	8700	632.5	95.0	84.0	73.0
3040	3210	3	9300	660.0	97.0	84.0	76.0
3210	3400	3	9900	660.0	100.0	87.0	78.0
3400	3600	3	10500	660.0	102.0	90.0	78.0
3600	3800	3	11100	687.5	105.0	92.0	81.0
3800	4000	3	11700	687.5	107.0	95.0	84.0
4000	4200	3	12300	687.5	111.0	97.0	87.0
4200	4400	3	12900	715.0	114.0	100.0	87.0
4400	4600	3	13500	715.0	117.0	102.0	90.0

(1) **[3.2.4]** 참조

2.1.2 선박의 의장수
의장수 EN 은 다음 수식에 따른다.

$EN = \Delta 2/3 + 2\, h\, B + 0.1\, A$

여기서,

Δ : 하기만재흘수선에 대한 형배수량(t)

h : 하기만재흘수선에서 갑판실 상부까지의 유효높이로 다음 수식에 따른다.

$h = a + \Sigma\, h_n$

h 계산에서 현호와 트림은 고려하지 않는다.

a : 선박 중앙의 하기만재흘수선에서 상갑판까지 길이(m)

h_n : $B/4$이상의 너비를 갖는 선루 또는 갑판실의 n 번째 층의 중심선에서 높이(m).
$B/4$를 초과하는 너비를 갖는 갑판실이 $B/4$이하 너비를 갖는 갑판실 상부에 있는 경우 하부 갑판실의 높이는 무시한다.

A : 하기만재흘수선 상부로 길이 L 내에 있고 B/4이상의 너비를 갖는 선체, 선루 및 갑판실의 측면적(m^2)

높이가 1.5m 이상인 고정된 스크린 또는 불워크는 h 및 A 계산에서 갑판실의 일부로 간주한다. 특히, **그림 1**에서 빗금 부분을 포함한다. 해치코밍 및 콘테이너 같은 갑판화물의 높이는 h 및 A 계산에서 제외할 수 있다.

3. 의 장

3.1 일반사항

3.1.1
모든 묘박설비, 예인비트, 계선볼라드, 페어리더 클리트 및 아이볼트는 설계하중에 사용할 수 있도록 제작 및 선체에 취부 되어야 한다.

3.1.2
묘박설비는 체인이 손상되거나 엉키지 않도록 하여야 하고 모든 작동 조건에서 앵커를 보호하여야 한다.

3.2 앵 커

3.2.1 일반사항
앵커의 치수는 다음 요건에 적합하여야 한다. 앵커는 승인도에 따라 제작 및 검사되어야 한다.

3.2.2 일반앵커
각 앵커의 무게는 **표 1**에 따른다. 총 앵커의 무게가 **표 1**이상인 경우 각 앵커의 무게는 기준에서 ± 7%의 오차를 인정한다. 핀과 부속품을 포함하여 스톡리스앵커의 해드 무게는 앵커 무게의 60% 이상이어야 한다. 스톡앵커의 경우 스톡을 제외한 앵커의 무게는 표 1의 스톡리스앵커 무게의

80%이상이어야 한다. 스톡의 무게는 연결섀클을 포함하고 스톡을 제외한 앵커의 무게 25%이상이어야 한다.

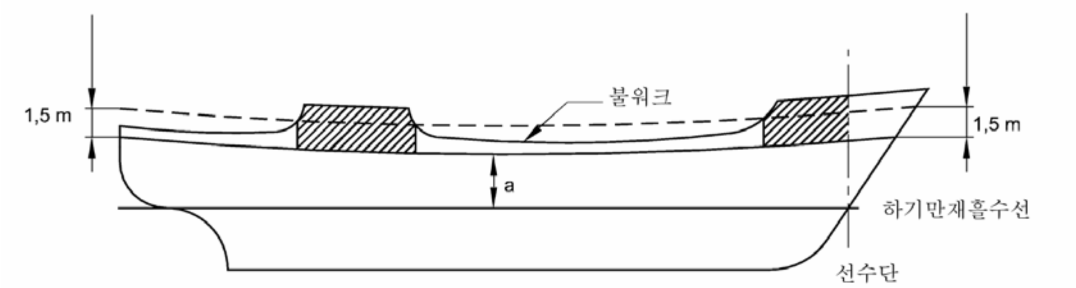


그림 1: 의장수에 포함되는 불워크 또는 고정스크린의 유효면적

3.2.3 고파지력 및 초고파지력 앵커

선급의 재료에 대한 적용요건에 따라 승인된 일반앵커보다 파지력이 높은 고파지력(HHP) 및 초고파지력(VHHP) 앵커는 사전 조율이나 해저면의 놓음에 대한 특별한 고려를 필요로 하지 않는다. 선수앵커로 사용되는 고파지력 또는 초고파지력 앵커는 각 앵커의 무게가 **표 1**의 일반 스톡리스 앵커의 75% 또는 50%이상이어야 한다. 일반적으로 초고파지력 앵커는 1500kg 이하이다.

3.2.4 세 번째 앵커

세 개의 앵커가 있는 경우, 두 개는 체인에 연결하고 항시 사용할 수 있도록 위치하여야 하고, 세 번째 앵커는 예비품으로 이용할 수 있으나 선급에서는 요구하지는 않는다. .

3.2.5 고파지력 앵커의 승인검사

고파지력 앵커의 승인을 위하여 다양한 해저 상태에 대하여 시험을 실시한다. 이러한 시험으로 고파지력 앵커의 파지력이 적어도 같은 무게의 보통 스톡리스 앵커 파지력의 두 배이어야 한다. 고파지력 앵커의 무게 범위에 대한 승인에서 시험은 무게 범위의 대표적인 앵커 크기에 대하여 실시한다. 이때 적어도 두 종류의 크기에 대하여 시험을 실시한다. 승인되는 최대 크기의 무게는 시험되는 최대 크기의 10배 이하이어야 하며, 최소 무게는 시험 최소 무게의 0.1배 이상이어야 한다.

3.2.6 초고파지력 앵커 승인시험

초고파지력 앵커의 승인에서 적어도 세 가지 해저 형태 즉 부드러운 진흙 혹은 개흙, 모래 혹은 자갈 그리고 단단한 진흙 혹은 비슷한 조합물질에서 시험을 실시한다. 이러한 시험으로 초고파지력 앵커의 파지력이 적어도 같은 무게의 보통 스톡리스 앵커 파지력의 네 배 또는 같은 무게의 고파지력 앵커 파지력의 두 배이어야 한다. 파지력 시험하중은 재료에 대한 선급규칙에 따른 앵커의 내력하중 이하로 한다. 초고파지력 앵커의 무게 범위에 대한 승인에서 시험은 무게 범위의 대표적인 앵커 크기에 대하여 실시한다. 이때 적어도 세 종류의 크기 즉 무게 범위의 상위, 중위 및 하위에 대하여 시험을 실시한다.

3.2.7 고파지력 및 초고파지력 앵커의 시험요건

일반적으로 시험은 예인선으로 실시한다. 해안에서 시험은 개별적으로 선급의 승인을 득한다. 시험할 앵커와 동일 형식의 기존 승인된 앵커의 비교에 의한 해상 시험은 개별적으로 선급의 승인에 의한다. 각 크기에 대하여 시험을 위한 두 개의 앵커(고파지력앵커 시험을 위한 일반스톡리스앵커와 고파지력앵커, 초고파지력앵커 시험을 위한 일반스톡리스앵커와 초고파지력앵커, 일반스톡리스앵커가 없는 경우 고파지력앵커와 초고파지력앵커)는 같은 무게이어야 한다. 무게에 적합한 직경으로 각 앵커에 연결되는 체인의 길이는 생크를 수평하게 끌 수 있어야 한다. 이 목적을 위하여 방출된 체인의 길이와 해수 깊이의 비는 보통 10이어야 한다. 이 비가 작으면 개별적으로 선급의 승인을 득하여야 한다. 각 앵커와 해저 형태에 따라 세번의 시험을 한다. 끄는 힘은 동력계로 측정하며, 동력계 대신에 예인선의 RPM 및 볼라드인력의 곡선으로 인정될 수 있다. 앵커의 복원이나 파괴의 가능성에 관하여 주의를 한다.

3.3 앵커체인

3.3.1 재료

앵커체인은 강의 종류 및 제조형식에 따라 제1종, 제2종 또는 제3종으로 구분한다. 앵커체인에 사용된 재료의 종류 및 제조방법은 각 제작자마다 선급의 승인을 받아야 한다. 체인을 만드는 소재와 체인완성품은 선급의 재료 규칙에 적합하도록 시험한다. 제1종으로 만든 앵커체인은 고파지력 또는 초고파지력 앵커에 사용하지 않는다.

3.3.2 스터드붙이 체인의 치수

스터드붙이체인의 무게 및 치수는 선급의 규칙에 적합하여야 하고 직경은 **표 1** 이상이어야 한다.

3.3.3 스터드없는 체인

의장수 90미만의 선박은 **[3.3.1]**에서의 정의와 같이 내력하중에 동일한 강도이고 사용강의 등급이 동일한 경우 스터드붙이 앵커체인을 대신하여 스터드없는 체인을 선급이 인정할 수 있다.

3.3.4 앵커체인의 배치

앵커체인은 각 27.5m 이고 디(Dee)형 또는 러그리스(Lugless)형 섀클로 연결되어야 한다. **표 1**에 따른 앵커체인의 총길이는 두 개의 앵커에 같은 길이로 나눈다. 다만, 다르게 배치되는 경우 개별적으로 선급의 판단에 따른다. 선박이 2.5m/s 이상의 조류에 묘박하는 경우 선급은 더 무거운 체인을 요구할 수 있다.

3.3.5 와이어로프

스터드 붙이 또는 쇼트체인을 대신하여 다음과 같은 경우에 와이어로프가 사용될 수 있다.

- 선박의 길이가 30m 미만인 경우 양쪽 앵커에 와이어로프
- 선박의 길이가 30m 에서 40m 사이인 경우 한쪽 앵커에 와이어로프

상기 와이어로프는 총길이가 **표 1**에 따른 스터드붙이 체인길이의 1.5배이어야 하고 최소파단하중이 스터드붙이 체인에 상응하여야 한다. (**[3.3.2]**참조) 12.5m 또는 앵커의 격납위치와 윈치 사이의 길이 중에서 작은 길이로 와이어로프와 앵커 사이에 짧은 체인을 연결한다.

3.4 부속품

3.4.1 일반사항

앵커체인이 디(Dee)형 일반섀클로 서로 연결된 경우 앵커는 첫째 체인의 링크에 디(Dee)형 앤드섀클로 연결할 수 있다. 분리형 링크는 Dee 형 앤드섀클을 대신하여 사용될 수 있다. 이러한 경우 **[3.4.2]**에 따른 직경이 증가된 앤드링크는 생략된다. 여러 길이의 체인이 러그리스 섀클로 연결되고 직경이 증가된 링크가 있는 경우 앵커는 특별한 페어(pear)모양의 러그가 없는 끝단 샤클 또는 부속품의 부착으로 첫째 체인에 연결할 수 있다.

3.4.2 치수

부속품의 직경은 **표 2** 이상이어야 한다. 부속품은 직경이 증가된 스터드링크와 앤드링크 사이의 다음 품목들로 구성된다.

- 직경이 1.2d 인 스위블
- 직경이 1.1d 인 증가된 스터드링크

다른 구성품인 경우 개별적으로 선급의 승인에 따른다.

표 2: 부속품의 직경

부 착 품	직 경 (mm)
단말 샤클	1.4d
개방 단말 링크	1.2d
확장 스터드 링크	1.1d
보통 스터드링크	d
러그리스(Lugless) 샤클	d
여기서, d : 보통 링크의 직경(mm)	

3.4.3 재 료

연결섀클과 앤드섀클의 강도는 연결되는 체인의 강도와 동일하여야 하고 선급규칙에 따라 시험하여야 한다.

3.4.4 예비부속품

예비의 페어(pear) 러그리스 끝단 샤클 또는 부속품은 예비앵커의 사용이 가능하도록 하여야 한다.

3.5 토우라인 및 무어링라인

3.5.1 일 반

표 3에 따른 토우라인은 예인선 또는 다른 선박으로 예인되는 선박의 부속품이어야 한다.

3.5.2 재 료

토우라인 및 계선라인은 와이어, 자연섬유, 합성섬유 또는 와이어와 섬유의 혼합물일 수 있다. **표 3**에 따른 절단강도는 와이어 또는 자연섬유로프에 참조한다. 와이어 및 자연섬유로프는 선급규칙에 따라 시험한다.

3.5.3 와이어

와이어는 아연도금되고 **표 4**에 따른 형식이어야 한다. 와이어가 윈치드럼에 손상되는 경우 계선윈치에 사용되는 와이어는 섬유심재 대신으로 금속심재로 제작될 수 있다. 일반적으로 와이어는 금속심재에 추가하여 186 스레드 이상이어야 한다.

표 3: 토우라인 및 무어링라인

의장수		토우라인[1]		무어링라인		
넘고	이하	최소길이	절단하중(kN)	수[2]	각 길이 (m)	절단하중(kN)
50	70	180	98.1	3	80	34
70	90	180	98.1	3	100	37
90	110	180	98.1	3	110	39
110	130	180	98.1	3	110	44
130	150	180	98.1	3	120	49
150	175	180	98.1	3	120	54
175	205	180	112	3	120	59
205	240	180	129	4	120	64
240	280	180	150	4	120	69
280	320	180	174	4	140	74
320	360	180	207	4	140	78
360	400	180	224	4	140	88
400	450	180	250	4	140	98
450	500	180	277	4	140	108
500	550	190	306	4	160	123
550	600	190	338	4	160	132
600	660	190	371	4	160	147
660	720	190	406	4	160	157
720	780	190	441	4	170	172
780	840	190	480	4	170	186
840	910	190	518	4	170	201
910	980	190	550	4	170	216

의장수		토우라인[1]		무어링라인		
넘고	이하	최소길이	절단하중(kN)	수[2]	각 길이 (m)	절단하중(kN)
980	1060	200	603	4	180	230
1060	1140	200	647	4	180	250
1140	1220	200	692	4	180	270
1220	1300	200	739	4	180	284
1300	1390	200	786	4	180	309
1390	1480	200	836	4	180	324
1480	1570	220	889	5	190	324
1570	1670	220	942	5	190	333
1670	1790	220	1024	5	190	353
1790	1930	220	1109	5	190	378
1930	2080	220	1168	5	190	402
2080	2230	240	1259	5	200	422
2230	2380	240	1356	5	200	451
2380	2530	240	1453	5	200	481
2530	2700	260	1471	6	200	481
2700	2870	260	1471	6	200	490
2870	3040	260	1471	6	200	500
3040	3210	280	1471	6	200	520
3210	3400	280	1471	6	200	554
3400	3600	280	1471	6	200	588
3600	3800	300	1471	6	200	612
3800	4000	300	1471	6	200	647
4000	4200	300	1471	7	200	647
4200	4400	300	1471	7	200	657
4400	4600	300	1471	7	200	667
4600	4800	300	1471	7	200	677
4800	5000	300	1471	7	200	686
5000	5200	300	1471	8	200	686
5200	5500	300	1471	8	200	696
5500	5800	300	1471	8	200	706
5800	6100	300	1471	9	200	706
6100	6500			9	200	716
6500	6900			9	200	726
6900	7400			10	200	726
7400	7900			11	200	726
7900	8400			11	200	735
8400	8900			12	200	735
8900	9400			13	200	735

의장수		토우라인(1)		무어링라인		
넘고	이하	최소길이	절단하중(kN)	수(2)	각 길이 (m)	절단하중(kN)
9400	10000			14	200	735
10000	10700			15	200	735
10700	11500			16	200	735
11500	12400			17	200	735
12400	13400			18	200	735
13400	14600			19	200	735
14600	16000			21	200	735

(1) 토우라인은 강제적인 것은 아니며, 이것은 선박의 길이 180 m 이상의 선박에 권고 된다.
(2) **[3.5.4]** 참조

표 4: 와이어 구성

절단하중(kN)	와이어 구성		
	소 선 수	최종인장강도(N/mm²)	와이어 구성
$BL < 216$	72	1420 ~ 1570	7섬유심재 6스트랜드
$216 < BL < 490$	144	1570 ~ 1770	7섬유심재 6스트랜드
$BL > 490$	216 or 222	1770 ~ 1960	1섬유심재 6스트랜드

3.5.4 무어링라인의 수

각 무어링라인의 절단하중이 490kN 을 초과할 때 선박 라인의 총 절단하중이 **표 3**을 초과한 경우 강도가 작으면서 **표 3** 보다 무어링라인의 수가 많거나 **표 3** 미만인 경우 강도가 크면서 표3보다 계선라인의 수가 적은 것을 인정할 수 있다. 어느 경우든지 라인의 수는 6이상이어야 하고 각 라인의 절단하중은 490kN 을 초과하여야 한다.

3.5.5 무어링라인의 길이

각 무어링라인의 길이는 총길이가 **표 3**에 따른 것의 합보다 큰 경우 표 3에 따른 것의 7%까지 경감할 수 있다.

3.5.6 합성섬유로프와 자연섬유로프의 절단하중 등가

일반적으로 섬유로프는 폴리아미드 또는 다른 동등 합성섬유로 만든다. 합성섬유로프와 자연섬유로프 절단하중(kN)의 등가는 다음 수식에 따른다.

$$B_{LS} = 7.4\delta\left(B_{LN}\right)^{8/9}$$

여기서,

δ : 합성섬유로프의 연신율로 30%이상이다.

3.6 호오스 파이프

3.6.1

호오스파이프는 적절한 기준에 따라 제작한다. 위치 및 기울기는 작동으로 인한 선체 손상을 피하며, 체인을 잘 인도하고 앵커의 효과적인 격납이 되도록 배치한다. 이를 위하여 체인의 크기에 적합한 마찰방지판을 갑판 및 외판에 설치한다. 호오스파이프 주위의 외판은 적절히 보강한다.

3.6.2

체인을 잘 인도하기 위하여 호오스파이프는 롤러를 설치할 수 있다. 이 롤러의 직경은 완전임프린트(imprint)이면 체인 크기의 10배 이상, 부분적인 임프린트(imprint)이면 12배 이상이어야 한다.

3.6.3

팀버, 승강 스토퍼 등과 같이 모든 계류설비는 검사원의 검사를 득하여야 한다.

3.7 윈들라스

3.7.1 일 반

윈들러스는 동력 구동이고 체인의 크기와 앵커의 무게에 적합하여야 한다. 윈들라스는 체인을 호오스파이프로 잘 인도하도록 적절히 위치하여야 한다. 윈들라스 주위의 갑판은 적절히 보강한다.

3.7.2 연속 인장력의 계산에서 가정

연속 인장력(P_C)의 계산에서 윈들라스는 다음 조건에서 동력이 공급되어야 한다.

- 일반스톡리스앵커
- 뷰폿 6의 풍력
- 3노트의 조류속도
- 묘박 깊이 10m
- 부력 및 호오스파이프의 효율(70%로 가정)을 감안한 P_C
- 여유치를 제외한 선급 규칙에 따른 앵커의 무게
- 앵커는 한번에 하나를 들어 올림

부력 때문에 체인의 무게가 선급 규칙보다 작아지며, 단위 길이당 무게(kg/m)는 다음의 수식에 따른다.

$m_L = 0.0218\, d^2\, d$

여기서,

d : 체인의 직경(mm)

3.7.3 연속 인장력의 계산

[3.7.2]의 가정에 따르며, 윈들러스 동력은 표 5에 따른 연속 인장력이 적어도 30분간 공급되어야 한다.

표 5: 연속 인장력

체인의 재료	연속 인장력(kN)
연강	$P_C = 0.0375\ d^2$
고장력강	$P_C = 0.0425\ d^2$
초고장력강	$P_C = 0.0475\ d^2$
여기서, d : 체인의 직경(mm).	

3.7.4 일시 과부하

윈들라스의 동력은 앵커를 올리기 위하여 일시 과부하가 필요하다. 일시 과부하는 연속 인장력의 1.5배 이상이어야 하고 2분을 유지하여야 한다. 과부하 상태의 속도는 **[3.7.5]**에 따른 보통 속도 미만일 수 있다.

3.7.5 권양속도

앵커 및 체인을 감아 올리는 속도는 평균 0.15m/s 이상이어야 한다. 속도는 3연(82.5m)를 수중으로 내린 상태에서 2연에 대하여 측정한다.

3.7.6 윈들러스 제동

윈들러스 제동은 동력의 단절 상태에서 앵커 및 체인을 멈출 수 있는 충분한 능력이 있어야 한다. 증기로 구동되지 않는 윈들러스는 역지장치가 있어야 한다. 브레이크 붙이 윈드러스 및 케이블 승강 크러치는 응력부의 영구 변형 또는 미끄러짐 없이 체인의 절단 하중의 45%를 견디어야 한다.

3.7.7 체인 스토퍼

체인 스토퍼가 설치된 경우 이는 체인의 절단 하중 80%를 견디어야 한다. 체인 스토퍼가 없는 경우 윈들러스는 응력부의 영구 변형 또는 미끄러짐 없이 체인의 절단 하중의 80%를 견디어야 한다.

3.7.8 파랑하중

하기만재흘수선으로부터 폭로갑판의 높이가 0.1L 또는 22m 중 작은 것 미만인 경우 선수 L/4 내에 위치한 윈들러스의 고정장치는 파랑에 대하여 보호를 하여야 한다. 파랑압력 및 적용 면적은 다음에 따른다. (**그림 2** 참조)

- 축방향에 수직하게 200 kN/m^{2}를 작용 및 그 방향에 대한 투영면적
- 축방향에 수평하게 150 kN/m^{2}를 내측/외측으로 구분하여 작용 및 그 방향에 대한 투영면적의 f 배

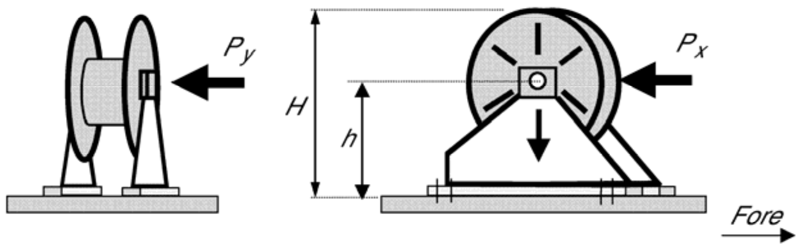
여기서,

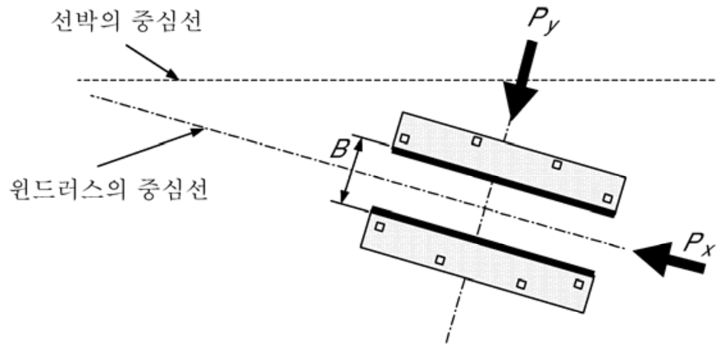
f : $f = 1 + B/H$, 단 2.5이하

B : 축에 수평하게 측정한 윈들러스의 너비

H : 윈들라스의 높이

계선 윈치가 윈들라스와 통합체인 경우 윈들러스로 취급한다.





비고 : Py는 [3.7.8]과 같이 선내 및 선외 각각의 방향으로부터 검토 되어야 한다.
Py가 그림과 같이 반대방향으로부터 올 때 yi의 부호규칙은 반대로 된다.

그림 2: 힘과 무게의 방향

3.7.9 파랑하중에 대한 윈들러스 고정장치에서의 힘

윈들러스를 갑판에 고정하는 볼트, 초크 및 스토퍼에서 힘은 **[3.7.8]**에 따른 파랑하중을 고려하여 계산한다. 윈들러스는 N 볼트 그룹으로 지지된다. (**그림 3** 참조)

볼트 그룹에 작용하는 축력 Ri 는 인장이 양의 값이며, 다음 수식에 따른다.

$$R_{xi} = P_x\, h_{xi}\, A_i / I_x$$

$$R_{yi} = P_y\, h_{yi}\, A_i / I_y$$

$$R_i = R_{xi} + R_{yi} - R_{si}$$

여기서,

P_x : 축에 수직으로 작용하는 힘(kN)

P_y : 축에 수평으로 작용하는 내측 또는 외측 중에서 큰 힘(kN)

H : 윈들러스 지지대 위로 축까지의 높이(cm)

x_i, y_i : N 볼트 그룹의 중심에서 i 볼트 그룹까지의 x 및 y 의 좌표계

A_i : i 그룹의 전체 볼트 단면적(cm^2)

I_x, I_y : N 볼트그룹에 대한 관성력

$$I_x = \Sigma A_i\, x_i^2$$

$$I_y = \Sigma A_i\, y_i^2$$

R_i : 윈들러스 자중으로 인한 i 볼트 그룹에서 정반력(kN)

i 볼트그룹에 작용하는 전단력 F_{xi} , F_{yi} 및 조합력 F_i (kN)는 다음 수식에 따른다.

$$F_{xi} = (P_i - \alpha\, g\, M) / N$$

$$F_{yi} = (P_y - \alpha\, g\, M) / N$$

$$F_i = (F_{xi}^2 + F_{yi}^2)^{0,5}$$

여기서,

α : 마찰계수로 0.5

M : 윈들러스의 질량(ton)

N : 볼트그룹의 수

축 인장/압축력 및 면압력은 지지구조물의 설계에 고려한다.

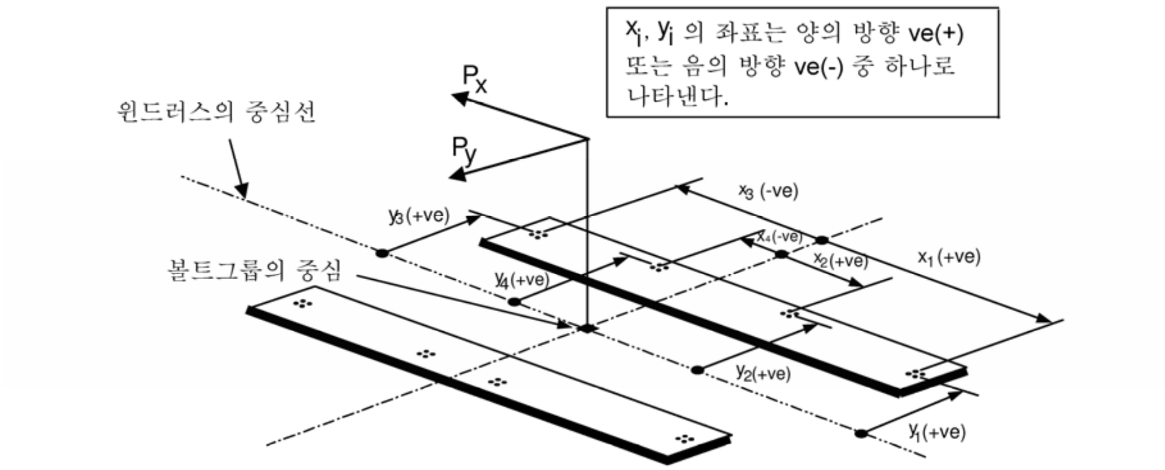


그림 3: 부호 규칙

3.7.10 앵커 및 체인에 대한 윈들러스의 강도기준

윈들러스의 각 부와 스토퍼에서 응력은 사용되는 재료의 항복응력 미만이어야 한다.

상기 응력의 계산에서 다음 사항에 주의한다.

- 각종 응력집중
- 동력 및 체인의 갑작스런 구동에 의한 동하중
- 계산방법 및 근사치

3.7.11 윈들러스 고정장치의 강도기준

i 볼트 그룹의 각 볼트에서 축인장응력은 **[3.7.9]**에 따라 계산한다. **[3.7.9]**에 따라 계산되는 수평력 F_{xi} 및 F_{yi} 는 전단초크에 의해 지지된다. 취부된 볼트가 한방향 또는 양방향에서 전단력을 지지하도록 설계된 경우에는 각 볼트에서의 등가 Von Mises 응력 σ (N/mm^2)는 다음 수식에 따른다.

$\sigma \le 0.5\ \sigma_{BPL}$

여기서, σ_{BPL} 는 내력에 의한 볼트의 응력

합성수지가 사용된 경우 계산에서 특별히 고려한다.

3.7.12 갑판과의 연결

윈들라스 및 스토퍼는 갑판에 효과적으로 설치하여야 한다.

3.8 체인스토퍼

3.8.1

체인스토퍼는 일반적으로 선박이 묘박하고 있을 때 체인에 의한 윈들러스에 작용하는 인장을 감소시키기 위하여 윈들러스와 호오스파이프 사이에 설치한다. 체인스토퍼는 체인의 절단하중 80%를 견디어야 한다. 체인스토퍼 주위의 갑판은 보강한다. 같은 목적으로 일부의 체인이 격납된 앵커 무게를 지탱하도록 사용될 수 있으나 이는 체인스토퍼로 간주하지 않는다.

3.8.2

윈들러스와 호오스파이프가 거리가 멀고 체인스토퍼가 없는 경우 체인이 윈들러스에 잘 인도되도록 적절한 배치가 필요하다.

3.9 체인로커

3.9.1

체인로커의 크기는 모든 체인을 넣을 수 있고 윈들러스에 쉽게 인도되도록 하여야 한다.

3.9.2

두 개의 체인을 상용하는 경우 체인로커도 두 구획으로 하고 각각 하나의 체인을 모두를 넣을 수 있어야 한다.

3.9.3

체인의 선박쪽 끝단은 선박 구조의 적절히 보강된 부착물에 섀클로 고정되어야 한다. 일반적으로 이러한 부착물은 체인의 절단하중 15%이상을 견디어야 한다. 유사시 부착물은 체인로커 외부로 쉽게 이탈이 되어야 한다.

3.9.4

체인로커는 충돌격벽 후방에 위치하고 쥐위 격벽은 수밀이고 배수장치를 설치한다.

3.10 페어리더 및 볼라드

3.10.1

페어리더 및 볼라드는 예인, 계선에 적합한 크기 및 설계로 취부되어야 한다.

11 편 11 장

구조 및 시험

제 1 절 건 조

1. 구조의 상세

1.1 따낸 개구부, 판의 모서리

1.1.1

창구 모서리, 따낸 개구부의 절단면은 적절히 가공처리되어야 하며 또한 노치가 없어야 한다. 원칙적으로 절단면의 드래그라인 등을 그대로 두고 용접해서는 안되며 완만하게 그라인딩 처리를 하여야 한다. 모든 모서리는 적절한 둥근 모양이 되도록 하여야 한다.

열 또는 기계로 절단한 판재 또는 면재의 절단면은 그 모서리가 예리해서는 안되며, 위에 규정한 대로 마무리하여야 한다. 이 규정은 절단면의 드래그라인 등, 특히 강력갑판의 상부 가장자리 및 이와 유사하게 용접이음부, 단면변화부 또는 구조상의 불연속부에도 적용되어야 한다.

1.1.2

해치 개구 모서리는 기계 절단(machine cut)하여야 한다.

1.2 냉간가공

1.2.1

판을 냉간가공할 때, 최소평균 굽힘반경은 판두께의 3배보다 작아서는 안된다. 균열의 방지를 위하여 냉간가공 전에 열적 절단자국(flame cutting flash) 또는 기계가공 자국(sheering burrs)을 제거하여야 한다. 냉간가공후 모든 구조부재, 특히 굽힘 끝단부의 판 가장자리에 대하여는 균열의 발생 여부에 대하여 검사하여야 한다. 가장자리 균열이 무시할 수 있을 정도로 사소한 경우를 제외하고는 모든 균열이 발생한 부재는 불합격으로 처리되어야 한다. 보수용접은 허용되지 않는다.

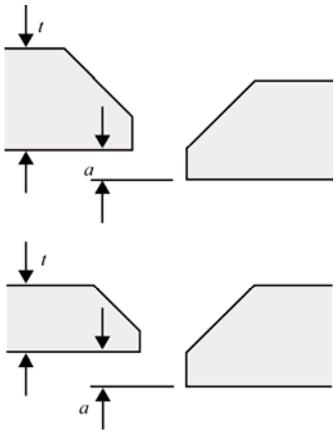
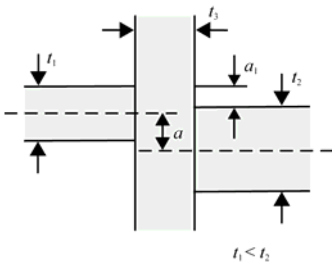
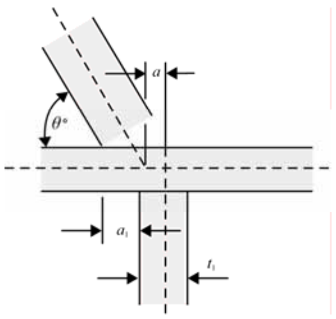
1.3 조립, 정렬(alignment)

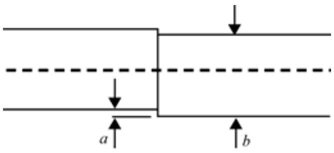
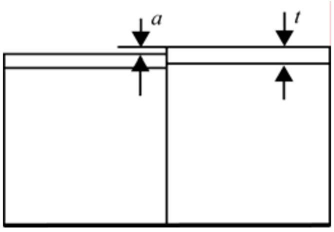
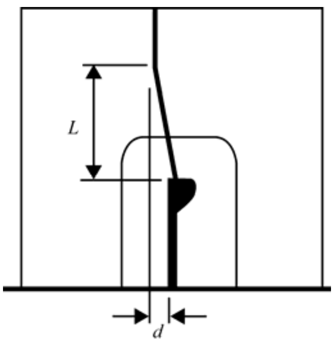
1.3.1

개개의 구조부재를 조립하거나 구획을 탑재하는 동안 지나치게 큰 하중을 사용하는 것은 피해야 한다. 가능한 한 개별 구조부재에 발생된 주요변형은 다음 조립공정 이전에 교정되어야 한다.

구조부재는 **IACS 권고 No.47**에 의한 **표1**.의 요건에 따라 정렬되거나, 우리 선급이 인정하는 공인 제작 기준의 요건에 따라 정렬되어야 한다. 중요한 부재의 경우, 필요하다면 제어용 천공(control drillings)을 뚫고, 완료 후 다시 용접하여야 한다. 용접완료후 곡직과 정렬은 재료의 특성에 심각한 영향을 주지 않는 방법으로 실시되어야 한다. 의심스러운 경우, 우리 선급은 절차 시험(procedure test) 또는 시공 시험(working test)을 요구할 수 있다.

표 1: 정렬

상 세	표 준	허용기준	비 고
맞대기용접부의 정렬 	$a \le 0.15t$ 강도부재 $a \le 0.2t$ 나머지	$a \le 3.0$ mm	
필릿용접부의 정렬 	a) 강도부재 및 고장력강 $a \le t_1 / 3$ 중앙에서 측정 $a \le (5t_1 - 3t_2) /$ 뒷축(heel line) 에서 측정 b) 나머지 $a \le t_1 / 2$ 중앙에서 측정 $a \le (2\,t_1 - t_2) / 2$ 뒷축에서 측정		t_2 가 t_1,보다 작은 경우, 표준에서 t_2 는 t_1 으로 한다
필릿용접부의 정렬 	a) 강도부재 및 고장력강 $a \le t_1 / 3$ 중앙에서 측정 b) 나머지 $a \le t_1 / 2$ 뒷축에서 측정		
(비고) “강도부재”라 함은 다음 부재를 뜻한다: 강력갑판, 내저판, 선저판, 하부스툴, 횡격벽의 하부, 빌지 호퍼 및 단일선측 산적화물선의 선측 늑골.			

상 세	표 준	허용기준	비 고
길이방향 T 면재의 정렬 	$a \le 0.04b$ 강도부재	$a = 8.0$ mm	
T- 또는 L-형강의 높이 정렬 	$a \le 0.15$ 1차 지지부재 $a \le 0.2t$ 일반 보강재	3.0 mm	
패널 보강재의 정렬 	$d \le L / 50$		
(비고) “강도부재”라 함은 다음 부재를 뜻한다: 강력갑판, 내저판, 선저판, 하부스툴, 횡격벽의 하부, 빌지 호퍼 및 단일선측 산적화물선의 선측 늑골.			

제 2 절 용　접

1. 일반사항

1.1 적 용

1.1.1
이 절의 규정은 선체구조 용접이음부의 용접준비, 시공 및 검사에 대하여 적용한다.

1.1.2
선체구조부의 용접은 적용하는 용접방법 및 재료에 대하여 우리 선급의 기량자격을 가진 용접사에 의해서만 실시되어야 한다.

1.1.3
용접을 하고자 하는 모재 및 이음의 형식에 대하여 우리 선급의 승인을 받은 용접절차시방서 및 용접용재료를 사용하여야 한다.

1.1.4
이음부의 용접은 우리 선급의 승인을 받은 용접표준에 따라 실시되어야 한다.

1.1.5
조선소에서 채택한 용접 품질표준은 우리 선급에 제출되어야 하며, 별도로 규정되지 않는한 모든 용접이음부에 적용되어야 한다.

1.1.6
완성된 용접이음부의 품질은 우리 선급 검사원이 만족하는 것이어야 한다.

1.1.7
용접부에 대한 비파괴검사는 용접부에 균열이나 유해한 내부결함이 없음을 입증하기 위하여 비파괴검사방안에 나타나 있는 위치에 대하여 실시되어야 한다.

1.2 용접용 재료 및 용접절차

1.2.1
사용하는 용접용재료는 우리 선급의 승인을 받은 것이어야 한다. 용접용재료의 승인에 대하여는 **규칙 2편 2장**에 따른다.

1.2.2
사용하는 용접절차는 우리 선급의 승인을 받은 것이어야 한다. 용접절차 인정시험에 대하여는 **규칙 2편 2장**에 따른다.

1.2.3
재료의 종류 및 등급에 따라 적절한 용접용재료를 선택하여야 한다. 용접용재료의 선택에 대하여는 **규칙 2편 2장** 또는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

1.3 용접사 및 비파괴검사자

1.3.1 용접사
수동 및 반자동용접은 **규칙 2편 2장**에 따라 우리 선급의 기량자격을 보유한 자가 실시하여야 한다.

1.3.2 자동용접에 종사하는 자
자동용접기 및 장비를 조작하는 작업자는 우리 선급이 인정하는 절차에 따라 충분히 훈련되고, 자격을 보유한 자이어야 한다.

1.3.3 비파괴검사자
비파괴검사는 우리 선급이 인정하는 표준에 따라 적절하게 자격을 인정을 받은 자가 실시하여야 한다.

1.4 제출서류

1.4.1
우리 선급의 승인을 받기 위하여 제출되는 용접표준에는 적용되는 용접절차의 종류, 용접자세 등 선체구조부재를 용접으로 조립하는 데 필요한 자료를 포함하여야 한다.

1.4.2
우리 선급의 승인을 받기 위하여 제출되는 비파괴검사방안에는 적용되는 용접절차, 적용되는 비파괴검사방법, 검사수 및 위치 등과 관련된 필요한 자료를 포함하여야 한다.

2. 용접이음의 형식

2.1 일반사항

2.1.1
이음의 형식 및 개선형상은 적용되는 용접절차에 적합하여야 한다.

2.2 맞대기용접

2.2.1 일반사항
판의 맞대기이음은 우리 선급의 승인을 받은 특수한 용접절차를 제외하고는 양면에서 완전용입으로 용접되어야 한다.

2.2.2 두께가 상이한 판의 용접
두 부재의 두께차가 4mm 이상인 판을 용접하는 경우, 두꺼운 판을 테이퍼 가공한다. 테이퍼 부의 길이는 두 부재의 두께차의 3배보다 작아서는 안된다.

2.2.3 개선, 루트 간격
개선 및 루트 간격은 적용되는 용접절차 및 개선형상에 따른다.

2.3 T 또는 십자이음

2.3.1 일반사항
판과 이웃한 다른 판의 연결뿐 아니라 판과 주요지지부재 및 보강재 웨브와의 이음은 **그림 1**에 나타낸 바와 같이 필릿용접 또는 심 용입(deep penetration) 용접으로 이루어진다.

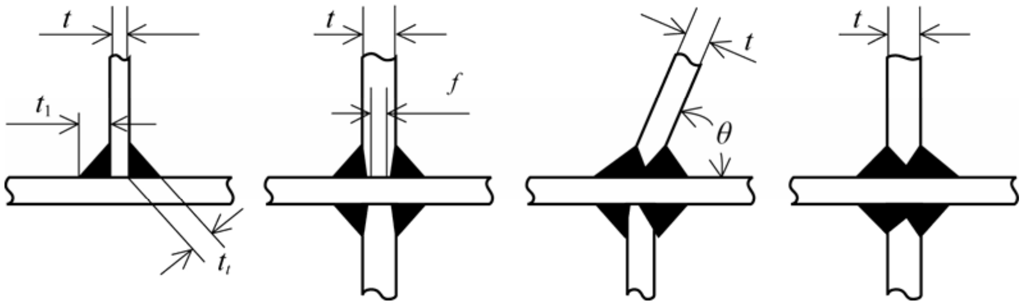


그림 1: T 또는 십자이음

t : 모재의 두께(mm)

f : 용접되지 않는 루트 면(mm) 일반적으로 $f \le t/3$

t_1 : 필릿용접의 각장(mm)

t_t : 목두께(각목) (mm)

2.4 완전용입용접

2.4.1 적 용
다음의 이음부에 대하여는 어떠한 경우라도 완전용입용접이어야 한다.

- 외판 구조에 러더 혼 및 축 브라켓을 연결하는 경우
- 리더스 톡 연결부에 러더측판을 연결하는 경우
- 화물구역에 위치하고, 횡방향 하부스툴의 설치가 없이 수직파형격벽과 내저판을 연결한 경우
- 수직파형격벽과 횡방향 하부스툴의 정판을 연결하는 경우
- 필러에 걸리는 하중이 인장인 경우, 판 부재에 필러를 연결하는 경우(즉, 기관실, 선수 및 갑판실)
- 선박 중앙부 0.6 L 간의 강력갑판, 현측후판 및 선저판에 개구지름이 300mm 를 넘는 파이프 관통부를 시공하고, 보강판을 용접하는 경우
- 하기만재흘수선 아래의 경계수면을 형성하는 판을 용접하는 경우

2.4.2
쉐더(shedder)판이 파형격벽의 하부에 부착된 경우, 쉐더판은 파형격벽 및 하부 스툴의 정판에 일면용입 용접 또는 동등한 방법으로 용접되어야 한다.

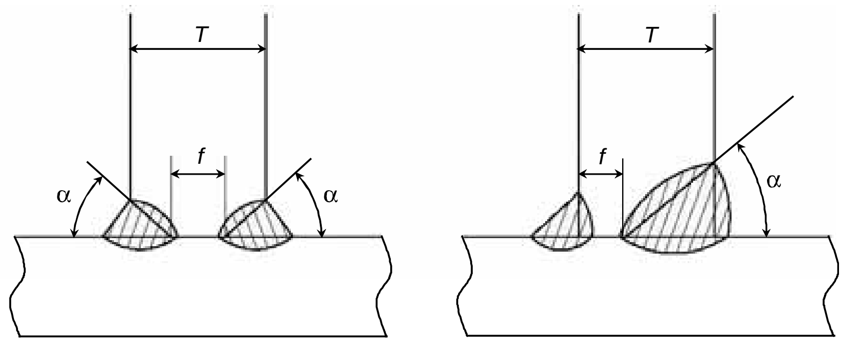
2.4.3
하부스툴 측판은 하부스툴 정판 및 내저판에 완전용입용접으로 연결되어야 한다. 심용입용접도 허용될 수 있다.

2.4.4
지지바닥은 내저판에 완전용입용접으로 연결되어야 한다. 심용입용접도 허용될 수 있다.

2.4.5
일반적으로 40에서 60도 사이의 적절한 홈 개선각 및 개선간격을 가져야 하며, 필요하다면, 양면용접을 위하여 이면따기(back gouging)가 요구된다.

2.5 심용입용접

2.5.1
심용입용접은 **그림 2**와 같이 정의된다.



- 루트면 (f) : 3 mm ~ T/3 mm
- 개선각 (α) : 40° ~ 60 °

그림 2: 심 용입 용접

2.6 필릿용접

2.6.1 필릿용접의 종류, 크기 및 적용

모재두께 50mm 까지의 필릿용접의 종류 및 크기는 **표1**과 같이 5종류로 구분되며, 또한 선체구조에 대한 필릿용접의 적용은 **표2**에 따라야 한다. 이에 추가하여, **3장 6절 그림19**에 나타낸 선측늑골의 a 및 b 구역에 대하여는, 각목은 각각 0.44t 및 0.4t 이어야 한다. 여기서 t 는 두 개의 연결부재중 얇은 쪽의 모재두께를 말한다.

표 1: 필릿용접의 범주

범주	필릿용접의 종류	모재두께 (1)	필릿용접부의 각장 (2)	필릿용접부의 길이	필릿용접부의 피치
F0	양쪽연속용접	t	$0.7t$	-	-
F1	양쪽연속용접	$t \le 10$	$0.5t + 1.0$	-	-
		$10 \le t < 20$	$0.4t + 2.0$	-	-
		$20 \le t$	$0.3t + 4.0$	-	-
F2	양쪽연속용접	$t \le 10$	$0.4t + 1.0$	-	-
		$10 \le t < 20$	$0.3t + 2.0$	-	-
		$20 \le t$	$0.2t + 4.0$	-	-
F3	양쪽연속용접	$t \le 10$	$0.3t + 1.0$	-	-
		$10 \le t < 20$	$0.2t + 2.0$		
		$20 \le t$	$0.1t + 4.0$		
F4	단속용접	$t \le 10$	$0.5t + 1.0$	75	300
		$10 \le t < 20$	$0.4t + 2.0$		
		$20 \le t$	$0.3t + 4.0$		

(비고)

(1) t 두개의 연결부재중 얇은 쪽의 모재두께

(2) 필릿 용접의 각 **장은 3장 3절 표1**에서 규정한 부식여유두께 t_c 에 대응하여 다음과 같이 적절하게 조정되어야 한다.

+ 1.0 mm $t_c > 5$ 인 경우

+ 0.5 mm $5 \ge t_c \ge 4$ 인 경우

- 0.5 mm $t_c < 4$ 인 경우

표 2: 필릿용접의 적용

선체구역	적용장소			범주
	부 재	취부되는 부재		
표에서 별도로 규정하지 아니한 일반구역	수밀판	경계판		F1
	부재 단부의 브래킷			F1
	통상보강재	디프탱크격벽		F3
		1차 지지부재 부근의 절단개구		F2
	통상보강재의 웨브	판(디프탱크격벽 제외)		F4
		조립보강재의 면재	단부(스팬의 15%)	F2
			나머지	F4
	1차 지지부재 및 통상보강재의 단부	갑판, 외판, 내저판, 격벽판		F0
선저 및 이중선저	통상보강재	선저 및 내저판		F3
	중심선거더	선수 선저 보강부의 외판		F1
		상기 이외의 내저판 및 외판		F2
	인터코스탈 판을 포함한 측거더	선저 및 내저판		F3
	늑판	외판 및 내저판	양단에서, 2 프레임 간격 길이	F2
		호퍼탱크 부근의 중심선거더 및 측거더		F2
		나머지		F3
	중심선거더의 브래킷	중심선거더, 내저 및 외판		F2
	웨브보강재	늑판 및 거더		F3
이중선측 구조의 측면 및 내측	주요지지부재의 웨브	측판, 내측판 및 주요지지부재의 웨브		F2
단일선측 구조의 선측늑골	선측늑골 및 브래킷	선측외판		F1
	트리핑 브래킷	선측외판 및 선측늑골		F1
갑판	강력갑판 $t \geq 13$	선박중앙부 0.6 L 내의 선측외판		심용입
		나머지		F1
	강력갑판 $t < 13$	선측외판		F1
	기타 갑판	선측외판		F2
		통상보강재		F4
	통상보강재 및 인터코스탈 거더	갑판		F3
	창구코밍	갑판	창구길이의 15%의 창구모서리	F1
			나머지	F2
	웨브보강재	코밍웨브		F4

선체구역	적용장소			범주
	부 재	취부되는 부재		
격벽	비수밀격벽구조	경계부	제수격벽	F3
	통상보강재	격벽판	단부 브래킷이 설치되지 아니한 경우,단부(스팬의 25%)	F1
주요지지부재	웨브판 및 거더판	외판, 갑판, 내저판, 격벽	단부(스팬의 15%)	F1
			나머지	F2
		면재	탱크 내부 및 선수단으로부터 0.125L 내에 위치	F2
			면적이65 cm^2 초과 하는 면재	F2
			나머지	F3
선미단	내부재	경계 및 상호간		F2
시팅	거더 및 브래킷	베드판	주기, 스러스트베어링, 보일러 지지대 및 주발전기엔진 부근	F1
		거더판	주기 및 스러스트베어링 부근	F1
		내저판 및 외판	주기 및 스러스트베어링 부근	F2
선루	외부격벽	갑판		F1
필라	필라	힐 및 헤드		F1
통풍통	창구	갑판		F1
타	타골	타심재를 형성하는 수직늑골		F1
		타판		F3
		위 이외의 타골		F2

2.6.2 단속용접

단속용접대신에 양쪽 연속필릿용접을 하는 경우, 필릿용접부의 각장은 F2 범주 이어야 한다.

2.6.3 두 판의 연결각도가 작은 경우의 필릿용접의 크기

필릿용접되는 두 판의 각도가 **그림 3**에서처럼 90도 가 아닌 경우, 큰 각도를 가지는 측에서의 필릿용접의 크기는 다음 식에 따라 증가되어야 한다.

$$t_\ell' = t_\ell \frac{1}{\sqrt{2}\sin\left(\frac{\varphi}{2}\right)}$$

여기서,

t_ℓ : **[2.3.1]**에 규정한 필릿용접의 각 장(mm)

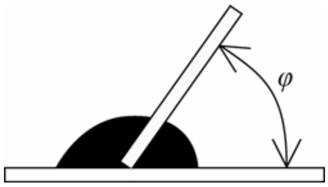


그림 3: 연결각도

2.6.4 심용입용접

심용입용접의 필릿용접 각 장은 용접절차인정시험에 따라, **표 1**에 규정한 값의 15% 만큼 감소시킬 수 있다.

2.7 겹치기 이음용접

2.7.1 일반사항

겹치기 이음용접은 다음의 경우로서, 우리 선급의 특별한 승인을 받은 경우에만 사용할 수 있다.

- 이중판의 바깥 둘레 용접
- 아주 작은 응력을 받는 내부 구조요소

2.7.2 필릿용접

겹치기 이음은 F1 범주의 필릿용접 크기를 가져야 한다.

2.8 슬롯용접

2.8.1 일반사항

슬롯용접은 우리 선급의 승인을 받아 아주 특별한 경우에만 사용할 수 있다. 그러나 선박의 중앙부 0.6L 이내의 선체외판 바깥쪽 및 강력갑판상의 이중판에 대한 슬롯용접은 허용되지 않는다.

2.8.2 필릿용접의 크기

슬롯용접의 슬롯은 적합한 모양의 것으로, 슬롯 구멍의 바닥둘레 모두에 충분히 용융비드가 형성되도록 하여야 한다. 필릿용접의 각장은 F1이어야 하며, 슬롯의 피치는 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다.

3. 이음의 상세

3.1 용골 연결

3.1.1

빌지 킬이 **3장 6절 [6.5.2]**에 따라 매개 이중판(intermediate flat)을 통하여 선체외판과 연결되는 경우, 매개 이중판은 만곡부 외판 및 용골에 용접되어야 한다. .

3.1.2

매개 이중판과 용골의 맞대기 용접은 완전용입으로 하여야 하며, 외판의 맞대기 용접이음부와는 떨어져야 한다.

만곡부 외판의 맞대기 용접부와 매개 이중판의 맞대기 용접부는 교차 위치에서 각각 용접비드를 제거하여 편평하게 하여야 한다.

3.1.3

매개 이중판은 길이방향 가장자리를 따라 모재두께의 0.3배 정도의 각목으로 연속 필릿용접을 하여야 한다. 매개 이중판 단부끝에서의 각목은 **그림 4**에서처럼 매개 이중판 두께의 0.5배까지 증가시켜야 하나 만곡부외판 두께를 초과해서는 안된다. 선체외판에 대한 이중판의 끝면에서의 용접크기의 변화는 약 45도 이하의 각도로 형성되어야 한다. (**그림 4** 참조)

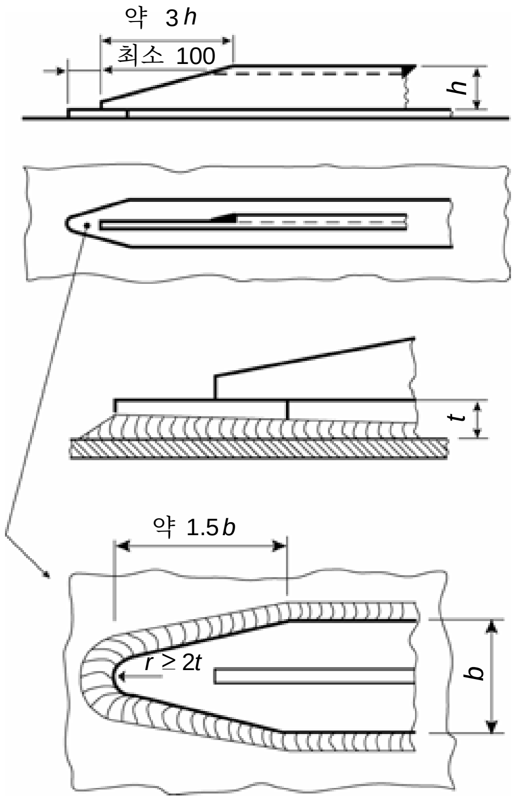


그림 4: 빌지 킬 용접 배치

제 3 절 구획의 시험

1. 일반사항

1.1 정 의

1.1.1 숍프라이머

숍 프라이머(shop primer)라 함은 조립작업 중에 부식을 방지하기 위한 방법으로서 표면처리를 한 후 그리고 조립전에 도포하는 얇은 도장을 말한다.

1.1.2 보호도장

보호도장이라 함은 구조물을 부식으로부터 보호하는 최종도장을 말한다.

1.1.3 구조시험

구조시험이라 함은 탱크의 밀폐성과 설계의 구조상 적합 여부를 확인하기 위하여 수행하는 수압시험을 말하며, 실제로 제한사항들이 많아서 수압시험을 실시할 수 없는 경우(예를 들어, 탱크 정부에서 요구되는 수두압력을 실제로 적용하기 어려울 경우)에는 수압-공기압시험(hydropneumatic test)으로 대신할 수 있다. 수압-공기압시험을 할 경우, 시험상태는 탱크의 실제 하중상태에 가능한 한 가까운 것이어야 한다.

1.1.4 수압 - 공기압시험

수압-공기압 시험은 수압과 공기압을 결합한 시험으로, 탱크의 정부까지 물을 채우고 부가적인 공기압력을 가하여 시험하는 방법이다. 부가적인 공기압력은 우리 선급이 적절하다고 인정하는 바에 따른다. 다만 다음 **[2.2]**에서 규정하는 압력 이상이어야 한다.

1.1.5 기밀시험

기밀시험이라 함은 공기 또는 기타 매개물을 이용하여 구조물의 밀폐성을 확인하기 위한 시험을 말한다.

1.1.6 사수시험

사수시험이라 함은 수압시험이나 기밀시험을 적용할 수 없는 구조부재 및 선체의 수밀성을 보전하는데 한 몫을 하는 기타 요소들에 대한 밀폐성을 확인하기 위한 시험을 말한다.

1.2 적 용

1.2.1

독립형 탱크를 포함한 탱크와 수밀 또는 풍우밀이 요구되는 구조에 대한 시험조건은 다음의 규정에 따른다.

1.2.2
이 시험의 목적은 선박의 건조시 또는 대규모 수리시 구조부재에 대한 강도 및/또는 밀폐성을 검사하기 위한 것이다.

1.2.3
이어지는 후속작업 때문에 구조부재의 강도나 수밀성에 나쁜 영향을 주지 않도록 하기 위하여 건조나 수리작업이 거의 완료된 단계에서 검사원의 입회하에 시험을 하여야 한다.

2. 시험방법

2.1 구조시험

2.1.1
구조시험은 숍 프라이머의 작업 후에 실시할 수 있다.

2.1.2
다음의 두 조건중 어느 한 조건을 만족하는 경우에는 보호도장을 한 후 구조시험을 할 수 있다.

- 보호도장을 하기 전에 검사원에 의해 모든 용접부가 육안으로 자세하게 검사된 경우
- 보호도장을 하기 전에 기밀시험을 한 경우

2.1.3
기밀시험을 하지 않는 경우, 다음의 용접부에 대하여는 구조시험 후에 보호도장을 하여야 한다.

- 자동 또는 수동의 모든 탑재용접부
- 탱크경계의 모든 수동 필릿용접 연결부 및 수동의 완전용입용접부

2.2 기밀시험

2.2.1
표 1에 따라 기밀시험을 수행하는 경우, 시험동안에는 공기압을 0.15×10^5 Pa 로 유지하여야 한다.

2.2.2
검사에 앞서 탱크내의 공기압을 0.20×10^5 Pa 까지 올리고 약 1시간동안 유지하여 안정상태에 도달한 이후에 시험압력으로 낮추어야 한다. 또한, 탱크 주변에는 안전을 위하여 최소한의 인원이 되도록 통제하여야 한다.

2.2.3
시험에 관련된 사람들의 안전상 문제가 없는 경우에는 탱크내의 공기압이 0.20×10^5 Pa 의 압력으로 안정된 상태에 도달한 이후 시험압력으로 낮추지 않고 기밀시험을 할 수 있다.

2.2.4
용접부에는 기밀을 효과적으로 식별할 수 있는 검지액을 도포하여야 한다.

2.2.5
시험될 구획에 과도한 압력이 발생하는 것을 방지하고, 시험압력을 확인할 수 있도록 시험압력에 해당하는 높이까지 물로 채운 U 자관을 설치하여야 한다. 다만, U 자관의 단면적은 공기를 공급하는 관의 단면적 보다 커야 한다. 또한, U 자관의 경우 추가적으로 마스터 압력게이지를 사용하여 시험압력을 확인할 수 있어야 하며, 우리 선급이 동등하다고 인정하는 경우 다른 방법을 사용할 수 있다.

2.2.6
자동용접을 제외한 탱크경계의 모든 필릿용접 연결부, 탑재 용접부 및 완전용입용접부에 대하여는 보호도장을 하기전에 기밀시험을 실시하여야 한다.
자동 탑재용접부 및 수동 또는 자동의 선행탑재 용접부에 대하여는 조선소에서 운영하고 있는 품질관리공정을 고려하여 검사원의 판단에 따라 일부를 선택하여 유사하게 시험을 하도록 할 수 있다. 기타 다른 용접부에 대하여는 육안검사를 철저히 하여 검사원이 만족하는 경우에는 보호도장을 적용한 후 기밀시험을 할 수 있다.

2.2.7
우리 선급이 인정하는 경우 기타 다른 시험방법을 적용할 수 있다.

2.3 사수시험

2.3.1
구조물의 밀폐성을 확인하기 위하여 **표1**에 따른 사수시험을 하는 경우, 호스 내의 압력은 0.20×10^5 Pa 이상이어야 하며, 최대 1.5m 이내의 거리에서 시험하여야 한다. 노즐의 지름은 12mm 이상이어야 한다.

2.4 수압-공기압시험

2.4.1
수압-공기압 시험을 할 경우 기밀시험에 대한 경우와 마찬가지로 안전에 대한 사전 주의가 선행되어야 한다.

2.5 기타 시험방법

2.5.1
기타 다른 시험방법이 동등한 시험방법으로 인정되는 경우에는 이를 적용할 수 있다.

3. 시험요건

3.1 일반사항

3.1.1

시험에 대한 일반적인 규정은 **표 1**에 따른다.

표 1: 일반적인 시험규정

요목번호	시험할 구조물	시험방법	시험압력	비 고
1	이중저 탱크	구조시험[(1)]	다음 중 큰 값 : - 넘침관의 상단까지의 수두 - 격벽 갑판까지의 수두	탱크경계면(boundary)은 최소한 한쪽 면에서 구조시험
2	이중선측 탱크	구조시험[(1)]	다음 중 큰 값 : - 넘침관의 상단까지의 수두 - 탱크정부에서 상방 2.4m 까지의 수두	탱크 경계면은 최소한 한쪽 면에서 구조시험
3	탱크격벽 및 디프탱크	구조시험[(1)]	다음 중 큰 값 :[(2)] - 넘침관의 상단까지의 수두 - 탱크정부에서 상방 2.4m 까지의 수두 - 해당되는 경우, 압력 도출밸브의 정격압력	탱크 경계면은 최소한 한쪽 면에서 구조시험
	연료유탱크	구조시험		
4	밸러스트 화물창	구조시험[(1)]	다음 중 큰 값 : - 넘침관의 상단까지의 수두 - 해치 정부에서 상방 0.9m 까지의 수두	
5	탱크로 사용되는 선수창과 선미창	구조시험	다음 중 큰 값 : - 넘침관의 상단까지의 수두 - 탱크정부에서 상방 2.4m 까지의 수두	선미관을 설치 후 선미창의 시험을 실시
	탱크로 사용되지 않는 선수창	SOLAS Ch. II-1 Reg.14 참조	–	–
	탱크로 사용되지 않는 선미창	기밀시험	–	–
6	코퍼댐	구조시험[(3)]	다음 중 큰 값 : - 넘침관의 상단까지의 수두 - 탱크정부에서 상방 2.4m 까지의 수두	

요목번호	시험할 구조물	시험방법	시험압력	비 고
7	수밀격벽	SOLAS Ch. II-1 Reg.14 참조(4)	–	–
8	건현갑판하의 수밀문 또는 격벽 갑판하의 수밀문	SOLAS Ch. II-1 Reg.18 참조	–	–
9	복판 타	기밀시험	–	–
10	디프탱크와 접하고 있지 아니하는 축로(shaft tunnel)	사수시험	–	–
11	외판문	사수시험	–	–
12	탱크의 수밀 창구덮개	사수시험	–	–
13	풍우밀 창구덮개 및 기타 폐쇄장치	사수시험	–	–
14	충돌격벽의 후방에 있는 체인 로커	구조시험	체인로커 상단까지의 수두	–
15	독립형 탱크	구조시험	넘침관의 상단까지의 수두. 다만, 0.9m 이상일 것	–
16	밸러스트 덕트	구조시험	밸러스트 펌프의 최대압력	–

(비 고)

(1) 유사한 구조를 갖는 각 형식의 탱크에 대하여 적어도 하나의 탱크가 설계승인과 관련하여 구조시험을 받은 경우, 2.2항에 규정된 조건하에서 기밀시험 또는 수압-공기압 시험을 할 수 있다. 일반적으로, 연속 건조되는 동형선의 경우에는 후속호선에 대하여 구조시험을 반복할 필요가 없으나, 이러한 시험의 경감은 탱커 및 겸용선의 화물구역의 경계 및 격리된 화물 또는 오염물질을 저장하는 탱크에 대하여는 적용하지 않는다. 구조시험의 결과, 기밀시험에서 발견되지 않은 심각한 결함 또는 취약점이 드러나면 모든 탱크에 대하여 구조시험을 하여야 한다.

(2) 해당되는 경우, 탱크의 정부(highest point)라 함은 해치를 포함하지 않은 갑판까지 측정하여야 한다. 큰 해치를 갖고 있으며 액체화물이나 밸러스트를 싣는 화물창의 경우에 탱크의 정부지점은 해치의 정부까지 측정하여야 한다.

(3) 적용된 용접절차 및 건조방법과 관련하여 우리선급이 필요하다고 인정하는 경우에는 2.2항에 규정된 조건하에서 기밀시험 또는 수압-공기압 시험을 할 수 있다.

(4) 기 설치된 의장품(기계류, 케이블, 배전반, 절연재 등)에 손상을 주지 않고 사수시험을 할 수 없는 경우에는 우리 선급의 판단에 따라 모든 교차부(crossings) 및 용접 연결부에 대한 자세한 육안검사로 대체할 수 있다. 필요한 경우 액체 침투탐상시험 또는 초음파 탐상시험을 요구할 수 있다.

11 편 12 장

부기부호

제1절 GRAB 부기부호

제 1 절 GRAB 추가부기부호

기호

이 절에 정의되지 않은 기호는 **1장 4절**에 따른다.

M_{GR} : 그랩의 무게(ton)

s : 중간에서 측정한 보강재의 간격(m)

1. 기본개념

1.1 적 용

1.1.1

이 절에 따라 최대 무게 [X]톤의 그랩으로 양하/적하 하도록 설계된 화물창을 갖는 **1장 1절 [3.2]**에 따라 추가부기부호 GRAB [X]를 부여한다.

1.1.2

이 추가부기부호에도 불구하고 더 큰 그랩을 사용할 수 있으나 선주나 작업자는 정기적이고 빈번한 사용으로 인한 내저판의 손상 및 조기 교체에 대하여 인지하여야 한다.

2. 치 수

2.1 판

2.1.1

내저판, 호퍼경사판의 하부후판 및 횡격벽스툴판의 순 두께는 다음 중에서 큰 것으로 한다.

- **6장** 및 **7장**의 요건에 따른 t
- **[2.1.2]** 및 **[2.1.3]**에 따른 t_{GR}

2.1.2

내저판의 순 두께 t_{GR}은 다음 식에 따른다.

$$t_{GR} = 0.28(M_{GR} + 50)\sqrt{sk}$$

2.1.3

호퍼탱크 경사판 및 횡격벽 하부스툴의 하부 3m 내에 있는 판의 순 두께 t_{GR}은 다음 식에 따른다.

$$t_{GR} = 0.28(M_{GR} + 42)\sqrt{sk}$$

11 편 13 장

운항중인 선박의 신환기준

제 1 절 선급의 유지

1. 일 반

1.1 적 용

1.1.1

산적화물선의 선급유지에 대한 검사요건은 단일선체 산적화물선에 대하여는 **1편 3장 2절**에, 그리고 이중선체 산적화물선에 대하여는 **1편 3장 6절**에 따른다.

두께계측은 선급유지를 위하여 시행되어야 할 중요한 부분중의 하나이고, 이들 계측자료의 분석은 선체구조의 수리 및 신환의 결정 및 그 범위를 정하는데 중요한 요소이다.

1.1.2

이 장은 선주, 두께계측업자 및 선급검사원에게 두께계측에 대한 규칙을 이행하기 위한 통일된 절차를 제공하는데 그 목적이 있다. 특히, 두께계측에 관련하여 다음사항을 수행함으로써 위에 언급한 모든 부분을 가능하게 할 것이다.

- 계획 과 준비
- 두께계측의 위치 및 범위의 결정
- 분석

1.1.3

이 장은 또한 단일선체 산적화물선과 이중선체 산적화물선의 검사강화제도 적용범위 내의 정밀검사와 관련한 두께계측에 대한 특별요건을 고려한다.

1.2 정 의

1.2.1 국부적인 부식

국부적인 부식이라 함은 매우 국부적인 형상의 피팅(pitting), 홈파기, 끝단부식, 넥킹효과 또는 기타부식을 말한다.

1.2.2 과도한 부식

과도한 부식이라 함은 두께계측에 따른 부식의 유형을 평가한 결과 부식의 정도가 승인한도 이내에 있으나 허용여유치의 75%를 초과하여 부식된 상태를 말한다. 허용여유치는 **3장 3절**에 정의된 바와 같이 총부식추가 t_C 를 말한다.

제 2 절 두께계측과 승인기준

기호

이 절에서 정의되지 아니하는 기호는 **1장 4절**에 따른다.

$t_{renewal}$: 신환두께로서, 신환되어야 하는 구조부재의 최소허용두께(mm)

$$t_{renewal} = t_{as\_built} - t_C - t_{voluntary\_addition}$$

$t_{reserve}$: 2.5년의 검사간격 동안 일어날 수 있다고 예상되는 쇠모두께를 고려한 비축두께(mm), ($t_{reserve}$ = 0.5mm)

t_C : **3장 3절**에 정의되는 부식추가(mm)

t_{as_built} : 적용한 경우 $t_{voluntary\_addition}$ 을 포함하는 건조두께(mm)

$t_{voluntary\_addition}$: t_C 에 추가하여 선주의 부식쇠모 여유로서 자발적으로 더해지는 자발적 두께(mm)

t_{gauged} : 한 개의 부재에 대하여 계측된 두께, 즉 운항 중인 선박의 정기적 검사들 동안 그 한 개의 부재에 대하여 취하여진 여러 계측을 평균한 두께(mm)

1. 적 용

1.1 일 반

이 절은 다음의 정보를 제공한다.

- 규칙요건과 검사 중 시행되어야 하는 두께계측의 범위에 대한 추가정보 관련(**[2.1]** 및 **[2.2]** 참조)
- 선체 주요부에 대한 계측위치(**[2.3]** 참조)
- 허용기준의 적용방법(**[3]** 참조)

위 항목들에 대한 상세가 또한 표로써 주어지고, 요건들을 나타내기 위하여 그림들이 예로써 주어진다.

2. 계측범위와 위치결정에 대한 규칙요건

2.1 일 반

2.1.1

선급유지를 위하여 중간검사 및 정기검사 동안에 두께계측이 요구되며, 연차검사 동안에 요구될 수 도 있다.

표 1은 검사종류에 따른 두께계측의 최소요건을 보여준다.

표 1: 두께계측에 대한 규칙요건

정기검사	중간검사	연차검사
<u>화물지역 밖:</u> **UR Z7:(1편2장)** • 규칙에 따른 계측 및 의심지역. • 과도한 부식이 발견된 경우, 두께계측 범위는 검사원이 만족하는 범위까지 증가될 수 있다.	<u>화물지역 밖:</u> **UR Z7:(1편2장)** • 검사원이 필요하다고 인정하는 경우, 두께계측을 시행하여야 한다. • 과도한 부식이 발견된 경우, 두께계측 범위는 검사원이 만족하는 범위까지 증가될 수 있다.	<u>화물지역 밖:</u> **UR Z7:(1편2장)** • 전회 정기 또는 중간검사 시에 식별된 과도한 부식지역; • 과도한 부식이 발견된 경우, 두께계측 범위는 검사원이 만족하는 범위까지 증가될 수 있다.
<u>화물지역 내:</u> a)<u>단일선체 산적화물선:</u> UR Z10.2: **(1편3장2절)** • 계획 및 일반요건 • 정밀검사 대상부위의 계측 • 규칙에 따른 두께계측범위 • 과도한 부식이 발견된 경우, 다른 위치에 대하여	<u>화물지역 내:</u> a)<u>단일선체 산적화물선:</u> UR Z10.2: **(1편3장2절)** * 선령 10년 이하 • 화물창 • 해수밸러스트탱크 • 과도한 부식이 발견된 경우, 다른 위치에 대하여 * 선령 10년 초과 • 정기검사와 동일 • 과도한 부식이 발견된 경우, 다른 위치에 대하여	<u>화물지역 내:</u> a)<u>단일선체 산적화물선:</u> UR Z10.2: **(1편3장2절)** • 화물창 및 검사원이 필요하다고 인정하는 경우 • 해수밸러스트탱크 및 검사원이 필요하다고 인정하는 경우 • 과도한 부식이 발견된 경우, 다른 위치에 대하여
b)<u>이중선체 산적화물선:</u> UR Z10.5: **(1편3장6절)** • 계획 및 일반요건 • 정밀검사 대상부위의 계측 • 규칙에 따른 두께계측범위 • 과도한 부식이 발견된 경우, 다른 위치에 대하여	b)<u>이중선체 산적화물선:</u> UR Z10.5: **(1편3장6절)** * 선령 10년 이하 • 화물창 • 해수밸러스트탱크 • 과도한 부식이 발견된 경우, 다른 위치에 대하여 * 선령 10년 초과 • 정기검사와 동일 • 과도한 부식이 발견된 경우, 다른 위치에 대하여	b)<u>이중선체 산적화물선:</u> UR Z10.5: **(1편3장6절)** • 화물창 및 검사원이 필요하다고 인정하는 경우 • 해수밸러스트탱크 및 검사원이 필요하다고 인정하는 경우 • 과도한 부식이 발견된 경우, 다른 위치에 대하여

2.2 정기검사

2.2.1
규칙에서 요구하는 두께계측은 다음을 포함한다:

- 선박의 전체강도 및 국부강도를 평가하기 위하여 규칙에 따른 두께계측
- 정밀검사계획에 따른 두께계측
- 의심지역의 계측
- 과도한 부식에 의하여 영향을 받는다고 결정된 지역에 대한 추가적인 계측

2.2.2
의심지역으로 고려되는 지역뿐만이 아니라 정밀검사 및 관련 두께계측에 대한 결정을 위하여, 다음 IACS UR 해당 절을 참고하여야 한다:

- 화물지역 내의 화물창, 코퍼댐, 파이프터널, 보이드스페이스, 연료유탱크 및 모든 밸러스트탱크에 대한 선체구조 및 배관장치:
  - UR Z10.2 "단일선체 산적화물선의 선체검사" (**1편3장2절**)
  - UR Z10.5 "이중선체 산적화물선의 선체검사" (**1편3장6절**)
- 화물지역 밖의 선박의 나머지 부분:
  - UR Z7(**1편2장**)

2.3 계측위치 및 계측점 의 수

2.3.1 계측점의 수
규칙과 **[2.1]** 및 **[2.2]**에서 요구되는 두께계측의 범위를 고려할 때, 계측되어야 할 지점의 위치는 구조의 가장 중요한 부재이다.

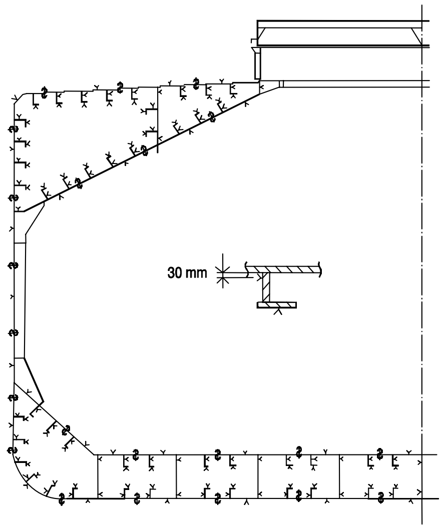
2.3.2 계측 위치
표 2는 전체강도의 계산과 관련된 규칙에 따른 두께계측과 정밀검사와 관련된 특정계측의 양측에 대한 요건의 적용에 대한 설명 및/또는 해석을 제공한다.

그림 1 내지 **그림 5**가 **표 2**에 주어진 설명 및/또는 해석의 이해를 돕고, 단일선체 산적화물선 및 이중선체 산적화물선의 전형적인 배치를 보여주기 위하여 제공된다.

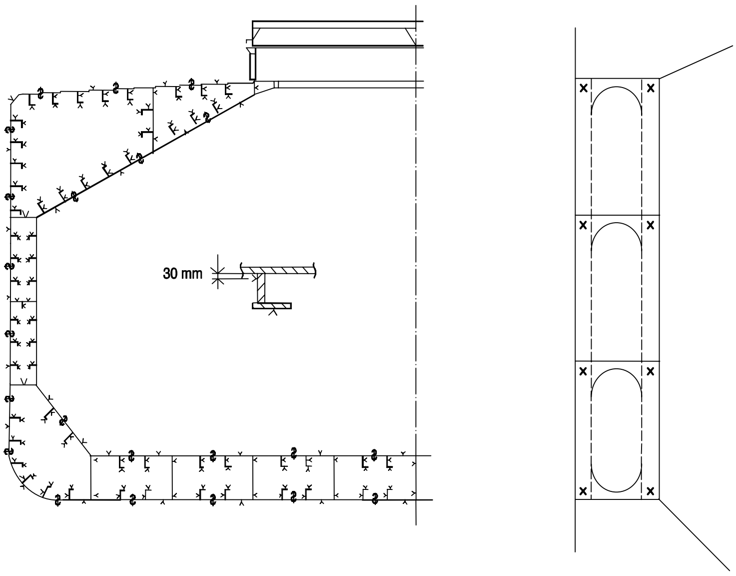
표 2: 계측위치 및 계측점의 수에 대한 요건의 해석

항목	해석	그림
갑판, 탱크정판, 선저, 이중저 및 밸러스트흘수선과 만재흘수선 사이 선측외판의 선택된 판	"선택된"이라 함은 평균부식을 대표하는 지역에서 판 3장 중 1장에서 적어도 1점	
갑판, 탱크정판, 선저, 이중저 및 밸러스트흘수선과 만재흘수선 사이 선측외판의 모든 판	판의 각 1/4 끝단 또는 평균부식을 대표하는 지역에서 각 판에 대하여 적어도 2점	
횡단면	* 단일선체 산적화물선: 횡단면에는 갑판, 선측외판, 선저외판, 내저판 및 호퍼사이드판, 종격벽 및 톱윙탱크의 하부판에 있는 판, 종늑골, 거더 등과 같은 모든 종통부재를 포함한다. * 이중선체 산적화물선: 횡단면에는 갑판, 선측외판, 선저외판, 내저판 및 호퍼사이드판, 내측판 및 톱윙내측판에 있는 판, 종늑골, 거더 등과 같은 모든 종통부재를 포함한다.	단일선체 산적화물선 및 이중선체 산적화물선은 **그림 1** 참조
화물창 창구덮개 및 코밍		**그림 2**
늑판, 종늑골, 횡늑골, 웨브프레임, 갑판보, 거더와 같은 선택된 내부재	내부검사를 하는 각 구역에서 계측되는 내부구조부재는 화물지역 밖에서 적어도 10%	
화물창구 측선 밖에 있는 갑판의 횡단면	고려하는 횡단면 내의 선측과 창구코밍사이의 각 갑판(판의 각 1/4 끝단 또는 평균 부식을 대표하는 지역)에서 2점	
화물창구 측선 안쪽에 있는 갑판의 선택된 지역	"선택된"이라 함은 평균부식을 대표하는 지역에서 판 3장 중 1장에서 적어도 1점 "모든 갑판"이라 함은 판의 각 1/4 끝단 또는 평균부식을 대표하는 지역에서 각 판에 대하여 적어도 2점	UR Z10.2: 단일선체 산적화물선의 지역범위(**1편3장2절**) UR Z10.5: 이중선체 산적화물선의 지역범위(**1편3장6절**)
단일선체 산적화물선의 화물창 내 선측늑골	늑골 25%: 각 현에서 화물창 길이에 걸쳐 4개 중 1개의 늑골 "선택된 늑골"이라 함은 화물창 각 현에서 적어도 3개의 늑골	UR Z10.2: 단일선체 산적화물선의 지역범위(**1편3장2절**) 단일선체 산적화물선의 계측위치는 **그림 3** 참조
이중선측 탱크의 횡늑골		그림 1
화물창의 횡격벽	상하부스툴이 있는 경우 그 내부재를 포함하여 격벽판, 보강재 및 거더를 포함 두개의 선택된 격벽 : 최전방 두 개의 화물창사이 격벽과 다른 위치에서 선택된 격벽	UR Z 10.2 : 단일선측산적화물선의 측정지역(**1편3장2절**) UR Z10.5: 이중선체 산적화물선의 측정지역(**1편3장6절**) 계측점은 **그림 4**

항목	해석	그림
각 화물창에서 한 개의 횡격벽	정밀검사 및 관련 두께계측은 양측에 대한 전반적인 현상검사결과에 따라 선택된 한쪽 격벽에 대하여 실시한다. 검사원이 필요하다고 인정하는 경우, 다른 쪽도(부분적으로) 정밀검사를 한다.	UR Z10.2: 단일선체 산적화물선의 측정지역(1편3장2절) UR Z10.5: 이중선체 산적화물선의 측정지역(1편3장6절) 계측점은 **그림 4**
톱사이드/선측 밸러스트탱크 내의 횡격벽	밸러스트 이력에 따라 최악의 상태인 밸러스트탱크를 선정	계측점의 위치는 **그림 5**
밸러스트탱크의 트랜스버스웨브	선수부에서 각 종류(즉, 톱사이드 또는 호퍼 또는 선측탱크)의 대표적인 탱크 중의 하나를 선정	UR Z10.2: 단일선체 산적화물선의 측정지역(1편3장2절) UR Z10.5: 이중선체 산적화물선의 측정지역(1편3장6절) 계측점은 **그림 3**



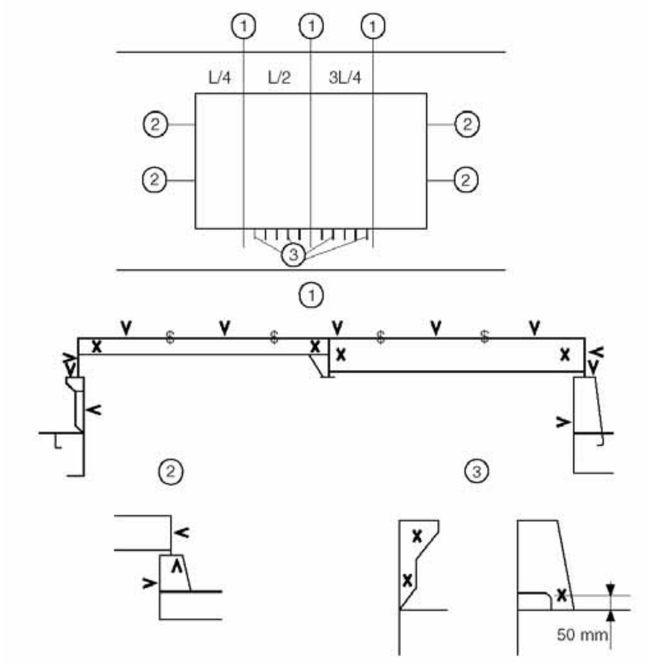
단일선체 산적화물선



이중선체 산적화물선

(비 고) 계측은 선택된 횡단면 양현에 대하여 시행하여야 한다.

그림 1: 산적화물선의 횡단면



(비 고)

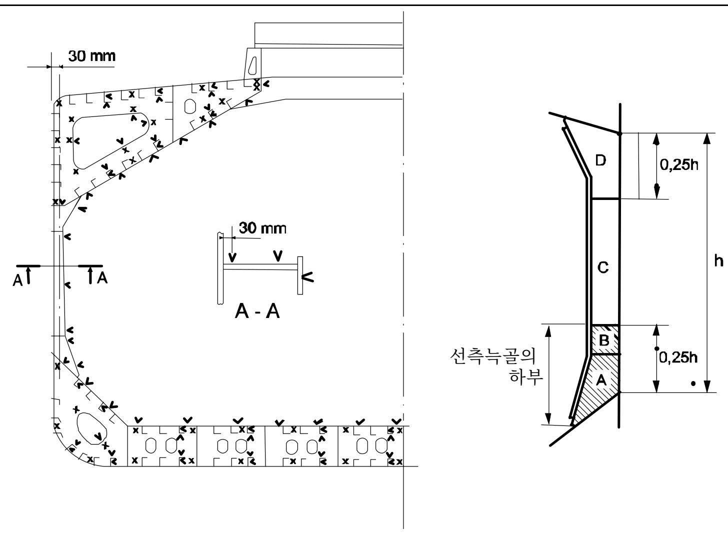
(1) 다음을 포함한 창구덮개길이의 L/4, L/2 과 3L/4 에서 3 개의 횡단면

- 각 창구덮개판 및 스커트판에 대하여 1점
- 인접한 보와 보강재에 대하여 계측
- 양측의 코밍판 및 코밍플랜지에 대하여 1점

(2) 창구덮개 스커트판, 코밍판 및 코밍플랜지의 양단에 대하여 계측

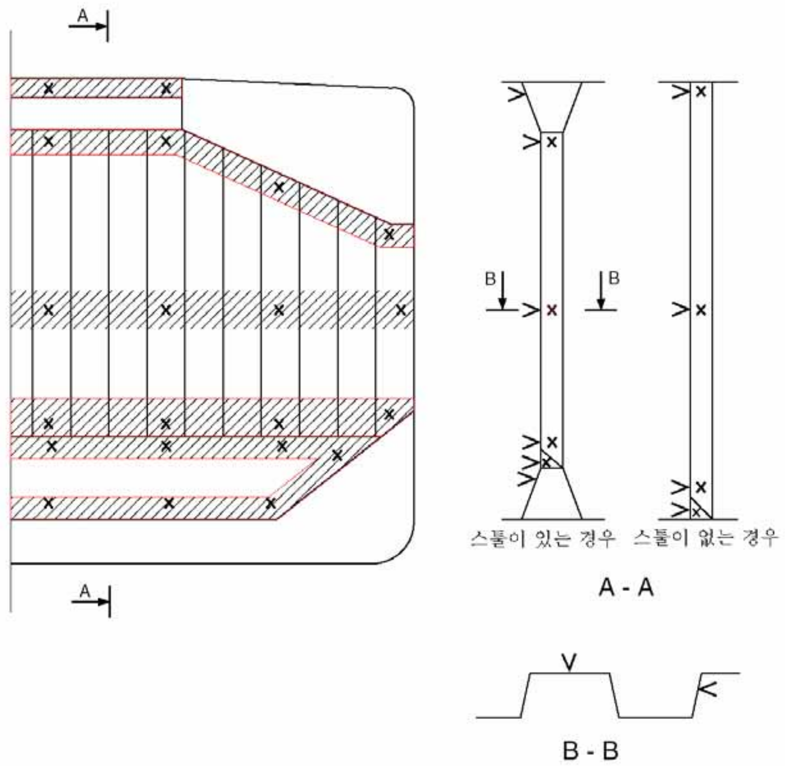
(3) 양현과 양단에서 창구코밍브래킷 및 보 3 개 중 1 개에 대하여 1 점

그림 2: 창구덮개와 코밍의 계측위치



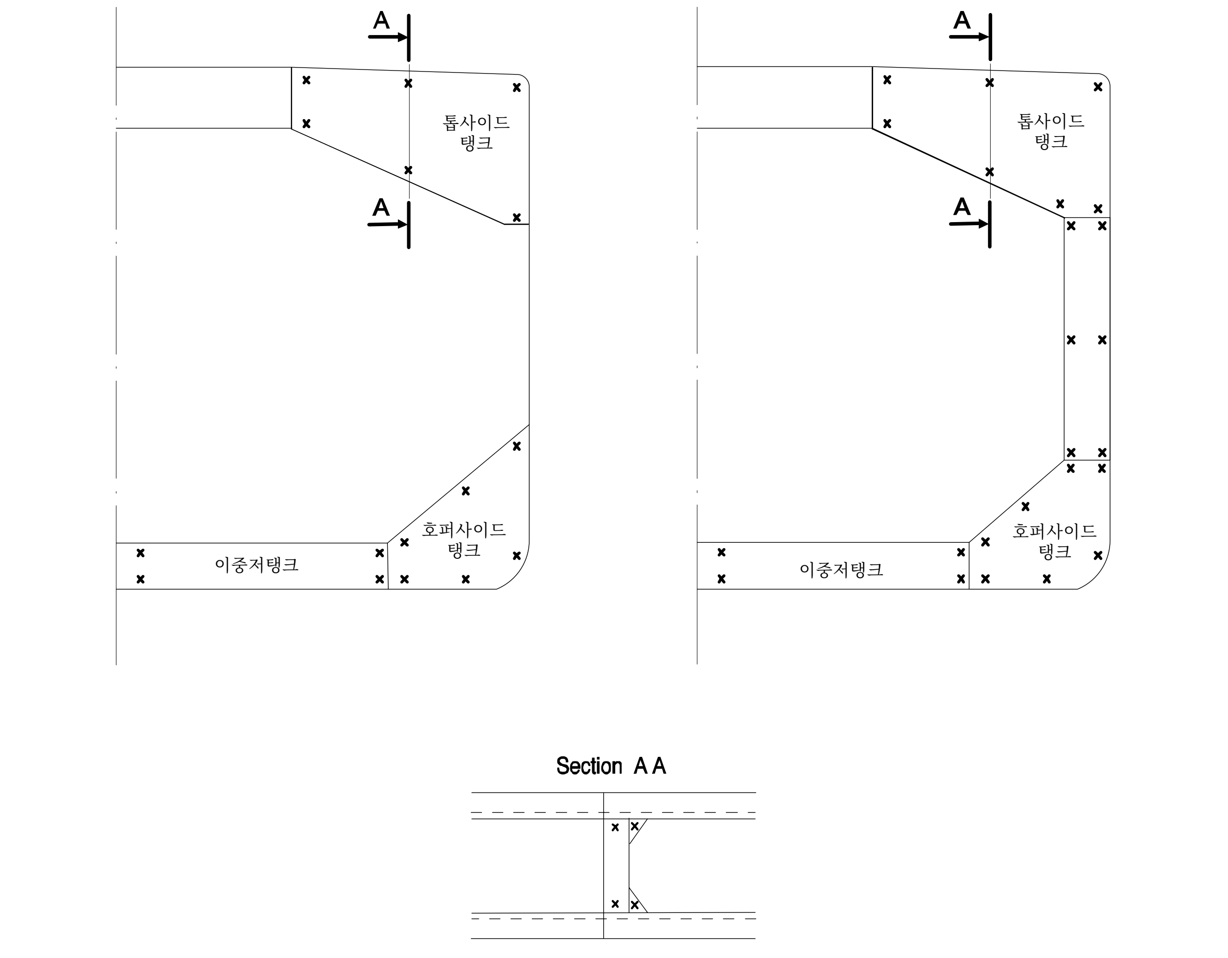
(비 고) 웨브판에 대한 계측은 A, C 및 D 지역에서 3 점씩, B 지역에서는 2 점씩이어야 한다(그림 참조). 계측보고서에는 평균값을 반영하여야 한다. 평균값은 허용두께와 비교하여야 한다. 웨브에 전반적인 부식이 있는 경우, 계측점을 5 점씩으로 증가시켜야 한다.

그림 3: 단일선체 산적화물선의 화물창 및 밸러스트탱크의 구조부재에 대한 계측위치



(비 고)　단면 A - A 와 B - B 에서 각 빗금 친 구역에 대하여 계측하여야 한다.

그림 4:　화물창 횡격벽의 계측위치



(비 고) 단면 A - A 처럼 각 수직단면에 대하여 계측하여야 한다.

그림 5: 산적화물선의 톱사이드, 호퍼, 이중선체 및 이중저탱크 횡격벽의 계측위치

3. 승인기준

3.1 정 의

3.1.1 갑판구역

갑판구역은 선체거더강도에 기여하는 톱사이드탱크의 수평스트레이크 상방 또는 톱사이드탱크가 없는 경우 기선으로부터 0.9 D 상방의 모든 다음항목을 포함한다.

- 강력갑판
- 갑판스트링거
- 현측후판
- 선측외판
- 수평 및 수직스트레이크를 포함한 톱사이드탱크 경사판
- 위에 언급된 판에 부착된 종방향 보강재

3.1.2 선저구역

선저구역은 선체거더강도에 기여하는 호퍼경사판 상부까지의 또는 호퍼탱크가 없는 경우 내저판까지의 다음의 항목을 포함한다.

- 용골판
- 선저외판
- 빌지외판
- 내저판
- 호퍼탱크 경사판
- 현측외판
- 위에 언급된 판에 부착된 종방향 보강재

3.1.3 중립축구역

중립축구역은 갑판구역과 선저구역 사이의 다음의 판만을 포함한다. 예를들면,

- 선체외판
- 내측선체판, 있는 경우

3.2 국부기준

3.2.1 국부기준의 항목

국부기준에 고려되는 항목은 **[3.1]**에 정의와 같이 갑판구역, 선저구역 및 중립축구역에 대한 것에 다음을 추가하여 고려하여야 한다.

- 창구코밍판
- 창구코밍 브래킷
- 창구덮개 상판
- 창구덮개 스커트판
- 창구덮개 보강재
- 횡격벽판
- 횡격벽 보강재 웨브
- 횡격벽 보강재 면재
- 선측늑골웨브
- 선측늑골면재
- 선측늑골 브래킷
- 톱사이드 및 호퍼탱크의 웨브프레임
- 톱사이드면재 및 호퍼탱크의 웨브프레임
- 늑판 및 보강재
- 선수미격벽판
- 선수미격벽의 보강재웨브
- 선수미격벽의 보강재면재
- 스트링거 및 거더

3.2.2 국부적인 부식 이외의 부식에 대한 신환두께

각 부재에 대하여 강재신환은 계측된 두께 t_{gauged} 가 신환두께보다 작은 경우 요구되며, 다음 식에 따른다.

$$t_{gauged} < t_{renewal}$$

계측된 두께 t_{gauged} 가 다음과 같은 경우:

$$t_{renewal} < t_{gauged} < t_{renewal} + t_{reserve}$$

강재신환을 대신하여 도장제조자의 요건에 따른 도장을 하거나 또는 매년 두께계측을 할 수 있다. 도장은 양호한 상태로 유지되어야 한다.

3.2.3 국부부식의 신환두께

3장 5절에 따라 도장이 요구되는 지역의 피팅이 15%을 초과하는 경우(**그림 6** 참조), 피팅의 범위를 파악하기 위하여 두께계측을 시행하여야 한다. 이 15%는 판의 한쪽 면에 대한 피팅 또는 홈피기에만 기초한다. 피팅이 상기와 같이 15%를 초과하는 경우, 판의 가장 심하게 피팅된 부분에서 300mm 이상의 부분에 대하여 모재까지 깨끗이 청소한 후 피팅이 가장 깊은 5점에 대하여 두께계측을 시행한다. 이러한 피팅에 대하여 측정된 가장 작은 두께를 기록하여야 한다.

13장 1절 [1.2.1]에 정의된 피팅, 홈파기 또는 기타 국부적인 지역의 최소잔류두께는 다음 값보다 커야 한다.

- 건조두께의 75 %: 늑골과 끝단브래킷의 웨브 및 플랜지에 있는 경우
- 건조두께의 70 %: 각 면으로 30mm 폭에 걸쳐서 각 선측늑골에 부착된 외판, 호퍼탱크 및 톱사이드 탱크판에 있는 경우

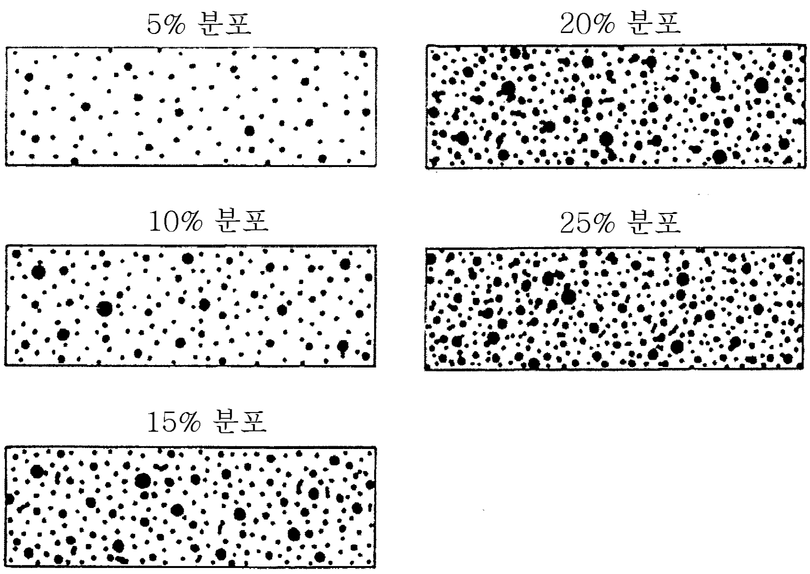


그림 6: 피팅상태그림 (5%에서 25%)

3.3 전체강도기준

3.3.1 전체강도기준의 항목

전체강도기준으로 고려되는 부재는 **[3.1]**의 정의된 갑판구역, 선저구역 및 중립축구역의 부재이다.

3.3.2 신환두께

전체강도기준은 선저구역, 갑판구역과 중립축구역의 평가에 의하여 정의되고, 그 상세는 다음과 같다.

a) 선저구역과 갑판구역

두께계측에 의하여 결정된 현재의 선체거더 단면계수는 **5장 1절**의 규칙에 따라 제공 총 두께로 계산된 단면계수의 90%이상이어야 한다.

이를 대신하여, 고려하는 구역에서 계측된 부재들에 대한 단면적의 합인 선저구역과 갑판구역에 대한 현재의 단면적이 제공 총 두께로 결정된 해당구역에 대한 단면적의 90%보다 작아서는 아니된다.

b) 중립축구역

중립축구역에 대한 현재의 단면적, 즉 이 구역에서 계측된 판에 대한 단면적의 합이 중립축구역의 제공총 단면적의 85%보다 작아서는 아니된다. 만일 주어진 횡단면에서, 선체거더강도에 기여하는 모든 부재의 실제 쇠모가 갑판 및 선저지역에서는 10% 미만이고 중립축지역에서는 15%미만인 경우, 이 횡단면의 전체강도기준은 자동적으로 만족되고 더 이상의 확인은 요구되지 아니한다.

선급 및 강선규칙

인 쇄 2007년 2월 15일
발 행 2007년 3월 1일

제11편 산적화물선 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)