



2017

---

**휘핑을 고려한 컨테이너선의  
강도평가 지침**

---

**한 국 선 급**



2017

---

**휘핑을 고려한 컨테이너선의  
강도평가 지침**

---

GC-19-K

**한 국 선 급**

## “휘핑을 고려한 컨테이너선의 강도평가 지침”의 적용

이 지침은 별도로 명시하는 것을 제외하고 2017년 7월 1일 이후 건조 계약되는 선박에 적용한다.

# 차 례

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 제 1 장 일반사항 .....                      | 1  |
| 제1절 일반사항 .....                        | 1  |
| 제2절 해석절차 .....                        | 1  |
| 제 2 장 설계파 및 주요해상상태 선정 .....           | 3  |
| 제1절 일반사항 .....                        | 3  |
| 제2절 설계파의 선정 .....                     | 3  |
| 제3절 주요해상상태의 선정 .....                  | 3  |
| 제 3 장 유탄성 시뮬레이션 .....                 | 6  |
| 제1절 일반사항 .....                        | 6  |
| 제2절 시간영역에서의 유탄성 시뮬레이션 .....           | 6  |
| 제 4 장 휘핑 영향을 고려한 선체강도평가 .....         | 9  |
| 제1절 일반사항 .....                        | 9  |
| 제2절 설계파법에 의한 기여도 산정 .....             | 9  |
| 제3절 설계해상상태법에 의한 기여도 산정 .....          | 9  |
| 제4절 선체 굽힘모멘트의 휘핑기여도 산정 및 최종강도평가 ..... | 11 |

## 제 1 장 일반사항

### 제 1 절 일반사항

#### 101. 적용

1. 이 지침은 휘핑을 고려한 극한하중의 산정 및 그에 대한 구조 안정성 평가를 위한 것으로 **선급 및 강선규칙 7편 4장 207.의 3항**에 의해 슬래밍 하중 등으로 인한 휘핑 현상의 고려가 요구되는 컨테이너선에 대하여 적용한다. 이외의 선박에 대해서는 우리 선급과 협의하여 적용할 수 있다.
2. 휘핑 현상은 슬래밍과 같은 충격 하중이 선박에 작용하여 발생하는 동적 응답으로서 선박의 운동에 의해 유발되는 하중 응답 성분에 중첩되어 전체 응답을 증가 시킬 수 있다. 따라서 큰 슬래밍 하중이 유발될 수 있는 빠른 속도 및 선수미 형상 등의 특성을 가지는 선박과 선체 거더의 고유진동수가 낮은 대형선박의 경우 휘핑 현상에 대한 충분한 검토가 이루어져야 한다.
3. 휘핑 현상을 고려한 극한하중의 산정을 위해서는 선박의 유탄성해석 및 통계해석이 요구되며, 해석에 사용되는 프로그램은 우리 선급이 인정하는 것이어야 한다.
4. 이 지침에서 제시하는 절차 이외의 방법으로 휘핑효과를 고려하고자 할 경우, 이론 및 프로그램 검증에 관한 충분한 자료를 우리 선급에 제출하여 승인받아야 한다.

#### 102. 선급부호

이 지침에 따라 검토되어 적합한 경우 신청자(선주 또는 건조자)의 요청에 의해 선급부호 "WHIP"를 부여할 수 있다.

### 제 2 절 해석 절차

#### 201. 일반사항

휘핑영향을 고려한 선체강도 평가절차는 **그림 1.1**과 같다. 이 지침은 설계파법 및 설계해상상태법을 제시하며, 신청자는 두 가지 방법 중 하나를 선택하여 수행할 수 있다.

#### 202. 설계파법

1. 선형하중해석을 수행하여 종굽힘모멘트에 대한 하중응답을 구한 후 설계파의 조우각도 및 주기를 결정한다.
2. 설계파의 진폭은 **선급 및 강선규칙 7편 4장 202.의 3항**의 파랑 종굽힘모멘트 값을 사용하여 산정한다.
3. 선정된 설계파 조건에서 시간영역에서의 유탄성 해석을 수행한다.
4. 고주파수 휘핑의 영향이 포함된 설계파 응답의 시계열 자료로부터 휘핑에 대한 기여도를 계산한다.
5. 파랑 종굽힘모멘트에 대한 휘핑 기여도를 고려하여 선체 최종강도를 평가한다.

#### 203. 설계해상상태법

1. 선형하중해석을 수행하여 모든 단기해상상태 조건에서의 하중응답을 구한다. 이때의 하중응답은 특별한 경우가 아니면 선체 종굽힘모멘트로 한다.
2. 장기하중에 대하여 기여도가 가장 큰 주요 단기 해상상태를 선정한다.
3. 선정된 단기 해상상태에서 시간영역에서의 유탄성 해석을 수행한다.
4. 고주파수 휘핑 영향이 포함된 하중응답의 시계열 자료로부터 휘핑에 대한 기여도를 계산한다.
5. 파랑 종굽힘모멘트에 대한 휘핑 기여도를 고려하여 선체 최종강도를 평가한다. ↴

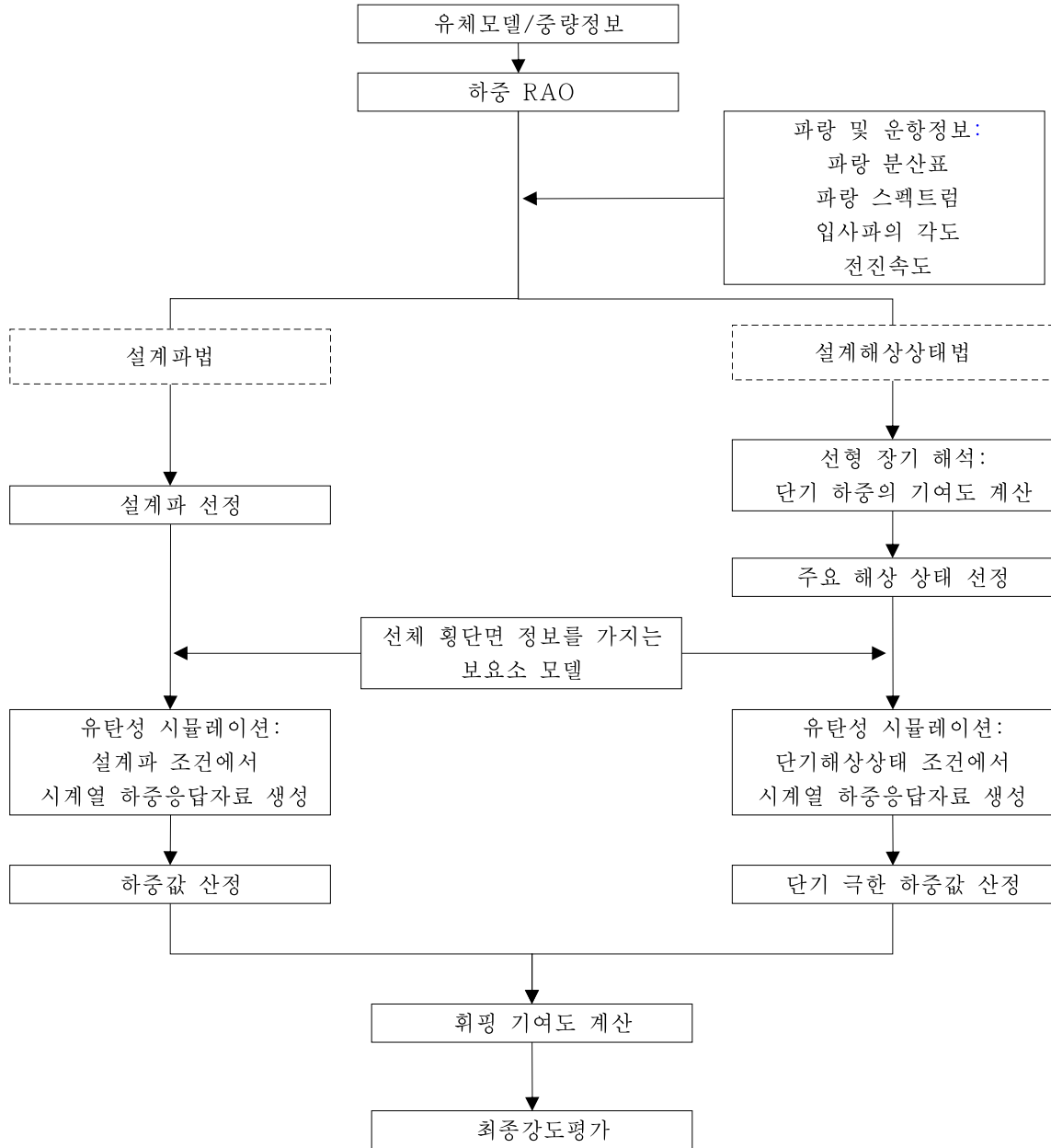


그림 1.1 휘핑영향을 고려한 선체강도 평가 절차

## 제 2 장 설계파 및 주요해상상태 선정

### 제 1 절 일반사항

#### 101. 일반사항

1. 이 장에서는 파랑 종급힘모멘트에 대한 휘핑 영향도를 평가하는 유탄성 해석의 조건이 되는 설계파 및 주요해상상태를 선정하는 절차를 다룬다.
2. 이 장에서 특별하게 설명하지 않은 사항은 선급 및 강선규칙 적용지침 3편 부록 3-2 II. 전선구조해석을 따른다.

#### 102. 적하조건

1. 컨테이너선의 경우 만재흘수조건에서 정수중 호킹 종급힘모멘트 설계값에 도달하는 적하조건을 선택한다.
2. 컨테이너선 이외의 선박에 대해서는 운항비율이 높은 벨러스트 상태 및 만재상태를 고려하여 정수중 종급힘모멘트가 최대 새깅 및 최대 호킹이 되는 조건을 포함한다.

#### 103. 선형하중해석

1. 유체 동하중 해석을 위한 유체모델 및 중량모델은 선급 및 강선규칙 적용지침 3편 부록 3-2를 따른다.
2. 전진속도는 5 노트(knot)를 사용할 것을 권장한다.
3. 선박운동 및 파랑하중 해석은 선체중앙부에서 종급힘 모멘트에 대해 수행하여 하중전달함수를 구한다.
4. 운동해석에 사용되는 프로그램은 우리 선급이 인정하는 것이어야 한다.

### 제 2 절 설계파의 선정

#### 201. 파랑 종급힘모멘트의 장기해석 값

1. 컨테이너선의 경우 선급 및 강선규칙 7편 4장 202.의 3항에 따른 호킹에 대한 수직 파랑급힘모멘트,  $M_{W-Hog}$ ,에서 비선형 수정계수,  $f_{NL-Hog}$ ,를 제외한 선형 하중 값을 파랑 종급힘모멘트의 장기해석 값으로 사용한다.
2. 컨테이너선 이외의 선박에 대해서는 우리 선급과 협의하여 결정한다.

#### 202. 설계파의 선정

1. 설계파의 조우각도는 180°를 기준으로 하며, 주기는 선체중앙부에서 종급힘모멘트에 대한 하중전달함수가 최대일 때를 선정한다.
2. 설계파의 진폭은 파랑 종급힘모멘트의 장기해석 값을 상기 하중전달함수(RAO)로 나눈 값으로 한다.

### 제 3 절 주요해상상태의 선정

#### 301. 단기해석

1. 파랑 빈도자료(wave scatter diagram)의 각 해상상태에서 파고를 정상상태(stationary), 협대역(narrow-band)이라 가정하고 불규칙 해상상태를 파랑 스펙트럼으로 나타낸다. 파랑 스펙트럼은 아래 301.의 2항에서 정의하는 Modified Pierson-Moskowitz 파 스펙트럼을 따른다.
2. 파랑 빈도자료의 유의파고  $H_{si}$ 와 파주기  $T_{zj}$ 에 해당하는 해상상태(i, j)에서 103.에서 구한 하중전달함수( $H(\omega|\theta)$ )와 파랑 스펙트럼( $S_{\eta}(\omega|H_{si}, T_{zj})$ )을 곱하여 고려하는 선체횡단면에서의 중급힘모멘트 응답 스펙트럼을 구한다.

$$S(\omega|H_{si}, T_{zj}, \theta) = |H(\omega|\theta)|^2 S_{\eta}(\omega|H_{si}, T_{zj})$$

$\theta$  : 파도의 입사각

$H(\omega|\theta)$  : 하중전달함수

$S_{\eta}(\omega|H_{si}, T_{zj})$  : 단기 해상에서의 Modified Pierson-Moskowitz 파 스펙트럼

$$S_{\eta}(\omega|H_{si}, T_{zj}) = \frac{H_{si}^2}{4\pi} \left( \frac{2\pi}{T_{zj}} \right)^4 \omega^{-5} \exp \left[ -\frac{1}{\pi} \left( \frac{2\pi}{T_{zj}} \right)^4 \omega^{-4} \right]$$

$\omega$  : 각 주파수 (rad/s)

$H_{si}$  : 유의 파고 (m)

$T_{zj}$  : 평균 제로 업 크로싱(zero up-crossing) 파랑 주기(s)

3. 단기 응답스펙트럼의 면적은 다음 식에 따른다.

$$m_0 = \int_{\omega} \sum_{\theta_{0-90^\circ}}^{\theta_0+90^\circ} f_s(\theta) S(\omega|H_s, T_z, \theta)$$

$f_s(\theta) = k \cos^2(\theta)$ 로 정의되는 퍼짐함수(spreading function)를 사용한다. 다만,  $k$ 는 다음의 값으로 한다.

$$\sum_{\theta_{0-90^\circ}}^{\theta_0+90^\circ} f_s(\theta) = 1$$

$\theta_0$  : 주요 파 입사각

$\theta$  : 주요 파 입사각 주위의 상대적 퍼짐(relative spreading)

4. 단기 하중의 확률밀도함수가 Rayleigh 분포를 따른다고 하면, 하중의 진폭  $X$ 가 어떤 값  $X_c$ 을 초과할 확률(probability of exceedance)은 다음 식에 따른다.

$$G_{ij}(X > X_c) = \exp \left( -\frac{X_c^2}{2m_{0ij}} \right)$$

$m_{0ij}$  : 단기 해상 (i, j)에서 응답 스펙트럼의 면적으로 상기 3항을 따른다.

#### 302. 장기해석

1. 장기해석에서 특정 극한값  $X_c$ 를 초과하는 하중응답확률( $[G(X > X_c)]_L$ )은 다음 식을 따른다.



$$[G(X > X_c)]_L = \sum_{ij} \sum_k \sum_l p_{ij} p_k p_l \{G_{ij}(X > X_c)\}$$

- $p_{ij}$  :  $H_{si}$  와  $T_{zj}$  의 해상상태 (i, j) 의 발현확률
- $p_k, p_l$  : 입사각과 적하조건에 대한 각각의 발현확률
- $G_{ij}(X > X_c)$  : 응답의 초과확률로 301.의 4항을 따른다.

2. 장기해석에 사용되는 파랑자료는 선급 및 강선규칙 적용지침 3편 부록 3-2 표 3을 적용한다.

303. 주요해상상태의 선정

1. 302.의 장기해석에 따라  $10^{-8}$  장기확률수준의 극한값( $X_c$ )을 구한다. 이 때, 입사각은  $30^\circ$ 이하의 등간격으로 하며, 입사각별 발현확률은 동일하게 한다. 컨테이너선의 경우 102.에서 정의된 적하조건에 대한 발현확률( $p_l$ )을 1로 한다.
2. 각 단기 해상상태 (i, j)에서의 하중응답이 극한값( $X_c$ )을 초과할 확률을 301.의 4항에 따라 계산한 후 아래 식과 같이 단기해상상태 별 기여도를 계산한다. 이때, 고려하는 단기해상상태들의 기여도 합은 1이어야 한다.

$$\text{기여도} = \frac{\sum_k \sum_l p_{ij} p_k p_l \{G_{ij}(X > X_c)\}}{[G(X > X_c)]_L}$$

3. 계산된 각 단기해상상태의 기여도를 그림 2.1과 같이 비교하여, 가장 기여도가 큰 단기해상상태를 주요해상상태로 선정한다. ↕

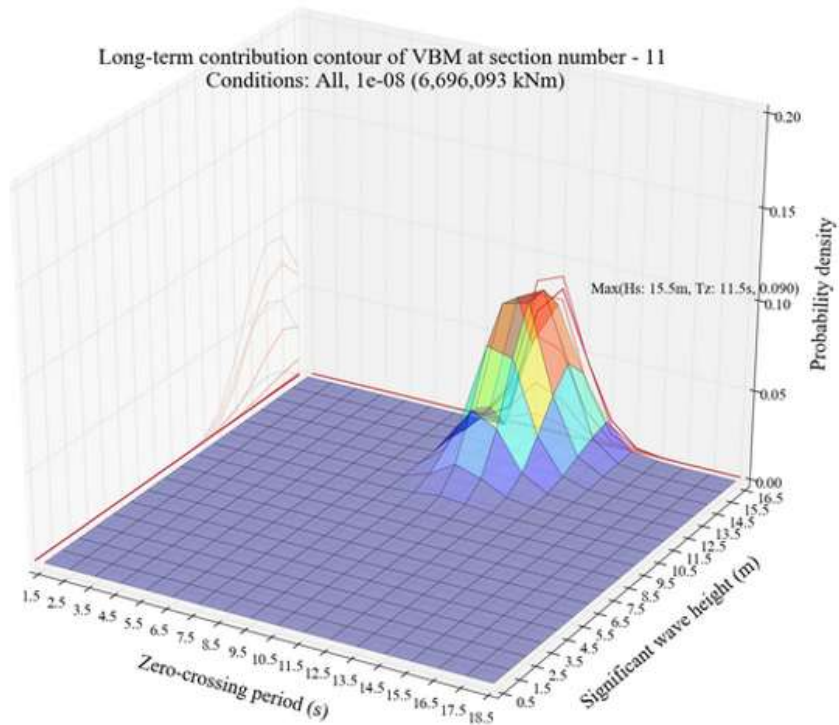


그림 2.1 종굽힘모멘트의 장기해석하중에 대한 기여도 선도

## 제 3 장 유탄성 시뮬레이션

### 제 1 절 일반사항

#### 101. 일반사항

1. 선체의 유탄성 문제는 유체-구조 연성해석을 수행하여 해를 구한다.
2. 유체영역은 3차원 포텐셜 유동을 가정하여 경계요소법으로 그 해를 구한다. 비선형성은 실제의 접수면적에 대해 Froude-Krylov 및 유체 정역학적 힘(복원력)을 고려하는 약 비선형 접근법(weakly nonlinear approach)을 사용하여 고려할 수 있다.
3. 휘핑에 대한 선체응답을 구하는 경우, 선체단면의 2차원 특성을 잘 나타내는 보요소로 이상화하여 유탄성 해석을 수행하여도 충분하다. 단, 비틀림에 취약한 단면의 특성을 갖는 경우에는 이를 고려할 수 있도록 이상화하여야 한다.
4. 유탄성 해석은 직접적분법 또는 모드 중첩법이 사용될 수 있다.

### 제 2 절 시간영역에서의 유탄성 시뮬레이션

#### 201. 시뮬레이션 조건

##### 1. 파 입사각

파랑과의 조우각도는 180°를 기준으로 해석을 수행하여 휘핑의 기여도를 평가할 수 있다. 휘핑을 고려한 장기해석 값을 직접 계산하고자 하는 경우 모든 조우각도를 고려하여 30°이하의 등간격으로 계산을 수행하고 장기하중해석을 수행한다. 이 때 각 조우각의 발현확률은 동일한 것으로 가정한다.

과도한 비선형 계산시간을 줄이기 위하여 단파(short-crested wave) 효과의 고려 없이 장파(long-crested wave)에 대한 해석을 수행하여도 무방하다.

##### 2. 시뮬레이션 시간 간격

시뮬레이션 시간 간격은 슬래밍 등에 의한 충격압력 등이 적절히 반영될 수 있도록 충분히 짧은 시간이 요구되며, 0.025초 이하의 시간간격을 권장한다.

##### 3. 시뮬레이션 시간

설계과범을 적용하는 경우 시뮬레이션 시간은 최소 35개 이상의 파주기를 포함할 수 있도록 충분히 길어야 한다. 설계해상상태범을 적용하는 경우 시뮬레이션 시간은 통계해석의 안정성을 보장할 수 있도록 단기해상상태 별 최소 3시간 이상으로 하는 것을 권장한다.

4. 불규칙파를 구성하는 규칙파는 장파장의 경우 선박길이의 최소 4배 이상으로 하고 단파장은 최소한 선체의 1차 종굽힘 모드를 포함할 수 있도록 하며, 최소 주파수와 최대 주파수 사이에는 최소 150개 이상의 규칙파가 구성되도록 한다.

##### 5. 점성 횡동요 감쇠

점성 횡동요(roll) 감쇠 계수는 모형시험 또는 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 통한 결과를 권장하며, 정보가 없는 경우 5%의 값을 사용할 수 있다.

#### 202. 유체모델

1. 선체를 구성하는 패널은 충분한 개수의 패널로 생성하여야 한다. Rankine Source를 이용하는 경우 그림 3.1과 같이 반쪽 모델은 4,000개 이상의 패널 개수를 권장하며 유체의 자유표면을 구성하는 패널은 자유표면의 반경이 선박길이의 3배 이상이 될 수 있도록 적절히 생성한다.
2. 비선형 해석을 위한 패널 모델은 선박의 강력갑판 높이까지를 모델링한다.

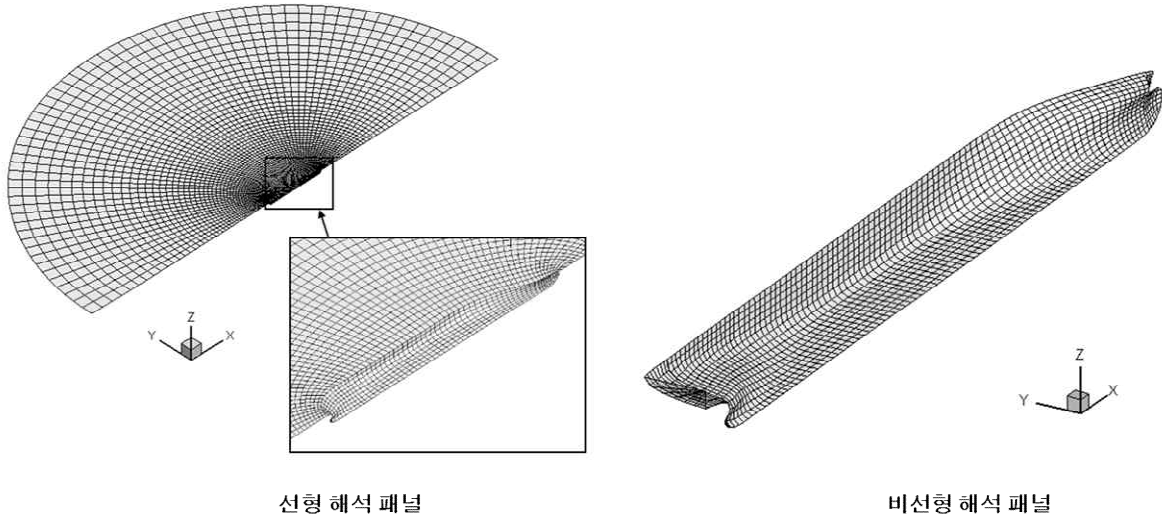


그림 3.1 시간영역해석을 위한 유체모델 예

203. 구조모델

1. 선박의 3차원 구조모델은 선박전체를 표현할 수 있어야 하며, 모델을 구성하는 요소의 크기는 최소 거더 또는 늑판 간격 이하여야 한다. 2차 지지부재의 보 요소의 경우 굽힘강성을 가지는 보 요소를 사용하여야 한다.
2. 컨테이너 하중은 그림 3.2와 같이 스택의 무게중심을 고려하여 적용해야 하며, 구조모델의 강성에 영향을 미치지 않는 요소(예: Nastran RBE3 요소)를 사용할 것을 권장한다. 20ft 컨테이너의 경우 40ft 컨테이너의 중량으로 치환하여 적용하는 것이 가능하다.
3. 이외의 하중은 무게중심을 고려하여 적절히 적용해야 한다.
4. 유탄성 해석에서 구조응답을 직접적분법으로 계산하는 경우 계산시간의 절약을 위하여 3차원 구조모델을 1차원 보 이론 모델로 이상화할 수 있으며, 이때에는 비틀림 변형을 고려할 수 있는 보 이론 모델을 사용하여야 한다.
5. 보 이론 모델은 컨테이너선의 한 베이(bay)에 최소 한 개 이상의 보 요소가 구성될 수 있게 해야 하며, 보 요소는 각 베이(bay) 중앙 횡단면의 특성을 고려하도록 한다.
6. 컨테이너선과 같이 격벽의 비틀림 강성을 반영한 보 이론 모델로서 이상화하는 것이 어려운 경우, 그림 3.2와 같은 3차원 구조모델의 모드해석결과와 보 이론 모델의 모드해석결과와 비교한 후, 보 이론 모델의 비틀림 강성을 적절히 수정하는 방법으로 격벽의 비틀림 강성을 고려할 수 있다.
7. 이와 같이, 치환된 1차원 보 이론 모델의 모드응답 주파수는 3차원 구조모델의 결과와 비교하여 1차 비틀림 및 중굽힘 모드에 대해 5%이내의 값이어야 한다.
8. 구조감쇠에 대한 다른 자료가 없는 경우, 임계 감쇠값의 2% 값을 사용할 수 있다.

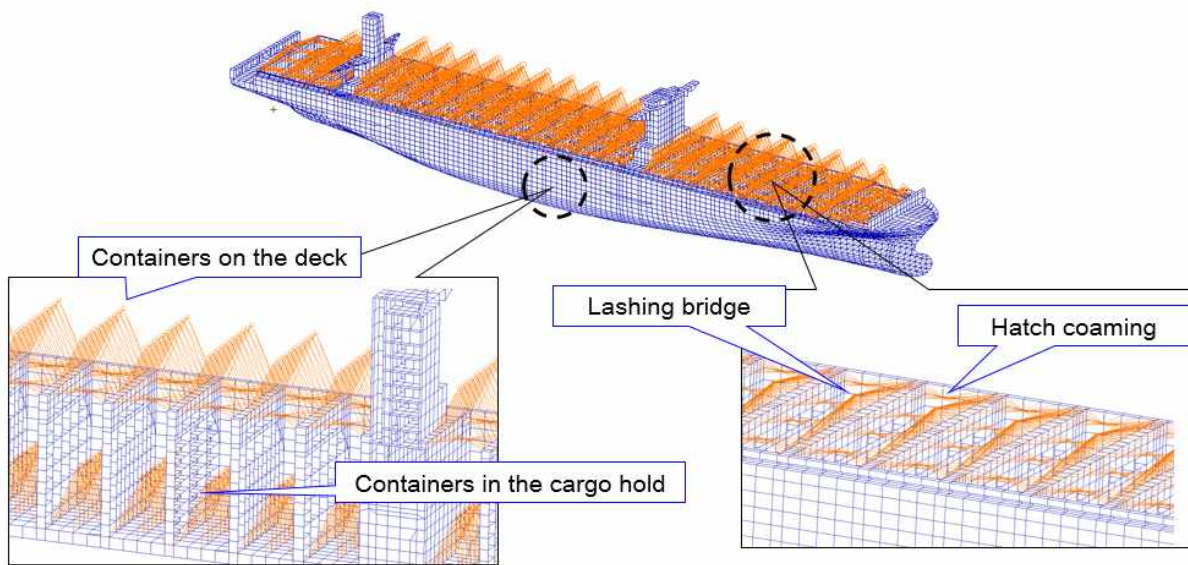


그림 3.2 질량모델을 적용한 컨테이너선의 3차원 구조해석 모델 예

#### 204. 슬래밍 하중의 계산

1. 슬래밍 하중은 GWM(Generalized Wagner Model) 혹은 2차원 썸기법을 도입하여 계산할 수 있다. 이외의 방법을 사용하는 경우에는 충분한 자료를 우리 선급에 제출하여 승인받아야 한다.
2. 슬래밍 하중이 발생할 수 있는 선수미부는 시간에 따른 슬래밍 하중의 변화가 잘 반영될 수 있도록 충분한 개수의 단면으로 모델링 되어야 한다. ↓

## 제 4 장 휘핑 영향을 고려한 선체강도평가

### 제 1 절 일반사항

#### 101. 일반사항

1. 이 장에서는 설계과법 및 설계해상상태법을 이용해 얻어진 파랑 중첩힘모멘트에 대한 휘핑영향을 고려하여 선체 최종강도를 평가하는 방법을 다룬다.
2. 이장에서 제시하는 절차 이외의 방법을 적용하고자 할 경우에는 이론 및 프로그램 검증에 관한 충분한 자료를 우리 선급에 제출하여 승인받아야 한다.
3. 설계과법은 계산시간이 짧고, 절차상 간편한 장점이 있으나, 실제 불규칙적인 해상상태를 하나의 규칙파로 대신하여 평가하기 때문에 슬래밍 하중이 과도하게 산정될 수 있어, 결과가 보수적인 경향을 보일 수 있다.
4. 설계해상상태법은 실제해상상태와 불규칙파를 구현하여, 슬래밍하중을 근사하게 산정할 수 있어 결과의 신뢰성이 높은 장점이 있다. 하지만 설계과법에 비해 비교적 긴 해석시간이 필요하며 시계열 하중응답자료의 재현성을 확보하기 어렵기 때문에 다수의 해석자료를 기반으로 한 통계해석이 요구된다.

### 제 2 절 설계과법에 의한 기여도 산정

#### 201. 적용

설계과법에 의한 기여도 산정은 규칙적인 시계열 하중응답자료를 이용하여 휘핑 기여도를 산정하고자 하는 경우에 사용한다.

#### 202. 하중주기 동안의 피크값(peak value) 추출 및 극한하중 산정

1. 시계열 해석 시 발생하는 초기 과도응답에 의한 응답을 제거하기 위하여 초기 5개의 파주기는 무시하고 이후 최소 30개 파주기에 대해 휘핑에 의한 선체응답이 포함된 중첩힘모멘트와 포함되지 않은(선박을 강체로서 가정함) 중첩힘모멘트의 피크값을 추출한다.
2. 추출한 피크값의 크기가 일정한 값을 나타내는지 확인하고 호킹 및 새킹상태에서 휘핑에 의한 고주파수 응답이 나타나는지 확인한다.
3. 휘핑 기여도는 각 주기에서 휘핑을 고려한 응답의 피크 값과 선박을 강체로 가정하였을 때의 응답 피크값의 비율을 계산하여 평균 값으로 산정한다.

### 제 3 절 설계해상상태법에 의한 기여도 산정

#### 301. 적용

설계해상상태법에 의한 기여도 산정은 단기해상상태에서의 시계열 하중응답자료를 이용하여 휘핑 기여도를 산정하고자 하는 경우에 사용한다.

#### 302. 하중주기 동안의 피크값 추출

1. 단기해상상태에서의 휘핑응답이 포함된 3시간 이상의 시계열 하중응답 자료를 얻는다.
2. 상기 단기해상상태를 표현하는 동일한 불규칙파조건에서 휘핑응답이 포함되지 않은 시계열 하중응답자료를 얻는다. 이 때, 휘핑 응답이 포함되지 않은 시계열 하중응답자료는 휘핑응답이 포함된 시계열 하중응답자료를 저주파수대역통과필터(low-pass filter)를 거쳐 얻어지는 고주파수 선체진동성분이 제거된 하중응답자료로서 대체할 수 있다. 저주파수대역통과필터의 통과 주파수는 접수 시의(wetted condition) 모드 해석결과에서 1차 선체 진동모드 주파수의 90% 정도로 한다. 결정된 통과 주파수를 휘핑응답이 포함된 시계열 자료의 FFT(Fast Fourier Transform) 결과에 대비하여, 그림 4.1과 같이 동적 응답 성분이 적절히 제거되는지 확인한다.



3. 휘핑응답이 포함되지 않은 시계열 자료를 이용하여 그림 4.2와 같이 영점상향통과주기(zero up-crossing period)를 하중주기로 간주하고 각 주기에서의 최대, 최소값을 피크값(peak value)으로 한다.
4. 동일한 주기에서 휘핑응답이 포함된 시계열 하중응답 자료의 피크값을 구한다.

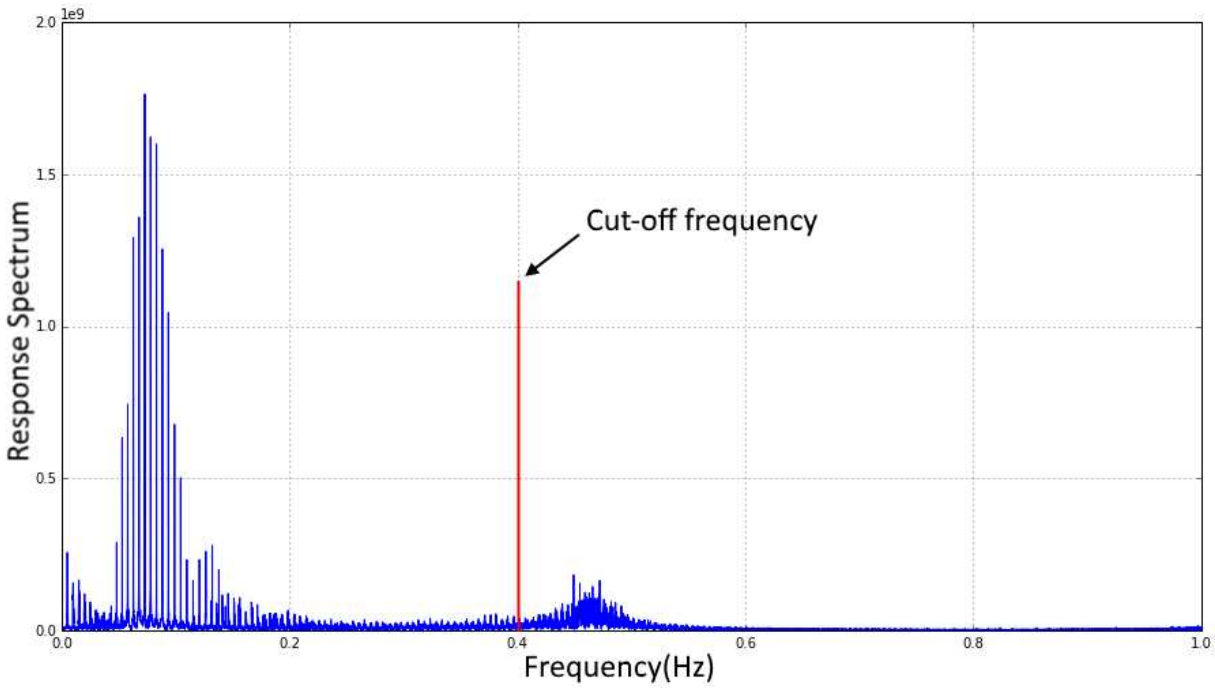


그림 4.1 휘핑 응답을 포함한 시계열 자료의 FFT 결과에서 통과 주파수 적용의 예

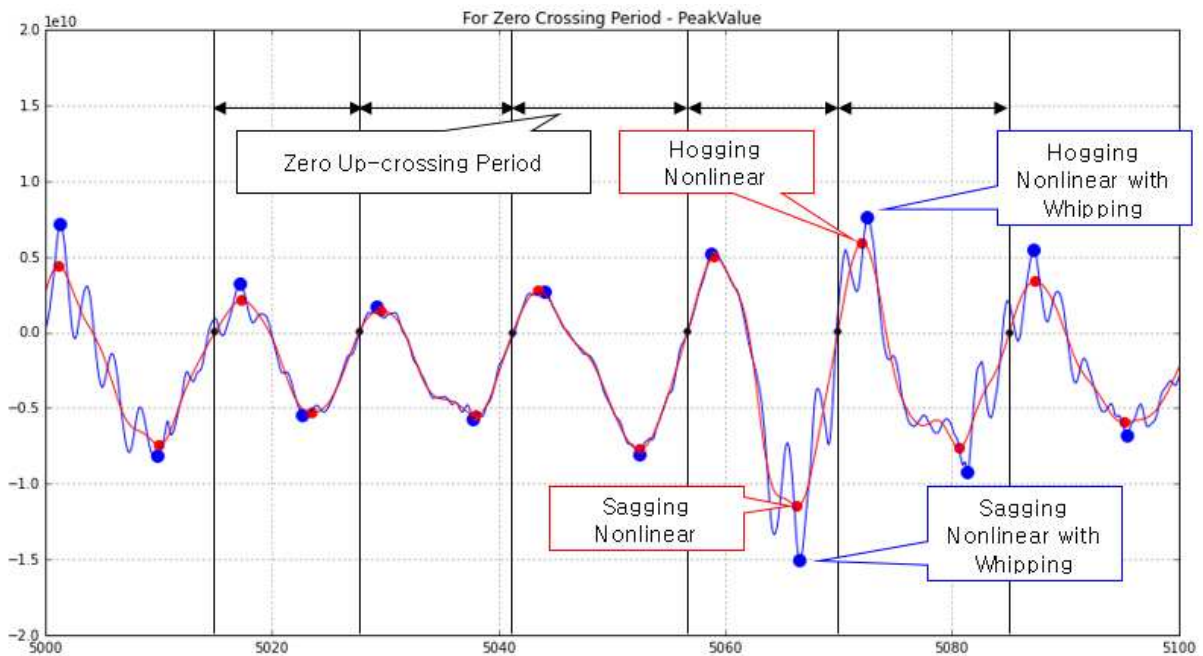


그림 4.2 하중 주기의 피크값(peak value) 추출

303. 확률분포의 파라미터 산정

- 302.에서 구한 피크값(peak value)으로 누적상대도수를 계산하고 로그스케일로 선형화된 데이터를 기반으로 Weibull 분포의 파라미터를 최소자승법 또는 최대우도법을 이용해 추정할 수 있다.
- 상기 1항으로부터 얻어진 Weibull 분포의 형상 파라미터 및 척도 파라미터를 아래 식에 적용하여 그림 4.3과 같이 주어진 불규칙파에서 하중응답의 초과확률을 구한다.

$$G(X > X_c) = \exp\left(-\frac{X_c}{\eta}\right)^\xi$$

$\xi$  : 형상 파라미터  
 $\eta$  : 척도 파라미터  
 $X_c$  : 중급힘모멘트

- 히스토그램을 사용하여 누적상대도수를 계산하는 경우 히스토그램의 간격은 최적화 방법을 통해 정하는 것을 권장하며, 이외의 방법을 사용할 경우 이론 및 방법에 관한 충분한 자료를 우리 선급에 제출하여 승인받아야 한다.
- Weibull 분포의 파라미터 추정 시 피팅의 정밀도 향상을 위하여 끝단 가중치 방법(tail weighting method)을 적용할 수 있으며, 이를 위하여 최하 20~25%의 누적상대도수는 무시할 수 있다.

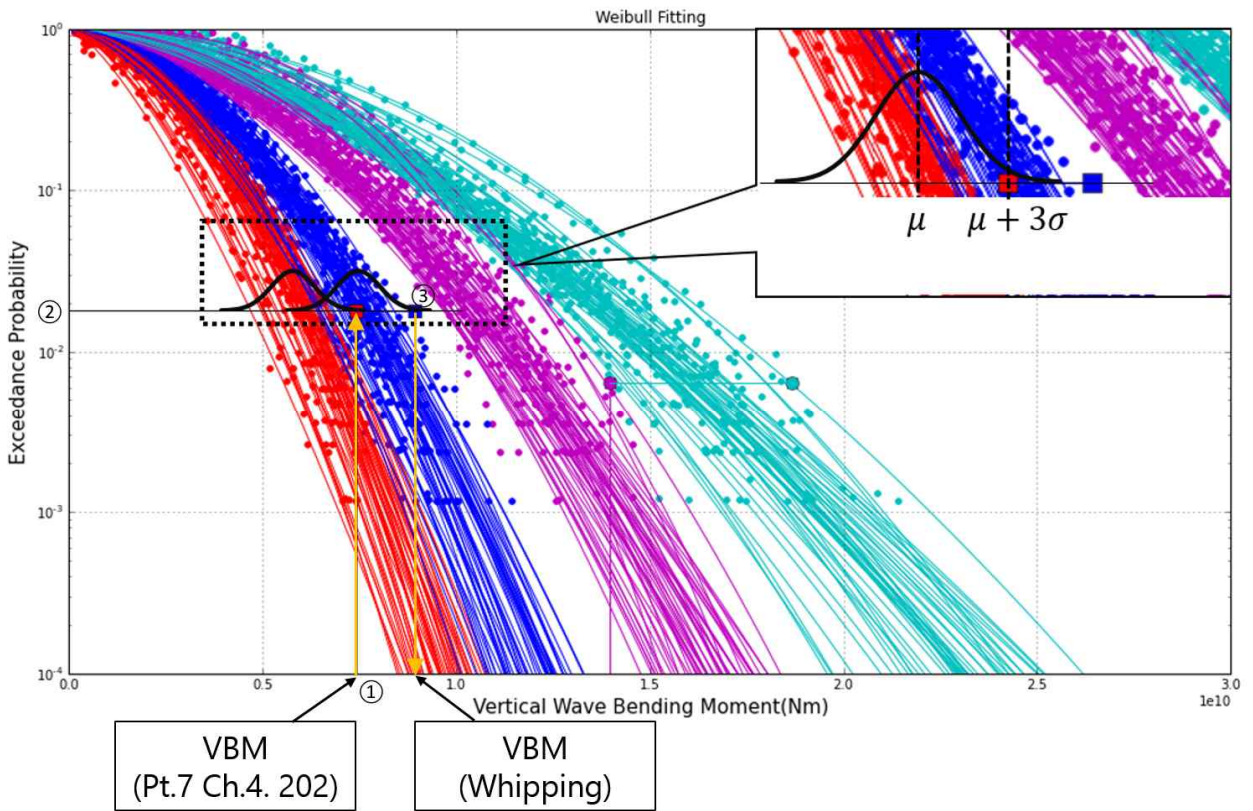


그림 4.3 누적확률분포자료의 Weibull 피팅

304. 확률수준 산정 및 극한하중 산정

- 설계해상상태법에서 사용되는 불규칙파는 유의파고 및 파주기로 정의되는 파랑 스펙트럼을 바탕으로 규칙파의 중첩의 합으로 구성되기 때문에 불규칙파를 구성하는 규칙파의 다양한 위상에 따라 수많은 불규칙파가 생성될 수 있다.
- 동일한 해상상태를 표현하는 수많은 불규칙파 조건에서 파랑중 운동의 비선형성을 고려하였을 때 하중응

- 답의 재현성을 확인하기 어렵다. 이를 고려하기 위해 그림 4.3과 같이 동일한 초과확률에서의 하중응답이 정규분포를 따른다는 가정 하에 통계해석을 통해 단기해상상태에서의 대뿔값을 산정 할 수 있다.
- 극한하중산정을 위한 초과확률수준은 휘핑이 고려되지 않은 하중응답의 대뿔값이 선급 및 강선규칙 7편 4장 202.의 3항에 따른 파랑 중급힘모멘트 값에 도달할 때의 수준으로 하며, 컨테이너선 이외의 선박에 대해서는 우리선급과 협의하여 파랑 중급힘모멘트 값을 결정한다. 초과확률별 대뿔값은 정규분포의 평균값에 표준편차의 3배를 더한값( $\mu+3\sigma$ )으로 한다.
  - 정규분포의 대뿔값의 신뢰도를 확보하기 위하여 충분한 모집단이 필요하며 이를 위해서는 동일한 해상상태를 표현하는 다양한 불규칙과 조건에서의 수렴성을 확인하여야 하며 이를 위해서는 30~50회의 해석이 요구될 수 있다.
  - 상기 3항에서 얻어진 초과확률수준에서 휘핑이 고려된 하중응답을 대뿔값을 산출하여 이를 휘핑이 고려된 극한하중으로 한다. 휘핑에 의한 기여도는 이 때 대뿔값의 비로 산정한다.

## 제 4 절 선체 굽힘모멘트의 휘핑기여도 산정 및 최종강도평가

### 401. 선체 굽힘모멘트의 휘핑기여도 산정

2절 및 3절에서 정의한 휘핑 기여도는 아래 식과 같이 다시 표현할 수 있다.

$$\gamma_{whip} = \frac{M_{whip}}{M_{rigid}}$$

- $\gamma_{whip}$  : 파랑 중급힘모멘트에 대한 휘핑 기여도  
 $M_{whip}$  : 휘핑 영향이 포함된 파랑 중급힘모멘트  
 $M_{rigid}$  : 휘핑 영향을 제외한 파랑 중급힘모멘트

### 402. 휘핑을 고려한 최종강도평가

컨테이너선의 경우 선박의 중앙부에 대하여 휘핑을 고려한 호킹 상태의 수직 선체거더 최종굽힘능력이 다음 기준을 만족하여야 한다. 컨테이너선 이외의 선박에 대해서는 우리 선급과 협의하여 결정한다.

$$\gamma_S M_S + \gamma_W \gamma_{whip} M_W \leq \frac{M_U}{\gamma_M \gamma_{DB}}$$

- $M_S$  : 호킹 상태에서의 정수중 중급힘모멘트 허용값(kNm).  
 $M_W$  : 선급 및 강선규칙 7편 4장 202.의 3항에 따른 파랑 중급힘모멘트 값(kNm).  
 $M_U$  : 선급 및 강선규칙 7편 4장 206.의 3항에 따른 수직 선체거더 최종굽힘능력(kNm).  
 $\gamma_S$  : 정수중 굽힘모멘트에 대한 부분 안전계수로서 1.0으로 한다.  
 $\gamma_W$  : 수직 파랑굽힘모멘트에 대한 부분 안전계수로서 1.2로 한다.  
 $\gamma_{whip}$  : 401.에 따른 수직 파랑굽힘모멘트에 대한 휘핑 기여도. ↓



---

인 쇄 2017년 3월 24일

발 행 2017년 4월 1일

## 휘핑을 고려한 컨테이너선의 강도평가 지침

발행인 이 정 기

발행처 **한 국 선 급**

부산광역시 강서구 명지오션시티 9로 36

전 화 : 070-8799-7114

FAX : 070-8799-8999

Website : <http://www.krs.co.kr>

---

신고번호 : 제 2014-000001호 (93. 12. 01)

Copyright© 2017, **KR**

이 규칙 및 적용지침의 일부 또는 전부를 무단전제 및  
재배포시 법적제재를 받을 수 있습니다.