
 論 文

大韓造船學會論文集
 第 33 卷 第 2 號 1996年 5月
 Transactions of the Society of
 Naval Architecture of Korea
 Vol. 33, No. 2, May 1996

일반화 경사처짐법에 의한 선체의 횡강도 해석

장창두*, 나승수**

Structural Analysis of Ship Structures by Generalized Slope Deflection Method

by

Chang-Doo Jang* and Seung-Soo Na**

요 약

선체의 횡강도 해석을 하기 위해서는 유한요소법 등을 이용하는 것이 일반적이지만 설계 관점에서 볼 때 기존의 유한요소법을 이용하는 경우 작업 시간 및 계산 시간이 대단히 많이 소요되고 있는 실정이다.

따라서, 다양한 반복 설계 및 최적 설계를 수행하기 위해서는 막대한 계산 시간이 소요되는 유한요소법보다는 계산 시간이 빠르며 정도도 좋은 새로운 횡강도 해석 방법을 이용하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 이를 위해 우선 일차적으로 횡강도 해석 측면에서 기 개발한 일반화 경사처짐법 및 신 등가 곡선보 이론의 유용성을 확인하고자 유조선의 횡강도 해석을 수행하였으며, 기존의 방법과 계산 시간 및 정도를 비교하여 그 우수성을 입증하였다.

Abstract

For the structural analysis of ship structures finite element method is generally used but it requires lots of working and computing time from the design viewpoint.

Therefore, it is desirable to adopt a new analysis method which gives little computing time and high accuracy instead of finite element method to carry out various alternative design and optimum design.

In this study, from the analysis viewpoint, structural analysis of oil tankers is carried out to verify the effectiveness of the generalized slope deflection method and the new equivalent

접수일자 : 1995년 12월 27일, 재접수일자 : 1996년 4월 10일

* 정회원, 서울대학교 조선해양공학과

** 정회원, 목포대학교 조선공학과

curved beam theory which were formulated by the authors and their superiority is verified by comparison of the computing time and the results of accuracy with existing methods.

1. 서 언

선체의 횡강도 해석을 위해 종래에는 주로 경사 처짐법 등을 이용한 해석적 방법이 이용되어 왔으나, 최근 computer의 발달과 함께 유한요소법 등을 이용한 수치적 방법이 널리 이용되고 있다.

선체의 횡강도 해석시 기존의 경사처짐법은 Rahmen 구조같이 부재의 축 강성이 큰 구조물에 적용하였기 때문에 부재의 신축을 고려하지 않아도 되지만 선체와 같이 부재의 축 강성이 그다지 크지 않은 구조물에서는 부재의 신축을 무시하게 되면 해의 정도가 상당히 떨어지는 경향이 있다^[1-6]. 또한, 일반적인 경사각을 갖는 구조물을 해석하기 곤란하며 절점방정식과 층방정식에 의해 해를 구함으로써 프로그램 구성이 상당히 까다롭게 된다^[7, 8].

그리고, 유한요소법은 다양한 형상의 구조물을 해석할 수 있지만 구조물을 정확하게 해석하기 위해서는 많은 mesh로 분할해야 하기 때문에 선체와 같이 복잡한 구조물을 해석하기 위해서는 computer 용량의 대형화 및 막대한 data 입력 작업이 수반되어야 하며 많은 계산 시간이 필요하게 된다.

또한, 횡강도 해석시 최대 응력이 발생하는 선체 corner 부의 응력을 해석하기 위해서는 유한요소법을 이용하고 있지만 해석 시간 및 작업 시간이 막대하게 소요되므로 계산 시간이 작게 들며 정도도 비교적 좋은 이론적 방법에 의한 구조 해석을 수행하는 것이 필요하다.

Corner 부의 응력을 해석하기 위한 이론적 방법으로는 Terada^[9]에 의한 등가의 곡선보 이론 및 Osgood^[10]에 의한 wedge 이론 등이 있으며, 이 이론들을 이용하여 빠른 시간안에 근사하게 corner 부의 응력을 해석할 수 있으나 선체와 같이 복잡한 구조물인 경우 해의 정도가 상당히 떨어지는 경향이 있다.

본 연구에서는 기존의 경사처짐법에 부재의 축 방향의 변위를 고려하여 유한요소법의 장점인 matrix method와 결합한 일반화 경사처짐법^[11,12] 및 기존의 등가의 곡선보 이론을 확장한 신 등가 곡선보 이론^[11,13]을 적용하여 선체의 횡강도 해석 프로그램을 개발하고자 한다.

개발한 프로그램의 유용성을 확인하기 위해 1960년대 초반 일본에서 건조된 바 있는 19,000 DWT 유조선^[2]을 대상으로 선체 구조 해석을 수행하여 기존의 경사처짐법, 등가의 곡선보 이론 및 유한요소법과 계산 시간 및 정도를 비교하여 그 우수성을 입증하고자 한다.

Modeling 방법으로는 선체 길이 방향의 강성을 spring으로 치환하는 2차원 web frame model 및 cargo space grillage 해석에 의한 2차원 web frame model로 modeling하고, 더욱 더 3차원으로 확장시켜 3차원 web frame model로 modeling하여 각각의 경우에 대해 구조 해석을 수행한 후 계산 결과의 정도 및 계산 시간을 비교하여 효과적인 modeling 방법을 제시하고자 한다.

2. 일반화 경사처짐법 적용^(11,12)

2.1 2차원에서의 일반화 경사처짐법

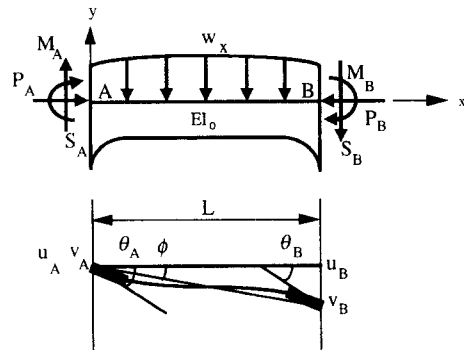


Fig. 1 Bracketed beam for GSDM(2-D)

Fig. 1에서 보는 바와 같이 bracket이 붙은 보가 양단에서 축력, 전단력 및 굽힘 모멘트를 전달 받고 부재 길이에 걸쳐 분포 하중이 작용할 때 bracket이 붙은 보의 변형 에너지를 구하면 다음과 같이 된다.

$$U = \frac{1}{2EI_o} \int_{C_{BA}}^{L-C_{BB}} M_x^2 dx + \frac{1}{2GA_{uz}} \int_{C_{SA}}^{L-C_{SB}} S_x^2 dx \quad (1)$$

$$+ \frac{1}{2EA} \int_{C_{AA}}^{L-C_{AB}} P_x^2 dx$$

여기서, $C_{BB}, C_{BA}, C_{SB}, C_{SA}, C_{AB}, C_{AA}$ 는 span point 개념^[11]에 의한 span point 위치를 나타낸다.

이 식을 Castigliano 정리를 이용하여 양단에서의 굽힘 모멘트, 전단력 및 축력을 구하면 다음과 같이 된다.

$$M_A = \frac{EI_o}{L} \{2F_A \theta_A + G_A \theta_B - (2F_A + G_A) \phi\} - m_A$$

$$M_B = \frac{EI_o}{L} \{2F_B \theta_B + G_B \theta_A - (2F_B + G_B) \phi\} + m_B$$

$$P_A = \frac{EA}{L_A} (u_A - u_B) \quad (2)$$

$$P_B = P_A$$

$$S_A = -\frac{1}{L} (M_A + M_B) + \frac{W}{L} (L - a)$$

$$S_B = S_A - W$$

여기서, F_A, F_B, G_A, G_B 는 2차원상에서 변단면보를 표현하기 위한 상수들^[12]이며, a 는 분포 하중의 중심까지의 거리를 나타낸다.

2.2 3차원에서의 일반화 경사처짐법

Fig. 2에서 보는 바와 같이 bracket이 붙은 보가 양단에서 축력, 전단력 및 굽힘 모멘트를 전달 받고 부재 길이에 걸쳐 분포 하중이 작용할 때 bracket이 붙은 보의 변형 에너지를 구하면 다음과 같이 된다.

$$U = \frac{1}{2EI_{oz}} \int_{C_{BA}}^{L-C_{BB}} M_z^2 dx + \frac{1}{2GA_{uz}} \int_{C_{SA}}^{L-C_{SB}} S_z^2 dx \quad (3)$$

$$+ \frac{1}{2EA} \int_{C_{AA}}^{L-C_{AB}} P_x^2 dx + \frac{1}{2EI_{oy}} \int_0^L M_y^2 dx$$

$$+ \frac{1}{2GA_{uz}} \int_0^L S_x^2 dx + \frac{1}{2GJ} \int_0^L M_x^2 dx$$

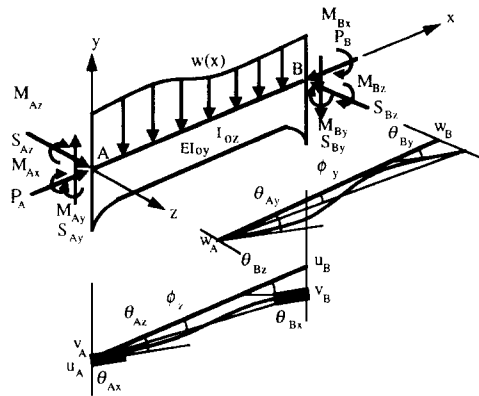


Fig. 2 Bracketed beam for GSDM(3-D)

여기서, $C_{BB}, C_{BA}, C_{SB}, C_{SA}, C_{AB}, C_{AA}$ 는 span point 개념^[11]에 의한 span point 위치를 나타낸다.

이 식을 Castigliano 정리를 이용하여 양단에서의 굽힘 모멘트, 전단력 및 축력을 구하면 다음과 같이 된다.

$$M_{Az} = \frac{EI_{oz}}{L} \{2F_{Az} \theta_{Az} + G_{Az} \theta_{Bz} - (2F_{Az} + G_{Az}) \phi_z\} - m_A$$

$$M_{Bz} = \frac{EI_{oz}}{L} \{2F_{Bz} \theta_{Bz} + G_{Bz} \theta_{Az} - (2F_{Bz} + G_{Bz}) \phi_z\} + m_B$$

$$M_{Ay} = \frac{EI_{oy}}{L} \{2F_{Ay} \theta_{Ay} + G_{Ay} \theta_{By} - (2F_{Ay} + G_{Ay}) \phi_y\}$$

$$M_{By} = \frac{EI_{oy}}{L} \{2F_{By} \theta_{By} + G_{By} \theta_{Ay} - (2F_{By} + G_{By}) \phi_y\}$$

$$M_{Ax} = \frac{GJ}{L} (\theta_{Ax} - \theta_{Bx})$$

$$M_{Bx} = -M_{Ax} \quad (4)$$

$$P_A = \frac{EA}{L_A} (u_A - u_B)$$

$$P_B = P_A$$

$$S_{Ay} = -\frac{1}{L} (M_{Az} + M_{Bz}) + \frac{W}{L} (L - a)$$

$$S_{By} = S_{Ay} - W$$

$$S_{Az} = -\frac{1}{L} (M_{Ay} + M_{By})$$

$$S_{Bz} = S_{Az}$$

여기서, $F_{Az}, F_{Bz}, F_{Ay}, F_{By}, G_{Az}, G_{Bz}, G_{Ay}, G_{By}$ 는 3차원상에서 변단면보를 표현하기 위한 상수들^[12]이며, a 는 분포 하중의 중심까지의 거리를 나타낸다.

2.3 일반화 경사처짐 방정식의 Matrix로의 정식화

(2), (4)식에서 보인 각 부재당 일반화 경사처짐 법에 의한 방정식을 matrix로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$\{P_R^e\} = [K^e]\{\delta^e\} - \{P_A^e\} \quad (5)$$

여기서, $\{P_R^e\}$ 는 부재에 발생하는 부재력이며, $\{P_A^e\}$ 는 분포 하중에 의한 실제 부재에 걸리는 외력이다. 또한, $[K^e]$ 는 부재의 강성을 나타내며, $\{\delta^e\}$ 는 부재의 변위를 나타낸다.

3. 신 등가 곡선보 이론 적용^(11,13)

3.1 2부재 결합부인 경우

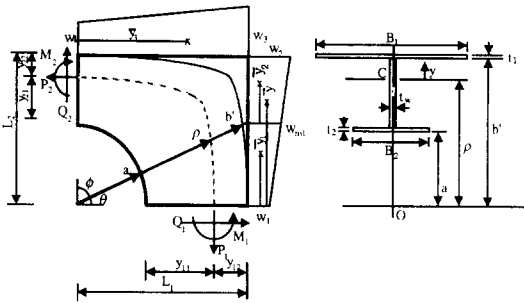


Fig. 3 New equivalent curved beam(2-D)

Fig. 3에서 보인 것같이 곡선보가 단부에 굽힘 모멘트(M), 축력(P), 전단력(Q) 및 외력을 받는 경우 bracket 안쪽 edge에 발생하는 응력을 구하면 다음 식으로 주어진다.

$$\sigma_a = \frac{M_\theta}{\rho(A' - A)} \left[\frac{\rho}{a} - \frac{A'}{A} \right] + \frac{P_\theta}{A} \quad (6)$$

여기서,

$$M_\theta = M_1 - P_1(L_1 - y_{12} - \rho \cos \theta) + Q_1 \rho \sin \theta + (w_1 + w_{m1})L_1 \tan \theta (\rho \sin \theta - \bar{y}_1) / 2$$

$$P_\theta = P_1 \cos \theta + Q_1 \sin \theta + (w_1 + w_{m1})L_1 \tan \theta \sin \theta / 2$$

$$\rho = (a + b') / 2$$

$$A = B_1 t_1 + B_2 t_2 + t_u (b' - a)$$

$$A = B_2 t_2 \frac{\rho}{a} + \rho t_u \ln \frac{b'}{a} + B_1 t_1 \frac{\rho}{b'}$$

3.2 3부재 결합부인 경우

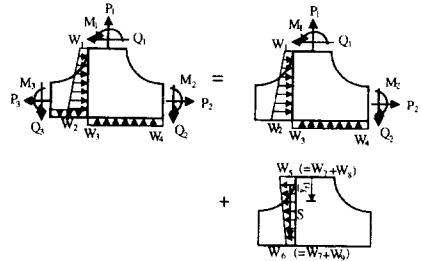


Fig. 4 New equivalent curved beam(3-D)

기존의 등가의 곡선보 이론에서와 같이 3부재 결합부를 등가의 강성을 갖는 2개의 2부재 결합부로 치환하는 것은 마찬가지이지만 등가의 외력을 표현하기 위해 Fig. 4에서 보인 것같이 나머지 한 부재에 작용하는 하중을 2부재 결합부와 연결된 곳에서의 등가의 하중으로 치환하는 것이 다르다. 2부재 결합부에서와 같이 곡선보가 단부에 굽힘 모멘트(M), 축력(P), 전단력(Q) 및 외력을 받는 경우 bracket 안쪽 edge에 발생하는 응력을 구하면 다음 식으로 주어진다.

$$\sigma_a = \frac{M_\theta}{\rho(A' - A)} \left[\frac{\rho}{a} - \frac{A'}{A} \right] + \frac{P_\theta}{A} \quad (7)$$

여기서

$$M_\theta = M_1 - P_1(L_1 - y_{12} - \rho \cos \theta) + Q_1 \rho \sin \theta + (w_1 + w_{m1})L_1 \tan \theta (\rho \sin \theta - \bar{y}_1) / 2 + (w_5 + w_{n1})L_1 \tan \theta (\rho \sin \theta - \bar{y}_{n1}) / 2 - SB_1 \tan \theta (B_1 - \rho \cos \theta)$$

$$P_{\theta} = P_1 \cos \theta + Q_1 \sin \theta + (w_1 + w_m) L_1 \tan \theta \sin \theta / 2$$

$$+ (w_3 + w_n) L_1 \tan \theta \sin \theta / 2$$

$$+ S B_1 \tan \theta \cos \theta$$

4. 일반화 경사처짐법에 의한 선체의 횡강도 해석

4.1 Spring 지지를 이용한 2차원 횡강도 해석

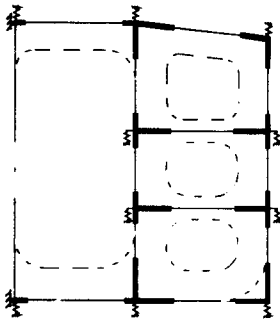


Fig. 5 Modeling method(MCASE 1)

Spring 지지를 이용하여 선체의 횡강도를 해석하기 위해서는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 유효폭 이론을 고려하여 한 web 간격만큼 떼어내 선체 종강도 부재인 선체 외판 및 종격벽을 I 단면보의 상부 flange로 취하고, 선체 횡강도 부재인 web 및 flange를 I 단면보의 web 및 하부 flange로 취하여 web frame으로 modeling 한다. 이때, 3차원 효과를 나타내기 위해 선체 종강도 부재인 외판, 종격벽, 선저 중심선 girder 및 갑판 중심선 girder를 Timoshenko 보 이론을 적용하여 등가의 spring 강성으로 치환한다.

또한, bracket이 붙은 부분은 span point 개념^[5]을 도입하여 bracket 부근의 강성을 크게주어 등가의 보로 치환한다. 치환된 model에 한 web 간격만큼의 하중을 주어 2차원 횡강도 해석을 수행한다. 경계조건은 대칭조건을 이용하여 선체 중심선상에서의 폭방향 변위 및 변형각을 구속하며 각 절점에는 앞에서 구한 등가의 spring 강성을 걸어준다. 편의상 이 model을 MCASE 1이라 칭한다.

4.2 Cargo space grillage 해석에 의한 2차원 횡강도 해석

앞에서 논의한 spring 지지를 이용한 modeling 방법은 한 hold 내에서의 거동만을 파악할 수 있어 몇개의 hold 내지는 선체 전체의 거동 현상을 알아보기 위해서는 cargo space grillage 해석을 수행하여야 한다.

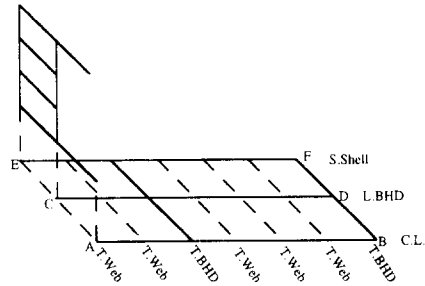


Fig. 6 Modeling method(MCASE 2)

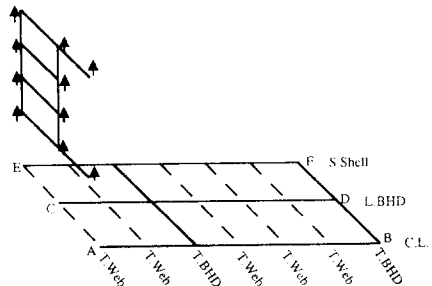


Fig. 7 Modeling method(MCASE 3)

Modeling 방법은 Fig. 6,7에서 보인것 같이 web frame의 center tank 내 선저 부분, wing tank 구조물 및 횡격벽을 grillage의 횡방향 요소로 lump 시키고 선저 중심선 girder, 측판 및 종격벽을 grillage의 중요소로 lump 시킨다. 이 lump된 model에 수직 하중만을 주어 평면 grillage 해석을 수행한다. web frame의 횡강도 해석시 경계조건으로 grillage 해석에서 구한 변위를 강제변위로 사용하는 경우(MCASE 2)와 grillage 해석에서 구한 반력을 전단력으로 사용하는 경우(MCASE 3)로 구분한다.

4.3 3차원 횡강도 해석

앞에서 논의한 cargo space grillage 해석은 각 요소를 평면 grillage로 치환할 때 요소를 lump 시키는데 어려움이 많으며 실제 거동 현상을 제대로 표현하기가 힘들다.

따라서, 실제 거동 현상을 좀 더 정확히 표현하기 위해서는 실제 구조물을 있는 그대로 modeling 하는 3차원 modeling이 필요하다. Modeling 방법은 Fig. 8,9에서 보인 것같이 선저 중심선 girder와 갑판 중심선 girder를 고려하고 선체 길이 방향의 요소를 모두 선저에 분배하는 경우(MCASE 4) 및 선저와 갑판에 분배하는 경우(MCASE 5)로 나누어 modeling 한다.

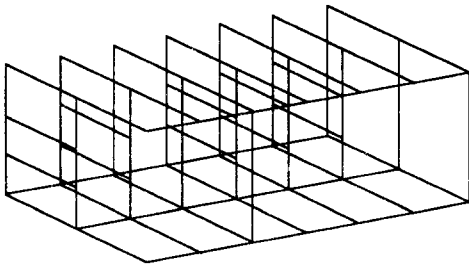


Fig. 8 Modeling method(MCASE 4)

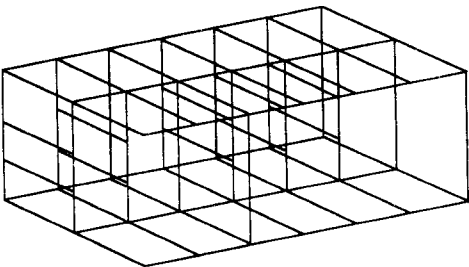


Fig. 9 Modeling method(MCASE 5)

또한, bracket이 붙은 부분은 span point 개념을 도입하여 bracket 부근의 강성을 크게 주어 등가의 보로 치환하며, 각 web 위치에 횡강중을 걸어 주어 3차원 횡강도 해석을 수행한다. 경계조건은 양단에서의 대칭조건 및 선체 중심선상에서의 대칭조건을 이용하며 맨 우측 횡격벽에서 선저판과 측판이 만나는 곳의 수직 처짐을 구속한다.

5. 횡강도 해석 결과 및 고찰

기존의 경사처짐법의 비효율성을 배제하기 위해 축방향의 변위를 고려하여 유도된 일반화 경사처짐법 및 간편하게 corner 부의 응력을 계산할 수 있도록 유도된 신 등가 곡선보 이론의 효율성을 알아보기 위해 test model 및 실선을 대상으로 하여 해석 결과의 정도를 검증하였으며, 유조선의 횡강도 해석에도 적용하여 그 유용성을 확인하였다.

5.1 해석 결과의 정도 검증

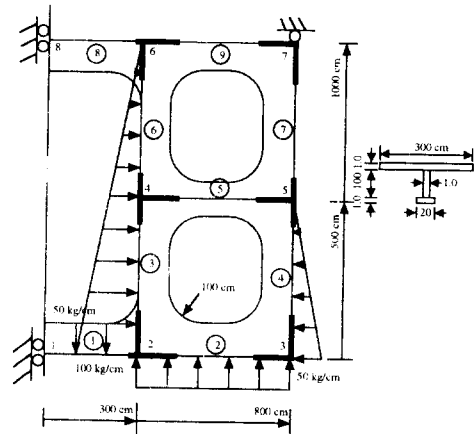


Fig. 10 Test model

앞에서 정식화한 일반화 경사처짐법에 따라 작성된 프로그램의 정도를 검증하기 위해 Fig. 10에서 보인 것같이 test model의 구조 해석을 수행하여 해석 결과 및 계산 시간을 Table 1~3에 나타내었다. 여기서 SAP6는 구조 해석 package program을 이용한 유한요소법의 결과이고, SDM은 경사처짐법을 이용한 결과^[7]이며, GSDM은 일반화 경사처짐법을 이용한 결과이다.

Table 1,2에서 보인 것과 같이 GSDM의 결과는 SAP6 및 SDM의 결과와 다소 차이를 보이고 있는데 이것은 SAP6의 경우 변단면부를 제대로 표현하지 못하였으며, SDM의 경우 축방향의 변위를 무시하였기 때문에 발생한 오차라 생각한다.

또한, Table 3은 계산 시간을 비교한 결과로

Table 1 Comparison of bending moment distribution

unit : 10,000 kg-cm

Node No.	1-2	2-1	2-3	3-2	2-4	4-2	3-5	5-3	4-5
SAP6	-55.2	-170.	-282.	-9.7	451.8	46.0	-9.7	147.1	-21.2
SDM	-51.5	-174.	-291.	-13.4	464.6	27.7	-13.4	153.1	-18.9
GSDM	-50.3	-175.	-297.	-7.1	471.5	37.6	-7.1	141.4	-17.6
Node No.	5-4	4-6	6-4	5-7	7-5	8-6	6-8	6-7	7-6
SAP6	-34.4	-24.8	-150.	-113.	-99.5	-27.2	27.2	122.8	99.5
SDM	-30.5	-8.8	-143.	-123.	-109.	-22.6	22.6	120.0	108.9
GSDM	-30.4	-20.0	-152.	-111.	-101.	-26.1	26.1	126.1	100.9

Table 2 Comparison of shear force distribution

unit : 100 kg

Node No.	1-2	2-1	2-3	3-2	2-4	4-2	3-5	5-3	4-5
SAP6	0.0	150.	-183.	-66.7	307.9	67.1	-52.0	-73.0	11.1
SDM	0.0	150.	-186.	-64.1	306.8	68.2	-50.0	-75.0	9.9
GSDM	0.0	150.	-186.	-64.2	310.1	64.9	-53.6	-71.4	9.6
Node No.	5-4	4-6	6-4	5-7	7-5	8-6	6-8	6-7	7-6
SAP6	-11.1	48.4	76.6	-42.5	42.5	0.0	0.0	44.5	-44.5
SDM	-9.9	53.1	72.0	-46.3	46.3	0.0	0.0	45.8	-45.8
GSDM	-9.6	48.9	76.1	-42.4	42.4	0.0	0.0	45.4	-45.4

Table 3 Comparison of computing time

	SAP6 (membrane)	SAP6 (beam)	SDM	GSDM
cpu(sec)	650	164	4	4

해석적 방법을 이용한 SDM이나 GSDM은 계산 시간이 상당히 작는데 비해 유한요소법을 이용한 SAP6의 경우 다른 해석 방법보다 계산 시간면에서 많은 차이를 보이고 있어 최적 설계용으로 적합치 않다고 판단된다. 따라서, 최적 설계를 위한 구조 해석 방법은 계산 결과의 정도가 좋으며 계산 시간도 적게 걸리는 GSDM을 이용하는 방법이라 할 것이다.

다음에 계산된 응력의 정도를 알아보기 위해 Fig. 11에 test model에서의 응력을 나타내었다.

GSDM의 결과는 막요소법을 이용한 SAP6의 결과와 가장 잘 일치하며, SDM 및 보요소를 이용한 SAP6의 결과와는 다소 차이를 보이고 있다. SDM의 경우 선저와 갑판 및 crosstie에서 다른 방법과 상당한 차이를 보이고 있는데 이것은 축방향의 응력을 고려하지 않아 발생한 오차라 생각된다.

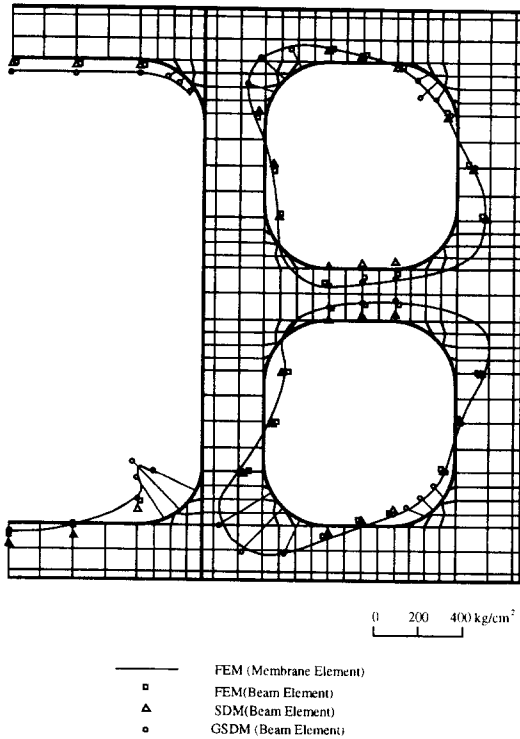


Fig. 11 Comparison of stress distribution

5.2 해석 대상

해석 대상으로는 Fig. 12에서 보인 것같이 1960년대 초반 일본에서 건조된 실적선인 19,000 DWT 유조선을 택하였다.

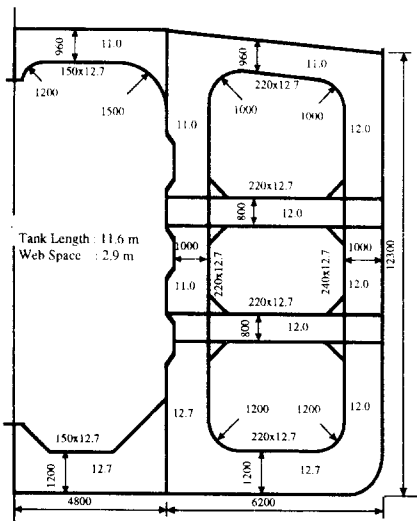


Fig. 12 Existing ship(19,000 DWT O/T)

5.3 실선에서의 해석 결과 비교

시운전시 실선 계측에 의한 응력^[2]과 각 해석 방법에 의한 응력을 비교하여 Fig. 13~17에 나타내었다. 여기서, 계측한 응력은 초기 홀수 상태에서의 변형율을 기준으로 하여 하중을 가해 변화된 홀수에서의 응력을 계측한 결과로서, •은 계측치이고, 점선(---)은 SDM에 의한 계산치^[3]이다. 또한, 실선(—)은 GSDM에 의한 계산치이며, 일점쇄선은 막요소를 사용한 SAP6의 결과이다.

기존의 등가의 곡선보 이론은 계측치와 비교하여 corner 부에서 응력이 크게 다른 반면 GSDM 및 신 등가 곡선보 이론에 의한 결과는 균일 단면 부에서 계측치 및 SAP6의 결과와 거의 일치함을 보여주고 있으며, corner 부의 응력도 비교적 근사하게 표현하고 있음을 알 수 있다.

Table 4는 각 modeling 방법에 따른 계산 시간을 비교한 것으로 3차원 modeling 방법이 2차원 modeling 방법보다 약 10배 정도의 계산 시간이 필요함을 알 수 있으며, 선박의 크기가 커지면 더욱 더 차이가 날 것으로 예상된다.

Table 4 Comparison of computing time according to modeling method

	MCASE1	MCASE2	MCASE3	MCASE4	MCASE5
CPU (sec)	3	4	5	31	33

또한, modeling 방법에 따른 계산 결과의 정도를 비교해 보면 3차원 modeling인 MCASE 4,5가 우수하고, cargo space grillage 해석에 의한 2차원 modeling인 MCASE 2,3가 그 다음이며, spring 지지를 이용한 2차원 modeling인 MCASE 1이 정도가 떨어짐을 알 수 있다. 그렇지만 어느 경우도 실제의 응력을 비교적 잘 표현하고 있으므로 횡강도 해석에 의한 횡강도 부재의 설계시 어떤 modeling 방법을 사용해도 별 무리가 없을 것으로 사료된다.

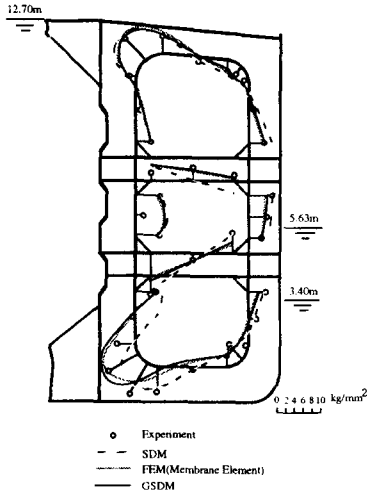


Fig. 13 Comparison of stress level(MCASE1)

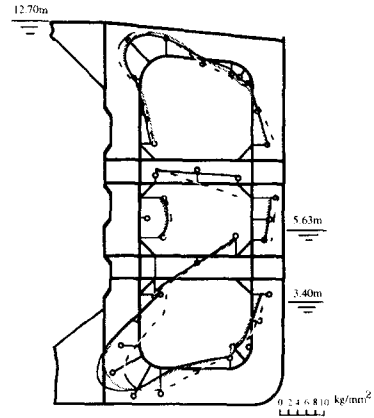


Fig. 16 Comparison of stress level(MCASE 4)

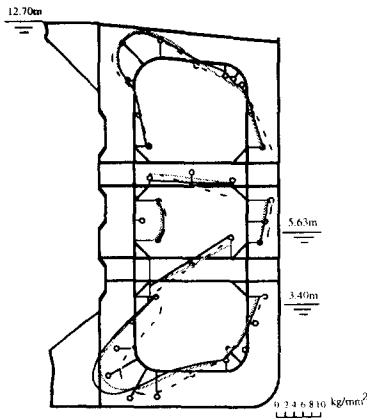


Fig. 14 Comparison of stress level(MCASE 2)

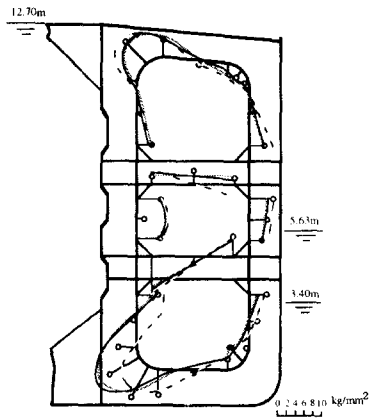


Fig. 17 Comparison of stress level(MCASE 5)

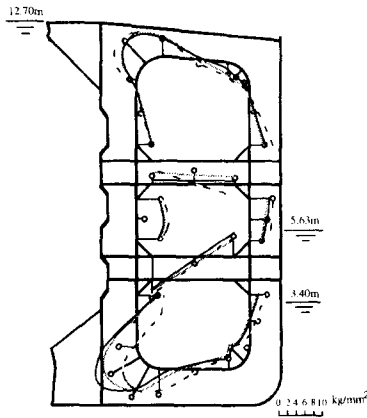


Fig. 15 Comparison of stress level(MCASE 3)

6. 결 언

선체의 횡강도를 해석하는데 있어서 기존의 경사처짐법에서 무시하였던 축방향의 변위를 고려한 일반화 경사처짐법에 의해 유조선의 횡강도 해석을 수행하여 그 유용성을 확인하였다. 또한, 기존의 등가의 곡선보 이론을 외압 및 비대칭 구조물을 고려할 수 있도록 확장된 신 등가 곡선보 이론에 의해 corner 부의 응력 해석을 수행하여 그 유용성을 보여주었으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 종래의 경사처짐법의 비효율성을 배제하여 유도된 일반화 경사처짐법은 선체의 횡강도 해석 시 유한요소법보다 계산 시간이 훨씬 작게 소요되며, 경사처짐법보다 정도가 훨씬 우수하다.
- 2) 기존의 등가의 곡선보 이론을 확장한 신 등가 곡선보 이론에 의해 변단면부의 응력을 빠른 시간내에 비교적 간편하고 정확하게 계산할 수 있다.
- 3) 해의 정도면에서 보면 3차원 modeling 방법이 2차원 modeling 방법보다 좋으며, 계산 시간면에서 볼 때 본 해석 대상의 경우 3차원 modeling 방법이 2차원 modeling 방법보다 약 10배 이상의 계산 시간이 필요하다.
- 4) 앞으로 본 연구에서 보여준 선체 구조 해석 측면에서의 일반화 경사처짐법 및 신 등가 곡선보 이론의 유용성을 토대로 선체 구조 설계 측면에서의 유용성을 확인하기 위해 선체 구조 해석에 의한 최적 설계를 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Steneroth, E., "On the Transverse Strength of Oil Tankers", Trans. Royal Inst. of Technology, Stockholm, 1955.
- [2] Nishimacki, K., "On the Measurement of Stress Distribution of the Transverse Strength Members of Oil Tankers", J. of the Society of Naval Arch. of Japan, Vol.108, 1961.
- [3] Nishimacki, K., "Some Examples of the Calculations of Transverse Strength of Oil Tankers", J. of the Society of Naval Arch. of Japan, Vol.108, 1960.
- [4] Inokuty, T. and Yamaguchi, I., "On the Distribution of Bending Moment of Bracketed Structures", J. of the Society of Naval Arch. of Japan, Vol.103, 1959.
- [5] Yamaguchi, I., "On the Tests of Fixed Beam with Brackets", J. of the Society of Naval Arch. of Japan, Vol.102, 1958.
- [6] Yamaguchi, I., "Approximate Method of the Calculation of Transverse Strength of the Ship(2nd report)", J. of the Society of Naval Arch. of Japan, Vol.109, 1961.
- [7] 강성준, "Slope-Deflection Method에 의한 횡강도 해석", 서울대학교 석사학위논문, 1985.
- [8] 김지호, "경사-처짐법에 의한 유조선의 입체 강도 해석", 서울대학교 석사학위논문, 1986.
- [9] Terada, Y., "Approximate Method of Analysis on the Stress Distribution at Joints of Structural Members in Oil Tankers", J. of the Society of Naval Arch. of Japan, Vol.109, 1961.
- [10] Osgood, W. R., "A Theory of Flexure for Beams with non-parallel Extreme Fibers", J. of Applied Mechanics, Vol.6, No.3, 1959.
- [11] 나승수, "일반화된 경사 처짐법에 의한 선체의 횡강도 해석 및 최소 중량 설계에 관한 연구", 서울대학교 박사학위논문, 1988.
- [12] 장창두, 나승수, "선체 구조 해석 및 설계를 위한 일반화 경사처짐법 개발에 관한 연구", 대한조선학회논문집, 제29권, 제4호, 1992.
- [13] 장창두, 나승수, "신 등가 곡선보 이론에 의한 선체 corner 부의 응력 해석", 대한조선학회논문집, 제29권, 제4호, 1992.