

동하중 등가 설계압을 받는 고속 경구조선 알루미늄 보강판부재의 구조응답 고찰

함주혁* · 강병윤** · 추경훈**
*한라대학교 시스템응용공학부
**한국중소조선기술연구소

Consideration of the Structural Response of High Speed Aluminum Planning Boat Stiffened Plate Member subjected to the Simplified Equivalent Dynamic Design Pressure

JUH-HYEOK HAM*, BYUNG-YOON KANG** AND KYUNG-HOON CHOO**

*School of System Applied Engineering, Halla University, Wonju, Korea

**Korea Rsearch Institute of Medium & Small Shipbuilding, Pusan, Korea

KEY WORDS: Simplified Equivalent Dynamic Design Pressure 간이 동하중 등가 설계압, Linear & Nonlinear Structural Analysis 선형 및 비선형 구조해석, Aluminum Stiffened Plate of Ship Structural Member 선박 알루미늄 보강판 부재, High Speed Planning Ship 고속 경구조선

ABSTRACT: High speed planning boats also have been required more and more the rational strength analysis and evaluation for the optimal structural design in respect of the structural lightness according to the high speed trend. Even though the suggestion of the simple type equation for the equivalent dynamic pressure is reasonable to design the scantling of ship structure conveniently, many research activities for more reasonable improvement of the simple design pressure, have been continued to suggest the more accurate equivalent static description of the structural response such as the deflection and stress of hull structure. In this research, we focus on the aluminum bottom stiffened plate structure in which structural scantling is mainly depend on the local loads such as dynamic or impact pressure without other load effects and structural response for the simple dynamic equivalent pressure was investigated through the structural analysis. In order to investigate the structural response of the bottom stiffened plate structure subjected to the dynamic equivalent design pressure, linear and nonlinear structural analysis of the bottom stiffened plate structure of 4.3 ton aluminum planning boat was performed based on the equivalent static applied loads which were derived from the KR regulation and representative one among various dynamic equivalent pressure equations. From above analysis results, we found that the response such as deflection and stress of plate member was similar with the response results of one plate member model with fixed boundary, which was published previous paper and in case of KR design loading, all response of stiffened plate structure were within elastic limit. Through the nonlinear analysis, nearly elastic behavior including the slight geometrical nonlinear response was dominant but plastic local zone was appeared at 85% limit load. Therefore, we can say that through the linear and nonlinear analysis, this stiffened plate member has no structural strength problem based on the yield criteria in case within 60% limit load except the other strength point of view such as the fatigue and buckling problem.

1. 서 론

고속화에 따른 선체의 경량화 추구 추세로 보다 최적의 구조 설계 및 이를 검증하는 바람직한 구조해석이 요구되고 있는 실정이다. 그러나 복잡한 동적하중을 받는 국부구조의 설계 시 기존 규정의 간이설계압이나 등가정적설계압력에 의한 접근법이 실제 동적 거동과 크게 상이하다는 지적도 있으나 설계단계에서 편리성을 위해 충격하중에 대한 설계압인 등가정적하중의 개선을 시간영역 과대 중운동 시뮬레이션법(J. Y. Song et al, 1998)

과 실험자료 분석(Allen. R. G. et al, 1973) 등을 통해 계속 개선하려는 의지를 보이고 있어 보다 향상된 합리적 설계압력 형태로의 설계법은 지속될 것으로 보인다.

본 연구에서는 판부재 검토(함주혁 외, 2004)에 이어 다른 하중의 영향에 크게 좌우되지 않고 국부 치수가 동하중 등에 의한 국부하중만에 의해 좌우되는 선박국부 구조, 특히 한 예를 들어 선저 구조 위치에서 전형적인 보강판 부재를 대상으로 현 단계에서 사용되는 간이 설계압이 보강판부재에 국한하여 정적응답 형태로 어떻게 표현되고 있는지 살펴보고 이를 통해 정리되는 문제점들을 개선하기 위한 목적으로 중소조선기술연구소에서 개발하고 있는 활주형 선박을 대상으로 구조해석을 수행하여 그 결과를 정리, 분석해 보았다.

제1저자 함주혁 연락처: 강원도 원주시 흥업면 흥업리 산66
033-760-1236 jhham@hit.halla.ac.kr

2. 보강판 부재 선정

제시된 보강판 부재는 판부재만의 검토에서와 같이 4.3톤 알루미늄 합금선에서 슬래밍 등의 충격하중을 많이 받는 부분인 선저 보강판 부재를 대상으로 하였고 보강판 부재의 치수관련 항목은 Table 1을 포함하여 다음과 같다.

횡 프레임 간격:	0.5	m
종 보강재 간격:	0.24	m
종보강재:	40 x 5	FB

Table 1 Material Characteristics of Aluminium Alloy

재료	탄성계수 (kg/cm ²)	포아송비	밀도	항복응력 (kg/cm ²)
Al 5083 H321	720,000	0.33	2.66	2,170

판두께는 실선두께를 사용하지 않고 한국선급의 슬래밍 압력에 대한 선저외판 두께추정식 2.1 (KR, 2002)으로부터 직접 도출된 두께인 0.358 cm를 사용하였다.

$$t = \frac{22.4 k_r S \sqrt{p_{sl}}}{\sqrt{\sigma_{sl}}} \quad (2.1)$$

여기서, $k_r = 1$, $S = 0.24$, $P_{sl} = 79.5$, $\sigma_{sl} = 179$

종보강재 역시 슬래밍 압력시 선저부의 단면계수를 산정하는 식 2.2를 사용하여 이에 비교적 근사한 40 x 5 FB를 모델로 채택하였다.

$$Z = \frac{m P S l^2}{\sigma} \quad (2.2)$$

여기서, $m = 85$, $P = 79.5$, $S = 0.24$, $l = 0.5$, $\sigma = 179$

상기 식을 사용하여 약 2.3 cm³의 단면계수에 대응하는 평판 보강재를 선정하였으며 판부의 유효폭은 판두께의 30배로 잡았다.

3. 동하중 등가 압력계산 예

활주정 등의 국부하중 개요를 살펴보면 다음과 같다. 선저 부위의 외력은 활주정의 경우 고속운항 시 발생하는 슬래밍을 비롯한 동적 충격의 발생으로 동적 충격압을 설계하중으로 산정해야 한다. 그런데 이러한 동적 충격압은 트림, 선저구배(Dead Rise), 선속 등 여러 매개변수에 의해 항상 변화하기 때문에 설계하중으로서의 전환이 상당히 까다로워 통상 구조설계극한압력(Structural Design Limit Pressure)의 크기와 분포를 이론치와

경험치에 근거하여 정적압력으로 치환하는 등의 단순화 방법(Allen R.G. et al, 1973)이 많이 활용되어지며 이를 한국선급의 설계압력과 함께 또 하나의 설계압력으로 산정하였다. 한국선급의 설계압력 추정법의 상세(KR, 2002)는 생략하며 Allen의 설계압력(등가균등 정적설계압력) P_D 는 다음과 같이 주어진다.

$$P_D = F K_D P_M (N/m^2) \quad (3.1)$$

여기서,

F : 종방향 압력분포계수(Allen 참고문헌 그림 6참조)
(planning hulls에서 선수 약 40%까지 1.0임)

K_D : 압력감소계수(Allen 참고문헌 그림 4 참조)

(K_D 는 A_D/A_R 의 함수로 $K_D=0.14$) ($A_D/A_R = 1$)에서 약 0.75($A_D/A_R = 0.001$ 영역임))

A_D : 구조설계면적 (cm^3)

(구조부재별로보강재 및 거어더의 간격과 길이를 매개변수로 하여 계산)

A_R : 충격참조면적 (cm^3)

$$P_M = \frac{P}{0.14} (N/m^2) \quad (3.2)$$

(충격 참조 면적부의 최대압력)

$$P = 9.81 e^{-\frac{2,240 N_z \Delta}{A_R}} (N/m^2) \\ = \frac{2,240 N_z \Delta}{A_R} (\text{psi.}) \quad (3.3)$$

(충격 참조 면적부의 평균압력)

N_z : 충격하중계수(참고문헌의 그림 2 참조)

(planning hulls에서 배수량 100톤 이하에서 약 3-5.5 영역)

Δ : 만재 배수량(Long Tons)

A_R : 충격 참조면적(cm^3)

$$= 31.8 \cdot 25 \frac{\Delta}{d} (cm^2) \quad (3.4)$$

d : 만재 하중 정적 홀수(m)

4. 모델링 및 해석

보강판 부재의 영역을 1개의 트랜스간격으로 하고 3개의 종보강재 간격과 주변지지의 영향을 보다 감소키 위한 모델인 5개의 종보강재 간격의 두 해석모델을 대상으로 구조해석을 수행하였다. 대칭성이 있으므로 1/4모델만을 사용하였다. 그리고 판부재에 앞 절에 설명한 설계압력과 KR 선급의 슬래밍 압력을 작용시켜 구조해석을 수행하였으며 사용한 프로그램은 MSC/NASTRAN for windows이다.

4.1 경계조건 선정

선박 판부재의 가장 기본적인 경계조건이라 볼 수 있는 보강재 위치에서 직선을 유지하며 면내 방향으로 이동할 수 있는 상태에서 한 방향 정적등가압력을 작용시키는 상황으로 보강재 위치에서 판의 회전은 극소하게 예측되므로 보강재의 축방향 회전

이 구축된 고정지지 조건으로 구조해석을 수행하였다. 따라서 Fig. 4.1의 사선부분인 1/4 모델의 지지되지 않는 두 단부에는 대칭조건을 주는 반면 종 및 횡으로 단부를 따라 보강재가 놓이는 부분은 주변 고정조건으로 보아 처진 후에도 직선을 유지하기 위해 큰 전단강성을 부여한 후에 보강재 축방향의 회전을 구속하였다.

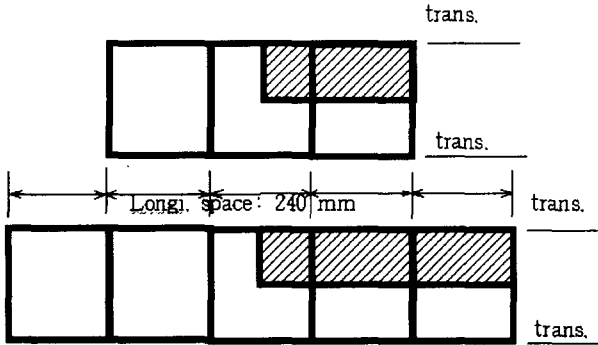


Fig. 4.1 Analysis range of stiffened plate structural model I & II

4.2 해석법 선정

등가 충격압을 계산한 결과 한국선급에 비해 상기 소개한 설계압이 비교적 높아 탄소성 가능성을 배제할 수 없어 한국선급의 충격압만을 이용하여 탄성해석을 수행한 후 나머지 한 설계압을 이용하여 탄소성 비선형해석을 수행하였다.

비록 알루미늄합금이 연강에 비해 뚜렷한 탄성완전소성 거동을 보이지는 않으나 해석의 편이상 항복응력 이후 완전 소성단계를 밟는다고 가정하여 bi-linear한 거동으로 가정하였다.

4.3 등가충격하중 산정

4.3톤 알루미늄합금선에 대한 아래의 제시된 특성을 이용하여 앞선 2절에서 소개한 충격 압력식을 이용하여 하중을 계산하였다.

Δ	=12.68 (long ton)
d	= 2.297 (ft)
N_z	= 3(선원기준), 5(배수량기준)
횡 프레임 간격	= 19.685 (in)
종 보강재 간격	= 9.449 (in)
선저 프레임 간격(keel to chine)	= 51.811 (in)

1. 충격참조면적

$$A_n = 144 \cdot 25 \frac{\Delta}{d} (in^2) = 19,873 (in^2)$$

2. 참조면적에 걸친 평균압력

$$P = \frac{2,240 N_z \Delta}{A_R} (psi.) = 4.288 \text{ or } 7.146 (psi.)$$

3. 충격참조영역에 걸친 최대압력

$$P_M = \frac{P}{0.14} (N/m^2) \text{ 혹은 } (psi.) = 30.63 \text{ (or } 51.04) (psi.)$$

4. 선저판, 종보강재 및 선저 늑골의 구조설계면적

$$(A_D)_{plating} = 9.449 \times 19.685 = 186 (in^2)$$

5. 압력감소계수

A_D/A_R 이 판, 종보강재 및 선저늑골에서 0.0094 이므로 각각 다음과 같이 주어진다.

$$A_D/A_R = 186/19873 = 0.0094$$

$$(K_D)_{plating} = 0.55$$

6. 이 예에서, 종 방향 압력분포 계수 F는 최대치로 1로 취한다.

7. 고려하는 구조부에 대한 설계 충격압력은 다음과 같이 주어진다.

$$(P_D)_{plating} = F K_D P_M (psi.) = 116.18 \text{ (or } 193.54) (kN/m^2)$$

따라서, 4.3톤급 알루미늄합금선의 선저 외판을 대상으로 압력을 도출한 결과 한국선급의 등가 슬래밍 압력은 본 내용에서 과정은 제시하지 않았지만 $79.5 kN/m^2$ 인 반면 제시된 Allen의 등가설계압은 하중계수 (N_z)가 3과 5인 경우 각각 $116.2 kN/m^2$ 과 $193.5 kN/m^2$ 이 도출되어 상대적으로 한국선급에 비해 비교적 큰 등가압력이 도출되었음을 확인하였으며 이들 두 압력식들을 하중으로 작용시켰다.

5. 해석결과 예시

5.1 보강판부재의 선형해석

주변고정인 1/4 모델에 한국선급 규정에 의한 슬래밍 압력 $0.811 kgf/cm^2$ 을 작용한 결과 최대처짐 $0.23 cm$ 와 $1,223$ 의 등가응력이 판부재 중앙단부에서 발생함을 파악하였고 그 처짐



Fig. 5.1 Equivalent stress contour and deformed shape of plate member with fixed boundary

및 등가응력 분포양상을 Fig. 5.1에 제시하였다.

또한 보강판 모델 I에 같은 슬래밍 압력 $0.811 kgf/cm^2$ 을 작용한 결과 최대처짐 $0.23cm$ 으로 같이 나오고 $1,077 kgf/cm^2$ 의 약간 낮은 등가응력이 같은 위치에서 발생하였으며 판 주변의 종보강재의 최대응력은 $283 kgf/cm^2$ 으로 파악하였고 그 처짐 및 등가응력 분포양상을 Fig. 5.2에 제시하였다.

마찬가지로 보강판 모델 II에 같은 슬래밍 압력 $0.811 kgf/cm^2$ 을 작용한 결과 최대처짐 $0.23 cm$ 으로 같은 값이 나오고 $1,085$

kgf/cm^2 의 보강판 모델 I과 유사한 등가응력이 같은 위치에서 발생하였으며 판 주변의 종보강재의 최대응력은 544

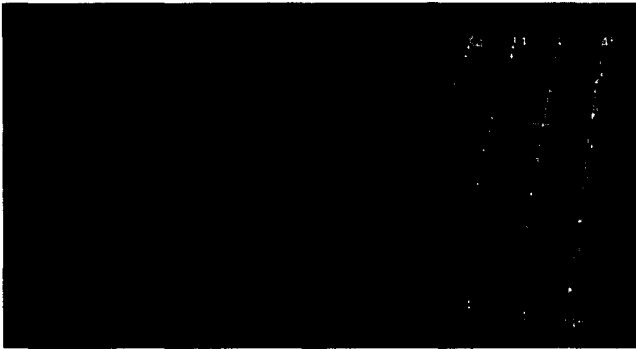


Fig. 5.2 Equivalent stress contour and deformed shape of stiffened plate model I

kgf/cm^2 으로 두 번째 보강재 단부에서 발생함을 파악하였고 그 처짐 및 등가응력 분포양상을 Fig. 5.3에 제시하였다.



Fig. 5.3 Equivalent stress contour and deformed shape of stiffened plate model II

5.2 보강판부재의 비선형해석

주변고정인 1/4 모델에 앞 절들에 소개된 슬래밍 압력 $1.975 kgf/cm^2$ 을 작용한 결과 최대처짐 $0.52cm$ 와 $2,190 kgf/cm^2$ 의 등가응력이 판부재 중앙과 판중앙 단부에서 각각 발생함을 파악하였고 그 처짐 및 등가응력 분포양상을 Fig. 5.4에 제시하였다.



Fig. 5.4 Equivalent stress contour and deformed shape of plate member with fixed boundary at 100% load level

이미 판 중앙 단부에서 길고 좁게 항복응력에 다다름을 확인할 수 있다. 보강판 모델 I에 슬래밍 압력 $1.975 kgf/cm^2$ 을 작용한 결과 최대처짐 $0.50cm$ 와 $2,190 kgf/cm^2$ 의 등가응력이 판부재 중앙과 판중앙 단부에서 각각 발생함을 파악하였고 그 처짐

및 등가응력 분포양상을 Fig. 5.5에 제시하였다. 주변 고정의 경

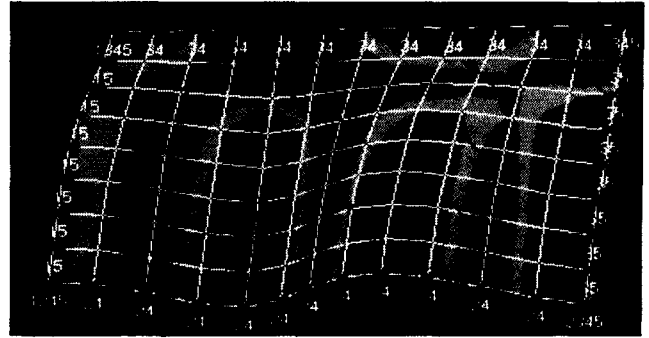


Fig. 5.5 Equivalent stress contour and deformed shape of stiffened plate model I at 100% load level

계조건을 가진 판부재만의 해석과 처짐이 $0.52 cm$ 에서 $0.50 cm$ 로 미소하게 감소함을 파악할 수 있고 판 중앙 단부에서 길고 좁게 항복응력에 달한 때가 조금 짧은 경향이 있으나 거의 유사한 판의 등가응력과 처짐을 확인할 수 있다. 판 주변의 종보강재의 최대응력은 $1,419 kgf/cm^2$ 으로 탄성범위에 있다. 보강판 모델 II에 슬래밍 압력 $1.975 kgf/cm^2$ 을 작용한 결과 최대 처짐 $0.51cm$ 와 $2,190 kgf/cm^2$ 의 등가응력이 판부재 중앙과 판 중앙 단부에서 각각 발생함을 파악하였고 그 처짐 및 등가응력 분포양상을 Fig. 5.6에 제시하였다.



Fig. 5.6 Equivalent stress contour and deformed shape of stiffened plate model II at 100% load level

주변 고정의 경계조건을 가진 판부재 및 보강판모델 I 해석에서의 처짐이 $0.52 cm$ 에서 $0.50 cm$ 로 거의 유사함을 파악할 수 있고 판의 등가응력도 유사함을 확인할 수 있다. 판 주변의 종보강재의 최대응력은 $1,428 kgf/cm^2$ 으로 모델 I이 $1,419 kgf/cm^2$ 으로 잘 근사한다고 볼 수 있다.

Fig. 5.7은 최대압력하중의 76% 단계의 처짐형상과 등가응력분포를 보여주고 있으며 최대처짐 $0.40 cm$ 와 $2,164 kgf/cm^2$ 의 등가응력이 판부재 중앙과 판중앙 단부에서 각각 발생하여 이 때부터 판의 단부가 소성에 진입함을 확인할 수 있다.

반면에 모델I의 보강판 부재에서는 최대압력하중의 88% 단계에서 100% 때와 거의 같은 형태의 처짐형상과 등가응력분포를 보여주고 있어 그림은 생략하며 최대처짐 $0.45 cm$ 와 $2,178 kgf/cm^2$ 의 등가응력이 판부재 중앙과 판중앙 단부에서 각각 발생하여 이 때부터 판의 단부가 소성에 진입함을 확인할 수 있었다. 한편 최대압력하중의 60% 단계에서는 최대처짐 0.32



Fig. 5.7 Equivalent stress contour and deformed shape of plate member with fixed boundary at 76% load level

cm와 $1,522 \text{ kgf/cm}^2$ 의 등가응력이 판부재 중앙과 판중앙 단부에서 각각 발생하여 판부재만의 해석 경우와 처짐은 같으나 등가응력이 약 200 kgf/cm^2 정도 낮게 얻어졌다. 이 경우 판 주변의 종보강재의 최대응력은 604 kgf/cm^2 으로 보강판부재가 전체적으로 탄성범위에 있다.

또한 모델II의 보강판 부재에서는 최대압력하중의 86% 단계에서 100% 때와 거의 같은 형태의 처짐형상과 등가응력분포를 보여주고 있어 그림은 생략하며 최대처짐 0.45 cm로 모델 I과 같고 $2,148 \text{ kgf/cm}^2$ 의 등가응력이 판부재 중앙과 판중앙 단부에서 각각 발생하여 이 때부터 판의 단부가 소성에 진입함을 확인 할 수 있었다. 그리고 최대압력하중의 60% 단계에서는 최대처짐 0.32 cm로 모델I과 같고 $1,533 \text{ kgf/cm}^2$ 의 등가응력이 판부재 중앙과 판중앙 단부에서 각각 발생하여 판부재만의 해석 경우와 처짐은 같으나 등가응력이 모델 I과 마찬가지로 약 200 kgf/cm^2 정도 낮게 얻어졌다. 이 경우 판 주변의 종보강재의 최대응력은 776 kgf/cm^2 으로 보강판부재가 전체적으로 탄성범위에 있다.

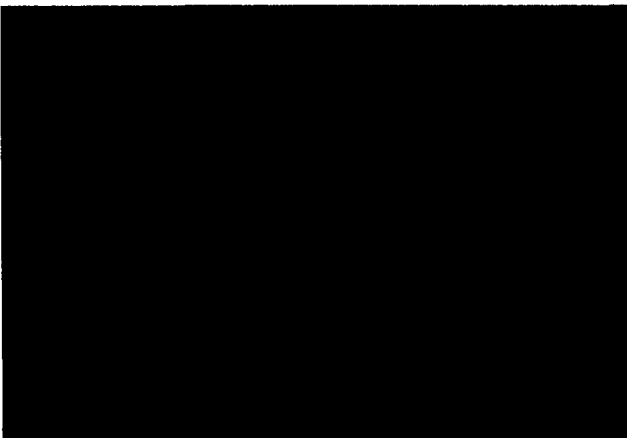


Fig. 5.8 Deflection-Load curves of the plate member along the longitudinal middle nodes with fixed boundary

Fig. 5.8은 길이방향 판중앙부의 판폭에 걸친 6절점에 대해 횡축의 하중증가에 따른 종축의 처짐량을 제시하였고 비록 76% 단계부터 소성에 진입하기는 하나 단순지지의 경우와는 달리 비선형적 거동이 거의 없이 거의 선형성을 유지하고 있음을

확인할 수 있다.



Fig. 5.9 Deflection-Load curves of middle plate for the stiffened plate member along the longitudinal middle nodes

반면에 Fig 5.9은 보강판 모델 I 및 II의 중앙판부의 판폭에 걸친 4절점에 대해 횡축의 하중증가에 따른 종축의 처짐량을 제시하였고 모델 I에서는 88% 단계 그리고 모델 II에서는 86% 단계부터 소성에 늦게 진입하기는 하나 판부재만의 해석 경우와는 달리 미세한 비선형적 거동이 나타남을 파악할 수 있다.

6. 결과 검토

6.1 선형 해석

주변 고정지지의 경계조건에서 보강판부재의 모델 I과 II를 한국선급규정으로부터 도출된 압력하중의 경우를 이용하여 구조해석한 결과 도출된 응력은 항복응력인 $2,190 \text{ kgf/cm}^2$ 보다 작아 탄소성 거동은 하지 않으며 기하학적 비선형성도 거의 없어 탄성해석만으로 충분한 거동을 파악할 수 있다고 사료된다. 또한 본 연구에서 한 방향 압력으로 경계조건이 고정에 가까워 단순경계조건을 고려치 않았으나 앞 연구(함주혁 외, 2004)에서 슬래밍을 받는 선저외판의 판부재의 최대등가응력은 선급규정의 허용 최대 응력치와 비교하여 설계조건이 선형해석 기준으로 볼 때 주변고정보다는 단순지지판에 근거하고 있음을 간접적으로 확인할 수 있었음을 재 언급한다.

6.2 비선형 해석

상기 소개된 등가 정적압력 도출식으로부터 계산된 등가압력 $1,975 \text{ kgf/cm}^2$ 은 한국선급의 압력식 0.811 kgf/cm^2 에 비해 두 배 이상 큰 값이며 한계상태(limit-state)의 설계압으로 보아 탄소성 및 기하학적 비선형성을 간과할 수 없어 비선형 해석을 수행하였고 그 결과를 선형해석과 함께 정리하면 다음의 Table 6.1과 같이 요약된다.

비선형 해석 결과 판부재만을 해석한 앞 논문의 주변고정의

Table 6.1 Result summary of the stiffened plate panel analysis subjected to the equivalent dynamic design pressure (unit: kg/cm², cm)

해석 유형	선형 해석				비선형 해석				
	0.811(KR)		0.811(KR) (40% load)		1.186(Nz=3) (60% load)		1.975(Nz=5) (100% load)		
실제 압력	최대 처짐	최대 응력	최대 처짐	최대 응력	최대 처짐	최대 응력	최대 처짐	최대 응력	
결과	0.23	1,077	0.23	1,077	0.32	1,522	0.50	2,190	
모델 I	보강재		283		283		604		1,419
모델 II	보강재		544		544		776		1,428

경우 각 설계압에 따른 판부재의 최대처짐과 등가응력의 값은 매우 유사한 편이다.

즉, Allen의 60% 등가압력을 사용한 경우 모델 I과 II에서 판의 등가응력이 1,522 kgf/cm²와 1,533 kgf/cm²을 각각 보이고 보강재의 최대 조합응력은 604 kgf/cm²와 776 kgf/cm²을 각각 보여 미세한 기하학적 비선형성 하에서 재료적 탄성거동임을 확인하였고 Allen의 100% 등가압력을 사용한 경우 모델 I과 II에서 판의 등가응력이 공히 2,190 kgf/cm²임을 보이고 보강재의 최대 조합응력은 1,419 kgf/cm²와 1,428 kgf/cm²을 각각 보여 재료적 비선형성이 추가되었음을 알 수 있었다.

5. 결 론

간이동하중 등가설계압이 작용하는 선박의 판부재에 이어 두 번째 단계로 보강판 부재의 구조응답을 살펴보기 위해 대표적인 간이 동하중 등가 설계압을 소개하고 고속경구조선의 적용 예로 4.3톤급 알루미늄합금선의 선저외판을 대상으로 도출한 압력하중을 작용시켜 거동을 살펴보았다. 또한 한국선급의 고속경구조선 규정식을 통한 압력과 비교하여 보았다.

- 주변 고정지지의 경계조건에서 보강판부재의 모델 I과 II를 한국선급규정으로부터 도출된 압력하중의 경우를 이용하여 구조해석한 결과 도출된 응력은 항복응력인 2,190 kgf/cm² 보다 작아 탄소성 거동은 하지 않으며 기하학적 비선형성도 거의 없어 탄성해석만으로 충분한 거동을 파악할 수 있다고 사료된다.
- 보강판 모델 I 및 II의 중앙판부의 판폭에 걸친 4절점에 대해 횡축의 하중증가에 따른 종축의 처짐량을 검토한 결과 모델 I에서는 88% 단계 그리고 모델 II에서는 86% 단계부터 소성에 늦게 진입하기는 하나 앞서 발표한 판부재만의 해석경우와는 달리 미세한 비선형적 거동이 나타남을 파악할 수 있다.
- 비선형 해석 결과 판부재만을 해석한 주변고정의 경우 각 설계압에 따른 판부재의 최대처짐과 등가응력의 값은 매우 유사

한 편이다. 즉, Allen의 60% 등가압력을 사용한 경우 모델 I과 II에서 판의 등가응력이 1,522 kgf/cm²와 1,533 kgf/cm²을 각각 보이고 보강재의 최대 조합응력은 604 kgf/cm²와 776 kgf/cm²을 각각 보여 미세한 기하학적 비선형성 하에서 재료적 탄성거동임을 확인하였고 Allen의 100% 등가압력을 사용한 경우 모델 I과 II에서 판의 등가응력이 공히 2,190 kgf/cm²임을 보이고 보강재의 최대조합응력은 1,419 kgf/cm²와 1,428 kgf/cm²을 각각 보여 재료적 비선형성이 추가되었음을 알 수 있었다.

- 이들 선형 및 비선형 해석을 통하여 하중계수(Nz)가 3인 경우의 등가설계압력(60% 하중) 이하의 경우에는 피로, 좌굴 등의 다른 강도적 요인을 배제하고 항복하중 기준으로만 볼 때 보강판 부재의 구조적 안전성에는 큰 문제가 되지 않을 것으로 생각된다. 또한, 설계 간편성을 위해 등가설계식 형식의 접근이 각종 설계규정에서 필수적이거나 등가압력은 실제 충격압력에 의한 거동과 비교하여 거동과 응력이 유사해야 한다고 정의 내릴 수 있을 정도가 되어야 하나 각종 다양한 설계식들로 기준된 응력과 거동의 평가에 혼선의 가능성이 있어 보다 개선되고 정립된 등가설계식의 도출에 대한 연구가 계속되어야 한다고 사료된다.

- 따라서 앞으로 판 및 보강판 부재뿐만이 아니라 직접 동충격하중 작용에 의한 해석을 추가 비교하여 보다 바람직한 즉 실제 거동과 유사한 거동과 응력을 주는 합리적 설계 등가압력식들이 추가로 제시되었으면 한다.

후 기

본 연구는 2004학년도 한국대학교육협의회 대학교수 국내교류연구비 지원과 한국중소조선기술연구소 지원에 의하여 연구된 내용의 일부이며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Hrian Hayman. B. A and George McHenry, "Structural design aspects of fast catamaran and surface ships." WEGEMT, 1989.11
- Pittaluga. A., "General Aspects of Structural Design." WEGEMT. 1989. 11.
- Allen. R. G. and Jones. R. R, "A Simplified Method for Determining Structural Design-Limit Pressures on high Performance marine Vehicles", ALAA/SNAME Advanced Marine Vehicle Conf., San Diego, 1973.
- "고속경구조선 규칙" 한국선급 2002.
- J. H. Ham et al, "Consideration of the Structural Response of High Speed Aluminum Planning Boat Plate Member subjected to the Simplified Equivalent Dynamic Design Pressure(I)", Proceeding of SNAK, April, 2004.