

선수 플레어 구조손상 해석

김용직^{†1}, 신기석¹, 신찬호², 강점문³, 김만수⁴, 김성찬⁵, 오수관⁶,
임채환⁷, 김대현², 김도형³, 박익현⁶, 송기종³, 이춘기⁵, 장영희⁴

부경대학교¹, (사)한국선급², 현대중공업(주)³, 대우조선해양(주)⁴,
삼성중공업(주)⁵, 한진중공업(주)⁶, 한국기계연구원⁷

Damage Analysis of Bow-Flare Structure

Y.J.Kim¹, K.S.Shin¹, C.H.Shin², J.M.Kang³, M.S.Kim⁴, S.C.Kim⁵, S.G.Oh⁶,
C.W.Rim⁷, D.H.Kim², D.H.Kim³, I.H.Park⁶, K.J.Song³, C.K.Lee⁵ and Y.H.Jang⁴

Pukyong National Univ.¹, Korean Register of Shipping², Hyundai Heavy Industries Co., LTD.³,
Daewoo Shipbuilding & Marine Eng. Co., LTD.⁴, Samsung Heavy Industries Co., LTD.⁵,
Hanjin Heavy Industries & Construction Co., LTD.⁶, Korea Institute of Machinery & Materials⁷

Abstract

In rough seas, bow-flare regions of the sea-going ships are subject to high impact pressures due to the bow-flare slamming and panting. And many ships suffer structural damages in that region, even though they were built under the bow structure strengthening rules of the ship classes. So, a new design method for bow-flare structure is highly required.

In this paper, bow-flare damage analysis is performed for 17 ships (total number of damage/non-damage data is 782). Based on this analysis, a new design standard and method for bow-flare structure (shell plate, frame and web frame) is proposed. 80.4% of the present damage/non-damage data were well-explained by this new design standard.

※Keywords : bow-flare slamming(플레어 슬래밍), impact pressure(충격압력), damage/non-damage data(손상/비손상 자료), damage analysis(손상해석), structure design(구조설계)

1. 서론

황천시 파랑에 의한 충격현상은 주로 선수부에서 발생한다(이상갑과 김만수, 1999; 이상갑과 박종우, 1999; 백정기 등, 1999; 박성환 등, 2000; 박성환 등, 2002).

최근에 선속이 빨라지고, 플레어각이 증가된 선형들이 출현하면서 플레어 슬래밍에 의한 손상사

접수일: 2003년 6월 3일, 승인일: 2003년 6월 9일

†주저자, E-mail: yjkim@pknu.ac.kr

Tel:051-620-6483

례가 현저히 늘어 중요 연구대상이 되고 있다.

선수의 흡수선 위쪽 영역에서 발생하는 충격현상은 플레어가 큰 선수부가 심한 상하운동을 할 때 발생하는 입수충격과 큰 곡률반경을 갖는 선수부에 쇠파가 충돌할 때 발생하는 쇠파충격으로 대별할 수 있다. 이들 충격현상들에 의한 충격압력 계산법의 개요는 김용직 등(2003a; 2003b)에 수록하였다.

본 논문에서는 이들 충격압력 계산법을 정립하는데 기초가 되는 17척(컨테이너선 9척, 자동차 운반선 2척, 탱커 3척, 산적화물선 3척)의 선박에 대한 구조손상 해석을 보이고, 구조부재 내력 계산법과 구조 설계지침을 수록한다. 실선의 손상/비손상 자료의 특성과 경향 등을 분석하며, 도출된 설계지침을 적용할 때의 손상/비손상 자료의 설명가능 비율도 보인다.

2. 실선 손상에 및 손상해석

2.1 자료의 개요

대상선박 17척으로부터 외판 패널과 프레임, 웹 프레임에 대한 손상/비손상 자료를 만들었고, 그 개수를 Table 1에 수록하였다. 고려된 손상/비손상 자료의 총수는 782개이다. 비척선(컨테이너선과 자동차 운반선)인 1번~11번 선박은 순서대로 김용직 등(2003a)의 1번~11번 선박이고, 비대선(탱커와 산적화물선)인 12번~17번 선박은 순서대로 김용직 등(2003b)의 1번~6번 선박이다. 손상선박 중 5번 선박과 14번 선박의 손상은 돌출된 앵커 포켓이나 볼스터 근처에서 발생한 것으로 별도로 취급할 필요가 있다고 생각되나 일단 손상 해석에 포함시켰다.

Fig. 1에는 컨테이너선과 자동차 운반선에 대해 수집된 자료들이 갖는 외판 경사각 ϕ (외판과 수평면과의 사잇각)의 길이방향 분포를 보여주고 있다. 횡축의 x/L 은 FP를 0.5로 선체중양을 0으로 했을 때의 길이방향 상대적 위치를 나타낸다. 대략 ϕ 가 35° 이상인 자료가 많고, 최소 26° 정도까지 내려가는데 대략 35° 이하의 점들은 10번 자동차운반선의 자료들이다. 대개의 손상이 45° 이

하에서 발생함을 볼 수 있고, 각 ϕ 가 작은 곳에서 손상의 빈도가 높은 경향을 볼 수 있다.

Fig. 2에는 산적화물선과 탱커의 외판 경사각 분포를 보인다. 손상이 각 ϕ 가 상당히 큰 부분에서도 발생하고 있다. 이는 이들 손상이 쇠파충격

Table 1 Numbers of damage/non-damage data

Ship No.	Panel		Frame		Web Frame		Total	Remarks
	Damaged	Non-Dam.	Damaged	Non-Dam.	Damaged	Non-Dam.		
1	0	32	0	32	0	5	69	
2	0	30	0	30	0	5	65	
3	0	23	0	23	0	15	61	Web Plate Damaged
4	0	28	0	28	0	2	58	
5	1	18	0	13	0	5	37	Damaged Near Anchor Pocket
6	0	24	1	23	2	0	50	
7	0	14	0	12	0	3	29	
8	2	16	0	15	0	6	39	
9	0	16	0	16	0	5	37	
10	7	21	7	16	0	4	55	
11	0	20	0	18	0	8	46	
12	6	12	6	12	0	8	44	
13	10	8	4	6	0	2	30	
14	1	20	1	20	0	6	48	Damaged Near Bolster
15	0	24	0	19	0	3	46	
16	0	18	0	14	0	1	33	
17	9	6	9	6	1	4	35	
Total	36	330	28	303	3	82	782	
	366		331		85			

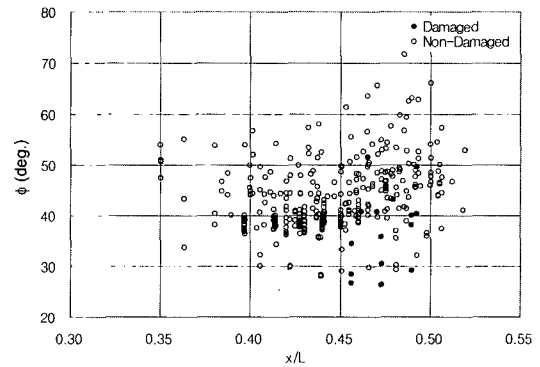


Fig. 1 ϕ vs. x/L (container & PCC)

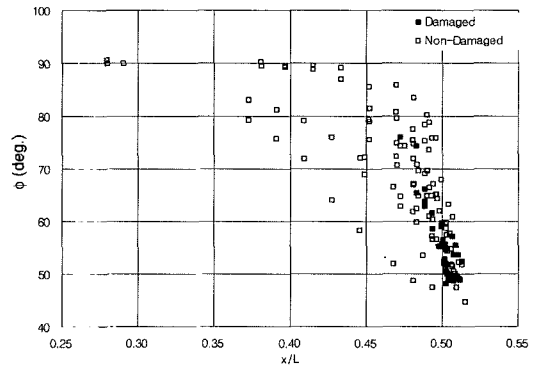


Fig. 2 ϕ vs. x/L (tanker & bulk carrier)

에 의해 발생하고 쇄파충격은 입수충격에 비해 상대적으로 각 ϕ 에 민감하지 않기 때문에 생각된다. 산적화물선과 탱커의 경우에도 각 ϕ 가 작을수록 손상이 많이 일어나는 경향은 볼 수 있다.

Fig. 3에는 손상자료들만을 대상으로 이 자료들의 길이방향과 높이방향 분포를 보인다. z 는 만재흘수선으로부터의 높이이며, L 은 선체길이이다. 비척선과 비대선의 손상위치가 대체로 확연히 구분된다. 길이방향 위치에서 비대선은 $x/L=0.47$ 앞쪽의 선수부 전체에 걸쳐 손상이 발생하는데 비해, 비척선은 대략 $0.45 < x/L < 0.492$ 범위에서 발생함을 볼 수 있다. 발생높이에 있어 비대선의 손상위치가 낮고 비척선들의 손상위치가 대체로 높은 것은 비대선은 건현이 작고 비척선은 각 ϕ 가 작은 (플레어가 심한) 부분의 높이가 상대적으로 높기 때문이다.

2.2 손상/비손상 자료에

손상/비손상 자료의 계산은 선수부 플레어 충격의 관점에서 관심이 있는 만재흘수선위 선수부 전반에 걸쳐 이루어 졌다. Fig. 4에 자료 계산점들의 한 예를 보인다. 이 선박은 19번 위치에서 프레임의 손상이 있었고, W-1과 W-2 위치에서 웨브 프레임의 손상이 발생하였다. 그외의 계산점들에서는 손상이 발생하지 않았다. Table 2에 손상해석에 사용된 계산양식의 한 예를 보인다(양식에서의 기호는 신찬호 등(2001) 참조).

각 부재의 부재내력 P_{mj} 는 본 논문 제3장의 구조부재의 내력 계산법으로 계산되었다. 손상해석

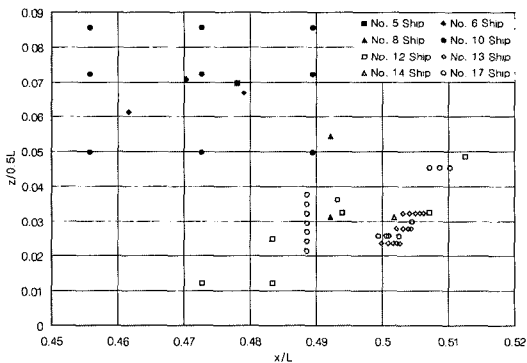
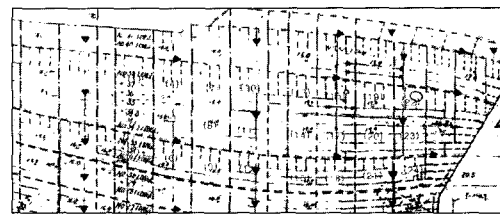
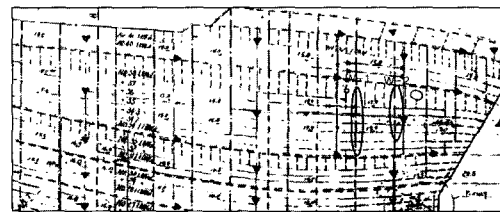


Fig. 3 Distribution of damage data

시 비교압력으로 사용될 설계 등가정수압 P_e 는 입수충격 등가정수압 P_{WE} (김용직 등, 2003a)와 쇄파충격 등가정수압 P_{BE} (김용직 등, 2003b) 중 에서 큰 값을 사용한다. 이들에 3.2절의 설계기준을 적용하여 이론상의 손상 가능여부를 판단하며,



(a) Panel and frame



(b) Web frame

Fig. 4 Example locations of damage or non-damage calculation points (no. 6 ship)

Table 2 Example of damage/non-damage calculation sheet (no. 6 ship)

(a) Panel

Data No.	$x_p(m)$ (from AP)	$x_f(m)$ (from CL)	$x_b(m)$ (from BL)	t_p (mm)	Material	α ($^\circ$)	δ ($^\circ$)
P-(13)	175.54	9.15	18.00	17.0	mild	2.50	0.80
P-(15)	172.54	3.57	13.42	15.0	mild	2.50	0.76

Data No.	α (deg.)	β (deg.)	γ (deg.)	ϕ (deg.)	P_{WE} (kN/m^2)	P_{BE} (kN/m^2)	P_e (kN/m^2)	$P_{mj}(P_e)$ (kN/m^2)	Damage (N/Y)
P-(13)	75.2	57.2	25.0	35.5	1007.9	633.7	1007.9	639.7	N
P-(15)	62.5	33.4	18.8	58.0	203.8	343.5	343.5	541.9	N

(b) Frame

Data No.	$x_p(m)$ (from AP)	$x_f(m)$ (from CL)	$x_b(m)$ (from BL)	Material	t_{wc} (mm)	A_f (cm^2)	t_{wb} (mm)	Z_p (cm^3)
F-(13)	172.54	9.15	18.00	mild	350.0	17.0	12.0	1330.0
F-(19)	178.54	4.60	18.00	mild	350.0	17.0	12.0	1330.0

Data No.	β (deg.)	s (m)	l (m)	P_{WE} (kN/m^2)	P_{BE} (kN/m^2)	P_e (kN/m^2)	$P_{mj}(P_e)$ (kN/m^2)	Damage (N/Y)
F-(13)	17.0	0.80	2.35	1007.9	633.7	1007.9	1129.7	N
F-(19)	27.0	0.75	3.05	625.0	871.1	871.1	665.5	Y

(c) Web Frame

Data No.	$x_p(m)$ (from AP)	$x_f(m)$ (from CL)	$x_b(m)$ (from BL)	Material	t_{wc} (mm)	d_{wc} (mm)	A_{FB} (cm^2)	Z (cm^3)	θ (deg.)
W-1	176.94	5.60	17.12	mild	10.0	950.0	22.5	5145.83	56.0
W-2	180.14	4.60	17.62	mild	10.0	1150.0	22.5	6995.83	50.0

Data No.	s (m)	l (m)	A (cm^2)	P_{WE} (kN/m^2)	P_{BE} (kN/m^2)	P_e (kN/m^2)	$[\rho_{wc}]_s$ (kN/m^2)	$[\rho_{wc}]_l$ (kN/m^2)	$P_{mj}(P_e)$ (kN/m^2)	Damage (N/Y)
W-1	3.35	2.1	95.0	790.0	701.0	790.0	573.22	213.85	213.85	Y
W-2	2.85	3.7	115.0	647.1	704.7	704.7	364.79	213.50	213.50	Y

이 결과가 실제 손상여부와 일치하면 설명이 된 자료에 해당하고 그렇지 않으면 설명이 안된 자료에 해당하게 된다. Table 2에 보여진 선박의 경우 13번 패널은 P_e 가 P_{mf} 보다 높아 이론상 손상이 발생할 수 있는 점인데 실제로는 손상이 없었으므로 계산으로 설명이 안된 자료에 해당하고, 그 외의 자료들은 이론과 일치하는, 즉 설명이 된 자료라 할 수 있다. 이러한 계산이 대상선박 17척을 대상으로 총 782개 자료에 대해 수행되었고 손상/비손상 해석에 사용되었다.

2.3 손상해석

등가정수압 P_e 에 대한 적절한 계산법과 계산조건을 찾기 위해, 또한 압력 P_e 와 부재내력 P_{mf} 의 비가 얼마일 때 손상이 발생하는지에 대한 기준을 찾기 위해 손상해석이 수행되었다.

입수 충격현상과 쇄파 충격현상은 비척선과 비대선에서 선형 및 운항특성의 차이에 따라 그 비중이 달라 질 수는 있어도, 두 선종에서 같은 원리로 발생하는 자연현상이므로 압력 계산법 자체는 선종에 따라 차이를 두지 않고 일관된 방법을 적용하였다. 또한, 유사한 이유로 손상기준이 되는 P_e/P_{mf} 의 비를 정할 때도 두 선종에 차이를 두지 않아 전체적으로 일관성을 유지하였다.

많은 시험계산이 수행되었고, 손상실적을 가장 잘 설명할 수 있도록 입수충격 계산시 파면 최대 경사각 $\phi_{us}=29^\circ$, 쇄파 압력계수 $K_B=5$, 쇄파속도 $V_{BW}=12\text{m/sec}$ 로 결정되었으며(김용직 등, 2003a; 김용직 등, 2003b), 손상발생 기준이 되는 P_e/P_{mf} 의 비도 결정되었다.

Fig. 5에 외판패널의 모든 계산점에 대한 P_e 와 P_{mf} 의 계산결과를 보인다. Fig. 6에는 같은 자료로부터 계산된 P_e/P_{mf} 값을 길이방향으로 분산시켜 보이고 있다. 이 자료들로부터 패널의 손상발생 기준은 $P_e/P_{mf}=1.0$ 이상으로 정해졌다.

Fig. 7과 Fig. 8에는 프레임에 대한 계산결과를 보이고 있고, 이 자료들로부터 프레임의 손상발생 기준도 $P_e/P_{mf}=1.0$ 이상으로 정해졌다.

Fig. 9와 Fig. 10에는 1차 부재인 웨브 프레임에 대한 계산결과를 보이고 있다. 이들 자료들로부터

터 웨브 프레임의 손상발생 기준은 $P_e/P_{mf}=2.0$ 이상으로 정해졌으며, 웨브 프레임의 설계기준이 외판과 프레임의 설계기준과 다른 것은 대부재가 담당하는 하중면적이 상대적으로 넓은데 기인한다.

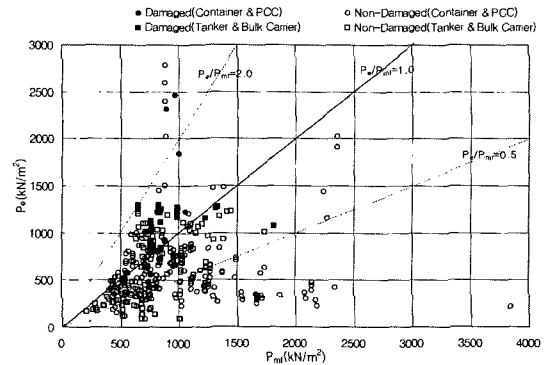


Fig. 5 P_e vs. P_{mf} (panel)

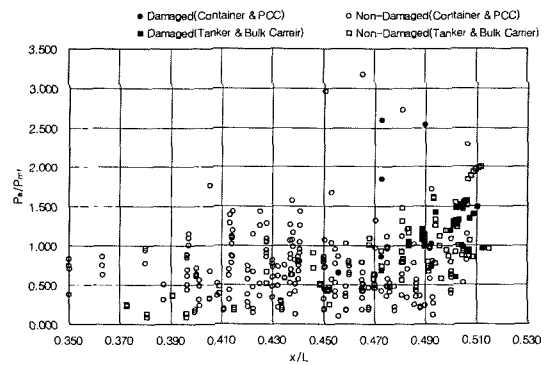


Fig. 6 P_e/P_{mf} (panel)

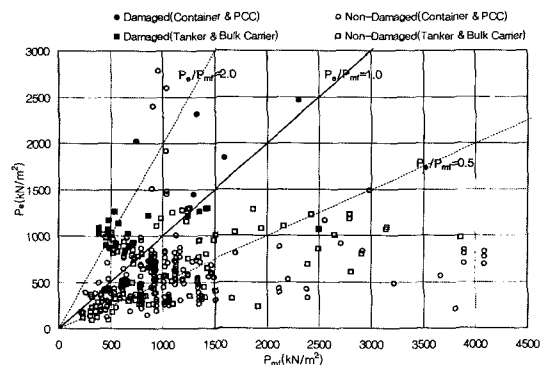


Fig. 7 P_e vs. P_{mf} (frame)

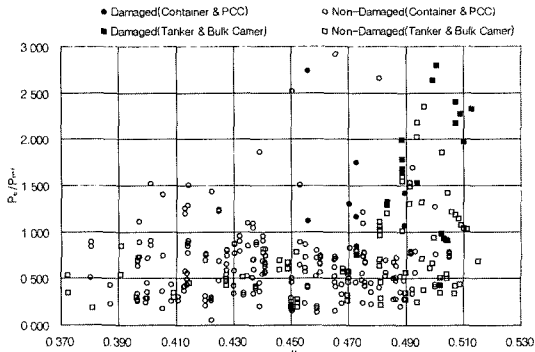


Fig. 8 P_e/P_{mf} (frame)

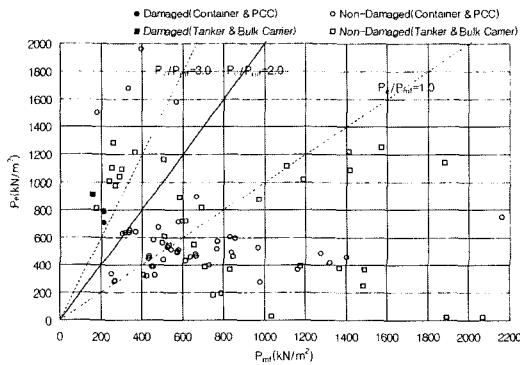


Fig. 9 P_e vs. P_{mf} (web frame)

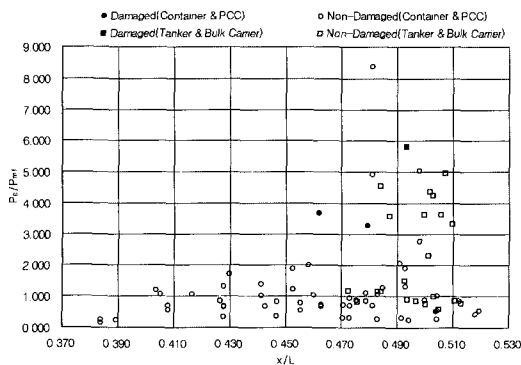


Fig. 10 P_e/P_{mf} (web frame)

이렇게 정해진 손상기준에 의한 손상/비손상 자료들의 설명가능 비율은 Table 3과 같다. 종합적인 설명가능 비율(설명된 자료의 수/자료의 총수)은 약 80.4%이다. 실선 운항시 상대적으로 약한

Table 3 Percentages of explained data

	Damage	Non-Damage	Damage and Non Damage
Panel	77.8%	76.7%	76.8%
Frame	75.0%	84.8%	84.0%
Web Frame	100%	81.7%	82.4%
Panel, Frame and Web Frame	77.6%	80.7%	80.4%

구조를 가진 선박도 엄격한 내규로 황천시 속도제한 등을 시행하면, 손상이 발생하지 않을 수도 있고, 그 반대의 경우도 있음을 감안하면, 이 비율은 우수한 것으로 판단된다.

3. 선수 플레어 구조 설계지침

입수충격 등가정수압 P_{WE} 와 쇄파충격 등가정수압 P_{BE} 는 각각 김용직 등(2003a, 2003b)의 방법으로 계산하며, 이 두 값 중 큰 값을 설계 등가정수압 P_e 로 한다. 구조부재의 내력 P_{mf} 와 P_e 를 상호 비교하여 부재 종류에 따라 정해진 기준을 만족하도록 설계한다. 아래에 구조부재의 내력 계산법과 구조설계 기준을 보인다.

3.1 구조부재의 내력 계산법

(1) 외판의 내력

외판은 균일 분포하중(압력)을 받는 4변 고정형 직사각형 평판으로 가정하여 소성붕괴 이론을 적용한다. 여기서 상계정리(upper bound theorem)를 이용하여 외판의 내력 p_s 를 구하면 다음과 같다.

$$p_s = \frac{\sigma_y}{\phi} \left(\frac{t_s}{b} \right)^2 \times 10^{-3} \quad (kN/m^2) \quad (1)$$

여기서, $\phi = \frac{(\sqrt{1+3\beta^2}-1)^2}{12\beta^2}$, σ_y 는 항복응력 (N/mm^2), t_s 는 외판 두께(mm), β 는 가로세로비 (aspect ratio), b 는 외판 짧은 변의 길이(m)이다.

(2) 1차 부재(웹 프레임 등)의 내력

1차 부재(primary member)는 균일 분포하중(압력)을 받는 양단 고정보로 가정하여 탄성설계를 하며 굽힘과 전단에 대한 부재 내력을 계산한다.

(a) 굽힘에 대한 내력

균일 분포하중 p 를 받는 양단 고정보의 단부에서 발생하는 굽힘 모멘트는

$$M = \frac{p s l^2}{12} \times 10^3 \quad (N m) \quad (2)$$

이다. 여기서, s 는 부재의 유효폭(m), l 은 부재의 유효길이(m)이다. 이 때 굽힘 응력은 다음과 같다.

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{p s l^2}{12 Z} \times 10^3 \quad (N/mm^2) \quad (3)$$

여기서, Z 는 부재의 단면계수(cm^3)이다. 굽힘에 대한 부재 내력은 $\sigma = \sigma_Y$ 로부터 다음과 같이 계산한다.

$$[p_w]_b = \frac{12 Z \sigma_Y}{s l^2} \times 10^{-3} \quad (kN/m^2) \quad (4)$$

(b) 전단에 대한 내력

전단에 대한 유효길이도 굽힘의 경우와 같다고 가정하여 전단에 의한 부재의 국부항복을 고려한다. 따라서 부재 단부에서의 전단 응력은 다음과 같이 계산한다.

$$\tau = \frac{p s l}{2 A} \times 10 \quad (N/mm^2) \quad (5)$$

여기서, A 는 부재의 전단면적(cm^2)이다. 전단 항복응력은 $\tau_Y = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_Y$ 이므로 전단에 대한 내력은 다음과 같이 구한다.

$$[p_w]_s = \frac{2 A \sigma_Y}{\sqrt{3} s l} \times 10^{-1} \quad (kN/m^2) \quad (6)$$

식(5)와 식(6)을 이용하고, 1차 부재에 대한 내

력은 이들의 최소값으로 다음과 같이 구한다.

$$p_w = \min \{ [p_w]_b, [p_w]_s \} \quad (7)$$

(3) 2차 부재(프레임 등)의 내력

2차 부재(secondary member)는 균일 분포하중(압력)을 받는 양단 고정보로 가정하여 소성붕괴 이론을 적용하면 다음과 같이 내력을 계산할 수 있다.

$$p_f = \frac{16 Z_p \sigma_Y}{s l^2} \times 10^{-3} \quad (kN/m^2) \quad (8)$$

여기서 Z_p 는 부재의 소성 단면계수이다. 일반적으로 유효폭에 대한 외판 단면적이 프레임의 web와 flange 단면적의 합보다 크므로 소성 단면계수는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Z_p = Z_s + Z_w + Z_f \quad (cm^3) \quad (9)$$

여기서, Z_s 는 외판의 소성 단면계수, Z_w 는 web의 소성 단면계수, Z_f 는 flange의 소성 단면계수이다(신찬호 등, 2001).

3.2 구조설계 기준

선수구조는 각각의 부재에 대하여 계산되는 내력이 아래의 요구치를 만족하도록 설계한다.

(1) 1차 부재(웹 프레임 등)에 대한 내력은 다음 식을 만족해야 한다.

$$P_{mf} \geq 0.5 P_e \quad (10)$$

여기서, P_{mf} 는 p_w 이고, P_e 는 설계 등가정수압이다.

(2) 외판과 2차 부재(프레임 등)에 대한 내력은 다음 식을 만족해야 한다.

$$P_{mf} \geq P_e \quad (11)$$

여기서, P_{mf} 는 p_s 또는 p_f 이고, P_e 는 설계 등

가정수압이다.

4. 결론

선종이 다양한 17척의 대상선박에 대해 총 782개의 손상/비손상 자료를 작성하였고, 이들 실적선 자료를 가장 잘 설명할 수 있도록 충격압력 계산법이 새로이 정립되었으며(김용직 등, 2003a; 김용직 등, 2003b), 손상발생 기준도 정해졌다.

그 결과 개발된 계산법과 설계지침에 의한 손상/비손상 자료의 종합 설명가능 비율(설명된 자료의 수/자료의 총수)은 약 80.4%였다. 실선 운항시 상대적으로 약한 구조를 가진 선박도 엄격한 내규로 황천시 속도제한 등을 시행하면 손상이 발생하지 않을 수도 있고, 그 반대의 경우도 있음을 감안하면, 이 비율은 우수한 것으로 판단된다.

아울러, 본 연구의 결과에 의해 기존의 선급규칙들로는 설명할 수 없었던 손상사례들의 설명이 가능해 지고, 서부조선회의 설계지침을 최근의 컨테이너선과 일부 비대선에 적용할 때 발생하는 과도한 보강요구의 문제점이 해소될 것으로 기대된다.

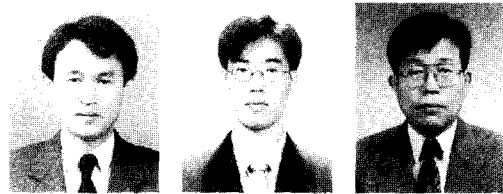
손상자료의 축적은 설계능력 향상의 중요한 기초가 되므로 향후 지속적인 실선자료의 축적이 요구된다.

참 고 문 헌

- 김용직, 신기석, 신찬호, 강점문, 김만수, 김성찬, 오수관, 임채환, 김대현, 김도형, 박익현, 송기중, 이춘기, 장영희, 2003a, "선수 플레이 충격압력 추정과 구조설계에의 응용 - 컨테이너선과 자동차 운반선 -", 대한조선학회 논문집, 제40권, 제3호, pp.29-36.
- 김용직, 신기석, 신찬호, 강점문, 김만수, 김성찬, 오수관, 임채환, 김대현, 김도형, 박익현, 송기중, 이춘기, 장영희, 2003b, "선수 플레이 충격압력 추정과 구조설계에의 응용 - 탱커와 산적화물선

-, 대한조선학회 논문집, 제40권, 제3호, pp.22-28.

- 박성환, 이근배, 임채환, 2000, "슬래밍 충격하중을 고려한 선체 휘핑 해석", 대한조선학회 논문집, 제37권, 제3호, pp.99-109.
- 박성환, 이재경, 오상현, 송재명, 권승민, 2002, "선체 휘핑 해석 전용 프로그램 개발", 대한조선학회 논문집, 제39권, 제3호, pp. 64-74.
- 백정기, 정장영, 백영민, 1999, "선저 슬래밍 충격 횡압력을 받는 선체 판부재의 붕괴강도 특성에 관한 연구", 대한조선학회 논문집, 제36권, 제2호, pp.77-93.
- 신찬호, 김용직, 강점문, 김만수, 김성찬, 오수관, 임채환, 김대현, 김도형, 박익현, 송기중, 신기석, 이춘기, 장영희, 2001, "선수 플레이 구조강도 평가기법 개발", (사)한국선급·부경대학교·대우조선해양(주)·삼성중공업(주)·한국기계연구원·한진중공업(주)·현대중공업(주) 공동연구보고서.
- 이상갑, 김만수, 1999, "선수 구조부 구조해석 시스템 개발(1)-파랑충격하중 특성의 추정", 대한조선학회 논문집, 제36권, 제4호, pp.77-86.
- 이상갑, 박종우, 1999, "선수 구조부 구조해석 시스템 개발(2)-파랑충격하중 면적의 추정", 대한조선학회 논문집, 제36권, 제4호, pp.87-94.



< 김 용 직 > < 신 기 석 > < 신 찬 호 >



< 강 점 문 > < 김 만 수 > < 김 성 찬 >

김용직, 신기석, 신찬호, 강정문, 김만수, 김성찬, 오수관
임채환, 김대현, 김도형, 박익현, 송기종, 이준기, 장영희



< 오 수 관 >



< 임 채 환 >



< 김 대 현 >



< 김 도 형 >



< 송 기 종 >



< 이 준 기 >



< 장 영 희 >