

낙하실험에 의한 슬래밍 충격의 실험 연구

신현경^{†*}, 김성철*, 조상래*

울산대학교*

Experimental Investigations on Slamming Impacts by Drop Tests

Hyunkyong Shin^{†*}, Sung-Chul Kim* and Sang-Rai Cho*

School of Naval Architecture and Ocean Engineering, University of Ulsan*

Abstract

When ships are sailing with large motions in rough waves, the slamming phenomenon occurs and the ships suffer from impulsive pressure loadings. Recently, ships are becoming larger and faster than before and it becomes more possible that the ships experience larger impacts on their bows and sterns. Many researchers have been performing the investigations on slamming experimentally and theoretically for a long time. Most of the research reported in the open literature focused on how to accurately estimate the amplitude of the peak pressure of slamming. According to the results of a recently published work, not only the amplitude of peak pressure but also the width of the peak may play an important role in predicting the extents of damage of impacted structures. The uncertainty of impulsive pressure loadings due to slamming has been indicated by many researchers. However, probabilistic treatments of the impulsive pressure loadings are few. In this study, drop tests were conducted on wedges having dead-rise angles of 0° and 10°. Not only the amplitude of peak pressure but also the width of peak pressure were measured. Furthermore, the variations of those values are also provided for the probabilistic approach of the slamming problem.

※Key word: Slamming phenomenon(슬래밍현상), Amplitude of peak pressure(최대압력), Width of peak pressure(최대충격부 지속시간), Variation of impact(충격의 분산)

1. 서론

생하게 된다. 이 때 선체에는 충격압력이 가해지고 국부적인 선체의 손상과 휘핑(whipping)으로 인한 전체 굽힘 모멘트와 전단력이 발생한다.(박성환 등 2000) 휘핑으로 인해 발생하는 전체 굽힘 모멘트와 전단력은 선박의 최종종강도와 피로강도에 영향을 미치게 된다.

최근 선박이 대형화되고 고속화됨에 따라 선수부와 선미부에 발생하는 슬래밍으로 인한 충격압력은 더 커질 수 있다. 따라서 슬래밍에 의한 충격압력을 고려한 구조설계의 중요성이 대두되고 있다. 지금까지는 슬래밍으로 발생하는 충격압력의 최대값을 추정하고 이로부터 등가의 정적 압력을 구한 다음 구조 부재의 치수를 결정하였다 (김용직 등 2003a). 또한 슬래밍에 관련된 많은 실험 및 이론 연구는 현재까지 최대충격압력을 정확히 추정하느냐가 관건이었다. 하지만 최근의 연구 결과에 의하면, 충격하중을 받는 구조물의 손상 정도는 최대충격압력뿐만 아니라 최대압력부의 지속시간에도 많은 영향을 받는 것으로 밝혀졌다.(Cho and Seo 2009, Cho, S.R et al. 2009)

여러 연구자들에 의해 지적되었듯이 동일한 상황에서 낙하시험을 하더라도 충격압력의 크기는 많은 차이가 있게 된다. 이런 불확실성을 설계과정에서 합리적으로 고려하자면 불확실성의 수준을 양적으로 제공할 필요가 있다.

본 연구에서는 0°와 10°의 경사각을 갖는 쇄기 모델을 제작하여 자유낙하실험을 반복적으로 수행하였다. 실험의 정도는 기존의 실험 결과와의 비교를 통해 검증하였다. 반복 실험의 결과로 얻어진 최대충격압력, 최대압력부의 지속시간과 최대압력의 이동속도(10°쇄기의 경우) 등의 평균뿐만 아니라 이들의 분산정도(COV: Coefficient of variation)도 정리하였다.

2. 충격시험

2.1 실험 장치와 장비

본 실험은 울산대학교 해양공학광복수조 Trimming Tank에서 실시하였다. 쇄기 모델 낙하장치는 4개의 핸들을 이용하여 수평과 수직 방향으로 제어할

수 있다. Fig. 1은 자유낙하 실험 장치에 쇄기 모델이 장착된 모습을 보여주고 있다. 실험 모델이 자유 표면에 닿는 순간의 입수 각을 유지시키기 위해서 모델 양쪽에 가이드 봉을 설치하였다. 가이드 봉을 통과하는 과정에서 발생하는 마찰력을 줄이기 위해서 볼베어링을 양쪽에 장착하였다. 가이드 봉 사이에 모델을 잡아 줄 수 있는 연결부를 만들어 모델의 탈, 부착을 용이하게 하였다. 쇄기 모델을 낙하시키기 위한 전자석을 연결부 중앙에 설치하였고 모델을 손쉽게 들 수 있도록 감속기를 설치하였다.



Fig. 1 Experimental set-up installed in a trimming tank

낙하실험장치의 전체적인 개략 도는 Fig.2 와 같다. Trimming Tank의 폭은 2170mm 수심 1000mm이고 최대 낙하높이는 500mm로 100mm 부터 100mm 씩 증가하면서 실험을 실시하였다. 강체라는 조건으로 실험을 하기 위해 모델 밑면의 두께를 두껍게 하였고 재질은 나무를 사용하였다. Fig. 3에는 실험모델의 형상을 보여주고 있고 Table 1에는 모델 치수를 정리하였다.

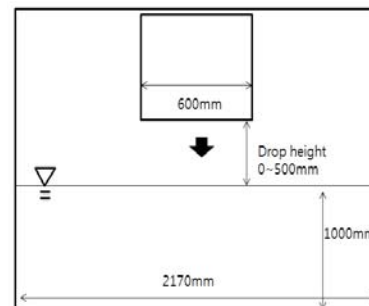


Fig. 2 Schematic view of the trimming tank and a model

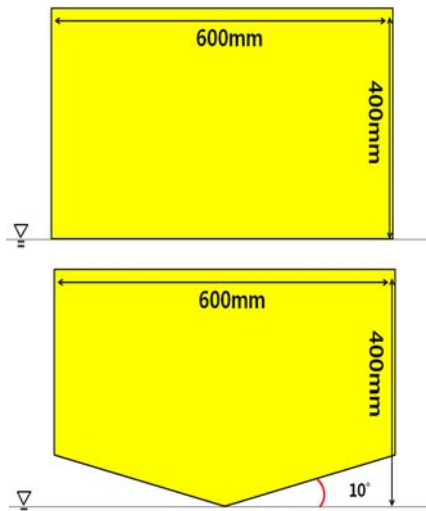


Fig. 3 Cross sections of wedge models

Table 1 Dimensions of Test model

Model	1	2
Dead-rise angle [deg]	0	10
Length [mm]	1000	1000
Width [mm]	600	600
Height [mm]	400	350
Weight [kgf]	60	60
Bottom plate thickness [mm]	50	50

실험 모델을 낙하시키기 위해 Fig.4에서 보여주고 있는 전자석을 이용하였다. 이 전자석은 지름이 80mm, 높이 60mm이며, 최대 지지력은 330kgf이다.



Fig. 4 Electromagnetic system

모델의 바닥에 압력센서를 부착시키기 위해 Fig.5와 같이 가공을 하여 실험 모델 바닥부에 평평하게 위치시켰다. 또한 낙하 모델의 가속도를 측정하기 위해 모델 상부 6곳에 가속도 센서를 부착하였다. 사용한 스트레인게이지 타입의 압력센서는 SHOWA사의 MPA-500KPA 제품이며 측정 최대압력은 500kPa 이고, 가속도센서의 최대 측정 가속도는 $\pm 49.05m/s^2$ (5g에 해당)이다.



Fig. 5 Pressure gauge (left), accelerometer (right)

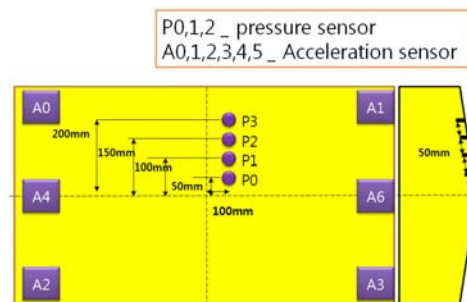


Fig. 6 Locations of pressure and acceleration sensors on the model

각 센서의 부착 위치는 Fig.6에서 보여주고 있다. 가속도센서는 네 모퉁이와 중앙부에 위치하였고, 압력센서는 횡 방향 중앙선에서 100mm 떨어져 있으며, 센서 사이의 간격은 50mm이었다. 센서에서 감지된 정보는 DAQ 보드를 통해 컴퓨터로 전달되었다. 그리고 압력센서와 가속도센서의 Sampling rate는 10kHz이다.

3. 낙하실험

낙하실험은 동일한 높이에서 6회씩 반복 실시하였다. Fig. 7에는 바닥의 경사각이 10°인 모델이 100mm 높이에서 낙하했을 때 측정된 가속도

의 결과를 보여주고 있다. 자유낙하 높이가 100mm일 때의 이론적인 입수속도는 1.401m/s가 된다. 하지만 Fig.7에 주어진 가속도를 적분하여 얻은 입수속도는 1.38m/s로 1.5%의 오차를 보이고 있다. 이 오차는 주로 볼베어링과 지지봉사이의 마찰력에 기인한 것으로 보이거나 무시할 수 있는 수준으로 판단된다.

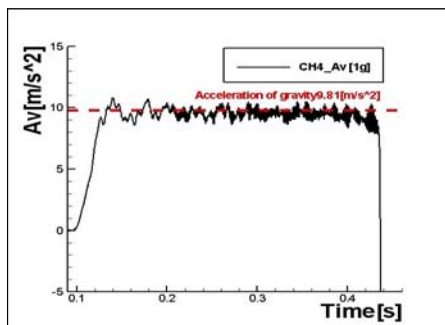


Fig. 7 Measured history of vertical acceleration of 10° wedge model before entry to water (drop height = 500mm)

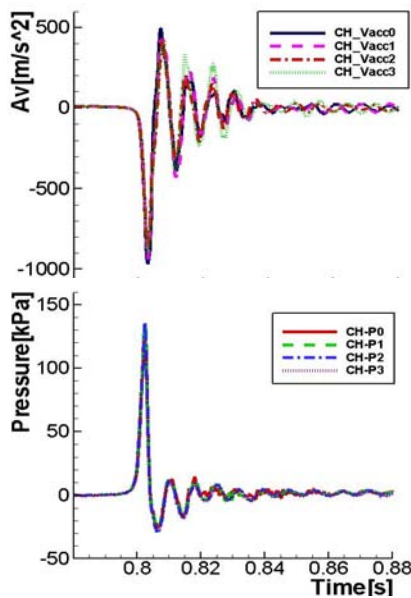


Fig. 8 Measured histories of vertical acceleration, pressure of 0° wedge model (drop height = 500mm)

Fig.8 은 계측된 가속도와 충격압력의 이력을 보여주고 있다. 가속도 그래프를 보면 모델의 네 모서리에서 계측한 가속도가 거의 동시에 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 입수할 때 실험 모델이 거의 수평을 이루면서 떨어지는 것을 나타낸다. 4개의 지점으로부터 계측된 최대충격압력들이 가속도가 급격히 변하는 시점에서 동시에 발생하는 것으로 판단할 때 모든 계측장비가 제대로 작동함을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 수행된 낙하실험에서 사용된 실험 장치와 계측장비가 제 역할을 잘 하고 있다고 판단된다.

4. 실험결과

본 연구에서 수행된 낙하실험에서 계측된 것은 압력과 가속도의 이력이다. 각 위치에서 계측한 최대충격압력을 낙하높이별로 Figs. 9(a)와 9(b)에 도시하였다. 이 그림에서 최대충격압력은 대체적으로 낙하높이에 선형적으로 비례함을 알 수 있다. 낙하속도의 제곱이 낙하높이에 비례하므로 ($V^2 = 2gh$) 잘 알려진 식(1)과 같은 설계 식을 사용할 수 있다.

$$p_p = \frac{1}{2} C_p \rho v^2 \quad (1)$$

여기에서

- p_p : amplitude of peak pressure
- C_p : pressure coefficient
- ρ : density of the fluid
- v : entry velocity measured from experiments

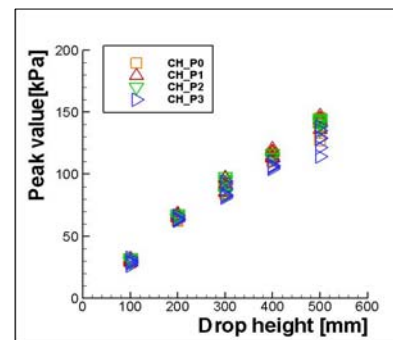


Fig. 9(a) Plots of peak pressure against drop height : 0° wedge model

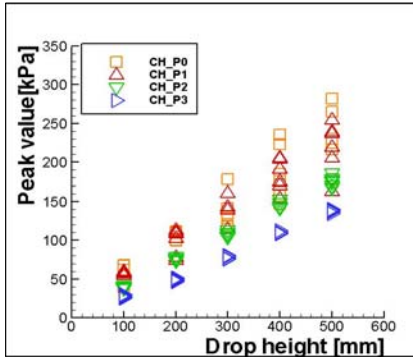


Fig. 9(b) Plots of peak pressure against drop height : 10° wedge model

슬래밍 충격에 의한 압력의 이력은 Fig. 10과 같이 이상화할 수 있다(Lee et al, 1998). 수치해석 연구 결과에 의하면 긴 꼬리 부는 이의 압력 크기가 최대 값에 육박하지 않으면 구조물의 손상 정도에 미치는 영향은 무시할 수 있는 수준이다. 따라서 충격압력에 의해 발생하는 손상의 정도는 최대압력의 크기와 최대압력부의 폭에 의해 결정되게 된다.

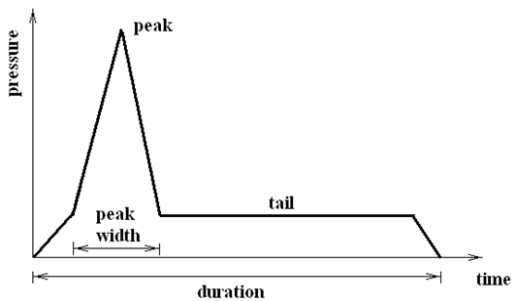


Fig. 10 Idealized impulsive pressure history

지금까지 발표된 낙하실험 연구에서는 최대압력부의 폭에 관한 자료가 보고된 적은 거의 없다. 이를 계산하기 위해서 Fig. 11과 같이 최대 값에서 두개의 직선을 각각 접선 방향으로 내려 최대압력의 폭을 계산하였고 Figs. 12(a)그리고12(b)와 같이 낙하 높이가 증가할수록 점점 시간이 줄어드는 것을 볼 수가 있었다. 0°입수물체에서는 동시에 최대압력이 발생하기 때문에 최대압력의 폭은 거의 같다. 하지만 10°입수물체인 경우 0°입

수물체보다 보다 큰 차이를 보인다. 이는 입수체의 현상에 따라 여러 복합적인 원인으로 차이가 생기는 것으로 보인다.

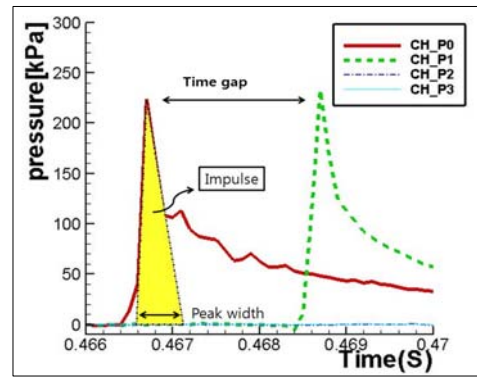


Fig. 11 Peak width obtained from pressure history data

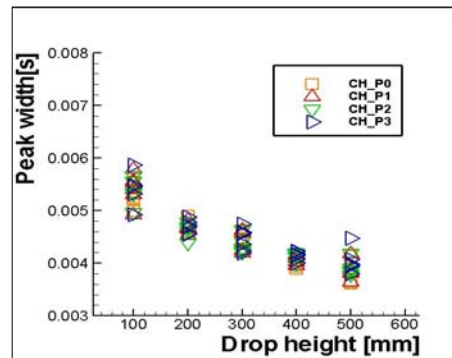


Fig. 12(a) Plots of peak width against drop height : 0° wedge model

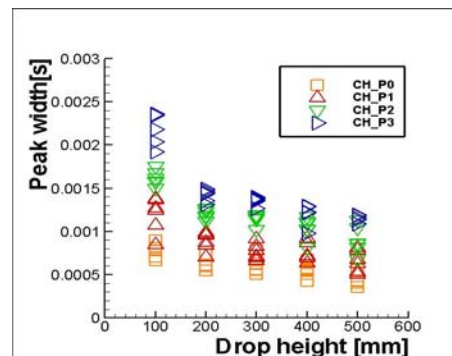


Fig. 12(b) Plots of Peak width against drop height : 10° wedge mode

같은 높이에서 모델을 낙하시켜도 동일한 위치에서의 최대압력의 차이와 최대압력의 폭의 차이가 발생하는 것을 생각하면 Fig. 11의 최대압력부면적을 계산하여 구조물이 받는 단위면적당 impulse (= peak pressure x peak width/2)를 구하여 비교하는 것도 의미가 있다고 판단된다. 이 결과를 Figs. 13(a)와 (b)에 정리하였다.

낙하 높이가 증가할수록 최대압력 폭이 점점 줄어들지만 이해 비해 최대압력의 증가량이 더 커지기 때문에 impulse는 낙하높이에 비례하여 점점 증가함을 이 그림에서 알 수 있다.

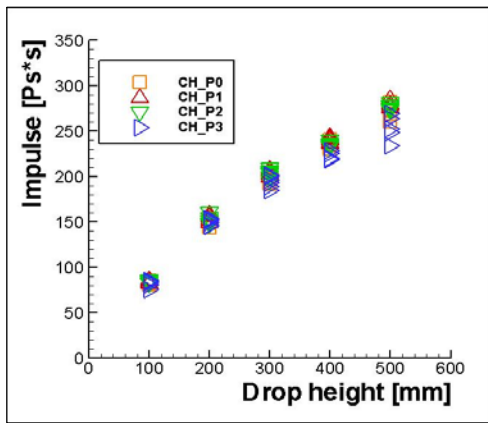


Fig. 13(a) Plots of impulse against drop height: 0° wedge model

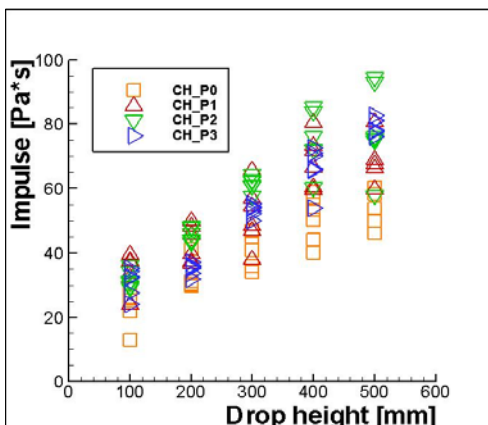


Fig. 13(b) Plots of impulse against drop height: 10° wedge model

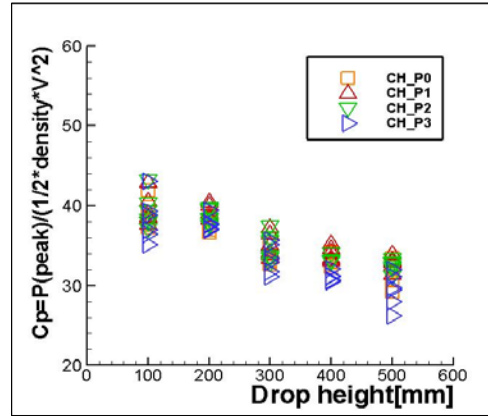


Fig. 14(a) Plots of pressure coefficient against drop height: 0° wedge model

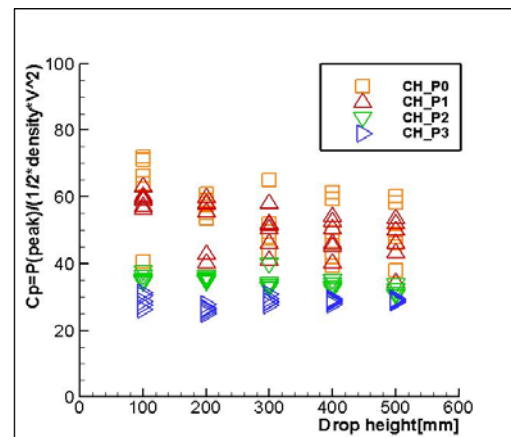


Fig. 14(b) Plots of pressure coefficient against drop height: 10° wedge model

식(1)을 이용해 압력계수를 구하였고 Figs. 14(a)와 14(b)에 정리하였다. 0° 췌기 모델은 낙하높이가 증가하면 압력계수의 크기가 점점 줄어들고 있다. 하지만 10°인 경우는 같은 낙하높이에서도 값의 차이가 상당히 난다. 이러한 불확실성은 차후 정량적으로 다루고자 한다.

Figs.9(a)와 9(b)에서 볼 수 있듯이 같은 높이에서 모델을 낙하시켜도 동일한 위치에서의 최대압력 값들의 차이가 많이 나고 있다. 물론 이의 원인에 대한 규명에 관련된 연구도 진행되어야 하지만 구조설계의 관점에서 본다면 분산의 정도를

알고 이를 반영할 필요가 있다.

무차원화된 표준편차라고 할 수 있는 COV (Coefficient of Variation)는 식(2)와 같이 계산된다.

$$COV = \frac{Standard\ Deviation}{mean} \times 100 (\%) \quad (2)$$

실험에서 구한 최대압력(peak value) 그리고 압력의 이력으로부터 구한 최대압력부의 폭(, peak

width), Impulse, 압력계수(Coefficient of pressure), 최대압력의 진행속도(Traveling velocity of peak pressure)의 평균과 COV를 각각 Table 2-6에 정리하였다. Table 2에 정리된 최대압력에 관한 자료를 보면 평판인 0° 모델의 경우 COV가 1.4 - 6.5 %로 분산이 그리 크지 않으나, 10° 모델의 경우는 COV가 최대 17.2 %가 된다. 0° 모델에 비해 10° 모델에서의 최대충격압력의 분산이 훨씬 더 큰 것을 알 수 있다.

Table 2 Mean and COV of peak pressure (unit: kPa, %)

(a) 0° wedge model

Drop height [mm]	Location_P0		Location_P1		Location_P2		location_P3	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	29.9	3.40	30.5	3.52	30.4	4.31	29.5	6.47
200	63.7	1.64	66.3	1.88	65.4	2.32	64.0	2.05
300	87.9	4.12	91.4	5.16	91.0	5.92	86.9	5.71
400	113.5	2.35	116.3	2.42	114.5	1.38	107.2	2.01
500	137.2	4.33	142.7	2.41	141.3	2.19	128.0	6.45

(b) 10° wedge model

Drop height [mm]	Location_P0		Location_P1		Location_P2		location_P3	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	61.0	16.64	56.9	3.82	39.4	3.27	28.0	6.10
200	105.9	4.55	97.6	16.05	75.9	2.13	49.2	2.43
300	136.4	14.65	135.0	12.30	107.5	3.09	78.4	2.03
400	187.1	17.20	183.3	10.22	148.0	2.94	109.7	1.29
500	232.6	14.54	219.5	13.55	175.6	3.38	137.4	1.19

Table 3 Mean and COV of peak width (unit: ms, %)

(a) 0° wedge model

Drop height [mm]	Location_P0		Location_P1		Location_P2		location_P3	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	5.30	3.41	5.42	4.92	5.41	4.55	5.42	5.13
200	4.71	2.33	4.67	1.84	4.63	2.65	4.70	2.41
300	4.40	2.96	4.41	3.60	4.40	4.01	4.45	4.48
400	4.02	2.22	4.09	1.87	4.13	1.76	4.14	1.81
500	3.82	4.58	3.87	4.20	3.90	3.37	4.04	5.20

(b) 10° wedge model

Drop height [mm]	Location_P0		Location_P1		Location_P2		location_P3	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	0.79	11.07	1.20	15.61	1.61	5.03	2.26	4.45
200	0.61	10.80	0.89	11.16	1.20	4.48	1.42	4.48
300	0.62	14.75	0.77	11.26	1.14	5.17	1.35	3.04
400	0.55	13.32	0.76	13.49	1.04	10.92	1.23	6.00
500	0.45	16.29	0.64	15.38	0.88	14.05	1.16	3.05

Table 3에는 충격부 지속시간의 평균과 COV를 정리하였다. 평판의 경우(0° 모델)는 최대충격부의 지속시간이 대략 4 - 5 ms 정도이지만 10° 모델

에서는 지속시간이 훨씬 짧고, 낙하높이가 높아질수록 지속시간이 짧아짐을 알 수 있다.

Table 4 Mean and COV of Impulse (unit: Pa·s, %)

(a) 0° wedge model

Drop height [mm]	Location_P0		Location_P1		Location_P2		location_P3	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	83.3	2.12	84.7	1.74	84.4	1.66	82.0	3.98
200	149.2	1.85	155.1	2.06	153.1	2.83	149.9	2.22
300	196.2	1.51	204.0	1.41	203.1	2.18	194.0	3.08
400	234.6	1.39	240.3	1.18	236.6	1.03	221.7	1.75
500	268.5	2.84	279.3	1.13	276.6	0.99	250.4	5.38

(b) 10° wedge model

Drop height [mm]	Location_P0		Location_P1		Location_P2		location_P3	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	24.4	24.21	33.5	14.94	27.3	7.84	31.0	8.92
200	32.1	12.82	42.2	12.28	39.0	4.27	34.2	4.91
300	41.3	12.28	51.0	16.81	52.6	3.43	52.0	3.15
400	50.3	13.31	67.7	10.66	65.8	11.50	66.1	6.42
500	51.3	7.32	68.3	12.81	66.0	13.97	77.9	2.92

최대 충격부의 면적을 충격량 (Impulse)로 가정하여 이 값의 평균과 COV를 Table 4에 정리하였다. 낙하높이가 500mm일 때를 비교하면 충격량의 값은 평판인 0° 모델에서는 270 (Pa·s) 정도이지만 10° 모델에서는 이 값이 70 (Pa·s)로 현격히 떨어짐을 알 수 있다. COV는 평판의 경우 3 - 4% 정

도이지만 10° 모델에서는 이 값이 12 -13% 정도로 증가함을 알 수 있다. 충격량은 최대충격압력과 최대 충격부 지속시간의 곱을 2로 나눈 값이다. 만약 최대충격압력과 최대 충격부 지속시간의 상관관계가 전혀 없다면 COV는 두 값의 COV를 합한 값이 되게 된다. 하지만 Table 4에서 보여주는 충격

량의 COV는 대체적으로 볼 때 최대충격압력이나 최대 충격부 지속시간의 COV와 비슷한 수준임을

알 수 있다. 이로부터 최대충격압력과 최대 충격부 지속시간은 상관관계가 깊은 것을 알 수 있다.

Table 5 Mean and COV of pressure coefficient (C_p) (unit: %)

(a) 0° wedge model

Drop height [mm]	Location_P0		Location_P1		Location_P2		location_P3	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	38.8	4.12	39.5	4.38	39.4	5.09	38.3	6.70
200	37.6	1.80	39.1	2.16	38.6	2.10	37.8	2.08
300	33.7	3.20	35.0	3.96	34.9	4.75	33.3	4.89
400	33.1	2.32	33.9	2.38	33.4	1.39	31.3	1.94
500	31.5	4.31	32.8	2.39	32.5	2.16	29.4	6.43

(b) 10° wedge model

Drop height [mm]	Location_P0		Location_P1		Location_P2		location_P3	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	64.6	17.17	60.2	3.68	41.7	3.17	29.7	6.03
200	57.8	4.29	53.2	15.04	41.4	1.47	26.8	3.49
300	51.2	13.19	50.7	10.48	40.5	7.08	29.5	3.63
400	49.9	16.62	48.9	9.95	39.5	3.19	29.3	1.91
500	50.2	15.00	47.3	13.83	37.9	3.67	29.6	1.37

Table 5에서는 압력계수의 평균과 COV를 보여 주고 있다. 0° 모델의 경우는 이 계수가 30 - 40의 범위에 있고, 10° 모델의 경우는 중앙선 부근에서 50 전후의 값이지만 중앙부에서 멀어지면 30 정도가 된다. 두 경우 모두 낙하높이가 커질수록 이 계수가 작아짐을 알 수 있다. COV의 경우, 0°

모델에서는 2-7%의 크기를 보이고 중앙부나 선측 방향으로 떨어진 곳이나 별 차이를 보이고 있지 않다. 하지만, 10° 모델의 있어서는 중앙부에서 COV가 13-17% 정도이지만 선측방향으로 갈수록 작아져 중앙선에서 150mm 떨어진 p2 점에서부터 COV가 평판의 수준을 보이고 있다.

Table 6 Mean and COV of peak point travelling velocity for 10° wedge model (unit: m/s, %)

Drop height [mm]	between(P0-P1)		between(P1-P2)		between(P2-P3)	
	mean	COV	mean	COV	mean	COV
100	12.7	1.00	10.5	0.68	8.2	1.12
200	17.1	3.62	14.4	2.15	11.1	0.98
300	20.6	1.95	17.0	1.46	13.4	0.97
400	23.6	1.61	19.8	1.34	15.9	1.37
500	25.5	3.39	22.3	1.97	17.7	1.24

Table 6에는 최대압력이 발생하는 위치의 이동 속도를 보여주고 있다. 낙하높이가 500mm인 경우 중앙부에서 25.5 m/s가 된다. 이 이동속도는 낙하 높이가 높아질수록 커지고, 중앙부에서 선측방향으로 갈수록 작아지고 있음을 알 수 있다. COV는 다른 값의 경우보다 상당히 작아 1-3% 정도가 된다. 이 자료는 슬래밍에 의한 충격하중을 받는 구조물의 보다 엄밀한 동적해석에 활용될 수 있다.

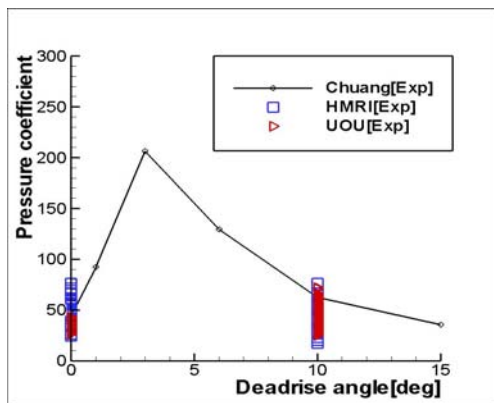


Fig. 15 Comparison of pressure coefficients

Fig. 15는 본 연구와 기존의 실험결과(Yang et al.2007)를 비교 하였고 입사각에 따른 압력계수 분포는 잘 일치 한다고 볼 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 최대충격압력 뿐만 아니라 다른 압력 정보를 얻기 위해서 0°와 10°의 선저경사각을 갖는 2차원 뼈기 모델을 제작하여 자유낙하실험을 반복적으로 수행하였다. 실험의 정도는 기존의 실험 결과와의 비교를 통해 검증하면서 수행하였다.

압력의 최대값, 예측된 압력의 이력으로부터 얻은 최대압력부의 지속시간, 최대 압력부의 충격량, 압력계수 그리고 10° 모델의 경우는 최대압력 발생점의 이동속도와 평균과 COV를 구하여 정리하였다. 이로부터 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 평판인 0° 모델의 경우 최대압력의 COV가 1.4 - 6.5 %로 분산이 그리 크지 않으나, 10° 모

델의 경우는 COV가 최대 17.2 %가 된다.

2) 낙하높이가 증가할수록 최대압력은 증가하였지만 최대압력부의 지속시간은 점점 감소하였다. 최대압력의 감소폭보다 최대압력의 증가량이 크기 때문에 충격량은 낙하높이에 따라 증가하는 결과를 얻었다.

3) 0° 모델의 경우는 압력계수가 30 - 40의 범위이고, 10° 모델의 경우는 중앙선 부근에서 50 전후의 값이지만 중앙부에서 멀어지면 30 정도가 된다. 두 경우 모두 낙하높이가 커질수록 이 계수가 작아짐을 알 수 있다. COV의 경우, 0° 모델에서는 2-7%의 크기를 보이고 중앙부나 선측 방향으로 떨어진 곳이나 별 차이를 보이고 있지 않다. 하지만, 10° 모델의 있어서는 중앙부에서 COV가 13-17% 정도이지만 선측방향으로 갈수록 작아진다.

4) 10° 모델에 있어 최대압력 발생위치의 이동속도는 낙하높이가 증가할수록 커지지만 이 값의 COV는 1-3% 정도로 다른 값의 경우에 비해 상당히 작다.

본 연구를 통해 얻은 결과는 앞으로 충격압력을 고려한 구조설계기법 개발에 많은 도움이 되리라 판단된다. 앞으로 충격압력을 받는 구조물의 탄소성 거동이 충격압력에 미치는 영향, 모델이 횡경사각을 갖고 낙하되는 경우, 횡경사각의 영향 등에 관한 연구가 추가로 수행될 필요가 있다. 또한 보다 실제적인 문제 접근을 위해서 실제 구조물의 고유진동주기와 최대압력 폭 사이의 상관관계에 대한 연구를 바탕으로 한 구조설계기법의 지속적인 개발이 필요하다.

후 기

본 논문은 일본선급(NK)의 연구지원에 의한 연구 성과 중 일부임을 밝혀 둡니다.

참 고 문 헌

- Park, S.W, Lee, K.B, RimC, W, 2000 "Whipping analysis of hull girders considering slamming impact loads ", Journal of the Society of Naval

Architects of Korea, Vol 37, No 3, pp.99-109.

- Kim, Y.J, Shin, K.S, Shin, C.H, Kang, J.M, Kim, M.S, Kim, S.C, Oh, S.G, Rim, C.W, Kim, D.H, Kim, D.H, Park, I.H, Song, K.J, Lee, C.K, Jang, Y.H, 2003a, "Prediction of Bow Flare impact pressure and Its Application to Ship Structure Design – Container Ship and PCC –", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol 40, No 3, pp.29-36.
- Cho, S.R. and Seo, J.S, 2009, "Response characteristics of stiffened plates subjected to impulsive pressure loadings. (in Korean)", J. Society of Naval Architects of Korea (to be appeared).
- Cho, S.R et al. 2009. Report of Committee V.7: "Impulsive Pressure Loading and Response Assessment", Proc. 17th International Ship and Offshore Structures Congress, Vol. II, Seoul, Korea, 367-432.
- Lee, S.G, Choi, K.S, Kim, M.S, Lee, K.S, and Park, J.W, 1998, "A study on Prediction of Impact Loads of Bow Structure", Proc. 8th Int. Offshore and Polar Engineering Conf., Montreal, Canada, IV,353-360.

- Yang, S. H. , Lee, H. H, Park, T. H, Lee, I. H, Lee, Y. W. 2007, "Experimental and Numerical Study on the Water Entry of Symmetric Wedges and a Stern Section of Modern Containership", 10th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures Houston.
- Chuang S. L, 1967, "Experimental on Slamming of Wedge-shaped Bodies", Journal of ship research. Vol.11, No. 3



<신 현 경>

<김 성 철>

<조 상 래>