

입수 충격 하중에 관한 실험적 연구

정두진* · 이희성* · 권순홍* · 송기중** · 정병훈**

*부산대학교 조선해양공학과

**현대중공업(주)

The Water Entry Fluid Load Experimental Analysis

D. J. Jung*, H. S. Lee*, S. H. Kwon*, G. J. Song**, B. H. Jung**

* Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, Pusan National University

**Hyundai Heavy Industry Co. Ltd., Ulsan, Korea

ABSTRACT: This paper presents the results of slamming experiment using air pressure cylinder to increase the repeatability of the experiment. When it comes to the slamming experiment, the traditional way of doing it has been the free fall experiment. By adopting air pressure cylinder almost equal peak pressures were obtained with that of free fall experiment. Jet takes place when the wedge enters water. Slamming doesn't take place when Dead rise angle is more then 20 degrees.

1. 서 론

본 연구의 목표는 입수충격 하중에 관한 실험 기법을 개발하고 설계 자료를 획득하는데 있다. 슬래밍 현상은 자유낙하에 의존하는 실험들이 대부분 수행되어져 왔다. 그 이유는 자유낙하에 의한 슬래밍 현상 유도는 무엇보다도 손쉽게 원하는 속도를 낼 수 있다는 장점이 있다. 즉 0.1m높이의 자유낙하를 시켜도 1.4m/s의 속도를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 0.5m/s의 높이에서는 3.1m/s까지의 속도를 낼 수 있다. 하지만 이런 자유낙하에 의한 실험은 몇 가지 단점을 가지고 있다. 첫째, 시편을 원하는 위치에 원하는 각도로 정확하게 떨어뜨리기 위해서는 가이드가 필수적이고 이러한 가이드를 제작하는데 많은 어려움이 있고 가이드에 의한 마찰이 생길 수 있다. 둘째, 시편의 낙하 속도를 높이기 위해서는 시편의 이동거리가 부득이하게 커야 하므로 센서에 연결된 선의 길이가 길어져서 시편에 부착된 센서에 노이즈가 섞이게 되고 이는 피크치를 찾는 데 어려움을 줄 수 있다. 셋째, 자유 낙하의 경우 실험의 반복성을 이루기가 어렵다. 이런 단점을 보완하고자, 공기압 실린더로써 슬래밍 현상에 관한 실험을 행하고자 했다(Jung, D.J 2002a : Jung, D.J 2002b : Kwon, S.H. 2003).

즉 공기압 실린더로써 시편을 자유 낙하시 수면에 부딪힐 때와 동일한 속도로 수면에 입수시켜 자유낙하와 같은 효과를 얻

제1저자 정두진 연락처: 부산시 금정구 장전 2동 산 30번지

051-510-2753 coolcha10@hanmail.net

고자 했다. 이때 속도는 고속 카메라를 이용하여 1초당 500frame의 사진을 찍어서 입수 거리를 시간으로 나누어 측정하였고 시편은 10도와 20도의 Wedge 형태로 Wedge 바닥에 세 개의 구멍을 뚫어서 각각의 위치에 따른 압력값을 측정하였다. 시편은 10도와 20도의 Wedge 형태로 Wedge 바닥에 세 개의 구멍을 뚫어서 각각의 위치에 따른 압력값을 측정하였다. 실험결과 20도의 Wedge는 10도에 비하여 압력값이 현저히 떨어지므로 20도 이상이 되면 슬래밍 현상이 거의 발생하지 않음을 알 수 있었다.

2. 실험 장치 및 내용

본 실험에 사용된 실험장치는 다음과 같다. 시편은 29cm(L)×29cm(B)×0.25cm(T)인 Wedge 형태이고 재료는 Stainless로 Wedge의 각도는 10도와 20도로 두개의 시편을 제작하였다. Wedge의 바닥은 Pressure gauge를 고정 시킬 수 있는 3개의 소켓을 만들었다. Fig.1은 시편의 전체적 형상과 센서가 부착되는 부분을 보여주고 있다. 센서의 부착 위치를 A,B,C의 세 부분으로 설정하였다. 공기압실린더는 최고속도 3m/s의 고속실린더로서, 일본 SMC사에서 제작되었고 내부 직경은 40mm, 발사거리는 200mm이다. Pressure Gauge는 스위스의 KISTLER사에서 제작된 것으로 제품명은 701A이고 최고 250bar까지 측정 가능하며 Piezoelectric형식이다. 고유진동수는 70kHz이다. Amplifier는 스위스의 KISTLER사에서 제작된 것으로 제품명은 5011A이다. A/D Convert는 압력계에서 들어온 아날로그 신호

를 디지털 데이터화 하는 것으로서, 기존의 연구자들은 60kHz에서 최고로는 200kHz까지 사용하였으나, 정확하고 올바른 입수충격의 피크치를 찾고자 본 연구에서는 대만 ADLINK TECHNOLOGY에서 만든 Nudak PCI 9812제품으로 20MHz의 converter를 사용했다. 하지만 5kHz가 넘는 데이터들은 20MHz까지 그 경향이 변하지 않으므로 100kHz에서 모든 실험을 수행하였다. 시편의 입수속도를 측정하기 위하여 고속카메라를 사용하였는데 모델명은 KODAK SR Ultra-C이고 Recording Rates는 최대 10,000fps이고 Total Recording Times는 1000fps일때 5.5초이다. Fig2는 실험장비가 설치된 장면을 보여주고 있다. Wave Flume에 가이드를 설치하여 공기압 실린더를 장착하고 Air Compressor를 이용하여 공기압 실린더를 발사시켜 시편을 입수시킨다.

3. 실험 결과 및 분석

고속카메라를 이용하여 Recording rates를 500fps로 사진을 찍은 결과 Wedge가 입수하면서 제트가 발생 한다는 것을 확인할 수 있었다. Fig.3은 제트가 발생하는 모양을 연속적으로 보여주고 있다. 공기압 실린더를 이용한 실험이 자유낙하실험과 비교하여 우수한 점은 반복실험이 가능하다는 점이다. 이러한 반복성을 확인하기 위하여 동일한 조건으로 10회의 반복실험을 실시하여 압력과 속도의 값을 측정하였다. 그 결과를 Table.1에 나타내고 있다. COV(Coefficient of Variation=표준편차/평균)가 압력의 경우 0.053이고 속도의 경우 0.046이므로 반복성이 우수함을 알 수 있다. 실험은 Wedge와 수면의 각도(Dead rise angle)가 10도, 20도인 두 가지의 경우에 대하여 실시하였다. Wedge와 수면의 각도가 압력값에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각각의 경우에 입수속도를 2.5m/s, 2.0m/s, 1.5m/s, 1.0m/s로 주어서 동일하게 3번의 실험을 실시하였다. Fig.4, Fig5, Fig6은 Dead rise angle이 10도이고 입수속도가 2.5m/s인 경우에 Wedge의 A, B, C지점에서 압력값을 나타내고 있다. Fig.7, Fig.8, Fig.9는 Dead rise angle이 20도이고 입수속도가 2.5m/s인 경우에 Wedge의 A, B, C지점에서 압력값을 나타내고 있다. Table.2는 두 각도에서 속도변화에 따른 압력값을 bar단위로 비교한 표이다. 표에서 알 수 있듯이 Dead rise angle이 10도인 경우는 A, B지점의 압력값은 비슷하고 C지점의 압력값은 현저히 떨어짐을 알 수 있다. 이는 시편이 자유수면을 입수한 후 급속히 속도가 낮아지기 때문인 것으로 보인다. Dead rise angle이 20도인 경우는 10도에 비하여 전체적인 압력값이 매우 낮으므로 20도 이상이 되면 슬래밍이 거의 일어나지 않음을 알 수 있다.

	Mean Value	Standard Deviation	COV
Pressure(bar)	0.75	0.038	0.053
Velocity(m/sec)	2.0	0.053	0.046

Table.1 Repeatability Test of Experiment

4. 결 론

슬래밍 문제를 공기압 실린더를 이용하여 실험하면 실험 결과가 매우 안정적이고 실험이 간편해 진다는 것을 알 수 있었다. 그리고 Wedge가 수면에 입수 하면서 제트가 발생하는 것을 실험을 통해 확인할 수 있었고 Dead rise angle이 20도 이상이 되면 슬래밍이 거의 일어나지 않음을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 한국과학재단의 첨단조선공학 연구센터(ASERC)의 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- S. L. Chuang, March, 1966 "Experiments on Flat-Bottom Slamming", Journal of Ship Research, pp 10-17.
- O.M. Faltinsen, 1990 "Sea Loads on Ships and Offshore Structures", Cambridge University Press.
- 박준수, 이희성, 권순홍, 정장영, 오민한, 2000 "공기압 실린더를 이용한 입수충격에 관한 실험적 연구", 대한조선학회 춘계학술대회 논문집, pp 132-135
- 정두진, 박준수, 권순홍, 백승우, 정장영, 2002 "슬래밍 현상 실험에 공기압 실린더의 사용 가능성에 관한 연구", 한국해양 공학회 추계학술대회 논문집, pp 229-233 eters", Proc. of the 21st ATTC, Vol 2, No 2, pp 369-375.

그림

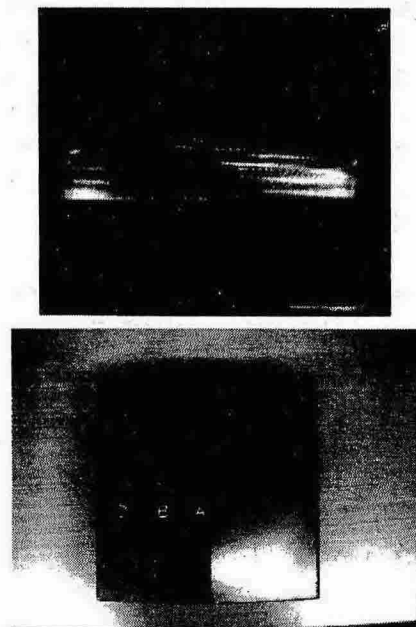


Fig.1 Photo of Specimen

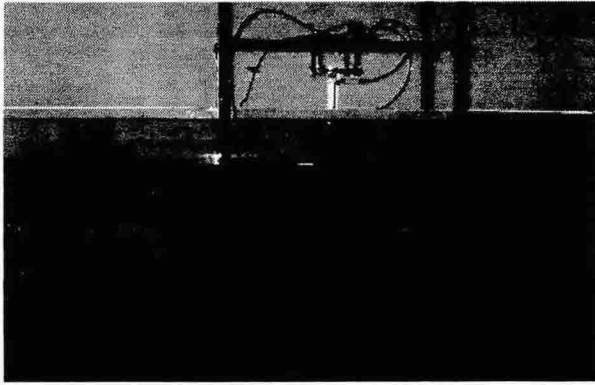


Fig.2 Experimental Setup

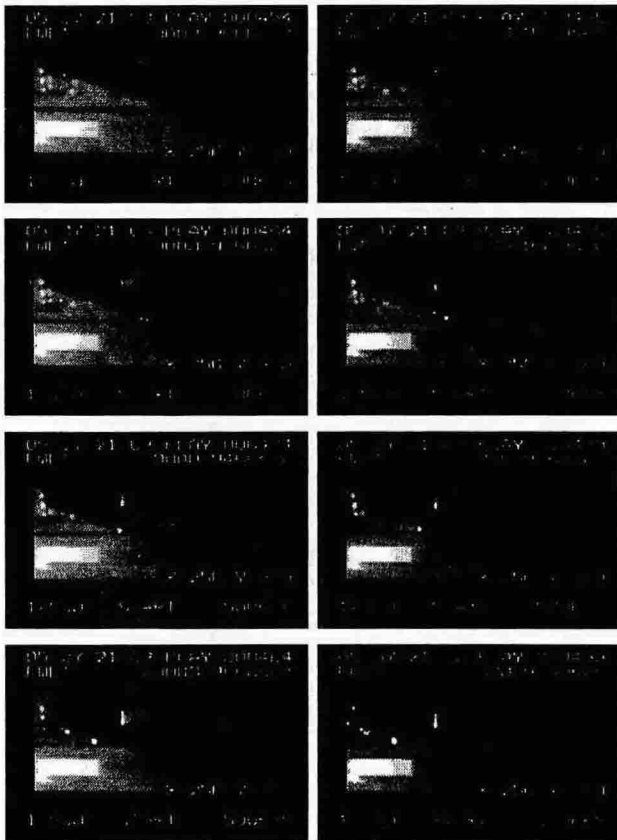


Fig.3 Serial View of Water Entry

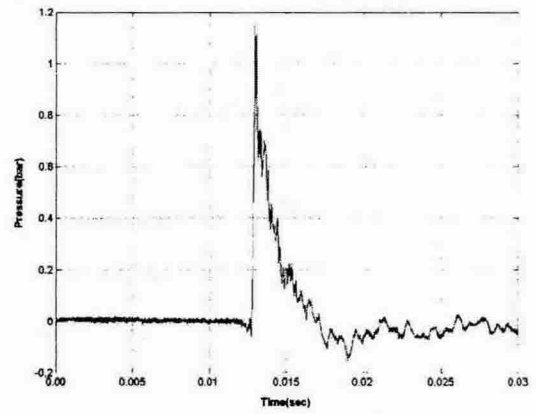


Fig.4 Pressure history (point A, $V=2.5\text{m/sec}$),
Dead rise angle of 10 degrees

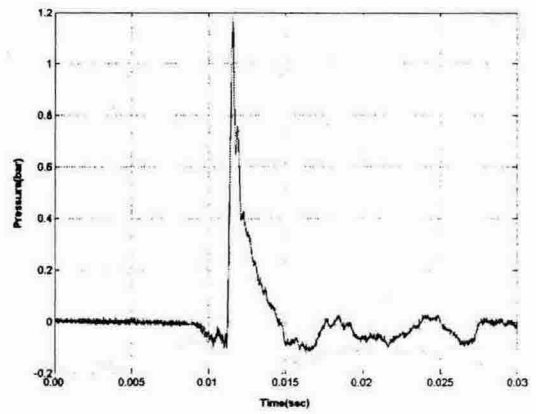


Fig.5 Pressure history (point B, $V=2.5\text{m/sec}$),
Dead rise angle of 10 degrees

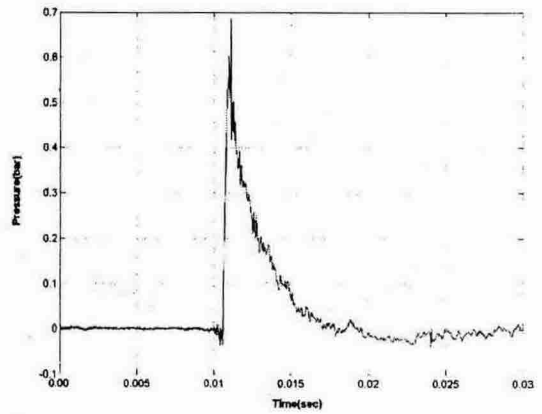


Fig.6 Pressure history (point C, $V=2.5\text{m/sec}$),
Dead rise angle of 10 degrees

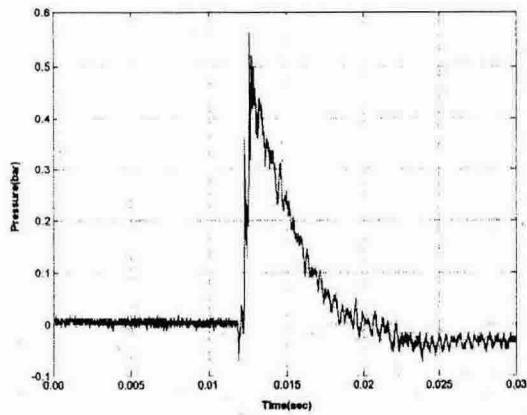


Fig.7 Pressure history (point A, V=2.5m/sec),
Dead rise angle of 20 degrees

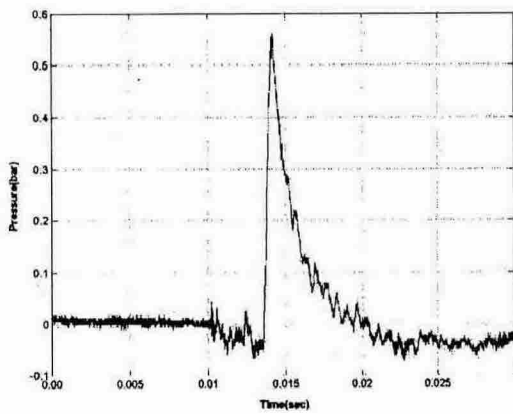


Fig.8 Pressure history (point B, V=2.5m/sec),
Dead rise angle of 20 degrees

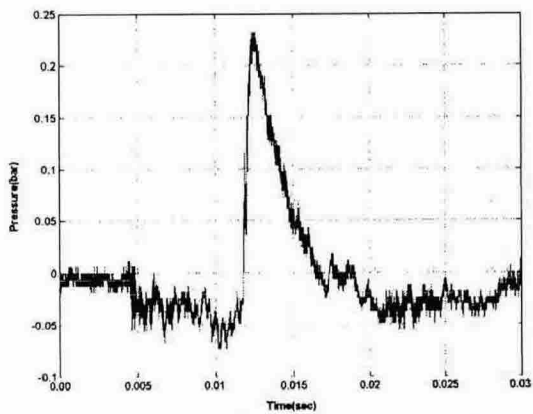


Fig.9 Pressure history (point C, V=2.5m/sec),
Dead rise angle of 20 degrees

velocity	10 degree		20degree	
	point	Pressure(bar)	point	Pressure(bar)
2.5(m/s)	A	1.150	A	0.563
	B	1.183	B	0.558
	C	0.683	C	0.233
2.0(m/s)	A	0.793	A	0.312
	B	0.750	B	0.262
	C	0.416	C	0.116
1.5(m/s)	A	0.460	A	0.210
	B	0.450	B	0.160
	C	0.300	C	0.060
1.0(m/s)	A	0.060	A	0.040
	B	0.050	B	0.015
	C	0.030	C	0.005

Table.2 Summary of Experiment (Peak Pressure)