

파랑중 손상선박의 거동에 관한 이론적 실험적 연구

이동곤^{†*}, 홍사영*, 이경중*

해양(연) 해양시스템안전연구소*

Theoretical and Experimental Studies on Dynamic Behavior of a Damaged Ship in Waves

Dongkon Lee^{†*}, Sa Young Hong* and GyeongJoong Lee*

MOERI/KORDI*

Abstract

To improve maritime safety, it is very important not only to make safer design and operation but also to do proper response in case of maritime casualty. The large-scaled casualties will be caused by loss of structural strength and stability due to the progressive flooding and enlargement of damage by the effect of waves and wind. To prevent foundering and structural failure, the prediction of ship motion behavior of damaged ship in wave is necessary.

This paper describes the motion behavior of damaged ship in waves through theoretical and experimental studies. A time domain theoretical model of damaged ship motions and accidental flooding, which can be applied to any type of ship or arrangement and considers the effects of flooding of compartments, has been developed. The model tests have been carried out in regular and irregular waves with different wave heights and directions in ship motion basin. Those were performed for three different damaged conditions such as engine room bottom damage, side shell damage and bow visor damage of a Ro-Ro ship. Comparison of theoretical and experimental results was performed.

※Keywords: Maritime safety(해양안전), Survivability(생존성), Theoretical analysis(이론해석), Behavior analysis(거동해석), Damage stability(손상복원성)

접수일: 2005년 2월 18일, 승인일: 2005년 11월 7일

†주저자, E-mail: dklee@kriso.re.kr

Tel: 042-868-7222

1. 서론

선박은 설계될 때 어느 정도 사고를 대비하여 안전에 대한 여유를 갖도록 설계되므로, 선박이 사고 순간에 전복 혹은 침몰되는 치명적인 사고의 발생 확률은 극히 낮다. 그러나 선박 사고의 대부분이 높은 파도, 강한 비바람, 안개와 같은 악천후 상태에서 발생할 가능성이 높으므로, 경미한 사고의 경우에도 손상이 계속 진행되어 마침내 전복되거나 침몰로 이어지는 2차 사고로 확대되어 막대한 인명과 재산의 손실 그리고 환경오염을 초래하는 경우가 많다. 따라서 사고로 인한 손상 선박의 손상 확대 방지를 통한 2차 사고를 방지하고 선박의 안전성을 확보할 수 있는 기술이 중요하다(이동곤 등 2001, 2002, 2003, 2004). 손상 안전성을 평가하기 위해서는 손상선박의 표현, 손상거동 해석, 구조 안전성 평가 등과 같은 종합적인 접근이 필요하며(이동곤 등 2003a, 이동곤 등 2004b) 특히 손상된 선박의 전복이나 침몰 가능성을 예측하고, 이런 경우가 발생하는 데는 얼마의 시간이 소요되는지를 예측하기 위해서는 파도의 영향을 고려한 실시간 거동해석이 중요하다.

Estonia 호와 Herald of Free Enterprise 호 사고가 발생한 후, 손상선박의 거동해석에 관한 많은 실험적 이론적 연구가 수행되어 왔다(Chan et al. 2002, Chang 1999, de Kat et al. 2000, Hamamoto 1998, Huanqiu et al. 2000, Ikeda and Yongkang 2000, Santos et al. 2002, Soding 2002, Turan and Vassalos 1994, Vassalos et al. 1998, Korkut et al. 2004). 파도 중에서 손상 선박의 복원성에 관한 ITTC 특별위원회에서는 관련 연구를 수행하고 있는 5개국의 이론해석 프로그램들을 Benchmark한 결과를 발표하였다(Papanikolaou and Spanos 2004). 본 결과에 따르면 각국에서 개발한 프로그램의 이론적 배경에 차이가 있어 엄밀한 비교 분석은 어렵지만, 전체적으로 결과가 동일하지 않았다. 따라서 실험 조건과 실제 해상에서 일어나는 현상과의 차이점을 극복하기 위한 실험기법의 개발과 보다 정교한 이론적 해석기법의 개발이 시급함을 인지하였다.

본 논문에서는 Ro-Ro Passenger 선의 부분

손상에 대하여 파랑중 운동성능 실험을 수행하였고, 그 결과를 이론해석 프로그램 결과와 비교, 분석하였다. 3가지 경우에 대한 손상 실험을 3가지 파항에 대하여 규칙파와 불규칙파를 사용하여 수행하였다.

2. 모형실험

선박의 부분 손상시 파랑중 운동성능은 생존성을 결정하는 중요한 설계인자중의 하나이다. 생존성을 위해 평가하여야 할 운동성능 항목으로는 구조물 전체의 운동성능인 6자유도 운동과 국부위치에서의 운동성능인 가속도수준, 상대파고 및 갑판침수, 슬래밍 등이 있다. 이러한 운동성능의 평가는 모형시험과 수치해석을 통해 추정할 수 있다. 모형시험은 비용은 많이 소요되나 실제현상을 비교적 정확히 구현하는 장점이 있고, 수치해석은 비용면에서는 유리하나 전산코드의 오류 및 방법상의 부적절성, 그리고 이론적 해석이 어려운 비선형적 인자 등으로 인해 결과의 신뢰성 검증이 필요한 단점이 있다. 따라서 운동성능을 추정하는데 있어, 두 방법을 적절히 병용하면 다양한 해상 환경에서의 운동성능을 경제적으로 추정할 수 있다. 본 연구를 통하여 수행한 실험은 이론해석 프로그램의 정확도 향상을 위한 검증의 목적과 함께 손상 선박의 거동해석 실험기법을 확보하고 관련 데이터를 축적하기 위한 목적으로 수행되었다.

2.1 모형선

모형시험은 Ro-Ro passenger선 1척에 대해 수행되었다. 축척비는 모형선 동역학적 상사를 위한 해양연구원의 준비수조(trimming tank)의 가용제원과 환경조건 재현에 대한 해양공학수조 조파장치의 가용량을 고려하여 1/40 로 선정하였다. 모형선은 FRP로 제작하였고 시험전에 준비수조 및 피칭테이블에서 실선과의 유체정역학 및 강체동역학적 상사성을 만족시키도록 사전 준비되었다. 모형선의 자세한 제원은 Table 1에, 모형선의 사진은 Fig. 1에 각각 나타내었다.

우현측면 중앙선수부의 수선면 위, 기관실의 바닥 및 선수부의 bow visor 에 손상을 입은 경우에

Table 1 Main particulars of Ro-Ro passenger ship

Item	Symbol	Unit	Ship		
Length over all	LoA	m	174.99		
Length between perpendiculars	Lpp	m	162.11		
Breadth	B	m	27.6		
Draft	T	m	T _A	T _M	T _F
			7.146	6.976	6.805
Displacement volume	▽	m ³	18,322		
Longitudinal center of gravity (from midship to F.P(+))	LCG	m	-7.346		
Vertical center of gravity(from base line)	KG _T	m	13.198		
Metacentric height	GM	m	2.47		
Radius of gyration Roll (0.4B)	Kxx	m	11.04		
Radius of gyration Pitch(0.25L)	Kyy	m	40.525		
Radius of gyration Yaw(0.25L)	Kzz	m	40.525		

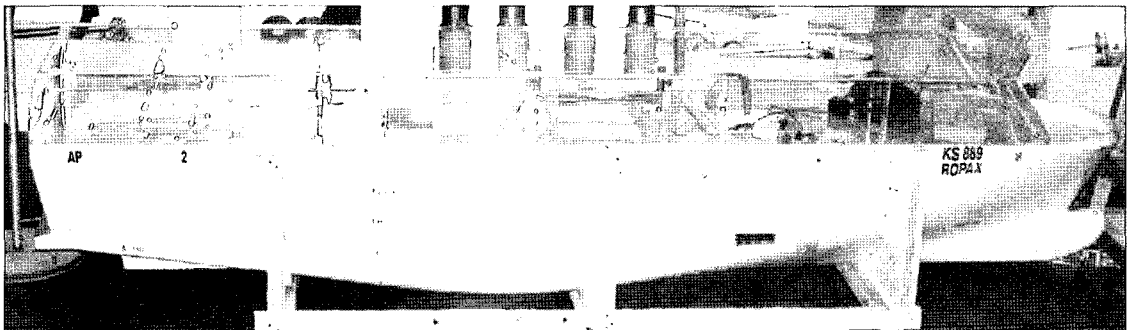


Fig. 1 Photos of model of a Ro-Ro passenger ship

대하여 실험을 수행하였다. 손상부의 횡격벽은 비 손상부에 침수가 발생되지 않도록 방수 처리하여 제작하였으며, 상부는 손상부 침입수 유동을 관찰하기 위해 아크릴로 제작하였다. Table 2에 손상 부분과 손상구획에 관한 자세한 내용을 나타내었다.

2.2 계측시스템 및 계측항목

모형선의 6자유도 운동계측은 모형선에 부착된

3개의 LED와 3개의 CCD카메라를 이용한 고정도 비접촉식 운동계측장치(RODYM6)를 사용하였다. 이때 계측된 병진운동들은 실선의 무게중심에 대한 값이다.

표류력을 계측하기 위해 4개의 로드셀을 계류용 수직기둥(Pole)에 장착하여 계류스프링에 작용하는 하중을 측정하였다. 여기서 측정된 하중의 시간평균값을 취하여 방향 코사인을 곱하여 합력을 구하면 시간 평균표류력을 얻을 수 있다.

Table 2 Opening size location and flooding compartments

Description	Opening	Flooding Compartment
Side shell damage	Size : 5.96 m x 1 m Center of location : - Length : 104.3 m from AP - Height : 8.5 m from BL	- Length : 11.92 m - Breadth : 3 m - Height : 9.7 m
Engine room damage	Size : 12 m x 2 m Center of location : - Length : 53.64 m from AP - Height : 0 m from BL	- Length : 35.76 m - Breadth : 15.3 m - Height : 8 m
Bow visor damage	Size : Bow visor Center of location : - Length : 160.92 m from AP - Height : 9.8 m from BL	- Length : 155 m - Breadth : 25 m - Height : 5 m

Table 3 Measuring items & sensors for model tests

Item	Ch	Abbreviation	Measuring Position	Sensors
Waves	1	Wave1	14m from wave maker	wave height gauge
Tension of mooring cable1	2	F1_FL	F.P (Left)	load cell
Tension of mooring cable2	3	F2_FR	F.P (Right)	load cell
Tension of mooring cable3	4	F3_AR	A.P (Right)	load cell
Tension of mooring cable4	5	F4_AL	A.P (Left)	load cell
Lateral acceleration at FP	6	ACC_L	St.18 0.65m height from draft	accelerometer
Vertical acceleration at FP	7	ACC_V	St.18 0.65m height from draft	accelerometer
Relative wave height	8	RBM_F	at St.18.2 center	wave height gauge
	9	RBM_M	at St.10.7 center	wave height gauge
	10	RBM_A	Engine room at St.4.5 center	wave height gauge
Surge	11	Surge	C.O.G	RODYM6
Sway	12	Sway	C.O.G	RODYM6
Heave	13	Heave	C.O.G	RODYM6
Roll	14	Roll	C.O.G	RODYM6
Pitch	15	Pitch	C.O.G	RODYM6
Yaw	16	Yaw	C.O.G	RODYM6

수직 및 횡가속도는 가속도계를 사용하여 선수부의 Wheel house에서 측정하였다. 상대파고는 파고계들을 손상부의 내부에 용량식 파고계선을 부착하고 실리콘으로 방수하여, 파랑중 손상부 내부 침입수의 정량적 양을 계측하였다. 또한, 손상부 침입수의 유동관찰을 위해 아크릴에 실선 1.0m 간격으로 바둑판 형태로 표시를 하였으며, 손상부 상부에 방수형 CCD카메라를 설치하여 침입수 유동을 촬영 녹화하였다. 그리고 수조상의 고정된 한 지점에서 파랑을 계측하였다. 이상의 계측장치 부착시의 자세한 위치는 Table 3에 나타내었다.

2.3 파도조건

규칙파는 파장비, λ/L_{pp} 를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0 으로 하여, 3개의 해상상태에 대해 모형선 기준 102.4초(실선기준 약 10분 47초)에 대해 재현하였다. 또한, 불규칙파는 파고와 주기로 표현되는 ITTC 불규칙 스펙트럼의 해상상태 5, 6, 7에 대해 모형선 기준으로 204.8초(실선기준 약 21분 18초)동안 재현되었다. 파각은 180°, 135°, 90°의 3가지 입사각에 대하여 실험이 수행되었고, 조파기 구동시에 초기의 천이파랑의 영향을 충분히 제거하기위해 조파기 작동 후 2분 후부터 측정데이터를 취득하였다.

2.4 모형선 설치 및 실험

모형선은 해양연구원의 해양공학수조(56m × 30m × 4.5m) 조파장치로부터 약 14미터 떨어진 곳에 설치하였다. 파랑에 의한 표류를 방지하기 위해 선수부 및 선미부에 각 2조의 연약한 스프링을 사용하여 수조에 고정된 수직기둥에 계류하였다. 이때 정적 평형상태에서의 두 스프링 사이의 반각은 선수 및 선미부에서 45°이다. 또한, 손상이 운동에 미치는 영향과 구조해석을 위한 하중자료를 얻기 위해 8개의 폴대를 이용하여 모형선의 방향을 전환시켜 계류강성이 파향과 관계없이 항상 동일하도록 하였다.

모형시험시 데이터취득 주파수는 20Hz로 이를 실선단위로 환산하면 약 0.312초마다 데이터를 취득한 것과 같다. 모형시험에 계측된 아나로그 신호(analog signal)는 16비트 IOTEC Darqboard 자료취득시스템으로 digital 값으로 변환(AD conversion)하여 물리량을 검출하였다. 얻어진 계측신호의 시계열 자료는 zero-upcrossing 법의 통계처리방법에 의해 RMS(Root Mean Square), 평균치(파고, ±진폭), 유의값(파고, ±진폭), 최소, 최대치등을 계측하였다. 일반적으로, 자료취득주파수(sampling frequency)는 높을수록 바람직하나, 보통의 경우에 나이퀴스트 주파수(Nyquist sampling frequency)의 4~5배 속도의 자료취득이 요구된다. 본 운동 모형시험에서는 20Hz의 샘플링 주파수로 자료를 취득하였다. 손상 및 비손상시 모형선의 손상부위별 파향별 파랑중 모형시험조건을 Table 4, 5, 6에 각각 정리하였다.

3. 이론적 해석

손상된 선박의 거동은 정상상태의 거동과 달라서, 주파수영역에서 해석이 불가능하고 시간영역에서 해석을 하여야 한다. 손상에 의한 침수와 경사진 상태를 고려하여 파도에 의한 힘을 예측하고 운동을 계산한다. 시간의 경과에 따른 손상부위에서의 침수량의 변화를 계속적으로 고려하면서 계산을 수행하여야 하고 침입수의 영향도 운동방정식에 포함시켜야한다. 본 연구에서 손상선박의 거동해석에 사용된 계산 방법을 요약하면 다음과 같다(이동근 등 2002).

3. 이론적 해석

· 6자유도 비선형 시간영역 운동 방정식을 도출한다.

· 선박의 운동에 따른 Radiation Force를 모든 주파수 영역에서 계산한 후, 이것을 시간영역에서의 충격응답함수로 변환하고, 운동방정식에서는 Convolution Integral을 이용하여 시간영역에서의 힘을 얻는다.

· 파도에 의한 힘은 Froude-Krylov Force와 Diffraction Force로 구분하여, Froude-Krylov Force는 선체에 작용하는 동압력을 수면까지 적분하여 시간이 경과되면서 겪는 힘을 계속 계산하며, Diffraction Force는 Long Wave 가정을 하여 Cross-Flow Force로 계산한다.

· 손상부위에서 해수의 유입과 출입은 내부 외

부 압력차를 이용하여 유입, 유출량을 계산한다.

- 침수 영역 내에서의 유체유동은 작다고 가정하고, 평균값을 사용하되 기울어진 상태에 따라 침입수의 위치, 힘 등은 Quasi-steady 상태로 계산한다.

- 전복 및 침몰현상 해석을 위하여, 갑판위 상부구조물에 대한 부력 및 유체력을 계산한다.

- 주어진 적하상태에 따라, 종방향의 Shear Force 및 Bending 모멘트를 계산한다.

4. 결과 비교 분석

이론해석에서는 0.02 초 간격으로 선박의 거동을 계산하였다. 측면 손상에 대한 이론적 해석과 실험 결과를 Fig. 2와 3에, 기관실 손상에 대한 비교 결과를 Fig. 4, 5, 6에, 선수 손상에 대한 비교 결과를 Fig. 7, 8, 9에 각각 나타내었다.

일반적으로 실험 결과에 비하여 이론적 해석 결과가 침수 시간이 짧게 나타나고 있다. 실험에서는 모형선이 실선과 1/40의 Scale을 가지고 있어서 손상부의 개구부가 상당히 작게 되어있다. 따라서 이론해석에서는 개구부가 커서 Contraction Effect가 작게 나타나는 반면 모형에서는 Contraction Effect가 상대적으로 크게 나타나서 개구부에서의 침수량이 작게 나타날 수 밖에 없는 점이 있다. 이러한 영향이 침수시간의 차이로 나타났을 것으로 판단된다.

측면 손상의 경우, 파향 90도에서 침수전에는 Roll 운동이 이론적 해석과 모형실험 결과와 차이가 별로 없었는데, 침수후에는 모형실험에서는 운동의 크기가 작아지지 않은 반면, 계산결과에서는 운동의 크기가 작아지는 경향을 보인다. 그 이유는 계산에서는 침수된 물의 효과를 자유표면 효과로만 계산을 하여 GM이 감소되는 영향을 주어 공

Table 4 Test conditions in case of engine room damage

Wave	Heading [Deg]	H [m] [proto/model]	T [sec] [proto/model]	λ [m] [proto/model]	λ / Lpp	Remarks
Regular	90	3/ 0.075	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	0.62
		3/ 0.075	12.48/1.97	243.2/6.08	1.5	0.50
		3/ 0.075	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	0.44
		3/ 0.075	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	0.36
		3/ 0.075	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	0.28
	135	3/ 0.075	7.21/1.14	81.05/2.03	0.5	0.87
		3/ 0.075	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	0.62
		3/ 0.075	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	0.44
		3/ 0.075	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	0.36
		3/ 0.075	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	0.28
	180	3/ 0.075	7.21/1.14	81.05/2.03	0.5	0.87
		3/ 0.075	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	0.62
		3/ 0.075	12.48/1.97	243.2/6.08	1.5	0.50
		3/ 0.075	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	0.44
		3/ 0.075	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	0.36
SS.5 SS.6 SS.7	90	3/ 0.075	9.7s/1.534s (0.652Hz)			ITTC Spectrum
	135	5/ 0.125	12.4s/1.961s (0.510Hz)			ITTC Spectrum
	180	7/ 0.175	15.0s/2.372s (0.422Hz)			ITTC Spectrum

Table 5 Test conditions in case of side shell damage

Wave	Heading [Deg]	Ship condition	H [m] [proto]	T [sec] [proto/model]	λ [m] [proto/model]	λ / L_{pp}	Remarks
Regular	90	Intact	3	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	
			3	12.48/1.97	243.2/6.08	1.5	
			3	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	
			3	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	
			3	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	
		Damage	2,3,5	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	
			2,3,5	12.48/1.97	243.2/6.08	1.5	
			2,3,5	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	
			2,3,5	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	
			3, 5	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	
	135	Intact	3	7.21/1.14	81.05/2.03	0.5	
			3	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	
			3	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	
			3	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	
			3	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	
		Damage	2,3,5	7.21/1.14	81.05/2.03	0.5	
			2,3,5	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	
			2,3,5	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	
			2,3,5	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	
			3	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	
	180	Intact	2,3	7.21/1.14	81.05/2.03	0.5	
			3	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	
			3	12.48/1.97	243.2/6.08	1.5	
			3	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	
3			17.65/2.79	486.3/12.16	3.0		
Damage		2,3,5	7.21/1.14	81.05/2.03	0.5		
		2,3,5	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0		
		3,5	12.48/1.97	243.2/6.08	1.5		
		2,3,5	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0		
		3	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0		
Irregular	90 135 180	Intact	3	9.7/1.534		SS.5	ITTC Spectrum
			3	9.7/1.534		SS.5	ITTC Spectrum
		Damage	5	12.4/1.961		SS.6	ITTC Spectrum
			7	15.0/2.372		SS.7	ITTC Spectrum

Table 6 Test conditions in case of bow visor damage

Wave	Heading [Deg]	H [m] [proto/model]	T [sec] [proto/model]	λ [m] [proto/model]	λ / L_{pp}	Remarks	
Regular	90	4/ 0.100 3/ 0.075	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	0.62	
		4/ 0.100 3/ 0.075 5/ 0.125	12.48/1.97	243.2/6.08	1.5	0.50	
		4/ 0.100 3/ 0.075 5/ 0.125	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	0.44	
		4/ 0.100 3/ 0.075 5/ 0.125	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	0.36	
		3/ 0.075 5/ 0.125	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	0.28	
	135	4/ 0.100 3/ 0.075 5/ 0.125	7.21/1.14	81.05/2.03	0.5	0.87	
		4/ 0.100 3/ 0.075 5/ 0.125	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	0.62	
		4/ 0.100 3/ 0.075 5/ 0.125	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	0.44	
		4/ 0.100 3/ 0.075 5/ 0.125	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	0.36	
		3/ 0.075	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	0.28	
	180	4/ 0.100 3/ 0.075 5/ 0.125 6/ 0.150	7.21/1.14	81.05/2.03	0.5	0.87	
		3/ 0.075 5/ 0.125 6/ 0.150	10.19/1.61	162.1/4.05	1.0	0.62	
		3/ 0.075 5/ 0.125 6/ 0.150	12.48/1.97	243.2/6.08	1.5	0.50	
		3/ 0.075 5/ 0.125 6/ 0.150	14.41/2.28	324.2/8.11	2.0	0.44	
		3/ 0.075 5/ 0.125 6/ 0.150	17.65/2.79	486.3/12.16	3.0	0.36	
		6/ 0.150	22.79/3.60	810.5/20.26	5.0	0.28	
	SS.5	90	3/ 0.075	9.7s/1.534s			ITTC
	SS.6	135	5/ 0.125	12.4s/1.961s			ITTC
	SS.7	180	7/ 0.175	15.0s/2.372s			ITTC

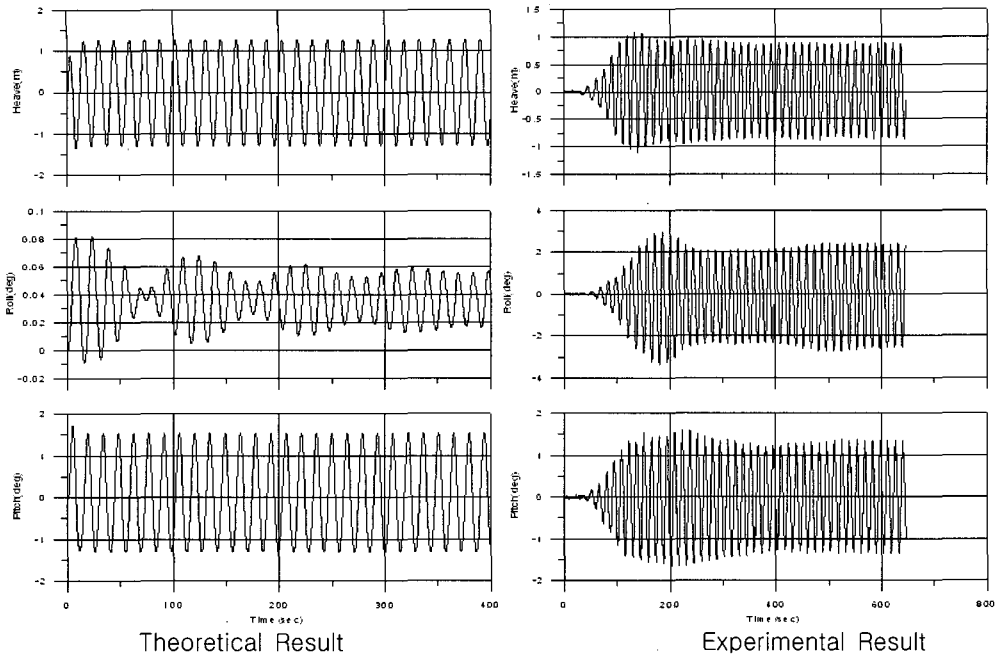


Fig. 2 Time history of ship motion(Side shell damage, Heading angle 180°, Wave height 3 m, λ / L 2.0)

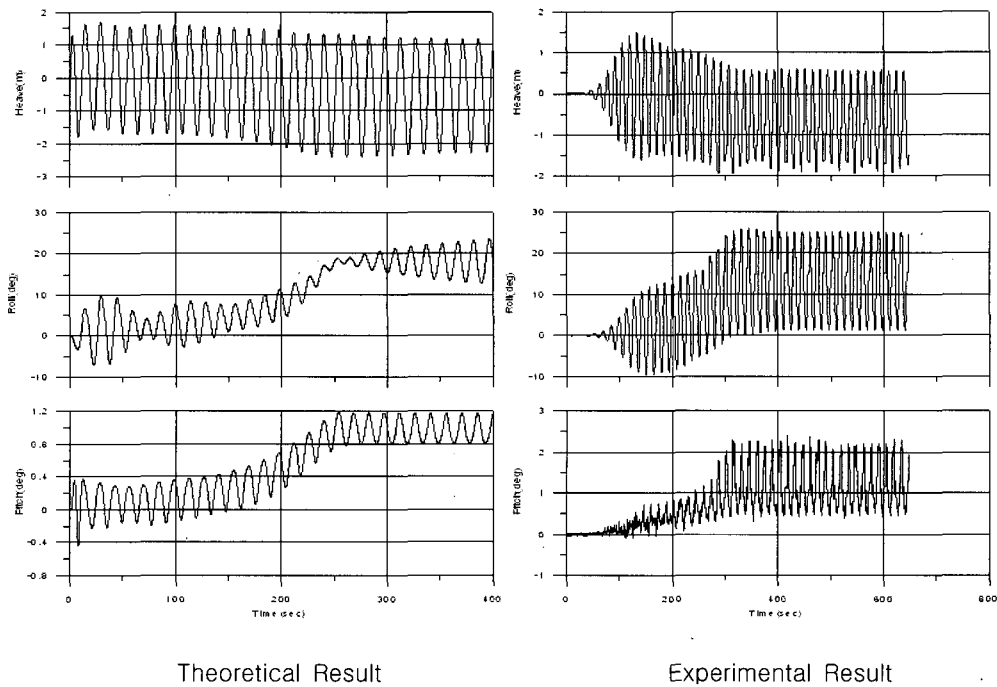


Fig. 3 Time history of ship motion (Side shell damage, Heading angle 90°, Wave height 3 m, λ / L 2.0)

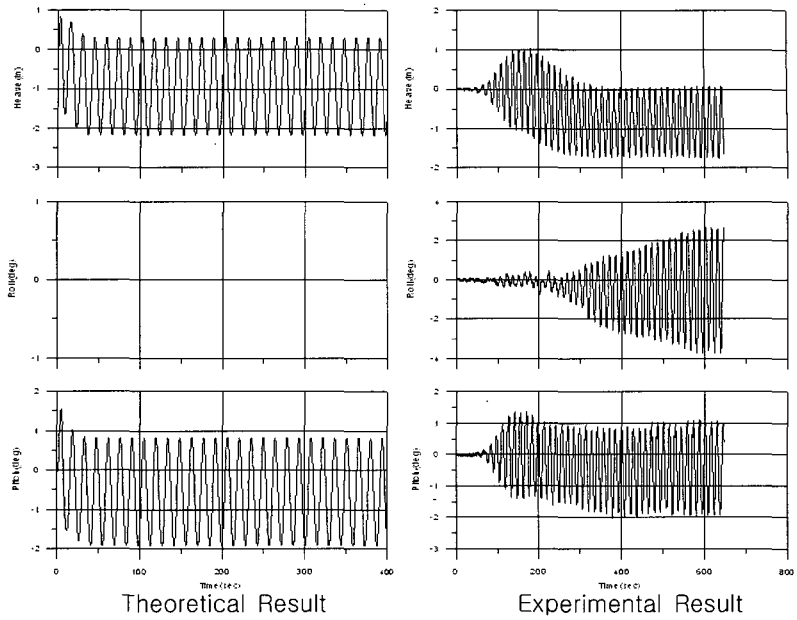


Fig. 4 Time history of ship motion(Engine room damage, Heading angle 180°, Wave height 3 m, λ / L 2.0)

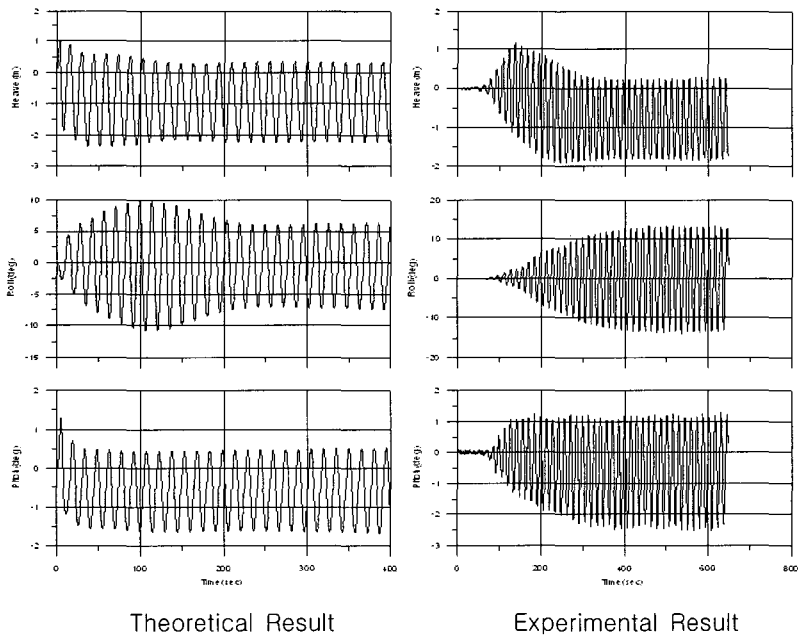


Fig. 5 Time history of ship motion (Engine room damage, Heading angle 135°, Wave height 3 m, λ / L 2.0)

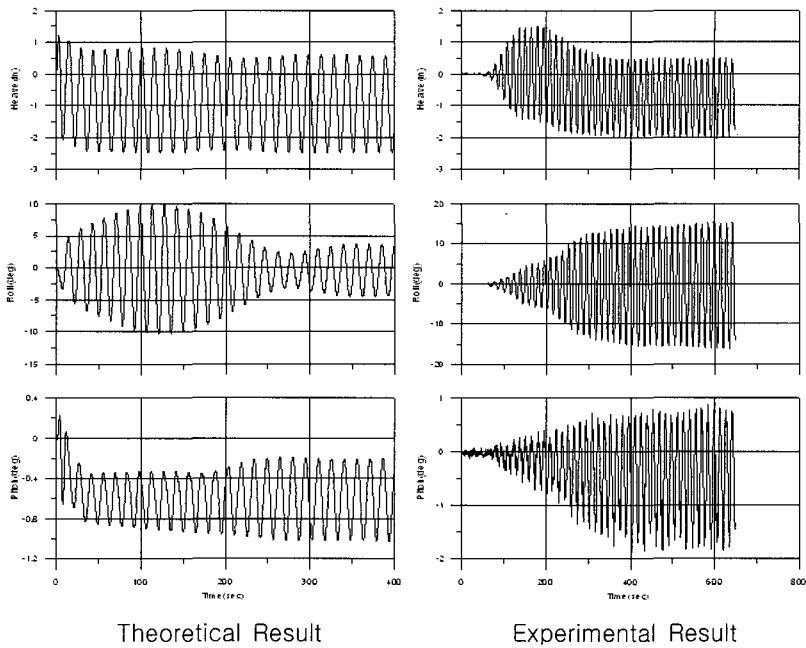


Fig. 6 Time history of ship motion (Engine room damage, Heading angle 90°, Wave height 3 m, λ / L 2.0)

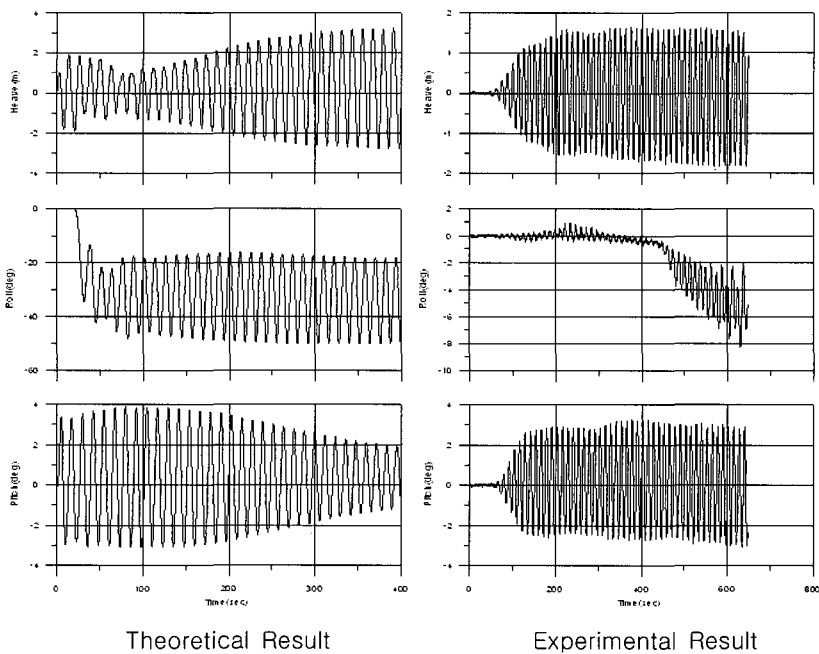


Fig. 7 Time history of ship motion (Bow visor damage, Heading angle 180°, Wave height 6 m, λ / L 1.5)

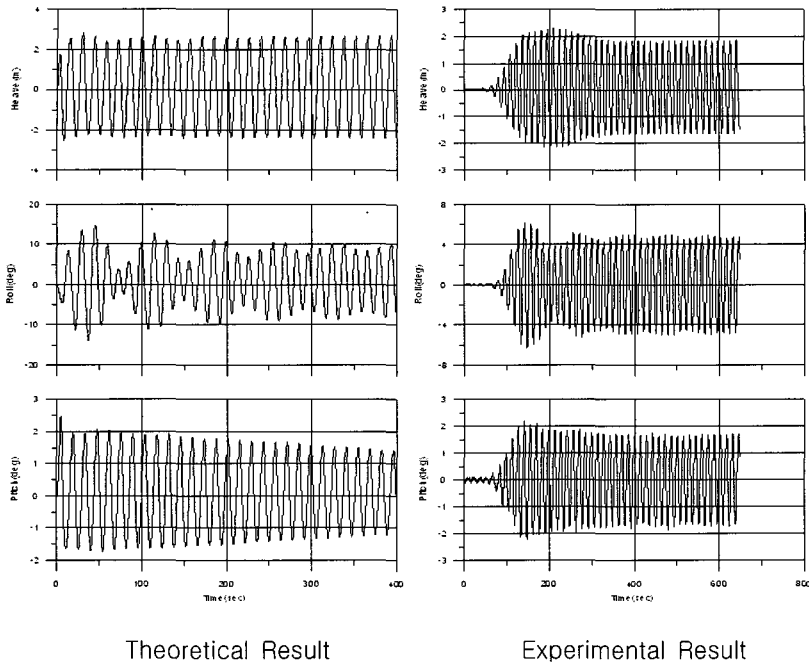


Fig. 8 Time history of ship motion (Bow visor damage, Heading angle 135°, Wave height 5 m, λ / L 2.0)

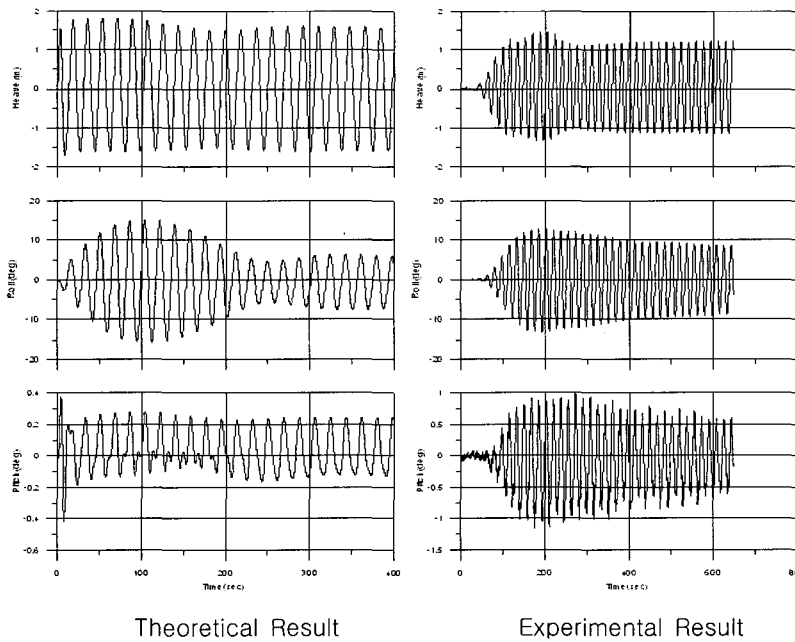


Fig. 9 Time history of ship motion (Bow visor damage, Heading angle 90°, Wave height 3 m, λ / L 3.0)

진주파수를 벗어나 운동이 작아지게 계산되나, 모형실험에서는 침수된 물이 Tank 내에서 요동을 치며 선체에 계속 힘을 가하기 때문이다. 이것은 Tank 내의 유체 유동을 선체의 운동과 더불어서 계산하여야 해결된다.

기관실 손상의 경우, 이론적 해석과 모형실험 결과가 큰 차이를 보이지는 않는다. 이론적 해석에서 정면파의 경우에는 Roll 운동이 생기지 않는데, 이것은 침수된 물의 움직임에 대한 3-D 효과를 고려하고 있지 않기 때문이다.

선수 손상의 경우에는 이론적 해석에서 파향이 180°, 135°에서 Roll 운동이 상대적으로 크게 나타났다. 선수 손상은 침수된 물이 길고 넓은 차량 갑판으로 퍼지게 되는데, 파도에 의한 선체 운동의 영향을 받아 침입수가 한쪽으로 쏠리면서 횡경사나 종경사를 유발한다. 이러한 현상은 이론해석과 실험의 초기조건에 따라 민감하게 영향을 받는 불안정항 상태로 이해된다. 이러한 결과의 차이는 이론적 방법에서 침입수의 3차원 효과와 동적인 영향을 고려함으로 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

손상 선박의 거동해석은 해양안전을 위하여 세계적으로 관심이 높은 분야로서, 관련 기술의 연구가 최근 활발하게 수행되고 있다. 본 논문에서는 손상 선박의 안전성 평가를 위한 연구의 일환으로, 손상 선박의 파도중에서의 거동해석을 위한 이론적 방법을 개발하였고 손상 모형실험을 수행하여 그 결과를 비교하였다. 이론적 해석 분야는 아직 기술적으로 많은 연구와 개발이 필요한 분야로서 현재 ITTC에서 Benchmark Test를 수행하고 있다. 앞으로 침입수에 대한 영향을 효과적으로 고려하고, 모형 실험의 정확도를 향상시키기 위한 실험 기법에 관한 연구가 지속되어야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 해양수산부에서 지원한 “선박의 생존성 평가 시스템 개발” 과제와 과학기술부에서 지

원한 “선박 손상 안전성 향상 설계기술 개발” 과제 결과의 일부분임을 밝힌다.

참 고 문 헌

- 이동근 등, 2001, 선박 생존성 평가 시스템 개발(I), 한국해양연구원 연구보고서
- 이동근 등, 2002, 선박 생존성 평가 시스템 개발(II), 한국해양연구원 연구보고서
- 이동근 등, 2003, 선박 생존성 평가 시스템 개발(III), 한국해양연구원 연구보고서
- 이동근 등, 2004, 선박 생존성 평가 시스템 개발(IV), 한국해양연구원 연구보고서
- 이동근, 이순섭, 박범진, 2003a, “손상선박의 안전성 평가를 위한 3차원 형상 모델러에 관한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 40권, 제 6호, pp. 30-36.
- 이동근, 홍사영, 이경중, 2004b, “선박의 손상 복원성 평가를 위한 모형실험,” 대한조선학회 춘계학술대회 논문집, pp. 981-986.
- Chan, H.S., Atlar, M., Incecik and A., 2002, “Large-amplitude Motion Responses of a Ro-Ro Ship to Regular Waves in Intact and Damaged Conditions,” Journal of Marine Science and Technology 7, pp. 91-99.
- Chang, B.C., 1999. “On the Damage Survivability of Ro-Ro Ships Investigated by Motion Simulation in a Seaway,” Schi.stechnik-Ship Technology Research 46, pp. 192-207.
- de Kat, J.O., Kanerva, M., van't Veer, R. and Mikkonen, I., 2000, “Damage Survivability of a New Ro-Ro Ferry,” In: Proc. 7th Int. Conf. on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Launceston, Tasmania, Australia, pp. 363-384.
- Hamamoto, M., 1998, “Model Experimental Data for Ship A (containership),” ITTC Stability Committee Progress Report.
- Huanqiu, G., Wan, S. and Nan, X., 2000, “Experimental Study on the Damage Stability

- of Containership," In: Proc. 7th Int. Conf. on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Launceston, Tasmania, Australia, pp. 408-419.
- Ikeda, Y. and Yongkang, M.A., 2000, "An Experimental Study on Large Roll Motion in Intermediate Stage of Flooding due to Sudden Ingress Water," In: Proc. 7th Int. Conf. on Stability of Ships and Ocean Vehicles, Launceston, Tasmania, Australia, pp. 270-277.
 - Korkut, E., Atlar, M. and Incecik, A., 2004, "An Experimental Study of Motion Behaviour with an Intact and Damaged Ro-Ro Ship Model," Ocean Engineering, Vol. 31, pp. 483-512.
 - Papanikolaou, A. and Spanos, D., 2004, 24th ITTC Benchmark Study on Theoretical Prediction of Damage Ship Stability in Waves. STAB Workshop, Shanghai, China.
 - Santos, T., Winkle, I. and Soares, C., 2002, "Time Domain Modeling of the Transient Asymmetric Flooding of Ro-Ro Ships," Ocean Engineering, Vol. 29, pp. 667-688.

- Soding, H., 2002, "Flow Computations for Ship Safety Problems," Ocean Engineering, Vol. 29, pp. 721-738.
- Turan, O. and Vassalos, D., 1994, "Dynamic Stability Assessment of Damaged Passenger Ships," Trans. RINA, Vol. 136, pp. 79-104.
- Vassalos, D., Letizia, L., Shaw, M. and MacPherson, C., 1998, "An Investigation on the Flooding of Damaged Ro-Ro Ships," Trans. RINA, Vol. 140, pp. 273-289.



< 이 동 곤 >



< 홍 사 영 >



< 이 경 중 >