

## 24<sup>th</sup> ITTC 손상선박 안정성 수치해석 연구

조석규<sup>+</sup>, 홍사영\*, 이경중\*, 경조현\*, 김영식\*

한국해양연구원 해양시스템안전연구소\*

### 24<sup>th</sup> ITTC Benchmark Study on Numerical Prediction of Damage Ship Stability

Seok-Kyu Cho<sup>+</sup>, Sa-Young Hong\*, Kyung-Jung Lee\*, Jo-Hyun Kyoung\* and  
Young-Sik Kim\*

Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI\*

#### Abstract

The 24th ITTC Specialists Committee on Stability in Waves is conducting an international benchmark study where numerical methods for the calculation of ship motion in damaged condition are compared on the basis of specified tests in order to assess the present state of the art in this field. The study is finished and some results are presented in this paper providing an initial insight into the status of damage models and numerical methods and a collective assessment of their performance. The preliminary analysis has shown that current methods are satisfactory, capturing the fundamental physical performance of damaged ships in specified conditions.

※Keywords: Ship stability(선박 안정성), Damaged ship(손상 선박), ITTC benchmark study, RoRo passenger, Roll motion(횡운동)

#### 1. 서 언

손상 선박의 안정성은 Ro/Ro Passenger, 초대형 컨테이너선, 항정 등의 고부가 선박의 설계에 필수적인 설계요소이다. 최근 유럽과 일본을 중심으로 손상 선박의 안정성에 대한 기존의 명시적 기준을 선박의 다양한 운항 조건, 손상 시나리오에 대해 시뮬레이션으로 안정성 평가를 하는 성능

기반 기준으로 개정하는 작업이 이루어지고 있다. 손상 안정성 기준이 개정되면 이에 따라 선박의 설계 개념에 변화가 요구되고 조선 현장에서의 선박 건조에 큰 영향을 줄 것으로 예상된다. 이와 관련한 연구로 유럽에서는 영국과 이탈리아, 그리스를 중심으로 HARDER(2000~2003), SEFER EURO-II(2002~2005) Project를 수행하고 있으며 일본은 Osaka 대학과 NMRI를 중심으로 손상 안정성 연구를 진행하고 있다. 또한 ITTC에서는 선박의 손상/비손상 특성을 규명하기 위해 특별위원회를 만들어 2001년부터 Benchmark test를 수행하고 있다. 국내에서는 1993년 서해 페리 사고를

접수일: 2005년 5월 18일, 승인일: 2005년 7월 9일

+ 주저자, E-mail: skcho@moeri.re.kr

Tel: 042-868-7501

계기로 선박의 전복 및 생존성 연구가 한국해양연구  
 구원 해양시스템안전연구소에서 이루어지고 있다  
 (이동근 등 2003). 손상선박의 해석기술은 유럽과  
 일본이 선도하고 있으며 국내에서는 연구 기간이  
 짧아 이 분야의 연구 내용이 부족한 상태다. 본  
 연구에서는 2003년부터 시작한 제 24차 ITTC  
 Benchmark Study에 참여하여 수행한 정수 중 손  
 상 선박의 운동해석 결과를 통해 손상 선박의 물  
 리적 특성을 살펴보고 현재의 연구 수준을 외국의  
 선진 연구 수준과 비교하여 평가하고 해석기술의  
 개선점을 연구하였다.

손상 선박의 거동은 현상이 난해하여 물리적 시  
 스템의 기본적인 이해를 위한 개념정립 단계에 머  
 무르고 있다. 현재까지 예측된 손상 선박 운동의  
 중요 인자는 관성질량, 부가질량, 복원력, 포텐셜,  
 점성 감쇠, 파랑기진력, 유입 과정, 유입류와 선박  
 의 연성 운동 등이다. 그러나 이러한 변수들이 복  
 합적으로 작용하여 손상 선박의 운동에 어떻게 영  
 향을 주는지 정량적인 평가가 어렵다. 손상 안정  
 성을 평가할 수 있는 연구능력을 보유한 외국 연  
 구기관의 결과도 횡동요 자유감쇠에 대한 정량적  
 예측에 머무르고 있다. 이는 손상 선박 운동의 특  
 성을 결정할 것으로 예측되는 인자 중 하나인 선  
 체 내부로 유입되는 유입류의 거동을 선체의 운동

과 연성하여 해석하는 기술이 부족하기 때문인 것  
 으로 판단된다. 최근에 유입류와 선체 운동을 연  
 성하여 해석하기 위해 손상입구에서의 유체장과  
 선체 유입류를 점성 CFD(Computational Fluid  
 Dynamics)기법으로 해석하고 선체 운동은 포텐셜  
 해석을 하는 연성기법이 연구되고 있으나  
 (Woodburn et al. 2002) 이러한 방법도 아직까지  
 손상 선박의 특성을 정확하게 예측하지는 못하고  
 있다. 정수와 규칙파 중의 횡운동 RAO를 통해 손  
 상 선박의 기본적인 특성을 이해하려는 시도도 이  
 루어지고 있다(Letizia et al. 2004). 지금까지의  
 연구는 알려진 실험 결과에 수치해석 결과를 맞추  
 어 손상 선박의 운동을 예측하는 방법이었다. 이  
 러한 방식은 결과 비교와 부분적인 특성만 파악할  
 수 있는 한계가 있다. 24차 ITTC Benchmark  
 Study는 이러한 한계를 극복하기 위해 손상 선박  
 의 운동을 기본적인 단계부터 이해, 해석하는 목  
 표를 수립했다. 이를 위해 정수 중 손상 선박의  
 횡동요 자유감쇠 문제에 대한 각 연구기관의 수치  
 해석 결과를 비교하여 해석기법의 특성과 실험 결  
 과와의 비교를 통해 각각의 성능과 효율을 평가했  
 다. 또한 해석 결과를 통해 손상에 의한 영향을  
 해석하였다. 본 연구에서는 24차 ITTC Benchmark  
 Study에 참여하여 해석한 결과를 정리하였다.

Table 1 Benchmark test setup

PHASE A(Test in Calm Water, Free Roll Decay)						PHASE B	
A	PRR01	Roll	intact	A1	KG=12.200m	The flooding process and floodwater effects are suppressed. The change of restoring is considered.	
	DMI	Decay		A2	KG=13.456m		
B	PRR01	Roll	damaged	B1	KG=12.200m		The flooding process and floodwater effects are present. The change of restoring is considered.
	DMI	Decay		B2	KG=13.456m		
C	TNK	Roll	partially	C1	d=0.00m	Test in Waves planned for 25 <sup>th</sup> ITTC Committee	
	MARIN	Decay	filled	C2	d=1.00m		
				C3	d=4.00m		
				C4	d=16.00m		
D	PRR02	Transient	Flooding	D1	1-frame cross duct area	The flooding process is dominant. The progressive flooding is considered.	
	MARIN			D2	2-frame cross duct area		
				D3	3-frame cross duct area		

2. 해석 조건

24차 ITTC Benchmark Study(Papanikolaou and Spanos)의 목적은 결과비교를 통해 각 참여 기관의 수치 해석의 특성을 파악하고 실험 결과와의 비교를 통해 그 성능과 효율을 평가하는 것이다. 이러한 비교를 위해 손상 선박의 정수 중 횡동요 자유감쇠 문제를 선정하였다. 해석 조건은 Table 1에 나타냈다. A와 B는 손상부에 해수가 유입되어 평형상태에 도달한 후 자유감쇠를 통해 손상 거동의 특성을 해석하고 C는 탱커의 중앙에 직사각형 구획이 존재하고 이 안에 유체가 포함되어 운동하는 sloshing 문제이며 D는 정수 중에서 손상이 일어나 해수가 유입되는 과정을 해석하는 문제이다. Test A와 B는 DMI에서 C와 D는 MARIN에서 실험이 수행되었다.

◇ Test A : PRR01(RORO Passenger ship)의 비손상 상태에서의 횡동요 자유감쇠(KG 2개). 초기 경사각은 6 degree이다.

◇ Test B : PRR01(RORO Passenger ship)의 손상 상태에서의 횡동요 자유감쇠(KG 2개, A와 동일). 손상부의 입구는 개방된 상태이며 손상부에 유체가 완전히 유입된 상태에서 실험. 초기 경사각은 6 degree이다.

◇ Test C : 물이 차있는 구획은 직사각형이고 탱커의 중앙에 위치한다. 물의 높이는 0, 1, 4, 16 m이고, 물의 높이/직사각형폭 비는 각각 0, 0.03, 0.13, 0.50이다. 초기 경사각은 물 높이에 따라 각각 5, 3, 4, 6 degree이다.

◇ Test D : PRR02(RORO Passenger ship)의 손상 과정 해석. 비손상 상태에서 시작하여 V형의 슬라이드가 개방되면서 선체 내부로 해수가 유입되는 과정이다. 손상 부위는 엔진과 제너레이터 룸이고 아래에 cross duct가 있다. cross duct는 통과면적에 따라 3가지 경우(D1, D2, D3)에 대해 해석을 수행하였다.

해석을 수행한 선박은 2척의 RORO Passenger ship과 1척의 Tanker이며 주요목을 Table 2에 나타내었다. B와 D의 손상부 길이는 SOLAS guidance에 따라  $L_{pp} \times 3\% + 3m$ 로 하였다. PRR01의 선도와 손상 부위를 Fig. 1과 Fig. 2에, PRR02는 Fig. 3과 Fig. 4에, Tanker 모델은 Fig. 5와 Fig. 6에 표시하였다. PRR01의 손상부는 좌현에 위치하며 길이는 8.1m이고 PRR02의 손상부는 우현에 있으며 길이는 8.244 m이다. TNK 모델은 Fig. 6과 같이 중앙에 직사각형 구획이 있고 내부에 물이 존재하여 탱커와 연성되어 운동한다.

Table 2 Main particulars

	PRR01			PRR02			TNK		
Length[L] [m]	170.0			174.8			310.2		
Breadth[B] [m]	27.8			25.0			47.2		
Draft[T] [m]	6.25			6.40			16.0		
Deck Height [m]	9.00			9.10			5.20		
Displacement [ton]	16864.0			16242.8			197658.5		
Center of Gravity [m]	X <sub>G</sub>	Y <sub>G</sub>	Z <sub>G</sub>	X <sub>G</sub>	Y <sub>G</sub>	Z <sub>G</sub>	X <sub>G</sub>	Y <sub>G</sub>	Z <sub>G</sub>
	-2.363	0.0	① 5.950 ② 7.206	-5.506	0.0	5.9	6.328	0.0	-6.0
GM [m]	① 3.310		② 2.054	2.155			9.50		
KG [m]	① 12.20		② 13.456	12.30			10.0		
Radius of Gyration	Pitch		Yaw	Pitch		Yaw	Pitch		Yaw
	0.25×L		0.25×L	0.25×L		0.25×L	0.25×L		0.25×L
Roll Gyration(I <sub>xx</sub> ) [m]	① 10.62		② 11.80	10.50			14.16		
Given I <sub>xx</sub> in air [m]	N/A			10.50			N/A		
Given I <sub>xx</sub> in water [m]	9.988		10.592	11.60			N/A		

구획의 위치는 댁커 선저로부터 구획 바닥까지 5.2 m이며 구획의 길이는 82.5 m, 폭은 31.76 m 이다.

Table 3. ITTC Benchamrk Study Participants

Institute	Country
NTUA-SDL	Greece
SSRC	United Kingdom
MARIN	Netherlands
IST	Portugal
KRISO	Korea

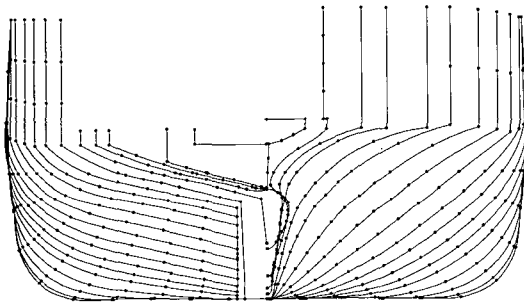


Fig. 1 PRR01 Lines

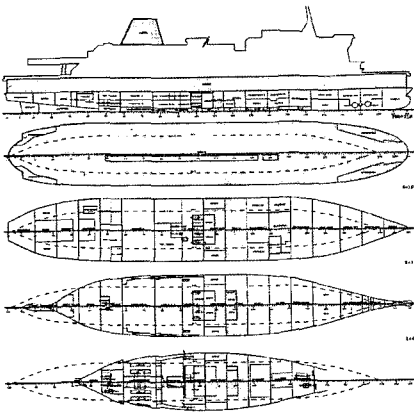


Fig. 2 PRR01 Damage case

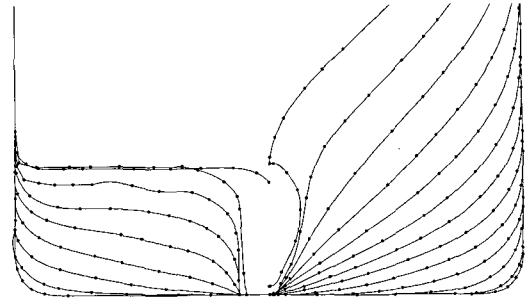


Fig. 3 PRR01 Damage case

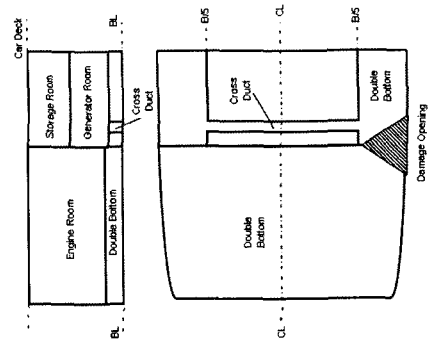


Fig. 4 PRR02 Damage case

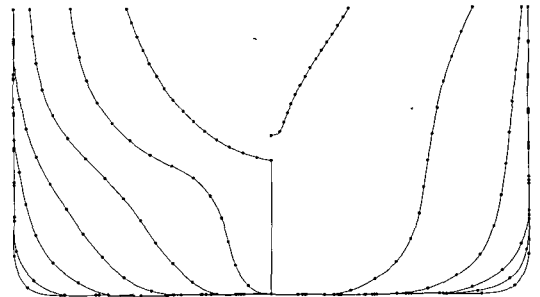


Fig. 5 TNK Lines

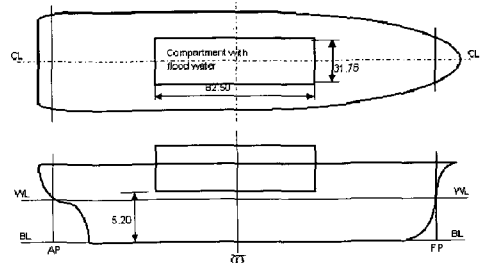


Fig. 6 TNK Compartment

Table 4 Numerical methods

Numerical methods	P1	P2	P3	P4	P5
Ship motion degrees of freedom	6	6	6	4	6
Hydrostatic forces by direct pressure integration	x	x	x	x	x
Potential strip theory	x	x		x	x
Potential 3D panel method			x		
Incident wave forces by direct pressure integration	x	x	x	x	x
Memory effects	x	x	x	x	x
Semi-empirical roll viscous damping	x		x	x	x
Roll viscous damping analysis in components		x			
Floodwater assumed as a horizontal free surface		x		x	x
Floodwater assumed as moving plane free surface	x		x		
Internal water motion by shallow water equations				x	
Flooding by simple hydraulic model	x	x	x	x	x

3. 수치 해석

24차 ITTC Benchmark Study에는 5개 기관이 참여하였으며 Table 3에 나와 있다. 해양연구원은 2004년 10월부터 참여하여 해석을 완료한 상태이며 결과를 정리하고 있다. 각 참여 기관의 수치해석 방법은 다르며 이를 해석 결과와 비교하기 위해 Table 4에 정리하였다. 여기서 한국해양연구원의 결과는 P5로 표시되었다. Table 4를 보면 모든 기관이 선체운동은 포텐셜 스트립 이론으로 해석하며 시간영역 해석을 위해 이력효과를 고려하였다. 손상으로 인한 부분의 해석 기법은 모두 수리모형을 사용하고 있으며 P4는 손상부 유동을 천수방정식을 사용해서 해석했다. P5로 표현된 한국해양연구원의 수치 해석 모형의 해석 방법은 다음과 같다.

◇ 6자유도 비선형 시간영역 운동 방정식을 사용하였다.

$$F_{INERTIA} = F_{GRAV} + F_{BUOY} + F_{PROPUL} + F_{MANEUVER} + F_{MOTION} + F_{ENVIRON}$$

◇ 선박의 운동에 따른 방사력을 모든 주파수 영역에서 계산하고, 이것을 시간영역에서의 충격 응답함수로 변환하고, 운동방정식에서는 합성곱을 이용하여 시간영역에서의 힘을 얻는다.

◇ 파도에 의한 힘은 Froude-Krylov Force와 산란력으로 구분하여, Froude-Krylov Force는 선

체에 작용하는 동압력을 수면까지 적분하여 시간이 경과되면서 겪는 힘을 계속 계산하며, 산란력은 장파를 가정하여 Cross-Flow Force로 계산한다.

◇ 손상부위에서 해수의 유출입은 이곳에서의 내부 외부 압력차를 구하고 Orifice 방정식을 사용하여 유출입량을 계산한다.

$$V = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$Q = \rho A V = \sqrt{2\rho \Delta p}$$

$$\Delta p = p_{out} - p_{in}$$

$$p_{out} = \begin{cases} 0 & \text{out of the fluid region} \\ p_{out} & \text{in the fluid region} \end{cases}$$

$$p_{in} = \begin{cases} 0 & \text{out of the fluid region} \\ p_{in} & \text{in the fluid region} \end{cases}$$

◇ 침수영역 내에서의 유체유동은 작다고 가정하고, 평균값을 사용하되, 기울어진 상태에 따라 침입수의 위치, 힘 등은 준정적상태로 계산한다.

◇ 갑판 위 상부구조물에 대한 부력 및 유체력도 계산한다.

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

4. 결과 및 고찰

각 조건에 대한 해석결과를 손상 선박의 안정성

평가에 가장 중요한 횡운동에 대한 시계열 자료로 Fig. 7 ~ Fig. 18(Test A, B), Fig. 27 ~ Fig. 32(Test C), Fig. 41 ~ Fig. 46(Test D)에 나타내었다. 이를 통해 각 해석 방법의 성능을 실험결과와 직접 비교할 수 있었으며 각 방법들 간의 차이도 비교할 수 있었다. 그리고 해석된 횡운동 결과로부터 고유주기와 감쇄율을 구할 수 있으며 이를 Fig. 19 ~ Fig. 26(Test A, B), Fig. 33 ~ Fig. 40(Test C)에 표시하였다. 감쇄율은 다음과 같은 대수 로그를 취하여 구하였다.

$$\text{Logarithmic decrement} = \log\left(\frac{A_o}{A_i}\right)$$

여기서,  $A_o$ 는 초기 횡동요 진폭이고  $A_i$ 는  $i$ 번째 횡동요 진폭이다.

#### ◇ Test A and B

Test A와 B의 결과를 살펴보면 손상이 일어났을 때 횡운동의 감쇄와 고유주기가 증가함을 알 수 있다. 실험값과 비교하면 P2와 P5가 고유주기를 근사하게 예측하고 있으나 감쇄율은 잘 일치하지 않는다. 손상 시 자유감쇠 초기 횡동요 진폭의 실험값은 비손상보다 감소하는데 수치 해석은 이를 예측하지 못하고 있다. 초기 감쇄는 손상부 내의 유동으로 인한 효과와 손상부와 외부유체와의 상대운동으로 인한 효과에 의한 것으로 추정되며 수치해는 이러한 효과를 고려하지 않기 때문에 감쇄를 정확하게 계산하지 못하고 있는 것으로 판단된다. 초기 감쇄를 정확하게 해석하는 것이 손상 시 횡동요 감쇄를 추정하는 핵심으로 생각된다. KG가 13.456 m일 때 실험 결과와 일치도가 떨어지는 것은 복원력을 정확하게 예측하지 못하고 있음을 나타낸다.

#### ◇ Test C

Test C는 sloshing 문제이며 결과를 보면 물이 4 m일 때 내부유동에 의해 선체의 운동이 크게 변한다. 이는 탱크안의 유동과 선체의 운동이 연성되어 횡운동에 변조가 발생했기 때문이다. 이러한 현상을 P1, P2, P3이 정성적으로 예측하고 있다.

#### ◇ Test D

Test D는 내부 cross duct의 크기에 따른 손상

과정을 나타낸다. 실험 결과와 조건이 명확하지 않아 결과 비교에는 무리가 있다. P5의 결과가 크게 벗어나는 것은 해석 조건이 잘못 입력되었을 것으로 판단된다. 실험 조건과 결과로 유추하면 손상 과정은 손상이 일어나면 유입구 반대로 유동이 흘러가는 시간에 의해 영향을 받을 것으로 생각된다. cross duct의 크기는 내부 유동의 감쇄로 작용하여 유입되는 유량에 따라 손상 과정을 변화시킬 것으로 판단된다.

## 5. 결론

24차 ITTC Benchmark Study을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 손상 시 관성력과 복원력은 근사하게 예측하였다.(TEST A) 그러나 횡동요 감쇄는 실험값이 주어져야 정확하게 평가할 수 있었다. 이는 수치해석이 횡동요 감쇄를 경험적 선형 감쇄 모델을 사용하고 있기 때문이다.

2. 손상이 일어나 해수가 유입된 상태에서, 손상부위에서 해수의 유출입이 자유로운 경우(TEST B) 실험과 일치된 결과를 보여주지만 유출입이 없는 경우(TEST C) 선박의 운동과 내부유동의 연성 효과를 예측하지 못하고 있다. 이것은 내부유동을 준정적 상태로 가정하여 해석하기 때문이다.

3. 손상과정의 과도상태를 예측하는 TEST D는 손상내부의 유입과정이 현상을 지배하며 과도상태의 정확한 해석이 필요하다.

4. TEST A, B, C, D를 통해 정적 영향이 지배적인 A와 B, 유입과정이 중요한 D는 현재의 모델로 근사적인 예측을 할 수 있지만, 동적 영향이 지배적인 C는 운동과 손상과정의 연성효과를 해석할 수 없었다.

5. 현재의 손상 해석 기법은 기존의 선체운동방정식에 손상 부위 모형을 추가하여 손상 현상을 재현하는 수준이다. 손상 해석 기법을 개선하기 위해서는 손상 내부 유동과 손상부에서 발생하는 유동을 해석하는 모델이 필요하다고 판단된다.

4. 국내의 손상거동 연구는 유럽과 일본의 적극적인 연구에 비해 부족하지만, 연구수준과 결과는 비교·보완할 수 있는 단계에 있는 것으로 판단된다.

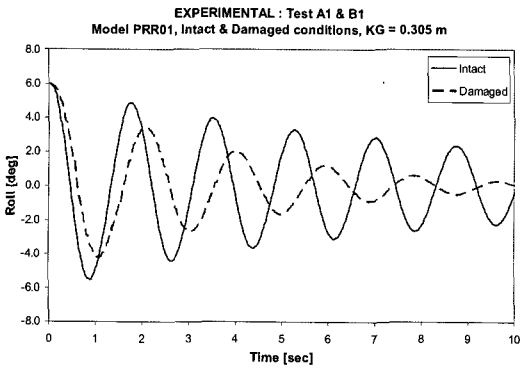


Fig. 7 Experimental results of roll motion(KG=12m)

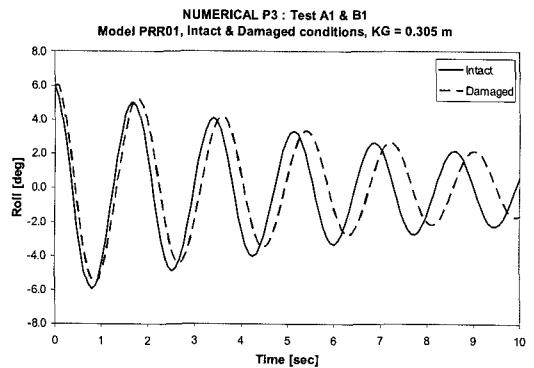


Fig. 10 P3 results of roll motion(KG=12m)

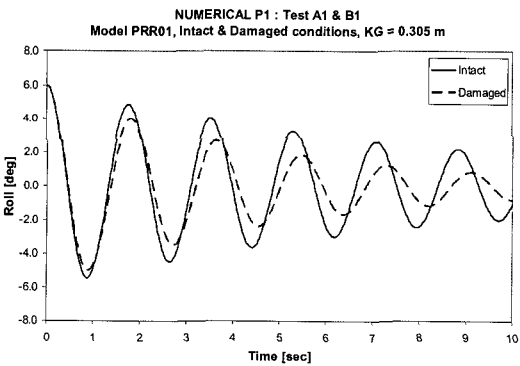


Fig. 8 P1 results of roll motion(KG=12m)

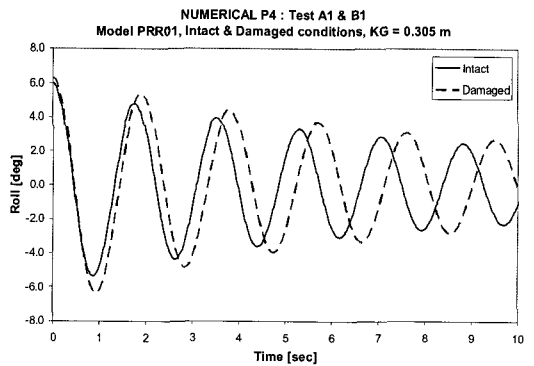


Fig. 11 P4 results of roll motion(KG=12m)

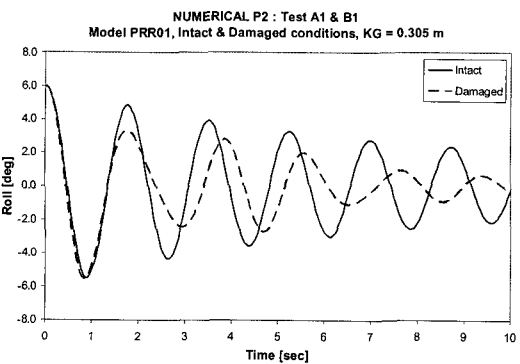


Fig. 9 P2 results of roll motion(KG=12m)

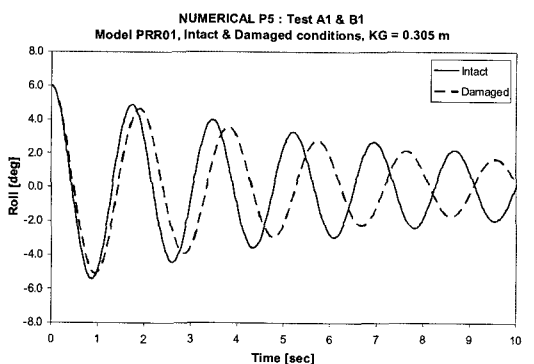


Fig. 12 P5 results of roll motion(KG=12m)

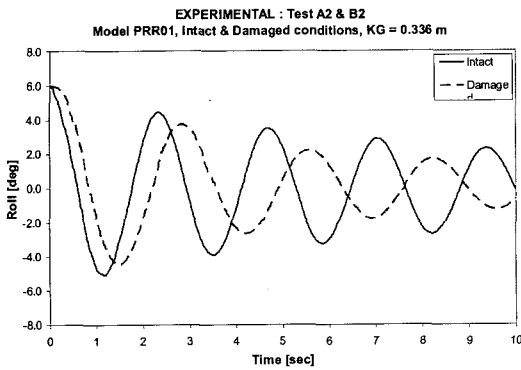


Fig. 13 Experimental results of roll motion(KG=13.4m)

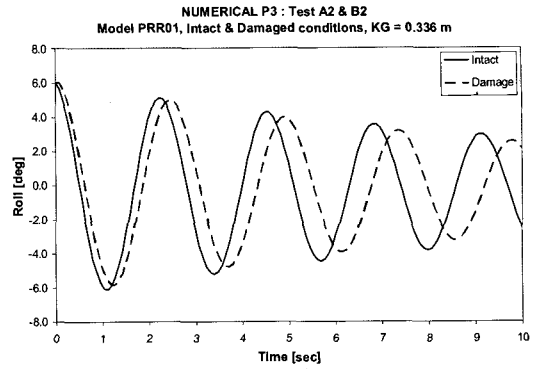


Fig. 16 P3 results of roll motion(KG=13.4m)

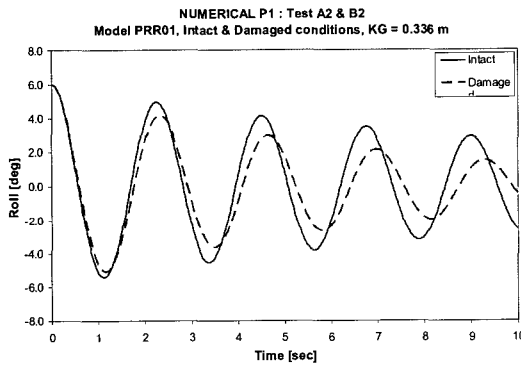


Fig. 14 P1 results of roll motion(KG=13.4m)

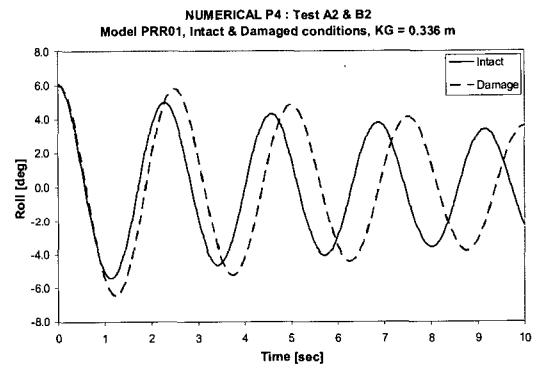


Fig. 17 P4 results of roll motion(KG=13.4m)

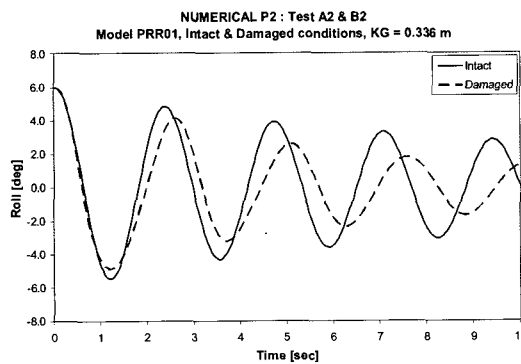


Fig. 15 P2 results of roll motion(KG=13.4m)

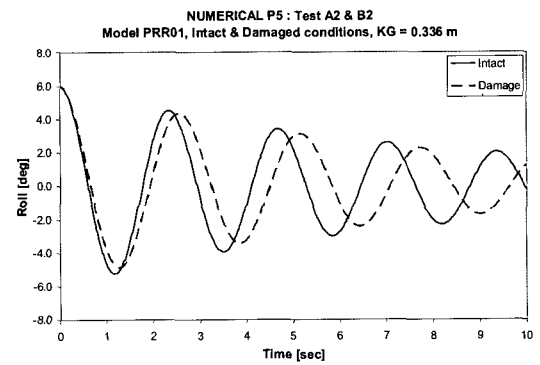


Fig. 18 P5 results of roll motion(KG=13.4m)



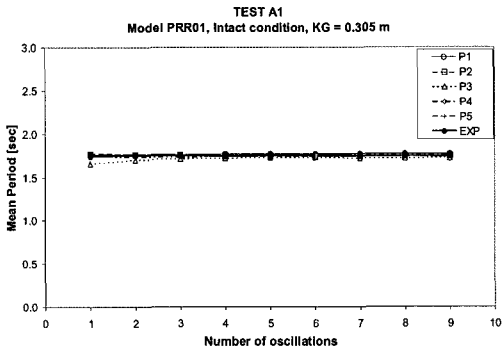


Fig. 19 Roll mean period(KG=12m, Intact)

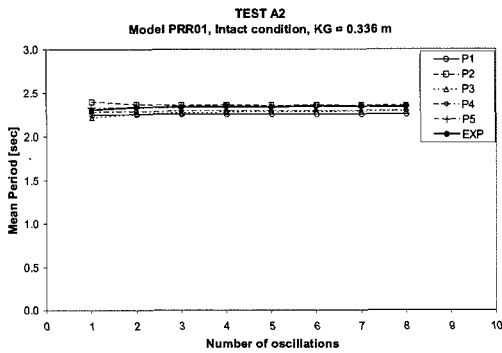


Fig. 20 Roll mean period(KG=13.4m, Intact)

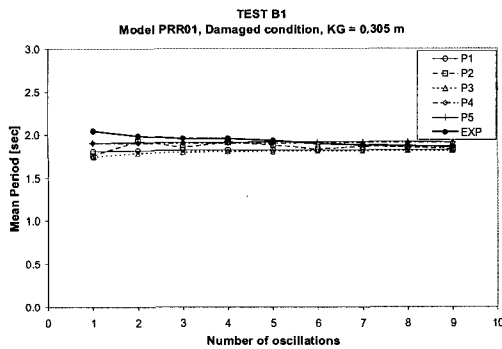


Fig. 21 Roll mean period(KG=12m, Damage)

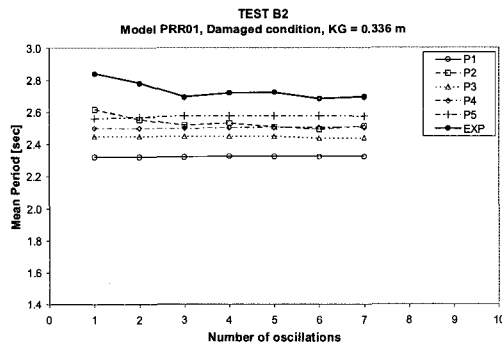


Fig. 22 Roll mean period(KG=13.4m, Damage)

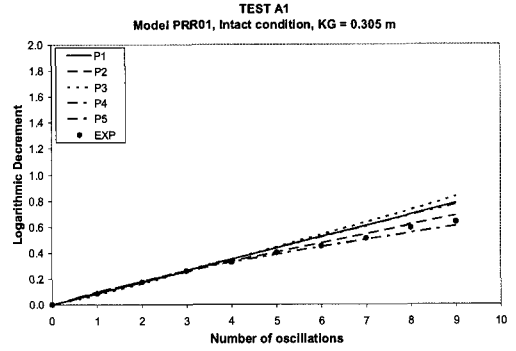


Fig. 23 Logarithm decrement(KG=12m, Intact)

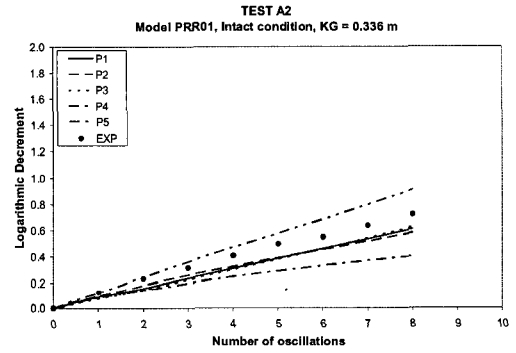


Fig. 24 Logarithm decrement(KG=13.4m, Intact)

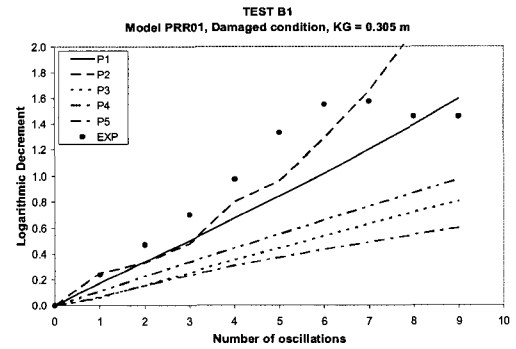


Fig. 25 Logarithm decrement(KG=12m, Damage)

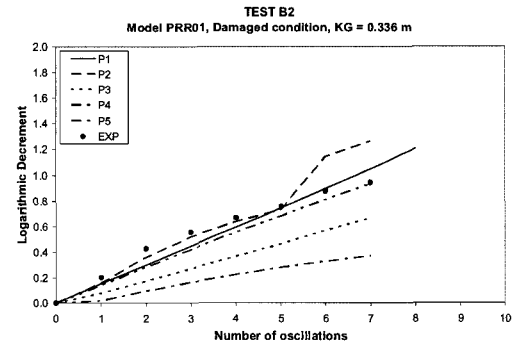


Fig. 26 Logarithm decrement(KG=13.4m, Damage)

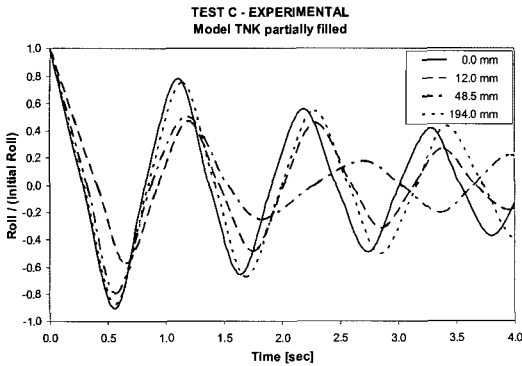


Fig. 27 Experimental results of roll motion

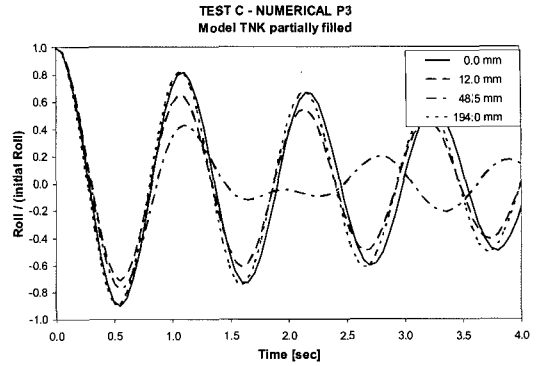


Fig. 30 P3 results of roll motion

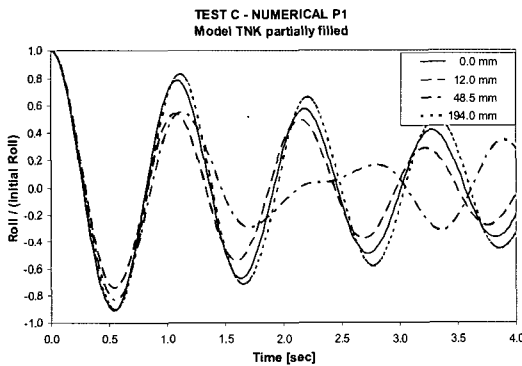


Fig. 28 P1 results of roll motion

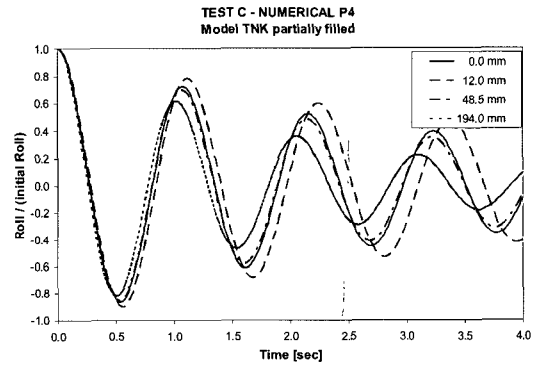


Fig. 31 P4 results of roll motion

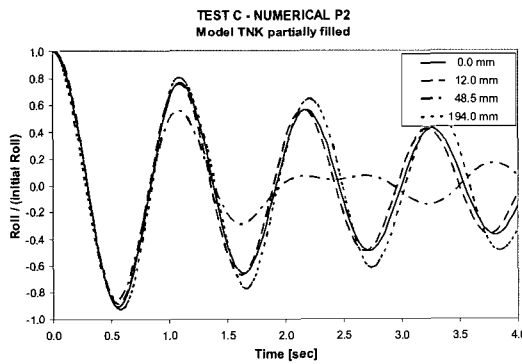


Fig. 29 P2 results of roll motion

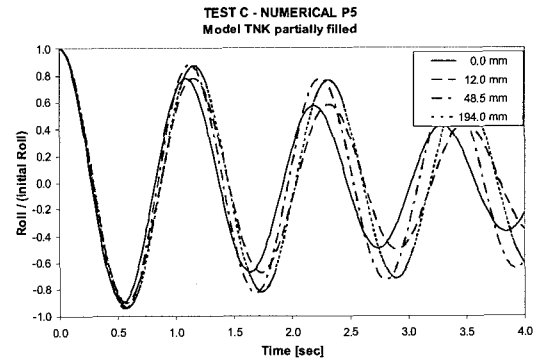


Fig. 32 P5 results of roll motion

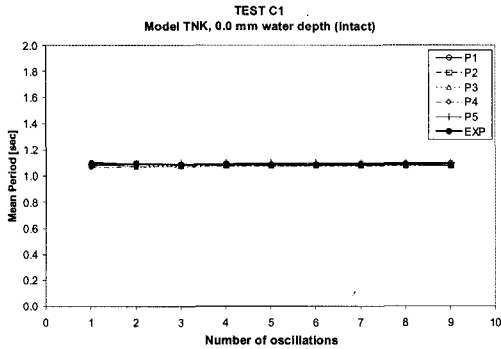


Fig. 33 Roll mean period(d=0m)

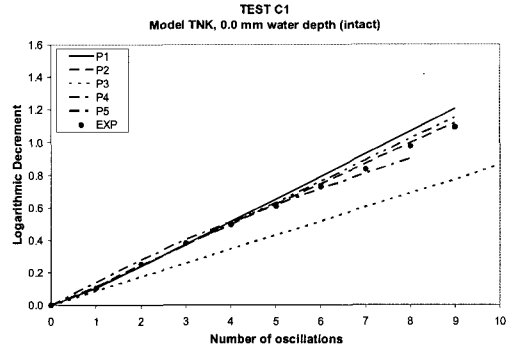


Fig. 37 Logarithm decrement(d=0m)

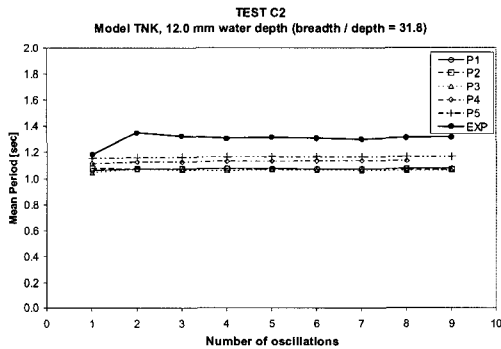


Fig. 34 Roll mean period(d=1m)

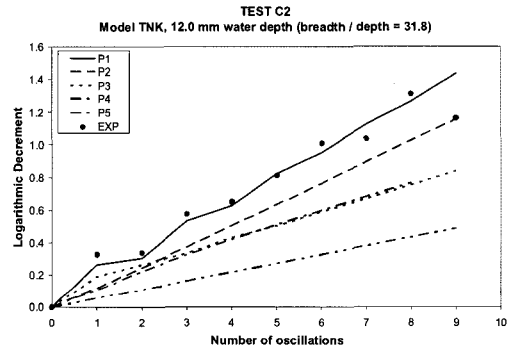


Fig. 38 Logarithm decrement(d=1m)

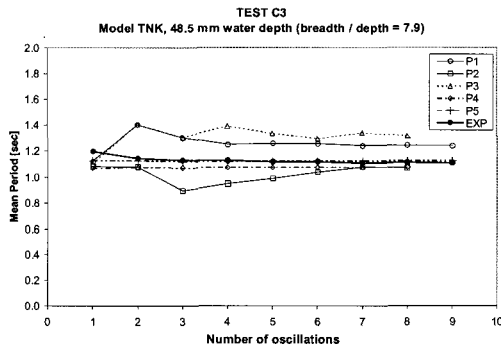


Fig. 35 Roll mean period(d=4m)

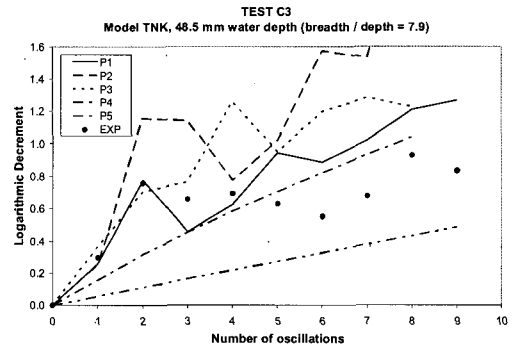


Fig. 39 Logarithm decrement(d=4m)

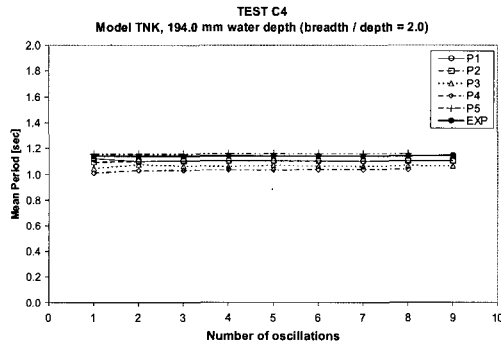


Fig. 36 Roll mean period(d=16m)

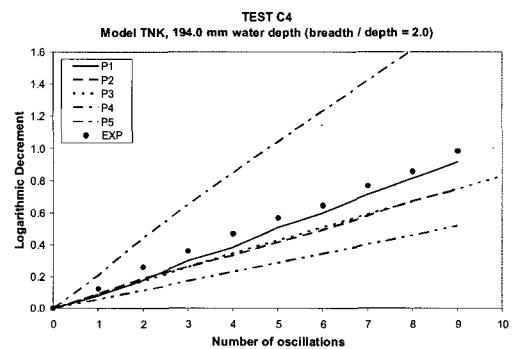


Fig. 40 Logarithm decrement(d=16m)

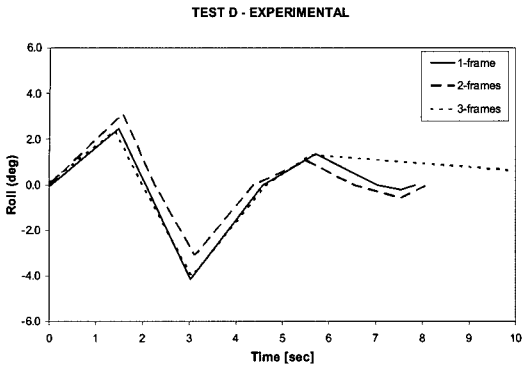


Fig. 41 Experimental results of roll motion

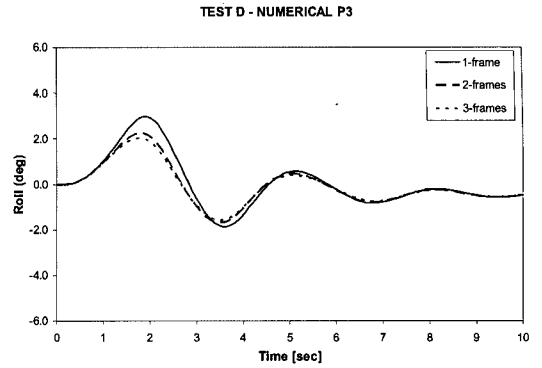


Fig. 44 P3 results of roll motion

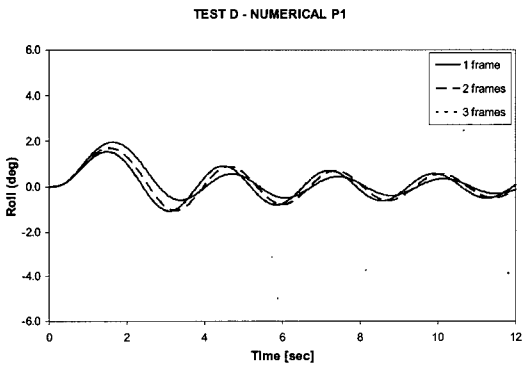


Fig. 42 P1 results of roll motion

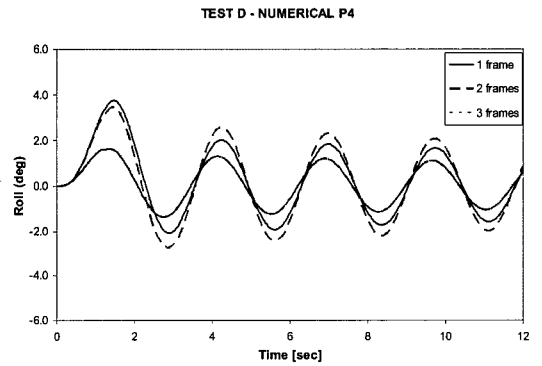


Fig. 45 P4 results of roll motion

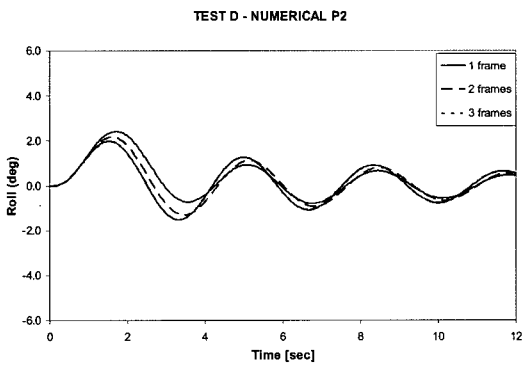


Fig. 43 P2 results of roll motion

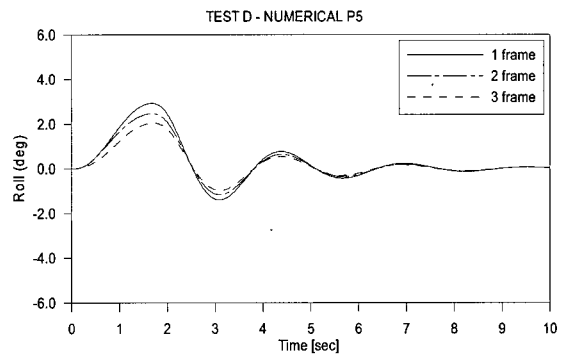


Fig. 46 P5 results of roll motion

후 기

본 논문은 산업자원부가 지원하는 국가연구개발 과제인 “선박의 동적 안정성 시뮬레이션 기술 개발”의 일부로 수행되었음을 밝혀 둔다.

참 고 문 헌

- 이동곤, 이종갑, 이순섭, 이경중, 2003, 선박 생존성 평가시스템 개발, 3차년도 보고서, 해양수산부, 한국해양연구원
- Letizia, L., Vassalos, D. and Jasionowski, A., 2004, "New Insights into Ship-Floodwater-Sea Dynamics," International Shipbuilding Progress, Vol 51, No. 2/3, pp. 273~291.
- Papanikolaou, A. and Spanos, D., 2004, "24th ITTC Benchma Study on Numerical Prediction of Damage Ship Stability in Waves: Preliminary Analysis of Results," Proc. 7th International Ship Stability Workshop, Shanghai, pp. 1-9.

- Woodburn, P., Gallagher, P. and Letizia, L., 2002, "Fundamentals of Damaged Ship Survivability," RINA Transactions, pp. 143~163.



< 조 석 규 >



< 홍 사 영 >



< 이 경 중 >



< 경 조 현 >



< 김 영 식 >