

#### 저작자표시 2.0 대한민국

#### 이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 미차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

#### 다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재미용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 미용허락조건을 명 확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 <u>이용허락규약(Legal Code)</u>을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer 🖳





**2008**年 **2**月 碩士學位論文

中央 開口型 三胴型 底吃水 船舶의 性能에 關한 研究

朝鮮大學校大學院

船舶海洋工學科

卞 石

# 中央 開口型 三胴型 底吃水 船舶의 性能에 關한 研究

A Study on Performance of the Low Draft
Trimaran Vessel with Moonpool

2008年 2月 25日

朝鮮大學校大學院

船舶海洋工學科

卞 石

# 中央 開口型 三胴型 底吃水 船舶의 性能에 關한 研究

指導教授 朴 濟 雄

이 論文을 工學碩士學位申請 論文으로 提出함.

2007年 10月

朝鮮大學校大學院

船舶海洋工學科

卞 石

# 卞石의 碩士學位 論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 教授 權 寧 燮 印

委 員 朝鮮大學校 教授 金 道 正 印

委 員 朝鮮大學校 教授 朴 濟 雄 印

2007年 11月

朝鮮大學校 大學院

# 목 차

List of Table	iii
List of Figures	υ
Nomenclatures	ix
Abstract	x
제 1장 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 조건 및 개념설계	1
3. 연구 내용	2
제 2장 본 론	4
제 1 절 중앙개구부를 가지는 저속 삼동선	4
1. 주요 제원 및 형상	4
2. 모형시험 및 성능평가	7
가. 모형시험	7
나. 모형시험 조건	7
다. 모형시험 해석	8
라. 모형시험 결과 및 해석	8
제 $2$ 절 중앙개구부를 가지는 고속 삼동선	38
1. 주요 제원 및 형상	38

2. 모형시험 및 성능평가	41
가. 모형시험	41
나. 모형시험 조건	42
다. 모형시험 해석	42
라. 모형시험 결과 및 해석	42
제 3 절 단동선 및 중앙개구부 내부의 유체유동 특성 -	58
1. 주요 제원 및 형상	58
2. 모형시험 및 성능평가	60
가. 모형시험	60
나. 모형시험 조건	60
다. 모형시험 결과 및 해석	62
라. Wave Patterns and Flow in the Moonpool	83
제 3 장 결 론	92
찬 7 무 허	03

# List of Table

- Table 1 Particulars of Low Speed Type Trimaran
- Table 2 Principal Dimensions of High Speed CWC
- Table 3 Test Conditions
- Table 4 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 1.3m
- Table 5 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 2.0m
- Table 6 Resistance Test of the Full Load Condition without M.P
- Table 7 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P

Step 1.3m - 2nd

- Table 8 Resistance of the Full Load Condition without Step
- Table 9 Effect of Ship Motion caused by Sloshing without Step
- Table 10 Particulars of High Speed Type Trimaran at Full Load Condition
- Table 11 Particulars of High Speed Type Trimaran at Ballast Condition
- Table 12 Principal dimensions of CWC
- Table 13 Test Conditions
- Table 14 Resistance Test of the Ballast Condition with M.P Step 1.5m
- Table 15 Resistance Test of the Ballast Condition with M.P Step 2.0m
- Table 16 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 1.5m
- Table 17 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 2.0m
- Table 18 Resistance Test of the Ballast Condition without M.P
- Table 19 Resistance Test of the Full Load Condition without M.P
- Table 20 Principal Dimensions of Mono Hull
- Table 21 Test Conditions
- Table 22 Resistance Test of the Ballast Condition with M.P Step 1.5m

- Table 23 Resistance Test of the Ballast Condition with M.P Step 2.0m
- Table 24 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 1.5m
- Table 25 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 2.0m
- Table 26 Resistance Test for the A3 Case
- Table 27 Resistance Test for the A4 Case
- Table 28 Resistance Test for the A5 Case
- Table 29 Resistance Test for the A6 Case
- Table 30 Natural periods of moonpool and ship

# List of Figures

- Fig. 1 Low Speed Type Trimaran Hull Form
- Fig. 2 중앙개구형 저속삼동선의 모형사진
- Fig. 3 중앙 개구부의 형상 및 주요치수
- Fig. 4 Total Resistance (Rt) for the Variation of Moonpool Condition
- Fig. 5 Ct Values for the Variation of Moonpool Condition
- Fig. 6 Cr Values for the Variation of Moonpool Condition
- Fig. .7 Preperation of Model Test for the Full Load Condition with M.P.

Step 1.3m Vs = 0 knot

- Fig. 8 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m Vs = 4 knot
- Fig. 9 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m Vs = 6 knot
- Fig. 10 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m Vs = 8 knot
- Fig. 11 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m

Vs = 10 knot

- Fig. 12 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m Vs = 12 knot
- Fig. 13 Observation of Flow in Moonpool with Step 1.3m
- Fig. 14 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m Vs = 4 knot
- Fig. 15 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m

  Vs = 6 knot
- Fig. 16 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m

  Vs = 8 knot
- Fig. 17 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m Vs = 10 knot

- Fig. 18 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m Vs = 12 knot
- Fig. 19 Observation of Flow in Moonpool with Step 2.0m
- Fig. 20 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. without Step Vs = 4 knot
- Fig. 21 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. without Step Vs = 6 knot
- Fig. 22 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. without Step

  Vs = 8 knot
- Fig. 23 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. without Step Vs = 10 knot
- Fig. 24 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 4 knot
- Fig. 25 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 6 knot
- Fig. 26 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 8 knot
- Fig. 27 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 10 knot
- Fig. 28 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 12 knot
- Fig. 29 고속 삼동선의 개구부 형상
- Fig. 30 High Speed Type Trimaran Hull Form
- Fig. 31 Resistance Test of High Speed Trimaran
- Fig. 32 Resistance Test of the Ballast Condition with Step 1.5m
- Fig. 33 Resistance Test of the Ballast Condition with Step 2.0m
- Fig. 34 Total Resistance(Rt) for the Variation of Step at Ballast Condition
- Fig. 35 Ct Values for the Variation of Step at Ballast Condition
- Fig. 36 Cr Values for the Variation of Step at Ballast Condition
- Fig. 37 Resistance Test of the Full Load Condition with Step 1.5m
- Fig. 38 Resistance Test of the Full Load Condition with Step 2.0m

- Fig. 39 Total Resistance(Rt) at Full Load Condition
- Fig. 40 Ct Values at Full Load Condition
- Fig. 41 Cr Values at Full Load Condition
- Fig. 42 Total Resistance(Rt) at Ballast and Full Load Condition
- Fig. 43 Ct Values at Ballast and Full Load Condition
- Fig. 44 Cr Values at Ballast and Full Load Condition
- Fig. 45 Wave patterns and Flow in the M.P. of the Ballast Condition with 1.5m Step
- Fig. 46 Wave patterns and Flow in the M.P. of the Ballast Condition with 2.0m Step
- Fig. 47 Wave patterns and Flow in the M.P. of the Full Load Condition with 1.5m Step
- Fig. 48 Wave patterns and Flow in the M.P. of the Full Load Condition with 2.0m Step
- Fig. 49 Lines Plan of Mono Hull
- Fig. 50 Moonpool shape and Step Height for model test
- Fig. 51 Resistance Test of the Ballast Condition with Step 1.5m
- Fig. 52 Resistance Test of the Ballast Condition with Step 2.0m
- Fig. 53 Total Resistance(Rt) for the Variation of Step at Ballast Condition
- Fig. 54 Ct Values for the Variation of Step at Ballast Condition
- Fig. 55 Cr Values for the Variation of Step at Ballast Condition
- Fig. 56 Resistance Test of the Full Load Condition with Step 1.5m
- Fig. 57 Resistance Test of the Full Load Condition with Step 2.0m
- Fig. 58 Total Resistance(Rt) at Full Load Condition
- Fig. 59 Ct Values at Full Load Condition

- Fig. 60 Cr Values at Full Load Condition
- Fig. 61 Resistance Test for the A3 Case & Layout of Step
- Fig. 62 Resistance Test for the A4 Case & Layout of Step
- Fig. 63 Resistance Test for the A5 Case & Layout of Step
- Fig. 64 Resistance Test for the A6 Case & Layout of Step
- Fig. 65 Comparison of Total Resistance(Rt)
- Fig. 66 Comparison of Ct Values
- Fig. 67 Comparison of Cr Values
- Fig. 68 Flow patterns at 10.0 kts for 2 draft and step conditions in moonpool
- Fig. 69 Comparison of resistance performance
- Fig. 70 Comparison of trim angles
- Fig. 71 Comparison of pitching motions caused by flows in the moonpool
- Fig. 72 Flow patterns at 10.0 kts due to variation of step in moonpool
- Fig. 73 Comparison of resistance performance
- Fig. 74 Comparison of trim angles
- Fig. 75 Comparison of pitching motions caused by flows in the moonpool
- Fig. 76 Wave patterns and Flow of A1 Case at Ballast Condition
- Fig. 77 Wave patterns and Flow of A2 Case at Ballast Condition
- Fig. 78 Wave patterns without Moonpool at Full Load Condition
- Fig. 79 Wave patterns and Flow of A1 Case at Full Load Condition
- Fig. 80 Wave patterns and Flow of A2 Case at Full Load Condition
- Fig. 81 Wave patterns and Flow of A3 Case at Ballast Condition
- Fig. 82 Wave patterns and Flow of A4 Case at Ballast Condition
- Fig. 83 Wave patterns and Flow of A5 Case at Ballast Condition
- Fig. 84 Wave patterns and Flow of A6 Case at Ballast Condition

## **NOMENCLATURES**

B : Breadth

Cb : Block Coefficient

CF: Local Fricition Coefficient Based on Undisturbed Velocity

CFM: Local Fricition Coefficient Based on Undisturbed Velocity of

Model-Ship

CR : Specific Residuary Resistance Coefficient

CT : Specific Total Resistance Coefficient

CTM : Specific Total Resistance Coefficient of Model-Ship

CW : Specific Wave Making Resistance Coefficient

D : Draft

Fn : Froude Number

g : Gravitational Acceleration

Lcb : Longtudinal Center of Buoyancy

LM : Length of Model-Ship

Lpp : Length Between Perpendiculars

Lwl : Length on Waterline

R : Resistance, in General

RF : Frictional Resistance

RNM: Reynolds Number of Model-Ship

RR : Residuary Resistance

RT : Total Resistance

SM: Wetted Surface Area of Model-Ship

VM : Ship Speed of Model-Ship

Vs : Ship Speed

W.S.A: Wetted Surface Area

ρ : Mass Density of Water

 $\Delta$  : Displacement

 $\nabla$  : Volume

#### Abstract

# A Study on Performance of the Low Draft Trimaran Vessel with Moonpool

Byun, Seok

Advisor: Prof. Park, Je-woong Ph.D.

Department of Naval Architecture

& Ocean Engineering,

Graduate School of Chosun University

For the quick and efficient disposal that comes to be serious as time goes by the injurious sediments of the harbor and rivers it demand that the form of the vessel which has the wide deck area for collecting and processing equipment loading of sediments.

Trimaran compare to single hull ship complemented the general arrangement and type of ship.

They decided location of the main hull and sub-hull considered the wave interference as to get a wave resistance decrease effect, it uses the sub-hull will be able to magnify the deck area.

In this research, it accomplished the design for low and high speed of Trimaran and model test it led with efficiency of ship and sloshing of the Moonpool inside, and it grasped regarding the single hull ship model test in the circulating water channel, it investigated the efficiency of the vessel and the sloshing of the open hull.

The inner fluid flow of the Moonpool increase with progressively changing speed from low to high and with the exciting force which gets up a hull motion and it appears with resistance increase.

The resistance increase due to the Moonpool with sloshing of free sleep of the Moonpool inside reasoning the pitching due to the wave shock of the Moonpool inner wall which is caused by is judged with this primary reason.

The existence of the Moonpool will be able to consequently increase the resistance the above 20% by the size or the draft which reduces the resistance due to the Moonpool with method of reducing the sloshing of the Moonpool inside that will be able to diminish the resistance increase.

The method it will be able to control a flow of Moonpool inside, Step level control which is located on the Moonpool inside and baffle that it controls establishment of the back to lead, with the fact that it will be able to minimize the resistance increase which is judged.

## 제1장 서 론

#### 1. 연구배경

최근 우리나라 연안의 해양오염퇴적물은 육상으로부터 유입된 퇴적물과 양식장의 자체 오염물질들이 장기 누적됨에 따라 심각한 해양 오염문제를 야기하고 있으며, 해양퇴적물의 오염은 유독성 적조현상 등으로 이어져 연안의 해양생물과 국민건강에 극심한 피해를 주고 있는 실정이다.

해양오염퇴적물의 처리를 위한 기존 기술로서는 갈고리나 끌개, 경운, 형망(Beam Trawl), 그래브(Grab) 및 흡입펌프를 설치한 선박에 의한 처리방식 등이 사용되고 있으나, 연안의 해저면에 장기간 견고하게 응착된 퇴적물의 경우에는 기존 방법에 의한 원만한 처리가 곤란하며 작업 중에 퇴적물내 유해물질의 수중 혼탁 및 인근지역으로의 이동 등과 같은 제2의 오염문제가 발생하고 있다.

따라서, 퇴적물의 분쇄 및 흡입을 동시에 하는 선박시스템 기술과 향후 연안의해저면 뿐만 아니라 강 및 댐 등에서 해양오염퇴적물을 효율적으로 수거할 수 있는 새로운 개념의 선박형태로써 선박의 중앙부에 개구형(Open Hull Type) 작업공간을 가지는 중앙개구형 저흘수 작업선 설계를 수행하였다.

## 2. 연구조건 및 개념설계

퇴적오니 수거 선박은 작업 시 2차 오염을 방지하고 단시간 내에 넓은 해안 지역을 효율적으로 처리 할 수 있어야 하며 퇴적오니 수거 및 처리 장비 탑재를 위해 넓은 갑판 면적을 가지는 선박의 형태가 요구되므로, 초기 설계개념으로 넓은 갑판 면적을 가지는 삼동선 개념과 낮은 수심의 작업 현장에도 접근이 용이 할 수 있도록 저 홀수 선체 개념의 설계를 하였다.

개념설계를 위한 선박의 주요 요건 및 기능 등은 다음과 같다.

■ 선 체 : 내구성 및 내마모성이 양호한 강선

■ 규 모 : 수싞 약 5m에서 작업 가능한 선박

■ 주요기능 : 퇴적물 수거기능, 선단구성에 따른 무동력선 예인기능,

수거오염물의 운송 및 하역기능, 해저 촬영가능,

저질 및 수질 조사 시료 채취 가능

■ 기본성능 : 복원성능, 선회성능, 추진성능, 작업 성능의 확보

이러한 선박의 요건 및 주요기능을 만족시키는 선박 설계를 위하여

- 좁은 내항과 같은 제한된 수역에서의 우수한 작업 성능을 고려하여 가능한 소형으로 한다.
- 각종 장비가 탑재 가능하도록 충분한 갑판면적을 확보하여야 한다.
- 홀수는 가능한 낮게 하며, 유지보수를 고려하여 선형을 단순히 한다. 등을 설계조건으로 하였다.

#### 3. 연구내용

초기 설계에서 중점사항으로 다룬 선박의 주요 요건을 만족하고 최대의 성능을 확보하기 위하여 연구의 방향을 크게 세 가지로 분류하였다

첫째, 항만 및 조류의 영향을 받지 않는 곳에서의 작업 시 선박 속력에 크게 영향을 받지 않음으로 저속 / 저홀수선 선형 설계를 수행하여 모형선에 대한 모형시험 및 성능평가를 실시하였다.

둘째, 연안 및 빠른 조류의 영향을 받는 곳에서의 작업 시 조류를 극복할 수 있

는 속력이 필요하므로 10노트 이상의 속력을 유지할 수 있는 선형의 고속 / 저흘수선 선형 설계를 수행하여 모형선에 대한 모형시험 및 성능평가를 실시하였다.

셋째, 삼동선 모선(母船)의 선체 중앙개구부의 형상은 작업효율 및 선박의 추진 성능에 많은 영향을 미침으로 인하여 여러 가지 크기 및 형상을 설계하여 형상변 화에 따른 저항성능 및 유동현상 조사를 위한 모형시험을 실시하였다.

# 제2장 본 론

### 제 1 절 중앙개구부를 가지는 저속 삼동선

퇴적물의 분쇄 및 흡입을 동시에 하는 선박시스템의 기술과 향후 연안의 해저면 뿐만 아니라 강 및 댐 등에서 해양 오염퇴적물을 효율적으로 수거할 수 있는 새로운 개념의 선박형태로서 선박의 중앙부에 개구형(Open Hull Type) 작업공간을 가지는 중앙 개구형 저홀수 작업선 개발이 요구되고 있다.

본 연구에서는 해양오염퇴적물 처리를 위한 선형설계 개념으로 선박의 좌우 양현에 퇴적물 수거 작업중 파도에 의한 선박의 횡요 및 종요 등을 최소화하면서 충분한 퇴적물 저장공간을 확보하기 위한 착탈가능 형식의 자선(子船)을 설치하였으며, 선체중앙부에 개구부(Moonpool)을 설치하였다.

## 1. 주요 제원 및 형상

Table 1 Particulars of Low Speed Type Trimaran

Main Hull Scale 23.33 Side Hull

M.S.NO.	501	1a	MCNO	501	1B
M.S.NO.	SHIP	MODEL	M.S.NO.	SHIP	MODEL
Lpp(m)	28.000	1.2000	Lpp(m)	14.000	0.6000
Lwl(m)	29.000	1.2429	Lwl(m)	14.000	0.6000
B(m)	4.500	0.1929	b(m)	1.500	0.0643
D(m)	3.866	0.1657	D(m)	3.166	0.1357
CONDITION	FULL	LOAD	CONDITION	FULL	LOAD
df(m)	2.000	0.0857	df(m)	1.300	0.0557
dm(m)	2.000	0.0857	dm(m)	1.300	0.0557
da(m)	2.000	0.0857	da(m)	1.300	0.0557
trim(m)	0.000	0.0000	trim(m)	0.000	0.0000

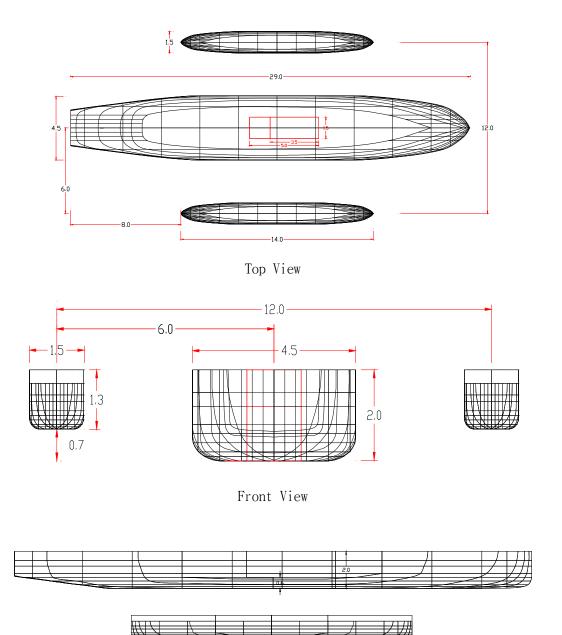


Fig. 1 Low Speed Type Trimaran Hull Form

Side View





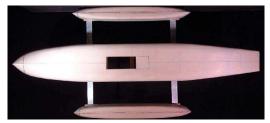




Fig. 2 중앙개구형 저속삼동선의 모형사진

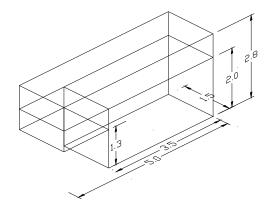


Fig. 3 중앙 개구부의 형상 및 주요치수 (Moonpool, Step1: 1.3m, Step2: 2.0m)

# 2. 모형시험 및 성능평가

#### 가. 모형시험

모형시험은 서일본 유체기술연구소(FEL)의 고속회류수조에서 수행되었으며, 모형은 Lpp= 1.2m (1/23.3 scale)로 하드 우레탄으로 제작되었다. 시험이 수행된 수조의 주요제원을 Table 2 에 나타내었다.

Table 2 Principal Dimensions of High Speed CWC

	Whole Body	Measuring Section		
L (m)	24.0	7.0		
B (m)	3.2	1.5		
H (m)	6.6			
Max. Velocity	5.5 m/sec			

#### 나. 모형시험 조건

본 시험에서는 선체중앙부에 위치한 Moonpool 내부의 형상변화(Step 높이변화 및 Step 유무)에 따른 저항성능과 선체주위의 파형관찰을 위하여 Table 3의 시험조 건에 대한 모형시험을 수행하였다.

Table 3 Test Conditions

				TEST			
CONDITION	△(ton)	$\triangle$ (ton) M.P.		RESISTANCE	WAVE PATE		
FULL LOAD without M.P (4,6,8,10,12 knot)	259.8	without	-	0	0		
FULL LOAD with M.P. Step1.3m (4,6,8,10,12 knot)	247.4	with	1.3m	0	0		
FULL LOAD with M.P. Step2.0m (4,6,8,10,12 knot)	249.1	with	2.0m	0	0		
FULL LOAD with M.P. without Step (4,6,8,knot)	242.9	with	without	0	0		

#### 다. 모형시험 해석

모형시험은 Froude의 비교법칙을 기본으로 각각의  $F_n$ 에서 잉여저항계수( $C_R$ )는 실선과 모형선에서 동일하다고 가정한다.

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot LWL}} \tag{1}$$

전저항계수  $C_T$  및 잉여저항계수  $C_R$ 는 다음 식으로 계산되며,

$$C_T = C_F + C_R \tag{2}$$

$$C_R = R_R/(0.5 \rho S V^2)$$
 (3)

여기서, S는 침수표면적이고,  $C_F$  는 Schoenherr에 의한 마찰저항계수로  $R_R (=R_T - R_F)$ 은 모형시험으로부터 구해진다.

### 라. 모형시험 결과 및 해석

#### 1) Resistance Test

저항성능에 대한 모형시험 해석 결과를 Table 4 ~ 7 에 나타내었다.

Table 4 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step  $1.3 \mathrm{m}$ 

	Date 2005.04.22			Cf type ITTC 1957 Line						
	W.T.		18.6° C	р 101.808	101.808 V(10^-6)			1.03889		
	M.S.No.		M5011	FULL LO	AD CO	NDITION	M5011F			
	Lpp	1	1.2000(m)	Lwl		1.2429(m)	В	(	0.5786(m)	
	dM	(	0.0857(m)	dF		0.0857(m)	dA	(	0.0857(m)	
				Cb		0.3194	L/B		2.074	
	$\nabla$	0.019003	0(m^3)	W.S.Area	0.547	<sup>7</sup> 350(m^2)	K= 0			
No.	V(m/s)	Rto(gr)	Rn*10 <sup>-6</sup>	Ct*10 <sup>3</sup>	Cf*10 <sup>3</sup>	Cr*10 <sup>3</sup>	rR*10 <sup>3</sup>	Fn	rW*10 <sup>3</sup>	
1	1.2813	706.0	15.329	15.434	4.281	11.153	42.863	0.3669	42.863	
2	1.0645	470.6	12.735	14.905	4.451	10.455	40.179	0.3049	40.179	
3	0.8511	314.7	10.182	15.593	4.669	10.923	41.980	0.2437	41.980	
4	0.6403	125.4	7.660	10.978	4.971	6.007	23.085	0.1834	23.085	
5	0.4290	46.8	5.132	9.127	5.448	3.679	14.138	0.1229	14.138	
6	0.8515	314.0	10.187	15.543	4.669	10.875	41.793	0.2439	41.793	
7	1.0640	506.5	12.729	16.058	4.451	11.606	44.605	0.3047	44.605	
8	1.2819	710.7	15.336	15.522	4.281	11.242	43.204	0.3671	43.204	
9	1.0648	470.2	12.739	14.884	4.450	10.434	40.099	0.3049	40.099	

Table 5 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step  $2.0 \mathrm{m}$ 

	Date 2005.04.22			Cf type	ITTC 19	57 Line													
	W.T.		18.8° C	p 101.804		v(10^-6)	1.03375	1.03375											
	M.S.No.		M5011	FULL LO	AD CONI	DITION	M5011F1												
	Lpp	1	.2000(m)	Lwl	1	.2429(m)	В	(	0.5786(m)										
	dM	0	.0857(m)	dF	C	.0857(m)	dA	(	0.0857(m)										
				Cb		0.3215	L/B		2.074										
	$\nabla$	0.0191270	)(m^3)	W.S.Area	0.547350(m^2)		0.547350(m^2)		0.547350(m^2)		0.547350(m^2)		0.547350(m^2)		0.547350(m^2)				K= 0
No.	V(m/s)	Rto(gr)	Rn*10 <sup>-6</sup>	Ct*10 <sup>3</sup>	Cf*10 <sup>3</sup>	Cr*10 <sup>3</sup>	rR*10 <sup>3</sup>	Fn	rW*10 <sup>3</sup>										
1	1.2806	706.0	15.397	15.452	4.277	11.174	42.759	0.3667	42.759										
2	1.0653	466.1	12.808	14.741	4.445	10.296	39.398	0.3051	39.398										
3	0.8524	296.8	10.249	14.661	4.663	9.999	38.261	0.2441	38.261										
4	0.6395	121.8	7.689	10.690	4.967	5.723	21.898	0.1831	21.898										
5	0.4292	45.7	5.160	8.904	5.441	3.463	13.252	0.1229	13.252										
6	0.6414	122.5	7.712	10.688	4.964	5.724	21.903	0.1837	21.903										
7	0.8519	298.8	10.243	14.778	4.663	10.114	38.703	0.2440	38.703										
8	1.0645	463.3	12.799	14.675	4.446	10.229	39.140	0.3049	39.140										
9	1.2814	707.8	15.407	15.472	4.277	11.195	42.838	0.3670	42.838										

Table 6 Resistance Test of the Full Load Condition without M.P

	Date 2005.04.22			Cf type	ITTC 19	957 Line					
	W.T.		19.0° C	p 101.80	v(10^-6)		1.02865				
	M.S.No.		M5011	FULL LO	AD CON	DITION	M5011F2	M5011F2			
	Lpp	1	.2000(m)	Lwl		1.2429(m)	В	(	0.5786(m)		
	dM	0	.0857(m)	dF		0.0857(m)	dA	(	0.0857(m)		
				Cb	0.3215		0.3215		L/B		2.074
	$\nabla$	0.0199540(m^3)		W.S.Area	0.54	17350(m^2)			K= 0		
No.	V(m/s)	Rto(gr)	Rn*10 <sup>-6</sup>	Ct*10 <sup>3</sup>	Cf*10 <sup>3</sup>	Cr*10 <sup>3</sup>	rR*10 <sup>3</sup>	Fn	rW*10 <sup>3</sup>		
1	1.2812	672.2	15.481	14.699	4.272	10.426	38.786	0.3669	38.786		
2	1.0650	451.1	12.868	14.275	4.441	9.834	36.585	0.3050	36.585		
3	0.8524	284.3	10.299	14.045	4.658	9.387	34.920	0.2441	34.920		
4	0.6402	116.2	7.735	10.176	4.960	5.216	19.404	0.1833	19.404		
5	0.4298	44.0	5.193	8.549	5.433	3.116	11.593	0.1231	11.593		
6	0.8517	286.0	10.291	14.152	4.658	9.493	35.316	0.2439	35.316		
7	1.0643	452.8	12.860	14.348	4.442	9.907	36.853	0.3048	36.853		
8	1.2813	677.8	15.482	14.819	4.272	10.547	39.234	0.3669	39.234		

Table 7 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 1.3m-2nd

	Date 200	5.05.25		Cf type I	TTC 19	57 Line			
	W.T.		22.8° C	р 101.716		v(10^-6)	0.9390	6	
	M.S.No.		M5011	FULL LOA	D CON	DITION	M5011F1	10	
	Lpp		1.2000(m)	Lwl	-	1.2429(m)	В	0	.5786(m)
	dM		0.0857(m)	dF	(	0.0857(m)	dA	0	.0857(m)
				Cb		0.3194	L/B		2.074
	$\nabla$	0.0190	0030(m^3)	W.S.Area	0.547	350(m^2)			K= 0
No.	V(m/s)	Rto(gr)	Rn*10 <sup>-6</sup>	Ct*10 <sup>3</sup>	Cf*10 <sup>3</sup>	Cr*10 <sup>3</sup>	rR*10 <sup>3</sup>	Fn	rW*10 <sup>3</sup>
1	1.2810	701.3	16.955	15.353	4.193	11.160	42.888	0.3669	42.888
2	1.0644	458.8	14.088	14.548	4.357	10.190	39.163	0.3048	39.163
3	0.8527	312.9	11.286	15.459	4.567	10.893	41.862	0.2442	41.862
4	0.6401	123.7	8.472	10.846	4.861	5.985	23.000	0.1833	23.000
5	0.4284	46.5	5.670	9.102	5.323	3.779	14.522	0.1227	14.522
6	0.8519	309.3	11.275	15.310	4.568	10.742	41.285	0.2440	41.285
7	1.0634	495.7	14.075	15.747	4.358	11.389	43.770	0.3045	43.770

Table 4 ~ 7은 Moonpool 내부의 Step 형상변화(Step 높이 1.3m 및 2.0m)와 Moonpool이 없는 경우의 저항성능실험 및 해석결과를 나타낸 것이며, Fig. 4 ~ Fig. 5 에는 각 condition 들에 대한 시험결과를 나타내었다.

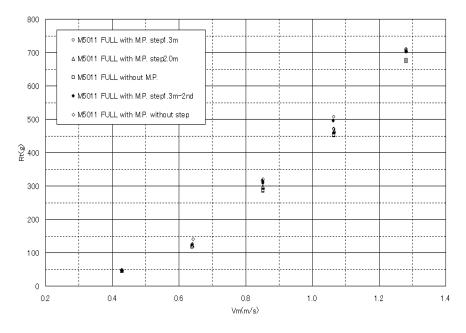


Fig. 4 Total Resistance (Rt) for the Variation of Moonpool Condition

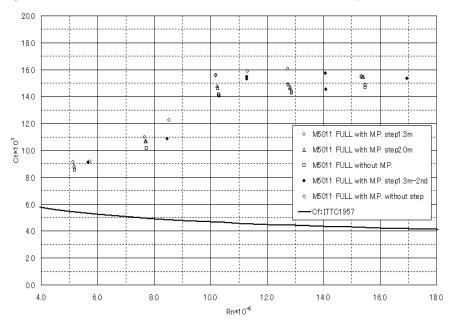


Fig. 5 Ct Values for the Variation of Moonpool Condition

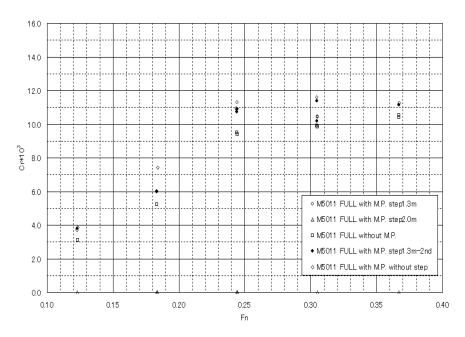


Fig. 6 Cr Values for the Variation of Moonpool Condition

Fig. 4에서 Fig. 6 에는 각 Condition 들에 대한 시험결과를 비교한 것으로 Moopool 내부에 Step 이 없는 경우가 저항 값이 가장 크게 나타나고 있으며, Moonpool 이 없는 경우 즉, 선체하부에 개구부(Openning)가 없는 경우 저항성능이 가장 우수한 것으로 나타나고 있다.

이는 Moonpool 내부의 Step 높이 변화(1.3m 및 2.0m), Step이 없는 경우의 저항성능비교에서도 나타나듯이 Moonpool 내부의 자유표면의 크기와 저항성능의 연관성이 큰 것으로 판단된다.

저항성능과 자유표면의 크기는 다음과 같다.

#### - 저항성능의 크기

Moonpool without Step > Moonpool with Step 1.3m > Moonpool with Step 2.0m > without Moonpool

#### - 자유표면의 크기

Moonpool without Step > Moonpool with Step 1.3m > Moonpool with Step 2.0m > without Moonpool

### 2) The Effect of Step for the Resistance and Ship Motion

Moonpool 내부의 Step의 유무가 저항성능에 미치는 영향과 선속에 따라 Moonpool 내부 유체유동의 기진력이 선체운동에 미치는 영향을 조사하였다.

Table 8 Resistance of the Full Load Condition without Step

	Date 20	05.05.25	)	Cf type	ITTC 1	957 Line	9			
	W.T.		22.9°C	р 101.713	3	v(10^-6	) 0.93	3688		
	M.S.No.		M5011	FULL LO.	AD CON	DITION	M5011F11			
	Lpp	1.	.2000(m)	Lwl	1.2	2429(m)	В	0	.5786(m)	
	dM	0.	.0857(m)	dF	0.0	0857(m)	dA	0	.0857(m)	
				Cb		0.3135	L/B		2.074	
	abla	0.01865	550(m^3)	W.S.Area	0.547350(m <sup>2</sup> )			K= 0		
No.	V(m/s)	Rto(gr)	Rn*10 <sup>-6</sup>	Ct*10 <sup>3</sup>	Cf*10 <sup>3</sup>	Cr*10 <sup>3</sup>	rR*10 <sup>3</sup>	Fn	rW*10 <sup>3</sup>	
1	0.4304	47.3	5.710	9.173	5.315	3.858	15.012	0.1233	15.012	
2	0.6418	140.8	8.514	12.280	4.856	7.424	28.886	0.1838	28.886	
3	0.8521	321.0	11.304	15.882	4.565	11.317	44.033	0.2440	44.033	
4	1.0639	648.9	14.114	20.595	4.355	16.240	63.185	0.3047	63.185	

Full Load 상태에서 Moonpool 내의 Step을 제거하였을 때 유체유동현상(Sloshing)과 그에 따른 선체의 Pitching Motion에 대한 영향조사결과는 Table 9와 같다.

Table 9 Effect of Ship Motion caused by Sloshing without Step

	SLOSHING	PITCHING	備考
4 knot	無	無	
6knot	大	小	
8knot	大	小	
10knot	大大	大大	浸水 抵抗計測不可能
12knot	_	_	浸水 速度設定不可能

Table 8 및 9는 Moonpool 내부의 Step 이 없는 경우에 대한 저항성능시험 및 선체운동에 대한 실험결과를 나타낸 것이다.

선속 10kts에서 Moonpool 내부의 Sloshing 현상 및 저항이 급격히 증가하고 있으며, 이는 Moonpool 내부의 Step 이 없어지면서 Moonpool 내부의 자유표면이 증가하고 저속에서의 고속으로의 선속증가는 Moonpool 내부의 유체유동을 점진적으로 증가시켜 선체운동을 일으키는 기진력으로 작용하는 것으로 판단된다.

### 3) Wave Patterns

선속에 따른 선체주위 파형과 Moonpool 내부의 유동현상에 대해 관찰하였다.

### 가) Moonpool 내부 유체유동 및 Side hull 주위의 파형

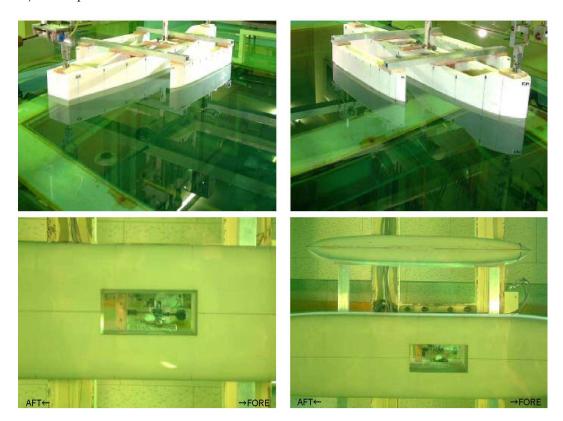
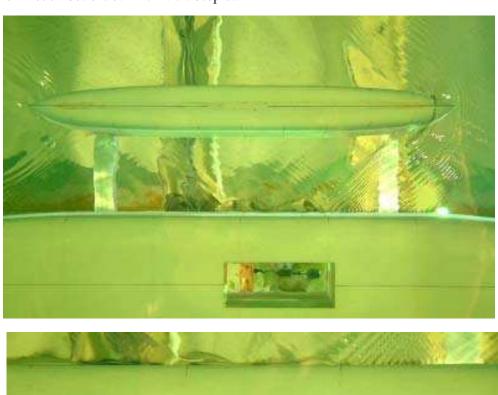


Fig. 7 Preparation of Model Test for the Full Load Condition with M.P. Step 1.3m  $\,$  Vs = 0 knot

# ① Full Load Condition with M.P. Step 1.3m





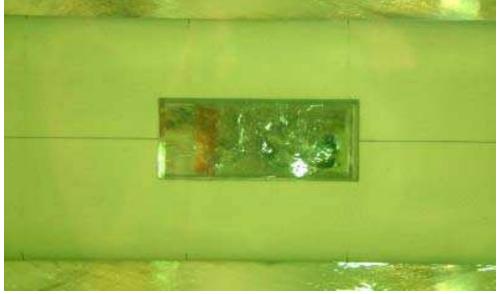
AFT← →FORE

Fig. 8 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step  $1.3m\ Vs = 4\ knot$ 



Fig. 9 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m  $\label{eq:Vs} Vs = 6 \; knot$ 





AFT← →FORE

Fig. 10 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m  $\label{eq:Vs} Vs = 8 \; knot$ 

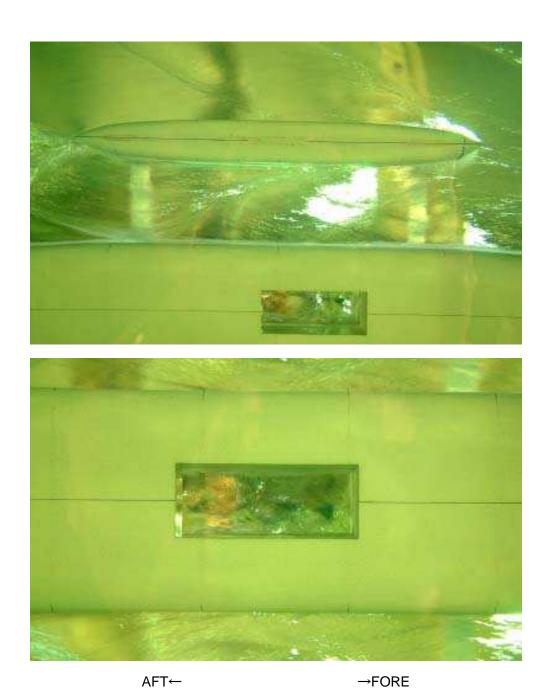


Fig. 11 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m

 $V_s = 10 \text{ knot}$ 



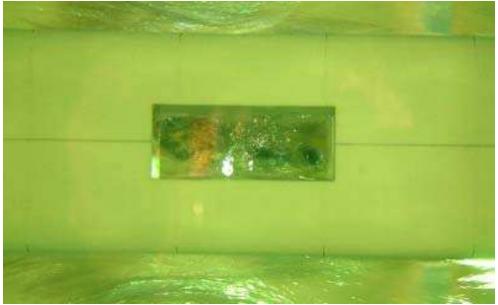


Fig. 12 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 1.3m  $V_S = 12 \; knot \label{eq:Vs}$ 

Fig. 8에서 Fig. 12는 Moonpool 내의 Step 높이를 1.3m로 한 경우 Moonpool 내부의 유동현상과 저항성능 및 선체운동과의 연관성을 실험한 경우이다.<sup>(1)</sup>

선속은 저속에서 고속(4 kts  $\rightarrow$  12 Kts), 고속에서 저속(12 kts  $\rightarrow$  4 Kts)으로 선속을 변화시켜 가면서 시험을 수행하였다.

저속에서 고속으로의 선속변화에 의한 시험 결과 선속 10kts에서 Moonpool 내부의 유체유동(Sloshing)현상이 급격히 증가하며 선체 Pitching Motion을 일으키는 기진력(Exciting force)으로 작용하는 현상이 나타나고 있으나, 고속에서 저속으로의 선속변화에 대해서는 선체 Pitching Motion이 일어나지 않는 현상이 나타났다.

이는 저속에서의 선속증가는 Moonpool 내부의 유체유동이 점진적으로 커져가면서 선체운동을 야기시키는 기진력으로 작용이 되고 있으나, 고속에서 저속으로의 선속변화는 상대적으로 빠른 유속에 의해 선체하부의 유체가 Moonpool 내부로 유입되지 못함으로 인해 Moonpool 내부의 유체유동이 커지지 못하고, 또한 선체운동을 일으키는 기진력으로도 작용하지 못하는 것으로 판단된다.

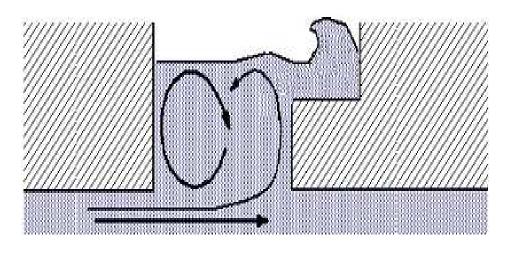


Fig. 13 Observation of Flow in Moonpool with Step 1.3m





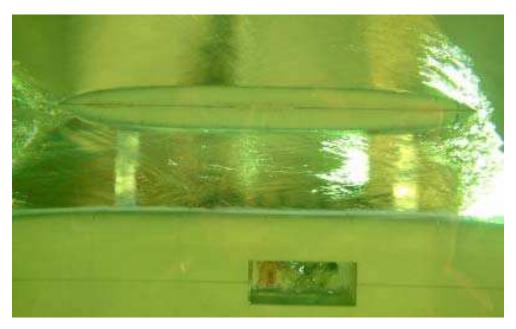
AFT← →FORE

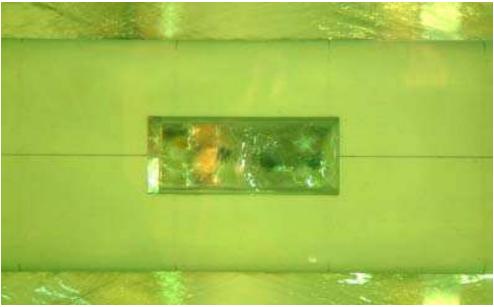
Fig. 14 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m  $\label{eq:Vs} Vs = 4 \; knot$ 





Fig. 15 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m  $\label{eq:Vs} Vs = 6 \; knot$ 





AFT← →FORE

Fig. 16 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m  $\label{eq:Vs} Vs = 8 \; knot$ 

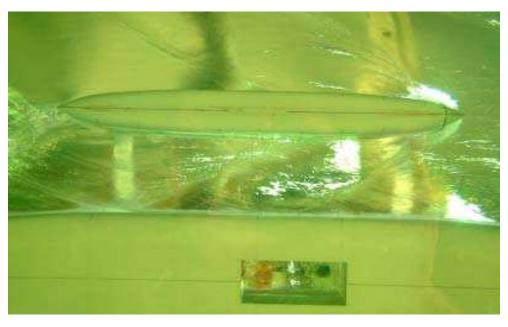




Fig. 17 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m  $\label{eq:Vs} Vs = 10 \; knot$ 





Fig. 18 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. Step 2.0m  $\label{eq:Vs} Vs = 12 \; knot$ 

Fig. 16 에서 Fig. 18 은 Moonpool 내의 Step 높이를 2.0m로 한 경우 Moonpool 내부의 유동현상과 저항성능(Table 4), Moonpool 내부의 유동현상과 선체운동과의 연관성을 실험한 경우이다.

Fig. 4에서 Fig. 6의 저항성능 비교에서도 나타났듯이 Step 높이가 1.3m에서 2.0m로 높아지면서 상대적으로 Moonpool 내부의 자유표면이 작아지고 Moonpool 내부의 유체유동현상이 현격히 줄어들어 저항성능과 Moonpool 내부의 유체유동현상에 의한 선체운동도 일어나지 않는 결과를 보였다.

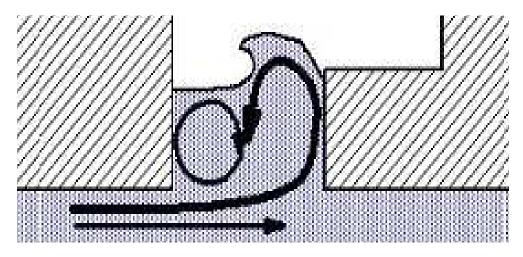


Fig. 19 Observation of Flow in Moonpool with Step 2.0m

# $\ensuremath{\mathfrak{J}}$ Full Load Condition with M.P. without Step





Fig. 20 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. without Step  $\label{eq:Vs} Vs = 4 \; knot$ 

 $\rightarrow$ FORE

AFT←





Fig. 21 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. without Step  $\label{eq:Vs} Vs = 6 \ knot$ 





Fig. 22 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. without Step  $\label{eq:Vs} Vs = 8 \ knot$ 





Fig. 23 Wave Patterns of Full Load Condition with M.P. without Step  $\label{eq:Vs} Vs = 10 \; knot$ 

Fig. 20에서 Fig. 23은 Moonpool 내의 Step의 유무가 저항성능에 미치는 영향과 선속에 따라 Moonpool 내부 유체유동의 기진력이 선체운동에 미치는 영향을 조사 하기 위하여, Moonpool 내부의 유동현상과 저항성능(Table 7 및 Table 8), Moonpool 내부의 유동현상과 선체운동과의 연관성을 실험한 경우이다.

Table 7 및 Table 8에서와 같이 선속 10kts에서는 선체침수 등으로 인하여 저항시험이 불가할 정도로 Moonpool 내부의 sloshing 현상의 급격한 증가가 있었으며,이는 Moonpool 내부의 Step 이 없어지면서 Moonpool 내부의 자유표면 증가효과와 저속에서 고속으로의 선속증가는 Moonpool 내부의 유체유동을 점진적으로 증가시켜 선체운동을 일으키는 기진력으로 작용하는 것으로 나타나고 있다.

Moonpool 내부의 유체유동현상은 배의 속도와 같이 움직이게 되나, 선저에서 만나게 되는 정지 유동과의 마찰로 인해 Moonpool 내부의 유동은 일종의 Driven Cavity Flow와 같이 여러 개의 회전 유동이 나타나고, 배의 전진 속도가 빨라짐에따라 자유 수면이 상하 방향으로 오르락내리락 하는 유동으로 발전하게 되며, 이러한 유동은 Step1.3m 의 경우와 같이 흘수가 작은 경우일수록 회전이 강하고 자유수면의 주기적인 상하 이동도 심하게 나타나다가, 파랑으로 발전하게 되는 것으로 판단된다.

일정한 선속 이상이 되면, 발생되어진 파랑은 쇄파되어지면서, Moonpool의 후면 벽과 주기적으로 부딪히는 현상이 나타나게 되며, 이러한 현상은 선체운동(Pitching Motion)을 야기 시키고, 결국 저항 증가로 나타나게 된다.

## 나) Wave Profiles



Fig. 24 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 4 knot

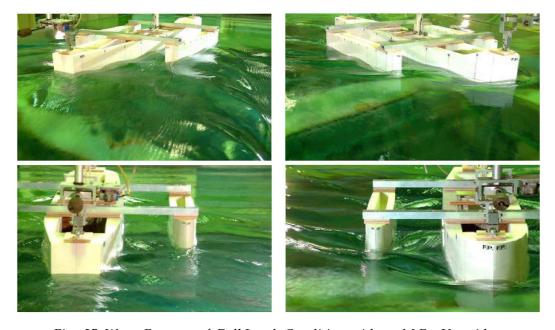


Fig. 25 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 6 knot

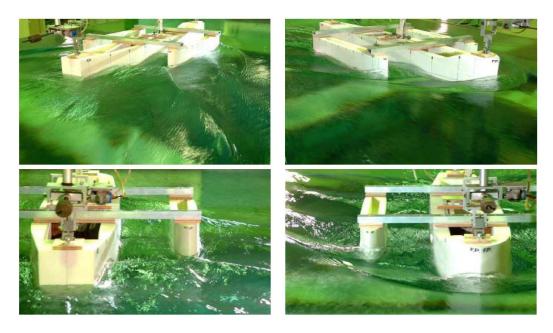


Fig. 26 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 8 knot

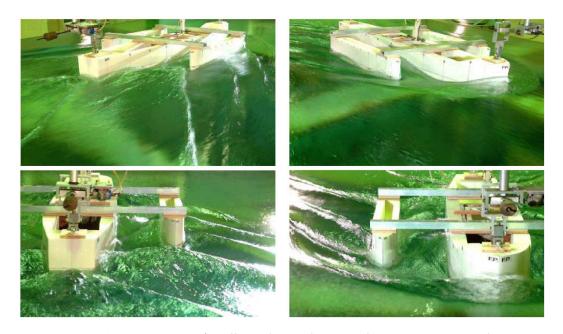


Fig. 27 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 10 knot

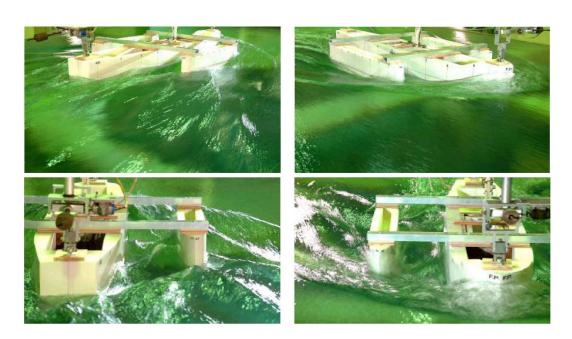


Fig. 28 Wave Patterns of Full Load Condition without M.P. Vs = 12 knot

Fig. 24 에서 Fig. 28 은 Moonpool 이 없는 상태에서 선속에 따라 선체주위에 생성되는 Wave Profile의 형상을 관찰한 실험을 나타낸 것이다.

개발선형의 개념은 저속 비대선으로서 Fn = 0.25 부근이 되는 선속 8 kts에서 Wave Breaking 현상이 두드러지게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 또한 Side Hull 과의 상호 간섭에 의한 조파저항의 급격한 증가가 예상된다.

따라서, 연안에서의 신속한 해양퇴적물의 처리를 위한 선형을 위해서는 고속선 형태의 새로운 선형의 개념이 필요하며, 주 선체와 보조선체의 간격조절 및 전후위치의 변화에 의한 저항성능의 영향 조사를 통하여 최적의 선형배치에 대한 설계기준의 도출이 필요하다 하겠다.

## 제 2 절 중앙개구부를 가지는 고속 삼동선

중앙개구부(Moonpool)는 통상 드릴쉽(Drill Ship), FPSO 등에서 시추를 위해 선체 중앙부에 장방형으로 위아래로 크게 뚫린 형태이며, 장방형의 개구부에서는 시추용 장비의 탑재 및 작업의 편의를 위하여 작업단(Step)이 설치되어 있고, 그 크기와 형상은 선박의 저항성능에 크게 영향을 준다.

따라서, 중앙개구부를 가지는 저속 삼동선은 선형 특징상, 이동시 저항의 증가로 기동성을 확보하기 어렵다.

본 연구에서는, 연안의 퇴적물처리를 위한 이동시 10노트 이상의 속도로 빠른 조류를 극복할 수 있는 Trimaran 개념의 고속선 형상을 가진 선형 설계를 수행하고 중앙 개구부 내부의 형상변화에 따른 저항성능 및 개구부 내부 유동현상 조사를 위한 모형시험을 수행하였다.

## 1. 주요 제원 및 형상

Table 10 Particulars of High Speed Type Trimaran at Full Load Condition

Main Hull Scale 23.33 Side Hull

M.S.NO.	Тур	e 3
M.S.NO.	SHIP	MODEL
Lpp(m)	28.000	1.2000
Lwl(m)	29.700	1.2429
B(m)	4.800	0.2057
D(m)	2.800	0.1200
CONDITION	FULL	LOAD
df(m)	2.000	0.0857
dm(m)	2.000	0.0857
da(m)	2.000	0.0857
trim(m)	0.000	0.0000

M.S.NO.	Тур	e 3
MI.S.INU.	SHIP	MODEL
Lpp(m)	18.000	0.7714
Lwl(m)	19.09285	0.8183
b(m)	2.500	0.1071
D(m)	2.000	0.0857
CONDITION	FULL :	LOAD
df(m)	1.200	0.0514
dm(m)	1.200	0.0514
da(m)	1.200	0.0514
trim(m)	0.000	0.0000

Table 11 Particulars of High Speed Type Trimaran at Ballast Condition

Main Hull

Scale 23.33

Side Hull

M.S.NO.	Тур	e 3
M.S.NO.	SHIP	MODEL
Lpp(m)	28.000	1.2000
Lwl(m)	29.700	1.2429
B(m)	4.800	0.2057
D(m)	2.800	0.1200
CONDITION	BALI	AST
df(m)	1.500	0.0640
dm(m)	1.500	0.0640
da(m)	1.500	0.0640
trim(m)	0.000	0.0000

M.S.NO.	Тур	e 3
M.S.NO.	SHIP	MODEL
Lpp(m)	18.000	0.7714
Lwl(m)	19.09285	0.8183
b(m)	2.500	0.1071
D(m)	2.000	0.0857
CONDITION	BALI	AST
df(m)	0.700	0.0300
dm(m)	0.700	0.0300
da(m)	0.700	0.0300
trim(m)	0.000	0.0000

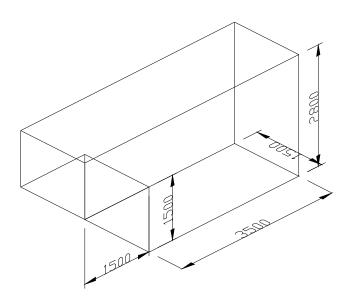


Fig. 29 고속 삼동선의 개구부 형상

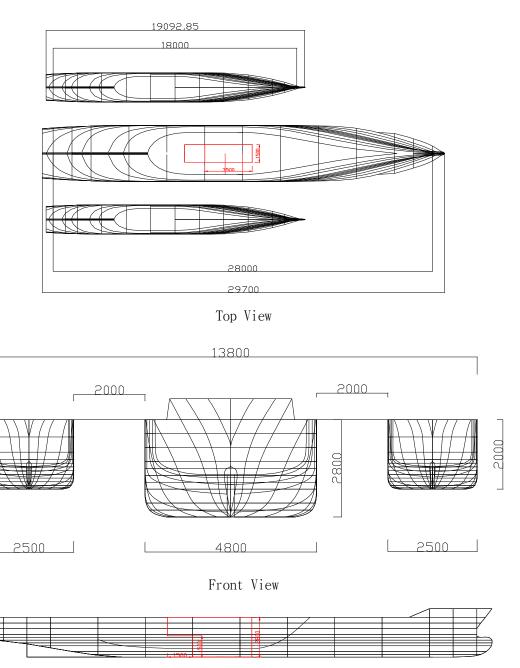


Fig. 30 High Speed Type Trimaran Hull Form

Side View

## 2. 모형시험 및 성능평가

## 가. 모형시험

모형시험은 인하공업전문대(ITCWC)의 회류수조에서 수행되었으며, 모형은 Lpp = 1.2m (1/23.33 scale)의 나무로 제작되었다. 시험이 수행된 수조의 주요제원을 Table 12에 나타내었다.

Table 12 Principal dimensions of CWC

	Whole Body	Measuring Section	
L (m)	10.0	3.5	
B (m)	1.5	1.2	
H (m)	4.0	0.7	
Max. Velocity	2.5	m/sec	



Fig. 31 Resistance Test of High Speed Trimaran

#### 나. 모형시험 조건

본 시험에서는 선체중앙부에 위치한 Moonpool 내부의 형상변화(Step 높이변화 및 Step 유무)에 따른 저항성능과 선체주위의 파형관찰을 위하여 Table 13의 시험조건에 대한 모형시험을 수행하였다.

Table 13 Test Conditions

				Test
Condition	M.P.	Step	Resistance	Wave Pattern or Flow
			Resistance	Observation
	with	1.5m	0	0
Ballast Condition at 4, 6, 8, 10, 12 knots	with	2.0m	0	0
ut 1, 0, 0, 10, 12 knots	without	-	0	
	with	1.5m	0	0
Full Load Condition at 4, 6, 8, 10, 12 knots	with	2.0m	0	0
1, 0, 0, 10, 12 Kiloto	without	-	0	

#### 다. 모형시험 해석

모형시험은 Froude의 비교법칙을 사용하여 해석하였으며, 마찰저항은 ITTC 1957 모형선-실선상관곡선을 사용하였다.

### 라. 모형시험 결과 및 해석

#### 1) Resistance Test

중앙개구부를 가지는 고속 삼동선의 중앙 개구부 내부 Step의 높이를 변화시켜 가면서 Ballast 및 Full Load Condition 에 대한 저항성능 시험을 수행하였으며 모 형시험 및 모형시험 해석 결과를 Fig. 32 ~ 44 와 Table 14 ~ 19 에 나타내었다.

## ① Ballast Condition

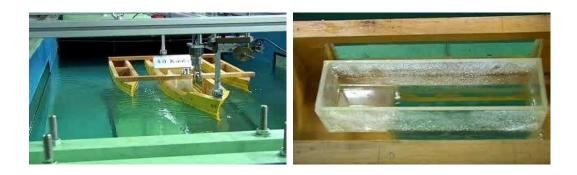


Fig. 32 Resistance Test of the Ballast Condition with Step 1.5m

Table 14 Resistance Test of the Ballast Condition with M.P Step 1.5m

Date	2005.07.14	Cf	ITTC 1957			
W.T	20.0 °C	ρ	101.800	v(10^-6)	1.00	700
Model num. Type 3 Ballast Condition						
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.59140(m)
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.6095		L/B	6.100
Volume	0.0216000(m^3)	W.S.Area	0.525000(m^2)	)		

No	\/(m/o)	D+/or)	D=(100E)	CT(100-2)	0E(100-2)	CR(10^-3)	-D(100-2)	En	Tr	im
NO.	V(III/S)	nt(gi)	HII(IU 5)	GI ( 10 -3)	u-(10-3)	un(10 -3)	וח(וט –ט)	FII	B(mm)	S(mm)
1	0.433	22.6	5.310	4.511	5.405	-0.894	-3.026	0.1244	0.7	0.4
2	0.646	52.3	7.923	4.690	4.934	-0.244	-0.826	0.1856	-0.1	-0.1
3	0.861	102.6	10.559	5.179	4.633	0.547	1.850	0.2474	-1.7	-1.1



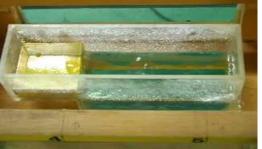


Fig. 33 Resistance Test of the Ballast Condition with Step 2.0m

Table 15 Resistance Test of the Ballast Condition with M.P Step 2.0m

Date	2005.07.14	Cf	TTTC 1957				
W.T	20.0 °C	ρ	101.800 V(10^-6)		1.0070	00	
Model nun	n. Type 3		Ballast Condition				
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.59140(m)	
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)	
lcb	0.00000(m)	Cb	0.6095		L/B	5.941	
Volume	0.0137000(m^3)	W.S.Area	0.525000(m^2	)			

No.	V(m/c)	D+(ar)	Pn(1045)	CT(100_2)	CE(10\_2\	CR(10^-3)	rD(10\_2)	Fn	Tr	im
NO.	V(III/S)	nt (gi )	nii( iU 3)	01(10 -3)	u (10 -3)	Un( 10 -3)	IN( 10 -3)	FII.	B(mm)	S(mm)
1	0.431	21.1	5.286	4.251	5.411	-1.160	-5.318	0.1238	1.0	1.0
2	0.644	52.2	7.898	4.710	4.937	-0.227	-1.042	0.1850	-0.3	0.0
3	0.860	127.4	10.547	6.446	4.634	1.812	8.309	0.2471	-1.7	-0.8
4	1.070	232.0	13.123	7.583	4.423	3.160	14.490	0.3074	-5.1	-3.2
5	1.285	373.6	15.759	8.467	4.257	4.210	19.303	0.3692	-0.2	1.8

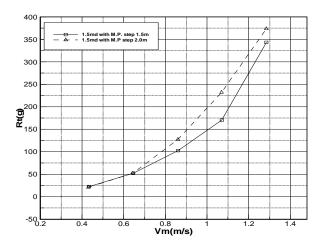


Fig. 34 Total Resistance(Rt) for the Variation of Step at Ballast Condition

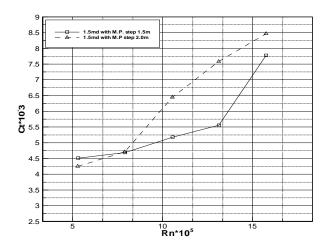


Fig. 35 Ct Values for the Variation of Step at Ballast Condition

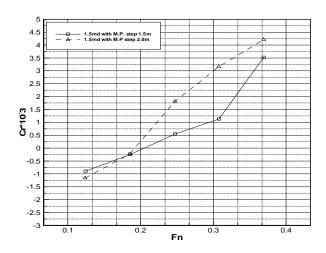


Fig. 36 Cr Values for the Variation of Step at Ballast Condition

Fig. 34 ~ Fig. 36에서 나타나듯이 Step의 높이를 2.0m로 높인 경우에는 중앙 개구부 내부의 유체 유동현상이 커지면서 선체 종운동을 일으키는 기진력을 키우게되며, 이는 선체 종운동에 의한 저항증가를 발생시키는 요인으로 작용하는 것으로 판단된다.

### ② Full Load Condition

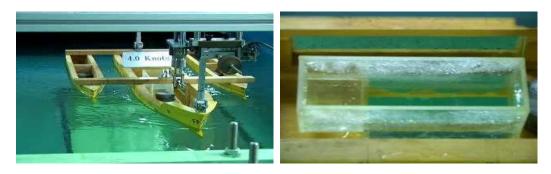


Fig. 37 Resistance Test of the Full Load Condition with Step 1.5m

Table 16 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 1.5m

Date	2005.07.14	Cf	ITTC 1957			
W.T	20.0 °C	ρ	101.800	v(10^-6)	1.00700	
Model num. Type 3 Full Load Condition						
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.59140(m)
dM	0.08570(m)	dF	0.08570(m)		dA	0.08570(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.6095		L/B	5.941
Volume	0.0216000(m^3)	W.S.Area	0.547350(m^2)			

No	\/(m/a)	Dt/or)	D <sub>2</sub> (100E)	CT(100, 2)	0T(100, 2)	CR(10^-3)	-D(100 2)	<u></u>	Tr	im
NO.	V(III/S)	Rt(gr)	mil(10 3)	GI(10 -3)	ur(10 -3)	un(10 -3)	IN( IU -3)	Fn	B(mm)	S(mm)
1	0.432	29.9	5.298	5.751	5.408	0.343	1.210	0.1241	-0.5	-1.0
2	0.643	72.3	7.886	6.277	4.939	1.338	4.720	0.1847	-2.3	-2.9
3	0.858	139.3	10.523	6.792	4.636	2.156	7.607	0.2465	-3.8	-4.7
4	1.072	266.0	13.147	8.308	4.421	3.887	13.717	0.3080	-5.8	-8.0
5	1.284	508.3	15.747	11.066	4.257	6.809	24.026	0.3689	-4.8	-15.2

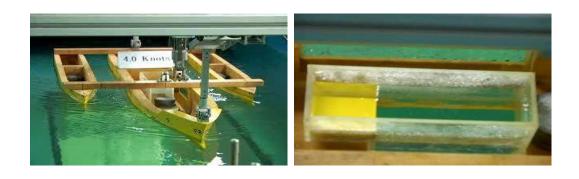


Fig. 38 Resistance Test of the Full Load Condition with Step 2.0m

Table 17 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 2.0m

Date	2005.07.14	Cf	ITTC 1957				
W.T	20.0 °C	ρ	101.800	v(10^-6)		1.00700	
Model num.	Type 3	Full Load	ull Load Condition				
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.59140(m)	
dM	0.08750(m)	dF	0.08750(m)		dA	0.08750(m)	
lcb	0.00000(m)	Cb	0.6095		L/B	5.941	
Volume	0.0216000(m^3)	W.S.Area	0.547350(m^2)				

No. 1	\/(m/o)	Dt/ar)	Dn/1005)	CT(100_2)	0F(10^-3)	(m/100-2)	) rR(10^-3)	Fn	Trim	
No.	V(III/S)	nt(gi)	nii(iU 5)	GI ( 10 -3)	u-(10-3)	UN( 10 -3)	וח( וט־ט)	ГП	B(mm)	S(mm)
1	0.431	29.7	5.286	5.739	5.411	0.328	1.158	0.1238	-0.3	-0.5
2	0.646	75.6	7.923	6.502	4.934	1.569	5.535	0.1856	-1.4	-1.6
3	0.860	147.5	10.547	7.158	4.634	2.525	8.908	0.2471	-2.8	-3.3
4	1.071	272.8	13.135	8.537	4.422	4.115	14.519	0.3077	-4.4	-6.3
5	1.284	506.2	15.747	11.021	4.257	6.763	23.865	0.3689	-3.0	-13.0

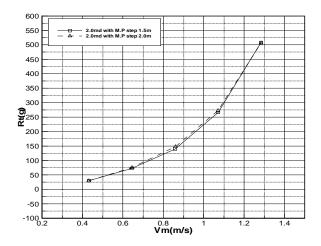


Fig. 39 Total Resistance(Rt) at Full Load Condition

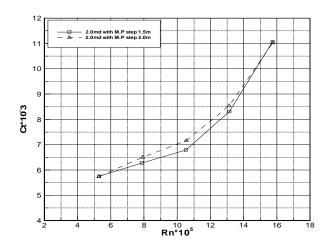


Fig. 40 Ct Values at Full Load Condition

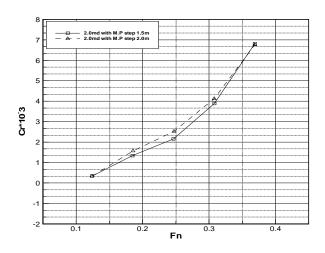


Fig. 41 Cr Values at Full Load Condition

Fig. 39 ~ Fig. 41은 Full Load Condition에서 Step의 높이를 변화시킨 경우의 저항성능을 나타낸 것이다.

Full Load Condition에서는 Ballast Condition의 경우와 달리 Step의 높이를 변화시켜도 중앙 개구부 내부의 유체 유동현상이 크게 변하지 않으며, 이에따라 저항성능의 변화도 크게 변하지 않는 것을 알 수 있다.

## ③ Ballast and Full Load Condition without Moonpool

Table 18 Resistance Test of the Ballast Condition without M.P

Date	2005.07.14	Cf	ITTC 1957				
W.T	20.0 °C	ρ	101.800	101.800 v(10^-6)		1.00700	
Model num	. Type 3	Ballast Condition					
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.59140(m)	
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)	
lcb	0.00000(m)	Cb	0.6095		L/B	5.941	
Volume	0.0137000(m^3)	WSArea	a 0.525000(m^2)				

Volume 0.0137000(m<sup>3</sup>) W.S.Area 0.525000(m<sup>2</sup>)

No.	\/(m/o)	D+/ar\	D <sub>2</sub> (1005)	OT(100-2)	0E(100-2)	CR(10^-3)	*D(100-2)	Fn	Trim	
NO.	V(III/S)	nt(gi)	nii(iU 5)	GI ( 10 -3)	u-(10-3)	UN( 10 -3)	וחנוט –ט)	FII	B(mm)	S(mm)
1	0.428	18.9	5.249	3.861	5.419	-1.558	-7.145	0.1230	-2.5	-3.1
2	0.643	45.4	7.886	4.109	4.939	-0.830	-3.804	0.1847	-3.8	-3.9
3	0.857	85.8	10.510	4.372	4.637	-0.266	-1.218	0.2462	-5.3	-4.9
4	1.073	145.7	13.159	4.736	4.420	0.316	1.447	0.3083	-7.4	-7.5
5	1.284	319.1	15.747	7.243	4.257	2.986	13.688	0.3689	-7.0	-12.6

Table 19 Resistance Test of the Full Load Condition without M.P

Date	2005.07.12	Cf	ITTC 1957				
W.T	20.0 °C	ρ	101.800	v(10^-6)		1.00700	
Model num.	Type 3	Full Load Condition					
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.59140(m)	
dM	0.08570(m)	dF	0.08570(m)		dA	0.08570(m)	
lcb	0.00000(m)	Cb	0.6095		L/B	5.941	
Volume	0.0216000(m^3)	W.S.Area	0.547350(m^2)				

No V(m/o) D+(c	Rt(gr) Rn(10^5)	CT(100 2) CT	C(100, 2)	(10√3)	-D(100 0)	Fn	Trim			
NO.	V(III/S)	nt(gi)	HII(IU 5)	GI (10 -3)	u-(10 -3)	un(10 -3)	IN(10 -3)	FII	B(mm)	S(mm)
1	0.431	28.8	5.286	5.565	5.411	0.154	0.544	0.1238	-1.1	-1.2
2	0.645	71.1	7.910	6.134	4.936	1.199	4.230	0.1853	-2.8	-2.8
3	0.861	138.5	10.559	6.706	4.633	2.073	7.316	0.2474	-4.2	-4.6
4	1.071	266.9	13.135	8.352	4.422	3.930	13.868	0.3077	-5.8	-7.6

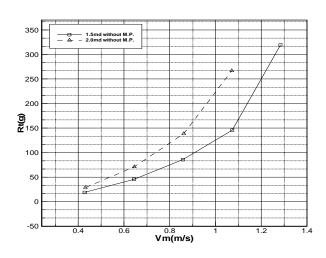


Fig. 42 Total Resistance(Rt) at Ballast and Full Load Condition

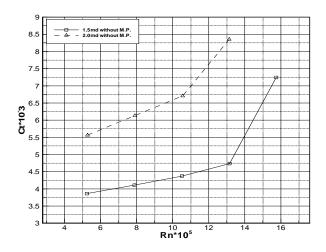


Fig. 43 Ct Values at Ballast and Full Load Condition

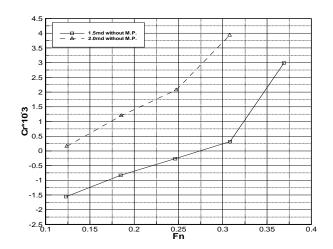


Fig. 44 Cr Values at Ballast and Full Load Condition

#### 2) Wave Patterns and Flow in the Moonpool

선속에 따른 선체주위 파형과 Moonpool 내부의 유동현상에 대해 관찰하였다.

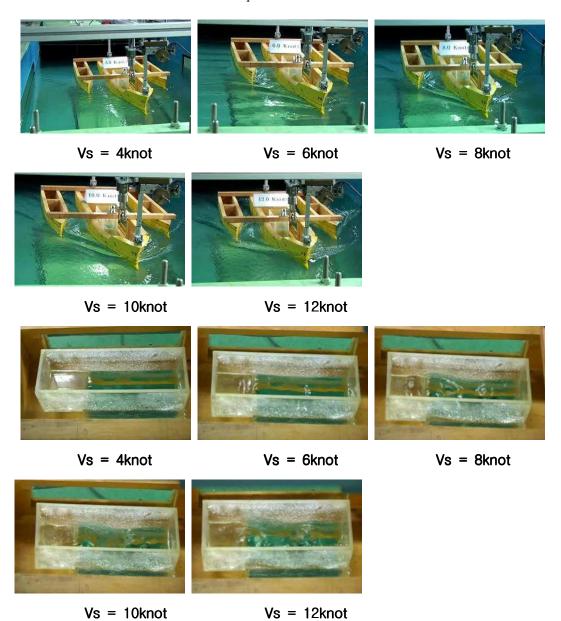


Fig. 45 Wave patterns and Flow in the M.P. of the Ballast Condition with 1.5m Step

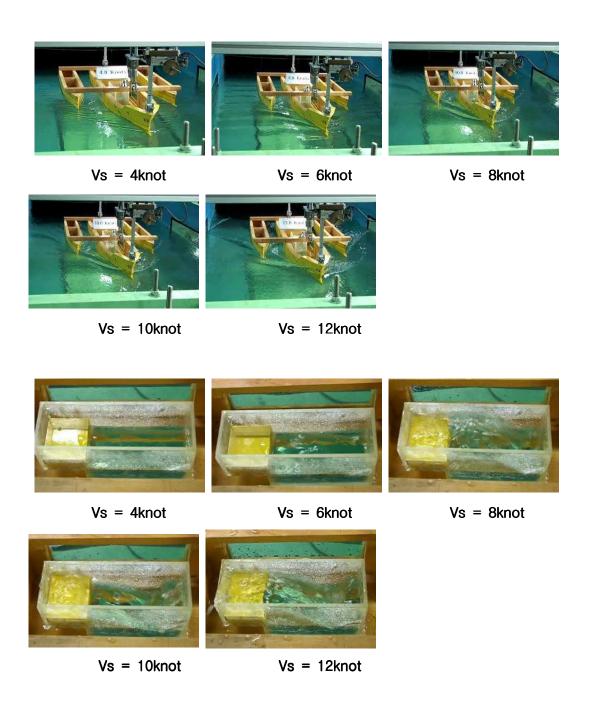


Fig. 46 Wave patterns and Flow in the M.P. of the Ballast Condition  $\mbox{with } 2.0 \mbox{m Step}$ 

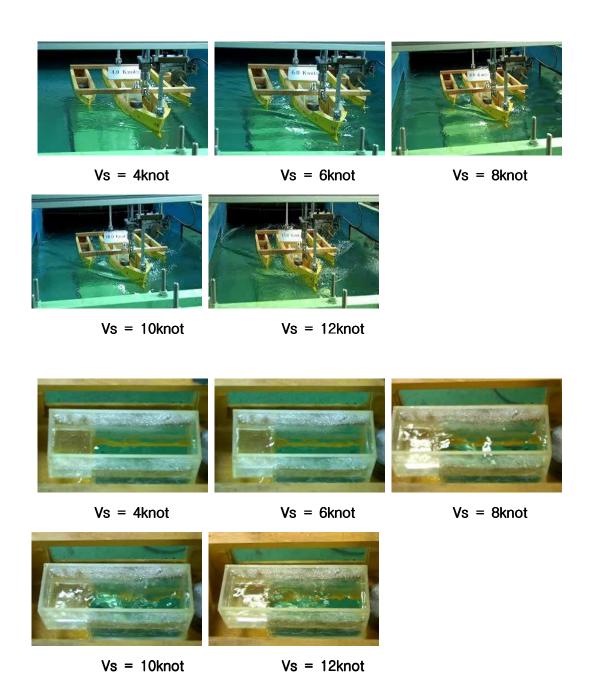


Fig. 47 Wave patterns and Flow in the M.P. of the Full Load Condition with 1.5m Step

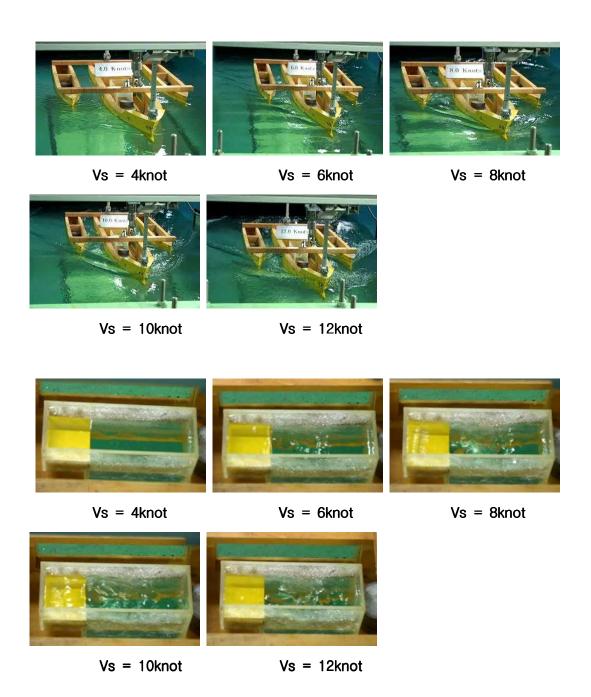


Fig. 48 Wave patterns and Flow in the M.P. of the Full Load Condition with 2.0m Step

## 제 3 절 단동선 및 중앙개구부 내부의 유체유동 특성

본 연구에서는 단동선의 선체중앙부 개구부 내부의 형상변화에 따른 저항성능 및 개구부 내부 유동현상 조사를 위한 모형시험을 수행하였다.

## 1. 주요 제원 및 형상

본 연구 대상 선박의 주요 제원과 형상을 Table 5.20과 Fig. 5.49에 각각 나타내었다.

Table 20 Principal Dimensions of Mono Hull

		Full Load condition	Ballast condition
L <sub>pp</sub>	(m)	28.000	28.000
Lwl	(m)	29.700	29.700
В	(m)	4.8	4.8
d	(m)	2.0	1.5
$\nabla$	(m³)	186.1	135.9
W.S.A	. (m²)	298.0	285.8
	Cb	0.65	0.61

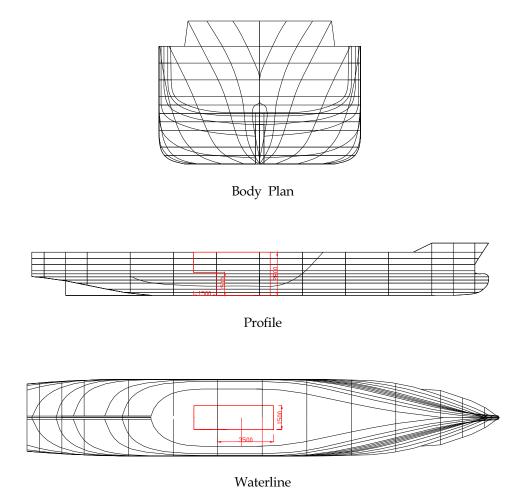


Fig. 49 Lines Plan of Mono Hull

## 2. 모형시험 및 성능평가

## 가. 모형시험

모형시험은 인하공업전문대(ITCWC)의 회류수조에서 수행되었으며, 모형은 Lpp = 1.2m (1/23.33 scale)의 나무로 제작되었다.

## 나. 모형시험 조건

본 시험에서는 선체중앙부에 위치한 Moonpool 내부의 형상변화에 따른 저항성 능과 중앙개구부 내부의 유동특성 관찰을 위하여 Table 21의 시험조건에 대한 모 형시험을 수행하였다.

Table 21 Test Conditions

				Test
Condition	M.P.	Step	Resistance	Wave Pattern or Flow Observation
	with	1.5m	0	0
Ballast Condition	with	2.0m	0	0
at 4, 6, 8, 10, 12 knots	with	Shape Variation	0	0
	with	1.5m	0	0
Full Load Condition	with	2.0m	0	0
at 4, 6, 8, 10, 12 knots	with	Shape Variation	0	0

선체중앙부에 위치한 개구부는 장방형으로 내부에 작업단을 가지고 있다.

중앙개구부 내부의 작업단 형상 변화에 따른 개구부 내부의 유동특성과 선박의 성능과의 관계를 조사하기 위한 개구부 특징 및 형상은 Fig. 5.50과 같다.

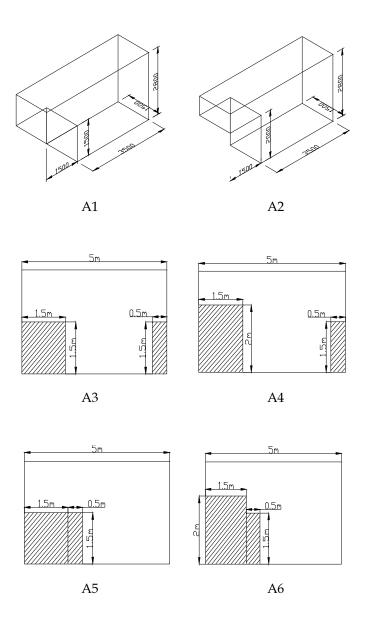


Fig. 50 Moonpool shape and Step Height for model test

## 다. 모형시험 결과 및 해석

## 1) 중앙 개구부 Step 높이 변화에 대한 저항시험

## ① Ballast Condition

#### ■ A1 Case



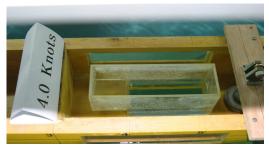


Fig. 51 Resistance Test of the Ballast Condition with Step 1.5m

Table 22 Resistance Test of the Ballast Condition with M.P Step 1.5m

Date	2005.07.15	Cf	ITTC 1957			
W.T	22.0 °C	ρ	99.785	v(10^-6)	1.0070	00
Model num.	Type 4	Ballast C	Condition			
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.20570
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.3194		L/B	5.941
Volume	0.010700(m^3)	W.S.Area	0.525000(m^2)			

No.	\/(m/o)	D+(ar)	Do/ 1005)	CT(100_2)	Œ(10\_2)	OR(10^-3)	rD(100_2)	Fn	Tr	im
NO.	V(III/S)	nt(gi)		UI ( 10 -3)	u-(10-5)	UT( 10 -0)	וה(וט או	_ FII	B(mm)	S(mm)
1	0.431	17.9	5.286	3.679	5.411	-1.732	-9.362	0.1238	-1.0	-0.9
2	0.644	35.0	7.898	3.222	4.937	-1.715	-9.273	0.1850	-2.1	-1.4
3	0.859	64.6	10.535	3.342	4.635	-1.293	-6.988	0.2468	-3.5	-2.0
4	1.069	110.9	13.110	3.705	4.424	-0.719	-3.885	0.3071	-5.1	-3.2
5	1.283	209.1	15.735	4.850	4.258	0.592	3.198	0.3686	-6.7	-6.4

## A2 Case



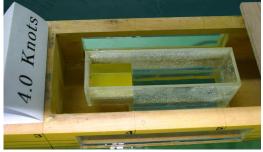


Fig. 52 Resistance Test of the Ballast Condition with Step 2.0m

Table 23 Resistance Test of the Ballast Condition with M.P Step 2.0m

Date	2005.07.18	Cf	ITTC 1957			
W.T	22.0 °C	ρ	99.785	v(10^-6)	1.0070	00
Model num.	Type 4	Ballast C	Condition			
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.20570
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.3194		L/B	5.941
Volume	0.010700(m^3)	W.S.Area	0.525000(m^2)			

No	\/(m/o)	Rt(gr)	D=(100E)	CT(100_2)	Œ(100-2)	OR(10^-3)	*D(100_2)	Fn	Tr	im
No.	V(III/S)	nt(gi)	HII(IU 5)	GI (10 -3)	u-(10 -3)	un(10 -3)	IN( 10 -3)	ГШ	B(mm)	S(mm)
1	0.431	13.9	5.286	2.857	5.411	-2.554	-13.806	0.1238	-0.3	-0.2
2	0.644	33.3	7.898	3.065	4.937	-1.872	-10.119	0.1850	-1.3	-0.6
3	0.857	78.7	10.510	4.091	4.637	-0.546	-2.954	0.2462	-2.8	-1.4
4	1.071	151.8	13.135	5.052	4.422	0.631	3.409	0.3077	-4.5	-3.2
5	1.283	249.1	15.735	5.777	4.258	1.519	8.213	0.3686	-1.5	-3.5

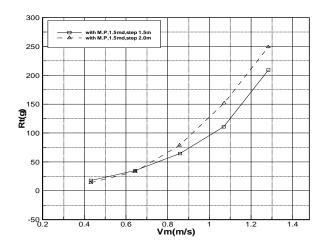


Fig. 53 Total Resistance(Rt) for the Variation of Step at Ballast Condition

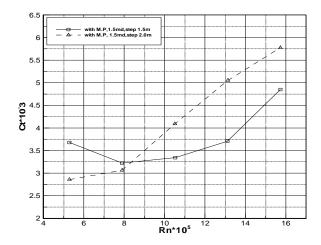


Fig. 54 Ct Values for the Variation of Step at Ballast Condition

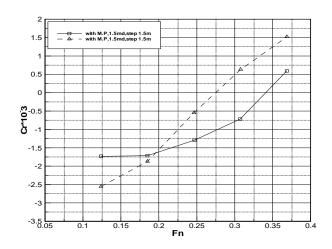


Fig. 5.55 Cr Values for the Variation of Step at Ballast Condition

Ballast Condition에 대한 Fig. 53 ~ Fig. 55의 저항시험 결과는 Fig. 34 ~ Fig. 36의 고속 삼동선의 경우에서와 같이 Step의 높이를 2.0m로 높인 경우에 중앙 개구부 내부의 유체 유동현상이 커지면서 선체 종운동을 일으키는 기진력을 키우게 되며, 이는 선체 종운동에 의한 저항증가를 발생시키는 요인으로 작용하는 것으로 나타나고 있다.

## ② Full Load Condition

## ■ A1 Case



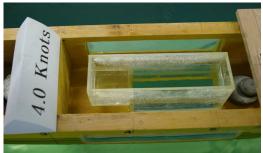


Fig. 56 Resistance Test of the Full Load Condition with Step 1.5m

Table 24 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 1.5m

Date	2005.07.18	Cf	ITTC 1957			
W.T	22.0 °C	ρ	99.785	v(10^-6)	1.0070	00
Model num.	Type 4	Full Load	d Condition			
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.20570
dM	0.08570(m)	dF	0.08570(m)		dA	0.08570(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.6095		L/B	5.941
Volume	0.0146500(m^3)	W.S.Area	0.547350(m^2)			

No	\/(m/o)	D+/~~\	D=(100E)	CT(100, 2)	CT(100, 2)	OR(10^-3)	rR(10^-3)	Fn	Tr	im
No.	V(m/s)	Rt(gr)	mil(iU 5)	GI (10 -3)	u-(10 -3)	un( 10 -3)	In(10 -3)	ГШ	B(mm)	S(mm)
1	0.431	19.0	5.286	3.745	5.411	-1.665	-7.612	0.1238	-0.2	-0.2
2	0.646	40.3	7.923	3.536	4.934	-1.398	-6.388	0.1856	-1.3	-1.0
3	0.860	72.6	10.547	3.595	4.634	-1.039	-4.750	0.2471	-3.5	-2.6
4	1.071	123.9	13.135	3.955	4.422	-0.466	-2.132	0.3077	-5.1	-4.2
5	1.285	293.2	15.759	6.502	4.257	2.245	10.264	0.3692	-6.3	-8.0

## A2 Case



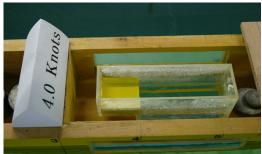


Fig. 57 Resistance Test of the Full Load Condition with Step 2.0m

Table 25 Resistance Test of the Full Load Condition with M.P Step 2.0m

Date	2005.07.18	Cf	ITTC 1957			
W.T	22.0 °C	ρ	99.785	v(10^-6)	1.0070	0
Model num.	Type 4	Full Load	d Condition			
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.20570
dM	0.08570(m)	dF	0.08570(m)		dA	0.08570(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.6095		L/B	5.941
Volume	0.0146500(m^3)	W.S.Area	0.547350(m^2)			

No	V(m/c)	D+(ar)	Pn(1005)	CT(100_2)	CE(10\_2)	OR(10^-3)	rD(10^_2)	Fn	Tr	im
NO.	V(III/S)	nt(gi)	nii( iU 5)	GI (10 -3)	u-(10 -3)	un( IU -3)	IN( IU -3)	ГШ	B(mm)	S(mm)
1	0.431	16.5	5.286	3.253	5.411	-2.158	-9.864	0.1238	-1.0	-1.1
2	0.646	38.0	7.923	3.334	4.934	-1.599	-7.311	0.1856	-1.8	-1.6
3	0.859	74.7	10.535	3.707	4.635	-0.928	-4.241	0.2468	-3.5	-2.8
4	1.070	125.1	13.123	4.001	4.423	-0.421	-1.927	0.3074	-5.3	-4.4
5	1.286	291.1	15.772	6.446	4.256	2.190	10.008	0.3695	-6.4	-8.3

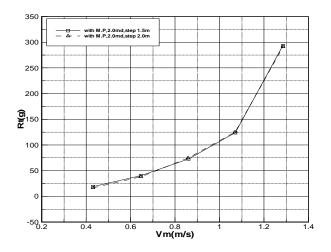


Fig. 58 Total Resistance(Rt) at Full Load Condition

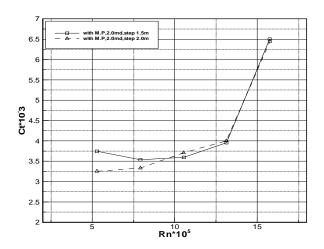


Fig. 59 Ct Values at Full Load Condition

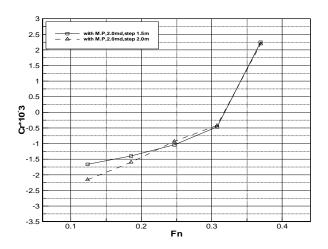


Fig. 60 Cr Values at Full Load Condition

Fig. 58 ~ Fig. 60은 Full Load Condition에서 Step의 높이를 변화시킨 경우의 저항성능을 나타낸 것이다.

Fig. 39 ~ Fig. 41의 고속 삼동선의 경우에서와 같이 Step의 높이를 변화시켜도 중앙 개구부 내부의 유체 유동현상이 크게 변하지 않으며, 이에따라 저항성능의 변화도 크게 변하지 않는 것을 알 수 있다.

## 2) 중앙 개구부 Step 형상 변화에 대한 모형시험

개구부 내부의 유동특성과 선박의 성능과의 관계를 조사하기 위하여, 작업단의 형상을 변화시켜 가면서 모형시험을 수행하였다.

#### A3 Case



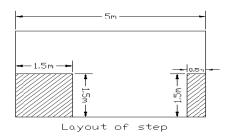


Fig. 61 Resistance Test for the A3 Case & Layout of Step

Table 26 Resistance Test for the A3 Case

Date	2005.07.19	Cf	ITTC 1957			
W.T	22.0 °C	ρ	99.785	v(10^-6)	1.0070	00
Model num.	Type 4	Ballast C	Condition			
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.20570
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.3194		L/B	5.941
Volume	0.0010000(m^3)	W.S.Area	0.525000(m^2)			

No	V(m/o)	D+(ar)	Dn/1005\	CT(100_2)	CE(100_2)	CR(10^-3)	-D(100_2)	Fn	Tr	im
NO.	V(III/S)	nt(gi)	nii( iU 5)	GI ( 10 -3)	u-(10 -3)	UN( 10 -3)	IN( 10 -3)	ГП	B(mm)	S(mm)
1	0.643	29.5	7.886	2.724	4.939	-2.215	-12.526	0.1847	-1.2	-0.8
2	0.859	54.4	10.535	2.815	4.635	-1.820	-10.294	0.2468	-2.4	-1.3
3	1.070	90.4	13.123	3.014	4.423	-1.408	-7.964	0.3074	-4.0	-2.4

## ■ A4 Case



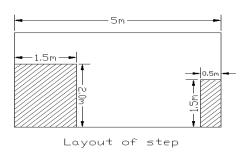


Fig. 62 Resistance Test for the A4 Case & Layout of Step

Table 27 Resistance Test for the A4 Case

Date	2005.07.19	Cf	ITTC 1957			
W.T	22.0 °C	ρ	99.785	v(10^-6)	1.0070	0
Model num.	Type 4	Ballast C	ondition			
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.20570
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.3194		L/B	5.941
Volume	0.0010000(m^3)	W.S.Area	0.525000(m^2)			

No	No. V(m/s) Rt	D+(ar) Da	D=/100E)	CT( 100, 2)	OT(100, 2)	CD(10A 2)	-D(100 0)	<b>-</b>	Trim	
NO.	V(III/S)	nt(gr)	HII(IU 5)	GI (10 -3)	GF(10 -3)	UN( 10 -3)	IH( 10 -3)	FII	B(mm)	S(mm)
1	0.644	30.7	7.898	2.826	4.937	-2.111	-11.940	0.1850	-1.9	-1.9
2	0.858	61.5	10.523	3.189	4.636	-1.447	-8.182	0.2465	-3.3	-2.4
3	1.071	133.0	13.135	4.427	4.422	0.005	0.028	0.3077	-5.1	-3.7



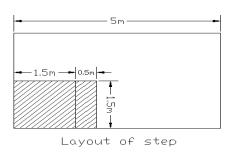


Fig. 63 Resistance Test for the A5 Case & Layout of Step

Table 28 Resistance Test for the A5 Case

Date	2005.07.19	Cf	ITTC 1957			
W.T	22.0 °C	ρ	99.785	v(10^-6)	1.0070	00
Model num.	Type 4	Ballast C	Condition			
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.20570
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.3194		L/B	5.941
Volume	0.0010000(m^3)	W.S.Area	0.525000(m^2)			

No. V(m/s) R	Dt (ar )	D=(100E)	CT(100, 2)	OT(100, 2)	CD(100, 2)	-D(10A 0)	<b>C</b>	Trim		
NO.	V(III/S)	nt(gr)	HII( IU 5)	GI (10 -3)	G (10 -3)	un( 10 -3)	IH( IU -3)	Fn	B(mm)	S(mm)
1	0.645	29.5	7.910	2.707	4.936	-2.228	-12.047	0.1853	-1.8	-1.4
2	0.861	60.4	10.559	3.111	4.633	-1.522	-8.228	0.2474	-3.4	-2.2
3	1.073	108.9	13.159	3.611	4.420	-0.809	-4.373	0.3083	-5.0	-3.4

## ■ A6 Case



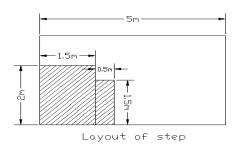


Fig. 64 Resistance Test for the A6 Case & Layout of Step

Table 29 Resistance Test for the A6 Case

Date	2005.07.19	Cf Type	3 ITTC 1957			
W.T	22.0 °C	ρ	99.785	v(10^-6)	1.0070	00
Model num.	Type 4	Ballast C	ondition			
Lpp	1.2000(m)	Lwl	1.2350(m)		В	0.20570
dM	0.06400(m)	dF	0.06400(m)		dA	0.06400(m)
lcb	0.00000(m)	Cb	0.3194		L/B	5.941
Volume	0.0010000(m^3)	W.S.Area	0.525000(m^2)			

No	No. V(m/s) Rt(gr)	(ar) Da(100E) CT	CT(100 2) CT(100 (	OT(100, 2)	CD(100, 2)	-D(10A 0)	<b>-</b>	Trim		
NO.	V(III/S)	nt(gr)	HII( IU 5)	GI (10 -3)	u-(10 -3)	UN( 10 -3)	TH( 10 -3)	FII	B(mm)	S(mm)
1	0.645	29.8	7.910	2.735	4.936	-2.201	-12.447	0.1853	-1.3	-0.9
2	0.860	51.9	10.547	2.679	4.634	-1.955	-11.055	0.2471	-2.8	-1.5
3	1.071	87.1	13.135	2.899	4.422	-1.523	-8.612	0.3077	-3.4	-2.4

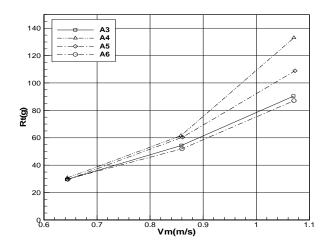


Fig. 65 Comparison of Total Resistance(Rt)

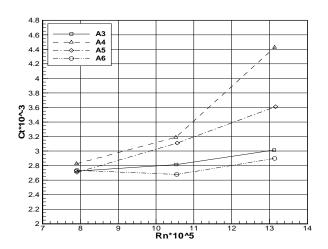


Fig. 66 Comparison of Ct Values

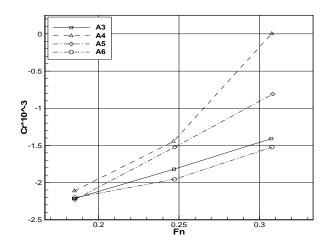


Fig. 67 Comparison of Cr Values

#### 3) 개구부 내부 유동과 선박 성능

개구부의 내부에는 홀수와 같은 높이의 자유 수면이 존재하게 되며, 선박이 전진하게 되면 개구부 내부의 물이 일종의 Driven Cavity Flow와 같은 내부 유동과 더불어 일정 한 주기를 갖고 상하 유동이 발생하는 현상이 나타나게 된다. (2)

어느 일정 속도에서는 개구부의 자유 수면이 파랑(Wave)으로 발전하게 되고 쇄파 (Wave Breaking)까지도 일어나게 되며, 개구부의 내부 벽면을 주기적으로 치게 되는데, 이러한 현상은 선체 종운동(Pitching)을 일으키는 기진력(Exciting Force)으로 작용하여 정수 중 저항을 증가시키는 결과로 나타나게 된다.

Fig. 68에는 10.0 노트에서 홀수변화와 개구부 내부 작업단 변화에 따른 유동현상을 나타내었다.

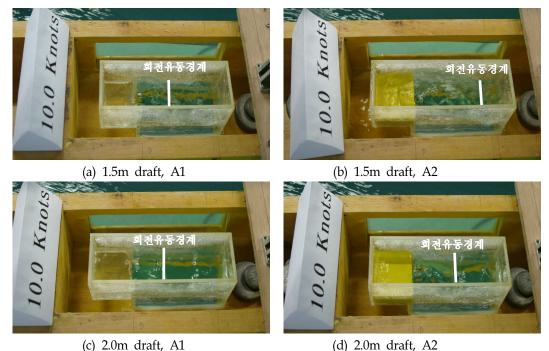


Fig. 68 Flow patterns at 10.0 kts for 2 draft and step conditions in moonpool

개구부 내부의 유동은 10.0 노트에서 쇄파현상을 보이며, 천홀수에서 그 현상은 두드러 진다. Fig. 68의 (a)와 (b), (c)와 (d)는 1.5m 및 2.0m의 각각의 홀수에서 작업단의 높이 변화에 의한 개구부 내부의 유동현상을 관찰한 것으로, 작업단이 높아지는 경우 개구부 내부의 상하유동이 작업단의 벽면을 타고 오르면서 회전유동의 크기가 크게 나타나는 것을 보이고 있다.

(b)와 (d)는 1.5m 홀수 (a)와 2.0m 홀수 (c)의 작업단을 높인 것으로 낮은 홀수인 (b)의 내부유동이 (d)의 경우보다 강하게 나타나고 있다. 이는 높아진 작업단의 벽면을 타고 오르면서 커지는 회전유동에 의해 선체의 종운동을 일으키는 기진력으로 작용하게 되는 파랑충격이 발생하고 Fig. 71에 나타낸바와 같이 상대적으로 작은 배수량을 갖는 (b)의 선체 종운동이 크게 나타나는 것으로 판단된다.

Table 30에는 Molin(2001)의 개구부 고유주기(Natural Period) <sup>(3)</sup>에 대한 해석적 방법으로 부터 2차원 피스톤 모드(Piston Mode)와 슬로싱 모드(Sloshing Mode)에 대해 중앙 개구부의 고유주기를 구하고 선박의 종요주기(Harold 1965)<sup>(4)</sup>와 비교하였다.

Table 30 Natural periods of moonpool and ship

Moor	2.0)	Claire				
		h=1	.5m	h=2	Ship	
Scale		Full	Model	Full	Model	Full
Period		T(s)	T(s)	T(s)	T(s)	T(s)
2D Piston		2.76	0.57	3.18	0.66	
Mode		2.70	0.57	3.10	0.00	
2D	1	2.26	0.47	2.18	0.45	2.55
Sloshing	2	1.50	0.31	1.50	0.31	~ 2.76
Mode	3	1.22	0.25	1.22	0.25	

1.5m 흘수에서 개구부 내부의 파랑주기가 선체 종요주기(Pitching Period)와 동조되는 것을 보이며, 이 경우에 Fig. 68과 Fig. 71에서와 같이 파랑 및 선체 종운동의 크기가 최대가 되는 것으로 나타나고 있다.

Fig. 69 와 Fig.70은 Fig. 68에서 관찰한 내부유동 현상에 따른 저항성능과 트림 변화

에 대한 계측 결과를 나타낸 것이다.

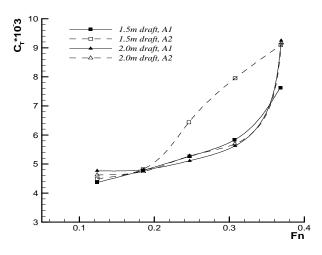


Fig. 69 Comparison of resistance performance

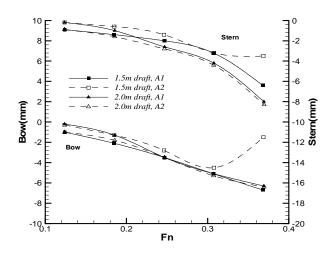


Fig. 5.70 Comparison of trim angles

1.5m 홀수인 A1과 A2의 저항증가 비교에서 설계속도 10.0 노트 (Fn = 0.307)부근에서 A2의 저항 증가율이 가장 크게 나타나고 있다. 이는 Fig. 68에서 관찰한 바와 같이 개구부 내부의 유동현상이 커지면서 생기는 선체 종운동에 의한 부가저항에 기인한 것으로 판단된다.

Fig. 70은 선수 및 선미에서의 트림 변화를 나타낸 것으로1.5m 홀수 A2인 경우 10.0 노트에서 트림 변화량이 가장 크게 나타나고 있으며, 이후의 속도에서는 급격히 줄어들고 있는 것을 보이고 있다. 이는 10.0 노트 부근에서 선체 종운동이 극심하게 일어나고 있음을 의미하며, Fig. 69의 10.0 노트에서 저항증가의 결과로 나타나게 된다.

Fig. 71은 개구부 내부의 유동에 기인한 선체 종운동의 계측결과를 비교한 것으로 각속도에서 종운동의 평균진폭을 나타낸 것이다.

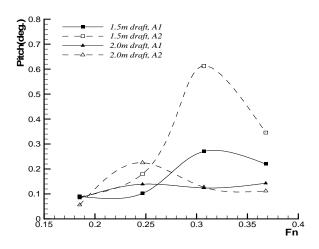


Fig. 71 Comparison of pitching motions caused by flows in the moonpool

Fig. 71의 1.5m 흘수 A2 는 10.0 노트(Fn=0.307)에서 선체 종운동이 최대가 되는 것을 나타내고 있으며 그에 따른 저항증가로 나타남을 알 수 있다.

2.0m 홀수에서는 종운동의 크기가 줄어들고 있으며, 종운동의 최대 발생위치도 낮은 선속(Fn=0.247)으로 이동되고 있다.

#### 4) 작업단 형상에 따른 개구부 내부 유동과 선박 성능

개구부 내부의 유동현상을 제어하기 위해 내부 작업단의 형상을 변화시켰으며, 이에따른 저항성능과 트림 변화를 조사하여 Fig. 73과 Fig. 74에 비교하여 나타내었다.

Fig. 72는 내부 작업단의 형상 변화에 따른 유동특성을 나타내는 것으로 홀수 1.5m에서 작업단의 높이 및 위치변화에 의한 내부 유동현상을 관찰한 것이다.

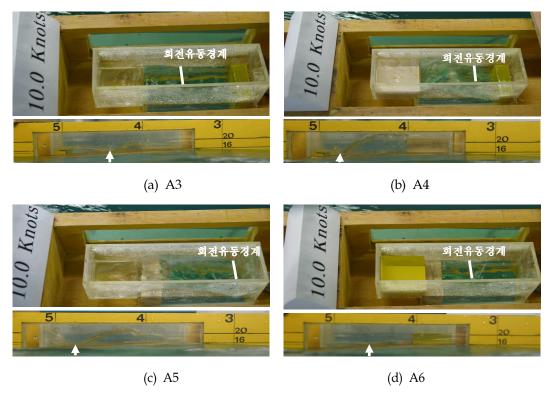


Fig. 72 Flow patterns at 10.0 kts due to variation of step in moonpool

Fig. 72 의 A3와 A4 경우는 Fig. 68 의 (a) 및 (b)에 선수쪽으로 1.5m 높이의 작업단을 설치한 것으로, 개구부 내부의 자유표면이 줄어드는 효과로 인하여 유동현상은 Fig. 68 의 (a) 및 (b)와 유사하나 파랑충격의 강도가 줄어듦으로써 Fig. 73 에서와 같이 A4의 경우 1.5m 홀수 A2와 비교하여 10.0 노트에서의 저항은 30% 정도 줄어들고 있다.

A5와 A6는 Fig. 68 의 (a) 및 (b)에 선미쪽으로 1.5m 높이의 작업단을 설치한 것으로,

A3와 A4 의 경우와는 반대되는 유동현상을 보이고 있다.

같은 크기의 자유표면을 갖는 개구부에서 A3와 A5의 유동현상의 차이는 A5의 경우 작업단의 상부면적이 증가함에 따라 작업단 위로 오르내리는 유동이 개구부의 회전유동과 합쳐지면서 상하유동을 증가시키는 것으로 판단된다.

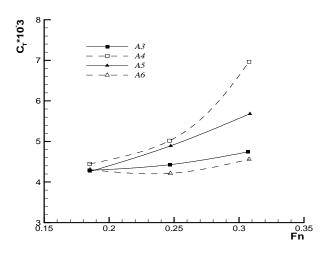


Fig. 73 Comparison of resistance performance

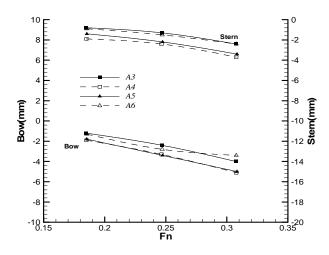


Fig. 74 Comparison of trim angles

Fig. 74는 Fig. 72의 각 경우에 대한 트림 변화를 나타낸 것으로 Fig. 73에서와 같이 트림 변화량이 작은 A6의 저항이 가장 작게 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 75는 Fig. 72의 각 경우에 대해, 선수수선(F.P.)에서 선체 종운동의 계측 결과를 나타낸 것으로, A3와 A6의 선체 종운동이 가장 작게 나타나는 것을 보여주고 있으며, Fig. 73의 저항결과와도 같은 경향을 보여주고 있다.

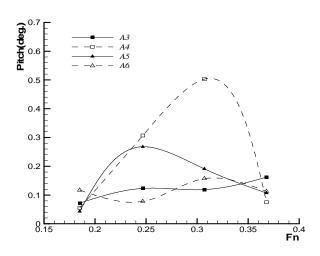


Fig. 75 Comparison of pitching motions caused by flows in the moonpool

개구부의 자유표면이 줄어들면서, 작업단 상부의 면적이 커지는 A3 및 A5의 선체 종 운동의 최대치는 낮은 속도 범위로 이동되고 있다.

#### 5) 결과 및 고찰

본 연구에서는 연안해저퇴적물 처리선박의 개구부 형상변화에 따른 저항성능과 개구부 내부의 유체유동을 회류수조에서 모형시험을 통하여 조사하였다.

개구부 내부의 유동은 선속과 내부형상에 의존하며, 선박의 내부에 작업단이 없거나 높은 경우에 10.0 노트에서 가장 큰 내부유동을 가지며, 저항증가는 크게 35% 정도 증가 되었다.

선체 종운동으로 인한 부가저항을 유발시키는, 내부의 유동을 억제하기 위해서는 작업 단을 설치하고 형상은 계단형태로 하며 수면하부에 위치하도록 하여야 한다.

# 라. Wave Patterns and Flow in the Moonpool

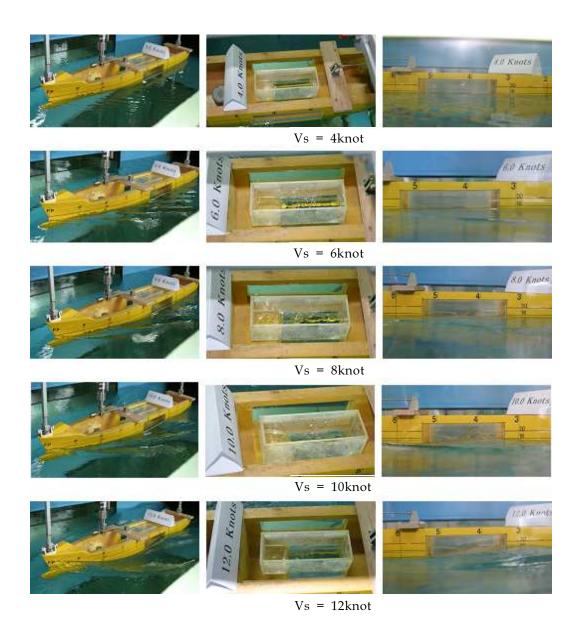


Fig. 76 Wave patterns and Flow of A1 Case at Ballast Condition

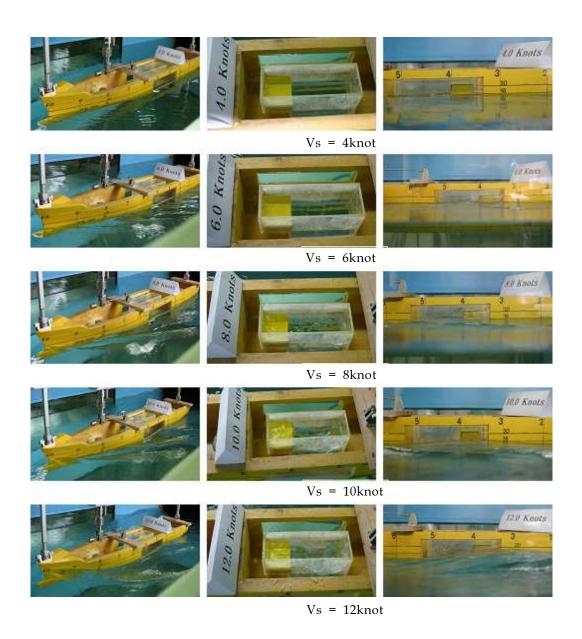


Fig. 77 Wave patterns and Flow of A2 Case at Ballast Condition

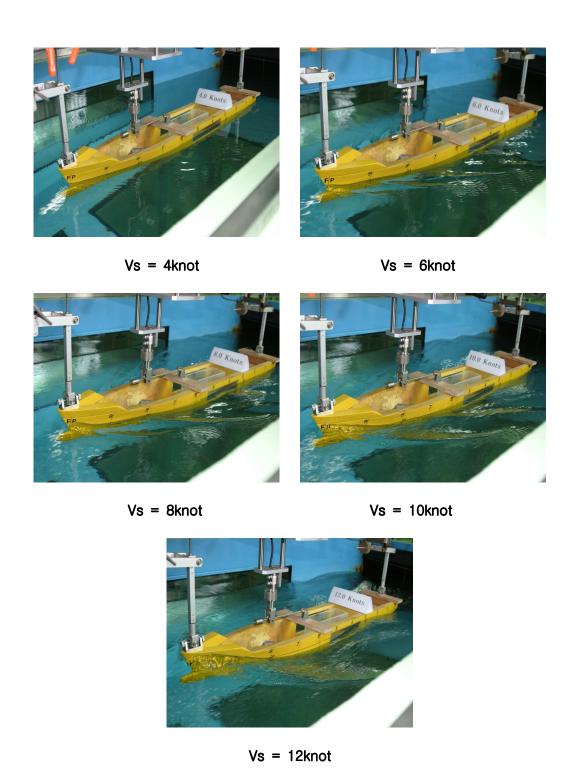


Fig. 78 Wave patterns without Moonpool at Full Load Condition

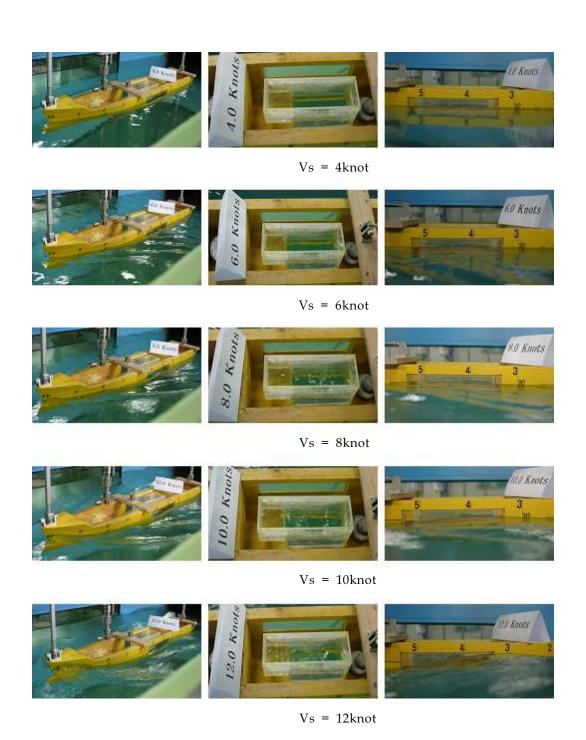
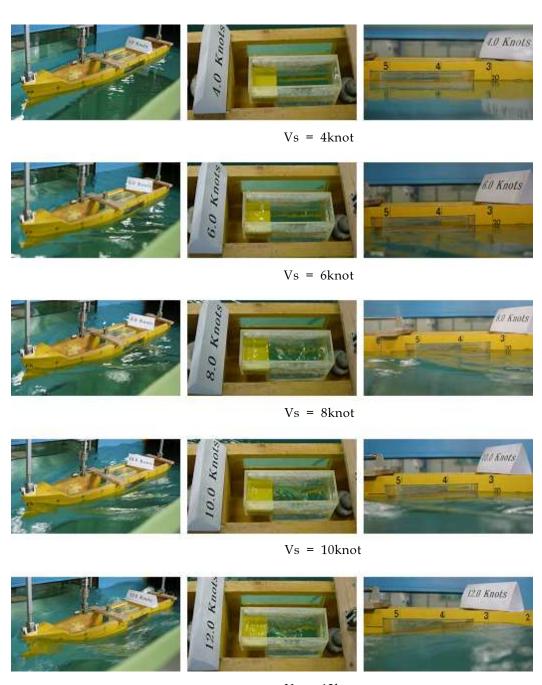


Fig. 79 Wave patterns and Flow of A1 Case at Full Load Condition



Vs = 12knot

Fig. 80 Wave patterns and Flow of A2 Case at Full Load Condition

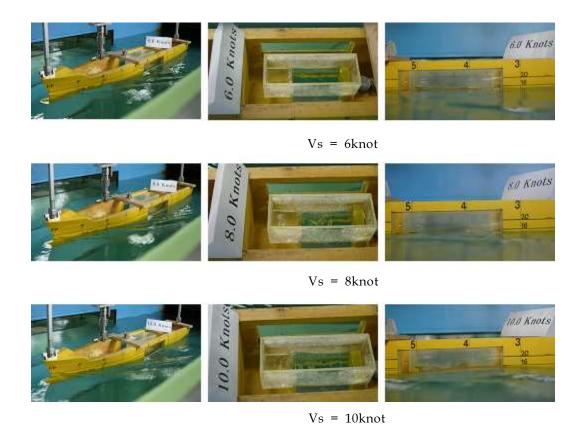


Fig. 81 Wave patterns and Flow of A3 Case at Ballast Condition

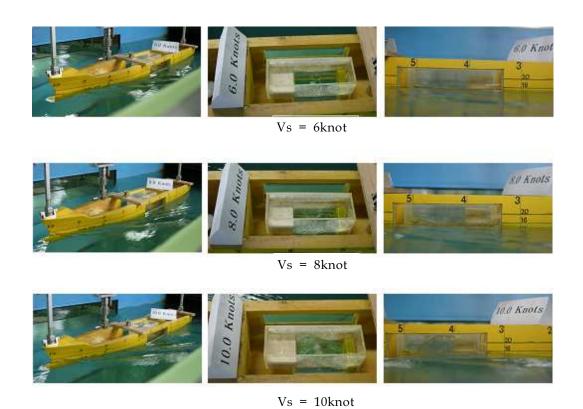


Fig. 82 Wave patterns and Flow of A4 Case at Ballast Condition

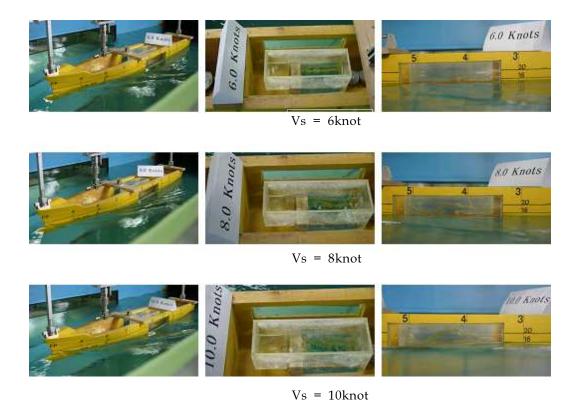


Fig. 83 Wave patterns and Flow of A5 Case at Ballast Condition

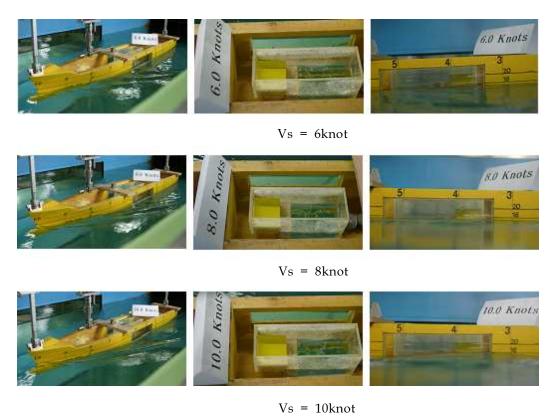


Fig. 84 Wave patterns and Flow of A6 Case at Ballast Condition

## 제3장 결 론

본 연구에서는 새로운 개념의 선박형태로써 선박의 중앙에 개구형 작업공간 (Moonpool)을 가지는 중앙 개구형 저흘수 작업선 설계를 수행하였으며 Moonpool 내의 작업단(Step) 형상과 저항 성능을 개선할 수 있는 방법에 대한 실험적인 조사를 수행하였다.

저속과 고속의 삼동선에 대한 선형설계를 수행하고 모형시험을 통하여 선박의 성능과 Moonpool 내부의 유동현상을 파악하였으며, 단동선에 대하여 개구부 형상 변하에 따른저항성능과 개구부 내부의 유체 유동을 회류수조에서 모형시험을 통하여 조사하였다.

저속에서 고속으로의 선속증가는 Moonpool 내부의 유체유동을 점진적으로 증가 시켜 선체운동을 일으키는 기진력으로 작용하며 저항증가로 나타나게 됨을 확인하 였고 또한 Moonpool의 형상 및 위치에 따른 아래와 같은 결과를 도출하였다.

- Moonpool에 의한 저항 증가는 Moonpool 내부의 자유 수면의 유동현상 (Sloshing)과 이로 인한 Moonpool 내벽의 파랑 충격에 의한 선체운동(Pitching)이 주요 원인으로 판단되며, Moonpool의 존재는 그 크기나 홀수 등에 따라서 20% 이상 저항이 증가할 수 있다.
- Moonpool에 의한 저항을 줄이기 위해서는 Moonpool 내부 유동, 특히 자유 수면의 Sloshing 현상을 줄여주는 등의 방법으로 Moonpool에 의한 저항 증가를 감소시킬 수 있다.
- Moonpool 내의 유동을 제어할 수 있는 방법으로는 Moonpool 내부에 위치하는 작업단의 높이 조절, Moonpool 내부에 유입되는 유체의 흐름을 제어하는 제어 벽(Baffle)의 설치를 통해 부가되는 저항증가를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 1. 손혜종,송지수,안성목,박승오(2002)."원형문풀 내부의 유동해석",대한조선학회 춘계학술대회 논문집
- 2.유재훈,최순호(1999)."Moonpool과 Azimuth Thruster를 장착한 Drilship의 저항 추진성능", 대한조선학회 추계학술대회 논문집)
- 3. Molin, B. (2001). "On the Piston and Sloshing Modes in Moonpool", J. Fluid Mech., Vol. 430
- 4. Harold, E.S. (1965). "Hydrodynamics in Ship Design", The Society of Naval Architects and Marine Engineers

# 감사의 글

본 논문의 처음 연구계획에서부터 완성에 이르기까지 학문적 기를을 잡아주고 친절하고 소상한 가르침을 베풀어 주셨던 지도교수이신 박제웅교수님께 깊은 감사를 드리며, 논문 심사과정을 통하여 아낌없는 격려와 지도를 하여주신 김도정교수님, 권영섭교수님께 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

어려움 속에서도 학업에 정진할 수 있도록 많은 격려와 베려를 베풀어 주신 송종국 사장님께 감사드리며, 김수종 상무님을 비롯한 일흥조선 임직원 여러분과 이 기쁨을 함께하고자 합니다.

언제나 항상 옆에서 저를 믿고 힘이 되어주신 부모님과 형제들 그리고 장인, 장모님께 감사드립니다.

끝으로 석사과정을 마칠수 있기까지 늘 곁에서 따뜻하게 도와준 아내인 명진과 이 결실의 기쁨을 함께 하고자 합니다.

# 저작물 이용 허락서

학 선박해양공학과 학 번 과 정 석사 과 20057140 성 명 한글 : 변 석 한문 : 卞 石 영문 : Byun Seok 전라남도 목포시 용해동 호반리젠시빌 스위트 203-401 주 소 연락처 E-mail: doriship@hanmail.net 한글 : 중앙 개구형 삼동형 저흘수 선박의 성능에 관한 연구 논문제목 영문 : A Study on Performance of the Low Draft Trimaran

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

Vessel with Moonpool

- 다 음 -

- 1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함.
- 2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집과 형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
- 3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
- 4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
- 5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
- 6. 조선대학교는 저작물 이용의 허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인 에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음.
- 7. 소속 대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저 작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의( 0 ) 반대( )

2008년 2월 일

저작자: 변 석 (인)

# 조선대학교 총장 귀하