

고속 중형 Ro-Pax선의 개발

이건호^{†*}, 김진현*, 장학수*, 주영렬*, 전호환**

삼성중공업^{*}/부산대학교 조선해양공학과^{**}

Development of Medium Size High Speed Ro-Pax Vessel

G.H. Lee^{†*}, J.H. Kim*, H.S. Jang*, Y.R. Joo* and H.H. Chun**

Cruise & Ferry Design Team, Samsung Heavy Industries Co., Ltd.*
Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, Pusan National University**

Abstract

In recent years, Medium size high speed Ro-Pax vessel has appeared at European sea and especially Aegean sea is a center of operating in this type of Ro-Pax. This vessel operates its high Froude number range and requires higher engine power due to considerably increased resistance in comparing to large Ro-Pax in high speed range. SHI has investigated this kind of high speed Ro-Pax in accordance with market requirements and developed more advanced vessel to meet the future market needs. Process of hull form development, model test results and design of general arrangement results are introduced in this paper.

※Key words: Ro-Pax, Hull Form Development(선형개발), General Arrangement (일반배치)

1. 서론

삼성중공업에서는 고속 대형 Ro-Pax^{주)} 선박의 수주 및 건조이후 그리스 시장을 중심으로 한 남부 유럽의 지중해 및 에게해 시장에 대해 지속적인 관심을 갖고 시장 조사와 선박의 운항동향을 검토하였다. 그 결과 이 해역에서 요구되는 Ro-Pax의 수요는 세계 Ro-Pax 시장의 70% 이

상을 차지하고 있으며, 향후 다음의 3가지요인으로 70척 이상의 수요가 발생될 것으로 예측되어졌다.

- 1) Saminar 선박 사고로 인한 30년 이상의 노후 선박의 대체 수요
- 2) Cabotage 해제 이후 유럽 시장 자유화
- 3) 선박의 고속화 요구

이러한 수요의 예측과 미래 시장 요구를 충족시

접수일: 2003년 7월 4일, 승인일: 2003년 11월 24일

†주저자, E-mail: rheegunho.lee@samsung.com

Tel: 055-630-4166

주)Ro-Pax : Ro-Ro Passenger Ferry (여객 및 Roll on - Roll off 화물을 동시에 운송하는 선박)

키기에 적합한 선박 개발의 필요성을 인식하여 경쟁력이 우수한 최적의 고속 중형 Ro-Pax 선박을 개발하게 되었다.

90년대 중반까지는 중형 Ro-Pax선의 속력은 대부분 20 노트 정도 이었는데, 그 이후로 선주사의 고속화에 대한 경쟁적인 요구로 인해 최근에는 30 노트 이상의 선박도 출현하게 되었다(Kanerva 2001). 당사는 이미 200m급 대형 고속 Ro-Pax 선박 3척을 건조 완료하여 선주사에 인도하였고 (장학수 등 2001(a)), 동급의 대형 고속 Ro-Pax 선박에 대해서는 이미 유럽의 주요 선주로부터 그 기술력을 인정받았다. 그러나 중형 Ro-Pax선은 대형 Ro-Pax선과는 매우 다른 성능 및 설계 특성을 가지므로 이에 대해 중점적으로 검토 및 개발하였고, 그 결과를 논의하고자 한다.

2. 남부 유럽을 운항하는 Ro-Pax 선박의 특성

이 해역을 운항하는 Ro-Pax 선박은 다음과 같이 3가지 형태로 분류할 수 있으며, 이러한 분류는 그리스의 해사관청인 GMS의 규정의 분류와 유사함을 알 수 있다.

1) Category "A" 선박

- 200 해리 이상의 국제항해를 주로 하는 대형 Ro-Pax 선박

본 선박의 범주는 주로 600 해리 이상을 운항하는 국제항해에 종사하는 선박들로서, '90년대 초까지만 해도 30시간 이상의 장거리를 운항하였기 때문에 주로 Ro-Ro 화물을 중심으로 한 운항 개념을 갖고 있었다. 그러나 최근 30 노트급 선박의 출현에 따른 운항 시간 단축으로 여객 수송이 본 선박의 중요한 목표중 하나가 되었다. 이에 따라 여객을 위한 편의 설비를 호화유람선(Cruise 선) 수준으로 고급화시키는 경향을 보이고 있다.

2) Category "B" 선박

- 150m 급의 중형 Ro-Pax 선박(단거리 국제 항해 선박)

이러한 선박은 최대 300 해리를 운항하는 선박으로 주로 에게해 내의 주요 항구를 운항한다. 본 중형 Ro-Pax 선박 또한 점차적으로 고속화되고

있으며, 운항시간도 10시간 이상으로서 대형 Ro-Pax 선박과 유사한 운항 개념을 보이고 있다.

3) Category "C" 선박

- 에게해 도서지방을 운항하는 130m 급의 중소형 Ro-Pax 선박

에게해의 도서지방을 운항하는 선박으로 운항 개념은 Ro-Ro 화물 보다는 자동차를 중심으로 한 여객수송이 주를 이루며 성수기인 여름철을 대비해 1000명 정도의 갑판 승객(deck passenger, 숙소가 없이 승선하는 승객)을 위한 설비 및 갑판면적을 구비하고 있다.

따라서 본 논문에서 논의되는 선박은 Category "B"에 해당하는 중형 Ro-Pax 선박이다.

3. 주요 제원 선정

중형 Ro-Pax 선박의 주요 제원을 결정하는 것은 매우 까다로운 일이며 다음에 열거하는 사항들이 최적화 기법을 통해 결정되어 진다.

- 선가
- 선박의 속력 및 저항
- 복원성능
- 항만의 제한 요소 (선박의 주요제원 등)
- 선박의 미학적 요소 (여객선의 특성상)
- 선주의 요구사항 (특히 화물적재 요구량)

Table 1은 상기 사항들의 고려와 유사선들의 특성분석에 의해 결정된 개발선의 주요 특성이다.

4. 선형 개발

선주들의 경쟁적인 고속화 요구에 따라 중형 Ro-Pax 선박도 25 노트 이상의 운항 속력이 요구 되어진다. 따라서 중형 Ro-Pax 선박설계 시 고려해야 할 설계 주요 요소들을 살펴보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 대형 Ro-Pax 선박보다 높은 Froude Number로 인한 목표 속력 영역에서의 급격한 저항 증가와 이에 따른 고마력 엔진 요구
- 상대적으로 고마력 엔진 설치로 인한 큰 프로펠러의 부하 문제점과 이로 인한 소음, 진동 및 propeller / rudder cavitation

Table 1 Main particulars

Dimensions	Length O.A.	Approx. 154.0 m
	Length B.P.	" 144.0 m
	Breadth, mtd.	" 24.6 m
	Depth, up to upper deck	" 14.5 m
	up to main deck	" 9.2 m
	Scantling draught, mtd.	" 6.2 m
	Design draught, mtd.	" 6.0 m
Deadweight	At design draught	" 3,000 MT
Components and cabins	Total Passengers	1,700 P
	Beds for passenger	500 P
	Reclining seats	200 P
	Open deck passenger	1,000 P
	Passenger cabin	125 cabins
	Crew	90 P
Crew cabin	50 cabins	
Service speed	w/running S.G (85%MCR)	Approx. 25.5 kt/s

- 고마력 엔진의 설치에 따라 상대적으로 커진 기관실의 손상시 복원력 개선 문제
- 선미 트림 문제

이러한 설계 요소를 고려하여 개발한 선형의 주요 위치별 선형 특성을 Table 2에 나타내었고, 대형 고속 Ro-Pax선박과 대비한 선형 비교를 Table 3에 나타내었다.

본 선박의 선형 최적화는 자체 개발한 CFD Code의 해석에 의해 이루어졌으며, 특히 중형 Ro-Pax 선박은 선형특성에서 부가물이 차지하는 비중이 높으므로(장학수 등 2001(b), Hamalainen/ Heerd 1998) 부가물 최적화로 저항을 줄이기 위하여 각종 설계검토 및 모형시험이 수행되었다.

5. 모형 시험

모형시험은 SSMB(삼성 중앙연구소)에서 실시되었으며, 최적화를 위해 저항시험 및 자항시험을 수행하였다. 특히 저항 성능의 개선을 위해 다음과 같은 부가물최적화 시험이 실시되었다.

- Propeller rotation 최적화
- Initial rudder setting angle 결정
- Rudder off center 성능 비교

- Strut angle optimisation(V-strut, I-strut)

Table 2. Hull form characteristics

	주요 내용
선수 특성	- 조파 저항을 줄이기 위한 Bulbous Bow 적용 - KMT 확보를 위한 "V" shape 적용 (보다 넓은 Water plane 확보)
중양부	- 선수 Entrance angle 개선을 위해 최대 폭의 Section을 Station 7(20 stations 기준)후부에 위치함. - Co (0.54) 조절을 위해 Bilge Radius를 3.0M 로 함. - Trim 개선을 위해 LCB위치를 Midship으로부터 -4.0%에 위치시킴
선미부	- Propeller clearance확보를 위해 Semi Tunnel type으로 함. - 저항 개선을 위해 Transom을 sharp corner로 함. - Hydraulic jumping 개선을 위해 Ducktail 형상을 함.
Appendage 최적화	- Rudder type : Backer Rudder - Shafting 구성 : Stern tube, "V" strut - Maneuvering Equipment : 2 x Bow thruster - Seakeeping control : Retractable Fin Stabilizer x 1set

Table 3 Comparison of large Ro-Pax

	대형 RO-PAX	중형 RO-PAX
LBP (m)	198.0	144.0
운항 속력(kt/s)	28.5	26.0
Fn	0.332	0.356
Propeller dia(m)	5.4	4.7
Engine Power(kw)	4 x 12,600 50,400	4 x 10,400 41,600
E/R length(m)	236	19.6
Engine room ratio (E.R _{prop} /LBP)	0.12	0.136

- Stream line test for bow thruster position
- Shaft line and shaft skeg optimisation

부가물최적화 시험을 통해 부가물의 총 저항이 bare hull 저항 대비 9%이하로 최적화되었다. 부가물 저항시험이 완료된 후에 2가지 형태의 Duct tail과 Wedge, Flap 등 총 4가지 종류의 선미부가물에 대한 최적화 시험을 실시하였다. 선미부가물 최적화 시험을 통해 Flap을 부착한 경우, 기존 선형과 대비하여 EHP는 10%, DHP는 13% 개선하는 효과를 볼 수 있었고, 시험의 과정과 결과는 별도의 논문들을 통해 발표될 것이다(최순호 등 2003, 김정중 등 2003). Fig. 1은 개발선의 모형

시험용 모형이며, Fig. 2는 선미부가물 부착 시 선속에 따른 선수미의 침하량 및 트림각을 비교한 것이다.

본 모형시험 결과를 분석해 본 결과 개발선의 속력성능은 기존의 운항중인 선박대비 약 0.5노트 이상 우수한 성능을 발휘할 것으로 판단되어 진다.

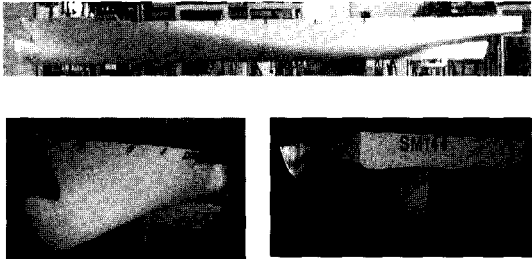


Fig. 1 Model photographs

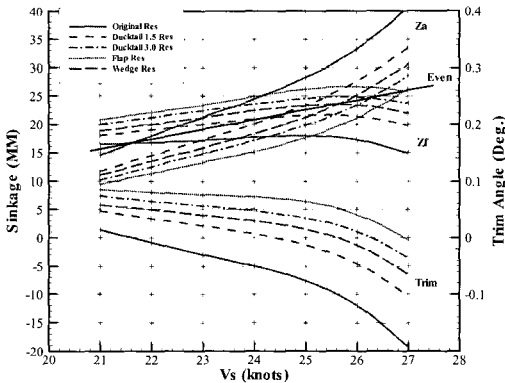


Fig. 2 Sinkage and trim by transom appendage

6. 일반 배치도 개발

중형 Ro-Pax 선박의 일반 배치는 크게 다음의 5가지 구역으로 분류된다.

- 1) 격벽 갑판하부의 기관실 공간 (부분적으로 승용차 적재 공간으로도 이용됨),
- 2) 주갑판과 상갑판 상부의 Ro-Ro 적재 공간
- 3) 선실 공간 (승객 및 승무원용)
- 4) 공실 공간 (승객 및 승무원용)

5) 개방 갑판 공간

Ro-Pax 선박의 일반 배치를 결정하는 가장 중요한 요소의 한 가지는 선박이 운항되는 국적의 해사관청규정을 만족하도록 배치하는 것이다. Ro-Pax 선박의 배치 형태는 일반적으로 격벽 갑판 하부의 Technical space와 Ro-Ro space로 이용되는 주갑판과 상갑판은 거의 정형화된 형태이다. 그러나 여객 선실공간을 포함한 공실공간은 선박의 특성에 따라 일반 배치 형태가 서로 다를 수도 있다.

이러한 공실공간의 일반 배치를 결정하는 가장 큰 요소는 선실의 숫자이다. 선실 수에 대한 요구는 다음의 두 가지 경우로 구별된다.

- 1) Night Ferry : 국제항해 수준의 운항 거리와 시간을 갖는 대형 Ro-Pax 선박 수준으로 선실 수를 요구하는 경우
- 2) Day Ferry : 최소한의 선실수를 원하는 경우 (승선 인원의 5% 수용 요구)

본 개발선의 일반 배치도는 초기단계에서는 후자의 요구에 적합하게 설계되었으나, 최종적으로는 보다 나은 운항 조건을 갖기 위해 최대 500개의 설치를 위한 125실 규모의 선박으로 개발되었다.

그리스를 중심으로 지중해 및 에게해를 포함하는 남부 유럽을 운항하는 선박에 대한 일반 배치도를 개발 할 경우 우선되어야 할 것은, 그리스 해사관청의 특별한 요구사항인 GMSI의 규정을 충분히 이해하고 이에 따른 요구사항을 만족하도록 설계하는 것이다. 이는 다음 항에서 상세히 언급되어진다.

7. 일반 배치 특성

7.1 Main Vertical Zone (주 수직구역)

전체를 5개의 Main fire zone (MFZ)으로 나누고 이중 선수미 Vertical zone (NO.1, NO.5 MFZ)은 의미가 없는 가상의 Zone이며 이를 제외한 3개의 주요 Fire Zone의 길이를 SOLAS 요구

(CHA. II-2 Reg.3.9, CHA. II-2 Reg 24.2)에 적합하도록 40m 이하로 배치하였다.

7.2 Main Horizontal Zone (주 수평구획)

SOLAS 요구(CHA. II-2 Reg.37)에 따르면 Special category를 정하는 MHZ의 길이는 10m를 기준하여 이를 초과 할 경우 2개의 구역으로 나누어야 한다. 만일 본 개발선과 같이 주갑판과 상갑판을 전부 트레일러 갑판으로 사용하는 선박의 경우 두 갑판 높이의 합을 10m 이내로 만드는 것은 특별한 주의를 요한다. 그리고 10m 이내로 할 경우 하나의 Special category zone으로 고려하여 경계되는 갑판에 Fire insulation 등을 생략할 수 있기에 본 개발선의 경우도 이를 고려하여 MHZ의 길이를 10m 이하로 정하였다(Fig. 3).

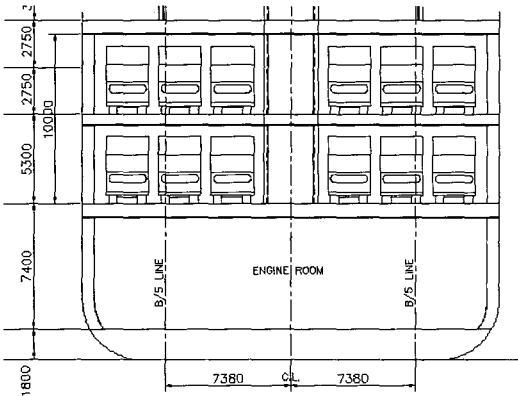


Fig. 3 Typical section

7.3 Accommodation 배치

1) 승객의 구성

본 개발선의 승객 구성은 다음의 Table 4와 같으며 이에 맞는 여객실, 공실, 구명설비 그리고 개방갑판공간이 배치되었다.

2) 침대 500개 설치를 위한 여객실 설치

중형 Ro-Pax 선박에서 125 개의 선실을 배치하는 것은 상대적으로 공실 면적이 적게 배치될 수밖에 없다는 단점을 가지고 있다.

Day condition시 Ro-Pax 선박에서 승객들이 대부분의 시간을 공실공간에서 지낸다고 생각하면

이러한 선박에서 공실공간의 배치는 세심한 주의를 요한다.

본 개발선은 이와 같은 문제점을 해결하기 위해

Table 4 Components of passenger

		Nmber of Pass (P)	Remarks
Winter	Club Class	500	Bed passenger
	Economy class	200	Air seat passenger
	Total(winter)	700	
Summer		1000	Deck Passenger
Total Passenger		1700	

상부 승용차갑판 선수부를 여객실과 승무원을 위한 공간으로 배치하여 상갑판 상부의 다른 공간들이 선실로 사용되는 것을 최소화 하였다.

이러한 배치는 선실수를 증가시키는 배치가 됨은 물론, 유사한 선박에서 종종 문제가 되는 선미 트림을 해결 할 수 있는 배치가 될 수 있다.

3) 주요 공실공간

GMSI 규정에서 여객선실 설비요구 중 Category "B" 선박의 요구에 의하면,

- Club class를 위한 Restaurant 과 Lounge
- Economy class 를 위한 Self service restaurant의 요구하는 의자 수 및 최소 면적에 대한 요구를 만족시키는 배치 설계가 되어야 한다. 본 개발선에서는 6층갑판 선수부에 Club class를 위한 Restaurant 과 Lounge를 배치하였고 7층갑판에 Economy class winter passenger를 위한 Air seat room 옆에 Self service restaurant을 설치하였다. 이와 관련하여 Main galley를 Self service restaurant 하부에 First class saloon/Lounge 옆에 위치하여 원활한 분배가 되도록 배치하였다.

4) 기타의 공실공간

- Shop: 승객의 통행이 가장 많은 장소에 Shop 을 설치하여 이용을 편리하게 했으며 Shop 과 인접하여 store를 설치하였다.
- Children play room: 어린이와 함께 승선한

부모들이 쉽게 접근할 수 있도록 배치하였다.

- Gambling area, Video game room: Reception area에 인접하도록 Gambling area, Video game room을 설치하여 승객들이 손쉽게 이용할 수 있도록 배치하였다.

- Swimming pool area: GMSI의 요구에 따라 "Category B"이상을 운항하는 여객선에서는 Swimming pool area가 설치되었다. 트림에 의한 문제를 없애기 위하여 open deck 상의 선박 중심 위치에 설치하였다.

- Helicopter landing area: SOLAS 규정에 따르면 국제항해에 종사하는 130m 이상의 선박에 대해서 Helicopter landing area를 설치할 것이 요구된다. 이에 따라 선미부에 이를 설치하였고, Landing을 위해 필요한 관련 Control room을 설치하였다.

- Open deck area: Category "B" 선박의 Deck passenger를 위해 확보되어야 할 Open deck space는 아래와 같다.

- Number of economy class deck passenger: (Ao/Cp)
- Ao: Deck passenger를 위한 Open deck area, 이 중에서 Closed passenger의 신선한 공기를 마시기 위해 필요한 Deck area를 감한 Area, Area의 75%는 Shelter가 되어야 함.
- Cp : Deck passenger 1인당 요구되는 Deck area

Category A : 1.5
 Category B : 1.3
 Category C : 1.1

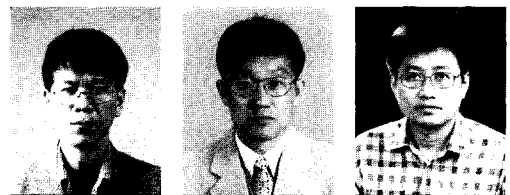
8. 결론

본 중형 Ro-Pax 선박은 주로 유럽시장 내의 국내항해 및 단거리 국제 항해 (Short International Voyage)를 항해하는 선박을 목표로 하여 개발하였으며, 특히 지중해 및 에게해를 중심으로 한 그리스 시장에서 운항될 선박으로 그 범위를 특정지어 개발하였다. 선형 최적화를 통해 개발선의 선형이 기존의 Ro-Pax 선박 대비 속력 성능 측면에서 상당히 개선되었음을 모형시험으로

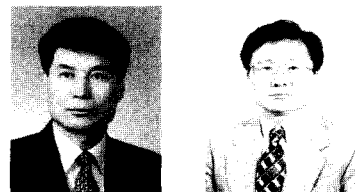
확인하였다(저항 10% 이상). 일반배치 측면에서는 중형 Ro-Pax선박의 특성상 수용하기 어려운 500 침실의 배치를 하였고, 특히 공실배치 시 까다로운 관련 해사규정상의 요구사항을 효과적으로 적용하여 매우 우수한 배치가 되도록 노력하였다. 이러한 중형 고속 Ro-Pax 선박의 개발로 여객선 분야에서 경쟁력을 높여 그리스 시장을 효과적으로 공략할 수 있는 발판을 마련하였다.

참 고 문 헌

- 김정중, 안성목, 최순호, 장학수, 2003, "트랜섬 부가물의 저항성능에 대한 수치 및 실험적 연구," 대한조선학회 춘계학술대회 논문집.
- 장학수, 김진현, 박성우, 이건호, 안성목, 주영렬, 2001(a), "1000인승 대형 고속 여객선 개발," 대한조선학회 춘계학술대회 논문집.
- 장학수, 이건호, 김세은, 김진현, 주영렬, 2001 (b), "대형 고속 여객선의 Appendage 최적화," 대한조선학회 추계학술대회 논문집.
- 최순호, 김세은, 안성목, 이건호, 2003, "중형 Ro-Pax선 축계 형상의 유체역학적 최적화," 대한조선학회 춘계학술대회 논문집.
- Hamalainen, R. and van Heerd, J., 1998, "Hydrodynamic Development for a Large Fast Mono Hull Passenger Ferry".
- Kanerva, M., 2001, "Modern Ro-Pax Family," Euro conference, Crete, Greece.



< 이 건 호 > < 김 진 현 > < 장 학 수 >



< 주 영 렬 > < 전 호 환 >