

기술보고

상륙함의 설계 특성에 관한 연구

박 명규*, 신 영균**

Study on the Design Characteristics of Amphibious Ship

M.K. Park*, Y.K. Shin**

〈目 次〉	
Abstract	4. 결 론
1. 서론	참고문헌
2. 상륙함의 종류 및 특성	
3. NRO의 구현 예제	

Abstract

This paper describes the types and features of amphibious ships which have been constructed and commissioned. The characteristics of hull form design also are studied. Design constraints due to general arrangement and the satisfaction of requirements are investigated. We represent the design concept of hull form based on the design data of the worldwide amphibious ships and our experiences.

1. 서론

상륙함은 상륙 작전을 수행하는 함정으로서 병력과 장비를 수송하는 기능을 수행하며 연해역에서 육해공 합동전장에서 핵심적인 역할을 수행한다. 최근에는 상륙작전의 개념이 과거 재래식 상륙함인 LST와 소형 상륙정(LCU, LCM)으로 병력과

장비를 수송하는 기능을 수행하며 연해역에서 육해공 합동전장에서 핵심적인 역할을 수행한다. 최근에는 상륙작전의 개념이 과거 재래식 상륙함인 LST와 소형 상륙정(LCU, LCM)으로 병력과 장비를 해안에 직접 상륙시키는 형태에서 벗어나, 현

*한국해양대학교 해양시스템공학부

** (주)한진중공업 특수선설계부

대전에서는 적 해안으로부터 20-50해리 떨어진 수평선 밖에서 공격용 헬기나 수직이착륙기를 이용하여 교두보를 확보한 후 병력 및 장비 물자를 상륙시키는 개념을 도입하고 있다. 이러한 개념은 해안 포의 사거리 증대 및 미사일의 발전으로 과거의 단순화된 상륙 작전으로는 교두보 확보 및 상륙 세력의 손실을 피할 수 없다는 판단에 따른 것이다. 그러나 상륙 작전의 개념은 각국의 고유한 상륙 작전 교리가 있으며 교리에 따라서 운용하는 함의 형태도 달라지게 된다. 즉 미해군의 경우에는 수평선 밖에서 다량의 헬기 및 수직이착륙기(STOVL) 공격능력을 확보한 LHA 또는 LHD와 병력과 장비를 수송하는 LPD 및 LSD가 함께 상륙 작전을 수행하는 개념이다. 따라서 상륙 작전 능력도 약 8대의 고속 공기부양정(LCAC) 및 수직이착륙기(STOVL) 6대, 헬기 약 15대 이상을 운용하는 초수평선 작전을 기본으로 하고 있다. 이에 비해 프랑스 해군은 약 3척의 LSD와 약 20척의 LCM 및 6대 이상의 헬기를 이용하여 적 해안으로부터 약 10 해리 떨어진 수평선 안쪽에서 상륙 전력을 상륙시킨다.

이밖에 영국해군의 경우에는 INVINCIBLE급 경항모와 헬기탑재 상륙강습함인 LPH, 상륙전력수송함인 LPD가 상륙작전을 수행하며 수직이착륙기에 의해서 적 해안을 무력화시킨 후 LPH함의 헬기 및 LPD의 상륙정인 LCU를 이용하여 병력 및 세력을 수송하게 된다. 이와 같이 선진국 해군의 상륙 작전 개념은 현대화된 상륙함을 이용하여 신속하고 안전하게 상륙 세력을 운용하고 있으며 위에서 열거한 상륙함들은 각각 고유의 운용 특성을 지니고 있으며, 설계시에는 운용요구조건(operational requirements)을 충분히 반영하여 설계를 수행해야 한다. 본 논문에서는 현대화된 상륙함들의 함형 특성 및 운용 개념에 대해서 알아보고, 상륙함에서 요구하는 여러 가지 설계 요소 중에서 일반선과 설계 개념을 달리해야 하는 선형특성(hull form characteristics)에 대해서 논하였다.

2. 상륙함의 종류 및 특성

2.1 LSD급(소규모 상륙전력수송함)

LSD급 상륙함의 특징은 비교적 소규모 상륙군 및 장비를 수송하고, 함 내에 well dock을 보유하며 상륙정으로는 LCAC 2척을 운용하는 것이 일반적이다. 운용 헬기는 통상 2대 정도를 운용하며 함미 비행갑판형의 형태를 지니고 있다. 대표적인 함정으로는 미해군에서 운용중인 LSD-49함을 들 수 있는데 길이 약 186m급이고 만재배수량 약 17000톤, 최대속력 22노트이다.



Fig. 1 LSD49(HARPER FERRY)

2.2 LPD급(상륙전력수송함)

가. LPD-17

현재 미국에서 개발 완료되어 건조 중인 차세대 상륙함으로서 대규모의 상륙군 및 장비를 수송할 수 있는 능력을 보유하고 있다. 상륙정으로는 LCAC 2척을 운용하며 CH53 헬기 2대 및 상륙군 및 승조원 약 1200명을 수송할 수 있다. 길이는 약 208 m이며 만재배수량 약 25,000톤, 최대속력 22노트이다. 함미 비행갑판을 보유하고 있는 것이 특징이다.

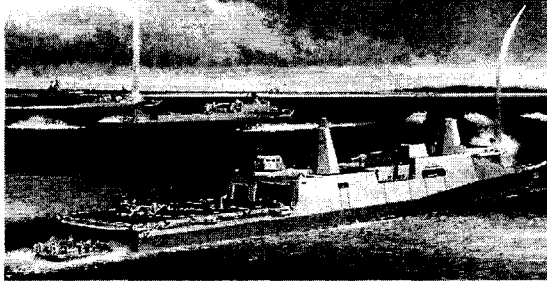


Fig. 2 LPD-17(SAN-ANTONIO)

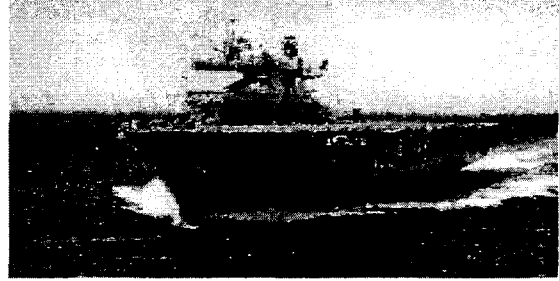


Fig. 4 LPH(HMS-OCEAN)

나. LPD(R)

영국에서 개발 완료되어 건조 중인 상륙함으로서 well dock을 보유하고 있으나, LCAC를 운용하지 않고 배수량형 상륙정인 LCU 4척을 운용하는 것이 특징이다. EH101 헬기 2대를 운용하며 상륙군 및 승조원 약 630명을 수송한다. 길이는 약 175 m이며 만재배수량 약 17,000톤, 최대속력이 18노트이며, 함미 비행갑판을 보유하고 있다.

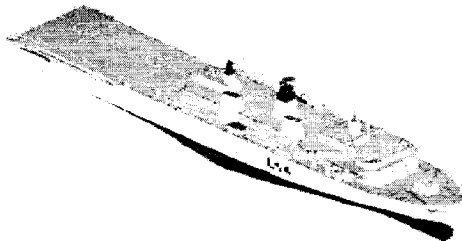


Fig. 3 LPD-R(ALBION)

2.4 LHD(다목적 상륙강습함)

LHD급 상륙함은 헬기 또는 수직이착륙기를 20대 이상 운용하며 고속공기부양정인 LCAC를 3척 운용하는 다목적 상륙강습함이다. 다량의 헬기를 운용하기 때문에 전통비행갑판을 보유하고 있으며, 대표적인 함으로는 미국의 LHD-WASP을 들 수 있다. 길이 약 257 m, 만재배수량 약 40,000톤급이며 최대 속력 약 22노트이며, 상륙군 및 승조원 약 2900명을 수송할 수 있다.

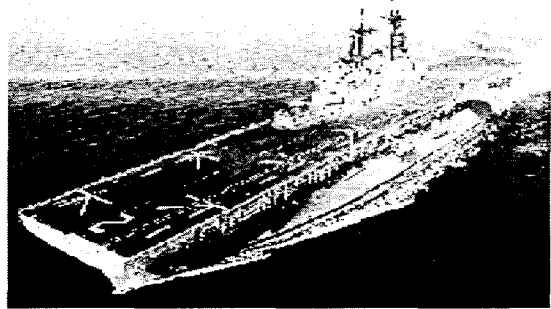


Fig. 5 LHD(WASP)

2.3 LPH급(헬기탑재 상륙강습함)

LPH급 함의 특징은 전통비행갑판을 보유하고 있으나, well dock은 보유하고 있지 않다는 것이다. 통상적으로, 헬기 또는 수직이착륙기를 10대 이상 운용하는 강습능력을 보유하고 있다. 대표적인 함으로는 영국에서 운용중인 HMS-OCEAN을 들 수 있으며, 길이 약 203 m, 만재배수량 약 20,000톤, 최대속력 19노트이며, 상륙군 및 승조원을 약 900명 정도 수송할 수 있다.

3. 설계 특성

LHD, LPD, LSD등의 상륙함 선형설계시 배치 특성 및 유체역학적으로 요구되는 주요 설계제한 요소(design constraints)는 다음과 같다.

3.1 Well dock

LHD, LPD, LSD급 함은 함 내부에 상륙정을 운용할 수 있는 well dock을 보유하고 있다.(Fig. 6) 미해군의 상륙함들은 well dock을 고속 공기 부양정인 LCAC와 배수량형 상륙정인 LCM 또는 LCU를 작전요구사항에 맞추어 혼용하고 있으며 영국 및 프랑스의 LPD는 LCU만을 운용하고 있다. 이와 같이 함 내 도크를 보유하고 있는 상륙함들은 고유의 유체역학적인 특성들을 가지고 있으며, 선형 설계시에는 특별한 설계제한조건으로 작용하여 세심한 주의를 필요로 한다. Table 1에는 LCAC의 주요 제원을 보여주고 있으며, table 2에는 LCAC를 운용하는 상륙함의 well dock의 배치특성을 나타내었다. Fig. 6에는 well dock 내 배치 개념을 보여 주고 있다.

Table 1 Principal Dimensions of LCAC

구 분	On Cushion	Off Cushion
Length	26.80 m	24.70 m
Beam	14.33 m	14.25 m
Height	7.26 m	6.06 m
Speed(Max)	abv. 40 kts	Slow

Table 2 Dimension of Well Docks

Ship	Breadth	Height
LPD4(Austin)	15.24 m	-
LSD49(H-Ferry)	15.24 m	10.44 m
LPD17(Antonio)	15.24 m	11.20 m
LHD(Wasp)	15.24 m	10.40 m
LSD(Osumi)	15.24 m	9.70 m

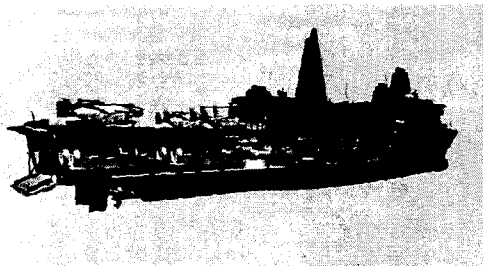


Fig. 6 Typical Drawing of a Well Dock

그리고 well dock을 보유함으로써 선형 설계시 well dock의 유체역학적인 특성을 충분히 고려하여 복원력 요구조건을 만족시켜야 하는데 주요특성을 정리하면 다음과 같다

- LCAC의 비상운용 및 배수량형 상륙정(LCU, LCM)을 운용하기 위해서 well은 침수해야 하며, 그 결과로 인하여 횡메타센터 높이(KMT)및 복원력의 대폭적인 손실이 뒤따른다.
- 따라서 well dock를 침하운용 시(ballasting down)에는 충분한 비손상 복원력(intact stability)을 유지해야 한다
- Well dock의 측벽(wing wall)이 손상을 받을 경우 상당한 비대칭 침수모멘트가 발생한다.
- Well을 침수시키기 위해서 대용량의 발라스트 탱크를 확보해야 하며 복원력 및 적당한 중경사, 횡경사를 조절기능을 확보 할 수 있도록 배치해야 한다.

상기에서 열거한 well dock의 특성으로 인하여 주요치수 및 선형계수 선정 시 선형설계를 어렵게 하는 중요한 요인으로 작용하고 있다.

Fig. 7 및 fig. 8에는 well dock을 보유하는 상륙함에 적용하는 미해군의 비손상 및 손상시에 복원력 계산 기준을 보여주고 있다.

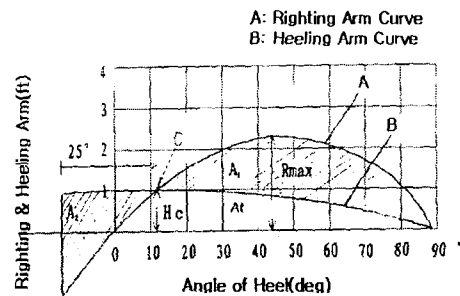


Fig. 7 Intact Stability & Heeling Arm Curve

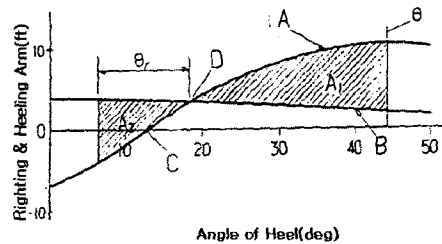


Fig. 8 Damaged Stability & Heeling Arm Curve

3.2 RCS(Radar Cross Section) 적용

최근에 건조되는 함정은 적으로부터 탐지(detection) 및 식별(classification)을 어렵게 함으로써 자함의 생존성을 향상시키기 위해서 스텔스 기술을 적용하고 있다. 함정에 적용하는 스텔스 기술에는 반사면적(RCS) 및 적외선(Infra-Red), 수중방사소음(Underwater Radiated Noise) 등의 신호관리 기술이 있다. 이 가운데 선형 설계시 직접적으로 관계되는 요소는 RCS이며 RCS 값을 줄이기 위해서 fig. 9와 같이 주선체 및 상부 구조물을 일정한 각도로 기울여 주고 있다.

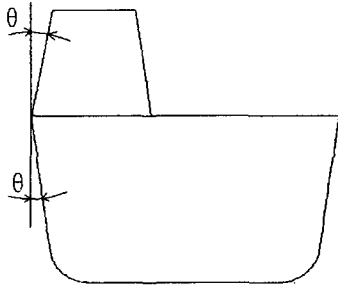


Fig. 9 Section Design by RCS Technology

최근 건조되었거나 개발단계에 있는 상륙함정들은 대부분이 RCS를 적용하고 있으며 table 3에서 볼 수 있는바와 같이 통상 5도에서 10도 정도를 적용하고 있다

Table 3 Inclination Angles of Amphibious Ships

Ship	Ocean	ATS	Osumi	LPD(R)	LPD17	
Year	1995	1998	1998	2001	2001	
Disp. (tons)	21,758	12,750	13,000	16,981	25,300	
Angle of Inclination	Main Hull	-6°	-5°	-7°	-7°	-10°
	Upper Hull	+6°	+6°	+5°	+6°	+10°

※+: inward inclination, -: outward inclination

최적 경사각을 결정할 때에는 RCS값도 중요하지만 배치특성 즉 갑판면적 활용도 및 사정공간(dead space)등을 함께 검토하여 결정하게 된다.

그러나 RCS 적용은 선형설계시 불리하게 작용되는데 특히 중량중심(KG)의 상승으로 인하여 폭-흘수비(B/T) 및 수선면적계수 선정시 적정한 기선부터 횡메타센터의 높이(KMT)를 확보하는 것이 무엇보다 중요하게 된다.

3.3 상륙함 선형설계개념

3.1절 및 3.2절에서 언급한 바와 같이 대형 상륙함에서는 운용특성 및 저탐지 기술적용으로 선형설계시 중요한 설계제한조건을 가지게 된다. 이외에 전통비행갑판을 갖는 LHD와 LPH함의 경우에는 상부구조물이 우현으로 편현되게 배치되는데 이로 인한 횡경사 모멘트를 보상하기 위해서 수선상부 좌현을 sponson 형상으로 설계해야 하는 번거로움이 뒤따르게 된다. 물론 우현 경사를 보상하기 위해서 영구 발라스트를 채택하는 방안도 있으나, 이 경우에는 경하중량의 증가 및 사정공간(dead space)의 발생 등 배치특성에서 불리한 결과를 초래한다. 지금까지의 결과를 종합하면 선형설계 개념은 다음과 같다.

가. 높은 폭-흘수비 (high B/T ratio)

상륙함의 주요 촌법은 일반 함정과 같이 함 주요 요구사항에 대해서 일반배치 특성 및 유체역학적 특성을 동시에 만족하면서 주요치수 및 선형계수를 최적화하여야 된다. 길이 및 폭은 배치특성에 의해서 크게 지배되며, 배치특성을 만족하게 되면 저항 및 추진성을 고려하여 B/T 및 CB를 검토한다. 이때, 폭은 앞서 언급한바와 같이 well dock 운용 및 복원성 측면에서 가급적 크게 유지해야 하므로 상대적으로 흘수를 작게 가져가는 경향이 있다. 따라서, 상륙함의 B/T는 통상 4정도이며 극단적인 경우에는 5까지도 갖는다.

나. 터널형 함미

3.1절에서 언급한바와 같이, well dock을 운용하는 상륙함은 침하 운용(ballasting down)시 대용량의 발라스트가 요구되기 때문에 well dock 바닥을 가급적 낮게, 즉 well dock 전현을 작게

유지하는 것이 유리하다. 또한, 프로펠러는 대직경 프로펠러가 효율의 측면에서 선호되며 날개 끝이 기선보다 아래에 놓이지 않도록 배치할 필요가 있다. 따라서, 상륙함의 함미 선형은 자연스럽게 fig. 10과 같은 터널형 함미의 개념이 도출된다.

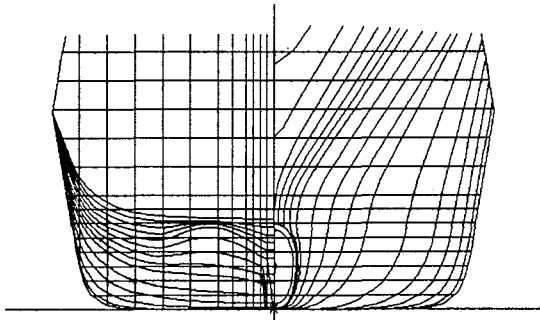


Fig. 10 Body Plan with Tunnel Stern

다. 함수 선형

현재 운용중인 대부분의 상륙함들은 CB가 0.54~0.6 정도의 범위이고 Fn는 0.2~0.27 정도로 대부분이 구상선수(bulbous bow)를 채택하고 있다. 그러나, HMS-OCEAN 함은 상대적으로 낮은 Fn이므로 벌브를 부착하고 있지 않다. (Fig. 11)

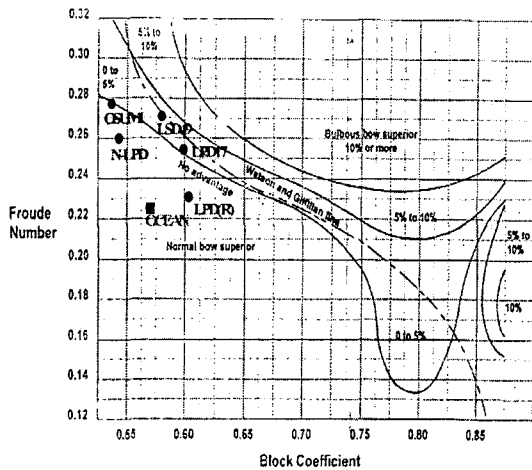


Fig. 11 Bulbous Bow of Amphibious Ships

라. Stern Flap

Stern flap은 함미부 유동장을 개선하여 소요마

력을 감소시키는 부가물이다. Stern flap이 부착되면 fig. 12~15에서의 CFD 계산결과처럼 함미부의 압력이 증가하고 속도는 감소되어, 파계 특성이 향상되고 추진효율이 증가된다. 또한, 함미부의 압력증가로 인해 캐비테이션(cavitation)이 발생할 수 있는 가능성이 낮아지며, 진동 및 소음특성도 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 함미부의 압력증가는 추력으로 작용하여 소요마력을 감소시킨다. Stern flap은 유사한 기능을 하는 stern wedge 보다도 낮은 속장비에서 효과를 보이는 것으로 알려져 있고, 수송함 계열로는 미해군의 LPD17에서 처음 부착하였다고 알려져 있다.

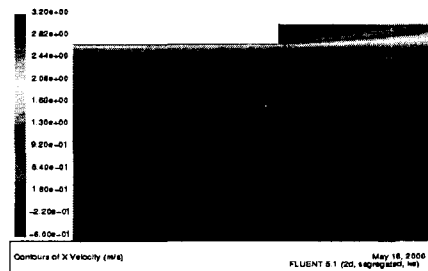


Fig. 12 u-velocity contour (w/o flap)

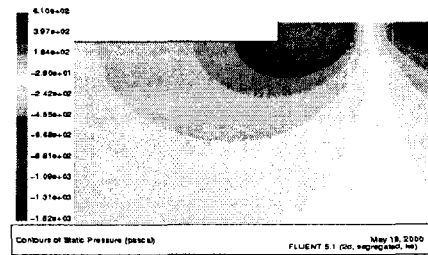


Fig. 13 Pressure contours (w/o flap)

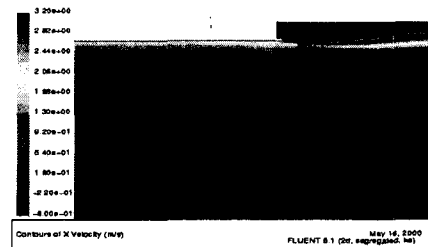


Fig. 14 u-velocity contours (w/ flap)

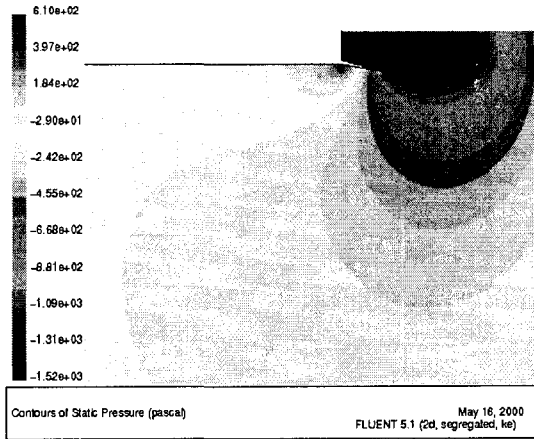


Fig. 15 Pressure contours (w/ flap)

Stern flap의 주요 설계인자로는 길이, 폭, 그리고 부착각도 등이 있으며, 폭은 트랜섬(transom) 폭과 함미 유동장을 고려하여 설정하고, 길이와 각도를 변화시키며 최적화를 하여야 한다. Fig. 16에는 stern flap으로 인한 나선저항 대비 저항감소율을 보여 주고 있다.

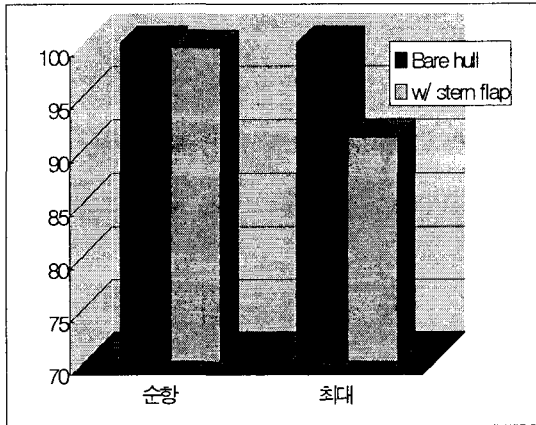


Fig. 16 Ratio of Resistance (w/o vs. w/ stern flap)

4. 결 론

지금까지 대형상륙함의 함형특성 및 운용개념에 대

해 알아보았고, 설계경험을 바탕으로 선형설계시 반드시 유념해야할 선형설계개념을 제시하였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 대형 상륙함은 함 운용 목적에 따라 다양하게 개발되어져 왔으며 종류별로 독특한 설계특성을 지니고 있다. 따라서 만족한 설계를 수행하기 위해서는 설계 초기에 설계 개념 설정이 매우 중요함을 알 수 있었다. 본 논문에서는 상륙함 설계 시 요구되는 여러 가지 설계 특성 가운데 선형설계에 국한해서 연구 결과를 제시하였으며, 그 이유는 함 운용 및 성능과 관련하여 가장 중요하다고 판단되기 때문이다. 그러나, 상륙함은 well dock 운용과 항공기 운용을 가장 큰 특징으로 하기 때문에 향후 이와 관련된 유체역학분야에서 종사하는 설계 기술자들의 많은 관심과 관련 연구가 기대되는 시점이다.

참 고 문 헌

- [1] JANE'S WARSHIP
- [2] Harold E. Saunders, "Hydrodynamics in Ship Design", SNAME, . 1982
- [3] E. V. Lewis, "Principles of Naval Architecture", SNAME, 1989
- [4] D.G.M. Waston, "Practical Ship Design", Elsevier science ltd, 1988
- [5] A.M. Kracht, "Design of Bulbous Bows", SNAME Trans., Vol.86, 1978
- [6] M. K. Hellevaara, "The Simplified Hull Form Parameter Study of The Buttack Flow Stern", Workshop on Developments in Hull Form Design", MARIN, 1985
- [7] D. S. Cusanelli, G. Karafiath, "Integrated Wedge-Flap for Enhanced Powering Performance", Fast '97, 1997.