

팽창식 튜브를 부착한 6m급 스포츠 보트 개발에 관한 연구

김형민* · 서성부†

(원고접수일 : 2007년 5월 22일, 심사완료일 : 2007년 7월 10일)

The study on the development of 6m class sports RIB

Hyoung-Min KIM* · Sung-Bu Suh†

Abstract : The 6m class high speed boat is developed with a durable hull and inflatable tube, which is called RIB(Rigid Inflatable Boat), for the purpose of marine leisure. In the stage of the conceptual design, its requirements to be optimized are determined based on the presented information of similar marine leisure RIBs. The 3-D graphical technique using Marine Rhino is utilized to optimize the compartment layout of RIB. The stability analysis is performed for the light and full load conditions with and without the inflatable tube. In addition, the sea keeping and hydrodynamic performance was tested using the proto-type ship in the sea condition. From the results of the computation and the sea trial test, it shows that the performance of the marine leisure RIB satisfies the speed, the convenience, and the stability requirements. This study provides the typical information of the design factors and the procedure to manufacture the marine leisure RIB.

Key words : Inflatable tube(팽창식튜브), Rigid inflatable boat(RIB), Marine leisure(해양레저), Planing hull(활주선형), Compartment layout(구획배치), Stability(복원력)

1. 서 론

최근 주 5일 근무제의 확산, 국민소득 증대 및 삶의 질 향상에 대한 관심 고조 등으로 레저 활동 수단에 대한 수요가 가일층 증가하고 있다. 골프, 스키 등 육상레저에 이어 해양레저 활동도 높아지면서, 주요 수단인 레저보트의 수요가 지속적으로 증가하고 있다^{[1]-[3]}.

해양레저 활동이 활발한 선진국에서는 내구성

선체에 팽창식 튜브를 부착한 Rigid Inflatable Boat(이하 RIB)가 뛰어난 내항성능과 높은 안전성이 입증되면서, 그 수요가 급증하고 있다^[4]. 이에 따라 신개념 고부가가치 레저보트로 RIB를 선호, 지속적인 선형개발 및 관련 요소기술 연구를 통해 다양한 제품개발에 주력하고 있다.

한편, 국내에서는 일부 업체에서 연안 및 경계 수역의 군 작전용 및 구조용 등의 특수 목적을 수행하는 소형 단정에 한하여 RIB 제작을 시도하고

† 교신저자(동의대학교 조선해양공학과), E-mail: sbsuh@deu.ac.kr, Tel: 051)890-2591

* 중소조선연구원

있으나, 업체의 기술인력 부재와 영세성으로 인해 자체 개발이 이뤄지지 못하고 있다. 따라서 선형물 드 대부분이 수입에 의존하고 있으며, 레저용 RIB에 대한 제작 및 기술개발 실적은 거의 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 레저보트의 특성인 고속이면서 승선원의 편의성과 우수한 안전성 등을 갖춘 레저용 RIB를 개발하고자 하였다. 우선 레저용 RIB 관련 자료수집 및 분석을 통하여 개발선의 최적 요구조건을 도출하였으며, 활주형 선형 채택과 선측에의 팽창식 튜브를 장착한 상태에서의 개념설계를 수행하였다. 최적 구획배치는 3D 그래픽기법을 이용하였으며, 조선공학적 제계산을 통한 복원력 추정 및 시제선에 대한 해상 시운전시험을 통한 주요 성능검증 등을 수행하였다.

2. 최적 요구조건 도출

2.1 레저용 RIB의 개요 및 특성

국내에서는 일명 '콤비보트(Combi Boat)', 혹은 '오투기정' 이라고도 하는 현재의 RIB 형태는 1960년 편평한 선저형상의 군용 고무보트에 대한 단점을 보완하기 위해 미국에서 처음 개발되었다.

기존의 고무보트는 유연한 고무 소재의 특성상 파도의 충격을 흡수할 수 있고 방현재(공기튜브) 형태로 해상 구조작업 등에 많이 사용되었으나, 고속운행이 어렵고 승선감이 좋지 못할 뿐만 아니라 고무소재인 선저 부분의 마모와 찢어짐이 많아 악천후 및 좌초 위험지역 운항 등에서는 활용성이 떨어졌다. 이러한 고무보트의 단점을 보완하고자 내구성 있는 선체와 팽창식 선측 튜브를 결합한 형태의 RIB가 탄생하게 되었다.

RIB는 그동안의 많은 변화와 발전으로, 고무보트보다 침로 안정성 및 속력성능 등이 우수하고 단일의 내구성 재질 선박에 비해서는 복원성능이 뛰어난 것으로 평가받고 있다. 현재 전천후 날씨에서 운용이 가능한 65ft급 대형 구조정을 비롯한 합정용 탑재정 및 특수부대의 해상 침투정 등으로 널리 사용되고 있으며, 최근에는 해양레저 활동의 주요 수단인 레저보트로서의 활용 또한 가일층 증가

하고 있는 추세이다.

레저용 RIB의 선체는 FRP, 알루미늄, 복합소재 등 다양한 선질로 제작되고 있다. 선형은 경주용 및 스포츠용 등 고속의 경우 활주형 선형^{5),(6)}을, 크루징용 및 다이빙용 등의 경우 배수량형 선형을 주로 적용하고 있다. 한다. 일반적인 단면형상은 직선형의 DEEP V형을 기본으로 하고 저항성능 및 선측 파형 개선을 위한 다양한 형태의 스프레이 스트립(spray strip)이 적용되고 있다.

RIB의 경우 선측에 장착되는 팽창식 튜브가 정박 중 충돌 등의 외부 충격으로부터 선체를 보호하고 예비 부력을 확보하게 해주는 역할을 하게 되어, 파고 4m 이내의 극심한 해상상태에서도 보트가 전복하거나 침몰할 가능성이 매우 적게 되는 특성을 가지고 있다⁷⁾. 이러한 우수한 복원성능으로 인해 다양한 레저 활동 지원 장치 및 프레임 탑재가 가능하다.

주요 추진 장치로는 아웃보드(outboard), 인보드(inboard) 및 스텐 드라이버(stern drive) 방식이 적용되고 있으며, 최근에는 워터제트 드라이버(jet drive) 방식의 스포츠형 보트가 등장하고 있다.

한편, 현재 국내외에서 판매되고 있는 레저용 RIB에 대한 사용목적 및 기능별 종류에 대한 특징을 살펴보면 Table 1과 같다.

Table 1 Characteristics of leisure RIBs

| Type | Characteristics |
|---------------------|--|
| Sports Boat | General RIB for the purpose of marine leisure and tour business |
| Water-ski Boat | Hi-power towing engine |
| Cruise Boat | Purpose of cruising and fishing with cabin and living rooms |
| Hi-performance Boat | Approximately 100knots of the maximum speed for the boat race |
| Fishing Boat | Low propeller pitch ratio, low free board, and hi-standing control room |
| Diving Boat | Stability allowing loading facility of heavy diving equipments and diver's action on the boat. |

2.2 최적 요구조건

레저용 RIB의 국내외 실적선 자료를 조사 분석하였으며, 이를 토대로 6m급 개발선의 최적 요구조건을 다음과 같이 결정하였다.

- 1) 선박용도 : 스포츠형 다목적 레저용
- 2) 승선인원 : 5명(최대 7명)
- 3) 항해구역 : 평수구역으로부터 최고속력으로 2시간이내 왕복가능 구역
- 4) 항해속도 : 35knots(시운전 최대 40knots)
- 5) 추진장치 : 250ps × 5800rpm × Jetdrive 1SET
- 6) 선체재질 : FRP(Fiber Reinforced Plastics)
- 7) 복원성능 : 횡복원력 GM 0.4 이상
- 8) 적용법규 : 선박안전법, FRP선체 구조기준, 수상레저안전법 등

실적선 자료조사는 개발선의 계획 규모와 용도 등을 고려하여 8m 이하의 RIB를 대상으로, 총 40여 척의 실적선 기초자료 수집과 선주의 면담을 통하여 수행하였다^[8]. 본 연구에서 개발하고자 하는 스포츠형 다목적 레저용 보트와 유사한 형태의 실적선 예를 Fig. 1에 나타내었다.

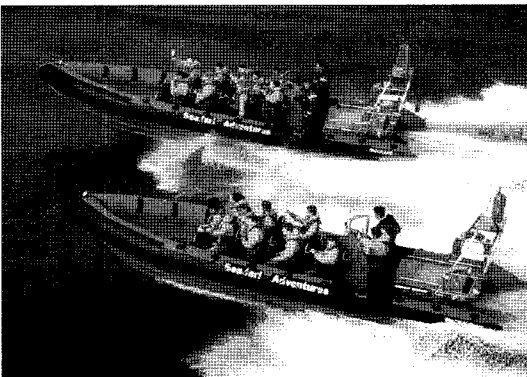


Fig. 1 A typical sports boats

개발선의 승선인원은 승용차 1대 탑승인원인 4명을 기준으로, 운전자 1명을 포함한 5명으로 산정하였다. 선체규모는 해양수산부의 '소형선박의 구조 및 설비기준'에서 제시한 기준식에 따라 총톤수

1톤급 선박으로 결정하였다. 항해속도는 선진국에서 가장 보편화 되어 있는 레저보트의 속도범위인 30knots 이상을 목표로 설정하였다.

한편 추진 장치는 레저선박으로서의 외관과 안전성을 고려하여 워터제트 드라이버 방식을 채택하였다. 주기관의 마력은 유사 실적선의 승선인원, 선체규모 및 속도 등을 고려하였을 때 약 200-250마력(ps)으로 조사 되었다.

또한 선체 재질은 가벼우면서도 파랑하중에 대한 충분한 구조강도 특성을 가지며, 또한 건조비용이 저렴할 뿐만 아니라 유지보수가 쉬워야 한다는 관점에서 본 연구에서는 그동안 소형선박에 널리 사용되어온 FRP를 선체재질로 결정하였다.

특히 복원성능에 대한 요구조건은 해양수산부의 '한정 연해구역에 항행구역으로 하는 여객선의 비손상 복원성 기준'을 만족하도록 결정하였다.

3. 초기 개념설계

3.1 주요치수 선정 및 형상설계

최적의 요구조건을 만족하도록 초기 형상 및 주요 치수를 결정하였다. 선형은 Savitsky^[9]가 제안한 선속과 선형과의 관계를 토대로 고속 활주선형으로 선정하였다. 주요치수는 실적선의 주요 요목에 대한 범위 비교를 통하여 개발선의 길이(L_{OA})를 6m에 고정하고, 실적자료로부터 유도한 경험식을 토대로 선체 폭(B)과 깊이(D) 등을 선정하였다.

고속 활주선의 경우 길이-폭 비(L_{OA}/B)가 5.0 이상일 때 저항이 현저히 감소하는 경향을 보이고 있으나 이 조건을 만족시킬 경우 개발선의 선체 폭이 1.2m 이내로 작게 되어 횡요 안정성이 나빠질 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 경험식으로부터 얻어진 결과에 복원성 및 배치측면을 고려하여 선체 폭을 2.3m로 선정하였다. 선체 깊이와 길이와의 관계는 선체 종강도에 큰 영향을 준다. 종강도를 고려하여 깊이를 크게 하였을 경우에는 선체 중량이 과도하게 되어 추진성능에 좋지 않은 영향을 주게 되므로 적절한 크기를 선정하여야 한다. 따라서 개발 대상선의 깊이는 0.87~1.0m 사이가 되는 경험식의 결과를 토대로 0.95m로 선정

하였다.

본 개발선의 선형은 건조의 편리성과 선속의 고속화 및 안정성을 위해, 양력단면 형상과 전면 스프레이 레일을 고려한 Deep V형의 활주선형으로 결정하였다. 선수부분의 경사도를 완만하게 하여 내항성에 유리하도록 하였으며 선수 수절각을 작게 하여 조파저항을 감소토록 하였다⁽¹⁰⁾. 선미형상은 워터제트 드라이브 추진 장치의 장착이 수월하도록 순양함형 트랜섬선미(transom stern)로 하여 추진효율 및 복원성능이 우수하도록 설계하였다.

또한 승선원의 좌석배치 및 선측튜브 장착 등 제반항목을 종합적으로 고려하여 설계한 개발 대상선의 개략 선형선도를 작성하였다. Fig. 2는 개략 선형선도 중 개략 정면도(Body plan) 부분을 나타내고 있다.

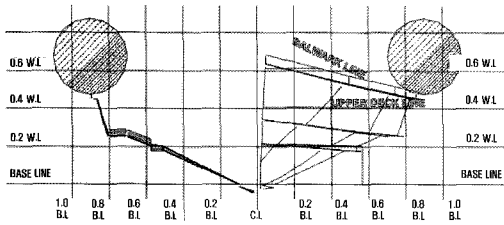


Fig. 2 Body plan outline of the 6m class RIB

3.2 구획배치 설계

스포츠형 다목적 레저용 RIB는 스피드 위주의 레저 목적 이외에 수상택시와 같은 해양관광 수단 등으로도 활용할 예정이므로 승선원의 안전과 편의성 및 선박형상의 미적인 부분 등을 우선적으로 고려하여 설계하였다.

본 연구에서는 Marine Rhino를 활용한 3-D 그래픽 기법을 이용하여 최적 구획배치 설계를 수행하였으며, 개발선의 개략일반배치도를 Fig. 3에 나타내었다. 그림에 나타나 있는바와 같이 고속 주행 목적에 적합한 기능과 충분한 복원성, 내항성 및 조종성능을 가진 단층 갑판 선으로, 상갑판 아래의 구획은 선수로부터 선수창고, 연료탱크, 기관실의 순으로 구획 배치하였으며 연료유 탱크는 선체중앙 콘솔박스 아래에 매립식으로 계획하였다.

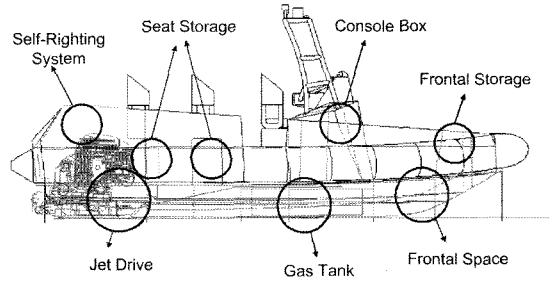


Fig. 3 General arrangement outline

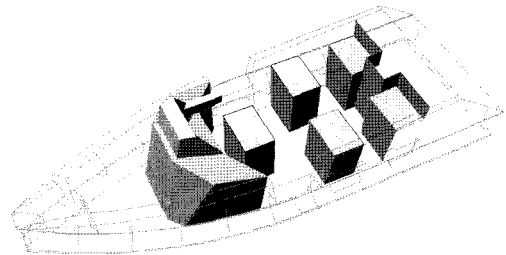
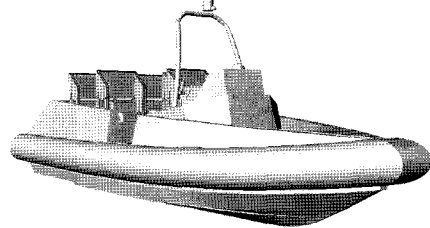
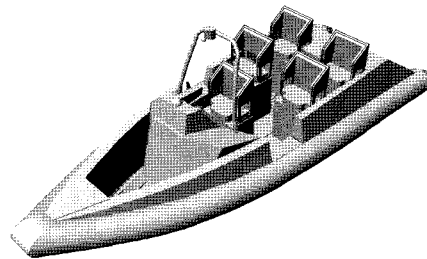


Fig. 4 Arrangement of consol box and seats



(a)



(b)

Fig. 5 3-D graphics of 6m class RIB

한편, 갑판 상부에 5명이 탑승할 수 있는 좌석공간과 충분한 수납공간을 확보하였다. 콘솔박스 정면 상판에 알루미늄 재질의 A프레임을 설치하여

각종 항해기기 및 수상보드, 차양 등을 장착할 수 있도록 하였으며, Fig.4와 같이 에어쿠션이 적용된 버킷시트를 운전자와 그 뒤 1열 2개 시트에 적용하여 고속 운항 시 승선원의 안전과 편의성을 향상시키고자 하였다.

개략 선형선도 및 일반배치도를 통해 작성한 개발선의 3차원 형상을 Fig. 5에 나타내었다.

3.3 선측 튜브 설계

RIB 선측튜브의 설계는 예비부력과 외부충격흡수 효과에 초점을 맞추어 수행하였으며, 5개의 독립된 격실로 설계하여 각각의 격실이 파손되었을 때 다른 격실에 영향을 주지 않도록 하고, 최적의 튜브 용량을 산출하였다.

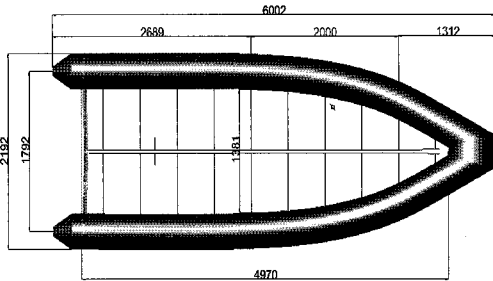


Fig. 6 Inflatable tube division of RIB

선측튜브의 구획 설계는 해양수산부 '선박 구명설비 기준'에 따라 동일한 용적을 갖는 독립된 5개의 구획을 갖도록 하고, 구획된 1개의 튜브 또는 각각의 용적이 전 용적의 60퍼센트를 초과하지 않도록 Fig. 6과 같이 선수부 중앙에 1개, 좌 우 선측에 각각 2개씩을 계획하였다.

선측튜브에 의해 발생하는 부력은 선수 및 선미부의 양현에 고르게 분포되도록 하고, 정원 1인당의 중량을 75kg으로 하여 모든 정원이 탑승한 만재상태 시 충돌, 좌초 등 예기치 못한 파손에 의해 주 선체의 부력을 상실하더라도 보트가 가라앉지 않고 양(+)의 부력 값을 가지도록 계획하였다.

계획정원 5명이 모두 승선한 만재상태 시 승선원 중량 375kg을 포함한 보트 총 중량은 1,600kg으로 이에 대응한 튜브 부력 설계치는 튜브압력을

2.2psi 기준으로 설계여유 값 15%를 적용하여 Table 3과 같이 1.840kg으로 설정하였다.

Table 3 Tube buoyancy calculation

| Condition | Buoyancy | Total Volume |
|-----------------------|----------|----------------------|
| Required (Full load) | 1.600kg | 1.560 m ³ |
| Designed (15% margin) | 1.840kg | 1.795 m ³ |

또한 선측튜브의 직경이 크면 클수록 예비부력과 충격흡수효과가 커지나 그만큼 튜브 자체 무게가 증가하므로 전체 보트의 성능에 악영향을 미칠 수 있다. 이에 최적의 튜브 직경 계산을 다음과 같이 수행하였다.

선측튜브의 최적 단면적과 튜브직경은 Table 4와 같이 튜브 총 용적 설계치 1.795m³에 대해 각각 0.15m², 0.44m으로 계산되었으며, 이 수치는 실적선 비교 검토결과 고무보트는 전체 길이의 10~13%, RIB보트는 전체길이의 7~8%의 범위와 일치하고 있어, 6m의 개발선 선측튜브의 최적 직경을 44cm로 결정하였다.

Table 4 Tube dimension

| Length | Cross section area | Diameter |
|--------|---------------------|----------|
| 12.20m | 0.15 m ² | 0.44m |

4. 제 계산 및 시제선 시험 결과

4.1 유체정역학적 특성 및 복원력 계산

국내의 RIB 실적선 자료조사와 개념설계의 결과를 바탕으로 운항 상태별 개발대상선의 조선공학적 제계산 등을 다음과 같이 수행하였다.

개발 선형에 대한 배수량(Δ), 부심위치(KB), 침수표면적 등의 유체정역학적 특성에 대한 계산 결과는 Table 5와 같다.

유체정역학적 계산결과를 보면 계획흘수 0.35m에서의 배수량은 1.55톤, 방형계수 값은 0.49이며, 선측튜브 흘수부터는 침수면적이 급격히 증가하는

RIB의 특성을 잘 나타내고 있음을 알 수 있다.

Table 5 Hydrostatic characteristics

| Items | Results | Items | Results |
|---------------------|---------|---------------------------------------|---------|
| L _{WL} (M) | 5.3 | KB(M) | 0.224 |
| B _{WL} (M) | 1.8 | LCF(M) | -0.565 |
| Depth(M) | 0.97 | GM (M) | 1.867 |
| Draft(M) | 0.35 | A _{Wetted} (M ²) | 9.077 |
| Displacement(Ton) | 1,551 | C _b | 0.497 |

선측튜브가 보트에 미치는 효과를 살펴보기 위해 튜브 미적용 상태와 적용 상태에서의 보트 복원성 계산을 각각 수행하고 그 결과를 Table 6, Fig. 6, Fig. 7에 나타내었다.

Table 6 Stability computation results

| Items | w/o Tube | | w/ Tube | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Sea trial | Full load | Sea trial | Full load |
| Disp.(TON) | 1.090 | 1.447 | 1.200 | 1.557 |
| Draft(M) | 0.30 | 0.367 | 0.325 | 0.384 |
| Trim | -0.13 | -0.32 | -0.15 | -0.35 |
| LCG(M) | -0.63 | -0.65 | -0.60 | -0.65 |
| LCF(M) | -0.517 | -0.495 | -0.519 | -0.491 |
| MTC(MTON) | 0.021 | 0.022 | 0.021 | 0.022 |
| TPC(TON/cm) | 0.07 | 0.072 | 0.07 | 0.073 |
| KMT(M) | 1.176 | 0.920 | 1.069 | 0.859 |
| KG(M) | 0.41 | 0.44 | 0.40 | 0.43 |
| GM(M) | 1.051 | 0.81 | 0.941 | 0.78 |

개발선의 복원성은 Fig. 6과 같이 튜브 미적용(만재상태)에서도 초기복원력 및 복원 소멸각 모두 양호하여 복원성 요구조건을 만족하는 것으로 나타났다.

한편 튜브 적용(만재상태)에서는 선측튜브에 의한 추가 예비부력의 확보로 Fig. 7와 같이 거의 전복되지 않는 것으로 나타났다.

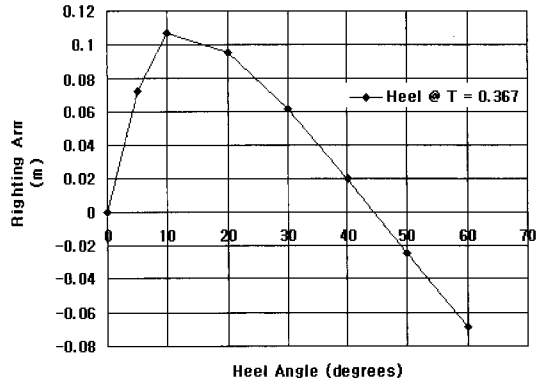


Fig. 6 Stability curve of 6m class RIB (w/o tube, full load)

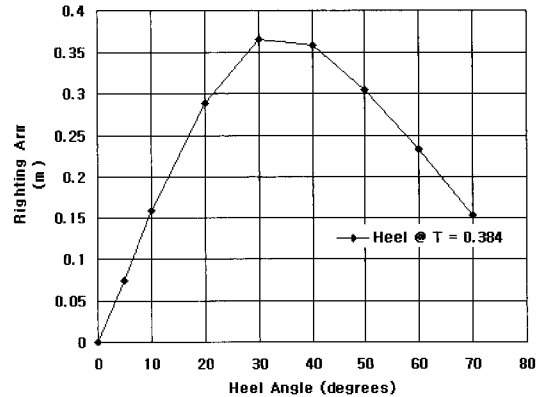


Fig. 7 Stability curve of 6m class RIB (w/ tube, full load)

4.2 시제선의 해상 시운전 시험

본 개발선의 속력, 선회성능, 정지성능 등의 기본 성능 검증과 운전자의 운항조작 용이성과 각종 의장품의 배치에 따른 승선원의 편의성 검토를 위해 Fig. 8에 보이는 바와 같이 해상 시운전 시험을 수행하였다.

시운전 결과, 본 개발선은 설계 계획속도인 35knots는 85% MCR 상태에서 달성하였고, MCR 상태에서의 최대속도는 약 44knots를 보였다.

또한 최대선속에서도 선회지름이 7m로 대단히 짧아 선속 및 선회성능이 매우 우수한 것으로 확인되었다.

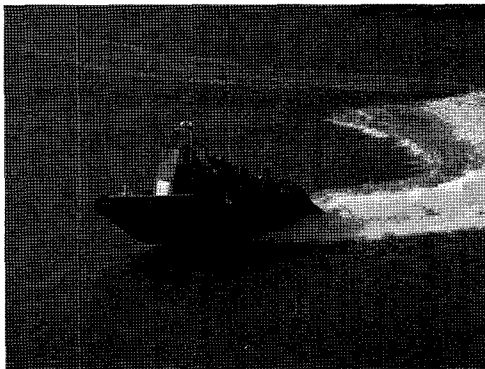
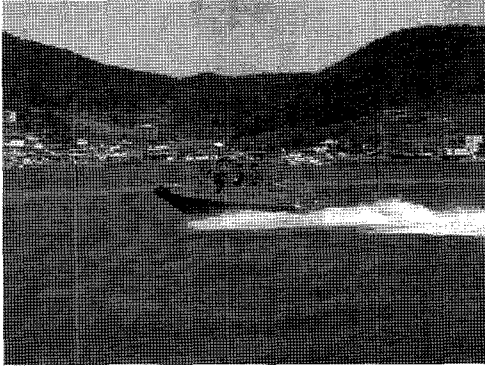


Fig. 9 Sea trial test in the sea condition

5. 결 론

본 논문에서는 6m급 레저용 RIB 개발을 위하여 최적의 요구조건을 도출하고, 초기 개념설계, 성능추정 및 검증을 위한 조선훈공학적 계 계산과 시제선의 해상시운전 시험 결과를 보였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 국내의 실적인 자료를 토대로 도출한 최적요구 조건에 적합한 개발선은 길이 6m, 폭 2.3m, 깊이 0.98m, 흘수 0.35m이고, Deep V형의 활주선형으로 트랜섭선미를 가지고 있다.
2. 레저용 RIB의 특성 상, 승선원의 안전과 편의성 및 선박 형상의 미적인 부분 등을 다양하게 검토하게 되는 구획배치 설계는 3D 그래픽 기법을 이용하면 최적 규모의 공간배치 연구 과정을 극대화 할 수 있다.
3. RIB는 선체에 부착한 팽창식 튜브에 의한 추가 예비부력의 증가로 인해, 복원성능이 일반 레저

보트에 비해 매우 우수할 뿐만 아니라 최적의 튜브 용량을 선정하였을 경우 선체 손상 시에도 충분한 복원성을 가질 수 있다.

본 연구를 통하여 제시된 6m급 레저용 RIB는 최근 급증하고 있는 해양레저 활동에 적합한 레저 수단으로 사료된다. 향후 지속적인 선형 및 구획배치의 최적화 연구를 통하여 여타 규모의 레저용 RIB 개발에 핵심자료로 활용하고, 파워보트, 경비정, 구조정 등의 유사 고속보트의 설계, 건조 시 주요 기초자료로 활용하고자 한다.

참고문헌

- [1] 반석호, 김상현, “국내 해양레저와 레저선박 산업의 현황 및 전망”, 대한조선학회지, 제 39권, 제 1호, pp. 36-44, 2002.
- [2] 홍성인, 해양레저장비산업 육성 기본전략 수립 연구, 산업연구원, 2003
- [3] 박성현, “국내 해양레저(요트) 산업의 현황과 문제점”, 한국마린엔지니어링학회지, Vol. 30, No. 3, pp. 19-25, 2006.
- [4] ICOMIA, Boating Industry Statistics 2003, ICOMIA Annual reports, 2004
- [5] 민계식, 이귀주, “활주형선의 단면형상 및 장-폭 비와 저항특성과의 관계에 대한 실험적 연구”, 대한조선학회지, 제 31권, 제 3호, pp.64-68, 1994.
- [6] 하문근, M. NAKATO, “주상활주선형의 SPRAY 관측과 저면압력분포”, 대한조선학회논문집, 제 31권, 제 3호, pp.100-111, 1994.
- [7] 박종범, 이동훈, 김덕은, 김수영, “침몰 방지형 단정 개발에 관한 연구”, 대한조선학회논문집, 제 43권, 제 1호, pp. 128-133, 2006.
- [8] 김형민, 서성부, 정진욱, 연안 고속 RIB 개발에 관한 연구, 중소조선연구원, 2004
- [9] D. Savitsky, “Hydrodynamic design of planing hulls”, Marine Technology, Vol. 1, No. 1, pp. 71-95, 1964.

- [10] D. Savitsky, "Status of Hydrodynamic Technology as Related to Model Test of High speed Marine vehicles", DTNSRDC Reports No. 81/026, 1981
- [11] 신정일, 양지만, 박호원, 김재성, 김효철, "고속 예인시스템을 이용한 단을 가진 활주형선의 저항특성 고찰", 대한조선학회논문집, 제 42권, 제 4호, pp.341-349, 2005.

저 자 소 개



김형민(金炯珉)

1972년 12월, 1995년 부경대학교 선박공학과 졸업(학사), 1997년 동대학원 선박공학과 졸업(석사), 1997년-현재 중소조선연구원 책임연구원.



서성부(徐晟釜)

1961년 6월, 1984년 부산대학교 조선공학과 졸업(학사), 1986년 동대학원 조선해양공학과 졸업(석사), 2002년 동대학원 조선해양공학과 졸업(박사), 1989년-1995년 한국기계연구원 선임연구원, 1995년-1998년 한진중공업 선임연구원, 2002년-2005년 중소조선연구원 책임연구원, 2005년-현재 동의대학교 조선해양공학과 교수.