

# 아마추어용 경정 모터보트의 개발

## The Development of Racing Boat for Amateur

권수연\*†, 정광교\*

Soo-Yeon Kwon\*†, Kwang-Gyo Choung\*

### 요 약

본 연구에서는 문화관광부의 2008년도 스포츠연구개발사업의 취지에 맞게 소형선에서 가장 중요 시되는 경량화를 위한 신소재를 적용하여 구조적으로 충분한 강도를 가지면서 아마추어들이 편하고 안전하게 모터보트 레이싱을 즐길 수 있도록 안전성 및 성능이 우수한 아마추어용 경정 보트를 개발 하였다. 본 연구개발에 있어서 목재 및 FRP등 선체재료에 따른 구조해석을 수행하여 구조강도특성을 분석하고 워터제트형 경정 모터를 개발하여 경정 보트 시제품을 건조하여 시운전을 실시하는 등 안전성 및 성능을 확인하였다.

※ 핵심용어: 경정(Racing Boat), 아마추어(Amateur), FRP, 워터제트(Water Jet)

## 1. 서 론

우리나라는 소득수준의 향상과 주 5일 근무제의 확산으로 인한 경제적, 시간적 여유로 레저생활의 비중이 증대되어 가고 있으나, 주로 육상 레저시설을 이용한 레저활동이 대부분인 실정이다.

따라서 국내에 낙후되어있는 해양레저스포츠에 대한 관심이 점차적으로 커지고 있으며, 전국 각

지역에서 마리나를 설치하고 요트 등의 레저선박과 해양레포츠에 관한 연구가 다양하게 수행되고 있다.

본 연구에서는 프로선수들에게만 국한되어있던 경정 레이싱을 아마추어들이 보다 안전한 상태에서 박진감 넘치는 레이싱을 즐길 수 있도록 하기 위하여 아마추어용 경정을 개발을 목적으로 수행되었다.

\* 선박안전기술공단 기술연구팀

† 논문주저자

## 2. 아마추어용 경정

프로용 경정이 목재가 주재료였던 반면에, 이번에 개발된 아마추어용 경정은 소형선에서 중요한 사항들 중 하나인 경량화를 위하여 재료를 경량화 소재를 이용하되, 구조적으로 충분한 강도를 가지면서 안전도 및 성능이 우수하도록 하였다. 또한 프로용 경정의 추진 장치로 사용되고 있는 프로펠러가 경기도중 일어나는 사고로 인하여 선수들의 안전에 크게 영향을 미치고 있으므로, 이를 보완하여 추진 장치를 워터 제트형으로 변경하여 아마추어 선수들의 경기 중의 안전성을 고려하였다.

### 2.1 재료별 특징

경정의 재료로는 목재를 많이 사용하고 있으며, 최근에는 목재 보트의 외판을 FRP로 코팅하고 FRP의 선좌에 고무포(인플레터블)의 데크를 장착하거나 목재 선체에 FRP재 카우링을 쓴 혼합품도 사용하고 있다.

#### 가. 목재

목재는 가볍고 물에 뜨며 가공이 쉬우나, 천연소재이므로 균일하지 않으며 양질의 것을 대량으로 입수하기도 힘들다. 또한 판이 갈라지거나 물을 흡수하는 등의 결점을 지니고 있다. 또한 최근에는 다른 재료보다 제조공정이 더 들기 때문에 목재 선박은 해를 거듭하면서 날로 줄고 있는 추세이다. 경정의 경우 활주면이나 스텐에지(stern edge)등에 높은 정도가 요구되므로 경주 목적에는 목재가 적합한 재료라 할 수 있으며, 목재 재료의 선정시에는 보트의 성능을 충분히 고려한 것이 사용되어야 한다. 경정에 사용하는 주요목재는 스포

리스, 오크목, 삼나무, 나왕 티크, 미송 등이 있다.

#### 나. FRP

FRP는 유리섬유로 보강된 플라스틱이다. 이러한 재료를 복합재라고 하며 일반적으로 FRP적층에는 폴리에스틸 수지를 사용한다. 이것은 열경화성이 뛰어나며 액상인 채로 유리섬유를 적층한 후 경화시키는 방법이다. 일단 경화시킨 것은 열을 가해도 원래대로 돌아오지 않는 성질을 갖게 된다. 따라서 판 상태인 것을 굽히거나 용접하거나 해서 사용할 수 없다. 보강재가 되는 유리섬유는 유리를 1줄의 실로 만들어서 이것을 몇 줄로 짜는 방법 또는 짜지 않고 다발상태(roving)로 하여 천 상태로 만든 것이다. FRP 재료의 특징은 틀을 사용하여 선형을 유선형 등의 형태로 다양하게 만들기 쉽다. 강도는 목재보다 강하며, 물을 흡수하지 않으므로 보수관리가 편하다. 외판은 이음매가 없고 광택이 있는 컬러풀한 것으로 만들어진다. 형을 사용하므로 대량생산에 적합한 것이 장점이다.

본 연구에서 개발된 아마추어용 경정은 프로용 경정 선체의 주재료가 목재였던 것을 FRP로 변경하여 제작되었다. 단순히 일반적인 선박을 건조할 때 사용되는 재료가 아니라, 내수 콤비 합판, PVC폼, 카본, 케블러 등 경량화 소재를 이용하였으며, 공법으로는 Vacuum bagging을 이용하여 두께를 줄이고 강도를 증가시켰다. 현재 Vacuum bagging 공법은 레저선박을 많이 건조하는 레저선진국에서는 활발히 사용되고 있으나, 국내에서의 사용건수는 거의 전무한 실정이다. 간단히 설명하자면, 닫힌 몰드(closed moulding) 방식의 공법으로 진공을 이용하여 기밀된 몰드면의 압력을 대기압보다 낮추어 압력차에 의해 수지를 유리섬유에 스며들게 하는 방법이다.

### 3. 경정의 구조

경정은 일반 선박과 마찬가지로 외판과 중부재, 횡부재로 이루어져있으며, 탑승하는 선수의 부상 사고 시 충상을 입는 것을 방지하고 보트의 외판을 보다 좋게 하기 위하여 개발된 카울과 각종의 장품으로 구성되어 있다.

카울의 경우 선수를 보호하기 위하여, FRP로 제작시에는 적층수를 많이 하여 보강하거나 카본, 아라미드 등 강성이 강한 재질을 이용하여 제작하고 있는 실정이다.

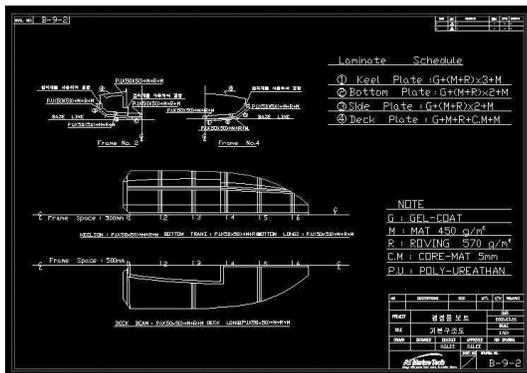


Fig. 1 경정의 구조도

#### 3.1 시편시험

##### 가. 시편제작

현재 경정의 재료로 사용되는 목재는 가볍고 물에 뜨며 가공이 쉬우나, 천연소재이므로 균일하지 않으며 양질의 것을 대량으로 입수하기도 힘들다. 또한 판이 갈라지거나 물을 흡수하는 등의 결점을 지니고 있다. 또한 최근에는 다른 재료보다 제조공정이 더 들기 때문에 목재선박은 해를 거듭하면서 날로 줄고 있는 추세이다.

따라서 본 연구에서는 FRP를 사용하여 경정제

작을 하기로 결정하였으며, FRP의 작업방법으로는 일반적으로 사용되고 있는 수적층 방법과 앞에서 언급한 Vacuum bagging방법 두 가지로 하였다. 후자의 경우 국내에는 잘 알려지지 않은 방법이나, 작업환경이 좋고 무게가 경감되며, 강도가 증가하는 장점이 있다.

아래의 그림에는 FRP로 제작된 시편과 FRP-수적층, FRP-VB 시편의 두께를 비교하고 있다. 같은 사양으로 적층을 했을 경우에, FRP-VB 시편의 두께가 3mm이고 FRP-수적층 시편의 두께는 6mm임을 볼 수 있다.



Fig. 2 FRP-수적층 시편



Fig. 3 FRP-VB 시편

Vacuum bagging 방법은 작업방법이 잘 알려져 있지 않아, 선체적층에 사용하기가 어려우나,

일단 시험편은 수적층과 V.B 두 가지로 제작하였으며, 목재와 FRP로 제작한 경정의 구조해석결과에 대한 비교를 위하여 목재와 FRP-수층 및 FRP-VB 세 가지 재료에 대한 시험시험을 계획하였다.

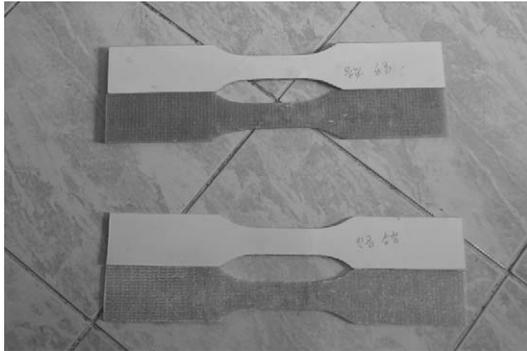


Fig. 4 FRP 시험편

Table 1 시험편의 재료와 시험내용

시험 재료	목재	FRP
	종류 : 오크, 스프러스, 히노끼	적층사양 : G+(M+R)x2+M
시험 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 섬유방향 압축강도 (기건상태)</li> <li>- 섬유직각방향 압축강도 (기건상태)</li> <li>- 휨강도(기건상태)</li> </ul>	적층판인장강도 적층판굽힘강도



Fig. 5 시험성적서

### 3.2 결과분석

#### 가. 목재

목재의 비중은 목재가 갖고 있는 밀도와 관계가 있으며, 기건상태의 밀도값이 가장 크게 나타난 오크의 경우 비중이 가장 크며, 히노끼, 스프러스 순으로 나타났다. 따라서 섬유방향압축강도, 섬유직각방향압축강도, 휨강도 등의 결과치를 비교해 봤을 때 마찬가지로 기건상태의 밀도값이 큰 순서대로 큰 값을 갖는 것으로 시험결과 나타났다.

Table 2 목재의 시험결과

시험항목	오크	히노끼	스프러스
기건밀도(g/cm <sup>3</sup> )	0.79	0.49	0.4
함수율(%)	9	14	30
섬유방향압축강도(N/mm <sup>2</sup> )	69.5	46.2	29.2
섬유직각방향압축강도(N/mm <sup>2</sup> )	8.3	6.6	4.5
휨강도(N/mm <sup>2</sup> )	136.6	77.4	44.4

#### 나. FRP

FRP 시험편에 대한 재료시험 결과는 적층방법의 특징과 비례하여 vacuum bagging의 경우 인장 및 굽힘 강도에서 수적층에 비해 큰 값을 갖는 것으로 나타났다.

Table 3 FRP의 시험결과

시험항목	FRP-수적층	FRP-VB
적층판 인장강도(Mpa)	161	199
적층판 굽힘강도(Mpa)	204	300

### 3.3 구조해석

#### 가. 구조해석 개요

구조해석은 경정의 선체가 목재, FRP-수적층, FRP-VB로 설계된 경우를 고려하여 각각의 경우에 대하여 구조해석을 수행하였으며 해석결과를 서로 비교하였다. 구조해석결과에 따라 취약한 부위에 강성을 키울 수 있도록 구조설계를 보완하였다.

구조해석에 있어 모델링 작업은 Patran을 이용하였고, 구조해석 p는 Nastran을 이용하였다.

#### 나. 구조해석 기본조건

아래의 그림은 유한요소해석 모델과 선체의외판, 종부재, 횡부재의 이상화된 형상을 나타내고 있다.

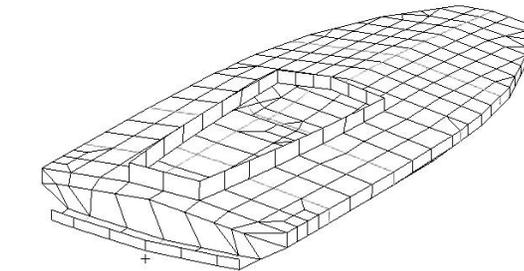


Fig. 6 유한요소해석 모델

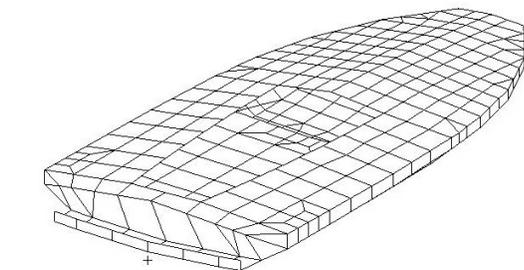


Fig. 7 체외판의 이상화 형상

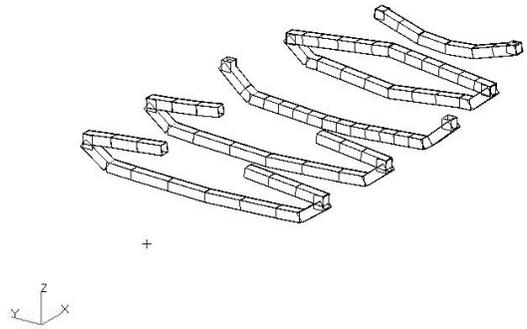


Fig. 8 횡부재의 이상화 형상

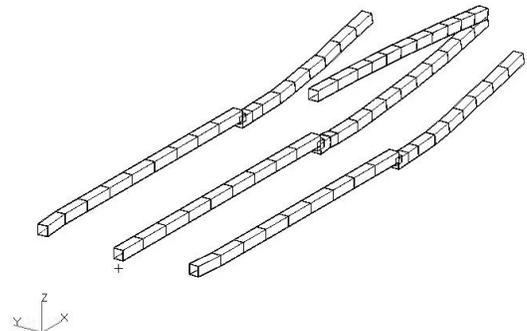


Fig. 9 종부재의 이상화 형상

#### 다. 경계조건

(1) 종굽힘 강도해석시 경계조건

0.2Lpp와 0.9Lpp에 해당하는 프레임(No.2 및 No.9)의 단면에서 x, y, z 변위를 구속하였다.

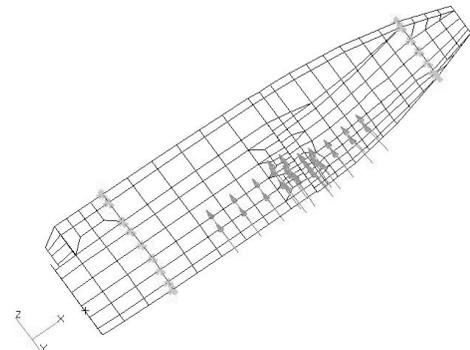


Fig. 10 종굽힘 강도해석시의 하중 적용 및 경계조건

(2) 비틀림 강도해석시의 경계조건  
 0.1Lpp에 해당되는 프레임(No.1)의 모든 자유도를 구속하였다.

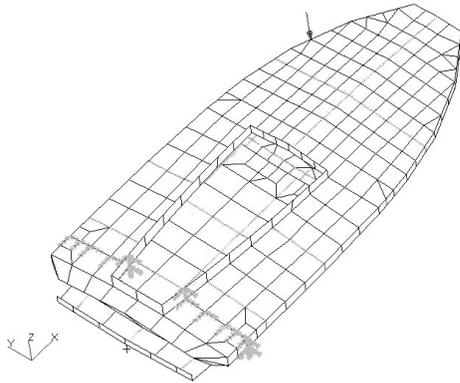


Fig. 11. 비틀림 강도해석시의 하중 적용 및 경계조건

(3) 충격 강도해석시의 경계조건  
 0.2Lpp와 0.9Lpp에 해당하는 프레임(No.2 및 No.9)의 단면에서 x, y, z 변위를 구속하였다.

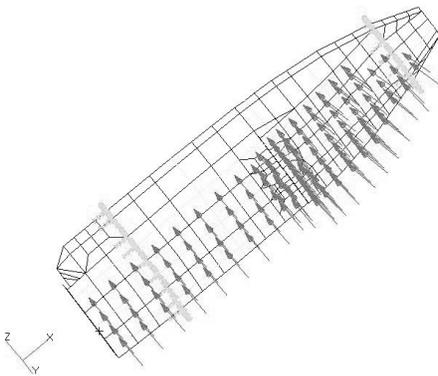


Fig. 12. 충격 강도해석시의 하중 적용 및 경계조건

### 3.4 구조 해석결과

경정의 종강도와 비틀림 및 충격강도 해석을 통하여 각 부재의 안전성을 파악하고 부재설계의 적

절성을 입증하였다. 목재와 FRP-수적층, FRP-VB의 구조해석 결과는 아래에 상세히 나타내었으며, 최대 von-Mises 응력이 목재의 항복응력 40N/mm<sup>2</sup>, FRP 인장강도 165N/mm<sup>2</sup>에 비해 상당히 작은 값을 갖고 있으므로 강도면으로는 충분하다고 판단되었다.

Table 4 최대 von-Mises stress (목재)

(단위: N/mm<sup>2</sup>)

부재	종굽힘 하중	비틀림 하중	충격 하중
선체	3.8	2.1	4.8
종방향부재	8.0	3.6	8.1
코우밍	2.4	2.4	2.9
프레임	4.1	1.6	4.5

Table 5 각 성분별 최대 변형량

(단위: mm)

하중	x 방향	y 방향	z 방향
종굽힘 하중	0.45	1.02	2.84
비틀림 하중	0.46	0.81	5.5
충격 하중	0.58	1.28	3.24

Table 6 최대 von-Mises stress(FRP-수적층)

(단위: N/mm<sup>2</sup>)

부재	종굽힘 하중	비틀림 하중	충격 하중
선체	7.3	2.5	4.0
종방향부재	19	2.9	9.4
코우밍	0.88	2.1	0.55
프레임	19	2.1	11

Table 7 각 성분별 최대 변형량  
(단위: mm)

하중	x 방향	y 방향	z 방향
종굽힘 하중	0.32	0.3	4.3
비틀림 하중	0.23	0.08	2.2
충격 하중	0.2	0.18	2.5

Table 8 최대 von-Mises stress(FRP-VB)  
(단위: N/mm<sup>2</sup>)

부재	종굽힘 하중	비틀림 하중	충격 하중
선체	5.4	1.8	4.7
종방향부재	9.8	3.0	6.5
코우밍	4.1	2.5	3.1
프레임	12	3.0	6.5

Table 9 각 성분별 최대 변형량  
(단위: mm)

하중	x 방향	y 방향	z 방향
종굽힘 하중	0.26	0.14	2.3
비틀림 하중	0.16	0.09	2.3
충격 하중	0.24	0.12	1.6

## 4. 워터제트형 경정모터 개발

### 4.1 경정의 추진장치

추진장치는 수상 또는 수중에 떠 있는 선박 또는 잠수체를 어떤 속도로 운항할 때 대상체를 밀어주는 추진력을 발생하는 장치이다. 경정용 모터 보트에 사용되는 추진 장치는 다음과 같다.

#### 가. 프로펠러

선박의 추진장치에는 여러 가지 종류가 있는데

그 중에 스크류 프로펠러(Screw Propeller)가 가장 보편적으로 많이 사용되고 있다. 이것은 가장 일반적인 추진장치로 바다, 강 또는 호수에서 운항하는 선박에서 쉽게 볼 수 있다. 일반적으로 추진효율도 다른 종류의 추진 장치보다 비교적 높은 편이다. 선박의 특성과 목적에 따라 다른 종류의 추진기를 사용하기도 하지만, 일반적으로 스크류 프로펠러 추진장치는 소형 어선에서부터 고속 함정, 초대형 컨테이너선 또는 초대형 유조선 등 선박의 크기와 종류에 거의 무관하게 사용될 수 있다. 또한 구조적으로도 비교적 간단하고 제작비 측면에서도 다른 종류의 추진기보다는 유리하다. 이 추진기는 회전축과 연결되는 허브(Hub) 부분에 날개(Blade)들이 일체로 고정되어 있어서 고정 피치 프로펠러(Fixed Pitch Propeller)라고 한다. 따라서 축이 회전하면 허브와 날개들이 일체가 되어 동시에 회전한다. 이때 회전하는 날개들의 주위유동으로 날개표면에서 압력변화 즉, 배에서 보이는 날개면(흡입면, Suction Side)에서는 압력이 낮아지고, 다른 면(압력면, Pressure Side)에서는 압력이 높아져 배의 전진 방향으로 추력이 발생하는

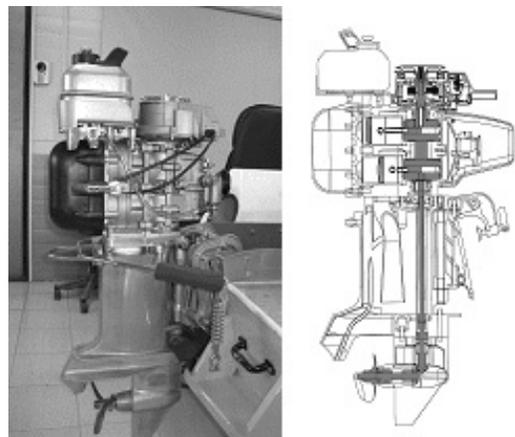


Fig. 13 경정용 선외기 엔진 조립도

다. 배의 속도는 프로펠러 회전수를 조절하여 연속적으로 변화시킬 수 있다.

위의 Fig. 13은 현재 경정용 모터보트에 사용되는 32마력 엔진의 구조도면으로 일반적인 선외기 엔진에서와 같이 프로펠러축이 드라이브 축과 직각을 이루며 베벨기어에 의하여 프로펠러축에 동력이 전달되어진다.

### 나. 워터제트 추진

Water Jet 추진방식은 기존 프로펠러 추진방식의 단점인 고속 항행중 추진 효율의 저하를 향상시키기 위해 도입된 방법으로, 40knots이상의 선속을 내는 경정용 추진장치로 적합한 특성을 가지고 있다. 워터제트 추진기의 추진원리는 아래의 그림에서와 같이 선박용 기관의 동력을 이용하여 선저에서 유도된 물을 케이싱내에 설치된 임펠러 및 노즐을 통하여 선미로 분사시키는 방법으로 그 반력을 이용하여 추진하는 방식이다.

### 다. 아마추어 경정용 워터제트 추진장치

아래에는 본 연구에서 개발된 경정에 사용하고 있는 워터제트 추진장치로 물을 흡입하여 노즐을 통하여 분사하는 역할을 하고 있다. 프로펠러 부분에 워터제트 추진장치를 대체하여 아마추어들이 경정을 운전하다가 낙수하여 프로펠러로부터 부상을 입는 등의 안전사고를 예방하고, 또한, 고속에서 항주성능이 향상하여 속도감을 즐기는 아마추어 경정 운전자들의 요구를 만족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

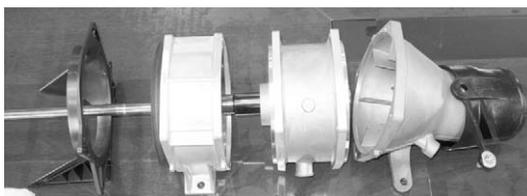


Fig. 14 워터제트 추진장치

## 4.2 프로펠러와 워터제트의 비교

구분	워터제트 추진	프로펠러 추진
추진효율	25knots 이상에 우수한 효율	25knots이하에 우수한 효율
소음/진동	P/P 보다 7-10dB 낮음	cavitation, singing에 의한 수중소음 발생
조정성능	전 선속에서 P/P 보다 뛰어난 ("power braking"기능, 전선속시 Tactical Diameter 40% 감소)	저속시에 조정성능이 불량하다
보수유지	gear box가 없어 정비 유지성 양호	기존의 방식으로 용이

## 4.3 모터의 설계

주관기관인 에이원마린테크(주)에서 보내온 모터의 도면은 아래와 같다.

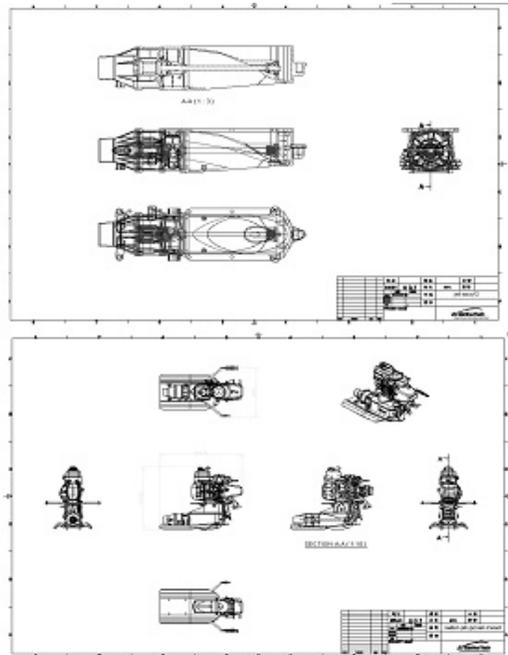


Fig. 15 모터의 설계도

#### 4.4 유동해석 및 결과

##### 가. 격자생성

격자는 사면체 격자 약 35만개를 사용하여 아래의 그림과 같이 생성하였다.

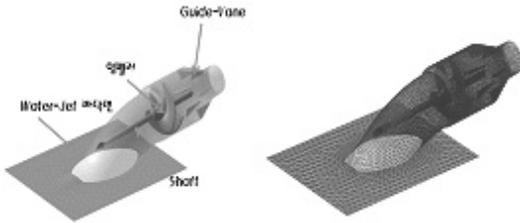


Fig. 16 격자생성

##### 나. 경계조건

흡입되는 유체의 속도를 40knots로 가정하여 계산을 수행하였다. 아래의 그림에는 계산을 수행하는데 기초가 되는 경계조건에 대하여 설명하였다.

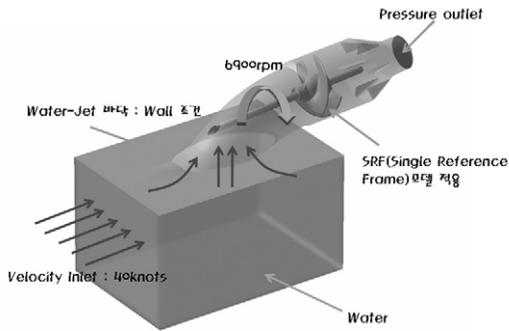


Fig. 17 경계조건

##### 다. 중앙단면에서의 압력분포

임펠러에 의하여 유동이 가속화되고 원심력에 의하여 임펠러 후단 벽쪽으로 높은 압력 분포를 보이고 있다.

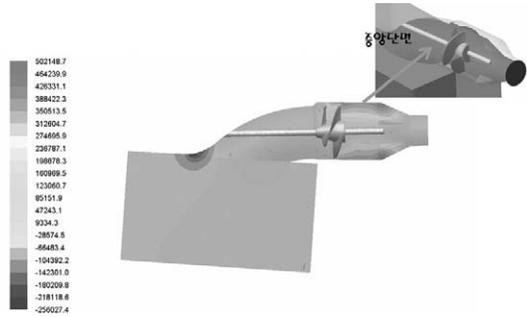


Fig. 18 압력분포

##### 라. 중앙단면에서의 속도벡터

앞쪽의 Guide Vane에 의하여 회전력이 감소되고 있다.

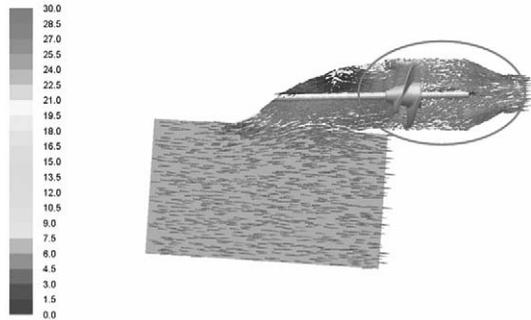


Fig. 19 속도벡터

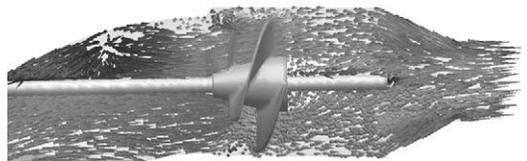


Fig. 20 속도벡터

마. Water-jet내의 유동특성  
임펠러에 의하여 유동이 가속화 되고, Guide Vane에 의하여 회전력이 감소된다.

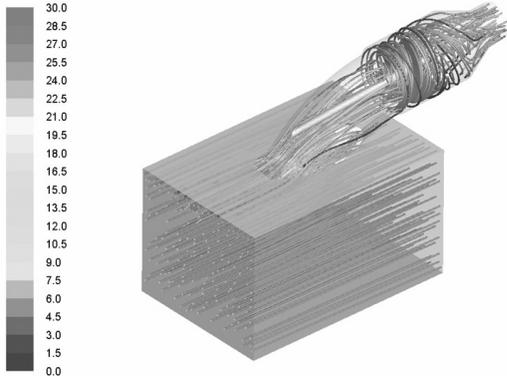


Fig. 21 유동특성



Fig. 23 데크몰드 작업

## 5. 시제품 제작

구조해석과 유동해석 결과를 바탕으로 하여 에이원마린테크(주)에서 선체는 FRP로, 추진장치는 개발된 워터제트를 탑재하여 아마추어용 경정 시제품을 제작하였다. 아래의 그림은 몰드작업을 하고 있는 모습과 탈형 후에 의장품을 취부하고 있는 모습이다.



Fig. 24 의장품 취부작업



Fig. 22 선체몰드



Fig. 25. 의장품 취부작업

## 6. 시운전

FRP-VB으로도 시제품 제작을 시도하였으나, 우선 FRP 수적층으로 개발된 경정에 실제 경정선수를 탑승시켜 시운전을 수행하였다. 실제로 정확한 속력을 계측할 수는 없었으나, 항주속력은 대체적으로 감소한 것으로 판단되었다. 이는 기존의 선수들이 사용하고 있는 목재로 만들어진 경정보다 전체적으로 약 30kg정도의 무게 증가가 가장 큰 원인이다.

시운전 결과, 증가된 중량을 감소시키는 것이 급선무이며, 이는 FRP-VB로 작업하여 제작할시 해결될 수 있다고 생각되어진다. 또한 워터제트 설치 시 선체와의 각도 및 설치 위치 등이 개선되어져야 보다 나은 성능을 나타낼 것으로 판단된다.



Fig. 26 시운전



Fig. 27 시운전



Fig. 28 시운전

## 7. 결 론

본 연구에서는 숙련된 선수가 아닌 아마추어들이 안전하게 스피드를 즐기면서 탈 수 있는 경정을 개발하였다.

아마추어 운전자들의 안전을 위하여 추진 장치를 프로펠러에서 워터제트로 개선하였으며, 재료도 목재에서 FRP로 변경하여 대량생산에 유리하도록 하였다.

시운전 결과 시제품은 선수용 경정에 비해 속력 등 성능이 저하된 것으로 나타났으나, 중량이나 워터제트의 위치 등을 조정한다면 선수용 경정과 비슷한 성능을 얻을 수 있으리라 생각되어진다.

이번 연구결과를 토대로 하여 추후 레저선박 추진 장치의 국산화를 위한 기초 자료를 축적할 수 있었으며, 아마추어용 경정을 보편화시켜 국내 해양 레저스포츠의 활성화도 기대할 수 있다고 생각되어진다.

## 후 기

이 연구는 문화관광부의 2008년도 스포츠연구 개발사업으로 추진된 “아마추어용 경정 모터보트의 개발”의 일부임을 밝힙니다.