

## 수퍼요트의 초기 선형 선정을 위한 유체성능해석 및 모델링기법

남종호<sup>†\*</sup>, 현범수\*, 김태윤\*, 김대현\*

한국해양대학교 조선해양시스템공학부\*

Analysis of Hydrodynamic Performance and Establishment of Modeling  
Technique for Determination of Preliminary Hull Form of Superyachts

Jong-Ho Nam\*, Beom-Soo Hyun\*, Tae Yoon Kim\* and Dae Hyun Kim\*

Div. of Naval Architecture and Ocean Systems Engineering, Korea Maritime Univ.\*

### Abstract

A preliminary design approach for superyachts is introduced. The state-of-the-arts of superyachts is investigated and their characteristics are indirectly examined by analyzing the data collected from built vessels. The analysis of data provides a guideline for the establishment of an preliminary hull form of a superyacht. The rules and regulations governing the design and construction of superyachts are collected and considered. A modeling approach for prompt and efficient design is also introduced. A sample hull form of a selected superyacht is constructed using commercial design packages not only to produce a hull form but to analyze the hydrostatic and hydrodynamic performances of the constructed vessel. Various visualization techniques are considered as an efficient tool for design verification.

※Keywords: Superyacht(수퍼요트), Hull form design(선형설계), CAD system(CAD 시스템), Modeling(모델링), NURBS(NURBS), Visualization(가시화)

### 1. 서 언

수퍼요트는 그 크기가 작게는 20여 미터부터 크게는 100미터까지 이르며 단순한 기존 요트에서 벗어나 여러 가지 기능을 갖춘 종합적인 요트라고 할 수 있다. 선형은 기존의 상선이 중요시하는 기

능적인 면보다는 미적인 요소에 중점을 두고, 실내는 편리한 기능에 미적인 아름다움과 화려함을 바탕으로 설계되는 등 새로운 설계 패러다임을 요구하는 선박의 형태이다. 해양레저산업의 활성화에 힘입어 수퍼요트에 대한 일반인의 기대가 높아지고 있는 현실이지만, 수퍼요트에 대한 학술적인 연구사례는 일반요트를 대상으로 한 유사분야의 연구결과만 발표되고 있을 뿐, 수퍼요트에 대한 명확한 연구결과는 찾아보기 어려운 실정이다.

접수일: 2006년 12월 29일, 승인일: 2007년 6월 27일

†교신저자: jhnam@hhu.ac.kr, 051-410-4301

본 연구에서는 수퍼요트의 설계개념의 정립을 위한 기초연구를 수행하였다. 수퍼요트의 동향에 대한 조사 및 분석을 우선적으로 수행하고, 이를 바탕으로 개발하고자 하는 수퍼요트 모델에 대한 전반적인 틀을 확립하고자 한다. 통계조사를 통하여 수퍼요트에 대한 개략적인 사양을 파악한 후, 각 특성과 주요 제원 등을 분석하고 이를 초기설계의 기본 자료로 활용한다. 분석된 결과를 토대로 하여 수퍼요트의 주요 사양을 결정하는 개념설계 과정을 소개하였다. 분석결과로부터 상용모델링패키지를 이용하여 표본선형을 모델링하고, 기본적인 유체역학적 성능을 검토하여, 초기선형에 대한 검증 실시하였다. 또한 향후 맞춤형 수퍼요트 설계를 위한 전산기술의 적용을 검토하고 그 기법에 대한 기초연구를 수행하였다.

## 2. 수퍼요트

요트라 하면 일반적으로 세일링요트를 떠올리지만, 규모에 따라 모터나 엔진을 장착하는 경우가 많기 때문에, 수퍼요트는 세일링요트를 포함한 모든 고급 레저선박을 통칭하는 용어라 할 수 있다.

수퍼요트는 크루즈선박과 더불어 부가가치가 매우 높기 때문에 최근 조선산업에서 급속하게 부각되고 있는 선박이다. 해양레저산업이 태동기에 있는 국내에는 아직 소개되지 않은 생소한 선박이지만 세계적으로는 레저산업의 대표적인 주자의 하나로 자리매김하고 있다. 수퍼요트는 일반적인 선박이 가지는 제반 요소를 모두 포함하고 있을 뿐 아니라 레저보트로서의 기능도 보유하고 있다. 그 크기나 기능면에서 볼 때는 소형레저선박과 크루즈선의 중간 형태라고 할 수 있다.

수퍼요트는 2003-2004년 기준으로 볼 때 세계적으로 약 507척이 건조되었으며 이후 그 추세가 계속 상승하고 있다. 국민체육진흥공단의 '차세대 모터보트의 산업화 방안을 위한 중장기 기술발전 전략'에 따르면, 중소형 세일링요트의 생산은 2001년 기준 전년대비 약 1.65% 감소하는 등 최근 세계적인 요트시장이 정체기에 있음을 알리고 있다 (서울대공학연구소 2004). 반면 수퍼요트의 시장은 2004-2005년 28.4% 성장을 비롯하여 지

난 수년 동안 매년 10% 이상 증가하고 있으며 향후에도 지속적으로 성장할 전망이다 (Nautica 2005). 수퍼요트는 레저용 요트 가운데 가장 고부가가치의 선박으로 그 건조가격은 일반 요트에 비해 매우 높다.

수퍼요트는 호화선박이라고 하는 크루즈선에 비견될 정도로 고급스러운 선박으로 선박의 안정성, 신뢰성, 스피드 등 최고의 기능을 요구할 뿐 아니라 감성공학기술을 적용한 아름다운 외관, 그리고 열악한 환경조건 하에서도 쾌적하고 안락한 실내공간을 요구한다. 특히 고급 인테리어 디자인이 매우 중요하여 거주구 및 선실에 첨단 인간공학, 유니버설 디자인기법, 최적공간배치기법, 최신 공기조화설비 등 기능적이고 경제적이면서 쾌적한 고급 실내공간을 요구한다. 따라서 최고의 기술력과 디자인능력을 가지고 있는 이탈리아, 네덜란드, 영국, 프랑스, 미국 등 요트 선진국에서만 첨단 수퍼요트의 디자인과 개발을 선도하고 있다. 최근에는 길이 100m 이상의 초호화급인 메가요트 (Megayacht) 개발로 발전되고 있다. 상선의 선진 조선국인 우리나라에는 아직 잠재력만 보일 뿐 수퍼요트에 대한 적극적인 참여를 보이지 않고 있는 것이 현실이다.

## 3. 자료 분석

수퍼요트에 대한 학술적인 자료는 매우 부족하다. 전 세계적으로 수퍼요트 사용자에 대한 네트워크는 구축되어 있지만 설계나 생산에 대한 기술적인 지식교류는 아직 제대로 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 인터넷 및 국제적인 컨퍼런스 등에서 입수된 자료를 통하여, 현재까지 건조되거나 실제로 영업에 사용되고 있는 수퍼요트 급에 대한 정보를 수집하였다. 모집된 자료를 정량적으로 분석함으로써, 수퍼요트의 경향을 파악하고, 분류되는 특이한 사항들이 있다면 특징별로 나누어 공통분모를 찾기 위한 시도이다.

건조된 수퍼요트를 4개의 군으로 나누어 자료를 분석하였다. 초기 기준은 길이를 바탕으로 30m이하, 30-45m, 45-70m, 70m 이상으로 정한

Table 1 Statistics of built superyachts

	30m 이하	30-45 m	45-70 m	70m 이상
Number of ships	276	259	88	26
LOA [m]	24	37	51	79
Beam [m]	5.9	7.5	8.9	10.8
Draft [m]	1.9	2.2	2.9	3.8
Max speed [knots]	25.2	19.4	16.3	15.9
Cruise speed [knots]	20.2	15.5	13.6	13.9
Weekly rental fee [US\$]	26,000	70,000	190,000	390,000

Table 2 Averaged principal dimensions

LOA	Beam	Draft	Cruise speed
35 m	7.2 m	2.3 m	17 knots

다. Table 1은 4개의 군으로 정리된 649척의 수퍼요트에 대한 분류 결과를 보인다. 선형의 특징을 파악하기 위하여 4개 군별로, 길이, 폭, 깊이, 흘수, 최대 및 항해 속도 등을 조사하였다.

Table 2는 조사된 모든 수퍼요트에 대한 산술적 평균값이 계산되어 있다. 30m 이하 급에서 높게 조사된 항해속도의 영향으로 다소 높은 평균속도가 산출되어 있음을 알 수 있다. 얻어진 평균값을 향후 개발될 수퍼요트의 설계를 위한 지표 값으로 삼는다.

#### 4. 설계 시 고려되는 규칙

수퍼요트의 크기나 항해범위를 고려할 때는 국내 및 국제적인 규약과 룰을 충실하게 따라야 하나, 수퍼요트가 지니고 있는 특성상 기존의 여객선과 유사한 규칙을 적용하는 데는 무리가 있다. 선박안전에 대한 규정을 국제협약으로 다루는 SOLAS는 여객선이나 상선에 대하여 강제성을 띠지만, 수퍼요트의 경우 예외조항을 허용하고 있다. 즉 수퍼요트는, 사고 발생 시 국제적으로 문제를 일으키는 여객선이나 화물선과는 달리, 유람용 성격이 강하므로 굳이 국제법으로 제재를 가하지 않

Table 3 Principal dimensions of designed superyacht

LOA	Beam	Draft	Depth
35.8 m	8.24 m	3 m	4.3 m

는다는 조항이 있다. 따라서 수퍼요트의 경우, 안전에 관한 제반사항은 순전히 선주와 조선소간의 계약에 의존하게 된다. 단, 수퍼요트 승조원에 대해서는 국제 노동기구의 규정에 의거하여 선실규격 및 침대 사이즈 등 노동환경에 대한 제약이 있다.

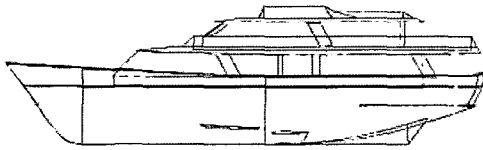
수퍼요트가 국내 항해만 할 경우 국내법에 저촉되지 않는 범위 내에서 설계하면 된다. 그러나 국제항해의 경우 방문하는 국가의 해상규정을 만족하지 않으면 영해내 진입 또는 입항을 거부당할 수 있으므로 설계 시 장래 방문하게 될 국가의 규정을 미리 고려할 필요가 있다.

#### 5. 유체성능을 고려한 선형설계

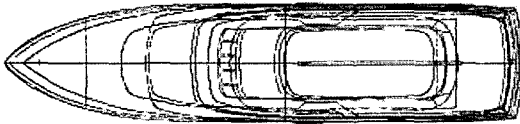
기존 수퍼요트의 자료 분석으로부터 얻어진 평균값을 염두에 두고, 이와 가장 유사한 실적선을 선택한다. 선택된 실적선은 기본적인 치수만 알려져 있을 뿐, 선형과 성능에 대한 자료는 전무하여 실적선의 설계에 대한 검증이 필요하다. 이러한 검증작업을 바탕으로 설계모형을 수립하고 수립된 모델에 대한 기초적인 설계 작업을 수행하여 향후 수퍼요트의 설계개념 정립을 위한 기초 자료로 삼는다. 선택된 선박의 주요제원은 Table 3에 나타나 있다. 그 밖의 중요한 조선공학적 요소들은 실적선의 외관을 살펴 임의로 적용한다.

##### 5.1 3차원 모델 구축

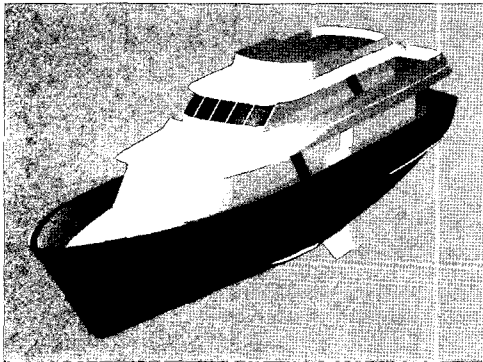
선택된 실적선의 제원을 최대한으로 활용하여 3차원 모델을 구축한다. 모델구축에 사용된 상용모델링패키지는 Autoship System사에서 출시한 Autoship이다 (Autoship 2000). 실적선에 대한 자료가 충분하지 않기 때문에 공개된 채원과 일반배치도, 그리고 웹에 공개된 모델 사진 등을 바탕으로 기준이 되는 기준선을 먼저 그린 다음, 이 기준선들을 바탕으로 생성된 NURBS 곡면을 수정하는 방법으



(a) Side view



(b) Top view



(c) Isometric view

Fig. 1 3-D model of designed superyacht

Table 4 Hydrostatic results

Item	Value
LCB	59.1% aft
$C_b$	0.671
$C_m$	0.861
$C_{wp}$	0.81
Volume	284m <sup>3</sup>
Wetted surface area	316m <sup>2</sup>

로 선형을 완성한다. 수퍼요트가 스포츠를 목적으로 하는 선박이 아니라 크루즈선과 같은 쾌적함을 추구하는 선박이라는 점을 고려하여, 충분한 크기

의 내부공간을 가지도록 중앙단면 형상을 비대하게 만들었고, 좋은 복원력 특성을 가지도록 선형을 설계하였다. 모델링된 선형의 측면, 평면, 3차원으로 렌더링된 형상이 Fig. 1에 도시되어 있다. Autoship의 Hydrostatics 계산 모듈을 이용하여 계산된 주요 결과가 Table 4에 나타나 있다.

5.2 선체 성능평가를 위한 수치해석법 검증

생성된 선체의 성능평가를 위해 Fluent 6.2.16을 이용하여 수치계산을 시도한다. 수퍼요트는 일반적인 상선이나 대형 여객선에 비해 크기는 작은 반면 항주속도가 상대적으로 빠르기 때문에 선체에 작용하는 저항성분 중 조파저항의 영향이 타 선박에 비해 크게 작용한다. 그러므로 선체의 성능을 고려할 때 조파에 의한 저항성분을 고려하지 않고서는 올바른 평가가 이루어지기 어렵다고 할 수 있다.

자유수면을 포함한 난류유동장을 해석하기 위해서 수치 격자 내 물과 공기가 차지하는 유체의 체적 비율을 통해 두 유체의 경계면인 자유수면의 위치를 예측하는 수치해석 기법인 VOF(Volume of Fluid)법을 이용한다. VOF법을 자유수면 해석에 도입한 예로는 Rhee and Makarov등이 자유수면을 관통하는 NACA0024 날개주위의 유동장에 대한 해석결과를 실험과 비교(Rhee et al. 2005), 요트의 선형개발 및 성능추정(유재훈 등 2005), LNG에 관한 연구(김진 등 2005), 자유수면의 포착정도에 대한 연구(박일룡 등 2005) 등을 들 수 있다.

본 연구에서는 Fluent의 VOF계산모듈을 수퍼요트의 조파저항 해석에 이용하는 방법의 적합성을 알아보기 위하여 먼저 자유수면 아래에서 진행하는 2차원 날개와 자유수면을 수직으로 관통하는 3차원 날개형상을 대상으로 VOF모듈을 이용한 계산을 수행하였다. 이 결과를 바탕으로 사용된 해석법에 대한 검증을 하고 수퍼요트의 선형성능 측정 도구로 삼는다.

2차원의 경우, Duncan(1983)은 자유수면 아래에서 일정한 속도로 진행하는 2차원 NACA0012 날개단면으로 인해 발생하는 자유수면 조파현상 및 쇄파현상과 그 때의 조파저항을 계측한 결과를 논문으로 발표하였다.

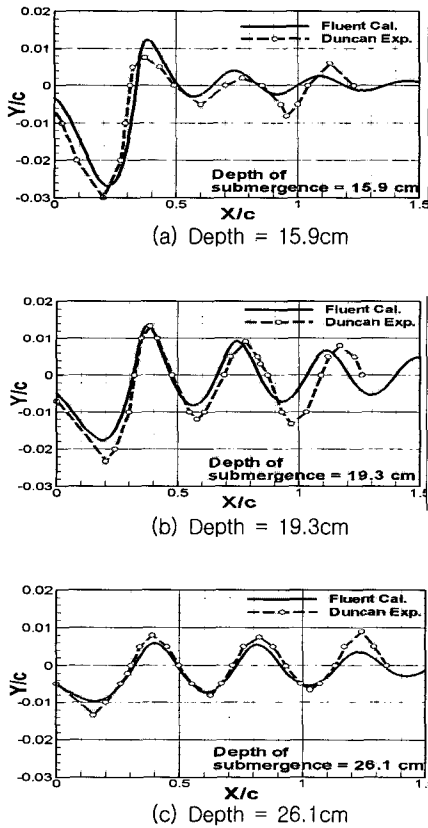


Fig. 2 Wave profile over submerged hydrofoil

본 연구에서는 Duncan의 실험결과를 토대로 해 파현상이 발생하지 않는 한도 내에서 Fluent를 이용한 수치적인 계산을 수행하였다. AOA=5°, Fn=0.56로 고정하고, 물수날개가 잠긴 깊이를 15.9cm, 19.3cm, 26.1cm로 변화시켜가면서 계산한 결과, Fig. 2에 나타났듯이 날개에서 먼 구간을 제외하고는 날개의 운동으로 인한 자유수면 생성이 Duncan의 실험결과와 대체로 일치하는 것을 보여준다.

전진하는 NACA0024 3차원 날개를 대상으로 VOF계산을 한 결과는 IOWA대학에서 수행한 실험결과(Metcalf et al. 2006)와 비교하여 검증하였다. 날개의 진행 속도를 Fr = 0.19, 0.37, 0.55로 변화시켜가며 계산한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 3차원의 계산결과 역시 약간의 오차는 있지만, 대체로 날개로 인해 형성되는 파도의 형태를 잘 묘사하고 있는 것을 확인하여 준다.

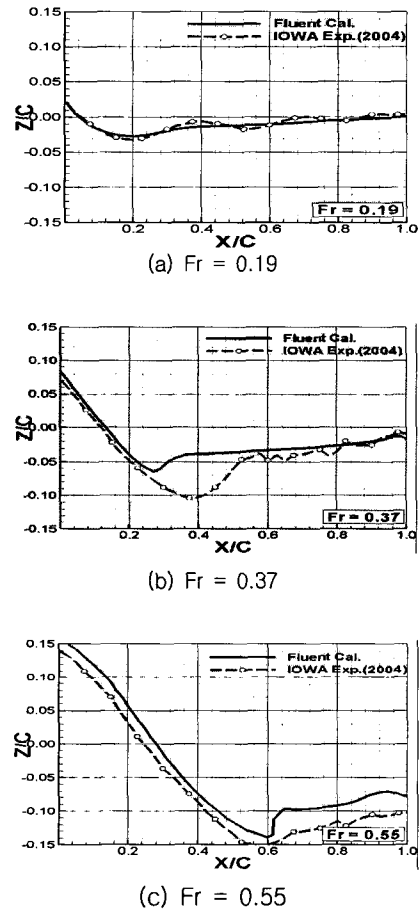


Fig. 3 Wave Profile around surface piercing hydrofoil

위에 수행한 2차원 및 3차원 수치해석 결과를 바탕으로, 수퍼요트의 선형성능 추정을 위하여 Fluent의 VOF옵션을 이용할 수 있을 것으로 사료된다. 김병남과 김우전(2006)의 연구는 이를 뒷받침해주고 있다.

### 5.3 대상선박에 대한 유체성능 해석

계산을 수행하는데 있어 비교대상이 되는 수퍼요트에 대한 자료가 없는 관계로, 앞서 선정한 대상선을 1/35로 축소한 모형선을 가정하고 이 모형선에 대한 유동장 계산을 수행하였다. 계산영역은  $-2.5 \leq x \leq 3.5$ ,  $0 \leq y \leq 2.5$ ,  $0.7 \leq z \leq -2.5$  로 설정하고 격자수는  $232 \times 61 \times 40$ 로 약 56

Table 5 Resistance Coefficient( $Re = 0.6 \times 10^6$ )

$C_F \times 10^3$	$C_P \times 10^3$	$C_T \times 10^3$
4.524	1.929	6.453

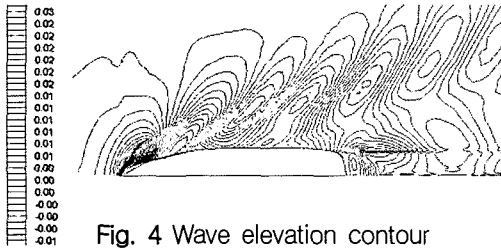


Fig. 4 Wave elevation contour

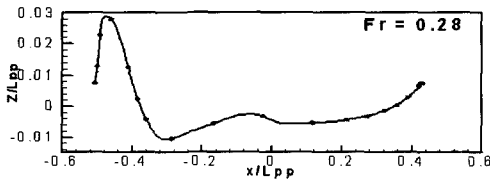


Fig. 5 Wave profile

만개다. 대상선형과 비교를 할 수 있는 자료가 전무한 상태이기 때문에, 실선이약 10knot의 속도 (Froude 수= 0.28)로 항주하는 조건을 가정한다.

이때 Reynolds number는  $0.6 \times 10^6$ 이다. 계산결과 중 저항계수는 Table 5에, 파고 등고선과 파도 프로파일은 각각 Fig. 4와 5에 나타나 있다.

### 6. 모델링 및 가시화 기법

상용CAD패키지를 이용한 수퍼요트의 3차원 모델구축은 신속한 결과를 제공하여 설계자를 돕는다. 하지만 궁극적으로는 수퍼요트의 제원 및 성능에 맞는 맞춤형 모델링 기술이 필요하다. 이 모델링 기술은 수퍼요트가 필요로 하는 특징을 객관적으로 파악하고 사용자가 편리하고 빠른 시간 내에 모델의 형상을 파악하게 도와주어야 한다.

맞춤형 수퍼요트설계를 위한 모델링의 최종목표는 기존의 상선 및 고속선에서 이용된 모델링 기술을 기반으로 하여, 수퍼요트에 맞추어진 기법을

도출하는 것이다. 본 연구에서는 모델링 기술개발을 위한 초기단계의 개발방향을 제시한다. 이를 위하여 기존의 모델링 기술에서 활용된 NURBS 곡면을 근간으로 하고, 파라메트릭 기법(Nam and Parsons 2000)을 이용하여 선형을 손쉽게 정의하고자 한다.

전체적인 모델링 기법은 Fig. 6에 제시된 바와 같이 일반적으로 선형설계를 수행하는 방법을 따른다. 선형정의를 위한 세부 사항들은 Fig. 7에 표현되어 있다. 선체를 구역별로 분류한 다음, 각 구역에 대한 국부적인 모델링을 수행하고, 차후 종합적으로 연계하는 방법을 취한다. 보다 자세한 세부내용은 후속되는 연구에 포함될 예정이다.

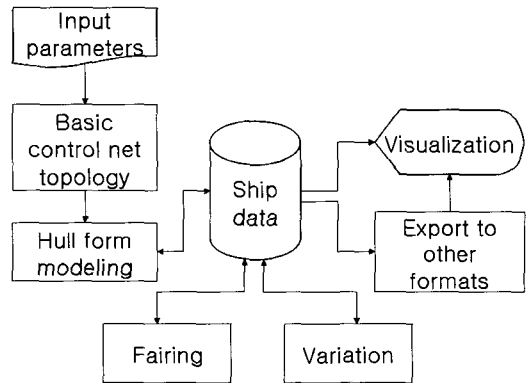


Fig. 6 Overall design process

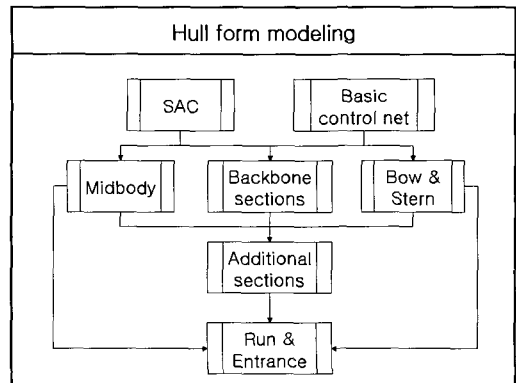


Fig. 7 Hull form modeling process

선형을 정의하기 위해서 제일 먼저 고려되어야 하는 단계는 단면형상의 결정이다. 세부적인 선형 정보가 없는 초기 설계단계에서는 개략적인 정보에 의존하여 선형을 도출하고, 이를 검증하는 반복적인 방법을 취할 수밖에 없다. 이때 대상 선형의 단면정보를 해석적 혹은 통계적으로 분석한다면 단면의 결정이 매우 신속하고 정확하게 진행된다. 본 연구에서는 우선 기존의 연구에서 이용된 단면결정 알고리즘을 따르고, 슈퍼요트의 단면 정보를 추가하는 점진적인 방향을 따랐다. 일반선형 단면 알고리즘을 이용하여 정의된 슈퍼요트의 흘수선 아래 초기 단면이 Fig. 8에 보인다.

모델링된 선형을 손쉽게 가시화하는 작업 역시 중요하다. CAVE와 같은 가상현실을 이용한 가시화는 본 연구의 이상적인 목표지만 현실적으로는 경제적으로 가능한 가시화 기술을 개발하는 것이 급선무이므로 보편적으로 이용 가능한 스크린을 이용한 가시화 기술을 고려하였다. 즉, 모델링된 선형을 스크린에서 검증할 수 있는 간편한 도구를 제공하고자 한다.

고성능의 가시화결과를 도출하기 위하여 몇 단계의 과정을 거칠 필요가 있다. 효율적이고 신속한 모델링과 수정을 위한 CAD시스템 이용 과정, 현실감 있는 질감 적용을 위한 그래픽스 시스템 이용 과정, 가상현실을 위한 준비단계의 웹을 통한 그래픽스 구현 과정 등을 충분히 활용하여 설계에 도움이 되는 가시화 작업을 수행할 수 있다. Fig. 9는 개략적으로 모델링된 선형에 3차원전용 소프트웨어를 사용하여 내부 격벽과 구획을 더한

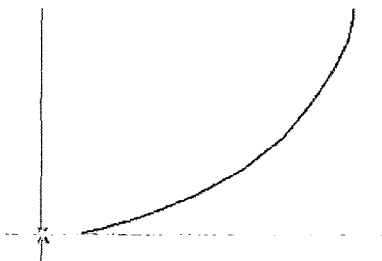


Fig. 8 A section generated by developed algorithm

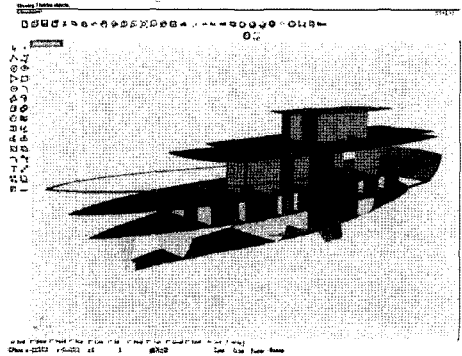


Fig. 9 Detailed modeling using 3D CAD system

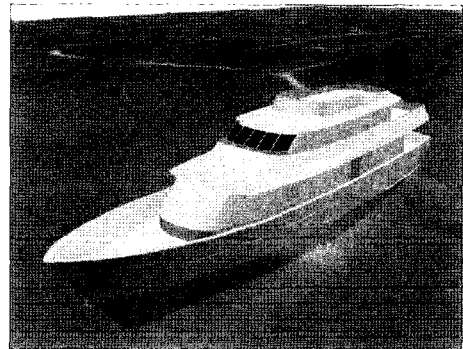


Fig. 10 Superyacht model with texture

결과를 보여준다. 질감 성분을 더하여 현실감을 증대시켜주는 작업은 Fig. 10에 보인다. 가상현실 시스템 적용을 위한 준비단계로 VRML을 이용한 가시화 구현을 적극적으로 고려하고 있다.

### 7. 결 언

본 연구에서는 통계조사를 통하여 슈퍼요트에 대한 개략적인 사상을 파악하고 대표선형을 선정하였다. 이를 바탕으로 모델링을 수행하고 유체역학해석에서 얻어진 결과를 슈퍼요트 초기설계를 위한 기본 자료로 활용하였다.

설계하고자 하는 슈퍼요트의 용도 및 특징을 생각하는 것이 차후 설계를 위한 중요한 요소로 작용함을 파악하였다.

상용CAD패키지로 대표 선형을 모델링하고 유체역학적 성능을 조사한 결과, 보다 폭 넓은 선형으

로 확대해 나갈 수 있는 기반을 획득하였다.

향후 수퍼요트 설계를 위한 전산기술의 적용을 검토하고 그 기법에 대한 기초연구를 수행하였다. 파라메트릭 기법을 근거로 하여 일반선형정의에 따른 기초적인 결과를 얻었으며, 차후 이를 바탕으로 수퍼요트의 특징을 고려한 전용모델링도구로 발전시킬 예정이다. 모델링된 선형의 효과적인 검증을 위하여 개발된 가상화기술은 보다 심도 있는 수정을 위한 도구로 사용되어 설계효과를 향상시켰다.

향후 본 연구에서 수행되거나 제시된 결과를 바탕으로 보다 전문적인 수퍼요트 초기설계를 위한 기반기술을 개발하고자 한다.

#### 후 기

본 논문의 내용은 과학재단의 특정기초연구과제의 일부로 수행된 것을 정리한 것으로, 위 기관의 후원에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- 김병남, 김우전, 2006, “자유수면을 고려한 컨테이너 주위의 점성유동장 수치해석과 모형시험 비교연구,” 대한조선학회 춘계 학술대회, pp. 585-591.
- 김진, 박일룡, 김광수, 반석호, 2005, “LNG 운반선의 자유수면을 포함한 자항상태 난류유동장의 수치해석,” 대한조선학회 논문집, 제 42권, 제 6호, pp. 583-592.
- 박일룡, 김우전, 김진, 반석호, 2005, “VOF법의 자유수면 포착정도 향상을 위한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 42권, 제 2호, pp. 88-97.
- 서울대공학연구소, 2004, 차세대 모터보트의 산업화 방안을 위한 중장기 기술발전 전략, 국민체육진흥공단제출 보고서.
- 유재훈, 반석호, 안해성, 김진, 김상현, 2005, “30피트급 요트의 선형개발 및 성능추정,” 대한조선학회 논문집, 제 42권, 제 1호, pp. 34-42.

- Autoship User's Guide, 2000, Autoship System Corporation, Vancouver, Canada.
- Duncan, J.H., 1983, "The Breaking Anon-breaking Wave Resistance of a Two-dimensional Hydrofoil," Journal of Fluid Mechanics, Vol. 126, pp. 507-520.
- Metcalf B., Longo, J., Ghosh, S. and Stern, F., 2006, "Unsteady Free-surface Wave-induced Boundary-layer Separation for a Surface-piercing NACA 0024 foil: Towing Tank Experiments," Journal of Fluid and Structures, Vol. 22, pp. 77-98.
- Nam, J.-H. and Parsons, M.G., 2000, "A Parametric Approach for Initial Hull Form Modeling using NURBS Representation," Journal of Ship Production, Vol. 16, No. 2, pp. 76-89.
- Nautica, 2005, "Superyacht Market Performance: Trends and Evolution," Superyacht #517, <http://www.nautica.it>.
- Rhee, S.H., Makarov, B.P., Krishinan, H. and Ivanov, V., 2005, "Assessment of the Volume of Fluid Method for Free-surface Wave Flow," Journal of Marine Science and Technology, pp. 173-180.



< 남 종 호 >



< 현 범 수 >



< 김 태 윤 >



< 김 대 현 >