

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 第33卷第4號 1996年 11月  
 Transactions of the Society of  
 Naval Architects of Korea  
 Vol. 33, No. 4, November 1996

## 객체지향 선체모델링과 구조해석모델 자동생성에의 응용

염재선\*, 장창두\*\*

### Object-Oriented Ship Structural Modeling and its Application to the Automatic Generation of Structural Analysis Model

by

J. S. Yum\* and C. D. Jang\*\*

#### 요 약

기존의 CAD/CAM 시스템들은 대부분이 완성된 제품의 최종 상태를 표현하기 위한 수단으로 사용되고 있다. 하지만 선박과 같이 규모가 큰 제품을 생산하기까지는 설계 및 생산 과정에서 많은 시간과 노력이 요구되며, 수많은 정보가 생성되고 교환되어야 한다. 그러므로, 이와 같은 문제점들을 극복하기 위하여 제품의 최종 상태뿐 만 아니라 설계 및 생산 과정에서 사용되는 정보를 표현할 수 있는 모델이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 그러한 정보의 중심이 될 수 있고, 선박의 초기설계 과정에서 생성되는 구조설계 정보를 바탕으로 선체를 구성하는 부재들의 3차원 형상 정보와 위상정보를 포함하는 선체모델을 구축하고, 椀骨구조인 선박에 대해 판부재뿐 아니라 종늑골(longitudinal)과 방요재(stiffener)까지 고려하였으며, 선체모델을 통한 한가지 응용 예로써 선체 모델로부터 구조해석모델을 자동 생성하는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

#### Abstract

In this paper, a 3-dimensional ship structural model which includes the longitudinals and stiffeners is constructed. This model can be constructed from the well-defined data structure which represents the ship structural members and their relationship. So, the object-oriented concept for the data structure is introduced.

---

발 표 : 1995년도 대한조선학회 추계연구발표회 ('95. 11. 10)

접수일자 : 1996년 2월 3일, 재접수일자 : 1996년 10월 13일

\*정회원, 선박해양공학연구소

\*\*정회원, 서울대학교 조선해양공학과

The structural analysis model is automatically generated by extracting the necessary information for structural analysis from the ship structural model : Users need to handle the ship structural model only when any design change occurs because the structural analysis model is automatically generated.

### 1. 서론

현재 세계 여러 나라에서는 자국의 국가 경쟁력 유지 및 향상을 위하여 원가 절감과 함께 노동 집약적인 산업을 기술 집약적인 산업으로 전환하기 위한 방안 중의 하나로, 제품의 설계 및 생산 자동화에 많은 노력을 쏟고 있다. 이러한 노력들 중의 하나로 선박의 수주에서 인도에 이르는 모든 활동에 관한 정보를 컴퓨터 내에 통합하여, 필요한 정보를 즉시 해당 분야에서 활용할 수 있도록 하는 조선 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이같은 조선 CIMS 구축을 위해서는 선박의 설계 및 생산에 관련된 정보를 통합적으로 운영 관리할 수 있는 선체 모델(Ship Structural Model)의 개념이 필요하다. 이 모델은 선체를 구성하는 부재들의 3차원의 형상 정보와 이들 부재간의 위상 정보까지도 포함하는 컴퓨터 상에 존재하는 전산화된 모델이다.

이와 관련된 연구로는 국내에서 KRISO를 중심으로 4대 조선소가 공동으로 추진한 CSDP 사업 [1]이 있었고, 국외에서는 미국과 유럽에서 선체 모델과 관련된 제품 모델에 대한 연구를 수행한 바 있다. 그리고 일본 조선 CIMS 개발 연구[2]에서도 설계 및 생산의 대상이 되는 제품 정보를 제품 모델로 하여 데이터베이스내에 구축하고 이를 설계 및 생산의 각 단계에서 사용할 수 있도록 하는 시험형(prototype) 시스템을 구축한 바 있다.

이러한 선체 모델을 위하여 본 연구에서는 제품의 정보를 표현하는 방법으로서 객체 지향 개념을 이용하여 선체 모델을 위한 데이터 구조를 만들었고, 이를 토대로 이중 선각 유조선의 화물창부에 대하여 판부재 뿐 아니라 중늑골과 방요재까지도 고려한 선체 모델을 구축하였다.

조선 CIMS의 성패는 사용되는 정보를 어떻게 가공하고 구축하느냐에 크게 의존한다고 할 수 있으므로, 이러한 정보의 통합화에 관한 연구가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 객체 지향 개념을 이용하여 정보 통합화의 중심이 되는 초기 선체 모델의 구축 방법에 대한 연구를 수행하고, 선체 모델을 통한 응용 예로서 구조 해석에 필요한 정보를 지닌 구조 해석 모델의 자동 생성 방법에 대해 살펴보고자 한다.

### 2. 객체지향 선체 모델링

#### 2.1 개요

조선 CIMS의 중심이 되는 선체 모델은 선체 초기 설계 과정에서 생성되는 구조 설계 정보를 바탕으로 선체를 구성하는 부재들의 3차원의 정확한 형상정보와 이들 부재간의 위상(topology)정보까지도 포함하고 있는 모델로서, 이 모델을 중심으로 관련된 응용 시스템이 개발되어야만 Fig. 1과 같은 통합된 환경을 갖는 시스템을 구축할 수 있다.

먼저 객체 지향 개념에 대해 간략히 살펴보면, 객체 지향이란 현실 세계(real world)를 있는 그대로의 모습으로 컴퓨터의 세계에 묘사하는 말하자면 현실을 자연스럽게 모델화하는 새로운 사고방식[3]이다. 여기서 객체(object)란 시스템을 구성하는데 필요한 데이터와 그 위에서 수행되는 함수들을 함께 가진 소프트웨어 모듈을 말한다. 이러한 객체 지향 개념을 이용하면 클래스의 상속성 특성으로 모델의 계층적 표현이 가능하고, 캡슐화의 특성으로 데이터의 일관성이 확보된다. 이러한 특징을 갖는 객체 지향 개념을 이용하여 시스템을 구축하기 위해서는 주어진 문제 안에서 객체

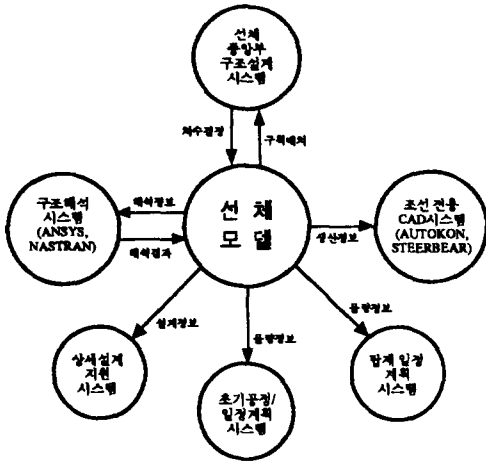


Fig. 1 Integration of information through ship structural model

들을 발견, 분류하고 그들간의 상관 관계를 분석하는 일과, 분석의 결과를 근거로 객체들을 클래스로 정의하고 상관 관계를 속성 상속 단계로 정의하며 각 함수의 알고리즘을 정의하는 설계 단계를 거쳐야 한다. 이러한 객체 지향식 분석과 설계를 위해 본 장에서는 선체 모델에 필요한 객체들을 도출하고 이들간의 상관 관계를 파악하여 선체 모델에 필요한 데이터 구조를 작성하였다.

### 2.2 선체 모델을 위한 객체 표현

선체 모델에 사용될 부재 객체들에 대해 그 종류를 살펴보고 그 형상을 Fig. 2에 나타내었다. 본 연구에서는 이중 선각 유조선의 화물창부를 대상으로 모델링을 시도하고 구획 내에 종격벽이 있고 트랜스 링이 사이드 홀드 쪽에 위치하고 있으며, 횡격벽이 스트링거 형식(stringer type)의 표준형상을 갖는 선체 모델에 대하여 사용될 객체들을 다음과 같이 정리하였다.

- Ship (선박) : 주요 요목 및 DCU (Design Compartment Unit) 객체의 정보를 갖는 객체
- DCU : 선체를 크게 APDCU(선미부),

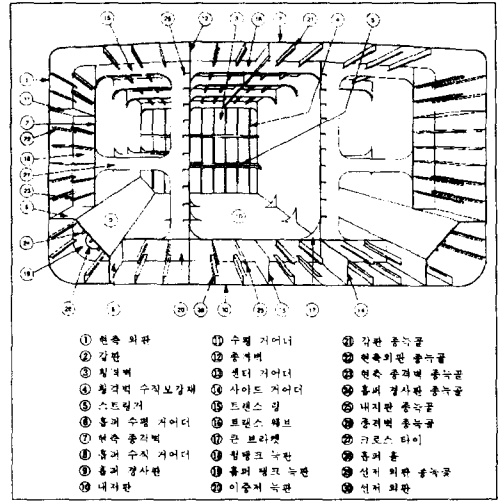


Fig. 2 Structural components of ship structural model

- EPDCU(기관실부), HPDCU(화물창부), FPDCU(선수부) 구역으로 나누어 각각에 대한 모델링 결과를 보관하기 위한 객체
- Tank : 용적, 중량 중심 등과 같은 Tank의 특성과 해당 Tank가 갖는 보강판과 방요재를 보관하기 위한 객체
- Plate : 선체를 이루는 판부재를 정의하기 위한 객체로서, 판부재의 기능상 Main\_Plate와 Stiffening\_Plate 객체로 구별하여 정의한 객체
- Main\_Plate : 선체의 길이 방향으로 연속되는 종통 부재인 Longi\_Plate와 TBHD\_Plate, 그리고 선형 정보를 갖는 객체
- Hull : Shell 객체와 Deck 객체를 저장하기 위한 객체
- Shell (선형) : 선형을 나타내는 객체
- Deck (상갑판) : 최상층 갑판인 상갑판을 나타내는 객체
- TBHD\_Plate : ERTBHD(Engine Room TBHD), FPTBHD(Fore Peak TBHD), APTBHD(After Peak TBHD), HPTBHD(Hold Part TBHD), TBHD[i] (i=No. of Trans. BHD in Holds)

Longi\_Plate : 선체 길이방향으로 연속되는 판 부재인 종통부재를 나타내는 객체.

Side Longi, BHD, Horizontal Girder[n] (n=No. of Horizontal Girder), Hopper Horizontal Girder, Hopper Slant Plate, Hopper Vertical Girder, Inner Bottom Plate, Side Girder, Center Girder, Hold Longi, BHD

Stiffening\_Plate : Main\_Plate에 대한 보강판 기능을 하는 객체로서 Web\_Plate, Ring\_Plate, 그리고 Bracket 객체로 구별하여 정의한 객체

Stiffening\_Member : 종늑골(Longi)과 보강재(Stiffener) 객체를 정의하기 위한 객체  
Longi : 종늑골을 나타내는 객체.

Bottom\_Shell Longi., Side\_Shell Longi., Deck Longi., Inner\_Bottom Longi., Hopper\_Slant\_Plate Longi., Side\_Longi\_BHD Longi., Hold\_Longi\_BHD Longi., Center\_Girder Longi., Side\_Girder Longi., Hopper\_Vertical\_Girder Longi., Hopper\_Horizontal\_Girder Longi., Horizontal\_Girder Longi.

Stiffener : 방요재를 나타내는 객체.  
Web\_Frame Stiffener[N](N=No. of Web Frame), Stringer\_Plate Stiffener[i][j](i=No. of TBHD, j=No. of Stringer at a TBHD), TBHD\_Vertical Stiffener[k](k=No. of Vertical Stiffener)

### 2.3 객체 지향 데이터 구조

선체 모델에서 사용되는 객체들 간의 상관 관계를 다음과 같이 크게 8가지로 분류하여 정의하였다.

#### (a) bound 관계

부재 A가 부재 B에 의해 경계지어져 없어질 때, 부재 B를 bounding plate, 그리고 A는 B에 의해 bound 되었다고 정의한다.

#### (b) boundary 관계

부재 A와 부재 B가 dimension이 결정된 후 서로 경계하고 있는 경우에 해당한다. 주로 서로 다른 부재에 의해 bound 된 후 두 부재가 만나는 경우에 이러한 관계가 발생한다.

#### (c) attach 관계

부재 B가 부재 A에 접속된 경우로서, 서로의 경계에서 두 부재가 만나고 있는 boundary 관계와는 달리, 종늑골이나 방요재가 판부재에 붙는 경우와 같이 한 부재가 다른 부재의 경계가 아닌 곳에서 만날 경우 이러한 관계가 발생한다.

#### (d) intersect 관계

두 판부재가 서로를 관통하며 지나가는 경우에 발생하며, 횡격벽과 '종통 부재의 관계가 여기에 해당된다.

#### (e) consist\_of 관계

Hull이 Shell과 Deck로 이루어진 경우와 같이 한 객체가 여러 객체의 집합으로 표현될 때 사용된다.

#### (f) is\_a 관계

Stiffening\_Plate에는 Web\_Plate, Ring\_Plate, 그리고 Large\_Bracket과 같은 부재들이 속해 있는 것처럼 공통된 특성을 갖는 부재들의 대표를 나타낼 때 사용된다.

#### (g) has 관계

한 객체가 다른 객체를 속성정보로 저장하고 있을 때 사용된다. 예를 들면 한 Tank 객체는 Stiffening\_Plate객체를 속성정보로 갖고 있다.

#### (h) penetrate 관계

종늑골(Longi)이 횡격벽(TBHD\_Plate) 객체를 관통하고 지나갈 때 slot이 발생하게 되는데 이러한 경우에 penetrate 관계가 발생한다.

한가지 예로 Side Longi BHD에 대해 살펴보자. 이 객체는 Deck와 TBHD에 의해 bound되고, Hopper Horizontal Girder와 Hopper Slant Plate와 boundary관계를 가지며, Wing Tank Floor, Trans Ring, Horizontal Girder[n], Longi가 attach하고

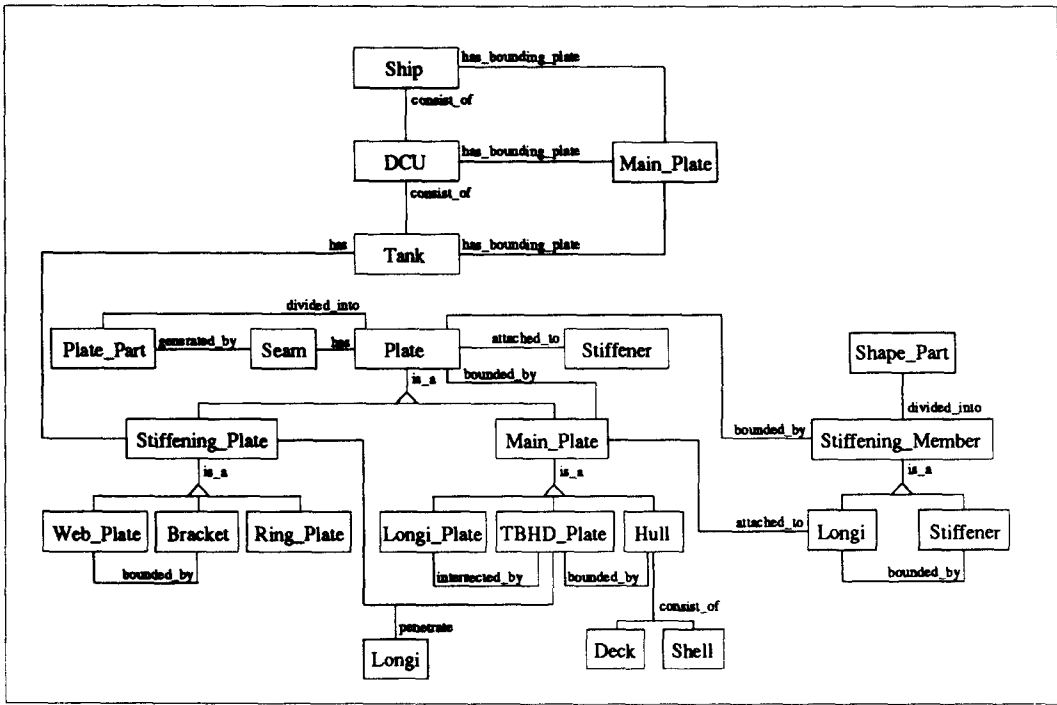


Fig. 3 Object diagram for ship structural model

TBHD와 intersect한다.

지금까지 살펴본 바와 같이 선체 모델에 대한 객체들의 도출과 분류, 그리고 이들 사이의 상관 관계를 분석한 결과로 Fig. 3과 같은 Object Diagram을 구축하게 되었다.

이러한 데이터 구조를 정립함으로써 선체 모델을 구축할 수 있는 기초가 마련되었고, 선체 모델을 통한 설계, 해석 정보 및 생산, 물량 정보를 이용하여 상세 설계 지원 시스템, 구조 해석 시스템, 초기 공정/일정 계획 시스템, 그리고 AUTOKON [4]이나 STEERBEAR[5]와 같은 조선 전용 CAD 시스템으로의 정보를 제공할 수 있게 되었다.

### 3. 선체 모델의 구축

2장에서 도출하고 분류한 객체들을 이용하여 선체 모델을 구축하는 단계로서 먼저 모델 정의 과정을 살펴보면 Fig. 4와 같이 정리할 수 있다.

#### 3.1 선형(Hull) 정의

여기서 선형은 선체 외판에 해당되는 부재로서 Shell과 Deck로 이루어진다. 먼저 Shell을 정의하기 위하여 Lines offset을 이용하여 초기 정점(control vertex)을 만들고, 이것을 이용하여 Shell을 NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) 곡면으로 표현하였다. 그리고 상갑판(Deck)에 대해서는 단순화하여 형 깊이(moulded depth) 만큼의 z 위치(높이)에서의 무한 평판(planar surface)을 정의하고, Shell과의 intersection에 의해 생기는 교차선을 연결하여 Deck\_Plate를 정의하였다. 마지막으로 Shell과 Deck를 조합함으로써 선형을 정의하였다.

#### 3.2 횡격벽 정의

일반적으로 선체의 횡강도에 크게 기여하는 횡격벽(Transverse Bulkhead)에 대해 본 연구에서는 스트링거 형식의 횡격벽을 정의하는 것에 대해 살

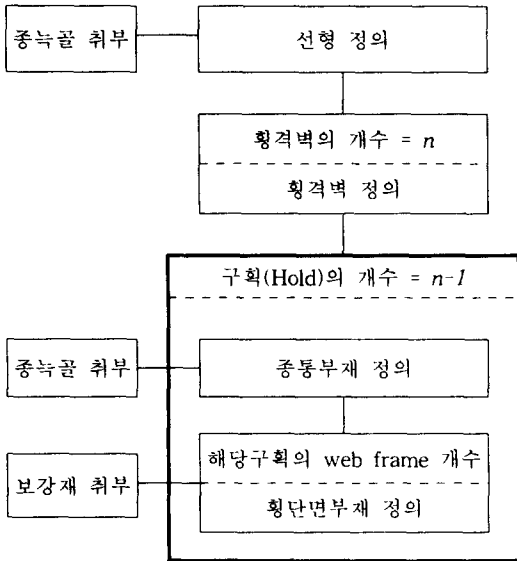


Fig. 4 Definition procedure of ship structural model

해보았다. 먼저 횡격벽의 개수와 위치를 입력받고 그 위치에서의 무한평판과 선형과의 교차에 의해 발생하는 교차선을 연결하고 plate로 만들어 횡격벽의 개수만큼 정의하였다. 또한 중통 부재가 정의된 후 스트링거의 개수와 z 방향으로의 높이, 스트링거 판의 폭과 브라켓의 크기를 이용하여 스트링거를 정의하고 이것을 횡격벽에 취부한다. 다음으로 횡격벽 판에 취부되는 수직 방요재 (Vertical Stiffener)를 정의하는데 이것의 y 방향의 위치를 고려하여 중통 부재인 홉퍼 경사판 (Hopper Slant Plate)에 의해 경계되도록 정의한다. 그리고 마지막으로 스트링거에 취부되는 방요재를 정의한다.

### 3.3 중통부재 정의

다음의 중통부재들을 화물창내의 구획별로 정의한다. 아래의 부재들은 Fig. 5에 나타낸 것과 같이 윙탱크 폭(WWT), 홉퍼 탱크 높이(HHT), 홉퍼 탱크 폭(WHT), 이중저 높이(HDB)를 설계 변수로 하여 각각 정의한다.

중통부재 정의의 한가지 예로서 홉퍼 수평 거어

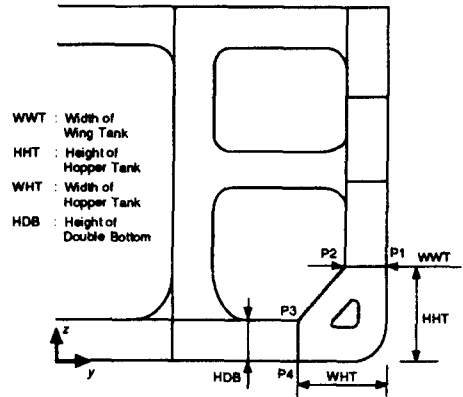


Fig. 5 Design variables for Longi\_Member definition

더 (Hopper Horizontal Girder)의 정의 과정을 살펴보면 다음과 같다. HHT 위치에서의 무한평판과 Shell과의 교차된 위치(P1), 그리고 여기서 WWT만큼 떨어진 위치(P2)를 연결하여 선체 길이 방향으로 다음 횡격벽까지 정의하고 이후 각 구획별로 정의하였다.

### 3.4 횡단면부재 정의

해당 구획의 web frame의 개수만큼 횡단면부재를 정의한다. 그 한가지 예로서 윙탱크 바닥 (Wing Tank Floor)의 경우는 홉퍼 수평 거어, 현측 종격벽, Deck, Shell에 의해 폐워된 공간을 이용하여 정의한다(Fig. 6 참조).

### 3.5 중늑골 정의

중통부재에 취부되는 중늑골에 대한 정의 과정을 살펴보고, 그 중 현측 외판에 취부된 중늑골의 형상을 Fig. 7에 나타내었다.

초기 구조 설계 결과로부터 생성된 정보를 이용하여 중앙 횡단면에서의 중늑골의 위치와 scantling 정보를 입력한다. 취부 위치로부터 취부되는 판부재의 face\_normal을 계산한다. 선체와의 교차선 도출을 위한 무한 평판을 생성하기 위해 중늑골 위치를 중심으로 수직 방향으로 wire

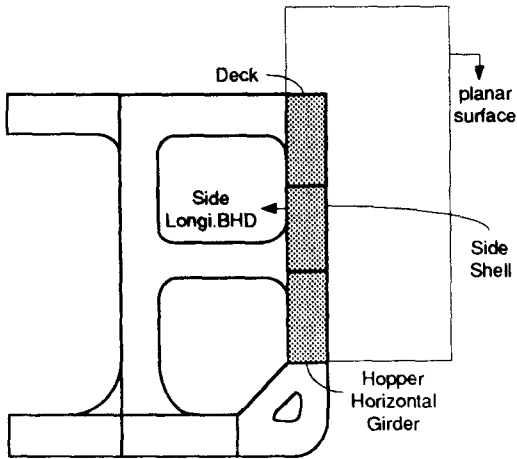


Fig. 6 Definition of wing tank floor

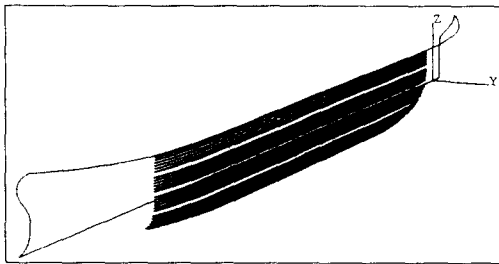


Fig. 7 View of side shell longitudinals

를 만든다. 이 wire를 midship 위치로부터 선수 격벽 위치로 옮기고, 여기서 화물창 길이 만큼 sweeping시킨다(sheet body). 종늑골이 취부될 판부재와 위의 sheet body와의 교차를 계산하여 wire body (교차 경로)를 생성한다. 그리고 종늑골의 web 길이 방향으로 새로운 position을 생성한다. longi web와 수직인 방향으로 normal을 계산한 다음 종늑골의 flange의 길이만큼 떨어진 위치에 새로운 position을 생성한다. 위의 세 position을 연결하는 wire를 만들어 이를 앞에서 계산한 교차경로를 따라 sweeping 시킨다.

### 3.6 방요재 정의

초기 구조 설계 결과로부터 생성된 정보를 이용

하여 web frame별로 stiffener node  $i, j$  와 이들의 coordinate 정보를 입력한다.  $i, j$  stiffener node를 직선으로 연결하여 wire body를 만든 후 이를  $+x$  방향으로 sweeping 시켜 sheet body를 만든다. 그 정의된 형상을 Fig. 8에 나타내었다.

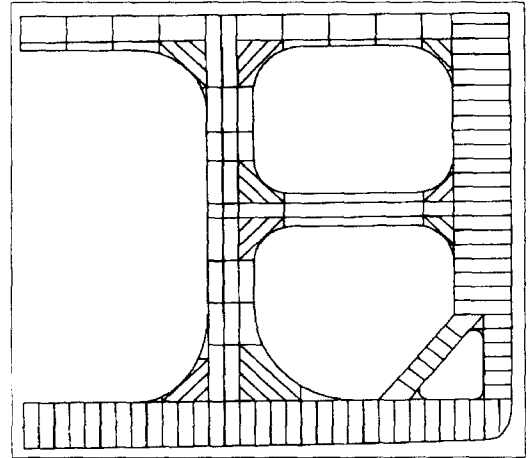


Fig. 8 Front view of web frame stiffeners

지금까지의 각 부재 정의과정에 따라 판부재에 종늑골과 방요재가 함께 취부된 선체 모델을 만들었고 이를 Fig. 9에 나타내었다.

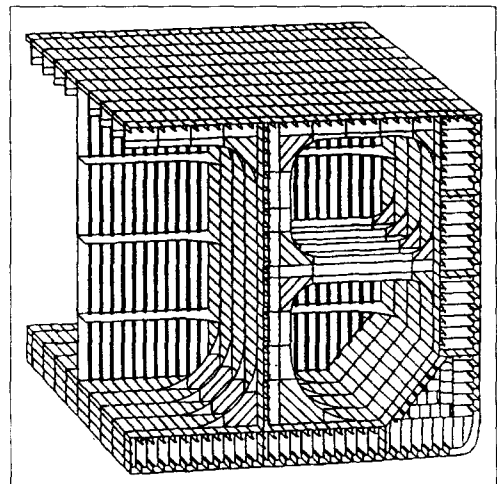


Fig. 9 View of ship structural model

### 4. 선체 모델을 통한 구조해석모델 자동 생성

지금까지 구축된 선체 모델을 통하여 구조 해석을 위한 모델의 자동 생성 방법에 대해 살펴본다. 선체 모델은 형상 모델링을 통하여 형상정보 및 위상정보를 지니고 있다. 여기에 구조 해석을 위한 정보를 부가하여 해석 정보를 추출할 수 있다.

#### 4.1 선체 모델 분할 기능

선체 구조 해석을 수행하기 위해서는 해석 대상에 대한 형상 정보를 작성한 도면으로부터 얻은 후, 이를 바탕으로 유한 요소를 생성시킴으로 입력 데이터를 준비하는 방법이 일반적이다. 하지만 지금까지 선체의 길이 방향으로 전선에 걸쳐 구축한 선체 모델로부터 구조 해석을 수행하기 위해서는 선체의 일부를 취하여 그 부분만의 해석용 입력 데이터를 작성하여야 한다. 또한 생산을 위하여 VLCC와 같은 규모가 큰 선박에 대해서는 소조립, 중조립, 그리고 대조립과 같은 블록들의 조합으로 선박을 건조하는 것이 일반적인 생산 과정이므로, 각 조립 블록별 중량 및 생산 정보 산정을 위하여 선박을 부분 블록으로 분할할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 만들어진 선체 모델에 대해 블록 분할이 가능하도록 모델 분할 기능을 구현하였다[6,9].

실제로 단면 셸(single-sided shell)은 불리언 조작(boolean operation)에서 반공간(halfspace)과 같은 역할을 하기 때문에 분할하고자 하는 모델과 분할면을 지정하여 교차조작을 수행하지만 하면 모델의 분할이 가능하다. 그러나 하나의 면에 2개를 넘는 면을 갖는 비다양체(non-manifold) 모델의 경우에는, 모델과 분할면과의 불리언 조작을 수행할 때 모델 내부에 존재하는 파묻힌 면(embedded face)이 사라지는 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해 모델과 분할면의 교차에 의해 발생하는 정보를 서로에 부가시킨 후에 둘을 결합한다. 이후 교차 조작을 통하여 분할면을 기준으로 한 쪽 방향을 제거한 다음, 남은 모델에서 분

할면을 제거하면 파묻힌 면까지를 보유한 모델 분할이 가능하다.

#### 4.2 구조 해석 모델의 자동 생성

구축된 선체 모델로부터 구조 해석을 하기 바로 직전 단계까지의 데이터를 자동 생성하기 위하여 필요한 정보에 대해 살펴보았다.

먼저 기하학적 형상정보와 각 요소의 단면 특성치가 필요하고, 여기에 경계 조건 및 하중 조건이 필요하다.

경계 조건은 유한 요소가 생성되기 전에 Area와 Keypoint로 이루어진 모델에 대해 적용하고, 이후 유한 요소 생성후 Element와 Node로 전파되게 한다. 또한 하중 조건은 경계 조건에서와 마찬가지로 유한 요소 분할 전에 적용하였고, DnV[7]의 설계 하중을 사용하였다.

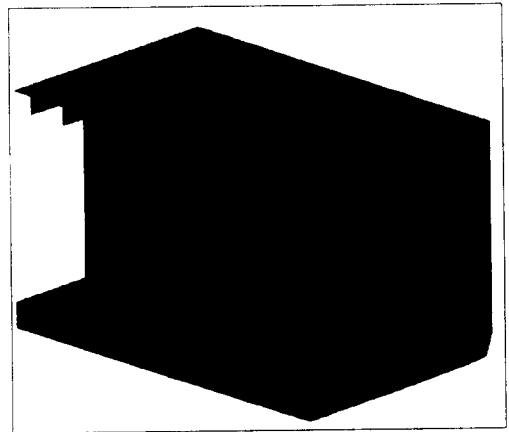


Fig. 10 Module area model in ANSYS

구조 해석 정보 추출 과정을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 해석 대상 부분 구조에서 모든 FACE 정보를 검색한다.
- 2) FACE를 이루는 LINE 정보에서 그것의 방향을 검사한다.
- 3) LINE의 방향에 따라 start, end keypoint를 결정한다.



- 4) LINE의 종류(straight, ellipse type)를 검사하여 종류에 따라 start, end keypoint와 coordinates를 기술한다.
- 5) LINE으로 이루어진 FACE에 대해 AREA로 정의한다.

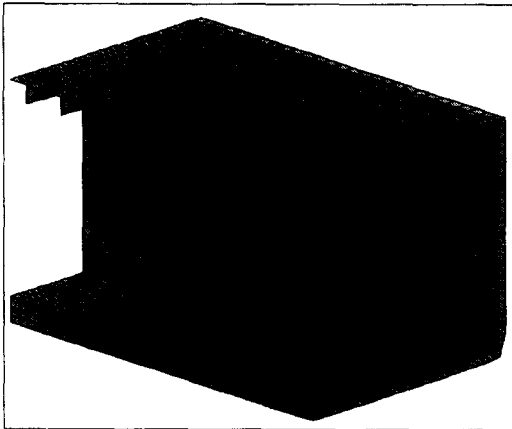


Fig. 11 Module element model in ANSYS

선체 모듈 강도 해석을 위해 선체 중앙평행부의 한 횡격벽을 중심으로 양쪽으로 1/2 Hold씩을 분할한 모델에 대하여 구조 해석 모델을 생성한 것을 Fig. 10에 나타내고, Fig. 11에는 상용 구조해석 패키지인 ANSYS[8]의 auto mesh generation 기능을 이용하여 유한 요소까지를 생성한 그림을 나타내었다.

## 5. 결론

본 연구에서는 선박의 설계 및 생산을 자동화하기 위한 노력의 하나로, 선박의 각 설계 단계 시스템 사이의 중복된 정보를 하나로 통합하고자 정보의 중심이 되는 3차원 선체 모델을 구축하고, 그 응용 예로서 이중 선각 유조선의 선체 모델로부터 구조 해석 모델을 자동 생성하는 방법에 대해 살펴보았다. 이상의 결과를 종합하면 다음과 같다.

- 1) 기존의 2차원에 머물렀던 선체 모델에 대한 연

구가 3차원 모델로 확장되어 전선에 걸친 정보 보유가 가능하게 되어, 그 정보를 설계 단계 뿐 아니라 생산 단계에서도 사용할 수 있는 조선 CIMS의 기초가 마련되었다고 할 수 있다.

- 2) 판부재 모델링이 대부분이었던 지금까지의 연구에 비해 본 연구는 판부재 뿐 만 아니라 종늑골과 방요재까지 고려한 모델링으로, 구조 해석 후 보강판 부재의 좌굴 강도 평가시 계산의 정도를 향상시키고 결과 검증에 걸리는 노력과 시간을 절감할 수 있을 것이다.
- 3) 선체 모델로부터 구조 해석 모델을 자동 생성할 수 있게 되어 기존의 구조 해석을 위한 준비 작업 시간과 노력을 크게 절감할 수 있게 되었다.
- 4) 향후 선체 모델에 대한 지속적인 객체 도출과 상세화를 계속할 예정이다.

## 참고 문헌

- [1] 서승완, 강원수, 이규열, 이규옥, "객체지향 선체모델링을 위한 모델의 자료구조 및 내부처리 기법에 관한 연구", 대한조선학회논문집, 제31권, 제3호, pp.1-11, 1994.
- [2] (財)일본조선진흥재단, "조선 CIMS Pilot Model 개발연구보고서", 1990, 1991, 1992.
- [3] 김수동, "객체지향 소프트웨어 공학", 정보과학회지, 제11권, 제2호, pp.5-19, 1993.
- [4] KCS, *AUTOKON System manual*, 1990.
- [5] KCS, *STERBEAR User manual*, 1989.
- [6] 나승수, 염재선, 이순섭, "선체모델에 근거한 선체의 구조해석 모델링방법", 대한조선학회 추계연구발표회 논문집, pp.407-412, 1994.
- [7] DnV, *Rules for Classification of Ships*, 1991.
- [8] Swanson Analysis Systems, Inc., *ANSYS User's Manual*, 1993.
- [9] 염재선, "객체 지향 개념을 이용한 이중 선각 유조선의 모델링과 구조 해석 모델의 자동 생성에 관한 연구", 서울대학교 박사학위논문, 1995.
- [10] 川村恭己, "統合化有限要素解析システムと有限要素法のプリプロセッシングに関する研究", 東京大學校 博士學位論文, 1993.