

## 의미론적 제품 데이터 모델 기반 초기 선체 구조 CAD 시스템 개발

이원준\*, 이규열\*\*, 노명일\*\*\*, 권오환\*\*\*\*

### On the Development of an Initial Hull Structural CAD System based on the Semantic Product Data Model

Lee, W. J.\*, Lee, K. Y.\*\*, Roh, M. I.\*\*\* and Kwon, O. H.\*\*\*\*

#### ABSTRACT

In the initial stages of ship design, designers represent geometry, arrangement, and dimension of hull structures with 2D geometric primitives such as points, lines, arcs, and drawing symbols. However, these design information('2D geometric primitives') defined in the drawing sheet require more intelligent translation processes by the designers in the next design stages. Thus, the loss of design semantics could be occurred and following design processes could be delayed. In the initial design stages, it is not easy to adopt commercial 3D CAD systems, which have been developed for being used in detail and production design stages, because the 3D CAD systems require detailed input for geometry definition. In this study, a semantic product model data structure was proposed, and an initial structural CAD system was developed based on the proposed data structure. Contents('product model data and design knowledges') of the proposed data structure are filled with minimal input of the designers, and then 3D solid model and production material information can be automatically generated as occasion demands. Finally, the applicability of the proposed semantic product model data structure and the developed initial structural CAD system was verified through application to deadweight 300,000 ton VLCC(Very Large Crude oil Carrier) product modeling procedure.

**Key words :** Semantic Product Data Model, Initial Hull Structural CAD System, UML

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경 및 필요성

제품 설계 초기 단계에서는 제품 개념을 신속하게 구체화하여 제품의 기능, 구성, 부품간 관계, 치수 및 간단한 형상들을 정의한 후, 검증 작업을 통해 가장 최적화된 설계 결과를 확정하게 된다. 이때, 최종 결과는 도면이며, 여기에 제품에 관한 대부분의 정보가 표현된다. 과거에는 도면을 손으로 직접 작성했으나 최

근에는 컴퓨터를 이용하여 도면 작성을 하고 있다. 그러나, 컴퓨터를 이용한 도면 작성 작업도 설계 정보의 전달 및 활용 관점에서 살펴보면 과거의 수 작업에 의한 도면 작성 방법과 내용상으로는 큰 차이점이 없다. 즉, 두 방법 모두 도면으로 설계 결과를 제공하기 때문에 후속 공정에서 설계 정보를 이용하기 위해서는 도면을 보고 설계 내용을 이해한 후 필요에 따라 재 입력을 해야 하므로 설계 정보 흐름의 지연이 발생한다. 또한, 이 과정에서 설계 정보의 잘못된 이해로 인한 오류 및 정보의 누락이 생길 수 있다.

한편, 초기 설계자의 관점에서 보면 도면에 대부분의 제품 정보를 정의하고 있다. Fig. 1에서는 VLCC(Very Large Crude oil Carrier) 선박의 중앙 평행부 구조에 대한 설계자의 제품 표현 방법과 설계자의 제품 설계 의미(design semantics)를 반영한 3D 솔리드 모델을 보여주고 있다. Fig. 1의 오른쪽 도면에 표현된

\*학생회원, 대우조선공업주식회사  
\*\*중신회원, 서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소  
\*\*\*학생회원, 서울대학교 조선해양공학과 대학원  
\*\*\*\*학생회원, 고등기술연구원  
- 논문투고일: 2002. 2. 7  
- 심사완료일: 2002. 4. 1

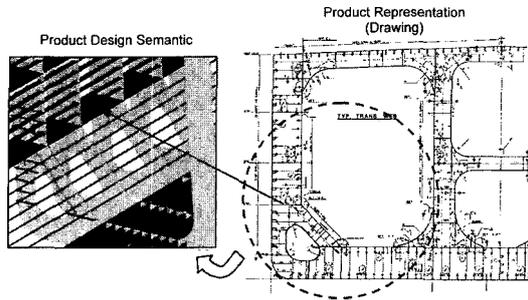


Fig. 1. Representation of design results and semantic of the product.

직선은 설계자가 판(plate), 보강재(stiffener) 등의 선체 부재라고 정의한 것이며, 두께, 설치 위치 및 방향, 재질 등의 제품 정보를 표현하고 있다. 그러나, 현재의 선박 초기 설계 단계에서는 이러한 설계자의 의도를 반영하면서 제품 정보를 정의할 수 있는 CAD 시스템 지원이 잘 되지 못하고 있다. 따라서, 제품 정보 흐름의 지연 없이 설계자의 의도를 반영한 제품 정보를 저장할 수 있는 자료 구조와 이 정보들을 후 공정의 정보 요구에 따라 다양하게 제공할 수 있는 초기 설계 단계의 제품 정의 CAD 시스템의 필요성이 커지고 있다.

1.2 연구 범위, 목적 및 방법

본 연구에서는 VLCC의 화물창부(cargo hold part)에 대한 초기 선체 구조물을 대상으로 기존의 초기 설계 환경에서 도면에 정의하였던 설계 정보들이 설계 의미를 가지는 제품 정보로 전산화되어 저장될 수 있는 의미론적 제품 모델 자료 구조를 제안하였고, 제안된 자료 구조를 기반으로 초기 선체 구조 CAD 시스템을 개발하였다. 제품 모델이란 선박 제품의 기하 정보 뿐 아니라 기능 및 속성, 타 부품과의 접속 관계, 생산 관련 정보까지를 정의해 놓은 컴퓨터 내의 전산 데이터 모델을 의미한다. 또한, 설계 의미(design semantics)란 설계자가 설계할 제품이 가지고 있어야 하는 본래의 기능과 속성을 의미한다. 즉, 보강재의 경우 단순한 도면상의 직선을 뜻하는 것이 아니라 “특정 판을 보강해주기 위해 설치되는 부재이며 그 목적 수행을 위해 충분한 강도를 가지는 단면 형상, 치수 및 재질을 가지고 특정 구간에 설치된다”라는 설계 의미를 가진다.

본 연구에서는 의미론적 제품 모델 자료 구조의 정의를 위해 먼저 VLCC에 대한 초기 선체 구조 제품 정보를 분석하고 도면에 표현된 설계 지식을 정리하였다. 그 후 이 결과를 이용하여 형상 정보뿐만 아니라

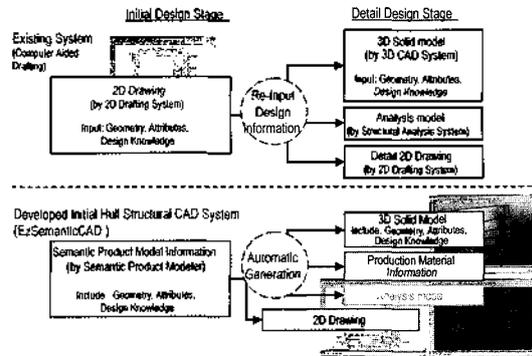


Fig. 2. Comparison of ship product definition methods of the developed initial hull structural CAD system with the existing CAD system.

설계 지식을 함께 저장할 수 있는 자료 구조를 객체 지향 모델링 언어인 UML(Unified Modeling Language)을 이용하여 정의하였다. 마지막으로, 정의된 자료 구조의 검증 및 적용을 위해, 제품 모델 정보 정의를 위한 의미론적 제품 모델러(자료 구조와 사용자 인터페이스)를 초기 선체 구조 CAD 시스템 내에 구현하였고, 저장된 제품 모델 정보를 이용한 3D 솔리드 모델 및 생산 계획용 물량 정보 자동 생성 기능 역시 초기 선체 구조 CAD 시스템 내에 구현하였다. 이에 관한 상세한 내용을 2장과 3장에 설명하였다.

Fig. 2에서는 본 연구에서 개발한 의미론적 제품 모델 자료 구조 기반의 초기 선체 구조 CAD 시스템과 현재 조선소에서 사용되고 있는 기존 시스템의 초기 설계 과정 및 상세 설계 과정에서의 제품 정의 방법, 제품 정보 흐름 과정을 보여주고 있다. 현재의 초기 설계 작업은 Fig. 2에서 나타낸 것과 같이 2D 드래프팅(drafting) 시스템을 이용하여 수행된다. 설계자가 입력한 형상, 속성 및 설계 지식은 도면상에 선, 직선 및 도면 심벌(symbol) 등으로 표현되나 설계 의미를 가지는 전산화 된 정보로 저장할 수 없어 상세 설계 단계에서는 초기 도면을 다시 해석하여 재 입력을 해야한다. 이 때문에 초기 제품 정보를 이용한 3D 솔리드 모델, 해석 모델 및 생산 계획 정보의 생성이 어렵고 설계 및 생산 계획 공정의 지연이 발생한다. 한편, 본 연구에서 개발된 초기 선체 구조 CAD 시스템은 초기 선체 구조를 2D 형태의 형상 정보, 속성 정보 및 설계 지식을 이용하여 의미있는 제품 정보로 정의할 수 있도록 자료 구조를 정의하였고, 필요시 자료 구조에 저장된 제품 모델 정보를 이용하여 3D 솔리드 모델이나 생산 계획을 수행하기 위해 필요한 물량 정보를 자동

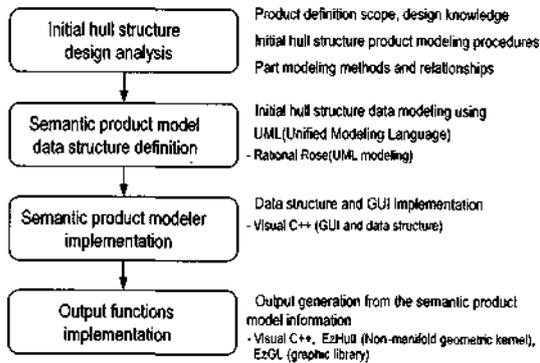


Fig. 3. Development procedure of the initial hull structural CAD system based on the semantic product model data structure.

생성할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 진행된 연구 수행 과정이 Fig. 3에 나타나 있다. 초기 선체 설계 정보 분석 과정을 통해 의미론적 제품 모델 자료 구조를 UML을 이용하여 제안하였고, 정의된 자료 구조를 기반으로 제품 정보를 정의할 수 있는 사용자 인터페이스를 포함하는 의미론적 제품 모델러(초기 선체 구조 CAD 시스템에 포함)를 구현하였다. 마지막으로, 저장된 제품 모델 정보를 이용한 3D 솔리드 모델 및 생산 계획용 물량 정보 자동 생성 기능을 구현하였다.

### 1.3 관련 연구 현황

최근, 초기 단계의 제품 설계를 위해 기존의 3D CAD 시스템이나 ISO 표준인 STEP(STandard for the Exchange of the Product model data) 등을 초기 설계에 적용하기 위한 시도를 하고 있다<sup>[1,2]</sup>. 그러나, 기존 CAD 시스템을 초기 단계의 제품 모델링에 적용하는 경우에는 단품(single part) 위주의 상세한 형상 정의를 위한 복잡한 입력이 요구되는데, 설계가 확정되지 않은 상태에서의 상세한 형상 정의는 초기 단계의 작업 방법에 적합하지 않다. 또한, STEP을 이용하여 제품 정의를 하는 경우, 필요한 모든 정보를 정의할 수는 있지만 방대한 정보 구조 때문에 초기 단계에서의 적용이 쉽지 않고, 제품의 최종 결과 정의와 교환에 초점이 맞춰져 있으므로 설계 과정 중의 정보 처리가 쉽지 않다.

한편, 초기 단계에서의 선체 구조 해석 수행을 위해 CAD 모델이 없는 상태에서 설계 지식을 이용한 해석 모델 정의에 관한 연구도 시도된 바 있다<sup>[3,4]</sup>.

또한, 조선 분야에서 객체 지향 개념을 이용한 제품 모델링 연구<sup>[5,6]</sup>가 시도되었으나 형상 정의에 초점이 맞

추어져 제품 모델링을 위한 설계 특성과 설계자의 의도를 반영하지는 못하였다.

최근에는 설계 지식 기반의 CAD 시스템 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이와 관련된 연구로는 특징 형상 기반 설계(feature based design) 방법과 개념 설계 지원 CAD(computer aided conceptual design) 시스템에 관한 연구가 있다.

특징 형상 기반 설계 방법<sup>[7]</sup>은 “특징 형상 자동 인식(automatic feature recognition)” 방법<sup>[8-10]</sup>과 “특징 형상을 이용한 설계(design by feature)” 방법<sup>[11,12]</sup>으로 구분할 수 있으며, 대부분의 경우 후자의 특징 형상을 이용한 설계 방법이 연구되고 있다. 그러나, 이 방법은 하나 하나의 부품을 설계하는 상세 설계 과정에서는 유용하지만 기능 중심의 설계 과정인 초기 단계에서 사용하기에는 불편한 점이 많다. 또한, 주로 기계 분야에서 단순하고 제한된 특징 형상들을 이용한 솔리드 모델의 정의에 사용하고 있는 상황이므로 다양한 2D 특징 형상이 필요한 조선의 경우에는 추가의 연구가 필요한 상황이다.

개념 설계 지원 CAD 시스템에 관한 연구로는 제품의 기능(function) 모델링 연구<sup>[13,14]</sup>와 2D 스케치(sketch) 요소를 이용, 3D 설계 결과를 생성해 주는 것에 관한 연구 등이 있다. 제품의 기능 모델링 연구로는 제품의 기능을 표현하는 심벌을 이용하여 형상을 정의할 수 있도록 지원하는 연구와, 3D primitive를 이용한 3D 스케치 시스템에 대한 연구가 있다. 2D 스케치 요소를 이용, 3D 설계 결과를 생성해 주는 것에 관한 연구는 건축 분야 등에서 많이 연구되고 있으며, 특정 도메인과 밀접하게 연관된 특징 형상을 인식하는 방법 등을 이용하여 3D 상세 모델을 정의한다.

본 연구에서 개발된 시스템은 단품 중심으로 제품의 형상 정의를 위주로 하는 기존의 3D CAD 시스템과 달리, 선체 구조 시스템 단위로 제품이 가져야 할 설계 의미를 위주로 하는 기존의 상세 CAD 정보를 2D 형태의 형상 정보, 속성 정보 및 설계 지식으로 가지고 있다. 즉, 2D 정보를 3D 솔리드 모델로 쉽게 전환해 줄 수 있도록 설계 지식을 자료 구조에 포함하였고 최소한의 입력으로 제품 정의 과정을 자동화하였다. 따라서, 형상 정보뿐만 아니라 기존의 3D CAD 시스템이나 STEP에서 정의하기 어려운 제품 모델의 설계 의미를 잘 정의할 수 있고, 간결하고 신속하게 제품 정의가 가능하다. 또한, 본 연구에서는 특징 형상 자동 인식 방법이 아닌 특징 형상을 이용한 설계 방법을 이용하였는데, 그 이유는 특징 형상 자동 인식 방법은 이미 개념 설계가 끝난 이후 도면을 인식하는 과정에 이용

되어야 하기 때문에 선체 구조의 제품 모델링 과정에 적합하지 않기 때문이다. 본 연구에서는 기계 분야에서 사용하는 단순 특징 형상 외에 조선에서 필요한 특징 형상을 추가로 정의하여 제품 정의 시 사용하였다.

**2. 초기 선체 자료 구조의 정의**

**2.1 초기 선체 구조의 제품 정보 분석**

본 연구에서의 제품 모델링 대상은 재화중량 (deadweight) 300,000톤 VLCC이며, 그 범위는 Fig. 4에 나타나 있듯이 중앙 평행부(parallel middle body)를 포함한 화물창부(cargo hold part)이다.

초기 선체 구조의 제품 정보를 정의하기 위해서, 기존 설계에서 제품 정의 결과를 표현하는 도면 정보를 중심으로 정의 대상 객체의 도출, 정의 대상 객체의 정의 순서 및 각각의 객체들에 대한 정의 방법을 정의하였다. 또한, 각각의 객체들을 정의하는 과정에 필요한 설계 지식을 정리한 후 제품 모델링 자동화를 위한 오

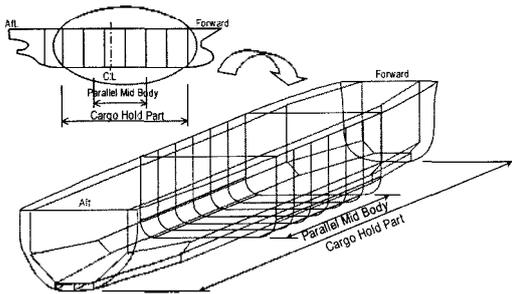


Fig. 4. Product modeling object in this study (deadweight 300,000 ton VLCC's cargo hold part).

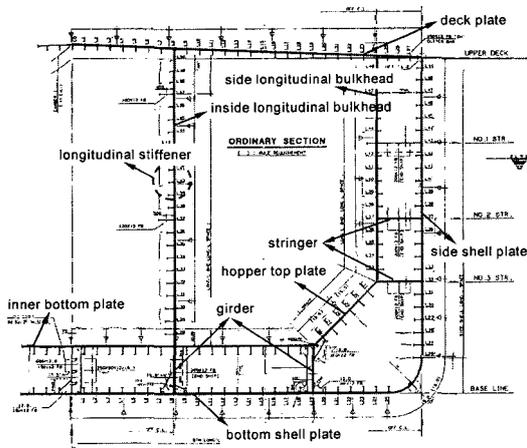


Fig. 5. Midship section drawing of VLCC.

퍼레이션(operation)으로 정의하여 자료 구조에 포함시켰다. 또한, 초기 선체 구조를 종 방향 부재와 횡 방향 부재로 구분하여 정의될 수 있도록 나누어 분류하였다.

**2.1.1 길이 방향 제품 정보**

길이 방향으로 정의되는 초기 선체 구조 부재의 종류와 제품 정보는 Fig. 5에서 보이는 바와 같이 중앙 횡단면도(midship section drawing)에 정의되며 그 내용은 다음과 같다.

- 주요목(principal dimensions)
- 횡 방향, 높이 방향 프레임 정보(위치, 간격)
- 판(plate)
  - 종 격벽(longitudinal bulkhead), 외판(shell plate), 갑판(deck plate), 거더(girder), 내저판(inner bottom plate) 호퍼 경사판(hopper top plate), 스트링거(stringer)
  - 종 방향 보강재(longitudinal stiffener)
    - 위치, 크기, 타입(T bar, angle, flat bar 등), 재질
- 분할 정보(횡 방향)
  - 판 분할선, 블록 분할선

**2.1.2 폭 방향 제품 정보**

폭 방향으로 정의되는 초기 선체 구조 부재의 종류와 설계 정보는 Fig. 6과 Fig. 7에서 보이는 바와 같이 횡격벽도 및 웨브 프레임 도면에 정의되며 그 내용은 다음과 같다.

- 횡 방향, 높이 방향 프레임 정보(위치, 간격)
- 판
  - 횡격벽(transverse bulkhead), 사이드 탱크 늑판(side tank web), 호퍼 늑판(hopper web), 이중저

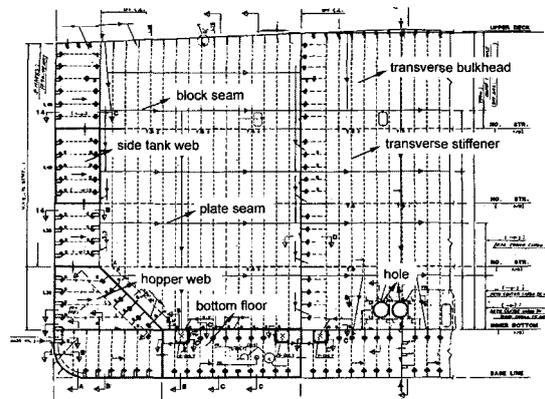


Fig. 6. Typical transverse bulkhead section drawing of VLCC.

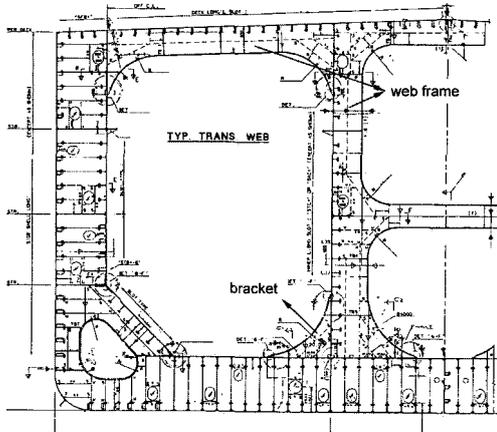


Fig. 7. Typical transverse web frame drawing of VLCC.

- 늑판(bottom floor), 웹 프레임(web frame), 브래킷(bracket)
- 횡 방향 보강재(transverse stiffener)
  - 위치, 크기, 타입(T bar, angle, flat bar 등), 재질
- 스트링거 정보
  - 위치, 크기, 플랜지 규격 등
- 상세 평면 뷰(detail plan view)
- 생산용 임시 홀 정보
  - 위치, 사이즈 등
- 분할 정보(횡 방향)

판 분할선, 블록 분할선

2.1.3 초기 선체 구조의 제품 모델링 순서

Fig. 8에서는 객체 지향 모델링 언어인 UML을 이용하여 초기 선체 구조의 제품 모델링 순서를 정의한 활동도(activity diagram)를 보여주고 있다. 활동도는 설계 공정의 업무 흐름(work flow)일 뿐만 아니라 프로그램 개발 과정에서는 데이터의 흐름이며 최종적으로는 CAD를 사용한 초기 선체 제품 모델링 순서가 된다.

Fig. 8에서 보이는 것처럼 선박의 초기 선체 제품 모델링 과정은, 주요복 정보, 선형 정보를 입력하고, 구획 정보를 추가로 정의한 후에 종 방향 선체 구조 및 횡 방향 선체 구조를 정의하는 순서로 진행된다. 본 연구에서는 정의된 활동도에 업무 목적(역할)에 따라 네 가지의 구획 면(swim lane)으로 업무 흐름을 구분하였으며, 각 업무들은 독립적으로 구현이 가능하다. 선박의 초기 설계 단계에서는 생산 정보의 제공이 목적인 상세 설계 단계와 달리 구조 강도, 전적 물량 계산 및 각종 규정(rule and regulation) 등의 요구 사항을 만족하는 선체 구조 시스템의 형상 정의, 부재 배치 및 치수 결정 등의 기능을 중심으로 한 제품 정의 과정이 필요하다.

선박 구조의 종 부재는 길이 방향 격벽과 판을 모델링 한 후 거더, 스트링거를 모델링하고, 마지막으로 보강재를 모델링 한다. 횡 부재는 종 부재가 모델링 된

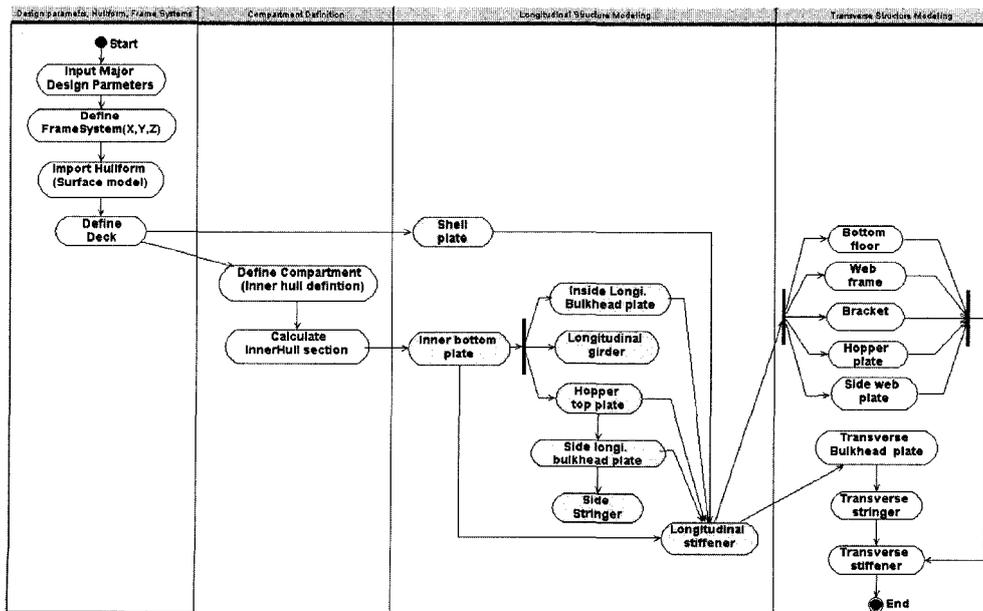


Fig. 8. An activity diagram of VLCC.

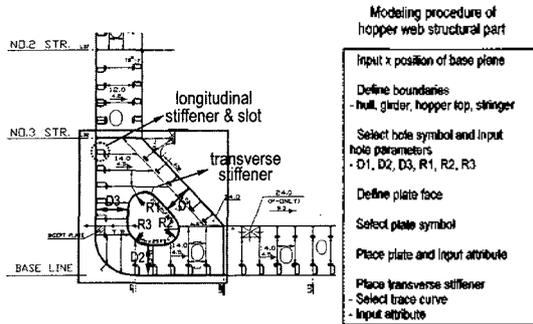


Fig. 9. An example of hopper structure definition.

후 중 부재를 참조하여 횡 격벽과 웹 프레임, 브래킷, 횡 늑골 판을 설치하고 각각의 판에 대한 보강재와 스트링거를 모델링 한다. 이때 각각의 부재(part)들을 정의하는 과정에서 홀(hole), 심(seam), 버트(butt), 슬롯(slot) 등의 선박에서 사용하는 특징 형상(feature)들을 이용하게 된다.

위와 같이 구조 시스템 단위의 선체 제품 모델링 순서를 정의한 후에 각 구조 시스템의 정의 방법을 정리하였다. 선박 중앙 평행부 호퍼부 구조의 정의 예를 Fig. 9에 나타내었다. 먼저, 호퍼부 구조의 2D 형상 정의를 하기 위한 길이 방향 기준 위치를 입력한 후, 기준 위치에서 2D 경계 곡선 정의를 한다. 이때 사용되는 경계 정보는 기준 위치에서의 선형, 거더, 호퍼 경사면, 스트링거의 형상 정보이다. 경계 곡선 정의가 끝나면 호퍼 내부의 홀을 정의하기 위한 파라미터를 입력한다. Fig. 9의 예에서는 삼각형 형태의 홀 정의를 위해 6개의 파라미터(D1, D2, D3, R1, R2, R3)가 사용되고 있다. 홀 정의가 끝나면 호퍼부의 판 정의를 위한 면(face)을 정의할 수 있고 정의된 면에 두께, 재질, 설치 방향 등의 속성 정보를 부가하여 판 정의를 완성한다. 판 정의가 끝나면 판 위에 횡 방향 보강재를 설치하게 되는데, 이를 위해 먼저 보강재의 설치선(trace curve)을 정의한 후 보강재의 단면 종류 및 치수, 설치 방향 등의 속성 정보를 부여한다. 이 과정까지 정의되는 정보가 의미론적 제품 모델 자료 구조에 저장되는 호퍼부의 선체 구조 제품 정보이다. 자료 구조에 저장된 호퍼부의 제품 정보를 이용하여 필요한 시점에 호퍼부 구조에 대한 3D 솔리드 모델을 생성할 수 있다.

2.2 의미론적 제품 모델 자료 구조의 정의

2.2.1 특징 형상 기반 데이터 모델링

특징 형상 기반 설계 방법에서 특징 형상(feature)은

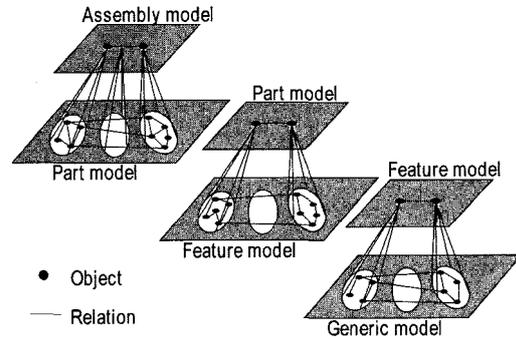


Fig. 10. Feature based data model.

파트(part)나 어셈블리(assembly) 형상의 엔지니어링 의미(semantics)나 중요성을 표현한다. 즉, 특징 형상은 제품의 관심 영역을 표현하는 중요한 요소로 제품을 정의하기 위한 블록(block)이라고 생각할 수 있다<sup>[7]</sup>. 특징 형상은 제품 속성의 집합으로 서술되며 Fig. 10과 같이 어셈블리, 파트, 특징 형상(feature), 일반화(generic) 모델의 4개 레벨(level)로 구분된다<sup>[12]</sup>. 각각의 모델의 각 객체들은 서로간에 관계를 유지하게 되며 이 관계들을 이용하여 각 객체와 함께 전체 시스템을 정의한다.

Fig. 10에서 일반화 모델은 파트를 표현하는데 사용되는 점, 선, 곡선 등의 형상 요소와 이들 요소간의 치수와 관계를 표현하는 파라미터, 구속 조건(constraints) 등으로 정의된다. 특징 형상 모델은 일반화 모델의 조합으로 정의되며 선체 구조의 경우 홀, 심, 버트, 슬롯 등이 대표적인 특징 형상이라고 볼 수 있다. 파트 모델은 특징 형상의 조합으로 구성되고 다른 파트와의 관계 정보를 포함한다. 마지막으로, 어셈블리 모델은 조립 순서와 구성 정보를 트리 형태로 저장한다.

Fig. 11는 초기 선체 구조 제품의 데이터 모델을

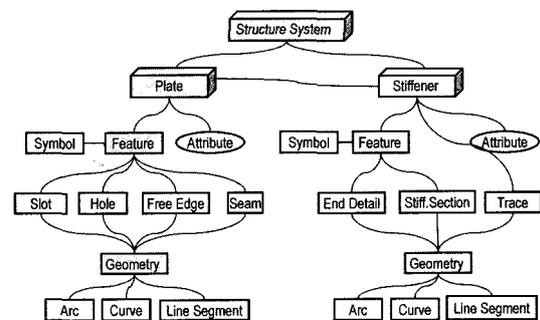


Fig. 11. An initial hull structural data model by using feature based data model.

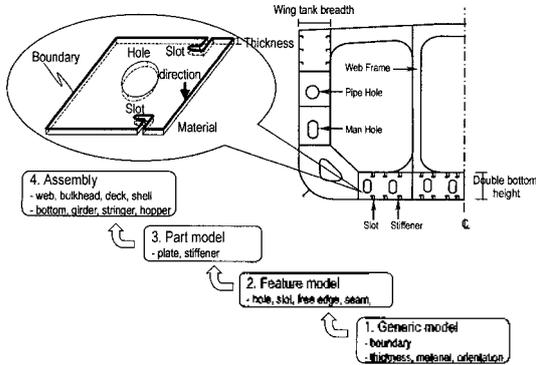


Fig. 12. An example of feature based data modeling for hull structure.

Fig. 10의 특징 형상 기반 데이터 모델로 매핑한 것으로서, 본 연구에서 UML을 이용하여 정의한 초기 선체 구조의 의미론적 제품 모델 자료 구조의 기반이 된다. Fig. 11에서 “Structure System”은 판(plate)과 보강재(stiffener)로 구성되어 있고 특징 형상 기반의 자료 구조로 정의되므로 제품의 형상뿐만 아니라 제품의 속성, 부품간 관계, 정의 순서 및 설계 지식을 포함하고 있다.

Fig. 12에는 이중저 늑판에 대해 앞서 설명한 특징 형상 데이터 모델의 각 레벨을 구체적으로 표현하였다. Fig. 12에서 이중저 늑판의 일반화 모델 정보는 경계 곡선, 속성 정보 등으로 구성되며 이 정보들을 이용하여 홀, 슬롯 등의 특징 형상 모델을 정의한다. 파트 모델인 이중저 늑판은 특징 형상 모델 정보의 조합으로 이루어진다. 선박의 경우 판, 보강재가 파트 모델에 해당된다. 판과 보강재는 상호간에 관계를 가지고 있어서 보강재는 자신이 설치될 판의 정보를 가지고 있다. 마지막으로, 어셈블리 모델은 가장 상위의 모델 단위로 선박의 경우 구조 시스템, 블록(block) 등이 이에 해당된다. 구조 시스템의 예로는 격벽, 횡 늑골, 거더, 데크, 스트링거 등이 있다. 이와 같이 본 연구에서는 특징 형상 기반 설계 방법을 이용하여 초기 선체 구조의 자료 구조를 제안하였다.

2.2.2 UML(Unified Modeling Language)을 이용한 자료 구조 모델링

본 연구에서의 제안된 자료 구조의 모델링은 객체 지향 모델링 언어인 UML을 이용하여 수행되었으며, 도구로는 Rational Rose가 이용되었다<sup>15)</sup>. UML은 OMT(Object Modeling Technology) 등 기존 모델링 방법들을 통합하여 개발된 객체 지향 모델링 언어이

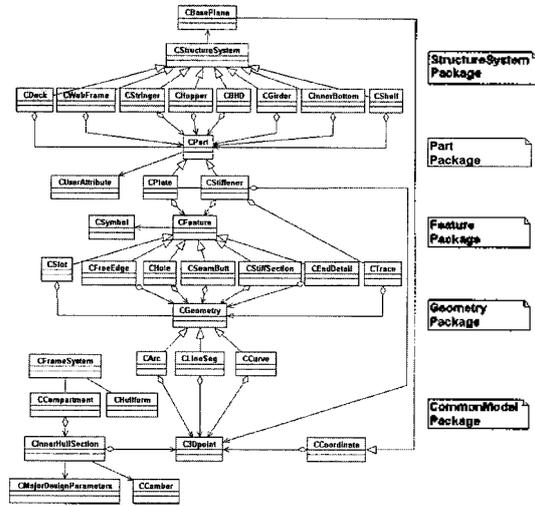


Fig. 13. Proposed semantic product model data structure for initial hull structure(class diagram).

며, 시각적 모델링을 위한 다양한 표기법을 제공하고 데이터 교환 및 시스템간의 인터페이스 개발에 적용 가능하다. UML을 이용하는 경우 개발하고자 하는 시스템의 사양을 비교적 명확하게 정리할 수 있고, 소스 코드 생성 시도구의 지원을 받을 수 있다.

본 연구에서는 2.1절에서 분류한 VLCC의 초기 선체 제품 정보를 저장하기 위해 앞서 설명한 특징 형상 기반 설계 방법을 기반으로 하여 자료 구조를 정의하였다. 즉, 선체 제품 정보를 일반화 모델, 특징 형상 모델, 파트 모델, 어셈블리 모델의 4개 레벨로서 표현이 가능하도록 자료 구조를 정의하였다. 이와 같이 자료 구조를 정의한 이유는 초기 선체 제품 정보를 어셈블리, 파트, 특징 형상의 계층 구조로 구성하여 설계 정보의 분류, 검색 및 출력을 효율적으로 처리하기 위한 목적과 어셈블리, 파트, 특징 형상간의 관계 관리를 효율적으로 처리하기 위함이다.

Fig. 13은 제안된 의미론적 제품 모델 자료 구조를 나타낸다. Fig. 13의 일반화 모델 레벨에서는 형상 및 설계 파라미터에 관한 클래스들이 정의되어 있고, 이 정보들을 이용하여 특징 형상 모델 레벨의 특징 형상 클래스들을 정의하였다. 슬롯, 홀, 심, 버트 등이 이에 해당된다. 이 정보들을 이용하여 특징 형상 및 경계 곡선을 정의하고 사용자 속성을 추가하여 파트를 정의하게 된다. 세 번째 레벨인 파트 레벨은 판과 보강재의 두 가지 요소로 구성되어 있으며, 파트들을 이용하여 어셈블리 레벨인 구조 시스템 단위들 구성한다. 최상위 계층인 구조 시스템 레벨에서는 파트 정보들을 리

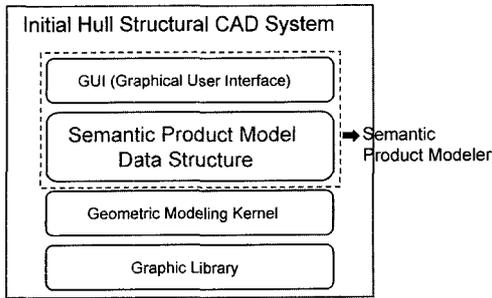


Fig. 14. Scheme of the developed initial hull structural CAD system.

스트로 가지게 된다.

### 3. 초기 선체 구조 CAD 시스템의 구현

#### 3.1 개발된 시스템의 구성

본 연구에서 구현된 초기 선체 구조 CAD 시스템은 Fig. 14와 같이 크게 네 부분으로 구성된다. 첫 번째 부분은 제품 모델 정보의 입·출력을 위한 사용자 인터페이스(GUI; Graphical User Interface)이다. 사용자 인터페이스를 통해 2D 형태의 의미론적 제품 모델 정보를 정의하고, 필요시 3D 솔리드 모델 및 물량 정보를 자동적으로 생성할 수 있다. 두 번째 부분은 2장에서 소개된 의미론적 제품 모델 자료 구조이다. 이 자료 구조 내에 저장되는 정보로는 선체 부재 등을 정의하기 위한 2D 형상 정보, 부재 속성 정보, 3D 솔리드 모델 및 물량 정보 자동 생성을 위해 설계 지식을 이용해 정의된 오퍼레이션 등이다. 특히, 물량 정보 자동 생성 시 필요한 부재간 연결 관계 및 초기 설계 관점에서 정의한 트리 형태의 제품 구성 정보(product structure) 또한 저장된다. 세 번째 부분은 정의된 제품 모델 정보로부터 필요시 3D 솔리드 모델 및 물량 정보 자동 생성을 위한 형상 모델링 커널(geometric modeling kernel)이다. 본 연구에서는 서울대학교 조선해양공학과 선박 설계 자동화 연구실과 (주)이지그라프가 공동 개발한 non-manifold 자료 구조 기반의 형상 모델링 커널<sup>16,17)</sup>을 이용하였다. 마지막 부분은 그래픽 디스플레이 상의 3D 솔리드 모델 등의 가시화를 위한 그래픽 라이브러리로서 본 연구에서는 역시 서울대학교 조선해양공학과 선박 설계 자동화 연구실과 (주)이지그라프가 공동 개발한 EzGL<sup>17)</sup>이라는 그래픽 라이브러리를 이용하였다.

Fig. 15에는 구현된 초기 선체 구조 CAD 시스템의 실행 화면을 나타내고 있다. 이 그림에는 본 연구에서

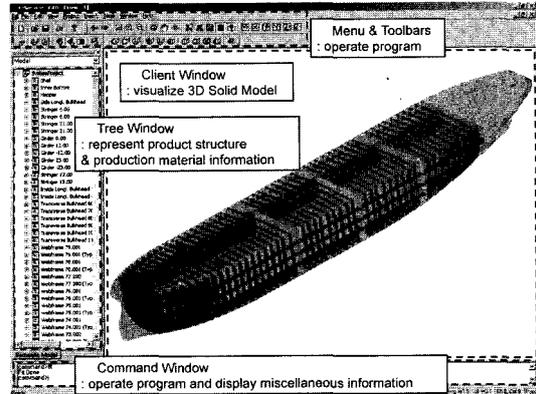


Fig. 15. Screenshot of automatically generated 3D solid model of deadweight 300,000ton VLCC by the developed initial hull structural CAD system.

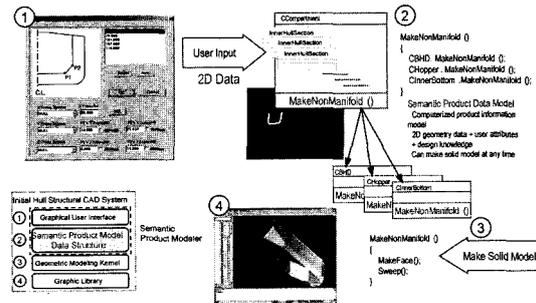


Fig. 16. Product modeling procedure by the developed initial hull structural CAD system.

의 제품 모델링 대상인 재화중량 300,000톤 VLCC의 제품 모델링 결과 자동 생성된 3D 솔리드 모델 역시 나타나 있다.

Fig. 16에는 구현된 초기 선체 구조 CAD 시스템을 이용한 선체 내부 주판(longitudinal major plate)의 제품 모델링 과정을 보여 주고 있다. Fig. 16의 단계 ①은 설계자가 대화 상자(dialog)를 이용하여 내부 선체(inner hull) 정의를 위한 2D 형상 정보 및 부재 속성(판 두께, 재질 등) 등을 입력하는 과정을 나타낸다. 단계 ②는 설계자의 입력으로부터 내부 선체 정의를 위한 의미론적 제품 모델 정보를 구성하고 이를 자료 구조 내에 저장하는 과정을 나타낸다. 단계 ③은 설계자의 필요에 따라 내부 선체에 대해 미리 저장된 제품 모델 정보로부터 형상 모델링 커널을 이용, 자동적으로 3D 솔리드 모델이 생성되는 과정을 나타낸다. 마지막으로 단계 ④는 단계 ③에서 생성된 내부 선체의 3D 솔리드 모델을 그래픽 라이브러리를 이용, 그래픽 디

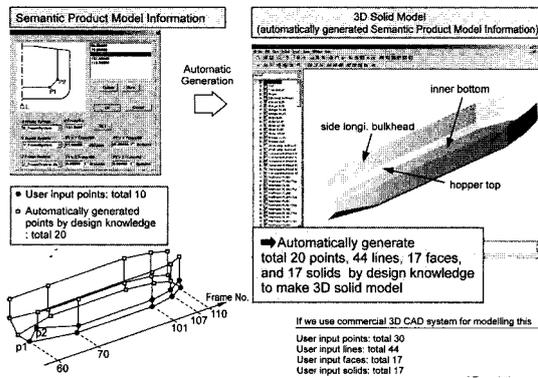


Fig. 17. Detailed product modeling procedure of inner hull by the developed initial hull structural CAD system.

스플래이 상에 가시화 하는 과정을 나타낸다.

Fig. 17에는 본 연구에서 개발된 초기 선체 구조 CAD 시스템을 이용한 내부 선체(inner hull)의 보다 상세한 제품 모델링 과정을 나타내고 있다. 이 그림에서 보듯이 설계자가 선체 길이 방향의 특정 프레임(60, 70, 101, 107, 110)에서의 내부 선체 단면상의 내부점(각 프레임에서의 p1, p2, 총 10개) 및 부재 속성(판 두께, 판 재질, 설치 방향 등)을 입력하게 되면, 자료 구조 내에 설계 지식을 바탕으로 정의되어 있는 오퍼레이션을 이용하여, 내부 선체를 정의하기 위한 추가적인 점들(총 20개)이 자동적으로 생성되며, 자료 구조 내에 설계자가 입력한 내부점 및 부재 속성과 함께 추가로 저장된다. 이와 같이 저장된 자료 구조 내의 정보를 이용하여 내부 선체의 3D 솔리드 모델을 생성할 필요가 있을 때는 자동적으로 3D 솔리드 모델의 생성에 필요한 직선, 면 및 솔리드를 생성하게 된다. 반면, 상용 3D CAD 시스템의 경우 Fig. 17에 나타나 있는 내부 선체의 3D 솔리드 모델을 생성하기 위해서는 설계자가 직접 30개의 점, 44개의 직선, 17개의 면, 그리고 17개의 솔리드를 입력해주어야 한다.

3.2 개발된 시스템의 특징

Fig. 14에 나타나 있듯이 본 연구에서 개발된 초기 선체 구조 CAD 시스템은 사용자 인터페이스와 의미론적 제품 모델 자료 구조로 구성되는 의미론적 제품 모델러가 기반이 된다. 본 연구에 제안된 자료 구조(Fig. 13)를 이용하여 초기 설계 단계에서 정의되는 선체 구조 설계 정보가 의미를 가지는 제품 모델 정보로 저장된다. 이때, 저장되는 제품 모델 정보는 도면과 유사한 2D 형상 정보와 3D 솔리드 모델 및 물량 정보

자동 생성에 필요한 속성 정보를 포함하고 있다. 따라서, 3D 솔리드 모델 또는 물량 정보 생성이 필요할 경우, 설계 지식을 이용하여 자료 구조 내에 정의된 다양한 오퍼레이션에 의해 3D 솔리드 모델 및 물량 정보를 자동적으로 생성할 수 있다. 여기서 설계 지식이 반영된 오퍼레이션으로는 내부 선체 정의를 위한 추가점 생성 방법, 판(중격벽, 횡격벽, 스트러거, 거더 등) 정의를 위한 경계 곡선(boundary curve)의 생성 방법, 보강재의 설치 방법 등이 있다.

초기 선체 제품 모델을 정의하기 위해, 본 연구에서 제안된 자료 구조 내에는 3D 솔리드 모델 및 물량 정보 생성 시 필요한 2D 형태의 형상 정보 및 속성 정보, 오퍼레이션만이 저장되기 때문에, 선체 제품 모델의 크기가 상당히 작다. 상용 3D CAD 시스템을 이용하여 일반적인 VLCC 선체 제품 모델을 3D 솔리드 모델로서 정의할 경우 모델 사이즈가 약 수십 MB에 달하는 반면, 본 연구에서 제안된 자료 구조를 이용하여 정의된 VLCC 선체 제품 모델(Fig. 20)의 경우 모델 사이즈가 약 1.5MB로서 상용 3D CAD 시스템의 모델 사이즈의 10% 정도에 지나지 않는다. 따라서, 네트워크를 통한 3D 솔리드 모델링 파일의 전송시 본 연구에서 제안된 자료 구조를 이용하여 정의된 모델링 파일의 경우 상용 3D CAD 시스템에 비해 상당한 이점을 가진다.

3.3 개발된 시스템의 제품 모델링 결과

초기 선체 설계 CAD 시스템의 의미론적 제품 모델러를 이용해 선체 구조의 제품 모델링 과정이 완료되면 자료 구조에 정의된 제품 모델 정보로부터 설계자가 원하는 다양한 결과(3D 솔리드 모델, 물량 정보)를 원하는 때에 자동적으로 생성해낼 수 있다. 아래에서는 본 연구에서 제품 모델링 대상으로 하는 재화중량 300,000톤 VLCC에 대해 제품 모델러를 이용해 제품 모델링을 마친 후 이로부터 3D 솔리드 모델과 생산 계획용 물량 정보를 자동으로 생성해 낸 결과에 대해 설명한다. 이러한 결과를 통해 사용자가 제품 모델러를 이용하여 정의한 선체의 제품 모델 정보의 오류를 직접 확인할 수 있다.

3.3.1 3D 솔리드 모델의 자동 생성

3D 솔리드 모델은 제품의 3D 형상 가시화뿐만 아니라 생산 물량의 정확한 계산을 위해 필요하다. 본 연구에서 구현된 초기 선체 구조 CAD 시스템은 의미론적 제품 모델 자료 구조에 저장되어 있는 정보를 이용하여 설계자의 요구 시 자동적으로 3D 솔리드 모델을 생

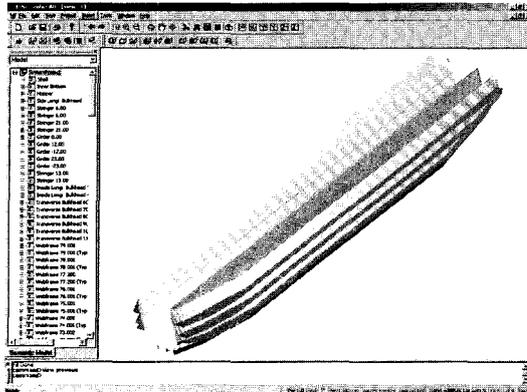


Fig. 18. Automatically generated 3D solid model by the semantic product model information for longitudinal hull structure.

성해 낸다.

본 연구에서 개발된 시스템에서는 저장된 제품 모델 정보를 non-manifold 자료 구조 기반의 형상 모델링 커널을 이용하여 3D 솔리드 모델로서 형상을 정의하였으며, 의미론적 제품 모델 자료 구조와 연결되어 각종 부재 정보들을 데크, 웨브 프레임, 격벽 등의 구조 시스템 단위로 관리할 수 있다. 그리고 3D 솔리드 모델의 형상 가시화를 위해서는 EzGL이라는 그래픽 라이브러리를 이용하였다. Fig. 18은 재화중량 300,000톤 VLCC의 의미론적 제품 모델링 과정을 마친 후 선체의 중 부재만을 선택하여 3D 솔리드 모델로 가시화한 것이다. 이 그림에는 중 부재로서 내부 선체(inner bottom, hopper top, side longi. bulkhead), 내부 중

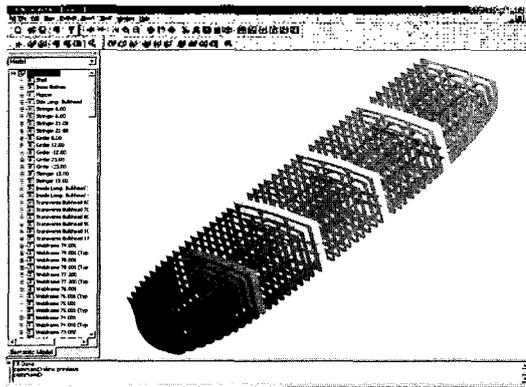


Fig. 19. Automatically generated 3D solid model by the semantic product model information for transverse hull structure.

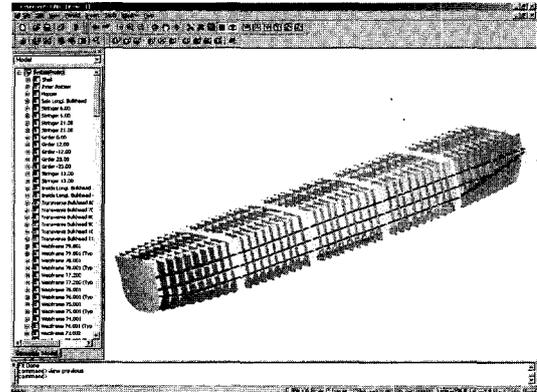


Fig. 20. Automatically generated 3D solid model by the semantic product model information for cargo hold structure.

격벽(inside longi. bulkhead), 종 방향 보강재 및 스트링거(stringer) 등이 나타나 있다.

Fig. 19는 선체의 횡 부재만을 선택하여 3D 솔리드 모델로 가시화한 것이다. 이 그림에는 횡 부재로서 횡 격벽, 웨브 프레임, 횡 방향 스트링거 및 횡 방향 보강재 등이 나타나 있다. 그리고 Fig. 20은 선체 화물창부의 모든 부재들을 3D 솔리드 모델로 가시화한 것이다.

### 3.3.2 생산 계획용 물량 정보의 자동 생성

조선소의 선박 생산 계획 단계에서는 가능한 공정(process)들을 결정하고, 작업 순서, 방법 및 소요 자원의 양들을 제한된 조건에 맞게 결정하게 되는데, 이러한 작업을 수행하기 위해서 선박의 물량 정보가 필요하다. 생산 계획 단계에서 필요로 하는 물량 정보로는 중량, 무게 중심, 도장 면적 및 용접 물량 계산에 사용되는 취부 길이(joint length) 등이 있으며, 이 정보들은 선박 건조 시의 탑재(erection) 단위인 블록별로 제공되어야 한다. 현재 조선소의 생산 계획 단계에서는 도면으로부터 블록 분할에 필요한 격벽 위치, 데크 수, 프레임 간격, 보강재 간격, 의장품 위치 등의 정보를 얻어낸 후, 각각의 조립 공장의 용량 등을 고려하여 블록 분할선을 정의하고 분할선 이내에 들어오는 부재들로부터 물량 정보를 구한다. 이 과정은 도면과 과거의 실적선 데이터 및 경험을 이용하여 수 계산으로 이루어지므로, 계산된 물량 정보의 정확성에 대한 신뢰도가 낮다.

본 연구에서는 생산 계획을 위한 물량 정보를 초기 선체 구조 설계 단계에서 정의된 제품 모델 정보를 이

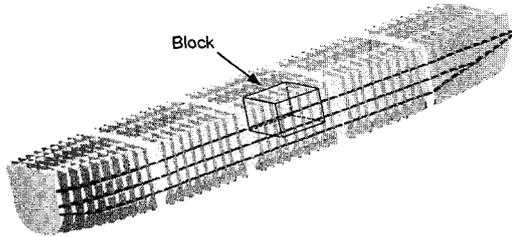


Fig. 21. An example of intersection between a building block and the initial hull structure to calculate the production material information.

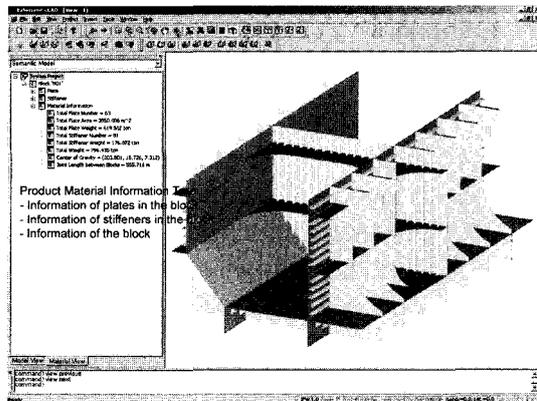


Fig. 22. Automatically generated production material information of the building block.

용하여 자동 생성된 3D 솔리드 모델을 통해 계산한다. 생산 계획에서 필요한 정보 요구 단위(블럭)와 초기 선체 구조 설계에서 정의한 제품 정보 단위(구조 시스템)가 서로 다르기 때문에 초기 설계 단계에서 생산 계획으로 물량 정보를 제공하기 위해서는 Fig. 21과 같이 해당 블록과 초기 구조 설계 시스템의 3D 솔리드 모델간의 교차(intersection) 계산을 통해 얻어진 생산 블록에 대해 중량, 무게 중심, 취부 길이 등을 계산해야 한다. Fig. 22는 Fig. 21에 나타나 있는 블록과 3D 솔리드 모델간의 교차 계산 후 얻어진 생산 블록에 대한 물량 정보와 이를 가시화 한 것을 나타내고 있다. Fig. 22의 좌측 트리 구조에서 알 수 있듯이 본 시스템은 생산 블록 내의 판과 보강재에 대해 계산된 생산 정보를 트리 형태로 저장하고 있다. 생산 블록 내의 판과 보강재는 초기 선체 모델을 이용하여 생성되었기 때문에 자신이 어떤 선체 구조 시스템 단위에 속해 있는지에 관한 정보를 가지고 있다. 제품 모델을 이용하여 정확하게 계산된 물량 정보는 생산 계획을 수립하

Table 1. Detailed product material information of the building block

물량 정보	계산 값
판 전체 총 수	63
판 면적	3850.006 m <sup>2</sup>
판 전체 중량	619.562 ton
보강재 총 수	81
보강재 전체 중량	176.872 ton
블록 전체 중량	796.435 ton
블록 중심	(203.801, 15.726, 7.312)
블록간 취부 길이	555.716 m

는 과정에서 사용된다. 신뢰성 있는 물량 정보를 사용하게 되므로 실적선 데이터를 이용하여 근사적인 추정을 하는 방법에 비해 정확하고 세밀한 공정 계획 수립 및 물량 관리가 가능하다.

Table 1에는 Fig. 22에 나타난 생산 블록에 대해 자동 계산된 정확한 생산 물량 정보를 보여주고 있다. 구현된 시스템에서 생성되는 생산 정보는 판과 보강재의 수, 각각의 중량 및 무게 중심, 전체 중량 및 무게 중심, 블록간 취부 길이 및 도장 면적 계산을 위한 판 면적이 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구 계획

본 연구에서는 초기 설계 단계에서 다양한 설계 결과를 생성해 낼 수 있는 효율적인 초기 선체 구조 CAD 시스템을 개발하였다. 이를 위해 먼저 선박의 초기 설계 단계에서 2D 도면상에 정의되는 선체 구조 제품 정보를 2D 형태의 형상 정보, 부재 속성 정보 및 설계 지식으로서 체계적으로 저장하고 다양한 관점으로 재가공 할 수 있도록 전산화된 의미론적인 제품 모델 자료 구조를 제안하였다. 그리고, 자료 구조와 사용자 인터페이스를 포함하는 의미론적 제품 모델러를 구현하여 초기 단계에서의 빠른 제품 정의가 가능하도록 하였다. 최종적으로, 의미론적 자료 구조 내에 정의된 제품 정보를 이용하여 필요한 시점에 3D 솔리드 모델과 물량 정보를 자동 생성하도록 함으로써 상세 설계와 생산 계획 단계에서 이들을 이용해 원활한 공정을 진행할 수 있도록 하였다. 개발된 초기 선체 구조 CAD 시스템을 재화중량 300,000톤 VLCC의 제품 모델링 과정에 적용해 봄으로써 빠른 시간 안에 초기 선체 구조의 제품 정의가 가능하였으며 이로부터 손쉽게 초기 선체 구조의 3D 솔리드 모델 및 정확한 물량 정

보가 자동적으로 생성될 수 있었다. 본 연구에서 제안된 자료 구조는 VLCC 선종에 초점을 맞추어 구성되었으나 향후에는 보다 다양한 선종에 대해 적용 가능하도록 제품 모델 자료 구조를 확장할 예정이다.

### 감사의 글

이 연구는 서울대학교 공과대학 해양시스템공학연구소(RIMSE)의 지원으로 수행되었습니다. 또한, 본 연구에 도움을 주신 대우조선 기술연구소와 (주)이지그라프에 감사 드립니다.

### 참고문헌

1. ISO 10303-2181, *Product Data Representation and Exchange: Application Protocol: Ship Structures*, International Organization for Standardization, 2001.
2. 김용대, "WG32 Ship STEP 개발의 최근 동향", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제4권, 제3호, pp. 56-60, 1998.
3. 한상민, "선체구조 해석을 위한 대화식 GUI의 개발", 석사 학위 논문, 서울대학교, 1995.
4. 이명기, "VLCC 구조해석 유한요소 모델 자동 생성 프로그램 개발", 석사 학위 논문, 서울대학교, 1995.
5. 염계선, "객체지향 개념을 이용한 이중선각 유조선의 모델링과 구조해석 모델의 자동 생성에 관한 연구", 박사 학위 논문, 서울대학교, 1995.
6. 김용대, "관 구조물의 CAD 정보 통합을 객체 지향 제품 모델링", 박사 학위 논문, 충남대학교, 1993.
7. Shah, J.J. and Mantyla, M., *Parametric and Feature-based CAD/CAM*, John Wiley and Sons Inc., New York, 1995.
8. 이현민, 한순홍, "전문가 시스템을 이용한 2차원 설계 특징형상의 인식", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 6권, 제2호, pp. 133-139, 2001.
9. 신용재, 한순홍, "Data Enhancement for Sharing of Ship Design Models", *Computer-Aided Design*, Vol. 30, No. 12, pp. 931-941, 1998.
10. Shum, S.S.P., Lau, W.S., Yuen, M.M.F. and Yu, K.M., "Solid Reconstruction from Orthographic Views Using 2-Stage Extrusion", *Computer-Aided Design*, Vol. 33, pp. 91-102, 2001.
11. Bidarra, R. and Bronsvort, W.F., "Semantic Feature Modelling", *Computer-Aided Design*, Vol. 32, pp. 201-225, 2000.
12. Brunetti, G. and Golobq, B., "A Feature-based Approach Towards an Integrated Product Model including Conceptual Design Information", *Computer-Aided Design*, Vol. 32, pp. 877-887, 2000.
13. Gorti, S.R. and Sriram, R.D., "From Symbol to Form: A Framework for Conceptual Design", *Computer-Aided Design*, Vol. 28, No. 11, pp. 853-870, 1996.
14. Anthony, L., Regli, W.C., John, J.E. and Lombeyda, S.V., "CUP: A Computer-Aided Conceptual Design Environment for Assembly Modeling", *ASME Transactions, Journal of Computing and Information Science in Engineering*, No. 1, 2001.
15. Rumbaugh, J., Jacobson, I. and Booch, G., *The Modeling Language Reference Manual*, Addison Wesley Longman Inc., Massachusetts, 2000.
16. Lee, K.Y., Rhim, J.H., Lee, S.U., Cho, D.Y. and Choi, Y.B., "Development of Sophisticated Hull Form CAD System 'EzHULL' Based on Non-Manifold Model and 'X-topology'", *The 8th International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures (PRADS 2001)*, pp. 315-321, Shanghai, China, 16-21 Sep., 2001.
17. EzGRAPH, <http://www.ezgraph.co.kr>.



**이 원 준**

1987년 서울대학교 조선해양공학과 학사  
 1987년-2000년 대우조선해양(주)  
 2002년 서울대학교 조선해양공학과 석사  
 2002년-현재 대우조선해양(주) 선박해양기술  
 연구소 정보기술연구팀  
 관심분야: 제품 모델링, PDM, CALS



**노 명 일**

1998년 서울대학교 조선해양공학과 학사  
 2000년 서울대학교 조선해양공학과 석사  
 2000년-현재 서울대학교 조선해양공학과  
 박사과정  
 관심분야: CAD, CAGD, 최적 설계, 선박  
 설계



**이 규 열**

1971년 서울대학교 공과대학 조선공학과 학사  
 1975년 독일 하노버 공과대학 조선공학 석  
 사(Dipl.-Ing.)  
 1982년 독일 하노버 공과대학 조선공학 박사  
 (Dr.-Ing.)  
 1975년-1983년 독일 하노버 공과대학 선박설  
 계 및 이론연구소, 주정부 연구원  
 1983년-1994년 한국기계연구원 선박해양  
 공학연구센터, 선박설계, 생산자동  
 화 연구사업(CSDP)단장  
 1994년-2000년 서울대학교 공과대학 조선  
 해양공학과 부교수  
 2000년-현재 서울대학교 공과대학 조선해양  
 공학과 교수  
 관심 분야: 최적설계, 형상모델링, CALS



**권 오 환**

1998년 서울대학교 조선해양공학과 학사  
 2000년 서울대학교 조선해양공학과 석사  
 2000년-2002년 서울대학교 조선해양공학과  
 박사과정 수료  
 2002년-현재 동국기술연구원 연구원  
 관심분야: CAD, CAGD, 컴퓨터 그래픽스