

선체구조 특징형상 정의에 의한 2D 도면에서 3D STEP 선체 모델의 생성

황호진*, 한순홍**, 김용대***

Generation of 3D STEP Model from 2D Drawings Using Feature Definition of Ship Structure

Hwang, H. J.*, Han, S. H.** and Kim, Y. D.***

ABSTRACT

STEP AP218 has a standard schema to represent the structural model of a midship section. While it helps to exchange ship structural models among heterogeneous automation systems, most shipyards and classification societies still exchange information using 2D paper drawings. We propose a feature parameter input method to generate a 3D STEP model of a ship structure from 2D drawings. We have analyzed the ship structure information contained in 2D drawings and have defined a data model to express the contents of the drawing. We also developed a GUI for the feature parameter input. To translate 2D information extracted from the drawing into a STEP AP218 model, we have developed a shape generation library, and generated the 3D ship model through this library. The generated 3D STEP model of a ship structure can be used to exchange information between design departments in a shipyard as well as between classification societies and shipyards.

Key words : Data exchange, Feature parameter input method, Mapping, Shape generation library, Ship structural model, STEP AP218

1. 서 론

1.1 연구 배경

정보통신 기술의 발전은 산업 환경을 변화시키고 있으며, 엔지니어링 분야에서도 환경의 변화를 능동적으로 수용하기 위한 새로운 패러다임들이 출현하고 있다. 이러한 환경에서 정보 표준 기술이 산업의 경쟁력을 가늠하는 중요한 척도가 되고 있다. 선박은 사용 기한이 20년 이상 되는 내구재로서, 오랜 시간이 지난 후 컴퓨터 운영 체계(OS)가 바뀌어도 기술자료의 유용성을 유지해야만 하므로, 표준화된 정보처리 체계를 가져야 한다^[1].

선박 설계의 초기 단계에서는 선박의 기능, 구성, 개략적인 배치를 정하고, 해석 과정을 통해 최적화된

설계안을 결정하게 된다. 이러한 결과는 대부분이 2D 도면의 형태로 표현되며, 다양한 설계 정보들이 포함된다. 도면으로 제공된 설계 정보를 3D 모델로 변환이 필요한 이유는, NC(Numerical Control) 장비나 로봇과 같은 후속 공정에서 사용하기 위해서이며, 설계자는 2D 종이 도면에 표현된 설계정보를 해석하고, 이를 3D CAD(Computer Aided Design) 시스템에서 재모델링해야 한다. 이러한 설계 정보 흐름의 단절로 인하여, 설계 정보의 오류 및 누락이 발생하고 설계 시간의 지연을 초래하고 있다. 조선산업에서 3D 디지털 모델은 설계정보의 통합적인 활용을 가능하게 하며, 기존에 2D 종이 도면의 사용 및 CAD 환경이 서로 달라 발생하는, 구조설계와 의장설계와의 분리된 상황을 해소할 수가 있다. 또한 구조해석 및 선급 승인 등의 통합 정보 관리가 필요한 분야에서 설계 환경을 유연하게 한다^[2]. STEP(STandard for the Exchange of Product model data)은 이러한 산업 환경에 적합한 프레임워크를 제공하고 있으며, 선박 모델을 3D로 표현하고 교환하는 응용프로토콜(AP:

*정회원, 한국과학기술원 기계공학과

**중신회원, 한국과학기술원 기계공학과

***중신회원, 한국해양연구원

- 논문투고일: 2003. 03. 07

- 심사완료일: 2003. 04. 29

Application Protocol)을 제시하고 있다¹⁾.

만일 초기설계 과정에서 후속공정에 3D 모델을 제공한다면, 설계정보 흐름의 단절이 없이 정보의 활용이 가능하다. 또한 도면의 해석 및 3D CAD를 이용한 재모델링 등의 비효율성을 제거할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 선체구조에 대한 초기설계 과정의 결과인 2D 도면에 대해, 도면을 표시하는 방법과 도면에 기록된 설계 의도를 선체 특징형상을 이용하여 정보 모델링하고, 이를 이용하여 도면 정보를 담을 수 있는 자료구조를 정의하였다. 또한 이 자료구조를 지원하는 GUI(Graphical User Interface)를 개발하여, 도면에 표현된 설계 정보를 사용자가 손쉽게 입력할 수 있다. GUI를 통해 획득된 2D 설계 정보를 후속공정에서 활용하기 위해, 국제 표준인 STEP AP218¹⁷⁾ 형식에 맞게 3D 선박 모델로 변환하였다. 이 과정에서 2D 자료구조와 3D 선박모델과의 매핑 관계를 정의하고, 3D 정보로의 가공을 위한 형상 라이브러리를 개발하였으며, 이를 통해 3D 부재 형상을 생성하였다. 마지막으로 매핑 관계에 따라 구현된 시스템을 실제 선박모델에 적용하여 실험하였다.

1.2 관련 연구 현황

초기 선체구조 정보를 모델링하거나 이러한 정보를 이용하여 3D 모델을 생성하는 연구는 국내외적으로 발견된다. 임재선¹⁴⁾은 객체 지향 개념을 이용하여, 정보 통합화의 중심이 되는 초기 선체모델의 구축 방법에 대한 연구를 제안한 바 있으며, 박순길¹⁵⁾은 선박 선체 상체설계 지원 시스템에 대한 시범시스템을 개발하고, 호퍼 구조에 대한 특징형상들을 분류하였다. Nomoto¹⁶⁾는 제품 모델의 개념과 객체 지향의 개념을 이용하여 선체 형상 모델링을 수행하였다. 선체 모델을 분석하고 전산화된 모델을 구현하기 위한 제품 모델의 데이터 구조를 정의함으로써, 선박의 설계 및 자동화를 위한 통합화를 가능하게 한다. 서승완 외¹⁷⁾는 선체구조정보를 설계 변수화하여 파라메트릭 설계 기법으로 모델링하는 방안을 제시하였다. 이 연구들의 정보모델들은 3D 조선 CAD 시스템이 가져야 하는 요구 조건 및 자료구조를 제시하고 있으며, 2D 도면의 설계정보를 정보 모델링하는 본 연구와는 다른 접근방법을 제시하고 있다.

신용재¹⁸⁾는 2D 도면에서 특징형상 인식기법과 규칙을 이용하여, 도면의 설계정보를 인식하고 3D으로 재구성하는 기법을 제안하였다. 이 접근방법은 도면에 있는 데이터들의 특징형상을 인식하여 설계정보를 변

환하는데 의미가 있으나, 도면에 대한 체계화된 모델 및 자료구조가 없고 인식이 낮은 문제가 있다. 이원준¹⁹⁾은 초기 선체구조의 제품 모델링에 활용되는 선체 자료구조를, UML(Unified Modeling Language) 모델링 기법을 활용하여 의미론적 데이터 모델을 정의하고, 이를 저장할 수 있는 자료구조를 제안하였다. 또 제안된 자료구조를 지원하는 초기 선체구조용 CAD 시스템을 개발하여 이를 검증하였다. 이원준의 연구에서 제안된 자료구조는, 초기 설계 과정에서 생성되는 2D 데이터들을 분석하여, 3D 모델 생성에 필요한 형태를 띄고 있어서, 2D 도면의 형태로 정보를 저장하는 본 연구의 자료구조와는 다른 접근 방법을 사용하고 있다. 예를 들어, 각 부재의 절단면은 도면에 표현되어 있으나, 이원준의 연구에서는 이를 자료구조에 포함하지 않고, 3D 모델 생성 후에 처리하고 있다. 또한 생성된 3D 모델이 STEP과 같은 국제표준을 지원하지 않아 데이터 교환 상에 문제가 있다. 하지만 이원준의 연구에서 제안한 의미론적 자료구조는, 3D 모델을 생성하고 설계 전문가의 지식을 표현하여, 객체의 의미를 분석하기에 적합한 것이다.

STEP을 이용한 선박모델의 표현에 대한 연구로, 서정우¹¹⁾는 범용 CAD에서 SIKOB¹¹⁾의 구획배치 정보를 활용하기 위해, STEP AP203을 활용하는 시스템을 개발하였다. 신용재¹³⁾는 선박의 선체설계와 외장 설계 간의 데이터 교환을 위하여 STEP을 사용하였으며, 인터넷을 통한 공유 방안을 소개하였다. 박진형¹²⁾은 STEP 방법론에 따라 선체 정보와 외장 정보의 간섭 확인과 데이터베이스 저장에 대한 연구를 수행하였다. 이와 같은 연구들은 대부분 기계 부품의 3D 제품 정보를 표현하는 AP203¹⁴⁾을 활용하였으며, 새로 제정된 조선 분야 고유의 STEP AP들을 활용할 필요가 있다.

2. STEP AP218의 개요

선박 STEP은 선박의 제품 정보를 서로 다른 시스템 환경에서 자유롭게 공유하기 위해, 현재 미국과 유럽이 중심이 되어 개발 중인 ISO(International Organization for Standardization) 국제 표준이다. 선박 제품 모델은, 여러 개의 분리된 파트들로 나눌 수 있다는 가정에서 개발되었으며, 각 파트들은 선박의 전 수명 주기 동안 유지되는 선박의 각 기능 요소들을 포함하고 있다. STEP에서 선박 제품 모델은 여러 개의 응용프로토콜로 나뉘어 개발되었다¹⁵⁾. 선박에 대한 설계정보가 선박 관련 AP들 사이에서 서로 다르게

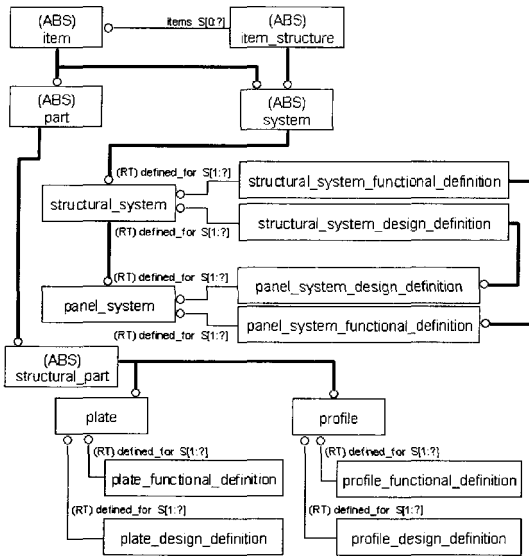


Fig. 1. A Portion of AP218 data structure.

정의되는 오류를 막기 위해, 선박 응용프로토콜 사이에 공통되게 적용되는 SCM(Ship Common Model)을 정의하고, 각 AP에서 참조하게 하였다^[19]. 조선용 응용프로토콜은 선박의 내부 배치에 관련된 내용을 다루는 AP215, 선박의 외부 곡면 형상을 다루는 AP216, 선박의 내부 구조 골격 정보를 다루는 AP218 등이 있다.

STEP AP218에서 정의하고 있는 선체구조 모델은, 선체구조 전체와 선각부품 및 조립품을 대상으로 하며, 부재중량 및 설계하중, 구획부재에 의한 공간정보, 판재, 보강재, 구멍, 절단부위, 단면가공을 포함한 용접이음, 선급의 강도기준의 승인을 위한 단면부재, 재료, 형상의 승인 및 변경 등이 정의되고, 설계로부터 가공, 조립, 진수를 거쳐 유지보수에 이르기까지의 모든 업무를 지원한다^[20].

Fig. 1은 STEP AP218에서 정의하고 있는 선박의 구조 관계의 일부분을 EXPRESS-G^[21] 형태로 표현한 것이다. 가상수퍼타입인 *item_structure*는 속성 *items*를 가지며, 그 대상으로 엔티티 *item*을 참조한다. 이러한 특성을 상속받은 엔티티 *structural_system*, *panel_system*은 선체구조의 기능(Functionality)에 따라 구성된다. 이러한 *system*들은 *structural_part*를 포함하게 되며, 그 대상은 엔티티 *plate*, *profile*들이다. 선체구조를 표현하기 위해 *structural_system*은 여러 개의 *panel_system*으로 구성되며, 각각의 *panel_system*은 여러 개의 *plate*와 *profile*로 구성되어 있다. 각 시스템 및 부재들은, 그 기능 정보를 정의하고 있는

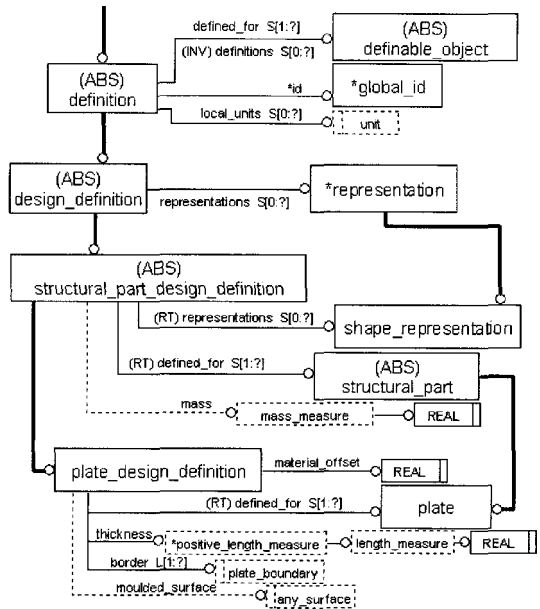


Fig. 2. plate_design_definition in EXPRESS-G Notation.

*functional_definition*과 설계 정보를 정의하고 있는 *design_definition*을 참조하고 있다. Fig. 2는 AP218에 정의되어 있는 부재의 3D 형상정보를 포함하고 있는 엔티티 *plate_design_definition*의 EXPRESS-G 표현이다. 엔티티 *plate_design_definition*은 다음과 같은 속성을 가진다. *defined_for*은 어떠한 부재 객체의 형상정보를 표현하는지를 명시하며, 이 속성은 엔티티 *definition*의 속성이며, RT(Redeclared Type)으로 Fig. 1의 엔티티 *plate*를 참조한다. *border*는 여러 개의 경계로 이루어진 부재의 경계선을 지정하며, *material_offset*은 원형(*moulded*) 평면에 대한 부재 재료의 오프셋 위치를 표현하고, *moulded_surface*는 부재가 위치하는 원형 평면을 지정하며, *thickness*는 부재의 두께를 나타내고 있다. 부재의 형상정보는 속성 *representations*에서 정의되며, 엔티티 *shape_representation*을 참조한다.

3. 선체중량단면도 정보모델

노면에는 많은 제품 정보가 정의되어 있다. 설계자는 2D CAD 시스템을 이용하여, 중앙단면 선체구조에 대한 형상, 속성 및 설계 지식을, 선, 직선 및 심볼 등을 사용하여 도면 상에 표현한다. 도면에 표현된 이러한 정보들은 일정한 형식을 취하고 있으며, 동일 선종(船種)에 대해서는 비슷한 패턴을 띄고 있다. 부

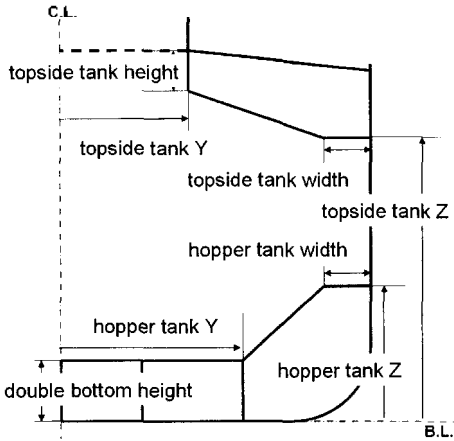


Fig. 3. Configurations of inner section.

재들의 형상을 정의하기 위한 형식으로, 각 부재의 특징에 따른 특징형상에 대한 매개변수들로 표현하고 있다^[22,23]. 사용자는 각 부재의 형상 패턴에 매개변수들을 정의함으로써 선체구조를 설계한다. 도면에 표현된 선체구조의 설계 정보를 파악하고 자료구조화한다면, 도면의 정보를 사용자 인터페이스를 통해 입력할 수 있으며, 그 입력 방식으로 특징형상 정의에 의한 매개변수를 활용한다. 특징형상 정의에 의한 매개변수란 정보모델 및 자료구조를 기반으로 정의된 형상 및 속성을 매개변수 형태로 표현하고, 해당 정보를 사용자가 매개변수 값으로 정보를 입력하는 방식을 말한다. 사용자는 각 부재의 형상에 필요한 매개변수의 값을 입력함으로써 설계의도를 표현할 수 있다.

본 연구에서는 선체구조가 2D 도면에 표현되는 방법 및 의도를 분석하여 선체중앙단면도 정보모델을 정의하였다. 선체중앙단면도에 표현된 정보들은 기본 정보(*general information*), 구성정보(*configurations*), 부재정의정보(*piece definitions*)의 3가지 형태로 분류할 수 있다. 기본정보는 선박명, 주요 치수(Principal Characteristic) 등과 같은, 선박을 나타내는 기본적인 정보 및 공통적인 정보들을 표현한다. 구성정보는 중앙단면을 구성하기 위해 정의되어야 하는 부재들의 관계를 표현하며, 이는 도면 상에 표현되어 있는 특징적인 변수들에 의해 결정된다. Fig. 3은 내부 단면(Inner Section)에 대한 구성정보를 나타내고 있다. 기본정보에서 선체의 폭(Breadth)과 깊이(Depth)가 정의되고, 이중저 높이(Double Bottom Height)로 내저판(Inner Bottom Plate)의 구성을 계산할 수 있으며, 호퍼 탱크(Hopper Tank)의 Y, Z 정보와 너비를 이용하여, 호퍼 경사판 및 외판(Side Shell Plate)에 대한 정

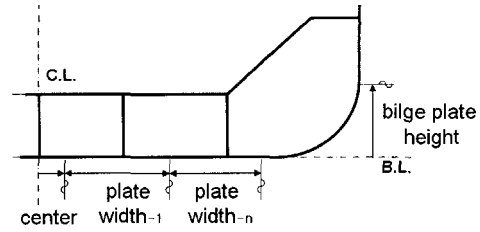


Fig. 4. *piece_definitions* of Bottom Plates (Longitudinal Members).

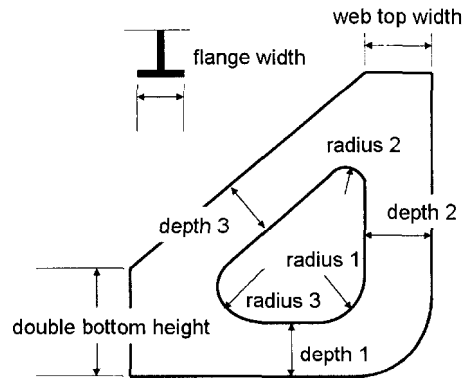


Fig. 5. *piece_definitions* of Hopper Tank Web (Transverse Members).

보를 구성할 수 있다. 이와 같이 선체구조의 중앙단면 구성정보들, 도면에 표현된 특징형상의 매개변수 표현 방식으로 정의할 수 있다.

부재정의정보는 중앙단면을 구성하는 부재들의 상세한 정보들을 표현한다. 구성정보로 정의된 중앙단면의 기본 골격을 기반으로, 종부재들의 분할(Seam) 정보, 횡부재의 형상 정보, 종보강재 정보들을 나타낸다. Fig. 4는 선저 외판(Bottom Plate)에 대한 예이다. 선저 외판의 구성은 기본정보에서 선체 폭 및 깊이 정보를 추출하고, 구성정보의 빌지(Bilge) 반경을 통해 생성된다. 이러한 구성을 기반으로, 각 판들의 위치 및 분할 정보들을 정의한다. Fig. 4처럼 중앙선(Center Line)에서 오프셋된 시작점을 나타내는 center, 각 판들의 너비를 나타내는 plate width, 빌지외판의 부재 너비를 표현하는 bilge plate height 등으로 부재정의 정보를 표현한다.

Fig. 5는 호퍼 늑판(Hopper Tank Web)에 대한 부재정의정보의 예이다. 호퍼 늑판의 구성은, 내부 단면 구성정보에 의해 표현된 매개변수에서 늑판 경계면의 형상이 결정된다. Fig. 5처럼 늑판 상부의 너비를 나타내는 web top width, 경계면부터의 오프셋(Offset)

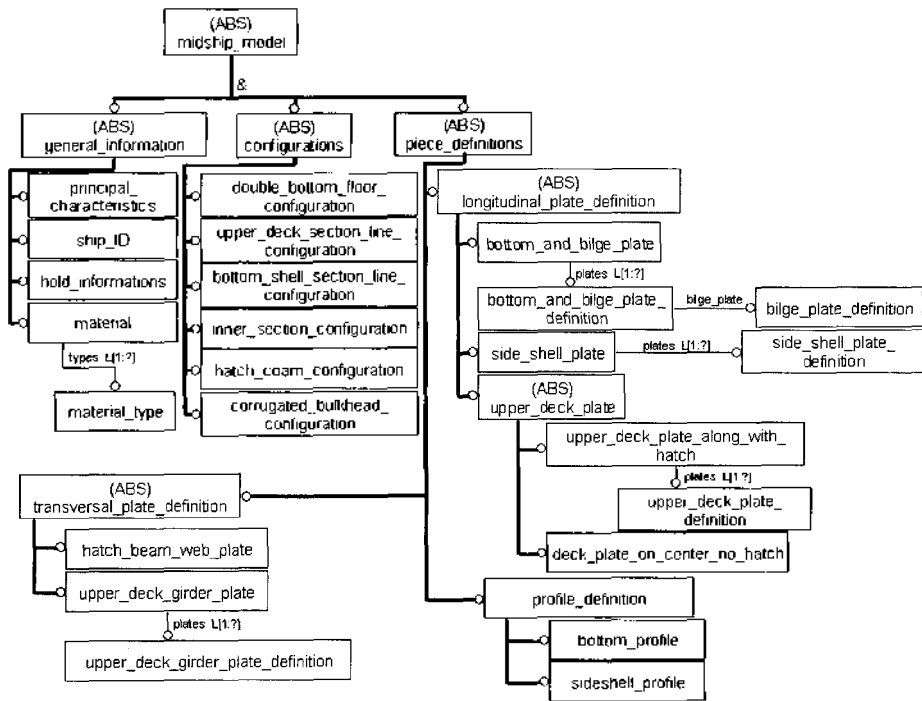


Fig. 6. Information Model of Midship Drawing using EXPRESS-G representaion.

정보(선저외판 오프셋: depth 1, 선측외판 오프셋: depth 2, 호퍼판 오프셋: depth 3), 내부 홀의 펠렛 정보(벌지판 쪽의 반경: radius 1, 선측외판 쪽의 반경: radius 2, 선저외판 쪽의 반경: radius 3)를 이용하여 부재의 상세한 형상 정보를 정의한다. 또한 플랜지의 속성 정보인 width를 이용하여 부재 형상을 표현한다.

Fig. 6은 EXPRESS-G로 선체중앙단면도 정보모델의 일부를 표현한 것이며, EPM사의 EDM(Express Data Management) 시스템^{12,13}의 VisualExpress를 이용하여 작성하였다. 2D 도면에 대한 STEP으로는 AP201 (Explicit draughting), AP202(Associative draughting)이 있으나, 이들 AP는 도면에 사용되는 요소(line, circle, arc 등)들을 정의하는 표준이다. 도면의 요소들이 기하학적 형상을 가지고 있지만, 실제 의미는 포함하지 않는다. 본 연구의 선체중앙단면도 정보모델은 선체중앙단면도에 표현된 선체구조에 대한 특성을 정의한 모델이므로 AP201나 AP202와는 의미적으로 다르다. 이 모델은 국제표준인 선박 STEP의 일부가 아니며, 본 연구에서 제안하는 2D 도면의 설계 정보에 대한 고유 모델이다. Fig. 6에서 선체중앙단면도를 최상위 엔티티인 midship_model로 표현하였다. 선체중앙단면도의 서브 엔티티로서 선박의 기본정보를 표현하는 general_information, 선체구조의 기본 구성 및

형상을 표현하는 구성정보 configurations, 부재의 상세형상 및 속성을 표현하는 부재정의정보 piece_definitions으로 구성되어 있다. 선박의 기본정보를 표현하는 엔티티인 general_information은 선박의 이름을 나타내는 ship_ID, 주요 치수를 나타내는 principal_characteristics와, 부재의 재질을 나타내는 material 등 부재 표현에 공통적으로 사용되는 정보를 정의한다. 선체구조의 기본 구성을 표현하는 엔티티인 configurations에는, 선체를 구성하는 기본적인 골격 및 매개변수를 이용하여 형상을 표현하고 있다. configurations 엔티티에는 선체를 구성하는 기본 구조로서 Deck, Side Shell, Bottom, Inner Bottom, Hatch Coam, Corrugated Bulkhead 등의 구성정보들을 나타내고 있다. 부재의 상세한 형상 및 속성을 표현하는 엔티티인 piece_definitions에는 중부재를 정의하는 longitudinal_plate_definition, 횡부재를 정의하는 transversal_plate_definition, 보강재를 정의하는 profile_definition 등의 상세 정보를 표현한다.

도면에 표현된 설계 정보들을 구조화하여 정보 모델링을 하고, 이를 사용자가 손쉽게 입력할 수 있도록 사용자 인터페이스를 개발하였다. 사용자 인터페이스를 활용하면 도면에 표현된 방식 그대로, 매개변수를 이용한 입력 방법에 의해서 설계정보를 입력할 수 있

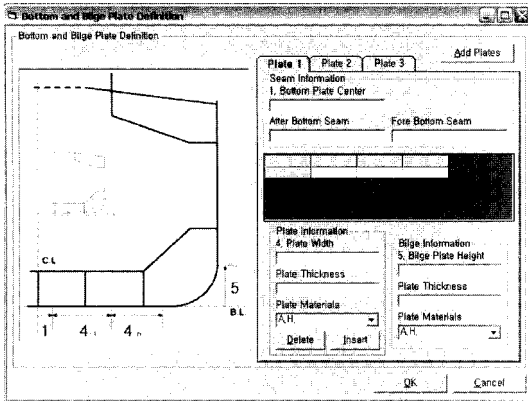


Fig. 7. GUI of bottom and bilge plates.

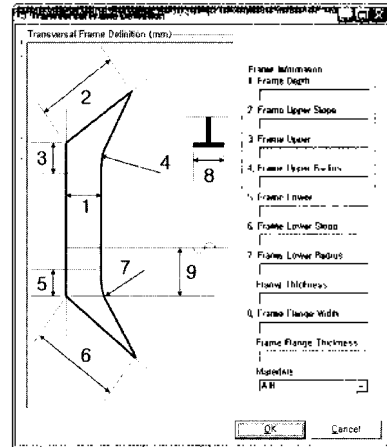


Fig. 8. GUI of transverse frame.

다. Fig. 7은 선저외판 및 밑저외판의 분함(Seam) 정보에 의해, 외판에 대한 정보를 입력하는 인터페이스를 보여준다. 사용자는 선저외판의 시작점과 판부재의 너비, 두께, 재질을 입력하고, 밑저외판의 높이를 입력하여 판 부재에 대한 속성을 정의한다.

Fig. 8은 선측능골 부재에 대한 정보를 입력하는 인터페이스이다. 사용자는 도면에 표현되는 능골의 방식으로 매개변수를 입력하게 된다. 이와 같이 특징형상 정의에 의한 매개변수로 삽입된 설계 정보들은 선

체중양단면도 정보모델의 자료구조로 표현이 되며, 도면에서 표현하고 있는 설계정보를 저장할 수 있다.

4. 선체중양단면도 정보모델과 AP218의 매핑

도면의 정보를 표현하고 있는 선체중양단면도 정보 모델과 STEP AP218의 3D 자료구조는 서로 다르므

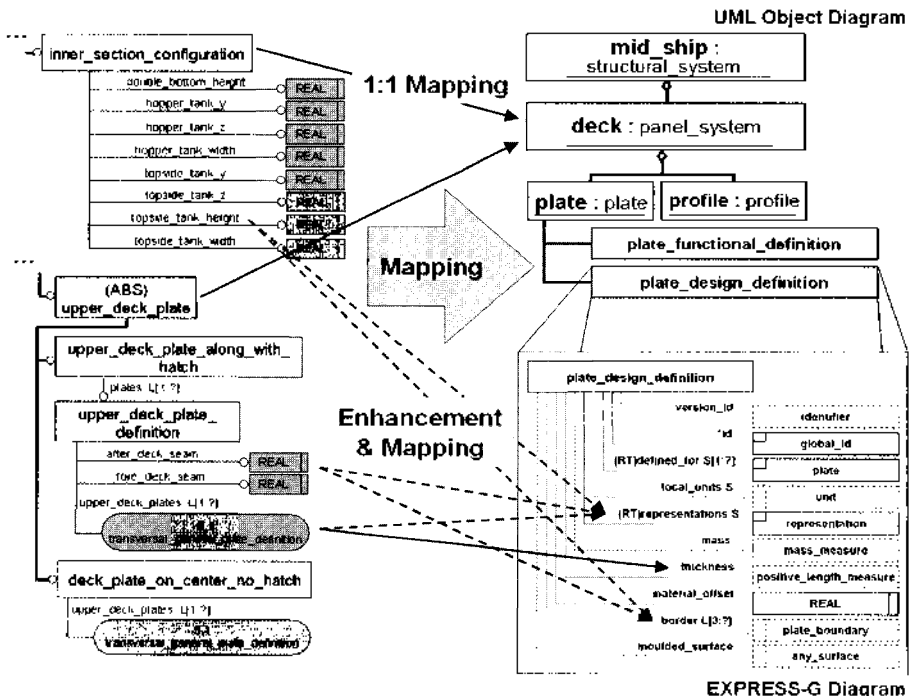


Fig. 9. Mapping Information Model of Midship Drawing into STEP AP218.

로, 이에 대한 매핑을 정의해야 한다. Fig. 9는 도면의 선체중앙단면도 정보모델과 AP218 선체모델과의 매핑 관계를 설명하고 있다. 그림의 왼쪽 부분은 본 연구에서 제시한 선체중앙단면도 정보모델이고(Fig. 6), 오른쪽은 AP218 자료구조의 일부이며(Fig. 2), 이들을 UML과 EXPRESS-G 표현으로 도식화하였다. 오른쪽 그림의 상부는 UML 객체 다이어그램이다. 중앙단면 *structural_system*은 *plate*와 *profile*을 가지고 있는 갑판 *panel_system*을 포함한다. 부재를 표현하는 *plate*는 *plate_design_definition*과 *plate_functional_definition*을 참조하게 된다. AP218에서 선체의 갑판, 선저외판, 호퍼경사판 등을 표현하기 위해서는, 엔티티 *panel_system*의 인스턴스를 생성할 때, 속성 *the_function*에 대한 타입 *structural_class_functionality*을 *deck*, *tank_top*, *girder* 등으로 지정해서 정의한다. 갑판 등의 선체구조의 의미를 가지기 위해서는 인스턴스에 속성을 지정하는 구조 때문에, 선체중앙단면도 정보모델은 AP218 스키마의 인스턴스에 매핑을 해야 한다. Fig. 9의 오른쪽 하부는 AP218에 정의된 엔티티 *plate_design_definition*의 EXPRESS-G 표현이다(Fig. 2 참조). 이 그림은 상위에서 상속된 속성들을 함께 표현하고 있다.

갑판 *panel_system*으로 매핑하기 위해서 선체중앙단면도 정보모델의 자료구조에서 *inner_section_configuration*의 정보와 *upper_deck_plate*의 정보를 추출하여 매핑한다. 부재의 두께를 표현하고 있는 *general_plate_definition.thickness*는 AP218의 *plate_design_definition.thickness*와 일대일 대응으로 매핑할

수 있다. 모든 구조가 이와 같은 일대일 대응 관계로 이루어지지 않으며, 하나의 정보가 여러 가지 형태로 표현되기도 하고, 다수의 다른 정보들을 나타내기도 한다. 이 매핑관계를 정의하기 위해 정보의 가공이 필요하다. 여기서 가공이란 기능 및 표현법이 다른 데이터 구조에서, 정보 교환을 위해 데이터의 매핑 및 데이터의 변경, 수정, 첨가 등의 작업을 의미하며, 2D 도면 엔티티를 스위핑(Sweep)하여 3D 형상으로 변환하는 과정도 이에 포함된다. 예를 들면 *inner_section_configuration*의 구성 정보와 *upper_deck_plate_definition*의 부재 정보를 취합하여, 속성 *representation* 및 *border*를 정의할 수 있다.

Fig. 10은 호퍼 늑판 부재 정보를 가공하는 예를 보여준다. 가공을 위해 *inner_section_configuration* 구성정보에서 부재의 경계면에 해당하는 기하학적 정보를 계산해 낸다. 이는 속성 *moulded_breadth*, *hopper_tank_y*, *hopper_tank_z*, *hopper_tank_width*, *double_bottom_height*, *bilge_radius* 등의 구성정보에서 정의된 속성을 이용해서 계산해 낼 수 있다. *hopper_tank_web_plate* 부재정의정보로부터 부재의 오프셋, 필렛 정보를 이용하여 호퍼 늑판에 대한 정보를 계산할 수 있다. 호퍼 늑판 정보는 호퍼 늑판의 경계면(Face)의 각 경계선(Line)에서, 주어진 수치값으로 오프셋을 하고, 오프셋된 선분들을 각각의 필렛 수치값을 이용하여 필렛팅하여 내부 호퍼 늑판의 형상을 생성할 수 있다. 이러한 가공 및 매핑에 대한 순서 및 알고리즘은, 각 부재 별로 형상 라이브러리로 정의해서, 3D 부재 형상의 생성에 이용할 수 있다. 여기서 형상 라이브러리

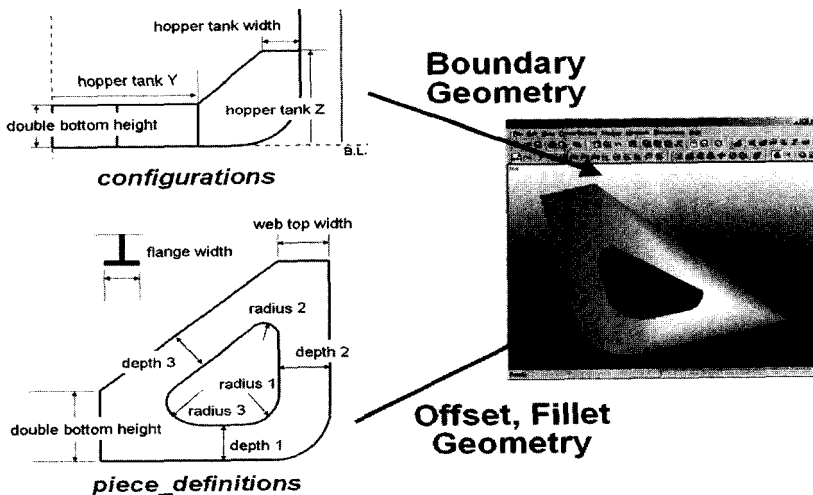


Fig. 10. Data enhancement of hopper tank web plates.

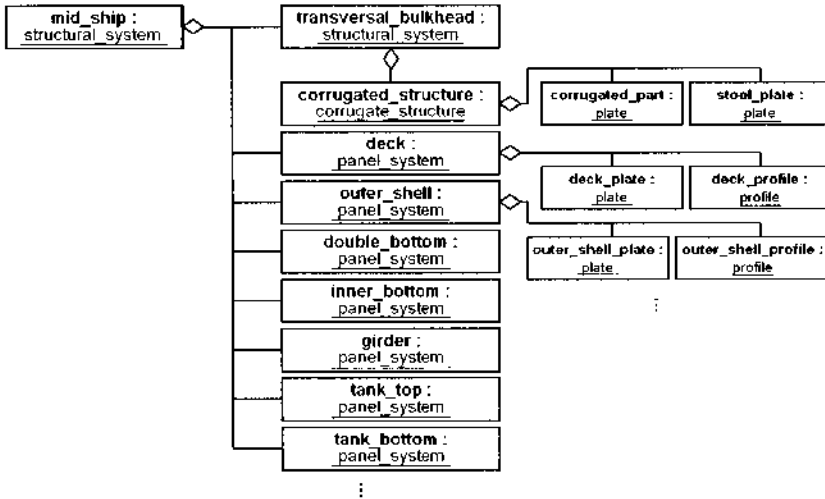


Fig. 11. UML object diagram of midship structure.

란 부재의 형상을 생성하기 위해 미리 정의한 형상 모델링의 순서(Sequence, Macro, Script)를 뜻하며, 3D 형상을 생성하기 위해, 입력된 설계정보 및 매개변수와 모델링 순서에 해당하는 커널 API(application program interface)의 집합으로 구성되어 있다. Fig. 11은 매핑 및 가공을 통해 생성된 3D 선체 중앙단면의 구조를 UML(Unified Modeling Language)²⁵⁾의 객체 다이어그램을 이용하여 도식화한 것이다. 중앙단면 *structural_system*은 횡격벽 *structural_system*과 *deck*, *outer_shell*, *double_bottom* 등의 *panel_system*으로 구성되어 있다. 횡격벽 *structural_system*은 *corrugated_structure*를 가지고 있고, 부재 정보로서 *corrugated_part*와 *plate*로 구성된다. 각각의 *panel_system*들은 부재 정보를 표현하는 *plate*와 보강제 정보를 표현하는 *profile*들로 구성되어 있다.

5. 시스템의 구현과 실험

도면에 표현된 설계정보의 자료구조에 따라 데이터 입력을 지원하는 그래픽 사용자 인터페이스와, 2D 자료구조를 STEP으로 변환하는 번역 시스템을 개발하였다. Windows NT 기반의 환경에서 개발하였으며, 자료구조의 정의를 위한 EXPRESS-G 표현을 위해서 EPM사의 EDM 시스템을 사용하고, AP218 EXPRESS 스키마를 컴파일 하기 위해서 STEPTools사의 ST-Developer 9.0²⁶⁾을 사용하였다. GUI 개발을 위해 MS Visual Basic 6.0을 사용하였고, 자료구조 저장 및 선체 구조 모델의 생성을 위한 모듈 개발에는 MS Visual

C++ 6.0을 사용하였다. 형상 정보의 생성을 위해서 OpenCASCADE²⁷⁾ 커널을 사용하였으며, 일부 형상 정보가 AP218을 지원할 수 있도록 OpenCASCADE의 변환 모듈을 수정하였다. 또한 STEP 모델의 가시화를 위해서 Actify사의 3D View²⁸⁾를 이용하였다.

Fig. 12는 본 연구에서 개발된 시스템의 구성을 보여준다. 시스템은 크게 중앙단면 정보 입력기와 STEP AP218 변환기로 나뉘어진다. 본 연구에서 정의한 선체중앙단면도 정보모델에 기반한 데이터 구조와, 이를 지원하는 매개변수 입력 GUI를 통해서, 사용자는 중앙단면 설계정보를 생성한다. 생성된 정보는 STEP 변환기에 입력되며, 매핑 및 가공 과정을 통해 부재의 형상을 생성하는 모델링 라이브러리에 각 부재의 2D 설계 정보를 전달한다. 모델링 커널을 이용하여 설계 정보의 3D 형상을 생성해서, AP218의 부재 형상 정의하는 모듈을 통해, AP218의 선체구조를 정의하는 모듈에 전달한다. 수집된 각 부재들을 취합하여 선

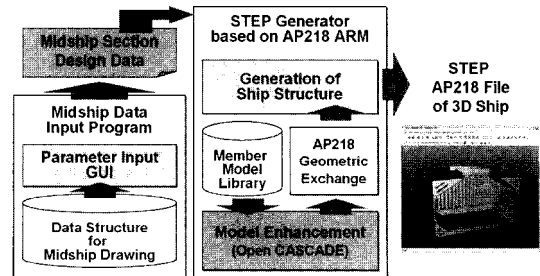


Fig. 12. Architecture of 3D ship structure generation system.

체구조를 구성하게 되며, 이를 최종 결과물인 STEP 물리적 파일로 저장한다.

본 연구에서 개발된 시스템의 검증 및 활용 실험을 위해서, 국내 S중공업에서 건조된 선박을 사용하였다. 벌크화물선(Bulk Carrier)을 대상으로 하였으며, 선체 중앙부의 모델을 생성하였다. Fig. 13은 선체중앙단면도 정보모델에서 매개변수 입력법을 이용하여 선체구조를 구성한 예를 보여주고 있다. 도면에 표현된 설계 정보들은 GUI를 통해서 입력된 내용이며, 이러한 정보를 이용하여 벌크화물선 중앙부의 모델을 3D 모델로 가공한다. Fig. 14는 개발된 시스템을 통해 생성된

```

MIDSHIP_INPUT_DATA_SPECIFICATION_FOR
BULK_CARRIER;

PRINCIPAL_CHARACTERISTICS;
LENGTH_BETWEEN_PERPENDICULARS : 216000
MOULDED_BREADTH : 45000
MOULDED_DEPTH : 23800
DESIGN_DRAUGHT : 13896
BLOCK_COEFFICIENT : 0.8300
HOGGING_AMIDSHIP : 1577800
SAGGING_AMIDSHIP : 1460200
SWSF_POSITIVE : 0
SWSF_NEGATIVE : 0
END_PRINCIPAL_CHARACTERISTICS;

INNER_SECTION_CONFIGURATION;
DOUBLE_BOTTOM_HEIGHT : 2500
HOPPER_TANK_Y : 16600
HOPPER_TANK_Z : 8400
HOPPER_TANK_WIDTH : 0
TOPSIDE_TANK_Y : 10000
TOPSIDE_TANK_Z : 16710
TOPSIDE_TANK_HEIGHT : 600
TOPSIDE_TANK_WIDTH : 0
END_INNER_SECTION_CONFIGURATION;
  
```

Fig. 13. Sample midship data from the feature parameter input method

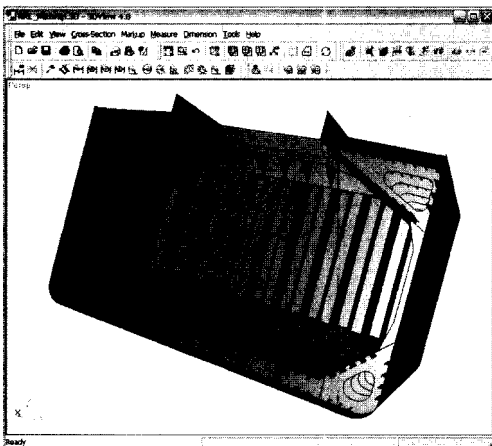


Fig. 14. Visualization of the 3D ship model.

STEP 물리적 파일을 가지화한 것이다. 이 그림은 벌크화물선의 홀드 하나를 모델링 한 예이며, 선체 중앙부에 나타나는 각 부재들의 형상을 관찰할 수 있다. 이렇게 생성된 STEP 물리적 파일은, 상세설계용 CAD 시스템이나, 구조 해석 시스템에 전달되어 사용할 수 있으며, 부서간 혹은 조신소와 선급 사이의 모델 교환 및 제품 전 주기에 걸쳐서 활용될 수 있다^[29].

6. 결론 및 향후 과제

선박 초기 설계 과정의 결과인, 2D 선체중앙단면도에 나타나는 설계 정보 및 의도를 표현하고 저장하기 위한 정보를 모델링하고, 이를 이용해서 도면 정보의 2D 자료구조를 정의하였다. 선체중앙단면도 정보모델은 도면에서 곡선, 직선 및 삼봉에 의해서 표현되는 형상 정보 및 부재 정보를 중심으로 개발하였으며, 이 정보들은 대부분 특징형상의 매개변수 형태를 띠고 있다. 이러한 매개변수들을 체계적으로 분류하여 선체의 기능적 요소와 함께 표현하였다. 개발된 정보모델을 기반으로 하여, 사용자가 손쉽게 도면을 보고 설계정보를 입력할 수 있도록 GUI를 개발하였다. 사용자는 GUI를 통해 제공되는 요구 정보들을 입력함으로써, 도면을 그리는 작업과 동일한 작업을 수행할 수 있다. 사용자 인터페이스를 통해 획득된 설계 정보를 후속공정에서 활용하기 위해, 3D 모델의 국제 표준인 STEP AP218에 따른 선체 모델로 표현하였다. 이 과정에서 2D 자료구조와 AP218 간의 매핑 관계를 정의하였고, 3D 정보로의 매핑을 위해 형상 정보를 가공하였다. 이를 위해 각 부재를 생성하는 형상 라이브러리를 구축하여, 2D 정보를 3D 형상으로 생성하였다. 매핑 및 형상 라이브러리를 사용한 번역기를 개발하였고, 이를 실제 선박에 적용하여 실험하였다.

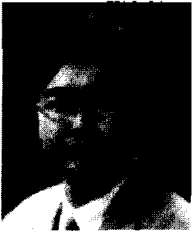
본 연구에서 제안한 2D 도면에 대한 정보모델을 정의하는 방법은, 유사한 패턴을 가지는, 도면을 많이 사용하는 분야에 적용이 가능하다. 조선 산업에서는 다른 선종들의 도면 표현에 활용할 수 있으며, 2D 도면을 주로 사용하는 건축 및 토목과 같은 다른 산업에서 활용이 가능하다. 본 연구에서는 벌크화물선에 대한 정보모델 정의 및 형상 라이브러리를 개발하였다. 이러한 방법론은 유조선(Oil Tanker) 및 컨테이너선(Container) 등의 다른 선종에 대한 추가적인 개발이 필요할 것이다. 도면에 표현된 방식에 따라 매개변수를 이용한 자료구조를 정의하였으므로, 이 방법은 도면 인식을 이용한 정보 추출에 효과를 얻을 것으로 기대된다^[30].

감사의 글

본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실지정사업 '선박해양 STEP 기술(MI-0104-00-0265)'의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

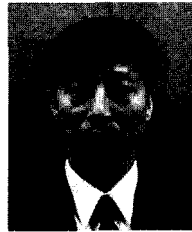
1. 이종갑, "복합모델링 방법론에 의한 선박기본계획모델의 설계," 박사학위논문, 충남대학교, 2000.
2. Baum, S. and Ramkrishnan, R., "Applying 3D Product Modeling Technology to Shipbuilding," *Marine Technology*, Vol. 43, No. 1, pp. 56-65, 1997.
3. 김용대, "WG3/123 Ship STEP 개발의 최근 동향," 한국CAD/CAM학회지, 제4권, 제3호, pp. 56-60, 1998.
4. 엄재선, "객체 지향 개념을 이용한 이중 선각 유조선의 모델링과 구조 해석 모델의 자동 생성에 관한 연구," 박사학위논문, 서울대학교, 1995.
5. 박순길, "선체 상세 설계 지원 시스템에 관한 기초 연구," 석사학위논문, 서울대학교, 1994.
6. Aoyama, K. and Nomoto, T., "Information Models and Functions for CIM in Shipbuilding," *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 2, No. 3, pp. 148-162, 1997.
7. 서승완, 신동우, 이규옥, 박노상 외, "선박 설계 생산 전산 시스템(6) - 선체 제품 모델링 기술 개발," 한국기체연구원 선박해양공학연구센터 연구보고서 (UCN331-1860.D), pp. 3-43, 1995.
8. Shin, Y. and Han, S.-H., "Data Enhancement for Sharing of Ship Design Models," *Computer-Aided Design*, Vol. 30, No. 12, pp. 931-941, 1998.
9. 이원준, 이규열, 노명일, 권오환, "의미론적 제품 데이터 모델 기반 초기 선체구조 CAD 시스템 개발," 한국CAD/CAM학회 논문집, 제7권, 제3호, pp. 157-169, 2002.
10. 서정우, 이규열, "STEP을 이용한 선박 구획 형상 및 속성정보의 공유 방법," 1997 한국CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp. 283-290, 1997.
11. Seasafe Marine Software. Seasafe Historical Background, <http://www.seasafesoftware.com/webpage/html/company.htm>, 2002.
12. 신용재, 한순홍, "선박 형상 데이터의 교환을 위한 인터페이스 개발 방법론," 2001 한국CAD/CAM학회 학술발표회 논문집, pp. 1-10, 2001.
13. 박진형, "STEP 방법론에 의한 선박 외장 정보의 간섭확인 및 데이터베이스 저장," 석사학위논문, 한국과학기술원, 1997.
14. ISO TC184/SC4/WG3, "ISO 10303 Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange Part 203: Application Protocol - Configuration Controlled Design," 1994.
15. ISO TC184/SC4/WG3, "ISO 10303 Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange Part 215: Application Protocol - Ship Arrangement," 1999.
16. ISO TC184/SC4/WG3, "ISO 10303 Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange Part 216: Application Protocol - Ship Moulded forms," 1999.
17. ISO TC184/SC4/WG3, "ISO 10303 Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange Part 217: Application Protocol - Ship Piping," 1999.
18. ISO TC184/SC4/WG3, "ISO 10303 Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange Part 218: Application Protocol - Ship Structures," 1999.
19. Lovdahl, R. H. Jr., Martin, D. J., Polini, M. A., Wood, R. W., Geradi, M. L., Lazo, P. L. and Wooley, D., "The NIDDESC Ship Product Model: The STEP Solution," *Journal of Ship Production*, Vol. 10, No. 1, pp. 39-50, 1994.
20. Wood, R., Rando, T. C. and Bates, K. A., "Product Data Sharing in the Integrated Shipbuilding Environment," 11th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS 2002), pp. 349-363, September 2002, Malmo, Sweden.
21. Schenck, D. and Wilson, P., "Information Modeling: the EXPRESS Way," Oxford University Press, 1994.
22. 신용재 외, "STEP 방법론을 따른 중앙단면 CAD 정보의 자동인식 시스템 개발," 한국선급 보고서, 1999.
23. Kobayashi, H., Sasaki, Y., Suzuki, T. and Yoneya, T., "Development of a New Direct Strength Assessment System for Double Hull Tankers," 11th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding (ICCAS 2002), pp. 35-41, September 2002, Malmo, Sweden.
24. EPM Technology. EXPRESS Data Manager, <http://www.epmtech.jotne.com/products/index.html>, 2002.
25. Booch, G., Rumbaugh, J. and Jacobson, I., "The Unified Modeling Language User Guide," pp. 117-202, Addison Wesley, 1999.
26. STEPTools. ST-Developer 9.0, <http://www.steptools.com/products/stdev/index.html>, 2003.
27. EADS Matra Datavision. OpenCASCADE 4.0, <http://www.opencascade.com/products/occl/>, 2003.
28. Actify. Actify SpinFire Professional 5.0, <http://www.actify.com/v2/products/SFProfessional/index.htm>, 2003.
29. 김준환, 한순홍, "STEP 데이터베이스를 Native Storage로 가지는 3차원 선체 CAD에서 형상 모델링 커널과 데이터베이스 간의 인터페이스," 한국CAD/CAM학회 논문집, 제7권, 제3호, pp. 202-209, 2002.
30. 황호진, 한순홍, 김용대, "선체중앙단면도 상의 심복인식법을 통한 설계정보의 추출," 대한조선학회 '2003 춘계학술대회 논문집, pp. 104-110, 2003.



황 호 진

1997년 연세대학교 기계공학과 학사
1999년 연세대학교 기계공학과 석사
1999년~현재 한국과학기술원 기계공학과
박사과정

관심분야: 선박 STEP, 조선 CALS, PDM



한 순 홍

1977년 서울대학교 조선공학과 학사
1979년 서울대학교 조선공학과 석사
1985년 영국 Newcastle대 석사
1990년 미국 Michigan대 박사
1979~1992년 해사기술연구소(현재 기계
연구위)

1993~1995년 한국과학기술원 지능화 및
설계공학과

1996~현재 한국과학기술원 기계공학과
교수

관심분야: CAD 모델 표준(STEP),
Intelligent CAD, 설계전문가 시
스템, 가상현실(Virtual Reality)



김 용 대

1976년 서울대학교 조선공학과 학사
1986년 한국과학기술원 기계공학과 석사
1994년 충남대학교 선박해양공학과 박사
1977년~현재 해양연구원 해양시스템안전
연구소

관심분야: 선박 STEP