

초기 설계를 위한 자료 구조 및 모델링 함수 기반의 선체 구조 CAD 시스템 개발

노명일^{†*}, 이규열^{**}

서울대학교 조선해양공학과 및 공학연구소^{*}
서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소^{**}

Development of an Hull Structural CAD System
based on the Data Structure and Modeling Function
for the Initial Design Stage

Myung-Il Roh^{†*} and Kyu-Yeul Lee^{**}

Department of the Naval Architecture and Ocean Engineering, and Research Institute of Marine
Systems Engineering, Seoul National University^{*}

Department of the Naval Architecture and Ocean Engineering, and Research Institute of Marine
Systems Engineering, Seoul National University^{**}

Abstract

Currently, all design information of a hull structure is being first defined on 2D drawings not 3D CAD model at the initial ship design stage and then transferred to following design stages through the 2D drawings. This is caused by the past design practice, limitation on time, and lack of hull structural CAD systems supporting the initial design stage. As a result, the following design tasks such as the process planning and scheduling are being manually performed using the 2D drawings. For solving this problem, a data structure supporting the initial design stage is proposed and a prototype system is developed based on the data structure. The applicability of the system is demonstrated by applying it to various examples. The results show that the system can be effectively used for generating the 3D CAD model of the hull structure at the initial design stage.

※Keywords: Initial design stage(초기 설계 단계), Hull structural CAD system(선체 구조 CAD 시스템), 3D CAD model(3차원 CAD 모델), Data structure(자료 구조), Modeling function(모델링 함수)

1. 서론

1.1 연구 배경 및 필요성

선박과 같은 제품의 초기 설계 단계에서는 제품의 개념을 신속하게 구체화하여 제품의 기능, 구성, 부재간 관계, 치수 및 간단한 형상들을 정의한 후, 검증 작업을 통해 가장 최적화된 설계 결과를 확정하게 된다. 이때, 최종 결과물은 2차원 도면이며, 여기에 제품에 관한 대부분의 정보가 표현된다. 과거에는 도면을 손으로 직접 작성했으나 최근에는 컴퓨터를 이용하여 도면 작성을 하고 있다. 그러나 컴퓨터를 이용한 도면 작성 작업도 설계 정보의 전달 및 활용 관점에서 살펴보면 과거의 수작업에 의한 도면 작성 방법과 내용상으로는 큰 차이점이 없다. 즉, 두 방법 모두 도면으로 설계 결과를 제공하기 때문에 후속 공정에서 설계 정보를 이용하기 위해서는 다른 설계자가 도면을 보고 설계 내용을 이해한 후 필요에 따라 재입력을 해야 하므로 설계 정보 흐름의 지연이 발생한다. 또한, 이 과정에서 설계 정보의 잘못된 이해로 인한 오류 및 정보의 누락이 발생할 수 있다. 이와 같이, 현재의 2차원 구조 도면이 작성되는 초기 설계 단계에서는 다른 분야에서와 마찬가지로 설계자의 의도를 반영하면서 제품 정보를 정의할 수 있는 CAD 시스템의 지원이 잘 되지 못하고 있다. 본 연구에서는 설계 단계간 정보 흐름의 단절 없이 초기 설계 단계에서 선체 구조에 대한 설계자의 의도 및 제품 정보를 저장할 수 있고, 나아가서 후속 공정(초기 생산 계획의 수립 공정, 전선 구조 해석 모델의 생성 공정 등)에서 필요로 하는 3차원 CAD 모델을 조기에 생성해 줄 수 있는 선체 구조 CAD 시스템을 개발하였다.

본 시스템의 개발을 위해 먼저, 선체 구조에 대한 기하 및 위상 정보뿐만 아니라 설계 속성 정보와 부재간 연관성 정보까지 함께 저장이 가능한 의미론적 제품 모델 자료 구조(semantic product model data structure)를 정의하였고, 다양한 선체 구조 부재를 생성하기 위한 의미론적 제품 모델링 함수를 구현하였으며, 마지막으로 설계자가 선체 구조 모델링을 수행하기 위한 도구인 사용자 인터페이스(user interface)를 개발하였다. 개발된

시스템의 효율성을 검증하기 위해 이를 재화 중량 320,000톤 대형 유조선(VLCC; Very Large Crude oil Carrier) 및 재화 중량 73,000톤 살물선(bulk carrier)의 선체 구조 모델링에 적용해 보았다.

1.2 관련 연구 현황

현재 국내 조선소들이 서로 앞 다투어 초기 설계 단계부터 3차원 CAD 모델링을 수행하려고 계획하고 있으나, 설계 개념이 구체화되지 않아 설계 변경이 빈번히 발생하게 되는 초기 단계를 효과적으로 지원할 수 있는 선체 구조 CAD 시스템을 확보하고 있지 못하는 실정이다.

현재 대부분의 조선소들이 이용하고 있는 TRIBON이라는 조선 전용 CAD 시스템의 경우, 수십 년 전에 처음 개발된 후 그 동안 많은 조선 설계 경험이 시스템 내에 반영이 되어, 블록 단위로 모델링이 진행되는 생산 설계 단계에는 검증된 시스템으로 자리 매김하고 있으나, 초기 설계 단계에서의 적용에는 어려운 점이 있다.

최근 범용 CAD 시스템을 기반으로 조선 전용화를 통해 개발된 IntelliShip의 경우, 최초의 목표는 초기 설계 단계부터 3차원 CAD 모델을 생성하여 생산 계획용 물량 정보 등 다양한 정보를 적기에 추출하여 활용하고자 했으나, 범용 CAD 시스템의 조선 전용화로 인한 다양한 문제점(예컨대, 범용으로 개발된 자료 구조를 기반으로 하기 때문에 선체를 표현하는데 불필요한 내용까지도 포함하고 있으며 범용으로 개발된 자료 구조 외에 선체를 표현하기 위한 추가적인 자료 구조가 필요함)으로 인해 생성되는 3차원 CAD 모델의 크기가 상대적으로 크고 시스템의 운용에 있어서도 수행 속도가 느리다는 단점이 관련 전문가에 의해 보고된 바 있다.

NUPAS-CADMATIC, FORAN 등과 같은 시스템들도 일부 조선소의 상세/생산 설계 단계에서 활용되고 있으나 3차원 CAD 모델을 생성하는데 많은 입력을 필요로 하여 초기 설계 단계에의 적용에는 어려운 점이 있다. 한편, 최근에 개발된 NAPA Steel 시스템의 경우 초기 설계 단계에의 적용을 위해 개발되었으나 초기 설계 단계에서 요구되는 상세화 정도의 3차원 CAD 모델을 생성하

는데 다소 긴 시간(한 명의 설계자에 의해 약 한 달)이 소요된다. 한국해양연구원 해양시스템안전연구소(KRISO)에서 개발된 시스템(Lee et al. 2004)의 경우 선박 안전성 평가를 위한 3D CAD 모델을 신속하게 생성하기 위해 개발되었으나 중 방향 판과 보강재만 모델링이 가능하다.

이와 같이 초기 설계 단계에서 적용하기에 적절한 선체 구조 CAD 시스템의 미비로 본 저자들은 과거 본 연구에서의 개념과 비슷한 "EzSemanticCAD"라는 프로토타입 시스템을 개발한 바 있다(이원준 등 2001, Lee et al. 2004). 그러나 이 시스템의 자료 구조 내에는 선체 구조 부재간의 연관성 정보를 표현할 수 없어서, 블록 내부의 취부 길이(joint length)와 같은 생산 계획용 물량 정보를 산출할 수 없었고, 모델링 대상이 대형 유조선의 화물창부(cargo hold part)로 제한되었다는 단점을 가지고 있었다.

Table 1은 위에서 설명한 관련 연구를 본 연구와 개략적으로 비교한 것이다.

2. 개발된 선체 구조 CAD 시스템의 개요

2.1 시스템 구성도

Fig. 1에 나타나 있듯이, 본 연구에서 개발된 선체 구조 CAD 시스템은 크게 다섯 부분으로 구성된다. 첫 번째 부분은 초기 설계 단계에서 정의되는 선체 구조 정보를 담기 위한 틀인 의미론적 제품 모델 자료 구조이다. 이 자료 구조 내에 저장되는 정보로는 선체 구조 부재에 대한 설계 속성 정보, 선체 구조 부재간 연관성 정보 등이 있다. 두 번째 부분은 설계자로부터 입력받은 정보와 내부적인 계산(교차 계산 등)을 통해 얻어진 정보를 자료 구조 내에 담기 위한 기능을 가진 의미론적 제품 모델링 함수이다. 세 번째 부분은 모델링 함수의 수행을 위해 설계자로부터 입력 정보를 받기 위한 도구인 사용자 인터페이스이다. 네 번째 부분은 비다양체 형상 모델링 커널로서 의미론적 제품 모델링 함수를 통해 형상 및 위상 정보를 자료 구조 내에 저장하기 위해 필요한 도구이다. 본 연구에서는 서울대학교 조선해양공학과 선박설계자동화 연구실과 (주)이지그래프가 공동 개

Table 1 Comparison between this study and the existing studies

	적용 단계	모델링 가능 범위
TRIBON 시스템	생산 설계	블록 단위로 상세한 부재 모델링 가능
IntelliShip 시스템	상세/생산 설계	전체 선체 구조
NUPAS-CADMATIC, FORAN 등	상세/생산 설계	전체 선체 구조
NAPA Steel	초기/상세 설계	전체 선체 구조
KRISO 시스템	초기 설계	중 방향 판 및 보강재
EzSemanticCAD	초기 설계	VLCC 화물창부
본 연구	초기/상세 설계	전체 선체 구조

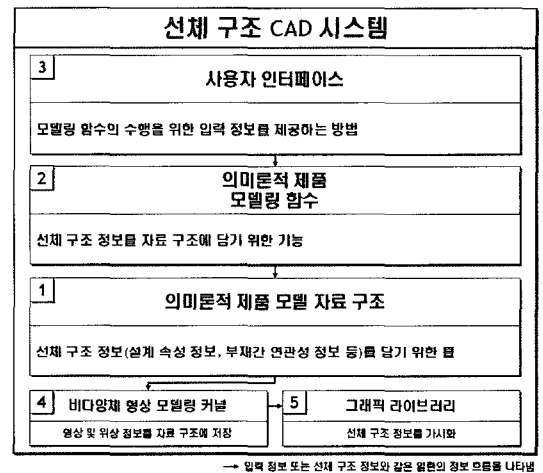


Fig. 1 System configuration of the developed system

발한 비다양체 형상 모델링 커널(이건우 1996, 최영복 등 2000)을 이용하였다. 마지막 부분은 그래픽 디스플레이 상에 3차원 CAD 모델 등을 가시화하기 위한 그래픽 라이브러리로서 본 연구에서는 역시 서울대학교 조선해양공학과 선박설계자동화 연구실과 (주)이지그래프가 공동 개발한 EzGL(최영복 등 2000)이라는 그래픽 라이브러리를 이용하였다.

설계자가 생성하고자 하는 선체 구조 부재에 대한 입력 정보를 사용자 인터페이스를 이용해 입력하게 되면 관련된 의미론적 제품 모델링 함수가 수행되어 해당 선체 구조 부재에 대한 선체 구조 정보가 의미론적 제품 모델 자료 구조에 저장되

고, 선체 구조 정보 중 선체 구조 부재를 정의하기 위한 위상 및 형상 정보는 비다양체 형상 모델링 커널에 저장된다. 최종적으로는 비다양체 형상 모델링 커널 내의 해당 선체 구조 부재에 대한 형상 정보가 그래픽 라이브러리를 통해 디스플레이 상에 3차원 CAD 모델로서 가시화 된다.

아래에서는 본 시스템의 구성 요소 중 의미론적 제품 모델 자료 구조, 의미론적 제품 모델링 함수 및 사용자 인터페이스에 대해 보다 상세히 설명하며, 비다양체 형상 모델링 커널과 그래픽 라이브러리는 해당 참고 문헌(이건우 1996, 최영복 등 2000)을 참고하기 바란다. Fig. 2는 본 시스템의 실행 화면을 나타내며, 여기에는 본 시스템을 이용하여 재화 중량 320,000톤 대형 유조선의 선체 구조 모델링을 수행한 결과가 나타나 있다.

2.2 의미론적 제품 모델 자료 구조

본 연구에서 개발한 시스템은 초기 설계 환경에서 도면에 정의되는 설계 정보를 의미를 가진 제품 정보 즉, 의미론적 제품 모델(semantic product model)로서 표현한다. 의미론적 제품 모델이란, 범용 CAD 시스템에서처럼 완성된 제품의 경계 형상만을 표현하는 것이 아니라, 특정 설계 도메인에서의 의미 있는 요소들(경계 형상을 추출해 낼 수 있는 최소한의 형상 정보와 설계 속성

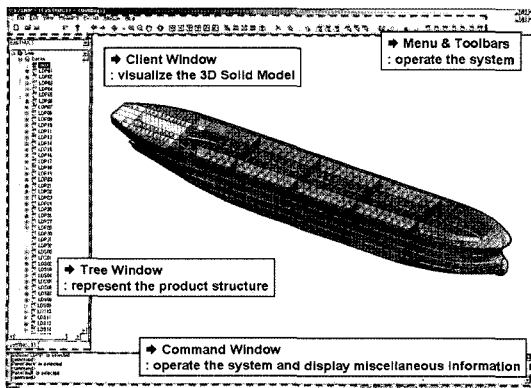


Fig. 2 Screenshot of the developed system and the modeling result of a deadweight 320,000ton VLCC

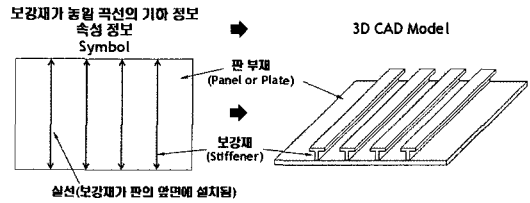


Fig. 3 Example of the generation of the 3D CAD model by using the semantic product model information(이원준 등 2001, Lee et al. 2004)

및 설계 지식)로 제품을 표현하는 것으로, 필요한 시점에 3차원 CAD 모델 등의 다양한 형태로 자동 변환이 가능한 제품 모델을 말한다. 즉, Fig. 3에 나타난 보강재(stiffener)의 경우 단순한 도면상의 직선을 뜻하는 것이 아니라 “특정 판을 보강해 주기 위해 설치되는 부재이며, 그 목적 수행을 위해 충분한 강도를 가지는 단면 형상, 치수 및 재질을 가지고 특정 구간에 설치된다”라는 설계 의미를 나타낸다. 이와 같은 선체 구조의 의미론적 제품 모델 정보를 효율적으로 저장하기 위해 선체 구조의 기하 및 위상 정보뿐만 아니라 설계 속성 정보와 선체 구조 부재간 연관성 정보까지 함께 저장 가능한 의미론적 제품 모델 자료 구조를 정의하였다.

본 연구에서는 자료 구조의 정의를 위해 먼저 유조선, 살물선(bulk carrier), 컨테이너선, LNG선 등과 같은 다양한 선박에 대한 초기 선체 구조 제품 정보(모델링 대상) 및 도면에 표현된 설계 지식을 정리하고 분석하였다. 분석 결과 초기 선체 구조의 모델링 대상은 그 성격에 따라 크게 종방향의 선체 구조 부재(longitudinal hull structural part)와 횡방향의 선체 구조 부재(transverse hull structural part)로 분류될 수 있다.

종방향의 선체 구조 부재

- 외판 시스템, 갑판 시스템, 거더 시스템, 스트링거 시스템, 종격벽 시스템, 내저판 시스템, 호퍼 시스템 등 선체 구조 시스템(structure system)을 구성하는 종방향 판
- 종방향 판에 설치되는 종방향 보강재 및 브라

- 횡방향 판, 보강재, 브라켓에 설치되는 접합선(seam), 블록 분할선, 홈, 슬롯 홈 등

횡방향의 선체 구조 부재

- 횡격벽 시스템, 웹 프레임 시스템 등의 선체 구조 시스템을 구성하는 횡방향 판
- 횡방향 판에 설치되는 횡방향 보강재 및 브라켓

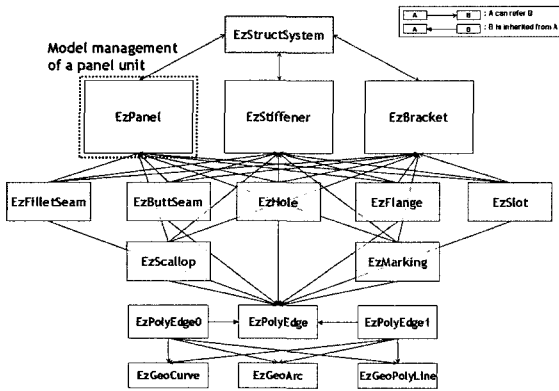
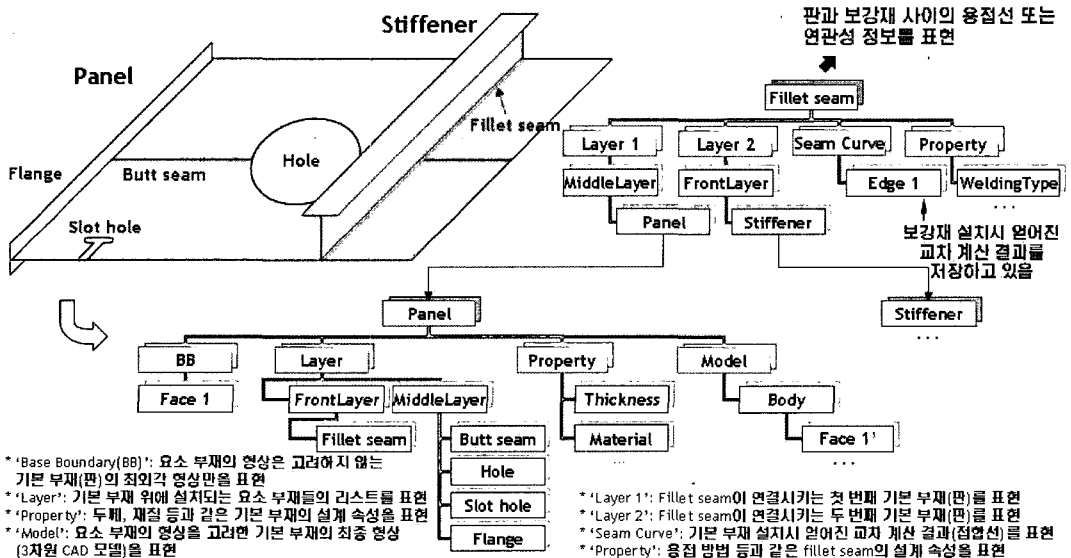


Fig. 4 Proposed semantic product model data structure for the initial hull structure modeling

- 횡방향 판, 보강재, 브라켓에 설치되는 접합선, 블록 분할선, 홈, 슬롯 홈 등
보다 상세한 내용은 참고 문헌에 나타나 있다 (노명일 2005).

이상과 같은 분석 결과를 이용하여 선체 구조의 의미론적 제품 모델 정보를 저장할 수 있는 자료 구조를 Fig. 4와 같이 정의하였다.

본 연구에서 제안된 자료 구조는 “Panel”(다수의 plate로 구성되는 부재)이라는 서로 독립적인 판 부재 단위로 선체 구조 제품 정보를 관리한다. 따라서 설계 변경 시 판 부재 단위의 수정 및 삭제 용이하며, 여러 명이 서로 다른 판 부재를 모델링 할 수 있는 이른바 동시 설계자 지원이 가능하다. 예컨대, 하나의 판 부재에 보강재가 설치되는 경우, 이를 본 연구에서 정의된 자료 구조로서 표현한 예를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에 나타나 있는 판 부재와 보강재는 서로 독립적인 부재로 모델링이 되며, 이들 사이가 어떻게 연결되는지를 표현하기 위해 즉, 부재간의 연관성을 표현하기 위해 용접선 또는 접합선(seam, 그림의 “Fillet seam”)은 판 부재와 보강재 사이의 연관성을 표현하기 이용된다. 이와 같이, 본 저자들에게 의해 개발된 기존의 시스템(이원준 등 2001, Lee et



* ‘Base Boundary(BB)’ : 요소 부재의 형상은 고려하지 않는 기본 부재(판)의 최외각 형상만을 표현
 * ‘Layer’ : 기본 부재 위에 설치되는 요소 부재들의 리스트를 표현
 * ‘Property’ : 두께, 재질 등과 같은 기본 부재의 설계 속성을 표현
 * ‘Model’ : 요소 부재의 형상을 고려한 기본 부재의 최종 형상 (3차원 CAD 모델)을 표현

* ‘Layer 1’ : Fillet seam이 연결시키는 첫 번째 기본 부재(판)를 표현
 * ‘Layer 2’ : Fillet seam이 연결시키는 두 번째 기본 부재(판)를 표현
 * ‘Seam Curve’ : 기본 부재 설치시 얻어진 교차 계산 결과(접합선)를 표현
 * ‘Property’ : 용접 방법 등과 같은 fillet seam의 설계 속성을 표현

Fig. 5 Example of the representation of the panel by using the proposed data structure

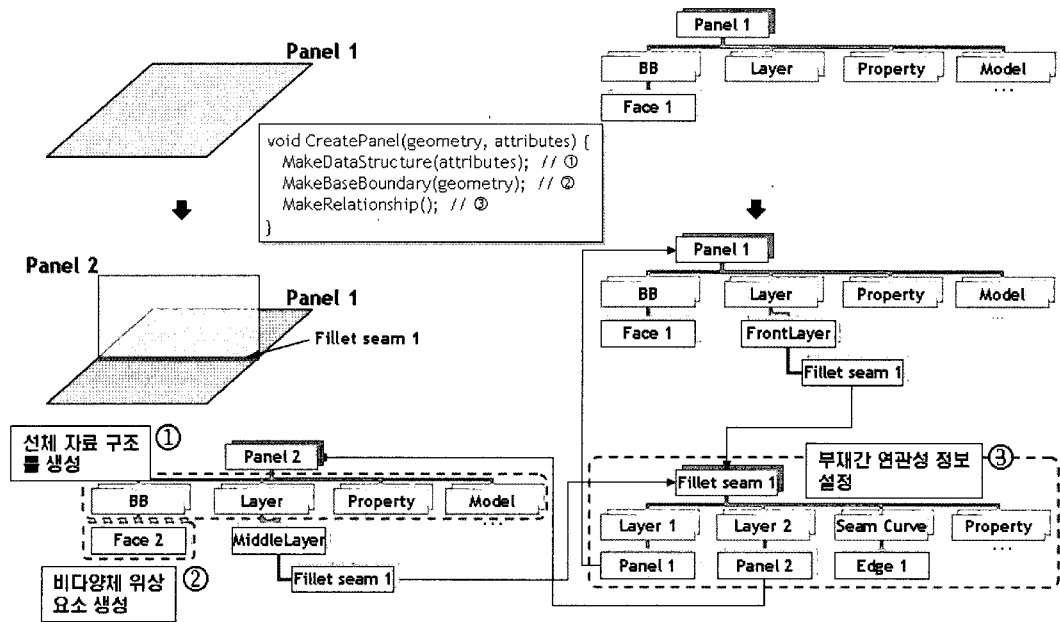


Fig. 6 Example of the semantic product modeling function for generating a panel

al. 2004)에서는 고려하지 않았던 부재간의 연관성 표현을 위해 본 연구에서는 용접선을 이용함으로써, 생산 계획용 물량 정보(예, 블록 내의 취부 길이) 또는 구조 해석 모델의 생성이 가능하다.

물론 선체 구조 정보를 저장하기 위한 자료 구조로서 STEP 218(신용재 등 1998, 황호진 2001)을 이용할 수도 있다. STEP은 다양한 제품의 수명 주기에 걸친 제품 정보를 표현할 수 있고 제품 정보의 교환 측면에서는 유리하나, 그 자료 구조가 복잡하고 방대하여 본 연구에서는 초기 설계 단계에 적합한 비교적 간단한 자료 구조를 앞서와 같이 제안하였다. 한편, 기존 연구들에서도 선체 구조 정보를 저장하기 위한 자료 구조들이 제안되었으나 생산 계획용 물량 정보 생성 또는 구조 해석 모델 생성 등과 같은 또 다른 활용까지는 고려하지 않고 대부분 선체 모델링에 초점을 두었다(김용대 등 1991, 서승완 등 1994, Lee et al. 2004).

2.3 의미론적 제품 모델링 함수

선체 구조 모델링 과정에 이용되는 다양한 모델링 함수(판 부재 생성, 보강재 생성 등)는 설계자

로부터 입력받은 정보 및 내부적인 계산(교차 계산 등)을 통해 얻어진 정보를 이용, 앞서 정의된 자료 구조를 생성 및 수정하는 도구가 된다. 일반적으로 선체 구조를 구성하는 선체 구조 부재들은 서로 모델링 하는 방법이 다소 상이하므로 이들 각각에 대한 적절한 모델링 함수가 요구된다. 따라서 본 시스템에서는 각 부재의 상세한 정의 방법을 기반으로 하여 각 선체 구조 부재에 대한 모델링 함수를 구현하였으며, 이들은 내부적으로 비다양체 형상 모델링 커널을 이용하여 자료 구조의 내용을 구성하게 된다. Fig. 6은 본 시스템에 구현된 다양한 모델링 함수 중에서 판 부재 위에 또 다른 판 부재가 설치되는 간단한 경우의 예를 나타낸 것이다. Fig. 6에 나타나 있듯이, 의미론적 제품 모델링 함수는 일반적으로 세 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계는 새로 생성되는 판 부재에 대한 자료 구조의 틀을 생성하는 것이며, 두 번째 단계는 새로 생성된 판 부재의 형상을 나타내는 비다양체 위상 요소를 생성하는 것이며, 마지막 단계는 새로 생성된 판 부재의 기존 판 부재와의 연관성 정보를 구축하는 것이다.

Table 2는 본 연구에서 구현된 모델링 함수(약

Table 2 Example of the semantic product modeling functions implemented in this study

구분	역할	함수 이름
선체 구조 시스템	선체 구조 시스템 생성	CreateStructSystem(...)
	선체 구조 시스템 삭제	DestroyStructSystem(...)
관련 함수	...	...
판	판 생성	CreatePanel(...)
관련 함수	...	...
보강재	보강재 생성	CreateStiffener(...)
관련 함수	...	...
브라켓	브라켓 생성	CreateBracket(...)
관련 함수	...	...
접합선	접합선 생성	CreateSeam(...)
관련 함수	...	...
홀	맨홀 생성	CreateManHole(...)
관련 함수	...	...
슬롯 홀	슬롯 홀 생성	CreateSlot(...)
관련 함수	...	...
플렌지	플렌지 생성	CreateFlange(...)
관련 함수	...	...
기타 유틸리티 함수	부재 이름 변경 함수	Rename(...)

200개의 일부를 간략히 나타낸 것이며, 보다 상세한 내용은 참고 문헌에 나타나 있다(노명일 2005).

2.4 사용자 인터페이스

사용자 인터페이스란 설계자가 선체 구조 모델링을 수행하는 도구를 말하며 일반적으로 대화 상자(dialog)를 기반으로 한 것과 스크립트 파일(script file)을 기반으로 한 것이 있다. 본 시스템에서는 대화 상자 기반의 사용자 인터페이스에 비해 구현하기에는 어려운 점이 있으나, 보다 다양한 선체 구조 부재 모델링이 가능하고 향후 확장 가능성이 높은 스크립트 파일 기반의 사용자 인터페이스를 개발하였다. Fig. 7에 나타나 있듯이 본 시스템에서의 스크립트 파일을 이용한 선체 구조 부재의 정의 과정은 세 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계는 설계 대상 선박에 대한 선형 및 구획 모델로부터 해당 부재가 정의될 스케치(sketch) 단면을 교차 계산을 통해 얻어오는 것이다. 두 번째 단계는 본 시스템에서 구현된 다양한 스크립트 파일용 명령어 및 함수를 이용하여 해당 부재의

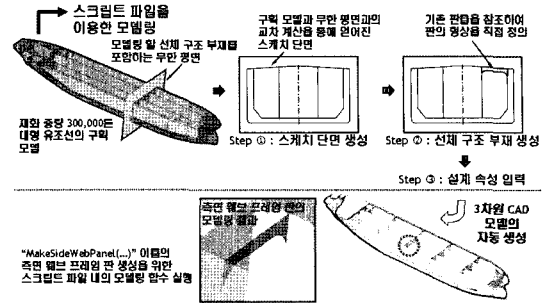


Fig. 7 Example of the generation of the hull structural part by using the script file-based user interface

형상을 스케치 단면상에서 마치 작도하듯이 정의해 나가는 것이다. 마지막 단계는 정의된 해당 부재의 설계 속성을 입력하는 것이다. 본 시스템에서 이용되는 스크립트 파일에 대해서는 3.3절에서 보다 상세하게 설명하기로 한다.

3. 개발된 선체 구조 CAD 시스템의 특징

3.1 구조 시스템 단위의 모델링

본 연구에서 개발된 시스템은, 기존의 조선 전용 CAD 시스템(TRIBON 등)이 블록 분할이 이미 확정된 생산 설계 단계에서 블록 단위의 생산 모델링 작업을 지원하는 것과는 달리 웹 프레임(web frame), 거더(girder), 스트링거(stringer) 등과 같은 구조 시스템 단위의 모델링 작업을 지원함으로써 초기 단계에서 전체 선체 구조에 대한 3차원 CAD 모델의 조기 생성이 가능하며, 시스템 확장을 통해 전체 선체 구조에 대한 3차원 CAD 모델을 다수의 블록으로 분할한 후 블록별 생산 모델링 작업을 수행하는 것도 역시 가능하다.

Fig. 8은 본 시스템의 특징인 초기 설계 단계에서의 구조 시스템 단위의 모델링 작업의 예를 나타내고 있다.

3.2 초기/상세 구조 설계 단계의 지원

선체 구조 설계의 초기 단계에서는 제품의 치수 및 형상 등을 개략적으로 정의하고, 설계가 진행됨에 따라 상세 단계에서의 검증 작업을 통해 이

구체화하게 된다. 본 연구에서 개발된 시스템을 이용하여 설계자는, 초기 단계에서는 큰 부재 단위의 개략 모델링을, 상세 단계에서는 작은 부재 단위의 추가 상세 모델링을 수행할 수 있다(Fig. 9 참조).

3.3 참조 기반의 선체 구조 부재 정의

2.4절에서 언급하였듯이 본 시스템은 설계자가 모

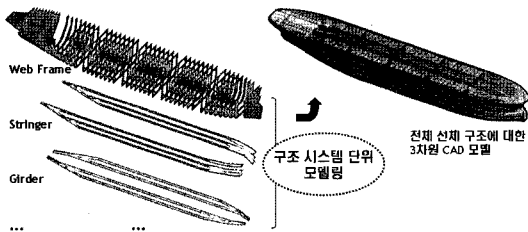


Fig. 8 Hull structural modeling of a structure system unit

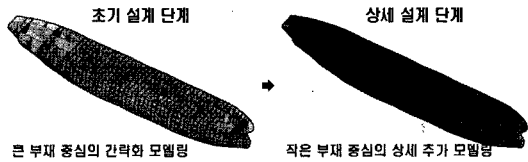


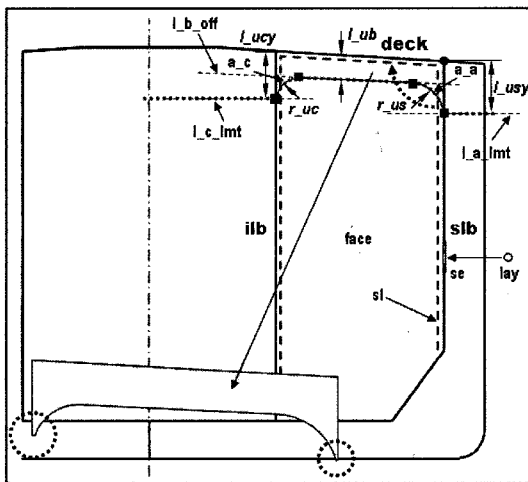
Fig. 9 Support of the initial and detailed hull structural modeling

델링을 수행하는 도구로서 스크립트 파일 기반의 사용자 인터페이스를 제공한다. 본 시스템에서 이용되는 선체 구조 모델링용 스크립트 파일은 범용 스크립트 언어인 Python(Lutz and Ascher 2003)을 기반으로 하며, 따라서 시스템에 맞추어진 고정된 형식만을 입력받을 수 있는 일반적인 시스템 의존의 스크립트 입력 방식에서 벗어나, 다양한 함수 정의 기능, 함수 이름 재명명 기능 등 설계자가 자유자재로 스크립트를 확장하여 사용할 수 있게 되었다. 이러한 기능을 이용할 경우 선체 구조에서 반복적으로 모델링 되어야 하는 웹 프레임, 보강재 등의 생성 스크립트를 함수화 하여 파라메트릭 설계(parametric design)가 가능하다.

본 시스템에서 새로운 부재를 생성하는 방법은 기존에 생성된 부재들을 참조하여, (1) 부재의 경계 형상을 직접적으로 정의하는 방법과 (2) 특정 부분을 삭제함으로써 부재의 경계 형상을 간접적으로 정의하는 방법, 그리고 (3) 다른 부재로 둘러싸인 면으로부터 부재의 경계 형상을 정의하는 방법이 있다.

(1) 부재의 경계 형상을 직접적으로 정의하는 방법

이 방법은 선형 및 구획 모델로부터 새로 생성될 부재를 포함하는 무한 평면과의 교차 계산을 통해 얻어진 스케치 단면상에 기존 부재의 형상을 참조하여 직선, 호 등의 기하 객체를 이용, 새로



```

Script File
def MakeSideWebPanel(xpos, Lub, Lucy, r_us, Lucy, r_uc, thk): # 함수 수행을 위한 입력값
    # 스케치 단면 생성
    sk = CreateSketch(xpos)
    Intersect.ComparAndIntersect(sk) # 선형 및 구획 모델로부터 스케치 단면 생성
    # Side Web Panel의 경계 형상 정의(역도 명세의 개념)
    m = GetActiveManager()
    co = sk.Coordinates()
    face = sk.SelectFace(Vector(0, 2, 0) # 기존 Panel들로 둘러싸이는 면 생성
    lay = EditHall.Ins(Vector(0, 2, 0), Vector(-1, 0, 0))
    se = sk.SelectEdge(face, lay)
    sl = EditSegList(m, co)
    sl.CreateSegment(face, se, 3) # 생성된 면으로부터 참조선 생성
    pn = m.CreatePanel("sideWebPanel" % xpos, sl) # Side Web Panel 생성
    sl.Get(0).TrimEnd(l_usy, Vector(0, 1, 0)) # 참조선의 수평
    sl.Get(2).TrimStart(Lucy, Vector(0, 1, 0)) # 참조선의 수평
    l_b_off = sl.Get(0).CreateOffsetGeo(1, lub, Vector(0, -1, 0)) # 직선 'l_b_off' 생성
    l_a_lmt = EditLine(sl.Get(0).GetStartPoint(), Vector(1, 0, 0)) # 직선 'l_a_lmt' 생성
    l_c_lmt = EditLine(sl.Get(2).GetEndPoint(), Vector(1, 0, 0)) # 직선 'l_c_lmt' 생성
    a_a = EditArc.CreateArc(l_b_off, sl.Get(0).CreateGeo(0), l_b_off) # 호 'a_a' 생성
    a_c = EditArc.CreateArc(l_b_off, sl.Get(0).CreateGeo(0), l_b_off) # 호 'a_c' 생성
    sl.PushBack(l_c_lmt, a_c, l_b_off, a_a) # 직선, 호를 참조선으로 등록
    sl.PushFront(l_a_lmt)
    sl.SetToSeed()
    sl.Call() # 참조선들로부터 Side Web Panel의 경계 형상 계산
    pn.SetBaseBoundary(0) # Side Web Panel의 경계 형상 결정
    # Side Web Panel의 경계 속성 입력
    pn.SetThickness(thk)
    
```

Fig. 10 Modeling method of a side web frame panel by directly defining the shape of the side web frame panel

생성될 부재의 경계 형상을 직접 정의하는 방법이다. 예컨대, Fig. 10은 대형 유조선 화물창부에서 볼 수 있는 측면 웹 판 부재(side web panel)의 정의 방법을 나타낸다. Fig. 10에 나타나 있듯이 기존의 판 부재들(deck, ilb, slb)과 이들을 참조하여 스케치 단면상에서 정의한 기하 객체들(La_lmt, Lc_lmt, a_c, L_b_off, a_a)로부터 생성하려는 측면 웹 판 부재의 경계 형상을 직접 정의한다. 이와 같이, 측면 웹 판 부재의 경계 형상을 나타내는 객체들이 모두 기존 판 부재들을 참조하여 정의되므로 기존 판 부재들의 형상이 변경되면 이로부터 생성되는 측면 웹 판 부재의 형상 역시 자동적으로 변경된다.

또한 Fig. 10에서처럼 대형 유조선의 선체 구조에서 많이 나타나는 측면 웹 판 부재의 정의 과정을, 생성될 판 부재의 위치 및 형상, 설계 속성과 관련된 7개의 파라미터(xpos, L_{ub}, L_{usy}, r_{us}, L_{ucy}, r_{uc}, thk)를 입력으로 받는 함수로 표현한 후, 파라미터들을 변경하면서 함수를 호출하게 되면 서로 다른 위치에서의 다양한 측면 웹 판 부재의 생성이 가능하다. Fig. 11은 파라미터들을 변경시켜 가면서 측면 웹 판 부재들을 생성하는 본 시스템의 파라메트릭 설계 개념을 나타내고 있다.

(2) 특정 부분을 삭제함으로써 부재의 경계 형상을 간접적으로 정의하는 방법

앞서 설명한 방법은 생성하려는 부재의 경계 형상을 직접적으로 정의한 방법이며, 이와 반대로 스케치 단면으로부터 생성하려는 부재를 포함하는 면을 선택하고, 이 면상에서 생성하려는 부재의 경계 형상을 고려하여 불필요한 부분을 삭제함으로써 부재의 경계 형상을 간접적으로 정의하는 방

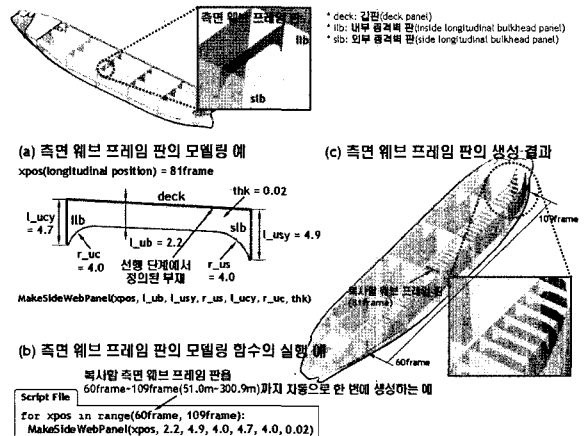
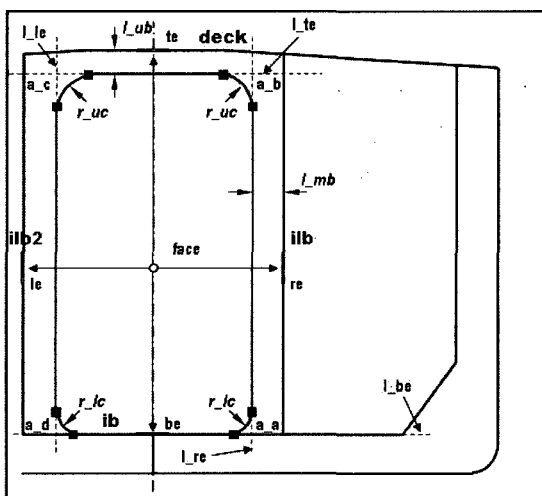


Fig. 11 Example of the generation of side web frame panels by referencing the already defined panels



```

Script File
def MakeCenterWebPanel(xpos, l_ub, r_uc, l_mb, r_c, thk):
    # 스케치 단면 생성
    m = GetSketchManager()
    sh = m.CreateSketch(xpos)
    InverseCompartWindow(m, sh) # 선형 및 구적 모델로부터 스케치 단면 생성
    # Center Web Panel의 경계 형상 정의(역도방식의 개념)
    co = sk.GetCoordinate()
    face = sk.SelectFace(Vector(0, 15, 0)) # 기존 Panel들로 둘러싸는 면 생성
    newbody = MakeSheetBody(face) # 생성된 면으로부터 기본 면 생성
    pn = m.CreatePanel("centerwebpanel" % xpos, sh) # Center Web Panel 생성
    be = sk.SelectEdgeface, Vector(0, 15, 0), Vector(0, -1, 0)
    re = sk.SelectEdgeface, Vector(0, 15, 0), Vector(0, 1, 0)
    te = sk.SelectEdgeface, Vector(0, 15, 0), Vector(0, 1, 0)
    le = sk.SelectEdgeface, Vector(0, 15, 0), Vector(-1, 0, 0)
    l_be = CreateGeo(co, be, Vector(0, 0, 0)) # 직선 'l_be' 생성
    l_re = OffsetGeo(co, re, Vector(0, 1, 0), l_mb, Vector(-1, 0, 0)) # 직선 'l_re' 생성
    l_te = OffsetGeo(co, te, Vector(-1, 0, 0), l_ub, Vector(-1, 0, 0)) # 직선 'l_te' 생성
    l_le = OffsetGeo(co, le, Vector(-1, 0, 0), l_mb, Vector(1, 0, 0)) # 직선 'l_le' 생성
    a_a = ezac.Create(r_c, l_re) # 호 'a_a' 생성
    a_b = ezac.Create(r_uc, l_re, l_te) # 호 'a_b' 생성
    a_c = ezac.Create(r_uc, l_te, l_le) # 호 'a_c' 생성
    a_d = ezac.Create(r_c, l_le, l_be) # 호 'a_d' 생성
    sl = EdgeSegmentList(co)
    sl.PushBack(a_a, l_re, a_b, l_te, a_c, l_le, a_d)
    sl.Cut() # 참조선으로부터 불필요한 영역의 경계 형상 계산
    PanelInferBody, -1, Vector(0, 15, 0) # 불필요한 영역의 삭제
    pn.SetFaceBoundary(newbody) # Center Web Panel의 경계 형상 설정
    # Center Web Panel의 설계 속성 입력
    pn.SetThickness(thk)
    
```

Fig. 12 Modeling method of a center web frame by indirectly defining the shape of the center web frame panel

법이다. 이 방법을 이용하여 대형 유조선의 중앙 부 웨브 판 부재를 생성하는 예가 Fig. 12에 나타나 있다.

(3) 다른 부재로 둘러싸인 면으로부터 부재의 경계 형상을 정의하는 방법

이 방법은 새로 생성될 부재를 둘러싸는 기존의 판 부재들을 정의하고, 여기에 새로 생성될 부재를 포함하는 기본 평면을 삽입함으로써 새로 생성될 부재의 경계 형상을 정의하는 방법이다. Fig. 13은 기관실 격벽판(engine room bulkhead panel), 선체 외판(shell), 충돌 격벽(collision bulkhead panel), 측면 종격벽(side longitudinal bulkhead panel)으로 둘러싸인 스트링거 판을 생성하는 예를 나타내고 있다.

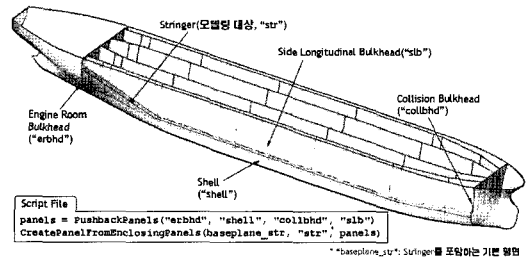


Fig. 13 Modeling method of the stringer panel using the panels surrounding the stringer panel

3.4 다양한 상세화 정도의 선체 구조 모델 생성

본 시스템은 상세 모델링이 진행된 상태(홀, 슬롯 홀, 플렌지 등을 포함한 모델)에서도 초기 모델 수준의 간략화 된 모델(판, 보강재 등 가장 기본적인 구조 부재만을 포함한 모델)을 임의의 시점에 생성할 수 있다. 이러한 기능은 상세화 모델로부터 슬롯 홀, 플렌지 등과 같이 크기가 비교적 작은 상세 부재를 제외한 큰 부재만(판 등)으로 구조 해석 모델을 생성할 때 효과적으로 활용될 수 있다. Fig. 14는 본 시스템을 이용하여 다양한 상세화 정도의 선체 구조 모델의 생성 예를 나타내고 있다.

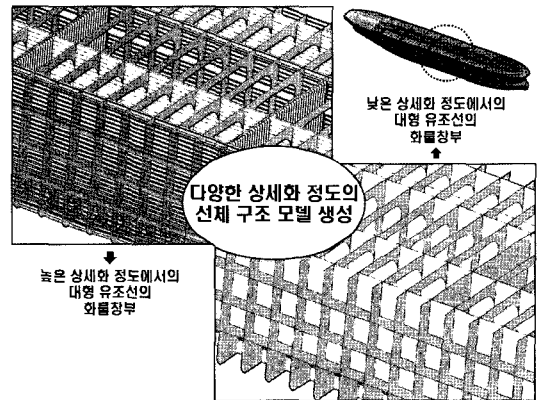


Fig. 14 Example of the generation of the initial hull structural model of various level-of-details

4. 개발된 선체 구조 CAD 시스템의 적용 예

본 연구에서 개발된 시스템의 효용성을 검증하기 위하여 개발된 시스템은 대형 유조선, 살물선, 컨테이너선, LNG선 등 다양한 실적선의 선체 구조 모델링에 적용되었으며 여기서는 그 일부를 소개하기로 한다.

4.1 대형 유조선의 선체 구조 모델링

Fig. 15~18은 재화 중량 320,000톤 대형 유조선의 선체 구조 모델링 결과(각각, 전체 부분, 중앙부, 선미부, 선수부)를 나타낸다. 이 그림들에서

와 같이 본 시스템을 이용, 초기 설계 단계에서 요구하는 상세화 정도의 선체 구조 모델을 한 명의 설계자가 생성하는데 약 3일이 소요되었다. 상세화 정도가 다르겠지만 TRIBON 시스템의 경우 한 명의 설계자가 하나의 블록에 대한 생산 선체 구조 모델을 생성하는데 평균적으로 일주일도 소요되고, IntelliShip 시스템의 경우 전체 선체 구조에 대한 상세 선체 구조 모델을 생성하는데 평균적으로 한 달이 소요되는 것을 보았을 때 본 시스템은 단 기간 내에 초기 선체 구조 모델을 생성할 수 있음을 확인할 수 있었다.

Table 3은 본 시스템을 이용하여 Fig. 15~18과 같은 결과를 얻어 내기까지 소요된 시간을 보다 상세히 구분한 것이다.

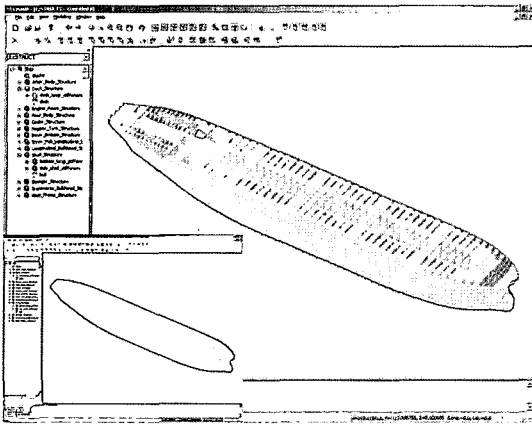


Fig. 15 Result of the hull structural modeling of a deadweight 320,000 ton VLCC

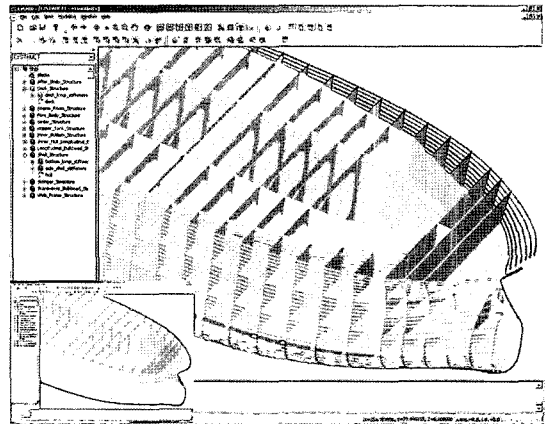


Fig. 18 Result of the hull structural modeling of the VLCC(fore body region)

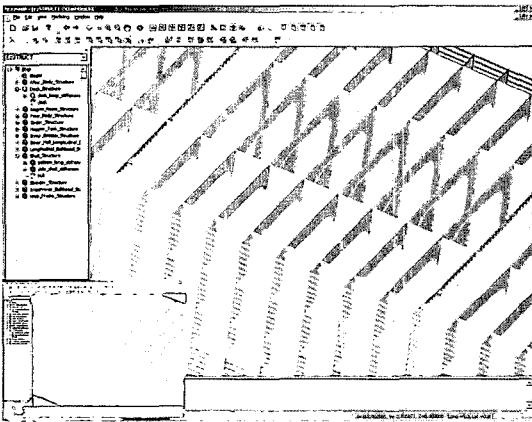


Fig. 16 Result of the hull structural modeling of the VLCC(midship region)

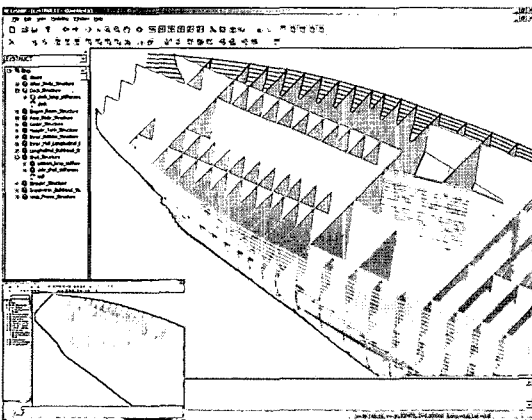


Fig. 17 Result of the hull structural modeling of the VLCC(after body region)

Table 3 The required time for performing the hull structural modeling the VLCC

구분	소요 시간
2차원 도면으로부터 모든 부재의 치수를 획득하는 데 소요된 시간	약 1일
획득된 모든 부재의 치수를 이용하여 모델링 스크립트 파일을 작성하는 데 소요된 시간	약 2일
본 시스템 내에서 작성된 스크립트 파일을 실행하여 화면에 선체 구조 모델을 표현하는 데까지 소요된 시간	약 5분
합계	약 3일

4.2 살물선의 선체 구조 모델링

Fig. 19~23은 재화 중량 73,000톤 살물선의 선체 구조 모델링 결과(각각, 전체 부분, 중앙부, 화물창부, 선미부, 선수부)를 나타낸다. 이 그림들에서와 같이 초기 설계 단계에서 요구하는 상세화 정도의 선체 구조 모델을 한 명의 설계자가 생성하는데 약 4일이 소요되었다.

5. 결론

본 연구에서는 정보 흐름의 단절 없이 초기 설계 단계에서 선체 구조에 대한 설계자의 의도 및 제품 정보를 저장할 수 있고, 나아가서 후속 공정에서 필요로 하는 3차원 CAD 모델을 초기에 생성해 줄 수 있는 선체 구조 CAD 시스템을

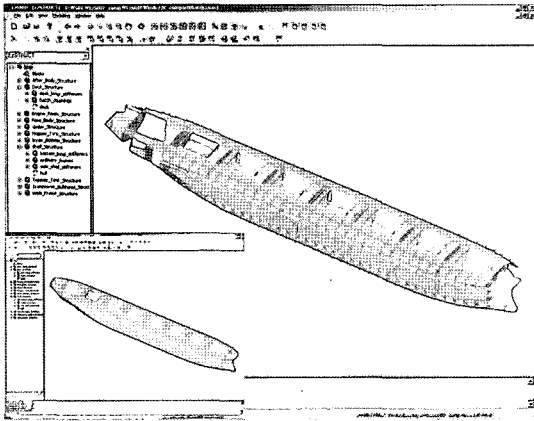


Fig. 19 Result of the hull structural modeling of the deadweight 73,000 ton bulk carrier

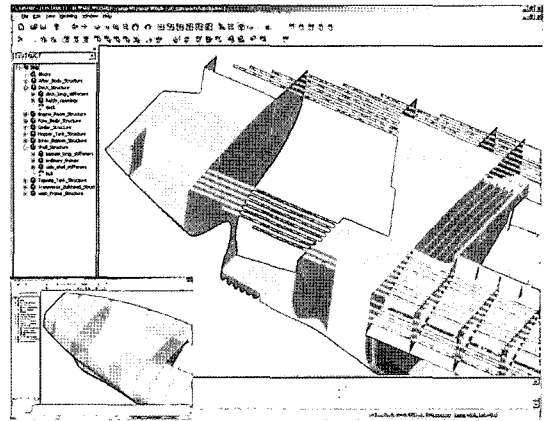


Fig. 22 Result of the hull structural modeling of the bulk carrier(after body region)

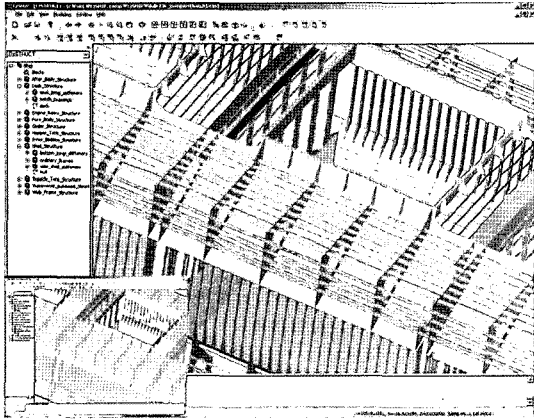


Fig. 20 Result of the hull structural modeling of the bulk carrier(midship region)

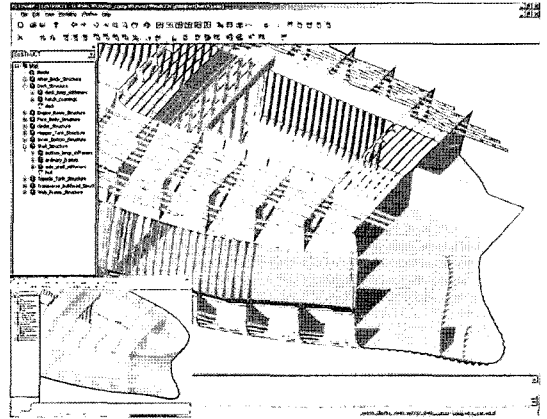


Fig. 23 Result of the hull structural modeling of the bulk carrier(fore body region)

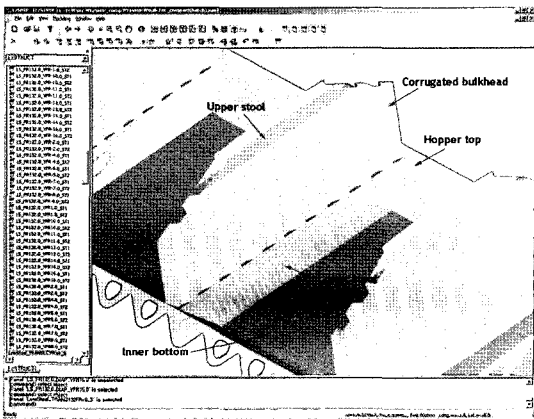


Fig. 21 Result of the hull structural modeling of the bulk carrier (cargo holds)

개발하였다. 이를 위해 먼저, 선체 구조에 대한 기하 및 위상 정보뿐만 아니라 설계 속성 정보와 부재간 연관성 정보까지 함께 저장이 가능한 의미론적 제품 모델 자료 구조를 정의하였고, 다양한 선체 구조 부재를 생성하기 위한 의미론적 제품 모델링 함수를 구현하였으며, 마지막으로 설계자가 선체 구조 모델링을 수행하기 위한 도구인 스크립트 파일 기반의 사용자 인터페이스를 개발하였다. 마지막으로, 개발된 시스템의 효용성을 검증하기 위해 이를 재화 중량 320,000톤 대형 유조선 및 재화 중량 73,000톤 살물선과 같은 실적선의 선체 구조 모델링에 적용해 보았다. 적용 결과, 초기

설계 단계에서 효과적으로 선체 구조 모델링을 수행하여 3차원 CAD 모델을 조기에 생성할 수 있었음을 확인하였다.

후 기

본 연구는

- a) 한국 과학 재단 특정 기초 연구 과제 “피쳐 맵핑 기법을 이용한 2차원 선박 모델의 3차원 디지털 모델 자동 변환 기술”(과제 번호: R01-2002-000-00061-0)
- b) 산업자원부 신기술 실용화 기술 개발 사업 과제 “선체 구조의 의미론적 제품 모델링 기술 개발”(과제 번호: 10005460)
- c) 서울대학교 해양시스템공학연구소
- d) 서울대학교 공학연구소
- e) (주)이지그래프

의 지원으로 이루어진 연구 결과의 일부임을 밝히며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 김용대, 이규열, 서승완, 류호을, 홍창호, 1991, “관계형 데이터모델을 이용한 선체구조의 표현에 관한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 28권, 제 2호, pp. 12-20.
- 노명일, 2005, 구조 부재간의 연관성을 고려한 초기 선체 모델링 방법 연구, 박사학위논문, 서울대학교.
- 서승완, 강원수, 이규열, 이규욱, 1994, “객체지향 선체모델링을 위한 모델의 자료구조 및 내부처리 기법에 관한 연구,” 대한조선학회 논문집, 제 31권, 제 3호, pp. 1-11.
- 신용재, 한순홍, 1998, “STEP 방법론을 이용한 선박설계 모델의 공유,” 대한조선학회 논문집, 제 34권, 제 4호, pp. 98-109.

- 이건우 외 15인, 1996, CAD 시스템 Kernel 개발, G7 과제 연구 보고서.
- 이원준, 이규열, 권오환, 2001, “초기 선체 구조 제품 모델링을 위한 의미론적 데이터 모델에 관한 연구,” 대한조선학회 추계 학술대회, pp. 80-86, 11.8-9.
- 최영복, 임중현, 이상욱, 조두연, 이규열, 2000, “선형개발 시스템 EzHull 개발,” 대한조선학회 춘계 학술대회, pp. 210-214, 4.20-21.
- 황호진, 한순홍, 2001, “STEP AP218 방법에 따른 중앙단면 2 차원 정보의 3 차원 구조 모델로 매핑,” 대한조선학회 논문집, 제 38권, 제 4호, pp. 56-66.
- Lee, D.G., Lee, S.S., Park, B.J., 2004, “3-D Geometric Modeler for Rapid Ship Safety Assessment,” Ocean Engineering, Vol. 31, No. 10, pp. 1219-1230.
- Lee, K.Y., Lee, W.J., and Roh, M.I., 2004, “Development of a Semantic Product Modeling System for Initial Hull Structure in Shipbuilding,” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing Journal, Vol. 20, No. 3, pp. 211-223.
- Lutz, M. and Ascher, D., 2003, Learning Python, O'Reilly & Associates.



< 노 명 일 >



< 이 규 열 >