

MRA 기반 선박 초기설계 해석 시스템 개발

한중수*, 권기억*, 최 영**

Development of Initial Ship Design Analysis System Based on MRA

Han, J.S.*, Kwon, K.E.* and Choi, Y.**

ABSTRACT

Tight integration between design and analysis processes and the data representation in the ship design application domain have been studied in this paper. Multi-Representation Architecture for design and analysis integration, proposed at Georgia Institute of Technology, has been carefully investigated for the application in the initial ship design stage. The MRA approach facilitates efficient generation of analysis models from the initial ship design data, thus reducing design lead time. Easy generation of analysis model is important because it allows quick analysis iteration under frequent design changes. The SMM, ABB and PBAM are defined for the analysis model of the typical ship structure. Only a part of the typical initial ship design data has been considered in the experimental implementation of the proposed approach. However, the prototype implementation shows that the application of MRA approach in the structural ship design domain is quite feasible. It is also contemplated that the same approach can be extended for other design and analysis views in the ship design domain.

Key words : MRA, Design Analysis Integration, FEM, Ship Design, Parametric

1. 서 론

제품 개발 초기 단계에서 제품의 개념을 신속하게 구체화 하여 제품의 기능, 구성, 부품 간 관계, 치수 및 간단한 형상들을 정의한 후, 검증(해석 및 실험)을 통해 최적화된 설계 결과를 얻는다. 그러나 이 과정에서 일반적으로 설계 정보를 바탕으로 해석을 수행하기 위한 모델을 새롭게 생성해야 하는 문제가 있다. 또한 설계 변경이 발생하는 경우에는 도면을 다시 작성하고 해석 모델을 재 생성하기 위하여 데이터 입력을 다시 해야 한다. 이러한 문제는 선박의 초기 설계 및 해석 분야에서도 발견할 수 있다. 특히, 선박의 구조 해석 시스템의 개발에 있어서는 독립적인 최적의 시스템을 구축하는 것도 중요하지만, 설계정보가 해석정보로 사용될 수 있고, 해석결과를 바탕으로 설계 변경이 이루어질 수 있는 설계 시스템과의 통합에 관한 연구가 필요하다고 할 수 있다. 또한, 컴퓨터를 이용한 공학 해석과 컴퓨터 기술의 눈부신 발전에도 불

구하고 실제 설계와 해석에 있어서 지루하고 반복적인 작업을 사람이 직접 처리하는 경우가 많다. 수작업을 통해 설계 도면을 작성하고, 해석을 위해 도면 입력 정보를 작성하고 있으며, 구조 해석 후의 응력 검사 및 결과 검증 작업에 많은 시간과 인력이 소모되고 있는 실정이다. 특히 구조 해석의 경우, 구조 해석 모델 생성 시 설계 변경이 발생하는 경우에는 사용자가 변경된 부분과 관련된 정보를 직접 찾아 수정하여 입력 데이터를 다시 작성해야만 한다. 즉, 실제 구조 해석 작업 자체보다도 전체 구조 해석 작업에서 해석을 위한 준비 작업이 차지하는 비중이 매우 큰 실정이다. 따라서 현재의 병목이 되고 있는 구조해석을 위한 준비작업 시간의 단축을 위해서는 제품모델을 생성한 후, 사용자가 해석을 위한 모델을 수작업으로 생성하지 않고도 구조해석모델을 자동 생성해 줄 수 있는 기능이 요구된다. 이러한 요구 사항을 충족시키기 위해서는 제품모델의 변경이 발생하는 경우, 제품 모델만을 수정함으로써, 설계변경과 관련된 부분의 정보가 서로의 관계를 유지하면서 동시에 변경될 수 있어야 한다. 즉, 형상정보와 부품 간의 위상 정보, 그리고 해석에 필요한 정보를 포함하고 있는 제품모델의 구축이 반드시 필요하다. 또한 선박초기설계 시 어떤 특정

*중앙대학교 대학원 기계공학부

**중신회원, 중앙대학교 기계공학부

- 논문투고일: 2004. 09. 30

- 심사완료일: 2005. 02. 07

해석(구조/소음 진동 해석 등)을 통하여 검증하여야 하는지와 그 해석모델의 생성 및 경계조건과 유한요소 크기 등의 결정에 많은 경험과 노하우가 필요하다.

본 연구에서는 앞에서 언급한 설계 및 해석 과정상의 문제점을 극복하기 위하여 설계와 해석 프로세스의 효율적인 통합 방법을 선박초기설계 과정에 적용하고자 한다.

2. 관련 연구

선박설계 프로세스에 관한 국내에서의 연구는 조선 CIMS(Computer Integrated Manufacturing System) 구축에 대한 요구가 제기 되고, 설계 및 생산 자동화에서 핵심이 되는 선체모델의 중요성이 부각되면서 국책연구사업인 CSDP사업과 관련한 연구 사업에서 이 분야에 대한 연구가 시작되었다.

김용대(1994)가 “판 구조물의 CAD 정보 통합을 위한 객체 지향 모델링”에서 판 구조물의 CAD 정보 통합을 위한 객체지향의 개념과 제품 모델링에 관한 연구를 수행하였다. 민경재는(1993) “Object 개념을 도입한 형상 모델링과 FEM 모델링의 통합시스템의 구축 및 그에 의한 구조해석”에서 객체 지향의 개념을 선체 구조 설계-해석 시스템에 도입하여 2차원 형상 모델링을 시도하였고, 이로부터 구조해석 정보를 생성하는 연구를 하였다. 또한 이순택(1993)의 “선체 구조 해석을 위한 형상모델 자동생성 Program 개발-BulkCarrier를 중심으로”¹⁾과 김갑수(1993)의 “선체전용 Preprocessor 개발 <선체구조해석 CAD 시스템>”²⁾에서는 선체를 블록(Block)의 조합으로 표현하고, 이를 구현하기 위하여 상용 구조해석 Package인 ANSYS에서 제공하는 APDL(ANSYS Parametric Design Language)이라는 매크로 기능을 사용하였다. 그리고 KRISO에서는 선체 구조 해석 시스템인

SASMO³⁾를 개발하였다. 이 시스템은 구조 설계된 정보를 이용하여 선체 중앙 평행부에 위치한 하나의 모델을 대상으로 모델링하고, 유한요소까지 생성시키는 시스템이다. 이것은 Tanker나 Bulk Carrier, Container에 적용할 수 있는 범용성이 있다.

국외의 경우 주로 일본을 중심으로 선체 형상 모델링에 관한 연구가 진행되고 있다. 일본의 각 조선소에서는 조선 CAD/CAM 시스템을 구축하며 지속적인 발전을 시키고 있다. 미쓰이 조선에서 개발한 시스템인 MISA(Mitsui Structural Analysis Program System)⁴⁾은 Multi-level Substructure(MLSS) 방법을 사용하여 대규모의 구조물을 몇 개의 하부 구조로 나누어 각각에 대하여 입력 데이터를 준비하는 방법을 사용하였다. 이후 범용 CAD 시스템인 CADAM을 인터페이스 하여 선체 선도 생성용의 SILC 시스템, 선각 설계 CAD/CAM용의 H-CAD 시스템, 배관 설계 CAD/CAM용의 P-CAD 시스템으로 구성된 통합시스템을 구축하였다⁵⁾. 이 중 H-CAD 시스템은 선각 구조 설계, 공작, 조립 정보의 첨가, 부재의 작성 및 가공용 NC 데이터 생성이라는 일련의 작업을 지원하는 시스템이다. 또한 IHI에서 개발하여 사용 중인 구조해석 시스템 COSMOS(Computer System of Structure Analysis)⁶⁾은 범용 구조 해석 패키지인 MSC/NASTRAN, MARC로의 입력 정보를 생성하는 기능을 가지고 있지만, 모델 표현을 위해 형상 데이터를 파라미터로 정의된 치수 입력 패널로부터 직접 입력하는 방식을 취하고 있다.

3. Multi-Representation Architecture

본 연구에서는 설계와 해석 과정을 효율적으로 통합하고 자동화하기 위하여 Fig. 1과 같이 다양한 표현의 구성요소를 배치해 조직화하는 구조상의 관계를 가지

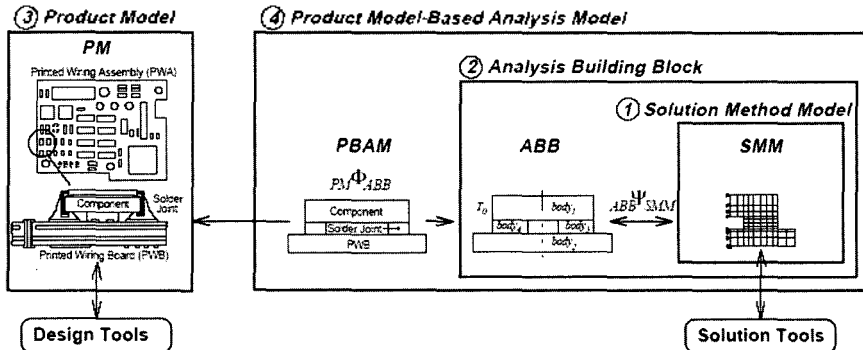


Fig. 1. The Multi-Representation Architecture (MRA).

는 MRA(The Multi-Representation Architecture)^{10,11} 개념을 도입하였다.

미국 조지아공대(Georgia Institute of Technology)에서 제안한 이 방법은 CAD와 CAE 사이의 효과적이고 유기적인 연계 관계 표현을 목적으로 한다. 설계와 해석모델 사이의 정보 집약적 사상에 기반을 두고, CAD와 CAE간의 링크 요구를 만족시키는 것이 목적이다. 즉, 해석 루틴의 자동화, 모델 사이의 관계, 설계와 해석 과정의 표현, 그리고 제품 설계 및 제작 과정 동안 필요한 해석모델의 제공에 목적이 있다. 이 방법론을 이용하여 얻고자 하는 것은 다음과 같다.

1. 해석 루틴의 자동화
2. 설계와 해석간의 관계 및 모델들 사이의 관계를 표현
3. 제품의 다양한 해석 모델의 준비

이와 같은 특징을 가진 MRA 표현법을 이용하여 실제 설계와 해석 프로세스에 적용하기 위하여 Fig. 1과 같은 4개의 Model(building block constructs)기반의 계층적 데이터 모델을 제안하였다. 먼저 기초가 되는 Solution Method Model(SMM)은 가장 낮은 단계이며, 특정 Solution Method(수치해석, 구조해석)를 수행하기 위한 데이터(Mesh, 파라미터)를 말한다. 다시 말하면, SMM은 어떤 도구(Tool)를 사용할 것인가와 그 도구에 입력 정보와 각 도구를 위한 해석조건, 그리고 각 도구로부터 수행된 해석 결과를 검색하기 위한 정보이다. 공학적 의미 및 개념을 표현하는

Analysis Building Blocks(ABB)는 위에서 설명한 SMM과는 독립적이다. 해석 대상이 되는 해석 시스템은 특징한 모델을 표현하기 위한 ABB들의 집합이며, 또한 ABB는 도식과 객체지향 기술을 사용하여 만들어진다. ABB 구조는 관계를 정의하기 위한 정보 템플릿의 표현이다. MRA에서 사용되는 PM(Product Model)은 설계 중심 정보의 표현이다. 형상, 재질, 하중조건, 그리고 경계조건들과 같은 항목들이 PM에 포함된다. PM과 ABB들의 연결을 포함하는 Product Model-Based Analysis Model(PBAM)은 특정한 해석 문제를 풀기 위한 독립 ABB들의 생성을 위하여 PM에 연결한다. PBAM 해석 모델들의 주요 초점은 루틴 해석이나 제품 설계에서 특정 해석의 규칙적 사용이다. 위와 같이 루틴 해석 모듈은 MRA 구조를 기반으로 만들어진다. PBAM은 준비된 해석 모듈의 카탈로그를 생성하고, 실제 해석을 실행할 때 사용한다. 이와 같이 자료구조를 계층화하여 이를 바탕으로 모델을 정의한다. 이와 같은 방법론을 바탕으로 설계과정부터 해석과정을 일정한 순서로 루틴화 할 수 있다.

4. 구현을 위한 테스트 모델

선박 초기설계를 효과적으로 실행하기 위하여 MRA 방법론을 적용하였다.

그 이유로는 선박의 경우, 새로운 형상이나 성능을 요구하기 보다는 유사 실적선의 자료를 바탕으로 성능 개선과 변형을 이용하는 것이 보다 효과적이기 때

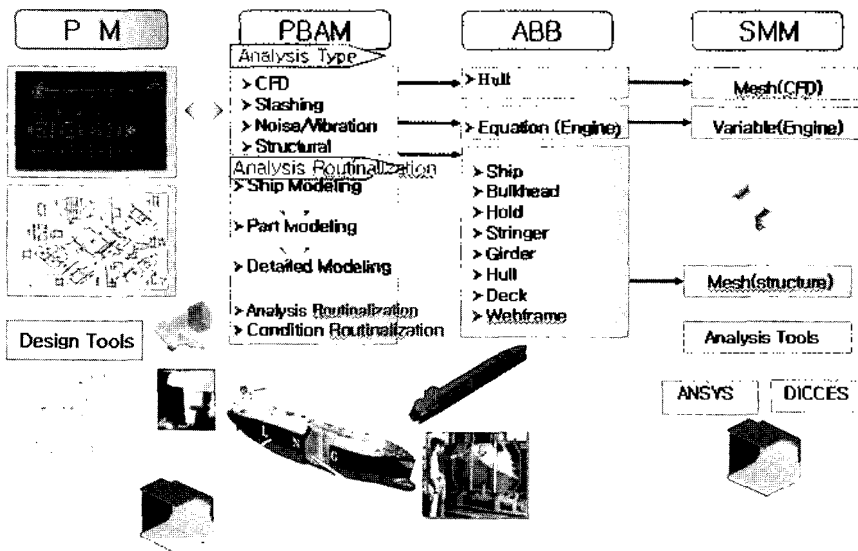


Fig. 2. The MRA for Initial Ship Design Data.

문에, 일정한 해석 루틴화를 특징으로 하는 MRA 방법이 적합하다. 예를 들어, 선박의 경우 유체해석, 구조해석, 소음/진동해석 등 안전성을 확보하기 위한 특정 해석을 수행하며, 형상 및 크기 또한 유사 실적선을 바탕으로 일정한 패턴을 알 수 있다. 그래서 해석을 위한 모델 생성 순서 및 특정 해석을 미리 정의할 수 있으며, 그에 따라 특정 해석 방법을 위해 루틴화로 생성된 모델을 정의하고 해석할 수 있다. 이상과 같은 방법을 적용하면 선박 초기 설계과정에서의 지체구간인 해석을 위한 준비 시간 및 노력을 많은 부분 절약할 수 있으며, 정해진 해석 및 해석을 위한 모델 생성도 일정한 순서에 의해 정해지기 때문에 비숙련 개발자도 효과적인 작업을 수행할 수 있다. 또한 해석 조건 및 경계 조건까지도 루틴화하고, 라이브러리화하여 작업할 수 있다.

본 연구에서의 적용 대상은 제화 중량(Deadweight) 300,000톤 VLCC이며, 그 범위는 Fig 3에 나타나듯이 중앙 평행부를 포함한 화물창부이다.

초기 선체의 구조는 다음과 같다. 먼저 길이 방향으로는 초기 선체구조 부세의 종류와 제품 정보는

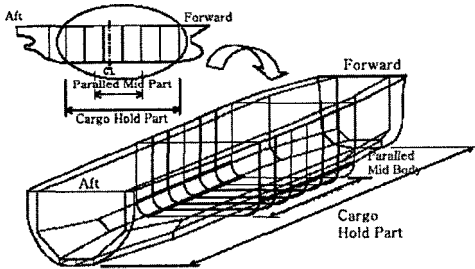


Fig. 3. A Ship Design Data for Experiment.

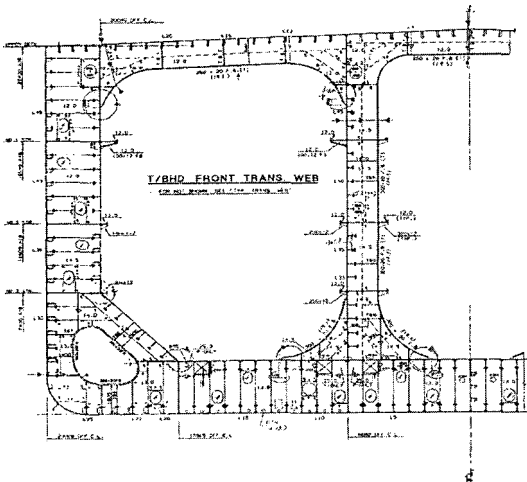


Fig. 4. A Typical Sectioned Drawing of VLCC.

Fig. 4에서 보이는 바와 같이 중앙횡단면도에 정의되며, 그 내용은 다음과 같다. 종격벽(Longitudinal bulkhead), 외판(shell plate), 갑판(deck plate), 거더(girder), 내저판(inner bottom plate), 호퍼(hopper), 스트링거(stringer) 및 종방향 보강재 등이 있으며, 폭방향으로는 횡격벽(transverse bulkhead), 웹프레임(webframe), 브라킷(bracket), 횡 방향 보강재(transverse stiffener) 등으로 구성되어 있다.

5. 설계 데이터 기반 해석 모델링

제안된 시스템을 구현하기 위하여 Microsoft사의 Windows 2000 Professional 기반의 환경에서 개발하였으며, Visual C++ 6.0을 사용하여 구현하였고, 생성된 모델들을 가시화하기 위하여 OpenGL을 사용하였다. 자료구조의 모델링은 객체 지향 모델링 언어인 UML을 사용하여 수행하였으며, 도구로서는 Rational Rose 2002를 사용하였다.

본 연구에서 제안한 시스템의 전반적인 프로세스는 이미 전산화되어 있는 설계 하고자 하는 선박과 유사한 실적선의 해석 데이터 생성용 파라메트릭 모델을 시스템에 읽어 들인 후 치수 및 배치 등을 조절하는 방법으로 매개변수 모델링 하여 완벽한 해석모델을 생성한다. 그리고 해석에 알맞도록 모델에 적당한 유한 요소 모델(메쉬)을 자동 생성한다. 그 유한 요소 모델 정보를 파일로 만들어 내고 그 내용을 상용 프로그램인 ANSYS나 자체 해석 프로그램을 이용하여 해석한다. 이와 같이 본 시스템은 미리 정의된 도면이나 정의를 DB로부터 읽어 들여 해석하기 위한 유한 요소 모델 생성까지 일정한 순서를 따라가며 작업할 수 있도록 루틴화하여 사용이 편리하게 하였으며, 각 모델 및 정의는 각 도구에 따른 해석 가능한 정보를 내장하고 있다.

선체 모델을 구성하는 각 부재들을 객체로 표현하였으며, 이들 각 부재들은 새로운 선박 설계를 위하여 형상 및 위상 정보 등의 관계를 유지해야 한다. 앞 장의 Fig. 2는 본 연구의 핵심인 선박의 MRA를 도식화한 그림이다.

도면을 포함한 여러 정보는 PM에 정의되고, 선박의 성능 및 안정성 등을 확보하기 위하여 소음 진동 해석이나 구조 해석, 유체 해석을 위한 효과적인 일정한 절차나 방법 등을 위한 모델을 PBAM으로 정의하고, 웹프레임, 홀드(Hold), 횡격벽, 종격벽, 스트링거, 거더, 헬(Hull), 갑판 등을 해석 가능한 단위(ABB)로 구분하였으며, 이들 각각을 해석하기 위한 모델

(SMM), 즉 배쉬같은 유한 요소 모델이나 MATLAB 형식에 알맞은 식의 변수를 정의하여 실제 해석을 실시할 수 있도록 정보를 정의한다. 이와 같은 내용을 기초로 본 논문에서는 PBAM으로 선박의 구조 해석을 위한 모델을 정의하였으며, ABB는 선박을 구성하는 부분 즉, 웹프레임, 횡격벽, 종격벽, 거더, 스트링거, 홀드 및 선박 중앙부 자체로 정의하였고, SMM은 구조 해석용 상용 프로그램인 ANSYS나 자체 해석 툴을 사용하기 위하여 유한 요소 배쉬를 생성하였다.

5.1 시스템 구현 및 테스트

본 연구에서 구현된 설계와 해석 통합 시스템은 크게 모델링 부분과 해석 부분으로 나누어 생각할 수 있다. 모델링 부분은 다시 미리 만들어진 PBAM 부분과 PBAM를 만들기 위해 CAD로 설계한 2D 도면(DXF)으로부터 읽어 들이거나 자체 모델링 하여 파라미터를 정의하는 부분으로 나눌 수 있다.

그리고 해석을 위한 모델이 생성되었으면, 이 모델을 개발하고자 하는 모델(신 모델)을 생성하기 위하여 앞에서 정의한 파라미터를 이용하여 파라메트릭 모델링을 실행한 후 경계조건 및 유한요소(배쉬)를 생성한다.

이 유한요소가 생성되면 파일형식으로 배쉬정보를 출력하거나 상용 프로그램에서 바로 해석을 수행할 수 있다.

5.2 시스템의 모델 기본 기능

본 연구에서 제안한 시스템은 다음과 같은 기본적인 모델링 기능을 가지고 있다.

먼저 현재 현장에서 많이 사용하는 AutoCAD를 이용하여 설계한 2D 도면을 읽어 들여 완전한 웹 프레임을 정의하기 위한 Mirror 기능(Fig. 5)이 있으며, 이 웹 프레임을 규칙적으로 배치하여 선박을 구성하기 위한 Copy 기능이 있다. 그 외에도 2D정보를 3D 모델로 정의하기 위한 Extrude 기능과 제거 기능인 Substract 기능, 그리고 각 면 및 에지의 Fillet 기능 등이 있다.



Fig. 5. Mirror Function.

5.3 모델링 과정

Fig. 6은 DB로부터 미리 정의된 부분(웹 프레임)을 로드하여 새로운 해석 모델을 만드는 과정을 보인다. 만약 DB에 미리 정의된 ABB, 즉 부분(웹 프레임)이 없을 때에는 현장에서 많이 사용하는 설계도구인 AutoCAD를 사용하여 도면을 작성하고 이 도면으로부터 읽어 들어 파라미터를 정의 하여야 한다. 다음 Fig. 7은 파라미터 정의 과정을 나타낸다.

이상의 과정을 거쳐 각 부품의 파라미터를 정의 하거나 선박 전체를 모델링 한다. Fig. 8은 선박의 횡방향의 강도에 중요한 역할을 하는 웹 프레임의 모델링 순서를 나타낸 그림이다. 이러한 과정을 거쳐 웹 프레임을 일정한 규칙에 의하여 복사, 배치하며 각 웹 프레임 간의 간격 및 개수를 정의하여 화물창 한 부분을 정의한다.

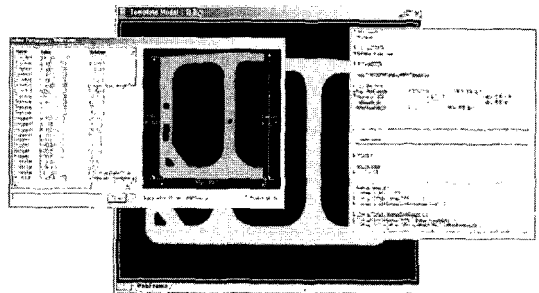


Fig. 6. Predefined File Loading and Modelin.

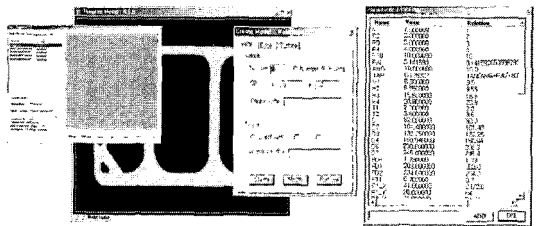


Fig. 7. DXF Parameter Definition.

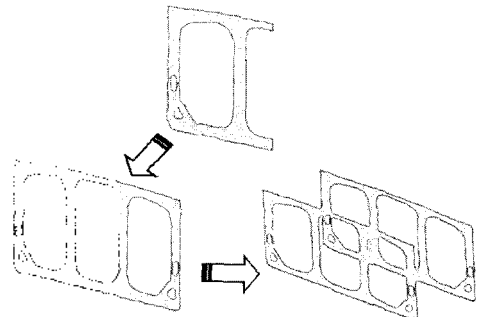


Fig. 8. Webframe Generation.

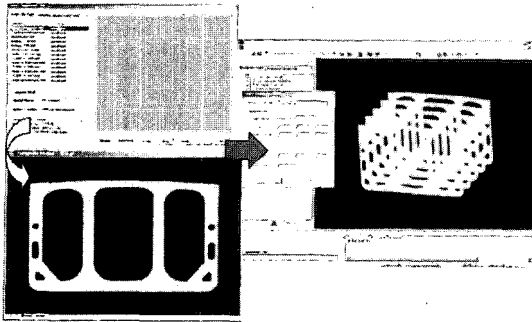


Fig. 9. Cargo Part Modeling Process.

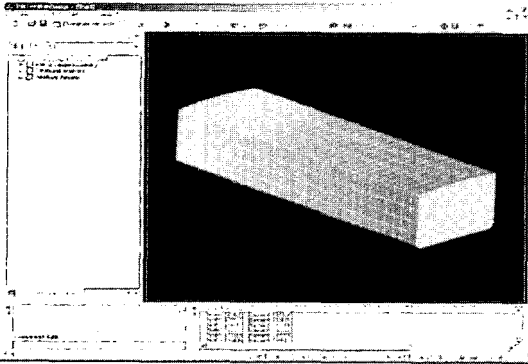


Fig. 10. Simplified MidShip Structu.

그 후 횡격벽 및 홀드, 등을 배치하여 선박 화물창 부 전체를 모델링 하였다. Fig. 8과 Fig. 9는 모델링 과정을 보인다.

이상의 과정을 거쳐 해석하고자 하는 선박을 3차원으로 모델링 할 수 있다. Fig. 10은 선박 모델링의 마지막 부분으로서 갑판 및 헬, 내부 헬(Inner Hull) 등 선박을 구성하는 모든 요소들이 정의된 완전한 선박의 MidShip 부분을 보인다.

5.4 해석 과정

본 시스템은 해석을 수행하기 위하여 2가지 해석 방법을 제공한다. 앞의 과정을 거쳐 일정한 순서에 따라 파라메트릭 모델링한 해석 모델에 해석 조건 등을 입력하여 메쉬정보를 생성하고 상용 해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 해석하거나 자체 개발한 전용 해석 프로그램을 이용하여 해석을 수행할 수 있는 기능을 제공한다. 해석 과정에서 재료 물성치를 파일형태(라이브러리)로 입력하며, 구속 조건 및 하중 조건을 입력하여 해석을 수행할 수 있도록 하였다.

선박을 해석하기 위하여 구속 조건 및 하중 조건을 라이브러리와 하여 정의할 수 있다. 선급에서 제공하는 규격에 따라 하중조건을 만족해야만 한다. 선박의

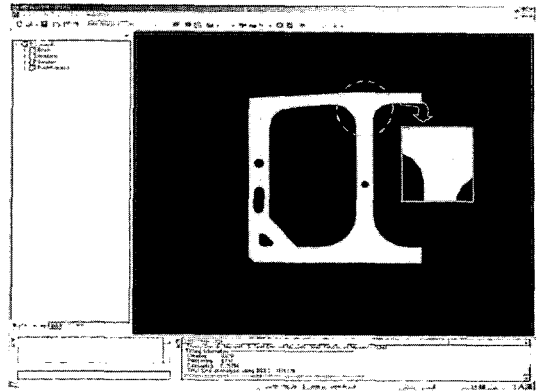


Fig. 11. Mesh Generation Example.

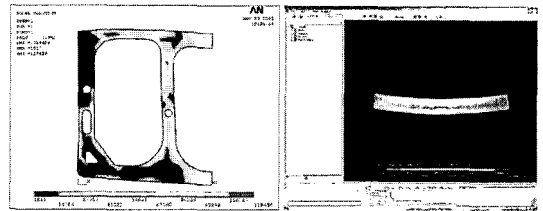


Fig. 12. Analysis Results.

경우 일반적으로 메쉬를 크게 정의한다. 또한 가능한 구간에 대하여 사각 메쉬를, 기타 영역에서는 삼각 메쉬를 사용하였다. 메쉬의 크기는 각 부분에 따라 조절이 가능하며 파일 형태로 메쉬정보를 제공할 수 있다.

Fig. 11은 단일 부분인 웹 프레임에 대한 메쉬 생성을 보여주는 그림이다. 또한 필요에 따라 선박 전체에 대하여 해석을 수행할 수 있으며 특정 부분의 해석 결과만을 선택적으로 검색할 수 있는 기능 또한 제공한다.

Fig. 12는 선박의 횡방향의 강도에 중요한 기능을 하는 웹 프레임을 ANSYS로 해석한 결과와 자체 개발한 해석 시스템을 이용하여 선박 전체를 해석한 결과를 보여준다.

6. 결 론

본 연구에서는 기업에서의 제품 설계 및 개발을 위해 필수적으로 사용되고 있는 설계 및 해석 과정을 보다 빠르고 효율적으로 수행하도록 하는 설계와 해석 프로세스의 통합을 위한 시스템을 제안하였다. 특히, 선박 초기 설계 단계에서 설계와 해석을 효과적으로 통합하기 위하여 MRA라는 방법론을 선박의 초기설계 과정에 적용하였다. 이를 위하여 제품 정보를 계층적으로 분류하였고 이를 객체지향언어인 UML을 이

용하여 표현하였다. 제안된 시스템에서는 설계 정보, 즉 2D 도면으로부터 해석 가능한 모델이나 3D 모델을 생성하고, 각 모델들 간의 관계를 정의하기 때문에 기존의 설계 및 해석 시스템보다 해석을 위한 모델링 및 방법이 더욱 직관적이고 효과적임을 알 수 있으며, 이를 구조 해석을 위해 파라메트릭 모델링 방법을 통하여 새로운 모델을 생성하였고, 유한 요소를 독립적으로 생성하였기 때문에 설계 및 해석(제품 개발)기술이 특정 프로그램에 종속되는 문제를 해결하였다. 또한 이를 상용 프로그램으로 해석을 실행 하였다.

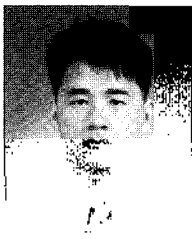
이러한 설계 기술은 기업의 생산성 향상을 가져올 것이며 이는 기업의 경쟁력을 크게 높일 것으로 생각된다.

후 기

본 연구는 수중운동체특화연구센터(UVRC)의 지원에 의해 수행되었습니다.

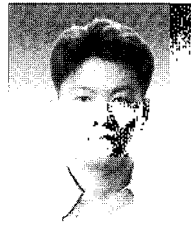
참고문헌

1. 김용대, "판 구조물의 CAD 정보 통합을 위한 객체 지향 제품 모델링", 충남대학교 석사학위논문, 1994.
2. 민경재, "Object 개념을 도입한 형상 모델링과 FEM 모델링의 통합화 시스템의 구축 및 그에 의한 구조 해석", 서울대학교 석사학위논문, 1993.
3. 이순택, "선체 구조 해석을 위한 형상 모델 자동 생성 Program 개발 - Bulk Carrier를 중심으로", 서울대학교 석사학위논문, 1993.
4. 김각수, "선체 전용 Preprocessor 개발 <선체 구조 해석 CAD 시스템>", 서울대학교 석사학위논문, 1993.
5. 박성환, 신중계, "유조선 구조해석을 위한 유한 요소 입력 자동화 프로그램의 개발", 대한조선학회논문집, 제29권, 제3호, pp. 149-156, 1992.
6. Nomoto, T., Aoyama, K. and Tabata, M., "Computer Aided Information Acquisition System of Design and Manufacturing in Shipbuilding", *J. of the Society of Naval Architects of Japan*, Vol. 166, pp. 425-433, 1989. (In Japanese)
7. Takashi, I., Akihiko, M. and Tatashi, I., "MISA-A General Purpose FEM Program", *Computers & Structures*, Vol. 10, pp. 311-322, 1979.
8. Ohtsubo, H., Kubota, A. and Kawamura, Y., "A Study on Object Oriented FEM Modeling System for Ship Structures", *J. of the Society of Naval Architects of Japan*, Vol. 170, pp. 473-481, 1991. (In Japanese)
9. Peak, R. S., Matsuki, R., Wilson, M. W., Koo, D., Scholand, A. J. and Zeng, S., "An Object-Oriented Internet-based Framework for Chip Package Thermal and Stress Simulation", *InterPACK'01*, 2001.
10. Wilson, M. W. and Peak, R. S., "Enhancing Engineering Design and Analysis Interoperability", *CFSM*, 2001.



한 중 수

2001년~2004년 중앙대학교 기계공학부 석사
2004년~현재 동양불산기업(주) 중앙기술연구소 기계연구실 연구원
관심분야: 신뢰성평가기술, 최적설계



권 기 역

2000년~2003년 중앙대학교 기계공학과 박사
1999년~현재 비두젠 기술연구소 책임연구원
관심분야: 구조해석, 엔지니어링 협업 시스템



최 영

1979년 서울대학교 기계설계학과 학사
1981년 KAIST 생산공학과 석사
1989년 Camegic Mellon University 박사
1990년~1991년 KIST CAD/CAM연구실 선임연구원
1992년~현재 중앙대학교 기계공학부 교수
관심분야: 형상모델링, Physically based modeling, 웹기반 협력설계, STEP 응용기술