

# 제품모델링과 CAE

강 원 수 <한국기계연구원 조선시스템 연구부>

## 1. 개요

국내의 조선업계는 생산성 향상을 위해 10여년 전 부터 CAD/CAE/CAM 시스템을 중심으로 한 선박 설계 및 생산 시스템의 전산화/자동화를 꾸준히 추진해 왔으며 최근에는 CIM(Computer Integrated Manufacturing) 구축을 위한 노력을 경주하고 있다. 국외에서도 CIM을 구축하기 위한 노력이 계속적으로 지속되고 있는데, 한 예로서 일본의 Hitachi 조선소는 1993년 부터 PHI(Product model by Hitachi zosen) 프로젝트를 통해 CIM을 CAE, CAD, CAM, 공장 자동

화(FA), 생산계획/관리 및 경영관리 등의 요소로 구성되는 컴퓨터 지원에 의한 정보의 통합적 관리라는 개념으로 정의하고, 이들 각 구성요소를 network을 통해 유기적으로 연결하므로서 설계 및 생산에 관계되는 정보를 서로 교환하고 공유할 수 있도록 추진하고 있다(Fig.1 참조). 이처럼 CIM을 실현하기 위해서는 서로 다른 시스템들 간의 정보를 원활히 교환하고 공유할 수 있는 환경이 구축되어야 한다.

물론 하나의 시스템만을 이용하여 설계 및 생산에 필요한 모든 작업 활동을 지원할 수 있다면 정보 교환등과 같은 복잡한 문제는 발생하지 않겠지

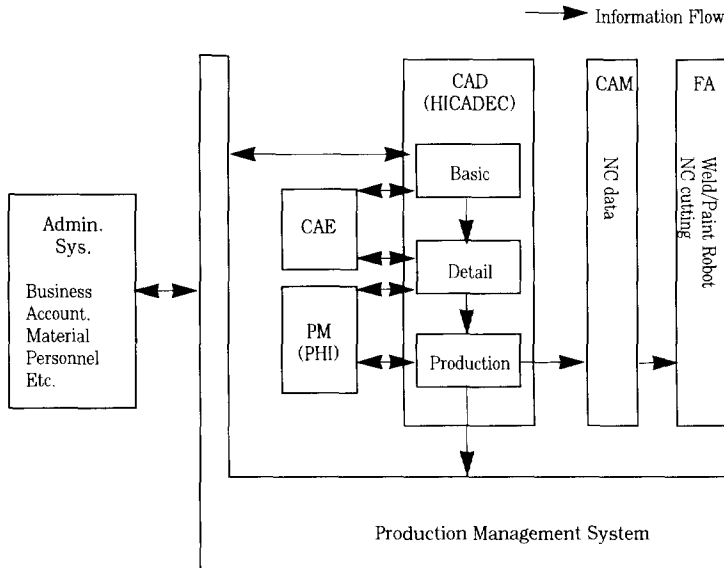


Fig. 1 CIM Concept of Hitachi Shipyard

만 이는 현실적으로 불가능한 일이다. 현재 조선소에서는 선체, 의장 등으로 분류되는 업무 분야별로 사용하는 전산시스템이 각기 다르며, 또한 기본설계, 상세설계 등으로 구분되는 업무의 단계별에 따라서도 사용되는 시스템이 서로 상이하다. 이와 같이 서로 다른 전산시스템을 사용하여 각 업무분야별 또는 단계별로 필요한 선박 제품에 대한 일부 정보만을 취급하기 때문에 정보전달의 흐름이 비효율적이고 원활하지 않아 생산성 향상에 큰 장애요인이 되고 있다. 또한, 전산 모델과 데이터베이스에서 취급하는 정보는 형상 중심의 기하학적 속성만을 모델링하므로 설계과정을 표현하는 의미론적이고 동적인 설계개념을 정보로 표현하는 것이 불가능한 실정이다.

이상과 같은 현실에서 조선업에서의 CIM을 실현시키기 위해서는 두 가지 측면에서의 정보 통합이 이루어져야 할 것이다. 첫째는 업무 단계별 통합으로 초기설계 단계에서 생산설계 단계에 이를 때까지 3차원 CAD 정보를 일관되게 적용할 수 있는 수직적 정보통합이 이루어져야 한다. 두번째는 초기설계 단계에서 생성되는 제품정보를 선각, 의장, 공정계획 등 모든 업무분야에서 공유할 수 있도록 하는 수평적 정보통합이 동시에 이루어져야 한다. 수직적 정보통합은 기존 CAD 시스템들의 성능을 보완하면 선각 또는 의장 단독으로 이루어질 수 있을 것으로 생각된다. 그러나, 수평적 정보통합화를 현재 사용되고 있는 시스템들을 중심으로 이루기에는 근본적인 어려움이 있다. 그 이유는 기존의 CAD 시스템들은 선각 혹은 의장 등과 같이 특정한 분야를 고려하여 개발되었기 때문에 취급할 수 있는 정보의 범위가 해당 분야에 한정되어 있어 그 범위를 확대하기란 거의 불가능한 일이다. 또한 CAD 시스템들을 초기설계 단계에서의 확정되지 않은 미완성 정보를 취급하는데 적용하는 것이 어렵다. 결국 수평적 정보 통합화를 이루기 위해서는 새로운 접근 방식이 필요하게 되고 이로 부터 제품모델이라는 개념이 도입되게 되었다.

본 고에서는 이러한 제품모델의 개념이 도입된

배경을 근간으로 제품모델에 관한 정의를 살펴보고, CIM을 컴퓨터 지원에 의한 정보의 통합적 관리라는 개념으로 봤을 때 초기설계 단계에서 제품의 성능을 평가하는 CAE의 역할과 현상을 언급하였으며, 마지막으로 일본에서 추진되고 있는 제품모델을 기반으로 한 CAE 통합화 방안에 관해 소개 하였다.

## 2. 제품모델의 정의

앞서 제품모델이라는 개념이 도입된 배경에 관해 언급하였는데, 그렇다면 과연 제품모델의 실체는 무엇인지를 정의할 필요가 있다. 일반적으로 제품모델은 설계, 생산, 운용 및 유지보수를 위한 제반 정보의 집합체로서 초기 설계단계에서 부터 상세, 생산설계, 공정계획 및 관리를 포함한 생산 시스템의 핵심 데이터베이스이자 통합화의 수단으로 정의하고 있다. 즉, 제품모델은 설계 단계에서 부터 생산 단계에 이르기까지의 해당 제품에 관한 모든 정보를 저장할 수 있는 구조를 가지며, 설계가 진행됨에 따라 그 구조에 맞게 정보가 채워져 나가는 생성물이라 할 수 있다.

예를 들어, 선박의 제품모델은 건조된 선박 자체, 부품의 표현, 부품의 용접 조립 방법, 블록등 중간 제품의 정의 및 유지보수 등과 관련된 정보를 가져야 한다. 또한, 유체성능, 구조해석과 관련된 계산을 수행하기 위해 필요한 해석 모델을 제공해 줄 수 있어야 하며, 필요한 설계 변경에 대해서도 용이하게 대응할 수 있어야 한다. 공장의 설비와 인원을 이용한 제조일정과 공정계획 정보가 작성되고, 강재나 외주제품의 발주작업 등의 업무 내용도 이들 제품모델로 부터 생성할 수 있어야 한다. 제조공정에서도 NC화, 로봇화가 진행되어 그것들을 작동하는데 필요한 정보가 직접 공급될 수 있어야 한다. 이와 같이 선박 제품모델에서는 설계의 진행순서 혹은 업무분야의 특성에 따라 구체적인 정보가 순차적으로 생성되고 성숙되어진다. 이러한 관점에서 볼 때 제품모델이란 Table 1에 나타낸 바와 같이 육하원칙을 기준으로 한 정

보 구조를 가지면서 설계가 진행됨에 따라 정보가 생성 및 상세화되는 digital mock-up으로 정의할 수 있다.

현재의 CAD/CAM 시스템은 주로 what, which, how에 중점을 두고 개발되었다고 볼 수 있으며, 앞으로 정보의 통합화 차원에서 제품모델은 what을 기준으로 한 나머지 요소들까지를 포함하는 제품모델이 되도록 해야 할 것이다. 또한, 이러한 제품모델의 설계에 있어서는 설계과정을 분석하여 설계나 변경에 유연하게 대응할 수 있는 모델이 되도록 해야 할 것이다.

### 3. 선박설계에서의 CAE 현상

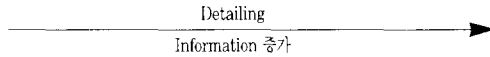
CAD(Computer Aided Design) 시스템이 제품의 형상정보를 생성하는 시스템인데 비해 CAE 시스템은 설계의 초기단계에서 해석, 실험 등을 통해 대상이 되는 제품의 거동을 파악하여 제품의 제반 성능을 예측함과 동시에 제품을 종합적으로 판단하게 해 주는 시스템으로 이해할 수 있다.

선박설계에 있어서 사용되는 CAE 시스템으로는 유체정역학적 제 특성을 계산하기 위한 기본 성능 해석, 유한요소법으로 대표되는 선체 구조강도 해석을 비롯하여 수치유체역학을 통한 유체해석이나 strip 이론 등을 이용한 선체운동 및 선체에 가해지는 유체력 해석 등을 들 수 있다. 이와같은 CAE 시스템이 유효 적절하게 이용되기 위해서는 이들 시스템을 기반으로 하여 설계된 대상을 신속하고 정확하게 해석하고, 제품을 평가할 수 있어야 한다.

최근, 전산 하드웨어와 소프트웨어의 발달에 힘입어, 연산 처리능력의 고속화가 실현되어 해석을 위한 계산처리에 필요한 시간은 많이 단축되고 있다. 그러나, 설계대상을 해석하는데 사용되는 CAE 시스템들은 적용대상에 따라 대응되는 해석 모델을 필요로 하고, 이들 해석모델은 CAE 시스템에 따라 각각 차이가 난다. 따라서, 설계 시스템과 여러 가지 해석 시스템이 독립적으로 분리되어

Table 1 Concept of Ship Product Model

	계약시	설계/생산	비고
Who	A 조선소	Man Power	Man Power Allocation
Where	Korea	가공/조립장, 기자재 maker 등 결정	조립장 위치
What	Tanker, Container 등	선체, 의장 등	CAD/CAM 시스템
When	199*. *.*. - 199*. *.*.	대일정, 중일정, 소일정 Scheduling	Scheduling 시스템
Which	자재, 기관 등	Material(MRP)	자재 관리 시스템
How	Welding, Block공법	Process, Assembly Sequence 등	Process Planning



있는 상황에서는 해석목적에 따라서 서로 다른 해석모델을 생성하여야 하고, 이에 따른 막대한 노력이 필요하다는 것이 현재의 당면문제라고 할 수 있다.

### 4. 제품모델을 기반으로 한 CAE 시스템

앞서 언급한 기존 CAE 시스템의 활용에 따른 문제점을 해결하기 위해서는 우선 설계 시스템에서 성능해석을 위해 필요한 여러가지 제품정보를 해석 시스템으로 원활하게 전달하기 위해서 제품정보를 생성하는 설계 시스템과 해석 시스템을 통합할 필요가 있다. 또한 임의의 해석 시스템에 의해 생성된 정보를 다른 해석 시스템의 정보로 사용할 수 있도록 서로 다른 해석 시스템 간의 통합화가 필요하다.

이를 위해 본 고에서는 앞서 언급한 제품모델 개념을 중심으로 하여 제품정보를 생성하는 CAD 시스템과 CAE 시스템을 통합하기 위해 일본에서 추진되고 있는 방법론을 소개하기로 한다.

#### 4.1 제품모델을 중심으로 한 통합화

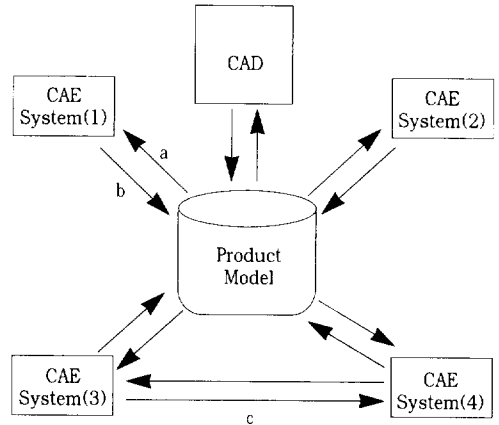
제품모델은 해당제품에 대한 다양한 정보 요구를 만족시킬 수 있는 정보의 집합체로서, 해석에 필요한 정보를 제공하는 모델로 이용할 수 있다. 설계 시스템에서 생성되어 제품모델 내에 저장되어 있는 정보로부터 해석모델을 생성하고, 해석 시스템을 통한 결과는 다시 제품모델 내에 저장함으로써 설계 시스템과 해석 시스템의 통합화를 실

현할 수 있다(Fig. 2의 (a,b) 부분에 해당).

여러가지 해석 시스템을 이용할 경우, 어떤 한 시스템에 의해 얻어진 해석결과가 다른 시스템에서 이용되는 경우가 있을 수 있다. 이런 경우, 어떤 한 시스템의 해석결과와 제품모델 내에 저장되어 있는 정보를 동시에 이용하여 다른 시스템에 필요한 정보를 생성하도록 함으로서 해석 시스템 간의 통합화를 해결할 수 있다(Fig. 2의 (c) 부분에 해당).

## 4.2 제품모델과 통합 CAE 시스템

제품모델을 기반으로 한 설계와 해석 시스템 간의 통합화 방안을 토대로 CAE 통합 시스템을 구성하고 이에 필요한 시스템 요구기능과 제품모델 측면에서 관리되어야 할 정보들을 도출하였다. 제



- a: Generation of Analysis Model
- b: Storage of Analysis Results
- c: Translation of Information between CAE systems

Fig. 2 Product Model and CAE Systems

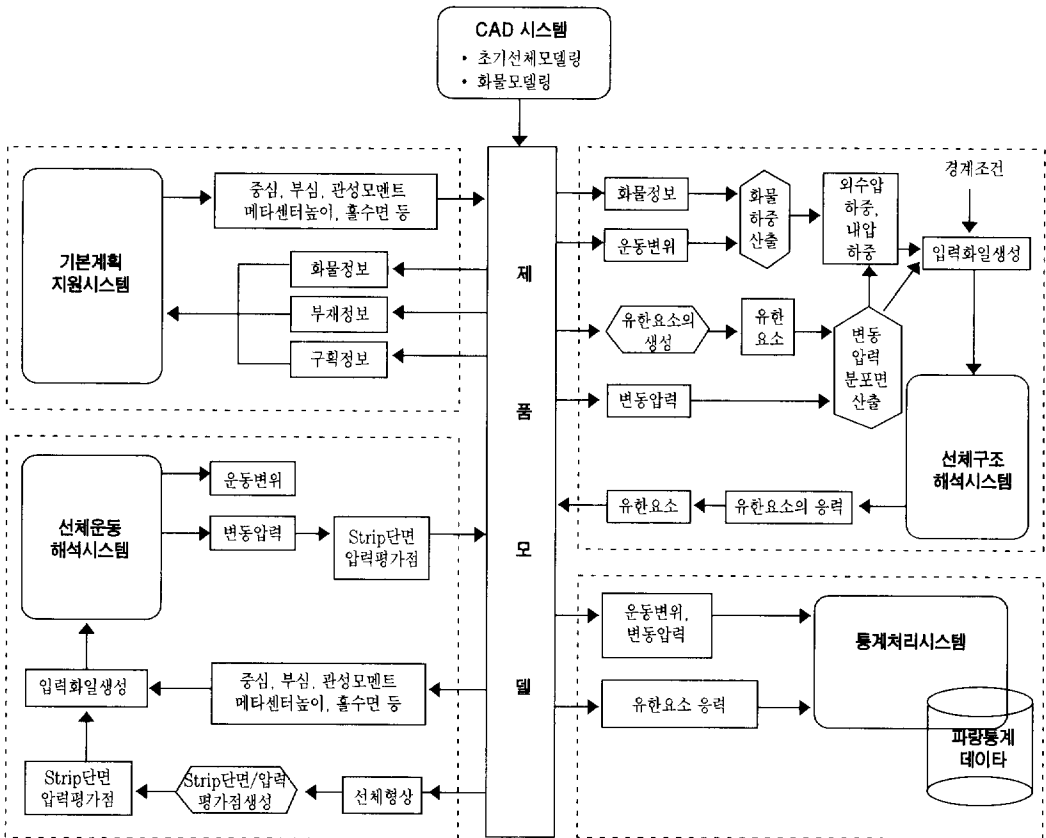


Fig. 3 Concept of Integrated CAE System

안된 시스템의 구성은 Fig. 3에 나타나 있다. 통합 시스템을 구성하는 해석기능과 각 시스템에서 처리하는 정보에 관한 내용은 다음에 열거한 바와 같다.

#### 4.2.1 해석기능 도출

##### (1) 기본계획 해석 시스템

트립, 복원성 및 정수중에 선박에 가해지는 중강도 등을 계산하는 해석 시스템으로서 정수 중에서의 선박 안전성을 평가한다.

##### (2) 선체운동 해석 시스템

기본계획 해석 시스템을 통해 얻어지는 정보를 이용하여 파랑 중의 선박의 운동성능, 혹은 선체 구조에 가해지는 파랑외력 및 화물에 의한 하중정보를 해석한다.

##### (3) 선체구조 해석 시스템

범용 구조해석 시스템을 이용하여, 선체운동 해석 시스템으로부터 얻어진 파랑외력 등의 정보를 이용하여 선체구조에 가해지는 여러가지 하중조건에 대한 구조강도를 계산하고 평가한다.

##### (4) 통계처리 시스템

선체운동해석, 구조해석 시스템으로부터 얻어지는 선체운동, 부재응력 등의 정보와 해상통계 데이터로부터, 선박이 운항할 때 받는 외하중이나 구조강도 등의 장/단기 예측, 피로 수명등을 예측한다.

#### 4.2.2 시스템의 세부 기능 도출

##### (1) 초기 선체 및 화물의 모델링

해석에 필요한 초기선체 및 선체 내에 적재될 화물에 관한 제품정보를 생성하는 것으로서 이는 설계 시스템에서 제공하여야 하는 기능이다. 모델링 결과로서 다음과 같은 정보가 생성되고 이는 제품모델 내에 저장되어 각종 해석 시스템에서 활용된다.

- 선체 외판, 부재 형상 및 부재간의 접합관계

- 여러개의 판부재 및 판부재 간의 접합관계로 표현된 구획 정보
- 하중, 파랑중의 선체운동, 구조강도 평가를 위한 화물 정보

##### (2) 정수 중에서의 선박 기본성능 계산

선박의 기본성능을 평가하기 위해서, 정수 중의 선박의 운항상태, 안전성을 평가하고 이로부터 다음과 같은 정보를 산출한다.

- 각 운항상태에 대한 선박의 트립 정보
- 비손상시/손상시 복원성능 관련 정보
- 정수 중의 선체에 가해지는 하중분포 정보

##### (3) 제품모델로부터의 해석모델 생성

제품모델의 정보를 이용하여 선체운동해석이나 선체구조해석에 필요한 해석모델을 생성한다. 해석모델을 구성하는 정보는 Fig. 3에 나타나 있다.

- 선체 운동해석 모델의 생성
- 구조해석 모델의 생성

##### (4) 선체운동 해석과 하중정보의 생성

선체 운동해석에 의해서 얻어지는 해석결과를 선체구조에 가해지는 하중정보로 변환한다. 이와 관련된 정보흐름은 다음과 같으며, 이들 정보는 제품모델 내에 저장되어 선체 구조해석에 이용된다.

- 해석모델 및 해석조건을 이용한 해석 수행
- 해석결과를 제품모델의 정보로 관리
- 정수중 선체구조에 가해지는 압력 계산
- 파랑중의 외수압 산출
- 파랑중 화물의 변동압력 및 화물창 내부재에 걸리는 압력 계산
- 관성력에 의한 부재 하중정보 생성

##### (5) 선체 구조해석 및 통계적 예측

구조해석 모델을 이용하여 선체구조 해석을 수행하고 이로부터 생성된 해석결과를 통계처리 시스템에서 활용할 수 있도록 한다. 이와 관련된 정보의 흐름은 다음과 같다.

- 해석모델 및 해석조건을 이용한 해석 수행
- 해석결과로 얻어진 파의 조건에 따른 요소의 응력정보 등을 관리
- 선체운동해석 결과 및 구조해석 결과로부터 피로수명 등을 계산

### 참고 문헌

[1] L. Garcia, V.Fernandez and J. Torroja, "The Role of CAD/CAE/CAM in Engineering for Production", Proceedings of ICCAS '94 Vol.1, 1994. 9.

[2] Toshiharu Nomoto and Kazuhiro Aoyama, "An Implementation of a Product Definition System in Computer Integrated Design and Manufacturing", Proceed-

ings of ICCAS '94 Vol.1, 1994. 9.

[3] 筒井康治, "船級協會におけるソフトウェア開発の現状と展望(1, NK)", 日本造船學會誌 第798號, 平成 7年 12月

[4] Graham Marshall, "船級協會におけるソフトウェア開発の現状と展望(2, LR)", 日本造船學會誌 第799號, 平成 8年 1月

[5] 上森良治, "船級協會におけるソフトウェア開発の現状と展望(3, ABS)", 日本造船學會誌 第800號, 平成 8年 2月

[6] 平吾匡朗, "船級協會におけるソフトウェア開発の現状と展望(4, DNV)", 日本造船學會誌 第801號, 平成 8年 3月

[7] 青山和浩외, "造船設計における統合CAEシステムの構築", 日本造船學會論文集 第798號

[8] "95 새로운 조선학 심포지움", 일본학술회의 조선학연구연락위원회, 1995



### 강원수

- 1959년 11월 13일생
- 1982년 울산대 조선공학과 졸업
- 1982년 이후 선박해양공학연구센터
- 관심분야 : 선박 형상 모델링, Simulation Based Design (SBD)