

◎ 論 文

고정식 해양구조물의 전산기 지원 설계시스템 개발에 관한 연구

신 현 경* · 박 규 원**

(95년 8월 10일 접수)

A Study on the Development of Computer Aided Design System for Fixed Offshore Structures

H. Shin* · K. W. Park**

Key Words : Solid Modelling(솔리드 모델링), Top-down(하향식), Hidden line removal(숨은 선 제거)

Abstract

In this paper, the solid modeller suitable for PC was developed for Top-down 3-D representation and analysis of fixed offshore structures. Also solid modelling and hidden line removal were conducted in order to visualize the offshore structures based on the scan line z-buffer algorithm.

1. 서 언

국내에 도입되어 사용하고 있는 CAD 시스템들은 대부분 범용이며, 기계요소들의 도면작성 및 유한요소법을 이용한 구조해석에 활용되고 있다. 이러한 CAD시스템들은 고정식해양구조물(fixed offshore structure)등과 같은 형상을 쉽게 모델링할 수 없으며 많은 시간과 노력이 필요하였다. 또한 기존의 모델러등의 자료형태(data format)가 각종 공학해석 프로그램과 서로 다르기 때문에 정보의 공유 및 통합화가 이루어지지 않아 설계시스템간의 병목현상이 발생하고 있다.

본 논문에서는 고정식 해양구조물에서 일반적으로 볼 수 있는 자켓트 철구조물을 위한 PC용 3차원 모델러를 하향식(top-down)개념을 도입하여 개발하고자 한다

2. 3차원 모델러(3D Modeller)

기존의 설계 시스템으로 구조물을 모델링할 경우 도면으로 부터 노드(node)의 좌표값 및 요소(element)들을 일일이 수작업으로 계산하여 모델링하기 때문에 상대적으로 공학적해석(engineering analysis) 보다 모델링하는 시간이 많게 되었다. 개발된 modeller

* 울산대학교

** 부산수산대학교 해양산업개발연구소

는 하향식 기법(top-down technique)의 개념을 도입하여 모델링하기 때문에 이러한 불필요한 작업을 줄임으로써 설계능률의 향상을 가져올 수 있다. 기존의 고정식해양구조물의 모델링 프로그램들은 요소(element)를 wire-frame으로 처리하였기 때문에 요소들의 단면을 구분하기 어려웠다. 본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위해 wire-frame 및 solid model을 지원하여 쉽게 형상정보를 파악할 수 있게 하였다. 그래픽 사용자 인터페이스(GUI: graphical user interface)의 도입으로 숙달된 설계자가 아니더라도 고정식 해양구조물의 모델링을 쉽게 할 수 있다. 3D modeller에 의한 형상정보는 고정식해양구조물의 구조해석을 위한 자료로 활용될 수 있다.

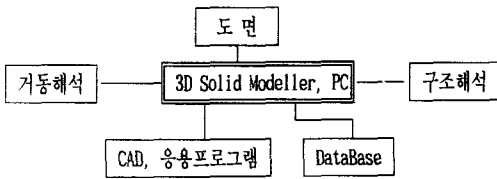


Fig. 1 System Flow

2.1 자료구조(Data Structure)

데이터를 구조화시키는 방법에는 여러가지가 있으며, 그래픽 시스템을 구성하는데는 어떠한 데이터구조를 사용할 것인가가 중요한 문제가 된다. 본 논문에서는 연결리스트(linked list)를 사용하였다¹⁾. Fig. 2는 본 논문에서 사용한 자료구조이다.

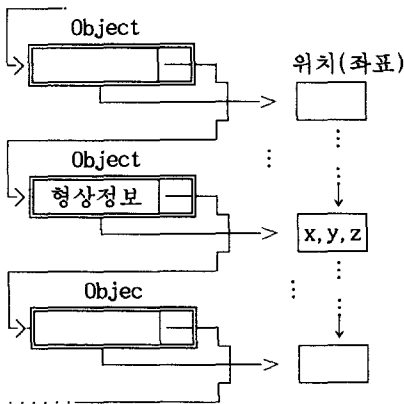


Fig. 2 Data structure(Linked list)

2.2 주사선 프레임버퍼 알고리즘 (Scan Line z-buffer Algorithm)

와이어 프레임으로 3차원 물체를 표현하면 물체들이 서로 교차할 때에는 육안으로 물체를 정확하게 구분하기 힘들게 된다. 컴퓨터가 스크린 상에서 애매모호한 경우나 서로 가려진 부분을 제거하여 정확한 형상을 인지할 수 있도록 해 주어야 한다. z-buffer 알고리즘은 완벽하게 숨은면 제거를 할 수 있으며, 형상이 복잡하고 난해한 경우라도 처리 속도에는 거의 변함이 없어 Workstation급에서 많이 사용하고 있다. 하지만 많은 메모리를 사용하기 때문에 PC급에서는 사용이 곤란하다. 따라서 이 z-buffer알고리즘을 변형한 Scan line z-buffer²⁾를 사용하여 숨은면 제거를 시도하였다.

2.3 결과 데이터 파일(Output Data File)

Fig. 3은 3D 모델링 프로그램에서 나온 결과 (Fig. 11)이며 구조해석을 위한 입력데이터의 사용 예를 보여주었다. 여기서 처음 10개의 행들은 절점 (node)정보이며 나머지 행들은 요소(element)정보이다.

사용될 구조해석 및 공학해석 시스템에 따라서 입력 형태를 바꾸어 사용할 수 있다.

1	0.000	0.000	-0.002	1 0 0 0 0	1	1	5	1 254.000	254.000
2	20605.000	0.000	-0.002	0 1 0 0 0	2	2	6	1 254.000	254.000
3	32797.000	0.000	-0.002	0 0 0 0 0	3	3	7	1 254.000	254.000
4	50354.000	0.000	-0.002	0 1 0 0 0	4	4	8	1 254.000	254.000
5	0.000	0.000	22921.998	0 0 0 0 0	5	1	2	1 254.000	254.000
...									
31	32797.000	36881.000	19233.000	1 1 1 1 1	71	22	31	1 1.000	1.000
32	46665.000	36881.000	19233.000	0 0 0 0 0	72	6	15	1 1.000	1.000

Fig. 3 Output data file

3. 하향식(Top-down)개념

기존의 구조해석용 패키지에서 제공되는 모델링 프로그램들은 구조물을 정의하기 위하여 유한 요소적 접근으로 모델링하며 작은 것들의 집합으로부터 큰 것으로 변해 가는 상향식(bottom-up)방식을 취하고 있다. 즉 먼저 절점(node)을 생성하고

그 요소들에 재료의 특성을 부여한다. 이러한 작업을 반복함으로써 구조물들을 모델링한다. 반면 구조물 설계자들은 먼저 치수와 주요부 구조물(substructure)의 위치를 결정한 다음 부재들이 놓일 위치를 결정한다. 즉 큰 부분으로부터 작은 부분으로 설계하는 하향식(top-down)방식을 취하고 있다. 상향식 방식을 취할 경우 절점을 생성하기 위하여 도면으로부터 좌표값을 추출하여야 하고, 일일이 요소들을 정의해야 하기 때문에 많은 노력과 시간을 할애하여야 하나 하향식 방식은 상대적으로 공수절감의 효과를 기대할 수 있다. Fig. 4 에서 보듯이 평면(plane)들의 조합으로 구조물의 외형적인 형상 정의를 하며 절점과 요소들은 평면들의 교차에 의하여 자동적으로 구할 수 있다. 3개의 평면이 서로 교차할 때 그 교차점(Fig. 5)으로 절점(node)가 생성되며, 2개의 평면이 서로 교차할 때 그 교차선(Figures 5 and 7)으로 요소(element)를 생성하는 하향식 방식이 사용되어졌다.

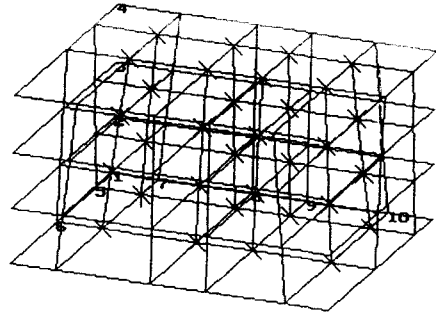


Fig. 6 Creation of nodes

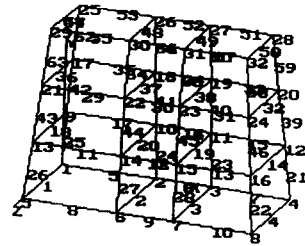


Fig. 7 Creation of elements

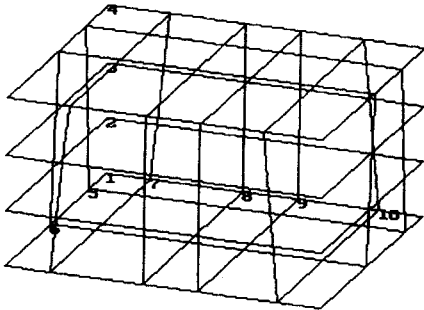


Fig. 4 Modeling planes

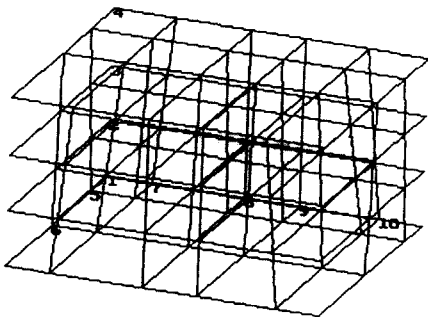


Fig. 5 Intersecting lines

4. 교차(Intersection)

3차원 공간상에서 두개 이상의 기하학적 물체(Object)들의 교차는 설계를 고려할 때 중요한 문제이다. 여기서 사용하는 직선과 평면의 방정식은 매개변수 형태의 방정식을 사용하였다.

4.1. 직선과 직선의 교차 (Intersection of Two Straight Lines)

3차원 공간 상에서 교차하는 두직선의 방정식은 다음과 같다³⁾.

$$\begin{aligned} \vec{P}(u) &= \vec{a} + u \vec{b}, & \vec{q}(w) &= \vec{c} + w \vec{d} \\ \vec{P}(u) &= \vec{q}(w) = \vec{r} & & (1) \\ \vec{a} + u \vec{b} &= \vec{c} + w \vec{d} & & \end{aligned}$$

여기서 매개변수 u 를 얻기 위하여 양변에 $(\vec{c} \times \vec{d})$ 를 dot product한다.

$$(\vec{c} \times \vec{d}) \cdot (\vec{a} + u\vec{b}) = (\vec{c} \times \vec{d}) \cdot (\vec{c} + w\vec{d})$$

$$u = -\frac{(\vec{c} \times \vec{d}) \cdot \vec{a}}{(\vec{c} \times \vec{d}) \cdot \vec{b}}$$

위의 방법과 동일하게 하면 w 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$w = -\frac{(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c}}{(\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{d}}$$

4.2 직선과 평면과의 교차 (Intersection of A Straight Line and A Plane)

3차원 공간 상에서 교차하는 직선과 평면의 방정식은 다음과 같다.

$$\vec{P}(u, w) = \vec{a}(t) = \vec{r} \tag{2}$$

$$\vec{a} + u\vec{b} + w\vec{c} = \vec{d} + t\vec{e}$$

4.1절과 같은 방법을 사용하면 매개변수 u, w, t 를 각각 구할 수 있다.

$$t = \frac{(\vec{b} \times \vec{c}) \cdot \vec{a} - (\vec{b} \times \vec{c}) \cdot \vec{d}}{(\vec{b} \times \vec{c}) \cdot \vec{e}}$$

$$u = \frac{(\vec{c} \times \vec{e}) \cdot \vec{d} - (\vec{c} \times \vec{e}) \cdot \vec{a}}{(\vec{c} \times \vec{e}) \cdot \vec{b}}$$

$$w = \frac{(\vec{b} \times \vec{e}) \cdot \vec{d} - (\vec{b} \times \vec{e}) \cdot \vec{a}}{(\vec{b} \times \vec{e}) \cdot \vec{c}}$$

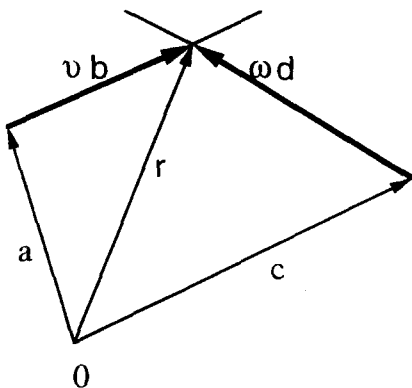


Fig. 8 Intersection of two straight lines

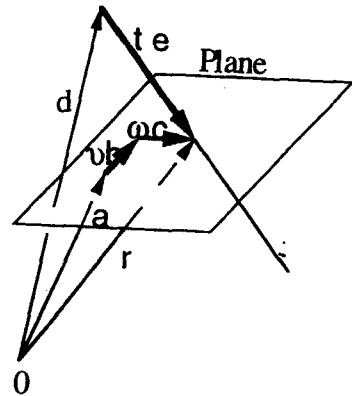


Fig. 9 Intersection of a straight lines and a plane

4.3 평면과 평면과의 교차(Intersection of Two Planes)

평면과 평면과의 교차문제는 4.2절의 직선과 평면과의 교차문제로 쉽게 얻을 수 있다. 평면 A와 평면 B의 경계선(Boundary line)과의 교차문제를 평면 B와 평면 A의 경계선과의 교차문제를 푼다. 평면 A와 평면 B가 교차한다면 반드시 2개의 교차점을 얻을 수 있다. 그 교차점으로 부터 평면과 평면의 교차선의 방정식을 구할 수 있다.

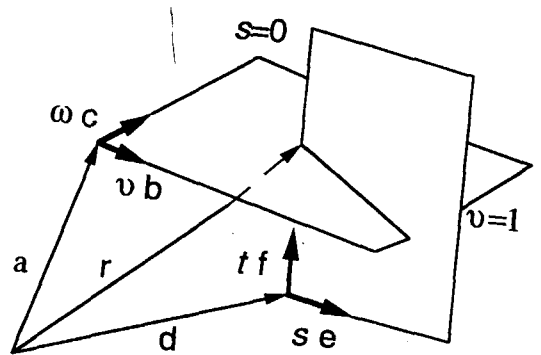
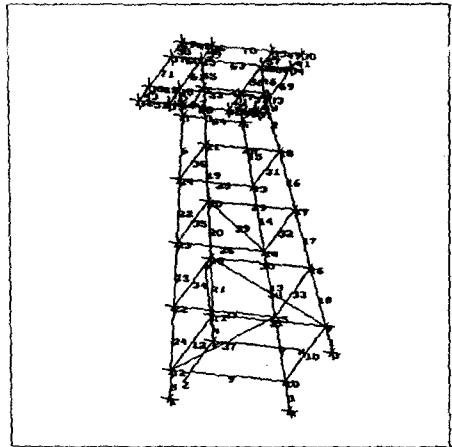


Fig. 10 Intersection of two planes

5. 프로그램의 구성

Borland C/C++ 3.1 컴파일러⁴⁾를 사용하여 IBM

Compatible P/C에서 프로그램을 개발하였다. 마우스(mouse) 및 메뉴의 한글처리에 바탕을 둔 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 구현하여 사용자 편의를 도모하였다. 한글 처리 및 Pull-down Menu 구현을 위해 한 라이브러리⁵⁾를 이용하였다. 또한 기존의 전처리 프로그램에서는 요소(element)를 wire frame로 처리하였기 때문에 프로그램상에서는 요소들의 단면을 구분하기 어려웠지만 개발된 프로그램에서는 wire frame 및 solid 모델을 지원하였다. Fig. 11은 Fig. 7을 숨은면 제거를 한결과이다. Fig.13은 완성된 고정식 해양구조물의 Configuration을 보여준다.



(A) Wire-frame model

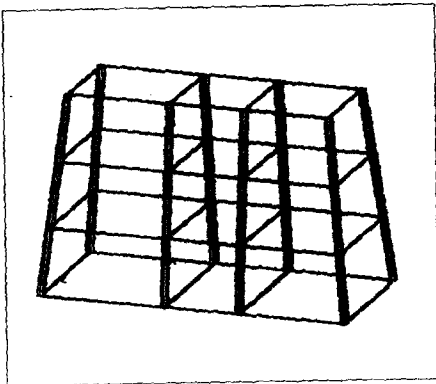
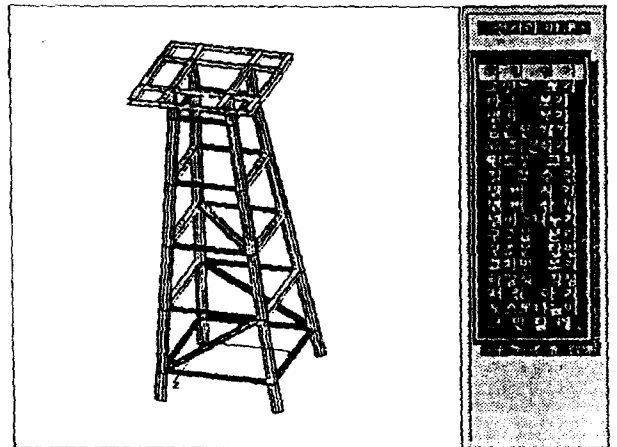


Fig. 11 Solid Model



(B) Solid model

Fig. 13 Fixed type offshore structure configuration

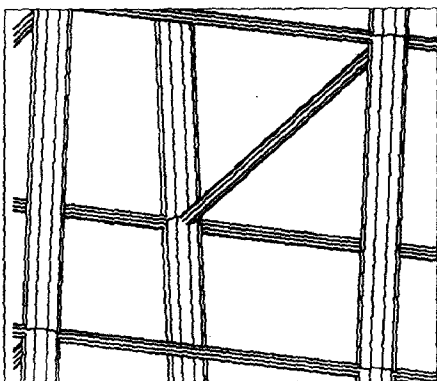


Fig. 12 Zoom-in of

6. 결 언

하향식(top-down) 개념을 도입하여 고정식 해양구조물의 구조해석 및 응용 해석프로그램을 위한 PC용 3D 모델링 프로그램을 개발하였다. 메뉴(menu)의 한글 처리 및 사용자 인터페이스(user interface)를 구현하여 사용자들의 편의를 도모하였다. 구조물의 가시화를 위해 주사선 프레임버퍼(scan line z-buffer)알고리즘을 사용하여 solid

modelling 및 숨은면 제거(hidden line removal)를 시도하였다. 연결 리스트(linked list)형 데이터 구조를 사용함으로써 구조물 요소의 자유로운 삽입과 삭제를 통하여 해양구조물 설계변형을 쉽게 할 수 있다. 3D modeller에 의한 형상정보는 고정식해양구조물의 구조해석을 위한 자료로 활용될 수 있으며 독자적인 시스템 개발로 인하여 다른 시스템과 정보공유 및 교류를 쉽게 할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 한국학술진흥재단 '94 자유공모과제로 수행한 결과임을 밝힌다.

참 고 문 헌

- 1) Horowitz, E. and S. Sahni, "Fundamentals of Data Structures", London, Pitman, 1977.
- 2) David F. Rogers, "Procedural Elements for Computer Graphics", McGraw Hill, 1985.
- 3) Michael E. Mortenson, "Geometric Modeling", John Wiley & Sons, 1985.
- 4) Borland Coperation, "Borland C 3.1 reference guide", 1990
- 5) 가남사, "한 라이브러리", 1992.
- 6) 김이두, "Top-down 개념에 의한 건축구조물의 설계", 한국과학 기술원, 박사학위 논문, 1993