

# CAD / CAE / CAM 에서 컴퓨터 그래픽의 응용과 공학해석의 역할

이 성 우\*

### 용어 정의 및 구분

CAD(Computer Aided Design)나 CAM(Computer Aided Manufacturing) 이란 용어는 1970년 대 후반 부터 사람들의 입에 많이 오르내리게 되었고, 지금은 첨단공학 분야에서 유행어처럼 널리 쓰이고 있는 말이다. 오늘날 CAD라 하면 모두 컴퓨터 그래픽이 바로 CAD라고 혼동하고 있는 듯하다. 그러나 사실은 컴퓨터의 그래픽 능력뿐만 아니라, 계산능력의 도움을 받아 정보를 처리하고 데이터를 관리하여 설계나 제작하는 전 과정이 바로 광의의 CAD라 할 수 있을 것이다. 그림1 에는 교호작용(Interactive) 컴퓨터 그래픽으로 부터 제품생산 단계까지에서 CAD/CAM 과정을 보여주고 있고, 그림2 에는 설계과정의 각 단계에서 CAD와의 연관성을 보여주고 있다.

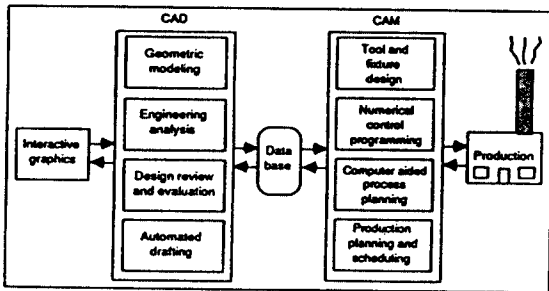


그림1. CAD / CAM : from interactive graphics to production.

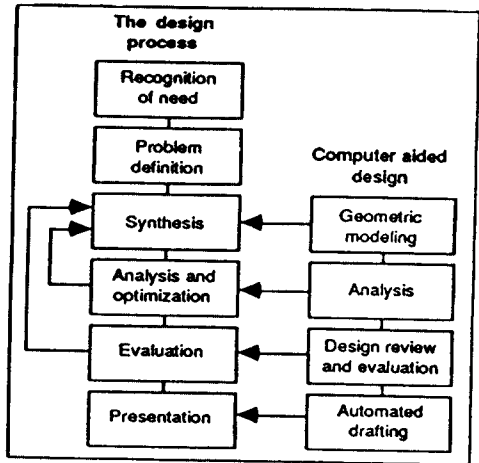


그림2. The design process and computer aided design.

협의의 CAD라 하면 컴퓨터 시스템을 이용하여 영상을 설계하고 도시하는 것을 말한다. 다시 말하면 키보드, 마우스, 타블레드등 각종 입력장비를 통하여 그림을 묘사하거나 스케치하기도 하고, 수치데이터를 입력시켜 이들을 도시하거나, 영상이나 도면, 지도등을 비데오 카메라나 스캐너 또는 디지털타이저 등으로 데이터를 만들어 컴퓨터에 도화 처리하게 되는 과정이 CAD라 할 수 있을 것이다. CAD는 엔지니어, 건축가, 조경관계자, 예술가, 지도관계 종사자, 인구통계가, 고고학자, 역사학자, 언어연구가, 의공학 관계자, 만화영화제작자에 이르기까지 다방면에 걸쳐 다양하게 사용되고 있다. 그러나 전산구조공학회의 많은 독자들은 어디까지나 공학 이용분야에 더 많은 관심을 갖고 있으리라 생각된다. 특히 CAD가 도면 처리에 이

\* 정회원, 국민대학교 토목공학과 조교수, 공학박사

용되는 경우 CADD(Computer Aided Design and Drafting)이라 부른다. CAD는 사실 CAE(Computer Aided Engineering)의 일부분이라 볼 수 있는데 CAE에서는 공학해석, 비용분석, 제품계획, 재료시방, Quality Control, 제조공정관리 등이 포함된다고 하겠다. 이 중에서 구조관계분야는 공학해석 부분이 주된 분야일 것이다.

**모델링(Modelling)**

- 2-D drafting
- 3-D drafting
- 3-D with hidden line and surface removal added
- 3-D with shading and texture capabilities, perspective views
- 3-D with multiple views, color, animation

그림3에는 각종 도식 형태별로 컴퓨터 그래픽의 특색에 따라 얼마나 쉽게 시각적으로 구상화될 수 있는가를 보여주고 있다. 여기서 알 수 있는 바와같이 그림자를 준 고형물체를 원근투시하여 애니메이션시킨 그림이 가장 쉽게 인식될 수 있는 그림이 되겠다. 그림4에는 같은 비행기 모델을 Wire-frame 모델로 도시한 경우와, Wire-frame 모델이지만 안 보이는 부분을 제거한 후 도시한 경우와, 그림자와 색채 처리를 한 고형물체 모델로 도시한 경우등 각각 서로 다른 도시형태로 도화처리한 모습을 보여주고 있다.

그림5에는 CAD를 건축설계에 응용한 경우를 보여주고 있고, 그림6에는 CAD를 배관 시스템

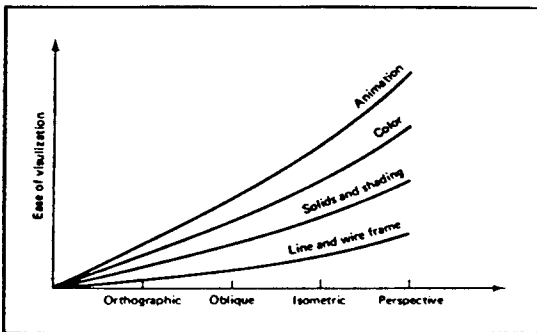
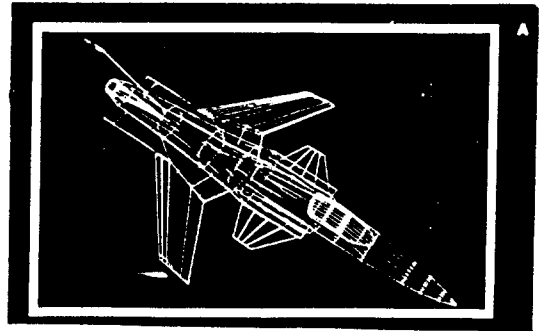


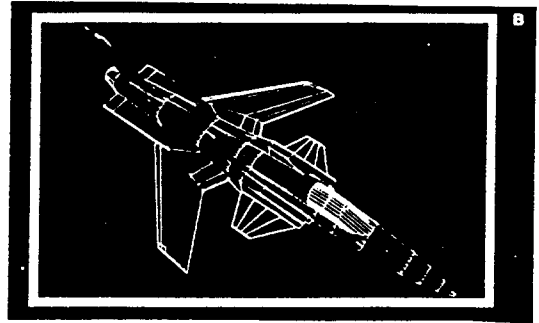
그림3. Improvement in visualization of images for various drawing types and computer graphics features.

설계에 응용한 경우를 보여주고 있다. 그림7은 CAD를 포스트 텐션을 한 교량설계에 응용한 경우이고, 그림8은 기계설계에 응용한 경우이다. 그림9에는 2-D 도면제도에 응용한 경우를 보여주고 있다.

그림4에서 9까지는 정적인 도화처리만 한 경우이나 컴퓨터 그래픽을 이용하여 동적인 도화처리도 할 수 있어서 설계 모델의 애니메이션이 가능



(a) A frame picture.



(b) A line drawing with hidden lines removed.



(c) A shaded picture.

그림4. Three pictures of the XX-29 experimental aircraft, showing different rendering techniques.

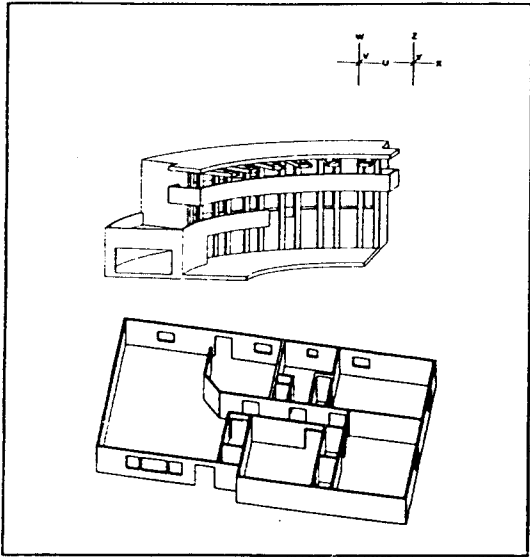


그림5. CAD applied to architectural design.

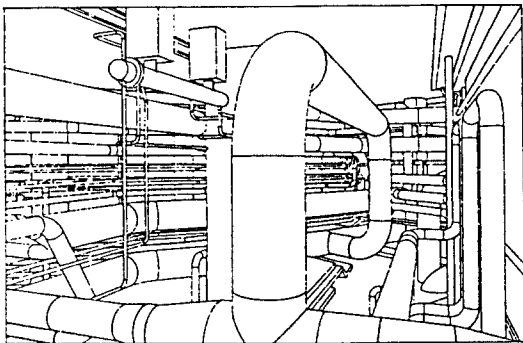


그림6. CAD applied to piping system design.

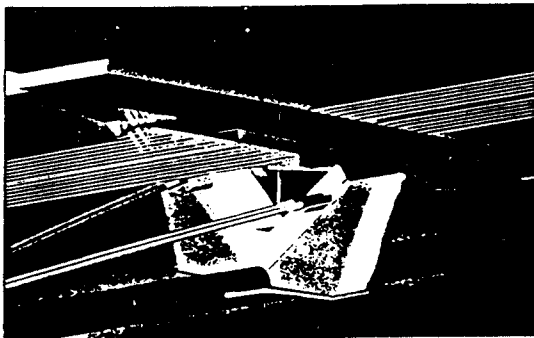


그림7. CAD applied to post - tensioned bridge design.

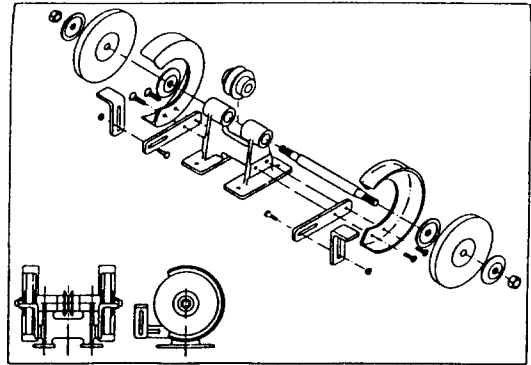


그림8. CAD applied to mechanical design.

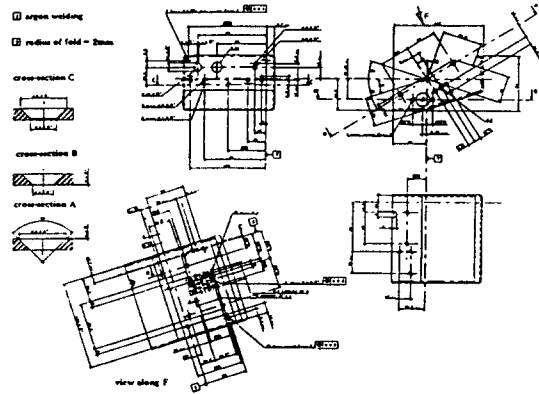


그림9. CAD applied to 2 - D drafting.

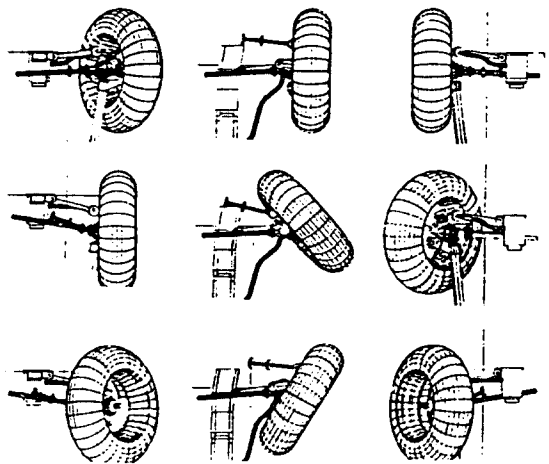


그림10. Display of different positions of car wheel through animation.

해진다. 그림10 에는 애니메이션을 이용하여 자동차 바퀴를 여러 위치에서 연속적으로 도화시킨 그림의 일부분이다. 이와 같이 애니메이션을 이용하면 실제 기능을 시뮬레이션해 볼 수 있게 되어 기본설계시 미리 최종 효과를 예측해 볼 수 있을 뿐만 아니라 때로는 값비싼 실험을 이것으로 대체할 수도 있게 된다.

### 공학 해석(Engineering Analysis)

공학해석의 도구로는 현재까지 주로 유한요소법을 많이 써 오고 있다. 구조물, 기계, 또는 장비의 활용 기능등을 고려한 모델링 단계를 거친후 주어진 환경에 견딜 수 있게 설계하고자 할때 해석단계가 요구된다. 아직은 널리 실용화 되어 있지 못하나 교호작용 컴퓨터 그래픽을 이용하여 해석모델에 대해 자동으로 유한요소를 생성하고 질점번호를 부쳐서 모델링 과정의 편의를 도울 수 있는 전처리(Pre-processing) 방법들이 개발되어지고 있다. 그림11 에는 Modified-octree 기법을 이용하여 자동 생성시킨 유한요소망을 보여주고 있다.

이와 같은 방법으로 이루어진 모델에 대해 유한요소로 해석한 결과는 그래픽 후처리(Post-processing)을 통하여 일목요연하게 도시하여 그 결과를 분석 판독할 수 있게된다. 그림12 에는 SMC(Sheet

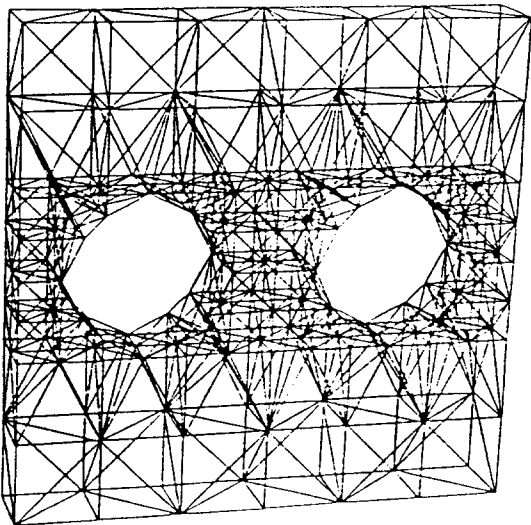


그림11. FEM mesh automatically generated by the modified-octree technique.

Moulding Compound)재료를 사용한 물탱크 모델의 해석결과로 얻어진 변형된 모습을 보여주고 있고, 그림13 에는 이 모델의 X 방향 모멘트 등고선을 보여주고 있다.

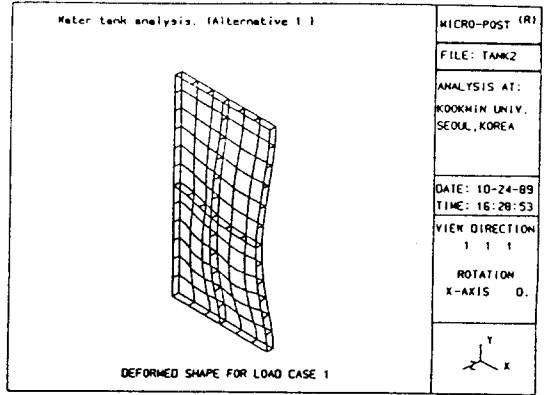


그림12. Deformed shape of SMC water tank model.

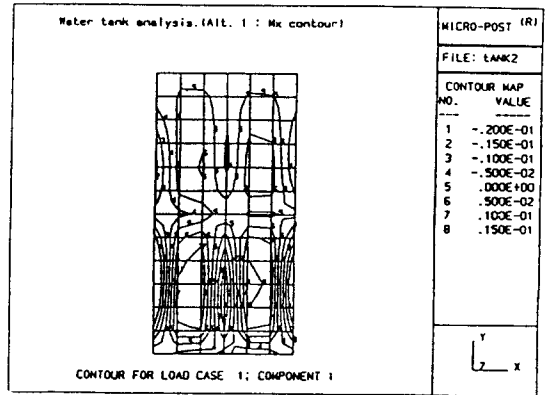


그림13.  $M_x$ -contour map of SMC water tank model.

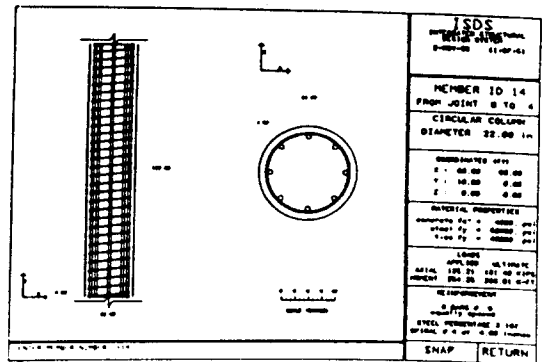


그림14. Display of analysis model of R/C circular column.

컴퓨터 그래픽은 전체 구조물에 대한 해석 뿐만 아니라 구조부재나 기계부품 또는 플랜트의 용기나 배관 등의 해석에도 많이 활용되고 있다. 이 경우에는 유한요소해석 뿐만 아니라 각 문제에 적합한 해법들이 동원된다. 이 과정에서 해석 모델을 도시한다든가, 해석결과를 도시한다든가 또는 이들로 부터 자동적으로 생성되는 최종 설계도면의 도시등에 컴퓨터그래픽이 이용된다. 그림14 에는 원형 콘크리트 기둥설계를 위한 해석 모델을 보여주고 있다.

### CAM에의 이용

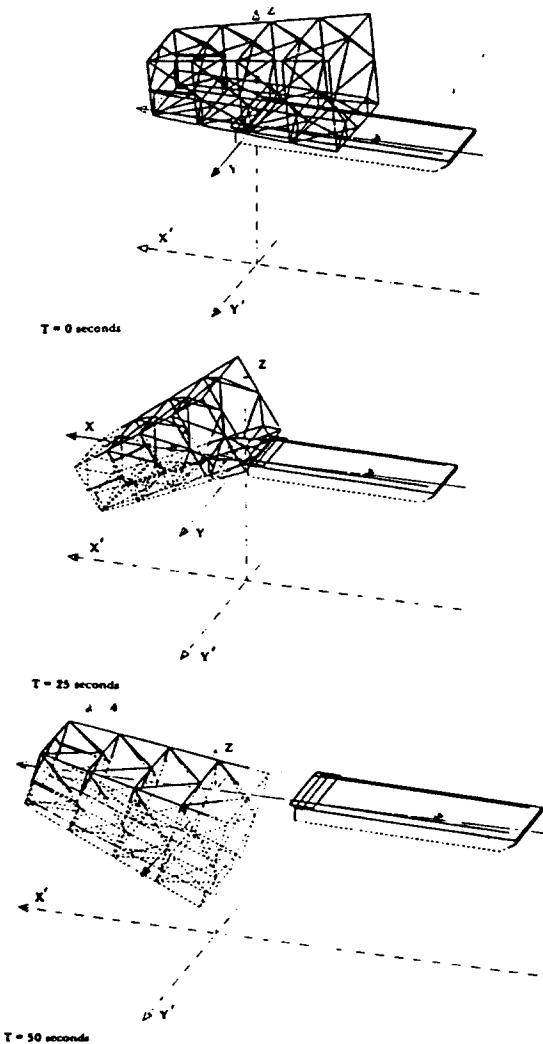


그림15. Launching simulation of a offshore platform tower from a barge.

모델링과 공학해석이 끝나고 도면이 완성되면 건설 또는 제작공정에 들어가게 된다. 이 단계에서 건축이나 토목구조물의 경우 컴퓨터 그래픽을 이용하여 각 시공단계별로 시뮬레이션해 봄으로써 컴퓨터 상에서 시공 또는 제작시 문제점을 미리 예측할 수 있고, 시공 또는 제작순서를 바꾸어가면서 가장 빠른 공정을 예견해 볼 수도 있게 된다.

그림15 에는 유정 플랫폼포움 타우어를 바아지선으로 해양에 인양하여 설치하는 단계를 시간대별로 시뮬레이션한 그림의 일부를 보여주고 있다.

한편, 자동차, 항공기, 기계등의 제조에는 수치제어기계(Numerical Control Machine)이나 수치제어공구 또는 로봇트 등을 이용하여 제조공정을 CAM 화 하고 있다. 이러한 응용예의 하나로 그림 16 에는 자동차 차체 제작 과정에서 로봇트 집게의 궤적을 보여주고 있다.

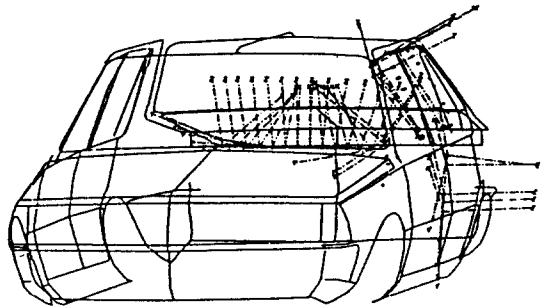


그림16. Display of the tracking of a robot gripper in the automobile bodywork.

### 맺음말

CAD/CAM 과정에서 컴퓨터 그래픽은 매우 중요한 역할을 하고 있고 앞으로 이 분야에서 그래픽 응용과 그 기법의 개발은 무궁할 것으로 예측된다. 또한 전 공정의 총합 CAD 과정에서 이들 컴퓨터 그래픽과 공학해석의 접속은 필수불가결할 것이다. 공학해석 분야에는 현재 유한요소법이 대중을 이루고 있으나 아직도 이러한 해석분야와 그래픽분야를 완전하게 접속시켜 전 공정의 설계를 컴퓨터로 자동화 하는데는 많은 시간이 요할

것 같다. 그러나 컴퓨터 하드웨어 값이 지속적으로 하락하고 저렴한 CAD 관련 소프트웨어가 개발될 것을 예상해 볼 때 설계 및 제작 자동화가 가

까운 장래에 대단히 큰 진전을 이룰 수 있을 것으로 보인다.