

구조공학에 이용되고 있는 PC와 부재 설계용 소프트웨어

이 성 우*

구조공학에 이용되는 PC

불과 4년전인 1984년 여름 IBM에서 퍼스날 컴퓨터 AT 모델이 나오 이래 사회 모든 분야에서 실로 놀랄만한 속도로 PC가 활용되고 있다. 그 중 우리가 관심을 가지고 있는 구조공학 분야에도 하루가 다르게 그 이용이 증가하고 있는 추세이다. 이는 외국의 거의 모든 관련잡지 뒷편에 흘러 넘치는 다양한 PC용 소프트웨어의 선전에서 보아도 바로 알 수 있는 일이다.

오늘날 PC가 구조공학에 이용되고 있는 분야를 보면, (1) 계산능력 이용 분야, (2) 그래픽 능력 이용분야, (3)데이터 저장 이용 분야, (4)시그널 전달 이용 분야 등이 주종을 이루다고 하겠다.

첫번째로 PC의 계산 능력을 이용하는 경우는 유한요소법이나 경계요소법 등을 이용하여 구조물 전체를 해석 하면서 많은 양의 계산이 요구되는 때이다. 또한 구조물을 구성하고 있는 각종 부재를 설계하거나 해석할 경우에도 많은 양의 계산이 필요하게 되어 PC의 계산 능력을 빌리고 있다. PC를 쓸 경우 일반적으로 계산 속도는 대형 컴퓨터에 비해 상당히 떨어지나, 저렴한 PC의 가격이 이러한 불편함을 충분히 보상해 주고도 남는다 하겠다. 실제로 설계 사무실이나 엔지니어링 회사에서는 다음 항에서 보여 주는 바와 같은 구조 설계용 소프트웨어를 이용하여 콘크리트 부재나 강구조 부재등의 설계를 매우 신속하고 편리하게 수행하고 있다. 뿐만 아니라 뿐만 아니라 일반 설계시 거의 일상적으로 반복되는

계산도 PC를 통해 손쉽게 해결하여 준다.

두번째로 PC의 그래픽 능력 이용 분야로는 먼저 CADD(Computer Aided Design and Drafting)를 들 수 있겠다. 재래의 도면 작성법에 비해 CADD의 큰 잇점으로는 작성된 도면을 손쉽게 보관, 수정 및 재 사용이 가능하고 구조 도면과 전기, 배관등 관련 다른 도면과의 오우버랩이 가능하여 상호 상충되는지 여부를 손쉽게 알아볼 수 있는데 있다. 또한 3차원 모델에서는 투시각을 다양하게 변화시켜 가면서 볼수가 있어서 복잡한 구조물을 보다 잘 파악 할 수 있게 해 준다. 컴퓨터 그래픽은 이외에도 유한 요소법으로 해석한 결과를 도시하는 포스트 프로세서(post-processor)로도 사용된다. 이 경우 변형 전후 요소망이나 응력, 온도, 에너지 변화등을 등고선을 이용하여 나타 낼수도 있고, 시간에 따라 변화하는 변형 상태나 진동 상태등을 연속적으로 도시하는 애니메이션(animation)기법을 써서 동적인 거동을 파악하는데 큰 도움을 준다. 뿐만 아니라 해석된 결과인 시간이나 거리에 따른 변화량을 커브나 도표로 나타내 주기도 하여 PC에서 그래픽은 매우 유용하게 활용되고 있다.

세번째로는 PC의 데이터 저장 이용분야로는 수 많은 설계자료 및 정보들을 데이터 베이스를 이용하여 저장, 수록해 놓았다가 필요시 항상 꺼내 쓸 수 있도록 하는 데이터 베이스 경영시스템(data base management system)이다. 일 예로 이때까지 도표에 의존했던 각종 구조용강의 단면 데이터를 데이터 베이스에 수록해 둬으로써 설계에 소요되는 시간을 상당히 절약 하면서 대

*정회원, 국민대학교 토목공학과 조교수, 공학박사

체효과 뿐만 아니라 계산도중 많은 데이터를 처리하여야 하는 경우에도 크게 활용된다. 이러한 데이터 베이스는 궁극적으로 PC의 한정된 메모리를 극복하기 위하여 계산시 발생하는 데이터들을 디스크에 적절하게 저장 또는 회수시킴으로써 메모리와 디스크를 효과적으로 이용하게 되는 것이다.

네번째로 PC의 시그널 전달 이용 분야로는 우선 구조실험시 실험장치에서부터 전기 시그널로 전달되는 각종 정보를 기록, 저장하는 일을 예로 들 수 있겠다. 복잡하고 순간 순간 변화하는 실험 결과를 자동적으로 기록하고 분석하는 일은 실험 데이터 처리에 결정적인 역할을 한다 하겠다. 시그널 전달을 이용하는 또 한가지 중요한 분야로는 대형 컴퓨터와 PC와의 데이터 이송 역할이라 하겠다. 일 예로 유한 요소 해석시 문제가 크고 복잡할 경우는 PC의 용량이 부족하여 부득이 대형 컴퓨터를 사용할 경우가 발생한다. 이 경우 대형 컴퓨터에 그래픽 터미날이 별도로 없을시 PC쪽에서 프리 프로세싱(pre-processing)을 이용하여 기하구조의 확인등 해석 준비가 완료된 입력 데이터를 작성한다. 이 데이터를 대형 컴퓨터에 이송하여 해석한후 다시 PC 쪽으로 포스트 프로세싱을 하며 대형 컴퓨터에 부수된 별도의 그래픽 장비 없이도 매우 효과적으로 문제를 해결 할 수 있다. 이와 같이 PC는 구조공학 분야에 다양하게 활용되고 있으며, 다음 항에서는 특히 구조 설계용으로 이용되고 있는 소프트웨어의 예를 들어 철근 콘크리트와 강구조 부재의 설계시에 실질적으로 어떻게 이용되고 있는가를 살펴보기로 한다.

철근 콘크리트 기둥의 해석 및 설계

철근 콘크리트 기둥의 설계는 콘크리트 부재 설계시 빈번히 발생하는 다소 번거로운 작업중의 하나이다. 기둥의 설계는 이제까지는 주로 설계 도표등을 이용하였으나 다음에 기술하는 PC용 소프트웨어를 이용하면 매우 손쉽게 그 해를 얻을 수 있다. 이 프로그램은 ACI 318-83 시행서의 강도설계법을 따르고 있으며 축하중과 단

축도는 이축 휨모멘트를 받는 단주 또는 장주의 해석 및 설계에 사용된다. 기둥의 단면은 구형 또는 원형단면 어느 것이나 가능하고, 주어진 단면을 해석한 후에 휨모멘트-축하중 상관도를 도시 해주며 3차원 파괴면(failure surface)도 도시해 준다. 따라서 주어진 단면에 대해 어떠한 축하중과 2방향 휨 모멘트의 조합에 대해서도 그 단면의 적합여부를 신속하게 판정할 수 있다.

그림1에는 예시할 기둥의 단면을 보여주고 있고, 그림2에는 메뉴방식을 이용한 입력 스크린을 보여주고 있다. 철근의 배근은 기둥 주변에 등간격으로 배치할 수도 있고 지적하는 패턴으로 배치할 수도 있다. 사용하는 철근의 직경도 자재로 변경할 수 있어 설계자의 편의를 돕고 있다. 이 입력 데이터를 바탕으로 기둥의 단면을 도시한 것이 그림3에서 보여지고 있다. 이 그림을 통하여 해석하고자 하는 기둥의 형상, 치수 및 철근의 배근을 해석하기 이전에 시각적으로 확인할 수가 있다. 이와같이 선택된 단면은 강도 설계법·이론에 따라 해석하게 된다. 해석된 결과는 그림4에서와 같이 휨모멘트-축력 상관도로 도시하여 설계하고자 하는 축력과 휨모멘트에 대해 단면의 적부를 검토할 수 있게 해준다. 이렇게 함으로써 종래의 설계도표를 찾는 불편한 과정을 대치시키고 설계자가 자유롭게 단면을 변화시켜 신속하게 검토해 볼 수 있게 된다. 이와 같이 해석한 기둥의 저항력과 설계 하중을 비교해 가면서 주어진 하중을 견딜수 있는 가장 적합한 기둥

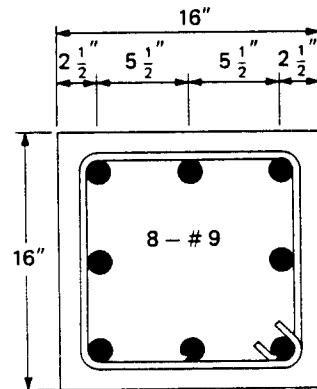


Figure 1. Sample column section

ULTIMATE STRENGTH DESIGN OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

Project: Project name Job No.: 1010
 Column ID: Wang Salmon 13.23.1 Engineer: SWL Date: 11/ 4/88

CROSS SECTION

Round, Spiral, Tied [R/S/T]: T Width (Diameter): 16. in. Depth: 16. in:

STRESSES

f'_c : 3. ksi F_y : 40. ksi

CAPACITY REDUCTION FACTORS

Phi compression: .70 Phi bending: .90

REINFORCEMENT

1 - Bars equally distributed around perimeter and all bars the same size
 2 - Number of bars per face and size will be given next (Tied only)
 3 - Area and location of each bar (up to 98) will be given next 1.

REINFORCEMENT MODE 1

Total number or bars (98 max): 8 Bar size: 9 Cover: 1.94 in.

Figure 2. Input screen

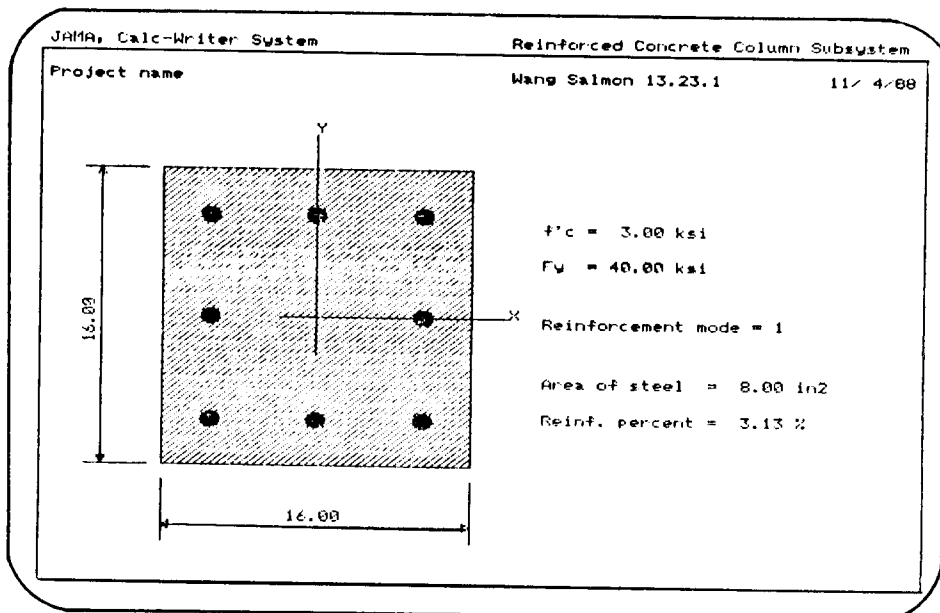


Figure 3. A view of cross section

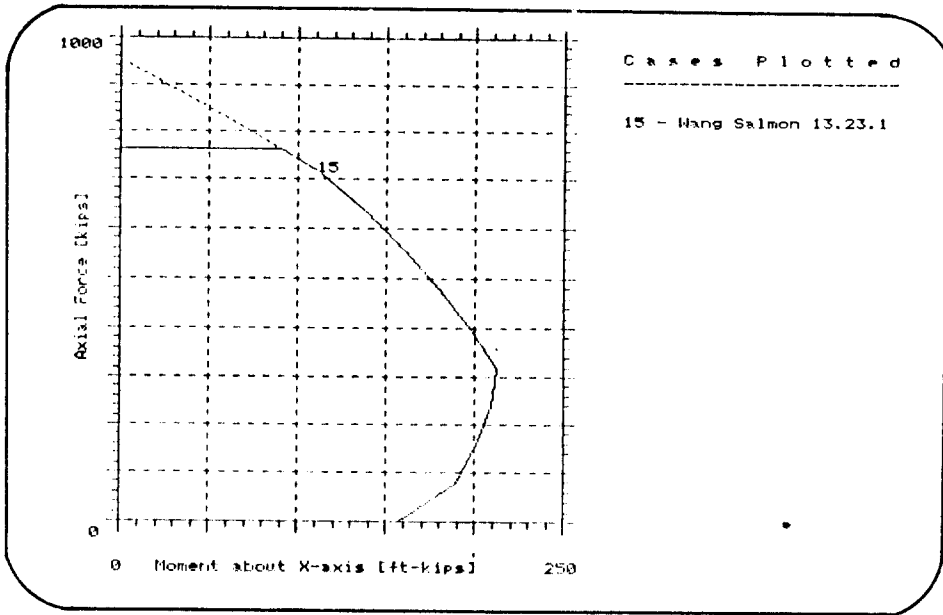


Figure 4. Interaction diagram

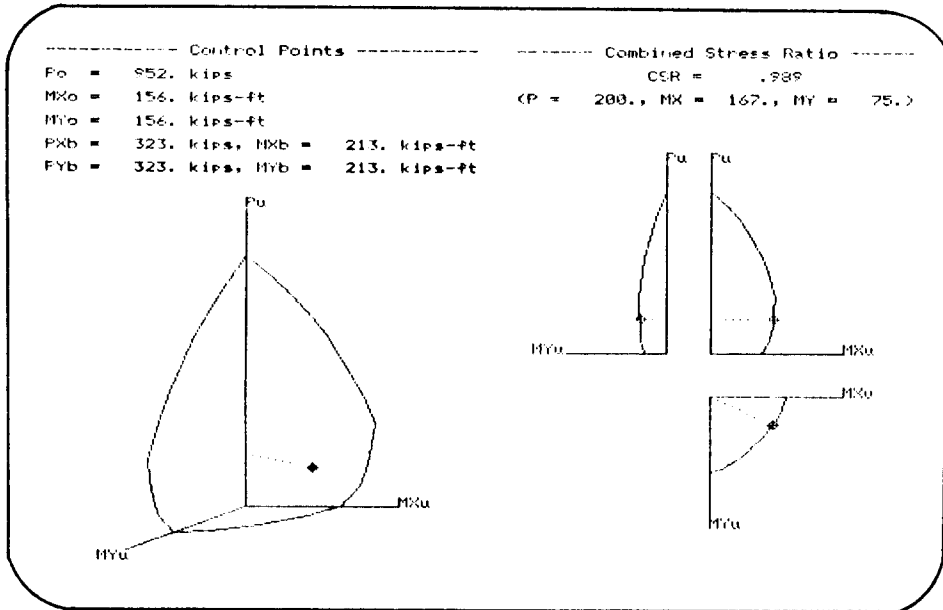


Figure 5. 3-D failure surface

을 설계 할 수 있게 된다. 한편 기둥이 이축 휨 (biaxial bending)을 받을 경우에는 그림5에서와 같은 3차원 파괴면이 구해진다. 이를 이용하면 임의의 x, y방향 휨모멘트와 축력으로 이루어진 하중조합에 대해서 해석한 기둥의 안전여부를 손쉽게 판정 할 수 있게 된다. 장주에 대해서는 세장비 효과를 적절히 감안하여 이로 인한 휨 모멘트 확대계수(moment-magnification factor)를 계산하여 축하중과 증가시킨 모멘트에 대해 주어진 기둥이 적절한지 판단할 수 있게 된다. 이처럼 PC용 소프트 웨어를 이용하면 번잡한 계산이나 도표를 찾지 않고는 손쉽게 철근콘크리트 기둥을 설계할 수 있게 된다.

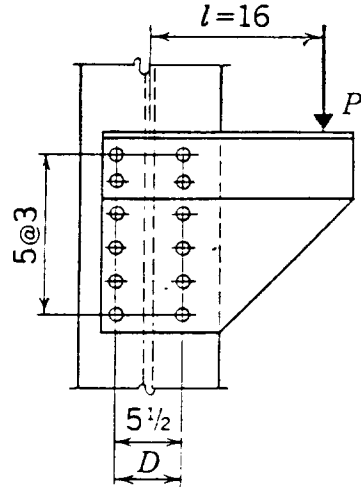


Figure 7. Sample bolt group problem

편심하중을 받는 조임재 군의 해석

강 구조 설계시 연결부에서 볼트나 리벳등 조임재 군(fastener group)이 편심하중을 받을 경우가 자주 발생하게 된다. 이 조임재 군의 저항력을 수계산으로 할 경우 탄성 해석법이나 극한 강도법 모두가 대단히 번거로운 작업을 요하게 된다. ASIC 설계 편람등의 도표를 이용 할 수도 있으나 이는 한정된 기하학적 배치만 취급할 뿐

이어서 조임재가 임의로 배치된 경우에는 역시 같은 불편을 겪을 수 밖에 없다. 이러한 불편한 점들은 다음에 기술하는 PC용 소프트웨어로 손쉽게 해결되며, 자유롭게 조임재 군의 배치를 바꾸어 본 경우에도 신속히 정확한 해를 얻을 수 있어 설계자의 편의를 돕고 시간을 절약하게 해 준다.

입력은 역시 메뉴방식으로 할 수 있고, 먼저

```

FASTENER TYPE DATA
Loading Type (S- Single Shear, D- Double Shear) [S/D]? S
Fastener Type (B- Bolts, R- Rivets, T- Threaded Parts) [B/R/T]? B
ASTM Designation [1/2/3]? [ Bolts: 1- A307, 2- A325, 3- A490 ] 2
                          [ Rivets: 1- A502-1, 2- A502-2, 3- A502-3 ]
                          [ Thread: 1- A36, 2- A572, 3- A588 ]
Connection Type [F/N/X]? F
[ F: Friction-type connection.
  N: Bearing-type connection with threads included in shear plane.
  X: Bearing-type connection with threads excluded from shear plane. ]
Hole Type (1- STD, 2- OVS, 3- LSL, 4- SSL, 5- NSL) [1/2/3/4/5]? 1
[ STD: Standard round holes (d +1/16"). OVS: Oversize round holes.
  LSL: Long slotted holes. SSL: Short slotted holes.
  NSL: Long or short slotted hole normal to load direction. ]
Nominal Diameter (d, in.) [1/2/3/4/5/6/7/8]? 3
[ (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8)
  5/8 3/4 7/8 1 1-1/8 1-1/4 1-3/8 1-1/2 ]
Enter data in fields (or "Esc" for options)

```

Figure 6. Fastener type data

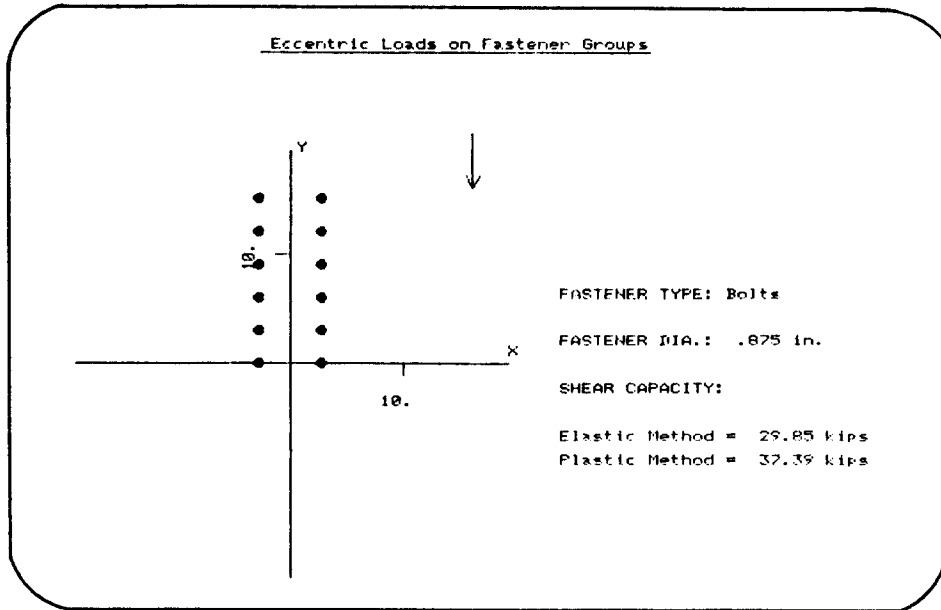


Figure 8. Analysis result of bolt group

조임재의 위치와 작용하중의 위치를 입력시킨 후 조임재의 종류를 선택 하게 된다. 그림6은 조임재 선택의 입력 스크린을 보여 주고 있는데, 볼트, 리벳 또는 나사형으로 된 조임재에 대해 ASTM의 강의 종류와 연결 종류, 조임재 구멍의 종류 및 조임재 직경을 선택할 수 있도록 하여 어느 경우엔 여건에 맞게 자유롭게 선택할 수 있게 된다. 그림7에는 예시할 볼트군을 보여주고 있고 이를 해석한 결과가 그림8에 나와있다. 이 그림에는 볼트군의 위치와 하중의 위치는 물론이고 이 볼트군이 견딜수 있는 전단 저항력에 대한 탄성해석과 극한강해석 결과를 함께 보여주고 있어 연결부의 강도를 매우 손쉽게 얻어 낼 수 있다.

맺음말

이 글에서는 PC가 구조공학에 이용되고 있는 분야를 살펴 보았고, 그중 특히 PC의 계산능력과 그래픽을 이용하여 구조 설계시 자주 발생하는

문제를 해결하는 예를 고려 해 보았다. 철근 콘크리트 예에서는 기둥의 해석 및 설계문제를, 강구조 예에서는 연결부의 조임재군이 편심 하중을 받는 문제를 각각 예시 하였다. 여기에 든 예 외에도 이러한 구조 설계용도의 PC용 소프트웨어는 얼마든지 개발될 수 있고 실제로 이와 같은 프로그램들은 설계 사무소나 엔지니어링 회사에서 매우 유용하게 이용되고 있다. 뿐만 아니라 PC용의 이러한 소프트웨어는 설계과정을 단계적으로 전개 시켜 나감으로써 학생이나 실무 엔지니어의 교육용으로도 개발되어 질 수 있을 것이다. 또한 수백장의 숫자나 말 보다도 한장의 그림이 공학적인 의사 전달에 더욱 큰 역할을 한다는 점을 감안한다면 PC의 그래픽을 이용하는 분야의 전망은 매우 밝다고 하겠다. 위와같이 앞으로는 PC가 더욱 구조공학 분야에 이용될 전망이고 그에 따르는 많은 소프트웨어들이 빠른 속도로 개발될 것으로 생각된다.