

## 예비구조설계에서의 상호작용방식에 따른 컴퓨터 활용방안



정 종 현\*

### 1. 서 론

구조설계는 크게 예비구조설계와 상세설계로 구분할 수 있다. 상세설계는 구조시스템 대안이 결정된 후에, 각각의 부재를 중심으로 구체적인 해석과 설계를 수행하는 작업이다. 예비구조설계는 요구조건을 바탕으로 구조시스템 대안을 결정하기까지의 과정으로서 요구조건 파악 구조시스템 대안 생성, 해석 및 설계, 가능성(feasibility) 검토, 구조시스템 대안들의 비교 및 선택하는 작업이다.

예비구조설계는 구조설계의 초기에 이루어지기 때문에, 예비구조설계의 결과가 적절하지 못한 경우 나중에 이를 수정하거나 변경하기 위해서는 보다 많은 노력, 시간, 비용을 추가로 투입해야 한다. 그러므로, 예비구조설계에서는 구조설계자가 가능성이 있는 다양한 구조시스템 대안을 생성하고 이를 비교하여 적절한 구조시스템 대안을 선택하는 것이 중요하다.

하드웨어(hardware)와 소프트웨어(software)에 관련된 정보기술(information technology)이 빠르게 발전하면서, 컴퓨터는 여러 공학분야의 복잡한 작업들에 응용될 수 있을 만큼 그 잠재적 활용 가능성이 커졌다. 이에 따라서 컴퓨터를 효과적으로 활용하면, 예비구조설계에서 필요한 여러 작업들을 보다 신속하고 편리하게 수행할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 예비구조설계는 그 나름의 여러 가지 특성이 있으며 이를 충분히 고려해야만 예비구조설계에 컴퓨터를 효과적으로 활용하여 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

### 2. 예비구조설계의 특성

#### 2.1 다양한 대안

예비구조설계는 요구조건을 만족시키는 구조시스템 대안을 찾아나가는 과정이라고 할 수 있으며, 이 과정에서 많은 구조시스템 대안들이 생성된다. 구조설계자가 구조시스템 대안을 생성해

\* 한국건설기술연구원 건설경영정보센터 CALS그룹

나가는 과정을 간단히 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.

구조설계자가 구조시스템 대안을 생성할 때에는 많은 경우에 이전에 생성한 구조시스템 대안을 수정하거나 변경하여 보다 발전된 구조시스템 대안으로 생성한다. 그림 1에서 보면 먼저 요구조건에 따라서 대안 1과 대안 2를 생성한다. 다음에는 대안 1을 수정 변경하여 대안 3, 대안 4, 대안 5를 생성하고, 다시 대안 2를 수정, 변경하여 대안 6, 대안 7을 생성한다.

따라서, 이미 생성한 구조시스템 대안이 요구조건을 모두 만족시키지 못하는 경우에도 이를 폐기하지 않고 보다 발전된 구조시스템 대안을 생성하기 위해서 관리해야 한다. 이러한 과정을 통해서 요구조건을 보다 합리적이고 경제적으로 만족시킬 수 있는 다양한 구조시스템 대안을 생성할 수 있으며, 요구조건을 만족시키기 위해서 구조설계자가 구조시스템 대안을 발전시켜온 방향이나 이력(history)을 파악할 수 있다.

### 2.2 다양한 고려사항

구조시스템 대안이 요구조건을 만족시키지 못하는 경우에 원인을 분석하여 그에 대한 대책을 수립하고 앞으로의 예비구조설계의 진행방향, 즉 해석의 정확도나 해석기법, 구조시스템 대안을 발전시킬 때 우선적으로 고려해야 하는 사항 등을 결정하기 위해서는 구조 시스템 대안의 다양한 구조적 특성과 예비구조설계를 진행시켜온 과정을 파악해야 한다.

그리고 예비구조설계에 있어서 요구조건은 공

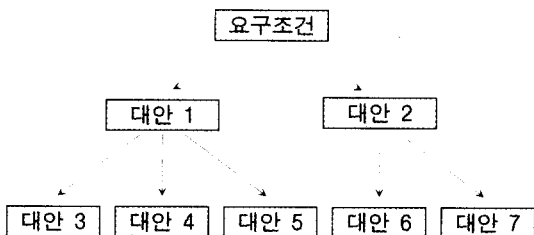


그림 1 구조시스템 대안을 생성하는 과정

간계획(space plan), 설비 법적인 규제, 시공방법, 재료, 구조적 안전, 비용 등의 다양한 측면에 걸쳐 있고, 이에 따라서 구조시스템은 선택은 건축에 관련된 다양한 분야에 많은 영향을 미치고 또한 영향을 받는다. 그러므로 예비구조설계를 수행하는 동안 구조물의 다양한 측면에 대한 특성들도 다각적으로 고려해야 한다.

### 2.3 다양한 해석과 설계

예비구조설계에서는 주어진 요구조건을 만족시킬 수 있는 구조시스템 대안을 찾을 때까지 여러 구조 시스템 대안을 생성하여 해석과 설계를 여러 차례 반복적으로 수행해야 한다. 그런데, 예비구조설계에서는 구조시스템 대안에 대한 다양한 특성을 파악하기 위해서 약산식에 기반을 둔 근사해석(approximate analysis), 행렬해석(matrix analysis)을 이용한 골조해석(frame analysis), 유한요소해석(finite element analysis)을 수행할 수 있으며, 범위를 구조시스템 대안 전체 혹은 특정상 서브시스템으로 제한하여 해석을 수행할 수도 있다.

그리고, 설계에 있어서는 보통 부재의 단면을 결정하는 부재의 예비설계를 수행하지만, 이 외에도 구조시스템 대안을 새롭게 생성하거나 구조시스템의 종류, 서브시스템의 수와 배치, 각 부재들의 접합관계를 변경하여 전체적인 하중의 전달방식을 조절할 수도 있다.

### 2.4 단계적, 반복적 진행

구조시스템은 서브시스템(subsystem)이나 부재가 서로 복잡하게 결합되어 있기 때문에 예비구조설계를 수행할 때에는 처음부터 구조시스템의 모든 구체적인 사항까지를 한꺼번에 고려하기는 어렵다. 따라서 단계적으로 우선 고려해야 할 사항들을 중심으로 구조시스템 대안을 단순화하여 구조해석과 설계를 수행한다. 예비구조설계를 수행하는 단계는 일반적으로 구조시스템 단계, 서브시스템 단계, 부재 단계로 구분할 수 있다. 구조시스템 단계에서는 먼저 구조시스템 대안의

전체적인 구조적 특성을 주된 관심사항으로 설정하여 해석과 설계를 수행한다. 서브시스템 단계에서는 주된 관심의 범위를 각각의 서브시스템으로 한정하여 서브시스템으로 전달되는 하중이 지반까지 전달되는 방식을 중심으로 해석과 설계를 수행한다. 부재단계에서는 관심의 범위를 부대로 한정하여 부대에 대한 해석과 설계를 수행한다.

그리고 예비구조설계에서 한번에 적절한 구조시스템 대안을 생성하는 것은 거의 불가능하므로, 여러 차례의 시행착오를 거쳐야 한다. 따라서 각 단계마다 해석과 설계를 그 방법이나 정확도에 변화를 주면서 반복적으로 수행해야 보다 발전된 구조시스템 대안을 생성할 수 있다. 이는 구조시스템 대안에 대한 검토와 비교에서도 동일하다.

## 2.5 경험적 지식의 활용

예비구조설계에서는 구조시스템 대안을 생성, 발전시키거나, 해석기법, 해석의 정확도를 결정할 때, 구조시스템 대안에 대한 다양한 특성을 종합적으로 고려해야 한다. 이것은 구조시스템 대안을 해석하고 설계하는 과정에서 발생하는 여러 문제점의 원인을 파악하고 그에 대한 대책을 수립하는 경우에도 마찬가지이다. 따라서, 예비구조설계에서는 경험, 지식, 직관 등의 경험적 지식(heuristics)을 바탕으로 하는 종합적인(synthetic) 사고와 판단(decision)이 요구된다. 또한 예비구조설계는 한번에 완료되는 것이 아니라 여러 차례의 시행착오를 거쳐서 반복적으로 수행되어야 하므로, 이러한 종합적인 사고와 판단은 예비구조설계가 진행되는 과정 전체에 걸쳐서 지속적으로 요구된다.

## 3. 상호작용방식의 예비구조설계

### 3.1 정형화된 자료와 작업

예비구조설계에서는 구조시스템 대안의 여러 가지 특성을 파악하고 그 가능성을 검토하기 위해서 전도모멘트(overturning moment)나 각 서

브시스템으로 전달되는 하중의 크기 등을 계산해야 한다. 필요에 따라서는 행렬해석이나 유한요소해석을 수행할 수도 있다. 이러한 작업들은 그 순서, 알고리즘(algorithm), 작업의 수행에 관련되는 자료들이 명확하게 정의되어 있는 정형화된(formalized) 작업으로서, 계속되는 일련의 수치계산 작업으로 분해하여 정의할 수 있다. 그리고, 이러한 작업들에서 사용하거나 생성해야 하는 자료들은 구조시스템 대안의 기하학적 형상, 하중, 변위와 같이 정수, 실수, 문자(character), 문자열(string)로 정확하고 간단하게 표현할 수 있는 정형화된 자료들이다. 따라서, 컴퓨터를 이용하면 정형화된 자료와 작업을 효과적으로 처리할 수 있다.

### 3.2 비정형화된자료와 활동

예비구조설계에서는 단순하고 반복적인 수치계산을 필요로 하는 해석이나 부재의 단면설계 외에도 구조시스템 대안의 생성과 검토, 구조시스템의 결과와 같이 경험, 지식, 직관 등의 경험적 지식을 필요로 하는 작업도 수행해야 한다. 이것은 해석의 정확도, 방법, 대상을 결정하는 작업에서도 마찬가지이다. 이러한 작업들은 어떤 과정을 거쳐서 수행되는지 명확하게 구분하여 정의할 수 없는 비정형화된(non-formalized) 작업이다. 그리고, 이러한 작업들에서 활용하는 경험적 지식은 정수, 실수, 문자, 문자열 등으로 간단하게 표현할 수 없는 비정형화된 자료들이다. 그러므로, 비정형화된 자료와 작업은 컴퓨터를 활용하여 처리하기 곤란하다.

### 3.3 구조설계자와 컴퓨터의 역할 분담에 기초한 상호작용

정형화된 자료와 작업은 컴퓨터를 활용하여 효율적으로 처리할 수 있고 비정형화된 자료와 작업은 컴퓨터를 활용하여 처리하기 곤란하다. 따라서, 예비구조설계에서는 구조설계자가 비정형화된 자료와 작업을, 컴퓨터가 정형화된 자료와 작업을 신속하고 정확하게 처리하고 그 결과를

서로 교환 및 지시하는 상호작용방식으로 (interactive) 컴퓨터를 활용하는 것이 적합하다.

이를 보다 구체적으로 보면, 먼저 구조설계자는 경험, 지식, 직관 등의 경험적 지식을 바탕으로 구조설계의 전체적인 구체적 특성을 종합적으로 고려하여 구조시스템 대안을 생성, 발전시키거나 해석기법, 정확도 등을 결정하여 상호작용방식으로 컴퓨터에 해석과 설계작업을 지시한다. 컴퓨터는 지시받은 작업을 수행하여 생성한 정형화된 자료들을 관리하고 상호작용방식으로 구조설계자에게 제시한다. 구조설계자는 다시 컴퓨터가 제시한 결과를 참조하여 자신의 경험적 지식에 따라서 예비구조설계를 진행한다. 이러한 방식을 통해서 컴퓨터는 정형화된 자료와 작업을 신속하고 정확하게 처리하여 구조설계자가 비정형화된 자료와 작업을 처리하여 자신의 설계의도에 따라서 예비구조설계를 진행할 수 있도록 효율적으로 지원할 수 있을 것이다. 그림 2는 구조설계자가 역할분담에 기초한 상호작용에 따른 예비구조설계를 도식적으로 표현한 것이다.

#### 4. 상호작용을 통한 자료의 생성과 참조

##### 4.1 3차원 관점

건물에 대한 정보는 대부분의 경우에 평면도, 입면도, 단면도, 상세도 등의 그림을 통해서 간

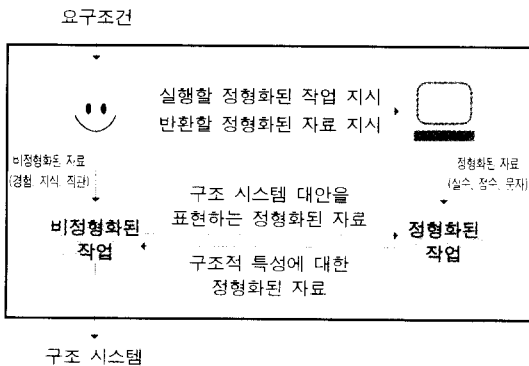


그림 2 구조설계자와 컴퓨터의 역할분담에 기초한 상호작용에 의한 예비구조설계

편하고 직관적으로 전달될 수 있으므로, 도면은 정보의 전달매체로서 매우 중요한 역할을 한다. 하지만 도면은 2차원 그림을 바탕으로 하므로, 실제로는 3차원 입체인 건물의 기하학적 형상과 재료를 포함한 다른 정보를 빠짐없이 정확하게 전달하기에는 한계가 있다. 따라서, 보다 정확하고 완전한 정보의 전달을 위해서는 도면과 각종 보충설명, 간단한 그림 등을 이용한 추가적인 정보의 전달이 이루어져야 한다. 이러한 것은 예비구조설계에서도 동일하다.

구조설계자와 컴퓨터의 역할 분담에 기초한 상호작용을 효과적으로 지원하기 위해서는 우선 구조설계자가 생성하여 해석, 설계, 검토하는 대상인 구조시스템 대안에 대한 모든 정보를 컴퓨터에 전달할 수 있어야 하며, 컴퓨터는 이를 다시 구조설계자에게 전달할 수 있어야 한다. 이때, 3차원 관점은 구조시스템 대안의 기하학적 형상을 3차원 그림으로 나타내는 것으로, 구조시스템 대안에 대한 3차원 기하학적 형상은 물론 다른 정보들을 보다 직관적으로 전달할 수 있는 바탕이 된다. 즉, 컴퓨터는 3차원 관점을 통해서 기본적으로 구조시스템 대안에 대한 완전한 3차원 기하학적 형상을 제시하고, 구조설계자는 3차원 기하학적 형상을 통해서 특정한 서브시스템이나 부재를 선택하여 그 부분에 대한 구체적인 치수, 하중, 변위, 반력 (reaction), 재료의 종류, 탄성계수, 중량 등 구조시스템 대안을 생성, 해석, 설계, 검토하는 과정에서 필요한 다양한 자료들을 참고하거나 수정할 수 있다.

3차원 관점을 바탕으로 하는 자료의 제시와 참조 및 수정을 위해서 컴퓨터는 구조시스템 대안에 대한 선과 면만으로 이루어진 와이어-프레임 모델 (wire-frame model), 입체로 이루어진 솔리드 모델 (solid-model) 형태의 3차원 형상을 모두 제공해야 한다. 그리고, 3차원 형상에 대한 애니메이션 (animation), 확대 (zooming), 선택 (selection), 패닝 (panning) 등의 기능을 제공해야 한다.

4.2 요구조건 관점

예비구조설계에서 구조설계자는 구조시스템 대안을 해석, 설계하고 그 결과를 요구조건과 비교, 검토해야 한다. 예비구조설계에서 고려해야 하는 요구조건들은 건축의 거의 모든 분야에서 비롯될 수 있으므로 그 종류나 범위가 다양하고 넓다. 먼저 건축계획이나 설비에 관련된 요구조건은 각 공간의 크기와 배치 등이 공간계획, 각종 설비의 크기와 위치 등이 있다, 시공에 관련된 요구조건은 공사방법, 공사기간 등이 있다. 구조와 관련된 요구조건은 법령에 의한 규제, 실무적 관행, 하중, 강성, 안정성, 재료, 사용성(serviceability) 등이 있다<sup>1)</sup>. 이 요구조건들은 그 자체 외에 비용에도 많은 영향을 끼친다. 이 요구조건들은 경우에 따라서 권장사항일 수도 있고, 제한사항(constraints)일 수도 있다.

구조설계자는 앞에서 열거한 요구조건들을 비용에 관련된 측면까지 종합적으로 고려하여 구조시스템 대안에 대한 검토와 비교를 수행해야 하며, 이를 위해서 요구조건에 대한 다양한 자료들을 참조해야 한다. 그러므로, 역할분담에 기초한 상호작용방식에서는 구조설계자가 이러한 요구조건들에 대한 자료들을 제시하도록 컴퓨터에 지시하고, 컴퓨터는 지시받은 자료를 제시하는 상호작용이 발생한다. 요구조건 관점은 각 요구조건 항목에 관련된 자료들을 체계적으로 관리하여 제시함으로써, 요구조건에 대한 비교와 검토 과정에서 발생하는 상호작용을 효과적으로 지원하기 위한 관점이다. 표 1은 요구조건을 크게 구조적 안전, 경제성, 기타로 구분하고 각각에 관련되는 정형화된 자료들을 나타낸 것이다. 표 1에 나타난 자료들 중에서 일부는 기하학적 형상에 대한 자료들인데, 이는 구체적으로 비교와 검토를 위해서는 기하학적 형상을 그림뿐 아니라 구체적인 수치로도 표현하고 파악해야 하기 때문이다.

표 1 요구조건에 대한 검토를 지원하기 위한 자료

구조적 안전	
하중	고정하중, 적재하중, 수평하중
강성	변위, 단면력, 단면의 크기, 선 부재의 길이, 면 부재의 높이, 폭
안정성	전도 모멘트, 형상비, 접합부의 수
재료	종류, 단위무게, 탄성계수, 연성도
사용성	수평변위, 수직변위
경제성	
물량	전체중량, 서브시스템의 중량
비용	전체비용, 서브시스템의 비용, 접합부의 수, 재료의 종류
건축계획 및 설비	
공간계획	전체적인 크기, 기둥의 위치, 스래, 층고, 바닥판의 높이, 바닥판의 개구부의 위치와 크기, 계단의 위치와 크기, 가용공간의 넓이
설비	설비의 크기와 위치

4.3 작업과정 관점

역할 분담에 기초한 상호작용 방식으로 예비구조설계를 진행하기 위해서는 각 작업의 결과 외에도 그 결과를 생성하는 과정도 참조해야 한다. 작업과정 관점은 예비 구조설계에서 수행하는 각 작업의 진행과정에 주된 관심을 두는 관점이다. 작업과정 관점은 어떤 결과를 생성하기까지 수행한 작업들과 그 과정의 계산식과 계산식에 사용된 여러 수치들로 이루어진다.

간단한 예로 3층 건물에서 가로와 세로가 7m인 정방형의 4개의 슬래브를 지지하고, 300kg/m<sup>2</sup>의 고정하중과 250kg/m<sup>2</sup>의 적재하중을 받는 1층 기둥의 단면을 항복응력도 2400kg/cm<sup>2</sup>의 200×200 H형강으로 결정하는 과정에 대한 작업과정 관점은 그림 3과 같은 형태로 표현된다. 그림 3에는 기둥의 단면을 결정하기 전에 기둥으로 전달되는 수직하중을 계산했다는 것이 나타나 있다. 그리고 그 과정에서의 할당면적(tributary area)과 압축력이 나타나 있다. 부재의 단면을 결정하는 과정에서는 필요한 최소의 단면적이 50.53cm<sup>2</sup>라는

1) 이 요구조건들은 예비구조설계에서 고려해야 하는 요구조건들 중의 일부이다. 그리고 각 요구조건들의 구분은 절대적인 것이 아니다.

- (1) 기둥으로 전달되는 하중 계산
1. 전체 3층에서 1층에 위치
  2. 각 층의 고정하중=300kg/m<sup>2</sup>,  
직재하중=250kg/m<sup>2</sup>
  3. 각 층의 하중 w=DL+LL=550kg/m<sup>2</sup>
  4. 할당면적=4×(49.4)=49m<sup>2</sup>
  5. 기둥의 압축력 P=3층×w×할당면적=80850kg
- (2) 기둥의 단면 결정
1. 허용응력도  $F_c=2400/1.5=1600\text{kg/cm}^2$
  2. 필요한 단면적  $A=P/F_c=80850/1600=50.53\text{cm}^2$
  3. 임시로 단면적 51.21cm<sup>2</sup>인 H형강 175×175결정
  4. 최종적으로 단면적 63.53cm<sup>2</sup>인 H형강 200×200결정

그림 3 작업과정 관점의 예

것, 단면적 51.21cm<sup>2</sup>인 H형강 175×175 를 임시의 부재단면으로 결정했다는 것, 단면적 63.53cm<sup>2</sup>인 H형강 200×200을 최종 부재단면으로 결정했다는 것이 나타나 있다.

구조설계기는 작업과정 관점을 통해서 각 작업을 결과와 그 진행과정을 파악할 수 있으며, 이를 바탕으로 구조시스템 대안, 그 특성, 예비 구조설계의 진행과정을 이해하고 다른 구조시스템 대안에 대한 장점과 단점을 더 구체적으로 파악할 수 있다.

#### 4.4 구조시스템 대안 발전 관점

구조시스템 대안 발전 관점은 구조시스템 대안의 생성과 발전 과정에 초점을 맞추어 각각의 구조시스템 대안들이 생성, 발전된 순서를 파악하거나 이전에 생성한 구조시스템 대안을 다시 참조하기 위한 관점이다. 그림 4는 구조시스템 대안들을 구조설계자에게 나무구조(tree structure)로 제시하는 구조시스템 대안 발전 관점의 한 예이다.

### 5. 상호작용을 통한 프로세스 조절

#### 5.1 프로세스의 분해와 상호작용

예비구조설계에서는 구조설계자의 판단에 따라서 해석, 설계, 검토, 비교 작업 등을 반복적으로 수행하므로, 그 프로세스가 일정하게 정해질 수 없다. 따라서, 예비구조설계에 컴퓨터를 효과

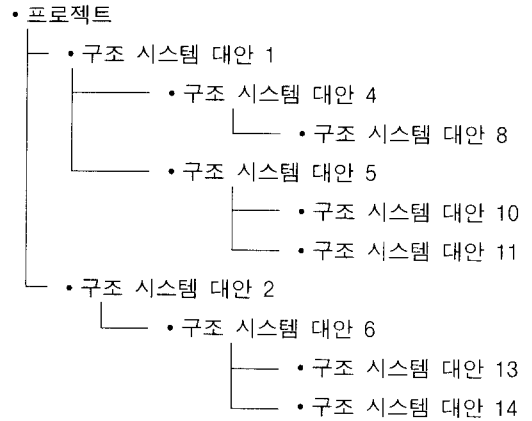


그림 4 구조시스템 대안의 발전 관점의 예

적으로 활용하기 위해서는 구조설계자가 다음에 수행해야 할 작업을 결정하고 이를 상호작용방식으로 컴퓨터에 지시하여 예비구조설계의 프로세스를 원하는 대로 조절할 수 있어야 한다.

예비구조설계의 프로세스의 조절은 구조시스템 대안의 생성과 발전(generation and development; GenDev), 구조시스템 대안의 해석과 설계(analysis and design; AnalDes), 구조시스템 대안의 선택(selection; Sel)의 기본적인 순서를 바탕으로 자연스럽게 이루어질 수 있다. 따라서, 상호작용방식에 기초한 프로세스 조절을 효과적으로 지원하기 위해서는 예비구조설계에서 수행해야 하는 작업들 중에 컴퓨터가 수행할 수 있는 모든 정형화된 작업들은 GenDev, AnalDes, Sel에 따라서 분류하여 그림 5와 같이 구조설계자에게 보여주어야 한다. 그러면, 구조설계자는 자신의 종합적인 판단에 따라서 다음에 수행해야 할 작업을 결정하고 컴퓨터가 구조설계자에게 보여주는 정형화된 작업 중에서 선택하여 그 실행을 지시하여 프로세스를 조절할 수 있다. 그림 5는 컴퓨터가 구조설계자에게 보여주어야 하는 정형화된 작업들을 GenDev, AnalDes, Sel에 따라서 분류하여 개략적으로 나타낸 것이다. 구조설계자가 보다 구체적으로 프로세스를 조절하기 위해서는 그림 5에 나타난 각 작업들을 보다 작은 단위의 작업들로 구분하여 나타내야 한다.

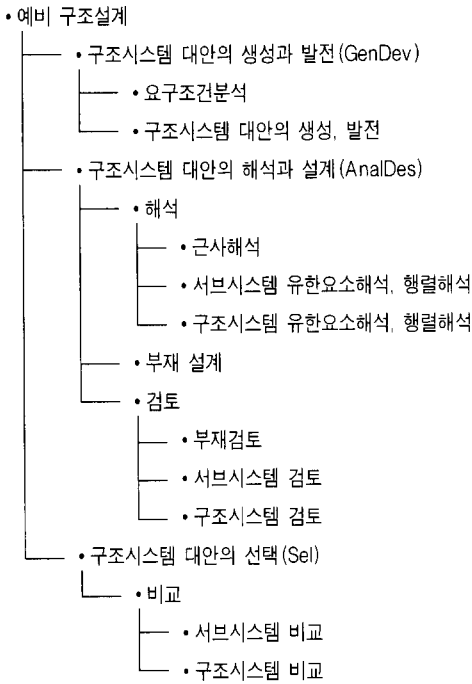


그림 5 예비 구조설계의 프로세스의 개략적인 구분

### 5.2 구조시스템 대안의 생성과 발전

GenDev는 요구조건분석과 구조시스템 대안의 생성 및 발전으로 구분된다. 요구조건 분석은 구조시스템, 서비스시스템, 부재의 각 단계에 따라서

제한중량, 제한충고 등의 요구조건을 파악하는 작업이다. 구조시스템 대안의 생성 및 발전은 구조시스템의 종류, 재료, 서비스시스템의 종류와 배치, 집합 방식, 부재의 종류의 배치, 집합 장식의 결정 등 구조시스템 대안을 생성하거나 기존의 구조시스템 대안을 발전시켜 새로운 구조시스템 대안을 생성하는 작업이다.

그림 6은 GenDev의 요구조건분석에 포함되는 작업들은 구조설계자가 수행하는 비정형화된 작업과 컴퓨터가 수행하는 정형화된 작업으로 구분하여 대응시킨 것을 나타낸 그림이다. 이 그림에서 왼쪽으로 정렬된 작업은 비정형화된 작업이고 오른쪽으로 정렬된 작업은 정형화된 작업이다. 화살표는 상호작용방식으로 그 결과를 구조설계자가 컴퓨터에 입력하거나 컴퓨터가 구조설계자에게 제시하는 것이다.

### 5.3 구조시스템 대안의 해석과 설계

AnalDes는 해석, 부재설계, 검토로 구분된다. 해석은 방법과 대상에 따라서 구분하여 약산식을 이용한 근사해석, 각 서비스시스템을 대상으로 하는 유한요소해석이나 행렬해석, 구조시스템 전체를 대상으로 보다 구체적인 유한요소해석이나 행렬해석이 있다. 부재설계는 부재력에 따라서 부재의 단면을 결정하는 작업이다. 검토는 그 대상

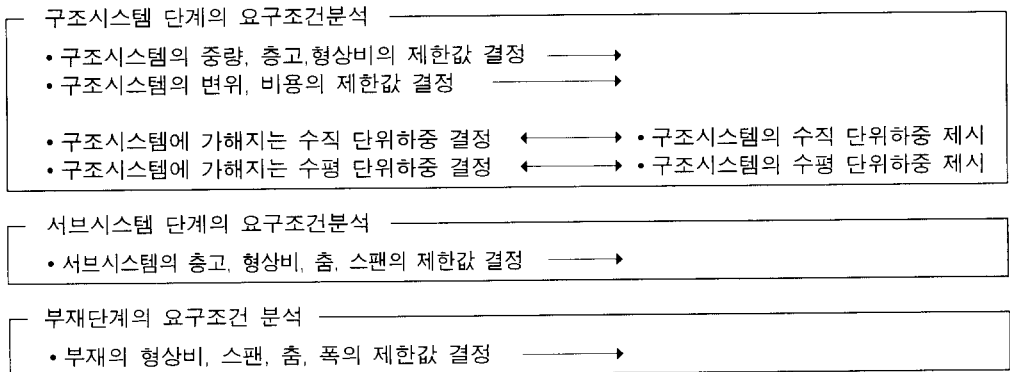


그림 6 GenDev의 요구조건분석에 포함되는 작업들

에 따라서 부재 단계, 서브시스템 단계, 구조시스템 단계의 검토로 구분된다. 그림 7은 의 해석, 부재설계 과정에 포함되는 비정형화된 작업과 정형화된 작업을 대응시킨 것이다. 근사해석의 경우에는 컴퓨터가 계산한 부재력을 구조설계자가 자신의 판단에 따라서 상호작용을 통하여 수정할 수 있다.

#### 5.4 구조시스템 대안의 선택

Sel은 생성, 발전, 해석, 설계된 구조시스템 대안들의 여러 특성을 비교하여 최종적인 구조시스템을 결정하는 것으로서, 각 특성에 대한 구조시스템 대안들의 차이, 백분율 등을 계산하는 정형화된 작업들과 이를 바탕으로 실제 최종적으로 결정하는 비정형화된 작업이 포함된다. GenDev와 AnalDes는 여러 구조시스템 대안을 차례로 그 대상으로 설정하여 작업을 수행하지만 Sel은 모든 구조시스템 대안을 동시에 고려하여 Ge-

nDev와 AnalDes에 의한 결과들을 참조하게 된다. Sel은 비교와 선택으로 구분되며, 비교는 다시 서브시스템 비교와 구조시스템 비교로 구분된다. 그림 8은 Sel의 서브시스템 단계와 구조시스템 단계의 비용 비교에 포함되는 보다 작은 단위의 작업들을 나타낸 것이다.

### 6. 요약

예비구조설계에서는 구조시스템 대안의 생성과 발전, 여러 방법과 대상에 따른 해석과 설계 다양한 요구조건과 구조적 특성을 고려한 여러 구조시스템 대안의 비교 및 선택 과정을 거친다. 그리고, 이러한 각 과정은 구조설계자의 경험적 지식을 바탕으로 하는 종합적인 사고와 판단에 따라서 단계적, 반복적으로 이루어진다. 그러므로, 예비구조설계에서는 정형화된 자료와 작업뿐 아니라 비정형화된 자료와 작업도 처리해야 한다. 따라서, 컴퓨터는 정형화된 자료와 작업을,

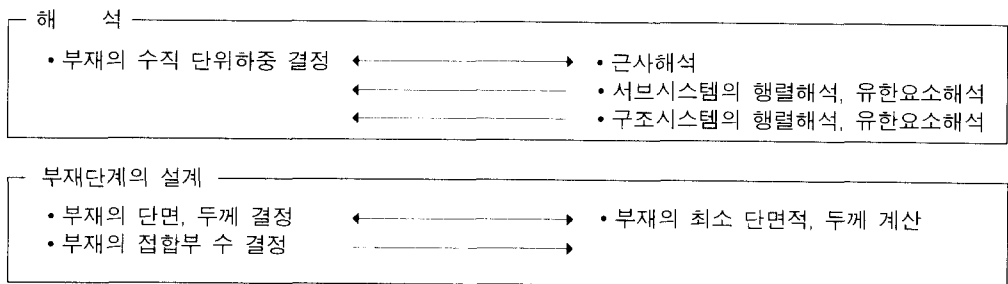


그림 7 AnalDes의 해석과 부재설계에 포함되는 작업들

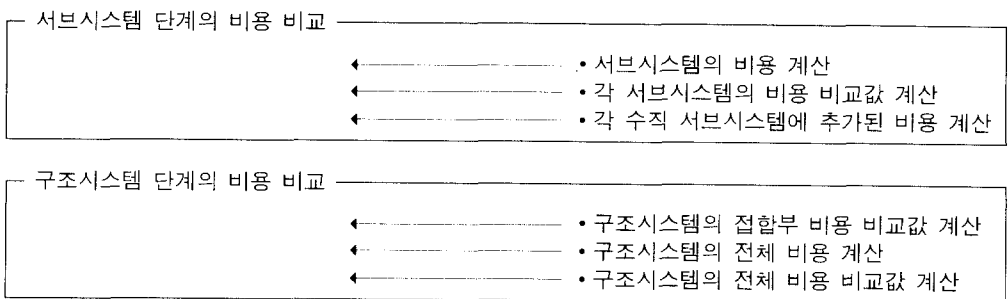


그림 8 Sel의 서브시스템 단계와 구조시스템 단계의 비용 비교에 포함되는 작업들



구조설계자는 비정형화된 자료와 작업을 직접 처리하고 이를 상호작용을 통하여 교환 및 지시하는 방식, 즉 구조설계자와 컴퓨터의 역할분담에 기초한 상호작용방식을 통하여 예비구조설계에 컴퓨터를 효율적으로 활용할 수 있을 것이다.

구조설계자와 컴퓨터의 역할분담에 기초한 상호작용을 원활히 지원하기 위해서는 구조시스템 대안의 기하학적 형상, 재료에 대한 자료를 효과적으로 제시할 수 있는 3차원 관점, 각 구조시스템 대안을 검토하고 비교하는 사항이 되는 다양한 요구조건에 대한 자료들을 관리하고 제시할 수 있는 요구조건 관점이 필요하다. 그리고 예비구조설계가 진행되어 온 과정, 방향, 설계의도 등의 파악을 위한 바탕이 될 수 있는 작업과정 관점, 구조시스템 대안 발전 관점이 필요하다.

예비구조설계의 프로세스 조절을 위한 상호작용을 효과적으로 지원하기 위해서는 컴퓨터가 수행할 수 있는 정형화된 작업들을 예비구조설계의 진행순서인 구조시스템 대안의 생성과 발전, 구조시스템 대안의 해석과 설계, 구조시스템 대안의 선택에 따라서 나열하여 제시할 필요가 있다. 이를 통해서 구조설계자는 자신의 판단에 따라서 다음에 수행해야 할 작업을 결정하고, 그에 해당하는 정형화된 작업을 컴퓨터가 제시한 작업 중에서 선택하고 그 수행을 지시하여 자신의 경험적 지식과 설계의도에 맞추어 예비구조설계의 프로세스를 조절할 수 있다.

### 참 고 문 헌

1. Abdalla, J.A. and Powell, G.H., "Version Management Needs for Structural Engineering Design", Engineering with Computers, Springer-Verlag, Vol. 7, 1991, pp.131~143
2. Allwn, R.H., "Expert System in Structural Engineering : Works in Progress", Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol. 1, No. 4, 1987, pp.312~319
3. Bedard, C. and Gowri, K., "Automating Building Design Process with KBES", Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, Vol. No. 2, 1990, pp.69~83
4. Coleman, R. A., Structural System Design, Prentice-Hall, 1983
5. Fraser, D.J., Conceptual Design and Preliminary Analysis of Structures, Pitman Publish Inc, 1981
6. Lin, T.Y. and Stotesbury, S.D., Structural Concepts and System for Architects and Engineerign, second ed., Van Nostrand Reinhold, 1988
7. Maher, M.L. and Fenves, S.J., HI-RISE : A Knowledge-Based Expert System for Preliminary Structural Design of High Rise Buildings, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, 1985
8. Rich, E. and Knight, K., Artificial Intelligence, second ed., McGraw-Hill, 1991
9. Sause, R. and Powell, G.H., "A Design Process Model for Computer Integrated Structural Engineering", Engineering with Computers, Springer-Verlag, Vol. 6, 1990, pp.129~143
10. Schueller, W., The Vertical Building Structure, Van Nostrand Reinhold, 1990
11. Smith, B. S. and Coull, A., Tall Building Structures Analysis and Design, John Wiley & Sons, 1991
12. Topping, B. H. V. and Kumar, B., "A Knowledge-Based Model for Structural Design", Optimization and Artificial Intelligence in Civil and Structural Engineering Volume II, Topping, B. H. V. (ed), Kluwer Academic Publishers, 1992, pp.101~122
13. 김치경, 정종현, 홍성목, "구조계산서 작성 과정을 통합 지원하는 새로운 개념의 구조설계 프로세서" 대한건축학회 논문집, 13권 8호, 1997
14. 김한수, "초고층 건물의 구조해석과 설계", 초고층 건물에 관한 연구 최종발표 자료집, 현대건설주식회사 기술연구소, 1997, pp.69~87
15. 정종현, "예비 구조설계를 위한 프러덕트 모델 및 프로세스 모델", 서울대학교 대학원건축학과 박사학위 논문, 1998 