

고층건물의 구조해석 Analysis of Tall Building Structures

1. 고층건물의 구조적 특징

저층건물에 비해서 규모가 큰 고층건물은 더 큰 하중을 견딜 수가 있어야 한다. 고층건물은 여러 가지의 하중 가운데서 특히 바람이나 지진 등의 수평하중에 의한 영향을 많이 받게 된다. 그림 1은 고층 철골건물에 대해서 단위면적당 사용되는 철골량이 높이(층수)의 증가에 따라 어떻게 변하는가를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 바닥구조에 사용되는 철골량은 건물의 층수와 별로 관계가 없이 일정하며 기둥에 사용된 철골량은 층수가 증가함에 따라 거의 비례적으로 증가하는 경향이 있다. 그러나 횡하중에 저항하기 위하여 횡보강(Lateral Bracing)에 사용되는 철골량은 건물의 층수가 증가함에 따라 급격히 증가하게 되는 것을 알 수 있으며 이는 고층건물에 미치는 횡하중의 영향이 매우 크다는 것을 보여주는 좋은 예라 하겠다.

고층건물이 횡하중에 대한 저항능력을 확보하도록 하기 위하여 고층건물의 구조설계에 전단벽(Shear Wall)이나 가새(Brace) 등을 사용하거나 튜브구조(Tubular System)를 채택하기도 한다. 따라서 고층건물은 보와 기둥 이외에도 전단벽이나 가새 등 여러가지의 구조요소를 복합적으로 사용하여 구성된다. 이러한 고층건물을 효율적으로 해석하기 위해서는 적절한 구조해석 기법이 필요하게 된다.

건물에 대한 구조해석을 수행하기 위해서 삼차

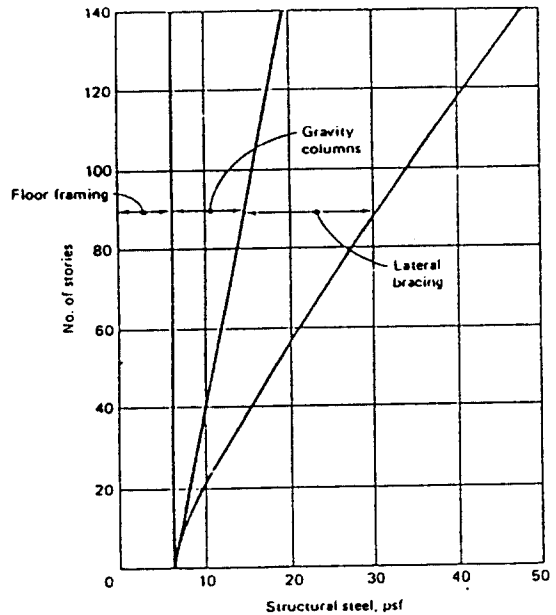


그림 1. 고층건물의 층수에 따른 철골사용량의 변화
(단위 : psf)

원 유한요소해석모델을 사용하면 구조물의 거동을 상당히 정확하게 알아낼 수 있는 장점이 있다. 그러나 이러한 모델을 고층건물의 해석에 사용하면 구조물의 해석을 위한 입력이 까다롭고 해석에 필요한 기억용량과 계산시간이 크게 늘어나는 경향이 있으며 해석결과와 판독이 번거로운 단점들이 있어서 고층건물의 구조해석을 위해서는 별로 좋은 방법이 아닌 것으로 볼 수가 있다. 고층건물을 효율적으로 해석하기 위해서는 구조물의 형상의 특징과 거동의 특성에 관하여 자세히 관찰하고

이것들을 최대한 활용할 필요가 있다.

2. 해석모델의 크기 문제

고층건물은 많은 수의 층과 공간을 가지게 되므로 해석모델이 상당히 크고 복잡하게 된다. 따라서 이러한 구조물을 해석하는 일은 고전적인 해석 방법을 사용하는 경우에는 물론이고 전산소프트웨어를 사용하는 경우에도 대단히 번거로울 뿐만 아니라 많은 량의 작업을 요구하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법은 다음에서 소개하는 바와 같이 여러가지가 있다.

가) 간이 등가모델의 사용

해석모델의 크기가 지나치게 큰 경우에는 그림 2와 그림 3에서 보는 바와 같이 더 적은 공간수나 층수를 가지는 등가의 구조물로 치환하여 해석을 수행하기도 한다. 이러한 모델을 사용할 경우에는 해석모델의 크기가 대단히 줄어들게 되며 변위나 진동주기 등은 어느 정도 근사적으로 알아낼 수가 있지만 부재력을 정확하게 알아 내기는 어렵다. 최근에는 계산속도 등의 기능과 기억용량이 크게 향상된 개인용 전자계산기가 많이 보급되고 있으므로 이러한 모델을 사용할 필요성이 크게 줄어들고 있다.

나) 부분모델의 사용

평면과 입면상에서 대칭인 고층건물에 대해서 대칭면에 평행하거나 직각인 횡력이 작용하면 구조물의 거동이 대칭(symmetric) 또는 역대칭(anti-symmetric)으로 나타나게 된다. 이러한 구조적 특성을 이용하면 구조물의 일부분에 대해서만 해석모델을 작성하고도 구조물 전체의 거동을 정확하게 알아낼 수가 있다.

예를 들면 그림 4에서 보는 바와 같이 횡력이 대칭면과 평행한 방향으로 작용할 경우에는 구조물도 대칭면에 대해서 대칭이 되도록 거동하게 된다. 이런 경우에는 대칭면을 따라 구조물을 절반으로 나누어서 어느 한쪽만에 대해서 해석모델을 작성하고 횡력의 절반만을 작용시키면 매우 간편하게 해석이 가능하게 된다. 이때 주의할 점은 해

석모델의 전단부에 존재하는 절점들에 대해서는 대칭조건에 맞는 경계조건을 부여하여야 하며 절단면내에 놓인 부재에 대해서는 부재의 단면성질을 절반으로 나누어서 사용하여야 한다.

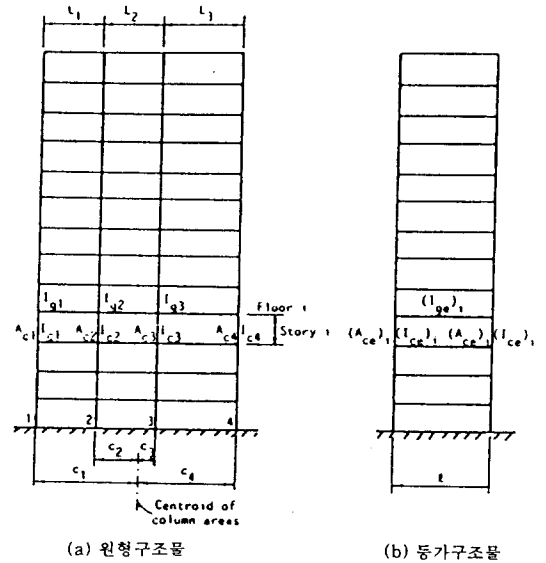


그림 2. 공간수를 줄이는 방법

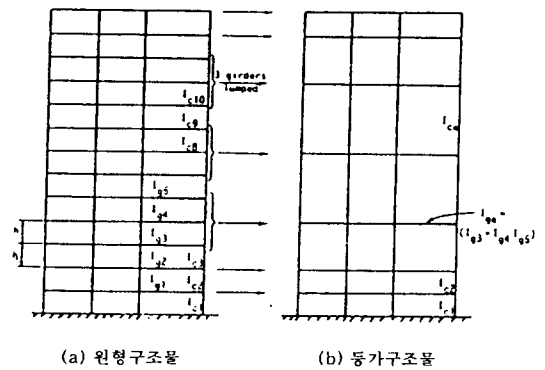


그림 3. 층수를 줄이는 방법

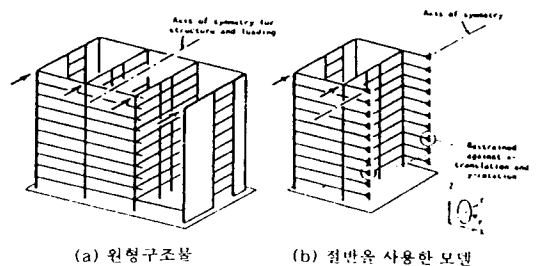
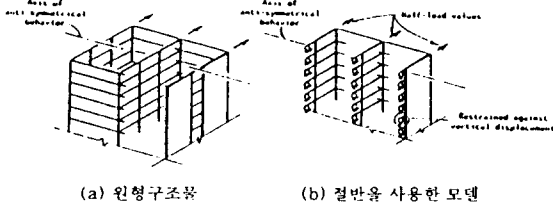


그림 4. 하중이 대칭축에 평행하게 작용하는 경우

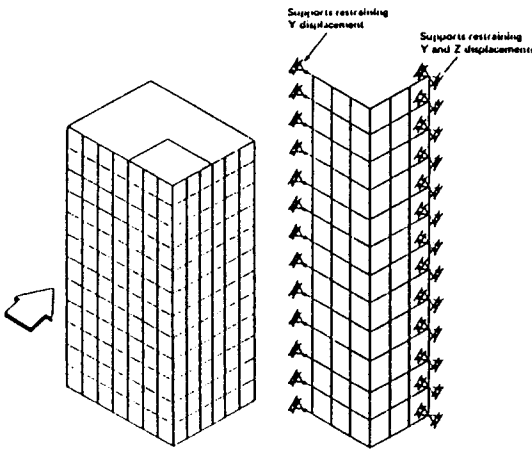


(a) 원형구조물 (b) 절반을 사용한 모델

그림 5. 하중이 대칭축과 직각으로 작용하는 경우

힘력이 대칭면에 직각인 방향으로 작용하게 되는 경우에는 구조물이 대칭면에 대해서 역대칭으로 거동하게 된다. 이러한 경우에는 그림 5에서 보는 바와 같이 대칭인 구조물의 어느 한쪽을 해석하되 절단부에 존재하는 절점들에 대한 경계조건을 역대칭으로 설정해 두어야 한다.

만일 구조물이 그림 6에서 보는 바와 같이 서로 직각인 두개의 대칭면을 가지는 경우에는 두개의 대칭면으로 절단하여 구조물의 사분의 일만을 사용하여 해석모형을 작성하고 절단 부분에 적절한 경계조건을 부여하도록 하면 효율적으로 구조해석이 가능하게 된다. 그러나 이러한 부분모델을 이용할 경우에는 구조물 뿐만 아니라 하중이나 구조물의 변위도 대칭으로 된다는 가정을 하고 있다. 그러므로 비대칭인 하중이나 변위에 관해서는 이러한 모델을 사용하기가 어렵다.



(a) 원형구조물 (b) 부분만을 사용한 모델

그림 6. 두개의 대칭축을 가진 경우

다) 응축모델의 사용

우리가 생각할 수 있는 대부분의 건물에 대해서는 剛膜(rigid diaphragm)가정이 유효하다. 즉, 건물의 바닥판이 무한히 큰 面內剛性을 가지는 막이라고 가정하여도 무리가 없을 정도로 바닥판의 面內變形이 크지않게 된다. 특히 건물이 고층이 될수록 바닥판의 변형이 구조물의 거동에 미치는 영향은 줄어들게 되므로 고층건물의 경우에는 강막가정을 사용하는데 아무런 문제가 없을 것이다. 이러한 구조적 특징을 이용하여 각 층에서 수평방향으로 두개의 변위자유도와 하나의 연직축에 대한 회전자유도를 사용하여 모든 절점의 이동을 나타낼 수가 있게 된다. 그러므로 건물의 각 층에서 세개의 자유도만을 사용하여 구조물의 동적거동을 거의 정확하게 알아낼 수가 있다. 고층건물에 대한 강성행렬을 구하는 과정에서 행렬응축기법(matrix condensation technique)이 사용되기 때문에 이러한 해석모형을 응축모델(condensed model)이라고 부른다. 이러한 응축모델은 고층건물의 구조해석을 위해서 구조기술자들이 널리 사용하고 있는 ETABS, BUILDS 및 SWAN-3D 등의 소프트웨어에서 효과적으로 사용되고 있다. 고층건물 각층의 바닥이 하나의 바닥판으로 연결되어 있을 때에는 이와 같은 해석모델이 매우 효과적으로 사용될 수가 있지만 바닥판의 거동이 하나의 강막거동으로 표현되기가 어려운 경우(flexible diaphragm이나 semi-rigid diaphragm)에는 응축모델을 사용하기 위하여 특수한 기법을 사용하여야 한다.

3. 프레임과 전단벽의 상호작용

가) 전단벽의 해석

전단벽구조물의 해석을 수행하기 위하여 구조기술자들이 상당한 어려움을 경험하게 되는 경우가 많다. 예를 들면 여러개의 개구부가 있는 전단벽구조물을 해석하기 위하여 그림 7(a)와 같은 유한요소 해석모형을 사용할 수가 있다. 이러한 해석모델은 지나치게 많은 수의 요소를 사용하기 때문에 해석에 소요되는 시간과 노력이 지나치게 많아지는 문제로 인하여 실용적으로 사용되기에는

부적합하다. 이러한 문제를 실용적으로 해결하기 위해서는 그림 7(b)에서 보는 바와 같은 해석모델을 사용하는 경우가 많다.

전단벽을 모형화하기 위하여 전단변형을 포함하는 거대한 기둥을 사용하며 전단벽의 크기를 해석에 반영하기 위하여 그림에 검은색으로 표시된 가상적인 강체를 사용하는 방법이다. 그런데도 실용적인 효율성이 있어서 많은 구조해석용 소프트웨어가 이 방법을 채택하고 있다. 그러나 전단벽의 국부변형을 제대로 고려하지 못하여 보에서 발생하는 부재력이 지나치게 과대평가가 되는 경우가 자주 발생하며 강체를 모형화하기 위해서 가상적으로 사용되는 보(강체보)의 강성이 지나치게 작으면 제대로 해석이 되지 않는다. 또 강체보의 강성이 지나치게 크게 되면 수치해석과정에 포함되는 오차가 커지는 문제가 따른다. 그러므로 이러한 해석모델을 사용하는 경우에는 가상적인 강체보의 강성을 신중하게 결정하여야 하며 해석결과에 대해서도 타당성을 확인하지 않으면 엉뚱한 결과를 그대로 믿어 버리게 되는 일이 생길 수가 있으므로 조심하여야 한다.

여러개의 전단벽이 보를 통하여 서로 연결된 병렬전단벽의 경우를 생각해 보자. 전산구조해석법이 널리 보급되기 전에는 그림 8(a)와 같은 구조물은 근사적으로 해석하기 위하여 그림 (b)에서 보는 바와 같이 전단벽을 연결하는 보들을 탄성의 막으로 치환하는 해석모델을 많이 사용하였다. 이러한 경우에는 미분방정식을 풀거나 적분을 통하

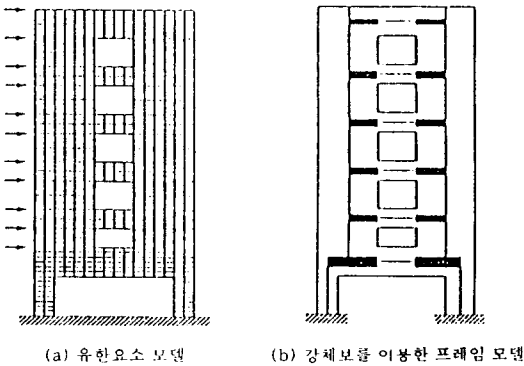


그림 7. 전단벽을 위한 해석모델

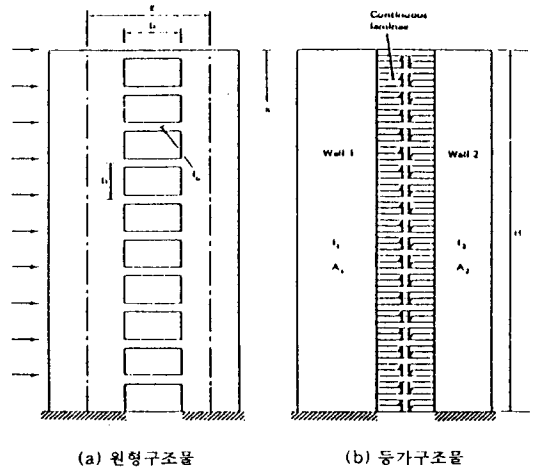


그림 8. 보를 탄성막으로 치환한 병렬전단벽 구조물

여 구조물의 거동을 근사적으로 알아낼 수가 있다. 그러나 구조물의 형태가 규칙적인 경우를 제외하고는 이러한 방법을 사용하는 것이 적절하지 못하므로 임의의 형태를 가진 병렬전단벽을 해석하기 위해서는 유한요소 해석모델을 사용할 수밖에 없다.

전단벽을 모형화하기 위하여 주로 사용되는 유한요소는 사각형 평면응력요소(plane stress element)인데 대부분의 구조해석용 소프트웨어에 사용되고 있는 평면응력요소는 절점마다 두개의 변위자유도만을 가지며 회전자유도를 가지지는 않는다. 병렬전단벽을 해석하기 위하여 이러한 요소와 절점에 회전자유도를 가지는 보를 직접 연결시키면 모멘트를 전달하지 못하는 힌지로 연결되는 효과를 가지게 된다. 따라서 보의 단부에는 휨모멘트가 발생하지 않게 되며 전단벽들은 보요소가 아닌 트러스요소로 연결되는 결과를 초래하게 되는 문제가 발생한다. 그러므로 구조해석에 사용되는 소프트웨어가 사용하는 전단벽요소가 절점에 두개의 변위자유도만을 가진 요소인지 또는 회전자유도를 동시에 가지고 있는지를 꼭 확인하여야 한다.

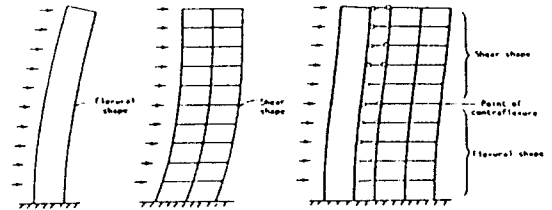
나) 전단벽을 가진 프레임의 거동

대부분의 고층건물은 기본적으로 모멘트저항골

조로 구성되며 여기에 가새나 전단벽을 추가하여 횡방향의 강성을 증가시키는 방법으로 설계된다. 이와 같이 프레임에 전단벽이나 가새가 추가로 설치되는 경우에는 그림 9에서 보는 바와 같은 상호작용을 고려하여야 한다. 그림 (a)에서 보는 바와 같이 전단벽이 단독으로 횡력에 저항할 때에는 Cantilever보가 횡하중에 의해서 휨 모양과 같은 휨모드(Bending Mode)의 변형이 일어난다. 프레임이 단독으로 횡하중에 대해서 저항할 경우에는 각층의 층전단력을 저항하기 위하여 기둥에서 발생하는 전단력에 의한 휨모멘트의 영향으로 그림 (b)에서 보는 바와 같은 전단모드(Shear Mode)의 변형이 일어난다. 프레임과 전단벽이 하나로 거동할 경우에 횡력이 작용하면 이들 구조요소들은 상호작용에 의해서 그림 (c)에서 보는 바와 같은 변형을 일으킨다.

이와 같은 상호작용으로 인하여 그림 10에서 보는 바와 같이 구조물의 하부에서는 프레임이 전단벽에 의지하게 되지만 구조물의 상부에서는 프레임이 전단벽의 변형을 막아주는 역할을 하게 된다. 이때 발생하는 프레임과 전단벽의 상호작용을 좀 더 자세히 분석해 보기로 하자. 전단벽이 단독으로 횡력에 저항할 경우에는 그림 11(a)에서 보는 바와 같이 구조물의 꼭대기에 변곡점이 발생한다. 그러나 전단벽과 프레임이 연결되어 있으면 구조물의 중간높이 정도에서 변곡점을 가지는 변

형을 일으키게 된다. 이때 프레임과 전단벽에 발생하는 전도모멘트는 그림 (b)에서 보는 바와 같다. 구조물 상부에서는 전단벽에 역방향의 전도모멘트가 발생하고 이것을 프레임이 추가적으로 저항하여야 한다. 구조물에 작용하는 층전단력은 그



(a) 전단벽의 변형 (b) 프레임의 변형 (c) 구조물의 변형

그림 9. 횡하중에 의한 구조물의 변형

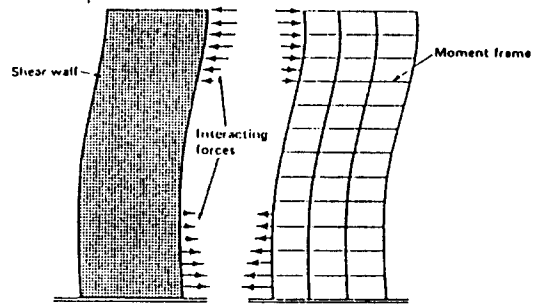


그림 10. 전단벽과 프레임의 상호작용

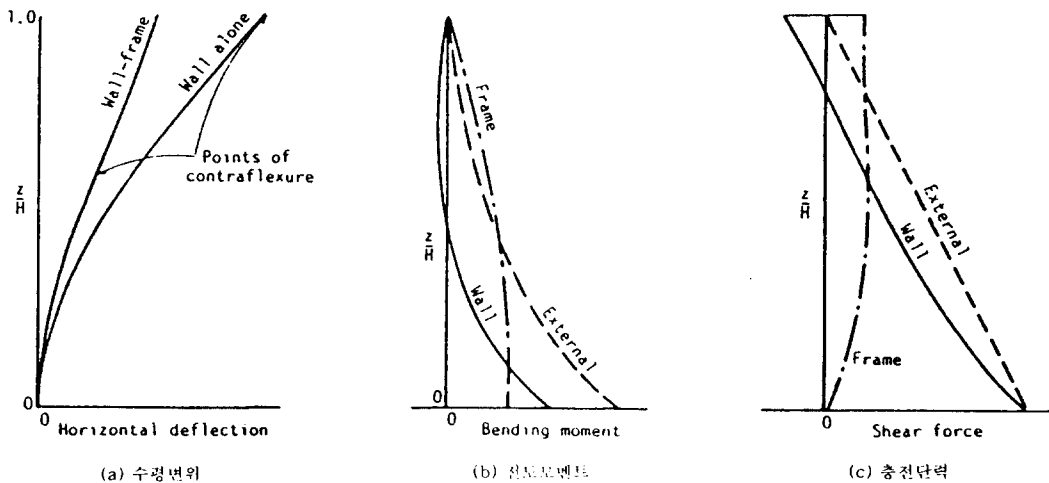


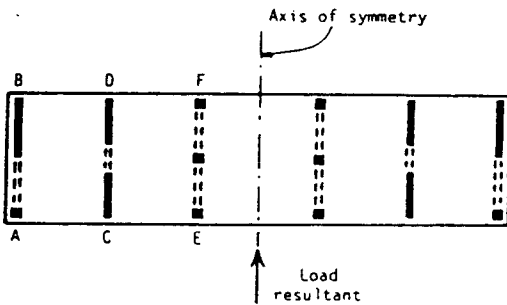
그림 11. 전형적인 전단벽과 프레임의 상호작용

림 (c)에서 보는 바와 같이 구조물의 상부층을 제외하고는 대부분의 전단력을 전단벽이 부담하게 된다.

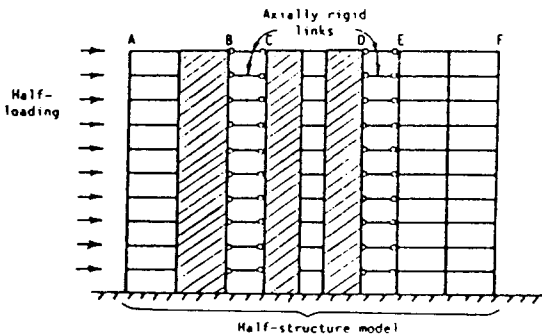
다) 전단벽을 가진 프레임의 해석

프레임과 전단벽 사이의 상호작용을 고려하지 못하면 고층건물의 구조해석이 제대로 이루어지는 것으로 보기 어렵다. 그러나 전단벽이 있는 구조물은 몇가지의 특수성을 가지고 있기 때문에 구조해석에 어려움을 더해 준다.

그림 12(a)에서 보는 바와 같이 프레임과 전단벽이 복합적으로 사용된 구조물에 지진이나 바람과 같은 횡하중이 작용하는 경우에 대한 해석은 그림 (b)에서 보는 바와 같이 대칭성을 이용하여 구조물의 절반만에 대한 2차원 해석모델을 이용하여 효율적으로 해석할 수가 있다. 그러나 우발비틀림과 같이 대칭이 아닌 하중에 대해서는 이러한 방법을 사용할 수가 없게 된다.



(a) 전단벽을 가진 대칭구조물



(b) 연결된 절반해석모델

그림 12. 대칭구조물에 대한 등가해석모델

라) 전단벽구조물의 특수한 경우

근래에 건설되는 호텔이나 오피스텔 등의 구조물은 횡력에 저항하기 위한 구조요소로 전단벽을 사용하는 경우가 많다. 이때 아랫층부분에서 큰 공간을 확보하기 위하여 그림 13과 그림 14에서 보는 바와 같이 전단벽 최하층부분의 강성이 크게 줄어들도록 설계하는 경우가 있다. 이러한 경우에 각각의 전단벽에 대해서 독립적으로 구조해석을 수행하면 벽들간의 상호작용이 고려되지 못한다. 따라서 그림에서 보는 바와 같이 구조물의 일부에서 작용하는 횡하중이 원래의 하중과 정반대의 방향으로 작용하게 되는 등의 상호작용에 의한 현상을 전혀 알아 낼 수가 없게 된다. 이와 같이 구조물의 일부분에서 강성이 급격하게 변하는 경우에는 좀더 정확한 해석방법을 사용하지 않으면 구조물의 안전성이 위협받게 되는 경우가 생길 수도 있다.

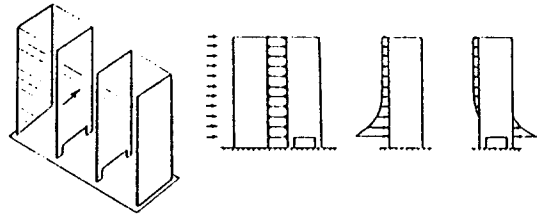


그림 13. 최하층에 개구부가 있는 전단벽을 가진 구조물

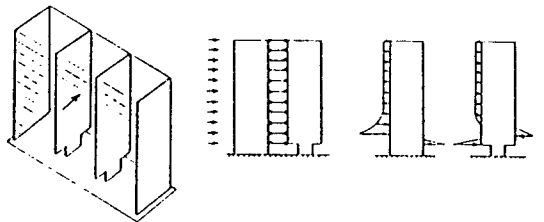


그림 14. 최하층에서 전단벽의 강성이 줄어드는 구조물의 경우

4. P-δ 효과의 해석

일반적으로 사용되고 있는 유한요소법에 의한 전산해석소프트웨어는 거의 대부분이 선형해석을 위주로 하여 개발된 것이다. 선형해석은 구조물에

작용하는 하중이 크지 않은 경우에 구조물의 변형이 별로 크지 않으며 이때 발생하는 응력도 재료의 항복응력보다 훨씬 작은 경우를 대상으로 적용되는 방법이다. 대부분의 경우에는 이러한 선형해석이 잘 적용될 수가 있다. 그러나 고층건물의 경우에는 구조적 특성상 수평변위가 크게 일어나는 수가 있다. 구조물의 수평변위가 크지 않은 경우에는 연직하중과 수평하중을 별개로 분리하여 해석하고 그 결과를 더하면 전체적인 해석결과를 얻게 된다. 그러나 수평변위가 커지게 되면 연직하중도 수평변위에 상당한 영향을 미치게 되는 현상이 생긴다. 이것을 $P-\delta$ 효과라고 부르는데 높은 구조물을 설계할 때에 이것을 제대로 고려하지 못하면 예기치 못한 구조물의 붕괴가 발생할 가능성이 있다.

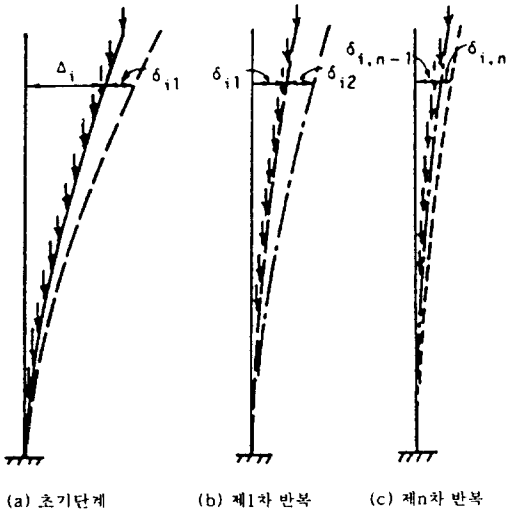
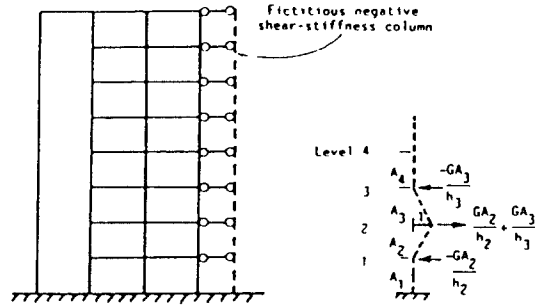
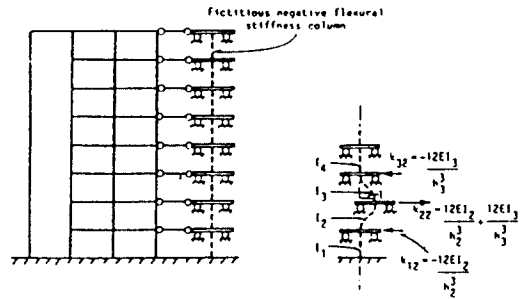


그림 15. $P-\delta$ 효과의 산정과정

고층건물의 $P-\delta$ 효과를 해석하는 과정을 간단히 소개하기 위하여 그림 15를 사용하기로 한다. 구조물에 연직하중과 수평하중이 작용하여 수평방향으로 변형이 생긴 모습이 그림 (a)와 같다고 하자. 여기서 Δ_i 는 선형해석을 통해서 얻은 i 층에서의 수평변위이다. 이와 같이 변형이 생긴 구조물에 대해서 연직하중의 영향이 작용하면 수평변위는 증가하게 된다. 이때 i 층의 수평변위의 변화



(a) 전단강성을 사용하는 방법



(b) 휨강성을 사용하는 방법

그림 16. 음의 강성을 가지는 가상기둥을 사용하는 $P-\delta$ 효과 해석

량은 δ_{i1} 이다. 이와 같은 과정을 계속해서 반복하면 그림 (b), (c)에서 볼 수 있는 바와 같이 $\delta_{i2} \dots \delta_{in}$ 을 구할 수가 있다. 이러한 과정을 i 층에서의 수평변위 δ_{in} 이 매우 작을 때까지 반복한 후에 이들을 모두 더하여 i 층의 수평변위 Δ_i 를 구할 수 있으나 이 방법은 반복적인 계산을 요구하므로 실제적으로 사용하기에는 좀 불편하다.

고층건물에서 발생할 $P-\delta$ 효과를 좀 더 간단하게 산출하기 위하여 사용될 수 있는 방법으로는 그림 16에서 보는 바와 같이 음의 강성(negative stiffness)을 가지는 가상적인 기둥을 사용하는 방법이 있다. 이때 사용되는 가상적인 기둥은 해당 층에 작용하는 연직하중의 총합에 비례하는 음의 강성을 가진다. 따라서 상부층에서 전달되어 내려오는 연직하중이 클수록, 또 수평변위가 클수록 더 큰 층전단력을 유발하여 수평변위를 증가시키는 결과를 초래하는 역할을 한다.

5. Setback이 있는 구조물의 해석

최근에 국내에서 많이 건설되는 고층건물 중의 한가지 형식은 주상복합건물이다. 주상복합건물의 상부는 주거용으로 사용되며 하부는 상업용으로 이용된다. 두가지의 서로 다른 용도의 건물을 하나의 구조체로 건설하기 위해서는 그림 17(a)에서 보는 바와 같이 Setback이 생기거나 상하부의 골조가 정확하게 맞물려서 연결되지 않는 경우가 발생하게 된다. 이러한 경우에는 구조물의 상부와 하부가 연결되는 부위에 매우 큰 단면을 가지는 보(transfer girder)나 두꺼운 바닥판(transfer slab)을 설치한다. 이러한 구조물을 그림 (b)에서 보는 바와 같이 두개의 구조물로 분리시켜서 생각

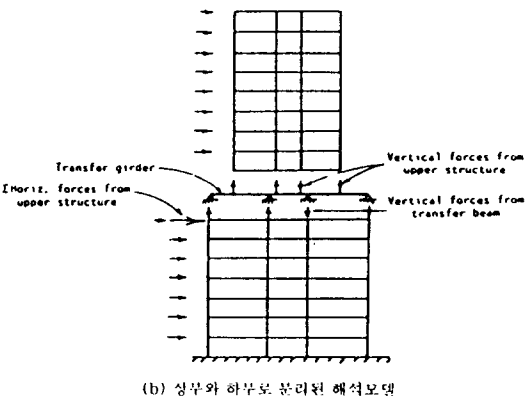
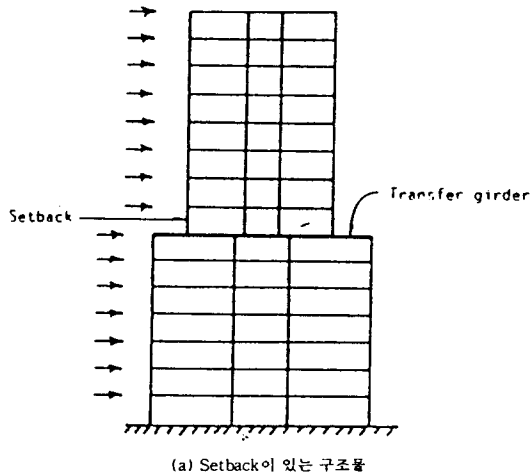


그림 17. Setback이 있는 고층건물의 해석

하고 해석하는 절차는 다음과 같다. 먼저 상부구조물에 대해서 구조해석을 수행하며 연결부의 크보를 고정지반과 같이 생각하고 경계조건을 줄 수가 있다. 그리고 상부구조물에 대한 해석결과로부터 얻어지는 수평반력과 연직반력을 하중으로 생각하면서 하부구조물에 대하여 해석을 수행한다. 마지막으로 상하부의 구조물해석결과로부터 얻어지는 부재력을 가하여 연결부의 크보에 대한 구조해석을 수행한다.

6. Column Shortening 효과

건물의 고층화로 인한 하중의 증가는 기둥이나 벽과 같은 연직방향의 구조부재에 심한 축변형(axial shortening)현상을 일으키게 된다. 이러한 연직부재의 축변형현상은 부재별 축응력의 차이로 인하여 부재마다 서로 다른 크기를 가지게 된다. 이러한 부등축변형(differential shortening)은 슬래브나 보와 같은 수평부재에 상당한 량의 추가적인 부재력을 발생시킨다. 또 완공후에도 계속적으로 발생하는 주구조부재의 축변형은 내부간벽, 설비체계 및 외장재와 같이 수직하중을 부담하지 않아서 축변형현상이 발생하지 않을 비구조재에 부가적인 변형을 발생시킴으로서 건물 전체의 사용성에 큰 지장을 초래하게 된다.

연직부재의 탄성축변형에 대한 차이는 부재에 작용하는 축응력의 차이에 기인한다. 일반적으로 고층건물의 외부기둥은 내부기둥에 비해서 더 큰 휨응력과 더 작은 축응력을 받는다. 축응력의 상태가 비슷한 경우에는 저층건물의 축변형도가 고층건물의 축변형도와 비슷하다. 그러나 고층건물의 전체적인 축변형량은 상부층으로 올라가면서 누적되며 구조물 전체의 높이가 높을수록 그 영향이 커지게 된다.

철골구조의 경우에는 기둥의 축변형량이 전적으로 탄성축변형에 의해서 결정된다. 그러나 합성구조 또는 철근콘크리트구조와 같이 콘크리트를 사용한 구조물은 콘크리트의 creep 또는 건조수축과 같은 비탄성축변형량의 비율이 상대적으로 매우 높게 나타난다. 콘크리트는 그 재료의 특성으로 인하여 탄성축변형과 비탄성축변형으로 분류

되며 시공의 진행과정에 따른 축소 또한 분류되어야 한다. 시공이 진행되는 동안 각 층의 기둥은 탄성축변형현상이 발생하게 된다. 또한 콘크리트나 합성기둥의 경우에는 건조수축 및 압축하중의 작용으로 인한 creep이 발생하기 시작한다.

따라서 실질적인 경우에 대한 설계는 위에서 기술한 모든 조건들을 반영하여 어떠한 재료를 사용한 고층 구조물에서도 그 축소량을 예측할 수 있는 해석방법 및 보정에 대한 기술을 확보하여야 한다.

7. 지진해석

고층건물의 내진설계를 수행할 경우에 구조기술자들이 흔히 범하는 오류가 있다. 우리나라에서 건설되는 대개의 고층건물은 지진하중이 바람하중보다도 더 적은 것으로 나타나게 될 것이며 이러한 이유로 구조기술자들은 지진하중을 무시하고 바람하중에 대해서만 구조설계를 수행하는 수가 있다. 그러나 지진하중이 산정되는 배경을 생각해 보면 이러한 판단이 얼마나 위험한 것인지를 알 수가 있게 된다.

내진설계기준은 구조물이 상당한 비선형거동을 하는 것으로 가정하고 지진하중을 산정하도록 하고 있다. 따라서 지진하중이 원래 예상치보다 1/3-1/6 정도로 줄어들게 되어서 경제적인 구조물의 내진설계가 가능하게 되는 배경에는 구조물이 상당한 정도의 소성능력을 가지는 것으로 가정하고 있다. 그래서 지진하중이 바람하중보다 더 적은 경우일지라도 구조물이 가정된 수준만큼의 소성거동능력을 가져야 한다는 조건에는 변함이 없다. 따라서 내진설계에서 요구되는 모든 조건들에 대해서 확인하는 과정을 생략하여서는 안된다.

8. 맺는 말

전산구조해석분야의 기술이 오늘날과 같이 발전하기 전에는 고층건물의 해석을 위하여 여러가지의 근사해석법이 개발되었고 또 사용되었다. 그러나 최근에는 누구나 우수한 성능의 전산기를 사용할 수가 있는 여건이 갖추어지고 있으며 사용할

수 있는 구조해석용 소프트웨어도 여러가지가 있다. 따라서 앞으로는 근사해석법에 대한 관심이 급격히 줄어들 것이며 대부분의 구조기술자는 전산소프트웨어에 의존하게 될 것이다.

전산소프트웨어를 사용하여 구조해석을 수행하는 경우에는 몇가지의 사항에 유의하여야 한다.

첫째, 해석에 사용되는 소프트웨어가 활용될 수 있는 범위를 확실히 알아야 한다. 사용되는 유한 요소는 어떤 성질을 가지고 있으며 해석방법은 어떠한 오차를 포함할 수 있는지 등에 관하여 확인을 하여야 한다. 원하는 목적에 알맞는 소프트웨어를 선택하지 못하면 제대로 구조해석을 수행할 수가 없기 때문이다.

둘째, 사용하는 해석모델이 적절한지를 확인하여야 한다. 아무리 좋은 소프트웨어를 사용하더라도 사용자가 적절한 해석모델을 작성하지 못하면 좋은 결과를 기대할 수가 없다. 특히 지점의 경계 조건이나 요소의 연결부분이 제대로 이상화되었는지를 확인할 필요가 있다.

셋째, 해석결과의 의미를 정확하게 이해하여야 한다. 목적에 맞는 소프트웨어를 사용하더라도 해석결과를 정확하게 이해하지 못하면 곤란하다. 정적해석이나 동적해석을 수행하여 얻은 결과가 어떤 의미를 가지고 있는지를 확실히 알아야만 이를 구조설계에 제대로 반영할 수가 있다.

이러한 사항들을 고려할 때, 구조해석에 사용되는 전산기나 소프트웨어도 중요하지만 이들보다도 훨씬 더 중요하게 여겨져야 할 존재는 이들을 사용하는 구조기술자라는 사실을 다시 한번 인식할 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. B. S. Smith & A. Coull, *Tall Building Structures Analysis And Design*, John Wiley & Sons, 1991.
2. B. S. Taranath, *Structural Analysis and Design of Tall Buildings*, McGraw-Hill, 1988.
3. W. Weaver, D. -G. Lee & G. Debalian, "Finite Element for Shear Walls in Multistory Frames," *J. of Str. Engrg.*, ASCE, Vol. 107, No. ST7, July, 1981.

4. C. -K. Choi, D. -G. Lee, H. -K. Chung & E. L. Wilson, "Simplified Building Analysis with Sequential Dead Loads," J. of Str. Engrg., ASCE, Vol. 118, No. 4, April, 1992.
5. D. -G. Lee & S. -K. Moon, "Effects of In-Plane Floor Slab Flexibility on the Seismic Behavior of Building Structures," Engrg. Structures, Vol. 16, No. 2, 1994.
6. 이동근, 강석봉, "전단벽을 가진 프레임의 구조해석에 관한 연구", 대한토목학회논문집, 1986, 6.
7. 김경호, 이동근, "고층건물의 효율적인 구조해석", 대한토목학회 논문집, 1987, 6.
8. D. -G. Lee, N. -H. Kim & H. -J. Whang, "Efficient Model for Analysis of Tubular Systems," EASEC-4, Seoul, Korea, 1993, 9.