

고차진동모드의 영향을 고려한 총지진하중

The Effect of Higher Vibration Modes on the Design Seismic Load

이 동 근*
Lee, Dong, Guen
신 용 우**
Shin, Yong Woo
이 석 용***
Lee, Seok Yong

요 약

일반적으로 구조물의 내진설계에 있어서는 등가정적해석법이 주로 사용되고 있다. 현재 사용되고 있는 등가정적해석법은 구조물의 거동이 주로 기본진동 모드에 의해 지배된다는 가정하에 유도되었으므로 기본진동 주기가 긴 구조물에 대해서는 구조물의 동적특성을 정확하게 예측하기가 어렵다.

본 연구에서는 구조물의 설계시 직접적인 영향을 미치게 되는 총전단력의 분포를 주요 관점으로하여 구조물의 동적특성에 미치는 고차모드의 영향을 정확히 고려할 수 있는 총지진하중에 대하여 연구했다. 총지진하중의 분포를 개선하기위해 현행 내진설계 기준의 등가정적해석법에서 쓰이는 총지진하중과 모드 해석을 이용하여 얻은 총지진하중의 차이를 파악하고 이로부터 고차모드의 영향이 고려된 총지진하중의 분포를 제안했다.

ABSTRACT

In current practice of earthquake resistant design the equivalent lateral force procedure is widely used because of its simplicity and convenience. But the equivalent lateral force procedure is derived based on the assumptions that the dynamic behavior of the structure is governed primarily by the fundamental vibration mode and the effect of higher modes is included in an approximate manner. Therefore the prediction of dynamic responses of structures using the equivalent lateral force procedure is not reliable when the effect of higher vibration modes on the dynamic behavior is significant.

In this study, design seismic load which can reflect the effect of higher vibration modes is proposed from the point of view of proper assessment of story shears which have the major influence on the design moment of beams and columns. To evaluate the effect of higher modes, differences between the story force based on the equivalent lateral force procedure specified in current earthquake resistance building code and the one based on modal analysis using design spectrum analysis are examined. From these results an improved design seismic load for the equivalent lateral force procedure which can reflect the effect of higher vibration modes are proposed.

* 정회원, 한국과학기술원 토목공학과 조교수
** 학생회원, 한국과학기술원 토목공학과 석사과정
*** 학생회원, 한국과학기술원 토목공학과 박사과정

이 논문에 대한 토론은 1991년 3월 30일까지 본 학회에
보내주시면 1991년 9월호에 그 결과를 게재하겠습니다.

1. 서언

일반적으로 구조물의 내진설계에 있어서는 계산상의 간편성과 소모되는 시간과 비용의 절감을 위해 등가정적해석법을 주로 사용한다. 등가정적해석법에서는 건물의 동적 특성과 그 지역에서의 지진 위험도에 따라 결정되는 계수를 건물의 총층수에 곱하여 밀면전단력을 구하고, 이 밀면전단력으로부터 건물의 각층에 작용하는 층진하중을 구한다. 등가정적해석법은 건물의 거동이 주로 기본진동모드에 의하여 지배적인 영향을 받는다는 가정하에서 유도되었으므로 그에 따른 층진하중의 분포모양도 주로 기본진동모드의 형상으로 표현된다. 그러므로 고차진동모드의 영향이 큰 구조물에 대해서는 고차모드의 영향을 고려하기 위하여 Uniform Building Code(UBC88)에서는 주기가 0.7초 이상인 경우에는 밀면전단력의 일부를 건물의 최상층에 작용시키고 ATC3-06(ATC)에서는 k 계수를 이용하여 보정한다. 이러한 방법들에서는 등가정적해석법으로는 예측할 수 없는 고차진동모드의 영향을 고려하기 위하여 건물의 상부층 또는 최상층에 작용되는 층진하중을 증가시켜서 각층의 전단력을 증가시키고 있다. 따라서 고차진동모드의 영향을 적절히 고려했다기 보다는 각층의 전단력을 이률적으로 증가시켜서 전체적으로 안전측인 설계가 되도록 하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 건물의 동적거동에 미치는 고차모드의 영향이 적절히 고려된 층진하중의 분포에 대해서 알아본다. 층진하중의 분포를 개선하기 위해서 현행 내진설계 기준의 등가정적 해석법에 쓰이는 층진하중과 모드해석을 이용하여 얻은 층진하중의 차이를 파악하고, 이로부터 고차모드의 영향이 고려된 층진하중을 제안한다. 이 층진하중으로부터 구한 층전단력은 현재 쓰이는 등가정적해석법에 의한 층전단력보다는 모든 모드의 영향이 고려된 모드해석의 결과에 더 가까운 모양을 보일 것이다. 그리고 이 결과를 응답스펙트럼 해석법(response spectrum analysis)의 결과와 비교 분석하여 본 연구에서 제안한 층진하중을 사용하면 등가정적해석법으로도 고차진동모드의 영향을 충분히

고려할 수 있음을 보여준다.

2. 층진하중을 구하기 위한 개선된 방법

일반적으로 건물에 수평력이 가해지면 각 부재의 휨모멘트는 그림 1과 같은 양상으로 분포한다. 그림 2는 그림 6의 평면 뼈대구조물을 ATC방법에 따라 등가정적해석한 결과이다. 각각의 구조물은 대칭인 구조를 가지므로 보의 양단 모멘트나 같은 층의 기둥의 모멘트와 축력은 같은 값을 가진다. 그림 2(a)는 보의 휨모멘트와 층전단력의 관계를 나타내는데 동일한 분포를 나타냄을 알 수 있다. 그림 2(b)는 각층에서의 기둥의 축력과 전도모멘트의 관계인데 역시 동일한 분포를 가진다. 그러므로 각층의 보의 휨모멘트는 층전단력의 지배를 받는다는 것을 알 수 있고 각층의 기둥의 축력은 전도모멘트에 따라 좌우됨을 알 수 있다. 그리고 전도모멘트는 각층의 전단력과 밀면으로부터의 높이의 곱으로 구하게되므로 기둥의 축력 역시 층전단력에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있다. 따라서 구조물의 설계시 각 층의 전단력이 주요 설계 관점이 된다. 그러나 현재 내진설계에서 널리 사용되는 등가정적해석법에 의하여 얻어진 층전단력과 전도모멘트와 분포를 구조물의 동적 특성이 충분히 고려된 모드해석법이나 시간 이력 해석법에 의한 결과와 비교해보면 상당히 큰 차이를 보이는데 이는 건물의 동적거동에 미치는 고차모드의 영향이 충분히 고려되지 못한 결과라고 할 수 있다.

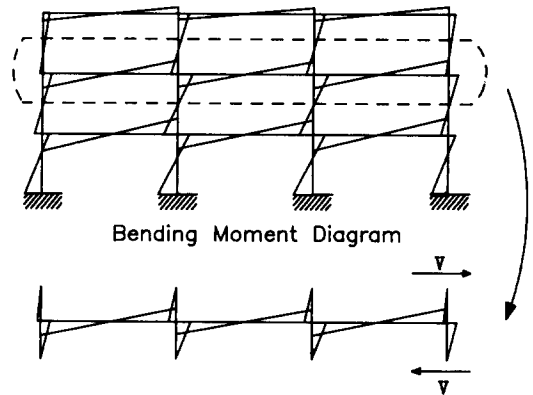
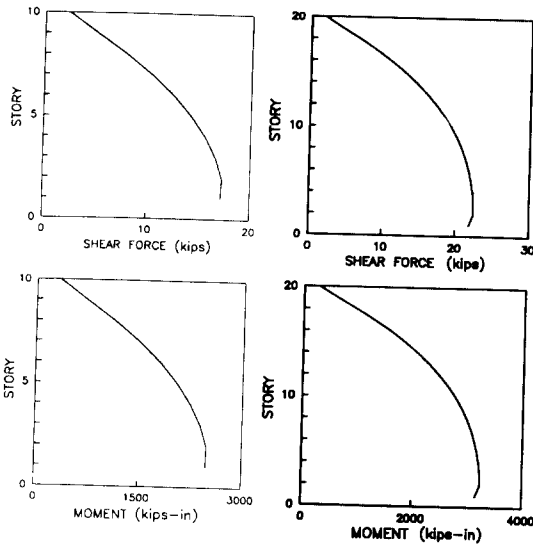
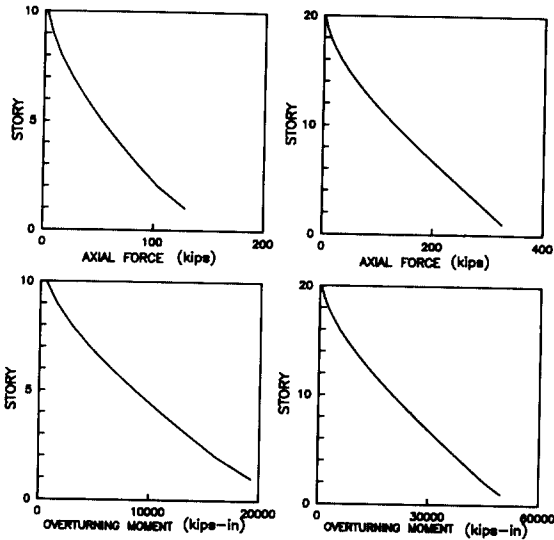


그림 1. 건물구조물의 모멘트 분포



(a) 층단력과 휨모멘트와의 관계



(b) 전도모멘트와 기둥의 축력과의 관계

그림 2. ATC방법에 의해 등가정적해석한 결과

본 연구에서는 평면 골조의 각부재의 설계에 직접적으로 영향을 미치게 되는 층전단력을 절절히 산정하기 위한 관점으로부터 새로운 층지진하중과 층전단력을 얻고자한다. 이를 위하여 현행 내진설계 기준의 등가정적해석법에 쓰인 층지진하중과

모드해석법을 이용하여 얻은 층지진하중의 차이를 파악하고 그 차이로부터 고차모드의 영향이 고려된 층지진하중을 제안한다. 모드해석법에 의하여 층지진하중을 구할 때, 일반적으로 각 모드에서의 층지진하중을 구하여 그 값들을 the square root of sum of squares (SRSS)로써 조합하여 층지진하중을 구한다. 이 방법에 의하여 층지진하중을 구하면 SRSS과정에서 층지진하중의 부호가 무시된 채 조합되어 고차모드의 값이 과장되게 되므로 고차모드의 영향을 적절히 반영할 수 없게 된다. 그러므로 본 연구에서는 층지진하중을 구할 때 고차진동모드의 영향을 정확히 고려하기 위하여 다음과 같이 층지진하중을 구하였다. 먼저 각 모드에 대한 층전단력을 구한 후 그 값들을 SRSS하여 층전단력을 구하고 이 층전단력의 각층의 차로부터 층지진하중을 얻는다(그림 3). 이러한 방법으로 층지진하중을 구하면 각 모드에서의 층전단력을 구할 때 그 모드에서의 층지진하중의 부호를 고려할 수 있기 때문에 고차진동모드의 영향을 충분히 고려할 수 있다. 그러므로 이렇게 구한 층지진하중은 모든 진동모드의 영향이 고려되었고, 층지진하중을 건물의 주요 설계 관점인 층전단력으로부터 유도하였으므로, 현재 사용되고 있는 내진설계 기준에서 제시되는 등가정적 해석법의 층지진하중보다 실제 건물의 거동을 좀 더 정확히 예측할 수 있는 방법이라고 할 수 있다.

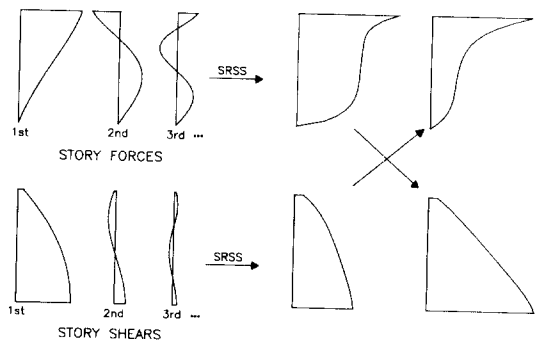
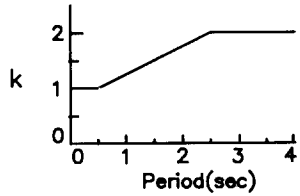
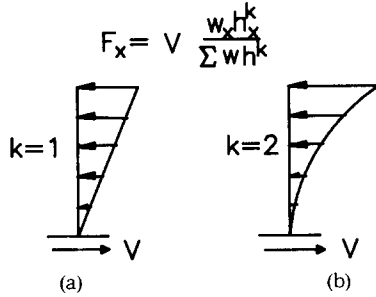


그림 3. 모드해석법에서 층전단력과 층지진하중을 구하는 과정 (화살표는 하중을 구하는 방향)

3. 현재 등가정적 해석법에서 쓰이는 층지진하중과 층전단력

등가정적 해석법은 건물의 동적 거동을 정적해석으로써 예측하는 방법으로 건물의 총 중량에 비례하는 밀면전단력을 구하고 이로부터 층지진하중과 층전단력을 구한다. 먼저 본 연구에서는 현재 널리 사용되고있는 ATC와 UBC88기준에 규정되어 있는 등가정적해석법에서 쓰이는 층지진하중과 층전단력에 대하여 알아보기로 한다.

두 기준의 등가정적해석법에 쓰이는 층지진하중의 분포 양상을 보면 다음과 같다. 기본진동주기가 1.0초이하인 건물인 경우 그 분포는 직선으로 나타나며 고차모드의 효과가 무시된다. 그러나 기본진동주기가 긴 건물의 지진에 대한 응답은 고차모드의 영향을 무시할 수 없으므로 고차 진동모드의 영향을 고려하기 위하여 각 내진설계 기준은 선형 기본 진동모드의 함수로 표시한 층지진하중에 대하여 각각 고유의 수정방법을 적용하고 있다.



(c) k계수와 기본진동주기와의 관계
그림 4. ATC의 k계수에 따른 층지진하중의 분포

3.1 ATC방법에 의한 층지진하중과 층전단력
ATC3-06에서 제시한 층지진하중은 다음과 같다.

$$F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum w_i h_i^k} V$$

여기서, V : 밀면전단력(base shear)

F_x : x 층에서의 층지진하중

w_i, w_x : i 번째(x)층의 중량

h_i, h_x : i 번째(x)층의 밀면으로부터의 높이

일반적으로 기본 진동주기가 긴 구조물의 일차 진동모드의 모양은 거의 밀면을 정점으로하는 포물선과 직선 사이에 놓여지게 된다. 그러므로 그림 4에서와 같이 일차진동모드 형상이 포물선이면 윗 식에서 k 계수는 2.0이 될 것이다. 기본진동주기가 0.5초이하인 구조물의 기본진동모드의 모양은 선형으로 간주하여 k 계수는 1.0을 사용하고, 기본진동주기가 0.5초와 2.5초 사이이면 그림 4의 (c)와

같이 k 계수를 직선함수로 증가시켜 사용한다. 각 층의 전단력은 다음식으로 구할 수 있다.

$$V_j = \sum_{i=1}^j F_i$$

V_j : 윗 층에서 j 번째 층의 전단력

F_i : 윗 층에서 j 번째 층의 층지진하중

구조물의 기본진동주기가 각각 1, 2, 3초인 경우에 각층의 층지진하중과 층전단력은 그림 5(a)와 같다.

3.2 UBC88방법에 의한 층지진하중과 층전단력

UBC88에서는 고차진동모드의 영향을 고려하기 위하여 진동주기가 0.7초보다 긴 경우에 최상층에 집중하중 (F_t)를 추가로 작용시키는 방법을 사용한다.

$$F_t = \begin{cases} 0 & : T \leq 0.7\text{초} \\ 0.07TV & : T > 0.7\text{초} \end{cases}$$

$$F_x = \frac{(V - F_t) w_x h_x}{\sum w_i h_i}$$

여기서, V : 밀면전단력(base shear)

- T : 구조물의 기본진동주기
- F_x : x 층에서의 층지진하중
- F_t : 최상층에 작용되는 집중하중
- w_i, w_x : i 번째(x)층의 중량
- h_i, h_x : i 번째(x)층의 밑면으로부터의 높이

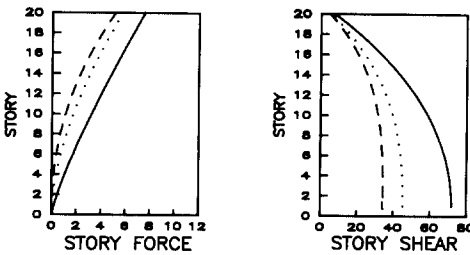
각 층의 전단력은 다음과 같다.

$$V_j = \sum_{i=j}^n F_i + F_t$$

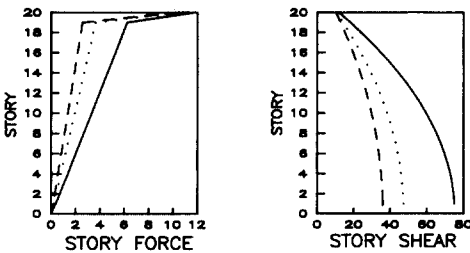
- V_j : j 층에서 j 번째 층의 전단력
- F_j : j 층에서 j 번째 층의 층지진하중

구조물의 기본진동주기가 각각 1, 2, 3초인 경우에 각층의 층지진하중과 층전단력은 그림 5(b)와 같다.

이와 같이 두 내진설계 기준은 기본진동주기가 긴 구조물에 대해서 고차진동모드의 영향을 고려하기 위하여 상부층에 층지진하중을 증가시켜서 모든 층의 층전단력을 증가시키고 있다.



(a) ATC3-06



(b) UBC88

— $T=1\text{sec}$ $T=2\text{sec}$ - - - $T=3\text{sec}$

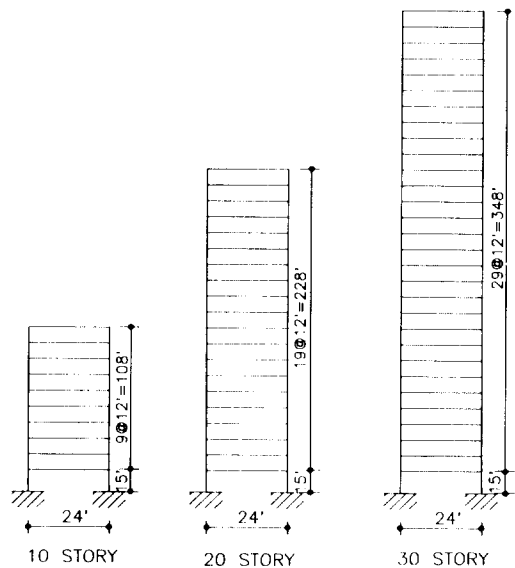
그림 5. ATC 및 UBC88의 주기별 층지진하중과 층전단력의 분포

4. 등가정적해석법과 동적해석법에 의한 층지진하중과 층전단력의 비교

본 연구에서는 등가정적해석법과 모드해석법으로 구한 층지진하중의 차이를 바탕으로 고차진동모드의 영향이 고려된 층지진하중을 구하였다. 등가정적해석법과 모드해석법으로 구한 층지진하중과 층전단력의 차이를 비교하기 위해 여러가지 기본진동주기를 가지는 서로 다른층수의 평면 뼈대구조물을 예제구조물로 선택하였다.

예제구조물은 기본진동주기가 각각 1.0초, 2.0초와 3.0초인 10층, 20층, 30층의 1경간 모멘트 저항 뼈대 구조물을 선택하였다(그림 6). 예제구조물의 각층의 유효 중량은 50kips이고, 각 구조물의 층높이는 12ft(1층은 15ft)이며, 경간의 길이는 24ft로 하였다. 해석에 사용된 예제구조물은 전형적인 정형구조물이라고 할 수 있다.

등가정적해석법으로 구한 층지진하중, 층전단력과 모드해석법으로 구한 층지진하중, 층전단력을 비교하기 위해 먼저 등가정적해석법에 의한 결과는 ATC의 방법에 따라 구하였다. 모드해석법에 의한



(Effective Weight = 50kips per Floor)

그림 6. 예제구조물

결과는 역시 ATC에서 제시한 설계스펙트럼을 이용하여 구하였다. 일반적으로 모드해석법을 이용하여 구한 밀면전단력은 등가정적해석법으로 구한 값보다 작은 값을 나타낸다[7]. 그런데 본 연구에서는 총지진하중과 총전단력의 분포양상을 비교하기 위해 모드해석법으로 구한 밀면전단력을 ATC의

결과와 동일하게 조정하여 분포양상을 비교하였다 (그림 7).

현재 쓰이는 등가정적해석법에서는 기본진동모드만을 고려하여 총지진하중을 구하고 고차진동모드의 영향을 고려하기 위해 각층에 작용되는 총지진하중을 다음과 같이 조정한다. ATC의 방법에 따르면 기본진동주기가 긴 경우에는 k 계수를 사용하여 분포모양이 포물선에 가까운 총지진하중을 구한다. 그리고 UBC88에서는 밀면전단력의 일부를 최상층에 더하여 준다(2절 참조). 이에 비하여 모드해석법에서는 모든 진동모드의 영향을 고려하여 총지진하중을 구한다. 모드해석법으로 구한 총지진하중과 ATC나 UBC방법으로 구한 총지진하중을 비교하면 다음과 같은 차이를 보인다. 먼저 ATC의 결과와 비교해보면 모드해석법에 의한 총지진하중은 상부층과 하부층에서는 더 큰 값을 나타내고 중간층에서는 작은 값을 나타낸다. UBC의 결과와 비교해보면 ATC와 비슷한 양상을 보이는데 최상층에 더해주는 F_i 의 영향으로 최상층에서 만든 모드해석법에 의한 총지진하중이 주기가 길수록 더 작은 값을 보인다. 이런 결과들을 바탕으로 다음과 같은 결론을 얻었다. 현행 등가정적해석법에서는 고차진동모드의 영향을 고려하기 위해 건물의 상부층의 총지진하중을 증가시켜 주는데 실제로는 상부층뿐만 아니라 하부층에도 총지진하중을 증가시켜주어야함을 알 수 있다.

총전단력을 비교해보면, ATC경우는 중간층의 총지진하중이 모드해석법의 결과보다 크게 산정되기 때문에 총전단력도 중간층의 값이 크게 산정되었다. UBC경우는 주기가 클수록 집중하중 F_i 가 커져 전체적으로 전단력이 과다하게 산정된다는 것을 알 수 있다.

5. 고차진동모드를 고려한 총지진하중

앞절에서 등가정적해석법과 동적해석으로 구한 총지진하중과 총전단력을 비교해 보았다. 일반적으로 층수와 주기가 증가하면 고차모드의 영향이 커지게 되므로 등가정적해석법의 결과와 모드해석법의 결과가 차이가 많아진다는 것을 알 수 있었다.

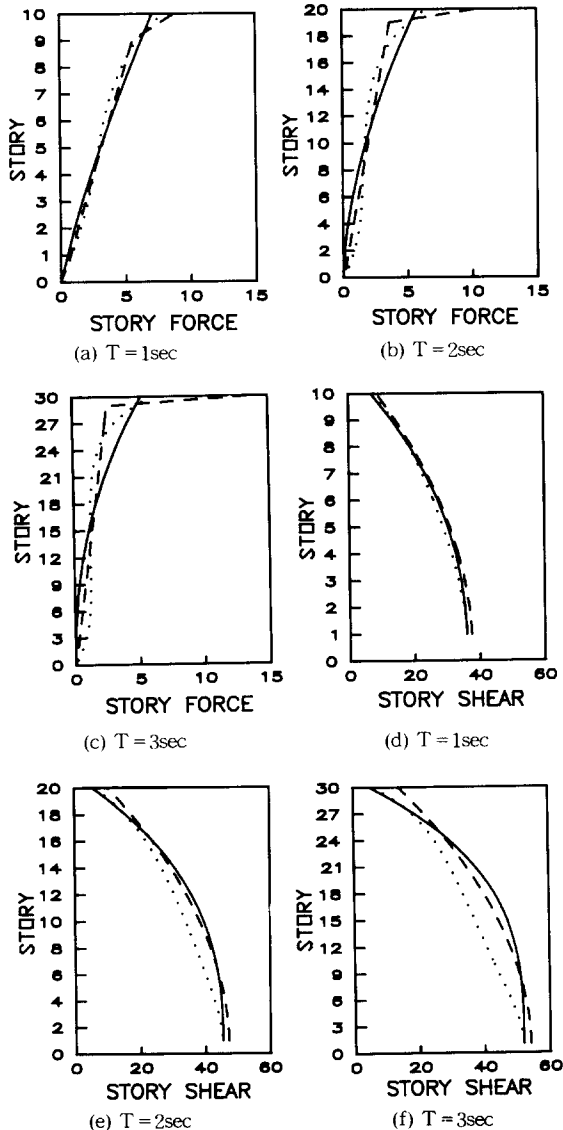


그림 7. 등가정적해석법과 모드해석법의 총지진하중과 총전단력의 분포

본 연구에서는 ATC와 k 계수가 1.0인 경우의 총지진하중을 기준으로하여 모드해석법의 결과와의 차이를 구하여 고차모드의 영향이 고려되고 또한 총전단력으로부터 유도된 총지진하중을 얻고자 한다.

먼저, ATC에서 기본진동주기가 긴 구조물의 고차모드의 영향을 고려하기 위한 k 계수를 1.0으로 하여 총지진하중을 구한다. 그리고 설계스펙트럼을 이용한 모드해석법의 총지진하중을 구한다. 여기서 실제 모드해석법의 밀면전단력이 등가정적 해석법의 밀면전단력보다 작게 나오므로 밀면전단력의 값이 같도록 조정하여 총지진하중을 얻는다. 위의 두 지진하중의 차이를 알아보기 위해 k 계수를 1.0으로 한 ATC의 결과를 세로축으로하여 모드해석법과의 차(ΔF)를 그림 8과 같은 순서로 구한다. 여기서는 ΔF 를 +, -면적으로 나타내면 그림 9과 같은데, 주기와 총수에 따라 분포 양상이 일정한 규칙을 가지고 있다는 것을 알 수 있다. 그림 10에서 ΔF 의 분포 양상을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

등가정적해석법과 모드해석법의 총지진하중의 차(ΔF)가 0이되는 세 점은 구조물의 밀면, 그리고 A, B점이 된다. 여기서 A점의 위치는 구조물의 주기와 총수에 관계없이 구조물 전체 높이(H)의 0.38배 정도이다. B점의 위치는 주기에 따라 조금씩 다른데 주기가 $0.1NS$ (구조물의 총수)와 같으면 $0.87H$ 이고, 주기가 $0.1NS$ 보다 작으면 아래로 내려가고 $0.1NS$ 보다 크면 위로 올라가는 경향을 보인

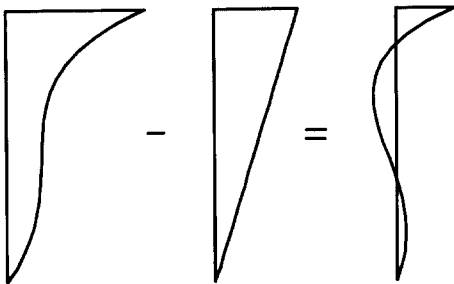
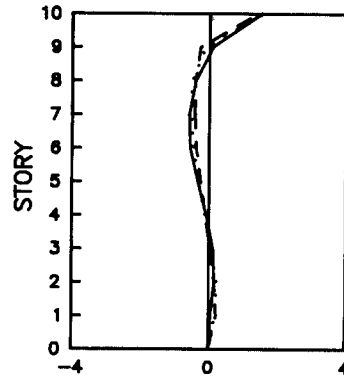
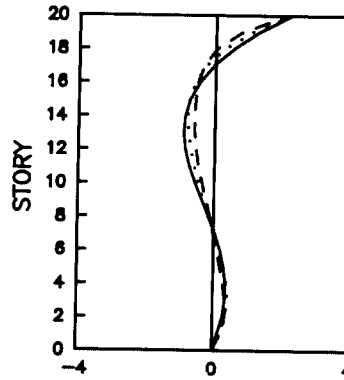


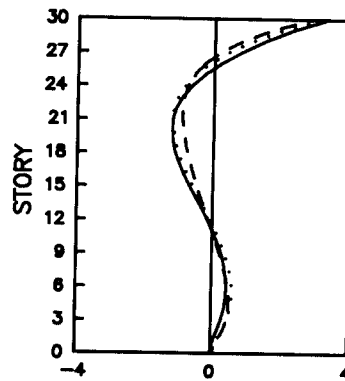
그림 8. 모드해석법과 ATC($k=1.0$)의 총지진하중으로부터 ΔF 의 유도 과정



(a) 10 STORY FRAME



(b) 20 STORY FRAME



(c) 30 STORY FRAME

그림 9. 총수 및 주기에 따른 ΔF 의 분포

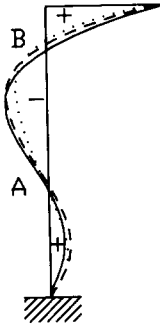


그림 10. 삼차함수식을 이용한 ΔF의 유도

다. 또한, ΔF의 폭은 같은 층수일 경우에 주기가 커짐에 따라 작아지는 경향을 보이고, 주기가 같을 경우에 층수가 클수록 커짐을 알 수 있다. 그러나 ΔF의 폭은 밀면전단력에도 관계가 있으므로 주기가 층수에 직접적으로 비례하지는 않는다. 이때 밀면전단력을 같게 놓았으므로 +면적과 -면적의 합은 항상 0이 되어야 한다. 본 연구에서는 구조물의 주기와 층수, 밀면전단력, 그리고 밀면으로부터의 높이를 변화요소로 하여 ΔF의 분포식을 유도한다. 본 연구에서는 A점, B점의 위치를 각각 밀면으로부터 0.38H, 0.87H로 하고 이세점(밀면, A, B점)을 근으로 가지는 삼차방정식으로써 ΔF의 분포식을 유도하였다. ΔF에 대한 식은 다음과 같다.

$$\Delta F(i) = -0.35V \frac{\sqrt{T}}{F10} \frac{1}{H^2} \{h_i (h_i - 0.38H) (h_i - 0.87H)\} \left(\frac{h_i}{H} + 0.65\right)$$

여기서, V: 밀면전단력 (Base Shear)

T: 구조물의 기본 주기 (sec)

F10: $(NS/10)^{0.48}$

NS: 구조물의 층수

h_i: 밀면으로부터의 i층의 높이

H: 밀면으로부터의 최상층의 높이

본 연구에서 제안하는 층지진하중은 다음과 같이 구할 수 있다. 그림 11에 나타난 것과 같이 ATC의 k계수가 1.0인 직선분포의 층지진하중에 ΔF를 각 층별로 더하면 고차진동모드의 영향이 고려된 층지진하중을 얻을 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이

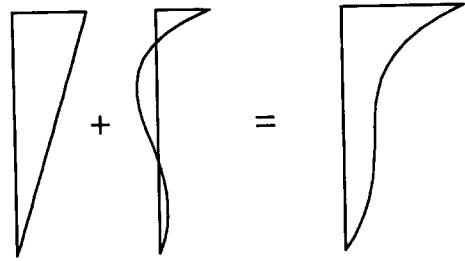


그림 11. ATC(k=1.0)과 ΔF로부터 제안된 층지진하중을 구하는 과정

상층부와 하층부에서는 +ΔF값의 작용으로 증가하고 중간층에서는 -ΔF값의 작용으로 감소한다. 이와 같은 방법을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$F(i) = \frac{W_i h_i}{\sum W_x h_x} V + \Delta F(i)$$

각 층의 전단력은 다음의 식으로 구한다. 그러나, 실제 ΔF값이 임의의 삼차함수 모양으로 제안되었으므로 +, -의 면적이 정확히 같지는 않다. 따라서 아래의 식으로 층전단력을 구하면 밀면전단력의 값이 ATC방법으로 구한 값과 근소한 차이가 나게 된다.

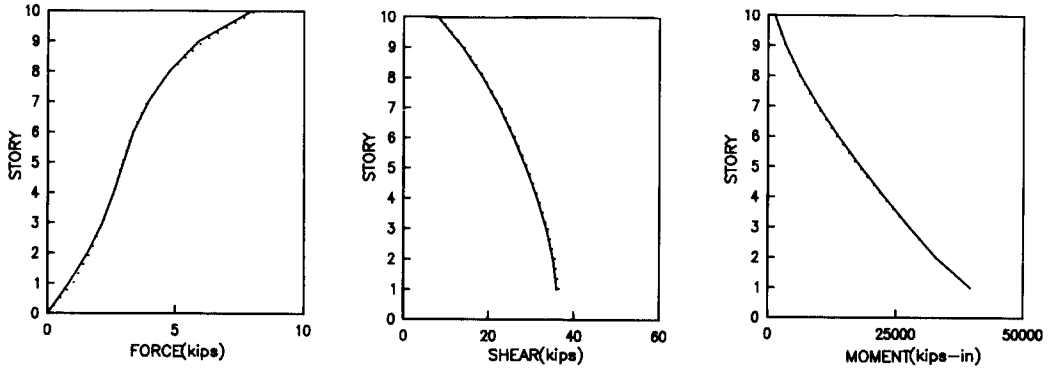
$$V_j = \sum_{i=1}^j F_i$$

V_j: 윗 층에서 j번째 층의 전단력

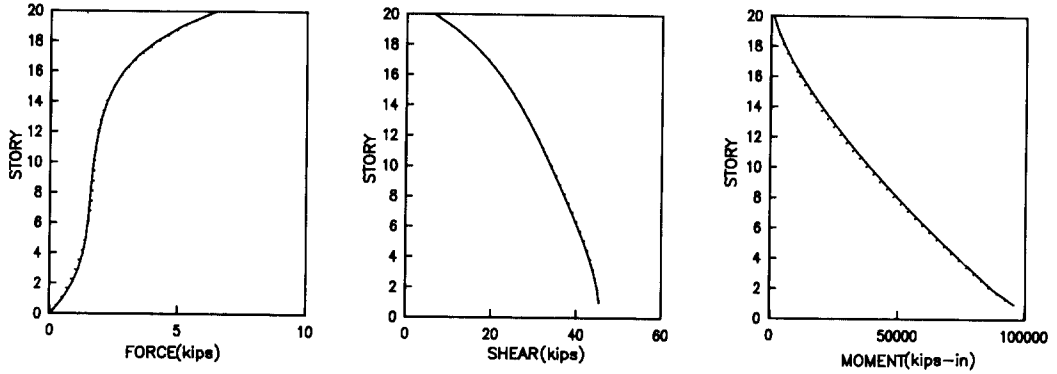
F_i: 윗 층에서 i번째 층의 층지진하중

6. 제안된 층지진하중과 층전단력의 검증

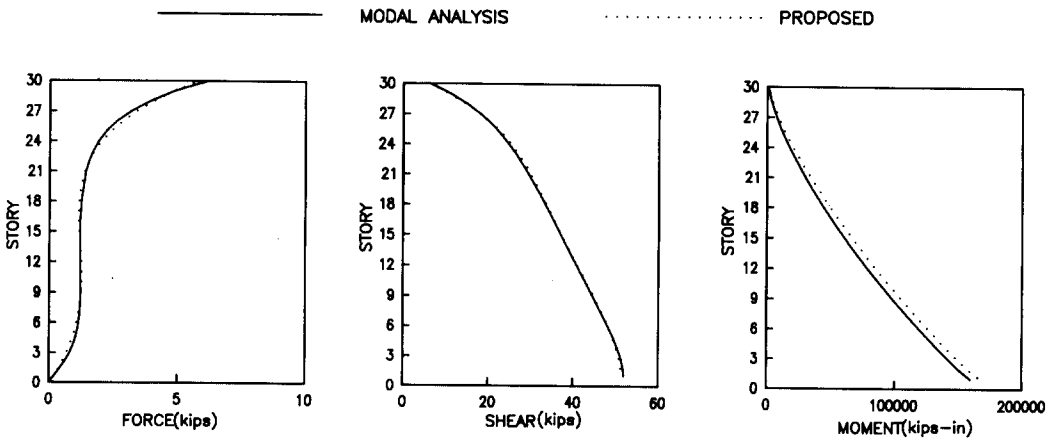
본 연구에서 제안된 층지진하중은 평면 뼈대구조물의 부재 설계에 직접적인 영향을 미치는 층전단력을 적절히 산정하기 위한 관점으로부터 제안되었다. 그림 12에는 예제구조물을 제안된 방법과 설계스펙트럼을 이용한 모드해석법으로 해석한 결과를 나타냈다. 제안된 층지진하중과 층전단력은 모드해석법으로부터 유도되었으므로 정확히 일치하는 것을 볼 수 있다. 그러므로 제안된 층지진하중을 사용하면 등가정해석법으로도 모드해석법과 같은 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그리고 기둥의



(A) 10 STORY STRUCTURE (T = 1sec)



(B) 20 STORY STRUCTURE (T = 2sec)



(C) 30 STORY STRUCTURE (T = 3sec)

그림 12 모드해석법과 제안된 방법의 층지진하중과 층전단력 및 전도모멘트 비교

축력을 지배하는 전도모멘트도 본 연구에서 제안한 방법으로 모드해석법의 결과와 동일한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

7. 결론

본 연구에서는 건축구조물의 내진 설계시 주로 사용되는 등가정적해석법으로도 구조물의 동적 특성을 조금 더 정확하게 고려할 수 있는 층지진하중을 제안하였다. 특히 구조물에 횡력이 작용할 때 각 부재의 휨모멘트는 전단력에 의해 결정되고 기둥의 축력은 전도모멘트에 의해 결정되므로 부재 단면을 결정하는데 직접적인 영향을 미치는 층전단력을 정확히 예측하기 위한 관점으로부터 층지진하중을 유도하였다. 본 연구 결과들을 바탕으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

① 개선된 층지진하중과 전단력의 분포는 현행 등가정적해석법에서 제시하는 것보다 동적 특성을 더 잘 나타내고 있다.

② 층전단력을 적절히 산정하고, 고차모드의 영향을 충분히 고려하기 위한 목적으로 제안된 층지진하중과 전단력은 설계스펙트럼을 이용한 모드해석법의 결과와 근사한 결과를 보인다.

③ 제안된 층지진하중의 계산과정이 다소 복잡하지만 등가정적해석법의 수행으로 구조물의 동적 특성을 고려할 수 있다는 잇점이 있다.

④. 앞으로의 과제는 제안된 방법을 벽식 구조

물, 브레이스가 있는 구조물 등 여러가지의 구조형식에 적용하여 실제 구조 설계에 사용할 수 있게 하는 것이다.

참 고 문 헌

1. Applied Technology Council, *Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings*, ATC3-06, April, 1980, 2nd printing.
 2. International Conference of Building Officials, *Uniform Building Code*, 1988.
 3. Dong-Guen Lee, *Accurate and Simplified Models for Seismic Response Prediction of Steel Frame Structures*, Ph.D. Dissertation, February, 1984.
 4. N.M. Newmark and W.J. Hall, *Earthquake Spectra and Design*, Earthquake Engineering Research Institute, California, Berkeley, 1982.
 5. Anil, K.Chopra, *Dynamics of Structures a Primer*, Earthquake Engineering Research Institute, California, Berkeley, 1980.
 6. G.W. Housner and P.C. Jennings, *Earthquake Design Criteria*, Earthquake Engineering Research Institute, California, Berkeley, 1982.
 7. R.W. Wiegel, *Earthquake Engineering*, Prentice Hall, 1970.
 8. 박좌근, "건축구조물의 지진하중에 대한 해석 방법", 석사학위논문, 한국과학기술원, 1987.
- (접수일자 : 1990. 9. 10)