

# 설계 및 시공과정에 보정된 고층건물 구조재의 지진하중에 의한 영향 평가

## An Evaluation for Vertical Structural Members Compensated during Design Process and These Compensated during Construction of High-rise Building under Seismic Load

박진영\*      정은호\*\*      김희철\*\*\*  
Park, Jin Young      Jung, Eun Ho      Kim, Hee Cheul

### 국문요약

건물의 고층화가 이루어지면서 구조부재에 미치는 축력이 증가하게 되고 축소현상을 발생시킨다. 이러한 축소현상은 구조물의 사용성 저하를 가져올 뿐만 아니라 2차 응력 발생으로 구조물 자체의 안전에도 영향을 미친다. 수직구조부재의 축소량을 예측하는 목적은 인접 부재간의 부등축소를 보정하는데 있다. 본 논문에서는 시공과정에서만 보정을 실시한 경우와 설계단계에서 축소량을 예측하여 보정을 한 경우에 대해 각각 지진하중을 적용하여 구조부재에 미치는 영향에 대해 비교·검토를 하였으며 수직구조부재의 축소량은 반드시 예측되어 보정을 실시하여야 하는 것으로 나타났다.

주요어 : 고층 건물, 부등 축소, 보정, 지진 하중

### ABSTRACT

Increased height of buildings causes severe shortening of vertical structural members due to the accumulated axial load. It not only decreases the serviceability of a structure but also affects significantly the stability of a structure itself due to the secondary stress. The main purpose of estimating the shortening of vertical structural members is to compensate the differential shortening of adjacent members. This paper presents the comparison of stresses between the vertical structural members compensated during construction process and these compensated during design process under the seismic load and represents that the precise compensation of vertical structural members is important.

**Key words** : high-rise building, differential shortening, compensation, seismic load

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건물의 용도가 다양해지고 사용성이 증가됨에 따라 건물은 고층화를 이루게 되었다. 이러

한 고층화의 실현은 재료는 물론 구조기술 발전의 결과이며, 더욱 효율적인 시스템의 생산으로 이어졌다. 그러나 건물높이의 증가와 더불어 복합적인 용도로 사용되는 고층구조물은 다양한 용도의 기능을 보유할 수 있는 이점을 지닌 반면, 건물의 횡변위, 좌굴효과, 안정성 및 진동에 의한 효과 등, 구조적 측면에서 고려해야 할 많은 문제를 안고 있다.

건물의 고층화로 인한 자중의 증가는 기둥과 같이 축하중을 받는 수직구조부재에 심한

\* 경희대 건축공학과 대학원 석사과정

\*\* 극동정보대학 건축학과, 전임강사

\*\*\* 정회원 · 경희대 건축공학과 조교수

본 논문에 대한 토의를 6월 30일까지 학회로 보내주시면 그 결과를 게재하겠습니다.

축소현상을 일으키는 원인이 된다. 이러한 축방향으로의 감소는 기본설계와는 다른 층고를 갖게하며, 기둥별 분담 하중의 차이로 인한 축소량 차이는 슬래브나 보와 같은 수평연결부재의 초기위치를 변하게 한다.

일반적으로 콘크리트 부재의 경우, 크리프와 건조수축에 의한 변형도는 재료특성은 물론 철근비 및 체적대 표면적비에 의존한다. 같은 응력상태일 경우, 크리프와 건조수축에 의한 변형도는 철근비와 체적대 표면적비가 증가할수록 감소한다. 고층구조물의 경우 수평하중으로 인한 불균일 응력 또는 하중 분담면적의 차이로 인한 수직하중의 차이 때문에 철근비가 다르게 되고 결과적으로 인접한 수직부재와의 변위차는 지점의 상대적인 변위차로 인하여 수평연결재인 보와 슬래브에 전단력과 모멘트를 발생시키게 된다. 마찬가지로 건물내부에 전단벽으로 구성된 코아시스템을 두는 경우 전단벽 주변의 기둥은 상대적으로 적은 체적대 표면적비 및 철근비로 인한 큰 축소현상이 발생하게 된다. 따라서 전단벽으로부터 구조설계시 고려된 하중이외의 부가하중을 받게 된다. 이러한 기둥축소현상은 구조물의 사용성을 감소시킬 뿐만 아니라, 초기 구조설계에서 예측치 못한 2차 응력의 발생으로 인해 구조물 자체의 안전에도 영향을 미칠 수 있다.

이러한 구조적인 영향에도 불구하고 현재 대부분의 고층구조물들은 비구조부재에 대한 상세만 제공할 뿐, 축소량 계산을 통한 보정조차 실시되지 않는 실정이다. 한편, 축소량 계산 후 실시되는 보정은 구조기술자의 경험에 의해서 진행될 뿐만 아니라, 공사비용 및 공기단축 등의 이유로 인해 정확한 보정이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이러한 축소량 보정은 구조물의 거동을 저해하는 요소로 작용할 뿐만 아니라, 극한하중이 적용될 경우, 구조물에 대해 큰 피해를 유발시킬 수 있다. 따라서 축소량 산출을 근거로 정확한 보정의 위치설정 및 구조해석을 통해 응력상태를 분석할 필요가 있다.

현재 구조설계시에 고려하는 축소량은 슬래

브 설치시까지 발생하는 축소량과 슬래브 설치 후 발생하는 축소량을 더한 값으로 축소량 보정을 하고 있다. 실제 시공시에는 슬래브 설치시까지 발생한 축소량은 거푸집 설치시마다 보정이 이루어지므로 보정에 따른 영향을 평가하기 위해서는 슬래브 설치시까지 발생하는 축소량으로 각층에 대해 보정을 실시한 경우와 실제 설계시에 적용하는 축소량으로 보정을 실시한 경우에 대해 비교·검토를 하여야 할 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 슬래브 설치시까지 발생하는 축소량으로 보정을 실시한 경우와 슬래브 설치 후에 발생하는 축소량을 적용하여 보정을 실시한 경우에 대해 비교·분석하여 각각의 거동을 평가하므로써 축소량 보정의 중요성을 규명하는데 있다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

구조물의 수직구조부재의 축소현상에 영향을 미치는 주된 요인은 재료적인 특성, 설계적인 가정, 하중가정 및 환경적인 조건으로 구분할 수 있다. 이들 요소중 재료적인 특성과 환경적인 조건은 장기간 동안 진행될 뿐만 아니라, 측정에 큰 불편이 따르므로 본 연구에서는 축소량을 계산하기 위하여 ACI-Code에서 제안한 표준식을 이용한다. 또한 해석모델 선정은 초고층 철근콘크리트 구조물로 정하고 설계가정 및 하중가정은 구조설계시에 실제 적용한 자료를 이용한다.

축소량 계산은 탄성축소량과 비탄성축소량으로 나누어지며, 총 축소량은 이 두가지 축소량을 더함으로써 계산될 수 있다. 시공진행에 따라 발생하는 축소량은 슬래브 설치시까지 발생한 축소량(up to casting shortening)과 슬래브 설치 후 발생한 축소량 (subsequent to casting shortening)으로 구분할 수 있다. 축소량 보정을 실시하기 위해 사용되는 값은 탄성 및 비탄성축소량으로 한다.

축소량 보정을 실시한 모델의 구조적인 거동을 파악하기 위한 주된 연구의 범위는 다음과 같다.

- (1) 축소량 계산 대상은 해석모델의 철근콘크리트 수직구조재에 대하여 실시한다.
- (2) 축소량 산출 범위는 탄성축소량과 비탄성 축소량으로 한다.
- (3) 구조해석은 2차원 동적해석을 실시하고, 구조해석 대상은 기둥과 보 요소에 대하여 변위 및 응력으로 한다.
- (4) 축소량 계산시 보에 의한 영향은 고려하지 않는다.
- (5) 축소량 보정은 인접부재간에 부등축소량이 3cm가 되는 층마다 실시한다.

보정을 실시한 건물의 구조적인 영향을 평가하기 위하여 해석모델을 선정하고 축소량을 계산하였다. 축소량 계산도구는 '초고층 구조물의 기둥축소량 예측 및 보정'을 위한 목적으로 개발된 CSCP(Column Shortening Calculating Program)를 이용하였다. 또한 구조물의 거동을 파악하기 위하여 구조해석 전용 프로그램(MIDAS/GEN)을 이용하였다. 슬래브 설치시까지 발생한 축소량과 전체 축소량에 대해 각각의 모델에 대해 보정을 실시한다.

구조적인 거동을 파악하기 위한 연구 진행 과정은 다음과 같다.

- (1) 해석모델을 선정한다.
- (2) 해석모델에 대한 실측자료 및 축소량 계산을 위한 입력자료를 정리한다.
- (3) 축소량 산출을 위해 CSCP를 이용하여 수직구조부재에 대한 축소량을 계산하고, 보정을 실시한다.
- (4) 해석모델에 대하여 2차원 모델링을 실시한다.
- (5) 슬래브 설치시까지 발생한 축소량으로 보정을 실시한 모델에 대해 구조해석을 수행한다.
- (6) 슬래브 설치시까지 발생한 축소량과 슬래브 설치 후 발생한 축소량을 더한 값으로 보정을 실시한 모델에 대해 구조해석을 수행한다.
- (7) 위의 (5)와 (6)의 결과를 상호 비교·분석함으로써, 보정을 실시한 모델에 대한 구조적인 거동을 평가한다.

## 2. 축소량 산출

축소량을 계산하기 위한 해석 모델은 인도네시아에 위치한 아마타푸라로 선정하였다. 이 건물은 내부 코아를 갖는 타워형 철근콘크리트의 플랫 슬래브 골조로서 52층(타워 A), 42층(타워 B)의 2개의 동으로 이루어져 있으며, 타워 A의 기둥 C3, 기둥 C4, 기둥 C5 그리고 전단벽을 기둥으로 환산하여 축소량을 계산하였다. Fig 1.과 Fig 2는 해석모델에 대한 평면과 입면을 각각 나타낸 것이다.

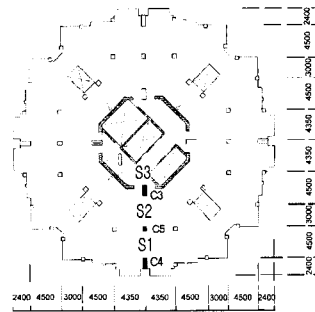


Fig. 1 해석모델에 대한 평면도

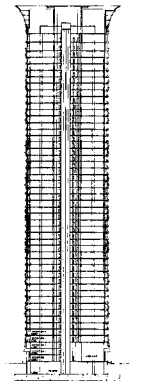


Fig. 2 해석모델에 대한 단면도

### 2.1 축소량 계산

해석모델에 대해 CSCP를 이용하여 축소량을 계산하였고, 슬래브 설치시까지 발생한 축소량은 현장에서 매 층마다 보정이 되므로 실

제 상황을 고려한다면 슬래브 설치시까지 발생한 축소량과 슬래브 설치 후 발생한 축소량을 더한 전체 축소량을 모델에 적용하는 것이 정확한 것이다.

슬래브 설치시까지 시공과정 중에 보정을 한 경우는 슬래브 설치 후에 발생하는 축소량 보정을 고려하지 않았으므로 슬래브 설치 후에 발생하는 축소량 누적치를 구조해석시에 강제변위로 적용하였다. 슬래브 설치 후 발생한 축소량을 고려하여 보정한 경우는 보정위치에 따라 누적량이 없어지므로 Fig. 3~Fig. 6에서 총 축소량 보정을 나타낸 그래프와 같이 나타났다. 그리고 슬래브 설치 시까지 발생한 축소량만을 적용하는 경우와 마찬가지로 구조해석시에 강제변위로 적용하였다.

Fig. 3~Fig. 6은 CSCP를 이용하여 산출된 수직구조부재별 축소량 보정 상태를 슬래브 설치 시까지 발생한 축소량만 보정한 경우와 슬래브 설치 시까지 발생한 축소량 및 슬래브 설치 후 발생한 축소량을 모두 고려한 경우에 대해 각각 나타낸 것이다.

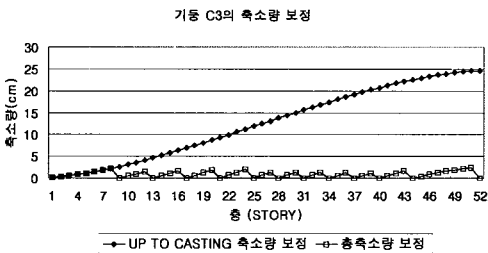


Fig. 3 기둥 C3의 축소량 보정

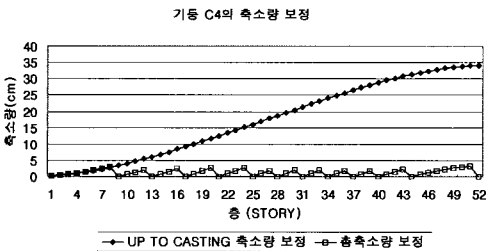


Fig. 4 기둥 C4의 축소량 보정

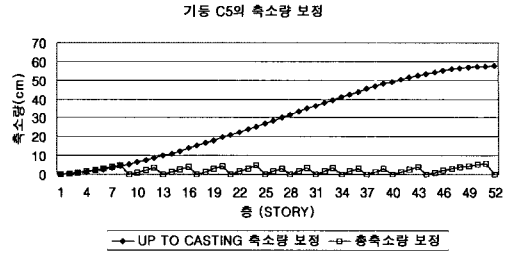


Fig. 5 기둥 C5의 축소량 보정

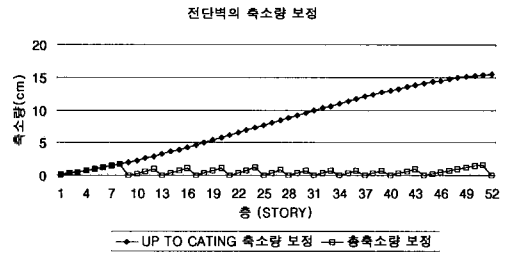


Fig. 6 전단벽의 축소량 보정

Fig. 3~Fig. 6에서 보는바와 같이 슬래브 설치 시까지 발생하는 축소량만을 시공과정 중에 보정한 경우에는 슬래브 설치 후 발생하는 축소량이 누적되는 것을 볼 수 있다. 슬래브 설치 후 발생하는 축소량을 고려하여 보정을 실시한 경우에는 축소량이 누적되지 않고 보정된 위치에서부터 다음 보정위치까지 누적이 되었다.

슬래브 설치 후 발생한 축소량을 보정한 경우에 보정이 되지 않은 축소량은 기둥 C5에서 57.59cm로 가장 크게 나타났으며, 기둥 C3은 24.63cm, 기둥 C4가 34.05cm로 나타났으며 전단벽의 축소량은 수직구조부재중에서 가장 작은 값인 15.46cm로 나타났다. Table 1과 Table 2는 각 층에서 발생한 슬래브 설치 시까지 발생한 축소량과 슬래브 설치 후 발생한 축소량 및 총 축소량을 매 5층마다 나타낸 것이다.

## 2.2 축소량 보정 실시

각각의 수직구조부재에서 CSCP를 사용하여 산출된 축소량으로 서로 인접한 부재간의 부

Table 1 기둥 C3, 기둥 C4의 각 층에서 발생한 축소량 (cm)

층	기둥 C3		기둥 C4	
	슬래브 설치시까지 발생한 축소량	슬래브 설치후 발생한 축소량	슬래브 설치시까지 발생한 축소량	슬래브 설치후 발생한 축소량
1	0.0053132	0.1964665	0.0064826	0.2286099
5	0.0102278	0.3360558	0.0135981	0.4368303
10	0.0181467	0.4779289	0.0237272	0.645144
15	0.0252551	0.5736216	0.0325719	0.7878348
20	0.0320541	0.6228431	0.0408647	0.8596489
25	0.0385886	0.6237108	0.0490054	0.8698474
30	0.0431155	0.6196919	0.0575988	0.8916295
35	0.052227	0.5820189	0.0696431	0.833216
40	0.0612056	0.4975177	0.0817057	0.7059652
45	0.0696647	0.3528813	0.0930396	0.4879884
50	0.0776297	0.1498627	0.1037286	0.1801363

Table 2 기둥 C5, 전단벽의 각 층에서 발생한 축소량(cm)

층	기둥 C5		전단벽	
	슬래브 설치시까지 발생한 축소량	슬래브 설치후 발생한 축소량	슬래브 설치시까지 발생한 축소량	슬래브 설치후 발생한 축소량
1	0.0098138	0.3275059	0.0029519	0.1770203
5	0.0302441	0.7118163	0.0078988	0.2412661
10	0.0524879	1.0865904	0.0134024	0.3046695
15	0.0717107	1.3459759	0.0185757	0.3491098
20	0.0895233	1.4890616	0.0235173	0.3745784
25	0.1063117	1.515583	0.0282683	0.3810698
30	0.1291684	1.556614	0.0332174	0.3726094
35	0.1542994	1.4516777	0.0379196	0.3437186
40	0.1781896	1.1928561	0.0424307	0.2934989
45	0.1981811	0.7898655	0.0467839	0.2218186
50	0.2300122	0.222762	0.0509828	0.1283253

등 축소량을 계산한다. 인접한 축소량의 차이가 2.5cm에서 3cm가 되는 층에서 보정값을 적용한다. MIDAS를 이용한 전산구조해석에서 적용된 슬래브 설치시까지 발생한 축소량(Upto Casting Shortening)만 보정을 했을 경우와 설계시에 적용하는 총 축소량으로 한다. 슬래브 설치시까지 발생하는 축소량만을 고려하는 경우는 각 층마다 보정을 실시하고 총 축소량

을 적용하는 경우는 인접한 부재간의 부등 축소량이 3cm에 먼저 도달하는 층에서 보정을 실시하였다.

보정 간격의 설정은 비구조요소가 부착된 후에 발생하는 처짐부분에 대해서 최대 L/240으로 제한하고 있고 Traditional British Practice 와 같은 기준에서는 전체적인 조합에 의해 일어나는 차이진 축소량의 최대 차이는 25mm를 넘지 않도록 하고 있다. 따라서 인접한 부재간의 축소량의 차이가 2.5cm~3cm에 먼저 도달하는 층에서 보정을 실시하였다. 총 축소량을 고려한 경우의 보정 위치는 9, 13, 17, 21, 25, 28, 31, 34, 37, 40, 44층과 최상층인 52층이고 보정이 적용된 층에서는 각 부재간에는 수평 보정이 이루어지도록 하였다.

### 3. 구조해석

#### 3.1 구조해석 모델

구조해석 모델링은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 평면이 X축과 Y축에 대해 모두 대칭이므로 구조해석을 단순화하기 위하여 Fig. 7과 같이 기둥 C3, 기둥 C4, 그리고 기둥 C5와 중앙부의 전단벽을 포함하도록 2차원으로 모델링하였다. 해석모델에 사용된 부재는 실제 시공에서 사용된 단면을 적용하였다.

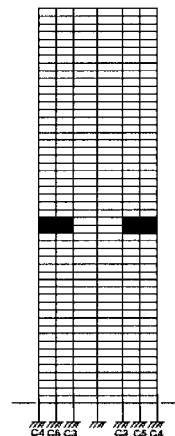


Fig. 7 구조해석 모델링

지진하중에 대한 동적 거동을 평가하기 위하여 적용한 지진 데이터는 넓은 주파수 범위와 강한 진폭의 특성을 가지고 있는 1940년 El Centro에서 발생한 지진의 SE 성분을 이용하였으며, 해석모델이 위치한 지역은 지진맥이 형성된 강한 지진구역이므로 계수(scale factor)를 적용하지 않은 최대 가속도 0.348g를 적용하였다. 지진하중은 응답 스펙트럼으로 적용하였으며 강제 변위는 모든 절점에 대해 계산된 값을 입력하였다. 축소현상 발생 전·후에 대한 구조물의 동적 거동을 파악하기 위하여 위의 해석방법을 적용하는 MIDAS/GEN을 사용하였다.

### 3.2 구조해석 결과 고찰

구조해석 결과에 대한 그래프에서 슬래브 설치시까지 발생한 축소량으로 각층마다 보정한 경우는 (—◆—, UP)와 같이 나타냈으며 총 축소량으로 보정을 실시한 경우는 (—□—, TOTAL)로 나타냈다.

#### 3.2.1 변위

슬래브 설치시까지 발생한 축소량을 적용한 모델과 총 축소량을 적용하여 보정한 모델에 대하여 지진하중의 영향을 분석한 결과, Fig. 8에서 나타낸 바와 같이 최대 횡변위는 슬래브 설치시까지 발생한 축소량으로 보정을 실시한 경우가 총 축소량으로 보정을 실시한 모델보다 더 큰 값을 나타냈다. 슬래브 설치시까지의 축소량으로 보정한 모델의 경우, 최대 횡변위는 24층에서 0.0357cm 나타냈으며, 총 축소량으로 보정을 실시한 경우는 26층에서 0.0197cm를 나타냈다. 층간 변위의 경우에도 슬래브 설치시까지 발생한 축소량만 보정한 경우가 더 큰 값을 나타냈다.

총 축소량을 고려한 경우가 슬래브 설치시까지 발생한 축소량만을 고려한 경우보다 지진하중에 대해 횡변위 구속효과가 더 큰 것으로 나타났다. Fig. 8은 횡변위에 대한

그래프이고 Fig. 9는 층간 변위에 대한 그래프이다.

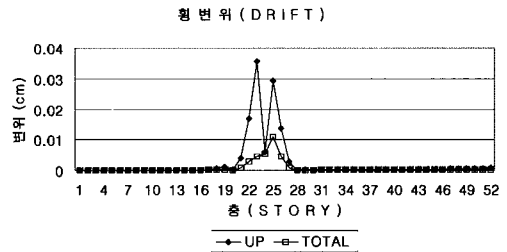


Fig. 8 횡변위(drift)

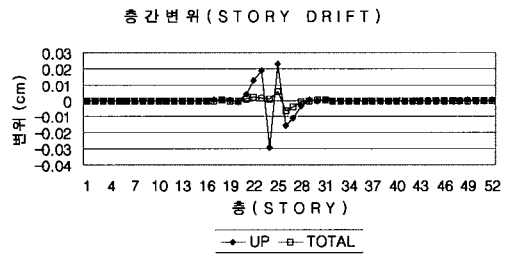


Fig. 9 층간변위(story drift)

#### 3.2.2 응력

##### (1) 수직구조부재의 전단력

Fig. 10~Fig. 13는 기둥 C3, 기둥 C4, 기둥 C5 그리고 전단벽에서 슬래브 설치시까지 발생한 축소량으로 각층마다 보정한 경우(—◆—, UP)와 총 축소량으로 보정을 실시한 경우(—□—, TOTAL)의 전단력 산출 결과이다.

Fig. 10~Fig. 12에서 보는 바와 같이 23층에서 27층 사이에 큰 전단력값이 나타난 것은 24층과 25층에 설치한 outrigger의 영향으로 판단된다.

Fig. 10은 전단벽과 인접한 기둥 C3의 전단력을 나타낸 그래프이다. 중간층을 제외한 나머지 층에서는 두 가지 모델이 유사한 값을 나타내고 있다. 두 그래프에서 최대 응력 차이는 26층에서 나타났으며 총 축소량을 고려하여 보정한 경우보다 슬래브 설치 시까지 축소량을 고려한 경우가 6.4배 더 큰 값을 나타냈다.

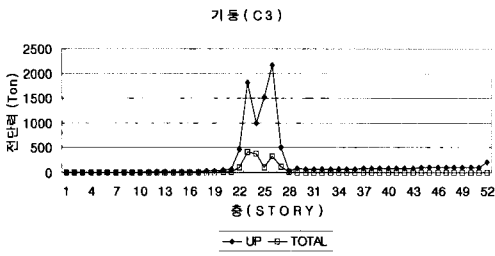


Fig. 10 기동 C3의 전단력

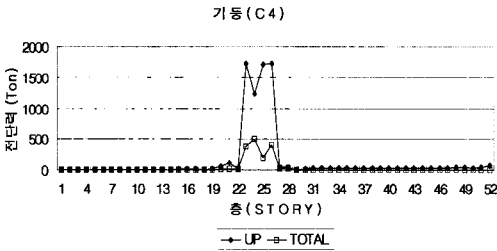


Fig. 11 기동 C4의 전단력

Fig. 11은 가장 바깥쪽에 위치한 기동 C4의 전단력을 나타낸 그래프이다. 기동 C4는 기동 C3에 비해 낮은 응력 상태를 나타냈으며 C3와 마찬가지로 중간층에서 두 모델의 응력 차이가 크게 나타났다. 총 축소량을 고려하여 보정한 경우보다 슬래브 설치 시까지 축소량을 고려한 경우가 25층에서 8.6배 더 큰 값을 나타냈다.

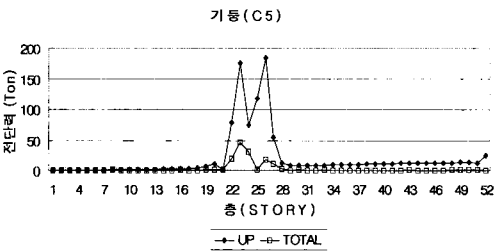


Fig. 12 기동 C5의 전단력

Fig. 12는 기동 C3과 C4사이에 위치한 기동 C5의 전단력 상태이다. C5의 전단력도를 보면 C3와 유사한 형태를 보이고 있으며 총 축소량으로 보정을 실시한 경우를 기준으로 했을 때 슬래브 설치시까지 발생한 축소량을 적용한 모

델이 26층에서 최대 차이를 나타냈으며 166.88ton 더 큰 값을 나타냈다.

Fig. 13은 전단벽의 전단력 상태를 나타낸 것이다. 기둥들과는 다른 응력 분포를 나타내고 있다. Outrigger부분에서 응력이 집중되는 현상은 유사하게 나타나지만 다른 부분에서는 기둥에 비해 전단벽의 강성이 비교적 크므로 outrigger에서 집중된 응력과 outrigger이외의 부분에서의 응력은 적은 차이를 나타냈다.

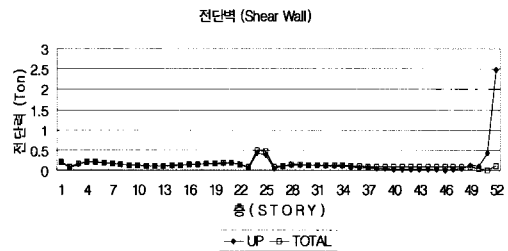


Fig. 13 전단벽의 전단력

(2) 수직구조부재의 모멘트

Fig. 14는 기동 C3의 모멘트를 나타낸 그래프이다. outrigger가 설치된 중간층 부분에서 응력 차이가 크게 나타났으며 최대 차이는 26층에서 나타났다. 응력값의 평균은 슬래브 설치 시까지 발생한 축소량으로 보정을 실시한 경우의 응력값이 263.4(ton-m) 더 크게 나타났다.

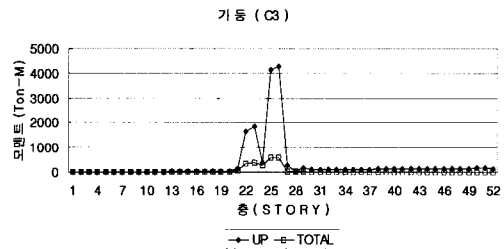


Fig. 14 기동 C3의 모멘트

Fig. 15는 가장 바깥쪽에 위치한 수직구조부재인 기동 C4의 모멘트를 나타낸 것이다. 전단력의 응력상태와 같이 중간층을 제외한 모든 부분에서 두 가지 모델에서 거의 유사한

응력상태를 보이고 있다. 최대 응력은 슬래브 설치 시까지 발생한 축소량으로 보정한 경우에 23층에서 나타났다. 응력값의 평균은 슬래브 설치시까지 발생한 축소량으로 보정을 실시한 경우가 181.1(ton-m) 더 크게 나타났다.

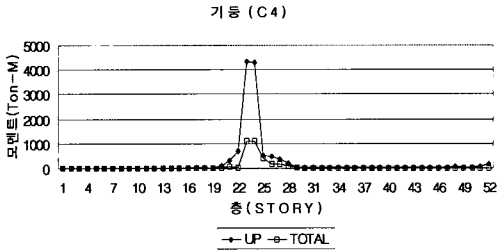


Fig. 15 기둥 C4의 모멘트

Fig. 16은 C4와 C3의 사이에 위치한 기둥 C5의 모멘트 값을 나타낸 것이다. 전체적인 그래프의 형태는 C3과 유사하지만 전체적인 응력의 수치는 적은 것으로 나타났다. 더 적은 응력을 나타낸 것은 수직구조부재 중 강성이 가장 작은 부재이기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 17은 모델의 가장 가운데에 위치한 수직구조부재인 전단벽의 모멘트 상태를 그래프로 표현한 것이다. 중간층의 outrigger는 기둥들 사이에만 설치되어 있고 전단벽에는 설치되어있지 않다. 이런 영향으로 중간층에서 outrigger에 의한 효과가 나타나지 않고 있다. 또한 응력의 차이가 outrigger가 설치된 층에서부터 점차적으로 커지는 것을 볼 수 있다. 상부층에서의 응력 상태를 보면 슬래브 설치 후

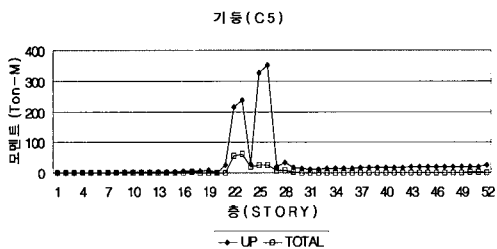


Fig. 16 기둥 C5의 모멘트

에 일어나는 축소량을 보정하는 경우의 보정 효과를 분명하게 볼 수 있다.

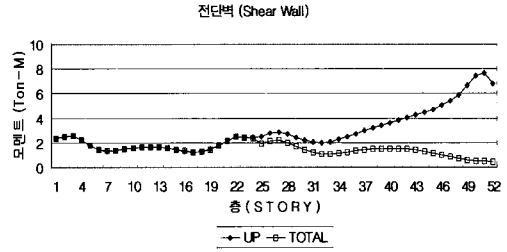


Fig. 17 전단벽의 모멘트

### (3) 슬래브의 모멘트

슬래브의 위치는 기둥 C4와 C5사이에 위치한 슬래브를 슬래브 1, 기둥 C5와 C3에 위치한 슬래브를 슬래브 2, 기둥 C3와 전단벽 사이에 위치한 슬래브를 슬래브 3으로 설정하였다.

Fig. 18~Fig. 20은 슬래브 1~3의 모멘트 응력상태를 나타낸 것이다. 세 가지 슬래브 모두 유사한 그래프 형태를 나타냈으나 전단벽과 기둥 C3 사이에 위치한 슬래브 3이 전체적으로 가장 큰 응력 값을 나타냈다.

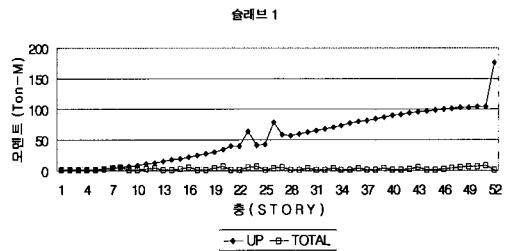


Fig. 18 슬래브 1의 모멘트

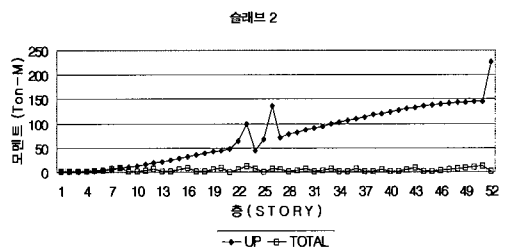


Fig. 19 슬래브 2의 모멘트



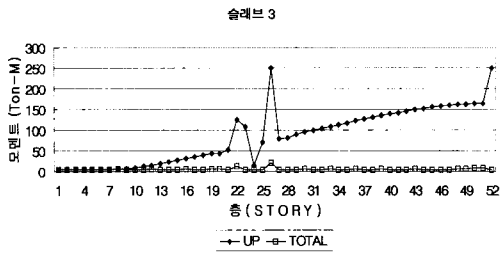


Fig. 20 슬래브 3의 모멘트

슬래브 설치 시까지 발생한 축소량만을 보정한 경우는 슬래브 설치 후 발생하는 축소량에 의해 수직 부재간에 축소량 차이가 발생하게 된다. 부등 축소에 의한 영향으로 모멘트 값이 상부층으로 갈수록 증가하는 것을 나타냈다. 슬래브 설치 후 발생하는 축소량을 고려하여 보정을 실시한 경우는 보정을 실시한 층에서 부등축소 현상을 보정을 실시하므로 응력의 증가가 일어나지 않았다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 슬래브 설치시까지 발생한 축소량을 근거로 보정을 실시한 모델과 슬래브 설치 후 발생한 축소량을 고려하여 보정을 실시한 모델에 대해 지진 하중에 대해 해석을 실시하고, 그 결과를 비교·분석하여 각각의 거동을 평가하였다.

- (1) 총 축소량을 고려한 경우가 슬래브 설치 시까지 발생한 축소량만을 고려한 경우보다 지진하중에 대해 횡변위 구속효과가 더 큰 것으로 나타났다.
- (2) 수직구조부재의 전단력 상태를 비교했을 때 응력차이는 중간층에서 주로 나타났으며 슬래브 설치 시까지의 축소량만 보정한 경우가 현저하게 큰 값을 나타냈다.
- (3) 수직구조부재의 모멘트를 비교했을 때 기둥의 모멘트 응력상태를 보면 전단력의 응력분포와 유사하게 나타났으나 전단벽에서

는 슬래브 설치 후 발생한 축소량의 보정 효과가 명확하게 나타나는 것을 알 수 있다.

- (5) 슬래브의 모멘트 응력상태를 비교했을 때 전단벽의 모멘트와 같이 축소량 보정의 효과를 모든 슬래브에서 명확하게 볼 수 있다. 슬래브 설치 후 발생한 축소량을 보정하지 않았을 경우 부등 축소량이 누적되어 상부층 일수록 응력이 증가하는 것을 볼 수 있다.

본 논문의 결론은 슬래브 설치 시까지 발생한 축소량과 슬래브 설치 후 발생한 축소량으로 보정을 실시한 경우에 대해 지진하중에 대한 영향 평가를 수행하였다. 그 결과 슬래브 설치 후에 발생하는 축소량은 구조재에 대해 설계시보다 많은 응력을 부담시키므로 현장에서 보정을 반드시 실시해야하며 또한 설계단계에서 축소량을 정확히 계산하여 반영하여야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. "Building code requirements for reinforced concrete," ACI 318-95, American Concrete Institute, Detroit, Mich., 1995.
2. CSCP, "Column shortening calculation program," Kyung Hee University, 1997. 2.
3. Fintel, M. and Ghosh, S. K., "Column length change in ultra high-rise building," *Advances in Tall Building*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Van Nostrand Reinhold Co., 1986, pp. 503-515.
4. Fintel, M. and Ghosh, S. K., "High-rise design : accounting for column length change," *Civil Engineering*, ASCE, April, 1984, pp. 55-59.
5. MIDAS/GEN v 3.3, "The Most intelligent design & analysis system," POSCO Engineering & Construction Co., Ltd. 1998. 4.

6. Russell, H. G., "High-rise concrete buildings: shrinkage, creep and temperatures effects," *Analysis and Design of High-Rise Concrete Buildings*, Publication SP-97, ACI, Detroit, 1986, pp. 125-137.
7. Russell, H. G., "Shortening of high-strength concrete members," Publication SP-121, ACI, Detroit, 1990.
8. 정은호, 김희철, "지진하중에 의한 초고층 건물의 기둥축소 효과와 구조적 영향", 한국지진공학회논문집, 제1권, 제3호, 1997. 12.
9. Jung, E. H. and Kim, H. C., "Structural effect of a high-rise building due to axial shortening," *Proceedings of the Structural Engineers World Congress(SEWC)*, San Francisco, U.S.A., 18-23 July 1998.