

超高層 建物の 기둥縮小와 地震荷重에 代한 構造的 影響

A Column Shortening on High-Rise Building and Structural Effect under seismic load

정 은 호* 김 희 철**
Jeong, Eun Ho Kim, Hee Cheul

국문요약

대도시에서 초고층 건물의 필요성은 구조 기술자에게 새로운 문제를 안겨주었다. 기둥축소의 효과는 설계 및 시공에 있어 특별한 주의를 요구한다. 기둥의 축소는 칸막이, 마감, 그리고 설비체계와 같이 수직하중을 지탱하도록 고려되어 있지 않은 비구조적인 요소에 영향을 미친다. 또한 각 기둥의 축소량 차이는 주위의 슬래브 및 보와 같은 부재들을 경사지게 한다. 축소량을 예측하는 목적은 부등 축소량의 차이를 미리 보정하는 데 있다. 본 연구는 부등 축소량에 의한 주구조부재의 영향에 대한 내용을 다루었다. 자중으로 인해 초기 수직변위를 갖는 52층 철근콘크리트 구조물에 지진하중을 적용하여 구조물에 미치는 영향을 평가하였다. 각 수직구조요소에 대한 축소량은 전산화된 기둥축소 해석 프로그램을 이용하여 예측되었으며 지진하중으로 인한 축소량이 보정된 구조물과 보정되지 않은 구조물 사이의 응력을 조사하였다.

주요어 : 고층건물, 기둥의 축소, 부등축소량, 지진하중

ABSTRACT

The necessity of a high-rise building in big cities gave a new problem to structural engineers. The shortening effect of vertical members needs special consideration in the design and construction of high-rise buildings. The shortening of each column transfers load to nonstructural members such as partitions, cladding, and M/E systems which are not designed to carry gravity loads. Also, the slabs and beams will tilt due to the cumulative differential shortening of adjacent vertical members. The main purpose of estimating the total shortening of vertical structural members is to compensate the differential shortening between adjacent members. This paper presents the structural effect of differential shortening in main structural members. Lateral earthquake load is applied to the 52 story concrete structure which has an initial vertical displacement due to the gravity load. Shortening amount for each vertical member was estimated using the computerized column shortening software. Comparison of stresses between the shortening corrected structure and the uncorrected structure due to earthquake load was discussed.

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

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

1.1.1 연구의 배경

콘크리트를 이용한 초고층 건물은 지난 40여년 동안 많은 진보를 거듭하였다.

또한 철근콘크리트구조요소는 복합적인 시스템을 더욱 효율적으로 생산하기 위해 구조용 강재와 조합하여 사용되기 시작하였다. 철근콘크리트를 이용한 고층화의 실현은 재료적인 측면은 물론 구조기술 발전의 성과에 기인한 것이다. 그러나 건물 높이의 증가와 더불어 복합적인 용도로 사용되는 고층 구조물은 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.

* 비회원 · 경희대학교 건축공학과 박사과정

** 정회원 · 경희대학교 건축공학과 교수

건물의 고층화로 인한 자중의 증가는 기둥과 같이 축력을 받는 수직구조부재에 심한 축소현상을 일으키는 원인이 된다. 이러한 축방향으로의 감소는 기본설계와는 다른 충고를 갖게하며, 기둥별 분담 하중의 차이로 인한 변위량 차이는 슬래브나 보와 같은 수평연결부재의 초기 위치를 변하게 한다.

용력상태가 비슷한 경우 기둥에 대한 저층 건물의 변형도는 고층 건물의 변형도와 비슷하다. 그러나 고층 건물에서 수직구조부재의 전체적인 축소량은 누적되며, 그 양은 구조물의 높이에 따라 좌우된다. 이러한 현상은 구조물의 사용성을 감소시킬 뿐만 아니라 2차 용력의 발생으로 인하여 구조물 자체의 안전에도 영향을 미칠 수 있다.

한 층에서 발생하는 기둥축소는 칸막이, 클래딩, 외부마감, 파이프의 연결부 등에 영향을 미칠 수 있으나, 이는 이러한 요소에 수직용력을 부담시키지 않고 수직적으로 변형이 가능하도록 하므로써 해결될 수 있다. 그러나 고층의 경우 구조물의 전체 높이에 대하여 누적된 기둥축소(column-shortening) 효과는 칸막이 벽과 바닥을 원래의 위치로 부터 비틀어지게 하는 중대한 구조적 영향을 유발시킨다.

따라서 기둥축소효과는 건물의 고층화와 더불어 구조물의 설계단계에서 필수적으로 고려되어 시공에 직접 반영되어야 할 중요한 요소이다.

일반적으로 콘크리트 부재의 경우, 크리프와 건조수축에 의한 변형도는 재료 특성은 물론 철근비 및 체적대 표면적비에 의존한다. 같은 용력 상태일 경우, 크리프와 건조수축에 의한 변형도는 철근비와 체적대 표면적비가 증가할수록 감소한다. 고층 구조물의 경우 수평하중으로 인한 불균일 용력 또는 하중 분담 면적의 차이로 인한 수직하중의 차이 때문에 철근비가 다르게 되고 결과적으로 인접한 수직부재와의 변위차는 지점의 상대적인 변위차로 인하여 수평 연결재인 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 구조적인 영향에도 불구하고 현재 시공하고 있는 고층 구조물들은 수직구조부재의 축방향 감소에 대비하여 비구조부재에 대한 상세만 제공할 뿐, 축소량 계산을 통한 보정조차 거의 실시하고 있

지 않은 실정이다. 따라서 부동한 수직구조부재들을 보정하지 않고 그대로 사용할 경우에 대한 구조적인 검토를 실시하여 축소량 예측을 통한 보정의 필요성을 판별할 필요가 있다.

1.1.2 연구의 목적

현재 초고층 구조물에서 수직구조부재의 축소량 차이로 인한 구조물의 영향 평가에 관한 연구는, 비구조부재 및 구조물의 사용성에 대한 저해 요인으로 한정되어 있다. 뿐만 아니라, 축소량 계산 및 보정 또한 외국의 몇몇 건물에 대해 실시하고 있을 뿐, 국내의 경우 거의 무시되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 자중은 물론 지진하중과 같은 반복하중이 구조물 거동에 중요한 요인으로 작용하는 초고층 구조물에서 수직구조부재의 부동 축소량으로 인한 구조적인 영향을 적절하게 평가하므로써 축소량의 예측 및 보정의 중요성을 규명하고 구조물의 안정성을 확보하는데 있다. 또한 이러한 연구 결과는, 축소량 계산 후 부동한 수직구조부재의 수평을 유지하기 위하여 시공시에 실시하는 보정에 있어서, 인접한 수직구조부재간의 거리에 따른 최대 보정값을 제안하기 위한 기초자료로써 활용될 수 있을 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

1.2.1 연구의 범위

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 ACI-Code에서 제안한 규준식을 이용하였다. 또한 해석모델은 인도네시아에 시공중인 52층 철근콘크리트 구조물로 정하고 설계가정 및 하중가정은 구조설계에 실제 적용한 자료를 이용하였다.

축소현상 발생 전·후에 대한 구조적인 거동을 파악하기 위한 연구의 범위는 다음과 같다.

- (1) 축소량 계산 대상은 해석모델의 기둥에 대하여 실시하였다.
- (2) 해석모델에 대한 적용하중은 지진하중으로 하며, 지진 자료는 1979년 Elcentro에서 발생한 지

진의 S50W 성분을 사용하였다.

- (3) 구조해석은 2차원 해석을 실시하고 구조해석대상은 기둥과 슬래브에 대하여 변위 및 응력으로 하였다.

1.2.2 연구의 방법

부동 축소량에 의하여 발생하는 구조적인 영향을 평가하기 위하여 해석모델을 선정하고 축소량 계산은 초고층 구조물의 기둥축소량 예측 및 보정을 위한 목적으로 개발한 CSCP(Column Shortening Calculating Program) 프로그램을 이용하였다. 또한 구조물의 거동을 파악하기 위하여 구조해석 전용 프로그램을 이용하였다.

해석모델에 대해 수직구조부재의 축소량을 각각 산출하고 축소현상 발생 전·후의 구조적인 거동을 비교·고찰 하므로써 차이진 축소량으로 인한 구조적인 영향을 평가하였다. 연구를 수행하기 위한 과정은 다음과 같다.

- (1) 축소량을 계산하기 이전의 해석모델에 대해 지진하중을 적용한 구조해석을 수행하여 구조물 전체의 거동과 구조부재에 대한 제반 응력상태를 평가하였다.
- (2) 해석모델의 축소량 산출을 위해 CSCP를 이용하여 수직구조부재에 대한 축소량을 계산하였다.
- (3) 계산된 축소량을 해석모델에 대해 적용하고 이에 대해 지진하중을 적용한 구조 해석을 수행하여, 구조물 전체에 대한 제반 응력상태를 고찰 하였다.
- (4) 위의 (1)과 (3)의 구조해석결과를 상호 비교 분석하므로써, 수직구조부재의 차이진 축소현상으로 인한 구조적인 영향을 평가하였다.

2. 축소량 계산

2.1 해석모델

축소량을 계산하기 위한 해석 모델은 현재 인도네시아에 건설중인 아마타푸라 아파트 건물로 선정하였다. 이 건물은 내부 코아를 갖는 타워형 철근 콘크리트의 플랫폼슬래브 골조로서 52층(타워 A), 42

층(타워 B)의 2개의 동으로 이루어져 있으며, 타워 A의 기둥 C3, 기둥 C4, 기둥 C5에 대하여 축소량을 계산하였다. 그림 1과 그림 2는 해석모델에 대한 평면과 입면을 각각 나타낸 것이다. 또한 표 1~ 표 3은 기둥 C3, C4 및 C5의 축소량을 계산하기 위한 CSCP의 입력 자료이다.

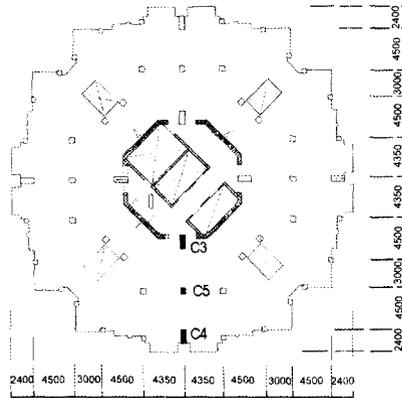


그림 1 해석모델에 대한 평면도

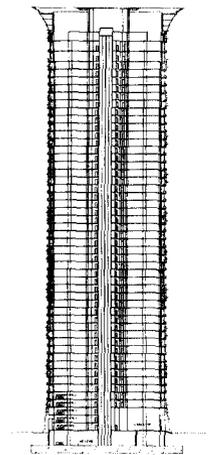


그림 2 해석 모델에 대한 단면도

표 1 기동 C3에 대한 입력 자료

층 수	콘크리트 강도 kg/cm ²	콘크리트 단면적 cm ²	철근 단면적 cm ²	하중 kN	마감재 하중 kN	체적대표면적비 cm	특정크리프계수 ×10 ⁻⁶ cm/cm	극한건조수축값 (×10 ⁻⁵)
1	600	16000	201.3	246.3	9.21	31.62	0.0469	800
2-5		12000	161	114.99	9.21	27.38		
6-7	500	12000	161	114.99	9.21	27.38	0.0563	
8-24			120.65					
25-26			140.85					
27-29	400	9000	201.3	92.96	9.21	23.72	0.0704	
30-31			161					
32-34			100.65					
35-39	300	9000	100.65	92.96	9.21	23.72	0.0939	
40-47			63.23				0.0939	
48			63.23				0.0948	
49			63.23				0.0986	
50-51			63.23				0.1049	
52			63.23				0.1174	
52-PH			63.23				0.1549	

표 2 기동 C4에 대한 입력 자료

층 수	콘크리트 강도 kg/cm ²	콘크리트 단면적 cm ²	철근 단면적 cm ²	하중 kN	마감재 하중 kN	체적대표면적비 cm	특정크리프계수 ×10 ⁻⁶ cm/cm	극한건조수축값 (×10 ⁻⁶)
1	600	16000	37.44	295	22.83	31.62	0.0469	800
2		10000	31.2	157.44	22.83	27.38		
3-5		10000	24.95	157.44	22.83	27.38		
6-10	500	10000	24.95	157.44	22.83	27.38	0.0563	
11-16			31.2					
17-26			37.44					
27	400	9000	18.72	157.44	22.83	23.72	0.0704	
28-31			18.72	135.41	22.83			
32-34			15.6	135.41	22.83			
35-39	300	9000	15.6	135.41	22.83	23.72	0.0939	
40-47			9.8	135.41			0.0939	
48			9.8	135.41			0.0939	
49			9.8	135.41			0.0986	
50-51			9.8	135.41			0.1049	
52			9.8	135.41			0.1174	
52-PH			9.8	147.651			0.1549	

표 3 기동 C5에 대한 입력 자료

층 수	콘크리트 강도 kg/cm ²	콘크리트 단면적 cm ²	철근 단면적 cm ²	하중 kN	마감재 하중 kN	체적대표면적비 cm	특정크리프계수 ×10 ⁶ cm/cm	극한건조수축값 (×10 ⁻⁶)
1	600	8100	80.52	208.57	28.17	22.505	0.0469	800
2		5400		125.13		18.36		
2-5		5400		125.13		18.36		
6-26	500	5400	60.39	125.13	28.17	18.36	0.0563	
27	400	3500	80.52	125.13	28.17	14.81	0.0704	
28-34				111.2		14.81		
35-39	300	3500	60.39	111.2	28.17	14.81	0.0939	
40-45		3500	34.19	111.2		14.81	0.0939	
46-46		2500	25.81	103.86		12.49	0.0939	
47		2500	25.81	103.86		12.49	0.0939	
48		2500	25.81	103.86		12.49	0.0948	
49		2500	25.81	103.86		12.49	0.0956	
50-51		2500	25.81	103.86		12.49	0.1049	
52		2500	25.81	103.86		12.49	0.1174	
PH		2500	25.81	118.9		12.49	0.1549	

2.2 축소량 계산

해석모델에 대해 CSCP를 이용하여 축소량을 계산한 결과는 그림 3, 그림 4 및 그림 5에 각각 나타냈다. 그림 3에서 보는 바와 같이 해석모델에 대한 탄성축소량은 기동 C5가 최상층에서 탄성축소량은 3.81cm로 가장 크게 나타났으며, 기동 C4가 최상층에서 1.87cm 그리고 기동 C3가 최상층에서 1.25cm로 나타났다. 비탄성축소량은 그림 4에서 보는 바와 같이 기동 C5가 최상층에서 8.63cm로서 가장 크게 나타났으며, 기동 C4와 기동 C3는 최상층에서 6.86cm와 6.87cm로 서로 비슷한 값으로 나타났다. 또한 총 축소량에 대한 계산 결과는 아래 그림 5에 나타낸 바와 같이 기동 C5가 최상층에서 12.4cm로 가장 크게 나타났으며, 기동 C4가 최상층에서 8.74cm 그리고 기동 C3가 최상층에서 8.11cm로 나타났다.

다음 표 4는 기동 C3, 기동 C4, 그리고 기동 C5에 대한 축소량 계산 결과를 매 5층마다 나타낸 것이다.

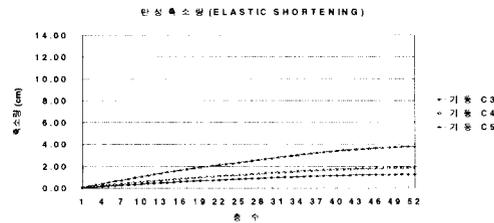


그림 3 탄성축소량

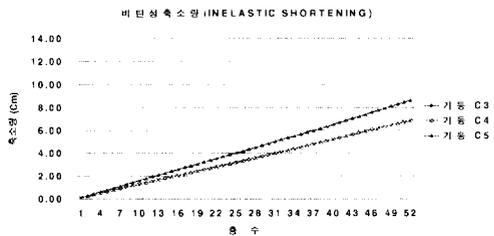


그림 4 비탄성축소량

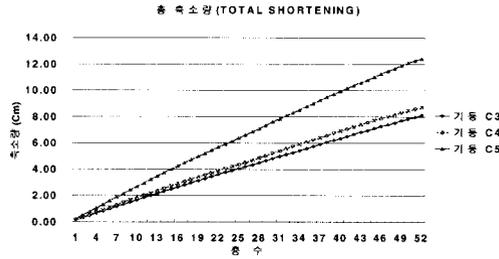


그림 5 총 축소량

표 4 기동의 축소량 계산값

층수	기동 C3			기동 C4			기동 C5		
	탄성 축소량 cm	비탄성 축소량 cm	총 축소량 cm	탄성 축소량 cm	비탄성 축소량 cm	총 축소량 cm	탄성 축소량 cm	비탄성 축소량 cm	총 축소량 cm
1	0.0328	0.121	0.154	0.0476	0.121	0.169	0.081	0.1481	0.229
5	0.191	0.636	0.827	0.191	0.643	0.925	0.527	0.7893	1.32
10	0.383	1.29	1.670	0.383	1.30	1.86	1.08	1.6138	2.69
15	0.553	1.94	2.500	0.553	1.93	2.75	1.56	2.4297	3.99
20	0.699	2.59	3.29	0.699	2.56	3.58	1.98	3.2368	5.22
25	0.821	3.24	4.06	0.821	3.17	4.37	2.34	4.0346	6.38
30	0.941	3.88	4.82	0.941	3.84	5.23	2.74	4.8580	7.60
35	1.05	4.55	5.60	1.05	4.54	6.10	3.10	5.6819	8.78
40	1.14	5.23	6.37	1.14	5.23	6.93	3.41	6.5266	9.94
45	1.21	5.92	7.13	1.80	5.93	7.73	3.63	7.3984	11.0
50	1.24	6.60	7.84	1.86	6.61	8.47	3.79	8.2910	12.1
52	1.25	6.86	8.11	1.87	6.87	8.74	3.81	8.6304	12.4

3. 구조해석

3.1 구조해석 모델

구조해석 모델링은 그림 5에서 보는 바와 같이 평면이 X축과 Y축에 대해 모두 대칭이므로 구조해석을 단순화하기 위하여 그림 6과 같이 기동 C3, 기동 C4, 그리고 기동 C5를 포함하도록 2차원으로 모델링하였다. 해석모델에 사용된 부재는 표 5에서 보는 바와 같이 실제 시공에서 사용된 단면을 적용하였다. 지진하중에 대한 동적거동을 평가하기 위하여 적용한 지진 데이터는 넓은 주파수 범위와 강한 진폭의 특성을 가지고 있는 1979년 Elcentro에서 발생한 지진의 S50W 성분을 이용하였으며, 해석모델이 위치한 지역은 지진맥이 형성된 강한 지진구역이므로 scale factor를 적용하지 않은 최대 가속도 0.78g 값을 적용하였다. 축소현상 발생 전·후에 대한 구조물의 동적거동을 파악하기 위하여 위의 해석방법을 적용하는 MIDAS/GEN을 사용하였다.

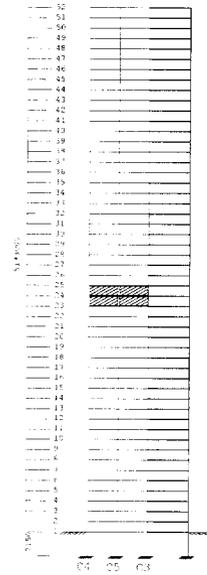


그림 6 구조해석 모델링

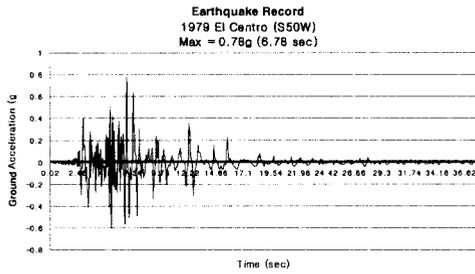


그림 7 지진 가속도 그래프

표 5 구조해석 모델의 단면 및 하중

층	층고 (cm)	콘크리트 강도 (kg/cm ²)	기동 단면 cm ²			고정 하중 (kg/m ²)	슬래브 두께 (cm)		
			기동C3	기동C4	기동C5				
1	715	600	80×200	80×200	90×90	140	20		
2	300		60×200	50×200	60×90		17		
3-5							20		
6-10							17		
11-21							20		
22	500	60×150	50×150	50×70	17				
23					20				
24-25					17				
26					20				
27-31					400	60×150	50×150	50×70	17
32-34	300	50×50	20						
35-39				17					
40-50									20
51									
52	20								

4. 구조해석 결과 및 고찰

4.1 변 위

축소현상 발생 전·후 모델에 대하여 지진하중의 영향을 분석한 결과, 그림 8에서 나타낸 바와 같이 최대 횡변위는 축소현상이 발생한 모델에서 나타났다. 축소현상이 발생하기 전 모델의 경우, 최대 횡변위는 최상층에서 나타났으며 지진하중 발생 후 7초에서 0.1cm를 나타냈다. 또한 축소현상이 발생 후에 대한 모델의 경우, 최대 횡변위는 축소현상이 발

생하지 않은 모델의 경우와 마찬가지로 최상층에서 나타났으며, 지진하중 발생 후 7초에서 지진하중의 반대 방향으로 0.92cm를 나타냈다.

그러나 축소현상 발생 전·후의 모델에 대하여 횡변위를 비교·분석한 결과, 축소현상 발생 전 모델의 횡변위를 기준으로 했을 때, 123%로써 축소현상이 발생한 후의 모델이 더 크게 나타났다.

그림 9는 축소현상 발생 전·후의 모델에 대한 층간변위를 나타낸 것이다. 그림 9에서 보는 바와 같이 저층부에서는 축소현상이 발생하지 않은 모델에서 더 큰 층간변위값이 나타났으나 상층부로 올라가면서 축소현상 발생한 모델의 층간변위가 커지는 양상을 나타냈다. 축소현상 발생 전·후의 모델에 대하여 층간변위를 비교, 분석한 결과 축소현상이 발생하지 않은 모델의 층간변위를 기준으로 했을 때, 약 250%로써 축소현상이 발생한 모델이 더 크게 나타났다.

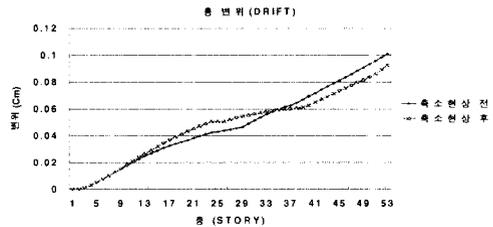


그림 8 축소현상 발생 전·후에 대한 층 변위

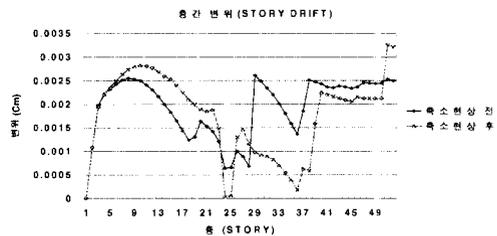


그림 9 축소현상 발생 전·후에 대한 층간 변위

4.2 응 력

4.2.1 전단력

그림 10~12는 기동 C3, 기동 C4, 그리고 기동 C5에서 축소현상 발생 전·후의 모델에 대한 전단력값을 각각 비교한 것이다. 그림 10~12에서 보는

바와 같이 24층에서 27층 사이에 큰 전단력값이 나타난 것은 24층과 25층에 설치한 outrigger의 영향으로 판단된다. 그림 10과 그림 11에서 보는 바와 같이 기둥 C3와 기둥 C4의 경우는 축소현상 발생 전·후 모델에 대하여 유사한 값을 나타냈다. 그러나 부재의 단면적이 기둥 C3와 기둥 C4에 비해 적으며 축소량이 크게 나타난 기둥 C5의 경우는 축소현상 발생 전·후 모델에 대해 상대적으로 큰 전단력의 차이를 나타냈다. 그림 10~12는 보는 바와 같이 축소현상 발생 전·후의 모델에 대하여 기둥의 전단력을 비교 분석한 결과, 대체적으로 축소현상이 발생한 모델이 더 큰 전단력값을 나타냈으며 축소현상이 발생하지 않은 모델의 전단력값을 기준으로 했을 때, 축소현상이 발생한 모델의 전단력값은 중간층 부근에서 최대 150% 정도 더 크게 나타났다.

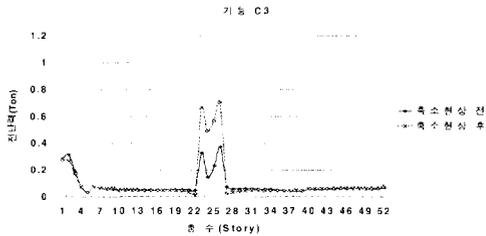


그림 10 기둥 C3의 전단력

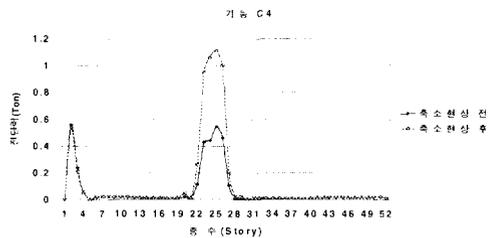


그림 11 기둥 C4의 전단력

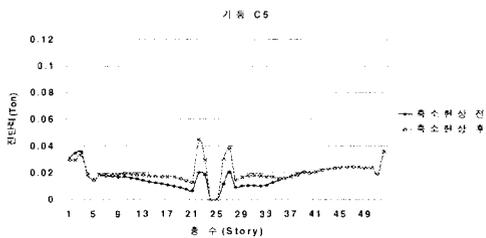


그림 12 기둥 C5의 전단력

4.2.1 모멘트

그림 13~15는 기둥 C3, 기둥 C4, 그리고 기둥 C5에서 축소현상 발생 전·후의 모델에 대한 모멘트값을 각각 비교한 것이다. 그림 13~15에서 보는 바와 같이 24층에서 27층 사이에 큰 모멘트값이 나타난 것은 위의 전단력 비교에서와 마찬가지로 24층과 25층에 설치한 outrigger의 영향으로 판단된다. 또한 그림 15에서 보는 바와 같이 축소현상 발생 전·후 모델에 대하여 24층과 25층에서 모멘트값이 나타나지 않은 것은 outrigger를 설치하고 중간층 기둥은 설치하지 않은 결과이다.

그림 13에서 보는 바와 같이 기둥 C3의 경우는 20층 이하에서 축소현상이 발생하지 않은 모델의 모멘트값이 적은 차이로 더 크게 나타났으나 21층 이상에서는 축소현상이 발생한 모델의 모멘트값이 현저하게 크게 나타났다. 또한 그림 14에서 보는 바와 같이 기둥 C4의 경우는 21층 이하에서 축소현상이 발생한 모델의 모멘트값이 현저하게 크게 나타나는 반면 22층 이상에서는 축소현상이 발생하지 않은 모델의 모멘트값이 크게 나타났다. 기둥 C5의 경우는 그림 15에서 보는 바와 같이 20층 이하와 30층 이상에서 축소현상이 발생하지 않은 모델의 모멘트값이 크게 나타났으며 중간층에서는 축소현상이 발생한 모델의 모멘트값이 현저하게 크게 나타났다. 대체적으로 기둥 C3와 기둥 C4에 대한 모멘트값은 축소현상 발생 전·후 모델에 대하여 유사한 값을 나타내었다. 그러나 부재의 단면적이 기둥 C3와 기둥 C4에 비해 적으며 축소량이 크게 나타난 기둥 C5의 경우는 축소현상 발생 전·후 모델에 대해 상대적으로 큰 모멘트값의 차이를 나타냈다. 그림 13~15에서 보는 바와 같이 축소현상 발생 전·후의 모델에 대하여 기둥의 모멘트값을 비교·분석한 결과, 저층부에서 대체적으로 축소현상이 발생한 모델이 더 큰 모멘트값을 나타냈으며, 축소현상이 발생하지 않은 모델의 모멘트값을 기준으로 했을 때, 축소현상이 발생한 모델의 모멘트값이 중간층 부근에서 최대 120% 정도 더 크게 나타났다.

그림 16과 그림 17은 슬래브 1과 슬래브 2에 대한 모멘트값을 각각 비교한 것이다. 해석모델에서 기둥 C4와 기둥 C5 사이에 위치한 슬래브를 편의상

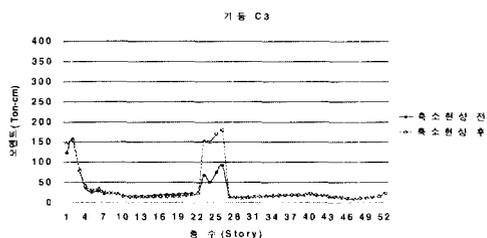


그림 13 기동 C3의 모멘트

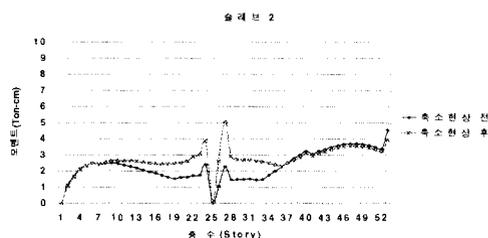


그림 17 슬래브 2의 모멘트

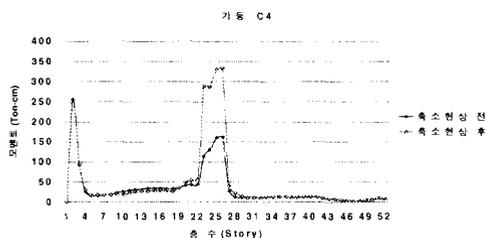


그림 14 기동 C4의 모멘트

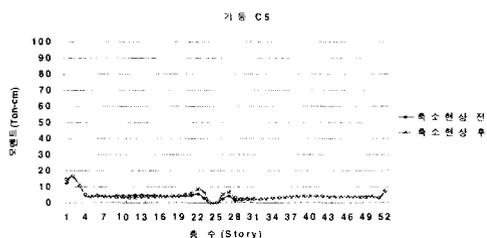


그림 15 기동 C5의 모멘트

슬래브 1이라 하고 기동 C5와 기동 C3 사이에 위치한 슬래브를 슬래브 2라고 표현하였다. 그림 16~17에서 보는 바와 같이 축소현상이 발생한 모델의 모멘트값이 대체적으로 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 그림 16에서 보는 바와 같이 슬래브 1에서 발생한 모멘트값은 축소현상이 발생한 모델에서 전반적으로 큰 값을 나타냈다.

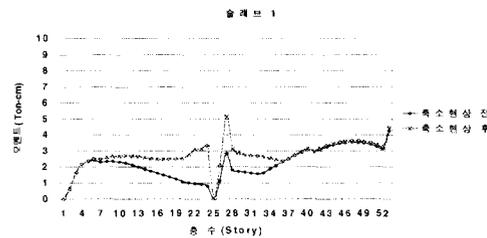


그림 16 슬래브 1의 모멘트

그러나 슬래브 2의 경우는 그림 17에서 보는 바와 같이 35층 이하에서 축소현상이 발생한 모델의 모멘트값이 현저하게 크게 나타났으며, 36층 이상에서는 축소현상이 발생하지 않은 모델의 모멘트값이 적은 증가 폭을 나타냈다. 축소현상이 발생하지 않은 모델의 모멘트값을 기준으로 했을 때, 축소현상이 발생한 모델의 모멘트값은 중간층 부근에서 최대 140% 정도 더 크게 나타났다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1 결론

초고층 구조물에서 수직구조부재의 부동 축소량으로 인한 구조적인 영향을 평가하기 위하여 해석 모델을 선정하고 지진하중에 대한 동적해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 축소현상 발생 전·후의 모델에 대하여 횡변위를 비교·분석한 결과, 축소현상이 발생한 모델의 횡변위가 축소현상이 발생하지 않은 모델에 비해 중간층 부근에서 최대 23%정도 더 큰 변위 값을 나타냈다.
- (2) 축소현상 발생 전·후의 모델에 대하여 기동의 전단력을 비교·분석한 결과, 대체적으로 축소현상이 발생한 모델이 더 큰 전단력값을 나타냈으며 축소현상이 발생하지 않은 모델의 전단력을 기준으로 했을 때, 축소현상이 발생한 모델의 전단력값은 중간층 부근에서 최대 150% 정도 더 크게 나타났다.
- (3) 축소현상 발생 전·후의 모델에 대하여 기동의 모멘트값을 비교·분석한 결과, 저층부에서 대체적으로 축소현상이 발생한 모델이 더 큰 모멘트 값을 나타냈으며 축소현상이 발생하지 않은 모델의 모멘트값을 기준으로 했을 때, 축소

현상이 발생한 모델의 모멘트값이 중간층 부근에서 최대 120% 정도 더 크게 나타났다.

- (4) 축소현상 발생 전·후의 모델에 대하여 슬래브의 모멘트값을 비교·분석한 결과, 축소현상이 발생하지 않은 모델의 모멘트값을 기준으로 했을 때, 축소현상이 발생한 모델의 모멘트값은 중간층 부근에서 최대 140% 정도 더 크게 나타났다.
- (5) 따라서 수직구조부재의 부동 축소량은 지진하중과 같은 반복하중에 대하여 위해한 요인으로 작용함을 알 수 있다. 또한 본 연구에서 선정된 해석모델의 경우는 다른 구조물에 비해 적은 축소량을 보이는 것을 감안할 때, 차이진 축소량이 구조물에 미치는 영향은 결코 과소평가되어서는 안될 것이며, 설계 단계에서 필수적으로 고려되어 시공에 직접 반영되어야 할 것이다.

위 결과는 outrigger가 설치된 건물에 대한 해석 결과이므로 다른 구조시스템을 택하면 그 차이에 변화가 있을 수 있다. 그러나 대부분의 초고층구조물은 중앙에 outrigger 또는 벨트를 두어 횡방향의 변위(drift)를 조절하고 있으므로 커다란 차이는 없을 것으로 사료된다.

5.2 향후 연구과제

- (1) 현재까지 개발된 축소량 계산 도구는 축소량 계산시 기둥의 구속효과로 인한 영향은 배려되어 있지 않은 실정이다. 따라서, 보다 정확한 기둥의 축소량을 계산하기 위하여 실험을 바탕으로 보강재의 구속효과가 축소량 결정에 미치는 영향에 대한 연구가 시급히 요구된다.
- (2) 현재 실시하고 있는 축소량 보정은 현장에서 시공시에 구조 기술자의 판단에 의해 사용성 및 비구조부재에 영향을 미치지 않는 범위내에서 이루어지고 있다. 그러나 차이진 수직구조 요소에 대한 보정 값은 명확한 근거가 마련되지 않은 실정이다.

따라서 차이진 수직구조 요소의 수평거리에 대한 축소량의 비율을 토대로 최소 보정 값의 제안이 마련되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete*, ACI 318-95, American Concrete Institute, Detroit, Mich., 1995.
2. Colaco, J.P., "75-Story Texas Commerce Plaza, Houston - the Use of High - Strength Concrete," Publication SP-87, ACI, Detroit, 1985. 5., pp. 1-8.
3. CSCP, *Column Shortening Calculation Program*, Kyung Hee University, 1997. 2.
4. Fintel, M., Ghosh, S. K., and Iyanger, H., *Column Shortening in Tall Structures*, Portland Cement Association, 1987.6.
5. Fintel, M., and Gosh, 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.
6. Fintel, M., and Ghosh, S. K., "High-Rise Design : Accounting for Column Length hange," *Civil Eingeering*, ASCE, April, 1984. pp. 55-59.
7. MIDAS/GEN v. 3.2, *The Most Intelligent Design & Analysis System*, POSCO Engineering & Construction Co., Ltd. 1996. 11.
8. 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.
9. Russell, H. G., "Shortening of High - Strength Concrete Members," Publication SP-121, ACI, Detroit, 1990.