

광고탑이 설치된 건축 구조물의 구조안전성 평가에  
관한 사례 연구

A Case Study on the Structural Safety Evaluation  
of a building with Adversiting Pillar Tower

은 충 기\*, ○ 채 원 규\*, 손 영 현\*\*  
Chung-Ki Eun, Won-Kyu Chai, Young-Hyun Son  
신구대학 토목과\*, 현대건설 기술연구소\*\*

ABSTRACT

In this thesis, the structural safety evaluation of a building with adversiting pillar tower were studied. From the structural analysis results of a building with adversiting pillar tower, the bending stress, the shearing stress and the axial stress were calculated, and these member forces were applied to the structural safety evaluation of a building with adversiting pillar tower.

1. 서론

최근 산업 정보화의 발전에 의해 건축 구조물의 옥상에 광고탑이 설치된 건축 구조물이 늘고 있다. 이러한 광고탑은 당초 기존 건축 구조물의 설계시 고려하지 않았던 구조물로서 이 구조물에 의한 자중과 풍하중에 의한 하중은 기존 건축 구조물의 안전성에 많은 영향을 미치고 있다. 현재 이러한 광고탑에 대해서는 광고탑의 자체에 대한 안전성은 검토되고 있으나, 광고탑이 건축 구조물의 안전성에 미치는 영향에 대한 자료는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 광고탑이 설치된 건축 구조물의 구조안전성을 검토함으로써, 광고탑이 기존 건축 구조물의 안전성에 미치는 영향을 평가하여, 앞으로 수행되는 건축 구조물의 구조안전성 평가에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법 및 연구범위

본 연구에서는 기존 건축물의 옥상에 광고탑이 설치된 건축 구조물을 대상 구조물로 선정하여, 건축 구조물에 작용되는 여러가지 하중을 산정함과 동시에 광고탑이 건축 구조물에 미치는 영향을 고려하여 대상 건축 구조물에 대한 구조 안전성을 평가하였다.

대상 구조물에 대한 구조해석시, 건축 구조물을 뼈대 요소 및 판 요소로 모델링하였으며, 건축 구조물의 자중과 활하중 및 광고탑의 자중과 풍하중을 고려한 광고탑의 하중을 건축 구조물에 재하하였다. 건축 구조물에 대한 구조해석 결과에 의해, 건축 구조물의 각 부재에 발생하는 최대 단면력을 계산하였으며, 강도 설계법에 의해 극한강도와 설계강도를 비교함으로써 구조 안전성을 검토하였다.

본 연구의 대상 구조물은 지상 5층, 지하 1층의 철근콘크리트 라아멘 형식의 건축 구조물로서 높이 15.35m, 폭 16.82m, 길이 17.87m이다.

### 3. 광고탑에 대한 구조해석

본 연구에서는 광고탑이 건축 구조물에 미치는 영향을 평가하기 위하여 먼저 대상 구조물의 옥상에 설치되어 있는 광고탑에 대한 구조해석을 수행하였다. 구조해석은 범용 구조해석 프로그램인 SAP 90 프로그램을 사용하였다.

#### 3. 1. 광고탑의 모델링

광고탑에 대한 구조해석시 총 227개의 절점과 789개의 부재로 모델링 하였으며, 건축 구조물의 옥상에 있는 광고탑의 지점들은 현장 여건에 맞게 고정지점 및 힌지지점으로 지점조건을 형상화하였다. 광고탑에 대한 구조해석시 사용한 모델링은 Fig. 1 과 같다.

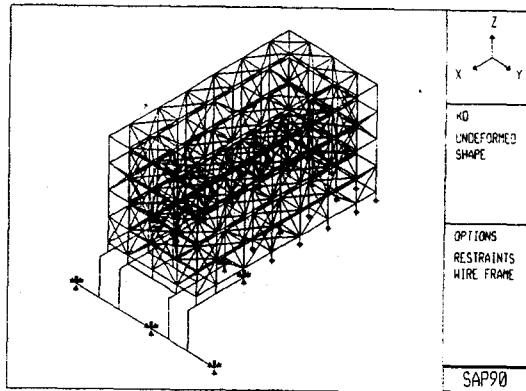


Fig. 1 Modeling of the advertising pillar tower.

#### 3. 2. 광고탑의 단면특성

본 연구에서는 광고탑의 구조해석시 사용되는 부재의 단면특성을 현장에서 실측한 단면의 제원을 사용하여 계산하였다. 광고탑의 단면특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Material property of advertising pillar tower.

Member type	Vertical member	Horizontal member, diagonal member	I-beam member
A [m <sup>2</sup> ]	$0.625 \times 10^{-3}$	$0.384 \times 10^{-3}$	$0.321 \times 10^{-2}$
I <sub>33</sub> [m <sup>4</sup> ]	$0.25545 \times 10^{-6}$	$0.92608 \times 10^{-7}$	$0.35732 \times 10^{-4}$
I <sub>22</sub> [m <sup>4</sup> ]	$0.25545 \times 10^{-6}$	$0.92608 \times 10^{-7}$	$0.27336 \times 10^{-5}$
As [m <sup>2</sup> ]	$0.325 \times 10^{-3}$	$0.200 \times 10^{-3}$	$0.126 \times 10^{-2}$
No. of Member	1~180	181~451, 477~789	451~476

[Note : A is area, I<sub>33</sub>, I<sub>22</sub> are inertia moment, As is shear area.]

#### 3. 3. 광고탑의 하중조건

본 연구에서는 광고탑의 구조해석시 광고탑의 자중과 광고탑에 작용될 수 있는 풍하중 등을 하중으로 재하하였으며, 이들 하중이 조합되어 작용될 때의 광고탑의 부재에 발생하는 단면력을 산출하였다.

광고탑의 자중은 구조계산시 자동적으로 계산하였으며, 광고탑에 작용되는 풍하중은 광고탑에 작용되는 단위 면적당의 풍하중을 절점하중으로 환산하여 재하하였다. 한편 풍하중은 광고탑의 면에 따라 4가지 경우의 방향에서 작용될 경우에 대하여 각각 고려하였다.

본 연구의 광고탑의 구조해석시 사용한 하중조합은 Table 2와 같다.

Table 2. Load combination of adversting pillar tower.

Load case number	Load
1	Self weight
2	Wind load 1 (from '-X' axis to '+X' axis)
3	Wind load 2 (from '+X' axis to '-X' axis)
4	Wind load 3 (from '-Y' axis to '+Y' axis)
5	Wind load 4 (from '+Y' axis to '-Y' axis)
6	Load case 1 + Load case 2
7	Load case 1 + Load case 3
8	Load case 1 + Load case 4
9	Load case 1 + Load case 5

### 3. 4. 광고탑의 구조해석 결과

본 연구에서는 광고탑이 건축 구조물에 미치는 영향을 조사하기 위하여 광고탑의 구조해석 결과 중 지점에 작용하는 반력을 산출하였다. 주요 하중경우에 대한 지점반력은 Table 3과 같다.

Table 3. Support reaction of adversting pillar tower.

Joint number of support	Load case 1			Load case 2			Load case 3		
	F(Z) [Ton]	M(X) [T·m]	M(Y) [T·m]	F(Z) [Ton]	M(X) [T·m]	M(Y) [T·m]	F(Z) [Ton]	M(X) [T·m]	M(Y) [T·m]
1~22	-0.0355	-0.0033	-0.0059	-2.4920	-0.0146	-0.1600	-5.5905	0.1404	-0.1267
	~	~	~	~	~	~	~	~	~
23~26, 217~223	0.3263	0.0025	-0.0013	1.5647	0.0195	-0.0875	5.4600	0.6748	0.1201
	~	-	-	~	-	-	~	-	-
	0.1756			0.0700			-5.2273		
	0.9591			1.3217			3.9718		

Table 3의 결과에서, 하중경우 1의 광고탑의 자중만 작용할 시의 광고탑의 총 중량은 약 8.323Ton 이었다. 또한 풍하중이 작용된 경우인 하중경우 2, 3의 지점 반력값이 자중 작용시에 비해 매우 크게 나타나고 있는 점을 감안하면 광고탑에 작용되는 부재력은 광고탑의 자중보다는 풍하중에 크게 지배되고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 대부분의 광고탑이 철재 트러스 형식으로 제작되기 때문에 자체의 중량은 상대적으로 가벼운 반면, 광고효과를 얻기 위하여 철재 트러스의 표면에 광고판을 설치함으로써 광고탑 전면적에 걸쳐 풍하중을 부담하기 때문으로 판단된다.

### 4. 건축 구조물의 구조안전성 검토

본 연구에서는 광고탑이 설치된 건축 구조물의 구조 안전성을 검토하기 위하여 3절에서 산출된 광고탑 하중을 고려하여 건축 구조물에 대한 구조해석을 수행하였으며, 이들 결과에서 건축 구조물에 발생하는 최대 단면력을 계산하였다. 아울러 강도설계법에 의하여 건축 구조물의 부재에 대한 극한강도 및 설계강도를 비교함으로써 건축 구조물의 구조안전성을 검토하였다.

#### 4. 1. 건축 구조물의 모델링

건축 구조물에 대한 구조해석시 대상 구조물을 총 138개의 절점과 228개의 부재로 모델링 하였으며, 지하 1층의 기초들은 고정지점으로 지점조건을 형상화하였다. 건축 구조물에 대한 구조해석의 모델링은 Fig. 2와 같다.

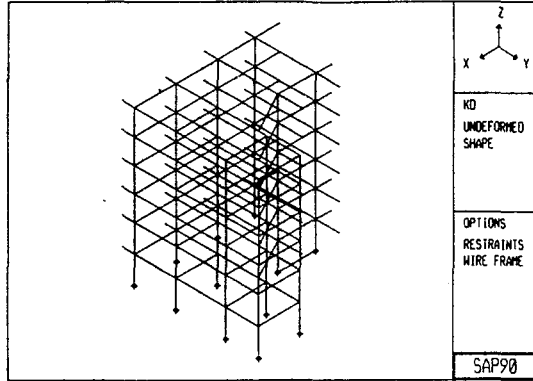


Fig. 2 Modeling of the building.

#### 4. 2. 건축 구조물의 단면특성

건축 구조물의 구조해석시 사용한 부재의 단면특성은 현장에서 실측한 단면의 재원을 사용하였다. 건축 구조물의 단면특성은 Table 4와 같다.

Table 4. Material property of the building.

Material property number	1 (Coulm-1)	2 (Y axis beam-1)	3 (Y axis beam-2)	4 (X axis beam-1)	5 (Coulm-2)	6 (Coulm-3)
b [m]	0.380	0.320	0.410	0.320	0.430	0.430
h [m]	0.380	0.610	0.560	0.580	0.430	0.510
A [m <sup>2</sup> ]	0.144	0.195	0.230	0.186	0.185	0.219
I <sub>33</sub> [m <sup>4</sup> ]	0.001738	0.006053	0.006000	0.005203	0.002849	0.003379
W [T/m]	0.3466	0.3302	0.3739	0.3072	0.4438	0.5263

#### 4. 3. 건축 구조물의 하중조건

본 연구에서는 건축 구조물의 구조해석시 건축 구조물의 자중, 활하중 및 광고탑의 하중 등을 하중으로 재하하였으며, 이들 하중들이 조합되어 작용될 경우의 건축 구조물의 구조부재에 발생하는 단면력을 산출하였다.

건축 구조물의 자중은 기둥과 보의 자중에 대해서는 구조계산시 자동적으로 계산하였으며, 슬래브의 자중에 대해서는 별도로 계산하여 부재하중으로 보에 재하하였다. 또한 건축 구조물에 작용되는 활하중은 건설교통부의 건축구조 설계기준에 의하여 복도 및 사무실의 경우 250kg/m<sup>2</sup>, 옥상의 경우 200kg/m<sup>2</sup>의 하중을 재하하였다.

한편 건축 구조물의 옥상에 광고탑의 구조해석에서 산출된 광고탑 하중을 재하하였다. 이 경우 광고탑의 지점이 건축 구조물의 슬래브에 위치한 경우에는 광고탑의 하중을 등분포 하중으로 환산하여 건축 구조물의 보에 부재하중으로 재하하였으며, 광고탑의 지점이 건축 구조물의 기둥에 위치한 경우에는 광고탑의 하중을 건축 구조물의 절점에 절점하중으로 재하하였다.

본 연구에서는 건축 구조물의 구조해석시 건축구조 설계기준에서 사용하고 있는 하중조합계수를 이용하여 Table 5와 같이 하중경우들을 조합하여 구조부재에 발생될 수 있는 최대 단면력을 계산하였다.

Table 5. Load combination of building.

Load case number	Load
1	Self weight
2	Live load
3	Load by advertising pillar tower
4	$1.4 \times \text{Load case 1} + 1.7 \times \text{Load case 5} + 1.4 \times \text{Load case 3}$

#### 4. 4. 건축 구조물의 구조해석 결과

본 연구에서 수행한 건축 구조물의 구조해석 결과 중 최대 휨 모멘트, 최대 전단력 및 최대 축방향력을 단면특성 형태별로 정리하여 나타내면 Table 6과 같다.

Table 6. Maximum member forces of building.

Member property number		1, 5, 6		2		3		4	
Member force	Load case	Member number	Max. member force	Member number	Max. member force	Member number	Max. member force	Member number	Max. member force
-Moment [T · m]	1	66+3.00	2.934	149+3.65	6.491	156+3.75	4.612	220+2.5	3.346
	2	66+3.00	1.482	149+3.65	8.591	156+3.75	4.271	218+4.26	3.371
	3	30+3.00	0.133	152+3.65	1.482	156+3.75	0.422	218+4.26	0.236
	4	66+3.00	6.638	149+3.65	24.810	156+3.75	14.320	218+4.26	10.330
+Moment [T · m]	1	66+0.00	-2.374	137+7.30	-11.910	82+1.00	-6.983	218+0.00	-9.266
	2	18+3.00	-1.516	152+7.30	-13.930	156+0.00	-6.135	218+0.00	-9.474
	3	6+3.00	-0.122	152+7.30	-1.292	156+0.00	-0.674	218+0.00	-1.035
	4	66+0.00	-5.589	152+7.30	-41.920	156+0.00	-20.780	218+0.00	-30.530
Shearing force [Ton]	1	66+0.00	1.769	152+7.30	8.774	82+1.00	8.848	208+0.00	6.274
	2	66+0.00	0.930	152+7.30	11.030	157+1.00	7.756	218+0.00	7.105
	3	30+0.00	0.071	152+7.30	1.473	156+0.00	0.681	218+0.00	0.630
	4	66+0.00	4.091	152+7.30	33.100	157+1.00	25.370	218+0.00	21.730
Axial force [T · m]	1	1+0.00	106.500	149+0.00	1.778	157+0.00	3.286	166+0.00	6.775
	2	1+0.00	59.050	152+0.00	1.858	157+0.00	2.164	166+0.00	3.490
	3	18+0.00	2.099	137+0.00	0.382	157+0.00	0.114	196+0.00	0.144
	4	1+0.00	250.900	152+0.00	6.127	157+0.00	8.440	166+0.00	15.510

#### 4. 5. 건축 구조물의 구조안전성 검토 및 고찰

본 연구에서는 4절의 건축 구조물의 구조해석 결과를 이용하여 건축 구조물의 안전성을 검토하였다. 건축 구조물의 안전성 검토시, 건축 구조물이 철근콘크리트 구조임을 감안하여 강도설계법을 적용하였으며, Y축 방향의 보 부재(부재번호 73~162), X축 방향의 보 부재(부재번호 163~222) 및 기둥 부재(부재번호 1~72)에 대해 최대 발생될 수 있는 극한강도를 계산하여 각각의 설계강도와 비교, 검토하였다.

사하중, 활하중 및 광고탑 하중 등이 작용된 건축 구조물의 구조해석 결과를 이용하여 강도설계법에 의해 건축 구조물의 주요 부재에 대한 구조안전성을 검토한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Structural safety evaluation of building.

Member	Strength type	No. of member	Load factor	Design strength	Ultimate strength	Safety evaluation
Y axis beam	Bending strength by -M	149+3.65	regard	$M_d = 29.539 \text{ T} \cdot \text{m}$	$M_u = 24.810 \text{ T} \cdot \text{m}$	O.K
	Bending strength by -M	152+7.30	regard disregard	$M_d = 31.564 \text{ T} \cdot \text{m}$	$M_u = 37.235 \text{ T} \cdot \text{m}$ $M_u = 23.938 \text{ T} \cdot \text{m}$	N.G O.K
X axis beam	Bending strength by +M	218+4.26	regard	$M_d = 15.894 \text{ T} \cdot \text{m}$	$M_u = 10.330 \text{ T} \cdot \text{m}$	O.K
	Bending strength by -M	218+0.00	regard disregard	$M_d = 18.043 \text{ T} \cdot \text{m}$	$M_u = 27.630 \text{ T} \cdot \text{m}$ $M_u = 17.901 \text{ T} \cdot \text{m}$	N.G O.K
Y axis beam	Shearing strength	152+7.30	regard disregard	$V_d = 23.252 \text{ Ton}$	$V_u = 27.216 \text{ Ton}$ $V_u = 17.489 \text{ Ton}$	N.G O.K
X axis beam	Shearing strength	218+0.0	regard	$V_d = 23.691 \text{ Ton}$	$V_u = 17.567 \text{ Ton}$	O.K
Column	Axial strength	1+0.00	regard	$P_d = 251.603 \text{ Ton}$	$P_u = 250.900 \text{ Ton}$	O.K

Table 7의 건축 구조물의 구조안전성 검토 결과에서, 정 모멘트에 의한 휨강도의 경우 극한강도가 설계강도보다 작게 나타나 현재 대상 구조물의 휨부재는 정 모멘트에 대한 구조안전성을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 부 모멘트에 의한 휨강도의 경우 대상 구조물의 휨부재가 구조안전성을 확보하고 있지 못한 것으로 나타났으며, 다만 이 경우 설계시 적용하고 있는 하중조합계수를 적용하지 않을 경우에 대해서는 구조안전성을 확보하고 있는 것으로 나타났다.

## 5. 결론

본 연구에서는 광고탑이 설치된 건축 구조물의 구조안전성을 평가하기 위하여 광고탑에 대한 구조해석을 수행하여 광고탑에 대한 지점 반력을 산출하였으며, 이들 결과에서 얻어진 광고탑 하중을 고려한 기존 건축 구조물에 대한 구조해석을 수행하였다.

광고탑에 대한 구조해석 결과, 광고탑의 지점 반력은 자중이 작용된 경우 보다는 풍하중이 작용된 경우에서 크게 나타나고 있었으며, 이에 의해 광고탑의 부재력은 광고탑의 자중보다는 풍하중에 크게 지배되고 있음을 알 수 있었다.

본 연구의 대상 건축 구조물에 대한 구조안전성 검토 결과에서, 대상 건축 구조물의 휨부재는 정 모멘트보다는 부 모멘트에 대한 안전성 검토가 불리하게 나타남을 알 수 있었다. 또한 전단강도 및 축방향강도에 대한 극한강도가 설계강도에 근접하고 있음을 알 수 있었다.

이상의 결과를 토대로, 본 연구의 대상 구조물인 건축 구조물의 구조안전성 검토 결과, 광고탑이 설치된 건축 구조물은 광고탑의 규모나 위치에 따라 차이는 있을 수 있으나 광고탑이 기존 건축 구조물의 구조안전성에 많은 영향을 주고 있음을 알 수 있었으며, 본 연구의 대상 구조물과 같은 노후화된 건축 구조물에 광고탑이 설치되는 경우에는 구조안전성 검토가 필수적임을 알 수 있었다.

## 6. 참고문헌

1. "건축구조 설계기준," 건설부, 1988년 12월, pp. 15~18.
2. "콘크리트 표준시방서," 사단법인 대한토목학회, 1996년 7월, pp. 22~32.
3. Wilson, E. L. and Habibullah, A., "SAP 90 Structural Analysis User Manual," Computer & Structures Inc., pp. X-1~X-146.