

## 옥탑에 설치된 광고탑 구조물의 안전성 평가 기법에 관한 연구

### A Study on the Safety Assessment Method of the Adversiting Pillar Tower on the Penthouse

채 원 규  
Won-Kyu Chai  
신구대학 토목과

#### ABSTRACT

In this thesis, the safety assessment method of the adversiting pillar tower on the penthouse were studied. From the structural analysis results of the adversiting pillar tower, the bending stress, the shearing stress and the axial stress were calculated, and these member forces were applied to the safety assessment of the adversiting pillar tower and the penthouse, respectively.

#### 1. 서론

최근 산업 정보화의 발전에 의해 건축구조물의 옥상에 철재로 된 광고탑 구조물이 설치된 구조물이 늘고 있다. 이러한 광고탑 구조물은 당초 기존 건축 구조물의 설계시 고려하지 않았던 구조물로서 이 구조물에 의한 자중과 풍하중에 의한 하중은 기존 건축 구조물의 안전성에 많은 영향을 미치고 있다. 뿐만 아니라 광고탑 구조물이 기존 건축물의 기둥을 지지점으로 설치되지 않고 기존 건축물의 옥탑 등에 설치되는 경우에는 옥탑 구조물의 슬래브에 대한 안전성을 위협하게 된다. 현재 이러한 광고탑 구조물에 대해서는 광고탑 구조물의 자체에 대한 안전성은 검토되고 있으나, 광고탑 구조물이 건축 구조물 특히 옥탑 구조물의 안전성에 미치는 영향에 대한 자료는 미비한 실정이다.

이에 본 연구에서는 광고탑 구조물 자체의 안전성과 동시에, 건축 구조물의 옥탑에 설치되어 있는 광고탑 구조물이 기존 옥탑 구조물의 안전성에 미치는 영향을 평가하여, 앞으로 수행되는 건축 구조물의 안전성 평가에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

#### 2. 연구방법 및 연구범위

본 연구에서는 기존 건축물의 옥탑 위에 설치된 광고탑 구조물을 대상 구조물로 선정하여, 대상 구조물인 광고탑 구조물에 대한 구조해석을 수행하였다. 자중과 풍하중 작용시 광고탑 구조물에 발생하는 최대 단면력을 계산하였으며, 허용응력설계법에 의해 작용응력과 허용응력을 비교함으로써 광고탑 구조물 자체의 안전성을 검토하였다.

또한 본 연구에서는 광고탑 구조물의 지점부가 옥탑 구조물의 위에 설치되어 있는 경우에 대해, 광고탑 구조물의 하중에 의한 옥탑 구조물의 슬래브에 대한 안전성에 대해서도 검토하여 광고탑 구조물이 옥탑 구조물의 슬래브에 미치는 영향을 고찰하였다.

본 연구의 대상 구조물은 지상 5층, 지하 1층의 철근콘크리트 라아멘 형식의 높이 15.35m, 폭 16.82m, 길이 17.87m인 건축 구조물의 옥탑 위에 설치된 높이 7.64m, 폭 6.96m, 길이 14.75m인 철재 광고탑 구조물로 하였다.

### 3. 광고탑 구조물에 대한 구조해석

본 연구에서는 먼저 대상 구조물인 광고탑 구조물에 대한 구조해석을 수행하였으며, 광고탑 구조물의 구조해석시 범용 구조해석 프로그램인 SAP 90을 사용하였다.

#### 3. 1. 모델링

광고탑 구조물에 대한 구조해석시 대상 구조물을 총 227개의 절점과 789개의 부재로 모델링 하였으며, 옥상에 있는 지점과 옥탑 구조물에 있는 일부 지점은 힌지지점으로, 옥탑 구조물에 있는 나머지 지점들은 고정지점으로 지점조건을 형상화하였다. 구조해석에 대한 모델링시 절점의 위치, 부재의 단면특성 및 지점조건은 최대한 현장조사에서 실측한 자료를 토대로 하였다. 광고탑 구조물에 대한 구조해석시 사용한 모델링은 Fig. 1 과 같다.

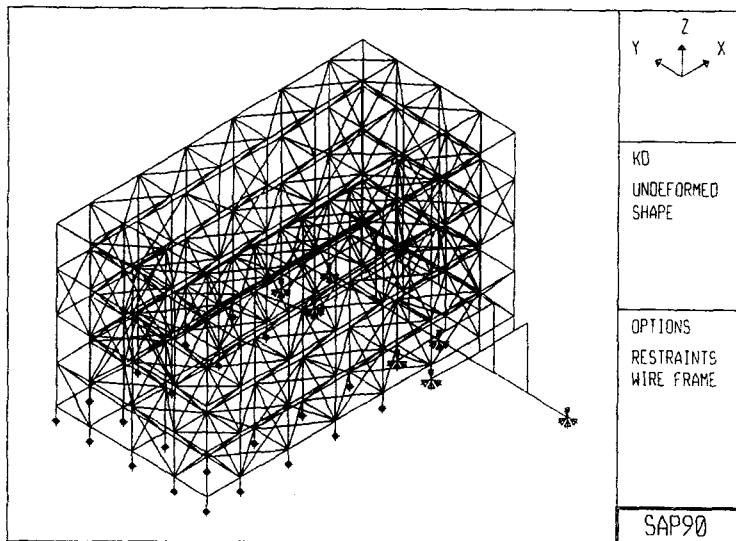


Fig. 1 Modeling of the advertising pillar tower.

#### 3. 2. 단면특성

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

Table 1. Material property.

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> ]	$0.25545 \times 10^{-6}$	$0.92608 \times 10^{-7}$	$0.27336 \times 10^{-5}$
A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]	$0.325 \times 10^{-3}$	$0.200 \times 10^{-3}$	$0.126 \times 10^{-2}$
Member number	1 ~ 180	181 ~ 451 477 ~ 789	451 ~ 476

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

### 3. 3. 하중조건

본 연구에서는 광고탑 구조물의 구조해석시 광고탑 구조물의 자중과 광고탑 구조물에 작용될 수 있는 풍하중을 하중으로 재하하였으며, 이들 하중이 조합되어 작용될 때의 광고탑 구조물의 구조부재에 발생하는 단면력을 산출하였다.

#### 3. 3. 1. 자중

광고탑 구조물의 자중은 구조계산시 자동적으로 계산하였다. 다만 광고판과 광고물의 중량을 감안하여 구조부재의 중량을 1.3배로 증가시켰다.

#### 3. 3. 2. 풍하중

광고탑 구조물에 작용되는 풍하중은 다음식에 의하여 계산하였다.

$$p = \frac{1}{2} \times \rho \times V_d^2 \times C_d \times G$$

여기서,  $p$ 는 단위면적당 작용하는 풍하중( $\text{kg/m}^2$ ),  $\rho$ 는 공기밀도( $\rho=0.125 \text{ kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^3$ ),  $V_d$ 는 설계기준풍속( $\text{m/s}$ ),  $C_d$ 는 항력계수,  $G$ 는 거스트 응답계수이다.

본 연구에서는 광고탑 구조물에 작용되는 단위 면적당의 풍하중을 절점하중으로 환산하여 계산하였으며, 풍하중은 광고탑 구조물의 면에 따라 4가지 경우의 방향에서 작용될 때에 대하여 각각 고려하였다.

#### 3. 3. 3. 하중조합

본 연구에서는 광고탑 구조물의 구조해석시 다음과 같은 여러가지의 하중경우를 조합하여 구조부재에 발생될 수 있는 최대 단면력을 계산하였다.

- 1) Load Case 1 : 자중
- 2) Load Case 2 : 풍하중 1 (남쪽(-X축)에서 북쪽(+X축)으로 바람이 부는 경우)
- 3) Load Case 3 : 풍하중 2 (북쪽(+X축)에서 남쪽(-X축)으로 바람이 부는 경우)
- 4) Load Case 4 : 풍하중 3 (동쪽(-Y축)에서 서쪽(+Y축)으로 바람이 부는 경우)
- 5) Load Case 5 : 풍하중 4 (서쪽(+Y축)에서 동쪽(-Y축)으로 바람이 부는 경우)
- 6) Load Case 6 : Load Case 1 + Load Case 2
- 7) Load Case 7 : Load Case 1 + Load Case 3
- 8) Load Case 8 : Load Case 1 + Load Case 4
- 9) Load Case 9 : Load Case 1 + Load Case 5

### 3. 4. 광고탑 구조물의 구조해석 결과

#### 3. 4. 1. 부재별 최대 단면력

본 연구에서 수행한 광고탑 구조물의 구조해석 결과 중 최대 휨모멘트, 최대 전단력 및 최대 축방향력을 하중경우와 단면특성 형태 별로 정리하여 나타내면 Table 2와 같다.

Table 2. Results of structural analysis.

Member type		Vertical member		Horizontal member		I-beam member		Diagonal member	
Member force	Load case	No. of Member	Member force	No. of Member	Member force	No. of Member	Member force	No. of Member	Member force
+M [T·m]	1	111+0.00	0.011	323+1.65	0.001	467+1.87	0.271	622+2.79	0.003
	6	56+0.58	0.092	303+0.00	0.030	470+1.36	0.634	633+0.00	0.013
	7	86+0.00	0.128	303+1.53	0.021	469+2.50	0.276	692+2.69	0.007
	8	126+0.00	0.148	193+0.00	0.116	472+0.00	0.577	533+0.00	0.045
	9	111+0.00	0.153	194+1.55	0.114	467+1.87	0.653	691+0.00	0.034
-M [T·m]	1	36+0.00	-0.006	323+0.00	-0.003	469+2.50	-0.511	602+0.00	-0.003
	6	11+0.00	-0.165	303+1.53	-0.032	469+2.50	-1.269	685+2.69	-0.013
	7	96+0.58	-0.083	305+0.00	-0.022	465+0.00	-0.321	692+0.00	-0.012
	8	26+0.00	-0.131	193+1.55	-0.116	469+2.50	-0.619	688+2.69	-0.040
	9	86+0.00	-0.129	194+0.00	-0.114	469+2.50	-0.472	541+0.00	-0.044
S [Ton]	1	136+0.00	0.028	323+0.00	0.006	470+0.00	0.564	749+0.00	0.006
	6	11+0.00	0.433	303+1.53	0.044	470+0.00	1.422	685+2.69	0.013
	7	86+0.00	0.363	303+0.00	0.031	465+0.00	0.560	692+0.00	0.012
	8	126+0.00	0.397	193+1.55	0.152	469+2.50	0.506	692+2.69	0.034
	9	111+0.00	0.400	194+0.00	0.150	470+0.00	0.760	691+2.69	0.033
P [Ton]	1	111+0.00	-0.889	323+0.00	-0.234	475+0.00	-0.475	602+0.00	-0.493
	6	6+0.58	2.531	397+0.00	-1.361	475+0.00	-1.378	609+0.00	-1.566
	7	6+0.00	-2.349	384+0.00	1.063	457+0.00	-0.651	608+0.00	-1.276
	8	96+0.00	-5.725	235+0.00	-1.814	458+0.00	-0.606	680+0.00	-2.179
	9	101+0.00	-6.341	234+0.00	-1.962	475+0.00	-0.663	540+0.00	-2.739

[Note : M is bending moment, S is shearing force, P is axial force.]

Table 2의 광고탑 구조물에 대한 구조해석 결과에서, 광고탑 구조물에 작용되는 휨모멘트, 전단력, 축력 등의 단면력들은 광고탑 구조물의 자중보다는 풍하중에 크게 지배되고 있음을 알 수 있다.

### 3. 5. 광고탑 구조물의 안전성 검토

본 연구에서는 3. 4절의 광고탑 구조물의 구조해석 결과를 이용하여 광고탑 구조물의 자체의 안전성을 검토하였다. 광고탑 구조물의 안전성 검토시, 광고탑 구조물이 강재로 제작되어 있음을 감안하여 허용응력설계법을 적용하였으며, 수직 부재, 수평부재, I빔 부재 및 사재에 대해 최대 발생될 수 있는 휨응력, 전단응력 및 축방향응력을 각각 계산하여 각각의 허용응력과 비교, 검토하였다.

광고탑 구조물의 휨응력, 전단응력 및 축방향응력에 대한 안전성 검토 결과는 각각 Table 3~5와 같다.

Table 3. Safety assessment result of bending stress.

Member type	Load case	No. of member	M [T·m]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_a$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Safety
Vertical member	6	11+0.0	0.165	1169.113	1900	O.K
Horizontal member	8	193+0.0	0.116	1751.085	1900	O.K
I-beam member	6	469+2.5	1.269	447.483	1900	O.K
Diagonal member	8	533+0.0	0.045	679.300	1900	O.K

Table 4. Safety assessment result of shearing stress.

Member type	Load case	No. of member	V [Ton]	$\tau$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\tau_a$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Safety
Vertical member	6	11+ 0.0	0.433	69.280	1100	O.K
Horizontal member	8	193+1.55	0.152	39.583	1100	O.K
I-beam member	6	470+ 0.0	1.422	44.271	1100	O.K
Diagonal member	8	692+2.69	0.034	8.854	1100	O.K

Table 5. Safety assessment result of axial stress.

Member type	Load case	No. of member	P [Ton]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_a$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Safety
Vertical member	9	101+0.0	6.341	1014.560	1900	O.K
Horizontal member	9	234+0.0	1.962	510.938	1900	O.K
I-beam member	6	475+0.0	1.378	42.902	1900	O.K
Diagonal member	9	540+0.0	2.739	713.281	1900	O.K

Table 3~5의 대상 광고탑 구조물의 휨응력, 전단응력 및 축방향응력에 대한 안전성 검토 결과, 휨응력의 경우 수평부재가 허용응력의 약 92 %에 도달하고 있었으며, 축방향응력의 경우 수직부재가 허용응력의 약 53 %에 도달하고 있었다.

#### 4. 광고탑 구조물의 하중에 의한 옥탑 구조물의 안전성 검토

본 연구에서는 광고탑 구조물의 지지점이 옥탑 구조물의 상부 슬래브에 설치되어 광고탑 구조물이 옥탑 구조물의 상부 슬래브에 많은 하중을 부담시키고 있음을 감안하여, 광고탑 구조물의 하중에 의한 옥탑 구조물의 안전성을 검토하였다.

옥탑 구조물에 대한 안전성 검토는 3절의 광고탑 구조물의 구조해석 결과중 지점부의 단면력을 사용하여 검토하였다.

##### 4. 1. 옥탑 구조물에 작용되는 광고탑 구조물의 극한하중

옥탑 구조물의 슬래브를 동(-Y축)~서(Y)방향의 단면으로 해석할 경우, 중앙부 슬래브에 영향을 주는 광고탑 구조물의 지점은 절점번호 6~22번이며, 이 지점들에 작용되는 극한하중을 광고탑 구조물의 구조해석 결과에 의해 정리하여 나타내면 Table 6과 같다.

Table 6. Working ultimate load of the penthouse slab.

No. of nodal point	Load (F), bending moment (M)	Load case 1 (D)	Load case 4 (W)	Ultimate load (U) U=1.05D+1.275W	Ultimate load, bending moment per unit length
6,11,15,19	F [Ton]	0.714	-17.939	-22.123	-2.267
	M [T · m]	-0.009	1.729	2.195	0.225
7,12,16,20	F [Ton]	0.983	17.302	23.092	2.366
	M [T · m]	0.002	1.728	2.205	0.226
8	F [Ton]	0.326	0.105	0.476	0.049
	M [T · m]	0.000	0.166	0.212	0.022

Table 6에 나타나 있듯이 옥탑 구조물에 작용되는 광고탑 구조물의 극한하중은 광고탑 구조물의 자중 보다는 풍하중에 의해 크게 지배되고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 2. 옥탑 구조물의 슬래브에 대한 안전성 검토

Table 6의 극한하중에 의해 옥탑 구조물의 슬래브에 대한 안전성을 강도설계법으로 검토한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Safety assessment result of the penthouse slab.

Ultimate strength ( $M_u$ ) [T · m]	Design strength ( $M_d$ ) [T · m]	Safety assessment
2.111	2.777	O.K

Table 7의 결과에서 옥탑 구조물의 슬래브에 작용되는 극한 휨모멘트는 설계 휨모멘트의 약 80%에 도달하고 있음을 알 수 있었으며, 따라서 광고탑 구조물의 안전성 검토시 옥탑 구조물의 슬래브에 대한 안전성 검토는 필수적으로 수행되어야 함을 알 수 있다.

#### 5. 결론

광고탑 구조물에 대한 구조해석 결과, 자중이 광고탑 구조물에 미치는 영향보다는 풍하중이 광고탑 구조물에 미치는 영향이 크게 나타났으며, 따라서 광고탑 구조물 안전성 검토시 풍하중에 대한 고려가 동반되어야 함을 알 수 있었다. 한편 광고탑 구조물의 자체의 안전성 검토 결과 수평부재에 작용되는 휨응력이 가장 크게 나타나 수평부재가 안전성 검토의 주요 대상 부재임을 알 수 있었다.

또한 본 연구의 대상 구조물의 경우 옥탑 구조물의 슬래브에 작용되는 극한 휨모멘트는 설계 휨모멘트의 약 80%에 도달하고 있었으며, 이러한 결과에서 광고탑 구조물의 지지점이 옥탑 구조물의 위에 설치되어 있을 경우에는 옥탑 구조물의 슬래브에 대한 안전성 검토가 필수적임을 알 수 있었다.

#### 6. 참고문헌

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