

1. 해양관

1.1 개요

해양관은 지상층, 지하층, 에어돔, 외부 방사장으로 이루어져 있다.

지상1층에는 매점, 사육사 사무실이 있고, 지상2층에는 식당 및 화장실이 있다. 지하층에는 지하관람시설이 있으나, 조사 당시 설비계통의 보수공사가 진행중에 있다. 외부 방사장은 본 구조물과 별도로 되어있다.

구조형식	철근콘크리트
층 수	지하1층, 지상2층
연 면 적	4584.33m ²

<구조물 개요>



<해양관 전경>

1.2 외관조사

해양관에 대한 외관조사 내용은 다음과 같다.

1.2.1 지하층

- 설비계통의 보수공사로 인한 보 하면 파손 등 인위적인 손상이 다수 관찰되었다.
- 중심부에 위치한 기둥과 그에 연결되어 있는 보에 철근부식에 의한 콘크리트가 박리되어 있고, 녹물이 흘러 나오고 있다.
- 상부 슬래브에는 균열이 다수 발견되었고, 균열부에는 백태가 분포하고 있다.
- 내부 벽체 및 슬래브, 보에 결로현상이 관찰되었다.

1.2.2 지상층

- 사육사 통로의 벽체에는 균열이 다수 관찰되었다.
- 동물사 내부 벽체와 바닥 등에는 백태 및 오염 등의 손상이 관찰되었다.
- 관람장 내부 스탠드부 바닥 도장의 탈락이 관찰되었다.
- 관람장 내부 벽체에 타일부의 백태 및 균열이 관찰되었다.
- 돌고래풀(관람장풀 및 연습풀) 및 주변 기둥, 벽체에는 콘크리트 균열, 박리현상, 도장 탈락 등의 손상이 관찰되었다.

1.2.3 옥상층

- 방수 마감재(방수포)의 들뜸현상과 콘크리트면의 도장탈락의 손상이 관찰되었다.

1.2.4 에어돔

- 트러스 부재중 충격에 의해 국부손상된 것으로 보이는 부재가 다수 관찰되었다.
- 기 설치되어 있는 와이어의 인장력이 이완되어 있는 것이 관찰되었다.

1.2.5 외부 방사장

- 벽체 및 바닥면에 백태 및 오염 등의 손상이 관찰되었다.

1.2.6 손상사진



<인위적 손상-콘크리트 보 파손 및 철근노출>



<보 측면의 박리현상>



<슬래브 하부 균열 및 백태>



<결로현상>



<돌고래 연습풀 기둥 철근부식 및 콘크리트 박리>



<옥상층 방수포 들뜸 및 도장탈락>



<방사장 벽체 균열 및 백태>



<에어돔 와이어 인장력 이완>



<에어돔 트러스 국부손상>

1.2.7 손상물량

구분	손상내용	손상물량	비고
해양관	망상균열	4.0m ²	
	균열 (0.1~0.2)	102.47m	
	균열 (0.3~)	11.0m	
	조적균열	300.1m	
	박리·파손	15.08m	
	백태	71.94m ²	
	타일탈락	0.2m ²	
	도장탈락	127.93m ²	
	재료분리	3.31m ²	
	철근노출	37m	
	누수	5.89m ²	
	들뜸	0.9m ²	
	균열·백태	11.35m ²	
	오염	36.78m ²	
	도장탈락·누수(흔적)	1.94m ²	
	도장탈락·망상균열·누수	0.675m ²	
	도장탈락·망상균열·누수·백태	0.81m ²	
	망상균열·백태·누수	3.0m ²	
	백태·도장탈락	22.31m ²	
	누수·균열	3.4m ²	
	미장보수 분리	0.3m ²	
	미장탈락	5.8m ²	
	이끼서식·백태	50.0m ²	
	누수흔적	0.1m ²	
	콘크리트 파손·백태	0.46m ²	
	누수·백태	15.49m ²	
	백태·오염	1.8m ²	
	균열·누수	0.4m ²	
	이끼서식	2.64m ²	
	망상균열·백태	0.5m ²	
	백태·누수흔적	12.0m ²	
	토사퇴적	20.0m ²	
	방수포들뜸	3.08m ²	
	미장탈락·콘크리트 파손	1.6m ²	
	미장탈락·백태	0.4m ²	
	너트 없음	6EA	
	BRACE 변형	8EA	
	너트 파손	2EA	
	트러스 국부손상	11EA	
	WIRE 이완	13EA	
너트 부식	3EA		
플레이트 부분 부식	1EA		
WIRE 이음 부식	45EA		

1.3 비파괴시험

해양관에 대해 실시한 비파괴시험은 철근탐사, 콘크리트 강도시험, 중성화시험이며 그 결과는 다음과 같다.

1.3.1 철근탐사

철근탐사 결과 아래 표와 같은 결과값들을 얻을 수 있었다. 해양관의 경우 철근의 배근 간격은 양호하나 피복두께에서 일정치 않은 조사결과를 보이고 있다.

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
기둥	지층 13열	주철근	150~180	28	150	30	
		배력철근	75		80		
	지층 9열	주철근	150~180	62	150	30	
		배력철근	75~120		80		
	지층 15열	주철근	130~150	53	150	30	
		배력철근	150		80		
	지층 1열 (사육사통로우리쪽)	주철근	150	105	150	30	
		배력철근	60~80		80		
	지층 1열 (사육사통로사무실쪽)	주철근	180	75	150	30	
		배력철근	-		80		
	지층 13열 (사육사통로사무실쪽)	주철근	130~150	47	150	30	
		배력철근	75		80		
	지층 17열 (사육사통로사무실쪽)	주철근	150~160	37	150	30	
		배력철근	75~90		80		
지층 23열 (사육사통로우리쪽)	주철근	150	34	150	30		
	배력철근	77		80			
보	A,C~23 1층 (중앙부)	주철근	4-D22	30	4-D22	30	
		배력철근	160~170	40	200		
	D~19-20 1층 (중앙부)	주철근	4-D22	15	4-D22	30	이단 배근
		배력철근	100	50	200		
	A,O~23 1층 (단부)	주철근	4-D22	50	4-D22	30	
		배력철근	180~200	42	200		
	A,O~23 1층 (단부)	주철근	4-D22	50	6-D22	30	
		배력철근	170~200	40	200		
슬래브	O~1,2 1층	주철근	80~110	25	125	30	
		배력철근	130~170	41	200		
	A,C~21,23 1층	주철근	140~160	19	150	30	
		배력철근	170~210	35	200		
	2층 X4~X5 3번째슬래브	주철근	155	35	150	30	
		배력철근	160		150		

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
기둥	2층 X5-6기둥	주철근	150	84	150	50	
		배력철근	300		300		
보 하면	2층 X4-5	주철근	-	44	10-D29	30	BG1
		배력철근	160		150		
보 측면	2층 X4-5	주철근	-	68	10-D29	30	
		배력철근	200		200		
	X4,Y4-5 1층(중앙부)	주철근	100	23	-	30	1GB
		배력철근	150~200		150		
보 하면	X4,Y5-6 1층(중앙부)	주철근	125	5	-	30	1GB
		배력철근	140		150		
보 측면	A,O~21-33 1층 원형 (중앙부)	주철근	3-D22	51	3-D22	30	
		배력철근	120~145		150		
	O,C~3-4 1층 원형 상단	주철근	3-D22	45	3-D22	30	이단 배근
		배력철근	120~150		150		
슬래브	1층 슬래브 사육실복도	주철근	210~300	49	250	30	
		배력철근	270~320		300		
	C~5,7 2층 (중앙부)	주철근	120	25	100	30	
		배력철근	170~285		200		
보 측면	X6,Y4~Y5 2층 (단부)	주철근	-	42	-	30	
		배력철근	130~200		150		
	X6,Y6~Y7 매점앞 2층 (중앙부)	주철근	-	50	-	30	
		배력철근	200~250		250		
슬래브	C,D~5,6 2층(중앙부)	주철근	150~200	32	100	30	
		배력철근	155~225		200		
보 하면	O,C~3,5 2층(중앙부)	주철근	100	41	-	30	BG-11
		배력철근	-		-		

1.3.2 콘크리트 강도시험

해양관의 콘크리트 강도 시험 결과 164~282kg/cm²로 설계기준 추정치인 180kg/cm²의 값의 85%인 153kg/cm²에 상회하는 양호한 상태로 측정되었다. 또한 지하층 외벽체에서 채취한 코어를 압축강도 시험한 결과 161.1~210kg/cm²의 값을 나타내어 강도상의 문제는 없는 것으로 평가된다.

구 분	측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도 (kg/cm ²)	평 가
기둥	1층 13열, C	38.20	184	180 (153)	O.K
	1층 13열, D	40.00	196		O.K
	1층 17열, B	35.35	164		O.K
	1층 19열, O	36.55	172		O.K
	1층 23열, B	40.50	201		O.K
	1층 1열, C	46.30	243		O.K
	지하층 13열, D	39.85	196		O.K
	지하층 15열, C	41.10	205		O.K
	지하층 1열, C	49.85	269		O.K
거더	2층 13~14열, C	47.10	249		O.K
	2층 13~14열, D	41.25	206		O.K
	2층 15열, C~D	38.75	188		O.K
	2층 19열, C~D	37.15	177		O.K
슬래브 하면	2층 15~16열, B	44.80	223		O.K
	2층 16~17열, B	45.15	208		O.K
	2층 19~20열, B	46.55	245		O.K
	1층 21~22열, B	44.55	230		O.K
	1층 22~23열, B	42.40	215	O.K	
	2층 19~20열, B~C	41.28	206	O.K	
	2층 22~23열, A~B	41.66	209	O.K	

구 분	측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도(kg/cm ²)	평 가
슬래브	1층 23~24열, C~D	50.41	273	180 (153)	O.K
거더	1층 21~22열, C~D	49.60	267		O.K
	1층 18~19, C~D	41.71	282		O.K
	1층 16~17, C~D	50.46	275		O.K
	1층 14~15, C~D	50.52	273		O.K
	1층 18~19, A~B	44.69	231		O.K

1.3.3 중성화시험

중성화시험 결과 아래 표와 같이 4~32mm로 이론치인 17mm의 값에서 벗어나는 것으로 조사되어 중성화가 다른 구조물에 비해 많이 진전되었다.

부재명	측정위치	이론깊이(mm)	중성화깊이(mm)	최소피복두께(mm)	평가
지하층 기둥	13,D	17	20	33	N.G
	15,C		19	27	N.G
	17,A~B		25	35	N.G
	17,B		8	35	O.K
	19,O(방사장방면)		7	36	O.K
	21,A~B		12	21	O.K
	23,B		15	24	O.K
	1,C		10	28	O.K
1층 기둥	13,C		7	37	O.K
	13,D		6	45	O.K
	15,C~D		15	10	N.G
	17,B		10	50	O.K
	19,O		12	50	O.K
	21,A~B		15	43	O.K
	23,B		14	4	O.K
	1,C	21	51	N.G	

부재명	측정위치	이론깊이 (mm)	중성화깊이 (mm)	최소피복두께 (mm)	평가
1층 거더	13~14,C	17	4	42	O.K
	13~14,D		7	47	O.K
	15,C~D		9	45	O.K
	16~17,A~B		10	45	O.K
	18~19,A~O		9	33	O.K
	20~21,A~C		7	35	O.K
1층 슬래브	13~14,B~C		17	27	N.G
	14~16,A~B		14	23	O.K
	18~19,A~O		15	21	O.K
	19~20,A~O		20	30	N.G
	22~23,A~B		21	35	N.G
	23~1,A~B		15	45	O.K
	24~1,B~C		14	31	O.K

1.3.4 염분함유량시험

1층 돌고래 연습플 주변 기둥 2개소와 지하층 중앙 기둥에서 시료를 채취해 염분함유량 시험을 하였다. 그 결과는 다음과 같다.

구조물명	시료명	염화물량(%)	염화물량(kg/m ³)	
해양관	1번기둥(1층)	2.2850	50.27	23.92 (평균치)
	3번기둥(1층)	0.7052	15.51	
	지하층 중앙기둥	0.2714	5.97	

위 결과로 해수에 직접적으로 노출되는 돌고래 연습플 주변 기둥이 임계염화물량 기준치를 현저하게 초과하는 높은 염분함유량을 나타냈다. 따라서 염화물의 침투에 의한 콘크리트 중의 철근부식 가능성이 클 것으로 판단된다. 지하층의 기둥도 철근 부식에 의한 외관 손상은 발견되지 않았지만 염분함유량이 높게 나타나 그에 따른 내구성이 저하될 것으로 판단된다.

1.3.4 비파괴시험 위치도

1.4 구조안전성 검토

1.4.1 해양관

1) 설계하중

① 지붕층

▶ 지붕#1 (평지붕)

- 고정하중(Dead Load)

퍼라이트콘크리트(thk=50mm)	100 kg/m ²
아스팔트방수	10 kg/m ²
고름몰탈(thk=15mm)	30 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

460 kg/m²

- 활하중(Live Load)

200 kg/m²

▶ 지붕#2 (경사지붕)

- 고정하중(Dead Load)

비니라이트	100 kg/m ²
Purlin	30 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

160 kg/m²

- 활하중(Live Load)

100 kg/m²

② 1층

▶ 관람장, 관람통로, 사육사 통로

- 고정하중(Dead Load)

자기질타일	30 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²

Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	420 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
③ 지하1층	
▶ 관람장	
• 고정하중(Dead Load)	
자기질타일	30 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
<hr/>	
	390 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
▶ 연습홀	
• 고정하중(Dead Load)	
에폭시방수	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=300mm)	720 kg/m ²
<hr/>	
	770 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	300 kg/m ²
④ 계단	
• 고정하중(Dead Load)	
자기타일	30 kg/m ²
몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²

콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
	440 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	300 kg/m ²

⑤ 적설하중(Snow Load)

- ▶ 평지붕 적설하중 $S_f = C_b \times C_e \times C_t \times I_s \times S_g$

$$S_g(\text{지상적설하중}) = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$C_b(\text{지붕적설하중계수}) = 0.7$$

$$C_e(\text{노출계수}) = 1.1$$

$$C_t(\text{온도계수}) = 1.2$$

$$I_s(\text{중요도계수}) = 1.1$$

$$S_{f,1} = 0.7 \times 1.1 \times 1.2 \times 1.1 \times 50 = 50.82 \text{ kg/m}^2$$

$$S_{f,2} = S_g \times I_s = 50 \times 1.1 = 55 \text{ kg/m}^2 (\text{지상적설하중이 } 100\text{kg/m}^2 \text{ 이하인 경우})$$

$$\text{그러므로, } S_f = 55 \text{ kg/m}^2$$

- ▶ 경사지붕 적설하중 $S_s = C_s \times S_f$

깨끗한 지붕 & 미끄러지기 쉬운 지붕으로 가정

경사각, $\theta 11.7^\circ$ 인 경우 $C_s = 1.0$

$$\text{그러므로, } S_s = 1.0 \times 55 = 55 \text{ kg/m}^2$$

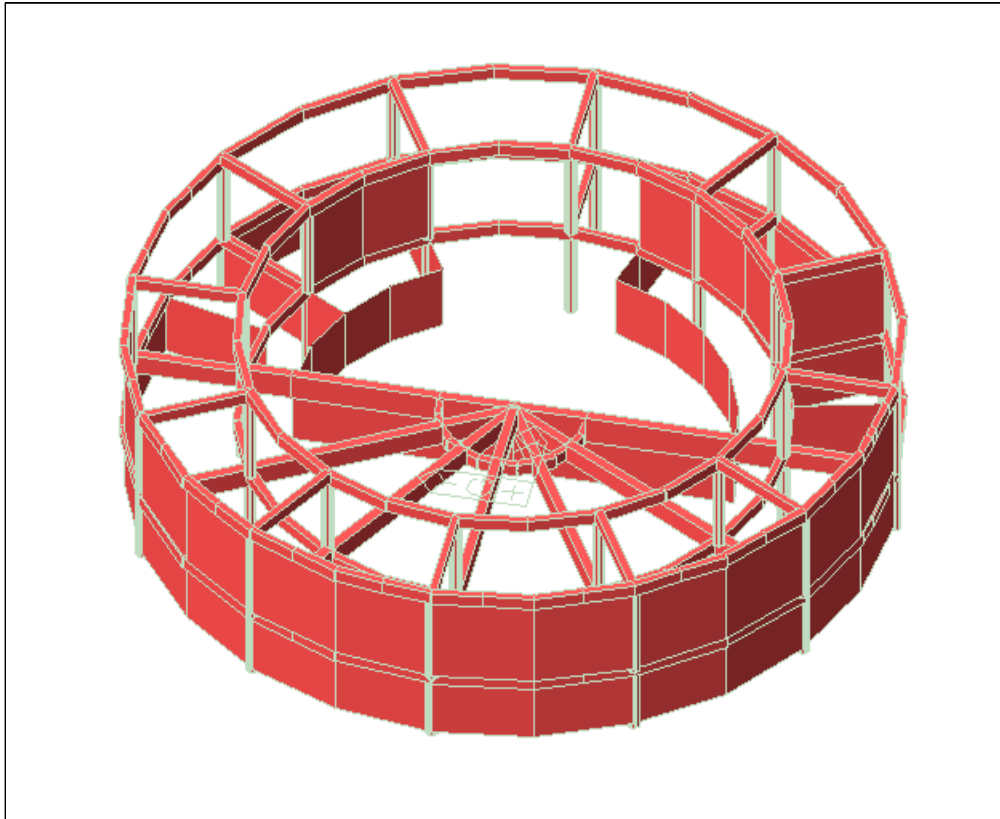
- ▶ 불균형 적설하중

$$1.5S_s / C_e = 1.5 \times 55 / 1.1 = 75 \text{ kg/m}^2$$

- ▶ 국부적인 적설하중

$$\text{퇴적량 깊이} = 0.5 \text{ m } (L_u = 12\text{m} \ \& \ S_g = 50 \text{ kg/m}^2)$$

2) 구조해석



해양관 돌고래 연습폴 부분

① 기둥과 콘크리트 벽체로 구성되어 있는 구조로 벽체를 모델링에 포함시켜 해석하였다.

▶ 돌고래 연습장 손상 기둥 검토

부재명	force					비고	
	axial	shear-y	shear-z	moment-y	moment-z	φ500(mm)	φ400(mm)
221(3열기둥)	-51.8	5.16	-3.96	9.98	-13.67	O.K	N.G
219(5열기둥)	-51.4	4.21	-5.57	14.73	-10.72	O.K	N.G
217(7열기둥)	-82.7	2.48	-6.81	-8.72	5.3	O.K	N.G
239(9열기둥)	-25.8	-1.85	-2.88	7.72	4.74	O.K	O.K

- 현재 기둥 SIZE는 지름 500mm(9-D22)로 설계되어 있으나 기둥의 표면부에 해수의 영향

으로 인한 균열과 철근 부식이 심한 상태로 콘크리트 박리가 발생되어 있어 단면이 결손된 상태이다. 단면 결손을 100mm로 가정하고 지름 400mm인 기둥으로 부재력을 검토해본 결과 단면의 손상으로 인하여 대부분의 기둥이 발생하는 힘에 대하여 응력비가 1.0을 초과하는 것으로 나타났다.

- 단면이 박리된 기둥은 철근 부식부 보수와 단면 복구 보수를 실시한다.
- 콘크리트 내부로의 해수 침입을 억제하기 위해 콘크리트 표면 코팅제를 시공한다.

3) 보응력 검토

보	위치	B×D (mm×mm)	주근	스터립	부재력		저항능력		비고
					Mu (t·m)	Vu (ton)	φMn (t·m)	φVn (ton)	
1G3	단부 (C2측)	400×800	8-D25 4-D25	D10 @200	70	30	91	38	O.K
	중앙부	400×800	2-D25 6-D25	D10 @300	48	18.3	52	27	O.K
	단부 (CS측)	400×800	6-D25 2-D25	D10 @200	-	-	52	27	O.K
1G2	단부 (안쪽)	400×800	6-D25 2-D25	D10 @200	50	21	72.75	28.67	O.K
	단부 (바깥쪽)	400×800	2-D25 2-D25	D10 @250	-	-	44.98	28.67	O.K

- 현재 보 단부가 설비공사로 인해 파손된 보 부재의 부재력은 내력을 보유하고 있는 것으로 나타났으나 보 부재의 파손으로 인한 철근 부식과 보 단면의 감소로 인하여 부재력이 감소하므로 보 단면의 파손된 부분은 단면 복구를 실시하여야 한다.

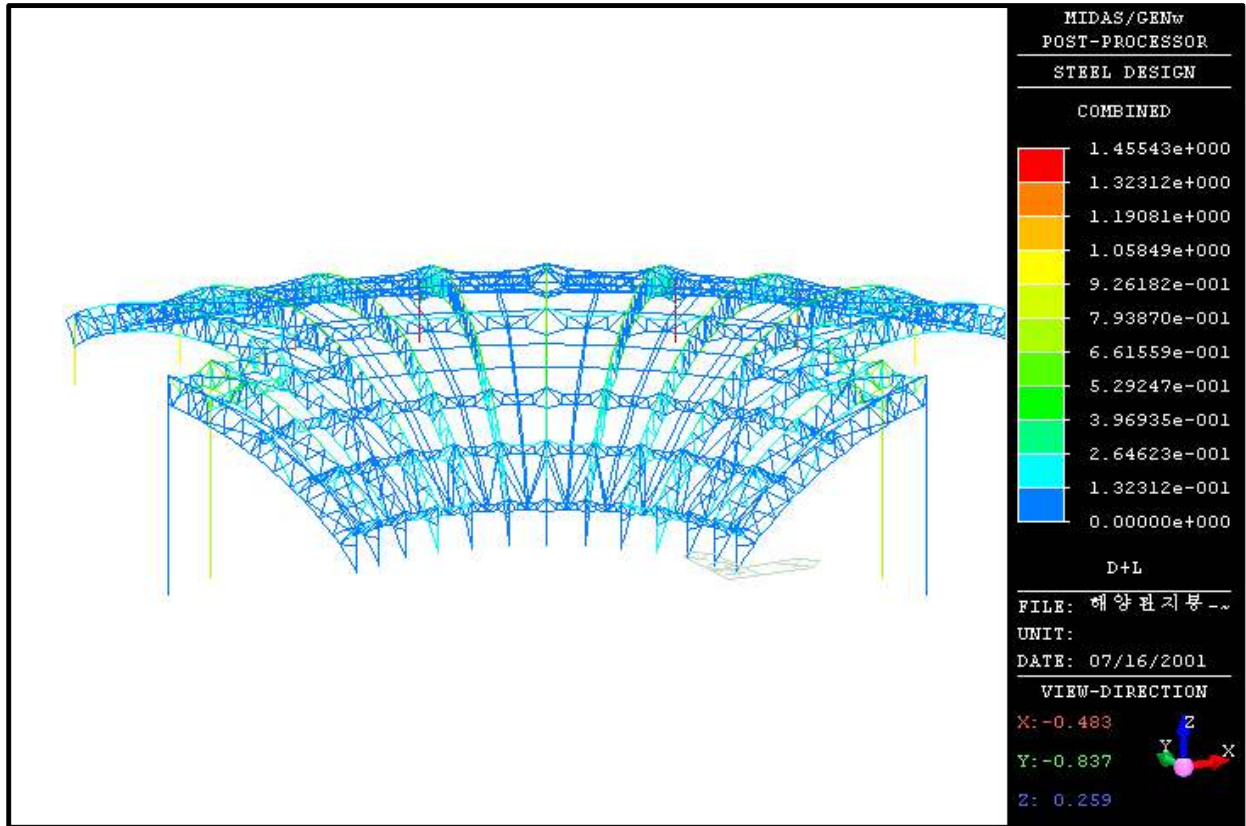
4) 기둥 계산서

5) 소결

- 단면이 손상된 기둥으로 부재력을 검토해본 결과 단면의 손상으로 인하여 대부분의 기둥이 발생하는 힘에 대하여 응력비가 1.0을 초과하는 것으로 나타났다.
- 단면이 박리된 기둥은 철근 부식부 보수와 단면 복구 보수를 실시한다.
- 콘크리트 내부로의 해수 침입을 억제하기 위해 코팅재를 시공한다.
- 1층 보 파손부위는 철근이 노출될 정도로 파손되어 있어 부재력을 감소시키므로 단면복구를 실시한다.

1.4.2 해양관 지붕

1) 구조모델링



<해양관 에어돔>

2) 주요검토사항

- ① 당초 트러스 시공시의 계산서는 MAIN TRUSS를 약산식으로 해석하여 설계하였고 BRACING에 대한 검토가 누락되어 있음.
- ② BRACING을 검토 해본 결과 인장력만을 받는 부재(TENSION ONLY MEMBER)로 설계하여 부재응력에 대해서 안전한 것으로 나타났다.
- ③ MAIN TRUSS와 SUB TRUSS는 설하중 50kg/m²에 대해서 부재의 응력비가 1을 넘지않는 것으로 나타났다.
- ④ SUB TRUSS가 MAIN TRUSS에 수직하게 연결되지 않으므로 SUB TRUSS에 하중이 걸릴 경우 과도한 수평변위가 발생할 수 있다. 따라서 양 SIDE의 종방향 TIE ROD가 누락된 부분은 TIE ROD를 시공하는 것이 좋다.



<TIE ROD 누락>



<TIE ROD 설치사진>

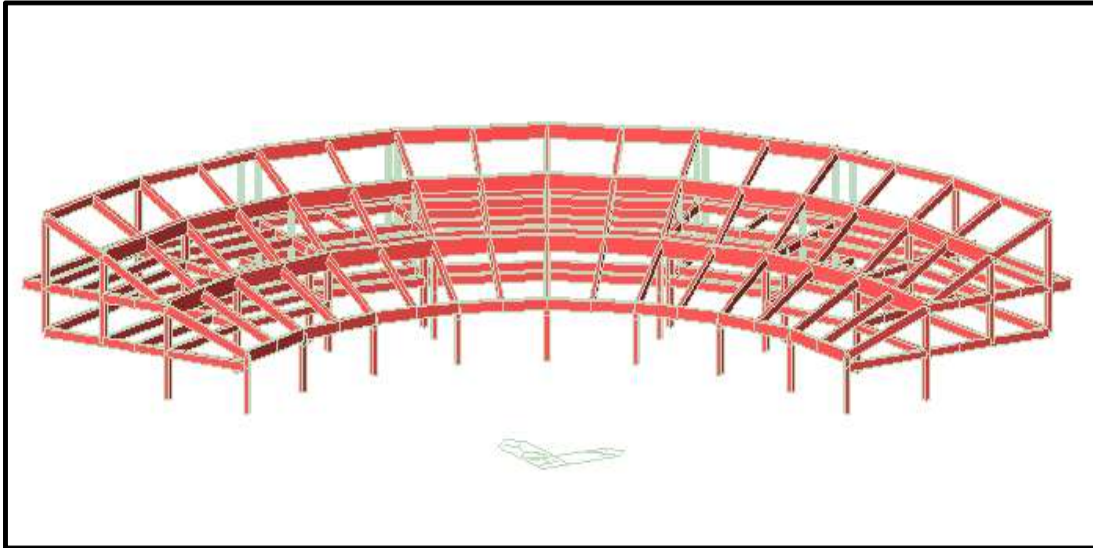
- 누락된 곳의 세로방향의 TIE ROD를 설치하고 다른 부위의 TIE ROD 부재도 이완되어 있는 부재는 긴장하여 TENSION 부재의 역할을 하도록 한다.

2) 소결

- 트리스 부재는 설하중 $50\text{kg}/\text{cm}^2$ 에 대하여 안전한 것으로 평가되었다.
- 외관조사시 조사된 트리스부재의 국부손상은 시공 당시의 충격에 의한 것으로 보수하지 않고 방치하여도 구조적으로 문제가 되지는 않을것으로 판단된다.
- 이완된 와이어는 재인장하고 양 SIDE의 종방향 TIE ROD가 설치되지 않은 부위는 TIE ROD를 설치한다.

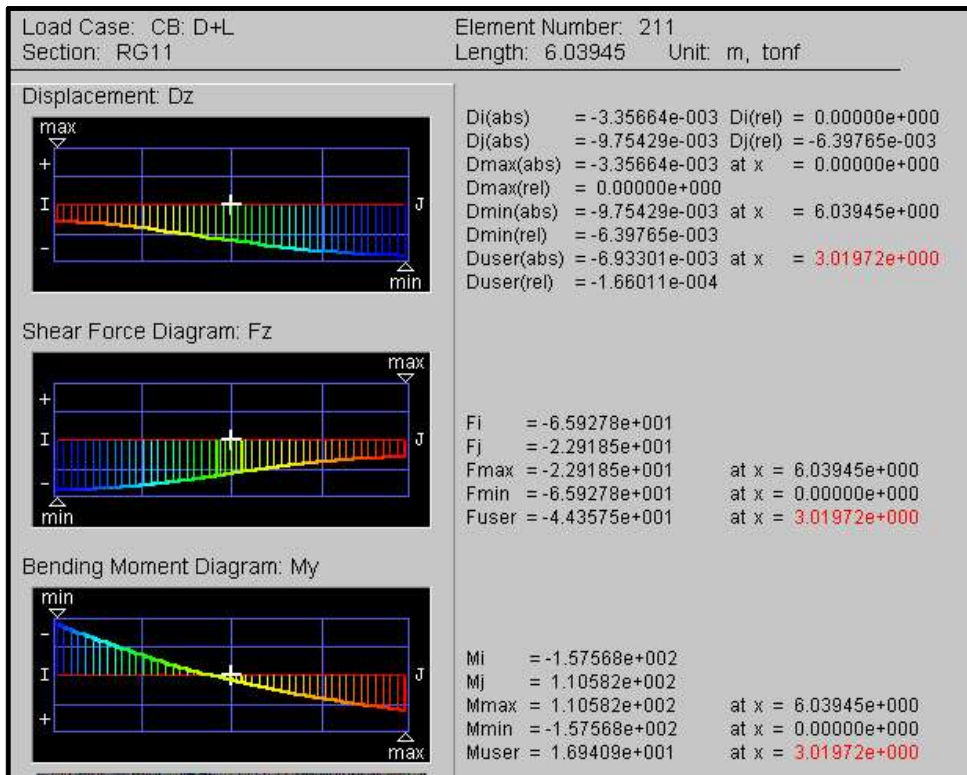
1.4.3 해양관 관람석

1) 구조모델링



<해양관 관람석>

2) 모멘트도



<모멘트도>

3) 보응력검토

보	위치	B×D (mm)	주근	스터럽	Mu (t·m)	Vu (ton)	ψMn (t·m)	ψVn (ton)	비고
RG11	단부	450×1220	12-D25 8-D25	D10@ 150	160	66	192	84	O.K
	중앙부	450×1220	4-D25 12-D25	D10@ 100	110	-	172	65	O.K
RG10	단부	450×1380	10-D25 4-D25	D10@ 200	141.8	87	217	96	O.K
	중앙부	450×1380	3-D25 10-D25	D10@ 200	117	32.6	166	75.4	O.K

- 보 부재들은 충분한 내력을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

4) 소결론

- 해양관 스텐드의 구조적인 손상은 없음.

1.5 보수 · 보강대책

지하층 보의 인위적 파손과 철근의 부식팽창에 의한 콘크리트 박리, 슬래브의 균열 및 백태 등의 손상과 1층의 기둥에 발생한 콘크리트 박리 등에 대한 보수 · 보강이 선행되어야 할 것이며, 옥상층의 방수층 재시공 및 에어돔 내의 부재에 대한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

손상내용	물량	공법	단가(천원)	순공사비(천원)	공사비(천원)
균열	184.7m	에폭시주입	30	5,500	180,000
박리,파손	15.54m ²	단면복구	651	10,000	
백태,재료분리	510.3m ²	면보수	90	46,000	
철근노출	44.4m ²	철근노출부보수	523	23,200	
와이어변형		와이어교체 및 재인장	1식	10,000	
부재부식		방청도장			
와이어 설치		와이어 시공			
방수층보수	1187m ²	보수	15	18,000	
계				112,700	

1.6 소결론

1.6.1 외관조사

- 지하층 보의 인위적 손상은 추후 구조물의 안전에 위해요소가 될 수 있으므로 보수하여야 할 것이며, 지하층에서 내부 벽체 및 슬래브, 보에 결로현상이 나타나고 있으며 습한환경은 기 노출된 철근의 부식을 촉진시킬 우려가 있다.

- 돌고래 연습풀에 있는 기둥에 발생한 콘크리트 박리 및 균열은 철근의 부식팽창에 의한 것으로 판단된다. 그 손상의 정도가 철근깊이까지 진행되어 있는 상태이며, 과거에 수차례 마감면에 대한 보수를 시행한 흔적이 남아 있지만 손상원인에 대한 직접적인 조치로는 부적당한 것으로 판단되며 속히 철근부식부에 대한 보수를 해야 할 것으로 판단된다.

- 에어돔 내부 일부 부재의 변형 및 와이어의 인장력 이완으로 인해 와이어의 구실을 못하므로 와이어를 긴장시키는 조치가 필요한 것으로 판단된다.

- 외부 방사장의 오염 및 백태 등의 손상은 미관상 보수하여 관람시설로서의 기능회복이 필요할 것으로 판단된다.

1.6.2 비파괴시험

- 철근탐사 결과 배근간격은 양호하나 피복두께에서 일정치 않은 조사결과를 보이고 있다.
- 콘크리트 강도 시험 결과 164~282kg/cm²로 설계기준 추정치인 180kg/cm²의 값의 85%인 153kg/cm²을 상회하는 양호한 상태로 측정되었고, 지하층 외벽체에서 채취한 코어를 압축 강도 시험한 결과 161.1~210kg/cm²의 값을 나타내어 강도상의 문제는 없는 것으로 평가된다.
- 중성화시험 4~32mm로 이론치인 17mm의 값에서 벗어나는 것으로 조사되어 중성화가 다른 구조물에 비해 많이 진전되었다.

1.6.3 안전성 평가

- 단면이 손상된 기둥으로 부재력을 검토해본 결과 단면결손으로 인하여 대부분의 기둥이 발생하는 힘에 대하여 응력비가 1.0을 초과하므로, 단면이 박리된 기둥은 철근 부식부 보수와 단면 복구 보수를 하도록 하고, 콘크리트 내부로의 해수 침입을 억제하기 위해 적절한 코팅재를 시공한다. 또한 1층 보 파손부위는 철근이 노출될 정도로 파손되어 있어 부재력을 감소시키므로 단면복구를 통해 보수하여 사용하여야 할 것으로 판단된다.
- 트러스 부재는 설하중 50kg/cm²에 대하여 안전한 것으로 평가되었고, 트러스 부재의 국부손상은 시공 당시의 충격에 의한 것으로 보수하지 않고 방치하여도 구조적으로 문제가 되지는 않을 것으로 판단된다. 또한 이완된 와이어는 재인장하고 양 SIDE의 종방향 TIE ROD가 설치되지 않은 부위는 TIE ROD를 설치하도록 한다.

1.6.3 손상등급

해양관의 전체적인 손상 등급은 “C등급”으로서 보수를 하여 구조물의 성능을 회복시키고, 지속적인 유지관리를 통해 관람시설로서의 기능을 유지해 나가야 할 것으로 판단된다.

2. 동양관

2.1 개요

동양관은 지하1층, 지상1층으로 이루어져 있다.

지상1층에는 원숭이, 뱀, 조류 등의 동물사가 있고, 지하층에는 기계실이 있다.

구조형식	철근콘크리트
층 수	지하층, 지상1층
연 면 적	4082m ²

<구조물 개요>



<동양관 전경>

2.2 외관조사

동양관의 외관조사 결과는 다음과 같다.

2.2.1. 외벽체

- 외벽체에 백태, 콘크리트 탈락 등의 손상이 관찰되었다.
- 외벽체 전체적으로 옥상 난간벽 하부에는 균열, 박락, 누수, 백태의 손상이 관찰되었다.

2.2.2 지상층

- 원숭이사쪽과 뱀사쪽의 보에 균열이 관찰되었다.
- 상부 슬래브에 누수를 동반한 균열이 관찰되었다.
- 뱀사 내부 등 조적벽체에 발생된 균열이 관찰되었다.
- 중앙 원형구간 내부 벽체 상부에는 이끼서식 및 오염 등이 관찰되었다.

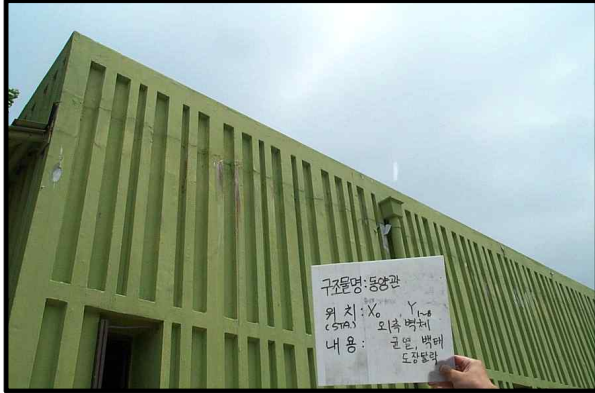
2.2.3 옥상층 및 채광창

- 옥상층 방수 마감재(방수포)의 들뜸현상이 관찰되었다.
- 채광창 자체의 구조적 손상은 없었으나 일부 개소의 철 구조물에서 조류의 분뇨에 의한 오염이 관찰되었다.

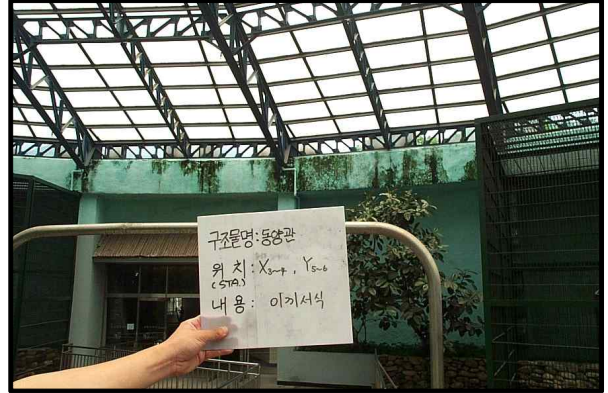
2.2.4 주요 손상사진



<원숭이사쪽 보(RG20)에 발생된 균열>



<난간벽 하부 균열, 백태, 누수>



<원형구간 벽체 상부 이끼서식 및 오염>



<채광창 상부 조류 분뇨에 의한 오염>

2.2.5 손상물량

구분	손상내용	손상물량	비고
동양관	망상균열	1.3m ²	
	균열 (0.1~0.2)	433.7m	
	균열 (0.3~)	29.6m	
	조적균열	442.3m	
	박리·파손	16.4m	
	백태	1.9m ²	
	도장탈락	42.4m ²	
	재료분리	0.1m ²	
	누수	20.9m ²	
	균열·백태	0.8m	
	오염	0.7m ²	
	누수·백태	7.2m ²	
	백태·도장	0.6m ²	
	콘크리트 파손·누수	0.3m ²	
	미장탈락	11.5m ²	
	곰팡이서식	0.6m ²	
	누수·이끼	6.0m ²	
	누수·백태·이끼서식	0.6m ²	
	균열·누수	0.6m ²	
	재료분리·철근노출	0.2m ²	
	들뜸	0.1m ²	
	방수포들뜸	287.9m ²	
	토사퇴적	170.8m ²	
	방수포들뜸·누수	0.4m ²	

2.3 비파괴시험

동양관에 대해 실시한 비파괴시험은 철근탐사, 콘크리트 강도시험, 중성화시험, 초음파탐사이며 그 결과는 다음과 같다.

2.3.1 철근탐사

철근탐사 결과 아래 표와 같은 결과값들을 얻을 수 있었다. 해양관의 경우 철근의 배근간격은 양호하고, 피복두께에서 일정치 않은 조사결과를 나타내고 있다.

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
GIRDER	Y3~Y4, X8~X9 보 하면 (중앙부)	주철근	10-D22	40	10-D22	30	RG20
		배력철근	150~300	60	150		
	Y3~Y4, X8~X9 보 하면 (단부)	주철근	2-D22	33	2-D22	30	RG20
		배력철근	150	50	150		
	Y2~Y3, X8~X9 보 하면 (중앙부)	주철근	-	50	10-D22	30	RG20
		배력철근	130~180	30	150		
	Y2~Y3, X8~X9 보 하면 (단부)	주철근	2-D22	51	2-D22	30	RG20
		배력철근	150~200	47	150		
BEAM	Y4~Y5 X6~X7 빔 하면	주철근	5-D22	27	5-D22	30	RB11
		배력철근	220~270	45	300		
	Y3~Y4 X8열 빔하면 (단부)	주철근	3-D22	61	3-D22	30	RB10
		배력철근	150~200	45	200		
슬래브	Y3~Y4 X8 X9	주철근	100	28	100	20	
		배력철근	100	28	100		
	Y4~Y5 X8~X9	주철근	100	50	100	20	
		배력철근	100	30	100		

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
	X2,Y1	주철근	200	81	130	30	
		배력철근	320		300		
	X0,Y2	주철근	130	84	130	30	
		배력철근	-		300		
	X0,Y5	주철근	160	80	130	30	
		배력철근	320		300		
	X2,Y6	주철근	125	31	130	30	
		배력철근	300		300		
기둥	X3-7	주철근	85~120	44	115	30	
		배력철근	220		200		
	X3,Y6	주철근	150	51	115	30	
		배력철근	270		200		
	X7-5	주철근	-	102	115	30	
		배력철근	-		200		
	X9,Y3~4	주철근	130	17	115	30	
		배력철근	180		200		
	X7,Y1	주철근	-	92	130	30	
		배력철근	-		300		
	X3-18	주철근	-	23	115	30	
		배력철근	120~150		200		
구름다리	S1 바닥판하면	주철근	150~180	35	-	-	
		배력철근	140~180		-		
	S3 바닥판하면	주철근	150~175	34	-	-	
		배력철근	150~165		-		
	뱀사 X0,Y3	주철근	180	76	130	30	
		배력철근	-		300		
	뱀사 X0,Y4	주철근	145	99	130	30	
		배력철근	300		300		
기둥	뱀사 X2 Y2	주철근	120~150	15	130	30	
		배력철근	-		300		
	X3-18	주철근	85~145	46	115	30	
		배력철근	150~300		200		
	X3-8	주철근	100~145	46	115	30	
		배력철근	160~300		200		
	원숭이사 X4~Y5 기둥	주철근	131~152	27	130	30	
		배력철근	-		300		

2.3.2 콘크리트 강도시험

콘크리트 강도시험 결과 190~268kg/cm²로 추정설계기준인 180kg/cm²의 85%인 153kg/cm²의 값에 상회하는 양호한 상태로 측정되었다.

구 분	측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도 (kg/cm ²)	평 가
슬래브	X1~X2,Y1~Y2	39.02	190	180 (153)	O.K
	X0~X1,Y2~Y3	44.52	230		O.K
	X0~X1,Y5~Y6	46.79	246		O.K
	X2~X3,Y4~Y5	49.71	268		O.K
	X8~X9,Y2~Y3	41.18	206		O.K
	X4~X5,Y2~Y3	44.42	229		O.K
	X8~X9,Y3~Y4	46.09	241		O.K
	X8~X9,Y4~Y5	44.90	233		O.K
	X4~X5,Y4~Y5	44.96	233		O.K
보	X0~X1,Y1	44.35	229		O.K
	X1~X2,Y2	40.75	203		O.K
	X1~X2,Y5	41.60	209		O.K
	X1~X2,Y6	39.45	193		O.K
	X8~X9,Y4	41.80	210		O.K
	X8~X9,Y2	43.35	221		O.K
	X8,Y4~Y5	39.55	194		O.K
	X6,Y4~Y5	39.45	193		O.K
	X5,Y4~Y5	42.90	218		O.K
기둥	X9,Y2~Y3	43.75	224	O.K	
	X9,Y3~Y4	41.65	209	O.K	
	X8,Y5	42.65	216	O.K	
	X5,Y5	41.60	209	O.K	
	X0,Y2	40.55	201	O.K	
	X0,Y5	40.30	199	O.K	
	X0,Y6	44.00	226	O.K	

2.3.3 중성화시험

중성화시험 결과 아래 표와 같이 2~14mm로 이론치인 17mm의 값에 만족하는 양호한 상태로 측정되었다.

부재명	측정위치	이론깊이 (mm)	중성화깊이 (mm)	최소피복두께 (mm)	평가
바닥 슬래브	지붕층 X1~X2,Y1~Y2	17	4	35	O.K
	지붕층 X0~X1,Y2~Y3	17	4	34	O.K
	지붕층 X0~X1,Y5~Y6	17	4	35	O.K
	지붕층 X2~X3,Y4~Y5	17	4	39	O.K
	지붕층 X8~X9,Y2~Y3	17	12	41	O.K
	지붕층 X4~X5,Y2~Y3	17	7	40	O.K
	지붕층 X8~X9,Y3~Y4	17	10	37	O.K
	지붕층 X8~X9,Y4~Y5	17	8	38	O.K
	지붕층 X4~X5,Y4~Y5	17	5	40	O.K
보	지붕층 X0~X1,Y1	17	4	30	O.K
	지붕층 X1~X2,Y2	17	3	25	O.K
	지붕층 X0~X1,Y5	17	2	27	O.K
	지붕층 X1~X2,Y6	17	2	28	O.K
	지붕층 X8~X9,Y3~Y4	17	14	30	O.K
	지붕층 X8~X9,Y2~Y3	17	14	35	O.K
	지붕층 X8,Y4~Y14	17	13	30	O.K
	지붕층 X6,Y4~Y5	17	4	30	O.K
	지붕층 X5,Y4~Y5	17	5	30	O.K
기둥	X9,Y2~Y3	17	6	81	O.K
	X9,Y3~Y4	17	4	84	O.K
	X8,Y5	17	3	80	O.K
	X5,Y5	17	4	31	O.K
	X0,Y2	17	3	44	O.K
	X0,Y5	17	3	51	O.K
	X0,Y6	17	2	92	O.K

2.3.4 초음파탐사

동양관의 원숭이사쪽의 슬래브, 보, 거더에 발생된 균열의 깊이 여부를 파악하기 위해 초음파탐사를 실시하였으며 조사결과는 아래 표와 같다.

시험위치	균열폭 (mm)	균열부 (Tc)	건전부 (To)	전달거리 (mm)	균열깊이 (cm)
X0~X1,Y3 (거더)	0.1	49.5	34.1	100	6.25
X0~X1,Y5~Y6 (슬래브)	0.1	45.3	33.1	100	5.84
X2,Y5 (거더)	0.1	46.3	32.3	100	6.16
X4~X5,Y3~Y4 (슬래브)	0.1	46.1	43.1	100	4.34
X8~X9,Y4 (돼지꼬리 원숭이 내실)	0.2	50.1	30.1	100	7.32
X8~X9,Y4~Y5 (슬래브)	0.3	40.3	30.3	100	5.65
X8~X9,Y4~Y5 (거더)	0.3	43.4	99.3	100	4.52
X8~X9,Y4 (거더)	2.0	65.0	32.1	100	9.12
X8~X9,Y3~Y4 (슬래브)	0.3	42.1	42.3	100	3.97
X8~X9,Y3 (거더)	0.6	61.4	32.0	100	8.59

2.3.5 비파괴시험 위치도

2.4 구조안전성 검토

2.4.1 설계하중

① 지붕층

▶ 지붕#1 (평지붕)

- 고정하중(Dead Load)

마감 몰탈(thk=24) 50 kg/m²

누름콘크리트(thk=20mm) 20 kg/m²

폴리우레탄(thk=50mm) 50 kg/m²

고름 몰탈(thk=24) 50 kg/m²

콘크리트슬래브(thk=120mm) 290 kg/m²

Ceiling 30 kg/m²

490 kg/m²

- 활하중(Live Load) 200 kg/m²

▶ 지붕#2 (경사지붕)

- 고정하중(Dead Load)

유리(thk=3mm) 20 kg/m²

20 kg/m²

- 활하중(Live Load) 100 kg/m²

② 1층

▶ 원숭이사

- 고정하중(Dead Load)

시멘택스(thk=24mm) 50 kg/m²

판넬히팅(thk=150mm) 70 kg/m²

스티로폴(thk=25mm) 10 kg/m²

액체 방수 2차 위 고름 몰탈(thk=24mm) 50 kg/m²

콘크리트슬래브(thk=200mm)	480 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	690 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	300 kg/m ²
▶ 관람통로	
• 고정하중(Dead Load)	
자기타일	30 kg/m ²
몰탈(thk=30mm)	60 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=200mm)	480 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	600 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
▶ 뱀사	
• 고정하중(Dead Load)	
왕모래깔기(thk=50mm)	100 kg/m ²
패널히팅(thk=150mm)	70 kg/m ²
단열재(thk=25mm)	10 kg/m ²
고름몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=200mm)	480 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	740 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	300 kg/m ²

③ 공조실, 전기실

- 고정하중(Dead Load)

몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
신더콘크리트(thk=200mm)	460 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=200mm)	480 kg/m ²

990 kg/m²

- 활하중(Live Load) 500 kg/m²

④ 계단

- 고정하중(Dead Load)

자기타일	30 kg/m ²
몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²

440 kg/m²

- 활하중(Live Load) 300 kg/m²

⑤ 외벽

본타일(thk=50mm)	100 kg/m ²
콘크리트벽(thk=150mm)	360 kg/m ²
단열재(thk=50mm)	10 kg/m ²
벽돌(1.0B)	380 kg/m ²

850 kg/m²

⑥ 적설하중(Snow Load)

▶ 평지붕 적설하중 $S_f = C_b \times C_e \times C_t \times I_s \times S_g$

$$S_g(\text{지상적설하중}) = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$C_b(\text{지붕적설하중계수}) = 0.7$$

$$C_e(\text{노출계수}) = 1.1$$

$$C_t(\text{온도계수}) = 1.2$$

$$I_s(\text{중요도계수}) = 1.1$$

$$S_{f,1} = 0.7 \times 1.1 \times 1.2 \times 1.1 \times 50 = 50.82 \text{ kg/m}^2$$

$$S_{f,2} = S_g \times I_s = 50 \times 1.1 = 55 \text{ kg/m}^2 (\text{지상적설하중이 } 100\text{kg/m}^2 \text{ 이하인 경우})$$

그러므로, $S_f = 55 \text{ kg/m}^2$

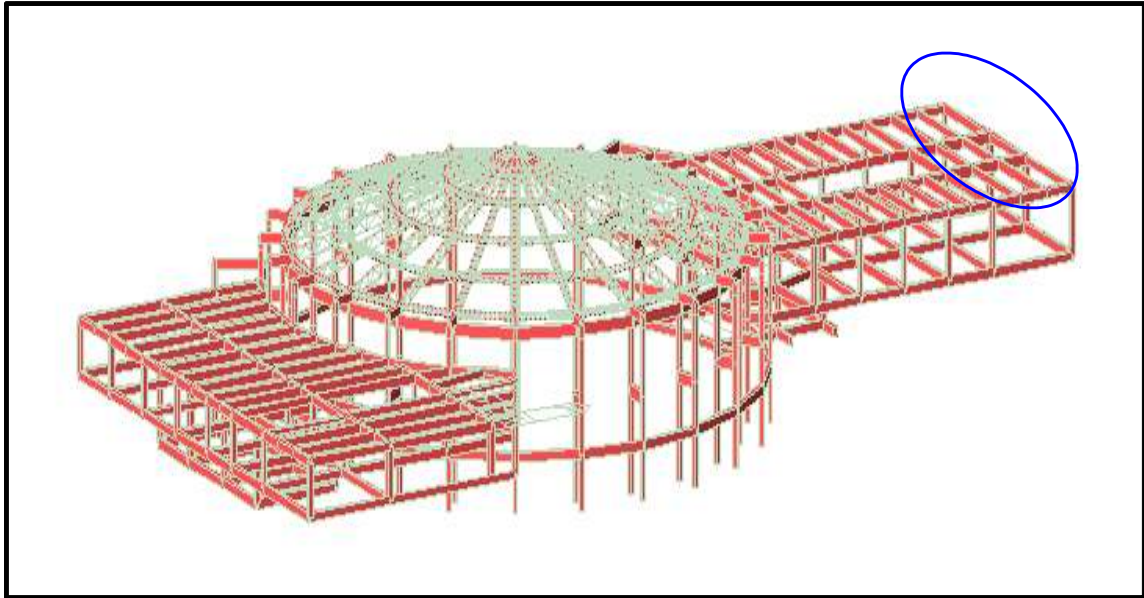
- ▶ 경사지붕 적설하중 $S_s = C_s \times S_f$

따뜻한 지붕 & 미끄러지기 쉬운 지붕으로 가정

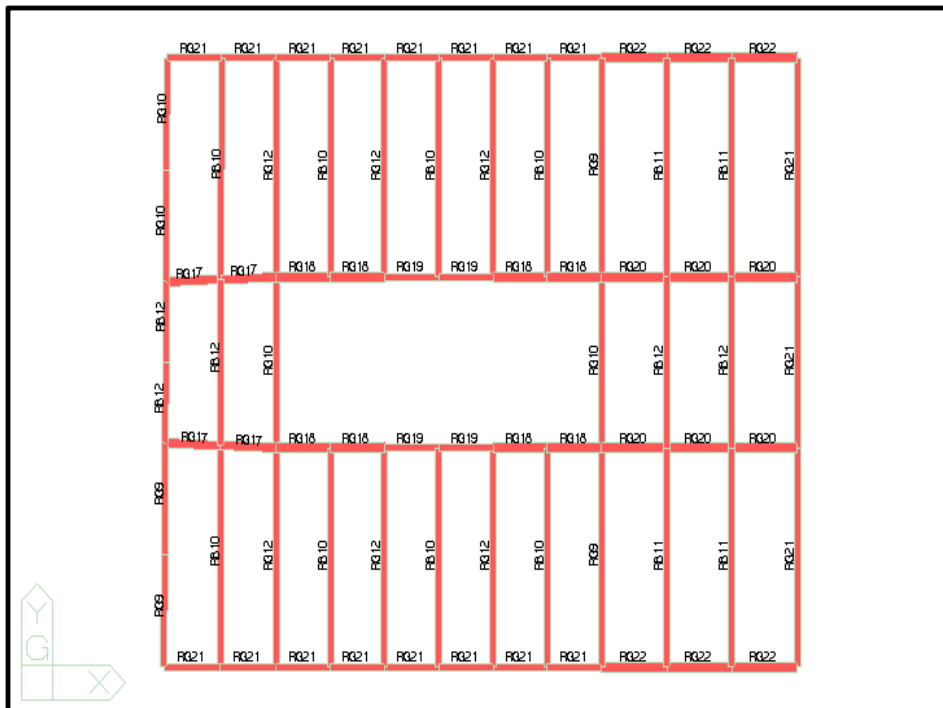
경사각, $\theta 12.41^\circ$ 인 경우 $C_s = 1.0$

그러므로, $S_s = 1.0 \times 55 = 55 \text{ kg/m}^2$

2.4.2 구조모델링



<구조 모델링>



<RG20 부위 구조 평면도>

2.4.3 주요손상부 구조검토

① 원숭이사 관람통로 상부 보 균열

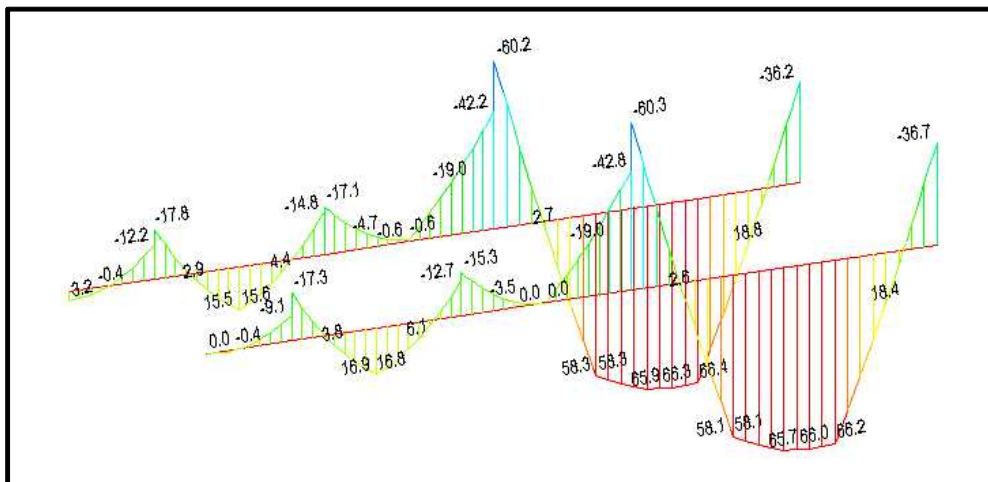


<RG20(400×900) 보의 RB12측 부위 균열>

- RB11보와 RB12보(300×700)를 지지하는 RG12보에 RB12보가 만나는 부위에서 약 35cm 떨어진 위치에 하부에서 발생하여 상부로 진전되는 균열이 발생되어 있고 균열은 보 전체를 관통하는 균열로 조사되었다.

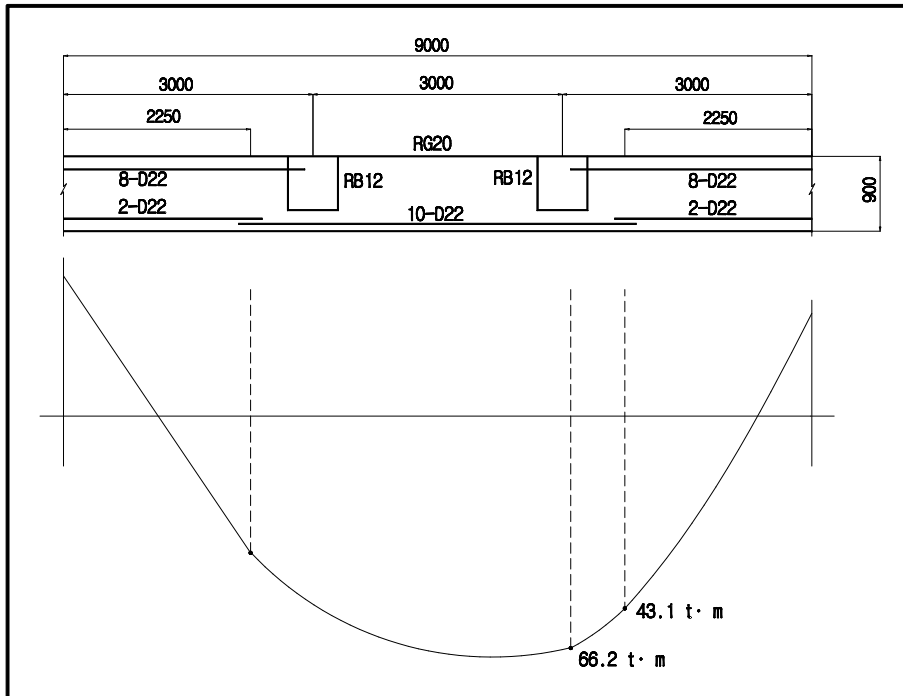
② 손상평가

▶ 모멘트 도



<RG20보 모멘트>

▶ RG20 부재 상세 응력



▶ 손상원인

RG20 400×900	단부 배근	8-D22 2-D22	
	중앙부 배근	2-D22 10-D22	

- 현 배근 상태로 단부와 중앙부의 응력을 비교하면 부재력을 만족하지만 철근 개수가 변하는 지점의 모멘트를 고려하면 모멘트에 대해서 철근이 모자라는 것으로 나타났다.
- 중앙부 하부 철근과 단부 하부 철근의 철근 개수가 급격하게 변하는 지점에서의 모멘트 양상이 일반적인 등분포하중을 받을때의 모멘트 분포가 아니라 스펠 1/3 지점에서 RB12보에 의한 집중하중으로 작용하여 철근 절곡점의 모멘트가 단부쪽 하부철근 2-D22로는 부족한 현상이 나타나므로 보의 균열이 보 밑부분부터 위쪽으로 진전되는 형태로 나타나고 있다.

2.4.4 부재응력검토

① 보응력검토

보	위치	B×D (mm×mm)	주근	스터립	부재력		저항능력		비고
					Mu (t·m)	Vu (ton)	φMn (t·m)	φVn (ton)	
RG16	단부	450×900	10-D22 4-D22	D10 @150	69.34	46.96	101.33	47.15	RG15단부
	중앙부	450×900	4-D22 12-D22	D10 @150	88.60	55.65	119.01	47.15	N.G
RB4	단부	400×700	10-D22 4-D22	D10 @200	41.39	20.38	72.75	28.67	RB5단부
	중앙부	400×700	2-D22 6-D22	D10 @200	21.48	4.60	44.98	28.67	
RB5	단부	400×700	10-D22 4-D22	D10 @200	46.21	22.31	72.75	28.67	RB4단부
	중앙부	400×700	3-D22 6-D22	D10 @300	27.83	1.43	45.36	23.88	
RB7	단부	400×700	10-D22 4-D22	D10 @200	32.07	19.83	72.75	28.67	RB8단부
	중앙부	400×700	3-D22 8-D22	D10 @300	27.18	1.89	59.04	23.88	
RG1	단부	300×700	7-D22 2-D22	D10 @200	25.43	15.71	50.17	25.09	RG2단부
	중앙부	300×700	2-D22 5-D22	D10 @300	15.66	0.61	37.43	20.31	
RG2	단부	300×700	7-D22 2-D22	D10 @200	23.89	15.21	50.17	25.09	
	중앙부	500×600	2-D22 3-D22	D10 @300	14.90	0.40	24.78	21.92	
RB2	단부	400×700	9-D22 3-D22	D10 @200	40.83	20.32	65.35	28.67	RB3단부
	중앙부	400×700	2-D22 3-D22	D10 @300	21.69	13.74	24.84	25.78	
RB3	단부	400×700	9-D22 3-D22	D10 @200	42.07	22.14	65.35	28.67	RB2단부
	중앙부	400×700	3-D22 7-D22	D10 @300	31.09	13.75	52.38	23.88	

보	위치	B×D (mm×mm)	주근	스터립	부재력		저항능력		비고
					Mu (t·m)	Vu (ton)	φMn (t·m)	φVn (ton)	
RG20	단부	400×900	8-D22 2-D22	D10 @150	60.33	43.60	80.25	44.67	
	중양부	400×900	2-D22 10-D22	D10 @150	66.66	38.35	97.39	44.76	
RB11	단부	300×700	5-D22 2-D22	D10 @200	26.31	17.64	37.43	25.09	
	중양부	300×700	2-D22 5-D22	D10 @300	25.14	11.59	37.43	20.31	
RB12	단부	300×700	5-D22 2-D22	D10 @200	22.34	10.93	37.43	10.93	
	중양부	300×700	3-D22 3-D22	D10 @300	5.68	6.38	24.16	21.92	
RG12	단부	300×700	3-D22 3-D22	D10 @200	14.74	13.28	24.16	27.08	
	중양부	300×700	2-D22 5-D22	D10 @300	18.42	7.21	37.45	20.31	
RB10	단부	300×700	3-D22 3-D22	D10 @150	0.00	13.12	24.16	32.25	
	중양부	300×700	2-D22 6-D22	D10 @300	32.45	7.10	44.04	20.31	

② 슬래브 응력 검토

부재명	위치		단변 (m)	장변 (m)	두께 (mm)	배근	Mu (t·m)	φMn (t·m)	비고
RS1	단변	단부	3.25	9.0	120	D10+D13@200	0.98	1.55	적합
		중양부				D10@200	1.14	1.14	
	장변	단부				D10@200	0.53	0.68	
		중양부				D10@200	0.4	0.68	
RS2	단변	단부	3.0	9.0	120	D10@200	0.83	1.16	적합
		중양부				D10@200	0.53	1.16	
	장변	단부				D10@200	0.43	0.7	
		중양부				D10@200	0.34	0.7	

2.4.5 보강강판산정

	철근 변곡점의 모멘트
계산응력	43 t · m
저항응력	20 t · m
강판이 저항해야할 모멘트	23 t · m

- 보강강판 산정

$$\sum A_s = \frac{23}{0.9 \times 4.0 \times (0.9 \times 0.8)} = 8.87 \text{ cm}^2$$

$$t = \frac{11.83}{35.6} = 0.33 \text{ cm} \quad (b=40 \quad b_e = 40 - (2(12 + 10)) = 35.6)$$

use t-6mm 강판

2.4.6 소결

- ① 원숭이사쪽 RG20보의 균열은 RB12보의 집중하중이 작용하여 모멘트가 커지나 모멘트가 큰 곳에서 상하단 철근의 배근이 바뀌는 현상이 나타나 모멘트에 비해 철근 배근이 모자라서 균열이 발생하였다. 중앙부와 단부의 응력을 비교하면 충분히 부재력을 충족하고 있지만 철근 배근이 변하는 곳의 모멘트를 고려하지 않은 설계 부실에 그 원인이 있다고 할 수 있다.
- ② 반대편 동물 우리안쪽에 있는 RG16보도 RG20과 같은 FRAME 형식으로 되어있어 RG20과 같은 균열이 발생하였을것으로 추정된다.
- ③ 슬래브의 횡방향 균열은 슬래브의 수축팽창에 의한 균열로 특히 동양관에 슬래브의 균열이 많이 발생되어 있다. 이는 온도수축에 대한 균열을 억제하기 위해 옥상층 슬래브의 중앙부에 일반적으로 배근하는 장변방향 온도철근을 배근하지 않게 설계 되어있어 균열이 많이 발생하였다.
- ④ RG20과 RG16보는 균열을 보수하고 보를 철판보강공법으로 보강한다.

2.5 보수·보강대책

2.5.1 철판보강공법(RG20, RG16 보강 1안)

2.5.2 철재기둥신설(RG20, RG16 보강 2안)

5.2.3 개략공사비

원숭이사쪽의 보에 발생한 균열은 그 깊이가 이미 철근부위 이상까지 진행된 상태이기 때문에 시급히 보수를 해야 하며, 균열 보수후 철판보강이 필요할 것으로 판단된다.

손상내용	보수물량	공법	단가(천원)	순공사비(천,원)	공사비(천원)
균열	464.1m	에폭시주입	30	14,000	272,000
	38.3m ²	철판보강(4.5T)	160	5,000	
	11.3m ²	철판보강(6.0T)	270	1,800	
박리,파손	16.4m ²	단면복구	270	4,500	
백태,재료분리	627.5m ²	면보수	90	56,500	
누수	29.4m ²	방수	50	1,500	
방수층보수	975m ²	보수	15	14,600	
채광창보수	8471m	실리콘보수	5	42,000	
		현장가설비용	1식	30,000	
계				170,000	

2.6 소결론

2.6.1 외관조사

- 외벽체 난간벽 하부에 발생한 균열 및 백태 현상은 옥상 슬래브 콘크리트의 온도 수축팽창에 의해서 난간벽 하부를 밀어내려고 하는 힘이 작용하여 발생한 것으로 옥상층 방수 시공시 신축줄눈이 설치되지 않아 발생한 것으로 판단된다.
- 지상층 원숭이사쪽과 뱀사쪽의 보에 발생한 균열은 그 깊이를 초음파탐사기로 조사한 결과 철근깊이까지 진행되어 있었고 휨균열로 판단된다. 슬래브에 발생한 누수동반 균열은 옥상층의 방수 마감재의 손상에 기인한 것으로 판단된다.
- 중앙부 원형구간 내부 벽체에 발생한 이끼의 서식 및 오염은 습한 내부 공기로 인한 것으로 판단된다.
- 채광창 일부 개소에 조류의 분뇨에 의한 오염은 조류의 분뇨성분이 강한 산성이므로 철 구조물의 부식을 촉진시킬 수 있으므로 세척이 필요할 것으로 판단된다.

2.6.2 비파괴시험

- 철근탐사 결과 철근의 배근 및 피복의 두께는 일부 개소에서 기준치를 상회하는 값이 조사되었지만 전체적으로 양호한 것으로 판단된다.
- 원숭이사쪽 보의 철근탐사 결과 균열 발생부에서 하부 철근의 갯수가 변하는 지점이었으며, 배근간격도 불량한 것으로 측정되었다.

- 콘크리트 강도시험 결과 추정설계기준인 $180\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 85%인 $153\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 값을 만족하는 $190\sim 268\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 측정값을 나타내었으며, 강도상의 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 중성화시험 결과 이론치인 17mm 이내의 값인 2~14mm의 측정결과를 얻어 양호한 것으로 판단된다.
- 초음파탐사 결과 RG20 및 RG16에 발생된 균열은 그 깊이가 철근의 위치 이상까지 진전되어 있으므로 철근이 공기중에 노출되어 부식될 우려가 있다. 따라서 균열에 대한 보수가 필요한 것으로 판단된다.

2.6.3 안전성 평가

- 원숭이사쪽 RG20보의 균열은 RB12보의 집중하중이 작용하여 모멘트가 커지나 모멘트가 큰 곳에서 하단 철근의 배근이 바뀌게 되어 모멘트에 비해 철근 배근이 모자라서 균열이 발생하였다. 중앙부와 단부의 응력을 비교하면 충분히 부재력을 충족하고 있지만 철근 배근이 변하는 곳의 모멘트를 고려하지 않은 설계 부실에 그 원인이 있다고 할 수 있다.
- 반대편 동물 우리안쪽에 있는 RG16보도 RG20과 같은 균열이 발생 하였을 것으로 추정된다.
- 슬래브의 횡방향 균열은 슬래브의 수축팽창에 의한 균열로 특히 동양관에 슬래브의 균열이 많이 발생되어 있다. 이는 온도수축에 대한 균열을 억제하기 위해 옥상층 슬래브의 중앙부에 일반적으로 배근하는 장변방향 온도철근이 설계되어 있지않아 균열이 많이 발생하였다.
- RG20과 RG16보는 균열을 보수하고 보를 철판보강공법으로 보강한다.

3. 남미관

3.1 개요

남미관은 지하층, 지상1층, 지상2층, 옥상층으로 이루어져 있다.

지상1층에는 원숭이사, 개미핥기사 등의 동물사와 사육사실이 있으며, 지상2층에는 관람
통로, 악어사, 뱀사 등의 동물사가 있고, 옥상층엔 채광창이 설치되어 있다.

구조형식	철근콘크리트
층 수	지하층, 지상2층
연 면 적	3907m ²

<구조물 개요>



<남미관 전경>

3.2 외관조사

남미관의 외관조사 결과는 다음과 같다.

3.2.1 외벽체

- 외벽체에는 미세균열 및 백태, 도장탈락의 손상이 관찰되었다.

3.2.2 지상1층

- 동물사 내부의 조적벽체에 수직균열이 관찰되었다.
- 사육사통로측 벽체에 균열이 다수 관찰되었다.

3.2.3 지상2층

- 관람통로 파라펫 벽체 측면에 균열이 일정한 간격으로 분포하고 있다.
- 약어사 등의 벽체에 균열 및 백태 현상이 관찰되었다.

3.2.4 옥상층 및 채광창

- 옥상층 바닥의 마감재(방수포)의 들뜸 현상과 난간벽 측면에 균열 및 백태현상이 관찰되었다.
- 채광창의 유리시공부의 코킹 마감재 대부분이 손상되어 누수가 되고 있음이 관찰되었다.

3.2.5 손상사진



<2층 파라펫 균열부-내부>



<외벽체에 발생한 균열 및 균열부 백태>



<채광창 전경-코킹부위 노후화로 누수>

3.2.6 손상물량

구분	손상내용	손상물량	비고
	망상균열	2.0m ²	
	균열(0.1~0.2)	196.4m ²	
	균열(0.3~)	127.6m ²	
	조적균열	1714.6m ²	
	박리·파손	2.4m ²	
	백태	7.0m ²	
	도장탈락	9.1m ²	
남미관	재료분리	15.8m ²	
	철근노출	12.0m ²	
	누수	11.8m ²	
	균열·백태	1.8m ²	
	오염	6.8m ²	
	누수·백태	5.0m ²	
	백태·도장탈락	1.6m ²	
	재료분리·콘크리트 파손	3.0m ²	

3.3 비파괴시험

남미관에 대해 실시한 비파괴시험은 철근탐사, 콘크리트 강도시험, 중성화시험이며 그 결과는 다음과 같다.

3.3.1 철근탐사

철근탐사 결과 아래 표와 같은 결과값들을 얻을 수 있었다. 철근의 배근간격은 양호하나 피복두께에서 일정치 않은 조사결과를 보이고 있다.

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
X-1		주철근	-	68	150	30	
		배력철근	225		200		
X-3		주철근	150~180	41	150	30	
		배력철근	180~240		200		
테라스	L-9	주철근	110~185	45	150	30	
		배력철근	225~235		200		
L-6		주철근	-	73	150	30	
		배력철근	-		200		
L-5		주철근	225~240	74	150	30	
		배력철근	120~150		200		
R2~R3 X1		주철근	-	67	235	30	
		배력철근	-		200		
기둥	R4~X1 미시시퍼 알리게이터	주철근	110~135	32	235	30	
		배력철근	-		200		
R6~X3 아메리카 약어		주철근	180	54	235	30	
		배력철근	-		200		
X1~X0 기둥사이 거더		주철근	3-D13	40	3-D13	30	2G13
		배력철근	-		150		
보	R2~R3 기둥사이 거더	주철근	3-D22	10	3-D22	30	2G18
		배력철근	-		150		
X2 거더		주철근	3-D22	94	3-D22	30	2RB7
		배력철근	180~300		150		
L7 거더		주철근	4-D22	76	4-D22	30	2G7
		배력철근	-		300		
X-1		주철근	120	130	120	20	
		배력철근	120		120		
슬래브	X-4	주철근	120	66	120	20	
		배력철근	120		120		
X-8		주철근	120	82	120	20	
		배력철근	120		120		
L-7		주철근	120	71	120	20	
		배력철근	120		120		

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
슬래브	2층 바닥 X6~X1~X0	주철근	-	69	150	20	
		배력철근	-		250		
	X6~X3~X2	주철근	100	107	150	20	
		배력철근	100		250		
기둥	2층 X-1~L3	주철근	150	54	150	30	
		배력철근	240		200		
보	1층 보 하면 X-8 사육사통로	주철근	3-D22	26	3-D22	30	
		배력철근	270		300		

3.3.2. 콘크리트 강도시험

콘크리트 강도시험 결과 190~268kg/cm²로 추정설계기준인 180kg/cm²의 85%인 153kg/cm²에 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.

측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도(kg/cm ²)	평 가
R5,X6 1층 기둥	43.90	225	180	O.K
X1,L9 1층 거더	39.20	191		O.K
X-2,L10 1층 거더	39.70	195		O.K
X-4 1층 거더	39.40	193		O.K
X-6 1층 거더	42.60	216		O.K
X-8 1층 거더	39.20	191		O.K
L9 1층 거더	41.70	210		O.K
L8 1층 거더	41.85	211		O.K
X-3 1층 거더	42.10	212		O.K
L7 1층 거더	43.25	221		O.K
L6 1층 거더	43.40	222		O.K

측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도 (kg/cm ²)	평 가
X0~X1 1층 슬래브 하면	44.36	229	180	O.K
X-1~X-2 1층 슬래브 하면	42.58	216		O.K
X-3~X-4 1층 슬래브 하면	46.74	246		O.K
X-8~X-9 1층 슬래브 하면	44.74	232		O.K
L9~L10 1층 슬래브 하면	45.87	240		O.K
L8~L9 1층 슬래브 하면	41.72	210		O.K
L8~L9 1층 슬래브 하면	43.17	220		O.K
L7~L8 1층 슬래브 하면	43.50	223		O.K
X3~X4,X7~X8 2층 슬래브 하면	45.60	238		O.K
X0~X1 2층 슬래브 하면	42.74	217		O.K
X0 1층 기둥	40.85	203		O.K
X-1 1층 기둥	40.00	197		O.K
X-3 1층 기둥	42.90	218		O.K
L9 1층 기둥	41.65	209		O.K
L5 1층 기둥	41.15	206		O.K
L1,X-1 1층 기둥	41.90	211		O.K
X1,R1 1층 기둥	39.25	192		O.K
R2~R3,X1 1층 기둥	38.95	190		O.K
R4,X1 1층 기둥	43.60	223		O.K

3.3.3 중성화시험

남미관의 중성화시험은 슬래브, 보·거더, 기둥에 대해 실시하였고 그 결과는 아래 표와 같이 1~12mm로 이론치인 17mm의 값에 만족하는 것으로 조사되었다.

부재명	측정위치	이론깊이 (mm)	중성화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	평가
슬래브 하면	2층 X0~X1	17	2	69	O.K
	2층 X-1~X-2	17	3	77	O.K
	2층 X3~X4	17	1	70	O.K
	2층 X-8~X-9	17	4	60	O.K
	2층 L9~L10	17	3	50	O.K
	2층 L8~L9	17	2	50	O.K
	2층 L8~L9	17	1	50	O.K
	2층 L7~L8	17	2	50	O.K
기둥	1층 X0	17	4	32	O.K
	1층 X-1	17	3	54	O.K
	1층 X-3	17	2	67	O.K
	1층 L9	17	1	54	O.K
	1층 L5	17	3	54	O.K
	1층 L1,X-1	17	2	54	O.K
	1층 X1,R1	17	2	50	O.K
	1층 R2~R3,X1	17	2	50	O.K
	1층 R4,X1	17	1	50	O.K
	1층 R5,X6	17	2	50	O.K
거더	2층 X1,L9	17	4	40	O.K
	2층 X-2,L10	17	5	10	O.K
	2층 X-4	17	3	44	O.K
	2층 X-6	17	2	20	O.K
	2층 X-8	17	1	25	O.K
테라스	2층 L7~L8,X1~X2	17	12	41	O.K
	2층 L6~L7,X-2~X-3	17	5	45	O.K
	2층 L7~L8,X0	17	8	41	O.K
	2층 L8~L9,X2	17	9	45	O.K

3.3.4 비파괴시험 위치도

3.4 구조안전성 검토

3.4.1 설계하중

① 지붕층

▶ 지붕#1 (평지붕)

- 고정하중(Dead Load)

우레탄 톱 코팅(thk=1mm)

우레탄 몰탈(thk=10mm)

20 kg/m²

폴리우레탄(thk=30mm)

60 kg/m²

콘크리트슬래브(thk=120mm)

290 kg/m²

Ceiling

30 kg/m²

400 kg/m²

- 활하중(Live Load)

200 kg/m²

▶ 지붕#2 (경사지붕)

- 고정하중(Dead Load)

Polycarbonate Sheet(thk=4.8mm)

20 kg/m²

Purlin

30 kg/m²

Ceiling

30 kg/m²

80 kg/m²

- 활하중(Live Load)

100 kg/m²

② 2층

▶ 옥상정원

- 고정하중(Dead Load)

우레탄 톱 코팅(thk=1mm)

우레탄 몰탈(thk=10mm)

20 kg/m²

폴리우레탄(thk=30mm)

60 kg/m²

콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	470 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	200 kg/m ²
▶ 관람통로	
• 고정하중(Dead Load)	
자기타일	30 kg/m ²
몰탈(thk=30mm)	60 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=120mm)(150mm)	290 kg/m ² (360)
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	410 kg/m ² (480)
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
▶ 아나콘다, 보아, 이구아나	
• 고정하중(Dead Load)	
방수 위 몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
모래(thk=150mm)	300 kg/m ²
패널히팅(thk=150mm)	70 kg/m ²
단열재(thk=25mm)	10 kg/m ²
고름몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	870 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	300 kg/m ²

▶ 사육사 통로

• 고정하중(Dead Load)

방수 위 몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트(thk=280mm)	680 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

1120 kg/m²

• 활하중(Live Load)

300 kg/m²

▶ 악어거북, 마타마타

• 고정하중(Dead Load)

조경석 or 물	100 kg/m ²
방수 위 몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²

510 kg/m²

• 활하중(Live Load)

300 kg/m²

③ 1층

▶ 레아, 목도리 페커리, 아메리카 테이퍼, 큰개미핥기

• 고정하중(Dead Load)

시멘몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
패널히팅(thk=150mm)	70 kg/m ²
단열재(thk=25mm)	10 kg/m ²
보호몰탈(thk=15mm)	30 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²

520 kg/m²

• 활하중(Live Load)	300 kg/m ²
▶ 주 출입구	
• 고정하중(Dead Load)	
화강석(thk=30mm)	90 kg/m ²
모래(thk=40mm)	80 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
	<hr/>
	530 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
④ 공조실, 전기실	
몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트(thk=150mm)	350 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
	<hr/>
	750 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
⑤ 계단	
• 고정하중(Dead Load)	
자기타일	30 kg/m ²
몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
	<hr/>
	440 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	300 kg/m ²
⑥ 외벽	

본타일(thk=50mm)	100 kg/m ²
콘크리트벽(thk=150mm)	360 kg/m ²
단열재(thk=50mm)	10 kg/m ²
벽돌(1.0B)	380 kg/m ²

850 kg/m²

⑥ 파라펫

콘크리트벽(thk=150mm)(h=1.05m)	378 kg/m ²
미장(thk=20mm)	8 kg/m ²
유리	20 kg/m ²

406 kg/m²(400)

⑦ 적설하중(Snow Load)

▶ 평지붕 적설하중 $S_f = C_b \times C_e \times C_t \times I_s \times S_g$

$$S_g(\text{지상적설하중}) = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$C_b(\text{지붕적설하중계수}) = 0.7$$

$$C_e(\text{노출계수}) = 1.1$$

$$C_t(\text{온도계수}) = 1.2$$

$$I_s(\text{중요도계수}) = 1.1$$

$$S_{f,1} = 0.7 \times 1.1 \times 1.2 \times 1.1 \times 50 = 50.82 \text{ kg/m}^2$$

$$S_{f,2} = S_g \times I_s = 50 \times 1.1 = 55 \text{ kg/m}^2 (\text{지상적설하중이 } 100\text{kg/m}^2 \text{ 이하인 경우})$$

그러므로, $S_f = 55 \text{ kg/m}^2$

▶ 경사지붕 적설하중 $S_s = C_s \times S_f$

깨끗한 지붕 & 미끄러지기 쉬운 지붕으로 가정

경사각, $\Theta 36.87^\circ$ 인 경우 $C_s = 1.0$

경사각, $\Theta 14.04^\circ$ 인 경우 $C_s = 1.0$

그러므로, $S_s = 1.0 \times 55 = 55 \text{ kg/m}^2$

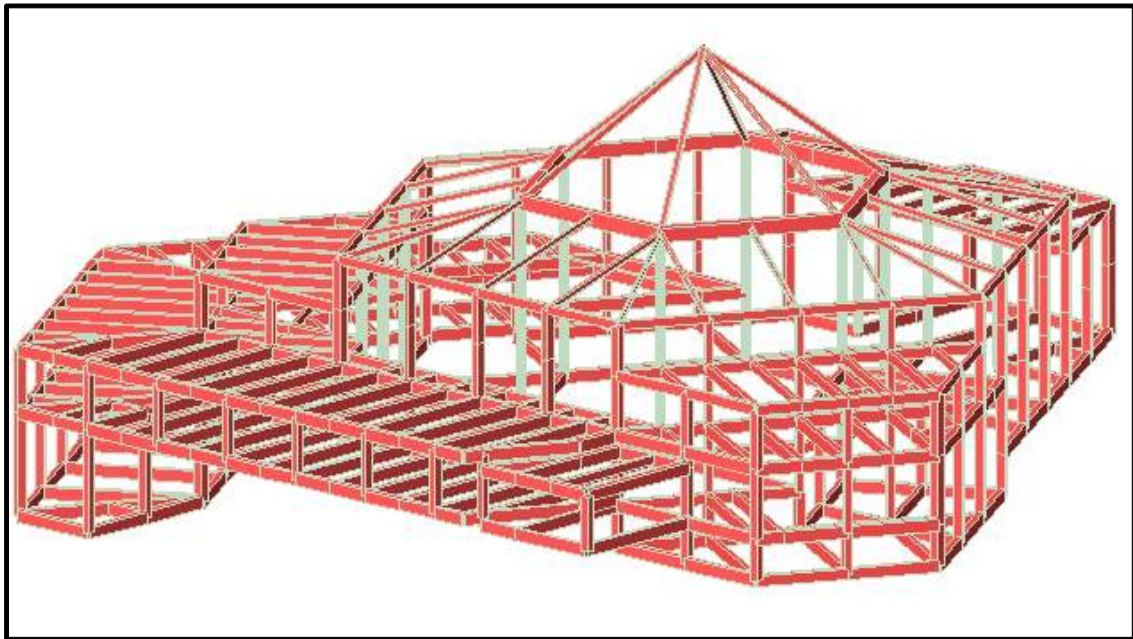
▶ 불균형 적설하중

$$1.5S_s/C_e = 1.5 \times 55 / 1.1 = 75 \text{ kg/m}^2$$

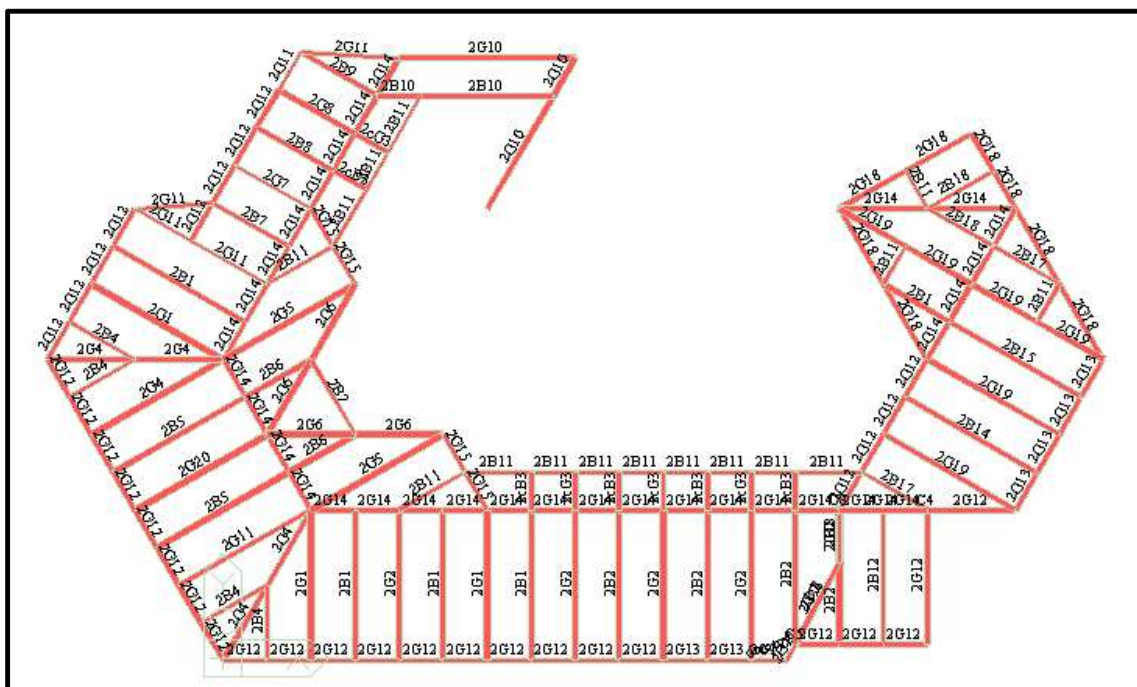
▶ 국부적인 적설하중

$$\text{퇴적량 깊이} = 0.5 \text{ m (} L_u = 12\text{m \& } S_g = 50 \text{ kg/m}^2 \text{)}$$

3.4.2 구조모델링



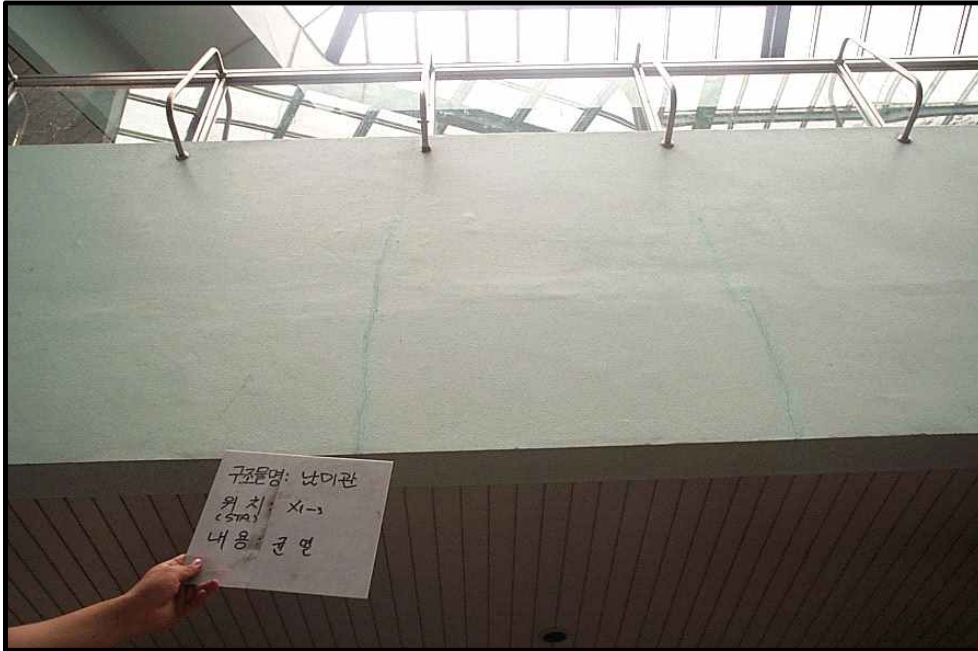
<전체 모델링>



<2층 구조평면도>

3.4.3 주요손상부 구조검토

① 관람통로 파라펫 벽체 균열



<파라펫 하부 벽체 수직균열>

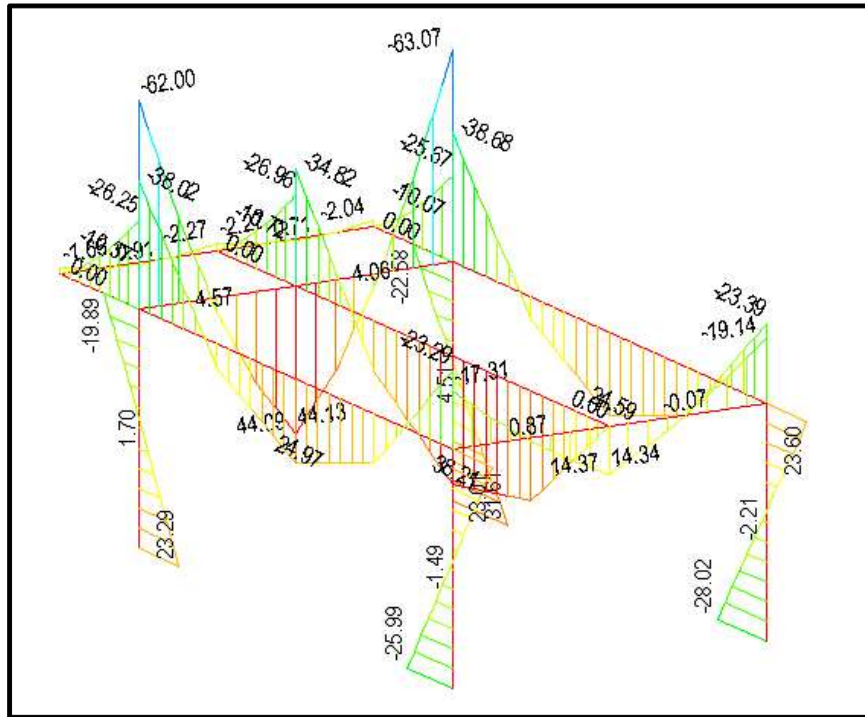


<파라펫 각인부위 이격>

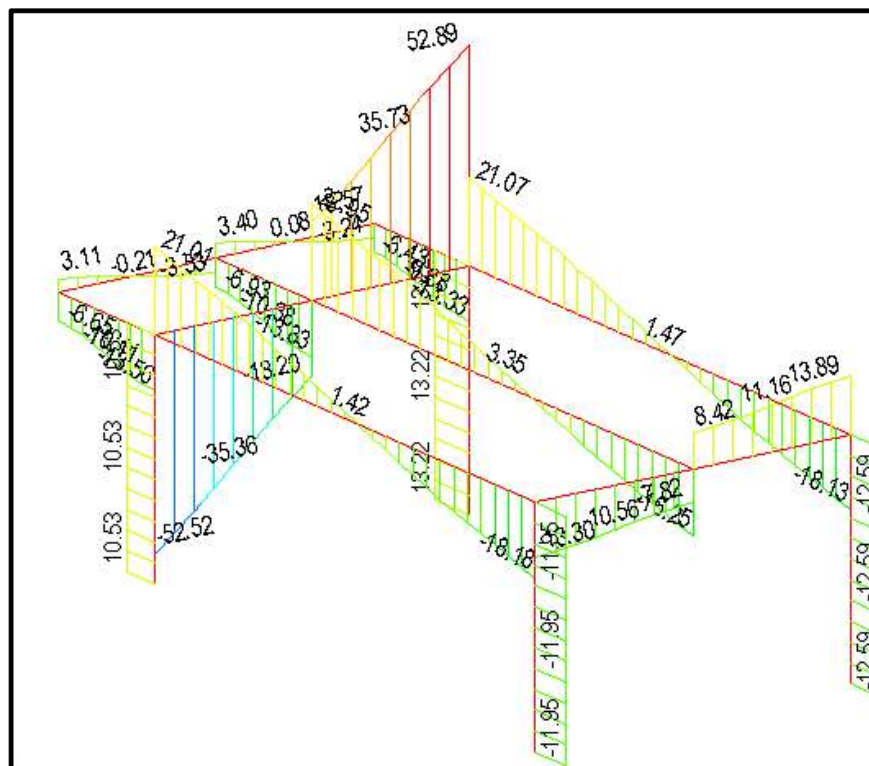
- 2층 관람통로 파라펫의 벽체에 2CB3 보 주위로 규칙적으로 수직균열이 발생하였다.

② 손상평가

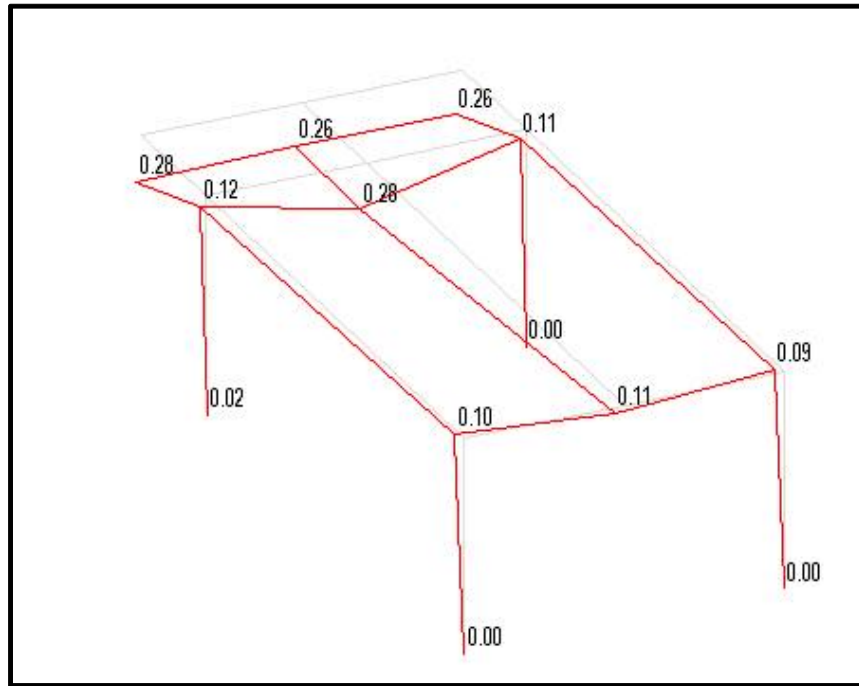
▶ 응력도



<모멘트도>



<전단력도>



<처짐도>

▶ 손상원인

- 관람통로 캔틸레버부의 2CB3, 2CG3, 2G14, 2B2, 2G2, 2G15는 현재의 단면과 배근으로 사용 하중에 의해 발생하는 응력을 저항하는데 충분하므로 초과응력으로 발생하는 균열은 아니고 2G14의 중앙부에 발생하는 처짐의 영향으로 스패ん 가운데에 있는 2CB3의해 발생한 비틀림에 의해 생긴 균열로 구조적으로 문제가 되는 균열은 아니다.
- 또한 파라펫 벽체의 균열이 완전히 관통된 것으로 조사된 2G15보 하부벽체의 균열은 파라펫의 콘크리트 타설시 이부분에서 끊어진 것으로 판단되며 응력에 의하여 발생하는 균열이 아니라 끊어치기에 의한 균열로 판단된다.
- 연결통로 하부의 균열 또한 처짐에 의하여 발생한 균열로 구조적인 문제는 없는 것으로 조사되었다.

3.4.4 부재 응력검토

① 보응력검토

보	위치	B×D (mm×mm)	주근	스터럽	부재력		저항능력		비고
					Mu (t·m)	Vu (ton)	φMn (t·m)	φVn (ton)	
2G20 (L=10.4m)	외단부	500×800	6-HD22 4-HD22	D13 @150	16.2	16.3	53.48	60.49	O.K
	중양부	500×800	4-HD22 8-HD22	D13 @200	22.4	-	70.99	50.57	O.K
	내단부 (2G6쪽)	500×800	12-HD22 12-HD22	D13 @150	57.5	24.3	104.52	60.49	O.K
2G15 (L=6m)	단부	300×600	5-HD22 3-HD22	D10 @200	20.4	14.8	30.79	20.85	O.K
	중양부	300×600	3-HD22 5-HD22	D10 @200	16.1	-	30.79	20.85	O.K
2G14 (L=6m)	단부	400×800	9-HD22 4-HD22	D10 @100	65.4	55	78.98	50.30	N.G
	중양부	400×800	3-HD22 8-HD22	D10 @150	70.5	-	70.19	39.11	O.K
2G10 (L=12m)	단부	400×800	7-HD22 4-HD22	D10 @150	49.2	23.2	62.52	39.11	O.K
	중양부	400×800	3-HD22 7-HD22	D10 @200	35.9	-	62.13	33.51	O.K
2G6 (L=12m)	단부	500×600	12-HD22 10-HD22	D10 @150	48.2	23	73.21	30.78	O.K
	중양부	500×600	4-HD22 10-HD22	D10 @200	33.4	-	60.09	26.8	O.K
	단부	500×600	7-HD22 5-HD22	D10 @150	39.3	19.1	43.18	30.78	O.K
2G5 (L=12m)	단부	500×600	12-HD22 10-HD22	D10 @150	47.8	22	73.21	30.78	O.K
	중양부	500×600	4-HD22 5-HD22	D10 @200	23	-	34.02	29.36	O.K
	단부	500×600	4-HD22 3-HD22	D10 @150	24	17	27.35	33.72	O.K
2G2 (L=10.4m)	외단부	450×800	6-HD22 5-HD22	D13 @150	26	18.9	52.99	58.41	O.K
	중양부	450×800	3-HD22 10-HD22	D13 @200	26	-	92.21	48.49	O.K
	단부	450×800	8-HD22 4-HD22	D13 @150	33.3	21	-	58.41	O.K
2CG3 (L=2.6m)	단부	400×600	6-HD22 3-HD22	D10 @150	40.8	19.2	37	27.8	N.G
	자유단	400×600	4-HD22 3-HD22	D10 @150	-	-	17	19.85	O.K

보	위치	B×D (mm×mm)	주근	스터럽	부재력		저항능력		비고
					Mu (t·m)	Vu (ton)	φMn (t·m)	φVn (ton)	
2B11 (L=3m)	단부	300×600	3-HD22 3-HD22	D10 @200	14.7	10.4	18.02	20.85	O.K
	중앙부	300×600	3-HD22 3-HD22	D10 @200	2.9	-	18.02	20.85	O.K
2B10 (L=12m)	단부	400×800	5-HD22 5-HD22	D10 @150	44.6	26.9	43.97	39.11	O.K
	중앙부	400×800	3-HD22 9-HD22	D10 @200	40.5	-	77.89	27.92	O.K
2B5 (L=10.4m)	외단부	450×800	4-D22 7-D22	D13 @150	-	15.2	30.75	58.31	O.K
	중앙부	450×800	4-D22 10-D22	D13 @200	32.6	-	86.81	48.42	O.K
	내단부	450×800	8-HD22 5-HD22	D13 @150	46	24	71.49	58.31	O.K
2B2 (L=10.4m)	외단부	450×800	4-HD22 7-HD22	D13 @150	-	16.2	30.75	58.31	O.K
	중앙부	450×800	4-HD22 12-HD22	D13 @200	38	-	44.81	48.42	O.K
	내단부	450×800	6-HD22 5-HD22	D13 @150	34.8	23	52.99	58.31	O.K
2CB3 (L=2.6m)	단부	400×600	6-HD22 3-HD22	D10 @150	27.7	14	37	27.8	O.K
	자유단	400×600	4-HD22 3-HD22	D10 @150	-	-	17	19.85	O.K

3.4.5 소결

- 같은 부재 명칭을 가진 여러 보 부재중 가장 큰 부재력이 생기는 부재의 부재 내력을 가지고 배근 상태를 검토해 본 결과 보 부재들은 작용하중에 대하여 충분한 내력을 보유하고 있는 것으로 나타났다.
- 2G14 부재중 관람통로의 보를 지지하는 L5~L6 열의 보 부재가 전단력이 약간 모자라는 것으로 나타났으나 보 단부가 아닌 보 유효춤만큼 떨어진 곳의 전단력이 47.5t으로 2G14 부재의 내력보다 작아 문제가 없다.
- L6 열의 2CG3 캔틸레버의 모멘트가 내력을 약간 상회하는데 중심면이 아니라 기둥 면에서의 모멘트를 비교하면 만족하는 것으로 나타났다.
- 전체적으로 보 부재는 구조적으로 문제가 될 만한 부재는 없는것으로 나타났다.

3.5 보수 · 보강대책

남미관의 경우 구조적인 손상은 없으나 외벽체의 균열 및 백태 등과 같은 미관상의 보수가 필요하고, 우천시 누수가 되는 채광창의 손상은 관람시설로서의 이용 편의성을 위해 보수를 하여야 할 것으로 판단된다.

손상내용	물량	공법	단가(천원)	순공사비(천원)	공사비(천원)
균열	324m	에폭시주입	30	9,700	290,000
박리, 파손	5.4m ²	단면복구	270	1,500	
백태, 재료분리	460.8m ²	면보수	90	41,500	
철근노출	44.4m ²	철근노출부보수	500	22,200	
누수	29.4m ²	방수	50	1,500	
채광창보수	10800m ²	실리콘보수	5	54,000	
		현장가설비용	1식	40,000	
방수층보수	745.5m ²	보수	15	11,200	
계				181,600	

3.6 소결론

3.6.1 외관조사

- 지상2층 관람통로 벽체 측면에 발생한 균열은 보의 처짐이 서로 다른 원인으로 발생된 것으로 판단되며, 일부 벽체는 시공시 이어치기 부분이 이격되어 발생한 균열로 판단된다.
- 채광창의 코킹 마감재의 노후로 인한 누수는 관람시설로서의 이용 편의성에 문제가 될 수 있으므로 보수하여야 할 것으로 판단된다.

3.6.2 비파괴시험

- 철근탐사 결과 철근의 배근간격은 양호하고, 일부 개소에서 피복의 두께가 기준치를 상회하는 측정치를 나타내었지만 전체적으로 양호한 상태인 것으로 판단된다.
- 콘크리트 강도시험 결과 설계기준인 180kg/cm²의 85%인 153kg/cm²에 상회하는 190~268kg/cm²로 하는 양호한 상태로 조사되었으며 강도상의 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 중성화시험 결과 1~12mm로 이론치인 17mm의 값에 만족하는 것으로 측정되었다.

3.6.3 안전성 평가

- 같은 부재 명칭을 가진 여러 보 부재중 가장 큰 부재력이 생기는 부재의 배근 상태를 검토해 본 결과 보 부재들은 작용하중에 대하여 충분한 내력을 보유하고 있는 것으로 나타났다.
- 2G14 부재중 관람통로의 보를 지지하는 L5~L6 열의 보 부재가 전단력이 약간 모자라는 것으로 나타났으나 보 단부가 아닌 보 유효춤만큼 떨어진 곳의 전단력이 47.5t으로 2G14 부재의 내력보다 작아 문제가 없다.
- L6 열의 2CG3 캔틸레버의 모멘트가 내력을 약간 상회하는데 중심면이 아니라 기둥 면에서의 모멘트를 비교하면 만족하는 것으로 나타났다.
- 전체적으로 보 부재는 구조적으로 문제가 될 만한 부재는 없는것으로 나타났다.

4. 종합안내소

4.1 개요

종합안내소는 지상1층, 지상2층, 지상3층, 옥상층으로 이루어져 있다.

지상1층에는 좌·우측에 1개소씩 화장실이 있으며, 기계실, 매점 등이 있고, 지상2층에는 외부에 코끼리열차 승하차장과 내부에 동식물 표본 전시실 등이 있다. 지상3층에는 수석 전시장과 한식당이 위치해 있으며, 옥상층에는 원형지붕이 설치되어 있다.

구조형식	철골 철근콘크리트
층 수	지상3층
연 면 적	7478m ²

<구조물 개요>



<종합안내소 전경>

4.2 외관조사

중합안내소의 외관조사 결과는 다음과 같다.

4.2.1 지상1층

- 기계실 내부 정압실 벽체에 누수, 백태, 종유석 등의 손상이 관찰되었다.
- 일부 천정 마감재는 공사중 훼손된 상태로 방치되어 있다.

4.2.2. 지상2층

- 기존의 에스컬레이터 2대중 1대를 제거하고 개구부를 강재로 보강하여 전시공간의 일부로 사용하고 있다.
- 일부 천정 마감재는 공사중 훼손된 상태로 방치되어 있다.

4.2.3 지상3층

- 한식당 천정 마감재와 기둥부에 누수에 의한 오염(백태 및 도장탈락)이 관찰되었다.
- 기존 에스컬레이터 2대 모두 철거하고 개구부를 강재로 보강하여 전시공간으로 사용하고 있다.

4.2.4. 옥상층

- 바닥 보호 몰탈의 파손이 관찰되었다
- 원형지붕의 우천시 누수에 대한 영향은 없는 것으로 조사되었다.
- 원형지붕 점검 및 보수를 위하여 제작·설치되어 있는 점검 장비는 외부에 노출되고 노후되어 그 사용성능이 저하되는 것으로 관찰되었다.

4.2.5 외부

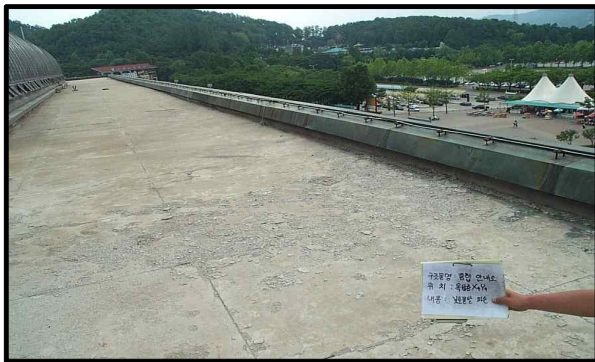
- 중합안내소 좌·우측 외부계단 2개소에는 균열, 백태, 이격 등의 손상이 관찰되었다.
- 코끼리열차 승·하차장 바닥의 화강석 블럭 깨짐과 더불어 국부적인 침하가 관찰되었다.
- 부등침하 등의 영향을 파악하기 위해 트랜싯 및 다림추를 이용 중합안내소의 기울기를 측정하였다.



<외부계단 옹벽부 균열 및 이격>



<코끼리열차 승·하차장 침하>



<옥상층 바닥 모호물탈 파손>



<외관조사 작업광경>

4.2.7 손상물량

구분	손상내용	보수물량	비고
종합안내소	망상균열	0.75m ²	
	균열	98.9m	
	박리·파손	0.9m ²	
	백태	39.86m ²	
	타일탈락	72.2m ²	
	도장탈락	50.41m ²	
	재료분리	1.0m ²	
	철근노출	0.2m	
	누수	1.2m ²	
	타일들뜸	24EA	
	오염	18.26m ²	
	보호 물탈파손	57.7m ²	
	타일 균열	2.9m ²	
	누수·백태	2.1m ²	

4.3 비파괴시험

중합안내소에 대해 실시한 비파괴시험은 철근탐사, 콘크리트 강도시험, 중성화시험이며 그 결과는 다음과 같다.

4.3.1. 철근탐사

철근탐사 결과 아래 표와 같은 결과값들을 얻을 수 있었다. 중합안내소의 경우 철근의 배근 간격은 양호하나 피복두께에서 일부 부재에서 설계기준을 초과하는 값이 나타났으나 대체적으로 양호한 조사결과를 보이고 있다.

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
1층 기둥	X10Y2기둥	주철근	-	44	200	30	
		배력철근	-		300		
	X4Y2기둥	주철근	230	38	200	30	
		배력철근	300		300		
	X4Y3기둥	주철근	185~200	50	200	30	
		배력철근	330		300		
	X7~X6 옹벽(하부~5칸)	주철근	220	102	250	50	
		배력철근	-		250		
	X8~X7 옹벽(상부~5칸)	주철근	260	51	250	50	
		배력철근	300		250		
1층 옹벽	X9~X8 옹벽(하부~5칸)	주철근	180~220	61	250	50	
		배력철근	270~280		250		
	X7~X6 옹벽(상부~4칸)	주철근	200	103	250	50	
		배력철근	-		250		
	X8~X7 옹벽(하부~2칸)	주철근	150~180	78	150	50	
		배력철근	-		250		
	X9~X8 옹벽(상부~2칸)	주철근	-	77	300	50	
		배력철근	-		250		
2층 기둥	X1Y1기둥	주철근	240	86	200	30	
		배력철근	300		300		
2층 보	X1,Y1~Y2 보 측면	주철근	-	30	-	20	
		배력철근	-		250		
	X1,Y1~Y2 보 하면	주철근	-	25	-	20	
		배력철근	165		150		
	X6Y3기둥	주철근	-	83	200	30	
		배력철근	-		300		
3층 기둥	X8Y3기둥	주철근	250	30	200	30	
		배력철근	310		300		
	X7Y2기둥	주철근	-	30	200	30	
		배력철근	-		300		

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
3층 기둥	X11Y2기둥	주철근	215	30	200	30	
		배력철근	300		300		
슬래브	X13Y2(영화관) 3층바닥판하면	주철근	100	14	150	20	
		배력철근	90~150		150		
	코끼리 열차쪽 계단 정면 옹벽 주근	주철근	-	82	-	50	
		배력철근	220~250		250		
옹벽	코끼리 열차쪽 계단 우측 옹벽 주근	주철근	170~200	54	300	50	
		배력철근	-		-		
	코끼리 열차쪽 계단 정면 옹벽 배근	주철근	-	50	-	50	
		배력철근	200~240		250		

4.3.2 콘크리트 강도시험

종합안내소의 콘크리트 강도 시험은 보와 기둥에 대해 실시하였고, 그 결과는 185~292kg/cm²로 추정설계기준인 180kg/cm²의 85%인 153kg/cm²에 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도 (kg/cm ²)	평 가
슬래브	3층 X13~14,Y2~3	48.20	257	180	O.K
	3층 X13~14,Y1~2	49.65	267		O.K
	3층 X1~2,Y1~2	47.76	253		O.K
	3층 X8~9,Y2~3	49.33	265		O.K
	3층 X1~2,Y3~4	46.31	243		O.K
	3층 X12~13,Y2~3	52.25	286		O.K
	3층 X2~3,Y2~3	51.38	280		O.K
	지붕층 X13~14,Y2~3	51.87	283		O.K
	지붕층 X1~2,Y3~4	53.11	292		O.K
	지붕층 X12~13,Y2~3	51.27	279		O.K
기둥	3층 X1,Y2	46.55	245	O.K	
	3층 X5,Y2	46.11	241	O.K	
	3층 X5,Y3	44.75	232	O.K	
	3층 X7,Y2	39.00	190	O.K	
	3층 X7,Y3	47.05	248	O.K	
	3층 X8,Y2	40.05	198	O.K	
	3층 X8,Y3	44.20	228	O.K	
	3층 X10,Y2	38.90	189	O.K	
	3층 X10,Y3	41.10	205	O.K	
3층 X14,Y1	42.90	218	O.K		

구 분	측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도(kg/cm ²)	평 가
보	3층 X13,Y2~3	38.55	187	180	O.K
	3층 X13,Y1~2	42.30	214		O.K
	3층 X1,Y1~2	38.65	187		O.K
	3층 X8,Y2~3	38.30	185		O.K
	3층 X1,Y3~4	41.35	207		O.K
	3층 X12~13,Y3	42.55	216		O.K
	3층 X2~3,Y3	43.00	219		O.K
	지붕층 X13~14,Y2	39.85	196		O.K
	지붕층 X1~2,Y3	41.75	210		O.K
	지붕층 X12~13,Y3	42.70	217		O.K

4.3.3. 중성화시험

종합안내소의 중성화시험은 슬래브, 보·거더, 기둥에 대해 실시하였고 그 결과는 아래 표와 같이 1~9mm로 기준치인 17mm의 값에 만족하는 것으로 조사되었다.

부재명	측정위치	이론깊이(mm)	중성화깊이(mm)	피복두께(mm)	평가
슬래브	2층 X13~X14,Y2~Y3	17	4	40	O.K
	2층 X13~X14,Y1~Y2	17	3	40	O.K
	2층 X1~X12,Y1~Y2	17	2	14	O.K
	2층 X8~X9,Y2~Y3	17	5	45	O.K
	2층 X1~X2,Y3~Y4	17	3	40	O.K
	2층 X12~X13,Y2~Y3	17	4	50	O.K
	2층 X2~X3,Y2~Y3	17	3	48	O.K
	3층 X13~X14,Y2~Y3	17	2	50	O.K
	3층 X1~X2,Y3~Y4	17	4	50	O.K
	3층 X12~X13,Y2~Y3	17	1	50	O.K
기둥	3층 X1,Y2	17	4	86	O.K
	3층 X5,Y2	17	6	83	O.K
	3층 X5,Y3	17	3	30	O.K
	3층 X7,Y2	17	2	30	O.K
	3층 X7,Y3	17	2	2	O.K
	3층 X8,Y2	17	1	44	O.K
	3층 X8,Y3	17	3	38	O.K
	3층 X10,Y2	17	2	50	O.K
보	2층 X13,Y2~Y3	17	4	30	O.K
	2층 X13,Y1~Y2	17	5	25	O.K
	2층 X1,Y1~Y2	17	9	30	O.K
	2층 X8,Y2~Y3	17	8	24	O.K
	2층 X1,Y3~Y4	17	2	22	O.K
	2층 X12~X13,Y3	17	3	21	O.K
	2층 X2~X3,Y3	17	2	22	O.K
	3층 X13~X14,Y2	17	4	23	O.K
	3층 X1~X2,Y3	17	2	25	O.K
3층 X12~X13,Y3	17	2	22	O.K	

4.3.4 비파괴시험 위치도

4.4 구조안전성 검토

4.4.1 설계하중

① 지붕층

▶ 지붕#1 (평지붕)

- 고정하중(Dead Load)

누름콘크리트(thk=100mm)	200 kg/m ²
단열재(thk=50mm)	20 kg/m ²
고름몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

590 kg/m²

- 활하중(Live Load) 200 kg/m²

▶ 지붕#2 (경사지붕)

- 고정하중(Dead Load)

Polycarbonate Sheet(thk=12.8mm)	60 kg/m ²
Purlin	30 kg/m ²

90 kg/m²

- 활하중(Live Load) 100 kg/m²

② 3층

▶ 카페테리아

- 고정하중(Dead Load)

테라조타일(thk=30mm)	60 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

380 kg/m²

- 활하중(Live Load) 300 kg/m²

▶ 주방

- 고정하중(Dead Load)

자기타일	30 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

	350 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
③ 2층	
▶ 홀, 강당	
• 고정하중(Dead Load)	
테라조타일(thk=30mm)	60 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	380 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
▶ 사무실	
• 고정하중(Dead Load)	
테라조타일(thk=30mm)	60 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
	380 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	300 kg/m ²
④ 1층	
▶ 홀	
• 고정하중(Dead Load)	
화강석(thk=30mm)	90 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=200mm)	480 kg/m ²
<hr/>	
	570 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
▶ 기계실	
• 고정하중(Dead Load)	
고름몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
경량콘크리트(thk=100mm)	180 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=200mm)	480 kg/m ²
<hr/>	
	710 kg/m ²

- 활하중(Live Load) 500 kg/m²

⑤ 계단

- 고정하중(Dead Load)
 - 자기타일 30 kg/m²
 - 몰탈(thk=24mm) 50 kg/m²
 - 콘크리트슬래브(thk=180mm) 440 kg/m²

520 kg/m²

- 활하중(Live Load) 300 kg/m²

⑥ 적설하중(Snow Load)

▶ 평지붕 적설하중 $S_f = C_b \times C_e \times C_t \times I_s \times S_g$

$$S_g(\text{지상적설하중}) = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$C_b(\text{지붕적설하중계수}) = 0.7$$

$$C_e(\text{노출계수}) = 1.1$$

$$C_t(\text{온도계수}) = 1.2$$

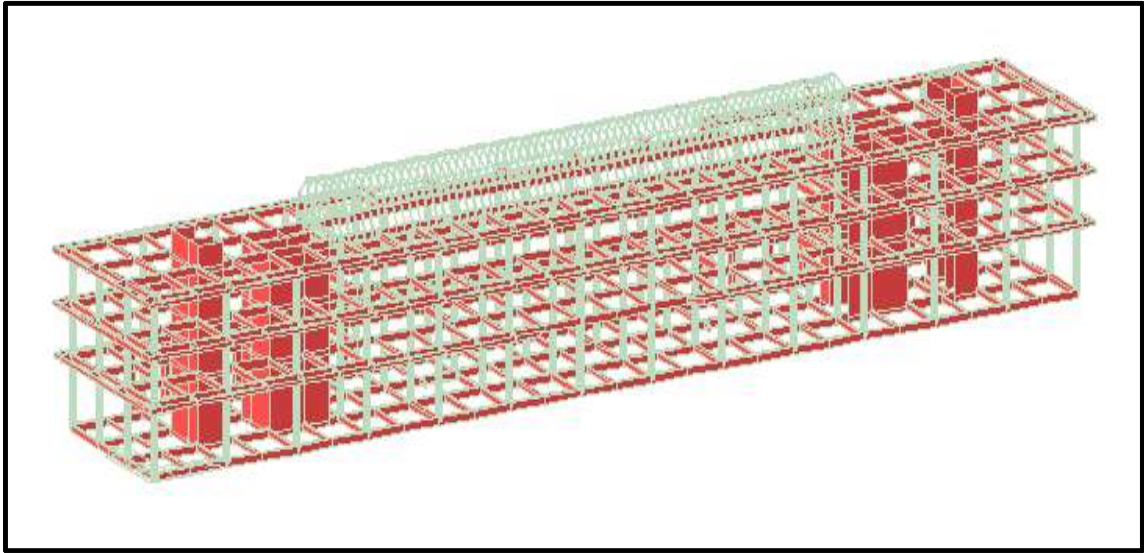
$$I_s(\text{중요도계수}) = 1.1$$

$$S_{f,1} = 0.7 \times 1.1 \times 1.2 \times 1.1 \times 50 = 50.82 \text{ kg/m}^2$$

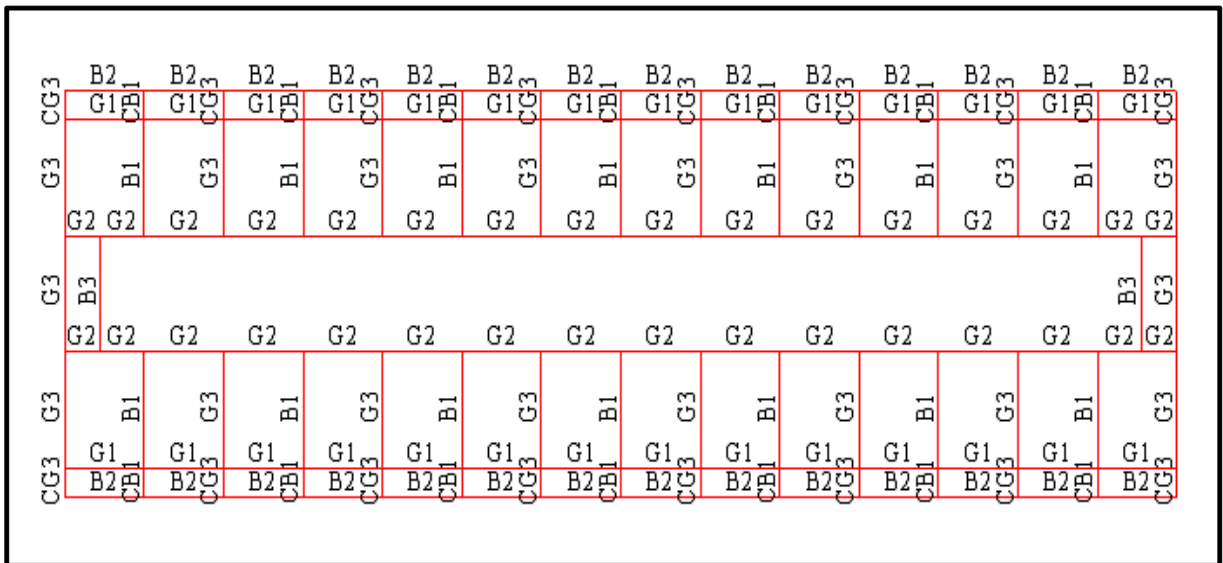
$$S_{f,2} = S_g \times I_s = 50 \times 1.1 = 55 \text{ kg/m}^2 (\text{지상적설하중이 } 100\text{kg/m}^2 \text{ 이하인 경우})$$

그러므로, $S_f = 55 \text{ kg/m}^2$

4.4.2 구조모델링



<전체 모델링>



<3층 폐공간 부위 구조평면도>

4.4.3 3층 폐공간 구조검토

- ① 용도변경에 따른 하중 변화
- ② 기존 OPEN 공간이었던 현재의 3층 공간에 하중을 재하하여 기존의 부재의 응력을 검토하였다.
- ③ 기존의 안전진단보고서(1999.5 정구조안전진단)에 의하면 슬래브의 두께를 150mm로 계산하였는데 실제 도면상의 두께는 120mm이었다. 고정하중을 120mm 로 계산하였고 활하중을 300 kg/cm²을 적용하였다.
- ④ 3층 폐공간의 하중도 기존의 슬래브 하중을 작용시켜 부재력을 검토하였다.

4.4.4 부재 응력검토

① 보응력검토

$f_{ck}=180\text{kg/cm}^2$

보	위치	B×D (mm×mm)	주근	스터립	Mu (t·m)	Vu (ton)	ψM_n (t·m)	ψV_n (ton)	비고
RG2	단부	350×700	8-D25 4-D25	D10@150	39.11	29.00	82.95	34.10	O.K
	중앙부	350×700	4-D25 7-D25	D10@250	56.33	13.49	56.89	25.85	O.K
RG3	단부	300×500	3-D22+2-D19 3-D22	D10@150	15.45	12.01	26.89	22.00	O.K
	중앙부	300×500	3-D22 3-D22+2-D19	D10@300	8.01	8.52	26.89	14.95	O.K
RB1	단부	300×450	5-D22 3-D22	D10@150	13.81	11.21	23.41	19.48	O.K
	중앙부	300×450	3-D22 5-D22	D10@300	7.44	7.79	23.41	13.24	O.K
3G2	단부	350×700	8-D25 4-D25	D10@150	49.16	25.61	82.95	34.10	O.K
	중앙부	350×700	4-D25 7-D25	D10@250	34.22	11.27	56.89	25.85	O.K
3G3	단부	300×500	3-D22+2-D19 3-D22	D10@150	15.51	12.14	26.89	22.00	O.K
	중앙부	300×500	3-D22 3-D22+2-D19	D10@300	8.12	8.70	26.89	14.95	O.K
3B1	단부	300×450	5-D22 3-D22	D10@150	12.45	10.16	23.41	19.48	O.K
	중앙부	300×450	3-D22 5-D22	D10@300	6.76	7.13	23.41	13.24	O.K
2G2	단부	350×700	8-D25 4-D25	D10@150	61.15	32.13	82.95	34.10	O.K
	중앙부	350×700	4-D25 7-D25	D10@200	43.6	23.28	56.89	25.85	O.K
2G3	단부	300×500	3-D22+2-D19 3-D22	D10@150	16.47	13.33	26.89	22.00	O.K
	중앙부	300×500	3-D22 3-D22+2-D19	D10@300	9.20	9.46	26.89	14.95	O.K

보	위치	B×D (mm×mm)	주근	스터럽	Mu (t·m)	Vu (ton)	ψMn (t·m)	ψVn (ton)	비고
2B1	단부	300×450	5-D22 3-D22	D10@150	16.49	13.85	23.41	19.48	O.K
	중양부	300×450	3-D22 5-D22	D10@300	10.83	10.06	23.41	13.24	O.K
FG2	단부	350×700	8-D25 4-D25	D10@150	82.62	13.85	82.95	19.48	O.K
	중양부	350×700	4-D25 7-D25	D10@300	58.68	10.06	56.89	13.24	O.K
FG3	단부	300×500	3-D22+2-D19 3-D22	D10@150	21.09	16.78	26.89	22.00	O.K
	중양부	300×500	3-D22 3-D22+2-D19	D10@300	12.07	12.19	26.89	14.95	O.K
FB1	단부	300×450	5-D22 3-D22	D10@150	20.07	15.29	23.41	19.48	O.K
	중양부	300×450	3-D22 5-D22	D10@300	9.16	10.60	23.41	13.24	O.K

- 당초 OPEN 공간이었던곳을 막아 전시장으로 사용하고 있는데 전시장의 하중을 추가로 부담하는 3G2는 부재력에 여유가 있어 추가하중으로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 보 부재는 구조적으로 응력상 문제는 없는 것으로 나타났다.

② 슬래브 응력 검토

부재명	위치		단변 (m)	장변 (m)	두께 (mm)	배근	Mu (t·m)	φMn (t·m)	비고
RS1	단변	단부	4.5	6.0	120	D13@150	1.59	2.51	O.K
		중앙부				D13@150	1.2	2.51	O.K
	장변	단부				D10@150	1.16	1.3	O.K
		중앙부				D10@150	0.87	1.3	O.K
3S1	단변	단부	4.5	6.0	120	D13@150	1.83	2.51	O.K
		중앙부				D13@150	1.38	2.51	O.K
	장변	단부				D10@150	1.33	1.3	N.G
		중앙부				D10@150	1.0	1.3	O.K
2S1	단변	단부	4.5	6.0	120	D13@150	1.89	2.51	O.K
		중앙부				D13@150	1.43	2.51	O.K
	장변	단부				D10@150	1.37	1.3	N.G
		중앙부				D10@150	1.04	1.3	O.K
FS1	단변	단부	4.5	6.0	120	D13@150	2.25	2.51	O.K
		중앙부				D13@150	1.7	2.51	O.K
	장변	단부				D10@150	1.64	1.3	N.G
		중앙부				D10@150	1.23	1.3	O.K

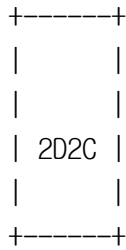
- 슬래브는 2방향 슬래브로 설계되었고 SPAN 길이에 비해서 필요로 하는 최소요구 두께(130mm)를 만족하지 못하고 있다.
- 대부분의 슬래브는 응력상 문제는 없는 것으로 판단되나 일부 구간(주방하부)은 응력이 부재력을 초과하는 것으로 나타났으나 보강이 필요할 정도는 아니라고 판단된다.
- 2층 강당부분도 현재는 강당용으로 사용하지않고 있어 슬래브의 하중상의 문제는 없는것으로 판단된다.

r S 1
=====

f'c= 2570 psi (180 kg/cm2

fy= 57000 psi (SBD 40)

Wu= 1.166 t/m2



SLAB THK.= 120 cm

d1= 117.35

d2= 116.05

L1= 4.5 m

L2= 6 m

m=L1/L2= .75

TWO-WAY SLAB

	SHORT SPAN			LONG SPAN		
	CONT.	DISC.	POS.	CONT.	DISC.	POS.
Coeff	0.0675	0.0340	0.0510	0.0490	0.0250	0.0370
Moment(tm)	1.59	0.80	1.20	1.16	0.59	0.87
p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
As (cm2)	0.38	0.19	0.28	0.28	0.14	0.21
Spacing						
D10	188.5	374.3	249.5	256.8	503.4	340.1
D10+13	262.8	521.8	347.9	358.0	701.9	474.2
D13	337.1	669.4	446.2	459.3	900.4	608.3
USE						

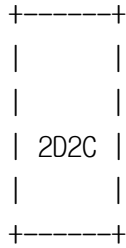
3 S 1

=====

f'c= 2570 psi (180 kg/cm2

fy= 57000 psi (SBD 40)

Wu= 1.34 t/m2



SLAB THK.= 120 cm

d1= 117.35

d2= 116.05

L1= 4.5 m

L2= 6 m

m=L1/L2= .75

TWO-WAY SLAB

	SHORT SPAN			LONG SPAN		
	CONT.	DISC.	POS.	CONT.	DISC.	POS.
Coeff	0.0675	0.0340	0.0510	0.0490	0.0250	0.0370
Moment(tm)	1.83	0.92	1.38	1.33	0.68	1.00
p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
As (cm2)	0.43	0.22	0.33	0.32	0.16	0.24
Spacing						
D10	164.0	325.6	217.1	223.4	438.0	295.9
D10+13	228.7	454.1	302.7	311.5	610.7	412.6
D13	293.3	582.5	388.3	399.7	783.5	529.3
USE						

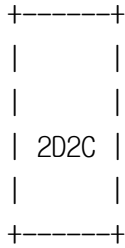
2 S 1

=====

f'c= 2570 psi (180 kg/cm2

fy= 57000 psi (SBD 40)

Wu= 1.382 t/m2



SLAB THK.= 120 cm

d1= 117.35

d2= 116.05

L1= 4.5 m

L2= 6 m

m=L1/L2= .75

TWO-WAY SLAB

	SHORT SPAN			LONG SPAN		
	CONT.	DISC.	POS.	CONT.	DISC.	POS.
Coeff	0.0675	0.0340	0.0510	0.0490	0.0250	0.0370
Moment(tm)	1.89	0.95	1.43	1.37	0.70	1.04
p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
As (cm2)	0.45	0.22	0.34	0.33	0.17	0.25
Spacing						
D10	159.0	315.7	210.5	216.6	424.7	286.9
D10+13	221.7	440.3	293.5	302.1	592.2	400.1
D13	284.4	564.8	376.5	387.5	759.6	513.2
USE						

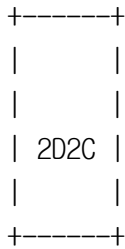
f S 1

=====

f'c= 2570 psi (180 kg/cm2

fy= 57000 psi (SBD 40)

Wu= 1.648 t/m2



SLAB THK.= 120 cm

d1= 117.35

d2= 116.05

L1= 4.5 m

L2= 6 m

m=L1/L2= .75

TWO-WAY SLAB

	SHORT SPAN			LONG SPAN		
	CONT.	DISC.	POS.	CONT.	DISC.	POS.
Coeff	0.0675	0.0340	0.0510	0.0490	0.0250	0.0370
Moment (tm)	2.25	1.13	1.70	1.64	0.83	1.23
p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
As (cm2)	0.53	0.27	0.40	0.39	0.20	0.30
Spacing						
D10	133.3	264.8	176.5	181.7	356.1	240.6
D10+13	185.9	369.2	246.1	253.3	496.6	335.5
D13	238.5	473.6	315.7	324.9	637.0	430.4
USE						

4.4.5 소결

- 당초 OPEN 공간이었던곳을 막아 전시장으로 사용하고 있는데 전시장의 하중을 추가로 부담하는 3G2는 부재력에 여유가 있어 추가하중으로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 보 부재는 구조적으로 응력상 문제는 없는 것으로 나타났다.
- 슬래브는 2방향 슬래브로 설계되었고 SPAN 길이에 비해서 필요로 하는 최소요구두께 (130mm)를 만족하지 못하고 있다.
- 대부분의 슬래브는 응력상 문제는 없는 것으로 판단되나 일부 구간(주방하부)은 응력이 부재력을 초과하는 것으로 나타났으나 보강이 필요할 정도는 아니라고 판단된다.
- 2층 강당부분도 현재는 강당용도로 사용하지않고 있어 슬래브의 하중상의 문제는 없는것으로 판단된다.

4.5 보수 · 보강대책

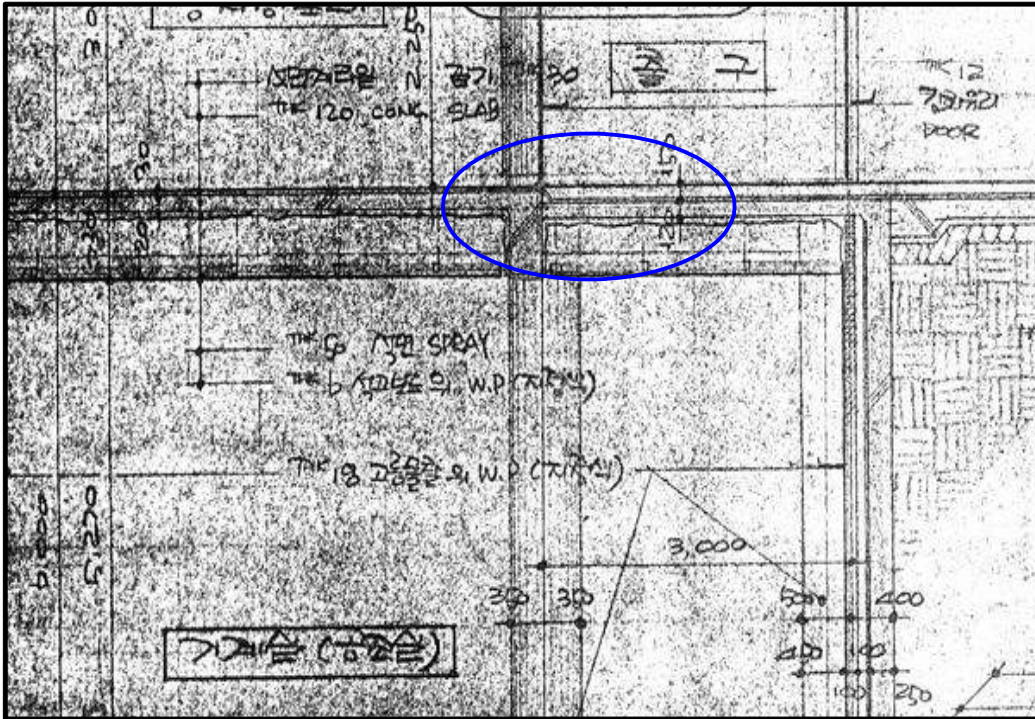
종합안내소는 서울대공원을 찾은 관람객이 제일 먼저 접하는 건물로 각층의 내부 공사로 훼손되어 있는 천장 마감재를 미관상 보수하도록 하고, 1층 기계실 내부 벽체의 누수 및 백태, 종유석 등의 손상과 외부계단측 옹벽에 발생된 균열 및 이격현상, 옥상층의 바닥 보호몰탈의 파손 등의 손상은 누수의 영향이 있으므로 보수하여 사용하여야 할 것으로 판단된다.

손상내용	물량	공법	단가(천원)	순공사비(천원)	공사비(천원)
균열	98.9m	에폭시주입	30	3,000	112,000
박리,파손	0.9m ²	단면복구	270	250	
백태,재료분리	641.8m ²	면보수	90	58,000	
철근노출	0.24m ²	철근노출부보수	500	120	
누수	1.2m ²	방수	50	60	
방수층보수	585m ²	보수	15	8,800	
계				70,230	

4.6 소결론

4.6.1 외관조사

• 1층 기계실 내부 정압실에 발생한 누수, 백태, 종유석 등의 손상의 원인은 방수층의 손상이며, 이는 상부 슬래브의 단차에서 발생한 것으로 판단된다. 방수성능의 개선을 위해서는 상부 토피를 제거후 액체방수 마감으로 되어있는 기존 방수층을 시트방수 처리를 하는 것이 효과적이라고 판단된다.



<기계실 상부 슬래브 단차>

- 각 층 천정 마감재는 훼손된 상태로 방치되어 슬래브 하부 내화피복재가 그대로 노출되어 있어 미관상 보수후 사용하여야 할 것으로 판단된다.
- 한식당의 천정 마감재와 기둥부에 발생한 누수에 의한 손상(백태 및 도장탈락)은 상부 옥상층 바닥 보호물탈의 파손이 그 원인으로 판단된다.
- 코끼리열차 승·하차장 바닥의 화강석 블럭 깨짐 현상과 더불어 국부적인 침하가 발생한 것은 구조물의 침하가 아닌 하부 토사의 다짐의 정도 차이에서 발생한 것으로 구조물에 대한 영향은 없는 것으로 판단된다.
- 부등침하 등의 영향을 파악하기 위해 트랜시 및 다림추를 이용 종합안내소의 기울기를 측정하였으나 측정결과 변위발생은 없는 것으로 측정되었다.

4.6.2 비파괴시험

- 철근탐사 결과 배근간격은 양호하나 피복두께에서 일부 부재에서 설계기준을 초과하는 값이 나타났으나 전체적으로 양호한 것으로 판단된다.

- 콘크리트 강도시험 결과 추정설계기준치인 180kg/cm²의 85%인 153kg/cm²에 상회하는 185~292kg/cm²의 측정치로 강도상의 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 중성화시험 결과 1~9mm로 이론치인 17mm의 값에 만족하는 양호한 상태로 판단된다.

4.6.3 안전성 평가

- 당초 OPEN 공간이었던곳을 막아 전시장으로 사용하고 있는데 전시장의 하중을 추가로 부담하는 3G2는 부재력에 여유가 있어 추가하중으로 인한 문제는 없는 것으로 판단된다.
- 보 부재는 구조적으로 응력상 문제는 없는 것으로 나타났다.
- 슬래브는 2방향 슬래브로 설계되었고 SPAN 길이에 비해서 필요로 하는 최소요구두께(130mm)를 만족하지 못하고 있다.
- 대부분의 슬래브는 응력상 문제는 없는 것으로 판단되나 일부 구간(주방하부)은 응력이 부재력을 초과하는 것으로 나타났으나 보강이 필요할 정도는 아니라고 판단된다.
- 2층 강당부분도 현재는 강당용으로 사용하지않고 있어 슬래브의 하중상의 문제는 없는것으로 판단된다.

5. 독신자숙소

5.1 개요

독신자숙소는 지하층, 지상1층, 지상2층으로 이루어져 있다.

독신자숙소는 조적벽체 위에 테두리보와 슬래브가 얹혀져 있는 구조로 되어있다.

구조형식	조적 + 철근콘크리트
층 수	지하1층 지상2층
연 면 적	925㎡

<구조물 개요>



<독신자숙소 전경>

5.2 외관조사

독신자숙소의 외관조사 결과는 다음과 같다.

5.2.1 외벽체

- 지붕 처마 측면 치장물탈 마감이 박리, 탈락되어 처마 측면의 철근이 노출되어 있다.

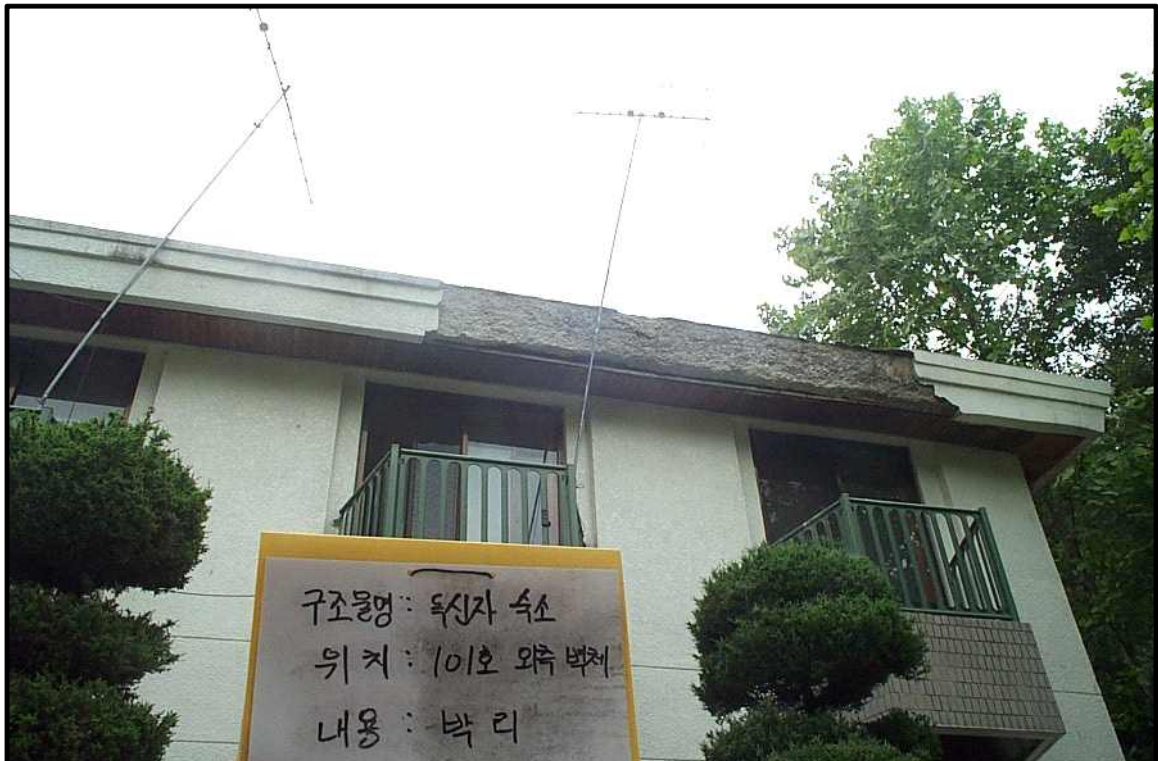
5.2.2 지하층

- 내부 공기가 습한 상태로 벽체 및 슬래브 등 전체적으로 균열, 백태, 누수흔적, 도장탈락 등의 손상이 관찰되었다.

5.2.3 지상층

- 독신자숙소의 지상층은 조적벽체로 구성되어 있으며, 주된 손상은 조적벽체의 균열이며, 슬래브의 상태는 양호한 것으로 조사되었다.

5.2.4 손상사진



<옥상 처마 치장물탈 마감 박리 및 탈락>

5.2.5 손상물량

구분	손상내용	보수물량	비고
	균열	130.72m	
	박리·파손	23.12m ²	
	백태	6.52m ²	
	타일탈락	0.72m ²	
	도장탈락	8.0m ²	
	누수	1.25m ²	
독신자 숙소	들뜸	0.24m ²	
	균열·백태	0.42m ²	
	오염	23.02m ²	
	물고임 토사퇴적	50.0m ²	
	방수포 들뜸	2.1m ²	
	중유석	0.43m ²	
	배부름	1.0m ²	
	걸레받이 탈락	0.12m ²	

5.3 비파괴시험

독신자숙소에 대한 비파괴시험 결과는 다음과 같다.

5.3.1 철근탐사

철근탐사 결과 아래 표와 같은 결과값들을 얻을 수 있었다. 독신자숙소의 경우 철근의 배근 간격과 피복두께 모두 양호한 것으로 측정되었다.

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
	X6~Y1 입구측 정면	주철근	115	20	100	25	
		배력철근	-		-		
기둥	X6~Y1 입구측 정면	주철근	-	15	-	25	
		배력철근	240~280		300		
	X7~Y1 입구측정면	주철근	110~120	49	100	25	
		배력철근	-		-		
	X7~Y1 정면	주철근	-	40	-	25	
		배력철근	250~280		300		
	X1,Y2~Y4 테두리	주철근	-	25	-	30	
		배력철근	140~150		145		
	X8~X9,Y5 배면	주철근	-	30	-	30	
		배력철근	-		300		
	X8~X9,Y5 배면	주철근	-	32	-	30	
		배력철근	-		300		
	X8~X9,Y5 배면	주철근	-	43	-	30	
		배력철근	250~330		300		
보측면	X4~X5,Y5 배면	주철근	-	25	-	30	
		배력철근	-		145		
	X4~X5,Y5 배면	주철근	-	52	-	30	
		배력철근	300		300		
	X4~X5,Y5우측면	주철근	-	49	-	30	
		배력철근	250~260		300		
	X4,Y4~Y5좌측면(외벽)	주철근	-	48	-	30	
		배력철근	140~150		145		
	X4,Y4~Y5좌측면(외벽)	주철근	150	50	145	30	
		배력철근	-		-		
	X8~X9,Y5ROOF층 상부하단 테두리	주철근	-	25	-	30	
		배력철근	250~290		300		

5.3.2 콘크리트 강도시험

콘크리트 강도 결과 229~304kg/cm²로 추정설계기준인 180kg/cm²의 85%인 153kg/cm²에 상회하는 양호한 상태로 조사되었다.

구 분	측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도 (kg/cm ²)	평 가
독신자 숙소	X0~X1,Y3~Y4 2층 슬래브 하면	51.38	280	180 (153)	O.K
	X3~X4,Y3~Y4 2층 슬래브 하면	55.16	307		O.K
	X5~X6,Y3~Y4 2층 슬래브 하면	54.08	299		O.K
	X7~X8,Y3~Y4 2층 슬래브 하면	49.44	266		O.K
	X10~X11,Y3~Y4 2층 슬래브 하면	46.14	242		O.K
	X1~X2,Y2 2층 테두리 보	54.55	303		O.K
	X7~X8,Y2 2층 테두리 보	46.35	243		O.K
	X9~X10,Y2 2층 테두리 보	48.20	257		O.K
	X8~X9,Y2 2층 테두리 보	47.85	254		O.K
	X11,Y2~Y3 2층 테두리 보	46.30	243		O.K
	X11,Y3~Y4 2층 테두리 보	49.65	267		O.K
	X10~X11,Y4 2층 테두리 보	54.70	304		O.K
	X8,Y4~Y5 2층 테두리 보	51.55	281		O.K
	X3,Y4~Y5 2층 테두리 보	45.50	237		O.K
	X0~X1,Y4 2층 테두리 보	46.90	247		O.K
	X0,Y3~Y4 2층 테두리 보	44.40	229		O.K
X0,Y2~Y3 2층 테두리 보	45.50	237	O.K		

5.3.3. 중성화시험

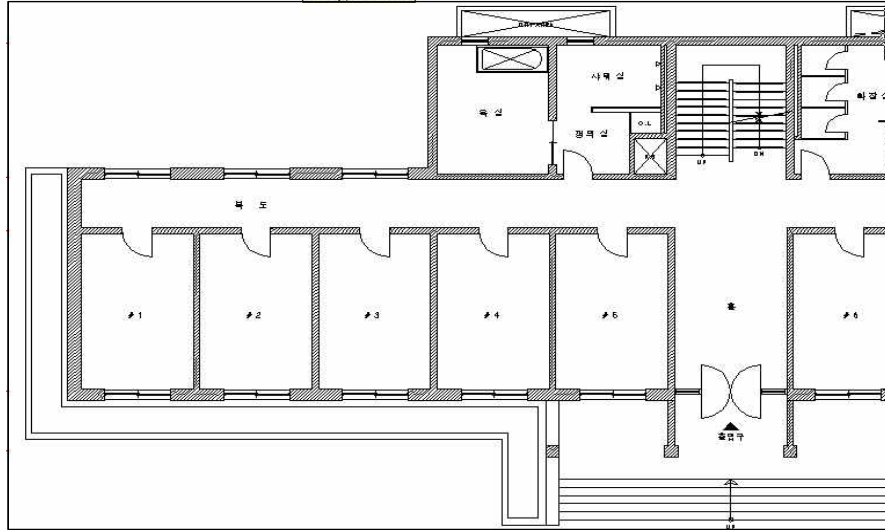
독신자숙소의 중성화시험은 슬래브, 보·거더, 기둥에 대해 실시하였고 그 결과는 아래 표와 같이 1~7mm로 기준치인 17mm의 값에 만족하는 것으로 조사되었다.

부재명	측정위치	이론깊이 (mm)	중성화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	평가	
	1층 X5,Y1	17	4	20	O.K	
기둥	1층 X6,Y1	17	3	15	O.K	
	1층 X7,Y1	17	2	49	O.K	
	2층 X3~X1,Y3~Y4	17	5	40	O.K	
	2층 X3~X4,Y3~Y4	17	3	50	O.K	
슬래브	2층 X5~X6,Y3~Y4	17	2	50	O.K	
	2층 X7~X8,Y3~Y4	17	2	50	O.K	
	2층 X10~X11,Y3~Y4	17	2	50	O.K	
	2층 X1~X2,Y2	17	1	30	O.K	
	2층 X7~X8,Y2	17	1	55	O.K	
	2층 X9~X10,Y2	17	3	51	O.K	
	2층 X8~X9,Y2	17	4	48	O.K	
	보	2층 X11,Y2~Y3	17	2	49	O.K
		2층 X11,Y3~Y4	17	3	78	O.K
		2층 X10~X11,Y4	17	4	60	O.K
		2층 X8,Y4~Y5	17	5	25	O.K
		2층 X3,Y4~Y5	17	7	25	O.K
2층 X0~X1,Y4		17	7	25	O.K	
	2층 X0,Y3~Y4	17	3	25	O.K	
	2층 X0,Y2~Y3	17	4	25	O.K	

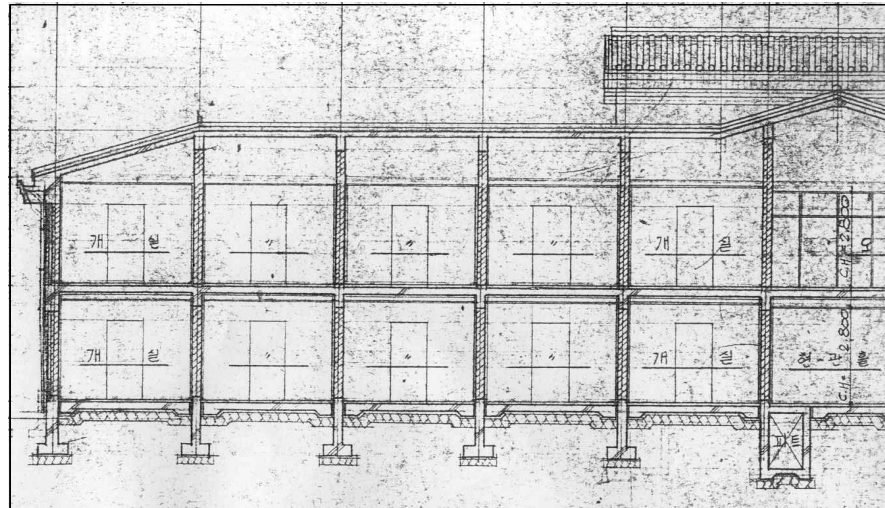
5.3.4 비파괴시험 위치도

5.4 구조안전성 검토

5.4.1 구조검토



<독신자숙소 평면도>



<독신자숙소 단면도>

- 독신자 숙소의 구조는 조적벽체위에 테두리보를 설치하고 콘크리트 슬래브를 시공한 구조로 조적벽체가 상부의 하중을 지탱하는 구조로 되어 있어 임의대로 간막이 조적벽체를 철거하는것은 구조적으로 안전하지 못함.
- 독신자 숙소의 활용도를 높이기 위하여 간막이 조적벽체를 철거하고 원룸으로 되어있는 평면을 리모델링하기 위해서 조적벽체를 철거하여야 경우에는 별도의 기둥을 시공하여 구조보강을 실시하여야 한다.

5.5 보수·보강대책

5.5.1 구조보강공법

5.5.2 개략 공사비

독신자숙소의 구조적인 문제 및 결함은 없었으나 옥상 처마 치장물탈 마감이 박리, 탈락되어 옥상층 슬래브 측면의 철근이 노출되어 있으므로 안전상, 외관상 전면적인 재시공이 필요하다고 판단된다.

손상내용	물량	공법	단가(천원)	순공사비(천원)	공사비(천원)
박리,파손	156m ²	단면복구	270	42,000	95,000
백태	176.6m ²	면보수	90	16,000	
누수	1.25m ²	방수	50	60	
파라펫보수	156m ²	보수	5	800	
계				58,860	

5.6 소결론

5.6.1 외관조사

- 옥상 처마 치장물탈 마감재의 박리, 탈락은 물끊기흠 등의 시공이 이루어지지 않아 슬래브와 마감면 사이로 우수 등의 이물질이 스며들며 노후되어 발생된 것으로 추가적으로 박리, 탈락될 경우 안전상 위해요소가 되므로 신속한 보수가 필요하다고 판단된다.

5.6.2 비파괴시험

- 철근탐사, 콘크리트 강도시험, 중성화시험 등 비파괴시험 결과 전체적으로 양호한 것으로 판단된다.

5.6.3 안전성 평가

- 독신자 숙소의 구조는 조적벽체위에 테두리보를 설치하고 콘크리트 슬래브를 시공한 구조로 조적벽체가 상부의 하중을 지탱하는 구조로 되어 있어 임의대로 간막이 조적벽체를 철거하는것은 구조적으로 안전하지 못함.
- 독신자 숙소의 활용도를 높이기 위하여 간막이 조적벽체를 철거하고 원룸으로 되어있는 평면을 리모델링하기 위해서 조적벽체를 철거하여야 경우에는 별도의 기둥을 시공하여 구조보강을 실시하여야 한다.

6. 쓰레기소각장

6.1 개요

쓰레기소각장은 지층, 지상1층, 지상2층으로 이루어져 있다.

쓰레기소각장은 현재 쓰레기 소각장으로는 사용하지 않고 있으며, 외부에서 쓰레기 분류작업이 이루어지고 있다.

구조형식	철근콘크리트
층 수	지층, 지상1층
연 면 적	1005.7㎡

<구조물 개요>



<쓰레기소각장 전경>

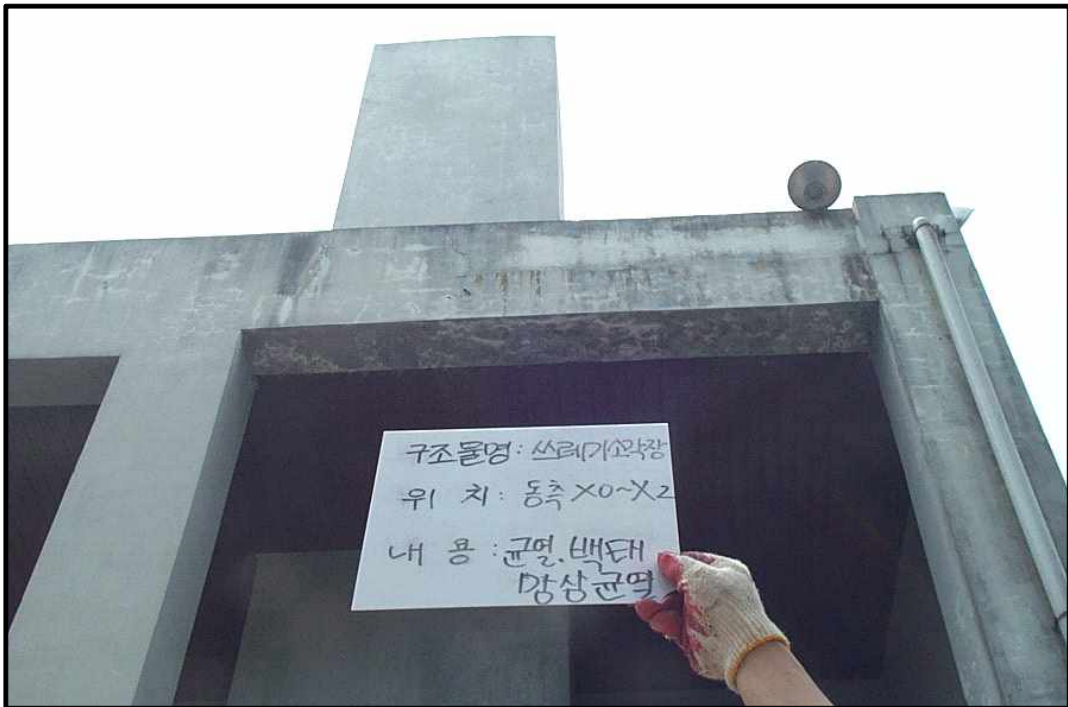
6.2 외관조사

쓰레기소각장의 외관조사 결과는 다음과 같다.

6.2.1 조사내용

- 외부 벽면 전체적으로 망상균열과 백태 등의 손상이 관찰되었다.
- 일부 벽면 콘크리트 마감면의 들뜸과 박리, 탈락의 손상이 관찰되었다.

6.2.1 손상사진



<벽체 및 보하부 망상균열 및 백태>



<벽체 마감 콘크리트의 들뜸 및 파손>



<벽체 덕트 시공부 망상균열 및 백태>

6.2.3 손상물량

구분	손상내용	손상물량	비고
	망상균열	90.64m ²	
	균열	130.41m	
	박리·파손	0.54m ²	
	백태	80.61m ²	
	도장탈락·백태	2.1m ²	
	누수	17.5m ²	
	들뜸	1.55m ²	
쓰레기 소각장	균열·백태	65.15m ²	
	토사퇴적	71.4m ²	
	망상균열·백태	72.09m ²	
	도장탈락	0.44m ²	
	텍스 파손	3.3m ²	
	물고임	72.0m ²	
	미장탈락	0.4m ²	
	이끼 서식	0.06m ²	

6.3 비파괴시험

쓰레기소각장에 대해 실시한 비파괴시험은 철근탐사, 콘크리트 강도시험, 중성화시험이며 그 결과는 다음과 같다.

6.3.1 철근탐사

철근탐사 결과 아래 표와 같은 결과값들을 얻을 수 있었다. 쓰레기소각장의 경우 철근의 배근간격과 피복두께가 일부 부재에서 설계기준을 초과하는 값이 측정되었지만 대체적으로 양호한 것으로 판단된다.

부재명	측정 위치	철근 종류	탐사결과		설계기준		비고
			철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	철근간격 (mm)	피복두께 (mm)	
기둥	1층 X2Y4 기둥	주철근	185	79	130	40	
		배력철근	280		200		
보	2층 X2,Y4~Y5 보 측면	주철근	-	58	-	40	
		배력철근	-		120		
	2층 X2,Y4~Y5보 하면	주철근	-	21	125	40	
		배력철근	-		120		
슬래브	X1~X2, Y1~Y2 지붕층하면	주철근	150~157	23	150	20	
		배력철근	150~185		150		
보	지붕층 X1~X2,Y2보 측면(중앙부)	주철근	75~150	53	-	20	
		배력철근	300		300		
기둥	지하층 X2Y3 기둥	주철근	110	46	130	40	
		배력철근	190~220		200		
보	지붕층 바닥판 하면 X1~X2,Y3보 하면 (단부)	주철근	90~100	12	-	40	
		배력철근	95~105		150		
	지붕층 바닥판 하면 X1~X2,Y3보 하면	주철근	75~90	8	-	40	
		배력철근	-		300		
기둥	1층 X6Y4 기둥	주철근	110~115	9	130	40	
		배력철근	-		200		
보	2층 X3,Y4-5 보 하면	주철근	-	25	-	40	
		배력철근	-		200		
	2층바닥판 하면 X4~X5,Y4 보 하면	주철근	90~110	38	-	40	
		배력철근	300		250		
	2층 바닥판 하면 X4~X5,Y3~Y4 보 측면	주철근	105~130	27	-	40	
		배력철근	225		250		
슬래브	2층 바닥판 하면 X4~X5,Y3~Y4 슬래브	주철근	150	25	150	20	
		배력철근	220		150		
	2층 바닥판 하면 X4~X5,Y3~Y4 슬래브	주철근	120~130	24	150	20	
		배력철근	150~185		150		

6.3.2 콘크리트 강도시험

콘크리트 강도시험 결과 172~282kg/cm²로 설계기준인 180kg/cm²의 85%인 153kg/cm²에 상회하는 것으로 측정되어 강도상의 문제는 없는 것으로 판단된다.

구 분	측정위치	반발경도(R ₀)	반발경도법에 의한 압축강도(kg/cm ²)	설계기준강도 (kg/cm ²)	평 가
기둥	1층 X4,Y4	44.15	227	180 (153)	O.K
	1층 X5,Y4	44.50	230		O.K
	1층 X6,Y6	37.10	176		O.K
	1층 X6,Y1	40.50	201		O.K
	1층 X4,Y3	41.45	204		O.K
	2층 X2,Y3	42.45	208		O.K
	1층 X3,Y2	43.25	215		O.K
	1층 X2,Y3	41.35	221		O.K
	1층 X3,Y4	36.55	207		O.K
	1층 X3,Y3	41.00	172		O.K
보	2층 X6,Y3~4	42.40	215		O.K
	2층 X3~X4,Y4	44.15	227		O.K
	2층 X4~X5,Y4	42.40	215		O.K
	2층 X5~X6,Y4	43.70	224		O.K
	2층 X3~6,Y1	46.00	219		O.K
	2층 X3~X6,Y6	44.10	227		O.K
	1층 X2,Y3~Y4	45.15	235		O.K
	1층 X3,Y1~Y2	44.65	231		O.K
	1층 X3,Y2~Y3	44.40	229		O.K
	1층 X3,Y4~Y5	44.75	232		O.K
슬래브	2층 X3~X4,Y5~Y6	50.19	271	O.K	
	2층 X3~X4,Y3~Y4	49.11	263	O.K	
	2층 X3~X4,Y1~Y2	43.93	226	O.K	
	2층 X5~X6,Y5~Y6	48.47	259	O.K	
	2층 X5~X6,Y3~Y4	47.49	251	O.K	
	2층 X5~X6,Y1~Y2	43.12	220	O.K	
	2층 X4~X5,Y2~Y3	43.71	224	O.K	
	2층 X4~X5,Y3~Y4	45.87	240	O.K	
	지붕층 X1~X2,Y2~Y3	48.74	260	O.K	
	지붕층 X1~X2,Y1~Y2	51.65	282	O.K	

6.3.3 중성화시험

중성화시험 결과 아래 표와 같이 1~16mm로 이론치인 17mm의 값에 만족하는 것으로 측정되었다.

부재명	측정위치	이론깊이 (mm)	중성화깊이 (mm)	피복두께 (mm)	평가
기둥	1층 X4,Y4	17	8	79	O.K
	1층 X6,Y6	17	9	46	O.K
	1층 X4,Y3	17	12	9	O.K
	1층 X3,Y2	17	13	40	O.K
	지하층 X3,Y2	17	16	33	O.K
	지하층 X2,Y3	17	13	25	O.K
	지하층 X3,Y3	17	12	40	O.K
보	2층 X6,Y3~Y4	17	4	58	O.K
	2층 X3~X4,Y4	17	6	21	O.K
	2층 X5~X6,Y4	17	7	53	O.K
	2층 X6,Y3~Y4	17	3	12	O.K
	1층 X2,Y3~Y4	17	3	8	O.K
	1층 X3,Y1~Y2	17	3	43	O.K
	1층 X3,Y4~Y5	17	1	25	O.K

6.3.4 비파괴시험 위치도

6.4 구조안전성 검토

6.4.1 설계하중

1) 지붕층

▶ 지붕#1 (평지붕)

● 고정하중(Dead Load)

보호몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
액체방수2차	
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

370 kg/m²

● 활하중(Live Load) 200 kg/m²

▶ 지붕#2 (경사지붕)

● 고정하중(Dead Load)

보호몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
액체방수2차	
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

370 kg/m²

● 활하중(Live Load) 200 kg/m²

2) 2층

▶ 사무실

● 고정하중(Dead Load)

아스타일	60 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=120mm)	290 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

380 kg/m²

● 활하중(Live Load) 300 kg/m²

3) 1층

▶ 쓰레기 집적소, 분류 및 압축실, 소각실, 보일러실

● 고정하중(Dead Load)

시멘트몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²

	440 kg/m ²
• 활하중(Live Load)	500 kg/m ²
<hr/>	
▶ 홀	
• 고정하중(Dead Load)	
아스타일	60 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
• 활하중(Live Load)	450 kg/m ²
	300 kg/m ²
4) 지하층	
▶ 소각물 저장실	
• 고정하중(Dead Load)	
시멘트몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
• 활하중(Live Load)	440 kg/m ²
	500 kg/m ²
▶ 기계, 전기실	
• 고정하중(Dead Load)	
시멘트몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=150mm)	360 kg/m ²
Ceiling	30 kg/m ²
<hr/>	
• 활하중(Live Load)	440 kg/m ²
	500 kg/m ²
5) 계단	
• 고정하중(Dead Load)	
몰탈(thk=24mm)	50 kg/m ²
콘크리트슬래브(thk=180mm)	440 kg/m ²
<hr/>	
• 활하중(Live Load)	490 kg/m ²
	300 kg/m ²
6) 적설하중(Snow Load)	

- 평지붕 적설하중 $S_f = C_b \times C_e \times C_t \times I_s \times S_g$

$$S_g(\text{지상적설하중}) = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$C_b(\text{지붕적설하중계수}) = 0.7$$

$$C_e(\text{노출계수}) = 1.1$$

$$C_t(\text{온도계수}) = 1.2$$

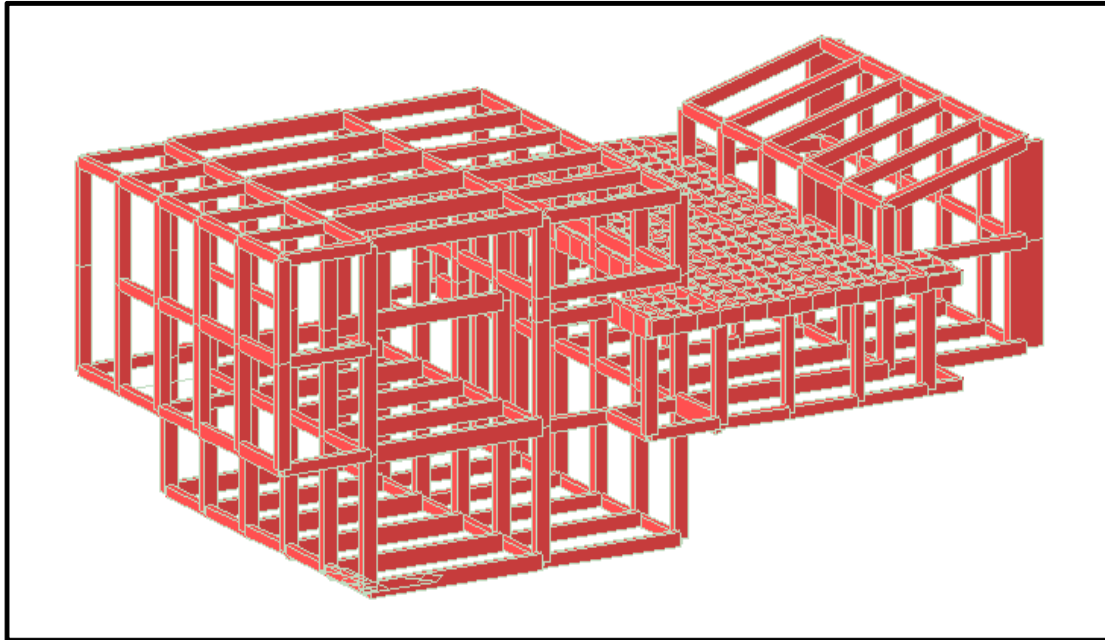
$$I_s(\text{중요도계수}) = 1.1$$

$$S_{f,1} = 0.7 \times 1.1 \times 1.2 \times 1.1 \times 50 = 50.82 \text{ kg/m}^2$$

$$S_{f,2} = S_g \times I_s = 50 \times 1.1 = 55 \text{ kg/m}^2 (\text{지상적설하중이 } 100 \text{ kg/m}^2 \text{ 이하인 경우})$$

그러므로, $S_f = 55 \text{ kg/m}^2$

6.4.2 구조검토



<구조해석 모델링>

- 현재 소각장 용도로 사용하지 않아 하중작용은 없는 상태임.
- 외벽은 전부 콘크리트 벽체로 되어있고 내부 벽체도 WALL GIRDER를 시공한 구조로 되어있어 다른 용도로 사용할 경우에 구조적인 문제는 발생하지 않음.
- 구조모델링은 WALL은 빼고 FRAME만 모델링 하였음.

6.4.3 부재응력검토

보	위치	B×D (mm×mm)	주근	스터립	Mu (t·m)	Vu (ton)	ψMn (t·m)	ψVn (ton)	비고
G0 (소각실바닥보)	단부	350×750	6-D22 4-D22	D10@150	50.4	32.2	64.5	334.4	O.K
	중양부	350×750	4-D22 7-D26	D10@300	35.5	-	49	23.8	O.K

※ G0 뿐만 아니라 G1, G2, G3 부재는 현재 외력 상태에 대해서 충분한 내력을 보유하고 있음.

6.4.4 소결

- 하중에 의한 구조적인 문제는 발생하지 않음.
- 소각로의 층고가 8.55m 이므로 중간에 슬래브를 설치하여 다른 용도로 시설물을 사용하더라도 전혀 구조적인 문제는 발생하지 않는다.
- 용도변경을 하기 위해서는 구조적인 문제는 없으나 환경이나 설비이설 문제등을 해결하여야 할 것이다.

6.5 보수·보강대책

쓰레기소각장의 경우 구조적인 문제점은 없으나 구조물 전체적으로 발생된 망상균열 및 백태 등의 손상에 대해 보수를 하여 사용하여야 할 것으로 판단된다.

손상내용	보수물량	공법	단가(천원)	순공사비(천원)	공사비(천원)
균열	130.41m	에폭시주입	30	4,000	135,000
박리, 파손	0.54m ²	단면복구	270	150	
백태, 재료분리	878.4m ²	면보수	90	80,000	
누수	17.5m ²	방수	50	900	
계				85,050	

6.6 소결론

6.6.1 외관조사

- 외관조사 결과 구조적인 문제점은 없었으나 외부 벽체에 발생한 백태, 망상균열 등은 보수후 사용하여야 할 것으로 판단된다.

6.6.2 비파괴시험

- 철근탐사, 콘크리트 강도시험, 중성화시험 등의 비파괴시험 결과 전체적으로 양호한 상태로 측정되었다.

6.6.3 안전성 평가

- 하중에 의한 구조적인 문제는 발생하지 않음.
- 소각로의 층고가 8.55m 이므로 중간에 슬래브를 설치하여 다른 용도로 시설물을 사용하더라도 구조적인 문제는 전혀 발생하지 않는다.
- 용도변경을 하기 위해서는 구조적인 문제는 없으나 환경이나 설비이설 문제 등을 해결하여야 할 것으로 판단된다.

7. 종합평가

시설물	내용	대처 사항
해양관	<ul style="list-style-type: none"> • 해수 영향에 의한 기둥 및 보의 철근부식 및 콘크리트 박리, 단면결손, 슬래브 균열, 백태 • 에어덤 트러스부재의 일부 국부손상, 접합부 부식, • 트러스 와이어 인장력 이완 • 트러스 부재는 설하중에 안전 	<ul style="list-style-type: none"> • 염해 방지 보수공법 적용 • 국부손상은 시공초기의 손상으로 손상부위 부식부 방청처리 • 인장력 재긴장
동양관	<ul style="list-style-type: none"> • 보 관통 균열(RG20) : 철근배근이 급격히 줄어드는 지점의 휨균열 • 옥상 난간벽 하부 균열, 박락 • 슬래브 온도 수축 균열 • 옥상 방수재 들뜸 	<ul style="list-style-type: none"> • 보강성 증가 공법(철관주입공법) • 보수, 방수 보호 콘크리트 타설시 신축 줄눈 설치 • 균열보수
남미관	<ul style="list-style-type: none"> • 관람통로 파라펫 벽체 수직균열 • 채광창 코킹 노후 누수 • 백태, 들뜸, 균열 • 부재의 구조결함은 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 균열보수 • 코킹 재시공 • 콘크리트 보수
종합안내소	<ul style="list-style-type: none"> • 기계실 상부 슬래브 단차에 의한 방수층 파손 벽체 누수, 백태 • 외부 계단 옹벽 균열, 박리 • 2층 외부 바닥 침하 • 3층 OPEN부위 구조변경후 전시실 사용 • 슬래브 두께가 규정보다 얇아 처짐의 우려 	<ul style="list-style-type: none"> • 외부 방수 재시공 • 분리 기초로 시공, 불가피한 균열로 균열 보수,면보수 • 돌마감 하부의 토사침하, 구조적인 문제와 관련없음, 단순보수 • 관련 부재의 이상은 없음 • 과하중이 재하되지 않도록 조치
독신자 숙소	<ul style="list-style-type: none"> • 조적벽체 균열 • 옥상 처마 치장마감 몰탈 탈락, 추락 • 용도변경을 하기위해 조적벽체 철거시 구조검토 선행 	<ul style="list-style-type: none"> • 외관상 보수 • 옥상 처마 치장 몰탈 전체 제거, 면보수 • 별도의 구조보강 실시
쓰레기소각장	<ul style="list-style-type: none"> • 대부분 벽체 망상 균열 • 용도변경 고려 	<ul style="list-style-type: none"> • 벽체 면보수, 마담 보수 • 중층 슬래브 설치하여 타용도로 사용가능