

비구조요소(소방설비포함) 내진설계 실적

윤전테크(주)





비구조요소 내진설계 (구조, 앵커볼트, 스토퍼)

국가정보자원관리원 대구센터

현대건설

2020. 12. 11

비구조요소 내진설계 (구조, 앵커볼트, 스토퍼)

2020-12-08

I. 요약

1. 대구광역시 동구 도학동 448번지 일대에 건설되는 국가정보자원관리원 대구센터 신축 공사는 공공업무시설로서 철근콘크리트 구조로 되어있다.

건물은 지하3층, 지상2층으로서 지내력기초의 구조로 설계되어 있다.

2. 구조설계방법 및 적용기준

가. 적용법령

- 건축법
- 건축법 시행령

나. 적용기준

- 건축구조설계기준 (2016), 대한건축학회
- 구조물기초설계기준 (2008), 한국지반공학회
- 콘크리트구조설계기준 (2012), 한국콘크리트학회
- TR055/Design Method ETA Mechanical TR045 (내진앵커)

3. 지진하중

지역계수	0.242 (부지응답해석결과 규모7.0)	지진력저항시스템	건물골조시스템-철근콘크리트 보통전단벽
중요도계수	1.5	반응수정계수	5.0
내진설계범주	D	변위증폭계수	4.5
지반종류	S _D	허용층간변위	0.01hs

II. 비구조요소 및 내진설계

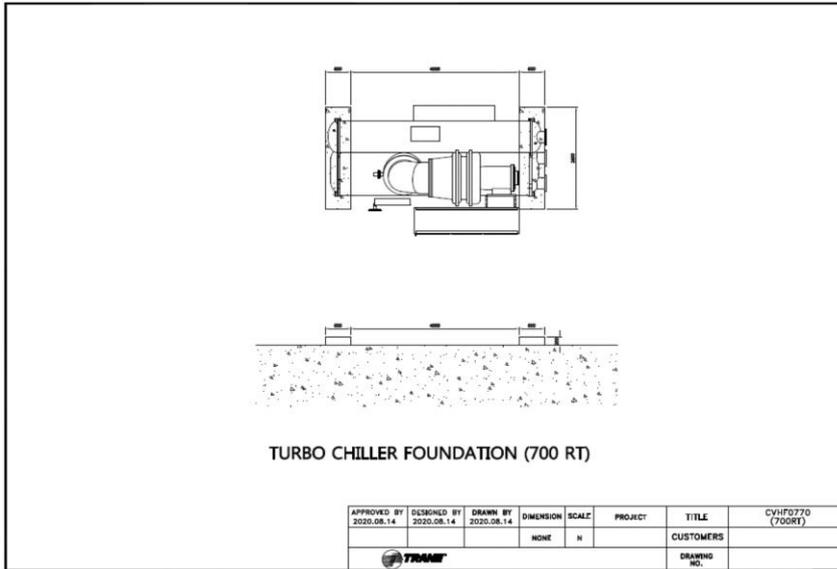
1. 터보냉동기 (첨부#1)

가. 지진하중

1) 중량 : 13,364kgf , 3set

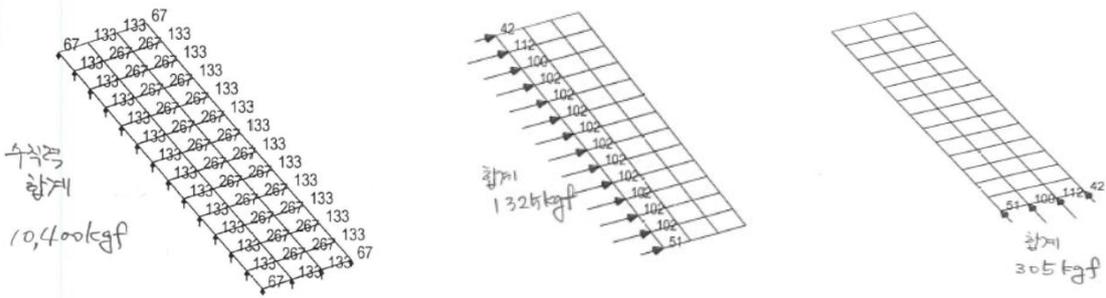
2) 중량 : 14,222kgf, 1set

중량	13.364 kgf	중량	14,222 kgf
지진하중	5,099.7 kgf	지진하중	5,427.1 kgf

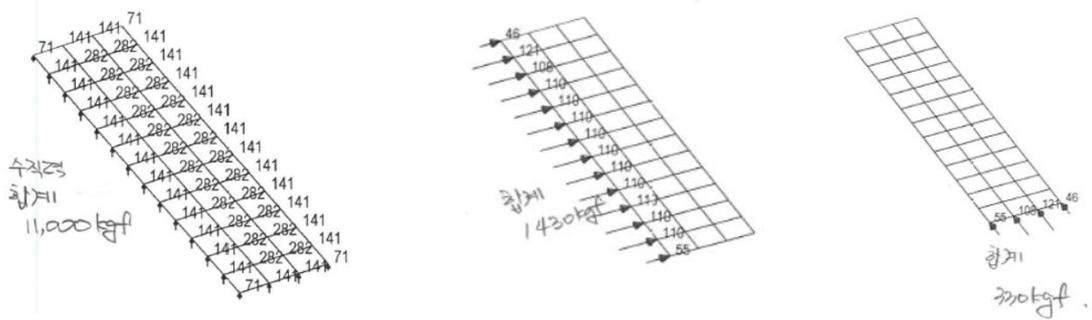


라. 해석결과

1) 13,364 kgf 냉동기



2) 14,222 kgf 냉동기



2. 향온향습기 (첨부#2)

가. 지진하중 계수

단주기 설계스펙트럼가속도	0.53g
비구조요소의 가동중량	800.33 kgf

증폭계수	1.0
반응수정계수	2.5
비구조요소 중요도계수	1.5

가. 지진하중

- 중량 : 800.33 kgf , 64set

지역계수	0.242 (부지응답해석결과 규모7.0)	지진력저항시스템	건물골조시스템-철근콘크리트 보통전단벽
중요도계수	1.5	반응수정계수	5.0
내진설계범주	D	변위증폭계수	4.5
지반종류	S _D	허용층간변위	0.01hs

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{\left(\frac{R_p}{I_p} \right)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right)$$

$$= \frac{0.4 \times 1 \times 0.53 \times 800}{\left(\frac{2.5}{1.5} \right)} \left(1 + 2 \frac{1}{1} \right)$$

$$= 299.5 \text{ kgf}$$

F_p는 다음의 값을 초과할 필요는 없다.

$$F_p = 1.6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

$$= 1.6 \times 0.53 \times 1.5 \times 800$$

$$= 1,018 \text{ kgf}$$

그러나 F_p는 다음의 값 이상이 되어야 한다.

$$F_p = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

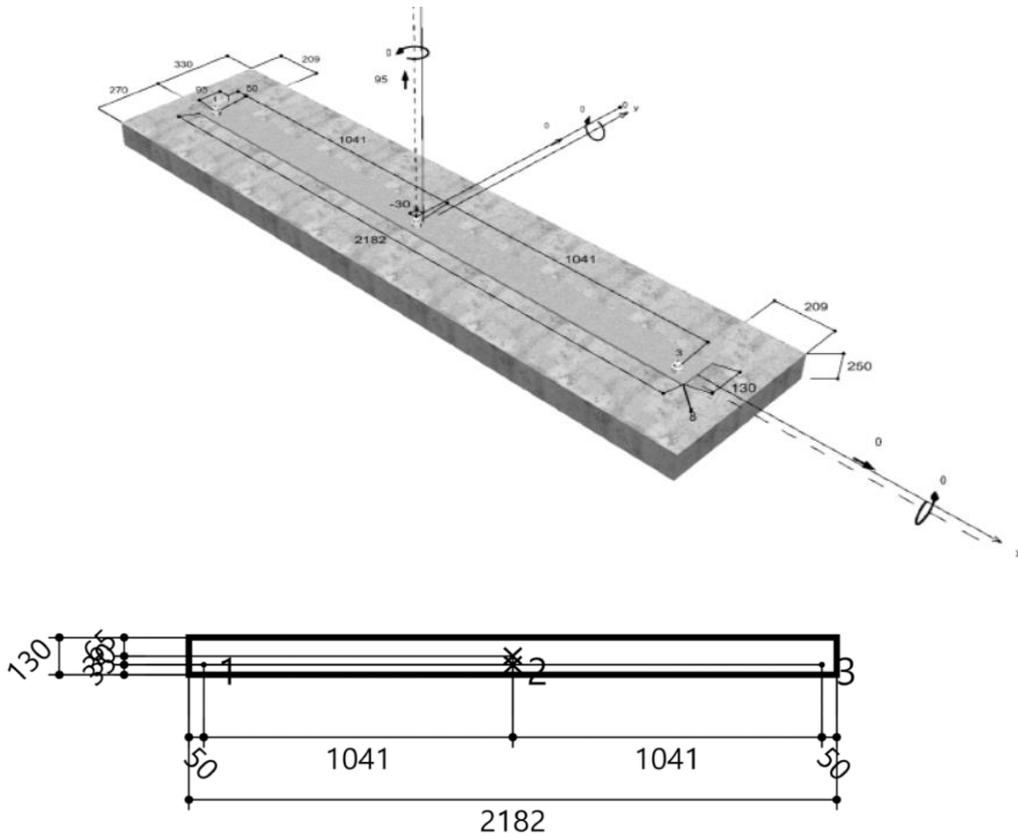
$$= 0.3 \times 0.53 \times 1.5 \times 800$$

$$= 127.3 \text{ kgf}$$

가동중량	800.33 kgf
지진하중	299.5 kgf

나. 지진하중에 대한 반력

중량	800.33 kgf
X방향	183 kgf
Y방향	275 kgf
Z방향	1,763 kgf



라. Trial Error 방식에 의거 최대 가능한 내진성능을 보장하는 수직반력은 95.0 KN 이 가능하다는 것을 확인하였다.

Resistance to tension loads

Proof	Action kN	Capacity kN	Utilisation β_N %
Steel failure *	31.67	82.00	38.6
Combined pull-out and concrete cone failure	31.67	34.93	90.7
Concrete cone failure	31.67	41.77	75.8

Anchor no.	$\beta_{N,p}$ %	Group N°	Decisive Beta
1	90.7	1	$\beta_{N,p;1}$
2	78.0	2	$\beta_{N,p;2}$
3	90.7	3	$\beta_{N,p;3}$

Resistance to combined tensile and shear loads

$$\beta_N = \beta_{N,p;1} = 0.91 \leq 1$$



Proof successful

(5.9a)

마. 최대 수직반력에서 95 KN을 기초에서 저항할 수 있으므로 필요한 Z방향 수직하중은
 $11,000 \text{ kgf} - (95,000 \text{ N} / 9.8 \text{ N/kgf}) = 1,306 \text{ kgf}$
 X방향 반력은 1,430 kgf이고, Y방향 반력은 330 kgf이다.
 따라서 터보냉동기 1기당 기초프레임이 2개이므로, 작동되는 지진반력은 다음과

같다.

$$Z\text{방향 수직반력} = 1,306 \text{ kgf} * 2 \text{ ea} = 2,612 \text{ kgf} = 25.6 \text{ KN}$$

$$X\text{방향 반력} = 1,430 \text{ kgf} * 2 \text{ ea} = 2,860 \text{ kgf} = 28.0 \text{ KN}$$

$$Y\text{방향 반력} = 330 \text{ kgf} * 2 \text{ ea} = 660 \text{ kgf} = 6.5 \text{ KN}$$

바. 위에서 계산된 반력을 견디기 위한 내진앵커를 선정하기 위해 여러종류의 검토를 실시하여 내진스토퍼 설치를 최소한으로 하고 일반적인 선정을 하였다.
그 결과 내진스토퍼를 각 방향으로 4개씩 설치하는 것으로 검토하였으며, 내진앵커는 16mm (FAZ II 16/25)를 사용하고, 각 스토퍼에 2개씩 설치된다.

$$Z\text{방향} : 25.6 \text{ KN} / 4 = 6.4 \text{ KN}$$

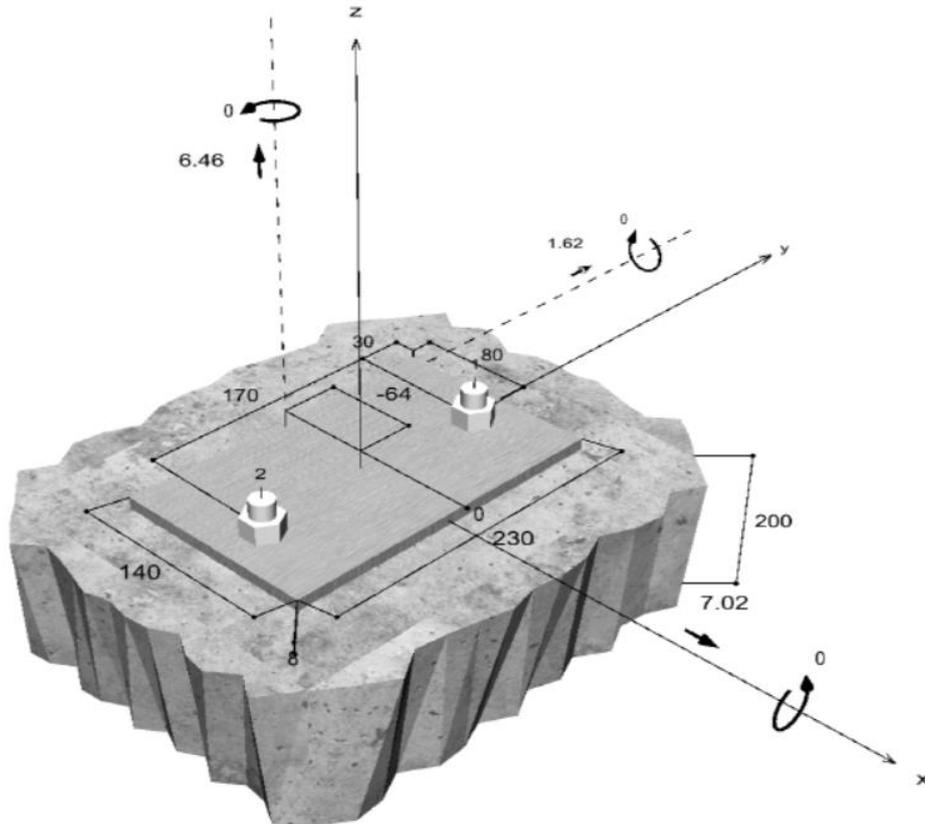
$$X\text{방향} : 28.0 \text{ KN} / 4 = 7.0 \text{ KN}$$

$$Y\text{방향} : 6.5 \text{ KN} / 4 = 1.6 \text{ KN}$$

이에 따라 내진앵커에 대한 해석을 하면 다음과 같다. (첨부#4)

Design actions *)

#	N _{Sd} kN	V _{Sd,x} kN	V _{Sd,y} kN	M _{Sd,x} kNm	M _{Sd,y} kNm	M _{T,sd} kNm	Type of loading
1	6.46	7.02	1.62	0.00	0.00	0.00	Seismic



인장력과 전단력에 대한 조합하중의 계산결과는 다음과 같다.

Resistance to tension loads

Proof	Action kN	Capacity kN	Utilisation β_N %
Steel failure *	7.71	44.00	17.5
Pullout failure *	7.71	15.98	48.3
Concrete cone failure	15.43	28.60	53.9

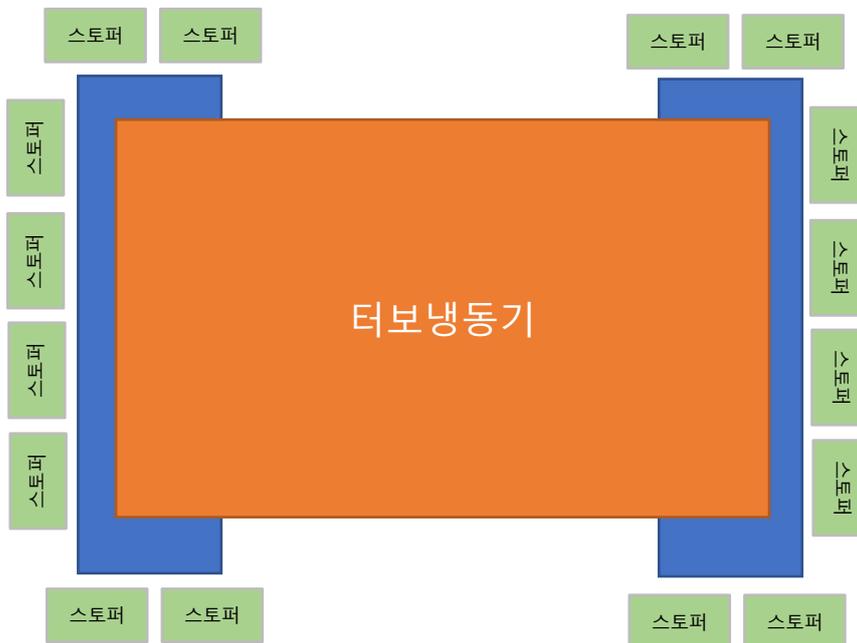
Resistance to shear loads

Proof	Action kN	Capacity kN	Utilisation β_V %
Steel failure without lever arm *	4.29	15.98	26.9
Concrete pry-out failure	7.20	36.98	19.5

Resistance to combined tensile and shear loads

$\beta_N = \beta_{N,c;1} = 0.54 \leq 1$	 Proof successful	Eq. (5.8a)
$\beta_V = \beta_{V;s;1} = 0.27 \leq 1$		Eq. (5.8b)
$\beta_N + \beta_V = \beta_{N,c;1} + \beta_{V;s;1} = 0.81 \leq 1$		

사. 해석결과를 반영하여 내진스토퍼의 설치위치는 다음과 같다.

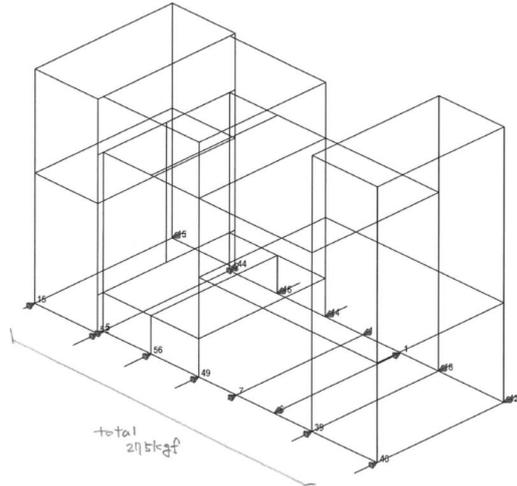


2. 항온항습기

가. 지진하중에 대한 반력

중량	800.33 kgf	800.34 kgf	스토퍼 1개당
X방향	275 kgf	2.7 KN	1.35 KN
Y방향	183 kgf	1.8 KN	0.9 KN
Z방향	1,763 kgf	17.3 KN	8.6 KN

나. 그러나 향온향습기의 Y 방향으로의 양쪽에 벽체가 설치되어 구속이 된다.



따라서 X방향과 Z 방향에 대해서 해석을 한다.

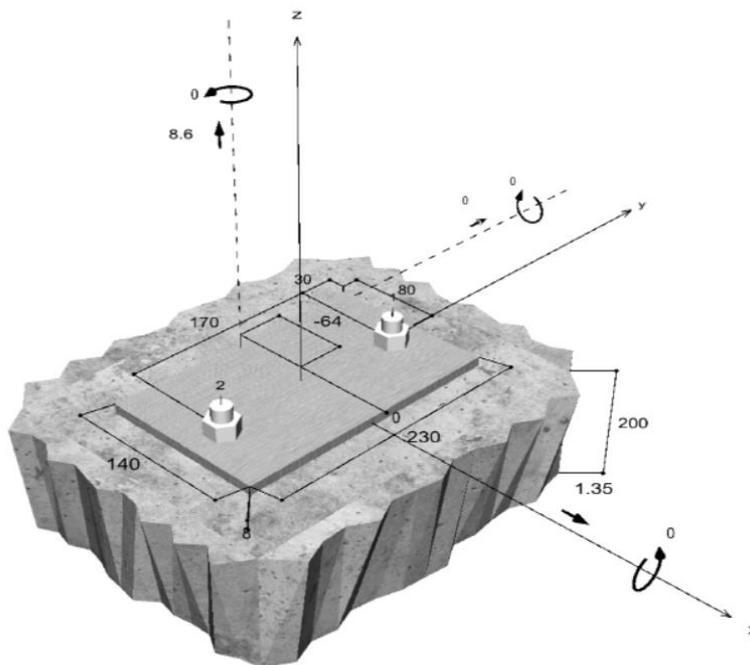
다. 앞에서 계산한 냉동기의 내진앵커를 선정하는 방법과 마찬가지로 여러종류의 검토를 실시하여 내진앵커는 16mm (FAZ II 16/25)를 선정하였다.

그 결과 내진스토퍼를 각 방향으로 4개씩 설치하는 것으로 선정하였으며,

이에 따라 내진앵커에 대한 해석을 하면 다음과 같다. (첨부#5)

Design actions *)

#	N _{Sd} kN	V _{Sd,x} kN	V _{Sd,y} kN	M _{Sd,x} kNm	M _{Sd,y} kNm	M _{T,Sd} kNm	Type of loading
1	8.60	1.35	0.00	0.00	0.00	0.00	Seismic



인장력과 전단력에 대한 조합하중의 계산결과는 다음과 같다.

Resistance to tension loads

Proof	Action kN	Capacity kN	Utilisation β_N %
Steel failure *	10.27	44.00	23.3
Pullout failure *	10.27	15.98	64.3
Concrete cone failure	20.54	28.60	71.8

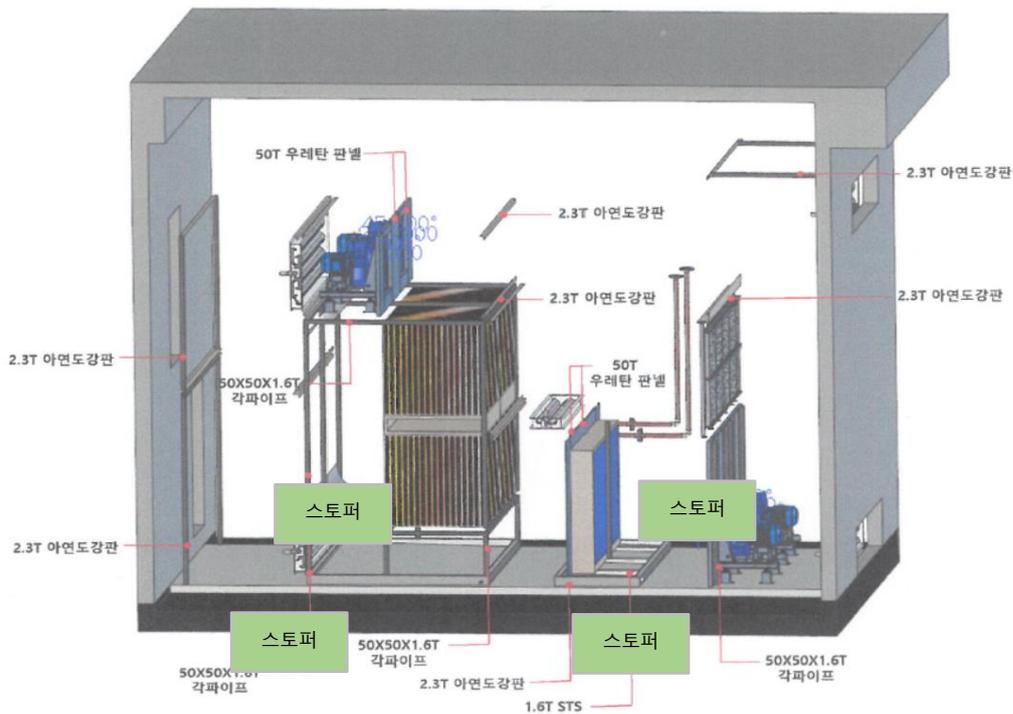
Resistance to shear loads

Proof	Action kN	Capacity kN	Utilisation β_V %
Steel failure without lever arm *	0.68	15.98	4.2
Concrete pry-out failure	1.35	42.90	3.1

Resistance to combined tensile and shear loads

$\beta_N = \beta_{N,c;1} = 0.72 \leq 1$	 Proof successful	Eq. (5.8a)
$\beta_V = \beta_{V;s;1} = 0.04 \leq 1$		Eq. (5.8b)
$\beta_N + \beta_V = \beta_{N,c;1} + \beta_{V;s;1} = 0.76 \leq 1$		

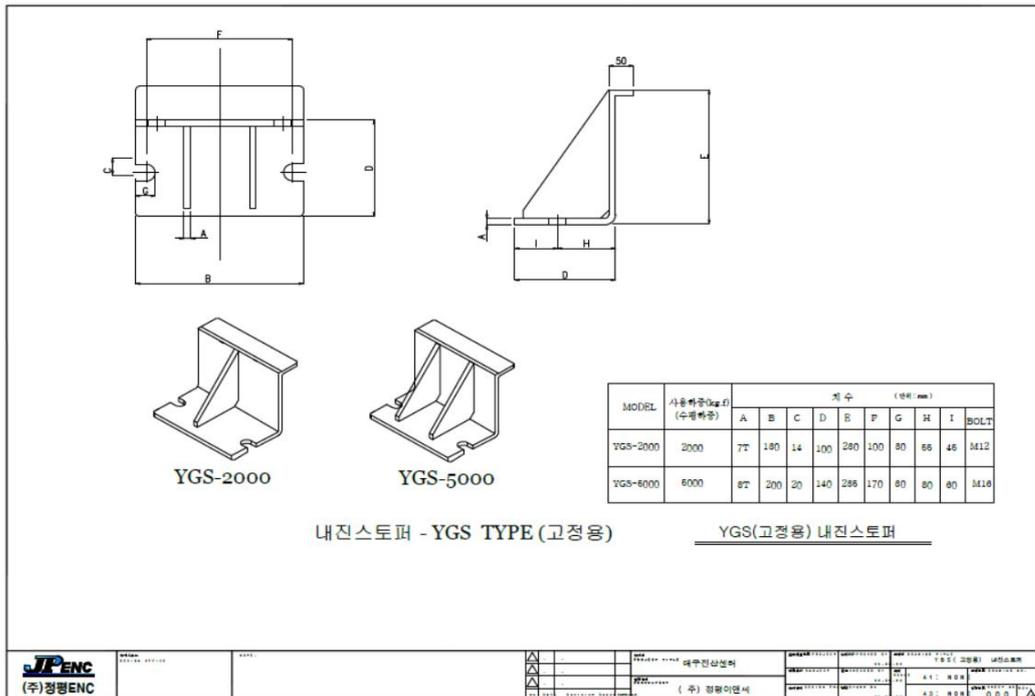
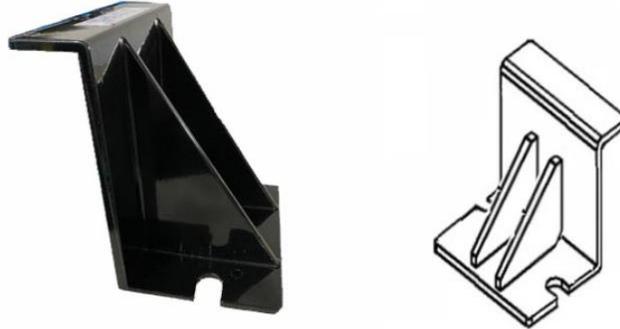
다. 검토결과를 반영한 내진스토퍼의 설치위치는 다음과 같다.



Ⅲ. 내진스토퍼 선정

1. 사양 및 치수

항온항습기와 냉동기 모두 M16 내진앵커로 선정되었으며, 설치와 관리에 적합한 고정용 내진스토퍼로써 모델명 YGS-5000을 선정한다. **(첨부#6)**
한국화학융합시험연구원에서 시험하여 성능이 확인된 제품이다.



2. 설치수량

- 가. 항온항습기 : 4 * 66 set = 264 set
- 나. 냉동기 : 16 * 4 set = 64 set
- 다. 총계 : 328개

첨부#1. 비구조요소 구조계산서 (항온항습기), (주) 이레구조내진기술

첨부#2. 비구조요소 구조계산서 (터보냉동기), (주) 이레구조내진기술

첨부#3. Fisher Injection system FIS EM plus

내진설계에서 제품제조까지
원스톱 솔루션

PSC 구조의 Hollow-Core 건축물 시공용 Anchor와 Plate 계산서

2021. 12. 25



YJ Tech 윤전테크(주)
내진설계 · 내진자재 · 미국소방설계

PSC 구조의 Hollow-Core 시공용 Anchor, Plate 계산서

I. Anchor 선정

1. Hollow Core 물성치

- 콘크리트 압축강도, F_{ck} : 40 Mpa
- 유효 삽입깊이, h_{ef} : 30 mm
- 콘크리트 최소 두께, h_{min} : 30 mm
- anchor plate 규격 (전단방향) : 150 mm

2. 적용기준 : Anchor Design Method IEA Category C1

3. 적용 Anchor 모델 및 규격 : Fisher FHY M10

4. 인장력에 대한 앵커 계산

- ① Steel Failure : 9.30 KN
- ② Concrete Failure : 4.70 KN
- ③ Pullout Failure : 2.50 KN

5. 전단력에 대한 앵커 계산

- ① Steel Failure : 2.80 KN
- ② Concrete pryout Failure : 2.40 KN

6. 앵커의 개당 인장 및 전단에 대한 저항력 적용 (LRFD, 사용한계법)

- ① Tension : 2.50 KN
- ② Shear : 2.40 KN

7. 앵커의 개당 인장 및 전단에 대한 내진기준 적용 (ASD, 허용응력설계법)

- ① Tension : 1.20 KN
- ② Shear : 1.20 KN

8. 흔들림방지버팀대 설치를 위한 최소 정격하중

호칭경	~100A	125A ~ 150A	200A	250A	300A
하중(KN)	3.025	4.849	6.094	8.385	11.342

9. 버팀대 설치에 필요한 앵커의 수량

호칭경	~100A	125A ~ 150A	200A	250A	300A
수량(개)	2.52	4.04	5.08	6.99	9.45
	4	6	6	10	12
안전율(%)	159%	148%	118%	143%	127%

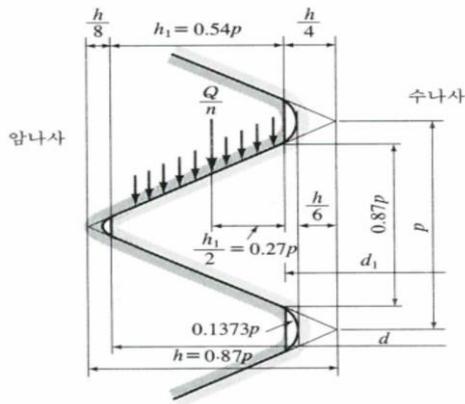
II. Anchor plate의 두께 선정

1. 건축물 부착장치 볼트의 인장력과 전단력

- ① 건축물부착장치용 볼트규격 : M12 * 20L (10.9)
- ② 공칭 인장응력 : 1,000 N/mm² (KS B ISO 898-1)
- ③ 공칭응력 단면적 : 84.3 mm²
- ④ 인장강도 : 84.3 KN
- ⑤ 전단강도 (75% 적용) : 63.2 KN

2. 나사산과 Anchor Plate 강도계산법 1 (약식계산)

- ① Steel Plate 규격 : SS275 (KS D 3503)
- ② 나사의 체결 높이, H : 1.75 x n



③ 축하중, Q

$$Q = \frac{\pi \times d_1^2}{4} \times \sigma_t$$

④ 굽힘 모멘트, M

$$M = \frac{Q}{n} \times 0.27 \times p$$

⑤ 나사산을 집중하중을 받는 외팔보로 가정하고 단면계수(Z) 계산

$$Z = \frac{b \times h^2}{6}$$

$$= \frac{1}{6} \pi d_1 (0.87p)^2 = 0.126d_1p^2\pi \quad \left(\begin{array}{l} \text{나사산 단면높이: } 0.87p \\ \text{폭: } \pi d_1 \end{array} \right)$$

⑥ 굽힘 응력, σ_b

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{Z} = \frac{0.27pQ}{0.126d_1p^2\pi n} \\ &= \frac{0.27p}{0.126d_1p^2\pi n} \times \frac{\pi \times d_1^2}{4} \times \sigma_t \\ &= 0.54 \times \frac{d_1}{n \times p} \times \sigma_t \end{aligned}$$

⑦ 필요한 높이 H (Anchor Plate의 두께)

$$H = np \quad \left(p = 0.54 \times \frac{d_1}{n \times \sigma_b} \times \sigma_t \right)$$

$$= 0.54 \times \frac{\sigma_t}{\sigma_b} \times d_1$$

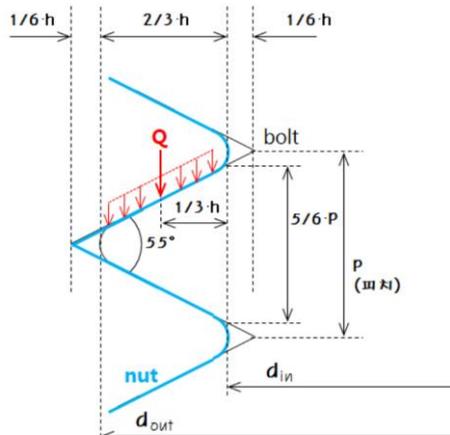
여기서 $\sigma_t \approx \sigma_b$ 로 가정하면,

$$H = 0.54 \times d_1 = 0.54 \times 10.106 = 5.5 \text{ mm}$$

3. 나사산의 굽힘, 전단 파손방지를 위한 강도계산법 2

① Steel Plate 규격 : SS275

(KS D 3503)



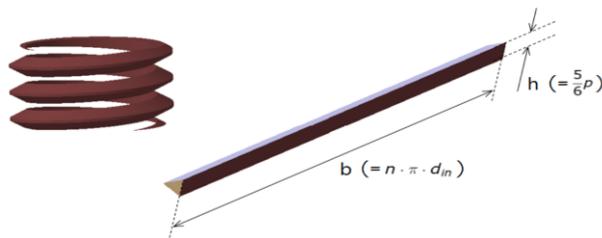
② 굽힘 응력, σ_b

$$\sigma_b = \frac{M \times Y}{I}$$

M : 축방향 하중 Q에 의한 굽힘 모멘트

$$M = Q \times \frac{h}{3} = Q \times 0.32p$$

③ 단면 2차 모멘트 (I)



- 외팔보로 가정한 단면 2차 모멘트

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} n \times \pi \times d_{in} \times \left(\frac{5}{6} p\right)^3$$

n : 나사산의 수

- 중립축에서의 거리 Y

$$Y = \frac{h}{2} = \frac{5}{12} p$$

④ 볼트의 축하중, Q

$$Q = \sigma_t \times A = \sigma_t \times \frac{\pi}{4} \times (d_{in})^2$$

⑤ 최대 굽힘 응력, $\sigma_{b,max}$

$$\left(\sigma_t \times \frac{h}{3} \right) \times \left(\frac{5}{12} p \right)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{b,max} &= \frac{M \times Y}{I} = \frac{1}{12} n \times \pi \times d_{in} \times \left(\frac{5}{6} p\right)^3 \\ &= \frac{2.76 \times Q}{n \times \pi \times d_{in} \times p} \\ &= \frac{2.76}{n \times \pi \times d_{in} \times p} \times \sigma_t \times \frac{\pi}{4} \times (d_{in})^2 \\ &= \frac{0.69 \times \sigma_t}{n \times p} \times d_{in} \end{aligned}$$

⑥ 너트의 높이 설계, H

$$\begin{aligned} H &= n \times p \\ &= \frac{0.69 \times \sigma_t}{\sigma_b} \times d_{in} \end{aligned}$$

여기서 $\sigma_t \approx \sigma_b$ 로 가정하면, (같은 재질로 약식계산의 목적)

$$\begin{aligned} H &= 0.69 \times d_{in} = 0.69 \times 10.106 \\ &= 0.69 \times (0.85 \times d) = 0.59 \times 12 \\ &= 7.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

하지만, 볼트와 Anchor Plate의 재질이 다른 것을 감안하면,

- 볼트의 인장강도: 1,000 N/mm² (KS B ISO 898-1)
- SS275의 굽힘강도: 550 N/mm² (KS D 3503)

$$\begin{aligned} H &= \frac{0.69 \times \sigma_t}{\sigma_b} \times d_{in} \\ &= \frac{0.69 \times 1,000}{550} \times 10.106 \\ &= 12.68 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. 강재 너트의 국가 기준 (KS B 0234)

- 너트의 높이를 일률적으로 0.8d (d는 나사의 호칭 지름)를 추천하지만 적절한 파괴 저항력을 갖도록 너트 높이를 규정하는 것이 타당

- 유형1 : 강도등급 8,9 및 M16이하에 적용
- 유형2 : 강도등급 9.8이상의 볼트와 조합하여 사용

KS B 0234:2009

표 A1-3 - 6각 너트의 높이

나사의 호칭	맞변 거리 mm	너트의 높이					
		유형 1			유형 2		
		최소 mm	최대 mm	m/d	최소 mm	최대 mm	m/d
M5	8	4.4	4.7	0.94	4.8	5.1	1.02
M6	10	4.9	5.2	0.87	5.4	5.7	0.95
M7	11	6.14	6.50	0.93	6.84	7.20	1.03
M8	13	6.44	6.80	0.85	7.14	7.50	0.94
M10	16	8.04	8.40	0.84	8.94	9.30	0.93
M12	18	10.37	10.80	0.90	11.57	12.00	1.00
M14	21	12.1	12.8	0.91	13.4	14.1	1.01
M16	24	14.1	14.8	0.92	15.7	16.4	1.02
M18	27	15.1	15.8	0.88	16.9	17.6	0.98
M20	30	16.9	18.0	0.90	19.0	20.3	1.02

M22	34	18.1	19.4	0.88	20.5	21.8	0.93
M24	36	20.2	21.5	0.90	22.6	23.9	1.00

5. 결론

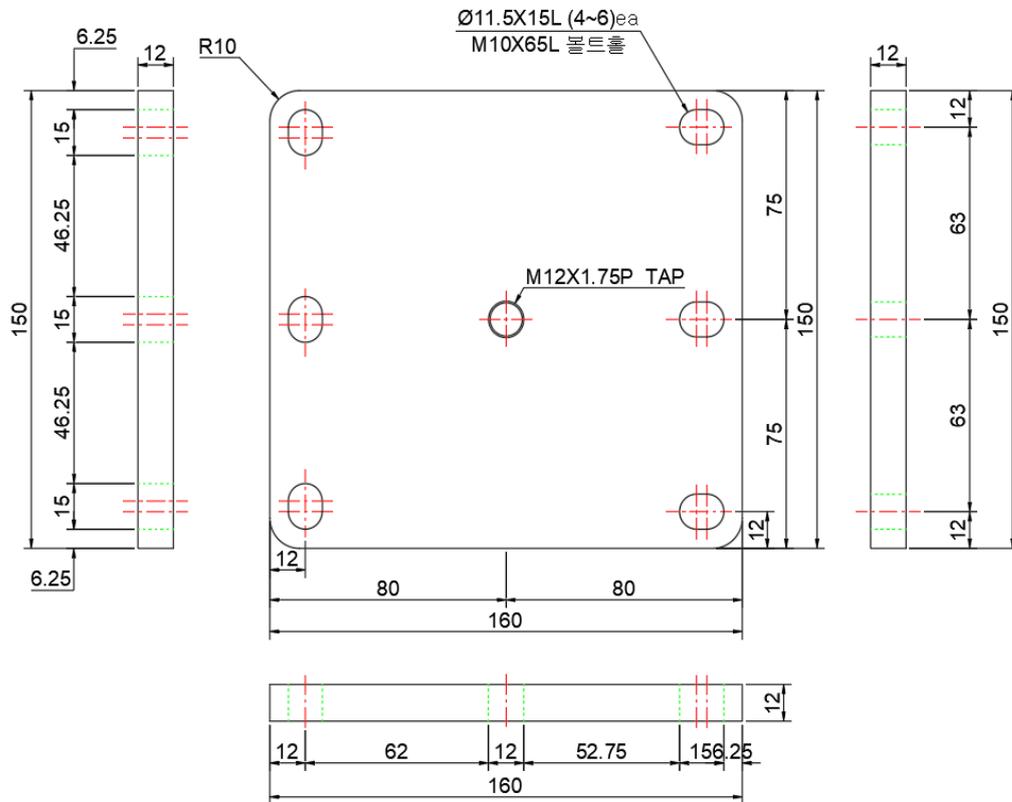
- ① 상기 계산결과와 국가기준을 참조하면 호칭경의 최소 0.6배 이상의 너트 높이를 확보하면 되지만, 지진계수를 고려하여 호칭경의 1.0배 이상의 너트 높이를 확보하는 것이 타당함

(참고) 일반 볼트와 너트의 재질에 따른 너트 높이 개략 산정

$$H = \frac{\sigma_{a,bolt}}{\sigma_{a,nut}} \times d_{in} = \frac{\sigma_{a,bolt}}{\sigma_{a,nut}} \times 0.85 \times d$$

표.1	볼트	너트	H (너트 높이)
재질	주철 or 청동 (일반적이지 않음)	강철	= 0.6·d
		강철	= d
	강철	주철	= 1.5·d
		청동	= 1.25·d

- ② Anchor Plate 사이즈 : 150mm* 150mm * 12t (SS275)



건축물 비구조요소 구조안전성 검토 보고서

Seismic Design Report for Non-structural Components

공사명 (Project) : 동탄2 제1초 이음터 현장

회사명 (Client) : 백석이엔지

1	2022-06-18	승인용	JJS	KKH	KKH
No.	일 자	용 도	설 계	검 토	승 인



윤전테크(주)
내진설계, 내진자재, 미국소방설계

윤전테크 (주) 대표이사 고희준
산업기계 기술사
소방 기술사

Professional Engineer (Mechanical), USA

Professional Engineer (Fire Protection), USA



II. 설계하중 (내진설계 ASD 설계법 적용)

1. 가동중량 (건축물 내진설계 기준 적용)

No	항 목	기호	단위	내 용	비 고	
1	배관 또는 장비중량		kgf	0.0		
			kgf			
			kgf			
2	장비 부가중량	15%	kgf	0.0		
3	흡입, 토출 배관무게	10%	kgf	0.0		
4	방진가대 규격		mm	L W H		
5	부가하중 (방진가대)		kgf	0.0	7,850kg/m ³	
	부가하중 (콘크리트)		kgf	0.0	비중 2.0~2.2 kg/l	
7	장비 총 중량	구조물에 고정		kgf	0.0	1+2+3+4+5
		방진가대에 고정		kgf	0.0	1+2+3+4+5
8	가동중량 (W _p)	구조물에 고정	120%	kgf	0.0	안전율 산정 - 배관 : 15% - 장비 : 20% - 수조 : 0%
				N	0	
		120%	kgf	0.0		
			N	0		

2. 수평지진력

(1) 설계 수평지진력

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{(R_p / I_p)} \times \left(1 + 2 \times \frac{z}{h} \right)$$

F_p : 수평설계 지진력 (N또는 kgf)

a_p : 증폭계수

(표18.4-1)

S_{DS} : 단주기 설계스펙트럼가속도

W_p : 가동중량(N 또는 kgf)

R_p : 반응수정계수

(표18.4-1)

I_p : 중요도계수

h : m (최하층 바닥에서 지붕층까지의 건물높이)

z : m (건물 최하층 바닥레벨기준 설비 높이)

(2) 단주기 설계스펙트럼가속도, S_{DS} 값 산출

- 지진구역계수 (Z) = 0.11

<지진구역>

구역	행정 구역		Z
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부*	
II	도	강원북부**, 제주	0.07

* 강원 남부 : 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백

** 강원 북부 : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

- 2400년 재현주기 위험도 계수 (I) = 2

- 유효지반가속도 (S) = 지진구역계수(Z) x 위험도계수 (I) = 0.22 g

- 지반종류: S4

- 단주기 지반증폭계수, F_a = 1.36

<단주기 지반증폭계수>

지반종류	지진지역				
	$S \leq 0.1$	$S = 0.14$	$S = 0.2$	$S = 0.22$	$S = 0.3$
S1 (암반지반)	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
S2 (얕고 단단한 지반)	1.40	1.40	1.40	1.38	1.30
S3 (얕고 연약한 지반)	1.70	1.62	1.50	1.46	1.30
S4 (깊고 단단한 지반)	1.60	1.52	1.40	1.36	1.20
S5 (깊고 연약한, 매우 연약한 지반)	1.80	1.60	1.30	1.30	1.30

* S 값중 0.14, 0.22의 값은 직선보간한 값

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$$

$$= 0.22 \times 2.5 \times 1.36 \times 0.67 = 0.50$$

($S \times 2/3$: 인명안전 수준의 유효지반가속도, 2.5 : 가속도 일정구간에서 구조물의 응답 증폭)

(3) 수평설계 지진력 최소값 산정식

$$F_{pmin} = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

(4) 수평설계 지진력 최대값 산정식

$$F_{pmax} = 1.6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

(5) 수직방향 지진하중 : F_v

$$F_v = 0.2 \times S_{DS} \times W_p \quad (18.2.1.2)$$

(6) 장비가 고정되는 곳의 콘크리트 : EC1 (KDS 14 20 40 4.1.3)

- 콘크리트 설계기준 강도 (f_{ck}) : 21 Mpa

표 4.1-1 노출범주 및 등급

범주	등급	조건	사례
일반	E0	물리적, 화학적 작용에 의한 콘크리트 손상의 우려가 없는 경우 철근이나 내부 금속의 부식 위험이 없는 경우	· 공기 중 습도가 매우 낮은 건물 내부의 콘크리트
	EC1	건조하거나 수분으로부터 보호되는 또는 영구적으로 습윤한 콘크리트	· 공기 중 습도가 낮은 건물 내부의 콘크리트 · 물에 계속 침지 되어 있는 콘크리트
EC (탄산화)	EC2	습윤하고 드물게 건조되는 콘크리트로 탄산화의 위험이 보통인 경우	· 장기간 물과 접하는 콘크리트 표면 · 외기에 노출되는 기초
	EC3	보통 정도의 습도에 노출되는 콘크리트로 탄산화 위험이 비교적 높은 경우	· 공기 중 습도가 보통 이상으로 높은 건물 내부의 콘크리트1) · 비를 맞지 않는 외부 콘크리트2)
	EC4	건습이 반복되는 콘크리트로 매우 높은 탄산화 위험에 노출되는 경우	· EC2등급에 해당하지 않고, 물 접하는 콘크리트 (예를 들어 비를 맞는 콘크리트 외벽, 난간 등)

표 4.1-3 노출등급에 따른 최소 설계기준 압축강도

항목	노출등급															
	-	EC				ES				EF				EA		
최소 설계기준 압축강도 f_{ck} (Mpa)	E1	EC1	EC2	EC3	EC4	ES1	ES2	ES3	ES4	EF1	EF2	EF3	EF4	EA1	EA2	EA3
	21	21	24	27	30	30	30	35	35	24	27	30	30	27	30	30

(7) 건축물 내진설계 범주 : D (표5.2-1)

표 5.2-1 단주기 설계스펙트럼가속도에 따른 내진설계범주

S_{DS} 의 값	내진등급		
	특	I	II
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D	D
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	D	C	C
$0.17 \leq S_{DS} < 0.33$	C	B	B
$S_{DS} < 0.17$	A	A	A

2. 가동중량 (소방설비 내진설계 기준 적용)

$$F_p = C_p \times W_p$$

C_p (소화배관의 지진계수) = 0.5 적용

3. 내진 버팀대 사양

최소정격 하중(N)	시험각도와 시험하중			
	90도	60도	45도	30도
6,094	13,407	11,611	9,480	6,703
8,385	18,447	15,976	13,044	9,224
11,342	24,952	21,609	17,644	12,476

4. 내진 스톱퍼 사양

최소정격 하중(kg)	H	W	L	앵커	비 고
2,000	240	100	130	M12*2	고정형
5,000	240	140	200	M16*2	고정형
5,000	155~230	150	200	M16*2	조절형

5. 설계계수 (기계 및 전기 비구조요소)

Ⅲ. 내진계산서

1. 전열교환 환기장치 (EU-1), 리스트 번호 1, 수량 1세트

가. 가동중량

No	항 목		기호	단위	내 용			비 고
1	배관 또는 장비중량	장비		kgf	25.0	25.0	천정부착형 1층 설치	
				kgf				
				kgf				
2	장비 부가중량		20%	kgf	5.0			
3	흡입, 토출 배관중량		10%	kgf	3.0			
4	방진가대 규격			mm	L	W	H	
5	부가하중 (방진가대)			kgf	0.0			7,850kg/m ³
	부가하중 (콘크리트)			kgf	0.0			비중 2.0~2.2 kg/l
7	장비 총 중량	구조물에 고정		kgf	33.0			1+2+3+4+5
		방진가대에 고정		kgf	0.0			1+2+3+4+5
8	가동중량 (W _p)	구조물에 고정	120%	kgf	39.6			안전율 산정 - 배관 : 15% - 장비 : 20% - 수조 : 0%
				N	388			
		방진가대에 고정	120%	kgf	0.0			
				N	0			

나. 수평지진력

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{(R_p / I_p)} \times \left(1 + 2 \times \frac{z}{h} \right)$$

F_p : 수평설계 지진력 (N 또는 kgf)

a_p : 증폭계수 (= 2.5)

(표18.4-1)

S_{DS} : 단주기 설계스펙트럼가속도

W_p : 가동중량(N 또는 kgf)

R_p : 반응수정계수 (= 6)

(표18.4-1)

I_p : 중요도계수 (= 1.5)

h : 22.5 m (최하층 바닥에서 지붕층까지의 건물높이)

z : 4.4 m (건물 최하층 바닥레벨기준 설비 높이)

$$F_p = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.50 \times 388}{(6 \times 1.5)} \times \left(1 + 2 \times \frac{4.4}{22.5} \right)$$

$$= 68 \text{ N}$$

구조검토서

Structural Design And Analysis Report

for

원주민간 중앙근린공원 3BL

물탱크 설치공사

(W3,500 x L5,000 x H4,500)

본 구조검토서는 소방기술사가 구조검토를 수행하여 구조안전을 확인하였습니다. 본 구조검토서는 검토서에 포함된 설계조건을 기초로 구조안전을 확인한 것이므로 검토서 내의 설계조건에 유의하여 시공하여야 합니다.



검토 및 승인	고 광 훈	
소방기술사		
주 소	인천광역시 남동구 남동동로 63번길 41	
	E-mail	yunjeontech@naver.com

1. 구조개요

1.1 건축물개요

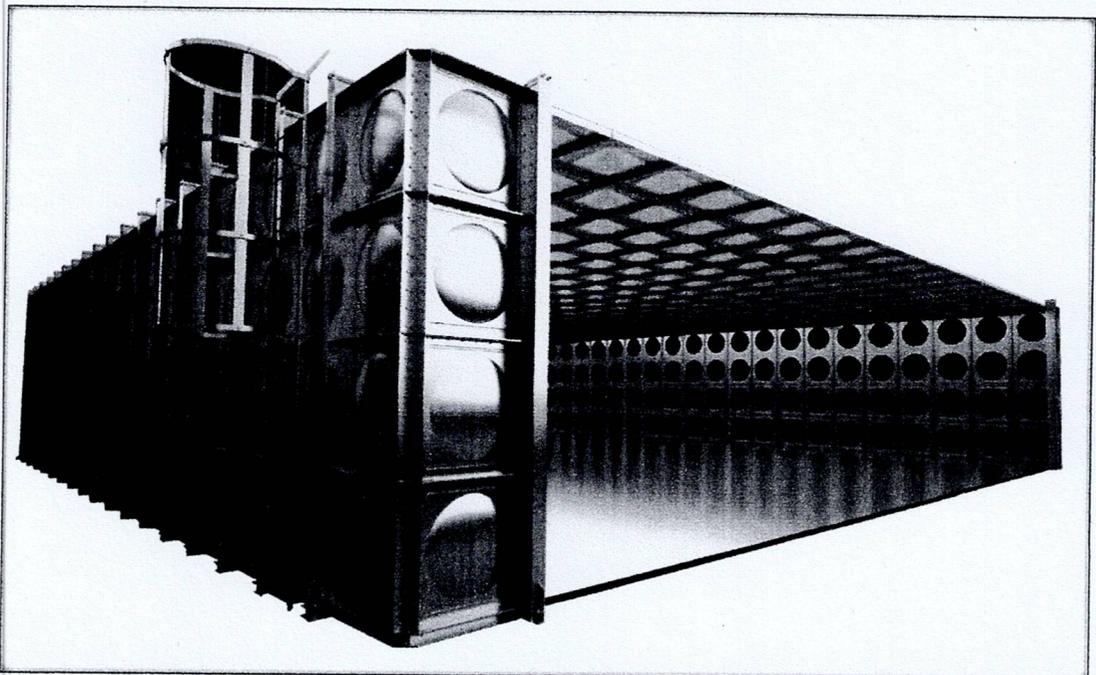
- 1) 현 장 명 : 원주민간 중앙근린공원 3BL
- 2) 위 치 : 강원도 북부
- 3) 용 도 : 저수조(소방내진탱크)

1.2 물탱크개요

- 1) 구조형식 : 판넬조립식 외부보강 PosMAC 내진물탱크
- 2) 규 격 : 3.5m(W) x 5m(L) x 4.5m(H) = 773 (kN)
내용수 높이 3.6 mH
- 3) 설치장소 : 지하or지상
- 4) 기 초 : 콘크리트

1.3 적용기준

- 1) 관련법규 : 건축법 / 건축법 시행령 / 건축법 시행규칙
- 2) 적용기준
 - 건축구조기준(KSD 41 00 008, 2019)
 - 소방시설의 내진설계기준(소방청, 2021)
 - 일본, FRP 수조 구조설계계산법(1996)
 - ACI 350.3, Seismic Design of Liquid-Containing Concrete Structures and Commentary.
 - 강구조설계(허용응력설계법) (KSD 14 30 00, 2019)



< 물탱크 조감도 >

2. 설계하중

2.1 지진하중

2.1.1 지진하중 조건

(1) 지진구역 및 지진위험도

① 지진구역계수

<지진구역계수, Z>

지진구역	구역계수	행정구역
I	0.11	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 경기, 강원남부, 충청남북도, 경상남북도, 전라북도, 전라남도 북동부
II	0.07	강원도 북부, 전라남도 남서부, 제주도

② 위험도계수

<위험도계수, I>

재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년
위험도계수	0.40	0.57	0.73	1.00	1.40	2.00

(2) 지반조건 및 설계응답 스펙트럼

① 지반의 종류

<지반의 분류>

지반종류	지진지역	분류기준	
		기반암 깊이 (m)	토층평균전단파속도 $V_{S,soil}$ (m/s)
S ₁	암반 지반	1 미만	-
S ₂	얕고 단단한 지반	1 ~ 20 이하	260 이상
S ₃	얕고 연약한 지반		260 미만
S ₄	깊고 단단한 지반	20 초과	180 이상
S ₅	깊고 연약한 지반		180 미만
S ₆	부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반		

② 단주기 설계스펙트럼 가속도, S_{DS}

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times \frac{2}{3}$$

여기서, S = 유효지반가속도 (= Z x I)

F_a = 단주기 지반증폭계수

③ 1초주기 설계스펙트럼 가속도, S_{D1}

$$S_{D1} = S \times F_v \times \frac{2}{3}$$

여기서, F_v = 1초주기 지반증폭계수

<지반증폭계수>

지반 종류	단주기 지반증폭계수, F_a			1초주기 지반증폭계수, F_v		
	$S \leq 0.1$	$S=0.2$	$S=0.3$	$S \leq 0.1$	$S=0.2$	$S=0.3$
S_1	1.12	1.12	1.12	0.84	0.84	0.84
S_2	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3
S_3	1.7	1.5	1.3	1.7	1.6	1.5
S_4	1.6	1.4	1.2	2.2	2.0	1.8
S_5	1.8	1.3	1.3	3.0	2.7	2.4

* 위 표에서 s의 중간값에 대하여는 직선보간한다

(3) 설계계수

- ① 중요도계수, $I_p = 1.5$ (소방시설의 내진설계기준, 2021)
- ② 반응수정계수, $R_p = 2.5$ (변형이 제한된 부재 및 부착물)
- ③ 비구조요소의 증폭계수, $\alpha_p = 2.5$ (변형이 제한된 부재 및 부착물)
- ④ 비구조요소의 초과강도계수, $\Omega_s = 2.5$ (변형이 제한된 부재 및 부착물)

2.1.2 가속도 응답하중

(1) 수평설계지진력 (소방시설 내진설계기준)

$$F_p = \frac{0.4\alpha_p S_{DS} W_p}{R_p / I_p} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$$

$$0.3 S_{DS} I_p W_p \leq F_p \leq 1.6 S_{DS} I_p W_p$$

여기서, F_p = 비구조요소의 질량중심에 작용하는 설계지진력

α_p = 비구조요소의 증폭계수

I_p = 비구조요소의 중요도계수

h = 구조물의 밑면으로부터 지붕층의 평균높이

R_p = 비구조요소의 반응수정계수

S_{DS} = 단주기 설계스펙트럼가속도

W_p = 비구조요소의 작동상태를 고려한 중량

z = 구조물의 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이

- 설계용 수평진도, k_H

$$k_H = \frac{F_p}{W_p} = \frac{0.4\alpha_p S_{DS}}{R_p / I_p} \left(1 + 2 \frac{z}{h}\right)$$

(2) 수조 내에 작용하는 변동압력

① 측벽에 작용하는 변동수압

○ $h \leq 1.5l$,

$$P_w = \sqrt{3} \cdot \gamma \cdot k_H \cdot h \cdot \left\{ \frac{y}{h} - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right\} \cdot \tanh \left(\sqrt{3} \frac{l}{h} \right)$$

○ $h > 1.5l$,

… $0 \leq y \leq 1.5l$ 의 경우

$$P_w = \sqrt{3} \cdot \gamma \cdot k_H \cdot \frac{3}{2} l \cdot \left\{ \frac{2y}{3l} - \frac{1}{2} \left(\frac{2y}{3l} \right)^2 \right\} \cdot \tanh \left(\frac{2\sqrt{3}}{3} \right)$$

… $1.5l \leq y \leq h$ 의 경우

$$P_w = \gamma \cdot k_H \cdot l$$

② 바닥판에 작용하는 변동수압

○ $h \leq 1.5l$,

$$P_b = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \gamma \cdot k_H \cdot h \cdot \frac{\sinh \left(\sqrt{3} \frac{x}{h} \right)}{\cosh \left(\sqrt{3} \frac{l}{h} \right)}$$

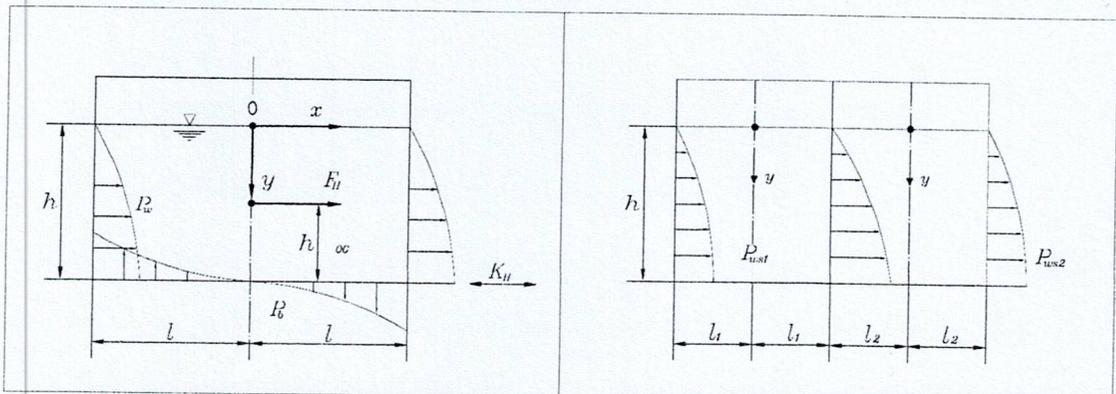
○ $h > 1.5l$,

$$P_b = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \gamma \cdot k_H \cdot \frac{3}{2} l \cdot \frac{\sinh \left(\frac{2x}{3h} \right)}{\cosh \left(\frac{2\sqrt{3}}{3} \right)}$$

③ 칸막이벽에 작용하는 변동수압

○ $h \leq 1.5l_n$,

$$P_{wsn} = D_s \sqrt{3} \cdot \gamma \cdot k_H \cdot h \cdot \left\{ \frac{y}{h} - \frac{1}{2} \left(\frac{y}{h} \right)^2 \right\} \cdot \tanh \left(\sqrt{3} \frac{l_n}{h} \right)$$



< 측벽 및 바닥판에 작용하는 변동수압 >

< 칸막이벽에 작용하는 변동수압 >

한화건설 카카오데이터센터 시스템채널 내진 제안서

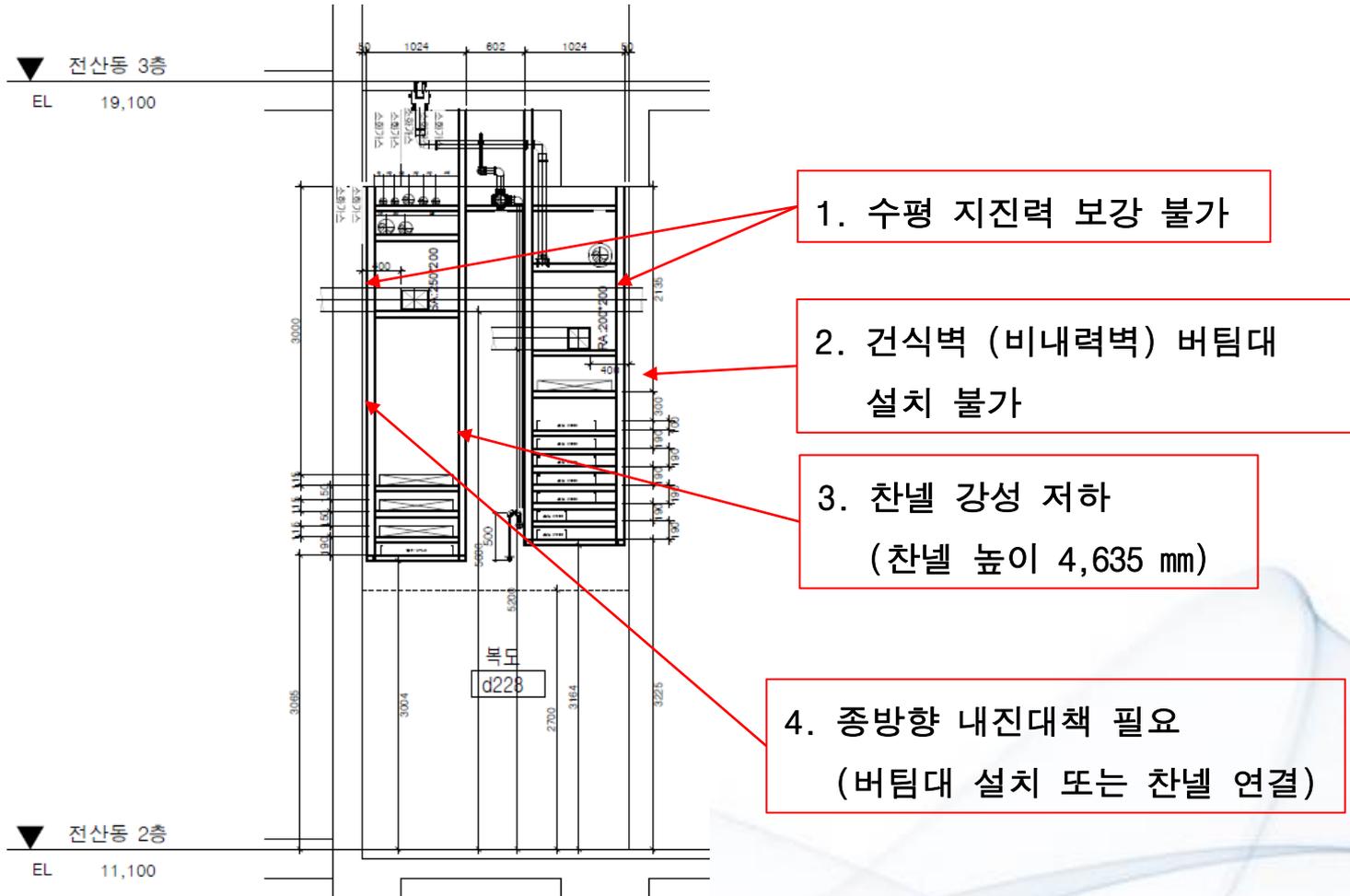
Contents

1. 설계 기술자
2. 주요 문제점
3. 1차 검토 전제사항
4. 내진 계산
5. 해결 방안
6. 향후 계획

2022년 09월 23일

2. 주요 문제점

문제점 분석



4. 내진 계산

내진계산 Engineering

I. 내진설계 개요

1. 설치 개요

공사명	카카오 데이터 센터
대지위치	
규모/용도	데이터센터
중요도분류	특급
특기사항	

2. 설계방법 및 적용기준

- . 건축구조기준 총칙 (KDS 41 10 05 : 2019.3.14)
- . 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00 : 2019.3.14)
- . 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 (국토교통부령 제882호)
- . 내진설계 일반 (KDS 17 10 00 : 2018.12.31.)
- . 콘크리트구조 내구성 설계기준 (KDS 14 20 40 : 2021.2.18)
- . 건축법 시행령 [시행 2021. 1. 8] [법률 제17223호, 2020. 4. 7]
- . 건축법 시행령 [대통령령 제31270호, 2020. 12. 15]
- . 건축법 시행규칙 [국토교통부령 제882호, 2021. 8. 27]
- . 소방시설의 내진설계 기준 [소방청고시 제2021-15호]

3. 사용재료의 종류 및 설계기준 강도

재료	규격	설계기준 강도
콘크리트	KDS 14 20 40 4.1.3	fck = 30 Mpa
강재	KS D 3503 (SS275)	Fy = 275 Mpa
앵커볼트	Fisher FAZII M12	Fy = 560 Mpa
		Futa : 700 Mpa

4. 특기사항

- . 본 내진계산서는 내진기준(건축물,소방)의 준수하는 수준으로 설계
- . 시공시 설계조건이 상이할 경우에는 재검토하여 안전성을 확보하여 시공해야 함
- . 본 계산서를 임의 변경이나 이용하는 것을 금함
- . 발주처에서 주어진 장비의 제원과 설치위치에 근거하여 계산함.
- . 변경사항이 있을 경우에는 재검토가 필요함

II. 설계하중 (내진설계 ASD 설계법 적용)

1. 가동중량 (건축물 내진설계 기준 적용)

2층 SECTION 6

기계소방	Size	Weight	EA	간격	무게
소방가스 (스캐폴드배관)	#40 φ65	9.12 kg/m	4	2.5	91.2
	#40 φ80	11.3 kg/m	-	-	-
	#40 φ100	16 kg/m	1	2.5	40.0
	#40 φ125	21.7 kg/m	2	2.5	108.5
	#40 φ150	27.7 kg/m	-	-	-
소방 배관 (SP, H)	강관 φ50	9.414 kg/m	-	-	-
	강관 φ65	14.009 kg/m	-	-	-
	강관 φ100	26.13 kg/m	-	-	-
	강관 φ150	46.476 kg/m	-	-	-

기계	Size	Weight	EA	간격	무게
기계 벽트	250x200	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
	200x200	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
기계 배관	DB00(수파이프)	2.1 kg/m	1	2.5	5.3
	냉매배관 (동파이프)	5.0 kg/m	-	-	-

전기/통신	Size	Weight	EA	간격	무게
전기 배스덕트	764x115	75 kg/m	4	2.5	750.0
전기 트레이	W750, W300	53.4 kg/m	1	2.5	133.5
통신 트레이	W600, W300	34 kg/m	7	2.5	595.0

* 소방 배관 하중 (관+유체 중량, 운전하중 25%)

합계 1,754.9

시스템 찬냉	Size	Weight	EA	간격	무게
JY 40/60	764x115	4.24 kg/m	1	36.0	198.4

* 시스템 찬냉 하중 (찬냉+액세서리 30%)

총합계 1,953.3 kg
19,142.2 N

2층 SECTION 23

기계소방	Size	Weight	EA	간격	무게
소방가스 (스캐폴드배관)	#40 φ65	9.12 kg/m	2	2.5	56.5
	#40 φ80	11.3 kg/m	-	-	-
	#40 φ100	16 kg/m	1	2.5	54.3
	#40 φ125	21.7 kg/m	1	2.5	69.3
	#40 φ150	27.7 kg/m	-	-	-
소방 배관 (SP, H)	강관 φ50	9.414 kg/m	-	-	-
	강관 φ65	14.009 kg/m	-	-	-
	강관 φ100	26.13 kg/m	-	-	-
	강관 φ150	46.476 kg/m	-	-	-

기계	Size	Weight	EA	간격	무게
기계 벽트	750x450	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
	600x600	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
기계 배관	DB00(수파이프)	2.1 kg/m	1	2.5	5.3
	냉매배관 (동파이프)	5.0 kg/m	-	-	-

전기/통신	Size	Weight	EA	간격	무게
전기 배스덕트	764x115	75 kg/m	-	-	-
전기 트레이	W750, W300	53.4 kg/m	1	2.5	133.5
통신 트레이	W600, W300	34 kg/m	3	2.5	255.0

* 소방 배관 하중 (관+유체 중량, 운전하중 25%)

합계 605.2

시스템 찬냉	Size	Weight	EA	간격	무게
JY 40/60	764x115	4.24 kg/m	1	30.0	165.4

* 시스템 찬냉 하중 (찬냉+액세서리 20%)

총합계 770.5 kg
7,551.0 N

6층 SECTION 4 (추정)

기계소방	Size	Weight	EA	간격	무게
소화가스 (스케줄배관)	#40 φ65	9.12 kg/m	5		114.0
	#40 φ80	11.3 kg/m	1	2.5	28.3
	#40 φ100	16 kg/m			-
	#40 φ125	21.7 kg/m	1	2.5	54.3
소방 배관 (SP, H)	#40 φ150	27.7 kg/m		2.5	-
	강관 φ50	9.414 kg/m	1		23.5
	강관 φ65	14.009 kg/m	1		35.0
	강관 φ100	26.13 kg/m	1		65.3
강관 φ150	48.476 kg/m			-	

기계	Size	Weight	EA	간격	무게
기계 덕트	750x450	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
	600x600	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
기계 배관	D80C(수파이프)	2.1 kg/m		2.5	-
	냉매배관 (동파이프)	5.0 kg/m	1	2.5	12.5

전기/통신	Size	Weight	EA	간격	무게
전기 부스덕트	764x115	75 kg/m			-
전기 트레이	W750, W300	53.4 kg/m		2.5	-
통신 트레이	W600, W300	34 kg/m		2.5	-

* 소방 배관 하중 (과+유체 중량, 운전하중 25%)

합계 364.3

시스템 찬냉	Size	Weight	EA	길이	무게
JV 40/60	764x115	4.24 kg/m	1	18.1	99.8

* 시스템찬냉 하중 (찬냉+에세서리 20%)

총합계 464.0 kg
4,547.7 N

2. 수평지진력

(1) 설계 수평지진력

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{(R_p / I_p)} \times (1 + 2 \times \frac{z}{h})$$

F_p : 수평설계 지진력 (N 또는 kgf)

a_p : 증폭계수 2.5

S_{DS} : 단주기 설계스펙트럼가속도

W_p : 가동중량(N 또는 kgf)

R_p : 반응수정계수 6

I_p : 중요도계수 1.5

h : 46.1 m (최하층 바닥에서 지붕층까지의 건물높이)

z : 16.1 m (건물 2층 시스템찬냉 높이)

44.1 m (건물 6층 시스템찬냉 높이)

(2) 단주기 설계스펙트럼가속도, S_{DS} 값 산출

- 지진구역계수 (Z) = 0.11

<지진구역>

구역	행정구역	Z
I	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종 경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부*	0.11
II	강원북부**, 제주	0.07

* 강원 남부: 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백

** 강원 북부: 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

- 2400년 재현주기 위험도 계수 (I) = 2

- 유효지반가속도 (S) = 지진구역계수(Z) x 위험도계수 (I) = 0.22 g

⇒ 본 데이터 센터의 전산동 및 지하부는 0.30 g로 적용

- 지반종류: S4

- 단주기 지반증폭계수, F_a = 1.20

<단주기 지반증폭계수>

지반종류	지진지역				
	$S \leq 0.1$	$S=0.14$	$S=0.2$	$S=0.22$	$S=0.3$
S1 (암반지반)	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
S2 (알고 단단한 지반)	1.40	1.40	1.40	1.38	1.30
S3 (알고 연약한 지반)	1.70	1.62	1.50	1.46	1.30
S4 (깊고 단단한 지반)	1.60	1.52	1.40	1.36	1.20
S5 (깊고 연약한, 매우 연약한 지반)	1.80	1.60	1.30	1.30	1.30

* S 값중 0.14, 0.22의 값은 직선보간한 값

$$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$$

$$= 0.3 \times 2.5 \times 1.2 \times 0.67 = 0.60$$

(S x 2/3 : 인명안전 수준의 유효지반가속도, 2.5 : 가속도 일정구간에서 구조물의 응답 증폭)

(3) 수평설계 지진력 최소값 산정식

$$F_{pmin} = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

(4) 수평설계 지진력 최대값 산정식

$$F_{pmax} = 1.6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

(5) 수직방향 지진하중 : F_v
 $F_v = 0.2 \times S_{DS} \times W_p$ (18.2.1.2)

(6) 장비가 고정되는 곳의 콘크리트 : EC4 (KDS 14 20 40 4.1.3)
 - 콘크리트 설계기준 강도 (f_{ck}) : 30 Mpa

표 4.1-1 노출범주 및 등급

범주	등급	조건	사례
일반	E0	물리적, 화학적 작용에 의한 콘크리트 손상의 우려가 없는 경우 월간이나 내부 금속의 부식 위험이 없는 경우	공기 중 습도가 매우 낮은 건물 내부의 콘크리트
	EC1	건조하거나 수분으로부터 보호되는 또는 영구적으로 습윤한 콘크리트	공기 중 습도가 낮은 건물 내부의 콘크리트 출에 계속 침지 되어 있는 콘크리트
EC (탄산화)	EC2	습윤하고 드물게 건조되는 콘크리트로서 탄산화의 위험이 보통인 경우	장기간 물과 접하는 콘크리트 표면 외기에 노출되는 기초
	EC3	보통 정도의 습도에 노출되는 콘크리트로서 탄산화 위험이 비교적 높은 경우	공기 중 습도가 보통 이상으로 높은 건물 내부의 콘크리트1) - 비를 맞지 않는 외부 콘크리트2)
	EC4	건습이 반복되는 콘크리트로서 매우 높은 탄산화 위험에 노출되는 경우	EC2등급에 해당하지 않고, 물과 접하는 콘크리트 (예를 들어 비를 맞는 콘크리트 외벽, 난간 등)

표 4.1-3 노출등급에 따른 최소 설계기준 압축강도

항목	노출등급															
	-	EC				ES				EF				EA		
최소 설계기준 압축강도 f_{ck} (Mpa)	E1	EC1	EC2	EC3	EC4	ES1	ES2	ES3	ES4	EF1	EF2	EF3	EF4	EA1	EA2	EA3
	21	21	24	27	30	30	30	35	35	24	27	30	30	27	30	30

(7) 건축물 내진설계 범주 : D

표 5.2-1 단주기 설계스펙트럼가속도에 따른 내진등급

β_{req} 의 값	내진등급		
	III	I	II
$0.50 \leq S_{req}$	D	D	D
$0.33 \leq S_{req} < 0.50$	D	C	C
$0.17 \leq S_{req} < 0.33$	C	B	B
$S_{req} < 0.17$	A	A	A

III. 내진계산서

1. 2층의 SECTION 6의 수평지진력

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{(R_p / I_p)} \times (1 + 2 \times \frac{z}{h})$$

$$F_p = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.60 \times 19,142}{(6 / 1.5)} \times (1 + 2 \times \frac{16.1}{46.1}) = 4,877 \text{ N}$$

. 수평설계 지진력 최소값 산정 :

$$F_{pmin} = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p = 0.3 \times 0.60 \times 1.5 \times 19,142 = 5,168 \text{ N}$$

. 수평설계 지진력 최대값 산정 :

$$F_{pmax} = 1.6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p = 1.6 \times 0.60 \times 1.5 \times 19,142 = 27,565 \text{ N}$$

. 수평지진력 선정 : 5,168 N

. 버팀대에 작용하는 최대수평지진력 : 10,337 N

. 수직설계 지진력 : F_v

$$F_v = 0.2 \times S_{DS} \times W_p = 0.2 \times 0.60 \times 19,142 \text{ N} = 2,297 \text{ N}$$

2. 2층의 SECTION 23의 수평지진력

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{(R_p / I_p)} \times (1 + 2 \times \frac{z}{h})$$

$$F_p = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.60 \times 7,551}{(6 / 1.5)} \times (1 + 2 \times \frac{16.1}{46.1}) = 1,924 \text{ N}$$

. 수평설계 지진력 최소값 산정 :

$$F_{pmin} = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

$$= 0.3 \times 0.60 \times 1.5 \times 7,551 = 2,039 \text{ N}$$

. 수평설계 지진력 최대값 산정 :

$$F_{pmax} = 1.6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p \\ = 1.6 \times 0.60 \times 1.5 \times 7,551 = 10,873 \text{ N}$$

. 수평지진력 선정 : **2,039 N**

. 버팀대에 작용하는 최대수평지진력 : **4,077 N**

. 수직설계 지진력 : F_v

$$F_v = 0.2 \times S_{DS} \times W_p \\ = 0.2 \times 0.60 \times 7,551 \text{ N} \\ = \mathbf{906 \text{ N}}$$

3. 6층의 SECTION 4의 수평지진력

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{(R_p / I_p)} \times (1 + 2 \times \frac{z}{h})$$

$$F_p = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.60 \times 4,547}{(6 / 1.5)} \times (1 + 2 \times \frac{44.1}{46.1}) \\ = 1,986 \text{ N}$$

. 수평설계 지진력 최소값 산정 :

$$F_{pmin} = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p \\ = 0.3 \times 0.60 \times 1.5 \times 4,547 = 1,228 \text{ N}$$

. 수평설계 지진력 최대값 산정 :

$$F_{pmax} = 1.6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p \\ = 1.6 \times 0.60 \times 1.5 \times 4,547 = 6,548 \text{ N}$$

. 수평지진력 선정 : **1,986 N**

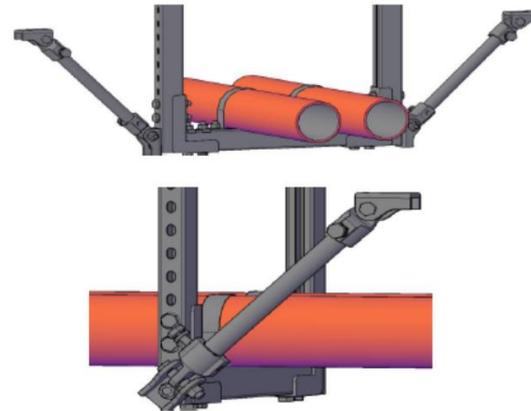
. 버팀대에 작용하는 최대수평지진력 : **3,973 N**

. 수직설계 지진력 : F_v

$$F_v = 0.2 \times S_{DS} \times W_p \\ = 0.2 \times 0.60 \times 4,547 \text{ N} \\ = \mathbf{546 \text{ N}}$$

III. 검토결과

1. 2층 SECTION6의 내진 보강을 위한 버팀대는 30도로 설치할 경우 10,000 N 이상의 내력을 보유해야 함 (45도로 설치할 경우에는 7,300 N 이상의 내력)



※ 내진 버팀대 사양 (KFI 기준)

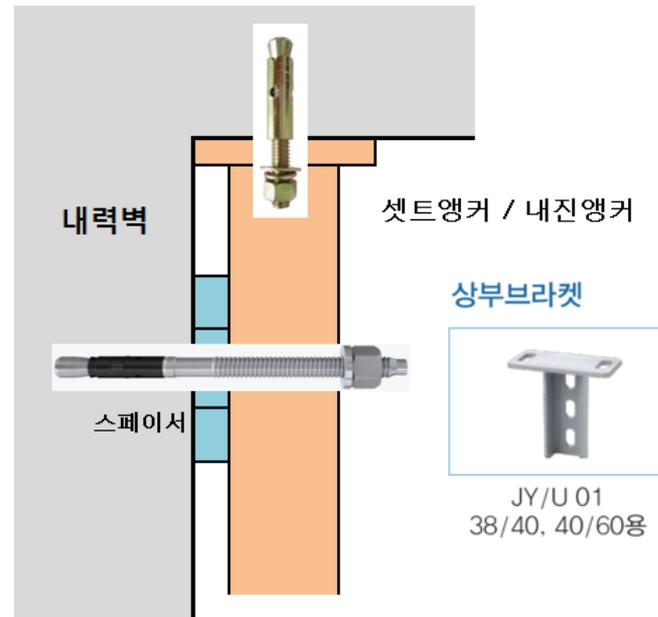
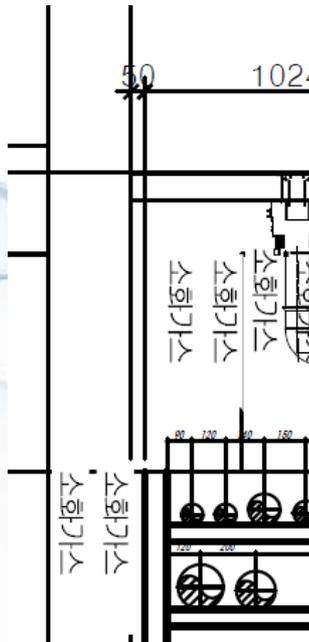
최소정격 하중(N)	시험각도와 시험하중			
	90도	60도	45도	30도
6,094	13,407	11,611	9,480	6,703
8,385	18,447	15,976	13,044	9,224
11,342	24,952	21,609	17,644	12,476

2. 본 결과에 따른 내진양카의 적정성 검토를 추가로 해야 함
3. 내진전용 프로그램(MIDASGEN)으로 상세검토 추진 필요

5. 해결방안

1. 수평지진력 보강 대책 불가

- (1안) 시스템 채널과 벽의 간격 50mm 제거, 시스템 채널을 벽면에 고정하여 강성 확보
- ⇒ 틈새 조절용 스페이서 추가 및 앵커볼트 시공 (수량과 강성은 추후 검토)
 - ⇒ 반대편 채널 부분의 보강대책이 불가능한 곳을 위해 강성 최대한 확보 필요



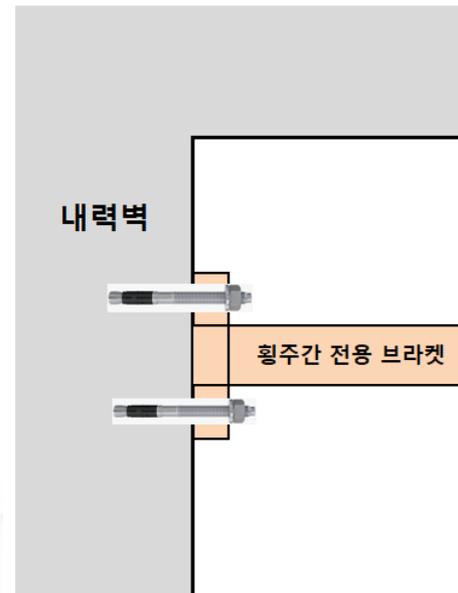
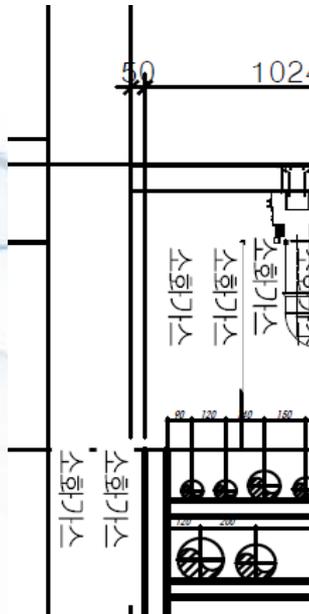
5. 해결방안

1. 수평지진력 보강 대책 불가



(2안) 벽면 측에 설치되는 수직 찬넬을 제거하고, 벽체 전용 횡주관 브라켓 또는 상부 브라켓을 벽면에 내진 앵커로 고정하여 강성 확보

⇒ 틈새 없이 직접 고정되어 수평 지진력에 대한 내진성능 확보 가능 (추천 방안)



상부브라켓



JY/U 01
38/40, 40/60용



JY/W 40/60
(횡주관)

2. 건식벽 (비내력벽) 버팀대 설치 불가



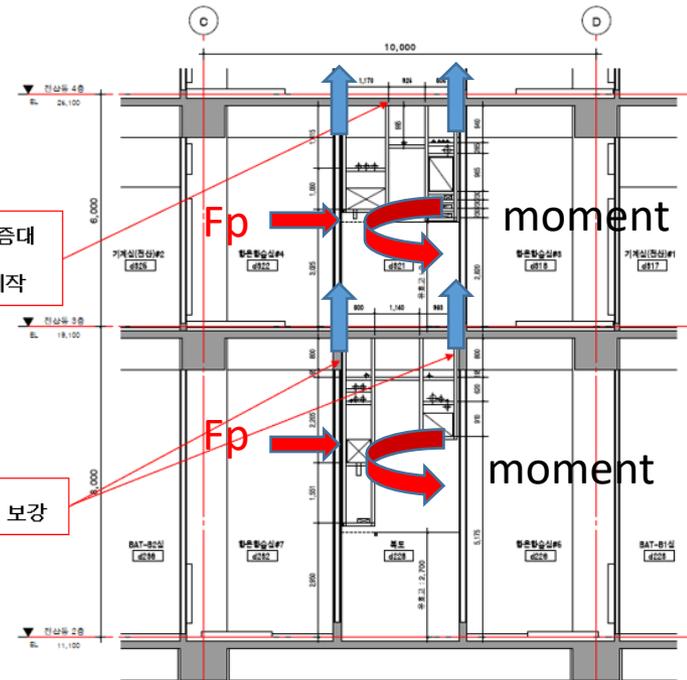
(2안) C-D열의 복도 통합배관의 수평 수평지진력 보강을 위한 버팀대를 건식벽에 고정할 수 없어 모멘트 발생 (관련분야 설계 변경 검토 병행 필요)

⇒ 대책 "3"을 수행하고, 수평지진력에 의한 모멘트 발생 보강대책으로

- ① 구조해석 결과 반영하여 내진앵커 용량/수량 증대, 시스템 채널의 해당 브라켓 별도 제작하여 보강 (종방향은 버팀대는 설치 가능)
- ② 2층 일부 설치가능한 곳(800mm)은 구조해석 결과를 반영 내진앵커 추가/보강 (종방향은 버팀대 설치 가능)

내진앵커 용량 증대
브라켓 별도제작

좌우 내진앵커 보강



※ 내진앵커 성능 검토 (카카오 데이터 센터 콘크리트 강도 및 ASD 내진설계 적용)

. M12 내진앵커

fischer
innovative solutions

Anchor Design for ACI 318-14, Chapter 17

- Anchor Design Method : NFPA 13 2016 -ACI 318-14, Chapter 17 & ICC-ES Report
- Product : fischer FAZII M12 Anchor design (FAZII) (ICC-ES Report ESR-2948)

1. 앵커 설치 조건

콘크리트 압축 강도	f_{ck} :	30 MPa
유효삽입깊이	h_{ef} :	70 mm
콘크리트 두께	h_b :	200 mm
최소 앵커볼트 간격	s_{min} :	50 mm
최소 연단거리	c_{min} :	60 mm
연단거리(전단방향)	c_{s1} :	300 mm




인장 및 전단 하중에서의 앵커의 허용 저항값(단일앵커) - ASD
: NFPA 13 에서 제시하는 감소 계수 값(0.43) 을 적용하여 계산된 앵커의 최종 저항값은 다음과 같다.

Tension :	12.8	x	0.43	5.5 kN
Shear :	18.2	x	0.43	7.8 kN

2. 인장 및 전단하중에서의 앵커의 설계 저항 값(단일앵커) -LRFD

인장 : $\text{Min} \{ \phi N_{sa} : \phi N_{cb} \times 0.75 : \phi N_{p,eq} \} = 12.8 \text{ kN}$
 전단 : $\text{Min} \{ \phi V_{eq} : \phi V_{cb} : \phi V_{cp} \} = 18.2 \text{ kN}$
 * 인장에서 적용되는 0.75는 Seismic reduction factor 0.75 임.

. M16 내진앵커

fischer
innovative solutions

Anchor Design for ACI 318-14, Chapter 17

- Anchor Design Method : NFPA 13 2016 -ACI 318-14, Chapter 17 & ICC-ES Report
- Product : fischer FAZII M16 Anchor design (FAZII) (ICC-ES Report ESR-2948)

1. 앵커 설치 조건

콘크리트 압축 강도	f_{ck} :	30 MPa
유효삽입깊이	h_{ef} :	85 mm
콘크리트 두께	h_b :	200 mm
최소 앵커볼트 간격	s_{min} :	80 mm
최소 연단거리	c_{min} :	65 mm
연단거리(전단방향)	c_{s1} :	300 mm




인장 및 전단 하중에서의 앵커의 허용 저항값(단일앵커) - ASD
: NFPA 13 에서 제시하는 감소 계수 값(0.43) 을 적용하여 계산된 앵커의 최종 저항값은 다음과 같다.

Tension :	24.1	x	0.43	10.4 kN
Shear :	35.1	x	0.43	15.1 kN

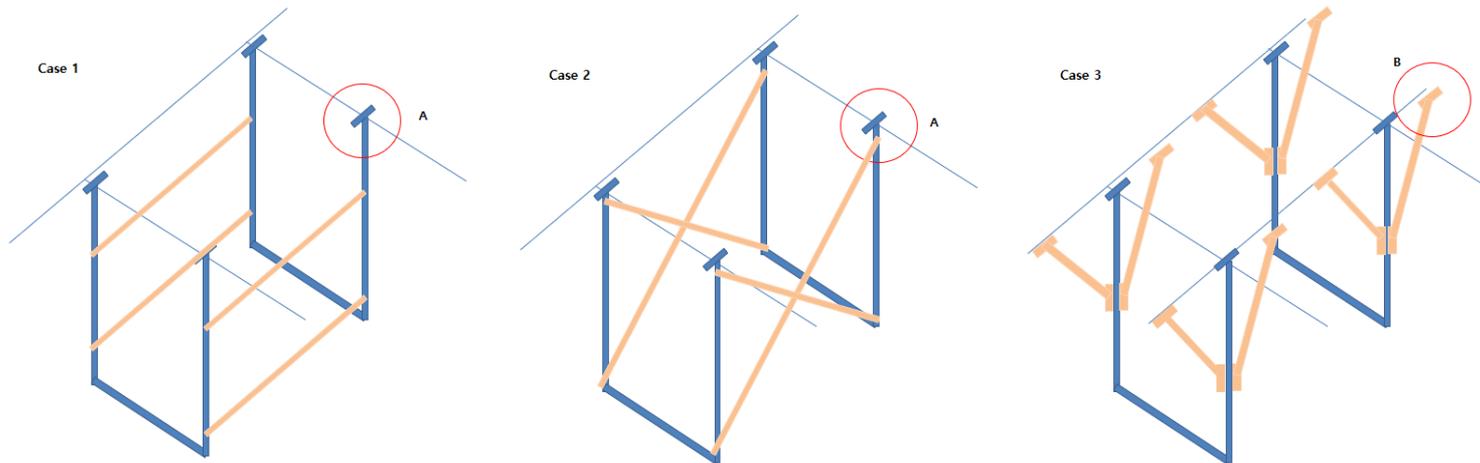
2. 인장 및 전단하중에서의 앵커의 설계 저항 값(단일앵커) -LRFD

인장 : $\text{Min} \{ \phi N_{sa} : \phi N_{cb} \times 0.75 : \phi N_{p,eq} \} = 24.1 \text{ kN}$
 전단 : $\text{Min} \{ \phi V_{eq} : \phi V_{cb} : \phi V_{cp} \} = 35.1 \text{ kN}$
 * 인장에서 적용되는 0.75는 Seismic reduction factor 0.75 임.

4. 종방향 내진대책 필요 (버팀대 또는 채널 연결)



4. 횡, 종방향으로 수평지진력에 대한 내진성능을 갖기 위한 방안은 3가지 Case를 검토함



- . Case 1,2는 여러 채널을 하나의 구성체로 할 수 있으나 각 A 지점에 전체 중량에 대한 지진하중(수평지진력)이 걸려 횡방향과 종방향 수평 지진력에 대한 대책으로는 곤란함
- . Case 3는 Dead Load와 Seismic force를 각각 대처 가능 (각 부재 구조해석 후에 확정)

II. 설계하중 (내진설계 ASD 설계법 적용)

1. 가동중량 (건축물 내진설계 기준 적용)

2층 SECTION 6

기계소방	Size	Weight	EA	간격	무게
소화가스 (스케줄배관)	#40 φ65	9.12 kg/m	4	2.5	91.2
	#40 φ80	11.3 kg/m			-
	#40 φ100	16 kg/m	1	2.5	40.0
	#40 φ125	21.7 kg/m	2	2.5	108.5
	#40 φ150	27.7 kg/m			-
소방 배관 (SP, H)	강관 φ50	9.414 kg/m			-
	강관 φ65	14.009 kg/m			-
	강관 φ100	26.13 kg/m			-
	강관 φ150	48.476 kg/m			-

기계	Size	Weight	EA	간격	무게
기계 덕트	250x200	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
	200x200	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
기계 배관	D80(수파이프)	2.1 kg/m	1	2.5	5.3
	냉매배관 (동파이프)	5.0 kg/m			

전기/통신	Size	Weight	EA	간격	무게
전기 부스덕트	764x115	75 kg/m	4	2.5	750.0
전기 트레이	W750, W300	53.4 kg/m	1	2.5	133.5
통신 트레이	W600, W300	34 kg/m	7	2.5	595.0

* 소방 배관 하중 (관+유체 중량, 운전하중 25%)

합계 1,754.9

시스템 찬널	Size	Weight	EA	길이	무게
JY 40/60	764x115	4.24 kg/m	1	36.0	198.4

* 시스템찬널 하중 (찬널+액세서리 30%)

총합계 1,953.3 kg
19,142.2 N

2층 SECTION 23

기계소방	Size	Weight	EA	간격	무게
소화가스 (스케줄배관)	#40 φ65	9.12 kg/m			-
	#40 φ80	11.3 kg/m	2	2.5	56.5
	#40 φ100	16 kg/m			-
	#40 φ125	21.7 kg/m	1	2.5	54.3
	#40 φ150	27.7 kg/m	1	2.5	69.3
소방 배관 (SP, H)	강관 φ50	9.414 kg/m			-
	강관 φ65	14.009 kg/m			-
	강관 φ100	26.13 kg/m			-
	강관 φ150	48.476 kg/m			-

기계	Size	Weight	EA	간격	무게
기계 덕트	750x450	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
	600x600	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
기계 배관	D80(수파이프)	2.1 kg/m	1	2.5	5.3
	냉매배관 (동파이프)	5.0 kg/m			

전기/통신	Size	Weight	EA	간격	무게
전기 부스덕트	764x115	75 kg/m			-
전기 트레이	W750, W300	53.4 kg/m	1	2.5	133.5
통신 트레이	W600, W300	34 kg/m	3	2.5	255.0

* 소방 배관 하중 (관+유체 중량, 운전하중 25%)

합계 605.2

시스템 찬널	Size	Weight	EA	길이	무게
JY 40/60	764x115	4.24 kg/m	1	30.0	165.4

* 시스템찬널 하중 (찬널+액세서리 20%)

총합계 770.5 kg
7,551.0 N

6층 SECTION 4 (추정)

기계소방	Size	Weight	EA	간격	무게
소화가스 (스케줄배관)	#40 φ65	9.12 kg/m	5		114.0
	#40 φ80	11.3 kg/m	1	2.5	28.3
	#40 φ100	16 kg/m			-
	#40 φ125	21.7 kg/m	1	2.5	54.3
	#40 φ150	27.7 kg/m		2.5	-
소방 배관 (SP, H)	강관 φ50	9.414 kg/m	1		23.5
	강관 φ65	14.009 kg/m	1		35.0
	강관 φ100	26.13 kg/m	1		65.3
	강관 φ150	48.476 kg/m			-

기계	Size	Weight	EA	간격	무게
기계 덕트	750x450	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
	600x600	6.28 kg/m ²	1	2.5	15.7
기계 배관	D80(수파이프)	2.1 kg/m		2.5	-
	냉매배관 (동파이프)	5.0 kg/m	1	2.5	12.5

전기/통신	Size	Weight	EA	간격	무게
전기 부스덕트	764x115	75 kg/m			-
전기 트레이	W750, W300	53.4 kg/m		2.5	-
통신 트레이	W600, W300	34 kg/m		2.5	-

* 소방 배관 하중 (관+유체 중량, 운전하중 25%)

합계 364.3

시스템 찬널	Size	Weight	EA	길이	무게
JY 40/60	764x115	4.24 kg/m	1	18.1	99.8

* 시스템찬널 하중 (찬널+액세서리 20%)

총합계	464.0	kg
	4,547.7	

2. 수평지진력

(1) 설계 수평지진력

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{(R_p / I_p)} \times \left(1 + 2 \times \frac{z}{h}\right)$$

F_p : 수평설계 지진력 (N또는 kgf)

a_p : 증폭계수 2.5

S_{DS} : 단주기 설계스펙트럼가속도

W_p : 가동중량(N 또는 kgf)

R_p : 반응수정계수 6

I_p : 중요도계수 1.5

h : 46.1 m (최하층 바닥에서 지붕층까지의 건물높이)

z : 16.1 m (건물 2층 시스템찬널 높이)

44.1 m (건물 6층 시스템찬널 높이)

Ⅲ. 내진계산서

1. 2층의 SECTION 6의 수평지진력 (가장 큰 경우 적용)

$$F_p = \frac{0.4 \times a_p \times S_{DS} \times W_p}{(R_p / I_p)} \times \left(1 + 2 \times \frac{z}{h} \right)$$

$$F_p = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.60 \times 19,142}{\left(\frac{6}{1.5} \right)} \times \left(1 + 2 \times \frac{16.1}{46.1} \right)$$

$$= 4,877 \text{ N}$$

. 수평설계 지진력 최소값 산정 :

$$F_{pmin} = 0.3 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

$$= 0.3 \times 0.60 \times 1.5 \times 19,142 = 5,168 \text{ N}$$

. 수평설계 지진력 최대값 산정 :

$$F_{pmax} = 1.6 \times S_{DS} \times I_p \times W_p$$

$$= 1.6 \times 0.60 \times 1.5 \times 19,142 = 27,565 \text{ N}$$

. 수평지진력 선정 : **5,168 N**

. 30도 보강용 버팀대 작용 최대수평지진력 : **10,337 N**

. 수직설계 지진력 : F_v

$$F_v = 0.2 \times S_{DS} \times W_p$$

$$= 0.2 \times 0.60 \times 19,142 \text{ N}$$

$$= **2,297 N**$$

2. 최대의 지진력이 발생하는 2층의 수평지진력과 수직 지진력을 중간부의 복도에 적용하여 검토

(1) 내진앵커 성능 (내진설계 ASD에 의한 성능 계산결과)

- 카카오 데이터센터의 콘크리트 강도 30 Mpa 적용

(단위: KN)

종 류	하중저항계수설계법(LRFD)		허용응력설계법 (ASD)	
	인장하중	전단하중	인장하중	전단하중
FAZⅡ, M12/10 (근입깊이 70mm)	12.80	18.20	5.50	7.83
FAZⅡ, M16/25 (근입깊이 85mm)	24.10	35.10	10.36	15.09

※ 첨부 : 내진앵커 계산서 참조

3. 중량

- 가동중량 : 19,142 N
- 수평지진력 (Fp) : 5,168 N
- 수직지진력 (Fv) : 2,297 N

4. 내진앵커의 Moment 및 인발력 검토

(1) 인장력

- 가동중량 + 수직력 : **21,439 N**

- 앵커 설치수량 : 8 개 (각 상부브라켓에 2개씩 설치*4개소)
- M12 인장력 : 5,504 N
- M16 인장력 : 10,363 N
- 설치수량 : 8 개 (각 상부브라켓에 2개씩 설치*4개소)

따라서 M12 내진앵커의 8개는 **44,032 N**
M16 내진앵커의 8개는 **82,904 N**

(2) 내진앵커의 Moment 검토

- 최대의 가동중량과 지진수평력이 시스템찬넬의 중앙부에서 발생하는 Moment에 대한 앵커볼트의 내력

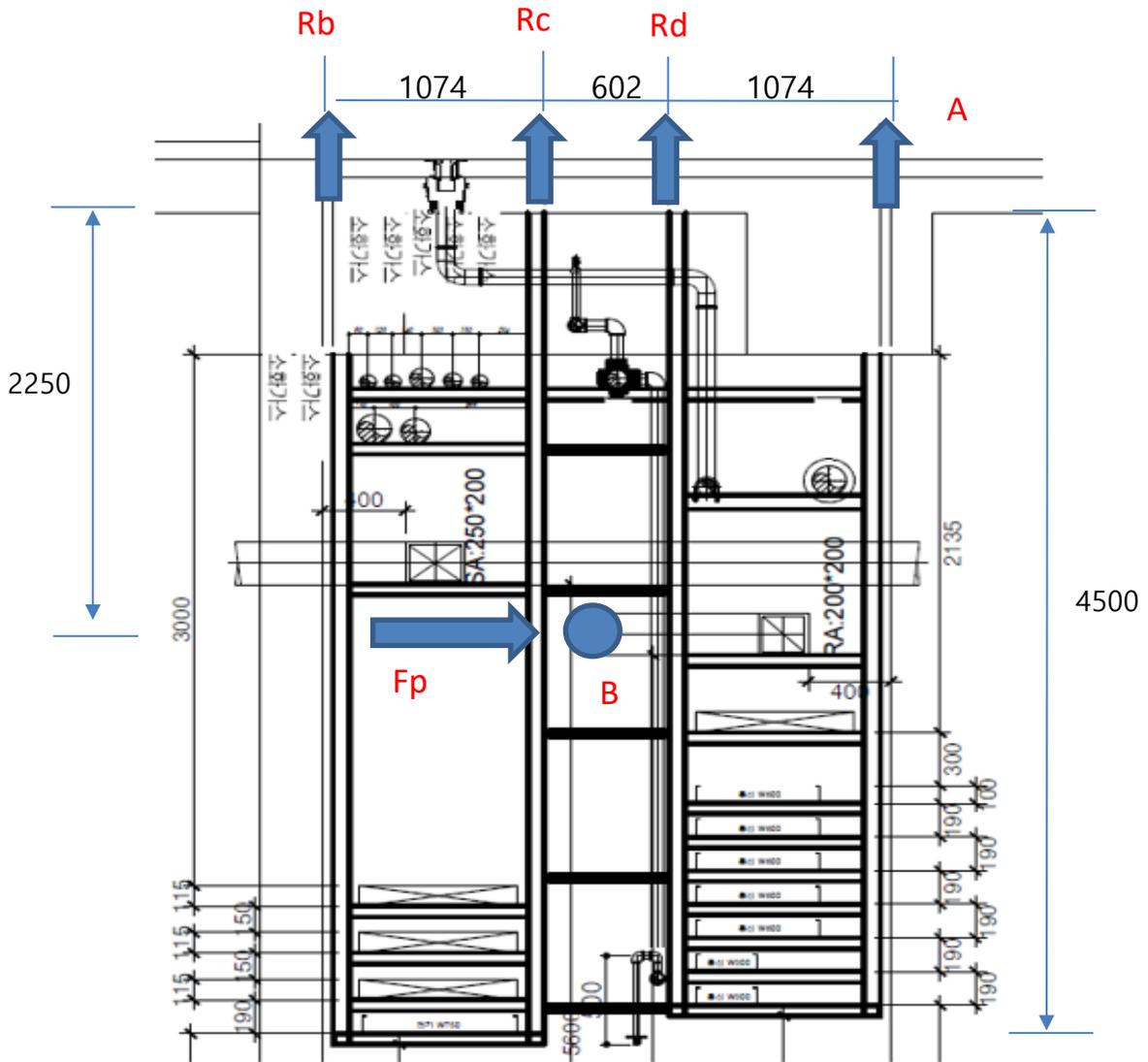
- 수평지진력 (Fp) : 5,168 N

- 시스템찬넬이 1개의 시스템으로 보강되었기 때문에 좌우로 수평지진력이 발생할 경우를 고려함. 좌측에서 수평지진력이 발생하게 되면 A 지점을 기준으로 Moment가 발생하게 됨

- 무게중심 지점 : B 지점

$$F_p \times (2250) = 2 \times ((R_a \times (1074+602+1074) + R_b \times (602+1074) + R_c \times (1074))$$

또한, 최악의 경우 Rb에서 Moment를 모두 받는다고 가정하면,
 $F_p \times (2250) = 2 \times R_a \times (1074+602+1074)$



- 정상적인 경우

(단위: KN)

종 류	허용응력 설계법		계산결과 (Rb)
	인장하중	전단하중	
FAZⅡ, M12/10 (근입깊이 70mm)	5.50	7.83	1.06
FAZⅡ, M16/25 (근입깊이 85mm)	10.36	15.09	1.06

- 최악의 경우

(단위: KN)

종 류	허용응력 설계법		계산결과 (Rb)
	인장하중	전단하중	
FAZⅡ, M12/10 (근입깊이 70mm)	5.50	7.83	2.11
FAZⅡ, M16/25 (근입깊이 85mm)	10.36	15.09	2.11

**카카오 데이터 센터의 콘크리트 강도를 적용할 경우,
내진앵커 M12로 이상으로 고정하면 문제없음 (찬넬 강성 추후 해석)**







