

대방초등학교 체육관

내진성능평가

# 내진성능평가 요약문

## 1. 개요

본 내진성능평가 대상 건물은 지상1층 규모로 교육연구시설 용도로 사용되고 있다. 건물 구조는 철근콘크리트구조이다. 본 보고서는 '학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼'에 따라 선형구조해석평가를 실시하여 목표 설계 지진에 대한 보유 성능지수를 확인하고 필요 시 일반 공법을 적용하여 보강 안을 제시하는 데 목적이 있다.

## 2. 중력하중에 의한 구조안전성 검토 결과

각 동 대상 구조물의 중력하중에 대한 구조 안전성 검토 결과, 전반적으로 부재내력이 확보 된 것으로 검토되었다. 현재 구조적 안전에는 지장이 없으므로 구조부재의 구조적 보강은 필요 없는 것으로 보인다.

## 3. 교육부 내진성능평가 결과

건물명	보유성능지수				허용충간변위		비 고
	X-dir	확보여부	Y-dir	확보여부	X-dir	Y-dir	
체육관	1.30	확보	1.25	확보	NG(1.04%H)	OK(0.22%H)	0.7%H

선형해석에 대한 내진성능평가 결과, X, Y방향에 대하여 보유성능지수가 1.0 이상으로 평가되었으나, 충간변위가 내진(특)등급의 허용충간변위 0.7%를 초과하는 것으로 검토되었다. 따라서, 허용충간변위를 만족할 수 있도록 보강이 필요한 것으로 검토되었다.

책임기술자 전 영 복 (인)

# 목 차

<b>제1장 개요</b> .....	<b>1</b>
1.1 과업의 목표 .....	2
1.2 대상건축물 현황 .....	2
1.3 내진성능목표 .....	2
1.4 적용기준 및 참고문헌 .....	2
1.5 구조재료 규격 및 기준강도 .....	3
1.6 구조부재의 유효강성 .....	3
1.7 구조해석 프로그램 .....	3
1.8 과업 방법 .....	3
<b>제2장 하중조건</b> .....	<b>4</b>
2.1 고정하중 및 활하중 .....	5
2.2 지진하중 및 비내진 골조형식 .....	7
2.3 건물층별 면적 및 하중 .....	8
2.4 하중조합 .....	9
<b>제3장 구조도면</b> .....	<b>10</b>

<b>제4장 증력하중에 대한 구조안전성검토 .....</b>	<b>15</b>
4.1 일반사항 .....	16
4.2 3D Modeling 및 구조해석 .....	17
4.3 주요 부재 내력검토 .....	20
4.4 구조안전성 검토 결과 .....	22
<b>제5장 학교시설 내진성능평가방법 .....</b>	<b>23</b>
5.1 학교시설 내진성능평가방법 개요 .....	24
5.2 내진성능평가 절차 .....	26
<b>제6장 선형해석 .....</b>	<b>39</b>
6.1 선형해석평가방법 개요 .....	30
6.2 3D Modeling 및 구조해석 .....	40
6.3 선형해석에 의한 내진성능평가 .....	42
6.4 조적채움벽 면외방향의 검토 .....	48
6.5 내진보강설계 .....	51



## 제1장 개요

# 1. 개요

## 1.1. 과업 목표

본 과업은 『학교시설 내진설계기준(2018)』 (이하 “기 준” 이라한다.) 및 『학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼(2018)』 (이하 “매뉴얼”이라 한다.)에 따라 현장조사(성능평가를 위한 조사) 및 선형구조해석평가를 실시하여 목표 설계 지진에 대한 보유 성능지수를 확인하고 필요 시 일반공법을 적용하여 보강안을 제시하는 데 목적이 있다.

## 1.2. 대상 건축물 현황

1) 위 치 : 서울특별시 영등포구 여의대방로35길 14

2) 대상 시설

학교명	건물명	건축년도	구조	층수	연면적(m <sup>2</sup> )	비 고
대방 초등학교	체육관	1983년	철근콘크리트	1층	537.5	

## 1.3. 내진성능목표

건물명	구조시스템	해석평가 방법	목표성능	허용 층간변위비
체육관	무보강 조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조	선형	내진특등급	0.007 h <sub>Sx</sub>

## 1.4. 적용기준 및 참고문헌

- 학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼(2018, 교육시설재난공제회)
- 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙(국토교통부)
- 건축구조기준(2016, 국토교통부)
- 콘크리트구조기준(2012, 한국콘크리트학회)
- 콘크리트구조설계기준(1999, 건설교통부)

### 1.5. 구조재료의 규격 및 기준강도

건물명	콘크리트(Fck) Mpa	철근(Fy) Mpa	철골(Fy) MPa	비 고
체육관	18.36	240	-	코어테스트 강도

### 1.6. RC부재의 유효강성

부 재	휨강성	전단강성	축강성
철근콘크리트 보	$0.35E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	$E_cA_g$
철근콘크리트 기둥	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	$E_cA_g$
비균열 벽체	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	$E_cA_g$
균열 벽체	$0.35E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	$E_cA_g$

### 1.7. 구조해석 프로그램

- 1) MIDAS – GENw : 유한요소에 의한 3차원 골조해석
- 2) MIDAS – Design+ 외 기타 : 부재설계

### 1.8. 과업방법

본 과업은 선형해석평가 결과를 바탕으로 내진보강 방안을 제시하는 것으로 학교내진설계 매뉴얼에 의한 선형구조해석 평가를 실시한다. 다만, 건물의 보유성능지수가 1.0미만이고 층간변위를 만족하지 못하는 경우에는 정밀내진성능평가를 통한 내진 보강 방안을 제시하는 것으로 하였다.

2

제2장 하중조건

---



## 2. 설계하중

### 2.1. 고정하중 및 활하중

고정하중(Dead Load)은 재료마감 및 구조재 하중을 산정하며, 활하중(Live Load)은 건축물 하중기준에 준하여 설정하며, 활하중 저감계수(Reduction Factor)를 적용하지 않는다.

DL : 고정하중,

RX : X방향 응답스펙트럼 지진하중,

지진하중 EX : X방향 정적 지진하중,

LL : 활하중

RY : Y방향 응답스펙트럼

EY : Y방향 정적 지진하중

구분		재 료	두께 (mm)	단위하중 (kN/m <sup>3</sup> )	하중 (kN/m <sup>2</sup> )	
옥탑 지붕	Dead Load	마감			1.00	
					1.00	
	Live Load				1.00	
	Service Load				2.00	
			1.4D			1.40
			1.2D + 1.6L			2.80
벽체하중	Dead Load	재 료	높이 (m)	단위하중 (kN/m <sup>3</sup> )	하중 (kN/m <sup>2</sup> )	
		조적(1.0B)-내부	2.7	3.8	10.26	

## 2.2. 지진하중 및 비내진 골조형식

### 1. CONDITION

1) 건축물 높이	$h_n = 3.9$ m		
1) 건축물 층수	$N = 1$ Floor		
2) 건축물 유효 중량	$W = 1,352.5$ kN	(Effective Mass = 137.9 kN/g)	
3) 보통암까지의 깊이	$MR = 30.0$ m	(지반보고서 참조)	
4) 지역계수	$S = 0.180$	지역 1	$\geq 0.22 \times 0.8 = 0.176$
5) 지반분류	SC		
6) 설계스펙트럼가속도	$S_{DS} = S \times 2.5 \times Fa \times 2/3 = 0.36000$	단주기	
	$S_{D1} = S \times Fv \times 2/3 = 0.19440$	주기1초	
7) 지반 증폭계수	$F_a = 1.200$	$F_v = 1.620$	
8) 중요도계수	$I_E = 1.5$	중요도(특) / 내진등급(특)	*1.3.1 <표 1-1> 내진등급과 중요도 계수
9) 내진설계범주	D		
10) 구조 시스템	Sys_x-dir = 조적채움벽과 허리벽이 없는 내진설계 되지 않은 철근 콘크리트 모멘트골조		
	Sys_y-dir = 무보강 조적채움벽이 있는 철근콘크리트 모멘트 골조		
11) 반응수정계수	$R_x = 3.00$	$R_y = 2.50$	*4.2.4 <표 4-2> 지진력 저항시스템 설계계수
12) 시스템초과강도계	$\Omega = 3.00$	$\Omega = 2.50$	*4.2.4 <표 4-2> 지진력 저항시스템 설계계수
13) 변위증폭계수	$C_d = 3.00$	$C_d = 2.50$	*4.2.4 <표 4-2> 지진력 저항시스템 설계계수
14) 조적벽 유무	x-dir = 무	y-dir = 유	*4.3.6 (1) 철근콘크리트 모멘트 주기 x 2/3
15) 조적허리벽 유무	x-dir = 무	y-dir = 무	*4.2.6 (12) 상한계수 미고려 조항 적용
			*양방향 주기 상한계수는 고려하지 않음

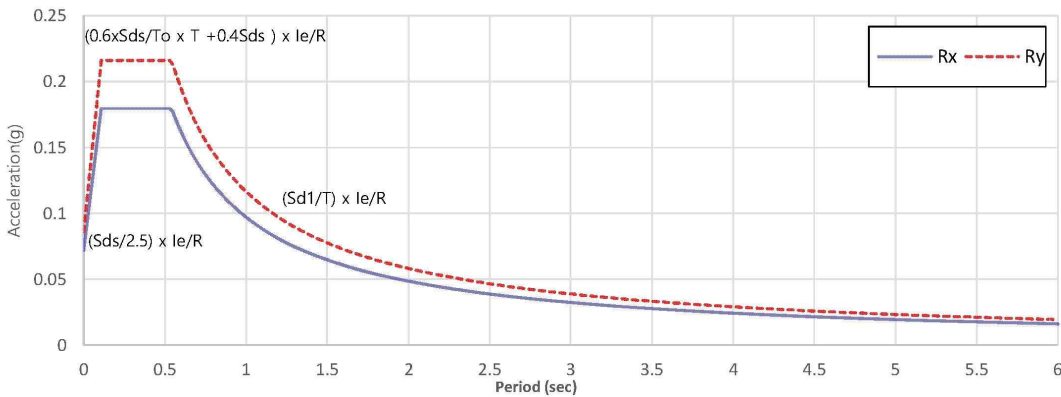
### 2. 각 방향 별 기본 주기 (sec)

1) 기준 약산식	Sys_x-dir = 철근콘크리트모멘트골조		
	$T_{a,x} = 0.0466 \times (h_n)^{0.9} = 0.1586$		
	Sys_y-dir = 콘크리트전단벽구조 및 기타골조		
	$T_{a,y} = 0.0488 \times (h_n)^{0.75} = 0.1354$		
2) 주기 상한 계수	$C_u = 1.5112$		
3) 고유치 해석 주기결과	$T_{d,x} = 0.3613$	>	$T_{a,x} \times C_u = 0.240$ *x방향 주참여 모드 주기 결과 입력
	$T_{d,y} = 0.6625$	>	$T_{a,y} \times C_u = 0.205$ *y방향 주참여 모드 주기 결과 입력
4) 적용 기본 주기	$T_x = 0.1586$		$T_y = 0.1354$

### 3. 지진 응답 계수

		X-Dir.	Y-Dir.
$C_s = S_{D1} / [(R/I_E) * T]$	=	0.6129	0.8614
$C_{s,max} = S_{DS} / (R/I_E)$	=	0.18	0.216
$C_{s,min} = 0.01$		0.01	0.01
$C_{s,x} = 0.18$		$C_{s,y} = 0.216$	

### 4. Design Spectrum



### 5. 밀면 전단력

1) 등가정적 해석	$V_{s,x} = 243.5$ kN	$V_{s,y} = 292.1$ kN
2) 동적해석	$V_{d,x} = 196.5$ kN	$V_{d,y} = 195.6$ kN

### 6. SCALE UP FACTOR

$C_{m,x} = 0.85 V_{s,x} / V_{d,x} = 1.053$	>	1.0
$C_{m,y} = 0.85 V_{s,y} / V_{d,y} = 1.269$	>	1.0

## 2.3. 건물 층별 면적 및 하중

### 2.3.1 건물명 : 체육관

층	높이	하중(kN)	
	(m)	고정하중	활하중
RF	3.9	- 1556	- 0
1F	0.0	- 501	- 0
총 하중		- 2057	- 0

## 2.4. 하중조합

구 분	하중 조합	비 고
중력하중	1.4DL	
	1.2DL + 1.6LL	설계시점을 고려하여 산정
지진하중	1.2DL + 1.0LL ± 1.0RX ± 0.3RY	X방향
	0.9DL ± 1.0RX ± 0.3RY	
	1.2DL + 1.0LL ± 1.0RY ± 0.3RX	Y방향
	0.9DL ± 1.0RY ± 0.3RX	

중력하중에 대한 안전성 검토 시 위와 같은 중력하중 조합을 사용하며, 선형해석평가에서는 지진하중을 포함한 하중조합을 사용한다. 중력하중에 대한 안전성을 만족하지 못할 경우, 부재를 보강하거나 정밀안전진단을 통하여 실제 안전성을 검토한 후 선형해석평가를 수행하여야 한다.

1) X방향 하중조합

구분	하중 조합	비고
1	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	1.2DL+ 1.0LL
2	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
3	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
4	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
5	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
6	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
7	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
8	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
9	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
10	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
11	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
12	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
13	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
14	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
15	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
16	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
17	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES)))$	0.9DL
18	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES)))$	
19	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES)))$	
20	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES)))$	
21	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES)))$	
22	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES)))$	
23	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES)))$	
24	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES)))$	
25	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES)))$	
26	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES)))$	
27	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES)))$	
28	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES)))$	
29	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES)))$	
30	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES)))$	
31	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)-RY(ES)))$	
32	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.053)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.269)(RY(RS)+RY(ES)))$	

2) Y방향 하중조합

구분	하중 조합	비고
1	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	1.2DL+ 1.0LL
2	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
3	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
4	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
5	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
6	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
7	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
8	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
9	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
10	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
11	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
12	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
13	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
14	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
15	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
16	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
17	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES)))$	0.9DL
18	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES)))$	
19	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES)))$	
20	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES)))$	
21	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES)))$	
22	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES)))$	
23	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES)))$	
24	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES)))$	
25	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES)))$	
26	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES)))$	
27	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES)))$	
28	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES)))$	
29	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES)))$	
30	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES)))$	
31	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)-RX(ES)))$	
32	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.269)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.053)(RX(RS)+RX(ES)))$	

3

제3장 구조도면

---

PROJECT TITLE

대방중학교 외 1교(우신초)  
내인성평가용역

CLIENT : 서울시남부교육지원청

<NOTE>

■ Foundation List

NAME	SIZE
F1	1300 X 1300 X 500
F2	1300 X 1300 X 500

기초크기는 실측조사 자료임

■ Column List

NAME	SIZE
C1	300 X 400
C2	300 X 400

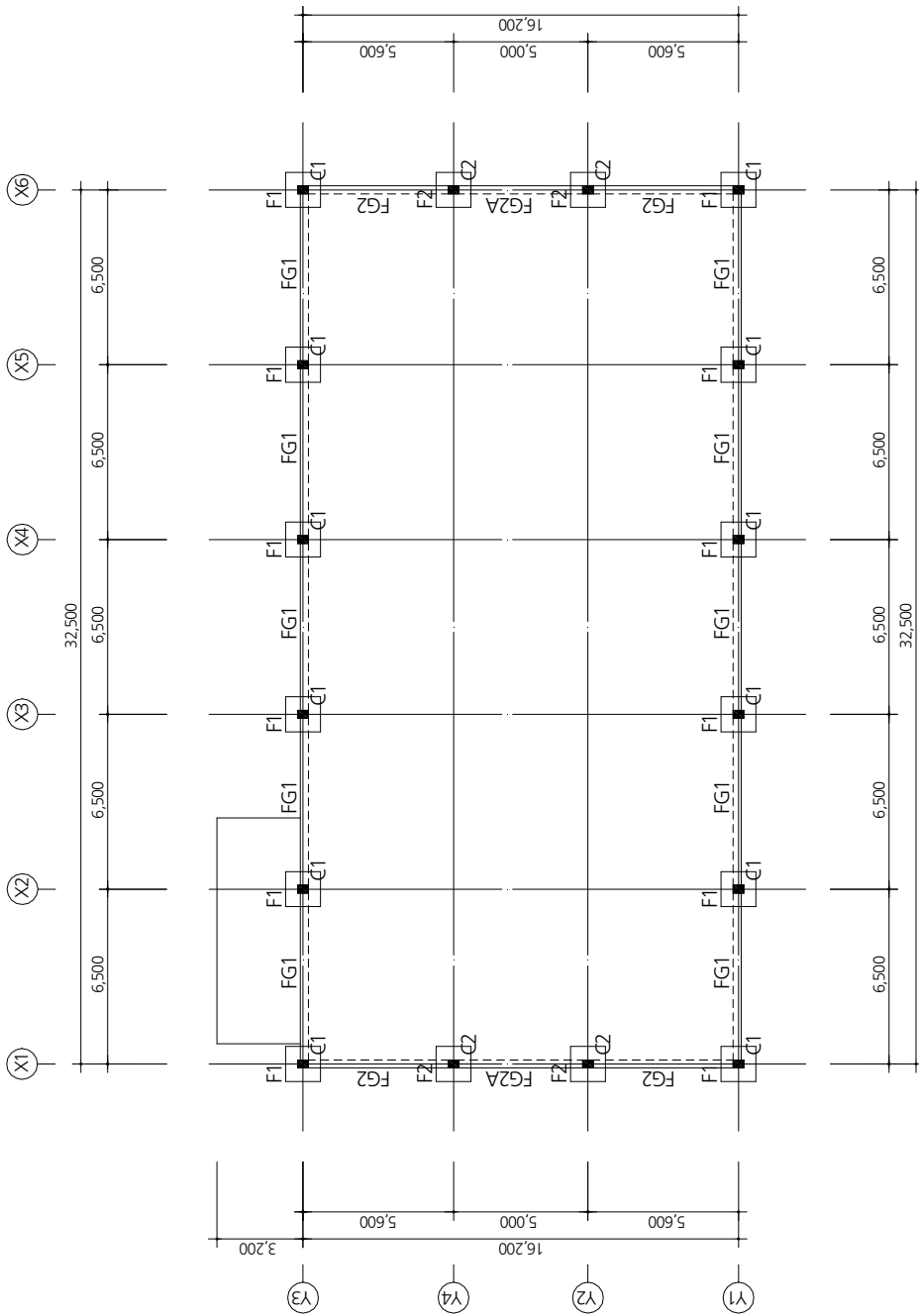
■ 추경 재료기준강도

MATERIAL	재료 강도
콘크리트강도	$f_{ck} = 180\text{kg/cm}^2$
철	$f_y = 2400\text{kg/cm}^2$

DRAWING TITLE

대방중학교 체육관

지상1층 구조평면도



PROJECT TITLE

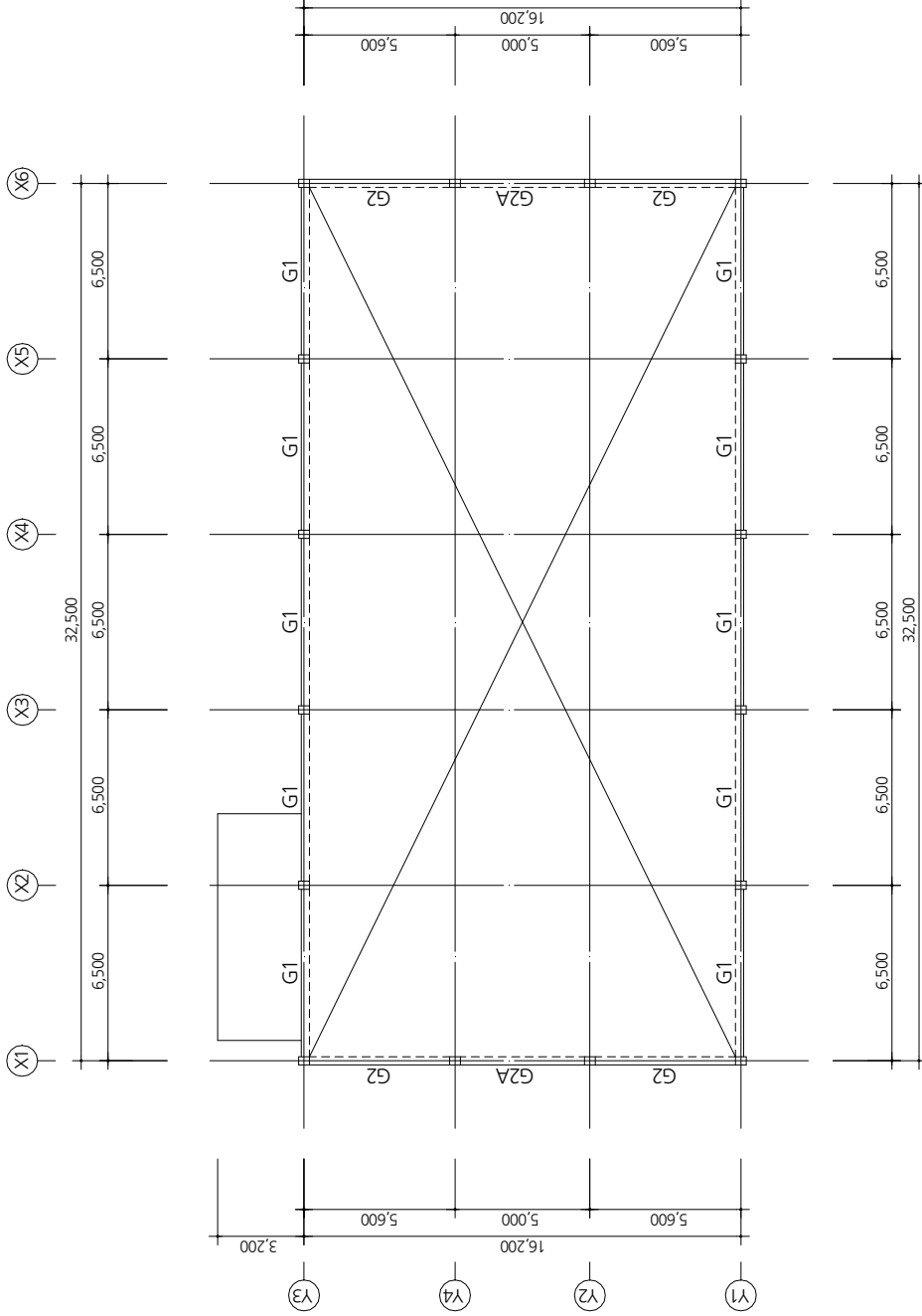
대방중학교 외 1교(우신초)  
내진성평가용역

CLIENT : 서울시남부교육지원청

<NOTE>

■ Beam & Girder LIST

NAME	SIZE
G1	300 X 600
G2, G2A	300 X 600



DRAWING TITLE

대방중학교 체육관

지붕층 구조평면도




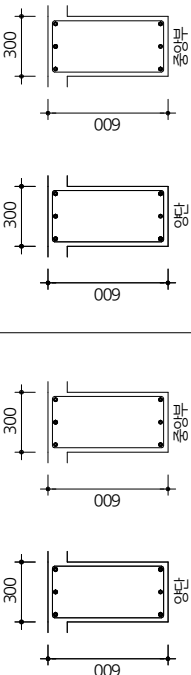
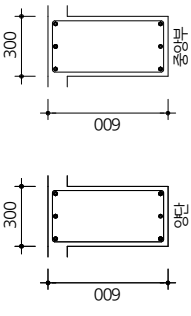
1 기초 일람표			2 슬래브 일람표											
구분	A-TYPE	B-TYPE	C-TYPE	구분	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C	TYPE-D	TYPE-E					
	평면	단면	단면	형태	THK	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	NOTE
FOUNDATION NAME	TYPE	DEPTH	LX(단면)	LY(장면)	THK	단 면 (X)			장 면 (Y)			NOTE		
행태 배근														
주근 대근														
부 호														
행태 배근														
주근 대근														

3 기둥 일람표		4 벽체 일람표				
부호	C1	C2	구분	WALL LIST		
행태 배근	300 00φ	300 00φ	단면	THK(㎜)	수직근	수평근
				MARK		

DRAWING TITLE	
대법초등학교 체육관	배근 리스트 - 1

		<b>PROJECT TITLE</b> 대방중학교 외 1교(우신초) 내린상광기용역		<b>CLIENT</b> : 서울시남부교육지원청 <NOTE>							
부호	FG1, FG2, FG2A 	G1, G2, G2A 									
			<table border="1"> <tr> <td>3-D19</td> <td>3-D19</td> <td>3-D19</td> </tr> <tr> <td>3-D19</td> <td>3-D19</td> <td>3-D19</td> </tr> <tr> <td>D10@200</td> <td>D10@200</td> <td>D10@300</td> </tr> </table>			3-D19	3-D19	3-D19	3-D19	3-D19	3-D19
3-D19	3-D19	3-D19									
3-D19	3-D19	3-D19									
D10@200	D10@200	D10@300									
부호											
형태 대방 베											
과											
형태 대방 베											
<b>DRAWING TITLE</b> 대방중학교 체육관 배근 리스트 - 2											



## 제4장 중력하중에 대한 안전성검토

---

## 4. 중력하중에 의한 구조안전성 검토

### 4.1. 일반사항

#### 1) 목 적

본 장에서는 조사 대상 건축물의 현황조사에서 수집된 자료 및 비파괴 검사 결과를 토대로 시공된 구조부재의 치수, 단면 및 배근상태 등을 확인하고 건축물에 대한 구조해석을 실시함으로써 건축물에 대한 구조적 안전성을 확인하는데 목적이 있다.

#### 2) 개 요

본 성능평가 대상 건축물의 자료와 주요 구조부재에 대한 단면치수 조사 그리고 각종 측정장비를 사용한 비파괴검사(철근배근상태) 결과를 바탕으로 건축물의 구조검토를 수행하였다.

#### 3) 내 용

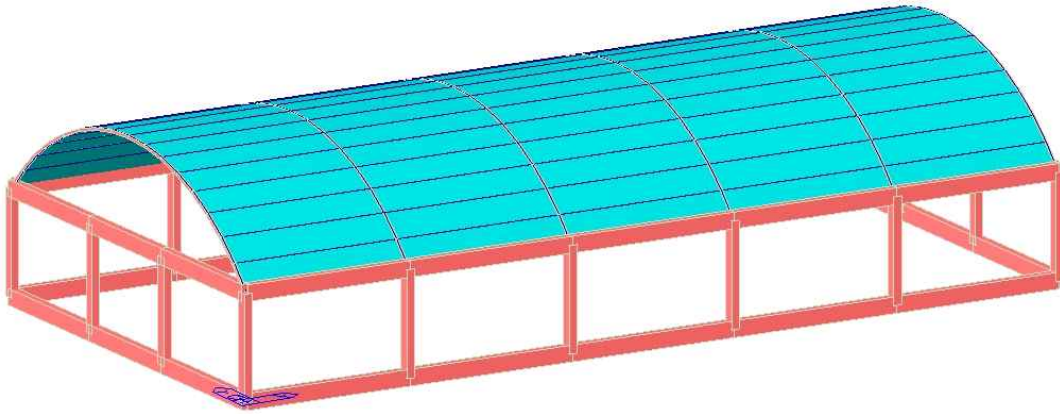
하중 조건은 현장조사 및 일반마감 자료를 참고하여 산정하였으며, 철근콘크리트 구조의 강도설계법(USD)을 적용하여 부재 내력에 대한 안전성을 검토하였다. 주요구조부재에 대한 검토 사항은 아래와 같다.

- ① RC기둥 부재에 대한 내력 검토
- ② RC보 부재에 대한 내력 검토

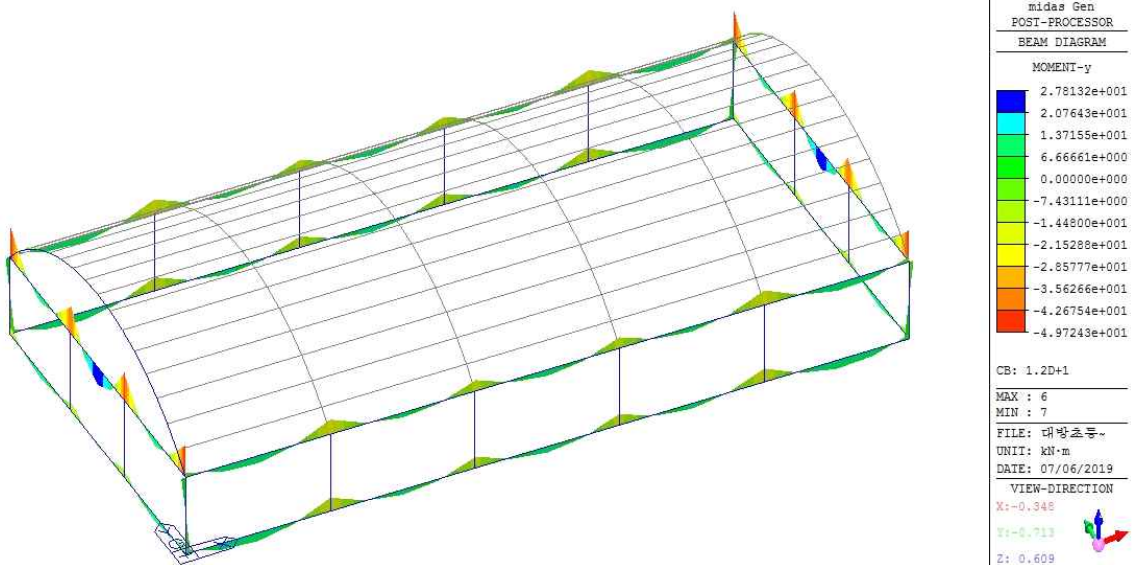
## 4.2. 3D Modeling 및 구조해석

### 4.2.1 건물명 : 체육관

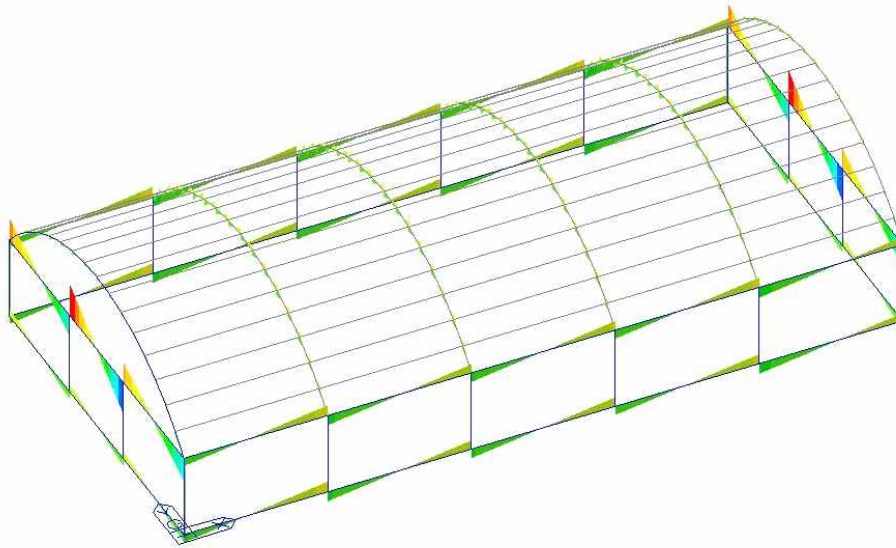
3D Modeling



Beam\_B.M.D. [1.2DL + 1.6LL]

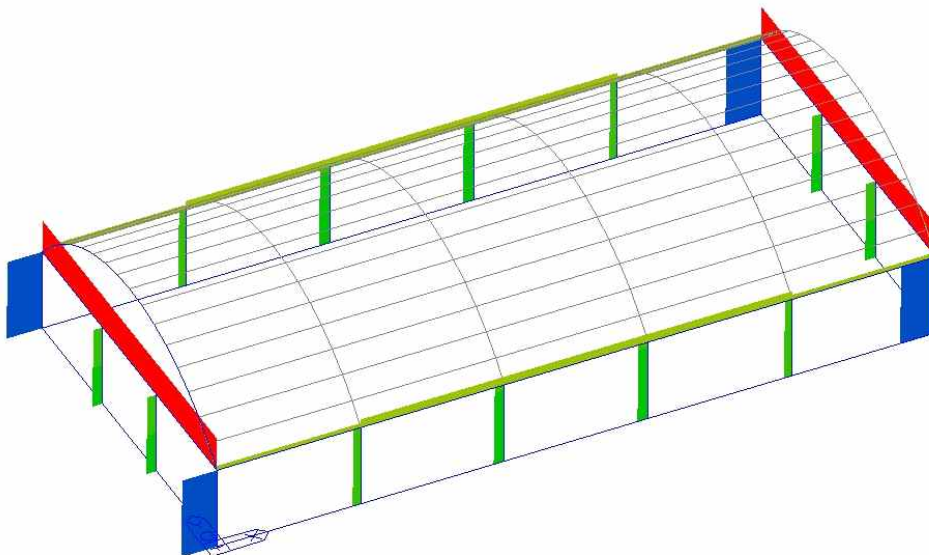


Beam\_S.F.D. [1.2DL + 1.6LL]



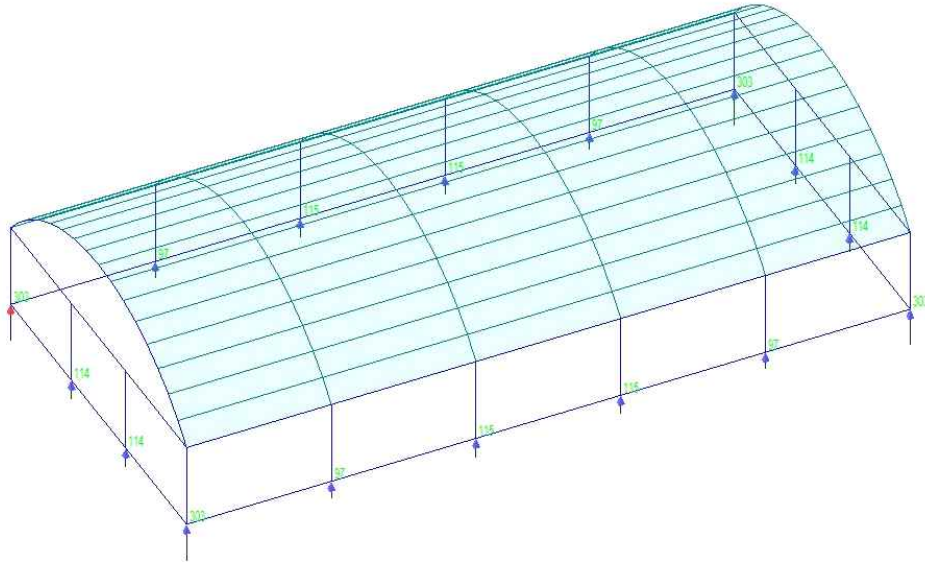
midas Gen POST-PROCESSOR BEAM DIAGRAM	
SHEAR-z	
5.83094e+001	
4.77077e+001	
3.71060e+001	
2.65043e+001	
1.59026e+001	
5.30086e+000	
0.00000e+000	
-1.59026e+001	
-2.65043e+001	
-3.71060e+001	
-4.77077e+001	
-5.83094e+001	
CB: 1.2D+1	
MAX : 6	
MIN : 44	
FILE: 대방효동-	
UNIT: kN	
DATE: 07/06/2019	
VIEW-DIRECTION	
X: -0.348	
Y: -0.713	
Z: 0.609	

Beam\_A.F.D. [1.2DL + 1.6LL]



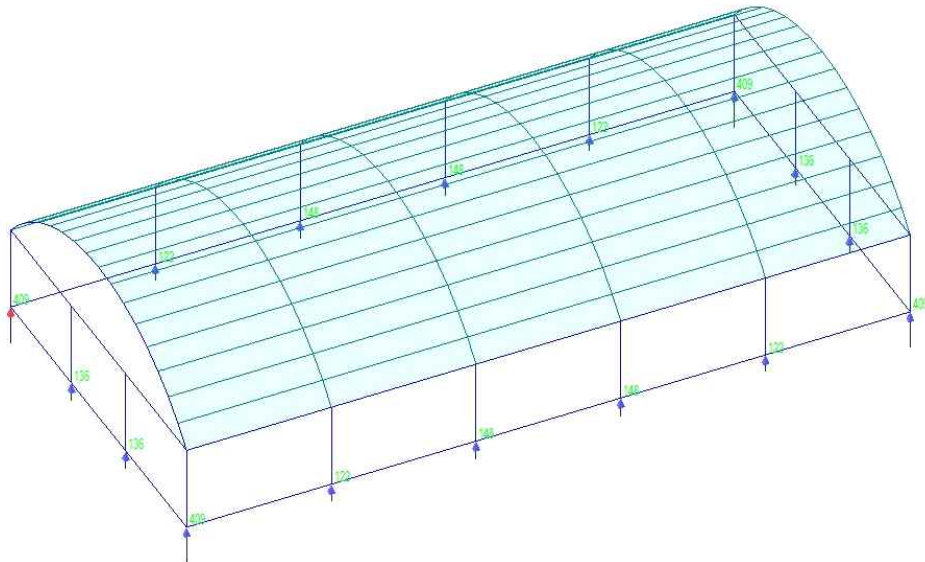
midas Gen POST-PROCESSOR BEAM DIAGRAM	
AXIAL	
3.81677e+002	
3.12452e+002	
2.43227e+002	
1.74002e+002	
1.04777e+002	
3.55516e+001	
0.00000e+000	
-1.02898e+002	
-1.72123e+002	
-2.41348e+002	
-3.10573e+002	
-3.79798e+002	
CB: 1.2D+1	
MAX : 7	
MIN : 4	
FILE: 대방효동-	
UNIT: kN	
DATE: 07/06/2019	
VIEW-DIRECTION	
X: -0.348	
Y: -0.713	
Z: 0.609	

### REACTION FORCE [1.0DL + 1.0LL]



midas Gen	
POST-PROCESSOR	
REACTION FORCE	
FORCE-2	
MIN. REACTION	
NODE=	22
FZ:	9.7463E+001
MAX. REACTION	
NODE=	8
FZ:	3.0259E+002
CB: D+L	
MAX :	8
MIN :	22
FILE:	대방초등-
UNIT:	kN
DATE:	07/06/2019
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.348
Y:	-0.713
Z:	0.609

### REACTION FORCE [1.2DL + 1.6LL]



midas Gen	
POST-PROCESSOR	
REACTION FORCE	
FORCE-2	
MIN. REACTION	
NODE=	22
FZ:	1.2222E+002
MAX. REACTION	
NODE=	8
FZ:	4.0873E+002
CB: 1.2D+1	
MAX :	8
MIN :	22
FILE:	대방초등-
UNIT:	kN
DATE:	07/06/2019
VIEW-DIRECTION	
X:	-0.348
Y:	-0.713
Z:	0.609

### 4.3. 주요 부재 내력검토

#### 4.3.1 건물명 : 체육관

##### 4.3.1.1 RC기둥 내력 검토

Section		fck	fy	V-Rebar	$\phi Pn$ -max	Pu	Mcy	Mcz	Vu.end	Rat-V.end	CHK
Bc	Hc	Height	fys			Rat-P	Rat-My	Rat-Mz	Vu.mid	Rat-V.mid	
C1		18000	240000	8-3-D19	1504.65	101.992	2.448	44.096	11.976	0.131	OK
0.4	0.3	3.9	240000			0.367	0.384	0.369	11.976	0.131	
C2		18000	240000	8-3-D19	1504.65	132.374	3.177	0.668	1.941	0.021	OK
0.4	0.3	3.9	240000			0.088	0.083	0.084	1.941	0.021	



4.3.1.2 RC보 내력 검토

Section		fck	POS	N(-) ϕMn	Rat-N	P(+) ϕMn	Rat-P	ϕVc	Rat-V	CHK
Bc	Hc	fy								
		fys								
FG1		18000	I	106.034	0.23	106.034	0.11	91.0471	0.13	OK
0.3	0.6	240000	M	106.034	0	106.034	0.14	91.0471	0.09	OK
		240000	J	106.034	0.23	106.034	0.11	91.0471	0.13	OK
FG2		18000	I	106.034	0.13	106.034	0.05	91.0471	0.1	OK
0.3	0.6	240000	M	106.034	0	106.034	0.1	91.0471	0.06	OK
		240000	J	106.034	0.13	106.034	0.05	91.0471	0.1	OK
FG2A		18000	I	106.034	0.14	106.034	0	91.0471	0.09	OK
0.3	0.6	240000	M	106.034	0.01	106.034	0.03	91.0471	0.05	OK
		240000	J	106.034	0.14	106.034	0	91.0471	0.09	OK
G1		18000	I	106.034	0.24	106.034	0.1	91.0471	0.13	OK
0.3	0.6	240000	M	106.034	0.01	106.034	0.13	91.0471	0.09	OK
		240000	J	106.034	0.24	106.034	0.1	91.0471	0.13	OK
G2		18000	I	106.034	0.48	106.034	0.07	91.0471	0.3	OK
0.3	0.6	240000	M	106.034	0.05	106.034	0.19	91.0471	0.18	OK
		240000	J	106.034	0.48	106.034	0.07	91.0471	0.3	OK
G2A		18000	I	106.034	0.51	106.034	0.09	91.0471	0.41	OK
0.3	0.6	240000	M	106.034	0	106.034	0.29	91.0471	0.24	OK
		240000	J	106.034	0.51	106.034	0.09	91.0471	0.41	OK

#### 4.4. 구조안전성 검토 결과

해당 건축물의 자료를 바탕으로 주요 부재에 대하여 중력하중(고정하중, 활하중)을 적용하여 구조검토를 실시한 결과는 아래와 같다.

##### 1) RC기둥 부재 검토 결과

RC 기둥 검토 결과, 작용 응력에 대하여 내력이 확보된 것으로 검토 되었다.

##### 2) RC보 부재 검토 결과

RC보 검토 결과, 작용 응력에 대하여 내력이 확보된 것으로 검토 되었다.

##### 3) 참고사항

건축물의 사용 중 하중증가 및 용도변경이 발생한다면 구조검토자의 확인 및 안전진단 등을 통하여 구조적 안전성을 확인해야 한다.

5

제5장 내진성능평가방법

---

## 5. 학교시설 내진성능평가방법 개요

### 5.1. 학교시설 내진성능평가방법 개요

#### 5.1.1. 내진성능목표

학교시설 설계기준(2017)의 1.4.1에 따라서 학교시설의 내진등급별 내진성능목표는 「건축구조 기준」에 따르며, 「내진설계기준 공통적용사항」에 제시된 시설물의 내진등급별 최소 내진성능 수준을 만족하여야 한다.

#### 5.1.2. 내진등급과 중요도계수

학교시설의 내진등급과 중요도계수는 학교시설 설계기준(2017)의 2.2에 따라서 결정한다. 다만, 연면적 합계의 변동이 없이 학교시설 설계기준(2017) 2.2(1)의 (나)에 속하게 되는 기존 학교 시설도 내진등급을 변경하지 아니하고 기존 내진등급을 유지할 수 있다. 내진등급 설정의 일반적인 기준과 중요도 계수 값은 <표.3-1>과 같다.

내진등급과 중요도계수

내진등급		건축물의 중요도	중요도계수 ( $I_E$ )
특	지진 후 피해복구에 필요한 중요시설을 갖추고 있거나 유해물질을 다량 저장하고 있는 구조물	중요도(특)	1.5
I	지진으로 인한 피해를 입을 경우 대중에게 큰 위험을 초래할 수 있는 구조물	중요도(1)	1.2
II	내진등급 (특)이나 I 어디에도 해당되지 않는 구조물	중요도(2), (3)	1.0

#### 5.1.3. 내진등급별 성능목표

##### (1) 내진1등급의 성능목표

내진1등급 시설은 해당지역의 지진위험도에 따라 결정되는 최대고려지진(2400년 재현주기)에 대하여 구조물의 붕괴방지 요건과 최대예상지진의  $2/3 \times$  중요도계수(1.2) 수준의 지진에 대하여 인명안전 요건을 만족하여야 한다. 구조재와 비구조재의 붕괴나 탈락으로 인한 인명상 피해를 억제하여야 한다.

(2) 내진특등급의 성능목표

내진특등급 시설은 해당지역의 지진위험도에 따라 결정되는 최대고려지진 2400년 재현주기에 대하여 구조물의 붕괴방지와 인명안전 요건을 만족하여야 하며, 최대고려지진의 2/3 수준의 지진에 대하여 기능수행 또는 즉시거주 요건을 만족하여야 한다.

**내진등급과 성능목표**

내진등급	성능목표	
	성능수준	지진위험도
특	기능수행(또는 즉시복구)1)	설계스펙트럼가속도의 1.0배
	인명보호	설계스펙트럼가속도의 1.5배
I	인명보호	설계스펙트럼가속도의 1.2배
	붕괴방지	설계스펙트럼가속도의 1.5배
II	인명보호	설계스펙트럼가속도의 1.0배
	붕괴방지	설계스펙트럼가속도의 1.5배

1) 사용자 또는 설계자의 성능목표수준에 따라서 정한다.  
 2) 「건축구조기준」에서 규정하는 조항에 따른다. 설계스펙트럼가속도는 2400년 재현주기 지진위험도의 2/3에 해당하는 유효지반가속도에 근거하여 정의된다.

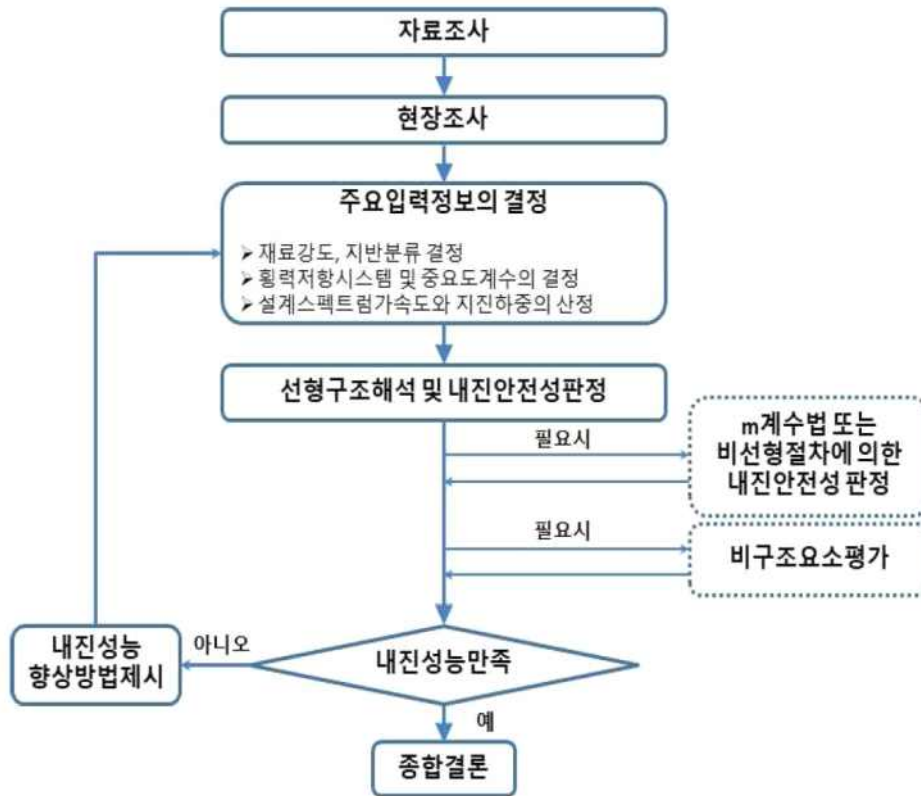
**5.1.4. 설계응답스펙트럼**

- (1) 응답스펙트럼의 기본적인 형상은 「건축구조기준」에 따른다.
- (2) 지진위험도, 중요도계수, 지반계수, 지진력 저항시스템의 반응수정계수 등을 고려하여 「건축구조기준」에 따라서 설계응답스펙트럼을 계산한다.
- (3) 비선형해석에 사용되는 탄성응답스펙트럼을 계산하는 경우에는 반응수정계수를 고려하지 않는다.
- (4) 비선형정적해석을 사용하는 경우에는 구조물의 에너지소산능력 또는 연성능력을 고려하여 저감된 응답스펙트럼을 사용할 수 있다.

## 5.2. 내진성능평가 절차

### 5.2.1. 내진성능평가 절차

(1) 내진성능평가 절차는 학교시설 설계기준(2017)의 7.3 또는 다음의 <그림.3-1>을 따른다.



<그림.3-1> 내진성능평가절차

(2) 내진성능평가를 위한 자료조사 및 현장조사 항목은 학교시설 설계기준(2017)의 7.4를 따르며, 세부적인 항목은 매뉴얼 3장을 따른다.

(3) 주요 입력정보의 결정은 학교시설 설계기준(2017)의 7.4를 따르며, 세부적인 방법은 학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼(2017) 제2편을 따른다.

(4) 선형구조해석평가는 학교시설 설계기준(2017)의 7.6과 학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼(2018) 4.2를 따른다. 선형구조해석평가는 일반적인 선형해석방법과 「건축구조기준」에 따라 서 해석과 평가를 수행하므로 숙련된 구조엔지니어는 쉽게 평가를 수행할 수 있다.

(5) 선형구조해석평가의 결과가 비교적 명확한 경우에는 그 결과에 근거하여 내진성능만족 여부를 평가한다.

(6) 정밀한 재평가가 요구되는 경우, 비선형구조해석평가를 실시할 수 있다.

(7) 비선형정적해석평가와 비선형동적해석평가는 학교시설 설계기준(2017)의 7.7 및 학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼(2018) 제2편을 따른다.

(8) 비선형정적해석평가는 저층과 정형인 건물, 평면적으로 대칭에 가까운 건물 즉, 고차모드의 영향이 작은 경우에 적용할 수 있다.

(9) 비선형동적해석평가는 기술적 난이도로 인하여 관련 분야의 전문가가 직접 평가에 참여하여야 한다.

특별한 경우를 제외하고 소규모 학교시설의 내진성능평가에는 추천되지 않는다.

(10) 비선형해석평가에 적용된 모델은 탄성 강성, 질량, 고유주기 등이 선형해석평가에 적용된 것과 부합하는지 확인하여야 하며, 차이가 큰 경우 오류가 있는지 확인하여야 한다.

(11) 내진성능목표가 만족되지 않은 경우에는 내진성능목표를 규정하는 지진위험도의 몇 퍼센트 수준에 대해서 목표한 내진성능수준을 만족할 수 있는지를 명확히 제시한다.

예를 들어, 「건축구조기준」에서는 내진 2등급 건축물의 경우에 2400년 재현주기의 2/3수준에 해당하는 유효지반가속도에 대하여 인명안전수준의 성능목표를 만족하도록 규정하고 있다. 이를 만족하지 못하는 경우에는 재해석을 수행하여 기존시설이 저항할 수 있는 최대 유효지반 가속도를 평가하고, 성능목표에서 규정된 유효지반가속도의 몇 퍼센트에 해당되는지를 나타낸다.

<표.3-1> 지진재현주기별 위험도 계수

재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년	4800년
위험도계수(I)	0.4	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0	2.6

학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼(2018) 4.2 선형구조해석평가를 사용하면 비교적 쉽게 기존 시설이 저항할 수 있는 최대 저항력을 평가할 수 있다.

(12) 학교시설의 보강사업은 소규모의 설계, 시공, 감리업체에서 수행되는 점을 고려하여 품질 확보가 용이한 일반공법을 사용하는 보강방법을 제시한다. 일반공법은 보편적인 재료와 시공방법에 따라서 설계와 시공이 가능한 공법을 가리킨다. 감쇠장치를 포함하는 특수공법의 경우에는 공법의 신뢰성과 구조해석에 대한 면밀한 검토에 많은 시간이 소요되고, 발주자와 사용자의 사정상 공법을 적용할 수 없는 경우가 있으므로 내진성능평가 단계에서 특수공법을 내진보강공법 으로 제시하는 것은 적절하지 않다.



6

제6장 선형해석

## 6. 선형해석에 의한 내진성능평가

### 6.1. 선형해석평가방법의 개요

#### 6.1.1. 선형해석평가방법의 목적

선형구조해석평가 방법은 「건축구조기준」과 구조설계에서 사용하는 선형해석기반의 설계 기준과 해석소프트웨어를 사용하여 기존구조 또는 보강된 구조를 평가하는 방법으로서, 다음과 같은 목적을 위하여 사용한다.

1) 학교시설에 대한 신속한 내진성능평가

다수의 학교시설들을 빠른 시간 안에 평가하고자 하는 경우 사용할 수 있다.

2) 비선형해석평가의 비교

기술적으로 난이도가 높은 비선형해석평가 결과를 검증하는 비교대상으로 사용할 수 있다.

3) 기존 구조물의 보유내진성능지수의 평가

기존 구조물의 보유내진성능을 「건축구조기준」에서 정의하는 내진성능목표 대비지수로서 정의하며, 이 결과는 기존 구조물의 내진성능향상전략과 예산계획 수립에 활용할 수 있다.

4) 보강전략과 설계에서 활용

일반공법을 사용하는 다양한 보강설계 방법과 위치, 보강량에 대하여 빠르게 검증하여 최적의 방법을 찾는 도구로 사용할 수 있다.

#### 6.1.2. 일반 고려사항

1) 선형구조해석평가방법의 기본적인 사항은 학교시설 내진설계기준(2017)의 7.6에 따른다.

2) 선형구조해석평가방법은 횡력에 대하여 비탄성변형이 발생하면서 힘의 재분배가 가능한 모멘트골조에 적용이 가능하다. 철근콘크리트 또는 강재의 보, 기둥으로 구성된 모멘트골조에 적용할 수 있으며, 모멘트골조와 벽체 또는 가새골조와의 혼합구조에 사용할 수 있다. 그러나 서로 직교하는 구조시스템을 가진 5층 이하의 건물로 적용을 제한한다.

3) 선형해석평가방법은 「건축구조기준」에서 제시되는 구조물의 내진설계와 동일한 방법

을 따른다. 즉, 지진하중에서 규정하고 있는 지진력 저항시스템의 분류, 지진하중의 계산, 선형해석모델, 선형해석방법, 구조물의 변형평가기준을 사용하며, 각 재료별 기준에서 규정하고 있는 부재의 강도계산, 강도감소계수를 그대로 원용한다. 다만, 기존 학교시설의 구조 시스템형식을 고려한 내진설계계수는 3.2.4를 따라야 한다.

4) 「건축구조기준」에서 정하는 지진하중은 인명안전 수준의 성능목표로 정의되며, 선형해석평가에 의하여 인명안전 수준의 내진성능을 만족하는 경우, 붕괴방지성능 구조체에 한하여 기능수행성능을 만족하는 것으로 간주할 수 있다.5) 안전성 평가방법 및 절차는 3.2.5 - 3.2.8을 따른다.

6) 특수공법, 감쇠장치, 면진장치를 사용하는 경우에는 반드시 비선형해석을 수행하여 성능목표의 만족 여부를 검증하여야 한다.

7) 선형구조해석평가의 요구조건을 만족하지 못하는 경우 비선형정적해석 또는 비선형동적해석법을 사용하여 재평가할 수 있다.

### 6.1.3. 해석모델과 보유강도의 계산

1) 하중조합 등 기본적인 사항은 「건축구조기준」을 따른다.

2) 등가정적해석법(선형정적해석) 또는 응답스펙트럼해석법(선형동적해석)을 사용할 수 있으며, 각 해석방법의 적용범위는 「건축구조기준」을 따른다.

3) 평면 및 수직적으로 정형건물이 아닌 경우에는 3차원해석모델을 사용하여야 한다.

4) 하중의 분포, 응답스펙트럼의 산정, 모델의 구성 등은 「건축구조기준」을 따른다.

5) 각 방향 하중의 조합, 변위의 계산, 모드의 조합은 「건축구조기준」을 따른다.

6) 구조부재의 유효강성은 학교시설 내진설계기준(2017)의 <표.4-1>을 따른다.

7) 구조물의 주기와 지진하중 요구력의 계산에는 모든 구조요소와 구조에 영향을 미치는 비구조요소가 고려되어야 한다.

8) 구조물의 성능(저항력)계산에는 구조내력이 크지 않은 구조요소의 영향을 무시할 수 있으며, 구조에 영향을 미치지 않는 비구조요소를 무시할 수 있다.

9) 각 구조부재의 강도 계산은 「건축구조기준」을 따른다. 특수재료, 공법을 사용한 경우에는 입증된 자료에 근거하여 강도를 결정하여야 한다.

10) 원칙적으로 강도감소계수는 신축건물의 것을 따르되, 면밀한 현장조사를 한 경우에는

「건축구조기준」에 따라 강도감소계수를 상향 조정할 수 있다.

11) 정밀한 평가를 위하여 하중조사를 수행한 경우, 평가에 이를 반영할 수 있다. 구조물의 평가를 위한 하중의 크기를 현장조사에 의하여 정밀하게 확인하는 경우에는, 구조물의 소요강도를 구하기 위한 하중조합에서 고정하중과 활하중의 하중계수를 5 퍼센트만큼 저감할 수 있다.

12) 보강설계를 목적으로 성능평가를 수행하는 경우에는 10)과 11)을 따르되, 보강된 부재, 신설된 부재 및 연결부에 대해서는 「건축구조기준」의 신축 건물과 동일한 하중계수와 강도감소계수를 사용하여야 한다.

13) 조적채움벽 또는 허리벽에 인접한 기둥과 보의 전단설계는 조적벽과의 상호작용에 의하여 전달되는 힘을 고려하여 평가하여야 한다.

14) 채움벽의 모델링 등 상세한 기술적 사항은 학교시설 내진성능평가 및 보강 매뉴얼 (2018) 2편과 3편을 따른다.

## RC 구조부재의 유효강성

부 재	휨강성	전단강성	축강성
철근콘크리트보	$0.35Ecdg$	$0.4EcAw$	$EcAg$
기둥	$0.7Ecdg$	$0.4EcAw$	$EcAg$
비균열 벽체	$0.7Ecdg$	$0.4EcAw$	$EcAg$
균열 벽체	$0.35Ecdg$	$0.4EcAw$	$EcAg$

### 6.1.4. 지진력 저항시스템과 설계계수

- 1) 중요도계수는 학교시설 내진설기준(2017) 제2장에 따른다.
- 2) 내진설계가 수행된 구조물에 대해서는 설계도서에서 정의된 「건축구조기준」에 따른 지진력 저항시스템을 사용한다. 다만, 채움벽의 설치 등으로 인하여 실제 구조시스템이 설계도서의 정의와 다른 경우에는 실제 상황을 고려하여 지진력 저항시스템을 결정하여야 한다.
- 3) 내진설계가 수행되지 않았거나 구조의 증축 등에 의하여 구조의 변경이 발생한 경우, 기존 구조물의 구성과 철근 상세, 연결부 상세, 재료 강도 등을 고려하여 「건축구조기준」에 따라서 기존 구조물의 지진력 저항시스템을 결정하고, 그에 해당하는 설계계수를 구조해석과 평가에 적용한다.
- 4) 비내진설계 기존 구조물의 지진력 저항시스템에 따른 설계계수는 <표.4-2>를 따라야 한다.
- 5) 하나의 구조체에 여러 개의 지진력 저항시스템이 복합적으로 사용되는 경우에는 가장 불리한 조건의 설계계수를 사용하여야 한다.
- 6) 조적채움벽의 조기전도가 예상되는 경우에는 채움벽이 있는 경우와 없는 경우를 모두 고려하여야 한다. 채움벽이 있는 경우만 고려할 경우에는 채움벽이 전도되지 않도록 조치하여야 한다. 채움벽이 없는 경우만 고려할 경우에는 채움벽을 경량벽으로 대체하거나 역학적으로 구조 부재와 이격하여야 한다.
- 7) 보강된 구조물의 경우에는 기존구조와 신설구조의 구조형식을 고려하여 지진력 저항시스템과 설계계수는 안전측의 값을 선택해야 한다.

## 비내진설계 기존 구조물의 지진력 저항시스템 설계계수

비내진설계 골조형식	반응수정계수	초과강도계수	변위증폭계수
무보강조적전단벽	1.5	2.5	1.5
무보강 조적채움벽이 있는 철근콘크리트모멘트골조	2.5	2.5	2.5
내진설계에 반영되지 않은 허리벽이 있는 철근콘크리트모멘트골조 <sup>1)</sup>	$rsc < 0.3$ 또는 $T_n \geq 0.6 \text{ sec}$	$2.5^{2)}$	$2.5^{2)}$
	$rsc \geq 0.3$ 그리고 $T_n \leq 0.4 \text{ sec}$	$2.0^{2)}$	$2.0^{2)}$
조적채움벽과 허리벽이 없는 내진설계되지 않은 철근콘크리트모멘트골조	3.0	3.0	3.0
내진설계되지 않은 철근콘크리트 내력벽구조	4.0	2.5	4.0
내진설계되지 않은 모멘트골조와 전단벽구조가 평면상 동일한 방향으로 배치된 혼합구조	3.0	3.0	3.0
<sup>1)</sup> rsc : 한 개 층의 모든 기둥의 수에 대하여 「학교시설 내진성능평가 및 보강매뉴얼」의 5.4.2(2)에 따라 그룹 iii으로 분류되는 전단지배기둥 수의 비율 Tn : 해당 방향 1차 모드 고유주기로서 주요한 비구조재의 영향을 포함하여 계산한다. <sup>2)</sup> 사이 값은 Tn에 따라 선형보간한다.			

### 6.1.5. 평가법의 절차

평균강도비를 사용하여 평가하는 방법의 절차는 다음과 같다. 강도비의 정의와 평가에 대한 자세한 사항은 3.2.6에 따른다.

1) 학교시설 내진설계기준(2017) 2장에서 규정하는 지진하중에 대하여 「건축구조기준」에 따라 산정되는 지진하중에 대하여 선형해석을 실시한다.

2) 각 층에서 각 부재의 강도비를 계산한다. 부재 강도비는 보유강도를 요구강도로 나눈 값(Capacity-to-Demand Ratio)으로 정의한다.

3) 각 층에서 각 부재 종류별로 평균강도비를 계산한다. 모멘트골조에서는 기둥과 큰 보의 평균강도비를 각각 계산하며, 이 중 최소값으로 모멘트골조의 층 평균강도비를 정한다. 큰 보의 평균강도비 계산 시, 하중방향과 평행한 방향의 큰 보들만 고려한다.

4) 벽체에서는 평균강도비 계산 시, 하중방향과 평행한 주요 벽체들만 고려한다. 주요 벽

체들의 강도비의 평균값으로 벽체의 층 평균강도비를 정한다.

5) 가새골조에서는 골조를 구성하는 단부기둥과 대각가새들의 평균강도비를 각각 계산하며, 그 값들 중에서 최소값으로 골조의 층 평균강도비를 정한다. 평균강도비 계산 시, 하중 방향과 평행한 가새들만 고려한다.

6) 모멘트골조, 벽구조, 가새골조, 채움벽골조 등의 혼합구조에서는 안전측으로 각 골조의 층 평균강도비의 최소값으로 층 평균강도비를 정할 수 있다.

7) 혼합구조에서 각 골조의 기여도를 고려하여 층 평균강도비를 계산할 수 있다. 자세한 사항은 3.2.6. 11)을 따른다. 하나의 골조형식의 기여도가 지배적으로 판단되는 경우에는 해당 골조 형식의 평균강도비를 사용하여 층평균강도비를 결정할 수 있다.

8) 트러스 구조 등 하중이 재분배되기 어려운 골조는 주요 부재의 강도비 중 가장 낮은 값으로 강도비를 결정한다. 슬래브 등 강체격막으로 연결되지 않거나 개구부 등으로 인해 유연한 격막으로 연결되는 골조는 각각 분리하여 강도비를 결정한다. 층강도비는 분리된 골조중 가장 낮은 값으로 정한다.

9) 건물 평균강도비는 층평균강도비 중에서 최소값으로 정한다.

10) 목표지진에 대한 건물전체의 보유성능지수는 건물 평균강도비로 정의하고 보고한다.

11) 보유성능지수가 1.0을 초과하는 경우에는 3.2.7에 따라서 층간변위를 검토한다.

### 6.1.6. 강도비 평가시 고려사항

#### 1) 보유강도의 계산

각 부재의 보유강도 계산은 「건축구조기준」에 따르며, 강도 계산 시 부재의 단면성능 뿐만 아니라 부재의 접합부, 부재의 연결, 철근의 정착 및 이음 등의 성능을 고려하여야 한다.

#### 2) 중력하중에 대한 안전성

중력하중조합에 대하여 충분히 안전하여야 한다. 다만, 「건축구조기준」에서 허용하는 보에 대한 모멘트 재분배는 사용할 수 있다.

#### 3) 강도비의 정의

하나의 부재를 구성하는 각 단면 또는 각 하중저항메카니즘의 강도비는 보유강도를 요구강도로 나눈 값으로 정의하며, 이 중 최소값을 해당 부재의 강도비로 정의한다.

#### 4) 기둥의 강도비

(1) 부재에서 휨강도비, 전단강도비, 연결부위(접합부, 정착, 이음) 강도비 중, 가장 작은값으로 정의한다. 양방향 휨모멘트를 고려하여야 한다.

(2) 한 개 층의 기둥들 내에서 중력하중 분담율이나 기둥의 크기가 현격히 차이가 나는 경우에는 중력하중 분담율 또는 기둥의 크기별로 그룹을 만들고, 각 그룹별로 평가하여야 한다.

(3) 철근콘크리트 모멘트골조의 외부기둥에서는 보철근의 후크철근 정착길이를 검토하여야 하며, 정착길이가 부족한 경우 해당 기둥의 강도비에 반영하여야 한다.

(4) 모멘트저항골조의 일부인 기둥에 대한 규정이며, 벽구조 또는 가새구조의 일부인 기둥은 벽구조와 가새구조의 규정에 따른다.

#### 5) 큰 보의 강도비

(1) 큰 보의 안전성 평가는 건물평면상 각 주요 방향별로 수행한다.

(2) 큰 보의 강도비는 부재에서 휨강도비, 전단강도비, 연결부위 강도비 중, 최소값으로 정의한다.

(3) 벽구조 또는 가새구조의 일부인 보는 벽구조와 가새구조의 규정에 따른다.

#### 6) 철근콘크리트 벽체의 강도비

(1) 철근콘크리트벽체의 안전성 평가는 건물평면상 각 주요 방향별로 각 방향 횡력에 대한 저항력이 큰 주요 벽체를 대상으로 강도비를 평가한다.

(2) 구조해석모델에서는 모든 벽체와 단부기둥을 포함하되, 강도비 평가에서는 하중방향과 동일한 벽체만을 고려하며 하중방향과 직각방향의 벽체, 단부기둥은 강도비 평가에서 제외한다.

(3) 벽체의 휨압축강도비, 전단강도비, 연결부위 강도비 중, 최소값으로 강도비를 결정한다.

(4) 모멘트골조 내부에 설치되는 채움벽은 8)을 따른다.

#### 7) 가새골조의 강도비

(1) 가새골조의 안전성 평가는 건물평면상 각 주요 방향별로 각 방향 횡력에 대한 저항력이 큰 주요 가새골조를 대상으로 강도비를 평가한다.

(2) 가새골조를 구성하는 단부기둥, 가새별로 강도비를 계산하며, 각 요소의 강도비는 축강도비, 휨강도비, 전단강도비, 연결부위(접합부, 정착, 이음) 중, 최소값으로 정한다.



## 8) 채움벽의 강도비

(1) 모멘트골조의 내부에 설치되는 조적채움벽과 콘크리트 채움벽은 일반적으로 휨모멘트와 인장을 전달하지 못하고 전단력만을 전달한다. 이러한 경우에는 조적채움벽은 압축력만을 전달 하는 가새, 콘크리트 채움벽은 압축과 인장가새로 모델링하여야 하며, 강도비의 평가는 7)을 따른다. 다만 조적채움벽은 압축이 작용하는 방향을 특정하기 어려운 경우에 매뉴얼 6.1.4.1에 따라 강성과 강도가 1/2인 압축과 인장가새로 모델링할 수 있다.

(2) 단부기둥의 강도비 평가시에는 기존골조 기둥단면의 수직철근만을 유효한 것으로 고려한다.

(3) 기초부터 상층부 까지 수직철근이 연속된 벽체의 강도비평가는 6)을 따른다.

## 9) 기초의 강도비

(1) 기초에 인장력이 발생하는 경우, 해석모델에서 지점 구속조건을 해제하거나 인발력을 지지하도록 설계하여야 한다.

(2) 지반의 극한지지력은 매뉴얼 8.4를 따른다.

## 10) 평균강도비의 계산

(1) 구조해석모델에서는 모든 구조부재를 포함하는 3차원 해석모델을 사용하는 3차원 해석을 사용한다.

(2) 각 방향 하중에 대한 평균강도비 계산에서는 해당 방향에 평행한 부재에 대한 강도비만을 고려하여 평균강도비를 계산한다. 즉, 모멘트골조의 큰 보, 내력벽구조, 가새골조의 경우에는 하중방향과 평행한 부재에 대한 강도비만을 고려하여 평균강도비를 계산한다.

## 11) 혼합구조에서 층 평균강도비의 결정

(1) 혼합구조에서는 각 골조형식의 평균강도비의 최소값으로 층 평균강도비를 결정하는 것이 안전측이다. 그러나 매뉴얼의 해그림 4-4에 나타난 바와 같이 혼합구조는 구조형식들의 기여도를 고려하는 병렬스프링으로 모델링할 수 있으며, 따라서 골조형식들의 기여도를 고려하여 층 평균강도비를 결정하는 것이 바람직하다.

(2) 각 골조형식의 기여도는 각층마다 다르게 나타나지만, 근사적으로 각 골조형식의 1층 바닥 요구 밀면전단력을 기준으로 평가할 수 있다. 각 골조형식의 기여도는 각 골조에 요구되는 밀면전단력을 건물의 1층 바닥 총 밀면전단력으로 나누어서 정의한다.

### 6.1.7. 층간변위의 검토

- 1) 선형해석을 통해 목표성능이 만족되는 경우, 층간변위를 검토한다.
- 2) 층간변위는 「건축구조기준」에 따라 건축물의 탄성변형에 변위증폭계수를 곱하여 계산한다. 각 지진력 저항시스템의 변위증폭계수는 학교시설 내진설계기준 7.5.1에 따른다. 내진설계가 되지 않은 기존 구조물의 변위증폭계수는 <표.3-2>에 따른다.
- 3) 계산된 층간변위는 <표.4-3>의「건축구조기준」에서 정의하는 허용층간변위 이하이어야 한다.
- 4) 내진설계를 수행하지 않은 구조물이거나 조적채움벽 및 조적허리벽 등 비구조요소의 영향을 크게 받는 구조물의 경우에는 허용층간변위 한계값을 70 퍼센트로 낮추어서 엄격하게 적용 한다.

**<표.4-3> 내진등급별 허용층간변위**

허용층간변위	내진등급		
	특	I	II
$\Delta_a$	$0.010h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.020h_{sx}$

※  $h_{sx}$  : x층 층고

### 6.1.8. 결과의 판정

- 1) 건물의 보유성능지수가 1.0 이상이고 층간변위를 만족하는 경우, 목표성능 달성으로 판정한다.
- 2) 1)을 만족하지 못하는 경우에는 정밀내진성능평가와 보강설계검토가 필요한 것으로 판정한다.

### 6.1.9. 평가결과의 보고

- 1) 성능목표의 달성 여부  
강도비 및 층간변위 요구조건을 모두 만족하는 경우, 성능목표를 만족하는 것으로 보고한다.

## 2) 보유성능지수의 보고

성능목표를 만족하지 못하는 경우, 목표성능대비 몇 퍼센트의 내진성능을 보유하고 있는지 평가하고 그 결과를 보고한다.

성능목표지진에 대한 평가 결과, 건물의 보유성능지수는 건물 평균강도비로 정의한다.

### 6.1.10. 보강설계에 활용방법

선형해석평가방법은 보강설계의 확인, 보강 전략의 선택을 위하여 설계방법으로 사용할 수 있다. 보강 전략별로 다음과 같이 선형해석평가를 사용할 수 있다.

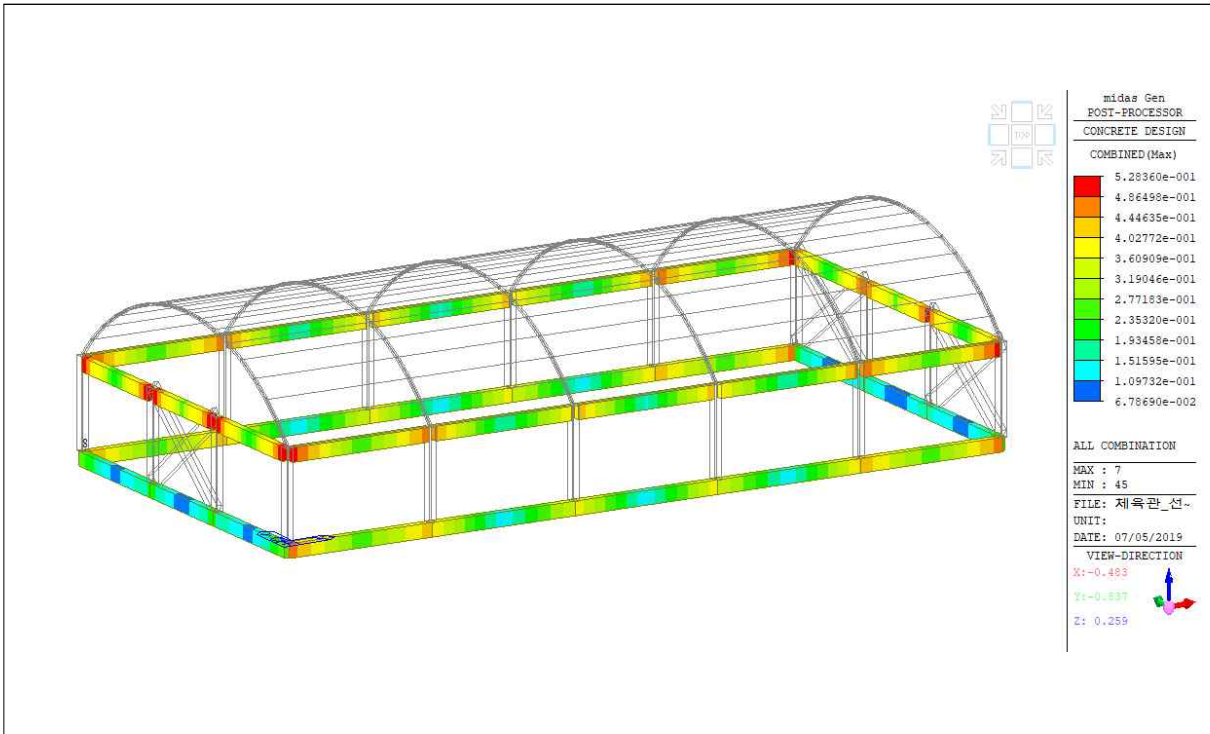
1) 부재 개별보강에 의한 강도증가와 강도비 증가 : 기존 구조물에 대한 성능평가 결과 강도 비가 현격하게 낮은 부재들에 대하여 보강설계를 실시하여 강도를 증가시키고 강도비를 증가시킬 수 있다.

2) 집중보강에 의한 강도비 증가 : 많은 부재들에 대하여 보강이 필요한 경우에는 경제성과 시공성을 위하여 일부 부재들 또는 일부 위치에 집중보강을 실시한다. 전단벽의 설치와 가새의 설치가 대표적인 방법이다. 이 경우에는 집중보강 부위의 강성을 크게 증가시킴에 의하여 그 이외의 부재들에 전달되는 요구하중이 감소하여 강도비가 증가할 수 있다.

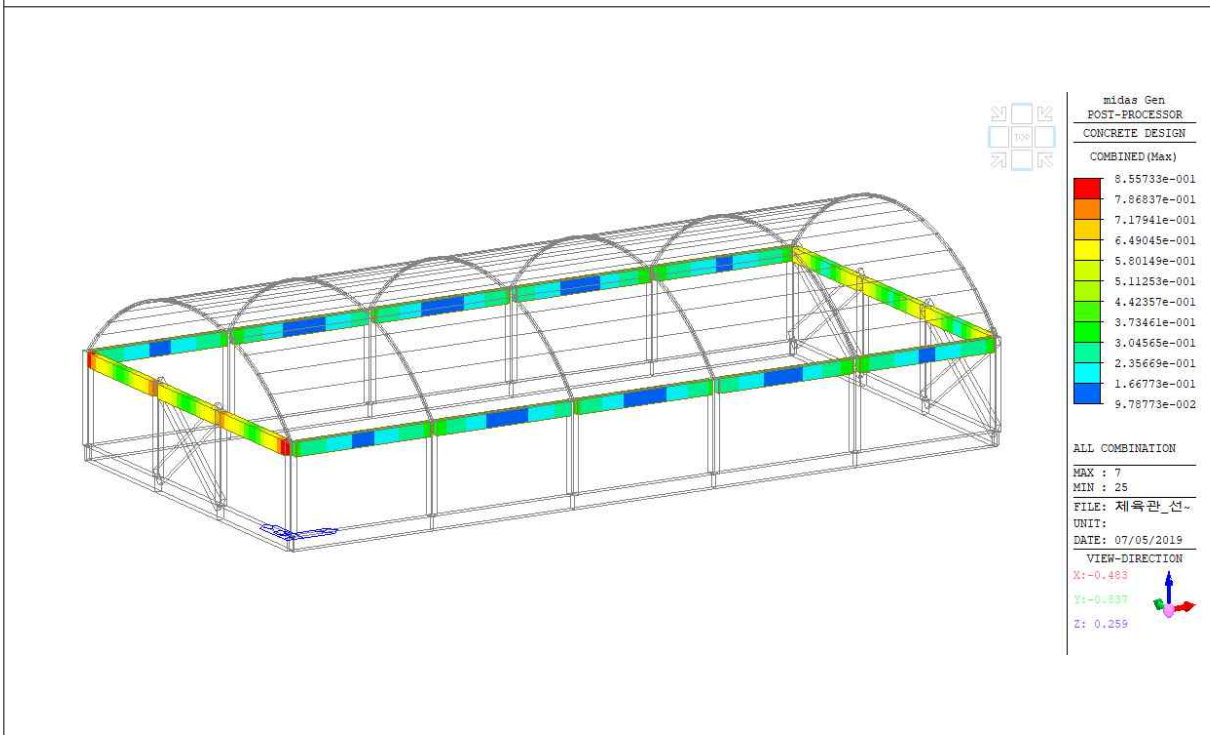
3) 기본 보강설계에 대한 간략 평가 : 다양한 기본 보강 설계 및 전략에 대하여 안전성과 경제성을 평가하기 위한 간략 평가방법으로 사용할 수 있다.

## 6.2. 3D Modeling 및 구조해석

### 6.2.1 BEAM DESIGN

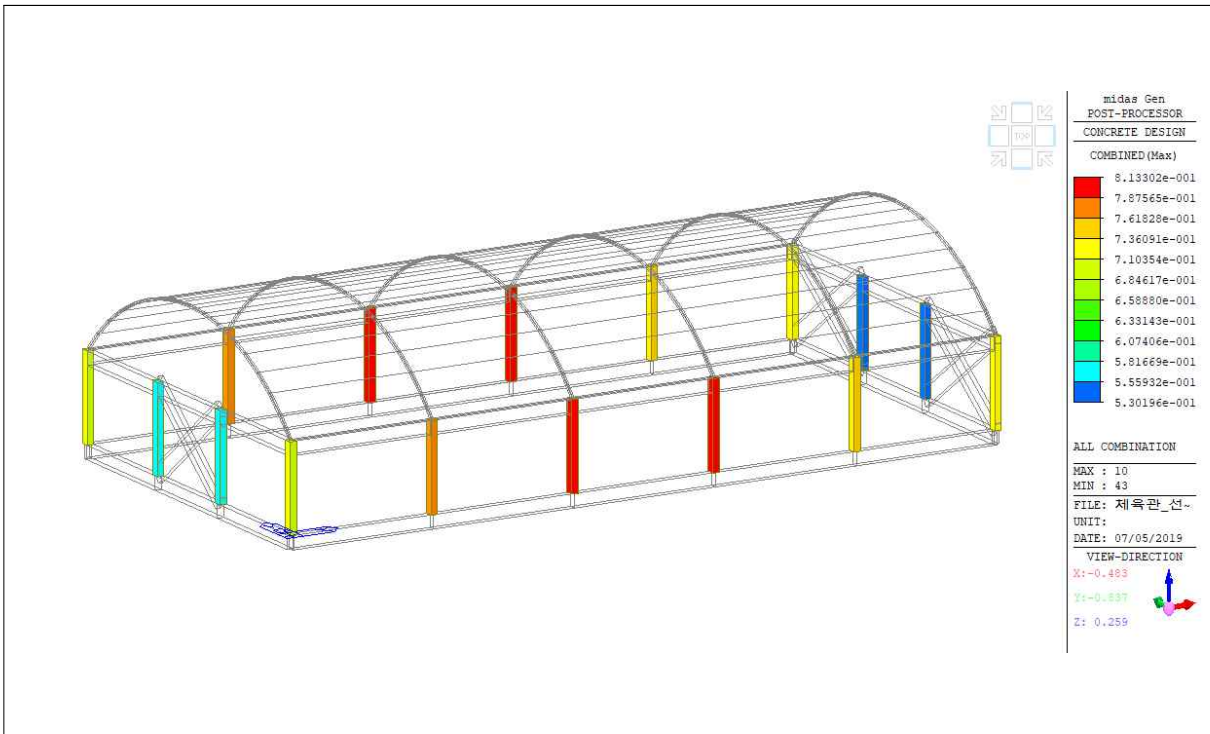


RX

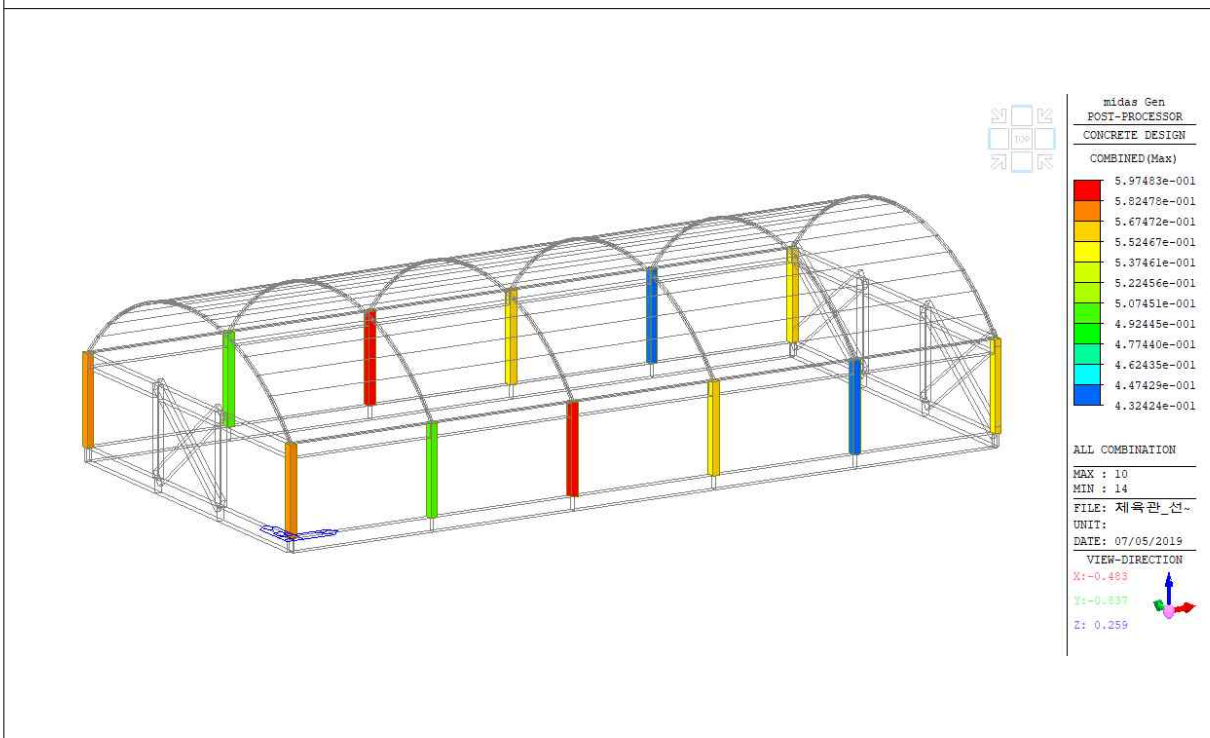


RY

## 6.2.2 COLUMN DESIGN



RX



RY

## 6.3 선형해석에 의한 내진성능평가

### 6.3.1 유연한 격막을 포함하는 구조물의 강도비

다음은 지붕 트러스와 유연한 격막을 포함하는 구조물의 강도비 산정 예이다. [해그림 4-5]는 강당과 일반적인 용도의 골조가 혼합된 건물이다. 이 구조물에서 좌측 1~3열 사이의 경간은 콘크리트 슬래브로 바닥구조가 형성되고, 3~6열 사이의 경간은 2층 바닥이 없고 트러스 지붕구조로 덮여 있다. 1, 2, 3열의 골조는 1층 및 2층에서 슬래브에 의해 구속되며, 4, 5, 6열의 부재를 포함하여 외곽에 위치한 기둥들은 모두 1층 및 2층에서 테두리보에 의해 구속된다.

여기서 X방향 강도비 산정 시 A 및 C열의 골조는 슬래브 및 테두리보로 연결되어 있으므로 하중의 재분배가 가능하다고 보고 각각의 골조 내에서 부재의 강도비를 평균화 할 수 있다. 다만, A3-A6 및 C3-C6 사이의 테두리보는 수집재 역할을 하므로 축력 전달에 충분한 강도를 보유하고 있는지 검토할 필요가 있다. B열에서 B6 기둥은 골조를 형성하지 않고 독립된 기둥으로서 강도비를 평균화하지 않는다. A, B 및 C열의 골조는 일부분에서만 슬래브로 연결되므로 유연격막을 가정하여 각 골조의 강도비를 독립적으로 계산하고, 그 중 최솟값으로 총강도비를 정한다.

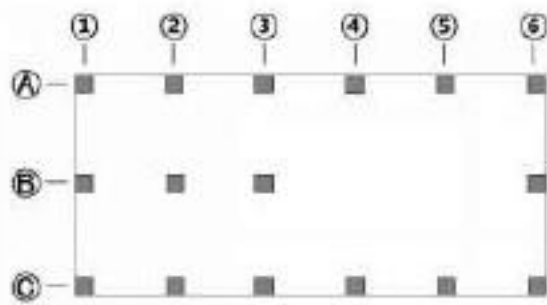
Y방향 강도비 산정 시 1, 2, 3열의 골조는 슬래브에 의해 강체격막 작용이 유효하므로 그에 속한 부재 전체의 강도비를 평균화할 수 있다. 6열의 골조는 독립적으로 강도비를 계산한다. 총강도비는 (1+2+3열)골조의 강도비와 6열골조의 강도비중 최솟값으로 총강도비를 정한다. Y방향 횡력에 기여도가 크지 않은 4, 5열의 기둥은 강도비평가에서 제외한다.

결과적으로 X 및 Y방향 총강도비는 1층과 2층이 동일하게 다음 식과 같이 계산될 수 있다.

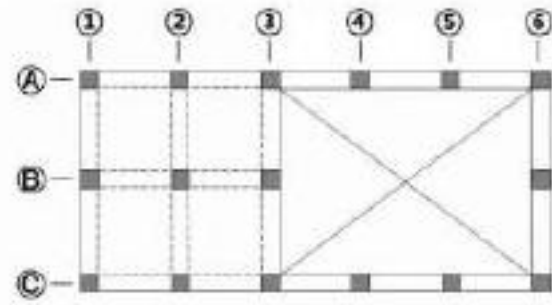
$$CDR_{X\text{방향}} = \min \left[ \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 CDR_{Aj}, \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 CDR_{Bj}, \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 CDR_{Cj}, CDR_{B6} \right] \quad (\text{해 4-1})$$

$$CDR_{Y\text{방향}} = \min \left[ \frac{1}{9} \sum_{i=A}^C \left( \sum_{j=1}^3 CDR_{ij} \right), \frac{1}{3} \sum_{i=A}^C CDR_{i6} \right] \quad (\text{해 4-2})$$

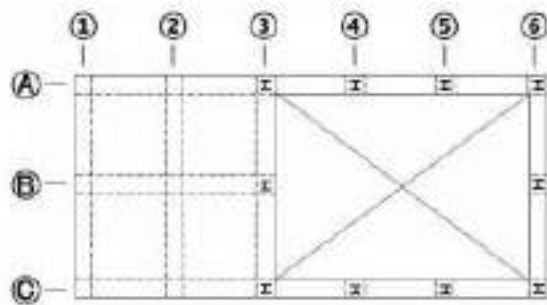
여기서,  $CDR_{ij}$  : X방향  $i$ 열과 Y방향  $j$ 열에 위치한 기둥의 강도비



(a) 1층 구조평면도



(b) 2층 구조평면도



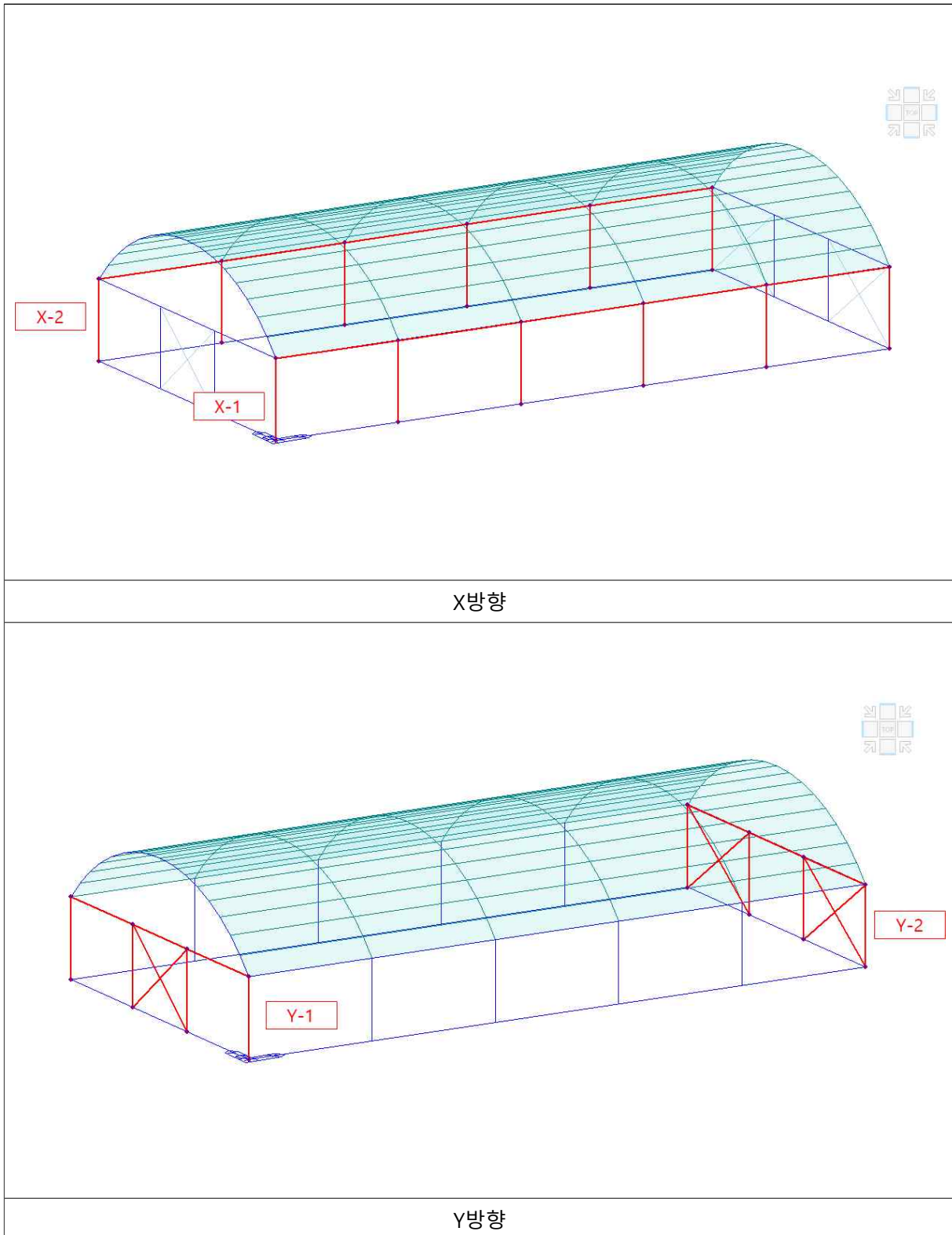
(c) 지붕층 구조평면도



(d) 입면도

[해그림 4-5] 강당과 교사동 혼합구조의 예

### 6.3.2 강도비 산정 범위





### 6.3.3 평균강도비

- 기둥

구분	MEMB	Section	Rat-P	Rat-My	Rat-Mz	Rat-V. end	Rat-V. mid	Min.	AVERAGE
X-1	1	C1	1.46	1.45	1.44	3.14	3.15	1.44	1.30
	8	C1	1.29	1.31	1.26	2.89	2.90	1.26	
	10	C1	1.23	1.25	1.22	3.16	3.17	1.22	
	12	C1	1.28	1.30	1.24	3.13	3.13	1.24	
	14	C1	1.31	1.34	1.36	2.83	2.84	1.31	
	16	C1	1.40	1.42	1.35	3.13	3.13	1.35	
X-2	4	C1	1.46	1.45	1.44	3.14	3.15	1.44	1.30
	9	C1	1.29	1.31	1.26	2.89	2.90	1.26	
	11	C1	1.23	1.25	1.22	3.16	3.17	1.22	
	13	C1	1.28	1.30	1.24	3.13	3.13	1.24	
	15	C1	1.31	1.34	1.36	2.83	2.84	1.31	
	17	C1	1.40	1.42	1.35	3.13	3.13	1.35	
Y-1	1	C1	1.757	1.808	1.718	5.051	5.076	1.718	1.62
	2	C2	1.529	1.522	1.546	2.710	2.717	1.522	
	3	C2	1.529	1.522	1.546	2.710	2.717	1.522	
	4	C1	1.757	1.808	1.718	5.051	5.076	1.718	
Y-2	16	C1	1.79	1.81	1.79	4.81	4.83	1.79	2.01
	17	C1	1.79	1.81	1.79	4.81	4.83	1.79	
	43	C2	2.27	2.34	2.24	4.35	4.35	2.24	
	46	C2	2.27	2.34	2.24	4.35	4.35	2.24	

- 보

구분	MEMB	Section	Rat-N	Rat-P	Rat-V	Min.	AVERAGE
X-1	18	G1	1.96	4.17	5.56	1.96	2.13
	19	G1	2.22	6.67	5.88	2.22	
	20	G1	2.33	7.14	6.25	2.33	
	21	G1	2.17	6.67	5.88	2.17	
	22	G1	1.96	4.17	5.56	1.96	
X-2	23	G1	1.96	4.17	5.56	1.96	2.13
	24	G1	2.22	6.67	5.88	2.22	
	25	G1	2.33	7.14	6.25	2.33	
	26	G1	2.17	6.67	5.88	2.17	
	27	G1	1.96	4.17	5.56	1.96	
Y-1	5	G2	1.16	3.23	2.70	1.16	1.25
	6	G2A	1.43	3.85	2.22	1.43	
	7	G2	1.16	3.23	2.70	1.16	
Y-2	28	G2	1.43	4.35	2.94	1.43	1.52
	44	G2A	1.69	3.85	2.38	1.69	
	47	G2	1.43	4.35	2.94	1.43	

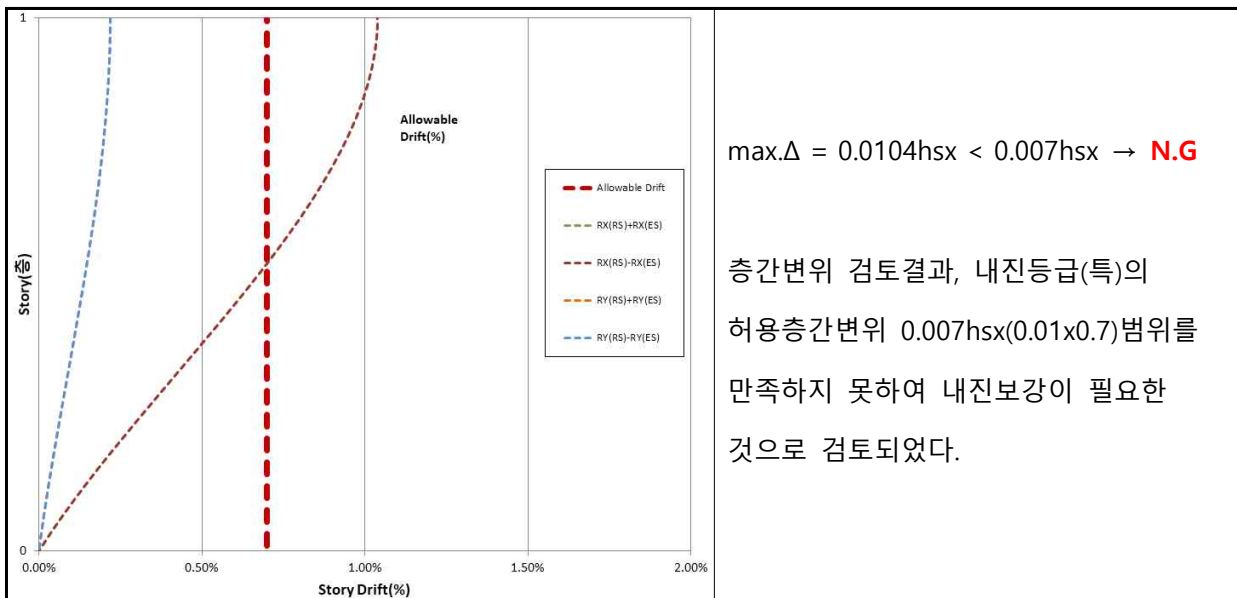
### 6.3.3. 평균강도비 종합결과표

#### 6.3.3.1 보유성능지수

층	하중방향	최저강도비					최저강도비
		기둥	큰보	벽체	조적 가새	브레 이스	
X	X-1	1.30	2.13	-	-	-	1.30
	X-2	1.30	2.13	-	-	-	
Y	Y-1	1.62	1.25	-	-	-	1.25
	Y-2	2.01	1.52	-	-	-	
건물	X	보유성능지수 = 1.30					1.30
	Y	보유성능지수 = 1.25					1.25

선형해석평가 결과, X, Y방향의 보유성능지수가 1.0 이상으로 평가되어 보유강도는 충분한 것으로 검토되었다.

### 6.3.4. 층간변위검토



## 6.4 조적채움벽 면외방향의 검토

### 6.4.1 일반사항

(1) 조적채움벽은 면내방향 거동 이외에도 면외방향의 전도에 대해 검토되어야 한다. 벽체의 면외방향 관성력에 대한 거동은 힘지배 거동으로 고려한다. 다만, 양쪽면에 양호한 모르타르 마감에 있어서 골조와의 접촉면이 채워져 있다고 판단되는 순높이 3.3 m 이하, 두께 1.0B 이상인 조적채움벽은 면외방향의 검토를 생략할 수 있다.

(2) 조적채움벽의 면외방향의 강성은 전체 구조물의 해석모델에 포함하지 않는다.

(3) 조적채움벽의 높이-두께비가 [표 6-7]에 규정된 상한치보다 작고 (5)에서 규정한 아치 작용의 요건을 만족하는 경우 면외방향의 전도에 대해 안전한 것으로 볼수 있다. [표 6-7]에서  $S_{DS}$ 와  $S_{DI}$ 에 의해 각각 결정되는 상한치 가운데 작은 값을 적용한다.

(4) 조적채움벽이 [표 6-7]의 성능수준별 높이-두께비를 초과하는 경우 (5)와 (6)의 규정에 따라 강도에 대한 검토를 수행하여야 한다.

(5) 면외 강도

① 휨균열 발생에 따른 전도가 조적벽체에 면외방향 하중 작용 시 파괴모드이다.

② 아치 작용(arching action)을 고려할 수 있는 경우

아치 작용을 기대하기 위해서는 채움벽이 주위의 골조와 완전히 접촉하고 있어야 하며 채움벽의 높이/두께비 ( $h_m/t_m$ )가 25 이하이어야 한다. 해당 조건 만족시 채움벽의 단위면적당 면외강도  $Q_{CL}$ (kPa)는 아래의 식으로 산정한다.

$$Q_{CL} = q_{in} A_{in} = \frac{0.7f'_m \lambda_2}{(h_m/t_m)} A_{in}$$

여기서,  $Q_{CL}$  : 조적채움벽의 면외강도(N)

$q_{in}$  : 조적채움벽의 단위면적당 면외강도(MPa)

$A_{in}$  : 조적채움벽 입면의 면적(mm<sup>2</sup>)

$f'_m$  : 조적채움벽 압축강도의 하한값(MPa)

$\lambda_2$  : [표 2.18]의 값을 사용한다.

③ 아치 작용을 고려할 수 없는 경우

조적채움벽을 수직 캔틸레버로 간주하고 휨균열이 발생하는 수평하중을 면외방향 하중작용 시의 강도로 결정한다. 재료시험값 혹은 매뉴얼에 따른 채움벽의 설계기준 인장강도를 적용한다. 4면 고정접합을 가정하기 위해서는 현장조사를 통해 조적벽체와 골조 경계면 사이에 틈새가 존재하지 않는 것을 확인하여야 하며, 확인하지 않는 경우 하부면만 접합된 것으로 가정하여야 한다.

(6) 허용기준

(5)에 따라 산정된 벽체의 강도는 다음의 식으로 계산된 관성력보다 커야 한다.

$$F_p = 0.4 \chi S_{XS} W_p \geq 0.1 \chi W_p$$

여기서,  $F_p$  : 면외방향의 관성력

$S_{XS}$  : 중요도계수가 고려된 평가 대상 지진의 단주기 스펙트럼가속도

$W$  : 벽체의 무게 혹은 단위중량

$\chi$  : 목표성능수준에 따른 계수. 붕괴방지의 경우 1.0, 인명안전의 경우 1.3, 거주가능의 경우 2.0을 사용한다.

**<표 6.7> 아치 작용의 요건을 만족하는 조적채움벽의 면외방향 검토를 생략하기 위한 높이-두께비( $h_m/t_m$ ) 상한치**

성능수준	$S_{DS}^{1)} < 0.33g$ 또는 $S_{D1}^{1)} < 0.133g$	$0.33g \leq S_{DS} < 0.50g$ 또는 $0.133g \leq S_{D1} < 0.20g$	$0.50g \leq S_{DS}$ 또는 $0.20g \leq S_{D1}$
거주가능	14	13	8
인명안전	15	14	9
붕괴방지	16	15	10

1)  $S_{DS}, S_{D1}$  : 건축구조기준에 규정된 단주기 및 1초 주기 설계스펙트럼가속도

**<표 6.8> 벽체의 높이-두께 비( $h_m/t_m$ )에 대한 계수  $\lambda_2$ <sup>1)</sup>**

$h_m/t_m$	5	10	15	25
$\lambda_2$	0.129	0.060	0.034	0.013

1) 선형 보간하여 적용한다.

## 6.4.2 면외방향의 검토 결과

### 6.4.2.1 단주기 및 1초 주기 설계스펙트럼가속도

$S_{DS}$	$S_{D1}$
0.360	0.194

### 6.4.2.2 면외방향 검토를 생략하기 위한 높이-두께비 검토

Section ID	채움벽 두께 $t_m$ (mm)	채움벽 높이 $h_m$ (mm)	높이 두께비 $h_m/t_m$	아치작용 요건 만족여부	면외방향 검토생략 상한치	면외방향 검토생략 가능여부
BW1	200	3300	16.5	만족	14.0	검토필요
BW2	200	3300	16.5	만족	14.0	검토필요

### 6.4.2.3 면외방향 검토

Section ID	아치작용 요건 만족여부	조적 압축강도 $f'_m$ (Mpa)	조적 인장강도 $f'_t$ (Mpa)	높이두께비 계수 $\lambda_2$	단위면적당 면외강도 $Q_{CL}$ (아치)	단위면적당 면외강도 $Q_{CL}$ (캔틸레버)	면외방향 관성력 $F_P$	판정
BW1	만족	2.1	0.0	0.0309	2.75	-	0.9	OK
BW2	만족	2.1	0.0	0.0309	2.75	-	0.9	OK

현재 설치된 조적벽체에 대한 면외전도 검토결과, 내진(I)등급 조건에서 해당 건축물의 조적채움벽체는 면외전도에 대한 위험성은 낮은 것으로 평가되었으나 모멘트골조 내 채움벽이 밀실하게 설치되어 아치작용을 기대할 수 있는 양호한 상태로 보고 면외전도에 대한 위험성을 검토한 결과이므로 실시설계 시 전수조사를 실시하여 조적채움벽체에 대하여 아치작용 조건 만족 여부를 확인하여야 한다.

## 6.5 내진보강설계

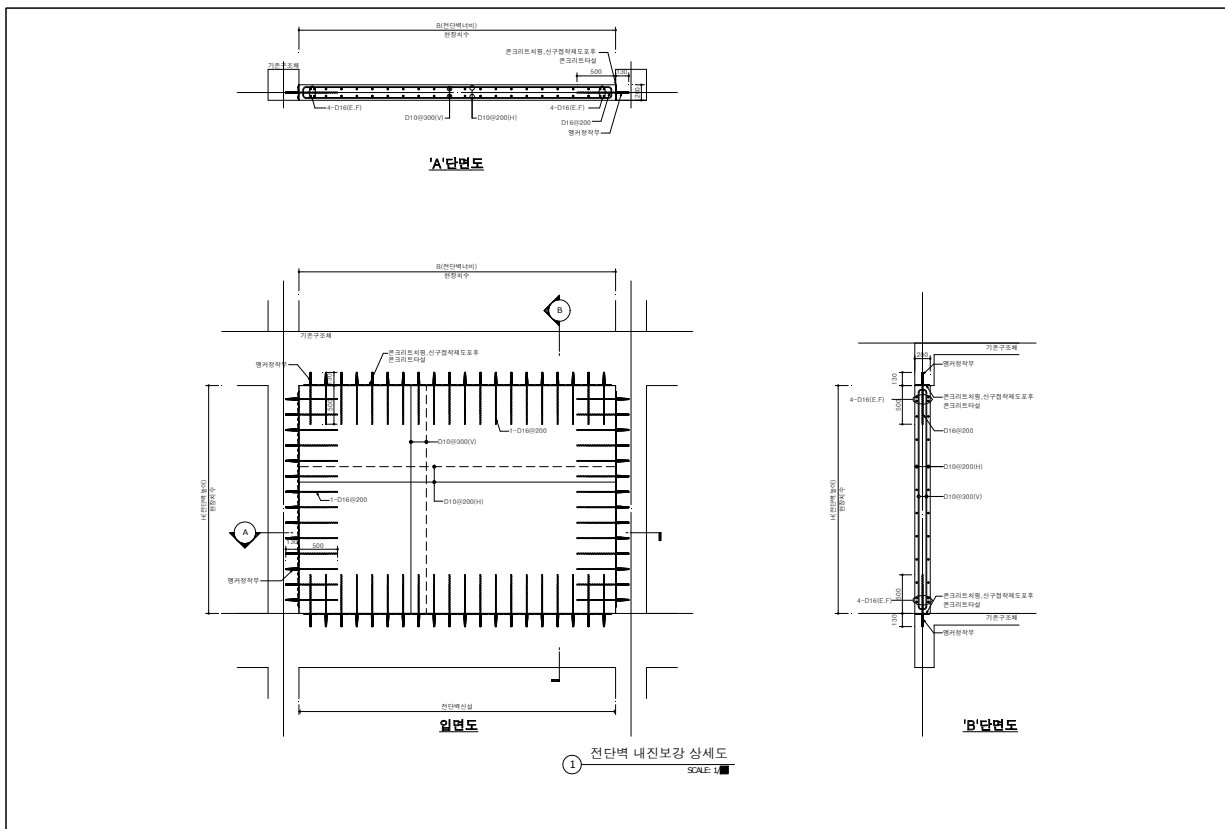
### 6.5.1 보강공법의 개요

#### 1) 개요

시스템보강 일반공법 중 전단벽 공법을 적용하여 층간변위를 제어하고, 건축물의 내력을 증가시킨다.

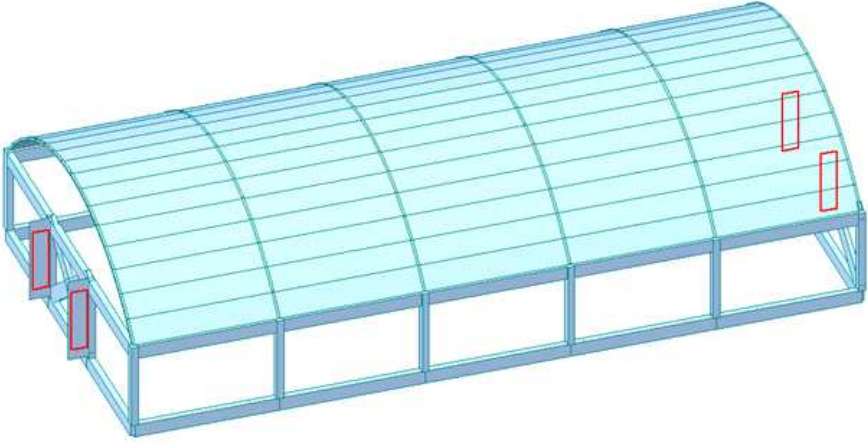
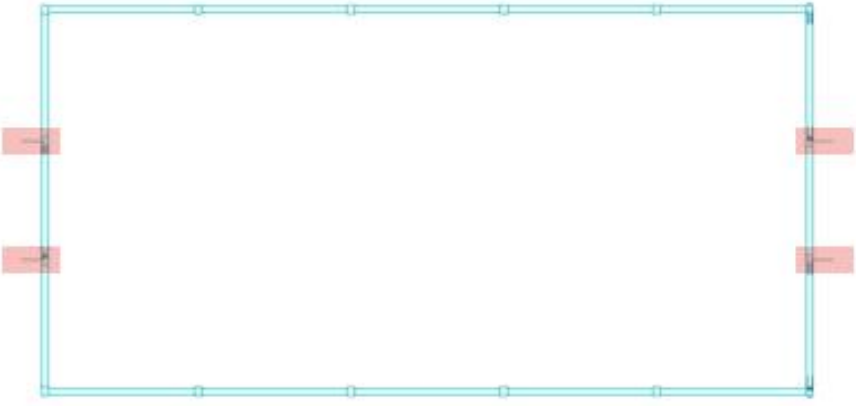
#### 2) 특징

- 사용재료의 신뢰성이 있다.
- 전통적인 내진보강방법으로 국내외 시공실적이 많다.
- 강성보강으로 확실한 보강효과를 기대할 수 있다.



내진보강상세도

### 6.5.2 보강 위치

<p>Modeling Iso View</p>	 <p>A 3D isometric view of a curved roof structure. The structure consists of a series of parallel ribs supported by a base frame. Several vertical reinforcement bars are highlighted in red, indicating their placement along the length of the structure.</p>
<p>Modeling Top View</p>	 <p>A top-down view of the structure, showing a rectangular frame with several vertical reinforcement bars. A legend at the bottom indicates that the red shaded areas represent RC WALL.</p> <p>RC WALL</p>



### 6.5.3 하중조합 및 보정계수

#### 1) 보정계수

##### 1. CONDITION

1) 건축물 높이	$h_n = 3.9$ m		
1) 건축물 층수	$N = 1$ Floor		
2) 건축물 유효 중량	$W = 1,352.5$ kN	(Effective Mass = 137.9 kN/g)	
3) 보통암까지의 깊이	$MR = 30.0$ m	(지반보고서 참조)	
4) 지역계수	$S = 0.180$	지역 1	$\geq 0.22 \times 0.8 = 0.176$
5) 지반분류	SC		
6) 설계스펙트럼가속도	$S_{DS} = S \times 2.5 \times Fa \times 2/3 = 0.36000$	단주기	
	$S_{D1} = S \times Fv \times 2/3 = 0.19440$	주기1초	
7) 지반 증폭계수	$F_a = 1.200$	$F_v = 1.620$	
8) 중요도계수	$I_E = 1.5$	중요도(특) / 내진등급 (특)	*1.3.1 <표 1-1> 내진등급과 중요도 계수
9) 내진설계범주	D		
10) 구조 시스템	Sys_x-dir = 조적채움벽과 허리벽이 없는 내진설계 되지 않은 철근 콘크리트 모멘트골조		
	Sys_y-dir = 무보강 조적채움벽이 있는 철근콘크리트 모멘트 골조		
11) 반승수정계수	$R_x = 3.00$	$R_y = 2.50$	*4.2.4 <표 4-2> 지진력 저항시스템 설계계수
12) 시스템초과강도계	$\Omega = 3.00$	$\Omega = 2.50$	*4.2.4 <표 4-2> 지진력 저항시스템 설계계수
13) 변위증폭계수	$C_d = 3.00$	$C_d = 2.50$	*4.2.4 <표 4-2> 지진력 저항시스템 설계계수
14) 조적벽 유무	x-dir = 무	y-dir = 유	*4.3.6 (1) 철근콘크리트 모멘트 주기 x 2/3
15) 조적허리벽 유무	x-dir = 무	y-dir = 무	*4.2.6 (12) 상한계수 미고려 조항 적용
			*양방향 주기 상한계수는 고려하지 않음

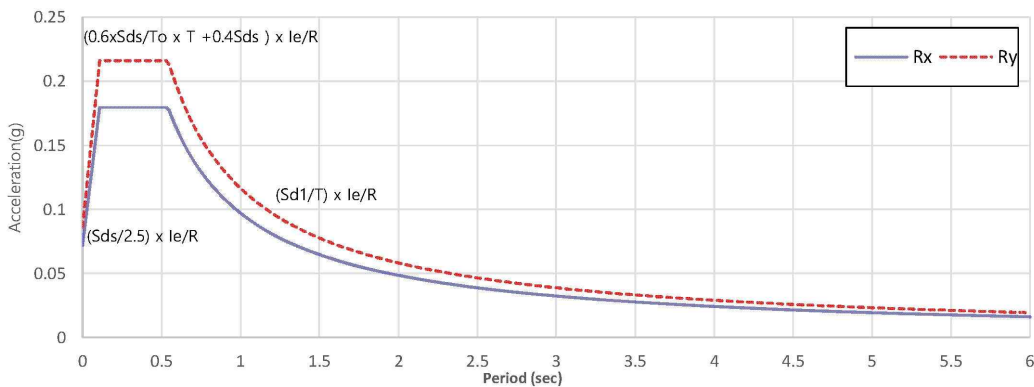
##### 2. 각 방향 별 기본 주기 (sec)

1) 표준 약산식	Sys_x-dir = 철근콘크리트모멘트골조		
	$T_{a,x} = 0.0466 \times (h_n)^{0.9} = 0.1586$		
	Sys_y-dir = 콘크리트전단벽구조 및 기타골조		
	$T_{a,y} = 0.0488 \times (h_n)^{0.75} = 0.1354$		
2) 주기 상한 계수	$C_u = 1.5112$		
3) 고유치 해석 주기결과	$T_{d,x} = 0.3634$	$T_{a,x} \times C_u = 0.240$	*x방향 주참여 모드 주기 결과 입력
	$T_{d,y} = 0.6611$	$T_{a,y} \times C_u = 0.205$	*y방향 주참여 모드 주기 결과 입력
4) 적용 기본 주기	$T_x = 0.1586$	$T_y = 0.1354$	

##### 3. 지진 응답 계수

	$C_s = S_{D1} / [(R/I_E) \times T]$	=	0.6129	X-Dir.	Y-Dir.
	$C_{s,max} = S_{DS} / (R/I_E)$	=	0.18	0.216	
	$C_{s,min} = 0.01$		0.01	0.01	
	$C_{s,x} = 0.18$		$C_{s,y} = 0.216$		

##### 4. Design Spectrum



##### 5. 밀면 전단력

1) 등가정적 해석	$V_{s,x} = 243.5$ kN	$V_{s,y} = 292.1$ kN
2) 동적해석	$V_{d,x} = 226.8$ kN	$V_{d,y} = 202.0$ kN

##### 6. SCALE UP FACTOR

$C_{m,x} = 0.85 V_{s,x} / V_{d,x} = 1.000$	$\leq$	1.0
$C_{m,y} = 0.85 V_{s,y} / V_{d,y} = 1.229$	$>$	1.0

2) X방향 하중조합

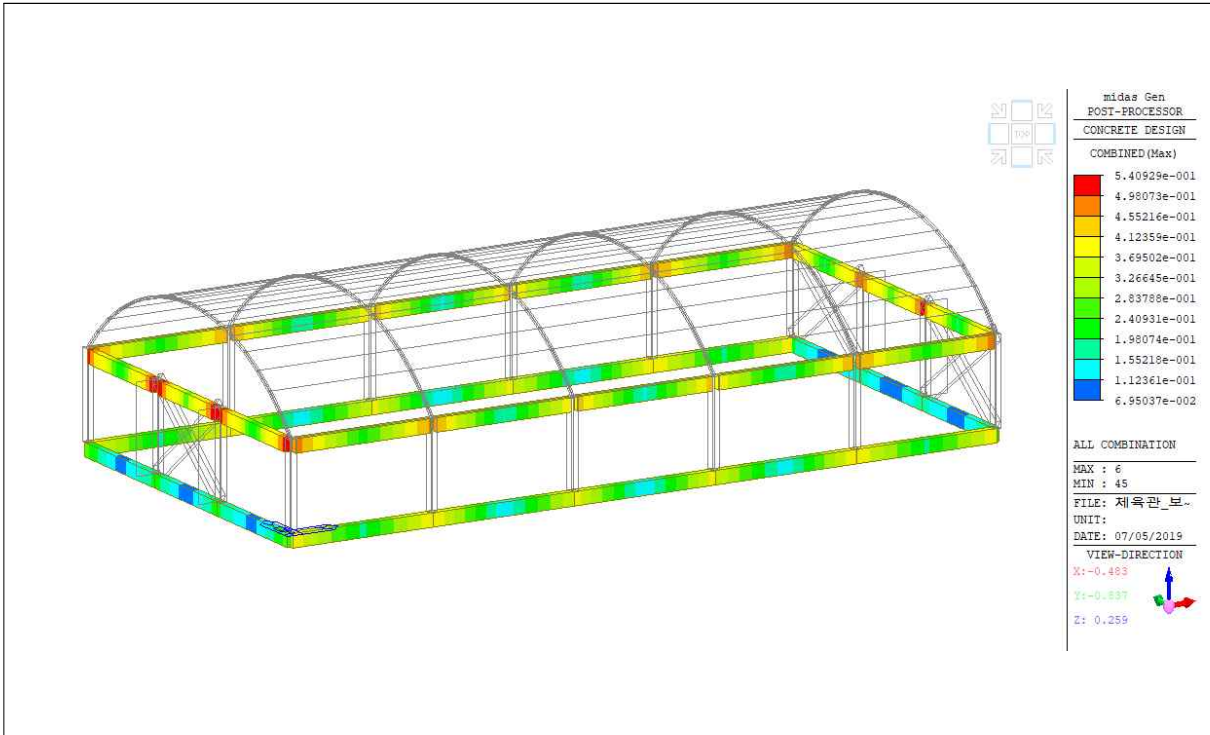
구분	하중 조합	비고
1	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	1.2DL+ 1.0LL
2	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
3	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
4	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
5	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
6	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
7	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
8	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
9	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
10	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
11	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
12	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
13	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
14	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
15	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES))) + 1.0(L)$	
16	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES))) + 1.0(L)$	
17	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES)))$	0.9DL
18	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES)))$	
19	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES)))$	
20	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES)))$	
21	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES)))$	
22	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES)))$	
23	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES)))$	
24	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES)))$	
25	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES)))$	
26	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES)))$	
27	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES)))$	
28	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES)))$	
29	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES)))$	
30	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))+0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES)))$	
31	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)+RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)-RY(ES)))$	
32	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.00)(RX(RS)-RX(ES))-0.3(1.229)(RY(RS)+RY(ES)))$	

### 3) Y방향 하중조합

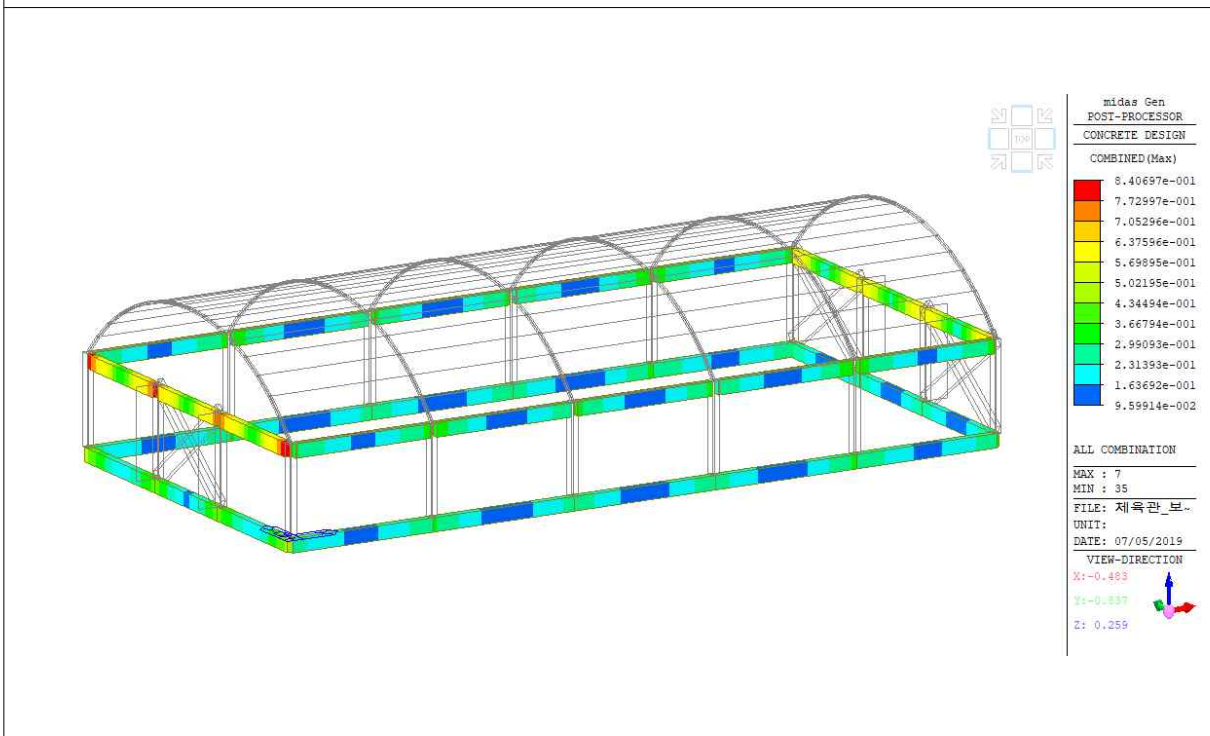
구분	하중 조합	비고
1	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	1.2DL+ 1.0LL
2	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
3	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
4	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
5	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
6	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
7	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
8	$1.2(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
9	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
10	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
11	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
12	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
13	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
14	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
15	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES))) + 1.0(L)$	
16	$1.2(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES))) + 1.0(L)$	
17	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES)))$	0.9DL
18	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES)))$	
19	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES)))$	
20	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES)))$	
21	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES)))$	
22	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES)))$	
23	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES)))$	
24	$0.9(D) + 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES)))$	
25	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES)))$	
26	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES)))$	
27	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES)))$	
28	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES)))$	
29	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES)))$	
30	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))+0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES)))$	
31	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)+RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)-RX(ES)))$	
32	$0.9(D) - 1.0(1.0(1.229)(RY(RS)-RY(ES))-0.3(1.00)(RX(RS)+RX(ES)))$	

## 6.5.4 보강 후 평균강도비

### 6.5.4.1 BEAM DESIGN

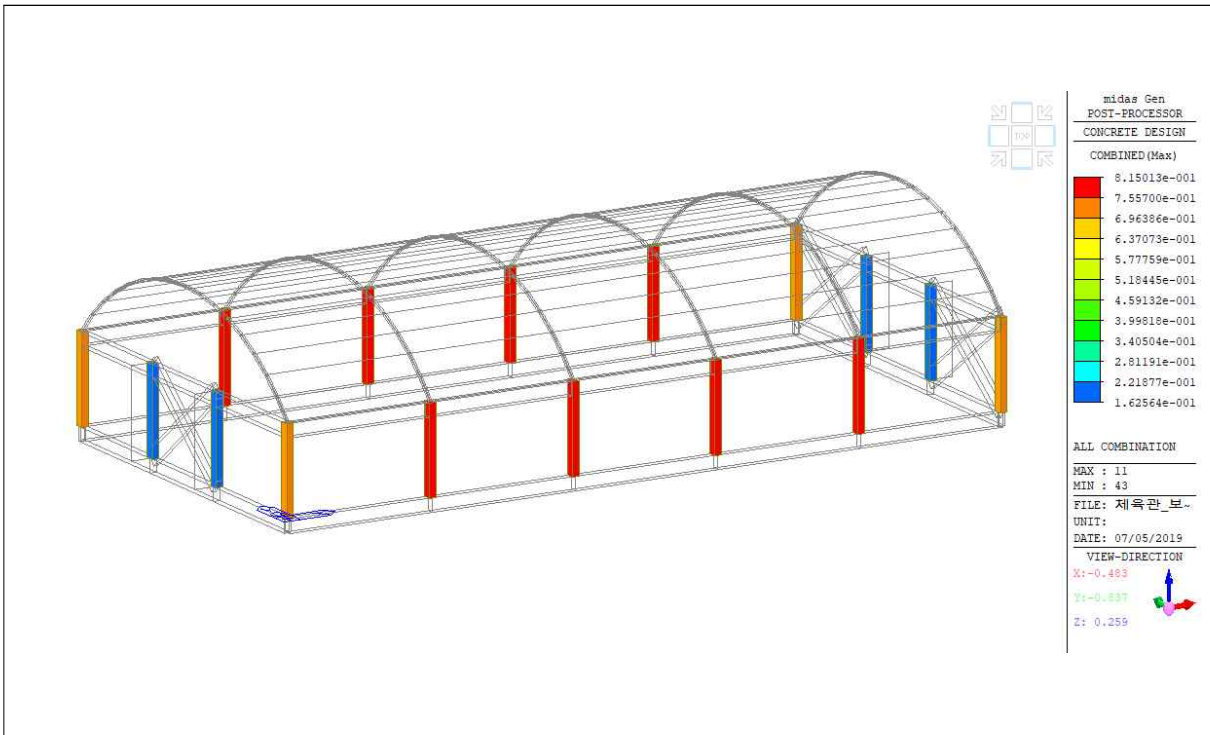


RX

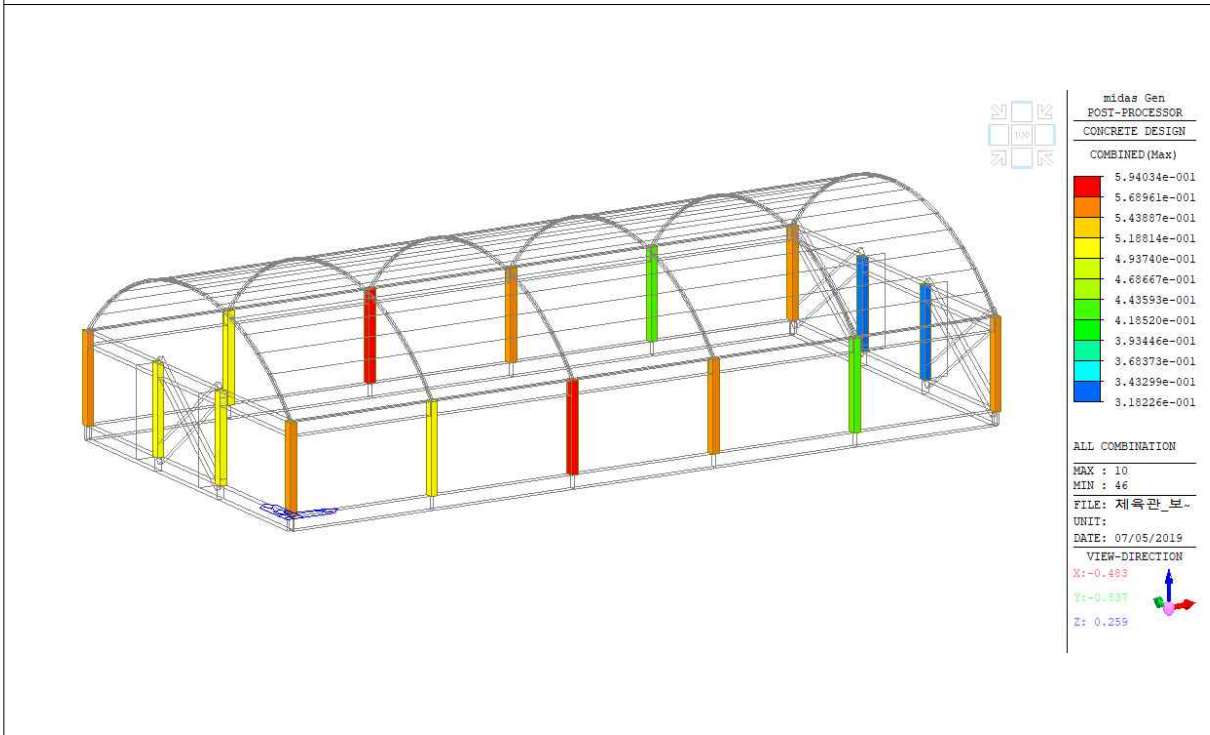


RY

### 6.5.4.2 COLUMN DESIGN

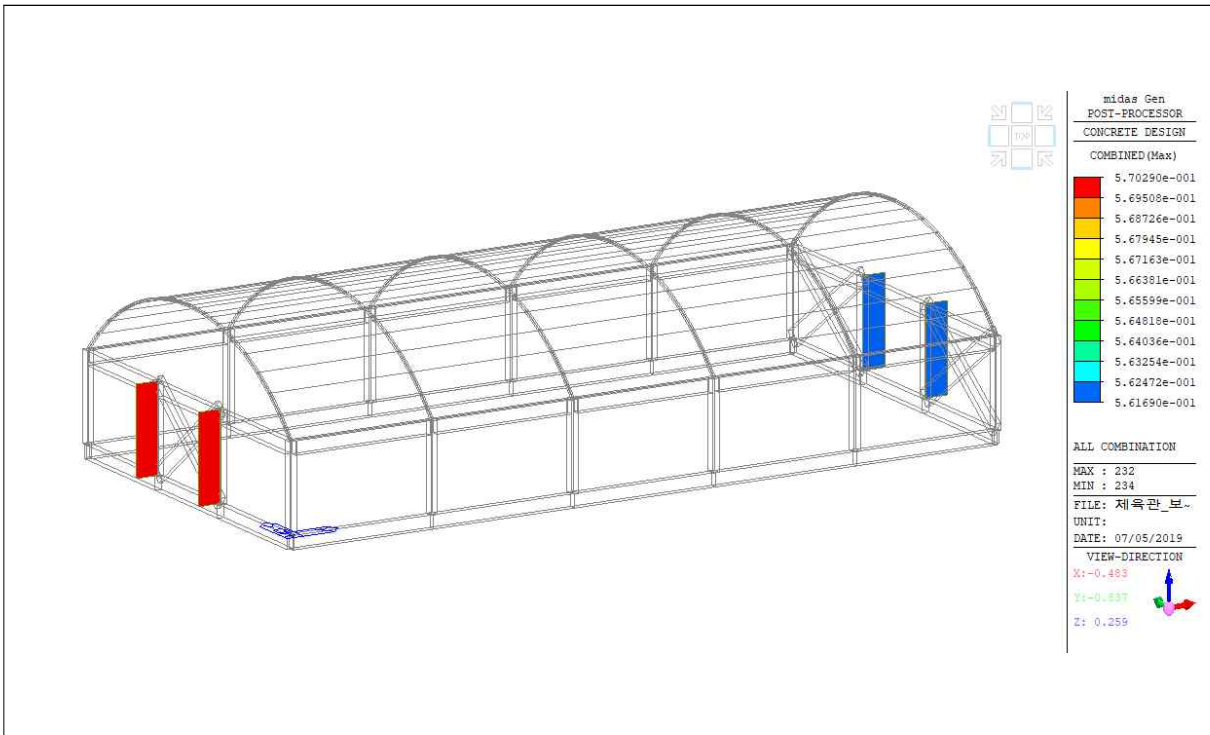


RX

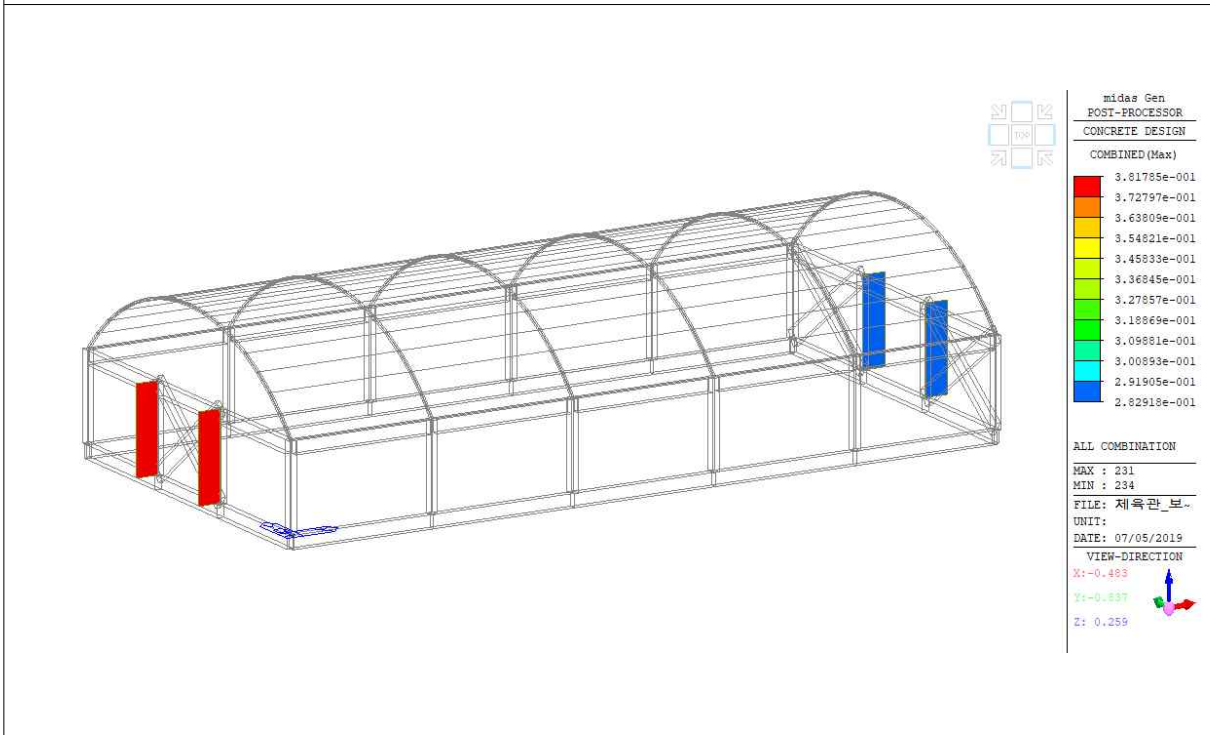


RY

### 6.5.4.3 WALL DESIGN



RX



RY

#### 6.5.4.4 평균강도비

- 기둥

구분	MEMB	Section	Rat-P	Rat-My	Rat-Mz	Rat-V. end	Rat-V. mid	Min.	AVERA GE
X-1	1	C1	1.41	1.43	1.45	3.04	3.05	1.41	1.30
	8	C1	1.31	1.31	1.26	2.90	2.91	1.26	
	10	C1	1.23	1.27	1.23	3.13	3.13	1.23	
	12	C1	1.26	1.28	1.23	3.10	3.10	1.23	
	14	C1	1.32	1.35	1.29	2.84	2.85	1.29	
	16	C1	1.40	1.38	1.38	3.02	3.03	1.38	
X-2	4	C1	1.41	1.43	1.45	3.04	3.05	1.41	1.30
	9	C1	1.31	1.31	1.26	2.90	2.91	1.26	
	11	C1	1.23	1.27	1.23	3.13	3.13	1.23	
	13	C1	1.26	1.28	1.23	3.10	3.10	1.23	
	15	C1	1.32	1.35	1.29	2.84	2.85	1.29	
	17	C1	1.40	1.38	1.38	3.02	3.03	1.38	
Y-1	1	C1	1.76	1.81	1.72	5.05	5.08	1.72	1.87
	2	C2	2.05	2.06	2.01	3.03	3.04	2.01	
	3	C2	2.05	2.06	2.01	3.03	3.04	2.01	
	4	C1	1.76	1.81	1.72	5.05	5.08	1.72	
Y-2	16	C1	1.80	1.82	1.81	4.83	4.83	1.80	2.47
	17	C1	1.80	1.82	1.81	4.83	4.83	1.80	
	43	C2	3.14	3.30	3.14	4.90	4.90	3.14	
	46	C2	3.14	3.30	3.14	4.90	4.90	3.14	

- 보

구분	MEMB	Section	Rat-N	Rat-P	Rat-V	Min.	AVERAGE
X-1	18	G1	2.08	4.55	5.56	2.08	2.16
	19	G1	2.17	6.67	5.88	2.17	
	20	G1	2.27	6.67	6.25	2.27	
	21	G1	2.17	6.67	5.88	2.17	
	22	G1	2.08	4.35	5.56	2.08	
X-2	23	G1	2.08	4.55	5.56	2.08	2.16
	24	G1	2.17	6.67	5.88	2.17	
	25	G1	2.27	6.67	6.25	2.27	
	26	G1	2.17	6.67	5.88	2.17	
	27	G1	2.08	4.35	5.56	2.08	
Y-1	5	G2	1.19	3.33	2.70	1.19	1.24
	6	G2A	1.35	4.00	2.17	1.35	
	7	G2	1.19	3.33	2.70	1.19	
Y-2	28	G2	1.45	4.35	2.94	1.45	1.51
	44	G2A	1.64	4.00	2.38	1.64	
	47	G2	1.45	4.35	2.94	1.45	

- 벽체

구분	MEMB	Section	Rat-Py	Rat-My	Rat-V	Min.	AVERAGE
Y-1	1	wM0001	1.75	1.78	10.87	1.75	1.75
	2	wM0002	1.75	1.78	10.87	1.75	
Y-2	3	wM0003	1.78	1.81	10.99	1.78	1.78
	4	wM0004	1.78	1.81	10.99	1.78	



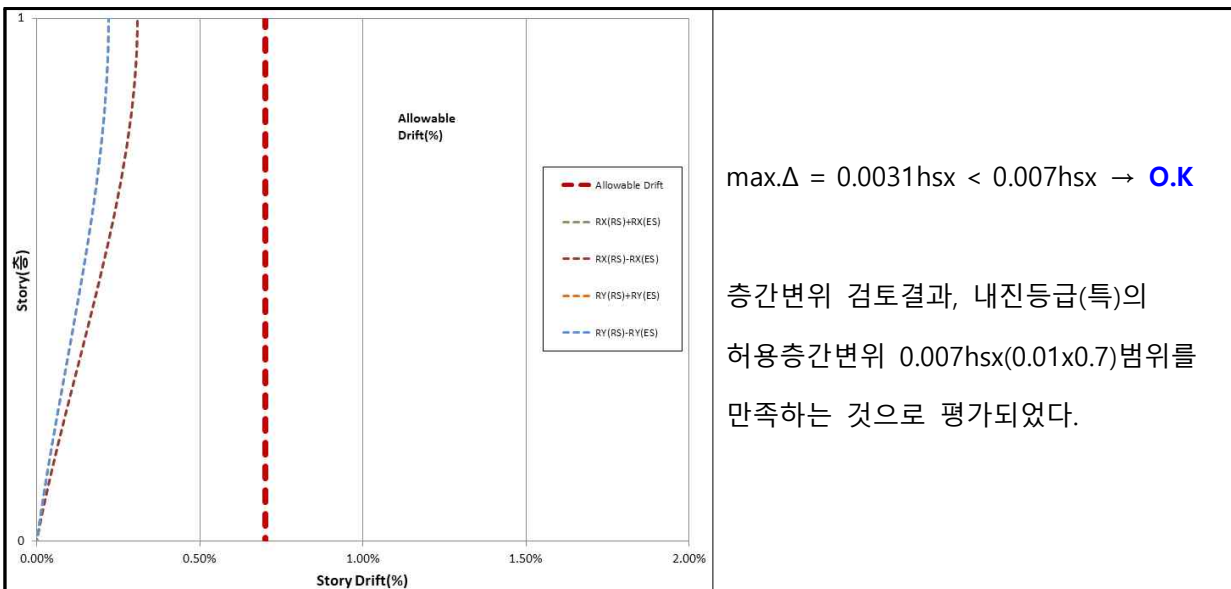
### 6.5.5. 평균강도비 종합결과표

#### 6.5.5.1 보유성능지수

층	하중방향	최저강도비					최저강도비
		기둥	큰보	벽체	조적 가새	브레 이스	
X	X-1	1.30	2.16	-	-	-	1.30
	X-2	1.30	2.16	-	-	-	
Y	Y-1	1.87	1.24	1.75	-	-	1.24
	Y-2	2.47	1.51	1.78	-	-	
건물	X	보유성능지수 = 1.30					1.30
	Y	보유성능지수 = 1.24					1.24

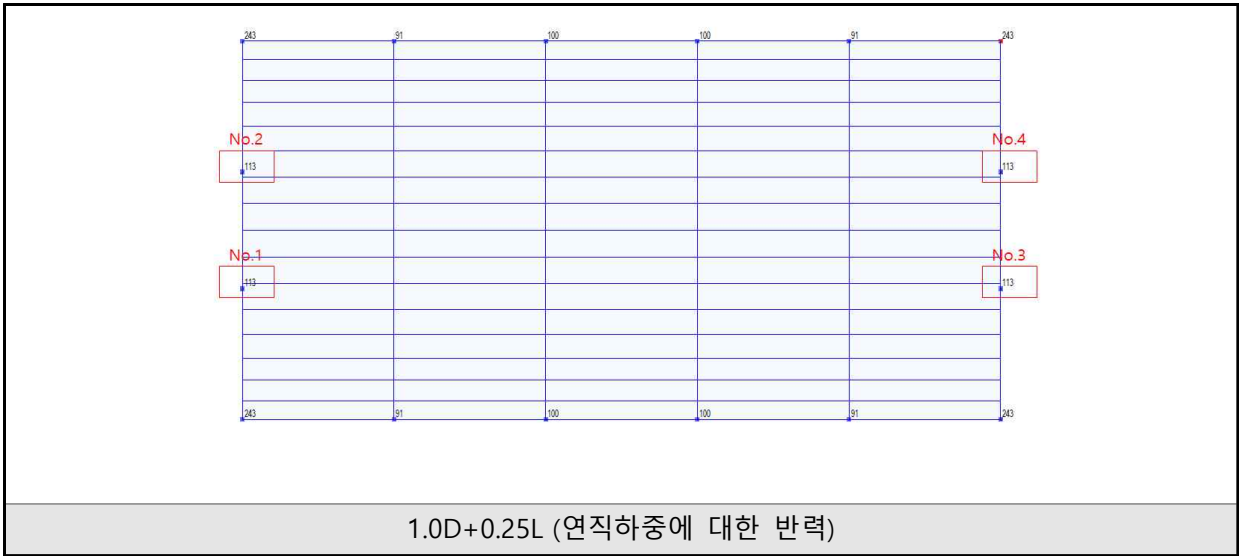
선형해석평가 결과, X, Y방향의 보유성능지수가 1.0 이상으로 평가되어 보유강도는 충분한 것으로 검토되었다.

### 6.5.6. 층간변위검토

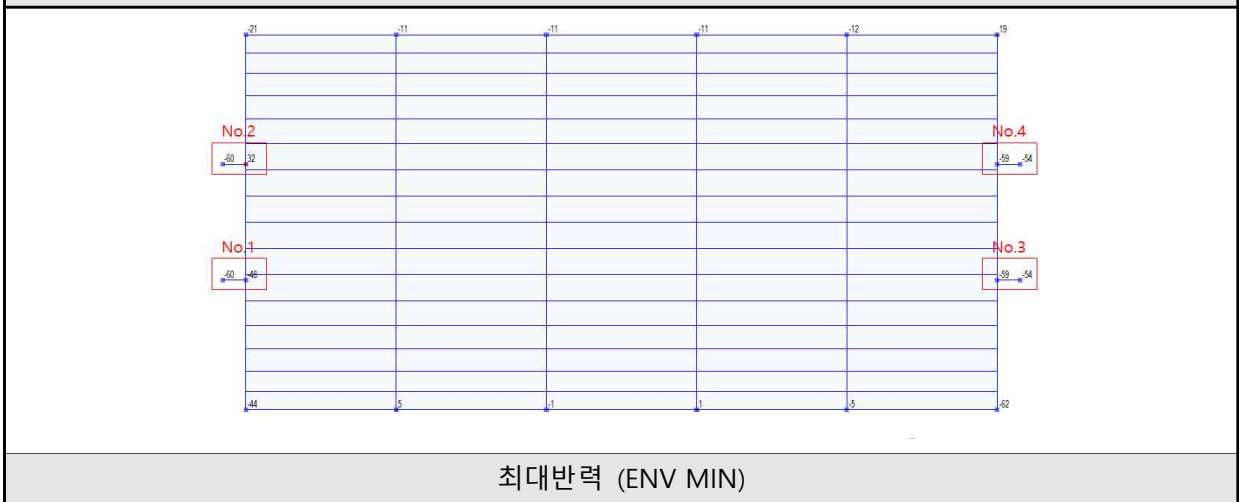
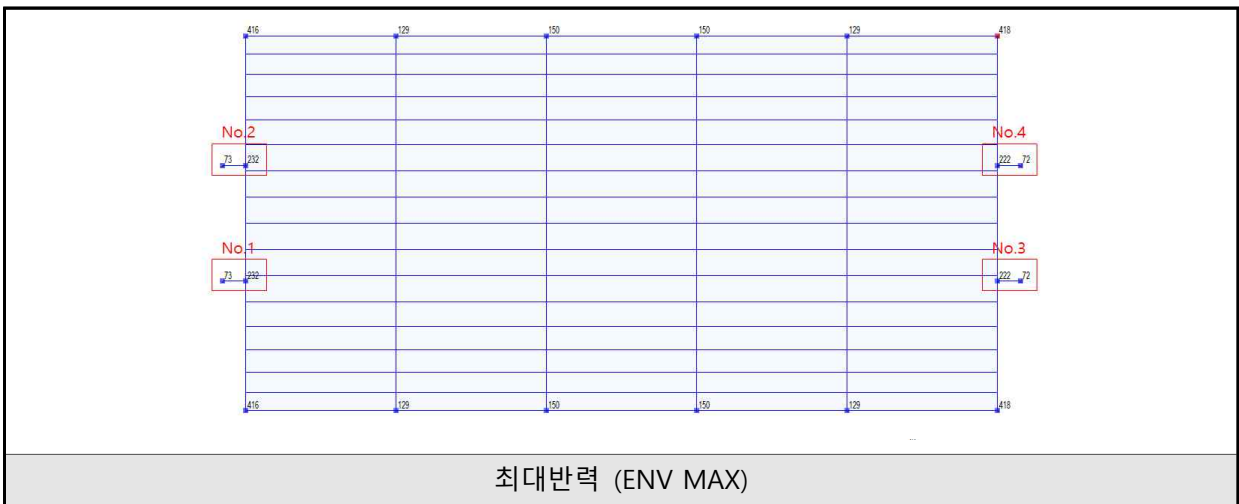


### 6.5.7. 기초검토

#### (1) 연직하중 반력 (보강 전)



#### (2) 압축력 및 인발력 검토 (보강 후)



기초 번호	연직 하중 반력	기대 지지력 (kN)	소요 압축력 (kN)	Ratio	소요 인발력 (kN)	흙무게+ 기초자중 (kN)	판정	기초 보강 (말뚝)
No.1	113	221	232(73)	1.05	-48(-60)	50	N.G	Φ50-2EA
No.2	113	221	232(73)	1.05	32(-60)	50	N.G	Φ50-2EA
No.3	113	220	222(72)	1.01	-59(-54)	50	N.G	Φ50-2EA
No.4	113	220	222(72)	1.01	-59(-54)	50	N.G	Φ50-2EA

\* 기대지지력(qe) =  $\phi \times q_{all} \times 3.0$  ( $\phi=0.65$ )

\* ( ) 안은 신설 전단벽 기초 반력임. 기초판 증설 보강 필요.

전단벽 보강후 기초의 압축력과 인발력에 대하여 검토한 결과, 상기표에서 보는것과 같이 기초보강은 필요한 것으로 판단된다.