

지은아화이팅조

2019 구조물 내진설계

경진대회

팀장

양기훈

구조해석, 적산,
FEEDBACK

김동환

경제성 및 시공성 검토,
대회 규정 분석, 지진파분석

김보현

설계 및 디자인, PPT, 모델링 및 검토

감지은

물성치 파악, PPT, 설계 및 디자인, 도면제작

박효선

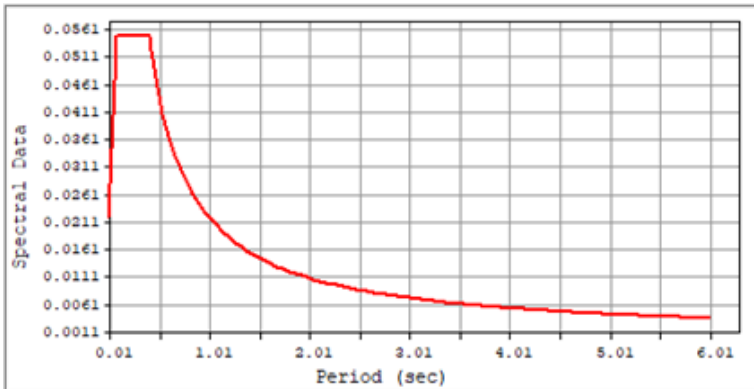
지도교수님

01 대회규정 분석

규정 분석

- 구조물의 내진설계 **목표와 성능수준의 이해**
 - 구조물의 지진 시 **거동 예측 능력** 및 **부재강도 평가 능력**
 - 설계 지진 초과 시 **구조물의 파괴를 유도**하는 정밀한 설계
 - **시공성과 경제성**을 고려하고 **구조물의 아름다움**을 추구하는 설계
- 시공성과 경제성, 구조물의 아름다움을 함께 고려, 구조물의 거동을 예측하고 0.7g에서의 구조물의 파괴 유도

응답스펙트럼 분석



목표지진하중

- 지반종류 : S1 암반 지반
- 지진구역 : I
- 지진구역 계수(Z) : 0.11g

고유 주기 0.08s~0.1s에서 응답 스펙트럼 가속도 최대
건물의 고유 주기를 0.08s~0.1s 피하게 설계!

물성치 분석

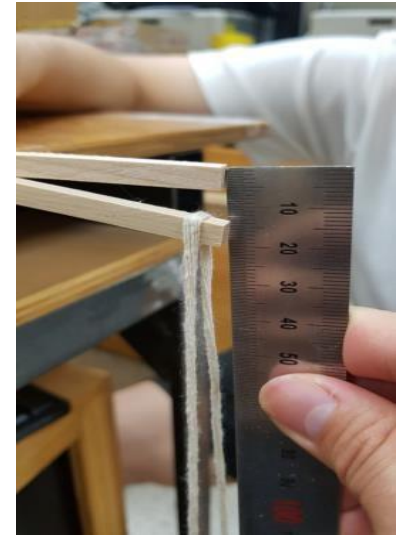
$\delta = \frac{PL}{3EI}$ 를 이용하여 탄성계수 측정

$p = 4.9N, L = 100mm$

$I = 4 \times 6^3 / 12 = 72mm^4$ 인 부재 사용하여 측정

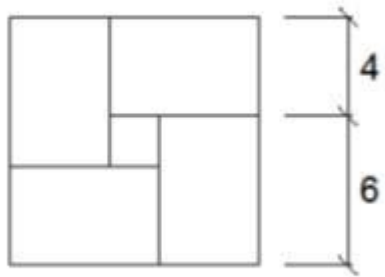
$$E = \frac{4.9 (N) \times 10^6 (mm^3)}{3 \times \delta (mm) \times 72 (mm^4)}$$

δ	E
13mm	1745.01
12mm	1890.43
14mm	1620.37
13mm	1745.01
13mm	1745.01
평균	1745.01



02 부재 설계

기둥설계

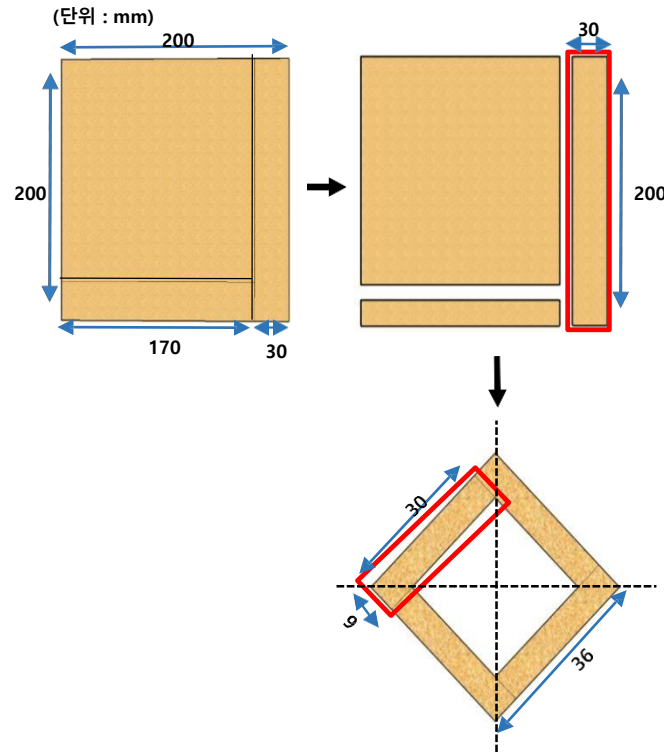


$$I_x = \frac{10^4 - 2^4}{12} (mm^4) = 832 mm^4$$

$$I_y = \frac{10^4 - 2^4}{12} (mm^4) = 832 mm^4$$

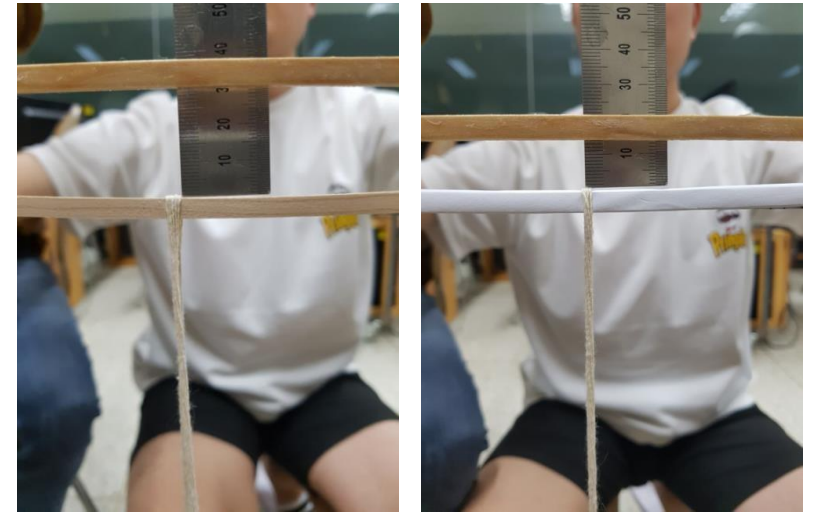
x,y축에 같은 힘으로 저항하기 위해 x축, y축에 의한 단면 2차 모멘트가 같도록 기둥 설계

내부코어설계



플레이트 만들고 남은 재료를 이용해 전단에 취약한 1층을 보강할 전단벽 설계

구조물보강



기둥	종이보강
30mm	14mm
32mm	15mm
35mm	17mm
31mm	14mm
33mm	15mm
평균32.2mm	평균15mm

종이를 통한 기둥보강

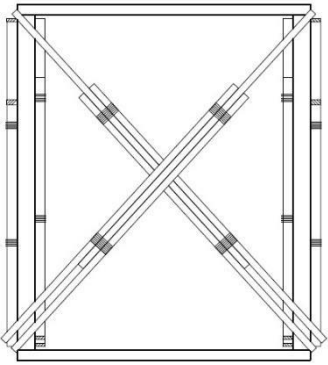
1층 기둥 보강을 위해 종이를 덧대어 강성 증가



약 53.4%의 변위 감소

03 메인 아이디어 1

마찰 댐퍼

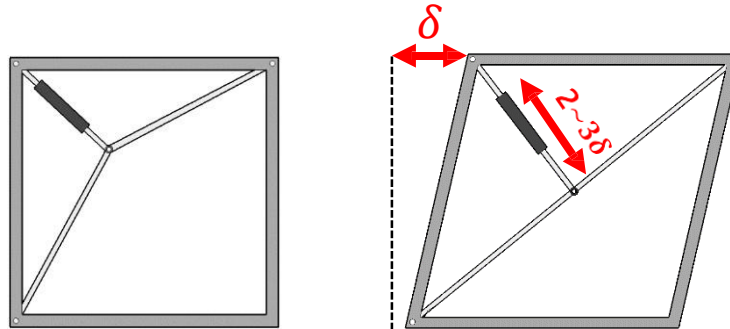


부재에 사용되는 대각 가새를 실로 연결



구조물 진동 시 연결된 부재가 마찰하며 **지진 에너지를 마찰 에너지로 소산**

토글 댐퍼



마찰 댐퍼의 효과를 극대화 하기 위해
변위 증폭형 토글 가새 선정

수평 변위보다 **2~3배의 변위**가 마찰 댐퍼에 작용하므로 효과적으로 **지진 에너지 소산**

마찰 댐퍼 & 토글 댐퍼



실험 결과 토글 댐퍼가 핀접합이므로
사실상 가새의 역할을 하기 어려움



전단력이 가장 약한 4층에 배치 후
대각 가새로 보강
(마이다스 해석 시에도 대각 가새로 가정)

04 메인 아이디어 2

종이댐퍼

가장 경제성이 좋은 실과 종이를 이용해 0.7g에서 파괴를 유도하는 방법과 제진효과를 일으킬 수 있는 댐퍼를 생각하던 중

종이댐퍼를 떠올리게 됨.

아이디어 발전과정



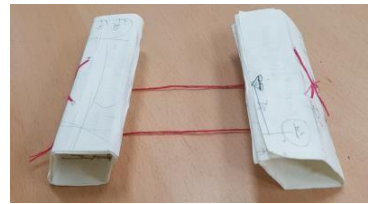
- 종이의 복원력을 이용해 제진효과 유도
- 종이의 복원력이 너무 약하고 좌굴이 일어나기 쉬움

Sol 록타이트를 통해 종이의 강성을 높이고 실을 X자로 연결해 복원력 증가



- 종이의 강성이 증가해 제진효과 증가
- 실을 통해 강성은 증가하였으나 종이의 복원력은 여전히 낮음

Sol 종이의 복원력을 증가시키며 0.7g에서 파괴 가능한 댐퍼 구현



- 종이 댐퍼를 서로 실로 연결하여 한 쪽이 수축하면 다른 한 쪽이 팽창하여 복원력 증가

Sol 실을 바닥에 연결함으로써 하중블록 탈락 가능



- 실을 댐퍼 위로 설치하여 하중블록을 잡아주어 블록의 이탈 방지
- 종이 댐퍼를 여러장의 종지와 록타이트로 보강하여 강성 증대
- 실의 개수를 조절하여 0.7g에서 파단 유도 가능
- 3개의 하중 블록만 부담하도록 설계

05 메인 아이디어 2

마찰력 측정



하중블록과 블록 사이에 MDF판을 넣어 원활한 거동 유도

정지마찰력

$$1.5(\text{kg}) \times 9.8(\text{m/s}^2) \times 75/170(\cos) = 6.49\text{N}$$

$$\text{운동마찰력 } 0.7 \times 6.49 = 4.54\text{N}$$

0.7g 파단유도 실험



0.7g에서 하중 블록의 힘 $0.7 \times 9.8 \times 1.5 = 10.29\text{N}$
 0.7g에서 실의 장력 $10.29 - 4.54 - 0.57 = 5.18\text{N}$

실험결과 실의 장력이 대략 1.5N

$$5.18(\text{N}) / 1.5(\text{N}) = \text{약 } 3.45 \text{ 이므로}$$

4개의 실을 사용하여 0.7g에서의 파단 유도!!

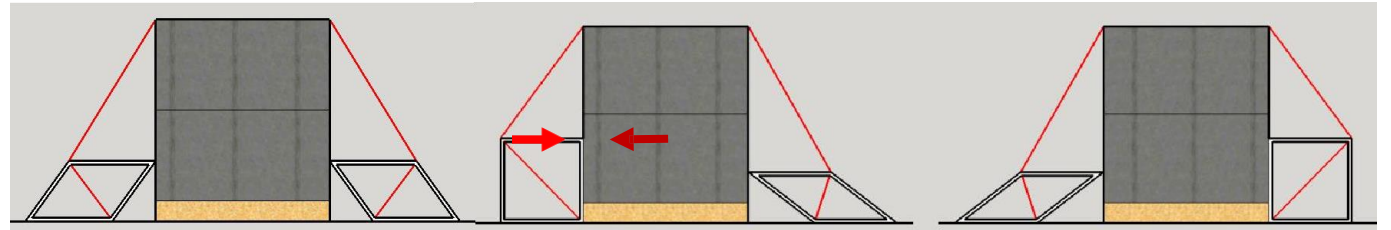
종이댐퍼 반발력 측정



$$\text{하중 } 4.9(\text{N}) \times 75/170(\cos) = 2.16\text{N} \quad \text{마찰력 } 4.9(\text{N}) \times 55/170(\cos) = 1.59\text{N}$$

$$\text{반발력 } 2.16 - 1.59 = 0.57\text{N}$$

댐퍼 작동 과정



하중블록 저항
력으로 복원

실의 인장력으로 복원

실의 인장

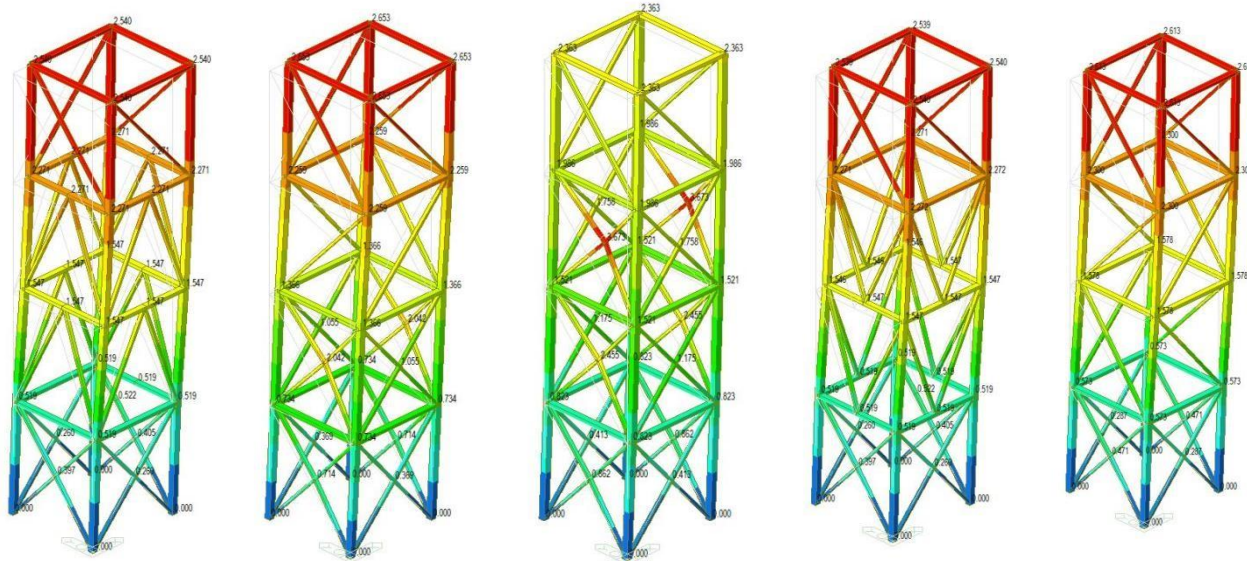
하중블록
저항

- 하중 블록이 이동하면 해당 종이 댐퍼가 반발력으로 하중 블록을 저항
- 종이의 약한 복원력을 실의 인장력으로 보강
- 두 종이 댐퍼의 반발력으로 하중 블록의 운동에너지 소산 → 마찰댐퍼로 기능

06 가새 설정 및 거동 분석

가새 설정

토글 댐퍼는 전단력의 부담이 가장 적은 4층에 배치 후 마이다스 해석 시에는 대각 가새로 가정 1층은 X자 가새로 고정한 후에 마이다스 해석 실시

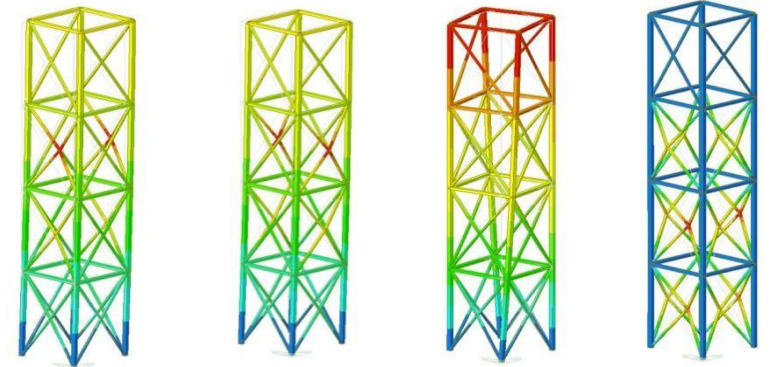


	23층 역사	3층 대각	23층 X자	23층 V자	23층 대각
최대변위	2.540mm	2.653mm	2.363mm	2.540mm	2.613mm

최상층 변위가 가장 적은 x자 가새를 2,3층에 선정

→ 제진 효과를 극대화 하기 위해 2,3층을 마찰 댐퍼로 설계

Mode shape



1차 모드 2차 모드 3차 모드 4차 모드

Node	Mode	UX	UY	UZ	RX
EIGENVALUE ANALYSIS					
	Mode No	Frequency (rad/sec)	Frequency (cycle/sec)	Period (sec)	Tolerance
	1	11.1248	1.7706	0.5648	9.6561e-127
	2	11.1248	1.7706	0.5648	3.8566e-125
	3	11.5368	1.8361	0.5446	9.0434e-138
	4	15.3395	2.4414	0.4096	5.8805e-097
	5	15.3395	2.4414	0.4096	2.3005e-098
	6	15.3844	2.4485	0.4084	2.4842e-088
	7	15.3844	2.4485	0.4084	1.2407e-091
	8	15.3874	2.4490	0.4083	1.8662e-046
	9	15.3874	2.4490	0.4083	4.0266e-044

진동의 대부분을 담당하는 1,2차 모드의 고유주기가 0.5648s로 측정

→ 가속도 최대 구간인 0.08s~0.4s를 피함

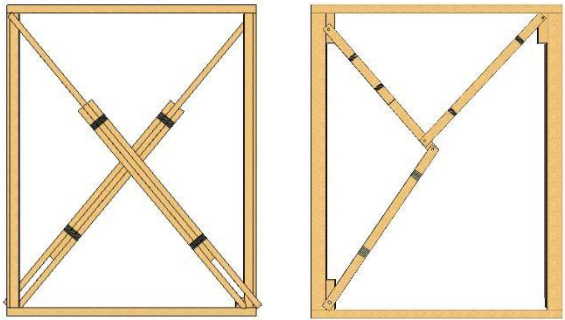
→ 건물의 공진 효과 최소화

07 전경, 세부특징

대각가새 보강

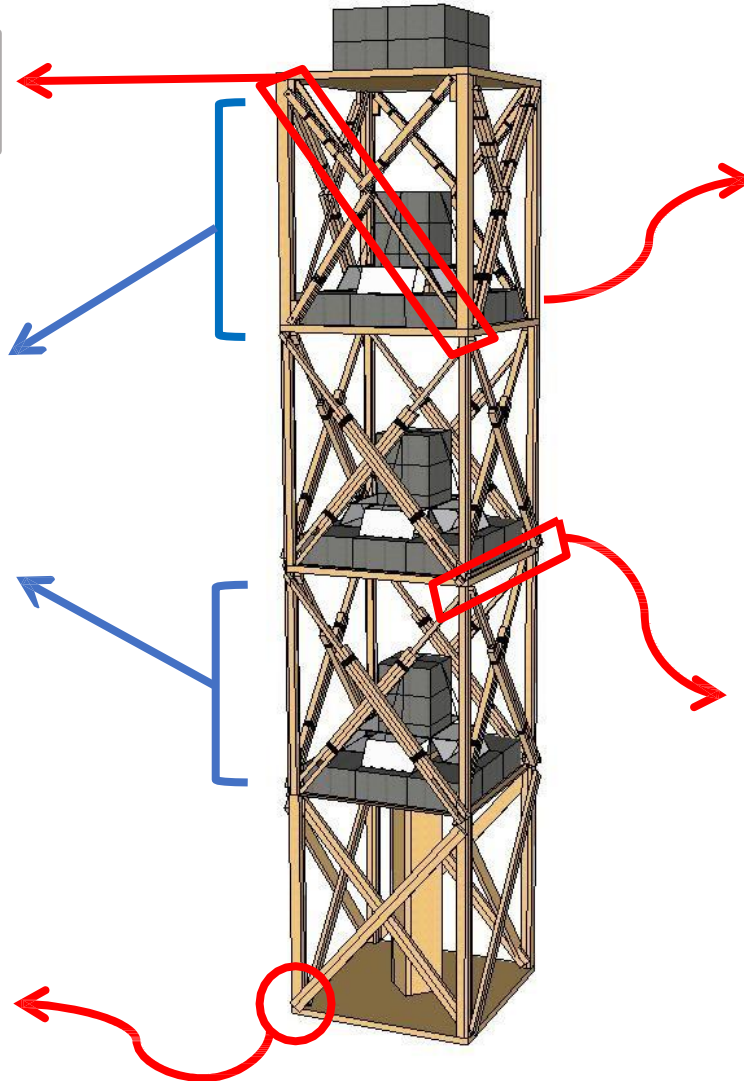
강성이 상대적으로 취약한 토글댐퍼 뒤에 대각가새를 보강하여 4층의 강성 증가

마찰 댐퍼, 토글 댐퍼



톱밥 보강

1층 기둥과 바닥을 단순히 접착제로만 붙이는 것이 아니라 추가로 톱밥을 이용해 접합시킴으로써 접착력과 구조안정성 강화



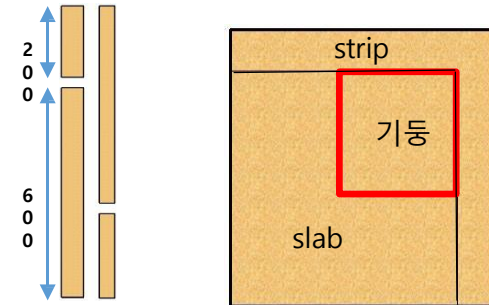
하중블록 탈락 방지

9개의 하중블록을 접착제로 고정시켜 하중블록의 탈락방지 종이댐퍼의 안정적인 제진 효과를 유도

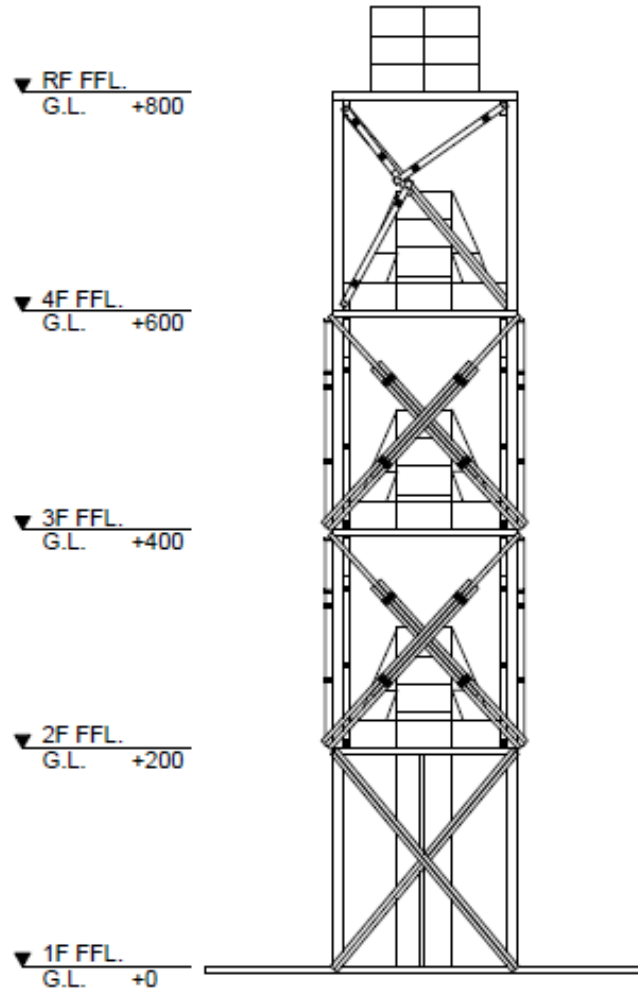
기둥과 Slab의 일체화

기둥 위치에 기둥 단면 모양의 구멍을 뚫어 800mm의 일체형 기둥을 설치 M DF Strip을 덧대어 구조물 전체의 강성과 시공성을 증가

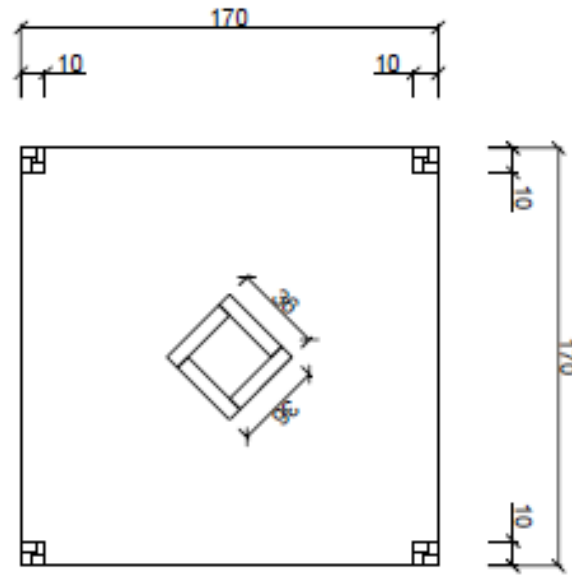
(단위 : mm)



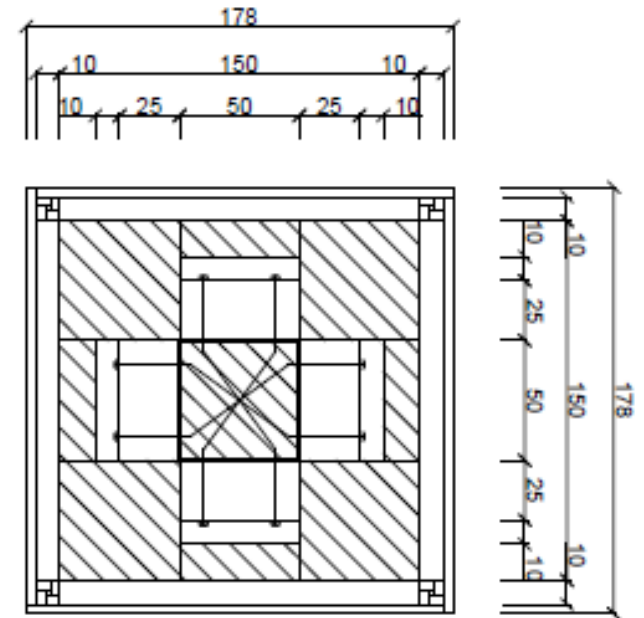
08 설계도면



입면도



1층 평면도



2,3,4층 평면도

09 예산내역

	용도	산정	총수량	총가격
MDF Strip	기둥	800mm × 층당4개 × 4층	22개	560만원
	미찰가새	1200mm × 층당4개 × 3층	24개	
	토글가새	800mm × 층당4개 × 1층	6개	
	Slab 보강	178mm × 층당4개 × 4층	5개	
MDF Plate		각 층당1개 × 4층	4개	400만원
접착제			2개	200만원
면줄		종이댐퍼1개당640mm × 면줄두겹 × 층당2개 × 3층 + 미찰가새, 토글가새이유분	16개	160만원
A4		종이댐퍼1개당1장 × 층당2개 × 3층 + 기둥보강이유분	10장	100만원
560 + 400 + 200 + 160 + 100 = 총1620만원				