내진설계 공모전

부산대학교 – 포항 흰수염 도영주 팀

팀원 : 김현우, 도영주, 장준희, 최승우

지도교수: 임홍재

내진기술 적합성 검토

구조물에 적용될 기술 분석

면진·제진 기술 도입검토

면진

MDF 판과 면줄 등으로는 수평 거동하는 마찰력이 0인 면진장치를 재현하기 불가능하다고 판단

지상층 분리 면진 장치를 설계할 경우 Z축으로 이탈하는 불완전한 면진거동이 발생

인공지진파 진동대 실험과 동적하중 거동 분석 시 일정하지 않은 구조물 고유주기로 인해

목표한 건물 성능의 기대가 불확실

제진

구조물의 고유주기에 맞는 능동적 감쇠장치를 제작하기 어려우며,

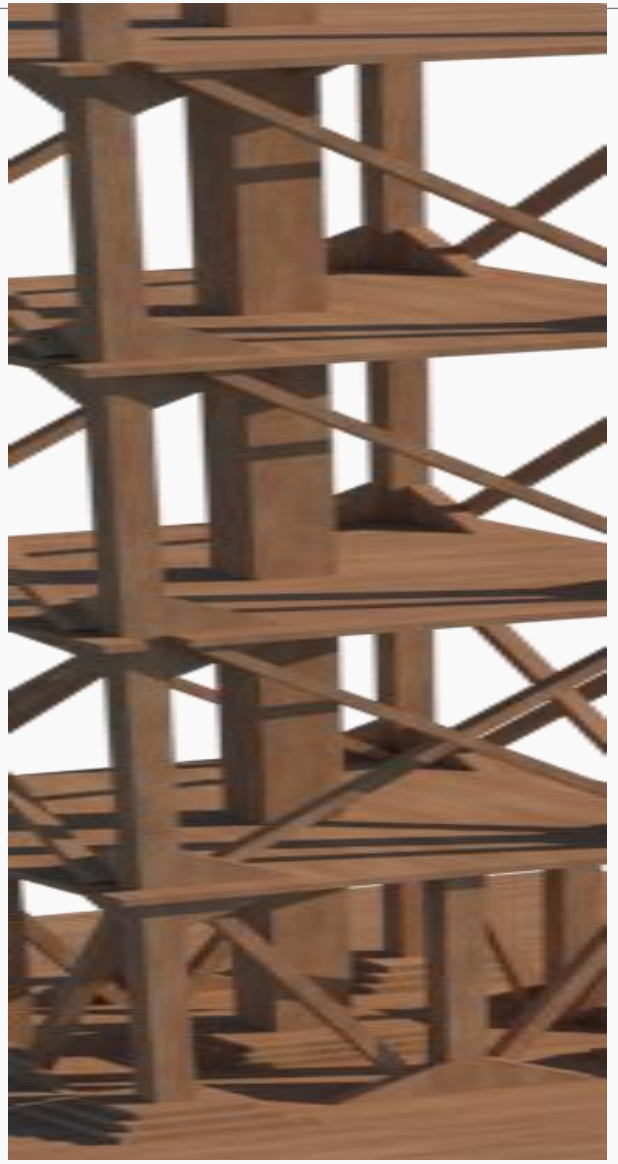
구조물과 다른 주기의 제진장치를 도입할 시 진동의 중첩, 증폭으로 인한 역효과의 가능성

결론

지진하중에 대해 구조물의 부재가 가진 내력으로 직접 저항하는 형태의 내진설계

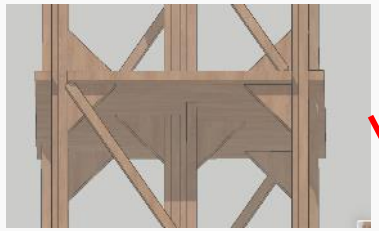
고유주기, 응답스펙트럼 해석 등 구조물의 정확한 해석으로 목표한 가속도에서 파괴유도가 가능함

실제 구현이 용이하고, 효율성 경제성 면에서도 가장 적합



구조물

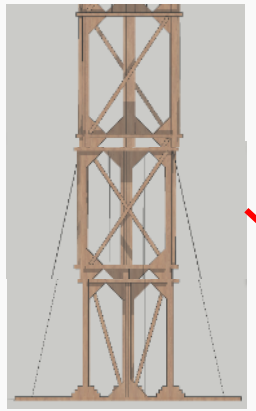
구성요소 및 컨셉



브라켓

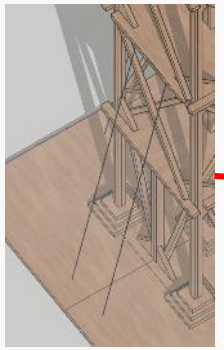
기둥과 슬래브의 접합부를 삼각플레이트로 보강

기둥과 슬래브를 고정하여 **진동을 감쇠하고, 기둥의 변형을 감소**



가새

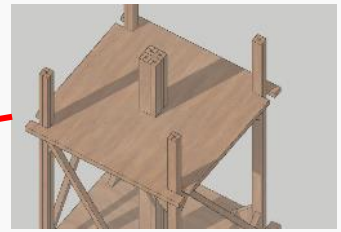
1층은 V형, 2층은 X형 가새를 사용하였으며 경제성을 고려하여 3,4층은 대각선형 가새를 사용



면줄

변위발생을 억제하고 구조물의 위치를 고정

면줄의 길이를 고려하여, 변위가 크게 발생하는 2층 상부 슬라브를 바닥판과 연결, 4방향으로 설치하여 x-y축 방향의 모두 지지



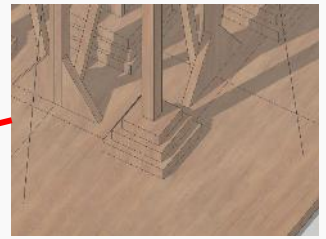
코어

지진하중에 의한 진동를 중심에서부터 잡아주며 상부하중을 지지하고 **전단력에 저항**

기둥

기둥 강성 증가를 위한 MDF Strip 4개를 **바람개비 형태로 접합**

접합부 파괴 방지를 위해 **접합 지점 분산**



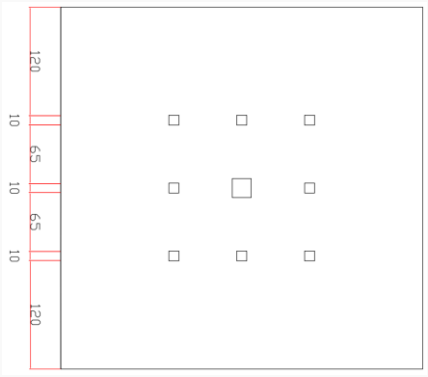
기초판

3개의 기초판을 이용하여 바닥판과의 접촉면적을 확대하고 기둥을 지지하여 구조물의 **뽑힘파괴를 방지**

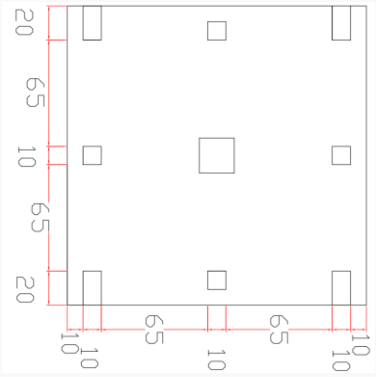
상부하중을 바닥판으로 전달

설계도 및 경제성 분석

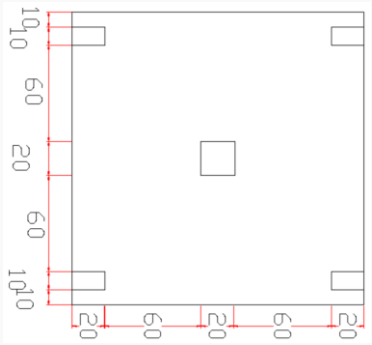
평면도



바닥판

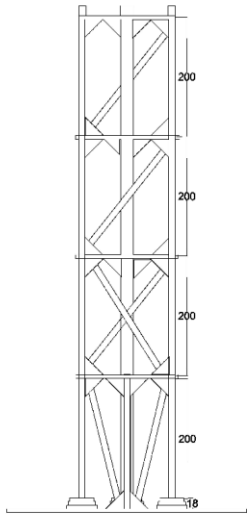


1층 슬래브

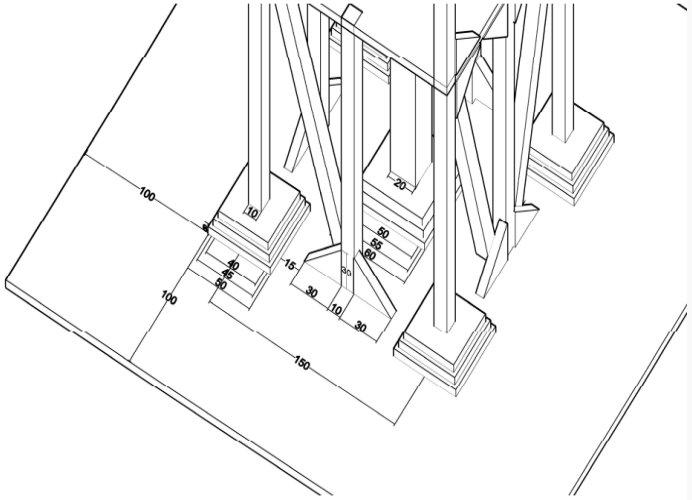


2,3,4 층 슬래브

측면도



기초판 입체도

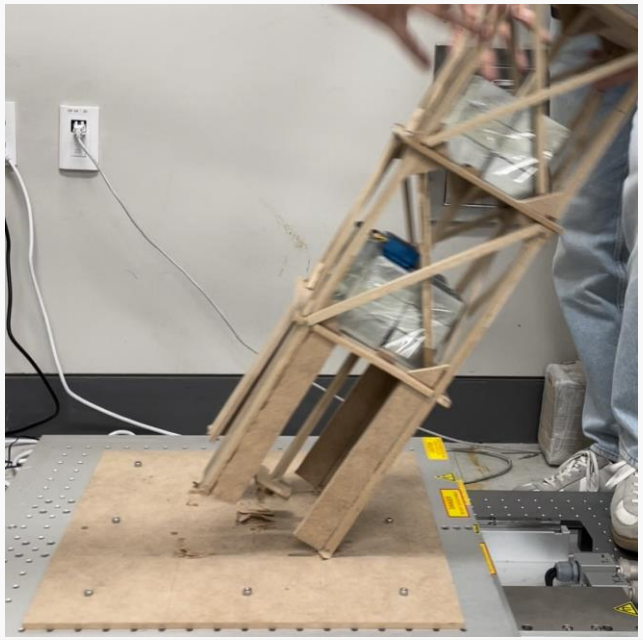
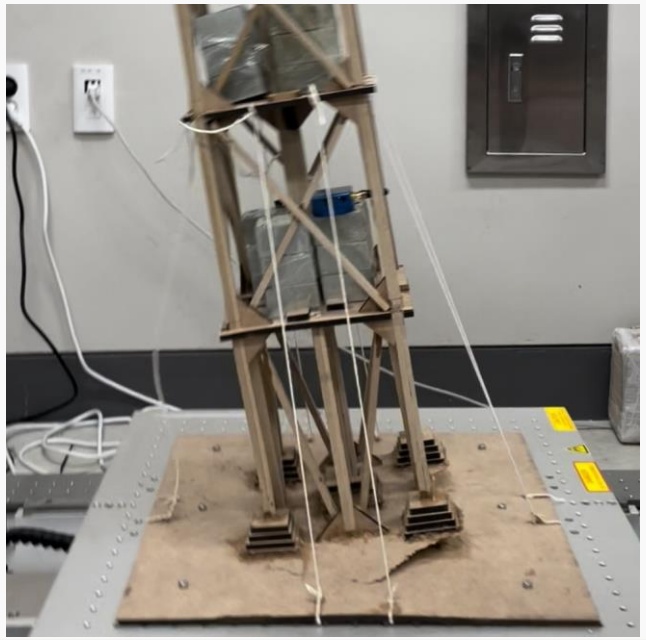
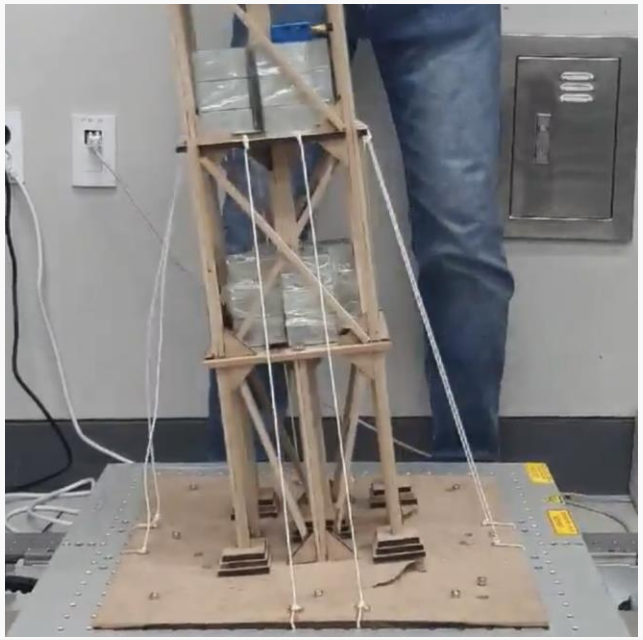


경제성 분석

재료명	규격	단위수량	단가(백만원)
MDF Base(기초판)	400mm x 400mm x 6mm	1	0(기본제공)
MDF Strip	600mm x 4mm x 6mm	80	800
MDF Plate	200mm x 200mm x 6mm	7	700
면줄	600mm	8	80
접착제	20g	2	400
A4지	A4	0	0
총비용(백만원)	1980		

진동대 실험과정 및 파괴양상

※ KDS 41 17 00 2019 내진설계기준에 부합하는 인공지진파 사용

1차	2차	3차
		
0.3g파괴(기둥뽑힘파괴)	0.4~?g파괴(바닥판파괴)	**0.6g파괴**(바닥판파괴)
전단벽 사용 코어 두께 얇음	전단벽 제거, 1층 기둥 추가 코어 보강,기초판 도입, 면줄 사용	기초판 단 높이 축소 3,4층 가새 축소, 접합부 ·지면 톱밥 보강
가진 시 구조물과 바닥판이 분리 →바닥판과의 접착면적 확대 필요성	예상치 못한 지진세기의 급격한 증가로 파괴시 정확한 지진 가속도의 판정 어려움 →재 실험 필요	목표 지진파 세기근처에서 파괴

➡ 바닥판 파괴를 구조물의 주된 파괴양상으로 보고 **0.7g**에서 바닥판 파괴를 유도

고유주기 및 감쇠비 계산

고유주기 : 0.135sec (ex : 2.945-2.8=0.145sec)

감쇠비 : 15.28% (ex : $\frac{1}{2\pi\times 2}\ln\frac{0.533412}{0.08005} = 15.09\%$)

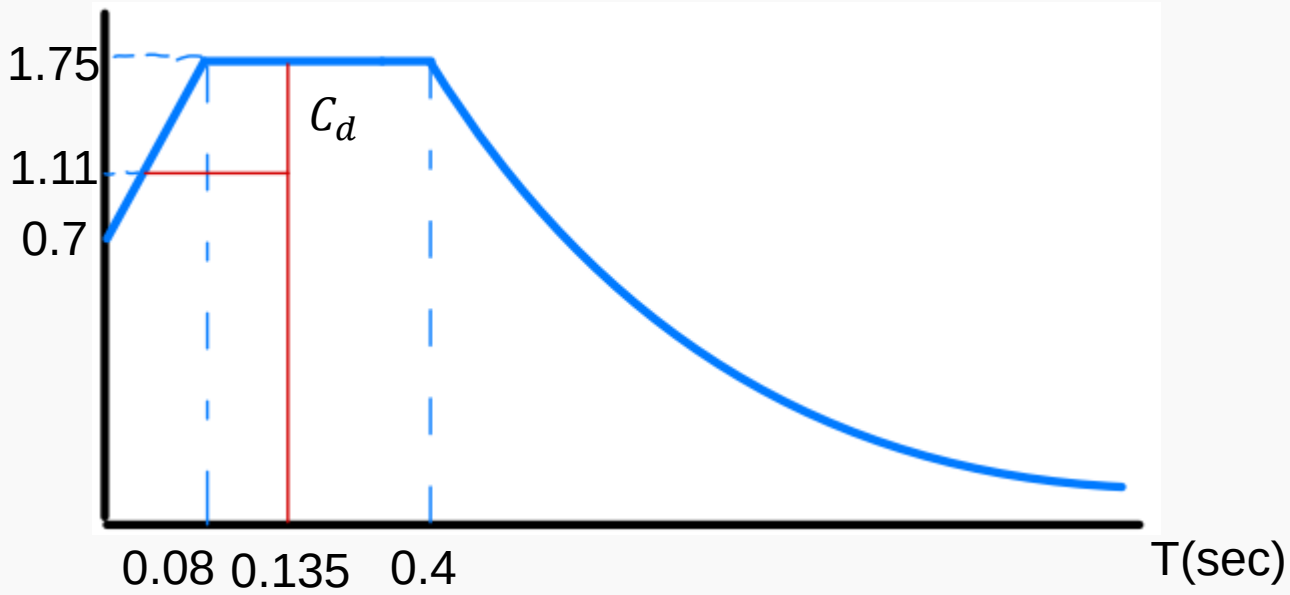
$$\xi = \frac{1}{2\pi j} \times ln\frac{a_j}{a_{i+j}}$$

감쇠보정계수 : 0.63199 (= $(\frac{6.42}{1.42+15.28})^{0.48}$)

$$- C_d = (\frac{6.42}{1.42+\xi})^{0.48}$$

	top 1		top 2		top 3		mid 1		mid 2		mid 3	
t (sec)	2.8	2.945	4.01	4.15	5.175	5.315	2.795	2.93	4.02	4.13	5.175	5.3
a (m/sec^2)	0.533	0.292	0.460	0.163	0.482	0.234	0.363	0.192	0.233	0.110	0.337	0.163
T (sec)	0.145		0.14		0.14		0.13		0.13		0.125	
평균 고유주기	0.135sec											
t (sec)	2.8	3.08	4.01	4.365	5.17	5.415	2.79	3.015	4.01	4.355	5.175	5.455
a (m/sec^2)	0.533	0.08	0.46	0.027	0.477	0.056	0.353	0.13	0.231	0.1	0.337	0.129
감쇠비 (%)	15.09		15.03		17.04		15.9		13.33		15.283	
평균 감쇠비	15.279%											

응답 스펙트럼 해석



<KDS 41 17 00 2019 내진설계기준 설계응답 스펙트럼>

구조물 자중 : 26kg

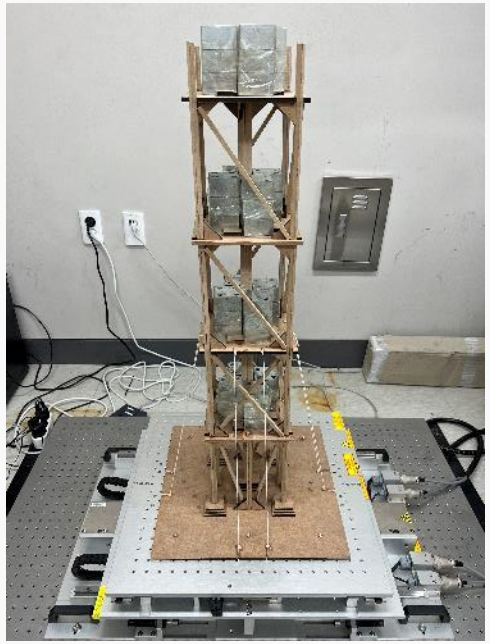
0.6g 지진하중 : 9.81 x 1.50 x 0.63199 x 26 = 243N

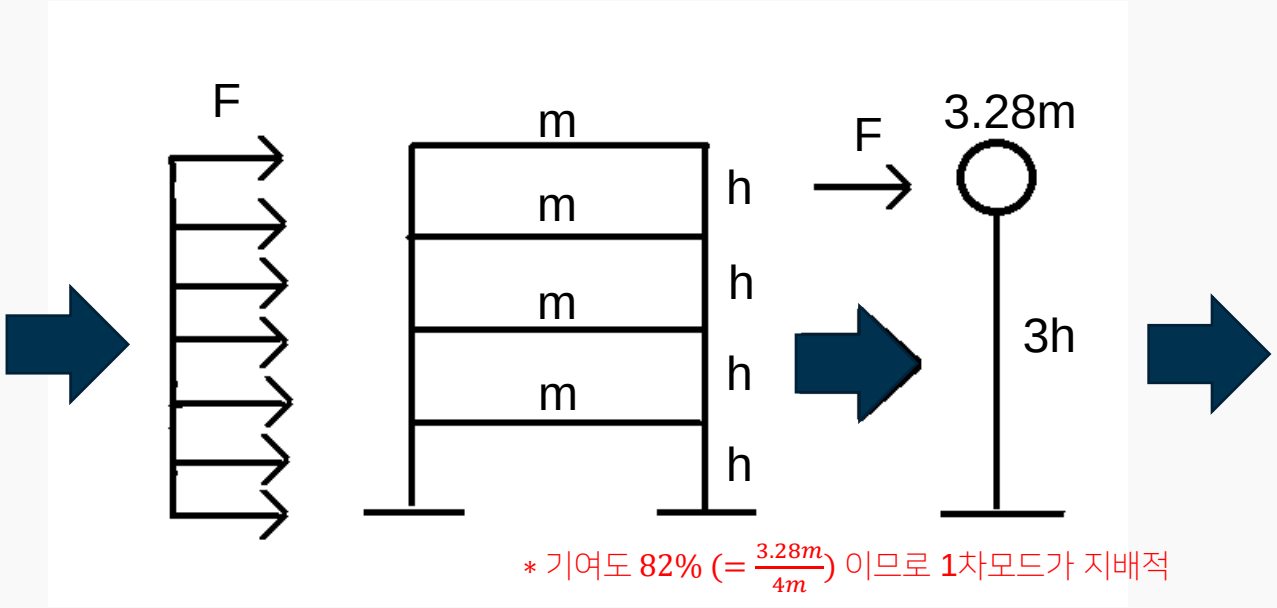
0.7g 지진하중 : 9.81 x (1.75 x 0.63199)(=1.11) x 26 = 284N

0.8g 지진하중 : 9.81 x 2.00 x 0.63319 x 26 = 325N

→ 구조물 보강으로 인한 강성의 변화가 미비하기에 0.7g 지진 하중에서 파괴를 유도하기 위해 기초판 면적을 조절

기초판 면적 설계 – 실험 설계





* 기여도 82% ($= \frac{3.28m}{4m}$) 이므로 1차모드가 지배적

1. 기초판 면적에 따른 재료강도 실험을 위해 구조물을
   유효모드 높이와 유효모드 질량을 가진 1차모드로 치환한다.
2. 유효모드 높이에 도르래를 이용하여 수평력을 가한다.
3. 힘에 따른 변위를 기록하고, 바닥판 파괴 시의 힘을 재료강도로 본다.

$$m = \begin{bmatrix} m_1 & & & \\ & m_2 & & \\ & & m_3 & \\ & & & m_4 \end{bmatrix}, \quad k = \begin{bmatrix} k_1+k_2 & -k_2 & & \\ -k_2 & k_2+k_3 & -k_3 & \\ & -k_3 & k_3+k_4 & -k_4 \\ & & -k_4 & k_4 \end{bmatrix}$$

$$det[k - w_n^2 m], \qquad [k - w_n^2 m]\phi_n = 0$$

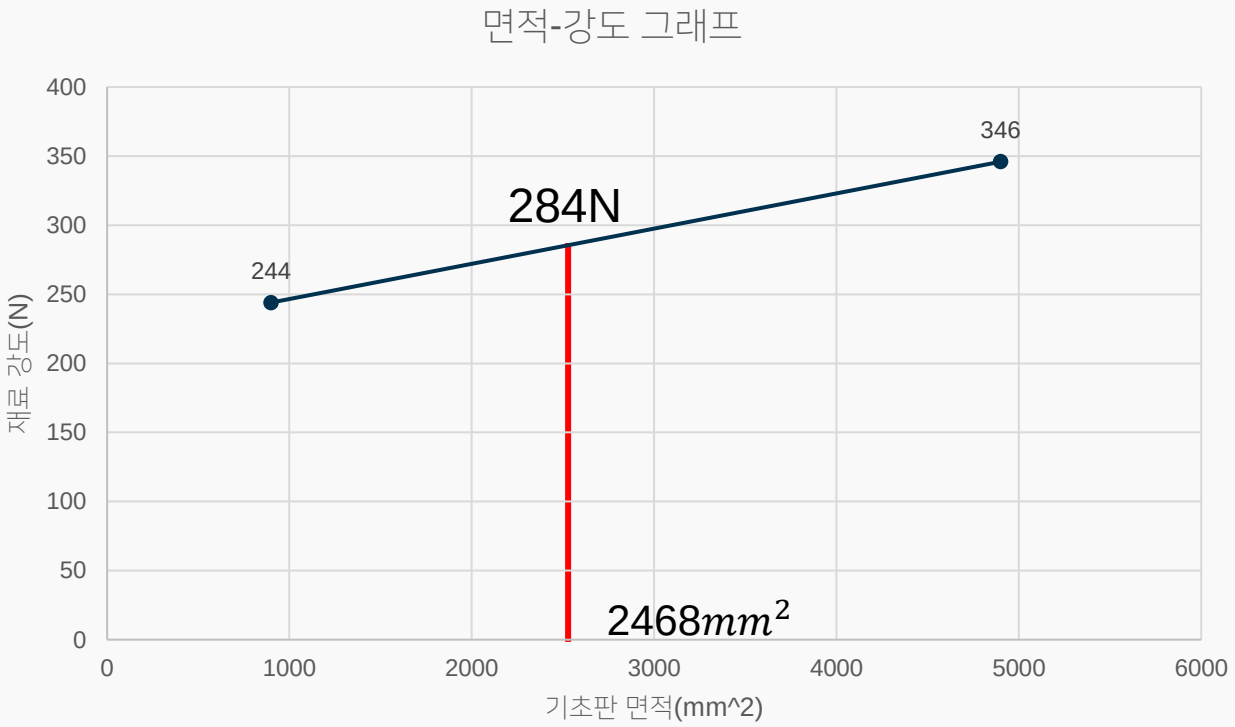
$$w_1 = \alpha\sqrt{\frac{k}{m}}, \quad \phi_1 = ?$$

$$M_n = \sum_{j=1}^{N} M_n \emptyset_{jn}{}^2, \quad L_n^h = \sum_{j=1}^{N} M_n \emptyset_{jn}, \quad L_n^\theta = \sum_{j=1}^{N} h_j M_n \emptyset_{jn}$$

$$M_n^* = \frac{(L_n^h)^2}{M_n}, \quad h_n^* = \frac{L_n^\theta}{(L_n^h)}$$

기초판 면적 설계 – 면적에 따른 재료강도실험 (1)

	기초판 면적	바닥판 강도	실험장치
1	$900mm^2$	244N	
2	$4900mm^2$	346N	

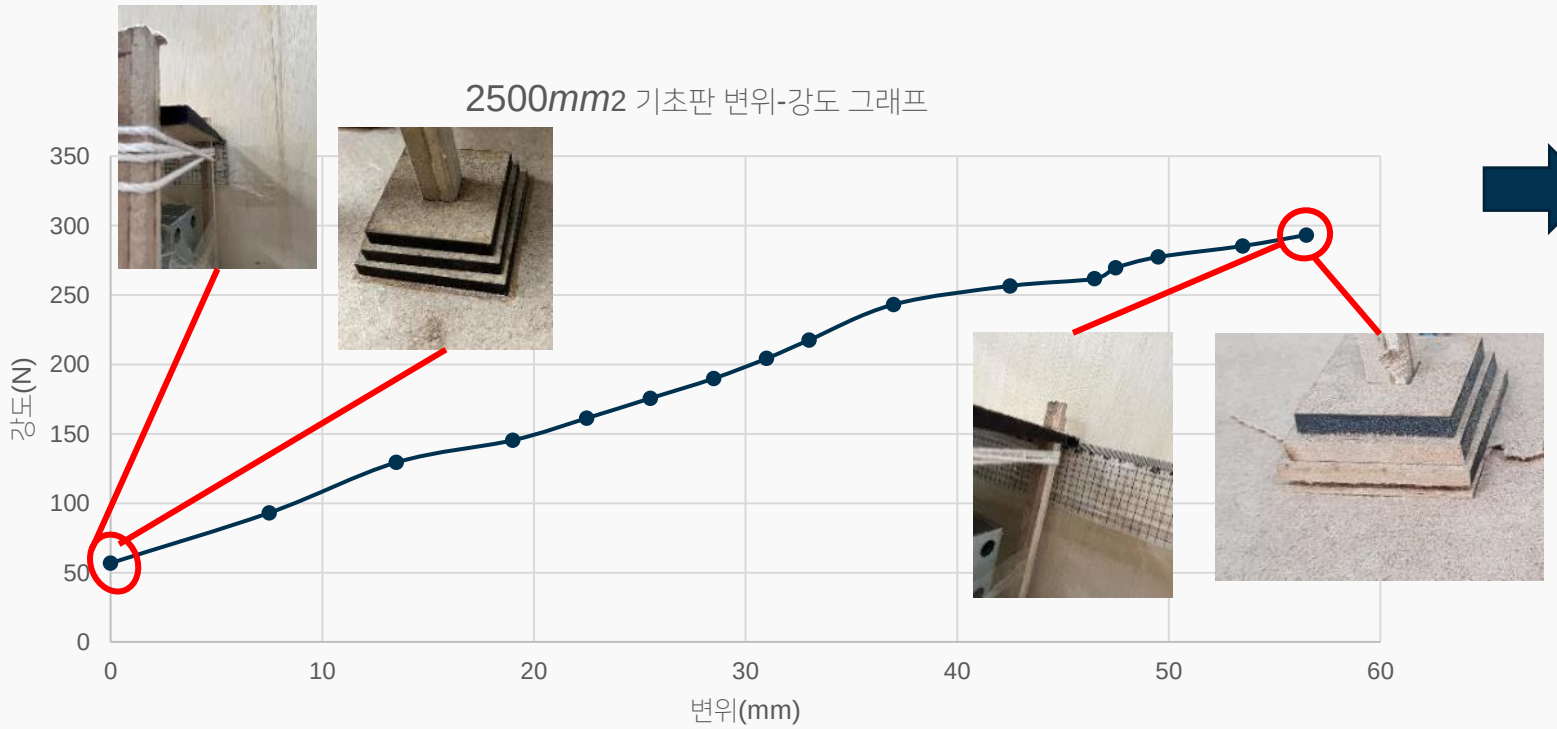


기초판 면적에 따른 바닥판 강도의 실험 결과 면적이 $900mm^2$ 일 때 244N, $4900mm^2$ 일 때 346N의 강도가 나타남

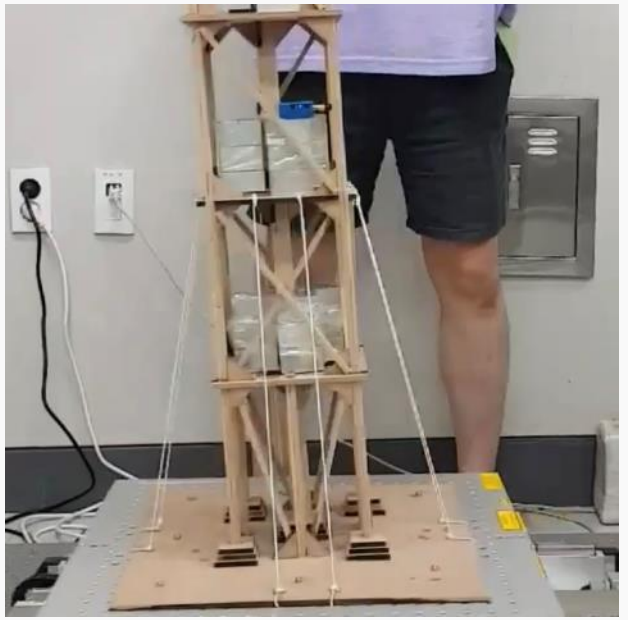
직선보간법을 통해 목표강도 284N(0.7g)에 부합하는 면적 $2468mm^2$를 계산했고, 시공의 편의성을 위해 기초판 면적을 $2500mm^2$으로 설계

기초판 면적 설계 – 면적에 따른 재료강도실험 (2)

기초판 면적 2500mm^2 사용 시 29.926kg의 하중, 즉 293.27N의 힘에 바닥판 파괴가 발생, 실험이 정적하중 조건임을 고려하면 동적하중이 고려된 실제 진동대 실험 시 0.6g ~ 0.7g에서 파괴 가능할 것으로 예측



4차(최종)



0.7g파괴(바닥판파괴)

기초판 면적 2500mm^2 사용 시
실제로 0.7g에서 파괴