

# 2023 구조물 내진설계 경진 대회

SEISMIC STRUCTURE DESIGN CONTEST 2023

 KOREATECH  
한국기술교육대학교

한국기술교육대학교

이승재 교수님

자문 및 지도교수

채시우

- 총괄
- 구조 해석
- 구조물 제작
- 3D 모델링

김유경

- 이론 분석
- 지진파 분석
- 자료 수집
- 구조물 제작

강성규

- 이론 분석
- 물성치 분석
- 실험 진행
- 구조물 제작

김효섭

- 아이디어 구상
- 경제성 파악
- 구조 해석
- 구조물 제작

# CONTENTS



## UNDERSTANDING

- 01 대회규정 분석
- 02 지진파 분석
- 03 물성치 분석



## PROCESS

- 04 구조물 제작
- 05 핵심 기술
- 06 실험
- 07 마이다스 해석



## CONCIUSTION

- 08 도면 및 정리
- 09 내역서 / 공정표

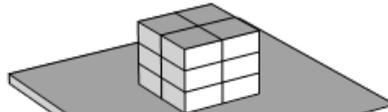
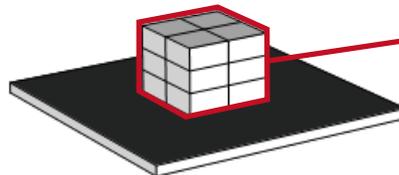
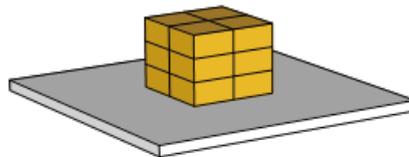
## 01 UNDERSTANDING 대회 규정

### 경제성

2400만원 이하로 점수 차등부여  
1200만원 이하일 시 만점

### 기초판

400mmx400mmx6mm  
기초랑 진동대 연결을 위해  
최외각 20mm 확보



### 하중

각 층 하중 블록 6kg 설치,  
1층 X 옥상 0  
26mmx50mmx50mm  
(높이x가로x세로)

### 기본

기초판 = 1층의 바닥면  
낙하 방지 시설 필요  
4층 이상

# 02 UNDERSTANDING 지진파

## 성능 목표

재현주기(년)	구조물의 성능 수준
500	기능 수행
2400	붕괴 방지

## 지진 하중

### < 유효수평지반가속도 >

재현주기(년)	유효수평지반가속도
500	0.3 g
2400	0.6 g

### \* 지반증폭계수

설계스펙트럼 작성 시  
단주기 지반응답증폭계수와  
1초 주기 지반응답증폭계수는 1.5로 가정한다.

### 단주기 설계스펙트럼가속도( $S_{0.1}$ )

$$S \times F_a \times (\frac{2}{3}) \times 2.5$$

500년 | 0.75 g

2400년 | 1.5 g

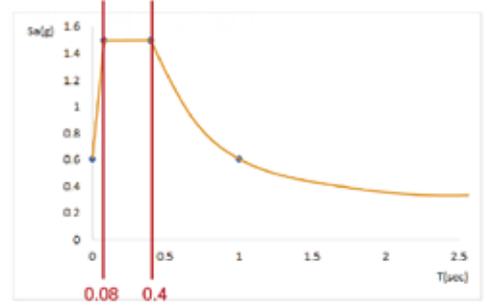
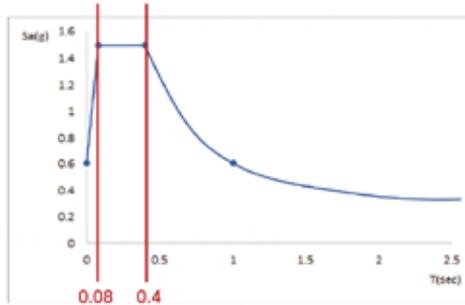
### 1초주기 설계스펙트럼가속도( $S_{1.0}$ )

$$S \times F_v \times (\frac{2}{3})$$

500년 | 0.3 g

2400년 | 0.6 g

※  $F_a$ (지반응답증폭계수)  
 $F_v$ (지반응답계수)는 1.5로 가정함 - 대회규정



## 지진의 고유 주기

$$T_0 = 0.2 \times S_1 / S_{0.1} = 0.08$$

$$T_s = S_1 / S_{0.1} = 0.4$$

### 보통의 구조설계에서 고유주기를 구하는 이유

고유주기를 통해 설계스펙트럼가속도 그래프를 그리고 최대 가속도가 나오는 구간을 파악한다. 이 구간을 피해서 가속도를 산정하는 것이 목표이다.

# 03 UNDERSTANDING 목성치

## MDF STRIP 단면

$$I_x = \frac{6 \times 4^3}{12} = 36 mm^4$$

$$I_y = \frac{4 \times 6^3}{12} = 72 mm^4$$

$$I_x = \frac{8 \times 12^3}{12} = 1152 mm^4$$

$$I_y = \frac{12 \times 8^3}{12} = 512 mm^4$$

$$I_x = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832 mm^4$$

$$I_y = \frac{10 \times 10^3}{12} - \frac{2 \times 2^3}{12} = 832 mm^4$$

## MDF STRIP 탄성계수

(단위 : mm)

일반 (4*6)	4개 겹침 (8*12)	메가칼럼 (10*10)

	하중(p)	길이(L)	단면 2차 모멘트(I)	변형 길이(S)	탄성 계수(E)
	1.47 N	233mm	72mm <sup>4</sup>	123mm	699Mpa
	6.37 N	233mm	1152mm <sup>4</sup>	16mm	1457Mpa
	6.37 N	233mm	832mm <sup>4</sup>	23mm	1403Mpa

8 X 12 단면은 강축에서는 탄성계수가 더 강하지만 약축에서는 더 약한 모습을 보여줌. 내진설계는 여러 방향에서의 에너지를 고려해야 하기에 모든 축이 동일한 단면을 사용.

=> **10 X 10 단면 사용**

## 메가 칼럼

- 같은 단면적에서 단면 2차 모멘트가 가장 큼 (경제성)
- 수직 하중 및 좌굴에 가장 적합하게 설계된 기둥

## 거싯 플레이트

- 기둥과 슬래브 부분의 접합 부분에 사용. 구조물의 강성을 높여 내진성능 강화.
- 기둥의 상대적인 길이를 줄여 좌굴 및 파단 예방.
- 바닥 부분은 기둥에 플레이트를 4개 접합하고, 바닥과의 접촉면을 확대하여 구조물의 뒹침 방지.

## 제진/내진 구조

## 가새

- 변위가 가장 적은 x형가새를 면진 장치 밑까지 적용. 구조물의 강성 증가.
- 면진 구조 위로는 경제성을 고려하여 '스'자 가새를 사용.

## 면진 구조

## 면진 이용 전단 방지 장치

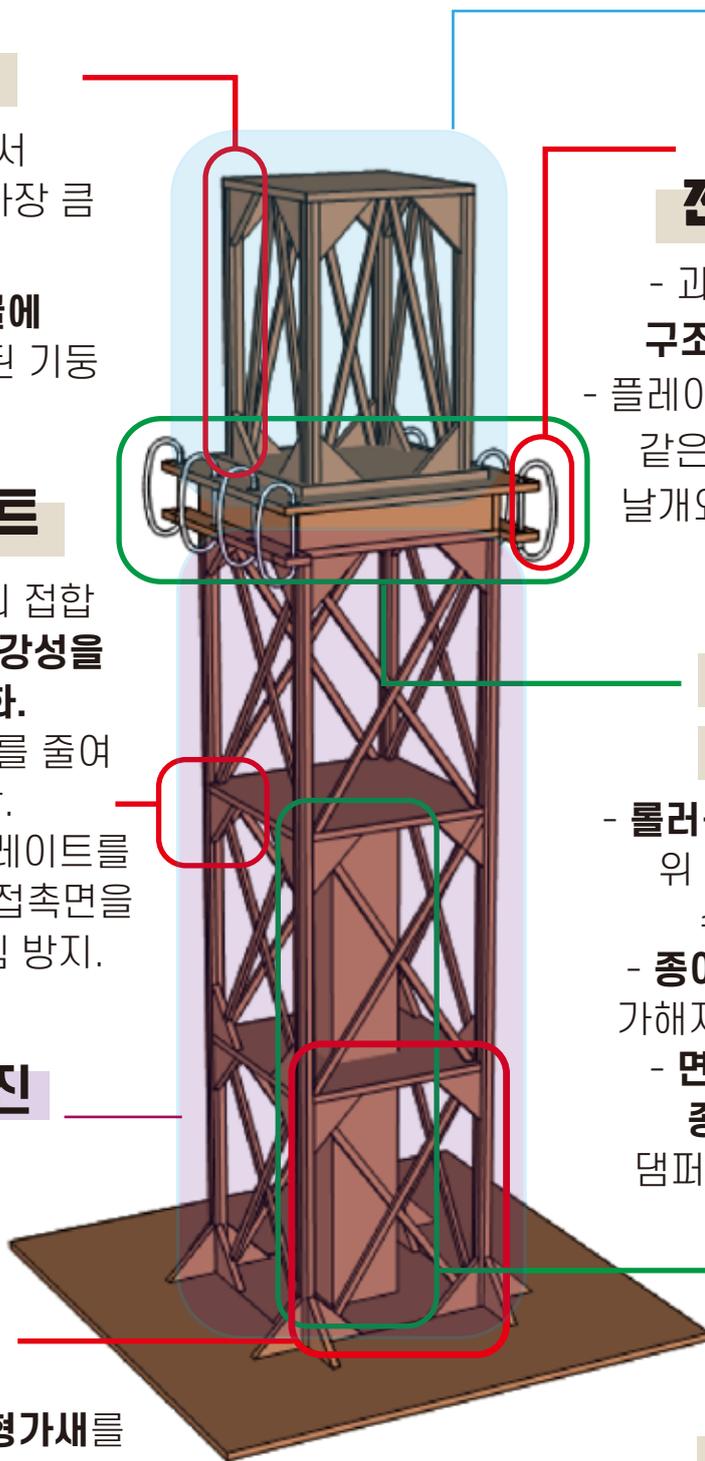
- 과한 변위가 일어날 때 구조물을 잡아주는 역할.
- 플레이트간의 마찰을 고려하여 같은 위치에 구멍을 뚫고, 날개와 바닥의 거리를 벌림.

## 종이 완충 면진장치

- 롤러를 이용해 마찰력 감소, 위 쪽 건물에 가해지는 수평하중을 줄임.
- 종이 댐퍼를 통해 건물에 가해지는 하중을 일부 흡수.
- 면진장치 내부 상자를 종이 완충재로 감싸 댐퍼에 쓰이는 종이 절감.

## 코어

- 지진하중에 의한 진동을 중심에서 잡아주는 역할.
- 모든 하중이 밑으로 집중되기 때문에 단단하게 해주기 위함.



# 05 PROCESS

## 핵심 기술

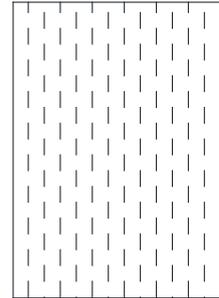
### 핵심 기술 1

## 완충재

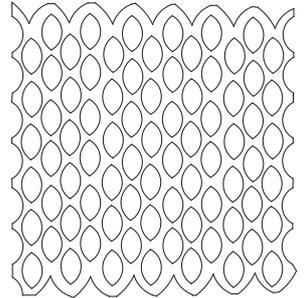
충격을 흡수 하는 완충재의 특징을 통해 지진 에너지를 흡수하여 위의 상부에 전달되는 진동을 완화하여 지진에 대응함.



A4 사이즈



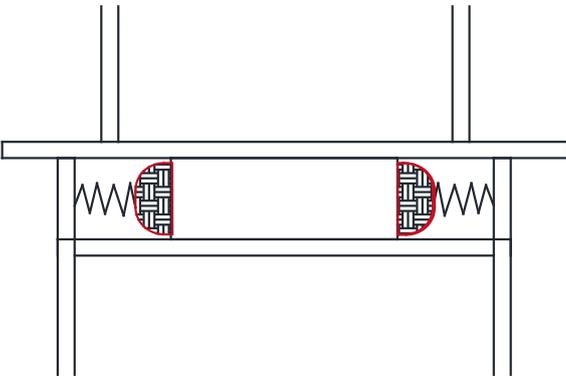
펼치기 전



펼친 후

### 핵심 기술 2

## 면진 구조



종이 댐퍼에서 완충재를 추가하여 완충재로 1차 지진하중을 흡수하고 종이 댐퍼를 통해 2차 지진하중을 흡수하는 매커니즘.

### 핵심 기술 3

## 면줄을 이용한 전단 방지 장치

마찰력으로 인해 상부 구조물이 전 되는 것을 방지하고 예측 가능한 범위 내에서 거동하도록 설치

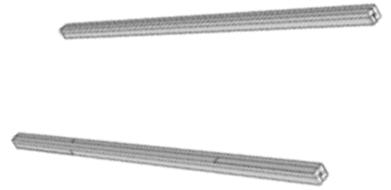


# 06 PROCESS 실험

## 이론 실험 1

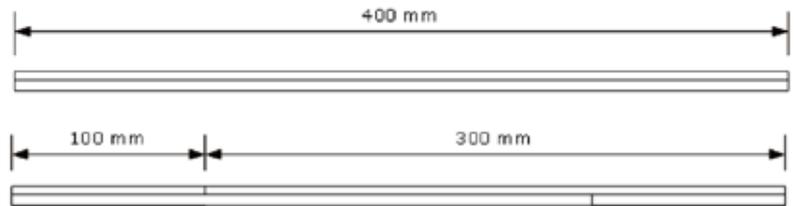
### 힘 강성 시험

400mm의 부재 4개를 이은 기둥 보다는 300mm & 100mm의 8개의 부재를 엇갈리게 붙여서 만든 기둥이 힘강성이 더 크다.



부재 종류	버티는 하중
400mm의 부재	66.64 N
300mm & 100mm 부재	76.44 N

300mm & 100mm 부재가 힘강성이 더 크다.

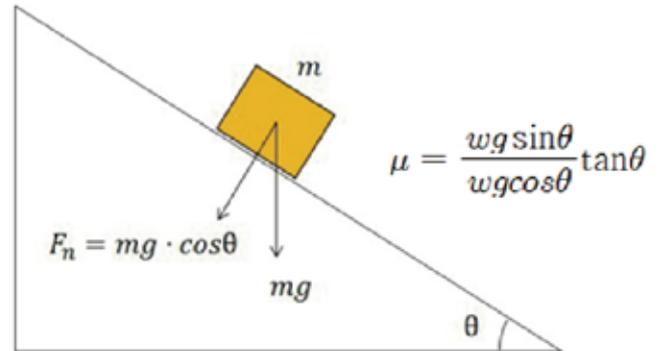


## 이론 실험 2

### 마찰 시험

‘종이 - 종이’ / ‘MDF- 종이 차이’의 정지 마찰계수 값이 비슷하다.

시공성, 경제성 등을 고려하였을 때 종이 롤러와의 마찰력을 줄여주는 ‘MDF - 종이’를 선택하였다.



### 정지 마찰계수 시험

마찰 재질	임계각	마찰 계수
MDF - MDF	31도	0.60
MDF - 종이	26도	0.50
종이 - 종이	24도	0.44



## 구조물 실험 1

### 롤러 실험

면진 구조의 일부중 상부와 하부의 닿는 면적에 롤러를 설치하여 거동이 더 원활하게 진행하는지에 관한 실험



롤러 5개



롤러 10개

롤러 5개와 10개를 비교했을 때  
구조물의 파괴 양상이 같고,  
비슷한 힘에서 무너짐을 확인함



각 롤러의 개수가 작을 때  
롤러가 원활하게 거동하며  
경제성 및 시공 효율성을 고려하여  
롤러 5개를 사용하기로 함.

## 구조물 실험 2

### 면진 구조 실험

종이 댐퍼만 있는 면진구조와 비교하여  
완충재와 종이댐퍼를 포함한 면진구조의 성능 실험



종이 댐퍼



종이 댐퍼+종이 완충재

종이댐퍼만 있는 경우  
상부 구조물에서 불규칙적인 거동이 관찰됨.



종이 완충재와 종이댐퍼를 함께 쓴 경우  
같은 크기의 힘을 가했을 때  
상부 구조물의 변위가 더 적게 발생  
+ A4 개수 1개 절감

## 구조물 실험 3

### 구조물 실험

실제 모형 실험 및 하중을 구현하여  
어느 지점에서 파단이 되는지, 얼마나의 하중을 버틸 수 있는지 실험



구조물 실험 2차



구조물 실험 3차

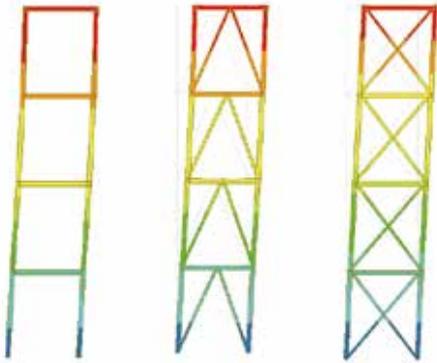
구조물 실험 2에서 아래 1,2층부분은  
강한 진동에도 안정적인 모습을 보임.  
하지만 면진장치 위로는  
구조물의 거동이 불안정함.



면진장치를 3층과 4층사이로  
변경하여 단점이 보완됐는지 관찰함.  
보다 안정적인 거동을 보이며  
0.7g로 예상되는 부분에서 구조물이 파괴됨.

### 가새 & 코어

#### 브레이스 변화 모형

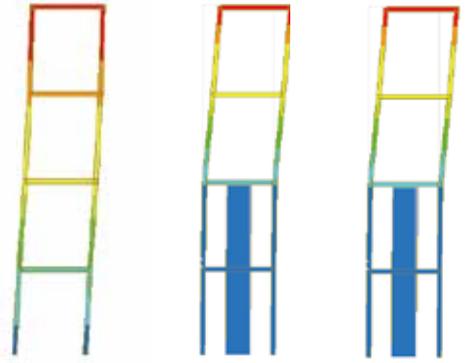


변위 일반 < 역V자 < X자

- 1 하중 블록에 의한 수직 하중에 저항
- 2 지진 하중에 대한 수평 하중에 의한 변위 감소

상부는 '역v자'  
하부는 'x자' 사용

#### 코어 변화 모형



변위 일반 < 십자형 < 박스형

- 1 면진구조가 있는 3층 아래의 수평 변위의 감소
- 2 제작 방법 면에 있어 시간 단축이 용이함

'박스형'으로 채택

### 고유 진동수

Node	Mode	UX	UY	UZ
EIGENVALUE ANALYSIS				
	Mode No	Frequency		Period
		(rad/sec)	(cycle/sec)	(sec)
	1	31.2276	4.97	0.2012
	2	31.2276	4.97	0.2012
	3	35.6953	5.6811	0.176
	4	75.3644	11.9946	0.0834
	5	75.3644	11.9946	0.0834
	6	87.5939	13.941	0.0717

= 진동의 대부분을 보여주는

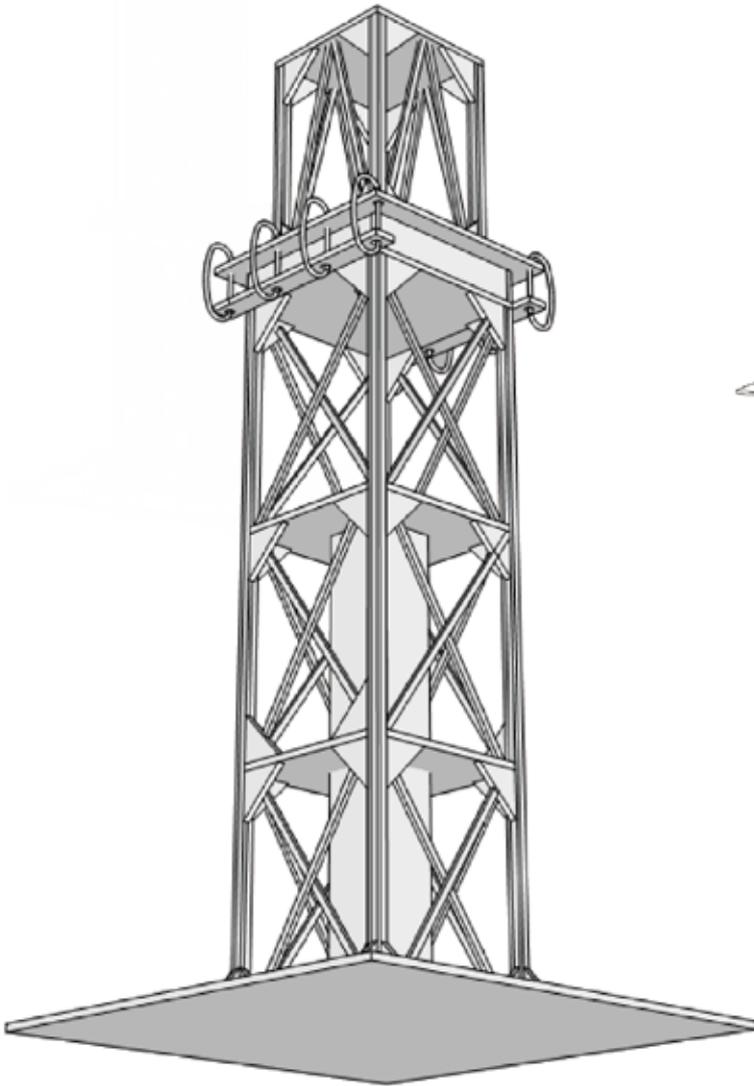
1,2,차 모드의

고유주기가 0.2012로

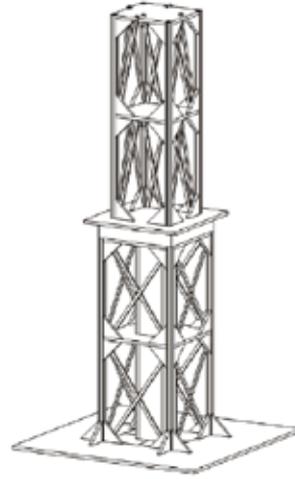
범위 내에서 파괴유도

# 08 CDNCIUSTIDN 도면 및 정리

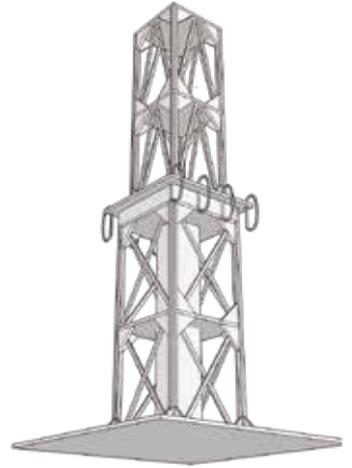
## 구조물



최종안



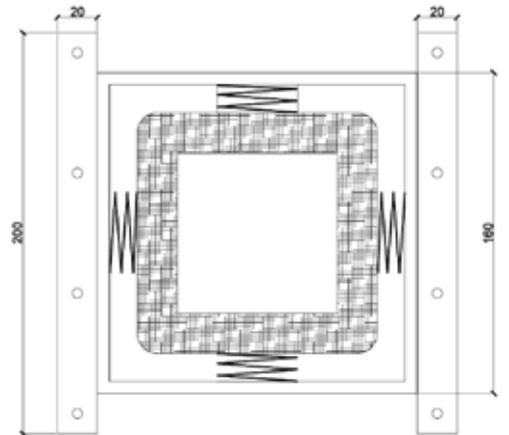
1차 예정안



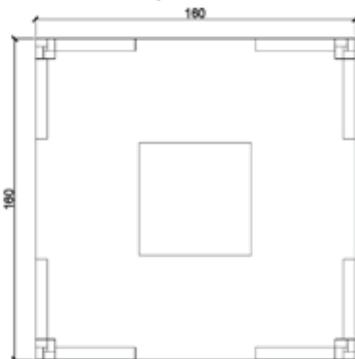
2차 예정안

## 평면도

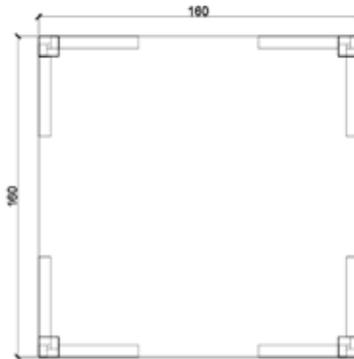
면진장치 평면도



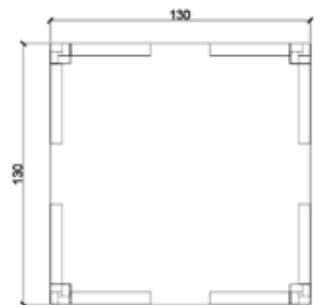
1F,2F 평면도



3F 평면도



4F 평면도



# 09 CONCIUSTION 예산안 & 공정표

## 예산안

재료명	단위	규격	수량	단가	합계
MDF Base	개	400m X 400mm X 6mm	1	-	-
MDF Strip	개	400m X 400mm X 6mm	34	10	340
MDF Plate	개	400m X 400mm X 6mm	8	100	800
면줄	식	600mm	3	10	30
A4지	장	A4	8	10	80
접착제	개	20g	2	200	400
총액 (단위 : 백만원)					1650

부재명	수량	부재명	수량
바닥	4	코어	2
기둥	8	보	4
가새	32	종이댐퍼	4
거šet플레이트	72	고정줄(면줄)	8
종이롤러	5	날개	2

## 공정표

■ : 채지우, 김효성    ■ : 권유권, 강성규

구분	10분	20분	30분	40분	50분	60분	70분	80분	90분	100분	110분	120분
제작	바닥판	■	■	■	■	■						
	기둥	■	■	■	■	■						
	가새						■	■	■			
	거šet플레이트			■	■	■	■	■				
	보					■	■	■				
	완충재			■	■	■						
결합	거šet플레이트								■	■	■	
	가새									■	■	
마무리												■