

- 조선대학교 건축공학과
교수 **최재혁**









- 장지상 : 구조설계
- 고범석 : 구조디자인
- 곽규명 : 발표자료 제작
- 한수련 : 자료조사



구조물 내진설계 경진대회 2015

Seismic Structural Design Contest 2013(7.23~24)

주관  **지진방재연구센터**
SEISMIC SIMULATION TEST CENTER

후원  **국민안전처**  **국토교통부**  **한국시설안전공단**  **KAIA**  **KOCEP-CMI**  **BRITISH COUNCIL**
Ministry of Public Safety and Security Ministry of Land, Infrastructure and Transport Korea Facility Safety Institute Korea Society of Seismic Isolation and Vibration Control

 **사단법인 한국지진공학회**  **사단법인 한국건축구조기술사회**  **사단법인 한국면진제진협회**
Earthquake Engineering Society of Korea THE KOREAN STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION Korea Society of Seismic Isolation and Vibration Control

협찬  **ktl 한국산업기술시험원**  **SGS**  **MTS**  **DRB**

No. SSD2015-13

Frankfurt am Main: Stadtansicht von der *Deutscherbrücke* am frühen Abend
Mylius, 8 August 2011

1. 대회규정 분석
2. 지진파 분석
3. 구조물설계 개념
 - 내부구조(1차 저항구조)
 - 외부구조(2차 저항구조)
4. 구조체 제작
5. 경제성 분석

■ 구조물 제작 및 심사기준의 착안점

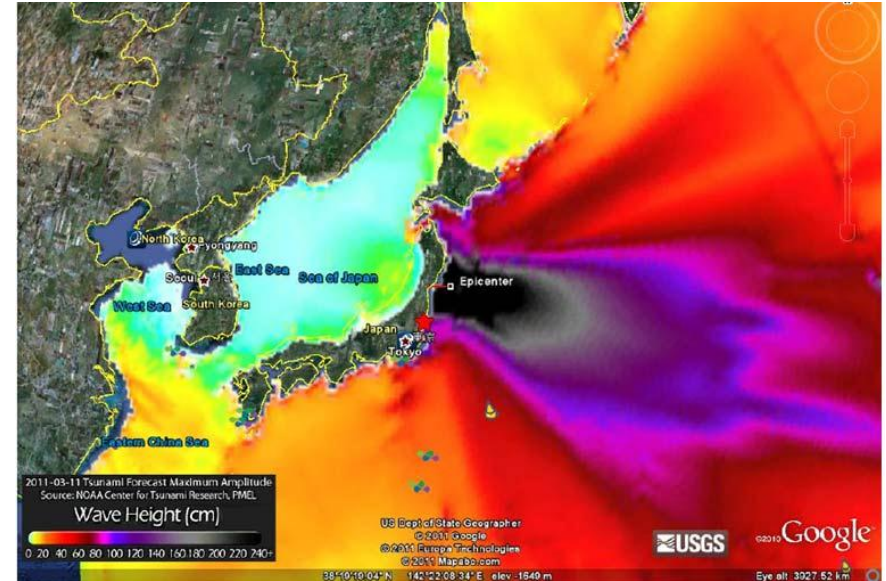
금번 대회의 목표 구조물은 세장비가 큰 장주기형 초고층 건물입니다.
초고층 건물은 일반적으로 지진보다 바람에 취약하기 때문에
풍하중에 의한 설계가 지배적이며 내진설계는 크게 염두에 두지 않습니다.
그러나 이들 초고층 건물은 대부분 장주기성 진동 특징을 가지기 때문에
장주기성 지진파에는 취약한 단점이 있습니다.

국내 지진활동의 특징을 살펴보면
국내에서 직접적으로 발생하는 지진은 규모가 작고 단주기성이 대부분이지만,
일본이나 중국 등의 인근 국가에서 발생하는 강진 또는 그 여진이
원거리로 전달되면서 장주기화 되어 국내에 도달할 가능성이 있습니다.
특히, 국내 초고층 빌딩이 밀집해 있는 강가나 해안가, 매립지 등에서는
연약한 지반 특성에 의해 지진파가 증폭되고 장주기화 될 가능성이 더욱 높아집니다.

출전하는 각 팀에서는 부산 해운대에 신축될 국내 초고층 빌딩의
구조설계(내진설계)를 담당하게 되었다고 가정하고,
작품 제작규정에 맞도록 설계하신 후, 시공(제작)하십시오.

본 대회는 학부생을 대상으로 하는 대회입니다.
우리가 요구하는 것은 복잡한 구조해석(유한요소해석)과 도안(CAD)이 아닙니다.
기본적인 구조역학, 동역학, 설계개념이면 충분합니다.
참가하는 대학생들의 우수하고 참신한 아이디어에 높은 점수를 주고자 합니다.
좋은 아이디어로 고민하고 대회를 즐기십시오!

❖ 장주기형 지진파에 대비한 건축물

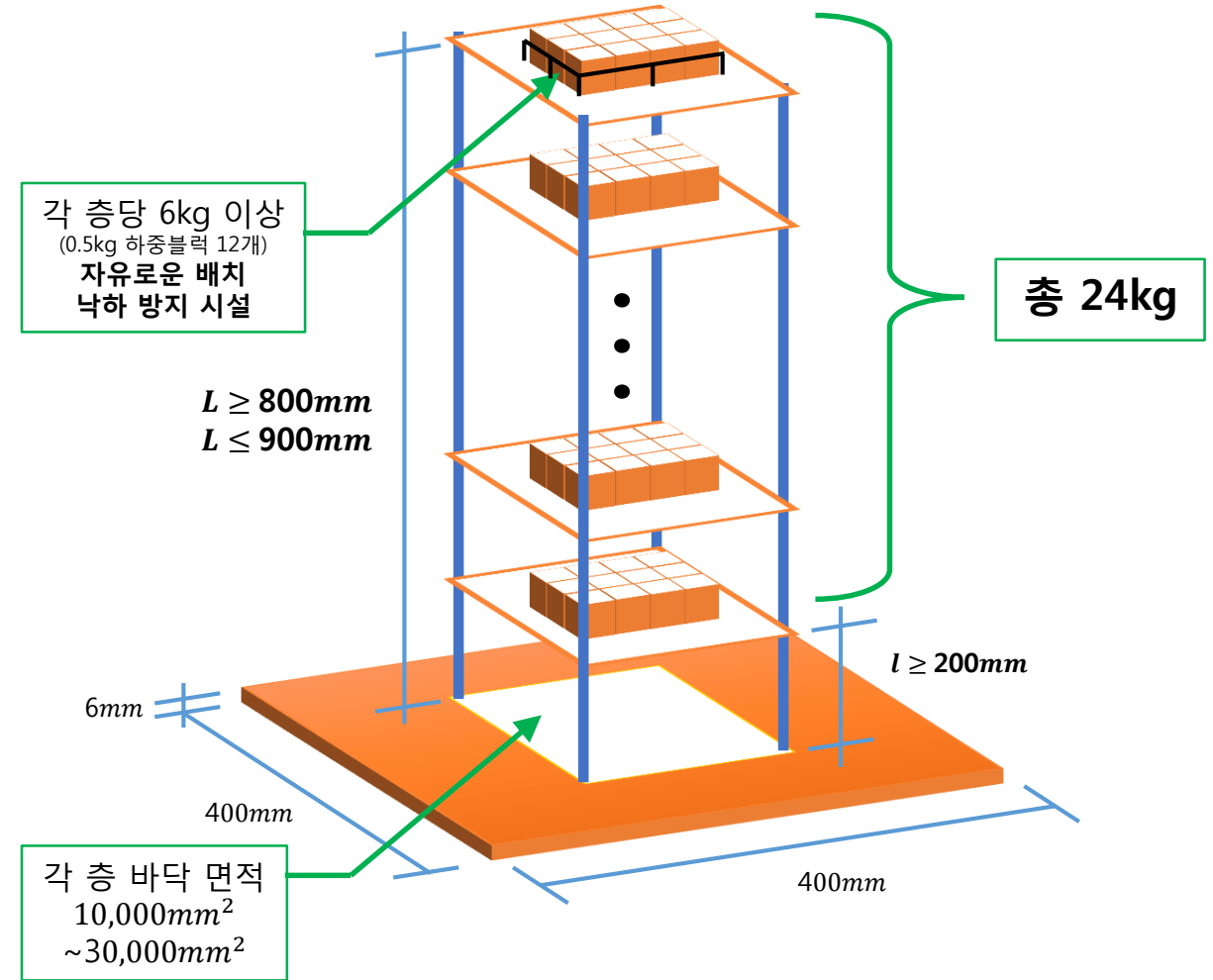


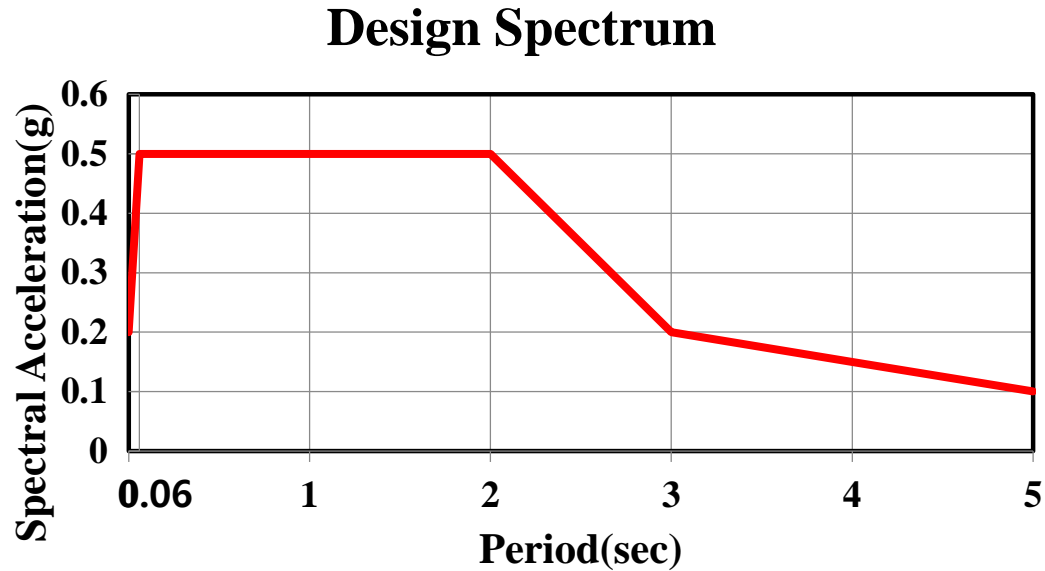
- 인근 국가의 지진파가 원거리로 전달됨에 따라 **장주기화**.
- 강가, 해안가, 매립지의 경우 연약한 지반특성에 의해 **장주기 지진파가 더욱 증폭될 수 있음**.

대회 모형 규정

■ 작품 제작 규정

- [원칙]** 작품은 4층 이상으로 제작되어야 하며, 각 층은 규정된 하중을 정적으로 지지할 수 있어야 한다.
- [구조]** 작품의 구조는 다음 각 항의 조건을 모두 만족해야 한다.
 - 기초판은 1층의 바닥면이 되며, 최상층은 천정을 가져야 한다(옥상에도 하중블록을 설치해야 함).
 - 각 층의 바닥 면적은 $10,000\text{mm}^2$ 이상, $30,000\text{mm}^2$ 이하이어야 한다. 여기서 바닥 면적의 산정 기준은 최외각 기둥 부재를 이은 면적으로 정의한다.
 - 바닥은 반드시 면을 이루고 있을 필요는 없다. 예를 들어 몇 개의 선형 부재(Strip)를 연결한 형태도 가능하다.
 - 각 층의 높이는 200mm 이상으로, 총 높이 800mm 이상 900mm 이하가 되어야 하며, 각 층간은 분명한 경계를 가지고 있어야 한다.
 - 각 층에는 하중 블록의 낙하를 방지하기 위한 시설이 설치되어야 한다.
 - 구조부재의 연결은 제공되는 제작 재료만을 사용하여야 한다.
- [하중]** 하중은 각 층에 6kg 이상의 강재 하중블록세트(하중 블록 개당 0.5kg)를 설치하며, 총 24kg 이상의 하중블록이 설치되어야 한다. 하중블록의 설치는 다음의 규정을 만족하여야 한다.
 - 하중블록의 규격은 $26\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ (높이×가로×세로)이며, 자유로운 배치가 가능하다.
 - 1층 바닥에는 하중블록을 설치하지 않으며, 1층 바닥을 제외한 나머지 층의 바닥면과 최상층 상부면에는 하중블록을 설치하여야 한다. 예를 들어 4층의 모형인 경우, 최소한 6kg 하중블록세트 4조가 필요하다.
 - 하중블록은 작품 제작이 완료되고 진동대 상부에 고정된 후에 각 팀에서 선정한 2인의 팀원이 한 조로 직접 설치해야 한다. 팀에서 원하는 경우 제작 중 하중블록을 지급하고 설치할 수도 있다.
 - 하중블록은 접착제를 이용하여 상호간 또는 구조물에 직접 고정할 수도 있다.
 - 하중블록을 고정하기 위한 용도로는 모든 재료를 사용할 수 있다.
- [기초]** 기초판은 MDF 판재로 제공되며, 제작되는 작품은 기초판 내에 설치되어야 한다.
 - 기초판의 크기는 $400\text{mm} \times 400\text{mm} \times 6\text{mm}$ 이며, 구조물과 기초를 연결하기 위한 용도로만 사용된다.
 - 각 팀에서는 기초를 진동대와 연결(목재용 screw 볼트)하기 위한 최소한의 공간(최외각으로부터 20mm)을 확보하여야 한다.
 - 구조물과 기초를 연결하기 위한 용도로 기초판을 천공할 수 있다.
 - 기초판을 절단 및 가공하여 작품 제작에 활용할 수 없다.

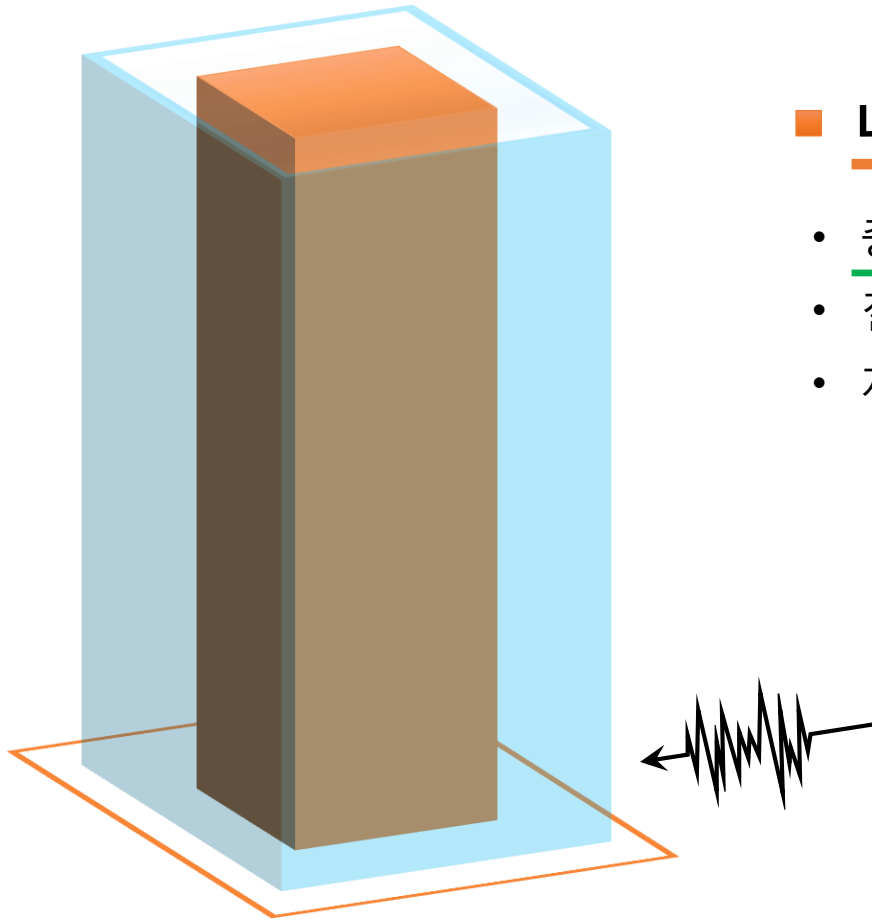




- 0.06초 ~ 2초 최대응답 가속도, 장주기 지진파
- Sine Sweeping가진은 일정한 Peak의 정현파를 임의의 주파수 대역에서 임의 속도로 증가 또는 하강 시키면서 가진한다.
- 상관관계가 0.3 이하인 두 개의 지진파를 2 방향으로 동시가진



- 중, 저층 건축물은 단주기 지진파에 취약한 구조인 반면, 초고층 건축물은 장주기 지진파에 취약한 구조형식
 - 연약지반에서 증폭된 장주기 지진파가 초고층 건축물의 장주기와 일치하면 공진(共振)현상으로 큰 피해를 유발할 수 있다
- > 전 주기의 지진하중에 대한 설계를 하려고 함.



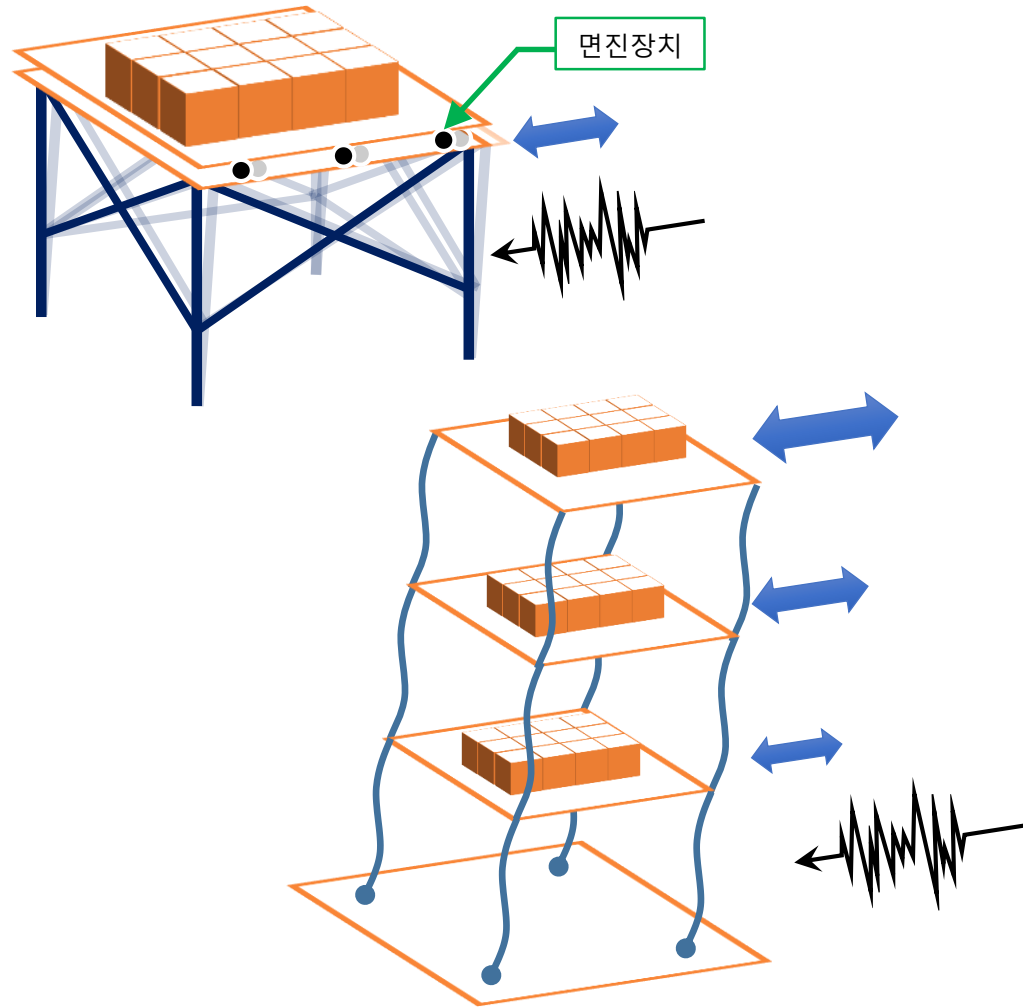
■ 내부구조

- 중·약진에 대한 저항능력 확보
- 질량체와 직접적인 하중 전달
- 지진에너지의 하중 전달 차단

■ 외부구조

- 강진에 대한 저항능력 확보
- 내부구조에 대한 횡변위 제어
- 구조체의 수직하중 전달
- 높은 강성 확보

> 전 범위의 지진에너지에 대한 저항능력 확보



일반 면진

- 수평력에 대한 변위를 면진장치를 통해 차단
 - 구조물 하부에 많이 설치됨
- > 면진장치 구현이 어려움(튀어나갈 위험)

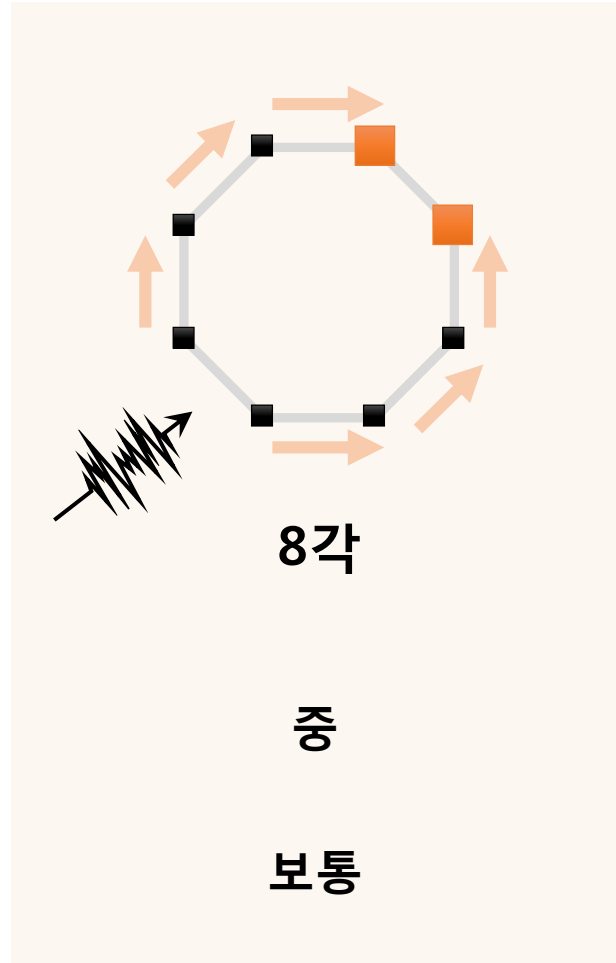
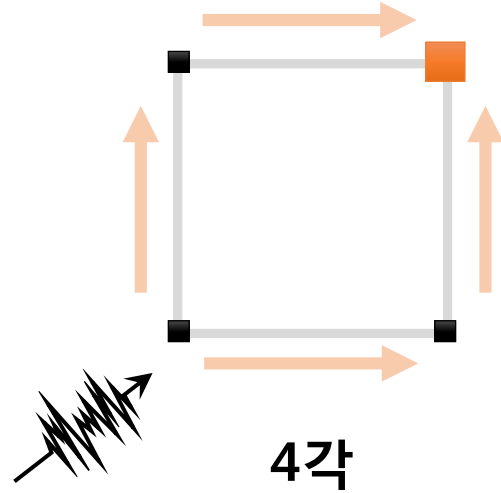
Swing Slab

- 슬래브 수평 거동에 대한 안정화 가능
- 면진장치와 같은 수평변위 저항능력
- 질량차단구조 구현에 적절함

> 중·약진에 대한 저항능력 확보

내진설계 개념 - 외부구조

- 평면구성



시공성

상

중

하

하중 분배

집중

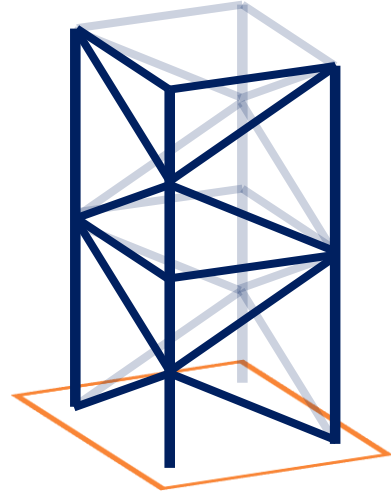
보통

원활

> 전 방향에서의 지진하중을 고려하였을 때 8각 평면이 효율적임.

내진설계 개념 - 외부구조

- 가새구성

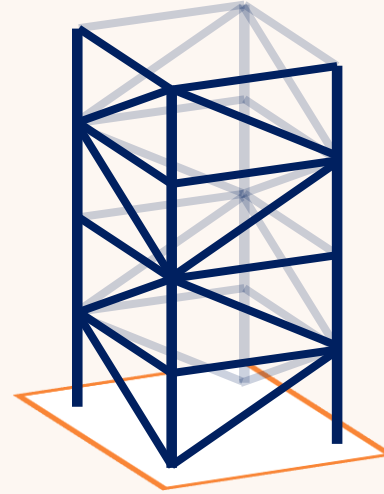


K형 BRACE

상 (16억)

하

- 비교적 시공이 손쉬움
- 적은 부재수에 의해 가공시간 적음

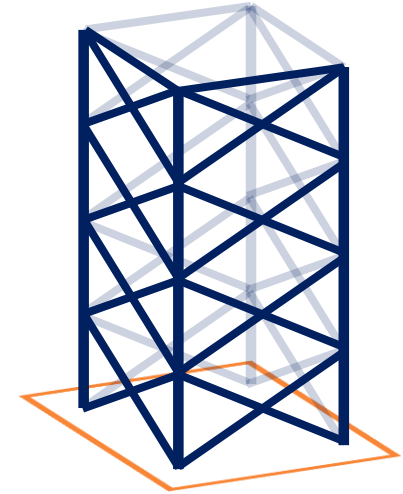


일반 BRACE

중 (16억 2천)

중

- 가장 보편적인 시공 형식
- 구조물 제작 시 접합강성 확보 용이



X형 BRACE

하 (16억 9천)

상

- 시공이 매우 어려움
- 부재수가 많아 접합강성 확보 어려움

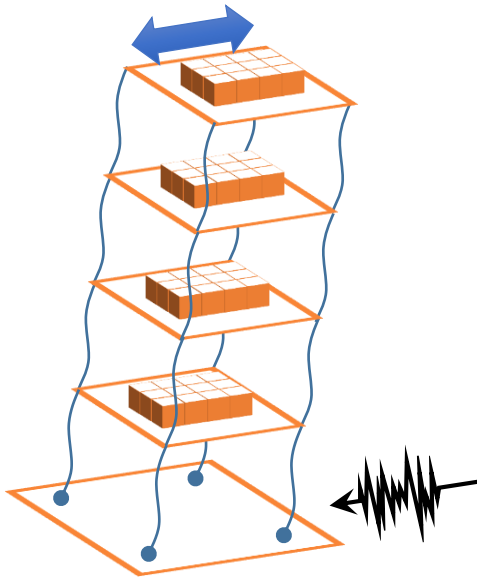
경제성

강성

시공성

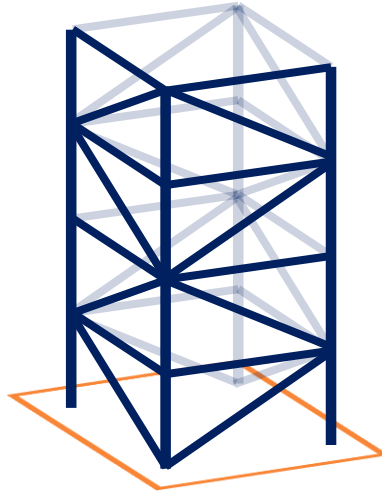
내진설계 개념 - 복합 저항 구조

내부구조

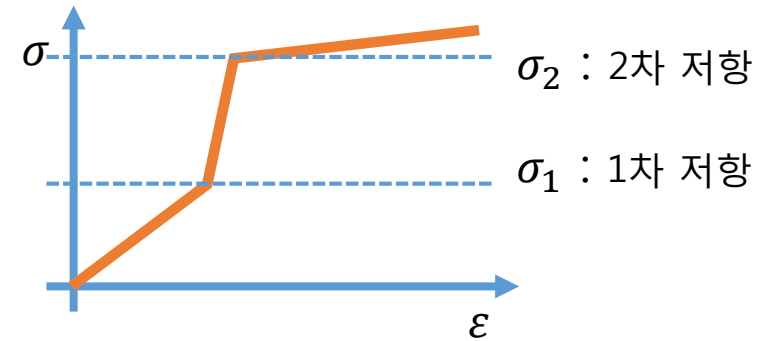


- 실의 인장력에 따라 수평력에 대해 저항
- 중·약진에 대해 1차 저항
- 지진에 의한 구조물의 모드 형상에 따라 에너지를 서로 상쇄
- > 실을 이용하여 층과 층 사이를 연결

외부구조

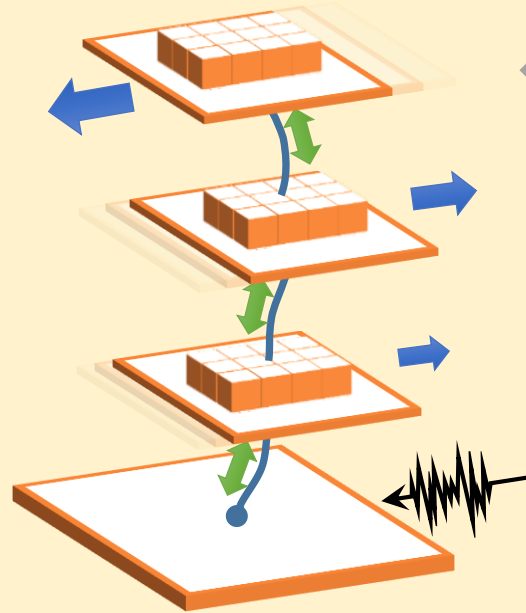
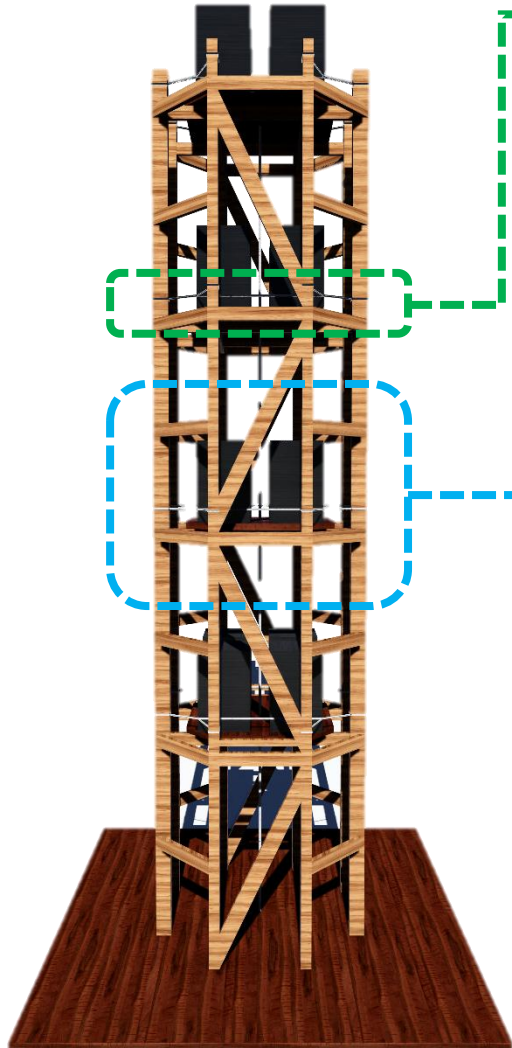


- MDF 막대의 단면2차모멘트와 강성에 따라 수평변위 제어
- 각 층별 하중블록에 의한 수직하중 지지
- 강진에 대한 2차 저항
 - > MDF 막대의 가새 구성방법 중 최적 형상에 따라 결합

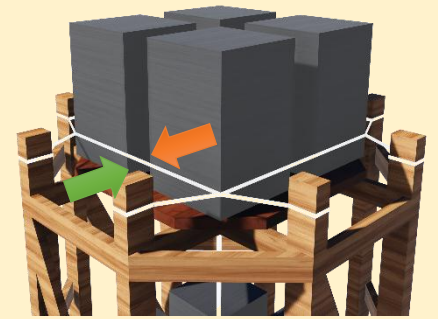
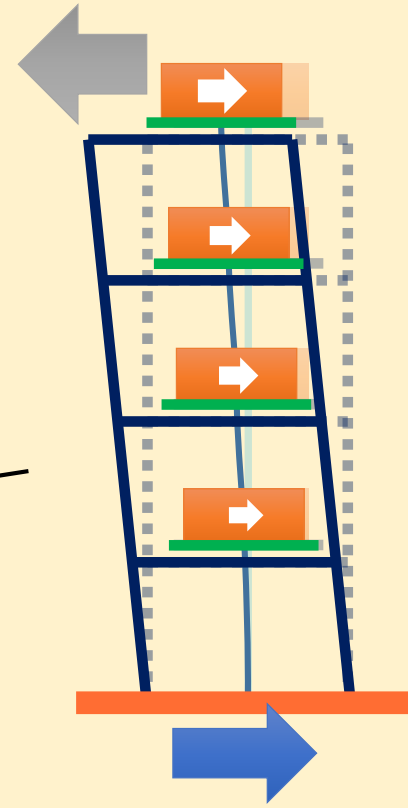


> 지진파 크기에 따라
나누어진 저항구조에 의해
효율적인 지진 저항 가능

구조체 제작 - 내부구조

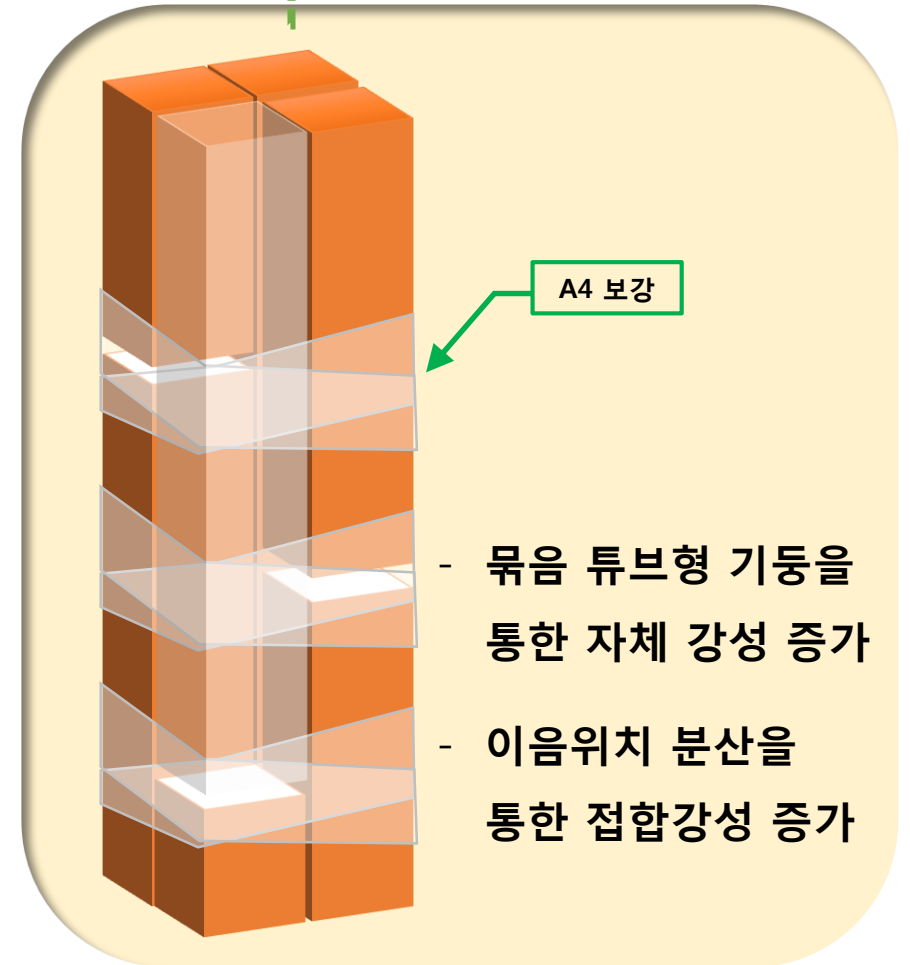
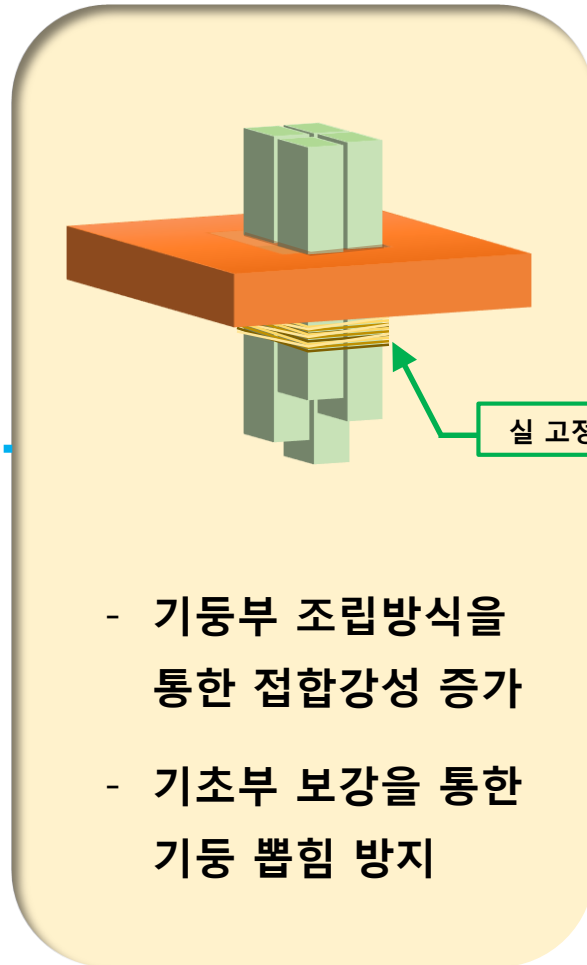
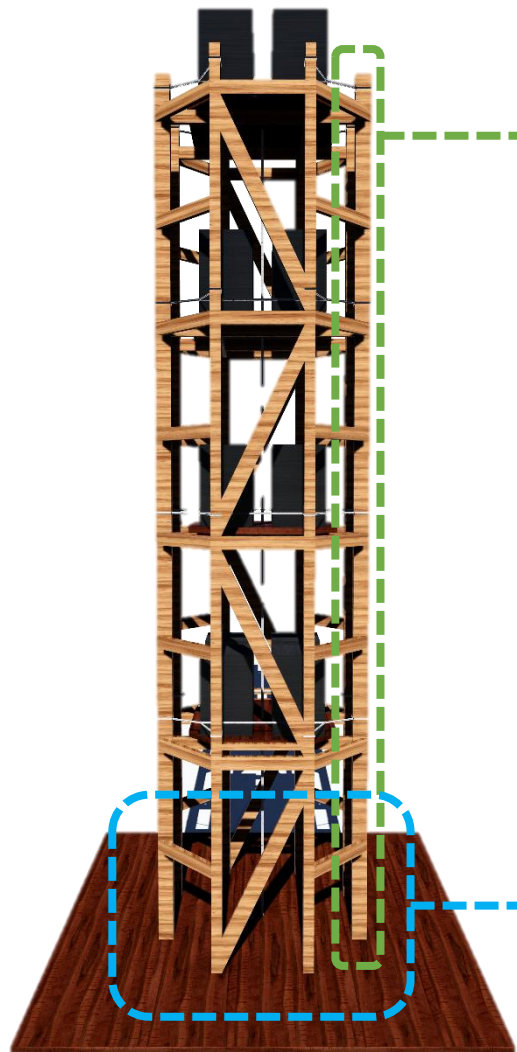


- 슬래브 변위 제어를 위한 중앙부 연결 및 인장재 사용



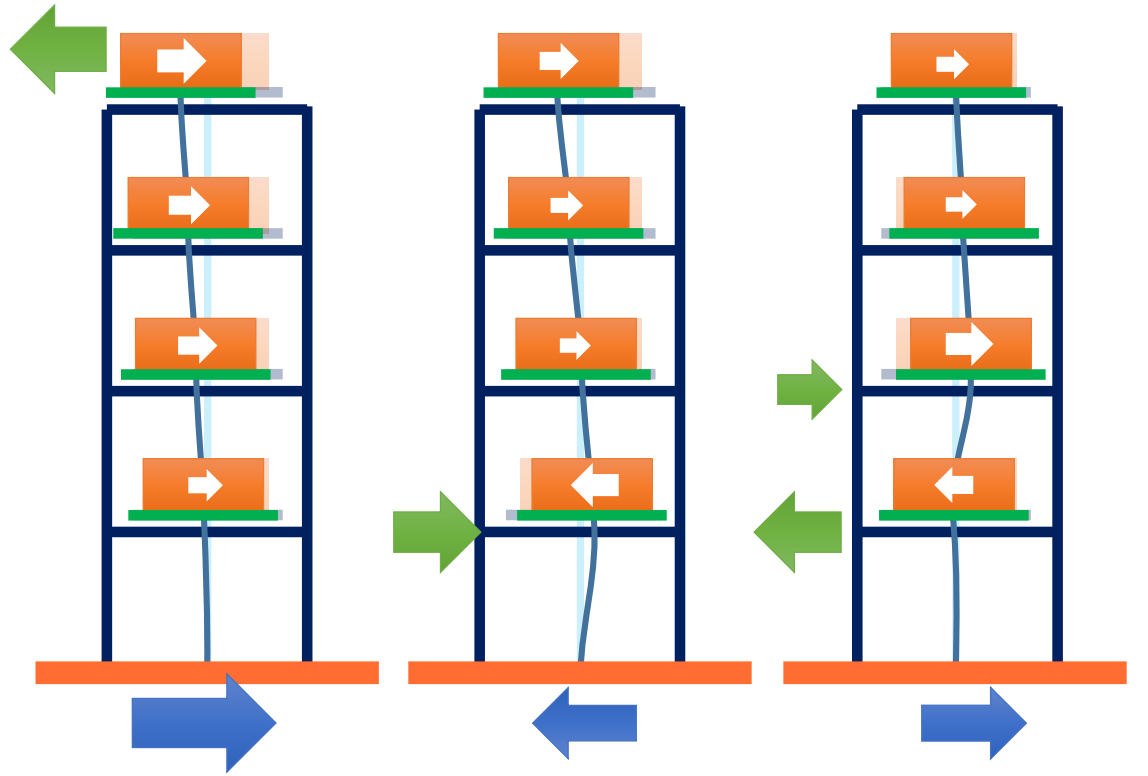
- 질량체 구속효과
- 지진하중에 의한 후기변위 제어
- Swing Slab의 수직변위 제어

구조체 제작 - 외부구조



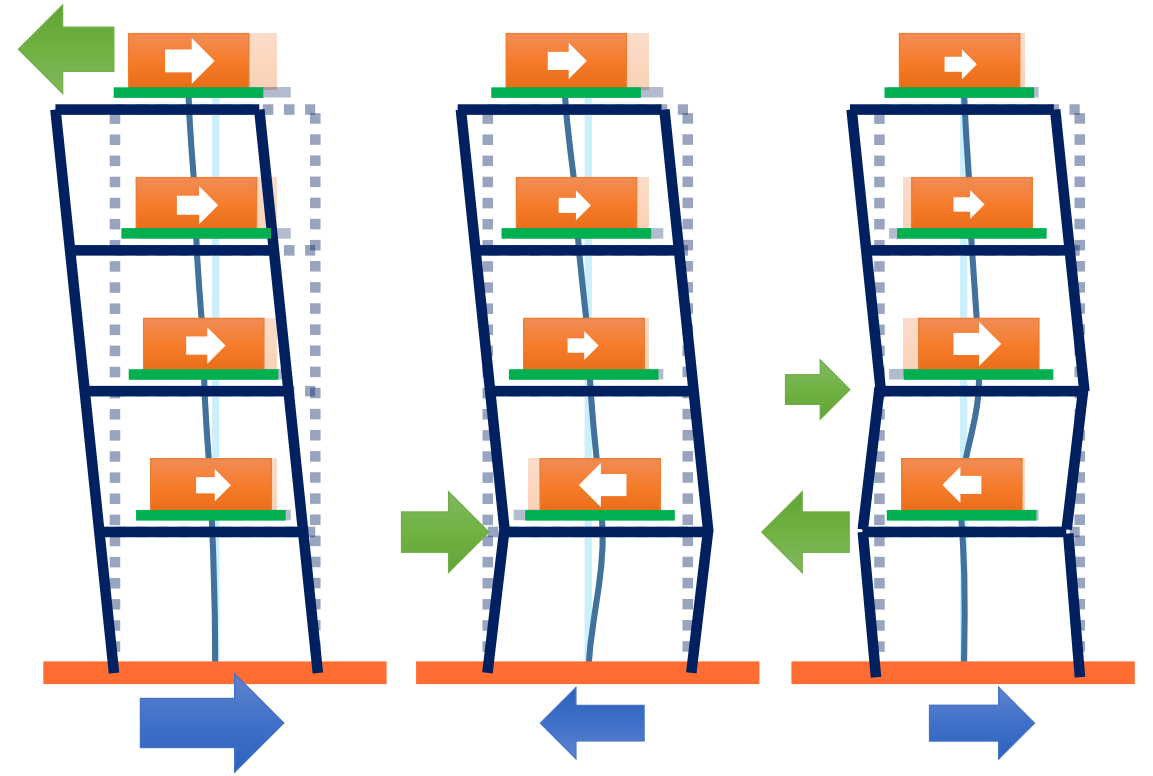
구조체 예상 거동

중·약진 구간



내부구조(swing slab)가 지진파에 저항

강진 구간



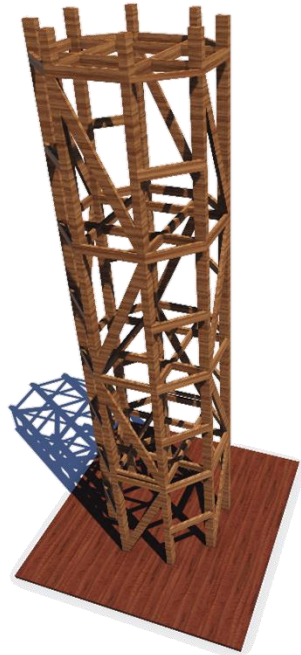
외부구조와 함께 지진파에 저항

입지진파

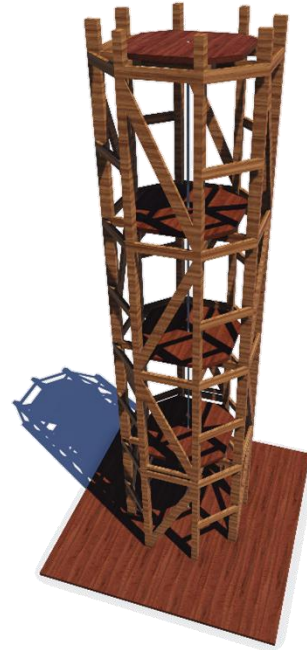
구조체 제작 - 제작 순서



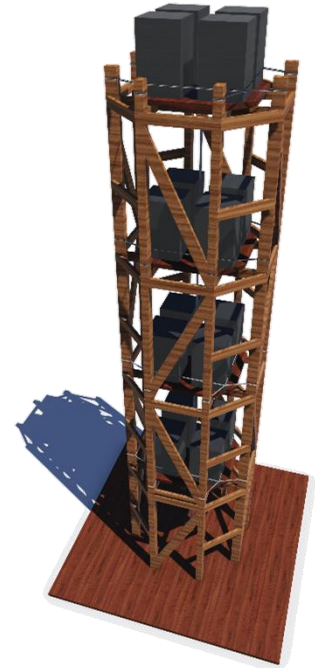
기둥



보 & 가새

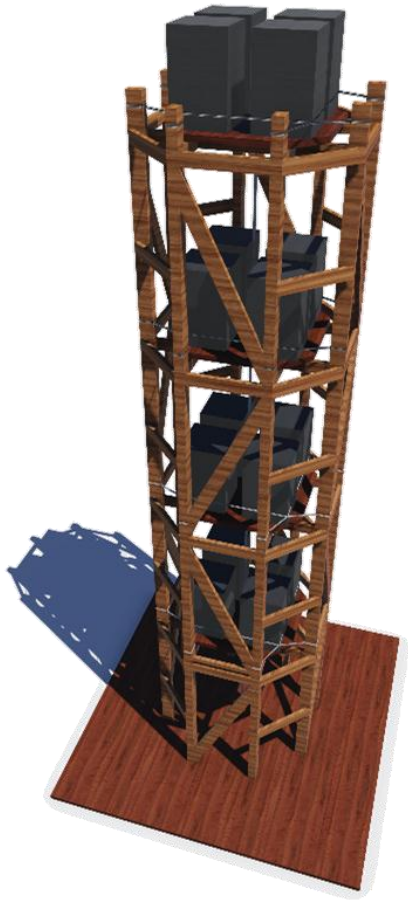


Swing Slab



하중블록
& 변위제어장치

재료비 산출



재료명	규격	단위	단가 (백만원)	수량	재료비 (백만원)
MDF Base	400mm × 400mm × 6mm	개	-	1	.
MDF Strip	600mm × 4mm × 6mm	개	10	74	740
MDF Plate	200mm × 200mm × 6mm	개	100	4	400
면줄	600mm	식	10	8	80
A4지	A4	장	10	1	10
접착제	20g	개	200	2	400
총 재료비					16억 3천만원