

■ 구조물 내진설계 경진대회 특차 ■

✓ PART 1 ` 문제 제시

✓ PART 2 ` 아이디어 제시

✓ PART 3 ` 아이디어 구체화

✓ PART 4 ` 경제성 분석

Seismic Structural Design Contest 2014.

5inQ 이주대학교 건축공학과

Special Structural Design Contest 2014

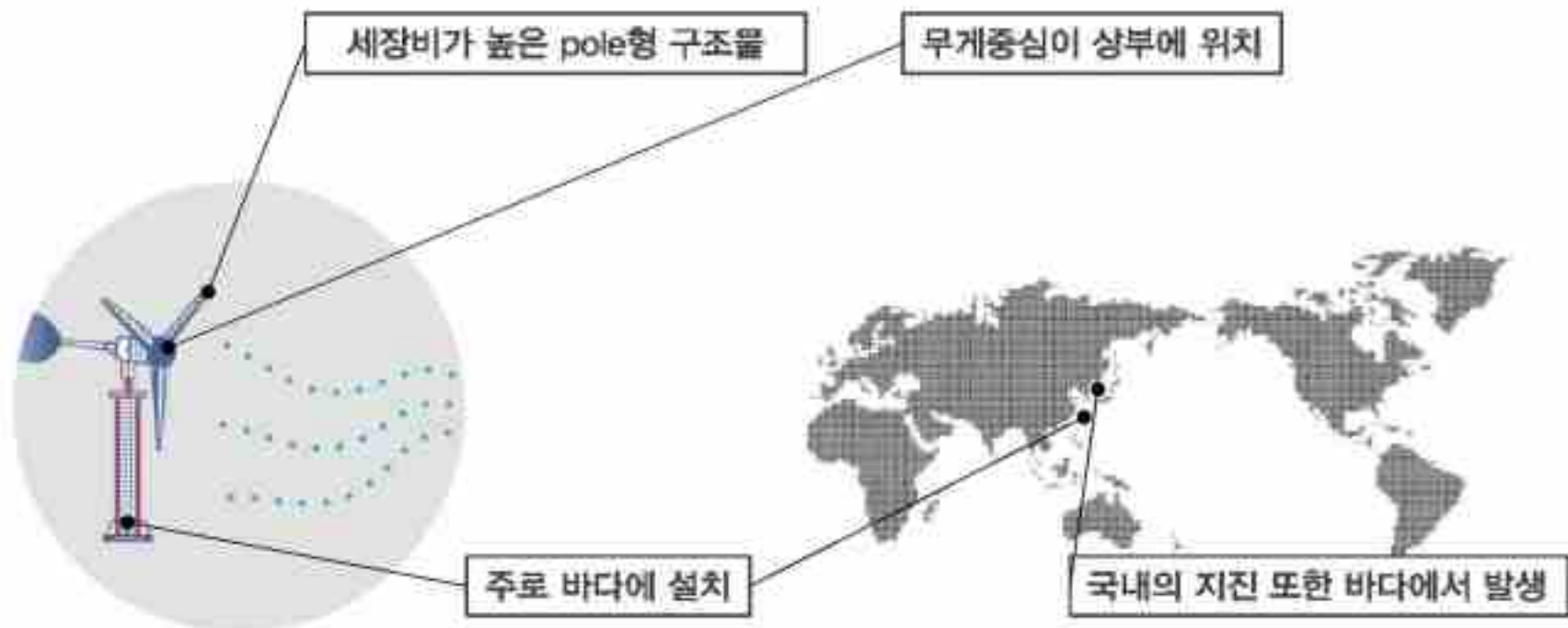
5inQ 서울대학교 건축공학과

PART 1

문제 제시

PART 1. 문제제시

풍력 발전 구조물의 설계 **풍력발전 구조물은 안녕하십니까**



풍력발전 구조물은 **높은 세장비와 무게중심의 위치**로 인해 일반 건축물보다 지진에 취약

Special Structural Design Contest 2014

5inQ 서울대학교 건축공학과

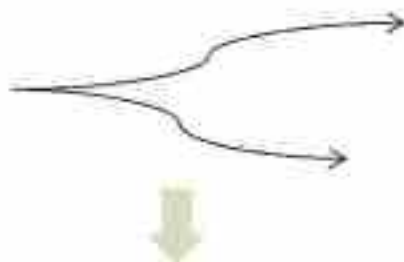
PART 2

아이디어 제시

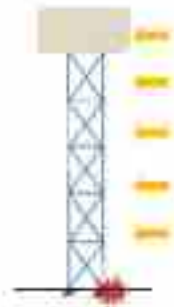
PART 2. 아이디어 제시 concept, 외유내강



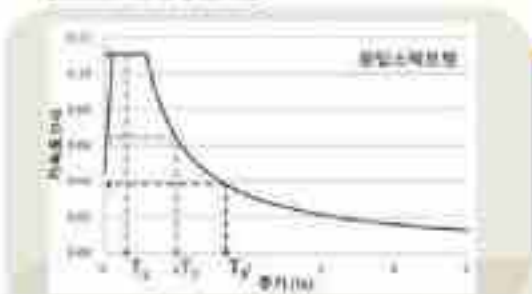
해결해야 하는 과제



- ✓ 높은 세장비 + pole형 구조
→ 취성파괴
- ✓ 상부에 위치한 무게중심



✓ 과제 접근(분석)



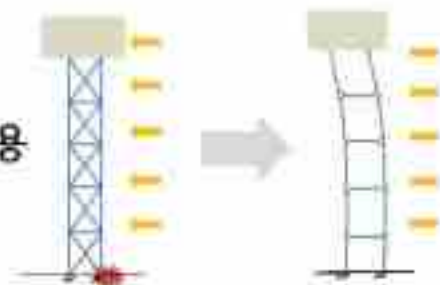
주기에 따른 가속도 변화

- 주기가 길어질수록 가속도가 감소
- (중력)가속도와 구조체에 작용하는 힘의 관계는 비례 ($F = mg$)
- '주기'를 길게 유도 → 구조체에 작용하는 힘을 줄이고자 함.

기존 풍력 발전 구조물 : 높은 세장비에 따른 긴 주기 → 지진에 유리하게 작용할 수 있으나 pole 구조에 따른 취성 파괴의 단점.
→ pole 구조물 → **유요소 설계**를 통한 취성 파괴 단점 보완

✓ 유요소 : 변형을 통한 지진E 소모

✓ 구조물을 **유하게** 만들어 단점이 될 수 있는 **큰 세장비**를 지진에 유리하게 적용



PART 2. 아이디어 제시 concept, 외유내강



✓ 구조물을 **유하게** 만들어 단점이 될 수 있는 **큰 세장비**를 지진에 유리하게 적용

높은 세장비 + 유요소
풍력 발전 구조물

✓ P-delta 효과로 인한 붕괴 우려
(추가 모멘트 발생)

✓ 높은 위치의 무게 중심



✓ 과제 접근[분석]

붕괴를 방지하기 위한 일정 이상의 강도 필요.

일정 이상의 강도를 위해 **유요소에 강요소를 추가**하고 두 요소를 연결.

긴 주기를 지닌 '유요소 + 강요소' 구조물을 만들기 위해

- ✓ 강요소 구조물을 세장하게 설계 → 강요소의 고유 주기 증가.
- ✓ 세장한 강요소와 유요소를 연결하기 위해 외부에 유요소를 위치,
내부에 강요소를 위치하여 연결.



✓ **강요소 + 유요소 = 단점 보완!**

PART 2. 아이디어 제시 concept, 외유내강

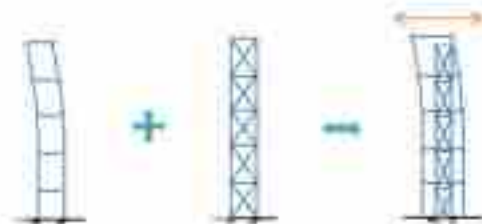


3

✓ **강요소 + 유요소 = 단점 보완**

외부: 높은 세징비 + 유요소
내부: 강요소
풍력 발전 구조물

✓ 지진 시 유요소와 강요소의 변위차 발생
→ 마찰 발생



✓ 과제 접근[분석]

마찰을 이용한 진동 에너지 감쇠 가능
→ 마찰 댐퍼를 적용하여 진동 에너지 소산



✓ **강요소 + 유요소 + 마찰댐퍼 = 최종 컨셉 도출**

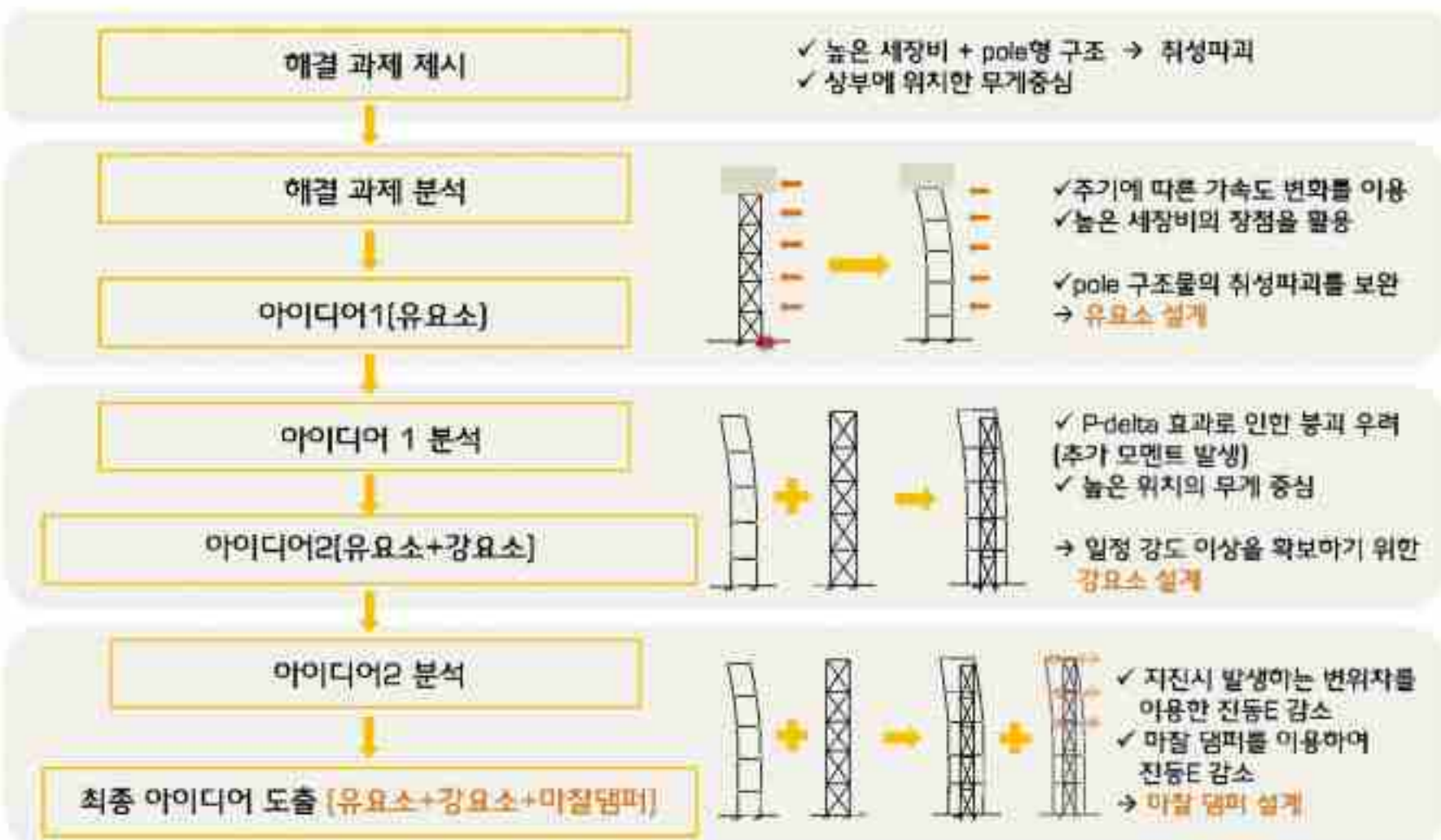
4

최종 Concept
"외유내강"
(外柔內剛)

→ 겉[外]은 푼[부드러움 유]이나, 그 속[內]은剛[굳셀 강]하다.

PART 2. 아이디어 제시 concept, 외유내강

최종 컨셉 도출 process 제시



5inQ Structural Design Contest 2014

5inQ 서울대학교 건축공학과

PART 3

아이디어 구체화

PART 3. 아이디어 구체화 유요소 + 강요소 + 마찰댐퍼

구조물 설계 구체화



	평면	입면	가새
유요소	구조물의 기본형태와 가장 안정적인 형태. 경제성을 고려하여 평면 설계	수직하중에 저항할 수 있도록 설계	유동성을 고려하여 가새 설계 (연골 가새)
강요소		수평 하중에 저항할 수 있도록 설계	강성을 고려한 가새 설계 (MDF 가새)
마찰 댐퍼	진동 에너지를 줄이기 위한 마찰 댐퍼 위치 선정. 주 / 보조 댐퍼 설계		

구조물 설계 process



PART 3. 아이디어 구체화 **유요소 + 강요소 + 마찰면판**

강요소/ 유요소 평면 및 입면 설계

1) 평면설계

평면 형태의 조건

- ✓ 경형 단면
- ✓ 안정성
- ✓ 경제성



구조물을 구현하는 가장 기본적인 형태

안정적인 형태의 평면 구현



가장 안정적인 형태

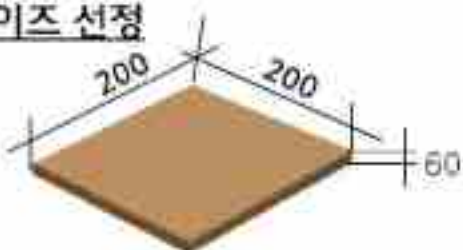


사각과 원형을 조합한 팔각형태

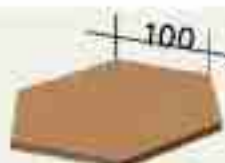


경제성을 고려하여 육각형태로 결정

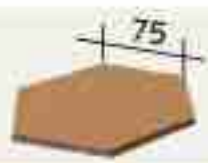
평면 형태 사이즈 선정



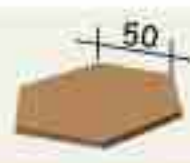
조건에 부합하는 MDF 기본 형태



바닥판



유요소 마감영역



강요소 마감영역

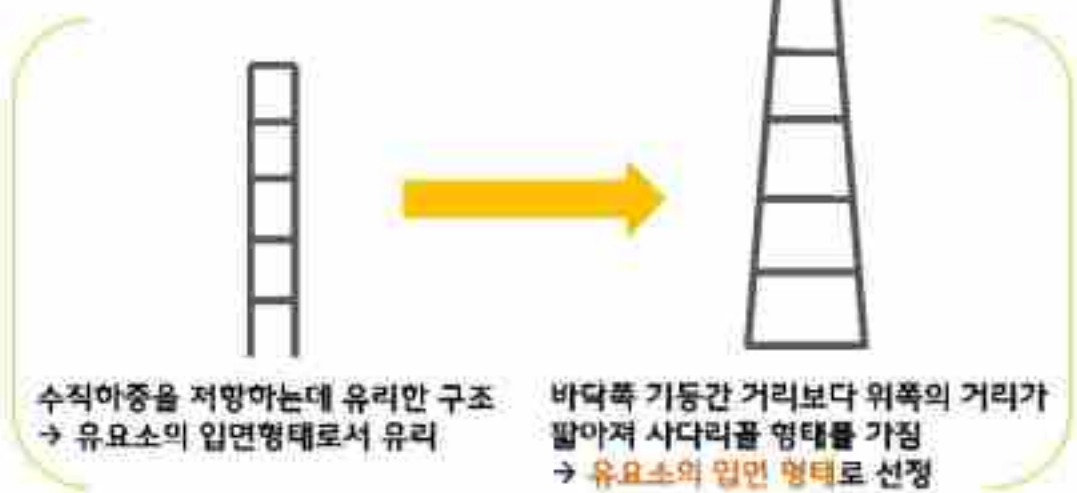
선정된 평면 형태 슬라브 3개 소요

PART 3. 아이디어 구체화 **유요소 + 강요소 + 마찰댐퍼**

강요소/ 유요소 평면 및 입면 설계
2) 입면 설계



수직하중을 저항하는데 유리
 → 강요소의 입면 형태로 선정



수직하중을 저항하는데 유리한 구조
 → 유요소의 입면형태로서 유리

바닥쪽 기둥간 거리보다 위쪽의 거리가
 짧아져 사다리꼴 형태를 가짐
 → 유요소의 입면 형태로 선정

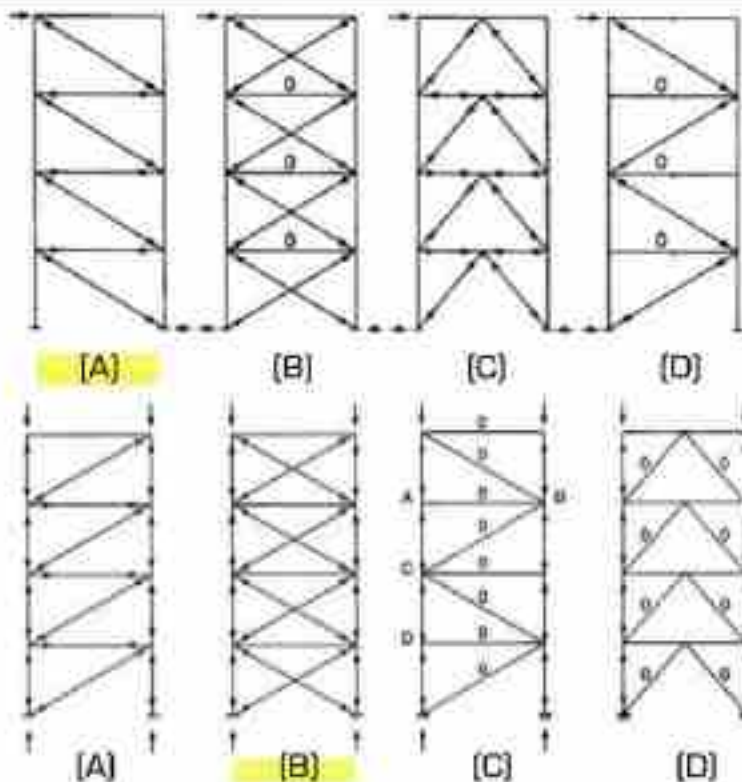


수직 하중에 대해 유요소로 저항
 수평 하중에 대해 강요소로 저항
 마찰댐퍼를 통한 지진E 감소

사다리꼴 형태의 내부 강요소
 직사각형 형태의 외부 유요소 → 길이차에 따른 사다리꼴 형태

PART 3. 아이디어 구체화 **유요소 + 강요소 + 마찰원판**

가새 결정



수평하중 작용

[B]와 [D] : 보부재에 축방항력이 작용하지 않음
 [A] : 가새 하나에 압축력 적용
 [C] : 두 개의 가새가 수평하중을 압축력과 인장력으로 나눠서 지지

수직하중 작용

[C]와 [D] : 가새에 힘 전달이 되지 않음
 [A] : 가새 하나에 압축력 적용
 [B] : 두 개의 가새가 수직하중을 지지

MDF 가새의 장점 : 구조물의 강성을 높게 올릴 수 있음.
 면줄 가새의 장점 : MDF에 비해 인장력에 큰 변형을 가짐 / 연성이 우수 / 부재의 파괴 우려가 적음.

✓ 잉여부재 없이(경제성) 모든 부재로 힘이 분산 되는 [A]형태가 가장 이상적. → **강요소에 [A] 가새를 적용!** (수평하중 작용)
 +MDF가새를 통한 강성의 증가

✓ 두 개의 가새가 수직하중을 지지 + **면줄 가새의 장점을 이용** → **유요소에 [B] 요소를 적용!** (수직하중 작용)

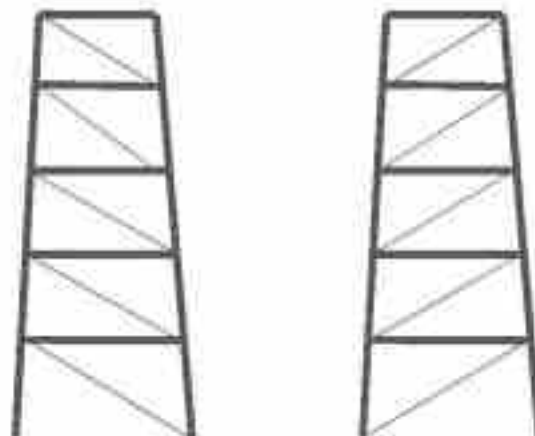
PART 3. 아이디어 구체화 유요소 + 강요소 + 마찰원판

가새 선정
1) 유요소



두 개의 가새가 수직 하중을 지지 → [B]형태
유동성을 주기 위해
Strip이 아닌 면줄로 제작

가새 선정
2) 강요소



임여부재가 없는 [A]형태를
Strip으로 번갈아가며 배치



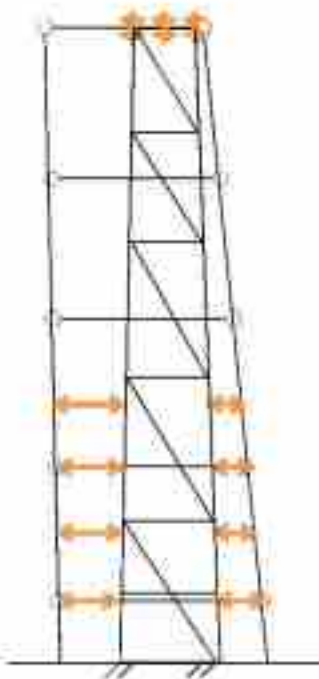
Strip가새의 내부 강요소와
면줄가새의 외부 유요소

PART 3. 아이디어 구체화 **유요소 + 감요소 + 마찰원리**

마찰댐퍼 위치 선정

직접적으로 영향을 줄 수 있는 1층 바닥과 2층 바닥

- 아증을 직접 지탱하는 2층 바닥 Plate부재에 마찰댐퍼 적용
 - Plate가 수평변형을 어느 방향으로 하든 항상 마찰이 발생할 수 있도록 똑같은 모양의 Plate를 대어 마찰에너지 유도
- 진동에너지가 발생하기 시작하는 아래쪽부터 다수의 보조 댐퍼를 두어 위로 올라가는 에너지를 감소
 - 외부와 내부 기둥 사이에 부재를 두어 외부 기둥이 수평변형 시 기둥 사이의 부재와 마찰을 일으키도록 유도



✓ **주 댐퍼와 보조 댐퍼**의 2가지 설계를 통해 마찰 효과 상승 유도

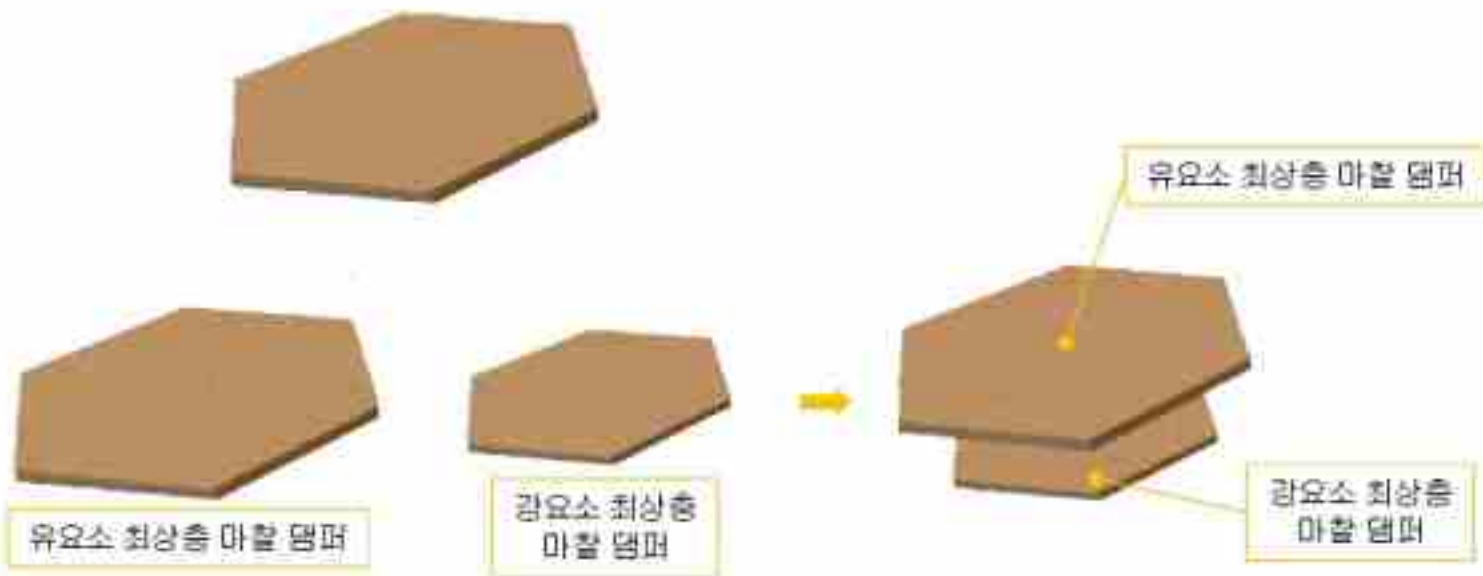
PART 3. 아이디어 구체화 유요소 + 강요소 + 마찰댐퍼

마찰댐퍼 : 주댐퍼

- 최상부에 위치한 마찰댐퍼
- 육각형 MDF 판재로 구성
- 이때 댐퍼로 이용될 판재가 2개 필요 (유요소 최상층 MDF판재/ 강요소 최상층 MDF판재)

MDF판재간의 마찰계수가 가장 큰 점을 통해 댐퍼를 MDF로 구성
 [MDF/MDF간의 마찰계수 = 0.969]

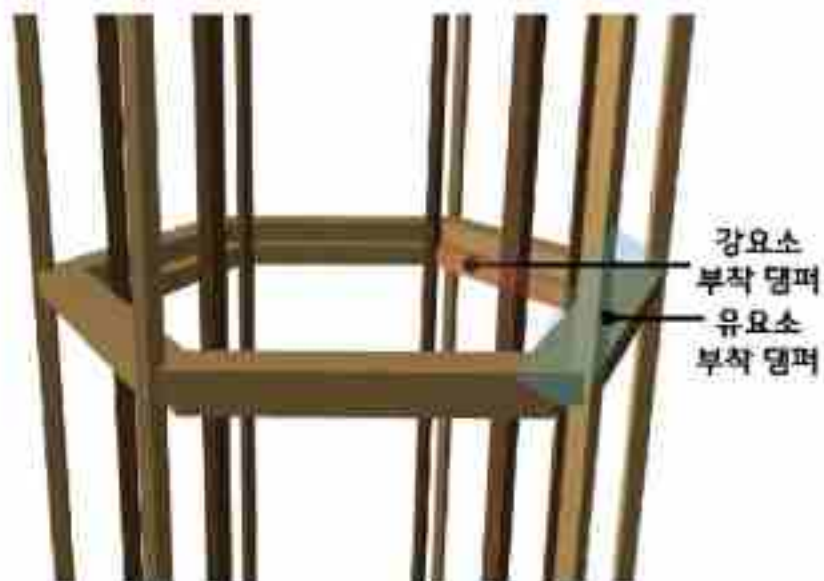
마찰댐퍼 : 매커니즘



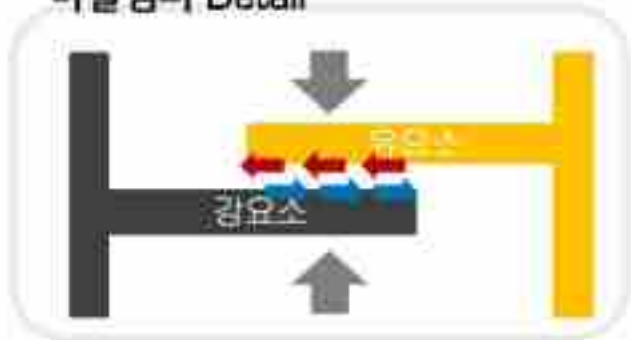
PART 3. 아이디어 구체화 유요소 + 강요소 + 마찰댐퍼

마찰댐퍼 : 보조 댐퍼

- 하부에 위치한 마찰댐퍼
- 강요소에 부착되어있는 댐퍼와 유요소에 부착되어 있는 댐퍼
- 하부 댐퍼의 역할 3가지
 - 보조댐퍼 : 유요소와 강요소의 기둥에 부착한 보조 마찰댐퍼의 작용으로 횡하중 발생 시 유요소가 이동하면서 마찰발생
 - 변위 조절 장치 : 댐퍼 부재의 길이로 인해 일정 변위 이상 유요소 이동 불가
 - 횡하중 분산 장치 : 횡하중 작용 시 보조 장치를 통해 유요소에 작용되는 횡하중이 강요소로 분산



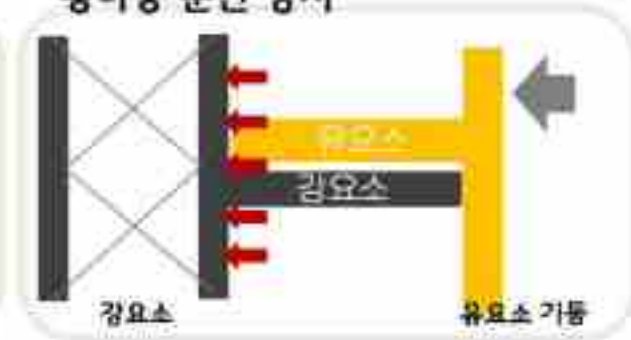
마찰댐퍼 Detail



변위 조절 장치



횡하중 분산 장치



PART 3. 아이디어 구체화 유요소 + 강요소 + 마찰면

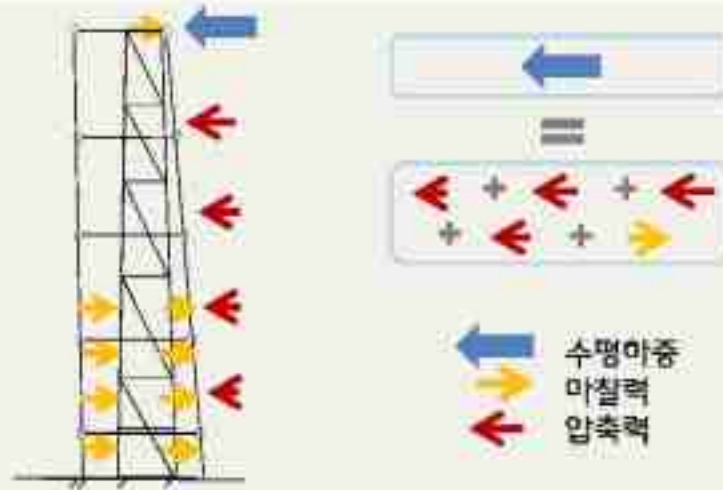
수직하중 매카니즘

- Nacelle의 무게에 의한 수직하중 발생
- 지진발생 전 유요소를 통해 수직하중을 땅으로 전달



수평하중 매카니즘

- 수평하중 작용
- 유요소가 이동하면서 변위차 발생 → 마찰력 발생
- 유요소가 이동하면서 강요소를 밀어 압축력 발생 → 수평하중 강요소로 전달



← 수평하중
→ 마찰력
← 압축력

PART 3. 아이디어 구체화 **유요소 + 김요소 + 마찰댐퍼**

모델 구현



유요소 면줄 기세

PART 3. 아이디어 구체화 유요소 + 감요소 + 마찰원판

모델 구현



보조 덤터 상세



유요소-바닥 연결부

PART 3. 아이디어 구체화 유요소 + 강요소 + 마찰댐퍼

모델 구현



강요소 MDF가새 상세



보조 댐퍼 - 강요소 가새 및 기둥 상세

5inQ Specific Structural Design Contest 2014

5inQ 서울대학교 건축공학과

PART 4

경제성 분석

PART 4. 경제성 분석 재료비 산출

총 소요 물량

	구분	규격	소요 개수	총 소요 물량
유요소	Slab (MDF Plate)	200mm x 200mm x 6mm	3개	3개
	가동 (MDF Strip)	6mm x 4mm x 600mm	30개	30개
	보 (MDF Strip)	6mm x 4mm x 600mm	5개	5개
	가새 (면도)	600mm	25개	25개
강요소	Slab (MDF Plate)	200mm x 200mm x 6mm	1개	1개
	가동 (MDF Strip)	6mm x 4mm x 600mm	25개	25개
	보 (MDF Strip)	6mm x 4mm x 600mm	10개	10개
	가새 (MDF Strip)	6mm x 4mm x 600mm	10개	10개
마찰 덮개	얇기 (MDF Strip)	6mm x 4mm x 600mm	45개	45개

총 소요 비용

구분	규격	소요 물량	총 소요 비용
MDF Plate	200mm x 200mm x 6mm	4개	400원
MDF Strip	6mm x 4mm x 600mm	125개	1250원
면도	600mm	25개	250원
감착제		2개	400원
합 계			2300원



Thank You

Q & A?