

# 특수 지형에서의 캔틸레버를 활용한 구조 시스템 연구

김보준 박서운 박민규

## I NEEDS

**국내 관광산업** 한국은 GDP 대비 관광산업 비중 5년째 OECD 회원국 중 꼴찌 한국 관광산업 GDP 기여도 역시 2.8%로 51개국 중 꼴찌

**랜드마크 필요성** 랜드마크는 지역을 대표하는 이미지로서, 관광객에게 지역의 특징을 인식시켜 도시 정체성 형성에 도움을 주고 이는 관광산업 활성화에 이바지

## I SOLUTION

3면이 바다로 둘러싸인 우리나라 지역의 특성상 해안바다 특성이 모두 다르고 절벽과 절리 등의 경관이 뛰어나

이러한 점을 활용해 절벽 지형에 캔틸레버 구조를 활용한 랜드마크를 조성

## I SITE

**거제 해금강**  
경상남도 거제시 남부면 갈곶리 산1번지 명승제2호 지정

**바다의 금강산**  
환상적인 일출, 월출, 낙조를 자랑하는 사자바위 동남부는 깎아 놓은 듯한 절벽으로 경치가 아름다운 화강암 대지

## I RESEARCH PURPOSE

특수 지형(절벽)에서 새로운 구조시스템의 안전성 확보 및 최적화 & 랜드마크 조성으로 국내 관광산업과 지역경제 활성화

## I CONCEPT

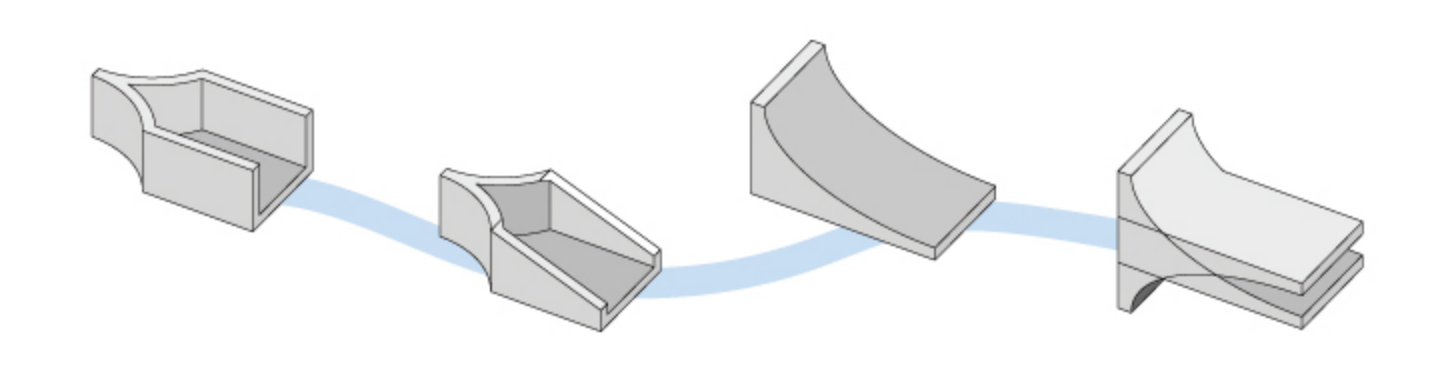
종이 스펀폼을 만들어서 위에서 하중을 가했을 시 버티는 능력과 저짐 제어가 우수함을 확인

곡면 형태는 평면보다 곡률로 인해 다양한 강도의 강성 확보 가능 이치는 휨 모멘트에 대한 강도와 강성 확보 가능

## I CASE STUDY



## I MASS PROCESS



## I STRUCTURE ANALYSIS METHOD & CRITERIA

CHK	부재 판별 기준				해석 중점 사항	OK 판별 기준	구조물 골조를 설계하고 해석 수행 시 문제가 발생하는 부재들 확인 가능
	MEMB	SECT	Section	Fy			
NG	311	1	H 250X250X9/14	275000	세장변	$L/t = 141.7 + 300.0 / (Memb: 297, LCB: 1) \rightarrow 0.8$	부재별 NG는 해당 부재에 걸리는 힘보다 부재의 성능이 부족할 때 발생
NG	0.022	0.014	SS275	275000	축력	$P_u / \phi P_n = 32.74 / 4147.52 = 0.008 < 1.000 \rightarrow 0.8$	NG 기준은 KDS 2019를 사용하였으며 해당 부재가 요구하는 세장변, 축력, 휨 강도, 조합 강도, 전단 강도, 처짐 제한을 모두 만족시 OK
NG	190	2	H 350X350X12/19	265000	휨 강도	$M_{uy} / \phi M_{ny} = 225.432 / 733.334 = 0.307 < 1.000 \rightarrow 0.8$ $M_{uz} / \phi M_{nz} = 3.556 / 281.430 = 0.013 < 1.000 \rightarrow 0.8$	
OK	0.439	0.080	SS275	265000	조합 강도	$R_{max} = P_u / (\phi P_n) + (M_{uy} / \phi M_{ny} + M_{uz} / \phi M_{nz}) = 0.439 < 1.000 \rightarrow 0.8$	
OK	143	3	B 300X300X6	275000	처짐	$L / 500.0 = 0.0040 < 0.0119$ (Memb: 198, LCB: 2, Di-X) $\rightarrow$ N.G	
OK	0.224	0.030	SS275	275000			

## I SIMULATION

**구조물에 작용하는 휨 모멘트를 줄이기 위한 설계 요인 조절 실험**

가정  
- 지지부 높이, 바닥판 너비는 확장시키고 이치 간격은 좁혀서 할 시 성능이 개선될 것을 예상

결과  
- 높이, 이치 간격, 바닥판 너비를 확장 시 부재가 부담하는 휨 모멘트 값이 줄어들었지만 바닥판 너비를 10m에서 20m로 넓혔을 시 모멘트 값이 오히려 증가함  
- 이로 인해 지지부 높이는 높을수록, 이치간격은 좁을수록, 바닥판 너비는 줄수록 휨 모멘트 저항 능력이 우수함을 확인

위 시뮬레이션을 통한 설계 요인들만을 조절해서 스펀폼 단일 모형 해석 시 구조설계기준을 만족하지 못함

다음과 같이 이치형과 역이치형의 모듈을 짜서 서로 교차해가면서 조합

**스펀폼 + 이치형 골조 해석**

CHK	부재 판별 기준			
	MEMB	SECT	Section	Fy
OK	585	1	H 350X350X12/19	265000
OK	0.523	0.360	SS275	265000
OK	1018	2	H 300X300X10/15	265000
OK	0.139	0.017	SS275	265000
OK	699	3	H 250X250X9/14	275000
OK	0.034	0.021	SS275	275000

최종적으로 둘을 결합한 새로운 구조시스템을 개발하고 해당 모델을 해석 시 단일 모형과 동일 조건으로도 구조적 성능이 향상되어서 구조설계기준을 만족함을 확인

## I DESIGN DEVELOPMENT

절벽을 5m 정도 보라색 부분과 같이 깎아낸 후, 건물을 걸치는 형태

깎는 부분의 면적에 절반을 덧대어 건물을 고정하므로, 넓게 할수록 건물을 지지하는 부분이 넓어지게 되어 성능이 더 좋아질 것으로 예측

2019 건축구조기준 중 설계 하중에 나와있는 수치에 따라, 전단대와 커터의 용도로 하여 하중들을 입력하였을 때, 휨강도와 조합강도, 처짐에 만족하지 않음  
-> 추가적인 구조시스템 필요

## I STRUCTURE SYSTEM OF SKYSCRAPER

하늘의 솟은 캔틸레버 -> 단층 구조

처짐

배경  
- 초고층 건물의 휨하중 저항과 절벽의 캔틸레버 수직하중 저항 해석역시 동일

가정  
- 초고층 건물의 하중 저항 시스템을 캔틸레버에 응용해도 비슷한 효과를 얻을 수 있을 것이다.

롯데타워의 구조시스템 중 다이아그리드 시스템과 메가 기둥 시스템을 사용하여, 캔틸레버가 수직하중에 저항할 수 있도록 하고자 함

## I STRUCTURE DETAIL

**다이아그리드(Diagrid)**  
이 구조를 사용하면 내부 기둥이 필요 없어서 내부 공간을 더 넓게 활용할 수 있다. 기존의 트러스와 다이아그리드의 성능을 비교하였을 때, 같은 부재를 사용하였음에도 불구하고 훨씬 적은 부재로 캔틸레버의 최대, 최소 모멘트 값의 처짐을 줄일 수 있었다.

**메가 기둥(Mega Column)**  
해석 결과, 거의 모든 수직 부재에서 좌굴이 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 이 부재들을 메가 기둥으로 교체하였을 때, 좌굴을 모두 해결할 수 있었으며, 모멘트 값이 줄어들 뿐만 아니라, 처짐까지 줄어들었다.

**풍하중(Wind Load)**  
풍하중을 입력 후, 부재 사이들을 조정해 통해 최적의 부재를 선정하였으며, 다이아그리드의 개수와 부재 또한 최적화

## I DESIGN PROCESS

**Louver**  
다양한 형태의 Louver를 통한 채광 조절 + 디자인 요소

**Curtain Wall**  
넓은 시야 + 개방감을 위한 커튼월

**Double Skin**  
벨트 트러스 + 디자인 요소

## I CONCLUSIONS

- 절벽에서의 50m 캔틸레버를 활용한 건축물의 설계**
  - 스펀폼과 이치형 각각 독립적인 모델로는 구조적 성능 만족하지 못함 따라서 교차로 이어 붙여가며 높이와 이치간격을 높일 시 요구하는 성능을 만족함을 확인
  - 구조설계 시 부재크기의 효율 하차 시 새로운 구조시스템 적용을 통해 연구를 진행. 부재 사이즈 키워기 > 다이아그리드, 메가 기둥 적용 시 부재에 걸리는 하중을 줄여주고 보다 효율적임을 확인.
- 장점**
  - 국내 최장 캔틸레버 구조물, 아름다운 구조미
  - 외부 골조만으로 하중 지지 -> 기둥이 없어서 넓은 사용공간 확보 (현대 구조설계에서 계속해서 기둥 사이를 줄이고 공간감을 확보하려는 추세에서 상당한 이점)
  - 메인 골조의 모듈화 & 현장 타설 없이 모듈의 조합만으로 시공 가능 절벽이라는 특수 지형에서 우수한 시공성 확보 가능
  - 공극적으로 랜드마크 조성 > 국내 관광산업 활성화, 해당 지역 경제 활성화
- 결과 해석**  
본 연구의 구조시스템 적용 시 일반 캔틸레버 구조물에서는 버틸 수 없던 절벽이라는 특수지형의 하중조건을 버틸 수 있도록 최적화 할 수 있었다.
- 앞으로의 개선 사항**
  - 절벽 지지부 안전성 평가
  - 지진하중 적용
  - 풍하중에 의한 진동문제 확인 불가

