

STRUCTURAL ANALYSIS AND STRENGTHENING DESIGN FOR EXPANSION

소성환 · 김윤수 | 2columns 팀

근린생활시설 용도 확장을 위한 구조해석 및 보강설계

최근 신축과 더불어 기존 건물의 용도 변경 및 리모델링이 활발하다.
따라서 근린생활시설 실의 다양성 증진을 위해 슬래브와 활하중을 보강하여 건물 구조해석을 통해 건물에 작용하는
하중을 분석하고 본 실의 용도보다 높은 강도의 용도 적용을 목표로 삼는 구조 계산서를 만드는 것을 진행하고자 한다.

구조

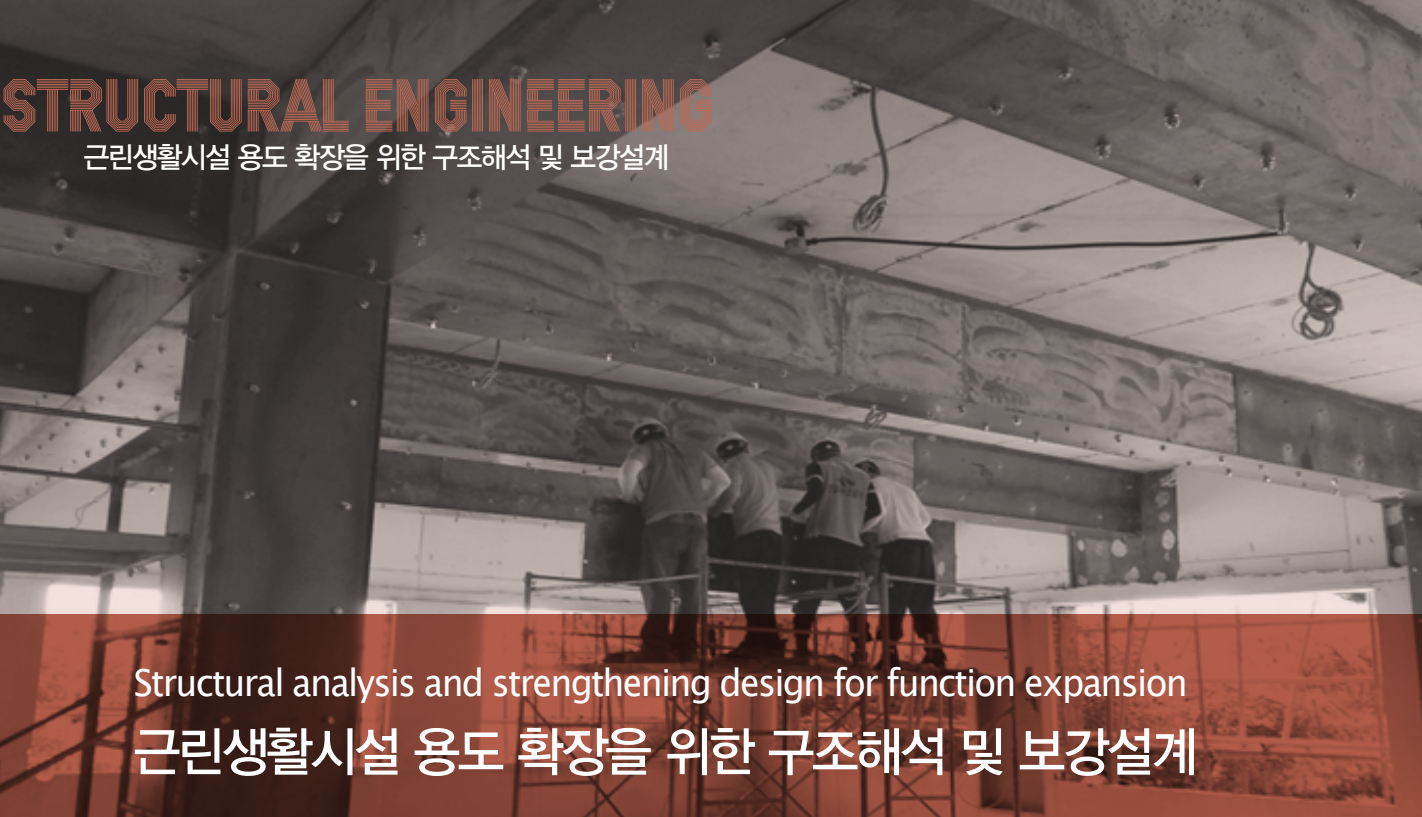
STRUCTURAL
ENGINEERING



소성환 So Seong Hwan
학번 : 2001661
e-mail : qwerso7110@naver.com



김윤수 Kim Yun Su
학번 : 2001639
e-mail : kimyunsu0730@naver.com



STRUCTURAL ENGINEERING

근린생활시설 용도 확장을 위한 구조해석 및 보강설계

Structural analysis and strengthening design for function expansion 근린생활시설 용도 확장을 위한 구조해석 및 보강설계

최근 신축과 더불어 기존 건물의 용도 변경 및 리모델링이 활발하다.

따라서 근린생활시설 실의 다양성 증진을 위해 슬래브와 활하중을 보강하여 건물 구조해석을 통해 건물에 작용하는 하중을 분석하고 본 실의 용도보다 높은 강도의 용도 적용을 목표로 삼는 구조 계산서를 만드는 것을 진행하고자 한다.

개요

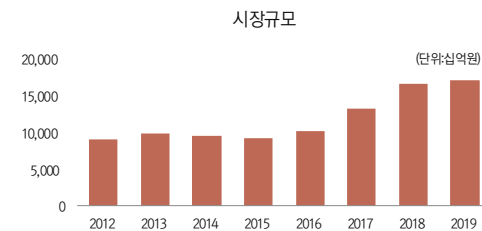
주 소 | 대전광역시 서구 관저동 1958-2번지
준공연도 | 2021.03
대지면적 | 809.50㎡
층별면적 | 지하 586.87㎡, 지상 1~5층 481.12㎡
구 조 | 철근콘크리트조
층 수 | 지하 1층, 지상 5층 (높이 : 25.92m)

선정이유

- 기존 근린생활시설 건물의 활용도를 높여 보다 더 경쟁성 있는 건물을 목표로 주제 선정하였다.
- 건물에 작용하는 하중을 계산하고, 필요에 따라 구조를 보강하는 것이 학습적 도움이 된다고 생각하였다.

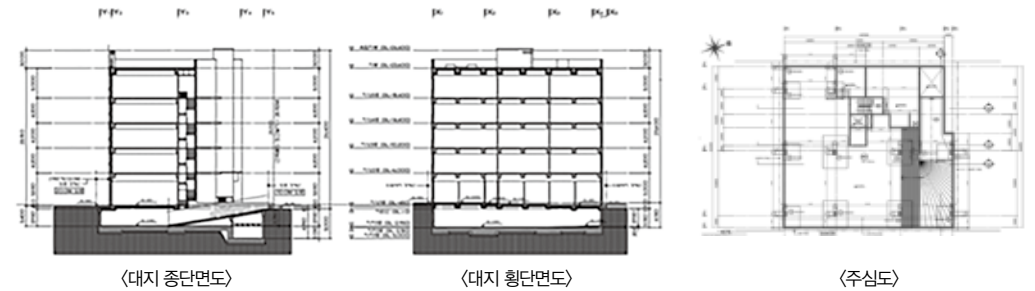
현황조사

정부의 건축 허가 통계는 신축이나 철거 위주로 집계되며, 간단한 용도 변경이나 리모델링은 별도로 상세히 분류되지 않는 경우가 많았다. 용도 변경 및 리모델링 여부를 정확히 '몇 건'으로 파악하기는 무리다. 따라서 리모델링이 증가하는 뒷받침 자료로 한국건설산업연구원(CERIK)을 참고하여 리모델링 시장 규모의 성장 그래프를 만들었다.



배경

우선 지정한 근린생활시설의 하중 분석을 위해 구조해석에 필요한 건물 하중을 정리하였다.



지붕	옥상조경	근린생활시설/기타	화장실	계단실	외/내벽
싱글마감	인공토양토	마감 10T	타일마감	화강석 30T	마감재 20T
보호물탈 25T	마감물탈 50T	고름물탈 25T	보호물탈 25T	접착물탈 25T	시멘트 벽돌 0.5B, 1B
액체방수	보호물탈 25T	콘크리트 두께 150mm	액체방수	콘크리트 두께 200mm	단열재
콘크리트 두께 150mm	액체방수	천장마감	콘크리트 두께 150mm, 200mm	물탈마감	내부마감 20T
천장마감	콘크리트 두께 200mm		천장마감		
	천장마감				

하중 계산

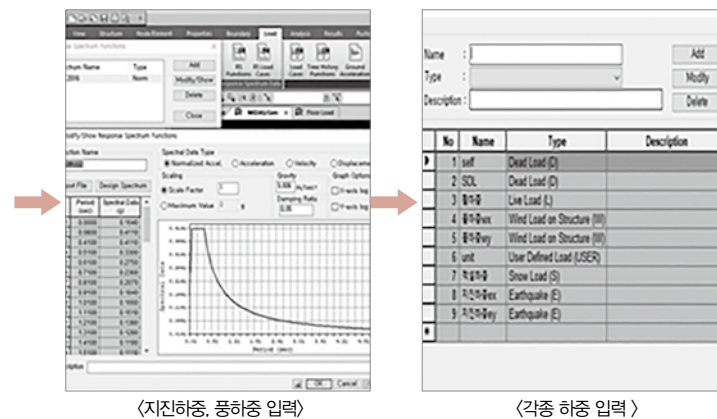
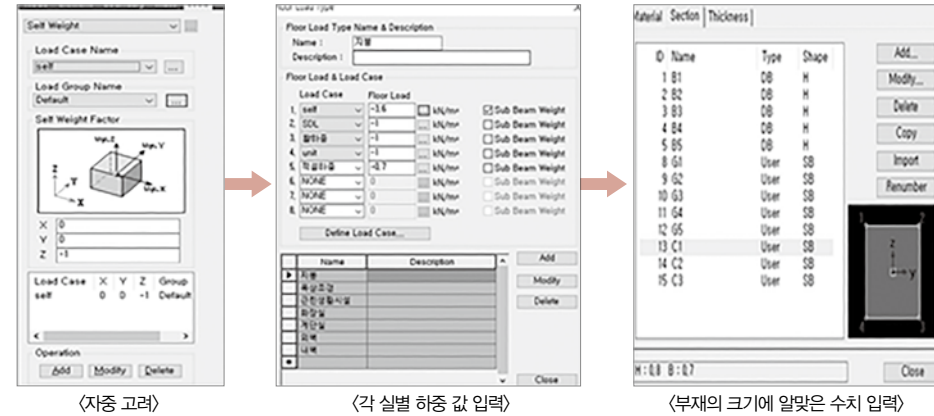
근린생활시설의 하중 적설, 지진, 풍, 고정, 활하중을 계산하여 정리하였다.

하중 계산	지진하중	풍하중
- 기본적설하중: 0.5kN/m² - 기본지붕적설하중계수(Cb)=0.70 - 노출계수(Ce) = 1.0(C) - 온도계수(Ct)= 1.2(비난방구조물) - 중요도계수(is)= 1.0(중요도: 2) - 습설하중작용(Si)= 0.67kN/m²	- 역 계수(A) : 0.22 - 중요도계수(i) : 1.2(중요도1) - 지반계수 : S₂(지반조사서) - 반응수정계수(R) : 3.0(9-철근콘크) - 초과강도계수(Ωo) : 3.0 - 허용충격변위(Δa) : 0.015hs 3	- 기본풍속 : 28m/sec - 구조 동특성 : X2.48Hz, Y3.82Hz - 풍속고도분포계수(Kzr) : 1.193 - 설계 풍속(VH) : 40.08m/s - 설계 속도압(qH) : 979.91N/m²

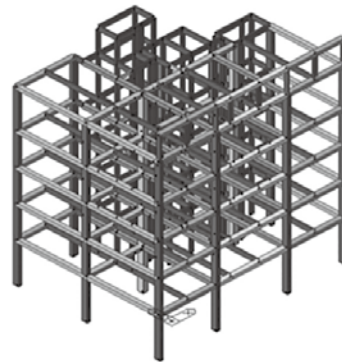
위치	고정하중 (단위kN/m ²)	위치	활하중 (단위kN/m ²)
지붕	4.6	지붕	1.0
옥상조경	18.65	옥상조경	5.0
근린생활시설/기타	4.5	근린생활시설/기타	4.0
화장실	6.39	화장실	2.0
계단실	6.6	계단실	5.0
외/내벽	7.6	외/내벽	X

구조해석 순서

MIDAS 프로그램을 활용하여 해당 건물을 모델링 후 순서대로 하중을 입력하였다.



구조해석 결과



■ 수계산을 통한 축하중 계산

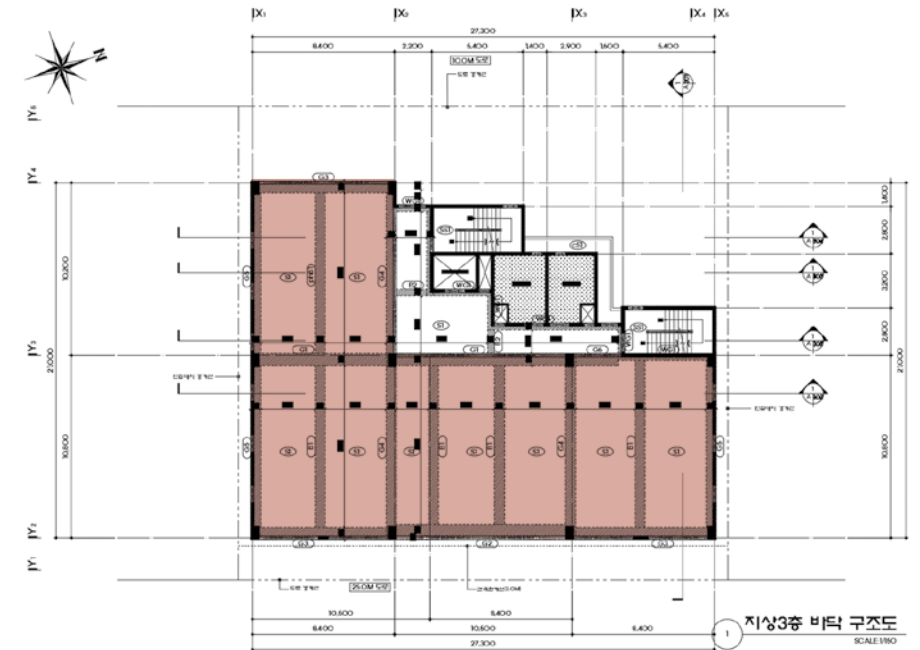
단위kN/m ²	각 층 기둥의 자중하중	각 층 바닥 고정하중	외벽하중	보 및 거더 자중으로 인한 전단 하중	각 층별 활하중
1층	55.5	252	15.54	45.7	192
2층	42	252	11.76	45.7	192
3층	42	252	11.76	45.7	192
4층	42	252	11.76	45.7	192
5층	50	252	14	45.7	192
합계	231.5	1260	61.82	228.5	960

1층 기둥의 축 하중은 약 2744.82kN으로 추정했다. 이는 마이더스 모델링 기둥 축 하중 -2937.4kN과 약 6.56%의 오차범위를 나타내고 있다.

따라서 어느 정도 오차범위를 허용하고 하중을 잘 입력 했다고 보인다.

실 다양성 증진을 위한 보강 방안

해당 건축물의 상업시설인 3층을 시점으로 용도변경하려 한다. 철거 후 재건축하는 비용이 더 저렴하지 않은 이상, 원래 있는 건축물을 리모델링하거나 보수, 보강 등의 방식을 통해 실의 다양성을 증진시키는 경우가 대부분이다. 해당 건축물은 완공된 지 오랜 기간이 지난 것은 아니기 때문에, 보수보단 보강과 리모델링이 중점적이다.



■ 상업시설 ➡ 시점 하중변화

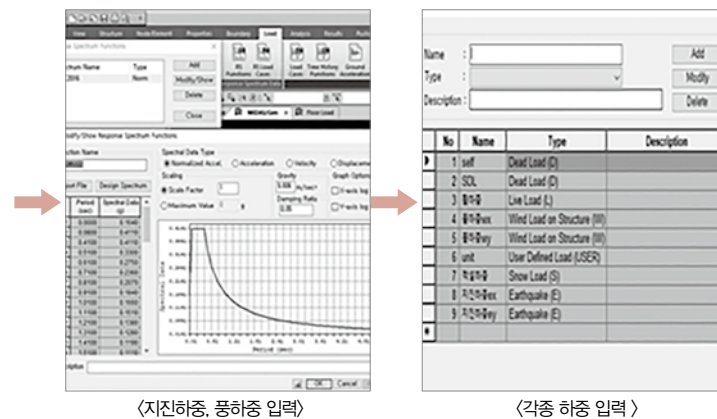
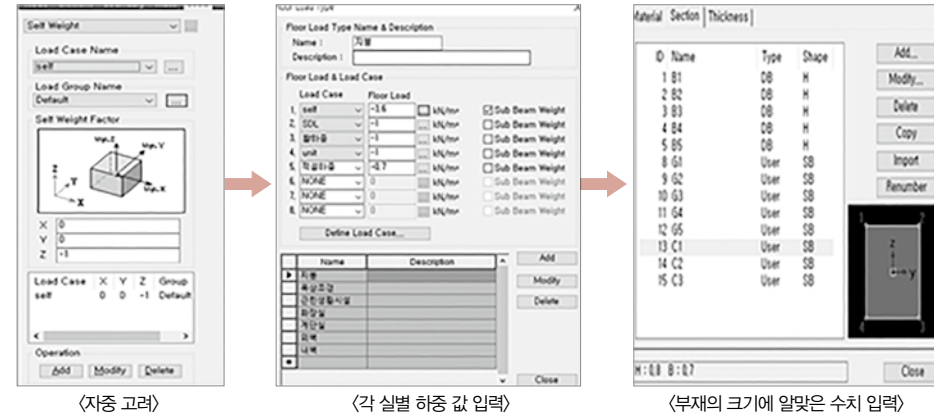
열람실 | $\Delta LL = +0.8 \rightarrow \Delta w_u = +1.28 \text{ kN/m}^2$
 서가 | $\Delta LL = +3.2 \rightarrow \Delta w_u = +5.12 \text{ kN/m}^2$
 3층 전체 추가 하중(501㎡ 기준)
 열람실 | 약 +641 kN (궁극)
 서가 | 약 +2,566 kN (궁극)

■ 구역배치

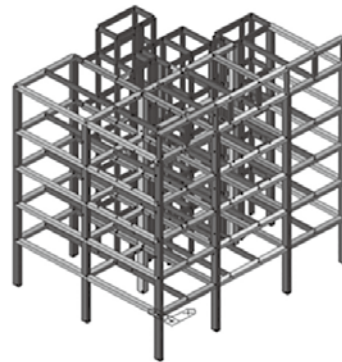
서가 | 좌우 8.4 m 스패 구역 (집중하중에 유리)
열람실 | 중앙 10.5 m 스패 구역 (경량 하중 배치)

구조해석 순서

MIDAS 프로그램을 활용하여 해당 건물을 모델링 후 순서대로 하중을 입력하였다.



구조해석 결과



■ 수계산을 통한 축하중 계산

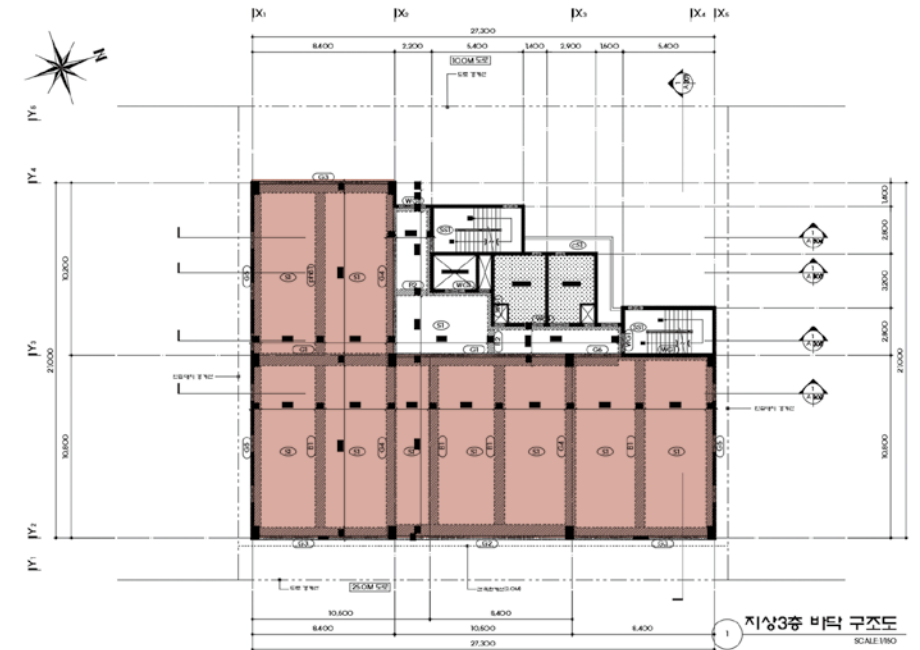
단위kN/m ²	각 층 기둥의 자중하중	각 층 바닥 고정하중	외벽하중	보 및 거더 자중으로 인한 전단 하중	각 층별 활하중
1층	55.5	252	15.54	45.7	192
2층	42	252	11.76	45.7	192
3층	42	252	11.76	45.7	192
4층	42	252	11.76	45.7	192
5층	50	252	14	45.7	192
합계	231.5	1260	61.82	228.5	960

1층 기둥의 축 하중은 약 2744.82kN으로 추정했다. 이는 마이더스 모델링 기둥 축 하중 -2937.4kN과 약 6.56%의 오차범위를 나타내고 있다.

따라서 어느 정도 오차범위를 허용하고 하중을 잘 입력 했다고 보인다.

실 다양성 증진을 위한 보강 방안

해당 건축물의 상업시설인 3층을 시점으로 용도변경하려 한다. 철거 후 재건축하는 비용이 더 저렴하지 않은 이상, 원래 있는 건축물을 리모델링하거나 보수, 보강 등의 방식을 통해 실의 다양성을 증진시키는 경우가 대부분이다. 해당 건축물은 완공된 지 오랜 기간이 지난 것은 아니기 때문에, 보수보단 보강과 리모델링이 중점적이다.



■ 상업시설 ➡ 시점 하중변화

열람실 | $\Delta LL = +0.8 \rightarrow \Delta w_u = +1.28 \text{ kN/m}^2$
 서가 | $\Delta LL = +3.2 \rightarrow \Delta w_u = +5.12 \text{ kN/m}^2$
 3층 전체 추가 하중(501㎡ 기준)
 열람실 | 약 +641 kN (궁극)
 서가 | 약 +2,566 kN (궁극)

■ 구역배치

서가 | 좌우 8.4 m 스패 구역 (집중하중에 유리)
열람실 | 중앙 10.5 m 스패 구역 (경량 하중 배치)

구조 검토 ■ 슬래브(서가 구역)



〈탄소섬유시트보강〉

탄소섬유시트보강(CFRP)

CFRP 재료 | $E \approx 165 \text{ GPa}$, 단층 두께 $\approx 0.33 \text{ mm}$ (또는 시판 1장 $\approx 0.33 \text{ mm}$)

실용안 | 100mm 폭 스트립 $\times 1.2 \text{ mm}$ 등가 $\rightarrow$ 단열(폭100mm)의 유효면적 $\approx 120 \text{ mm}^2/\text{스트립}$

필요 스트립수 ≈ 8.7 스트립 $\rightarrow$ 폭 100 mm 스트립을 8열 $\sim$ 10열, 중심간격 $\approx 100 \sim 120 \text{ mm}$

설치방식 | 슬래브 하부(인장면) 정밀 연마 $\rightarrow$ 에폭시 프라이머 $\rightarrow$ CFRP 부착 $\rightarrow$ 종단 U-wrap 또는 기계적 앵커(케미컬앵커)로 정착.

정착 | 스트립 종단은 각 보선 및 기둥 주변에서 U-wrap 또는 기계적 앵커로 고정.

■ 보(사가 구역)



〈철근 추가 배근〉

배치 | 하부에 추가 배근(가능하면 기존 하부 철근과 합쳐 고정), 상부특성은 단면·모멘트 분포 고려.

강판 대체안(현장시공성 우수): 하부에 폭 150 mm 강판, 두께 $t = 10 \text{ mm}$ ($\approx$ 면적 $150 \times 10 = 1,500 \text{ mm}^2$) 부착 + 스티프너/앵커

정착 | 플레이트 종단에 앵커(케미컬볼트) 및 스티프너(형보강리브) 설치(하중저항 향상과 시공속도 측면에서 우수)

전단보강 | 보의 전단증가($\Delta V \approx 705 \text{ kN}$ for $L=8.4$ 대형값) 우려 시, 스티럽 밀도 증가 | 기존 스티럽 간격을 @200 $\rightarrow$ @150 mm로 조밀화, 또는 CFRP U-wrap을 보 전단부에 감아 전단기여 확보(천장 마감상태에 따라 선택).

■ 기둥(서가 영역)



기둥 단면 $800 \times 500 \rightarrow$ 기둥 자체 단면이 크므로 축력 여유는 상대적으로 양호.

편칭 취약 우려로 기둥 주변 슬래브 드롭패널 + 헤드스터드 기본 적용

만약 P-M 상호작용 판정에서 기둥이 허용치를 초과하면 스틸 재킷(강판 재킷) 적용(플레이트 + 보강근 용접/볼트) 또는 RC 잭팅.

FRP 래핑은 연성·전단향상에 유리하나 내화·점검성 고려 시 스틸 재킷이 유리.

결론

5층 근린생활시설의 구조설계와 보강안을 제시하여 구조적 안전성과 경제성을 동시에 고려하였다.

KBC 기준에 따른 하중 산정과 해석, 부재 설계를 통해 설계안을 검증하였으며, 보강 방안을 통해 내진성능을 향상시켜 실의 다양성을 늘릴 수 있음을 확인하였다. 다만, 실제 조건을 단순화한 해석이라는 한계가 존재하며, 다양한 공법 비교와 경제성 검토까지는 수행하지 못하였다. 향후에는 하중 산정과 구조해석 과정에서 쌓은 역량을 토대로 실제 프로젝트에서 안정적인 구조 시스템을 설계하고, 필요 시 적절한 보강 방안을 제안하는 전문가로 성장해 나갈 것이다.