



품: 抱

서울시립대학교 국제학사 증축 공사

대학이 주거를 품고, 주거가 문화를 품다

UNIVERSITY OF SEOUL

2026.05.29.

4조

2021871004 김규태

2022840005 김난화

2022871004 김묘선

2022871006 김사랑

Contents

01 건축 계획

02 구조 계획

03 환경 설비 계획

04 건설사업관리 계획

05 결론

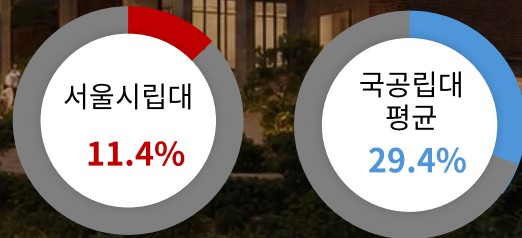


프로젝트 개요



항목	내용
프로젝트명	서울시립대학교 국제학사 증축 사업
대지 위치	서울특별시 동대문구 서울시립대로 163
건물 용도	교육연구시설(대학교 내 기숙사)
대지면적	270,595㎡(계획부지 : 2,720㎡)
연면적	6,828㎡
층수	지하 1층, 지상 7층
건폐율 /용적률	37%/214%
구조	철근콘크리트조

기숙사 수용률 부족



공립대학의 공공성

서울 시민 세금으로 운영:
 시민에게 열린 공공건축물 필요
 서울 **캠퍼스타운** 참여대학:
 대학자원을 공유하여 지역 활성화 요구

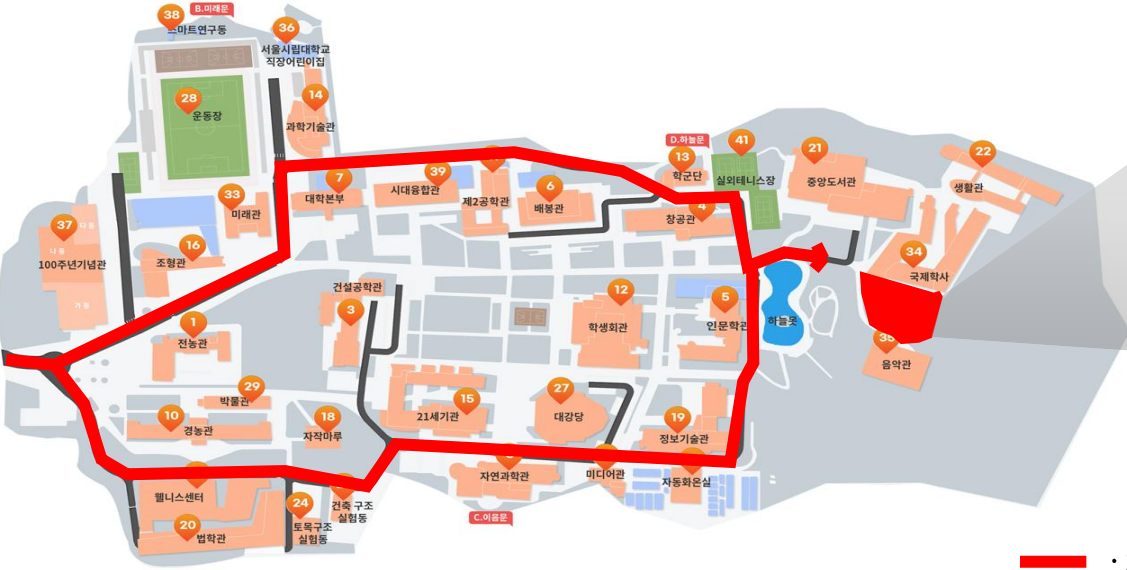
교류의 장으로서의 기숙사

교류공간이 전무한 기존 기숙사:
 식당이 소통 공간으로 대체
 → 공간의 기능 왜곡 해결 필요

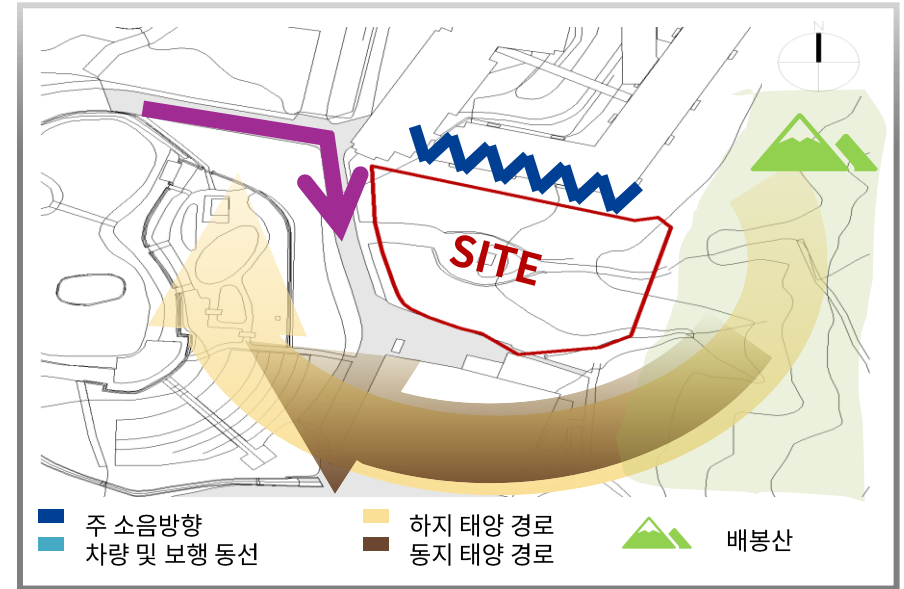
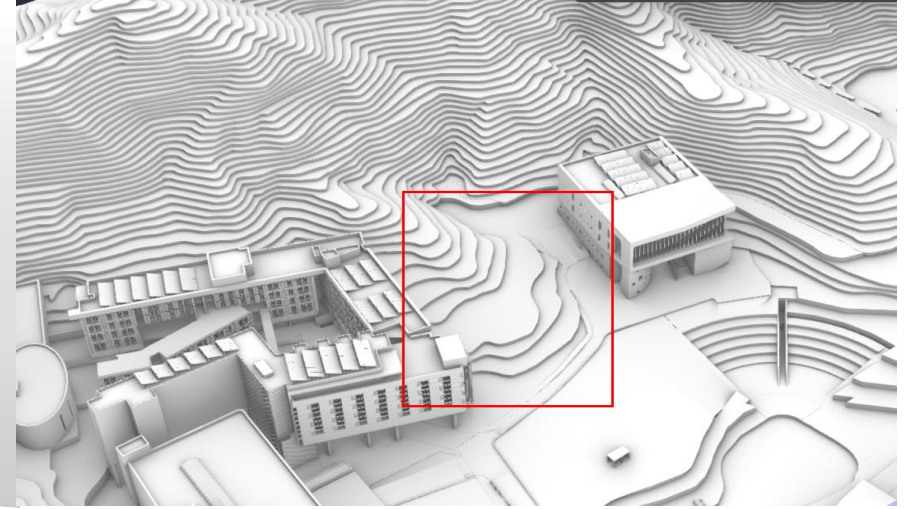
대지 분석



- 정문을 통한 **일방통행 차로**
- 동서 방향 **8m 레벨차**로 시공 시 고려
- 인근 산지 위치로 **우수로 인한 피해** 우려
- 배봉산(자연환경)과의 **연속성** 고려



— : 차량 동선



대지 SWOT 분석

<p>Strengths (강점)</p> <ul style="list-style-type: none"> 기존 자연환경 이용한 자연 환기 계획이 유리 	<p>Weaknesses (약점)</p> <ul style="list-style-type: none"> 정문을 통한 일방통행 차로
<p>Opportunities (기회)</p> <ul style="list-style-type: none"> 배봉산(자연환경)과의 연속성 고려 	<p>Threats (위협)</p> <ul style="list-style-type: none"> 인근 산지 위치로 우수로 인한 피해 우려

01

PART ONE

건축 계획

공간에 시대를 품다

설계 목표



Vision

“경계를 지우고 유연한 내일을 품는 서울시립대학교 기숙사”

Goals

공공성 확보

기반시설 입체화

친환경 캠퍼스

Key Strategies

- 공공 저층부 프로그램 구성
- 운영 시나리오 설계
- 거주권 보장·안전 동시 확보

- 주거와 공공의 수직/수평적 분리와 결합
- 가변형 공용부 (프로그램 유연성) 구현

- 패시브 우선 전략
- 기후위기 대응 (폭염·한파·호우)
- 재생에너지 열원 사용

Concept



품: 抱

‘대학이 도시를 품고, 주거가 문화를 품다’



안식: 거주의 품

서울시 소재 공립대학 기숙사 수용률 결핍(주거·돌봄·안전)을 주거공간 확충으로 해소



포용: 상생의 품

학생·시민 간 경계를 허물고 대학과 지역사회가 어우러지는 캠퍼스-지역 접점 공간 형성



조화: 자연의 품

지형과 환경을 품는 친환경 캠퍼스

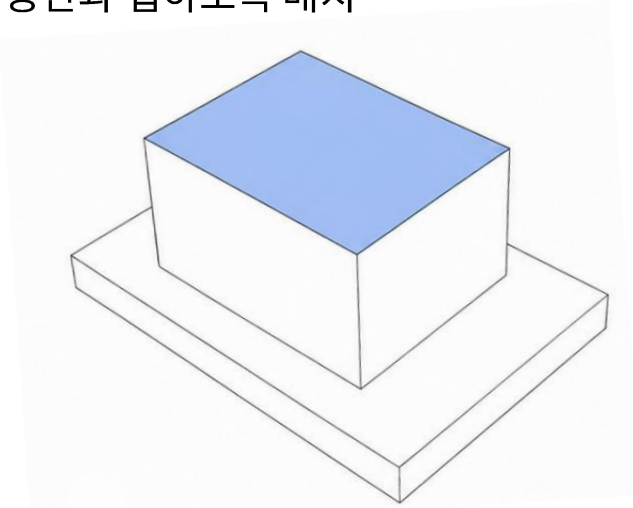
학생의 정주권과 시민의 일상을 입체적으로 품는 대학 내 상생형 기숙사

Mass Process



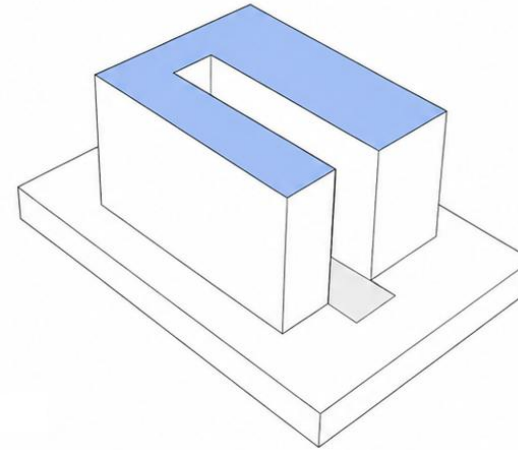
01. BASE: 동서 횡방향

배봉산과 접하도록 배치



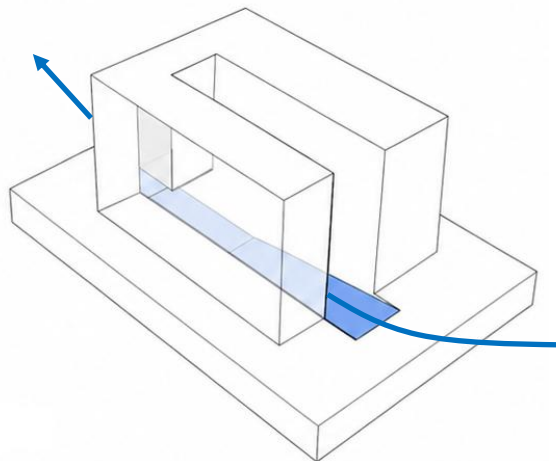
02. EMBRACE: 품을 형상화

설계 컨셉에 맞추어 '품'의 형상 시각화



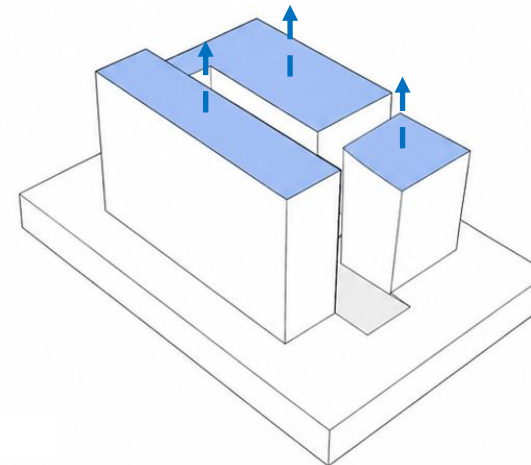
03. LINK: 이음과 여백

보행자·시선·바람을 통과시켜 품을 공간화



04. FLOW: 맥락과 흐름의 반영

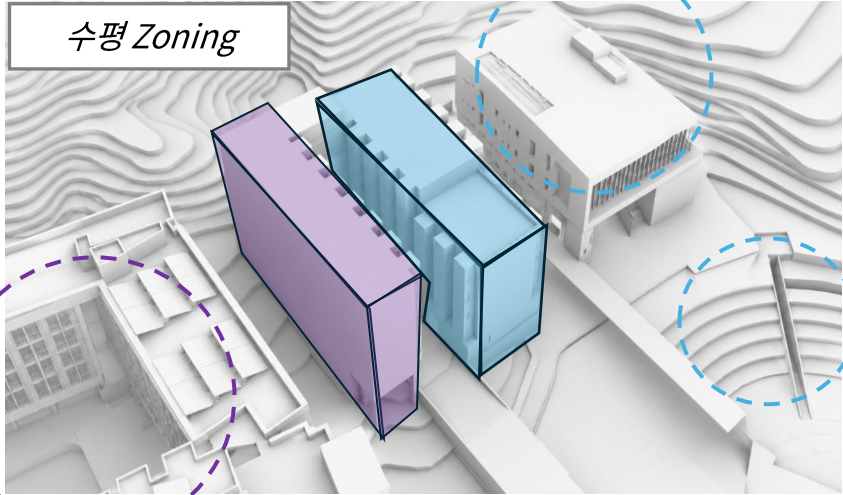
배봉산 지형의 흐르는 맥락을 계단식 매스로 형상화



Zoning



수평 Zoning



Knowledge Zone

중앙도서관, 기존 국제학사와 인접한 건물등 비교적 조용한 환경으로 정적인 학습 공간 계획

Kinetic Zone

음악관, 하늘못과 인접한 건물등 비교적 소음으로부터 자유로운 로비 및 체육관을 계획하여 동적인 분위기 조성

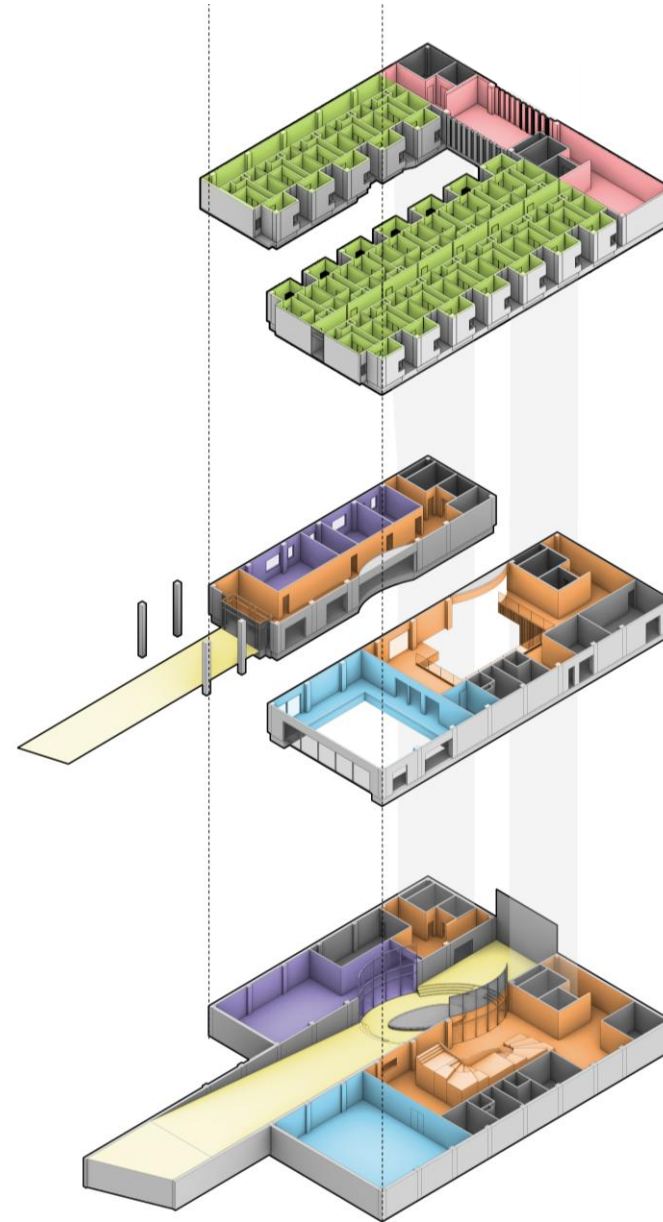
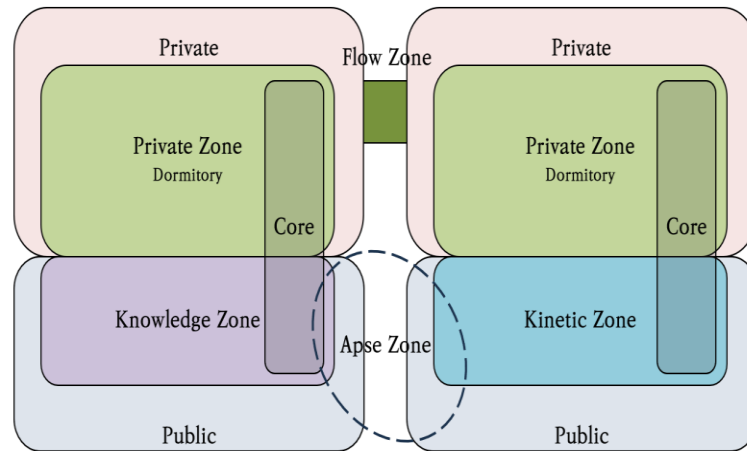
수직 Zoning

Private Zone

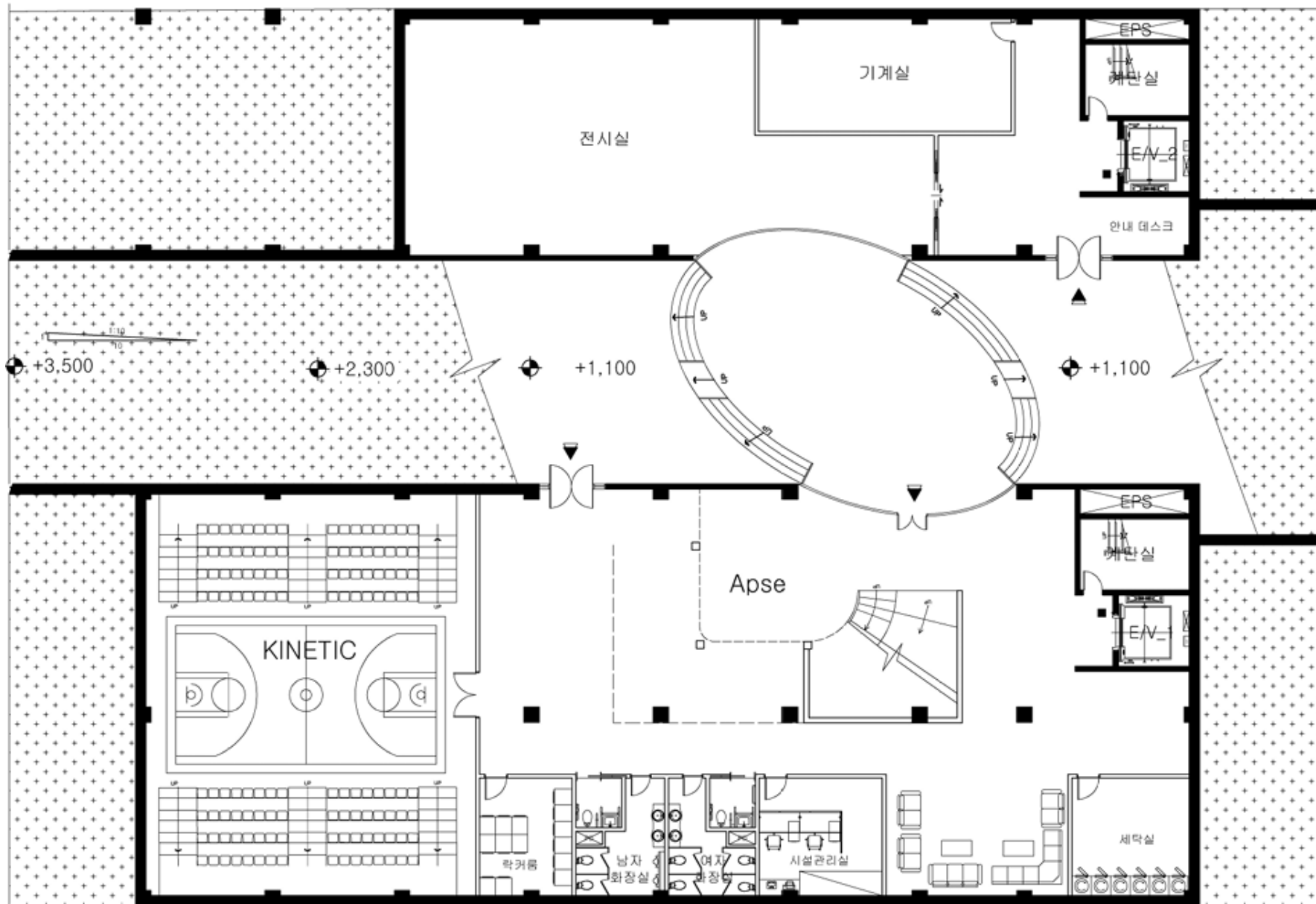
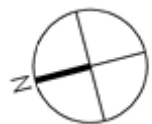
학생만 이용 가능한 기숙사 중심의 사적 생활공간으로 계획

Public Zone

지하 1층부터 1층까지 시민과 학생이 함께 이용할 수 있는 개방형 커뮤니티 공간



공간 구획 - B1F



공간 구획 - B1F

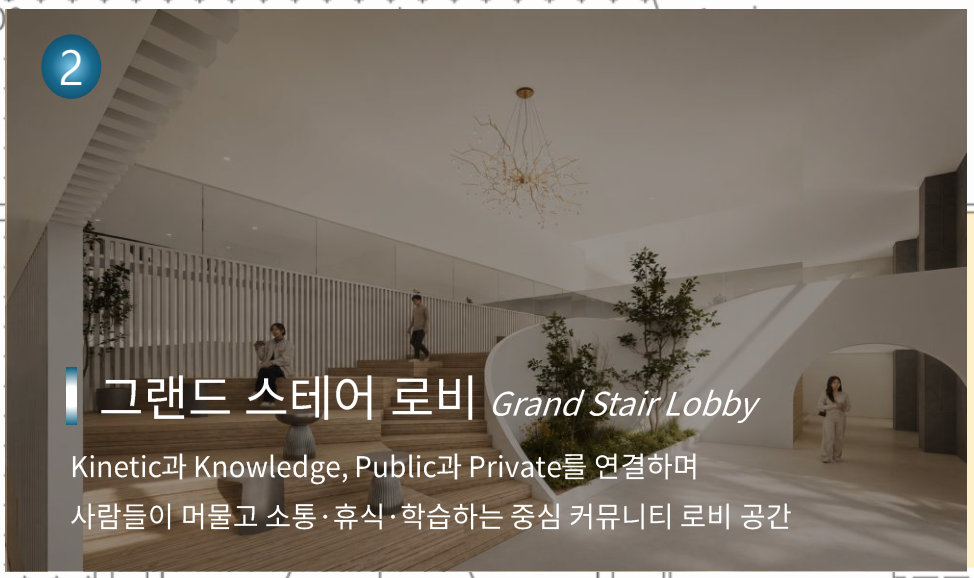


B1F : Knowledge Zone & Lobby



아카이브 품 Archive POOM

학생들의 창작물을 시민에게 개방·전시하여
청량리 보행일상권과 연계된 열린 문화예술 아카이브 공간을 조성



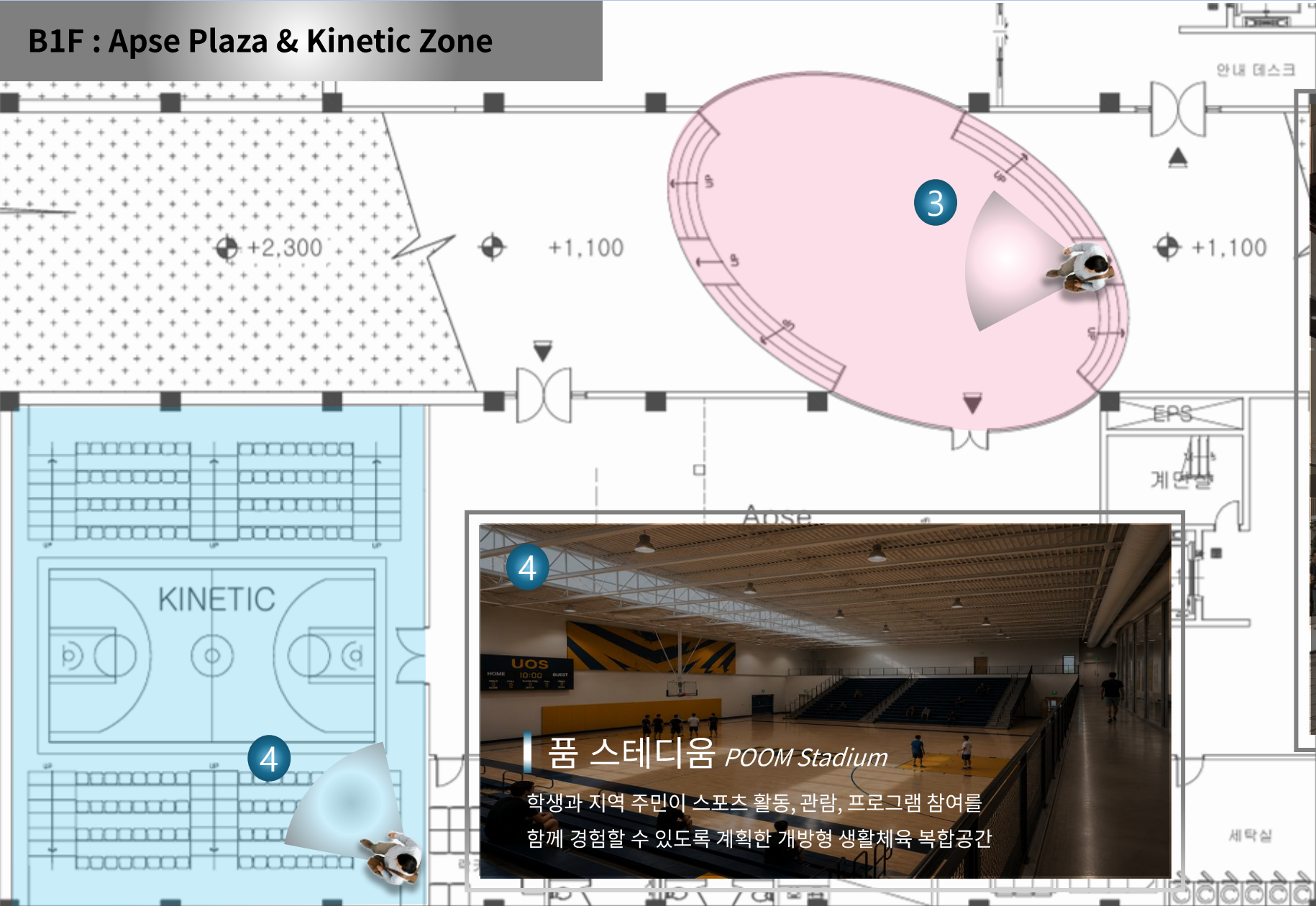
그랜드 스테어 로비 Grand Stair Lobby

Kinetic과 Knowledge, Public과 Private를 연결하며
사람들이 머물고 소통·휴식·학습하는 중심 커뮤니티 로비 공간

공간 구획 - B1F

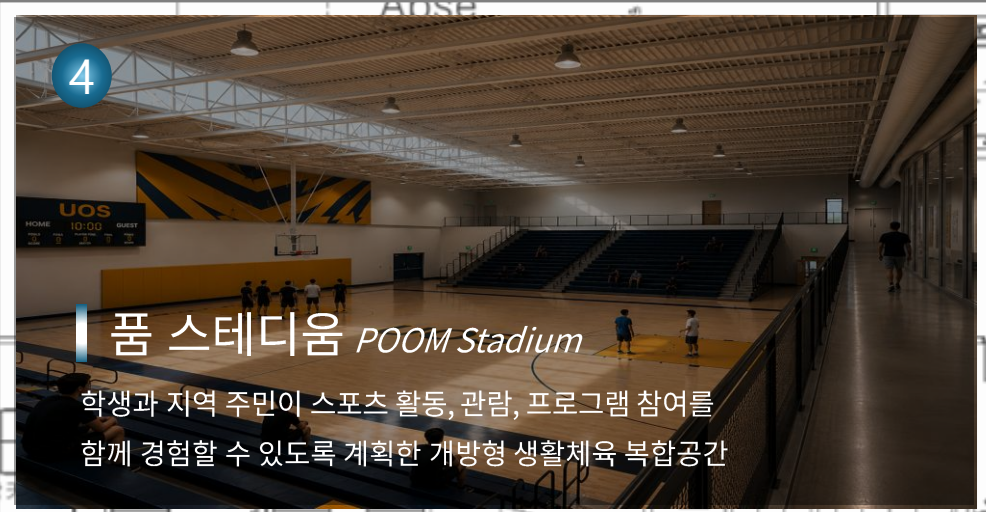


B1F : Apse Plaza & Kinetic Zone



앱스 플라자 Apse Plaza

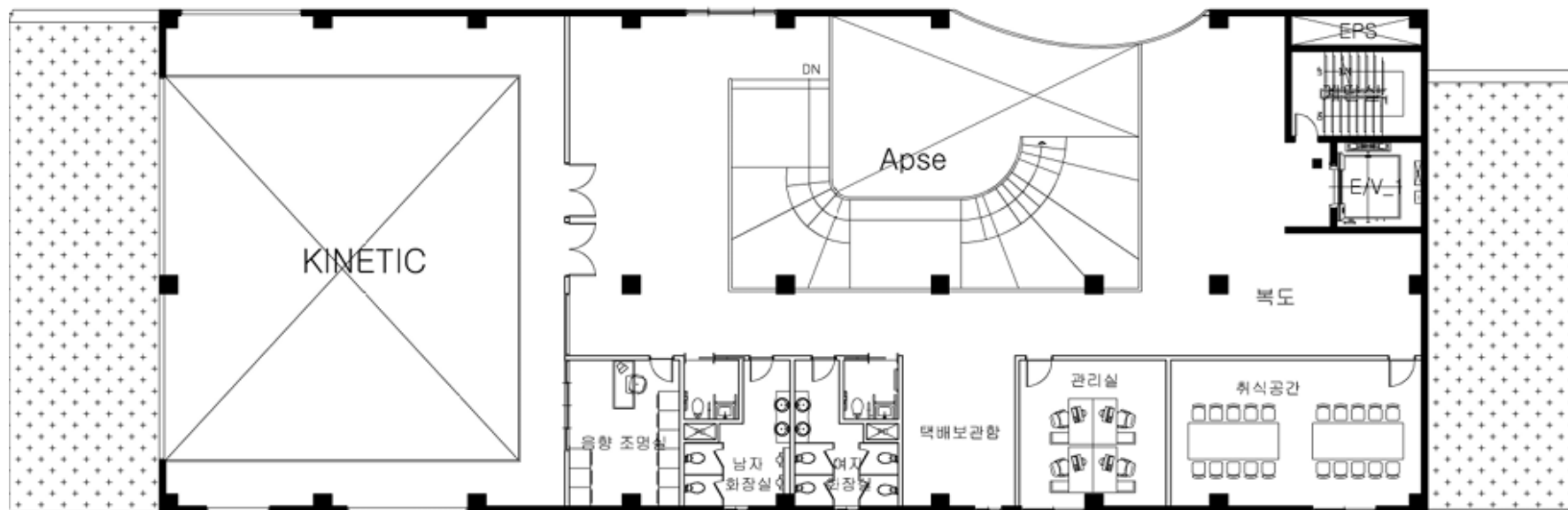
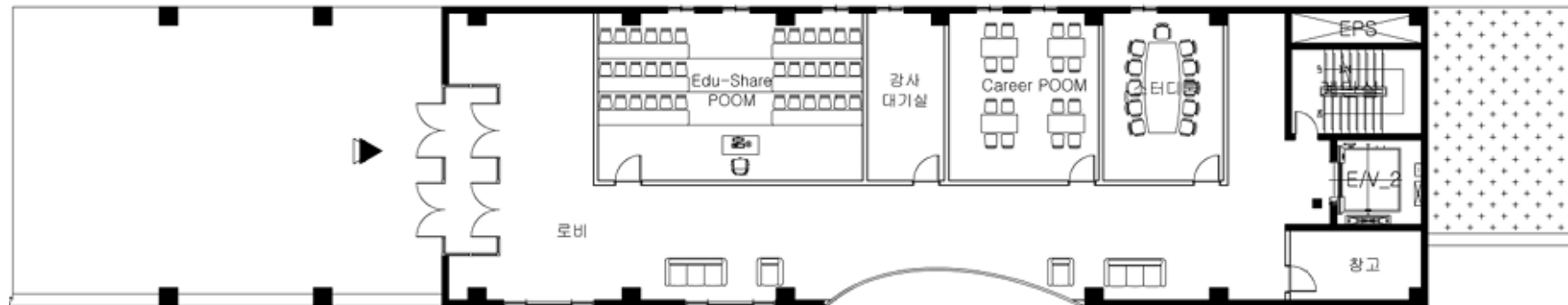
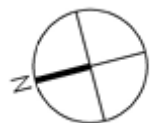
기숙사 '품'의 주출입구이자
Kinetic과 Knowledge를 잇는 외부 플라자 공간,
배봉산 산책로와 이어지는 지형 순응형
경사로를 통해 보행자의 흐름 유도



품 스테디움 POOM Stadium

학생과 지역 주민이 스포츠 활동, 관람, 프로그램 참여를
함께 경험할 수 있도록 계획한 개방형 생활체육 복합공간

공간 구획 - 1F



공간 구획 - 1F



1F : Knowledge Zone & Lobby

KNOWLEDGE



5

에듀셰어 품 Edu-Share POOM

시민과 학생이 지식과 경험을 공유하며 함께 성장할 수 있도록 계획한 열린 교육·교류 공간



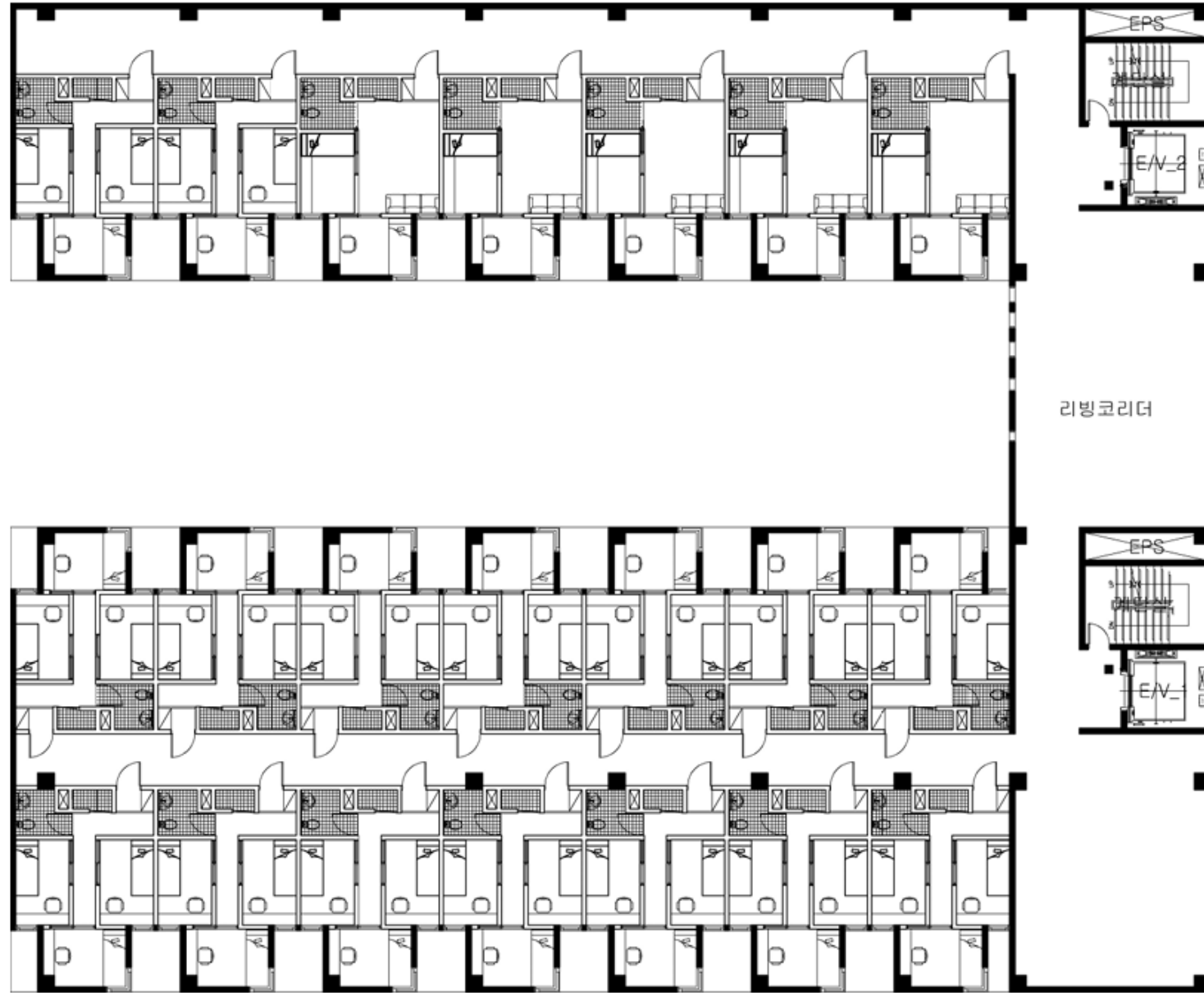
6

커리어 품 Career POOM

학생들의 진로 탐색과 취업 지원, 기업 연계를 위한 맞춤형 커리어 지원 공간

Lobby

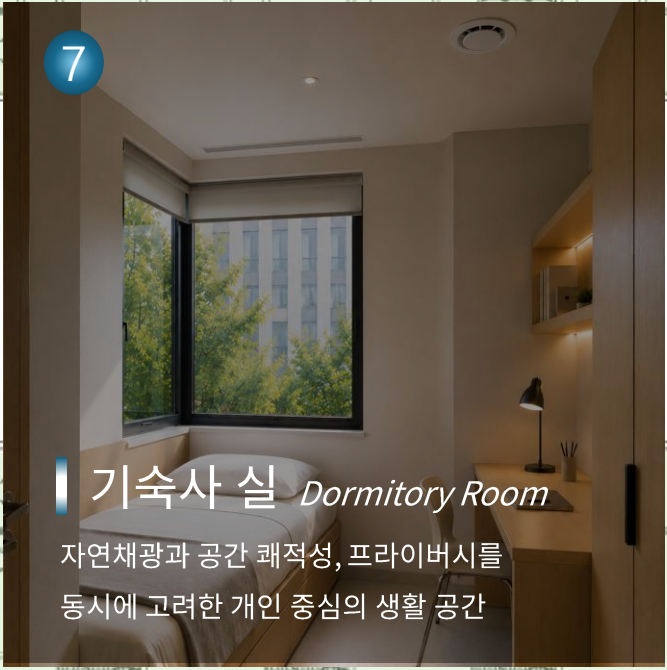
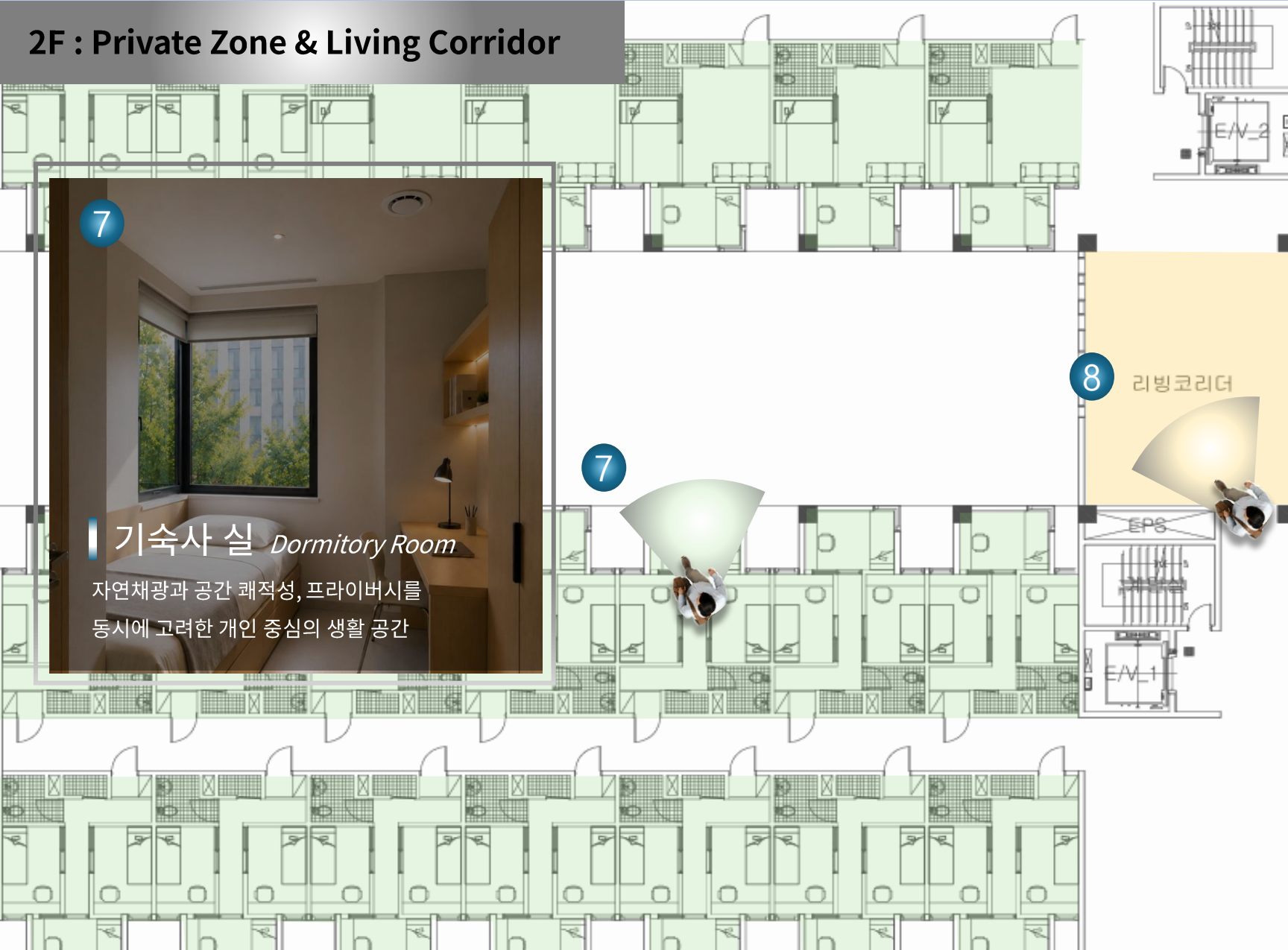
공간 구획 - 2F



공간 구획 - 2F



2F : Private Zone & Living Corridor

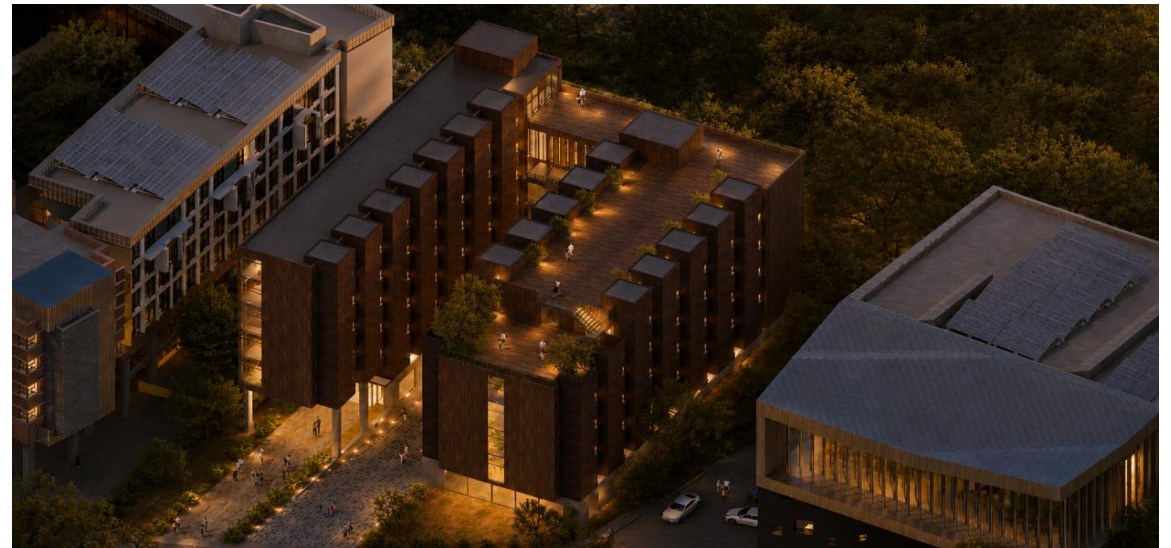


7 기숙사 실 *Dormitory Room*
자연채광과 공간 쾌적성, 프라이버시를
동시에 고려한 개인 중심의 생활 공간



8 리빙 코리더 *Living Corridor*
서울시립대학교 로고를 형상화한 입면 창을 따라
학생들이 자연채광 속에서 학습과 휴식을 동시에
경험할 수 있도록 계획된 커뮤니티형 복도

조감도



02

PART TWO

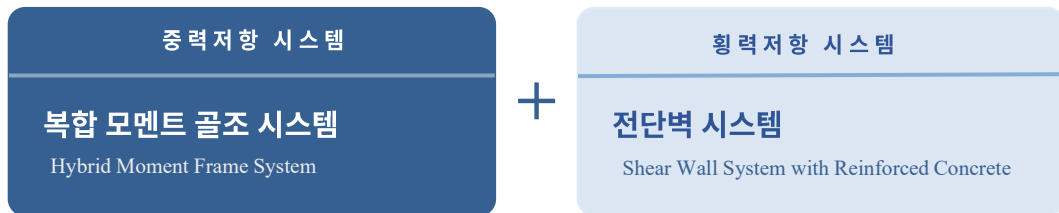
구조 계획

공간에 안전을 부여하다

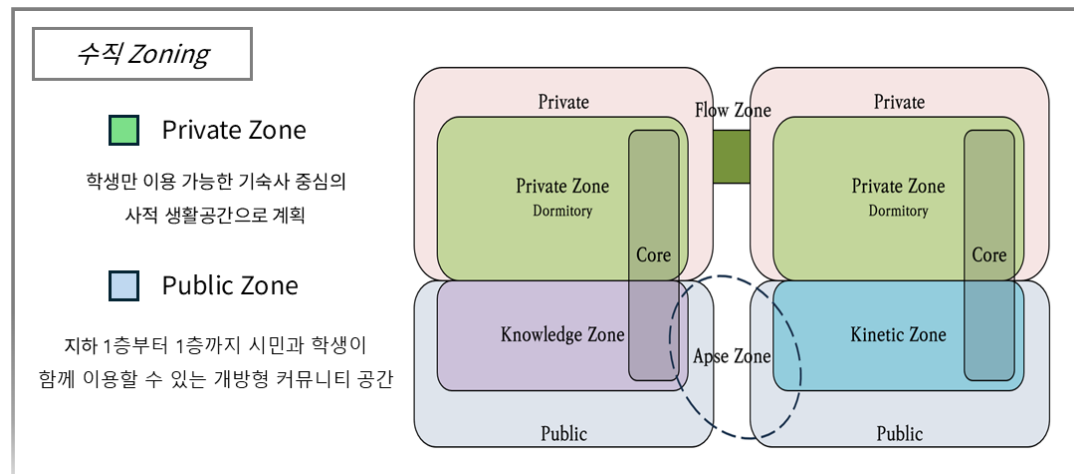
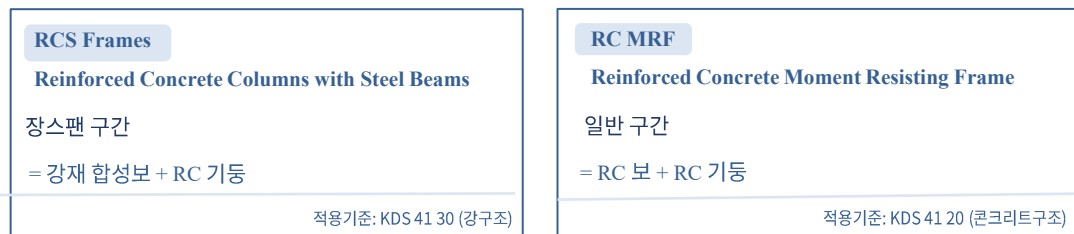
전단벽 설계



구조 시스템

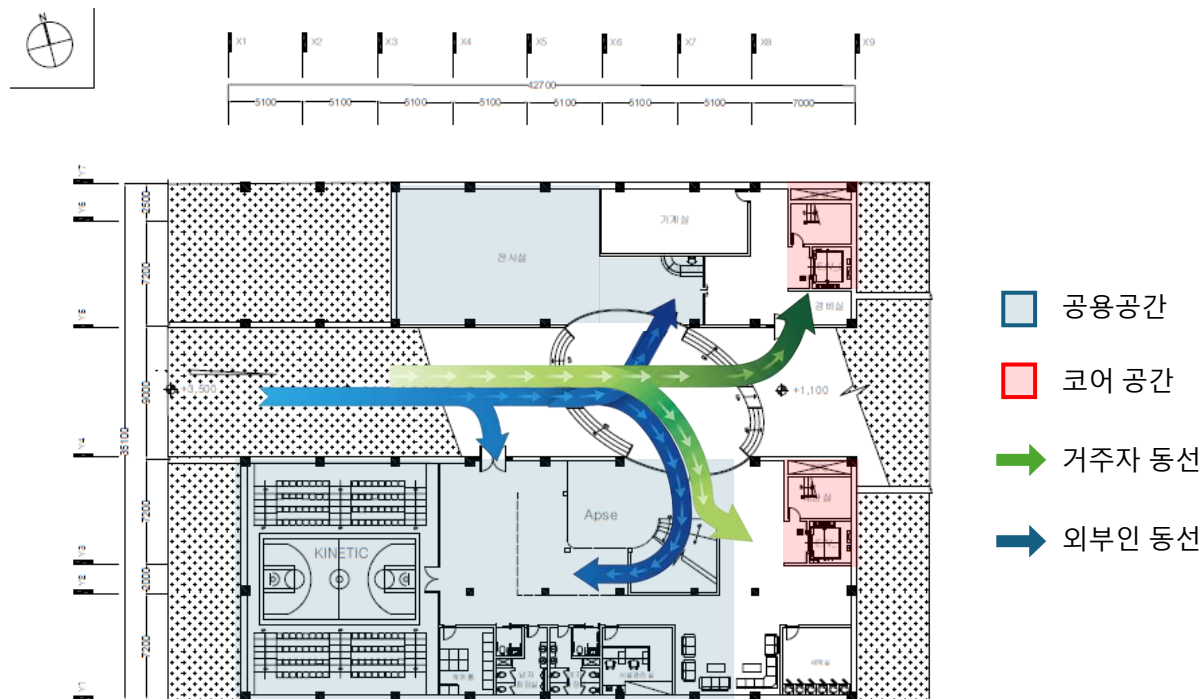


중력 저항 상세



동선 계획

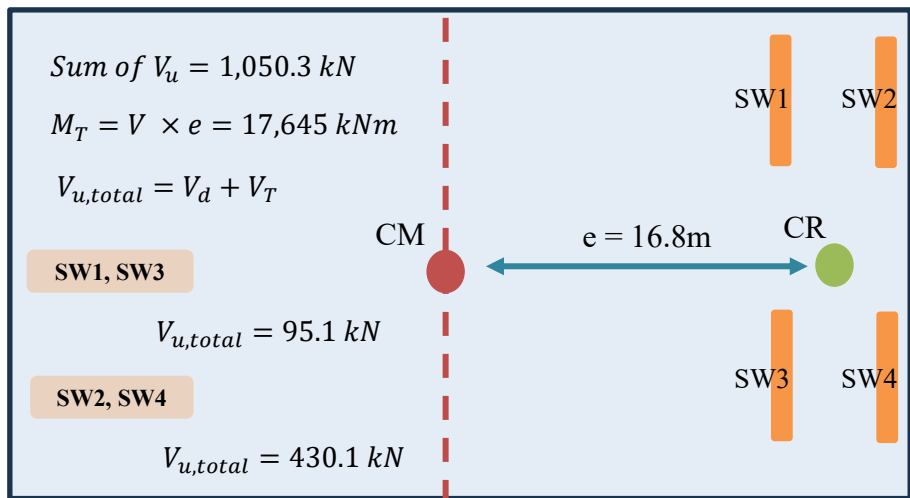
저층부 다목적 공간을 외부인에게 개방하되, 기숙사 거주자의 프라이버시와 안전을 위해 **외부인 동선과 기숙사 입주자 동선을 명확히 구분**하여, 상부 기숙사로의 직접적인 접근을 차단하도록 계획하는 것입니다.



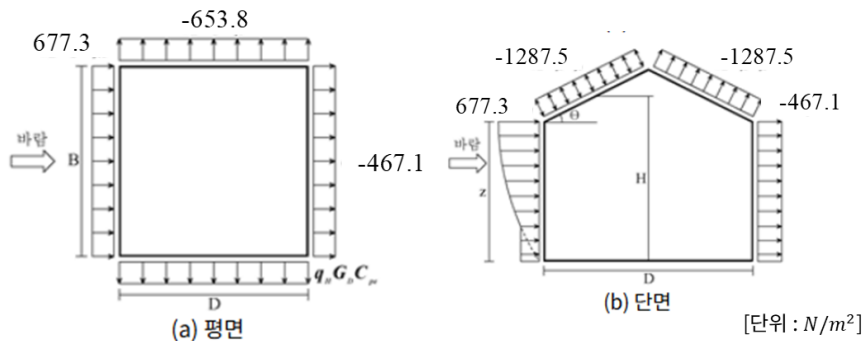
전단벽 설계



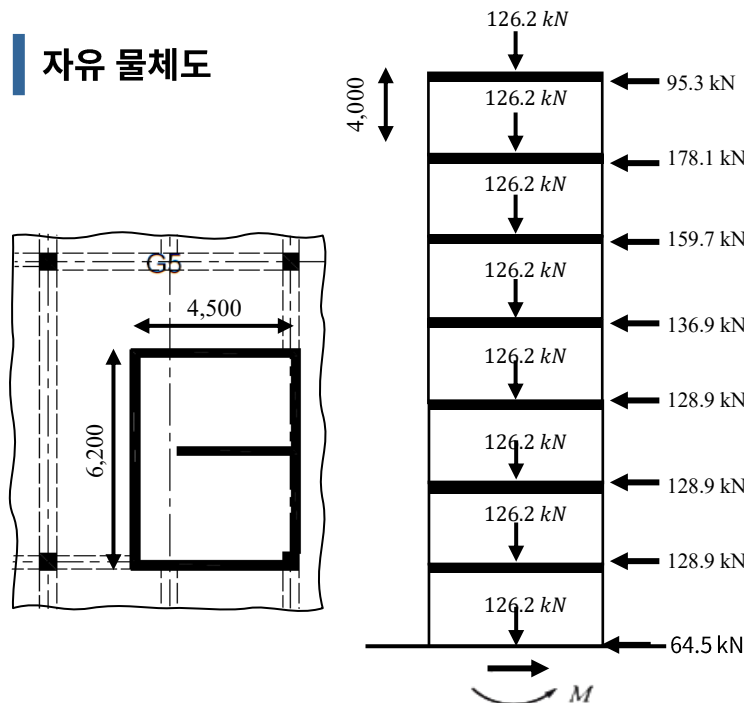
전단벽 설계



수평 풍하중



자유 물체도

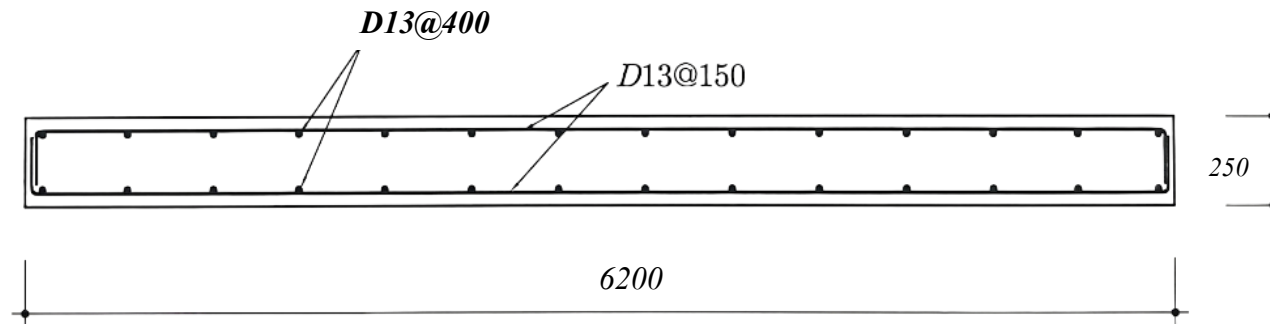


전단 및 휨모멘트 검토

설계 휨모멘트 지배에 따른 배치 철근량 증가

	SW1, SW3	SW2, SW4
V_u [kN]	95.1	430.1
M_u [kNm]	1,713.3	7831.4
수평 철근	D13@400(양면)	D13@400(양면)
수직 철근	D13@400(양면)	D13@150(양면)
ϕM_n [kNm]	4,055.4	9936.6
D/C ratio	0.427	0.788

전단벽 단면 배근도

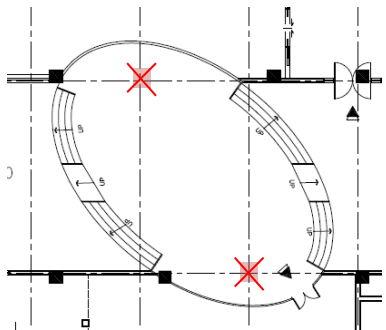


Apse Plaza 설계



Apse Plaza 구현

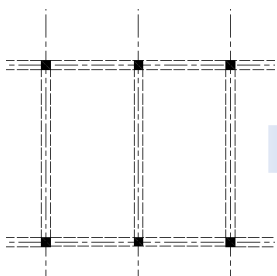
Apse Plaza의 핵심가치인 '연결'을 확보하고, 시각적 차단 없는 개방된 시야를 제공하기 위해, 해당 공간 안에 기둥을 배치하지 않을 것.



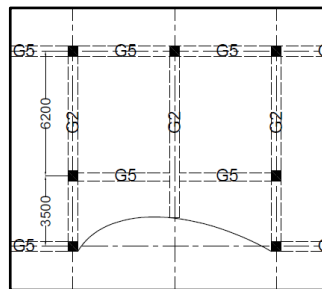
<1층 평면도>



<Apse Zone>



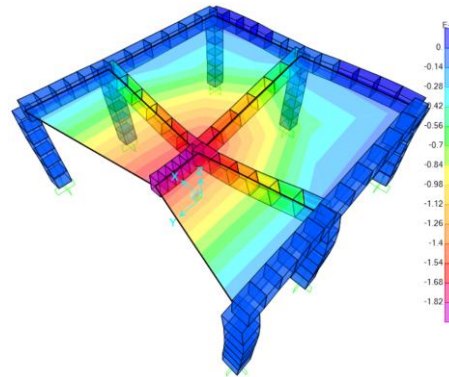
<기존 구조 평면도>



<수정된 구조 평면도>

곡면 모델링

곡면을 삼각형으로 모델링하여 처짐(=Uz) 검토

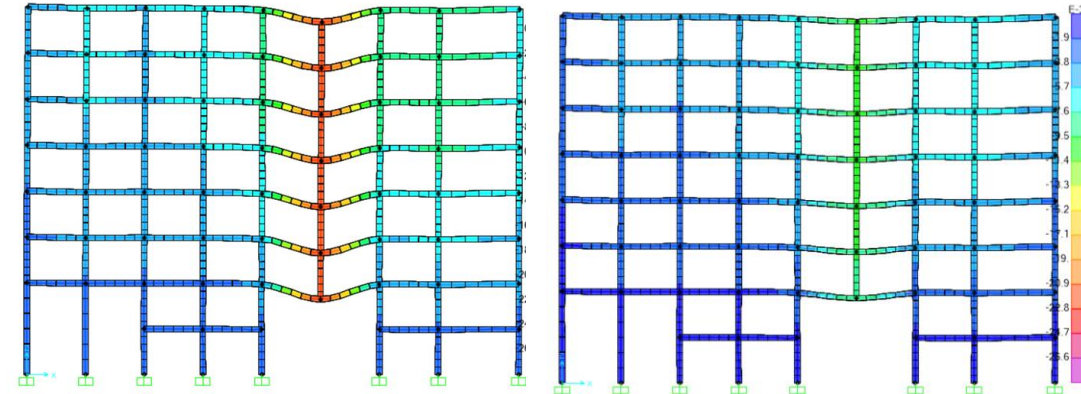


위험 단면 처짐 검토

개선 전



개선 후



슬래브 처짐 검토

Area Uniform Load

$$w_L = 5 \text{ kN/m}^2 \quad w_D = 5 \text{ kN/m}^2$$

경간 $l = 2000 \text{ mm}$

Max of U_z by Live Load = 1.3 mm

Max of U_z by Dead Load = 1.3 mm

활하중에 의한 즉시처짐 :

$$1.3 \text{ mm} < \frac{2000}{360} = 5.56 \text{ mm} < 0. K >$$

지속하중에 의한 장기처짐 (고정하중 + 장기활하중 40%)

$$2.0 \times (1.3 + 0.4 \times 1.3) = 3.64 \text{ mm}$$

$$3.64 < \frac{2000}{480} = 4.17 \text{ mm} < 0. K >$$

거더 처짐 검토

$$M_u = 496.2 \text{ kNm}, \quad V_u = 153.4 \text{ kN}$$

→ Max of $U_z = 4.2 \text{ mm} + 12.2 \text{ mm} \rightarrow$ 처짐 검토 **< N.G >**
 거더의 단면을 **400 x 700 로 증대**하여 처짐에 대한 재검토.

$$\delta_D = 5.4 \text{ mm}, \quad \delta_L = 1.9 \text{ mm}, \quad l = 10,100 \text{ mm}$$

활하중에 의한 즉시처짐 : $1.9 \text{ mm} < \frac{10,100}{360} = 28.05 \text{ mm} < 0. K >$

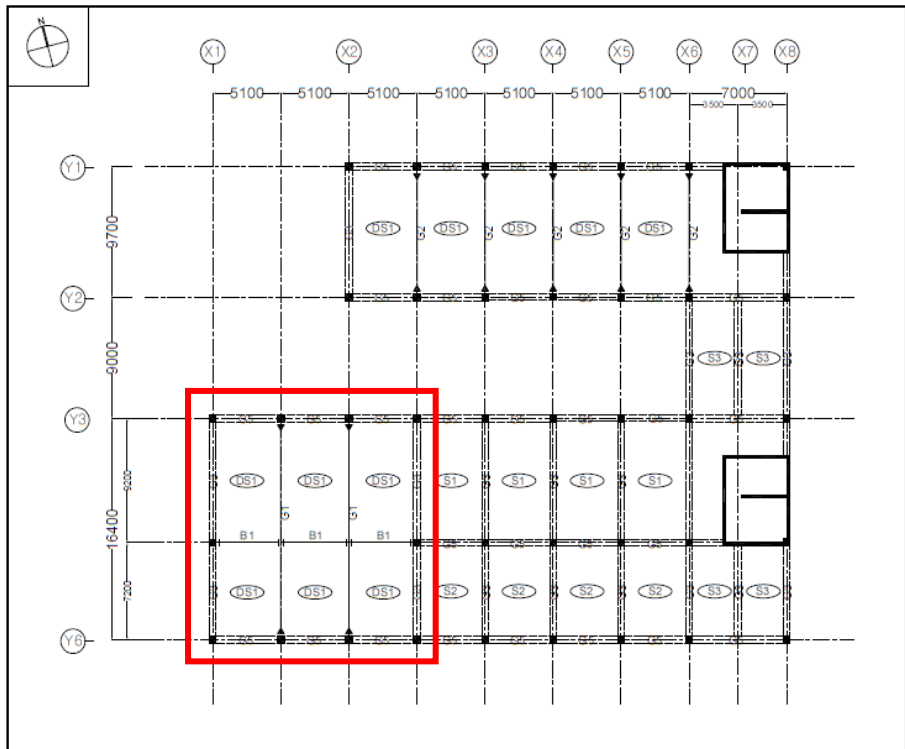
지속하중에 의한 장기처짐 (고정하중 + 장기활하중 100%)
 $12.7 < \frac{10,100}{480} = 21.04 \text{ mm} < 0. K >$

전단벽 설계



Poom Stadium 구현

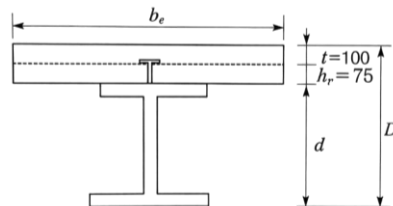
체육 활동의 자유도 조성을 위해 내부 기둥을 배제하고, **다목적 활용이 가능한 가변적 오픈 스페이스를 확보함.**



<2층 구조 평면도 일부>

단면가정

H - 594 x 302 x 14 x 23 SN355



문제점

타설 후 완전 합성보인 상태에서 강도는 충분히 확보.

타설 전 단계에서 슬래브가 없어, 상부 플랜지가 횡방향으로 비구속 상태가 되어 횡비틀림좌굴 위험 존재.
타설 후 단계에서 부 모멘트 구간의 LTB 위험 존재.

비지지 길이 검토

단계	구간	횡구속 배치	지배 L _b	LTB구간	C _b	M _n (kN·m)	φM _n (kN·m)	M _u (kN·m)	D/C	판정
① 타설 전 (가설 단계) — 비합성 강재 단면 / 단순보 / Mu = 946.47 kN·m										
타설 전 비합성 단순보	정모멘트 (전구간) 상부압축	횡구속 없음 L _b = 16.4 m	16.4 m	탄성 LTB	1.0	~290	~261	946.47	3.63	NG
		7.2m 구속 1개 지배 L _b = 9.2 m	9.2 m	탄성 LTB	1.0	790	711		1.33	NG
		7.2m+11.8m 구속 지배 L _b = 7.2 m	7.2 m	비탄성 LTB	1.0	1,124	1,012		0.94	OK
② 타설 후 (합성 완료) — 정모멘트 구간 / 단순보 / Mu = 1,414 kN·m										
타설 후 완전합성 단순보	정모멘트 상부압축 슬래브구속	슬래브 완전합성 상부 플랜지 구속	—	LTB 없음	—	3,262	2,936	1,414	0.48	OK
③ 타설 후 (합성 완료) — 부모멘트 구간 / 양단 고정 / Mu = 654 kN·m										
타설 후 합성 양단고정	부모멘트 (0~2.7m, 13.7~16.4m) 하부압축	반곡점 구속 인정 L _b = 2.7 m	2.7 m	소성구간	1.0	1,441	1,297	654	0.50	OK
		보수적 가정 L _b = 3.5 m	3.5 m	비탄성 LTB	1.0	1,366	1,229		0.53	OK

결론

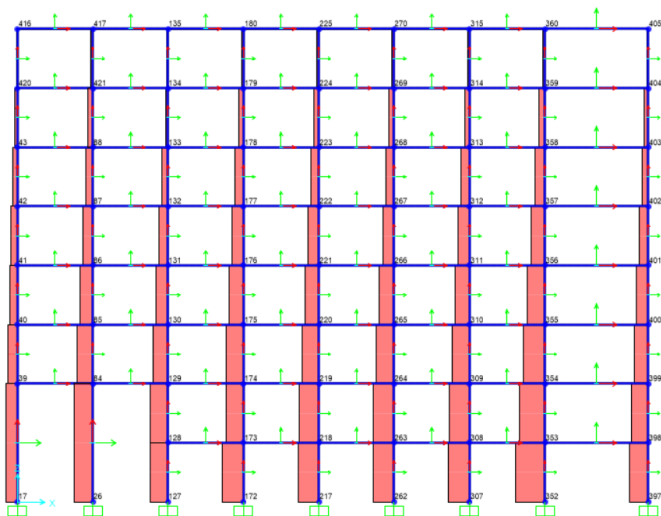
타설 전, 7.2m 횡방향 Beam + 11.8m 임시 브레이싱 필수.
 타설 후, 별도 하부 플랜지 브레이싱 없이도 안전.

기둥 설계



기둥 축하중 및 휨모멘트 분석

최대 축하중 및 모멘트 확인



P_u [kN]	M_u [kNm]	P_u [kN]	M_u [kNm]
3083.4	16.5	1586.9	200.5
2742.7	68.4	1571.8	197.8
2698.6	207.9	1443.8	146.4
2546.5	39.1	1375.9	30.8
2397.2	22.6	1363.9	54.6
2313.7	49.2	1319.8	59.1
2212.9	223.1	1212.0	17.8
2047.3	117.6	1039.9	56.1
1999.4	39.4	994.2	100.9
1798.4	96.1	843.1	52.6
1778.4	99.9	762.9	54.2
1768.3	67.1	624.8	25.7

Step 01. 단면가정

단면 가정 후, SAP2000 모델링 결과와 비교

500 x 500, 8-D22, D10@200

- ㉠ 순수압축 = $\phi P_0 = 4624 \text{ kN}$
 - ㉡ 균형파괴점 = $\phi P_b = 1659.3 \text{ kN}$, $\phi M_b = 380.0 \text{ kNm}$
 - ㉢ 순수 휨 $P_b = 0$, $\phi M_b = 401.9 \text{ kNm}$
- $\phi P_{n,Max} = 3699.8 \text{ kN}$, $\phi M_{n,Max} = 350.7 \text{ kNm}$

< Interaction Phi-PM > by KBC 2016

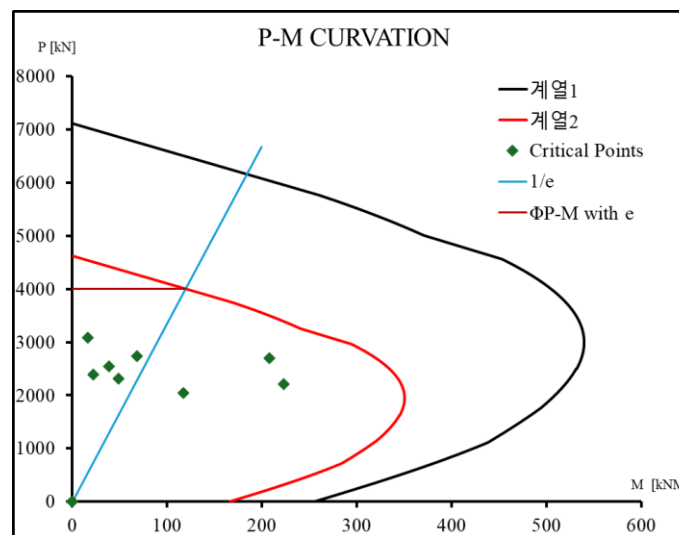
P	M3
-3675.8993	0.
-3675.8993	139.8767
-3396.2264	217.5742
-2870.4361	278.3829
-2304.0417	321.0526
-1678.0962	349.8038
-1268.7094	332.6072
-775.5792	293.8225
-324.4039	230.1798
358.242	168.4638
1152.979	0.

기둥 부재 일람표

C1 단부	C2 단부
Column 1 ($P_u > 2000 \text{ kN}$, $M_u < 223 \text{ kNm}$)	Column 2 ($P_u < 2000 \text{ kN}$, $M_u < 200 \text{ kNm}$)
500 X 500	400 X 400
8 - D22	8 - D19
D10@200	D10@200

Step 02. P-M 상관도를 이용한 단면 검토

축하중과 모멘트 값이 상관도 안에 들어오는 지 확인



Step.03 Bresler 근사식을 이용한 2축 휨 부재 검증

From. Bresler 방법

2축하중 검토		
코너부		
M_{ux}	200.490	kNm
M_{uy}	18.750	kNm
P_u	1586.900	kN
A_{st}	2292.000	mm ²
A_g	160000.000	mm ²
P_n	4670.250	448000
ϕ	0.650	
α	1.500	
$\phi M_{nx} = \phi M_{ny}$	218.000	
$M_{ux} / \phi M_{nx}$	0.920	
$M_{uy} / \phi M_{ny}$	0.086	
$\left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}}\right)^\alpha + \left(\frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}}\right)^\alpha$	0.907	O.K

슬래브 설계

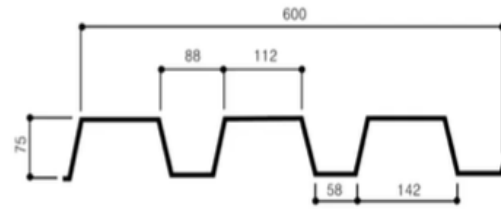


데크 플레이트 설계

DS1

설계조건

1. 테두리 철골보에 지지된 합성 데크 플레이트 : 순경간 4.5m
2. 콘크리트 타설시 데크 플레이트는 단순지지, 콘크리트 경화후는 3경간 이상 연속된 데크 슬래브로 가정.
3. 콘크리트 강도 : $f_{ck} = 27 \text{ MPa}$
4. 철근의 항복강도 : $f_y = 400 \text{ MPa (SD400)}$
5. 데크 플레이트의 항복강도 : $F_y = 245 \text{ MPa}$
6. 탄성계수비 $n(= E_s/E_c) = 7.63$
7. Topping Concrete : 100mm



두께 [mm]	유효너비	단면적 [mm ² /m]	중립축 [mm]	단면2차모멘트 [$\times 10^5 \text{ mm}^4/\text{m}$]
1.6	전단면	2446.5	43.9	21.6

데크 플레이트 평면도



하중조건

D.L.

Finish (t=50)	1.00
Con'c Slab (평균두께=137.5)	3.30
Deck Plate	0.25
Ceiling	0.30

4.550 kN/m^2

L.L.

5.00 kN/m^2

설계 모멘트값

- 콘크리트 타설시, 최대정모멘트

$$M_{u1} = 10.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

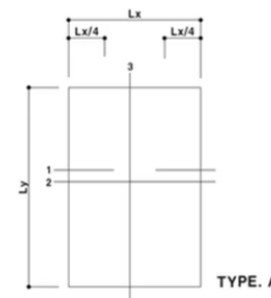
- 콘크리트 경화후, 최대정모멘트

$$M_{u2} = 24.61 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

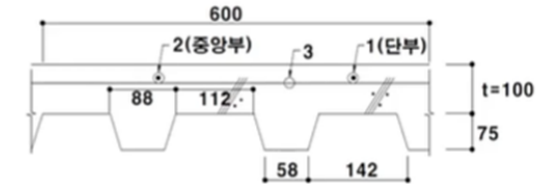
- 콘크리트 경화후, 최대부모멘트

$$M_{u3} = 19.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

데크 플레이트 철근 배치도



NOTE : ——— : TOP BAR
- - - - - : BOT. BAR

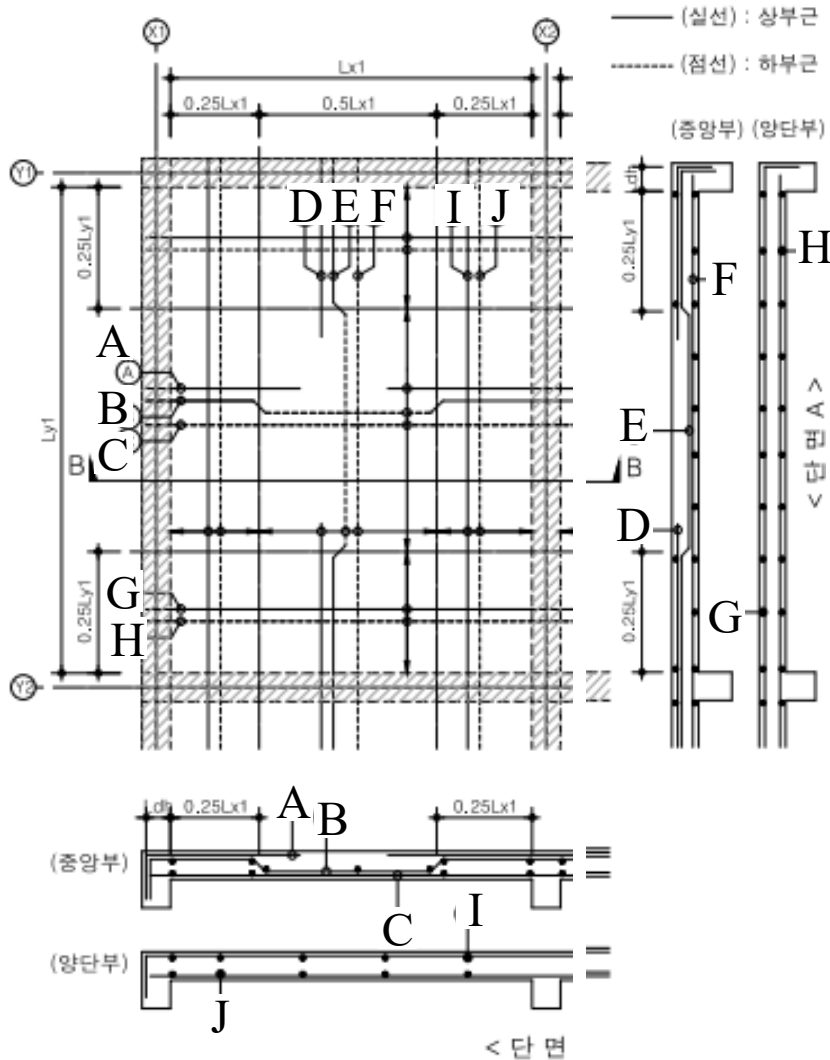


NAME	DECK PLATE	단면 (Lx)		장변 (Ly)
		1	2	3
DS1	1.6	D10@250		D10@250

슬래브 설계



2방향 슬래브 설계



설계 조건

$$W_D = 5 \text{ kN/m}^2 \quad | \quad W_L = 3 \text{ kN/m}^2 \quad | \quad h = 230\text{mm} \quad | \quad f_{ck} = 27\text{MPa} \quad | \quad f_y = 400\text{MPa}$$

S1 $L_{x1} = 5100 \text{ mm}, L_{y1} = 9200\text{mm},$ **S2** $L_{x1} = 5100 \text{ mm}, L_{y1} = 7200\text{mm}$

< S1 구간별 모멘트 및 철근 배치 >

기호	구역·부재	Mu(kN·m)	As소요(mm ²)	철근 배치
D	보 상단	-131.3	1,547	D16@100 2열×4개
E	슬래브 상단	-11.6	399	D13 @200
F	보 하단	+70.8	817	D16@150 4개
I	슬래브 상단	-4.5	1,058 (최소철근)	D13 @250
J	슬래브 하단	+2.4	1,058 (최소철근)	D13 @250
A	보 상단	-272.6	3,506	D19 @75 2열×5개
B	슬래브 상단	-24.1	737	D13 @150
C	보 하단	+146.8	1,682	D19 @100 5개
G	슬래브 상단	-24.1	737	D13 @150
H	슬래브 하단	+13.0	449 (최소철근)	D13 @250

< S2 구간별 모멘트 및 철근 배치 >

기호	구역·부재	Mu(kN·m)	As소요(mm ²)	철근 배치
D	보 상단	-102.8	1,186	D16@100 2열×3개
E	슬래브 상단	-9.1	341	D13@200
F	보 하단	+55.3	637	D16@75 4개
I	슬래브 상단	-3.5	587 (최소철근)	D13 @250
J	슬래브 하단	+1.9	587 (최소철근)	D13 @250
A	보 상단	-159.7	2,064	D16 @100 11개
B	슬래브 상단	-14.1	457	D13 @250
C	보 하단	+85.9	956	D16 @220 5개
G	슬래브 상단	-14.1	457	D13 @250
H	슬래브 하단	+7.6	450 (최소철근)	D13 @250

슬래브 설계



1방향 슬래브 설계 S3

설계 조건

$$L_x = 3500, L_y = 7200, h = 230\text{mm}, d = 230 - 20 - \frac{10}{2} = 205$$

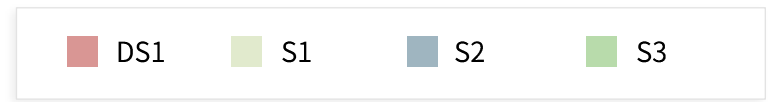
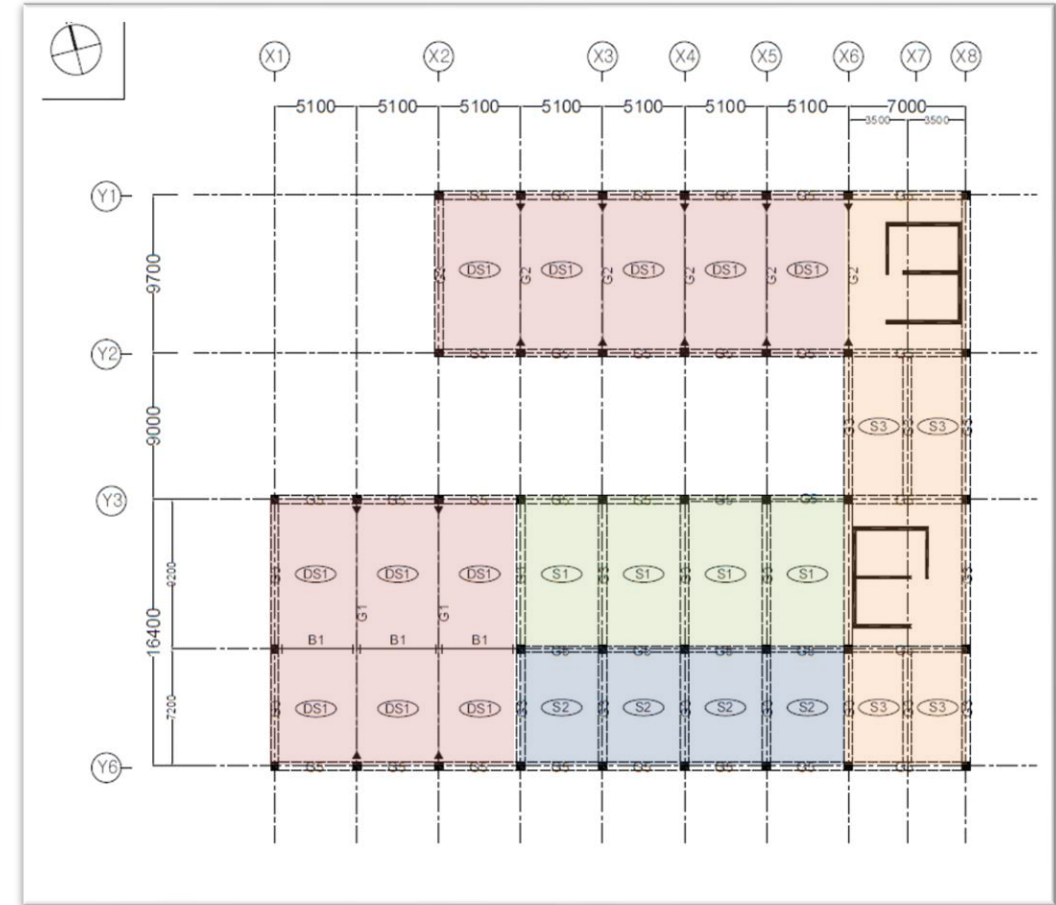
$W_L = 5 \text{ kN/m}^2$ $W_D = 5.125 \text{ kN/m}^2$ 바닥피복 0.025 kPa ; 기계장비 0.20 kPa ; 천장 0.10 kPa

전단검토 $\phi V_c = 133.15 \text{ kN} > V_u = \frac{1.15w_u(l_n-d)}{2} = 21.72 \text{ kN} < O.K >$

힘철근 배치 검토 $s = 375 \left(\frac{k_{ck}}{f_s}\right) - 2.5c_c = 245 > 300 \left(\frac{k_{ck}}{f_s}\right) = 230, s = 230$

설계 결과

지점		계수	$M_u(\text{kN} \cdot \text{m} / \text{m})$	$A_s(\text{mm}^2)$	간격(mm)
단부경간	외단	-1/24	-4.87	70.13	D10@300
	중앙	1/14	8.35	120.48	D10@300
	내단	-1/10	-11.70	169.02	D10@300
내부경간	내단	-1/11	-10.63	153.55	D10@300
	중앙	1/16	7.31	105.35	D10@300



기초 설계



Ko: 0.357 (1-sin40°)	지하수위: GL -3.6 m	상재하중 q: 10 kN/m ²	흙 높이 H: 3.8 m
----------------------	-----------------	------------------------------	---------------

토압 계산 (Pa = Ko·q + Ko·γ·H)

지면 (z=0)	P = 0.357×10	3.6 kN/m ²
지하수위 (z=3.6)	P = 3.6+0.357×26×3.6	37.0 kN/m ²
지하1층 바닥	P = 37.0+(0.357×16+10)×0.2	40.1 kN/m ²
계수토압 (×1.6)	5.7 / 59.2 / 64.2 kN/m ²	

단순보 형태 해석 (U = 1.6L + 1.6H)

반력	ΣV=0, ΣMA=0	RA=70.8 / RB=58.3 kN
V=0 위치	x = 3.2 m	
최대 Mu	단위 폭 1 m 기준	= 134.0 kN·m

단면 설계 — 전단 검토

전단 φVc	0.75×(1/6)×√27×1000×252 = 163.4 kN	Vu = 58.3 < 163.4 ✓
--------	------------------------------------	---------------------

단면 설계 — 힘 철근

Rn	134×10 ⁶ / (0.85×1000×252 ²)	2.484 MPa
ρ → As	ρ = 0.00643 → As = 0.00643×1000×252	= 1,620 mm ²
간격 s	s = 198.6×1000/1620 = 123 mm	→ D16@120
최소 힘철근	φMn=133.7 > 1.2Mcr = 58.9 kNm	O.K ✓

주철근 배근

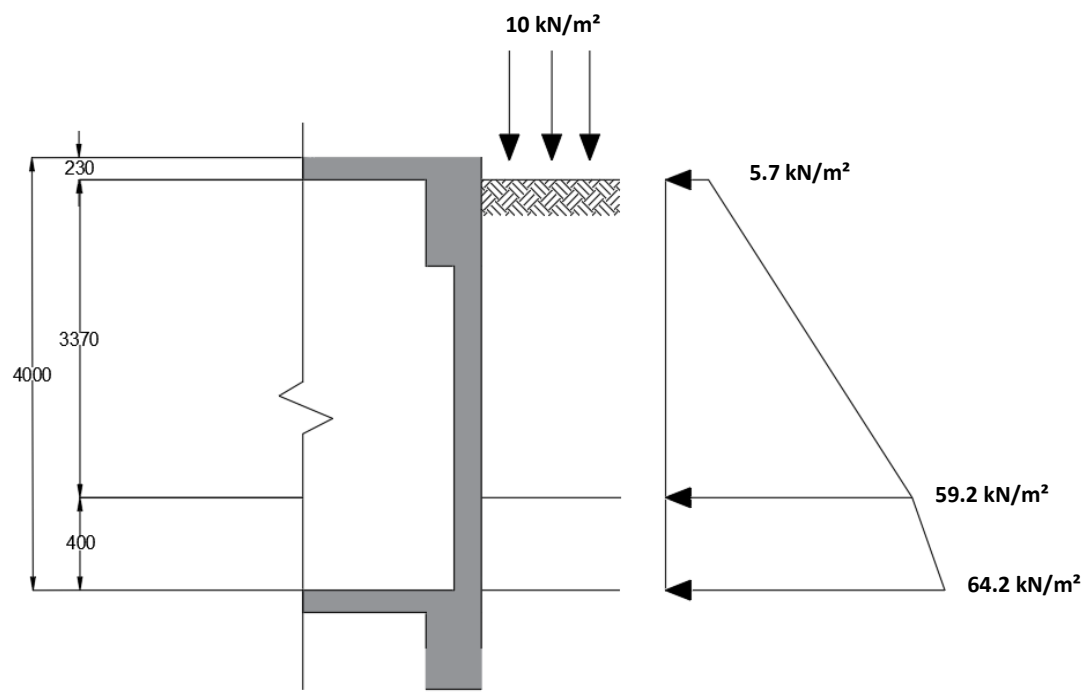
D16 @ 120 As = 1,620 mm²

수평(온도)철근

D13 @ 300 As,h = 600 mm²

지하 외벽 설계

fck=27 MPa / fy=400 MPa / 벽두께 300 mm (d=252 mm)



기초 설계



허용지내력: 2,000 kN/m²

f_{ck}: 27 MPa

f_y: 400 MPa

기둥: 500 mm

기초 크기 결정

필요 면적	$A_{req} = (1080+491) / 2000$	= 0.785 m ²
변 길이 B	$B = \sqrt{0.785} = 0.88 \text{ m} \rightarrow B_{min}=900 \text{ mm}$	→ B = 1.0 m
지반 반력 q	$q = 1.571/1.0 \text{ kN/m}^2$	< 2,000 ✓

유효깊이 d 결정 (편칭 전단)

위험단면	$b_o = 4 \times (500+d)$	
V _u vs φV _c	$\phi \cdot (\lambda \sqrt{f_{ck}/3}) \cdot b_o \cdot d \geq V_u$	d > 256.6 mm
채택 d→h	$d=270 \text{ mm} \rightarrow h=270+90=360 \text{ mm}$	h = 400 mm

1방향 전단 검토

돌출 길이 l	$(B-c)/2 = 250 \text{ mm} \rightarrow V_u=(l-d) \times p_u$	V_u < 0 → 0
---------	---	---------------------------------

힘 철근 설계

M _u / M _n	$l=150 \text{ mm} \quad M_u=65.1 \text{ kNm} \rightarrow M_n=76.6 \text{ kNm}$	
A _{s,req} / min	$\omega=0.03983 \rightarrow 648 \text{ mm}^2/\text{m} \mid A_{s,min}=800$	min 지배
간격 s	$s = 1000 \times 198.6/800 = 248 \text{ mm}$	→ D16 @200
정착 / B 결정	$l_{d,req} = 402, l_{dh} = 355 \rightarrow B=500+2 \times 385$	→ B=1,300

최종 기초 크기

B = 1,300 mm

h = 400 mm

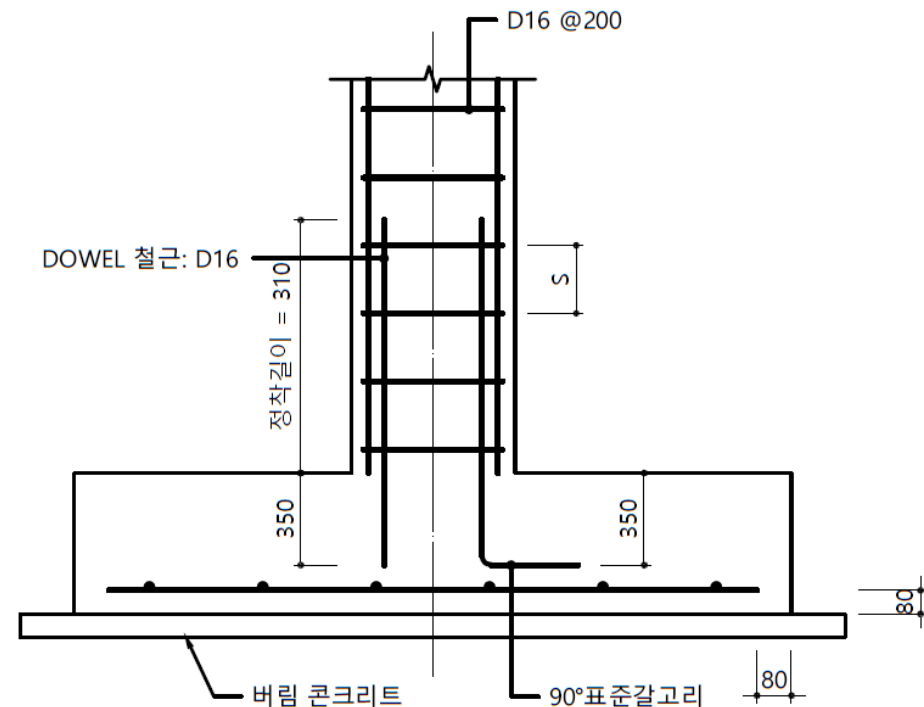
주철근 배근

D16 @ 200

DOWEL 철근: D16

독립기초 설계

독립기초와 벽기초를 이어서 기초의 연결성 확보



03

PART THREE

환경 설비 계획

공간에 쾌적성을 제공하다

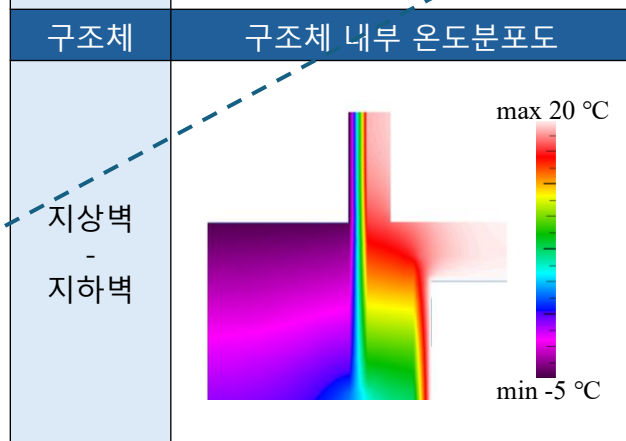
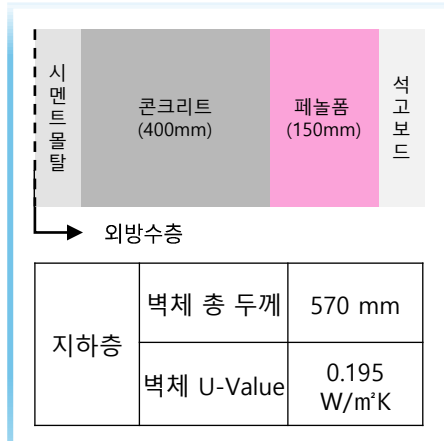
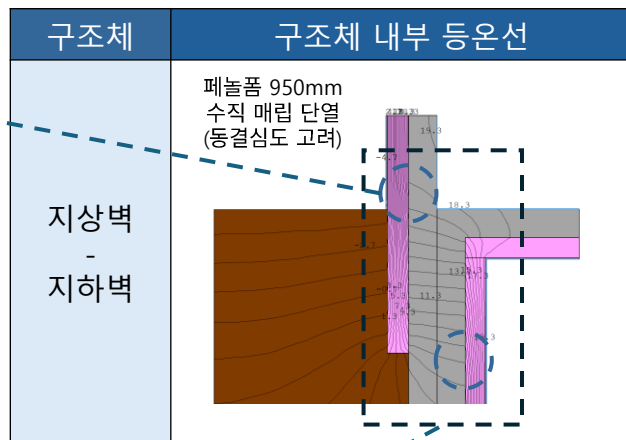
패시브 설계



벽체 단열 설계

- 지상층 외단열, 현행기준 대비 고단열 외피 채택

항목	현행기준안	개선안
외벽 U-Value(W/m ² K)	0.24	0.18
지붕 U-Value(W/m ² K)	0.15	0.12



- 열교 검토: 벽체 연결부 및 단열재와 구조체 접합부 실내 표면 곰팡이 발생 방지
- θ_{si_min} (곰팡이 방지 위한 실내 최소표면온도) 12.5°C 이상 만족

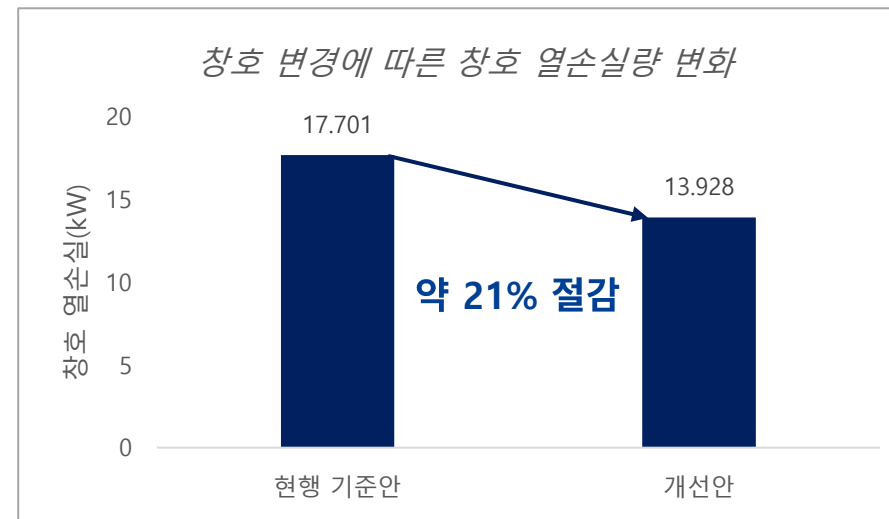
커튼월 창호 설계

- 난방 부하 절감이 필요한 주거 건물 (난방부하 지배적)
- 높은 SHGC (태양열취득계수) 낮은 U-Value 창호 적용 통해 난방 부하 절감 목표



고단열 복층 로이유리 적용
5MVTI75 + 14Ar + 5CL

항목	현행기준안	개선안	
창	SHGC	0.27	0.37
	U-Value (W/m ² K)	1.42	1.08



* 현행기준안은 2025 국토교통부 「건축물의 에너지절약설계기준」 건축물 부위의 열관류율 규정에 따름

부하 계산 및 열원 기기 선정



부하 계산 결과

- 시뮬레이션 기반 설계부하 비교 (DesignBuilder, EnergyPlus 사용)
- 기존안 대비 개선안 적용시, 난방부하 약 50kW 절감

현행기준안



Heating Design	Cooling Design
377.63 kW 87.21 W/m ²	286.96 kW 66.27 W/m ²

외피 고단열 계획
창호 계획
열교차단 계획

개선안

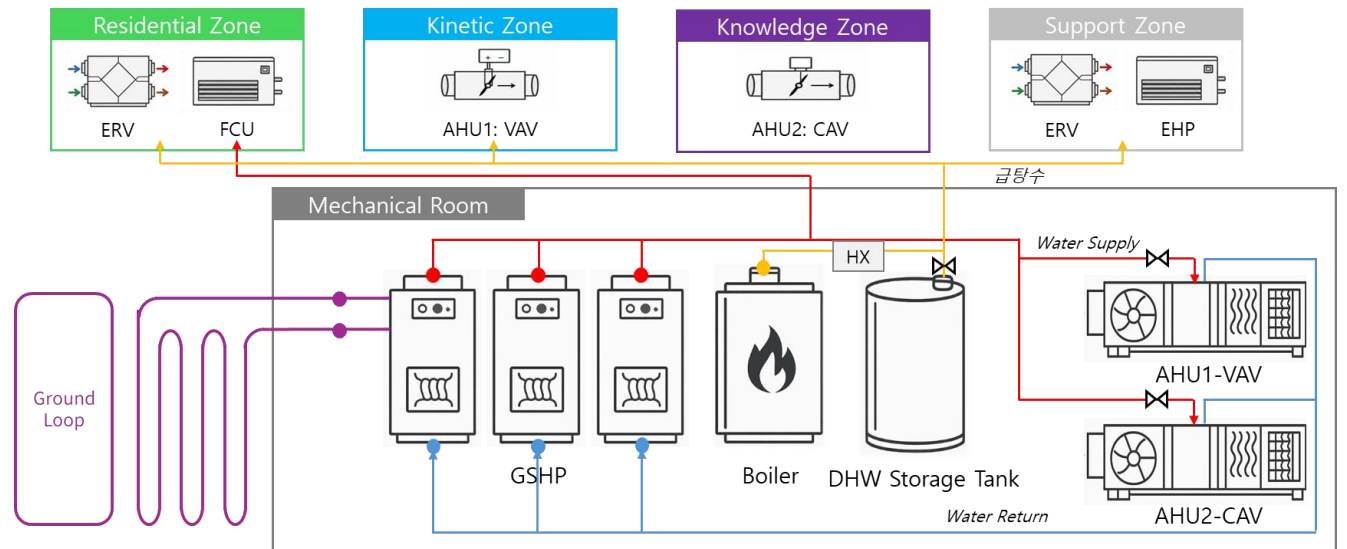
Heating Design	Cooling Design
328.74 kW 76.3 W/m ²	290.24 kW 67.36 W/m ²

열원 기기 선정

'GSHP (지열 히트펌프) 선정'

수직 심정형 (개방형) GSHP 3공 (1공 당 30RT)

- **GSHP 선정 이유:** 초기 투자비는 높으나, 연간 운영비 절감과 높은 에너지 효율을 바탕으로 장기적인 경제성이 가장 우수
- **GSHP 사용 사례:** 서울시립대학교 국제학사, 일본 키타큐슈 기숙사
- **GSHP 시스템 도입의 기술적·경제적 타당성:** 시추주상도, 대수층, 주변 시설 등을 파악했을때 안정적 취수량 및 방류처 확보 가능 초기투자비 증가하나 LCC 관점에서 장기 경제성 우수



열원 계통도

급탕 열원 기기 선정



보일러 선정 방식

기구별 시간당 급탕 사용량

유닛개수 X 1회당 급탕량(L/회) X 시간당 사용횟수(회/h) X 동시사용률

시간 최대 급탕량

4,903.5L/h

열량 산정식

$$q = m \cdot C \cdot \Delta T$$

m : 시간 최대 급탕량(kg/s)

C : 물의 비열 4.187kJ/kg·°C

ΔT : 55-15°C

표 9 기구의 소모 급탕량과 동시 사용율(급탕 온도 60°C)

기구	1회당 급탕량 (L/회)	1시간당 사용횟수 (회/h)	1시간당 급탕량 (L/h)
개인 세면기	7.5	1	7.5
일반 세면기	5	2~8	10~40
양식 욕조	100	1~3	100~300
샤워	50	1~6	50~300
부엌 싱크	15	3~5	45~75
배선 싱크	10	2~4	20~40
세탁 싱크	15	4~6	60~90
청소 싱크	15	3~5	45~75
건축용도별 동시사용률	병원·호텔	주택·아파트·사무소	공장·학교
	25%	30%	40%

기준 자료

기구	급탕량
개인 세면기	7.5L/h
일반 세면기	10-40L/h
양식 욕조	100-300L/h
샤워	50-300L/h
동시사용률	25-40%

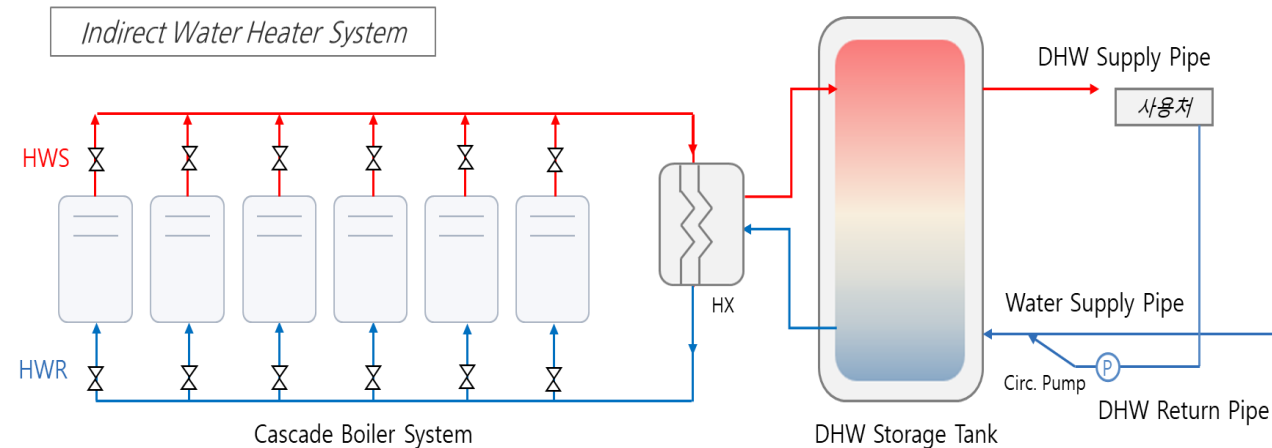
안전율 적용

구분	계수
이론적 부하	1.0
배관 및 방열 손실	0.1
장비 노후화/ 효율 저하	0.1
최종 적용	1.2

*기구별 사용량과 동시사용률을 적용하여 4시간 최대 급탕량을 산정

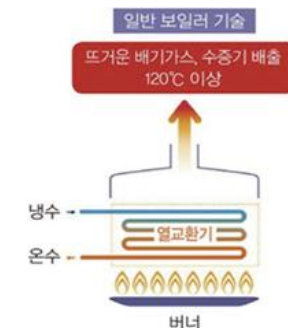
선정 결과

- 중앙급탕 사용
- 운영 안정성 및 대규모 급탕 수요 대응 위해 간접가열식 사용
- 콘덴싱 가스 보일러 적용, LNG(도시가스) 사용
- 273 ÷ 52.3 ≈ 6대로, 6대 캐스케이드 구성

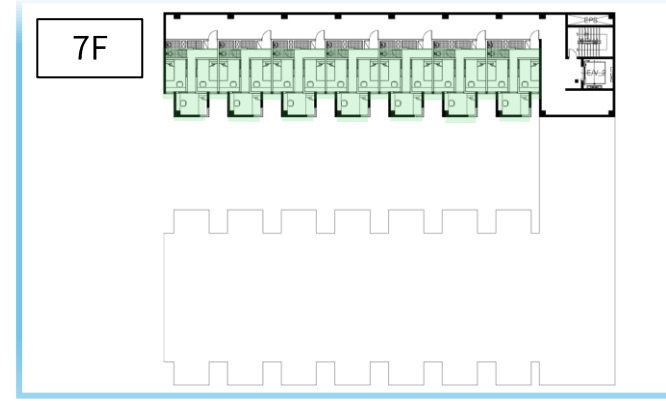
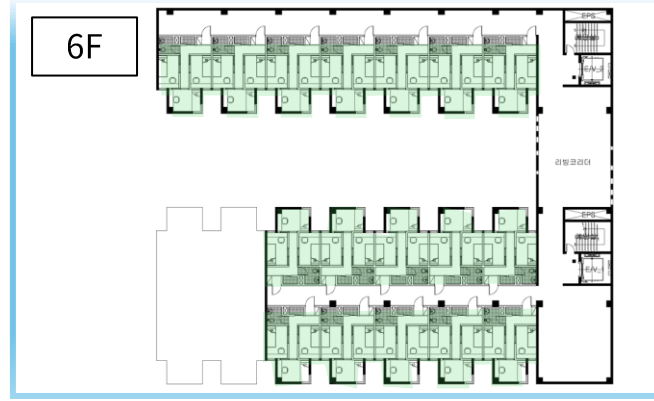
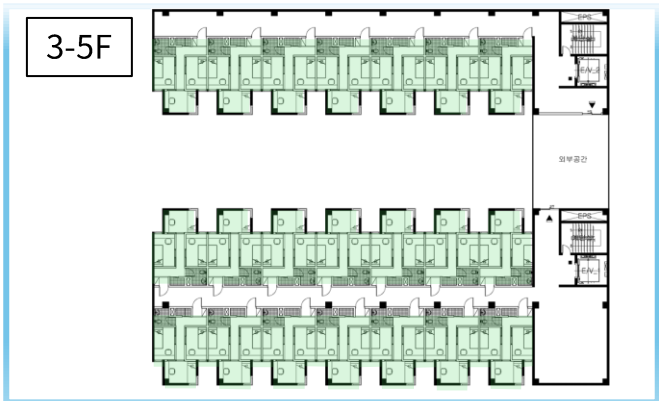
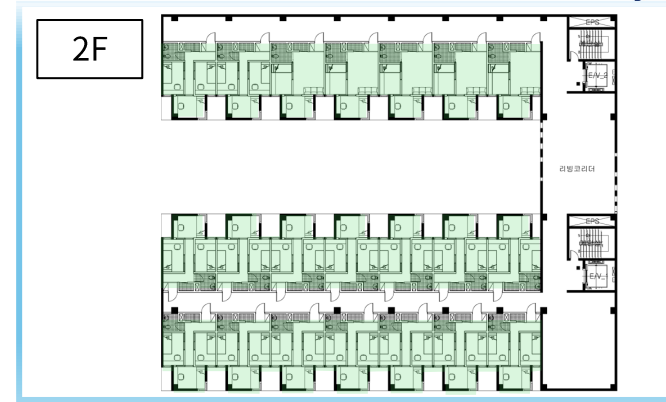
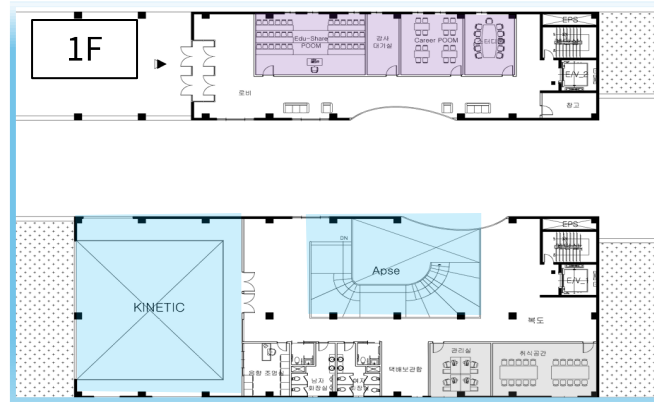
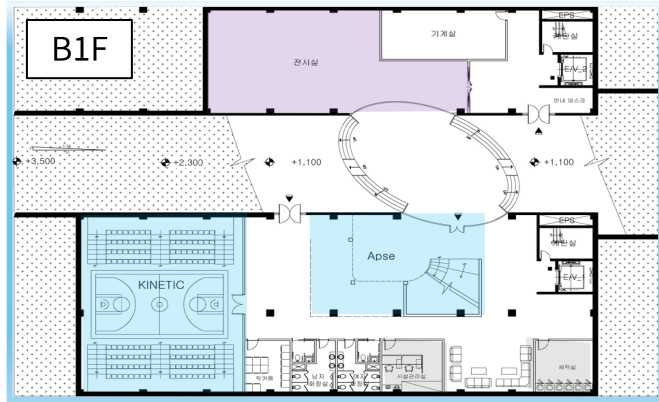


급탕 계통도-보일러 6대 병렬 + 급탕/환수 헤더

항목	제품 사양
난방 능력 (kW)	52.3
최대 가스 소비량 (kW)	55.2
사용 가스	도시가스 (LNG 13A)
난방 최고 사용 압력 (kPa)	10.5

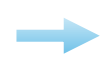


HVAC Zoning



Residential Zone

거주공간: 각 실별 독립 온도 제어 요구, 신선 외기 도입 및 에너지 손실 최소화 필요



FCU + ERV

Knowledge Zone

일정한 환경 품질 유지가 중요한 공간: 안정적인 온습도 및 환기 성능 확보 필요



CAV (AHU 1)

Kinetic Zone

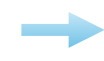
재실 밀도가 불규칙한 대공간: 부하 변동 폭 ↑, 에너지 절감 및 쾌적성 대응 필요



VAV (AHU 2)

Support Zone

소규모 독립 공간(ex. 경비실): 24시간 개별 운전 필요, 개별 제어 및 환기 회수 성능 확보 필요



VRF + ERV

공조 기기 선정



공조기 (AHU1, AHU2) 선정 과정



01 기준값 설정

냉방 기준	실내 온도	26°C
	급기 온도	16°C
난방 기준	실내 온도	20°C
	급기 온도	30°C

공기 밀도 ρ	1.2 kg/m ³
비열 C	1.0 kJ/kg·K
여유율	1.05

$$\Delta T = 26 - 16 = 10K$$

02 필요 급기량 계산

$$q = G \cdot C \cdot \Delta T = \rho \cdot Q \cdot C \cdot \Delta T$$

- q : 부하(W)
- G : 질량유량(kg/s)
- Q : 체적유량(m³/s)
- C : 비열(kJ/kg·K)
- ΔT : 실내온도와 급기온도의 차
- ρ : 공기 밀도(kg/m³)

03 AHU별 합산 및 여유율 반영

- AHU별 합산 급기량 x 1.05 적용
- 목적: 내부부하 증가 및 소규모 오차 보정

*문헌근거: Eastern Michigan University, Design and Construction Standards, Division 23 – HVAC

AHU1-CAV

항목	제품 사양
급기풍량	9000m ³ /h
환기풍량	7200m ³ /h
냉방능력	66kW
난방능력	66kW

AHU2-VAV

항목	제품 사양
급기풍량	21000m ³ /h
환기풍량	16800m ³ /h
냉방능력	150kW
난방능력	150kW

공조 기기 선정



전열교환기 (ERV) 선정 과정



01 최소 도입 외기량
21.6 ~ 30 CMH 만족해야함

**ASHRAE 62.1 bedroom 기준*
**학교보건법 시행규칙 별표 2 참고하여 산정*

02 각 층에 단위유닛 66개실 30 x 66 = 1980CMH
→ 풍량 조건 2000CMH를 만족하는 ERV 선정

항목	제품 사양
풍량(CMH)	2000/2000/1600
전열교환효율_난방(%)	66/66/71
전열교환효율_냉방(%)	65/65/59

03 의무 설치 규정 주요 내용

적용 기준	30세대 이상의 신축 또는 리모델링
환기량	시간당 0.5회 이상
필터 성능	입자 포집률 60% 이상
본체 소음	40 dB 이하
오염물질 제거	성능이 일정 수준 이상일 것
유지 관리	필터 청소 및 교환이 쉬운 구조일 것

시스템 에어컨 선정 과정

- 취식공간 외: 부하 및 실면적이 작음, 정사각형 형태
→ **균등한 풍량분배**를 위한 **4 way** 선정
- 취식공간: 부하 및 실면적 큼, 가로가 긴 직사각형 형태
→ **도달거리 확보**를 위한 **2way** 선정

(1) 4 Way

항목	제품 사양
냉방능력 (kW)	2.3
난방능력 (kW)	2.6
냉매	R410A

(2) 2 Way

항목	제품 사양
냉방능력 (kW)	5.2
난방능력 (kW)	5.9
냉매	R410A

FCU 선정 과정

- 개인실 1개소 기준 부하계산 수행 (DesignBuilder)
- Heating / Cooling 설계 용량 확인
- 제품 카탈로그에서 유사 냉난방 능력 기기 산정

항목	제품 사양
냉방능력 (kW)	2.4
난방능력 (kW)	4.3
소비전력 (W)	35
송풍량(CMH)	8

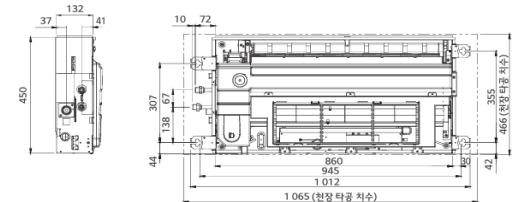


Figure 15. Selected FCU Image (Catalog Reference)

층별 ERV 덕트 설계과정



기존 기숙사실의 문제점

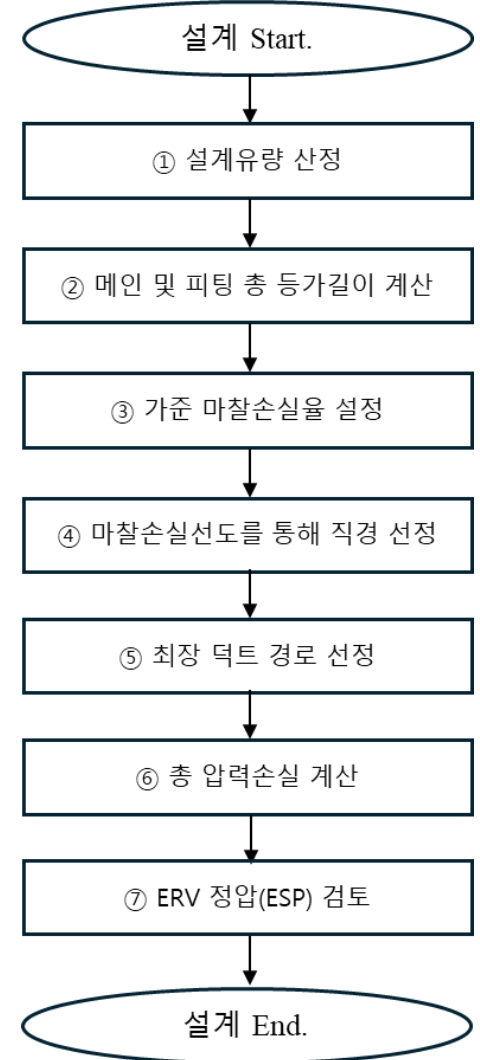
- 자연환기 의존
- 취침 및 냉난방 시 환기 부족
- CO₂ 농도 증가 가능성
- 우천 및 미세먼지 시 창문 개방 제한

해결책

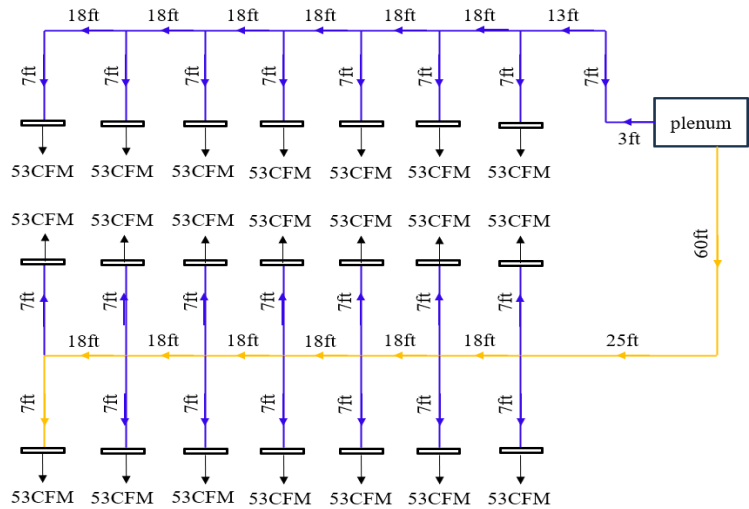
- 층별 중앙형 ERV 설치
- 각 실 덕트 연결
- 지속적 기계환기 제공

설계 기준

- 최소환기량 30CMH/인
- 층당 66실 적용
- 필요외기량 1980CMH 산정



- 등마찰손실법을 적용하여 모든 덕트계의 단위길이당 마찰손실이 일정하도록 설계
- 가장 먼 디퓨저까지 충분한 압력을 확보해야 하기 때문에 가장 긴 덕트런 압손을 기준으로 덕트 설계



- 0.08in.wg/100ft(저소음, 일반 공조)를 적용하고, 각 구간의 유량에 따른 덕트 직경 및 유속을 산정
- 주요 피팅 (분기, 엘보우, 부트 등)의 국부 압손을 등가길이로 환산
- 가장 긴 덕트런 기준으로 ERV 정압 검토

총 압력손실 < ERV 가용 정압 (o.k.)

$$ESP_{ERV} = 0.64 \text{ in.wg} > \Delta P_{critical} = 0.330 \text{ in.wg}$$

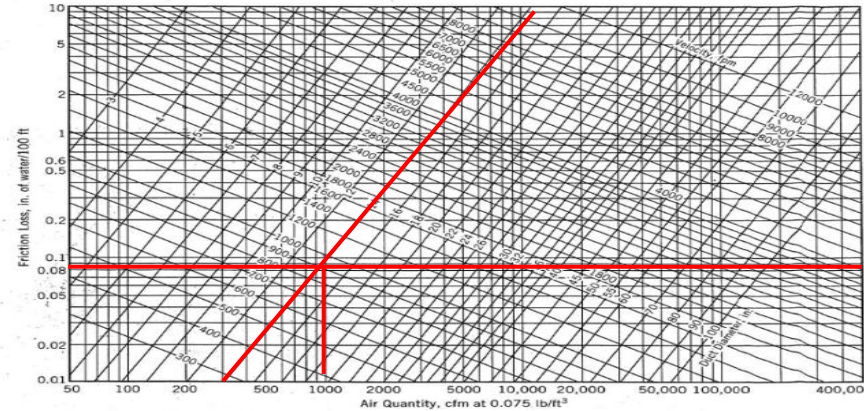


Figure 12-21 Pressure loss due to friction for galvanized steel ducts, IP units. (Reprinted by permission from ASHRAE Handbook, Fundamentals Volume IP, 1997.)

Table 5. ASHRAE Duct Friction Loss Chart

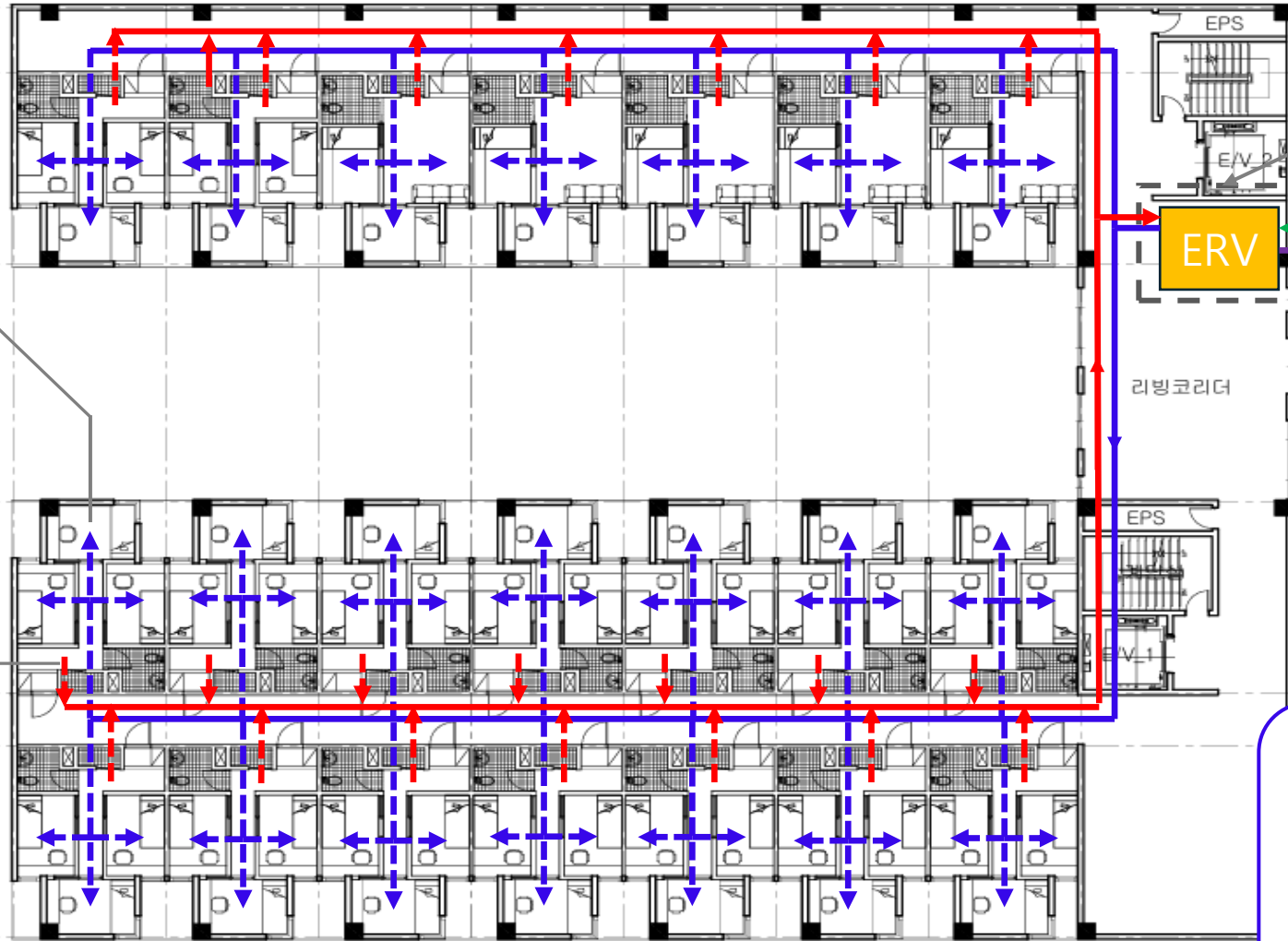
기숙사 기준층 ERV 계통도



SA 디퓨저: 침대 방향 직취를 피하며, 기류 균일 확산위해 침대 발쪽 측 천장에 배치



EA 그릴: 습기와 오염공기를 포집하여 현관 방향 배기 흐름 형성 위해 현관 측 천장에 배치



ERV 설치 위치 (2000CMH)

외기 흡입 (OA)
배기 토출 (EA)

범례	
— (Blue solid line)	급기 메인덕트 (SA)
- - - (Blue dashed line)	급기 분기덕트
— (Red solid line)	배기 메인덕트 (EA)
- - - (Red dashed line)	배기 분기덕트
↓ (Blue arrow)	급기 (실내 공급)
↑ (Red arrow)	배기 (실내 배기)
→ (Green arrow)	외기 (OA)
→ (Purple arrow)	배기 (EA)

배치 선정 이유

- EPS인접 외기/배기 샤프트 연결 용이
- 덕트 길이 최소화 및 압력손실 절감
- 유지관리 및 접근성 우수
- 기숙사실 소음 영향 최소화
- 각 실 균등 환기 가능
- SA/EA 덕트는 천장 플레넘 내부 배치

특화부분 설계 목표



사람 중심의 실내 환경 품질(IEQ) 확보

단순히 설계 온도를 맞추는 수준을 넘어, 공간의 특성과 이용 패턴에 맞는 환경 제어 전략이 요구



**LOBBY:
GRAND STAIR SPACE**

층고 8m 대공간

커튼월 일사

재실 패턴 다양

1 재실 영역 온열 환경 균일화 *Occupied-Zone Thermal Uniformity*

- 재실 영역 균일 냉방 확보
- Throw 및 ADPI 기반 기류 성능 확보
- 재실 높이 기준 수직 온도 구배 평가

2 기류 최적화 *Airflow Pattern Optimization*

- Grand Stair 형상 기반 기류 편향 분석
- 디퓨저 형식 및 배치별 순환 특성 비교
- 재실 영역 유효 공조 범위 확보

3 열 쾌적성 확보 *Occupant Thermal Comfort*

- PMV, PPD, Draft Risk 기반 열환경 평가
- 좌석 체류 공간 중심 쾌적성 검토
- 과도한 드래프트 및 정체 영역 방지

4 CFD 기반 공조 성능 검증 *CFD-based HVAC Performance Validation*

- 급·배기 방식별 기류 패턴 비교
- 공기 혼합 및 순환 효율 검토
- IEQ 확보 가능성 평가

Case Study



01 울산 시립도서관 (바닥취출) (UFAD)

울산도서관 바닥 취출 공조(UFAD) 적용 요약

- Access Floor 하부 Plenum 기반 저속 바닥 급기 적용
- Floor Swirl Diffuser를 통한 재실 영역 중심 공조 형성
- 상부 비재실 영역 공조 최소화를 통한 부분 공조 가능
- 재실자 인근 급기를 통한 국부 쾌적성 및 제어성 확보



02 서울시립대학교 학생회관 (천장취출) (Ceiling SA Mixing Ventilation)

서울시립대학교 학생회관(Ceiling SA) 적용 요약

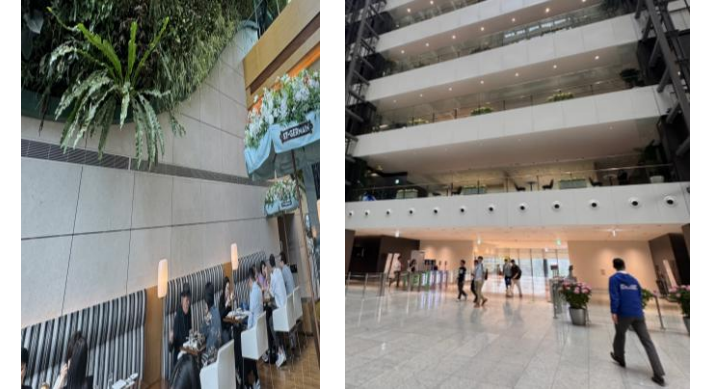
- 4-Way Ceiling Cassette 기반 천장 급기 시스템 적용
- 4방향 확산 기류를 통한 실내 공기 혼합 유도
- 재실 영역 중심의 균일 온도 분포 확보 가능
- 개별 냉난방 제어 및 운전 응답성 우수



03 경기도서관, 현대 R&D 센터 (측벽취출) (High Sidewall SA Mixing Ventilation)

경기도서관, 현대 R&D(Sidewall SA) 적용 요약

- 측벽 Linear Grille Diffuser 기반 수평 제트 급기
- 장거리 기류 형성 및 순환 유도
- 커튼월 인접부 냉방 및 재실 영역 중심 공조 수행
- 고천장 대공간의 하부 체류 영역 중심 냉방에 유리



• Grand Stair 대공간에서 충분한 재실영역 냉방 확보를 위해 과도한 수의 바닥 디퓨저가 요구됨. → **UFAD 시스템 분석 제외**
 • 기류 침체, 환기효율, 커튼월 인접부 열부하 등을 고려하여 급기 방식별 공조 성능 분석 예정. → **CFD 기반 냉방 상황 비교 수행**

CFD 시뮬레이션 부하 input 값 및 모델링



DesignBuilder 냉방 피크 부하

Item	Value
Zone	Lobby
Floor Area (m ²)	125.516
Volume (m ³)	1004.125
Design Capacity (kW)	17.19
Total Cooling Load (kW)	14.95
Sensible Load (kW)	8.05
Latent Load (kW)	6.9
Outside Dry-Bulb Temperature at Peak (°C)	31.2
Ventilation Gains (kW)	1.41
Infiltration Gains (kW)	1.33
Equipment Gains (kW)	0.23
Lighting Gains (kW)	1.88
People Gains (kW)	1.9
Solar Gains (kW)	0.12
Roof and Ceiling Gains (kW)	0.53
Wall Gains (kW)	0.62
Glazing Gains (kW)	0.2
Floor Gains (kW)	-0.17

Table 6. Design Builder Cooling Peak Load for Lobby Zone

Ansys Flunet 모델링

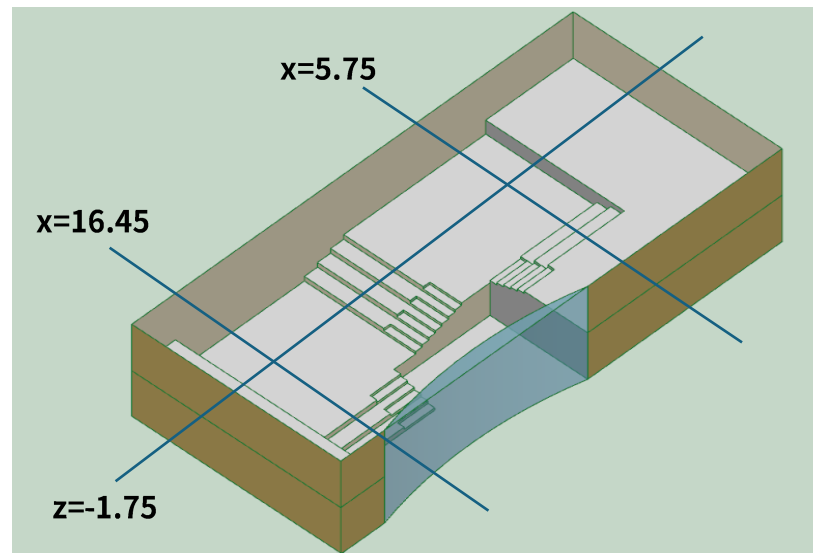


Figure 25. Design Builder Lobby Modeling

결과 분석 단면은 Vertical, Horizontal section로 나눠
 앉아있는 재실자의 상태 및 거주역 기류분포를 보고자함.

● inlet ● outlet

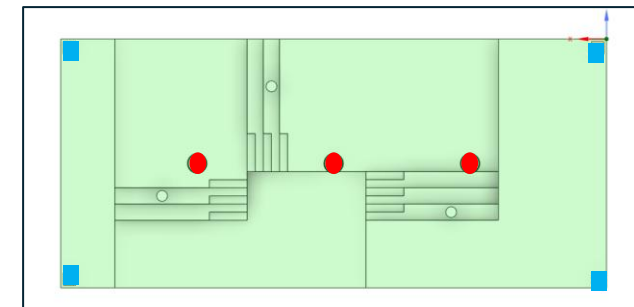


Figure 26. Ceiling SA +Ceiling RA (Ansys Fluent)

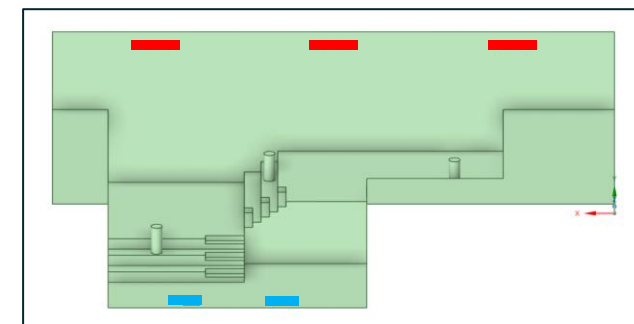


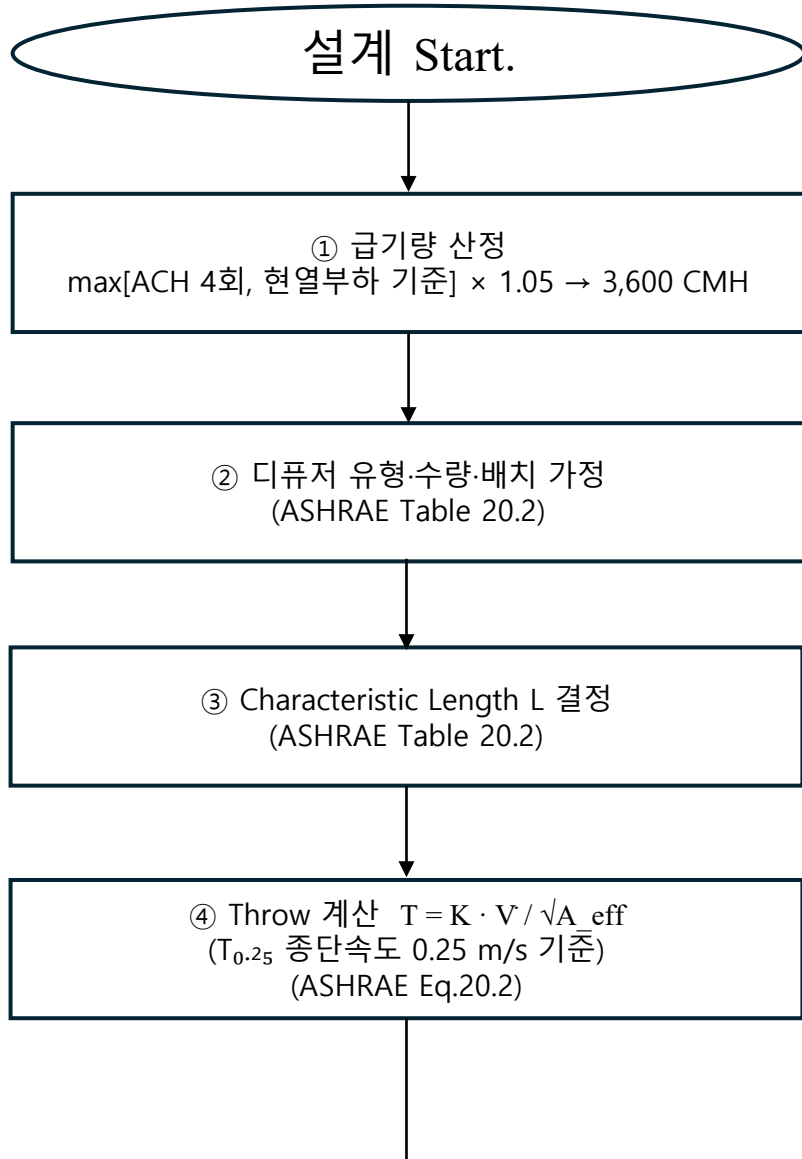
Figure 27. High Sidewall SA +Floor RA (Ansys Fluent)

Category	Description	Area/Volume	Heat Gain	Heat Flux Value
Ceiling	Roof + 40% Lighting	185.84 m ²	1.282 kW	6.9 W/m ²
Window	Curtain Wall Load	97.8 m ²	0.94 kW	9.6 W/m ²
Floor	Floor Heat Flux	37.17 m ²	-0.17 kW	-4.6 W/m ²
Volume Heat Source	People + Infiltration + 60% Convective Lighting	861 m ³	4.58 kW	5.33 W/m ³

Table 7. CFD Heat Source Modeling Based on Design Builder Loads

CFD 해석에서는 급기온도에 의해 이미 처리된 냉방효과를 제외하고, 실내에 남는 현열부하만을 열원으로 모델링함

디퓨저 설계 Process



ASHRAE Reference

TABLE 20.3

Typical Diffuser Selection Guidelines

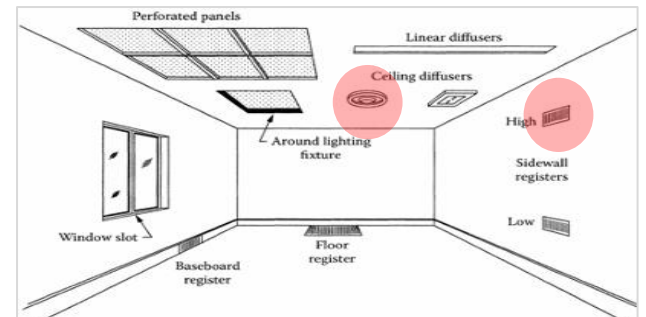
Terminal Device	Room Load, W/m ² (Btu/h·ft ²)	T _{0.25} /L (T ₅₀ /L) Max. ADPI*	Maximum ADPI	For ADPI Greater Than	Range of T _{0.25} /L
High side-wall grilles	250 (80)	1.8	68	—	—
	190 (60)	1.8	72	70	1.5-2.2
	125 (40)	1.6	78	70	1.2-2.3
Circular ceiling grilles	65 (20)	1.5	85	80	1.0-1.9
	250 (80)	0.8	76	70	0.7-1.3
	190 (60)	0.8	83	80	0.7-1.2
Sill grille, straight vanes	125 (40)	0.8	88	80	0.5-1.5
	65 (20)	0.8	93	90	0.7-1.3
	250 (80)	1.7	61	60	1.5-1.7
	190 (60)	1.7	72	70	1.4-1.7
	125 (40)	1.3	86	80	1.2-1.8
	65 (20)	0.9	95	90	0.8-1.3

* T_{0.25}, throw to 0.25 m/s velocity, T₅₀, throw to 50 ft/min velocity.

TABLE 20.2

Common Diffuser Types and Their Characteristic Lengths

Diffuser Type	Approximate Air Loading per Floor Space, L/(s·m ²) [cfm/ft ²]	Characteristic Length L
High sidewall grille	0.6-1.2 [3-6]	Distance to wall perpendicular to jet
Circular ceiling diffuser	0.9-5.0 [5-25]	Distance to closest wall or midway to nearest ceiling diffuser
Sill grille	0.8-2.0 [4-10]	Length of room in direction of jet



디퓨저 및 급기 방식 설계

설계 Process를 통한
급기 방식 최적인 설계 결과

SA(Supply Air) 설계

항목	설명	CASE 1	CASE 2	CASE 3
		Ceiling Supply Only	Ceiling Supply + Cooling	Sidewall Supply Only
디퓨저 형식	<i>Supply Air Diffuser Type</i>	Circular Ceiling Diffuser	Circular Ceiling Diffuser	Sidewall Grille
디퓨저 사양	<i>Size / Specification</i>	Φ350 mm	Φ350 mm	1,100 × 150 mm
디퓨저 수량	<i>Diffuser Quantity (ea)</i>	3 ea	3 ea	3 ea
설치 높이	<i>Mounting Height (m)</i>	Ceiling Surface (8.0 m)	Ceiling Surface (8.0 m)	7.5 m (500 mm below ceiling)
취출 방향	<i>Supply Direction</i>	Downward	Downward	Horizontal Discharge (0°)
풍량	<i>Volume Flow Rate (CMH)</i>	3,600 CMH	3,600 CMH	3,600 CMH
취출 속도	<i>Supply Velocity V_0 (m/s)</i>	3.46 m/s	3.46 m/s	2.02 m/s
급기 온도	<i>Supply Air Temperature (°C)</i>	20.5°C (293.65 K)	20.5°C (293.65 K)	20.5°C (293.65 K)

Table 8. Optimized SA Design through the Design Process

RA(Return Air) 설계

항목	설명	CASE 1	CASE 2	CASE 3
		Ceiling Supply Only	Ceiling Supply + Cooling	Sidewall Supply Only
RA 그릴 사양	<i>Return Air Grille Size</i>	450 × 450 mm	450 × 450 mm	600 × 450 mm
RA 그릴 수량	<i>Return Grille Quantity (ea)</i>	4 ea	4 ea	2 ea
RA 설치 위치	<i>Return Air Location</i>	Four Ceiling Corner Locations	Four Ceiling Corner Locations	Two Floor Locations Near Curtain Wall

Table 9. Optimized RA Design through the Design Process



Figure 28. Circular Disc Valve Diffuser



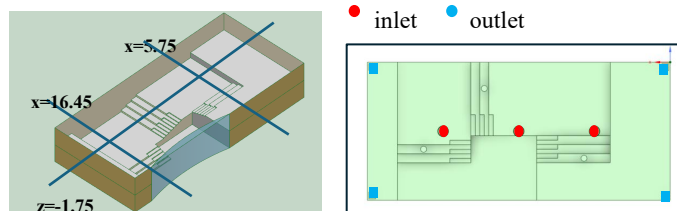
Figure 29. High Sidewall Grille Diffuser

사진 출처: 선일엔지니어링, 송풍기 전문회사 바람나라

CFD 시뮬레이션 결과 분석

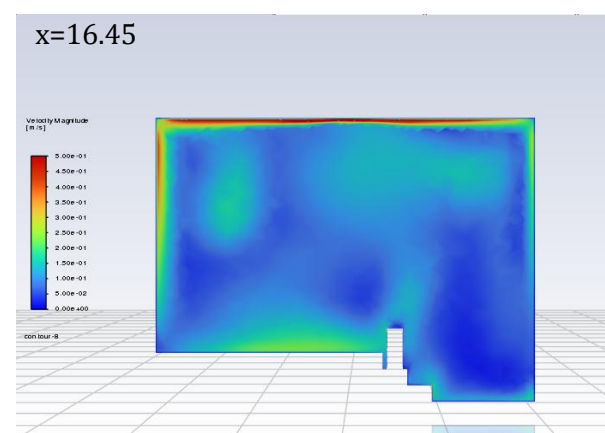
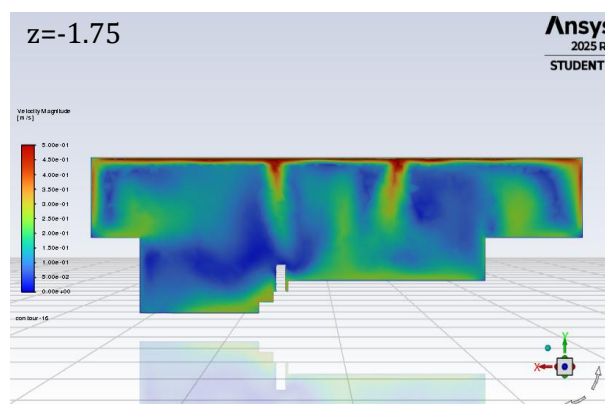
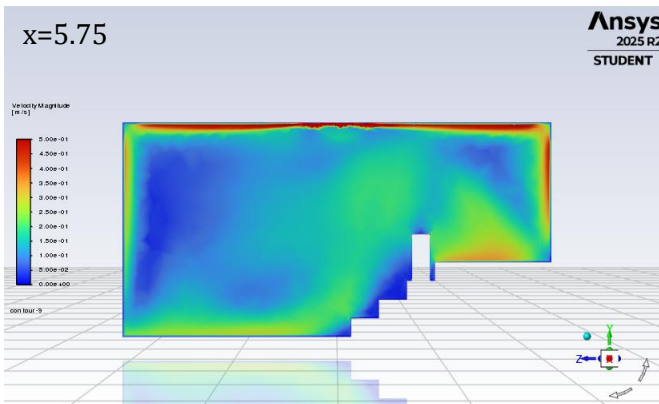


Case1. Ceiling SA + Ceiling RA



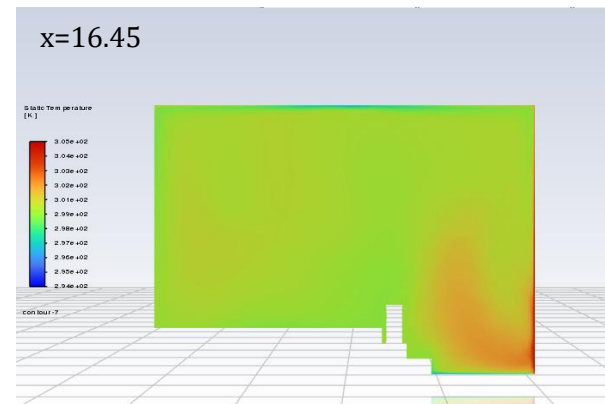
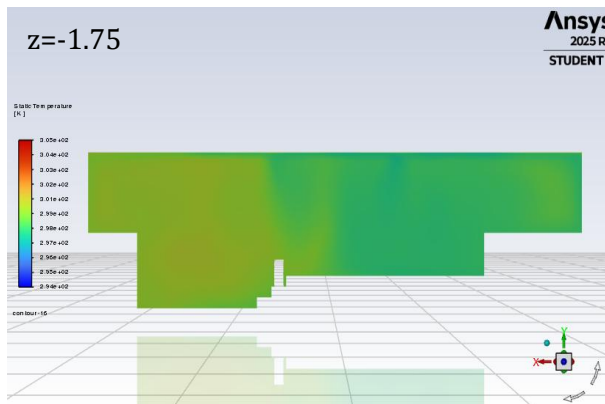
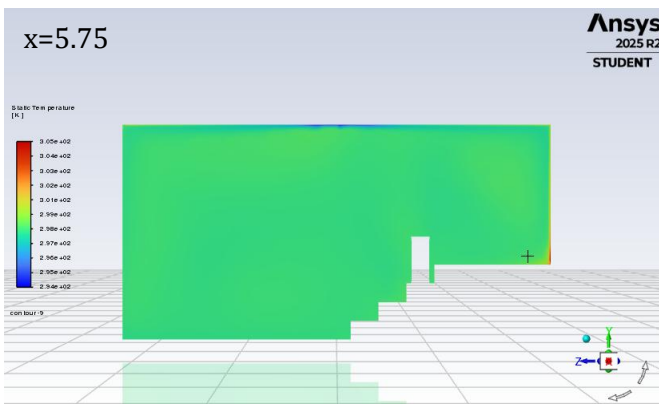
Velocity Magnitude

Velocity contour min=0, max= 0.5m/s



Static Temperature

Static Temperature contour min=18°C, max= 32°C



CFD Analysis Summary

설계온도 대비 +0.5°C 이상의 국부 온도 상승은 local discomfort 가능성이 있다 판단함.

실 평균온도

전체 공간
26.1°C 설계온도 만족 ✓

착석 거주자 위치 온도 및 속도

X=16.45	T	v
등	26.24°C	0.16m/s
얼굴	26.85°C	0.10m/s
발목	26.69°C	0.10m/s

X=5.75	T	v
등	25.08°C	0.21m/s
얼굴	25.07°C	0.16m/s
발목	25.08°C	0.10m/s

Z=-1.75	T	v
등	26.48°C	0.15m/s
얼굴	26.49°C	0.12m/s
발목	26.35°C	0.23m/s

실 평균온도 (Volume Avg.)

V0=3.46m/s
NC ≈ 23 로비 기준 NC < 35-40 만족 ✓

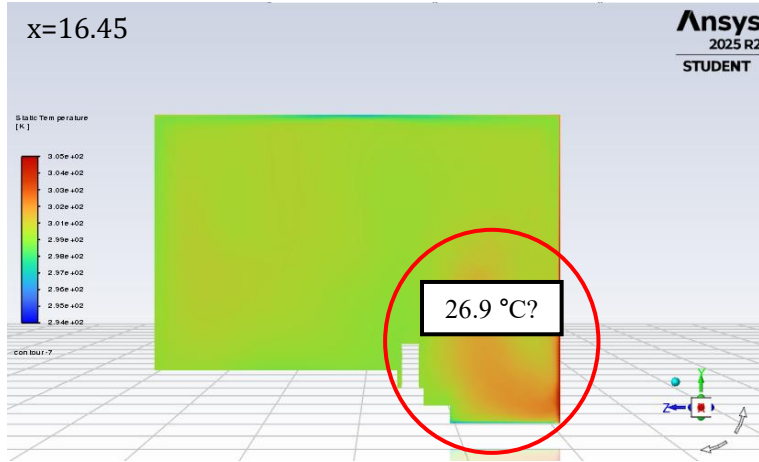
내부구역 균일하나 외주부 plume 거주역 침투(x=16.45 Plane) → Perimeter Zone 열환경 불만족

CFD 시뮬레이션 결과 분석



Solution.

Case2. Ceiling SA + Ceiling RA + Radiant Cooling Panel



Problem

Case1에서, 창 일사부하로 강한 상승 기류 형성
부력이 천장급기 기류보다 강해지는 부분 있음 →
계단 하부 거주역 침투 (사람 얼굴 쪽 온도 약 26.9°C)

Solution

Case1의 perimeter zone에 복사 냉방 패널 추가

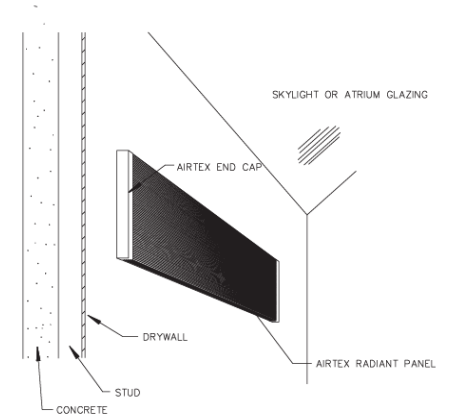
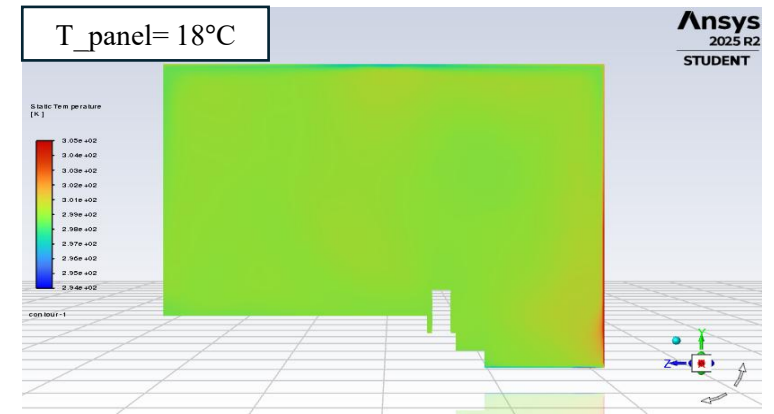
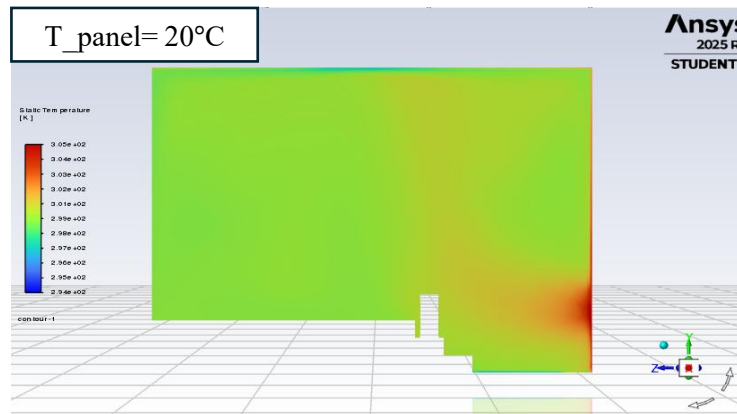
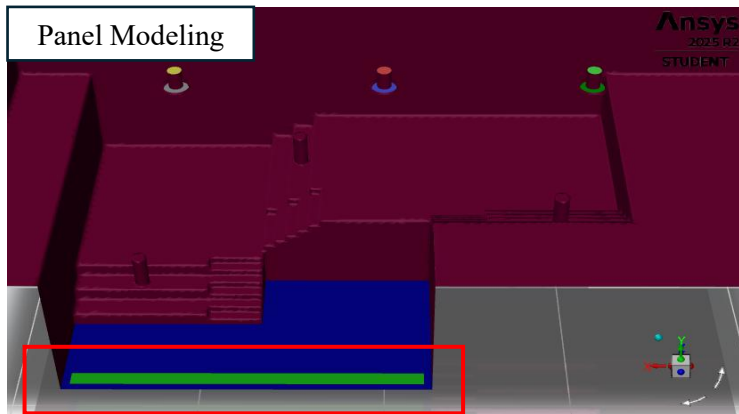


Figure 30. Radiant Cooling Panel

사진 출처: 선일엔지니어링, 송풍기 전문회사 바람나라

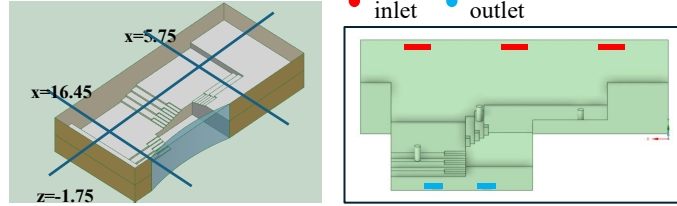


패널 온도 18°C 설정 시, 고온 기류가 바닥 근처에서 냉각-상승 차단, 사람 부근 평균 온도 Case1 대비 -0.8°C
추가 비용 필요하나 Case1 대비 **perimeter zone 쾌적성 확보 가능**

CFD 시뮬레이션 결과 분석

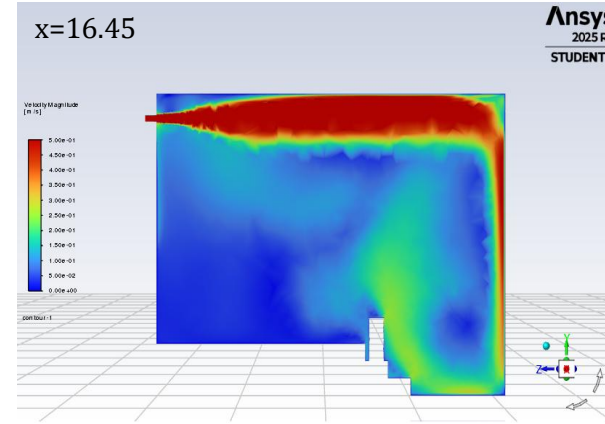
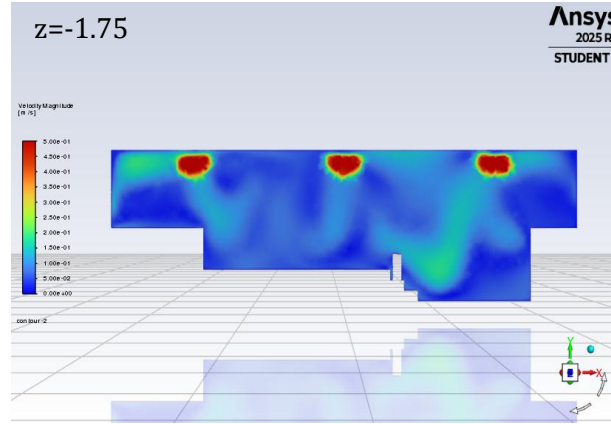
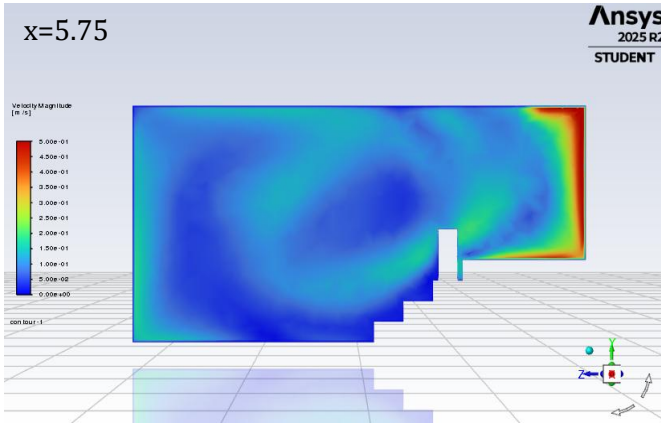


Case3. High Sidewall SA + Floor RA



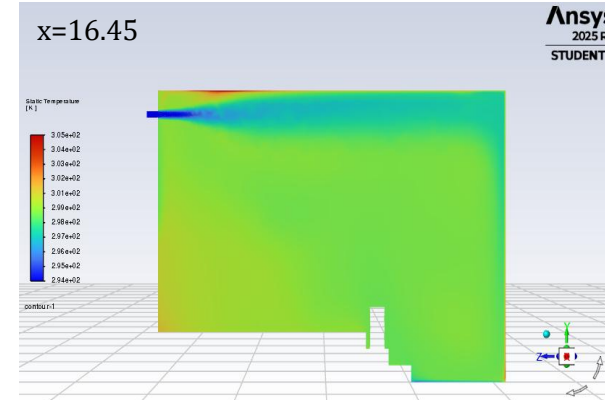
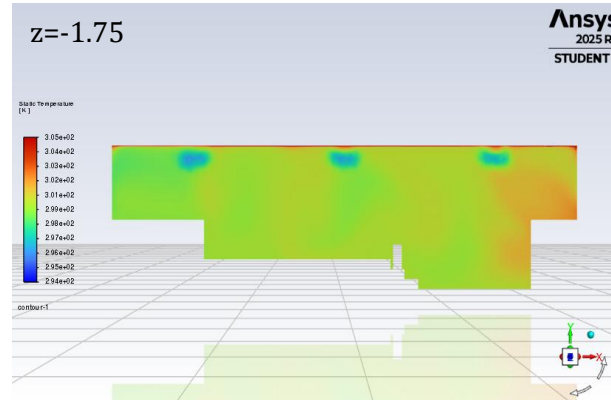
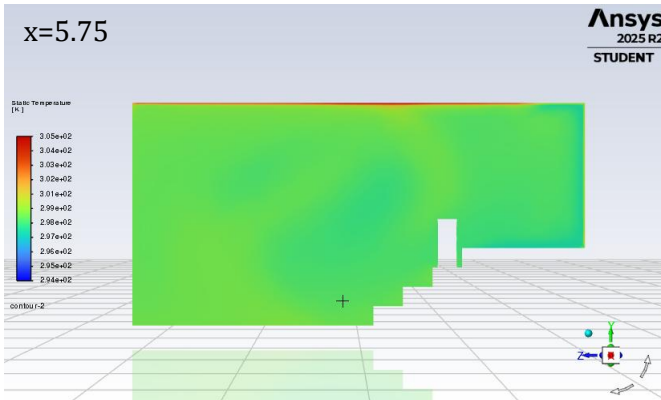
Velocity Magnitude

Velocity contour min=0, max= 0.5m/s



Static Temperature

Static Temperature contour min=18°C, max= 32°C



CFD Analysis Summary

설계온도 대비 +0.5°C 이상의 국부 온도 상승은 local discomfort 가능성이 있다 판단함.

실 평균온도

전체 공간
25.85°C 설계온도 만족 ✓

착석 거주자 위치 온도 및 속도

X=16.45	T	v
등	25.91°C	0.09m/s
얼굴	25.75°C	0.23m/s
발목	25.65°C	0.24m/s

X=5.75	T	v
등	25.21°C	0.19m/s
얼굴	25.55°C	0.16m/s
발목	25.44°C	0.08m/s

Z=-1.75	T	v
등	26.73°C	0.07m/s
얼굴	26.73°C	0.10m/s
발목	26.73°C	0.06m/s

실 평균온도 (Volume Avg.)

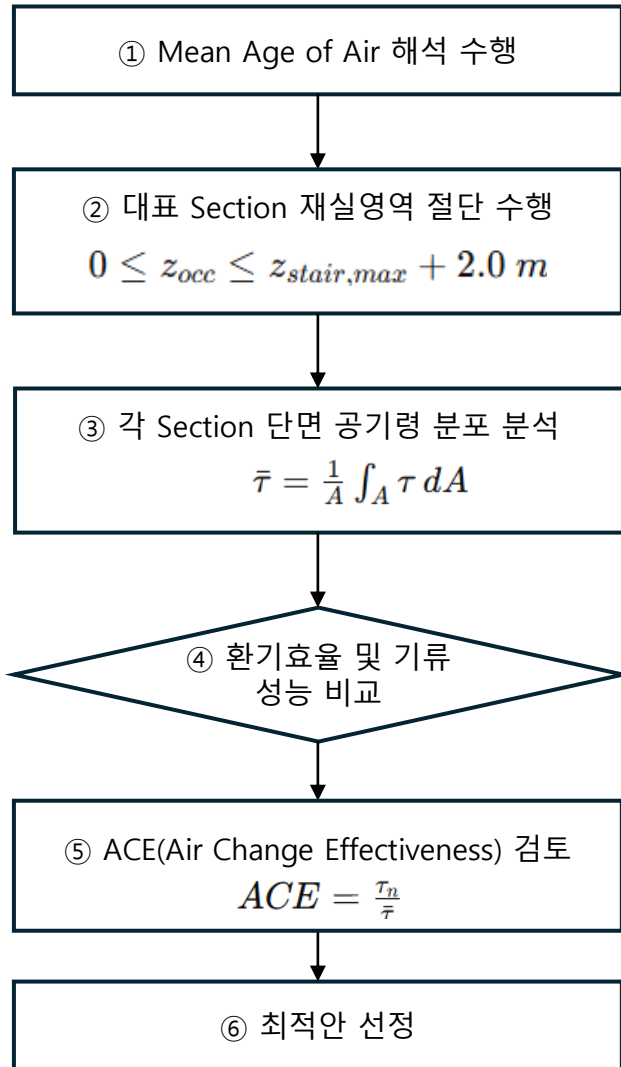
V₀=2.02m/s
NC ≈ 18 로비 기준 NC < 35-40 만족 ✓

측벽 수평 제트 Coanda 효과 기반 부착유동으로 커튼월 인접부 열환경 개선 · RA 커튼월 배치로 plume 직접 흡입 → 단, z=-1.75 단면 국부 온도상승



CFD 기반 환기효율 평가

Methodology Framework



Evaluation Criteria

ACE가 0.95 이상일 경우 양호한 환기성능으로 판단

$$\tau_n = \frac{3600}{ACH} \quad ACE = \frac{\tau_n}{\bar{\tau}}$$

Nominal Air Age

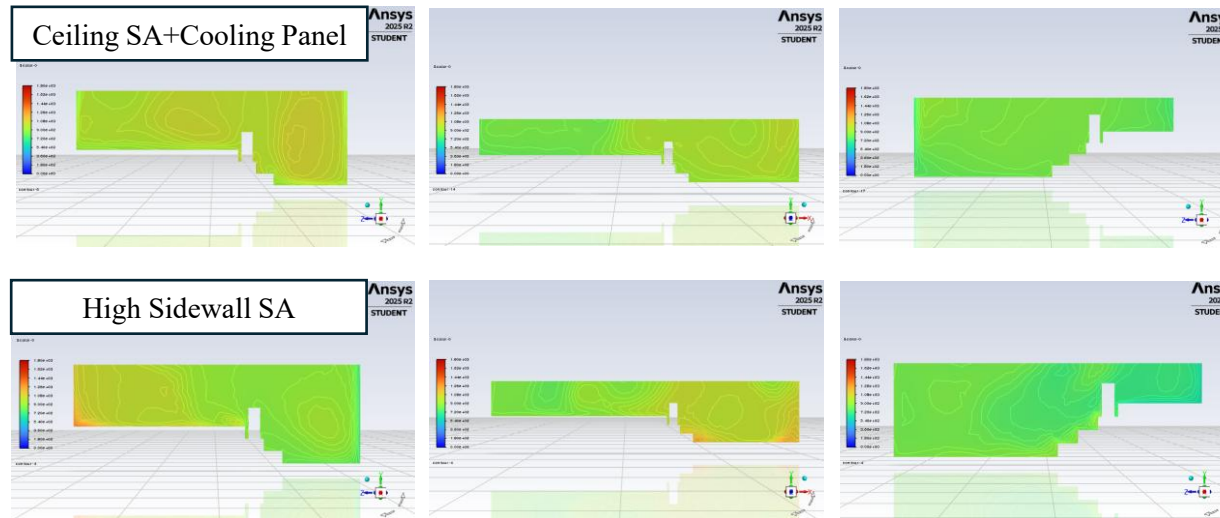
평균 공기령	ACE(= $\tau_n / \bar{\tau}$)	해석 기준
$\tau \leq 900s$	$ACE \geq 1.0$	환기 효율 우수 영역
$900 < \tau \leq 947s$	$0.95 \leq ACE < 1.0$	일반 공기순환 영역 (ASHRAE 129 만족)
$947 < \tau \leq 1500s$	$0.6 \leq ACE < 0.95$	상대적 공기 정체 영역
$\tau > 1500s$	$ACE < 0.6$	공기 정체영역 (Dead Zone)

Table 5. ACE-Based Ventilation Evaluation Criteria

ASHRAE Standard 129 기반 환기효율 평가 기준에 따라 ACE<0.95이면 상대적 정체 영역이라 판단.

공기령(Mean Age of Air) 분석

공기가 순환되는 공간에서 공기가 체류하는 시간을 계산하여 거주역 기준 환기효율 및 신선공기 분포 특성을 평가.



$$\bar{\tau}_{overall} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \bar{\tau}_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Section (Ceiling SA)	Mean Age of Air
x=16.45	910.49s
z=-1.75	1007.63s
x=5.75	847.13s

Section (High Sidewall SA)	Mean Age of Air
x=16.45	965.53s
z=-1.75	943.74s
x=5.75	793.43s

Table 10,11. Mean Age of Air by Section

거주역 전체 평균 공기령: Ceiling SA $\tau = 923.3 s$ (ACE=0.97, 3.9ACH), High Sidewall SA $\tau = 911.6 s$ (ACE=0.99, 3.95ACH)
 ∴ High Sidewall Mixing Ventilation이 재실영역 중심 환기효율 측면에서 우수함

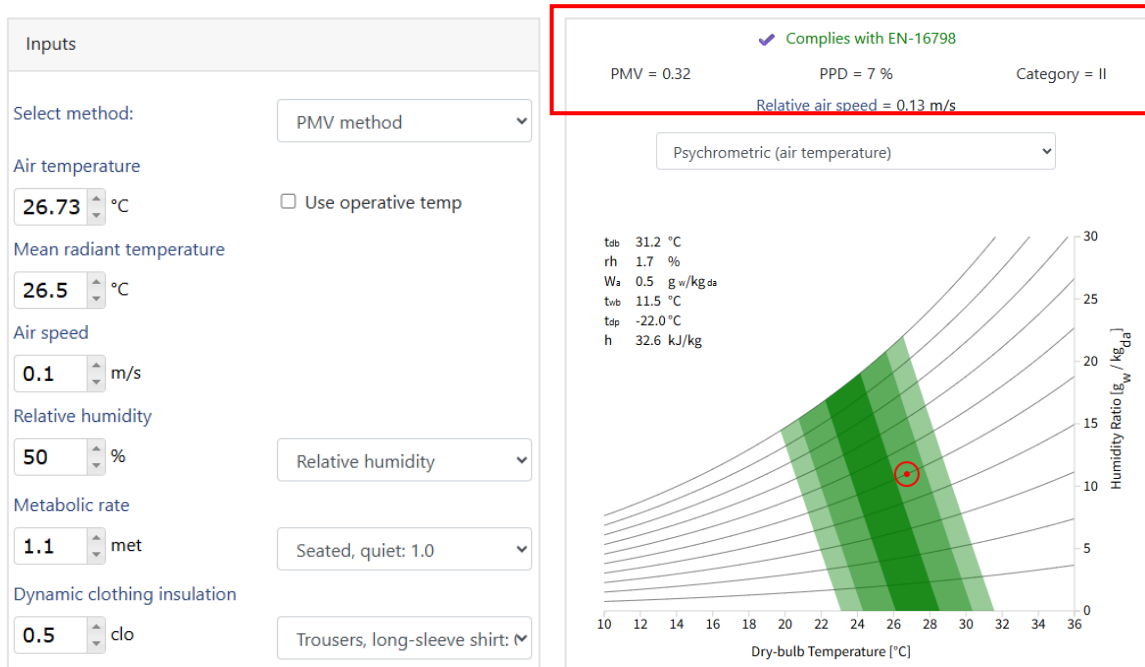


최종 선정- High Sidewall SA + Floor RA

선정 근거

- 거주역 중심 기류 형성 및 우수한 환기효율 확보 - 측벽 수평 제트를 통해 Grand Stair 재실영역 중심 circulation 형성, Ceiling SA 대비 낮은 평균 공기령
- 커튼월 plume 영향 완화 - 측벽 제트의 Coanda effect 기반 부착유동에 의해 커튼월 인접부 상승 열기류(plume)의 재실영역 침투가 일부 억제, 추가 설비 필요 X
- 안정적인 열환경 및 설계 기준 만족 - Ceiling SA 대비 재실영역 온도 균일성이 향상되었으며, 실 평균온도 25.85°C, 거주역 기류속도 0.03-0.25m/s 범위로 thermal comfort 및 draft criterion 대부분 만족

다만 z=-1.75 단면 착석자의 경우, 온도 평균 26.73°C 상대적으로 높은 거주자 평균온도가 나타나, 해당 위치에 대해 추가적인 쾌적성(PMV, EDT, DR) 평가를 수행하여 열쾌적 허용 범위 만족 여부 검토



Thermal Comfort Analysis & Conclusion

- PMV**(인체 전체 열쾌적성) - PMV=0.32로, 전체 thermal comfort는 acceptable
- EDT**(온도, 기류속도 기반 쾌적 평가) - EDT=1.34°C로, -1.7°C ~ 1.1°C 약간 초과
- DR**(국부 기류로 인한 불쾌감) - DR=11.6%로, draft discomfort는 낮은 수준

$$EDT = (T_x - T_c) - 8(U_x - 0.15)$$

$$DR = (34 - T_a)(V - 0.05)^{0.62}(0.37VI + 3.14) \quad I = \frac{\sqrt{\frac{2}{3}k}}{V}$$

z=-1.75 구역은 디퓨저 직하부 재순환으로 인해 상대적으로 온도·공기령이 불리하나 허용 범위 내이기에 추가 방안 검토 X



High Sidewall SA + Floor RA는 우수한 환기효율 및 열쾌적성을 확보하여 최적 급기 방식으로 선정하였다.



PART FOUR

04

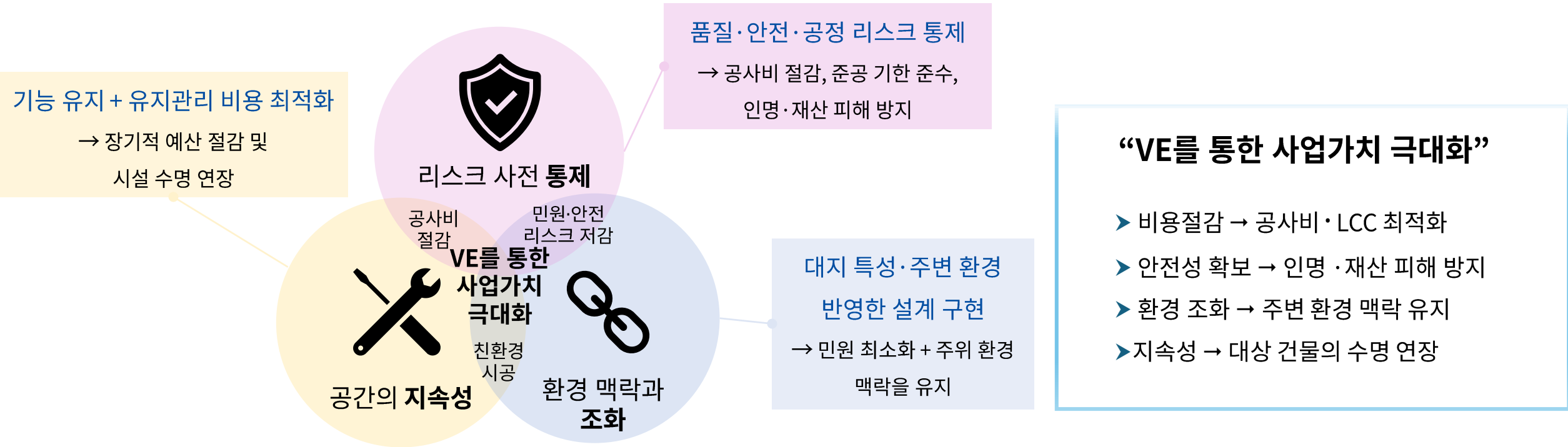
건설사업관리 계획

공간에 가치를 더하다

건설사업관리 비전 및 목표



건설사업관리 목표



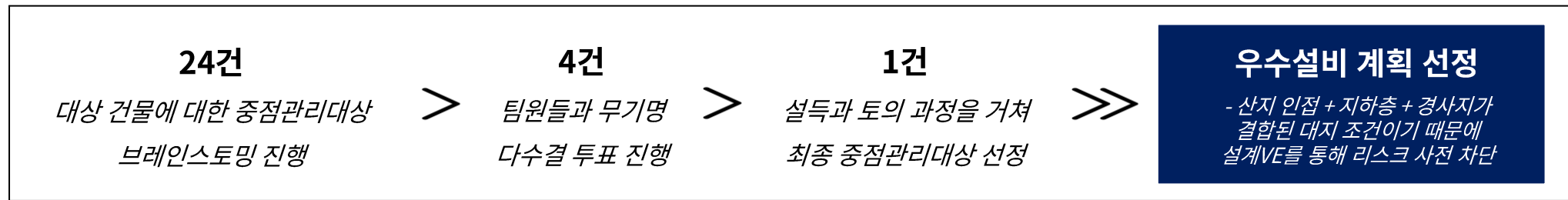
VE 3단계 프로세스



VE 준비단계: 중점관리대상 선정



중점관리대상 선정 과정



중점관리대상 현황 분석

MUST 법규 의무	SITE 입지 리스크	POLICY 정책의 흐름
<ul style="list-style-type: none"> - 학교 시설물 중 지붕면적 1,000㎡ 이상인 건축물은 빗물이용시설을 의무적으로 설치·운영해야 함. * 	<ul style="list-style-type: none"> - 산지 인접 대지의 경우, 외부 유입수 차단, 토사 유입 저감 등 우수설비 선제 검토가 필요함. * - 산지 인접 대지의 경우, 집중호우 시 집수정·우수관로의 순간 처리용량 초과 우려 등 이물질 유입 시 배수시설 막힘 및 침수 리스크가 확대됨. ** 	<ul style="list-style-type: none"> - 기후변화의 영향으로 집중호우 및 극한 강우 발생 가능성이 증가하고 있음. * - 서울시는 도시화로 인한 불투수층 증가 및 돌발성 집중강우 발생빈도 증가에 대처하고자, 우수저류시설 설치 사업을 진행 중에 있음. **

* 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제8조 및 시행령 제10조

* 행안부 「지하공간 침수 방지를 위한 수방기준」
** KCI 「산지사면 토양침식 유출물의 입도 특성에 대한 연구」

* 기상청 「한국 기후위기 평가보고서 2025」
** 서울시 「빗물저류조 설치사업」

VE 준비단계: 중점관리대상 원안 분석



원설계안 및 설계 과정

*자연유하 + 강제배수 → 공공하수도 전량 방류



강우 / 유입원	수집부	이송부	집수·배출부	공공하수도
<ul style="list-style-type: none"> 산지 유입 ≈ 20,000 m² 옥상 ≈ 1,600 m² 지표면 ≈ 2,470 m² 	<ul style="list-style-type: none"> 산지: U형 측구 옥상: 루프 드레인 단차: 카프 드레인 	<ul style="list-style-type: none"> 우수 수직관 (PE) PE 이중 벽관 1.0% 자연유하 	<ul style="list-style-type: none"> 집수정 (지하 최하층) 우수 배수 펌프 배수 맨홀 	<ul style="list-style-type: none"> 지자체 우수관로 우수 재이용(조경수) 잔량 방류
합계 A ≈ 2.4 ha	표면 집수	지하 매립 이송	강제 양수	재이용 및 최종 방류

설계 우수량 산정

KDS 31 30 35 기준 및 유량 산정 합리식 사용

$$Q = (1/360) \times C \times I \times A \quad (m^3/sec)$$

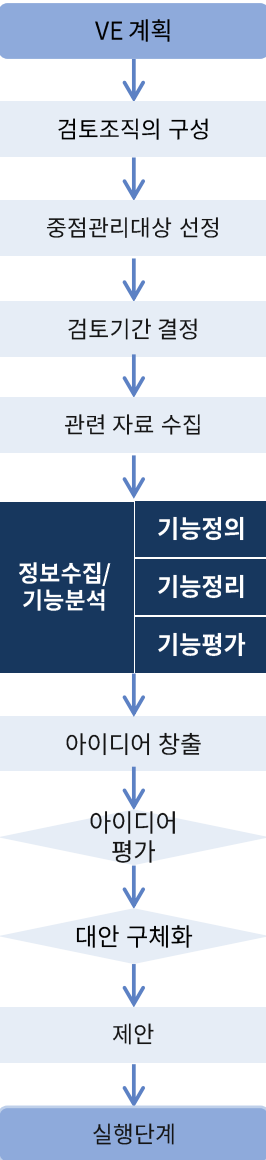
I (강우 강도)	5,120/(10+34)	116.36 mm/hr
C (유출계수)	산지·포장면 혼합	0.70 ~ 0.85
A (배수면적)	산지·옥상·지표 합산	2.4 ha

설계 Q = 0.66 m³/sec (보수적 최댓값 채택)

원안 선정 부재

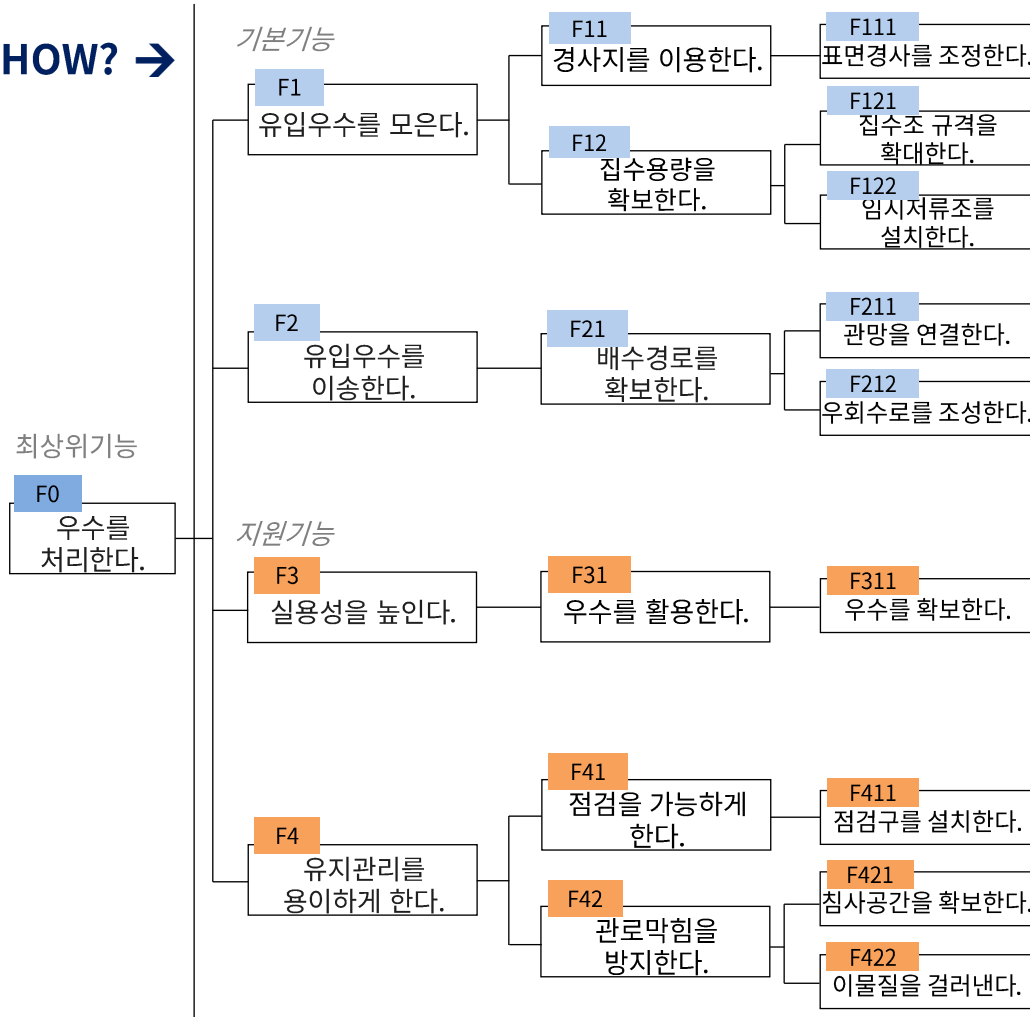
부재	규격	설치 위치	수량 / 비교
U형 측구	400×400×60 mm	산지 사면	L=60m
PE 이중벽관	D=400mm	지하 매립	S=1.5%
HDPE관	D=35mm		S=1.0%
수중 펌프	40A, 0.37kW	저류조 내 설치	Qout=0.1 m ³ /s
루프 드레인	D=100mm	옥상	4EA
집수정	2000×1800×1800H	지하 최하층	2EA
저류조	5000L	지하 매립	1EA
스프링클러	D=35mm	지면	10EA

VE 분석단계: 기능 분석 및 핵심 기능 도출



FAST Diagram

HOW? →



← WHY?

기능평가

1차 개략평가-QEM

- 아이디어 발상이 쉬운가?/시공 시 예상되는 문제점은 없는가?/비용이 절감되는가?/기능의 중요도는 높은가? → 4개의 기준
- 19개의 기능 중 상위 6개 채택

2차 상세평가-FD

상세평가(FD) : QEM 채택 기능 상호비교									
기능번호	기능정의	F311	F422	F42	F4	F2	F11	합계	순위
F422	이물질을 걸러낸다		1	0	1	1	1	4	1
F311	우수를 확보한다	0		1	1	1	1	4	1
F42	관로막힘을 방지한다	1	0		1	0	1	3	2
F4	유지관리를 용이하게 한다	0	0	0		1	1	2	3
F2	유입우수를 이송한다	0	0	1	0		1	2	3
F11	경사지를 이용한다	0	0	0	0	0		0	4



“이물질을 걸러낸다”

“우수를 확보한다”

VE 분석단계: 아이디어 평가



최종 아이디어 선정을 위한 평가 진행

기능1 이물질을 걸러낸다.

번호	아이디어	안전성	실현성	내구성	이용 쾌적성	초기 투자비	채택
1-IE-1	우수는 통과시키고 토사·낙엽을 걸러낸다.	○	○	○	△	△	✓
1-IE-2	산지 토사 유실을 줄인다.	○	△	△	△	X	-
1-IE-3	토사를 침전시킨다.	○	○	△	△	△	-
1-IE-4	토사·모래를 포집한다.	○	△	△	△	△	-
1-IE-5	퇴적물을 배출될 수 있게 한다.	○	△	△	○	△	-
1-IE-6	관로 내 압력 균형을 유지한다.	○	△	△	X	△	-
1-IE-7	관로 선형을 단순화한다.	△	△	△	X	△	-
1-IE-8	관로 내 생물학적 부착물 형성을 억제한다.	△	X	△	△	X	-
1-IE-9	관 내면 퇴적물 부착을 줄인다.	○	△	△	△	△	-

기능2 우수를 확보한다.

번호	아이디어	안전성	실현성	내구성	이용 쾌적성	초기 투자비	채택
2-IE-1	옥상 빗물받이에 우수를 보관한다.	△	△	△	△	△	-
2-IE-2	저류조에 우수를 보관한다.	○	○	○	△	△	✓
2-IE-3	개방형 연못에 우수를 보관한다.	△	○	△	△	△	-
2-IE-4	땅속에 침투시켜 우수를 보관한다.	○	△	○	△	X	-
2-IE-5	지붕·옥상에서 집수한다.	△	○	○	△	△	-
2-IE-6	지표면에서 집수한다.	△	○	△	△	△	-
2-IE-7	아스팔트(불투수면)에서 집수한다.	△	○	△	△	△	-

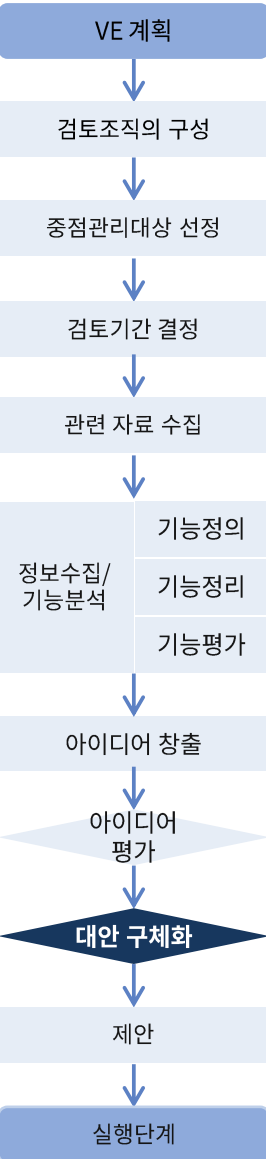
*○: 우수
△: 보통
X: 해당사항 없음

✓ 아이디어 평가 결과 중, X가 없고 O가 3개 이상인 아이디어를 선정

✓ 선정 아이디어: **(1-IE-1) 우수를 통과시키고 토사·낙엽을 걸러낸다.**


✓ 선정 아이디어: **(2-IE-2) 저류조에 우수를 보관한다.**

VE 분석단계: 아이디어 및 대안 구체화




<아이디어 1>
우수는 통과시키고 토사·낙엽을 걸러낸다.

원안: 기본 집수정



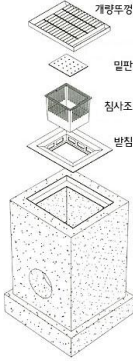
- 개요: 우수가 모이는 곳에 집수를 위해 설치
- 특징: 여과 기능 없음, 초기비용 저렴
- 선정 근거: 초기비용 저렴

대안 1: 스크린 집수정



- 개요: 집수정 유입부에 스크린 설치
- 특징: 수작업 청소가능, 관거 유입 이물질 감소
- 선정 근거: 협잡물 유입 과다 대응

대안 2: 포켓형 침사조



- 개요: 집수정 상부에 포켓 침사조 설치
- 특징: 토사 침전 면적 확대, 청소 주기 연장 적용
- 선정 근거: 산지 유입 세립토·토사 집중 처리 가능


<아이디어 2>
저류조에 우수를보관한다.

원안: 지하 콘크리트 저류조




- 개요: 우수가 모이는 곳에 저류를 위해 설치
- 특징: 내구도 높음, 노무비 과다
- 선정 근거: 내구도 높음

대안 1: 지하 폴리에틸렌 저류조



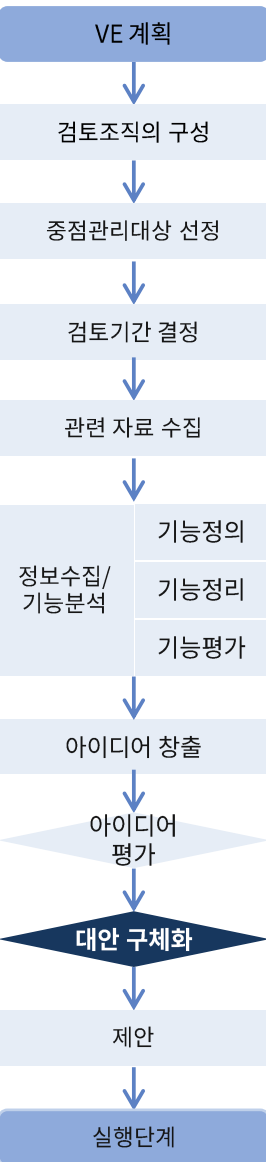
- 개요: 공장 제작 PE 탱크 지하 매설
- 특징: 조립식 시공으로 공기 단축, 노무비 절감
- 선정 근거: 품질 균일성 확보

대안 2: 지상 저류조



- 개요: PE 탱크 지상 설치
- 특징: 설치 간편, 초기비용 최소
- 선정 근거: 유지보수 접근성 우수

VE 분석단계: 40년 생애주기주비용(LCC)분석



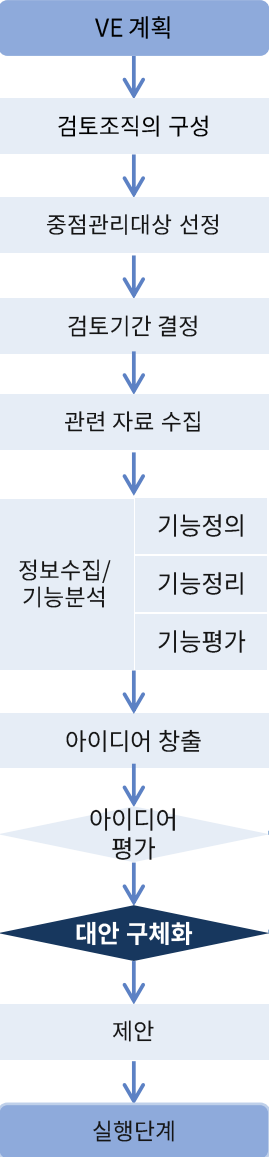
VE 대상 1: 협잡물 유입 저감 장치

내용 내용년수: 40년 할인율: 3% (단위: 천 원)	원설계안	대안1	대안2
	기본 집수정	스크린 집수정	포켓형 침사조
1. 초기투자비	1099	1227	160
2. 보수교체비	945	506	323
3. 연간비용	54320	44612	57787
4. 생애주기비용(1 + 2 + 3)	56364	46345	58620
5. 생애주기비용 증감액	-	▼ 10019	▲ 2256

VE 대상 2: 우수 보관 저류조

내용 내용년수: 40년 할인율: 3% (단위: 천 원)	원설계안	대안1	대안2
	지하 콘크리트 저류조	지하 폴리에틸렌 저류조	지상 저류조
1. 초기투자비	8718	7928	1648
2. 보수교체비	3592	6820	1508
3. 연간비용	29909	20641	34672
4. 생애주기비용(1 + 2 + 3)	42219	35389	37828
5. 생애주기비용 증감액	-	▼ 6830	▼ 4391

VE 분석단계: VE 가치 분석 및 최종 대안 채택



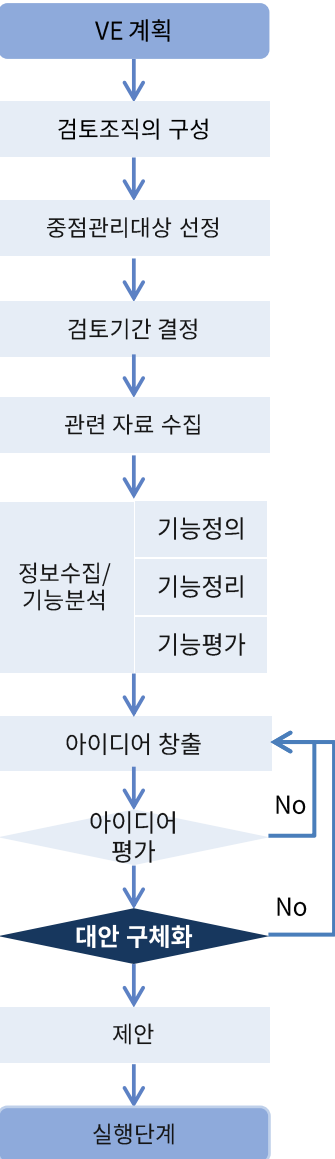
VE 대상 1: 협잡물 유입 저감 장치

구분	원안	대안1	대안2
	기본 집수정	스크린 집수정	포켓형 침사조
기능 총합 [F]	103	112	105
원안 대비 기능 향상도	-	▲ 8.7%	▲ 1.9%
성능 분포표			
LCC 합계(천 원)	56364	46345	58620
증감액(천 원)/증감율	-	▼ 10020 / ▼ 12.4%	▲ 2256 / ▲ 4%
생애주기비용 비율 [C]	1	0.82	1.04
가치 점수 [V = F/C]	103	136.6	100.9
원안 대비 가치 향상도	-	▲ 32.6%	▼ 2%
가치 향상 유형	-	가치혁신형	-
가치향상도 비교			

VE 분석단계: VE 가치 분석 및 최종 대안 채택



VE 대상 2: 우수 보관 저류조

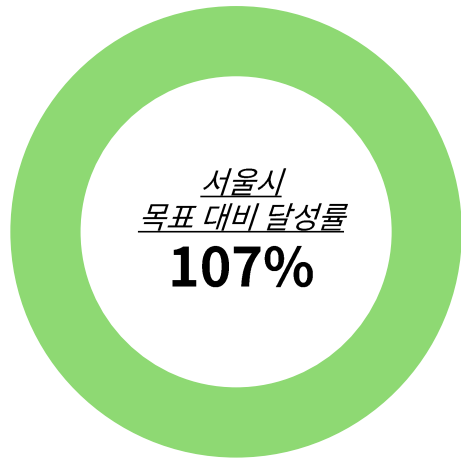


구분	원안	대안1	대안2
	지하 콘크리트 저류조	지하 폴리에틸렌 저류조	지상 저류조
기능 총합 [F]	110	119	105
원안 대비 기능 향상도	-	▲ 8.2%	▼ 4.5%
성능 분포표			
LCC 합계(천 원)	42219	35389	37828
증감액(천 원)/증감율	-	▼ 6830 / ▼ 16.2%	▼ 4391 / ▼ 10.4%
생애주기비용 비율 [C]	1	0.84	0.9
가치 점수 [V = F/C]	110	141.7	116.7
원안 대비 가치 향상도	-	▲ 28.8%	▲ 6.1%
가치 향상 유형	-	가치혁신형	비용절감형
가치향상도 비교			

VE 실행단계: 대외 정책 부합성 및 BIM 기술 검증



서울시 정책 부합성 검토



- 서울시는 '건강한 물순환도시 조성 조합계획'을 수립, 2050년까지 연 평균 강수량의 40%인 620 mm를 저류해 관리해 나간다는 목표를 추진
- 서울시가 목표로 하는 부지 단위 저류량
= 부지면적(m²) × 연간 목표 관리 강수량(m/년)
= 1686 m³/년
- 본 사업 저류 가능량 = 1812 m³/년

간섭 검토 및 설계 수정

*공차는 0.01m로 설정

1

우수설비와 지하층 바닥 사이의 간섭 검토

2

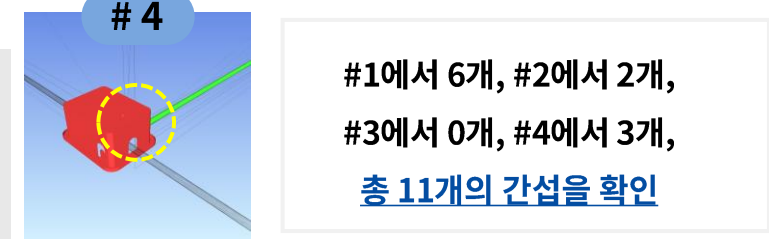
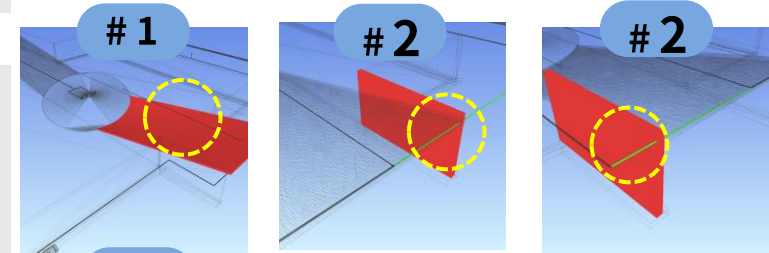
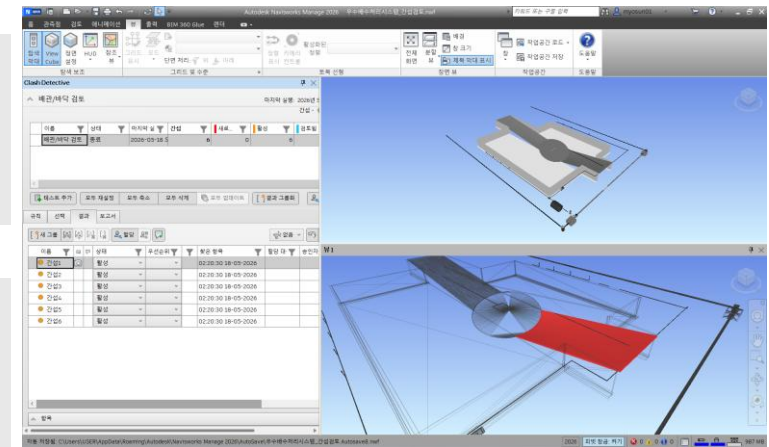
우수설비와 지하층 외벽 사이의 간섭 검토

3

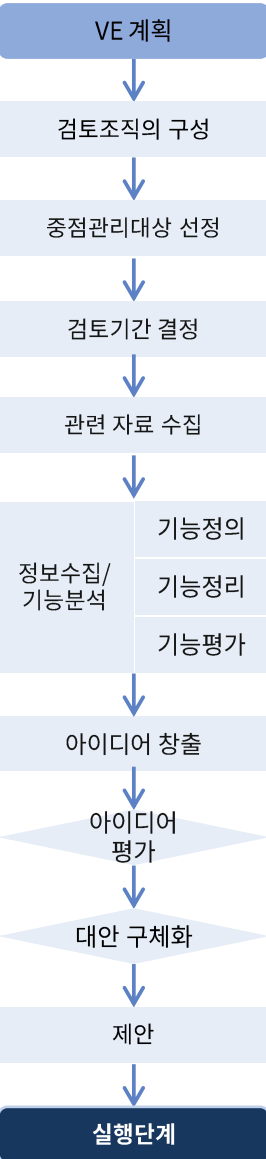
우수설비와 기초 사이의 간섭 검토

4

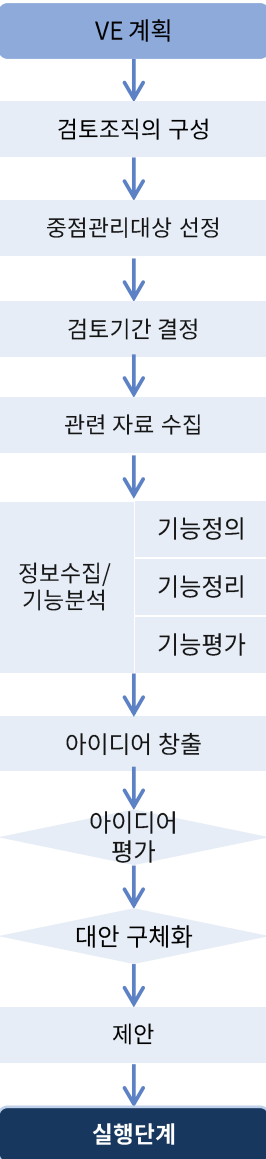
우수설비 간의 간섭 검토



#1에서 6개, #2에서 2개,
#3에서 0개, #4에서 3개,
총 11개의 간섭을 확인



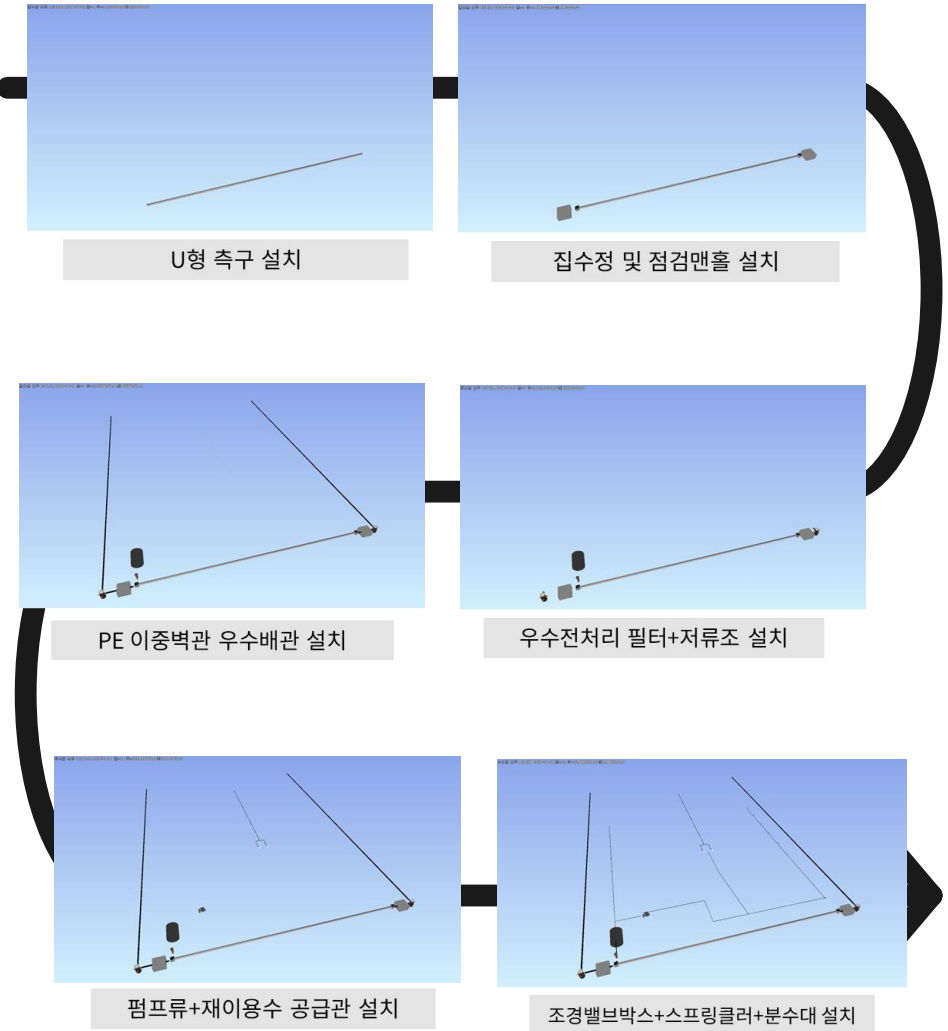
VE 실행단계: 5D BIM 기반 시공 및 자재 계획



재료 단가 선정

No.	분류	재료	단가(원)	수량	단위	금액(원)
1	기계장비	수중 펌프: 40A, 0.37kW	1,600,000	1	개	1,600,000
2	기계장비	양정 펌프: 100A, 55kW	5,200,000	1	개	5,200,000
3	기계장비	우수 전처리 필터: 200A_W550xH1050	800,000	1	개	800,000
4	맨홀	점검맨홀: PE_D800xH1500	800,000	2	개	1,600,000
5	배관 밸브류	조경밸브박스: 550x420x300	75,000	1	개	75,000
6	배관 부속류	Elbow - Generic: Standard	8,000	24	개	192,000
7	배관 부속류	Tee - Generic: Standard	5,000	11	개	55,000
8	배관 부속류	Transition - Welded - Generic: Standard	20,000	25	개	500,000
9	스프링클러	분수스프레이노즐: 20A_135도	300,000	1	개	300,000
10	스프링클러	조경용 스프링클러: 로터형_D35	60,000	10	개	600,000
11	측구	U형 측구: 1000x250x300, D200	30,000	40	개	1,200,000
12	드레인	바닥드레인: 40A	30,000	2	개	60,000
13	배관	HDPE관 (Ø25.0 mm)	9.0	5,928	mm	53,352
14	배관	HDPE관 (Ø40.0 mm)	9.0	196,515	mm	1,768,635
15	배관	이중PE벽관 (Ø200.0 mm)	7.9	231,332	mm	1,827,523
16	저류·집수조	우수 저류조: 5000L	6,300,000	1	개	6,300,000
17	저류·집수조	우수받이: 600x600, 200A	70,000	2	개	140,000
18	저류·집수조	스크린집수정: 2000x1800x1800H	1,600,000	2	개	3,200,000
총 금액						25,471,510

중점관리대상의 공정 과정



결론



어찌고저찌고....

어찌고저찌고....



어찌고저찌고....

어찌고저찌고....

팀 소개



감사합니다
Q&A



팀장 김사랑



팀원 김묘선



팀원 김규태



팀원 김난화