



20
23

건축공학 종합설계

[서대문 서울시립도서관 건립사업]



1조 | 팔방미남

강민수 강진석 김태형 사재평
이상빈 채주용 최민준 한동훈

CONTENTS

Part 1

건축계획 04

Part 2

구조계획 14

Part 3

환경설비계획 27

Part 4

시공관리계획 39

Part 5

결론 63

팀 소개

Introduction



팔방미남

'건축 여러 방면에 능통한 사람들이 모여
최고의 설계를 이루어내다.'

Leader



강진석

Member



강민수



김태형



사재평



이상빈



채주용



최민준



한동훈

Supporter



박상준



이승의



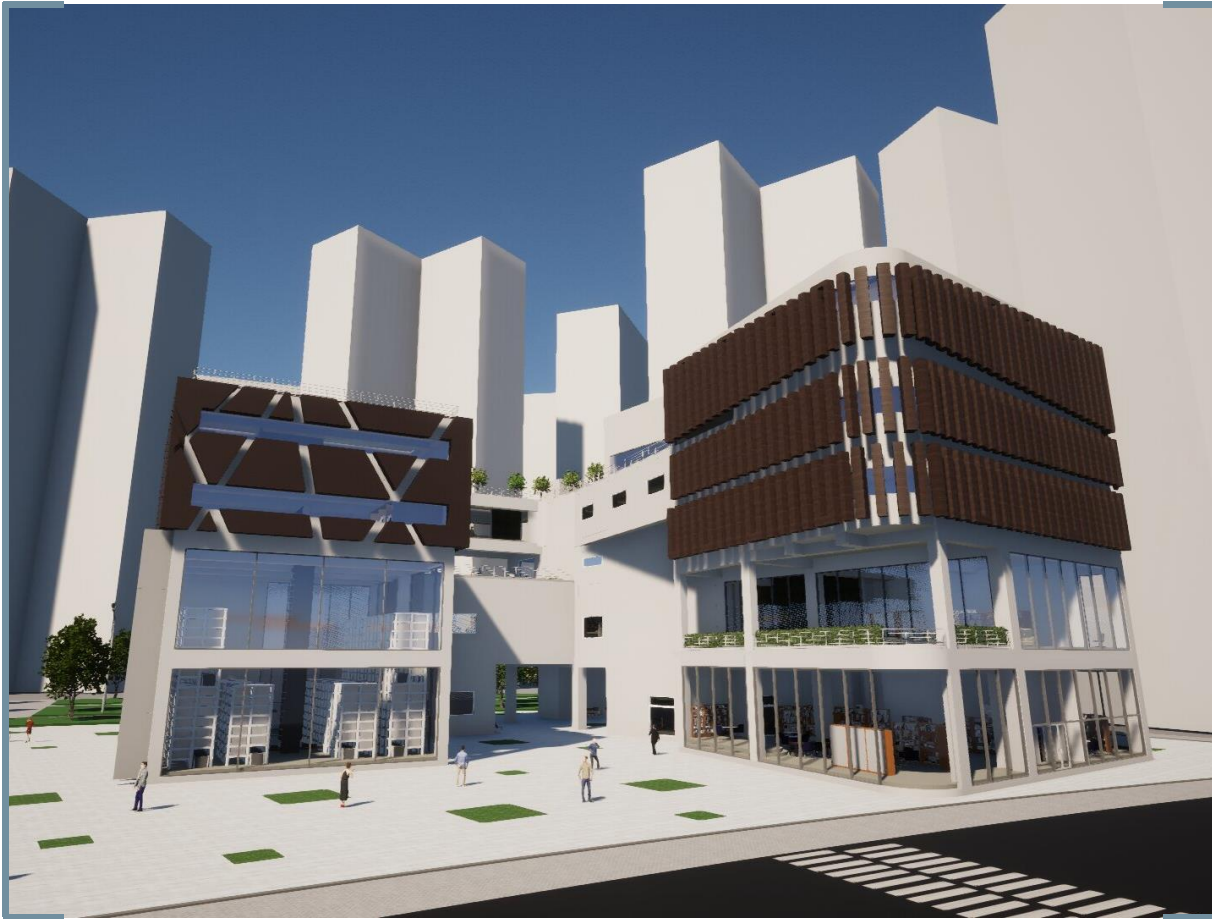
이서영



주예진

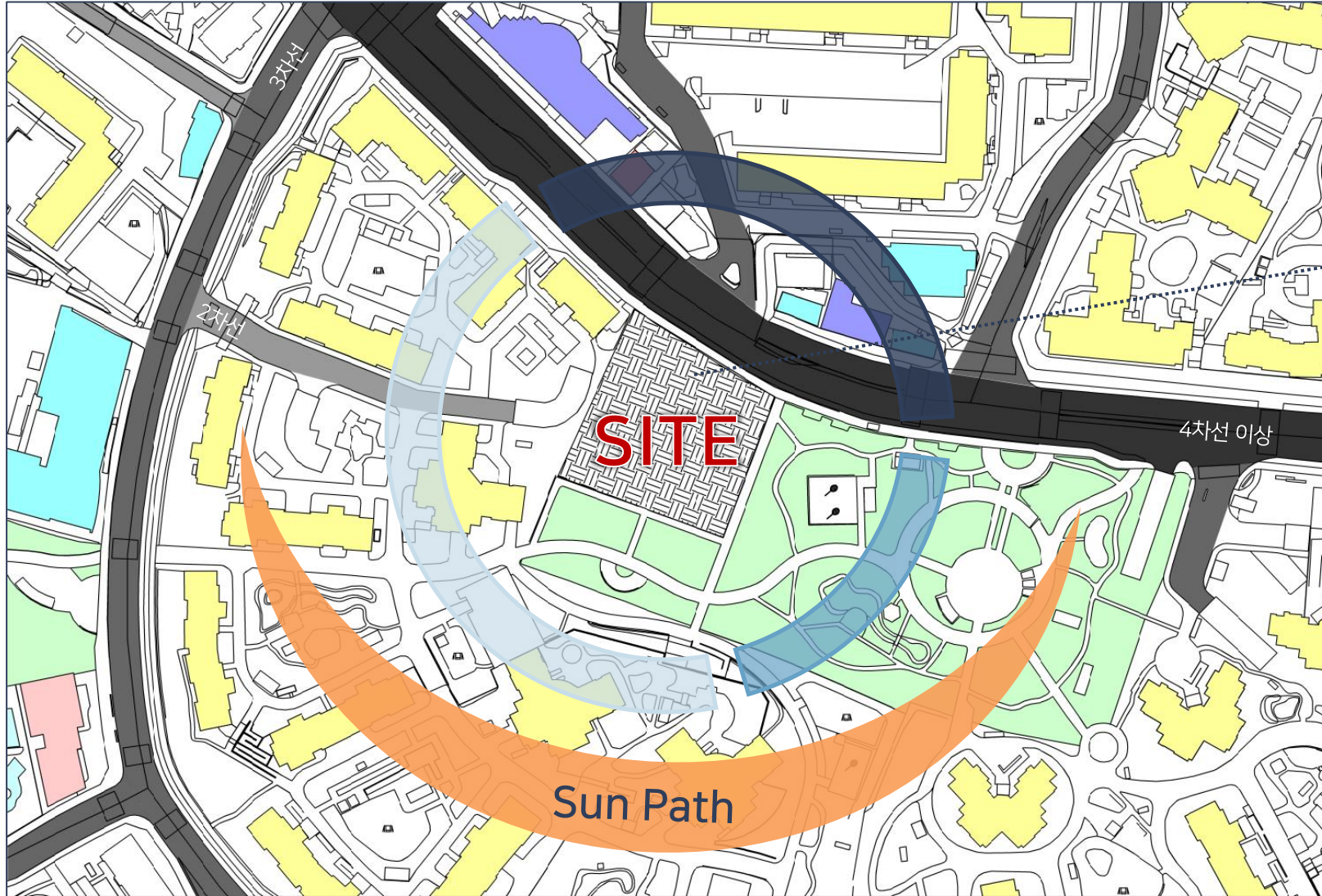
건축계획 Architectural Design

5	건축물 개요	9	매스
6	프로젝트 분석	10	조닝
8	컨셉 & 목표	11	스페이스 프로그램



구분	내용
사업명	서대문 서울시립도서관 건립사업
대지위치	서울특별시 서대문구 북가좌동 479
대지면적	3,486.8m ²
지역지구	재정비촉진지구(가재울), 제2종일반주거지역
건물용도	교육연구시설(도서관)
시설규모	지상 5층 / 지하 1층
연면적	5,793.8m ²
건축면적	1,583.2m ²
건폐율	45.4%
용적률	166%
최고높이	26m
구조형식	철근콘크리트조

사이트 분석



- 최대 4m 고저차 존재
- 북측 도로로 인한 소음
- 주변에 가재울 공원
- 학교 등 공공시설물 다수 존재

- 아파트(주택)
- 교육기관(학교, 학원)
- 공공기관
- 종교시설
- 공원 및 녹지



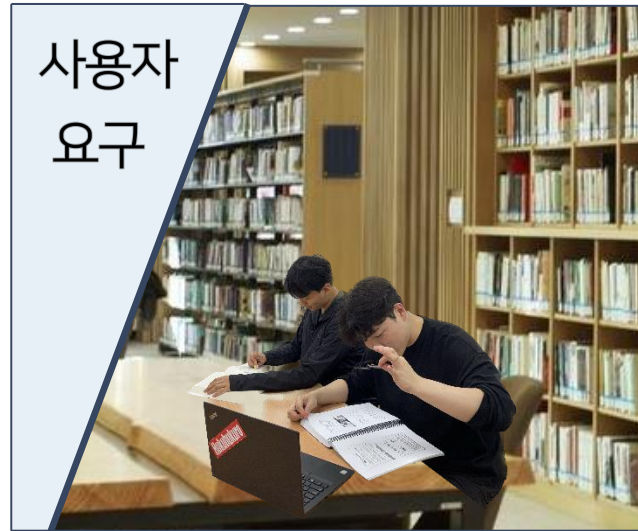
사업 분석

서대문 서울시립도서관 건립 프로젝트



발주자
요구

서울시 최초 공립 디지털 도서관



사용자
요구

빠르게 변화하는 현대사회는
도서관에 무엇을 요구하는가?

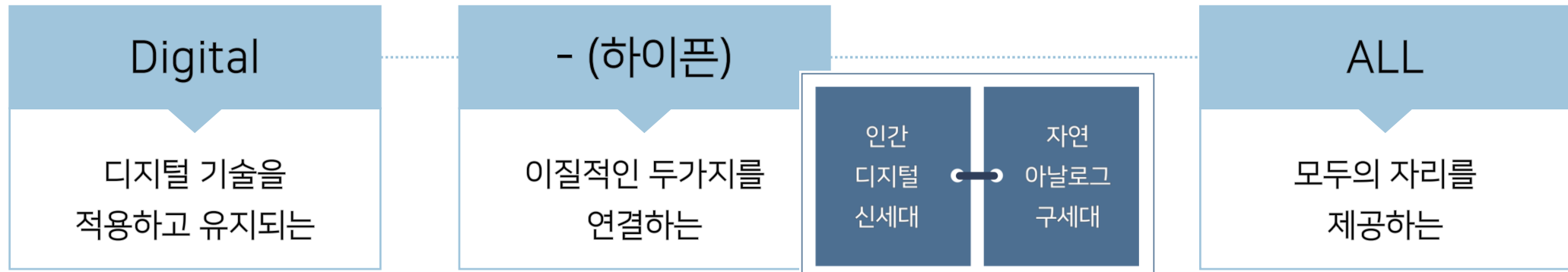


설계자
의도

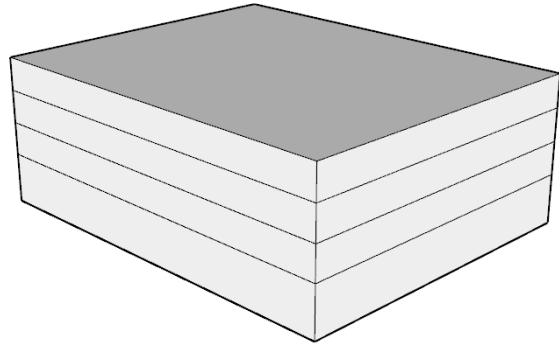
우리는 이 도서관에
어떤 기능을 부여하고 싶었는가?



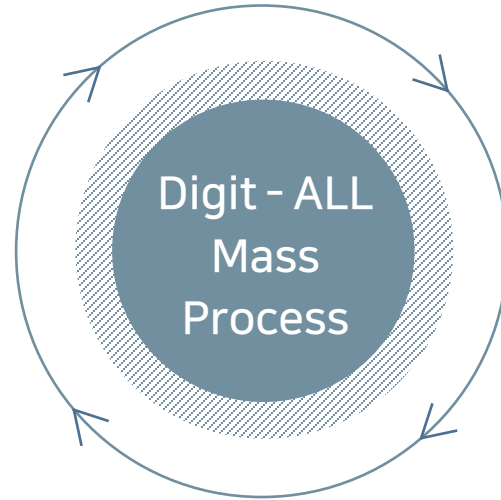
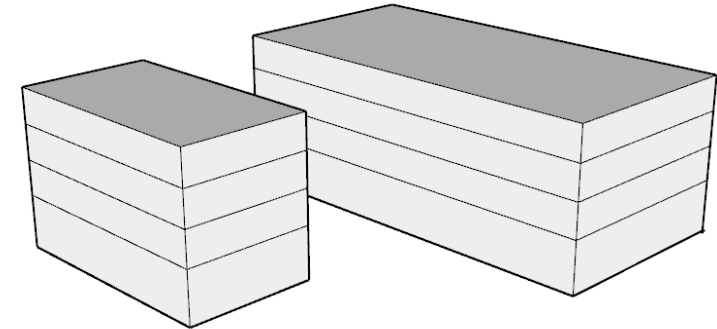
디지털적 요소를 적용하여 연결함으로써 모두가 이용 가능한 공간 형성



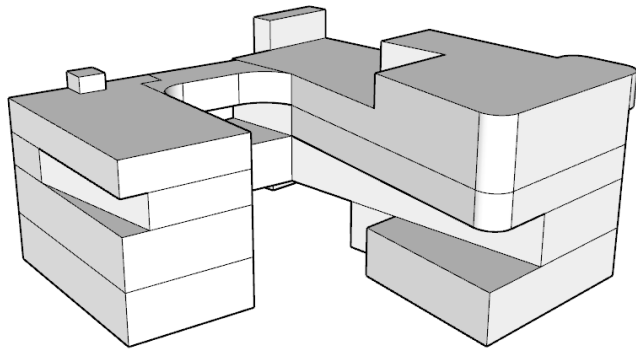
01 Digit - ALL Start



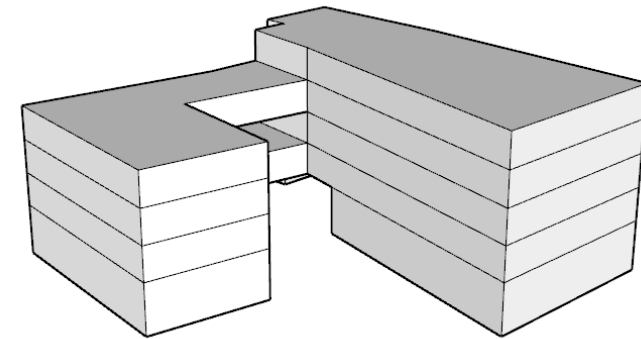
02 Digital 동과 Analog 동 분리

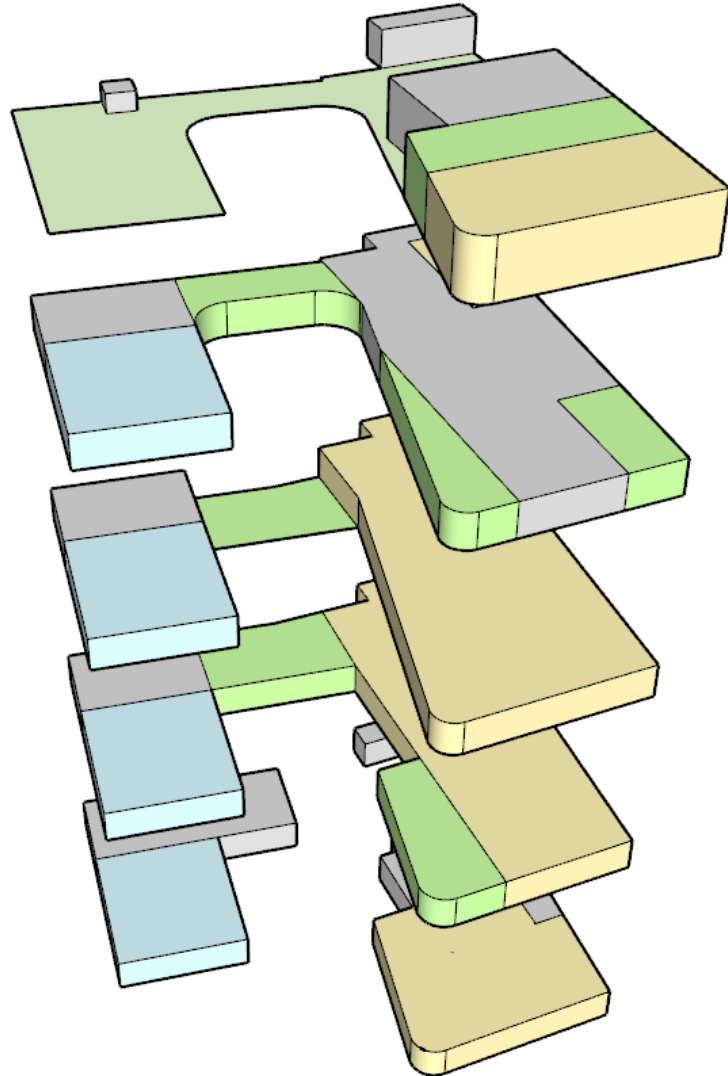


04 테라스, 입면 등 세부 건축계획 고려



03 Digit - ALL 연결 (-)



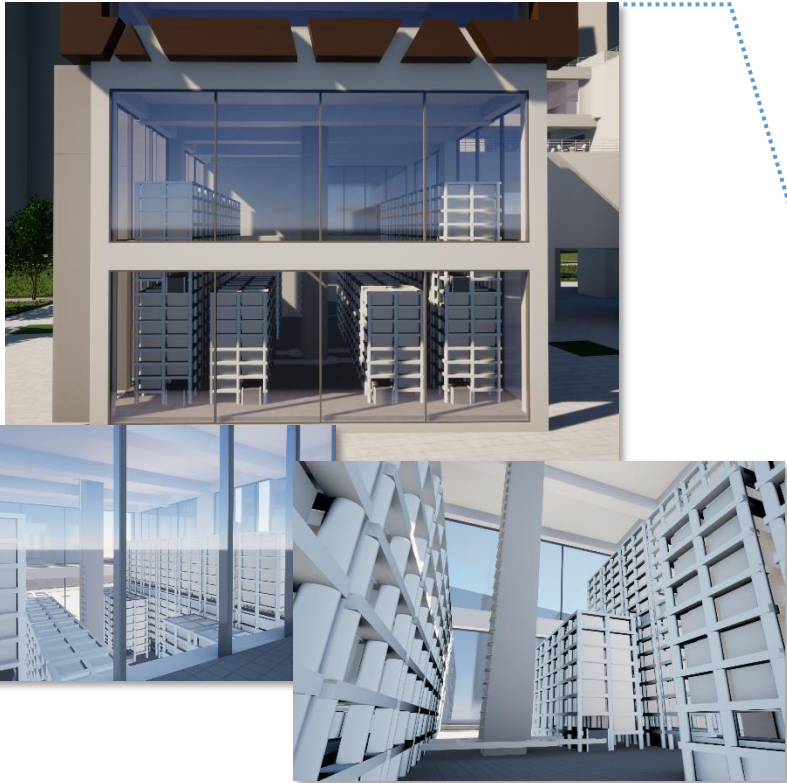


Zoning

공간의 주기능 및 건축컨셉에 따라
Digital, "-"(Connect), ALL 3가지 Zone으로 분류

<p>Digital 디지털</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 첨단 디지털 기술을 도입, 적용 • 서울시 최초의 디지털 도서관 • 문화, 독서의 디지털화 지원
<p>(Connect) 연결</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 디지털과 아날로그의 연결 • 자연과 인간의 연결 • 분리된 매스의 연결
<p>ALL 모두</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 연령, 성별, 장애의 구분 없이 모두를 포용 • 독서, 교류, 화합 모두가 가능한 공간

자동화서고



- 디지털 서고 시각적 효과 제공
- 스마트 열람실과 연계
- 사용자에게 편안함 제공

사잇길

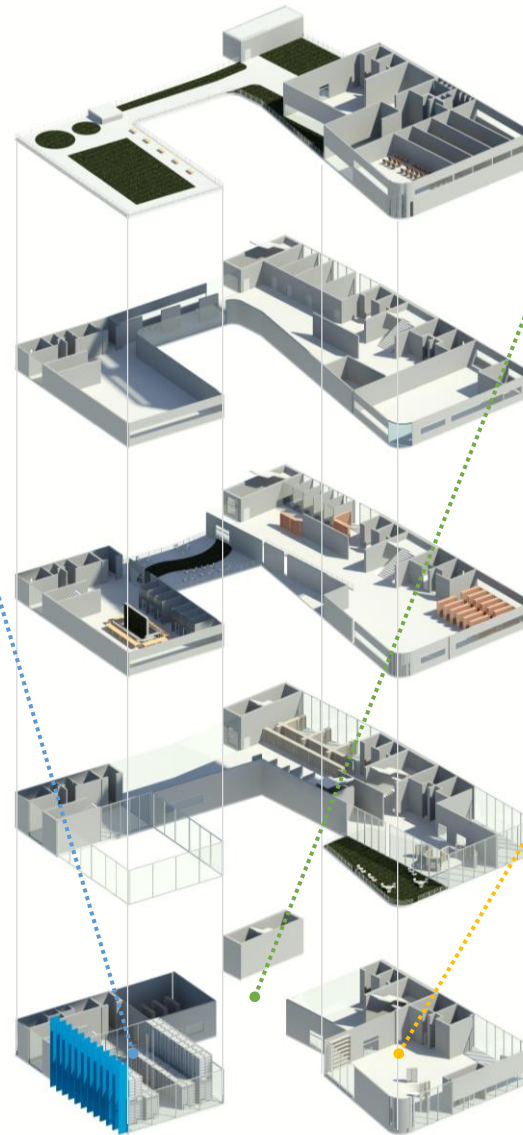


- 주변 공원과의 연결
- 동선 유도 및 흥미 유발

북카페



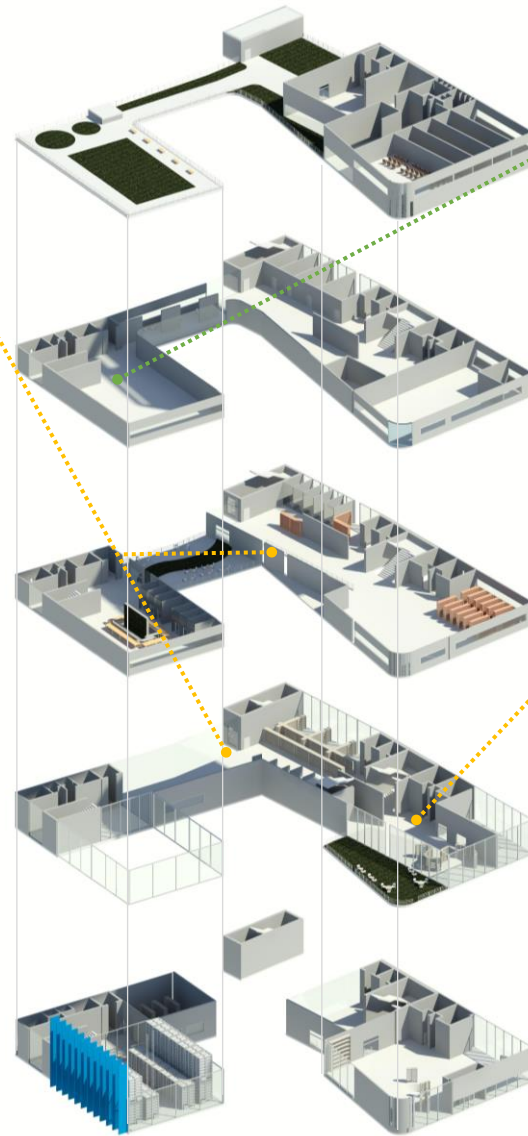
- 이용객 및 지역주민이 모두 소통할 수 있는 공간



메인 열람실



- 아날로그 도서 열람이 가능한 공간
- 계단 열람실로 가변적 기능 제공



멀티미디어실



- 도서 이외의 음악, 영화 등 복합문화활동을 제공하는 공간

어린이 열람실

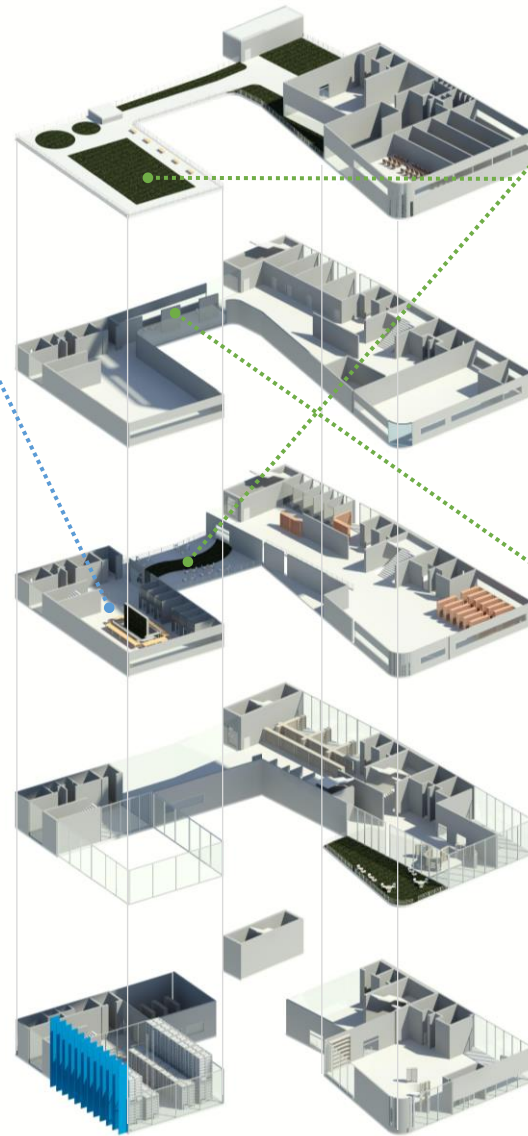


- 영유아의 자리를 제공
- 주변 부모라운지 배치로 안전함 제공

스마트 열람실



- Smart Booth로 맞춤형 독서경험 제공
- 디지털 북레일 설치로 자동화서고와 연계



마주침공간



옥상정원



- 주변 녹지와 건물의 연결
- 독서 중 휴식할 수 있는 전망 제공
- 디지털 건물에 아날로그적 요소 제공

이음다리

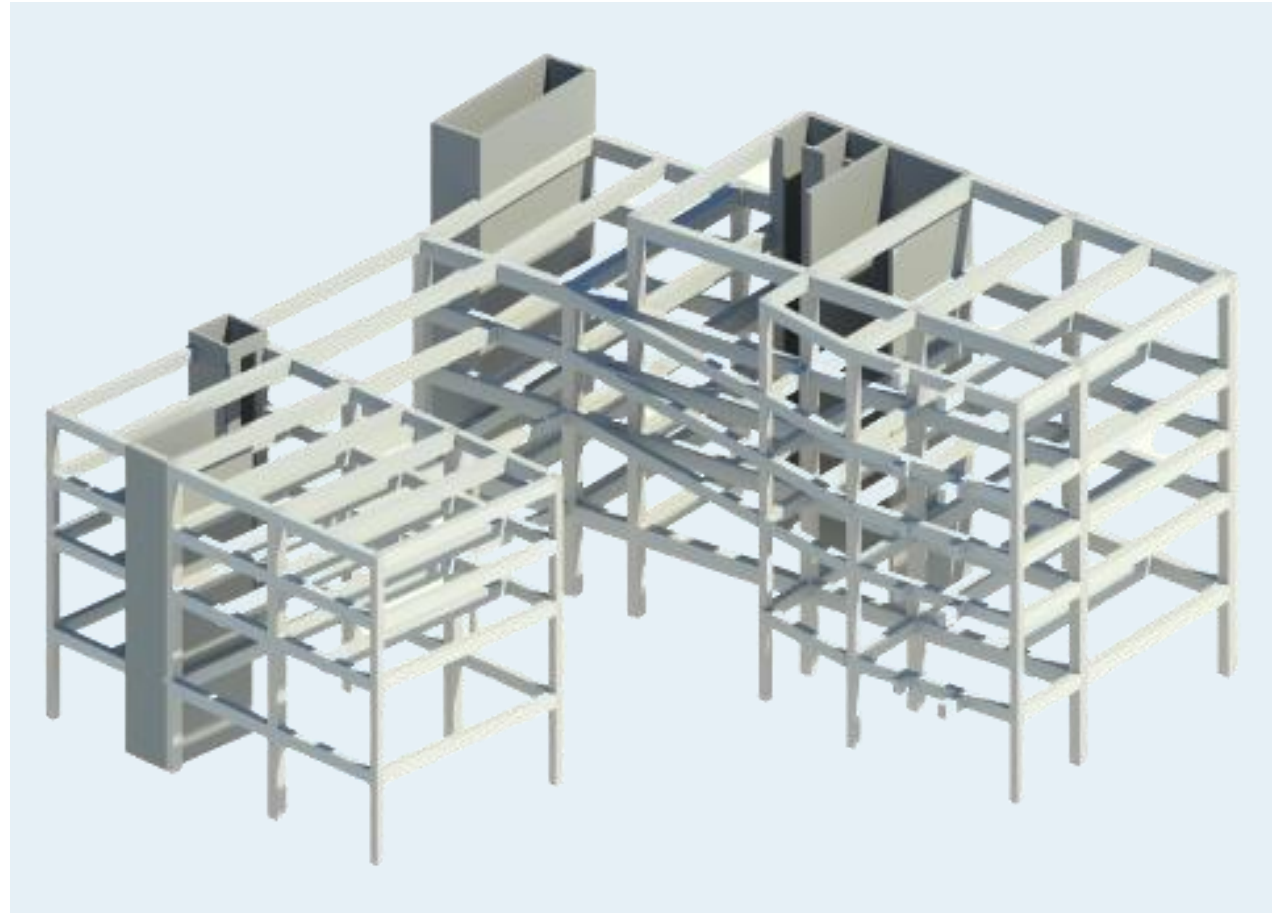
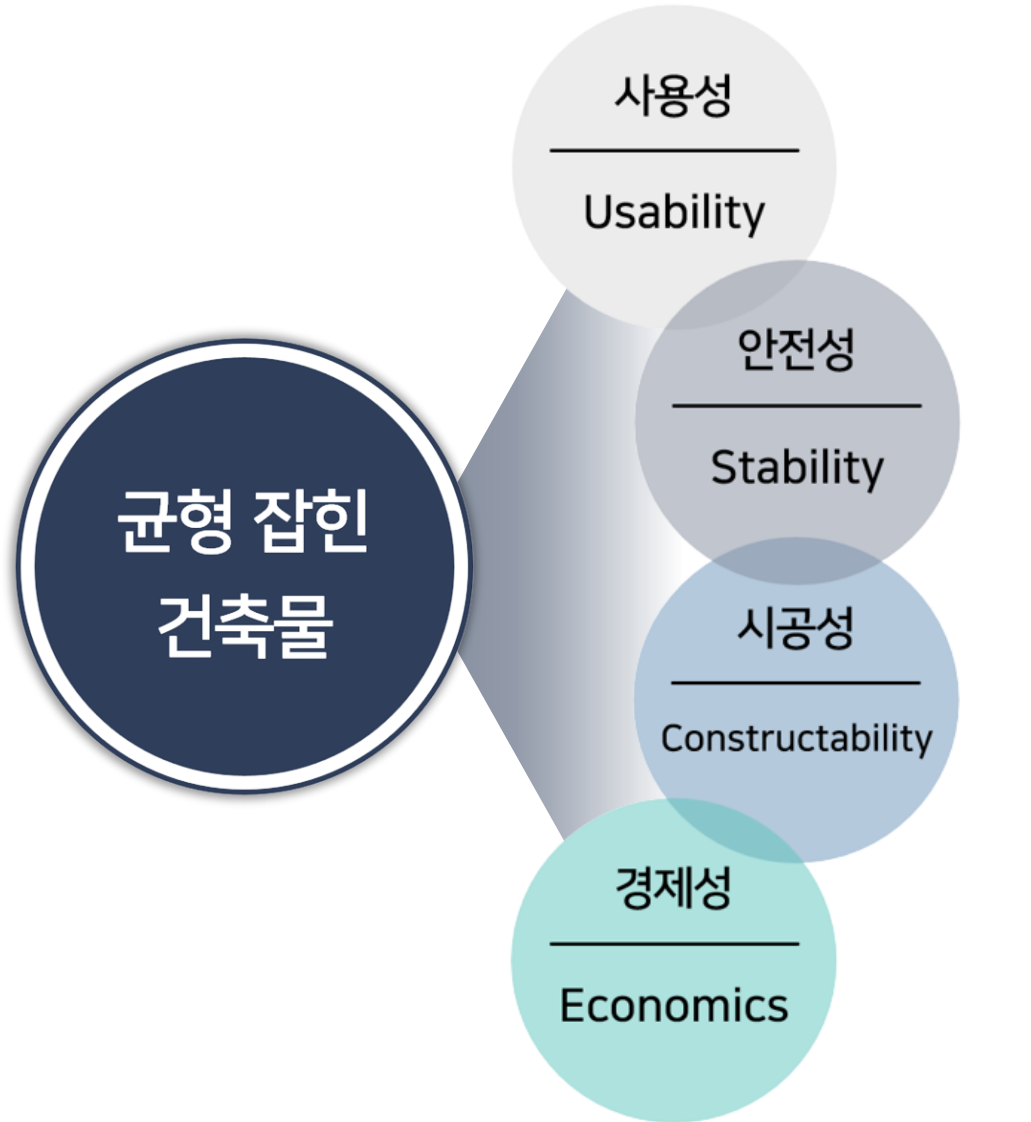


- 디지털과 아날로그의 연결
- 분리된 매스의 연결

구조계획 Structural Design

15	구조 목표	21	부재 설계
16	구조 시스템	23	부재 검토
17	구조 해석	25	부재 일람표
20	부재력 계산	26	결론

구조 목표

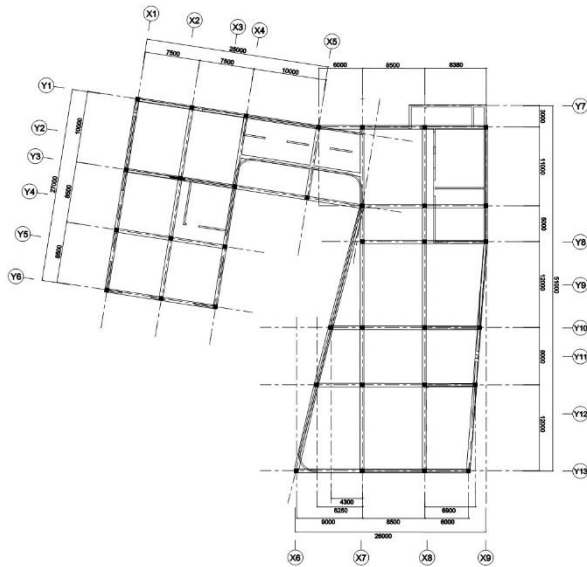


구조 시스템

RC 구조 ▪ 1방향 슬래브 설정

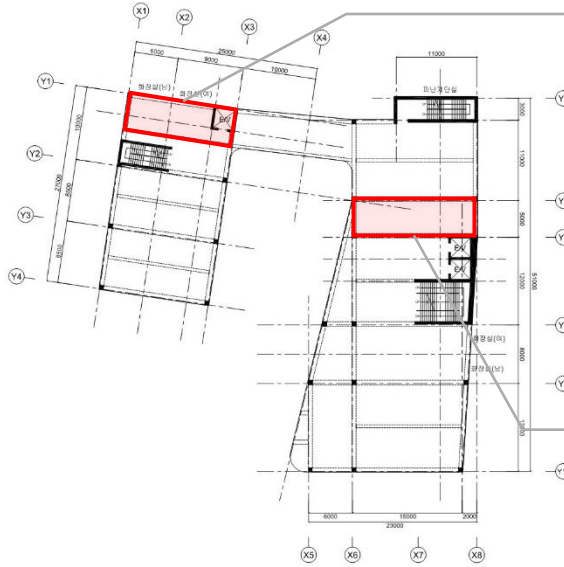
원안

2방향 슬래브 / 불규칙적 그리드



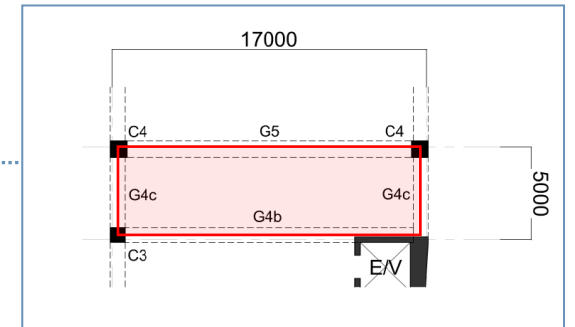
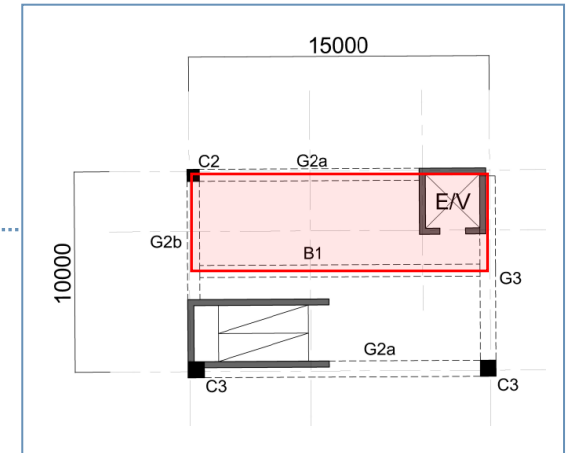
개선안

1방향 슬래브 / 규칙적 그리드



5 m × 15 m

5 m × 17 m

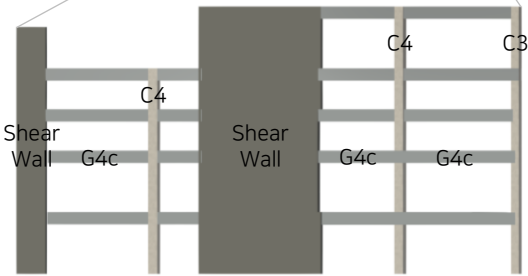
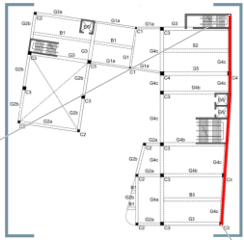


- ▶ 공간 가운데에 기둥을 없애 사용성을 향상.
- ▶ 1방향 슬래브에 균일한 하중 전달을 통해 구조 계산 용이.

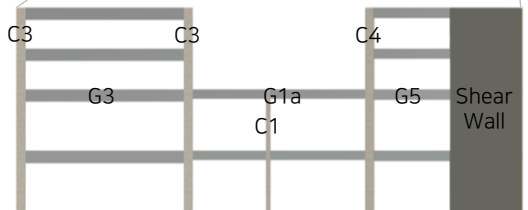
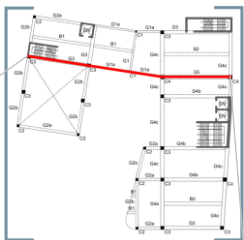
구조 해석 Step 1 · 부재 설정

해석 단면 설정

- 종방향 해석 단면 골조



- 횡방향 해석 단면 골조



골조 절점 Node 설정

- 건축물 해석 단면에 Node를 추가.

Define Nodes			
a. define number of nodes			
numNodes	57	<	1501
b. define nodal coordinates			
nodeTag	X	Y	
1	0	0	mm
2	0	6000	mm
3	0	12000	mm
4	0	16000	mm
5	0	20000	mm
6	5500	6000	mm
7	5500	12000	mm
8	5500	16000	mm
9	5500	20000	mm
10	11000	0	mm
11	11000	6000	mm
12	11000	12000	mm
13	11000	16000	mm
14	11000	20000	mm
⋮	⋮	⋮	⋮
41	36000	0	mm
42	36000	6000	mm
43	36000	12000	mm
44	36000	16000	mm
45	36000	20000	mm
46	36000	26000	mm
47	42000	6000	mm
48	42000	12000	mm
49	42000	16000	mm
50	42000	20000	mm
51	42000	26000	mm
52	48000	0	mm
53	48000	6000	mm
54	48000	12000	mm
55	48000	16000	mm
56	48000	20000	mm
57	48000	26000	mm

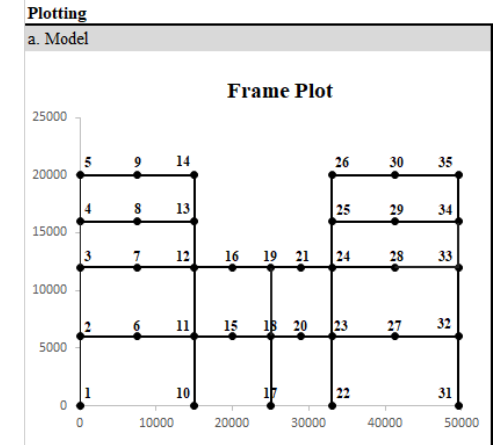
Node 연결 및 재료 설정

- Node 연결하여 보-기둥 설정.
- 재료 물성치 및 부재 단면 설정.

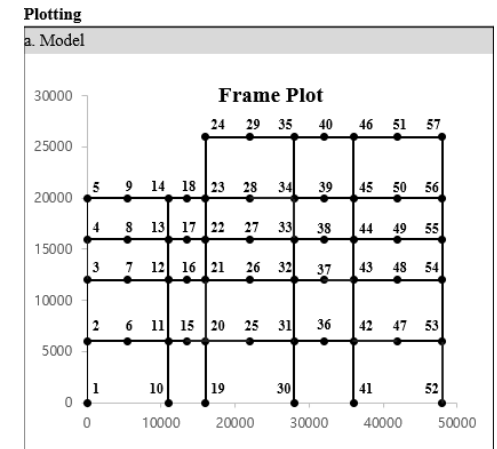
Define Elements										unit vector	
										1	0
a. define number of elements											
numEles	74	<	1501	numBay	2	numFloor	3				
E		26701.74	G	0	A	360000	I	1.08E+10			
b. define element informations											
eleTag	eleType	MatTag	SecTag	iNode	jNode	length	rad	degree			
1	BeamColumn	1	1	1	2	6000	1.5707963	90			
2	BeamColumn	1	1	2	3	6000	1.5707963	90			
3	BeamColumn	1	1	3	4	4000	1.5707963	90			
4	BeamColumn	1	1	4	5	4000	1.5707963	90			
5	BeamColumn	1	1	10	11	6000	1.5707963	90			
6	BeamColumn	1	1	11	12	6000	1.5707963	90			
7	BeamColumn	1	1	12	13	4000	1.5707963	90			
8	BeamColumn	1	1	13	14	4000	1.5707963	90			
9	BeamColumn	1	1	19	20	6000	1.5707963	90			
10	BeamColumn	1	1	20	21	6000	1.5707963	90			
11	BeamColumn	1	1	21	22	4000	1.5707963	90			
12	BeamColumn	1	1	22	23	4000	1.5707963	90			
13	BeamColumn	1	1	23	24	6000	1.5707963	90			
14	BeamColumn	1	1	30	31	6000	1.5707963	90			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮			
57	BeamColumn	2	2	32	37	4000	0	0			
58	BeamColumn	2	2	37	43	4000	0	0			
59	BeamColumn	2	2	33	38	4000	0	0			
60	BeamColumn	2	2	38	44	4000	0	0			
61	BeamColumn	2	2	34	39	4000	0	0			
62	BeamColumn	2	2	39	45	4000	0	0			
63	BeamColumn	2	2	35	40	4000	0	0			
64	BeamColumn	2	2	40	46	4000	0	0			
65	BeamColumn	2	2	42	47	6000	0	0			
66	BeamColumn	2	2	47	53	6000	0	0			
67	BeamColumn	2	2	43	48	6000	0	0			
68	BeamColumn	2	2	48	54	6000	0	0			
69	BeamColumn	2	2	44	49	6000	0	0			
70	BeamColumn	2	2	49	55	6000	0	0			
71	BeamColumn	2	2	45	50	6000	0	0			
72	BeamColumn	2	2	50	56	6000	0	0			
73	BeamColumn	2	2	46	51	6000	0	0			
74	BeamColumn	2	2	51	57	6000	0	0			

중·횡방향 골조 모델

- 종방향 해석 골조 모델 생성.



- 횡방향 해석 골조 모델 생성.



구조 해석 Step 2 · 강성 Matrix

강성 Matrix

- 종방향·횡방향의 해석 골조 모델에 따른 전체 골조의 강성 Matrix 도출.



구조 해석 Step 3 · 하중 재하

하중 산정 및 적용

- 구조설계 기준에 따라 층별 하중 산정
- 전체 단위 강성 Matrix 각 Node에 하중 적용.

Frame Loads				
a. Configuration				
BayLenghY	2750	mm	11000	
b. ω_u				
Floor	DL	LL	Wu	
1	7.2	4.0	41	
2	7.2	4.0	41	
3	7.2	4.0	41	
4	7.2	4.0	41	
5				
1.2D+1.6L		kN/m ²	kN/m	
중력하중				

a. 기동 축하중				
Floor	Weight (양끝)	Weight (중앙)		
1	344416	688832		
2	344416	688832		
3	344416	688832		
4	344416	688832		
5	0	0		

Frame Loads				
a. Configuration				
BayLenghY	3000	mm	12000	
b. ω_u				
Floor	DL	LL	Wu	
1	7.2	4.0	45	
2	7.2	4.0	45	
3	7.2	4.0	45	
4	7.2	4.0	45	
5	7.2	4.0	45	
1.2D+1.6L		kN/m ²	kN/m	
중력하중				

a. 기동 축하중				
Floor	Weight (왼쪽)	Weight (중앙)	Weight (오른쪽)	
1	388784	743728	354944	
2	388784	743728	354944	
3	388784	743728	354944	
4	388784	743728	354944	
5	388784	743728	354944	

Force vector	
a. {F}	
Fx1	91898.99549
Fy1	2742793.721
M1	-185622412.1
Fx2	-344416
Fy2	-344416
M2	-344416
Fx3	-344416
Fy3	-344416
M3	-344416
Fx4	-344416
Fy4	-344416
M4	-344416
Fx5	-344416
Fy5	-344416
M5	-344416
Fx52	-103727.228
Fy52	3749851.063
M52	209573893.5
Fx53	-351184
Fy53	-351184
M53	-351184
Fx54	-351184
Fy54	-351184
M54	-351184
Fx55	-351184
Fy55	-351184
M55	-351184
Fx56	-463264
Fy56	-463264
M56	-463264
Fx57	-351184
Fy57	-351184
M57	-351184

Entire Stiff. Matrix

Displacement	
c. {Δ}	
Δx1	0
Δy1	0
θ1	0
Δx2	-0.113877
Δy2	-1.711995
θ2	-0.001874
Δx3	-0.006095
Δy3	-2.99557
θ3	-0.001282
Δx4	0.2438574
Δy4	-3.564766
θ4	-0.000848
Δx5	1.2949038
Δy5	-3.846698
θ5	-0.002661
Δx52	0
Δy52	0
θ52	0
Δx53	0.1322909
Δy53	-2.340579
θ53	0.002114
Δx54	0.3216685
Δy54	-10.16791
θ54	0.0013447
Δx55	0.4748729
Δy55	-5.217042
θ55	0.0009665
Δx56	0.774044
Δy56	-5.896335
θ56	0.0017029
Δx57	0.6115956
Δy57	-6.333487
θ57	0.0037659

Step 4 · 부재력 계산

부재 단위 강성 Matrix에 변위 적용

- 도출된 변위를 부재 단위 강성 Matrix에 적용.

Parameter		
A. Displacement		
eleTag	1	
Δx1	0	mm
Δy1	0	mm
θ1	0	rad
Δx2	-0.113877	mm
Δy2	-1.711995	mm
θ2	-0.001874	rad
eleTag	2	
Δx2	-0.113877	mm
Δy2	-1.711995	mm
θ2	-0.001874	rad
Δx3	-0.006095	mm
Δy3	-2.99557	mm
θ3	-0.001282	rad
⋮	⋮	⋮
eleTag	72	
Δx50	0.8018845	mm
Δy50	-41.5008	mm
θ50	0.0004111	rad
Δx56	0.774044	mm
Δy56	-5.896335	mm
θ56	0.0017029	rad
eleTag	73	
Δx46	0.9364748	mm
Δy46	-10.16791	mm
θ46	-0.00296	rad
Δx51	0.7740352	mm
Δy51	-40.25989	mm
θ51	0.0002778	rad
eleTag	74	
Δx51	0.7740352	mm
Δy51	-40.25989	mm
θ51	0.0002778	rad
Δx57	0.6115956	mm
Δy57	-6.333487	mm
θ57	0.0037659	rad

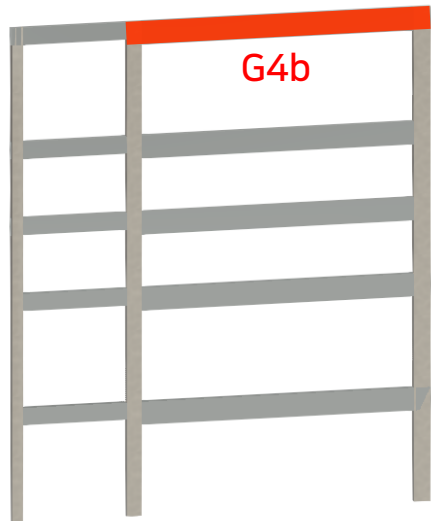
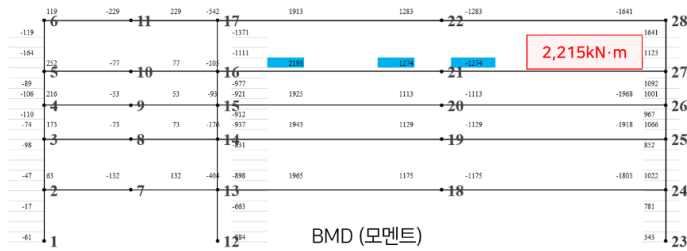
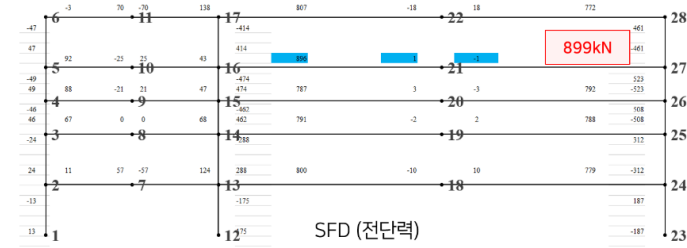
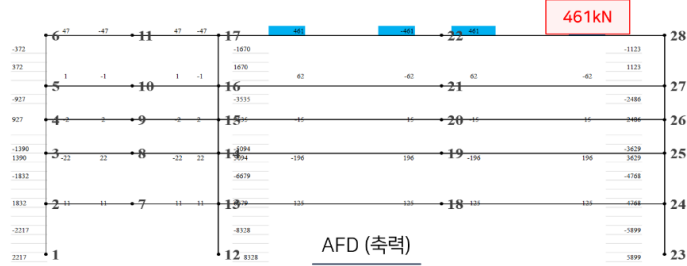
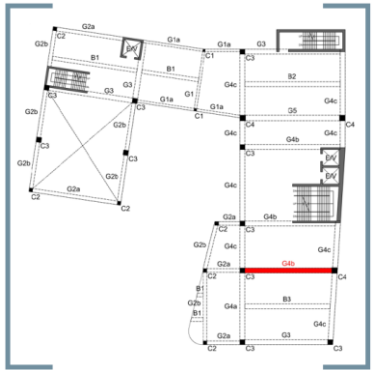
Stiffness Matrix						
B. Element Stiffness						
OK	1	1	1	2	2	2
1	16021	0	-48063124	-16021	0	-48063124
1	0	1602104	0	0	-1602104	0
1	-48063124	0	192252495926	48063124	0	96126247963
2	-16021	0	48063124	16021	0	48063124
2	0	-1602104	0	0	1602104	0
2	-48063124	0	96126247963	48063124	0	192252495926
OK	2	2	2	3	3	3
2	16021	0	-48063124	-16021	0	-48063124
2	0	1602104	0	0	-1602104	0
2	-48063124	0	192252495926	48063124	0	96126247963
3	-16021	0	48063124	16021	0	48063124
3	0	-1602104	0	0	1602104	0
3	-48063124	0	96126247963	48063124	0	192252495926
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
OK	50	50	50	56	56	56
50	1602104	0	0	-1602104	0	0
50	0	16021	48063124	0	-16021	48063124
50	0	48063124	192252495926	0	-48063124	96126247963
56	-1602104	0	0	1602104	0	0
56	0	-16021	-48063124	0	16021	-48063124
56	0	48063124	96126247963	0	-48063124	192252495926
OK	46	46	46	51	51	51
46	1602104	0	0	-1602104	0	0
46	0	16021	48063124	0	-16021	48063124
46	0	48063124	192252495926	0	-48063124	96126247963
51	-1602104	0	0	1602104	0	0
51	0	-16021	-48063124	0	16021	-48063124
51	0	48063124	96126247963	0	-48063124	192252495926
OK	51	51	51	57	57	57
51	1602104	0	0	-1602104	0	0
51	0	16021	48063124	0	-16021	48063124
51	0	48063124	192252495926	0	-48063124	96126247963
57	-1602104	0	0	1602104	0	0
57	0	-16021	-48063124	0	16021	-48063124
57	0	48063124	96126247963	0	-48063124	192252495926

Member Force		
D. Member force		
eleTag	1	
Fx1	92	kN
Fy1	2743	kN
M1	-186	kNm
Fx2	-92	kN
Fy2	-2743	kN
M2	-366	kNm
eleTag	2	
Fx2	150	kN
Fy2	2056	kN
M2	-478	kNm
Fx3	-150	kN
Fy3	-2056	kN
M3	-421	kNm
⋮	⋮	⋮
eleTag	72	
Fx50	45	kN
Fy50	-469	kN
M50	-1469	kNm
Fx56	-45	kN
Fy56	469	kN
M56	-1344	kNm
eleTag	73	
Fx46	260	kN
Fy46	353	kN
M46	904	kNm
Fx51	-260	kN
Fy51	-353	kN
M51	1215	kNm
eleTag	74	
Fx51	260	kN
Fy51	-349	kN
M51	-1215	kNm
Fx57	-260	kN
Fy57	349	kN
M57	-880	kNm

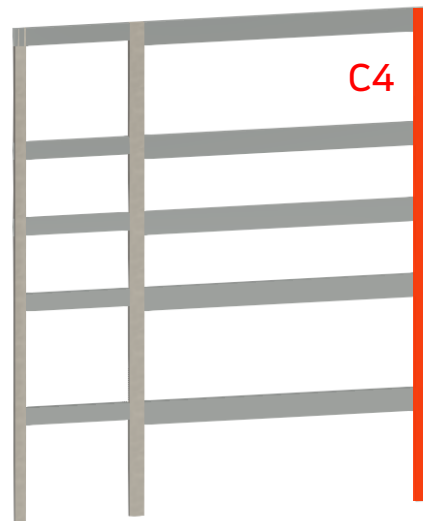
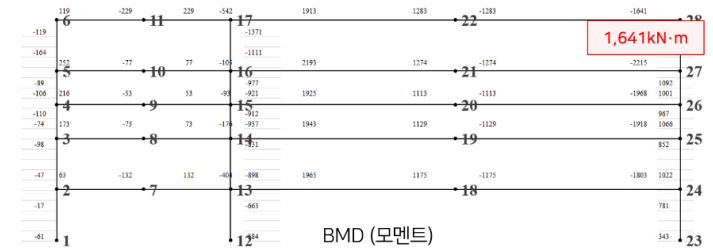
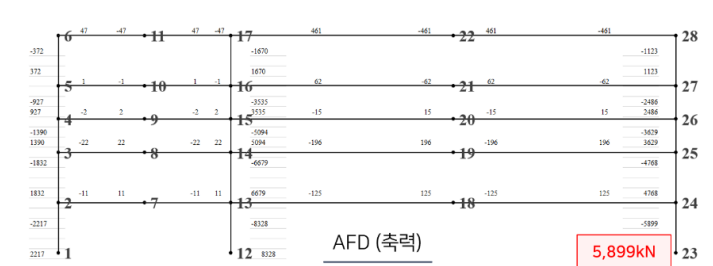
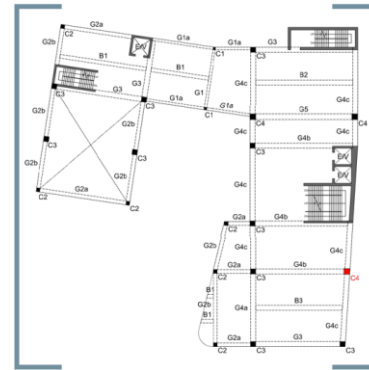
부재력 계산

부재가 저항해야 하는 하중 산출, 취약 부재 확인.

부재력 (보)



부재력 (기둥)



부재 설계

보 설계 · 휨

G4b (단부)

휨 계산

A. concrete		in unit : mm	
width of beam	bw	800	
height of beam	h	1200	
cover thickness	d_cover	50	
굵은 골재 최대지수	G _{max}	20	
부재 길이	L	12000	

A. concrete		in unit : mm	
effective depth of beam	ds	1150	
effective depth of beam	dt	1137.3	
effective depth to compressive steel	d'	50	
amount of steel (tension)	A _s	7093.8	[14 - D25] mm ²
amount of steel (comp)	A' _s	2026.8	[4 - D25] mm ²
표피철근	X-Bar	2026.8	[4 - D25] mm ²
stirrup	Av(Asv*2)	253.4	[1 - D13] mm ²
nominal diameter	D	25.4	
인장 수평철근 최소순간격	s _{min,horiz,tens}	27	
압축 수평철근 최소순간격	s _{min,horiz,comp}	27	
상하철근 최소순간격	s _{min,vertical}	34	
인장 수평철근 순간격	s	108	OK
압축 수평철근 순간격	s'	216	OK
1열 인장 철근 개수	n_rebar_tens	7	
1열 압축 철근 개수	n_rebar_comp	4	

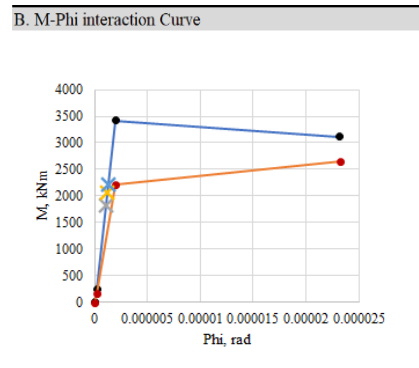
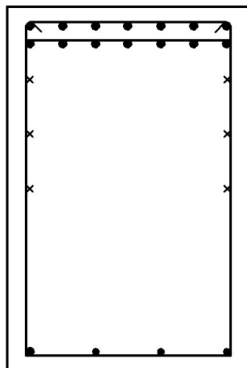
강도

a. Strength	
φ	M
0	0
0.0000002	253.4
0.0000020	3418.0
0.0000232	3113.3

b. Design	
φ	M
0	0
0.000000	164.7
0.0000020	2221.7
0.0000232	2646.3

c. Pu	
φ	M
0.0000011	1830
0.0000012	2065
0.0000013	2215

결과



G4b (중앙부)

휨 계산

A. concrete		in unit : mm	
width of beam	bw	800	
height of beam	h	1200	
cover thickness	d_cover	50	
굵은 골재 최대지수	G _{max}	20	
부재 길이	L	12000	

A. concrete		in unit : mm	
effective depth of beam	ds	1150	
effective depth of beam	dt	1137.3	
effective depth to compressive steel	d'	50	
amount of steel (tension)	A _s	4053.6	[8 - D25] mm ²
amount of steel (comp)	A' _s	2026.8	[4 - D25] mm ²
표피철근	X-Bar	2026.8	[4 - D25] mm ²
stirrup	Av(Asv*2)	253.4	[1 - D13] mm ²
nominal diameter	D	25.4	
인장 수평철근 최소순간격	s _{min,horiz,tens}	27	
압축 수평철근 최소순간격	s _{min,horiz,comp}	27	
상하철근 최소순간격	s _{min,vertical}	34	
인장 수평철근 순간격	s	93	OK
압축 수평철근 순간격	s'	216	OK
1열 인장 철근 개수	n_rebar_tens	8	
1열 압축 철근 개수	n_rebar_comp	4	

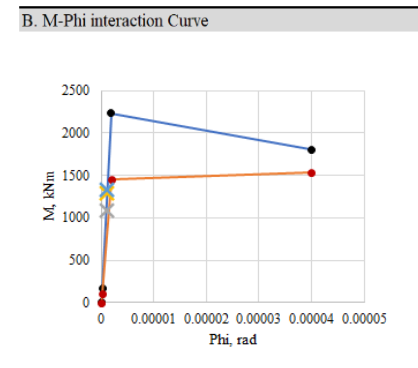
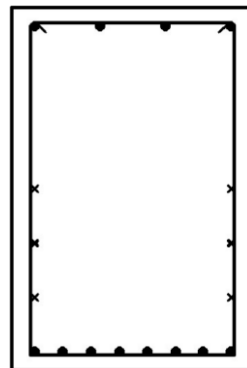
강도

a. Strength	
φ	M
0	0
0.0000002	160.3
0.0000019	2229.6
0.0000400	1806.4

b. Design	
φ	M
0	0
0.000000	104.2
0.0000019	1449.2
0.0000400	1535.4

c. Pu	
φ	M
0.0000009	1087
0.0000011	1283
0.0000011	1333

결과



보 설계 · 전단

G4b

전단 계산 (전단 배근 시작점)

A. Shear stirrup Design		Vc	
		Simplified	Detailed
Flexure		796.74	889.72
Flexure & Axial compression		796.74	1007.15
Flexure & Axial Tension		796.74	796.74
Shear strength of conc	Vc	889.7	KN
Required shear strength of steel	Vv	259.1	KN
Shear strength-reduction Factor	φ	0.75	
Required stirrup spacing	S	460	case3
	Vu'd / Mu	1.00	
	Vu'd / Mn	1.94	

전단 계산 (전단 배근 종료점)

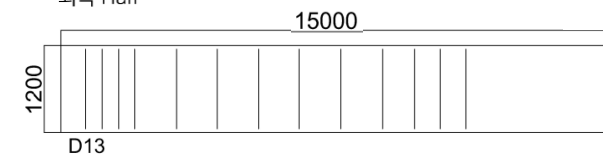
A. Shear stirrup Design		Vc	
		Simplified	Detailed
Flexure		796.74	776.31
Flexure & Axial compression		796.74	776.31
Flexure & Axial Tension		796.74	796.74
Shear strength of conc	Vc	776.3	KN
Required shear strength of steel	Vv	-424.3	KN
Shear strength-reduction Factor	φ	0.75	
Required stirrup spacing	S	non stirrup	non stirrup
	Vu'd / Mu	0.09	
	Vu'd / Mn	0.09	

하중

A.		시작점	종료점	단위
집중하중(L2)	P	120	120	KN
등분포하중(L)	W	120	120	KN / m
축하중	Nu			KN
떨어진 거리	x	570	5550	mm
비전	Version	2	2	
단부 전단력	Vu	930.00	930.00	KN
L/2 전단력	Vu,L/2	0.00	0.00	KN
떨어진 거리에서 전단력	Vx	861.60	264.00	KN
단부 모멘트	Mu			KNm
L/2 모멘트	Mu,L/2	3603.8	3603.8	KNm
떨어진 거리에서 모멘트	Mx	510.6	3313.4	KNm
떨어진 거리에서 모멘트 전단 비	Mu/Vu	0.593	12.551	

결과

좌측 Half



부재 설계

기둥 설계

C4

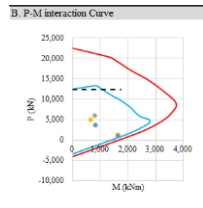
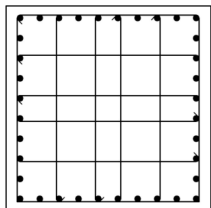
P-M 상관도

Nominal strength		Design strength		작용 하중	
Pn	Mn	Pn	Mn	Pn	Mn
22410.52	0.00	12381.81	0.00	5899.0	781.0
20367.68	1259.13	13238.99	818.43	1123.0	1641.0
19892.89	1441.51	12930.38	936.98	4969.0	647.0
17009.32	2097.01	11056.06	1363.06	1281.0	1634.0
⋮	⋮	⋮	⋮	3667.0	819.0
2400.18	2595.85	2040.15	2206.47	1000.0	1640.0
2040.68	2473.73	1734.58	2102.67		
1302.12	2194.89	1106.80	1865.66		
-4053.60	0.00	-3445.56	0.00		

계산

A. concrete			
width of beam	bw	900	in unit : mm
height of beam	h	900	
cover thickness	d _{cover}	40	
굵은 골재 최대치수	G _{max}	20	
A. concrete			
effective depth of beam	ds	860	in unit : mm
effective depth of beam	dt	847.3	
effective depth to compressive steel	d'	40	
amount of steel (tension)	As	5067	[10 - D25] mm ²
amount of steel (comp)	A's	5067	[10 - D25] mm ²
stirrup	Av(Ass*2)	142.6	[1 - D10] mm ²
nominal diameter	D	25.4	
인장 수평철근 최소순간격	Smin,horizon,ten	40	
압축 수평철근 최소순간격	Smin,horizon,comp	40	
상하철근 최소순간격	Smin,vertical	34	
인장 수평철근 순간격	s	86	OK
압축 수평철근 순간격	s'	86	OK

결과



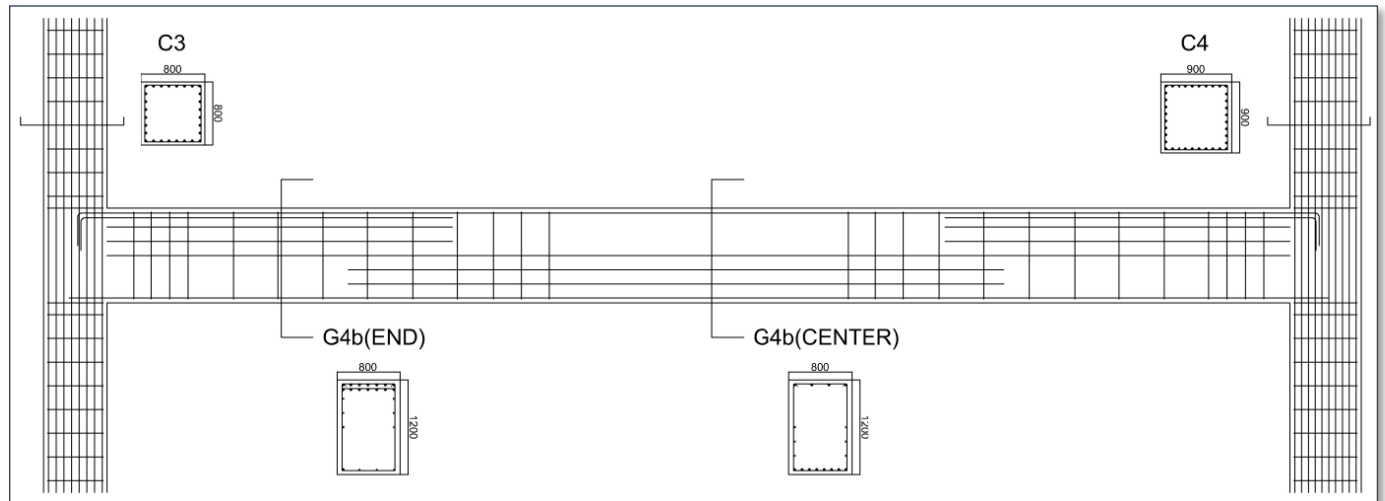
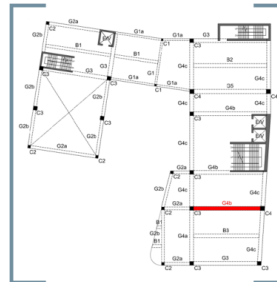
상하부 보·기둥 강성도비

장·단주 판별

A. Design Column			
Design_Column	Ec	26701.74	
	h	900	
	b	900	
	lu	6000	
	0.7lg	3.83E+10	
B. Top			
Column_A	Ec	26701.74	
	h	900	
	b	900	
	lu	4000	
	0.7lg	3.83E+10	
Beam_A1	Ec	26701.74	
	h	1200	
	b	800	
	lu	5000	
	0.35lg	4.03E+10	
Beam_A2	Ec	26701.74	
	h	1200	
	b	800	
	lu	12000	
	0.35lg	4.03E+10	
C. Bottom			
Column_B	Ec	26701.74	
	h	900	
	b	900	
	lu	6000	
	0.7lg	3.83E+10	
Beam_B1	Ec	26701.74	
	h	1200	
	b	800	
	lu	8000	
	0.35lg	4.03E+10	
Beam_B2	Ec	26701.74	
	h	1200	
	b	800	
	lu	12000	
	0.35lg	4.03E+10	
D. Effective length factor k			
상부 강성도비	G _A	1.898	
하부 강성도비	G _B	1.519	
횡구속	합수(=0)	0.00	
	K	0.837	
	KL/r	15.5	강구속
비횡구속	합수(=0)	0.00	
	K	1.513	
	KL/r	28.0	강구속

보·기둥 철근 배근

G4b 부근



KDS 기준 적용

4.1.5. 표준값을 찾는 인장철근 정착길이 산정

1. 기본 data

1.1 적용기준: KDS 14 20 52, 2022

1.2 정착길이:

$$l_{db} = \frac{0.24 \beta d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}} \geq 150, 8d_b$$

1.3 정착길이 상수: 0.24

1.4 철근강도: 400 Mpa

1.5 보정계수

1.5.1 예복시 도막계수(β)

다.

가. 피복두께가 3d_b 미만 또는 6d_b미만인 예복시 도막 혹은 아연-예복시 이중 도막 철근

-

나. 기타 예복시 도막 혹은 아연-예복시 이중 도막 철근

-

다. 아연도금 혹은 도막되지 않은 철근

1.0

1.5.2 경량콘크리트계수(λ) (KDS 14 20 10(4.3.4))

다.

가. f_{cp}값이 규정되어 있지 않은 경우, 전경량콘크리트

-

나. f_{cp}값이 규정되어 있지 않은 경우, 모래경량콘크리트

-

다. 보통중량콘크리트

1.0

라. f_{cp}값이 주어진 경우(λ=1.0)

-

1.5.3 보정계수

가.

가. D35 이하 철근에서 90° 각고리 평면에서 수직방향인 측면 피복 두께가 70mm 이상이며, 90°각고리에 대해서는 각고리를 넘어선 부분의 철근 피복 두께가 50mm 이상인 경우

0.70

나. D35 이하 90° 각고리 철근에서 정착길이 l_{db} 구간을 3d_b이하 간격으로 띠철근 또는 스테럽이 정착되는 철근을 수직으로 둘러싼 경우

-

또는 각고리 끝 연장부와 구부림부의 전 구간을 3d_b이하 간격으로 띠철근 또는 스테럽이 정착되는 철근을 평행하게 둘러싼 경우

-

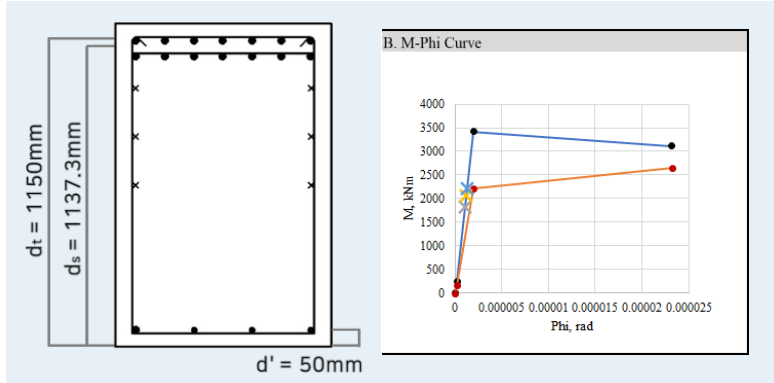
다. D35 이하 180° 각고리 철근에서 정착길이 l_{db}구간을 3d_b 이하 간격으로 띠철근 또는 스테럽이 정착되는 철근을 수직으로 둘러싼 경우

-

부재 검토

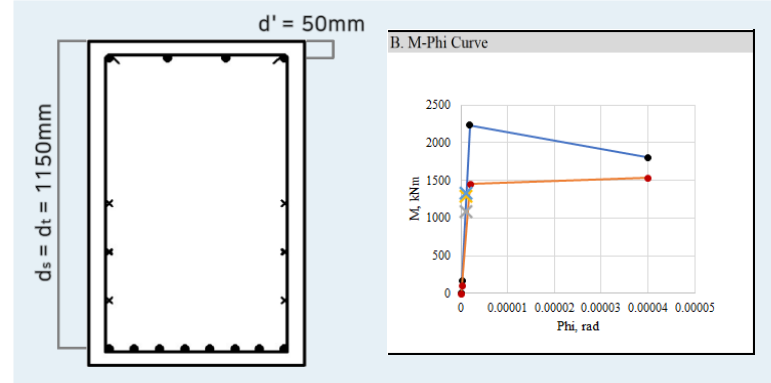
보

G4b (단부)



구분	내용
단면 폭	b_w 800mm
단면 높이	h 1200mm
인장철근	A_s 7093.8mm ² (14-D25)
압축철근	A'_s 2026.8mm ² (4-D25)
스터럽	A_v 253.4mm ² (D13)
표피철근	3040.2mm ² (6-D25)
인장철근 순간격	s 27mm < 130mm (OK)
압축철근 순간격	s' 27mm < 216mm (OK)
철근비	ρ 0.0077
최소철근비	ρ_{min} 0.0035 (OK)
최대철근비	ρ_{max} 0.0180 (OK)

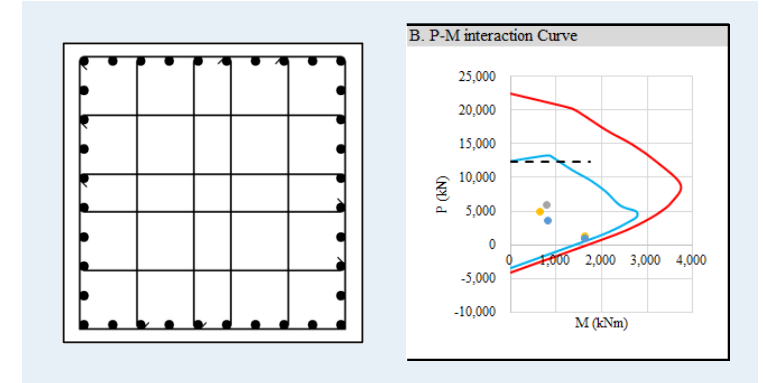
G4b (중앙부)



구분	내용
단면 폭	b_w 800mm
단면 높이	h 1200mm
인장철근	A_s 4053.6mm ² (8-D25)
압축철근	A'_s 2026.8mm ² (4-D25)
스터럽	A_v 253.4mm ² (D13)
표피철근	3040.2mm ² (6-D25)
인장철근 순간격	s 27mm < 130mm (OK)
압축철근 순간격	s' 27mm < 216mm (OK)
철근비	ρ 0.0055
최소철근비	ρ_{min} 0.0035 (OK)
최대철근비	ρ_{max} 0.0180 (OK)

기둥

C4



구분	내용
단면 가로 길이	b 900mm
단면 세로 길이	h 900mm
주철근	A_s 18241.2mm ² (36-D25)
띠철근	A_v 142.6mm ² (D10)
주철근 순간격	s 40mm < 61mm (OK)

부재 검토

슬래브

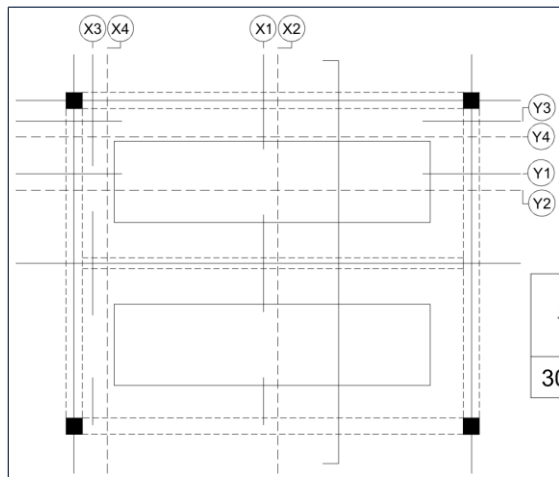
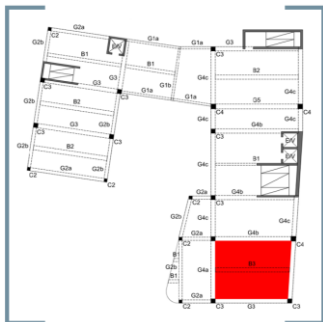
• 두께

부재	큰 처짐에 의해 손상되기 쉬운 칸막이 벽이나 기타 구조물을 지지 또는 부착하지 않는 부재			
	단순지지	1단 연속	양단 연속	캔틸레버
1방향 슬래브	$\frac{L}{20}$	$\frac{L}{24}$	$\frac{L}{28}$	$\frac{L}{10}$
보 또는 리브가 있는 1방향 슬래브	$\frac{L}{16}$	$\frac{L}{18.5}$	$\frac{L}{21}$	$\frac{L}{8}$

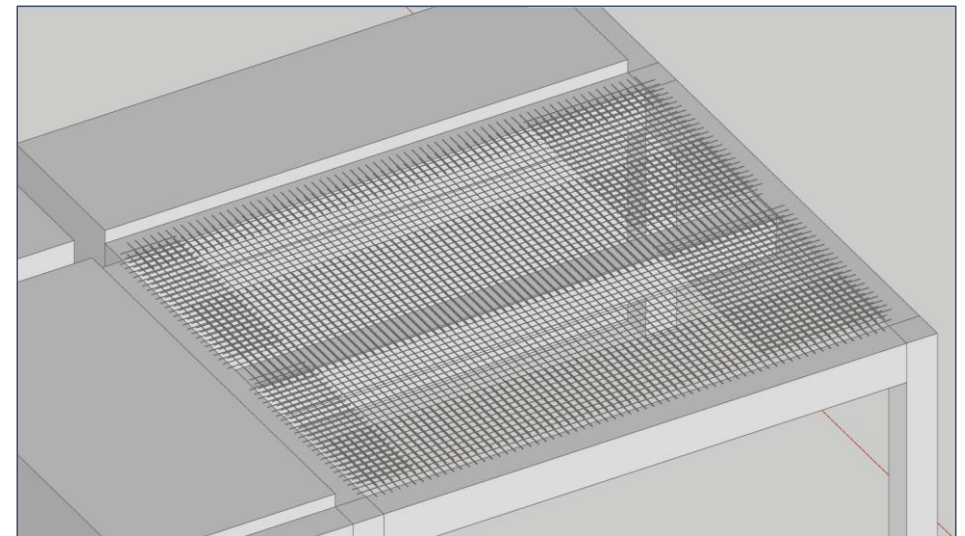
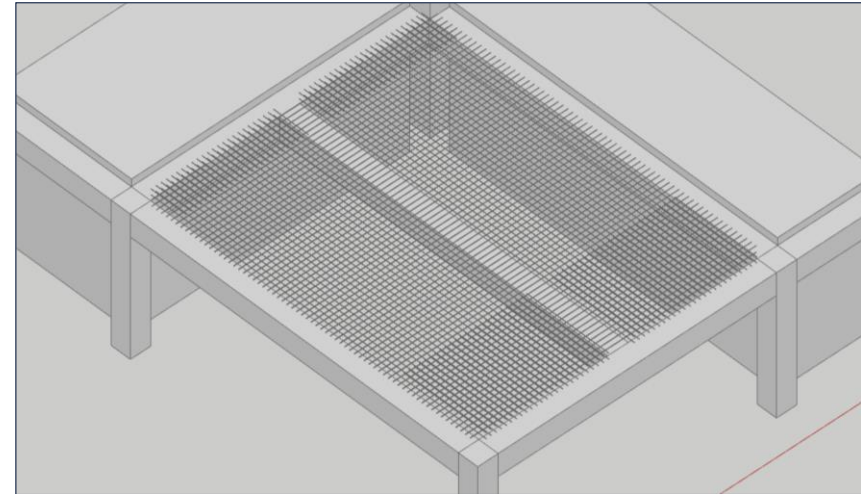
- 1단 연속 : $\frac{5050}{18.5} = 272mm$ - 양단 연속 : $\frac{5050}{21} = 240mm$ ▶ 슬래브 두께 = 300mm

• 철근 배근

오른쪽 아래 슬래브 부근



두께	중간대		주열대	
	X1	X2	X3	X4
300mm	D13@200		D13@200	
	Y1	Y2	Y3	Y4
	D13@200		D13@200	



부재 일람표

보 일람표

부호	G1a (400×900)		G2a (600×900)		G3 (800×1000)		G4b (800×1200)		G5 (900×1200)	
	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER
단면										
상부근	6 - D25	4 - D25	8 - D25	4 - D25	12 - D25	4 - D25	14 - D25	4 - D25	12 - D25	4 - D25
하부근	4 - D25	4 - D25	4 - D25	4 - D25	4 - D25	8 - D25	4 - D25	8 - D25	4 - D25	8 - D25
늑근	D13	D13	D13	D13	D13	D13	D13	D13	D13	D13
표피철근	-	-	-	-	4 - D25	4 - D25	6 - D25	6 - D25	6 - D25	6 - D25

부호	G1b (400×900)		G2b (600×900)		G4a (800×1200)		G4c (800×1200)	
	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER
단면								
상부근	8 - D25	4 - D25	4 - D25	4 - D25	14 - D25	4 - D25	8 - D25	4 - D25
하부근	4 - D25	8 - D25	8 - D25	8 - D25	4 - D25	14 - D25	4 - D25	10 - D25
늑근	D13	D13	D13	D13	D13	D13	D13	D13
표피철근	-	-	-	-	6 - D25	6 - D25	6 - D25	6 - D25

부호	B1 (600×900)		B2 (800×1000)		B3 (800×1200)	
	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER	END(BOTH)	CENTER
단면						
상부근	8 - D25	4 - D25	12 - D25	4 - D25	14 - D25	4 - D25
하부근	4 - D25	4 - D25	4 - D25	8 - D25	4 - D25	8 - D25
늑근	D13	D13	D13	D13	D13	D13
표피철근	-	-	4 - D25	4 - D25	6 - D25	6 - D25

기둥 일람표

부호	C1 (400×400)	C2 (600×600)	C3 (800×800)	C4 (900×900)
단면				
COL.SIZE	400 × 400	600 × 600	800 × 800	900 × 900
MAIN BAR	12 - D25	20 - D25	28 - D25	36 - D25
HOOP	D10	D10	D10	D10

슬래브 일람표

두께	중간대		주열대		중간대		주열대	
	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4
300mm	D13@200		D13@200		D13@200		D13@200	

결론

균형 잡힌 건축물

구조 시스템

RC 구조
1방향 그리드 (5m×15m) 배치

구조 해석

강성행렬 Matrix
골조 단위 중·횡방향 구조해석
모든 부재력 도출

부재 설계

기둥 : P-M Curve, 장단주 판별
보 : M-Phi Curve, 전단 설계
접합부 : 정착길이 계산 및 설계

사용성

- 대공간 형성 및 이용에 방해되지 않는 구조 형성

안전성

- 도서관 실별 용도에 따른 적정하중 산출로 안정성 확보
- 골조 단위 구조 해석 및 모든 부재 안전측 설계

시공성

- 보와 기둥에 들어가는 주근 D25, 스테럽 D13으로 통일
- 보와 기둥의 폭 너비를 통일하여 거푸집 작업 효율 증진 기대

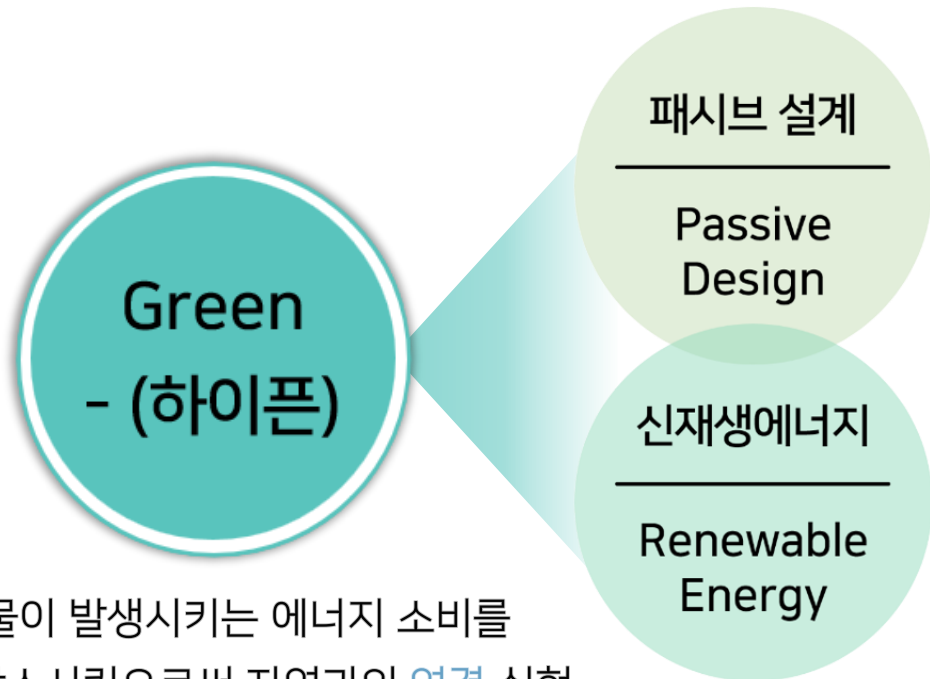
경제성

- 안정성을 기반으로 모든 부재를 계산해 과도한 설계를 피함
- 시공성 향상으로 인한 공기 단축 통해 경제성 확보

환경설비계획 Environmental Design

28	환경설비 목표	33	위생 설비
29	Passive Design	35	소방 설비
30	열원 설비	37	신재생에너지 설비
31	공조 설비	38	결론

환경설비 목표



건축물이 발생시키는 에너지 소비를 최대한 감소시킴으로써 자연과의 연결 실현

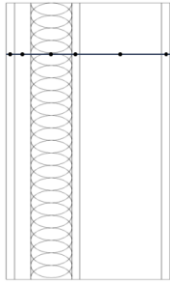


모든 이용객에게 쾌적하고 안전한 공간을 제공

Passive Design

외피

외단열 / 워터세이프 글라스울



- 왼쪽(외부)부터 차례대로
- THK 10 대리석(화강암)
- THK 20 공기층
- THK 50 워터세이프 글라스울
- THK 10 모르타르
- THK 100 콘크리트
- THK 10 석고 보드

- 방수 글라스울을 사용한 외단열 벽체 설계
- 내구성, 시공성, 불연성 및 흡음성능 우수
- 열관류율 : 0.17 W/m²K
(중부 2지역 열관류율 기준 0.24 W/m²K 70% 만족)

창호

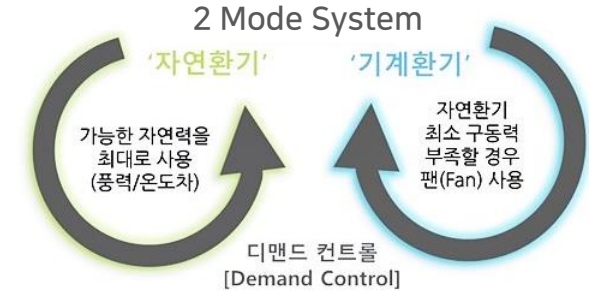
SUPER 진공유리



- Low-E 복층유리 대비 4배 이상 단열성능 향상
- 유리 사이 진공층이 열전달 감소시켜 결로 예방
- 진공 상태로 인해 소음 감소
- 자동화서고 통창 적용으로 도서 운반 시스템이 미적 관심 대상화

환기

하이브리드 환기 시스템



- 자연환기(우선 사용)와 기계환기(불충족시 사용) 설비 적절히 조화시켜 건물 에너지 소비량 저감 가능한 혼합형 환기방식
- 실내공기질, 온열쾌적감 개선
- 화장실 제외한 모든 부분에 하이브리드 환기 시스템 적용

차양

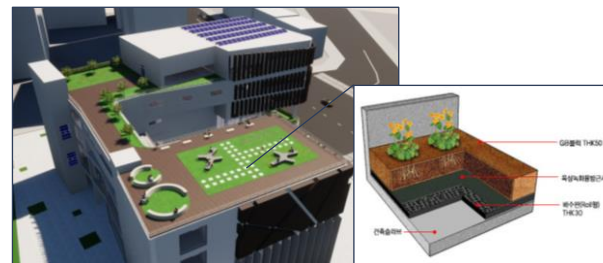
BIPV 전자동 차양



- 일사량 비교 : 수직 = 수평
- 자동화서고 흥미 유도 및 가시성 향상 : 수직 > 수평
→ 자동화서고 동남측 수직 루버 적용
- 부하저감과 동시에 효율적 채광량 조절, 적정조도 확보
→ BIPV 패널, 자동제어 시스템 적용

옥상 녹화

그린 블록(GB) 시스템



- 블록형 녹화시스템의 경우 연간부하 약 3% 감소
- 주변 녹지와 연결
- 우수 저장고의 역할 병행, 배수부하 저감 역할

열원 설비

부하 계산

RTS-SAREK 이용

도서관 설계		2-2. COOLING / HEATING LOAD SUMMARY									
RTS-SAREK Ver. 6.1 (For Education)		2023-04-25 11:44									
Description		Cooling Load (kW), 7 Mon. 21st								Heating	
No.	Room Name	Qty	8	10	12	14	16	18	20	(kW)	
Grand Total (kW)		15	325.6	474.6	496.7	526.0	563.8	557.6	480.7	345.9	
0001	공용공간	1	78,915	139,267	151,724	158,298	160,761	160,214	158,560	55,049	
0002	정기간행물	1	4,458	6,083	6,816	7,385	7,648	7,554	7,023	6,293	
0003	자동화서고	1	48,940	49,558	43,371	42,540	52,105	51,824	27,283	36,259	
0004	북카페	1	27,491	35,443	35,962	37,488	41,892	41,651	31,585	26,439	
0005	독서열람실	1	8,400	13,619	16,861	20,207	21,215	19,569	17,094	14,979	
0006	어린이열람실, 계단열람실	1	13,096	22,548	26,069	29,421	32,484	32,789	29,241	22,728	
0007	유아자료, 어린이문화교실	1	38,691	45,092	38,085	35,165	34,782	31,877	24,773	27,152	
0008	멀티미디어 열람실	1	15,082	24,794	26,816	29,284	33,342	34,134	28,444	18,460	
0009	일반자료, 라닝커먼스	1	21,971	32,811	35,896	39,282	41,711	41,121	36,757	31,245	
0010	스터디룸, 캐럴	1	1,886	3,653	4,374	5,008	5,562	5,771	5,407	3,816	
0011	스마트열람실	1	14,558	24,444	26,476	28,939	33,028	33,895	28,336	18,176	
0012	이음다리	1	8,391	9,204	10,821	12,739	12,993	11,349	8,810	9,794	
0013	도서관장, 문서보관	1	9,124	16,306	21,116	25,458	28,277	28,572	25,908	27,273	
0014	자봉, 숙직, 직류, 회의실	1	4,577	8,521	9,948	11,263	12,723	13,099	11,527	9,275	
0015	다목적실, 소풍마루	1	29,975	43,263	42,379	43,533	45,236	44,224	39,924	27,273	

Description	Heating Load		Cooling Load (kW), 7 Mon. 21st				
	Capacity	Load	20	19	18	17	16
People	-	-	77,716	77,101	76,247	75,392	74,729
Lighting	-	-	74,996	74,272	73,257	72,244	71,450
Equipment	-	-	57,460	57,244	56,943	56,642	56,405
Glass	942.7 m ²	66,180	39,980	70,694	100,602	109,767	108,964
SH Roof	480.0 m ²	2,975	1,432	1,376	1,282	1,157	1,015
Wall	6,173.2 m ²	126,489	61,705	69,280	72,930	72,603	68,675
Partition	580.0 m ²	8,549	1,392	1,392	1,392	1,392	1,392
Infiltration	13,518 m ³ /h	141,745	6,974	11,502	16,168	20,017	22,506
Sub-Total			321,655	362,861	398,821	409,214	405,136
People	-	-	76,284	76,284	76,284	76,284	76,284
LH Infiltration	-	-	74,399	74,399	74,399	74,399	74,399
Sub-Total			150,683	150,683	150,683	150,683	150,683
RA Lighting Load	-	-	8,334	8,253	8,139	8,028	7,940
Grand Total			345,938	480,672	521,797	567,925	563,759

항목	부하 결과
면적당 냉방부하(하지)	106.51 W/m ²
면적당 냉방부하(연간)	64.88 W/m ²
실별 최대 냉방부하	161 kW
실별 최대 난방부하	56 kW
요구 냉방부하	568 kW (=147.2RT)
요구 난방부하	346 kW
급탕부하	52 kW
전체 요구부하(냉방+급탕)	620 kW

열원 공급원

지역난방 사용

열교환기

판형 - 플레이트 열교환기



- 유지보수, 증설 유리
- 열교환 효율성이 가장 높음

냉동기

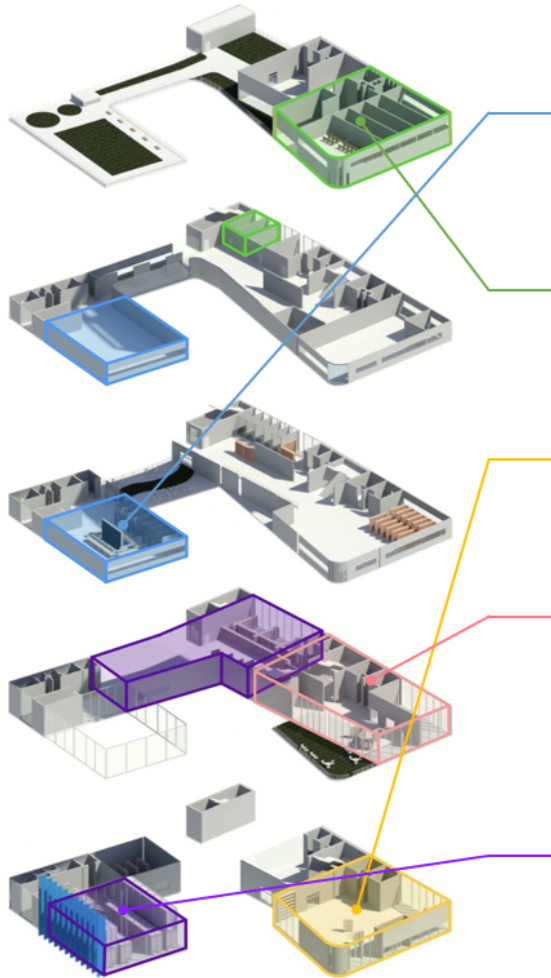
빙축열 냉동기



항목	내용
능력 usRT	주간 149.6 / 야간 130.2
COP	4.79 / 3.51
소비전력 kW	109.8 / 103.5
치수 mm	2,620 × 1,550 × 1,850
제품무게 - 운전중량 kg	4,600 - 5,000

공조 설비

Zoning

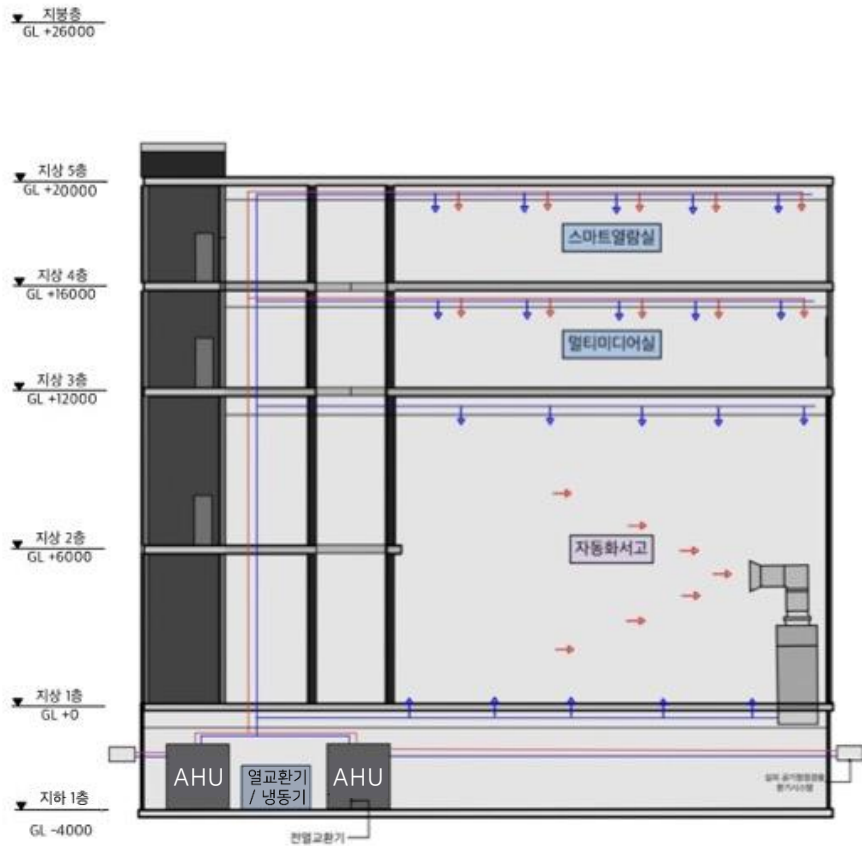


공조 Zone	운영시간	실	설계 주안점			
A Zone	10시간	독서열람실 스마트열람실 멀티미디어실	사람이 오래 머무는 공간 실의 쾌적성 확보	>	FCU 정풍량(CAV) 방식 천장 공조	하이브리드 환기
B Zone	간헐적	어린이 문화교실 휴게실 다목적실	간헐적으로 사용하는 공간 실의 쾌적성 확보 개별공조 방식 필요	>	컨벡터 정풍량(CAV) 방식 천장 공조	하이브리드 환기
C Zone	8시간	북카페	조리에 의한 공기오염도가 높은 공간 지속적인 공기 유입 필요	>	FCU 변풍량(VAV)방식 국소환기장치	하이브리드 환기 국소환기장치
D Zone	8시간	어린이열람실 유아자료 열람영역	부하가 많이 발생하는 공간 에너지 절감 필요	>	FCU 정풍량(CAV) 방식 전열교환기(ERV)	하이브리드 환기
E Zone	10시간	일반열람실 계단열람실	넓은 면적을 차지하는 대공간	>	컨벡터 정풍량(CAV) 방식 전열교환기(ERV)	하이브리드 환기
	24시간	자동화서고	높은 층고로 이루어진 대공간	>	향온향습기 (천장바닥급기 + 향온향습)	하이브리드 환기

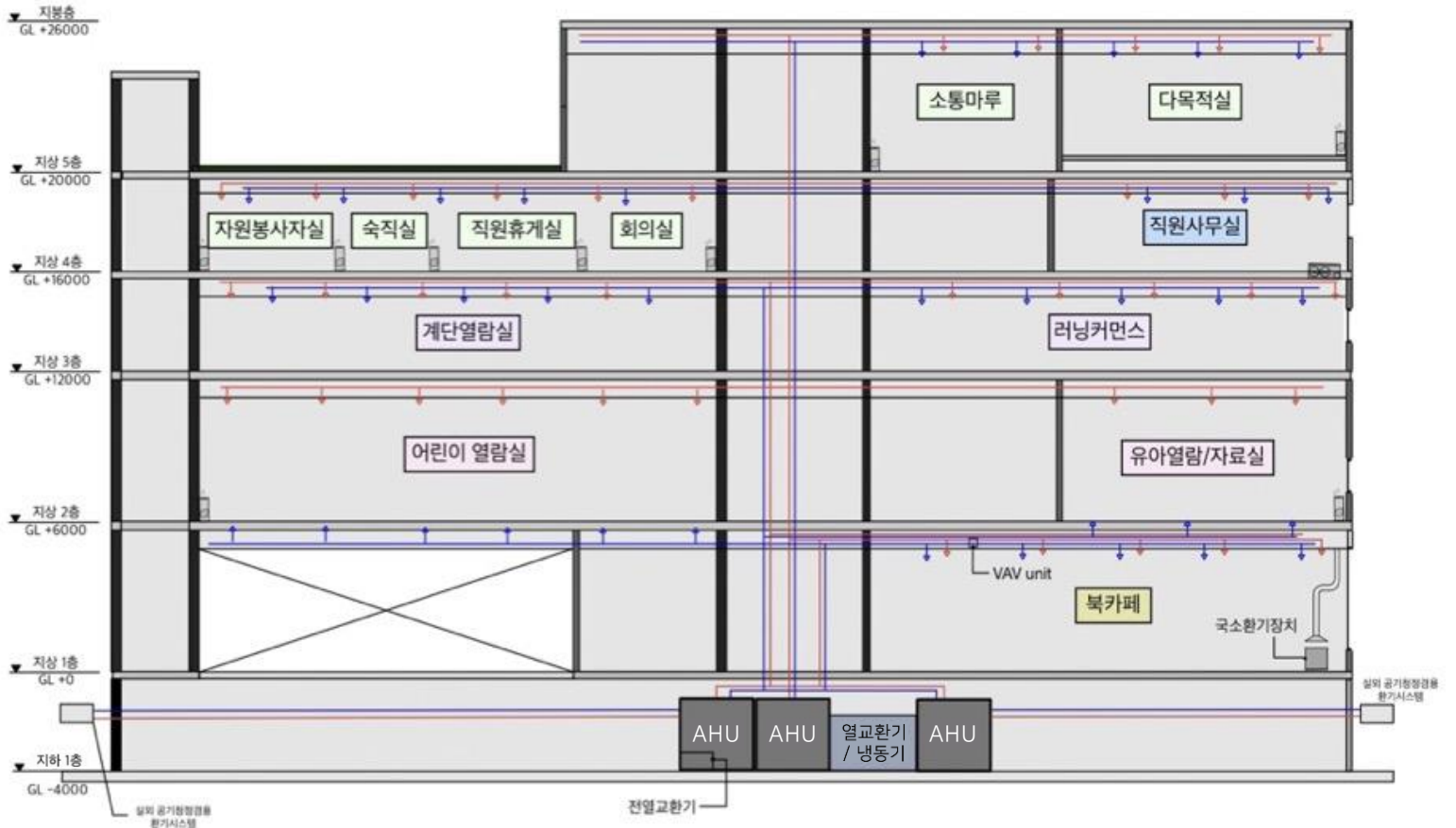
공조 설비

공기조화 설비 계통도

좌측건물



우측건물



위생 설비

급수 공급 계획

- 수도직결 방식 적용.

수질오염에 안전

저렴한 설비비 및 유지관리비

5층의 건물용으로 적합 (20m까지 무리 없음)

기계실 면적 차지 X

- 수도본관 압력 검토

$$P_0 \geq P_1 + \frac{H}{10} + P_f$$

일반적인 P_0 : 300 kPa

- 가장 높은 압력이 필요한 5층 높이(20 m)의 대변기 압력
70 kPa(소요압력) + 25.8362 kPa(손실압력)
+ 200 kPa(H/10) = 총 295.8362 kPa

O.K

- 손실압력 계산

$$\Delta p = \frac{\mu \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho \cdot SG}{2d}$$

d : 배관내경 (mm) - 10A
 l : 배관길이 (m) - 170m로 가정
 v : 물의 유속 (m/s)
 μ : 마찰계수
 SG : 물의 비중

위생 관련 계획

설비 종류	내용
통기 설비	각개통기관(세면대 및 개수대) + 루프통기관 (대변기 및 소변기) + 통기 수직관
중수 설비	세면배수를 중수원수로 사용, 대변기용수로 사용(시수조 연결방식 채택)
우수 설비	옥상녹화로 우수 저장용량 증대, 2022.8월 강남 폭우 기준 감당 가능한 수준의 우수수평지관 및 수직관 산정
배수 설비	분류식 + 중력배수식 채택 (과업내역서 채택)
급탕 설비	중앙식 + 직접가열식 채택, 요구 가열능력 : 51.81 kW → 지역난방 사용

수조 용량 계획

저수조

1일 위생용수 급수량 : 38,551 L/일
+ 소방수 급수량 : 21,200 L

- 저수조 유효수량 : 59,700 L
- 규격 : 5.6 m × 5.6 m × 2.4 m
- 저수조 바닥면적 : 31.1 m²

중수조

1일 중수 일일 급수량 : 12,320 L

- 규격 : 6.2 m × 6.2 m × 2.4 m
- 중수조 바닥면적 : 38.5 m²

우수 저류조

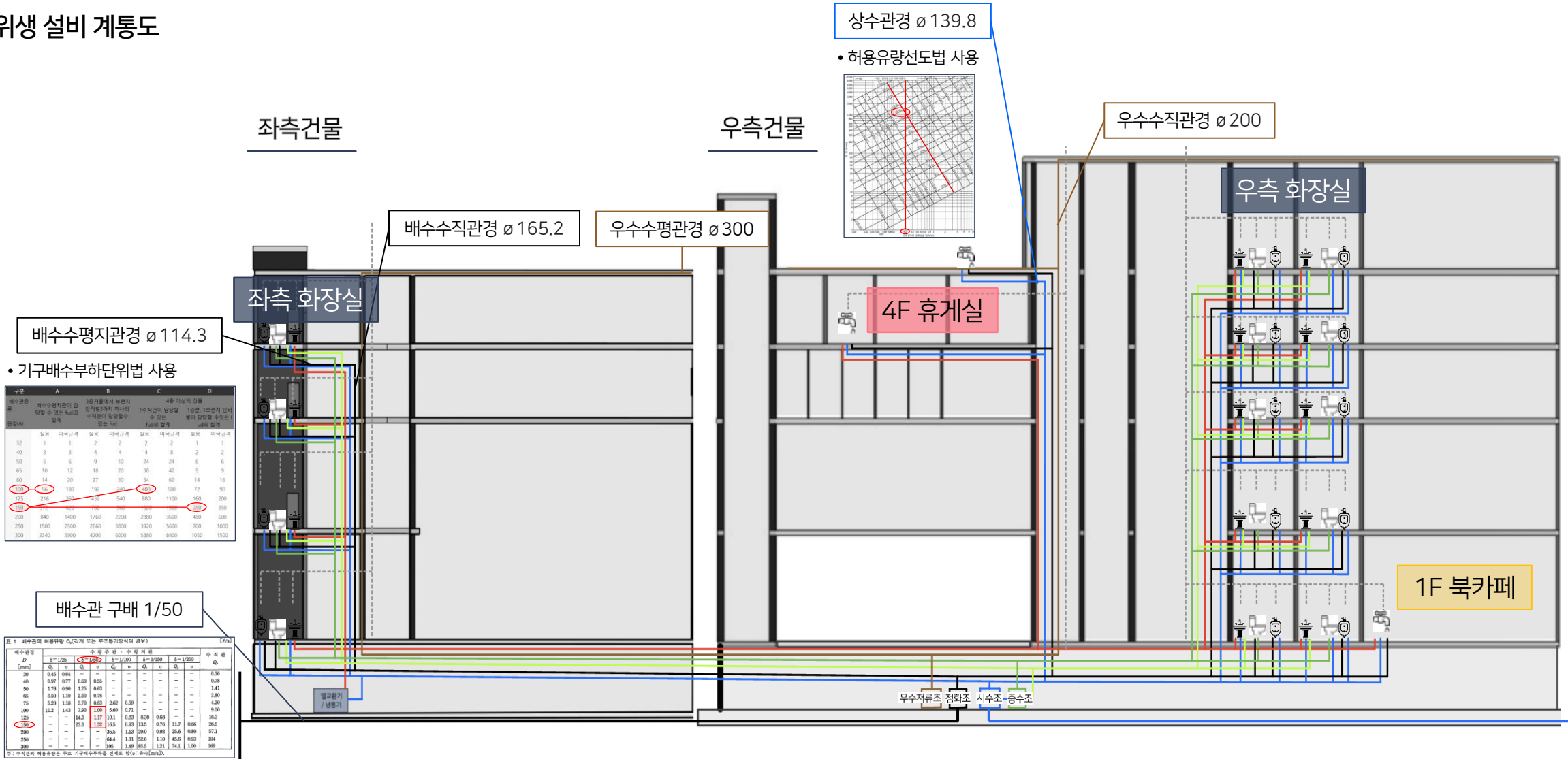
- 집수면적 × 0.05 이상 충족
- 규격 : 5.6 m × 5.6 m × 2.4 m
- 저류조 바닥면적 : 31 m²

정화조

- 처리대상인원 = 0.15 × 면적 = 870명 → 900명
- 규격 : 6.2 m × 6.2 m × 2.4 m
- 정화조 바닥면적 : 38.5 m²

위생 설비

위생 설비 계통도



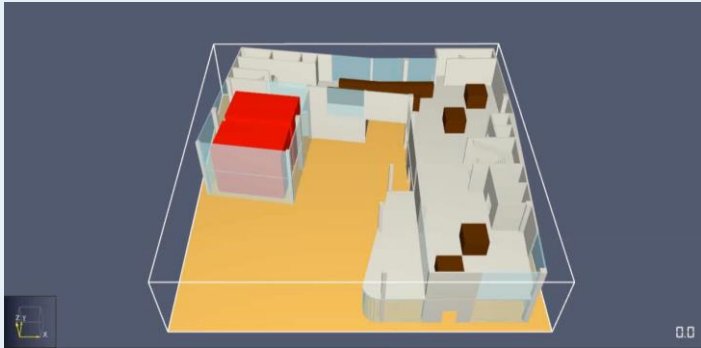
소방 설비

소화설비 · 방화구획 적용

- 가연물(도서)이 가장 많이 위치하는 2층 기준 화재 시뮬레이션 FDS Pyrosim 활용.

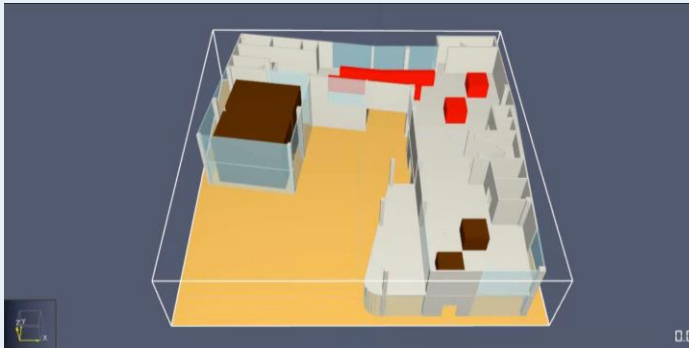
Case 1 · 자동화서고

약 67.5초 이후 실내와 인접한 유리 파괴 진행.



Case 2 · 일반열람실 & 어린이열람실

약 45.3초 이후 내부온도, CO 농도가 기준을 초과.



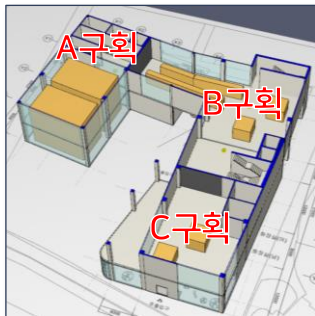
Case 3 · 유아자료열람실

약 48초 이후 CO 농도가 기준을 초과.

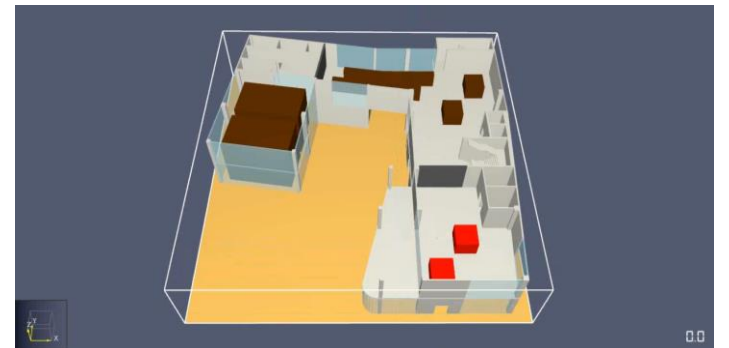
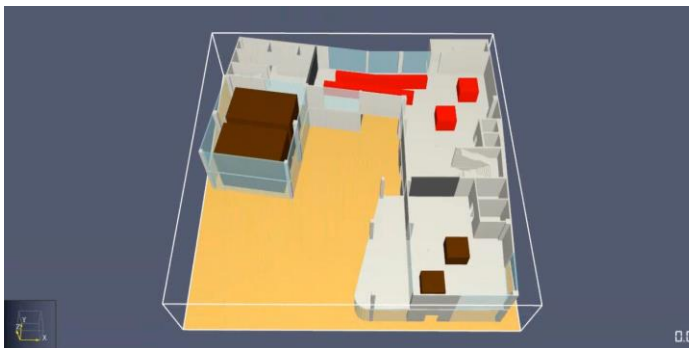


대피시간을 최대한 확보하는 소화설비 및 3개의 방화구획을 도출.

- 스프링클러
- 1 EA / 45 m² (1-2층)
 - 1 EA / 90 m² (3-5층)

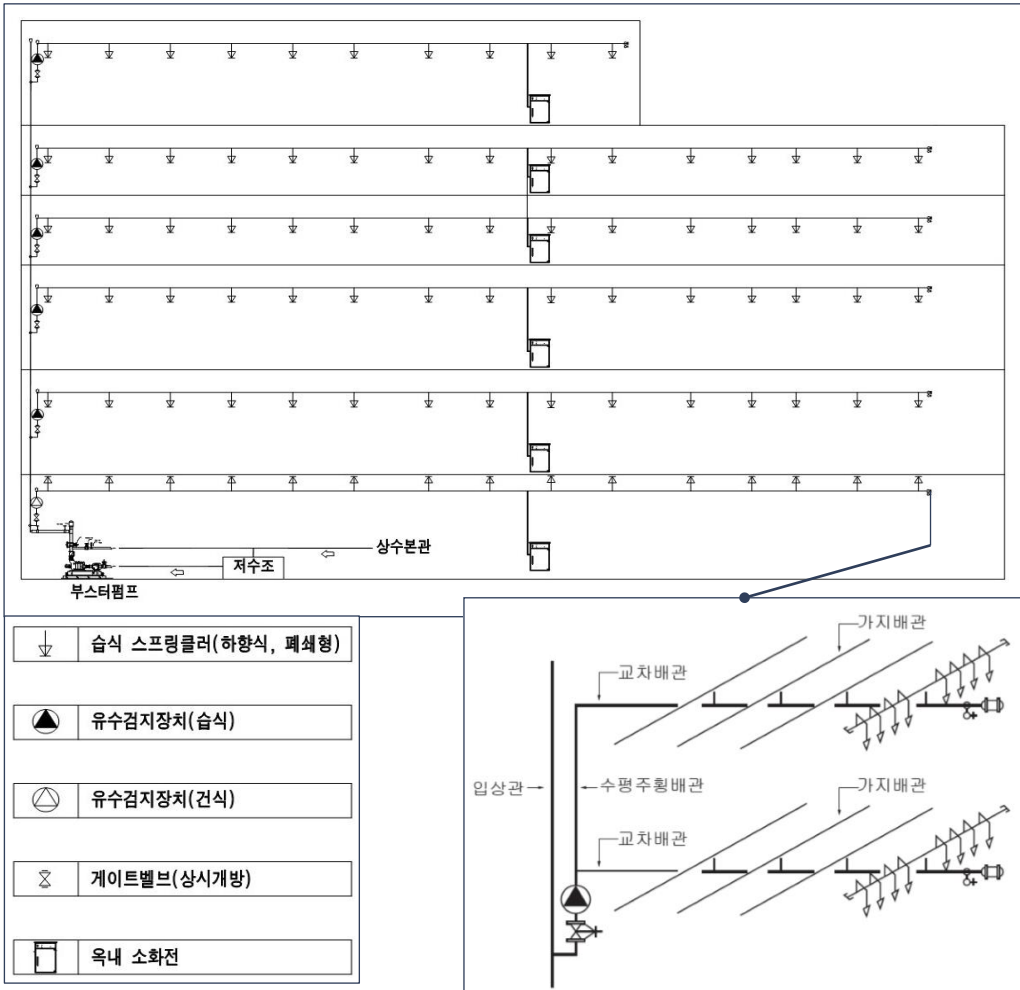


약 118초 이후 내부온도, CO 농도가 기준을 초과 → 약 70초의 대피시간 추가 확보 가능.



소방 설비

소방 설비 계통도



피난안내도



신재생에너지 설비

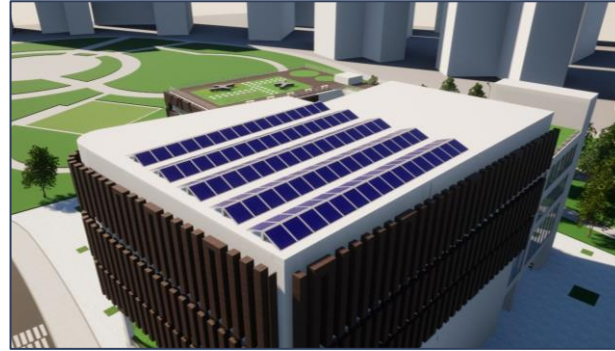
태양광 에너지

동측 입면 수직 루버 BIPV



- 자동화서고 창 루버와 일체형으로 활용
- 접합복층유리 G-to-G 타입과 박막형 사용
→ 기밀성, 단열성 확보
- 사용제품 : H사 Hie-S645DI (KS인증)
→ 2,355 × 1,303 모델 48장 147.3 m²
- 태양광에너지 : 90 W/m² × 147.3 m² = 13.25 kW
- 연간 신재생에너지 생산량 : 4,983.8 kWh/yr

옥상 BAPV



- 다목적홀(강당) 천장 일부분을 활용
- 접합유리 G-to-G 타입과 결정질 사용
→ 효율성 확보
- 사용제품 : H사 HiS-S580 (KS인증)
→ 1,133 × 2,438 모델 60장 165.74 m²
- 태양광에너지 : 90 W/m² × 165.74 m² = 14.92 kW
- 연간 신재생에너지 생산량 : 22,120.8 kWh/yr



연간 신재생에너지 생산량 총합 : 244,610.6 kWh/yr

신재생에너지 공급의무비율 기준 (36% 이상) : 36.21%로 만족

연료전지 에너지

고온 고분자전해질 연료전지



- 사용제품 : D사 퓨얼셀 HT-PEMFC 연료전지
→ 설치 용량 : 10kW × 1 = 10kW
- 연간 신재생에너지 생산량(전력) :
10kW × 7,415 kWh/kWyr × 2.2 = 163,130 kWh/yr
- 연간 신재생에너지 생산량(폐열) :
163,130 kWh/yr / 3 = 54,376 kWh/yr
(발전효율 60%, 폐열 20% 가정) 열원, 급탕에 이용

결론

Green - (하이픈)

Passive Design

- 에너지 소비 최소화하고 자연환경을 최대한 활용

신재생에너지 설비

- 폐열을 재활용한 급탕으로 에너지 소비 절약

모두(All)의 건축물

공조 설비

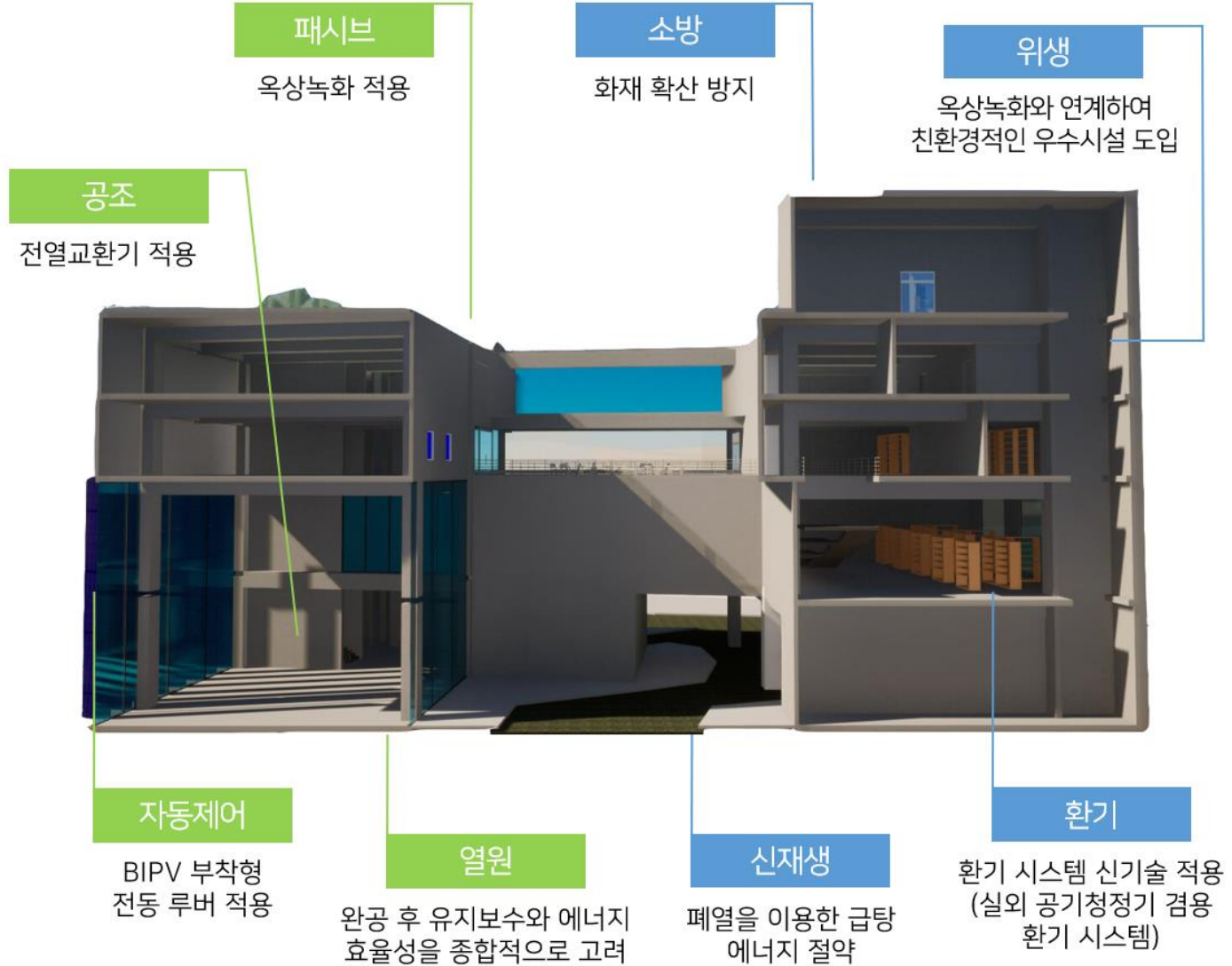
- 디지털 신기술 환기시스템 통해 건강한 공간 형성

위생 설비

- 현실적 급배수 계획으로 자원 절약 및 사용자 편안함 도모

소방 설비

- 화재에 현실적·효과적으로 대응하고 대피하도록 설계



시공관리계획 Construction Management

40 시공관리 목표

41 VE

51 시공 계획

56 BIM

62 결론

시공관리 목표

중점관리대상



스마트 열람실



건축 컨셉 중 'Digital' 을 대표하는 공간



발주자가 원하는 스마트 도서관을 구현할 수 있는 대표 공간



Digit - ALL 컨셉을 구현하며, 스마트 열람실의 가치 향상을 위한 대안 모색



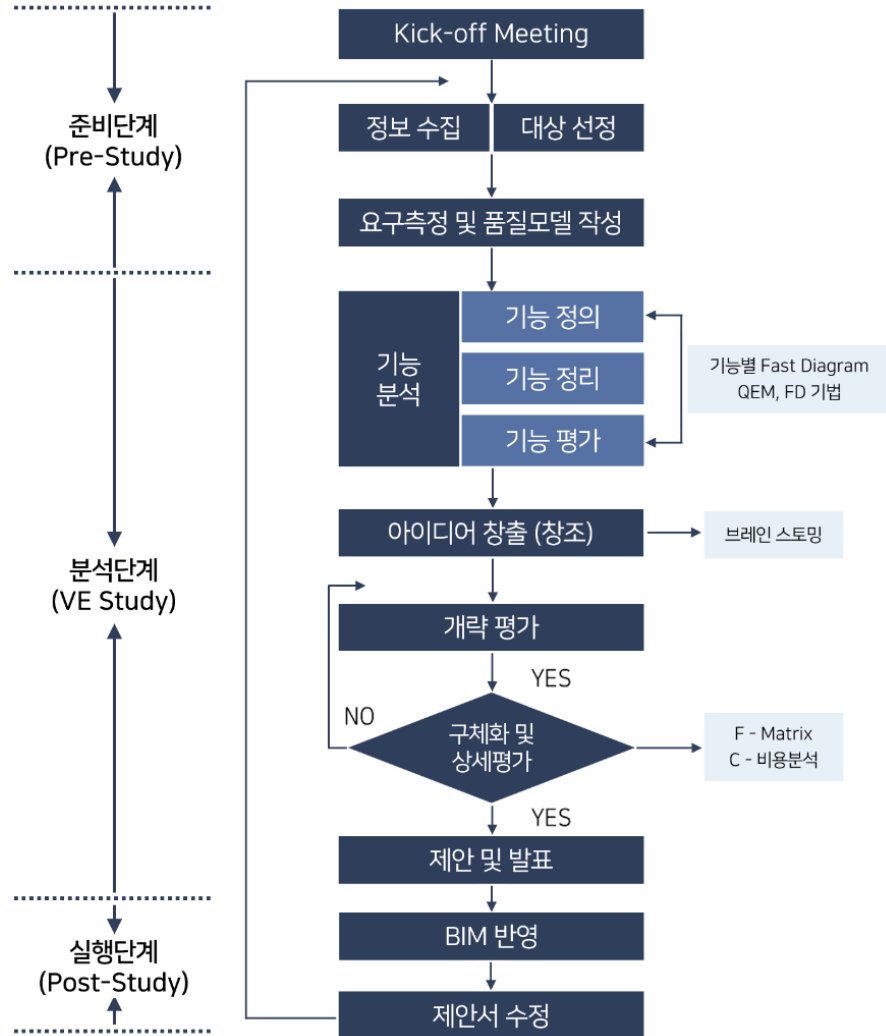
VE 기능 분석에 기반한 스마트 열람실의 효율적 시공 계획



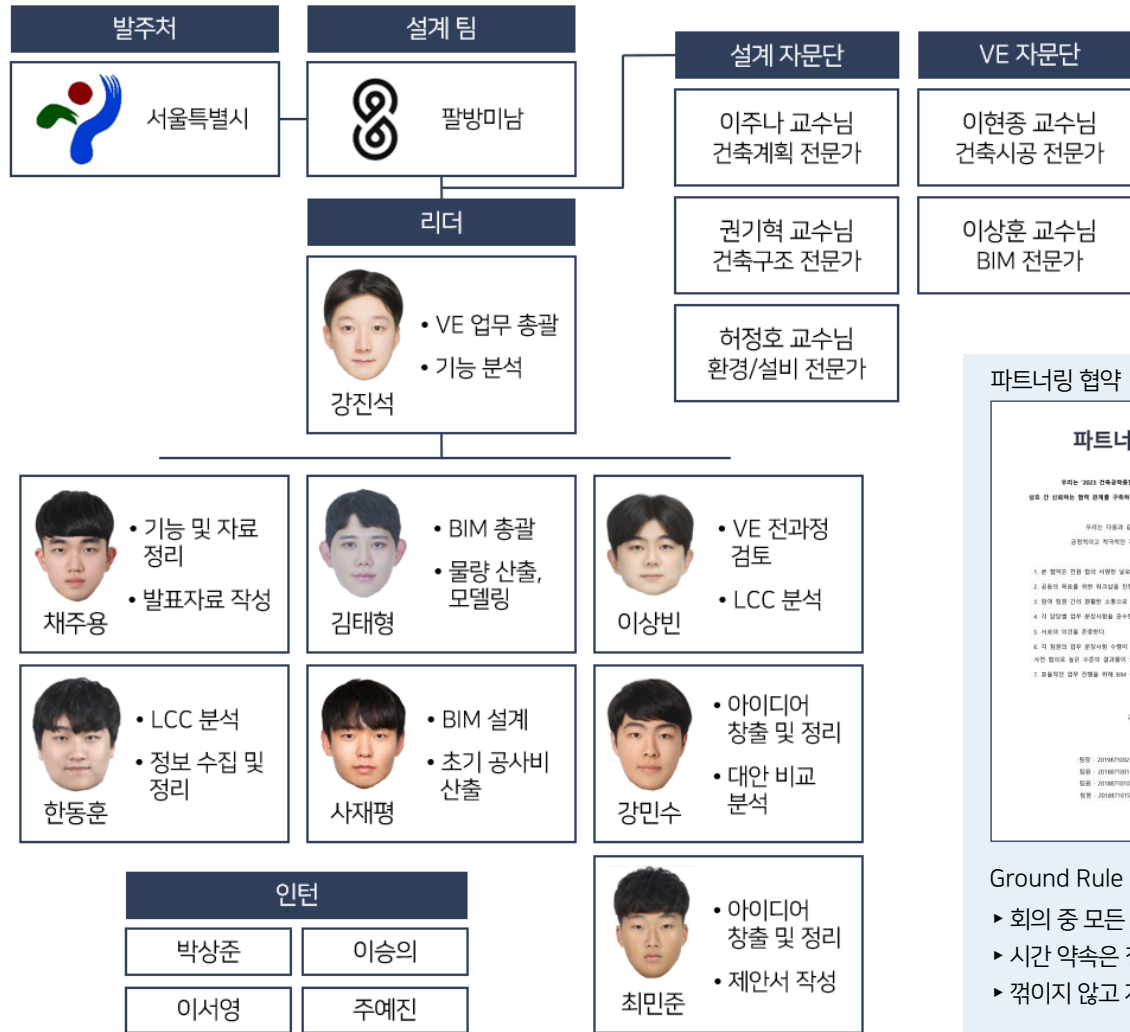
물량 산출을 통한 비용 산정, 설계 오류 최소화, 전공정 시뮬레이션

VE | 개요

VE 수행절차 및 방법



VE 팀 조직



파트너링 협약

파트너링 협약서

우리는 2023 건축공학종합설계 1호 '팔방미남'의 활동으로서 상호 간 신뢰하는 협력 관계를 구축하여 본 프로젝트의 성공적인 완수를 위해 노력한다.

우리는 다음과 같이 프로젝트 목표 달성을 위해 공평하고 적극적인 자세로 협업에 힘써 지원한다.

- 본 협약은 전체 업무 사항의 실무부터 소책자 발행한다.
- 공사의 목표를 위한 자원을 지원한다.
- 타이밍 협의 관련 충분한 소통으로 피드백의 요청을 지원한다.
- 각 담당의 업무 분담을 명확히 한다.
- 모든 회의의 결과물은 공유한다.
- 모든 회의의 결과물은 공유한다.
- 모든 회의의 결과물은 공유한다.

2023년 3월 3일

발주: 2018071002 (공공) (인) | 팀장: 20170303 (1911) (인)
 팀원: 2018071001 (공공) (인) | 팀원: 2018071003 (1911) (인)
 팀원: 2018071010 (공공) (인) | 팀원: 2018071011 (1911) (인)
 팀원: 2018071015 (1911) (인) | 팀원: 2018071016 (1911) (인)

- ### Ground Rule
- 회의 중 모든 내용은 기록.
 - 시간 약속은 철저히 지킴.
 - 꺾이지 않고 자기 의사 표현.

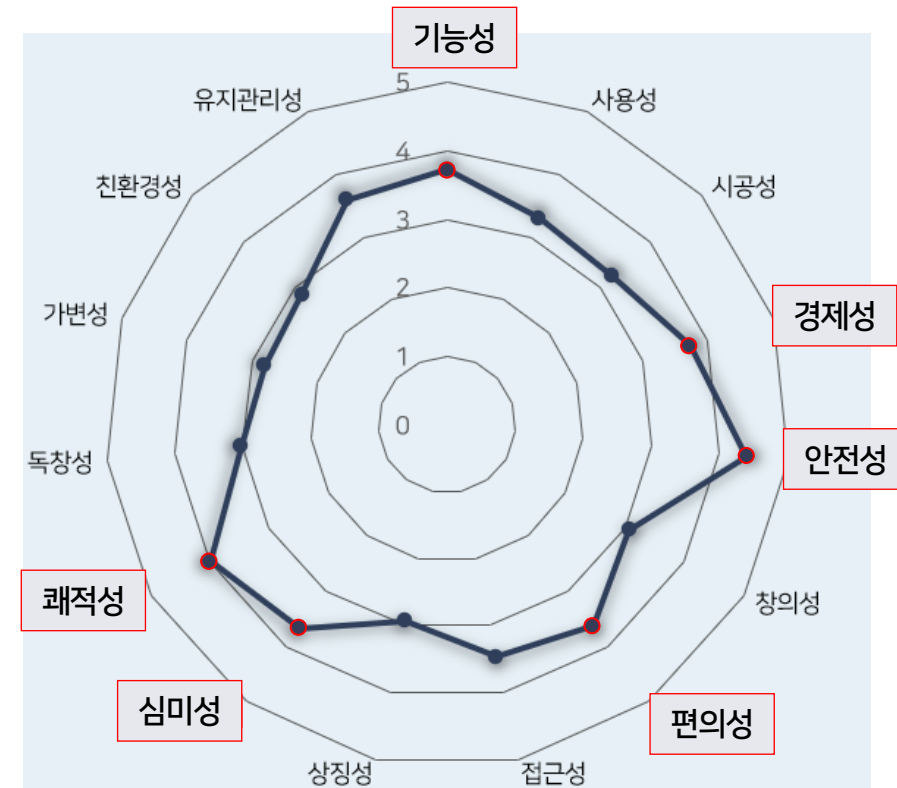
VE | 준비 단계

요구성능 & 품질모델 선정

- 중점관리대상을 고려해 VE팀의 의견을 종합하여 필요 요구성능 15가지 선정.
- 팀원들 각각 사용자, 발주자, VE팀의 입장에서 점수를 부여하여 6가지 품질모델 선정.
- 각 주체 별 반영 가중치 부여 - 사용자 : 0.3 / 발주자 : 0.4 / VE팀 : 0.3

1 : 매우 불필요 2 : 불필요 3 : 보통 4 : 필요 5 : 매우 필요

요구성능	성능 정의	사용자	발주자	VE팀	가중평균	순위
기능성	건물의 목적에 맞게 사용되는 정도	4.00	3.67	3.50	3.72	4
사용성	기능이나 목적 따위에 맞게 사용할 수 있는 정도	4.00	3.00	3.00	3.30	9
시공성	시공이 용이한 정도	1.67	3.50	4.50	3.25	10
경제성	건물에 소요되는 초기비용, 에너지비, 유지관리비의 정도	2.00	4.83	4.00	3.73	3
안전성	물리적으로 구조체가 안전한 정도	4.67	4.50	4.00	4.40	1
창의성	특별하고 기발한 정도	2.83	3.17	3.17	3.07	11
편의성	건물 이용에 있어 불편함이 없는 정도	4.33	3.33	3.33	3.63	6
접근성	건축물을 쉽게 이용할 수 있는 정도	4.33	3.17	3.00	3.47	8
상징성	건축물의 형태, 구조, 재료 등을 통해 전달되는 정도	2.50	3.33	2.83	2.93	13
심미성	건축물의 아름다움을 나타내는 정도	3.67	3.67	3.67	3.67	5
쾌적성	상쾌한 환경을 만들 수 있는 환경의 정도	4.33	3.00	3.17	4.00	2
독창성	창의적인 디자인, 혁신적인 기술 등을 통해 구별되는 정도	2.33	3.33	3.33	3.03	12
가변성	공간이 변할 수 있는 정도	2.50	3.00	2.83	2.80	15
친환경성	자연환경을 오염하지 않는 정도	2.17	3.00	3.33	2.85	14
유지관리성	유지 및 관리하는데 용이한 정도	2.67	4.00	4.00	3.60	7



VE | 분석 단계

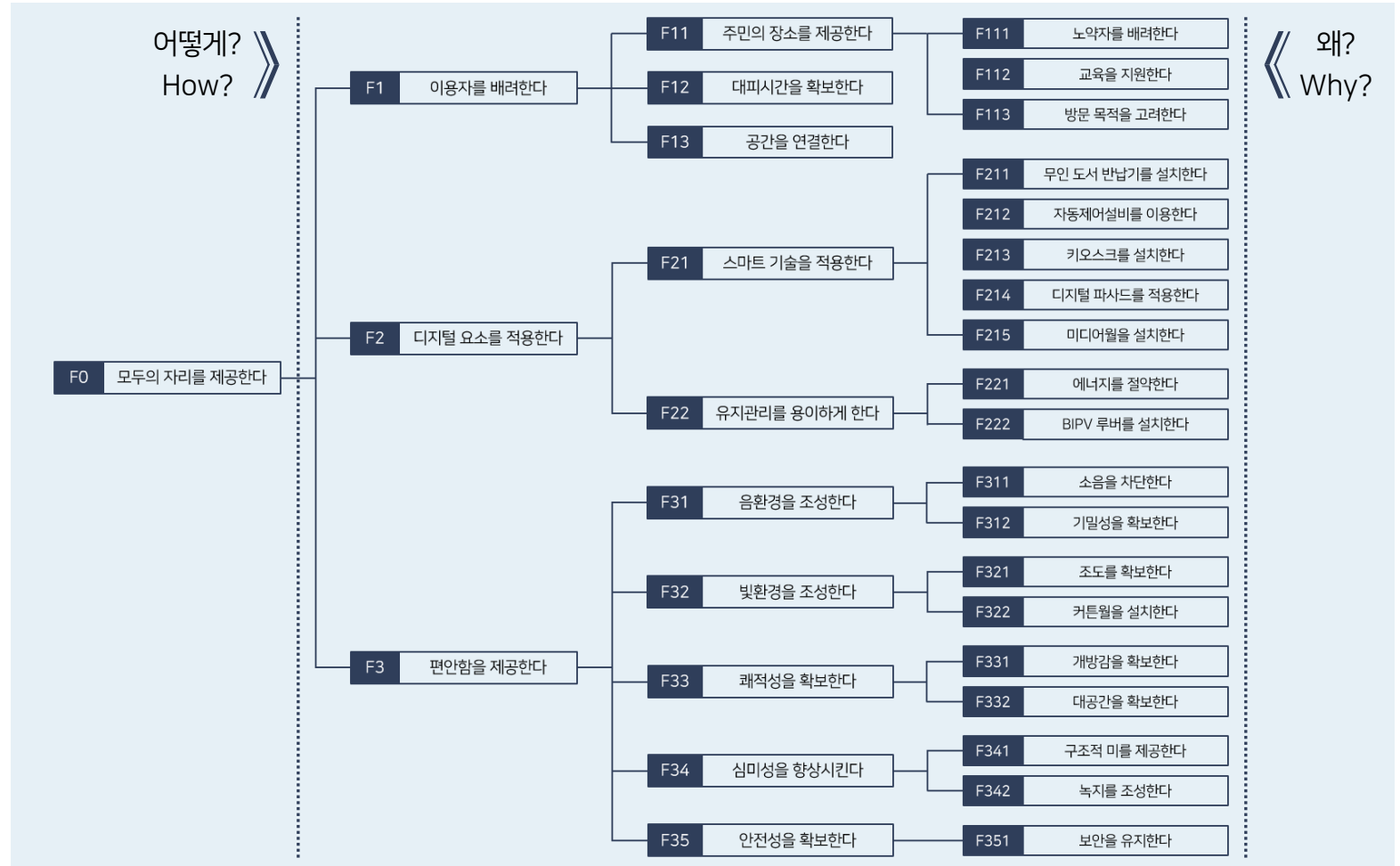
기능 정의

- 브레인스토밍을 통해 스마트열람실에 대한 기능 정의.

기능 정의		기능 분류	
명사	동사	주기능	부기능
모두의 자리를	제공한다	최상위기능	
이용자를	배려한다	0	
주민의 장소를	제공한다		0
노약자를	배려한다		0
교육을	지원한다		0
방문 목적을	고려한다		0
대피시간을	확보한다		0
공간을	연결한다		0
디지털 요소를	적용한다	0	
스마트 기술을	적용한다		0
무인 도서 반납기를	설치한다		0
자동제어설비를	이용한다		0
키오스크를	설치한다		0
디지털 패사드를	적용한다		0
미디어 월을	설치한다		0
유지관리를	용이하게 한다		0
에너지를	절약한다		0
BIPV 루버를	설치한다		0
편안함을	제공한다	0	
음환경을	조성한다		0
소음을	차단한다		0
기밀성을	확보한다		0
빛환경을	조성한다		0
조도를	확보한다		0
커튼월을	설치한다		0
쾌적성을	확보한다		0
개방감을	확보한다		0
대공간을	확보한다		0
심미성을	향상시킨다		0
구조적 미를	제공한다		0
녹지를	조성한다		0
안전성을	확보한다		0
보안을	유지한다		0

기능 정리

- 고객중심의 Fast Diagram 이용 - How와 Why의 logic에 따라 기능 정의 항목 정리.



VE | 분석 단계

기능 평가

정리된 기능을 QEM 기법을 통해 평가 및 우선 기능 선정.

코드	기능		기능 평가				평가 결과
	명사	동사	A	B	C	D	
F0	모두의 자리를	제공한다					최상위기능
F1	이용자를	배려한다	△	0	△	0	6
F11	주인의 장소를	제공한다	△	△	X	△	3
F111	노약자를	배려한다	△	△	△	△	4
F112	교육을	지원한다	△	△	△	△	4
F113	방문 목적을	고려한다	0	△	△	0	6
F12	대피시간을	확보한다	△	△	X	△	3
F13	공간을	연결한다	△	△	△	△	4
F2	디지털 요소를	적용한다	△	△	△	0	5
F21	스마트 기술을	적용한다	△	△	△	△	4
F211	무인 도서 반납기를	설치한다	△	△	△	△	4
F212	자동제어설비를	이용한다	△	X	△	△	3
F213	키오스크를	설치한다	△	△	△	△	4
F214	디지털 파사드를	적용한다	0	△	X	△	4
F215	미디어 월을	설치한다	0	△	X	△	4
F22	유지관리를	용이하게 한다	△	△	0	△	5
F221	에너지를	절약한다	△	△	△	△	4
F222	BIPV 루버를	설치한다	△	△	△	△	4
F3	편안함을	제공한다	△	△	△	0	5
F31	음환경을	조성한다	△	△	△	△	4
F311	소음을	차단한다	△	△	△	△	4
F312	기밀성을	확보한다	△	△	△	△	4
F32	빛환경을	조성한다	△	△	△	△	4
F321	조도를	확보한다	△	△	△	△	4
F322	커튼월을	설치한다	△	△	△	△	4
F33	쾌적성을	확보한다	△	△	△	△	4
F331	개방감을	확보한다	△	△	△	△	4
F332	대공간을	확보한다	△	△	X	△	3
F34	심미성을	향상시킨다	△	△	△	△	4
F341	구조적 미를	제공한다	△	X	X	△	2
F342	녹지를	조성한다	△	△	△	△	4
F35	안전성을	확보한다	△	0	△	△	5
F351	보안을	유지한다	△	△	△	△	4

6가지 우선 기능을 FD 기법을 통해 평가 및 중점개선대상기능 선정.

코드	기능	F1	F114	F2	F22	F3	F35	합계
F1	이용자를 배려한다		1	1	1	0	1	4
F113	방문 목적을 고려한다	0		0	1	0	0	1
F2	디지털요소를 적용한다	0	1		1	0	1	3
F22	유지관리를 용이하게 한다	0	0	0		0	0	0
F3	편안함을 제공한다	1	1	1	1		1	5
F35	안전성을 확보한다	0	1	0	1	0		2



중점개선대상기능
편안함을 제공한다

- ▶ 기능 평가 점수
0 : 2점 (아주 좋음)
△ : 1점 (좋음)
X : 0점 (보통)
- ▶ 기능 평가 항목
A : 아이디어 발상은 용이한가?
B : 필요한 기능인가?
C : 비용절감 및 품질향상 효과가 큰가?
D : 설계 목표에 부합하는가?

VE

목표 달성 가능성, 실현 가능성, 유지관리성 기준에 만족하는 아이디어 도출

시공 계획

공학적으로 건물에 건축 컨셉을 구현할 수 있도록 구현 및 적용

VE | 분석 단계

아이디어 창출 & 개략 평가

- 브레인스토밍을 통해 아이디어 창출.
- 중점개선대상기능 '편안함을 제공한다.' 에 대한 35개의 아이디어를 개략 평가.

중점개선대상기능

코드	아이디어 창출	경제성	기능성	안전성	쾌적성	편의성	심미성	합계	평가
1	조명 시스템을 설치한다	2	2	2	3	3	3	15	○
2	소파를 설치한다	3	2	1	2	1	2	11	△
3	맞춤 의자를 제공한다	1	3	1	3	2	2	12	△
4	앉을 공간을 설치한다	2	1	2	3	3	3	14	○
5	흡음재를 설치한다	2	3	2	3	2	1	13	○
6	조명 및 배경음악 등 따뜻한 분위기 및 다양한 분위기의 실을 조성한다	2	3	2	2	3	3	15	○
7	바이러스를 차단하여 쾌적한 환경을 조성한다	2	3	3	3	3	2	16	◎
8	책을 자동으로 전달한다	2	3	2	3	3	3	16	◎
9	실내 온도를 적절하게 유지한다	3	2	3	3	3	1	15	○
10	편안한 색을 제공한다	3	1	3	2	3	3	15	○
11	공기 청정기를 설치한다	3	2	3	3	3	1	15	○
12	식재를 설치한다	2	1	1	3	2	3	12	△
13	책 수납장의 높이를 조절할 수 있게 한다	3	2	3	2	2	2	14	○
14	바닥을 폭신하게 한다	2	1	3	1	3	1	11	△
15	휴식공간을 제공한다	2	1	3	2	3	3	14	○
16	미디어를 향유할 수 있는 공간을 제공한다	2	1	2	2	3	3	13	○
17	이동 통로를 넓힌다	3	1	2	3	3	2	14	○
18	장애인(약자) 배려 시설을 설치한다	2	2	2	2	3	1	12	△

편안함을 제공한다

코드	아이디어 창출	경제성	기능성	안전성	쾌적성	편의성	심미성	합계	평가
19	바닥에 요철을 없앤다	2	2	2	3	2	2	13	○
20	열람식 좌석 간 거리를 넓힌다	2	1	2	3	2	3	13	○
21	가변성 벽을 활용하여 프라이버시를 확보한다	3	3	2	3	2	3	16	◎
22	안내표지판을 설치한다	3	2	2	2	3	2	14	○
23	점자 블록을 설치한다	3	2	2	2	2	1	12	△
24	피난 유도등을 설치한다	2	2	2	3	2	2	13	○
25	빈자리를 알려주는 시스템을 설치한다	2	3	2	3	3	3	16	◎
26	자연광과 직사 일광을 유연하게 제어 및 활용한다	3	2	2	2	2	3	14	○
27	부드러운 질감의 사물을 적용한다	3	1	2	1	2	1	10	△
28	화재에 대응할 수 있는 시스템을 설치한다	3	2	3	3	3	1	15	○
29	인체공학적인 디자인을 적용한다	3	2	2	3	3	2	15	○
30	녹지 공간을 설치한다	3	1	2	3	2	3	14	○
31	약자 배려용 로봇을 설치한다	1	2	3	2	3	3	14	○
32	공조 설비 기류를 최소화 한다	3	3	2	3	2	1	14	○
33	각자의 취향 목적을 존중할 수 있는 공간을 만든다	1	2	2	2	3	2	12	△
34	아트워크 공간을 설치한다	2	1	2	2	2	3	12	△
35	화장실 대변기 빈 곳을 알려주는 시스템을 설치한다	1	2	2	3	3	1	12	△

▶ 아이디어 평가 점수
3점 (좋음)
2점 (보통)
1점 (나쁨)

▶ 최종 평가
◎ : 16-18점
○ : 13-15점
△ : 12점 이하

Idea 1

바이러스를 차단하여
쾌적한 환경을 조성한다.

Idea 2

책을 자동으로
전달한다.

Idea 3

가변성 벽을 활용하여
프라이버시를 확보한다.

Idea 4

빈자리를 알려주는
시스템을 설치한다.

VE | 분석 단계

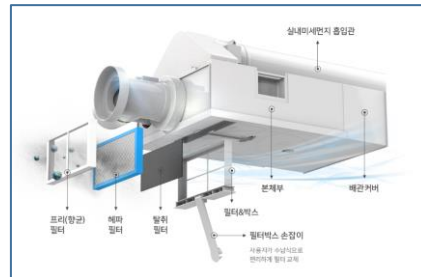
아이디어 제안 평가 & 선정

- 4가지 상위 아이디어에 대한 간략 구체화.
- 제안 가능 여부 판단을 통해 한 가지 아이디어 선정.

아이디어

1. 바이러스를 차단하여 쾌적한 환경을 조성한다.

- 미세먼지, 꽃가루 등 여러 미세 물질에 저항하는 시스템
- 자동 환기 시스템을 적용하여 이용자가 집중되는 실을 쾌적하게 유지



대안 구체화

제안 가능 여부

기존 시스템과 비교했을 때 큰 기능 향상이 불확실함.

2. 책을 자동으로 전달한다.

- 자동화서고와 융합하여 책의 유지관리 및 자동 전달
- 도서를 찾는 이용객과 사서의 수고 부담을 줄여 편안함 제공



사용자, 관리자 입장에서 기능 향상이 예상됨.

3. 가변성 벽을 활용하여 프라이버시를 확보한다.

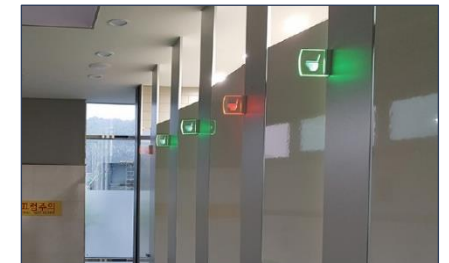
- 가변성 벽을 활용하여 공공장소의 주변 방해요소를 차단해 프라이버시 공간 확보



이용객이 많은 공간에 가변성 벽을 적용할 시 기능 향상이 불확실함.

4. 빈자리를 알려주는 시스템을 설치한다.

- 전기 절약 및 빈자리를 직관적으로 찾을 수 있음
- 이용 유무에 따라 조명이 자동으로 켜지는 시스템



낮에 기능 효율성 떨어짐. 대규모 건물 대비 전기 절약 기능 향상 불확실.

VE | 분석 단계

아이디어 구체화

- 아이디어 '책을 자동으로 전달한다.' 보완을 통해 대안 구체화.



구분	내용
세부내용	<ul style="list-style-type: none"> 터치스크린으로 검색 및 대출 박스 내에 책이 담기는 시스템
장점	<ul style="list-style-type: none"> 접근성이 용이하여 원하는 책을 바로 얻을 수 있음 기계 책 회수를 통해 사서 업무 부담 감소 도서관 정보 게시판 겸용 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> 책 보유량이 한정적



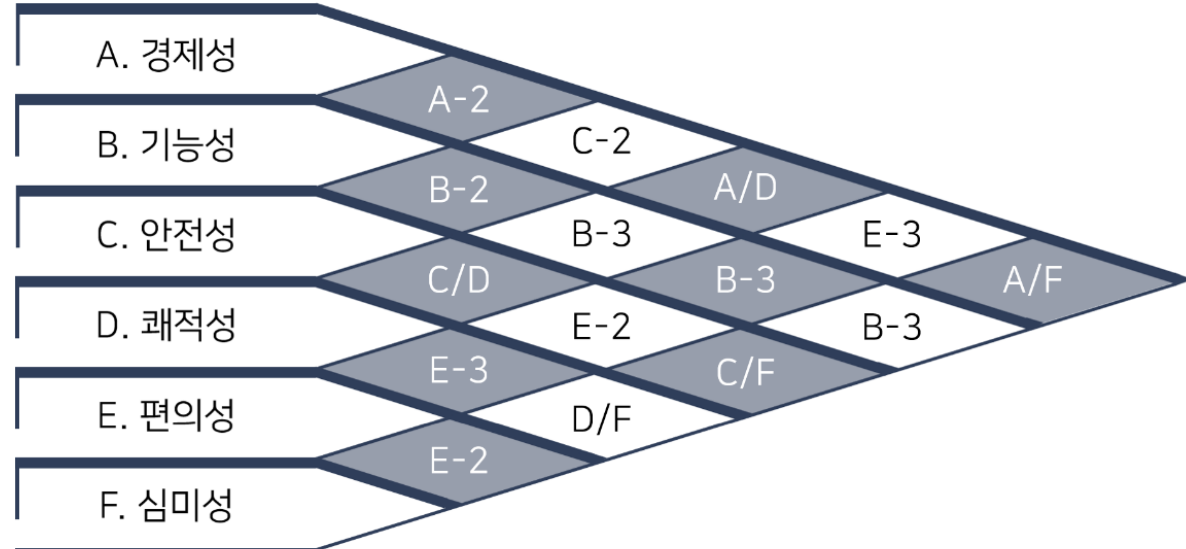
구분	내용
세부내용	<ul style="list-style-type: none"> 사서시스템과 연동된 로봇 도서 검색 및 위치 안내
장점	<ul style="list-style-type: none"> 책 회수 및 장서 점검을 통해 사서 업무 부담 감소 도서 검색 및 위치 안내를 통해 이용자 편의 확보 도서관 안내사항 및 행사내용과 같은 공지 전달 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> 맞춤형 상호작용의 한계 기술적 문제나 고장으로 인한 도서관 운영에 장애 야기



구분	내용
세부내용	<ul style="list-style-type: none"> 레일 트랙 도서 운송 시스템
장점	<ul style="list-style-type: none"> 높은 처리 용량 및 적은 공간 점유 도서 유지관리 용이 도서 자동 전달 및 자동 반납을 통한 시간 단축 조명과 같이 활용하여 건축 미적으로 적용 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> 적용 사례가 적어 현실적인 제한 조건 불충분 기술적 문제나 고장으로 인한 도서관 운영에 장애 야기

상세 평가

- 원안 및 대안에 대한 Matrix 기법을 통해 성능평가 진행.



대안평가표	F	E	D	C	B	A	
점수	3	10	3	4	11	4	성능 점수
가중치 (0-10)	2.73	9.09	2.73	3.64	10.00	3.64	
원안	2 / 5.45	2 / 18.18	1 / 2.73	3 / 10.91	2 / 20.00	4 / 14.55	71.82
대안 1	3 / 8.18	2 / 18.18	2 / 5.45	3 / 10.91	3 / 30.00	1 / 3.64	76.36
대안 2	3 / 8.18	4 / 36.36	3 / 8.18	3 / 10.91	4 / 40.00	2 / 7.27	110.91

VE | 분석 단계

비용 평가 (초기 공사비)

- 시장조사를 수행하여 초기 공사비를 산출.

원안

스마트 도서 박스



품명	수량	단위
eco-box(에코박스/스마트도서관)_LVM-SL600	1	EA

재료비

단가(원)	금액(원)
49,000,000	49,000,000

노무비

단가(원)	금액(원)
0	0

경비

단가(원)	금액(원)
0	0

초기 공사비 합계(원)

49,000,000

대안 1

도서 전달 로봇 시스템



품명	수량	단위
KIST, 로봇틱 도서관 시스템 '콜래봇'	6	EA

재료비

단가(원)	금액(원)
22,000,000	132,000,000

노무비

단가(원)	금액(원)
0	0

경비

단가(원)	금액(원)
0	0

초기 공사비 합계(원)

132,000,000

대안 2

RFID 활용
도서 전달 레일 시스템



품명	수량	단위
레일 시스템	783	m ²

재료비

단가(원)	금액(원)
171,392	134,200,000

노무비

단가(원)	금액(원)
13,000	10,179,000

경비

단가(원)	금액(원)
0	716,000

초기 공사비 합계(원)

145,095,000

VE | 분석 단계

비용 평가 (LCC)

- 기계설비 유지관리 기준 및 연구를 참고하여 LCC 산출.
- 내용연수 : 30년
- 할인율 : 1.210%

원안
스마트 도서 박스



LCC 분석			추정비용(원)	현재가치(원)
재료비			49,000,000	49,000,000
노무비				
경비				
합계			49,000,000	49,000,000
항목	년수	현재가치계수		
유지 보수	1	0.99	3,920,000	3,873,135
	2	0.98	3,920,000	3,826,830
	3	0.96	3,920,000	3,781,079
	4	0.95	3,920,000	3,735,875
	∴	∴	∴	∴
	27	0.72	3,920,000	2,833,046
	28	0.71	3,920,000	2,799,176
	29	0.71	3,920,000	2,765,711
	30	0.70	3,920,000	2,732,646
	총보수비(원)			
LCC 합계(원)				147,128,458

대안 1
도서 전달 로봇 시스템



LCC 분석			추정비용(원)	현재가치(원)
재료비			132,000,000	132,000,000
노무비				
경비				
합계			132,000,000	132,000,000
보수비용	년수	현재가치계수		
기계 점검	1	0.99	10,560,000	10,433,752
	2	0.98	10,560,000	10,309,013
	3	0.96	10,560,000	10,185,765
	4	0.95	10,560,000	10,063,991
	∴	∴	∴	∴
	27	0.72	10,560,000	7,631,878
	28	0.71	10,560,000	7,540,637
	29	0.71	10,560,000	7,450,486
	30	0.70	10,560,000	7,361,413
	총보수비(원)			
LCC 합계(원)				396,346,049

▲ 249,217,591

대안 2
RFID 활용
도서 전달 레일 시스템

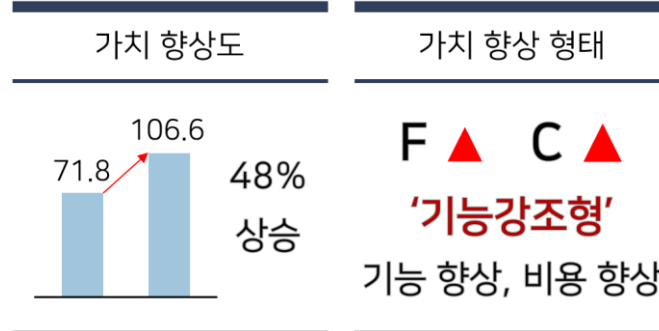


LCC 분석			추정비용(원)	현재가치(원)
재료비			134,200,000	134,200,000
노무비			10,179,000	10,179,000
경비			716,000	716,000
합계			145,095,000	145,095,000
보수비용	년수	현재가치계수		
레일 시스템 정비 + 운송장치 정비	5	0.94	1,500,000	1,412,453
	10	0.89	1,500,000	1,330,016
	15	0.83	1,500,000	1,252,391
	20	0.79	1,500,000	1,179,296
	25	0.74	1,500,000	1,110,467
	30	0.70	1,500,000	1,045,655
총보수비(원)				7,330,279
LCC 합계(원)				152,425,279

▲ 5,296,821

VE | 제안 단계

구분	내용
적용 대상	스마트 열람실 (+ 자동화서고)
개선 기능	편안함을 제공한다
아이디어	자동 책 전달 시스템을 적용한다
제안명	RFID 활용 도서 전달 레일 시스템



원안

스마트 도서 박스

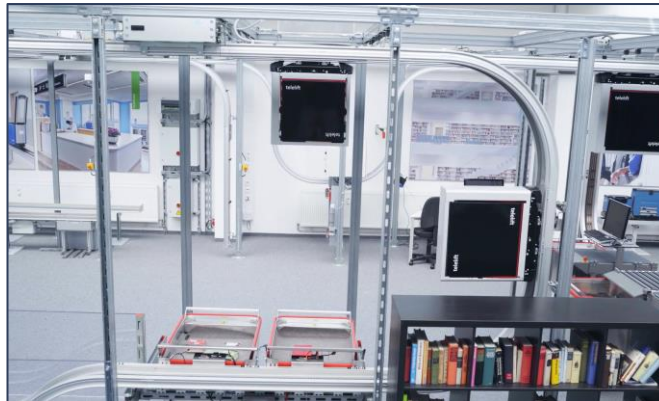


- 신선히면서 기능성이 높은 스마트 시스템을 적용
- 사회적 약자 포함 이용자 모두가 편하게 사용하는 열람 공간을 제공

구분	점수
성능점수(F)	71.82
상대비용(C)	1
가치점수($V = \frac{F}{C}$)	71.82

대안

RFID 활용 도서 전달 레일 시스템



- 실을 대표할 만한, 사람들이 편하게 활용할 만한 스마트 시스템 부재
- 건축 컨셉을 공학적으로 구현하지 못하는 상태

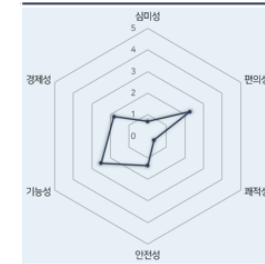
구분	점수
성능점수(F)	110.91
상대비용(C)	1.04
가치점수($V = \frac{F}{C}$)	106.64

평가항목	가중치
경제성	3.64
기능성	10.00
안전성	3.64
쾌적성	2.73
편의성	9.09
심미성	2.73

성능점수[F]

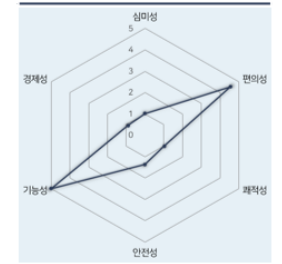
원안	
등급	점수
4	14.55
2	20.00
3	10.91
1	2.73
2	18.18
2	5.45

71.82



대안	
등급	점수
2	7.27
4	40.00
3	10.91
3	8.18
4	36.36
3	8.18

110.91



성능 분포도

성능향상도

▲ 54.4%

초기공사비 (원)	49,000,000	145,095,000
보수비 (원)	98,128,458	7,330,279
LCC 합계 (원)	147,128,458	152,425,279
비용지수[C]	1	1.04
증감액 (원) / 증감율		▲ 5,296,821 / ▲ 4%
가치 평가 ($V = F/C$)	71.82	106.64
가치향상도		▲ 48.5%

시공 계획 | 개요

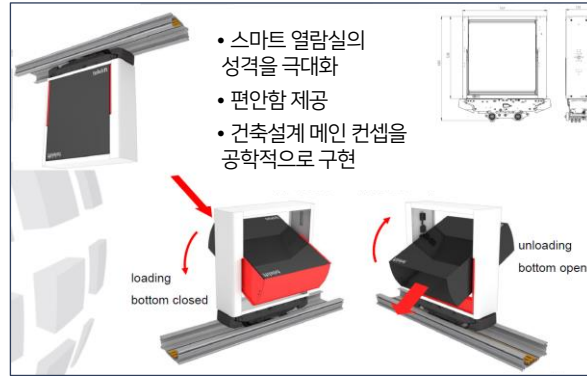
시공 중점사항

VE 주요기능 접목

책을 자동으로 전달한다.



Automated Book Rail 설치



설계 목표 Digit-all의 실현

- 디지털 기술을 적용하는 스마트 열람실
- 1-2층의 자동화서고 레일을 스마트 열람실로 확장시켜 편안함을 제공
- 시공난이도 및 공사비 상승

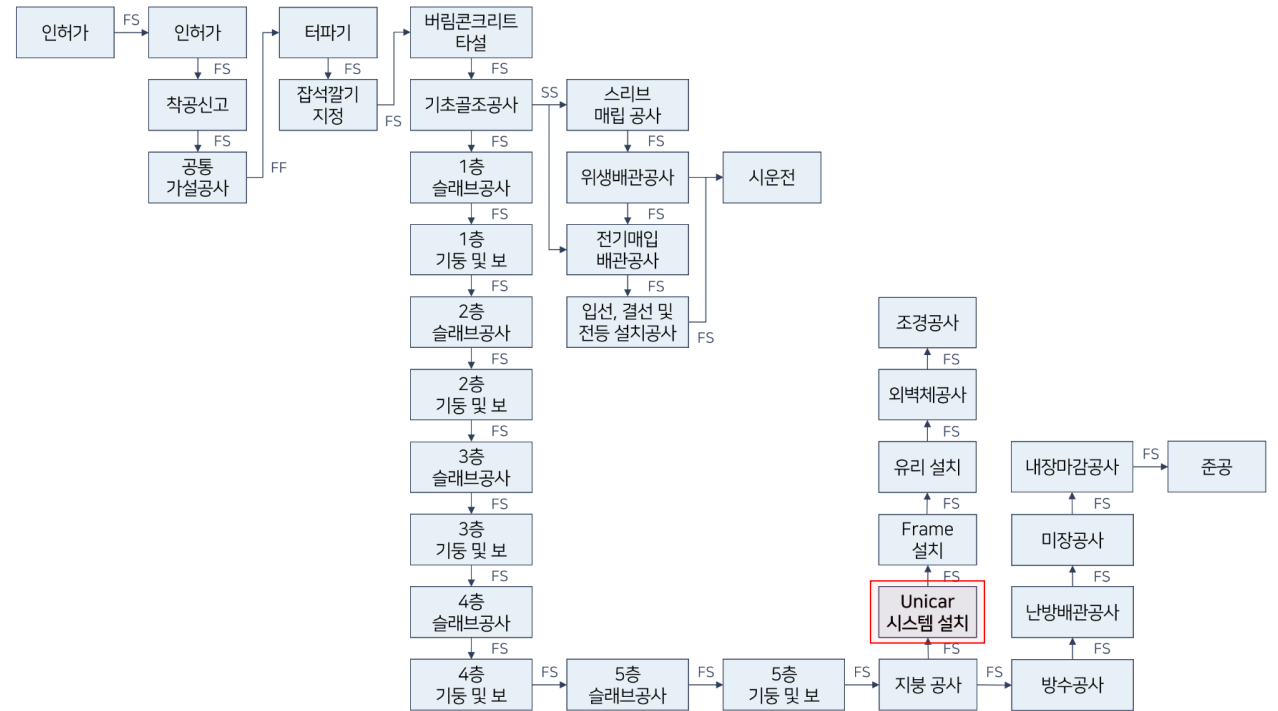
공사 분석 결과

- 시공 시 고층 작업수단 필요
- 작업자 안전관리 필요
- 자동화서고 설치 이후 레일 시공하므로 작업공간 확보 필요

- 자동화서고 설치 후 Automated Book Rail 시공
 - 시공 시 작업 장비 및 자재 반입 계획 필요
- 12m 높이의 수직 Automated Book Rail 시공
 - 자재 양중 및 시공 시 작업자 안전관리계획 필요
- ▶ 12m 수직레일 시공 시 안전, 작업공간 확보를 세부 중점으로 삼는 효율적인 계획 수립

공사 단계 (Logic)

- 골조 공사, 창호 Frame 설치 단계 사이에 Unicar 시스템 설치 공사 계획.
- Unicar 시스템 : 도서를 자동으로 개별 운송해주는 전달 처리 시스템



시공 계획 | 절차

1층 자동화서고와 3층 스마트 열람실을 통하는 Automated Book Rail 설치

Step 1

수직레일 지지를 위해
1 m × 1 m × 12 m
사각형 콘크리트 기둥 설치



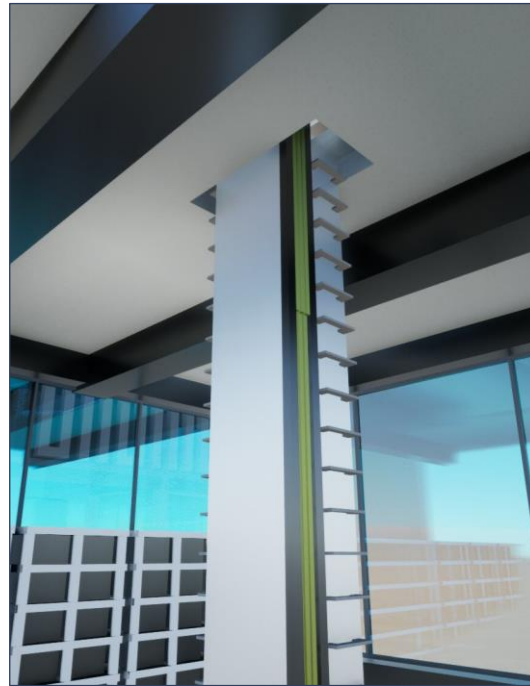
Step 2

유지관리를 위한
수직사다리 시공



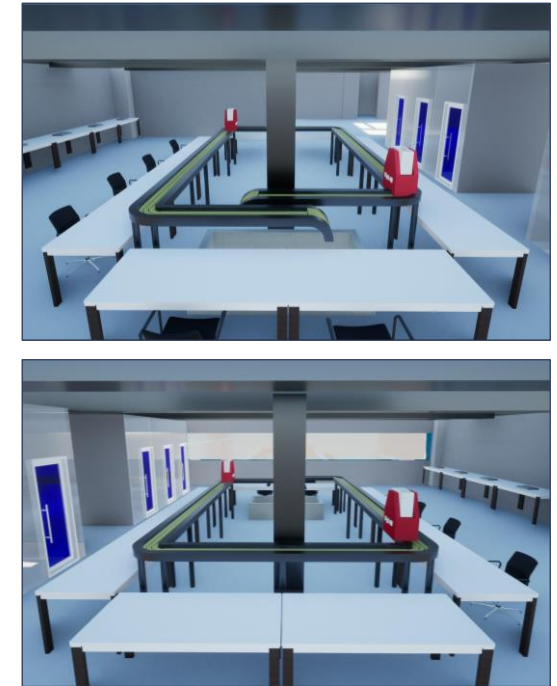
Step 3

자동화서고와 스마트 열람실을
잇는 수직레일 시공



Step 4

스마트 열람실 내부 수평레일
'ㄱ' 자 형태로 시공



시공 계획 | 자재 반입

■ 물량 산출

품목	사이즈	개수	단위중량	총중량
수직·수평 Rail				
	28m (수직)	28EA (1m)	30kg	840kg
	30m (수평)	30EA (1m)	30kg	900kg
도서 운반 Car				
	-	6EA	10kg	60kg
25A 강관				
	21m	21EA (1m)	2.45kg	51.45kg
유로폼 5012				
	500mm × 1,000mm	96EA	14kg	1,344kg
D25 철근				
	직경 25.4mm 길이 1m	33EA	3.98kg	131.34kg

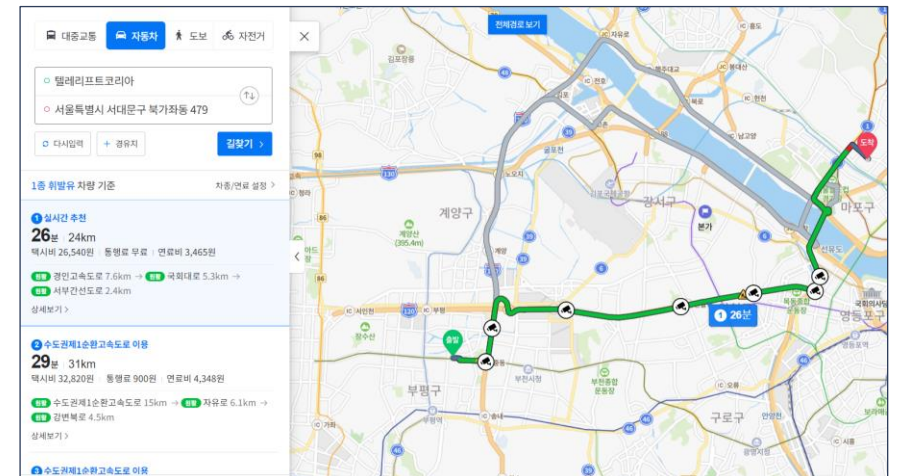
■ 적재 계획

- 필요 무게
 - 레일 : 30 kg × 58 m = 1,740 kg
 - 카트 : 10 kg × 6 EA = 60 kg
 - 총 1,800 kg (약 1.8 ton)
 (유로폼 및 철근은 별도 산정하지 않음)
- 필요 길이
 - 레일 및 강관 : 1m



■ 반입 계획

- 공급원 주소지 : 인천 부평구 총선로203번길 50
- 사이트까지 26분 소요 예정.



시공 계획 | 양중(설치)

양중 계획

건축물 양상 & 현장여건 확인

- 자동화서고 내부 협소한 작업공간
- 높이별로 연속되는 반복작업

고소작업대

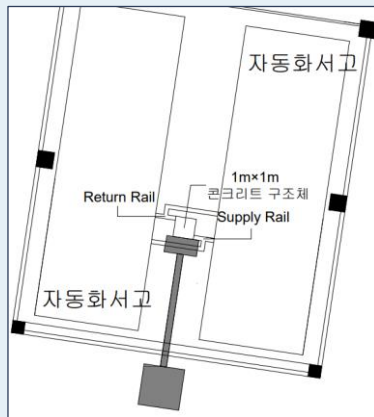


- 12m에 달하는 안목높이 도달 가능
- 작업대를 이용하여 레일 등 자재 양중 가능

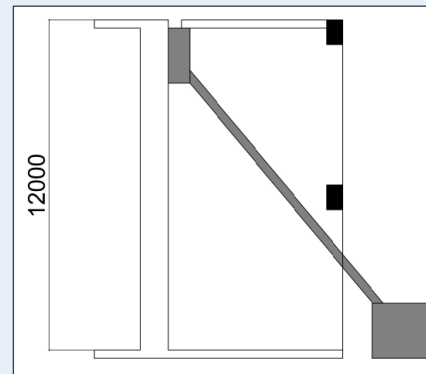


▶ 견인식 고소작업대 N-140

- 작업가능높이 : 18 m
- 작업대 크기 : 1.6 m × 0.8 m × 2 m
- 수평도달거리 : 10.9 m
- 적재하중 : 225 kg



작업공간 확보 확인



양중작업시 G2a 보에 붐대가 안걸린다는 것 확인

안전 관리

- 해당 고소작업대 사용 안전 CheckList를 이용.

고소작업대 사용작업 안전점검표

TYPE	견인형	설비번호	팔방미남	한동훈
점검일자	점검자	점검결과	조치사항	
1	안전인증 표시(CE)는 부착되어 있는가? ※2009년 7월 1일 이후 출고품 적용			
2	작업장소에 대한 사전조사 및 작업계획서는 작성하고 있는가?			
3	작업 시작 전 점검사항은 확인하고 있는가?			
4	정격하중 초과시 과부하방지장치는 정상적으로 작동 하는가?			
5	유압계동 이상시 작업대의 급격한 추락을 방지하기 위한 낙하방지밸브는 설치되어 있는가?			
6	작업대가 일정 기울기(약 3°) 이상의 경사면에 위치할 경우 자동적으로 경고와 함께 상승 작동이 제한되는가?			
7	비상정지장치 작동시 동력이 차단되는가?			
8	동력 차단시 작업대를 수동으로 하강시킬 수 있는 비상하강밸브가 설치되어 있는가?			
9	조작레버의 동적 움직임을 방지하기 위한 위치가 정상적인 위치인가	AL INSPECTION(시공)		
10	시작 전 점검사항이 설치되어 있는가	공사업: 서울시립도서관 DIGIT-ALL		
11	작업대의 과속 작동하는가?	발행 위치: 서울특별시 서대문구 북가좌동 479		
12	작업대 작동을 일시 정지(경보장치)는 정상 작동하는가?	DWG NO. : 보안사항		
13	작업대의 안전난간	NO ITEM 결과(O,X)		
		1 자재가 정확한 위치에 시공되었는가?		
		2 수직/수평 상태		
		3 볼트 체결상태는 양호한가?		
		4 용접상태는 양호한가?		
		5 Cart와 Rail의 체결상태는 양호한가?		
		6 시공 후 외관 상태		
		7 자재 작동상 문제는 없는가?		
		8		
		9		
		10		
		11		
		기타		
		확인 담당자 이상민		

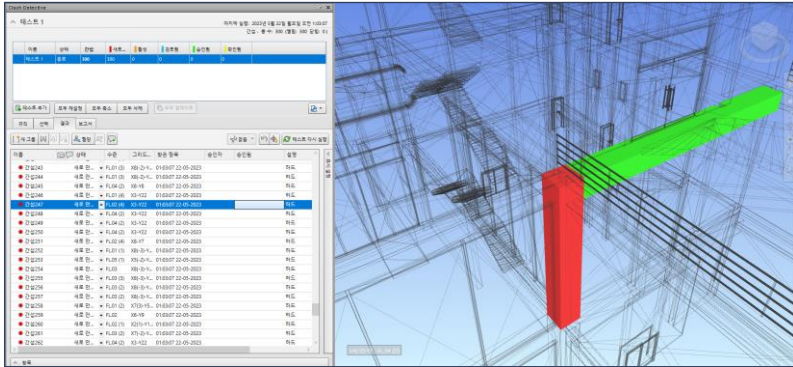
VE 및 시공 계획 | 결과



BIM | 간섭 체크

1차 간섭 체크

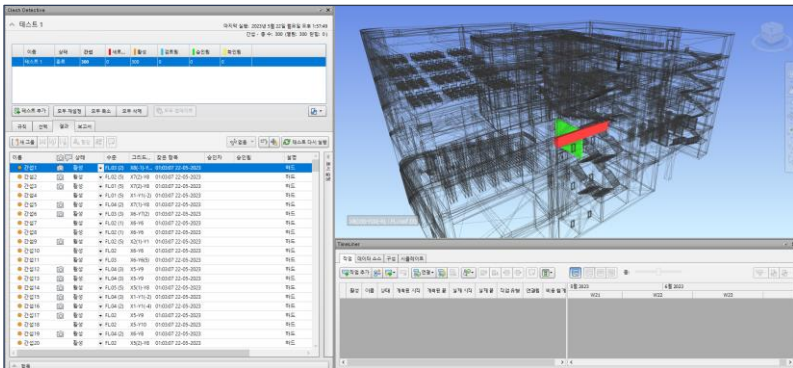
- 모델링을 진행하며 결합되지 않았던 부재 확인.



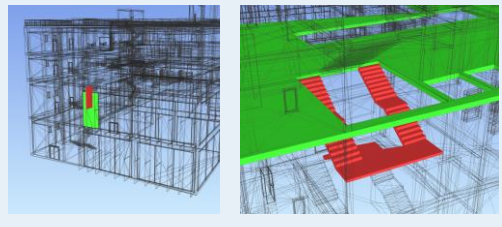
▶ 766개의 간섭 발생

2차 간섭 체크

- 실제 공사에 영향을 주는 골조 모델은 모두 결합.
- 프로그램 상 형상 결합이 불가능한 계단, 커튼월, 난간 등의 간섭 발생.



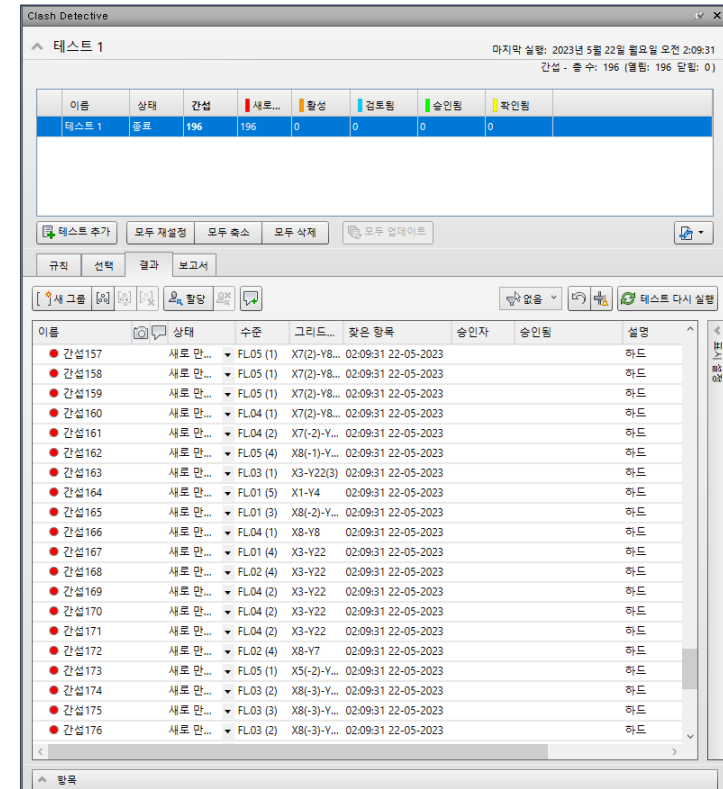
ex) 계단, 커튼월 등의 간섭



▶ 300개의 간섭 발생

3차 간섭 체크 (최종)

- 간섭을 줄이기 위해 부재를 삭제하거나 구조적으로 불안정하게 조정하는 것은 시공 시 발생하는 부재간 충돌 문제를 체크하기 위한 간섭체크 목적에 맞지 않는다고 판단, 최종 간섭 196개로 진행.



▶ 196개의 간섭 발생

BIM | 물량 산출

콘크리트 물량

기둥		보		벽	
C	D	B	C	B	C
체적	면적	체적	면적	체적	면적
65.44 m³	364 m²	21.95 m³	1038.25 m²	1038.25 m³	5213 m²
65.44 m³	364 m²	21.95 m³	1038.25 m²	1038.25 m³	5213 m²
21.62 m³	216 m²	107.37 m³	287.97 m²	287.97 m³	968 m²
21.62 m³	216 m²	107.37 m³	287.97 m²	287.97 m³	968 m²
10.82 m³	27 m²	70.59 m³	406.36 m²	406.36 m³	1026 m²
10.82 m³	27 m²	70.59 m³	406.36 m²	406.36 m³	1026 m²
27097.81 m³	270978 m²	15.52 m³	174.73 m²	174.73 m³	293 m²
27097.81 m³	270978 m²	15.52 m³	174.73 m²	174.73 m³	293 m²
927.12 m³	9271 m²	4.51 m³	0.92 m²	0.92 m³	5 m²
927.12 m³	9271 m²	4.51 m³	0.92 m²	0.92 m³	5 m²
38.48 m³	214 m²	76.84 m³	1.74 m²	1.74 m³	58 m²
38.48 m³	214 m²	76.84 m³	1.74 m²	1.74 m³	58 m²
3379.36 m³	11265 m²	112.23 m³	0.00 m²	0.00 m³	1246 m²
3379.36 m³	11265 m²	112.23 m³	0.00 m²	0.00 m³	1246 m²
1121.16 m³	3737 m²	124.73 m³	1909.97 m³	1909.97 m³	8809 m²
1121.16 m³	3737 m²	124.73 m³	1909.97 m³	1909.97 m³	8809 m²

▶ 전체 콘크리트량 : 5,265.136 m³

거푸집 물량

합판거푸집 물량 산출	벽	슬래브	기둥	보
1F	1483.5 m³	62.7 m³	324 m³	1305.8 m³
2F	1483.5 m³	1585.57 m³	324 m³	1467.8 m³
3F	1483.5 m³	1604.77 m³	324 m³	1408.8 m³
4F	1483.5 m³	1604.77 m³	304.8 m³	1273.8 m³
5F	1483.5 m³	1604.77 m³	160.8 m³	525.4 m³
옥상	1483.5 m³	692.21 m³		

▶ 보, 슬래브 거푸집량 : 13,136.39 m³

▶ 기둥, 벽체 거푸집량 : 10,338.6 m³

철근 물량

• 적용 공식

상부근 공식	$[\text{안목길이} + (40D + 10.3D) \times 2] \times \text{개수}$	하부에만 배근	$(40D + 10.3D) + \text{순경간길이} \times 0.25$
상부에만 배근	$(40D + 10.3D) + \text{순경간길이} \times 0.25$	하부 내단부 배근	$\text{순경간길이} \times (\text{순경간길이} / 8) \times 2$
상부 내단부 배근	$\text{순경간길이} \times 0.3 + \text{기둥폭} / 2$	스터럽 길이	보 둘레의 길이
하부근 공식	$[\text{안목길이} + (25D + 10.3D) \times 2] \times \text{개수}$	띠철근 간격 산정 공식	Min(주근 지름의 16배 이하, 띠철근 지름의 48배 이하, 기둥 단면의 최소 치수 이하)

기둥			
1F	C1	D25	D13
	Size : 0.4 m × 0.4 m		
	층고 : 6 m / Slab THK : 0.3 m	573.12	100.8
	층별 개소 : 2		
	C2	D25	D13
	Size : 0.6 m × 0.6 m		
	층고 : 6 m / Slab THK : 0.3 m	2865.6	302.4
	층별 개소 : 6		
	... 2F, 3F, 4F, 5F		

보							
1F	G1a	D25	D13	2F	G1a	D25	D13
	Size : 0.4 m × 0.9 m	0.561605	0.194025		Size : 0.4 m × 0.9 m	0.561605	0.194025
	경간 : 30 m / Slab THK : 0.3 m	0.645043			경간 : 30 m / Slab THK : 0.3 m	0.645043	
	G2a	D25	D13		G2a	D25	D13
	Size : 0.6 m × 0.9 m	0.815330	0.335813		Size : 0.6 m × 0.9 m	0.815330	0.335813
	경간 : 45 m / Slab THK : 0.3 m	0.740563			경간 : 45 m / Slab THK : 0.3 m	0.740563	
	G3	D25	D13		G3	D25	D13
	Size : 0.8 m × 1 m	1.036362	0.510435		Size : 0.8 m × 1 m	1.290087	0.644760
	경간 : 57 m / Slab THK : 0.3 m	1.203835			경간 : 72 m / Slab THK : 0.3 m	1.514275	
	표피	0.907440			표피	1.146240	
	... 3F, 4F, 5F						

동바리 물량

- ▶ D25 전체 소요 철근량 : 186.5807 ton
- ▶ D13 전체 소요 철근량 : 21.1378 ton
- ▶ D10 전체 소요 철근량 : 3.7632 ton
- 층고 4-6 m 건물에 강관 동바리 적용 불가, 시스템 동바리 적용.
- [각층 바닥 면적 × 0.9 × 층고 × 0.1] 로 10공 m³ 단위로 물량 산출.

▶ 층별 필요 동바리 : 834 10공 m³

BIM | 비용 산출

전체 공사에 대한 비용 산출 : 통합적산 프로그램 이용 (2021년 개정품셈 적용)

골조공사 단가 산정

- 콘크리트, 철근, 거푸집에 대한 재료비, 노무비, 경비 산출.

대가코드	순번	세부대가	명칭	규격	단위	수량	합계	재료비	인건비	경비
ADF0000020S			철근구조물 레디믹스드 콘크리트	양호,슬럼프15이상200m3초과	m3	5265.136	₩319,335,764	₩1,189	₩59,462	
ADR500302250			콘크리트 펌프차 타설(철근)	200~300m3타설/회, 슬럼프 15cm	m3	5265.136	₩64,950,718	₩878	₩9,555	1,903.00
CEE000110050			출근콘크리트용봉강[자재]	이형봉강(SD350/400),D25	ton	186.5806	₩180,983,182	₩970,000		
CEE000110010			출근콘크리트용봉강[자재]	이형봉강(SD350/400),D13	ton	21.1378000	₩19,904,959	₩941,676		
CEE000110000			출근콘크리트용봉강[자재]	이형봉강(SD350/400),D10	ton	3.7632000	₩3,669,120	₩975,000		
CEE000054020			철근 공장가공,현장조립	TYPE-1	ton	211.4816	₩164,365,403	₩39,872	₩737,337	
ADA20100060S			합판거푸집 설치 및 해체	보통 3회, 수직고 7m까지	m2	23474.99	₩1,169,477,052	₩13,683	₩35,807	₩328

- ▶ 전체 골조공사비 : 1,922,686,197원
- ▶ 면적당 골조공사비 : 218,641원

창호, 커튼월 단가 산정

- 창호, 커튼월에 대한 재료비, 노무비, 경비 산출.

대가코드	순번	세부대가	명칭	규격	단위	수량	합계	재료비	인건비	경비
AALH11420240			커튼월유리 설치	24mm 이하	m2	1.0000000	₩ 28,737	₩ 863	₩ 27,874	0.00
MAL020040716			로이복층유리(컬러, 단열간봉)	양면배강도, 아르곤, 16mm, 실링재 별도	m2	1.0000000	₩ 51,400	₩ 51,400	₩ -	0.00
ALC10000010S			알루미늄 프레임 설치	1~3층	m2	1.0000000	₩ 69,010	₩ 2,010	₩ 67,000	
ALC10000040S			외벽 패널 설치(패널설치/벽)	1~3층	10m2	1.0000000	₩ 128,455	₩ 3,741	₩ 124,714	
ALC10000070S			코킹(외벽 패널 줄눈 및 수밀코킹)	1~3층	10m2	1.0000000	₩ 40,219		₩ 40,219	
			알루미늄 창호		m2	1.0000000	₩ 290,000			
			스틸 창호		m2	1.0000000	₩ 315,000			
ALG00000010S			창호 유리 설치/복층유리	유리두께 18mm이하	m2	1.0000000	₩ 30,579		₩ 30,579	

- ▶ 알루미늄 창호 면적당 공사비 : 371,979원
- ▶ 스틸 창호 면적당 공사비 : 396,979원
- ▶ 커튼월 창호 면적당 공사비 : 190,817원

BIM | 유사 사례 비교

유사한 크기의 실제 도서관 공사비 사례들과 비교.

전남대학교 디지털 도서관



대표 공종	금액(원)	면적당 공사비(원)	비율(%)
마감	2,717,888,341	258,899	28
골조	3,268,234,177	311,323	33
흙막이공사	262,956,964	25,049	3
부대조경	133,435,631	12,711	1
부대토목	631,817,497	60,185	6
기타	2,853,846,186	-	29
합계	9,868,178,796	-	100

태안 도서관



대표 공종	금액(원)	면적당 공사비(원)	비율(%)
마감	1,916,959,972	431,942	41
골조	996,145,833	224,458	21
흙막이공사	355,783,990	80,168	8
부대조경	261,675,581	58,963	6
부대토목	85,011,175	19,155	2
기타	1,043,586,642	-	22
합계	4,659,163,193	-	100

운양 도서관



대표 공종	금액(원)	면적당 공사비(원)	비율(%)
마감	3,957,048,735	455,744	30
골조	2,045,182,269	235,549	16
흙막이공사	308,061,658	35,480	2
부대조경	432,468,289	49,809	3
부대토목	1,951,516,304	224,761	15
기타	4,421,787,914	-	34
합계	13,116,065,169	-	100

동탄 중앙 도서관



대표 공종	금액(원)	면적당 공사비(원)	비율(%)
마감	6,161,505,400	587,537	36
골조	3,454,426,605	329,401	20
흙막이공사	1,479,045,196	141,036	9
부대조경	858,396,937	81,853	5
부대토목	584,358,389	55,722	3
기타	4,665,272,669	-	27
합계	17,203,005,196	-	100

대표 공종	면적당 공사비 평균(원)
마감	433,531
골조	275,183
흙막이공사	70,433
부대조경	50,834
부대토목	89,956
기타	-

- ▶ 현재 설계 도서관 면적당 골조 공사비 : 218,641원
- ▶ 4개 도서관 면적당 골조 공사비 평균 : 275,183원



산출한 비용이 평균 비용에 근접하다는 것 확인 가능

BIM | 전체 공사 기간 산정

가동률 기준, 생산성 기준을 이용하여 전체 공사 기간 산정.

가동률 기준

(지역은 서울로 가정)	전체 일수	평균 풍속5m/s 이상	일평균 -5도 이하	강우량 10mm 이상	적설 10mm 이상	일 최고기온 32도 이상	공휴일 및 주말	합계	작업일	가동률
1월	31		4		1		5	10	21.00	67.74%
2월	28	1	2	1			7	11	17.00	60.71%
3월	31	3					5	8	23.00	74.19%
4월	30	1		3			4	8	22.00	73.33%
5월	31	2		1		1	7	11	20.00	64.52%
6월	30			3			5	9	21.00	70.00%
7월	31	1		7			4	21	10.00	32.26%
8월	31			3			7	10	21.00	67.74%
9월	30			1			7	8	22.00	73.33%
10월	31			3			6	9	22.00	70.97%
11월	30	2		4			5	11	19.00	63.33%
12월	31		2	1	1		5	9	22.00	70.97%
									가동률 평균	65.76%

※ 2024년 법정공휴일, 기상으로 인한 비작업일 제외

생산성 기준

구분	작업조건	산출근거	1일 작업량
1. 철근가공 및 조립 (현장가공)	• 현장 철근가공 작업, 난이도 보통 기준	철근공 3인, 보통인부 1인	2.5ton/일
2. 철근 조립	• 철근 조립작업, 난이도 보통 기준	철근공 6인, 보통인부 2인	3.3ton/일
3. 합판거푸집 설치	• 합판거푸집 사용횟수 4회 기준 • 합판거푸집(내수합판 12mm기준)의 가공·제작·조립 포함 • 동바리 설치, 곡면 및 특수형상 부분은 제외	형틀목공 4인, 보통인부 1인	50m ² /일
4. 합판거푸집 해체	• 합판거푸집 사용횟수 4회 기준 • 합판거푸집(내수합판 12mm기준)의 해체 포함 • 동바리 설치, 곡면 및 특수형상 부분은 제외	형틀목공 4인, 보통인부 1인	120m ² /일
5. 유로폼 설치	• 수직고 7m 이하, 난이도 보통 기준 • 유로폼 패널의 벽체조립 • 청소, 박리제 바름 및 보수 포함	형틀목공 4인, 보통인부 1인	60m ² /일
6. 유로폼 해체	• 수직고 7m 이하, 난이도 보통 기준 • 유로폼 패널의 벽체해체 • 청소, 박리제 바름 및 보수 포함	형틀목공 4인, 보통인부 1인	130m ² /일

구분	작업조건	산출근거	1일 작업량
7. 콘크리트 펌프카 타설	• 콘크리트 펌프카 800m ³ 이상, 1회 타설 100~200m ³ 미만, 송행로 15cm, 시공유형 보통 기준 • 타설, 다짐, 양생준비 작업 포함 • 콘크리트 펌프카 규격은 타설높이 및 수평거리를 고려하여 선정	콘크리트공 6인, 특별인부 2인, 보통인부 2인, 펌프차 1인	200m ³ /일
4. 갈판배계 설치	• 갈판배계 높이 10m이하, 양생배계 가설 기간 및 방호시설 제외	비계공 3인, 보통인부 1인 기준	60m ² /일
5. 시스템배계 (양판 및 내부 계단) 설치 및 해체	• 시스템배계 10m이하, 연결관 포함 • 가설 기간 및 방호시설 제외	비계공 4인, 보통인부 1인 기준	100m ² /일
6. 갈판 동바리 설치 및 해체	• 갈판동바리 높이 2.5m~3.5m, 설치간격 0.6m~0.8m • 갈판동바리, 양에 설치 및 해체 • 차반크레인이 콘크리트 타설 제외	형틀목공 3인, 보통인부 1인 기준	57공m ² /일
	• 갈판동바리 높이 3.5m이하, 설치간격 0.6m~0.8m • 갈판동바리, 양에 설치 및 해체 • 차반크레인이 콘크리트 타설 제외	형틀목공 5인, 보통인부 1인 기준	100m ² /일
7. 시스템 동바리 설치 및 해체	• 시스템동바리 높이 10m이하, 설치간격 0.6m~1.2m • 시스템동바리, 양에 설치 및 해체 • 차반크레인이 콘크리트 타설 제외	형틀목공 4인, 보통인부 1인, 크레인(15ton) 1대 기준	69공m ² /일

※ 2023 건설공사 표준품셈, 2022년 적정공사기간 확보를 위한 가이드라인

ex) 본 건물 2층 바닥 및 보 골조공사

세부 공종	기본 물량	전문공	보통인부	1일 작업량	생산조 수	단위	순공기	가동률	산정공기	계수	반영공기
Duration		생산조 단위			조		일				
시스템 동바리	1,390	4	1	414	6	m ²	3.36	65.76%	5.1일	1.1	5.6일
철근 조립	35.76	6	2	6.6	2	ton	5.42	65.76%	8.2일	1.1	9.1일
합판거푸집 설치	2,891.37	4	1	300	6	m ²	9.64	65.76%	14.7일	1.1	16.1일
합판거푸집 해체	2,891.37	4	1	720	6	m ²	4.02	65.76%	6.1일	1.0	6.1일
펌프카 타설(철근)	357.265	8	3	400	2	m ³	0.89	65.76%	1.4일	1.0	1.4일
콘크리트 보양							4.00	65.76%	4.0일		4.0일
현장 정리					1	1	4.00	65.76%	6.1일	0.9	5.5일

Activity Process 반영공기 32.8일

Activity Process 반영

- 전체 공사 기간 합산 X
- Activity Process를 적용해 동시에 진행 가능한 작업을 기간에 반영

작업조 기반 투입인원 배정

- 시스템 동바리 설치 및 해체 : 형틀목공 4인, 보통인부 1인, 크레인 1대
- 콘크리트 펌프카 타설 : 콘크리트공 6인, 특별인부 2인, 보통인부 2인, 펌프차 1인
- 철근 조립 : 철근공 6인, 보통인부 2인
- 합판거푸집 설치 : 형틀목공 4인, 보통인부 1인

작업조 기반 1일 작업량 산정

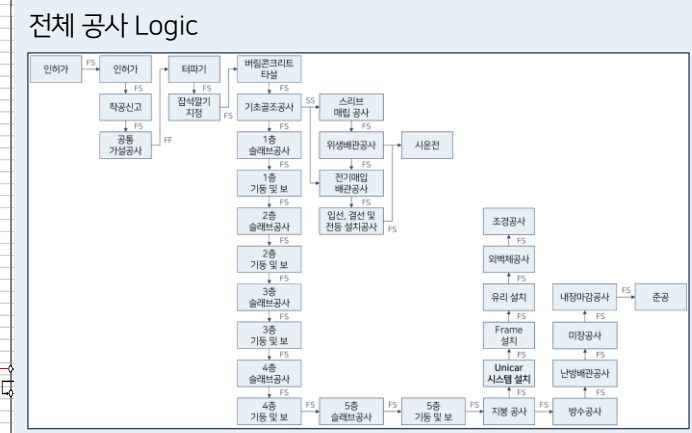
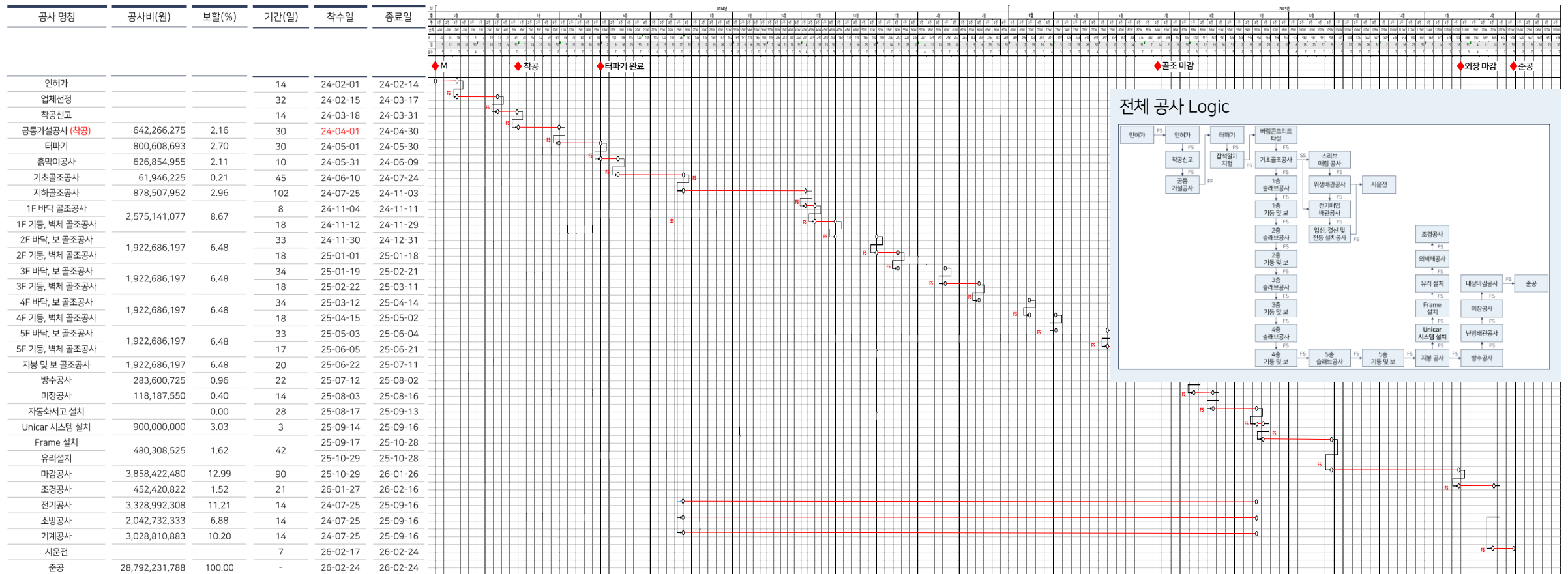
- 콘크리트 펌프카 타설 : 200m³/일
- 철근 조립 : 3.3ton/일
- 합판거푸집 설치 : 50m³/일
- 시스템 동바리 설치 및 해체 : 69공m²/일

BIM | 공정 계획 (Bar Chart)

골조공사 제외 공사 기간은 [2022년 적정공사기간 확보를 위한 가이드라인] 참고.

골조공사 제외 공종별 공사비는 4개 공사의 평균 공사비로 산정.

서대문 시립 도서관 PROJECT 예정 공정표



결론



시공 목표

Digit - ALL 건축 컨셉을
공학적으로 구현 가능케 함

중점개선대상기능

이용자에게 편안함을 제공

VE

- 도서 전달 레일 시스템을 채택하여
원안대비 기능강조형 가치 향상을 이루어냄

시공 계획

- 도서 자동 전달 레일을 구현하고 관리하기
위한 부가 구조체 시공
- 프로세스와 환경요소에 적합한
양중장비 채택, 자재반입 경로 선정

BIM

- 중점관리대상과 더불어
전체 공사에 대한 비용과 기간 산출
- 자체적 견적을 유사 사례와 비교,
구조 설계가 과도하지 않았음을 확인

마무리 Conclusion

최종 영상



서울시가 원하는 도서관

천만 서울시민이 원하는 도서관

설계자 팔방미남이 원하는 도서관

2023 건축공학종합설계

[서대문 서울시립도서관 건립사업]

감사합니다 Thank you

1조 | 팔방미남

강민수 강진석 김태형 사재평
이상빈 채주용 최민준 한동훈