

구암경로당 정밀안전진단 및 내진성능평가용역 보고서
2022.01 (주)제이유안전진단연구원

구암경로당 정밀안전진단 및 내진성능평가용역
보 고 서

2022. 01.

전라북도 군산시

(주)제이유안전진단연구원

제 출 문







전라북도 군산시 귀중

귀 시에서 의뢰하신 『구암경로당 정밀안전진단 및 내진성능평가』 용역에 대한 과업을 성실히 수행하고 그 결과를 본 보고서에 수록하여 제출합니다.

2022년 01월

전북 군산시 검다메1길 18, 201호
(주)제이유안전진단연구원
대표이사 윤은경

참여기술자 명단

참여구분	세부수행내용	직급 및 이름		비고
책임기술자	업무총괄	건축특급기술자 이 사	유 영 일	
참여기술자	현장조사 및 보고서 작성	건축고급기술자 차 장	박 종 철	
	현장조사 및 자료정리	건축중급기술자 부 장	최 대 성	
	현장조사 및 자료정리	건축초급기술자 과 장	이 동 훈	
	현장조사 및 자료정리	건축초급기술자 대 리	유 선 미	
	현장조사 및 자료정리	건축초급기술자 대 리	이 수 호	

시설물 위치도



시설물 전경



구암경로당 정면 전경



구암경로당 측면 전경

정밀안전진단 결과표

가. 일반현황					
용역명	구암경로당 정밀안전진단 및 내진성능평가용역	점검기간	2021. 11. 25 ~ 2022. 01. 13		
관리주체명	전라북도 군산시	대표자	-		
공동수급	단독	계약방법	수의계약		
시설물구분	건축물	종류	기타	종별	기타
준공일	1997년 04월	점검금액 (천원)	16,602	안전등급	B
시설물위치	전북 군산시 외산2길 10	시설물규모	층 수 : 지상2층, 연면적 : 182.1㎡		
나. 진단 실시결과 현황					
중대결함	- 현재 구조물의 안전성에 문제가 될 만한 규모의 중대결함은 없음.				
진단 주요결과	-콘크리트구조체 : 균열, 백태 -조적벽체 및 마감재 : 균열, 분리균열, 타일 파손, 벽지 오염, 몰탈 박리 등 -지붕층 : 방수재 열화, 파라펫 균열 -주변대지 : 특이사항 없음 -내진안전성 불만족				
주요 보수·보강	-주의관찰, 표면처리보수, 마감재 보수, 내진 보강 등				
다. 책임(참여)기술자 현황					
구분	성명	과업 참여기간	기술등급		
책임기술자	유영일	2021. 11. 25 ~ 2022. 01. 13	특급		
참여기술자	박종철	2021. 11. 25 ~ 2022. 01. 13	고급		
	최대성	2021. 11. 25 ~ 2022. 01. 13	중급		
	이동훈	2021. 11. 25 ~ 2022. 01. 13	초급		
	유선미	2021. 11. 25 ~ 2022. 01. 13	초급		
	이수호	2021. 11. 25 ~ 2022. 01. 13	초급		
라. 참고사항					

정밀안전진단 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견

1) 대상 시설물에 대한 외관조사 결과, 콘크리트 구조체에서 균열, 백태 등이 조사되었고, 비구조체의 경우 조적벽체 균열, 이질재 접합부 분리균열, 타일 파손, 벽지 오염, 몰탈 박리, 판넬 부식 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

구조체에 발생한 균열, 백태 등의 손상은 현 상태에서 구조적인 문제는 없으며, 장기적인 내구성 및 사용성 확보차원의 적절한 보수조치 및 유지관리가 요구된다.

2) 콘크리트 압축강도는 일부 개소에서 추정설계강도에 다소 부족하나 강도 부족으로 인한 구조체에 특이한 손상이 없는 것으로 나타나 구조물의 내구성 저하에 큰 영향은 없을 것으로 판단되고, 철근배근상태 및 탄산화 깊이는 전반적으로 양호한 상태로 측정되었다.

3) 부재 규격 및 변위에 대한 측정결과, 부재 규격은 준공도서 부재로 인해 실측치수와 비교·검토할 수 없었으며, 부재 실측 결과 동일 부재간 치수는 마감두께(미장 및 페인트 등)에 따른 오차는 있으나 대부분 동일한 것으로 조사되었고, 변위는 안전성에 문제가 될 만한 변위는 없는 것으로 측정되었다.

4) 대상 시설물의 주요 부재에 대하여 수직하중(고정하중, 활하중)을 고려하여 내력평가를 실시한 결과, 기둥, 보, 벽체는 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이하로 나타나 구조물의 안전성이 확보된 것으로 평가되었다.

다만, 슬래브는 내력을 다소 초과하는 것으로 나타났으나, 초과하는 내력이 허용범위(10%) 이내로 나타나 구조적 안전에 지장이 없을 것으로 판단된다.

5) 비선형 정적해석을 통한 내진성능평가 결과, 1층 RC조는 내진성능수준을 만족하는 것으로 평가되었으나, 2층 조적조는 내진성능수준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 내진보강이 필요한 것으로 평가되었다.

6) 대상 시설물에 대한 상태평가와 구조안전성 평가 결과를 포함한 종합평가 등급에 따른 안전등급을 지정한 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급(양호)”로 평가되었다.

7) 결론적으로 외관조사, 시험조사 및 구조안전성 결과를 종합적으로 분석해 볼 때, 현재 시설물은 사용상 안전성에 문제가 없는 상태이나 일부 부재에서 발생한 손상 및 결함에 대해서는 내구성 및 사용성 확보차원에서 적절한 보수조치 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

또한, 내진성능평가 결과에서 보듯이 내진성능수준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 내진 보강을 실시하여 지진에 대한 안전성을 확보하여야 할 것으로 판단된다.

가. 진단 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강			· 안전성평가 결과 : B · 상태평가 결과 : B · 종합평가 결과 : B
결함발생 부재	상태평가 결과	결함종류	보수 · 보강(안)
기둥	A	· 특이사항 없음	-
보	B	· 균열, 백태	· 표면처리보수
슬래브	A	· 특이사항 없음	-
벽체	A	· 특이사항 없음	-
기타	-	· 조적벽체 및 이질재료 접합부 균열 · 마감재 손상	· 표면처리보수 · 마감재 보수

나. 안전성평가 결과

안전성 평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	내력비 (안전율)	안전성평가 결과
슬래브, 보, 기둥, 벽체	극한강도 설계법	-보, 기둥, 벽체는 내력 확보 -슬래브는 내력을 다소 초과하나 허용범위(10%) 이내로 구조적 안전에 지장이 없을 것으로 판단됨.	-1.0 이하 -1.04	B

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
기둥, 보, 벽체 등	미적용	불만족	-2층(옥탑) 조적조에 대하여 내진성능수준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 내진보강이 필요한 것으로 평가됨.

라. 현장시험

시험명	시험 부위	시험 결과	책임기술자 의견
부재 규격	3.2절 시험조사 본문 참조	부재 규격은 준공도서 부재로 인해 실측 치수와 비교·검토할 수 없었으며, 부재 실측 결과 동일 부재간 치수는 마감두께(미장 및 페인트)에 따른 오차는 있으나 대부분 동일한 것으로 조사됨.	전반적 양호
건축물 기울기		건축물 기울기는 측정높이 380cm, 변위량 0.1~0.6cm(1/3800~1/633)로 측정되었으며, 평가기준 1/500 이내로 나타나 상태평가등급은 B등급으로 평가됨.	전반적 양호
콘크리트 압축강도		콘크리트 압축강도는 15.90~19.95MPa로 측정되어 추정설계강도(18MPa)에 다소 부족하나 강도 부족으로 인한 구조체에 특이한 손상이 없는 것으로 나타나 구조물의 내구성 저하에 큰 영향은 없을 것으로 판단됨.	전반적 양호
철근배근 상태		철근배근상태는 일반적인 건물과 비교시 대부분 동일한 것으로 조사됨.	전반적 양호
콘크리트 탄산화		탄산화 깊이는 마감재를 제외하고 1.2~1.4cm로 철근의 깊이까지 미치지 않은 것으로 나타났으며, 상태평가등급은 B등급으로 평가됨.	전반적 양호

요 약 문

1. 개 요

1) 진단의 목적 및 기간

① 진단의 목적

본 진단은 구암동 취약지역 생활여건 개조사업 일환으로 시행하는 구암경로당 리모델링 (개축 및 대수선)을 위해 「건축법」 제48조(구조내력 등) 규정에 의거 구조의 안전을 확인 하기 위한 용역으로 건축물의 노후화 또는 결함정도를 파악·분석하고 내진성능 확보 여부를 평가하여, 정밀안전진단 결과에 따라 구조성능보강 설계 및 유지관리 방안 등이 감안된 보수·보강 실시를 위한 계획수립과 최적의 관리방안을 마련하여 공공의 안전을 확보하고 건축물의 효용성을 증진하는데 그 목적이 있다.

② 점검기간 : 2021년 11월 25일 ~ 2022년 01월 13일

2) 진단대상 시설물 현황

시설물명	용도	층수	연면적(㎡)	구조	준공년도
구암경로당	노유자시설	지상2층	182.1	철근콘크리트조, 조적조, 경량철골조	1997. 04



위치: 전북 군산시 외산2길 10

< 위치도 >



< 정면 전경 >



< 측면 전경 >

4) 진단의 범위 및 내용

진단의 범위		진단의 내용	비고
자료수집 및 분석		<ul style="list-style-type: none"> · 관련도면 및 구조계산서 등 검토 · 기존 정밀안전점검·정밀안전진단 실시 여부 · 보수·보강 이력 · 기타 관련자료 검토 	
현장조사 및 시험	외관조사	<ul style="list-style-type: none"> · 균열조사(폭, 길이, 유형 등) · 손상조사(누수, 백태, 박리, 박락, 철근노출 등) 	
	시험조사	<ul style="list-style-type: none"> · 부재 규격 조사 · 변위 조사 : 건축물의 기울기 조사 · 콘크리트압축강도 조사 · 철근배근상태 조사 · 탄산화 깊이 조사 	
구조안전성 평가		· 사용조건, 하중상태에 따른 건축물의 내력평가 및 안전성 평가	
내진성능평가		· 비선형 해석을 통한 내진성능평가	
종합평가 및 안전등급 지정		<ul style="list-style-type: none"> · 외관조사, 시험조사 등에 따른 상태 및 종합평가 실시 · 종합평가 결과에 따른 안전등급 지정 	
보수·보강방안		<ul style="list-style-type: none"> · 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 · 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강공법 제시 	
유지관리방안		· 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		· 최종보고서 작성	

5) 기존 안전점검 및 정밀안전진단 실시 결과

시설물명	정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단
구암경로당	· 이력사항 없음	· 이력사항 없음	· 금회 최초 실시

6) 내진설계 여부

시설물명	내진설계 여부	비고
구암경로당	· 내진설계 미적용	

7) 보수·보강 이력사항

시설물명	보수·보강 공사 내용	비고
구암경로당	· 이력사항 없음	

2. 외관조사 결과

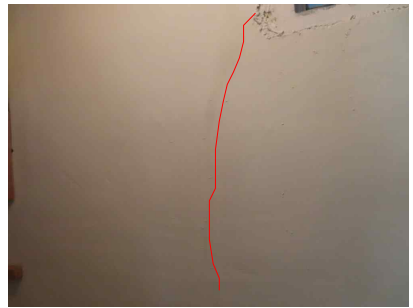
외관조사 항목	주요 손상 및 결함 현황	사진
콘크리트 구조체	◎ 보 : 균열, 백태 ◎ 기둥, 벽체, 슬래브 : 특이사항 없음	사진 ①, ②
조적벽체 및 마감재	◎ 조적벽체 : 균열(폭 0.1~0.2mm) ◎ 마감재 : 타일 파손, 벽지 오염, 몰탈 박리, 판넬 부식	사진 ③, ④ 사진 ⑤, ⑥, ⑦
지붕층	◎ 방수보호몰탈 열화 ◎ 파라펫 균열(폭 0.1~0.2mm)	사진 ⑧ 사진 ⑨
주변 대지	◎ 특이사항 없음	



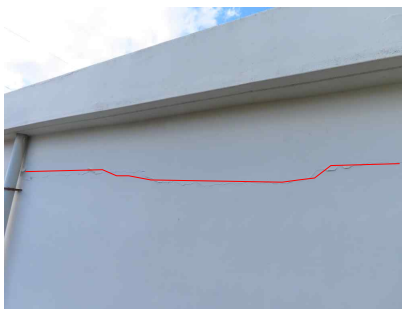
① 외부 지중보 균열, 백태



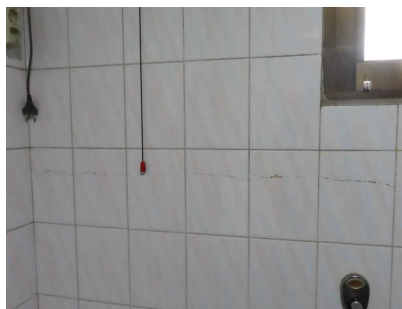
② 외부 지중보 균열, 백태



③ 지상1층 조적벽체 균열



④ 지상2층 보+벽체 분리균열



⑤ 지상1층 벽체 타일 파손



⑥ 지상1층 창문 주변 벽지 오염



⑦ 외부 판넬 부식(녹물 흔적)



⑧ 바닥 방수보호몰탈 열화



⑨ 파라펫 균열

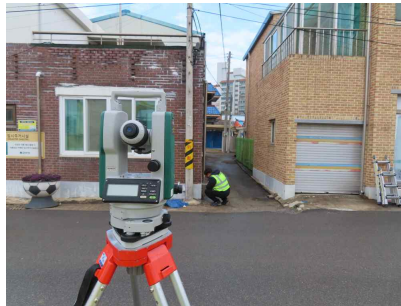
3. 시험조사 및 측정

1) 현장 시험 및 측정 현황

조사 항목	조사 내용	비고
부재의 규격 조사	주요 구조부재의 규격 조사	
변위 조사	건축물의 기울기 조사	
콘크리트 압축강도 시험	콘크리트 압축강도 조사	
철근탐사 시험	철근의 배근상태 및 피복두께 조사	
콘크리트 탄산화 깊이 측정	콘크리트 구조물의 탄산화 깊이 조사	



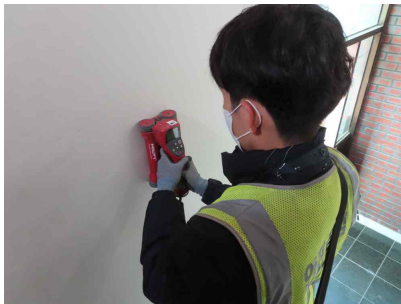
부재 규격 조사



건물 기울기 조사



콘크리트 압축강도 조사



철근배근상태 조사



콘크리트 드릴링



콘크리트 탄산화 깊이 조사

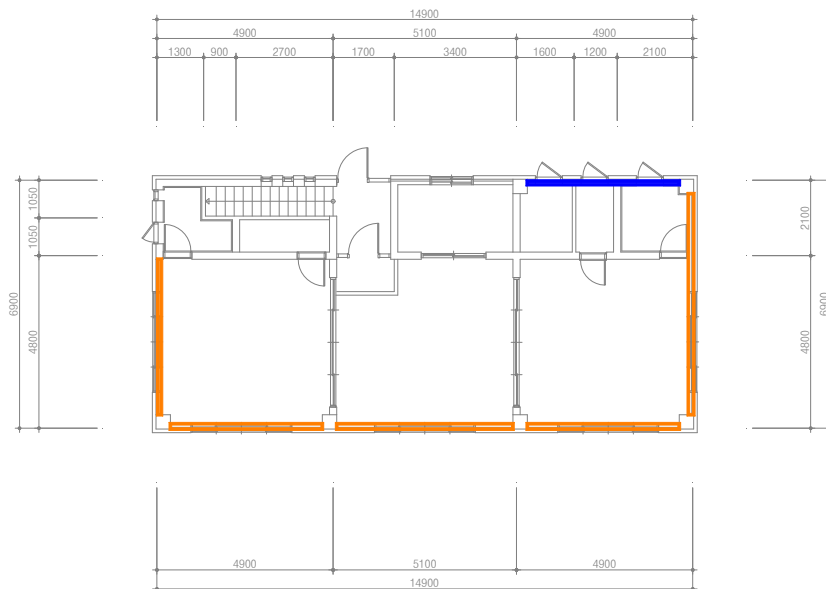
2) 부재 규격 조사

① 부재 규격 조사 결과

시설물명	측정부재	부재기호	실측치수(mm)	조사 결과
구암경로당	기둥	C1	400×400	-준공도서 부재로 실측치수와 비교·검토할 수 없었으며, 부재 실측 결과 동일 부재간 치수는 마감두께(미장 및 페인트 등)에 따른 오차는 있으나 대부분 동일한 것으로 조사됨
	보	G1	300×600	
		G2	300×600	
		FG2	300×600	
		RG1	200×500	
	슬래브	S1	THK 150	
		RS1	THK 150	
	벽체	W1	THK 200	

② 조적 허리벽 조사 결과

층 수	구 분	규격 조사 결과(mm)		E.J 조사 결과	비고
		두께	높이		
지상1층	허리벽	100	750	없음	
		100	1,200	없음	



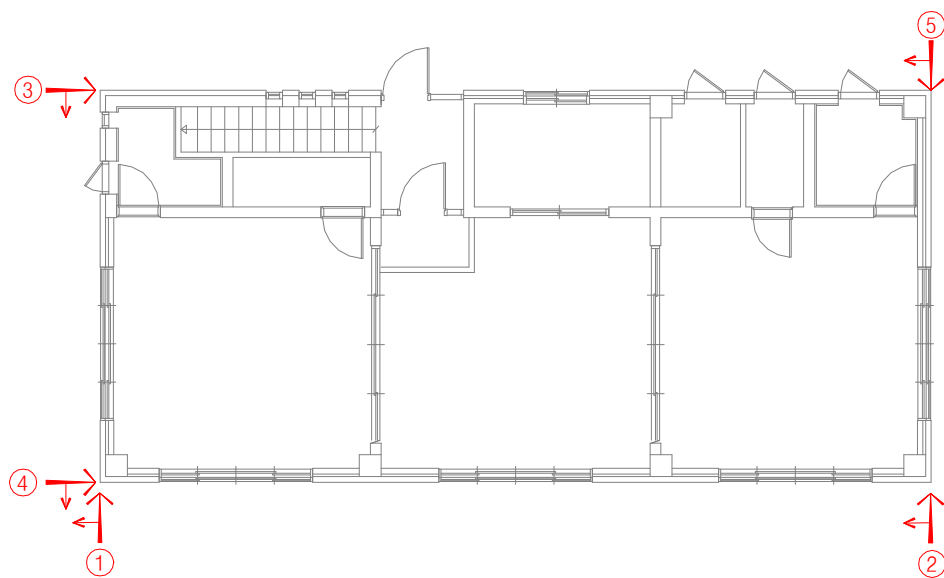
- * 조적 허리벽1 : (H=750, T=100)
- * 조적 허리벽2 : (H=1200, T=100)

3) 건물 기울기 조사

구 분	측정높이(cm)	변위량(cm)	기울기	평가등급	비 고
①	정 면(좌측)	380	0.1	1/3800	a
②	정 면(우측)	380	0.4	1/950	a
③	좌측면(좌측)	380	0.1	1/3800	a
④	좌측면(우측)	380	0.6	1/633	b
⑤	배 면(좌측)	300	0.2	1/1500	a

평가등급	평가기준		평가점수 (대표값)
	기울기(각변위)	내 용	
a	1/750 이내	예민한 기계기초의 위험 침하 한계	1
b	1/500 이내	구조물의 균열발생 한계	3
c	1/250 이내	구조물의 경사도 감지	5
d	1/150 이내	구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계	7
e	1/150 초과	구조물이 위험할 정도	9

조사 위치도



4) 콘크리트 압축강도 조사

시설물명	검 토 결 과 (MPa)		비고
	콘크리트 압축강도	추정설계강도	
구암경로당	15.90 ~ 19.95 (평균 18.14)	18.0	전반적 양호

5) 철근배근상태 조사

시설물명	측정 부재		철근배근상태		피복두께	비고	
			주철근	띠철근			
구암경로당	기둥	C1	D19-12EA	D10@300	40~52		
	보	G1	중앙부	D19-3,5EA	D10@300	44	
			단부	D19-5,3EA	D10@200	41~50	
		G2	중앙부	D19-2,5EA	D10@300	42~45	
			단부	D19-5,2EA	D10@200	40	
		RG1	중앙부	D19-3,3EA	D10@300	40~50	
			단부	D19-3,3EA	D10@300	42~49	
		FG2	중앙부	D19-2,5EA	D10@300	43~50	
			단부	D19-5,2EA	D10@200	40	
	슬래브	S1	D13@300	D13@300	49~50		
		RS1	D13@300	D13@300	40~41		
	벽체	W1	D10@150	D10@300	40~53		

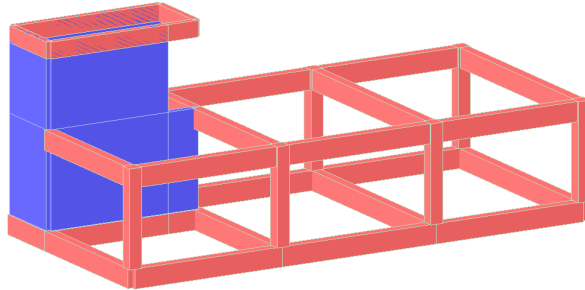
6) 탄산화 깊이 조사

시설물명	검 토 결 과 (cm)		평가등급	비고
	탄산화 깊이	피복두께		
구암경로당	1.2 ~ 1.4	4.0 ~ 4.8	B등급	

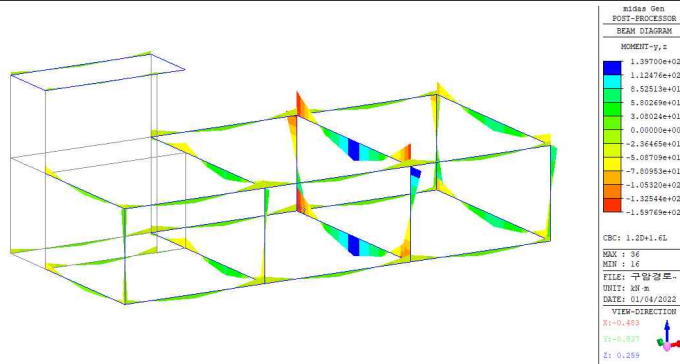
4. 구조해석 및 안전성 평가

1) 구조해석 모델링 및 결과

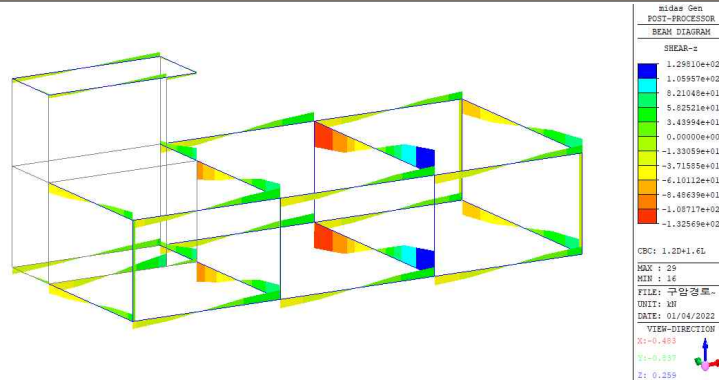
Model



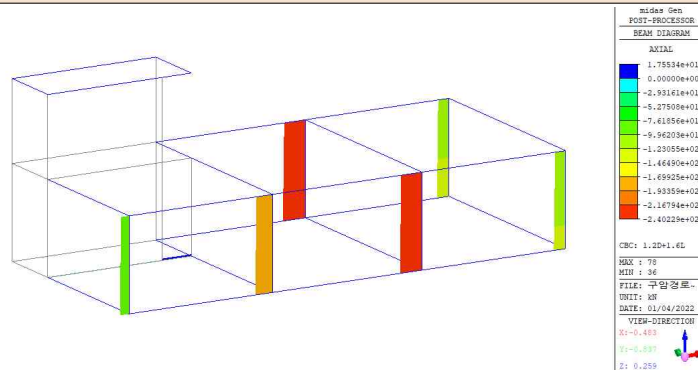
Bending Moment Diagram(1.2DL+1.6LL)



Shear Force Diagram(1.2DL+1.6LL)



Axial Force Diagram(1.2DL+1.6LL)



2) 내력평가 결과

① 슬래브 평가 결과

검토투재	검토투구간		휨모멘트 검토(kN·m)				전단력 검토(kN)			
			ΦM_n	M_u	Ratio	판정	ΦV_n	V_u	Ratio	판정
2~RS1 (T=150)	단변	단부 상부	20.1	20.9	1.04	Say O.K	63.3	23.6	0.37	O.K
		중양부 하부	16.0	9.6	0.60	O.K				
	장변	단부 상부	17.9	1.5	0.08	O.K	58.5	2.3	0.03	O.K
		중양부 하부	14.4	4.5	0.31	O.K				

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

② 기둥 평가 결과

검토투재	축력 검토(kN)			모멘트 검토(kN·m)			전단력 검토(kN)			비고
	내력	부재력	Ratio	내력	부재력	Ratio	내력	부재력	Ratio	
C1	266.33	240.23	0.90	1.15	1.01	0.88	111.14	93.25	0.84	O.K.
400x400				156.97	139.70	0.89	111.41	93.25	0.84	

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

③ 보 평가 결과

검토투재	항목	부모멘트 검토(kN·m)			정모멘트 검토(kN·m)			전단력 검토(kN)			판정
		i단	center	j단	i단	center	j단	i단	center	j단	
G1	내력	163.80	105.63	163.80	105.63	163.80	105.63	155.91	131.00	156.40	O.K.
	외력	159.46	35.27	150.11	43.90	129.03	48.57	132.52	93.01	129.81	
300x600	Ratio	0.97	0.33	0.92	0.42	0.79	0.46	0.85	0.71	0.83	
G2	내력	164.88	71.54	164.88	71.54	164.88	71.54	157.08	131.43	157.23	O.K.
	외력	88.26	0.00	77.66	25.40	72.62	30.70	75.40	51.26	72.32	
300x600	Ratio	0.54	0.00	0.47	0.36	0.44	0.43	0.48	0.39	0.46	
RG1	내력	82.06	82.06	82.06	82.06	82.06	82.06	87.37	90.10	87.38	O.K.
	외력	20.68	5.40	20.69	2.73	10.91	3.10	22.72	13.51	22.72	
200x500	Ratio	0.25	0.07	0.25	0.03	0.13	0.04	0.26	0.15	0.26	

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

④ 벽체 평가 결과

검토투재		축력 검토투(kN)			모멘트 검토투(kN·m)			전단력 검토투(kN)			비고
		내력	부재력	Ratio	내력	부재력	Ratio	내력	부재력	Ratio	
W1	H=3000	9493.85	499.74	0.05	4909.94	265.14	0.05	526.24	5.79	0.01	O.K.
	Lw=4900				0.00	0.00	0.00	111.41	93.25	0.84	
W1	H=3000	4074.69	54.66	0.01	1106.60	74.14	0.07	467.62	48.63	0.10	O.K.
	Lw=2100				0.00	0.00	0.00	111.41	93.25	0.84	
W1	H=3000	9493.85	294.58	0.03	1456.35	39.32	0.03	1100.54	22.04	0.02	O.K.
	Lw=4900				0.00	0.00	0.00	111.41	93.25	0.84	
W1	H=2600	7567.27	114.08	0.02	2364.55	33.10	0.01	386.47	0.01	0.01	O.K.
	Lw=3900				0.00	0.00	0.00	111.41	93.25	0.84	
W1	H=2600	4074.69	39.25	0.01	268.00	2.14	0.01	460.84	0.01	0.01	O.K.
	Lw=2100				0.00	0.00	0.00	111.41	93.25	0.84	

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

⑤ 옥탑층 조적벽체 평가 결과

검토투재	층	Lw x Hw x Tw	Pu	ϕP_n	Ratio	판정
W1	2F	3900 x 2600 x 200	127.9	1636.94	0.079	O.K
W1	2F	2100 x 2600 x 200	41.4	880.84	0.047	O.K
W1	2F	4900 x 2600 x 200	136.36	2056.87	0.067	O.K

3) 내력평가 결론

◎ 기둥, 보, 벽체는 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이하로 나타나 구조물의 내력상 안전에 지장이 없을 것으로 판단됨.

다만, 슬래브는 내력을 다소 초과하는 것으로 나타났으나, 초과하는 내력이 허용범위(10%) 이내로 나타나 구조적 안전에 지장이 없을 것으로 판단됨.

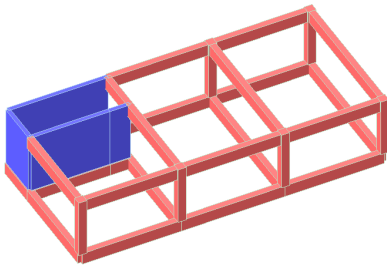
5. 내진성능평가

1) 개요

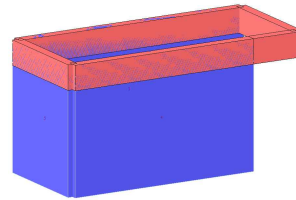
구분	내진등급	지역계수	지반등급	목표성능
적용값	내진1등급	0.176 (전북 군산)	S4 (관련자료 없음)	-1400년(기본 지진하중 1.2배): 인명안전(LS) -2400년(기본 지진하중 1.5배): 붕괴방지(CP)

- 본 검토 결과는 1.5배 지진(2400년 재현주기)에 대한 결과값임

2) 해석모델



<지상1층 RC조>



<지상2층(옥탑) 조적조>

3) 기존구조물(1층 RC조) 평가 결과

방향	성능점 형성 유무	부재 소성흔지 검토	층간 변형각
X방향	<p>성능점 형성</p>	<p>즉시거주(IO) 허용기준(CP) 만족</p>	<p>0.03% 허용기준 만족</p>
Y방향	<p>성능점 형성</p>	<p>즉시거주(IO) 허용기준(CP) 만족</p>	<p>0.13% 허용기준 만족</p>

4) 기존구조물(옥탑층 조적조) 평가 결과-m계수법

① 기본 지진력의 1.2배 검토

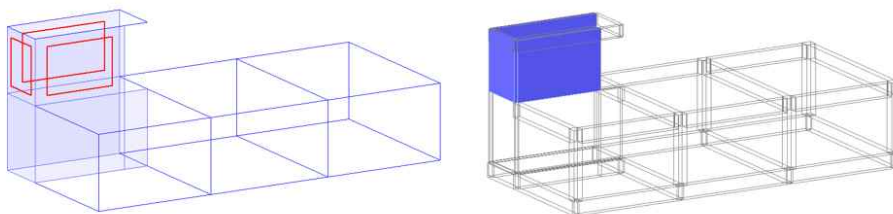
구분	X방향			Y방향		
	IO	LS	CP	IO	LS	CP
cLCB1	51%	51%	100%	0%	0%	0%
cLCB2	49%	49%	100%	0%	0%	0%
cLCB3	0%	0%	0%	0%	0%	0%
cLCB4	0%	0%	0%	0%	0%	0%
cLCB5	51%	51%	100%	0%	0%	0%
cLCB6	49%	49%	100%	0%	0%	0%
cLCB7	0%	0%	0%	0%	0%	0%
cLCB8	0%	0%	0%	0%	0%	0%
판정	Collapse			Collapse		
	내진보강 필요					

② 기본 지진력의 1.5배 검토

구분	X방향			Y방향		
	IO	LS	CP	IO	LS	CP
cLCB1	8%	49%	56%	56%	100%	100%
cLCB2	8%	49%	56%	77%	99%	100%
cLCB3	63%	100%	100%	8%	71%	82%
cLCB4	60%	100%	100%	6%	75%	76%
cLCB5	13%	47%	60%	57%	100%	100%
cLCB6	9%	47%	60%	74%	100%	100%
cLCB7	63%	100%	100%	8%	71%	82%
cLCB8	63%	100%	100%	6%	75%	76%
판정	Collapse			Collapse		
	내진보강 필요					

5) 보강구조물 평가 결과

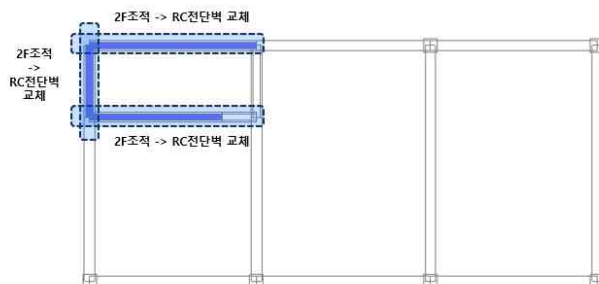
① 보강 개요



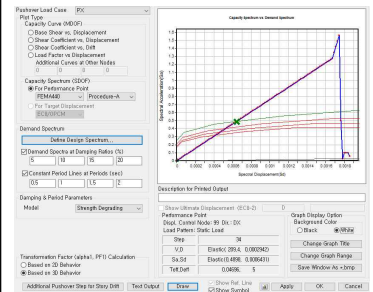
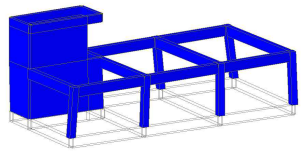
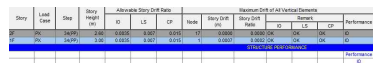
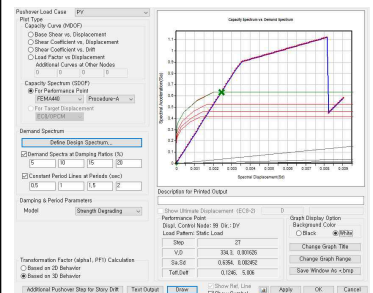
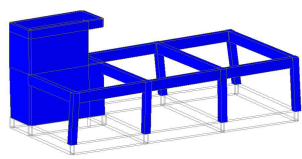
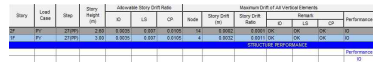
보강 개요

RC전단벽 보강 위치

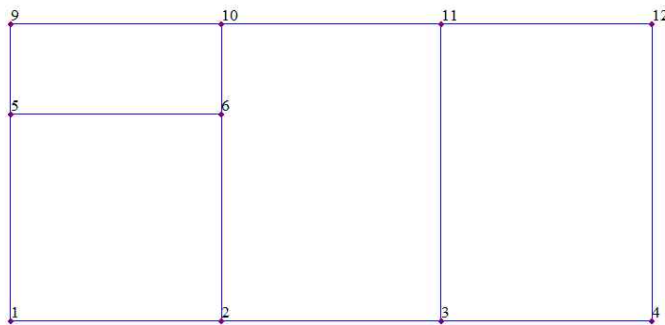
* RC전단벽 신설
 콘크리트 : C21 ($f_{ck}=21\text{MPa}$)
 철근 : SD400 ($f_y=400\text{MPa}$)
 두께 : 200mm
 배근 : D10@300(V), D10@300(H)
 복배근



② 보강구조물 평가 결과

방향	성능점 형성 유무	부재 소성힌지 검토	층간 변형각
X방향	 <p>성능점 형성</p>	 <p>즉시거주(IO) 허용기준(CP) 만족</p>	 <p>0.02% 허용기준 만족</p>
Y방향	 <p>성능점 형성</p>	 <p>즉시거주(IO) 허용기준(CP) 만족</p>	 <p>0.11% 허용기준 만족</p>

6) 기초안전성 검토



검토위치	기대지지력	작용압축력	필요 압축보강량	필요 인장보강량	기초보강 여부
1	411	112	0	0	필요 없음
2	815	207	0	0	필요 없음
3	1,036	260	0	0	필요 없음
4	545	141	0	0	필요 없음
5	813	0	0	0	필요 없음
6	1,212	443	0	0	필요 없음
9	588	458	0	0	필요 없음
10	546	290	0	0	필요 없음
11	1,057	285	0	0	필요 없음
12	556	162	0	0	필요 없음

기초 보강 필요없음

6. 종합평가 및 안전등급 지정

1) 종합평가 등급 기준

구 분	평가 등급 기준				
지수범위	$0 \leq X < 2$	$2 \leq X < 4$	$4 \leq X < 6$	$6 \leq X < 8$	$8 \leq X \leq 10$
등급기준	A등급(우수)	B등급(양호)	C등급(보통)	D등급(미흡)	E등급(불량)

2) 종합평가 결과

층	안전성 / 상태						기울기 및 침하
1층 (1층~1층) 라멘(RC)	-	기둥	내력벽	큰보	슬래브	종 합	3.00(B)
	안전성	1.00	1.00	1.00	5.00	2.20(B)	
	상 태	1.00	1.00	3.00	1.00	2.40(B)	
	종 합	1.00	1.00	2.40	4.60	2.34(B)	
2층 (2층~2층) 벽식(조적조)	-	내력벽	슬래브	테두리보	종 합		
	안전성	1.00	5.00	1.00	3.00(B)		
	상 태	1.00	1.00	1.00	1.00(A)		
	종 합	1.00	4.60	1.00	2.80(B)		
최종결과	안전성평가 : 2.60(B등급) 상태평가 : 2.26(B등급) 종합평가 : 2.87(B등급)						

3) 안전등급 지정

시설물명	종합평가 결과		안전 등급 지정 결과	비 고
	평가지수	등급		
구암경로당	2.87	B등급	B등급(양호)	

7. 원인분석 및 보수·보강방안

1) 원인분석

외관조사 부위	손상 및 결함	원인 분석
콘크리트 구조체	◎ 균열, 백태	◎ 건조수축, 온도변화, 우수유입 등
조적벽체	◎ 균열, 분리균열	◎ 건조수축, 온도변화, 이질재료 수축율 차이 등
마감재	◎ 타일 파손, 벽지 오염, 몰탈 박리, 판넬 부식 등	◎ 사용연수 증가에 따른 노후화 등
지붕층	◎ 방수재 열화 등 ◎ 파라펫 균열	◎ 사용연수 증가에 따른 노후화 등 ◎ 건조수축, 온도변화 등

2) 보수·보강공법 제시

외관조사 부위	손상 및 결함	보수·보강공법 제시
콘크리트 구조체	◎ 균열, 백태	◎ 표면처리보수
조적벽체	◎ 균열, 분리균열	◎ 표면처리보수
마감재	◎ 타일 파손, 벽지 오염, 몰탈 박리, 판넬 부식 등	◎ 마감재 보수
지붕층	◎ 방수재 열화 ◎ 파라펫 균열	◎ 주의관찰 ◎ 표면처리보수
내진성능평가	◎ 내진안전성 불만족	◎ 2층(옥탑) 조적벽체 → RC진단벽 교체

8. 종합결론

구 분	종 합 결 론
외관조사	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 일부 부재에서 콘크리트 균열, 백태, 조적벽체 균열, 타일 파손, 벽지 오염, 몰탈 박리, 판넬 부식 등이 조사됨. ◎ 조사된 손상 및 결함에 대해서는 내구성 및 사용성 확보차원에서 적절한 보수조치 및 유지관리가 필요할 것으로 판단됨.
조사, 측정	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 콘크리트압축강도 조사 ◎ 철근배근상태 조사 ◎ 탄산화 깊이 조사 <div style="margin-left: 150px;"> } ⇨ 전반적으로 양호한 상태로 측정됨. </div> <ul style="list-style-type: none"> ◎ 변위조사 : 안전성에 문제가 될 만한 변위는 없는 것으로 측정됨.
구조안전성	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 기둥, 보, 벽체 : 내력 확보 ◎ 슬래브 : 내력을 다소 초과하는 것으로 나타났으나, 초과하는 내력이 허용범위(10%) 이내로 나타나 구조적 안전에 지장이 없을 것으로 판단됨.
내진성능평가	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 내진 목표성능 불만족 → 내진보강 필요
종합평가	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 안전성 평가 : 2.60(B등급) ◎ 상 태 평 가 : 2.26(B등급) <div style="margin-left: 150px;"> } ⇨ 종합평가 : 2.87(B등급) </div>
안전등급 지정	<ul style="list-style-type: none"> ◎ B등급(양호)
종합결론	<p>◎ 결론적으로 외관조사, 시험조사 및 구조안전성 결과를 종합적으로 분석해 볼 때, 현재 시설물은 사용상 안전성에 문제가 없는 상태이나 일부 부재에서 발생된 손상 및 결함에 대해서는 내구성 및 사용성 확보차원에서 적절한 보수조치 및 유지관리가 필요할 것으로 판단됨.</p> <p>또한, 내진성능평가 결과에서 보듯이 2층 조적조에서 내진성능수준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 내진 보강을 실시하여 지진에 대한 안전성을 확보하여야 할 것으로 판단됨</p>

목 차

제1장 개 요	1
1.1 진단의 목적	1
1.2 시설물의 개요	1
1.3 진단의 범위 및 내용	8
1.4 사용장비 및 기기 현황	10
1.5 진단수행 일정	11
제2장 자료수집 및 분석	12
2.1 개 요	12
2.2 자료수집 및 분석 결과	13
제3장 현장조사 및 시험	14
3.1 외관조사	14
3.2 시험조사	33
제4장 구조해석 및 안전성평가	50
4.1 일반사항	50
4.2 하중조건	51
4.3 구조해석 모델 및 결과	52
4.4 내력평가 결과	53
4.5 결 론	55
제5장 내진성능평가	56
5.1 개 요	56
5.2 지진하중 및 비정형성 평가	103
5.3 기존 구조물 내진성능평가	111
5.4 보강 구조물 내진성능평가	121
5.5 기초 안전성 검토	130
5.6 종합결론	134

제6장 건축물의 종합평가	135
6.1 개 요.....	135
6.2 상태평가 기준 및 방법.....	135
6.3 안전성평가 기준 및 방법.....	146
6.4 종합평가 기준 및 방법.....	148
6.5 종합평가등급의 산정 결과.....	151
6.6 안전등급 지정.....	152
제7장 보수·보강방안	153
7.1 일반사항.....	153
7.2 보수·보강 선정시 고려사항.....	153
7.3 보수·보강 공법.....	155
7.4 보수·보강공법 제시.....	172
제8장 유지관리방안	173
8.1 개 요.....	173
8.2 유지관리 업무 및 흐름.....	173
8.3 유지관리사항.....	176
제9장 종합결론	177
9.1 정밀안전진단 실시결과의 종합결론.....	177
9.2 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항.....	178

부 록

1. 과업지시서
2. 측정, 시험 성과표
3. 종합평가 결과 자료
4. 구조해석 결과 자료
5. 내진성능평가 결과 자료
6. 사진첩
7. 사용장비 및 기기의 사진
8. 사전조사 자료 일체

제1장 개 요

1.1 진단의 목적

본 진단은 구암동 취약지역 생활여건 개조사업 일환으로 시행하는 구암경로당 리모델링(개축 및 대수선)을 위해 「건축법」 제48조(구조내력 등) 규정에 의거 구조의 안전을 확인하기 위한 용역으로 건축물의 노후화 또는 결함정도를 파악·분석하고 내진성능 확보 여부를 평가하여, 정밀안전진단 결과에 따라 구조성능보강 설계 및 유지관리 방안 등이 감안된 보수·보강 실시를 위한 계획수립과 최적의 관리방안을 마련하여 공공의 안전을 확보하고 건축물의 효용성을 증진하는데 그 목적이 있다.

1.2 시설물의 개요

1.2.1 건축물 현황

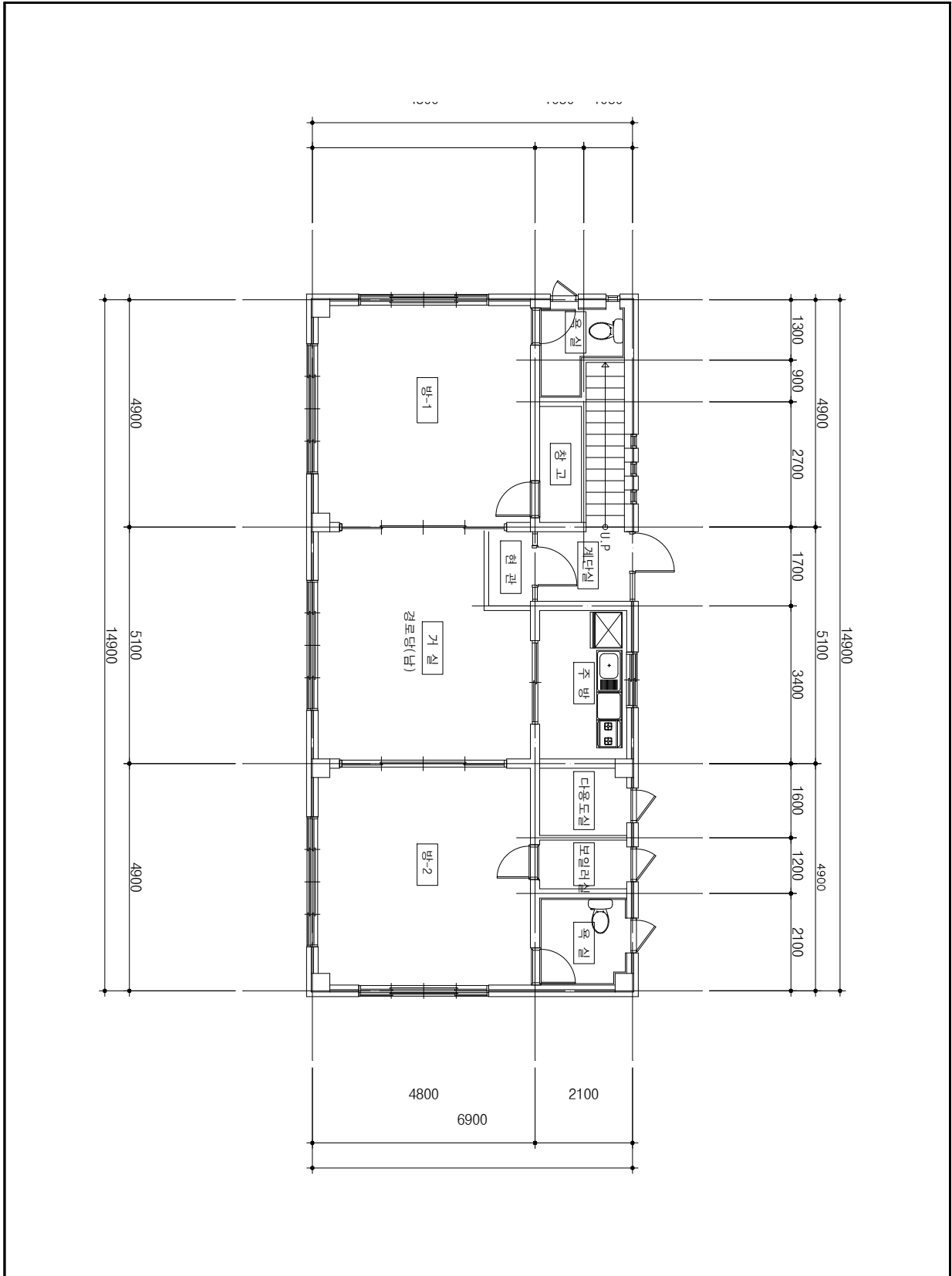
본 건축물의 현황은 다음의 <표 1.2.1>과 같다.

<표 1.2.1> 건축물 현황

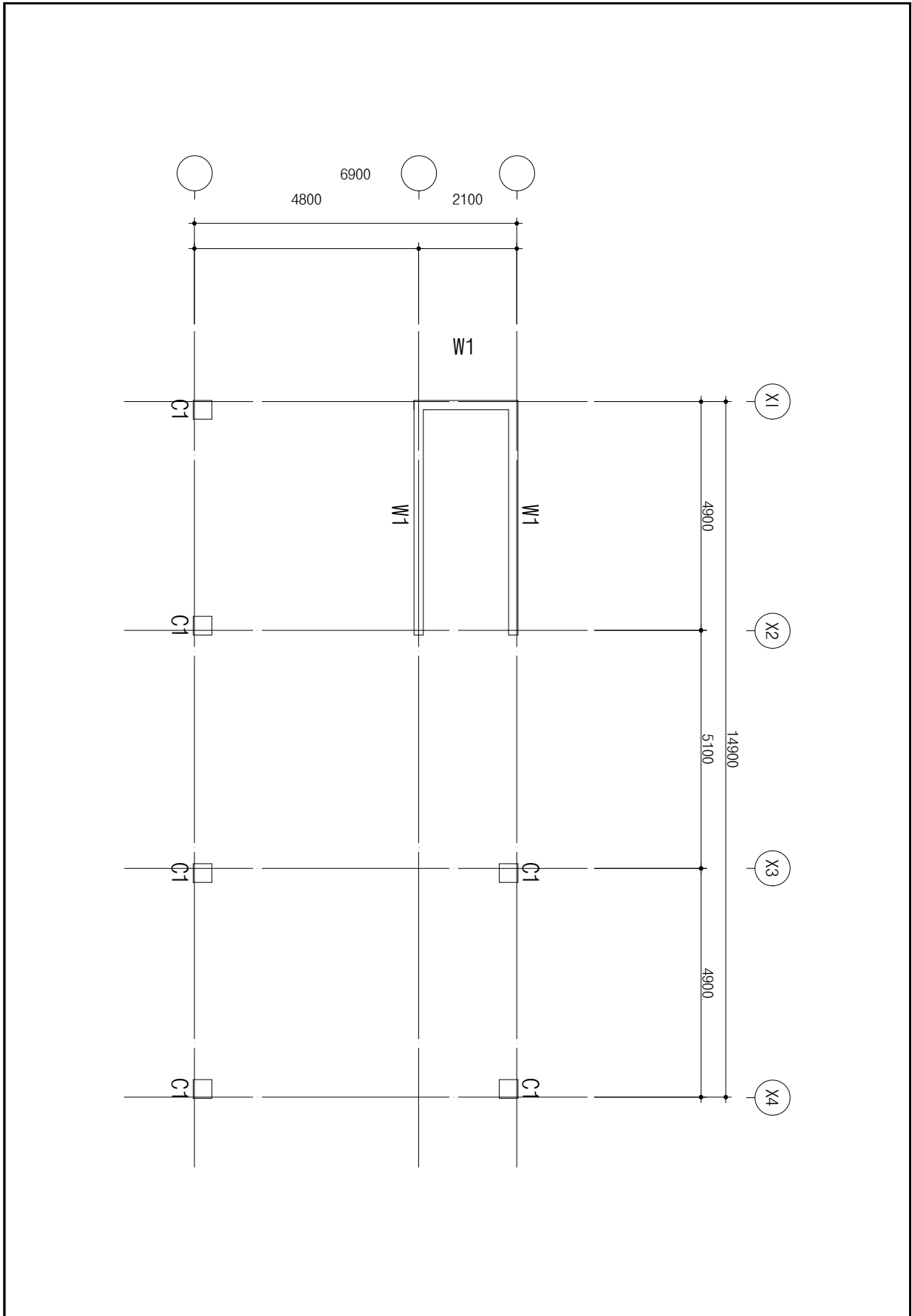
시설물명	구암경로당	시설물번호	-
준공년월일	1997년 04월 (경과년수: 약 45년)	관리번호	-
위 치	전북 군산시 외산2길 10		
관리주체	전라북도 군산시	관리책임자	-
건축면적(m ²)	102.8m ²	연 면 적(m ²)	182.1m ²
층 수	지상2층	주 용 도	노유자시설
기초형식	독립기초, 줄기초(추정)	구조형식	철근콘크리트조, 조적조, 경량철골조
최고높이(m)	6.8	지하깊이(GL이하~기초바닥까지)(m)	-
기둥표준간격(m)	4.6, 6.5	지하수위(GL-)(m)	-
내진설계여부	미적용	기준층 슬래브두께(mm)	150
콘크리트 설계강도(MPa)	18.0(추정)	철근종류(MPa)	240(추정)
철골종류(MPa)	-	방수공법	샌드위치 판넬, 액체방수
준공도면 보관여부	건축(×), 구조(×), 전기(×), 기계(×), 조경(×), 토목(×)		
준공서류 보관여부	구조계산서(×), 지질조사 보고서(×), 시방서(×), 품질관리계획서(×), 내역서(×)		

1.2.2 건축물 주요도면

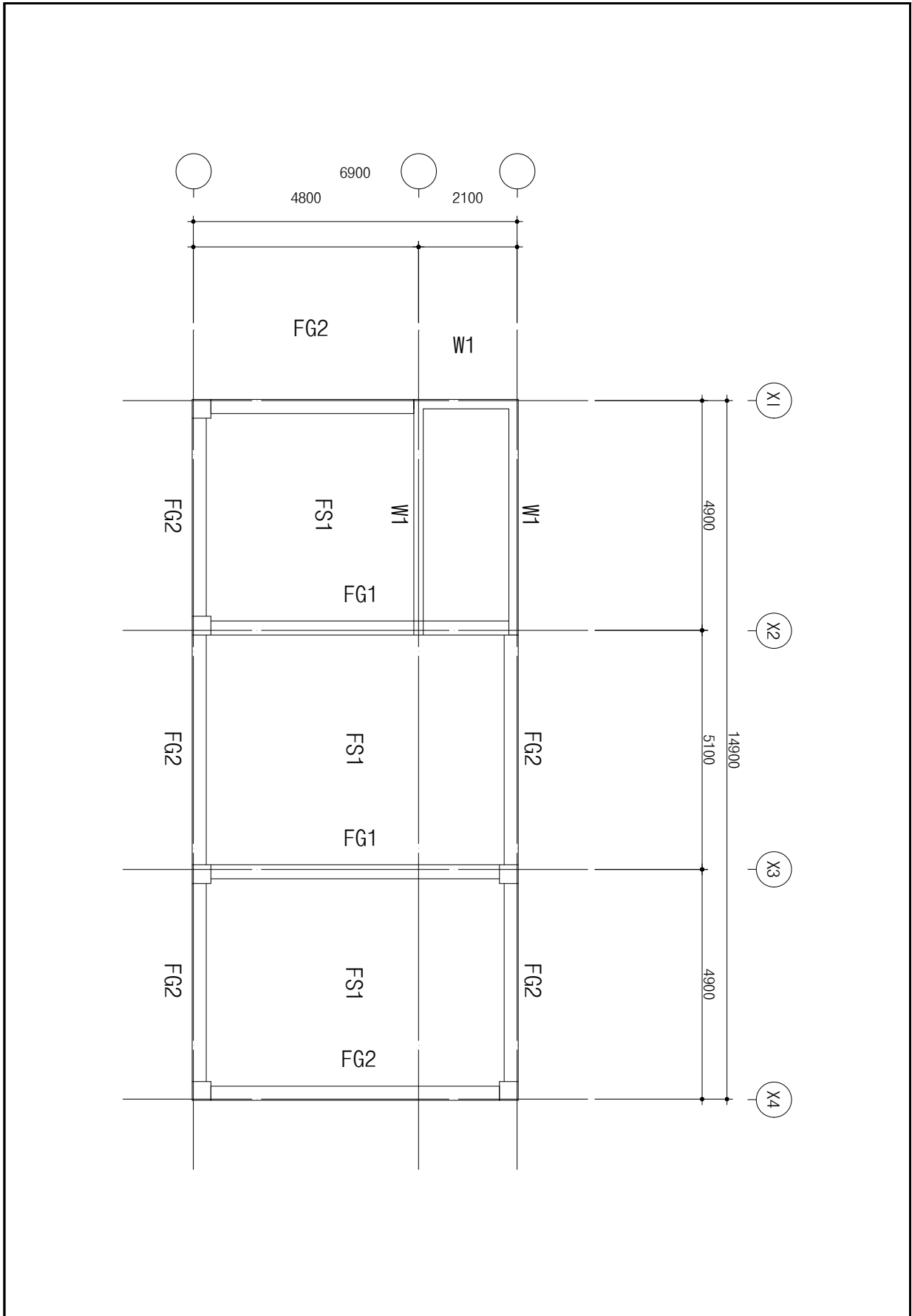
본 건축물의 주요도면은 다음의 <그림 1.2.2-1> ~ <그림 1.2.2-10>과 같다.



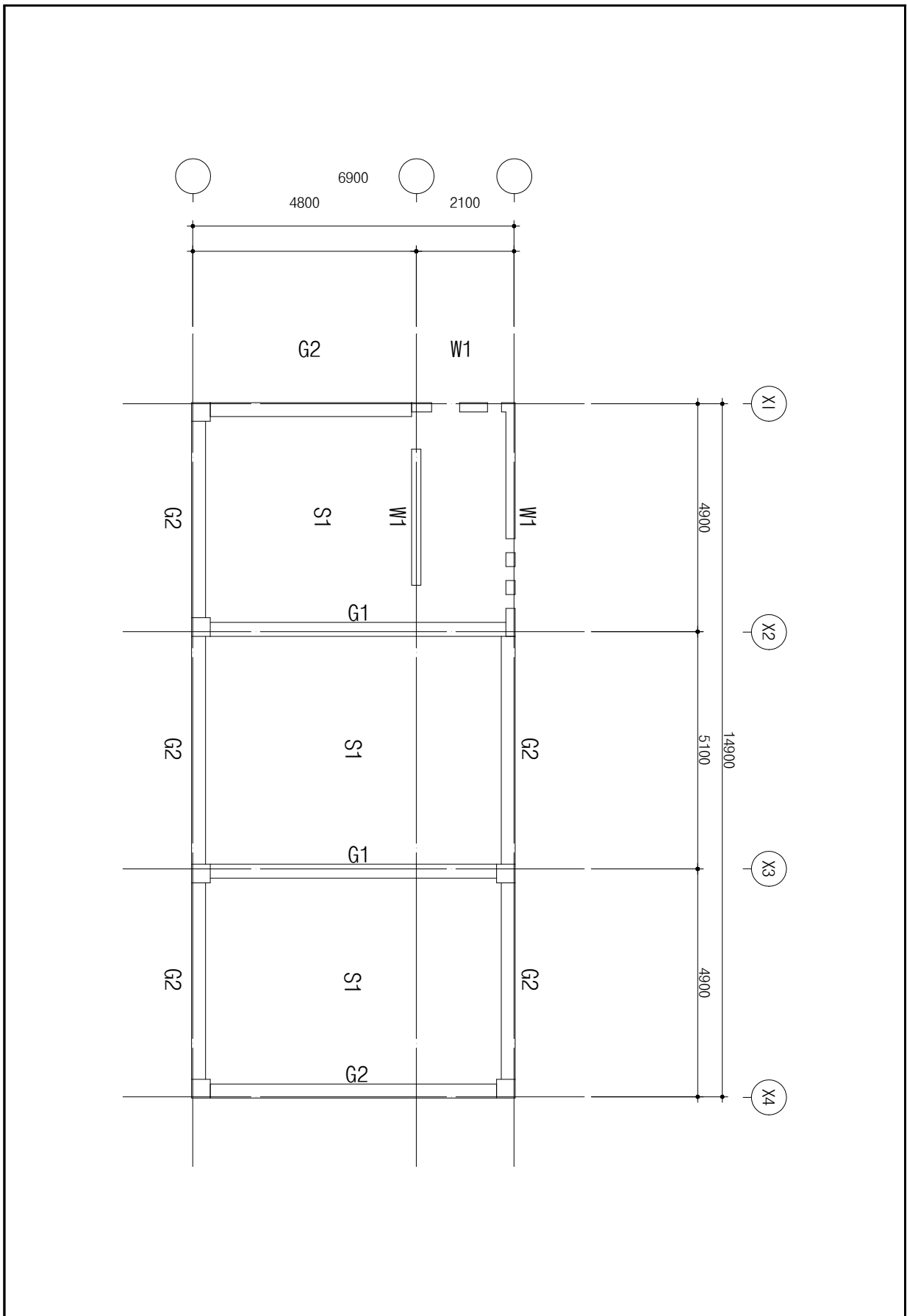
<그림 1.2.2-1> 지상1층 평면도



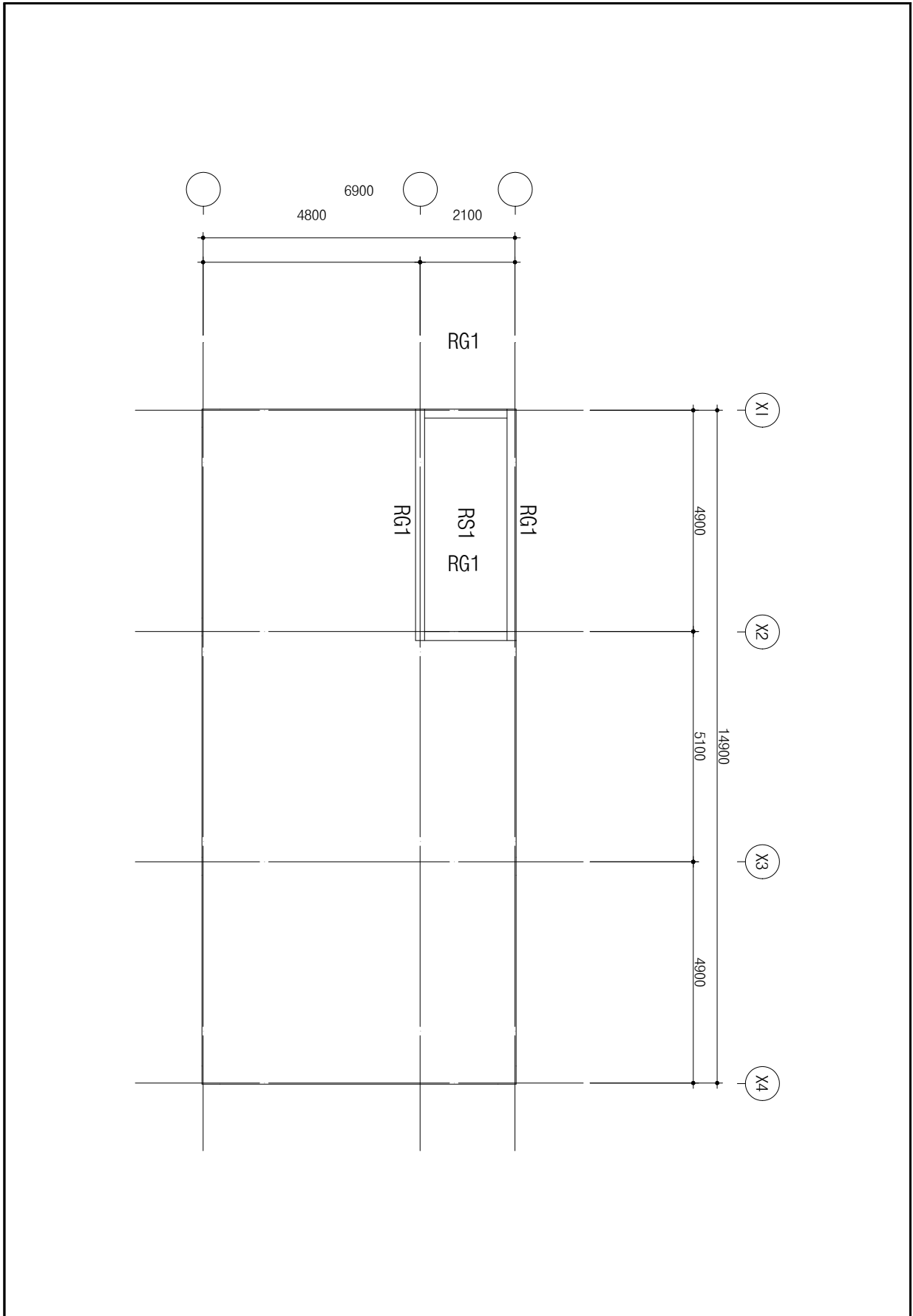
<그림 1.2.2-3> 주심도 평면도



<그림 1.2.2-4> 지상1층 바닥구조평면도



<그림 1.2.2-5> 지상2층 바닥구조평면도



<그림 1.2.2-6> 옥탑층 바닥구조평면도

1.3 진단의 범위 및 내용

1.3.1 진단의 범위

- 가. 자료수집 및 분석
- 나. 현장조사 및 시험
- 다. 구조해석 및 안전성검토
- 라. 내진성능평가
- 마. 종합평가 및 안전등급 지정
- 바. 보수·보강 및 유지관리 방안
- 사. 보고서 작성

1.3.2 진단의 내용

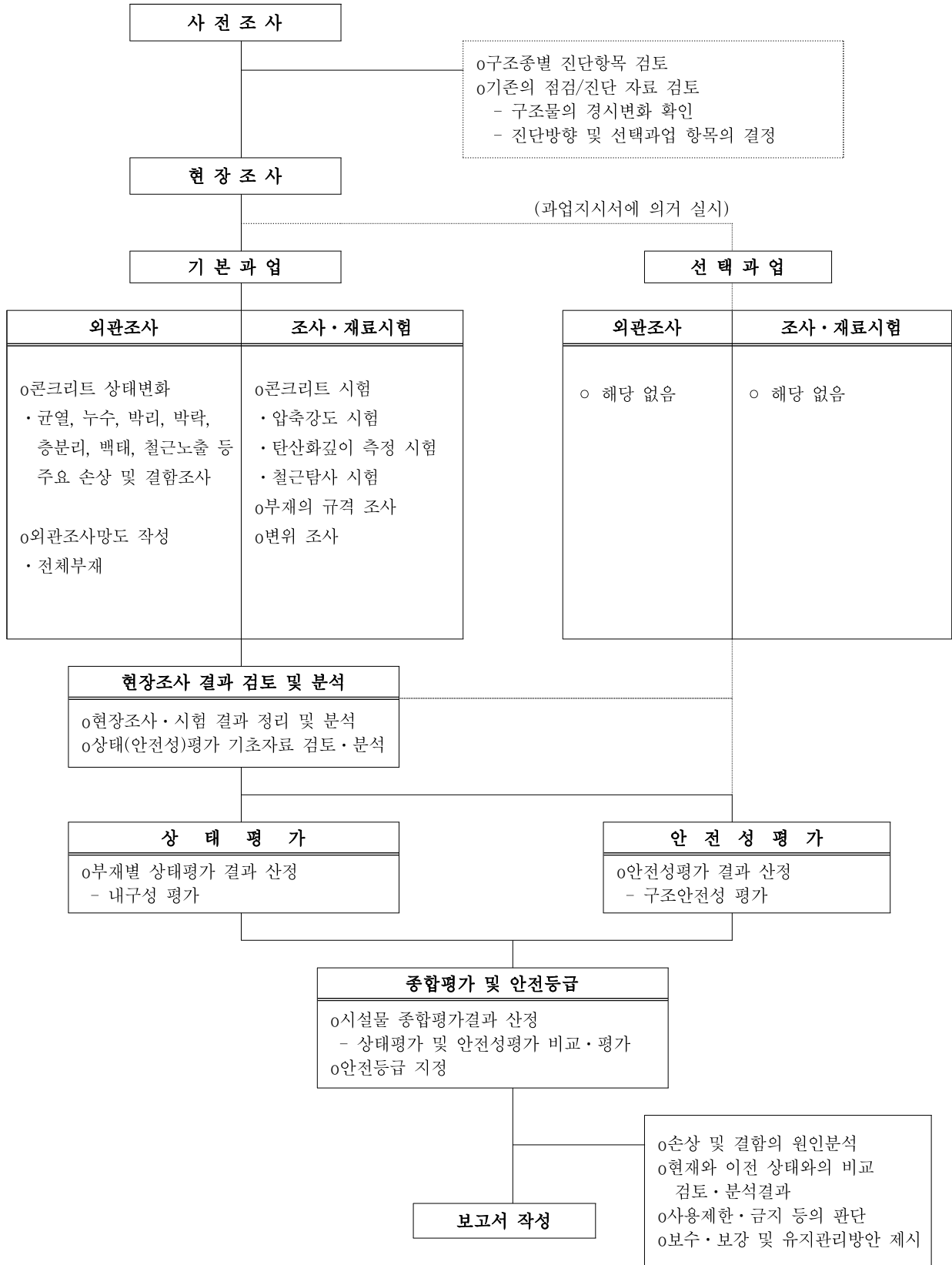
본 시설물에 대한 관련자료 수집 및 분석, 현장조사 및 시험, 종합평가 등을 통해 시설물의 안전성을 평가하기 위하여 수행하고자 하는 주요 진단의 내용은 다음의 <표 1.3.2>와 같다.

<표 1.3.2> 정밀안전진단의 내용

구 분		내 용	비 고
자료수집 및 분석		·관련도면 및 구조계산서 등 검토 ·기존 정밀안전점검·정밀안전진단 실시 여부 ·보수·보강 이력 ·기타 관련자료 검토 등	
현장조사 및 시험	외관조사	·균열조사(폭, 길이, 유형 등) ·손상조사(누수, 백태, 박리, 박락, 철근노출 등)	
	시험조사	·부재 규격 조사 ·변위 조사 : 건축물의 기울기 조사 ·콘크리트압축강도 조사 ·철근배근상태 조사 ·탄산화 깊이 조사	
구조해석 및 안전성 평가		·극한강도설계법, 허용응력설계법에 의한 구조해석 ·사용조건, 하중상태에 따른 건축물의 내력평가 및 안전성 평가	
내진성능평가		·비선형 해석에 의한 내진성능평가	
종합평가 및 안전등급 지정		·외관조사, 시험조사, 안전성 평가 등에 따른 종합평가 실시 ·종합평가 결과에 따른 안전등급 지정	
보수·보강방안		·결함 및 손상부위에 대한 원인분석 및 평가 ·기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강공법 제시	
유지관리방안		·효율적인 유지관리를 위한 방안 제시	
보고서 작성		·최종보고서 작성	

1.3.3 진단수행 흐름도

정밀안전진단 시 일반적인 진단수행 흐름도는 다음의 <그림 1.3.3>과 같다.



<그림 1.3.3> 정밀안전진단 점검수행 흐름도

1.4 사용장비 및 기기 현황

본 진단에서 사용된 주요 장비의 일반적인 사항은 다음의 <표 1.4>와 같다.

<표 1.4> 주요 사용장비 및 기기 현황

장비명	규격	용도	활용방법	비고
균열 폭 측정기	Peak	균열 폭 측정	균열 폭의 크기를 확대 렌즈를 통해 육안으로 확인	
철근 탐사기	PS-250	철근 배근상태 측정	스캐너를 통해 철근의 배근상태 및 피복두께를 측정	
탄산화 시험기	Conkit	콘크리트 탄산화 깊이 측정	페놀프탈레인 용액 1%를 분사하여 대비되는 색깔로 탄산화 깊이를 측정	
Theodolite		기울기 측정	측정기의 수평을 맞추고, 변위를 측정하고자 하는 곳에 줄자 등을 대어 렌즈를 통해 값을 읽음	
기타 카메라, 손전등, 줄자, 버니어캘리퍼스, 사다리 등				

		
균열 폭 측정기	철근 탐사기	탄산화 시험기
		
변위 조사(Theodolite)	버니어캘리퍼스	줄자

1.5 진단수행 일정

- 진단수행 기간 : 2021년 11월 25일 ~ 2022년 01월 13일

<표 1.5> 진단수행 일정

구 분	착수일로부터 50일					
	5일	10일	20일	30일	40일	50일
1. 자료수집 및 분석 • 착수 및 현장답사 • 자료검토	■					
2. 현장조사 및 시험 • 외관조사 • 시험조사		■				
3. 현장자료 분석 • 외관조사 자료분석 • 시험조사 자료분석			■	■		
4. 구조안전성 평가 • 구조해석 • 내력평가			■	■	■	
5. 내진성능평가 • 비선형 해석			■	■	■	
6. 종합평가 및 안전등급 지정					■	
7. 보수·보강 및 유지관리 방안 제시					■	
8. 보고서 작성 • 종합보고서 작성						■

제2장 자료수집 및 분석

2.1 개요

본 진단 시 시설물의 정확한 원인분석 및 기초자료 확보를 위하여 필요한 자료는 여러 가지가 있으나 시설물의 준공도서는 가장 필수적인 자료이다. 또한 시설물의 관련자료는 점검내용과 방향을 정하는데 필요하며, 유지관리 시 매우 유용하게 이용되므로 관련자료의 보존은 반드시 필요하다.

본 진단을 수행함에 있어 기본적으로 필요한 자료를 수집하고 분석하여 계획 수립 시 활용하고 현장조사 시 상세조사를 위한 기초자료로 활용하였다.

<표 2.1> 자료수집 내용

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	<ul style="list-style-type: none"> • 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서 	- 없음	
	<ul style="list-style-type: none"> • 설계도면 - 공통 - 토목 - 건축 - 기계, 전기설비 	- 일부 보유 (건축 평면도)	
시설물 관리대장	<ul style="list-style-type: none"> • 기본현황 • 상세제원 • 유지관리 이력 	- 일부 보유(건축물대장)	
시공관련 자료	<ul style="list-style-type: none"> • 시공관련자료 • 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조부위에 대한 계측 관련 자료 • 사고기록 	- 없음	
안전점검 및 정밀안전진단 자료		- 없음	
보수, 보강 자료		- 없음	

2.2 자료수집 및 분석 결과

2.2.1 기존 안전점검 및 정밀안전진단 실시 결과

기존 안전점검 및 정밀안전진단 실시여부 확인결과, 별도의 이력사항은 없으며 금회 실시하는 진단이 최초인 것으로 검토되었다.

2.2.2 내진설계 여부

본 시설물은 준공도서 및 구조계산서가 미보유된 상태로 내진설계 여부는 확인할 수 없었으며, 준공년도에 따른 내진설계대상 범위를 고려해볼 때 내진설계는 미적용 되었을 것으로 추정된다. (95년 개정 : 6층 이상 또는 연면적 10,000㎡ 이상 건축물)

2.2.3 보수·보강 이력사항

본 시설물의 보수 및 보강 이력사항을 검토한 결과, 별도의 보수 및 보강 이력사항은 없는 것으로 검토되었다.

2.2.4 관련자료 검토결과

본 진단대상 시설물은 1997년 04월 준공 후 약 45년이 경과된 철근콘크리트조+조적조+경량철골조의 지상2층 건축물로 관련자료를 검토한 결과, 건축물 평면도 및 건축물관리대장을 보유하고 있었으며, 별도의 보수 및 보강 이력은 없는 것으로 검토되었다.

안전점검의 경우는 금회 실시하는 진단이 최초인 것으로 검토되었다.

제3장 현장조사 및 시험

3.1 외관조사

3.1.1 개요

현장조사는 기존 시설물에 관한 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 시설물의 상태변화(결함, 손상, 열화 등) 및 균열 폭과 길이 등 구성재료의 변화를 추적하기 위하여 수행하며, 현장에서의 측정은 도면이 없거나 도면상에 나타난 자료를 명확하게 확인하기 위하여 필요하다. 측정의 정확성은 원하는 목적을 달성할 수 있는 정도로 하여야 하며, 부식, 노후화 또는 기타 식별이 어려운 결함을 발견하기 위하여 육안으로 근접조사 하기 전에 조사부위를 깨끗이 청소하여야 한다.

따라서, 본 점검에서는 외관조사를 실시하기 전에 책임기술자 등이 현장답사를 실시하여 주위환경, 시설물의 현 상태 등을 조사하였으며, 그 결과로부터 상세 외관조사의 계획을 수립하여 점검수행에 차질이 없도록 조치하였다.

3.1.2 조사방법

가. 조사방법

1) 본 외관조사는 예비조사(현장조사 및 자료수집 분석)를 통하여 얻은 결과를 종합 정리하여 본 점검의 분석 및 평가 자료로 이용하였다.

2) 시설물의 전체적인 구조체 변형여부와 외형상 나타나는 구조물의 노후화 현상 여부 및 정도를 육안검사와 실측하여 기록하였고 도면에 표시하여 분석 및 평가에 이용하였다.

3) 외관조사는 육안관찰에 의한 것으로서 필요한 경우에는 확대경, 줄자 등을 이용하여 손상위치, 내용, 규모 등을 측정하고 스케치하였다.

또한 필요한 경우에는 대상 부위에 가능한 가까이 접근하기 위하여 사다리 등을 이용하였다.

나. 정밀의관조사

1) 콘크리트 균열

콘크리트 건물에 있어서 가장 많은 문제를 야기시키는 손상은 균열로서 건물의 미관을 해치며, 내하력과 수밀성을 저하시킨다. 이 균열의 발생원인으로서는 재료적 요인, 시공적 요인, 구조적 요인, 외적 요인 혹은 이들 요인의 복합 등과 같이 많은 요인들이 있다.

<표 3.1.2-1> 콘크리트 구조체 균열의 원인과 특징

구 분	균열의 원인	균열의 특징	
A. 콘크리트 의 재료적 성질에 관계된 사항	1	시멘트의 이상응결	폭이 크고 짧은 균열이 비교적 빨리 불규칙하게 발생
	2	콘크리트의 침하 및 블리딩(bleeding)	타설 후 1~2시간에서, 철근의 상부와 벽 상판의 경계 등에서 단속적으로 발생
	3	시멘트의 수화열	단면이 큰 콘크리트에서 1~2주간 지난 후부터 직선상의 균열이 대략 등간으로 규칙적으로 발생 표면만의 것과 부재를 관통하는 것이 있음
	4	시멘트의 이상팽창	방사형의 망상모양의 균열
	5	골재에 함유되어 있는 이분	콘크리트 표면의 건조에 따라서 불규칙하게 망상의 균열이 발생
	6	반응성 골재 또는 풍화암의 사용	콘크리트 내부부터 귀갑상으로 발생, 다습한 곳에 많음
	7	콘크리트의 경화, 건조수축	2~3개월 후부터 발생하고, 차차로 성장, 개구부나 기둥, 보로 둘러싸인 우각부에 경사균열이나 세장한 균열이 상판, 보 등에서 등 간격으로 수직으로 발생
B. 시공에 관련된 사항	1	혼화재의 불균일한 분산	팽창적인 것과 수축성인 것이 부분적으로 발생
	2	장시간의 비비기	전면에 망상 또는 길이가 짧은 불규칙한 균열이 발생
	3	펌프 압송시의 시멘트량 수량의 증가	A2와 A7의 균열이 발생하기 쉬움
	4	타설 순서의 실수	B7과 B8의 원인이 됨
	5	급속한 타설속도	B9와 A2의 균열이 발생하기 쉬움

<표 3.1.2-1> 콘크리트 구조체 균열의 원인과 특징(계속)

구 분		균열의 원인	균열의 특징
시공에 관련된 사항	6	불충분한 다짐	표면에 곰보가 생기기 쉽고, 각종 균열의 기점이 되기 쉬움
	7	배근의 이동, 철근의 피복두께 감소	슬래브에서는 주변에 따라 원상으로 발생 배근 및 배관의 표면에 발생
	8	이음처리의 부정확	이음부분에서는 균열이 생김
	9	거푸집의 변형	거푸집이 움직인 방향으로 평행하게 부분적으로 발생
	10	누수	거푸집이나 지반으로부터 발생
	11	거푸집의 조기제거	상판과 보의 단부상방 및 중앙부 하단 등에 발생
	12	거푸집의 조기제거	콘크리트 강도 부족에 의한 균열, A7의 영향도 크게 됨
	13	경화전의 진동과 재하	D의 외력에 의한 균열과 동일
	14	초기 양생중의 급격한 건조	타설 직후, 표면의 각 부분에 짧은 균열이 불규칙하게 발생
15	초기 동해	가느다란 균열, 탈형 하면 콘크리트 면이 하얗게 됨	
외적요인 에 관계된 사항	1	환경온도, 습도의 변화	A7의 균열과 유사, 발생한 균열은 습도변화에 따라 변동
	2	부재양면의 온·습도차	저온측 또는 저습측의 표면에 휨방향과 직각으로 발생
	3	동결융해의 반복	표면이 부풀어 올라서 부슬부슬 떨어지게 됨
	4	동상	D의 외력에 의한 균열과 같은 상태
	5	내부철근의 녹	철근을 따라 큰 균열이 발생 피복 콘크리트가 박락하고 큰 녹이 유출됨
	6	화재·표면가열	표면전체에 가느다란 귀갑상(龜甲狀)의 균열이 발생
	7	산·염류의 화학작용	표면이 침식되고, 팽창성 물질이 형성되어 전면에 균열이 발생
하중에 관계된 사항	1	하중(설계하중 이내의 경우)	주로 휨하중에 의해 보나 슬래브의 인장측에 수직으로 균열이 발생
	2	하중(설계하중을 초과하는 경우)	D1 또는 D3와 같은 형태의 균열이 발생
	3	하중(주로 지진에 의한 경우)	전단하중에 의해서 기둥, 보, 벽 등에 45°방향으로 균열이 발생
	4	단면·철근량 부족	D1과 D2와 같은 형태, 상판과 차양 등에서 처진 방향으로 평행한 균열이 발생
	5	구조물의 부등침하	45°방향에 큰 균열이 발생

<표 3.1.2-2> 조적벽체 균열의 발생원인과 특징

구 분	균열의 발생원인	균열의 특징
설계상의 미비	기초의 부동침하	기둥과 보를 중심으로 8형으로 균열이 발생
	건물의 평면, 입면의 불균형 및 벽의 불합리적인 배치	벽량의 불균형 배치로 인한 수평, 수직균열이 국부적으로 발생
	벽돌 벽의 길이, 높이, 두께와 벽돌벽체의 강도	조적 벽체에서 시공후 수개월이 경과한 후 벽면에 수평 균열 발생
	문쫄크기의 불합리 및 불균형 배치	창문틀 주위에 경사방향의 균열발생 및 창호 모서리 상호간을 연결하는 수평균열 발생
시공상의 결함	벽돌 및 몰탈의 강도부족, 신축성에 의한 결함	수평, 수직 균열이 부재 표면에 불규칙하게 발생
	벽돌벽의 부분적 시공결함	부분적으로 집중하여 균열 발생
	이질재와의 접합부	이질재료와의 수축, 팽창에 대한 신축률 차이로 시간이 경과함에 따라 수직, 수평의 균열이 발생
외적 요인에 관련된 사항	환경, 온도, 습도의 변화	점진적으로 발생하여 교차벽 및 문틀, 창틀이 만나는 곳에서 수직, 수평의 균열이 발생
	연속적인 충격 또는 진동	수직, 수평 균열, 변위

2) 표면 노후화

콘크리트 구조체에 발생하는 대표적인 손상은 균열 외에도 다음과 같은 손상이 있으며, 손상 발생원인과 손상부의 규모, 면적 등을 조사하고 손상부에 대한 보수·보강방안을 제시한다.

<표 3.1.2-3> 손상상태별 주요 조사내용

손상상태	주요 조사 내용
균열	육안으로 균열의 방향, 균열의 패턴을 관찰하고 균열의 진행 길이를 파악
박리(들뜸)	육안 및 망치를 이용하여 콘크리트의 들뜸 유무를 관찰(박리면적 조사)
박락	육안으로 콘크리트가 박락 되어 있는 부분의 유무를 관찰(박락면적 조사)
누수	육안으로 확인(누수면적 및 누수원인 조사)
백태	콘크리트 면을 손으로 세게 눌러 분상물의 부착으로 판단(백태면적 조사)
세굴	유속에 의한 손상으로 골재노출 또는 단면감소부에 대한 유무를 관찰(면적 조사)

① 박리, 박락, 철근노출, 재료분리 등

<표 3.1.2-4> 콘크리트 표면 손상 종류 및 발생원인

손상종류	발생원인	조사방향	그림
○ 박리, 박락 (피복두께 1/2 이하)	- 피복부족, 철근부식 - 균열진전, 중성화, 염해	▪ 발생규모, 깊이 조사 ▪ 철근노출 여부 조사 ▪ 청음조사	
○ 박락, 철근노출 (철근표면노출)	- 피복부족, 철근부식 - 균열진전, 중성화, 염해	▪ 부식 철근의 종류 조사 (인장·압축철근, 배력·가외 철근) ▪ 발생규모, 깊이 조사 ▪ 철근부식 상태 조사	
○ 철근노출 (철근깊이 이상)	- 피복부족, 철근부식	▪ 부식 철근의 종류 조사 (인장·압축철근, 배력·가외 철근) ▪ 발생규모, 깊이 조사	
○ 전 두께 단면유실	- 피복부족, 철근부식 - 골재분리	▪ 발생규모, 깊이 조사 ▪ 철근상태 조사	

② 기타

<표 3.1.2-5> 기타 손상 발생원인 및 조사방향

손상종류	발생원인	조사방향
○ 누수	-방수층 파손, 들뜸 등 -방수층 열화, 노후	▪ 손상, 균열 발생 여부 ▪ 방수층 상태 등 ▪ 누수 원인 파악
○ 백태	-구체누수에 의한 백태 -균열부 백태	▪ 누수량, 위치, 규모 ▪ 균열 발생 유무 ▪ 누수여부, 균열폭, 균열깊이
○ 망상균열	-거푸집에 물이 채수된 상태에서 콘크리트 타설 -콘크리트 비비기를 시작하여 치기까지의 시간 과다	▪ 망상균열의 범위, 균열폭 ▪ 콘크리트 표면 상태
○ 파손 및 손상	-매설물 설치에 따른 인위적 파손	▪ 규모 및 발생위치 ▪ 추가손상 발생여부
○ 조적벽체 균열 이질재연결부 균열	-건조수축 및 응력집중 -얇은 기초부 침하	▪ 규모, 발생위치, 균열폭
○ 도장 들뜸	-도장열화, 노후, 백태 발생 등	▪ 규모, 발생위치
○ 타일 들뜸, 박락	-접착 몰탈 상태불량 또는 시공불량 -이질재 연결부 등	▪ 규모, 발생위치

3.1.3 시설물의 사용하중 및 용도조사

각 층별로 현재 사용하고 있는 용도 및 사용하중 상태를 조사하여 구조물의 현 하중상태를 파악하고 용도변경 및 사용하중 증가로 인해 설계하중을 초과한 부분에 대해서는 중점 외관조사를 실시하였다.

가. 사용하중 및 용도조사 결과

본 시설물의 용도조사 결과, 대체적으로 노유자시설의 용도로 동일하게 사용되고 있으며, 사용하중의 증감이나 구조부재의 변경은 없는 상태로 조사되었다.

<표 3.1.3> 용도조사 결과

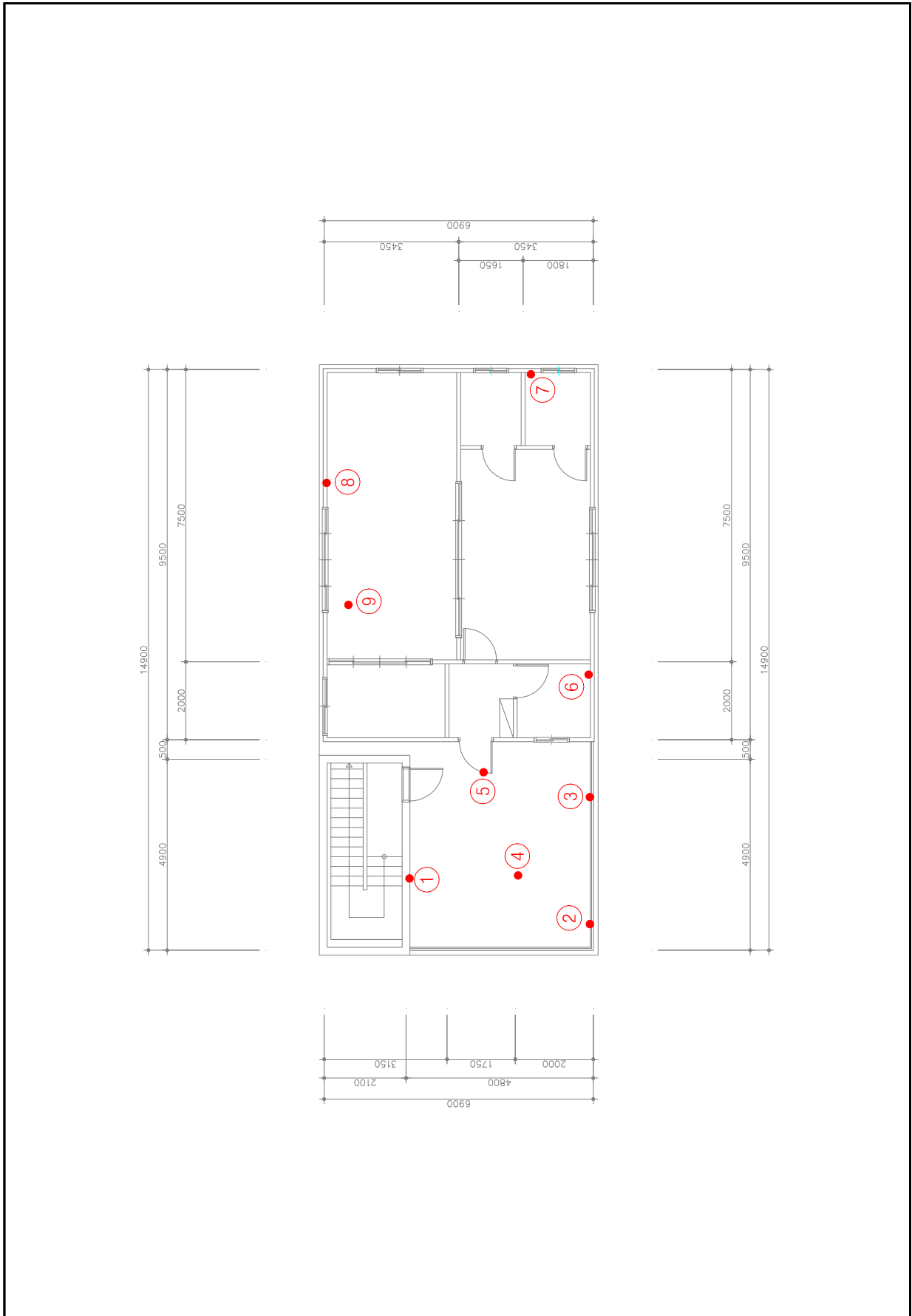
구 분	연면적(m ²)	주요 용도	용도 변경여부	구조부재 변경여부	비 고
지상1층	102.8	노유자시설	-	-	
지상2층	79.3	노유자시설	-	-	



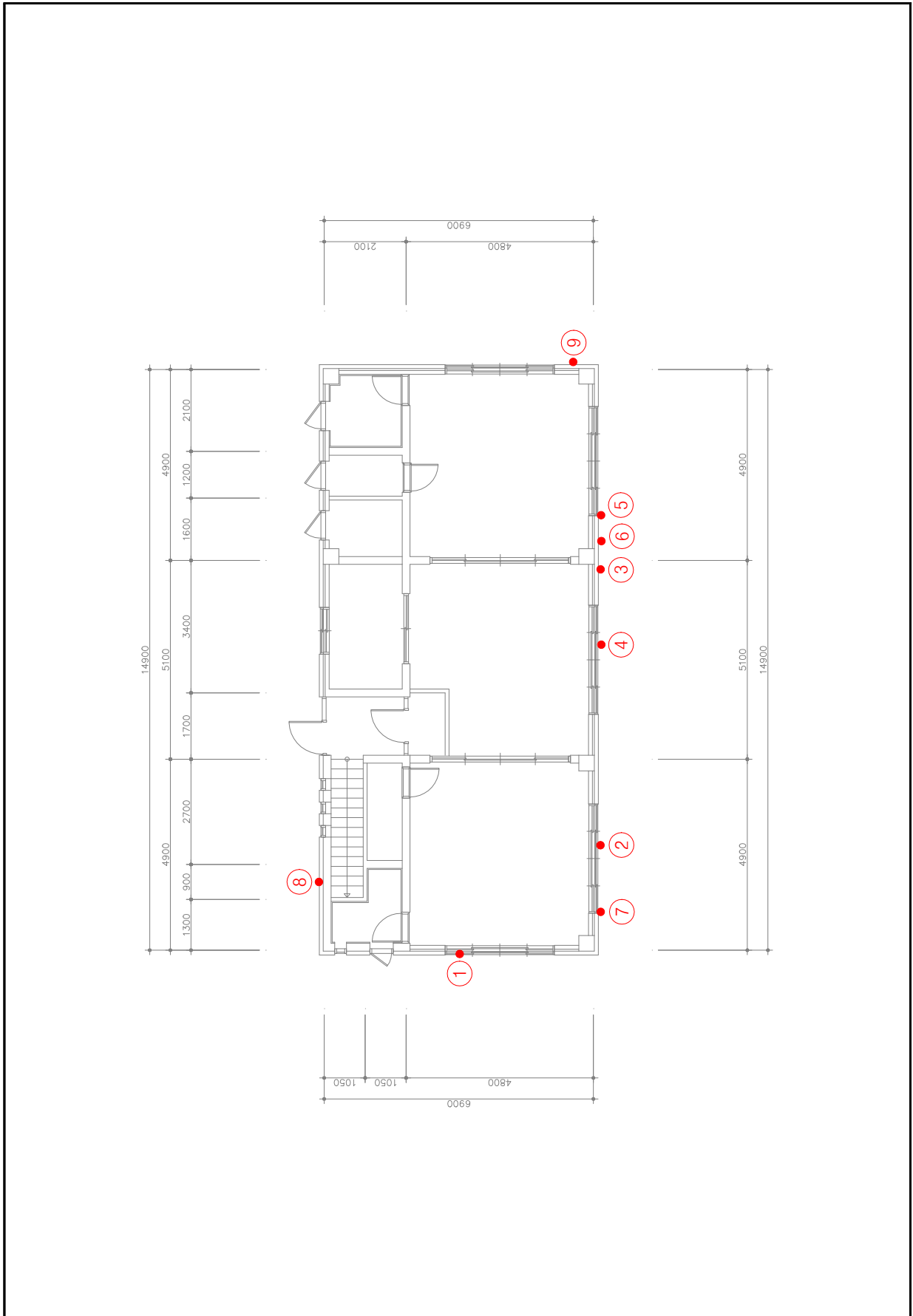
<그림 3.1.3> 용도조사 현황



<그림 3.1.4-1> 지상1층 외관조사망도



<그림 3.1.4-2> 지상2층 외관조사망도



<그림 3.1.4-3> 외부 외관조사망도

3.1.5 주요 부재별 외관조사 결과 분석

대상 시설물의 외관조사 결과에 따른 주요 부재별 점검 결과는 다음과 같다.

가. 콘크리트 구조체

본 시설물의 콘크리트 구조체에 대한 점검결과, 기둥, 벽체 및 슬래브는 전반적으로 특이할 만한 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

보는 전반적으로 양호한 상태이나 외부 지중보에서 폭 0.1mm의 건조수축에 의한 균열이 조사되었으며, 일부 균열에서 지속적인 우수 유입으로 인한 백태가 동반된 상태로 확인되었다.

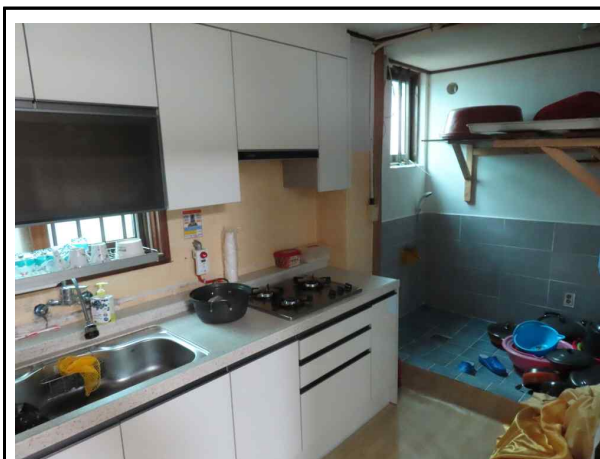
구조체에 발생된 균열, 백태 등의 손상은 현 상태에서 구조적인 문제는 없으며, 장기적인 내구성 확보차원에서 적절한 보수조치 및 유지관리가 요구된다.



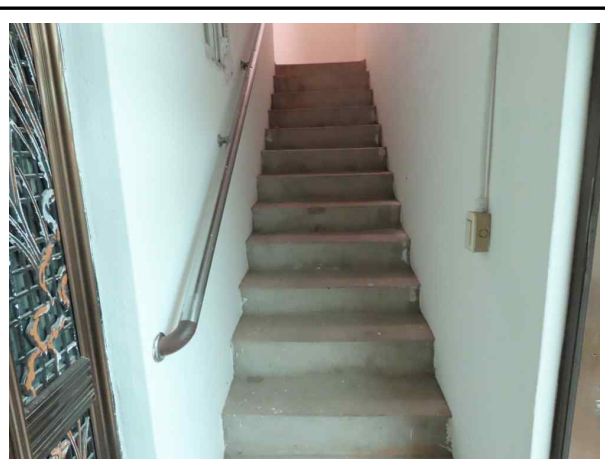
외부 지중보 균열, 백태



외부 지중보 균열, 백태



지상1층 기둥 상태양호



지상1층 벽체 상태양호

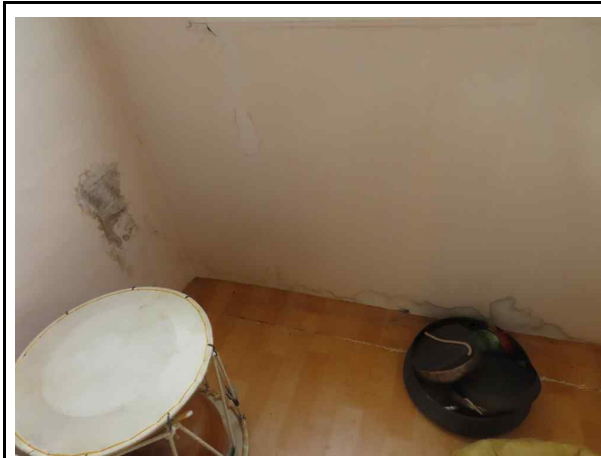
나. 조적벽체 및 마감재

본 시설물의 조적벽체 및 마감재에 대한 점검결과, 조적벽체는 내부에서 폭 0.1mm의 균열이 조사되었으며, 콘크리트 구조체와 조적벽체의 이질재료 접합부위에서 분리균열이 발생된 것으로 확인되었다.

마감재는 내부에서 타일 파손, 벽지 오염 등이 조사되었고, 외부의 경우 치장 벽돌 백태, 판넬 부식, 몰탈 박리 등의 손상이 확인되었다.

조적벽체 및 마감재에 발생한 손상 및 결함에 대해서는 장기적인 사용성 및 미관, 내구성 확보차원에서 적절한 보수조치 및 유지관리가 요구된다.

	
<p>지상1층 조적벽체 균열</p>	<p>지상1층 창문 주변 벽지 오염</p>
	
<p>지상1층 벽체 타일 파손</p>	<p>지상2층 보+벽체 분리균열</p>



지상2층 벽체 벽지 오염



지상2층 벽체 타일 파손



지상2층 캐노피 판넬 부식



외부 판넬 부식(녹물 흔적)



외부 상인방 몰탈박리



외부 상인방 몰탈박리

다. 지붕층

본 시설물의 지붕층에 대한 점검결과, 전반적으로 양호한 상태이나 지상2층 방수보호몰탈에서 사용연수 증가로 인한 열화가 진행 중인 상태로 조사되었다.

배수구는 막힘 등이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 파라펫은 일부 구간에서 폭 0.1~0.2mm의 균열이 국부적으로 확인되었다.

지붕층에서 발생된 손상 및 결함에 대해서는 장기적인 사용성 및 내구성 확보차원에서 적절한 보수조치 및 유지관리가 요구된다.



지상2층 바닥 방수보호몰탈 열화



지상2층 배수구 상태양호



지상2층 파라펫 균열



지상2층 파라펫 균열

라. 주변 대지

본 시설물의 주변 대지에 대한 점검결과, 주변 콘크리트 및 아스콘 포장 등에서 침하 등의 특별한 손상 없이 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.



정면 지반 특이사항 없음



좌측면 지반 특이사항 없음



우측면 지반 특이사항 없음


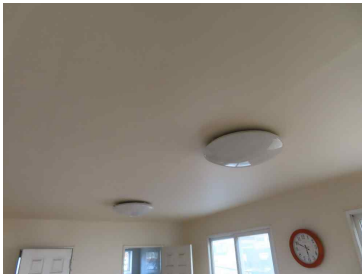

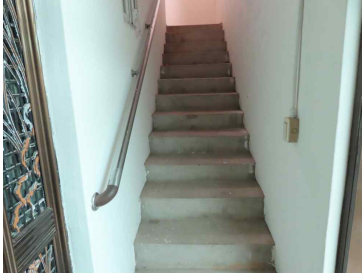


배면 지반 특이사항 없음


3.1.6 주요 비구조요소 조사 결과

대상 시설물의 주요 비구조요소를 조사한 결과, 특별한 위험요소는 발견되지 않았다.

<표 3.1.6> 주요 비구조요소 조사 결과

조사항목		사진대지	조사결과
조적 또는 중량 칸막 이벽	허리벽		허리벽 조사결과 두께 100mm, 높이 750~1,200mm로 조사되었다.
	채움벽	-	해당사항 없음.
매달린 천정			내부 천정은 목재 반자틀 구조로 설치되어 있는 것으로 조사되었다.
무거운 조명기구			내부에 일반적인 조명시설이 설치되어 있는 것으로 조사되었다.
대피경로상의 비상계단			내부에 계단실 1개소가 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

<표 3.1.6> 주요 비구조요소 조사 결과(계 속)

조사항목	사진대지	조사결과
대피경로상의 캐노피		출입구에 캐노피가 설치되어 있는 것으로 조사되었다.
위험물질 저장설비	-	해당사항 없음.
비상유도등	-	해당사항 없음.
가스관		내부에 가스설비가 설치되어 있는 것으로 조사되었다.
소화배관 및 스프링클러		소화기가 설치되어 있는 것으로 조사되었다.
긴급대피수용시설 기능의 유지를 위한 비구조요소	-	해당사항 없음.

3.2 시험조사

3.2.1 개요

본 진단에서는 외관조사와 병행하여 부재의 규격, 변위 및 비파괴시험 조사를 실시하였으며, 각각의 시험항목 및 내용은 다음의 <표 3.2.1>과 같다.

<표 3.2.1> 시험조사 항목 및 내용

조사 항목	조사 내용	비 고
부재규격 조사	주요 부재의 규격 조사	
변위 조사	건물의 기울기 조사	
콘크리트 압축강도 조사	코어채취에 의한 콘크리트 압축강도 조사	
콘크리트 탄산화 깊이 조사	콘크리트 구조물의 탄산화 깊이 조사	
철근탐사 조사	철근의 배근상태 및 피복두께 조사	



<그림 3.2.1> 시험조사 현황

3.2.2 부재 규격 조사

가. 개요

본 진단에서 대상 건물의 주요 구조 부재에 대한 실측은 시공 상태의 평가와 구조물의 구조적 안전성을 조사하여 발생 결함에 대한 원인을 추정하는데 필요한 기준이 되는 필수적인 조사 사항이다.

금회 진단에서는 주요 구조체인 기둥, 보, 벽체 등에서 줄자를 이용하여 1mm 단위로 측정을 실시하였다.

나. 부재 규격 조사 결과

대상 시설물은 준공도서 부재로 인해 실측치수와 비교·검토할 수 없었으며, 부재 실측 결과 동일 부재간 치수는 마감두께(미장 및 페인트 등)에 따른 오차는 있으나 대부분 동일한 것으로 조사되었다.

<표 3.2.2-1> 부재 규격 조사 결과

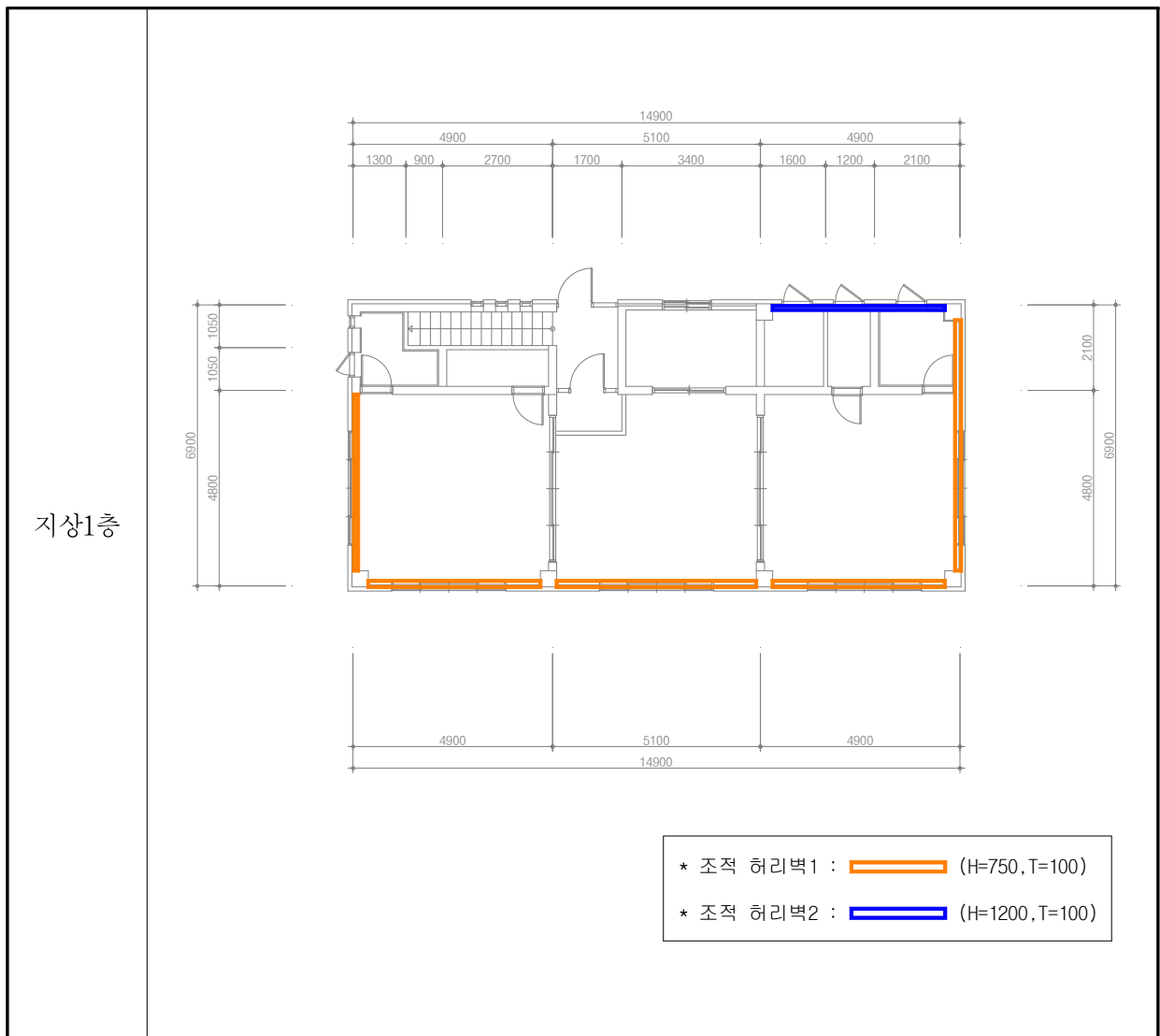
순번	기호	위치	설계치수(mm)	실측치수(mm)	비고
1	C1	X2×Y1	-	400×400	마감두께 제외
2	G1	X2×Y1~Y3	-	300×600	마감두께 제외
3	G2	X2~X3×Y1	-	300×600	마감두께 제외
4	FG2	X2~X3×Y1	-	300×600	마감두께 제외
5	RG1	X1~X2×Y3	-	200×500	마감두께 제외
6	S1	X1~X2×Y1~Y3	-	THK 150	마감두께 제외
7	RS1	X1~X2×Y2~Y3	-	THK 150	마감두께 제외
8	W1	X1~X2×Y2	-	THK 200	마감두께 제외

다. 조적 허리벽 조사 결과

대상 시설물에 대한 조적벽체의 허리벽 조사 결과, 기둥 접합부와 줄눈 상태는 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

<표 3.2.2-2> 조적 허리벽 조사 결과

층 수	구 분	규격 조사 결과(mm)		E.J 조사 결과	비고
		두께	높이		
지상1층	허리벽	100	750	없음	
		100	1,200	없음	



3.2.3 변위(기울기) 조사

가. 개요

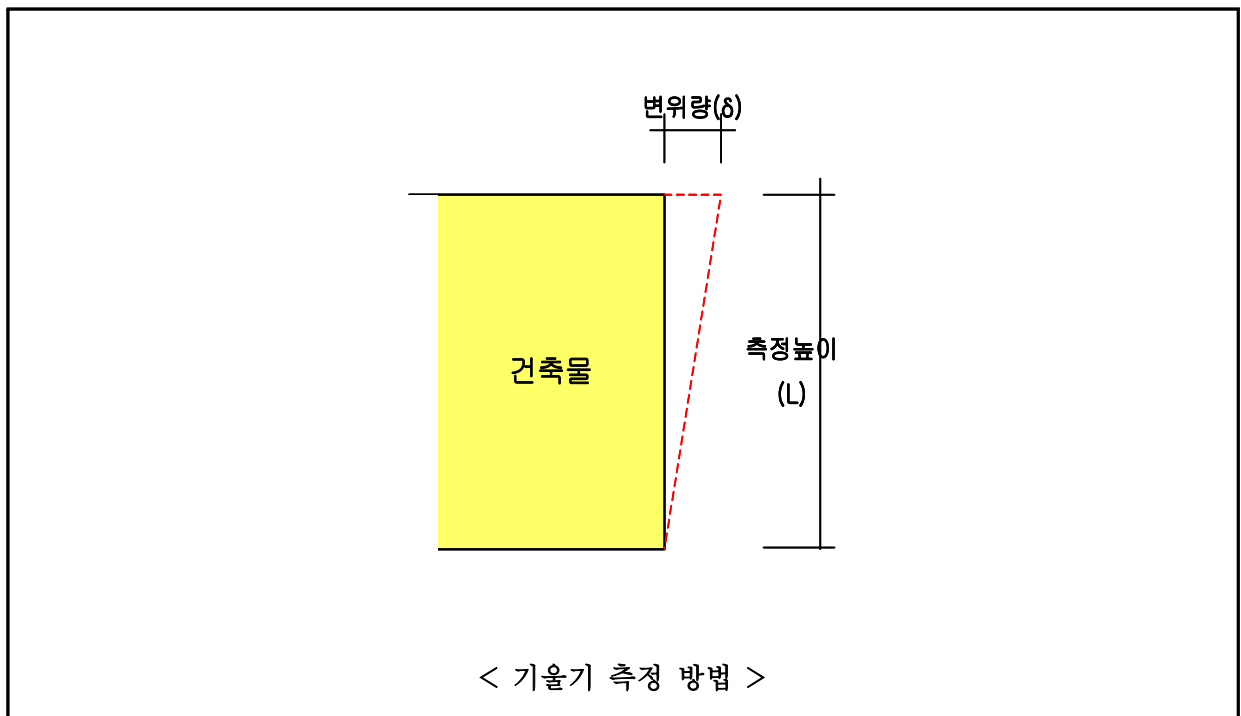
시설물은 재하하중이나 지진력 등의 외력에 따라서 수직방향 혹은 수평방향으로 변위가 생길 경우 변위량이 허용값을 초과하는 경우나 과도한 외력작용에 따라 시설물에 소성변형이 생기며, 지반침하, 이동, 지지력 저하 등에 따라 변위·변형이 생기는 경우는 시설물의 안정에 장애가 생긴다.

시설물에 이상한 변위·변형이 생기는 경우는 시설물의 강성이나 내력이 부족 하던가, 부재에 과도한 응력이 생기고, 시설물이 불안정한 상태가 될 예상이 있으므로 충분한 조사가 필요하다.

나. 측정방법

1) 기울기 측정

건물 외부의 측정 가능한 외벽 모서리에서 측정기(Transit, theodolite)를 설치하여 외벽의 상부측면을 기준으로 상부로부터 측정 가능한 하부까지 수직으로 내려보면서 건물 하부면과 수직선과의 수평거리를 측정하는 방법으로 수평변위를 조사한다.



다. 변위(기울기) 조사 결과

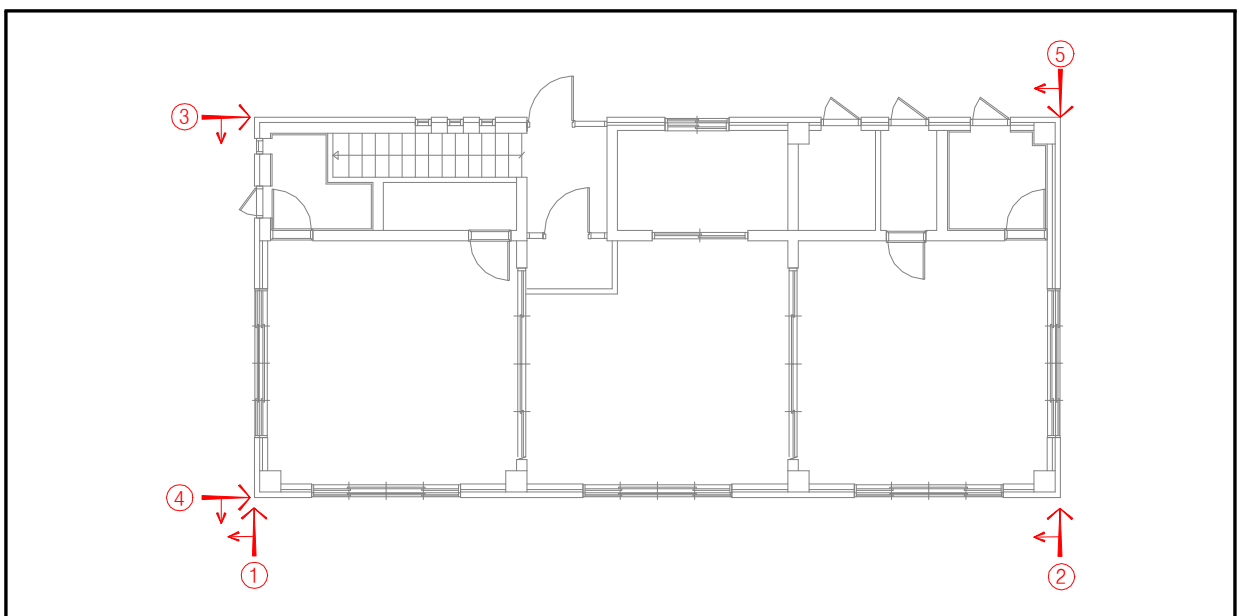
본 시설물의 기울기 조사는 측정이 가능한 외벽 모서리 5개 지점에서 실시하였으며, 조사 결과 약 0.1~0.6cm(1/3800~1/633) 정도의 기울기로 측정되었고, 평가기준에 제시된 1/500 이내의 범위에 있는 것으로 나타나 건축물의 기울기에 대한 상태평가등급은 “B등급”으로 평가되었다.

<표 3.2.3-1> 변위(기울기) 조사 결과

구 분	측정위치	측정높이(cm)	변위량(cm)	기울기(1/Y)	평가등급
①	정 면(좌측)	380	0.1	1/3800	a
②	정 면(우측)	380	0.4	1/950	a
③	좌측면(좌측)	380	0.1	1/3800	a
④	좌측면(우측)	380	0.6	1/633	b
⑤	배 면(좌측)	300	0.2	1/1500	a

<표 3.2.3-2> 기울기에 대한 상태평가등급 기준

평가등급	평가기준		평가점수 (대표값)	비 고
	기울기(각변위)	내 용		
a	1/750 이내	예민한 기계기초의 위험 침하 한계	1	
b	1/500 이내	구조물의 균열발생 한계	3	
c	1/250 이내	구조물의 경사도 감지	5	
d	1/150 이내	구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계	7	
e	1/150 초과	구조물이 위험할 정도	9	



<그림 3.2.3> 변위(기울기) 조사 위치도

3.2.4 콘크리트 압축강도 조사

가. 코어채취법에 의한 압축강도 조사

1) 개요

본 조사는 국부 파괴 시험법에 의해 현장에서 채취한 코어의 압축강도를 조사하는 시험법으로 신뢰성이 높으며 코어는 구조물의 유지관리 및 단면력에 영향을 주지 않는 범위에 한하여 채취함을 원칙으로 하였다.

특히 콘크리트 코어 채취 지점은 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하며 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어 채취 및 실내 시험에 대한 자료가 충분하고 평가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

본 과업에서 콘크리트 압축강도를 조사하기 위하여 채취된 공시체는 직사광선이 닿지 않는 곳에서 충분히 건조시킨 후 양 단면은 마감 불량이나 축선 불일치에 의한 강도 저하 등의 시험오차를 줄이기 위하여 코어 축선에 직각이 되도록 표면을 매끄럽게 연마(Capping) 하였다.

2) 코어강도에 미치는 영향

① 코어 크기의 영향

콘크리트 구조설계기준에 따라 $\varnothing 100 \times 200 \text{mm}$ 코어를 채취한 경우는 $\varnothing 150 \times 300 \text{mm}$ 기준의 강도 보정계수 0.97을 적용한다.

② 코어 높이/직경비의 영향

코어 공시체의 높이/직경비(h/d)가 적어질수록 겉보기 압축강도는 커진다. 공시체 높이가 직경의 2배보다 작을 경우에는 시험으로부터 얻은 압축강도에 높이보정계수를 곱하여 공시체의 높이가 직경의 2배가 되는 코어 공시체의 압축강도로 환산한다.

<표 3.2.4-1> 높이/직경비에 의한 압축강도의 보정계수

H/D	보정계수	비 고
2.00	1.00	h/d가 중간값일 경우에는 직선 보간법을 이용하여 보정계수를 구한다.
1.75	0.98	
1.50	0.96	
1.25	0.93	
1.00	0.89	

③ 코어 채취방향의 영향

코어는 일반적으로 구조물의 최상단에서 가장 낮은 강도를 갖고 밑으로 깊이가 커질수록 코어의 강도는 증가하지만 300mm 이상의 두께에서는 더 이상의 강도증가는 없는 것으로 보고되고 있다.

수평방향으로 코어를 채취하면 수직으로 채취한 경우보다 전형적으로 8%가량 강도가 감소하는데 본 과업에서도 수평방향으로 채취한 코어에 대해서는 8%의 압축강도 감소의 영향을 고려하였다.

④ 매입철근이 코어강도에 미치는 영향

코어를 가로지르는 철근이 있는 경우에는 시험결과, 5~10% 정도의 압축강도가 감소된다고 보고되고 있다. 코어 비트에 따라 약간의 차이가 있으나, 철근의 직경이 증가함에 따라 코어강도는 저하된다.

매입철근으로 인한 코어강도 보정계수는 다음과 같다.

$$\text{보정계수} = [1.0 + 1.5 \left(\frac{\phi_r}{\phi_c} \times \frac{h}{l} \right)] \quad \text{여기서, } \phi_r = \text{철근의 직경(mm)}$$

$$\phi_c = \text{코어의 직경(mm)}$$

$$h = \text{코어의 인접한 끝에서 철근까지의 최단거리(mm)}$$

단, 보정값이 10%를 초과하는 경우의 코어는 사용하지 않는 것으로 한다.

3) 비파괴강도·압축강도와의 보정계수

각종 비파괴강도를 이용하여 구조물의 전반적인 강도를 추정하는 경우에는 시험위치에서 채취한 코어강도를 이용하여 비파괴강도를 보정하는 것이 원칙이다. 따라서 부재 종류별로 코어 압축강도와 코어 또는 코어채취 위치에서 얻은 비파괴강도(반발경도법, 초음파법, 조합법)간의 상관관계를 구하기 위하여 RILEM Recommendation Part 2 기준에 제시된 식을 사용하여 보정계수 C_t 를 구한다.

$$C_t = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{R_{pr}}{R_{st}}$$

여기서, C_t : 보정계수

R_{pr} : 코어압축강도(MPa)

R_{st} : 비파괴강도(MPa)

4) 코어 압축강도 결과

코어채취법에 의한 콘크리트 압축강도 시험 결과, 15.90~19.95MPa(표준편차 적용 평균 18.14MPa)로 측정되어 추정설계강도인 18.0MPa에 다소 부족하나 강도 부족으로 인한 구조체에 특이한 손상이 없는 것으로 나타나 구조물의 내구성 저하에 큰 영향은 없을 것으로 판단된다.

<표 3.2.4-2> 코어 압축강도 결과표

구 간	부 재	N O	압축강도(MPa)	구 분	압축강도(MPa)
지상1층	보	CO.1	19.95	m	18.14
	보	CO.2	16.77	s	1.57
				s/m	0.09
지상2층	보	CO.3	15.90	m-s	16.57
	보	CO.4	17.99	0.75(m-s)	12.43
	보	CO.5	19.46	0.75m	13.60
	보	CO.6	18.75	설계기준강도	16.57
				평균강도	18.14

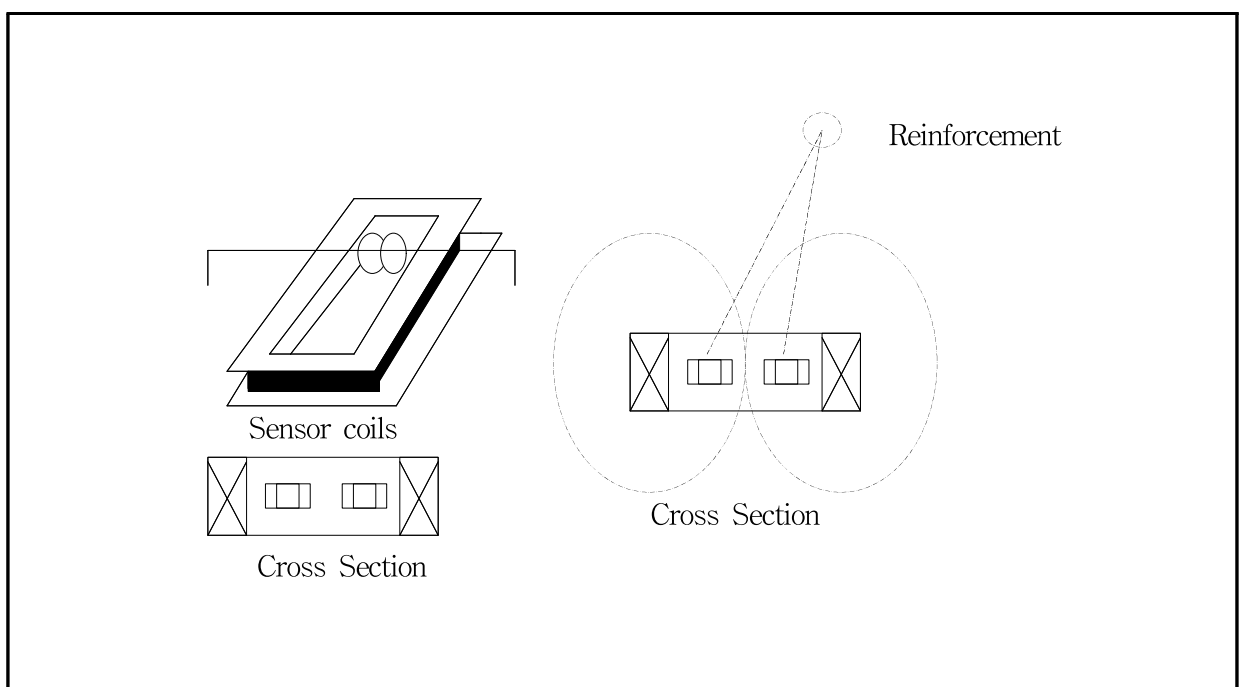
3.2.5 철근 배근상태 조사

가. 개요

철근콘크리트 구조물 내부에 배근된 철근은 구조적으로 인장력과 압축력을 부담하며 부착력이 강하여 콘크리트와 일체로 거동하고 있다. 또한 콘크리트의 강한 알칼리성에 의하여 철근의 부식을 방지하여 내구성이 강한 구조물로 평가되고 있다. 따라서, 철근의 피복과 배근상태는 철근콘크리트 구조물의 내구성을 결정하는 중요한 요인으로 작용하며, 본 과업에서는 콘크리트속에 매립된 철근의 간격, 직경 및 피복두께의 적정성 여부를 확인하기 위하여 철근탐사기(Ferrosan PS-250)를 이용하여 기둥, 보, 슬래브 등에 대하여 부분적으로 철근탐사를 수행하였다.

나. 시험방법

철근탐사 측정기구 Ferrosan은 아래 <그림 3.2.5>와 같이 한쪽의 Sensor coil에서 1초당 11,000번의 전자기파를 발산하여 전자기파가 철근에 반사되어 다른쪽의 Sensor coil에서 받아들여 철근간격 및 피복두께 등을 구하는 자극유도원리(Impulse Induction Principle)에 의해 작동되며, 이것이 모니터에서 그래픽으로 나타난다.



<그림 3.2.5> Ferrosan 의 원리

다. 철근 배근상태 조사 결과

대상 시설물의 주요 부재에 대한 철근배근상태를 조사한 결과, 철근 배근량 및 간격은 구조도면의 부재로 비교·검토할 수 없었으나 일반적인 건물과 대부분 동일한 것으로 확인되었고, 피복두께도 43~51mm로 측정되어 전반적으로 양호한 상태로 나타나 철근량 및 피복두께 부족에 의한 내력저하는 없을 것으로 판단된다.

<표 3.2.5> 철근 배근상태 조사 결과

■ 기둥

부재	탐상위치		단면의 크기	구 분	배 근 상 태		피복 두께	비 고
	위 치				주 근	대 근		
C1	1층 기둥	X2×Y1	400×400	설계상태	-	-	50	F1
				시공상태	D19-12EA	D10@300		
C1	1층 기둥	X2×Y1	400×400	설계상태	-	-	52	F2
				시공상태	D19-12EA	D10@300		
C1	1층 기둥	X3×Y1	400×400	설계상태	-	-	40	F3
				시공상태	D19-12EA	D10@300		
C1	1층 기둥	X2×Y1	400×400	설계상태	-	-	48	F4
				시공상태	D19-12EA	D10@300		
C1	1층 기둥	X1×Y1	400×400	설계상태	-	-	48	F5
				시공상태	D19-12EA	D10@300		

■ 보

부재	탐상위치		단면의 크기	구 분	배 근 상 태		피복 두께	비 고
	위 치				주 근	능 근		
G2	1층 보 측면(단부)	X2~X3×Y1	300×600	설계상태	-	-	40	F6
				시공상태	D19-5,2EA	D10@200		
G2	1층 보 측면(중앙부)	X2~X3×Y1	300×600	설계상태	-	-	45	F7
				시공상태	D19-2,5EA	D10@300		
G2	1층 보 하면(중앙부)	X2~X3×Y1	300×600	설계상태	-	-	42	F8
				시공상태	D19-2,5EA	D10@300		
G1	1층 보 측면(중앙부)	X2×Y1~Y3	300×600	설계상태	-	-	44	F9
				시공상태	D19-3,5EA	D10@300		
G1	1층 보 측면(단부)	X2×Y1~Y3	300×600	설계상태	-	-	50	F10
				시공상태	D19-5,3EA	D10@200		
G1	1층 보 하면(단부)	X2×Y1~Y3	300×600	설계상태	-	-	41	F14
				시공상태	D19-5,3EA	D10@200		
G1	1층 보 측면(단부)	X2×Y1~Y3	300×600	설계상태	-	-	49	F15
				시공상태	D19-5,3EA	D10@200		

■ 보(계 속)

부재	탐상위치		단면의 크기	구 분	배 근 상 태		피복 두께	비 고
	위 치				주 근	능 근		
FG2	1층 보 측면(중앙부)	X1~X2×Y1	300×600	설계상태	-	-	50	F17
				시공상태	D19-2,5EA	D10@300		
FG2	1층 보 측면(단부)	X2~X3×Y1	300×600	설계상태	-	-	40	F18
				시공상태	D19-5,2EA	D10@200		
FG2	1층 보 측면(중앙부)	X3~X4×Y1	300×600	설계상태	-	-	43	F19
				시공상태	D19-2,5EA	D10@300		
RG1	2층 보 측면(단부)	X1~X2×Y3	200×500	설계상태	-	-	42	F24
				시공상태	D19-3,3EA	D10@300		
RG1	2층 보 측면(중앙부)	X1~X2×Y3	200×500	설계상태	-	-	40	F25
				시공상태	D19-3,3EA	D10@300		
RG1	2층 보 측면(중앙부)	X1~X2×Y2	200×500	설계상태	-	-	50	F26
				시공상태	D19-3,3EA	D10@300		
RG1	2층 보 측면(단부)	X1~X2×Y2	200×500	설계상태	-	-	49	F27
				시공상태	D19-3,3EA	D10@300		

■ 슬래브

부재	탐상위치		단면의 크기	구 분	배 근 상 태		피복 두께	비 고
	위 치				주 근	부 근		
S1	1층 슬래브 하면	X1~X2×Y1~Y3	150	설계상태	-	-	49	F20
				시공상태	D13@300	D13@300		
S1	1층 슬래브 하면	X1~X2×Y1~Y3	150	설계상태	-	-	50	F21
				시공상태	D13@300	D13@300		
S1	1층 슬래브 하면	X1~X2×Y1~Y3	150	설계상태	-	-	50	F22
				시공상태	D13@300	D13@300		
RS1	2층 슬래브 하면	X1~X2×Y2~Y3	150	설계상태	-	-	40	F28
				시공상태	D13@300	D13@300		
RS1	2층 슬래브 하면	X1~X2×Y2~Y3	150	설계상태	-	-	41	F29
				시공상태	D13@300	D13@300		

■ 벽체

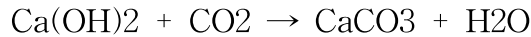
부재	탐상위치		단면의 크기	구 분	배 근 상 태		피복 두께	비 고
	위 치				수직근	수평근		
W1	1층 벽체	X1~X2×Y2	200	설계상태	-	-	40	F11
				시공상태	D10@150	D10@300		
W1	1층 벽체	X2×Y2~Y3	200	설계상태	-	-	53	F12
				시공상태	D10@150	D13@300		
W1	1층 벽체	X1~X2×Y3	200	설계상태	-	-	41	F13
				시공상태	D10@150	D10@300		
W1	1층 벽체	X1×Y2~Y3	200	설계상태	-	-	50	F16
				시공상태	D10@150	D10@300		
W1	1층 벽체	X1~X2×Y3	200	설계상태	-	-	52	F23
				시공상태	D10@150	D10@300		

3.2.6 콘크리트 탄산화 깊이 조사

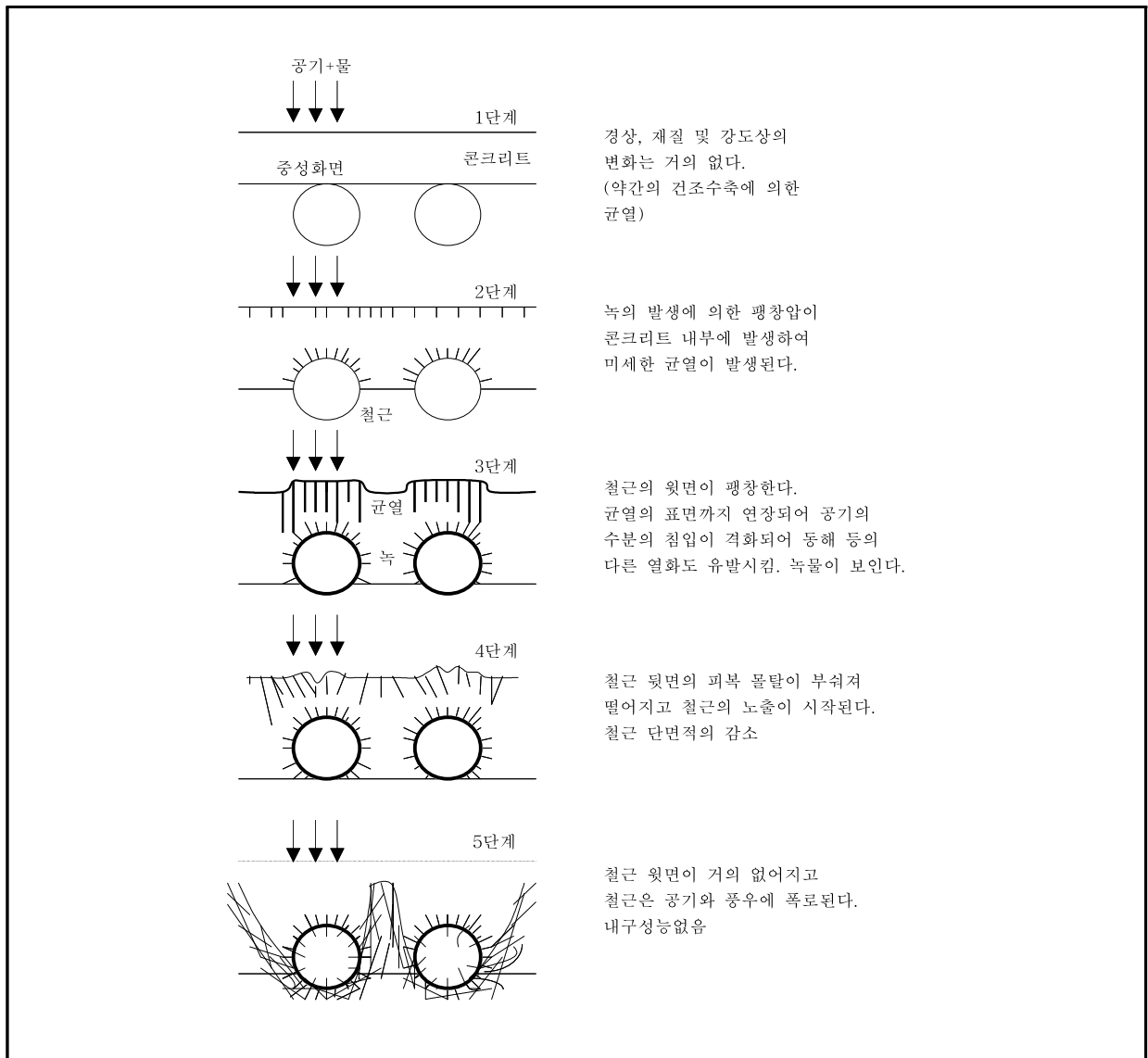
가. 개요

시멘트의 수화반응에서 시멘트량의 약 1/3정도가 생성되는 수산화칼슘은 pH 12~13정도의 강 알카리로서 시멘트 수화물 전체의 pH를 결정하고 있다.

수산화칼슘은 대기중에 포함되어 있는 약 산성의 탄산가스(약 0.03% 정도)와 접촉하여 다음과 같은 반응에 의해 탄산칼슘과 물로 변한다.



수산화 칼슘이 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH는 8.5~10 정도 낮아지며, 콘크리트의 pH가 낮아지는 현상을 중성화(광의의 탄산화)라 한다.

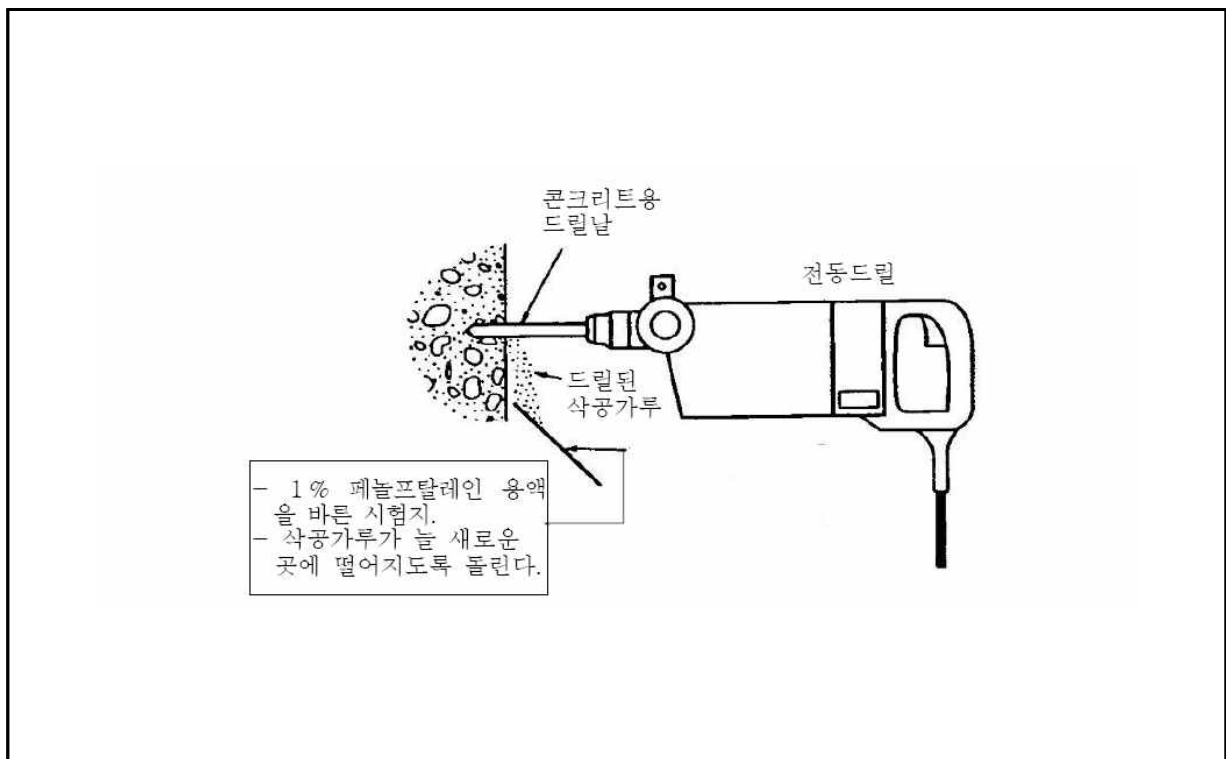


<그림 3.2.6-1> 탄산화에 의한 콘크리트 열화 진행 모식도

탄산화에 의해 물리적 성능저하가 생기는 것은 콘크리트 내부 철근의 부식이다. 콘크리트 내부의 pH가 11 이상에서는 철근의 표면에 부동태를 형성하므로 산소가 존재하여도 녹슬지 않지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 철근에 녹이 발생하고 이러한 녹에 의하여 철근은 약 2.5배 체적이 팽창한다. 철근의 발청에 의한 팽창압력은 콘크리트 내부에 균열을 발생시키며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트 박리, 철근 단면적 감소에 의한 저항 모멘트의 저하 등 물리적 성능 저하의 진행과 함께 종국적으로 철근 콘크리트 시설물 전체의 구조적 안전성에 악영향을 미친다.

나. 시험방법

탄산화 깊이 측정의 가장 일반적인 방법은 1%의 페놀프탈레인 용액(95% 에틸알콜 + 5% 증류수 + 1% 페놀프탈레인)을 콘크리트의 파단면에 분무하여 변색여부를 관찰하는 방법이다. 이때에 용액이 묻은 부분이 무색이면 탄산화한 것으로 보고, 적색이면 탄산화하지 않은 것으로 판단된다. 페놀프탈레인에 의한 탄산화 깊이 측정은 간편하고 빠른 시간에 결과를 얻을 수 있으나 파단면의 분말을 모두 제거해야 하며 시료 표면에 균일하게 도포해야 한다.



<그림 3.2.6-2> 드릴법에 의한 콘크리트 탄산화 시료 채취

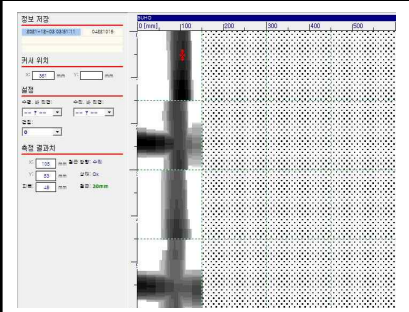
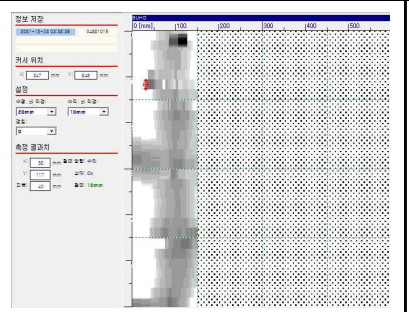
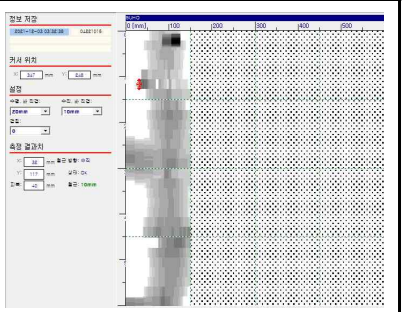
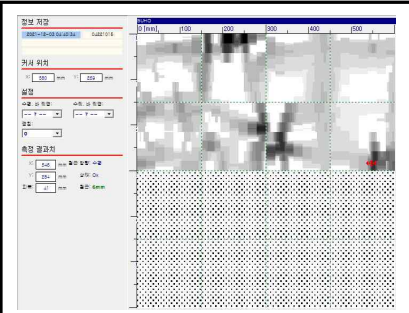
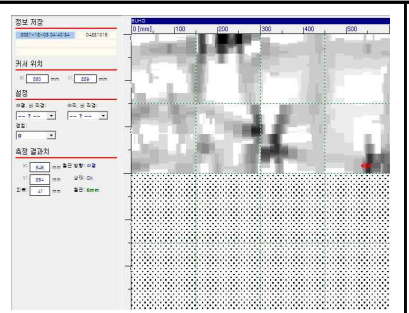
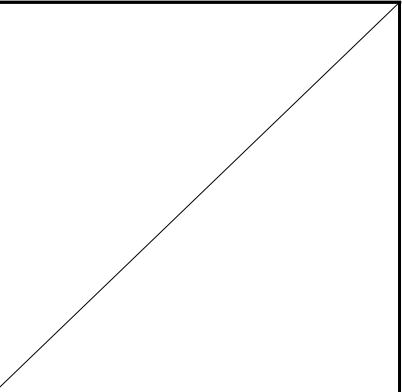
다. 탄산화 깊이 조사 결과

주요 부재에 대한 콘크리트 탄산화 깊이 측정결과, 마감재를 제외하고 1.2~1.4cm로 측정되었으며, 탄산화에 대한 상태평가등급은 “B등급”으로 평가되었다.

<표 3.2.6> 콘크리트 탄산화 깊이 조사 결과

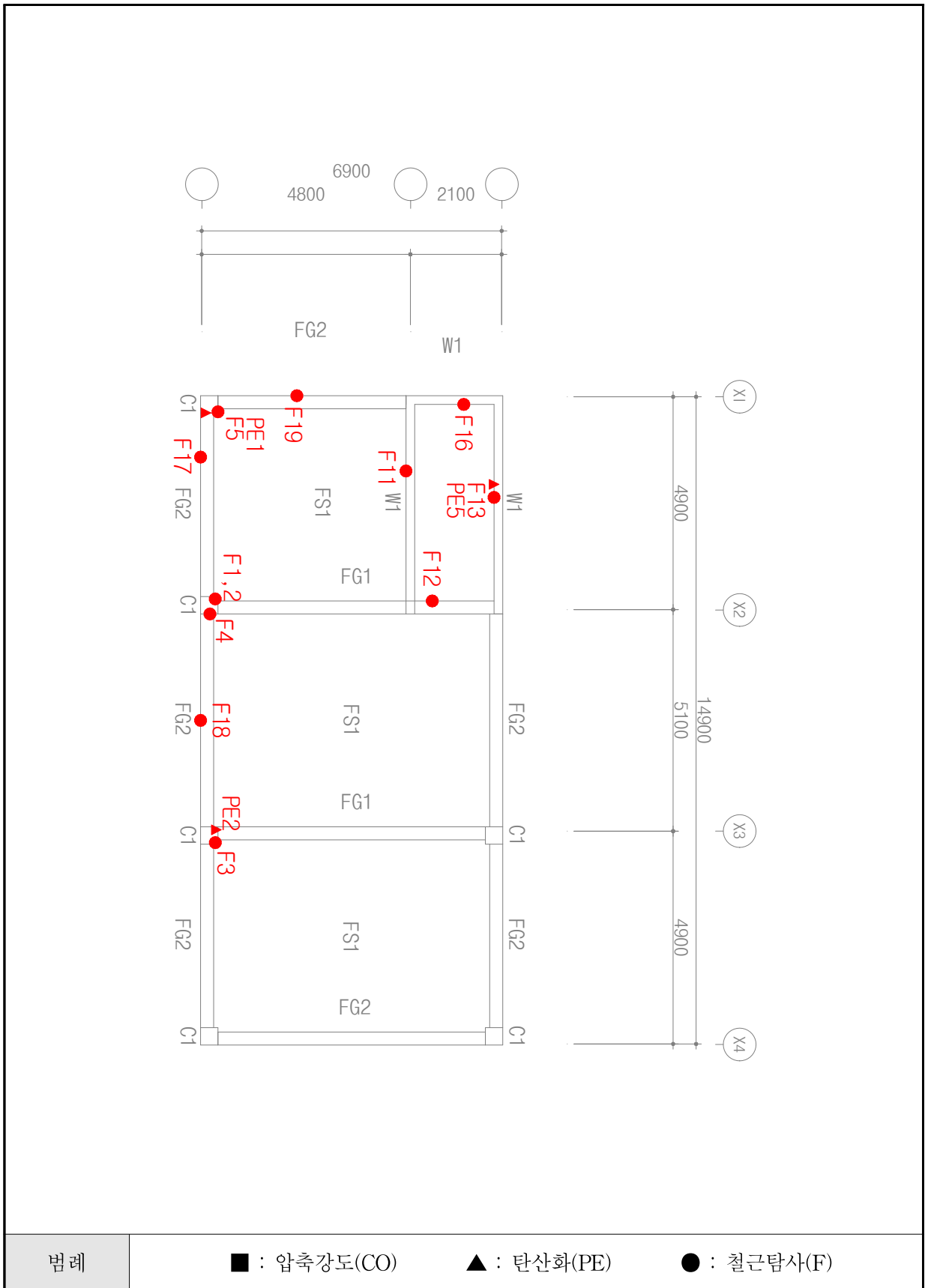
층수	NO	부재명	탄산화 깊이 (cm)	피복두께 (cm)	기준값 (cm)	평가 등급
지상1층	PE.1	기둥	0.9	4.8	$C_t \leq 0.25D$ ($C_t \leq 1.20$)	a
	PE.2	기둥	1.1	4.0	$0.25D < C_t \leq 0.5D$ ($1.00 < C_t \leq 2.00$)	b
	PE.3	보	1.2	4.5	$0.25D < C_t \leq 0.5D$ ($1.12 < C_t \leq 2.25$)	b
	PE.4	보	0.6	4.1	$C_t \leq 0.25D$ ($C_t \leq 1.02$)	a
	PE.5	벽체	0.8	4.1	$C_t \leq 0.25D$ ($C_t \leq 1.02$)	a

※ C_t : 콘크리트 탄산화 깊이(cm), D : 측정된 철근의 피복두께(cm)

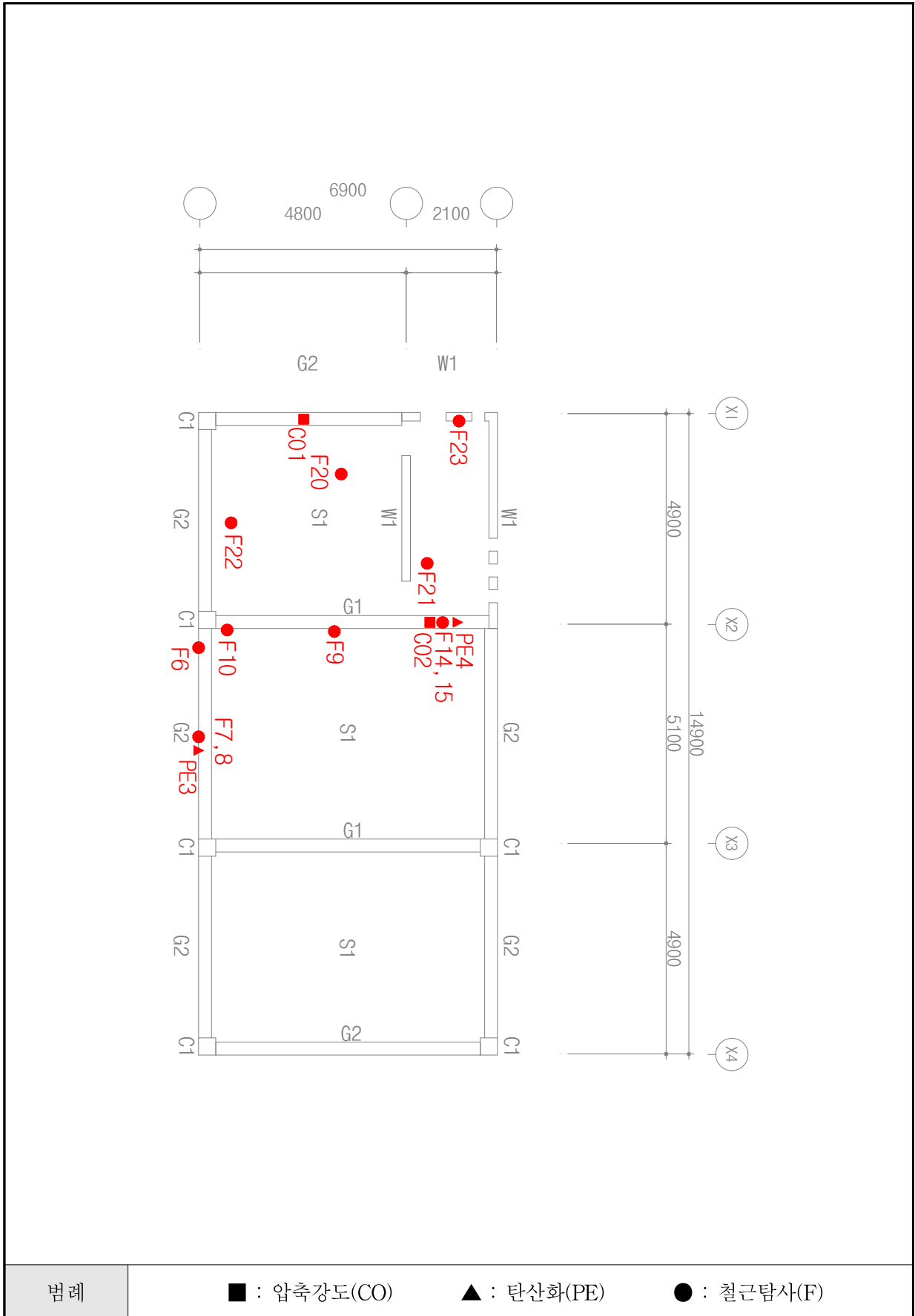
	PE.1	피복두께 : 4.8		PE.2	피복두께 : 4.0		PE.3	피복두께 : 4.5
	PE.4	피복두께 : 4.1		PE.5	피복두께 : 4.1			

<그림 3.2.6-3> 철근탐사기를 이용한 철근피복두께 측정 결과

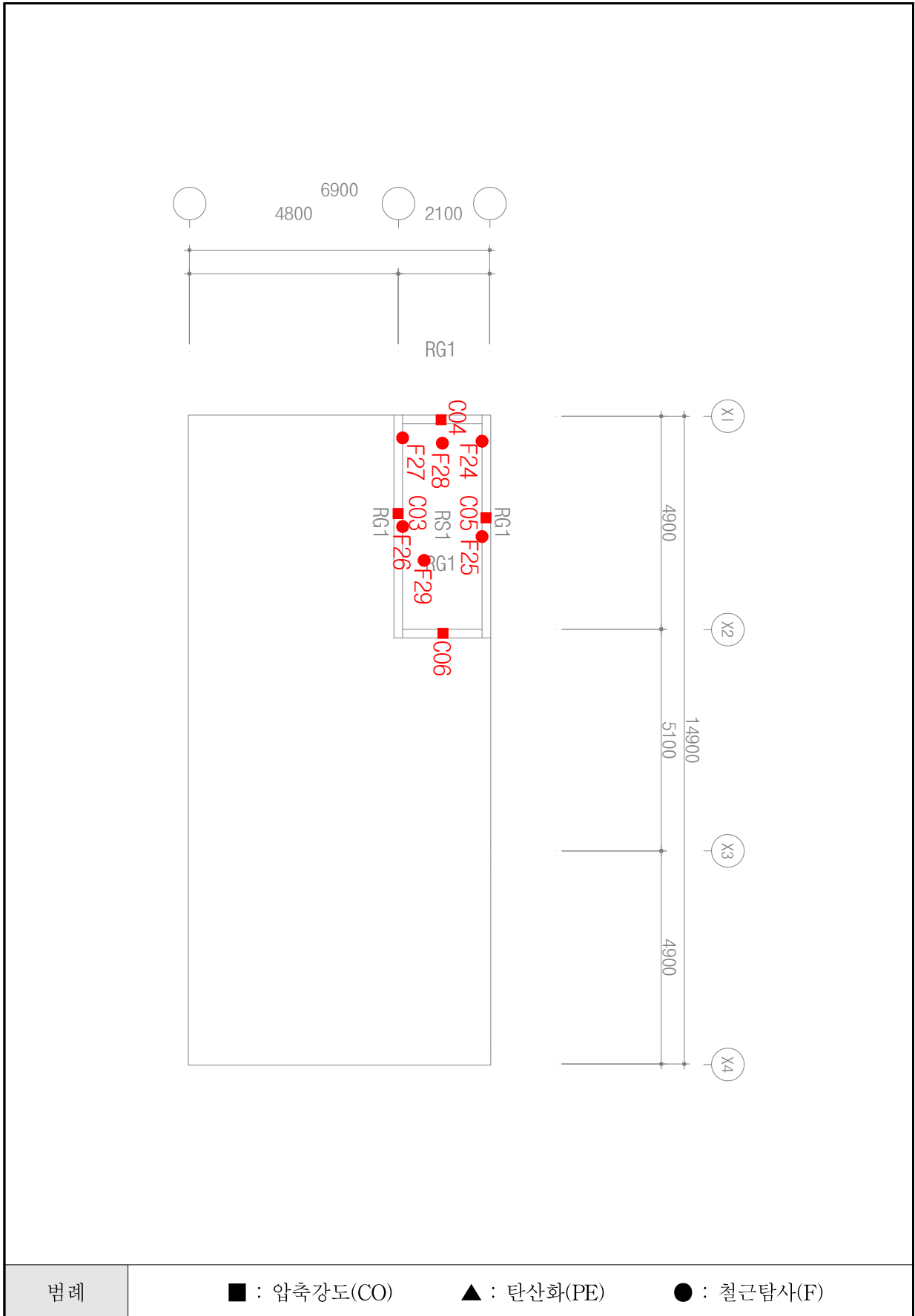
3.2.7 시험조사 위치도



<그림 3.2.7-1> 시험조사 위치도(지상1층 바닥구조도)



<그림 3.2.7-2> 시험조사 위치도(지상2층 바닥구조도)



<그림 3.2.7-3> 시험조사 위치도(옥탑층 바닥구조도)

제4장 구조해석 및 안전성평가

4.1 일반사항

본 대상 시설물이 작용하중에 대하여 충분한 내력을 보유하고 안정적으로 거동하는지 여부를 판단하기 위하여 구조해석 및 내력평가를 수행하였다.

본 시설물에 대한 구조해석 수행 방법 및 가정한 제반 조건은 다음과 같다.

- 1) 본 시설물의 내력평가에 적용한 법령 및 기준은 다음과 같다.
 - 건축법 및 동 시행령, 동 시행규칙
 - 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙
 - 건축구조기준(KBC2016)
- 2) 본 시설물의 작용하중에 대하여 콘크리트 주요구체(슬래브, 보, 기둥, 벽체)에 대하여 안전성평가를 실시하였다.
- 3) 본 시설물에 대한 구조해석은 3차원 해석 프로그램인 “MIDAS - GEN” 을 사용하였다.
- 4) 본 시설물에 적용된 고정하중, 활하중은 현장조사 및 설계도서를 토대로 실제 구조물에 작용하는 하중을 “4.2 하중조건”과 같이 산정하였다.
- 5) 본 시설물의 철근콘크리트 주요부재에 대한 내력평가는 강도설계법을 이용하였다.
- 6) 본 시설물의 구조재료의 성질은 현장조사 결과 및 설계도서를 토대로 아래와 같이 가정하였다.

구 분		강 도(MPa)	종 류	
콘크리트		압축강도, f_{ck}	16.57	보통콘크리트
철근	주철근	항복강도, f_y	240	SD 240
	띠철근	항복강도, f_{vy}	240	SD 240

4.2 하중조건

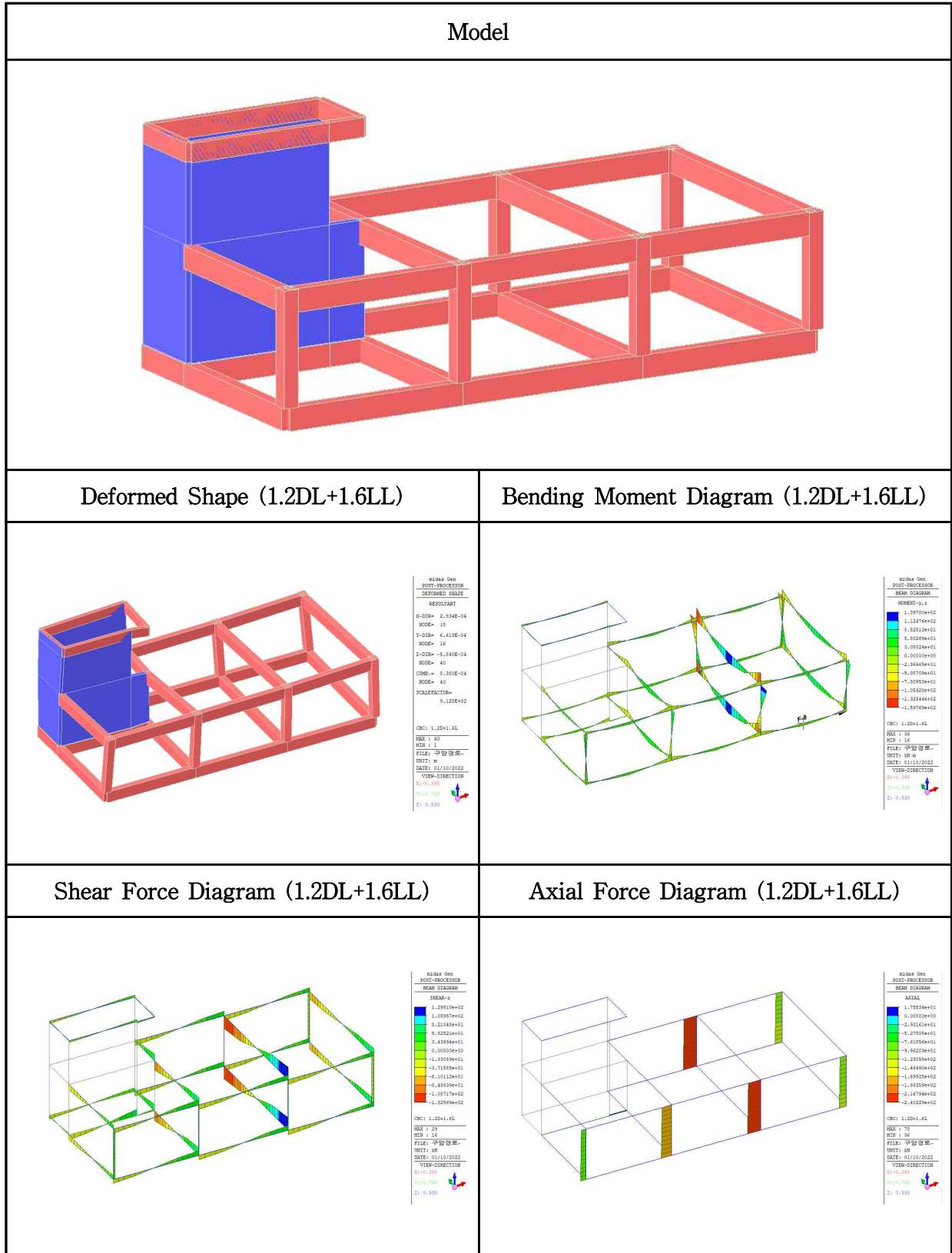
본 시설물의 주요 구체에 대한 구조해석 및 내력평가에 사용된 고정하중은 기 제출된 도면과 현장조사 결과를 토대로 산정하였고, 활하중은 기존 구조물 신축 당시 기준에 따른 활하중을 적용하였다.

가. 용도별 하중

용도	재료	두께 (mm)	비중 (kN/m ³)	하중산정 결과(kN/m ²)	
				고정하중	적재하중
옥탑지붕 (물흘림구배 고려 +25)	보호몰탈	20	21	0.42	
	액체방수	20	10	0.20	
	콘크리트 슬라브	150	24	4.20	
	단열재	80	2	0.16	
	천장			0.20	
				5.18	1.0
옥상지붕 (물흘림구배 고려 +25)	보호몰탈	20	21	0.42	
	액체방수	20	10	0.20	
	콘크리트 슬라브	150	24	4.20	
	단열재	80	2	0.16	
	천장			0.20	
				5.18	2.0
다용도실	바닥마감	10	2	0.20	
	고름몰탈	10	21	0.21	
	콘크리트 슬라브	150	24	3.60	
	샌드위치판넬			0.40	
	천장			0.20	
				4.61	3.0
계단실	마감	30	23	0.69	
	콘크리트 슬라브	200	24	4.80	
				5.49	3.0
콘크리트 난간	콘크리트 난간	100	24	2.40	
				2.40	-
조적쌓기 (1.0B)	벽돌(1.0B)	-	-	4.00	
	시멘트 모르타르	10	21	0.21	
				4.21	-

4.3 구조해석 모델 및 결과

본 시설물이 작용하중에 대하여 충분한 내력을 보유하고 안정적으로 거동하는지 여부를 판단하기 위하여 구조해석 및 내력평가를 수행하였다.



4.4 내력평가 결과

본 시설물에 대한 내력평가 결과는 다음과 같다.

가. 슬래브 내력평가 결과

본 시설물의 슬래브에 대하여 수직하중(고정하중, 활하중)을 고려하여 내력평가를 실시한 결과, 다음 표에 나타낸 바와 같이 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이상으로 나타났으나, 초과하는 내력이 허용범위(10%) 이내로 나타나 구조적 안전에 지장이 없을 것으로 판단된다.

<표 4.4-1> 슬래브 내력평가 결과표

검토 부재	검토구간		배근	휨모멘트 검토(kN·m)				전단력 검토(kN)			
				ΦMn	Mu	Ratio	판정	ΦVn	Vu	Ratio	판정
2~RS1 (T=150)	단 변	단부 상부	D13@150	20.1	20.9	1.04	Say O.K	63.3	23.6	0.37	O.K
		중앙부 하부	D10+13@150	16.0	9.6	0.60	O.K				
	장 변	단부 상부	D13@150	17.9	1.5	0.08	O.K	58.5	2.3	0.03	O.K
		중앙부 하부	D10+13@150	14.4	4.5	0.31	O.K				

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

나. 보 내력평가 결과

본 시설물의 보에 대하여 수직하중(고정하중, 활하중)을 고려하여 내력평가를 실시한 결과, 다음 표에 나타낸 바와 같이 모든 보에서 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이하로 나타나 구조물의 내력상 안전에 지장이 없을 것으로 판단된다.

<표 4.4-2> 보 내력평가 결과표

기호	항목	부모멘트 검토(kN·m)			정모멘트 검토(kN·m)			전단력 검토(kN)			판정
		i단	center	j단	i단	center	j단	i단	center	j단	
G1	내력	163.80	105.63	163.80	105.63	163.80	105.63	155.91	131.00	156.40	O.K.
	외력	159.46	35.27	150.11	43.90	129.03	48.57	132.52	93.01	129.81	
300×600	Ratio	0.97	0.33	0.92	0.42	0.79	0.46	0.85	0.71	0.83	
G2	내력	164.88	71.54	164.88	71.54	164.88	71.54	157.08	131.43	157.23	O.K.
	외력	88.26	0.00	77.66	25.40	72.62	30.70	75.40	51.26	72.32	
300×600	Ratio	0.54	0.00	0.47	0.36	0.44	0.43	0.48	0.39	0.46	
RG1	내력	82.06	82.06	82.06	82.06	82.06	82.06	87.37	90.10	87.38	O.K.
	외력	20.68	5.40	20.69	2.73	10.91	3.10	22.72	13.51	22.72	
200×500	Ratio	0.25	0.07	0.25	0.03	0.13	0.04	0.26	0.15	0.26	

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

주2) 건축구조기준(KBC2016) “0519 구조물의 안전성 평가”에 따라 강도감소계수는 인장지배단면 1.0, 압축지배단면 0.8 전단력0.8을 적용함.

다. 기둥 내력평가 결과

본 시설물의 기둥에 대하여 수직하중(고정하중, 활하중)을 고려하여 내력평가를 실시한 결과, 다음 표에 나타낸 바와 같이 모든 기둥에서 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이하로 나타나 구조물의 내력상 안전에 지장이 없을 것으로 판단된다.

<표 4.4-3> 기둥 내력평가 결과표

기호	축력 검토 (kN)			모멘트 검토 (kN·m)			전단력 검토 (kN)			판정
	부재강도	소요강도	내력비	부재강도	소요강도	내력비	부재강도	소요강도	내력비	
C1	266.33	240.23	0.90	1.15	1.01	0.88	111.14	93.25	0.84	O.K.
400×400				156.97	139.70	0.89	111.41	93.25	0.84	

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

주2) 건축구조기준(KBC2016) “0519 구조물의 안전성 평가”에 따라 강도감소계수는 인장지배단면 1.0, 압축지배단면 0.8 전단력0.8을 적용함.

라. 벽체 내력평가 결과

본 시설물의 벽체에 대하여 수직하중(고정하중, 활하중)을 고려하여 내력평가를 실시한 결과, 다음 표에 나타낸 바와 같이 모든 벽체에서 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이하로 나타나 구조물의 내력상 안전에 지장이 없을 것으로 판단된다.

<표 4.4-4> 벽체 내력평가 결과표

검토부재		축력 검토 (kN)			모멘트 검토 (kN·m)			전단력 검토 (kN)			판정
		내력	부재력	Ratio	내력	부재력	Ratio	내력	부재력	Ratio	
W1	H=3000	9493.85	499.74	0.05	4909.94	265.14	0.05	526.24	5.79	0.01	O.K.
	Lw=4900				0.00	0.00	0.00				
W1	H=3000	4074.69	54.66	0.01	1106.60	74.14	0.07	467.62	48.63	0.10	O.K.
	Lw=2100				0.00	0.00	0.00				
W1	H=3000	9493.85	294.58	0.03	1456.35	39.32	0.03	1100.54	22.04	0.02	O.K.
	Lw=4900				0.00	0.00	0.00				
W1	H=2600	7567.27	114.08	0.02	2364.55	33.10	0.01	386.47	0.01	0.01	O.K.
	Lw=3900				0.00	0.00	0.00				
W1	H=2600	4074.69	39.25	0.01	268.00	2.14	0.01	460.84	0.01	0.01	O.K.
	Lw=2100				0.00	0.00	0.00				

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

주2) 건축구조기준(KBC2016) “0519 구조물의 안전성 평가”에 따라 강도감소계수는 인장지배단면 1.0, 압축지배단면 0.8 전단력0.8을 적용함.

마. 조적벽체 내력평가 결과

본 시설물의 조적벽체에 대하여 수직하중(고정하중, 활하중)을 고려하여 내력 평가를 실시한 결과, 다음 표에 나타낸 바와 같이 모든 조적벽체에서 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이하로 나타나 구조물의 내력상 안전에 지장이 없을 것으로 판단된다.

<표 4.4-5> 조적벽체 내력평가 결과표

검토부재	층	Lw x Hw x Tw	Pu	ϕP_n	Ratio	판정
W1	2F	3900 x 2600 x 200	127.9	1636.94	0.079	O.K
W1	2F	2100 x 2600 x 200	41.4	880.84	0.047	O.K
W1	2F	4900 x 2600 x 200	136.36	2056.87	0.067	O.K

주1) 내력비(Ratio) = 소요강도/부재강도

4.5 결 론

본 시설물이 작용하중에 대하여 충분한 내력을 보유하고 안정적으로 거동하는지 여부에 대한 구조해석을 실시한 결과, 기둥, 보, 벽체는 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이하로 나타나 구조물의 안전성이 확보된 것으로 평가되었다.

다만, 슬래브는 내력을 다소 초과하는 것으로 나타났으나, 초과하는 내력이 허용 범위(10%) 이내로 나타나 구조적 안전에 지장이 없을 것으로 판단된다.

제5장 내진성능평가

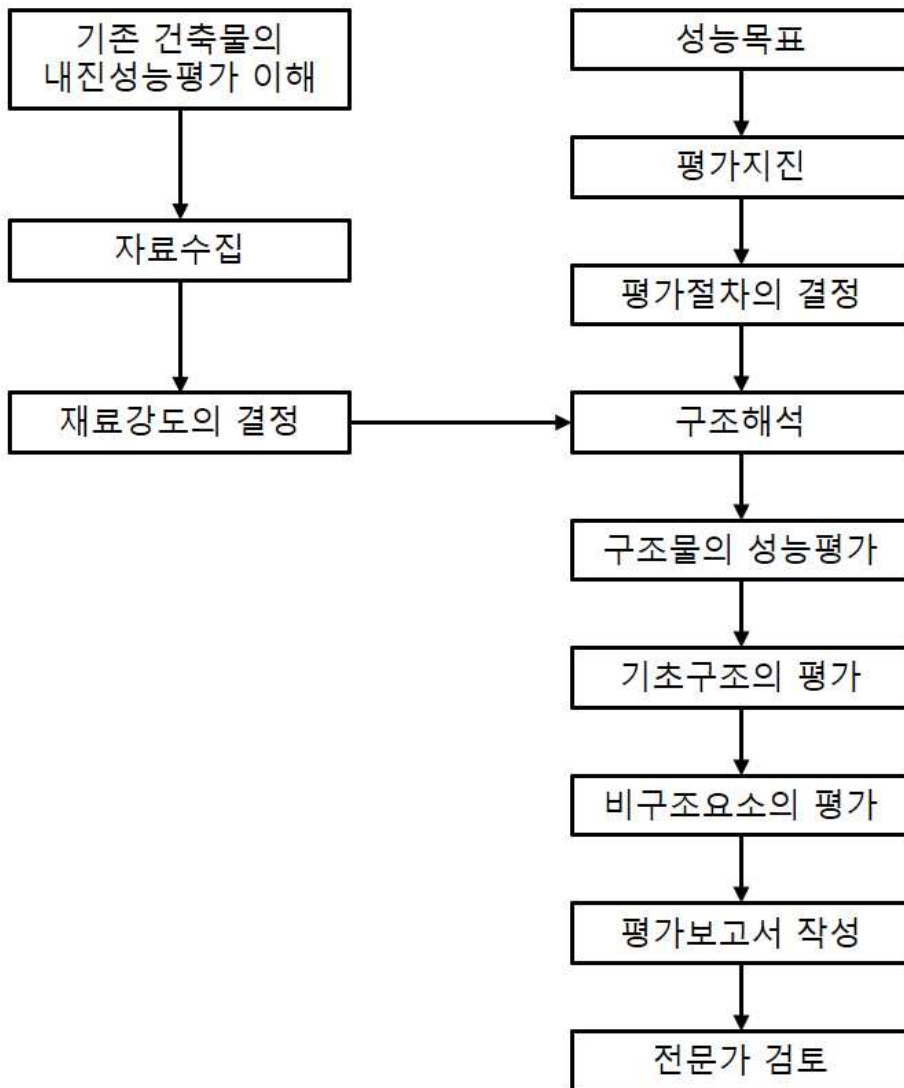
5.1 개 요

5.1.1 일반사항

가. 내진성능평가 절차

본 대상 건축물의 내진성능평가는 국토교통부 및 한국시설안전공단에서 발간한 “기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령(2019)”에 준하여 실시하였다.

해당 요령에 따른 기존 건축물 내진성능 평가는 다음과 같다.



<그림 5.1.1-1> 내진성능평가절차 흐름도

1) 예비평가

예비평가는 많은 수의 건축물을 빠른 시간내에 개략적으로 평가하기 위해 적용한다. 대상구조물에 대한 간단한 자료를 토대로 내진성능 상세평가의 필요성을 판단하기 위한 목적으로 실시한다. 예비평가에서는 간단한 자료 및 약산식을 사용하여 산정된 강도를 통해 내진성능을 보수적으로 평가한다. 매우 간략화된 약산식을 사용하므로 정확도가 상대적으로 낮으나 복잡한 해석과 평가절차가 필요한 상세평가 시 심각한 오류가 있을 경우 이를 확인할 수 있는 자료가 되므로 상세평가를 수행할 경우에도 예비평가를 수행하고 상호비교해볼 것을 권장한다. 예비평가는 배근상태에 관한 정보가 없을 경우에도 수행할 수 있으나 현장조사를 통해 하중을 저항하는 수직부재의 치수를 조사하여야 한다.

2) 상세평가

상세평가를 위해서는 단면치수와 배근상태 등의 단면특성에 대한 정보가 반드시 필요하다. 상세평가지 재료강도는 5.1.2에 규정된 절차를 통해 결정한다. 단, 시설물안전법에 따라 정밀안전진단에 포함하여 내진성능평가를 실시하는 경우 재료강도의 조사방법은 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침」(이하 시설물안전지침) 및 「시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침」(이하 시설물안전세부지침)을 따라 수행할 수 있다. 모든 평가단계에서 조적끼움벽체의 효과를 고려하여야 한다. 조적 끼움벽체는 지진 발생 시 골조와의 상호작용을 고려한 면내방향의 거동 뿐 아니라 면외방향의 전도 및 동적안정성을 검토하여야 하며, 이 결과를 반영하여 성능목표의 만족여부를 판정하여야 한다.

나. 자료 수집 및 재료강도의 결정

1) 내진성능평가를 위한 재료강도는 현장시험 결과값, 설계도서상의 설계기준 강도에 사용연수 및 재료상태에 따른 감소계수를 곱한 값, 연도별 기본재료강도 중 하나를 사용하여 결정한다. 이때, 재료강도 및 특성에 대한 시험방법은 KS표준, 콘크리트설계기준 및 강구조설계기준에 따르며 조적조의 경우 6장에 제시한 방법을 따른다.

2) 현장시험을 실시하여 재료강도를 결정하는 경우, 코어테스트 결과 또는 보정계수를 적용한 비파괴검사 결과값을 사용하여 결정한다. 다만, 시설물안전법에 따라 정밀안전진단에 포함하여 내진성능평가를 실시하는 경우 재료강도는 시설물안전지침 및 시설물안전세부지침에 따른 재료시험방법으로 그 값을 결정할 수 있다. (단, 내진보강설계를 위한 내진성능평가에는 이 예외사항을 적용할 수 없다.) 현장시험 결과에 근거하여 재료강도를 결정할 때에는 피복두께, 중성화깊이, 철근 및 철골의 부식정도, 콘크리트의 이어치기의 상태, 결함 등을 종합적으로 고려하여 결정해야하며, 이 조사사항은 지침 및 세부지침을 기준으로 한다.

이 경우, 기대강도는 시험결과의 평균으로 하며 설계기준강도(공칭강도 혹은 하한강도)는 기대강도에서 표준편차를 뺀 값으로 한다. 시험결과의 변동계수가 0.2를 초과하는 경우, 기대강도는 표본 평균의 75%로 하며 설계기준강도는 평균에서 표준편차를 뺀 값의 75%로 한다. 이 경우 변동계수를 축소하기 위해 추가적인 시험을 실시할 수 있다.

3) 설계도서상의 설계기준강도를 사용하여 재료강도를 결정하는 경우 다음과 같은 내용을 고려해야한다. 설계도서에 명기된 설계기준강도는 재료의 공칭강도로서 재료강도의 변동을 고려한 안전측의 값이다. 따라서 기대강도(재료가 실제로 발현할 수 있을 것으로 기대되는 강도의 평균값)는 5~7장에서 각 재료별로 제시된 보정계수를 설계기준강도에 곱하여 구할 수 있다. 이때 설계기준강도는 <표 5.1.1-1>에서 제시된 경과년수에 따른 감소계수와 재료상태에 따른 감소계수를 곱하여 사용한다. 단, 설계도서에 명기된 설계기준강도에 경과년수에 따른 감소계수를 곱한 값이 <표 5.1.1-2>에 제시된 연도별 기본재료강도의 공칭강도보다 낮을 경우 연도별 기본재료강도를 사용할 수 있다. 이 때, 현장조사를 실시하지 않을 경우 재료상태는 불량으로 간주한다. 재료의 상태는 구조요소에 발생한 균열발생, 변형, 화재이력, 마무리정도에 따라 엔지니어의 판단에 의해 결정하며 재료상태를 보통 혹은 양호로 판정할 경우 그 판단근거를 제시하여야 한다.

4) 예비평가지 현장시험을 실시하지 않는 경우 또는 상세평가지 설계도서가 없고 현장시험이 어려운 재료(철근 등)의 경우 재료강도는 <표 5.1.1-2>의 연도

별 기본값을 사용할 수 있다. 기본값에는 경과년수에 따른 재료강도의 감소가 이미 고려되어 있으므로 이에 대해 추가적으로 고려하지 않아도 되나, 재료상태에 따른 재료강도 감소계수는 현장조사에 근거하여 적용해야 한다.

<표 5.1.1-1> 경과년수 및 재료상태에 따른 재료강도의 감소계수

구분		콘크리트 압축강도	조적조 압축강도	조적조 전단강도
경과 년수	30년 이상	0.8	0.5	0.7
	20년 이상	0.9	0.6	0.8
	20년 미만~10년 이상	1.0	0.8	0.9
	10년 미만	1.0	1.0	1.0
재료 상태	양호	1.0	1.0	1.0
	보통	0.9	0.8	0.85
	불량	0.8	0.5	0.7

<표 5.1.1-2> 건설연도별 재료의 기본값

구분	1970년 이전		1971-1987년		1988-2000년		2001년 이후	
	공칭 강도	기대 강도	공칭 강도	기대 강도	공칭 강도	기대 강도	공칭 강도	기대 강도
콘크리트 강도 (f_{ck} , MPa)	13	15	15	18	18	21	21	24
철근의 항복강도 (f_y , MPa)	240	300	240	300	240 ¹⁾	300 ¹⁾	300	375
강재의 항복강도 (F_y , MPa)	235	294	235	294	235	294	235	294

1) 책임구조기술자의 판단 하에 2001년 이후와 동일한 기본값을 사용할 수 있다.

다. 목표성능과 지진위험도

1) 최소성능목표

구조물은 기본적으로 낮은 지진위험도의 지진에 대하여 기능을 유지하고, 높은 지진위험도의 지진에 대해서는 붕괴를 방지함으로써 인명의 안전을 확보하여야 한다. 건축물의 성능수준은 <표 5.1.1-3>과 같이 기능수행, 즉시복구, 인명보호, 붕괴방지 수준으로 구분할 수 있으며, 이를 만족하기 위하여 건축물을 구성하는 구조요소와 비구조요소에 요구되는 성능수준은 <표 5.1.1-4>와 같다. <표 5.1.1-3>에 제시된 구조요소 및 비구조요소의 성능수준의 정의는 각각 <표 5.1.1-4>와 <표 5.1.1-5>와 같다.

<표 5.1.1-3> 건축물의 성능수준과 구조요소 및 비구조요소의 성능수준의 관계

건축물의 성능수준	구조요소의 성능수준	비구조요소의 성능수준
기능수행	거주가능	기능수행
즉시복구	거주가능	위치유지
인명보호	인명안전	인명안전
붕괴방지	붕괴방지	미고려

<표 5.1.1-4> 구조요소의 성능수준별 손상 정도

성능수준	손상 정도
거주가능	구조물의 피해는 경미하며 수직하중저항시스템과 지진력저항시스템은 대체로 지진 전의 강성과 강도를 보유하고 있다. 구조부재의 손상으로 인명에 피해를 입을 가능성은 매우 낮으며 손상부재에 대한 보수가 필요하지만 시급하지는 않다.
인명안전	구조부재에 상당한 손상이 발생하여 횡강성과 강도의 손실이 있으나 붕괴에 대해서는 여전히 여력을 보유하고 있다. 구조부재에 영구변형이 있으며 지진력저항시스템의 일부 요소에서 균열, 파단, 항복, 혹은 좌굴이 발생할 수 있으나 구조부재의 손상으로 인한 인명손실의 위험은 낮다. 구조부재의 보수는 가능하지만 경제적이지 않을 수도 있다. 당장 무너지지는 않으나 거주를 위해서는 보수와 보강이 요구된다.
붕괴방지	구조물이 심각한 피해를 입은 상태로 국부적 혹은 전체적인 붕괴가 임박한 상태이다. 지진력저항시스템에 상당한 강도 및 강성의 저하가 있으며 횡방향 영구변형이 있다. 그러나 중력하중저항시스템은 여전히 하중을 지지할 수 있다. 구조부재의 박락 등으로 인명피해가 생길 수 있으며 일반적인 보수보강 후에도 거주에 안전하지 않을 수 있다. 여진으로 인해 붕괴가 발생할 수 있다.

<표 5.1.1-5> 비구조요소 성능수준의 정의 및 일반적 피해 수준

성능수준	정의 및 일반적 피해 수준
기능수행	지진 이후에도 정상적으로 기능수행 할 수 있다.
위치유지	지진 이후 정상적인 기능수행을 하지 못하나 위치가 고정되어있어 탈락과 전복 등의 위험은 피할 수 있다.
인명안전	지진 이후 심각한 피해가 발생할 수 있지만, 인명피해를 유발하지 않는다.

성능목표는 특정 지진위험도에서 요구되는 성능수준으로 정의된다. 건축물이 만족하여야 할 내진등급별 최소성능목표는 <표 5.1.1-6>에 제시된 바와 같으며 이는 건축구조기준의 성능기반 내진설계에서 요구되는 최소성능목표와 동일하다. 평가자는 성능목표에 대하여 건축주 또는 발주처와 협의하여야 하며, 건축주 또는 발주처가 요구하는 경우 <표 5.1.1-6>의 성능목표를 만족시키는 동시에 추가적으로 설정된 성능목표에 대해 평가하여야 한다.

<표 5.1.1-6> 건축물의 내진등급별 최소성능목표(KDS 41 17 00 표 15.3-1)

내진등급	성능목표	
	재현주기	성능수준
특	2400년	인명보호
	1000년 ²⁾	기능수행
I	2400년	붕괴방지 ¹⁾
	1400년 ²⁾	인명보호
	100년	기능수행
II	2400년	붕괴방지
	1000년	인명보호
	50년	기능수행

1) 내진등급 건축물의 붕괴방지 검토 시에는 붕괴방지 허용기준을 1.2로 나눈 값(혹은 인명안전과 붕괴방지의 중간수준의 허용기준)을 적용한다.

2) 1000년 재현주기 지진의 크기는 2400년 재현주기 지진의 2/3로 정의한다. 1400년 재현주기 지진의 크기는 1000년 재현주기 지진 크기의 1.2배로 정의한다.

2) 지진위험도

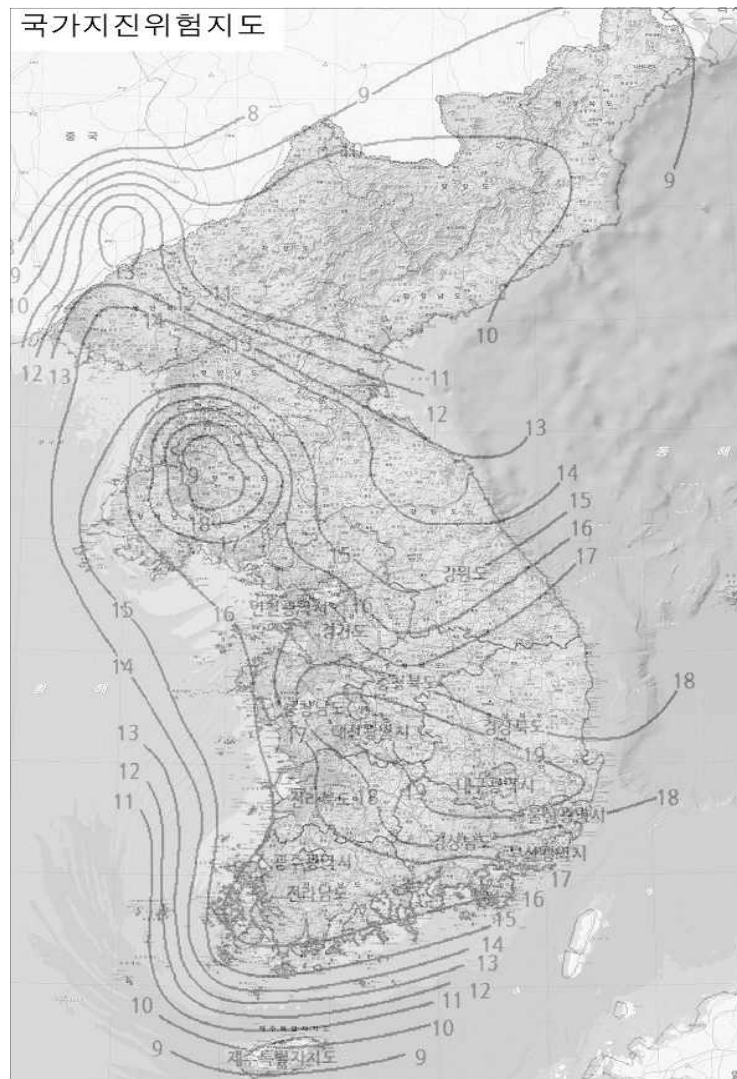
우리나라 지진구역 및 이에 따른 지진구역계수 값(평균재현주기 500년에 해당)은 <표 5.1.1-7>과 같이 구분한다. 재현주기에 따른 위험도계수는 <표 5.1.1-8>과 같다.

<표 5.1.1-7> 지진구역 및 지진구역계수

지진구역	행정구역		지진구역계수(Z)
I	시	서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종	0.11g
	도	경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부*	
II	도	강원 북부**, 제주	0.07g

* 강원 남부 : 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백

** 강원 북부 : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초



<그림 5.1.1-2> 국가지진위험지도

재현주기별 유효수평지반가속도(S)는 <표 5.1.1-7>에 제시된 지진구역계수(Z)에 <표 5.1.1-8>에서 제시된 위험도계수(I)를 곱한 값으로 한다.

$$S = Z \times I \quad (5.1)$$

<표 5.1.1-8> 재현주기에 따른 위험도계수

재현주기	50년	100년	200년	500년	1000년	2400년	4800년
위험도계수(I)	0.4	0.57	0.73	1.0	1.4	2.0	2.6

유효수평지반가속도(S)는 국가지진위험지도를 이용하여 구할 수 있다. 단, 국가지진위험지도를 이용하여 결정한 S는 지진구역계수에 위험도계수를 곱하여 구한 S값의 80%보다 작지 않아야 한다.

3) 지반의 분류 및 지반증폭계수

① 지반종류

지반분류는 KDS 17 10 00의 4.2.1.2를 따르나 건축물의 특성을 반영하여 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)과 동일하게 다음과 같이 수정하여 적용할 수 있다.

(a) 기반암깊이가 3m 미만인 경우 s_1 지반으로 볼 수 있다.

(b) 기반암의 위치가 기준면으로부터 30m를 초과하는 경우 상부 30m에 대한 평균 전단파속도를 토층의 평균전단파속도($v_{s,soil}$)로 볼 수 있다.

(c) 대상지역의 지반을 분류할 수 있는 자료가 충분하지 않고, 지반의 종류가 s_5 일 가능성이 없는 경우에는 지반종류 s_4 를 적용할 수 있다.

<표 5.1.1-9>는 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)에 따른 지반분류이다.

<표 5.1.1-9> 지반의 분류

지반종류	지반종류의 호칭	분류기준	
		기반암 깊이, H (m)	토층 평균 전단파속도, VS,Soil (m/s)
s_1	암반 지반	3 미만	-
s_2	얕고 단단한 지반	3~20 이하	260 이상
s_3	얕고 연약한 지반	3~20 이하	120 초과 260 미만
s_4	깊고 단단한 지반	20 초과 50 미만	180 이상
s_5	깊고 연약한 지반	20 초과 50 미만	120 초과 180 미만
	매우 연약한 지반	3 이상	120 이하
s_6	부지 고유의 특성 평가 및 지반응답해석이 요구되는 지반		

② 지반분류의 기준면 및 지반조사

지반분류의 기준면은 대상 건축물이 위치한 대지의 지표면으로 한다. 설계 도서에 지반분류를 판정할 수 있는 정보가 나타나있지 않은 경우 지반분류를 위해 지반조사가 필요하다. 대상지역의 지반을 분류할 수 있는 자료가 충분하지 않고, 지반의 종류가 s_5 일 가능성이 없는 경우에는 지반종류 s_4 를 적용할 수 있다.

③ 지반증폭계수

단주기지반증폭계수 F_a 와 주기 1초주기 지반증폭계수 F_v 는 각각 <표 5.1.1-10>과 <표 5.1.1-11>과 같다. 단 건축물의 특성을 반영하여 건축물 내진설계기준(KDS41 17 00)과 동일하게 다음과 같이 조정하여 적용할 수 있다.

(a) 기반암의 깊이가 20 m를 초과하고 지반의 평균 전단파속도가 360 m/s 이상인 경우, 규정된 F_v 의 80%를 적용한다.

(b) s_5 로 분류되거나 기반암의 깊이가 확인되지 않은 경우에는 <표 5.1.1-10> 및 <표 5.1.1-11>에 따른 F_a 와 F_v 의 110%를 적용한다.

<표 5.1.1-10> 단주기 지반증폭계수, F_a

지반종류	지진지역		
	$s \leq 0.1$	$s=0.2$	$s=0.3$
s_1	1.12	1.12	1.12
s_2	1.40	1.40	1.30
s_3	1.70	1.50	1.30
s_4	1.60	1.40	1.20
s_5	1.80	1.30	1.30

* s 는 2.2.1절에 따라 산정한 값이다. 위 표에서 s 의 중간값에 대하여는 직선보간한다.

<표 5.1.1-11> 1초주기 지반증폭계수, F_v

지반종류	지진지역		
	$s \leq 0.1$	$s=0.2$	$s=0.3$
s_1	0.84	0.84	0.84
s_2	1.50	1.40	1.30
s_3	1.70	1.60	1.50
s_4	2.20	2.00	1.80
s_5	3.00	2.70	2.40

* s 는 2.2.1절에 따라 산정한 값이다. 위 표에서 s 의 중간값에 대하여는 직선보간한다.

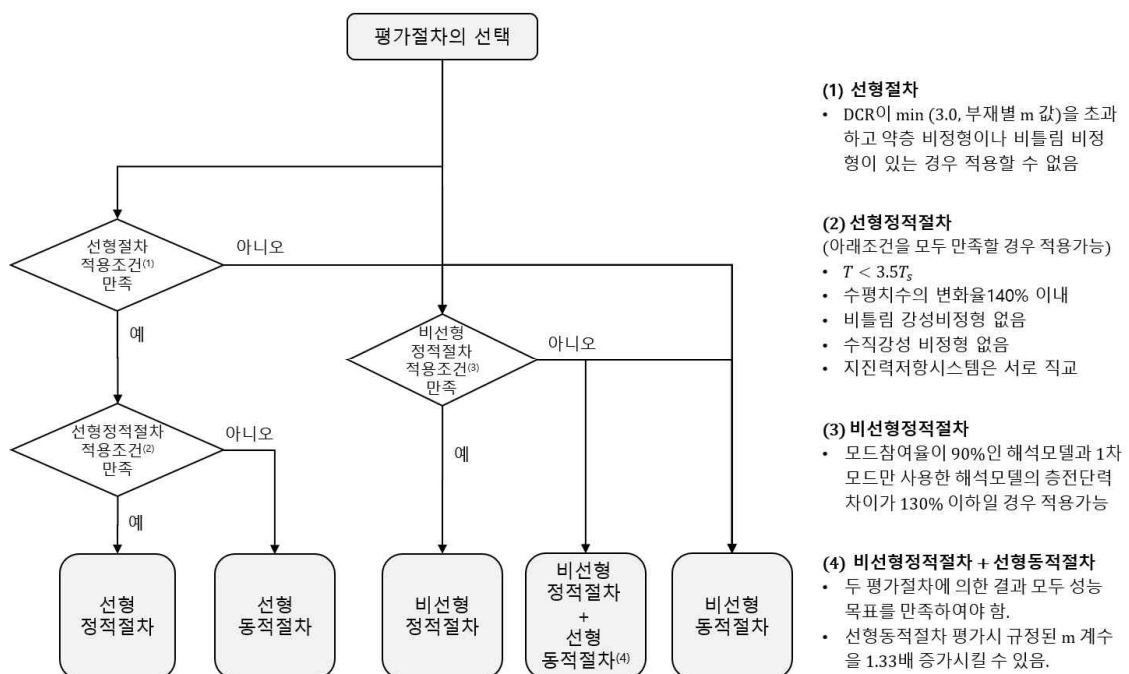
F_a 와 F_v 값은 부지고유의 지진응답해석을 수행하여 결정할 수 있다. 부지고유 지진응답해석의 절차는 건축구조기준을 따른다.

지하구조물이 지진토압에 대하여 안전하게 설계되어 있는 경우, 기초저면 지반종류가 S_2 이상이고 지진토압과 지진하중이 기초저면의 지반에 직접 전달될 수 있도록 기초저면이 지반에 견고히 정착되어 있다면, 지하층의 영향을 고려하여 지상구조에 적용되는 지반증폭계수를 조정할 수 있다. 지하층의 영향을 고려한 지반증폭계수의 산정은 건축구조기준을 따른다.

5.1.2 내진성능 상세평가

가. 일반사항

평가절차는 선형정적절차, 선형동적절차, 비선형정적절차, 비선형동적절차의 4 종류이며, 비선형동적절차는 적용 시 특별한 요구조건이 없으나, 선형절차와 비선형정적절차의 경우 구조물 내 비탄성거동의 분포, 비정형성, 주기, 고차모드의 영향 등의 요구조건을 검토하여 만족할 경우에만 적용할 수 있으므로 주의하여야 한다. 4.5는 구조적 특성이 알려지지 않은 일반적이지 않은 구조부재의 강도와 변형특성을 구하기 위한 실험적인 절차에 대해 규정한다. 4.6은 전체 구조물의 성능 판정기준을 규정한다.



<그림 5.1.2-1> 선형절차, 비선형정적절차, 비선형동적절차 선택을 위한 조건

1) 모델링

해석모델은 기본적으로 3차원 모델을 사용하여야 하며 건축물 내 질량과 하중, 강성의 공간적 분포를 표현할 수 있어야 한다. 구조요소의 강성은 균열의 영향을 고려한 유효강성이 적용되어야 한다. 또한 조적채움벽과 같은 주요 비구조요소도 건물주기 및 횡력저항에 영향을 미치므로 그 영향을 고려하여야 한다. 중력하중은 식 (5.15)를 따르며, 질량은 건축구조기준(KDS 41 17 00)의 식 (7.2-1)에 정의된 유효건물중량을 중력가속도로 나눈 값을 사용한다.

2) 비틀림의 고려방법

선형절차의 경우 우발편심 및 비틀림 모멘트의 동적증폭을 고려하여야 한다.

3) 지하층의 모델링

지하층구조의 바닥면적이 지상구조의 바닥면적에 비하여 매우 큰 경우에는 지상구조를 분리하여 해석할 수 있다. 그렇지 않은 경우에는 지하구조를 지상구조와 함께 모델링하여야 한다. 지하층이 있는 구조에 대하여 지반분류의 기준면을 지하구조의 저면으로 사용할 경우에는 지하층 벽체에 인접한 지반의 횡강성을 무시하여야 한다.

4) 감쇠비

선형절차와 비선형정적절차에서는 다음에 해당하지 않을 경우 5% 감쇠비를 가정한 응답스펙트럼을 사용한다. 비선형 동적절차의 감쇠비는 kistec2019의 4.4.5에 따른다.

① 외장재가 없는 구조물의 경우, 감쇠비는 2%로 가정한다.

② 충분한 해석이나 실험에 의해 5%가 아닌 감쇠비 특성이 규명된 경우, 그 값을 사용할 수 있다.

5) 건물 사이의 간격

① 대상건축물과 인접건물은 충돌을 방지하기 위해 최소 간격을 가져야 한다. 식 (5.7)은 i 층이 확보하여야 할 최소 간격을 나타낸다.

$$s_i = \sqrt{\Delta_{i1}^2 + \Delta_{i2}^2} \quad (5.7)$$

여기서,

Δ_{i1} : 대상 건축물의 i층에서 고려하는 평가지진에 의해 발생하는 횡변위

Δ_{i2} : 인접 건축물의 해당층에서 고려하는 평가지진에 의해 발생하는 횡변위, 혹은 인접 건물 해당층의 층높이의 0.03배로 볼 수 있다.

s_i 는 대상 건축물의 해당층(i 층) 층높이의 0.04배 보다 클 필요는 없다.

② 단, 인명안전 혹은 붕괴방지의 성능수준 검토 시 두 건물이 동일한 구조 형식을 가지고, 각층 바닥판의 높이가 동일하며, 건물 높이의 차이가 낮은 건물의 높이를 기준으로 50% 이하일 경우 ①의 규정은 적용하지 않아도 된다.

6) 변형지배거동과 힘지배거동

해석모델에 포함된 모든 부재의 거동은 <표 5.1.3-1>에 따라 변형지배거동과 힘지배거동으로 분류한다.

<표 5.1.3-1> 변형지배거동과 힘지배거동의 구분

구 분	변형지배거동	힘지배거동
모멘트 골조의 - 보 - 기둥 - 접합부	휨모멘트 휨모멘트 -	전단력 축력, 전단력1) 전단력2)
전단벽	휨모멘트, 전단지배형 벽체의 전단력	축력
가새골조의 - 가새 - 보 - 기둥 - 전단연결재	축력 - - 전단력	- 축력 축력 축력, 휨모멘트
접합부	축력, 전단력, 휨모멘트2)	축력, 전단력, 휨모멘트

1) 철골조 모멘트골조에서 전단력은 변형지배거동으로 보는 경우도 있다.

2) 철골조에서 접합부의 축력, 전단력, 휨은 변형지배거동으로 보는 경우도 있다.

7) 1차 부재 및 2차 부재

모든 부재는 1차부재와 2차부재로 구분한다. 1차부재는 주어진 성능수준을 달성하기 위해 지진력에 저항하는 부재이고 2차부재는 지진력에 대한 저항이 요구되지 않는 부재로 주로 중력하중을 저항하도록 설계된 부재이다. 설계 시 2차부재로 취급되었으나 지진력 작용 시 해당 부재의 파괴가 다른 1차부재의 파괴를 가져올 경우, 그 부재는 1차부재로 보아야 한다.

선형절차를 위한 해석모델에는 1차부재만을 포함시킨다. 2차부재의 횡강성의 합이 1차부재의 강성의 합의 25%를 넘는 경우, 2차부재의 일부를 1차부재로 변경하여 2차부재 횡강성의 합이 1차부재 횡강성합의 25%를 초과하지 않도록 조정하여야 한다. 또한 특정 2차부재가 인접한 1차부재의 하중이나 변위요구량을 증가시킬 경우 그 2차부재를 1차부재로 보고 해석모델에 포함시켜야 한다.

비선형절차에서는 1차부재와 2차부재를 구분하지 않고 모두 모델링한다. 비구조요소의 초기강성이 전체강성의 10%를 초과하거나 층 강도 합의 10%를 초과할 경우, 구조요소로 분류하고 해석모델에 포함시켜야 한다.

1차 또는 2차부재를 선택적으로 분류하여 건축물을 비정형에서 정형으로 바꾸어서는 안 된다.

8) 재료강도와 부재강도

부재의 각종 공칭강도는 이 요령에서 특별히 규정하지 않는 한 건축구조기준에 따라 산정된 값을 사용한다. 단, 강도감소계수 ϕ 는 적용하지 않는다.

변형지배거동에서 부재강도는 기대강도를 사용하며, 힘지배거동에서 부재강도는 공칭강도를 사용한다. 콘크리트의 공칭강도와 기대강도의 관계는 5장, 강재의 공칭강도와 기대강도의 관계는 7장에 규정되어 있다. 허용응력을 사용할 경우, 공칭강도는 강재의 경우 허용강도의 1.7배, 조적의 경우 2.5배로 볼 수 있다.

나. 선형절차

1) 일반사항

선형절차는 4.2.2에 규정된 바와 같이 구조물에 비정형성이 없고 비탄성 거동이 크지 않으며 비교적 균등히 발생하는 경우에만 사용할 수 있다. 비탄성거

동의 크기와 분포는 선형절차에 따른 해석을 수행한 후 부재별로 식 (5.8)의 DCR을 산정하여 판단한다.

$$DCR = \frac{Q_{UD}}{Q_{CE}} \quad (5.8)$$

여기서,

Q_{UD} : 선형절차의 하중조합에 의해 발생하는 부재력

Q_{CE} : 평균재료강도를 사용하여 산정한 부재의 기대강도

DCR은 부재별로 축력, 휨모멘트, 전단력 등 모든 작용력에 대해 각각 산정한다.

지진하중의 산정 및 해석절차에 따라 선형정적절차와 선형동적절차를 사용할 수 있다. 선형정적절차의 지진하중은 4.2.4에 따른 의사지진력을 사용하며, 선형동적절차는 4.2.5에 규정된 바와 같이 응답스펙트럼해석과 유사하게 각 모드의 영향을 조합하여 구한다.

2) 선형절차의 적용제한

산정된 DCR이 3.0, 혹은 선형절차에서 제시하는 부재의 조건에 따른 m 계수를 초과하는 경우, 아래 항목의 비정형성 중 하나라도 해당된다면 선형절차는 사용할 수 없다.

① 약층 비정형 : 각 방향별로 해당층과 인접층에서 층전단력에 대한 평균 DCR의 차이가 125%를 초과하는 경우 약층 비정형에 해당한다. 층전단력에 대한 평균DCR, 즉 \overline{DCR} 은 식 (5.9)로 산정한다.

$$\overline{DCR} = \frac{\sum_1^n DCR_i V_i}{\sum_1^n V_i} \quad (5.9)$$

여기서,

DCR_i : i 번째 부재에서 작용하는 모든 작용력에 대해 산정된 DCR 중 가장 큰 값

V_i : i 번째 부재의 전단내력

n : 해당층 부재의 수

② 비틀림 강도 비정형 : 각 층의 부재를 강도의 중심점을 기준으로 상하 혹은 좌우로 나눌 때 한쪽 방향에 위치한 부재들의 DCR 값 중 최대값과 다른 쪽에 위치한 부재들의 DCR 값 중 최대값의 비율이 1.5를 초과할 경우, 비틀림 강도 비정형에 해당한다. 단, 해당층이 유연한 격막일 경우는 고려하지 않는다.

3) 선형정적절차의 적용제한

선형정적절차를 사용하기 위해서는 4.2.2의 규정 이외에 아래의 추가적인 제한사항을 검토하여야 한다. 즉, 선형정적절차는 아래 규정 중 하나라도 해당될 경우 적용할 수 없으나, 4.2.2의 규정을 만족할 경우 4.2.5 선형동적절차를 사용할 수 있다.

(a) 건물의 기본주기 T 가 $3.5T_s$ 보다 큰 경우, ($T_s = S_{X1}/S_{XS}$)

(b) 한 층의 수평치수가 인접층의 해당 방향 치수의 1.4배를 초과할 경우 (옥탑층은 제외)

(c) 비틀림 강성 비정형 (임의 층 평면내 임의점에서 최대 변위가 평균변위의 150%를 초과)이 있는 경우

(d) 수직 강성 비정형 (옥탑층을 제외한 임의 층의 평균 변위각이 인접한 상부층 혹은 하부층의 평균변위각의 150%를 초과)이 있는 경우

(e) 직교하지 않는 지진력 저항시스템을 가진 경우

4) 선형정적절차

① 건축물에 작용하는 수평방향의 의사지진력 V 는 식 (5.10)을 사용해 계산한다.

$$V = C S_a W \quad (5.10)$$

여기서,

C : 최대 비탄성변위와 선형탄성변위의 보정을 위한 수정계수로 <표 5.1.3-2>의 값을 사용한다.

S_a : 고려하는 방향의 건물 기본주기에 해당하는 응답스펙트럼가속도로 2.1에서 규정한 성능목표의 지진위험도에 따라 구한다.

W : 건축구조기준(KDS 41 17 00) 식 (7.2-1)에 정의된 유효건물중량

<표 5.1.3-2> 최대 비탄성변위와 선형탄성변위의 보정을 위한 수정계수, C

건물의 형식	층수			
	1	2	3	4층 이상
모멘트 골조	1.3	1.1	1.0	1.0
전단벽 구조, 가새골조	1.4	1.2	1.1	1.0
조적조	1.0	1.0	1.0	1.0

② 식 (5.10)에 의해 구한 의사지진력은 식 (5.11) 및 식 (5.12)에 따라 수직으로 분포된다.

$$F_x = C_{vx} V \quad (5.11)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (5.12)$$

여기서 V : 의사지진력

k : 고유주기에 따른 횡력분포계수로 주기가 2.5초 이상일 경우 2.0, 0.5초 이하일 경우 1.0, 그 사이는 선형보간한다.

w_i, w_x : i 층, x 층의 유효중량

h_i, h_x : 밑면으로부터 i 층, x 층까지의 높이

5) 선형동적절차

선형동적절차의 순서는 다음과 같다.

- (a) 해석모델의 구성 및 고유치 해석
- (b) 각 모드별 평가지진의 가속도응답스펙트럼에 대한 응답 산정
- (c) 응답스펙트럼해석을 통한 모드응답의 조합

응답스펙트럼 해석에 사용되는 구조물의 주기는 구조해석모델의 고유치해석을 통해 구한다. 이 때 구조요소의 강성은 균열의 영향을 고려한 유효강성이 적용되어야 한다. 또한 조적채움벽과 같은 주요 비구조요소도 건물주기에 영향을 미치므로 그 영향을 고려하여야 한다. 하지만 신축건물의 내진설계와 달리

등가정적법으로 구한 밀면전단력과 응답스펙트럼법의 결과를 비교하여 밀면전단력을 등가정적법 이상으로 증가시키는 절차는 적용하지 않는다. 응답스펙트럼해석에 의해 구한 해석결과에도 <표 5.1.3-2>의 수정계수 C를 반영하여야 하며, 하중조합 및 허용기준도 동일하게 적용한다.

모드 응답은 제곱합제곱근(SRSS)이나 완전2차조합(CQC)을 사용하여 조합한다. 각 모드의 주기 차이가 25% 이내일 때에는 CQC를 사용하여야 한다. 응답스펙트럼 해석에서 사용되는 모드의 수는 각 방향별로 참여질량이 최소 90% 이상이 되도록 하여야 한다. 다축가진효과는 4.2.7에 따라서 고려한다. 혹은 다축효과를 고려하기 위해 SRSS를 사용하여 두 직각 방향의 반응을 조합할 수 있지만 CQC는 사용할 수 없다.

6) 주기

① 구조물의 고유주기는 이 절의 약산식에 따라 산정하거나, 저항요소의 변형특성과 구조적 특성을 고려한 기타 적절한 방법으로 구할 수 있다. 다만, 기타 적절한 방법에 의하여 산정한 고유주기는 약산식에 따라 구한 근사 기본진동주기 T_a 에 표 4.2.2의 주기상한계수 C_u 를 곱한 값을 초과할 수 없다.

$$T_a = C_T h_n^x \quad (5.13)$$

여기서, $C_i = 0.0466$, $x=0.9$: 철근콘크리트모멘트골조

$C_i = 0.0724$, $x=0.8$: 철골모멘트 골조

$C_i = 0.0731$, $x=0.75$: 철골편심가새 골조 및 철골좌골방지가새골조

$C_i = 0.0488$, $x=0.75$: 철근콘크리트전단벽구조, 기타골조

h_n : 건축물의 밀면으로부터 최상층까지의 전체높이(m)

강성에 영향을 줄 수 있는 비보강채움벽이 있는 철근콘크리트모멘트골조, 철골모멘트골조는 상기식에 2/3를 곱하여 산정한다. 콘크리트 전단벽체가 주요 횡저항인 시스템은 기타골조의 주기식을 적용한다.

② 철근콘크리트와 철골 모멘트저항 골조에서 12층을 넘지 않고 층의 최소높이가 3m 이상일 경우, 근사 고유주기 T_a 는 식 (5.14)에 의하여 구할 수 있다.

$$T_a = 0.1N \quad (5.14)$$

여기서, N : 층수

<표 5.1.3-3> 주기상한계수, C_u

S_{X1}	C_u
0.4 이상	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
0.1 이하	1.7

S_{X1} 의 중간값에 해당할 경우 주기상한계수 C_u 는 직선보간한다.

7) 하중조합 및 다축가진효과

① 선형절차 사용 시 중력하중조합에 의한 부재력 Q_G 는 식 (5.15)와 식 (5.16)으로 산정한다.

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L + Q_S) \quad (5.15)$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (5.16)$$

여기서,

Q_D : 고정하중에 의한 부재력

Q_L : 건축구조기준에서 규정된 용도별 활하중의 25%에 의한 부재력

Q_S : 건축구조기준에서 규정된 적설하중의 20%에 의한 부재력.

단, 1.5 kN/m² 이하일 경우 무시한다.

② 지진하중에 의한 부재력 Q_E 는 다축가진효과를 고려하여 한 방향 지진하중과 직각방향 지진하중의 30%에 의한 부재력을 조합하여 식 (5.17)로 산정한다.

$$Q_E = \pm 1.0E_X \pm 0.3E_Y \quad (5.17)$$

$$Q_E = \pm 1.0E_Y \pm 0.3E_X$$

여기서, E_X 와 E_Y 는 각각 x축과 y축 방향의 지진하중이다.

③ 변형지배거동을 하는 부재의 부재력 (Q_{UD})은 식 (5.18)로 산정한다.

$$Q_{UD} = Q_G + Q_E \quad (5.18)$$

여기서,

Q_{UD} : 중력하중과 지진하중의 조합하중에 의한 부재력

Q_G : 중력하중에 의한 부재력

Q_E : 지진하중에 의한 부재력

④ 힘지배거동을 하는 부재의 부재력(Q_{UF})은 식 (5.19) 또는 식 (5.20)에 의해 산정한다.

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{\chi Q_E}{CJ} \quad (5.19)$$

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{\chi Q_E}{C} \quad (5.20)$$

여기서,

Q_{UF} : 중력하중과 지진하중의 조합에 의한 부재력

C : 표 4.2.1에서 정의된 수정계수

J : 하중전달 감소계수

χ : 성능수준에 따른 보정계수, J의 값으로 DCR의 최소치를 택한 경우 1.0으로 하고 그렇지 않을 경우 붕괴방지의 성능수준에 대해서는 1.0, 인명안전 혹은 거주가능에 대해서는 1.3을 사용

J는 고려하는 부재의 하중이 횡하중 저항시스템 내의 부재로부터 전달될 때 그 횡하중 저항시스템 부재의 항복에 의해 전달되는 하중이 감소되는 효과를 나타낸다. J의 값은 하중전달경로상 부재의 DCR중 최소값으로 하거나 지진구역 1일 경우 2.0, 지진구역 2일 경우 1.5로 하며, 거주가능 수준의 검토를 위해서는 1.0로 본다. 하중을 전달하는 횡하중 저항시스템 내의 부재가 항복하지 않을 경우 1.0으로 본다.

8) 부재별 허용기준

① 변형지배거동의 만족여부는 식 (5.21)에 따라서 판정한다.

$$Q_{CE} \geq \frac{Q_{UD}}{m} \quad (5.21)$$

여기서,

Q_{UD} : 중력하중과 지진하중의 조합에 의한 부재력

m : 부재의 예상 연성능력을 고려한 계수 (m 계수)

Q_{CE} : 기대재료강도를 사용하여 산정한 부재의 기대강도

부재의 변형능력을 고려한 m 계수는 구조시스템에 따라 5장, 6장 및 7장에 표로 제시되어 있다. 이들 표는 변형지배거동에 대한 허용기준이다.

② 힘지배거동의 만족여부는 식 (5.22)에 따라 판정한다.

$$Q_{CN} \geq Q_{UF} \quad (5.22)$$

여기서,

Q_{UF} : 중력하중과 지진하중의 조합에 의한 부재력

Q_{CN} : 공칭재료강도를 사용하여 산정한 부재의 공칭강도

다. 비선형정적절차

1) 일반사항

비선형정적절차(NDP)에 사용될 구조해석모델은 이 장에 제시된 방법을 따라서 구축한다.

① 구조해석모델에 포함되는 구조요소는 해당부재의 조건에 따라 5장, 6장 및 7장에 제시된 모델링변수를 사용하여 모델링하고 해석한 후 부재별 허용기준과의 비교를 통해 부재별 성능수준을 판정한다.

② 비선형정적절차에 사용되는 횡하중의 분포는 구조물의 1차모드가 지배적이라는 가정으로부터 구한 밑면전단력의 수직분포를 사용한다. 따라서 비선형정적 푸시오버해석은 기본적으로 고차모드의 영향이 크지 않은 건물에 사용할 수 있다.

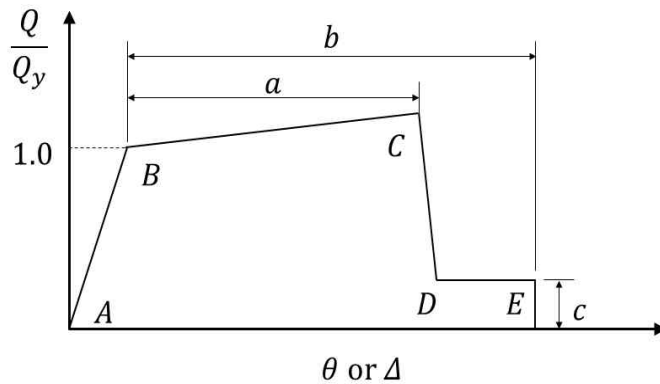
③ 고차모드의 영향은 응답스펙트럼법을 사용하여 판정한다. 즉, 각 모드의 참여계수의 합이 전체 질량의 90%인 해석모델과 1차모드만을 사용한 해설모델의 해석 결과를 비교하여 각 층의 층전단력이 130% 이상 차이가 날 경우 고차

모드의 영향이 큰 구조물로 판정한다.

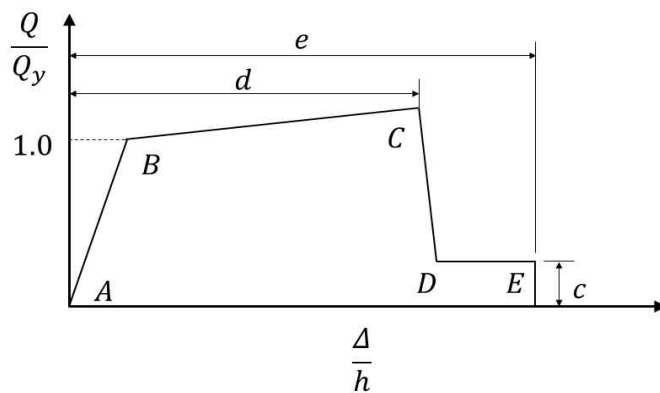
④ 고차모드의 영향이 큰 구조물로 판명된 경우, 비선형정적절차를 적용하기 위해서는 선형동적절차에 따른 해석을 추가로 수행하여 내진성능을 판정해야 한다. 이때 사용되는 선형동적절차에는 규정된 m 계수를 1.33배 증가시킨 값을 사용하며 두 가지 평가결과 중 불리한 쪽으로 내진성능을 판정한다.

2) 구조요소의 모델링

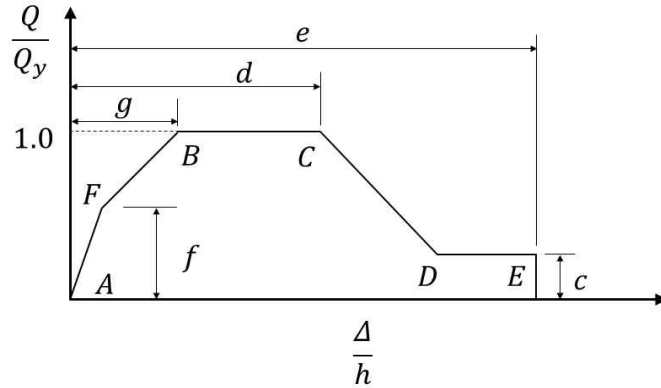
부재의 비선형 힘-변형 관계는 <그림 5.1.3-2>와 같이 일반적으로 4개의 직선으로 이루어진 다선형으로 모델링하며, <그림 5.1.3-2>의 (a)와 같이 부재에 따라 변형량의 절대치가 규정된 경우와 <그림 5.1.3-2>의 (b), (c)와 같이 각 지점의 위치를 항복변위의 비율로 나타내는 경우가 있다. 부재별 비선형 힘-변형 관계의 정의, 즉 소성힌지의 특성은 각 구조시스템 및 부재의 조건에 따라 5장, 6장 및 7장에 제시된 표를 따른다.



(a) 변형량 기반 다선형



(b) 변형각 기반 다선형-1



(c) 변형각 기반 다선형-2

<그림 5.1.3-2> 소성힌지특성모델

3) 횡하중의 수직분포

비선형정적절차에 사용되는 횡하중은 평면적으로 질량의 분포와 비례하며 수직적으로는 1차모드의 형상과 비례하도록 분포시킨다.

4) 하중조합 및 다축가진효과

① 비선형해석 절차에서 중력하중 조합에 의한 변형과 부재력 Q_G 은 식 (5.23)으로 산정한다.

$$Q_G = Q_D + Q_L + Q_S \quad (5.23)$$

여기서,

Q_D : 고정하중에 의한 변형과 부재력

Q_L : 건축구조기준에서 규정된 용도별 활하중의 25%에 의한 변형과 부재력

Q_S : 건축구조기준에서 규정된 적설하중의 20%에 의한 변형과 부재력.

단, 1.5 kN/m² 이하일 경우 무시한다.

② 다축가진효과는 각각의 방향에 대하여 독립적으로 해석한 뒤 하중효과에 한하여 주방향의 성능점에서의 하중효과에 직교방향 성능점 변위의 30% 변위에서 발생하는 하중 효과를 조합하여 평가함으로써 고려한다. 단, 어떠한 한 방향의 하중이 최대 변형과 부재력을 발생시킬 경우 직교방향의 하중은 고려하지 않아도 된다. 평면 비정형이 있는 경우 반드시 정방향과 부방향으로 가력

하는 경우 모두를 고려하여야 한다.

5) 성능점의 산정

전체 구조물의 성능점은 역량스펙트럼법 또는 변위계수법을 사용하여 산정한 최대요구가속도 및 변위를 나타내는 지점이다.

6) 부재별 허용기준

① 변형지배거동의 만족여부는 성능점에서 부재의 비선형변형량과 5장, 6장 및 7장에 표로 제시된 허용기준과의 비교를 통해 판정한다.

② 힘지배거동의 만족여부는 식 (5.24)에 따라 판정한다.

$$Q_{CN} \geq \gamma\chi(Q_{UF} - Q_G) + Q_G \quad (5.24)$$

여기서,

Q_{UF} : 중력하중과 지진하중의 조합에 의한 성능점 또는 목표변위에서의 힘지배거동의 부재력

Q_G : 중력하중조합에 의한 힘지배거동의 부재력

Q_{CN} : 공칭재료강도를 사용하여 산정한 부재의 공칭강도

χ : 성능수준에 따른 보정계수, 붕괴방지의 성능수준에 대해서는 1.0, 인명안전 혹은 거주가능에 대해서는 1.3을 사용

γ : 하중계수. 수직부재, 전이보 등과 같이 파괴시 여러 경간 혹은 층의 붕괴를 유발하는 부재일 경우 1.3, 단일 경간의 붕괴를 유발하는 부재이거나 타 부재의 붕괴를 유발하지 않는 부재일 경우 1.0을 사용

단, χ 와 γ 의 곱은 1.5를 초과할 필요없다. 또한 전단벽의 전단력을 제외하고, 기대강도가 적용된 구조물 소성해석에 의한 부재력과 중력하중에 의한 부재력의 조합을 통해 산정된 최대 부재력이 부재의 공칭강도보다 낮을 경우 보정계수 및 하중계수를 적용한 요구량의 할증은 적용하지 않아도 된다.

7) 성능수준의 판정

전체 구조시스템의 해당 성능목표 만족여부는 다음의 규정을 통해 판정한다.

① 대상구조물이 성능목표에 해당하는 허용층간변형각<표 5.1.3-4> 및 중력

하중저항능력 <표 5.1.3-5> 모두를 만족할 경우 그 성능목표를 만족하는 것으로 본다.

② 내진설계된 구조물의 성능수준별 허용 층간변형각은 <표 5.1.3-4>와 같으며 대상건물의 방향별, 층별로 만족여부를 검토한다.

<표 5.1.3-4> 내진설계된 구조물의 성능수준별 허용 층간변형각(%)

구조시스템	내진설계 된 건물		
	거주가능	인명안전	붕괴방지
RC 모멘트골조	0.70	2.00	3.00
조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조	0.50	1.00	1.50
전단지배형 RC 전단벽 시스템	0.25	0.50	1.00
휨지배형 RC 전단벽 시스템	0.50	1.00	2.00
무보강 조적 전단벽 시스템	0.30	0.60	1.00
철골골조	0.70	2.50	4.00
가새가 있는 철골골조	0.50	1.50	2.00

③ <표 5.1.3-4>에서 전단벽시스템 중 휨지배형은 전체높이/길이비(형상비)가 3.0을 초과하는 세장한 벽체, 전단지배형은 형상비가 1.5 미만인 낮은 벽체에 해당하며, 세장한 벽체와 짧은 벽체 사이의 형상비를 가지는 경우 선형보간한다.

④ 내진설계되지 않은 건물의 허용층간변형각은 <표 5.1.3-4>에 규정된 값들의 70%로 제한한다. 내진설계되지 않은 건물의 경우 내진보강이 이루어졌다 하더라도 변형능력이 제한적인 부재들이 다수 남아있게 되므로 내진보강 이전과 동일한 값을 적용한다.

⑤ 대상건축물의 주요 방향별로 사용된 구조시스템이 다른 경우 허용층간변형각은 밀면전단력의 기여도를 통해 <표 5.1.3-4>의 값을 선형보간하여 사용한다.

⑥ 중력하중저항능력에 따른 성능수준별 만족기준은 <표 5.1.3-5>와 같다. <표 5.1.3-5>에 제시된 해당 성능수준별 중력하중저항능력을 만족할 경우 그

성능수준을 만족하는 것으로 본다. 이때, 해당 성능수준별 중력하중저항능력의 만족여부는 각 방향별 층별로 수행하며, 각 층의 부재는 수직부재와 수평부재로 나누어 평가한다. 부재별 연직하중 분담능력은 수직부재의 경우 축하중, 수평부재의 경우 양단 전단력의 크기를 기준으로 한다. 부재별 연직하중 분담능력 산정시 하중조합은 식 (5.23)을 사용한다.

<표 5.1.3-5> 성능수준별 중력하중저항능력

성능수준	판정기준
거주가능	모든 부재가 붕괴방지를 만족하며, 거주가능을 만족하는 부재가 부담하는 중력하중의 합이 전체중력하중의 80% 이상. 혹은 건물의 내진성능목표가 기능수행인 경우 모든 부재가 붕괴방지를 만족하며 거주가능을 만족하지 못하는 부재의 손상이 전체건물의 기능수행을 방해하지 않음을 확인하는 경우
인명안전	모든 부재가 붕괴방지를 만족하며, 인명안전과 거주가능을 만족하는 부재가 부담하는 중력하중의 합이 전체중력하중의 80% 이상
붕괴방지	모든 부재가 붕괴방지를 만족

⑦ 변형지배형 거동에 의한 부재의 해당 성능수준의 만족여부는 5장, 6장 및 7장에 규정된 해당 성능수준별 비탄성변형의 허용한계값으로부터 판정한다. 변형지배형 거동은 연성거동을 통해 큰 변형능력을 발휘할 수 있는 휨항복, 인장항복거동을 가리킨다.

⑧ 힘지배형 거동의 경우 선형절차에서는 식 (5.22)를, 비선형절차에서는 식 (5.24)를 만족할 경우 해당 요구성능수준을 만족하는 것으로 본다. 힘지배형 거동은 취성적 파괴를 나타내는 압축거동, 전단거동, 연결부의 파괴 등을 가리킨다. 조적채움벽을 가진 모멘트골조에서 조적채움벽이 면내로 파괴되거나 혹은 면외로 전도될 경우 전체 구조물은 거주가능과 인명안전의 성능수준을 만족하지 못하는 것으로 판정한다. 그러나 목표성능수준이 붕괴방지일 경우, 조적채움벽의 파괴는 전체 건물의 성능수준 판정에 고려하지 않는다.

⑨ 비선형정적해석에서 단일 스텝에서 최대 밀면전단력의 20 퍼센트 이상의 급격한 강도저하가 발생한 이후의 해석결과는 유효하지 않은 것으로 판정한다. 성능점이 유효한 변위를 초과하여 형성되는 경우에 붕괴한 것으로 판정한다.

라. 철근콘크리트 구조물 내진성능평가

1) 재료강도

① 철근콘크리트

재료강도의 결정방법은 1장에 따라 크게 현장시험에 의해 구하는 경우, 설계도서상의 재료강도에 감소계수를 적용하여 구하는 경우, 건설연도별 재료강도의 기본값을 사용하는 경우의 세 종류가 있다. 설계도서에 명기된 설계기준강도는 재료의 공칭강도로서 재료강도의 변동을 고려한 안전측의 값이다. 콘크리트와 철근의 경우 실제 재료가 발현할 수 있을 것으로 기대되는 기대강도는 설계도서에 명기된 설계기준강도(공칭강도)에 <표 5.1.3-6>에 따른 보정계수를 곱하여 구할 수 있다.

<표 5.1.3-6> 설계기준강도로부터 기대강도를 구하기 위한 재료별 보정계수

재료 특성	설계기준강도	보정계수
콘크리트 압축강도 (MPa)	21 이하	1.20
	21 초과 ~ 40 이하	1.10
	40 초과	1.00
철근의 인장 및 항복강도 (MPa)	300 미만	1.25
	300 이상 ~ 400 미만	1.20
	400 이상 ~ 500 미만	1.10
	500 이상 ~ 600 미만	1.05
	600 이상	1.00

② 조적조

- 1) 재료시험을 실시하지 않은 경우 <표 5.1.3-7>에 제시된 공칭강도의 기본값을 사용할 수 있다.
- 2) 평균 재료강도는 설계기준강도의 1.3배이다.
- 3) 현장조사에 의한 근거가 제시되지 않는다면 <표 5.1.3-7>에서 조적의 상태는 채움벽과 허리벽에 대하여 각각 ‘불량’과 ‘양호’를 적용한다.
- 4) <표 5.1.3-7>에 제시된 조적의 상태에 관한 판정 기준을 대신하여, 현장

조사에서 확인된 양호한 모르타르 마감을 다음에 따라 조적의 상태평가에서 고려할 수 있다.

(i) 벽면 전체의 양쪽 면에 양호한 모르타르 마감이 있는 경우 조적의 상태를 ‘양호’로 간주할 수 있다.

(ii) 벽면 전체의 한쪽 면에만 양호한 모르타르 마감이 있는 경우 조적의 상태를 ‘보통’으로 간주할 수 있다.

(iii) 조적채움벽과 골조 사이에 틈새가 없고 벽면 전체에 시공되어 있는 경우에만 양호한 모르타르 마감으로 간주할 수 있다.

(iv) 별도의 실험을 통하여 검증되지 않은 경우에는 모르타르 마감을 조적채움벽의 강성 및 강도 산정에 산입할 수 없다.

5) 조적조의 압축강도와 탄성계수의 관계는 <표 5.1.3-8>과 같다.

<표 5.1.3-7> 조적채움벽의 설계기준강도 기본값 (MPa)

조적의 상태		양호 ¹⁾	보통 ²⁾	불량 ³⁾
설계기준 압축강도		6.2	4.1	2.1
설계기준 인장강도		0.14	0.07	0
설계기준 전단강도	수평 및 수직 줄눈이 밀실하게 채워진 경우	0.19	0.14	0.09
	수평 및 수직 줄눈이 밀실하게 채워지지 않은 경우	0.076	0.055	0.035

- 1) 조적개채와 줄눈에 열화가 나타나지 않고 육안으로 확인되는 균열이 없는 경우
- 2) 조적개채와 줄눈에 열화가 나타나지 않고 육안으로 확인되는 미세한 균열이 있는 경우
- 3) 조적개채 또는 줄눈에 열화가 나타나거나 또는 심각한 균열이 있는 경우

<표 5.1.3-8> 조적채움벽의 탄성계수

종류	탄성계수
탄성계수	$E_m = 200f'_m$ (MPa)
전단탄성계수	$G_m = 0.4E_m$ (MPa)

2) 유효강성

철근콘크리트 부재의 휨, 전단, 축하중에 대한 강성은 작용하는 응력의 크기, 온도 변화, 건조수축 등에 의하여 발생하는 균열손상의 영향이 고려된 유효강성을 사용한다. <표 5.1.3-9>에 구조부재의 유형별 유효강성 값이 제시되어 있다.

<표 5.1.3-9> 철근콘크리트 구조부재별 유효강성

부재	휨강성 ²⁾	전단강성	축강성
철근콘크리트보 ¹⁾	$0.35E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g
기둥	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	$\frac{E_cA_g}{E_sA_s}$ ²⁾
비균열 벽체	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g
균열 벽체	$0.35E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g

1) 비선형해석 시 인장에 적용

2) T 형보의 경우 I_g 는 웨브부분의 I_g 값의 2배의 해당하는 값, 또는 건축구조기준에 규정된 유효폭의 규정에 따라 산정

건축구조기준에서 콘크리트의 탄성계수는 식 (5.25)로 정의하고 있다.

$$E_c = 8,500 \sqrt[3]{f_{cu}} \quad (5.25)$$

여기서, $f_{cu} = f_{ck} + \Delta f$ 이다. Δf 는 f_{ck} 가 40MPa이하면 4MPa, 60MPa 이상이면 6MPa이며, 그 사이는 직선보간으로 구한다. 이 값은 공칭강도와 기대강도(배합강도)의 차이를 고려한 값이므로 설계도서의 설계기준강도를 사용하는 경우 이 식을 그대로 사용하나 재료실험을 수행한 경우에는 f_{cu} 에 평균강도를 바로 적용하여야 한다.

3) 부재강도

① 철근콘크리트 부재의 강도는 별도로 규정하지 않은 경우에 건축구조기준의 5장 콘크리트구조의 규정에 따라 구하여야 한다. 단, 강도감소계수는 적용하지 않는다. 변형지배거동을 평가할 경우 재료의 기대강도를 적용하여 강도를 구하여야 한다.

② 철근의 정착, 이음등의 강도가 부족한 경우, 이를 강도평가와 해석모델에 고려해야 한다.

4) 철근콘크리트 모멘트골조의 해석모델 및 강성

① 철근콘크리트 모멘트 골조의 구조해석모델은 보, 기둥, 보-기둥 접합부 등 골조를 구성하는 각 부재간의 연결을 고려하여 부재의 강도, 강성, 변형 능력을 모사할 수 있도록 구축되어야 한다. 또한 잠재적인 휨파괴, 전단파괴, 그리고 보강근의 정착이 고려되어야 하며, 내 콘크리트 허리벽 및 조적채움벽, 비구조재와의 상호작용 역시 고려되어야 한다.

② 1) 철근콘크리트 모멘트 골조의 보와 기둥은 휨, 전단, 그리고 축방향 유효강성을 고려하여 평가되어야 한다. 설계지진 규모 이상의 지진 시 구조물은 균열 발생 이후 항복 혹은 그 이상의 비선형거동이 발생하며 그때의 비선형 강성과 전체 단면의 강성에 대한 비율을 유효강성비로 정의한다. 부재별 유효강성은 <표 5.1.3-9>의 값을 사용한다.

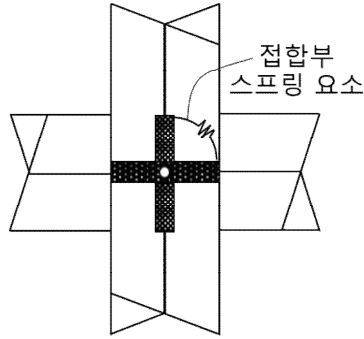
2) 보-기둥 접합부는 접합부내 패널존을 직접 모델링하거나 접합부와 인접한 보와 기둥의 강도비율에 따라 보와 기둥의 강역을 다음과 같이 모델링한다. 보-기둥 접합부의 모델링 예시는 [그림 5-5]에 제시되어 있다.

(i) 기둥의 강도가 큰 경우($\sum M_{nc}/\sum M_{nb} > 1.2$) 접합부내 기둥은 강역으로 모델링하며 보는 강역으로 모델링하지 않음

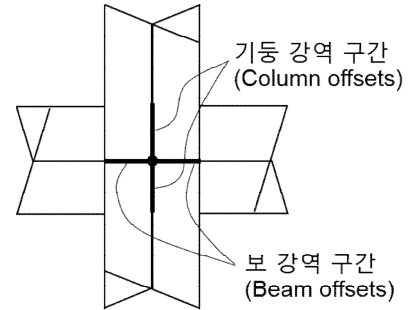
(ii) 보의 강도가 큰 경우($\sum M_{nc}/\sum M_{nb} > 0.8$) 접합부내 보는 강역으로 모델링하며 기둥은 강역으로 모델링하지 않음

(iii) 보와 기둥의 강도가 비슷한 경우($0.8 \leq \sum M_{nc}/\sum M_{nb} \leq 1.2$) 기둥과 보 모두 접합부내 부재 길이의 절반을 강역으로 모델링함.

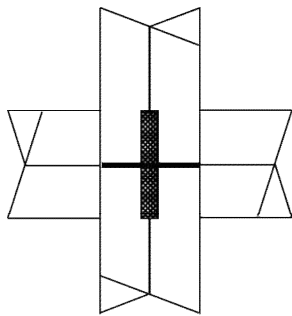
여기서, $\sum M_{nc}$ 는 축하중의 영향을 고려한 기둥의 모멘트강도의 합이며, $\sum M_{nb}$ 는 접합되는 보의 모멘트강도의 합이다. 별도의 검토를 수행하지 않는 경우에 모든 보-기둥 접합부에 (iii)을 적용할 수 있다.



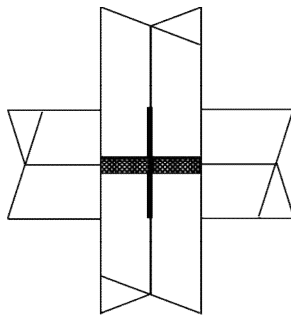
(a) 접합부 정밀모델 예시



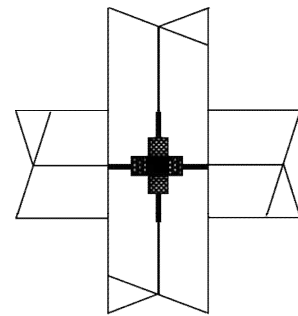
(b) 접합부 이상화 모델의 강역구간



(c) 기둥의 강도가 큰 경우



(d) 보의 강도가 큰 경우



(e) 보와 기둥의 강도가 비슷한 경우

<그림 5.1.3-3> 보-기둥 접합부 강역의 모델링

3) 기둥의 파괴모드는 기둥의 전단강도 V_o (식 (5.30)에 의한 V_n 과 동일), 소성힌지 구간에서 휨 항복이 발생했을 때의 전단력 V_p , 그리고 횡보강 철근의 상세를 기반으로 <표 5.1.3-10>과 같이 분류한다. 또한, RC기둥이 허리벽에 의하여 일부 구속된 경우, 단주효과를 고려하여 소성힌지 구간 및 V_p 를 구하여야 한다.

- ① 그룹 i: 휨 파괴(전단 파괴 발생 없이 휨 파괴가 발생하는 경우)
- ② 그룹 ii: 휨전단 파괴(휨 항복 이후 전단 파괴가 발생하는 경우)
- ③ 그룹 iii: 전단 파괴(휨 항복에 선행하여 전단 파괴가 발생하는 경우)

<표 5.1.3-10> 횡보강근 상세에 따른 RC기둥의 파괴모드 분류

전단 강도비(V_p/V_o)	135°갈고리가 사용되고 건축구조기준에서 규정하는 내진상세로 횡보강근이 배근된 경우 ¹⁾	90°갈고리를 가진 폐쇄형 띠철근이 사용된 경우	그 외(접침이음된 띠철근 포함)
0.6 이하인 경우	i	ii	ii
0.6 이상 1 이하인 경우	ii	ii	iii
1 이상인 경우	iii	iii	iii

1) 소성힌지구간에서 횡보강근이 $A_v/b_w s \geq 0.002$ 이고 $s/d \leq 0.5$ 인 경우에만 파괴모드 i로 분류할 수 있다. 그 외의 경우 파괴모드 ii로 분류함

4) 비선형 동적절차에서는 실험적으로 검증된 특성을 이용하여 각 부재의 완전한 이력거동을 모델링하여야 한다.

5) 강도

① 철근콘크리트 부재의 강도는 건축구조기준(KBC 2016)의 “5장 콘크리트 구조”에 따른다. 이때 사용되는 재료강도는 5.2에 따라 산정한다.

② 부재별 강도는 이 기준에서 별도로 정의하지 않은 경우에 건축구조기준에 따라 산정할 수 있다.

③ 철근콘크리트 허리벽에 의해 모멘트골조 기둥의 변형이 구속될 경우 이에 따른 기둥의 단주효과를 고려하여 기둥의 강도를 평가하여야 한다.

④ 조적채움벽이 모멘트골조와 밀착되어 있는 경우, 모멘트골조의 기둥은 조적채움벽으로부터 전달되는 전단력에 의한 효과를 고려하여 강도를 평가하여야 한다.

6) 보의 강도

① 보의 평균 휨강도는 평균재료강도를 사용한 식 (5.26)에 의하여 구할 수 있다. 변형지배거동의 경우 설계기준강도와 기대강도의 차이를 고려하여 철근의 항복강도 f_y 대신 f_{ye} 를 콘크리트 압축강도 f_{ck} 대신 f_{ce} 를 사용하여 강도를 산정한다.

$$M_e = A_s f_{ye} (d - a/2) \quad (5.26)$$

여기서,

M_e : 보의 평균휨강도

A_s : 철근의 단면적

f_{ye} : 철근의 평균항복강도

d : 보의 유효깊이

a : $\frac{A_s f_{ye}}{0.85 f_{ce} b}$

b : 보의 폭

f_{ce} : 콘크리트의 평균압축강도

② 보의 전단강도는 공칭재료강도를 사용한 식 (5.27)에 의하여 구할 수 있다.

$$V_n = V_c + V_s \quad (5.27)$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} b d \quad (5.28)$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (5.29)$$

여기서,

A_v : 전단보강근의 단면적

f_{ck} : 콘크리트의 공칭항복강도

f_{yt} : 전단보강근의 공칭항복강도

s : 전단보강근의 간격

단, 식 (5.28)에서 f_{ck} 와 $\sqrt{f_{ck}}$ 의 단위는 MPa로 한다.

7) 기둥의 강도

① 기둥의 전단강도는 V_n 은 식 (5.30)을 사용하여 평가한다. 식 (5.30)은 후프 간격이 넓은 기둥이 휨항복 이후 비선형거동구간에서 전단강도가 급격히 감소하는 현상을 고려하기 위한 경험식이다.

$$V_n = k_1 \frac{A_v f_y d}{s} + \lambda \left(\frac{0.5 \sqrt{f_{ck}}}{M/Vd} \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.5 \sqrt{f_{ck}} A_g}} \right) 0.8 A_g \quad (5.30)$$

여기서,

$$k_1 = \begin{cases} 1 & s \leq 0.5d \\ 0.5 & 0.5d < s \leq d \\ 0 & s > d \end{cases}$$

단, s 를 모르는 경우, $k_1=0$ 을 사용.

λ : 경량콘크리트의 경우 0.75, 일반 콘크리트의 경우 1을 사용

N_u : 축방향 압축력. 인장력이 작용할 경우 강도 산정의 간편성을 위하여 $N_u=0$ 을 사용할 수 있음.

M/Vd : 평가하중 작용시 작용 모멘트를 전단력과 유효깊이로 나눈 값의 최대값으로 2와 4 사이의 값을 사용함. 강도 산정의 간편성을 위하여 $M/Vd=3$ 을 사용할 수 있음

d : 유효깊이로 $d=0.8h$ 로 가정하여 사용할 수 있음

h : 전단력 작용방향의 기둥 단면 치수

A_g : 기둥의 총 단면적

② 기둥의 휨, 압축, 및 인장강도는 철근콘크리트 압축연단의 변형률이 종국 변형률 0.003에 도달할 때의 축력과 모멘트 상관관계를 고려하여 구하여야 한다. 휨 부재에 적용되는 단면의 평면유지 가정과 철근의 탄소성거동 및 힘의 평형조건을 사용한다. 단, 휨강도는 재료의 기대강도를 사용하여 구하고, 압축강도는 재료의 설계기준강도를 사용하여 구한다.

8) 전단벽 강도

① 전단벽의 강도는 건축구조기준(KBC 2016)의 “5장 콘크리트 구조”를 따른다.

② 대부분의 경우 전단벽에 작용하는 압축응력은 낮으므로 압축력의 평가는 생략하고 휨모멘트 강도와 전단강도만을 검토할 수 있다.

③ 전단벽의 휨모멘트 강도는 기둥과 동일하게 축력-모멘트 상관관계를 이용하여 구한다. 직사각형 단면의 벽체의 휨강도는 식 (5.31)과 같은 약산 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$M_e = 0.5A_s f_{ye} (0.8l_w) + 0.5P_u (0.8l_w) \tag{5.31}$$

여기서,

l_w : 벽체단면의 길이

④ 직사각형 단면을 갖는 전단벽의 전단강도는 건축구조기준에 따라 콘크리트 및 전단보강근의 기여분의 합으로 산정한다. 다만 높이-길이비 h_w/l_w 가 2.0 이하이고 벽체 단부에 기둥이 있는 바벨형 단면, 또는 플랜지가 있는 단면을 갖는 전단벽의 전단강도는 다음 식에 의해 계산할 수 있다(ASCE/SEI 43-05, 2005).

$$V_n = v_n d t_w \tag{5.32}$$

$$v_n = 0.69 \sqrt{f_{ck}} - 0.28 \sqrt{f_{ck}} \left(\frac{h_w}{l_w} - 0.5 \right) + \frac{P}{4l_w t_w} + \rho_{se} f_y \leq 1.66 \sqrt{f_{ck}} \tag{5.33}$$

$$\rho_{se} = A \rho_v + B \rho_h \tag{5.34}$$

여기서,

d : 압축연단에서 중립축까지의 거리

ρ_v, ρ_h : 각각 벽체의 수직 및 수평 철근비

A, B : <표 5.1.3-11>에 따른다.

<표 5.1.3-11> 철근비 ρ_{se} 의 A와 B

형상비	A	B
$h_w/l_w \leq 0.5$	1	0
$0.5 \leq h_w/l_w \leq 1.5$	$-h_w/l_w + 1.5$	$h_w/l_w - 0.5$
$h_w/l_w \geq 1.5$	0	1

⑤ 연결보의 공칭 휨강도 및 전단강도는 콘크리트 구조기준(2012) 21.6에 따라 산정한다.

9) 모델링 변수 및 허용기준

① 콘크리트 모멘트골조의 부재별 성능은 변형지배거동과 힘지배거동으로 분류하며 각각에 대한 절차를 따라 성능평가를 수행하여야 한다.

② 어떤 층 기둥의 평균 DCR값이 동일 층에 위치한 보의 평균 DCR값을 초과하거나, 1 또는 건물 전체 기둥의 m 계수의 절반 중 큰 값을 초과하면 해당 층은 약층으로 구분된다. 이때 평균 DCR은 식 (5.9)를 사용하여 산정한다. 약층에 해당할 경우 해당 층의 2차부재까지 포함하여 평균 DCR 값을 반복하여 검토한다. 만약 해당 층 수직재의 평균 DCR 값이 2를 초과하며 해당층 수평부재의 평균 DCR 값보다 클 경우, 해당 구조물은 비선형절차를 따라 재해석을 수행하거나 약층을 제거하기 위한 보강이 수행되어야 한다.

③ 철근콘크리트 모멘트 골조의 보, 기둥, 보-기둥 접합부의 성능수준별 1, 2차 부재의 m 계수는 각각 <표 5.1.3-12>, <표 5.1.3-13>, <표 5.1.3-14>와 같으며 보-기둥 접합부의 분류는 kistec19의 그림 5.4.2에 따라 분류한다.

④ 전단벽체 중 변형지배거동을 하는 부재의 만족 여부는 식 (5.21)에 따라서 판정한다. 힘지배거동을 하는 부재의 만족여부는 식 (5.22)에 따라 판정한다. 부재의 m 계수는 <표 5.1.3-15> 및 <표 5.1.3-16>과 같다. 이들 표는 변형지배거동에 대한 허용기준이다. 벽체의 변형지배, 힘지배는 kistec19의 5.5.4 (1)에 따라 분류할 수 있다.

⑤ 전단벽과 분절벽체에 작용하는 최대 전단력은 휨모멘트강도를 이용해서 결정한다. 캔틸레버처럼 거동하는 전단벽은 벽체 전체 높이에 걸쳐 등분포로 횡하중이 작용 한다는 가정 하에, 벽체 하단의 휨모멘트 강도 발현 시 요구되는 횡하중으로 발생하는 전단력을 최대 전단력으로 결정한다. 분절벽체의 경우에는 양 단부에서 각각 정, 부 휨모멘트 강도 발현 시 발생하는 전단력을 사용한다.

<표 5.1.3-12> 철근콘크리트 보의 m 계수

부재 조건		m 계수 ¹⁾					
		성능 수준					
		부재 중요도					
		1차부재			2차부재		
거주가능	인명안전	붕괴방지	인명안전	붕괴방지	인명안전	붕괴방지	
힘에 의해 지배되는 경우 ²⁾							
$(\rho - \rho')/\rho b_a l$	횡보강근 ³⁾	$V^4/b_w d \sqrt{f_{ck}}$					
≤0.0	C	≤0.25	3	6	7	6	10
≤0.0	C	≥0.5	2	3	4	3	5
≥0.5	C	≤0.25	2	3	4	3	5
≥0.5	C	≥0.5	2	2	3	2	4
≤0.0	NC	≤0.25	2	3	4	3	5
≤0.0	NC	≥0.5	1.25	2	3	2	4
≥0.5	NC	≤0.25	2	3	3	3	4
≥0.5	NC	≥0.5	1.25	2	2	2	3
전단에 의해 지배되는 경우 ²⁾							
횡보강근 간격이 d/2 이하인 경우			1.25	1.5	1.75	3	4
횡보강근 간격이 d/2 초과인 경우			1.25	1.5	1.75	2	3
정착 혹은 철근 이음의 파괴가 예상되는 경우 ²⁾							
횡보강근 간격이 d/2 이하인 경우			1.25	1.5	1.75	3	4
횡보강근 간격이 d/2 초과인 경우			1.25	1.5	1.75	2	3
보-기둥 접합부의 정착파괴가 예상되는 경우 ²⁾							
			2	2	3	3	4

1) 사이 값은 선형보간하여 산정

2) 철근콘크리트보의 파괴모드를 고려하였을 때 복수의 상황에 해당하는 경우 가장 불리한 값을 사용

3) 소성현저 영역에서 내진갈고리를 가진 후프 철근의 간격이 $d/3$ 이하이고 후프 철근에 의한 강도 (V_s)가 전체전단강도의 3/4 이상이면 'C'으로 판단하며, 그 외에는 'NC'로 판단함

4) V 는 한계상태해석을 통해 산정된 전단력

<표 5.1.3-13> 철근콘크리트 기둥의 m 계수

부재 조건		m 계수 ¹⁾					
		성능 수준					
		거주가능	부재 중요도				
			1차부재		2차부재		
	인명안전	붕괴방지	인명안전	붕괴방지			
그룹 i: 휨 파괴 ²⁾							
$P/A_g f_{ck}$ ³⁾	$\rho = A_v/b_w s$						
≤ 0.1	≥ 0.006		2	2.5	3	4	5
≥ 0.6	≥ 0.006		1.25	1.8	1.9	1.9	2
≤ 0.1	≤ 0.002		2	2	2.6	2.6	3
≥ 0.6	≤ 0.002		1.1	1.1	1.2	1.2	1.4
그룹 ii: 휨 항복 후 전단 파괴 ²⁾							
$P/A_g f_{ck}$ ³⁾	$\rho = A_v/b_w s$	$V/b_w d \sqrt{f_{ck}}$ ⁴⁾					
≤ 0.1	≥ 0.006	≤ 0.25	2	2.5	3	4	5
≤ 0.1	≥ 0.006	≥ 0.5	2	2	2.5	4	5
≥ 0.6	≥ 0.006	≤ 0.25	1.25	1.8	1.9	1.9	2
≥ 0.6	≥ 0.006	≥ 0.5	1.25	1.5	1.6	1.6	1.8
≤ 0.1	≤ 0.0005	≤ 0.25	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6
≤ 0.1	≤ 0.0005	≥ 0.5	1	1	1.1	1.1	1.2
≥ 0.6	≤ 0.0005	≤ 0.25	1	1	1.1	1.1	1.2
≥ 0.6	≤ 0.0005	≥ 0.5	1	1	1	1	1
그룹 iii: 전단 파괴 ²⁾							
$P/A_g f_{ck}$ ³⁾	$\rho = A_v/b_w s$						
≤ 0.1	≥ 0.006		1	1	1	4	5
≥ 0.6	≥ 0.006		1	1	1	1.6	1.8
≤ 0.1	≤ 0.002		1	1	1	1.1	1.2
≥ 0.6	≤ 0.002		1	1	1	1	1
그룹 iv: 부착 파괴 혹은 이음부 파괴 ²⁾							
$P/A_g f_{ck}$ ³⁾	$\rho = A_v/b_w s$						
≤ 0.1	≥ 0.006		1	1	1	4	5
≥ 0.6	≥ 0.006		1	1	1	1.6	1.8
≤ 0.1	≤ 0.002		1	1	1	1.1	1.2
≥ 0.6	≤ 0.002		1	1	1	1	1

1) 사이 값은 선형보간하여 산정

2) 5.4.2(2)에 따라 기둥의 파괴모드별 그룹 i, ii, iii 결정

3) $P > 0.7f_{ck}A_g$ 인 기둥부재의 경우, $d/3$ 보다 작은 간격으로 135도 갈고리 후프 철근이 배근되어 있고 전단철근에 의한 전단강도가 전체전단강도의 3/4 이상인 기둥이 아닌 경우 m 계수는 모든 성능수준에서 동일하게 1로 본다. 여기서 P는 부재의 작용축력 혹은 한계상태해석을 통해 구한 축력이다.

4) V는 한계상태해석을 통해 산정된 전단력

<표 5.1.3-14> 철근콘크리트 보-기둥의 접합부의 m 계수

부재 조건			m 계수 ¹⁾				
			성능 수준				
			부재 중요도				
			1차부재		2차부재		
거주가능	인명안전	붕괴방지	인명안전	붕괴방지	인명안전	붕괴방지	
내부접합부(그림 5.4.2에 따라 분류됨)							
$P/A_g f_{ck}$ ²⁾	접합부 횡보강근 간격	V/V_n ³⁾					
≤ 0.1	$\leq h_c/2$	≤ 1.2	1	1	1	3	4
≤ 0.1	$\leq h_c/2$	≥ 1.5	1	1	1	2	3
≥ 0.4	$\leq h_c/2$	≤ 1.2	1	1	1	3	4
≥ 0.4	$\leq h_c/2$	≥ 1.5	1	1	1	2	3
≤ 0.1	$> h_c/2$	≤ 1.2	1	1	1	2	3
≤ 0.1	$> h_c/2$	≥ 1.5	1	1	1	2	3
≥ 0.4	$> h_c/2$	≤ 1.2	1	1	1	2	3
≥ 0.4	$> h_c/2$	≥ 1.5	1	1	1	2	3
그 외 접합부(그림 5.4.2에 따라 분류됨)							
$P/A_g f_{ck}$ ²⁾	접합부 횡보강근 간격	V/V_n ³⁾					
≤ 0.1	$\leq h_c/2$	≤ 1.2	1	1	1	3	4
≤ 0.1	$\leq h_c/2$	≥ 1.5	1	1	1	2	3
≥ 0.4	$\leq h_c/2$	≤ 1.2	1	1	1	3	4
≥ 0.4	$\leq h_c/2$	≥ 1.5	1	1	1	2	3
≤ 0.1	$> h_c/2$	≤ 1.2	1	1	1	2	3
≤ 0.1	$> h_c/2$	≥ 1.5	1	1	1	2	3
≥ 0.4	$> h_c/2$	≤ 1.2	1	1	1	1.5	2
≥ 0.4	$> h_c/2$	≥ 1.5	1	1	1	1.5	2

1) 사이 값은 선형보간하여 산정

2) P 는 한계상태해석을 통해 산정된 접합부 상부 기둥의 축력, A_g 는 접합부 전체 단면적3) V 는 작용전단력, V_n 은 접합부의 전단강도

<표 5.1.3-15> 휨 지배 철근콘크리트 전단벽 및 관련 요소의 m 계수

조건			m 계수 ¹⁾				
			거주가능	부재 중요도			
				1차부재		2차부재	
				인명안전	붕괴방지	인명안전	붕괴방지
1. 휨에 의해 지배되는 경우 : 전단벽 요소							
특수경계요소의 유무	배근상태와 축력비 ²⁾	작용 전단력의 비율 ³⁾					
있음	0.1 이하	0.33 이하	2	4	6	6	8
		0.5 이상	2	3	4	4	6
	0.25 이상	0.33 이하	1.5	3	4	4	6
		0.5 이상	1.25	2	2.5	2.5	4
없음	0.1 이하	0.33 이하	2	2.5	4	4	6
		0.5 이상	1.5	2	2.5	2.5	4
	0.25 이상	0.33 이하	1.25	1.5	2	2	3
		0.5 이상	1.25	1.5	1.75	1.75	2
2. 휨에 의해 지배되는 경우 : 연결보							
내진상세단면인 경우 ⁴⁾		0.25 이하	2	4	6	6	9
		0.5 이상	1.5	3	4	4	7
비내진상세단면인 경우 ⁴⁾		0.25 이하	1.5	3.5	5	5	8
		0.5 이상	1.2	1.8	2.5	2.5	4
대각선배근		N.A.	2	5	7	7	10

1) 사이값은 선형보간한다.

2) 배근상태와 축력비는 $\frac{(A_s - A_s')f_y + P}{t_w l_w f_{ck}}$ 로 평가한다.

3) 작용 전단력의 비율은 $V/(\sqrt{f_{ck}} t_w l_w)$ 로 평가한다.

4) 내진상세 단면과 비내진상세 단면의 판단은 건축구조기준(KBC 2016)의 0520 내진설계 시 특별고려사항의 규정에 따른 횡보강근의 만족 여부에 따른다.

<표 5.1.3-16> 전단 지배 철근콘크리트 전단벽 및 관련 요소의 m 계수

조건		m 계수 ¹⁾				
		거주가능	부재 중요도			
			1차부재		2차부재	
			인명안전	붕괴방지	인명안전	붕괴방지
1. 전단에 의해 지배되는 경우 ²⁾ : 전단벽 요소						
배근상태와 축력비 ³⁾	작용 전단력의 비율 ⁴⁾					
0.05 이하		2	2.5	3	4.5	6
0.05 초과		1.5	2	3	3	4
2. 전단에 의해 지배되는 경우 ²⁾ : 연결보						
내진상세단면인 경우 ⁵⁾	0.25 이하	1.5	3	4	4	6
	0.5 이상	1.2	2	2.5	2.5	3.5
비내진상세단면인 경우 ⁵⁾	0.25 이하	1.5	2.5	3	3	4
	0.5 이상	1.2	1.2	1.5	1.5	2.5

1) 사이값은 선형보간한다.

2) 축력은 $0.15A_g f_{ck}$ 이하이어야 하며, 그렇지 않은 경우에는 하중지배 부재로 간주한다.

3) 배근상태와 축력비는 $\frac{(A_s - A_s')f_y + P}{t_w l_w f_{ck}}$ 로 평가한다.

4) 작용 전단력의 비율은 $V/(\sqrt{f_{ck}} t_w l_w)$ 로 평가한다.

5) 내진상세 단면과 비내진상세 단면의 판단은 KDS 41 30 00의 4.18 내진설계시 특별고려사항의 규정에 따른 횡보강근의 만족 여부에 따른다.

마. 비선형절차

비선형절차를 위한 해석모델에서 철근콘크리트 부재별 비선형 거동은 <표 5.1.3-17> ~ <표 5.1.3-20>의 모델링 변수에 따라 모델링한다.

1) 보와 기둥 부재의 변형은 소성힌지부의 회전각으로 표현할 수 있으며, 이때 소성회전각은 <표 5.1.3-17>과 <표 5.1.3-18>을 이용하여 정의한다.

2) 보-기둥 접합부의 변형은 접합부의 전단변형(각)으로 표현할 수 있으며, 이

때 전단변형각은 <표 5.1.3-20>을 이용하여 정의한다.

3) <표 5.1.3-17>, <표 5.1.3-18>, <표 5.1.3-19>에서 제시하지 않는 부재 혹은 비선형 능력은 실험 또는 검증된 해석절차를 통해 산정된 값을 사용할 수 있다.

4) 콘크리트 허리벽 및 조적채움벽이 함께 사용된 철근콘크리트 모멘트골조의 기둥 부재의 능력은 이 요령의 “제6장 조적조 및 조적채움벽”에 정의된 모델링 변수를 사용하여 정의한다.

비선형해석후 변형지배거동의 만족여부는 성능점에서 부재의 비선형변형량과 <표 5.1.3-17> ~ <표 5.1.3-19>에 제시된 허용기준과의 비교를 통해 판정한다. 휨지배거동의 만족여부는 4.3.8의 (2)에 따라 판정한다.

1) 전단벽, 분절벽체, 연결보의 해석을 위한 소성힌지의 힘-변위 관계는 <그림 5.1.3-4>에 따른다. 철근콘크리트 전단벽 및 관련 부재의 모델링 주요변수 및 허용기준은 <표 5.1.3-20>, <표 5.1.3-21>과 같다. 이들 표는 변형지배거동에 대한 허용기준이다. 섬유요소로 모델링한 부재는 5.3.4의 규정에 따라서 평가한다.

2) 휨에 의해 지배되는 전단벽과 분절벽체의 힘-변형 관계를 나타내는 [그림 5.1.3-2] (a)에서 변형을 나타내는 황축은 [그림 5.1.3-4]에 정의된 소성힌지 영역에서의 회전각으로 한다. <그림 5.1.3-2> (a)에서 항복점에 해당되는 B점의 소성힌지 회전각은 다음 식에 의해 계산하고, C, D, E점을 정의하는 데 필요한 a, b, c는 <표 5.1.3-16>에 따른다.

$$\theta_y = \left(\frac{M_{yE}}{E_c I} \right) l_p \quad (5.35)$$

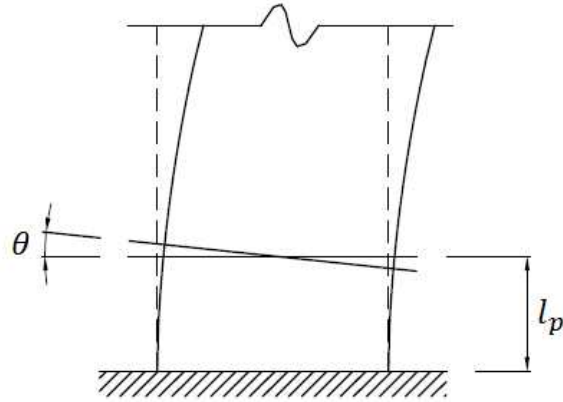
여기서,

M_{yE} : 전단벽 또는 분절벽체의 평균재료강도를 사용해 산정한 항복모멘트강도

$E_c I$: 벽체의 유효휨강성

l_p : 가정된 소성힌지 길이

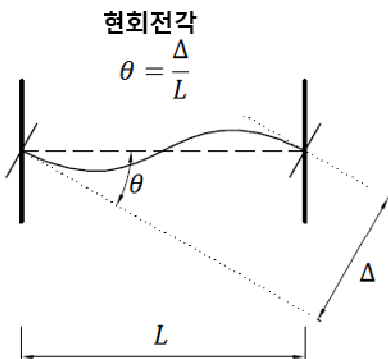
소성힌지 길이는 휨변형에 상응하는 부재 축의 1/2로 하되 전단벽은 한 층의 층고, 분절벽체는 요소 길이의 50% 보다 작아야 한다.



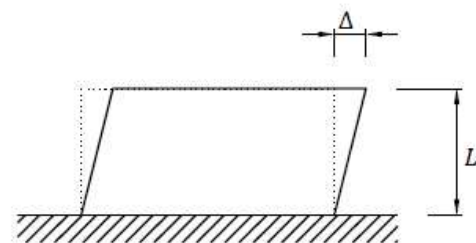
<그림 5.1.3-4> 휨 지배 벽체의 소성힌지 회전각

3) 전단에 의해 지배되는 전단벽과 분절벽체에는 <그림 5.1.3-2> (c)의 하중-변형 관계가 적용되어야 하며, 여기서 횡축은 횡변형비(lateral drift ratio)로 한다. 대안으로서 <그림 5.1.3-2> (b)의 하중-변형 관계가 허용되며, 여기서 횡축은 마찬가지로 횡변형비로 한다. 벽체의 횡변형비는 전단벽의 경우에는 층간변위비, 분절벽체의 경우에는 부재의 상대변위비로 한다. <그림 5.1.3-2> (b), (c)의 B, C, D, E, F 점을 결정하기 위해 필요한 d, e, f, g, c의 값은 <표 5-38>에 따른다.

4) 연결보의 경우에는 <그림 5.1.3-2> (b)의 하중-변형 관계를 사용하며, 여기서 횡축은 <그림 5.1.3-4>에 정의된 현회전각(chord rotation angle)으로 한다. <그림 5.1.3-2> (b)의 C, D, E 점을 결정하기 위해 필요한 d, e, c의 값은 <표 5.1.3-19> 및 <표 5.1.3-20>에 따른다.



<그림 5.1.3-5> 전단벽 연결보의 현회전각



<그림 5.1.3-6> 전단 지배 벽체의 층간변위

5) 비선형동적절차 적용시 전단벽과 분절벽체의 전체 이력거동은 실험에 근거하여 입증된 속성을 사용하여 모델링 되어야 하며, <그림 5.1.3-2>의 일반화된 포락선을 사용할 수 있다. 제하 및 재하 강성, 강도 및 편칭 현상에 대해 모델링 대상의 벽 요소와 유사한 벽체에 대한 실험으로부터 관찰된 결과를 반영하여야 한다.

<표 5.1.3-17> 철근콘크리트 보의 모델링 주요 변수 및 성능수준별 허용기준

부재 조건			모델링 주요 변수 ¹⁾			허용기준 ¹⁾		
			소성 회전각		잔류 강도비	성능수준		
			a	b	c	거주가능	인명안전	붕괴방지
휨에 의해 지배되는 경우 ²⁾								
$(\rho - \rho') / \rho b_w l$	횡보강근 ³⁾	$V / b_w d \sqrt{f_{ck}}$ ⁴⁾						
≤0.0	C	≤0.25	0.025	0.05	0.2	0.010	0.025	0.05
≤0.0	C	≥0.5	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
≥0.5	C	≤0.25	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≥0.5	C	≥0.5	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
≤0.0	NC	≤0.25	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≤0.0	NC	≥0.5	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
≥0.5	NC	≤0.25	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
≥0.5	NC	≥0.5	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
전단에 의해 지배되는 경우 ²⁾								
횡보강근 간격이 d/2 이하인 경우			0.003	0.02	0.2	0.0015	0.01	0.02
횡보강근 간격이 d/2 초과인 경우			0.003	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
정착 혹은 철근 이음의 파괴가 예상되는 경우 ²⁾								
횡보강근 간격이 d/2 이하인 경우			0.003	0.02	0.0	0.0015	0.01	0.02
횡보강근 간격이 d/2 초과인 경우			0.003	0.01	0.0	0.0015	0.005	0.01
보-기둥 접합부의 정착파괴가 예상되는 경우 ²⁾								
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.02	0.03

- 1) 사이 값은 선형보간하여 산정
- 2) 철근콘크리트보의 파괴모드를 고려하였을 때 다수의 상황에 해당하는 경우 가장 불리한 값을 사용
- 3) 소성힌지 영역에서 내진갈고리를 가진 후프 철근의 간격이 d/3 이하이고 후프 철근에 의한 강도 (V_s)가 전체전단강도의 3/4 이상이면 'C'으로 판단하며, 그 외에는 'NC'로 판단함
- 4) V 는 비선형정적해석 또는 비선형동적해석으로부터 산정된 전단력

<표 5.1.3-18> 철근콘크리트 기둥의 모델링 주요 변수 및 성능수준별 허용기준

부재 조건		모델링 주요 변수 ¹⁾			허용기준 ¹⁾				
		소성 회전각		잔류 강도비	성능수준				
		a	b	c	거주 가능	인명 안전	붕괴 방지		
그룹 i: 휨 파괴 ²⁾									
$P/A_g f_{ck}$ ³⁾	$\rho = A_v/b_w s$								
≤ 0.1	≥ 0.006			0.035	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006			0.010	0.010	0.0	0.003	0.009	0.010
≤ 0.1	$= 0.002$			0.027	0.034	0.2	0.005	0.027	0.034
≥ 0.6	$= 0.002$			0.005	0.005	0.0	0.002	0.004	0.005
그룹 ii: 휨 항복 후 전단 파괴 ²⁾									
$P/A_g f_{ck}$ ³⁾	$\rho = A_v/b_w s$	$V/b_w d \sqrt{f_{ck}}$ ⁴⁾							
≤ 0.1	≥ 0.006	≤ 0.25		0.032	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≤ 0.1	≥ 0.006	≥ 0.5		0.025	0.060	0.2	0.005	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006	≤ 0.25		0.010	0.010	0.0	0.003	0.009	0.010
≥ 0.6	≥ 0.006	≥ 0.5		0.008	0.008	0.0	0.003	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005	≤ 0.25		0.012	0.012	0.2	0.005	0.010	0.012
≤ 0.1	≤ 0.0005	≥ 0.5		0.006	0.006	0.2	0.004	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005	≤ 0.25		0.004	0.004	0.0	0.002	0.003	0.004
≥ 0.6	≤ 0.0005	≥ 0.5		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
그룹 iii: 전단 파괴 ²⁾									
$P/A_g f_{ck}$ ³⁾	$\rho = A_v/b_w s$								
≤ 0.1	≥ 0.006			0.0	0.060	0.0	0.0	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006			0.0	0.008	0.0	0.0	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005			0.0	0.006	0.0	0.0	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
그룹 iv: 부착 파괴 혹은 이음부 파괴 ²⁾									
$P/A_g f_{ck}$ ³⁾	$\rho = A_v/b_w s$								
≤ 0.1	≥ 0.006			0.0	0.060	0.4	0.0	0.045	0.060
≥ 0.6	≥ 0.006			0.0	0.008	0.4	0.0	0.007	0.008
≤ 0.1	≤ 0.0005			0.0	0.006	0.2	0.0	0.005	0.006
≥ 0.6	≤ 0.0005			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1) 사이 값은 선형보간하여 산정

2) 5.4.2(2)에 따라 기둥의 파괴모드별 그룹 i, ii, iii 결정

3) $P > 0.7f_{ct}A_g$ 인 기둥부재의 경우, $d/3$ 보다 작은 간격으로 135도 갈고리 후프 철근이 배근되어 있고 전단철근에 의한 전단강도가 전체전단강도의 3/4 이상인 기둥이 아닌 경우 소성회전능력은 모든 성능수준에서 동일하게 0로 본다. 여기서 P 는 지진력과 수직하중에 의해 부재에 발생할 수 있는 최대축력이다.

4) V 는 비선형정적해석 또는 비선형동적해석으로부터 산정된 전단력

<표 5.1.3-19> 철근콘크리트 보-기둥 접합부의 모델링 주요 변수 및 성능수준별 허용기준

부재 조건			모델링 주요 변수 ¹⁾			허용기준 ¹⁾		
			소성 회전각		잔류 강도비	성능수준		
			a	b		c	거주 가능	인명 안전
내부접합부(그림 5.4.2에 따라 분류됨)								
$P/A_g f_{ck}$ ²⁾	접합부 횡보강근 간격	V/V_n ³⁾						
≤0.1	≤ $h_c/2$	≤1.2	0.015	0.03	0.2	0.0	0.02	0.03
≤0.1	≤ $h_c/2$	≥1.5	0.015	0.03	0.2	0.0	0.015	0.02
≥0.4	≤ $h_c/2$	≤1.2	0.015	0.025	0.2	0.0	0.015	0.025
≥0.4	≤ $h_c/2$	≥1.5	0.015	0.02	0.2	0.0	0.015	0.02
≤0.1	> $h_c/2$	≤1.2	0.005	0.02	0.2	0.0	0.015	0.02
≤0.1	> $h_c/2$	≥1.5	0.005	0.015	0.2	0.0	0.01	0.015
≥0.4	> $h_c/2$	≤1.2	0.005	0.015	0.2	0.0	0.01	0.015
≥0.4	> $h_c/2$	≥1.5	0.005	0.015	0.2	0.0	0.01	0.015
그 외 접합부(그림 5.4.2에 따라 분류됨)								
$P/A_g f_{ck}$ ²⁾	접합부 횡보강근 간격	V/V_n ³⁾						
≤0.1	≤ $h_c/2$	≤1.2	0.01	0.02	0.2	0.0	0.015	0.02
≤0.1	≤ $h_c/2$	≥1.5	0.01	0.015	0.2	0.0	0.01	0.015
≥0.4	≤ $h_c/2$	≤1.2	0.01	0.02	0.2	0.0	0.015	0.02
≥0.4	≤ $h_c/2$	≥1.5	0.01	0.015	0.2	0.0	0.01	0.015
≤0.1	> $h_c/2$	≤1.2	0.005	0.01	0.2	0.0	0.0075	0.01
≤0.1	> $h_c/2$	≥1.5	0.005	0.01	0.2	0.0	0.0075	0.01
≥0.4	> $h_c/2$	≤1.2	0.0	0.0075	0.2	0.0	0.005	0.0075
≥0.4	> $h_c/2$	≥1.5	0.0	0.0075	0.2	0.0	0.005	0.0075

- 1) 사이 값은 선형보간하여 산정
- 2) P 는 한계상태해석을 통해 산정된 접합부 상부 기둥의 축력, A_g 는 접합부 전체 단면적
- 3) V 는 작용전단력, V_n 은 접합부의 전단강도

<표 5.1.3-20> 휨 지배 철근콘크리트 전단벽 및 관련 요소의 비선형 모델링 변수 및 허용기준

조건			모델링 주요변수 ¹⁾			허용기준 ¹⁾ (소성회전각, rad)		
			소성회전각 (rad)		잔류 강도비	거주 가능	인명 안전	붕괴 방지
			a	b				
1. 전단벽								
특수경계 요소의 유무	배근상태와 축력비 ²⁾	작용 전단력의 비율 ³⁾						
있음	0.1 이하	0.33 이하	0.015	0.020	0.75	0.005	0.015	0.020
		0.5 이상	0.010	0.015	0.40	0.004	0.01	0.015
	0.25 이상	0.33 이하	0.009	0.012	0.60	0.003	0.009	0.012
		0.5 이상	0.005	0.010	0.30	0.0015	0.005	0.01
없음	0.1 이하	0.33 이하	0.008	0.015	0.60	0.002	0.008	0.015
		0.5 이상	0.006	0.010	0.30	0.002	0.006	0.01
	0.25 이상	0.33 이하	0.003	0.005	0.25	0.001	0.003	0.005
		0.5 이상	0.002	0.004	0.20	0.001	0.002	0.004
2. 연결부			d	e	c			
내진상세단면인 경우 ⁴⁾		0.25 이하	0.025	0.05	0.75	0.01	0.025	0.05
		0.5 이상	0.02	0.04	0.5	0.005	0.02	0.04
비내진상세단면인 경우 ⁴⁾		0.25 이하	0.02	0.035	0.5	0.006	0.02	0.035
		0.5 이상	0.01	0.025	0.25	0.005	0.01	0.025
대각선배근		n.a.	0.03	0.05	0.8	0.006	0.03	0.05

1) 사이값은 선형보간한다.

2) 배근상태와 축력비는 $\frac{(A_s - A_s')f_y + P}{t_w l_w f_{ck}}$ 로 평가한다.

3) 작용 전단력의 비율은 $V/(\sqrt{f_{ck}} t_w l_w)$ 로 평가한다.

4) 내진상세 단면과 비내진상세 단면의 판단은 건축구조기준(KBC 2016)의 0520 내진설계 시 특별고려사항의 규정에 따른 횡보강근의 만족 여부에 따른다.

<표 5.1.3-21> 전단 지배 철근콘크리트 전단벽 및 관련 요소의 비선형 모델링 변수 및 허용기준

조건		모델링 주요변수 ¹⁾					허용 전체횡변형각 ¹⁾ (%) 또는 현회전각 ¹⁾ (rad)		
배근상태와 축력비 ²⁾	작용 전단력의 비율 ³⁾	전체횡변형각(%) 혹은 전체회전각(rad.)			잔류 강도비		거주 가능	인명 안전	붕괴 방지
		d	e	g	c	f			
1. 전단벽 ⁴⁾									
0.05 이하	-	1.0	2.0	0.4	0.2	0.6	0.40	1.5	2.0
0.05 초과	-	0.75	1.0	0.4	0.0	0.6	0.40	0.75	1.0
2. 연결보 ⁴⁾									
내진상세단면인 경우 ⁵⁾	0.25 이하	0.02	0.03	-	0.6	-	0.006	0.02	0.03
	0.5 이상	0.016	0.024	-	0.3	-	0.005	0.016	0.024
비내진상세단면인 경우 ⁵⁾	0.25 이하	0.012	0.025	-	0.4	-	0.006	0.01	0.02
	0.5 이상	0.008	0.014	-	0.2	-	0.004	0.007	0.012

1) 사이값은 선형보간한다.

2) 배근상태와 축력비는 $\frac{(A_s - A_s')f_y + P}{t_w l_w f_{ck}}$ 로 평가한다.

3) 작용 전단력의 비율은 $V/(\sqrt{f_{ck}} t_w l_w)$ 로 평가한다.

4) 축력은 $0.15A_g f_{ck}$ 이하이어야 하며, 그렇지 않은 경우에는 하중지배 부재로 간주한다.

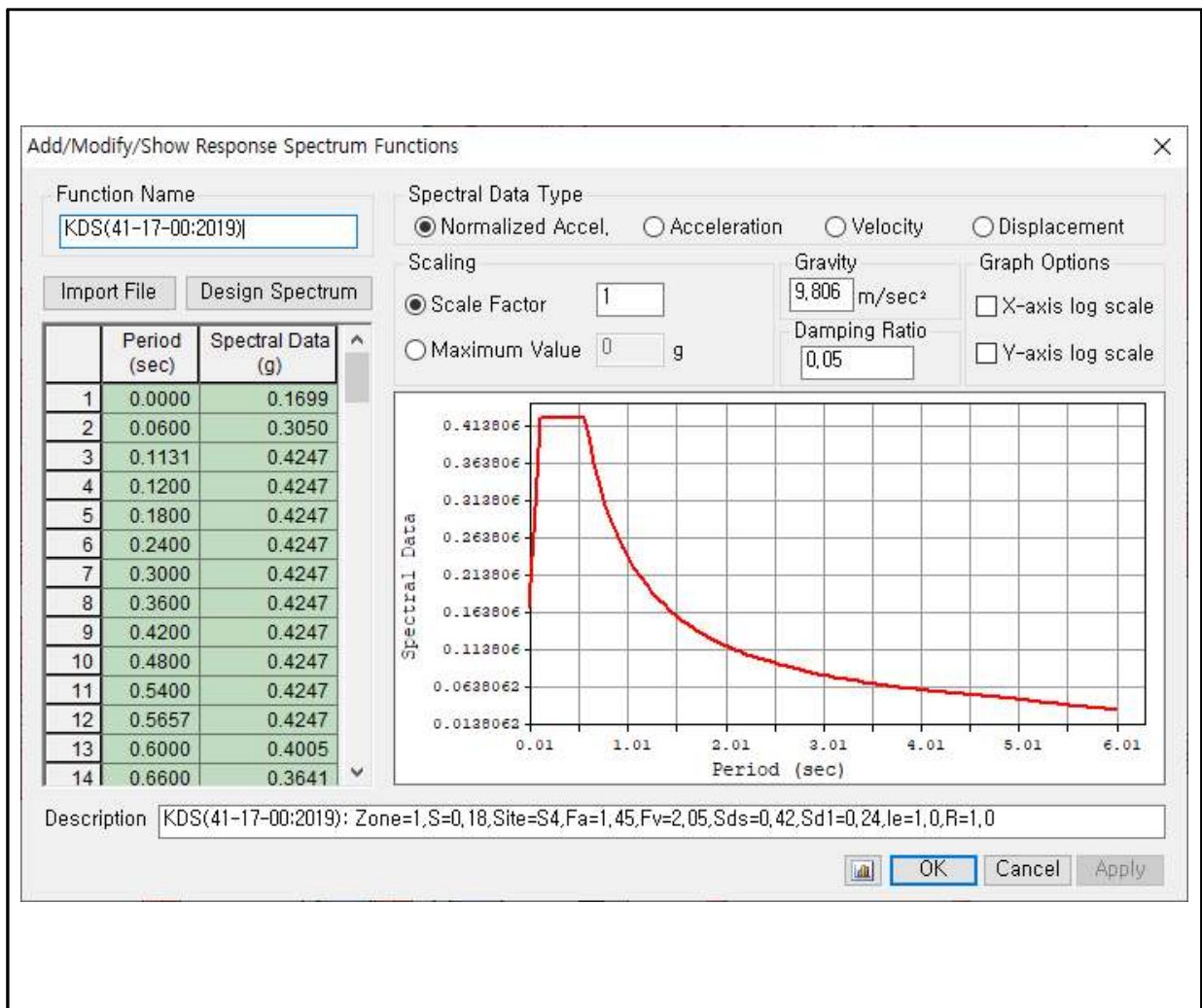
5) 내진상세 단면과 비내진상세 단면의 판단은 건축구조기준(KBC 2016)의 0520 내진설계 시 특별고려사항의 규정에 따른 횡보강근의 만족 여부에 따른다.

5.2 지진하중 및 비정형성 평가

5.2.1 내진성능 평가용 지진 하중

지역 계수	$S = 0.176$	전북 군산 ($0.22g \times 80\%$)
중요도 계수	중요도(1), 내진등급(I)	
목표 성능	2400년(기본 지진하중 1.5배): 붕괴방지 1400년(기본 지진하중 1.2배): 인명안전	
지반 계수	S_4	지반조사보고서 참조 (전단파 관련자료 없음)
단주기 설계스펙트럼 가속도	$S_{DS} = 0.42475$	$S_{DS} = S \times 2.5 \times F_a \times 2/3$
1초 주기 설계스펙트럼 가속도	$S_{D1} = 0.24030$	$S_{D1} = S \times F_v \times 2/3$

지진 응답 스펙트럼



5.2.2 평면비정형성의 종류

가. H-1. 비틀림 비정형

층의 강성 중심과 질량 중심 간의 거리가 평면 폭의 20%보다 큰 경우에는 비틀림을 고려하여야 한다.

$$E_{c.s-c.m} > 0.2D$$

여기서, $E_{c.s-c.m}$: 강성 중심과 질량 중심과의 편심거리

D : 지진방향과 직각방향의 평면의 폭

강성중심은 해당 층 수직부재의 면적의 도심점, 질량중심은 해당 층 보와 슬래브의 질량, 수직부재의 경우 상하층 중심까지의 질량을 고려한 질량중심으로 산정한다.

나. H-2. 요철형 평면

돌출한 부분의 치수가 해당하는 방향의 평면치수의 15%를 초과하면 요철형 평면을 갖는 것으로 간주한다.

다. H-3. 격막의 불연속

격막에서 잘려나간 부분이나 뚫린 부분이 전체 격막 면적의 50%를 초과하거나 인접한 층간 격막 강성의 변화가 50%를 초과하는 급격한 불연속이나 강성의 변화가 있는 격막.

라. H-4. 면의 어긋남

수직부재의 면의 어긋남 등과 같이 횡력전달 경로에 있어서의 불연속성.

마. H-5. 비평행 시스템

횡력저항 수직요소가 전체 횡력저항 시스템에 직교하는 주축에 평행하지 않거나 대칭이 아닌 경우.

5.2.3 수직 비정형성 종류

가. V-1. 강성비정형-연층

어떤 층의 조적 채움벽 등의 비구조재를 포함한 강성에 영향을 주는 수직부재 단면적의 합이 인접한 상부층 수직부재단면적의 합이 70% 미만이거나 상부 3개 층 평균 수직부재단면적의 합이 80% 미만인 층이 존재하는 경우 강성분포의 비정형이 있는 것으로 간주한다.

나. V-2. 중량비정형

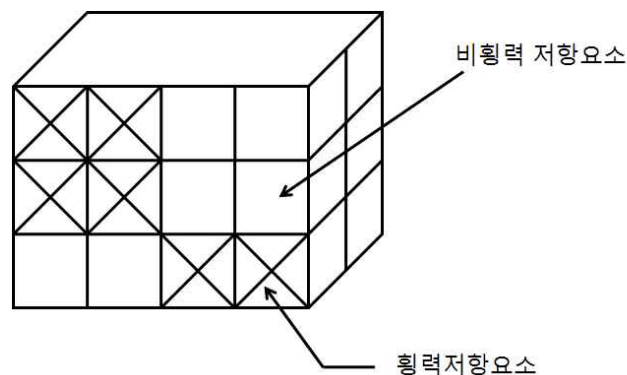
어떤 층의 유효중량이 인접층 유효중량의 150%를 초과할 때 중량 분포의 비정형인 것으로 간주한다. 단, 지붕층이 하부층보다 가벼운 경우는 이를 적용하지 않는다.

다. V-3. 기하학적 비정형

횡력 저항시스템의 수평치수가 인접층 치수의 130%를 초과할 경우 기하학적 비정형이 존재하는 것으로 간주하며, 내진성능 평가시 140%를 초과 할 경우 수평치수의 비정형이 존재하는 것으로 간주한다.

라. V-4. 횡력저항 수직 저항요소의 비정형

횡력 저항요소의 면내 어긋남이 그 요소의 길이보다 크거나, 인접한 하부층 저항요소에 강성감소가 일어나는 경우 수직 저항요소의 면내 불연속에 의한 비정형이 있는 것으로 간주한다.



<그림 5.2.3> 횡력 저항요소의 면내 어긋남

마. V-5. 강도의 불연속-약층

임의 층의 횡강도가 지상층 횡강도의 80% 미만인 약층이 존재하는 경우 강도의 불연속에 의한 비정형이 존재하는 것으로 간주한다. 각층의 횡강도는 층전단력을 부담하는 내진요소들의 저항 방향 강도의 합을 말한다.

5.2.4 비정형성 평가

가. 평면비정형성 평가

① 비틀림 비정형 평가								
각 방향별 비틀림 비정형 평가 결과 비정형 구조물임.								
Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Average Value of Extreme Points		Maximum Value		Remark
				Story Drift (m)	1.2*Story Drift (m)	Node	Story Drift (m)	
RX(RS)	1F	0.00	3.00	0.0010	0.0012	4	0.0016	Irregular
RY(RS)	1F	0.00	3.00	0.0037	0.0045	4	0.0062	Irregular
								Irregular

② 요철형 평면 평가	
돌출부위가 평면치수의 약 15% 이하하므로 정형임.	
Regular	

③ 격막의 불연속	
격막에서 잘려나간 부분이나 Open된 부분이 없으므로 정형임.	
Regular	

④ 면외 어긋남	
수직부재의 횡하중 전달경로에 불연속이 존재하지 않으므로 정형임.	
Regular	

⑤ 비평형 시스템	
횡력저항 수직요소가 전체 횡력저항 시스템에 직교하는 주축에 평행하므로 정형임.	
Regular	

나. 수직비정형성 평가

① 강성 비정형 평가											
X-Dir Stiffness Irregularity Check											
Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Story Drift (m)	Story Shear Force (kN)	Story Stiffness	Upper Story Stiffness		Story Stiffness Ratio	Story Drift Angle Ratio	Remark
							0.7Ku1	0.8Ku123			
RX(RS)	1F	0.00	3.00	0.0002	259.11	14922.01	0.00	0.00	0.000	0.000	Regular
RY(RS)	1F	0.00	3.00	0.0007	108.50	4476.22	0.00	0.00	0.000	0.000	Regular
											Regular
Y-Dir Stiffness Irregularity Check											
Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Story Drift (m)	Story Shear Force (kN)	Story Stiffness	Upper Story Stiffness		Story Stiffness Ratio	Story Drift Angle Ratio	Remark
							0.7Ku1	0.8Ku123			
RX(RS)	1F	0.00	3.00	0.0007	108.66	4469.30	0.00	0.00	0.000	0.000	Regular
RY(RS)	1F	0.00	3.00	0.0027	297.60	1130.90	0.00	0.00	0.000	0.000	Regular
											Regular

② 중량 비정형 평가										
X-Dir Weight Irregularity Check										
Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Story Weight (kN)	Adjacent Story Weight		Story Weight Ratio	Story Drift Angle Ratio	Remark	
					1.5M(Upper) (kN)	1.5M(Lower) (kN)				
RX(RS)	2F	3.00	0.00	1043.700	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular	
RX(RS)	1F	0.00	3.00	0.000	1565.550	0.000	0.000	0.000	Regular	
RY(RS)	2F	3.00	0.00	1043.700	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular	
RY(RS)	1F	0.00	3.00	0.000	1565.550	0.000	0.000	0.000	Regular	
										Regular
Y-Dir Weight Irregularity Check										
Load Case	Story	Level (m)	Story Height (m)	Story Weight (kN)	Adjacent Story Weight		Story Weight Ratio	Story Drift Angle Ratio	Remark	
					1.5M(Upper) (kN)	1.5M(Lower) (kN)				
RX(RS)	2F	3.00	0.00	1043.700	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular	
RX(RS)	1F	0.00	3.00	0.000	1565.550	0.000	0.000	0.000	Regular	
RY(RS)	2F	3.00	0.00	1043.700	0.000	0.000	0.000	0.000	Regular	
RY(RS)	1F	0.00	3.00	0.000	1565.550	0.000	0.000	0.000	Regular	
										Regular

③ 기하학적 비정형 평가	
본 구조물은 수직적인 변화가 130% 이하이므로 기하학적 정형에 해당.	
Regular	

④ 횡력저항 수직 저항요소의 비정형	
면외 어긋남이나, 불연속 부재가 없으므로 정형에 해당.	
Regular	

⑤ 강도의 불연속-약층 평가												
Story	Level (m)	Story Height (m)	Angle1 (Deg)	Story Shear Strength1 (kN)	Upper Story Shear Strength1 (kN)	Story Shear Strength Ratio1	Remark1	Angle2 (Deg)	Story Shear Strength2 (kN)	Upper Story Shear Strength2 (kN)	Story Shear Strength Ratio2	Remark2
			Angle = 0 [Deg]									
			input angle and press 'Apply' button to change angle.	0.00	Apply							
1F	0.00	3.00	0.00	2731.1088	0.0000	0.0000	Regular	90.00	1195.2404	0.0000	0.0000	Regular
												Regular

5.2.5 비정형성 평가결과

대상 건축물의 형상 평가 결과 <표 5.2.5>와 같이 평면 비정형성이 있는 것으로 평가되었다. 이에 대상건축물의 경우 해석법은 동적해석법을 적용하며, 층간변위 검토 시 모서리 변위로 결정한다.

<표 5.2.5> 대상 건축물의 비정형성 평가 결과

구 분	평 가 항 목	검 토 결 과
평면 비정형성 평가	H-1. 비틀림 비정형 평가	Irregular
	H-2. 요철형 평면 평가	Regular
	H-3. 격막의 불연속 평가	Regular
	H-4. 면외 어긋남 평가	Regular
	H-5. 비평행 시스템 평가	Regular
수직 비정형성 평가	V-1. 강성비정형-연층 평가	Regular
	V-2. 중량비정형 평가	Regular
	V-3. 기하학적 비정형 평가	Regular
	V-4. 횡력저항 수직저항 요소의 비정형 평가	Regular
	V-5. 강도의 불연속-약층 평가	Regular

5.2.6 주기 비정형성 검토

선형 정적 절차의 제한사항의 구조물의 지반조건에 따라 산정되는 단주기 영역과 1초 주기의 비율($T = S_{D1}/S_{DS}$)의 3.5배와 구조물의 특성에 따른 기본주기 비를 검토하여 주기에 따른 비정형성을 검토한다.

<표 5.2.6-1> 주기 비정형성 검토 결과

구분	평가항목			검토결과
X 방향	지반의 한계 주기 $3.5T_s$	1.9801	Sec	Regular
	건물의 기본주기 T_x	0.0400	Sec	
Y 방향	지반의 한계 주기 $3.5T_s$	1.9801	Sec	Regular
	건물의 기본주기 T_y	0.2034	Sec	

5.2.7 고차 모드 영향검토

비선형 정적 해석의 평가의 유효성을 판정하기 위하여 모드 참여율이 90% 이상인 해석 모델과 1차 모드만 사용한 해석 모델의 층전단력 차이가 130% 이하인지를 검토하여 고차모드의 영향성을 평가한다.

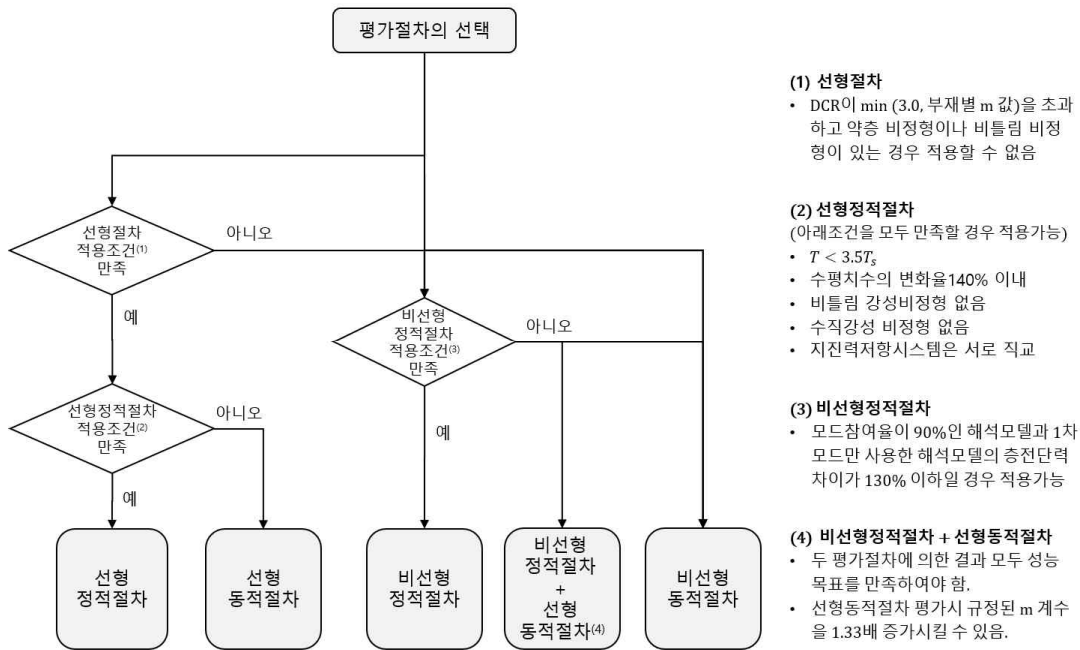
가. X방향 검토

층	층 전단력		전단력비	고차 모드의 영향
	1st Mode (kN)	All Modes (kN)	All Modes /1st Mode	
1F	251	259	1.03	OK

나. Y방향 검토

층	층 전단력		전단력비	고차 모드의 영향
	1st Mode (kN)	All Modes (kN)	All Modes /1st Mode	
1F	268	298	1.11	OK

5.2.8 내진성능평가 절차 선택



대상	선정 평가 방법	비고
1. 구암경로당(하부 RC조)	비선형정적절차	-
2. 구암경로당(상부 조적조)	선형정적절차(m계수법)	-

구암경로당 1층 RC조는 기존 시설물 내진성능평가 항목중 **비선형 정적절차**를 통해 내진성능평가를 수행해야 하는 것으로 나타났다. 2층 옥탑의 경우 조적조로 **선형 정적절차(m계수법)**을 통해 내진성능평가를 수행해야 하는 것으로 나타났다.

5.2.9 조적 허리벽 모델링

6.1.1.1 모델링 개념

(1) 조적체움벽의 면내거동은 트러스 요소를 사용한 등가스트럿으로 모델링할 수 있다.

(2) 등가스트럿은 강성, 강도, 변형능력, 기존골조와의 상호작용 등의 측면에서 실제 체움벽의 거동을 적절히 모사할 수 있어야 하며 이를 위하여 그림 6.1.1과 같은 단일 중심가새의 형태 이외에 다양한 등가압축가새가 사용될 수 있다.

(3) 조적허리벽이 사용된 경우 조적허리벽을 강체로 가정하여 모델링할 수 있다. 그러나 조적조의 평균 줄눈 전단강도가 0.14 MPa 이하이거나 두께가 0.5B일 경우 허리벽의 조기 파괴가 예상되므로 이 규정은 적용하지 않는다.

(4) 조적체움벽의 면외방향의 거동은 면내방향의 거동과 독립적으로 평가한다.

현장조사 결과 조적 허리벽은 모두 0.5B 쌓기이며, ‘기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령, KISTEC2021’에 따라 지진발생시 허리벽의 조기 파괴가 예상되므로 해석모델에 반영하지 않는다.

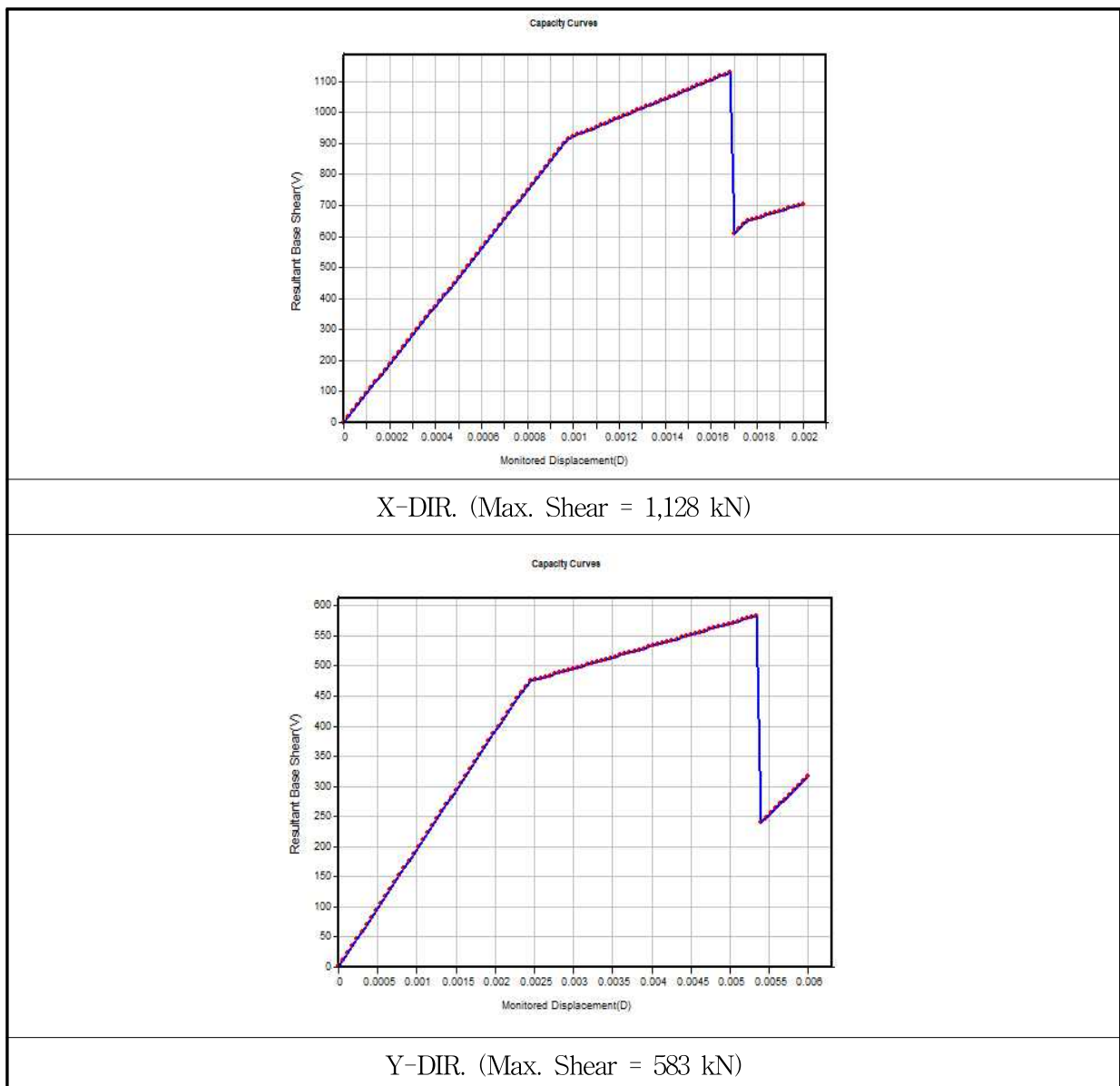
5.3 기존 구조물 내진성능평가

5.3.1 비선형 정적해석 결과

가. 보유내력평가

구암경로당의 경우 1층은 RC조, 2층은 조적조로 이루어져 있다. 따라서 2층 조적조는 하중으로 치환 후 1층에 대한 비선형정적절차 내진성능평가를 수행하였다.

해당 구조물에 대한 비선형 정적해석을 수행한 결과, 다음과 같은 성능곡선을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 그림과 같이 구조물의 보유내력을 나타내는 밑면전단력(Base Shear Strength)은 X방향 약 1,128 kN, Y방향 약 583 kN의 최대 강도를 보유하고 있는 것으로 검토되었다.



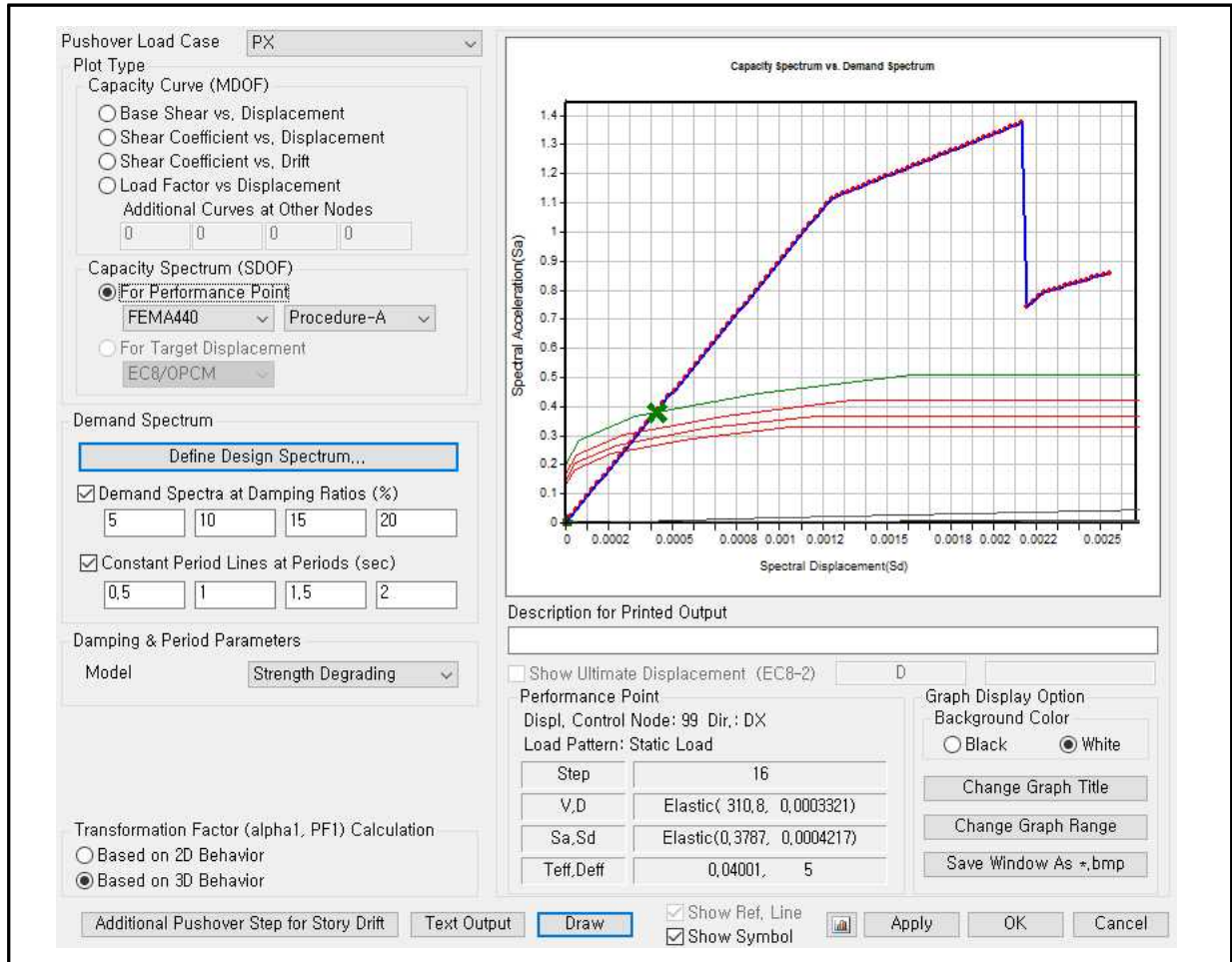
X-DIR. (Max. Shear = 1,128 kN)

Y-DIR. (Max. Shear = 583 kN)

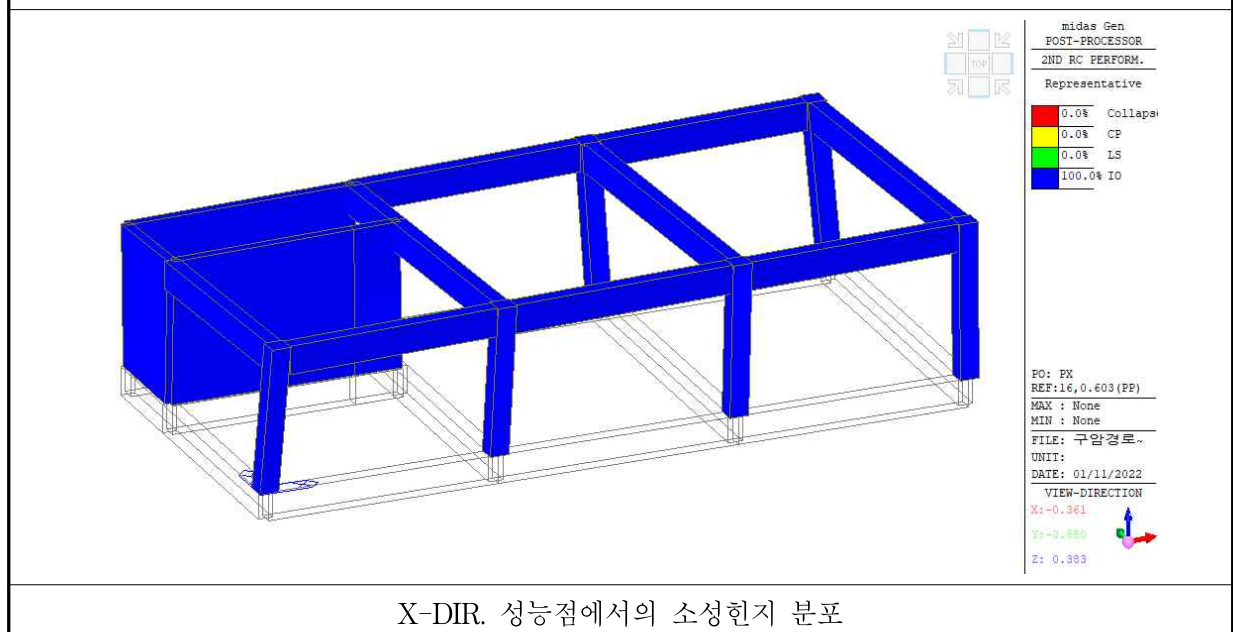
나. 지진하중에 대한 성능점(Performance Point) 및 소성힌지 분포

- X방향 검토

→ 설계지진력 1.2배 지진

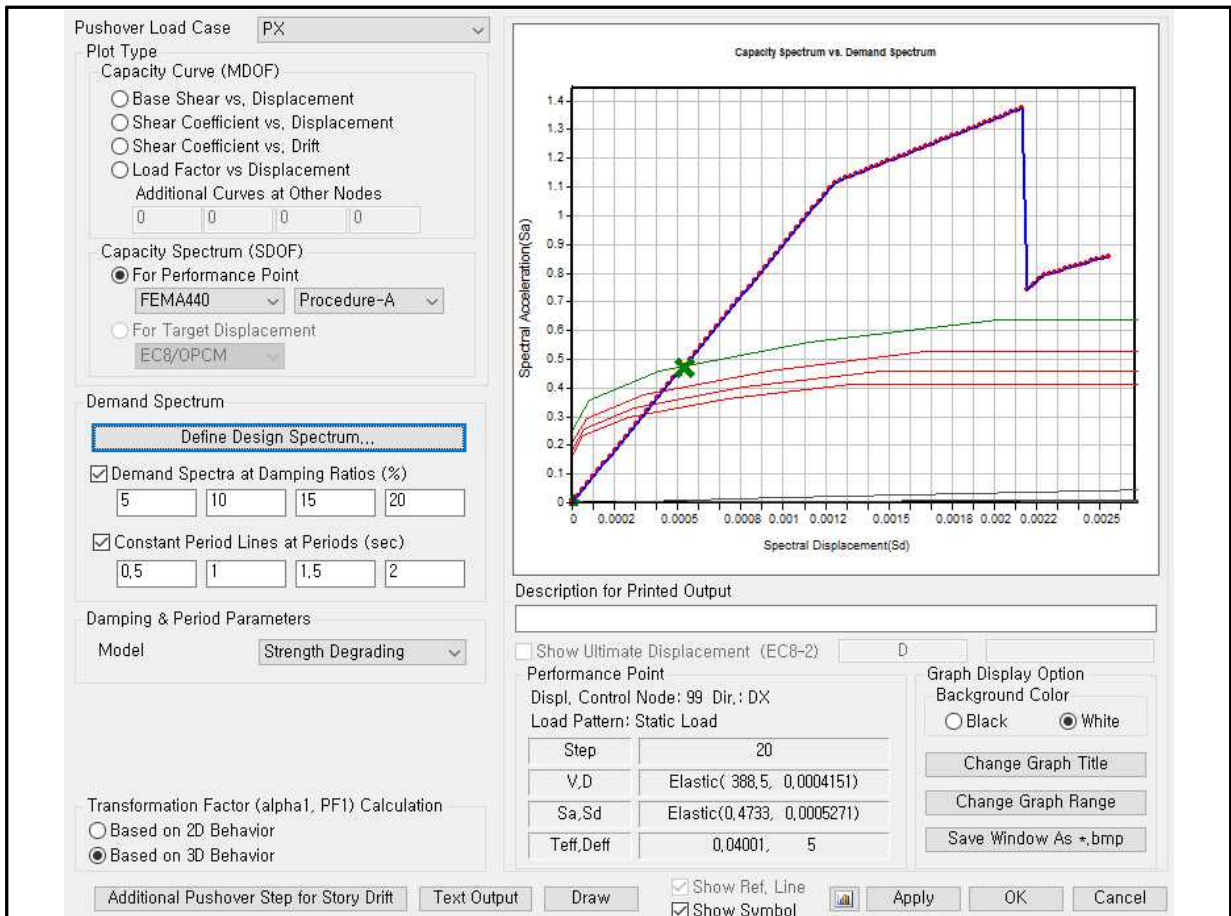


X-DIR. 성능점 형성 --> V = 310.8 kN, D = 0.03 cm

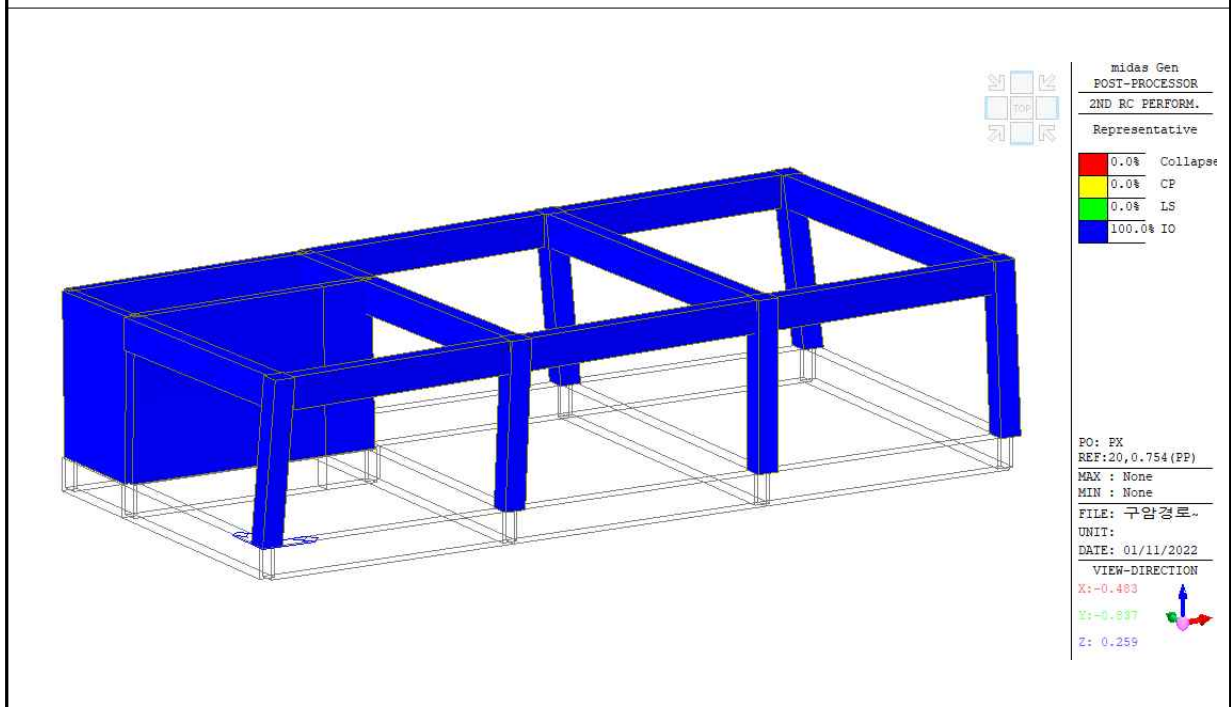


X-DIR. 성능점에서의 소성힌지 분포

→ 설계지진력 1.5배 지진

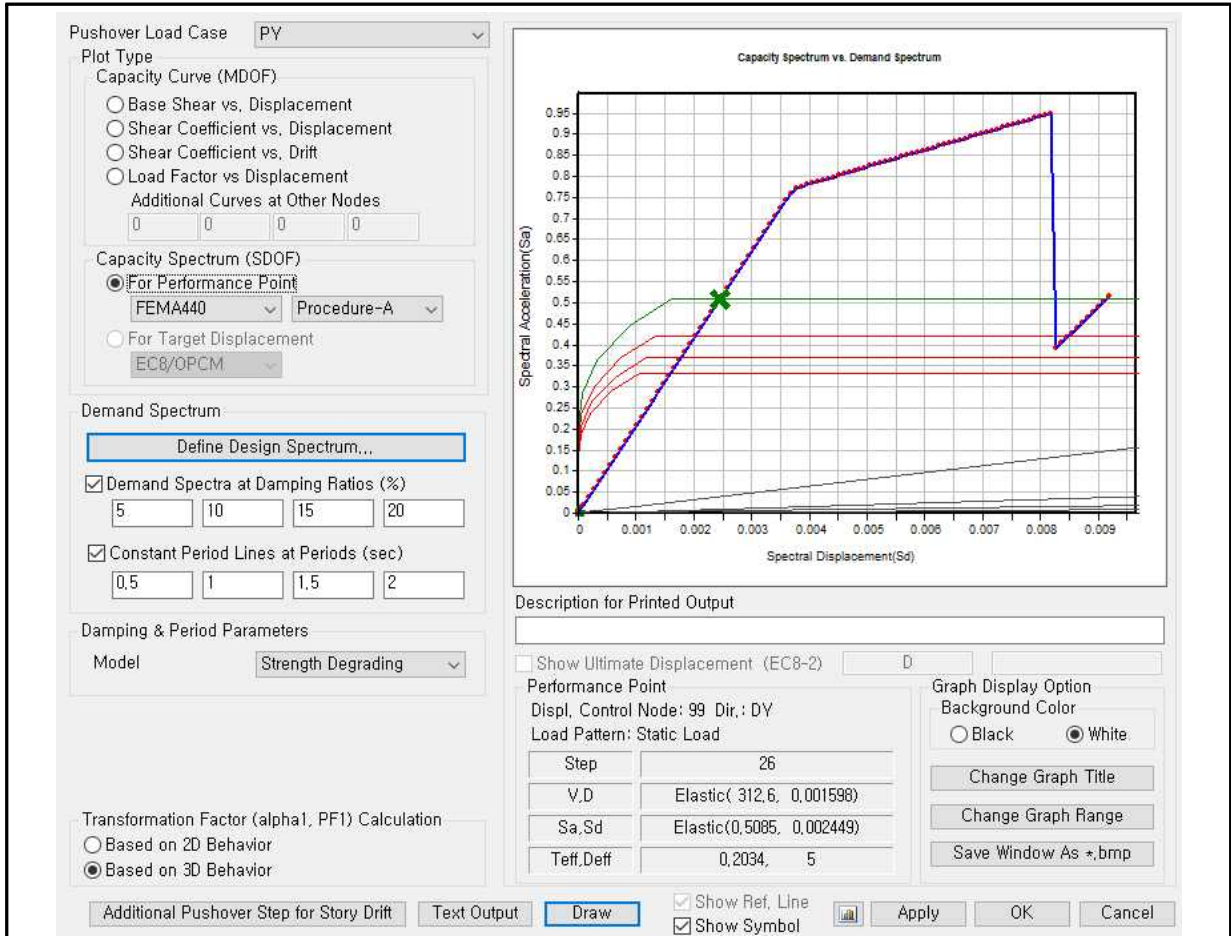


X-DIR. 성능점 형성 --> V = 388.5 kN, D = 0.04 cm

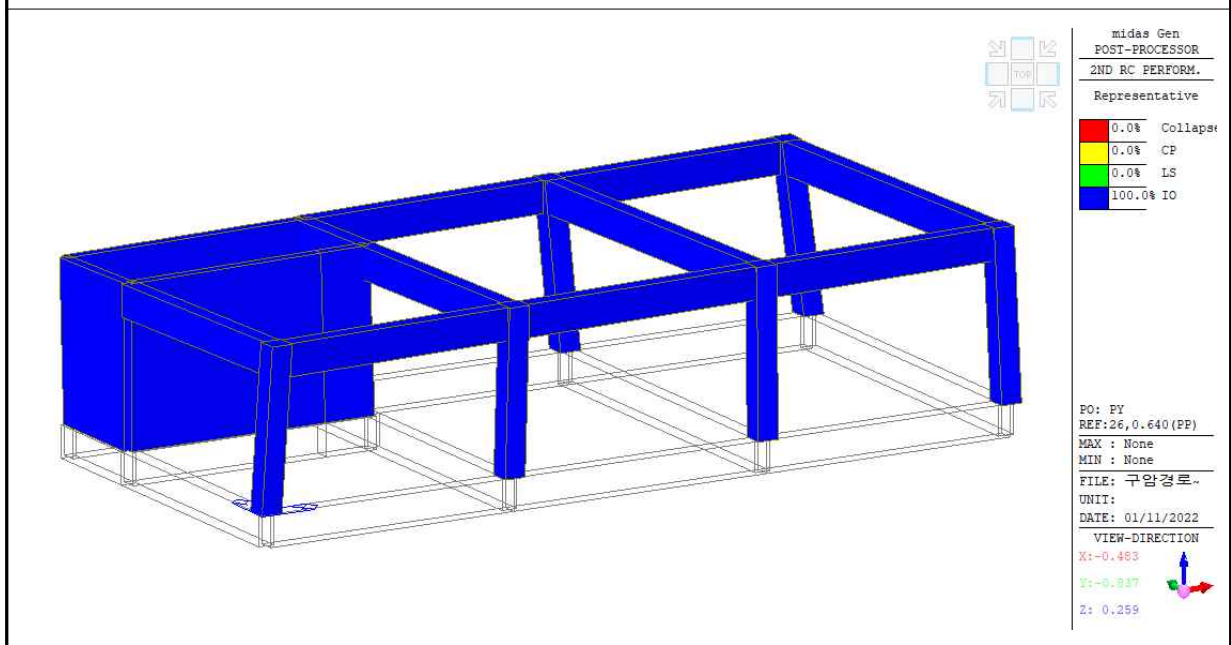


X-DIR. 성능점에서의 소성흔지 분포

- Y방향 검토
- 설계지진력 1.2배 지진

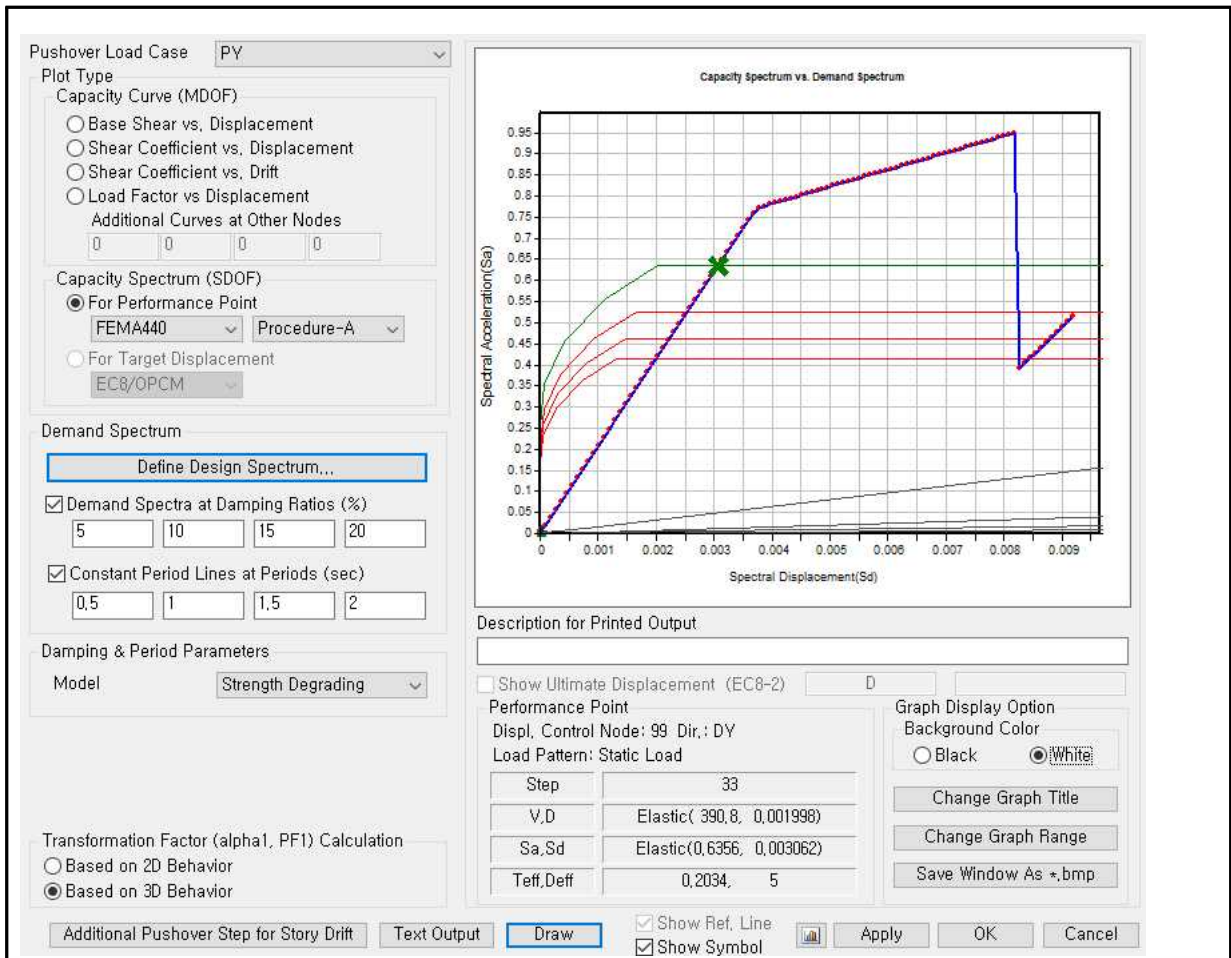


Y-DIR. 성능점 형성 --> V = 312.6 kN, D = 0.1598 cm

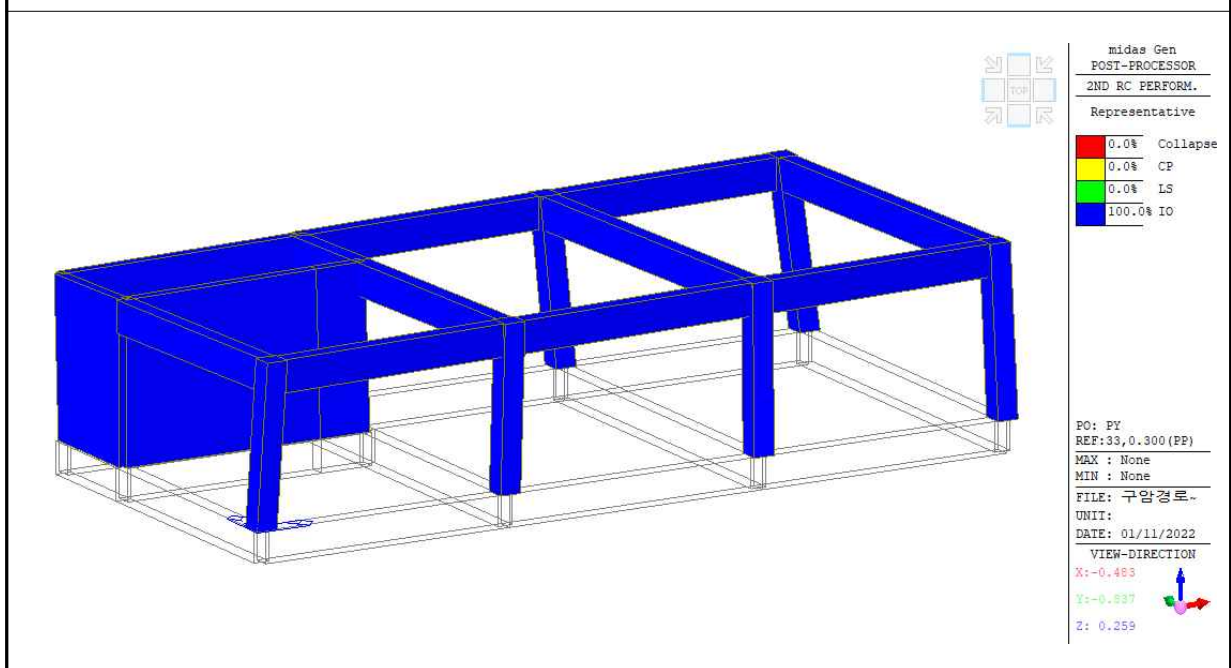


Y-DIR. 성능점에서의 소성힌지 분포

→ 설계지진력 1.5배 지진



Y-DIR. 성능점 형성 --> V = 390.8 kN, D = 0.1998 cm



Y-DIR. 성능점에서의 소성힌지 분포

다. 성능점(Performance Point)에서의 층간변위

- X 방향 검토
- 설계지진력 1.2배 지진

Story	Load Case	Step	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Maximum Drift of All Vertical Elements						
				IO	LS	CP	Node	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark			Performance
										IO	LS	CP	
1F	PX	16(PP)	3.00	0.0035	0.007	0.0105	1	0.0008	0.0003	OK	OK	OK	IO
STRUCTURE PERFORMANCE													
													Performance IO

X-DIR. 성능점에서의 층간변위 - 0.03% : 목표성능(LS:0.70%) 만족

Story Drift Ratio 허용기준 (조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조)		
IO	L.S	C.P
0.35% 이내	0.70% 이내	1.05% 이내

- 설계지진력 1.5배 지진

Story	Load Case	Step	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Maximum Drift of All Vertical Elements						
				IO	LS	CP	Node	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark			Performance
										IO	LS	CP	
1F	PX	20(PP)	3.00	0.0035	0.007	0.0105	1	0.0010	0.0003	OK	OK	OK	IO
STRUCTURE PERFORMANCE													
													Performance IO

X-DIR. 성능점에서의 층간변위 - 0.03% : 목표성능(CP:1.05%) 만족

Story Drift Ratio 허용기준 (조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조)		
IO	L.S	C.P
0.35% 이내	0.70% 이내	1.05% 이내

라. 성능점(Performance Point)에서 연직하중 분담율

- X 방향 검토

→ 설계지진력 1.2배 지진

층	수평부재 분담율 검토			성능 수준	수직부재 분담율검토(%)			성능 수준
	IO	LS	CP		IO	LS	CP	
2F	100%	100%	100%	IO	-	-	-	-
1F	-	-	-	-	100%	100%	100%	IO
최종 성능 판정								IO

→ 설계지진력 1.5배 지진

층	수평부재 분담율 검토			성능 수준	수직부재 분담율검토(%)			성능 수준
	IO	LS	CP		IO	LS	CP	
2F	100%	100%	100%	IO	-	-	-	-
1F	-	-	-	-	100%	100%	100%	IO
최종 성능 판정								IO

- Y 방향 검토

→ 설계지진력 1.2배 지진

층	수평부재 분담율 검토			성능 수준	수직부재 분담율검토(%)			성능 수준
	IO	LS	CP		IO	LS	CP	
2F	100%	100%	100%	IO	-	-	-	-
1F	-	-	-	-	100%	100%	100%	IO
최종 성능 판정								IO

→ 설계지진력 1.5배 지진

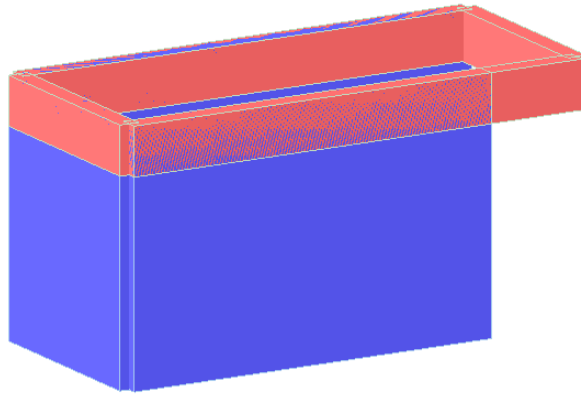
층	수평부재 분담율 검토			성능 수준	수직부재 분담율검토(%)			성능 수준
	IO	LS	CP		IO	LS	CP	
2F	100%	100%	100%	IO	-	-	-	-
1F	-	-	-	-	100%	100%	100%	IO
최종 성능 판정								IO

마. 비선형 정적해석 결과 검토

기존 구조물은 비선형 정적해석 결과, 양방향에 대하여 목표성능을 만족하는 것으로 나타나 내진 보강이 필요 없는 것으로 판단된다.

5.3.2 선형정적해석(m계수법) 결과

비보강 조적조의 경우 조적의 상태를 보통으로 고려하여 평가하였다.



가. 재료강도

조적 재료강도 (MPa)				
조적의 상태		양호	보통	불량
설계 압축강도		6.2	4.1	2.1
설계 인장강도		0.14	0.07	0.0
설계 전단강도	줄눈 밀실	0.19	0.14	0.09
	줄눈 부실	0.076	0.055	0.035
탄성계수(E)		8.2 x 10 ² MPa		
포아송 비		0.25		

나. 하중조합

NO.	Load Combination
cLCB01	1.1DL+0.275LL+1.0EX
cLCB02	1.1DL+0.275LL+1.0EY
cLCB03	1.1DL+0.275LL-1.0EX
cLCB04	1.1DL+0.275LL-1.0EY
cLCB05	0.9DL+1.0EX
cLCB06	0.9DL+1.0EY
cLCB07	0.9DL-1.0EX
cLCB08	0.9DL-1.0EY

다. 검토 결과

1) 비보강조적조 검토 결과

① 기본 지진력의 1.2배 검토

m계수 해석평가를 통해 구조물의 내진성능을 검토한 결과는 아래 표와 같이 양방향으로 목표성능을 만족하지 못하는 것으로 검토되었다.

구분	X방향			Y방향		
	IO	LS	CP	IO	LS	CP
cLCB1	51%	51%	100%	0%	0%	0%
cLCB2	49%	49%	100%	0%	0%	0%
cLCB3	0%	0%	0%	0%	0%	0%
cLCB4	0%	0%	0%	0%	0%	0%
cLCB5	51%	51%	100%	0%	0%	0%
cLCB6	49%	49%	100%	0%	0%	0%
cLCB7	0%	0%	0%	0%	0%	0%
cLCB8	0%	0%	0%	0%	0%	0%
판정	Collapse			Collapse		

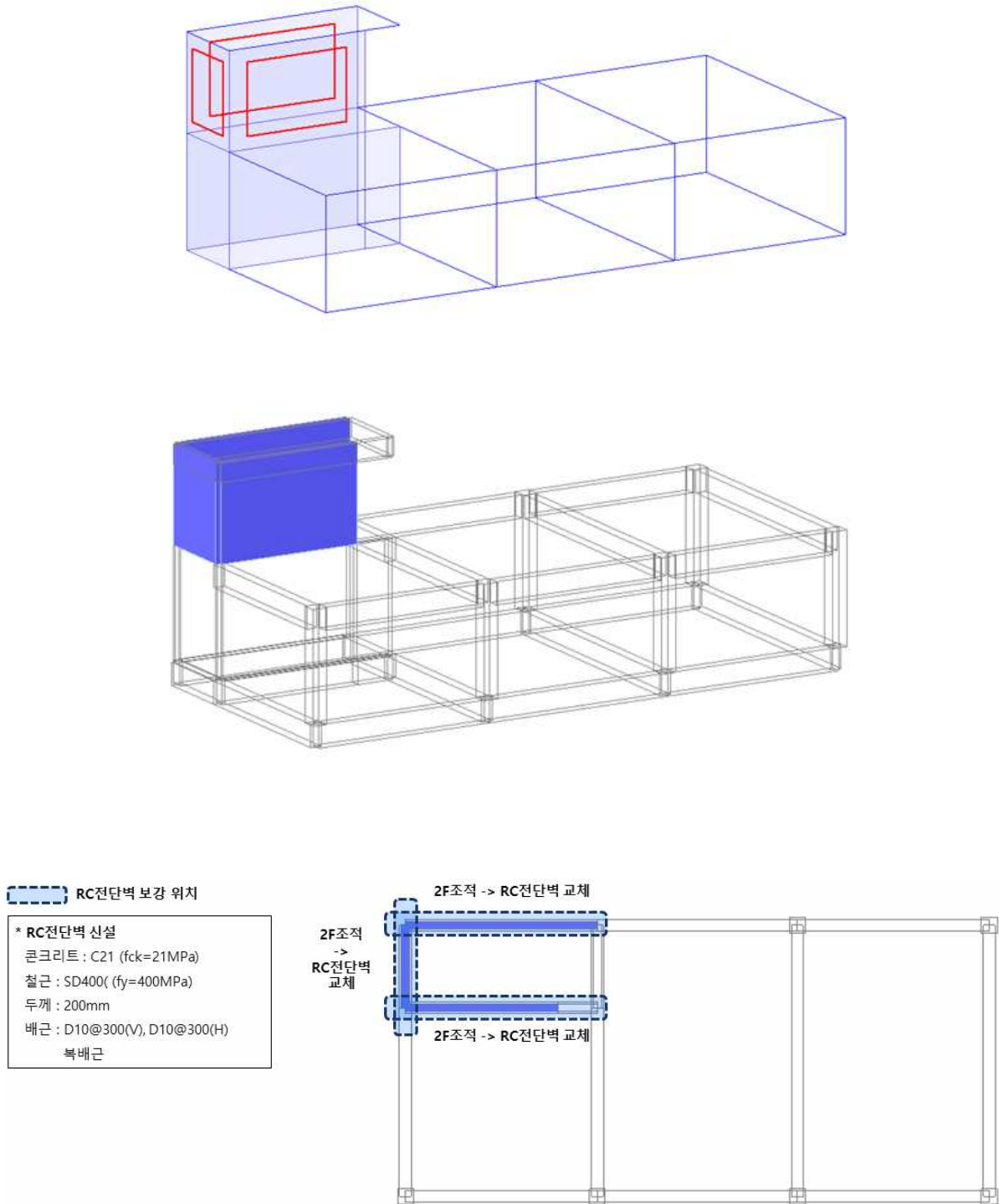
② 기본 지진력의 1.5배 검토

m계수 해석평가를 통해 구조물의 내진성능을 검토한 결과는 아래 표와 같이 양방향으로 목표성능을 만족하지 못하는 것으로 검토되었다.

구분	X방향			Y방향		
	IO	LS	CP	IO	LS	CP
cLCB1	8%	49%	56%	56%	100%	100%
cLCB2	8%	49%	56%	77%	99%	100%
cLCB3	63%	100%	100%	8%	71%	82%
cLCB4	60%	100%	100%	6%	75%	76%
cLCB5	13%	47%	60%	57%	100%	100%
cLCB6	9%	47%	60%	74%	100%	100%
cLCB7	63%	100%	100%	8%	71%	82%
cLCB8	63%	100%	100%	6%	75%	76%
판정	Collapse			Collapse		

5.4 보강 구조물 내진성능평가

5.4.1 보강 개요



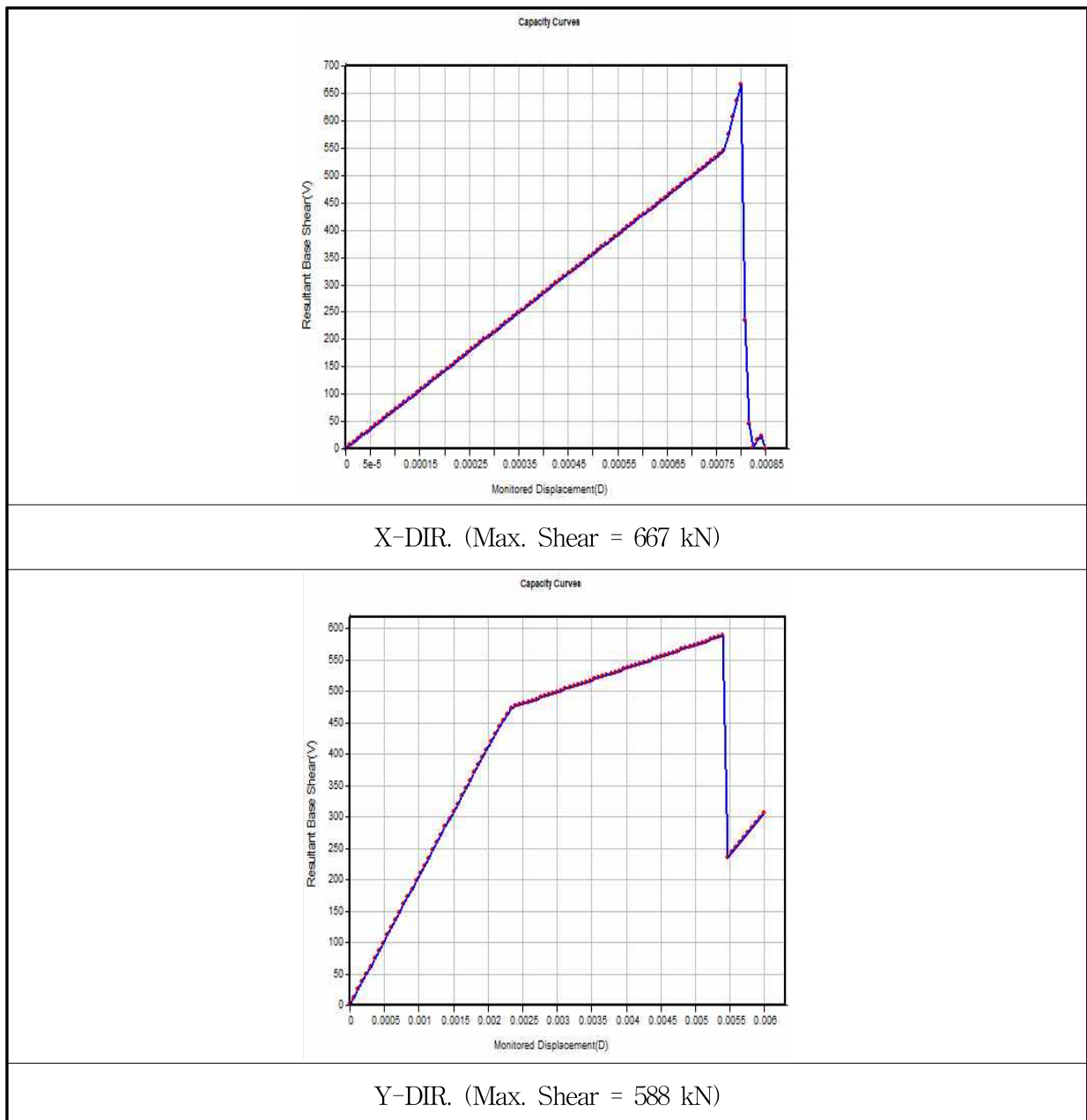
<그림 5.4.1> 보강 위치도

5.4.2 비선형 정적해석 결과

가. 보유내력평가

구암경로당의 경우 1층은 RC조, 2층은 조적조로 이루어져 있다. 따라서 2층 조적조는 하중으로 치환 후 1층에 대한 비선형정적절차 내진성능평가를 수행하였다.

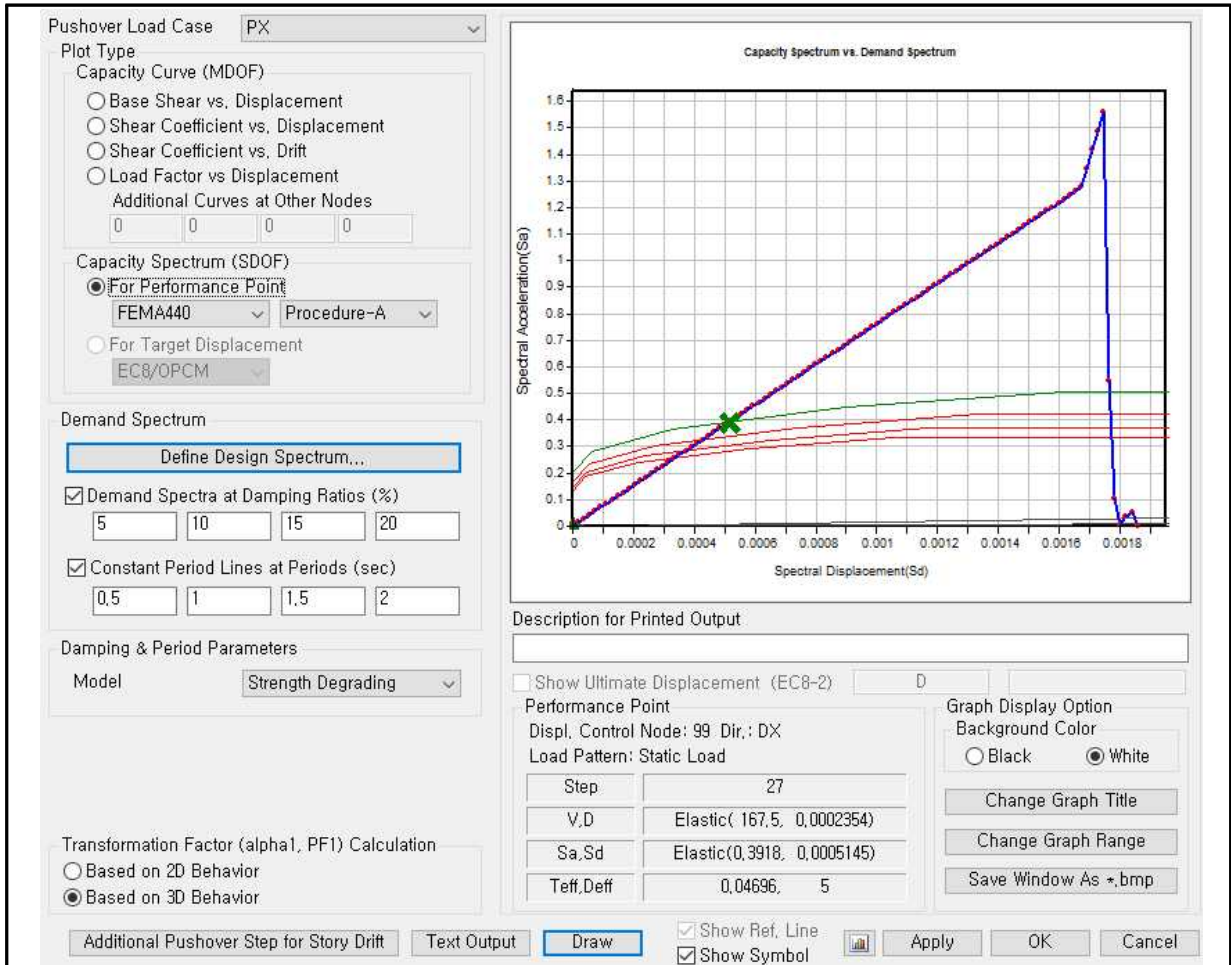
해당 구조물에 대한 비선형 정적해석을 수행한 결과, 다음과 같은 성능곡선을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 그림과 같이 구조물의 보유내력을 나타내는 밑면전단력(Base Shear Strength)은 X방향 약 667 kN, Y방향 약 588 kN의 최대 강도를 보유하고 있는 것으로 검토되었다.



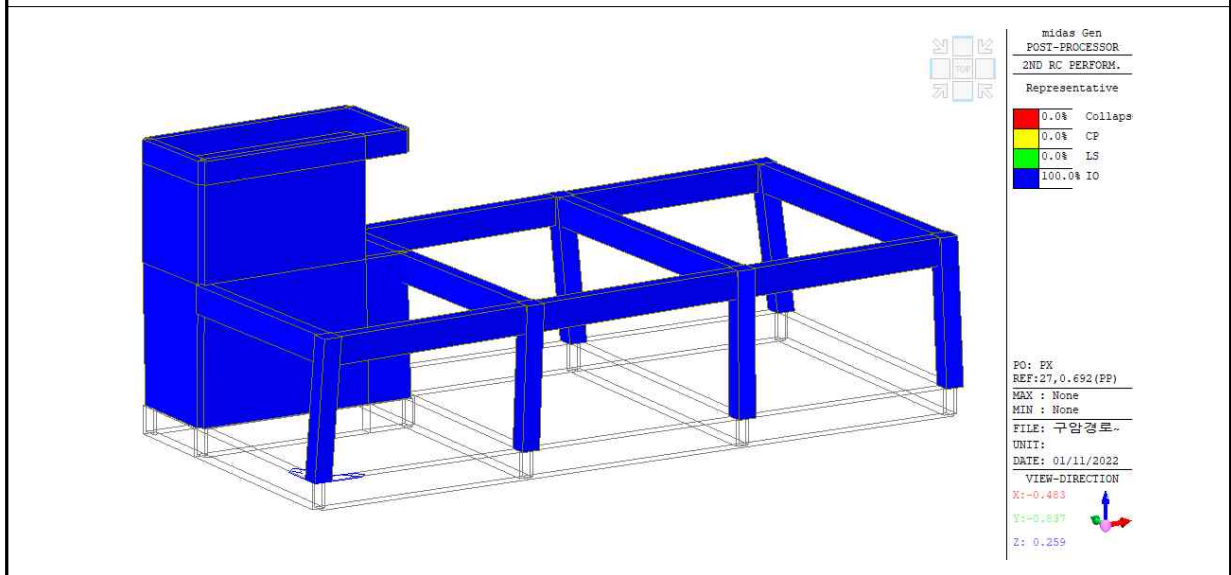
나. 지진하중에 대한 성능점(Performance Point) 및 소성힌지 분포

- X방향 검토

→ 설계지진력 1.2배 지진

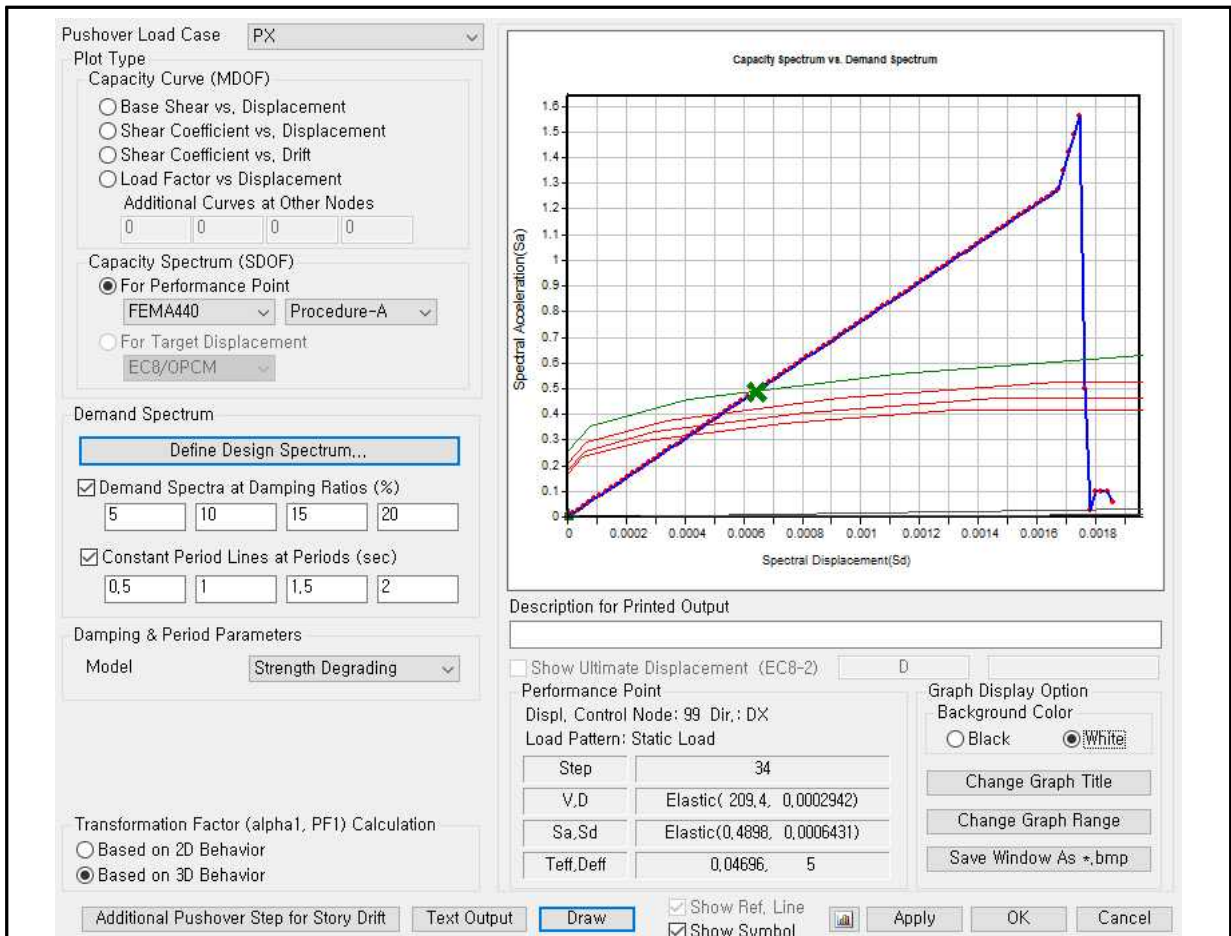


X-DIR. 성능점 형성 --> V = 167.5 kN, D = 0.02 cm

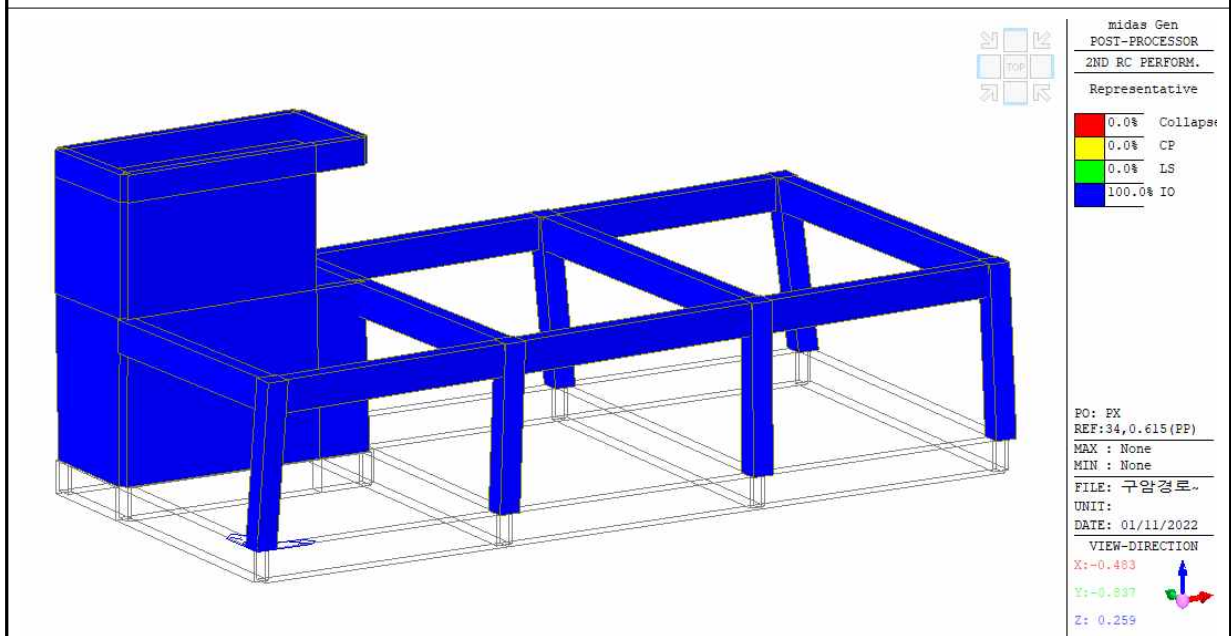


X-DIR. 성능점에서의 소성힌지 분포

→ 설계지진력 1.5배 지진

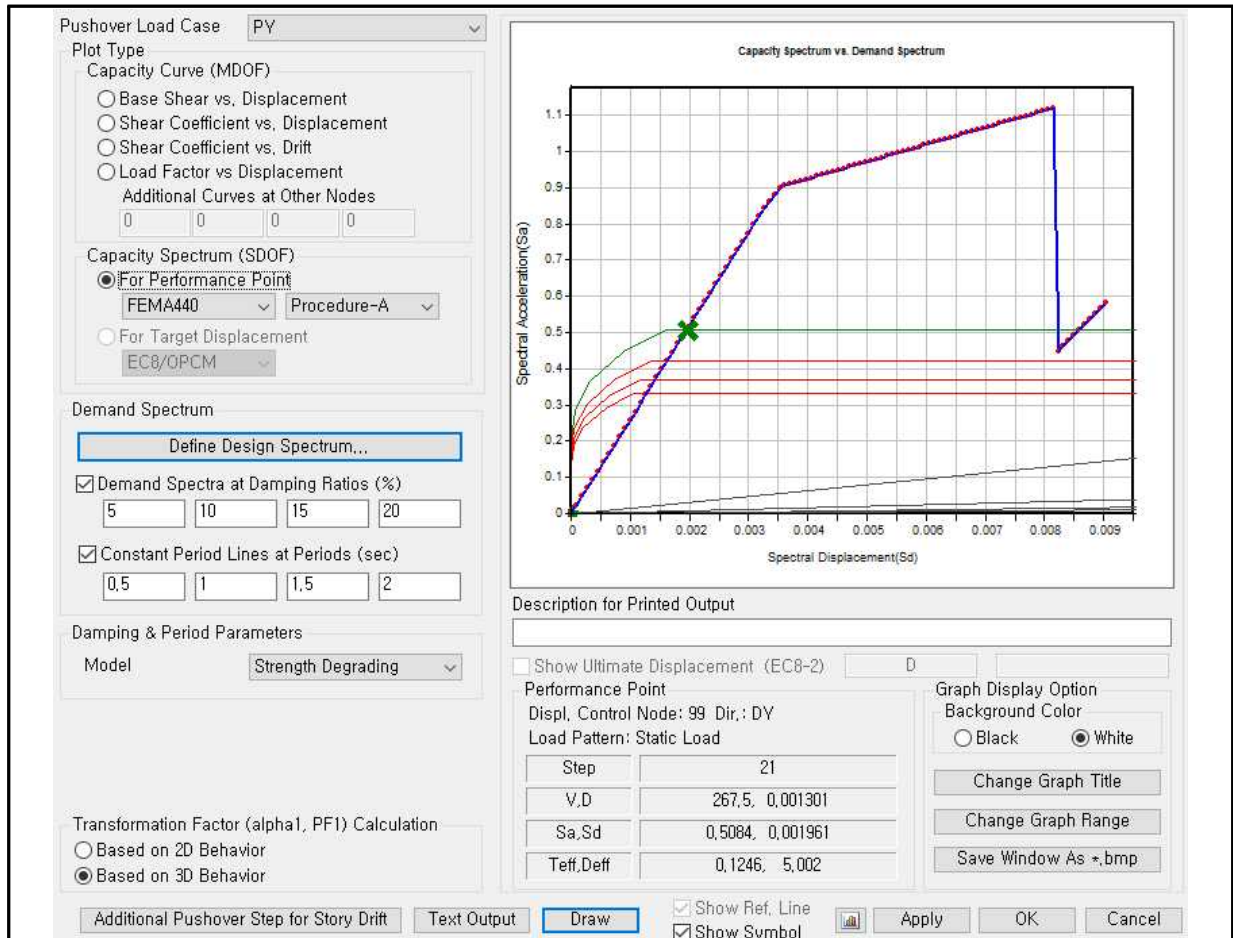


X-DIR. 성능점 형성 --> V = 209.4 kN, D = 0.02 cm

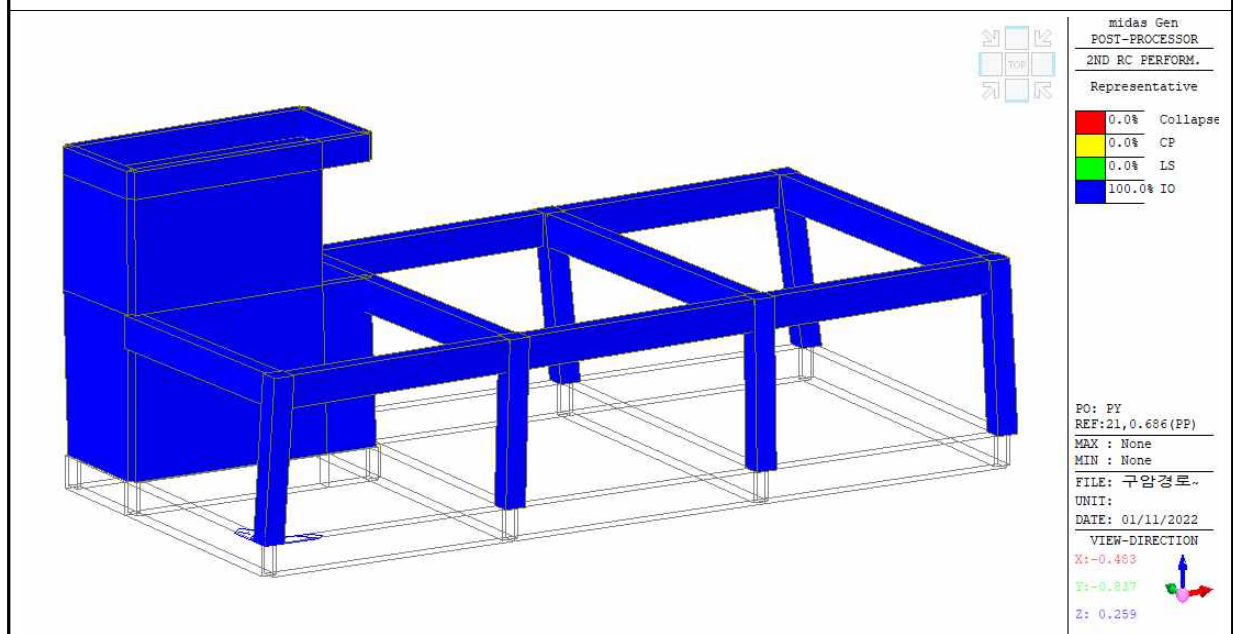


X-DIR. 성능점에서의 소성힌지 분포

- Y방향 검토
- 설계지진력 1.2배 지진

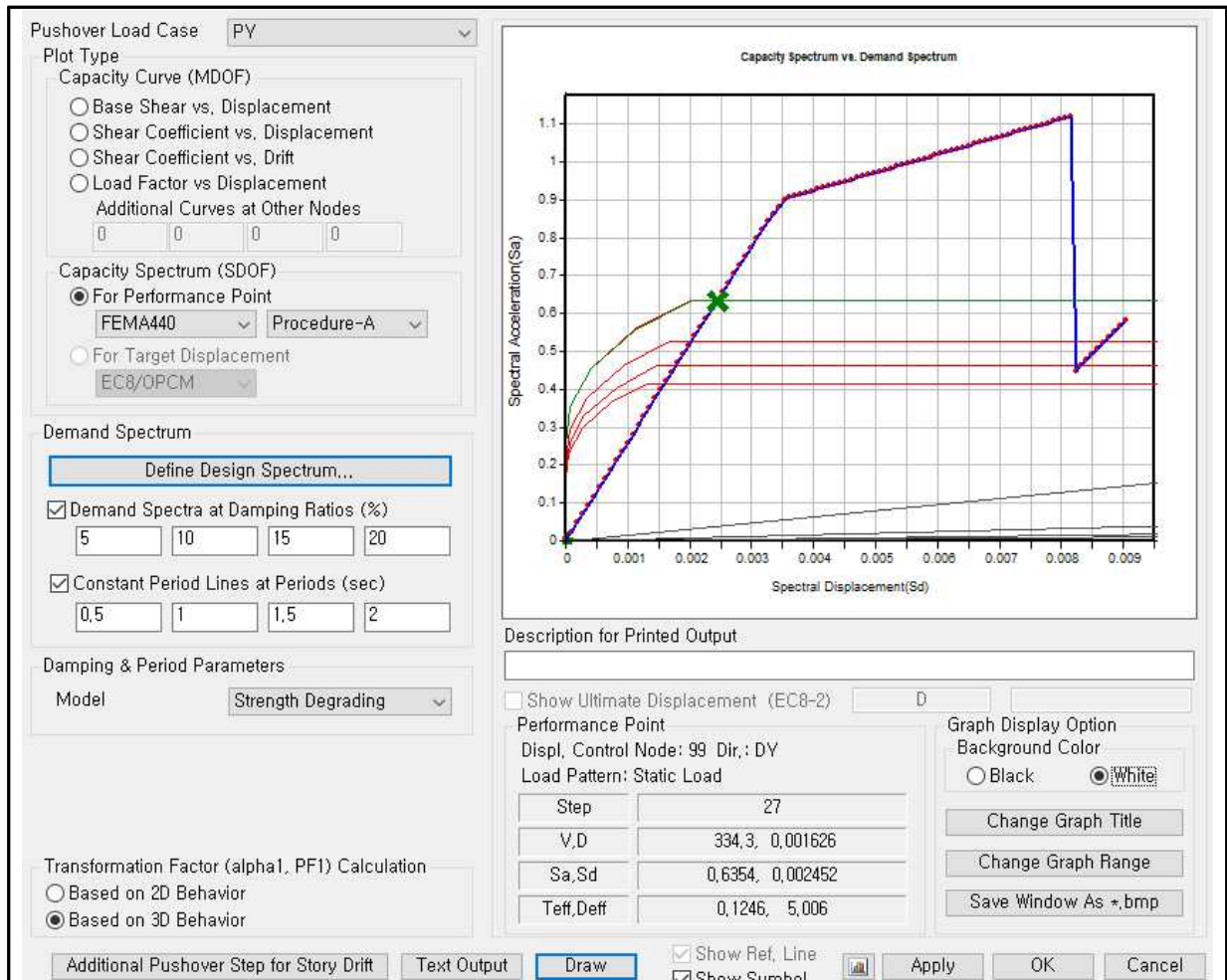


Y-DIR. 성능점 형성 --> V = 267.5 kN, D = 0.1301 cm

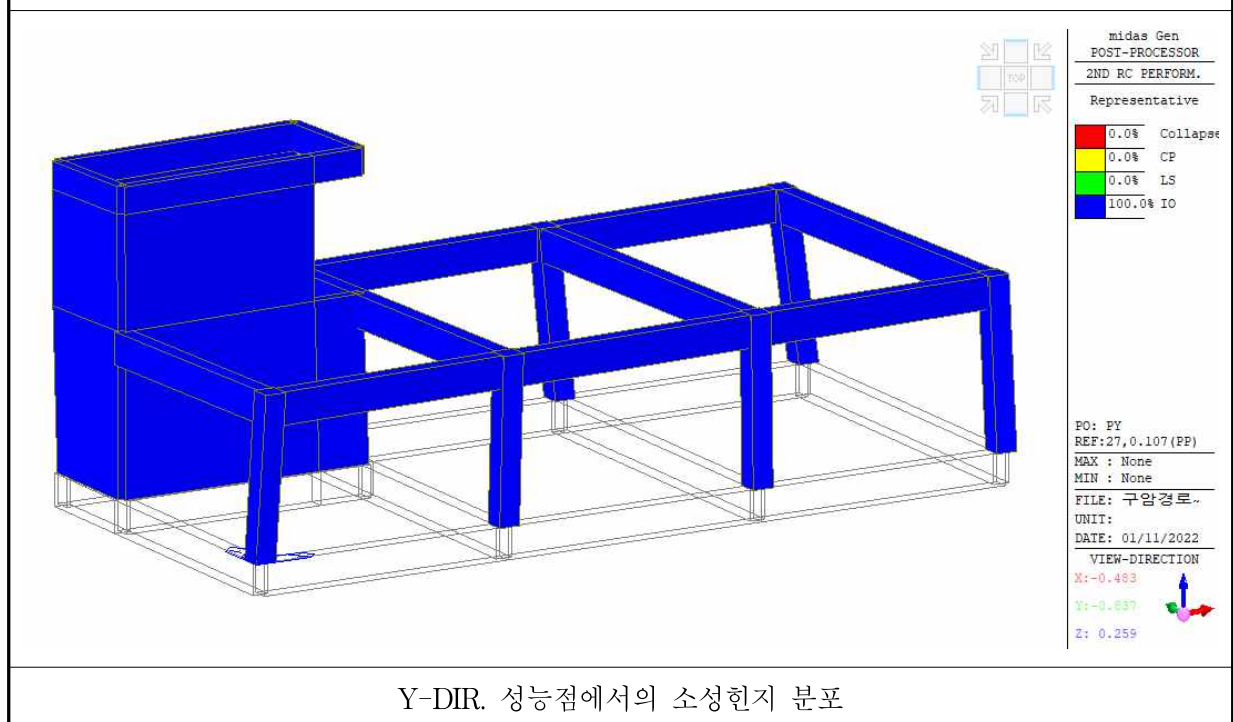


Y-DIR. 성능점에서의 소성흔지 분포

→ 설계지진력 1.5배 지진



Y-DIR. 성능점 형성 --> V = 334.3 kN, D = 0.1626 cm



Y-DIR. 성능점에서의 소성힌지 분포

다. 성능점(Performance Point)에서의 층간변위

- X 방향 검토
- 설계지진력 1.2배 지진

Story	Load Case	Step	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Maximum Drift of All Vertical Elements						
				IO	LS	CP	Node	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark			Performance
										IO	LS	CP	
2F	PX	27(PP)	2.60	0.0035	0.007	0.0105	17	0.0000	0.0000	OK	OK	OK	IO
1F	PX	27(PP)	3.00	0.0035	0.007	0.0105	1	0.0006	0.0002	OK	OK	OK	IO
STRUCTURE PERFORMANCE													
													Performance
													IO

X-DIR. 성능점에서의 층간변위 - 0.02% : 목표성능(LS:0.70%) 만족

Story Drift Ratio 허용기준 (조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조)		
IO	LS	C.P
0.35% 이내	0.70% 이내	1.05% 이내

- 설계지진력 1.5배 지진

Story	Load Case	Step	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Maximum Drift of All Vertical Elements						
				IO	LS	CP	Node	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark			Performance
										IO	LS	CP	
2F	PX	34(PP)	2.60	0.0035	0.007	0.015	17	0.0000	0.0000	OK	OK	OK	IO
1F	PX	34(PP)	3.00	0.0035	0.007	0.015	1	0.0007	0.0002	OK	OK	OK	IO
STRUCTURE PERFORMANCE													
													Performance
													IO

X-DIR. 성능점에서의 층간변위 - 0.02% : 목표성능(CP:1.05%) 만족

Story Drift Ratio 허용기준 (조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조)		
IO	LS	C.P
0.35% 이내	0.70% 이내	1.05% 이내

- Y 방향 검토

→ 설계지진력 1.2배 지진

Story	Load Case	Step	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Maximum Drift of All Vertical Elements						
				IO	LS	CP	Node	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark			Performance
										IO	LS	CP	
2F	PY	21(PP)	2.60	0.0035	0.007	0.0105	14	0.0002	0.0001	OK	OK	OK	IO
1F	PY	21(PP)	3.00	0.0035	0.007	0.0105	4	0.0026	0.0009	OK	OK	OK	IO
STRUCTURE PERFORMANCE													
													Performance IO

Y-DIR. 성능점에서의 층간변위 - 0.09% : 목표성능(LS:0.70%) 만족

Story Drift Ratio 허용기준 (조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조)		
I.O	L.S	C.P
0.35% 이내	0.70% 이내	1.05% 이내

→ 설계지진력 1.5배 지진

Story	Load Case	Step	Story Height (m)	Allowable Story Drift Ratio			Maximum Drift of All Vertical Elements						
				IO	LS	CP	Node	Story Drift (m)	Story Drift Ratio	Remark			Performance
										IO	LS	CP	
2F	PY	27(PP)	2.60	0.0035	0.007	0.0105	14	0.0002	0.0001	OK	OK	OK	IO
1F	PY	27(PP)	3.00	0.0035	0.007	0.0105	4	0.0032	0.0011	OK	OK	OK	IO
STRUCTURE PERFORMANCE													
													Performance IO

Y-DIR. 성능점에서의 층간변위 - 0.11% : 목표성능(CP:1.05%) 만족

Story Drift Ratio 허용기준 (조적채움벽이 있는 RC 모멘트골조)		
I.O	L.S	C.P
0.35% 이내	0.70% 이내	1.05% 이내

라. 성능점(Performance Point)에서 연직하중 분담율

- X 방향 검토

→ 설계지진력 1.2배 지진

층	수평부재 분담율 검토			성능 수준	수직부재 분담율검토(%)			성능 수준
	IO	LS	CP		IO	LS	CP	
RF	100%	100%	100%	IO	-	-	-	-
2F	100%	100%	100%	IO	100%	100%	100%	IO
1F	-	-	-	-	100%	100%	100%	IO
최종 성능 판정								IO

→ 설계지진력 1.5배 지진

층	수평부재 분담율 검토			성능 수준	수직부재 분담율검토(%)			성능 수준
	IO	LS	CP		IO	LS	CP	
RF	100%	100%	100%	IO	-	-	-	-
2F	100%	100%	100%	IO	100%	100%	100%	IO
1F	-	-	-	-	100%	100%	100%	IO
최종 성능 판정								IO

- Y 방향 검토

→ 설계지진력 1.2배 지진

층	수평부재 분담율 검토			성능 수준	수직부재 분담율검토(%)			성능 수준
	IO	LS	CP		IO	LS	CP	
RF	100%	100%	100%	IO	-	-	-	-
2F	100%	100%	100%	IO	100%	100%	100%	IO
1F	-	-	-	-	100%	100%	100%	IO
최종 성능 판정								IO

→ 설계지진력 1.5배 지진

층	수평부재 분담율 검토			성능 수준	수직부재 분담율검토(%)			성능 수준
	IO	LS	CP		IO	LS	CP	
RF	100%	100%	100%	IO	-	-	-	-
2F	100%	100%	100%	IO	100%	100%	100%	IO
1F	-	-	-	-	100%	100%	100%	IO
최종 성능 판정								IO

마. 비선형 정적해석 결과 검토

보강 구조물 비선형 정적해석 결과, 양방향에 대하여 목표성능을 만족하는 것으로 나타나 적절히 내진 보강이 이루어진 것으로 판단된다.

5.5 기초 안전성 검토

기초의 안전성을 검토하기 위한 기초의 기대지지력은 다음과 같이 설계도서에 명시된 기초의 허용지지력과 이에 대한 안전율, 그리고 평가방법에 따른 강도감소 계수 등을 반영하여 산정하였다.

$$q_e = \phi(3.0 q_{all}) \quad \text{식(5-1)}$$

$$Q_e = \phi(3.0 Q_{all}) \quad \text{식(5-2)}$$

여기서,

q_e : 얇은기초의 기대지지력 (MPa)

q_{all} : 설계도서에 명시된 얇은기초의 중력하중 설계용 허용지지력 (MPa)

Q_e : 말뚝기초의 기대지지력 (kN)

Q_{all} : 설계도서에 명시된 말뚝기초의 중력하중 설계용 허용지지력 (kN)

ϕ : 강도감소계수로서 성능기반의 선형절차 및 비선형절차에 모두 1.0을 적용

(1) 허용지지력이 명시된 설계도서가 없는 경우에 「건축구조기준」에 따른 고정하중의 1.0배와 활하중의 0.25배를 적용한 경우의 기초반력을 허용지지력으로 간주할 수 있다.

(2) 설계 당시의 활하중을 조사하여 고정하중의 1.0배와 활하중의 1.0배를 적용한 경우의 기초반력을 허용지지력으로 간주할 수 있다.

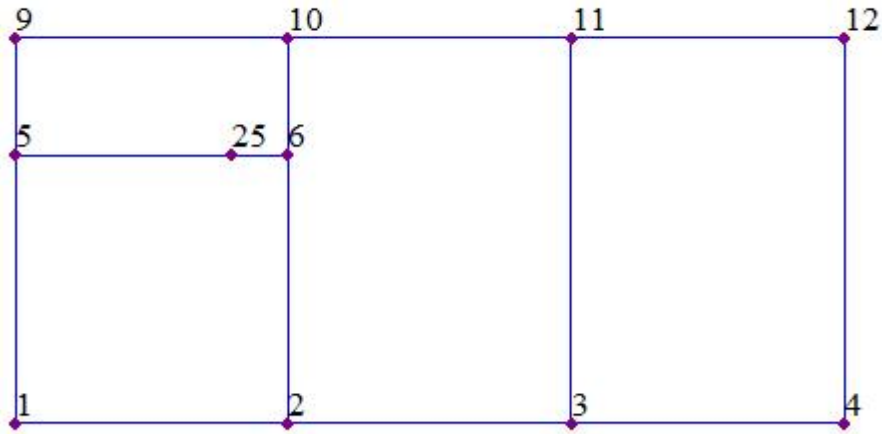
(3) 증축된 건물의 설계 당시 활하중은 증축설계에 적용된 활하중으로 본다.

(4) (1) 또는 (2)를 적용하기 위해서 현재 사용하중 하에서 침하 등의 문제가 없음을 확인하여야 한다.

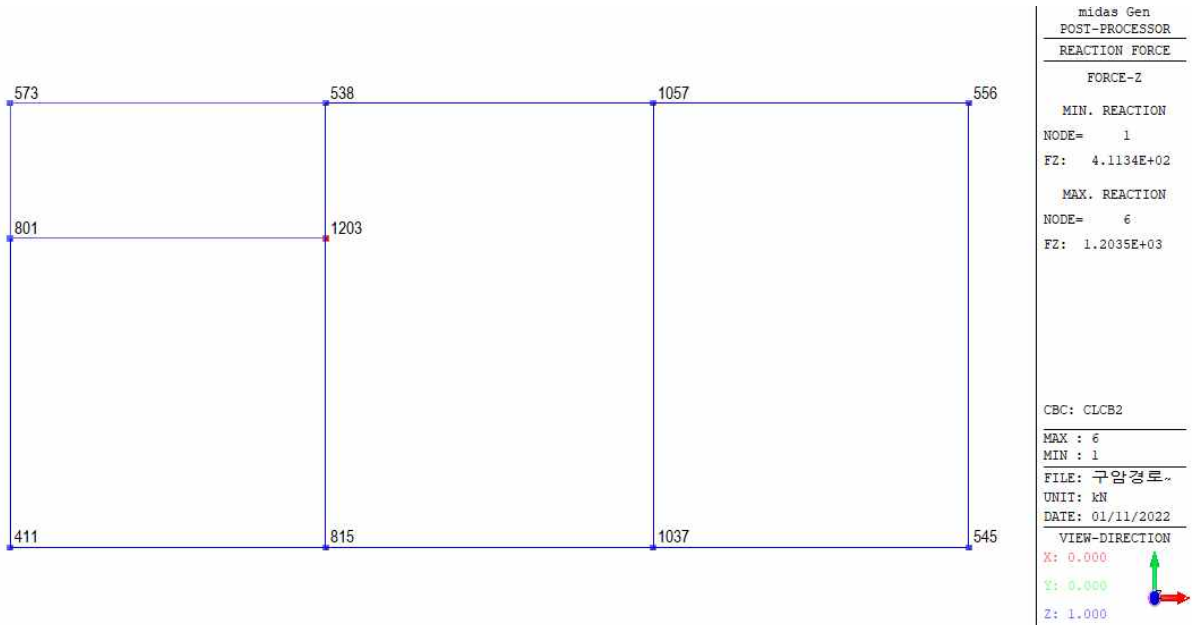
(5) 지반조사를 통해서 기초의 기대지지력을 구할 수 있다

본 구조물은 설계도서가 있고 해당 건물은 파일기초(Ø350 P.C PILE)로 표기되어 있으므로 파일본당 중력하중 설계용 허용지지력을 300kN/EA로 가정하며, 해당 값의 3배 값을 기존 구조물의 지진에 대한 기대 지내력으로 고려하였다.

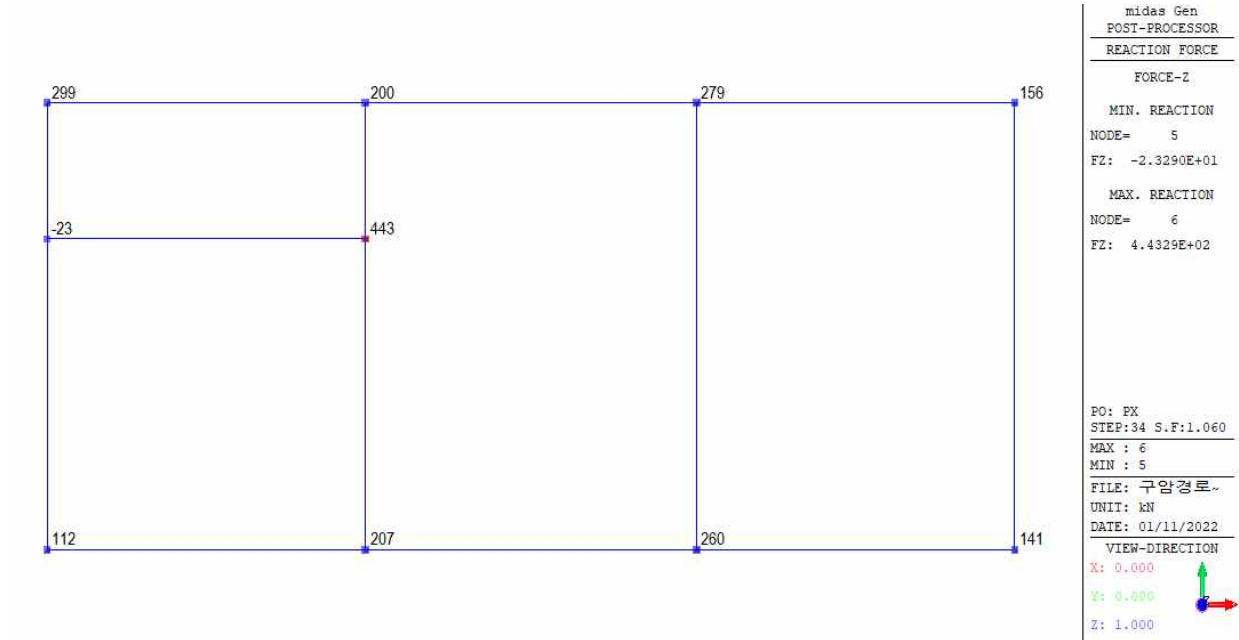
5.5.1 기초안전성 검토 결과



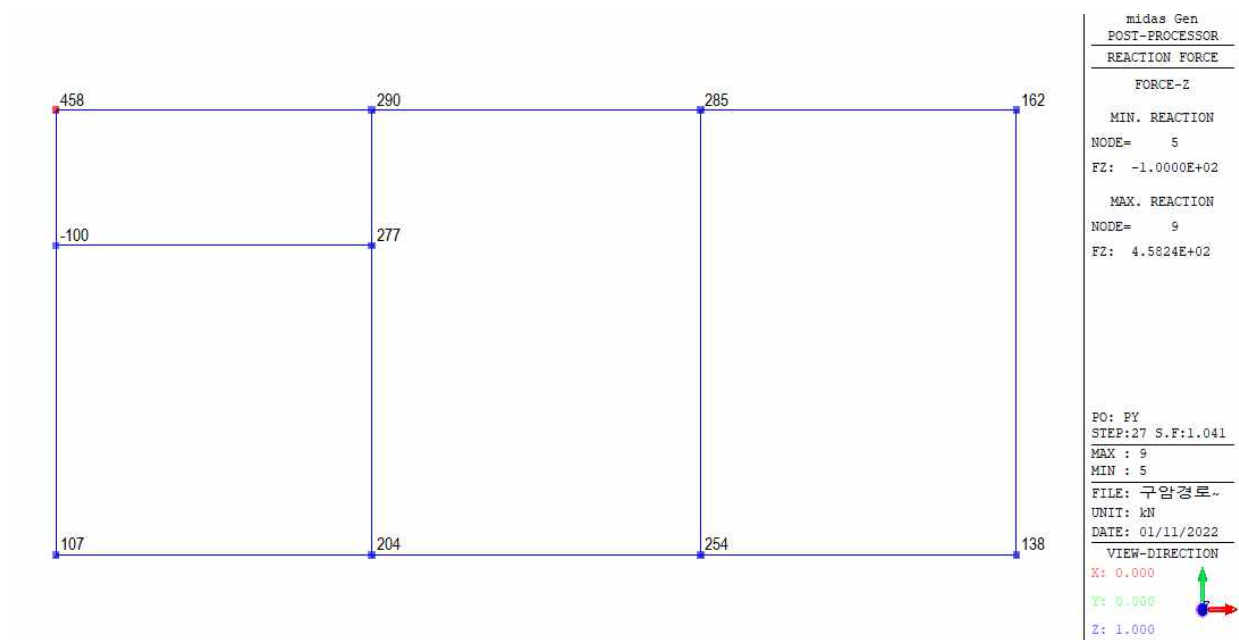
<그림 5.5.1-1> NODE NO.



<그림 5.5.1-2> 기대지지력 (3.0×1.0×(1.0DL+1.0LL))



<그림 5.5.1-3> 설계응답스펙트럼 1.5배 지진수준 X방향 성능점의 지점반력



<그림 5.5.1-4> 설계응답스펙트럼 1.5배 지진수준 Y방향 성능점의 지점반력

- 기초 안전성 검토 결과

<표 5.5.1> 보강구조물 기초 안전성 평가 결과

검토위치	기대지내력 (kN)	작용압축력 (kN)	필요 압축보강량 (허용응력)	필요 인장보강량 (허용응력)	기초보강 여부	기초 보강수량
1	411	112	0	0	필요 없음	-
2	815	207	0	0	필요 없음	-
3	1,036	260	0	0	필요 없음	-
4	545	141	0	0	필요 없음	-
5	813	0	0	0	필요 없음	-
6	1,212	443	0	0	필요 없음	-
9	588	458	0	0	필요 없음	-
10	546	290	0	0	필요 없음	-
11	1,057	285	0	0	필요 없음	-
12	556	162	0	0	필요 없음	-

- 기대지진력 산정 : $3.0 \times 1.0 \times (1.0DL + 1.0LL)$ _ 설계당시하중 적용
- 압축력 산정 : 설계지진력 1.5배 성능점에서의 작용 압축력
- 인발력 산정 : 설계지진력 1.5배 성능점에서의 작용 인발력
- 기초의 자중 및 상부 흙의 토사 등을 100kN으로 고려하여 작용 인발력 산정
- 기초의 들뜸 현상을 인정하고 인발에 대하여 Point Spring Support 를 반영하여 기초 검토를 수행함

5.6 종합결론

“구암경로당” 구조물에 대한 내진성능을 검토하기 위하여 한국시설안전공단&국토교통부에서 발간한 “기존 시설물(건축물)의 내진성능 평가요령”으로 평가를 수행하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

가. 구암경로당 1층 RC조

1) 기존 구조물은 비선형 정적해석 평가 결과, 양방향에 대하여 내진성능수준을 만족하는 것으로 나타나 내진보강이 필요 없는 것으로 평가되었다.

나. 구암경로당 2층 조적조

1) 기존 구조물은 선형정적절차(m계수법) 평가 결과, 양방향에 대하여 내진성능수준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 내진보강이 필요한 것으로 평가되었다.

2) 조적조 철거 후 RC전단벽 신설 보강을 통한 내진보강 계획을 수립하였다.

3) 보강 후 구조물은 비선형 정적해석 결과, 모든 방향으로 성능점, 부재소성 상태, 연직 하중 분담율과 층간변위비가 목표 내진성능수준을 만족하는 것으로 나타났다.

4) 본 구조물은 기초 안전성 평가 결과, 별도의 기초보강이 필요하지 않은 것으로 나타났다.

따라서, 상기 검토 항목들의 결과를 토대로 본 보강 구조물은 부족한 내진성능을 확보하기 위해 적절히 계획되어 KDS 41 17 00에서 제시한 목표 성능수준을 만족하는 것으로 판단된다.

제6장 건축물의 종합평가

6.1 개요

시설물은 장기적이고 체계적인 안전 및 유지관리를 위하여 사용연한 동안에 수행되는 각종 점검·진단과정에서 객관적인 평가가 이루어져야하고, 보수·보강을 합리적으로 이행하고 그 자료를 체계적으로 관리할 수 있도록 하여야 한다.

6.2 상태평가 기준 및 방법

건축물의 상태평가는 평가등급 기준을 설정하고 항목별로 나누어 평가하며, 상태평가등급 판정절차에 따라 종합평가 기준 및 절차를 따르게 된다.

6.2.1 상태평가 등급

건축물에 대한 상태평가등급은 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침에 의거하여 A~E등급의 5단계로 구분하여 매기며, 구체적인 상태평가등급 기준은 다음 표와 같다.

<표 6.2.1> 상태평가 등급 기준

등 급	평 가 점 수		평 가 내 용
	범 위	대 표 값	
A	$0 \leq x < 2$	1	문제점이 없는 최상의 상태
B	$2 \leq x < 4$	3	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C	$4 \leq x < 6$	5	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 건축물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D	$6 \leq x < 8$	7	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	$8 \leq x \leq 10$	9	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 건축물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

6.2.2 조사·시험대상 표본 층 및 산정기준

건축물의 전체 층수와 전체 연면적에 따라 표본 층 또는 단위를 선정하는데 표본 층과 단위의 선정 개소수가 서로 상이할 경우 층수별, 연면적별 표본 층(단위) 중 최대치를 기준으로 하여 표본 층(단위)를 선정한다.

<표 6.2.2-1> 층수별 재료시험 대상 표본 층 선정기준

구 분	수량기준	
	정밀안전점검	정밀안전진단
고층(21층~30층)	4개층 이상	6개층 이상
중·고층(11층~20층)	3개층 이상	4개층 이상
중층(6층~10층)	2개층 이상	3개층 이상

* 31층 이상인 경우에는 10층마다 정밀점검은 1개층씩, 정밀안전진단은 2개층씩을 증가함.

* 층수는 지하층까지 포함된 층수임

<표 6.2.2-2> 연면적별 재료시험 대상 표본 단위 선정기준

연면적	수량기준	
	정밀안전점검	정밀안전진단
50,000~75,000m ²	4개 단위 이상	6개 단위 이상
25,000~19,999m ²	3개 단위 이상	4개 단위 이상
1~24,999m ²	2개 단위 이상	3개 단위 이상

* 75,000m² 이상인 경우에는 25,000m² 마다 정밀점검 1개 단위씩, 정밀안전진단은 2개 단위씩 증가함.

6.2.3 상태평가 결과 산정 기준

상태평가 결과 산정은 각 부재별 및 항목별로 현장조사·시험한 결과에 해당하는 대표 값을 다음 표와 같이 산정하여 평가점수를 부여하고, 그 결과를 기준으로 각 항목별 평가등급을 결정한다.

〈표 6.2.3〉 상태평가 결과 및 점수 산정기준

구 분	평가항목	상태평가 결과 및 점수의 산정방법	비고
철근콘크리트 라멘조 철골·철근콘 크리트조	강도	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	균열	부재 평가점수: 단위부재의 조사한 균열 폭 및 면적율에 해당하는 평가점수 의 평균값 부재 대표 값 : 결함·손상부재를 포함해 평가대상 부재수의 최소범위에 대한 결함·손상부재의 평가점수의 평균 값	-최소범위: · 기둥, 벽: 각 전체부재의 20% · 보, 슬래브: 각 전체부재의 30%
철근콘크리트 벽식구조	중성화	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
프리캐스트 콘크리트조	염화물 함유량	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
무량판조 조적조	철근부식	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	표면노후	부재 평가점수: 단위부재의 조사한 균열 폭 및 면적율에 해당하는 평가점수 의 평균값 항목 평가점수 : 결함·손상부재를 포함해 평가대상 부재수의 최소범위에 대한 결함·손상부재의 평가점수의 평균 값 부재 대표 값 : 항목 평가점수의 최저 값	-최소범위: · 기둥, 벽: 각 전체부재의 20% · 보, 슬래브: 각 전체부재의 30%
철골조 철골·철근콘 크리트조	강재규격 및 강도	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 해당하는 평가점수 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	접합상태	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 해당하는 평가점수 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	용접접합 볼트접합
	강재 부식도	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 해당하는 평가점수 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	접합재 부식도	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 해당하는 평가점수 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	용접접합 볼트접합
	내화피복	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
공 통	변위 변형	수평기울기 : 측정결과의 최저값에 해당하는 평가점수	처짐 및 부동침하 에 의한 구조 및 부재의 기울기
		수직기울기 : 측정결과의 최저값에 해당하는 평가점수	

6.2.4 상태평가 항목별 기준

각 평가항목에 대한 평가기준은 그 상태에 따라 a~e의 5단계로 매기고, 각 평가기준에 해당하는 평가점수는 각 표와 같다.

가. 콘크리트 강도

<표 6.2.4-1> 콘크리트 강도에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가기준	평가점수(대표값)
a	$ac \geq 100\%$	1
b	$c \geq 100\%$ (경미한 손상 있음)	3
c	$85\% \leq ac < 100\%$	5
d	$70\% \leq ac < 85\%$	7
e	$ac < 70\%$	9

* $ac = (\text{측정강도} \div \text{설계기준강도}) \times 100\%$

나. 콘크리트 균열

<표 6.2.4-2> 콘크리트 균열에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가점수 (대표값)	평가 기준		
		최대 균열 폭 : cw(단위:mm)	면적률* 20%이하	면적률 20%이상
a	1	$cw < 0.1$	a	a
b	3	$0.1 \leq cw < 0.2$	b	c
c	5	$0.2 \leq cw < 0.3$	c	d
d	7	$0.3 \leq cw < 0.5$	d	e
e	9	$0.5 \leq cw$	e	e

* 면적률(%) = $\frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{\text{점검단위면적}} \times 100$

* 균열발생면적 산정은 균열길이 당 25cm의 폭을 차지하는 것으로 계산
(단, 벽체 및 슬래브 등의 판재에만 적용)

다. 콘크리트 탄산화

<표 6.2.4-3> 콘크리트 탄산화에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가 기준	평가점수(대표값)
a	$Ct * \leq 0.25D$	1
b	$0.25D < Ct \leq 0.5D$	3
c	$0.5D < Ct \leq 0.75D$	5
d	$0.75D < Ct \leq D$	7
e	$Ct > D$	9

*Ct : 콘크리트 탄산화 깊이(cm), **D : 측정된 철근의 피복두께(cm)

라. 표면노후

1) 박리

<표 6.2.4-4> 콘크리트 박리에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가점수 (대표값)	평가기준		
		박리깊이 : sc (단위:mm)	면적율 10%이하	면적율 10%이상
a	1	sc = 0	a	a
b	3	$0 < sc < 0.5$	b	c
c	5	$0.5 \leq sc < 1.0$	c	d
d	7	$1.0 \leq sc < 25$	d	e
e	9	$25 \leq sc$	e	e

2) 박락 및 층분리

<표 6.2.4-5> 콘크리트 박락 및 층분리에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가점수 (대표값)	평가기준		
		박락, 층분리깊이 : sd (단위:mm)	면적율 20%이하	면적율 20%이상
a	1	sd = 0	a	a
b	3	$0 < sd < 15$	b	c
c	5	$15 \leq sd < 20$	c	d
d	7	$20 \leq sd < 25$	d	e
e	9	$25 \leq sd$ (혹은 조골재 손실)	e	e

3) 누수 및 백태

<표 6.2.4-6> 누수 및 백태에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가기준	평가점수(대표값)
a	누수 및 백태 발생 없음	1
b	누수부위가 건조한 상태의 경미한 누수흔적이 있거나, 백태발생 면적율 5%미만	3
c	누수부위가 습윤한 상태의 현저한 누수흔적이 있거나, 백태발생 면적율 5%~10%미만	5
d	누수의 진행이 관찰가능하거나, 백태발생 면적율 10~20%미만	7
e	누수의 진행이 확연하거나, 백태발생 면적율 20%이상	9

4) 철근노출

<표 6.2.4-7> 콘크리트 철근노출에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가 기준	평가점수(대표값)
a	$ra^* = 0$	1
b	$0 < ra < 1.0\%$	3
c	$1.0 \leq ra < 3.0\%$	5
d	$3.0 \leq ra < 5.0\%$	7
e	$5.0\% \leq ra$	9

$$* ra : \text{철근노출 면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{\text{점검단위면적}} \times 100$$

마. 변위·변형

<표 6.2.4-8> 부재의 변위·변형에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가기준 (보 및 슬래브의 처짐)	평가점수(대표값)
a	L/480 이하	1
b	L/480 이하(경미한 손상)	3
c	L/240 이하	5
d	L/150 이하	7
e	L/150 초과	9

* L : 경간길이 (cm)

바. 기울기(부동침하)

<표 6.2.4-9> 건축물의 기울기에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가기준		평가점수(대표값)
	기울기(각변위)	내 용	
a	1/750 이내	예민한 기계기초의 위험 침하 한계	1
b	1/500 이내	구조물의 균열발생 한계	3
c	1/250 이내	구조물의 경사도 감지	5
d	1/150 이내	구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계	7
e	1/150 초과	구조물이 위험할 정도	9

* 시공오차를 제외한 순 기울기

* 건축물의 수직·수평기울기

사. 강제규격 및 강도

강제규격 및 강도에 대한 상태평가등급 판정은 하나의 부재에서 조사·시험한 부재규격의 평가등급과 강제강도의 평가등급 중에 낮은 평가등급을 택하는 것으로 한다.

1) 부재단면의 규격

<표 6.2.4-10> 부재단면의 규격에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가기준	평가점수(대표값)
a	$100\% \leq s^*$	1
b	$95\% \leq s < 100\%$	3
c	$90\% \leq s < 95\%$	5
d	$75\% \leq s < 90\%$	7
e	$s < 75\%$	9

* $s = (\text{측정 단면적} \div \text{설계 단면적}) \times 100\%$

2) 강재 강도

<표 6.2.4-11> 강재강도에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가기준	대표값
a	$100\% \leq aS^*$	1
b	$95\% \leq aS < 100\%$	3
c	$90\% \leq aS < 95\%$	5
d	$75\% \leq aS < 90\%$	7
e	$aS < 75\%$	9

* $aS = (\text{측정강도} \div \text{설계기준강도}) \times 100\%$

아. 강재 접합부

1) 용접부 결함

<표 6.2.4-12> 강재 용접부 결함에 대한 상태평가 기준

대표등급	평가기준	평가점수(대표값)
a	결함이 없는 최상의 상태	1
b	국부적인 미세결함이 있는 양호한 상태	3
c	부분적으로 결함이 있는 보통의 상태	5
d	광범위하게 결함이 발생되어 내력저하의 우려가 있는 불량한 상태	7
e	내력저하가 심각히 우려되는 매우 불량한 상태	9

2) 볼트 접합부

<표 6.2.4-13> 강재 접합볼트 누락, 풀림 및 이완상태 등에 대한 상태평가 기준

대표등급	평가기준	평가점수(대표값)
a	결함이 없는 최상의 상태	1
b	$Tl < 5\%$	3
c	$5\% \leq Tl < 10\%$	5
d	$10\% \leq Tl < 30\%$	7
e	$30\% \leq Tl < 100\%$	9

* $Tl : \text{토크치 부족율}(\%) = \frac{\text{부족토크치}}{\text{설계토크치}} \times 100$

또는 접합볼트너트 결함률(%) = $\frac{\text{볼트너트누락또는풀림갯수}}{\text{설계상볼트너트수}} \times 100$

자. 강제 부식

<표 6.2.4-14> 강제부식에 대한 상태평가 기준

평가 등급	평 가 기 준		평가점수 (대표값)
	도장하였을 때	도장하지 않았을 때	
a	부식이 전혀 없던가 또는 평활면의 도막은 다소 울퉁불퉁함을 일으키고 부풀어 있는 상태	안정화된, 얇고 치밀한 검은색의 녹이 피막을 형성한 상태	1
b	도막의 울퉁불퉁함이나 부풀은 것이 모서리에 연속적인 부식이 심하게 발생했거나 평활면에 부식이 발생한 정도	부식이 상당히 진전되었지만 두께 허용치를 만족할 때	3
c	판두께의 감소가 평균하여 10%미만		5
d	판두께의 감소가 평균하여 10%이상 15%미만		7
e	판두께의 감소가 평균하여 15%이상		9

차. 접합재 부식도

1) 용접접합부 부식

<표 6.2.4-15> 강제 용접접합부 부식에 대한 상태평가 기준

평가 등급	평가점수 (대표값)	평가기준		강제의 부식환경	
		부식 정도	상태계수 (α)	부식환경 조건	부식환경 계수(β)
a	1	부식이 전혀 없던가 또는 용접재의 도막은 다소 울퉁불퉁함을 일으키고 부풀어 있는 상태	1	건조환경	1.0
b	3	도막의 울퉁불퉁함이나 부풀은 것이 모서리에 연속적인 부식이 심하게 발생했거나 용접재에 부식이 발생한 정도	3	습윤환경	1.1
c	5	용접재 두께의 평균 감소율 5%미만	5	부식성환경	1.2
d	7	용접재 두께의 평균 감소율 5%이상 10%미만	7	고부식성 환경	1.3
e	9	용접재 두께의 평균 감소율 10%이상	9		

* 용접부식의 대표값 = $\alpha \times \beta$

2) 볼트접합부 부식

<표 6.2.4-16> 볼트접합부 부식에 대한 상태평가등급 기준

평가 등급	평가점수 (대표값)	평가기준		강재의 부식환경	
		부식 정도	상태계 수(α)	부식환경 조건	부식환경계 수(β)
a	1	부식이 전혀 없거나 얇고 치밀한 검은색의 녹이 피막을 형성한 상태	1	건조환경	1.0
b	3	볼트 또는 접합판재에 부분적으로 들뜬 녹이 발생한 상태	3	습윤환경	1.1
c	5	볼트 또는 접합판재 두께의 평균 감소율 5% 미만	5	부식성환경	1.2
d	7	볼트 또는 접합판재 두께의 평균 감소율 5% 이상 10%미만	7	고부식성 환경	1.3
e	9	볼트 또는 접합판재 두께의 평균 감소율 10% 이상	9		

* 볼트접합 부식의 대표값 = $\alpha \times \beta$

* 접합판재 두께 : 설계 두께값

카. 강재 내화피복

<표 6.2.4-17> 강재 내화피복에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가기준	평가점수(대표값)
a	$cf^* \geq 100\%$	1
b	$cf \geq 100\%$ (경미한 손상 있음)	3
c	$85\% \leq cf < 100\%$	5
d	$70\% \leq cf < 85\%$	7
e	$cf < 70\%$	9

* $cf = (\text{측정 두께} \div \text{설계기준 두께}) \times 100\%$ 또는 $(\text{부재손상면적} \div \text{부재전체면적}) \times 100\%$ 중 최저등급

6.2.5 상태평가 결과 산정 방법

상태평가 결과 판정은 각 평가항목·부재·층별 중요도를 고려하여 부재단위, 층단위, 건축물 전체단위에 대하여 실시하며, 다음 표의 절차에 따라 실시한다.

<표 6.2.5> 상태평가 결과 판정 절차

구분 순서	평가 단계	평가 방법
1	부재단위 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개별부재에 대해 결함정도에 따라 평가점수 부여 ○ 개별부재에 대해 평가항목의 중요도 반영 ○ 부재단위(벽, 기둥, 보, 슬래브 등)별로 각 평가항목에 대해 평가점수 종합, 등급판정
2	층단위 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 각 평가항목 및 부재의 중요도를 고려해 층 단위의 평가점수를 종합, 등급판정
3	전체건축물 상태평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상기 1, 2단계 및 각층의 중요도를 고려해 전체 건축물의 평가점수를 종합, 등급판정

※ 상태평가 결과의 판정시에는 책임기술자 또는 관련분야 전문가가 판단한 근거를 포함하는 소견을 달아야 한다.

6.3 안전성평가 기준 및 방법

대상 시설물의 구조해석 및 구조안전성 검토는 설계 당시에 적용된 기준에 의해 실시하고, 그 결과에 따라 안전성 평가를 실시할 수 있으며, 2차 이상의 정밀안전진단을 실시할 경우, 전회차 진단시와 구조 또는 용도 등의 변경사항이 없을 시에는 전회차 자료를 활용 할수 있다. 또한, 건축물이 부대시설물인 경우에는 부재별 상태 평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하여 구조적으로 취약한 시설물을 선정하여 안전성 평가를 실시한다.

6.3.1 안전성평가 기준

가. 정밀안전진단의 평가 기준

정밀안전진단에서 수행하는 안전성 평가는 건축물이 안전성을 확보하고 있는 수준에 따라 A~E등급의 5단계로 매기고, 각 안전성 평가 기준에 해당하는 평가 점수는 다음 <표 6.3.1-1>과 같다.

<표 6.3.1-1> 정밀안전진단의 안전성평가 기준

평가 기준	평가점수		평가 내용
	범위	대표값	
A	$0 \leq x < 2$	1	구조물의 내력이 설계목표치를 만족하고, 부분 및 전반적으로 문제점이 거의 없는 최상의 상태
B	$2 \leq x < 4$	3	구조물의 내력이 설계목표치를 만족하나, 경미한 손상이 발생된 대체로 양호한 상태
C	$4 \leq x < 6$	5	구조물의 내력이 부분적으로 부족하나, 전반적으로 구조물의 안전성이 확보되어 있는 보통의 상태
D	$6 \leq x < 8$	7	전반적으로 구조물의 내력이 부족하여 구조물의 안전성 확보가 곤란하고 불량한 상태
E	$8 \leq x \leq 10$	9	전반적으로 구조물의 내력부족이 현저하여 붕괴가 우려되는 심각한 상태

※ 안전성평가 결과의 판정시에는 책임기술자 또는 관련분야 전문가가 판단한 근거를 포함하는 소견을 달아야 한다.

나. 부재내력에 대한 평가 기준

부재별 안전성평가는 구조해석을 수행하여 구조물을 구성하고 있는 기둥, 벽, 보, 슬래브 등의 각 부재의 내력비(이하 안전율(SF)이라 함)로 평가하며, 평가 기준은 a~e의 5단계로 구분하여 매기고, 안전성평가 기준은 다음 <표 6.3.1-2>와 같다

<표 6.3.1-2> 부재내력에 대한 안전성평가 기준

평가기준	평가내용	대표값
a	$100\% \leq SF$	1
b	$100\% \leq SF$ (경미한 손상 있음)	3
c	$90\% \leq SF < 100\%$	5
d	$75\% \leq SF < 90\%$	7
e	$SF < 75\%$	9

주) 안전성평가 결과가 “d”이하이면 중대한 결함으로 본다.

* SF : 안전율 = (부재강도 ÷ 소요강도)×100%.

여기서, 부재강도는 설계도서 검토 및 현장조사 결과로부터 분석 판단한 부재단면의 내력을 말함.

6.3.2 안전성평가 결과 산정 방법

안전성평가 결과 판정은 평가항목·부재·층별·중요도를 고려하여 부재단위, 층 단위, 건축물 전체단위에 대하여 실시하며, 이에 관한 구체적인 방법과 절차는 부록의 평가요령에 따른다.

건축물의 안전성평가 결과 판정절차는 다음 <표 6.3.2>와 같다.

<표 6.3.2> 안전성평가 결과 판정 절차

구분 순서	평가 단계	평가 방법
1	부재단위 평가	○ 상대평가 항목별 결과 검토 및 반영 ○ 부재 치수 및 적용하중, 절점 및 지지점 등의 평가, 구조 응력해석 또는 재하시험 대상부재의 단면내력 검토 및 안전율에 따라 부재 단위 별로 평가점수 부여하여 안전성평가 결과 판정
2	층단위 평가	○ 부재의 중요도를 고려해 층단위 평가점수를 종합하여 안전성 평가 결과 판정
3	전체단위 평가	○ 상기 1, 2단계 및 각 층의 중요도를 고려, 전체 건축물의 평가점수를 종합하여 안전성 평가 결과 판정

6.4 종합평가 기준 및 방법

6.4.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가결과를 결정하며, 다음의 <표 6.4.1>과 같은 시설물의 종합평가 기준에 의해 결정한다.

또한, 종합평가 결과의 판정시에는 상태평가 및 안전성 결과 판정에 대한 관련분야전문가 소견을 종합하여 책임기술자가 판단한 근거를 포함하는 소견을 달아야 한다.

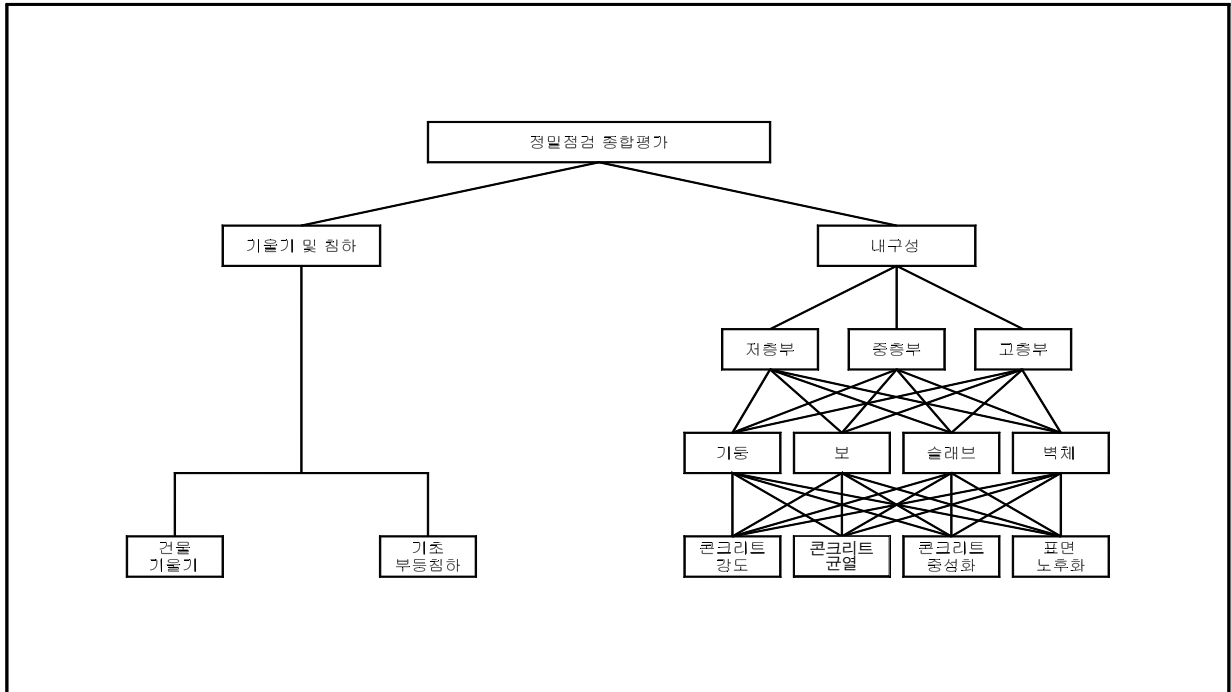
<표 6.4.1> 종합평가 기준

종합평가 기준	평가점수	
	범위	대표값
A	$0 \leq X < 2$	1
B	$2 \leq X < 4$	3
C	$4 \leq X < 6$	5
D	$6 \leq X < 8$	7
E	$8 \leq X \leq 10$	9

6.4.2 종합평가 결과 산정 방법

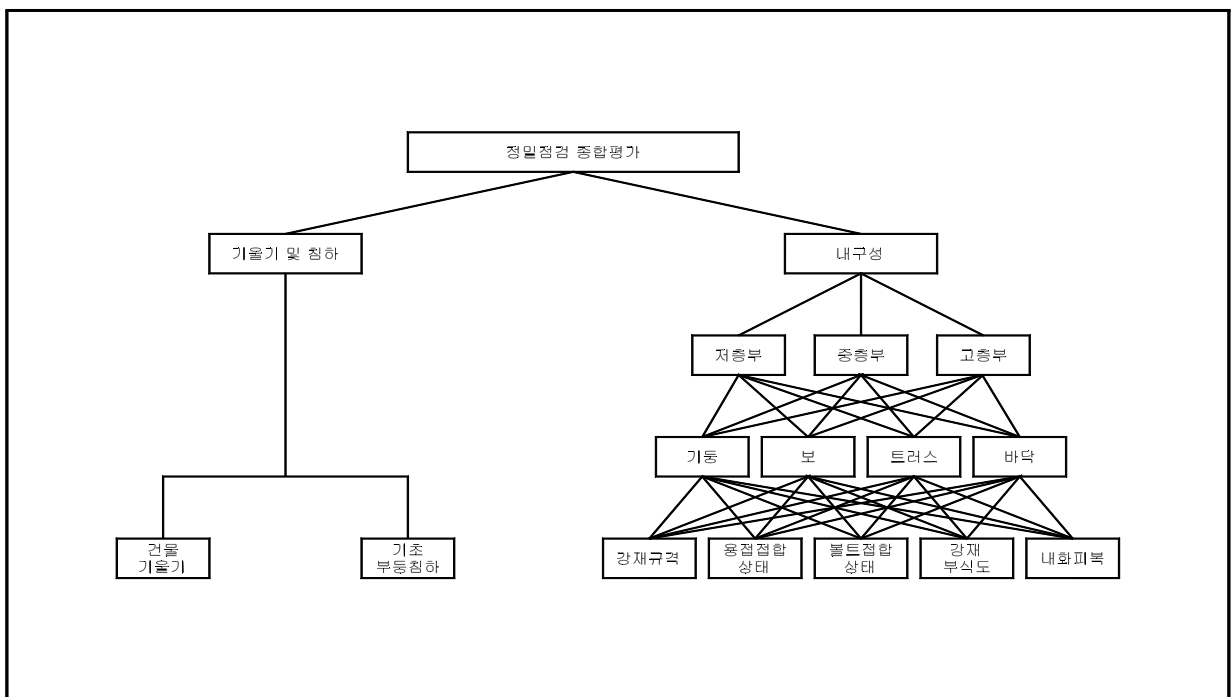
가. 정밀안전점검

1) 철근콘크리트구조



<그림 6.4.2-1> 정밀안전점검의 철근콘크리트구조에 대한 종합평가 결과 판정체계

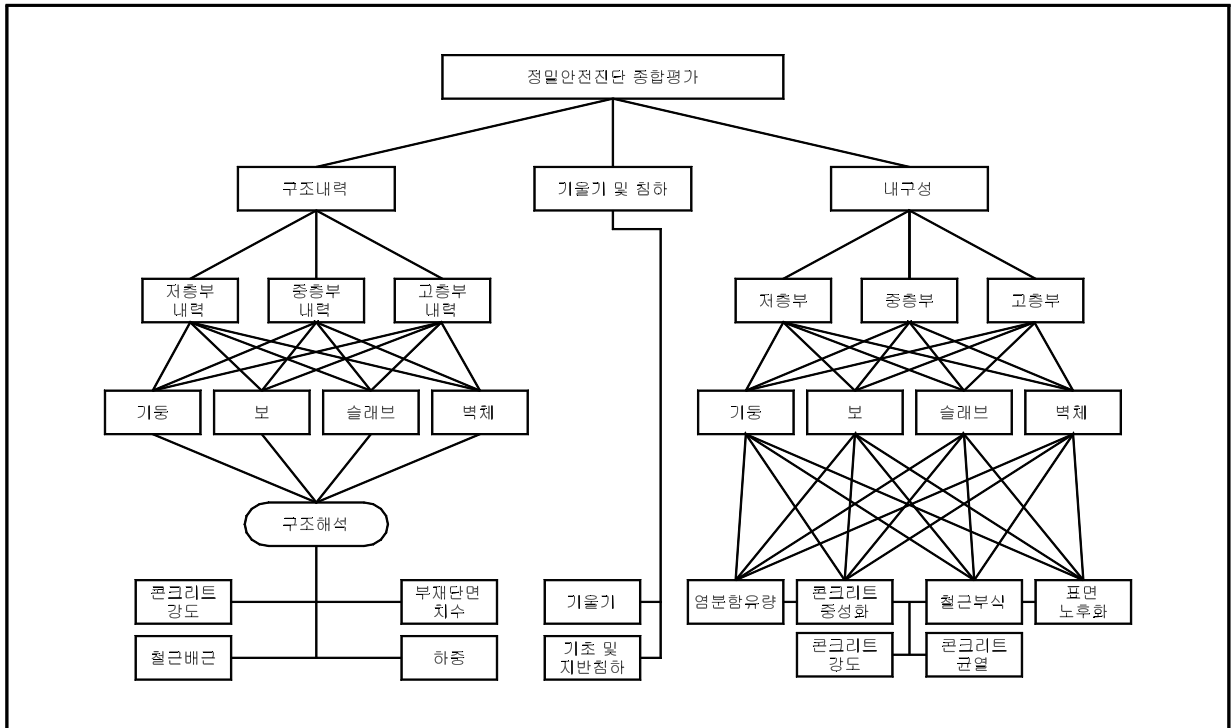
2) 철골구조



<그림 6.4.2-2> 정밀안전점검의 철골구조에 대한 종합평가 결과 판정체계

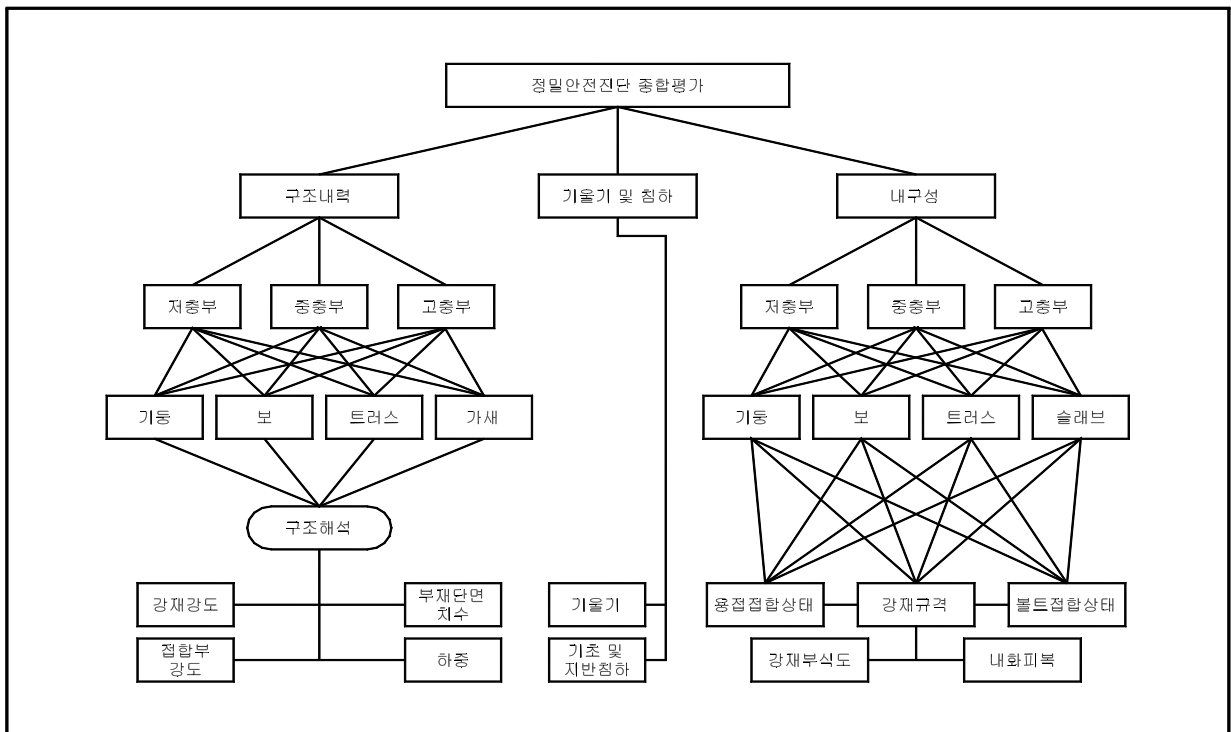
나. 정밀안전진단

1) 철근콘크리트구조



<그림 6.4.2-3> 정밀안전진단의 철근콘크리트구조에 대한 종합평가 결과 판정체계

2) 철골구조



<그림 6.4.2-4> 정밀안전진단의 철골구조에 대한 종합평가 결과 판정체계

6.5 종합평가등급의 산정 결과

본 시설물에 대한 외관조사, 시험조사 및 구조안전성 평가에 따른 종합평가등급 산정은 『상태평가 등급산정 프로그램-한국시설안전공단』을 이용하여 실시하였으며, 종합평가등급 산정 결과 “B등급”으로 평가되었다.

<표 6.5> 종합평가등급의 산정 결과

층	안전성 / 상태						기울기 및 침하
	-	기둥	내력벽	큰보	슬래브	종 합	
1층 (1층~1층) 라멘(RC)	-	기둥	내력벽	큰보	슬래브	종 합	3.00(B)
	안전성	1.00	1.00	1.00	5.00	2.20(B)	
	상 태	1.00	1.00	3.00	1.00	2.40(B)	
	종 합	1.00	1.00	2.40	4.60	2.34(B)	
2층 (2층~2층) 벽식(조적조)	-	내력벽	슬래브	테두리보	종 합		
	안전성	1.00	5.00	1.00	3.00(B)		
	상 태	1.00	1.00	1.00	1.00(A)		
	종 합	1.00	4.60	1.00	2.80(B)		
최종결과	안전성평가 : 2.60(B등급) 상태평가 : 2.26(B등급) 종합평가 : 2.87(B등급)						

6.6 안전등급 지정

6.6.1 안전등급 기준

정밀안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 한다.

다만, 정밀안전점검 및 정밀안전진단 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

<표 6.6.1-1> 안전등급 지정 기준

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 건축물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 건축물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

6.6.2 안전등급 지정 결과

본 시설물의 안전등급은 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인“B등급(양호)”으로 평가되었다.

<표 6.6.1-2> 안전등급 지정 결과

구 분	종합평가 결과		안전등급 지정	비 고
	평가지수	등급		
구암경로당	2.87	B등급	B등급(양호)	

제7장 보수·보강방안

7.1 일반사항

구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강공법 및 보수·보강의 수준을 정한다.

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생된 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보강이란 설계하중이상의 하중 등 위해요인에 구조물이 안전하도록 하기위해서 구조물의 내하력을 확보하는 것을 말한다. 따라서 보수·보강을 위해서는 상태평가 결과와 안전성 평가결과 등을 정밀검토한 후에 보수·보강의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

7.2 보수·보강 선정시 고려사항

구조물에 대한 보수·보강은 손상 구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강 방법 및 수준을 제안하였으며, 각각의 부재에서 조사된 주요 결함 및 손상개소에 대해서는 관리주체가 효율적인 유지관리 계획을 수립할 수 있도록 보수대상 유무와 시기를 제안하였다.

<표 7.2> 보수·보강 방안 선정 요건 및 고려사항

보수·보강 방안 선정의 요건	보수·보강 재료 및 공법 선정시 고려사항	
	내구성능 내하성능	<ul style="list-style-type: none"> • 충분한 내구성 확보가 가능한 보수 방안 • 충분한 내하력 확보가 가능한 보강 방안
	환경친화	<ul style="list-style-type: none"> • 유해환경요소를 발생시키지 않는 방안 • 화재 등 재해의 피해를 최소화 할 수 있는 방안 • 미관이 양호한 방안
	시공성	<ul style="list-style-type: none"> • 시공성의 제약요소를 최소화 할 수 있는 방안 • 시공이 간단한 방안 • 보수·보강 품질이 확실한 방안
	경제성	<ul style="list-style-type: none"> • 경제적으로 유리한 방안 • 공기를 단축시킬 수 있는 방안 • 주변 민원발생을 최소화 할 수 있는 방안

가. 보수, 보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 본 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우에는 부재의 안전율을 기준 이상으로 회복시키기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하거나 교체하여야 하는지를 판단하여야 한다.

나. 수준결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 선택한다.

- 1) 현상유지(진행억제)
- 2) 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 3) 초기 수준이상으로 개선
- 4) 개축

다. 우선순위 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생한 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 1) 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 2) 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있다. 따라서 보수·보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

라. 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 내하력, 내구성, 기능 및 미관 등을 검토하여 결정한다. 이때, 중요한 것은 구조물의 결함 발생원인에 대한 정확한 추정이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절

한 보수재료를 선택할 수 있다. 따라서, 시설물 관련 제반자료, 점검시 수행한 각종 상태평가 결과를 기초로 하여, 결함의 발생원인에 대한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선택하여야 한다.

7.3 보수·보강 공법

7.3.1 일반적인 손상 보수공법

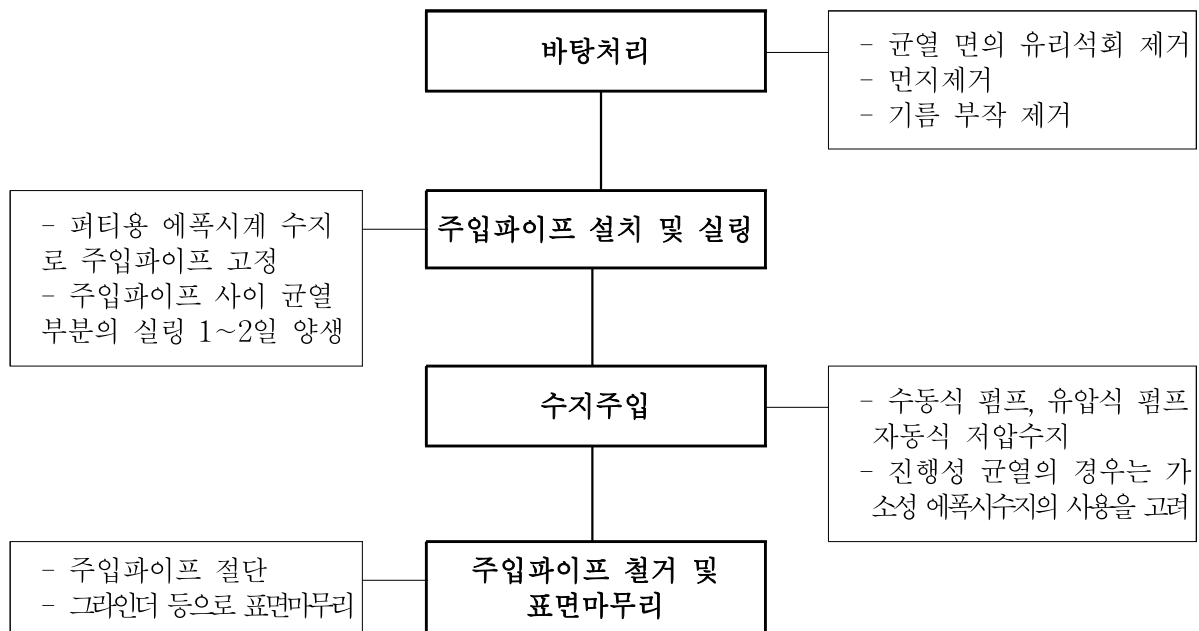
가. 균열 보수공법

균열의 보수는 균열의 원인, 폭, 깊이, 패턴 등의 발생상황 및 보수의 목적, 즉 방수성의 회복을 목적으로 하느냐, 콘크리트와의 일체화를 목적으로 하느냐의 차이에 따라서 보수재료와 보수방법이 달라지되며, 주입공법, 충전공법, 표면처리공법 등이 있다.

1) 주입공법

균열에 에폭시수지를 주입하고 콘크리트와의 일체를 피하여 시설물의 안전성을 유지시킬 수 있으므로 시설물의 방수성 향상, 콘크리트의 노화방지, 철근의 방청효과를 거둘 수 있는 공법이다.

① 시공방법



<그림 7.3.1-1> 에폭시 주입공법 흐름도

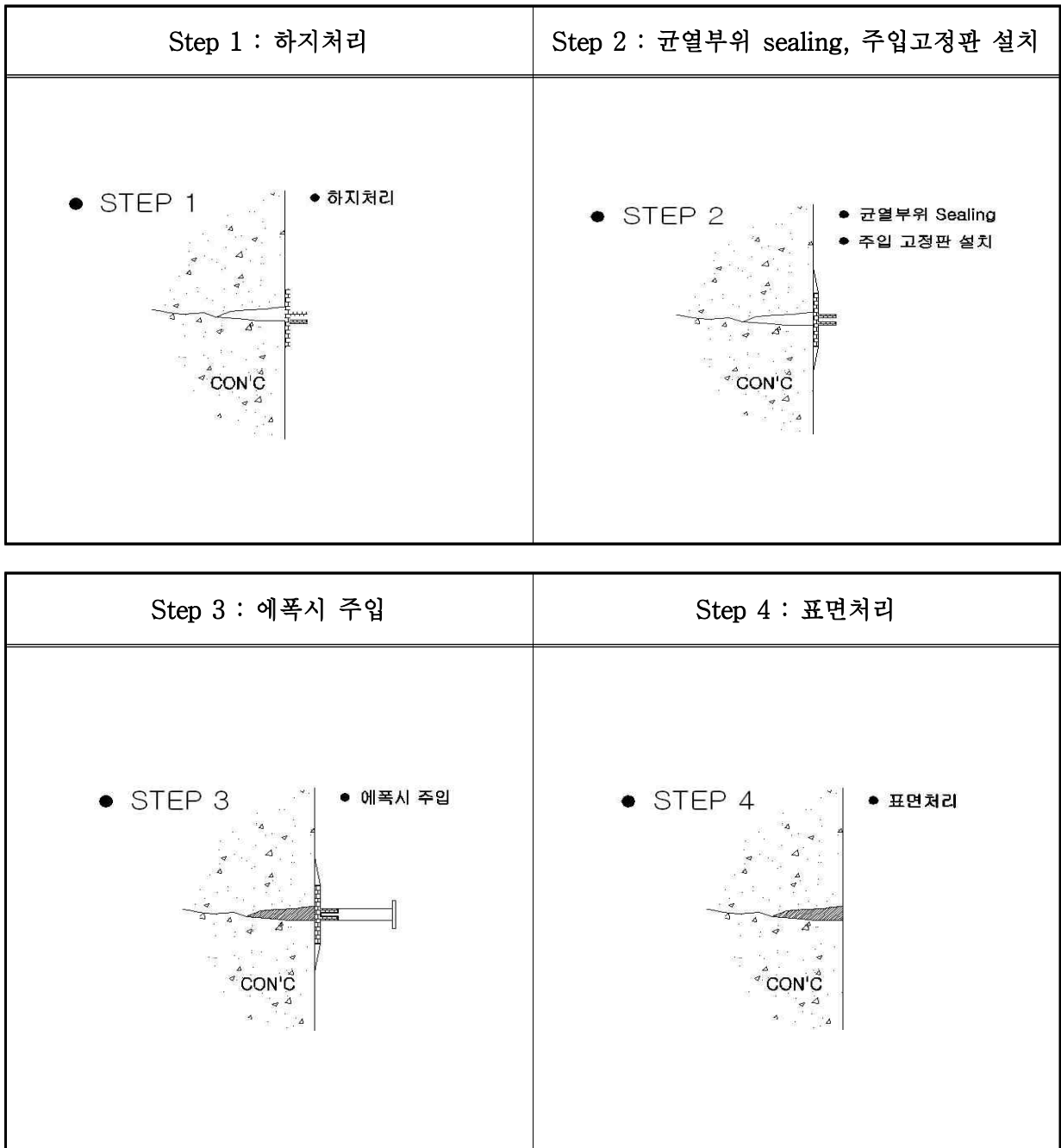
② 유의사항

㉠ 주입 압력이 너무 크면 균열이 확대되어 버린다.

- 평균 주입압 : 수동식-4kg/cm², 페달식-15kg/cm², 전동식-20kg/cm²,
자동식-4kg/cm²

㉡ 시공시의 기온은 일반적으로 10~30℃, 콘크리트 균열표면의 온도는 10℃를 표준

㉢ 에폭시계 수지는 항상 냉암소에 밀봉 보관

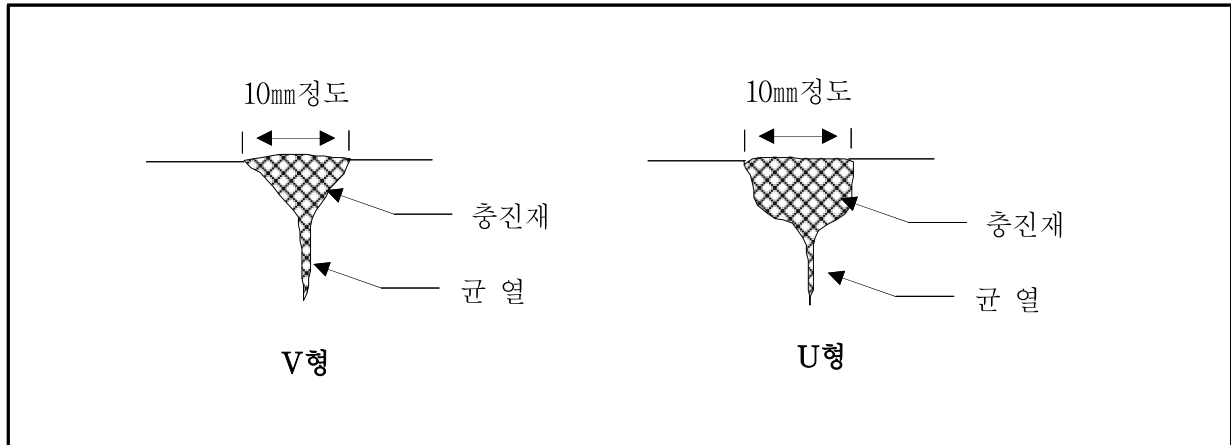


<그림 7.3.1-2> 에폭시 주입공법 개요도

2) 충전공법(V-cut 공법)

충전공법은 폭 0.3mm이상의 비교적 큰 폭의 이질재 접합부 균열이나 조적벽체, 파라펫 등 비구조체 균열보수에 적용되는 공법이다.

다음 <그림 7.3.1-3>을 보는 것과 같이 균열을 따라서 약 10mm의 폭으로 콘크리트를 U형이나 V형으로 컷트하여 그 컷트한 부분의 실링재-유연형 에폭시수지나 SBR폴리머시멘트 모르타르 등을 충전하는 공법이다.

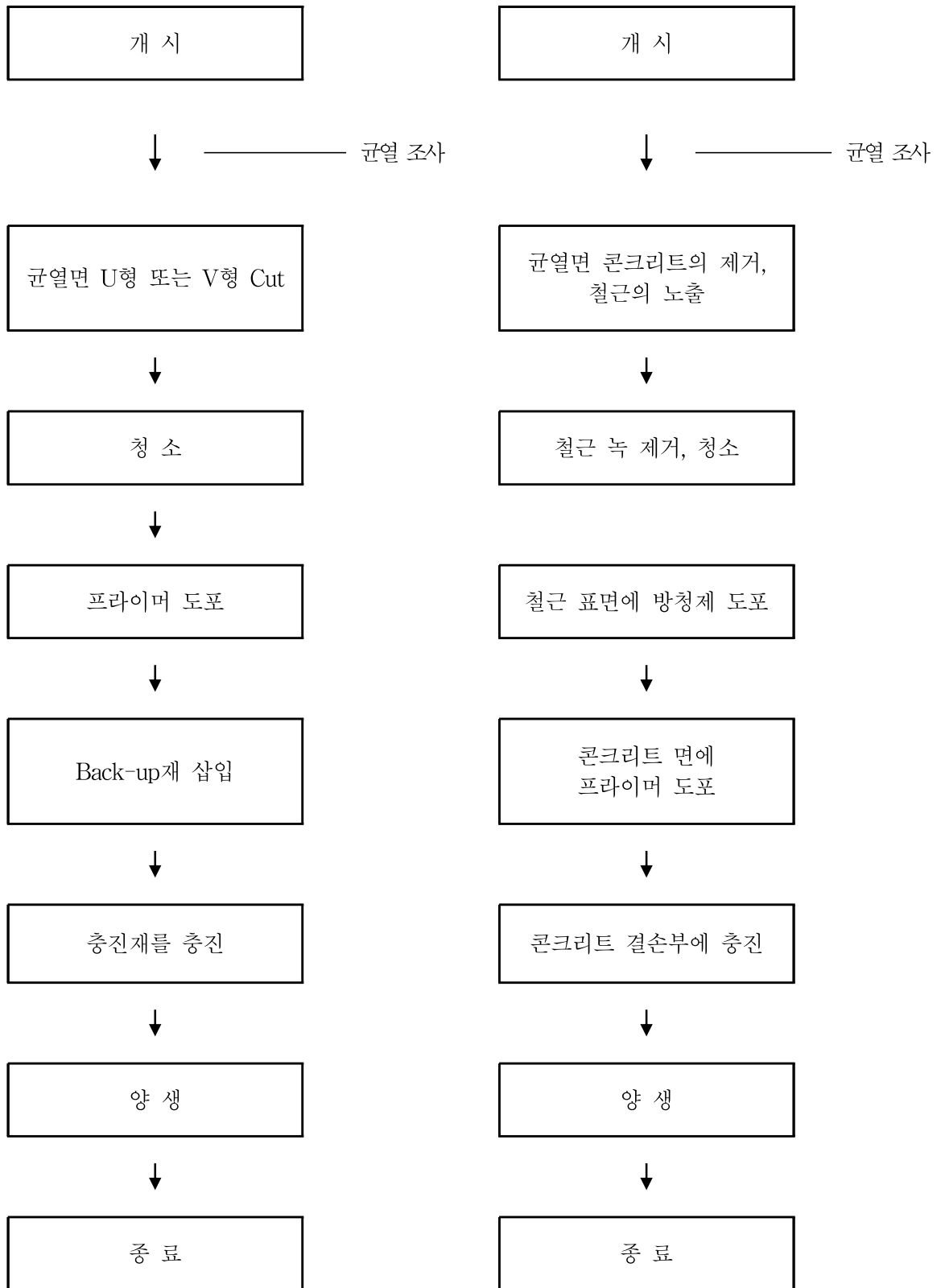


<그림 7.3.1-3> V형 및 U형 컷트에 따른 충전공법

① 유의사항

- ㉠ 에폭시계 수지는 강도는 높아도 탄성계수가 낮아 완전한 시설물의 일체를 도모하기에 어려움이 있다.
- ㉡ 인장응력이 작용하는 부분의 보수에는 피하는 것이 좋다.
- ㉢ 위를 쳐다보는 자세로 일정한 두께의 면적을 퍼티로 채우는 경우는 1회의 시공두께를 적게 하고, 어느 정도 경화하여 1층의 표면에 끈기가 남아 있는 동안에 2층을 겹쳐 소정두께로 마무리한다.
- ㉣ 균열의 위치를 확실히 흠을 내어 컷트하는 것과 코킹하는 실링재를 선정하는 것 등이 이 공법의 양부를 좌우하게 되며, 컷트할 시는 균열의 범위를 벗어나지 않도록 한다.
- ㉤ “V”자형의 충전은 보수 후 충전재의 탈락이 우려되므로 “U”자형으로 충전하는 것이 유리하다.
- ㉥ 철근이 부식되어 있는 경우에는 철근의 녹을 제거 후 정도에 따라 보강 또는 방청 후 충전한다.

② 시공방법



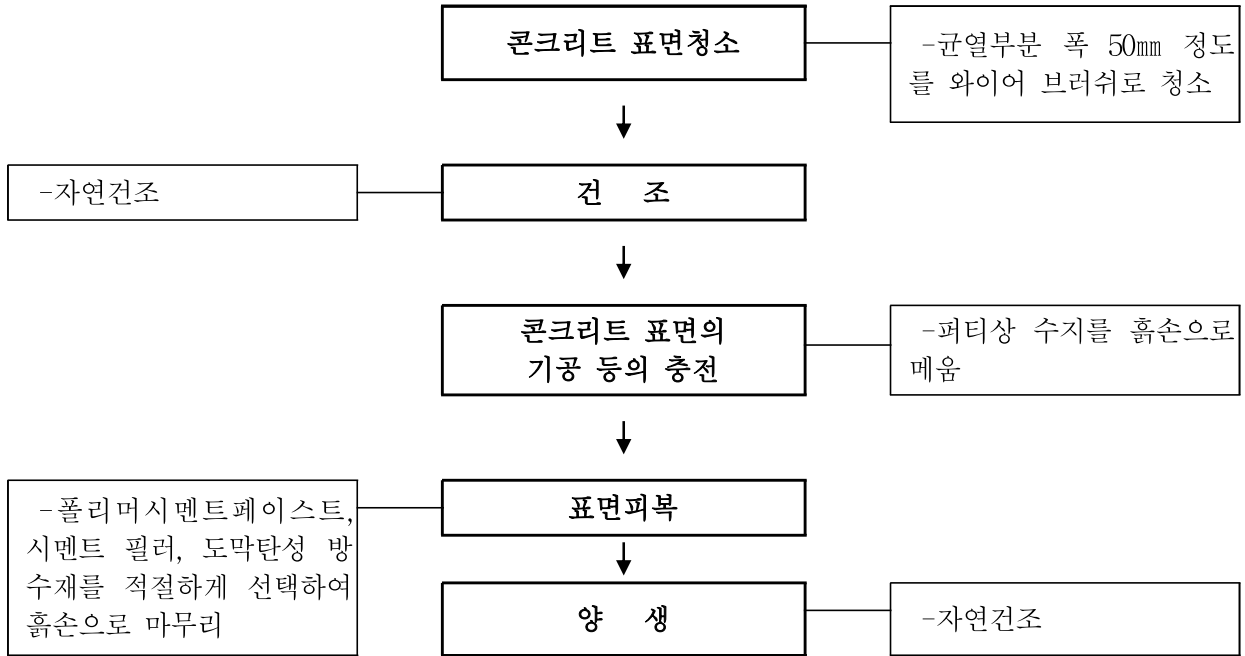
㉠ 철근이 부식되지 않았을 경우

㉡ 철근이 부식되었을 경우

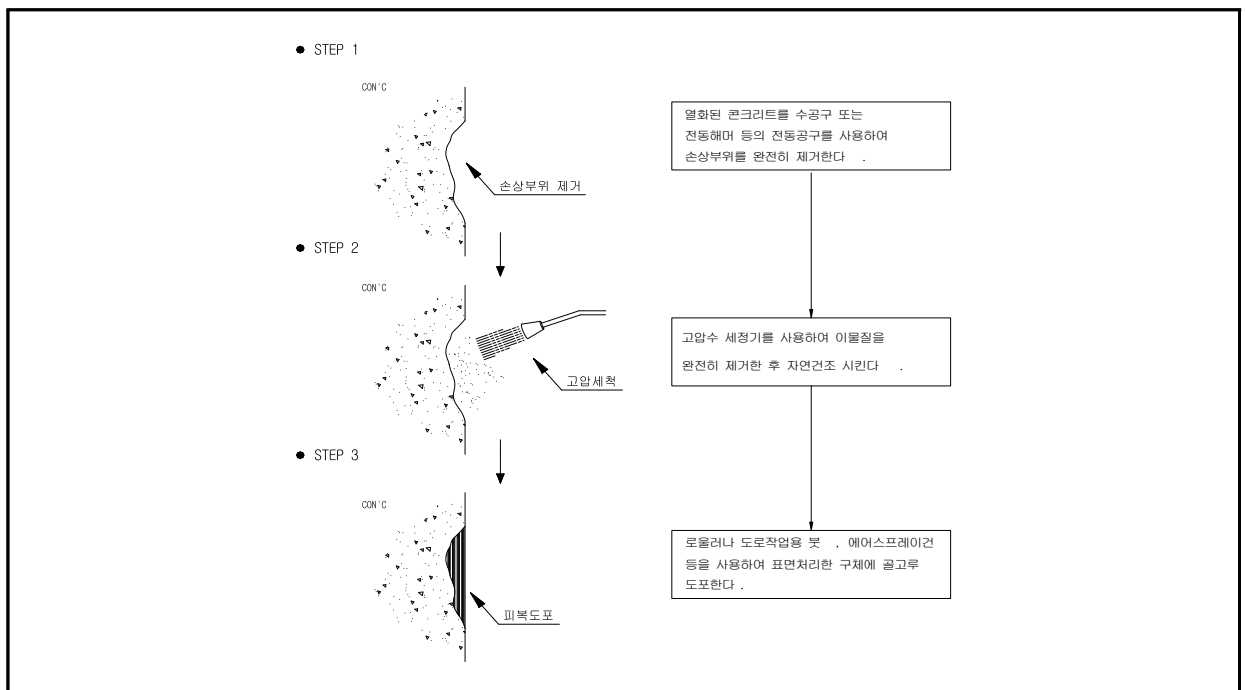
<그림 7.3.1-4> 충전공법의 흐름도

3) 표면처리공법

균열의 진행이 정지된 상태이며, 일반적으로 폭 0.2mm 이하의 미세한 균열이 많이 발생하여 각각의 균열에 대하여 보수가 곤란한 경우에 적용하는 공법으로서 전면에 보수재료를 도포, 도막을 형성하여 방수성을 회복시키는 공법으로 균열 부분만을 피복하는 공법과 전체를 피복하는 방법이 있다.



<그림 7.3.1-5> 표면처리공법 흐름도



<그림 7.3.1-6> 표면처리 시공방법

단, 활성균열에 대해서는 대처할 수 없으며, 피복재의 두께가 얇으므로 시간에 따른 열화에 대해 주의를 요한다.

나. 철근노출, 박락, 파손, 재료분리 등 보수공법

구체 결손부의 보수는 철근부식의 유무, 결손 크기(깊이, 면적), 보수면의 방향(수직면, 상단면, 하단면, 경사면) 등에 따라 그 대책은 달라지게 된다.

다음에 제시된 보수방법은 철근이 부식된 경우의 방법이나, 철근이 부식되지 않은 결함이나 파손에 의한 결함부의 보수에 관한 방법은 철근의 방청처리를 제외시킨 상태에서 이 방법을 준용할 수 있다.

1) 손상부의 제거 및 하지처리

손상부의 제거 및 하지처리는 콘크리트의 열화상황에 맞추어, 다음의 작업 중 필요한 항목을 선정하고 안전성, 작업환경 등을 고려하고, 구조체에 현저한 손상을 주지 않도록 다음과 같은 4단계의 처리를 적절한 방법으로 행한다.

- ① 손상부는 열화부가 확실히 포함되도록 범위를 정한다.
- ② 보수 대상부위의 취약부 등을 완전히 제거한다.
- ③ 철근의 들뜸 녹을 완전히 제거한다.
- ④ 고압수 세정기 등으로 손상부를 세척한다.

2) 철근의 방청처리

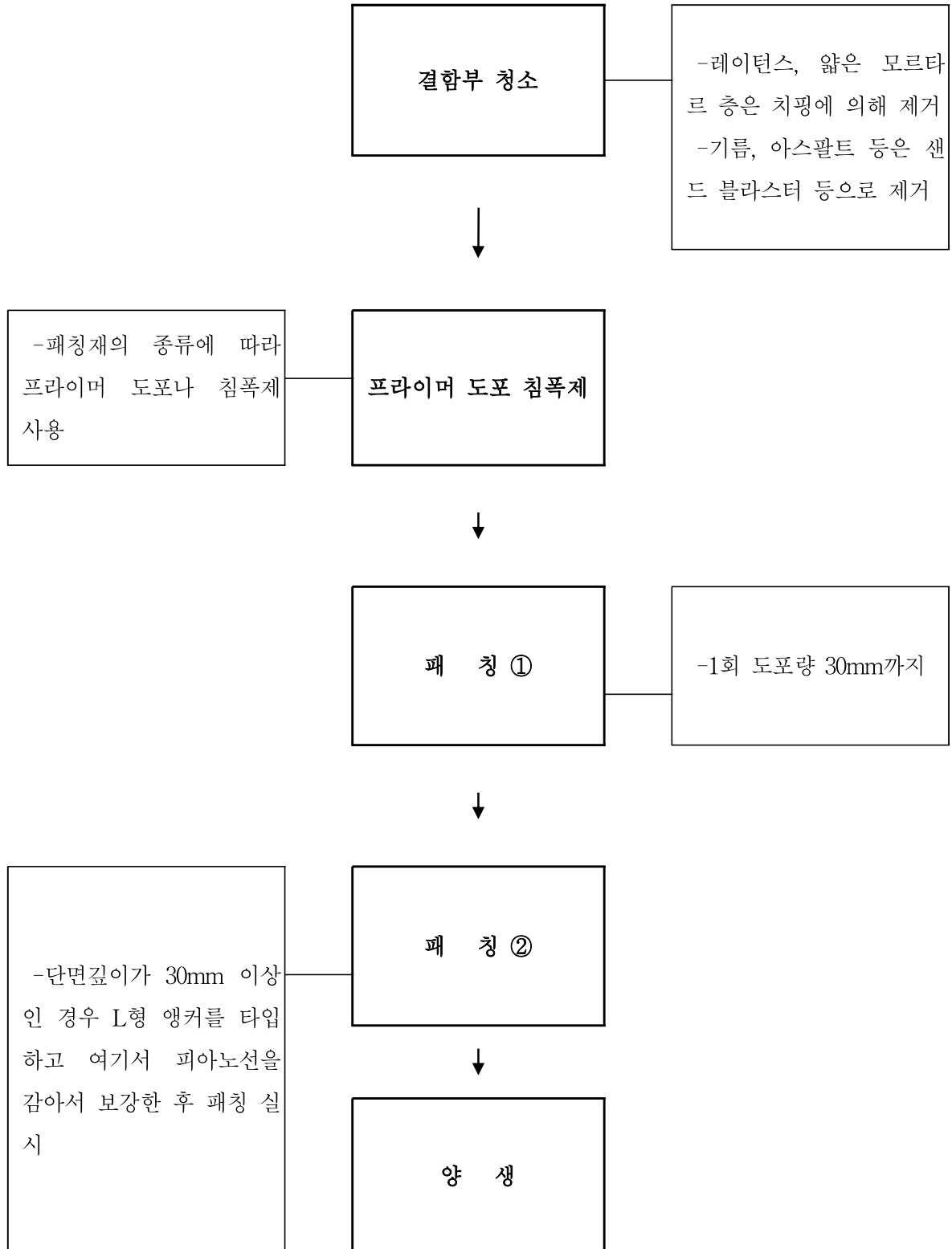
철근 방청처리제의 종류는 대략 3개 그룹으로 나눌 수 있다. 대개의 경우 브러쉬나 스프레이 등으로 철근에 대하여 두께 0.1~2.0mm로 바른다. 철근의 뒤쪽까지 도포가 되도록 처리하되 가능한 2회 도포를 하도록 한다.

3) 단면 복구처리

단면의 복구는 미장공법에서부터, 드라이팩트 콘크리트 공법, 콘크리트 이어치기 공법, 모르타르주입 공법, 프리팩트 콘크리트 공법, 콘크리트 또는 모르타르의 습식뿔칠 공법 또는 건식뿔칠 공법 등이 적용된다.

4) 하지조정

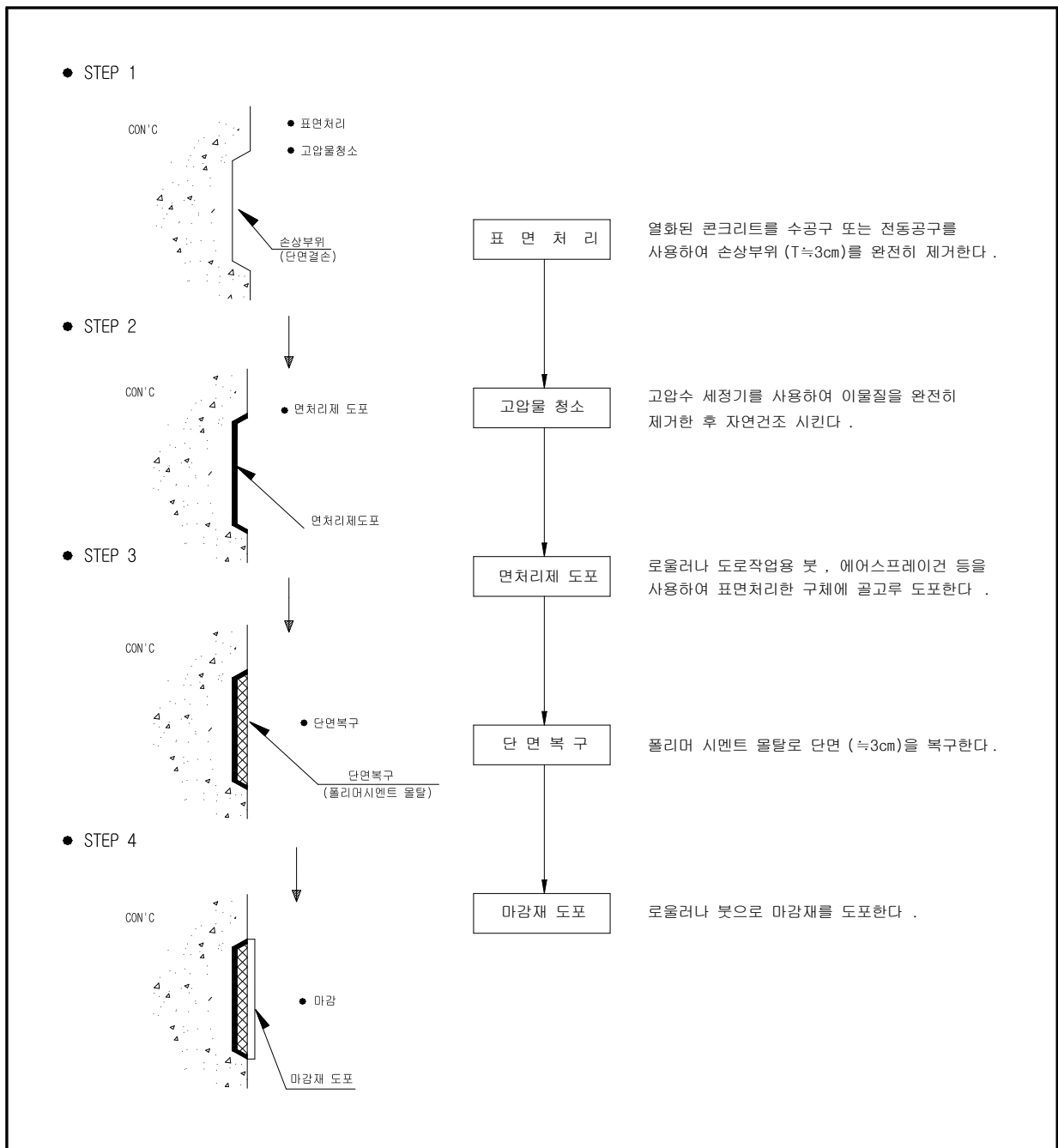
하지조정은 일종의 미장공사로서 표면의 골보나 요철 크기에 따라 1~6mm 사이의 적당한 두께로 표면처리를 하는 공법이다.



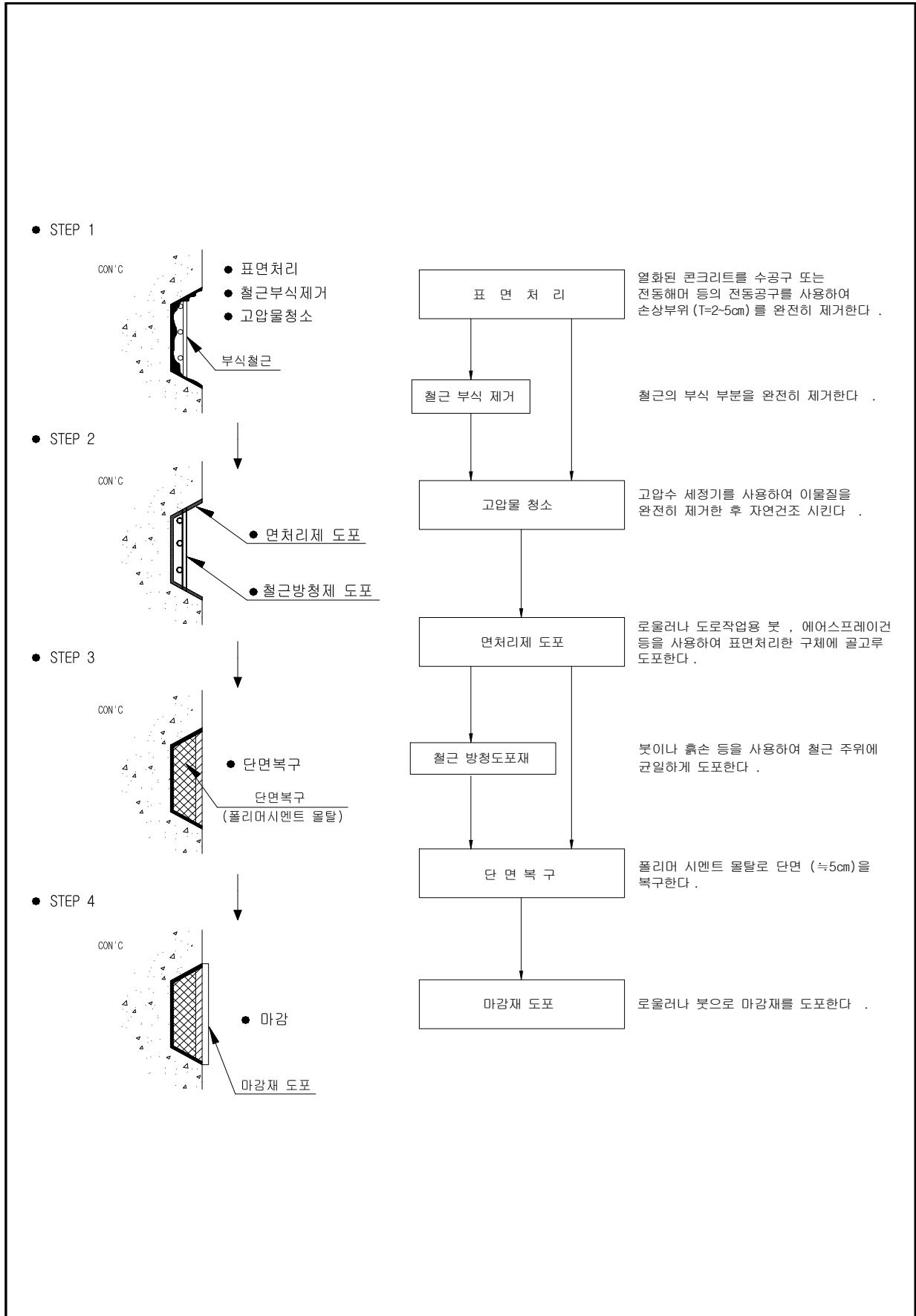
<그림 7.3.1-7> 단면보수공법 흐름도

5) 유의사항

- ① 시공부위의 보수재료가 진동, 자중 등으로 떨어지는 경우가 있으므로 보수재료의 선정을 엄밀히 검토
- ② 두껍게 발랐을 때 수축균열 주의
- ③ 소요의 강도를 갖출 것
- ④ 기존 콘크리트와 부착이 양호하고, 타설 후 경화 또는 건조 수축이 작을 것



<그림 7.3.1-8> 단면복구공법(I) 시공방법



<그림 7.3.1-9> 단면복구공법(Ⅱ) 시공방법

마. 방수공법(노출우레탄)

1) 개 요

본 공법은 건축물의 지붕, 차양, 발코니, 외벽, 지하외벽, 수조류 등에 멤브레인(Membrane) 방수층을 시공하는 경우에 적합하다.

2) 시공방법

① 바탕처리

바탕 콘크리트 및 누름 콘크리트의 바탕 조정 후 청소한다.

② 먹메김

현장조건 및 개량 아스팔트 시트 크기에 맞추어 바탕 나누기를 한 후 먹메김을 한다.

③ SSAP시트 깔기

한쪽의 표면이 부직포로 돌출된 SSAP시트를 먹줄에 맞추어 깎는다. 이때 SSAP시트의 부직포면이 상부로 오도록 한다. 시트와 시트의 조인트는 10mm 정도로 띄운다.

④ 조인트 우레탄 도포

먹줄에 맞추어 깔린 시트의 양쪽면을 100mm정도 좌우로 접은 후 프라머와 폴리우레탄으로 부분 접착을 시킨다. 폭150mm정도에 폴리우레탄의 조인트가 형성된다.

⑤ 유리섬유직포 테이프 붙이기

SSAP시트와 시트사이에 유리섬유직포를 깔고서 폴리우레탄을 충전시켜 서로 일체화시킨다.

⑥ 폴리우레탄 도포

부직포가 부착된 시트 상면에 전면적으로 폴리우레탄을 도포한 후 보행 가능할 때까지 경화시킨다.(폴리우레탄 1.5kg/m²)

⑦ 규사살포

규사 살포 직전에 폴리우레탄을 다시 한 번 도포한 뒤 규사를 고르게 살포하고, 가능한 기계로 스프레이하는 방법이 좋다.(폴리우레탄 0.4kg/m², 규사 2.05kg/m²)

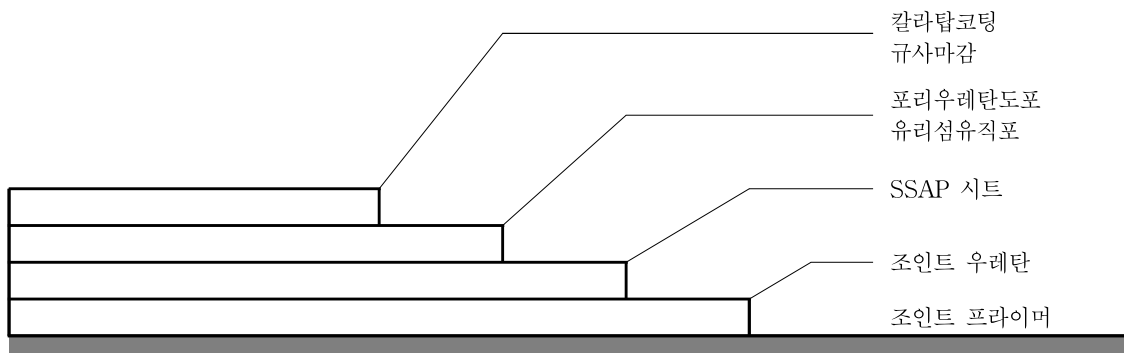
⑧ 칼라 탐코팅

코팅제는 알리파틱 우레탄계 또는 아크릴 우레탄계의 자외선 등 자연환경에 강한 제품을 사용한다. 반드시 도장 스프레이 기계로 분무를 한다(0.4kg/m²)

3) 사용자 유지관리

① 1년 중 여름 우기철이 오기 직전에 한 번씩 옥상층 등을 점검하여 드레인 막힘, 방수층의 결함 여부를 육안으로 검사한다.

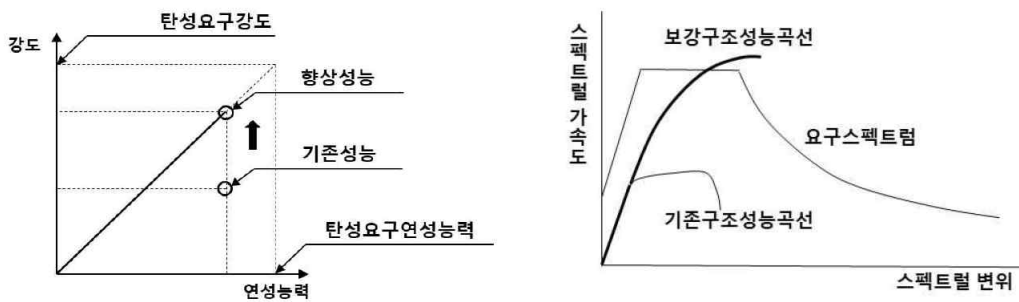
② 보통 5년에 1회 정도의 주기로 탐코팅을 한 번 더 시공해 주므로써 방수층의 성능에 문제가 없도록 한다.



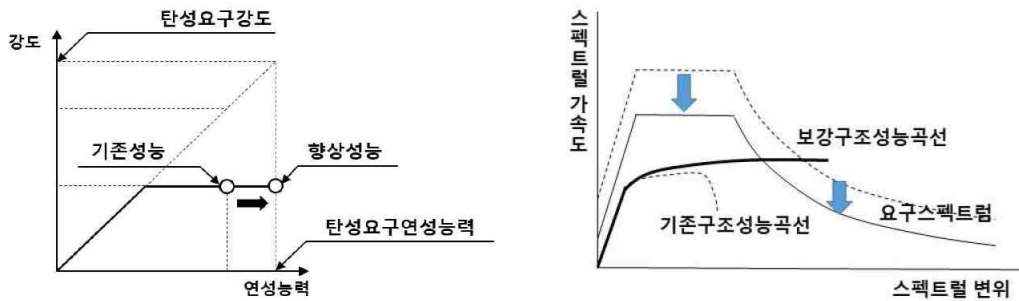
7.3.2 내진보강 공법

가. 내진보강공법 개요

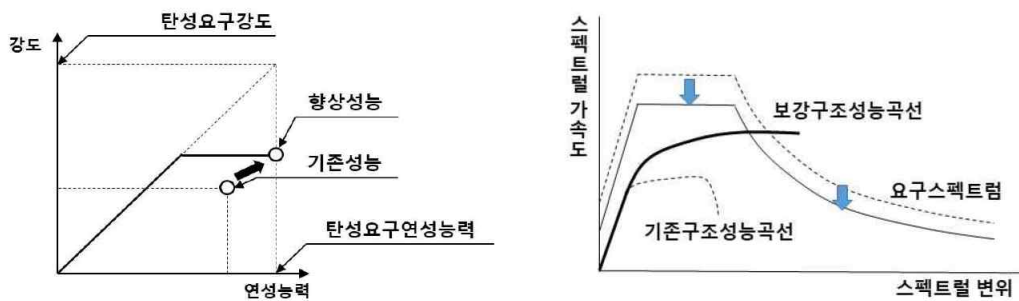
기존구조물의 내진성능을 향상시키기 위한 대표적인 방법으로는 보강전략적인 측면에서 강도와 강성을 증대시키는 방법, 연성을 향상시키는 방법, 하중을 저감시키는 방법을 선택할 수 있다. 일반적인 건축재료를 사용하여 보강하는 방법으로서 강도가 부족한 경우 각 부재를 보강하거나 구조시스템을 신설한다. 강도의 증가는 강성의 증가를 수반하여 지진하중을 증가시킬 수 있으므로 이에 대한 효과를 검토하여야 한다.



(a) 강도 향상



(b) 연성능력 향상



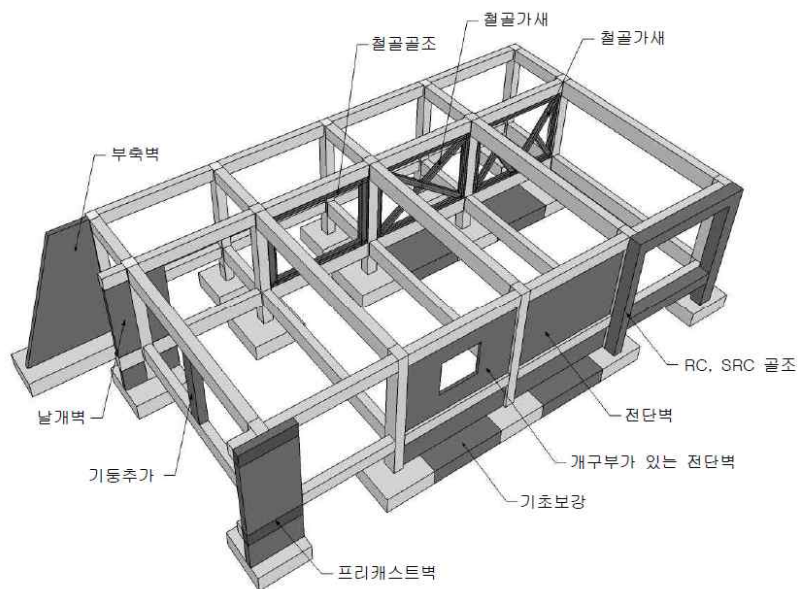
(c) 강도와 연성능력 향상

<그림 7.3.2-1> 내진성능 향상방법 개념도

다음 표는 구조항목별 성능이 부족한 경우 선택할 수 있는 보강전략을 요약하여 나타내고 있다.

<표 7.3.2> 구조항목별 보강전략

항 목		보강 전략				
		부재신설	부재단면 증설	연결성 제고	하중저감/연성능력	부재제거
시스템	강도	골조/벽체/가새	-	-	채움벽 제거	채움벽 제거
	강성	골조/벽체/가새	-	-	채움벽 제거	채움벽 제거
	연성 및 에너지소산 능력	-	-	-	감쇠장치	-
시스템 형상	약층	벽체/가새	기둥보강	-	-	-
	비틀림	벽체/가새	-	-	-	-
하중 경로	수직하중 경로	수직부재 추가	필로티기둥 보강	수직부재 연결	-	-
	수평하중경로 (인접건물간격)	-	-	격막슬래브 연결	-	-
기초	기초판	기초판신설	기초판확장 기초판연결	-	-	-
	지반	마이크로파일	-	-	-	-
부재	단면	날개벽	단면증설, 강판보강	-	섬유보강	-
	접합부	날개벽	단면증설	-	-	-



<그림 7.3.2-2> 주요 시스템 보강공법의 종류

나. 내진보강공법

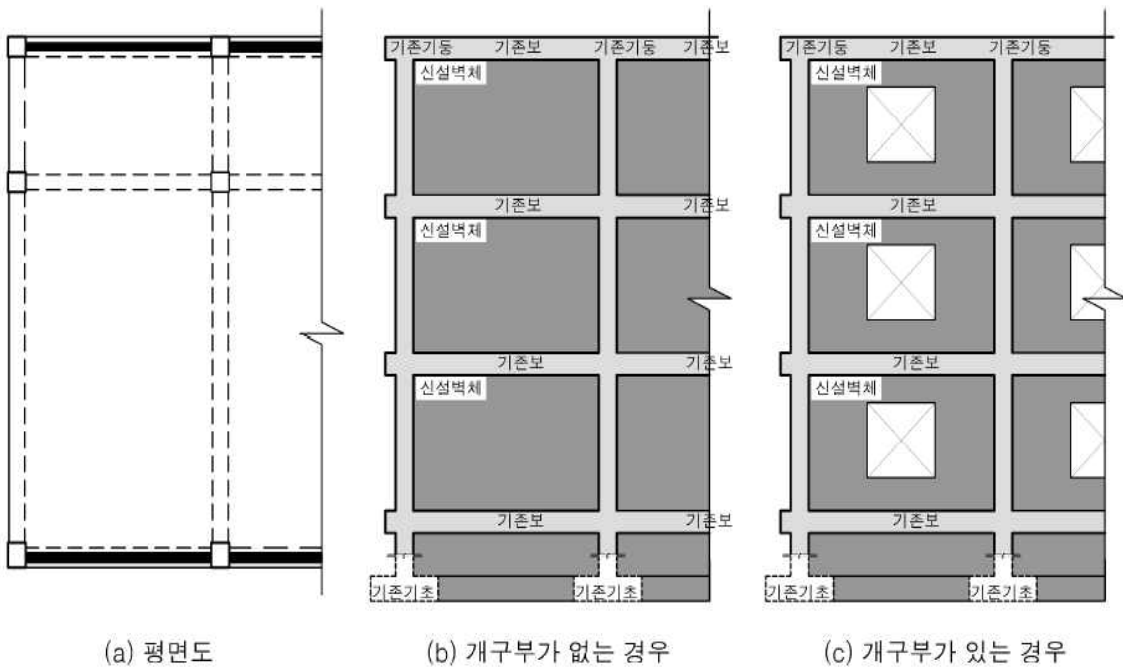
1) 전단벽 보강 공법

① 모멘트골조내에 신설되는 철근콘크리트벽으로서, 벽체의 수직과 수평철근을 보와 기둥에 정착시키는 보강공법을 가리킨다.

② 보강 전단벽은 <그림 7.3.2-3>에서와 같이 개구부가 있는 경우와 없는 경우로 구분할 수 있으며 공간 기능상 장애가 되지 않도록 배치를 충분히 고려하여야 하고, 평면상 또는 입면상으로 균형있게 배치하여야 한다.

③ 보강 전단벽은 전단력만을 전달하도록 구조해석되고 설계되어야 한다. 보강 전단벽의 수직철근과 수평철근은 벽체의 전단력을 전달하는 데 충분하도록 보와 기둥에 정착되어야 한다.

④ 단부 기둥과 보강 전단벽을 포함하는 벽체의 휨모멘트에 의한 인장력은 단부기둥의 수직철근에 의하여 저항되어야 한다. 따라서, 단부 기둥에 별도의 보강이 없는 경우에는 벽체의 휨모멘트는 단부 기둥이 지지하는 것으로 검토하여야 한다.



<그림 7.3.2-3> 콘크리트 전단벽 보강공법

2) 철골프레임 보강 공법

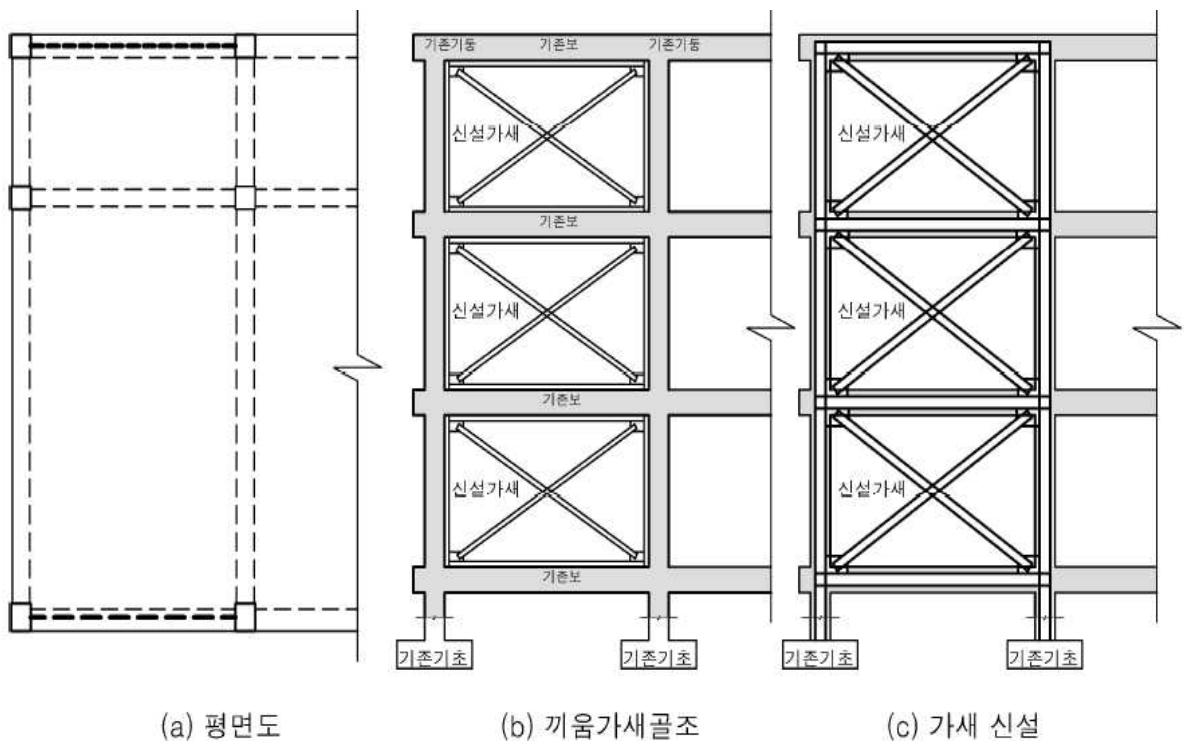
① 다음 <그림 7.3.2-4> (b)에서와 같이 기존의 철근콘크리트 골조 내부에 철골가새를 설치하는 보강공법을 가리킨다.

② 보강하는 철골가새의 형태는 X자형이나, V자형 등을 적용할 수 있으며, 가새의 배치는 전단벽에서와 유사하게 평면적, 입면적으로 균형 있게 설치하여야 한다.

③ 철골가새에 전달되는 인장력과 압축력에 안전하도록 가새와 접합부가 설계되어야 한다.

④ 철골가새의 인장력과 압축력을 기존 골조에 전달할 수 있도록 기존 부재와 끼움철골부재가 일체화 되도록 연결재로 연결되어야 한다. 기존 부재와 신설 부재가 밀착되도록 충분한 강도를 가진 채움 재료를 사용하여야 한다.

⑤ 철골가새에 의하여 단부기둥에 발생하는 인장력은 기존 기둥에 의하여 저항되어야 하며, 보 - 기둥 접합부 영역과 주각부에서 기둥을 보강하지 않는 한, 끼움철골조의 수직재의 기여는 무시되어야 한다. 따라서, 보 - 기둥 접합부 영역과 주각부에서 단부기둥에 별도의 보강이 없는 경우에는 단부 기둥의 인장강도는 단부 기둥의 수직철근강도에 의하여 제한되어야 한다.



<그림 7.3.2-4> 끼움철골가새 및 철골가새 신설

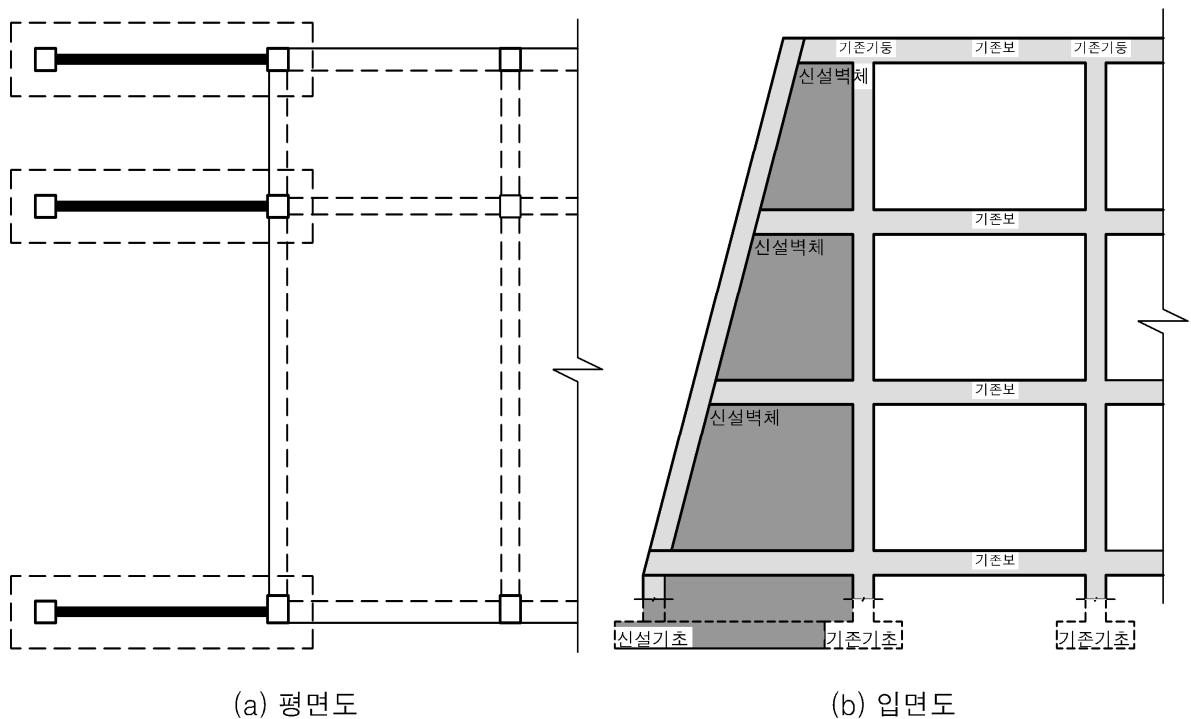
3) 부축벽 보강 공법

① 다음 <그림 7.3.2-5>에서와 같이 철근콘크리트 골조 내부에 공간 기능상의 제약으로 전단벽 또는 가새 설치가 불가능한 경우, 건물 외측에 부축벽을 신설하는 공법이다.

② 외부에 설치되는 계단이나 승강기를 설치하기 위해 활용할 수 있으며, 수평증축을 위한 확장부 벽체로도 활용할 수 있다. 기존 격막(슬래브)로부터 횡력이 전달될 수 있도록 충분한 수집재(collector)를 설치하여야 한다.

③ 부축벽과 기존 구체가 연결되는 부위의 부재에 대하여 내력을 검토하여 필요시 강도와 연성도를 향상시켜야 한다.

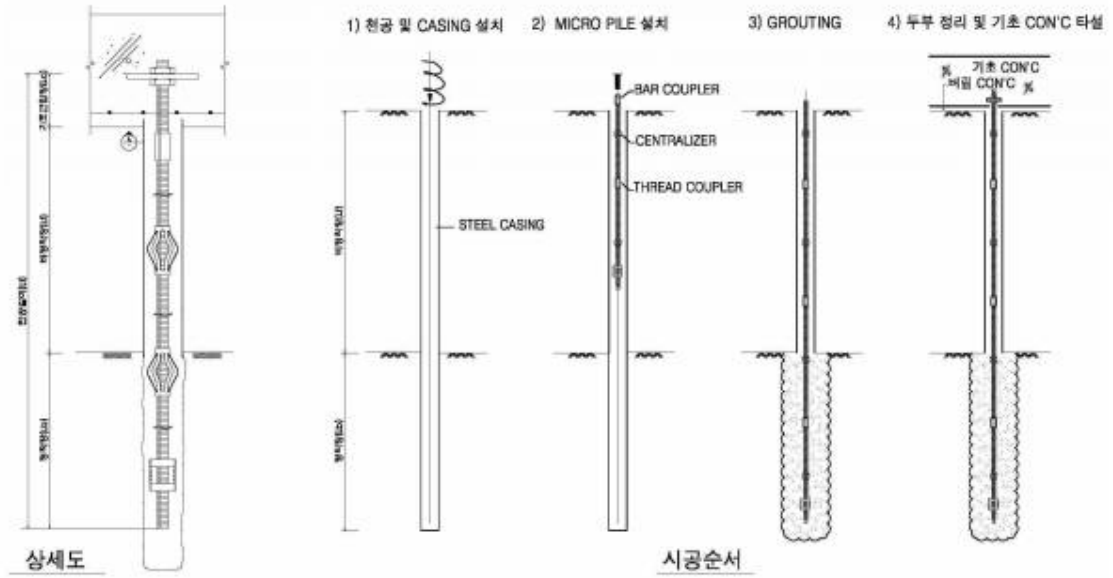
④ 건물 외부에 새로 설치되는 부축벽을 따라 새로운 기초를 설치하여야 한다.



<그림 7.3.2-5> 부축벽 신설

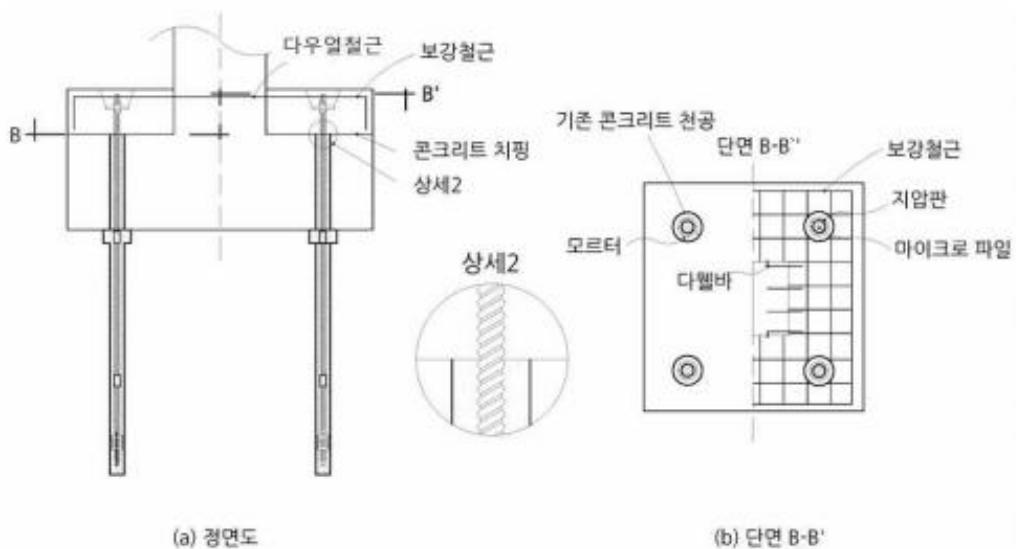
4) 마이크로파일 공법

얕은기초 보강을 위한 마이크로파일 보강공법으로는 고내력 마이크로파일 공법, 회전 관입식 마이크로파일 공법 등이 있다.



<그림 7.3.2-6> 마이크로파일 공법

또한, 기존 콘크리트 재질의 성능이 저하되었거나 지진의 동적하중이 과다하여 기존 콘크리트 기능이 부족한 경우에는 기존 콘크리트 상면위에 보강철근을 설치한 신설 보강콘크리트를 타설한 후 기초콘크리트 아래에 일정 깊이까지 마이크로파일을 설치하는 공법을 이용할 수 있다.



<그림 7.3.2-7> 콘크리트캡 설치

7.4 보수·보강공법 제시

본 시설물에서 발생된 주요 손상 및 결함에 대한 보수·보강 공법은 다음과 같다.

<표 7.4> 보수·보강공법 제시

구 분	손상내용	보수 및 보강방안
콘크리트 구조체	• 균열, 백태	• 표면처리보수
조적벽체	• 균열, 분리균열	• 표면처리보수
마감재	• 타일 파손, 벽지 오염, 몰탈 박리, 판넬 부식 등	• 마감재 보수
지붕층	• 방수재 열화 • 파라펫 균열	• 주의관찰 • 표면처리보수
내진성능평가	• 내진안전성 불만족	• 2층(옥탑) 조적벽체 → RC전단벽 교체

제8장 유지관리방안

8.1 개 요

모든 구조물은 설계 및 시공이 완벽하여도 시설물이 위치하고 있는 주변환경의 영향을 받아 시간경과와 함께 물리적 또는 화학적으로 표면열화, 침식, 마모, 박리, 철근부식, 단면결손 등이 발생하기 때문에 공용기간에 비례하여 준공초기의 사용성 및 안전성을 서서히 상실하여 간다.

유지관리란 이렇게 열화, 손상되어 가는 구조물의 기능을 항상 양호한 상태로 유지하고 이용자의 편이와 안전을 확보함은 물론 기능상 지장을 주는 요소를 사전에 발견하여 제거하고, 점검을 통하여 이상이 발견된 개소에 대하여는 보수 및 보강을 실시하여 내구연한을 연장시키는 작업을 말한다.

8.2 유지관리 업무 및 흐름

유지관리를 효율적으로 하기 위해서는 다음의 항목과 <그림 8.2> 에 따라서 수행하는 것이 바람직하다.

가. 자료관리

자료관리는 대상시설물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 각종 자료를 관리하는 업무를 지칭하는 것으로서 일반적으로 설계도서, 시설물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다.

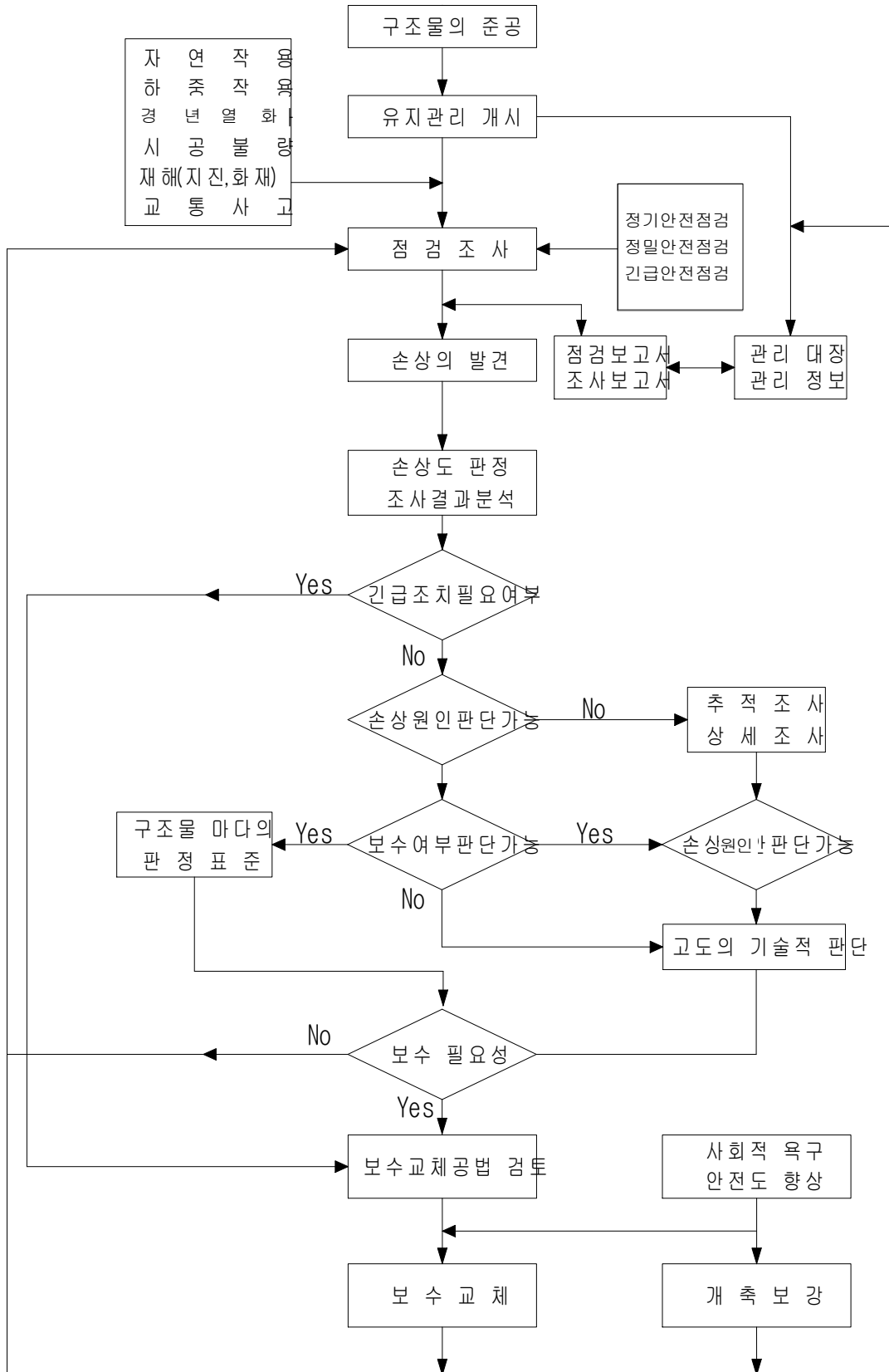
자료는 시설물의 점검 보수·보강시마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련자료를 전산화하여 관리하는 것이 효율적이다.

일반적으로 구조물의 유지관리시 필요한 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도서(시공 및 보수 도면, 구조계산서 등)
- 공사내역서 및 시방서
- 보수·보강이력

- 점검 및 진단이력

- 시설물관리대장



<그림 8.2> 유지관리 흐름도

나. 일상관리

일상관리는 시설물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한, 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

다. 점검 및 진단

점검은 주기적인 조사 및 관찰을 통해 구조물의 이상 및 손상을 조기에 발견함으로써 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다.

점검은 정기안전점검, 정밀안전점검(초기안전점검 포함) 및 긴급안전점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다. 또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상 구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 정밀 안전진단을 실시하여야 한다.

<표 8.2> 점검주기 및 주요조사항목

점검종류	점검주기	주요 조사항목	비 고		
정기안전 점검	반기 1회	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검 시와의 변형, 변위 발달상태 			
정밀안전 점검	안전등급에 따라 실시	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 설계도서 검토 ◦ 형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) ◦ 상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) ◦ 현장시험·측정(콘크리트강도, 탄산화, 변위 등) 	안전 등급	정밀안전점검	
				건축물	그 외 시설물
			A등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상
			B, C등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상
D, E등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상			
긴급안전 점검	필요시	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수 작업의 규모, 주요 보조 ◦ 부재의 내하력, 사용제한 여부 등 			
정밀 안전진단	안전등급에 따라 실시	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 정기점검 상태로부터의 변화 확인 ◦ 현장시험·측정(콘크리트강도, 탄산화, 변위 등) ◦ 구조해석 및 안전성 평가 	안전등급	정밀안전진단	
			A등급	6년에 1회 이상	
			B, C등급	5년에 1회 이상	
			D, E등급	4년에 1회 이상	

라. 보수 및 보강

점검이나 진단을 통하여 손상을 발견하였을 때는 손상의 원인을 정확히 파악하여 보수·보강 또는 신설이나 교체를 시행하여야 한다. 보수란 손상된 부위를 고쳐서 원래의 기능으로 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

8.3 유지관리사항

본 대상 시설물에 대한 진단을 통해 보수·보강이 요구되거나 정기적인 관찰 및 유지관리가 요구되는 사항은 다음과 같다.

- 1) 구조체에 발생된 균열에 대해서는 균열폭 및 종류에 따른 적절한 보수를 실시함으로써 내구성을 확보하고, 보수 후에도 지속적인 유지관리 및 주의관찰이 요구된다.
- 2) 비구조체에 발생된 균열 및 분리균열은 구조적인 문제는 없으나 미관 및 장기간 사용성 측면에서 적절한 보수조치 후 지속적인 유지관리가 요구된다.
- 3) 기타 마감재에 발생된 손상에 대해서는 미관 및 사용성 측면에서 적절한 보수조치가 요구된다.
- 4) 내진성능평가 결과에서 보듯이 2층 조적조에서 내진성능수준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 내진 보강을 실시하여 지진에 대한 안전성을 확보하여야 할 것으로 판단된다.

제9장 종합결론

9.1 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

본 대상 시설물인 구암경로당에 대한 외관조사, 시험조사, 구조안전성 및 내진성능평가 등을 통하여 정밀안전진단을 수행한 결과는 다음과 같다.

가. 외관조사 결과

대상 시설물에 대한 외관조사 결과, 콘크리트 구조체에서 균열, 백태 등이 조사되었고, 비구조체의 경우 조적벽체 균열, 이질재 접합부 분리균열, 타일 파손, 벽지 오염, 몰탈 박리, 판넬 부식 등의 손상이 발생한 것으로 확인되었다.

구조체에 발생한 균열, 백태 등의 손상은 현 상태에서 구조적인 문제는 없으며, 장기적인 내구성 및 사용성 확보차원의 적절한 보수조치 및 유지관리가 요구된다.

나. 시험조사 및 측정 결과

1) 콘크리트 압축강도는 일부 개소에서 추정설계강도에 다소 부족하나 강도 부족으로 인한 구조체에 특이한 손상이 없는 것으로 나타나 구조물의 내구성 저하에 큰 영향은 없을 것으로 판단되고, 철근배근상태 및 탄산화 깊이는 전반적으로 양호한 상태로 측정되었다.

2) 부재 규격 및 변위에 대한 측정결과, 부재 규격은 준공도서 부재로 인해 실측치수와 비교·검토할 수 없었으며, 부재 실측 결과 동일 부재간 치수는 마감두께(미장 및 페인트 등)에 따른 오차는 있으나 대부분 동일한 것으로 조사되었고, 변위는 안전성에 문제가 될 만한 변위는 없는 것으로 측정되었다.

다. 구조안전성 평가 결과

대상 시설물의 주요 부재에 대하여 수직하중(고정하중, 활하중)을 고려하여 내력평가를 실시한 결과, 기둥, 보, 벽체는 작용하중에 의한 소요강도가 부재강도 이하로 나타나 구조물의 안전성이 확보된 것으로 평가되었다.

다만, 슬래브는 내력을 다소 초과하는 것으로 나타났으나, 초과하는 내력이 허용범위(10%) 이내로 나타나 구조적 안전에 지장이 없을 것으로 판단된다.

라. 내진성능평가 결과

대상 시설물에 대한 내진성능평가 결과, 1층 RC조는 내진성능수준을 만족하는 것으로 평가되었으나, 2층 조적조는 내진성능수준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 내진보강이 필요한 것으로 평가되었다.

마. 안전등급 지정 결과

대상 시설물에 대한 상태평가와 구조안전성 평가 결과를 포함한 종합평가 등급에 따른 안전등급을 지정한 결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발취에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B등급(양호)”로 평가되었다.

바. 종합결론

결론적으로 외관조사, 시험조사 및 구조안전성 결과를 종합적으로 분석해 볼 때, 현재 시설물은 사용상 안전성에 문제가 없는 상태이나 일부 부재에서 발생한 손상 및 결함에 대해서는 내구성 및 사용성 확보차원에서 적절한 보수조치 및 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.

또한, 내진성능평가 결과에서 보듯이 2층 조적조에서 내진성능수준을 만족하지 못하는 것으로 나타나 내진 보강을 실시하여 지진에 대한 안전성을 확보하여야 할 것으로 판단된다.

9.2 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

대상 시설물에 대한 리모델링 공사 시 구조해석상 적용한 하중조건 외에 추가하중 발생 또는 주요 구조부재의 철거 시에는 구조 재검토를 실시한 후 공사를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단되고, 문제점 발생시에는 즉각적인 대책을 수립·강구하여야 할 것으로 사료된다.