

송파소방서 방이파출소 청사
안전진단 보고서

2006. 3

서울특별시 송파소방서

진단기관 (주)삼림엔지니어링

제 출 문

서울특별시 송파소방서 귀중

귀서에서 의뢰한 “송파소방서 방이파출소 청사” 안전진단을 완료하였기에 그 결과를
본 보고서로 제출합니다.

2006년 3월

(주) 삼림엔지니어링
대표이사 김인석

과업 참여자명단

구분	성명	자격	세부수행내용	비고
과업책임 기술자	고 중 혁	건축시공기술사	업무총괄	
과 업 수 행 참 여 기 술 자 명 단	전 의 진	건축구조기술사	구조안전성 평가	
	조 만 천	건설안전기술사	분석 및 평가	
	이 윤 영	건축기사	조사 및 시험	
	박 진 숙	건축기사	조사 및 시험	
	정 구 명	건축기사	조사 및 시험	
	박 점 숙	건축기사	분석 및 평가	
	이 정 석	건축기사	분석 및 평가	

송파소방서 방이파출소 청사 안전진단 보고서



위 치 도

목 차

제 1 장 개 요	1
1.1 과업의 목적	2
1.2 과업의 범위	2
1.3 과업수행기간	3
1.4 과업 수행 흐름도	4
1.5 측정장비	5
제 2 장 건축물 현황	6
2.1 건축물 개요	7
2.2 건축물의 배치상태	10
제 3 장 구조물의 상태조사	22
3.1 균열 및 열화조사	23
3.2 콘크리트 강도 조사	40
3.3 철근 탐사	49
3.4 콘크리트 중성화 조사	54
3.5 변위 조사	58
제 4 장 구조 안전 검토	67
4.1 검토 개요	68
4.2 설계하중	70
4.3 Slab 검토	72
4.4 Beam & Girder 검토	83
4.5 Column 검토	94
4.6 구조 검토 결론	105
제 5 장 상태 및 안전성 평가	106
5.1 일 반	107
5.2 상태 평가	107
5.3 안전성 평가	117
5.4 종합 평가	122

제 6 장 보수·보강 방안	125
6.1 개 요	126
6.2 진단결과 조치 총괄	126
6.3 탄소섬유 Sheet 보강	127
6.4 콘크리트 단면 증타 보강	138
6.5 균열 보수	143
제 7 장 종합의견	148
7.1 구조부재의 배치 상태	149
7.2 균열 및 열화조사 결과	149
7.3 콘크리트 강도 조사 결과	150
7.4 철근탐사 결과	150
7.5 중성화 시험 결과	151
7.6 변위 조사 결과	151
7.7 구조 검토 결론	151
7.8 안전성 평가 결과	153
7.9 보수·보강 방안	153
7.10 종합의견 및 건의사항	154

[부 록]

1. 현장관련 사진
2. 비파괴조사 자료
 - (1) 콘크리트 강도조사 자료
 - (2) 철근탐지 자료
 - (3) 장비 측정 위치도
3. 구조검토 Output
4. 현장 관련 자료

제 1 장 개 요

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위

1.3 과업수행기간

1.4 과업 수행 흐름도

1.5 측정장비

1제 장 개 요

1.1 과업의 목적

안전진단 대상 구조물인 서울특별시 송파구 방이동 89-3번지 소재 『송파소방서 방이파출소 청사 건축물』은 준공후 약 17년 이상 경과된 노후 건축물로서 균열 및 누수 등 사용성 및 구조물의 안전이 우려되어 본 과업을 수행하게 되었다.

본 안전진단은 시설물의 위험 요인을 사전에 파악함으로써 시설물의 내구성과 사용성 및 안전성을 확보하고자 시설물에 대한 각종 조사를 통한 분석을 실시하였으며, 이를 근거로 구조물의 상태 및 안전성을 평가하여 재건축 또는 보수·보강방안을 제시하는데 목적을 두었다.

1.2 과업의 범위

본 안전진단 대상 건축물인 송파소방서 방이파출소 청사 건축물은 신축후 수차례에 걸쳐 증축공사가 실시된 철근콘크리트조 구조물로 다음 각 항목을 조사하여 시설물의 안전성을 평가하고 필요시 보수·보강 대책을 제시한다.

공간적 범위 : 송파소방서 방이파출소 청사(지하1~지상3층)

1) 외관조사

- (1) 균열조사
- (2) 열화조사(누수, 백화, 상태조사 등)
- (3) 부재 실측

2) 콘크리트 강도시험

- (1) 반발경도법에 의한 강도시험
- (2) 초음파에 의한 밀실도 시험

3) 철근배근 및 상태조사

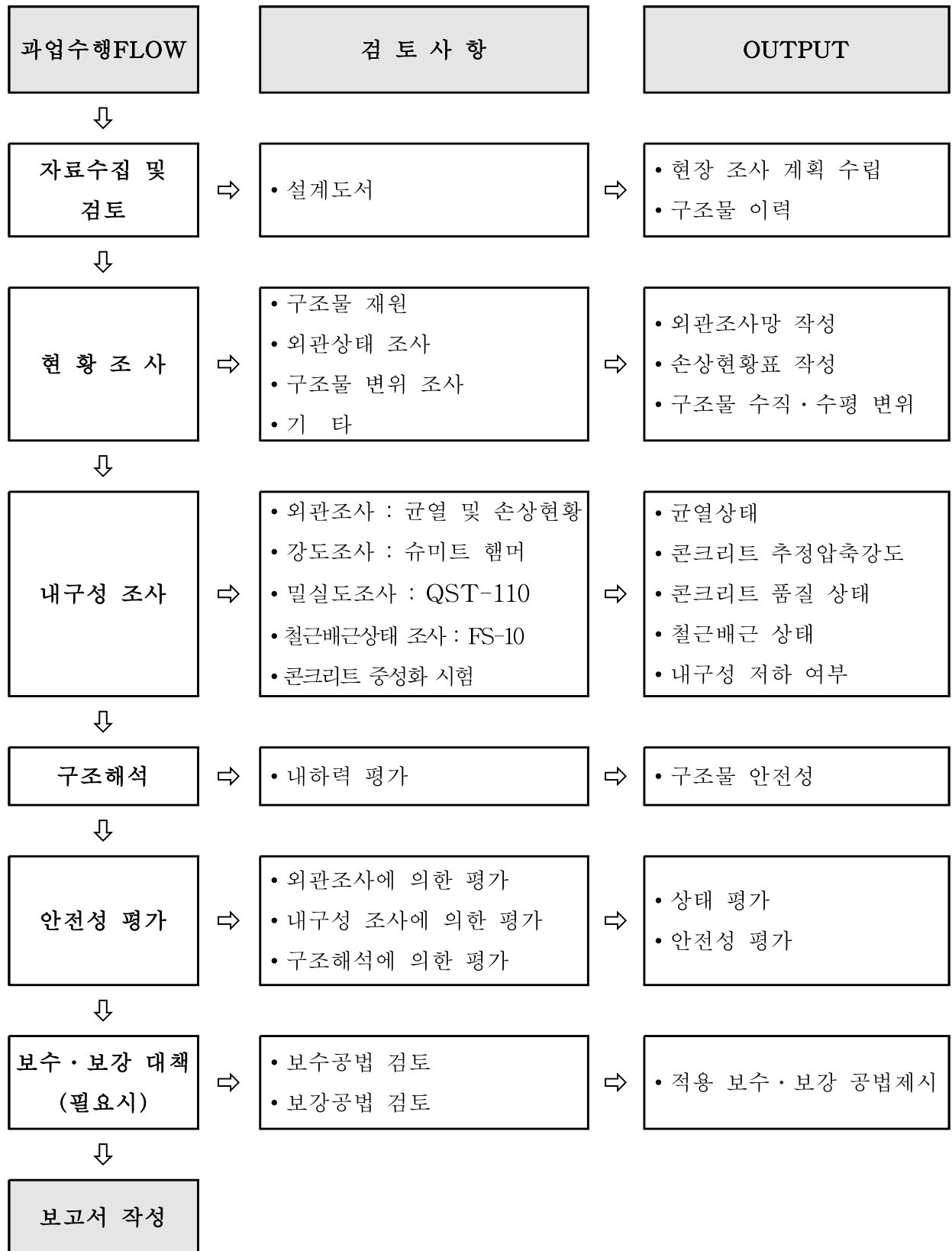
- (1) 철근배근 상태 및 피복조사
- (2) 철근노출 상태조사

- 4) 구조물 변위 조사
- 5) 중성화 조사
- 6) 구조안전성 검토
- 7) 안전성 평가
- 8) 보수·보강방안 제시(필요시)

1.3 과업수행기간

- 1) 1차 현장 조사 : 2006년 2월 22일
2차 현장 조사 : 2006년 2월 28일
- 2) 현장 조사 자료 분석 : 2006년 2월 23일 ~ 2006년 3월 07일
- 3) 보고서 작성 : 2006년 3월 08일 ~ 2005년 3월 10일

1.4 과업 수행 흐름도



1.5 측정장비

분 류	장 비 명		규 격	용 도	비 고
비파괴 장 비	균 열	디지털 버니어 캘리퍼스	1/100mm	균열폭 측정	
	측정기	Crack-Meter	Controls	균열폭 측정	
	반발경도 측정기	Schmidt Hammer	NR-Type	Con'c 강도추정	
	콘크리트 초음파 탐상	Pundit	QST-110	콘크리트 품질 시험	
	철 근 탐사기	Ferrosan	FS-10	철근배근상태 피복두께 측정	
	콘크리트 중성화측정	페놀프탈레인 용액	-	콘크리트 중성화 정도측정	
	기울기	Theodolite	DT-4	수평변위 측정	
	치 짐	Auto Level	NA30	수직변위 측정	
보 조 기 구	망원경		-	고층 상태조사	
	카메라		-	현황 촬영	
	돋보기		Ballon	근거리접근	
	그라인더		-	슈미트햄머 보조기구	
	줄 자		5.5m	부재치수조사	
			30m	부재실측조사	
구조안전성 평 가	MIDAS GENw		-	범용 구조해석 및 설계	
	MIDAS SDSw		-	바닥판, 기초판 구조해석 및 설계	
	MIDAS SET-Art		-	단위구조해석 프로그램	

제 2 장 건축물 현황

2.1 건축물 개요

2.2 건축물의 배치상태 및 단면크기

2제 장 건축물 현황

2.1 건축물 개요

2.1.1 일반현황

- 1) 대지면적 : - m²
- 2) 건축면적 : 280.00 m²
- 3) 동 수 : 1개동
- 4) 연 면 적 : 531.25 m²
- 5) 구조형식 : 철근콘크리트조
- 6) 최고높이 : 약 10 m (최고높이 부위 : 지붕층 파라펫)
- 7) 주 용 도 : 소방서(차고, 사무실, 식당, 창고)

2.1.2 건축물 이력사항

- 1) 설 계 자 : -
- 2) 감 리 자 : -
- 3) 시공자(공사별) : -
- 4) 공사기간 : -
- 5) 현재까지의 경과년수 : 17년 8개월
- 6) 준공당시 총 공사비 : -

2.1.3 보수·보강공사 이력사항

기 간	공사종류	설계자	시공자	감리자	비 고
-	-	-	-	-	-

2.1.4 진단일반사항

- 1) 설계도서류

(1) 준공도면(건, 토, 전, 설비) 보관실태 : 양호 보통 형식적 불량

- (2) 시방서(일반·특기) 보관실태 : 유 무
- (3) 구조계산서 보관실태 : 유 무
- (4) 지질조사서 보관실태 : 유 무
- (5) 시공당시 시공관계 사진철 : 유 무
- (6) 도서보관함 설치 유무 : 유 무
- (7) 재하시험 유무 및 보고서 : 유 무
- (8) 인·허가 서류 : 유 무

2.1.5 시설물별 구조상태

- 1) 최고높이 : (10.0)m
- 2) 기둥간격 : 평균 (7.5)m, 최저간격 (4.4)m, 최고간격 (14.0)m
- 3) 기초형식 : 온통(추정), 독립, 줄기초
- 4) 주요구조부 재료 (구조도면 및 계산서 등 관련 자료 없음)
 - (1) 콘크리트설계강도 : -
 - (2) 철근종류 : -
 - (3) 외벽 주요 마감자재 : 타일, 몰탈위 유성 페인트
 - (4) 실내바닥 마감자재 : 몰탈위 아스타일 마감
 - (5) 실내벽체 마감자재 : 몰탈위 수성 페인트
 - (6) 지붕방수공법(자재) : 노출 우레탄 방수

2.1.6 용도현황 (건축물대장 기준)

층 구 분	바닥면적(m ²)	주 요 용 도	비 고
지하층	37.50	물탱크실	
지상1층	280.00	사무실, 주차장	
지상2층	86.25	사무실	
지상3층	127.50	식당, 체력단련장	현장조사 : 280.00m ²

2.1.7 시설물사용 및 관리실태

부 위 (층수)	변 경 전		변 경 후		설 계 자	날 짜 (추정일)
	용 도	면적(m ²)	용 도	면적(m ²)		
3층	옥 상	65.17	휴게실, 식당	65.17	-	-
3층	옥 상	68.25	체력단련장	68.25	-	-

2.1.8 주변조건의 변경사항

구 분	위 치 (해당동·호수·실)	변경사항	
		변 경 전	변 경 후
사용하중	-	-	-
기초 및 지반조건	-	-	-
주변환경	-	-	-

2.1.9 증·개축 : ■유, □무, □불명

부 위 (층수)	증·개축전		증·개축후		설 계 자	날 짜 (추정일)
	용 도	면적(m ²)	용 도	면적(m ²)		
3층	사무실	115.00	사무실, 휴게실, 체력단련장, 식당	280.00	-	-

2.1.10 보수·보강 : ■보수, 보강, □무, □불명

구 분 (층수)	내 용	담 당 자	날짜(년월)
지붕층	방수	-	-

2.2 건축물의 배치상태

2.2.1 일반 사항

본 안전진단 건물의 주요 현황을 파악하기 위하여, 구조 부재의 배치 상태를 조사하였으며, 건축물의 관련도면을 [2.2.2 건축물 관련 도면]에 수록하였다.

2.2.2 건축물 관련 도면

- 1) 지하층 평면도
- 2) 1층 평면도
- 3) 2층 평면도
- 4) 3층 평면도
- 5) 지붕층 평면도
- 6) 정면 및 우측면도
- 7) 배면 및 좌측면도
- 8) 지하층 구조평면도
- 9) 1층 구조평면도
- 10) 2층 구조평면도
- 11) 3층 구조평면도
- 12) 지붕층 구조평면도

제 3 장 구조물의 상태조사

3.1 균열 및 열화조사

3.2 콘크리트 강도 조사

3.3 철근탐사

3.4 콘크리트 중성화 조사

3.5 변위 조사

3제 장 구조물의 상태조사

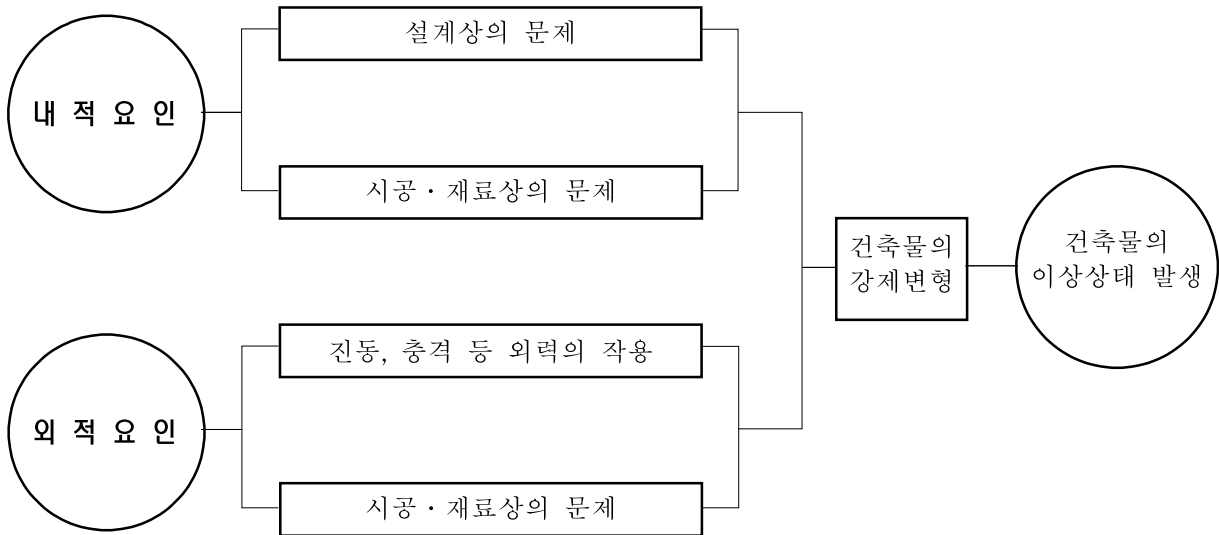
3.1 균열 및 열화조사

3.1.1 개요

본 진단대상 건축물인 『송파소방서 방이파출소 청사』에 대한 균열 및 열화현황 등을 조사하기 위하여 육안 및 소정의 기기를 이용하여 현재 발생되어 있는 내·외부결함에 대한 조사를 실시하였다.

조사는 건축도면을 준비하여 각 부위의 균열 및 열화조사 내용을 기록하였으며, 이와 같이 조사한 결과를 토대로 구조체의 상태 및 안전성 여부를 파악하는데 기초 자료로 활용하였다.

일반적으로 건축물의 결함은 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하여 발생되며, 그 양상도 구조형식, 사용재료 등에 따라 매우 다양하게 나타난다. 이러한 여러 가지 원인에 의한 결함 발생 메커니즘을 도식화하여 <그림 3.1.1>에 나타내었으며, 균열의 유형별 분류 및 이에 따른 원인은 <표 3.1.2>, <표 3.1.3>에 나타내었다.



<그림 3.1.1> 건축물의 결함발생 메커니즘

<표 3.1.1> 육안조사 항목별 조사 요령

조사 부위	조사 방법	비고
균열	육안으로 균열의 방향, 균열의 패턴을 관찰하고, 늘어난 균열의 길이를 파악한다. 또한 부식에 의한 오염의 유무 등 관찰	
들뜸	육안으로 콘크리트의 들뜸의 유무를 관찰한다. 또한 들뜸부분의 철근부식 유무를 관찰(망치 사용)	
박락	육안으로 콘크리트 박락되어 있는 부분의 유무를 관찰	
누수	육안이나 문진으로 확인한다	
백태	콘크리트 면을 손으로 눌러서 분상물의 부착으로 판단한다.	

3.1.2 균열의 원인

<표 3.1.2> 발생시기 및 분포상태에 따른 콘크리트의 균열원인

구분		균열원인				
		시공	재료	수화열	건조수축	구조
균열발생 시기	양생 초기	○	○	○	○	-
	소정 양생후	-	○	-	○	○
균열 분포상태	불규칙	○	○	-	-	-
	규칙	-	-	○	○	○

<표 3.1.3-A> 콘크리트 균열의 원인

번호	예측되는 원인	검토가 요망되는 조사·시험
A 1	시멘트의 이상응결	균열의 상세조사(유형), 시멘트의 응결시험 데이터
2	콘크리트의 침하, 불리딩	균열의 상세조사(유형), 보·슬래브에 있어서는 배근위치와 균열위치와의 대응
3	시멘트의 수화열	균열의 상세조사(유형·깊이), 시멘트의 종류, 시공방법
4	시멘트의 이상팽창	균열의 상세조사(유형), 시멘트의 물리·화학 시험 데이터
5	골재에 포함되어 있는 진흙성분	균열의 상세조사(유형), 골재의 세척시험 데이터
6	반응성 골재나 풍화암의 사용	균열의 상세조사(유형·깊이), 골재의 산지(產地)·암질(巖質)
7	콘크리트의 건조수축	콘크리트의 길이변화 시험 데이터, 건조조건, 단면치수

<표 3.1.3-B> 콘크리트 균열의 원인

번호	예측되는 원인	검토가 요망되는 조사·시험
B 1	혼화재의 불균일한 분산	균열의 상세조사(유형)
2	장시간의 비빔	균열의 상세조사(유형), 콘크리트의 운반 시간
3	펌프압송시 시멘트 및 수량의 증량	콘크리트 코어에 의한 강도시험, 화학분석 데이터
4	타설순서의 차이(틀림)	시공기록
5	급속한 타설속도	타설량 시간
6	불충분한 응고 등	콘크리트 균열 외관
7	배근의 호환·피복두께의 부족	철근 조사 데이터
8	타설 연결부 처리의 부적(不適)	균열의 상세조사(유형, 깊이)
9	형틀의 뒤틀림	균열의 상세조사(유형)
10	누수(형틀, 노반)	콘크리트의 외관 조사
11	지보공(支保工)의 처짐	균열의 상세조사
12	형틀의 조기제거	시공기록, 탈형시의 콘크리트 강도
13	경화시의 진동이나 재하(載荷)	환경상황(부근의 공사·교통량), 지진기록, 공사중의 하중조건
14	초기양생중의 급속한 건조	기상기록, 탈형의 재령, 양생방법
15	초기동해	기상기록, 양생방법
C 1	환경온도·습도의 변화	균열의 상세조사(유형), 기상기록, 피복재(被覆材)의 영향
2	부재양면의 온·습도의 차이	균열의 상세조사(유형·깊이), 기상기록·실온, 단면치수, 피복재(被覆材)의 영향
3	동결·융해의 반복	균열의 상세조사(유형·깊이), 콘크리트의 외부, 기상기록
4	동 결(凍結)	기상기록, 기초도
5	내부철근의 녹	균열의 상세조사(유형·깊이), 철근 조사 데이터, 중성화 조사 데이터
6	화재·표면가열	균열의 상세조사(유형·깊이), 사용상황
7	산·염류의 화학작용	콘크리트의 길이변화 시험 데이터, 건조조건, 단면치수
D 1	하중(설계하중 이내의 것)	균열의 상세조사(유형), 하중조건 조사 데이터
2	하중(설계하중 넘는 것)	균열의 상세조사(유형), 하중조건 조사 데이터
3	하중(주로 지진에 의한 것)	균열의 상세조사(유형), 하중조건 조사 데이터, 지진기록
4	단면, 철근량 부족	균열의 상세조사(유형·깊이), 하중조건 조사 데이터, 단면치수, 철근 조사 데이터
5	구조물의 부등침하	균열의 상세조사(유형·깊이, 폭의 변동 상황), 지반 조사 데이터

<표 3.1.4> 보수 가·부(可·否)에 관한 균열폭의 한도

구 분	환경요인※1 구 분※2	내구성을 고려한 경우			방수성을 고려한 경우
		심한경우	중 간	약한경우	
보수를 필요로 하는 균열폭(mm)	대	0.4이상	0.4이상	0.6이상	0.2이상
	중	0.4이상	0.6이상	0.8이상	0.2이상
	소	0.6이상	0.8이상	1.0이상	0.2이상
보수를 필요로 하지 않는 균열폭(mm)	대	0.1이하	0.2이하	0.2이하	0.05이하
	중	0.1이하	0.2이하	0.3이하	0.05이하
	소	0.2이하	0.3이하	0.3이하	0.05이하

※ 1. 주로 철근의 녹 발생 조건의 관점에서 본 환경조건

※ 2. 기타요인(대,중,소)이란 콘크리트 구조물의 내구성 및 방수성에 미치는 유해성의 정도를 나타내며 균열깊이, 패턴, 피복두께 및 콘크리트 표면 피복의 유무 등 환경 요인을 종합 판단하여 정한다.

<표 3.1.5> 보강 필요여부 판정 기준 (일본 콘크리트공학 협회)

구 분	구조외력	철근 부식
구조계산을 행하는 전제조건	휨 균열폭 $\geq 0.3\text{mm}$ or $0.2\text{mm} \leq$ 전단 균열폭	덜개 콘크리트의 박리가 있고 또한 철근에 녹이 있다.
보강을 필요로 하는 경우	허용 응력을 초과할 때	
정기적인 관측을 필요로 할 경우	$0.3\text{mm} \geq$ 휨 균열폭 0.15mm 또는 $0.2\text{mm} >$ 전단 균열폭 $> 0\text{mm}$	덜개 콘크리트의 박리, 녹물이 있다.
보강을 요하지 않는 경우	상기에 해당되지 않을 때	

<표 3.1.6> 조적조 균열의 원인

구 분	균열의 원인	내 용
설계상 결 함	기초의 부등침하	기둥과 보를 중심으로 팔자형으로 균열이 발생
	건축물의 평면·입면의 불균형 및 벽의 불합리한 배치	벽량의 불균형 배치로 인한 수평·수직균열이 국부적으로 발생
	벽돌벽의 길이, 높이 및 무게와 벽돌벽의 강도	조적벽체에서 시공 후 수개월이 경과한 후 벽면에 수평균열 발생
	문틀 크기의 불합리 및 불균형 배치	창문틀 주위에 경사방향의 균열발생 및 창호 모서리 상호간을 연결하는 수평균열 발생
시공상 결 함	벽돌 및 모르타의 강도부족, 신축성에 의한 결함	수평·수직균열이 부재표면에 불규칙하게 발생
	벽돌벽의 부분적 시공결함	부분적으로 집중하여 균열 발생
	이질재와의 접합부	이질 재료간의 접합부에서 수축, 팽창에 대한 신축을 차이로 시간이 경과함에 따라 수직·수평균열이 발생
외 적 요 인	환경, 온도 및 습도의 변화	점진적으로 발생하여 교차벽, 문틀 및 창틀이 만나는 곳에서 수직·수평균열이 발생
	연속적 충격 또는 진동	수직·수평균열 및 변위

3.1.3 철근부식 및 박리·박락의 등급 판정

<표 3.1.7> 육안에 의한 철근부식도의 구분

부 식 도	부 식 상 태
부식없음	부식을 인정치 않음
A	점으로 된 녹 정도의 표면적인 부식
B	전체적으로 표면적 부식
C	얇은 구멍등 단면 결손이 가벼운 부식
D	단면 결손이 확실한 부식

<표 3.1.8> 박리·박락의 등급판정

열화 종류	열화 정도	열화 범위
박 리	경미한 박리 중간 정도의 박리 심한 박리 극심한 박리	0.5mm 0.5mm - 1.0mm 1.0mm - 25.0mm 25.0mm 이상으로 조골재 손실
박 락	소형 박락 대형 박락	깊이 25mm이하 또는 직경 150mm이하 깊이 25mm이상 또는 직경 150mm이상

3.1.4 현황조사 결과

본 조사대상 건축물인 송파소방서 방이파출소 청사는 17년 이상 경과된 건축물로 진단일 현재 업무시설 및 차고로 사용중이며, 조사 가능한 부위를 중심으로 현황조사를 실시하였다.

1) 내부 현황조사 결과

내부벽체 열화현상의 원인은 재료의 노후화 및 이질재료간의 이음 부위, 재료의 건조수축 및 팽창, 부분적 시공결함 등에 의하여 발생한 것으로 판단된다.

그리고 내부 천장은 단열재·텍스 등으로 인하여 전면조사는 어려웠으나, 일부구간에서 마감재 제거 후 구조부재에 대하여 현황조사를 실시한 결과 3층 바닥 부재에서 휨·전단균열이 일부 발생한 것으로 조사되었으며, 구조안전성 검토후 적절한 보수·보강이 필요한 것으로 판단된다.

2) 외부 현황조사 결과

현황조사 결과 대부분의 균열은 콘크리트 부재와 조적벽체 접합부 및 개구부 모서리에 발생한 것으로 조사되었다. 그리고 정면 외부 벽체(타일마감)는 일부 개소에서 백화현상이 심한 것으로 조사되어 외벽 발수재 등에 의한 보수가 필요하다.

3) 지붕층 바닥 현황조사 결과

현황조사 결과 지붕층 일부구간에서는 방수층 들뜸으로 인한 파손현상이 다수 발생하였고, 3층 식당 천장 구간은 방수보수를 위하여 여러번 누름 콘크리트(THK :200 이상)를 시공하여 하중이 증가한 상태이다.

그리고 3층 식당, 휴게실 천장에서 누수와 결로 현상이 심한 것으로 조사되었으며, 누수는 기존부재와 증축부재 접합 구간에서 주로 발생하였고, 결로 원인은 데크플레이트 하부면 단열재 시공불량(일부구간 미시공)에 의한 것으로 판단된다.

3.2 콘크리트 강도 조사

3.2.1 반발강도 조사

1) 개 요

콘크리트 강도조사는 비파괴 시험법에 의해 조사하였으며, 비파괴 시험법중 반발 강도법에 의해 실시하였다.

2) 시험 장비 및 기준

(1) 부재의 콘크리트 강도를 조사하기 위하여 사용된 장비는 다음과 같다.

▶ Schmidt Hammer NR-Type

- 시험 목적 : 구조 부재의 강도 조사
- 시험 기구 : Schmidt Hammer NR-Type
- 시험 Point 선정 : 측정 부위의 선정은 측정 가능한곳으로 정하고 굽은 골재가 노출되거나 철근이 있는 곳은 피하여 선정한다.

3) Schmidt Hammer 시험 및 결과 산출 방법

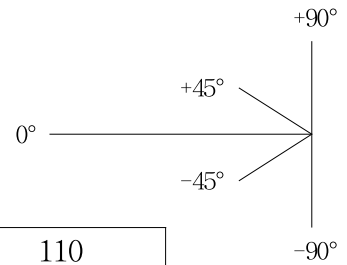
(1) 측정기구 및 측정방법 : Schmidt Hammer로 측정면에 약 5cm 간격의 종횡 각 4개 방향의 20점에 대해 측정하여 구한 반발 강도중 최대·최소치를 제외한 산술 평균을 그 부재의 반발 강도로 정하였다.

(2) 타격방법 : 타격 방향은 측정면에 수직으로 타격 하는 것을 원칙으로 하여 실시하였다.

(3) 측정면의 상태는 형틀에 접해 있던 평활한 콘크리트 표면에 Grinder 등에 의한 표면 처리후 실시하였다. 콘크리트 표면에 Schmidt Hammer를 타격하면 반발 강도 수치가 표시되며, 각 횡수별로 표시된 수치를 기록한다. 이 값을 평균한 결과를 산출하여 Data로 사용하였다.

<표 3.2.1> 반발경도에 따른 압축강도 환산표 (W_{28})

R_o	-90°	-45°	0°	$+45^\circ$	$+90^\circ$
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	110	
26	198	185	150	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	600 이상	600 이상	580	550	530
55	600 이상	600 이상	600	570	550



<표 3.2.2> 타격방향에 의한 반발경도 보정치(ΔR)

반발경도	보 정 치				비 고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10	-	-	+ 2.4	+ 3.2	<input type="checkbox"/> 상향수직 타격 +90° <input type="checkbox"/> 상향경사 타격 +45° <input type="checkbox"/> 하향수직 타격 -90° <input type="checkbox"/> 하향경사 타격 -45°
20	-5.4	- 3.5	+ 2.5	+ 3.4	
30	- 4.7	- 3.1	+ 2.3	+ 3.1	
40	- 3.9	- 2.6	+ 2.0	+ 2.7	
50	- 3.1	- 2.1	+ 1.5	+ 2.2	
60	- 2.3	- 1.6	+ 1.3	+ 1.7	

<표 3.2.3> 재령에 의한 보정계수(α_t)

재령	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일	11일	12일	13일	14일	15일
α_t	1.90	1.84	1.78	1.72	1.67	1.61	1.55	1.49	1.45	1.40	1.36	1.32
재령	16일	17일	18일	19일	20일	21일	22일	23일	24일	25일	26일	27일
α_t	1.28	1.25	1.22	1.18	1.15	1.12	1.10	1.08	1.06	1.04	1.02	1.01
재령	28일	29일	30일	32일	34일	36일	38일	40일	42일	44일	46일	48일
α_t	1.00	0.99	0.99	0.98	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89
재령	50일	52일	54일	56일	58일	60일	62일	64일	66일	68일	70일	72일
α_t	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
재령	74일	76일	78일	80일	82일	84일	86일	88일	90일	100일	125일	137일
α_t	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.80	0.78	0.76	0.75
재령	150일	175일	200일	250일	300일	350일	400일	500일	750일	1000일	2000일	3000일
α_t	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

또한, 경도 시험시 철근 및 조골재에 의한 반발치의 이상 과다와 미세한 균열, Void, Pore 및 표면 상태 등에 의해 수치가 낮게 나오는 경우가 있다. 따라서, 이러한 불확실한 요소를 가진 수치를 제외한 나머지 수치 중 신뢰성이 있는 수치를 취합하여 콘크리트 품질의 전반적인 분포상태를 파악하는 방법을 취하였다.

일본 재료학회의 지침안에서는 표준편차가 평균치의 $\pm 20\%$ 이상 되는 경우 그 자료는 채택되지 않으며, 미국재료시험학회(American Society for Testing & Materials)의 방법에 의하면 반발수치가 평균치의 ± 7 이상이 되는 자료는 채택되지 않게 규정하고 있다.

콘크리트의 타격방향 및 재령에 의한 보정은 <표 3.2.2>, <표 3.2.3>의 보정계수에 의해 보정하였으며, 다음의 3가지 방법을 적용하여 콘크리트 압축강도를 환산하였다.

※ $F_C = W_{28}$ (kgf/cm²)

(콘크리트 테스트 햄머에 표시된 반발도 강도곡선에 해당되는 값으로 구한 측정치)

공식 1 $F_C = 13R_o - 184$ (kgf/cm²)

(일본 재료학회에 의한 강도 추정식)

공식 2 $F_C = 10R_o - 110$ (kgf/cm²)

(동경도 재료 시험소에 의한 강도 추정식)

공식 3 $F_C = 7.3R_o + 100$ (kgf/cm²)

(건축학회 매뉴얼에 의한 강도 추정식)

• $R_o = R + \Delta R$ (R_o : 각도보정 후 강도, R : 측정치, ΔR : 각도 보정치)

• $\alpha_t =$ 재령에 의한 보정계수

4) 콘크리트 강도조사 내용

진단 시설물의 콘크리트 강도 조사결과 내용은 <표3.2.4> 콘크리트 강도 조사표에 수록하였다.

<표 3.2.4> 콘크리트 강도 조사표

위 치		부 재	평균반발 경 도	환산강도(kgf/cm ²)			평균강도 (kgf/cm ²)	
				보정 계수	공식1	공식2		공식3
1	지붕층	바닥보	36.5	0.63	183	161	231	192
2			36.1	0.63	180	158	229	189
3	3층	바닥슬래브	38.0	0.63	196	170	238	201
4			35.6	0.63	176	155	227	186
5			36.5	0.63	183	161	231	192
6		바닥보	34.0	0.63	162	145	219	175
7	2층	바닥슬래브	33.7	0.63	160	143	218	174
8			34.4	0.63	166	147	221	178
9			33.8	0.63	161	144	219	175
10	1층	바닥슬래브	41.0	0.63	220	189	252	220
11			44.1	0.63	246	209	266	240
12		바닥보	39.6	0.63	209	180	245	211
13			36.2	0.63	180	159	229	189
14			37.0	0.63	187	164	233	195
평균 강도							194	

3.2.2 초음파법에 의한 콘크리트 강도시험

1) 개요

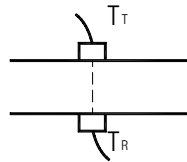
본 시험은 취성재료(특히 콘크리트)의 시험에 가장 적합한 50~60 KHz의 Pulse를 사용하여 재료의 밀도(Density), 탄성(Elasticity)정도, 균질성(Homogeneity), 공극(Void)이나 공동(cavity)의 유무, 화학적 손상 및 노후화에 의한 열화 및 탄산화 현상 등을 측정할 수 있으며, 콘크리트의 강도시험에 적용할 수 있다.

2) 시험 목적

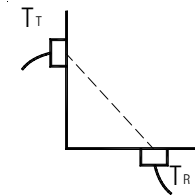
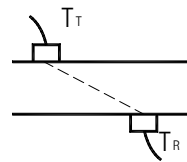
콘크리트 품질 조사는 비파괴 시험법에 의해 조사하였으며, 비파괴 시험법 중 초음파 음속법을 이용하여 콘크리트 강도 및 밀실도를 측정하여 구조체의 상태 및 시공상태의 적정성을 파악하는데 기초 자료로 활용하였다.

3) 부재의 콘크리트 품질조사를 위하여 사용된 장비 : QST-110

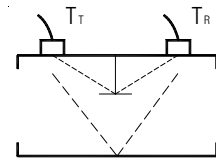
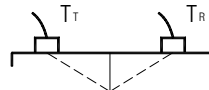
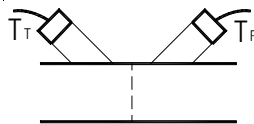
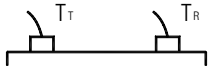
4) 초음파 센서의 배치형태에 따른 측정법



(a) 대칭법



(b) 사각법



(c) 표면법

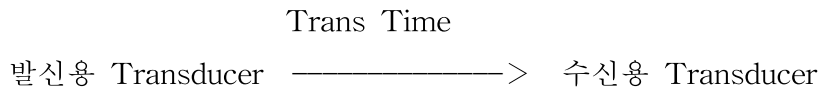
5) 시험 방법

초음파를 이용한 비파괴검사법은 압전소자 등을 이용한 발진자, 수신자를 콘크리트에 밀착시키고 발진자로부터 초음파를 수신자로 수신하여 그 수신과동을 근간으로 콘크리트의 강도, 균열심도, 내부결함 등을 검사한다.

초음파 펄스 속도 측정에 의해 콘크리트 품질을 평가하기 위해서는 시험체 내부를 펄스가 진행하는 거리 즉, 펄스의 주행 거리도 정확하게 측정되지 않으면 안 된다. 이것을 식으로 정리하면,

$$\text{<식 3.2.4> } \text{-----} V_p(\text{mm}/\mu\text{s}) = \frac{\text{전파거리}(L:\text{mm})}{\text{전파시간}(T:\mu\text{s})}$$
$$V_p = \text{초음파 전달 속도}(\text{mm}/\mu\text{s})$$

전달 시간(T)은 발신용 Transducer에서 Pulse가 발진되어진 순간부터 수신용 Transducer에 도달되는데 소요되는 시간을 말한다.



시험체의 표면에 Transducer를 Setting하는 방법은 현장 여건에 따라 직접법을 사용하였으며 그 결과는 <표 3.2.6>와 같다.

6) 판정기준

초음파에 의한 콘크리트 비파괴 강도는 재료의 매질, 공극, 균열, 철근 배근상태에 따라 다소 차이가 있다. 따라서 이는 콘크리트의 강도 측정정보다는 재료의 결함 및 시공상태에 초점을 두어야 할 것이다.

<표 3.2.5 > 초음파 전달속도에 따른 콘크리트 품질

Pulse 전달 속도		품질 상태
ft/sec	mm/ μ s	
15000	4.575	대단히 양호
12000 ~ 15000	3.600 ~ 4.575	양호
10000 ~ 12000	3.050 ~ 3.600	보통
7000 ~ 10000	2.135 ~ 3.050	불량
7000 이하	2.135 이하	매우 불량

※ 1987년 한국 에너지 연구소에서 발간된 “콘크리트 비파괴검사 기술 개발”

<표 3.2.6> 초음파 전달속도에 따른 콘크리트 품질 조사표

위치		부재	측정길이 (mm)	측정시간 (μ s)		속도 (mm/ μ s)
1	지붕층	바닥보	300	88.3	88.05	3.41
				87.8		
2	3층	기둥	300	84.4	84.15	3.57
				83.9		
3	3층	바닥보	400	116.1	116.40	3.44
				116.7		
4	1층	기둥	500	136.5	136.25	3.67
				136.0		
5	1층	바닥보	300	86.2	85.9	3.50
				85.6		
평균값						3.52

3.2.3 콘크리트 강도조사 결과

1) 콘크리트 강도시험(반발경도 시험)

압축강도에 대한 분석은 일반적으로 널리 이용하고 있는 일본 건축학회, 동경도 시험소 및 재료학회 판별식의 평균치를 적용하여 강도를 추정하였다.

대상 구조물의 경우 비파괴 시험법으로 측정된 콘크리트 추정 압축강도 분포는 174 ~ 240 kgf/cm²으로 평균강도는 194 kgf/cm²로 나타났으며, 측정위치에 따라 다소 편차가 있으나 이는 추정 설계강도 210 kgf/cm²에 미달되는 것으로 조사되어 안전성 검토시 콘크리트 강도는 180 kgf/cm²을 적용하였다.

2) 초음파 시험

대상 구조물에 대한 초음파 탐사는 직접법으로 실시하였으며, 초음파 탐사에 의한 콘크리트 내부 및 표면의 PULSE 전달 속도는 3.41~3.67mm/ μ s로 평균 3.52mm/ μ s로 측정되었다.

이는 <표 3.2.5>의 기준치와 비교시 콘크리트 표면 및 내부 상태는 양호한 상태인 것으로 사료된다.

콘크리트의 상대적인 밀실도 품질 평가 기준은 1987년 한국 에너지 연구소에서 발간된 “콘크리트 비파괴 검사 기술 개발”을 적용하였다.

3.3 철근탐사

3.3.1 개 요

철근탐사는 철근의 간격, 피복두께 등을 파악할 수 있는 Ferrosan 장비를 이용하여 전자기파를 콘크리트 표면에서 내부로 향해 방사하고 대상물에서 반사 신호를 수신하여 철근의 위치 및 깊이를 자동 기록 조사하는 기법을 적용하였다.

3.3.2 조사장비

1) 탐사기구 : Ferrosan (FS-10) System

본 장비는 자체 내장된 해석 프로그램으로 철근의 직경, 배근간격, 피복두께 등을 측정할 수 있는 비파괴 장비이다.

2) Ferrosan 제원

- RV 10 Monitor
- RS 10 Scanner
- RC 10 연결Cable
- RG 10 모눈종이(600mm × 600mm)

3) 측정방법

Normal Scan : 측정부재의 마감면 위에 종·횡방향 15cm간격으로 60cm정도(4등분)를 구획한 다음 스캐너로 구획한 곳의 가로방향으로 이동시켜 측정하고 다시 세로방향으로 이동시켜 자체 내장된 해석 프로그램으로 피복두께, 철근직경, 철근위치 등을 분석할 수 있다. 또한 PC와 연결하여 프린터로 출력할 수 있는 첨단 비파괴 장비이다.

Quick Scan : 측정부재의 마감면 위를 스캐너 이동시 철근이 배근된 위치에서 부재가 울리면 디지털로 철근의 매립깊이가 나타나는 조사방법이다.

<표 3.3.1> 철근탐지 적용 범위

적용 가능한 조건	적용 곤란한 조건
<ul style="list-style-type: none"> · 측정심도 10cm 이내 · 콘크리트의 질이 대부분이 균일한 것 · 철근이 안테나 진행방향에 직교하고있는 것 	<ul style="list-style-type: none"> · 표면에 금속 등의 전파를 반사하는 물질이 있고, 그 이하의 철근 등을 측정하는 경우 · 100mm 이하의 피치에서 배근되어있는 경우 · 안테나의 진행방향과 평행으로 철근이 배근되어 있는 경우

4) 철근탐사 조사 내용

진단 대상 시설물의 철근배근 탐사 조사는 철근탐지기 Ferrosan(FS-10) System을 이용하여 부재별 조사 가능한 부재를 대상으로 조사하였으며, 철근배근 상태 조사 내용은 <표 3.3.2>에 수록하였다.

<표 3.3.2> 철근배근 현황조사 결과표

단위 : mm

조사위치		부재크기	부재명	설계도면		조사배근	
1	지붕층 바닥보(단부)	400×600	G2	하부근	-	하부근	4EA
				늑근	-	늑근	@150
2	지붕층 바닥보(중앙부)	400×1200	G5	하부근	-	하부근	3EA (이단배근)
				늑근	-	늑근	@300
3	지붕층 바닥보(단부)	400×1200	G1	하부근	-	하부근	4EA
				늑근	-	늑근	@250
4	지붕층 바닥보(중앙부)	400×1200	G1	하부근	-	하부근	3EA
				늑근	-	늑근	@150
5	지붕층 바닥보(단부)	250×400	B1	하부근	-	하부근	2EA
				늑근	-	늑근	@200
6	3층 기둥	300×300	C3	주근	-	주근	8EA
				대근	-	대근	@310
7	3층 기둥	500×400	C1	주근	-	주근	14EA
				대근	-	대근	@300
8	3층 기둥	500×400	C1	주근	-	주근	14EA
				대근	-	대근	@300
9	3층 기둥	500×400	C1	주근	-	주근	14EA
				대근	-	대근	@300
10	3층 바닥보(단부)	400×700	G2	하부근	-	하부근	3EA
				늑근	-	늑근	@150

표계속

조사위치		부재크기	부재명	설계도면		조사배근	
11	3층 바닥보(단부)	400×1200	G1	하부근	-	하부근	5EA (이단배근)
				늑근	-	늑근	@150
12	3층 바닥보(중앙부)	400×1200	G1	하부근	-	하부근	5EA (이단배근)
				늑근	-	늑근	@160
13	2층 기둥	350×500	C2	주근	-	주근	8EA
				대근	-	대근	@300
14	2층 바닥슬래브 (중앙부)	THK : 150	S1	단변근	-	단변근	@200
				장변근	-	장변근	@200
15	2층 바닥슬래브 (중앙부)	THK : 150	S1	단변근	-	단변근	@200
				장변근	-	장변근	@200
16	1층 기둥	500×400	C1	주근	-	주근	14EA
				대근	-	대근	@310
17	1층 기둥	500×400	C1	주근	-	주근	14EA
				대근	-	대근	@300
18	1층 기둥	Ø400	C1	주근	-	주근	6EA
				대근	-	대근	@300
19	1층 기둥	500×400	C1	주근	-	주근	14EA
				대근	-	대근	@300
20	1층 기둥	400×400	C2	주근	-	주근	12EA
				대근	-	대근	@300
21	1층 바닥슬래브 (중앙부)	THK : 150	S1	단변근	-	단변근	@200
				장변근	-	장변근	@250
22	1층 바닥보(중앙부)	300×600	G1	하부근	-	하부근	3EA
				늑근	-	늑근	@300

3.3.3 철근탐지 조사 결과

철근탐지기 Ferrosan (FS-10) System으로 주요 구조부재에 대하여 철근탐지 조사를 실시한 결과 <표 3.3.2> 철근배근 현황조사 결과표와 같이 조사되었으며, 진단 건물에 대한 설계도면이 없어 철근탐지 조사 결과와 비교할 수는 없었으나 구조검토시 조사결과를 반영하여 구조부재의 안전성을 평가하였다.

3.4 콘크리트 중성화 조사

3.4.1 개 요

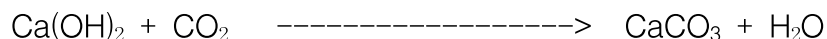
본 안전진단 대상인 송파소방서 방이파출소 청사 건축물은 준공후 17년 이상 경과된 구조물로서 환경적 요인으로 인한 구조물의 내구성의 저하 여부를 판단하기 위하여 콘크리트 구조물의 주요 구조부재를 대상으로 콘크리트 중성화 시험을 실시하였다.

중성화는 대기중에 있는 이산화탄소가 콘크리트의 세공조직을 통하여 확산 작용에 의해 침투함으로써 알칼리성의 콘크리트가 중성으로 변해 가는 현상을 말한다. 중성화 진행에 대한 여부는 콘크리트의 면에 페놀프탈레인 1% 알콜 용액을 분무함으로써 알 수 있다. 즉 중성화된 콘크리트는 무색반응을 하는 반면에 중성화가 진행되지 않는 건전한 콘크리트는 적색으로 변색된다.

3.4.2 콘크리트 중성화 일반사항

1) 이론적 배경

경화된 콘크리트는 시멘트의 수화생성물인 수산화석회를 유지하여 강한 알칼리성을 나타내고 있다. 수산화석회는 시일의 경과와 더불어 콘크리트 표면으로부터 공기중의 탄산가스(CO₂)의 영향을 받아 서서히 탄산석회로 변화하여 알칼리성을 소실하여 가는 현상을 중성화(中性化)화 한다고 한다.



콘크리트 속에 있는 철근은 콘크리트가 알칼리성을 띠고 있을 때에는 철근표면에 보호피막이 생겨 철근의 부식을 방지할 수 있으나, 중성화가 진행되면 철근표면의 보호피막이 파괴되어 수분과 탄산가스의 작용으로 녹이 생기게 된다.

콘크리트가 중성화되어 강재가 녹이 슬면 녹의 체적 팽창이 현저하게 크게 되어 피복 콘크리트를 파괴하고 더욱이 파괴된 부분으로부터 물이나 공기가 침입하여 강재의 부식을 점점 촉진시켜 경우에 따라서는 철근콘크리트 구조물을 붕괴에까지 이르게 하는 경우도 있다.

2) 시험방법

균열부분, 피복이 들뜬 부분 및 철근이 노출되어 부식된 부분을 선정하여 실시하며 시험 방법은 다음과 같다.

- (1) 페놀프탈레인 1% 알코올 용액을 준비한다.
- (2) Hammer Drill을 이용하여 시험부분의 콘크리트를 탈락시킨다.
- (3) 콘크리트에 페놀프탈레인 1% 알코올 용액을 분무기로 분사 도포한다.
- (4) 분사 도포후의 색변화 상태를 관찰하여 콘크리트의 중성화 깊이를 측정한다. 여기서 색의 변화가 없으면 콘크리트가 알칼리성으로 소실하여 중성화되었음을 뜻하며, 짙은 적색으로 변화하면 콘크리트의 기본성질(알칼리성)을 갖고 있음을 뜻한다.

3) 중성화 깊이에 따른 등급평가 자료

등 급	중성화 깊이	비 고
A	표면으로부터 5mm 이하	중성화 속도추정
B	피복두께의 1/3 (10mm) 이하	중성화 속도추정 도장보수
C	피복두께의 1/2 (15mm) 이하	중성화 속도추정 및 보수요
D	피복두께 (약 30mm) 이하	중성화 속도추정 및 보수요
E	철근위치 이상	중성화 속도추정 및 보수·보강요

※ 피복두께는 30mm로 산정

4) 내부철근부식 등급평가 자료

등 급	철 근 상 태
A	흑피의 상태, 또는 녹이 생기고 있지만 전체적으로 얇고 치밀한 녹으로, 콘크리트면에 녹이 부착되어 있지 않음
B	콘크리트면에 녹이 부착되어 있음
C	부분적으로 들뜬 녹이 있지만, 작은 면적에 반점상이 있다.
D	단면 결손은 눈으로 관찰 또는 확인할 수, 없지만 철근의 표면 들레, 전체 길이에 걸쳐 들뜬 녹이 생겨 있다.
E	단면 결손이 일어나고 있다.

3.4.3 환경작용

콘크리트의 중성화는 콘크리트 온도가 높을 때 중성화의 진행이 빠르고, 콘크리트의 함유수량이 적을수록 중성화의 진행도 빠르게 되지만, 절건 상태에 가깝게 완전 건조한 경우에

는 역으로 중성화가 진행되지 않는다. 따라서 중성화에 관련한 기상조건으로는 기온, 습도, 강우빈도, 일사량 등을 고려할 필요가 있다.

3.4.4 내구연한 추정

알칼리성인 콘크리트에 매입된 철근은 콘크리트의 알칼리성이 유지되는 동안은 철근의 부식이 일어나지 않는다. 이처럼 콘크리트의 중성화 정도는 철근콘크리트 구조물의 전반적인 내구성을 지배한다고 할 수 있다.

1) 개요

국내 건설교통부에서 발간한 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’에 의하면 일본건축학회에서 사용중인 아래 <식 3.4.1>을 제시하고 있다.

$$\text{<식 3.4.1> } \text{----- } C = A\sqrt{t}$$

t : 콘크리트내 깊이 C까지의 중성화기간 (Year)

A : 중성화계수 C : 중성화 깊이

<식 3.4.1>은 일본인 ‘浜田稔’ (1964年)에 의해 발표된 논문을 참고한 것으로 원문의 식은 아래 <식 3.5.2>와 같다.

$$\text{<식 3.4.2> } \text{----- } t = \frac{k}{R} \cdot X^2 \quad \text{[약산식]}$$

$$\text{<식 3.4.3> } W \geq 60\% \quad t = \frac{0.3 \times (1.15 + 3 \times W)}{R^2 (W - 0.25)^2} X^2 \quad \text{[키시타니식]}$$

$$W < 60\% \quad t = \frac{7.2}{R^2 (4.6W - 1.76)^2} X^2$$

t : 콘크리트내 깊이 C까지의 중성화기간(Year)

X : 중성화 깊이(cm)

W : w/C(강도상의 물시멘트비)

R : 중성화 비율(보통 포틀랜드 시멘트 = 1)

보통콘크리트는 약산식을 사용할 수 있음.

물시멘트비가 65%이고 재령 17년 경과시 중성화 심도는 약 17mm

3.4.5 중성화 시험결과

1) 시험위치 및 개소

본 시설물(콘크리트조)는 준공후 약 17년 이상 경과된 건축물로서 측정 가능한 부재를 대상으로 실시하였으며, 조사 부재는 노출되어 있는 상태로 가능한 한 철근의 피복 깊이까지 파쇄하여 시험을 실시하였다.

<표 3.4.1> 중성화 측정 결과표

NO.	위 치	부 재	마감물탈 두께	중성화깊이 (콘크리트)	평 가	비 고
1	1층	기둥	8	12	C	
2	1층	기둥	10	16	D	
3	1층	기둥	10	18	D	
4	1층	바닥보	-	35	E	-

2) 중성화 조사 결과에 대한 고찰

본 시설물은 준공후 약 17년 이상 경과된 건축물로서 중성화 조사결과 중성화 깊이는 12~35mm로 중성화 등급평가표와 비교시 C~E등급으로 나타났으며, 일반적으로 콘크리트의 물시멘트비가 65%이고 재령 17년 경과시 중성화 심도는 약 17mm 정도인 것과 비교하면, 부분적으로 콘크리트의 중성화가 다소 많이 진행되어 불량한 것으로 나타났다. 특히 지하층 노출 부재의 경우는 철근피복 두께이상 진행되어 내구성 측면에서 취약한 것으로 판단된다.

3.5 변위 조사

3.5.1 개요

구조물의 변형상태를 파악하기 위하여 변위 조사를 실시하였다. 변형의 원인으로서는 재료의 품질저하, 초과하중, 증·개축시 부재의 손상, 인접대지 굴착에 의한 지반의 부등침하 등이 있을 수 있으며, 허용치 이상의 변형이 관측될 경우에는

- 변형의 원인으로 기능 장애가 일어나고 있는가,
- 진행성인가,
- 국부적인 현상인가 또는 광범위한 현상인가 등을 판단해 볼 필요가 있다.

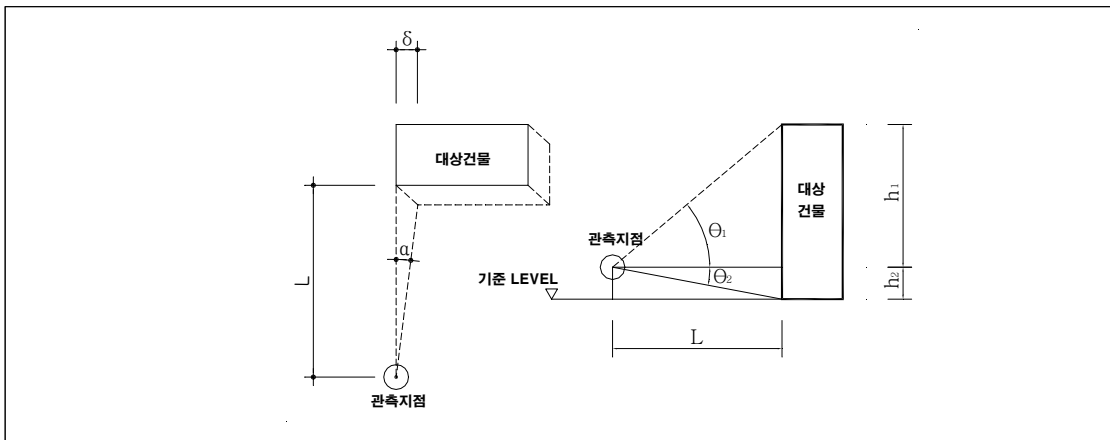
한편 시공오차는 내력상 문제가 되지 않는 경우가 많기 때문에 관측된 변형이 준공 전 또는 준공 후에 발생한 변형인지 여부를 균열발생 상태나 접합부의 상태 등으로 판단하는 것이 필요하다.

3.5.2 수평변위 조사

진단 구조물의 수평변위(기울기)를 측정하기 위하여 다음 방법을 이용하여 변위를 측정하였다.

▷ **트랜짓(Transit)에 의한 측정** : 진단 구조물 외벽 모서리면에 대하여 측정이 가능한 부위를 선정 후, 트랜짓(Transit)을 사용하여 건축물 외부의 상부를 기준으로 '±'자 망선의 수직선을 일치시키고 상부로부터 측정 가능한 하부의 벽면까지 수직으로 내려보면서 측정 가능한 위치에서 평각 및 사각을 측정하여 측정높이와 변위량을 계산할 수 있다

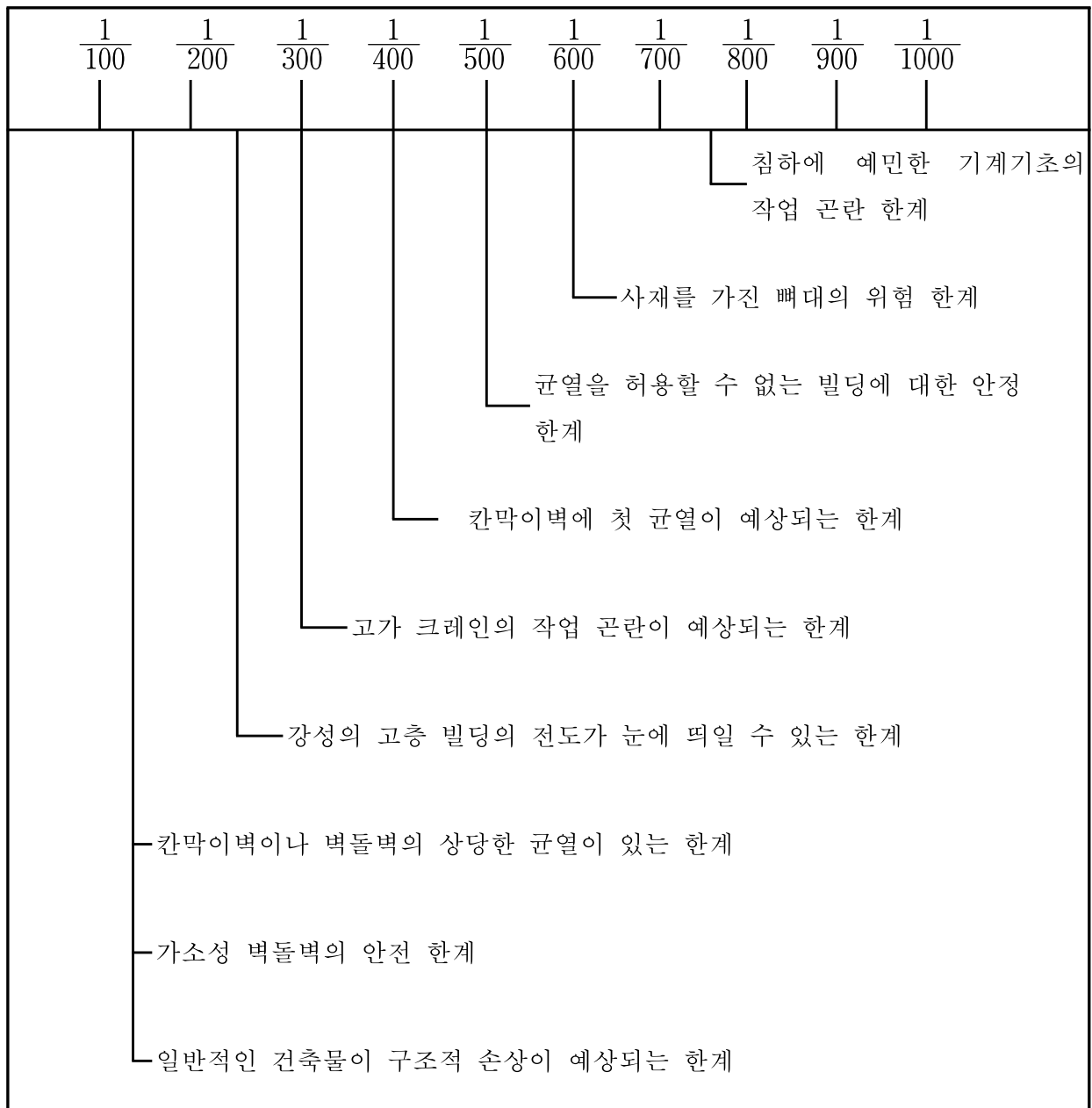
<그림 3.5.1 수평변위 조사 방법>



1) 판정기준

Bjerrum의 수평(기울기)변위 평가등급 연구는 건축물의 부등침하에 따른 『수평변위(δ)/건축물의 높이(H)』의 허용치에 관한 것으로, <표 3.5.1>의 허용 기울기와 같이 순구배(Angular Distortional Slope : δ/H)가 1/500 이하에서는 일반적으로 구조체에 미치는 영향이 미약하나, 1/500~1/150 범위에서는 비구조체에 균열이 발생되고, 1/150보다 클 경우에는 구조적인 위험이 발생될 수 있는 것으로 보고하고 있다.

<표 3.5.1> 각 변위 δ/H (From Bjerrum, 1963)



<표 3.5.2> 수평 변위(기울기) 평가등급

등급	기울기 (각변위)	내용	안전조치
A	1/750 이내	예민한기계기초의 위험 침하한계	정상적인 유지관리
B	1/500 이내	구조물의 균열발생한계	주의관찰, 원인제거
C	1/250 이내	구조물의 경사도감지	정기적 계측필요, 원인제거
D	1/150 이내	구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계	보수·보강, 사용제한 필요
E	1/150 초과	구조물이 위험할 정도	긴급보강 및 사용금지, 철거필요

2) 수평(기울기)변위 조사 내용

수평 변위 조사는 트랜짓(Transit)을 사용하여 측정 가능한 외부 모서리 부위에 대하여 측정하였으며, 측정된 결과는 다음과 같다.

<표 3.5.3> 기울기 측정 결과표

측정위치	①	②	③	④
측정 거리(L)	3,850	5,500	3,000	3,800
사 각(θ_1)	154°22' 45"	129°50' 35"	145°14' 10"	131°07' 35"
사 각(θ_2)	74°29' 35"	81°34' 55"	70°08' 40"	74°17' 40"
측정높이(H) H = $h_1 - h_2$ $h_1 = L \cdot \tan(90 - \theta_1)$ $h_2 = L \cdot \tan(90 - \theta_2)$	9,096	5,403	5,406	9,162
평 각(α)	0°20' 40"	0°15' 10"	0°21' 55"	0°18' 02"
변위 량(δ) $\delta = L \cdot \tan \alpha$	23.15	24.27	19.13	19.93
변위 환산량	1/393	1/223	1/283	1/460
평가 등급	C	D	D	C

3.5.3 수직변위(침하) 조사

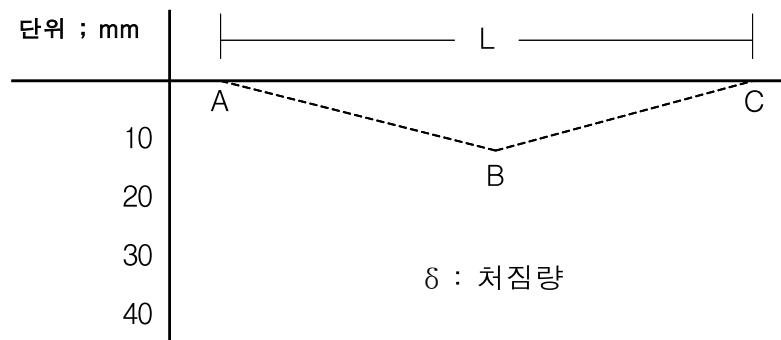
1) 개요

시설물에 어느 정도 변위 및 변형이 발생된 경우 구조물 자체의 조사뿐만 아니라 지반 및 주위 환경변화 등에 대해서도 조사를 해야한다. 따라서 본 시설물에 대해서는 처짐 및 침하현상이 구조물에 대한 안전성을 저해하는 수준인지를 파악하고자 변위(처짐, 침하)를 측정하였다.

2) 조사방법

- (1) 구조물의 수직변위의 요인으로는 재료의 품질저하, 초과하중 증설시 부재의 손상, 지반의 부동침하가 있다.
- (2) 조사내용 : 레벨측정기를 사용하여 수직변위를 조사한다.
- (3) 수직 변위의 측정은 측량장비인 레벨기를 사용하여 수직변위를 측정하였으며, 현장 여건상 측정 가능한 구간에 대해서 변위 조사를 실시하였다.
- (4) 레벨기에 의한 측정 : 안전진단 시설물에 대하여 측정이 가능한 부위를 선정 한 후 레벨기를 사용하여 측정 부위에 스타프를 수직으로 고정시킨후 눈금을 읽어 변위량을 측정하는 방법이다.

<그림 3.5.2 수직변위 조사 방법>



$$\text{처짐량 } \delta = B - (A + C) \times 0.5$$

$$L = \text{측정 거리}$$

<표 3.5.4> 기초침하 평가기준

구 분		등 급				
		A	B	C	D	E
육안조사		구조체에 침하균열이 없고, 건물 주변지반에 이상징후가 없는 양호한 상태(경미한 손상이 있을 경우 B등급)				
정밀 조사	전체침하	침하없음	2.5cm	2.5cm초과 5cm이하	5cm초과 10cm이하	10cm초과
	경사(Tilt) 또는 부동침하	L/750이내	L/750초과 L/500이하	L/500초과 L/300이하	L/300초과 L/200이하	L/200초과
	진행성	진행성 없음	진행성 없음	0.01mm/일이하	0.01mm/일초과 0.02mm/일이하	0.02mm/일초과

* L : 두 측정지점 사이의 거리

<표 3.5.5> 최대허용처짐 (ACI standard 318-89)

부재의 형태	고려해야할 처짐	처짐제한
과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착하지 않은 평지붕 구조	적재하중 L에 의해 즉시 처짐	1 [*] /180
과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착하지 않은 바닥 구조	적재하중 L에 의해 즉시 처짐	1/360
과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착한 지붕 또는 바닥 구조	적재 처짐 중에서 비구조요소가 부착된 후에 발생하는 처짐부분 (모든 지속하중에 의해 장기 처짐과 추가적인 적재하중에 의한 즉시처짐의 합) [#]	1 ⁺ /480
과도한 처짐에 의해 손상될 염려가 없는 비구조 요소를 지지 또는 부착한 지붕 또는 바닥 구조		1 ^S /240

※ 이 제한은 물고임에 대한 안전성을 고려하지 않았다

물고임에 대한 적절한 처짐 계산을 검토하되 고인물에 대한 추가 처짐을 포함하여 모든 지속하중의 장기적 영향, 치켜올림(Camber), 시공오차 및 배수설비의 신뢰성을 고려한다.

+ 지지 또는 부착된 비구조요소의 피해를 방지할 수 있는 적절한 조치가 취해지는 경우에는 이 제한을 초과할 수 있다.

장기처짐은 비구조요소의 부착 전에 생긴 처짐량을 감안할 수 있다. 이 크기는 해당 부재와 유사한 부재의 시간-처짐 특성에 관한 적절한 자료를 기초로 결정한다.

\$ 다만, 비구조요소에 의한 허용오차보다 더 커서는 안된다. 전체 처짐에서 치켜올림을 뺀 값이 제한값을 초과하지 않도록 치올림을 했을 경우에는 이 제한을 초과할 수 있다.

<표 3.4.> 수직변위 측정 결과표

(단위 : mm)

측정위치	측정결과			그 래 프
	측정위치	값	최대 변위값 (δ)	
2층 바닥보	1	0	7	
	2	4		
	3	-6		
	측정거리		14,000	변위량 : 1/2,000
2층 바닥보	4	0	11	
	5	17		
	6	12		
	측정거리		14,000	변위량 : 1/1,273

3.5.4 변위조사 결과

1) 수평변위 측정 결과

변위 조사는 트랜짓(Transit)을 사용하여 측정 가능한 구간에 대하여 조사하였으며, 측정 결과는 다음과 같다.

측정부위		측정높이(H) (mm)	변위(Δh) (mm)	비율 (δ/H)	등 급	비 고
NO.	위 치					
1	정면 우	9,096	23.15	1/393	C	
2	배면 좌	5,403	24.27	1/223	D	
3	배면 우	5,406	19.13	1/283	D	
4	좌측면 우	9,162	19.93	1/460	C	

수평 변위(기울기)는 1/223~1/460로 조사되었으며, 진단 대상구조물의 기울기 등급은 < 표 3.5.2> 수평변위(기울기) 평가등급표와 비교시 C~D급에 해당되고, 이는 구조물의 균열 발생한계치인 1/500을 초과한 것으로 조사되었다.

다만 외부 바닥 침하는 현상은 건축물의 변위와는 별도로 외부 다짐 불량 등에 의한 것으로 사료된다.

2) 수직변위 측정 결과

1층 주차장 상부보에 대하여 수직변위 측정결과 시공당시 처짐을 예상하여 중앙부를 들어올린 상태로 시공한 것으로 사료됨에 따라 처짐조사의 정확한 값을 얻기 어려운 상태였으나, 최대허용 처짐 기준치 이내이고 균열 등 이상현상이 없는 것으로 보아 처짐의 영향은 없는 것으로 판단된다.

제 4 장 구조 안전 검토

4.1 검토 개요

4.2 설계 하중

4.3 Slab 검토

4.4 Beam & Girder 검토

4.5 Column 검토

4.6 구조 검토 결론

4제 장 구조 안전 검토

4.1 검토 개요

4.1.1 검토건물 개요

- 1) 건물 명칭 : 송파소방서 방이파출소 청사
- 2) 건물 위치 : 서울특별시 송파구 방이동 89-3
- 3) 건물 용도 : 근린공공시설(소방서)
- 4) 건물 규모 : 지하1층, 지상 3층
- 5) 구조 형식 : 철근콘크리트 라멘조

4.1.2 적용 기준

- 1) 건축구조설계기준 (대한건축학회)
- 2) 건축물 하중기준 (2000. 6. 10 건설교통부 고시 제2000-153호)
- 3) 콘크리트 구조설계기준 - 한국콘크리트학회 (KCI-USD99, 토목/건축 통합기준)
- 4) 콘크리트표준시방서 - 대한토목학회 (KSCE-USD96)

4.1.3 검토 방법

해당건축물의 현장조사결과를 바탕으로 아래사항을 검토하였다.

- 1) 하중평가
- 2) 하중 및 현장조건을 고려한 구조해석
- 3) 구조해석 결과에 따른 주요구조재의 안전성 평가
- 4) 필요시 보수·보강 대책

4.1.4 구조해석

1) 구조검토 방법 : 극한강도설계법에 따름.

2) 사용 Program : MIDAS GENw, SET-Art

(by POS-MIDAS Information Technology Co.,Ltd.)

4.1.5 구조재료 강도

구조검토시 구조재료의 강도는 현장조사 결과 및 검토건물의 규모 및 사용용도, 시공 당시 일반적인 구조재료의 강도를 고려하여 판단, 적용하였다.

1) Concrete : $f_{ck} = 180 \text{ kgf/cm}^2$

2) Re-BAR : $f_y = 2,400 \text{ kgf/cm}^2$

4.2 설계 하중

4.2.1 지붕층 (CON'C SLAB)

마감 몰탈		100	
액체 방수		10	
Conc. Slab	T=120	288	
Ceiling		20	
<hr/>			
Dead Load		418 kgf/m ²	
Live Load		100 kgf/m ²	
<hr/>			
D.L+L.L	$W_s =$	518 kgf/m ²	Use : 520 kgf/m ²
1.4D.L+1.7L.L	$W_u =$	755 kgf/m ²	Use : 760 kgf/m ²

4.2.2 지붕층 (DECK SLAB)

방수 및 누름몰탈		400	
마감 몰탈		100	
Deck. Slab		256	
Ceiling		20	
<hr/>			
Dead Load		776 kgf/m ²	
Live Load		100 kgf/m ²	
<hr/>			
D.L+L.L	$W_s =$	876 kgf/m ²	Use : 880 kgf/m ²
1.4D.L+1.7L.L	$W_u =$	1,256 kgf/m ²	Use : 1,260 kgf/m ²

4.2.3 주방 및 체력단련실

바닥 마감		60	
Conc. Slab	T=150	360	
Ceiling		20	
<hr/>			
Dead Load		440 kgf/m ²	
Live Load		300 kgf/m ²	
<hr/>			
D.L+L.L	$W_s =$	740 kgf/m ²	Use : 740 kgf/m ²
1.4D.L+1.7L.L	$W_u =$	1,126 kgf/m ²	Use : 1,130 kgf/m ²

4.2.4 대기실 및 숙소

바닥 마감		5	
온돌 및 몰탈		200	
Conc. Slab	T=150	360	
Ceiling		20	
Dead Load		585 kgf/m ²	
Live Load		200 kgf/m ²	
D.L+L.L	$W_s =$	785 kgf/m ²	Use : 790 kgf/m ²
1.4D.L+1.7L.L	$W_u =$	1,159 kgf/m ²	Use : 1,160 kgf/m ²

4.2.5 화장실

바닥 마감		120	
Conc. Slab	T=150	360	
Ceiling		20	
Dead Load		500 kgf/m ²	
Live Load		200 kgf/m ²	
D.L+L.L	$W_s =$	700 kgf/m ²	Use : 700 kgf/m ²
1.4D.L+1.7L.L	$W_u =$	1,040 kgf/m ²	Use : 1,040 kgf/m ²

4.2.6 1.0B 조적

조적 벽체 (1.0B)	T=190	380	
벽체 마감		80	
Dead Load		460 kgf/m ²	
1.4D.L	$W_u =$	644 kgf/m ²	Use : 900 kgf/m ²

4.2.7 0.5B 조적

조적 벽체 (0.5B)	T=90	180	
벽체 마감		80	
Dead Load		260 kgf/m ²	
1.4D.L	$W_u =$	364 kgf/m ²	Use : 640 kgf/m ²

4.3 Slab 검토

검토건물은 현재 도면이 미보관된 상태로서 현장조사(장비조사) 및 시공당시의 일반적인 시공형태를 참고로 콘크리트 강도 및 철근배근을 추정하여 검토에 사용하였으며, 슬래브에 대한 하중은 현재 사용용도에 맞게 적용하였다. 지붕층 및 각층의 슬래브를 검토한 결과 지붕층 SLAB의 내력에는 이상이 없는 것으로 검토되었으나, 비교적 면적이 넓은 S₁ SLAB의 내력이 약 16% 정도 부족한 것으로 나타났다.

이는 슬래브 면적이 33.75m²(4.5m×7.5m)로 보유내력에 비해 넓고, 휴게실 및 대기실 슬래브의 경우 온돌하중 및 부분적으로 조적하중이 작용하기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 내력이 부족한 부위의 슬래브에 대하여는 적절한 보강조치를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

1) R_{S1}

(1) 장변에 대한 단변의 비 및 계수하중 산정

$$L_x = 4.4 \text{ m} \quad L_y = 7.3 \text{ m}$$

$$m = L_x/L_y = 0.60 \text{ (Two Way Slab)}$$

$$D.L : 418 \text{ kgf/m}^2 \quad L.L : 100 \text{ kgf/m}^2 \quad W_u = 1.4D + 1.7L = 925 \text{ kgf/m}^2$$

(2) 모멘트 검토

구 분	단변 방향		장변 방향		비 고
	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	
소요내력 (Mu)	1.04	0.68	0.63	0.26	
필요배근	D13 @220	D13 @350	D10 @180	D10 @290	
실재배근	D13 @200	D13 @200	D10 @200	D10 @200	
보유내력 (øMn)	1.16	1.16	0.59	0.59	
øMn/Mu	1.12	1.71	0.94	2.27	
평 가	O.K	O.K	SAY O.K	O.K	

2) D.S

(1) 하중데이터

- 고정하중	- 적재하중
SLAB & DECK 자중 : 256 kgf/m ²	완공하중 : 100 kgf/m ²
바닥마감 (W _f) : 500 kgf/m ²	
천장마감 (W _c) : 20 kgf/m ²	

(2) 모멘트 검토

구 분	주근 방향		부근 방향		비 고
	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	
모멘트 (Mu)	0.66	0.37	-	-	
필요배근	1 - D10 ⓐ235	1 - D10 ⓐ279	D10 ⓐ250	D10 ⓐ250	최소철근량
실재배근	1 - D10 ⓐ200	1 - D10 ⓐ200	D10 @250	D10 @250	
평 가	O.K	O.K	O.K	O.K	

3) 3S₁ (식당 및 체력단련실)

(1) 장변에 대한 단변의 비 및 계수하중 산정

$L_x = 4.9 \text{ m}$ $L_y = 7.5 \text{ m}$

$m = L_x/L_y = 0.65$ (Two Way Slab)

D.L : 440 kgf/m² L.L : 300 kgf/m² $W_u = 1.4D + 1.7L = 1,130 \text{ kgf/m}^2$

(2) 모멘트 검토

구 분	단변 방향		장변 방향		비 고
	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	
소요내력 (Mu)	1.86	1.01	0.76	0.42	
필요배근	D13 ⓐ160	D13 ⓐ310	D10 ⓐ210	D10 ⓐ230	
실재배근	D13 ⓐ200	D13 @200	D10 @200	D10 @200	
보유내력 (øMn)	1.57	1.57	0.83	0.83	
øMn/Mu	0.84	1.55	1.09	1.98	
평 가	N.G	O.K	O.K	O.K	

4) 3S₁ (대기실 및 숙소)

(1) 장변에 대한 단변의 비 및 계수하중 산정

$$L_x = 4.9 \text{ m} \quad L_y = 7.3 \text{ m}$$

$$m = L_x/L_y = 0.67 \text{ (Two Way Slab)}$$

$$D.L : 585 \text{ kgf/m}^2 \quad L.L : 200 \text{ kgf/m}^2 \quad W_u = 1.4D + 1.7L = 1,159 \text{ kgf/m}^2$$

(2) 모멘트 검토

구 분	단변 방향		장변 방향		비 고
	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	
소요내력 (Mu)	1.88	0.93	0.82	0.42	
필요배근	D13 @160	D13 @340	D10 @200	D10 @230	
실재배근	D13 @200	D13 @200	D10 @200	D10 @200	
보유내력 (øMn)	1.57	1.57	0.83	0.83	
øMn/Mu	0.84	1.69	1.01	1.98	
평 가	N.G	O.K	O.K	O.K	

5) 2S₁

(1) 장변에 대한 단변의 비 및 계수하중 산정

$$L_x = 4.9 \text{ m} \quad L_y = 5.2 \text{ m}$$

$$m = L_x/L_y = 0.94 \text{ (Two Way Slab)}$$

$$D.L : 585 \text{ kgf/m}^2 \quad L.L : 200 \text{ kgf/m}^2 \quad W_u = 1.4D + 1.7L = 1,159 \text{ kgf/m}^2$$

(2) 모멘트 검토

구 분	단변 방향		장변 방향		비 고
	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	연속단의 부모멘트	중앙부의 정모멘트	
소요내력 (Mu)	1.25	0.58	1.12	0.50	
필요배근	D13 @250	D13 @400	D13 @250	D13@400	
실재배근	D13 @200	D13 @200	D13 @200	D13 @200	
보유내력 (øMn)	1.57	1.57	1.40	1.40	
øMn/Mu	1.26	2.71	1.25	2.80	
평 가	O.K	O.K	O.K	O.K	

4.4 Beam & Girder 검토

현장조건에 따른 구조해석결과 및 현장조사결과를 바탕으로 지붕층 및 3층 보를 검토하였으며, 검토결과 보는 적절한 내력을 확보하고 있는 것으로 판단된다. 다만, 보유내력이 허용내력에 근접해 있으므로 과도한 추가하중이 발생하지 않도록 주의하여야 할 것으로 사료된다.

4.4.1 철근콘크리트 보

부재 MARK	단면 SIZE	구분	소요내력 (Mu, Vu) 및 보유내력 (ØMn, ØVn)						평가
			연속단부		중 앙 부		외 단 부		
			소요내력	보유내력	소요내력	보유내력	소요내력	보유내력	
R _{G1}	400 × 1200	모멘트	65.62	89.03 8-D22	85.71	89.03 8-D22	-	-	O.K
		내력비교	1.36		1.04		-		
		전단력	40.58	44.54 D10@200	-	-	-	-	O.K
		내력비교	1.10		-		-		
R _{G2}	400 × 600	모멘트	24.92	24.92 6-D22	1.63	17.41 4-D22	-	-	O.K
		내력비교	1.00		10.68		-		
		전단력	13.09	23.97 D10@150	-	-	-	-	O.K
		내력비교	1.83		-		-		
R _{G5}	300 × 1200	모멘트	2.72	62.76 5-D22	10.86	62.76 5-D22	-	-	O.K
		내력비교	23.07		5.78		-		
		전단력	7.48	32.01 D10@300	-	-	-	-	O.K
		내력비교	4.28		-		-		
3 _{G1}	400 × 1200	모멘트	110.54	121.12 10-D22	119.14	121.12 10-D22	-	-	O.K
		내력비교	1.10		1.02		-		
		전단력	59.68	72.43 D10@150	-	-	-	-	O.K
		내력비교	1.21		-		-		

4.5 Column 검토

구조해석결과를 바탕으로 검토건물의 기둥을 아래와 같이 검토하였으며, 검토결과 소방차고 상부의 Long Span Girder 지지기둥(C₁)에서 부재의 내력이 부족한 것으로 나타났다.

이는 기둥의 휨 모멘트가 크게 발생하기 때문인 것으로 판단되며, 해당 부위의 기둥에 대하여는 적절한 보강을 실시하여 충분한 안전도를 확보할 수 있도록 하여야한다.

MEMBER	P _u	ØP _n	ØP _{n(max)}	M _{ux}	M _{uy}	ØM _n	비 교	평 가
³ C ₃ (300×300)	0.68	1.94	116.08	0.11	2.50	7.17	2.86	O.K
² C ₁ (500×400)	111.98	95.36	239.55	4.30	26.86	24.38	0.84	N.G
² C ₂ (350×500)	41.71	89.33	208.39	1.96	6.32	14.97	2.13	O.K
¹ C ₁ (500×400)	208.88	235.73	239.55	0.72	6.47	11.10	1.10	O.K
¹ C ₂ (400×400)	85.15	182.81	195.54	0.91	3.18	9.31	2.15	O.K

4.6 구조 검토 결론

4.6.1 하중 조사결과

검토건물은 최초 준공 이후 수차례에 걸쳐 증축 및 보수공사가 이루어진 상태로, 3층 식당 및 체력단련실의 경우 당초 지붕층 용도로 사용하던 것을 증축공사 이후 현재의 용도로 사용하고 있다.

또한 현장조사결과 숙소 및 대기실의 바닥마감(온돌시공) 두께가 약 200mm 정도인 것으로 조사되었으며, 내부 조적벽체가 시공되었고, 증축구간 지붕의 경우 Deck Slab 시공 후 두께 약 200mm의 몰탈이 추가로 시공된 것으로 조사되었다.

따라서 해당부위에 대하여 하중조사 결과를 반영하여 구조검토를 실시하였다.

4.6.2 Slab 검토결과

검토건물은 현재 도면이 미보관된 상태로서 현장조사(장비조사) 및 시공당시의 일반적인 시공형태를 참고로 콘크리트 강도 및 철근배근을 추정하여 검토에 사용하였으며, 슬래브에 대한 하중은 현재 사용용도에 맞게 적용하였다. 지붕층 및 각층의 슬래브를 검토한 결과 지붕층 SLAB의 내력에는 이상이 없는 것으로 검토되었으나, 비교적 면적이 넓은 S₁ SLAB의 내력이 약 16% 정도 부족한 것으로 나타났다.

이는 슬래브 면적이 33.75m²(4.5m×7.5m)로 보유내력에 비해 넓고, 휴게실 및 대기실 슬래브의 경우 온돌하중 및 부분적으로 조적하중이 작용하기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 내력이 부족한 부재에 대하여는 탄소섬유 Sheet 보강과 같은 적절한 보강조치를 실시하여야 한다.

4.6.3 Beam & Girder 검토결과

현장조건에 따른 구조해석결과 및 현장조사결과를 바탕으로 지붕층 및 3층 보를 검토하였으며, 검토결과 보는 적절한 내력을 확보하고 있는 것으로 판단된다. 다만, 보유내력이 허용내력에 근접해 있으므로 과도한 추가하중이 발생하지 않도록 주의하여야 할 것으로 사료된다.

4.6.4 Column & Foundation 검토결과

구조해석결과를 바탕으로 검토건물의 기둥을 검토하였으며, 검토결과 소방차고 상부의 Long Span Girder 지지기둥(C₁)에서 부재의 내력이 부족한 것으로 나타났다.

이는 기둥의 휨 모멘트가 크게 발생하기 때문인 것으로 판단되며, 해당 부위의 기둥에 대하여는 적절한 보강을 실시하여 충분한 안전도를 확보할 수 있도록 하여야 한다.

제 5 장 상태 및 안전성 평가

5.1 일 반

5.2 상태평가

5.3 안전성평가

5.4 종합평가

5제 장 상태 및 안전성 평가

5.1 일 반

건축물은 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.

5.2 상태평가

5.2.1 상태평가등급

건축물에 대한 상태평가등급은 A~E등급의 5단계로 구분하여 매기며, 구체적인 상태평가등급 기준은 다음과 같다.

<표 5.2.1> 상태평가등급 기준

등 급	평가점수		평가 내용
	범위	대표값	
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 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

5.2.2 평가등급 설정 기준

상태평가등급 산정은 각 부재별 및 항목별로 현장조사·시험한 결과에 해당하는 대표값을 <표 5.2.1>과 같이 산정하여 평가점수를 부여하고, 그 결과를 기준으로 각 항목별 평가등급을 결정한다. 평가등급의 산정기준은 <표 5.2.2>와 같다.

<표 5.2.2> 평가등급 및 점수의 산정기준

평가항목	평가등급 및 점수의 산정방법	비고
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 평가점수의 평균값 부재 대표 값 : 결함·손상부재를 포함해 평가대상 부재수의 최소 범위에 대한 결함·손상부재의 평가점수의 평균 값	-최소범위: · 기둥, 벽: 각 전체 부재의 20% · 보, 슬래브: 각 전체 부재 의 30%
철근부식	부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
표면노후	부재 평가점수 : 단위부재의 조사결과 및 면적률에 해당하는 평가 점수에 대한 평균 값 항목 평가점수 : 결함·손상부재를 포함해 평가대상 부재수의 최소 범위에 대한 결함·손상부재의 평가점수의 평균 값 부재 대표 값 : 항목 평가점수의 최저 값	-최소범위: · 기둥, 벽: 각 전체 부재의 20% · 보, 슬래브: 각 전체 부재 의 30%
변위·변형	수평기울기 : 측정결과의 최저값에 해당하는 평가점수	
	수직기울기 : 측정결과의 최저값에 해당하는 평가점수	처짐 및 부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

5.2.3 항목별 평가 등급기준

각 평가항목에 대한 평가등급은 그 상태에 따라 a~e의 5단계로 매기고, 각 등급에 해당하는 평가점수는 <표 5.2.1>과 같다.

1) 콘크리트 강도에 대한 상태평가등급 기준

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

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

2) 콘크리트 균열에 대한 상태평가등급 기준

평가등급	평가점수 (대표값)	평가기준		
		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)

3) 콘크리트 내부의 철근부식에 대한 상태평가등급 기준

평가 등급	평가점수 (대표값)	평가기준			강재의 부식환경	
		자연전위(mV)	철근의 부식상태	상대계 수(α)	부식 환경조건	부식환경 계수(β)
a	1	$E > 0$	녹이 발생하지 않았거나 약간의 점 녹이 발생한 상태	1	건조환경	1.0
b	3	$-200 < E \leq 0$	점녹이 광범위하게 발생한 상태	3	습윤환경	1.1
c	5	$-350 < E \leq -200$	면녹이 발생하였고 부분적으로 들 뜬 녹이 발생한 상태	5	부식성환경	1.2
d	7	$-500 < E \leq -350$	들뜬 녹이 광범위하게 발생하였거나, 20% 이하의 단면결손이 발생한 상태	7	고부식성 환경	1.3
e	9	$E \leq -500$	두꺼운 층상의 녹이 발생하였거나, 20% 이상의 단면결손이 발생한 상태	9		

* 철근부식의 대표값 = $\alpha \times \beta$

* 근거 : ASTM 및 준ASTM(일본)

4) 콘크리트부재에서 철근노출에 대한 상태평가등급 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 : 철근노출 면적율(%) = $\frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{\text{점검단위면적}} \times 100$

5) 표면노후

(1) 콘크리트 박리에 대한 상태평가등급 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 ≤ sc < 1.0	c	d
d	7	1.0 ≤ sc < 25	d	e
e	9	25 ≤ sc	e	e

(2) 콘크리트 박락 및 층분리에 대한 상태평가등급 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 ≤ sd < 20	c	d
d	7	20 ≤ sd < 25	d	e
e	9	25 ≤ sd (혹은 조골재 손실)	e	e

(3) 콘크리트 누수 및 백태에 대한 상태평가등급 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

6) 콘크리트 중성화에 대한 상태평가등급 기준

평가등급	평가기준	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 중성화 깊이(cm), D : 측정된 철근의 피복두께(cm)

7) 부재의 변위·변형에 대한 상태평가등급 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)

8) 건축물의 기울기(부동침하에 의한)에 대한 상태평가등급 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

5.2.4 중요도 산정

1) 중요도 산정 기준

중요도 정도	중요도 범위	대표값
압도적으로 중요	$0.8 \leq g \leq 1.0$	0.9
대단히 중요	$0.6 \leq g < 0.8$	0.7
보통 중요	$0.4 \leq g < 0.6$	0.5
약간 중요	$0.2 \leq g < 0.4$	0.3
미미한 정도	$0 \leq g < 0.2$	0.1

2) 중요도 산정 결과

(1) 층별 중요도

층별 중요도는 각 층의 구조가 담당하고 있는 구조적 기능과 역할인 하중과 외력에 대한 지지의 부담비율 $\zeta_n (n=1, 2, \dots, n)$ 에 의해 정의 될 수 있으며, 각 층 부재의 기능과 역할의 분담은 층별로 부재가 부담하고 있는 층수의 비율에 의하여 (식 5.3.1)과 같이 산정할 수 있다.

<식 5.2.1>----- 층별 부담비율 $\zeta_n = \frac{N-(n-1)}{N}$

여기서 N=지하층을 포함한 전체층수, n=지하층을 포함한 해당층수

층별 하중분담비율(ζ_n)		중요도 정도	중요도 범위	대표값
지상1층	1.00	압도적으로 중요	$0.8 \leq g \leq 1.0$	0.9
지상2층	0.50	보통 중요	$0.4 \leq g \leq 0.6$	0.5

(2) 부재별 중요도

건축구조부재의 중요도는 각 부재가 담당하고 있는 구조적 기능과 역할에 의해 정의 될 수 있으며, 부재의 기능과 역할의 분담은 단위층의 평면에서 각 부재가 부담하고 있는 하중면적의 비율에 의하여 결정되며, 본 점검 건축물은 1층을 기준으로 계산하였다.

-기둥 1개소당 부담 하중면적 : $A_c = A/n_c$ (바닥면적/기둥 수)
 $= 280/18 = 15.56\text{m}^2$

-보 1개소당 부담 하중면적 : $A_g = A/n_g$ (바닥면적/보의 수)
 $= 280/33 = 8.48\text{m}^2$

-슬래브 1개소당 부담 하중면적 : $A_s = A_g/2$ (4번 지지 슬래브는 보 2개로지지)
 $= 8.48/2 = 4.24m^2$

따라서 각 부재의 중요도는 기둥부재를 기준으로 하여 다음과 같이 계산된 부재의 분담비율 k_m (m : c, g, s, w)에 해당하는 값으로 설정할 수 있다.

-기둥의 분담비율 $k_c = A_c/A_c$
 $= 15.56/15.56 = 1.00$

-보의 분담비율 $k_g = A_g/A_c$
 $= 8.48/15.56 = 0.55$

-슬래브의 분담비율 $k_s = A_s/A_c$
 $= 4.24/15.56 = 0.27$

분담면적비		중요도 정도	중요도 범위	대표값
기둥	1.00	압도적으로 중요	$0.8 \leq g \leq 1.0$	0.9
보	0.70	대단히 중요	$0.8 \leq g \leq 1.0$	0.7
슬래브	0.35	약간 중요	$0.2 \leq g < 0.4$	0.3

(3) 항목별 중요도

평가항목별 중요도는 각각의 평가항목이 구조물에 미치는 절대적인 중요도 정도로 설정하며, 평가에 적용되는 중요도를 구조형식별, 점검종류별로 분류 평가한다.

중분류	중요도	소분류	중요도	평가항목	
부재상태 및 내구성	0.7	콘크리트강도	-	압축강도	
		균열	-	균열폭, 면적율	
		콘크리트 중성화	-	중성화	
		표면노후화	-	박리	최소값
				박락 및 층분리	
누수 및 백태					
철근노출					
변위·변형	0.7	기울기	0.9	건물 기울기	
		부동침하	0.9	부재의 기울기	
안전성 평가	0.9	기둥	0.9	내력비	
		내력벽	0.9	내력비	
		큰보	0.7	내력비	
		작은보	0.5	내력비	
		슬래브	0.3	내력비	

5.2.5 상태평가 등급 결과

진단건축물은 내부 마감재로 인하여 상세 외관조사가 불가하여 조사가능부분에 대한 결과를 바탕으로 상태평가를 실시하였으며, 항목별 조사결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 각 항목별 상태평가 등급 결과

항 목		평 가	평가 점수	평가 등급	비 고
콘크리트 강도		현장측정 강도 결과 : 194kgf/cm ² 추정설계 강도 : 210kgf/cm ²	5	c	
콘크리트 균열		보 : cw 0.1~0.3 슬래브 : cw 0.1~0.3	7	d	
철근 부식		철근부식에 의한 들뜸 및 녹물 발생	5	c	
콘크리트 중성화		현장측정 중성화 깊이 : 12 ~ 35mm 최대 중성화 깊이 철근피복의 약 70% 지하층 중성화 깊이 철근피복 이상	7	d	
표 면 노 후	콘크리트 박리	현장조사 결과 철근부식에 의한 콘크리트 박리 현상이 일부 있음 박리깊이 : 0 < sc < 0.5	3	b	
	층분리	증축구간 접합부 누수 및 이격	9	e	
	누수 및 백태	지붕층 바닥 및 3층 바닥 누수 (현재 누수 진행중)	9	e	
종합 평가			6.43	D	

2) 건축물 수직 및 수평변위에 대한 평가등급 결과

항 목		평 가	평가 점수	평가 등급	비 고
건축물 기울기		외부 모서리 변위량 : 1/223~1/460 (시공오차를 제외한 순 기울기 1/150 이내)	7	d	
부동침하		구조체에 침하균열이 미미하고 건물 주 변지반에 특이할만한 이상현상 없음	3	c	
종합 평가			7.00	D	

5.3 안전성 평가

5.3.1 일반

건축물에 대한 점검 및 진단과정에서 실시한 조사·시험 및 상태평가 결과를 반영한 구조응력해석과 부재단면의 내력검토의 결과에 따라 구조안전성평가가 객관적으로 이루어져야하며, 필요한 경우에 구조에 대한 사용제한이나 보강을 합리적으로 이행하도록 하고 그 자료를 체계적으로 관리할 수 있도록 하여야 한다.

5.3.2 안전성평가등급 기준

진단에서 수행하는 안전성평가등급은 건축구조물이 안전성을 확보하고 있는 수준에 따라 A~E등급의 5단계로 매기고, 각 등급에 해당하는 평가점수는 다음과 같다.

등 급	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 발생한 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

5.3.3 부재내력에 대한 평가등급 기준

부재별 안전성평가는 구조해석을 수행하여 구조물을 구성하고 있는 기둥, 벽, 보, 슬래브 등의 각 부재의 내력비(이하 안전율(SF)이라 함)로 평가하며, 평가등급은 a~e등급의 5단계로 구분하여 매기고, 안전성평가등급 기준은 다음과 같다.

평가등급	평가기준	대표값
a	SF ≥ 100%	1
b	SF ≥ 100% (경미한 손상 있음)	3
c	90% ≤ SF < 100%	5
d	75% ≤ SF < 90%	7
e	SF < 75%	9

* SF : 안전율 = (부재강도 ÷ 소요강도)×100%. 여기서, 부재강도는 설계도서 검토 및 현장 조사 결과로부터 분석·판단한 부재단면의 내력을 말함.

5.3.4 안전성평가등급 판정절차

안전성평가등급 판정은 평가항목·부재·층별·중요도를 고려하여 부재단위, 층 단위, 건축물 전체단위에 대하여 실시한다.

건축물의 안전성평가등급 판정절차는 다음과 같다.

구분 순서	평가 단계	평가 방법
1	부재단위 평가	○상태평가 항목별 결과 검토 및 반영 ○부재치수 및 적용하중, 절점 및 지지점 등의 평가, 구조응력해석 또는 재하시험 대상부재의 단면내력 검토 및 안전율에 따라 부재단위별로 평가점수 부여 및 등급판정
2	층 단위 평가	○부재의 중요도를 고려해 층단위 평가점수를 종합, 등급판정
3	전체단위 평가	○상기 1, 2단계 및 각 층의 중요도를 고려, 전체건축물의 평가점수를 종합, 등급 판정

5.3.5 부재별 평가 결과

1) 슬래브 안전성 평가 결과

부재	내력비	부재평가 결과	등급구분
RS1	0.94	5	c
3S1	0.84	7	d
2S1	1.25	3	b

2) 보 안전성 평가 결과

부재	내력비	부재평가 결과	등급구분	
RG1	모멘트	1.04	3	b
	전단력	1.10	3	b
RG2	모멘트	1.00	3	b
	전단력	1.83	3	b
RG5	모멘트	5.78	3	b
	전단력	4.28	3	b
3G1	모멘트	1.02	3	b
	전단력	1.21	3	b

3) 기둥 안전성 평가 결과

부재	내력비	부재평가 결과	등급구분
3C3	2.86	3	b
2C1	0.84	7	d
2C2	2.13	3	b
1C1	1.10	3	b
1C2	2.15	3	b

5.3.6 층별 평가 결과

1) 지상1층

항 목	중요도	부재평가 결과	등급구분
기둥	0.9	7.0	d
보	0.7	3.0	b
슬래브	0.3	3.0	b
안전성 평가		4.89	C

* 보, 슬래브는 상부 부재

2) 지상2층

항 목	중요도	부재평가 결과	등급구분
기둥	0.9	7.0	d
보	0.7	3.0	b
슬래브	0.3	9.0	e
안전성 평가		5.84	C

* 보, 슬래브는 상부 부재

3) 지상3층

항 목	중요도	부재평가 결과	등급구분
기둥	0.9	3.0	b
보	0.7	3.0	b
슬래브	0.3	5.0	c
안전성 평가		3.32	B

* 보, 슬래브는 상부 부재

5.3.7 전체 안전성 평가 결과

항 목	중요도	층별 내력평가 결과	등급구분
지상1층	0.75	4.89	c
지상2층	0.50	5.84	c
지상3층	0.25	3.32	b
안전성 평가		4.95	C

5.4 종합평가

5.4.1 일반

건축물의 종합평가등급은 상태평가 및 안전성평가의 결과를 종합하여 판정하며, A~E등급의 5단계로 구분하여 매긴다.

<표 5.4.1> 종합평가등급 기준

종합평가 등급	평가점수		평가내용
	범위	대표값	
A	$0 \leq x < 2$	1	문제점이 없는 최상의 상태
B	$2 \leq x < 4$	3	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 건축·구조기능 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 및 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D	$6 \leq x < 8$	7	주요부재에 결함이 발생하여 전체적인 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

5.4.2 종합평가등급 결과

상태평가 및 안전성평가의 결과를 종합하여 판정하며, 다음과 같다.

<표 5.4.2> 종합평가등급 결과

항목	중요도	항목평가결과	등급구분
안전성평가	0.9	4.95	c
상태평가	0.7	6.43	d
변위·변형	0.7	7.00	d
종합평가		6.02	D

$$[(0.9 \times 4.95) + (0.7 \times 6.43) + (0.7 \times 7.00)] / (0.9 + 0.7 + 0.7) = 6.02$$

5.4.3 구조 및 부재별 평가등급

건축물의 상태 및 안전성 평가는 금번 안전진단 결과를 종합적으로 평가하였으며, 종합 평가등급은 D등급에 해당된다.

층 별	부 재	상태평가 등급		안전성평가 등급		종합평가 등급	
지하1층	Slab	c	C	b	B	c	C
	보	c		b		c	
	기둥	b		b		b	
1층	Slab	c	C	d	C	d	C
	보	c		b		c	
	기둥	c		b		c	
2층	Slab	d	D	e	D	e	D
	보	c		b		c	
	기둥	c		d		d	
3층	Slab	d	D	c	B	d	D
	보	d		b		d	
	기둥	b		b		b	
전체 건축물 종합 평가등급		D		C		D	

* Slab, 보 상부 부재

5.4.4 건축물의 상태 및 안전성 평가등급

등급번호	노후화 상태	안 전 성	조 치
A	문제점이 없는 최상의 상태	최상의 상태	정상적인 유지관리
B	경미한 문제점이 있으나 양호한 상태	균열이나 변형이 있으나 허용범위 이내인 상태	지속적인 주의 관찰이 필요함
C	문제점이 있으나 간단한 보수, 보강으로 원상회복이 가능한 보통의 상태	균열이나 변형이 있으나 구조물의 내하력이 설계의 목표치를 초과한 상태	지속적인 감시와 보수, 보강이 필요함
D	주요부재에 발생된 노후화 정도가 고도의 기술적 판단이 요구되는 상태로 사용제한 여부의 판단이 필요함	균열이나 변형이 허용범위를 초과하고 있으나, 구조물의 내하력이 설계의 목표치에 미달하고 있어, 고도의 기술적 판단이 요구되는 상태로 사용제한 여부의 판단이 필요함	사용제한 여부의 판단과 정밀안전진단이 필요함
E	주요 부재의 노후화 정도가 심각하여 원상회복이 불가능하거나 안전성에 위협이 있어 즉각 사용금지하고 긴급한 보강이 필요한 상태	균열이나 변형이 허용범위를 초과하고 있고, 구조물의 내하력이 허용범위에 미달하여 붕괴한 심각히 우려되며, 안전성에 위협이 있어 즉각 사용금지하고 긴급한 보강이 필요한 상태	사용금지 및 긴급보강 조치가 필요함

제 6 장 보수·보강 방안

6.1 개 요

6.2 진단결과 조치 총괄

6.3 탄소섬유 Sheet 보강

6.4 콘크리트 단면 증타 보강

6.5 균열 보수

6제 장 보수·보강 방안

6.1 개요

구조물을 보수·보강하는 목적은 균열에 의한 구조물의 기능저하나 내구성 및 내력저하를 회복하는 것이다. 이 외에 보수·보강을 실시하는 경우로는 안전성, 미관적인 측면에서도 행하여지고 있으며, 이는 보수·보강을 실시하는 목적이 구조물의 안전성뿐만 아니라 구조물의 사용자나 이용자의 심리적인 안정성 및 미관성 등에 따라서 보수·보강이 필요하게 되는 경우도 종종 발생하기 때문이다.

따라서 보수·보강의 범위 및 규모 등은 실시목적에 정한 다음 이에 따라 만족하는 범위에서 경제성을 고려하여 결정하도록 한다.

6.2 진단결과 조치 총괄

부재(부위)	진 단 결 과	조치필요사항
• 3층 바닥 슬래브 「보강 위치도」 참조	• 단면내력부족	• 탄소섬유 보강 • 탄소섬유 규격 종 류 : NR73(고강도탄소) 두 개 : T=0.167 mm / SHEET 기 준 강 도 : 35.5 tf/cm ²
• 1~2층 기둥 「보강 위치도」 참조	• 단면내력부족	• 콘크리트 단면 증타 보강
• 내부 보·슬래브	• 부재 휨, 전단균열 발생	• 균열보수 주입공법 (Injection Grouting)
• 지붕층 누수 부위	• 방수보호층 들뜸 및 방수층 파손(누수진행 중)	• 기존 방수층 철거후 재시공
• 벽 체	• 이질재료 접합부 (이질재료의 수축·팽창에 의한 균열발생) • 조적 균열부위 (응력집중, 바닥 처짐, 온도변화에 따른 재료의 수축·팽창 균열)	• 균열부위 탄성실링제 충전 • 균열 충전 공법 (폴리머 모르타르, 폴리머시멘트 모르타르 등)

6.3 탄소섬유 Sheet 보강

6.3.1 슬래브 보강 방안

내력이 부족한 것으로 나타난 3층 바닥 슬래브 하부에 대하여 탄소섬유 Sheet를 이용하여 보강한다.

■ 슬래브 보강 위치도

■ 슬래브 보강 상세도

■ 탄소섬유 규격

종 류 : NR73(고강도탄소)

두께 : T=0.167 mm / SHEET

기준강도 : 35.5 tf/cm²

■ 탄소섬유 Sheet 보강공사 시방서

1) 주의 사항

(1) 온도 : 동절기에는 Primer와 상도용 수지의 점도가 증가하고 경화시간이 지연될 수 있어 경화불량이 발생할 충분한 이유가 있으므로 가급적 현장기온이 5°C 이하에서는 시공을 삼간다.

(2) 표면상태와 습기 : 시공하고자 하는 면의 요철이나 돌출부는 면처리를 평활하게 행하고, 표면의 습기는 최대한 건조시킨 후 작업을 진행한다. (탄소섬유 시트 접착후 기포 혹은 들뜸 발생의 원인)

이때 누수현상이 있는 부위는 반드시 그라우팅작업을 완료한 후 작업을 진행시킨다.

(3) 점도조절 : 사용하는 접착제는 신나 등의 유기용제에 희석해서는 안되며, 점도 조절을 위해 직접이 아닌 간접 가온 방식을 행하여도 무방하다. (이때 온도는 30~40°C 적당)

(4) 탄소섬유시트 취급 : 탄소섬유 방향으로 작업 및 절단 시에는 2°이상 벗어나지 않도록 주의하며, 또한 섬유방향으로 이음 작업을 할 때에는 최소한 10cm이상 겹치도록 하고 폭방향은 겹치지 않아도 된다.

(5) 기타 : 작업 완료후 미 경화된 상태에서 충격, 진동 및 누수등의 작업외적인 상황을 예측하여 충분한 감독과 관리가 중요하다.

2) 탄소섬유시트 시공순서

(1) 하지 그라인딩

① 바탕 콘크리트 표면의 노화층 및 열화층(풍화·레이턴스·이형제·박리 몰탈·도장·오염 등)을 디스크 샌더그라인더 등을 이용해 연마·제거한다.

② 연마분진을 압축공기 등으로 제거한다. 물로 세정할 경우 충분히 건조시킨다.

(2) 단면복구

- ① 바탕 콘크리트의 불량부(박리·공극·핀홀·부식·요철부위 등)를 제거하며 철근의 노출이 있을 경우에는 방청처리를 한 후 콘크리트와 콘크리트 이상의 강도가 있는 에폭시 수지몰탈, 폴리마 시멘트몰탈 등으로 단면을 복구시켜 일체형 구조물을 형성시킨다.
- ② 균열 부분에 에폭시 수지 등을 충전·보수한다.
- ③ 균열, 조인트(이어치기)에서 누수가 발생할 경우에는 별도의 지수·도수처리를 시행한다.
※ 복구후의 단차는 1mm 이내로 마무리 할 것.

(3) 요철수정

- ① 표면의 돌출부(동기층등)를 햄머드릴, 디스크 샌더 등으로 연마하여 평활하게 한다. 오목부(조인트 등)에 에폭시 수지 퍼티, 몰탈 등으로 충전 보수한다.
- ② 단면의 돌출된 부위는 반경 R=10mm 이상으로 하여 가능하면 크게 깎아내고 움푹 들어간 곳은 에폭시 수지 퍼티, 몰탈 등으로 메워주도록 한다.

(4) 프라이머 도포

- ① 에폭시 프라이머의 주제·경화제를 소정의 배합비로 용기에 담아 균일하게 혼합될 때까지(약 2분간) 충분히 교반시킨다. 교반은 원칙적으로 진동 핸드믹서를 이용한다. 1회의 혼합량은 가사시간 이내에 시공을 완료할 수 있는 양으로 배합하여 사용하며 가사시간이 초과된 것은 사용하지 않는다. (가사시간은 수지의 물성표항을 준수하며 온도, 혼합량에 의해 변화하므로 주의할 것.)
- ② 롤러를 이용하여 균일하게 도포한다. 완전 건조후 2~3회 도포를 행한다. 도포량은 시공면의 방향·거칠기에 따라 변화한다.
- ③ 3시간~12시간이상 건조시킨다.
- ④ 표면의 요철부위는 디스크 샌더, 콘크리트 연마기 등으로 필요에 따라 수지 퍼팅 등으로 요철을 수정한다.
※ 기온 5°C이하, 우천 및 결로의 우려가 있을 경우에는 시공하지 않는다.
시공부의 온도, 습도를 확인하고 적절한 프라이머를 선택하여 도포한다.

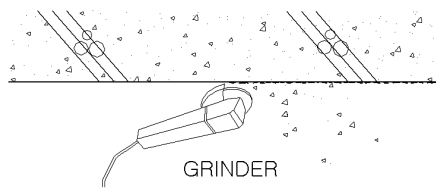
(5) 탄소섬유시트의 부착

- ① 탄소섬유시트를 나이프, 컷터 등을 이용하여 미리 소정의 크기대로 재단하여 재단규격은 작업성을 고려하여 길이 3m 이내가 적당하다.
- ② 시공면의 프라이머가 표면 건조되었음을 확인한다. 프라이머 시공 후 1주일 이상 경과되었을 경우에는 샌드 페이퍼로 표면을 거칠게 연마해준다.
- ③ Top Coat의 주제. 경화제를 소정의 배합비로 용기에 담아 균일하게 될 때까지 (약 2분간) 혼합시킨다. 교반은 진동 핸드믹서를 이용하여야 한다.
1회의 배합은 가사시간내에 시공을 완료할 양으로 가사시간이 경과된 것은 사용하지 않는다.
- ④ 수지를 로울러, 붓으로 균일하게 도포한다. (하도 도포)
도포량은 시공면의 방향, 거칠기 등에 의해 변경한다. 들어간 주위에는 많은 양을 도포한다.
- ⑤ 탄소섬유시트 접착면에 접착시키고 이형지를 벗겨낸 후 탈포 로울러나 고무주걱으로 표면을 섬유방향에 따라 2~3회 문질러 수지가 함침되도록하여 기포를 제거한다. 문질 때 탄소섬유시트가 파손 및 방향이 흐트러지지 않도록 주의하며 섬유방향부위의 연결은 반드시 8~10cm가 되도록 이어나가고 폭 방향의 겹침은 불필요하다.
- ⑥ 접착후 수지와와의 겹현상 이후(30분 이상)까지 방치한다. 이 사이에 들뜸이 나 늘어짐이 발생하면 로울러, 고무주걱 등으로 눌러 완전히 접착시킨다.
- ⑦ 수지를 탄소섬유시트 표면에 제도포한다. (상도 함침)
- ⑧ 위의 공정과 마찬가지로 요령으로 탈포 로울러나 고무주걱으로 표면을 섬유방향을 따라 표면 마감 도장한다.

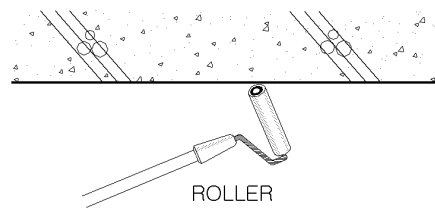
3) 섬유시트 부착방법

섬유보강공법 중 가장 보편화된 방법으로서, 섬유시트를 에폭시 계열의수지 접착제로 구조체에 직접 부착 시공하는 방법이며, 판 접착공법에 비해 형상이 복잡한 부위에도 시공이 용이하고 보강에 따른 단면증가는 2~3mm 정도에 불과하다.

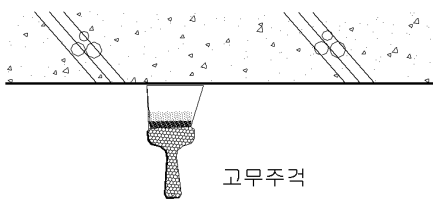
섬유시트의 종류로는, 보강섬유를 수지에 함침시킨 프리프레그(Prepreg) 형태나 섬유만으로 직조된 직물(Fabric) 형태 등이 주로 사용되는데, 섬유의 배열방향에 따라 1방향과 2방향으로 구분되며, 두 종류의 보강섬유가 혼합된 복합섬유재(Hybrid Fabric)도 개발되어 있다. ([그림 6.3.1] 참조)



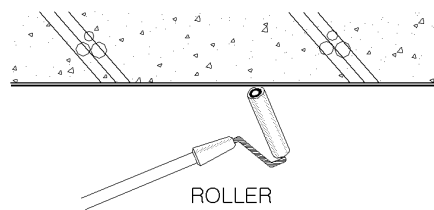
(a) 균열보수 및 표면처리



(b) 프라이머 도포



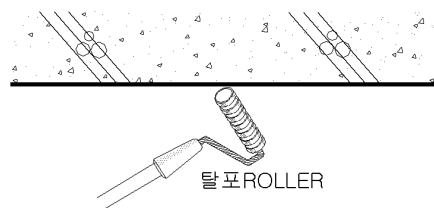
(c) 퍼티 작업



(d) 에폭시 도포



(e) 섬유시트 부착



(f) 마감 에폭시 도포

[그림 6.3.1] 섬유시트 부착공법의 예

6.4 콘크리트 단면 증타 보강

6.4.1 기둥 보강 방안

내력이 부족한 것으로 나타난 1~2층 기둥에 대하여 콘크리트 단면을 증타하여 보강한다.

단면증대 공법은 신·구 콘크리트의 확실한 일체화가 가장 중요하며, 접착제를 사용할 경우 접착제의 성능에 유의하고, SET ANCHOR 사용시 모재의 균열상태를 충분히 고려하여 천공으로 인해 균열이 진전되는 것에 유의하여야 한다. 증타에 앞서 부재에 발생한 균열을 먼저 보수하여야 하며, 필요시 철근, 용접철망 등을 배근하고, 콘크리트는 건조수축이 적은 것을 사용하는 것이 좋다.

■ 기둥 보강 위치도

■ 기둥 보강 상세도

■ 콘크리트 단면 증설 보강 재료

콘크리트 강도 : $f_{ck} = 210\text{kgf/cm}^2$ 이상, 골재 굵기 10mm 이하 사용

철근종류 : $f_y = 2,400\text{ kgf/cm}^2$ 이상 (안전측 고려하였음)

SET ANCHOR : M24

6.5 균열 보수

6.5.1 균열보수 주입공법(Injection Grouting)

1) 공법개요

균열의 표면뿐만 아니라 내부균열까지 침투성이 큰 저점도 Epoxy수지를 가압 주입 하여 방수성, 내구성을 향상시키는 저압·저속의 주입공법이다. 주입량 점검이 용이하고, 균열속 깊이까지 주입할 수 있는 특징이 있다.

2) 시공방법

(1) 하지처리

- ① 균열부위를 따라 Con'c의 쓰레기, 레이턴스 혹은 도장면 등을 와이어 브러쉬 및 핸드그라인더로 충분히 제거한다.
- ② 균열부위에 유지분이 배어있거나 스며나오면 수지와의 접착이 불가능하므로 탈지세제로 충분히 세척후 제거시킨다.
- ③ 이끼, 물기를 제거하기 위하여 필요에 따라 토치램프로 균열부위에 열을 가하여 제거한다.

(2) 주입구 선정

- ① 균열 폭 및 깊이에 따라 주입구 수를 결정한다.
- ② 일반적으로 주입구 간격은 20cm가 적당하므로 m당 약 5개가 소요된다.

(3) 고정판(Packer)설치

- ① Packer를 Sealing제로 접착시킨다.

(4) 씰링(Sealing)

- ① 노즐을 상기 요령으로 잘 붙인 뒤 주입제의 유출을 방지하기 위하여 노즐부위 및 균열부위를 치밀하게 Sealing한다.

(5) 주 입

- ① 사전 준비작업 완료후 장비사용 순서대로 주입을 한다. 주입시 약품이 유출되지 않도록하고 유출시에는 멈추고 다시 Sealing후 주입한다.

(6) 표면처리

①주입이 완료된후 고정판을 떼어내고 Sealing제를 Grinding하여 마무리한다.

6.5.2 조적 균열 및 이질재료 접합부 충전공법

1) 공법개요

균열선을 따라 조적조를 제거하고 이부분에 보수재를 충전하는 공법이다.

2) 시공방법

(1) U-Cutting

균열선을 따라 약 10mm 폭으로 조적조를 U형으로 Cutting한다.

(2) 프라이머 도포

Cut부분에 프라이머를 도포한 후 건조시킨다.

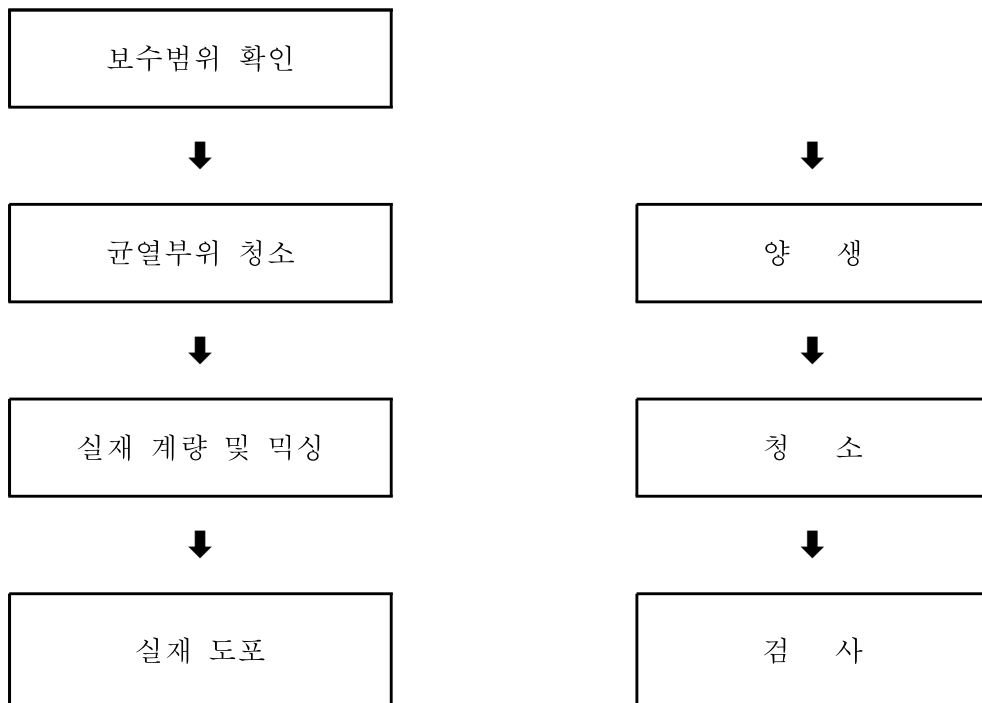
(3) 충전

절단부분에 탄성Epoxy 또는 고탄성 실란트제를 충전한다.

6.5.3 결함부위의 에폭시 수지 실(Seal) 공법

표면의 균열이 0.3mm 미만으로서 균열부위의 표면을 실(Seal)하는 경우에 적용하며, 균열이 거동하지 않는 경우에는 퍼티(Putty)상의 에폭시 수지를 균열이 거동하는 경우에는 가요성(Flexible) 에폭시 수지를 사용한다.

<그림 6.5.1> 에폭시 수지 모르타르 실공법의 작업공정



6.5.4 누수균열 / 누수면 보수·보강 고압 그라우팅 공사

1) 누수부 확인

크랙스케일, 버니어캘리퍼스, 햄머 등을 이용하여 구조체상의 누수상태를 확인한다. 이 공정에서 누수의 이동, 확산부위를 탐지하여 보강 시공 범위를 사전 설정함이 중요하다.(작업부위 표시 및 조인트 좌우, 상부 동시 작업)

2) 그라인딩 및 파취

시공범위가 설정되면 균열이나 누수부위를 중심으로 폭 30mm, 깊이 30mm 기준으로 그라인딩한 후 햄머드릴을 사용하여 균일하게 파취작업한다. 이 공정에서는 반생 및 돌출 철근 등을 완전히 제거시켜야 한다.

3) 청 소

노출된 균열 부위를 WIRE BRUSH 또는 압축 공기, 고압수 등을 사용하여 콘크리트 조각, 분진 등을 완전히 제거하여 깨끗하게 청소를 한다. 이는 수지 주입을 용이하게 하고 보강재와의 접착력을 증가시키기 위함이다

4) 지수선 설치

파취면을 따라 수주주입용 망상 네트호스를 무수축 고강도 속경 모르터를 사용하여 누수를 유도시키면서 고정시킨다.

5) 보 강 작 업

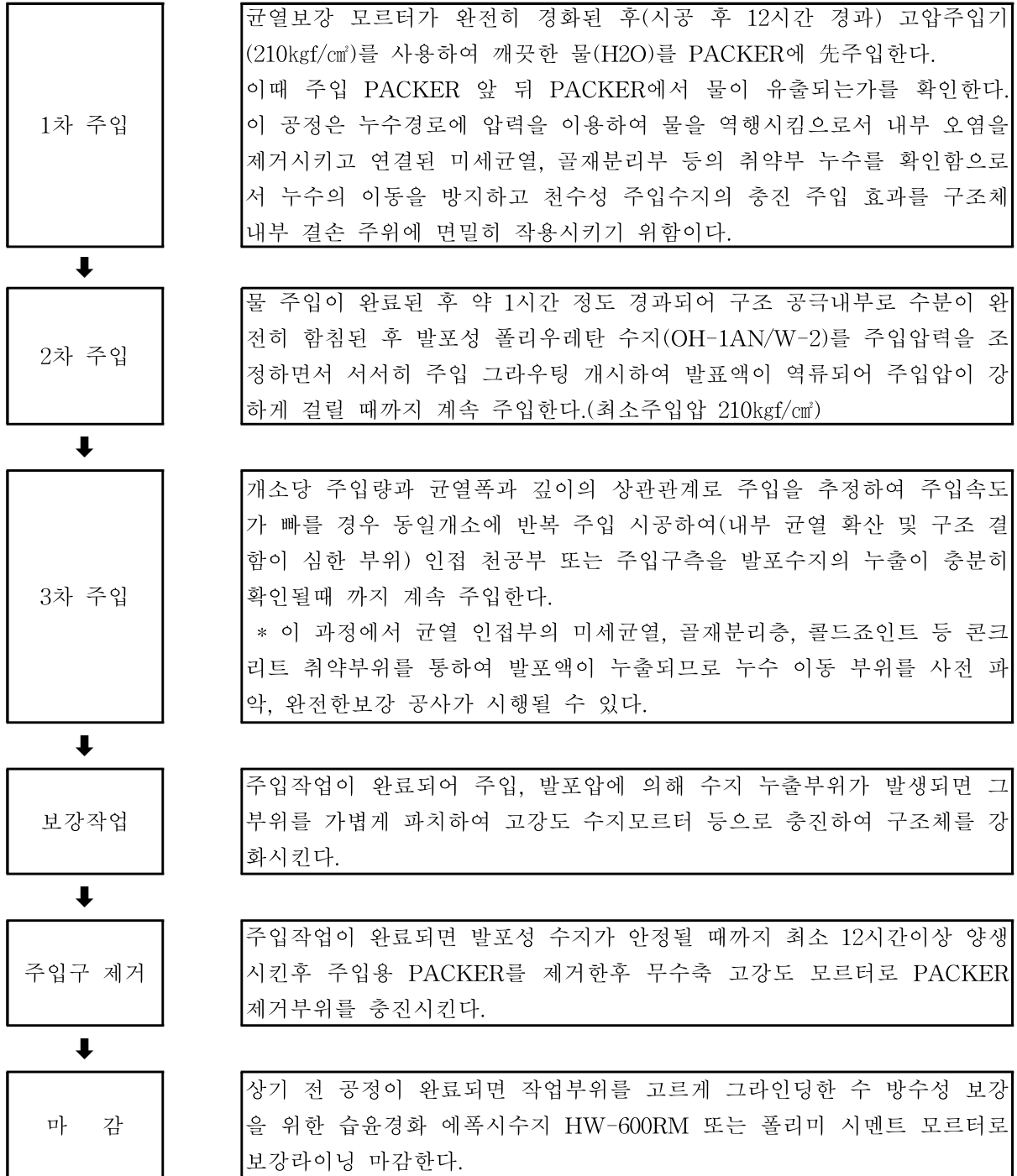
고정된 지수성을 따라 무수축 침투성 방수 모르터를 충전시키며 특히 계면부 처리에 유의하면서 보강작업한다.

* 동 공정은 폴리우레탄 수지 주입만으로 지수공사를 완료시킴이 일반적이나 폴리우레탄수지는 접착제가 아니고 지수제이므로 균열의 확장, 재발생을 근본적으로 제어하기가 불가능하고 주입수지의 장기적 안정성 및 내구성 유지가 어려우므로 지수 작업에 선행하여 균열보수 폴리미모르터 공법을 시공함으로서 균열 재발생에 따른 누수 가능성을 방지한다.

* 크랙 부위 누수 상태가 작업조건에 따라 누수가 없으면 주입재는 EPOXY로 시행한

다.

6) 보수 작업 방법



제 7 장 종합 의견

7.1 구조부재의 배치상태

7.2 균열 및 열화조사 결과

7.3 콘크리트 강도 조사 결과

7.4 철근탐사 결과

7.5 중성화 시험 결과

7.6 변위 조사 결과

7.7 구조 검토 결론

7.8 안전성 평가 결과

7.9 보수·보강 방안

7.10 종합의견 및 건의사항

7제 장 종합 의견

안전진단 대상 구조물인 서울특별시 송파구 방이동 89-3번지 소재 『송파소방서 방이파출소 청사 건축물』은 준공후 약 17년 이상 경과된 노후 건축물로서 균열 및 누수 등 사용성 및 구조물의 안전이 우려되어 본 과업을 수행하게 되었다.

본 안전진단은 시설물의 위험 요인을 사전에 파악함으로써 시설물의 내구성과 사용성 및 안전성을 확보하고자 시설물에 대한 각종 조사를 통한 분석을 실시하였으며, 이를 근거로 구조물의 상태 및 안전성을 평가하여 재건축 또는 보수·보강방안을 제시하는데 목적을 두었다.

7.1 구조부재의 배치상태

본 안전진단 건물의 주요 현황을 파악하기 위하여, 구조 부재의 배치 상태를 조사하였으며, 건축물의 관련도면을 [2.2.2 건축물 관련 도면]에 수록하였다.

7.2 균열 및 열화조사 결과

본 조사대상 건축물인 송파소방서 방이파출소 청사는 17년 이상 경과된 건축물로 진단일 현재 업무시설 및 차고로 사용중이며, 조사 가능한 부위를 중심으로 현황조사를 실시하였다.

1) 내부 현황조사 결과

내부벽체 열화현상의 원인은 재료의 노후화 및 이질재료간의 이음 부위, 재료의 건조수축 및 팽창, 부분적 시공결함 등에 의하여 발생한 것으로 판단된다.

그리고 내부 천장은 단열재·텍스 등으로 인하여 전면조사는 어려웠으나, 일부구간에서 마감재 제거 후 구조부재에 대하여 현황조사를 실시한 결과 3층 바닥 부재에서 휨·전단균열이 일부 발생한 것으로 조사되었으며, 구조안전성 검토후 적절한 보수·보강이 필요한 것으로 판단된다.

2) 외부 현황조사 결과

현황조사 결과 대부분의 균열은 콘크리트 부재와 조적벽체 접합부 및 개구부 모서리에 발생한 것으로 조사되었다. 그리고 정면 외부 벽체(타일마감)는 일부 개소에서 백화현상이 심한 것으로 조사되어 외벽 발수재 등에 의한 보수가 필요하다.

3) 지붕층 바닥 현황조사 결과

현황조사 결과 지붕층 일부구간에서는 방수층 들뜸으로 인한 파손현상이 다수 발생하였고, 3층 식당 천장 구간은 방수보수를 위하여 여러번 누름 콘크리트(THK :200 이상)를 시공하여 하중이 증가한 상태이다.

그리고 3층 식당, 휴게실 천장에서 누수와 결로 현상이 심한 것으로 조사되었으며, 누수는 기존부재와 증축부재 접합 구간에서 주로 발생하였고, 결로 원인은 데크플레이트 하부면 단열재 시공불량(일부구간 미시공)에 의한 것으로 판단된다.

7.3 콘크리트 강도 조사 결과

1) 강도시험(반발경도 시험)

압축강도에 대한 분석은 일반적으로 널리 이용하고 있는 일본 건축학회, 동경도 시험소 및 재료학회 판별식의 평균치를 적용하여 강도를 추정하였다.

대상 구조물의 경우 비파괴 시험법으로 측정된 콘크리트 추정 압축강도 분포는 174 ~ 240 kgf/cm²으로 평균강도는 194 kgf/cm²로 나타났으며, 측정위치에 따라 다소 편차가 있으나 이는 추정 설계강도 210 kgf/cm²에 미달되는 것으로 조사되어 안전성 검토시 콘크리트 강도는 180 kgf/cm²을 적용하였다.

2) 초음파 시험

대상 구조물에 대한 초음파 탐사는 직접법으로 실시하였으며, 초음파 탐사에 의한 콘크리트 내부 및 표면의 PULSE 전달 속도는 3.41~3.67mm/ μ s로 평균 3.52mm/ μ s로 측정되었다.

이는 <표 3.2.5>의 기준치와 비교시 콘크리트 표면 및 내부 상태는 양호한 상태인 것으로 사료된다.

콘크리트의 상대적인 밀실도 품질 평가 기준은 1987년 한국 에너지 연구소에서 발간된 “콘크리트 비파괴 검사 기술 개발”을 적용하였다.

7.4 철근탐사 결과

철근탐지기 Ferrosan (FS-10) System으로 주요 구조부재에 대하여 철근탐지 조사를 실시한 결과 <표 3.3.2> 철근배근 현황조사 결과표와 같이 조사되었으며, 진단 건물에 대한 설계도면이 없어 철근탐지 조사 결과와 비교할 수는 없었으나 구조검토 시 조사결과를 적용하여 구조부재의 안전성을 평가하였다.

7.5 중성화 시험 결과

본 시설물은 준공후 약 17년 이상 경과된 건축물로서 중성화 조사결과 중성화 깊이는 12~35mm로 중성화 등급평가표와 비교시 C~E등급으로 나타났으며, 일반적으로 콘크리트의 물시멘트비가 65%이고 재령 17년 경과시 중성화 심도는 약 17mm 정도인 것과 비교하면, 부분적으로 콘크리트의 중성화가 다소 많이 진행되어 불량한 것으로 나타났다. 특히 지하층 노출 부재의 경우는 철근피복 두께이상 진행되어 내구성 측면에서 취약한 것으로 판단된다.

7.6 변위 조사 결과

1) 수평변위 측정 결과

수평 변위(기울기)는 1/223~1/460로 조사되었으며, 진단 대상구조물의 기울기 등급은 <표 3.5.2> 수평변위(기울기) 평가등급표와 비교시 C~D급에 해당되고, 이는 구조물의 균열 발생한계치인 1/500을 초과한 것으로 조사되었다.

다만 외부 바닥 침하는 현상은 건축물의 변위와는 별도로 외부 다짐 불량 등에 의한 것으로 사료된다.

2) 수직변위 측정 결과

1층 주차장 상부보에 대하여 수직변위 측정결과 시공당시 처짐을 예상하여 중앙부를 들어올린 상태로 시공한 것으로 사료됨에 따라 처짐조사의 정확한 값을 얻기 어려운 상태였으나, 최대허용 처짐 기준치 이내이고 균열 등 이상현상이 없는 것으로 보아 처짐의 영향은 없는 것으로 판단된다.

7.7 구조 검토 결론

1) 하중 조사결과

검토건물은 최초 준공 이후 주차례에 걸쳐 증축 및 보수공사가 이루어진 상태로, 3층 식당 및 체력단련실의 경우 당초 지붕층 용도로 사용하던 것을 증축공사 이후 현재의 용도로 사용하고 있다.

또한 현장조사결과 숙소 및 대기실의 바닥마감(온돌시공) 두께가 약 200mm 정도인 것으로 조사되었으며, 내부 조적벽체가 시공되었고, 증축구간 지붕의 경우 Deck Slab 시공 후 두께 약 200mm의 몰탈이 추가로 시공된 것으로 조사되었다.

따라서 해당부위에 대하여 하중조사 결과를 반영하여 구조검토를 실시하였다.

2) Slab 검토결과

검토건물은 현재 도면이 미보관된 상태로써 현장조사(장비조사) 및 시공당시의 일반적인 시공형태를 참고로 콘크리트 강도 및 철근배근을 추정하여 검토에 사용하였으며, 슬래브에 대한 하중은 현재 사용용도에 맞게 적용하였다. 지붕층 및 각층의 슬래브를 검토한 결과 지붕층 SLAB의 내력에는 이상이 없는 것으로 검토되었으나, 비교적 면적이 넓은 S₁ SLAB의 내력이 약 16% 정도 부족한 것으로 나타났다.

이는 슬래브 면적이 33.75m²(4.5m×7.5m)로 보유내력에 비해 넓고, 휴게실 및 대기실 슬래브의 경우 온돌하중 및 부분적으로 조적하중이 작용하기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 내력이 부족한 부재에 대하여는 탄소섬유 Sheet 보강과 같은 적절한 보강조치를 실시하여야 한다.

3) Beam & Girder 검토결과

현장조건에 따른 구조해석결과 및 현장조사결과를 바탕으로 지붕층 및 3층 보를 검토하였으며, 검토결과 보는 적절한 내력을 확보하고 있는 것으로 판단된다. 다만, 보유내력이 허용내력에 근접해 있으므로 과도한 추가하중이 발생하지 않도록 주의하여야 할 것으로 사료된다.

4) Column & Foundation 검토결과

구조해석결과를 바탕으로 검토건물의 기둥을 검토하였으며, 검토결과 소방차고 상부의 Long Span Girder 지지기둥(C₁)에서 부재의 내력이 부족한 것으로 나타났다.

이는 기둥의 휨 모멘트가 크게 발생하기 때문인 것으로 판단되며, 해당 부위의 기둥에 대하여는 적절한 보강을 실시하여 충분한 안전도를 확보할 수 있도록 하여야한다.

7.8 안전성 평가 결과

상태평가 및 안전성평가의 결과를 종합하여 판정하며, 다음과 같다.

항 목	중요도	항목평가결과	등급구분
안전성평가	0.9	4.95	c
상태평가	0.7	6.43	d
변위·변형	0.7	7.00	d
종합평가		6.02	D

$$[(0.9 \times 4.95) + (0.7 \times 6.43) + (0.7 \times 7.00)] / (0.9 + 0.7 + 0.7) = 6.02$$

건축물의 종합평가등급은 상태평가 및 안전성평가 결과를 종합하여 판정한 결과 D등급으로, 이는 「주요부재에 결함이 발생하여 전체적인 보수·보강이 필요한 상태」인 것으로 평가되었다.

7.9 보수·보강 방안

본 안전진단대상 구조물에 대한 안전성검토 결과 3층 슬래브 및 2층 기둥 단면내력부족 부재에 대하여 탄소섬유 보강 및 단면증설 보강이 필요한 것으로 검토되었으며, 보수·보강 방안을 요약하면 다음과 같다.

부재(부위)	진 단 결 과	조치필요사항
• 3층 바닥 슬래브 「보강 위치도」 참조	• 단면내력부족	• 탄소섬유 보강 • 탄소섬유 규격 종 류 : NR73(고강도탄소) 두께 : T=0.167 mm / SHEET 기준 강도 : 35.5 tf/cm ²
• 1~2층 기둥 「보강 위치도」 참조	• 단면내력부족	• 콘크리트 단면 증타 보강
• 내부 보·슬래브	• 부재 휨, 전단균열 발생	• 균열보수 주입공법 (Injection Grouting)
• 지붕층 누수 부위	• 방수보호층 들뜸 및 방수층 파손(누수진행 중)	• 방수층 철거후 재시공
• 벽 체	• 이질재료 접합부 (이질재료의 수축·팽창에 의한 균열발생) • 조적 균열부위 (응력집중, 바닥 처짐, 온도변화에 따른 재료의 수축·팽창 균열)	• 균열부위 탄성실링제 충전 • 균열 충전 공법 (폴리머 모르타르, 폴리머시멘트 모르타르 등)

7.10 종합의견 및 건의사항

본 안전진단 대상 구조물인 『송파소방소 방이파출소 청사』에 대하여 상세 외관조사를 실시한 결과 재료의 노후화 및 타재료간의 이음 부위, 재료의 건조수축 및 팽창, 부분적 시공결함 등 복합적인 원인에 의해 다수의 균열 및 누수가 발생된 것으로 조사되었다.

진단건물은 현재 사용중인 상태로 내부 천장은 마감재가 설치되어 전면조사는 어려웠으나 일부구간에 마감재 제거 후 콘크리트 부재 현황조사를 실시한 결과 보에 휨균열 및 일부 구간에는 전단균열이 발생하였으며, 균열에 대한 보수 공사시 마감재 철거후 전면 보수가 필요한 것으로 판단된다.

그리고 3층 천장 증축구간(식당, 휴게실)은 기존 부재에 Deck Slab를 시공하여 기존부재와의 접합상태가 정밀시공되지 못한 상태에서 누수가 발생하였으며, 수차레 방수 보수를 하였으나 누수가 계속진행중인 것으로 조사되었다. 증축 지붕 방수층 철거후 접합상태에 대하여 확인한 후 방수 보수에 대한 계획적인 보수가 필요한 것으로 판단된다.

진단 대상 건물은 신축 후 안전성에 대한 검증 없이 수차레에 걸쳐 증축 및 사용용도가 변경된 상태이며, 주요 구조부재에 대한 구조검토 결과 기둥 및 슬래브의 내력이 부족한 것으로 검토되었다. 이는 당초 설계시 사용용도에 비하여 내력의 여유치가 많지 않은 상태에서 증축 및 용도변경 등으로 적재하중이 증가되었기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 구조물의 사용성 및 안전성 향상을 위하여 균열 및 누수 부위에 대하여는 보수 조치를 실시하고, 내력이 부족한 것으로 나타난 부재에 대하여는 탄소섬유 Sheet 및 콘크리트 단면 증타공법 등으로 보강하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

또한 건축물에 대한 종합평가등급은 상태평가 및 안전성평가 결과를 종합하여 판정한 결과 D등급으로, 이는 「주요부재에 결함이 발생하여 전체적인 보수·보강이 필요한 상태」인 것으로 평가되었다.

그러므로 건축물의 내구성 및 안전성 확보를 위하여는 단기적인 방안으로 전면적인 보수·보강이 필요한 상태이나, 보수·보강 범위가 광범위하고 이를 위하여 마감재 철거, 사용제한 등이 필요한 상태이므로 장기적인 측면에서 건물의 노후화 상태, 사용성 및 경제성 등을 고려해 볼 때 조속한 시일내에 철거후 재건축하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.