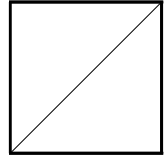
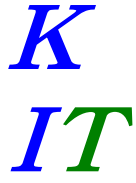


KIT-2007-005



용산소방서 저수조(2개소)
정밀안전점검 보고서

2007. 06



주식회사 케이아이티

Korea Infrastructure Technology Co., Ltd



용산소방서 저수조(2개소) 위치도

현 장 전 경



용수번호 제12호(원효로1가 원일주유소 앞)



용수번호 제13호(원효로2가 남정초등학교 운동장 내)

관리주체	서울특별시 용산소방서
대상시설	<ul style="list-style-type: none"> ○ 용 도 : 화재진압용 ○ 공설저수조 12호 <ul style="list-style-type: none"> - 위 치 : 용산구 원효로 33 ○ 공설저수조 13호 <ul style="list-style-type: none"> - 위 치 : 용산구 남정새싹1길 17-2

제 출 문

서울특별시 용산소방서장 귀하

귀 청(서)에서 의뢰하신 용산구 용산구 원효로 33 외 1개소 공설 저수조에 대하여 “시설물의안전관리에관한특별법” 제10조에 의거 성실하게 그 업무를 수행하고 동 특별법 제11조에 의거 그 실시결과를 보고서에 수록하여 제출합니다.

2007년 06월 13일

주식회사 케이아이티

대표이사 김 상 복

정밀점검 결과표

2007. 06. 13

1. 시설물명 : 용산소방서 소방용수시설(저수조)

1.1 주 용 도 : 화재를 진압하는데 필요한 물을 공급하기 위한 수조

1.2 종 별 : 저수조

1.3 준공년월 : 1945년 이전

2. 관리주체 : 서울특별시 용산소방서

3. 주 소 : (☎ 140-012) 서울특별시 용산구 한강로 256(한강로2가 2-89)

4. 위 치 : (☎ 140-111) 서울특별시 용산구 원효로 1가(원일주유소 앞) 외 1개소

5. 점검의 목적 :

본 정밀안전점검은 시설물의안전관리에 관한 특별법에 따른 정밀안전점검으로서 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하여 재해를 예방함은 물론, 시설물의 현재 사용요건을 계속 만족시키고 있는지를 확인하고, 특별법에서 요구하는 시설물관리대장 및 평가자료 그리고 구조물의 문제점 또는 문제가능성이 있는 구조물부위를 확인기록하기 위하여 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 심각한 손상·결함의 가능성을 발견 할 수 있도록 하고저 함.

6. 시설물 종합평가등급 : B

7. 점검 결과 총평 및 건의 :

본 용산소방서 관내 저수조(2개소)에 대한 정밀점검 결과, 시설물 전반적으로 주요 구조부재에 중대결함은 발견되지 않은 상태로서, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였고 부분적으로 노후화가 진행되고 있으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 "B" 등급으로 평가되었다.

따라서 시설물의 내구성 및 사용성을 증대시키기 위하여는 시설물에 나타난 흠결사항을 조속히 보수하고 상시점검 등 적절한 대책을 마련하여 향후 중점적으로 관리한다면 시설물의 내구성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

8. 점 검 기 간 : 2007. 05. 15 ~ 2007. 06. 13(30일간)

9. 점 검 기 관 : 주식회사 케이아이티

10.책임 기술자 : 김 종 문

1. 과업의 목적

본 정밀안전점검은 「시설물의안전관리에관한특별법」에 따른 정밀안전점검으로서 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하여 재해를 예방함은 물론 시설물의 현재 사용요건을 계속만족시키고 있는지를 확인하고, 특별법에서 요구하는 시설물 관리대장 및 평가자료 그리고 구조물의 문제점 또는 문제 가능성이 있는 구조물 부위를 확인 기록하기 위하여 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 심각한 손상·결함의 가능성을 발견할 수 있도록 하기 위함이다..

2. 과업의 범위

가. 점검대상시설물 및 내용

- 1) 시설물명 : 용산소방서 저수조(2개소)
- 2) 위 치 : 서울시 용산구 원효로 33 외 1개소
- 3) 대상시설물의 범위
 - 시설용량 : 저수조 Q=75.0m³/일 외 1개시설
 - 시설내용 :

○ 토목구조물

연번	용수번호	위 치	매 설	규 격(m)	용량(m ³)	비 고
1	12	용산구 원효로 33 (원효로 1가 40-21)	도로 지하	Ø3.50×H4.0	38.5	
2	13	용산구 남정새싹길 17-2 (원효로 2가 54-1)	운동장 지하	Ø5.0×H3.70	72.6	

* 건축구조물 : 해당사항 없음

4) 점검 과업내용

- 자료수집 및 분석
- 예비조사
- 상세외관조사
- 상세검사(비파괴)

- 상태 평가
 - 주요부재별 외관조사 결과분석
 - 측정결과와 재료시험 결과의 분석
 - 주요부재별 상태평가
- 안전성 평가
- 보수·보강 방안
 - 손상 및 결함부위에 대한 보수·보강 우선순위 제시
 - 시설물 보수·보강 공법 제시
- 종합결론 및 건의
 - 정밀점검 결과의 종합평가
 - 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부
 - 유지관리시 특별관리가 필요되는 사항
 - 기타 필요한 사항
- 보고서 작성

5) 과업의 적용기준

- 시설물의 안전관리에 관한 특별법
- 안전점검 및 정밀안전진단 지침

3. 과업수행기간

2007. 05. 15 ~ 2007. 06. 13(30일간)

4. 상태평가

상태평가는 조사된 내용을 근거로 시설물의 결함정도를 포함한 시설물 부재의 상태를 평가하는 것으로서

본 평가에서는 자료수집, 상세외관조사, 비파괴시험 및 안전성평가 등을 기초로 평가기준에 따라 각 시설물에 대하여 부재별로 상태등급을 부여하였다.

• 평가기준

평가기준은 건설교통부고시 제2003-170호(2003. 07. 04) ‘시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침’에 의거 각 부재별로 발견된 결함의 종류, 범위 및 정도에 따라 다음과 같이 A, B, C, D, E의 5단계로 상태등급을 부여하였다.

등급	상 태	비 고
A	문제점이 없는 최상의 상태	
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태	
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전반적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요 부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태	
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태	
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

• 평가결과

원효로1가 외 1개소 저수조시설물의 구조물 관련한 설계도서가 전무(全無)한 상태로서 내진설계 등의 반영 여부는 확인되지 않은 상태이며,

전체적인 상태는 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 “B”등급으로 평가되었으며, 시설물 상태평가 결과는 다음과 같다.

【종합시설물(綜合施設物) 종합평가표 작성】

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	토목구조물	통합시설물 규모		소방용수시설 2개소		표번호
근거(5단계) 표번호	No. 5-1					No. 6-1
복합시설물	평가등급	평가지수 (E _{t2})	조정계수 (A)	규모 (S)	계산값 (P=A×S)	계산값 (E _{t3} ×P)
토목구조물	b	3.86	2	37.7	75.4	291.1
합계(Σ)	-	-	-	37.7	75.4	291.1
종합평가결과	1. 통합시설물(토목구조물) 종합평가지수(E _{t3}) = Σ(E _{t2} ×P) / ΣP = 3.86					
	2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가등급 = B 등급					

5. 결론 및 제언

가. 정밀점검 결과의 종합결론

본 저수조 시설은 재난, 재해 및 화재 등으로부터 시민의 생명과 재산을 안전하게 보호하고 시민이 안전하고 평온한 삶을 누릴 수 있도록 하기 위하여 용산소방서로 승격(1944. 07. 14)한 이후 119 구조대(1995. 07. 15)를 발족, 현재 21.87km²(인구:243,033명)의 관할구역 내에 총 2,767개소의 소방용수(소화전, 저수조, 급수탑, 비상소화장치) 시설을 갖추어 관리·운영 중에 있는 시설로서, 화재를 진압하는데 필요한 물을 저장하기 위한 저수조로 이루어져 있다.

시설물 전반적으로 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”의 “B”등급으로 평가되었으나, 부분적으로 노후화가 진행되고 있는 상태이다.

따라서, 시설물의 내구성 및 사용성을 증대시키기 위하여는 시설물에 나타난 흠결사항을 조속히 보수하고 상시점검 등 적절한 대책을 마련하여 향후 중점적으로 관리한다면 시설물의 내구성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

1) 소방용수시설

「주변시설물」

○저수조 주변의 도로 노선을 따라 현장 조사한 결과 주변의 지형 변화(함몰, 세굴 등) 등의 우려되는 변화는 발견 할 수 없었으나,

원호로1가(No.12) 저수조는 차량하중 등 외압조건에 영향을 받는 곳에 위치한 상태로서, 구조물의 기능저하 요인을 가진 흠결 사항을 보완한 후 운용할 수 있는 조치가 필요할 것으로 판단되며, 노후화 진전 및 훼손 등을 최소화하는 조치가 요구된다.

○저수조 물 비우기를 실시함에 있어 강제배수(배수펌프에 의한 펌핑)를 할 수 밖에 없는 상태로서, 향후 저수조내 청소 또는 예측되지 않은 정비작업 등을 위한 지내배수(물 비우기)시 원활한 작업 여건조성 확보 뿐 아니라

주기적인 저수조 청소 및 소방용수의 교체 등으로 저류수의 오염방지는 물론 구조물의 사용성 증대를 위하여 시설개량 등에 의한 적절한 배수(물 비우기) 대책을 강구하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

「저수조(2개소) - 토목구조물」

○내부벽체 및 하부(바닥)슬래브 구조물은 상시 운영수위를 유지하며 수량에 장기간 잠긴 상태의 영향을 받는 구조로서,

특히, 원호로1가 저수조(No.12)는 구조물의 벽체 및 하부슬래브 열화현상에 의한 노후화가 심하게 진전(중성화, 골재분리 등)된 상태이나, 저수조 내부의 콘크리트 중성화 및 보호를 위한 어떠한 조치도 이루어지지 않은 상태이다.

또한, 일부에서는 소량의 외수가 유입되고 있는 상태로서, 균열 또는 수밀성에 문제가 있는 콘크리트 부위가 있을 경우 유로가 형성되게 되고 이는 곧 콘크리트 내부의 알카리 성분의 유출은 물론, 내부 철근의 부식에 의한 부피팽창(약2.6배)단계에 이르게 되면 콘크리트가 파손되는 현상이 발생하게 되는데

현재로서는 콘크리트 파손 등의 상태까지는 진전되지 않은 상태였으나, 콘크리트 파손의 경중에 따라 구조물 기능을 상실하는 등 심각한 결과를 초래하는 경우가 있을 수 있으므로 부재별 상태평가, 각종 계측 측정, 상세외관조사 및 시험 등의 비파괴 검사 결과를 토대로한

구조물의 노후화 방지 및 사용성 증대를 위한 내구연한 연장을 도모할 수 있는, “콘크리트 단면복구 및 보호마감 표면처리공법” 등의 적용으로 더 이상의 훼손 진행을 억제 할 수 있는 조치가 필요한 것으로 판단된다.

「저수조(1개소) - 안전성평가」

○ 본 용산소방서 공설 저수조(2개소)의 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하기 위하여 안전성평가를 실시한 결과,

- 강도설계법에 의한 극한하중(하중증가계수 반영) 작용시 모든 검토대상 부재에서 안전율(SF)이 1.0 이상으로 내하력은 충분한 것으로 평가되었으며,

안전성평가등급은 “a” 등급으로 산정되었다.

○ 본 안전성평가에서는 과업을 수행함에 있어 구조물과 관련한 설계도서 등의 자료가 충분하지 않은 전무(全無)한 상태에서 임의 가정에 의하여 철근 직경 및 배근간격, 지하수 유무 등의 지반조건을 적용하였으며,

다음의 내용을 비교·검토 후 현재의 제반 여건을 고려하여 구조물 안전성평가를 실시하였다.

- 시설준공 당시 설계조건(가정)

- ① 허용응력설계법
- ② 차량 노면활하중의 적용조건 : DB-18(표준트럭하중)
- ③ 구조물 주변 도로여건

- 현재의 안전성 검토 조건

- ① 극한강도설계법
- ② 차량 노면활하중의 적용조건 : DB-24(표준트럭하중)
- ③ 구조물 주변 도로여건 : 교통량 증가, 중차량 통행 증가

- 1979년도 이전 교량 등의 1등급의 내하력 기준은 DB-18이었으나 현재에는 중차량의 통과 등으로 교량의 안전에 많은 영향을 주고 있는 실정이므로 1980년도 이후부터는 차량 노면활하중의 적용조건을 DB-24로 실시하고 있는 상태이다.

당시 설계시에는 최대 가능한 허용값을 적용하였으나 현재는 최대 극한값을 적용하고

있는 실정으로서, 본 대상시설 구조물의 안전성 검토에서는 극한강도설계법(당초 설계시 고려되지 않은 것으로 추정)에 의한 추가하중(DB-24) 등의 영향을 고려하여 안전성검토를 실시하였으며,

- 안전성평가를 실시함에 있어 대상시설물과 관련한 설계 및 준공도서 등이 전무(全無)한 상태에서, 현장조사에서 실측한 구조물 내부치수와 내구성평가시험 결과값을 제외하면

통상적인 설계조건(추정치)에 의한 평가를 수행함으로 인하여 안전율이 다소 과다해석된 것으로 사료되며, 보다 정확하고 신뢰성 있는 안전성평가를 실시하기 위하여는 시설물 주변 지반조사 및 교통량 등을 조사하여 이를 기반으로 한 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

따라서, 우선적으로 상부슬래브 가로보 주변에 발생한 처짐, 박락 및 골재분리 등에 대하여는 도로면으로부터 전달되는 하중에 대하여 충분한 내하력을 확보할 수 있는 보강조치가 필요하며, 상부슬래브의 균열 및 내부벽체의 백태, 누수 및 박락 등에 대하여는 구조물의 상태를 주기적으로 점검하여 진행성 및 구조적인 흠결발생 여부를 주의 깊게 관찰하여야 할 것으로 사료된다.

나. 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

시설물 전반에 걸쳐 특별한 구조적 결함이나 심각한 보수·보강이 요구되는 결함사항은 발견되지 않았으나,

원호로1가(No12) 저수조 구조물은 현재 조건을 토대로한 상태평가를 실시한 결과 전반적으로 “주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전반적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요 부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태”의 “C”등급으로 평가되었다.

따라서 시설물의 내구성 및 사용성을 증대시키기 위하여는 시설물에 나타난 흠결사항을 보수·보강하는 조치가 필요할 것으로 판단된다.

다. 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

시설전반에 나타난 열화현상 및 노후화 진전 등에 대한 적절한 조치

- 콘크리트 내부철근 부식예방 및 내구연한 증대
(상시 저류중인 소방용수 접촉에 대한 격리)
- 일부 보조적 부재의 관찰
(구조물 주변 아스콘 지반의 부등침하 및 균열 관찰 등)
- 주기적인 저수조 청소 및 소방용수 교체(오염방지 등)
- 저수조내 배수(물 비우기)시설 및 설비 설치

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 과업의 목적	2
1.2 과업의 범위	2
1.3 과업의 내용	2
1.3.1 과업의 개요	2
1.3.2 과업의 적용기준	3
1.3.3 과업의 세부내용	3
1.4 사용장비	6
1.5 과업 수행일정	7
1.5.1 수행절차(흐름도)	7
1.5.2 과업 추진일정	8
제 2 장 시설물 개요	9
2.1 공사이력	10
2.2 대상시설 운영센터 주요 현황	11
2.3 수집자료	12
2.4 사고 및 보수이력	12
제 3 장 현장조사 및 상태평가	13
3.1 대상시설 현황	14
3.1.1 소방용수시설	14
3.2 상세외관조사	15
3.2.1 개요	15
3.2.2 소방용수시설	15
3.3 상태평가	27
3.3.1 평가방법의 개요	27
3.3.2 소방용수시설물 상태평가 결과	28
3.3.3 용산소방서 공설 저수조(2개소) 종합 상태평가	30

제 4 장	내구성 평가시험	31
4.1	개요	32
4.2	콘크리트 강도시험	32
4.2.1	반발경도 시험	32
4.2.2	콘크리트 강도시험 · 측정결과 및 분석	37
4.2.3	초음파탐상 시험	38
4.2.4	조합법에 의한 압축강도 추정	40
4.3	철근탐사시험	41
4.3.1	개요	41
4.3.2	측정성과	42
4.4	비파괴시험(동영상)	43
제 5 장	안전성 평가	44
5.1	평가 기준 및 등급산정	45
5.1.1	개요	45
5.1.2	안전성평가 기준	45
5.1.3	안전성평가등급 산정	46
5.2	저수조 안전성 평가	47
5.2.1	일반사항	47
5.2.2	원호로1가 공설저수조(No.12)	50
5.3	평가결과	56
제 6 장	보수 · 보강	57
6.1	보수 · 보강 방법	58
6.2	보수 · 보강 공법	58
6.2.1	보수 공법	58
6.2.2	보강 공법	73
6.2.3	보수 · 보강 재료	76
6.3	보수 · 보강 우선순위 결정	81
6.3.1	필요성 판단	81

6.3.2 수준 결정	81
6.3.3 우선순위 결정	81
6.3.4 용산소방서(2개소)시설물 보수·보강방안	81
6.4 보수재료 및 공법 선정기준	82
6.4.1 보수재료 선정기준	82
6.4.2 보수공법 선정기준	83
6.5 보수공법 선정	83
6.5.1 구조물 보수·보강 신기술현황	83
6.5.2 적용공법 선별	85
6.5.3 보수공법 선정	87
6.5.4 보수공법 검토결과	88
6.6 유지관리방안	89
6.6.1 개요	89
6.6.2 관리적 측면	90
6.6.3 기술적 측면	91
제 7 장 종합결론 및 건의	92
7.1 정밀점검결과의 종합결론	93
7.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성	95
7.3 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항	95

- 부 록 -

I. 현장 상세외관 조사도

II. 평가 단계별 구분표

III. 안전성 평가

1. 원호로1가 공설 저수조

IV. 내구성 평가시험

1. Schmidt Hammer OUT-PUT

2. 철근배근탐사 OUT-PUT

3. 초음파 탐상 OUT-PUT

V. 보수 · 보강공사비

제 1 장 서 론

- 1.1 과업의 목적
- 1.2 과업의 범위
- 1.3 과업의 내용
- 1.4 사용장비
- 1.5 과업수행일정

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

본 정밀안전점검은 「시설물의안전관리에관한특별법」에 따른 정밀안전점검으로서 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취하여 재해를 예방함은 물론 시설물의 현재 사용요건을 계속만족시키고 있는지를 확인하고, 특별법에서 요구하는 시설물 관리대장 및 평가자료 그리고 구조물의 문제점 또는 문제 가능성이 있는 구조물 부위를 확인 기록하기 위하여 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 심각한 손상·결함의 가능성을 발견할 수 있도록 하기 위함이다..

1.2 과업의 범위

가. 점검대상시설물 및 내용

- 1) 시설물명 : 용산소방서 저수조(2개소)
- 2) 위 치 : 서울시 용산구 원효로 33 외 1개소
- 3) 대상시설물의 범위
 - 시설용량 : 저수조 Q=72.60m³/일 외 1개시설
 - 시설내용 :

○ 토목구조물

연번	용수번호	위 치	매 설	규 격(m)	용량(m ³)	비 고
1	12	용산구 원효로 33 (원효로 1가 40-21)	도로 지하	Ø3.50×H4.0	38.5	
2	13	용산구 남정새싹길 17-2 (원효로 2가 54-1)	운동장 지하	Ø5.0×H3.70	72.6	

* 건축구조물 : 해당사항 없음

나. 용역기간 : 2007. 05. 15 ~ 2007. 06. 13(30일간)

1.3 과업의 내용

1.3.1 과업의 개요

- 자료수집 및 분석
- 예비조사

- 상세외관조사
- 상세검사(비파괴)
- 상태 평가
 - 주요부재별 외관조사 결과분석
 - 측정결과와 재료시험 결과의 분석
 - 주요부재별 상태평가
- 안전성 평가
- 보수·보강 방안
 - 손상 및 결함부위에 대한 보수·보강 우선순위 제시
 - 시설물 보수·보강 공법 제시
- 종합결론 및 건의
 - 정밀점검 결과의 종합평가
 - 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부
 - 유지관리시 특별관리가 필요되는 사항
 - 기타 필요한 사항
- 보고서 작성

1.3.2 과업의 적용기준

- 시설물의안전관리에 관한특별법
- 안전점검 및 정밀안전진단 지침

1.3.3 과업의 세부내용

가. 자료수집 및 분석·검토

- 준공 설계도서 및 공사관련자료
- 점검 · 정비등 유지관리 관련자료
- 시설물 운영자료
- 사고기록 및 보수 관련자료 등

나. 점검계획 및 방법

1) 일반사항

본 정밀안전점검은 시설물의 현재상태를 정확히 판단하고 최초 및 이전상태로부터 변화를 확인하며 구조물의 현재의 사용조건을 계속적으로 만족시켜 주고 있는 지를 확인하는데 필요한 면밀한 육안검사와 측정기구에 의한 검사로 이루어지는 정밀점검 결과를 토대로 정밀점검과정에서 발견하지 못한 결함 부위를 발견하기 위하여 행해지는 정밀한 육안검사 및 검사측정 장비에 의한 측정이 포함되는 근접점검이다.

또한 시설물의 노후화 또는 손상정도에 따라 구조물의 성능이나 잔존수명을 평가하기 위하여 시설물의 안정과 내하력 등을 결정하는데 필요한 조사와 시험을 실시하게 되며, 필요한 경우에는 보수·보강방법을 제시한다.

2) 현장조사

점검을 효과적으로 수행하기 위하여 동작소방서와 협의 후 기존시설물에 관한 최소한의 기초자료를 얻고 도면상 나타난 자료를 수집하고 현장조사를 통한 사전검사를 실시하여 점검계획을 수립한다.

3) 점검계획 수립(지침3.6.1)

「지침」 3.6.1항에서 규정하고있는 내용을 바탕으로 아래의 사항들을 고려하여 점검계획을 수립하며 안전관리에 대한 사항은 기관별 자체 안전관리규정에 의해 안전관리계획서를 별도 작성하여 시행한다.

- 점검형식의 결정
- 점검을 수행하는데 필요한 인원, 장비 및 기기의 결정
- 기 발생된 결함의 확인을 위한 기존 점검자료의 검토
- 점검기간과 계획된 작업시간의 예측
- 타 기관 또는 주민과의 협조체제
- 시설물의 주변 환경에 대한 조사여부, 조사항목 및 범위의 판단
- 기타 관련사항

4) 점검항목 및 방법

「지침」 3.9항의 규정에 따라 실시하되 세부시설물별 점검방법은 다음과 같으며, 정밀 점검시의 점검항목 및 조사수량은 제5장에 제시된 기준을 원칙으로 한다.

○ 점검항목

- 시설물의 평면, 입면, 단면 등 준공도면과의 일치여부, 구조부재의 변경 사항
- 작용하중조건, 기초지반조건, 주변 환경 조건 등의 변경사항
- 균열발생상태(균열의 발생위치, 균열의 유형 및 형상, 균열의 진행사항, 균열 부위의 누수)
- 구조물 혹은 부재의 전반적인 상태
- 변위 및 변형(부등침하, 편심집중하중, 과재하중상태, 진동, 충격, 이상체감 등)
- 콘크리트 표면상태(골재분리, 밀실다짐 시행여부 등)
- 철근의 노출 및 부식상태
- 강재구조물의 노후상태
- 균열의 발생시기 및 추정시기
- 반발경도에 의한 콘크리트 강도추정
- 철근의 배근상태(준공도면과 일치여부)
- 기타 점검자가 필요하다고 판단하는 사항

○ 점검방법

- 면밀한 육안검사와 비파괴시험을 중심으로 실시한다.
- 시설물 구조적 안전성 평가와 필요시 수리구조적 안전성 평가를 시행한다.

- 점검대상 부위는 필요한 경우 마감재를 부분적으로 제거하고 실시한다.
- 구조부재에 발생한 균열이나 기타 구조물의 노후화 상태에 대한 조사결과를 개략도에 표시, 기록하여야 하며 유형별로 구분하여 그 크기(폭, 길이 혹은 깊이 등)를 구체적으로 나타낼 수 있도록 한다.
- 콘크리트의 강도측정은 비파괴 시험기를 이용하여 실시하고 부재의 강도는 같은 부재에서 3개소 이상에서 얻은 자료를 평균한 값으로 평가한다. 평가강도의 신뢰도는 건축공사의 재료의 품질관리 요령에 의한다.
- 철근의 배근상태는 비파괴 시험기(자기법 탐지기)등을 이용하여 철근의 피복두께 및 배근 간격을 파악할 수 있도록 하며 구조물의 내하력 평가와 안전성 평가에 필요한 기초자료로서 이용한다.
- 구조물의 강도추정은 적정 위치에서 반발경도시험 결과를 복합법에 의거 추정한다.
- 저수조 주변지역의 상태를 관찰하여 누수, 지반침하 등과 구조물의 상태를 점검한다.

5) 상태평가

상태평가는 「지침」 3.9.4항 및 「지침」 제5장에 따라 점검대상시설물에 대한 상태를 평가하고 주요 구조부재에 대한 재료 및 육안검사에서 조사된 상태에 대한 평가를 포함하며 상태평가기준 및 절차는 제6장에 제시된 내용에 따라 실시한다.

정밀점검은 부재별로 문제부위에 대하여 손상 및 결함에 대한 외관조사방도를 작성하여 상태평가기준에 의해 상태평가등급을 매기며 이를 기초로 점검대상 시설물에 대한 상태평가를 실시하고 상태평가 등급을 부여한다.

6) 안전성 평가

정기점검은 안전성평가를 실시하지 않으나 정밀점검은 점검대상시설물의 상태평가 등급이 D등급 이하인 경우나 주요부재에 구조적 균열, 침하 등의 중요 결함이 발생하여 전문가의 지적이 있는 경우 또는 「영」 제12조의 중대한 결함이 발생한 경우 등에 있어서는 필요에 따라 안전성평가를 실시할 수 있다.

안전성평가를 실시하는 경우에는 「지침」 제6장의 규정에 의해 실시하되 제7장에 제시된 안전성평가 기준 및 절차에 따라 시설물의 안전성을 평가함과 더불어 안전성평가 등급을 부여한다.

7) 종합평가

상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 각각의 평가결과를 비교·분석하여 종합적인 평가를 실시한다. 안전성평가를 실시하지 않고 상태평가만을 실시한 경우에는 상태평가 결과를 종합평가로 갈음한다.

종합평가는 제8장에 제시된 종합평가기준 및 절차에 따라 시설물의 종합평가와 더불어 종합평가 등급을 부여한다.

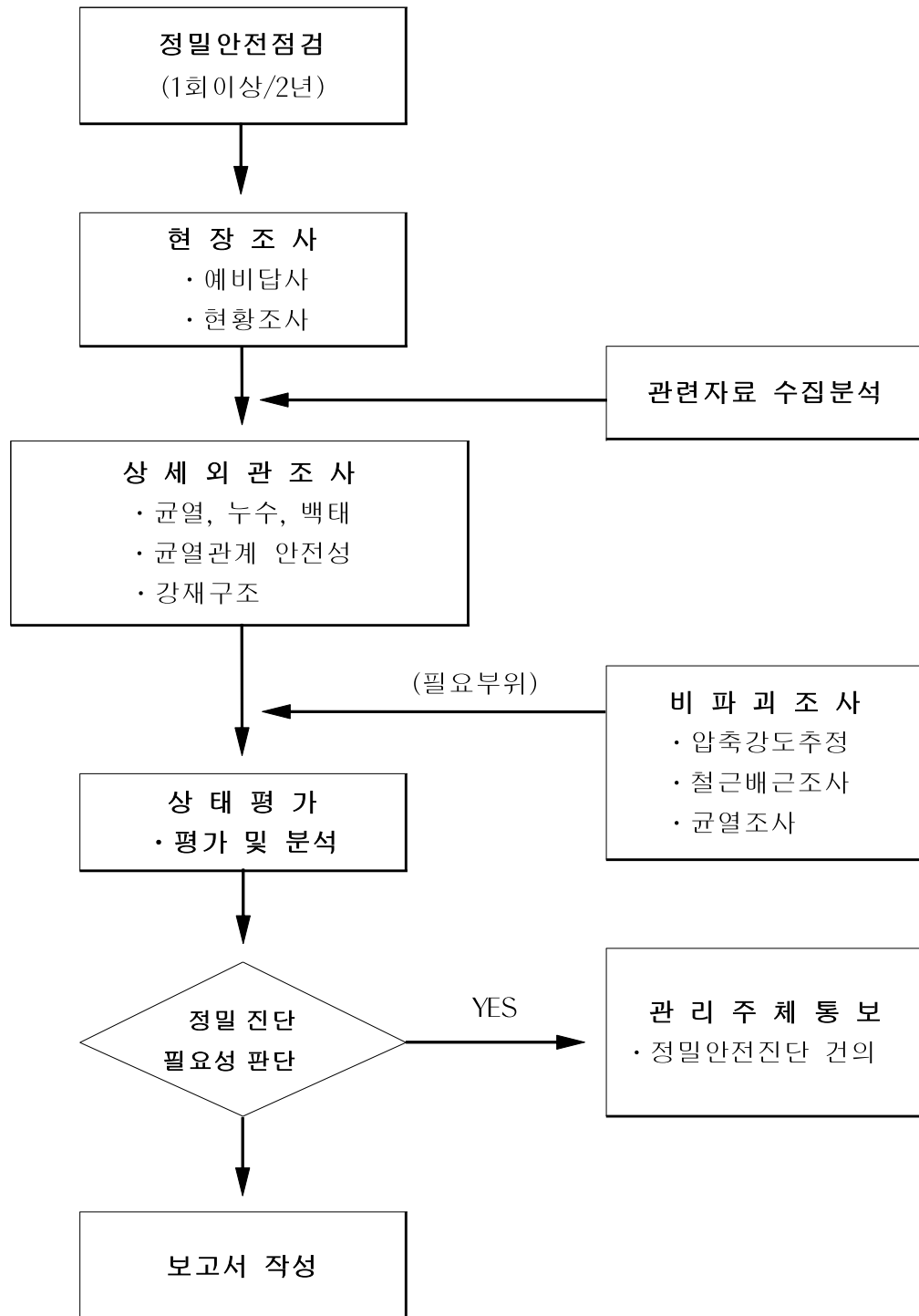
1.4 사용장비

본 점검에 투입된 장비는 다음과 같다.

주요 장비명	규격	수량	용도	비고
* 비파괴시험기				
철근탐지기		1 EA	철근배근상태	
초음파 탐상기		1 EA	콘크리트 강도측정	
도막두께 측정기	456NS1	1 Set	코팅두께 측정	
* 물리성시험기기				
경도측정기	NR	1 EA	콘크리트 강도측정	
균열경(측정기)		2 EA	콘크리트 균열측정	
중성화측정기		1 조	콘크리트 중성화	
* 계측기기				
버니어캘리퍼스		1 EA	규격측정	
테크니스게이지		1 EA	"	
각장게이지		1 EA	"	
스타프		2 EA	"	
거리메터		1 Set	거리측정	
* 광학기계				
카메라		2 EA	현장촬영기록	
* 공기구				
연마기		1 EA	콘크리트 먼처리	
스틸테이프	5m	2 EA	거리측정	
방독면		2 EA	안전관리	
서치라이트		2 EA	안전관리	

1.5 과업수행일정

1.5.1 수행절차(흐름도)



1.5.2 과업추진일정

용산소방서 저수조 시설물에 대한 정밀안전점검은 아래와 같이 수행하였다.

세 부 항 목	보 할 (%)	2007년도						비 고
		05월			06월			
		20	25	30	05	10	13	
◦자료수집 분석	6	6						05/15 착수
◦예비조사	10	10						
◦상세외관조사 (육안검사)	30	10	10	10				
◦상세검사 (비파괴검사)	10		5	5				
◦상태평가 및 분석	20			10	10			
◦종합검토 및 분석, 기술자문	5				2	3		
◦보수·보강공법 제시, 기술자문	5				2	3		
◦보고서 작성	14				5	5	4	

제 2 장 시설물개요

2.1 공사이력

2.2 대상시설 운영센터

주요 현황

2.3 수집자료

2.4 사고 및 보수이력

제 2 장 시설물 개요

2.1 공사이력

서울특별시의 남쪽으로 한강을, 북쪽으로 남산을 경계로 6개의 한강대교와 경부철도가 지나고 있어 서울 도심을 연결하는 관문이자 교통의 요충지에 위치한 용산구는 “21세기 희망찬 새 용산”을 가꾸기 위하여 체계적인 종합 개발로 비약적인 발전과 쾌적한 주거환경을 갖춘 아름답고 전통 있는 도시이며, 미래를 대비하는 장기발전계획의 수립과 개발가능지를 경쟁력 있게 만들어 경제·행정·교통·문화적으로 균형되고 조화로운 서울의 중심지구로 지속적인 발전이 이루어지고 있다.

따라서 각종 재난, 재해 및 화재 등으로부터 시민의 생명과 재산을 안전하게 보호하고 시민이 안전하고 평온한 삶을 누릴 수 있도록 하기 위하여 용산소방서로 승격(1944. 07. 14)한 이후 119 구조대(1995. 07. 15)를 발족, 현재 21.87km²(인구:243,033명)의 관할구역 내에 총 2,767개소의 소방용수(소화전, 저수조, 급수탑, 비상소화장치) 시설을 갖추어 관리·운영 중에 있으며, 주요 연혁은 아래와 같다.

1) 도시발전 현황 및 사업추진 경위

- 1911. 05. 01 한성부 용산방으로 시발
- 1942. 11. 10 경성소방서 용산분서로 청사 시공 발족
- 1944. 07. 14 용산소방서로 승격
 - 문배, 후암, 이태원, 마포, 영등포, 노량진, 당산동 등 7개 파출소와 한남, 용강 2개 출장소를 관할 운영
- 1946. 05. 01 영등포파출소가 영등포소방서로 승격
 - 후암, 이태원, 문배, 마포파출소 관할 운영
- 1963. 07. 18 직할소방파출소가 한강로소방파출소로 명칭 개칭
- 1971. 10. 22 이촌파출소 신설(용산구 이촌동 212-3)
- 1975. 09. 23 대통령령 제7816호 구 관할구역 변경
- 1978. 10. 25 이태원파출소 청사 개축
- 1982. 09. 30 서울특별시 소방구급대 발족
- 1992. 12. 30 서빙고파출소 개소
- 1995. 12. 19 이태원파출소 준공(연면적 186평)
- 1995. 07. 15 용산소방서 119구조대 발족

2) 사업개요

- 본서위치 : 서울특별시 용산구 한강로256(한강로2가 2-89)
- 관 리 청 : 용산소방서
- 운영기관 : 후암, 한강로, 이태원, 이촌, 서빙고파출소
- 관할면적 : 21.87km²
- 소방용수 관리현황

구 분	소방대상물	소방용수시설				
		소 계	소화전	저수조	급수탑	소화장치
보유수	3,146개소	2,767	2,588	36	9	134

- 대상시설 및 용량
 - 시설물명 : 소방용수 저수조
 - 위 치 : 서울특별시 용산구 원효로 33(원효로 1가 40-21) 외 1개소
 - 용 량 : 용저12호 : Q=75m³/일(실측), 용저13호 : Q=74.5m³/일(실측)
 - 운영기관 : 한강로 119안전센터

2.2 대상시설 운영센터 주요현황

운영센터명	구 분	시 설 내 용	비 고
한강로119안전센터 - 제12호 저수조 - 제13호 저수조	위 치	○ 서울특별시 용산구 한강로 256 - 한강로 2가 2-89번지(용산소방서 내 1층)	
	관할동	○ 신계동, 효창동, 서계동, 갈월동, 남영동, 문배동, 원효 1· 2가, 한강로 1· 2가, 청파 1· 2· 3가, 용산동 3· 4· 5가	
	관할 면적	○ 5.01km ² , 인구 65,539명(23,494세대)	
	소방대상물	○ 1,121개소	
	인 원	○ 61명	
	보유차량	○ 고가사다리차 1대 외 17대	
	보유장비	○ 약 2,450점	

2.3 수집자료

본 용산소방서 저수조(2개소) 정밀안전점검을 실시하기 위하여 관리주체로부터 수집한 자료는 다음과 같다.

- 소방용수시설 기록카드

2.4 사고 및 보수이력

본 용산소방서 저수조(2개소) 구조물의 사고(유지관리) 및 보수이력 현황은 다음의 <표 2.4-1>과 같다.

<표2.4-1> 용산소방서 저수조(2개소) 사고 및 보수이력

저수조 번호	년 월	위 치	검사종별	사고내용 (사고부분)	보수 요청	보수 통보	비고
No.12	-	원호로 1가 40-21	-	-	-	-	
No.13	-	원호로 2가 54-1	-	-	-	-	

제 3 장 현장조사 및 상태평가

3.1 대상시설 현황

3.2 상세외관조사

3.3 상태평가

제 3 장 현장조사 및 상태평가

3.1 대상시설 현황

본 저수조 시설은 재난, 재해 및 화재 등으로부터 시민의 생명과 재산을 안전하게 보호하고 시민이 안전하고 평온한 삶을 누릴 수 있도록 하기 위하여 용산소방서로 승격(1944. 07. 14)한 이후 119 구조대(1995. 07. 15)를 발족, 현재 21.87km²(인구:243,033명)의 관할구역 내에 총 2,767개소의 소방용수(소화전, 저수조, 급수탑, 비상소화장치)의 시설을 갖추어 관리·운영 중에 있는 시설로서, 화재를 진압하는데 필요한 물을 저장하기 위한 저수조로 이루어져 있다.

3.1.1 소방용수시설

【소방기본법시행규칙】 - 별표 3

가. 소방용수시설의 설치기준(제6조제2항관련)

항 목	내 용	비고
공통기준	가. 국토의계획및이용에관한법률 제36조제1항제1호의 규정에 의한 주거지역, 상업지역 및 공업지역에 설치하는 경우 -소방대상물과의 수평거리를 100미터 이하가 되도록 할 것. 나. 기목 외의 지역에 설치하는 경우 -소방대상물과의 수평거리를 140미터 이하가 되도록 할 것	
저수조의 설치기준	가. 지면으로부터의 낙차가 4.5미터 이하일 것 나. 흡수부분의 수심이 0.5미터 이하일 것 다. 소방펌프자동차가 쉽게 접근할 수 있도록 할 것 라. 흡수에 지장이 없도록 토사 및 쓰레기 등을 제거할 수 있는 설비를 갖추어 줄 것 마. 흡수관의 투입구가 사각형의 경우에는 한 변의 길이가 60센티미터이상, 원형의 경우에는 지름이 60센티미터 이상일 것 바. 저수조에 물을 공급하는 방법은 상수도에 연결하여 자동으로 급수되는 구조 일 것	

나. 저 수 조

본 저수조시설은 화재를 진압하는데 필요한 물을 공급하기 위하여 수조를 설치하고 여기에 소화에 필요한 물을 항시 채워 두는 시설로서, 본 대상시설은 상수도에 연결하여 자동으로 급수되는 구조로 이루어지지 않은 상태이며,

급수차량으로 운반 후 저수조에 저류하여 소방용수를 확보 할 수 있도록 설치되어 있다. 그 시설의 개요는 다음과 같다.

시 설 명	항 목	시 설 내 용	비 고
No12 원호로1가 저수조	형 식	원형(철근콘크리트조)	
	규 격	Ø3.50×H4.0m	
	지 수	1 池	
	용 량	38.5m ³	
	기 등	설치 되어있지않음	
No13 원호로2가 저수조	형 식	원형(철근콘크리트조)	
	규 격	Ø5.0×H3.70m	
	지 수	1 池	
	용 량	72.60m ³	
	기 등	설치 되어있지않음	

3.2 상세외관조사

3.2.1 개요

상태평가를 위한 상세외관조사는 자료 수집, 비파괴시험(반발경도측정, 철근탐사, 초음파 측정) 등으로 구분하여 시행하였다. 본 점검을 위한 시설운영 중단(지내배수 등)으로 인하여 소방 시설 운영 등에 지장을 초래하지 않는 범위 내에서 준설작업과 병행한 물 비우기 작업이 완료된 상태에서 이루어졌으며, 근접접근이 가능한 범위까지 조사를 수행하였다. 현장 상세외관 조사를 실시함에 있어 본 점검대상시설물을

○ 본 소방용수시설(용수번호 No12, No13 공설 저수조)은 구조적 특성상 토목구조물로서, 맨홀이 속한 차선의 차량 진행방향으로 앞쪽의 부재를 전면벽체, 뒤쪽의 부재를 배면벽체, 좌, 우 측 부재를 각각 좌측벽체, 우측벽체, 천정부재를 상부슬래브, 바닥부재를 하부슬래브, 기타 등으로 구분하여 조사를 수행하였다.

3.2.2 소방용수시설

구조물은 하중을 안전하게 지지하고 그 기능을 원활히 발휘하여야 하며, 역학적으로도

충분한 강도와 강성을 갖는 것이 필요하다. 따라서 구조의 각 부분이 균형 잡힌 안전도와 내구성을 갖는 것이 요구된다.

본 점검에서는 콘크리트 구조물의 구체를 중심으로 조사 시점의 노후화 상태뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경 등을 조사하여 향후 노후화 진행 정도를 예측하고 내용년수와 관련하여 종합적인 분석을 수행하는 것을 원칙으로 하였다.

1) 원효로1가 저수조(No.12)

가. 구조물

본 원효로1가 저수조는 급수차량으로 운반 후 저수조에 저류하여 화재 발생시 화재를 진압하는데 필요한 물을 공급 할 수 있도록 시설 운영되고 있으며, 저수조에 저류된 소방용수는 비상시 원형(Ø650mm) 맨홀의 흡수관투입구를 통하여 채수할 수 있도록 설치되어 있다. 그 평면·단면도는 <그림3.2-1>과 같다

- 형 식 : 원형(철근콘크리트조)
- 규 격 : Ø3.50×H4.0m
- 지 수 : 1 池
- 용 량 : 38.50m³(실측)
- 기 동 : 설치되어 있지 않음
- 원형맨홀 : Ø650mm

나. 조사결과

본 저수조는 시설의 구조적 특성상 아스콘 도로 지반으로부터 t=1.80m(토피)에 위치한 지하구조물로서 1지로 구성되어 '1945년 시설준공 이후 약62년여 경과된 시설로, 서울특별시 용산구 원효로1가의 원일주유소 앞 편도4차선 도로(4차로)에 위치하고 있으며,

과업을 수행함에 있어 저수조 구조물 관련한 평면·단면도 등의 설계도서가 전무(全無)한 상태이므로, 개략적인 현지 도면을 작성한 후 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전의 기록된 상태로부터의 변화확인 및 구조물이 현재 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 여부를 판단하기 위하여 필요한 육안검사와 비파괴 장비를 이용한 상세외관조사를 수행하였다.

① 저수조 내부

「내부벽체」

저수조 내부에 기둥은 설치되어 있지 않은 상태이며 저수조내 콘크리트 구조물 중성화 방지 및 보호를 위한 어떤 조치도 이루어지지 않은 상태이다.

특히, 내부벽체 및 하부(바닥)슬래브 구조물은 상시 운영수위를 유지하며 수량에 장기간 잠긴 상태의 영향을 받는 구조로서 벽체 마감부의 열화현상 및 노후화가 진전된 상태이다.

또한, 일부에서는 백태(Efflorescence:콘크리트 내부의 수분에 의하여 염성분이 콘크리

트 표면에 고형화된 상태)현상이 확인되었으며, 마감모르터 박리·박락(A=0.2×0.2~1.0×1.0m, n=3개소)이 발생한 상태가 조사되었다.

「상부슬래브(천정)」

저수조 내의 상부슬래브(천정, Ø3.5m)의 가로보에는 받침목(1개소)이 설치되어 있는 상태이며, 균열부위 및 밀실하지 못한 콘크리트 부위를 통한 미세한 외수유입(A=0.1×1.50~0.1×1.5m, n=2개소)이 발생한 상태이다.

특히, 콘크리트 구조물 표면 열화현상 및 노후화 진전 등이 확인되었으며, 일부 가로보의 콘크리트 박리·박락(A=0.2×2.50~2.5×2.5m, n=2개소) 등으로 골재분리에 의한 조골재가 표출된 상태로서, 가로보의 기능을 상실한 상태가 조사되었다.

「하부슬래브(바닥)」

전반적인 하부슬래브(바닥) 마감부의 열화현상에 의한 골재분리 및 노후화가 진전되고 있는 상태로서, 상시 운영수위를 유지하며 처리수에 장기간 영향을 받고 있으나, 저수조내 콘크리트 구조물 중성화 방지 및 보호를 위한 어떤 조치도 이루어지지 않은 상태이다.

② 저수조 외부

「주변 시설물」

본 저수조 주변의 도로 노선을 따라 현장 조사한 결과 주변의 지형 변화(함몰, 세굴 등) 등의 우려되는 변위는 발견할 수 없었으나,

원호로1가 저수조는 차량하중 등 외압조건에 영향을 받는 곳에 위치한 상태로서 구조물 내부의 상부슬래브에 위치한 가로보에 대하여 구조물의 기능저하 요인을 가진 흠결 사항을 보완한 후 운용할 수 있는 조치가 필요할 것으로 판단되며, 노후화 진전 및 훼손 등을 최소화하는 조치가 요구된다. 그 조사결과는 <표3.2-1>과 같으며, 흠결 사항의 위치는 부록 원호로 1가 공설 저수조 조사망도와 같다.

<표3.2-1> 원호로 1가 저수조(Na12) 구조물 조사결과

부재명			조사결과	비고
원호로 1가 저수조	벽체	내부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상시 운영수위 유지 - 수량에 장기간 잠긴 상태의 영향을 받는 구조 ○ 마감모르터(t=1.0cm) 시공 - 저수조 내의 벽체 마감부 열화 및 노후화 진전상태 ○ 콘크리트 구조물 중성화 방지 및 보호를 위한 어떤 조치도 이루어지지 않은 상태 ○ 마감모르터 박리·박락(A=0.2×0.2~1.0×1.0m, n=3개소)발생 	

<표3.2-1> 원호로 1가 저수조(No12) 구조물 조사결과(계속)

부재명		조사결과	비고
원호로 1가 저수조	벽체 내부	<ul style="list-style-type: none"> ○백태현상(A=1.5×1.5~2.5×2.5m, n=5개소) 발생 ○내구성 평가 시험 실시(3개소) -반발경도시험, 철근탐사시험, 초음파탐상 	
	상부(천정) 슬래브	<ul style="list-style-type: none"> ○저수조 내의 상부슬래브(천정, Ø3.50m) -콘크리트 구조물 중성화 방지 및 보호를 위한 어떤 조치도 이루어지지 않은 상태 -일부 가로보 콘크리트 박리·박락(A=0.2×2.50~2.5×2.5m, n=2개소) 발생 -골재분리에 의한 조골재가 표출된 상태 -가로보의 기능을 상실한 상태 ○미세한 외수유입(A=0.1×1.50~0.1×1.5m, n=2개소) 발생 ○전반적인 콘크리트 노후화 진전상태 	
	하부(바닥) 슬래브	<ul style="list-style-type: none"> ○마감부 열화현상에 의한 골재분리 및 노후화 진전 -골재분리에 의한 조골재가 표출된 상태 ○콘크리트 구조물 중성화 방지 및 보호를 위한 어떤 조치도 이루어지지 않은 상태 	
	주변 시설	<ul style="list-style-type: none"> ○용산구 원호로1가 -원일주유소 앞 편도4차선 도로(4차로)에 위치 ○저수조 출입 맨홀(흡수관투입구) 주변 도로부 -차량하중 등 외압조건에 영향을 받는 곳에 위치 	



<사진3.2-1> 흡입관 투입구 토피(t=1.8m) 현황



<사진3.2-2> 상부슬래브 및 벽체 노후화 진전 상태



<사진3.2-3> 벽체 마감부 균열 및 노후화 진전상태



<사진3.2-4> 상부슬래브 조골재 표출 상태



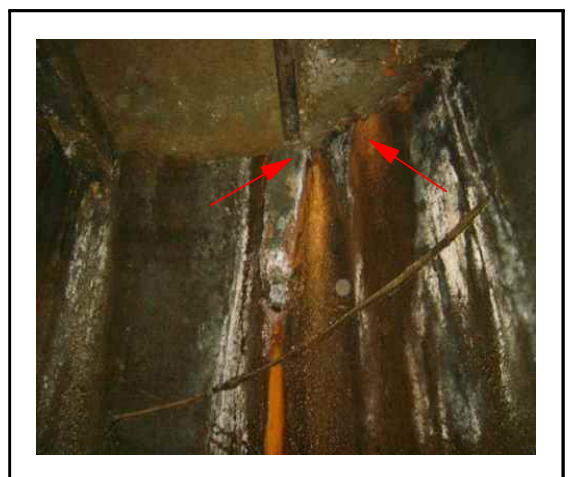
<사진3.2-5> 가로보 탈락(기능상실)상태



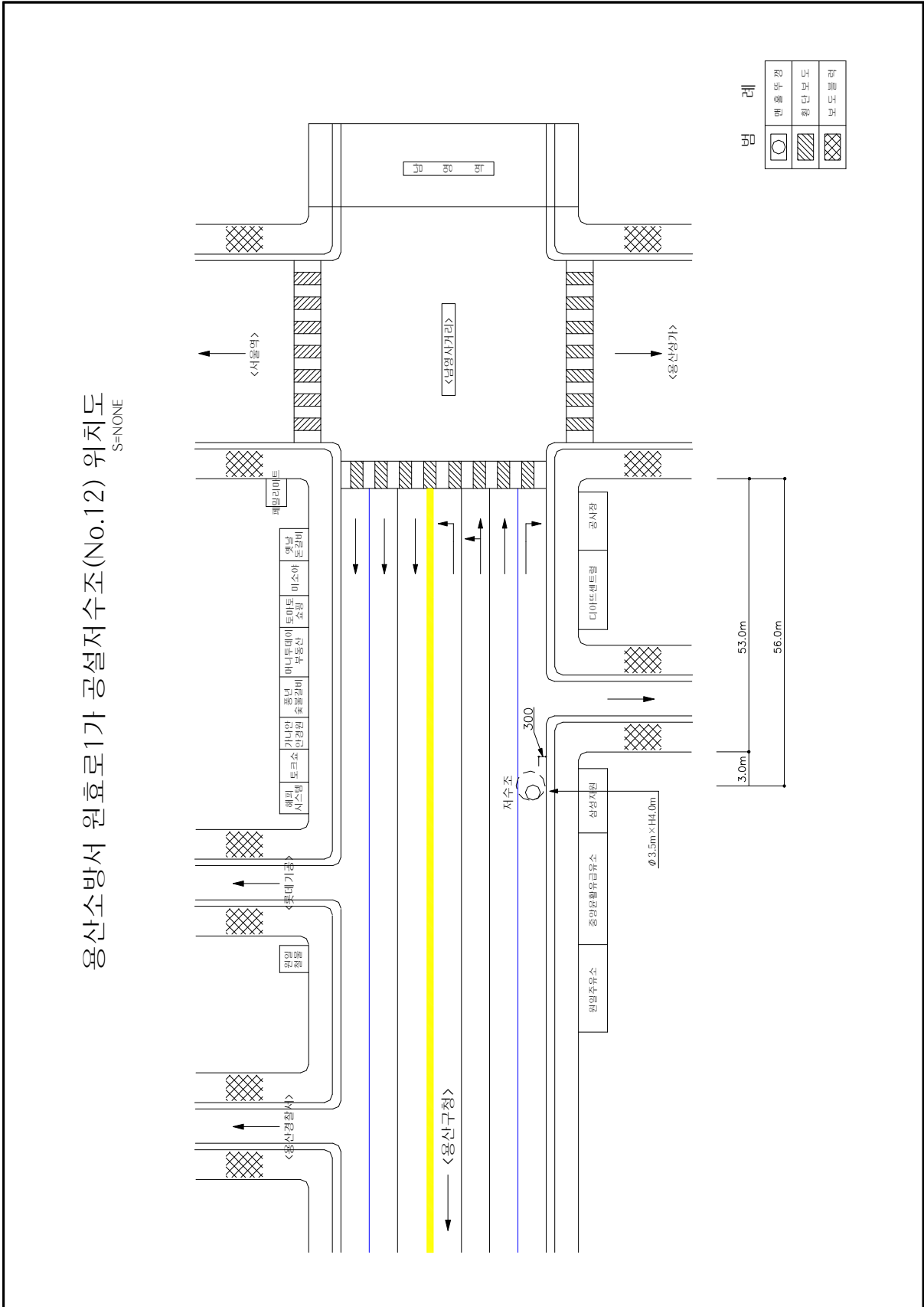
<사진3.2-6> 상부슬래브 균열 및 골재분리 상태



<사진3.2-7> 벽체 마감부 박락 및 노후화 진전



<사진3.2-8> 구조물 이음접합부 누수(미세) 발생

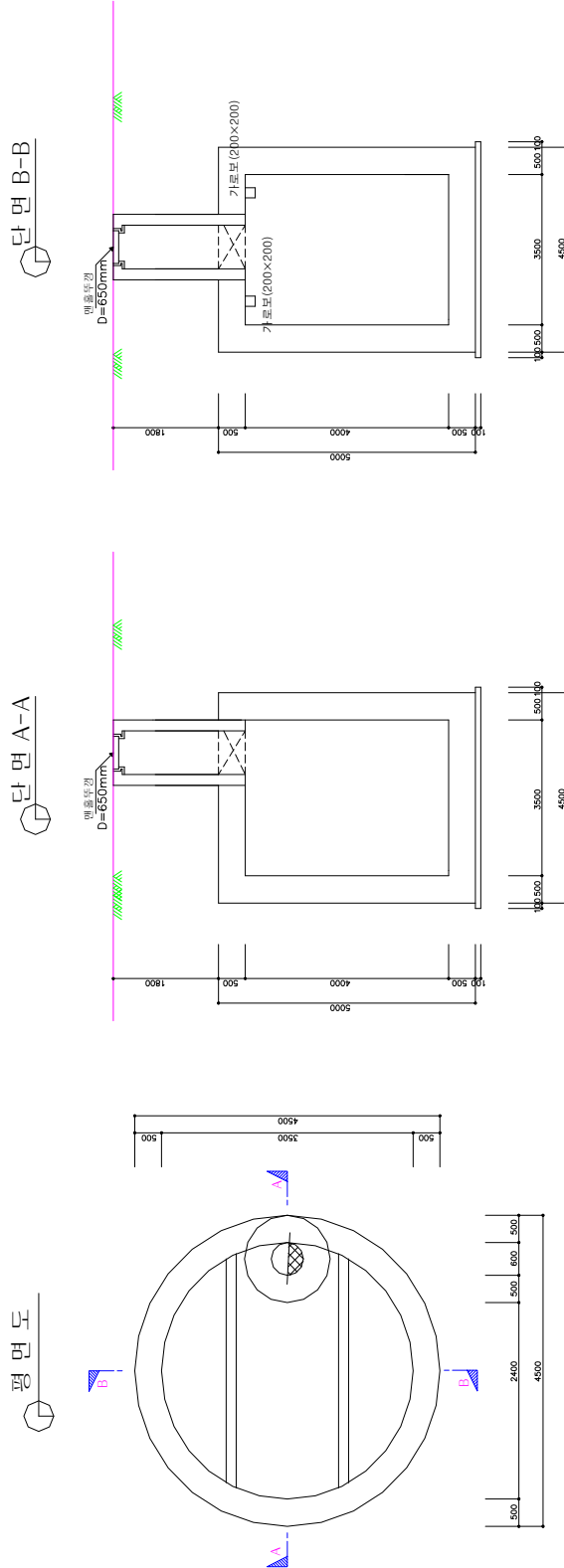


<그림3.2-1> 원효로1가 저수조(No.12) 위치도

용산소방서 원효로1가 공설저수조(No.12) 일반도
S=NONE

NOTE

1. 저수조 내부저수는 실측에 의한 저수임.
2. 벽체 및 상·하부슬래브의 두께는 소방용 저수조 설계 전문사의 평·단면도 (주)경호엔지니어링을 참고하였음.



<그림3.2-1> 원효로1가 저수조(No.12) 평·단면도

2) 원효로2가 저수조(No13)

가. 구조물

본 원효로2가 저수조는 급수차량으로 운반 후 저수조에 저류하여 화재 발생시 화재를 진압하는데 필요한 물을 공급 할 수 있도록 시설 운영되고 있으며, 저수조에 저류된 소방용수는 비상시 원형(Ø650mm) 맨홀의 흡수관투입구를 통하여 채수할 수 있도록 설치되어 있다. 그 평면·단면도는 <그림3.2-2>와 같다

- 형 식 : 원형(철근콘크리트조)
- 규 격 : Ø5.0×H3.70m
- 지 수 : 1 池
- 용 량 : 72.60^{m³}(실측)
- 기 등 : 설치되어 있지 않음
- 원형맨홀 : Ø650mm

나. 조사결과

본 저수조는 시설의 구조적 특성상 토사 지반으로부터 t=2.2m(토피)에 위치한 지하구조물로서 1지로 구성되어 '1945년 시설준공 이후 약62년여 경과된 시설로, 서울특별시 용산구 원효로2가의 남정초등학교 운동장 내 출입정문 주변에 위치하고 있으며,

과업을 수행함에 있어 저수조 구조물 관련한 평면·단면도 등의 설계도서가 전무(全無)한 상태이므로, 개략적인 현지 도면을 작성한 후 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전의 기록된 상태로부터의 변화확인 및 구조물이 현재 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 여부를 판단하기 위하여 필요한 육안검사와 비파괴 장비를 이용한 상세외관조사를 수행하였다.

① 저수조 내부

「내부벽체」

구조물의 안전성에 영향을 줄 수 있는 손상은 발견되지 않았으며, 저수조 내부에 기둥은 설치되어 있지 않은 상태이다. 또한, 저수조 내 콘크리트 구조물은 중성화 방지 및 보호를 위한 침투성방수제가 시공된 상태로서, 대체로 건전한 보통의 상태이다.

「상부슬래브(천정)」

저수조 내의 상부슬래브(천정, Ø5.0m)에는 일부 골재분리(A=0.1×0.1m, n=1개소)가 발생된 상태이므로, 구조물의 안전성에 영향을 줄 수 있는 손상은 발견되지 않았으며 전반적으로 대체로 건전한 보통의 상태이다.

「하부슬래브(바닥)」

하부슬래브(바닥) 마감부의 모르타 박락(A=0.1×0.1m, n=1개소)이 확인되었으며, 구조물의 안전성에 영향을 줄 수 있는 손상은 발견되지 않은 상태이다.

② 저수조 외부

「주변 시설물」

본 저수조 주변의 운동장 토사지반 등을 따라 현장 조사한 결과 주변의 지형 변화(함물, 세굴 등) 등의 우려되는 변위는 발견되지 않은 상태이며, 차량하중 등 외압조건에 영향을 받는 곳에 위치하지 않은 것으로 확인되었다. 그 조사결과는 <표3.2-2>와 같으며, 흠결 사항의 위치는 부록 원효로 2가 공설 저수조 조사망도와 같다.

<표3.2-2> 원효로 2가 저수조(№13) 구조물 조사결과

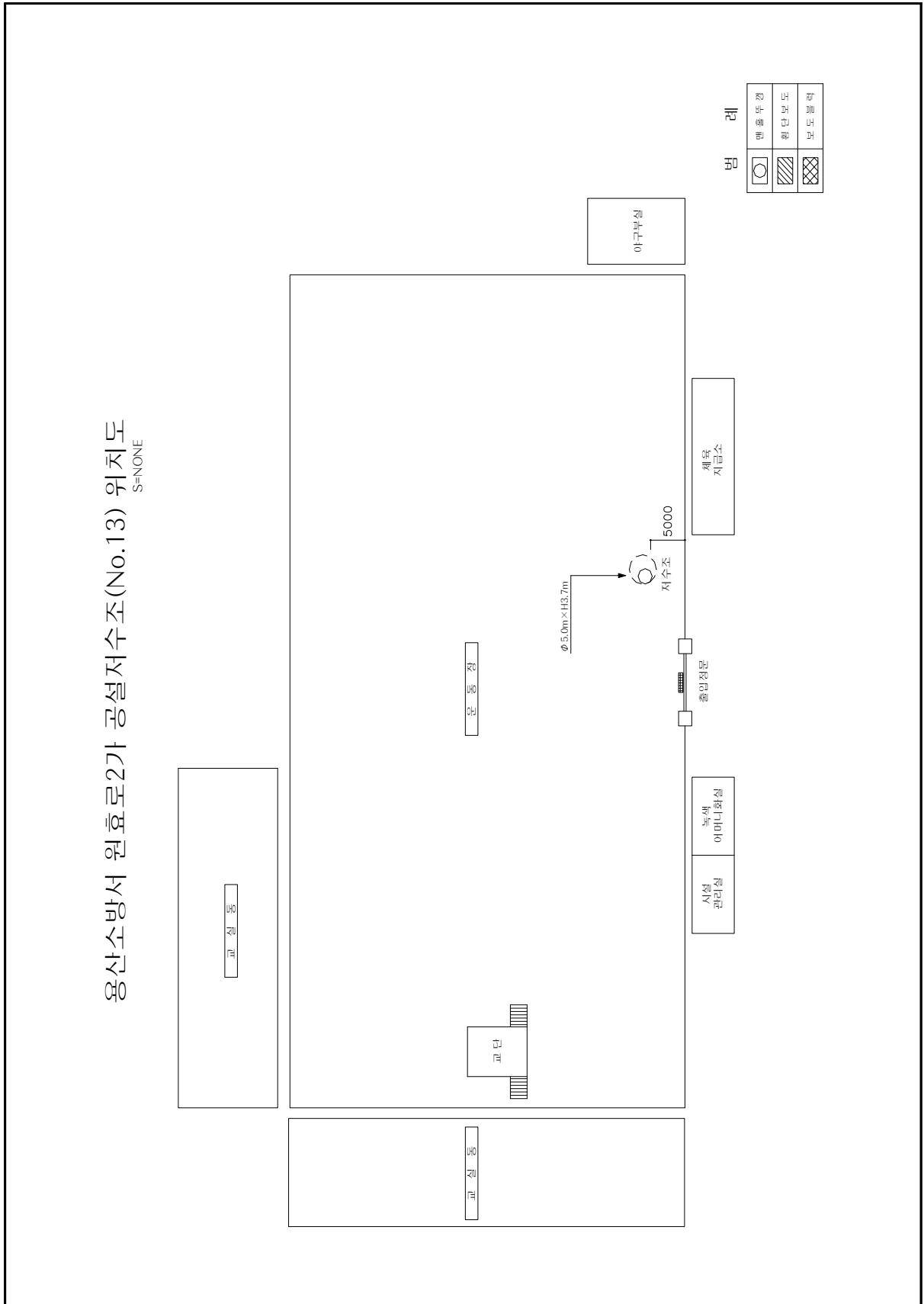
부 재 명		조 사 결 과	비 고	
원 효 로 2 가 저 수 조	벽 체 내부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상시 운영수위 유지 - 수량에 장기간 잠긴 상태의 영향을 받는 구조 ○ 콘크리트 구조물 중성화 방지 및 보호를 위한 침투성 방수제 시공된 상태 ○ 내구성 평가 시험 실시(3개소) - 반발경도시험, 철근탐사시험, 초음파탐상 		
	슬 래 브	상부 (천정)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저수조 내의 상부슬래브(천정, Ø5.0m) - 골재분리(A=0.1×0.1m, n=1개소) 발생 ○ 대체로 건전한 보통의 상태 	
		하부 (바닥)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 구조물 중성화 방지 및 보호를 위한 침투성 방수제 시공된 상태 ○ 대체로 건전한 보통의 상태 	
주 변 시 설		<ul style="list-style-type: none"> ○ 용산구 원효로2가 - 남정초등학교 운동장 내 출입정문 주변에 위치 ○ 저수조 출입 맨홀(흡수관투입구) 주변 운동장 - 차량하중 등 외압조건에 영향을 받지 않는 곳에 위치 		



<사진3.2-1> 흡입관 투입구 토피(t=1.32m) 현황



<사진3.2-2> 흡입관 투입구 증고 상태

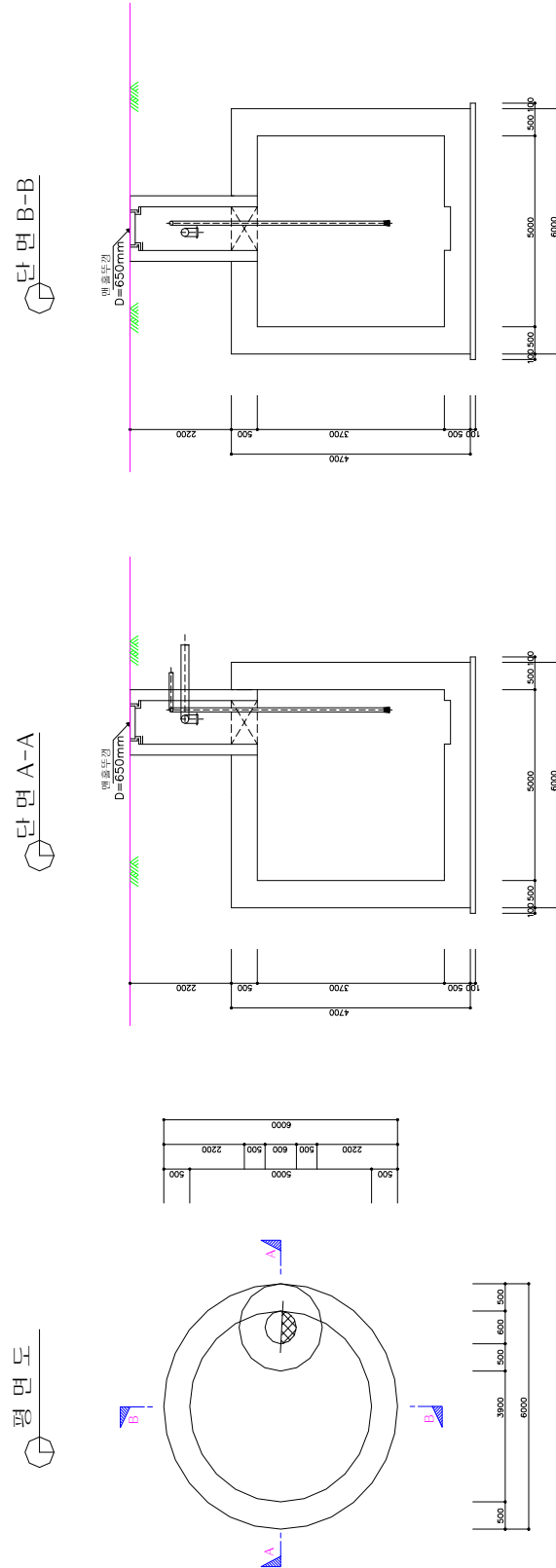


<그림3.2-2> 원효로2가 저수조(No.13) 위치도

용산소방서 원호로2가 공설저수조(No.13) 일반도
S=NONE

NOTE

1. 저수조 내부저수는 실측에 의한 저수임.
2. 벽체 및 상·하부슬래브의 두께는 소방용 저수조 설계 전문사의 평·단면도 (주)경호엔지니어링을 참고하였음.



<그림3.2-2> 원호로2가 저수조(No.13) 평·단면도

이상 조사된 구조물에서 확인된 바와 같이 원효로1가 저수조(No12) 내 콘크리트 구조물 중성화 방지 및 보호를 위한 어떠한 조치도 시행한 상태를 확인할 수 없었으며,

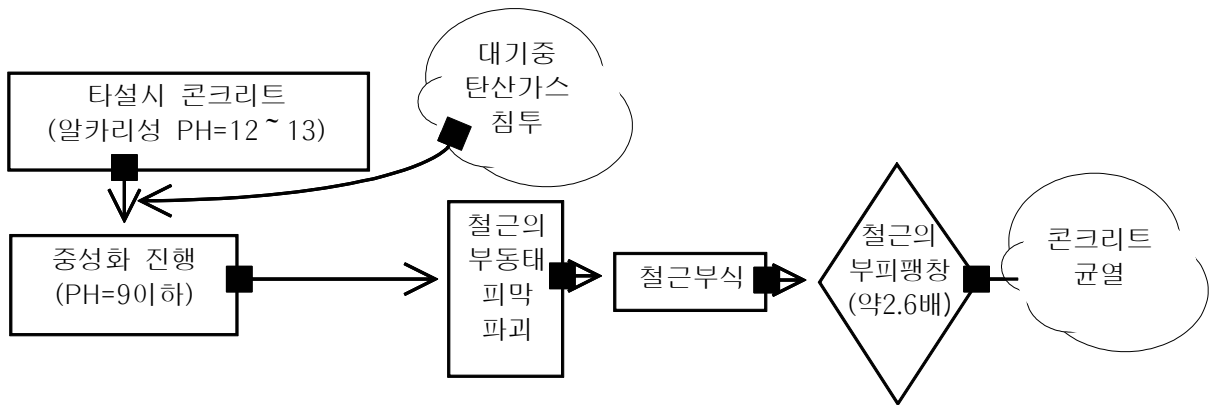
내부벽체 및 하부(바닥)슬래브 구조물은 상시 운영수위를 유지하며 수량에 장기간 잠긴 상태의 영향을 받는 구조로서,

골재분리 및 벽체 마감부 열화현상, 노후화(중성화, 부식 등) 진전 등으로 인한 콘크리트 손상부위에 대하여는 저수조내 저류수의 침투 등으로 철근부식은 물론 콘크리트의 중성화 진전이 우려되고 있어 대책의 강구가 요구된다.

여기서 콘크리트 중성화에 대해 아래와 같이 개략 설명코져 한다.

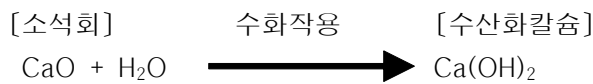
- 공기중 탄산가스의 작용을 받아 콘크리트중의 수산화칼슘(강알칼리)이 서서히 탄산칼슘(약알칼리)으로 콘크리트가 알칼리성을 상실하는 현상을 말하며
- 콘크리트의 중성화가 진전되면 물과 공기가 침투하여 철근의 부식을 촉진시켜 철근의 녹에 의한 체적팽창(약2.6배)으로 균열이 발생하고 콘크리트의 내구성 저하는 물론 구조물의 파괴를 이룰 수도 있어 중성화 방지를 위한 콘크리트 보호조치가 요구된다.

○ 중성화 Mechanism

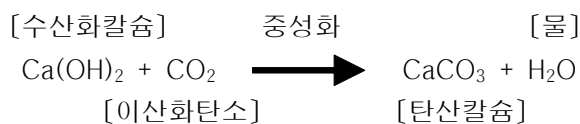


○ 중성화의 화학 반응식

1) 수화작용(水化作用)



2) 중성화(中性化)



3.3 상태평가

3.3.1 평가방법의 개요

상태평가는 자료수집, 외관조사, 비파괴시험 등으로 구분하여 시행하였다. 본 점검에서는 시설 운영중 저수조내 배수 등으로 인하여 소방시설 운영 등에 지장을 초래하지 않는 범위 내에서 준설작업과 병행한 물 비우기 작업이 완료된 상태에서 이루어졌으며,

근접접근이 가능한 범위까지 조사를 시행하였다. 현장조사시 확인된 골재분리, 박리, 박락 등의 손상 정도를 기준으로 하여

평가기준은 건설교통부고시 제2003-170호(2003. 07. 04) ‘시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침’에 의거 각 부재별로 발견된 결함의 종류, 범위 및 정도에 따라 다음과 같이 A, B, C, D, E의 5단계로 상태등급을 부여하였다.

등급	상 태	비 고
A	문제점이 없는 최상의 상태	
B	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태	
C	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전반적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요 부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태	
D	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태	
E	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태	

* 결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

침하/부상, 경사 및 활동 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치는 결함.

② 국부결함

기초세굴, 콘크리트 중성화깊이 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않는 결함이 진전될 경우 구조물의 안전성에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

콘크리트 균열, 박리, 박락, 파손 및 마모 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향이 없으며, 손상이 진전되더라도 구조물의 안전성 영향에 경미한 일반적인 손상.

3.3.2 소방용수시설물 상태평가 결과

가. 원효로1가 저수조(No.12)

원효로1가 저수조의 상태평가는 현장 상세외관조사 결과에 의한 손상정도를 토대로 검토하였다. 조사 및 검토내용은 <표3.3-1>과 같으며,

전체적인 상태등급은 "c" 등급으로 평가되었다.

<표3.3-1> 원효로1가 저수조 상태평가

개별시설물 종합평가표				
개 별 시설물명	원효로1가 No.12 저수조	개 별 시설물규모	철근콘크리트구조 (Ø3.50m×H4.0m)	표번호
근거(3단계) 표번호	No. 3-1			No. 4-1
복합부재 구분	상태평가등급	상태평가지수 (Ec ₃)	규모(S, m ²)	계산값 (Ec ₃ ×S)
내 부	c	3.18	38.5	122.5
합계(Σ)	-	-	38.5	122.5
평가의견	○벽체 및 하부슬래브 등의 마감부 열화현상 및 노후화가 심하게 진전된 상태이며, 특히, 일부 가로보의 콘크리트 박리·박락(A=0.2×2.50~2.5×2.5m, n=2개소) 등으로 골재분리에 의한 조골재가 표출된 상태로서, 구조물의 내구성 확보 및 더 이상의 훼손을 억제하는 조치가 요구된다. ○단면복구공법, 표면처리 공법, 누수보수공법 후 콘크리트 보호마감 표면처리 공법 적용 보수			
평가결과	1. 상태평가지수(Ec ₃) 최대값(Max, Value) = 3.18 2. 상태평가지수(Ec ₃) 최소값(Min, Value) = 3.18 3. V ₁ = 0.3×(Max-Min) = 0.00 4. V ₂ = Σ(Ec ₃ ×S)/5×ΣS = 0.64 5. 개별시설물(원효로1가 공설 저수조)의 상태평가지수 = (Ec)=Min+V ₁ ×V ₂ = 3.18 6. 개별시설물(원효로1가 공설 저수조)의상태평가등급 = c			

나. 원호로2가 저수조(No13)

원호로2가 저수조의 상태평가는 현장 상세외관조사 결과에 의한 손상정도를 토대로 검토하였다. 조사 및 검토내용은 <표3.3-2>와 같으며,

전체적인 상태등급은 "b" 등급으로 평가되었다.

<표3.3-2> 원호로2가 저수조 상태평가

개별시설물 종합평가표				
개 별 시설물명	원호로2가 No.13 저수조	개 별 시설물규모	철근콘크리트구조 (Ø5.0m×H3.70m)	표번호
근거(3단계) 표번호	No. 3-2			No. 4-2
복합부재 구분	상태평가등급	상태평가지수 (Ec ₃)	규모(S, m ²)	계산값 (Ec ₃ ×S)
내 부	b	4.40	72.60	319.4
합계(Σ)	-	-	72.6	319.4
평가의견	○ 구조물의 안전성에 영향을 줄 수 있는 손상은 발견되지 않았으며 대체로 건전한 보통의 상태로이다 ○ 콘크리트 보호마감 표면처리 공법 적용 보수			
평가결과	1. 상태평가지수(Ec ₃) 최대값(Max, Value) = 4.40 2. 상태평가지수(Ec ₃) 최소값(Min, Value) = 4.40 3. V ₁ = 0.3×(Max-Min) = 0.00 4. V ₂ = Σ(Ec ₃ ×S)/5×ΣS = 0.88 5. 개별시설물(신계동 공설 저수조)의 상태평가지수 = (Ec)=Min+V ₁ ×V ₂ = 4.40 6. 개별시설물(신계동 공설 저수조)의 상태평가등급 = b			

3.3.3 용산소방서 저수조(2개소) 종합 상태평가

소방용수시설물(용산소방서 저수조 2개소)의 상태평가를 상세외관조사 및 비파괴시험, 안전성 평가 결과를 근거로 하여 실시한 결과

“보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”인 “B”등급으로 평가되었다.

<표3.3-3> 소방용수시설물(저수조 2개소) 상태평가 총괄

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	토목구조물	통합시설물 규모	소방용수시설 2개소			표번호
근거(5단계) 표번호	No. 5-1					No. 6-1
복합시설물	평가등급	평가지수 (E _{t2})	조정계수 (A)	규모 (S)	계산값 (P=A × S)	계산값 (E _{t3} × P)
토목구조물	b	3.86	2	37.7	75.4	291.1
합계(Σ)	-	-	-	37.7	75.4	291.1
종합평가결과	1. 통합시설물(토목구조물) 종합평가지수(E _{t3}) $= \sum(E_{t2} \times P) / \sum P = 3.86$					3.86
	2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가등급 $= B \text{ 등급}$					B 등급

제 4 장 내구성 평가시험

4.1 개요

4.2 콘크리트 강도시험

4.3 철근탐사시험

4.4 비파괴시험(동영상)

제 4 장 내구성 평가시험

4.1 개요

본 내구성 평가 시험은 대상 구조물에 대하여 모든 설계 하중에 대한 저항 능력을 정량적으로 추정함으로써 현재와 장래의 하중 환경에 제대로 견딜 수 있는지의 여부를 판정하고자 실시하였다. 또한 구조물의 손상이 진행된 경우 손상의 원인 관계를 파악하고, 경미한 손상이나 손상이 없는 구조물은 향후 손상 및 열화 정도를 예측하고 적절한 관리를 위한 자료수집을 목적으로 한다.

내구성 진단의 적용범위는 다음과 같다.

- 내구성 진단을 대상으로 하는 구조물은 강·콘크리트 구조물에 한한다.
- 내구성 진단은 구조체를 중심으로 한다.
- 내구성 진단은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경, 손상 원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.
- 향후 유지관리시 내구성 조사 위치에서의 결과를 활용하여 비교·분석할 수 있도록 조사 위치를 명기하였다.

4.2 콘크리트 강도시험

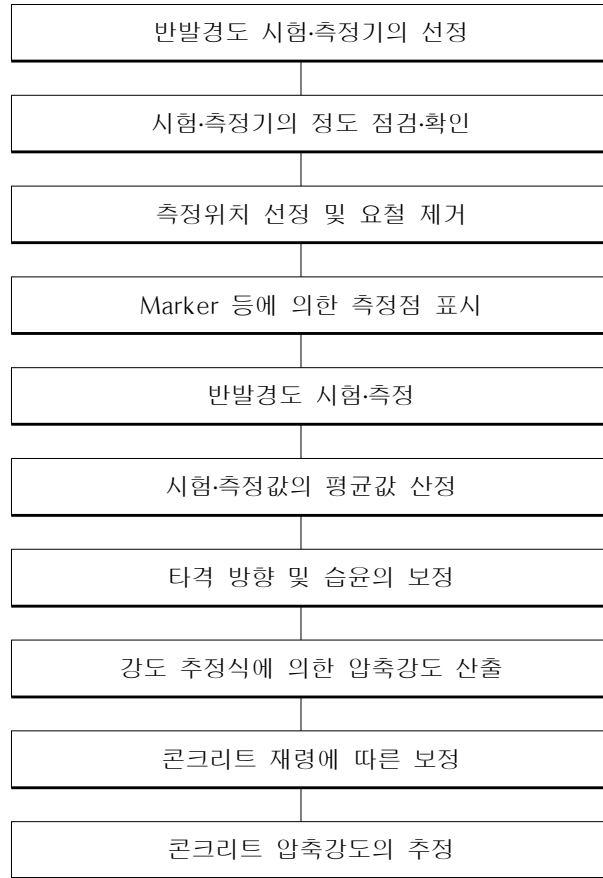
콘크리트의 강도 추정은 슈미트 햄머에 의한 비파괴 시험과 코어를 채취하여 실내 시험으로 측정된 압축강도를 비교 검토하였으며, 그 시행 방법은 다음과 같다.

4.2.1 반발경도시험

이 검사법은 콘크리트의 표면경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다.

반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 햄머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 햄머(Schmidt Hammer)로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관 관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다. 슈미트 햄머법은 콘크리트의 강도에 따라 반발경도가 변화하는 점을 이용한 방법으로서 시험방법이 간편하고 국제적으로 표준화된 이점이 있다.

이 방법은 콘크리트의 표면부 품질과 타격조건에 따라 영향을 받으므로 콘크리트 구조체 내부의 강도를 명확히 측정하기는 곤란하다.



<그림 4.2-1> 반발경도법에 의한 압축강도 추정절차도

가. 원 리

반발 경도법의 원리는 슈미트 햄머로 경화 콘크리트면을 타격시 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

타격시 해머내의 중추 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도(R)의 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정한다. 일반적으로 타격 시의 반발도(R)는 타격에너지 및 피 타격체의 형사, 크기, 재료의 물리적 특성과 관계는 물리량에 따라 다르다. 즉, 반드시 재료의 강도와 일률적인 관계가 있는 것만은 아니다.

특히, 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는, 슈미트 햄머로 표면에서 국부적 타격을 하는 경우에는, 반발도(R)는 타격면에 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 난다.

간편하고 짧은 시간에 강도추정이 가능한 우수한 사용성과 콘크리트 구조물 전체에 대해 강도측정이 가능하다는 점에는 유효한 시험법이라 할 수 있다.

나. 종류

슈미트 햄머법은 슈미트 햄머를 이용하여 콘크리트의 표면을 타격하여 반발 경도로부터 콘크리트의 강도를 추정하는 것으로, 슈미트 햄머의 종류는 다음의 표에 나타내었다.

측정할 때는 콘크리트의 종류, 품질에 따라서 기준을 적절하게 선정하여 사용해야 한다.

▣ 슈미트 햄머의 종류

종 류	적용 콘크리트	충격 에너지 (kg·cm)	강도 측정 범위 (MPa)	비 고
N 형	보통 콘크리트	0.225	15 ~ 60	직접 반발경도 읽음
NR 형	보통 콘크리트	0.225	15 ~ 60	반발경도 자동 기록식
L 형	경량 콘크리트	0.075	10 ~ 60	직접 반발경도 읽음
LR 형	경량 콘크리트	0.075	10 ~ 60	반발경도 자동 기록식
P 형	저강도 콘크리트	0.090	5 ~ 15	전자식
M 형	매스 콘크리트	3.000	60 ~ 1,00	직접 반발경도 읽음

본 과업에 사용된 슈미트 햄머는 NR형으로 타격시 횡수에 따라 자동적으로 값이 기록되며 이 값 중 오차의 범위가 벗어난 결과치를 제외한 나머지 자료를 평균한 결과를 DATA로 사용하였다.

다. 검사방법

1) 측정준비

측정면은 평탄한 면을 선정토록 하며, 거친면은 피한다. 덧씌움 층이나 도장된 경우는 제거하며, 연마석으로 콘크리트 표면을 평탄하게 연마하여 측정면의 요철이나 부착물, 분말 등을 제거한다. 또한 측정면 내에 있는 곰보, 공극, 노출된 자갈부분은 측정점에서 제외한다.

구조체 콘크리트에서의 측정 시에는 측정부의 콘크리트 두께가 10cm이상 되는 지점을 선정한다. 10cm이하의 경우에는 타격시 피 측정부의 진동 등으로 타격 에너지가 산란되어 반발도가 급격히 감소한다.

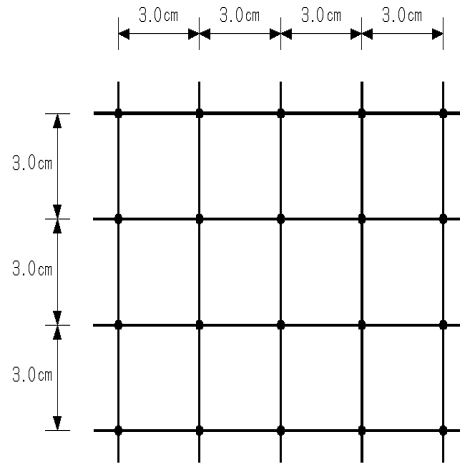
또한 보, 기둥 등의 우각부에서의 측정시도 평면부와는 반발도(R)가 차이가 있으므로, 최소 3cm ~ 6cm 이격된 개소에서 측정토록한다. 측정 개소는 많을수록 유리하다.

콘크리트 구조물에서는 기둥의 경우 두부, 중앙부, 각부 등에서, 보의 경우 단부, 중앙부 등의 양측면에서, 벽의 경우 기둥, 보, 슬래브 부근과 중앙부 등에서 측정한다.

2) 측정 방법

가) 타격점 선정

각 측정개소 마다의 슈미트 햄머의 타격점은 20점을 표준으로 한다. 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 하며, 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격한다.



슈미트 햄머 타격점

나) 타격 방향

종래의 실험자료 대부분이 수평타격에 대한 것으로서, 이때의 측정치가 안정된 값을 나타내므로 수평타격을 원칙으로 한다.

구조물에 적용하는 경우에는 수평타격 방향($\alpha=0^\circ$) 이외에도 수직하향($\alpha=-90^\circ$), 수직상향($\alpha=+90^\circ$), 경사하향($\alpha=-45^\circ$), 경사상향($\alpha=+45^\circ$)으로 실시하게 되므로 각 경사도에 대한 보정을 실시토록 한다.

라. 평가방법

1) 측정자료의 처리 및 보정

측정치는 원칙적으로 정수값을 읽도록 한다. 측정된 20개 자료의 평균을 구하고 측정치의 처리는 타격시 반향음이 이상하거나, 타격점이 움푹 들어가는 경우의 값과 평균 타격치의 $\pm 20\%$ 를 상회하는 경우에는 이상치로 보고 제외시킨다. 이상치를 제외시킨 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발도(R)로 한다.

제외된 반발경도 측정값이 4개 이상일 때는 측정부의 반발경도 평균값(R)은 의미가 결여된 값이라 보고 삭제하거나 재측정토록 하며 측정된 반발경도 값들이 큰 편차를 보이면 보편적으로 콘크리트의 품질이 불균질한 것으로 판단할 수 있다.

20개의 점이 모두 $\pm 20\%$ 이내의 범위에 포함될 때까지 재측정하여 측정치의 평균을 그 측정개소의 반발(R)로 한다. 표면반발경도는 타격방향, 표면의 건습상태, 압축응력, 재령 등에 따라 보정해야한다.

2) 보정반발경도(R_0)

보정반발경도 R_0 은 다음 식(4.1)과 같이 측정경도 R에 보정값을 더한 값으로 한다.

$$\Delta R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2 + \Delta R_3 \text{ -----(식 4.1)}$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 압축응력에 따른 보정값

ΔR_3 : 콘크리트의 습윤 상태에 따른 보정값

- 타격각도에 따른 반발경도의 보정

수평방향의 타격에 의한 측정치는 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우 Schmidt Hammer 내부의 해머중량에 의한 반발치를 보정해 주어야 한다. <표4.2-1>은 타격방향에 따른 보정계수를 나타낸 것이다

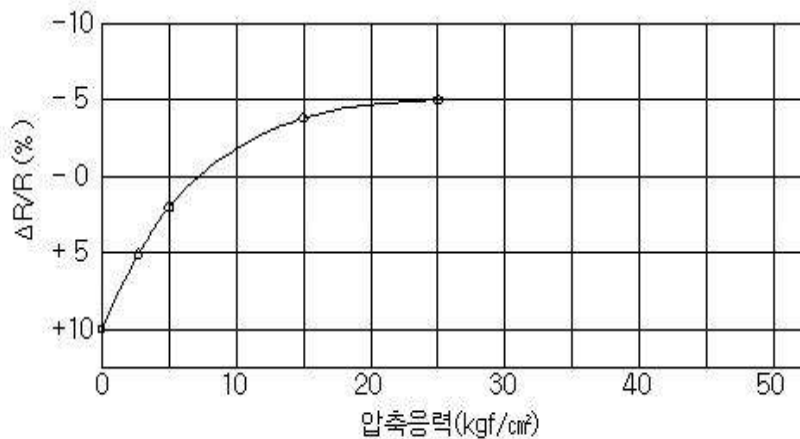
<표4.2-1> 타격방향에 따른 반발경도 보정곡선

반발경도 R	보정치 ΔR			
	+ 90°	+ 45°	- 45°	- 90°
10	-	-	+ 2.4	+ 3.2
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	+ 1.6	+ 2.2
60	- 2.3	- 1.6	+ 1.3	+ 1.7

※수평에 대한 보정값은 0 임.

- 압축응력에 따른 반발경도의 보정

타격방향과 직각방향으로 압축응력을 받는 부재는 압축응력이 커짐에 따라 반발경도에 의한 압축강도가 실제보다 커진다는 사실이 시험결과 입증되었다. 그 크기는 <그림 4.2-2>와 같이 압축응력이 10kgf/cm² 인 경우 $\Delta R_2 = -0.015R$, 25kgf/cm² 인 경우 $\Delta R_2 = -0.05R$ 이다.



<그림4.2-2> 압축응력에 따른 반발경도의 보정곡선

- 콘크리트 습윤상태에 따른 보정

콘크리트 표면이 습윤상태에 있으면 건조상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 완전 습윤상태에서는 건조상태를 기준으로 $\Delta R_3=+5\%$ 를 적용한다.

3) 강도추정

반발경도에 의한 강도추정에 주로 사용하고 있는 식은 아래와 같다. 또한 앞서 기술한 실험이 불가능한 경우 사용재료·시공조건·시공시기 등이 유사한 조건하에서 구한 기존의 상관도표나 상관식을 이용하여 강도를 추정하여도 좋다.

단지, 그 때에는 반드시 구조물 콘크리트에서 콘크리트 코어를 채취하여 그 반발도와 압축강도를 측정함으로써, 적용한 상관도표나 상관식의 확인 또는 수정을 할 필요가 있다.

- 일본재료학회 (보통콘크리트)

$$F_c = - 18.0 + 1.27R_0 \text{ (MPa)} \text{ ----- (식 4.2)}$$

- 일본건축학회 CNDT 소위원회 강도 계산식

$$F_c = (7.3R_0 + 100) \times 0.1 \text{ (MPa)} \text{ ----- (식 4.3)}$$

4) 시간경과 계수

- 시간경과 년수

수년이 경과한 콘크리트 구조물은 표면경도가 높기 때문에 (식4.4)와 같이 재령28일 강도 (F'28)로 환산한 압축강도를 수정하여 콘크리트의 설계압축강도로 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 a는 <표4.2-2>와 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다. (여기서 a는 재령계수)

$$F_n = a \cdot F_c \text{ ----- (식 4.4)}$$

<표4.2-2> 재령에 따른 보정치

재 령	28일	100일	200일	300일	400일
a	1.00	0.78	0.72	0.70	0.68
재 령	500일	750일	1000일	2000일	3000일
a	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63

4.2.2 콘크리트강도 시험·측정 결과 및 분석

가. 압축강도 측정성과

본 용산소방서 관내 저수조 2개소 시설물의 콘크리트 구조물에 대한 압축강도를 슈미트 햄머를 이용하여 추정하였으며, 각 방법에 의한 측정 성과표는 다음<표4.2-3>와 같다.

<표4.2-3> 용산소방서 저수조 콘크리트 강도 측정결과

(단위 : MPa)

부재명	평균경도 (R)	기준경도 (Ro)	추정압축강도			평균 압축강도	비고	
			재료학회	일본건축	Graph			
원호로1가 (No.12)	내부벽체	34.0	34.0	15.9	21.9	16.4	18.1	
	내부벽체	34.3	34.3	16.1	22.1	16.8	18.3	
	내부벽체	34.2	34.2	16.0	22.0	16.6	18.2	
원호로2가 (No.13)	내부벽체	34.9	34.9	16.6	22.4	17.5	18.8	
	내부벽체	34.2	34.2	16.0	22.0	16.6	18.2	
	내부벽체	35.6	35.6	17.1	22.7	18.0	19.3	

나. 비파괴시험에 의한 콘크리트 강도 측정결과

슈미트햄머에 의한 용산소방서 저수조시설물(2개소)의 반발경도시험 결과 값을 도출하여 콘크리트 강도를 비교·분석한 결과,

콘크리트의 압축강도는 18.1~19.3(MPa)로 측정되었으며, 측정부위 콘크리트 구조물의 압축강도 측정치가 다소 낮게 나타나고 있으나, 준공 당시 설계기준강도 등을 고려하여 비교·분석할 때 구조물의 상태는 대체로 건전한 것으로 판단된다.(단, 벽체에는 시멘트 마감모르터(t=1.0cm)가 시공되어 있는 상태로서 본 시험 및 결과값은 참고 자료활용을 위하여 실시하였음.)

4.2.3 초음파탐상 시험

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하여 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이 고안되었으며,

일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질비교 또는 균열 깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

초음파 전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정 한 후 다음 식에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도(Velocity)} = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}}$$

초음파탐사를 위한 탐촉자의 배열은 직접법, 반직접법 및 간접법이 있으며, 간접법과 직접법에서 구한 초음파 전달속도는 근사적으로 다음 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

여기서, $V_d =$ 직접법(Direct method)에 의한 초음파 속도

$V_i =$ 간접법(Indirect method)에 의한 초음파 속도

한편, 간접법을 수행한 동일 조건의 구조물, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 현장에서 측정된 표면파(간접법)속도와 상관관계를 통한 초음파 전달속도를 근사적으로 환산하여 이용한다. 간접법은 일정거리를 등간격으로 측정된 5점 이상의 측정점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간 T_i 를 측정하며, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도 V_i 로 한다.

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性)검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 다음 식에 의해서 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\sum(X_i - \bar{X})(T_i - \bar{T}))^2}{\sum(X_i - \bar{X})^2 \sum(T_i - \bar{T})^2}$$

여기서, \bar{X} , \bar{T} 는 거리 및 전달시간의 평균값

■ 초음파법에 의한 압축강도의 추정



<그림4.2-3> 초음파속도법에 의한 압축강도 추정도

가. 비파괴강도 추정

비파괴강도의 추정은 4개의 측정값을 분석하여 결정계수(r^2) 값이 99% 이상이 되는 측정값만을 사용하여 전달속도 V_i 를 계산하며, 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

- 일본건축학회

$$F_c = (215V_d - 620) \times 0.1 (\text{MPa})$$

- 한전기술연구원

$$F_c = (339.1 V_d - 1107) \times 0.1 (\text{MPa})$$

여기서, V_d 는 직접속도(km/sec)이며, 측정된 값은 간접속도를 나타내므로 코어채취에 의한 직접속도에 대한 별도의 시험이 없으면 $V_d = 1.05V_i$ 를 적용한다.(단 V_i 는 간접속도(km/sec))

4.2.4 조합법에 의한 압축강도 추정

조합법은 콘크리트강도와 밀접한 상관관계를 갖는 슈미트햄머에 의한 반발경도와 초음파를 이용한 전달속도를 병용하여 콘크리트강도를 추정할 수 있다.

가. 조합법에 의한 압축강도의 추정

조합법은 경화된 콘크리트의 압축강도에 영향을 미치는 요인들을 2가지 이상 선정하여 측정값과 압축강도의 상관성을 높이는 기법이다.

주로 사용되는 방법은 표면을 스프링 힘으로 타격한 후 반발되는 반발도와 경화콘크리트면을 따라 전달되는 속도의 두 인자를 콘크리트 압축강도와와의 상관관계를 도출하여 콘크리트강도를 추정한다.

분석된 반발경도와 초음파 전달속도를 이용한 콘크리트의 강도추정은 기존에 제안된 다음의 식을 사용하여 비파괴강도를 추정하였다.

- 릴렘(RILEM)식

$$\log_{10} F_c = 0.3794V_d + 0.01149R_o + 0.4332: F_c' = 0.85F_c \times 0.1 (\text{MPa})$$

- 일본 건축학회

$$F_c = (8.2 R_o + 269 \times V_d - 1094) \times 0.1 (\text{MPa})$$

여기서, $V_d (= 1.05V_i)$ 는 직접전달속도(km/sec)

R_o 는 반발도

나. 초음파탐상 시험 및 조합법에 의한 측정성과

본 과업에서는 대상구조물의 콘크리트 비파괴강도 측정의 신뢰성을 향상시키기 위하여 반발경도 시험과 함께 초음파탐상 시험 및 조합법을 이용하였으며,

시험은 반발경도 시험을 수행한 동일부위에 그라인딩 후 측정점에 접촉매질을 도포한 후 표면법으로 초음파 전달속도를 측정하여 직접법 전달속도로 환산하였다.

수신자와 발신자의 측정거리는 최소 10~50cm까지 10cm간격으로 거리를 증가시키면서 측정하였으며 최대 초음파속도법에 의한 추정강도 평가에 있어서 결정계수가 99% 이하인 경우와 그래프 상에서 속도분산, 균열, 공동 및 이물질에 의해서 전달속도를 정확하게 추정할 수 없거나, 데이터의 수가 3개 미만이 되는 경우에는 제외하였다.

그 측정결과는 다음의 <표4.2-4>와 같다.

<표4.2-4> 초음파 탐상 시험 및 조합법 측정결과

(단위 : MPa)

부재명/측정위치		비파괴시험		초음파탐상시험		조합법		비 고
		반발경도 (Ro)	초음파속도 (km/sec)	일본건축학회식	한전기술연구원식	일본건축학회식	릴렉식	
원호로1가 (No.12)	내부벽체	34.0	3.79	23.5	24.2	22.7	18.3	
	내부벽체	34.3	3.66	20.7	19.7	19.4	16.4	
	내부벽체	34.2	3.74	22.4	22.5	21.5	17.6	
원호로2가 (No.13)	내부벽체	34.9	3.88	25.6	27.5	26.0	20.4	
	내부벽체	34.2	3.78	23.4	24.0	22.7	18.3	
	내부벽체	35.6	3.79	23.5	24.1	23.8	19.0	

그 시험결과 값을 도출하여 콘크리트 강도를 비교, 분석한 결과, 비파괴 조사의 한계성 및 측정시의 오차 등을 고려하여 볼 때

측정부위 콘크리트 구조물의 압축강도 측정치가 다소 낮게 나타나고 있으나, 준공 당시 설계기준강도 등을 고려하면 구조물의 상태는 대체로 건전한 것으로 사료된다.

(단, 벽체에는 시멘트 마감모르터(t=1.0cm)가 시공되어 있는 상태로서 본 시험 및 결과 값은 참고 자료 활용을 위하여 실시하였음.)

4.3 철근탐사시험

4.3.1 개요

철근콘크리트 구조물에서 기존 구조물의 구조내력을 검토하기 위하여 구조부재의 배근상태(배근간격, 피복두께)를 조사할 필요가 있는데, 구조체를 손상시키지 않고 조사하는 비파괴검사 방법이 있다.

철근탐사시험(전자파레이더법)은 임펄스상의 전자파를 콘크리트내로 송신안테나로부터 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율·도전율)이 다른 물체(예를 들면, 철근·매설관·공동 등)와의 경계면에서 반사한다.

이를 수신안테나로 수신하고 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 반사물체까지의 거리는 송·수신 안테나 간격을 무시해 고려하면 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$V = C / \sqrt{\epsilon_r} \text{ (m/sec)} \text{ ----- (식 4.5)}$$

여기서, C = 진공중에서 전자파의 속도

ϵ_r = 콘크리트의 비유전율

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 입사파와 반사파의 왕복전파 시간(T)을 측정해

$$D = VT/2(m) \text{ ----- (식 4.6)}$$

로 구할 수 있다. 안테나를 콘크리트면상에서 이동시켜 일정 간격마다 샘플링한 수신 신호를 순차 주행방향으로 이동해 가면 화면상에서는 철근으로부터의 반사 신호 부분이 2차 곡선형으로 표시된다. 이 곡선의 정점위치 좌표가 철근의 위치 및 깊이를 나타내게 된다. 부재 두께·공동조사의 경우는 이 정점의 반사 신호가 연속적으로 표시되는 것으로 생각해도 좋다.

특히, 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트 중성화 등에 의하여 노후화 손상에 대한 저항성이 저하되므로 내구성이 감소될 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있다.

4.3.2 측정성과

본 용산소방서 관내 저수조 2개소 시설물의 철근 배근 상태조사에 의한 측정 성과표는 다음 <표4.3-1>과 같다.

<표4.3-1> 철근배근탐사 측정성과

부재명	탐사결과(mm)			설계도면(mm)			비고	
	종철근	횡철근	피복두께	수직철근	수평철근	피복두께		
원효로1가 저수조	내부벽체	210	195	40	-	-	-	
	내부벽체	200	210	35	-	-	-	
원효로2가 저수조	내부벽체	150	320	56.5	-	-	-	
	내부벽체	110	270	58.5	-	-	-	

4.4 비 파괴시험(동영상)

본 동영상은 용산소방서 관내 저수조 2개소에 대한 내구성평가 시험에 사용된 장비를 이용하여 촬영한 것으로 반발경도시험, 철근탐사시험, 초음파시험으로 구분하여 실시하였다. 실시결과는 아래의 동영상과 같다.

<표4.4-1> 비파괴시험 실시결과

반발경도시험	철근탐사시험	초음파시험
 반발경도시험.wmv	 철근탐사시험.wmv	 초음파탐상.wmv

* 해당란의 파일(wmv)을 더블클릭하여 동영상을 확인할 수 있음.

제 5 장 안전성 평가

5.1 평가기준 및 등급산정

5.2 저수조 안전성평가

5.3 평가결과

제 5 장 안전성 평가

5.1 평가기준 및 등급산정

5.1.1 개 요

안전성평가는 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는데 있으므로 현장으로부터 시설물의 현황과 상태 및 특성을 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토·해석 등에 의해 문제점에 대한 원인을 규명함과 더불어 안전성 여부를 판단하는데 그 목적이 있다.

이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 기초 자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성 평가시 검토되어야 할 주요항목은 다음과 같다.

- 비파괴 시험결과 분석
- 토질조사 등의 결과 분석
- 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석
- 구조물의 구조검토·해석결과 분석

상기의 항목들의 결과에 의해 각각 별도로 안전성평가를 수행하는 경우 정량적으로 평가하기 어렵거나 다양한 평가결과를 가져올 수 있으므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

구조물의 안전성 평가방법은 대부분 해석적 방법에 의해 이루어지며, 특별한 경우 재하시험 방법에 의해 수행하기도 한다.

해석적 방법에 의해 구조물의 안전성을 평가하는 경우 현장조사 및 수집자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공 상세도, 재료의 성질 및 구조물의 결함 등을 종합하여 실제상태대로 해석해야만 올바른 평가를 기대할 수 있으며 건설교통부에서 제정한 「콘크리트시방서」에 규정된 설계 및 안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

구조물의 해석방법에는 강도법과 허용응력법이 있으며, 이 중 강도법을 원칙으로 하지만 특별한 경우에는 허용응력법을 적용할 수 있다.

5.1.2 안전성평가 기준

토목구조물은 대부분 철근콘크리트조로서 지표면 아래에 축조되므로 지하수의 부력, 지반의 부등침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고, 관로 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여

연결되는 구조물의 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부등침하의 영향을 받는다.

따라서, 토목구조물의 설계·준공도서 및 기존의 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 구조물의 안전성을 판단하거나 실제 주요부재의 상태평가결과가 불량하게 나타나 현장 조사시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safe Factor, SF) 검토를 수행하여 구조물의 안전성을 판단하는 것이 필요하다.

일반적으로 토목구조물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상부 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나 「상수도시설기준, 환경부, 1997.12」 및 「구조물의 기초 설계기준, 건설교통부, 1997」 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.

구조해석은 탄성해석을 원칙으로 하며 지지조건은 토질주상도가 있는 경우에는 지반스프링을 취하고 토질주상도가 없는 경우에는 힌지와 롤러로써 지지조건을 부여한다.

하중의 조합을 통한 안전율 검토는 사하중, 활하중, 전토압, 반토압 및 수압 등을 모두 고려하고 하중조합은 지하수의 유무에 따라 구분토록 하고 강도감소계수와 하중계수는 콘크리트구조물설계기준에서 정해진 값을 적용하며 단면의 안전율은 휨, 전단 및 좌굴 등에 대하여 검토한다.

상기와 같은 내용을 근간으로 부재나 구조물의 구조적 안전율 정도에 따른 안전성 평가기준을 설정하면 다음의 <표5.1-1>과 같다.

<표5.1-1> 부재 및 구조물의 안전성평가 기준

안전성 평가등급	평가점수	안전성평가기준	비 고
a	5	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상이 없는 경우	○ 강도설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\Phi M_n}{M_u}$ ○ 허용응력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}}$
b	4	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상(단면손실)이 있는 경우	
c	3	안전율(SF)이 1.0 미만 ~ 0.9 이상	
d	2	안전율(SF)이 0.9 미만 ~ 0.75 이상	
e	1	안전율(SF)이 0.75 미만	

5.1.3 안전성평가등급 산정

안전성평가는 평가체계의 4단계에서 수행하는 평가로서 개별시설물에 대하여 실시하게 되므로 개별시설물을 구성하고 있는 각종 부재나 구조물의 구조해석을 통하여 얻어진 각각의 구조적 안전율 등을 종합적으로 검토·분석함으로써 개별시설물에 대한 안전성평가가 이루어지게 된다.

구조해석을 통해 얻어진 부재별 또는 구조물별 구조적 안전율에 따라 앞에서 언급한 안전성평가기준에 의해 안전성평가등급 및 평가점수를 부여하며, 아래의 식을 사용하여 개별시설물에 대한 안전성평가지수(Es)를 산정한 후 안전성평가지수의 범위에 따른 안전성평가등급기준에 의해 개별시설물의 안전성평가등급을 결정한다.

안전성평가지수(Es)를 산정하는 아래의 식은 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 안전성평가등급들 중 가장 낮은 안전성평가등급보다 다소 상향된 개별시설물의 안전성평가등급 산정결과를 가지게 된다. 한편, 부재나 구조물의 검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가등급(평가점수)을 하나의 검토항목으로 간주하여 아래의 식에 의해 최종적인 개별시설물의 안전성평가등급을 결정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{안전성평가지수}(E_s) &= L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5 \times (N-2)}, \quad (N > 2) \\ &= L + 0.3(H - L), \quad (N = 2) \end{aligned}$$

여기서, N : 안전성 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 제외한 나머지 값들

<표5.1-2> 안전성평가지수(Es)에 따른 안전성평가 등급기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가등급	비 고
$4.5 \leq E_s \leq 5.0$	a	
$3.5 \leq E_s < 4.5$	b	
$2.5 \leq E_s < 3.5$	c	
$1.5 \leq E_s < 2.5$	d	
$1.0 \leq E_s < 1.5$	e	

5.2 저수조 안전성평가

5.2.1 일반사항

가. 단위중량

- 콘크리트 : $\gamma_c = 2.5 \text{ tf/m}^3$

- 포 장 재 : $\gamma_a = 2.3 \text{ tf/m}^3$

나. 토압계수

토압의 산정은 토질조사에 근거하여 산출하는 것이 기본이나 과업을 수행함에 있어 구조물과 관련한 설계도서 등의 자료가 충분하지 않아 구조물기초설계기준(1997, 건설교통부)에 언급되어 있는 일반적인 토사에 대한 값을 적용하였으며, 특히 저수조 하단부의 지하수는 없는 것으로 가정하여 검토를 실시하였다.

- 흙 : $\gamma_t = 1.9 \text{ tf/m}^3$

- 내부마찰각 : $\phi = 30^\circ$

- 정지토압계수 : $K_o = 1 - \sin \phi = 0.5$

다. 하중계수

고정하중, 활하중, 횡토압 및 횡방향 지하수압이 작용하는 경우를 기준으로 하여 다음과 같이 하중계수를 적용하였다.

조 건	적 용
고정하중(D)과 활하중(L)이 작용하는 경우	$U=1.4D+1.7L$
고정하중(D), 활하중(L) 및 풍하중(W)이 작용하는 경우 고정하중과 풍하중이 서로 상쇄되는 하중효과의 경우	$U=0.75(1.4D+1.7L+1.7W)$ $U=0.9D+1.3W$
고정하중(D), 활하중(L) 및 지진하중(E)이 작용하는 경우 고정하중과 지진하중이 서로 상쇄되는 하중효과의 경우	$U=0.75(1.4D+1.7L+1.8E)$ $U=0.9D+1.4E$
고정하중(D)과 활하중(L), 횡방향 토압과 지하수압(H)이 작용하는 경우	$U=1.4D+1.7L+1.8H$ $U=0.9D+1.8H$
고정하중(D), 활하중(L) 및 유체압(F)이 작용하는 경우	$U=1.4D+1.7L+1.5F$ $U=0.9D+1.5F$
고정하중(D)과 활하중(L) 그리고 부등침하, 크리프, 건조수축 또는 온도변화 등이 작용하는 경우	$U=0.75(1.4D+1.7L+1.5T)$ $U=1.4D+1.5T$

■참조 : 콘크리트구조설계기준(2003, 한국콘크리트학회)

■고정하중이 지배적인 구조물(지하구조물 등)은 1.4D항의 D대신에 1.1D를 대입

라. 강도감소계수

구 분		강도감소계수
휨모멘트 또는 휨모멘트와 축인장력이 동시에 작용	보통 철근콘크리트 부재	0.85
	프리스트레스 콘크리트 부재	0.85
축인장력		0.85
축압축력 또는 휨모멘트와 축압축력이 동시에 작용	나선철근 보강 철근콘크리트 부재	0.75
	그 이외의 철근콘크리트 부재	0.70
전단력과 비틀림모멘트		0.80
콘크리트의 지압력		0.70
무근콘크리트의 휨모멘트, 압축력, 전단력, 지압력		0.65

■참조 : 콘크리트구조설계기준(2003, 한국콘크리트학회)

마. 지하구조물 노면 활하중(DB-24)

토 피 (m)	활하중(tf/m ²)	토 피 (m)	활하중(tf/m ²)
1.0	5.1	5.0	1.5
1.5	3.9	6.0	1.5
2.0	2.1	7.0	1.5
2.5	1.7	8.0	1.2
3.0	1.5	9.0	1.1
4.0	1.5	10.0 이상	0.9

바. 지지조건

「토질주상도가 있는 경우에는 지반스프링을 취하고 토질주상도가 없는 경우에는 힌지와 롤러로써 지지조건을 부여한다.」는 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(상수도) 7.2.2에 의거하여, 본 원호로1가 공설저수조의 지지조건은 힌지와 롤러로 모델링을 실시하였다.

사. 검토방법 및 사용 Program : 극한강도설계법(MIDAS)

5.2.2 원호로1가 공설저수조(No.12)

가. 개요

본 원호로1가 공설저수조는 급수차량으로 운반 후 저수조에 저류하여 화재 발생시 화재를 진압하는데 필요한 물을 공급할 수 있도록 시설 운영되고 있으며, 저수조 상부는 차량하중 등 외압조건에 영향을 받는 도로에 위치하고 있다.

- 형 식 : 원형(철근콘크리트조)
- 규 격 : $\text{Ø}3.5 \times \text{H}4.0\text{m}$
- 지 수 : 1 池

상세외관조사 결과, 상부슬래브에는 콘크리트 가로보($\square 200 \times 200$, n=2개소)가 설치되어 있으나 박락, 재료분리 및 균열($C_w=3.0 \sim 5.0\text{mm}$, $L=1.0 \sim 2.5\text{m}$, n=3개소)등이 발생되었으며, 1개소의 가로보에 대하여는 버팀목이 설치되어진 상태로서 가로보의 기능을 상실한 상태가 확인되었다.

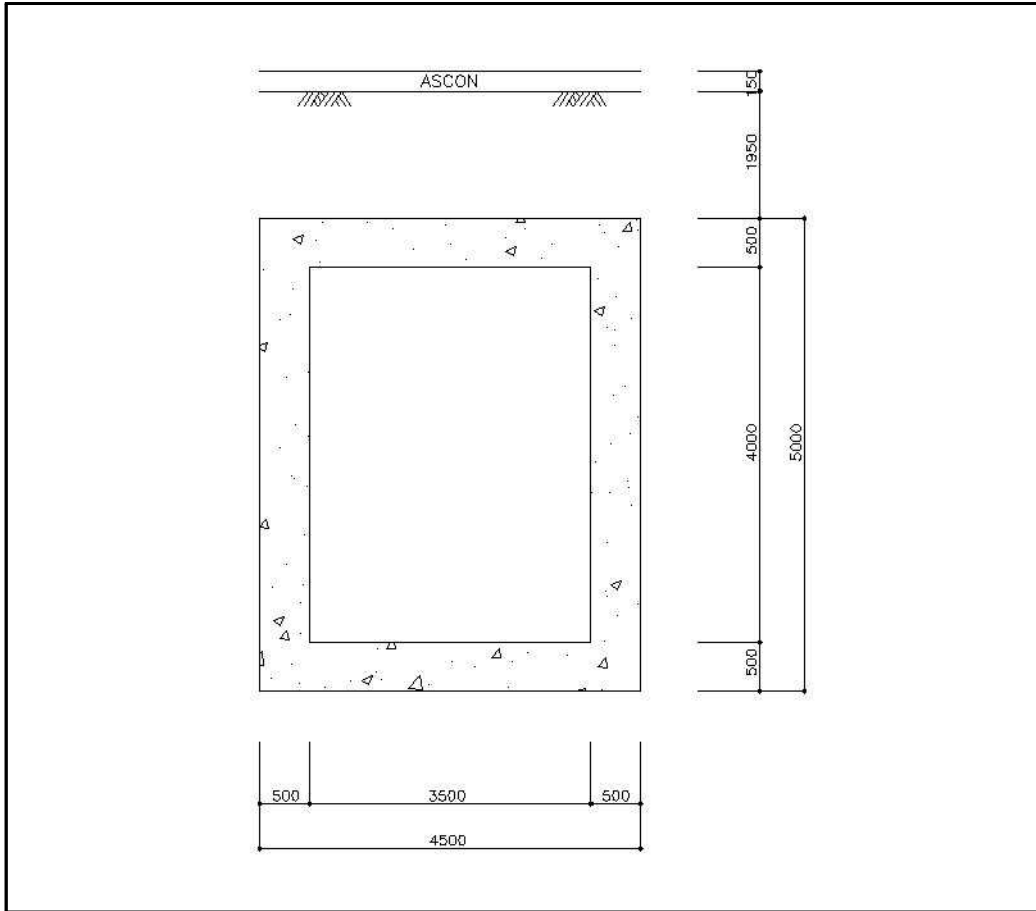
또한, 내부벽체에는 수개소의 백태, 누수 및 박락 등이 조사된 상태로서, 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하기 위하여 다음과 같은 가정하에서 안전성평가를 실시하였다.

- 1) 구조검토시 적용하는 콘크리트의 압축강도는 반발경도시험, 초음파탐상시험 및 조합법 등의 현장시험 결과값과 추정설계압축강도를 비교하여 최소값인 18.1(MPa)을 적용하여 검토를 실시하였다.
- 2) 구조검토시 적용하는 철근의 배근상태는 구조물과 관련한 설계도서 등의 자료가 충분하지 않아 금회 현장조사시 철근탐사시험을 통한 배근간격을 토대로 검토를 실시하였다.

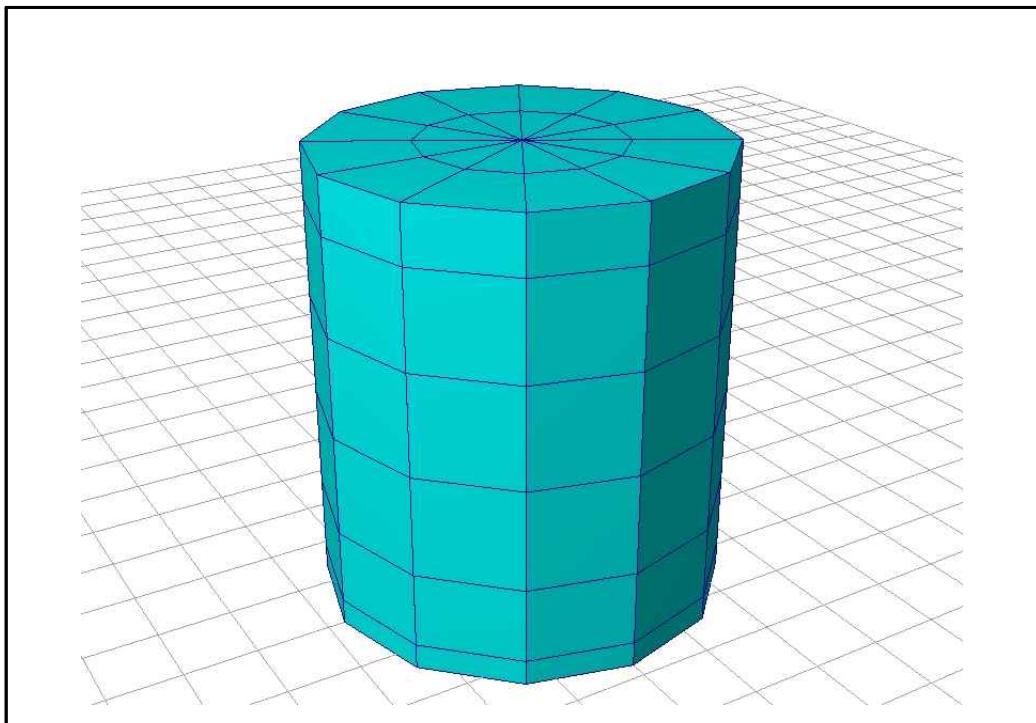
나. 재료특성

- 콘크리트 압축강도 : $f_{ck} = 18.1 \text{ MPa}$
- 철근항복강도 : $f_y = 300 \text{ MPa}$

다. 검토단면



라. 모델링

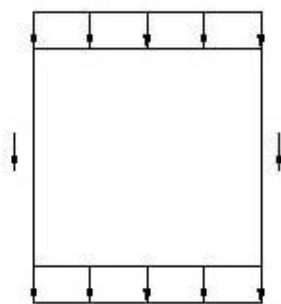


마. 하중계산

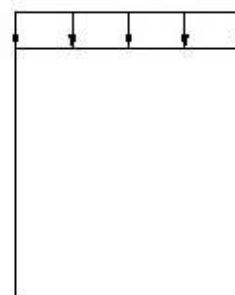
- 1) 자중 (Program 내 자동고려) ----- CASE 1
- 2) 상부슬래브에 작용하는 하중 ----- CASE 2
 - 포 장 : $0.15 \times 2.3 = 0.345 \text{ tf/m}^2$
 - 상재토 : $1.95 \times 1.9 = 3.705 \text{ tf/m}^2$
 - $\therefore W_d = 0.345 + 3.705 = 4.050 \text{ tf/m}^2$
- 3) 측벽토압 ----- CASE 3
 - $q_1 = 0.5 \times (0.15 \times 2.3 + (1.95 + 0.5 / 2) \times 1.9)$
 $= 2.263 \text{ tf/m}^2$
 - $q_2 = 2.263 + 0.5 \times 1.9 \times 4.5 = 6.538 \text{ tf/m}^2$
- 4) 활하중 ----- CASE 4
 - 상부슬래브에 작용하는 하중
 $L_v = 5.100 \text{ tf/m}^2$
 - 측벽에 작용하는 하중
 $L_h = 0.5 \times 5.100 = 2.550 \text{ tf/m}^2$
- 5) 내부수압
 - 벽체에 작용하는 수압 ----- CASE 5
 $W_h = 1.0 \times 3.7 = 3.700 \text{ tf/m}^2$
 - 하부슬래브에 작용하는 수압 ----- CASE 6
 $W_v = 1.0 \times 3.7 = 3.700 \text{ tf/m}^2$

바. 하중제하도

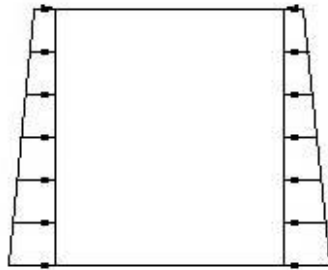
- 자중(CASE 1)



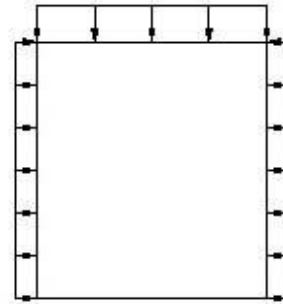
- 상재하중(CASE 2)



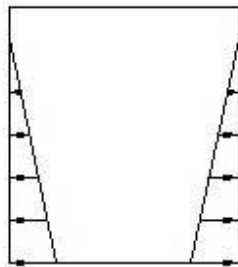
- 측벽토압(CASE 3)



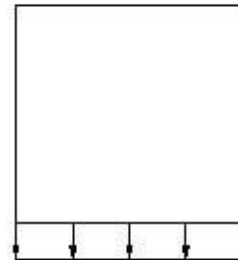
- 활하중(CASE 4)



- 벽체 수압(CASE 5)



- 하부슬래브 수압(CASE 6)

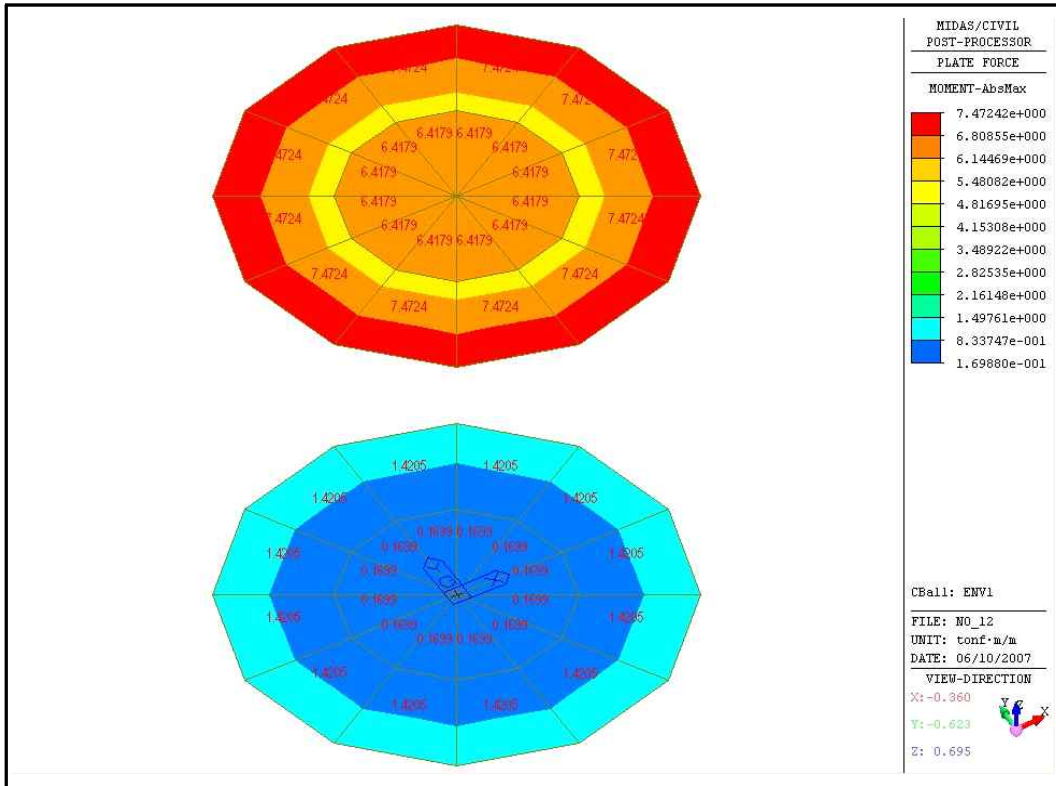


사. 하중조합

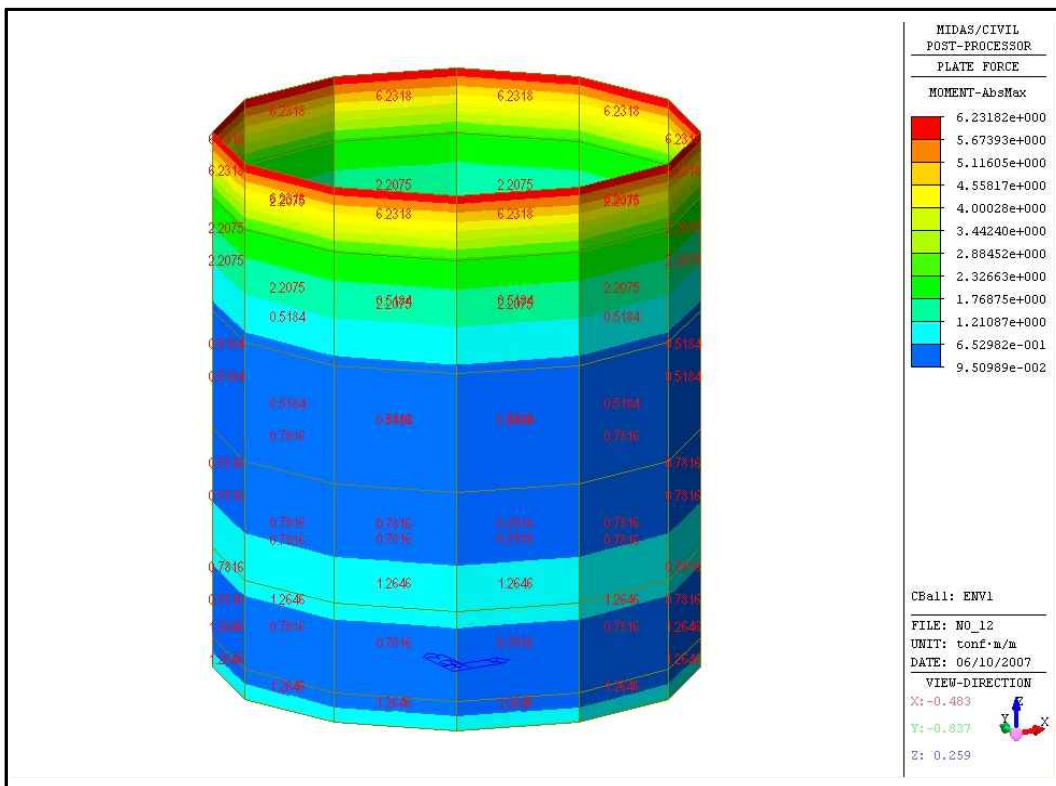
No.	고정 하중		토 압 C-3	활하중 C-4	수 압		비 고
	C-1	C-2			C-5	C-6	
1	1.54	1.54	1.8	1.7			극한하중
2	1.54	1.54	0.9	1.7			
3	0.9	0.9	1.8	1.7			
4	1.54	1.54	1.8	1.7	1.8	1.54	
5	1.54	1.54	0.9	1.7	1.8	1.54	
6	0.9	0.9	1.8	1.7	1.8	0.9	
7	1.0	1.0	1.0	1.0			사용하중
8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	

아. 단면력 결과

⇒ **부록 IV(구조해석 Output)** 참조



<상·하부슬래브 Plate Moment(극한하중)>



<측면벽체 Plate Moment(극한하중)>

자. 철근유효깊이(d) 및 철근량(As)

부 재 별		B(cm)	d(cm)	As(㎠)	비 고
상부슬래브	단 부	100	43.5	9.93 (D16@200)	추정치
측 벽	중앙부	100	43.5	9.93 (D16@200)	"
하부슬래브	단 부	100	43.5	9.93 (D16@200)	"

차. 단면력과 내하력 검토

구분	부 재 별		Mu (tf-m)	a (cm)	ΦMn (tf-m)	안전율 (ΦMn/Mu)
극 한 하 중	상 부 슬래브	단 부	7.472	1.947	10.768	1.44
	측 벽	중앙부	6.232	1.947	10.768	1.73
	하 부 슬래브	단 부	1.420	1.947	10.768	7.58

카. 평가결과

본 원호로1가 공설저수조(No.12)의 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하기 위하여 안전성평가를 실시한 결과, 평가등급은 “a” 등급으로 산정되었다.

개별시설물 안전성평가표				
개별시설물명	원호로1가 공설저수조(No.12)			표번호
개별시설물규모	철근콘크리트구조(Ø3.5×H4.0m)			No. 4-1
평가항목	안전율(S.F)	평가등급	평가점수	비 고
저 수 조	1.44	a	5	
안전성평가결과	1. 평가항목수 N=1, 최소평가점수 L=1, 최대평가점수 H=1 2. 개별시설물(공설저수조(No.12))의 안전성평가지수(E _{st}) = 5.00 3. 개별시설물(공설저수조(No.12))의 안전성평가등급 = a 등급			

5.3 평가결과

본 과업의 대상시설물인 용산구 원호로1가 공설저수조(No.12)에 대한 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하기 위하여 안전성평가를 실시한 결과,

강도설계법에 의한 극한하중(하중증가계수 반영) 작용시 모든 검토대상 부재에서 안전율(SF)이 1.0 이상으로 내하력은 충분한 것으로 평가되었으며, 안전성평가등급은 “a” 등급으로 산정되었다.

다만, 안전성평가를 실시함에 있어 대상시설물과 관련한 설계 및 준공도서 등이 전무(全無)한 상태에서, 현장조사에서 실측한 구조물 내부치수와 내구성평가지험 결과값을 제외하면 통상적인 설계조건(추정치)에 의한 평가를 수행함으로 인하여 안전율이 다소 과다해석된 것으로 사료되며, 보다 정확하고 신뢰성 있는 안전성평가를 실시하기 위하여는 시설물 주변 지반조사 및 교통량 등을 조사하여 이를 기반으로 한 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

따라서, 우선적으로 상부슬래브 가로보 주변에 발생한 처짐, 박락 및 골재분리 등에 대하여는 도로면으로부터 전달되는 하중에 대하여 충분한 내하력을 확보할 수 있는 보강조치가 필요하며,

상부슬래브의 균열 및 내부벽체의 백태, 누수 및 박락 등에 대하여는 구조물의 상태를 주기적으로 점검하여 진행성 및 구조적인 흠결발생 여부를 주의 깊게 관찰하여야 할 것으로 사료된다.

제 6 장 보수 · 보강

6.1 보수 · 보강 방법

6.2 보수 · 보강 공법

6.3 보수 · 보강 우선순위결정

6.4 보수재료 및 공법선정 기준

6.5 보수공법 선정

6.6 유지관리 방안

6.1 보수 · 보강 방법

시설물은 각각의 구조별로 내구성이나 파손 형태가 틀리므로 유지관리를 하는데 있어서도 각각의 특성에 맞게 관리되어야 하며, 수명의 연장을 위해서는 구조물에 손상발생시 점검 및 진단을 통하여 손상 원인을 파악하고 구조물의 특성 및 제반 여건에 적절한 보수·보강공법 및 시기를 선택하는 것이 중요하다.

보수·보강을 하는데 있어서는 시기의 결정은 물론 예산, 손상정도, 방법, 조건 및 효과 등을 총괄적으로 고려하여 결정하여야 하며, 시기를 놓치면 보수량이나 비용이 증대하는 경우가 있으므로 보수·보강은 가급적 조기에 실시하는 것이 바람직하다.

또한 보수·보강의 최대 목표는 구조물의 사용성 확보 및 내하력을 손상 이전으로 회복시키는 데 있으므로 보수·보강 설계에 있어서는 확실한 효과를 낼 수 있는 공법을 선정하여야 한다.

일반적으로 보수·보강 후의 효과는 판단하기 곤란한 경우가 많은데 통상 설계법의 연구, 시공방법의 연구, 효과에 대한 실험 등을 통하여 효과적인 방법을 강구하고 있으며, 보수·보강 방법에 대한 것은 여러 각도로 응력상태를 검토하여 행하는 것이 좋다. 보수·보강 설계는 대상물 및 손상정도에 따라 고려할 사항이 많으나 본 과업에서는 현장조사, 시험·측정, 상태 및 평가결과를 토대로 구조물의 부재별로 보강효과, 시공성, 경제성 등을 감안하여 다음과 같은 보수 공법을 선정하였다.

- 콘크리트단면복구공법 : 슬래브, 벽체 등의 콘크리트 박락 부위
- 철근노출방청공법 : 슬래브, 벽체 등의 철근노출 및 철근부식 부위
- 백태보수공법 : 슬래브, 벽체 등의 백태발생 부위
- 균열주입공법 : 슬래브, 벽체 등의 균열 부위(0.2mm 이상)
- 표면처리공법 : 슬래브, 벽체 등의 균열 부위(0.2mm 이하)
- EXP·Joint 보수 : 시공되어 있는 EXP·Joint 부위

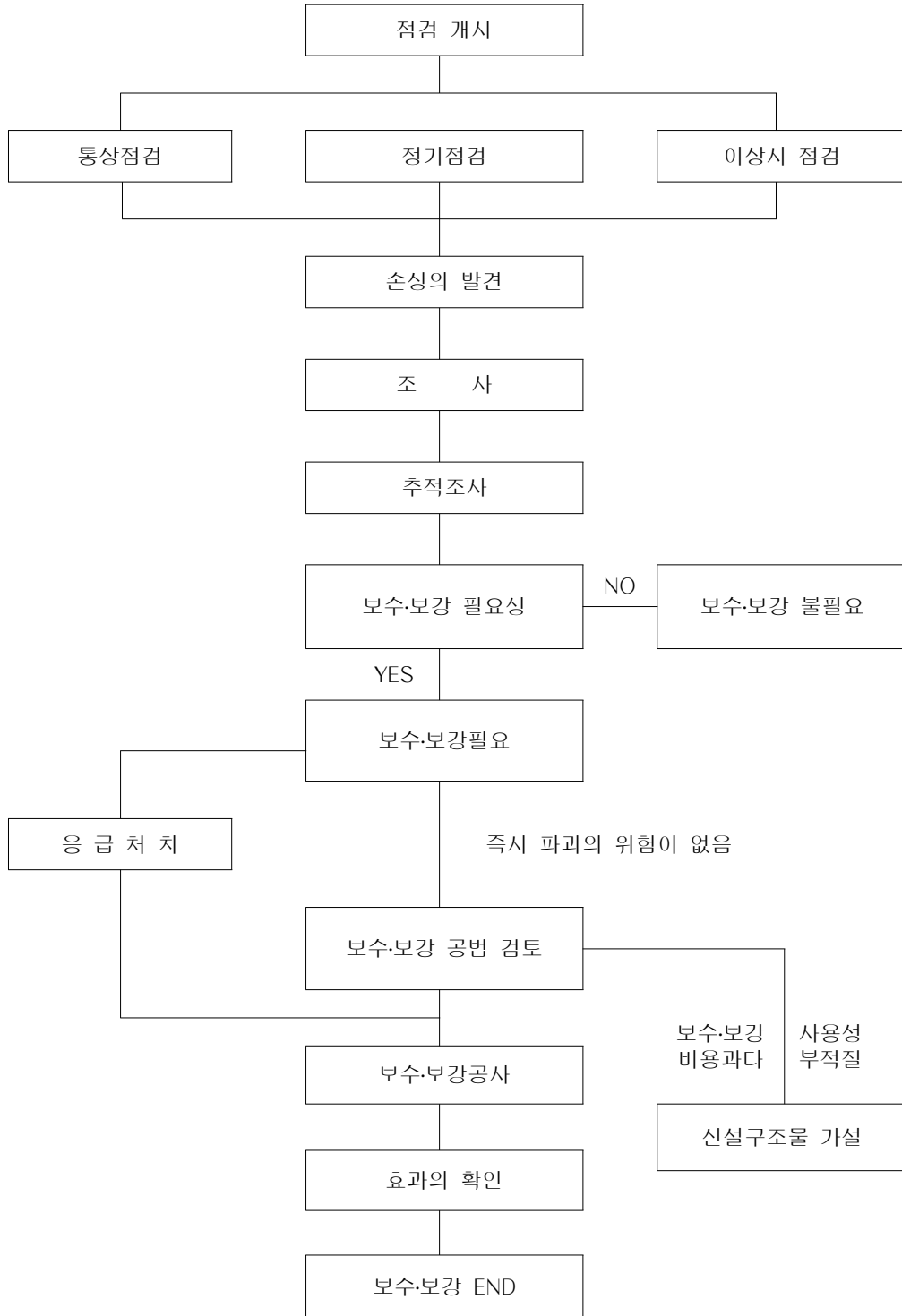
6.2 보수 · 보강 공법

6.2.1 보수 공법

보수공법은 일반적으로 콘크리트 부재에 대한 표면보호공, 단면보수공, 균열보수공 및 강재보수공 등이 있으며, 이들의 목적 및 종류에 대하여는

다음의 <표6-1>의 사항이 고려되어야 한다.

특히, 알칼리 골재반응 또는 화학작용에 의해서 생긴 손상과 같이 손상을 일으킨 환경작용이 보수 후에도 계속해서 존재하는 경우에는 손상을 수복하는 것만으로는 보수로서 충분하지 않고 환경작용을 완화 또는 정지시키기 위해서 손상수복 후의 라이닝(코팅) 등이 동시에 필요하다.



<그림6-1> 보수·보강의 업무 흐름도

<표6-1> 손상의 성질에 따른 보수시의 기본적 고려사항

손상 종류	손상의 성질	보수시 기본적인 고려사항	보수방법
콘크리트 균열	경미하지만 큰 손상으로 발전 우려가 있는 경우	균열을 충전(seal)하고, 물의 침입을 방지	균열부 시일재 충전
	상당히 진전되어 강재에 녹과 부식을 진전시킬 우려가 있는 경우	균열에 시일재를 주입해 물의 침입을 완전히 차단	균열부 시일재 충전
	손상이 진전되어 철근이 부식 및 팽창되어 콘크리트가 박락된 경우	부식된 철근을 노출시켜 녹 제거 후 박락 부분을 충전 또한 철근 단면결손이 있는 경우 철근 보강	절취, 철근의 녹 제거후 에폭시 도장, 부분적 콘크리트 교체
	구조물에 구조적인 균열(휨, 전단력에 의한 균열 등)	콘크리트 단면의 내하력을 기대할 수 있도록 부가적인 단면보강	필요단면의 부가, 부분/전면교체
콘크리트 부식	동해 및 황산염 등에 의한 표층부의 열화	열화부분을 교체하고 표면을 시일재 충전하며 물 및 침식물의 침입 차단	표층부의 교체 보강 및 도장
	특수한 골재에 의한 열화(알카리 골재반응)	콘크리트 내부 깊게 진행된 경우, 부가적인 단면보강이 필요	표층부보강, 단면 부가, 전면교체 보강
강재 부식	콘크리트의 균열, 열화에 의해 철근에 녹의 발생이 확인되는 경우	부식된 철근을 노출시켜 녹 제거 후 충전. 철근의 단면결손이 있는 경우는 철근보강	철근 녹 제거 후 충전, 보강철근 부가, 콘크리트 덮개의 교체
	PC케이블의 노출 또는 그라우팅 불량, 쉬스노출	노출한 케이블을 제외한 내하력 검사	부가케이블의 시공

1) 균열부위에 대한 보수공법

일반적으로 균열부위에 대한 보수공법은 표면처리공법, 충전공법 및 주입공법 등이 있으며, 각 공법별 특징은 다음과 같다.

가) 표면처리공법

표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.2mm이하) 위에 도막을 형성하여, 방수성 및 내구성을

향상시킬 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다.

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선을 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러쉬로 닦아낸 후 폴리머시멘트페이스트나 모르터로 균일하게 도포하며, 콘크리트 표면에 0.3mm이하의 미세한 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수도 있다.

진행성 균열인 경우 경화 후의 재질이 단단한 폴리머시멘트페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 테이프를 부착하고, 테이프를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

① 시공순서

- 표면의 부착물을 와이어브러쉬나 물 등을 사용하여 제거
- 건조시킨 후 표면의 기공을 퍼티상 프라이머로 메움
- 보수재료로 피복 후 양생

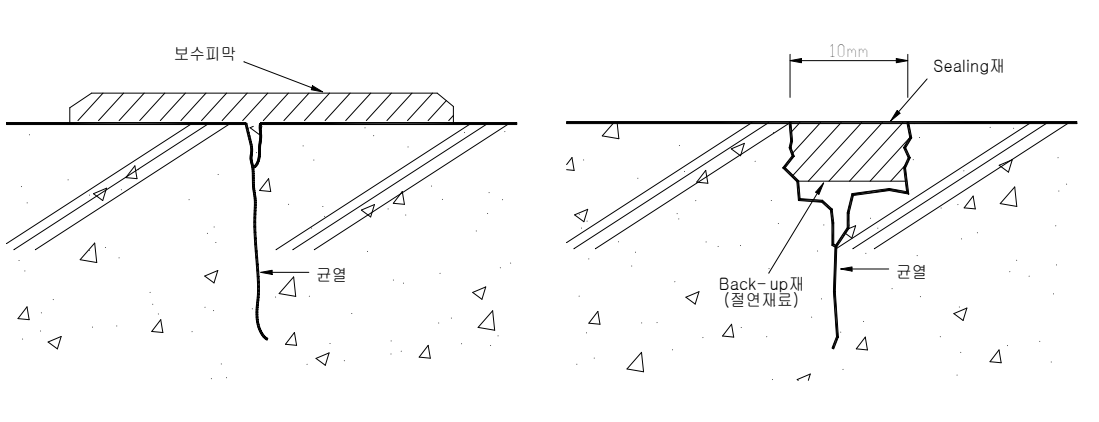
(피복재의 두께가 얇으므로 사용연수의 경과에 따른 성능저하를 관찰)

나) 충전공법(Seal공법)

충전공법은 균열을 따라 모르터 마감 또는 콘크리트 표면을 V-cut 또는 U-cut하여 그곳에 Seal재를 충전하는 공법으로, 균열의 폭이 0.5mm이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합하며, 사용되는 보수재료로는 시멘트풀, 모르터, 아스팔트, 레진 모르터 등이 있다.

① 시공순서

- 균열을 따라 V-cut 또는 U-cut
- 표면의 부착물을 와이어브러쉬 등을 사용하여 제거
- Back-up재 주입 및 Seal재 충전
- 경화한 표면을 그라인더, 사포 등으로 매끄럽게 마무리



< 표면 처리 공 법 >

< 충 전 공 법 >

<그림6-2> 표면처리공법 및 충전공법

다) 주입공법

주입공법은 균열보수에 가장 일반적으로 사용되며, 균열부에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성 및 내구성을 향상시키는 공법으로,

일반적인 주입공법에는

- V-cut을 한 후 소정의 간격으로 주입관을 설치해 시일재가 경화한 후, 주입관으로 그리스펌프 또는 수동 펌프로 가압 주입하는 방법
- 테이프를 평평하게 붙여 그 위에 시일재를 도포해 주입하는 방법
- 고무압에 의한 주입공법이 있다.

에폭시수지의 점도 및 주입압력은 균열폭 및 깊이, 주입시간 등을 고려하여 선정한다. 에폭시수지 주입에 의한 역학적 성능의 회복효과에 관해서 수지의 탄성계수가 콘크리트에 비해서 작고 균열의 미세한 부분까지 주입이 곤란하다는 등의 이유로부터 처음부터 그다지 기대할 수 없다는 의견이 있었으나 그 후의 연구에 의해,

- 부재의 강성은 균열이 없는 것과 동등수준으로 회복,
- 휨 및 전단내력도 거의 회복,
- 철근과의 부착강도도 회복된다는 것이 밝혀져 적절한 시공을 행하면 에폭시수지 주입에 의해 역학적 성능이 회복된다.

저수시설 및 건축물의 외벽 등에는 역학적으로는 특히 장애가 없지만 누수를 방지 또는 정지시킬 필요성으로부터 에폭시 수지주입에 의한 균열보수가 행하여지는 것이 많으며, 철근의 방식을 목적으로 하여 수지주입이 행하여지는 것도 있지만, 주입에 의한 방식효과는 부식상태에 따라서 다르므로 주입만으로 방식을 위하는 보수로서는 충분하지 못한 경우가 많다.

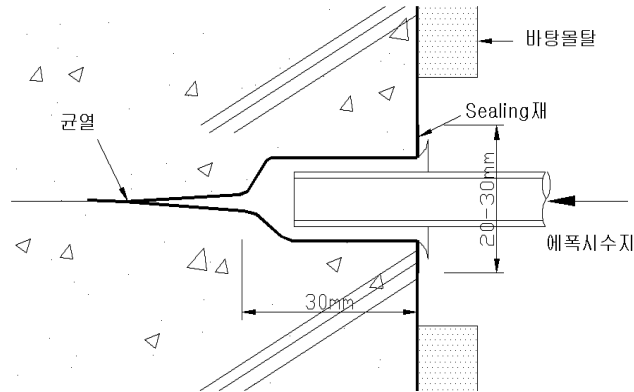
① 공법의 특징

- 콘크리트 열화 방지
- 철근의 부식 방지
- 방수성 및 내구성 향상
- 강성과 강도의 완전한 회복 곤란
- 사용재료의 주입량 확인이 곤란
- 관통되지 않은 균열부위에서는 재료를 균열속 깊이까지 주입 곤란
- 주입압이 과다하게 높으면 균열의 확대 우려

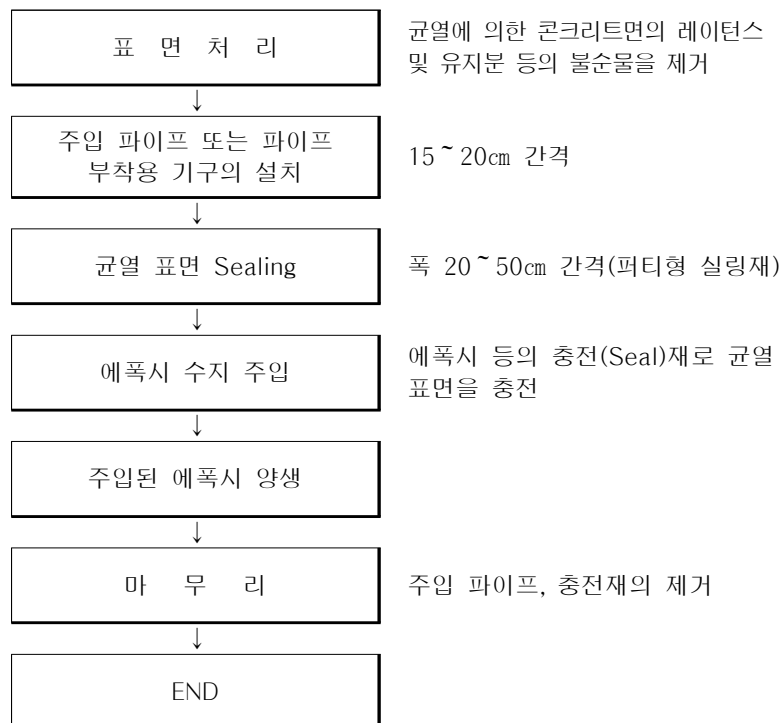
② 주입용 수지의 성질

- 장시간 보관에도 재료성질의 변화가 없을 것
- 균열폭의 크기에 따라 점도의 조정이 용이할 것
- 균열 세부까지 주입 가능할 것

- 균열 처리방법, 혼합, 주입 등 조건변화에 대한 품질 영향이 적을 것
- 사용시 기온에 대해 사용가능시간을 용이하게 조절할 수 있을 것
- 주입 후 상온에 경화될 수 있을 것
- 인장강도, 휨강도, 압축강도, 탄성계수 등의 기계적 성질이 좋으며, 콘크리트와 함께 안정된 재료일 것
- 경화시 수축이 적을 것



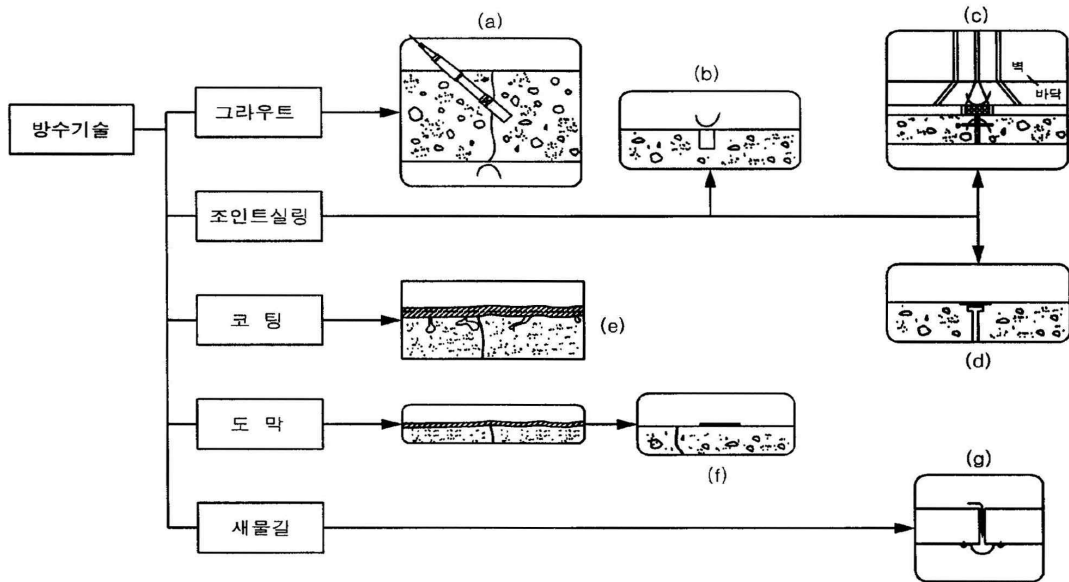
<그림6-3> 주 입 공 법



<그림6-4> 에폭시 수지 주입순서

2) 누수보수공법

콘크리트의 누수는 구조물의 기능장애와 열화의 원인이 되므로, 누수방지 및 방수대책을 수립할 경우에는 가능한 모든 인자들을 고려하여 공법을 선정하는 것이 중요하다. 구조물의 누수방지 공법에는 <그림6-5>와 같이 주입공법, 줄눈실링공법, 표면도막공법, 슈트방수공법 등의 일반적인 공법이 있다.



<그림6-5> 누수보수공법

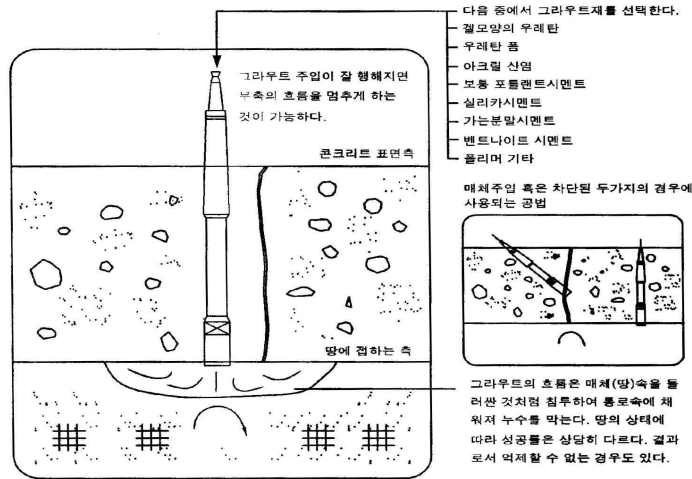
가) 주입공법

효과적인 누수공법은 누수원과 누수부위사이에 어떤 재료를 압력주입하는 공법이지만, 성공적인 결과를 얻으려면 많은 조건변수와 기술변수들을 고려하여야 한다. 이외에도 장치의 설치와 작업조건에 영향을 주는 인자들과 기술자의 경험과 숙련도도 매우 중요하다.

- 조건변수 : 유체의 종류, 흐름의 형태, 압력수두, 온도, 부재종류, 누수경로의 형태와 크기, 유량, 누출경로의 형태와 크기, 유량, 누출표면조건, 손상상태, 기능장애상태 등
- 기술변수 : 주입재료, 재료응결시간, 연결방법과 간격, 주입압, 주입시간과 주입량, 주입순서 등
- 사용재료 : 친수성·소수성의 우레탄 겔 및 기포, 친수성 아크릴레이트, 에폭시, 친수성 초미세시멘트 등
- 장기간 방수성능에 영향을 주는 장애요소 : 건습반복회수, 수압의 증가, 주입재의 초기 건조수축, 주입재의 건조침출, 주입재의 동결융해, 주입불량, 누수경로 내의 물의 이동 등은 방수효과를 저해시킴.
- 효과적인 누수공법

<그림6-6>과 같이 2단계 주입공법을 도입하는 공법이다. 1단계에서 구조물의 배면에 주입하여 물의 흐름을 막은 후, 2단계에서 균열에 주입재를 주입하는 공법이다.

다만 이 경우에 구조물 배면의 지반조건의 영향을 받는다.



<그림6-6> 효과적인 주입공법

나) 줄눈실링공법

줄눈에는 지수관을 가진 신축줄눈, 수축줄눈, 시공줄눈, 콜드조인트, 하중 전달기능을 가진 줄눈 등이 있고, 이들의 누수방지공법도 목적에 따라 상이하다. 지수관을 가진 줄눈에서는 조사나 보수를 위한 접근이 어려워 누수원을 찾기 힘든 경우가 많다.

적용공법에는 압력주입, 고무계방수시트 공법이 있다. 대책을 수립할 때에는 압력수두, 압력방향, 줄눈에서의 이동, 줄눈의 구조적 연속성, 기존 지수관의 종류, 줄눈의 결합형태, 줄눈폭, 보수후 수명, 전면과 배면의 접근성 등을 고려해야한다.

이 공법에는 압력 실링공법과 신축이음장치의 방수에 사용하는 줄눈실링공법 등이 있다.

다) 표면도막공법

균열면에 각종화학도료로 도막을 형성하는 공법이다. 이를 위해서는 공법의 목적, 사용 및 노출조건, 적합한 재료의 선정, 콘크리트의 바탕처리, 도막회수와 양, 표면처리, 균열처리, 품질 절차 등의 순서에 따라 공법과 재료를 선정해야 한다.

라) 슈트방수공법

균열을 가진 콘크리트면 위에 탄성고무슈트를 부착시키는 공법으로서 제품슈트와 액체 재료 모두가 사용된다. 이 공법은 이동균열과 줄눈을 연결시키는 역할을 하는 것이므로 재료의 선택시 신장능력, 두께, 균열 위의 비부착길이 등을 검토해야 한다.

마) 지상구조물

보수 대상의 부위에 따라 콘크리트 보수·보강공법, 방수층 재보수 공법, 누름층 상부 신규방수층 형성공법으로 나뉘며, 누름 및 방수층을 제거한 후 다시 방수층을 형성하는 공법 등으로 나뉜다.

- 콘크리트 구체 보수·보강공법

균열, 공극, 조인트 부위의 재료주입방법, V 또는 U컷팅한 후 보수재를 충전 마감하는 공법이다. 주입재로는 에폭시, 팽창성폴리우레탄 등이 주로 사용된다.

- 방수층 전후 공간 재료충전공법

누름층을 천공하여 보수재를 방수층 전후공간을 충전하는 공법으로 부분 또는 전면시공이 가능하다. 기계적 압력을 발생시켜 방수층 전후공간은 물론 누름층 및 슬래브의 손상부위(누수경로)를 역추적하여 충전됨으로 입체적 방수층을 얻을 수 있다. 비교적 작업이 간단해 개·보수 비용보다도 경제성이 높다.

- 누름층 상부 신규도막형성공법

누름층을 바탕면으로 하여 새로운 도막 방수층(우레탄, 폴리우레아, 시멘트 혼입 폴리머계 도막방수재)을 형성하는 공법이다. 작업의 전과정을 일일이 확인 할 수 있으므로 안정된 방수층을 얻을 수 있다. 반면 거동이 가장 심한 부위에 방수층이 형성되고 방수재가 외부환경에 직접 노출되므로 재료의 손상, 들뜸이 쉽게 발생될 가능성이 있다.

- 개보수

방수층 및 누름층 제거후 신규 방수층을 형성하는 방법이다. 작업과정을 일일이 확인 할 수 있어 공정관리를 잘할 경우 안정된 방수막을 얻을 수 있다.

누름층 및 방수층 제거시에 발생하는 충격으로 인해 건물의 안전성을 해할 우려가 있고 폐기물 방출, 높은 비용부담으로 인해 극히 제한된 경우에만 선정되는 공법이다.

바) 지하구조물

- 에폭시수지, 우레탄수지 주입공법

균열, 공극, 이음부 주위에 주로 시공된다.

- 배면 주입공법

콘크리트 구조물의 단면을 관통시켜 배면부위(보호벽돌과 구조물 공간, 토사와 구조물의 경계면부위)에 유기, 무기, 유기 혼합 등의 방수재를 기계적 압력을 이용하여 주입, 충전시키는 공법이다.

- 표면 도막 형성공법

표면처리 후 도막을 형성하는 공법으로 보수부의 면처리가 중요하다.

- 표면 절개후 방수재 충전공법

표면에 발생한 균열을 중심으로 V또는 U컷팅한 뒤 무기질 혹은 유기질 방수 재료로 실링하여 누수를 차단하는 공법이다.

사) 평지붕 누수보수공법

- 방수층 재형성 주입공법

아스팔트 혼입 벤토나이트 방수재 주입이 사용된다.

- 누름층을 바탕으로 한 노출 도막형성 공법

폴리우레탄계 도막방수 공법, 폴리우레아수지계 스프레이 도막방수 공법, 시멘트혼입 폴리머계(무기질 탄성계) 방수공법, 절연형 슈트·도막 복합방수공법 등이 있다.

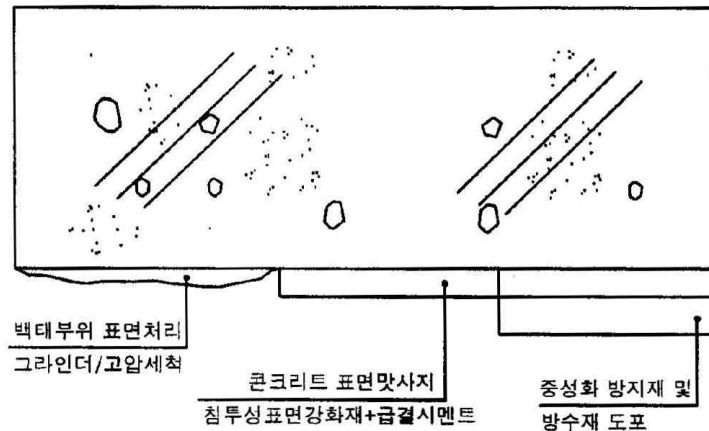
3) 백태보수공법

콘크리트 표면에 백태가 발생하면 미관상의 문제뿐만 아니라 콘크리트의 열화를 가속시켜 내구성을 저하시키므로 콘크리트 고압세척을 통하여 표면처리 후 급결시멘트를 도포하여 백태로 인한 콘크리트의 열화를 방지하는 공법이다.

단 균열로 인한 백태의 경우에는 균열보수와 병행하여 실시한다.

가) 시공순서 및 주의사항

- 콘크리트의 백태 부분을 그라인더 등을 이용하여 표면 처리
- 표면처리 후 고압살수기 등을 이용하여 표면 고압세척
(고압세척의 압력은 노출 TIP에서 5000PSI(350kgf/cm²)으로 한다.)
- 표면 건조 후 기존 콘크리트의 구체 및 표면강화를 위하여 (침투성 표면강화재 및 발청억제제+급결시멘트)로 표면 맞사지
(5℃이하에서는 작업 중지)
(물 50% 희석은 중량비를 기준으로 함)
(1회 도포 후 상온에서(30℃이하) 2시간 후 2회 도포를 하며, 2회 도포시 1회 도포 직각 방향으로 도포)
- 콘크리트 중성화 방지 및 방수를 위한 중성화 방지 및 방수재를 2회 도포
(5℃이하에서는 작업 중지)
(1회 도포 후 상온에서(30℃이하) 2시간 건조시킨 후 2차 도포)



<그림6-7> 백태보수공법 시공개요도

4) 콘크리트 단면복구공법

콘크리트의 박락, 파손 및 골재분리 등은 부재의 단면감소와 철근의 노출 및 녹이 발생되는 원인이 되어 부재의 내하력과 콘크리트의 내구성을 저하시킨다.

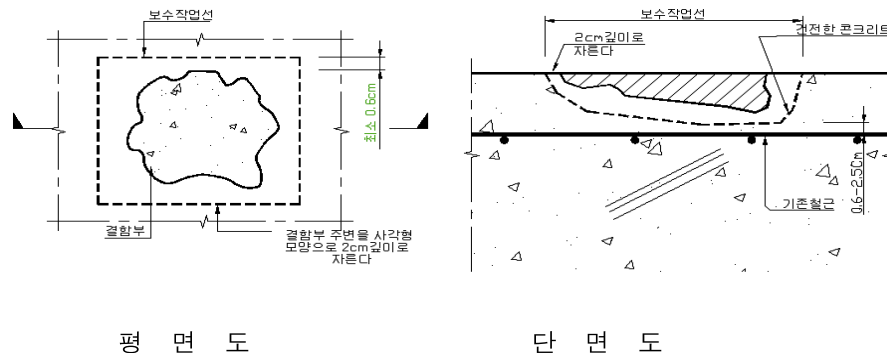
따라서 콘크리트의 박락, 파손 및 골재분리 등은 변형이 발생 즉시 보수하는 것이 바람직하며, 콘크리트 부재의 손상깊이 및 정도에 따라 다음과 같은 보수공법이 있다.

가) 얇은 보수 (Shallow Repairs)

얇은 보수는 콘크리트 손상 깊이가 얇고 철근이 노출되지 않는 경우에 적용된다. 손상 콘크리트는 직사각형이나 정사각형으로 2cm정도 깊이까지 철근 덮개를 제거하고 압축공기해머나 수압분쇄기로 제거하며, 콘크리트의 제거시 철근에 손상을 입혀서는 안 된다.

① 시공순서

- 손상 콘크리트 표면 청소 및 정리
- 신규콘크리트 접착제 바르기
- 특수조강무수축물탈 채우기
- 중성화 방지재 및 방수재 도포



<그림6-8> 콘크리트 부재의 얇은 보수

나) 깊은 보수(Deep Repairs)

깊은 보수는 손상 깊이가 철근피복두께보다 더 깊을 때 적용된다. 손상 콘크리트는 얇은 보수에서처럼 제거하지만 철근은 완전히 노출시키며, 콘크리트의 제거시 철근에 손상을 입혀서는 안 된다.

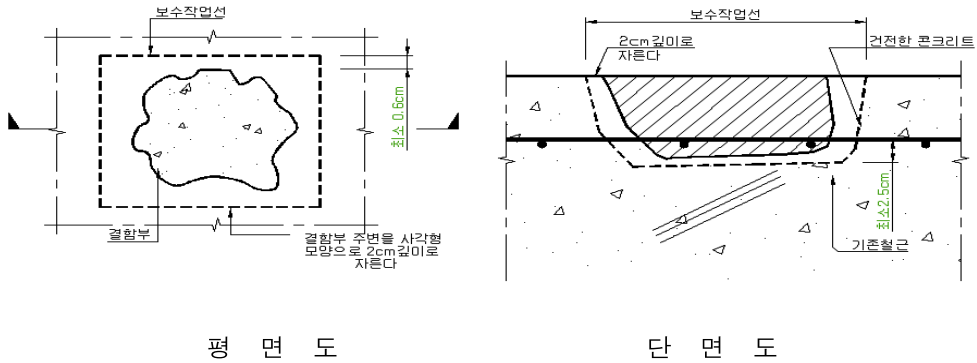
철근 안쪽 콘크리트를 2.5cm정도 깊이까지 제거하고 철근은 샌드블라스팅이나 수압분쇄기로 완전히 청소하며, 만일 중앙부의 철근에 단면손실이 있다면 보강철근으로 보강하고 철근에는 방청도료를 칠하여 방식효과를 높이도록 한다.

① 시공순서

- 손상 콘크리트 표면 청소 및 정리
- 철근 단면손실시 철근 보강 및 방청도료 칠하기

- 신구콘크리트 접착제 바르기
- 특수조강무수축물탈 채우기
- 중성화 방지재 및 방수재 도포

또한 신구 콘크리트 이음면에서 접착이 불량할 경우는 에폭시 콘크리트가 양생된 후 이음면에 균열 보수에서와 같은 주입공법을 시행한다.

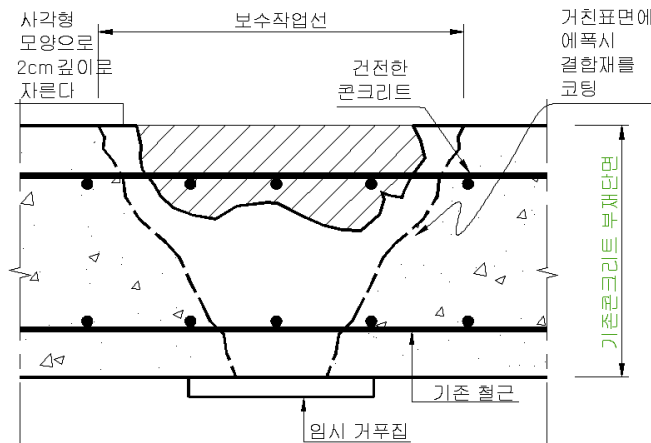


<그림6-9> 콘크리트 부재의 깊은 보수

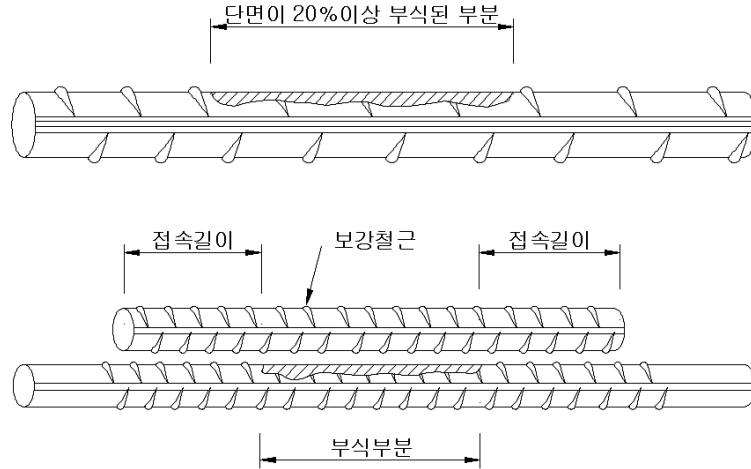
다) 전단면 치환 보수(Total Replacement)

콘크리트의 손상이 부재 두께의 반 이상 확장되었을 때 전단면 치환이 필요하다. 다른 보수에서처럼 손상 콘크리트는 철근 피복을 제거하며, 콘크리트의 제거시 철근에 손상을 입혀서는 안 된다.

만일 중앙부의 철근에 단면 손실이 있다면 보강 철근으로 보강하고 철근에는 방청도료를 칠하여 방식효과를 높이도록 한다. 또한 제거 준비 시에 적절한 보호장비를 설치하여 파편이 떨어지는 것을 막아야 한다. 콘크리트가 제거된 후 부재의 한쪽 면에 거푸집을 설치하며, 다음 과정은 깊은 보수(Deep Repairs)에서와 같은 요령으로 시공한다.



<그림6-10> 전단면 치환보수



<그림6-11> 철근부식 부분보강

5) 방수층에 대한 보수공법

구조물의 방수공법은 시멘트 액체방수 및 무기질 침투성 도포방수, 에폭시 수지계 방수 등이 있으며, 에폭시 수지계 방수공법은 구체를 완전 건조 후 시공해야 하므로 보수 방법으로 적절치 못하여 이를 제외한 나머지 공법에 대한 특징을 다음과 같다.

가) 시멘트 액체방수 공법

시멘트 액체방수는 구체 표면에 지방산, 지방산염, 아스팔트 에멀전, 수용성 수지 등과 같은 유기질계의 방수제와 시멘트 모르타르를 덧발라 수밀한 방수층을 형성하는 공법이다.

이 공법은 구성재료가 물, 시멘트, 방수액으로 시멘트와 물이 반응하는 특성을 가지고 있기 때문에 습윤환경 하에서의 적용에 적합하고 방수액의 발수성 등의 장점이 있으나, 균열 발생 염려가 크기 때문에 구체의 진동, 거동이 예상되는 곳과 건조환경 등에서는 미세균열이 발생하는 단점이 있다.

① 시공순서

- 바탕처리 : 기존 방수층 손상부를 완전히 파취하고 바탕면의 오물질을 제거 하여야 하며, 균열 등 손상부는 적절한 보수를 실시한 후 물 씻기 등의 방법으로 완전히 청소한다.
- 방수시멘트 페이스트 풀칠 : 시멘트·방수제·물을 소정의 배합과 농도로 혼합하여 바탕면에 일정한 두께로 평탄하게 칠한다.
- 방수용액 도포 : 물에 방수제를 넣어 희석 또는 용해한 방수용액을 전면에 균일한 양으로 도포하며, 특히 굴곡부, 모서리 등에는 면밀히 칠한다.
- 방수모르타르 바름 : 시멘트·모래·방수제·물을 소정의 배합비로 충분히 반죽하여 일정한 두께로 평탄하게 칠한다.
- 방수층 양생 및 보호 : 건조수축에 의한 방수층의 균열이 발생하지 않도록 충분히 보호하여야 한다.

나) 무기질 침투성 도포방수 공법

무기질 침투성 도포방수는 주성분이 시멘트, 규산질미분말(활성실리카 성분) 및 입도조정 모래(규산)인 방수재와 물을 혼합한 방수재 슬러리를 바탕면에도포하는 공법으로 방수재 성분이 콘크리트 속의 공극을 통해 확산하여 화학반응에 의해 불용성의 규산칼슘수화물을 생성하고 모세관 공극을 충전시켜 치밀해진다.

이 공법은 습윤환경에서 그 효과를 크게 기대할 수 있으나 시공 후 모체의 균열이 발생한 부분은 방수효과가 기대할 수 없으므로 추가 도포가 필요하다.

① 시공순서

◦ 바탕처리 : 기존 방수층 손상부를 완전 파취하고 바탕면의 오물질을 제거하여야 하며, 균열 등 손상부는 적절한 보수를 실시하고 이음매 부분 및 불균일한 단면은 시멘트 모르타르로 충전한다. 또한 물씻기 등의 방법으로 청소를 실시한 후 콘크리트 면의 수분을 제거한다.

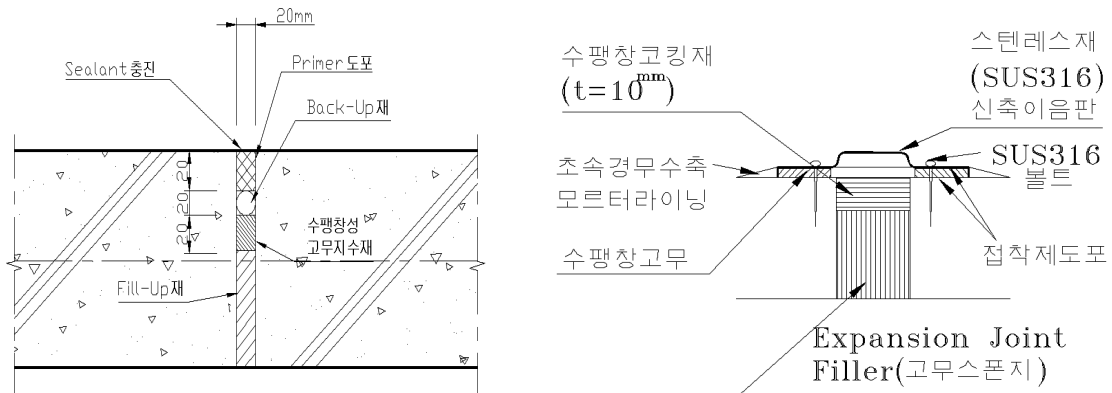
◦ 방수재 도포 : 방수재를 솔, 흠손, 뿔칠, 롤러 등으로 콘크리트 면에 소정의 도포량을 균일하게 2회 도포한다. 첫번째 도포후 방수층이 손에 묻지 않는 상태에서 두번째 도포를 실시하며, 첫번째 도포후 24시간 이상 지난 경우 두 번째 도포전에 물을 뿌린 후 실시한다.

◦ 양생 및 보호 : 도포 완료후 48시간 이상의 적절한 양생을 한다. 직사 일광이나 바람, 고온 등에 의해서 갑자기 건조될 우려가 있는 경우는 물을 뿌리고 시트 등으로 보호하여야 하고, 폐쇄장소 등에서 결로의우려가 있는 경우는 환기, 통풍, 제습 등의 조치를 취해야 한다. 또한 저온에 의한 동결의 우려가 있는 경우는 보온, 시트깔기 등의 양생을 한다.

6) 신축이음부 보수공법

신축이음부의 충전재 노후부위에 대하여는 노후화된 충전재를 제거하고 이음부에 들뜬 콘크리트 및 골재를 제거하여 모체 사이의 틈새를 깨끗이 청소한 후 수팽창성 고무지수재와 Back-up재를 이음부 틈새에 삽입한다.

보수부위를 건조한 상태로 계속 유지시키면서 프라이머 접착재 도포 및 신축성이 우수한 실란트 충전의 순서로 시공한다.



<그림6-12> 신축이음부 누수 보수

7) 철근노출 단면복구 공법

철근노출 단면복구 공법은 표면처리공법 및 충전공법과 유사한 방법이나 고강도 수중경화성 구조물 보수공법으로 콘크리트 구조물의 방식, 지수, 보강용으로 사용되는 공법으로 물성으로는 압축강도가 $400\pm 40\text{kgf/cm}^2$, 휨강도가 $100\pm 10\text{kgf/cm}^2$, 접착강도가 25kgf/cm^2 로 보수 효과가 뛰어난 보수공법이다.

가) 공법의 특징

- 내구성이 우수하다.
- 수중, 습윤시공이 가능하며 시공이 용이하다.
- 콘크리트의 열화 및 철근의 부식을 방지한다.
- 재료가 내구성으로 부식에 강하다.
- 일반공법에 비하여 다소 고가이다.

나) 시공순서

- 취핑작업 및 고압세척 실시
- 철근 방청제 및 표면강화재, 신구콘크리트접착재 도포
- 특수조강무수축물탈 채우기
- 중성화방지재 및 방수재 도포
- 양생

8) 철근방청공법

콘크리트가 파괴되어 철근이 노출되어 있으면 철근방청공법에 의한 처리가 필요하다. 노출이 오래도록 방치되면 파괴면 및 철근에 염분, 탄산화물, 부착처해물 등이 부착하여 이것을 제거하는 데에는 블라스트 처리가 필요하다.

가) 시공순서

- 철근주위의 콘크리트 절삭
에어칩퍼나 절삭정 등으로 내측 콘크리트를 건전부위까지 절삭
- 청소 및 녹 제거(블라스트공법)
와이어브러시, 진공 블라스트 등을 사용하여 녹 제거
- 방청처리
붓이나 스프레이 등을 사용하여 방청제를 도포하고 건조시간을 확인하여 건조 후에 단면보수

나) 사용재료

- 녹전환형 방청제(인산, 유기산, 킬레이트제)
- 수지계 방청제(에폭시수지, 아크릴수지)

- 폴리머 시멘트계(SBR계, PAE계)
- 변성 에폭시 수지계(에폭시수지, 녹전환형 방청제의 복합형)

6.2.2 보강공법

보강공법을 크게 나누어 보면 당해 부재에 보강대책을 실시하는 직접적 방법과 당해 부재의 적용하중을 경감시킴에 의한 구조계로서의 보강대책을 세우는 간접적 방법이 있다. 여기에서는 주로 기존부재의 내하력을 향상시키기 위한 보강공법에 대하여 설명하고, 이를 다음 <표6-2>에 나타내었다.

<표6-2> 보강공법의 종류 및 개요

구분	공 법	종 류 별	개 요	사용재료
직 접 방 법	강판접착공법	압착공법	보강용 강판을 접착용 수지에 의해 콘크리트면에 압착	강판, 접착용수지
		주입공법	보강용 강판과 콘크리트 사이의 주변을 충전하고 수지를 압입	강판, 주입용수지
	MFRI 공법	-	콘크리트면에 탄소섬유로드를 삽입해 기존 부재와 일체화	MFRI
	프리스트레스 도입공법	-	부재외면에 PC 케이블을 배치하여 보강	PC강재, 콘크리트
	단면복구공법	-	콘크리트면에 특수조강무수축물탈을 도포하여 기존부재와 일체화	특수조강 무수축물탈
	콘크리트 덧붙이기 공법	합성보공법	기존 콘크리트면에 RC단면을 덧붙여 신·구콘크리트를 일체시켜 합성단면화	철 근, 콘크리트
		철근증설, 모르타르 스프레이공법	보충철근을 기설철근에 첨가하고 모르타르를 뿜어 두께를 증가해 보강한다.	철 근, 모르타르
		단면증가 공법	압축축에 콘크리트를 덧붙여 단면을 증가해 보강한다.	콘크리트
		착근공법	콘크리트를 덧붙인 면에 착근하여 덧붙인 부분의 철근을 연결 신·구콘크리트를 일체화	철 근, 콘크리트
	보 겹치기 공법	-	콘크리트보에 강철재보 또는 콘크리트 보를 겹쳐 신·구보를 겹침보로 한다.	강 재, 콘크리트
콘크리트 교체보강공법	부분교체 공법	열화·손상한 국부부분을 제거하고, 새로운 콘크리트로 교체 보강	콘크리트	
	전면교체 공법	열화·손상을 입은 부재 전체를 새로운 콘크리트로 교체 보강	콘크리트	
간접 적 방법	보 증설공법	-	세로보, 가로보 등을 증설 내하력을 증대	강 재
	기동중심공법	-	기설보의 중간에 기동을 증설 내하력을 증대	강 재 RC, PC

1) 콘크리트 덧붙이기 공법

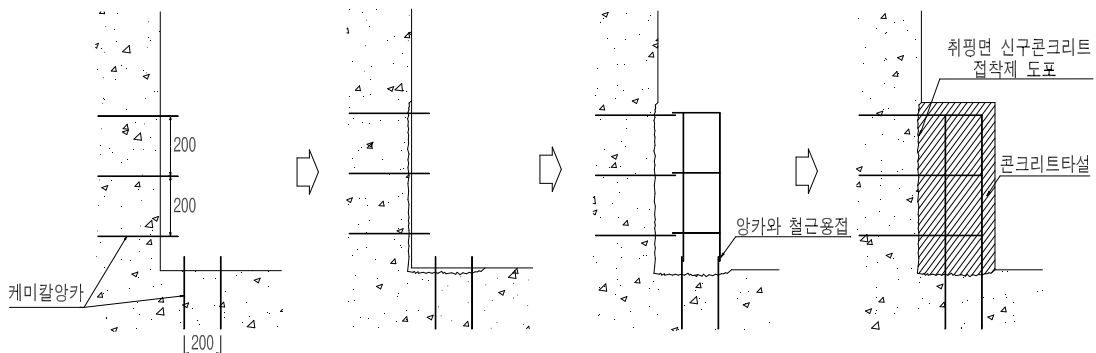
콘크리트 덧붙이기 공법은 콘크리트 부재 전단응력이 부족한 단면을 취핑하여 기존 구조물의 철근을 연결하여 새로이 설치하는 곳에 철근을 가설하고 그 위에 콘크리트를 타설하는 공법이다.

이러한 콘크리트 덧붙이기 공법에는 기존의 부재에 콘크리트를 덧붙여 단면을 증가시켜 내력의 증강을 도모하는 경우와 콘크리트를 덧붙임에 의해 구조물 자체를 개조하여 구조물의 기능향상을 도모하는 경우가 있다.

본 공법에 있어서는 신·구콘크리트의 일체화를 도모하는 것이 대단히 중요하므로 덧붙임 부분에 배치하는 철근의 기설 구체에의 앵커, 신·콘크리트의 조인트 처리 등이 특히 중요하다. 수조 구조물의 경우를 다음 <그림6-13>과 같이 나타내었다.

가) 시공순서

- 단면보강부위 면에 케미칼 앵카(M16×150L)를 @200 간격으로 설치
- 단면보강부위 면 취핑
- 케미칼 앵카에 철근(D16)을 용접·배근
- 취핑면에 신·구 콘크리트 접착제를 도포한 후 콘크리트 타설



<그림6-13> 콘크리트 덧붙이기 공법 적용예

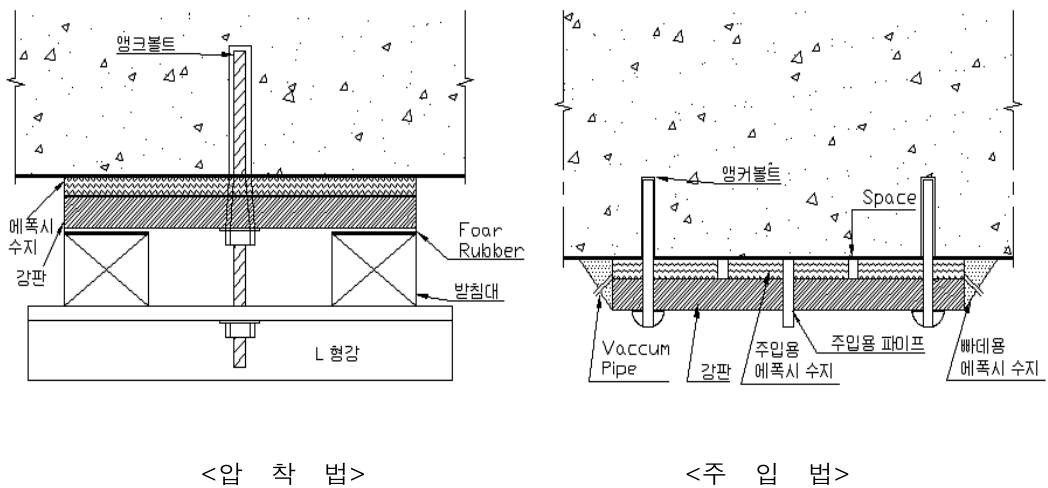
2) 강판 접착공법

본 공법은 콘크리트 상판(Slab), 보, 벽체 또는 기둥면에 강판을 접착하여 기존의 콘크리트 구조물과 일체화시켜 콘크리트 열화와 철근의 부식을 방지함은 물론 작용하중에 의한 내하력을 증가시키는 공법이다. 접착하는 강판으로는 일반적으로 4.5~6.0mm 두께의 철판을 이용하고, 접착재료는 에폭시수지계 접착재가 이용된다.

강판 접착공법에는 강판면에 접착제를 바르고, 이것을 콘크리트 면에 압착하여 Anchor Bolt로 고정하는 압착법과 강판을 콘크리트면에 Anchor로 고정하여 콘크리트와 강판의 간극에 접착제를 압입하는 주입법의 2가지가 있다.

가) 시공순서

- 철판 보강 부위에 발생된 Crack은 고강도 Epoxy Resin 주입
- 철판 부착용 앵커는 Chemical Bolt를 사용하고 간격은 200×400으로 천공
- Beam의 양쪽 옆면을 9mm Plate로 하고, Beam 하단부위는 15mm Steel Plate로 보강
- 철판 외부를 Epoxy를 싯링하여 봉합
- 철판을 부착후 Epoxy 주입구로 고강도 Epoxy 주입
- 철판 보강후 모르터로 마감하지 않을 경우 내화 페인트로 도장 필요



<그림6-14> 강판 보강공법

3) MFRI 공법

본 공법은 노후화된 콘크리트 부재에 유리섬유 탄소섬유 등을 로드화시켜 기존 부재와 일체화시키는 공법이다.

가) 공법의 특징

- 재료의 인성이 우수하고 경량으로 작업성과 시공성이 용이
- 자연조건에 의한 노화가 심한 경우에 적당
- 사하중의 증가가 미소하므로 보강단면의 장기거동에 유리
- 탄소섬유로드의 탄성이 우수하여 다소의 외력, 충격, 진동에 대하여 내구성이 우수(무근콘크리트의 파괴하중과 비교하여 8~10배의 보강효과 기대)
- 탄소섬유로드 자체의 기계적 강도가 대단히 크며 또한 안정

나) 시공순서

- 콘크리트 표면 철거 및 고압세척
- 침투성 표면강화 및 발청억제재(HE-256) 도포

- 신·구콘크리트접착재(G&W-II) 솔처리
- 1차 모르타르바르기(RE-몰탈)
- 정착구 설치 및 섬유로드(MFRI) 설치
- 마감몰탈바르기(RE-몰탈)

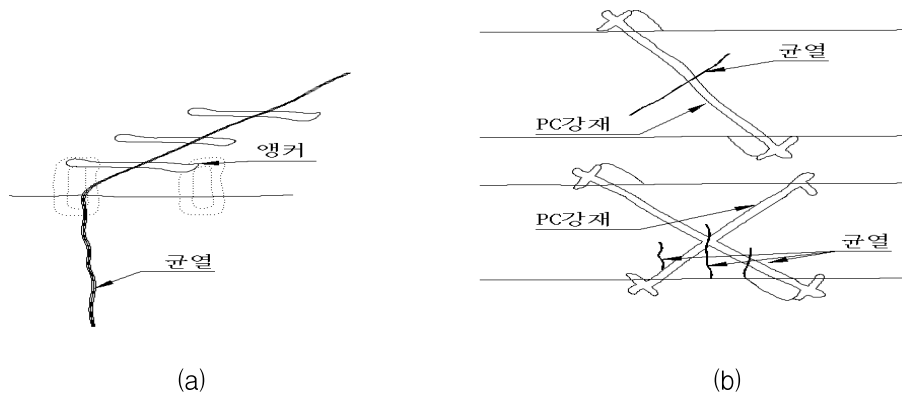
4) 강제앵커에 의한 보강공법

강제앵커에 의한 보강공법은 다음 <그림6-15>의 (a)에 나타난 고리형 앵커를 균열을 가로질러 설치해 균열을 봉합시키는 공법이다.

5) 프리스트레스에 의한 보강공법

프리스트레스에 의한 보강공법은 균열부에 프리스트레스를 부여함으로써 부재에 작용하는 인장력을 감소시켜 균열을 봉합시킬 뿐만 아니라 압축응력을 부여하는 것을 목적으로 하는 공법으로서, 다음 <그림6-15>의 (b)와 같으며, 구조적인 균열의 보수·보강을 행할 때 유효하다. 이 공법은 콘크리트의 덧붙이기 공법과 병용할 수 있으며,

이 경우는 기설단면과 덧붙인 단면을 프리스트레스에 의해 연결시켜 양자의 일체화를 도모한다.



<그림6-15> 강제 앵커 및 프리스트레스에 의한 방법

6.2.3 보수·보강 재료

콘크리트 구조물의 보수·보강재료는 기본적으로 콘크리트와 강재에 의해 이루어지며, 최근 시멘트로 대표되는 결합재, 접착재, 코팅재 등 각 용도에 따라 액상고분자계의 각종 합성수지가 널리 이용되고 있다. 보수·보강재료에 요구되는 조건으로서는

다음 <표6-3>과 같이 사용목적, 피보수면의 기본조건, 재료품질요건, 시공요건에 대한 적합성, 경제성 및 유지보전성 등이 있다.

<표6-3> 재료의 적합성 조건

구분	항 목	조 건
목적 조건	사용목적에 대한 적합성 콘크리트 기초조건에 대한 적합성 균열조건 적합성	방수, 열화방호, 단면보수·보강 등 건조, 습윤, 침수 진행성, 균열폭, 깊이
재 료	재료요건에 대한 적합성	콘크리트와의 부착성(접착성), 방수 성(흡수성, 투습성), 차염성, 내약품 성, 내유성, 수축성, 크리프, 강도 탄 성계수, 내구성 환경친화성
시 공	시공요건에 대한 적합성	유동성, 안정성, 시공시간, 사용개방시간 작업조건, 안전성
기 타	경제성 유지보전성	청소성, 재보수성

일반적으로 보수재료를 선택시는 아래와 같은 사항에 유의하여야 한다.

- 철근부의 처리 재료로서 유기계의 도료 및 프라이머를 사용금지
- 결손부를 메우고 빠져 나온 에폭시수지 모르터 재사용금지
- 강도가 콘크리트보다 현저하게 높은 재료 사용제한
- 인체에 무해하며, 환경친화적인 제품일 것
- 실적이 풍부하고 검증된 재료인 것
- 철근콘크리트의 내구성 향상을 도모할 수 있는 재료일 것
- 장기적인 접착성이 실증되어 있는 재료일 것

보수·보강 공법에 적용되는 재료의 일반적인 특성은 다음과 같다.

1) 수지계 재료

균열보수를 위한 수지계 재료(폴리머 모르터, 에폭시수지, 가용성에폭시수지, 탄성실링재, 도막탄성방수재 등), 시멘트계 재료(폴리머시멘트슬러리, 폴리머시멘트페이스트, 폴리머시멘트모르터, 시멘트충전재, 팽창시멘트주입재 등)가 있다.

균열보수공법에는 일반적으로 표면처리공법, 주입공법, 충전공법 등의 공법이 있고, 공법에 따라 사용재료가 상이하게 된다. 균열보수에 사용되는 재료의 종류와 보수공법사이의 관계를 <표6-4>에 나타내었다.

가) 균열주입용 수지

주입용 수지에는 에폭시 수지계와 폴리에스테르 수지가 있고, 일반적으로 상온경화용의 에폭시 수지가 널리 이용되고 있다. 이것은 이액형으로 주제와 경화제를 사용직전에 혼합시켜서 경화반응을 일으키는 것이다. 폴리에스테르 수지는 에폭시수지에 비해 수축이 크고 접착강도가 작으며 시멘트에 대한 내알칼리성도 나쁘지만, 에폭시보다 양생온도가 낮고,

경화시간의 조정이 쉬우며, 점성도 낮게 할 수 있기 때문에 균열폭이 작은 경우 등에 유효하게 사용될 수 있는 장점도 있다. 주입용 수지로서 필요한 성질은 다음의 요건을 갖춘 것이어야 한다.

- 균열폭의 대소에 따라서 점도의 조정이 용이하여 균열세부까지 주입이 가능한 것.
- 기설콘크리트의 견습에 관계없이 접착력이 충분한 것.
- 사용시의 온도에 따라서 사용시간을 쉽게 조정할 수 있을 것.
- 경화수축이 작고, 인장·휨·압축강도 및 탄성계수 등의 물리적 성질이 가능한 한 콘크리트와 유사할 것.
- 내구성, 내수성이 양호할 것.

나) 레진콘크리트용 수지

결합제로서 시멘트 대신 합성수지를 사용하는 콘크리트를 레진콘크리트라 하며, 레진콘크리트용으로 이용되는 수지는 에폭시수지와 폴리에스테르 수지이고, 이것에 미립의 충전재, 잔·굵은 골재를 혼합하여 레진콘크리트를 제조한다. 콘크리트 부재의 단면 수복 등에는 거푸집을 설치해 골재를 채워 넣고 골재 공극 중에 수지를 주입하는 프리팩(prepack)공법으로 시공한다.

다) 접착용 수지

접착용 수지에는 에폭시 수지, 폴리에스테르 수지 등이 있으나 에폭시수지가 많이 사용되며, 접착용 수지는 콘크리트 부재에 강판을 접착하는 경우 및 콘크리트 부재끼리 접착할 경우 및 기설 콘크리트에 새로운 콘크리트를 접목하는 경우의 조인트 등에 이용된다.

라) 도막용 수지

도막용 수지로서 반응경화형 에폭시수지, 폴리우레탄수지, 프란(Fr) 수지, 폴리에스테르 수지 등이 있고 저점도의 수지를 이용하는 경우가 많다. 최근에는 염해 및 알칼리 골재반응 또는 동결융해에 의한 열화가 시작된 콘크리트 부재에 대하여 열화진행방지를 위한 도장을 행하는 것이 증가하고 있는데,

이와 같은 목적으로 수지를 이용하는 경우는 아래와 같은 요건을 만족하여야 한다.

- 콘크리트와의 부착성이 좋을 것.
- 콘크리트의 변형에 충분히 추종할 수 있을 것.
- 내후성을 가져야 할 것.

마) 특수조강무수축물탈

특수조강무수축물탈은 콘크리트 구조물의 방식, 지수, 보강용으로 적합할 뿐만 아니라 내식성이 강하고, 염해 등에 효과가 좋은 보수공법으로 내구성이 우수하고 수중, 습윤 시공이 가능하다.

<표6-4> 균열보수재료의 종류와 보수공법

구 분	보수재료의 종류	표면처리공법	주입공법	충전공법
수지계 재 료	폴리머 모르터	-	-	○
	에폭시수지	-	○	○
	가소성에폭시수지	-	○	○
	탄성실링재	○	-	○
	도막탄성방수재	○	-	-
시멘트계 재 료	폴리머시멘트슬러리	-	○	-
	폴리머시멘트페이스트	○	-	-
	폴리머시멘트모르터	-	-	○
	시멘트충전재	○	-	-
	팽창시멘트주입재	-	○	-

2) 강화플라스틱(FRP, Fiber Reinforced Plastic)

FRP는 유리섬유를 주요 보강재료로 하는 저압성형용 열경화성 수지의 적층성형품이다. FRP의 수지로서는 에폭시, 불포화 폴리에스테르 및 그 밖의 수지가 이용되지만, 에폭시수지를 이용한 FRP는 보강재로서 일반적으로 로빙 크로스(Roving-close)가 이용되는데,

FRP의 영계수는 일반적으로 플라스틱 정도이고 콘크리트에 비해서 작기 때문에 강성이 크게 요구되지 않는 부분에 이용할 필요가 있다.

3) 시멘트

각종 시멘트 중에서 보수용으로는

- ① 조강 포틀랜드시멘트
- ② 초조강 포틀랜드 시멘트
- ③ 초속경 시멘트
- ④ 알루미늄 시멘트 등과 같은 경화속도가 빠른 것이 주로 이용된다.

4) 탄소섬유 쉬트

탄소섬유 쉬트의 구성재료는 에폭시 수지와 탄소섬유인데, 탄소섬유는 직경이 7~14 μ m의 연속섬유로서 직경이 매우 작기 때문에 인장응력이 집중되기 쉽고 돌출부에 약한 특징을 가지고 있으며, 제조방법에 따라 피치계, PAN계, 성능상 고강도형 및 고탄성형으로 나누어진다.

또한 강도가 철근에 비하여 매우 높고(약10배), 탄성율은 거의 동등하며 강재와 달리 항복 현상이 없다는 역학적 특성을 갖고 있으며, 철근과 비교하여 경량이고(약 1/4) 녹이 슬지 않아 내구성이 뛰어나며 유연성이 있기 때문에 작업성이 우수한 기능적 특성을 가지고 있다.

탄소섬유의 사용형태는 섬유를 겹쳐서 실모양으로 한 탄소섬유 스트래드형과 섬유를 일 방향으로 배열해 만든 탄소섬유 쉬트형이 있으나 보강공법에는 일반적으로 탄소섬유 쉬트를 사용하는 경우가 대부분이다.

5) 유리보강섬유

유리보강섬유의 구성재료는 에폭시 수지와 유리섬유인데, 그 종류와 성질은 다음과 같다.

가) 유리섬유의 종류

- 촛드 스트랜드 매트(chopped strand mat)

9~12 μ m의 모노필라멘트를 150~230개 합하여 하나의 가닥으로 만든 후 일정한 크기로 절단하여 무방향성으로 접착시킨 것으로 강도가 다소약한 재질의 보강재로 쓰인다.
- 로빙크로스(roving cloth)

50~80개의 가닥(strand)을 엮어서 1개의 로빙으로 만들어 짠 평직의 두터운 천으로서 고강도의 유리보강섬유를 얻는데 유효하며 대형 성형품에 널리 사용된다.
- 양 크로스(yarn cloth)

로빙을 실과 같이 꼬아서 짠 것으로 강도가 가장 높으며, 표면층에 사용한다.
- 서피스 매트(surface mat)

모노필라멘트를 무방향으로 접착시킨 것으로서 고온 표면을 성형할 때 사용하며, 강도는 가장 낮다.

나) 유리섬유의 성질

- 인장강도, 비인장강도가 대단히 크다.

(비중 2.49~2.60, 인장강도 200kg/mm², 비인장강도 78.5kg/mm²)
- 탄성한도 내의 변형도가 크고 인장강도가 대단히 높으므로 충격에너지의 흡수량이 크다.
- 열전도율이 0.8~0.9kcal/mh[°]C이고 내열성이 우수하다.
- 단단하며 모오스경도가 6~7이다.
- 불연성이며 화학적 내구성이 우수하다.

(글래스 크로스, mat 등은 가연성 고분자물질 부착)
- 비흡수성으로 표면수분 흡착율이 0.3% 이하이다.
- 투명성이 양호하며, 굴절율이 1.52~1.55(560 μ m, 32 $^{\circ}$ C)이다.
- 전기적 저항성이 우수하다.

6) 강재

보강공법에 사용되는 강재는 보통 강판, 철근, H-형강, I-형강 등이 사용되며, 이와 같은 보강재는 보강공법에 따라 적합한 것을 선택 · 사용해야 하며, 보통 강재와 강재의 접합에는 강재 볼트접합이나 용접이 이용되고, 콘크리트와 강재와의 접합에는 앵커용 볼트가 사용된다.

6.3 보수 · 보강 우선순위 결정

6.3.1 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하며, 이를 위해 각종 기준(콘크리트 표준시방서 등)을 참조한다.

또한 보강의 경우는 안전율을 기준 이상으로 회복시키기 위하여, 부재 단면의 확대 정도 등을 판단한다.

6.3.2 수준 결정

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

- 현상 유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

6.3.3 우선순위 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생한 각종 결함에 대하여, 보강을 보수보다, 주요부재를 보조부재보다 우선하여 보수 · 보강 우선순위를 결정한다. 또한 상태평가의 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 결정한다.

6.3.4 용산소방서 저수조(2개소) 시설물 보수 · 보강방안

본 용산소방서 저수조 2개소 시설물에서 발생한 손상에 대하여 다음 <표6.3-1>에 나타난 각 시설물별 보수 방안에 따라 보수를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

<표6.3-1> 용산구 공설 저수조 구조물 보수 · 보강 방안

시설명	손상 상태	보수부위	보수 · 보강방안	우선 순위
No.12	노후화	내부벽체, 슬래브	◦마감부 노후화 진전 부위는 면정리 후 콘크리트 보호마감 표면처리 공법으로 보수	1

<표6.3-1> 저수조 구조물 보수·보강 방안(계속)

시설명	손상 상태	보수부위	보수·보강방안	우선 순위
원효로 1가 No.12	박리·박락 골재분리	내부벽체 슬래브	◦박리·박락 부위는 모체표면을 건전부위까지 치핑 후 단면복구공법으로 보수	1
	균열	슬래브	◦0.2mm이상의 균열부위는 수지주입공법으로 보수하며, 미세균열은 표면처리 공법으로 보수	1
	누수	상부슬랩 (천정)	◦균열부위 누수는 방수제 주입 등의 누수보수 공법 실시 적용 후 방수 코팅도장 실시	1
	백태	내부벽체	◦일반적으로 백태는 균열로 인한 것이라 할 때 균열부위의 보수로 완벽한 치수가 우선하여야 할 것이며, 백태보수공법에 의한 보수	1
원효로 2가 No.13	노후화	내부벽체, 슬래브	◦마감부 노후화 진전 부위는 면정리 후 콘크리트 보호마감 표면처리 공법으로 보수	2
	골재 분리	상부슬랩 (천정)	◦골재분리 부위는 모체표면을 건전부위까지 치핑 후 단면복구공법으로 보수	2

6.4 보수재료 및 공법 선정기준

6.4.1 보수재료 선정기준

보수재료의 요구성능은 재료자체가 가지고 있는 특성뿐만 아니라 시공상태에 따라서도 크게 영향을 받기 때문에 공법을 포함한 전체적인 보수시스템이 바람직하다.

그러나 시공의 영향을 포함한 보수시스템의 성능평가에 관한 연구는 아직 충분하지 않고 또 보수에서는 몇 종류의 재료를 조합해서 사용하게 되므로 재료성능이 매우 복잡하기 때문에 재료성능에 대한 평가는 공법의 평가와 나누어 고려하는 것이 합리적이다.

가. 보수재료의 요구성능의 분류

일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수재료는 재료자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다.

그 외에 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물과 일체화해서 거동하는데 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에는 재료의 본래목적 달성을 할 수 없다.

나. 요구성능 및 요구수준의 설정

보수재료에 구체적으로 설정되는 요구성능과 그 요구수준은 공법의 종류, 사용환경조건, 시공조건 및 잔존공용기간 및 보수 후의 내용년수 등의 여하에 상관없이 반드시 조사되어야 한다.

다. 보수재료의 기본설계

구체적인 요구성능 및 그 요구수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보가 되는 설계를 한다.

단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판재료 중에서 요구성능을 만족시키는 것으로 생각되는 것을 선택하거나 혹은 요구성능을 만족하도록 복수의 시판재료를 조합한 재료시스템을 구축해도 좋다.

단 재료를 조합하여 사용하는 경우에는 고려방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관하여 명확하게 명시할 필요가 있다.

6.4.2 보수공법 선정기준

열화되기 쉬운 환경에 노출된 콘크리트 구조물의 보수를 효율적으로 실시하기 위해서는 구조물의 열화상황과 그에 따른 성능저하의 현황 및 보수공법의 특징을 고려하는 시스템이 필요하다.

따라서 보수공법의 선정에는 손상의 형태, 규모 등을 신중하게 판단하여 다음과 같은 항목을 달성하기 위한 보수공법을 선정한다.

- 강도 및 강성의 회복
- 기능의 개선
- 수밀성의 확보
- 콘크리트 표면의 외관개선
- 내구성의 개선
- 철근으로의 부식성 물질의 접촉방지

또한 원칙적으로 우수한 성능을 가지는 공법이더라도 적용구조물의 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있으므로 구조물의 중요도, 형식, 환경조건 혹은 보수 후의 내구년수 등을 고려하고 그 공법이 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 여부를 고려하여야 한다.

6.5 보수공법 선정

6.5.1 구조물 보수·보강 신기술현황

2007년 현재 콘크리트 구조물의 보수·보강공법은 “한국건설신기술협회”의 신기술 등록현황에 의하면 24개 공법이 있으며, 그 목록은 다음과 같다.

구조물 보수·보강 신기술현황

구분	신기술 번호	신 기술 명	회 사 명	전 화 번 호	F A X	비 고
1	273	세라믹	경흥산업(주)	031)543-2223	031)543-2226	
2	288	폴리머 시멘트 모르터	레오콘(주)	02)419-4563	02)421-3089	
3	330	리플래쉬	리플래쉬기술(주)	02)478-3606	02)478-3609	
4	331	알카리부여성방청환원재	건용건설(주)	02)2281-8553	02)2281-8555	
5	343	RC슬래브교보강공법	(주)보성공법	062)942-1147	062)942-1153	
6	345	코러실	(주)삼주 S.M.C	02)784-8210	02)336-9478	
7	363	리노(세라탑)	(주)세라켄	031)495-2931	031)495-2933	
8	365	ECS 공법	한국엘단트산업	02)568-3161	02)552-3417	
9	381	박판 패널	(주)국민산업	062)655-5656	061)723-2003	
10	404	FRP ROD	동원건설(주)	031)553-3144	031)551-0352	
11	406	유리/탄소섬유-유공강관	(주)엠프로	051)508-0028	051)518-0050	
12	417	난연 3급 FRP 패널	근형기업(주)	02)3445-9155	02)3445-9157	
13	419	SKI 공법	삼성물산(주)	031)289-6680	031)2145-6500	
14	430	알루미늄 실리케이트	(주)케어콘	031)205-1707	031)273-5188	
15	432	HECA 공법	(주)태일케미칼	02)2612-0121	02)2689-7357	
16	445	섬유 래핑	근형기업(주)	02)3445-9155	02)3445-9157	
17	450	BOW 공법	성암건설	02)406-0892	02)409-2749	
18	462	아질산계 하이드로탈사이트	(주)한일시멘트	02)531-7145	02)531-7113	
19	466	ECOSEL 공법	(주)삼성건업	02)3662-8566	02)3662-1568	
20	470	미세/순환/반복주입제어	(주)지승구조건설	02)420-1088	02)420-1822	
21	473	각형 CFT	삼성물산(주)	02)2145-5746	02)2145-5770	
22	477	코어셀중합반응폴리머	(주)리폼시스템	02)421-7482	02)421-7483	
23	507	프리웨팅 스프레이	인본건설(주)	031)750-6400	031)750-6459	
24	511	투명복합패널	삼성중공업(주)	02)3458-7000	02)3457-7680	

6.5.2 적용공법 선별

본 과업의 대상구조물인 저수조(2개소)의 보수·보강공법은 여러 종류가 있으며, 각각의 공법마다 특징이 있다.

그 중에서 적용공법을 선택하기 위한 판단 기준으로는 어느 공법의 성능이 구조물의 상황과 그 환경조건에 가장 유효하게 발휘될 수 있는가 하는 것이므로, 각각의 공법의 특징 정리에서는 그 장점뿐만 아니고 단점에 대해서도 명확하게 하였으며, 보수효과가 얻어지지 않는 조건, 경제적인 보수를 하기 위한 조건 및 보수 후의 내용년수를 지배하는 요인 등의 관점에서 정리·분석을 실시하였다.

본 과업수행을 위한 공법선정을 위하여 구조물의 중요도, 형식, 주변의 환경조건 및 추후 유지관리의 편의성, 하자보수 등을 고려하여 일차로 합당하다고 판단되는 공법을 선정하였으며,

선별된 공법은 공법개요, 시공공정, 사용재료, 장·단점 및 특성(시공성, 적용성, 경제성 및 부착성) 등을 상호 비교하여 다음에 나타내었다.

배수지 내부 방수/방식공법 선정

구분	신기술번호	신기술명	회사명	전화번호	F A X	비고
1	273	세라믹	경흥산업(주)	031)543-2223	031)543-2226	
2	345	코러실	(주)삼주 S.M.C	02)784-8210	02)336-9478	
3	365	ECS 공법	한국엘단트산업	02)568-3161	02)552-3417	
4	432	HECA 공법	(주)테일케미칼	02)2612-0121	02)2689-7357	
5	466	ECOSEL 공법	(주)삼성건업	02)3662-8566	02)3662-1568	

배수지 내부 균열보수공법 선정

구분	신기술번호	신기술명	회사명	전화번호	F A X	비고
1	363	리노(세라탑)	(주)세라켄	031)495-2931	031)495-2933	
2	330	리플래쉬	리플래쉬기술(주)	02)478-3606	02)478-3609	
3	419	SKI 공법	삼성물산(주)	031)289-6680	031)2145-6500	
4	59	리폼 공법	(주)리폼시스템	02)421-7482	02)421-7483	특허

배수지 내부 방수/방식 공법 비교표

A3

6.5.3 보수공법 선정

본 점검 대상구조물인 저수조(2개소)의 보수·보강공법 선정 평가는 우선적으로 관련 산업규격에서 규정하는 성능을 만족해야함을 기준으로 평가를 실시하였다.

가. 재료의 성능 중심으로 선정된 시험항목에 대한 성능만족 여부평가

- 투수저항성, 구조체 거동 대응성, 유실저항성 등은 보수재료가 반드시 갖추어야 할 기본성능으로서, 관련 규격 및 요구 품질기준에 규정하고 있는 성능을 만족하지 못하였을 경우에는 보수재료로서의 성능 발휘를 기대할 수 없음을 의미함으로 반드시 관련 규격 및 요구 품질기준에 성능을 만족하여야 한다.

나. 시공성 및 유지관리 용이성의 평가

- 부착성, 내화학적, 유지관리 용이성 등은 주로 보수재료의 내구성과 유지관리 편의성 등을 평가하는 시험으로서 보수재료의 성능을 규정하는 중요도 면에서 투수저항성, 구조체 거동 대응성, 유실저항성에 비해 떨어지지만 보수재료의 성능유지차원에서 중요한 부분을 차지한다.
- 시공성 등은 보수재료의 성능에 직접적인 영향을 미치기보다는 시공하는 노하우에 해당하는 간접적인 부분으로 평가할 수 있다.

다. 시험평가에서 선정된 재료에 대한 검증사항

- 그 재료의 국내 적용실적 조사
- 사용 현장의 조사 및 평가(상황분석)
- 공장 생산라인의 확인 : 물량 공급시 균질한 제품 생산 가능성 여부 조사

배수지 내부 방수/방식공법 재료시험 비교표

신기술 번호	신기술273호 (세라믹)	신기술345호 (코러실)	신기술365호 (ECS)	신기술432호 (HECA)	신기술466호 (ECOSEL)
내충격성	KSM 4929-96 0.5kg×30cm×1/2" 이상없음	KSF 4715-01 1.0kg×50cm×1/2" 이상없음	KSF 4715 1.0kg×50cm×1/2" 이상없음	KSF 4715 1.0kg×50cm×1/2" 이상없음	KSF 4715-01 1.0kg×50cm×1/2" 이상없음
내굴곡성	KSF 4929 이상없음	KSM 5000 Φ10mm/180°굴곡 이상없음	KSM 5000 Φ10mm/180°굴곡 이상없음	KSM 5000 Φ10mm/180°굴곡 이상없음	KSM 5000 Φ10mm/180°굴곡 이상없음
내수성	KSF 4929 100℃/2hr 이상없음	KSM 5000 100℃/2hr 이상없음	KSM 5000 100℃/2hr 이상없음	KSM 5000 100℃/2hr 이상없음	KSM 5000 100℃/2hr 이상없음
신장율	KSF 4929 51%	KSM 6518-01 변위량1.9mm	-	-	-

콘크리트 보호마감 표면처리공법 재료시험 비교표(계속)

신기술 번호	신기술273호 (세라믹)	신기술345호 (코러실)	신기술365호 (ECS)	신기술432호 (HECA)	신기술466호 (ECOSEL)
축진 내후성	KSF 4929 400hr 균열,변색 이상없음	KSM 5000 300hr 균열,변색 이상없음	KSM 5000 300hr 균열,벗겨짐 이상없음	KSM 5000 300hr 균열,변색 이상없음	KSM 5000 WS형 250hr 이상없음
인장강도	KSF 4929 인장하중 32N/m ²	KSM 6518-01 인장하중 16.3kgf	-	-	-
염화물 침투 저항성능	JISK 5400-90 2.93×10 ⁻³ mm	JISK 5400 7.48×10 ⁻³ mm	JISK 5400 3.53×10 ⁻³ mm	JISK 5400 2.00×10 ⁻³ mm	-
염수분무	KSM 5307 300hr 이상없음	KSM 5307 168hr 이상없음	KSM 5307 168hr 이상없음	KSM 5307 168hr 이상없음	KSM 5307 168hr 이상없음
부착강도	KSF 4715-01 33.0kgf/cm ²	KSF 4715-01 22.9kgf/cm ²	KSF 4715-01 25.7kgf/cm ²	KSF 4715 25.2kgf/cm ²	-
음용수 기준 용출시험	KSF 4929 유해물질 검출안됨	KSM 5000 유해물질 검출안됨	KSM 5000 유해물질 검출안됨	KSM 5000 유해물질 검출안됨	KSM 5000 유해물질 검출안됨

6.5.4 보수공법 검토결과

본 흠결사항에 대한 적용공법 선정을 위한 비교 검토결과 최종적으로 선별된 공법은

- 사용재료(투수저항성, 구조체 거동대응성, 유실저항성)
- 제품의 생산성, 특성(시공성, 강도, 부착력)

- 경제성과 친환경적 요건(음용수 기준에 대한 적합여부) 등을 고려하여 종합적으로 판단하여 볼 때 본 보수대상 구조물의 상황과 그 환경조건에 가장 유효·적합하게 발휘될 수 있을 것으로 사료된다.

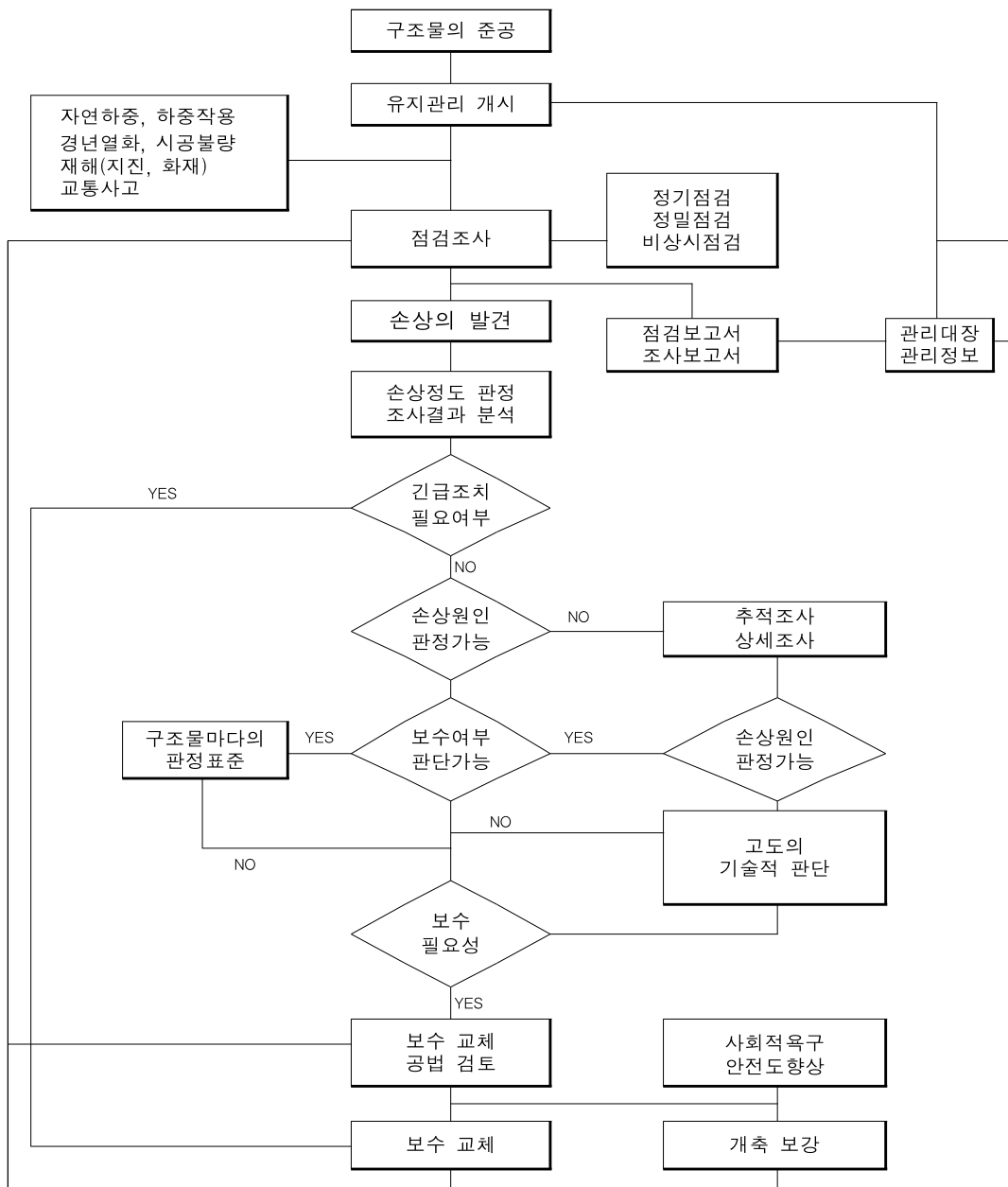
다만, 적용공법에 대하여는 철저한 사전 작업계획에 의한 시공(배합비, 양생시간, 등)과 철저한 관리감독(품질기준, 시공관리기준, 감리기준 등)이 명확히 선행되어야 할 것이며, 배수지 내부 방수/방식 공사시 재료 및 시공품질을 철저히 확보하기 위하여는 하자의 책임을 명확히 구분하는 조치가 필요할 것으로 판단된다.

6.6 유지관리 방안

6.6.1 개요

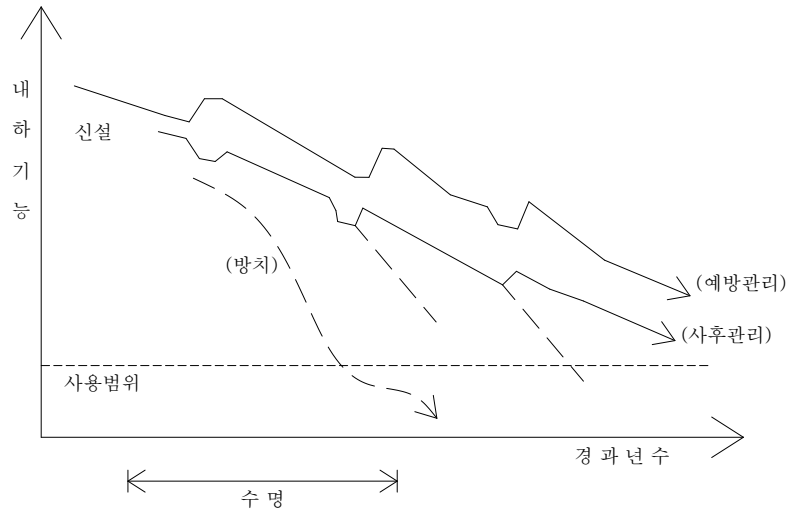
모든 구조물은 건설 후 자연 및 인위적인 사용환경에 따라 설계 및 시공에 특별한 하자가 없더라도 공용기간에 비례하여 노후화 되며,

사용성 및 안전성을 서서히 상실해 간다. 이렇듯 시간에 따라 손상되어 가는 구조물의 기능성 향상과 함께 노후화를 억제하며 구조물의 저해가 되는 요인을 사전에 발견하여 적절한 대책을 강구함으로써 대상 구조물의 내구년한의 연장을 도모하는 작업을 유지관리라 한다.



<그림 6.6-1> 유지관리 흐름도

다음은 관리방식의 차이에 대한 시설물의 수명을 나타낸 것이다.



<그림6.6-2> 시설물의 수명과 관리방식

유지관리 방식에는 사후관리 방식(Breakdown Maintenance)과 예방관리 방식(Preventive Maintenance)으로 나뉘어 있는데 사후관리 방식은 시설물의 이상발견 시 그에 따른 적절한 관리를 하는 형식이며, 예방관리 방식은 시설물의 이상발견 이전에 이상발견 징후를 파악하여 사전에 관리하는 방식이다.

시설물의 경우 한번 이상이 발견되면 차후 보수·보강 등의 조치를 한다 하여도 이전에 안전성에 미치지 못하는 경우가 많으므로 예방관리 방식의 유지관리가 중요하다 할 수 있다.

6.6.2 관리적 측면

가. 자료관리

자료관리는 대상 구조물에 관련하여 문서를 통해 객관적으로 확인할 수 있도록 구조물의 설계도서 및 사고이력 등의 일관된 자료들을 관리하는 것이다. 또한 시간의 경과에 따라 관련 자료의 증가가 불가피 함으로 자료의 전산화를 통해 데이터베이스 구축이 효율적이다.

유지관리시 필요한 관련자료를 열거하면 다음과 같다.

- ① 설계도서
 - 시공도서 : 시공도면, 보수·보강도면, 구조계산서, 수리·수문계산서
 - 제작 및 작업도면 : 붕괴유발부재를 포함한 시설물부재의 상세도면
 - 준공도면 : 최종도면
 - 시방서 : 공사시방서
- ② 사진 (정면 및 측면, 주요결함부위, 주요 시공 사진)
- ③ 품질관리 관련자료

- 재료증명서 : 시공재료의 종류, 등급, 품질을 기록한 공장 재료증명서
- 품질시험기록
- 재하시험 자료 : 현장재하시험
- ④ 시설물관리대장
- ⑤ 점검 및 진단이력
- ⑥ 상태 및 안전성평가 자료
 - 상태평가 자료
 - 안전성평가 자료
 - 계측결과평가 자료

나. 일상관리

일상관리는 시설물을 사용하면서 평상시에 손상 및 사고예방을 위해 간단한 작업을 통해 관리해 주는 것으로서 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비, 청소, 적절한 물품의 배치, 등이 이에 해당된다.

다. 점검 및 진단

점검 및 진단의 목적은 시설물의 현 상태를 판단하여, 상태평가 및 안전성 평가의 기본 자료를 제공하며, 시설물상태와 노후화 정도에 대한 지속적인 기록의 제공, 그리고 보수 및 성능회복 작업의 우선 순위 등을 결정하기 위함이다.

관리주체는 특별법 제4조의 규정에 의한 소관시설물별로 안전 및 유지관리 계획을 수립하여 체계적이고 일관성 있는 점검 및 진단이 실시될 수 있도록 하여야 한다.

6.6.3 기술적 측면

가. 시설물 내구성 증대 계획 수립

상시 담수상태에 있는 소방용수시설(토목구조물)에 대한 내구성 증대계획을 수립하여 연차적 시행함으로서 잔존수명 연장 도모 필요

나. 구조물의 문제점 및 문제가능성이 있는 부위

○ 본 구조물은 시설물의 내구성 및 사용성을 증대시키기 위하여는 시설물에 나타난 흠결사항을 조속히 보수·보강하고 상시점검 등 적절한 대책을 마련하여 향후 중점적으로 관리한다면 시설물의 내구성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

- 또한, 저수조 물 비우기를 실시함에 있어 강제배수(배수펌프에 의한 펌핑)를 할 수 밖에 없는 상태로서, 향후 저수조내 청소 또는 예측되지 않은 정비작업 등을 위한 지내배수(물 비우기) 시 원활한 작업 여건조성 확보 뿐 아니라,

주기적인 저수조 청소 및 소방용수의 교체 등으로 저류수의 오염방지는 물론 구조물의 사용성 증대를 위하여 시설개량 등에 의한 적절한 배수(물 비우기) 대책을 강구하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

제 7 장 종합결론 및 건의

7.1 정밀점검결과에의 종합결론

7.2 정밀안전진단 및 시설물의
사용제한의 필요성 여부

7.3 유지관리시 특별한 관리가
요구되는 사항

제 7 장 종합결론 및 건의

7.1 정밀점검 결과의 종합결론

본 저수조 시설은 재난, 재해 및 화재 등으로부터 시민의 생명과 재산을 안전하게 보호하고 시민이 안전하고 평온한 삶을 누릴 수 있도록 하기 위하여 용산소방서로 승격(1944. 07. 14)한 이후 119 구조대(1995. 07. 15)를 발족, 현재 21.87km²(인구:243,033명)의 관할구역 내에 총 2,767개소의 소방용수(소화전, 저수조, 급수탑, 비상소화장치) 시설을 갖추어 관리·운영 중에 있는 시설로서, 화재를 진압하는데 필요한 물을 저장하기 위한 저수조로 이루어져 있다.

시설물 전반적으로 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태”의 “B”등급으로 평가되었으나, 부분적으로 노후화가 진행되고 있는 상태이다.

따라서, 시설물의 내구성 및 사용성을 증대시키기 위하여는 시설물에 나타난 흠결사항을 조속히 보수하고 상시점검 등 적절한 대책을 마련하여 향후 중점적으로 관리한다면 시설물의 내구성을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

1) 소방용수시설

「주변시설물」

○저수조 주변의 도로 노선을 따라 현장 조사한 결과 주변의 지형 변화(함몰, 세굴 등) 등의 우려되는 변화는 발견 할 수 없었으나,

원호로1가(No.12) 저수조는 차량하중 등 외압조건에 영향을 받는 곳에 위치한 상태로서, 구조물의 기능저하 요인을 가진 흠결 사항을 보완한 후 운용할 수 있는 조치가 필요할 것으로 판단되며, 노후화 진전 및 훼손 등을 최소화하는 조치가 요구된다.

○저수조 물 비우기를 실시함에 있어 강제배수(배수펌프에 의한 펌핑)를 할 수 밖에 없는 상태로서, 향후 저수조내 청소 또는 예측되지 않은 정비작업 등을 위한 지내배수(물 비우기)시 원활한 작업 여건조성 확보 뿐 아니라

주기적인 저수조 청소 및 소방용수의 교체 등으로 저류수의 오염방지는 물론 구조물의 사용성 증대를 위하여 시설개량 등에 의한 적절한 배수(물 비우기) 대책을 강구하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

「저수조(2개소) - 토목구조물」

○내부벽체 및 하부(바닥)슬래브 구조물은 상시 운영수위를 유지하며 수량에 장기간 잠긴 상태의 영향을 받는 구조로서,

특히, 원호로1가 저수조(No.12)는 구조물의 벽체 및 하부슬래브 열화현상에 의한 노후화가 심하게 진전(중성화, 골재분리 등)된 상태이나,

저수조 내부의 콘크리트 중성화 및 보호를 위한 어떠한 조치도 이루어지지 않은 상태이다.

또한, 일부에서는 소량의 외수가 유입되고 있는 상태로서, 균열 또는 수밀성에 문제가 있는 콘크리트 부위가 있을 경우 유로가 형성되게 되고 이는 곧 콘크리트 내부의 알칼리 성분의 유출은 물론, 내부 철근의 부식에 의한 부피팽창(약2.6배)단계에 이르게 되면 콘크리트가 파손되는 현상이 발생하게 되는데

현재로서는 콘크리트 파손 등의 상태까지는 진전되지 않은 상태였으나, 콘크리트 파손의 경중에 따라 구조물 기능을 상실하는 등 심각한 결과를 초래하는 경우가 있을 수 있으므로 부재별 상태평가, 각종 계측 측정, 상세외관조사 및 시험 등의 비파괴 검사 결과를 토대로한

구조물의 노후화 방지 및 사용성 증대를 위한 내구연한 연장을 도모할 수 있는, “콘크리트 단면복구 및 보호마감 표면처리공법” 등의 적용으로 더 이상의 훼손 진행을 억제 할 수 있는 조치가 필요한 것으로 판단된다.

「저수조(1개소) - 안전성평가」

○ 본 용산소방서 공설 저수조(4개소)의 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하기 위하여 안전성평가를 실시한 결과,

- 강도설계법에 의한 극한하중(하중증가계수 반영) 작용시 모든 검토대상 부재에서 안전율(SF)이 1.0 이상으로 내하력은 충분한 것으로 평가되었으며,

안전성평가등급은 “a” 등급으로 산정되었다.

○ 본 안전성평가에서는 과업을 수행함에 있어 구조물과 관련한 설계도서 등의 자료가 충분하지 않은 전무(全無)한 상태에서 임의 가정에 의하여 철근 직경 및 배근간격, 지하수 유무 등의 지반조건을 적용하였으며,

다음의 내용을 비교·검토 후 현재의 제반 여건을 고려하여 구조물 안전성평가를 실시하였다.

- 시설준공 당시 설계조건(가정)

- ① 허용응력설계법
- ② 차량 노면활하중의 적용조건 : DB-18(표준트럭하중)
- ③ 구조물 주변 도로여건

- 현재의 안전성 검토 조건

- ① 극한강도설계법
- ② 차량 노면활하중의 적용조건 : DB-24(표준트럭하중)
- ③ 구조물 주변 도로여건 : 교통량 증가, 중차량 통행 증가

- 1979년도 이전 교량 등의 1등급의 내하력 기준은 DB-18이었으나 현재에는 중차량의 통과 등으로 교량의 안전에 많은 영향을 주고 있는 실정이므로 1980년도 이후부터는 차량 노면활하중의 적용조건을 DB-24로 실시하고 있는 상태이다.

당시 설계시에는 최대 가능한 허용값을 적용하였으나 현재는 최대 극한값을 적용하고 있는 실정으로서, 본 대상시설 구조물의 안전성 검토에서는 극한강도설계법(당초 설계시 고려되지 않은 것으로 추정)에 의한 추가하중(DB-24) 등의 영향을 고려하여 안전성검토를 실시하였으며,

- 안전성평가를 실시함에 있어 대상시설물과 관련한 설계 및 준공도서 등이 전무(全無)한 상태에서, 현장조사에서 실측한 구조물 내부치수와 내구성평가시험 결과값을 제외하면

통상적인 설계조건(추정치)에 의한 평가를 수행함으로써 인하여 안전율이 다소 과다해석된 것으로 사료되며, 보다 정확하고 신뢰성 있는 안전성평가를 실시하기 위하여는 시설물 주변 지반조사 및 교통량 등을 조사하여 이를 기반으로 한 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

따라서, 우선적으로 상부슬래브 가로보 주변에 발생한 처짐, 박락 및 골재분리 등에 대하여는 도로면으로부터 전달되는 하중에 대하여 충분한 내하력을 확보할 수 있는 보강조치가 필요하며, 상부슬래브의 균열 및 내부벽체의 백태, 누수 및 박락 등에 대하여는 구조물의 상태를 주기적으로 점검하여 진행성 및 구조적인 흠결발생 여부를 주의 깊게 관찰하여야 할 것으로 사료된다.

7.2 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

시설물 전반에 걸쳐 특별한 구조적 결함이나 심각한 보수·보강이 요구되는 결함사항은 발견되지 않았으나,

원호로1가(No.12) 저수조 구조물은 현재 조건을 토대로한 상태평가를 실시한 결과 전반적으로 “주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전반적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요 부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태”의 “C”등급으로 평가되었다.

따라서 시설물의 내구성 및 사용성을 증대시키기 위하여는 시설물에 나타난 흠결사항을 보수·보강하는 조치가 필요할 것으로 판단된다.

7.3 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

시설전반에 나타난 열화현상 및 노후화 진전 등에 대한 적절한 조치

- 콘크리트 내부철근 부식예방 및 내구연한 증대
(상시 저류중인 소방용수 접촉에 대한 격리)
- 일부 보조적 부재의 관찰
(구조물 주변 아스콘 지반의 부등침하 및 균열 관찰 등)
- 주기적인 저수조 청소 및 소방용수 교체(오염방지 등)
- 저수조내 배수(물 비우기)시설 및 설비 설치