

2019년 하반기 지방하천 배수문 정밀점검 용역

종 합 보 고 서

2020. 01.



화 성 시 청
주 식 회 사 성 본

배수문정밀점검용역
2019년 하반기 지방하천

종합보고서

2020. 01



화
성
시
청

제 출 문

화성시장 귀하

귀 청과 계약 체결한 『2019년 하반기 지방하천 배수문 정밀점검 용역』을 성실히 수행하고 그 결과를 본 보고서에 수록하여 부속자료와 함께 제출합니다.

2020년 01월 일

경기도 화성시 봉담읍 시청로 1393-6
주식회사 성 본
대표이사 박성만 (인)

참 여 기 술 진 명 단

분 류	성 명	직 급	자격사항	발급번호	서 명
총괄책임기술자	박 성 만	대표이사	특급기술자	G00133176 (00010022)	
참여기술자	정 태 화	이사	특급기술자	G00286763 (#0324972)	
	민 건 화	과장	초급기술자	G00352201 (#0245855)	
	김 은 순	과장	초급기술자	1997-서울 -14430	

시설물별 위치도 및 전경사진



번호	명 칭	하천명	위치	종 별	비 고
1	동화제7배수통문	동화천	화성시 매송면 숙곡리 485-2	2중	수문
2	반정제1배수문	원천리천	화성시 반정동 25-24	2중	수문
3	상두1배수문	관리천	화성시 향남읍 상두리 595	2중	수문
4	상두제3배수암거	관리천	화성시 향남읍 상두리 588-1	2중	수문
5	어은우2배수갑문	어은천	화성시 우정읍 운평리 147	2중	수문
6	어은우4배수암거	어은천	화성시 장안면 사곡리 19-6	2중	수문
7	자안우10배수암거	자안천	화성시 팔탄면 하저리 990-32	2중	수문

제 | 편 공통편

제 1장 정밀점검 개요

제 2장 현장조사 및 시험

제 3장 시설물의 상태평가

제 4장 종합평가 및 안전등급의 지정

제 5장 보수 · 보강 방안

제 6장 유지관리 방안

제 1장 정밀점검 개요

1.1 과업의 목적

1.2 시설물 현황

1.3 과업의 범위 및 과업내용

1.4 사용장비 및 시험기기 현황

1.5 과업 수행일정

제 1장 정밀점검 개요

1.1 과업의 목적

본 과업은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제11조 및 동법 시행령 제8조 규정에 따른 정밀점검으로서, 시설물에 대한 상태변화를 파악하여 손상을 조기에 발견하고 정밀조사가 필요한 부위를 파악하여 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 취함으로써 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 시설물 현황

본 과업대상시설물은 【표1.1.1】 과 같다.

【표 1.1.1】 대상시설물 현황

번호	명 칭	하천명	위치	종 별	비 고
1	동화제7배수통문	동화천	화성시 매송면 속곡리 485-2	2중	수문
2	반정제1배수문	원천리천	화성시 반정동 25-24	2중	수문
3	상두1배수문	관리천	화성시 향남읍 상두리 595	2중	수문
4	상두제3배수암거	관리천	화성시 향남읍 상두리 588-1	2중	수문
5	어은우2배수갑문	어은천	화성시 우정읍 운평리 147	2중	수문
6	어은우4배수암거	어은천	화성시 장안면 사곡리 19-6	2중	수문
7	자안우10배수암거	자안천	화성시 팔탄면 하저리 990-32	2중	수문

1.3 과업의 범위 및 수행기간

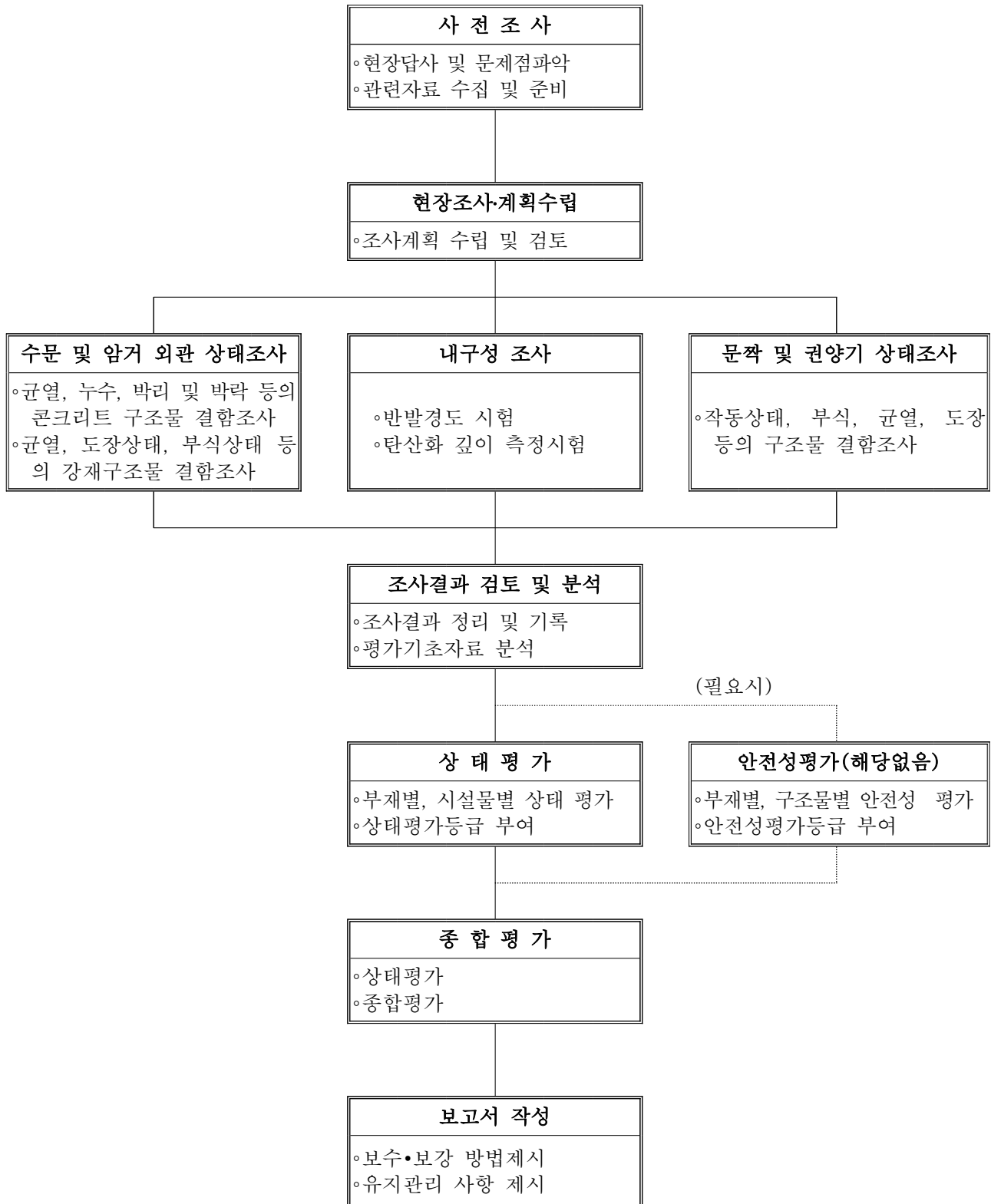
1.3.1 과업의 범위

- 가. 자료수집 및 분석
- 나. 현장조사 및 시험
- 다. 상태평가
- 라. 종합평가 및 안전등급 지정
- 마. 보수·보강 및 유지관리 방안 제시
- 바. 보고서 작성

1.3.2 과업 수행 기간

- 과업기간 : 2019. 11. 19 ~ 2020. 01. 26 (착수일로부터 70일간)

1.3.3 과업수행 흐름도



【그림 1.1.1】 과업수행 흐름도

1.3.4 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2019. 09, 국토교통부/한국시설 안전공단)』에 의거 수행하였으며, 과업의 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

【표 1.1.2】과업의 내용

과업구분		내용
기본과업	자료수집 및 분석	·준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리.수문계산서 ·시공.보수도면, 제작 및 작업도면 ·재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 ·시설물관리대장 ·기존 안전점검.정밀안전진단 실시결과 ·보수.보강이력
	현장조사 및 시험	·기본시설물 또는 주요부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 -콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출등 -강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식 상태 등 ·간단한 현장 재료시험 등 -콘크리트 비파괴 강도(반발경도시험) -콘크리트 탄산화 깊이 측정
	상태평가	·외관조사 결과분석 ·현장 재료시험 결과 분석 ·대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 ·시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견(안전등급 지정)
	보고서 작성	·CAD도면작성 등 보고서 작성

1.4 사용장비 및 시험기기 현황

본 과업에 사용한 장비 및 시험기기는 다음 【표 1.1.3】과 같다.

【표 1.1.3】사용장비 및 시험기기현황

장 비 명		규 격	용 도	활 용 방 법	사 진	비 고
반발경도 측정기	Schmidt hammer	NR-type	콘크리트강도	약 3cm 간격에 20회 정도 타 격하여 그 값의 평균치를 구함		—
탄산화 시험기		Conkit	콘크리트 내부 탄산화 체크	체크하고자 하는 면을 채취하여 페놀프탈레인 용액 1%를 분사하 여 대비되는 색깔로 pH양을 측정		—
철 근 탐사기	RC -Radar	NJJ-105	철근배근상태, 피복두께 측정	본체와 연결된 스캐너를 통해 한쪽 방향으로 이동하여 철근의 위치를 액정화면을 통해 측정		—
기타		발전기, 줄자, 안전장구, 작업용사다리, 점검망치, 개인 안전장비(안전모, 안전화, 신호봉 등), 휴대용 랜턴 등				

1.5 과업 수행일정

본 과업을 위해 수행한 정밀점검 과업 일정은 【표1.1.4】와 같다.

【표 1.1.4】 정밀점검 과업수행일정

공 종	일	10	20	35	40	50	60	70	비고
1.사전조사 1)자료수집 및 분석 2)현장답사 및 기획									
2.현장조사 및 비파괴시험									
3.자료정리									
4.보고서 작성									
5. 중간보고 및 최종보고									
6.성과품 제출									

제 2장 현장조사 및 시험

2.1 개 요

2.2 외관조사

2.3 콘크리트 내구성조사

제 2장 현장조사 및 시험

2.1 개 요

본 정밀점검에서는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의거 시설물의 주요부재 및 보조부재로 구분하여 평가기준을 정하여 실시하였으며, 현장조사에서 조사된 결함사항 및 현장시험에 의해 측정된 결과값은 부록에 수록하였다.

2.2 외관조사

2.2.1 주요 점검사항

1) 수문 구조물

【표 1.2.1】 수문 구조물의 결함 및 손상 종류

세부시설	결함 및 손상	비 고
수문본체, 관리교	변형	
	균열 (구조 및 건조수축)	
	기초 세굴	
	콘크리트 파손, 박리	
	철근노출, 박락	
	누수, 백태	
	퇴적	
암거, 날개벽, 물받이	상(하)부 슬래브 처짐	
	흙관변형	
	균열 (중단, 횡단, 건조수축)	
	기초 세굴	
	철근노출, 박락	
	콘크리트 파손, 박리	
	신축이음부 불량	
	퇴적	
	단차	
	누수, 백태	
	연결관 돌출	

2) 문비

【표 1.2.2】 문비의 결함 및 손상 종류

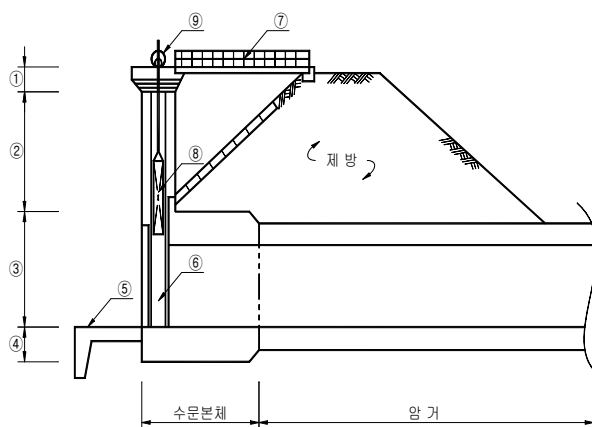
세부시설	결함 및 손상	비 고
문비	문비의 부식손상	
	문비의 변형	
	수밀부 누수	
	마찰부 손상	

3) 기계설비

【표 1.2.3】 기계설비의 결함 및 손상 종류

세부시설	결함 및 손상	비 고
권양기	작동여부	
	와이어로프의 손상	
	랙바의 손상	
	마찰부 손상	

2.2.2 외관조사 방법



번호	부 재 명	번호	부 재 명
①	조작대	⑥	문틀
②	문기둥	⑦	관리교
③	보기둥	⑧	문비
④	기초상판	⑨	권양기
⑤	물받이		

【그림 1.2.1】 수문 부재의 명칭

1) 수문 및 암거

- ① 수문과 암거의 노후화도 조사를 위하여 외관조사로 콘크리트 구조물의 균열, 박리, 층분리, 백태, 누수, 부등침하, 손상 등을 조사한다.
- ② 노출된 콘크리트 및 강재 구조물의 취약부에 대해서는 재료시험에 의거 현장시험을 실시하여, 구조물의 결함과 노후화 상태를 조사한다.

- ③ 수문 날개벽과 저판부의 세굴현상이나 배수문의 작동불량과 같은 중대한 결함이 발견되었을 경우에는 「법」의 규정에 따라 조치한다.

2) 문비

- ① 문비 및 문틀의 주부재 변형여부, 지수고무의 열화여부, 동판의 탈락·변형여부, 도장상태, 볼트·너트의 이완상태를 각 문비별로 조사
- ② 수문의 대표 문비를 선정하여 수평형의 배치간격, 사용부재, 문비의 크기 등 실제치수를 측정

3) 기계설비

(가) 외관조사

- 권양기의 구동부인 커플링부, 베어링부의 조사를 실시하며, 그리스주유 여부도 조사
- 기계설비의 손상상태평가표는 복합부재에 대하여 작성하며, 주로 손상상태를 기록하고 필요한 경우에만 개략도를 포함하여 작성

(나) 작동시험

- 문비의 작동시험은 권양기와 문비, 문틀의 정상적인 작동여부를 판단하는 것으로 각 문비별로 작동과 관련된 구동부의 특별한 소음발생여부, 수문의 개도계의 오차여부, 자동정지 여부, 자동 및 수동작동 가능여부를 기록한다.
- 문비의 작동과 관련하여 권양기 모터의 작동상태, 핸드레버 관리상태 또는 문비 지수관 고무의 부식 및 훼손 등을 파악하고 문틀의 노후화 상태를 기록한다.

2.2.3 수문 구조물의 결함 및 손상에 따른 평가유형

세부시설	결함 및 손상	평가유형	세부시설	결함 및 손상	평가유형
수문본체	변 형	중요 결함	암 거	상(하)부 슬래브 처짐	중요 결함
	구조적 균열			흙관변형	
	기초 세굴			중단균열	
	콘크리트 파손, 박리	국부 결함		기초 세굴	국부 결함
	철근노출, 박락			철근노출, 박락	
	중 성 화			횡단균열	
	염분함량			콘크리트 파손, 박리	
	건조수축 균열	일반 손상		신축이음 불량	일반 손상
	누수, 백태			중 성 화	
퇴 적	염분함량				
	건조수축 균열				
	퇴 적				
		단 차			
		누수, 백태			
		연결과 돌출			

2.3 콘크리트 내구성조사

2.3.1 개 요

콘크리트 내구성 조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 인과관계를 규명하고 보수·보강 여부의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

2.3.2 시험내용 및 평가기준

가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격하여 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도(R)

슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면의 타격시 내부에 중추의 반동량을 반발도(R)로 표시하며, 이 반발도의 크기에 따라 콘크리트의 압축강도를 추정한다. 외관조사 결과에 의해서 결정된 측정개소에 대해서 표면 평활작업을 하여 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하며, 3점 이상을 여분으로 두어 측정하여 반발경도 값의 산술 평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값 R_m 에 대해 RILEM Recommendation에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다. 제외된 반발치가 4개 이상일 때는 측정지점의 반발경도값(R)은 버린다. 여기서 측정된 반발치의 값들이 많은 편차를 보이고 있으면 보편적으로 콘크리트의 품질이 불균질하다고 평가될 수 있을 것이다.



【그림 1.2.2】 반발경도법에 의한 압축강도 추정도

② 보정반발경도(R_0)

보정반발경도(R_0)는 다음식과 같이 측정경도(R)에 보정값(ΔR_1 , ΔR_2)을 더한 값으로 한다.

$$R_0 = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$$

여기서, ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

- 타격 방향에 따른 반발경도의 보정(ΔR_1)

수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 한다. 하향 타격(-90°)의 경우에는 Schmidt Hammer 내부의 해머중량에 의해서 실제보다 반동량이 작아지므로 +값으로 수정해 주고, 상향의 타격($+90^\circ$)의 경우에는 반대현상에 의해서 -값으로 수정해 주어야 한다.

【표 1.2.5】 반발경도 보정값

반발경도	보 정 값				비 고
	+90°	+45°	-45°	-90°	
10			+2.4	+3.2	상향수직타격 +90° 하향수직타격 -90°
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	

－ 콘크리트 습윤상태에 따른 보정(ΔR_2)

콘크리트 표면이 습윤상태에 있으면 기건상태 보다 반발도가 작게 나오게 된다. 따라서, 완전 습윤상태에서는 기건상태를 기준으로 $\Delta R_2 = +5$ 로 보정한다.

③ 압축강도의 추정

－ 보통 콘크리트(MPa)

$$F_c = -18.0 + 1.27 \times R_o \quad \text{〈일본재료학회식〉} \quad \text{〈식 1〉}$$

$$F_c = (7.3 \times R_o + 100) \times 0.1 \quad \text{〈일본 건축학회〉} \quad \text{〈식 2〉}$$

－ 고강도 콘크리트(MPa)

$$F_c = \alpha (-214 + 13.3 \times R_o) \quad \text{〈고속철도공단〉} \quad \text{〈식 3〉}$$

$$F_c = 15.2 \times R_o - 112.8 \times \alpha \quad \text{〈과학기술부〉} \quad \text{〈식 4〉}$$

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 <식 5>와 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 다음과 같으며, 3000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c \quad \text{〈식 5〉}$$

【표 1.2.6】재령계수 α 값

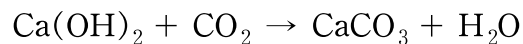
재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	2000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.64	0.63

나. 콘크리트 품질시험

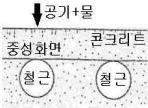
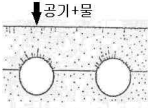
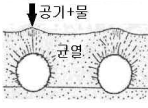
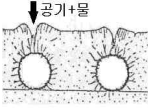
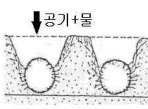
1) 탄산화 깊이 측정

① 개요

탄산화는 콘크리트 구조물의 열화 문제로 현재 주목받고 있는 현상 중 하나이다. 여기서 탄산화란 굳은 콘크리트와 공기 중의 탄산가스가 반응하면서 알칼리성을 잃게 되는 현상을 일컫는다. 즉 건전한 콘크리트는 경화 시멘트풀의 수산화 화합물중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타내나 탄산가스가 수산화칼슘과 반응하면 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10 이하로 낮아지는 현상이다.



콘크리트는 탄산화에 의해 직접적으로 성능이 저하되는 것은 아니며, 단지 탄산화가 문제가 되는 이유는 탄산화가 피복두께를 넘어서 철근의 표면에 도달하게 되면 철근표면을 감싸고 있던 부동태 피막이 파괴되면서 철근표면에 부식이 시작되기 때문이다. 이와 같이 탄산화에 의한 철근콘크리트 성능저하 과정은 다음과 같다.

	- 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음(약간의 건조수축에 의한 균열)
	- 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	- 철근의 윗면이 팽창, 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	- 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작. 철근단면적이 감소
	- 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출. 내구성능은 없음

【그림 1.2.3】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

② 시험방법

콘크리트의 탄산화 조사원리는 페놀프탈레인 1% 용액이 알칼리성에서는 붉은 색을 띠고, 중성 및 산성에서는 무색을 띠는 화학적 이론에 기초한다. 이를 이용하여 탄산화를 조사하는 방법은 코어 공시체를 이용하는 방법, 드릴을 이용하는 방법, 콘크리트 구조물에서 깎아낸 면에서 시험하는 방법이 있으며, 금회 과업시에는 코어 공시체 및 드릴을 이용하는 방법을 병행하여 시험을 실시하였다.

③ 평가방법

㉠ 상태평가에 따른 방법

【표 1.2.7】 탄산화 잔여깊이에 따른 철근부식의 가능성

탄산화 잔여깊이	철근부식의 가능성
30mm 이상	•탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
10mm 이상 ~ 30mm 미만	•향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
0mm 이상 ~ 10mm 미만	•탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
0mm 미만	•철근부식 발생

㉡ 탄산화속도계수를 이용한 내구수명 평가 방법

탄산화속도는 경과시간 t 의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된

다. 탄산화깊이 C 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A\sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm), A : 탄산화속도계수, t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도 계수(A)를 실제 탄산화 깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 대한 잔존수명이 계산 가능하다.

제 3장 시설물의 상태평가

3.1 개 요

3.2 상태평가 항목 및 기준

3.3 상태평가 결과 산정 방법

제 3장 시설물의 상태평가

3.1 개 요

시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전점검의 상태평가 기준은 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사방도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하게 된다.

3.2 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가 기준을 적용하며, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형(評價類型)별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

침하, 경사/전도 및 활동 등과 같이 전체 구조물의 구조적인 안전에 직접영향을 미치는 결함.

② 국부결함

수평이음부 불량 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

파손, 마모, 콘크리트 재료분리 등과 같이 구조물의 안전에 크게 영향을 주지 않는 일반적인 손상.

2) 영향계수의 적용

각 부재에서 발생하는 각종 손상 및 결함에 대한 상태평가 시 손상이 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 영향계수를 적용한다.

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함의 상태등급을 기준으로 하여 국부적인 결함의 등급을 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태평가를 위한 표준기준이며, 책임기술자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

【표 1.3.1】 수문 구조물의 상태변화에 따른 평가유형 및 영향계수

세부시설	결함 및 손상	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수
수문본체, 관리교	○ 변형	중요결함	1.0	a	5
	○ 구조적 균열			b	4
	○ 기초 세굴			c	3
				d	2
	○ 콘크리트 파손, 박리	국부결함	1.0	a	5
	○ 철근노출, 박락		1.1	b	4
	○ 탄산화 진행 깊이		1.2	c	3
	○ 염화물함유량		1.4	d	2
			2.0	e	1
	○ 건조수축 균열	일반손상	1.0	a	5
암거, 날개벽, 물받이	○ 누수, 백태		1.1	b	4
			1.3	c	3
	○ 퇴적		1.7	d	2
			3.0	e	1
	○ 상(하)부 슬래브 처짐	중요결함	1.0	a	5
	○ 흡관변형			b	4
	○ 종단균열			c	3
	○ 기초 세굴			d	2
				e	1
	○ 철근노출, 박락	국부결함	1.0	a	5
	○ 횡단균열		1.1	b	4
	○ 콘크리트 파손, 박리		1.2	c	3
	○ 신축이음부 불량		1.4	d	2
	○ 탄산화 진행 깊이		2.0	e	1
	○ 염화물함유량	일반손상	1.0	a	5
	○ 건조수축 균열		1.1	b	4
	○ 퇴적		1.3	c	3
	○ 단차		1.7	d	2
	○ 누수, 백태		3.0	e	1
	○ 연결관 돌출				

【표 1.3.2】 문비의 결함 및 손상에 따른 평가유형

세부시설	결함 및 손상	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수
문 비	문비의 부식손상	중요결함	1.0	a	5
				b	4
				c	3
				d	2
				e	1
	문비의 변형	국부결함	1.0	a	5
			1.1	b	4
			1.2	c	3
			1.4	d	2
			2.0	e	1
	누 수	일반손상	1.0	a	5
			1.1	b	4
			1.3	c	3
			1.7	d	2
			3.0	e	1

【표 1.3.3】 기계설비의 결함 및 손상에 따른 평가유형

세부시설	결함 및 손상	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수
권양기	작동불량	중요결함	1.0	a	5
				b	4
				c	3
				d	2
				e	1
	와이어로프의 손상	국부결함	1.0	a	5
			1.1	b	4
			1.2	c	3
			1.4	d	2
			2.0	e	1
	랙바의 손상	일반손상	1.0	a	5
			1.1	b	4
			1.3	c	3
			1.7	d	2
			3.0	e	1

나. 상태평가 항목 및 기준

1) 수문 구조물

【표 1.3.4】 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	최대 균열폭	면적율 5%이하	면적율 20%이하	면적율 20%이상
a	5	0.1mm 미만	a	a	a
b	4	0.1mm ~ 0.2mm 미만	a	a	b
c	3	0.2mm ~ 0.3mm 미만	a	b	c
d	2	0.3mm ~ 0.5mm 미만	b	c	d
e	1	0.5mm 이상	c	d	e

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, 콘크리트 구조기준(2012)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15~0.25mm 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4mm 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

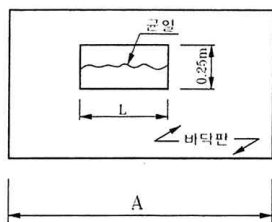
【표 1.3.5】 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	최대 균열폭	면적율 5%이하	면적율 20%이하	면적율 20%이상
a	5	0.1mm 미만	a	a	b
b	4	0.1mm ~ 0.2mm 미만	a	b	c
c	3	0.2mm ~ 0.3mm 미만	b	c	d
d	2	0.3mm ~ 0.5mm 미만	c	d	e
e	1	0.5mm 이상	d	e	e

※) 수처리 구조물 → 하수 접촉 구조물

주) 균열 면적율 산정방법

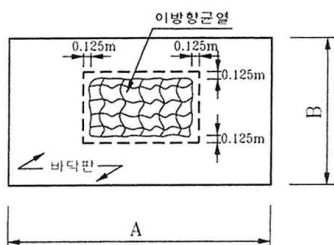
■ 1방향 균열인 경우



- 균열발생면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

■ 2방향 균열인 경우



- 균열발생면적은 균열발생부위를 가로, 세로의 최 외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후 점선내 면면적인 (가로길이+0.25m) × (세로길이+0.25m)로 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

【표 1.3.6】 백태 및 누수에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	면 적 율
a	5	0%
b	4	5% 미만
c	3	5 ~ 10% 미만
d	2	10 ~ 20% 미만
e	1	20% 이상

※) 백태, 박락에 대한 면적율 산정 방법

면적율은 결함 및 손상의 상태평가 기준에 별도로 정하지 않은 경우에 다음을 적용한다.

$$\text{면적율}(\%) = \frac{\text{결함및손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

【표 1.3.7】 박락, 층분리에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	박락, 층분리 깊이	면적율 20% 이하	면적율 20% 이상
a	5	없음	a	a
b	4	15mm 미만	b	c
c	3	15mm ~ 20mm 미만	c	d
d	2	20mm 이상 ~ 25mm 미만	d	e
e	1	25mm 이상이거나, 조골재 손실	e	e

【표 1.3.8】 철근노출에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	철근노출 면적율
a	5	0%
b	4	1% 미만
c	3	1 ~ 3% 미만
d	2	3 ~ 5% 미만
e	1	5% 이상

주) 상태평가 결과가 "e"이고, [표 8.27] (탄산화) 또는 [표 8.28] (염화물)의 상태평가 결과가 "d"이면 8.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※) 철근노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함

$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

【표 1.3.9】 파손에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	깊 이	면적을 10% 미만	면적을 10% 이상
a	5	없음	a	—
b	4	5mm 미만	b	c
c	3	5 ~ 10mm 미만	c	d
d	2	10 ~ 20mm 미만	d	e
e	1	20mm 이상	e	e

주) 파손은 박리, 세굴, 재료분리(곰보판), 물탈 탈락 등 여타의 손상을 포함한다.

- * 파손은 콘크리트가 재료적, 환경적, 또는 외부적인 하중조건에 의해 손상을 입은 것을 말한다. 박락 및 층분리는 콘크리트 내에 매입된 철근이 재료적, 환경적인 요인에 의해 손상되어 콘크리트가 탈락되는 상태를 말하며, 철근노출은 시공불량에 의해 피복두께부족이 발생되어 철근이 콘크리트표면에 노출된 상태를 말한다.

【표 1.3.10】 배수지장에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	배수 지장 (퇴적, 단차, 연결관 돌출, 지장물)
a	5	양호
b	4	다소의 배수지장물이 있으나, 배수에는 이상 없음
c	3	배수지장물로 인해 배수기능을 제대로 발휘하지 못하여 부분적 채수현상 발생
d	2	배수지장물로 인해 배수기능을 제대로 발휘하지 못하여 광범위한 채수현상 발생
e	1	배수지장물로 인해 배수기능을 완전히 상실

【표 1.3.11】 기초세굴에 대한 상태평가 기준

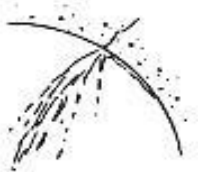
평가기준	평가점수	기초 세굴
a	5	없음
b	4	시공당시 지반과 비교하여 약간의 세굴(기초와 무관)
c	3	시공당시 지반과 비교하여 기초근입 깊이가 반 이상 줄어든 경우
d	2	세굴이 진행하여 기초하부의 국부적 노출
e	1	기초하부 완전 노출

주) 상태평가 결과가 "d" 이하의 경우 8.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

【표 1.3.12】 부재 변형에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	변형발생 (상·하부 슬래브 처짐, 흠관변형)
a	5	변형이 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 변형이 발생한 상태이나, 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	변형의 정도가 보통정도이나, 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	변형의 정도가 국부적으로 심각하여 부분적인 구조적 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	변형의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전을 상실한 상태

【표 1.3.13】 신축이음불량에 대한 상태평가 기준

평가기준 (점수) 구 분	a (5)	b (4)	c (3)	d (2)	e (1)
신축이음 불량 (이음부 이격, 파손)	신축이음을 통한 누수가 없음	신축이음을 통해 물이 스며들고 있음 (또는 가능성이 있음)	신축이음을 통해 물이 떨어짐 (또는 가능성이 있음)	신축이음을 통해 물이 흐름 (또는 가능성이 있음)	신축이음을 통해 물이 분출됨 (또는 가능성이 있음)
					
	스며있음	떨어짐	흐름	분출	

【표 1.3.14】 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음.
c	0mm이상 ~ 10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	0mm미만	철근부식 발생
e	—	—

【표 1.3.15】 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	◦ 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	◦ $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음.
c	◦ $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음.
d	◦ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생
e	—	—

2) 문비

【표 1.3.16】 부식손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태	비 고
a	5	부식이 없음	클램프 플레이트, 볼트, 너트 등도 동일하게 적용
b	4	전면부식이 조금 발견되거나 건전부 모재두께의 5% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
c	3	가벼운 전면부식이 전단면에 발생되었거나, 건전부 모재두께의 5~20% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
d	2	심화된 전면부식이 전단면에 발생되어 있거나, 건전부 모재두께의 20~50% 미만의 점부식이 관찰되는 상태로 보수가 필요한 상태	
e	1	전면부식과 건전부 모재두께의 50% 이상의 점부식으로 인하여 시급히 보강이 필요한 상태	

【표 1.3.17】 문비변형에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	변형이 없는 양호한 상태
b	4	변형이 없는 건전한 상태
c	3	부분변형이 있으나 문틀에 밀착되는 상태
d	2	변형으로 문틀에 밀착하지 못하여 잭스크류 등의 별도의 누름 장치를 이용하여야 문틀에 밀착되는 상태
e	1	변형으로 작동이 원활하지 못한 상태로 작동시 접촉, 끼임 발생과 부분적인 두께감소가 1/2이상인 경우

【표 1.3.18】 수밀부 누수에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	누수가 없는 양호한 상태
b	4	누수가능성이 없는 건전한 상태
c	3	미세한 누수가 있는 경미한 상태
d	2	지수고무의 훼손 및 밀착불량 등으로 부분적인 누수가 발생하는 상태
e	1	문비의 변형으로 누수가 다량으로 발생하여 별도 부대설비(모래주머니)를 설치하여야 지수가 가능한 상태

【표 1.3.19】 마찰부 손상(문비)에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	회전이 원활한 양호한 상태
b	4	약간의 부식이 있으나 작동이 원활한 건전한 상태
c	3	고착으로 회전 및 작동이 불량하나 문비의 작동에는 이상이 없는 상태
d	2	고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 문비작동이 불량한 상태
e	1	고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 작동이 불가능한 상태

3) 기계설비

【표 1.3.20】 문비 작동여부에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	전동 및 수동 상승·하강에 이상이 없는 양호한 상태이며, 상하한 자동정지도 양호한 상태
b	4	작동 시 이음발생이 없으며, 상승 및 하강에 이상이 없는 건전한 상태
c	3	작동 시 구동부에 다소간의 이상 진동 및 이음발생 등이 있으나, 상승·하강은 원활한 상태
d	2	전동 작동이 원활하지 않고, 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
e	1	전혀 작동되지 않는 상태

【표 1.3.21】 와이어로프 손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	와이어로프의 손상이 없는 양호한 상태
b	4	와이어로프의 손상이 없는 건전한 상태
c	3	와이어로프 표면의 그리스 도포가 불량한 상태
d	2	와이어로프 표면에 산화부식이 발생한 경우
e	1	와이어로프의 직경감소가 7%이상, 하나의 꼬임에서 소선 절단이 10% 이상, 꺾임 및 심한 킁크가 있는 경우

【표 1.3.22】 랙바 손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	랙바에 손상이 없는 양호한 상태
b	4	랙바에 손상이 없는 건전한 상태
c	3	랙바의 마모가 허용범위 이내의 정상적이나 구리스 도포가 불량하거나 부식이 발생한 상태
d	2	랙바의 직경감소가 10%이내이나 편마모가 발생한 경우
e	1	랙바의 최대 직경감소가 10%이상 발생한 경우

【표 1.3.23】 마찰부(베어링, 크러치, 커피링)에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	작동이 원활한 양호한 상태
b	4	작동이 원활한 건전한 상태
c	3	이음 등의 발생이 있으나 작동에는 이상이 없는 상태
d	2	이상 진동으로 소음이 과다하게 발생하고 고착으로 회전이 불량한 상태
e	1	진동이 과다하게 발생하여 작동이 불가능한 상태

3.3 상태평가 결과 산정 방법

가. 수문 시설물 평가 단계별 절차

수문 시설물은 크게 수문 구조물, 문비 및 기계설비 등으로 구분되며, 다음에 제시되는 상태평가 결과 산정 방법에 따라 수행한다.

외관조사망도는 개별부재에 대하여 작성하는 것을 원칙으로 하고, 필요시 개별부재의 크기, 면적에 따라 부위별로 분할하여 작성한다.



Note ; $E_1 \sim E_7$, E_c , E_s : 평가지수, M : 상태평가 점수, F : 영향계수, A : 조정계수, W : 중요도

【그림 1.3.1】 수문 시설물 평가 단계별 절차

나. 수문 구조물

○ 수문 구조물 상태평가

수문 구조물을 복합시설물로 보고 이를 하위단계인 개별시설, 복합부재, 개별부재로 구분한 후 개별부재부터 평가를 실시한다.

평가의 최초단계인 손상상태 평가표에 대한 외관조사망도는 개별부재에 대하여 작성하는 것을 원칙으로 하고 필요시 개별부재의 크기, 면적에 따라 부위별로 분할하여 작성한다. 시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 평가단계별로 구분하여 다음 표와 같이 평가단계별 구분표를 작성하고 본 보고서에 수록한다.

【표 1.3.24】 수문 구조물의 평가단계별 구분표 (예)

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분				
평가구분		평가대상					
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	조작대 문기둥 보기둥 문틀 기초상판	블록1 블록2 ...	블록1 블록2 ...	구간1 구간2 ...	-상부구조 경간슬래브1 경간슬래브2 ...
	2단계	개별부재	(좌측면, 우측면,...)			(좌측면, 우측면,...)	-하부구조 교대1,... 교각1,...
	3단계	복합부재	본체1 본체2 ...	상류측 하류측	좌안상류측 좌안하류측 우안상류측 우안하류측	암거1 암거2 ...	상부구조 하부구조
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	수문본체	물받이공	날개벽	암거	관리교량
종합평가	5단계	복합시설	수문 구조물, <문비>				
	6단계	통합시설	수 문				
	7단계	종합시설	-				

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

○ 육갑문 구조물 상태평가

육갑문 구조물은 문비를 지지하는 수문본체, 날개벽, 제방을 관통하는 암거로 구분하여 각각을 개별시설로 평가한다.

육갑문의 수문본체는 문비가 설치되어 있는 구조물로서 기초슬래브, 좌측벽체, 우측벽체, 상부슬래브 등의 개별부재로 구분하고 그 중요도는 동일하게 적용한다. 관리교량 평가 시 복합부재 및 개별부재 들의 중요도는 동일하게 적용한다.

1) 1단계 평가 : 부재별 손상상태 평가표 작성

시설물 평가단계별 구분표에 따라 개별부재를 1개 외관조사망도 또는 필요에 따라 부위별로 다수의 외관조사망도로 구분하여 개략도에 손상 및 결함상태를 도시하고, 조사결과표에 개별부재에 대한 손상내용을 상세히 기록한 후, 그 손상 정도에 대하여 5단계(a~e) 상태평가 결과 및 평가점수를 부여한다.

손상상태 평가표에는 평가항목에 없는 손상 및 결함이라 할지라도 모두 기록하는 것을 원칙으로 한다. 각 손상 및 결함에 대한 상태평가 결과가 c, d, e 일 경우 보수 우선순위에 따라 보수·보강을 한다.

【표 1.3.25】 부재(부위)별 손상상태 평가표 (예)

부위(망번호) / 개별부재		복합부재 / 개별시설		표번호	
조작대1 / 조작대		본체1 / 수문본체		No. 1-1	
※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련 번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다.					
※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.					
조 사 결 과 표					
번호	손상(결함)종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가결과
①	균열	건조수축균열	폭(mm)*길이(cm)	0.2*150	b
②	균열	구조적균열	폭(mm)*길이(cm)	0.3*230	c
③	박락	배력철근을 따라 발생	면적(m²)	15.0	d
④	기초세굴	보기동하부세굴	면적(m²)*깊이(m)	8.5*0.08	d
조사일자 : 2008. 7. 19			조사자 : 홍길동, 김철수		

2) 2단계 평가 : 개별부재 평가표 작성

암거의 특정구간이 긴 경우 이 구간을 1개의 개별부재로 평가할 경우 일부에 발생한 손상이 개별부재의 평가결과에 미치는 영향이 크다.

따라서 그 손상이 부재에 영향을 미칠 수 있는 범위(길이 10~30m) 또는 수축이음부를 기준으로 다수의 외관조사망도로 구분하고 각각을 개별부재로서 평가한다. 개별부재별로 작성된 외관조사망도에 나타난 손상 및 결함을 평가유형별로 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분한다.

개별부재의 평가는 각각의 손상 및 결함에 대한 평가기준에 따른 평가점수(M)에 손상 및 결함이 부재의 안전에 미치는 영향을 반영한 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 산출한다. 산출된 결함 및 손상의 상태평가지수(E1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E2) 및 상태평가 결과로 결정한다.

【표 1.3.26】 평가기준별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

평가기준별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수				
평가기준	평가지수 (E ₁ ~7, E _s , E _c)	평가기준에 따른 평가점수		a:5	b:4	c:3	d:2	e:1
a	4.5 ≤ E ₁ ≤ 5.0	평가 유형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	3.5 ≤ E ₁ < 4.5		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	2.5 ≤ E ₁ < 3.5		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
d	1.5 ≤ E ₁ < 2.5							
e	1.0 ≤ E ₁ < 1.5							

$$\text{결함 및 손상의 상태평가지수}(E_1) = M \times F$$

여기서, M : 평가점수, F : 영향계수

$$\text{개별부재의 상태평가지수}(E_2) = \text{Min (다수의 } E_1 \text{ 값)}$$

평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용한다.

【표 1.3.27】 개별부재 평가표 (예)

개 별 부 재 :	조작대 / 본체1				표번호
1단계 표번호 :	1-1, 1-2				2-1
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수 M	영향계수 F	평가지수 E ₁ =M*F
균열	중요결함	표 -	3	1.0	3.0
박락	국부결함	표 -	4	1.1	4.4
누수	일반손상	표 -	3	1.3	3.9
1. 개별부재의 상태평가지수(E ₂) = 상태평가지수 E ₁ 중 최솟값 =					3.0
2. 개별부재의 상태평가 결과 =					c

3) 3단계 평가 : 복합부재 평가표 작성

복합부재는 개별부재의 집합으로 주요부재와 보조부재로 구분할 수 있다.

복합부재의 평가는 개별부재가 구조체의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영한다. 이때 개별부재의 중요도의 합이 100이 되도록 한다. 이때, 중요도를 규정하지 않은 기타의 다른 복합부재에 속하는 개별부재들은 부재숫자에 따라 균등배분하거나 면적 등의 규모 비율을 적용하여 중요도의 합이 100이 되도록 한다.

책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있다. 또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응한 보정을 하기 위하여 조정계수를 사용한다.

복합부재의 평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재 전체의 안전성을 평가절하 한다. 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다. 복합부재의 평가는 개별부재의 평가지수(E2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다.

$$\text{복합부재의 상태평가지수}(E3) = \sum(E2 \times A \times W) / \sum(A \times W)$$

여기서, E2 : 개별부재의 상태평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

【표 1.3.28】 평가지수에 따른 조정계수

평가지준	a	b	c	d	e
평가지수 (E ₁ ~7, E _s , E _c)	5.0 ~ 4.5이상	4.5미만 ~ 3.5이상	3.5미만 ~ 2.5이상	2.5미만 ~ 1.5이상	1.5미만 ~ 1.0이상
조정계수(A)	1	2	3	6	6

【표 1.3.29】 개별부재의 중요도 조정 방법 (예)

구 분	조작대	문기둥	문틀	보기둥	기초상판	비 고
중요도	20	25	15	25	15	20+25+15+25+15 ⇒ 100
중요도 (조정 후)	—	25*100/80 =31.2 ⇒ 31	15*100/80 =18.8 ⇒ 19	25*100/80 =31.2 ⇒ 31	15*100/80 =18.8 ⇒ 19	31+19+31+19 ⇒ 100

* 중요도 조정 방법은 특정한 부재가 추가되거나 제외되는 경우에

복합부재의 중요도를 100으로 환산하는데 이용하는 방법임

【표 1.3.30】복합부재 평가표 (예)

복 합 부 재 :	본체1/수문본체					표번호
2단계 표번호 :	2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5					No. 3-1
개별부재	평가결과	평가지수 E_2	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 $A*W$	계산값 E_2*A*W
조작대	c	3.0	3	20	60.0	180.0
문기둥	b	3.6	2	25	50.0	180.0
문틀	b	3.6	2	15	30.0	108.0
보기둥	b	3.6	2	25	50.0	180.0
기초상판	b	3.6	2	15	30.0	108.0
합계 (Σ)				100	220.0	756.0
<조사자 의견>						
1. 복합부재의 상태평가지수(E_3) = $\Sigma(E_2*A*W)/\Sigma(A*W) = 756.0/220.0 =$						3.44
2. 복합부재의 상태평가 결과 =						c

* 기타 구조물의 중요도는 부재숫자에 따라 균등하게 부여하거나 면적 등에 따라 책임기술자가 정한다.

4) 4단계 평가 : 개별시설 평가표 작성

수문 구조물의 개별시설은 동일기능을 수행하는 복합부재의 집합으로 구성되어 있다.

개별시설의 평가는 복합부재의 중요도는 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E_3)에 규모(길이, 면적, 부피, Capacity 등)를 반영하여 개별시설의 상태평가지수(E_c)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다. 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성평가를 수행하여 종합평가 결과를 결정한다.

$$\text{개별시설의 상태평가지수}(E_c) = \text{Min} + V1 \times V2$$

$$\text{여기서, } V1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$$

$$V2 = \Sigma(E_3 \times S) / (5 \times \Sigma S)$$

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E_3) 최댓값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E_3) 최솟값

【표 1.3.31】 개별시설 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

개 별 시 설 :	수문본체			
3단계 표번호 :	3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7			
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	규 모(m) S	계산값 $E_3 \cdot S$
본체1	c	3.44	15	51.6
본체2	b	3.50	15	52.5
본체3	b	3.77	15	56.6
본체4	b	3.67	15	55.1
본체5	c	3.02	15	45.3
본체6	c	3.19	15	47.9
본체7	b	3.59	15	53.9
합계(Σ)			105.0	362.9
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E_3) 최댓값 (Max. Value) = 3.77 2. 상태평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) = 3.02 3. $V_1 = 0.3 \cdot (\text{Max.} - \text{Min.}) = 0.3 \cdot (3.77 - 3.02) = 0.23$ 4. $V_2 = \Sigma(E_3 \cdot S) / (5 \cdot \Sigma S) = 362.9 / (5 \cdot 105.0) = 0.69$ 5. 개별시설의 상태평가지수(E_c) = $\text{Min.} + V_1 \cdot V_2 = 3.02 + 0.23 \cdot 0.69 = 3.18$ 6. 개별시설의 상태평가 결과 = c				

다. 문비 및 기계설비

문비 및 기계설비의 상태를 평가하기 위한 평가단계별 구분은 단경간(1련) 수문에 있는 문비 및 기계설비를 개별시설에 해당하는 것으로 하고, 이를 권양기, 문비로 구분하여 복합부재로 평가한다. 또한 각각의 복합부재를 다음 표와 같이 개별부재로 분류하고, 설치되어 있는 개별부재의 중요도는 동일하게 적용한다.

권양기 등 기계설비를 선택과업으로 조사한 경우 4단계 평가시 규모는 복합부재의 중요도로써 정한다. 복합부재의 중요도는 권양기 40%, 문비 60%를 적용한다. 책임기술자는 현장 여건에 따라 중요도를 20% 범위 내에서 조정할 수 있다.

문비의 손상상태평가표는 복합부재에 대하여 작성하며, 주로 손상상태를 기록하고 필요한 경우에만 개략도를 포함하여 작성한다.

문비 및 기계설비에 대한 상태평가 절차는 수문본체 구조물과 같은 방법 및 절차로 수행한다. 시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하여 다음 표와 같이 평가단계별 구분표를 작성하고 본 보고서에 수록한다.

【표 1.3.32】 문비 및 기계설비의 평가단계별 구분표 (예)

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 단계별 구분		
평가구분		평가대상			
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	-권양기 로프 드럼 감속기 제동장치	-권양기 로프 드럼 감속기 제동장치	...
	2단계	개별부재	-문비 외판 보강재 수밀부 롤러부(가이드 플레이트포함)	-문비 외판 보강재 수밀부 롤러부(가이드 플레이트포함)	
	3단계	복합부재	(부위1, 부위2 ...)	(부위1, 부위2 ...)	...
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	권양기1 문비1	권양기2 문비2	...
종합평가	5단계	복합시설	문비, 기계설비, <수문 구조물>		
	6단계	통합시설	-		
	7단계	종합시설	-		

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

제 4장 종합평가 및 안전등급의 지정

4.1 종합평가

4.2 안전등급의 지정

제 4장 종합평가 및 안전등급의 지정

4.1 종합평가

4.1.1 개 요

시설물의 종합평가는 구조물 부재의 결함 및 손상에 대하여 평가기준 및 상태평가 기법에 따라 수행한 상태평가 결과와 시설물의 안전성평가 결과를 고려하여 개별시설물의 종합평가 결과를 결정한다.

수문의 각 개별시설물, 복합시설물, 통합시설물 그리고 종합시설물에 대한 종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시하는 경우에는 상태평가결과를 종합평가 결과로 가름하여 상태평가 결과가 종합평가 결과로 결정되지만, 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교 검토하여 최종적인 종합평가 결과를 부여하게 된다.

4.1.2 종합평가 기준

본 정밀점검은 상태평가만 실시하는 경우이므로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 가름하여 상태평가 결과를 종합평가 결과로 결정한다.

【표 1.4.1】 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수($E_{4\sim7}$)	종합평가 기준	비 고
$4.5 \leq (E_{4\sim7}) \leq 5.0$	A	
$3.5 \leq (E_{4\sim7}) < 4.5$	B	
$2.5 \leq (E_{4\sim7}) < 3.5$	C	
$1.5 \leq (E_{4\sim7}) < 2.5$	D	
$1.0 \leq (E_{4\sim7}) < 1.5$	E	

4.1.3 종합평가 결과 산정 방법

외관조사 및 비파괴 시험에 따른 상태평가 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

○ 종합평가 결과 = 상태평가 결과

가. 종합평가 결과 산정

평가대상 개별시설에 대하여 상태평가 및 안전성평가를 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 비교하여 작은 값을 종합평가를 위한 종합평가지수(E4)로 결정한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 같음하고, 종합평가지수(E4)를 적용하여 개별시설의 종합평가 결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 종합평가를 실시한다.

나. 종합평가 결과 산정 방법

1) 4단계 평가 : 개별시설 평가표 작성

시설물의 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 종합평가 결과를 결정하기 위해 시설물별 상태평가 및 안전성평가 결과로 산출된 상태평가지수와 안전성평가 지수를 사용하며 이 값 중에서 작은 값을 개별시설의 종합평가지수(E4)로 적용한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 같음하고 평가대상 시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

$$\text{개별시설의 종합평가지수 ()} = \text{Min}(E_c, E_s)$$

여기서, E_c : 개별시설의 상태평가지수

E_s : 개별시설의 안전성평가지수

2) 5단계 평가 : 복합시설 평가표 작성

수문 구조물은 각각 기능이 다른 다수의 개별시설이 모여 홍수방어라는 하나의 목적을 수행한다.

각각의 개별시설들은 주요시설과 보조시설로 구분할 수 있으며, 개별시설의 기능에 문제가 발생할 경우 복합시설의 목적수행에 미치는 영향을 판단하여 개별시설의 중요도를 반영한다.

(수문본체 : 40, 물받이공 : 7, 날개벽 : 10, 압거 : 40, 관리교량 : 3).

복합시설의 평가 시 중요도의 결정은 복합부재 평가(3단계평가)에서와 같은 방법으로 수행하며, 개별시설의 종합평가지수(E4)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합시설의 종합평가지수(E5)를 산출하고 종합평가 결과를 결정한다.

$$\text{복합시설의 종합평가지수}(E_5) = \sum (E_4 \times A \times W) / \sum (A \times W)$$

여기서, E_4 : 개별시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

3) 6단계 평가 : 통합시설 평가표 작성

수문은 유지관리 방법이 다른 복합시설(수문 구조물, 문비 등)로 구성되어 수문의 설치목적인 홍수방어를 수행하는 통합시설에 해당한다. 이들은 각각의 시설에 문제가 발생할 경우 통합시설의 안전과 목적수행에 미치는 영향은 차이가 발생할 수 있으므로 복합시설이 통합시설에 미치는 영향을 고려하여 그 중요도를 반영하며, 이때 복합시설의 중요도의 합은 100이 되도록 규정한다. 책임기술자는 복합시설의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 복합시설이 있는 경우

책임기술자가 그 복합시설의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 복합시설들은 규정된 비율대로 배분하여 감한다.

○ 중요도는 제시되어 있으나 해당 복합시설이 없는 경우 그 중요도를 나머지 복합시설에 가중 배분한다.

통합시설의 평가는 복합시설의 종합평가지수(E5)에 조정계수 및 중요도를 반영하여 통합시설의 종합평가지수(E6)를 산출하고 종합평가 결과를 결정한다.

수문 시설물의 평가는 통합시설 평가표(6단계평가)를 작성하는 것으로 종료된다.

$$\text{통합시설의 종합평가지수(E6)} = \sum (E5 \times A \times W) / \sum (A \times W)$$

여기서, E5 : 복합시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

4.2 안전등급의 지정

정밀점검을 실시하는 경우 상태평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제10조의 2 및 「영」 제11조의 5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 하고, 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정하여야 하며, 안전등급에 따른 시설물의 상태는 다음과 같다.

【표 1.4.1】 시설물의 안전등급

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

제 5장 보수·보강방안

5.1 개 요

5.2 보수·보강방안

제 5장 보수·보강방안

5.1 개 요

모든 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러가지 원인에 의해 손상이나 결함이 발생하게 되고, 작은 결함이라도 그대로 방치해 두면 점진적으로 발전하여 대형사고의 원인이 될 수도 있다. 따라서, 구조물에 대한 보수·보강은 구조물의 기능성 및 안전성을 유지하고 필요에 따라 그 기능의 강화를 도모하기 위해 실시하여야 한다.

가. 보수·보강 방안수립에 따른 검토사항

본 용역 수행시 조사된 손상에 대하여 보수·보강 방안수립 시 외관조사, 내구성조사, 상태평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수·보강공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강의 우선순위 선정은 결함, 손상, 열화의 상태, 구조적 안전성, 사용성 및 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

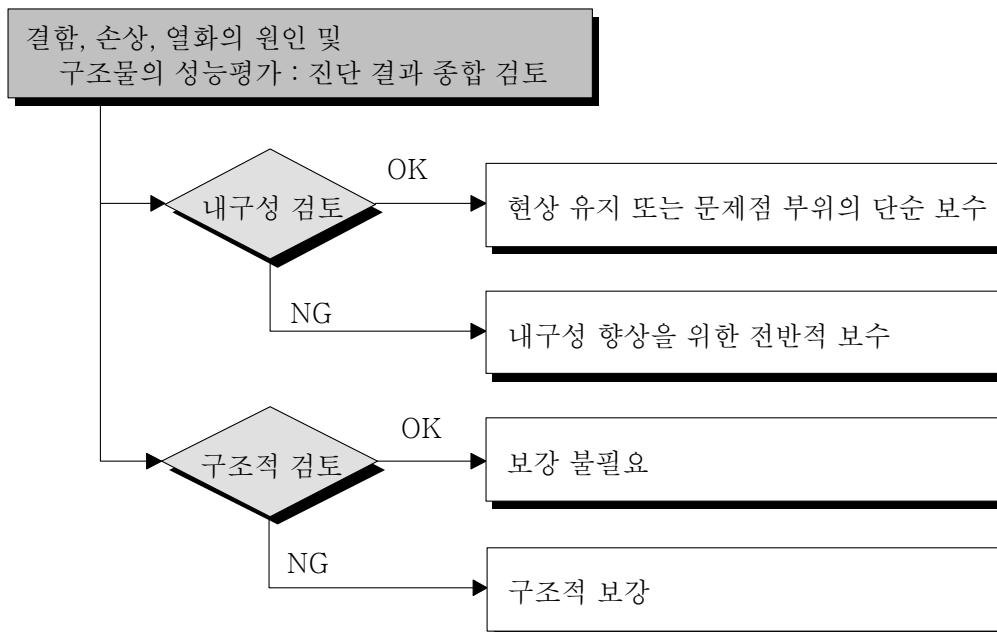
【표 1.5.1】 보수·보강 방안 수립 시 검토사항

검 토 항 목	검 토 내 용
보수·보강 필요성 판단	· 외관조사, 내구성조사, 상태평가 ⇒ 점검 결과 종합 분석 후 보수·보강 여부 판단
보수·보강 공법의 선정	· 구조물의 기능 및 중요도 · 구조물의 형식과 환경조건 · 보수 후의 요구 내용년수 · 공법의 시공성과 경제성
보수·보강의 수준 결정	· 국부적인 보수 또는 전반적 보수여부 결정 · 구조물 수명과 장·단기 대책을 고려한 보수·보강 범위 산정 · 하자만료전 대상 부재(철근콘크리트, 강재 등의 주부재)에 대한 보수 범위의 산정
보수·보강 우선순위 결정	· 결함, 손상, 열화의 중요도 · 구조적 안전성, 사용성, 내구성

나. 보수·보강 필요성 판단

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

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.



【그림 1.5.1】 보수·보강 범위의 결정

다. 보수·보강 공법 선정 및 수준 결정

1) 보수·보강 공법의 선정

우수한 성능의 보수·보강 공법도 적용구조물의 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있다. 따라서 본 용역시 보수·보강 공법 선정시에는 구조물의 중요도, 형식, 기능, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있는지 고려하였다.

2) 보수·보강의 수준 결정

조사 및 시험을 통하여 얻은 결과를 기초자료로 종합적인 평가를 실시한 후 보수·보강의 수준을 결정하게 된다. 따라서 본 용역시 손상 및 열화에 대하여 분포면적, 분포 유형, 시설물의 안전성, 현 상태의 내구성능, 보수 후의 회복 목표수준 등을 고려하여 보수·보강 여부 및 수준을 다음의 경우 중에서 결정하였다.

- ① 현상유지
- ② 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- ③ 초기 수준이상으로 개선
- ④ 개축
- ⑤ 하자만료전 보수 대상부재에 대한 성능회복 수준

3) 보수재료의 선정

보수재료는 보수공법의 사용목적에 부합하고 시공하기에 적절한 기본적인 성능을 만족하기 위하여 다음과 같은 사항을 고려한다.

① 보수재료의 기본 특성 설정

보수재료의 선정을 위한 기본은 구조물의 종류 및 기능, 보수재료의 종류 및 성능 규격치, 환경조건, 시공조건 및 보수부위의 내용년수 등을 설정한다.

② 보수재료의 요구 성능 설정

보수재료의 요구 성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 고려하여 설정한다. 일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수재료는 재료 자체의 특성을 충분하게 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공 환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다. 내구성능은 보수재료의 원래의 목적이 되는 성능이지만 보수 후의 사용기간 중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능이다. 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다. 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물과 일체화해서 거동하는 것에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

③ 적용 가능한 보수재료의 선정

구체적인 요구 성능 및 그 요구수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보를 선정한다. 단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판 재료 중에서 요구 성능을 만족시키는 것으로 생각되는 것을 선택하거나, 혹은 요구 성능을 만족하도록 복수의 시판재료를 조합한 재료시스템을 구축해도 좋다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해둘 필요가 있다.

④ 보수재료의 성능조사

보수재료가 요구성능을 만족하고 있는가를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능 평가값이 요구 성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 성능조사의 구체적인 방법은 다음과 같다.

첫 번째 방법으로는 재료의 다양한 특성값을 사용해서 요구 성능을 직접 평가하고

그 결과를 요구수준과 비교하는 것이다.

또 다른 방법으로는 공공기관이 정한 규격시험을 통해 얻어진 재료시험 결과를 공공기관이 설정한 규격치와 비교하는 것이다.

4) 보수·보강 우선순위

본 용역대상 시설물에 필요한 보수·보강의 우선순위는 손상 및 결함의 종류, 성상, 원인, 구조적 안전성 등을 고려하고, 보수의 완급성을 판단하여 다음과 같이 정하였다.

【표 1.5.2】 보수·보강 우선순위 선정 기준

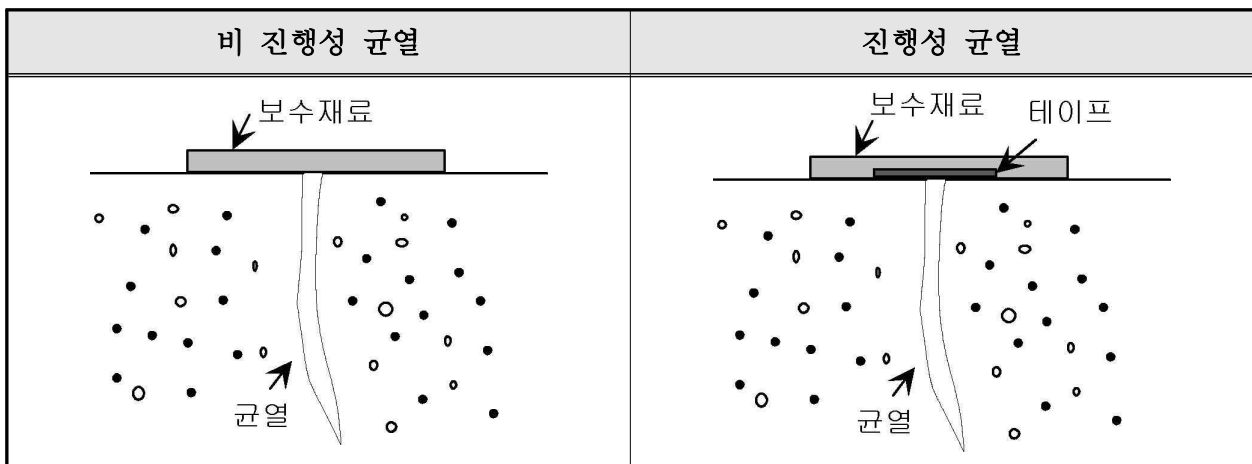
구 분	순 위	내 용
단 기 대 책	1순위	· 주요부재에 발생한 결함 및 손상이 커 내하력에 영향을 미치는 경우 (철근이 노출되어 철근부식에 의한 내하력 저하 가능성이 있는 손상) · 손상 방치시 2차손상으로 진전 가능성이 있는 경우 · 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령 제12조, 시행규칙 13조에서 정한 결함
	2순위	· 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내하력, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요한 경우 (철근부식 가능성이 있는 손상 또는 기존 보수부 중 손상이 발생되었으나 내부 상태를 관찰할 수 없는 경우) · 기능발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위해 연차보수가 필요한 경우 (방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성을 위해 보수가 필요한 경우)
장 기 대 책	3순위	· 발생한 손상이 경미하여, 유지관리를 통한 점검이 필요한 경우

5.2 보수 · 보강 방안

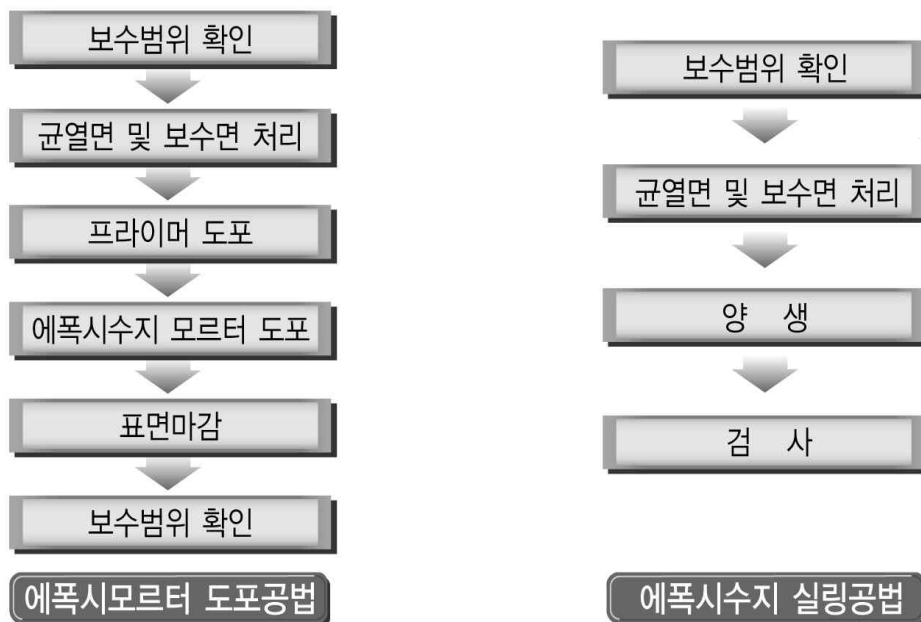
5.2.1 표면처리공법 / 백태보수공법

가. 개요

표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.2mm이하) 및 백태손상부위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킴으로서 장기적인 열화나 탄산화를 방지하는 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다.



<보수 개념도>



<시공 순서도>

나. 시공시 주의사항

- 1) 표면에 피복할 범위를 도면화 하고 구조물 부위에 표시한다.
- 2) 균열부 또는 손상부위를 피복할 부위의 청소는 와이어 브러쉬, 진동대패 등으로 다소 여유있게 청소하여야 한다.
- 3) 바탕처리가 필요한 경우 바탕처리재(에폭시 수지 프라이머)는 점도가 높으며, 무기질 충전재를 함유하고 있기 때문에 주걱으로 눌러서 표면공극이나 흠집을 충분히 메운다.
- 4) 표면 바탕처리 후 경화가 완료되면(2-3일) 고운 사포를 이용하여 표면을 편평하게 갈아내고 압축공기를 이용하여 미분을 털어낸다.
- 5) 재료의 점도를 비롯한 물리적 특성을 고려하여 붓으로 바르거나 에어레스 스프레이를 이용하여 정해진 두께로 초벌을 바른다.
- 6) 표면 도막의 두께는 각 겹당 일정한 두께로 형성하는 것이 보수효과와 내구성 측면에서 유리하다.
- 7) 표면피복이 완료된 후는 주변 분진 또는 오물이 피복면에 흡착되지 않도록 보호막을 설치한다.
- 8) 표면처리공법 시공시 일부구간에 박락 또는 재료분리 등이 있는 구간은 폴리머 콘크리트(모르터) 팻칭공법을 병행한다.

다. 표면처리 보수재료 비교

【표 1.5.3】 표면처리 보수재료 비교

구 분	무기계 표면 도포재	EPOXY계 표면코팅	시멘트 페이스트
장점	· 표면 접착력이 강하다. · 빠른 시간내 지수효과가 크다. · 경화 후 충격이나 내후성이 강하다.	· 시공이 간편하다. · 표면이 완전 건조상태에 있을 경우 보수효과가 크다.	· 시공이 간편하다. · 공사비가 저렴하다.
단점	· 5℃이하에서는 작업이 불가하다.	· 손상면에 습기 등 발생시 보수부 박리 발생	· 보강효과가 다른공법에 비하여 떨어진다. · 보수 후 재발가능성이 크다.
시공 방법	① 백태, 백화, 누수흔적 부분을 치핑 ② 고압 세척 ③ 코팅재 혼합 및 시공 ④ 마감 및 양생	① 백태, 백화, 누수흔적 부분을 치핑 ② 표면을 고압세척한다. ③ 에폭시계 표면처리제를 도포한다. ④ 마감한다.	① 백태, 백화, 누수흔적 부분을 치핑 ② 표면을 고압세척한다. ③ 건조 후 시멘트 페이스트를 바른다. ④ 마감한다.

5.2.2 주입공법

가. 개요

균열부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다. 균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여 한다.

나. 주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 1.5.4】 주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
· 수동식 주입 : 인력 · 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 · 저압저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 · 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	· 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

다. 압입식 수지 주입공법 적용

이 공법은 균열 위에 주입수지가 들어있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압, 자동식 기계 등으로 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 【표 1.5.5】 과 같다. 이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시간에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하고, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 【표 1.5.6】 과 같으며, 일반적인 주입 파이프의 간격은 【표 1.5.7】 와 같다.

【표 1.5.5】 압입식 수지주입공법

압입방식	용기의 형태
· 압축용기에서의 압축공기로 주입	· 플라스틱의 실린더
· 압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	· 플라스틱제의 압력탱크
· 압축실린더에 의한 유입으로 주입	· 금속제의 실린더
· 고무시트의 복원력으로 주입	· 플라스틱제 틀에 고무시트를 고정
· 고무풍선압으로 주입	· 고무풍선
· 고무밴드의 복원력으로 주입	· 플라스틱제 실린더와 피스톤
· 캡슐내의 용수철로 주입	· 플라스틱제 캡슐 탱크

【표 1.5.6】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1mm 전후
	고점도	1,500±500	0.2mm 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0mm 전후

【표 1.5.7】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(mm)	주입파이프/패커 간격(mm)	비 고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 1.5.8】 에폭시계 수지의 규격

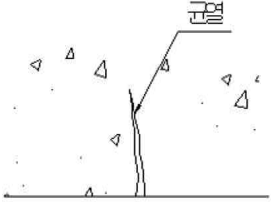
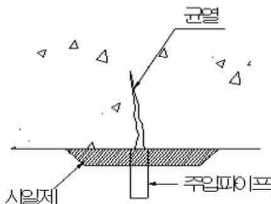
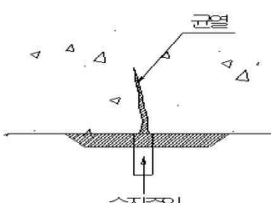
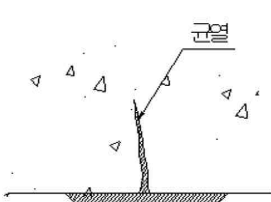
시험항목	시험방법	시험조건	단 위	실링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간		1.7 ± 0.2	1.2 ± 0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	분	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	"	CPS	—	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	kgf/mm ²	6.0이상	6.0이상
휨강도	"	"	"	3.5이상	4.0이상
인장강도	"	"	"	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	"	"	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	"		100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	"	kgf·mm/mm ²	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	"	type D	80이상	80이상

※ “콘크리트교량의 보수·보강관련 신기술 및 표준품셈 공법편람, 건설교통부, 2002.4”

라. 압입식 수지 주입공법의 특징

수지가 들어 있는 용기를 균열 위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기 높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 0.04kgf/mm² 이하로 규정되어 있으나, 실제로는 0.01kgf/mm² 전후가 사용된다.

바. 시공방법

시공순서	시공상세	
보수범위 확인		· 바탕처리 : 균열면에 유리석회 및 먼지제거
균열부위 청소		
주입용 파이프 설치		· 주입파이프설치 및 썰링 : 주입파이프 사이의 균열부분에 썰링후 1~2일 양생
균열면 썰링		
주 입		· 수지주입 : 수동식, 유압식, 자동식 주입법 등으로 주입
파이프, 썰링재 제거		· 주입파이프 철거 및 표면마무리
모르터 미장마감		

【그림 1.5.2】 균열 주입보수 시공방법

바. 시공시 주의사항

- 1) 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.
- 2) 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
- 3) 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.
- 4) 썰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- 5) 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 썰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면 처리한다.

사. 균열보수여부 판정기준

구조부재로 사용되는 강재의 부식에 대한 콘크리트의 허용균열폭은 일반적으로 피복두께 및 강재의 종류에 따라서 【표 1.5.9】에 따라야하며 이때 적용될 수 있는 피복두께는 100mm 이하를 표준으로 한다. 강재의 부식에 대한 환경조건은 【표 1.5.10】와 같다. 내구성 확보를 위한 보수기준으로서의 허용균열폭은 【표 1.5.11】과 같다.

▣ 판정근거 : 콘크리트 구조물의 균열, 누수 보수·보강 전문시방서. 국토해양부, 1999.12, p4-23

【표 1.5.9】 철근콘크리트 구조물의 허용균열폭 $W_a(\text{mm})$

강재의 종류	강재의 부식에 대한 환경조건			
	건조 환경	습윤 환경	부식성 환경	고부식성 환경
철 근	0.4mm와 0.006Cc 중 큰 값	0.3mm와 0.005Cc 중 큰 값	0.3mm와 0.004Cc 중 큰 값	0.3mm와 0.0035Cc 중 큰 값
프리스트레싱 긴장재	0.2mm와 0.005Cc 중 큰 값	0.2mm와 0.004Cc 중 큰 값	—	—

※ 여기서, Cc는 최외단 주철근의 표면과 콘크리트 표면 사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)

※ 콘크리트 구조설계기준 해설(한국콘크리트학회, p.500 참조)

【표 1.5.10】 강재의 부식에 대한 환경조건의 구분

건조환경	· 일반 옥내부재, 부식의 우려가 없을 정도로 보호한 경우의 보통 주거 및 사무실 건물내부
습윤환경	· 일반 옥외의 경우, 흙속의 경우, 옥내의 경우에 있어서 습기가 찬 곳
부식성환경	· 습윤 환경과 비교하여 건습의 반복작용이 많은 경우, 특히 유해한 물질을 함유한 지하수위 이하의 흙속에 있어서 강재의 부식에 해로운 영향을 주는 경우, 동결작용이 있는 경우, 동상방지제를 사용하는 경우 · 해양 콘크리트 구조물 중 해수 중에 있거나 극심하지 않은 해양환경에 있는 경우(가스, 액체, 고체)
고부식성환경	· 강재의 부식에 현저하게 해로운 영향을 주는 경우 · 해양콘크리트 구조물 중 간만조위의 영향을 받거나 비말대에 있는 경우, 극심한 해풍의 영향을 받는 경우

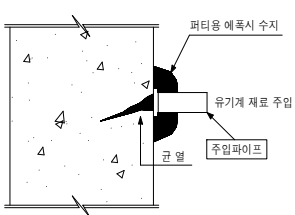
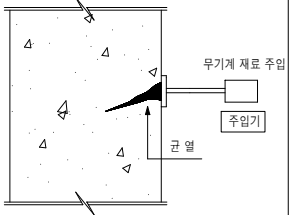
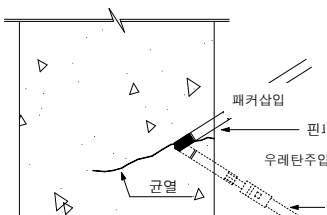
※ 콘크리트 구조설계기준 해설(한국콘크리트학회, p.499 참조)

【표 1.5.11】 내구성에서의 허용균열폭 $W_a(\text{mm})$

조 건	허용균열폭 $W_a(\text{mm})$
건조환경	0.40
습윤환경	0.30
부식성환경	0.20
고부식성환경	0.15
수밀성구조	0.10

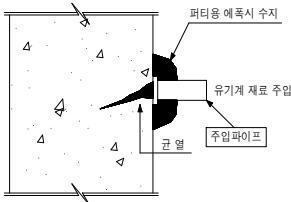
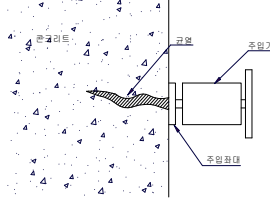
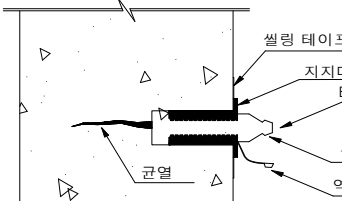
아. 균열주입보수 재료비교

【표 1.5.12】 균열주입보수 재료비교

구분	1 안	2 안	3 안
	에폭시 주입공법	슬러리시멘트 주입공법	우레탄 주입공법
개요도			
공법 개요	· 균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	· 균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 무기계 재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	· 콘크리트 균열 부위에 지그재그방향으로 패커를 삽입하고 우레탄을 주입하는 공법
시공 방법	· 표면처리→주입기설치→균열부 썰링→에폭시주입→단면복구	· 표면처리→주입기설치→균열부 썰링→폴리머슬러리시멘트주입→단면복구	· 표면처리→지그재그 천공→패커설치→지수용 우레탄 발포제 주입→마무리 작업
공법의 특징	· 인장, 휨강도가 우수함 · 건조한 환경에 유리함 · 경화시간이 빠름 · 시공실적 다수 · 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 · 주입압력이 크면 균열 확대되므로 주의	· 품질관리가 용이, 재균열 발생우려 없음 · 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 · 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창 계수, 투수성 확보 · 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 · 보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐 · 공정이 다소 복잡, 시공전문가가 필요	· 접착력 우수 · 탄성이 뛰어나고 인장강도 우수 · 저점도 이므로 미세균열에도 침투 · 다소 유해하다. · 변형발생가능 있음

자. 균열주입보수 공법비교

【표 1.5.13】 균열주입보수 공법비교

구분	1 안	2 안	3 안
	패카 에폭시 주입공법	SPI 에폭시주입공법	SKI공법
개요도			
공법개요	· 균열부위를 컷팅하고 균열부를 섀링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 패커를 이용하여 주입하는 공법	· 좌대를 균열부위에 섀링재를 사용하여 부착시킨 후 역류방지 nipple를 좌대에 설치하고, 전용주입기를 사용하여 에폭시 수지 주입후 탄성모르타르로 마감하여 보수하는 공법으로 균열보수 후 더 이상의 균열진행을 막을 수 있는 공법	· 코어비트 드릴을 사용, 얇게 천공한 후, 마이크로 패커를 사용하여 주입구를 간단히 설치하고 균열특성에 적합한 보수액을 중압으로 주입시키는 공법
시공방법	· 표면처리→천공→패커설치→섀링작업→에폭시주입→섀링재, 패커 제거→표면정리	· 표면처리→좌대부착→섀링작업→에폭시주입→섀링재, 좌대 제거→탄성 모르타르 마감처리	· 햄머드릴 천공→중공형 코어비트 드릴 천공→프라이어 도포/확인창 부착 섀링재도포→플라스틱 마이크로 패커설치→보수액 주입
공법의 특징	· 인장, 휨강도가 우수함 · 건조한 환경에 유리함 · 시공실적 다수 · 경화시간이 빠름 · 주입량 점검이 용이하고, 균열 속 깊이까지 주입 가능 · 가장 일반적으로 쓰이는 공법 · 시공이 간단	· 주입기 압력 조절이 가능하여 미세균열에서 대균열까지 보수 가능 · 니플에 보수액의 역류를 방지하는 ball 역류 장치가 되어 있어 시공시 안전함 · 작업 속도, 경화시간이 빠름 · 깊은 곳 까지도 충분히 주입 가능 · 균열보수 전용 탄성모르타르 마감으로 보수 후 균열의 진행을 방지할 수 있음 · 주입재의 물성치가 우수 · 기존 주입공법의 장점 유지	· 다양한 보수액 주입가능 · 주입압력 조절 우수 · 주입량 조절 우수 · 단기간 작업완료 · 시공부위 무제한 · 신공법에 대한 인지도 미흡 · 주입압력이 크면 균열 확대되므로 주의

5.2.3 단면보수공법

가. 개요

공법개요	· 단면보수공법은 콘크리트 구체에 발생 재료분리, 철근노출, 박리·박락, 표면열화 등의 손상부위를 제거하고, 철근의 부식이 진행된 경우에는 방청처리를 실시한 후 적절한 보수재료를 통하여 제거된 단면을 원래대로 복구하는 공법
------	--

보수개념도	
-------	--

시공순서	보수전 조사항목 · 내부 철근의 부식상태 · 콘크리트의 열화 및 중성화 상태 · 균열의 발생/진전상태 · 염화물 함유량
시공사례	

나. 단면보수재료의 선정기준

철근부식이 현저한 열화부위의 보수에서는 통상적으로 녹 제거작업을 하고, 방청처리 재를 도포한 후, 단면보수재를 이용하여 단면을 복구한다.

1) 단면보수재

① 단면보수재료 시방규정

단면보수재는 시멘트계의 단면보수재 및 수지계 단면보수재로 크게 나누어지고, 일반적으로는, 각각 폴리머시멘트 모르터 및 경량에폭시 모르터가 대표적인 재료로서 상용되고 있으며 그 시방규정은 다음과 같다.

② 폴리머시멘트 모르터

시멘트 모르터 중에 폴리머를 첨가한 것이고, KS F 4916(시멘트혼화용 폴리머 분산제)에 규정되어 있는 시멘트혼화용 폴리머 분산제 및 재유화형 분말수지가 사용되고 있으며, 일회의 복구두께를 크게 하기 위해서 경량화한 모르터도 사용되고 또, 이들 모르터는 그 대부분이 프리믹스되어 사용되고 있다. 폴리머시멘트 모르터의 품질 규정은 다음과 같다.

【표 1.5.14】 폴리머 시멘트 모르터 품질기준

구 분		KS F 4042 (2002) 콘크리트 구조물 보수용 폴리머시멘트모르터	비 고
시멘트 혼화용 폴리머의 고형분(%)		표시값 $\pm 1\%$ 이내	—
압축강도(MPa)		20.0 이상	—
휨강도(MPa)		6.0 이상	—
접착강도(MPa)	표준조건	1.0 이상	—
	온냉반복 후	1.0 이상	—
내알칼리성		압축강도 (20.0MPa) 이상	—
중성화 저항성(mm)		2.0 이하	—
투수량(g)		20.0 이하	—
물 흡수계수(kg/(m ² ·h ^{0.5}))		0.5 이하	—
습기투과저항성(Sd)		2m이하	—
염화물이온 침투저항성(coulombs)		1,000 이하	—
길이변화율(%)		± 0.15 이내	—

③ 경량에폭시 모르터

에폭시수지의 주재와 경화재를 각각 혼화한 2종류의 모르터 성분을 충분히 섞어서 사용되며, 골재에서는 속이 비어있는 경량골재를 사용해서 경량화하고 있다. 또, 프라이머도포가 포함되어 있는 경우에는 품질시험 시에도 그 시공요령에 따라서 프라이머도포를 포함하여 평가한다. 경량에폭시 모르터의 품질규정은 다음과 같다.

【표 1.5.15】 경량에폭시 모르터 품질규정

항 목	기준규격 등	
	일본 NSK규격 NSKS-005 손상보수용 경량에폭시 모르터	일본 건설성 총프로젝트 「건축물의 내구성향상기술」(외장편) · 건설성영선부 「건축개수공사감리지침」 · 건설성관민연대연구
종 류	일반용 : 봄, 여름, 가을 겨울용 : 겨울	일반용 : 봄, 여름, 가을 겨울용 : 겨울
흐트러짐	일반용 : 20℃ 경화까지 흐트러짐 없음 겨울용 : 5℃ 경화까지 흐트러짐 없음	형상에 이상이 없고 흐트러짐이 발생하지 않음
휨강도(MPa)	10.2이상	10이상
접착·부착강도 (MPa)	20℃ : 1.2이상 습윤 : 1.2이상 온냉반복 : 1.2이상	파괴는 콘크리트에서 일어나고 1.0이상
압축강도(MPa)	겨울용 : 5℃ 1일 10.2이상 일반용 : 20℃ 1일 10.2이상 공통 : 20℃ 7일 10.2이상	—
투수성(ml)	0.5이하	—
균열내구성	시험모르터 및 기관에 균열이 생기지 않는 것	—

④ 단면보수재료의 역학적 성질

보수단면이 큰 경우와 구조보수를 하는 경우에는 보수부의 콘크리트와 역학적인 성질이 유사한 단면복구재를 선택할 필요가 있다. 【표 1.5.16】에서는 폴리머시멘트모르터 및 콘크리트의 겔보기 염화물이온 확산계수를 나타낸다.

【표 1.5.16】 폴리머시멘트모르터 및 콘크리트의 겔보기 염화물이온의 확산계수

모르터의 종류	폴리머-시멘트비(%)	겔보기염화물 이온확산계수 (cm/s)	콘크리트의 종류	폴리머-시멘트비(%)	겔보기염화물 이온확산계수 (cm/s)
보통시멘트 모르터	0	6.4×10^{-8}	보통시멘트 콘크리트	0	2.2×10^{-8}
SBR혼입 모르터	10	6.4×10^{-8}	SBR혼입 콘크리트	10	1.9×10^{-8}
	20	3.9×10^{-8}		20	9.3×10^{-8}
EVA혼입 모르터	10	4.4×10^{-8}	EVA혼입 콘크리트	10	7.9×10^{-8}
	20	2.4×10^{-8}		20	1.0×10^{-8}
PAE혼입 모르터	10	3.8×10^{-8}	PAE혼입 콘크리트	10	6.2×10^{-8}
	20	4.4×10^{-8}		20	5.8×10^{-8}

2) 바탕조정·보호재

단면복구를 실시한 부위 및 단면복구와 관계없이 보호피복이 필요한 곳에 대해서 바탕 조정재, 보호재의 순으로 시공된다.

3) 마감재(피복재)

마감재는 철근콘크리트 구조물로의 내구성 부여, 보호 및 미장을 목적으로 보수공법의 최종 공정에서 사용되는 재료이고, 그 사용목적으로부터 콘크리트용 피복재, 도장재, 라이닝재, 표층개선재 등으로도 불리운다. 마감재로서는 침투성 흡수방지재, 도료, 합성수지 라이닝재, 마감도재 등이 있고, 보수의 목적, 특히 열화요인을 충분히 고려한 후에 선택할 필요가 있다.

침투성 흡수방지재는 전술한 콘크리트 구체처리재로서 사용되지만, 콘크리트 표층부에 함침해도 그 색채가 그다지 변화하지 않기 때문에 마감재로서도 이용되며, 【표 1.5.17】에서는 도막의 염화물이온 차단성능의 예를 들었다.

【표 1.5.17】 도막의 염화물이온 차단성능의 예

도장계 No.	도장계	분류	막두께 (μm)	염화물이온투과량 (mg/cm ² ·day)	염화물이온차단성능의 평가
01	아크릴계 용제형	막 전체 단 막	95 50	0 0.28~0.39	○ ×
02	에폭시계 이멀전형	막 전체 단 막	1000 340	0.39~0.66 0.65~0.97<	× ×
03	에폭시계 용제형	막 전체 단 막	200 80	0~0.48×10 ⁻³ 0	○ ○
04	무에폭시계 무용제형	막 전체 단 막	500 130	0 0~0.48×10 ⁻³	○ ○
05	에폭시계 습면형	막 전체 단 막	900 600	0 0~0.48×10 ⁻³	○ ○
06	탄성계 폴리부타디엔 무용제형	막 전체 단 막	1000 600	0~0.48×10 ⁻³ 0~0.48×10 ⁻³	○ ○
07	탄성계 아크릴 이멀전형	막 전체 단 막	750 300	0.97< 0.65×10 ⁻² ~0.97<	× ×
08	탄성계 우레탄 용제형	막 전체 단 막	200 70	0 0.018~0.052	○ ×
09	글래스 후레이크계 에폭시1	막 전체 단 막	1000 500	0 0~0.87×10 ⁻³	○ ○
10	글래스 후레이크계 비닐에스테르1	막 전체 단 막	1500 500	0 0	○ ○
11	글래스 후레이크계 에폭시2	막 전체 단 막	1500 800	0 0.82×10 ⁻³ ~0.2×10 ⁻²	○ △
12	글래스 후레이크계 비닐에스테르1	막 전체 단 막	1200 600	0~0.48×10 ⁻³ 0~0.82×10 ⁻³	○ ○
13	타르에폭시계 에폭시	막 전체 단 막	200 70	0 0~0.97<	○ ×
14	에폭시계 글래스로빙 보강재	막 전체 단 막1 단 막2	2000 800 250	0.48×10 ⁻³ ~0.082 ~0.48×10 ⁻³ ~0.48×10 ⁻³	○ ○ ○
15	폴리부타디엔글래스섬유 보강재	막 전체	1000	0~0.48×10 ⁻³	○

※ ○: 염화물이온이 투과하기 어렵다. ×: 염화물이온을 투과한다.

※ 측정값이 0.5~0.9ppm은 측정오차내이고, 7주간의 기간내에서 염화물이온이 투과하지 않는다고 판단을 내려서 평가란 안에 ○로 표시했다.

다. 단면보수 재료비교

【표 1.5.18】 단면보수 재료비교

구 분	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
개 요 도		
공법개요	· 콘크리트 손상부위 및 철근 부식부를 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	· 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	· 치핑/고압수 세척 → 철근의 부식제거 → 콘크리트 보호제(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계) 도포	· 치핑/고압수 세척 → 철근의 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
장 점	· 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 · 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 · 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수함 · 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함	· 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 · 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 · 경화시간이 빠름
단 점	· 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 · 보통 형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐	· 방청효과가 확실하지 않음 · 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 · 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

라. 단면보수공법 비교

【표 1.5.19】 단면보수공법(폴리머몰탈) 비교

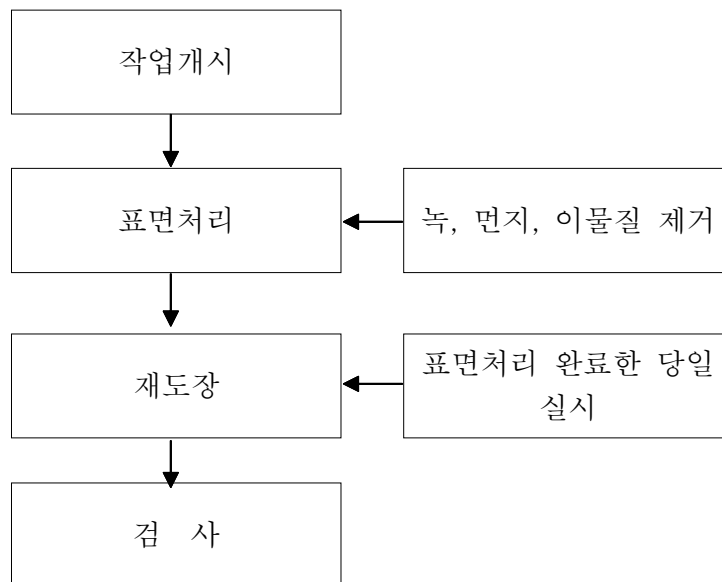
구분	ECC-내화보수공법	리노시스템 공법	프리웨팅 스프레이 공법
공법 개요	· 콘크리트구조물의 표면이나 단면에 프리믹스형 분체재료, 프리팩형 섬유재료 및 배합수로 이루어진 고인성 보수모르터를 뿜칠한 후, 피막수밀제(ECC-SU)를 도포하여 내구 및 내화성을 향상시키는 공법	· 알콕시 실란계 무기질 폴리머가 혼합된 표면처리제(세라탑)와 표면개질된 섬유 및 3원계 폴리머가 함유된 난용성 충전용 모르터(리노몰탈)를 이용한 콘크리트 보수공법	· 손상된 구조물의 단면을 이중오거 방식 믹서 샤프트를 이용한 프리웨팅 스프레이 방식으로 복구하고, 표면을 발수성 프라이머와 코팅제를 사용하여 이중으로 보호하는 공법
시공 순서	① 열화부제거 ② 세정/청소 ③ 단면복구제(ECC-복구모르터) ④ 표면코팅제 도포	① 표면처리 ② 고압세척 ③ 무기질통기성 계면방수제도포 ④ 복합폴리머 시멘트모르터도포 ⑤ 무기질통기성 방수제 도포	① 콘크리트 표면치핑 ② 고압세척 ③ 철근방청제 도포 ④ 단면충전 (TS 100) ⑤ 표면이중보호 코팅
주 재료	· ECC-MOR:고인성 폴리머시멘트 · ECC-RF:프리팩형 섬유재료 · ECC-PR100/200:구체강화 및 신규접착제 · ECC-SPR100:침투성영해방지제 · ECC-SU:피막수밀제	· RM-50P:아질산염계 방청제를 활용한 철근방청용 일성분형 모르터	· TS100:프리웨팅 스프레이용 충전 시멘트 몰탈 · TR:철근 부식 방지 환원성 성분을 함유한 흡착형 일액형 방청제
공법의 특징	· 시공공정이 단순하여 공기단축 및 인력절감이 가능 · 균열제어성능 및 변형성능이 탁월하여 시공 후 균열발생 우려 없음 · 모체에 유해균열이 발생하여도 이를 마이크로 크랙으로 분산시켜 물질투과 저항성을 대폭 향상 · 시공실적이 적음 · 시공전문가 필요	· 내화학적, 내약품성, 내충격성이 우수 · 통기성이 있어 내부수분이 외부로 발산 · 공정의 단순화로 시공 및 품질관리 용이 · 3원계의 난용성 폴리머 모르터의 내수성 우수 · Premix형 및 일액형으로 시공 및 품질관리 용이 · 발수성 계면 처리제에 의해 충전 모르타르의 부착력 감소 · 인력시공으로 공기가 길다	· 철근까지 밀실한 충전가능 · 구조물의 내구년한 증진시킴 · 전문 기계화 시공으로 타 공법에 비해 시공속도가 빠르며 고른 시공품질 확보가 가능 · 시스템의 기계화에 의한 인력절감 및 공사비 절감 · 시공 장소가 넓음 (시공가능 호스길이 : 200m) · 보수면적이 작고 분산된 경우 경제성 및 작업 효율성이 저하된다 · 기계화시공으로 숙련공 필요

5.2.4 강재도장 공법

가. 개 요

도장 결함이 발생한 부재에 대해서 녹, 먼지, 이물질에 의해 손상이 그 이상 진행하지 않도록 녹 및 이물질을 제거한 후 표면도장을 실시하는 공법이다.

나. 시공방법



다. 시공상세 및 유의사항

- 1) 동력공구 및 수공구(와이어브러쉬, 샌드 페이퍼)로 표면처리한다.
- 2) 구 도장계에 대한 확인 및 확실한 표면처리를 실시한다.
- 3) 표면처리 후 분무기 또는 붓을 이용하여 재도장 실시한다.
- 4) 표면처리 후 같은 날 하지도장을 실시한다(결로 및 이물질 등의 영향)
- 5) 도료의 칠 중복은 충분히 건조한 후에 실시하고 대기온도 및 칠표면의 온도가 5℃ 이상이어야 한다.
- 6) 표면처리 후 당일 도장을 수행하지 못한 부분은 다시 표면처리 후 도장한다.
- 7) 폐쇄된 개소에서의 작업시에는 통풍 및 조명등의 환경여건과 안전작업에 대한 대책을 수립한 후에 실시한다.

라. 사용도료 및 건조도막 두께

1) 전면 재도장시

【표 1.5.20】 일반적인 부식 환경 도막두께

도장부위		표면처리 정도	도 장 층 별	도 료 종 류	건조도막 두께(μm)
Steel 부위		거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	무기질징크계 염화 고무계 염화 고무계	50 60 60
강구조물 내 부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질징크계 역청질계	75 75
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질징크계 타르에폭시계	75 75
	3안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질징크계 에폭시계	75 75

【표 1.5.21】 가혹한 부식 환경 도막두께

도장부위		표면처리 정도	도 장 층 별	도 료 종 류	건조도막 두께(μm)
강구조물 외 부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	무기질징크계 에폭시계 우레탄계	75 100 80
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 중 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계 우레탄계	100 100 80
강구조물 내 부	1안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질계징크계 타르에폭시계	75 100
	2안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	무기질계징크계 에폭시계	75 100
	3안	거의 완전한 브라스트 (Sa 2 1/2)	하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계	100 100

2) 부분 재도장시

【표 1.5.22】 부분 재도장시 도막두께

도장부위		표면처리 정도	도 장 층 별	도 료 종 류	건조도막 두께(μm)
강구 조물 외부	염화고무계 알키드 조합페인트	· 거의 완전한브라스트 (Sa 2 1/2) · 동력공구시공 (St3)	T/U 하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱) 우레탄계	(80) 100 50
	우레탄계		T/U 하 도 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱) 우레탄계	(80) 80 50
강구 조물 내부	역청질계		T/U 상 도	에폭시계(알미늄) 역청질계	(80) 75
	광명단 페인트		T/U 상 도	에폭시계(알미늄) 에폭시계(마스틱)	(80) 100

※ T/U(touch-up) : 국부적인 보수도장을 말하며 터치업 면적이 큰 경우는 블라스팅을 하고 전면 재도장 기준을 적용한다.

마. 표면처리의 정도

보수 도장시의 표면처리 등급은 다음을 원칙으로 한다.

- 1) 전면 재도장시 : SIS(스웨덴 규격협회)규정에 의한 Sa 2 1/2.
- 2) 부분 재도장시 : SIS규정에 의한 Sa 2 1/2, 또는 St 3.

바. 검 사

1) 검사항목

【표 1.5.23】 도장 전·후 검사항목

검사시기	검사항목	검사방법
도장 전	· 도료 · 피도체 바탕처리 상태	· 시험성적표심사 · 시료채취 시험실시(KSM5000) · 시방서 기준
도장 후	· 도료 사용량 · 외관조사 · 도막두께 · 도막부착시험	· 전수조사 · 육안조사 · 측정기에 의함 · 테이프 테스트

2) 도료의 품질검사

① 제조업체 시험 성적표

- 제조업체가 제출한 시험성적표가 규격에 적합한지 확인하여야 한다.
- 시험성적표는 도료의 종류별·도료 룯트별로 확인 검사를 해야 한다.

- ② 용기의 규격번호 및 명칭이 표시되었는지 확인하여야 한다.
- ③ 도료의 수량은 설계 소요량이 반입되었는지 확인하여야 한다.
- ④ 현장시료 채취시험은 반드시 공인된 시험기관에 의뢰검사를 실시하여야 하며, 도장 후 도막의 부착성 시험도 필요시에는 의뢰검사를 실시할 수 있다.
- ⑤ 불합격 도료의 처리
 - 시험에 불합격한 도료는 즉시 현장 외로 반출하고, 반출을 증빙할 수 있도록 반품 과정의 사진을 촬영하여 반출송장과 함께 제출한다.
 - 시험에 불합격하여 도료를 반출하고 도료를 재 반입하는 경우는 도료 제조업체를 변경한다.

3) 도장 후 검사

- ① 외관의 육안조사 : 도막의 변·퇴색이나 광택의 감퇴, 백염화, 오손, 균열, 벗겨짐, 부풀음 및 녹 등의 이상유무 및 발생정도를 판정한다.
- ② 층별 도장이 건조된 후 도막측정기에 의하여 도막 두께를 측정한다.
- ③ 도막의 부착성 실험 : 칼로 X-cutting한 후 테이프 테스트를 실시하여 3A등급 이상 (ASTM D 3359 기준)이어야 한다

사. 전처리공법 비교표

【표 1.5.24】 전처리공법 비교표

공 법	샷 블라스팅	습식 샌드 블라스팅	건식 샌드 블라스팅
특 정	· 샷 또는 그릿이라고 하는 금속·비금속의 미세한 입자를 매분 약 2,000회전의 고속으로 회전시켜 표면을 처리하는 기술	· 물에 젖은 모래를 물+에어를 혼합한 기기를 이용하여 분사시켜 표면을 처리하는 기술(수압식)	· 건조된 모래를 에어(공기)를 이용하여 분사시켜 표면을 처리하는 기술(압축공기식)
시 공 순 서	· 사전 준비 · steel ball(grit)을 탱크안에 넣고 고속 회전시킴 · 매분 약 2,000회전으로 원심력을 이용하여 분사	· 사전준비 · 습식 샌드를 탱크안에 넣고 물을 채움 · 8:2로 섞여져 있는 물과 샌드의 혼합물을 분사	· 사전준비 · 건식 샌드를 탱크안에 넣고 물을 채움 · 8:2로 섞여져 있는 공기와 샌드의 혼합물을 분사
공 법 의 특징	· 샌드 블라스팅에 비해 작업시간이 짧음 · Rebound성이 높으며 가공시간이 단축됨 · 공정이 복잡하여 시공 전문가가 필요함 · 시공성이 좋음 · 내구성이 좋음 · 공사비 고가	· 건식 샌드 블라스팅에 비해 분진이 없음 · 규격 샌드가 별도로 필요하지 않음 · 건식 샌드 블라스팅에 비해 미관성이 좋지 않음 · 공사비 다소 고가 · 폐기물 절감 · 샌드 소모량을 줄여줌	· 샌드재가 젖지 않도록 별도의 보관소 필요 · 작업지역 지독한 먼지 및 분진 발생 · 샌드물에 장막이나 칸막이가 필요함 · 공사비가 저렴함 · 강인한 전처리 가능 · 규격 샌드를 준비해야함

아. 강재도장공법 비교표

【표 1.5.25】 강재도장공법 비교표

공 법	금속혼합물계	불소수지계	세라믹계
개념도	· 고강도 마이크로 금속 혼합물 +복합수지 결합	· 플루오로오레핀+비닐 에테르의 우레탄결합	· 세라믹 분말+에폭시결합
적용 대상	· 해안·산간·도심지역 등 특수환경에 놓여 있는 구조물 · 신설 및 기존 철재구조물	· 신설 및 기존 철재구조물	· 신설 및 기존 철재구조물
기대 효과	· 내구성 증대 · 공용수명증진 · 유지관리비용 절감	· 방청기능 · 미관우수	· 시공용이 · 미관우수
유지 관리성	· 금속성분의 금속피막 형성을 통한 안정성 확보 · 우수한 내구성 발현으로 구조물의 공용 수명 증진 · 재도장 횟수 최소화로 유지관리비용 대폭절감	· 내후성, 내약품성 우수 · 초기부착력 우수 · 층간분리현상 발생우려 · 보수도장 어려움	· 내염성, 내약품성 우수 · 초기부착력 우수 · 강인하고 부착력 좋은 도막형성 · 장기적인 내구성, 방식 성능

자. 주요 기계설비의 근본적 보수보강 방안

【표 1.5.26】 기계설비 보수방안

손상항목	보수요령
문비하단지수 고무의 손상	■ 문비하단의 지수고무를 목재와 못으로 고정하는 방법으로 제작한 문비에서 목재의 부식으로 인한 볼트, 너트의 훼손 및 지수고무의 탈락 등으로 문비하단지수고무의 수명이 짧아 중간보수가 필요함. ■ 재발방지를 위해서는 문비하단의 형강에 직접 “I”형의 수밀고무를 스텐재질의 CLAMP PLATE 및 스텐재질의 볼트, 너트로 고정부착하는 방법으로 제작하는 것이 필요하다고 사료됨.
강재문비·문틀 점부식 및 전면 부식 손상	■ 도장계획 (1) 부분도장 (현장작업) ① 부식면의 녹 제거. (철솔 또는 연마포 사용) ② 징크리치 프라이머 (1회-20μ) ③ 탈 에폭시(코레포탈 EH173) (2회-100μ~200μ) (2) 전면도장 (공장작업) ① 슛브라스트 ② 징크리치 프라이머 (1회-20μ~75μ) ③ 탈 에폭시(코레포탈 EH173) (2회-100μ~200μ) (3) 문비전면 보수의 경우 지수고무 교체를 위한 작업공정이 필요함.
문비, 랙크바 등 의 수직도 편기	■ 정비방안 - 문비 및 랙크바의 기울어짐 현상은 충격방지장치가 부착된 랙크바(핀잭타입)에서 발생하는 경우가 대부분임. - 충격방지장치는 랙크바의 연결부분에 볼트너트로 완충장치를 부착하는 방식으로 제작하는 것으로 장기간 사용시 완충부분의 부식 등으로 양쪽 랙크바의 길이가 상이하게 됨으로 문비의 기울어짐으로 나타남. - 재발방지를 위해서는 랙크바에 충격방지장치가 없으며 길이가 변동되지 않는 형식으로 제작되는 제품을 사용하는 것이 근본적인 해결책으로 사료됨.

5.2.5 보수재료의 품질관리 및 검사

가. 보수 재료의 품질관리 개요

콘크리트의 보수에는 보수의 평가, 대책 및 설계가 포함된다. 품질관리를 위해서는 보수대책 수립시 이용자의 요구사항을 충족시키고 열화의 원인과 결과를 파악하기 위하여 광범위한 진단을 시행할 필요가 있다. 품질관리 항목에는 구조물과 관련하여 내구성, 시공성 및 적합성에 관하여 검토해야 한다.

1) 시공상의 품질관리

콘크리트 구체의 성능저하 문제는 다양하며, 각각의 상황에 대응해서 어떠한 보수방법이 적절한지를 명확하게 파악할 필요가 있다.

보수검토의 과정에서는 보수의 목적을 정확하게 설정하고 보수재료의 필요한 특성을 결정한다. 또한, 보수시공 단계별 재료의 배합, 공법의 적절성, 보수설계 및 지침대로 이행 여부를 점검한다.

2) 구조상의 품질관리

콘크리트의 보수는 손상부분의 콘크리트를 제거, 보수하고 구조상의 기능을 회복시켜 보수부분의 콘크리트와 내부 콘크리트를 가혹한 환경으로부터 보호하고, 이용자의 요구를 들어주어야 한다.

구조적 관점에서 점검할 것은 보수부분과 기존의 바탕 콘크리트 부분과의 경계면에서 발생하는 각종의 응력을 점검하는 것이 중요하다. 보수부분의 응력은 기존바탕 콘크리트 부분과의 상태적인 체적변화와 보수시의 작업하중에 의해 발생한다. 보수부분에 발생하는 응력은 허용응력 이하여야 한다. 많은 경우 보수 부분은 응력전달을 기대할 수 없다. 압축영역의 내력이 저하하면 하중은 열화되지 않은 영역으로 재분배된다. 원래의 하중분포 후상태로 되돌려놓기 위해서는 보수 작업을 하는 중에는 하중을 제거하여 보수, 양생하고, 그 재료가 소정의 강도에 달한 후에 콘크리트 부재에 하중을 가해야 할 필요가 있다.

3) 재료상의 품질관리

보수용 재료의 선택은, 구조물의 소유자(이용자)와 기술자에 의한 보수의 필요조건, 사용조건과 환경조건 및 시공기술을 고려하는 것이 중요하고, 필요조건을 확정하고 재료특성을 결정하고 나서 특정의 재료를 선택해야 하는 복잡한 절차이다. 특히 두 종류 이상의 재료가 요구되는 상태에서 최종적인 재료선택은 경제성, 시공성 및 안전성과의

관련을 바탕으로 결정된다.

4) 유지관리

보수·보강 후에 필요한 유지관리의 내용은 구조물의 형태, 공법의 종류 및 공사의 규모 등에 따라 달라진다. 따라서, 설계자는 시공자에 협력을 얻고 발주자와 함께 협의를 거쳐 유지관리계획서를 작성한다. 예를 들어 금회의 보수공사에서 콘크리트의 균열을 주입공법으로 보수한 경우 보수부분과 그 주변에 대해서 점검 등을 해야 한다. 따라서, 공법의 특징을 파악하고 있는 시공자의 의견을 가미하여 효과적인 유지관리 방법 및 지침 등을 작성하여야한다.

나. 보수 후 성능평가 방법

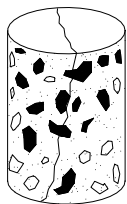
보수공사 후 평가는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 보수효과에 대한 확인을 행하는 것이 좋다. 또는, 구조물에 대한 보수에 의한 방수효과를 비파괴적으로 확인하는 방법으로는 가스압입 누수진단기나, 방식효과에 대해서는 전기 화학적인 방법인 분극저항 측정법 등이 제안되고 있다.

1) 코어채취

① 콘크리트 코어 강도 시험방법

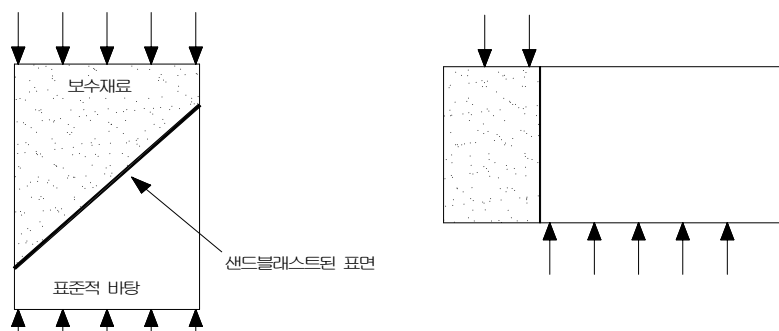
- KS F 2422

② 육안에 의한 주입효과 평가



- 주입효과를 위해 채취된 콘크리트 코어
- 외국의 연구결과에 의하면 균열깊이 80% 주입만으로도 거의 완전한 주입효과를 나타낼수 있다고 보고되고 있어 최소한 균열깊이의 80% 이상 주입이 권장된다.

③ 실내시험에 의한 평가



- 경사전단 시험 : 경제적이고 시험이 간편(부착강도 = 파괴하중/부착면적)

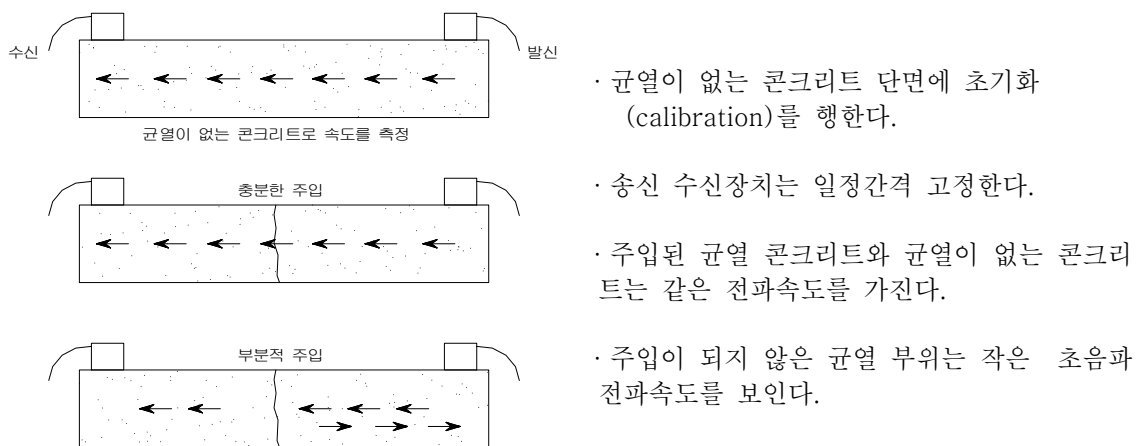
관련 시험법(ASTM C 881~884, ASTM C 1042, 1059)

- 직접전단 시험 : 시험실과 현장 어느곳의 공시체도 측정가능
관련 시험법(BNL 직접전단, IOWA 직접전단)
- 일축인장 시험 : 현장의 콘크리트와 덧씌우기의 부착강도를 측정하는 시험방법
관련 시험법(ACI 503R, NIST 연구 NISTIR 4648)

2) 비파괴 기법

① 초음파신호 속도(UPV) 시험

초음파 전파속도 측정에 의한 보수효과의 평가는 아래 그림과 같다.



② 충격음(Impact echo)법

충격음법에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 아래 그림과 같이 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 보수효과는 보수전과 후의 측정값의 차이와 건전면에서 측정된 값의 비교를 통하여 확인할 수 있다.

③ 현장 부착강도 시험

덧씌우기나 표면접착제의 부착강도는 인발시험(pull-off test)과 같은 현장시험으로 판정할 수 있다. 코어를 기존재료에 부착되어 있는 상태로 둔 채, 인장기구를 코어에 연결하여 파괴될 때까지 하중을 구한다. 보수한 부분을 바로 평가하여 보수공사를 조정할 수 있는 장점이 있다.

제 6장 유지관리 방안

6.1 개 요

6.2 유지관리 일반

6.3 점검주기 및 주요 조사항목

6.4 유지관리시 점검방향 제안 사항

제 6장 유지관리 방안

6.1 개요

유지관리란 시설물의 내용년수 내에 그 기능을 보존하고 이용자의 편의나 안전을 도모하기 위한 목적으로 일상정비하고 손상된 부분을 원상태로 보수하여 최초에 정비된 상태로 유지함과 아울러 시간의 경과에 따른 시설의 개량을 행하는 것이다. 따라서, 여기에는 시설물의 갱신이나 개량은 포함되지 않는다. 여기서 유지관리의 기본개념을 정리하면 다음과 같다.

【표 1.6.1】 유지관리의 기본개념

구 분			내 용
유 지 관 리	점검·검사		· 정기점검, 이상시 점검을 주체로 하며 이에 동반되는 관리업무
	평 가		· 점검 결과에 따라 시설의 건전도를 평가하여, 보수의 필요성을 판단하는 것
	유 지 보 수	유지	· 시설물의 물리적 노후도의 진행이나 기능저하를 허용한계 이내로 멈추게 하기 위한 행위
		보수	· 물리적·기능적으로 노후화된 시설물을 부분적으로 수리하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
		보강	· 외력에 의하여 파손된 시설물을 부분적으로 보수하여 원래의 기능과 구조로 회복시키는 행위
갱신·교체			· 물리적·기능적으로 노후화된 시설물이나 이상한 외력에 의하여 파손된 시설물을 전면적으로 수리하여 원래의 기능과 구조물로 회복시키는 행위
개 량			· 당초 계획했던 기능을 증가하는 기능을 갖출 수 있는 구조로 개량하는 행위

6.2 유지관리 일반

6.2.1 개요

시설물의 유지란 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀점검을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 시설을 추가함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다.

6.2.2 유지관리 업무 및 흐름

유지관리를 효율적으로 하기 위해서 아래의 항목에 대하여 대상 구조물을 관리하는 것으로 요약할 수 있다.

가. 자료관리

자료관리는 본 구조물에 관련된 설계도서, 구조물대장, 보수보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 그 목적은 본 구조물이 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위해서이다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강시마다 자료가 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 관련내용의 전산화를 통한 데이터베이스를 구축하여 관리하면 효율적이다.

유지관리시 필요한 관련자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도(시공 및 보수도면, 구조계산서 등) - 공사내역서 및 지방서
- 사진 및 시험결과 - 보수보강이력
- 사고기록, 점검 및 진단이력 - 시설물관리대장
- 상태 및 안전성 평가기록

나. 일상관리

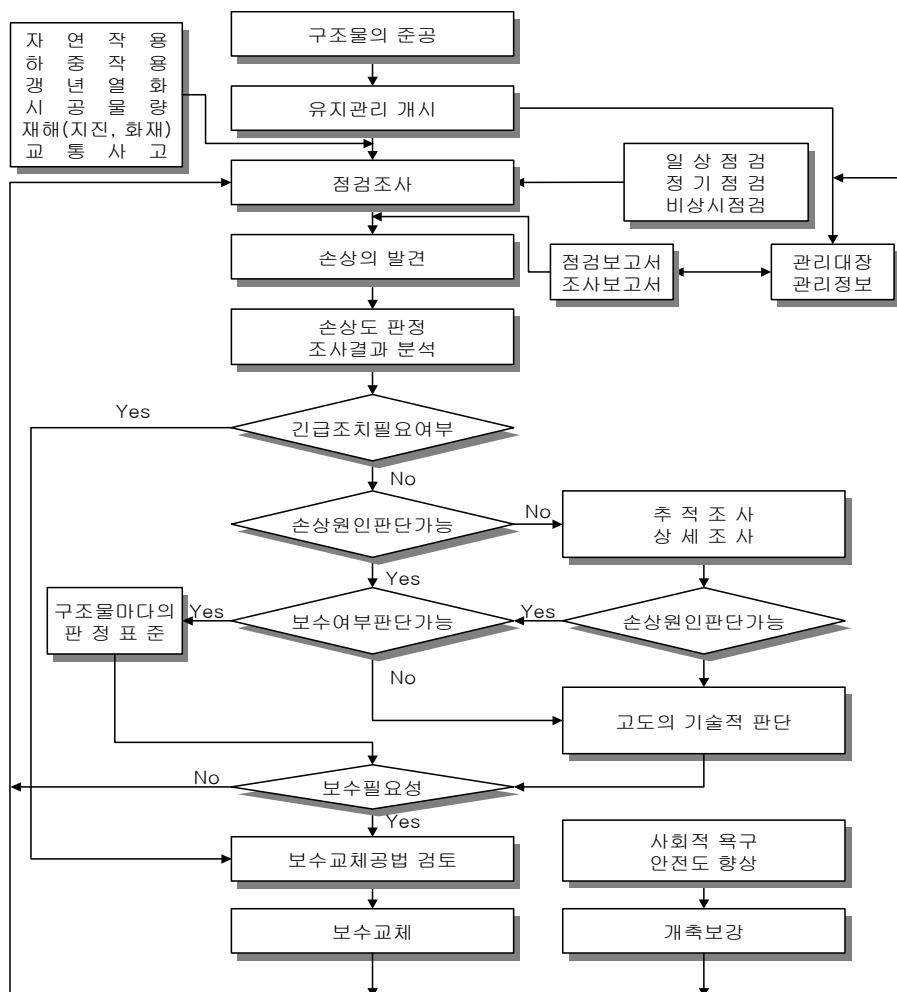
일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다.

다. 점검 및 진단

점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 초기에 발견함으로써 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위해서도 점검이 필요하다. 점검은 정기점검, 정밀점검, 긴급점검으로 나누며, 점검의 결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강의 필요성이 있는 경우에는 추적조사나 상세조사를 실시한다. 또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단할 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

라. 보수 및 보강

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



【그림 1.6.1】 유지관리 흐름도

6.3 점검주기 및 주요 조사항목

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

점검은 정기점검, 정밀점검(초기점검 포함) 및 긴급점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다. 또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단될 때에는 전문가에 의한 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

【표 1.6.2】 수문 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
주요부재	◦ 수문 본체	○	○	○	
	◦ 문비	○	○	○	
보조부재	◦ 배수(통행)암거	○		○	
	◦ 날개벽(홍벽 포함)	○		○	
	◦ 물받이	○		○	
	◦ 관리교	○		○	
	◦ 부대시설 등 (인접제방은 필요시 포함한다)	○		○	

【표 1.6.3】 점검주기 및 주요조사항목

점검종류	점검주기	주요조사항목	비 고
정기점검	반기1회	· 박리, 균열, 박락, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검 시와의 변형, 변위 발달상태	
정밀점검	점검결과에 따라 실시	· 설계도서 검토 · 형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) · 상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) · 현장시험·측정(강도, 철근, 피복, 철근부식, 탄산화 등)	
긴급점검	필요시	· 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요보조부재의 내하력, 사용제한 여부 등	
정밀 안전진단	점검결과에 따라 실시	· 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 정기점검 상태로부터의 변화 확인 · 구조해석 및 안전성 평가	

【표 1.6.4】 정밀점검 및 정밀안전진단 실시주기

안전등급	정밀점검		정밀안전진단	비 고
	건축물	그 외 시설물		
A 등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상	
B·C 등급	3년에 1회 이상	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상	
D·E 등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상	

※ 최초로 실시하는 정밀점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)을 기준으로 3년 이내(건축물은 4년 이내)에 실시하여야 함.

6.4 유지관리시 점검방향 제안 사항

6.4.1 예방 유지관리

보수 및 보강을 실시할 경우 해당 공법에 대해 명칭, 신기술번호 등을 자세히 기록하고, 공사시 문제점 등을 기록해 두어 차후 적용공법의 적합성을 검토할 수 있도록 하여야 한다.

6.4.2 점검방법

보수·보강 부위에 대해서는 근접육안조사를 실시하여 망상균열, 누수나 백태 흔적, 녹물 유출이 발견될 경우 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결함의 존재 여부를 추정한다. 이때 박리, 박락의 우려가 있는 부위는 검사시 두드려서 떨어뜨린 후 위치, 규모, 내용에 대하여 조사망도에 기록, 정리하여 진행성 여부를 파악하고 보수·보강 계획 수립시 참고한다.

【표 1.6.5】 중점 점검사항

구 분	중 점 점 검 사 항
방 법	◦도보에 의한 전 구간 육안 조사 실시 ◦등급에 따라 보수 및 청소를 실시한 후 동일 손상 재 발생 여부 확인
수문본체	◦철근노출 및 콘크리트 파손부 확인 ◦중·횡방향 균열발생 유무
권양기	◦오일 누유 여부 ◦전동·수동 작동여부 및 전동 개·폐 속도 확인
문짝, 문틀	◦부식 여부 ◦문짝하부 슬리지 퇴적에 의한 차수상태 여부

【표 1.6.6】 수문구조물의 장기적 관리

구 분		점 검 사 항	비 고
수문 구조물	배수암거	◦보수·보강 후 슬래브 및 벽체 재균열 발생여부 ◦시공 이음부 누수 및 파손 ◦암거 바닥부 침식 및 파손 ◦습윤환경에 따른 백태, 철근부식 ◦인접공사에 따른 손상발생	◎ 조사방법 - 육안검사 - 타격음 조사 ◎ 조사장비 - 점검망치 - 균열자 - 점검등 - 균열경 등
	날개벽 물받이구간	◦날개벽 및 물받이 구간 침하에 따른 손상 ◦하천퇴적물로 인한 배수불량	
	수문본체	◦문틀파손 및 내·외부 벽체 균열 ◦문짝 접속부 및 문틀 이물질 퇴적 ◦암거 연결부 누수, 백태 등 손상발생	

【표 1.6.7】 기계설비의 점검주기 및 점검방법

항 목	점 검 내 용	점검주기	점검방법	보수요령
1. 권양기				
1) 전반적인 청소상태	◦권양기 주위에 불필요한 물건 이물질의 부착여부	매운전시	육안검사	제거 및 청소
	◦권양기 내,외부의 도장상태	년1회	육안검사	녹제거, 재도장
2) 브레이크	◦핸드, 원심브레이크의 정상 작동여부	매운전시	시운전	이상 시 전문가에게 의뢰
3) 기어류	◦작동시 원활하게 작동하는지 여부	매운전시	시운전	떨림, 소음 발생시 전문가에게 의뢰
	◦감속기 및 기어박스내의 오일 충전상태	년1회	유 량 계 육안검사	오일주입 또는 오일 교환
4) 개도계	◦게이트의 위치와 일치하는가의 여부	매운전시	육안검사	전문가에게 의뢰 조정
	◦표시판의 투명도 여부	년1회	육안검사	청소
5) 감속기	◦정상운전 시 소음 및 진동의 여부	매운전시	청음, 육안검사	제거 및 청소
	◦고정볼트, 너트의 풀림, 이탈 여부	매운전시	육안검사	녹제거, 재도장
6) 긴급차단 장치	◦클러치의 전동⇄수동 전환이 원활한가의 여부	매운전시	시운전	이상시 전문가에게 의뢰
7) 베어링	◦작동의 원활여부	년1회	수동운전	그리스 주입기로 주유
8) 과부하방 지장치	◦핸드브레이크 조임상태에서 내림버튼을 누른다 → 모터 정지여부	매운전시	시운전	이상시 전문가에게 의뢰
9) 리미트 스위치	◦완전 폐문 시, 완전 개문 시모터의 정지 여부	매운전시	시운전	이상시 전문가에게 의뢰
10) 모터	◦소음 및 진동의 유무, 모터축 연결상태, 기어 및 베어링	매운전시	청음, 육안검사	이상시 전문가에게 의뢰
	◦이상발열	매운전시	시운전	전압 및 전류차의 정상여부 확인

【표 1.6.7】 기계설비의 점검주기 및 점검방법(계속)

항 목	점 검 내 용	점검주기	점검방법	보수요령
11) 커플링	◦볼트, 너트의 풀림여부	매운 전시	육안검사	풀린 볼트, 너트의 체결, 파손은 교체
12) 핸들레버	◦작동 원할 여부	매운 전시	시운전	고장시 신품으로 교체
13) 카바	◦파손의 여부	월1회	육안검사	파손시 수리
14) 시건장치	◦부드럽게 잘 열리는가의 여부	매운 전시	조작	키홈에 윤활유 주입
2. 랙 바				
1) 랙바	◦랙 바의 휨 여부	매운 전시	육안검사	전문가에게 의뢰 조정
	◦랙 바의 부식 여부	매운 전시	육안검사	녹 제거 후 도장
3. 문 비				
1) 전반적인 청소상태	◦수밀부 및 빔 내부의 이물질, 토사 등 부착여부	월1회	육안검사	청소실시
2) 구조전반	◦상승 및 하강 시 이상소음 발생 여부	매운 전시	청음 육안검사	이상 시 전문가에게 의뢰
	◦권양시 기울어짐 여부	매운 전시	육안검사	문틀과 문비사이에 이 물질 확인
	◦부재의 변형여부	년1회	육안검사	변형시 문비교체
3) 볼트, 너트	◦풀림 및 손상여부 ◦나사부분 부식여부	년2회	육안검사	풀린 볼트, 너트의 체결, 파손은 교체 녹 제거하고 그리스 주유
4) 스킨 플레이트	◦두께측정	년1회	계측기기	규정치 이하로 부식시 문비교체
5) 지수고무	◦파손 및 변형 여부	년3회	육안검사	이상시 지수고무 교체
6) 도장	◦벗겨진 곳의 유무	년1회	육안검사	년 1회 도장시행
4. 문 틀				
1) 청소상태	◦문틀내의 이물질 유무	월1회	육안검사	토사 및 이물질 제거
2) 수밀판	◦손상 및 마모 여부	년2회	육안검사	전문가에게 의뢰점검

※매월 1회 이상 시운전을 시행하여 원활한 작동상태를 유지하는 것이 바람직함

1) 수문가동조건 및 점검시기

해당 빗물펌프장에서 실시하는 수문시설의 점검주기 및 가동현황 일보는 적정하게 관리되고 있으나 수위상승에 의한 연간 수문가동현황과 보수 및 교체이력은 별도의 관리를 통하여 강우 후 청소 및 즉각적인 표면보수 등 유지관리에 참고 할 수 있도록 해야 할 것이다. 해당 관리 빗물펌프장의 현황과 수문 수문가동조건과 점검주기는 다음과 같다.

【표 1.6.8】 수문작동 점검시기

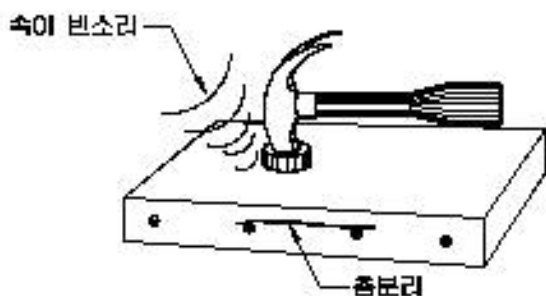
구 분	수방기간	비 수방기간	비 고
수문작동 점검	주 1회	월 1회	※ 수방기관(5월 15일 ~ 10월 15일)

2) 환기조건

수문구조물의 열화 및 기계설비 부식의 원인은 내부적인 결함과 더불어 주변환경의 영향과 밀접한 연관성이 있다. 본 배수암거 시설물은 평상시 하수가 유입되어 분류하수공에 의해 배출되고 있으며, 하수의 황화수소(H_2S) 가스는 부식을 유발하는 주요 인자로 작용한다. 이에 따라 배수암거 내부로 유입되는 하수의 최소유속($V=0.6m/s$)을 확보하고, 적절한 환기 대책이 필요하다.

6.4.3 점검도구

점검용 망치 : 내부의 공동이나 층분리 여부를 소리로 판단한다. 즉 건전한 부분을 두들기면 “핑” 하는 소리가 나지만 내부결함이 있는 부분은 “퍽” 하는 소리가 난다.



6.4.4 점검도구의 보관

근접조사를 위한 장비(사다리 등), 랜턴, 균열자 등은 구조물의 가까운 위치에 보관함 설치 또는 경비실에 비치하여 점검시 이용할 수 있도록 한다.

제 II 편 점검결과

제 1장 동화제7배수통문

제 2장 반정제1배수문

제 3장 상두1배수문

제 4장 상두제3배수암거

제 5장 어은우2배수갑문

제 6장 어은우4배수암거

제 7장 자안우10배수암거

제 1장 동화제7배수통문

1.1 시설물 개요

1.2 자료수집 및 분석

1.3 관련도면

1.4 현장조사

1.5 비파괴시험

1.6 상태평가

1.7 종합평가 및 안전등급

1.8 보수 · 보강 및 유지관리 방안

1.9 종합결론

제1장 동화제7배수통문

1.1 시설물 개요

동화제7배수통문은 경기도 화성시 매송면 숙곡리 485-2번지, 동화천 우안에 위치한 배수구조물로서 D1.5×1문의 수문구조물로 구성되어 있으며, 평상시 우수를 자연배제하고 동화천의 수위 상승시 수문을 닫아 외수의 유입을 방지하기 위해 스펀들 형식의 수문이 설치된 시설물이다.

【표 2.1.1】 동화제7배수통문 현황

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	동화제7배수통문	준공년도	—
관리주체	화성시청	시설물번호	—
소재지	화성시 매송면 숙곡리 485-2	내진설계	내진설계 미반영
하천수계	동화천	문비수	1문
하천명	동화천	문비규격	1.5m×1.5m
하천에서 위치	동화천 우안(NO. 48+36)	집수면적	0.392km ²
제방고	E.L 8.76m	유역면적	3.95km ²
계획홍수위	E.L 8.36m	수해면적	31.61km ² (20년)



유입구 현황



유출구 현황

1.2 자료수집 및 분석

1.2.1 자료수집 현황

과업기간 중 수집된 자료는 다음 목록과 같다.

【표 2.1.2】 자료수집 목록

구 분	수 집 자 료
기초자료 (준공당시 자료)	·준공당시 자료 미확보
기 점검 및 진단자료	·FMS 자료확보
보수·보강 관련자료	·FMS 자료확보

1.2.2 기초자료 분석결과

과업대상 시설물인 동화제7배수통문은 동화천 우안 제방측에 위치하며, 준공년도 미상인 구조물이다.

본 동화제7배수통문은 준공이후 공용년수 증가로 인해 초기 시공자료 및 설계자료 등이 없는 것으로 확인되었다.

1.2.3 기 점검 및 진단자료

【표 2.1.3】 점검 및 진단이력

년 월	점검·진단명	상태등급	주요내용	점검·진단기관
2019-06-27 2019-06-28	정기안전점검 (상반기)	보통	지속적인 관찰요함	자체수행
2018-12-17 2018-12-21	정기안전점검 (하반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2018-06-26 2018-06-26	정기안전점검 (상반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2017-12-07 2017-12-07	정기안전점검 (하반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2017-06-12 2017-06-16	정기안전점검 (상반기)	보통	단면보수가 필요함	자체수행
2016-10-04 2016-11-22	정밀안전점검	B등급	전반적으로 양호함 권양기 교체	지오텍컨설팅(주)

【표 2.1.4】 전회 정밀점검 요약

용역명	동화천 외 4개소 2중시설물(배수문) 정밀점검 용역
용역기간	2016. 10. 04 ~ 2016. 11. 22
용역사	지오택컨설팅(주)
토목시설	동화제7 배수통문에 대한 현장조사결과 수문본체(조작대)는 손상이 없는 양호한 상태이며, 배수암거는 전면부 날개벽 파손, 표면열화 등의 손상이 발생하여 적절한 보수가 필요한 상태이다.
기전설비	기계설비는 권양기의 기능상실로 인해 수문의 개폐가 불가능한 상태이므로 권양기의 교체가 필요한 상태이며, 공용년수 경과에 따른 문짝 및 문틀의 부식, 배수문 수평재 부식에 의한 파손, 배수문 연결부 변형에 따른 문 기울음이 조사되어 보수가 필요한 것으로 판단된다.
결과요약	현장조사 및 시험, 상태평가를 종합적으로 검토한 결과, 각각의 개별시설물의 집합체로서 통합시설물로 운영되는 동화제7 배수통문의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기증 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태』인 B등급으로 평가되었다.

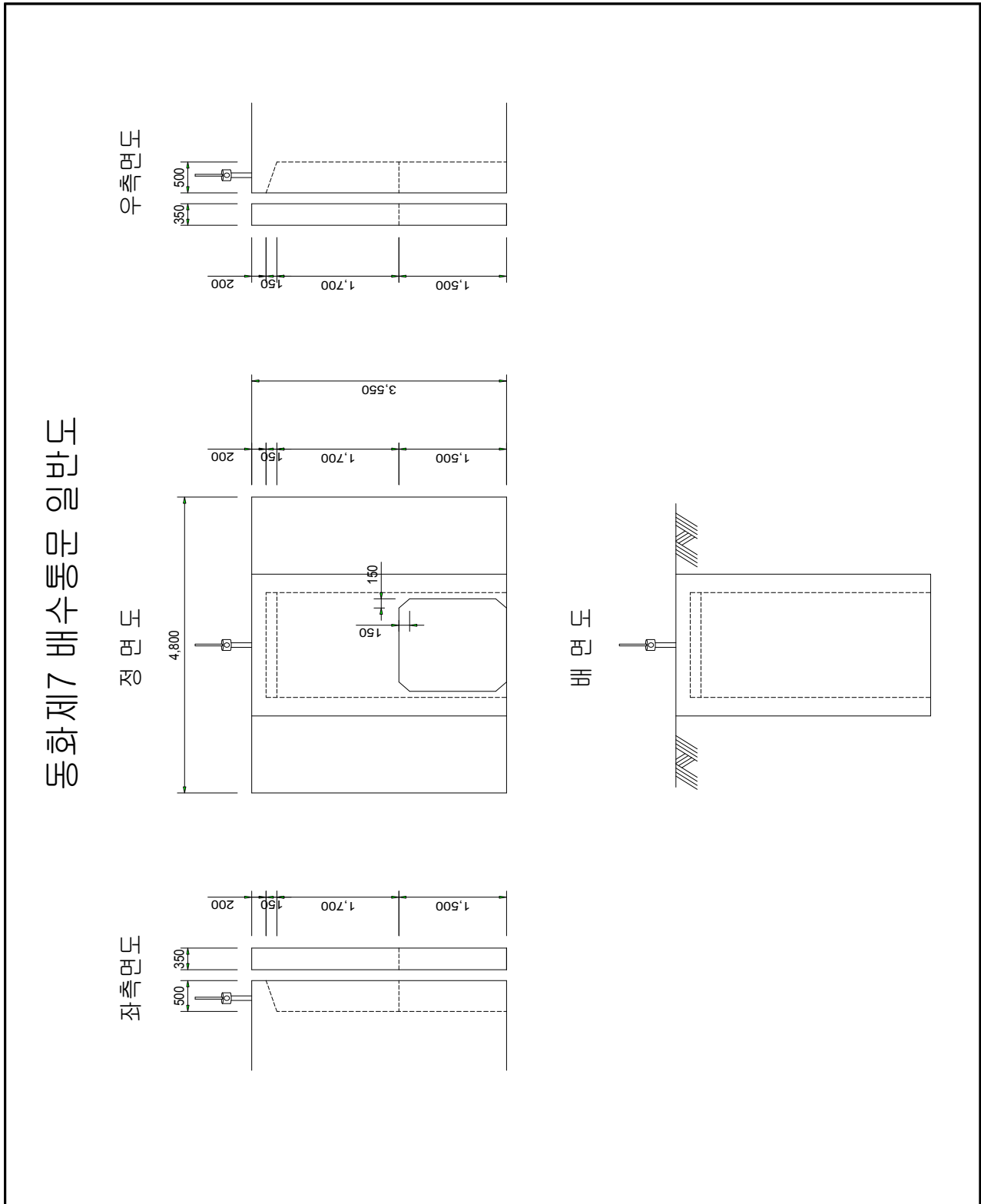
1.2.4 보수·보강관련사항 분석결과

【표 2.1.5】 보수·보강 이력

보수기간	공사내역	시공사/보수비(천원)
2017-10-17 ~ 2017-11-05	균열주입보수, 표면처리, 단면보수, 단면보수(방청), 콘크리트 타설, 재도장, 권양기 교체, 인디게이터 설치	주식회사 진성건설 233,309

1.3 관련도면

과업대상 시설물의 중·평면도는 다음과 같다.



【그림 2.1.1】 동화제7배수통문 일반도

1.4 현장조사

1.4.1 개요

본 시설물에 대한 외관조사는 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 시설물의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 시설물의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

1.4.2 현장조사 결과

1) 수문본체

수문본체는 동화천 제방 우안에 위치하며, 상부에 조작대가 설치되어 있다.

금회 동화제7배수통문의 외관조사결과 본체 전면벽체 및 조작대 상, 하면에 손상이 없는 매우 양호한 상태로 조사되었으므로 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

또한 현재 퇴적은 없는 상태이나 수문 입구에 토사 및 잡풀 쓰레기 등의 퇴적 발생시 수문 개폐 시 어려움이 있으므로 청소 및 하천정비시 준설 등의 유지관리가 요구된다.

【표 2.1.6】 배수통문 수문본체 손상현황표

결 합 내 용		손상물량	비고
수문본체	상태양호	-	



조작대 상면 전경



수문 전경

【사진 2.1.1】 수문 현황

2) 기계설비

① 권양기

본 동화제7배수통문의 수문은 강재형식의 문비1문과 수동식 스펀들 형식의 권양기 1기 등으로 구성되어 있으며, 금회 외관조사결과 권양기의 브레이크 설치상태, 수평상태, 고정상태, 랙크바의 설치상태 및 수직도, 수문작동 상태 등 권양기의 전반적인 상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.1.7】 권양기 현황

구 분	내 용
준공년도	2017년 교체
규 격	1.5m×1런×1문
권 양 기	스펀들 형식
조작방법	현장 수동조작
용 량	1.0ton

【표 2.1.8】 권양기 외관조사 결과표

구 분	점검사항		외관조사 현황
권양기	브레이크 설치상태		상태양호
	수평상태		
	고정상태		
	부식상태		양호
	전동장치	과부하방지장치	—
		오일상태	—
		모터상태	—
랙크바	설치상태		상태양호
	수직도		상태양호



권양기 외부 현황



랙크바 현황



권양기 작동상태 양호



권양기 작동상태 양호

【사진 2.1.2】 권양기 손상현황

② 문짝 및 문틀

문짝 및 문틀에 대한 외관조사 결과 수문본체에 설치된 강재문짝 및 문틀은 강재변형 등이 발생되지 않은 양호한 상태이나 비말대 부분 국부적으로 문짝에 표면부식이 발생한 상태이다.

암거유출부에 설치된 Flab문짝은 공용년수 증가 및 지속적인 습윤환경의 노출에 따른 FRP배수문 수평보강재 파손이 조사되었다.

【표 2.1.9】 문짝 및 문틀 외관조사 결과표

구 분	점검사항	외관조사 현황
문 짜	도장 및 부식상태	표면부식
	지수고무 상태 / 변형 등 외관상태	수평보강재 파손
문 틀	설치상태 / 부식상태	상태양호



문짝 부식상태



문틀 상태양호



Flab문짝 보강재 파손



연결핀 상태양호

【사진 2.1.3】 문짝 및 문틀 손상현황

③ 수문 작동시험 및 지수상태

수문 작동상태와 지수상태를 확인하기 위하여 수동으로 개폐를 실시한 결과 권양기의 작동 및 지수상태는 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.1.10】 배수통문 수문작동 및 지수상태 외관조사 결과표

점검사항	외관조사 현황
브레이크 기능 / 작동 상태	작동양호
개도계 오차	없음
자동정지 상태 / 자동작동 여부	—
지수상태	상태양호



권양기 작동 양호



수문 개폐(전) 현황



수문 개폐(후) 현황



수문 개폐(후) 현황

【사진 2.1.4】 작동시험 손상현황

3) 배수암거

본 배수통문은 1.0m×1.0m×1런 암거BOX로 시공되어 있으며, 2017년 보수공사로 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.1.11】 배수암거 외관조사 결과표

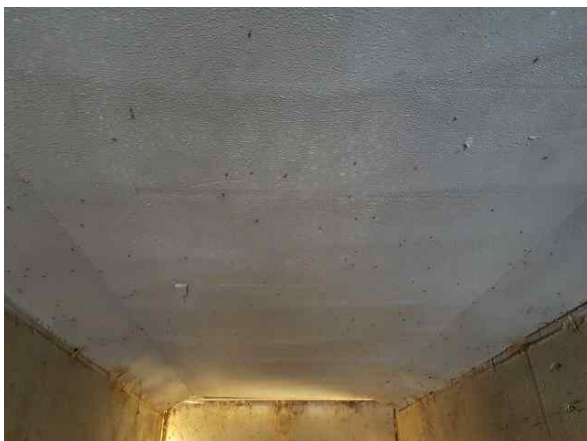
결 함 내 용	손상물량	비고
전면부	—	
날개벽	—	
배수암거	—	



BOX내부 전경



벽체 보수현황(양호)



슬래브 보수현황(양호)



날개벽 현황(양호)

【사진 2.1.5】 배수암거 손상현황

1.4.3 기 점검결과와의 비교

전회 점검결과에 따른 보수공사로 인하여 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.1.12】 기 점검결과와의 비교

구 분		손상내용	전회 정밀점검	금회 정밀점검	손상물량 비교		손상물량 증감 원인
수문본체		상태양호	—	상태양호	—	—	2017년 보수
배수 암거	전면부	균열부 백태	0.50㎡	상태양호	↓	0.50㎡	
	암거내부	열화방지	24.8㎡	상태양호	↓	24.8㎡	
	날개벽	파손	1.00㎡	상태양호	↓	1.00㎡	
문비 및 기계설비		전회 정밀점검		금회 정밀점검		손상물량 증감 원인	
조작대		작동불가		작동양호		2017년 보수	
렉크바		일부부식		상태양호		2017년 보수	
문짝		수평재 파손, 부식		수평재 파손, 부식		—	
문틀		상태양호		상태양호		—	
지수상태		상태양호		상태양호		—	

1.5 비파괴시험

1.5.1 개 요

가. 개 요

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

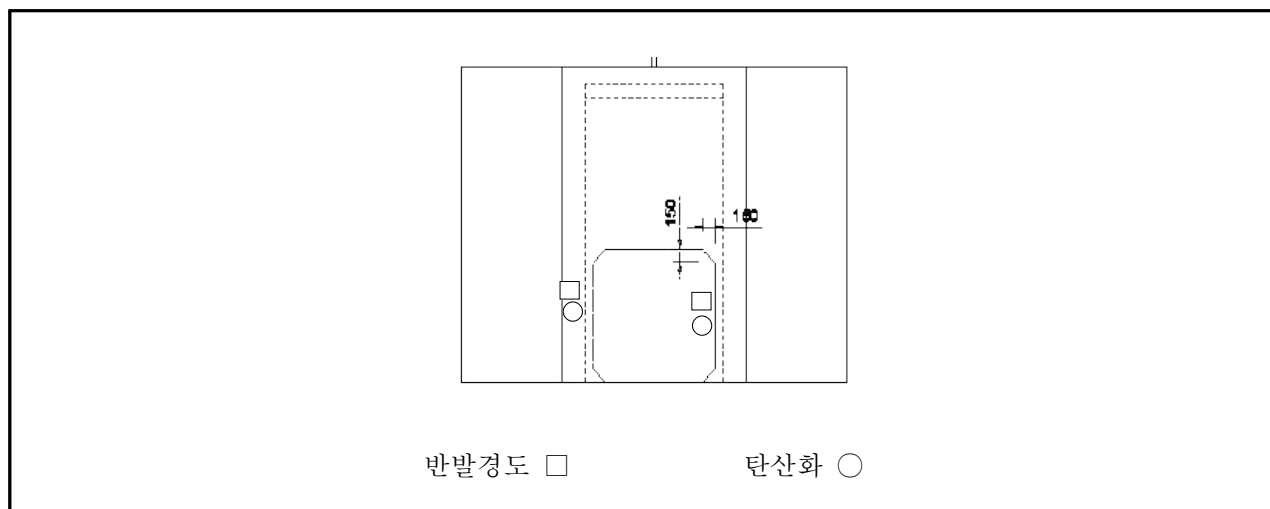
나. 조사 현황 및 사진

1) 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 반발경도시험, 탄산화깊이 측정을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 2.1.13】 콘크리트 비파괴시험 현황

구 분	항 목	기 준 수 량	수 량(개소)		비 고
			기 준	실 시	
기본 과업	반발경도 시 험	- 수문본체 : 1회 - 암거길이 40m당 1회	2	2	
	탄산화 깊이 측정		2	2	



【그림 2.3.1】 비파괴 시험 위치도

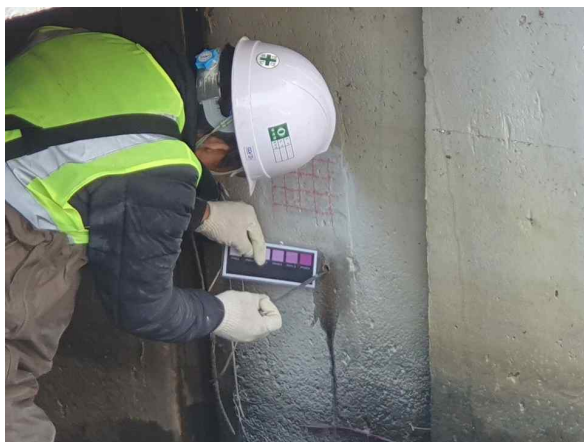
2) 조사 사진



반발경도시험



반발경도시험



탄산화깊이 측정



피복두께 측정

【사진 2.1.6】콘크리트 내구성조사 전경

1.5.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 구조물의 압축강도를 추정하는 방법에는 현장에서 코어를 직접 채취하여 시험실 내에서 일축압축강도시험을 통하여 구하는 방법과 비파괴시험에 의해 추정하는 방법이 있다. 본과업에서는 반발경도법을 이용한 비파괴 시험을 실시하였다.

1) 반발경도법

콘크리트 반발경도에 의한 압축강도 조사는 수문본체 1개소와 암거 각 1개소에 대하여 실시하였다. 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정은 일본 재료학회식(식1)과 일본 건축학회식(식2)을 적용하였으며 시험결과, 추정설계기준강도를 상회하는 것으로 분석되었다.

시험결과는 다음 【표 2.1.14】와 같다.

【표 2.1.14】반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 결과

시험 위치		평균치 (R)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R_o)	각도 ($^\circ$)	재령 계수	보정압축강도		평균 압축 강도 F_n (MPa)	설계기준 강도(추정) F_c (MPa)
							식1	식2		
수문	벽체	42.5	0.0	42.5	0	0.63	22.6	25.3	23.95	24.0
암거	벽체	46.5	0.0	46.5	0	0.63	25.9	27.1	26.50	24.0

※재령보정은 준공년도 미상이나 2016년 실시한 정밀안전점검 기준인 0.63을 적용함

※설계기준강도는 추정강도로서 2016년 실시한 정밀안전점검 기준 적용

【표 2.1.15】반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 결과분석

구 분	추정압축강도 F_{ck} (MPa)	평균압축강도 F_{ck} (MPa), A	설계기준강도 F_{ck} (MPa), B	$\frac{A}{B} \times 100(\%)$
수문	22.6~25.3	23.95	24.0	99.8
암거	25.9~27.1	26.50	24.0	110.4

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 2개소(수문:1개소, 암거:1개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화 잔여 깊이는 39.0~42.0mm로 측정되어 탄산화 잔여깊이 30.0mm이상을 확보한 “a”로 평가되어 현 상태에서의 탄산화에 따른 철근부식의 발생 확률은 미미한 것으로 판단된다.

또한, 철근까지의 탄산화 도달시간은 최소 1,000년 이상으로 측정되어 현 상태에서의 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 미미한 상태로 분석되었다. 탄산화 깊이 측정결과는 아래의 표와 같다.

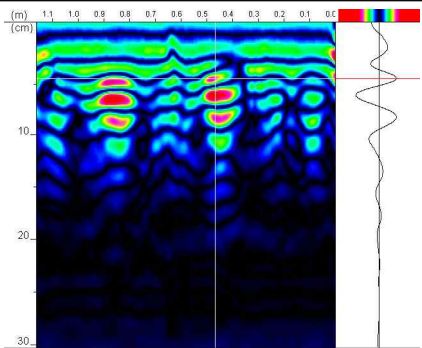
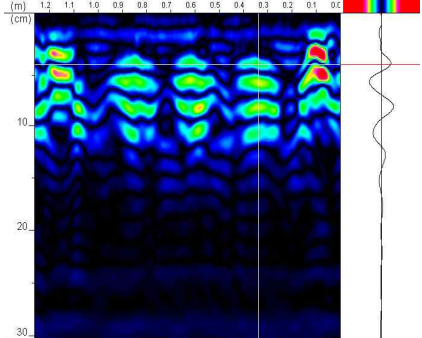
【표 2.1.16】탄산화깊이 측정 결과

측 정 위 치		측정피복 두께(mm)	탄산화깊이 (mm)	탄산화속도 계수(A)	공용년수 (t)	잔존수명 예측(년)	잔여피복 두께(mm)	상태 평가
수문	벽체	50.0	5.0	1.147	19	∞	45.0	a
암거	벽체	42.0	3.0	0.688	19	∞	39.0	a

※측정된 예상수명과 잔존수명이 1000년 이상일 경우 “∞”로 표기

※잔존수명 예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수(19년적용, 2016년 정밀안전점검 참조)

【표 2.1.17】 철근피복두께 측정 결과

측정위치		철근탐사결과	분석	
수문	벽체		피복두께(mm)	
			설계치	측정치
			—	50
암거	벽체		피복두께(mm)	
			설계치	측정치
			—	42

1.5.3 기존 점검 결과와 비교·분석

【표 2.1.18】 내구성조사 결과요약

구 분		2016년 정밀점검(전차)	2019년 정밀점검(금회)	기준값
비파괴 강 도	수문	21.6~24.7MPa	22.6~25.3MPa	24.0MPa
	암거	—	25.9~27.1MPa	24.0MPa
탄산화 깊이	수문	6.0mm	5.0mm	잔여피복 30mm이상
	암거	—	3.0mm	잔여피복 30mm이상
총 평		■ 본 내구성조사 결과는 측정위치 및 기술자 숙련도, 현장 기상조건 등에 의하여 차이가 있기 때문에 정확한 산술적 비교는 어려운 상태이나 금회 측정된 내구성 평가 결과값과 기 점검시 측정된 결과값에서 큰 차이가 없으며, 전반적으로 허용기준값을 만족하는 것으로 평가되었다.		

1.6 상태평가

1.6.1 상태평가 결과

동화제7배수통문의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급으로 산정되었다.

1.6.2 상태평가 결과

1) 개별시설물 상태평가 결과

【표 2.1.19】 개별시설물 상태평가 결과(4단계)

개 별 시 설 :	수문본체			
3단계 표번호 :	No. 3-1			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
조작대	a	5.00	1.00	5.00
암거, 날개벽	a	5.00	1.00	5.00
문비	b	4.66	1.00	4.66
기계설비	b	4.66	1.00	4.66
기초상판	a	5.00	1.00	5.00
합계(Σ)			5.00	24.32
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				5.000
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				4.660
3. $V_1 = 0.3 * (Max. - Min) = 0.3 * (5.0 - 5.0) =$				0.102
4. $V_2 = \Sigma(E_3 * S) / (5 * \Sigma S) = 25.0 / (5 * 5.0) =$				0.973
5. 개별시설의 상태평가지수(E _c) = $Min. + V_1 * V_2 = 5.0 + 0 * 1.0 =$				4.759
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				a

2) 복합시설물 상태평가 결과

① 토목구조물

【표 2.1.20】 토목구조물 상태평가 결과(5단계)

복합시설	수문본체			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
조작대	a	5.0	1.0	5.0
암거, 날개벽	a	5.0	1.0	5.0
기초상판	a	5.0	1.0	5.0
합계(Σ)			3.0	15.0
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				5.0
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				5.0
3. V ₁ = 0.3*(Max.-Min) = 0.3*(5.0-5.0) =				0.0
4. V ₂ = Σ(E ₃ *S) / (5*ΣS) = 15.0 / (5*3.0) =				1.0
5. 복합시설 종합평가지수(E _c) = Min.+V ₁ *V ₂ = 5.0 + 0*1.0 =				5.0
6. 복합시설 의 상태평가 결과 =				a

② 문비 및 기계설비

【표 2.1.21】 문비 및 기계설비 상태평가 결과(5단계)

복합시설	문비, 기계설비			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
문비	b	4.66	1.0	4.66
기계설비	b	4.66	1.0	4.66
합계(Σ)			2.0	9.32
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				5.0
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				4.660
3. V ₁ = 0.3*(Max.-Min) = 0.3*(5.0-5.0) =				0.102
4. V ₂ = Σ(E ₃ *S) / (5*ΣS) = 10.0 / (5*2.0) =				0.932
5. 복합시설 종합평가지수(E _c) = Min.+V ₁ *V ₂ = 5.0 + 0*1.0 =				4.755
6. 복합시설 의 상태평가 결과 =				a

3) 통합시설 상태평가 결과

【표 2.1.22】 동화제7 배수통문 통합시설 상태평가 결과

개별시설	평가결과	평가지수 E5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E5×A×W
수문본체	a	5.000	1.000	85.000	85.000	425.000
문비 및 기계설비	b	4.755	1.000	15.000	15.000	71.326
합계(Σ)				100	100	496.326
1. 통합시설의 종합평가지수(E6) = $\Sigma(E5 \cdot A \cdot W) / \Sigma(A \cdot W) = 496.326 / 100.0 = 4.963$						
2. 통합시설의 종합평가 결과 = A 등급						

4) 상태평가 결과 분석

- ① 수문본체의 점검결과 개별시설 평가 결과는 a등급으로 평가되었다.
- ② 기계설비의 점검결과 개별시설 평가 결과는 b등급으로 평가되었다.
- ③ 통합시설의 종합평가 등급은 A등급으로 평가되었다.

1.6.3 기 점검결과와 비교

【표 2.1.23】 기 점검결과와 상태평가 비교

구 분	‘2016년 정밀점검(전차)	금회 정밀점검(금회)
상태평가 결과	B(3.60)	A(4.96)
평 가	· 금회 상태평가 결과는 “A” 로 산정되었다. · 전차 정밀점검(2016년) 상태평가결과와 비교·분석한 결과, 2017년 권양기 교체 및 전반적인 보수공사로 상태등급이 상승한 것으로 분석되었다.	

1.7 종합평가 및 안전등급

대상 시설물의 외관조사 및 비파괴 시험에 의한 상태평가를 실시한 후 이들 결과를 기초로 하여 종합적으로 평가하였다. 평가기준은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의하여 실시하였다.

1.7.1 상태평가 결과

【표 2.1.24】 통합시설 종합평가 결과(6단계)

개별시설	평가결과	평가지수 E5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E5×A×W
수문본체	a	5.000	1.000	85.000	85.000	425.000
문비 및 기계설비	b	4.755	1.000	15.000	15.000	71.326
합계(Σ)				100	100	496.326
1. 통합시설의 종합평가지수(E6) = $\Sigma(E5 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 496.326 / 100.0 = 4.963$						
2. 통합시설의 종합평가 결과 = A 등급						

【표 2.1.25】 수문 등급범위

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.5 \leq x \leq 5.0$	$3.5 \leq x < 4.5$	$2.5 \leq x < 3.5$	$1.5 \leq x < 2.5$	$1.0 \leq x < 1.5$

- 결함도 범위 : $4.5 \leq \text{평가점수} = 4.96 < 5.0$

∴ 상태평가등급 : A등급

1.7.2 안전등급 지정

【표 2.1.26】 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
동화제7배수통문	4.96	A	—	—	A
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태등급인 “A” 로 평가됨 •상태평가 결과를 통한 종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 A등급 “문제점이 없는 최상의 상태” 로 지정되었다.

1.8 보수·보강 및 유지관리 방안

1.8.1 개 요

본 용역 수행시 조사된 손상에 대하여 보수·보강 방안수립 시 외관조사, 내구성조사, 상태평가 평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수·보강공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강의 우선순위 선정은 결함, 손상, 열화의 상태, 구조적 안전성, 사용성 및 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

1.8.2 보수·보강 방안

【표 2.1.27】 보수·보강 일람표

부 재 명	손 상 내 용	손상원인	손상물량	단위	조치방안	우선순위
권양기	녹발생	공용열화	0.1	m ²	채도장	3
문짝	녹발생	공용열화	0.5	m ²	채도장	3
Flab문짝	보강재 파손	공용열화	1	개소	재설치	3

1.8.3 보수·보강 개략공사비

【표 2.1.28】 개략공사비

부 재 명	손 상 내 용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위
권양기	녹발생	채도장	0.12	m²	50	6	3
문짝	녹발생	채도장	1.2	m²	50	60	3
Flab문짝	보강재 파손	재설치	1	개소	500	500	3
순공사비						566	
제경비(순공사비 50%)						283	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위				
			2순위				
			3순위		849		
개략공사비(천원)						849	

1.8.4 유지관리 방안

금회 정밀점검 결과, 외관조사시 구조물의 안전성을 저해할 만한 중요결함은 발생되지 않았으나 유지관리시의 중점점검 사항 및 내구성 확보차원에서 보수가 필요한 부분에 대하여 보수후에도 보수상태나 손상의 진전을 일상점검시 중점적으로 점검해야 한다.

【표 2.1.29】 중점 점검사항

구 분	중 점 점 검 사 항
방 법	◦도보에 의한 전 구간 육안 조사 실시 ◦등급에 따라 보수 및 청소를 실시한 후 동일 손상 재 발생 여부 확인
수문본체	◦철근노출 및 콘크리트 파손부 확인 ◦중·횡방향 균열발생 유무
권양기	◦오일 누유 여부 ◦전동·수동 작동여부 및 전동 개·폐 속도 확인
문짝, 문틀	◦부식 여부 ◦문짝하부 슬러지 퇴적에 의한 차수상태 여부

【표 2.1.32】 수문구조물의 장기적 관리

구 분		점 검 사 항	비 고
수문 구조물	배수암거	◦보수·보강 후 슬래브 및 벽체 재균열 발생여부 ◦시공 이음부 누수 및 파손 ◦암거 바닥부 침식 및 파손 ◦습윤환경에 따른 백태, 철근부식 ◦인접공사에 따른 손상발생	◎ 조사방법 - 육안검사 - 타격음 조사 ◎ 조사장비 - 점검망치 - 균열자 - 점검등 - 균열경 등
	날개벽 물받이 구간	◦날개벽 및 물받이 구간 침하에 따른 손상 ◦하천퇴적물로 인한 배수불량	
	수문본체	◦문틀파손 및 내·외부 벽체 균열 ◦문짝 접속부 및 문틀 이물질 퇴적 ◦암거 연결부 누수, 백태 등 손상발생	

1.9 종합결론

본 구조물의 전차 보고서 및 설계도서 분석을 포함하여 현장조사, 각종시험 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

1.9.1 현장조사 결과

1) 수문본체

수문본체는 본체 전면벽체 및 조작대 상, 하면에 손상이 없는 매우 양호한 상태로 조사되었다.

2) 기계설비

① 권양기

권양기의 브레이크 설치상태, 수평상태, 고정상태, 와이어로프 상태, 랙크바의 설치상태 및 수직도, 수문작동 상태 등 권양기의 전반적인 상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

② 문짝 및 문틀

문짝 및 문틀에 대한 외관조사 결과 수문본체에 설치된 강재문짝 및 문틀은 강재변형, 지수고무재의 변형 등이 발생되지 않은 양호한 상태이나 비말대 부분 국부적으로 문짝에 표면부식이 발생한 상태이다. 암거유출부에 설치된 Flab문짝은 공용년수 증가 및 지속적인 습윤환경의 노출에 따른 FRP배수문 수평보강재 파손이 조사되었다.

③ 수문 작동시험 및 지수상태

수문 작동상태와 지수상태를 확인하기 위하여 수동으로 개폐상태를 실시한 결과 권양기의 작동 및 지수상태는 양호한 것으로 조사되었다.

3) 배수암거

본 배수통문은 1.0m×1.0m×1런 암거BOX로 시공되어 있으며, 2017년 보수공사로 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

1.9.2 콘크리트 내구성조사 결과

콘크리트의 품질상태와 내구성을 평가하기 위하여 비파괴시험, 탄산화깊이시험을 실시하였으며, 그 결과 압축강도는 설계기준을 만족하였으며, 탄산화 깊이 측정을 통한 내구성 조사결과, a등급으로 평가되어 콘크리트의 내구수명을 확보하는 있는 것으로 평가되었다.

1.9.3 상태평가(안전등급 지정) 결과

금회 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급으로 평가되었으며, 전차 정밀점검(2016년) 상태평가결과와 비교·분석한 결과, 2017년 권양기 교체 및 전반적인 보수공사로 상태등급이 상승한 것으로 분석되었다.

1.9.4 종합평가

상태평가를 토대로 안전등급을 산정하면 『A등급』으로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 점검 보고서에 제시된 보수방안에 따라 보수를 시행하고 지속적인 유지관리가 수행된다면 시설물의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

제 2장 어은우2배수갑문

2.1 시설물 개요

2.2 자료수집 및 분석

2.3 관련도면

2.4 현장조사

2.5 비파괴시험

2.6 상태평가

2.7 종합평가 및 안전등급

2.8 보수·보강 및 유지관리 방안

2.9 종합결론

제2장 어은우2배수갑문

2.1 시설물 개요

어은우2배수갑문은 경기도 화성시 우정읍 운평리 147번지, 어은천 우안에 위치한 배수 구조물로서 2.2×2.1×1문의 수문구조물로 구성되어 있으며, 평상시 우수를 자연배제하고 어은천의 수위 상승시 수문을 닫아 외수의 유입을 방지하기 위해 편책 형식의 수문이 설치된 시설물이다.

【표 2.1.1】 어은우2배수갑문 현황

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	어은 우2 배수갑문	준공년도	—
관리주체	화성시청	시설물번호	—
소재지	화성시 우정읍 운평리 147	내진설계	내진설계 미반영
하천수계	어은천	문비수	1문
하천명	어은천	문비규격	2.2m×2.1m
하천에서 위치	어은천 우안(NO. 10+08)	집수면적	—
제방고	—	유역면적	—
계획홍수위	—	수해면적	—



전면 현황



측면 현황

2.2 자료수집 및 분석

2.2.1 자료수집 현황

과업기간 중 수집된 자료는 다음 목록과 같다.

【표 2.1.2】 자료수집 목록

구 분	수 집 자 료
기초자료 (준공당시 자료)	·준공당시 자료 미확보
기 점검 및 진단자료	·FMS 자료확보
보수·보강 관련자료	·FMS 자료확보

2.2.2 기초자료 분석결과

과업대상 시설물인 어은우2배수갑문은 어은천 우안 제방측에 위치하며, 준공년도 미상인 구조물이다.

본 어은우2배수갑문은 준공이후 공용년수 증가로 인해 초기 시공자료 및 설계자료 등이 없는 것으로 확인되었다.

2.2.3 기 점검 및 진단자료

【표 2.1.3】 점검 및 진단이력

년 월	점검·진단명	상태등급	주요내용	점검·진단기관
2019-06-27 2019-06-28	정기안전점검 (상반기)	보통	지속적인 관찰요함	자체수행
2018-12-17 2018-12-21	정기안전점검 (하반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2018-06-26 2018-06-26	정기안전점검 (상반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2017-12-07 2017-12-07	정기안전점검 (하반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2017-06-12 2017-06-16	정기안전점검 (상반기)	보통	단면보수가 필요함	자체수행
2016-10-04 2016-11-22	정밀안전점검	B등급	표면처리, 단면보수, 재도장	지오텍컨설파트(주)

【표 2.1.4】 전회 정밀점검 요약

용역명	동화천 외 4개소 2중시설물(배수문) 정밀점검 용역
용역기간	2016. 10. 04 ~ 2016. 11. 22
용역사	지오택컨설팅(주)
토목시설	수문본체(조작대)는 손상이 없는 양호한 상태이며, 배수암거는 전면부 날개벽에 재료분리 1개소가 조사되었다.
기전설비	기계설비는 공용년수 증가에 의한 권양기, 문짝의 부식이 조사되었으며, 현장시험 결과 콘크리트 강도, 탄산화시험은 양호한 상태인 것으로 조사
결과요약	현장조사 및 시험, 상태평가를 종합적으로 검토한 결과, 각각의 개별시설물의 집합체로서 통합시설물로 운영되는 어은우2배수갑문의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기증 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태』인 B등급으로 평가

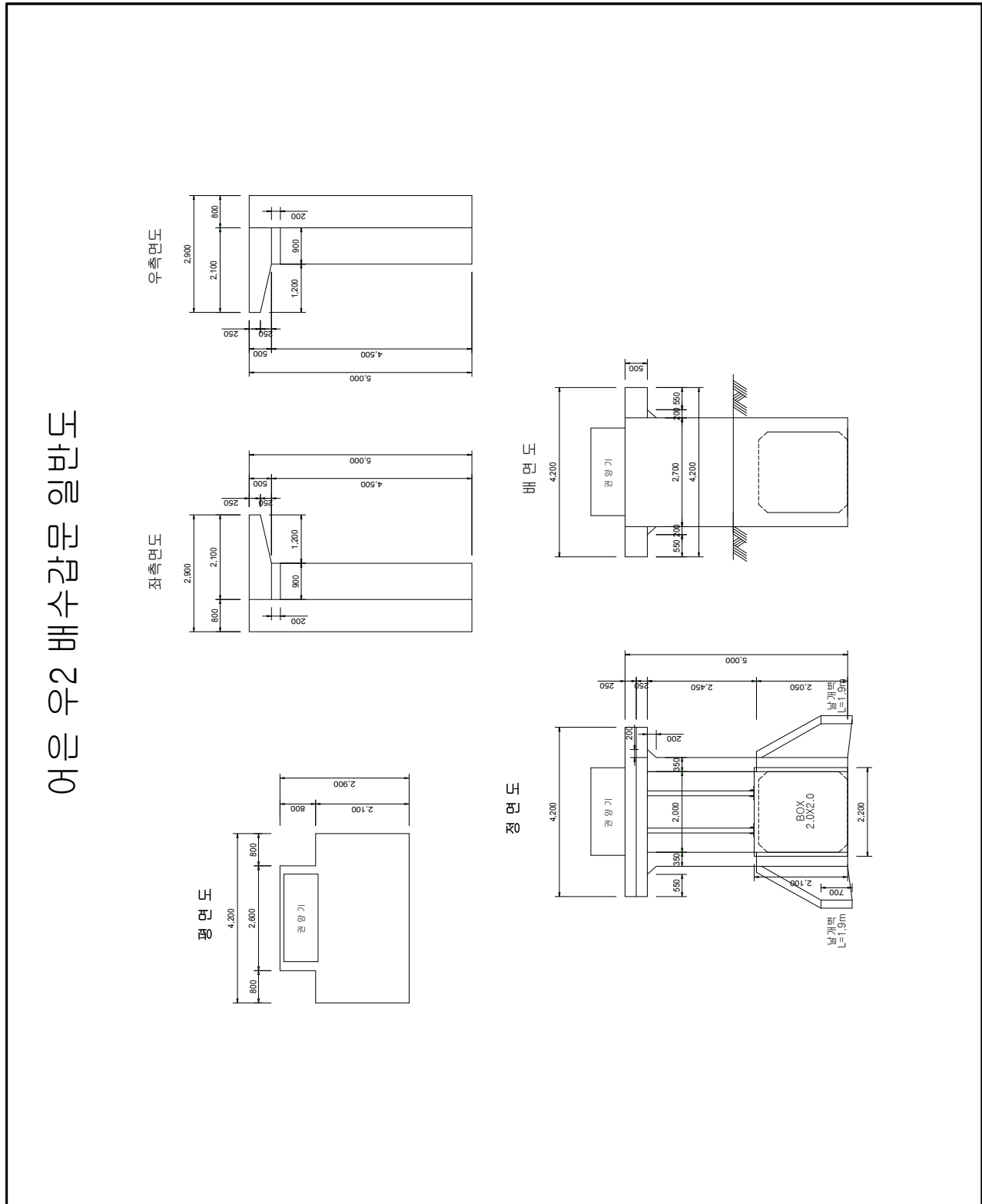
2.2.4 보수·보강관련사항 분석결과

【표 2.1.5】 보수·보강 이력

보수기간	공사내역	시공사/보수비(천원)
2017-10-17 ~ 2017-11-05	균열주입보수, 표면처리, 단면보수, 단면보수(방청), 콘크리트 타설, 재도장, 권양기 교체, 인디게이터 설치	주식회사 진성건설 233,309

2.3 관련도면

과업대상 시설물의 종·평면도는 다음과 같다.



【그림 2.1.1】 어은우2배수갑문 일반도

2.4 현장조사

2.4.1 개요

본 시설물에 대한 외관조사는 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 시설물의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 시설물의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

2.4.2 현장조사 결과

1) 수문본체

수문본체는 어은천 제방 우안에 위치하며, 상부에 조작대가 설치되어 있다.

금회 어은우2배수갑문의 외관조사결과 본체 전면벽체 및 조작대 상, 하면에 손상이 없는 매우 양호한 상태로 조사되었으므로 지속적인 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

또한 현재 퇴적은 없는 상태이나 수문 입구에 토사 및 잡풀 쓰레기 등의 퇴적 발생시 수문 개폐 시 어려움이 있으므로 청소 및 하천정비시 준설 등의 유지관리가 요구된다.

【표 2.1.6】 배수통문 수문본체 손상현황표

결 합 내 용		손상물량	비고
수문본체	상태양호	-	



조작대 전경



수문 전경



조작대 상부현황



조작대 하부현황

【사진 2.1.1】 수문 현황

2) 기계설비

① 권양기

본 어은우2배수갑문의 수문은 강제형식의 문비1문과 수동식 핀잭 형식의 권양기 1기 등으로 구성되어 있으며, 금회 외관조사결과 권양기의 핸들브레이크 파손 및 표면 부식이 조사되었으나, 수평상태, 고정상태, 랙크바의 설치상태 및 수직도, 수문작동 상태 등 전반적인 상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.1.7】 권양기 현황

구 분	내 용
준공년도	—
규 격	2.2m×2.1m×1런×1문
권 양 기	핀잭 형식
조작방법	현장 수동조작
용 량	2.0ton

【표 2.1.8】 권양기 외관조사 결과표

구 분	점검사항		외관조사 현황			
			손상현황	규모	단위	비고
권양기	브레이크 설치상태		핸들브레이크 파손	1	개소	
	수평상태		상태양호			
	고정상태		상태양호			
	부식상태		표면부식	2.0*3.0	m ²	
	전동장치	과부하방지장치	—			
		오일상태	—			
		모터상태	—			
랙크바	설치상태		표면부식	0.5*2.0*2	m ²	
	수직도		상태양호			



권양기 상태 양호



권양기 표면부식



핸들브레이크 파손



랙크바 표면부식

【사진 2.1.2】 권양기 손상현황

② 문짝 및 문틀

문짝 및 문틀에 대한 외관조사 결과 수문본체에 설치된 강재문짝 및 문틀은 강재변형 및 부식 등이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

또한 암거유출부에 설치된 Flab문짝의 연결핀 및 문짝은 변형, 파손이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.1.9】 문짝 및 문틀 외관조사 결과표

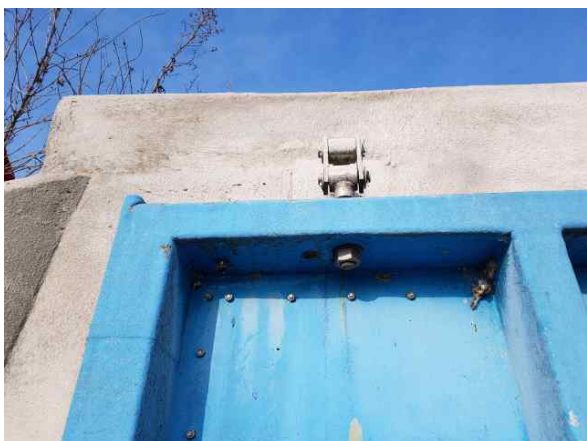
구 분	점검사항	외관조사 현황
문 짝	도장 및 부식상태	상태양호
	지수고무 상태 / 변형 등 외관상태	상태양호
문 틀	설치상태 / 부식상태	상태양호



문짝 상태양호



문틀 상태양호



Flab문짝 연결핀 상태양호



Flab문짝 상태양호

【사진 2.1.3】 문짝 및 문틀 손상현황

③ 수문 작동시험 및 지수상태

수문 작동상태와 지수상태를 확인하기 위하여 수동으로 개폐를 실시한 결과 권양기의 작동 및 지수상태는 양호한 것으로 조사되었다.

【표 2.1.10】 배수통문 수문작동 및 지수상태 외관조사 결과표

점검사항	외관조사 현황
브레이크 기능 / 작동 상태	상태양호
개도계 오차	없음
자동정지 상태 / 자동작동 여부	—
지수상태	상태양호



권양기 작동 양호



수문 개폐 현황



브레이크 작동현황



수문 밀폐 현황

【사진 2.1.4】 작동시험 손상현황

3) 배수암거

본 배수통문은 2.0m×2.0m×1런 암거BOX로 시공되어 있으며, 2017년 보수공사로 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.1.11】 배수암거 외관조사 결과표

결 함 내 용	손상물량	비고
전면부	—	
날개벽	—	
배수암거	—	



BOX내부 전경



벽체 보수현황(양호)



슬래브 보수현황(양호)



날개벽 현황(양호)

【사진 2.1.5】 배수암거 손상현황

2.4.3 기 점검결과와의 비교

전회 점검결과에 따른 보수공사로 인하여 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 2.1.12】 기 점검결과와의 비교

구 분		손상내용	전회 정밀점검	금회 정밀점검	손상물량 비교		손상물량 증감 원인
수문본체		상태양호	—	상태양호	—	—	2017년 보수
배수 암거	전면부	균열부 백태	0.50㎡	0.00㎡	↓	0.50㎡	
	암거내부	열화방지	70.4㎡	0.00㎡	↓	70.4㎡	
	날개벽	재료분리	1.00㎡	0.00㎡	↓	1.00㎡	
문비 및 기계설비		전회 정밀점검		금회 정밀점검		손상물량 증감 원인	
조작대		상태양호		핸들브레이크 파손 표면부식		공용열화	
렉크바		일부부식		일부부식		공용열화	
문짝		일부부식		상태양호		2017년 보수	
문틀		상태양호		상태양호		—	
지수상태		상태양호		상태양호		—	

2.5 비파괴시험

2.5.1 개 요

가. 개 요

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

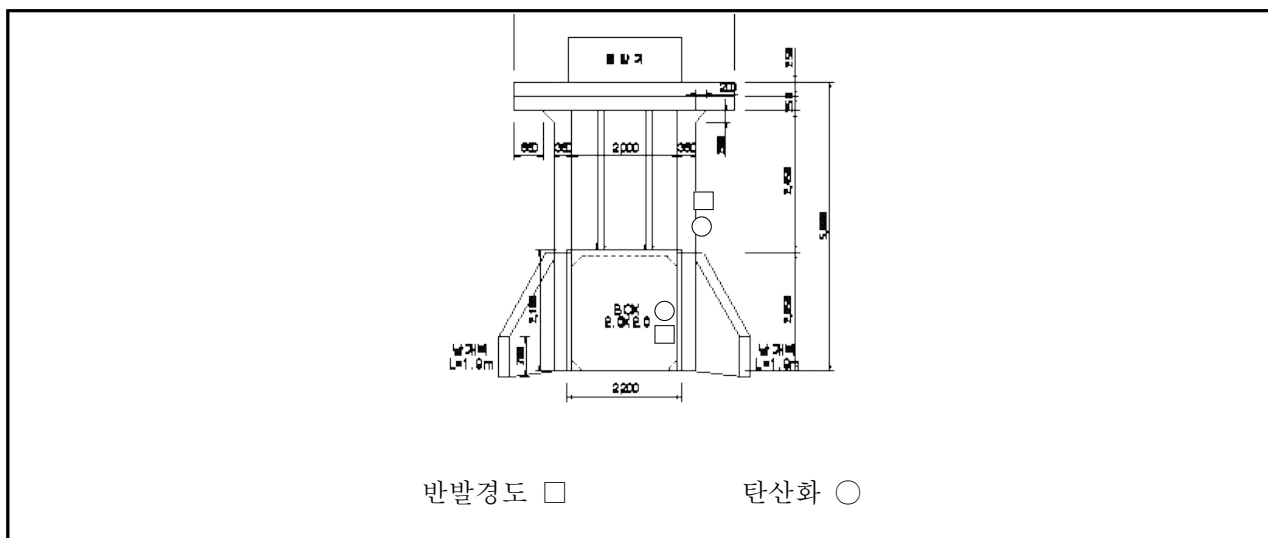
나. 조사 현황 및 사진

1) 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 반발경도시험, 탄산화깊이 측정을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 2.1.13】 콘크리트 비파괴시험 현황

구 분	항 목	기 준 수 량	수 량(개소)		비 고
			기 준	실 시	
기본 과업	반발경도 시 험	- 수문본체 : 1회 - 암거길이 40m당 1회	2	2	
	탄산화 깊이 측정		2	2	

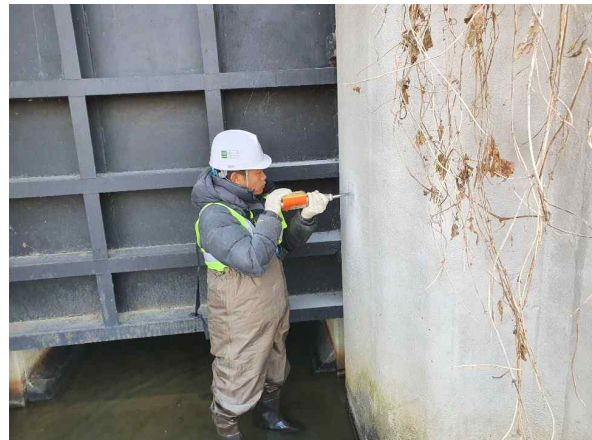


【그림 2.3.1】 비파괴 시험 위치도

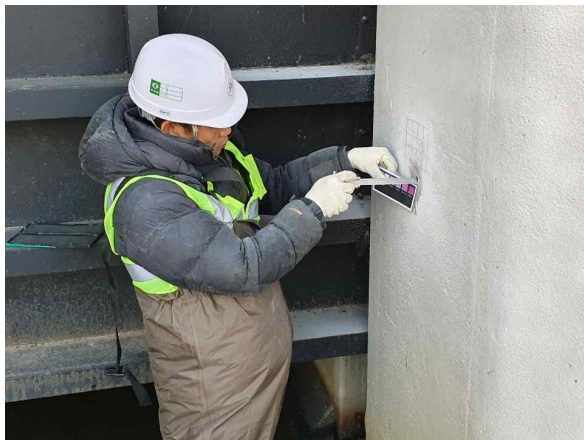
2) 조사 사진



반발경도시험



반발경도시험



탄산화깊이 측정



피복두께 측정

【사진 2.1.6】 콘크리트 내구성조사 전경

2.5.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 구조물의 압축강도를 추정하는 방법에는 현장에서 코어를 직접 채취하여 시험실 내에서 일축압축강도시험을 통하여 구하는 방법과 비파괴시험에 의해 추정하는 방법이 있다. 본과업에서는 반발경도법을 이용한 비파괴 시험을 실시하였다.

1) 반발경도법

콘크리트 반발경도에 의한 압축강도 조사는 수문본체 1개소와 암거 각 1개소에 대하여 실시하였다. 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정은 일본 재료학회식(식1)과 일본 건축학회식(식2)을 적용하였으며 시험결과, 추정설계기준강도를 상회하는 것으로 분석되었다.

시험결과는 다음 【표 2.1.14】와 같다.

【표 2.1.14】반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 결과

시험 위치		평균치 (R)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R_o)	각도 ($^\circ$)	재령 계수	보정압축강도		평균 압축 강도 F_n (MPa)	설계기준 강도(추정) F_c (MPa)
							식1	식2		
수문	벽체	43.2	0.0	43.2	0	0.63	23.2	25.6	24.40	24.0
암거	벽체	43.5	0.0	43.5	0	0.63	23.5	25.8	24.65	24.0

※재령보정은 준공년도 미상이나 2016년 실시한 정밀안전점검 기준인 0.63을 적용함

※설계기준강도는 추정강도로서 2016년 실시한 정밀안전점검 기준 적용

【표 2.1.15】반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 결과분석

구 분	추정압축강도 F_{ck} (MPa)	평균압축강도 F_{ck} (MPa), A	설계기준강도 F_{ck} (MPa), B	$\frac{A}{B} \times 100(\%)$
수문	23.2~25.6	24.40	24.0	101.6
암거	23.5~25.8	24.65	24.0	102.7

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 2개소(수문:1개소, 암거:1개소)에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화 잔여 깊이는 35.0~40.0mm로 측정되어 탄산화 잔여깊이 30.0mm이상을 확보한 “a”로 평가되어 현 상태에서의 탄산화에 따른 철근부식의 발생 확률은 미미한 것으로 판단된다.

또한, 철근까지의 탄산화 도달시간은 최소 96년 이상으로 측정되어 현 상태에서의 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 미미한 상태로 분석되었다. 탄산화 깊이 측정결과는 아래의 표와 같다.

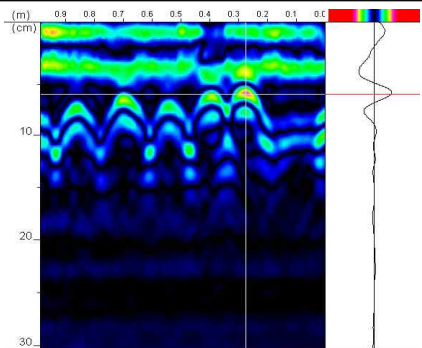
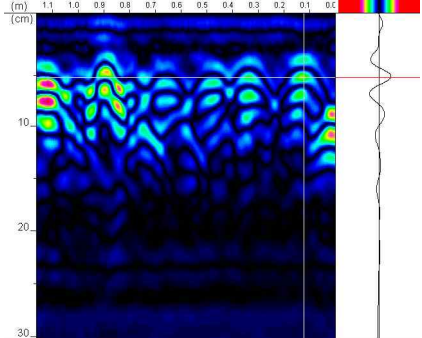
【표 2.1.16】탄산화깊이 측정 결과

측 정 위 치		측정피복 두께(mm)	탄산화깊이 (mm)	탄산화속도 계수(A)	공용년수 (t)	잔존수명 예측(년)	잔여피복 두께(mm)	상태 평가
수문	벽체	60.0	20.0	4.082	24	96	40.0	a
암거	벽체	50.0	15.0	3.062	24	130	35.0	a

※측정된 예상수명과 잔존수명이 1000년 이상일 경우 “∞”로 표기

※잔존수명 예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수(24년적용, 2016년 정밀안전점검 참조)

【표 2.1.17】 철근피복두께 측정 결과

측정위치		철근탐사결과	분석	
수문	벽체		피복두께(mm)	
			설계치	측정치
			—	60
암거	벽체		피복두께(mm)	
			설계치	측정치
			—	50

2.5.3 기존 점검 결과와 비교·분석

【표 2.1.18】 내구성조사 결과요약

구 분		2016년 정밀점검(전차)	2019년 정밀점검(금회)	기준값
비파괴강도	수문	20.7~24.2MPa	23.2~25.6MPa	24.0MPa
	암거	20.6~24.1MPa	23.5~25.8MPa	24.0MPa
탄산화깊이	수문	27.0mm	20.0mm	잔여피복 30mm이상
	암거	30.0mm	15.0mm	잔여피복 30mm이상
총 평		■ 본 내구성조사 결과는 측정위치 및 기술자 숙련도, 현장 기상조건 등에 의하여 차이가 있기 때문에 정확한 산술적 비교는 어려운 상태이나 금회 측정된 내구성 평가 결과값과 기 점검시 측정된 결과값에서 큰 차이가 없으며, 전반적으로 허용기준값을 만족하는 것으로 평가되었다.		

2.6 상태평가

2.6.1 상태평가 결과

어은우2배수갑문의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급으로 산정되었다.

2.6.2 상태평가 결과

1) 개별시설물 상태평가 결과

【표 2.1.19】 개별시설물 상태평가 결과(4단계)

개 별 시 설 :	수문본체			
3단계 표번호 :	No. 3-1			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
조작대	a	5.00	1.00	5.00
암거, 날개벽	a	5.00	1.00	5.00
문비	b	4.40	0.40	1.76
기계설비	c	3.00	0.60	1.80
기초상판	a	5.00	1.00	5.00
합계(Σ)			4.00	18.56
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				5.000
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				3.000
3. $V_1 = 0.3 * (Max. - Min) = 0.3 * (5.0 - 3.0) =$				0.960
4. $V_2 = \Sigma(E_3 * S) / (5 * \Sigma S) = 18.56 / (5 * 4.0) =$				0.928
5. 개별시설의 상태평가지수(E _c) = $Min. + V_1 * V_2 = 3.0 + 0.960 * 0.928 =$				3.891
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				b

2) 복합시설물 상태평가 결과

① 토목구조물

【표 2.1.20】 토목구조물 상태평가 결과(5단계)

복합시설	수문본체			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
조작대	a	5.0	1.0	5.0
암거, 날개벽	a	5.0	1.0	5.0
기초상판	a	5.0	1.0	5.0
합계(Σ)			3.0	15.0
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				5.0
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				5.0
3. $V_1 = 0.3 * (Max. - Min) = 0.3 * (5.0 - 5.0) =$				0.0
4. $V_2 = \Sigma(E_3 * S) / (5 * \Sigma S) = 15.0 / (5 * 3.0) =$				1.0
5. 복합시설 종합평가지수(E _c) = Min.+V ₁ *V ₂ = 5.0 + 0*1.0 =				5.0
6. 복합시설 의 상태평가 결과 =				a

② 문비 및 기계설비

【표 2.1.21】 문비 및 기계설비 상태평가 결과(5단계)

복합시설	문비, 기계설비			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
문비	b	4.40	1.0	4.40
기계설비	c	3.00	1.0	3.00
합계(Σ)			2.0	7.40
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				4.400
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				3.000
3. $V_1 = 0.3 * (Max. - Min) = 0.3 * (4.4 - 3.0) =$				0.420
4. $V_2 = \Sigma(E_3 * S) / (5 * \Sigma S) = 7.40 / (5 * 2.0) =$				0.740
5. 복합시설 종합평가지수(E _c) = Min.+V ₁ *V ₂ = 3.0 + 0.42*0.74 =				3.311
6. 복합시설 의 상태평가 결과 =				c

3) 통합시설 상태평가 결과

【표 2.1.22】 동화제7 배수통문 통합시설 상태평가 결과

개별시설	평가결과	평가지수 E5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E5×A×W
수문본체	a	5.000	1.000	85.000	85.000	425.000
문비 및 기계설비	b	3.311	3.000	15.000	45.000	148.986
합계(Σ)				100	130	573.986
1. 통합시설의 종합평가지수(E6) = $\Sigma(E5 \cdot A \cdot W) / \Sigma(A \cdot W) = 573.986 / 130.0 = 4.415$						
2. 통합시설의 종합평가 결과 = B 등급						

4) 상태평가 결과 분석

- ① 수문본체의 점검결과 개별시설 평가 결과는 a등급으로 평가되었다.
- ② 기계설비의 점검결과 개별시설 평가 결과는 c등급으로 평가되었다.
- ③ 통합시설의 종합평가 등급은 B등급으로 평가되었다.

2.6.3 기 점검결과와 비교

【표 2.1.23】 기 점검결과와 상태평가 비교

구 분	‘2016년 정밀점검(전차)	금회 정밀점검(금회)
상태평가 결과	B(4.30)	B(4.415)
평 가	· 금회 상태평가 결과는 “B” 로 산정되었다. · 전차 정밀점검(2016년) 상태평가결과와 비교·분석한 결과, 2017년 전반적인 보수공사로 암거의 상태지수가 상승한 것으로 분석되었다.	

2.7 종합평가 및 안전등급

대상 시설물의 외관조사 및 비파괴 시험에 의한 상태평가를 실시한 후 이들 결과를 기초로 하여 종합적으로 평가하였다. 평가기준은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의하여 실시하였다.

2.7.1 상태평가 결과

【표 2.1.24】 통합시설 종합평가 결과(6단계)

개별시설	평가결과	평가지수 E5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E5×A×W
수문본체	a	5.000	1.000	85.000	85.000	425.000
문비 및 기계설비	c	3.311	3.000	15.000	45.000	148.986
합계(Σ)				100	130	573.986
1. 통합시설의 종합평가지수(E6) = $\Sigma(E5 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 573.986 / 130.0 = 4.415$						
2. 통합시설의 종합평가 결과 = B 등급						

【표 2.1.25】 수문 등급범위

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.5 \leq x \leq 5.0$	$3.5 \leq x < 4.5$	$2.5 \leq x < 3.5$	$1.5 \leq x < 2.5$	$1.0 \leq x < 1.5$

- 결함도 범위 : $3.5 \leq \text{평가점수} = 4.415 < 4.5$

∴ 상태평가등급 : **B등급**

2.7.2 안전등급 지정

【표 2.1.26】 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
어은우2배수갑문	4.415	B	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태 등급인 “B” 로 평가됨 •상태평가 결과를 통한 종합평가 결과, “B” 로 평가됨				

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 B등급 “보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태” 로 지정되었다.

2.8 보수·보강 및 유지관리 방안

2.8.1 개 요

본 용역 수행시 조사된 손상에 대하여 보수·보강 방안수립 시 외관조사, 내구성조사, 상태평가 평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수·보강공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강의 우선순위 선정은 결함, 손상, 열화의 상태, 구조적 안전성, 사용성 및 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

2.8.2 보수·보강 방안

【표 2.1.27】 보수·보강 일람표

부 재 명	손 상 내 용	손상원인	손상물량	단위	조치방안	우선순위
권양기	핸들브레이크파손	공용열화	1	개소	교체	2
	표면부식	공용열화	6.0	m ²	채도장	3
렉크바	녹발생	공용열화	2.0	m ²	채도장	3

2.8.3 보수·보강 개략공사비

【표 2.1.28】 개략공사비

부 재 명	손 상 내 용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위
권양기	핸들브레이크파손	교체	1	개소	100	100	2
	표면부식	채도장	7.2	m²	50	360	3
렉크바	녹발생	채도장	2.4	m²	50	120	3
순공사비						580	
제경비(순공사비 50%)						290	
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위		-		
			2순위		150		
			3순위		720		
개략공사비(천원)						849	

2.8.4 유지관리 방안

금회 정밀점검 결과, 외관조사시 구조물의 안전성을 저해할 만한 중요결함은 발생되지 않았으나 유지관리시의 중점점검 사항 및 내구성 확보차원에서 보수가 필요한 부분에 대하여 보수후에도 보수상태나 손상의 진전을 일상점검시 중점적으로 점검해야 한다.

【표 2.1.29】 중점 점검사항

구 분	중 점 점 검 사 항
방 법	◦도보에 의한 전 구간 육안 조사 실시 ◦등급에 따라 보수 및 청소를 실시한 후 동일 손상 재 발생 여부 확인
수문본체	◦철근노출 및 콘크리트 파손부 확인 ◦중·횡방향 균열발생 유무
권양기	◦오일 누유 여부 ◦전동·수동 작동여부 및 전동 개·폐 속도 확인
문짝, 문틀	◦부식 여부 ◦문짝하부 슬러지 퇴적에 의한 차수상태 여부

【표 2.1.30】 수문구조물의 장기적 관리

구 분	점 검 사 항	비 고
수문 구조물	배수암거 ◦보수·보강 후 슬래브 및 벽체 재균열 발생여부 ◦시공 이음부 누수 및 파손 ◦암거 바닥부 침식 및 파손 ◦습윤환경에 따른 백태, 철근부식 ◦인접공사에 따른 손상발생	◎ 조사방법 - 육안검사 - 타격음 조사 ◎ 조사장비 - 점검망치 - 균열자 - 점검등 - 균열경 등
	날개벽 물받이 구간 ◦날개벽 및 물받이 구간 침하에 따른 손상 ◦하천퇴적물로 인한 배수불량	
	수문본체 ◦문틀파손 및 내·외부 벽체 균열 ◦문짝 접속부 및 문틀 이물질 퇴적 ◦암거 연결부 누수, 백태 등 손상발생	

2.9 종합결론

본 구조물의 전차 보고서 및 설계도서 분석을 포함하여 현장조사, 각종시험 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

2.9.1 현장조사 결과

1) 수문본체

수문본체는 본체 전면벽체 및 조작대 상, 하면에 손상이 없는 매우 양호한 상태로 조사되었다.

2) 기계설비

① 권양기

권양기의 핸들브레이크 파손 및 표면 부식이 조사되었으나, 수평상태, 고정상태, 랙크바의 설치상태 및 수직도, 수문작동 상태 등 전반적인 상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

② 문짝 및 문틀

문짝 및 문틀에 대한 외관조사 결과 수문본체에 설치된 강재문짝 및 문틀은 강재변형 및 부식 등이 발생되지 않은 양호한 상태로 조사되었다.

또한 암거유출부에 설치된 Flab문짝도 밀폐상태 및 파손이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

③ 수문 작동시험 및 지수상태

수문 작동상태와 지수상태를 확인하기 위하여 수동으로 개폐상태를 실시한 결과 권양기의 작동 및 지수상태는 양호한 것으로 조사되었다.

3) 배수암거

본 배수통문은 2.0m×2.0m×1런 암거BOX로 시공되어 있으며, 2017년 보수공사로 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

2.9.2 콘크리트 내구성조사 결과

콘크리트의 품질상태와 내구성을 평가하기 위하여 비파괴시험, 탄산화깊이시험을 실시하였으며, 그 결과 압축강도는 설계기준을 만족하였으며, 탄산화 깊이 측정을 통한 내구성 조사결과, a등급으로 평가되어 콘크리트의 내구수명을 확보하는 있는 것으로 평가되었다.

2.9.3 상태평가(안전등급 지정) 결과

금회 상태평가 결과는 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 “B” 등급으로 평가되었으며, 전차 정밀점검(2016년) 상태평가결과와 비교·분석한 결과, 2017년 전반적인 보수공사로 상태지수가 상승한 것으로 분석되었다.

2.9.4 종합평가

상태평가를 토대로 안전등급을 산정하면 『B등급』으로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 점검 보고서에 제시된 보수방안에 따라 보수를 시행하고 지속적인 유지관리가 수행된다면 시설물의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

제 3장 어은우4배수암거

3.1 시설물 개요

3.2 자료수집 및 분석

3.3 관련도면

3.4 현장조사

3.5 비파괴시험

3.6 상태평가

3.7 종합평가 및 안전등급

3.8 보수·보강 및 유지관리 방안

3.9 종합결론

제3장 어은우4배수암거

3.1 시설물 개요

어은우4배수암거는 경기도 화성시 장안면 사곡리 19-6번지 어은천 우안에 위치한 배수구조물로서 1.55×1.551문으로 구성되어 있으며, 평상시 우수를 자연배제하고 어은천의 수위 상승시 외수의 유입을 방지하기 위해 핀잭 형식의 수문(Flab문짝)이 설치된 시설물이다.

【표 3.1.1】 어은우4배수암거 현황

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	어은 우4 배수갑문	준공년도	—
관리주체	화성시청	시설물번호	—
소재지	화성시 장안면 사곡리 19-6	내진설계	내진설계 미반영
하천수계	어은천	문비수	—
하천명	어은천	문비규격	—
하천에서 위치	어은천 우안(NO. 31+75)	집수면적	—
제방고	—	유역면적	—
계획홍수위	—	수해면적	—



상부 현황



측면 현황

3.2 자료수집 및 분석

3.2.1 자료수집 현황

과업기간 중 수집된 자료는 다음 목록과 같다.

【표 3.1.2】 자료수집 목록

구 분	수 집 자 료
기초자료 (준공당시 자료)	·준공당시 자료 미확보
기 점검 및 진단자료	·FMS 자료확보
보수·보강 관련자료	·FMS 자료확보

3.2.2 기초자료 분석결과

과업대상 시설물인 어은우4배수암거는 어은천 우안 제방측에 위치하며, 준공년도 미상인 구조물이다.

본 어은우4배수암거는 준공이후 공용년수 증가로 인해 초기 시공자료 및 설계자료 등이 없는 것으로 확인되었다.

3.2.3 기 점검 및 진단자료

【표 3.1.3】 점검 및 진단이력

년 월	점검·진단명	상태등급	주요내용	점검·진단기관
2019-06-27 2019-06-28	정기안전점검 (상반기)	보통	지속적인 관찰요함	자체수행
2018-12-17 2018-12-21	정기안전점검 (하반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2018-06-26 2018-06-26	정기안전점검 (상반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2017-12-07 2017-12-07	정기안전점검 (하반기)	양호	전반적으로 양호함	자체수행
2017-06-12 2017-06-16	정기안전점검 (상반기)	보통	단면보수가 필요함	자체수행
2016-10-04 2016-11-22	정밀안전점검	B등급	연결핀 재설치	지오텍컨설팅(주)

【표 3.1.4】 전회 정밀점검 요약

용역명	동화천 외 4개소 2중시설물(배수문) 정밀점검 용역
용역기간	2016. 10. 04 ~ 2016. 11. 22
용역사	지오택컨설팅(주)
토목시설	수문본체(조작대)는 손상이 없는 양호한 상태이며, 배수암거는 박스내부 콘크리트 열화가 조사된 상태
기전설비	기계설비는 공용년수 증가에 따른 문짝 연결핀 불량(유실)이 조사되어 보수가 필요한 상태이며, 현장시험 결과 콘크리트 강도, 탄산화시험은 양호한 상태인 것으로 조사
결과요약	각각의 개별시설물의 집합체로서 통합시설물로 운영되는 어은우4 배수암거의 안전등급은 『보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부 보수가 필요한 상태』인 B등급 으로 평가

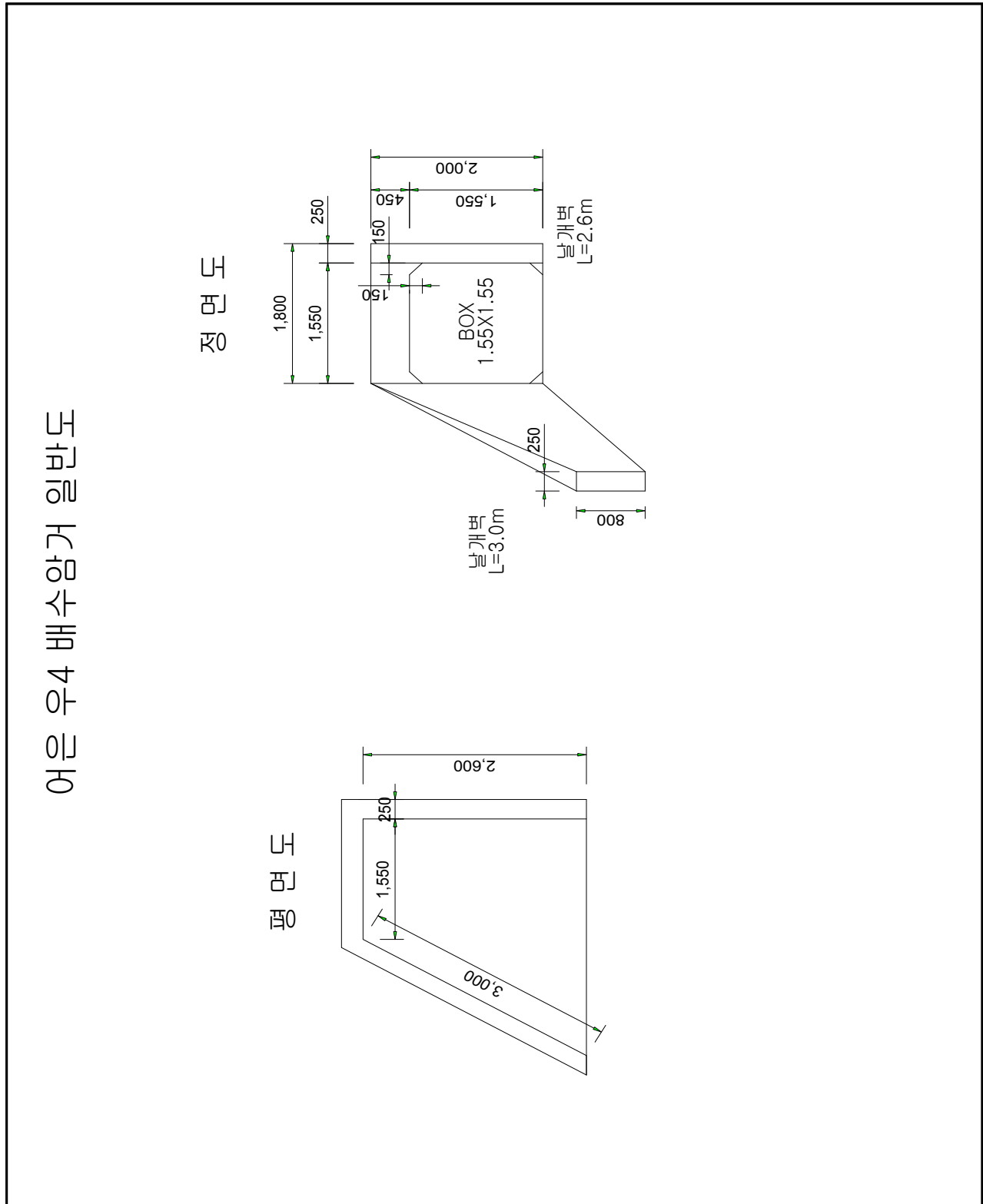
3.2.4 보수·보강관련사항 분석결과

【표 3.1.5】 보수·보강 이력

보수기간	공사내역	시공사/보수비(천원)
2017-10-17 ~ 2017-11-05	균열주입보수, 표면처리, 단면보수, 단면보수(방청), 콘크리트 타설, 재도장, 권양기 교체, 인디게이터 설치	주식회사 진성건설 233,309

3.3 관련도면

과업대상 시설물의 종·평면도는 다음과 같다.



【그림 3.1.1】 어은우4배수암거 일반도

3.4 현장조사

3.4.1 개요

본 시설물에 대한 외관조사는 대상시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법 및 장비 동원과 그에 따른 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 시설물의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 시설물의 점검 및 유지관리시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

3.4.2 현장조사 결과

1) 기계설비

① 문짝

문짝에 대한 외관조사 결과 암거유출부에 설치된 Flab문짝의 연결핀 및 문짝은 변형, 파손이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.1.6】 문짝 및 문틀 외관조사 결과표

구 분	점검사항	외관조사 현황
문 짝	도장 및 부식상태	상태양호
	지수고무 상태 / 변형 등 외관상태	상태양호
문 틀	설치상태 / 부식상태	X



문짝 상태양호



연결핀 상태양호



Flab문짝 상태양호



Flab문짝 상태양호

【사진 3.1.1】 문짝 및 문틀 손상현황

2) 배수암거

본 배수통문은 1.55m×1.55m×1런 암거BOX로 시공되어 있으며, 2017년 보수공사로 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.1.7】 배수암거 외관조사 결과표

결 함 내 용	손상물량	비고
전면부	—	
날개벽	—	
배수암거	—	



유입부 날개벽 현황(양호)



내부 현황(양호)



내부 벽체 현황(양호)



내부 벽체 현황(양호)



내부 슬래브 현황(양호)



유출부 날개벽 현황(양호)

【사진 3.1.2】 배수암거 손상현황

3.4.3 기 점검결과와의 비교

전회 점검결과에 따른 보수공사로 인하여 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.1.8】 기 점검결과와의 비교

구 분		손상내용	전회 정밀점검	금회 정밀점검	손상물량 비교		손상물량 증감 원인
배수 암거	전면부	균열부 백태	—	—	—	—	—
	박스내부	열화방지	—	—	—	—	
	날개벽	재료분리	—	—	—	—	
문비 및 기계설비		전회 정밀점검		금회 정밀점검			손상물량 증감 원인
문짝		연결핀탈락		상태양호			2017년 보수
문틀		X		X			—
지수상태		상태양호		상태양호			—

3.5 비파괴시험

3.5.1 개 요

가. 개 요

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

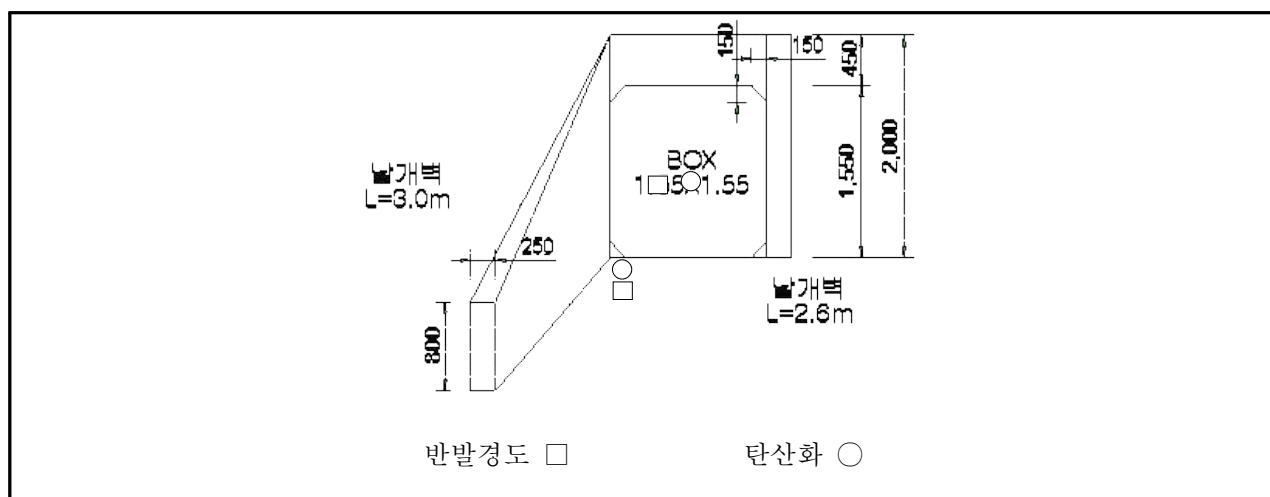
나. 조사 현황 및 사진

1) 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 반발경도시험, 탄산화깊이 측정을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.1.9】 콘크리트 비파괴시험 현황

구 분	항 목	기 준 수 량	수 량(개소)		비 고
			기 준	실 시	
기본 과업	반발경도 시 험	- 수문본체 : 1회 - 암거길이 40m당 1회	1	2	
	탄산화 깊이 측정		1	2	



【그림 3.1.2】 비파괴 시험 위치도

2) 조사 사진



반발경도시험

반발경도시험



탄산화깊이 측정

피복두께 측정

【사진 3.1.3】 콘크리트 내구성조사 전경

3.5.2 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

콘크리트 구조물의 압축강도를 추정하는 방법에는 현장에서 코어를 직접 채취하여 시험실 내에서 일축압축강도시험을 통하여 구하는 방법과 비파괴시험에 의해 추정하는 방법이 있다. 본과업에서는 반발경도법을 이용한 비파괴 시험을 실시하였다.

1) 반발경도법

콘크리트 반발경도에 의한 압축강도 조사는 암거 2개소에 대하여 실시하였다. 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 추정은 일본 재료학회식(식1)과 일본 건축학회식(식2)을 적용하였으며 시험결과 추정설계기준강도에 약 86%의 강도값이 측정되었다. 하지만 본 설계기준

강도는 추정강도이며 오랜공용에 따른 구조적 콘크리트 손상(휨균열 등)발생이 없는바 콘크리트 내하성은 확보된 것으로 사료된다.

시험결과는 다음 【표 3.1.10】와 같다.

【표 3.1.10】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 결과

시험 위치		평균치 (R)	보정치 (ΔR)	보정 경도 (R_o)	각도 ($^\circ$)	재령 계수	보정압축강도		평균 압축 강도 F_n (MPa)	설계기준 강도(추정) F_c (MPa)
							식1	식2		
암거1	벽체	37.0	0.0	37.0	0	0.63	18.2	22.8	20.5	24.0
암거2	벽체	37.2	0.0	37.2	0	0.63	18.4	22.9	20.7	24.0

※재령보정은 준공년도 미상이나 2016년 실시한 정밀안전점검 기준인 0.63을 적용함

※설계기준강도는 추정강도로서 2016년 실시한 정밀안전점검 기준 적용

【표 3.1.11】 반발경도법에 의한 콘크리트 강도조사 결과분석

구 분	추정압축강도 F_{ck} (MPa)	평균압축강도 F_{ck} (MPa), A	설계기준강도 F_{ck} (MPa), B	$\frac{A}{B} \times 100(\%)$
암거1	18.2~22.8	20.5	24.0	85.4
암거2	18.4~22.9	20.7	24.0	86.3

나. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 암거 2개소에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화 잔여 깊이는 30.0~45.0mm로 측정되어 탄산화 잔여깊이 30.0mm이상을 확보한 “a”로 평가되어 현 상태에서의 탄산화에 따른 철근부식의 발생 확률은 미미한 것으로 판단된다.

또한, 철근까지의 탄산화 도달시간은 최소 216년 이상으로 측정되어 현 상태에서의 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 미미한 상태로 분석되었다. 탄산화 깊이 측정결과는 아래의 표와 같다.

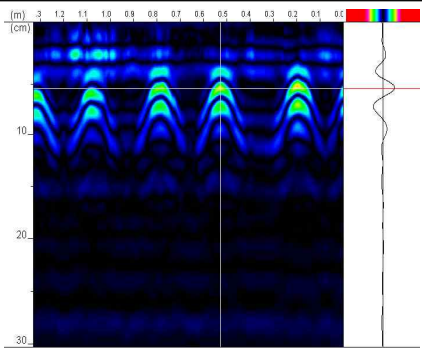
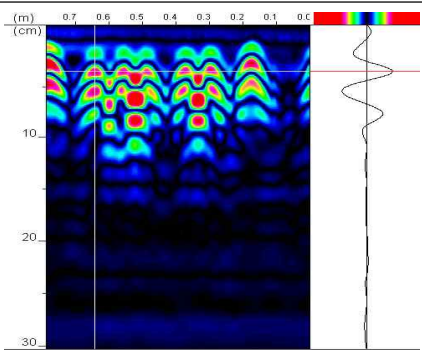
【표 3.1.12】 탄산화깊이 측정 결과

측 정 위 치		측정피복 두께(mm)	탄산화깊이 (mm)	탄산화속도 계수(A)	공용년수 (t)	잔존수명 예측(년)	잔여피복 두께(mm)	상태 평가
암거1	벽체	60.0	15.0	3.062	24	216	45.0	a
암거2	벽체	40.0	10.0	2.041	24	216	30.0	a

※측정된 예상수명과 잔존수명이 1000년 이상일 경우 “∞”로 표기

※잔존수명 예측(년) = 수명예측년수 - 경과년수(24년적용, 2016년 정밀안전점검 참조)

【표 3.1.13】 철근피복두께 측정 결과

측정위치		철근탐사결과	분석	
암거1	벽체		피복두께(mm)	
			설계치	측정치
			—	60
암거2	벽체		피복두께(mm)	
			설계치	측정치
			—	40

3.5.3 기존 점검 결과와 비교·분석

【표 3.1.14】 내구성조사 결과요약

구 분		2016년 정밀점검(전차)	2019년 정밀점검(금회)	기준값
비파괴 강도	암거1	20.6~24.1MPa	18.2~22.8MPa	24.0MPa
	암거2	20.4~24.0MPa	18.4~22.9MPa	24.0MPa
탄산화 깊이	암거1	18.0mm	15.0mm	잔여피복 30mm이상
	암거2	19.0mm	10.0mm	잔여피복 30mm이상
총 평		■ 본 내구성조사 결과는 측정위치 및 기술자 숙련도, 현장 기상조건 등에 의하여 차이가 있기 때문에 정확한 산술적 비교는 어려운 상태이나 금회 측정된 콘크리트 강도 평가 결과 추정설계기준강도에 약 86%의 강도값이 측정되었다. 하지만 본 설계기준강도는 추정강도이며 오랜공용에 따른 구조적 콘크리트 손상(휨균열 등)발생이 없는바 콘크리트 내하성은 확보된 것으로 사료된다. ■ 탄산화 깊이 측정결과 잔여피복30mm 이상을 확보한 것으로 평가되었다.		

3.6 상태평가

3.6.1 상태평가 결과

어은우4배수암거의 외관조사 및 내구성 시험에 의한 상태평가결과, 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급으로 산정되었다.

3.6.2 상태평가 결과

1) 개별시설물 상태평가 결과

【표 3.1.15】 개별시설물 상태평가 결과(4단계)

개 별 시 설 :	수문본체			
3단계 표번호 :	No. 3-1			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
조작대	x	—	—	—
암거, 날개벽	a	5.00	1.00	5.00
문비	b	4.66	1.00	4.66
기계설비	x	—	—	—
기초상판	a	5.00	1.00	5.00
합계(Σ)			3.00	14.66
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				5.000
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				4.660
3. $V_1 = 0.3 * (Max. - Min) = 0.3 * (5.0 - 4.66) =$				0.102
4. $V_2 = \Sigma(E_3 * S) / (5 * \Sigma S) = 14.66 / (5 * 3.0) =$				0.977
5. 개별시설의 상태평가지수(E _c) = Min.+V ₁ *V ₂ = 4.66 + 0.102*0.977				4.759
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				a

2) 복합시설물 상태평가 결과

① 토목구조물

【표 3.1.16】 토목구조물 상태평가 결과(5단계)

복합시설	수문본체			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
조작대	x	—	—	—
암거, 날개벽	a	5.0	1.0	5.0
기초상판	a	5.0	1.0	5.0
합계(Σ)			2.0	10.0
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				5.0
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				5.0
3. $V_1 = 0.3 * (Max. - Min) = 0.3 * (5.0 - 5.0) =$				0.0
4. $V_2 = \Sigma(E_3 * S) / (5 * \Sigma S) = 10.0 / (5 * 2.0) =$				1.0
5. 복합시설 종합평가지수(E _c) = Min.+V ₁ *V ₂ = 5.0 + 0*1.0 =				5.0
6. 복합시설 의 상태평가 결과 =				a

② 문비 및 기계설비

【표 3.1.17】 문비 및 기계설비 상태평가 결과(5단계)

복합시설	문비, 기계설비			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E ₃ *S
문비	b	4.66	1.0	4.66
기계설비	x	—	—	—
합계(Σ)			1.0	4.66
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E ₃) 최댓값 (Max. Value) =				5.000
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				4.660
3. $V_1 = 0.3 * (Max. - Min) = 0.3 * (5.0 - 4.66) =$				0.102
4. $V_2 = \Sigma(E_3 * S) / (5 * \Sigma S) = 4.66 / (5 * 1.0) =$				0.932
5. 복합시설 종합평가지수(E _c) = Min.+V ₁ *V ₂ = 3.0 + 0.42*0.74 =				4.755
6. 복합시설 의 상태평가 결과 =				a

3) 통합시설 상태평가 결과

【표 3.1.18】 통합시설 상태평가 결과

개별시설	평가결과	평가지수 E5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E5×A×W
수문본체	a	5.000	1.000	85.000	85.000	425.000
문비 및 기계설비	b	4.660	1.000	15.000	15.000	69.900
합계(Σ)				100	100	494.9
1. 통합시설의 종합평가지수(E6) = $\Sigma(E5 \cdot A \cdot W) / \Sigma(A \cdot W) = 494.9 / 100.0 = 4.949$						
2. 통합시설의 종합평가 결과 = A 등급						

4) 상태평가 결과 분석

- ① 수문본체의 점검결과 개별시설 평가 결과는 a등급으로 평가되었다.
- ② 문비의 점검결과 개별시설 평가 결과는 b등급으로 평가되었다.
- ③ 통합시설의 종합평가 등급은 A등급으로 평가되었다.

3.6.3 기 점검결과와 비교

【표 3.1.19】 기 점검결과와 상태평가 비교

구 분	‘2016년 정밀점검(전차)	금회 정밀점검(금회)
상태평가 결과	B(3.90)	B(4.949)
평 가	· 금회 상태평가 결과는 “A” 로 산정되었다. · 전차 정밀점검(2016년) 상태평가결과와 비교·분석한 결과, 2017년 연결핀 보수공사로 문비의 상태지수가 상승한 것으로 분석되었다.	

3.7 종합평가 및 안전등급

대상 시설물의 외관조사 및 비파괴 시험에 의한 상태평가를 실시한 후 이들 결과를 기초로 하여 종합적으로 평가하였다. 평가기준은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 (2019. 09, 국토교통부/한국시설안전공단)』에 의하여 실시하였다.

3.7.1 상태평가 결과

【표 3.1.20】 통합시설 종합평가 결과(6단계)

개별시설	평가결과	평가지수 E5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E5×A×W
수문본체	a	5.000	1.000	85.000	85.000	425.000
문비 및 기계설비	b	4.660	1.000	15.000	15.000	69.900
합계(Σ)				100	100	494.9
1. 통합시설의 종합평가지수(E6) = $\Sigma(E5 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 494.9 / 100.0 = 4.949$						
2. 통합시설의 종합평가 결과 = A 등급						

【표 3.1.21】 수문 등급범위

등급	a	b	c	d	e
등급범위	$4.5 \leq x \leq 5.0$	$3.5 \leq x < 4.5$	$2.5 \leq x < 3.5$	$1.5 \leq x < 2.5$	$1.0 \leq x < 1.5$

- 결함도 범위 : $4.5 \leq \text{평가점수} = 4.949 < 5.0$

∴ 상태평가등급 : A등급

3.7.2 안전등급 지정

【표 3.1.22】 안전등급 지정

구조물명	상태평가 결과		안전성평가 결과		종합평가 결과
	환산결함도점수	기준	S · F	기준	
어은우4배수암거	4.949	A	—	—	B
종합평가	•외관조사 및 내구성조사에 의한 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태등급인 “A” 로 평가됨 •상태평가 결과를 통한 종합평가 결과, “A” 로 평가됨				

안전등급은 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 등급을 안전등급으로 지정하나 금회 실시한 정밀점검에서는 안전성평가(정밀안전진단 과업)를 실시하지 않아 안전등급은 A등급 “문제점이 없는 최상의 상태” 로 지정되었다.

3.8 보수·보강 및 유지관리 방안

3.8.1 개 요

본 용역 수행시 조사된 손상에 대하여 보수·보강 방안수립 시 외관조사, 내구성조사, 상태평가 평가 결과 등을 종합적으로 검토하고 시공성, 경제성 등을 고려하여 적합한 재료와 보수·보강공법을 선정하였으며, 그에 따라 보수·보강의 우선순위 선정은 결함, 손상, 열화의 상태, 구조적 안전성, 사용성 및 내구성 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

3.8.2 보수·보강 방안

【표 3.1.23】 보수·보강 일람표

부 재 명	손 상 내 용	손상원인	손상물량	단위	조치방안	우선순위
수문	상태양호	—	—	—	지속관찰	—
문비	상태양호	—	—	—	지속관찰	—

3.8.3 보수·보강 개략공사비

【표 3.1.24】 개략공사비

부 재 명	손 상 내 용	보수방안	보수물량	단위	단가 (천원)	공사비 (천원)	우선 순위
수문	상태양호						
문비	상태양호						
순공사비							—
제경비(순공사비 50%)							—
순위별 공사비 (제경비 포함)			1순위			—	
			2순위			—	
			3순위			—	
개략공사비(천원)							—

3.8.4 유지관리 방안

금회 정밀점검 결과, 외관조사시 구조물의 안전성을 저해할 만한 중요결함은 발생되지 않았으나 유지관리시의 중점점검 사항 및 내구성 확보차원에서 보수가 필요한 부분에 대하여 보수후에도 보수상태나 손상의 진전을 일상점검시 중점적으로 점검해야 한다.

【표 3.1.25】 중점 점검사항

구 분	중 점 점 검 사 항
방 법	◦도보에 의한 전 구간 육안 조사 실시 ◦등급에 따라 보수 및 청소를 실시한 후 동일 손상 재 발생 여부 확인
수문본체	◦철근노출 및 콘크리트 파손부 확인 ◦중·횡방향 균열발생 유무
문짝	◦부식 여부 ◦문짝하부 슬리지 퇴적에 의한 차수상태 여부

【표 3.1.26】 수문구조물의 장기적 관리

구 분	점 검 사 항	비 고
수문 구조물	배수암거 ◦보수·보강 후 슬래브 및 벽체 재균열 발생여부 ◦시공 이음부 누수 및 파손 ◦암거 바닥부 침식 및 파손 ◦습윤환경에 따른 백태, 철근부식 ◦인접공사에 따른 손상발생	◎ 조사방법 - 육안검사 - 타격음 조사 ◎ 조사장비 - 점검망치 - 균열자 - 점검등 - 균열경 등
	날개벽 물받이 구간 ◦날개벽 및 물받이 구간 침하에 따른 손상 ◦하천퇴적물로 인한 배수불량	
	수문본체 ◦문틀파손 및 내·외부 벽체 균열 ◦문짝 접속부 및 문틀 이물질 퇴적 ◦암거 연결부 누수, 백태 등 손상발생	

3.9 종합결론

본 구조물의 전차 보고서 및 설계도서 분석을 포함하여 현장조사, 각종시험 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

3.9.1 현장조사 결과

1) 기계설비

① 문짝

문짝에 대한 외관조사 결과 암거유출부에 설치된 Flab문짝의 연결핀 및 문짝은 변형, 파손이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

② 수문 작동시험 및 지수상태

수문 작동상태와 지수상태를 확인하기 위하여 수동으로 개폐상태를 실시한 결과 작동 및 지수상태는 양호한 것으로 조사되었다.

2) 배수암거

본 배수통문은 1.55m×1.55m×1면 암거BOX로 시공되어 있으며, 2017년 보수공사로 전반적으로 양호한 상태로 조사되었다.

3.9.2 콘크리트 내구성조사 결과

콘크리트의 품질상태와 내구성을 평가하기 위하여 비파괴시험, 탄산화깊이시험을 실시하였으며, 금회 측정된 콘크리트 강도 평가 결과 추정설계기준강도에 약 86%의 강도값이 측정되었다. 하지만 본 설계기준강도는 추정강도이며 오랜공용에 따른 구조적 콘크리트 손상(휨균열 등)발생이 없는바 콘크리트 내하성은 확보된 것으로 사료된다.

탄산화 깊이 측정결과 잔여피복30mm 이상을 확보한 것으로 평가되었다.

3.9.3 상태평가(안전등급 지정) 결과

금회 상태평가 결과는 문제점이 없는 최상의 상태인 “A” 등급으로 평가되었으며, 전차 정밀점검(2016년) 상태평가결과와 비교·분석한 결과, 2017년 보수공사로 상태등급이

상승한 것으로 분석되었다.

3.9.4 종합평가

상태평가를 토대로 안전등급을 산정하면 『A등급』으로 평가되었으며, 결함 및 손상 부위에 대하여 금회 점검 보고서에 제시된 보수방안에 따라 보수를 시행하고 지속적인 유지관리가 수행된다면 시설물의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

