제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위

1.3 과업수행 방법

1.4 과업수행 흐름도

1.5 과업수행 일정

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법” 규정에 의거 정밀점검을 시행하여 서울대공원 조절저수지에 대한 물리적, 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위

1.2.1 과업명 : 서울대공원내 조절저수지 정밀안전점검용역

1.2.2 과업 대상시설물

시 설 물 명	위 치	제 원				
		댐형식	댐높이	댐길이	유효저수량	준공년도
서울대공원 조절저수지	경기도 과천시 막계동 159-1	필댐	50m	100m	219,240㎥	1984.5

【 표 1.1】 과업 대상시설물

1.2.3 대상시설물의 범위

(1) 댐체 및 양안부

(2) 여수로

(3) 취수시설

1.3 과업수행 방법

1.3.1 사전조사 및 준비

사전조사는 자료조사와 현장답사의 순서로 진행하며, 사업책임자와 조사요원이 실시한다. 관련자료조사, 기점검 및 진단자료를 통하여 기본점검자료를 작성하고, 현장답사 결과에 의해서 정밀점검의 범위 및 방법을 결정하고, 점검의 전체적인 상세계획을 수립하며, 외관조사에 필요한 적절한 사전준비가 그 목적이다.

구 분	내 용
관련자료조사	1) 설계 및 시공도서 설계서, 공사지, 수리 및 구조계산서, 준공도면, 유지관리지침, 운영관리지침서 등 2) 시설물 관리기록 준공 이후 각종 계측자료 및 운영자료, 안전점검 및 평가기록, 보수공사 이력사항, 시설물 관리대장, 주요 재해 현황 등 3) 각종사진 주요 시공사진, 유지보수 및 안전점검시 촬영된 사진 등
현장답사	① 대상 시설물에 대한 개괄적 현황 파악, 시설물 이용현황, 입지 환경조성 및 외형형상 조사 ② 발주처의 의견 수렴

【 표 1.2】 과업 수행방법

1.3.2 현장준비

① 조사범위 및 항목결정
② 기존점검 자료 검토
③ 분야별 소요인원 및 구성
④ 재료시험 실시에 대한 적정성 여부 판단
⑤ 점검기간 및 계획된 작업시간 예측
⑥ 점검범위 및 안전성에 대한 판단
⑦ 점검장비 선정
⑧ 점검종사자 안전
⑨ 기타 점검자와 관리주체가 필요하다고 판단되는 사항

1.3.3 외관조사

점 검 부 위	부 재	점 검 항 목
댐 체	댐 마 루	침하상태, 변위상태, 토사유실상태 등
	사 면	풍화상태, 경사면 함몰상태, 경사면 세굴상태 사면의 기울기 등
	양 안 부	댐체와의 접합상태, 누수여부 등
여 수 로		◦ Con'c구조물의 결함상태 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 부등침하, 세굴, 손상, 누수여부,백화, 노출철근 유무,노후화 상태 - 이음,접속부 상태
취수시설	유입구	◦ Con'c구조물의 결함상태 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 부등침하, 세굴, 손상, 누수여부,백화, 노출철근 유무, 노후화 상태 - 이음,접속부 상태
	유출구	◦ Con'c구조물의 결함상태 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 부등침하, 세굴, 손상, 누수여부,백화, 노출철근 유무, 노후화 상태 - 이음,접속부 상태 ◦ 밸브류 상태 - 본체 각부 누수, 균열여부 - 본체 각부 체결상태 - 본체 각부 부식 및 도장상태

【 표 1.3】 시설물별 외관조사 점검항목

1.3.4 구조물의 내구성 조사

측 정 항 목	분 석 항 목	평 가 항 목	관 련 장 비	비고
- 강도조사 (반발경도법, 초음파시험법) - 철근탐사시험 - 중성화 시험	- 콘크리트 강도 조사 - 철근의 피복 및 배근간격 - Con'c의 중성화 깊이측정	- 내구성 평가 - 사용성 평가	- Schumidt Hammer - RC-Rader - Pundit - Conkit	

【 표 1.4】 내구성조사 방법

1.3.5 추가조사

(1) 제체 상류수위 아래 사면 피복사석 수중외관조사

(2) 취수시설의 통관 유입구의 Mouth부 수중외관조사

① 조사의 목적 : 구조물의 안정성을 조사함에 있어 중요 요소인 제체 상류 수위 아래 사면의 피복사석과 통관 유입구의 Mouth 부 수중외관조사로 댐체의 안정성 확인

(3) 저수지 퇴사량조사

② 조사의 목적 : 저수지내 토사량을 조사하여 준설여부와 시기 파악

1.3.6 상태평가

상태평가는 시설물 주요구조부에 대한 재료 및 육안검사에서 조사된 상태를 평가에 포함한다. 책임기술자는 점검결과에 따라 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하여 결함의 범위 및 정도에 따라 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침(건설교통부고시 제1999-406호, '99. 12. 27)에 의거 A, B, C, D, E의 5가지 단계로 상태등급을 부여한다. 정밀점검에서는 각 부재별로 작성하되 문제부위에 대하여는 망을 작성하여 상태등급을 부여한다.

1.3.7 보수·보강공법 검토 및 제시

보수·보강공법의 선정시에는 구조물의 손상정도가 보수·보강이 필요한지를 평가한 뒤 우선순위를 결정하여야 하며 공법 선정시에는 안전성, 시공성, 경제성 및 유지관리차원을 고려토록 한다. 또한 보수·보강 공법 수립시에는 각종지침서를 참조하고 다음 표와 같은 내용을 고려하여 결정하고 보수·보강공법을 제시한다.

보수·보강공법	내 용
필 요 성	외관조사결과 손상상태 평가 C급 이하인 경우
우선순위 결정	손상부위 및 정도에 따른 우선순위의 결정
공 법	각 손상분류별로 2~3가지 공법 검토
안 전 성	보수·보강실시 후 안전성을 확보할 수 있는 가를 검토
시 공 성	현장 작업여건을 고려하여 시공성이 가장 우수한 공법 선정
경 제 성	시공가능한 공법 중 내구성·안전성을 고려하여 가장 경제적인 공법 선정 및 개략공사비 산정
유지관리차원	공학적인 측면에서 보수·보강공법을 검토하여 시설물의 효율적인 유지관리에 문제점이 없는 방안 검토

【 표 1.5】 보수·보강공법 제시시 고려사항

1.3.8 유지관리방안 제시

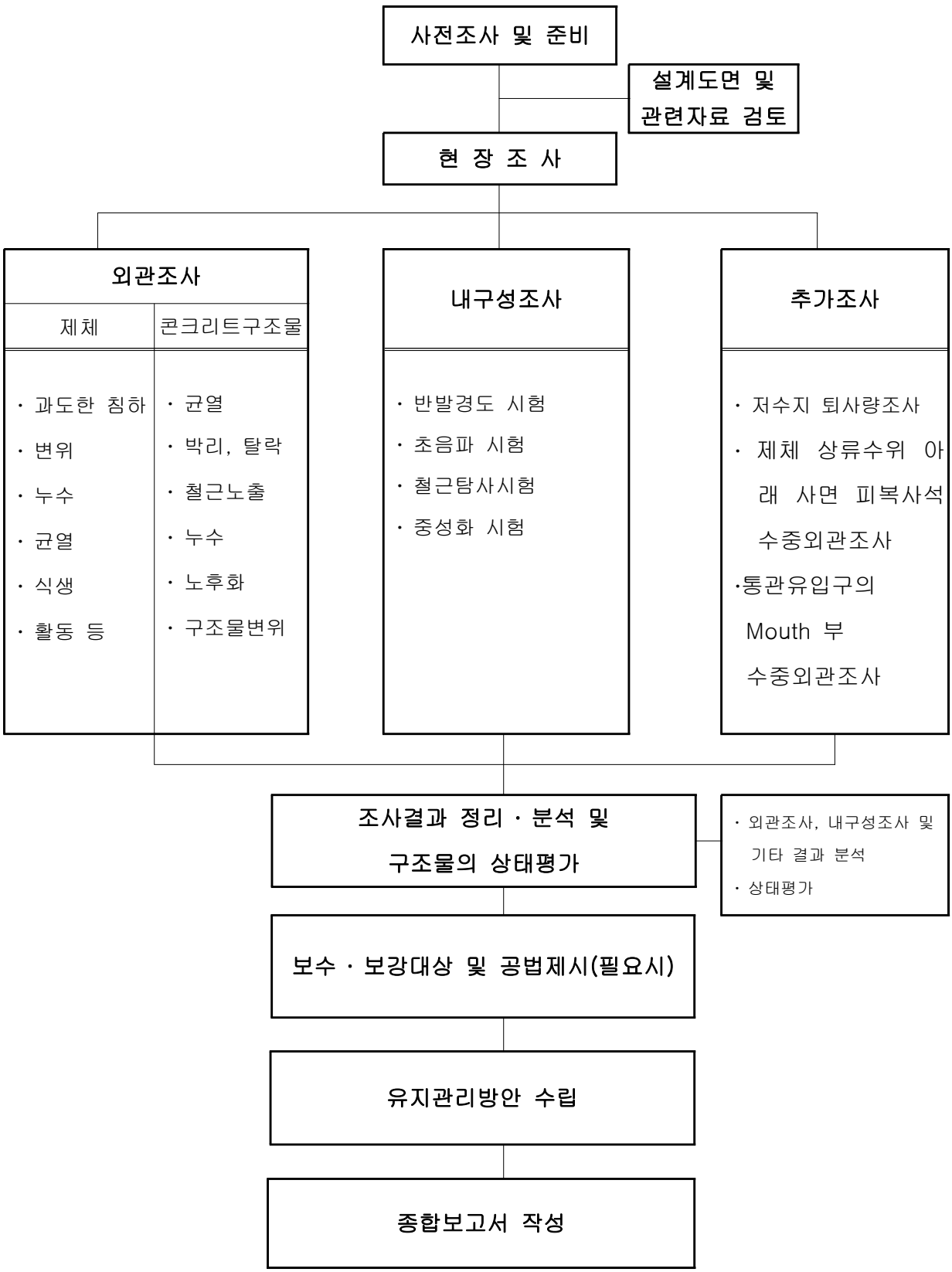
시설물의 유지관리는 관리 주체자가 체계적으로 유지관리를 행하고 있으나 시설물의 취약부재, 주요손상부재, 주요손상상태 및 손상원인을 파악한 후 유지관리를 실시한다면 효율적인 유지관리가 이루어질 수 있다.

따라서 본 과업에서는 현장정밀조사를 토대로 주요손상부재 및 손상원인을 분석하여 유지관리를 효율적으로 실시할 수 있는 방안을 제시한다. 참고로 유지관리방안의 주요내용은 다음 표와 같다.

유지관리방안		내 용
기 본 방 향		현장외관조사결과를 근거로 공용기간중 대상시설물에 발생 가능한 손상을 조기에 발견함으로써 사용성·안전성 및 내구성이 확보될 수 있도록 유지관리방안 검토
제시내용 결정		대상시설물별 특성에 맞는 효율적인 유지관리방안 검토
제시방법	정기점검	개략조사시 중점을 두어야 할 부분에 대한 점검표 작성
	정밀점검	시설물별 특성에 맞는 정밀점검 요령제시 및 점검표 작성
	안전진단	정밀점검 결과에 의거하여 문제 발생구간 및 향후 안전진단시 고려해야 될 전반적인 내요 기록될 수 있는 점검표 작성

【 표 1.6】 유지관리 방안

1.4 과업수행 흐름도



【그림 1.1】 과업수행 흐름도

1.5 과업수행 일정

■ 착수계 접수 : 2003. 2. 13

■ 현장 답사 : 2003. 2. 14

■ 자료수집 및 검토, 수행 세부계획 작성 : 2003. 2. 15 ~ 2003. 3. 2

■ 현장조사 : 2003. 3. 3 ~ 2003. 4. 24

■ 분석 및 보고서 작성 : 2003. 3. 6 ~ 2003. 5. 18

■ 자문회의 : 2003. 5. 19

■ 최종보고서 작성 : 2003. 5. 20 ~ 2003. 5. 30

■ 보고서 제출 : 2003. 6.

제 2 장 대상시설물의 현 황

2.1 시설물 현황

2.2 시설물 관련도서 검토목록

2.3 전 경

2.4 관련도면

제 2 장 대상구조물의 개요

2.1 시설물 현황

구 분		단 위	내 용	비 고
댐체	형식	-	필댐	
	높이	m	50m	
	연장	m	100m	
여수로	형식	-	철근콘크리트 측수로형	
	높이	m	4m	
	폭	m	8m	
유효저수량		m^2	219,240	
법면구배	상류 사면	-	1 : 2.5	
	하류 사면	-	1 : 2	

【 표 2.1】 시설물 현황

2.2 시설물 관련도서 검토목록

제 목		점검확인 사항	도서유무	본 용역 조치사항	비 고
시공 도서	시공 도면	확인	11차 시공도면 대여:2003.2.13 반납:2003.6.10	댐 수준측량 참고자료	-
	보수·보강 도면	미확인	서류 불명	-	-
	구조계산서	미확인	서류 불명	-	-
	수리수문계산서	미확인	서류 불명	-	-
제작 및 작업도면		미확인	서류 불명	-	-
공사시방서		미확인	서류 불명	-	-
운전 및 유지관리 지침서		미확인	서류 불명	-	-
준공보고서		미확인	서류 불명	-	-
감리보고서		미확인	서류 불명	-	-
시설물 관리대장		미확인	서류 불명	-	-
보수공사 이력사항		미확인	서류 불명	-	-
시공기록		미확인	서류 불명	-	-

【 표 2.2】 시설물 관련도서 검토목록

2.3 전 경

하류측 사면 (덤불 제거전)

하류측 사면 (덤불 제거후)

【사진 2.1】 조절저수지 전경-①

상류측 사면 (덤불 제거전)

상류측 사면 (덤불 제거후)

【사진 2.2】 조절저수지 전경-②

2.4 관련도면

【그림 2.1】 조절저수지 계획 평면도

【그림 2.2】 댐 표준 단면도

【그림 2.3】 댐 종단 단면도

【그림 2.4】 여수로 평면도

【그림 2.5】 여수로 접근 수로 옹벽 전개도

【그림 2.6】 여수로 2련 BOX 상세도

【그림 2.7】 여수로 개구부 일반도

【그림 2.8】 여수로 1련 BOX 상세도

【그림 2.9】 감세지 평면 및 상세도

【그림 2.10】 방수로(CHUTE) 구조도

【그림 2.11】 보조 통관 구조도

제 3 장 외관조사

3.1 개요

3.2 조사항목 및 방법

3.3 주요 부재별 외관조사 및 결과

3.4 주요 부재별 외관조사 결과분석

3.5 외관조사 관련사진

제 3 장 외관조사

3.1 개 요

본 조사는 서울대공원내 조절저수지에 대한 구조물의 안전도 평가와 아울러 시설물의 보수 범위 및 방법결정 등에 요구되는 기본적인 자료확보를 위한 조사로서 이에 대한 외관조사를 실시하였다.

3.2 조사항목 및 방법

3.2.1 조사항목

외관상태조사는 주로 육안으로 정밀하게 조사하였으며 효율적인 손상내용을 표시하기 위해 도면을 이용하여 손상별로 번호를 부여한 뒤 그에 따른 손상현황표를 작성하였다. 세부 구조물별 외관조사 점검항목은 다음【표 3.1】구조물별 세부점검 내용과 같다.

점 검 부 위	부 재	점 검 항 목
댐 체	댐 마 루	침하상태, 변위상태, 토사유실상태 등
	사 면	풍화상태, 경사면 함몰상태, 경사면 세굴상태 사면의 기울기 등
	양 안 부	댐체와의 접합상태, 누수여부 등
여 수 로		◦ Con'c구조물의 결함상태 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 부등침하, 세굴, 손상 누수여부,백화, 노출철근 유무,노후화 상태 - 이음,접속부 상태
취수시설	유입구	◦ Con'c구조물의 결함상태 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 세굴, 손상 백화, 노출철근 유무, 노후화 상태
	유출구	◦ Con'c구조물의 결함상태 - 균열, 박리, 박락, 층분리, 부등침하, 세굴, 손상 누수여부,백화, 노출철근 유무, 노후화 상태 - 이음,접속부 상태 ◦ 밸브류 상태 - 본체 각부 누수, 균열여부 - 본체 각부 체결상태 - 본체 각부 부식 및 도장상태

【표 3.1】구조물별 외관조사 세부점검 항목

3.2.2 조사 방법

(1) 시설물별로 예비조사(현황조사 및 자료수집 분석)를 통하여 얻은 결과를 종합 정리하여 구조물의 분석 및 평가의 기초자료로 삼았다.

(2) 예비조사를 각 시설물별의 전체적인 구조체의 변형 여부와 외형상 나타나는 구조물의 노후화 여부 및 정도를 육안검사와 실측을 통하여 자료를 얻어 기록하였고 개략 도면에 표시하여 분석 평가에 이용하였다.

(3) 외관조사는 육안관찰로 실시하였으며, 육안 관찰이 불가능한 경우는 망원경 등을 사용하였고, 필요시 확대경, 줄자 등을 이용하여 손상위치, 내용, 규모 등을 측정하고 스케치하였으며 손상원인 등을 기록하였다. 또한 제체의 수준측량은 레벨를 사용하여 조사하였다.

(4) 대상 부재에 따라서 테스트햄머 및 손으로 감지하거나 오감을 통하여 진단하였다.

(5) 각 시설물별 손상 종류와 위치를 파악하는데 용이하도록 부재의 단면별로 명칭을 표기하고 고유 번호를 부여하였다.

3.3 주요 부재별 외관조사 및 결과

3.3.1 댐체의 외관조사 및 결과

댐체의 외관조사는 댐마루, 댐사면 등에 대하여 수준측량과 사면의 기울기 조사, 댐마루, 사석의 외관조사, 댐 양안부의 외관조사를 통해 손상의 유무를 조사하였다.

조사 항목	손상발생 여부	비 고
댐체의 누수의 위치, 발생량, 혼탁상태, 발생량의 변화상태	유출수 발생 (진단을 통해 누수확인여부 확인)	본 보고서 수록 4장
댐체의 침하, 부등침하, 토사유실	댐체의 침하, 토사유실 발생	본 보고서 수록 3장
상류사면의 침식, 함몰현상, 세굴	해당 손상 없음	본 보고서 수록 3장
양안부의 지형, 식생상태, 인장균열 접합상태, 누수여부	식생조사(과업중 제거)외 손상 없음	본 보고서 수록 3장
댐체의 매설계기 상태	해당 사항 없음	-
댐체의 식생상태와 유해동물 서식에 의한 손상상태	식생조사(과업중 제거)외 손상 없음	본 보고서 수록 3장
댐사면의 기울기상태, 풍화상태, 함몰상태,	- 기울기상태 양호 - 사석의 풍화손상 없음 - 사석의 함몰손상 없음	본 보고서 수록 3장

【표 3.2】 댐체 외관조사 세부점검 항목

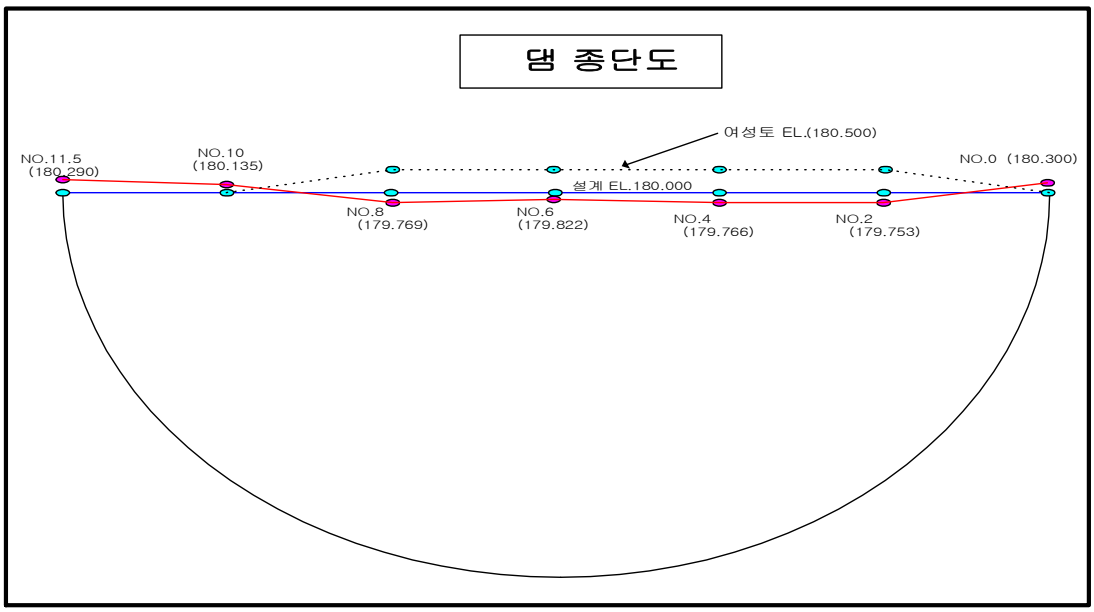
가. 댐마루, 댐사면의 수준측량

(1) 댐마루, 댐사면의 수준측량은 레벨을 이용하여 측정하였으며, 설계도서를 토대로 여수로 접근수로의 Weir상부 지반고를 기준으로 제체의 레벨을 20m간격으로 측정하였다.

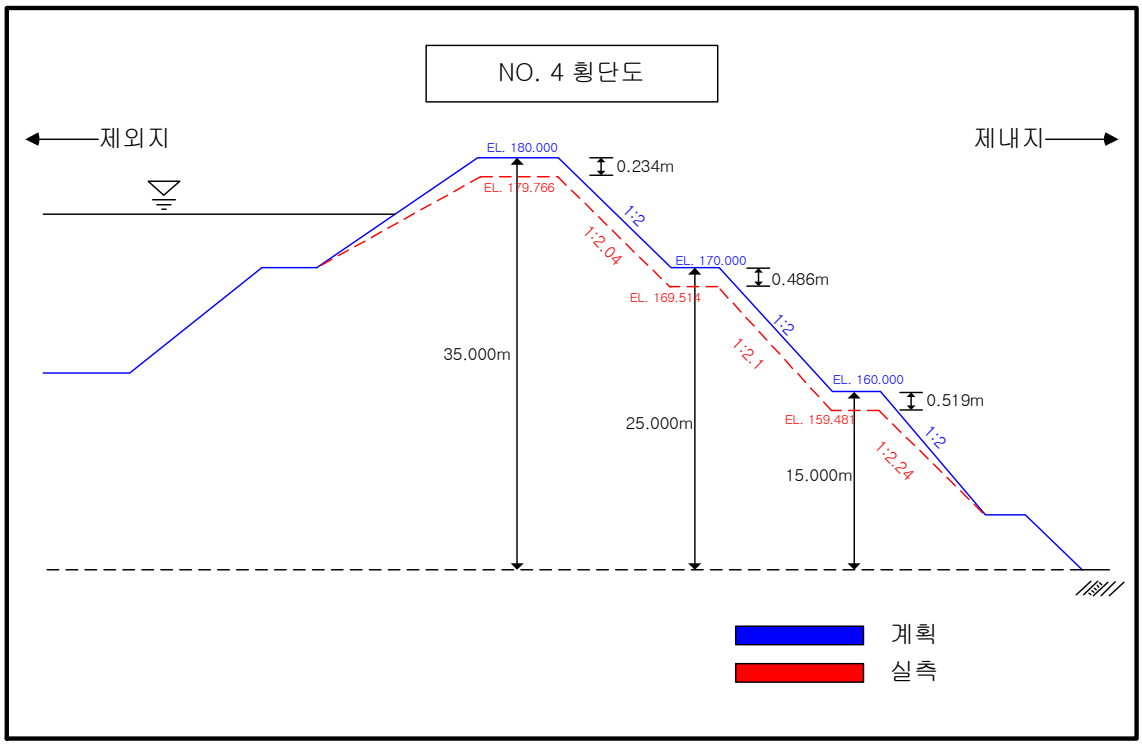
(2) 댐마루의 수준측량 결과를 설계도면과 비교한 결과 댐체의 양안부는 13cm~30cm정도의 잔류여성토가 조사되었고, 댐체 안쪽은 67cm~74cm정도의 압밀·침하된 상태로 진단를 통해 구조적안전성, 사용성에 대한 검토와 성토여부 및 시기에 검토가 필요한 것으로 판단된다.

(3) 댐 사면의 수준측량 결과 (-)11cm~80cm, (+)13cm~34cm 정도의 차이로 측정고가 조사되었다. 계획고와 차이가 크게 발생되지 않은 점을 미루어 볼 때 침하나 변형이 허용범위 이내인 것으로 판단된다.

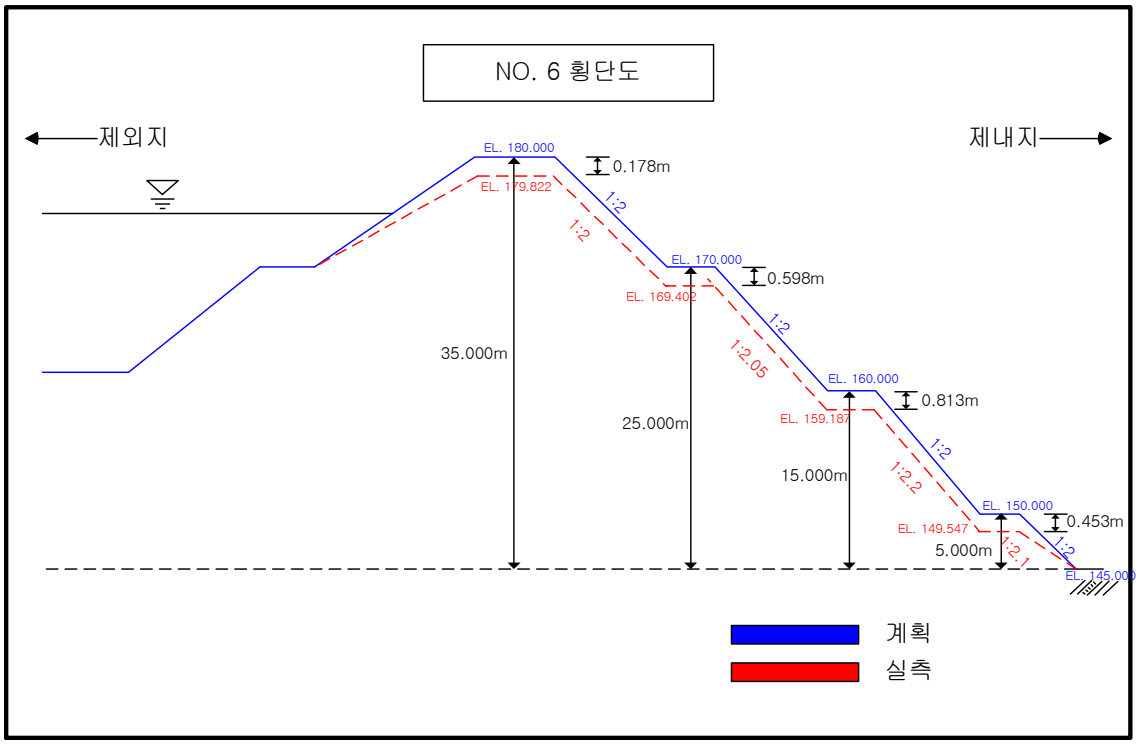
【 사진 3.1 】 제체 수준측량



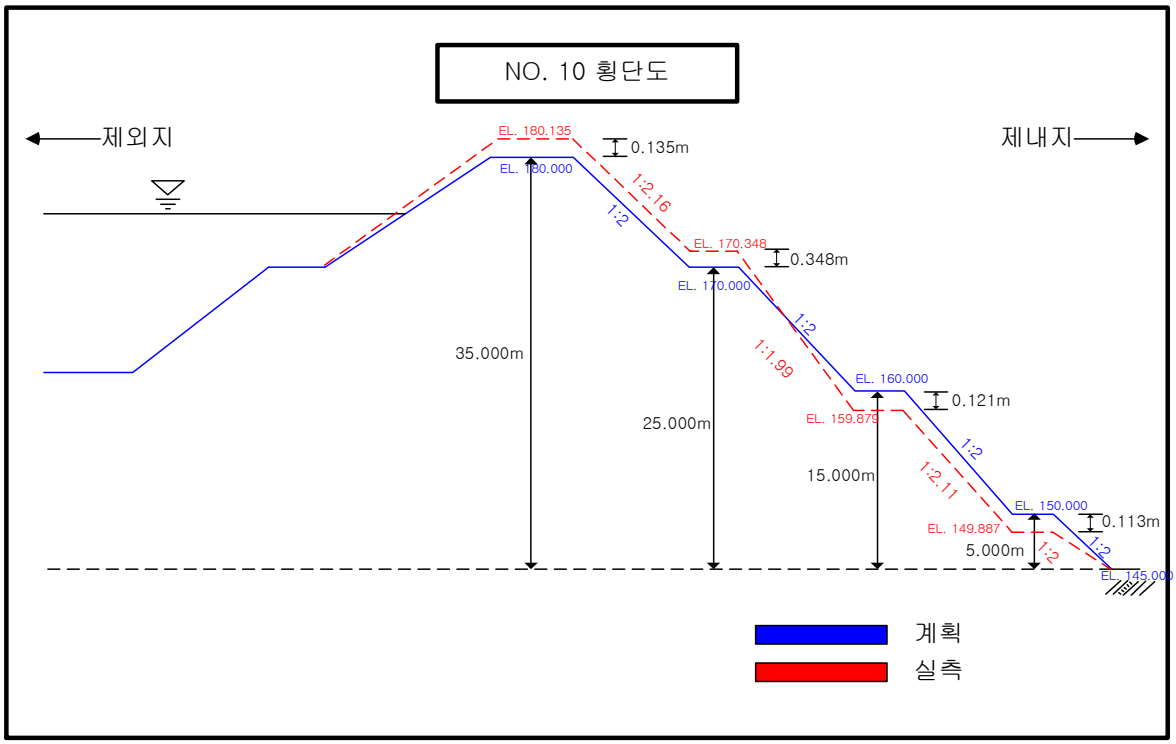
【 그림 3.1 】댐마루 수준측량 종단도



【 그림 3.2 】NO.4 횡단도



【 그림 3.3 】NO.6 횡단도



【 그림 3.4 】NO.10 횡단도

위 치	측정 EL.	설계 EL.	여성토고	잔류 여성토고 침하량
NO. 0	180.300	180.000	0	(+)0.300
NO. 2	179.753	180.000	+0.50	(-)0.747
NO. 4	179.766	180.000	+0.50	(-)0.734
NO. 6	179.822	180.000	+0.50	(-)0.678
NO. 8	179.769	180.000	+0.50	(-)0.731
NO. 10	180.135	180.000	0	(+)0.135
NO. 11.5	180.290	180.000	0	(+)0.290

【 표 3.3 】 댐마루 수준측량 결과

위 치	측정 EL.	설계 EL.	고저차	비 고
NO. 4, 2단	159.481	160.000	0.519	
NO. 4, 3단	169.514	170.000	0.486	
NO. 6, 1단	149.547	150.000	0.453	
NO. 6, 2단	159.187	160.000	0.813	
NO. 6, 3단	169.402	170.000	0.598	
NO. 10, 1단	149.887	150.000	0.113	
NO. 10, 2단	159.879	160.000	0.121	
NO. 10, 3단	170.348	170.000	0.348	

【 표 3.4 】 댐사면(하류측) 수준측량 결과

나. 댐사면의 외관조사

사면의 외관조사는 상류측사면, 하류측사면은 육안관찰로 실시하였으며, 제외지수중사면은 수중조사팀이 수중탐사장비를 이용하여 조사하였다.

조사결과 풍화, 함몰, 사석탈락, 세굴등 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

구분	위 치	조 사 결 과
1	상류 사면 STA.0 ~ 20	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
2	상류 사면 STA.20 ~ 40	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
3	상류 사면 STA.40 ~ 60	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
4	상류 사면 STA.60 ~ 80	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
5	상류 사면 STA.80 ~ 100	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
6	하류 사면1단 STA.20 ~ 40	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
7	하류 사면1단 STA.40 ~ 60	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
8	하류 사면1단 STA.60 ~ 80	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
9	하류 사면1단 STA.80 ~ 100	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
10	하류 사면2단 STA.0 ~ 20	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
11	하류 사면2단 STA.20 ~ 40	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
12	하류 사면2단 STA.40 ~ 60	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
13	하류 사면2단 STA.60 ~ 80	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
14	하류 사면2단 STA.80 ~ 100	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
15	하류 사면3단 STA.0 ~ 20	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
16	하류 사면3단 STA.20 ~ 40	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
17	하류 사면3단 STA.40 ~ 60	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
18	하류 사면3단 STA.60 ~ 80	◦ 전반적으로 상태가 양호함.
19	하류 사면3단 STA.80 ~ 100	◦ 전반적으로 상태가 양호함.

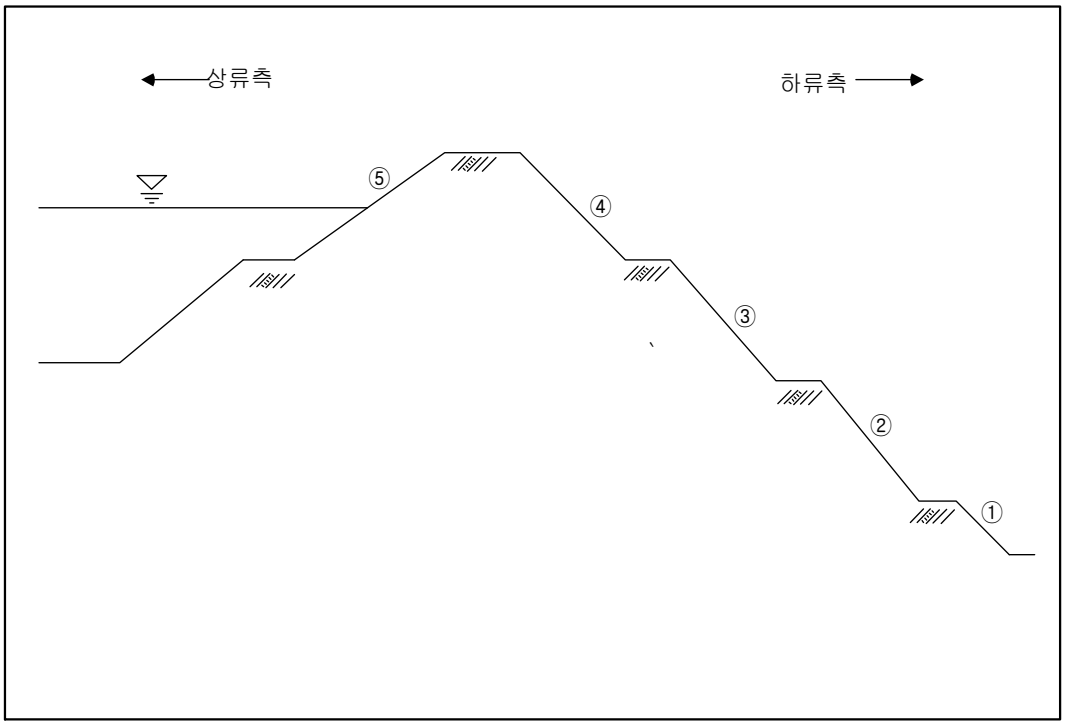
【표 3.5 】 외관조사 결과

【 사진 3.2 】 사면의 외관조사

다. 사면의 기울기조사

사면의 기울기조사는 상류측사면, 하류측사면을 줄자와 Staff를 이용하여 수평거리와 높이를 측정하여 사면의 기울기를 조사하였다. 조사결과 설계도면과 거의 일치하였으며, 사면의 이동이나, 변형이 거의 없어 사면의 안정성에는 문제가 없는 것으로 조사되었다.

【 사진 3.3 】 사면의 기울기 조사



【 그림 3.5 】 사면의 기울기 조사 위치도

사면의 기울기 조사의 위치는 위【 그림 3.5 】과 같이 실시하였으며, 기울기 측정치는 다음 【표 3.5 】와 같다.

위 치	설 계 치	측 정 치	비 고
1	1 : 2.0	1 : 2.1	
2	1 : 2.0	1 : 2.2	
3	1 : 2.0	1 : 2.0	
4	1 : 2.0	1 : 2.0	
5	1 : 2.5	1 : 2.4	

【 표 3.6 】 사면의 기울기 조사결과

라. 댐 양안부의 외관조사

댐 양안부의 외관조사는 정밀육안관찰을 통해 이루어졌으며, 댐체와의 접합상태와 누수여부에 대해 조사하였다. 조사 결과 댐체와의 접합상태는 양호하였고, 누수는 발생되지 않았다.

마. 댐체의 식생상태와 유해동물의 서식에 의한 손상상태 조사

과업착수전 댐사면, 댐마루의 무성한 식생으로 인하여 외관조사가 불가하고 댐 사면과 댐 양안부의 식생과 유해동물은 댐 안전에 나쁜영향을 미치므로 우선적으로 식생제거작업을 하였다. 유지관리차원에서 정기적으로 제거를 하여야 한다.

3.3.2 여수로의 외관조사 및 결과

여수로의 외관조사는 균열, 누수, 변형, 침하, 침식, 콘크리트의 타설불량, 기초지반의 부등침하, 와류에 의한 세굴, 여수로 바닥의 세굴과 퇴적, 콘크리트의 이음부와 접근수로의 식생상태, 수로장애물, 감세공의 손상상태 등의 여수로의 전체적인 상태를 조사하였다. 여수로의 외관조사 결과 조사된 각 부위별 손상은 다음【표3. 6-7 】와 같으며, 접근수로의 식생과 방수로의 수로 장애물도 조사되어 보수와 유지관리가 필요하다.

조사 항목	손상발생 여부	비 고
여수로의 균열, 누수, 백화, 철근 노출, 재료분리,	여러개소 발생	본 보고서 수록 3장
여수로의 변형, 침하, 침식	해당 손상없음	본 보고서 수록 3장
기초지반의 부등침하, 풍화작용, 박리	해당 손상없음	본 보고서 수록 3장
와류에 의한 세굴, 퇴적	세굴 일부 발생	본 보고서 수록 3장
콘크리트의 이음부	상태 양호	-
접근수로의 식생상태, 사면활동	식생조사외 사면활동 없음	본 보고서 수록 3장
수로 장애물	장애물 조사	본 보고서 수록 3장
사류와 와류에 의한 감세공의 손상상태	감세공 4곳 탈락	본 보고서 수록 3장
여수로와 댐체의 접합상태	상태 양호	-

【 표 3.7 】여수로 외관조사 세부점검 항목

가. 여수로 외관조사 결과

위 치		조 사 결 과	비 고
접근수로	-우측옹벽 -좌측옹벽 -바 닥 -진입부	- 백화 (6개소) - 균열 (1개소 W=0.3mm, L=2.5m) - 세굴 (1개소) - 식생서식	- 보수(비구조적) - 보수(진행성 여부 정기관찰) - 보수(비구조적) - 제거
APRON	-우측옹벽 -좌측옹벽 -바닥	- 백화 (8개소) - 상태 양호 - 상태 양호	- 보수(비구조적) - -
여수로 2-1련 BOX	-시,종점부 -우측벽 -좌측벽 -바닥 -상부슬래브	- 백화 (3개소) - 균열 (8개소 W=0.3mm L=16.6m) - 균열 (2개소 W=0.3mm L=3.0m) 백화 (1개소) - 균열 (1개소 W=0.4mm L=0.5m) - 상태양호	- 보수(비구조적) - 보수(진행성 여부 정기관찰) - 보수(진행성 여부 정기관찰) 보수(비구조적) - 보수(진행성 여부 정기관찰 -
여수로 2-2련 BOX	-우측벽 -좌측벽 -바닥 -상부슬래브	- 균열 (2개소 W=0.3mm L=4.0m) 백화 (2개소) - 균열 (5개소 W=0.3mm L=9.2m) - 상태양호 - 백화 (1개소)	- 보수(진행성 여부 정기관찰) 보수(비구조적) - 보수(진행성 여부 정기관찰) - - 보수(비구조적)
여수로 개구부	-우측벽 -좌측벽 -바닥	- 철근노출 (1개소) - 세굴 (1개소) - 상태양호	- 보수(비구조적) - 보수(비구조적) -

【 표 3.8 】여수로 외관조사 결과-①

위 치		조 사 결 과	비 고
OUTLET CHUTE BOX	-우측옹벽	- 균열 (3개소 W=0.3mm L=6.0m) 백화, 재료분리 (각 1개소)	- 보수(진행성 여부 정기관찰) 보수(비구조적)
	-좌측옹벽	- 재료분리 (5개소), 백화 (1개소)	- 보수(비구조적)
	-바 닥	- 상태양호	-
	-상부슬래브	- 백화,재료분리,철근노출(각 1개소)	- 보수(비구조적)
	-종점부	- 백화 (1개소)	- 보수(비구조적)
	-종점부우벽	- 백화 (2개소), 누수 (1개소)	- 보수(비구조적)
	-종점부좌벽	- 백화 (1개소)	- 보수(비구조적)
	-종점부바닥	- 백화 (1개소)	- 보수(비구조적)
감세지	-우측옹벽	- 백화 (3개소), 누수 (1개소)	- 보수(비구조적)
	-좌측옹벽	- 백화, 누수 (각 1개소)	- 보수(비구조적)
	-바닥	- 상태양호	-
방수로	-우측옹벽	- 균열 (1개소 W=0.3mm L=1.8m) 누수(3개소), 백화(1개소) 철근노출(1개소)	- 보수(진행성 여부 정기관찰) 보수(비구조적) 보수(비구조적)
	-좌측옹벽	- 균열 (3개소 W=0.3mm L=5.7m) 누수(1개소)	- 보수(진행성 여부 정기관찰) 보수(비구조적)
	-바닥	- 균열 (8개소 W=0.2~0.3mm L=29.3m), 백화 (4개소), 감세공탈락 (4개소)	- 보수(진행성 여부 정기관찰) 보수(비구조적) 재시공
	-바닥	- 장애물 조사	- 제거

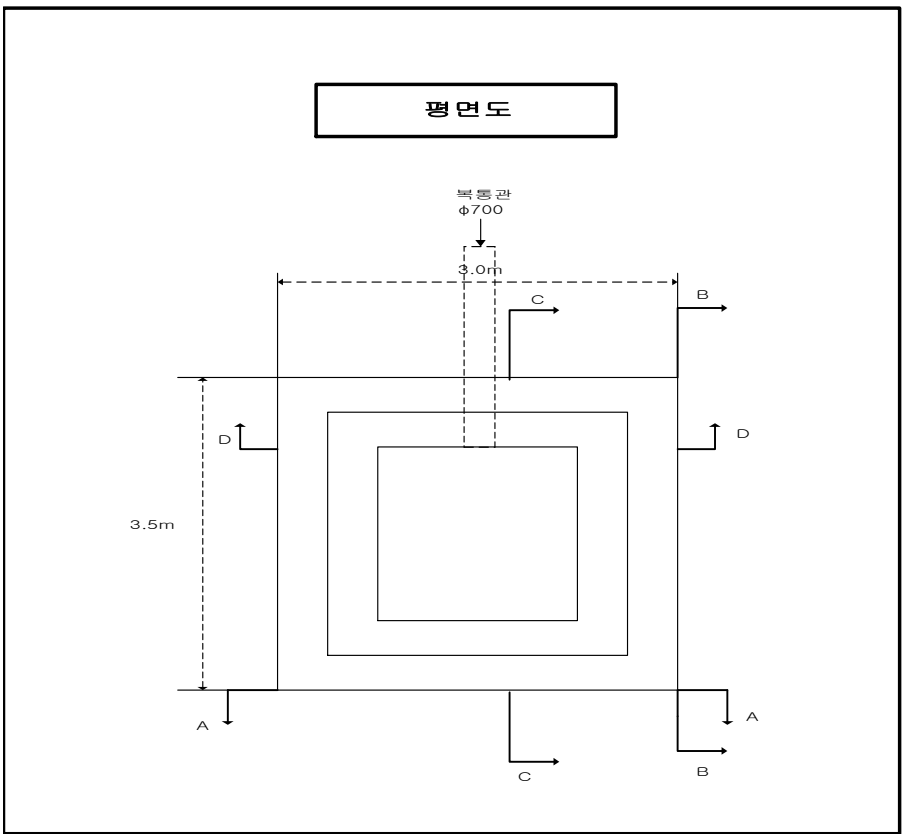
【 표 3.9 】여수로 외관조사 결과-②

3.3.3 취수시설의 외관조사 및 결과

취수시설의 외관조사는 유출·입구의 변형과 손상, 취수시설의 작동상태에 대하여 조사하였다.

가. 유입구의 외관조사

설계도면의 존재하는 복통관 유입구의 Mouth부와 복통관 ,보조통관의 외관조사는 수중조사를 하여 조사하였으며, 수중조사 결과 복통관 유입구의 Mouth부와 복통관의 위치 및 존재여부를 확인하여 외관조사를 확인하였으나, 보조통관의 유입구 및 유출구는 3번의 수중조사를 하였지만 시야 및 위치확보가 어려워 보조통관의 위치 및 존재여부를 확인하지 못하였다. 차후 진단시 탐사장비를 이용하여 위치 및 외관상태를 확인하여야 한다. 통관의 외관조사 결과, 통관 유입구의 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 통관 유입구내부에는 관경의 80%정도 토사퇴적이 되었고, 통관 유입구의 Mouth내부의 토사퇴적량은 적은 것으로 조사되었다. 통관 유입구내부의 구간에만 토사가 퇴적된 이유는 점검전 준설시 통관 유입구내부까지 준설을 하지 않은 것으로 보이며, 차후 진단후 준설여부를 검토하여 보조통관 내부까지 청소,정리를 해야 된다고 판단된다.



【 그림 3.6 】복통관 유입구 Mouth부 평면도

나. 유출구 및 Valve chamber실의 외관조사

외관조사 결과 유출구 및 Valve chamber의 Con'c의 상태는 양호하며, 밸브류의 상태중 누수, 균열 및 체결상태는 양호하지만 Valve chamber의 철재류의 일부에서 발청이 조사되어 보수가 필요하다.

3.4 주요 부재별 외관조사 결과분석

3.4.1 댐체의 외관조사 결과분석

댐체의 외관조사 결과 댐체의 사면과 양안부는 손상이 조사되지 않은 양호한 상태로 조사되었지만, 댐마루의 수준측량 결과를 설계도면과 비교한 결과 댐체의 양안부는 13cm~30cm 정도의 잔류여성토가 조사되었고, 댐체 안쪽은 67cm~74cm정도의 압밀·침하된 상태로 진단를 통해 구조적안전성, 사용성에 대한 검토와 성토여부 및 시기에 검토가 필요한 것으로 판단된다.

3.4.2 여수로의 외관조사 결과분석

여수로의 외관조사 결과 균열, 누수, 백화, 철근노출, 재료분리, 감세공탈락등의 손상이 조사되었으며, 발생한 손상에 대하여 전체적인 보수가 요망되며, 우선적으로 하중을 받는 여수로 2련 BOX부와 OUTLET CHUTE 1련 BOX의 손상과 감세지와 방수로의 누수에 대하여 보수를 실시해야 된다고 판단된다. 또한 유수의 흐름에 방해가 되는 접근수로의 식생과 방수로의 장애물이 조사되어 유지관리차원에서 빠른 시일내에 제거가 필요하다.

3.4.3 취수시설의 외관조사 결과분석

가. 유입구

통관 유입구의 외관 조사결과 통관 유입구의 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 통관 유입구내부에는 관경의 80%정도 토사퇴적이 되었고, 통관 유입구의 Mouth내부의 토사퇴적량은 적은 것으로 조사되었고, 보조통관의 위치는 3번의 수중조사를 하였지만 확인하지 못하였다. 차후 진단을 통하여 준설여부를 판단하고 통관 내부까지 준설을 해야하고, 보조통관의 위치도 탐사장비를 이용하여 확인해야 된다고 판단된다.

나. 유출구

외관조사 결과 유출구 및 Valve chamber의 Con'c의 상태는 양호하며, 밸브류의 상태중 누수, 균열 및 체결상태는 양호하지만 습한 환경으로 인하여 Valve chamber실의 철재류의 일부에서 발청이 발생되었으며, 빠른시일내에 보수가 필요하다고 판단된다.

3.5 외관조사 관련사진

3.5.1 댐마루

댐 마루 전경	댐 마루 전경

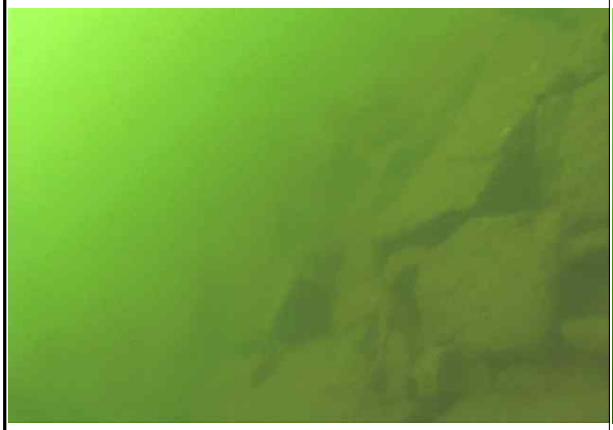
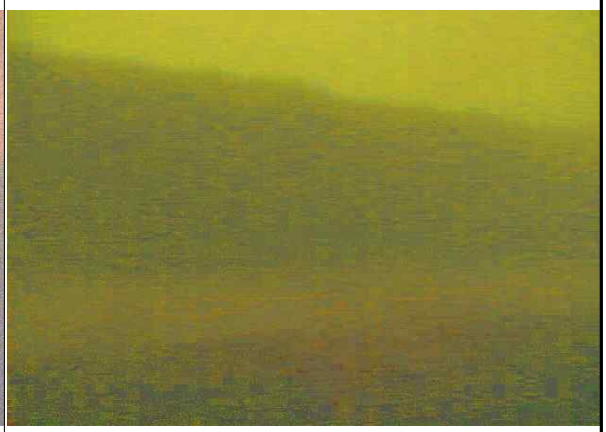
3.5.2 댐 사면 (상류측)

상류측 사면 전경	상류측 STA. 0~20 사면 상태

3.5.3 댐 사면 (하류측)

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>하류측 STA. 20~40 사면 상태 (1단)</td><td>하류측 STA. 20~40 사면 상태(1단)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>하류측 STA. 60~80 사면 상태(2단)</td><td>하류측 STA. 80~100 사면 상태(2단)</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>하류측 STA. 60~80 사면 상태(3단)</td><td>하류측 STA. 40~60 사면 상태(3단)</td></tr>
</table>

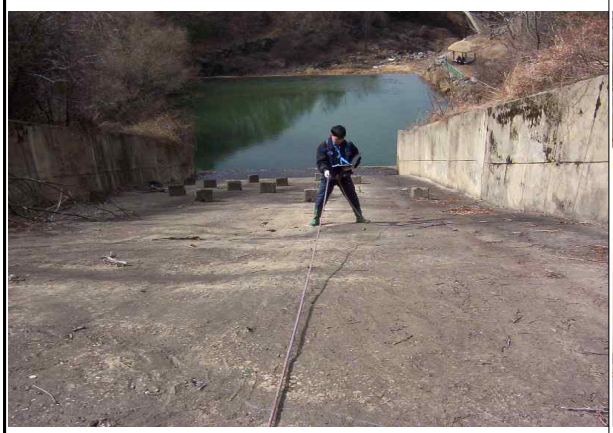
3.5.4 댐 사면 (수중부) 및 통관 유입구 Mouth부

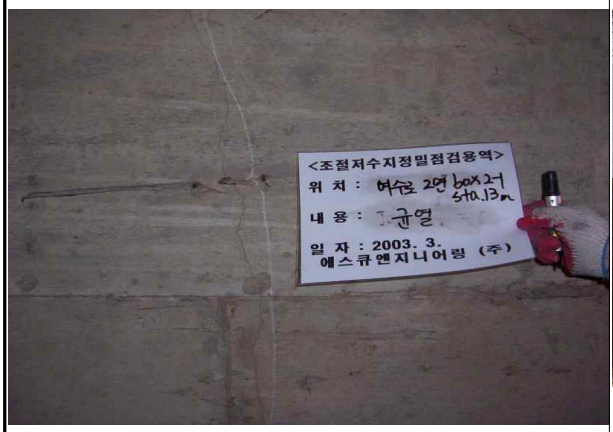
	
상류측 STA. 10 수중사면 상태	상류측 STA. 20 수중사면 상태
상류측 STA. 30 수중사면 상태	상류측 STA. 40 수중사면 상태
	
배출구 상태	유입구 경사외벽 상태

3.5.5 댐체 좌·우안 접합부

댐체 우안 접합부 상태양호	댐체 좌안 접합부 상태양호

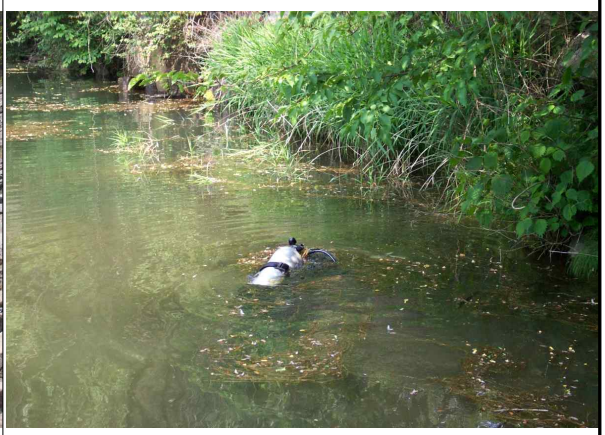
3.5.6 여수로

	
방수로 외관조사 작업전경	여수로 2련 BOX STA.45, 균열, 백화

	
여수로 2련 BOX STA. 40, 균열	여수로 2련 BOX STA. 46, 백화
여수로, 표면 상태	감세지 좌측옹벽, 백화
방수로 바닥, 감세공 탈락	방수로 우측옹벽, 누수

3.5.7 취수시설

Valve chamber 상태	유출구 상태

	
유입구(복통관, 보조통관)수중조사	유출구(보조통관) 수중조사

제 4 장 계측DATA 측정

4.1 댐 저수위 측정

4.2 댐체 하류저부 유출(용출)수량 조사

제 4 장 계측 DATA 측정

4.1 댐 저수위 측정

4.2.1 개 요

: 댐의 안전성을 조사하기 위해 정기적인 저수위의 측정이 필요하나, 관리중의 측정자료가 없다. 댐의 안전성평가시 기초DATA로 이용하기 위하여 측정을 하여야 한다.

4.2 댐체 하류저부 유출(용출)수량 조사

4.2.1 개 요

: 유출(용출)로 보이는 청수가 댐채 하류저부 10m거리 통관 Valve chamber 부근에서 조사되어 그 원인과 유량 확인조사가 필요하다.

4.2.2 유출수량 측정

: 지면 바닥에서 용출(샘)되여 지면으로 흐르는 것으로 일반적인 직접유속 또는 유량 측정은 곤란하여 Orifice 또는 Weir를 설치하여 장기간 주기적으로 측정하여 그 유량 변화로 제체의 누수량과 허용안전성을 검토한다.

4.2.3 Weir 제작

제작 : 별첨도면과 같이 높이 35cm, 길이 60cm의 5mm 알루미늄철판에 60° ~90° 의 각도와 25cm 정도 Weir 깊이에 1cm, 1/2cm의 눈금을 설치한다.

4.2.4 측정 주기 및 방법

① 측정요소 : a) Dam 수위
b) Weir 유량
c) 우량 (기상자료)

② 측정주기 : a) 강우 직전일과 강우 1~2일 후
b) 월 1회 이상

4.2.5 유량산정 적용공식

: Weir를 이용한 유량산정 공식은 Strickland식과 누마지 공식을 이용하여 산정한다.

① Strickland 공식 (B=4h+0.3m , h≥0.05 , h_d≥4h)

$$Q=\frac{8}{15}\sqrt{2g}\left(0.565+\frac{0.0087}{\sqrt{h}}\right)h^{\frac{5}{2}}$$ (m^3/sec)

② 누마지 공식 (h_d>0.1m , B=0.3m , h=0.26m)

$$Q=\left[1.356+\frac{0.004}{h}+(0.13+\frac{0.2}{0.27+hd})\times(\frac{h}{B}-(0.1-\frac{0.003}{0.024+hd})\right]\times h^{\frac{1}{2}}$$

(m^3/sec)

4.2.6 유량 측정 결과

일 시	저수지 수위	위어 수위	유출(용출)수량	비 고
2003. 3. 29	174.540m	5.60cm	1.054×10^{-3}(m^3/sec)	
2003. 4. 16	174..400m	5.50cm	1.008×10^{-3}(m^3/sec)	
2003. 5. 3	176.000m	5.60cm	1.054×10^{-3}(m^3/sec)	
2003. 5. 19	176.000m	5.00cm	7.966×10^{-4}(m^3/sec)	
2003. 6. 7	175.500m	5.00cm	7.966×10^{-4}(m^3/sec)	

【 표 4.1 】 유출(용출)수 유량측정 결과

제 5 장 퇴사량 조사

5.1 개 요

5.2 수면내 퇴사량 조사

제 5 장 퇴사량 조사

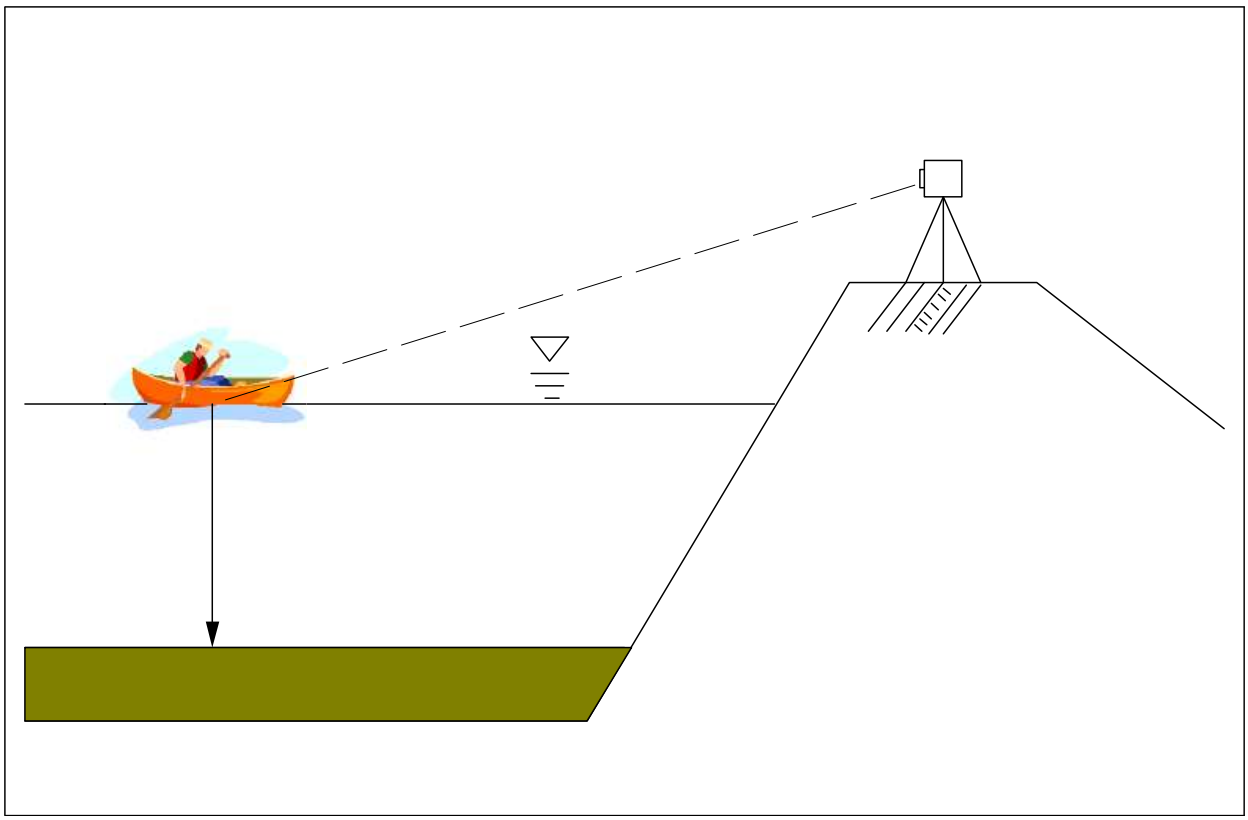
5.1 개 요

조절저수지 축조후 조절저수지 수면내의 설계EL.과 현재의EL.을 조사하여 현재의 저수지내의 퇴사량상태와 퇴사량으로 인한 저수량의 변화 및 저수지내의 준설여부와 시기를 판단하여 시설물의 효용성 제고에 그 목적이 있다.

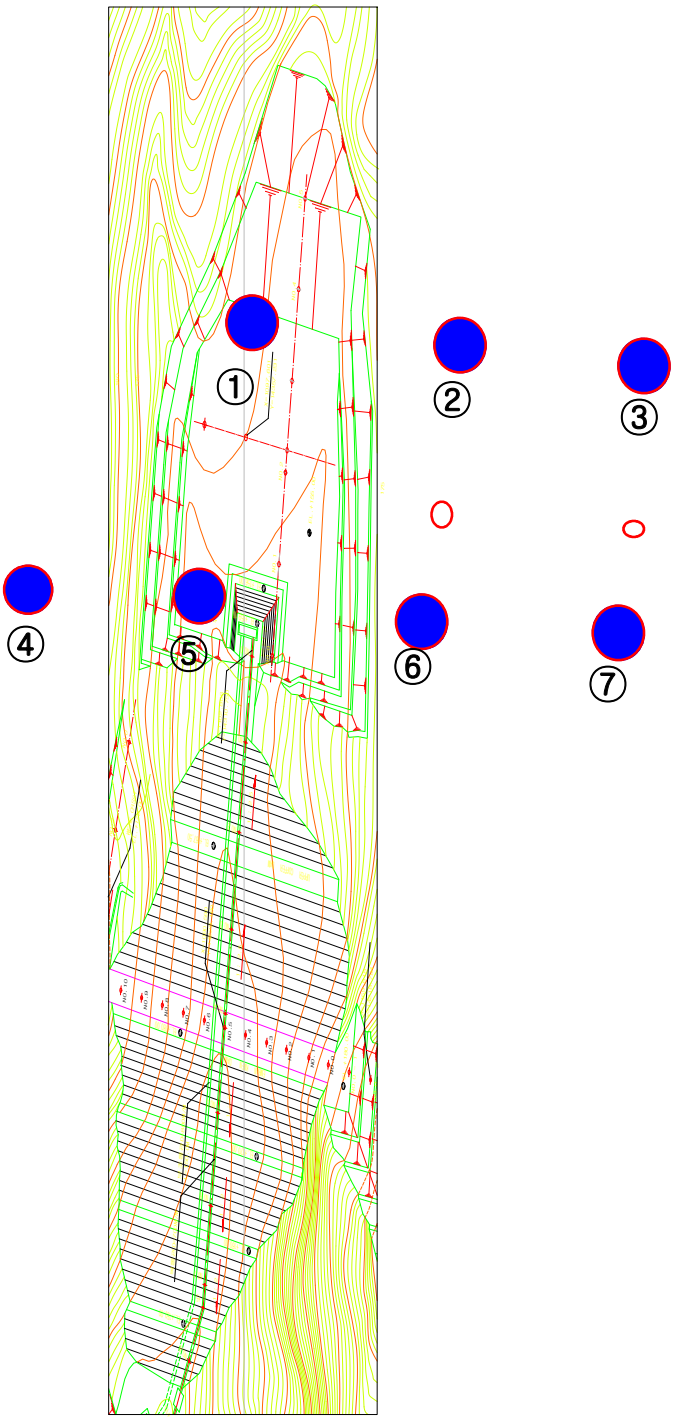
5.2 수면내 퇴사량 조사

가. 퇴사량 조사 수행방법

수면내 퇴사량 조사는 댐마루에서 광파기을 이용하여 수면상의 위치를 선정하고, 고무보트로 선점한 위치로 이동하여 수심측점기계를 이용하여 수심을 측정한 다음 기존의 설계도면 및 지반고를 비교하여 퇴사량을 조사하였다. 또한 수중조사팀이 직접 수면내로 잠수하여 토사의 두께와 바닥의 상태를 육안 및 촬영조사하였다.



【그림 5.1】 퇴사량 조사방법



【 그림 5.2】 퇴사량 조사위치도

나. 퇴사량 조사 결과

측 점	계획 EL.(m)	측정 EL.(m)	퇴사고	비고
1	158.000	161.25	3.25	
2	158.000	160.35	2.35	
3	158.000	159.35	1.35	
4	158.000	158.75	0.75	
5	158.000	158.65	0.65	
6	158.000	158.85	0.85	
7	158.000	159.58	1.58	

【 표 5.1 】퇴사량조사 결과

다. 결과의 이용

1) 퇴사정도 및 퇴적형태 파악

라. 퇴사량 관련공식

1) 퇴사량(㎥) = 비퇴사량 × 유역면적 × 내용연수

비퇴사량(㎥) = 비유사량/퇴사 단위중량

비유사량 산정방법

◎ 유량-유사량 곡선이용

◎ 동일 유역내의 타 저수지 퇴사자료 이용

◎ 경험공식 이용

- 유역면적별 퇴사자료를 통계처리
- 특성변수 : 하천밀도, 강우침식인자, 하상재료 대표입경, 저수지 포착율 퇴적토 단위중량, 토양침식성 인자, 지형 등

2) 퇴사량(㎥) ≒ 바닥면적 × 평균 퇴적고 (개략식)

마. 퇴사량 산출

퇴사량 산출식은 현재 관련자료의 부족으로 2안을 선정하여 산출하였다.

◎ 퇴사량 ≒ 바닥면적 × 평균 퇴적고

≒ 5,234.08m^2 × 1.54m

≒ 8,060.5㎥

바. 유효저수량 검토

실저수량 ≒ 설계유효저수량 - 퇴사량

≒ 219,240㎥ - 8,060.5㎥

≒ 211,179.5㎥

사. 검토결과

토사량 조사결과 현재 설계유효저수량 219,240㎥중 5,060.5㎥이 퇴사되어 현재의 유효저수량은 211,179.5㎥(3.68%)로 조사되었다. 차후 진단을 실시하여 저수지내의 퇴사량으로 인하여 갈수기(3~5월)내 공원 사용수량의 확보여부와 홍수조절능력의 저하로 홍수기에 수위가 위험수위까지 상승되는지 여부를 검토하고 하천 유입량과 유역조사, 유효저수량과 여수로의 홍수시 수문의 홍수조절 능력을 검토하여 준설의 필요성과 준설시기를 판단해야 한다. 또한 유지관리 차원에서 우기전에 저수지내의 수위를 낮쳐 홍수를 대비하고 계곡부의 토사유입을 방지하기 위해 침사지 설치여부를 검토해야 한다.

제 6 장 내구성 조사

6.1 개 요

6.2 콘크리트 강도조사

6.3 철근배근 탐사

6.4 콘크리트 중성화 시험

제 6 장 내구성 조사

6.1 개 요

내구성 조사는 점검 및 진단에 있어서 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우는 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부의 판정을 하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성 진단에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.
일반적으로 내구성 진단의 적용범위는 다음과 같다.

- 내구성 진단을 대상으로 하는 구조물은 강·콘크리트 구조물에 한한다.
- 내구성 진단은 구조구체를 중심으로 수행한다.
- 내구성 진단은 조사 시점의 열화상태 뿐만 아니라 구조물의 이력, 주변환경, 열화원인을 조사하여 향후 열화손상 진행정도를 예측하고, 내용년수와 관련하여 종합적인 안전진단을 수행한다.

구조물은 하중을 안전하게 지지하고 그 기능을 원활히 발휘하여야 하며, 역학적으로 충분한 강도와 강성을 갖는 것이 필요하다. 따라서 구조의 각 부분이 균형 잡힌 안전도를 가지며, 내구성을 갖는 것이 요구된다.

6.2 콘크리트 강도조사

6.2.1 반발경도법

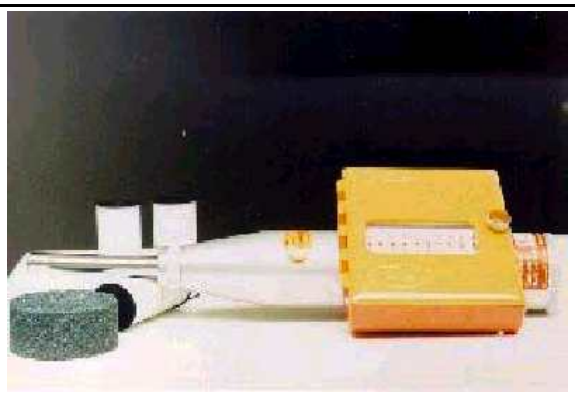
(1) 시험개요

반발경도법은 콘크리트 표면을 슈미트 햄머(Schmidt Hammer)로 타격하여 얻은 측정 경도값으로부터 콘크리트의 압축강도를 추정하는 시험방법으로 슈미트 햄머의 반발경도값(R)과 콘크리트 강도(fck)사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로한 일반적으로 타격시 반발경도는 타격에너지, 피 타격체의 형상 및 크기, 재료의 물리적특성과 관계되는 물리량에 따라 다르다. 특히 콘크리트와 같은 불균질한 재료에서는 슈미트 햄머로 표면을 국부적으로 타격하는 경우 반발도는 타격면에 존재하는 골재의 유무, 습윤상태, 콘크리트의 재령 등에 따라 차이가 난다. 따라서 강도추정의 유일한 방법을 사용할 경우에는 문제가 있으나, 사용이 간편하고 짧은 시간에

강도추정이 가능하다는 우수한 사용성과 콘크리트 구조물 전체에 대한 강도 추정이 가능하다는 점에서 유효한 시험법이라 할 수 있다.

(2) 시험장비

반발경도법으로 콘크리트의 강도를 조사하기 위해서 사용한 비파괴 조사장비는 슈미트햄머(Schmidt Hammer, Type NR)이며, 주요 사양은 다음과 같다.



제 조 회 사	Proceq S. A. (Switzeland)
측 정 범 위	150 ~ 600 kgf/cm²
보 정	Test Anvil

【그림 6.1】 Schmidt Hammer, Type NR

(3) 시험방법

① 타격면 선정

타격면은 평탄한 면을 선정하고, 표면이 거칠 경우 연마석으로 콘크리트 표면을 평탄하게 연마하여 타격면의 요철이나 부착물, 분말 등을 제거한다. 또한 타격면 내에있는 곰보, 공극, 노출된 자갈 부분은 타격점에서 제외한다. 보 또는 기둥 부재의 경우에는 모서리에서부터 최소 3cm~6cm 이상 이격된 중앙부에서 측정하도록 한다.

② 타격점 선정

각 측정개소마다 타격점은 20 점을 표준으로 한다 . 타격점 상호간 간격은 3cm~5cm를 표준으로 하며, 종으로 5 열, 횡으로 4 열의 선을 그어 직교되는 20 점을 타격한다.

③ 측정값의 처리

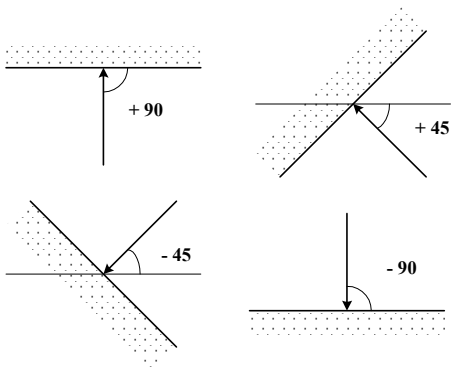
측정값은 원칙적으로 정수값을 읽는다. 측정값은 타격시 반향음이 이상하거나 타격점이 불량한 경우의 값과 평균 타격값의 ±20% 상회하는 경우에는 이상값으로 보고 제

외시킨다. 이상값을 제외한 측정값의 평균을 그 측정개소의 반발도 (Ro)로 한다.

④ 타격방향에 따른 보정계수

일반적으로 수평타격에 의한 측정값이 가장 안정된 값을 가지므로 수평타격을 원칙으로 한다. 슬래브 등과 같이 불가피하게 수직타격 등으로 방향이 바뀔 경우에는【표 6.1】의 보정계수를 적용한다. 중간값에 대해서는 직선 보간법을 이용한다.

반발경도 R	보정치 ΔR			
	+ 90。	+ 45。	- 45。	- 90。
10	-	-	+ 2.4	+ 3.2
20	- 5.4	- 3.5	+ 2.5	+ 3.4
30	- 4.7	- 3.1	+ 2.3	+ 3.1
40	- 3.9	- 2.6	+ 2.0	+ 2.7
50	- 3.1	- 2.1	+ 1.6	+ 2.2
60	- 2.3	- 1.6	+ 1.3	- 1.7



※ 수평방향에 대한 보정값은 0 임.

【표 6.1】타격방향에 따른 보정계수

⑤ 재령계수

콘크리트 구조물은 시간이 경과할수록 표면경도가 높아지기 때문에 재령 28일 강도를 기준으로【표 6.2】에 나타나 있는 재령계수를 이용하여 보정해야 한다.

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

【표 6.2】재령에 따른 보정치 (α)

⑥ 압축강도 추정식

이상에서 구한 반발경도 (R_0)와 타격방향에 따른 보정계수 (ΔR), 재령계수 (α)를 이용하여 다음 세 식에 의해 측정개소의 압축강도를 구한 다음 이 세 식에 의한 결과의 평균값을 측정개소의 평균 압축강도로 추정한다.

◉ 일본 재료학회 식 : $F_c = \alpha\{13.0\times(R_0+\Delta R)-184.0\}$

◉ 동경도 건축재료검사소 식 : $F_c = \alpha\{10.0\times(R_0+\Delta R)-110.0\}$

◉ 스위스 연방 재료 시험소 공식에 의한 【표 4.3】의 압축강도 환산표

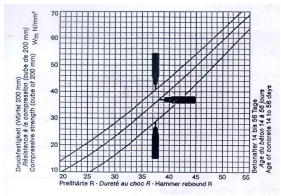
여기서, F_c : 추정강도 (kgf/cm^2)

α : 재령계수에 의한 보정값

R_0 : 반발경도 측정값

ΔR : 타격각도에 의한 보정값

R	α - 90°	α - 45°	α 0°	α + 45°	α + 90°
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	600 이상	600 이상	580	550	530
55	600 이상	600 이상	600	570	550



【표 6.3】 스위스 연방 재료 시험소 공식에 의한 압축강도 환산표

(4) 반발경도시험 결과 및 분석

슈미트햄머에 의한 반발경도시험결과 설계압축강도를 상회하는 건전한 상태로 측정되었다.

(단위 : kgf/cm^2)

구분	위치		압축강도	설계압축강도	비 고
SH#1	에이프론 좌측옹벽	STA. 22m	225	210	
SH#2	에이프론 우측옹벽	STA. 22m	224	210	
SH#3	접근수로 좌측옹벽	STA. 12m	227	210	
SH#4	접근수로 우측옹벽	STA. 12m	228	210	

【표 6.4】 접근수로, APRON 반발경도 시험 결과

(단위 : kgf/cm^2)

구분	위치		압축강도	설계압축강도	비 고
SH#1	여수로 2-1련 BOX 좌측벽체	STA. 27m	235	210	
SH#2	여수로 2-1련 BOX 우측벽체	STA. 27m	241	210	
SH#3	여수로 2-1련 BOX 상부슬래브	STA. 27m	236	210	
SH#4	여수로 2-1련 BOX 우측벽체	STA. 42m	236	210	

【표 6.5】 여수로 2련 BOX 반발경도 시험 결과-①

구분	위치		압축강도	설계압축강도	비 고
SH#5	여수로 2-1련 BOX 좌측벽체	STA. 42m	265	210	
SH#6	여수로 2-1련 BOX 상부슬래브	STA. 42m	266	210	
SH#7	여수로 2-2련 BOX 우측벽체	STA. 27m	246	210	
SH#8	여수로 2-2련 BOX 좌측벽체	STA. 27m	248	210	
SH#9	여수로 2-2련 BOX 상부슬래브	STA. 27m	220	210	
SH#10	여수로 2-2련 BOX 좌측벽체	STA. 42m	238	210	
SH#11	여수로 2-2련 BOX 우측벽체	STA. 42m	240	210	
SH#12	여수로 2-2련 BOX 상부슬래브	STA. 42m	276	210	

【표 6.6】 여수로 2련 BOX 반발경도 시험 결과-②

(단위 : kgf/cm^2)

구분	위치		압축강도	설계압축강도	비 고
SH#1	OUTLET CHUTE 1련 BOX 좌벽	STA. 52m	257	210	
SH#2	OUTLET CHUTE 1련 BOX 우벽	STA. 52m	236	210	
SH#3	OUTLET CHUTE 1련 BOX 좌벽	STA. 67m	270	210	
SH#4	OUTLET CHUTE 1련 BOX 우벽	STA. 67m	251	210	

【표 6.7】 OUTLET CHUTE 1련 BOX, 감세지 반발경도 시험 결과

(단위 : kgf/cm^2)

구분	위치		압축강도	설계압축강도	비 고
SH#1	방수로 우측옹벽	STA. 112m	296	210	
SH#2	방수로 우측옹벽	STA. 117m	232	210	
SH#3	방수로 우측옹벽	STA. 127m	240	210	
SH#4	방수로 좌측옹벽	STA. 99m	242	210	
SH#5	방수로 좌측옹벽	STA. 112m	239	210	
SH#6	방수로 좌측옹벽	STA. 122m	249	210	

【표 6.8】 방수로 반발경도 시험 결과

6.2.2 초음파시험법

(PUNDIT : Portable Ultrasonic Non-Destructive Indication Tester)

(1) 시험개요

초음파법은 초음파 (주파수 50 ~100 kHz 정도)의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화한다는 것을 이용하여 이 투과속도로부터 콘크리트의 강도, 균열상태, 내부결함 등을 조사하는 방법이다. 그러나 발·수진자의 배치, 콘크리트의 배합비 및 함수율, 내부 철근의 유무 등에 따라 영향을 많이 받기 때문에 강도 추정의 정확도는 높지 않으므로 이 방법을 단독으로 사용하지 않고 반발경도법과 복합법으로 이용하는 것이 일반적이다.

(2) 시험장비

초음파법으로 콘크리트의 강도를 조사하기 위해서 사용한 비파괴 조사장비는 PUNDIT (Portable Ultrasonic Nondestructive Digit Indicating Tester)이며, 주요 사양은 다음과 같다.

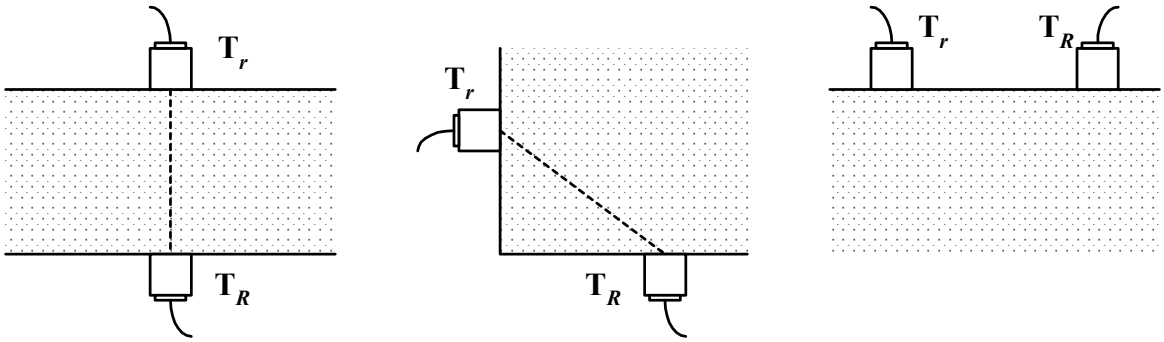
제 조 회 사	C.N.S Instrument Ltd. (England)
측 정 범 위	0.1 ~ 1,000 μs

【그림 6.2】 PUNDIT(Portable Ultrasonic Nondestructive Digit Indicating Tester)

(3) 시험 방법

초음파법을 이용한 조사방법으로는 발·수진자의 배치에 따라 크게 직접법, 반직접법, 간접법으로 구분할 수 있다. 직접법은【그림 6.3】(a)와 같이 콘크리트의 대향면에 발진자와 수진자를 설치하여 주로 투과된 초음파의 전파시간을 측정하는 방법이며,

반직접법은【그림 6.3】(b)와 같이 부재의 모서리 부분에 발진자와 수진자를 설치하여 대각선으로 투과하는 초음파의 전파시간을 측정하는 방법이며, 간접법은【그림 6.3】(c)와 같이 부재의 동일면에 발진자와 수진자를 설치하여 주로 반사된 초음파의 전파시간을 측정하는 방법이다.



(a) 직 접 법　　(b) 반 직 접 법　　(c) 간 접 법

【그림 6.3】발·수진자의 배치

콘크리트 비파괴조사에서 초음파법으로 검출할 수 있는 항목은 발·수진자의 배치, 파형의 종류, 검출항목에 따라【표 6.9】와 같다. 따라서 콘크리트의 강도를 조사하기 위해서는 직접법을 이용하여 초음파의 전파시간을 측정한 후 전파속도를 구한 후 다음 식으로부터 콘크리트의 품질상태 및 강도를 추정한다.

◉ 일본 건축학회 식　　: $F_c = 215 \cdot V_p - 620$

조사항목	탐침 배치		파형의 종류			검출항목		
	직접법	간접법	종 파	횡 파	표면파	시 간	주파수	기 타
강 도	◉		◉			◉		
균열깊이		◉	◉	△	△	◉	◉	
내부결함	◉		◉	△		◉	◉	
박 리	△	◉	◉	◉		◉	◉	◉

※ 여기서 , ◉ : 매우 유용 , △ : 다소 유용

【표 6.9】조건별 조사항목의 종류

초음파 속도	콘크리트 품질 기준	비 고
4,600 m/s 이상	우 수	미국, 캐나다 기준
3,700 ~ 4,600	양 호	
3,100 ~ 3,700	다소 양호	
2,100 ~ 3,100	불 량	
2,100 m/s 이하	불 가	

【표 6.10】 초음파 속도와 콘크리트 품질과의 관계

(4) 초음파 시험 결과 및 분석

Pundit를 이용한 압축강도 측정결과 설계압축강도를 상회하는 강도로 측정되어 강도는 건전한 것으로 판단된다

(단위 : kgf/cm²)

구 분	측정위치	전파거리 (mm)	전파시간 (Sec)	전파속도 (km/sec)	측 정 압축강도
P#1	에이프론 좌측옹벽 STA .22m	300	75.5	3.972	234
P#2	에이프론 우측옹벽 STA .22m	300	76.3	3.930	225
P#3	접근수로 좌측옹벽 STA .12m	300	76.2	3.94	226
P#4	접근수로 우측옹벽 STA .12m	300	75.4	3.977	235
P#5	여수로 2-1련 BOX 좌측벽체 STA .27m	300	76.4	3.926	224
P#6	여수로 2-1련 BOX 우측벽체 STA .27m	300	76.3	3.930	225
P#7	여수로 2-1련 BOX 상부Slab STA .27m	300	74.6	4.023	245
P#8	여수로 2-1련 BOX 우측벽체 STA .42m	300	76.8	3.907	220
P#9	여수로 2-1련 BOX 좌측벽체 STA .42m	300	74.6	4.023	245
P#10	여수로 2-1련 BOX 상부Slab STA .42m	300	73.4	4.088	259

【표 6.11】 초음파시험에 의한 압축강도 측정결과-①

구 분	측정위치	전파거리 (mm)	전파시간 (Sec)	전파속도 (km/sec)	측 정 압축강도
P#11	여수로 2-2련 BOX 우측벽체 STA .27m	300	73.5	4.079	257
P#12	여수로 2-2련 BOX 좌측벽체 STA .27m	300	75.0	4.000	240
P#13	여수로 2-2련 BOX 상부Slab STA .27m	300	77.2	3.884	215
P#14	여수로 2-2련 BOX 좌측벽체 STA .42m	300	74.6	4.023	245
P#15	여수로 2-2련 BOX 우측벽체 STA .42m	300	74.8	4.010	242
P#16	여수로 2-2련 BOX 상부Slab STA .42m	300	72.6	4.130	268
P#17	OUTLET CHUTE BOX 좌측벽체 STA .52m	300	73.0	4.107	263
P#18	OUTLET CHUTE BOX 우측벽체 STA .52m	300	76.3	3.930	225
P#19	OUTLET CHUTE BOX 좌측벽체 STA .67m	300	72.9	4.116	265
P#20	OUTLET CHUTE BOX 우측벽체 STA .67m	300	74.9	4.005	241
P#21	방수로 우측옹벽 STA .112m	300	71.4	4.200	283
P#22	방수로 우측옹벽 STA .117m	300	75.8	3.958	231
P#23	방수로 우측옹벽 STA .127m	300	76.5	3.921	223
P#24	방수로 좌측옹벽 STA .99m	300	75.1	3.99	239
P#25	방수로 좌측옹벽 STA .112m	300	74.6	4.023	245
P#26	방수로 좌측옹벽 STA .122m	300	73.9	4.060	253

【표 6.12】 초음파시험에 의한 압축강도 측정결과-②

6.1.3 강도 종합

(1) 콘크리트강도 종합 결과

콘크리트 평균압축강도 측정결과 및 건정성 평가는 【표 6.13】에 나타냈다.

콘크리트 비파괴 압축강도는 f측정/f설계>0.9 이상이면 건전한 것으로 평가하므로 이에 대한 콘크리트 강도의 적정성을 기본으로 평가하였다.

측정위치	콘크리트강도		평 균 압축강도	건전도 (f측정/f설계)	비고
	반발경도시험	초음파탐사시험			
에이프론 좌측옹벽 STA .22m	225	234	230	1.09	건전
에이프론 우측옹벽 STA .22m	224	225	225	1.07	건전
접근수로 좌측옹벽 STA .12m	227	226	227	1.08	건전
접근수로 우측옹벽 STA .12m	228	235	232	1.10	건전
여수로 2-1련 BOX 좌측벽체 STA .27m	235	224	230	1.09	건전
여수로 2-1련 BOX 우측벽체 STA .27m	241	225	233	1.11	건전
여수로 2-1련 BOX 상부Slab STA .27m	236	245	241	1.15	건전
여수로 2-1련 BOX 우측벽체 STA .42m	236	220	228	1.09	건전
여수로 2-1련 BOX 좌측벽체 STA .42m	265	245	255	1.21	건전
여수로 2-1련 BOX 상부Slab STA .42m	266	259	263	1.25	건전
여수로 2-2련 BOX 우측벽체 STA .27m	246	257	252	1.20	건전
여수로 2-2련 BOX 좌측벽체 STA .27m	248	240	244	1.16	건전
여수로 2-2련 BOX 상부Slab STA .27m	220	215	218	1.04	건전
여수로 2-2련 BOX 좌측벽체 STA .42m	238	245	242	1.15	건전
여수로 2-2련 BOX 우측벽체 STA .42m	240	242	241	1.15	건전

【표 6.13】 콘크리트 압축강도 강도 종합결과-①

측정위치	콘크리트강도		평 균	건전도	비고
	반발경도시험	초음파탐사시험	압축강도	($f_{측정}/f_{설계}$)	
여수로 2-2련 BOX 상부Slab STA .42m	276	268	272	1.30	건전
OUTLET CHUTE BOX 좌측벽체 STA .52m	257	263	260	1.24	건전
OUTLET CHUTE BOX 우측벽체 STA .52m	236	225	231	1.10	건전
OUTLET CHUTE BOX 좌측벽체 STA .67m	270	265	268	1.27	건전
OUTLET CHUTE BOX 우측벽체 STA .67m	251	241	246	1.17	건전
방수로 우측옹벽 STA .112m	296	283	290	1.38	건전
방수로 우측옹벽 STA .117m	232	231	224	1.07	건전
방수로 우측옹벽 STA .127m	240	223	232	1.10	건전
방수로 좌측옹벽 STA .99m	242	239	241	1.15	건전
방수로 좌측옹벽 STA .112m	239	245	242	1.15	건전
방수로 좌측옹벽 STA .122m	249	253	251	1.20	건전

【표 6.14】 콘크리트 압축강도 강도 종합결과-②

6.3 철근배근 탐사

6.3.1 개요

철근배근탐사는 슬래브 및 주형에 대하여 실시하였으며, 조사 장비로는 RC-Radar를 사용하였다.

(1) 원리

본 장치의 원리는 현재 널리 이용되고 있는 일반적인 Radar와 기본적으로 같다. 즉, 전자파를 안테나로부터 콘크리트에 방사해 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질이 다른 물질, 예를들면 철근, 공동 등의 반사물체와의 경계면에서 반사되어 다시 콘크리트 표면에 나와서 표면 가까이 위치한 수신안테나에 도달할 때까지의 시간으로, 반사물체까지의 거리를 알 수 있다.

본 장치는 콘크리트의 얕은 부분을 높은 분해능으로 탐사하는 것을 목적으로 하기 때문에, Pulse 폭이 극히 짧은 약 1nsec(10억분의 1초)의 pulse파를 송신에 이용하고 있다. 콘크리트중의 전자파의 속도 V는 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$V = \frac{C}{\sqrt{\in_{\gamma}}} (m/s)$$

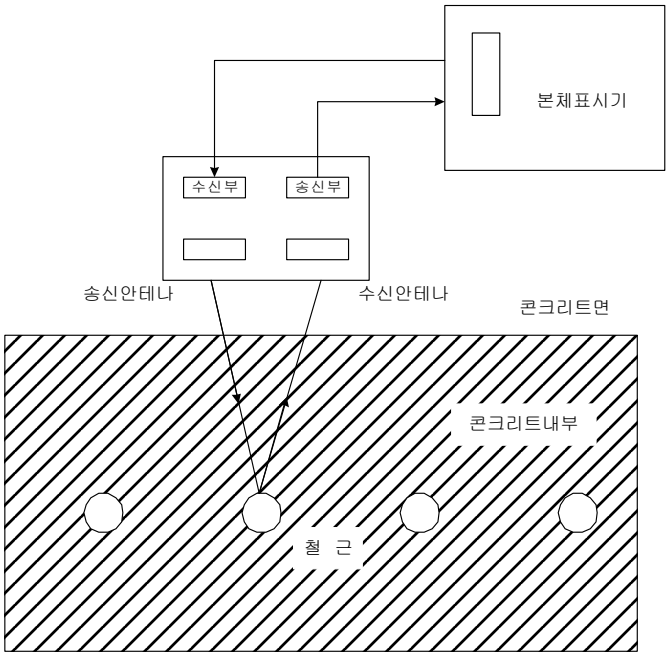
여기서, C : 진공중(공기중)에서의 전자파의 속도 (3*10E8m/s)

$\in_{\gamma}$: 콘크리트의 비유전율

반사 물체까지의 거리 D는 송신시각부터 반사파의 수신시각까지의 시간차 T에서

$$D = \frac{1}{2} VT(m)$$

의 식으로 구할 수 있다.



【그림 6.4】 RC- Radar 원리

(2) 적용 조건

① 적용 가능한 조건 (콘크리트중의 측정대상물에서 반사 Pulse가 충분히 수신할 수 있는 것이 필요하며, 현장에 따라 다소 다르다.)

- 측정심도 20cm 이내
- 측정대상 철근지름이 6mm 이상
- 콘크리트의 질이 대부분 균일한 것
- 철근이 안테나 진행방향에 직교하고 있는 것

② 적용 곤란한 조건

- 표면에 금속 등의 전파를 반사하는 것이 있었고, 그 이하의 철근 등을 측정하는 경우
- 100mm 이하의 피치에서 배근되어 있는 경우
- 안테나의 진행방향과 평행으로 철근이 있는 경우

6.3.2 철근배근탐사 결과

철근배근탐사는 여수로에 대하여 실시하였으며, 조사 장비로는 R.C-Radar를 사용하였다.

(1) 철근배근탐사 결과 및 결과

철근배근 탐사 결과는 【표 6.15】과 같으며, 에이프론, 여수로 2련 BOX, OUTLET CHUTE 1련 BOX, 방수로의 철근배근 상태 및 피복두께 상태는 설계도서와 비교 검토한 결과 대체적으로 양호한 것으로 나타났다.

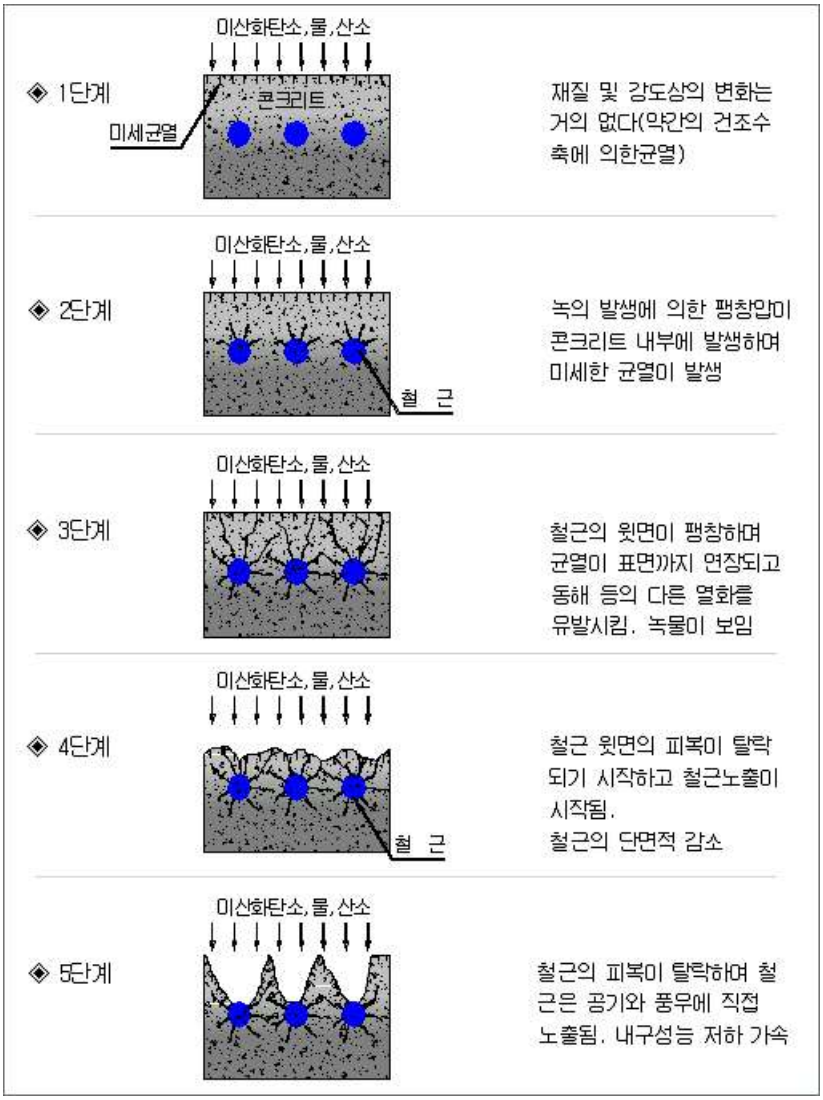
단위(mm)

위 치	구 분	철 근 간 격(mm)		피복두께 측정치 (mm)	피복두께 설계치 (mm)
		설계간격	측정간격		
에이프론 STA. 19m 좌측 옹벽	주철근	19@200	@200	109	100
	배력철근	16@200	@200	119	100
에이프론 STA. 21m 좌측 옹벽	주철근	19@200	@200	103	100
	배력철근	16@200	@190	113	100
여수로 2-1련 BOX STA. 32m 상부슬래브	주철근	22@200	@190	105	100
	배력철근	22@200	@200	118	100
여수로 2-1련 BOX STA. 32m 우측벽체	주철근	16@200	@190	99	100
	배력철근	16@200	@200	110	100
여수로 2-2련 BOX STA. 32m 우측벽체	주철근	16@200	@210	103	100
	배력철근	16@200	@200	120	100
OUTLET CHUTE 1련 BOX STA.52m 좌측옹벽	주철근	19@200	@200	108	100
	배력철근	19@200	-	120	100
OUTLET CHUTE 1련 BOX STA.54m 우측옹벽	주철근	19@200	@200	99	100
	배력철근	19@200	@220	113	100

【표 6.15】 철근탐사 결과

6.4 콘크리트의 중성화시험

6.4.1 시험개요



【그림 6.5】 중성화에 의한 콘크리트 열화 메카니즘

시멘트가 물과 반응하면(수화) 비교적 많은 량의 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)이 생성된다. 완전수화를 위한 물량은 시멘트 질량의 25~30%정도이다. 수산화칼슘($Ca(OH)_2$)은 결정체로서 시멘트 경화체내에 자리잡고 있으며 물에 아주 용해되기 쉬운 화합물이다. 약 0.1% 정도의 수산화칼슘량은 공극을 염화칼슘용액으로 포화시키기에 충분하고 이때의 pH 값은 약 12.6에 달한다. 이러한 강알칼리성 용액은 Cl^-가 없을 경우에 철근의 부식을 보호하고 있다. 그러나 공극·균열 등에 의해서 공기중의 탄산가스(CO_2)가 콘크리트에 침투하여 수산화칼슘과 반응하면 물에 아주 녹기 어려운 탄산칼슘($CaCO_3$)가 생성된다.

$$Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2\ H_2O$$

이러한 중화반응으로 공극속의 $Ca(OH)_2$는 소모되고, 소모된 $Ca(OH)_2$량은 시멘트 경화체에서 보충된다. 일단 $Ca(OH)_2$가 완전히 소모되면 pH값은 시초의 12.6에서 9이하로 감소한다. 이러한 과정을 콘크리트의 중성화라고 한다. 따라서 중성화된 콘크리트는 철근부식 보호기능을 상실했다고 말할 수 있다.

콘크리트 중성화에 영향을 주는 요소 W/C비, 콘크리트 강도, 구조물의 환경조건, 균열, 양생과정에 따라 영향을 받는다.

6.4.2 시험장비

콘크리트의 중성화 조사를 위해서 사용한 장비는 CONKIT로서 페놀프탈레인 1% 용액을 사용해서 콘크리트의 중성화 두께를 측정하며 주요 사양은 다음과 같다.

제 조 회 사	Western NVE Engineering LTD
측 정 범 위	pH 8~11

【그림 6.6】 CONKIT

6.4.3 조사방법

콘크리트의 중성화 조사원리는 페놀프탈레인 1% 용액이 알칼리성에서는 붉은 색을띠고, 중성 및 산성에서는 무색을 띤다는 화학적 이론에 기초한다.

페놀프탈레인 1% 용액을 이용하여 중성화를 조사하는 방법은 다음과 같다.

① 코어 채취를 하여 공시체를 만든다 . 만약 코어 공시체를 만들지 못할 경우에는 조사대상 부위를 철근이 노출될 때까지 파쇄한 후 파쇄면을 깨끗이 청소한다.

② 분무기를 이용하여 페놀프탈레인 1% 용액으로 파쇄면을 충분히 적신다.

③ 파쇄면에 나타난 색깔 변화를 관찰하여 표면에서부터 무색으로 나타난 부분까지 거리를 측정하여 기록한다 . 이 때 골재부분의 색깔 변화는 무시한다.

6.4.4 평가기준

① 실험식에 의한 중성화 깊이 추정

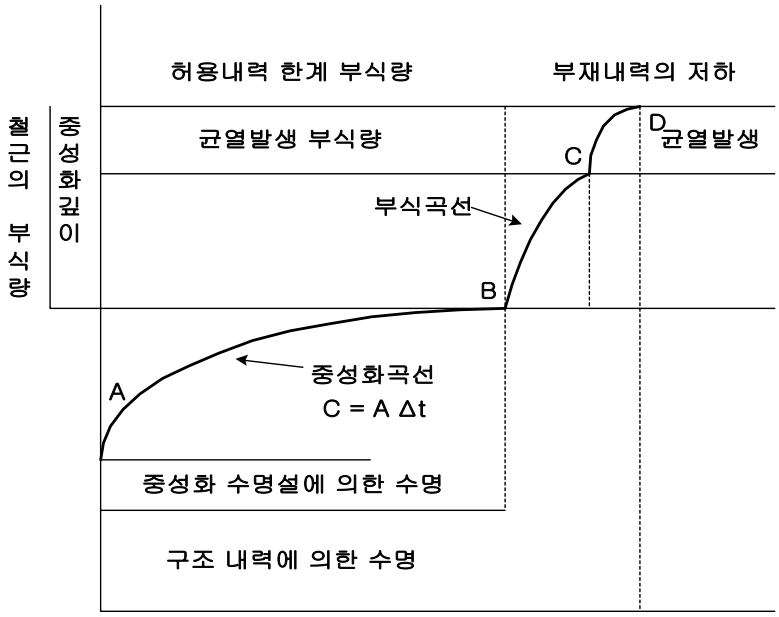
· $W/C \geq 0.6$인 경우 : $t = \frac{X^2[0.3(1.15+3W/C]}{R^2(W/C-0.25)^2}$

· $W/C < 0.6$인 경우 : $t = \frac{7.2X^2}{R^2(4.6W/C-1.76)^2}$

주) 여기서, t는 X까지 중성화되는 기간(년), X는 중성화 깊이(㎝), W/C는 콘크리트의 물/시멘트비, R은 시멘트와 골재종류 및 혼화제 특성에 관련되는 중성화 비율 상수로 천연골재를 사용한 보통시멘트는 1이며, AE제를 첨가한 경우 0.6을 적용한다.

② 간편식에 의한 중성화깊이 추정

· $t = 7.2X^2$에서 $X = 0.373\sqrt{t}$ 이며, t는 경과년수



【그림 6.7】 중성화와 콘크리트의 수명

③ 중성화 깊이에 따른 등급

중성화 깊이에 따른 등급 및 평가방법은 다음과 같다.

측정치의 구분	구분의 기준(중성화 깊이)	비 고
A_1	측정치 < 0.5 D	D : 철근피복 두께의 최소치
A_2	0.5 D ≤ 측정치 < D	
A_3	D ≤ 측정치	

【표 6.16】 중성화 깊이에 의한 측정치의 구분

중성화속도의 구분	구분의 기준(중성화 깊이)	비 고
B_1	측정치 < 0.5 × 계산치	계산치 : 간편식 이용
B_2	0.5 D × 계산치 ≤ 측정치 < 1.5 × 계산치	
B_3	1.5 × 계산치 ≤ 측정치	

【표 6.17】 중성화 속도에 의한 구분

중성화속도의 구분	구분의 기준 (중성화 깊이)	비 고
I	$A_1 + B_1$, $A_1 + B_2$, $A_2 + B_1$	경미 : 예방조치
II	$A_1 + B_3$, $A_2 + B_2$	보통 : 부위의 부분적 보수
III	$A_2 + B_3$, $A_3 + B_1$ $A_3 + B_2$ $A_3 + B_3$	과대 : 전면적 보수

【표 6.18】 중성화에 의한 기능저하의 구분

6.4.2 콘크리트 중성화시험 결과 및 분석

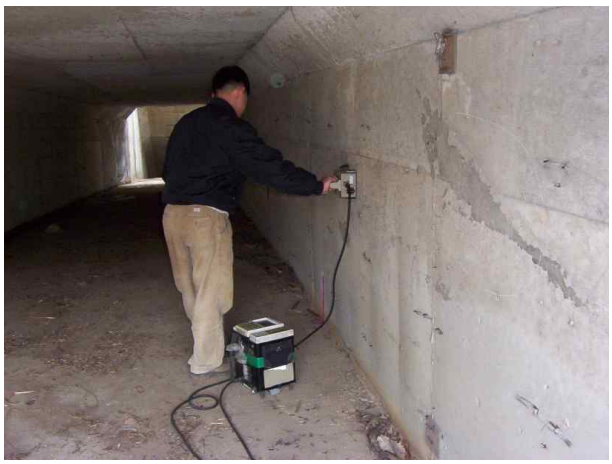
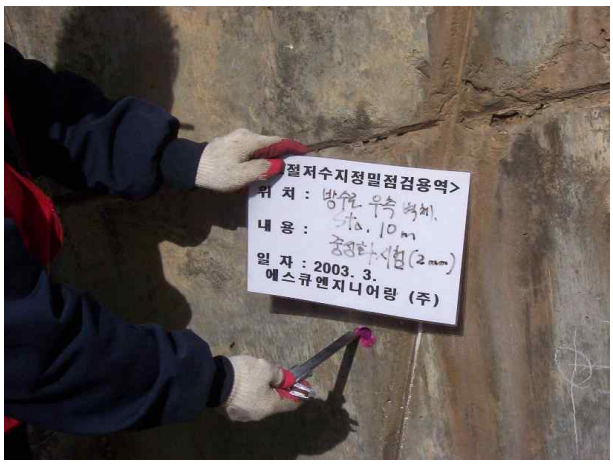
중성화 시험을 구조물의 부재별로 수행한 결과 이론적 중성화 깊이 16.25mm에 비해 실제 중성화 깊이가 얇고 (2.0mm ~ 10.0mm) 콘크리트 중성화에 의한 판정은 I 등급으로 콘크리트 내 철근의 부식 영향은 없을 것으로 판단된다.

※ 이론적 중성화 깊이 - X = $0.373\sqrt{t}$ = 16.25mm (t 는 경과년수)

구 분	위 치	측정치	이론값	비 고
1	접근수로 좌측옹벽 STA. 15m	10mm	16.25mm	
2	에이프론 우측옹벽 STA. 23m	5mm	16.25mm	
3	여수로 2-1련 BOX 우측옹벽 STA. 35m	3mm	16.25mm	
4	OUTLET CHUTE 1련 BOX 우측옹벽 STA. 65m	10mm	16.25mm	
5	방수로 바닥 STA. 124m	7mm	16.25mm	
6	방수로 좌측옹벽 STA. 115m	2mm	16.25mm	

【표 6.19】 중성화시험 결과

6.4.3 관련사진

<table>
<tr><td> </td><td>
</td></tr>
<tr><td>반발경도시험</td><td>초음파시험</td></tr>
<tr><td>  </td><td> 
</td></tr>
<tr><td>철근배근탐사시험</td><td>콘크리트 중성화 시험</td></tr>
</table>

제 7 장 상태 평가

7.1 개 요

7.2 시설물별 상태평가 총괄표

7.3 시설물 전체 상태등급 및 안전성 평가

제 7 장 상태평가

7.1 개 요

7.1.1 상태평가 평가기준

가. 개 요

현장 조사자에 의해 관찰된 시설물의 외관상태를 이용해서 내업자가 시설물의 상태에 대해 평가하고자 할 때, 조사 기록을 통해서 시설물의 외관 상태를 일목요연하게 시각적으로 판단할 수 있고, 또한 보수 물량을 효과적으로 산출할 수 있어야 한다. 이러한 목적을 위해서 시설물의 상태는 다음에 설명하는 각 부재별 조사망에 기입하도록 한다.

조사망을 통해 내업자가 시설물의 상태를 종합적으로 판단할 수 있도록 각 조사망에는 관찰자가 관측할 수 있는 모든 부재의 상태를 기입하는 것을 원칙으로 한다. 부위별 손상에 대한 기입을 각 손상을 의미하는 범례를 사용하여 손상부위 만큼의 칸에 기입한다. 만일 조사망에서 한 개의 칸에 중복된 손상이 있을 경우에는 원칙적으로 시설물의 상태에서 가장 심각한 손상 한가지만을 기입하도록 한다.

각 항목의 평가 기준은 정상적 판정에 의한여 5단계로 적용하여 다음 【표 7.1】 상태평가표와 같다.

등 급	내 용	비 고
A	문제점이 없는 최상의 상태	
B	경미한 손상의 양호한 상태	
C	보조 부재에 손상이 있는 보통의 상태	
D	주요 부재에 진전된 노후화 (강재의 피로균열, 콘크리트의 전단 균열, 침하등)로 긴급한 보수·보강이 필요한 상태로 사용 제한 여부를 판단	
E	주요 부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안전성에 위협이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태	

【표 7.1】 상태평가 평가기준

7.1.2 상태평가 총괄표 작성방법

조사망에 기입된 시설물들의 상태를 정량적으로 정리할 수 있도록 총괄표를 기입한다. 총괄표는 시설물의 상태 판정시에 기초자료로 활용되고, 시설물 유지관리에 있어서 매우 중요한 자료이므로 정확하게 작성한다. 표에서 외관상태 내용에는 각 부재에서 대표적인 손상의 내용을 기입하거나 손상의 상태를 기입한다. 각 등급별 분포에는 조사된 등급이 해당하는 조사망의 단위 셀(CELL) 혹은 단위길이 개수를 기입한다. 대표등급은 등급별 분포 중에서 하위 30%에 해당하는 등급을 기입한다. 예를 들어 구조물의 등급이 A~E까지 각각 20%의 등급별 분포를 가지고 있다면 하위 30%에 해당하는 등급은 D등급이며, 이 값이 그 구조물의 대표등급이 된다.

7.2 시설물별 상태평가 총괄표

손상도에 의해 총괄표를 정리해서 시설물별로 정리하였다.

7.2.1 댐체

댐체 상·하류 사면의 상태평가는 풍화, 함몰, 사석탈락, 세굴등 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 댐체의 상태등급은 B등급이며 상태조사 총괄표는 다음과 같다.

가. 상류측 사면(1단)

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
STA. 20~40	상태양호	180	면적(m^2)	망수(개)	-	180	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 40~60	상태양호	460	면적(m^2)	망수(개)	-	460	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 60~80	상태양호	460	면적(m^2)	망수(개)	-	460	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 80~100	상태양호	121	면적(m^2)	망수(개)	-	121	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	

【 표 7.2 】 상류측 사면 상태평가 총괄표①

나. 상류측 사면(2단)

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
STA. 0 ~ 20	상태양호	126	면적 (m^2)	망수(개)	-	126	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 20 ~ 40	상태양호	445	면적 (m^2)	망수(개)	-	445	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 40 ~ 60	상태양호	460	면적 (m^2)	망수(개)	-	460	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 60 ~ 80	상태양호	460	면적 (m^2)	망수(개)	-	460	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 80 ~ 100	상태양호	334	면적 (m^2)	망수(개)	-	334	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	

【 표 7.3 】 상류측 사면 상태평가 총괄표②

다. 상류측 사면(3단)

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
STA. 0 ~ 20	상태양호	368	면적 (m^2)	망수(개)	-	368	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 20 ~ 40	상태양호	460	면적 (m^2)	망수(개)	-	460	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 40 ~ 60	상태양호	460	면적 (m^2)	망수(개)	-	460	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 60 ~ 80	상태양호	460	면적 (m^2)	망수(개)	-	460	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 80 ~ 100	상태양호	357	면적 (m^2)	망수(개)	-	357	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	

【 표 7.4 】 상류측 사면 상태평가 총괄표③

라. 하류측 사면

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
STA. 0 ~ 20	상태양호	780	면적 (m^2)	망수(개)	-	780	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 20 ~ 40	상태양호	800	면적 (m^2)	망수(개)	-	800	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 40 ~ 60	상태양호	800	면적 (m^2)	망수(개)	-	800	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 60 ~ 80	상태양호	770	면적 (m^2)	망수(개)	-	770	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
STA. 80 ~ 100	상태양호	300	면적 (m^2)	망수(개)	-	300	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	

【 표 7.5 】 하류측 사면 상태평가 총괄표

7.2.2 여수로

여수로의 상태등급은 B등급이며, 여수로의 각 시설별 상태조사 총괄표는 다음과 같다.

가. 접근수로

접근수로의 좌·우측 옹벽의 백화가 주손상으로 조사되었으며, 상태조사 총괄표는 다음과 같다.

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
우측 옹벽	백화	85	면적 (m^2)	망수(개)	-	77	8	-	-	B
				백분율	-	91	9	-	-	
좌측 옹벽	균열	85	면적 (m^2)	망수(개)	-	82	3	-	-	B
				백분율	-	96	4	-	-	

【 표 7.6 】 접근수로 상태평가 총괄표

나. APRON

APRON의 좌·우측 옹벽의 백화가 주손상으로 조사되었으며, 상태조사 총괄표는 다음과 같다.

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
우측 옹벽	백화	40	면적 (m^2)	망수(개)	-	28	12	-	-	C
				백분율	-	70	30	-	-	
좌측 옹벽	-	40	면적 (m^2)	망수(개)	-	40	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	

【 표 7.7 】 APRON 상태평가 총괄표

다. 여수로 2련 BOX

여수로 2련 BOX의 주손상은 균열과 백화로 조사되었으며, 상태평가 총괄표는 다음과 같다.

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
여수로 2련 BOX 시점 단면	백화	17	면적 (m^2)	망수(개)	-	11	6	-	-	C
				백분율	-	65	35	-	-	
여수로 2련 BOX 종점 단면	백화	17	면적 (m^2)	망수(개)	-	13	4	-	-	B
				백분율	-	76	24	-	-	
여수로 2-1련 BOX 천정	-	76	면적 (m^2)	망수(개)	-	76	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
여수로 2-1련 BOX 바닥	균열	76	면적 (m^2)	망수(개)	-	75	1	-	-	B
				백분율	-	99	1	-	-	
여수로 2-1련 BOX 우벽	균열	38	면적 (m^2)	망수(개)	-	24	14	-	-	C
				백분율	-	63	37	-	-	
여수로 2-1련 BOX 좌벽	균열,백화	38	면적 (m^2)	망수(개)	-	33	5	-	-	B
				백분율	-	87	13	-	-	
여수로 2-2련 BOX 천정	백화	76	면적 (m^2)	망수(개)	-	74	2	-	-	B
				백분율	-	97	3	-	-	
여수로 2-2련 BOX 바닥	-	76	면적 (m^2)	망수(개)	-	76	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
여수로 2-2련 BOX 우벽	균열,백화	38	면적 (m^2)	망수(개)	-	31	7	-	-	B
				백분율	-	82	18	-	-	
여수로 2-2련 BOX 좌벽	균열	38	면적 (m^2)	망수(개)	-	29	9	-	-	B
				백분율	-	76	24	-	-	

【 표 7.8 】 여수로 2련 BOX 상태평가 총괄표

라. 여수로 개구부

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
우측벽	철근노출	30	면적 (m^2)	망수(개)	-	29	1	-	-	B
				백분율	-	97	3	-	-	
좌측벽	세굴	30	면적 (m^2)	망수(개)	-	29	1	-	-	B
				백분율	-	97	3	-	-	

【 표 7.9 】 여수로 개구부 상태평가 총괄표

마. OUTLET CHUTE 1련 BOX부

OUTLET CHUTE 1련 BOX부의 주손상은 재료분리와 균열로 조사되었으며, 상태평가 총괄표는 다음과 같다.

구 분	외관상태 내용	총물량		등 급 별 분 포						대표 등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
OUTLET CHUTE 1련 BOX 천정	재료분리,백화, 철근노출	108	면적 (m^2)	망수(개)	-	103	5	-	-	B
				백분율	-	95	5	-	-	
OUTLET CHUTE 1련 BOX 바닥	-	108	면적 (m^2)	망수(개)	-	108	-	-	-	B
				백분율	-	100	-	-	-	
OUTLET CHUTE 1련 BOX 우벽	균열, 백화 재료분리	36	면적 (m^2)	망수(개)	-	26	10	-	-	B
				백분율	-	72	28	-	-	
OUTLET CHUTE 1련 BOX 좌벽	재료분리, 백화	36	면적 (m^2)	망수(개)	-	18	18	-	-	C
				백분율	-	50	50	-	-	
OUTLET CHUTE 1련 BOX 종점부	백화	38	면적 (m^2)	망수(개)	-	35	3	-	-	B
				백분율	-	92	8	-	-	
OUTLET CHUTE 1련 BOX 종점부 좌벽	백화	50	면적 (m^2)	망수(개)	-	49	1	-	-	B
				백분율	-	98	2	-	-	
OUTLET CHUTE 1련 BOX 종점부 우벽	백화,누수	50	면적 (m^2)	망수(개)	-	42	8	-	-	B
				백분율	-	84	16	-	-	
OUTLET CHUTE 1련 BOX 종점부 바닥	백화	96	면적 (m^2)	망수(개)	-	93	3	-	-	B
				백분율	-	97	3	-	-	

【 표 7.10 】 OUTLET CHUTE 1련 BOX 상태평가 총괄표

바. 감세지

감세지의 주손상은 누수와 백화로 조사되었으며, 상태평가 총괄표는 다음과 같다.

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표 등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
우측벽	누수,백화	75	면적 (m^2)	망수(개)	-	51	24	-	-	C
				백분율	-	68	32	-	-	
좌측벽	누수,백화	75	면적 (m^2)	망수(개)	-	57	18	-	-	B
				백분율	-	76	24	-	-	

【 표 7.11 】 감세지 상태평가 총괄표

사. CHUTE (방수로)

CHUTE의 주손상은 누수, 균열, 백화로 조사되었으며, 상태평가 총괄표는 다음과 같다.

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
CHUTE 바닥	백화,누수 균열	320	면적 (m^2)	망수(개)	-	286	34	-	-	B
				백분율	-	89	11	-	-	
CHUTE 우벽	누수, 백화 철근노출,균열	70	면적 (m^2)	망수(개)	-	50	20	-	-	B
				백분율	-	71	29	-	-	
CHUTE 좌벽	누수, 균열	70	면적 (m^2)	망수(개)	-	51	19	-	-	B
				백분율	-	73	27	-	-	

【 표 7.12 】 방수로 상태평가 총괄표

7.2.3 취수시설 (유입구, 유출구)

주손상은 발청으로 조사되었으며, 상태등급은 B등급이고, 상태평가 총괄표는 다음과 같다.

구 분	외관상태내용	총물량		등 급 별 분 포						대표등급
		수량	단위		A	B	C	D	E	
Valve chamber	발청	-	면적 (m^2)	망수(개)	-	-	-	-	-	B
				백분율	-	-	-	-	-	
유입구	-	-	면적 (m^2)	망수(개)	-	-	-	-	-	B
				백분율	-	-	-	-	-	
유출구	-	-	면적 (m^2)							B
				백분율	-	-	-	-	-	

【 표 7.13 】취수시설 상태평가 총괄표

7.3 시설물 전체 상태등급 및 안전성 평가

시설물의 전체 상태등급은 외관조사 결과의 분석결과 경미한 손상의 양호한 상태인 B등급으로 판정되었다.

서울대공원내 조절저수지 시설물의 외관조사를 토대로 한 상태평가 결과는 B등급으로 판정이 되어 현재의 안전성에는 문제가 없지만 시설물의 시공연도가 오래되었고 최근의 급격한 기상이변으로 인하여 조절저수지 시설물의 상태가 급격히 변화될 우려가 있으므로 정기적인 관찰과 유지관리가 요망된다.

제 8 장 보수·보강 공법

8.1 개 요

8.2 시설물별 보수·보강범위 및 대책

8.3 손상 상태별 보수·보강 공법

8.4 보수·보강공법 비교 및 선정

8.5 개략 보수·보강 비용 산출

8.6 진단비용 내역서

제 8 장 보수·보강 공법

8.1 개 요

댐의 보수·보강은 댐 안전의 위해요인을 제거하고 댐의 손상된 부위를 개선함과 동시에 댐의 기능을 회복시키는데 목적이 있다.

또한 댐의 안전성 확보가 점점 중요 항목으로 인식되면서 각종 설계 기준 등이 상향 조정되어 왔고 이에 따라 과거의 설계 기준에 따라 설계 시공된 기존댐을 현재의 설계 기준에 맞도록 개선하기 위하여 필요한 보강공사를 하는 사례도 점차 늘고 있다. 과거에는 댐이 붕괴될 때까지 그 원인을 찾기 어려워서 많은 댐들이 붕괴 또는 심각한 손상을 입는 경우가 허다하였으나 최근에는 각종 조사기법이나 조사장비가 발달하여 위험 발생전에 그 원인을 찾기가 용이하게 되었다.

그 결과 최근에는 과거와는 달리 대형 댐 사고는 현저히 줄어든 반면 보수·보강을 필요로 하는 사고개소가 늘어나고 있는 실정이다.

댐 건설은 건설지점이 제각각의 형상과 지질조건을 가지고 있고 수리·수문 조건도 상이하며 그 지역의 환경, 기상 조건과 댐 건설 목적에 따른 댐의 운영 관리 방안도 각각 다르기 때문에 어느 댐에서 이상 현상이 발견되어도 이 원인이 복합적이고 복잡하기 때문에 일률적이고 정형적인 보수·보강공법을 지정하기는 매우 어렵다. 그래서 댐 안전에 위해요인이 될 수 있는 현상이 발견되면 그 원인을 정확히 진단하는 일이 중요하고 원인이 알려지면 댐 설계 원리에 입각하여 적절한 공법을 강구해야 한다. 이때 국내외의 유사실적을 비교하여 공법을 선정하면 성공확률이 높다.

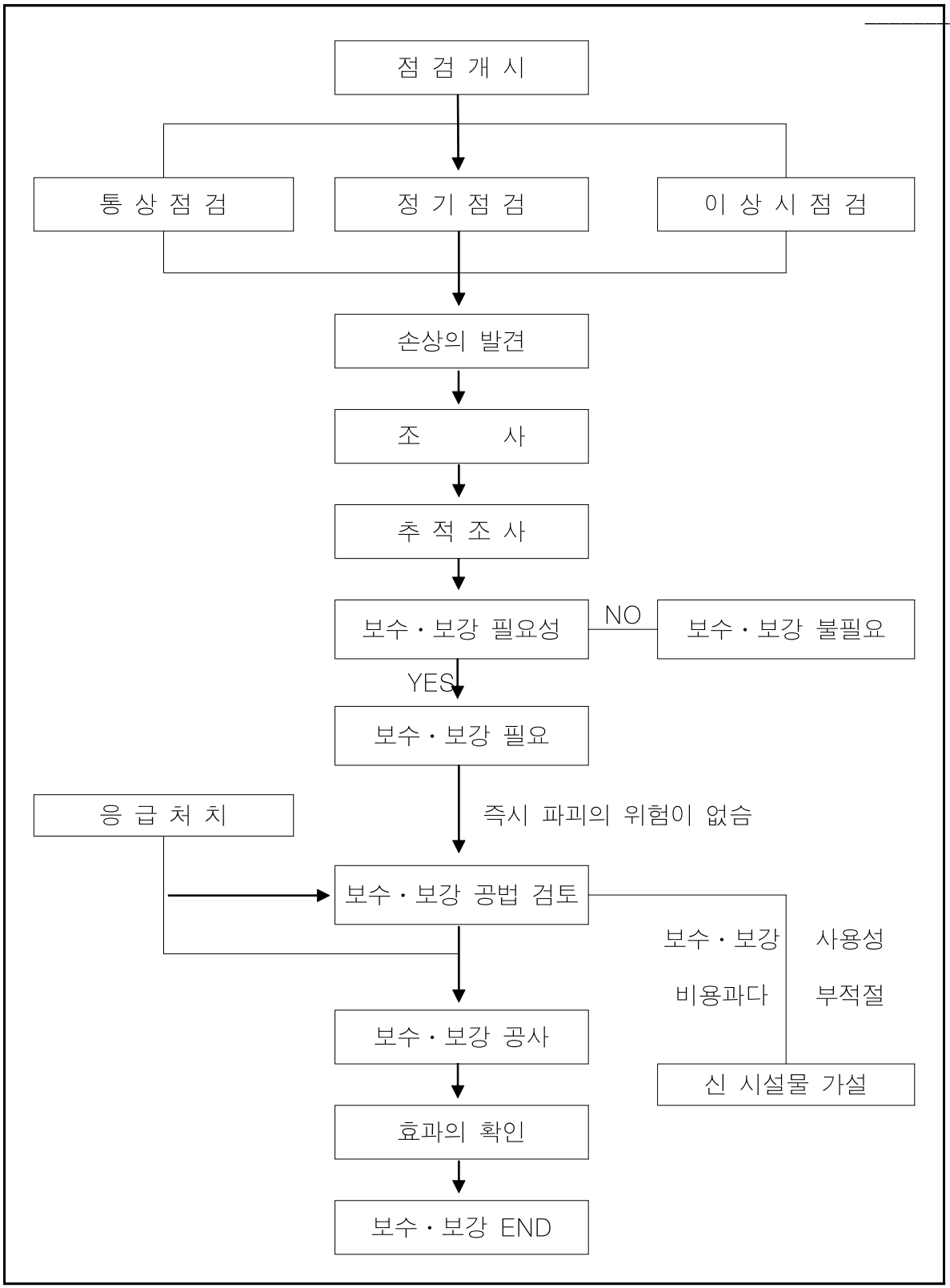
보수·보강을 필요로 하는 결함에 대하여는 시설물의 중요도, 결함의 심각성 등을 고려하여 우선순위를 정하는 것이 일반적이며 주요부재는 보조부재에 우선하고, 보강은 보수에 우선하여 실시한다. 이러한 보수·보강은 다음과 같은 4가지의 수준으로 구분하여 그 정도를 결정하게 된다.

- 손상의 진행을 억제를 목적으로 실시하는 현상유지를 위한 방법
- 실용상 지장이 없는 성능까지 확보하기 위한 방법
- 댐 축조 초기의 수준 이상으로 개선하는 방법
- 개축 또는 철거수준으로 하는 방법

이러한 공법 수준을 결정하는 데에는 몇가지 선행하여 검토해야 할 사항이 있다. 우선 원인에 대한 검토와 구조물에의 영향 정도, 구조물의 중요도, 환경조건 그리고 경제성 등이 그것이다.

따라서 손상에 대한 보수·보강 대책은 댐 안전도 평가를 실시하여 명확하고 정밀한 해석과 종합적인 판단을 통하여 보수·보강공법을 선택해야 하며, 이때 댐 현장 상황을 충분히 판단할 수 있는 경험이 많은 전문가의 의견을 청취한 후 실시하는 것이 바람직하다.

보수·보강의 업무흐름을 작성하면 【그림 8.1】과 같다.



【그림 8.1】 보수·보강의 업무흐름도

8.2 주요 시설물별 보수·보강 범위 및 대책

서울대공원내 조절저수지의 보수·보강 범위는 외관조사자료와 기존자료를 분석한 결과 댐체와 유입구의 통관 유입구 Mouth부는 손상이 없는 양호한 상태로 보수·보강이 필요없는 상태였고, Con'c 구조물인 여수로 시설물과 유출구 밸브실의 손상에 대하여 전체적인 보수가 필요하며 우선적으로 하중을 받는 Box부와 Con'c구조물에 해로운영향을 끼치는 누수손상이 발생한 감세지와 방수로에 대해서 우선적인 보수가 필요하다.

8.2.1 주요 시설물별 보수·보강 조치요구내용

시설물명	손상내용	조치요구내용	비 고
여수로 2련 BOX	균 열	-시설물의 구조상 하중을 받는 시설물이기 때문에 우선적으로 보수가 필요. -균열을 제외한 나머지 손상은 진행성 여부를 판단 후 보수 실시	균열주입공법
OUTLET CHUTE BOX	균 열		균열주입공법
감세지	누 수	누수로 인하여 콘크리트 열화의 발생 및 철근의 부식화를 촉진시키기 때문에 우선적인 보수가 필요	배수공 설치 균열주입공법
방수로	누 수		배수공 설치 균열주입공법
APRON	백화와 균열	손상으로 인한 시설물의 사용성 및 내구성에 영향이 거의 없기 때문에 차후에 점검을 통하여 진행성 여부를 판단한 후 보수 실시	
접근수로	백화와 균열		
댐체 사면	상태양호	상태 양호 계속적이 유지관리 필요	
댐체 양안부	상태양호		
통관 유입구의 Mouth부	상태양호		
유출구	상태양호	상태 양호 계속적이 유지관리 필요	
Valve chamber	발청	보수 실시	

【 표 8.1】주요시설물별 보수・보강 조치요구내용

8.2.2 댐체

댐체의 상·하류사면, 댐체 양안 접속부, 댐마루의 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되어 보수·보강사항은 없다.

8.2.3 여수로

여수로의 손상은 시설물 전체에 부분적으로 균열, 누수, 재료분리, 백화, 철근노출, 세굴 등의 손상이 조사되었으며, 손상발생구간의 중요도와 특성을 고려하여 보수·보강 우선순위를 판단하였다.

가. 접근수로 및 APRON

접근수로 구간의 주요손상은 백화와 균열로서 이 구간이 항상 물속에 수침되는 구간이 아니고, 손상의 종류가 비구조적이므로 균열 등의 손상을 정기적으로 관찰한 후 보수가 필요하다고 판단된다.

나. 여수로 2련 BOX, OUTLET CHUTE 1련BOX

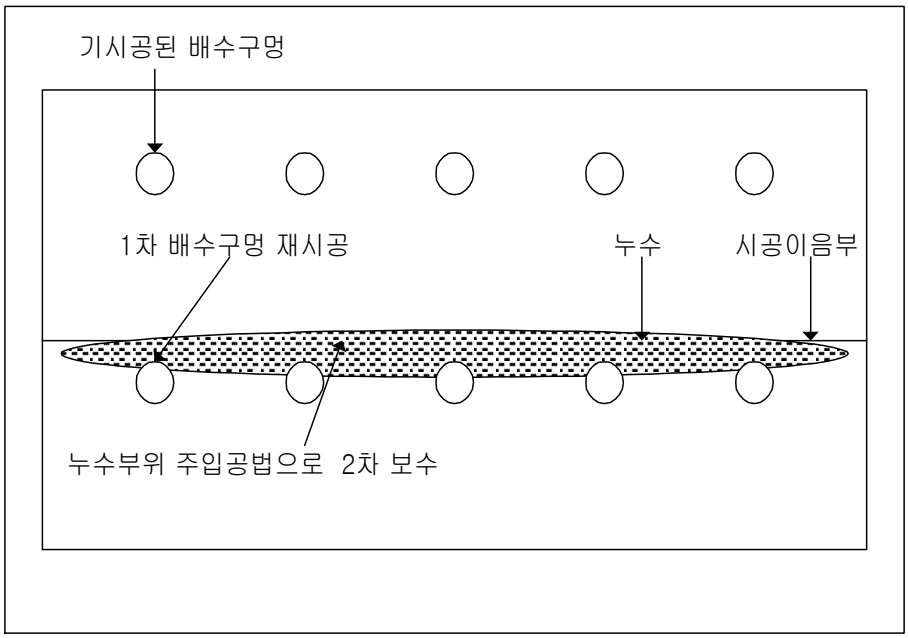
여수로 2련 BOX, OUTLET CHUTE 1련 BOX 구간의 주요손상은 균열, 백화, 재료분리이며, 이 구간은 구조적으로 하중을 받는 구간이기 때문에 구조적인 손상인 균열은 폭에 따라 주입공법과 면보수공법이 필요하고 나머지 비구조적 손상은 여수로 시설물의 내구성과 사용성 확보에 큰 영향을 끼치지 않기 때문에 우선적 보수는 필요치 않으며, 정기적인 관찰 후 보수가 필요한 것으로 판단된다.

다. 감세지

감세지 구간의 주요손상은 시공이음부 누수, 백화이다.

누수의 경우 콘크리트의 열화 진행속도를 증가시키고, 철근의 부식을 촉진시켜 구조물의 나쁜 영향을 끼치므로 조속한 조치가 요망된다.

현재 감세지구간의 누수부위 상단에 배수공이 기설치되어 있으나, 기능을 발휘하지 못하기 때문에 1차적으로 누수부위 하단에 배수구멍을 설치하여 유도배수를 하고 누수부위에 대해 주입공법으로 보수실시하며, 나머지 손상에 대해서는 정기적으로 관찰한 후 보수가 필요한 것으로 판단된다.



【그림 8.2】 감세지 배수구멍 시공위치

라. 방수로

방수로 구간의 주요손상은 균열, 누수, 백화, 감세공 탈락 손상이며, 누수의 경우 콘크리트의 열화 진행속도를 증가시키고, 철근의 부식을 촉진시켜 구조물의 나쁜 영향을 끼치므로 조속히 보수가 요망된다. 1차적으로 누수부위 하단에 배수구멍을 설치하여 유도배수를 하고누수부위에 대해 주입공법으로 보수를 해야 된다. 또한 감세공 탈락부위는 재시공하고, 비구조적 손상인 균열 및 백화는 여수로 시설물의 내구성과 사용성 확보에 큰 영향을 끼치지 않기 때문에 우선적 보수는 필요치 않다고 판단된다. 또한 유수의 흐름을 방해하는 장애물을 조속한 시일내에 제거해야 한다.

8.2.4 취수시설

가. 유입구

통관 유입구의 Mouth부의 외관조사 결과 전반적으로 양호한 상태로 조사되어 보수·보강 사항은 없다.

나. 유출구, 밸브실

밸브실의 현 상태는 철재 시설들의 부분적 발청이 되어 보수·보강이 필요하며, 유출구의 상태는 양호하여 보수·보강 사항이 없다

8.3 손상 상태별 보수·보강 공법

서울대공원내 조절저수지 현장조사 결과에 따른 손상형태별 보수·보강 공법은 다음과 같다.

구 분	손 상	단 위	보수,보강공법
1	균열(0.3mm 이상)	M	균열 보수공법 (수지주입공법)
2	균열(0.2mm 이하)	M^2	면 보수공법
3	백화	M^2	단면 복구공법
4	철근노출	M^2	표면보수공법, 철근방청공법
5	콘크리트파손, 재료분리	M^2	단면 복구공법
6	누수	M^2	누수 복구공법 배수공 설치

【표 8.2】 손상 상태별 보수·보강 공법

8.4 보수·보강공법 비교 및 선정

8.4.1 보수공법 소개

가. 리플래시

본 신기술은 습윤면에 대한 고품질의 방식 및 보수공사를 위하여 습윤환경하에서 장기 부착강도가 우수한 무기질 단면피복재(RH 방식 피복재)를 개발하고, 항균성 개질재(RH 프라임)와 복합하여 시공하므로써, 기존에 취약했던 화학적 부식에 대한 유지관리기술을 정립하여 하수암거시설, 화학공장시설, 항만시설 등에 활용할 수 있도록 하였다.

무기질 단면피복재(RH 방식 피복재)에서 방식층을 형성하기 위한 무용제형 친수성폴리머와 고강도 실리카 및 미립분 시멘트, 폴리아민계 경화제를 혼합하여 제조하며 항균성개질재(RH 프라임)는 화학적 침식을 유발하는 세균 발생을 억제하는 항균성 기능과 알카리 환경부여, 표면부착강도 증대 등의 기능을 가진 개질재이다.

기술의 범위는 다음과 같다.

1. 습윤면에서 방식층을 형성하기 위한 무용제형 친수성 폴리머와 고강도 실리카 및 미립분시멘트, 폴리아민계 경화재를 혼합하여 무기질 단면피복재(RH 방식 피복

재)를 제조하는 기술.

2. 화학적 침식을 유발하는 세균의 발생 억제형 항균성개질재(RH 프라임)와 무기질 단면피복재(RH 방식 피복재)를 사용하여 RC 구조물의 화학적 부식부위를 방식·보수하는 기술.

나. 리폼시스템

본 기술은 일반 노출 및 수중 열화콘크리트를 방식, 보수, 보강하는데 있어서 비정질의 실리카를 이용하여 그 동안 소홀히 다루어 왔던(재료 및 기술부재) 콘크리트 구체 내부의 철근 방청은 물론 열화된 콘크리트를 철저히 강화시킨 후, 일반 노출 열화 콘크리트 부위에는 개발된 특수 가넷혼입 수성아크릴 폴리머 몰탈과 콘크리트를, 수중 콘크리트 부위에는 VOC삭감형 수중접착 에폭시 몰탈과 콘크리트를, 단면적의 1/10~1/5로 도포하여 기존 열화된 콘크리트의 압축강도와 굴곡강도를 높여 방식, 보수, 보강한 후 외부 환경 여건에 따라 수성 에폭시를 마감층으로 하여 현재 쓰고있는 에폭시 주입의 문제점인 철의 부식과 콘크리트 중성화에 따른 접착문제 및 조기 열화를 방지하여 기존의 토목 건축물의 수명을 늘려 유지관리를 할 수 있으며 강모래 대신 해사를 써서 문제가 되고 있는 콘크리트의 보수, 보강과 교량, 터널, 복개천, 운동장등 구조물에 대한 모든 콘크리트를 환경과 열화 원인별로 방식, 보수, 보강하는 공법이다.

기술의 범위는 다음과 같다.

1. 비정질의 실리카를 이용하여 콘크리트 구제를 강화한 후, 가넷혼입 수성아크릴 폴리머 몰탈과 VOC 삭감형 수중 접착 에폭시 몰탈로 피복하고 강력 수성 에폭시로 마감하는 복합화 수중 및 일반 노출 콘크리트 방식, 보수, 보강공법.
2. 가넷혼입 수성아크릴 폴리머몰탈, VOC 삭감형 접착 에폭시 몰탈 배합 공법.

다. 리프리트

국내의 콘크리트 내구성 저하문제는 해사, 제설재와 같은 염화물에 의한 「염해」문제와, 노후화 및 매연가스, 산성비 등에 의한 「중성화」문제로 크게 나눌 수 있다. 콘크리트가 염해 및 중성화의 피해를 입게 되면 철근이 부식되고, 체적이 팽창하여 콘크리트에 균열이 발생되며, 방치하면 박리 후 구조물이 붕괴까지 이르게 된다. 본 공법은 염해 및 중성화로 손상된 RC구조물의 내구성능을 복원시키는 보수공법으로, 방청도포재는 박막형이고 뿜칠시공이 가능하여 시공성능이 우수하다. 또한, SBR계

단면복구재는 신·구 콘크리트면에서의 계면접착성과 치수안전성이 우수하고 1회 바름 두께가 커서 시공성 및 경제성이 개선되는 특징이 있다.

기술의 범위는 다음과 같다.

1. 중성화와 염해를 받아 철근이 부식된 부위에 시멘트계 방청도포재를 도포하여 부식을 방지 하고, 표면을 보호하는 재료 및 공법.
2. 염해 또는 중성화로 단면이 결손된 구조물의 단면 결손부에 대하여 SBR계 단면복구재를 사용하여 결손부를 단면 복구하는 재료 및 보수공법
3. 상기 1,2항을 복합적으로 사용하는 재료 및 보수공법 시스템.

8.4.2 공법에 따른 비교안

가. 주입공법 비교안

나. 면보수공법 비교안

8.4.3 공법선정 및 선정이유

서울대공원내 조절저수지에 대하여 기점검 결과와 지적사항을 토대로 현장조사를 실시하였고 손상에 대한 보수공법(①리플래시공법, ②리폼시스템공법, ③리프리트공법, ④재래식공법)을 적용성, 시공성, 경제성 등을 비교검토 하여 다음과 같은 결론이 도출되었다.

공법비교(안)에서 제시된 리폼공법, 리프리트공법은 국내 보수·보강 현장에 적용된 시공실적이 아주 많은 반면, 리프래쉬공법은 가장최근에 개발된 공법으로 시공실적 면에서 다른 공법에 비해 다소 떨어진다.

제시한 신기술공법중, 리프리트공법은 염해에 노출되있는 구조물(항만시설등)에 특히 유효한 공법으로 판단되고, 리폼공법의 경우는 일반적인 콘크리트 중성화 및 열화등의 손상에 적용성이 높다고 판단된다.

따라서, 일반적인 콘크리트 구조물 보수공사에 적용성 및 품질이 우수하고 비교적 경제적인 리폼공법을 추천한다.

8.5 개략 보수·보강 비용 산출

8.5.1 여수로 시설별 보수·보강 비용

가. 접근수로, APRON 개략 보수·보강비용

손상 내용	보수 물량	보수공법	단 가	계	비 고
균열 (0.3mm이상)	3.0m	주입공법	100,973원/m	303,000원	
백화	6.46m^2	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	910,000원	
순공사비 계				1,213,000원	

【표 8.3】 접근수로, APRON 개략 보수·보강비용

나. 여수로 2련 BOX 개략 보수·보강비용

손상 내용	보수 물량	보수공법	단 가	계	비 고
균열 (0.3mm이상)	39.6m	주입공법	100,973원/m	3,999,000원	
백화	11.9m^2	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	1,676,000원	
세굴	0.11m^2	단면복구공법 (30mm치핑으로 환산)	240,284원/㎡	26,000원	
철근노출	0.11m^2	단면복구공법 (30mm치핑으로 환산)	240,284원/㎡	26,000원	
순공사비 계				5,727,000원	

【표 8.4】 여수로 2련 BOX 개략 보수·보강비용

다. OUTLET CHUTE 1련 BOX 개략 보수·보강비용

손상 내용	보수 물량	보수공법	단 가	계	비 고
균열 (0.3mm이상)	7.2m	주입공법	100,973원/m	727,000원	
백화	11.58㎡	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	1,631,000원	
누수	3.0㎡	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	422,000원	
재료분리	13.46㎡	단면복구공법 (30mm치핑으로 환산)	240,284원/㎡	3,234,000원	
철근노출	0.11㎡	단면복구공법 (30mm치핑으로 환산)	240,284원/㎡	26,000원	
순공사비 계				6,040,000원	

【표 8.5】 OUTLET CHUTE 1련 BOX 개략 보수·보강비용

라. 감세지 개략 보수·보강비용

손상 내용	보수 물량	보수공법	단 가	계	비 고
백화	25.2㎡	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	3,549,000원	
누수	18.0㎡	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	2,535,000원	
	16EA	배수공 시공	100,000원/개	1,600,000원	
순공사비 계				7,684,000원	

【표 8.6】 감세지 개략 보수·보강비용

마. 방수로 개략 보수·보강비용

손상 내용	보수 물량	보수공법	단 가	계	비 고
균열 (0.2mm이하)	1.44㎡	면보수공법	30,782원/㎡	44,000원	
균열 (0.3mm이상)	43.44m	주입공법	100,973원/m	4,386,000원	
백화	0.83㎡	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	117,000원	
누수	59.16㎡	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	8,331,000원	
	12EA	배수공 시공	100,000원/개	1,200,000원	
철근노출	0.18㎡	단면복구공법 (30mm치핑으로 환산)	240,284원/㎡	43,000원	
감세공 탈락	4EA	재시공	50,000원/개	200,000원	
순공사비 계				14,321,000원	

【표 8.7】 방수로 개략 보수·보강비용

사. 취수시설(밸브실) 개략 보수·보강비용

손상 내용	보수 물량	보수공법	단 가	계	비 고
발청	80㎡	도장	28,000원/m^2	2,240,000원	

【표 8.8】 취수시설(밸브실) 개략 보수·보강비용

8.5.2 손상별 개략 보수·보강비용

손상 내용	보수 물량	보수공법	단 가	계	비 고
균열 (0.2mm이하)	1.44㎡	면보수공법	30,782원/㎡	44,000원	
균열 (0.3mm이상)	93.24m	주입공법	100,973원/m	9,415,000원	
백화	55.97㎡	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	7,882,000원	
누수	80.16㎡	단면복구공법 (10mm치핑으로 환산)	140,818원/㎡	11,288,000원	
	28EA	배수공 시공	100,000원/개	2,800,000원	
세굴	0.11㎡	단면복구공법 (30mm치핑으로 환산)	240,284원/㎡	26,000원	
재료분리	13.46㎡	단면복구공법 (30mm치핑으로 환산)	240,284원/㎡	3,234,000원	
철근노출	0.4㎡	단면복구공법 (30mm치핑으로 환산)	240,284원/㎡	96,000원	
감쇄공탈락	4개	재시공	50,000원/개	200,000원	
발청	80㎡	도장	28,000원/m^2	2,240,000원	
①순공사비 계				37,225,000원	
②제경비	순공사비×0.5			18,613,000원	
총공사비	순공사비+제경비			55,838,000원	

【표 8.9】 손상별 개략 보수·보강비용

8.6 진단비용 예상내역서

제 9 장 유지관리 방안

9.1 개 요

9.2 유지관리 일반

9.3 시설물별 유지관리 방안

제 9 장 유지관리 방안

9.1 개 요

댐시설의 최적 유지관리는 댐 손상을 사전에 예방하고 이미 발생된 손상부위를 조속히 보수함으로서 댐 본래의 기능을 수행할 수 있도록 하여야 한다.

본 과업의 대상 시설물은 시설물의 안전관리에 관한 특별법(이하'특별법'이라 함)에 의거 특별법 제7조 및 동 시행령 제9조에 의거하여 완공 후 10년이 경과된 시설물의 기능과 안전을 유지하고 재해예방을 위하여 정기점검, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단을 정기적으로 실시하여야 한다.

따라서 시설물의 유지관리를 보다 효과적으로 실시하기 위해서는 본 과업에서 제시한 시설물별 주요 점검부위를 중심으로 정기적으로 육안검사를 실시하되 특히 현 상태에서 손상 및 열화정도가 심한 부위는 보수·보강편에 제시한 방법을 이용하여 보수·보강을 실시한 후 주기적인 관찰 및 점검 등을 실시하여 추가 손상이 진전되지 않도록 이력관리를 하여야 한다.

9.2 유지관리 일반

9.2.1 개 요

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

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

9.2.2 유지관리업무 및 흐름

유지관리 업무는 대별하여 아래의 항목에 대하여 대상 구조물을 관리하는 것으로 요약할 수 있다.

(1) 자료관리

자료관리는 본 구조물에 관련된 설계도서, 구조물대장, 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 관련내용을 전산화하여 데이터베이스를 구축하여 관리하면 효율적이다.

유지관리시 필요한 관련자료를 열거하면 다음과 같다.

① 설계도서(종합보고서, 구조계산서, 준공도면, 보수·보강상세도면)

② 공사내역서 및 시방서

③ 사진

④ 시험결과

⑤ 보수·보강이력

⑥ 사고기록

⑦ 점검 및 진단이력

⑧ 건축물 관리대장

⑨ 상태 및 안전성 평가기록

(2) 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하기 위하여 수행하는 것으로서 청소가 대표적인 경우이다. 또한 소모성 물품의 교환, 부착물의 정비 등 간단한 작업이 여기에 포함된다

(3) 점검 및 진단

점검은 구조물의 현상을 파악하여 이상 및 손상을 조기에 발견함으로써 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여도 점검이 필요하다.

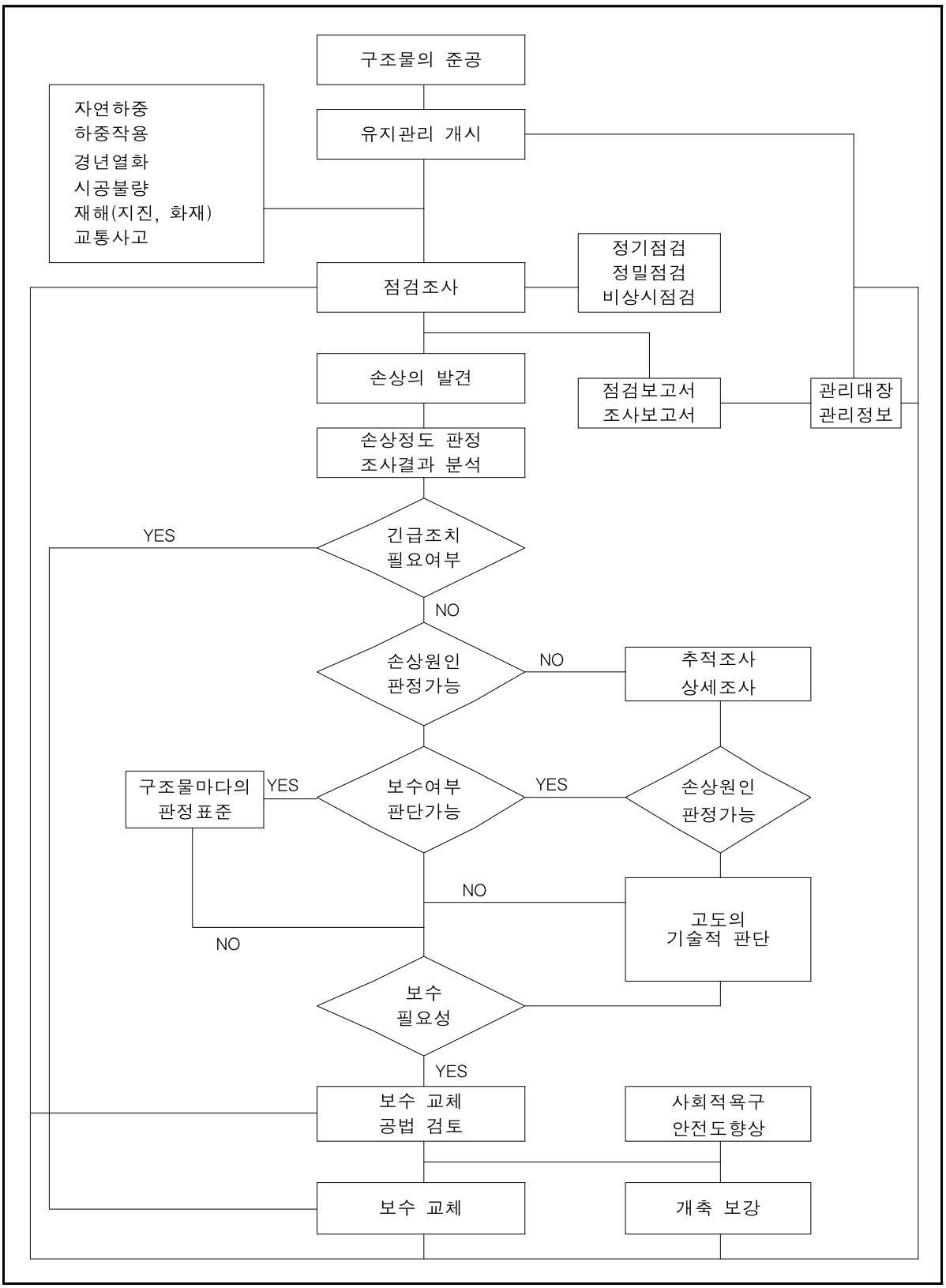
점검은 정기점검, 정밀점검(초기점검 포함), 긴급점검으로 나누며, 점검의 결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 추적조사나 상세조사를 실시한다. 또한 위의 조사를 통하여 유지관리담당자가 구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단할 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

(4) 보수 및 보강

점검이나 진단을 통하여 손상 또는 결함을 발견하였을 때에도 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 하중전달 기능을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로

실시하는 작업을 말한다.

상기 유지관리에 대한 절차를 흐름도로 나타내면 【그림 9.1】과 같다



【 그림 9.1 】유지관리 흐름도

9.2.3 안전점검

점검은 구조물에 발생할 수 있는 구조적 기능장애나 재료의 성능저하현상 등 위험요소를 일정한 자격을 갖춘 자가 육안검사, 또는 간단한 점검기구 등에 의하여 조사하고 이에 따른 적절한 조치를 위하여 구조물의 구조적 안전과 기능을 체계적으로 유지관리하는 과정을 말하는 것으로서 그 조사정도나 범위에 따라 앞에서 서술한 바와 같이 정기점검, 초기점검, 정밀점검, 긴급점검 등으로 나누어진다.

(1) 정기점검

정기점검은 시설물의 관리주체나 유지관리 책임자에 의하여 일반적으로 행하여지는 순찰과 유사한 점검이다. 정기점검은 구조물의 기능적 상태를 판단하고 현재의 사용요건을 지속적으로 만족시키고 있는 지를 확인·관찰하는 것이므로, 점검자는 시설물 전반에 걸쳐 세심하게 관찰하고 아래의 점검항목에 해당하는 사항에 대하여 심각한 손상이나 결함 등의 이상이 발견되면 적절한 조치를 하여야 한다.

① 점검항목

점검항목은 구조물의 종류에 따라 다르나 일반적으로 아래와 같은 사항에 해당될 경우에는 점검을 시행하여야 한다.

㉠ 구조물의 종단 및 평면, 입면, 단면, 용도 변경사항

㉡ 구조부재의 변경사항

㉢ 작용하중조건, 기초, 지반조건, 주변환경조건 등의 변경사항

㉣ 균열, 열화 등 손상발생 상태

㉤ 구조물 혹은 부재의 전반적인 상태

○ 구조물 혹은 부재의 변위·변형 상태

- 부등침하, 편심, 집중하중 상태, 과재하중 상태, 진동·충격 상태, 이상체감 등

○ 콘크리트의 표면 상태

○ 철근의 노출 및 부식 상태

○ 강재구조물의 노후화 상태

㉥ 구조물의 변위·변형 및 균열 등의 발생 및 발견시기 혹은 추정시기

㉦ 보수·보강 실태의 조사 및 기록

② 점검방법

㉠ 정기점검은 통상적으로 육안과 간단한 측정기구에 의해 검사하고 구조물에 내재되어 있는 위험요인을 발견하고, 그 진전상황을 지속적으로 관찰함과 동시에 초기점검에서 도출된 붕괴 유발 부재 등에서 문제점이 발견되면 관리주체에게 즉시 보고한다.

㉡ 구조물의 평면, 입면, 단면, 용도 변경사항과 부재의 변경사항, 그리고 적용하중조건, 기초·지반 조건, 주변 환경 조건 등의 변경사항 등을 알기쉽게 소정의 양식에 상세히 기록하여야 하며, 필요한 경우 도면에 표시하여야 한다.

㉢ 전체적인 구조체의 변위·변형 여부와 외형상 나타나는 재료의 노후화 현상의 여부를 육안으로 검사한다.

㉣ 구조부재에 대한 전반적인 노후화 상태나 균열 등의 발생 여부와 이들의 발생 및 발견시기, 추정원인 등을 상세히 조사하여 소정의 양식에 기록하여야 하고, 필요할 경우 도면에 표시하여야 한다.

㉤ 구조부재에 발생한 균열에 대한 조사는 유형별로 구분하고 그 크기와 진전여부는 육안 검사하여 기록하고, 필요할 경우 도면에 표시한다.

㉥ 계측관리가 필요한 특수 구조물의 경우는 계측계획을 수립하고 일상점검시나 정기점검시에 실시하며, 재해나 사고 혹은 이상 과재하중 등에 대하여 계측이 필요한 경우에는 별도로 계측을 실시하고 그 기록을 남겨야 한다. 이때의 기록은 측정위치, 계측값을 알 수 있을 정도이면 되고, 계측값은 변위량이나 경사도 혹은 수평, 수직 기울기 등으로 나타낼 수 있다.

㉦ 정기점검에서 이상이 발견된 사항에 대하여는 반드시 사진촬영하여 보고서의 설명자료로 이용할 수 있도록 보관한다.

(2) 초기점검

초기점검은 구조물이 신설되었을 경우, 콘크리트강도와 철근배근상태조사등 간단한 현장시험과 시공상태를 평가하고, 구조물에 손상을 주지 않는 범위에서 재하시험을 시행, 처짐과 공용내하력의 초기치를 설정하여 향후 점검 및 진단시에 기초자료로 활용하도록 하기 위한 점검이다. 이 점검은 구조물 관리대장에 기록되는 첫 번째로 실시되는 정밀점검이라고 할 수 있다.

① 점검항목

㉠ 점검항목은 후술하는 정밀점검 항목과 같다.

㉡ 점검시기는 구조물의 종류에 따라 다르나 일반적 준공 후 90일 이내에 실시

하는 것이 좋다.

② 점검방법

㉠ 점검방법도 후술하는 정기점검의 경우와 같은 방법으로 시행한다.

㉡ 구조물의 관리 대장과 유지관리에 필요한 평가 및 초기자료 등을 마련하기 위한 점검이므로 정확한 점검치를 얻도록 하여야 한다.

㉢ 구조물의 상태 판단 및 구조적 문제점이나 문제 가능성이 있는 구조부위 및 부재(붕괴유발부재 등)를 선정하고 이후에 실시되는 점검에서 확인할 수 있도록 기록하여 둔다.

㉣ 초기점검 결과는 구조물의 안전 및 유지관리의 기초자료가 되므로 양식에 상세히 기록하여야 하며, 필요한 경우에는 반드시 도면에 표시하도록 한다.

(3) 정밀점검

정밀점검은 시설물의 현상태를 정확히 판단하고, 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며, 사용조건을 만족하고 있는지 확인하기 위한 점검이다. 실시자로는 안전진단전문기관 및 유지관리업자 등이 된다.

① 점검항목

점검항목은 앞의 정기점검에서 하는 항목 외에 다음에 해당하는 내용을 상세히 점검한다.

㉠ 반발경도기 등에 의한 콘크리트의 강도

㉡ 철근의 배근상태

㉢ 기타 점검자가 필요하다고 판단하는 사항

② 점검방법

㉠ 이 점검은 원칙적으로 면밀한 육안검사와 간단한 비파괴 시험을 중심으로 실시한다.

㉡ 정밀점검에서 면밀하고 지속적인 검사가 필요한 구조부재나 부위의 선정은 책임기술자가 이전에 실시된 모든 점검 및 진단에서 밝혀진 것이나 사전 예비조사 및 설계도면을 대상으로 안전성 평가 계산을 통하여 결정한다.

㉢ 구조물의 구조적인 조건변경(재하중, 구조변경, 구조물의 큰 변형, 부재의 손상이나 보강 등)이 있어 구조물의 안전성 평가에 영향을 주는 경우에는 내하력에 대하여 다시 계산하여 평가하여야 한다.

㉣ 정밀점검은 전체적인 구조부재의 노후화 상태의 유·무를 육안검사와 실측을 통하여 정성 및 정량적으로 자료를 얻어 기록하고, 필요한 경우에는 도면에

표시하여야 하며, 이들을 분석·평가에 이용한다.

㉤ 점검대상부위는 필요할 경우 마감재(천장, 타일, 도배지, 단열재, 수장재, 마루 등)를 제거하고 실시한다.

㉥ 점검에서 조사된 모든 사항의 발생 및 발견시기, 추정원인을 소정의 양식에 상세히 기록하여야 한다.

㉦ 구조부재에 발생한 균열이나 기타 구조물의 노후화 상태에 대한 조사결과는 도면에 표시하고 소정의 양식에 상세히 기록하여야 하며, 기록된 상태는 유형별로 구분하여 그 크기(폭, 길이 혹은 면적, 깊이 등)를 구체적으로 나타낼 수 있도록 한다.

㉧ 콘크리트의 강도측정은 비파괴 시험기를 이용하여 실시하고, 부재의 강도는 같은 부재에서 3개소 이상에서 얻은 자료를 평균한 값으로 평가한다.

㉨ 철근의 배근상태는 간단한 비파괴 시험기를 이용하여 철근의 피복두께 및 배근간격 등을 파악할 수 있도록 하며, 구조물의 내하력 평가와 안전성 평가에 기초자료로써 이용한다.

(4) 긴급점검

긴급점검은 일상점검 결과에 의하거나 관리주체가 사고나 자연재해에 대하여 건축물의 안전·유지관리에 필요하다고 판단하였을 때 또는 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 긴급히 실시하는 비계획적인 점검이다. 이 점검은 구조물의 손상이나 재료의 급격한 성능저하에 대하여 평가하고 그에 따른 긴급한 사용제한이나 금지의 여부 판정, 응급 보수·보강 등의 안전조치를 판단하기 위하여 실시한다. 점검동기에 따라 손상점검 및 특별점검으로 나누어 실시한다.

① 손상점검

㉠ 손상점검은 일상점검 결과에서 발견되었거나 사고나 자연재해에 의하여 비롯된 건축물의 손상을 평가하기 위하여 실시한다.

㉡ 손상점검의 범위는 건축물의 사용제한 및 금지의 필요성 여부의 판단과 긴급한 보수·보강 정도를 판단하는 것으로 한다.

㉢ 손상점검의 내용은 문제가 발생된 사항에 대한 정확한 분석과 평가를 위하여 사안에 따라서는 정밀안전진단 수준의 시험을 실시하여야 하며, 구조물의 내하력 계산을 실시할 수도 있다.

② 특별점검

㉠ 특별점검은 관리주체가 시설물의 안전 및 유지관리에 필요하다고 판단하여 실시하는 정기점검 수준의 비정기점검이다.

㉡ 특별점검은 부등침하, 주변환경, 구조물의 사용여건의 변경 등으로 인하여 시설물의 안전성에 영향을 끼칠 우려가 있어 안전성을 확인하거나, 사용제한 중인 시설물의 지속적인 사용여부를 판단하기 위하여 실시한다.

㉢ 점검항목과 내용 및 평가는 정기점검과 같으며, 점검시기는 문제의 심각성을 고려하여 결정한다.

9.2.4 점검 및 진단주기와 주요조사항목

본 점검대상인 서울대공원내 조절저수지 시설물은 준공 후 19년이 경과한 것으로서 향후 공용기간 중 유지관리에 의한 시설물의 관리가 필요한 시설물이다. 따라서 본 시설물의 공용기간 중에는 다음 【표 9.1】의 점검주기 및 주요조사항목에 대한 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

점검종류	점검주기	주 요 조 사 항 목	비 고
정기점검	반기 1회	- 박리, 균열, 박락, 세굴, 사용하중, 누수 ,침하 , 변형 등에 관하여 전회 점검시와의 변형, 변위, 진행 상태	
정밀점검	2년 1회	- 설계도서 검토 - 형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) - 상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) - 현장시험, 측정(강도, 철근덮개, 철근부식, 중성화 등)	
긴급점검	손상점검 특별점검	- 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주요 보조부재의 내하력, 사용제한 여부등	
정밀안전진단	필 요 시	- 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 정기점검 상태로부터의 변화 확인 - 붕괴유발부재에 대한 내하력 검토 등	

【표 9.1】 점검주기 및 주요조사항목

9.2.5 시설물 관리대장

9.2.6 시설물 점검 체크리스트

종목	점검장소	점검항목	점검방법			점검결과			유의점
			계측	관찰	점검정비기록	유·무	판정	특기사항	
댐체	공통	누수량	○			유·무	A·B·C		저수지 수위관련
		변형량	○			유·무	A·B·C		경사변형,저수지수위와 상관
		침윤선	○			유·무	A·B·C		설계조건과 비교
		간극수압	○			유·무	A·B·C		설계조건과 비교
	상류면	변형,침하		○	○	유·무	A·B·C		연속성, 진행성
		침식		○	○	유·무	A·B·C		
		풍화		○	○	유·무	A·B·C		
	하류면	변형,침하		○	○	유·무	A·B·C		연속성, 진행성
		침식		○	○	유·무	A·B·C		
		풍화		○	○	유·무	A·B·C		
		누수		○	○	유·무	A·B·C		탁도,양, 저수지 수위와 관련
	댐마루	변형,침하		○	○	유·무	A·B·C		연속성, 진행성
	여수로	균열		○	○	유·무	A·B·C		신규발생 연속성, 진행성
		누수		○	○	유·무	A·B·C		탁도,양, 저수지 수위와 관련
		노후화		○	○	유·무	A·B·C		연속성, 진행성
		변형		○	○	유·무	A·B·C		연속성, 진행성
	유입·출구	균열		○	○	유·무	A·B·C		신규발생 연속성, 진행성
		누수		○	○	유·무	A·B·C		탁도,양, 저수지 수위와 관련
		노후화		○	○	유·무	A·B·C		연속성, 진행성
		변형		○	○	유·무	A·B·C		연속성, 진행성
	댐 좌안	누수		○	○	유·무	A·B·C		탁도,양, 저수지 수위와 관련
		붕괴		○	○	유·무	A·B·C		삐져나옴,함몰,침하
		침하		○	○	유·무	A·B·C		
		변형		○	○	유·무	A·B·C		
	댐 우안	누수		○	○	유·무	A·B·C		탁도,양, 저수지 수위와 관련
		붕괴		○	○	유·무	A·B·C		삐져나옴,함몰,침하
		침하		○	○	유·무	A·B·C		
		변형		○	○	유·무	A·B·C		
	기타								

9.3 시설물별 유지관리 방안

9.3.1 댐체

1) 조절지 제체 상·하류사면의 무성한 식생(덤불)은 제체의 손상 유발을 발생시키고 또한, 유지관리상 점검 및 육안 조사시 확인이 어려워 정기적으로 식생(덤불)을 제거하여 손상 유발을 방지하고, 점검 및 육안조사가 항상 용이하도록 관리해야 한다.
2) 조절저수지의 유지관리 및 정밀안전진단을 위해 저수지의 저수위 DATA의 축적이 필요하므로 차후 진단시 유역면적, 유입량, 수문해석 등의 검토후 상류측 저수지내에 수위표 설치하여 정기적으로 저수위측정이 필요하다.
3) 저수지내의 퇴사량으로 인하여 갈수기(3~5월)내 공원 사용수량의 확보여부와 홍수조절 능력의 저하로 홍수기에 수위가 위험수위까지 상승되는지 여부를 검토하고 하천 유입량과 유역조사, 유효저수량과 여수로의 홍수시 수문의 홍수조절 능력을 검토하여 준설의 필요성과 준설시기를 판단해야 한다. 또한 유지관리 차원에서 우기전에 저수지내의 수위를 낮쳐 홍수를 대비하고 계곡부의 토사유입을 방지하기 위해 침사지 설치여부를 검토해야 한다.
4) 차후 정밀안전진단을 통해 댐체의 물성시험, 저수위측정,용출수량 측정, 댐마루 침하량등의 조사를 통하여 댐체의 안전성에 대하여 검토가 필요하다.

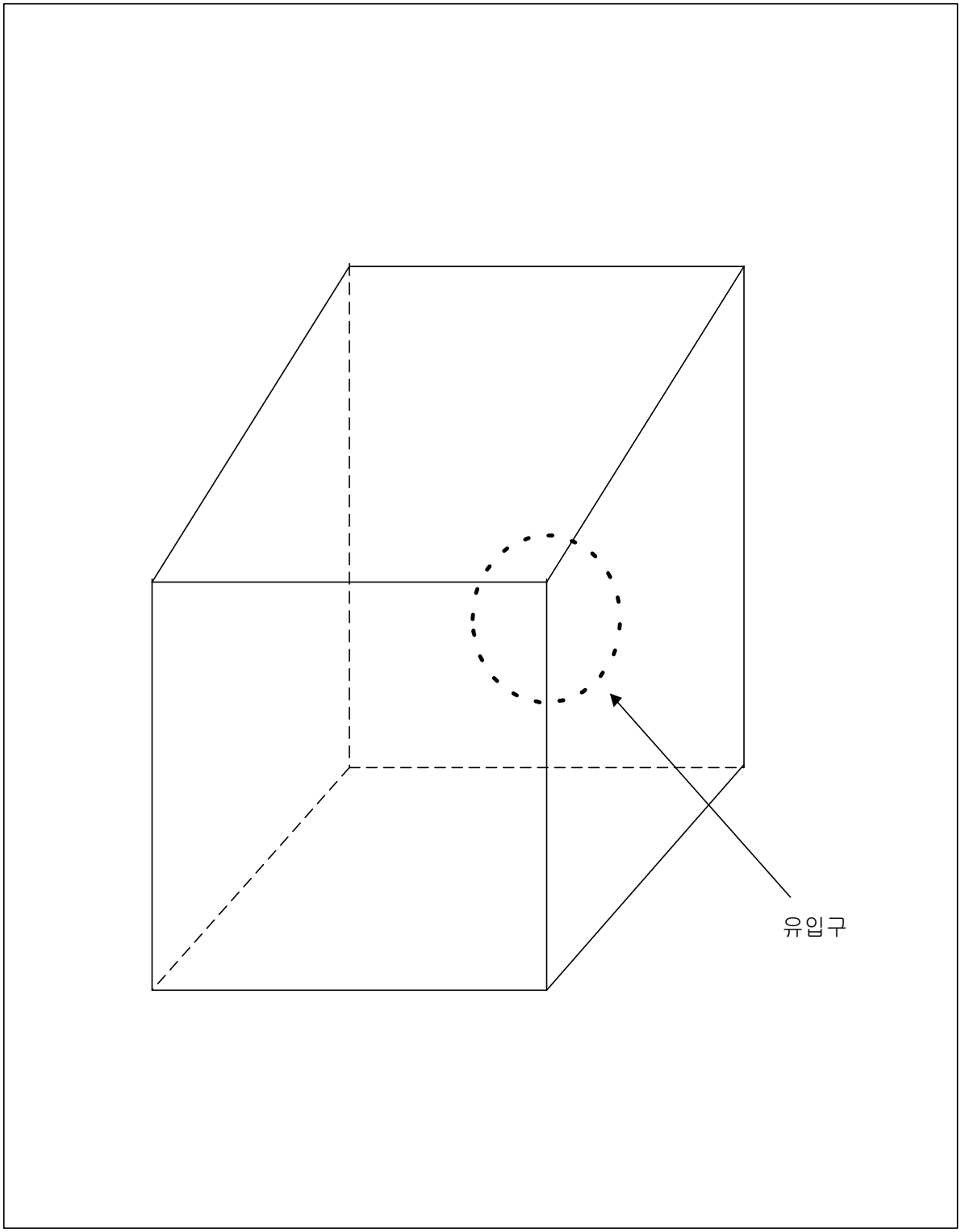
9.3.2 여수로

여수로 콘크리트 시설물의 손상과 방수로, 감세지의 누수손상은 보수방법은 8장 보수·보강 방안에서 언급하였고, 나머지 손상은 댐체의 사용성 및 내구성에 영향이 적은 비구조적인 손상이므로 손상의 진행여부를 정기적으로 관찰한 다음 보수 필요시 보수를 실시하도록 한다. 또한 유입구측과 방수로 부의 덤불(나무토막 또는 그루터기)은 유수지장을 초래할 것으로 우기 전에 반드시 제거하여야 한다.

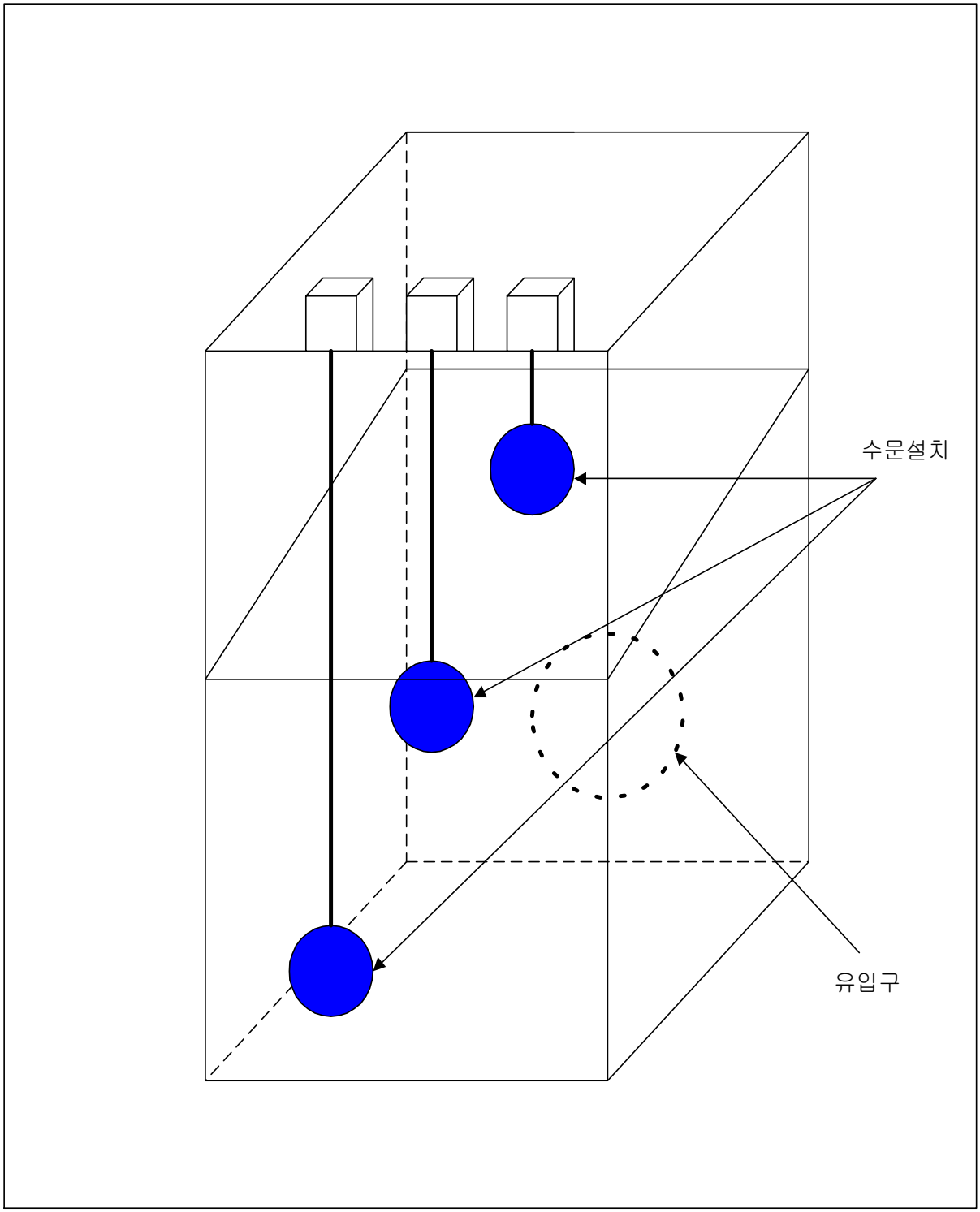
9.3.3 취수시설

1) 통관 유입구의 Mouth부는 유지관리 차원에서 2년에 1회씩 정밀정검 및 정밀진단을 통해 유입구 및 유출구의 상태를 조사하여 손상 발견시 적절한 보수조치를 하여야 한다.
2) 현재 유입구의 위치가 저수지내 하단저부에 설치되어 이로 인해 공원사용수의 상태가 이토가 함유된 상태로 수질이 매우 좋지않으며, 시설물의 사용에 있어 효용성이 떨어진다고 판단된다. 따라서 다음 그림과 같은 취수탑을 설치여부를 검토하여, 시설물의 효용성

증대와 수질개선를 시켜야 된다고 판단된다.



【 그림 9.2 】취수탑 및 수문설치전



【 그림 9.3 】취수탑 및 수문설치후

9.3.4 댐체 하류저부

1) 현재 댐체 하류저부에서 유출(용출)로 보이는 유수가 댐채 하류저부 10m거리 통관 Valve chamber 부근에서 조사되어 그 원인과 유량 확인조사가 필요하여 과업수행시 유량조사 장치를 설치하여 저수지의 수위와 유출수량을 비교하여, 그 상관관계를 조사하였다. 그러나 지면 바닥에서 용출(샘)되여 지면으로 흐르는 것으로 일반적인 직접유속 또는 유량측정은 곤란하여 Weir를 설치하여 장기간 주기적으로 측정하여. 정밀 안전진단시 Data(자료축적)이 필요하다. 용역기간내에는 용역사가 용역기간후에는 관리주체가 유량을 측정하여 그 유량 변화로 제체의 누수량을 해석·검토한다. 유출수량의 해석은 유량의 변화가 과도할 경우나, 정기적(5년)으로 정밀안전진단를 통하여 제체의 누수량과 허용 안전성을 검토,해석하여 용출수의 대한 정확한 원인에 대하여 확인이 필요하다.

◎측정 주기 및 방법

① 측정요소 : a) Dam 수위
b) Weir 유량
c) 우량 (기상자료)

② 측정주기 : a) 강우 직전일과 강우 1~2일 후
b) 월 1회 이상

◎유량산정 적용공식

: Weir를 이용한 유량산정 공식은 Strickland식과 누마지 공식을 이용하여 산정한다.

① Strickland 공식 (B=4h+0.3m , h≥0.05 , h_d≥4h)

$$Q=\frac{8}{15}\sqrt{2g}\left(0.565+\frac{0.0087}{\sqrt{h}}\right)h^{\frac{5}{2}}$$ (m^3/sec)

② 누마지 공식 (h_d>0.1m , B=0.3m , h=0.26m)

$$Q=\left[1.356+\frac{0.004}{h}+(0.13+\frac{0.2}{0.27+hd})\times(\frac{h}{B}-(0.1-\frac{0.003}{0.024+hd})\right]\times h^{\frac{1}{2}}$$

(m^3/sec)

2) 현재 댐체 하류저부에 일반인들의 통행이 빈번하다. 댐체 하류저부에는 조절저수지의 각종 부대시설과 유량조사 장치가 있다. 일반인들의 조작의 우려가 있으므로, 시설물의 유지관리와 일반인들의 안전을 위하여 댐체 하류부에 출입통제(Fence설치)가 필요하다.

제 10 장 종합 결론

10.1 각 장별 소결

10.2 시설물별 소결

10.3 종합 결론

제 10 장 종합결론

10.1 각 장별 소결

10.1.1 외관조사

1) 댐체의 외관조사 및 결과

댐체의 외관조사는 댐마루, 댐사면 등에 대하여 수준측량과 사면의 기울기 조사, 댐마루, 사석의 외관조사, 댐 양안부의 외관조사를 통해 손상의 유무를 조사하였다.

조사 항목	손상발생 여부	비 고
댐체의 누수의 위치, 발생량, 혼탁상태, 발생량의 변화상태	유출수 발생 (진단을 통해 누수확인여부 확인)	본 보고서 수록 4장
댐체의 침하, 부등침하, 토사유실	댐체의 침하, 토사유실 발생	본 보고서 수록 3장
상류사면의 침식, 함몰현상, 세굴	해당 손상 없음	본 보고서 수록 3장
양안부의 지형, 식생상태, 인장균열 접합상태, 누수여부	식생조사(과업중 제거)외 손상 없음	본 보고서 수록 3장
댐체의 매설계기 상태	해당 사항 없음	-
댐체의 식생상태와 유해동물 서식에 의한 손상상태	식생조사(과업중 제거)외 손상 없음	본 보고서 수록 3장
댐사면의 기울기상태, 풍화상태, 함몰상태,	- 기울기상태 양호 - 사석의 풍화손상 없음 - 사석의 함몰손상 없음	본 보고서 수록 3장

가. 제체의 수준측량 결과

(1) 댐마루의 수준측량 결과를 설계도면과 비교한 결과 댐체의 양안부는 13cm~30cm 정도의 잔류여성토가 조사되었고, 댐체 안쪽은 67cm~74cm정도의 압밀·침하된 상태로 진단를 통해 구조적안전성, 사용성에 대한 검토와 성토여부 및 시기에 검토가 필요한 것으로 판단된다.

(2) 댐 사면의 수준측량 결과 (-)11cm~80cm, (+)13cm~34cm 정도의 차이로 측정고가 조사되었다.

나. 사면의 외관조사 결과

사면의 외관조사는 상류측사면, 하류측사면은 육안관찰로 실시하였으며, 제외지수중사면은 수중조사팀이 수중탐사장비를 이용하여 조사하였다.

조사결과 풍화, 함몰, 사석탈락, 세굴등 손상이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

다. 사면의 기울기 조사 결과

사면의 기울기조사는 상류측사면, 하류측사면을 줄자와 Staff를 이용하여 수평거리와 높이를 측정하여 사면의 기울기를 조사하였다. 조사결과 설계도면과 거의 일치하였으며, 사면의 이동이나, 변형이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

2) 여수로의 외관조사 및 결과

여수로의 외관조사는 균열, 누수, 변형, 침하, 침식, 콘크리트의 타설불량, 기초지반의 부등침하, 와류에 의한 세굴, 여수로 바닥의 세굴과 퇴적, 콘크리트의 이음부와 접근수로의 식생상태, 수로장애물, 감세공의 손상상태 등의 여수로의 전체적인 상태를 조사하였다. 접근수로의 식생과 방수로의 수로 장애물도 조사되어 보수와 유지관리가 필요하다.

조사 항목	손상발생 여부	비 고
여수로의 균열, 누수, 백화, 철근 노출, 재료분리,	여러개소 발생	본 보고서 수록 3장
여수로의 변형, 침하, 침식	해당 손상없음	본 보고서 수록 3장
기초지반의 부등침하, 풍화작용, 박리	해당 손상없음	본 보고서 수록 3장
와류에 의한 세굴, 퇴적	세굴 일부 발생	본 보고서 수록 3장
콘크리트의 이음부	상태 양호	-
접근수로의 식생상태, 사면활동	식생조사외 사면활동 없음	본 보고서 수록 3장
수로 장애물	장애물 조사	본 보고서 수록 3장
사류와 와류에 의한 감세공의 손상상태	감세공 4곳 탈락	본 보고서 수록 3장
여수로와 댐체의 접합상태	상태 양호	-

(1) 접근수로의 외관조사 결과 백화 (6개소), 균열 (1개소 W=0.3mm, L=2.5m), 세굴 (1개소)가 조사되었으며, 이 중 균열은 진행성 여부를 정기적으로 관찰한 후에 보수가 요구된다.

(2) APRON의 외관조사 결과 백화 (6개소)가 발견되었으나, 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있다.

(3) 여수로 2-1련 BOX부의 외관조사 결과 백화(4개소), 균열(11개소)가 조사되었다.

여수로 2-1련 BOX부는 하중을 받는 구조로서 균열발생에 대한 우선적인 보수가 요망된다.

(4) OUTLET CHUTE BOX부의 외관조사 결과 균열(3개소), 백화(8개소), 재료분리(7개소), 누수(1개소), 철근노출(1개소)가 조사되었다. OUTLET CHUTE BOX부도 여수로 2-1련 BOX부처럼 하중을 받는 구조로서 우선적인 보수가 요망된다.

(5) 감세지부의 외관조사 결과 누수(2개소), 백화(1개소)가 조사되어 보수가 요망된다.

(6) 방수로부의 외관조사 결과 균열(12개소), 누수(4개소), 백화(5개소), 철근노출(1개소), 감세공탈락(4개소)가 조사되어 보수가 요망된다.

3) 취수시설

통관 유입구의 외관 조사결과 통관 유입구의 상태는 양호한 것으로 조사되었으며, 통관 유입구내부에는 관경의 80%정도 토사퇴적이 되었고, 통관 유입구의 Mouth내부의 토사퇴적량은 적은 것으로 조사되었고, 보조통관의 위치는 3번의 수중조사를 하였지만 확인하지 못하였다. 차후 진단을 통하여 준설여부를 판단하고 준설시 통관 내부까지 청소, 정리를 해야하고, 보조통관의 위치도 탐사장비를 이용하여 확인해야 할것으로 판단된다.

10.1.2 퇴사량 조사

토사량 조사결과 현재 설계유효저수량 219,240㎥중 5,060.5㎥이 퇴사되어 현재의 유효저수량은 211,179.5㎥(3.68%)로 조사되었다. 차후 진단을 실시하여 저수지내의 퇴사량으로 인하여 갈수기(3~5월)내 공원 사용수량의 확보여부와 홍수조절능력의 저하로 홍수기에 수위가 위험수위까지 상승되는지 여부를 검토하고 하천 유입량과 유역조사, 유효저수량과 여수로의 홍수시 수문의 홍수조절 능력을 검토하여 준설의 필요성과 준설시기를 판단해야 한다. 또한 유지관리 차원에서 우기전에 저수지내의 수위를 낮춰 홍수를 대비하고 계곡부의 토사유입을 방지하기 위해 침사지 설치여부를 검토해야 한다.

10.1.3 내구성조사

1) 여수로 반발경도시험 결과

슈미트햄머에 의한 반발경도시험결과 220~296kgf/cm^{2}로서 설계압축강도를 상회하는 건전한 상태로 측정되었다.

2) 여수로 초음파 시험 결과

Pundit를 이용한 압축강도 측정결과 215~283kgf/cm^{2}로서 설계압축강도를 상회하는 강도로 측정되어 강도는 건전한 것으로 판단된다

3) 철근배근탐사 결과

에이프론, 여수로 2련 BOX, OUTLET CHUTE 1련 BOX, 방수로의 철근배근 상태 및 피복두께 상태는 설계도서와 비교 검토한 결과 대체적으로 양호한 것으로 나타났다.

4) 콘크리트 중성화시험 결과

중성화 시험을 구조물의 부재별로 수행한 결과 이론적 중성화 깊이 16.25mm에 비해 실제 중성화 깊이가 얇고 (2.0mm ~ 10.0mm) 콘크리트 중성화에 의한 판정은 Ⅰ등급으로 콘크리트 내 철근의 부식 영향은 없을 것으로 판단된다.

※ 이론적 중성화 깊이 - X = $0.373\sqrt{t}$ = 16.25mm (t 는 경과년수)

10.1.4 상태평가

1) 댐체

구 분	외관상태내용	상태평가 등급	비고
상류측사면	상태양호	B	
하류측사면(1단)	상태양호	B	
하류측사면(2단)	상태양호	B	
하류측사면(3단)	상태양호	B	

2) 여수로

구 분	외관상태내용	상태평가 등급	비고
접근수로	백화, 균열	B	
APRON	백화	B, C	
여수로 2련 BOX	균열, 백화	B, C	
여수로 개구부	철근노출, 세굴	B	
OUTLET CHUTE 1련 BOX	백화, 균열 등	B, C	
감세지	누수, 백화	B, C	
방수로	누수, 감세공탈락 등	B	

3) 취수시설

구 분	외관상태내용	상태평가 등급	비고
유입구	퇴사토 퇴적	B	
유출구	밸브류 발청	B	

4) 시설물 전체 상태등급 및 안전성 평가

시설물의 전체 상태등급은 외관조사 결과의 분석결과 경미한 손상의 양호한 상태인 B등급으로 판정되었다.

서울대공원내 조절저수지 시설물의 외관조사를 토대로 한 상태평가 결과는 B등급으로 판정이 되어 현재의 안전성에는 문제가 없지만 시설물의 시공연도가 오래되었고 최근의 급격한 기상이변으로 인하여 조절저수지 시설물의 상태가 급격히 변화될 우려가 있으므로 정기적인 관찰과 유지관리가 요망된다.

10.1.5 보수·보강 공법

서울대공원내 조절저수지의 보수·보강 범위는 외관조사자료와 기존자료를 분석한 결과 댐체와 통관 유입구의 Mouth부는 손상이 없는 양호한 상태로 보수·보강이 필요없는 상태였고, Con'c 구조물인 여수로 시설물중 하중을 받는 Box부와 Con'c구조물에 해로운영향을 끼치는 누수손상이 발생한 감세지와 방수로에 대해서는 우선적인 보수가 필요하다. 여수로의 손상에 대한 보수는 향후 안전진단과 관계없이 빠른 시일내에 보수를 해야한다.

시설물명		손상 보수내용	조치내용	비 고
여수로 2련 BOX		균 열	-시설물의 구조상 하중을 받는 시설물이기 때문에 우선적으로 보수가 필요. -균열을 제외한 나머지 손상은 진행성 여부를 판단 후 보수 실시	균열주입공법
OUTLET CHUTE BOX		균 열		균열주입공법
감세지		누 수	누수로 인하여 콘크리트 열화의 발생 및 철근의 부식화를 촉진시키기 때문에 보수가 필요	배수공 설치 균열주입공법
방수로		누 수		배수공 설치 균열주입공법
APRON		백화와 균열	손상으로 인한 시설물의 사용성 및 내구성에 영향이 거의 없기 때문에 차후에 점검을 통하여 진행성 여부를 판단한 후 보수 실시	
접근수로		백화와 균열		
댐체 사면		상태양호	상태 양호 계속적이 유지관리 필요	
댐체 양안부		상태양호		
취수시설	유입구	퇴사토 퇴적	진단후 준설여부, 시기 검토	
	유출구	밸브류 발청	보수 실시	

10.1.6 유지관리 방안

가. 댐체 및 양안부

1) 조절지 제체 상·하류사면의 무성한 식생(덤불)은 제체의 손상 유발을 발생시키고 또한, 유지관리상 점검 및 육안 조사시 확인이 어려워 정기적으로 식생(덤불)을

제거하여 손상 유발을 방지하고, 점검 및 육안조사가 항상 용이하도록 관리해야 한다.

2) 조절저수지의 유지관리 및 정밀안전진단을 위해 저수지의 저수위 DATA의 축적이 필요 하므로 차후 진단시 유역면적, 유입량, 수문해석 등의 검토후 상류측 저수지내에 수위표설치 하여 정기적으로 저수위측정이 필요하다.

3) 저수지내의 퇴사량으로 인하여 갈수기(3~5월)내 공원 사용수량의 확보여부와 홍수조절능력의 저하로 홍수기에 수위가 위험수위까지 상승되는지 여부를 검토하고 하천유입량과 유역조사, 유효저수량과 여수로의 홍수시 수문의 홍수조절 능력을 검토하여 준설의 필요성과 준설시기를 판단해야 한다. 또한 유지관리 차원에서 우기전에 저수지내의 수위를 낮쳐 홍수를 대비하고 계곡부의 토사유입을 방지하기 위해 침사지 설치여부를 검토해야 한다.

4) 차후 정밀안전진단을 통해 댐체의 물성시험,저수위 측정, 용출수량 측정, 댐마루 침하량 등의 조사를 통하여 댐체의 안전성에 대하여 검토가 필요하다.

나. 여수로

여수로 콘크리트 시설물의 손상과 방수로, 감세지의 누수손상은 보수방법은 6장 보수·보강 방안에서 언급하였고, 나머지 손상은 댐체의 사용성 및 내구성에 영향이 적은 비구조적인 손상이므로 손상의 진행여부를 정기적으로 관찰한 차후에 보수를 실시하도록 한다. 또한 유입구측과 방수로 부의 덤불(나무토막 또는 그루터기)은 유수지장을 초래할 것으로 우기 전에 반드시 제거하여야 한다.

다. 취수시설

1) 통관 유입구의 Mouth부는 유지관리 차원에서 2년에 1회씩 정밀점검 및 정밀진단을 통해 유입구 및 유출구의 상태를 조사하여 손상 발견시 적절한 보수조치를 하여야 한다.

2) 현재 유입구의 위치가 저수지내 하단부에 설치되어있다. 이로 인해 공원사용수의 상태가 이토가 함유된 상태로 수질이 매우 좋지않으며, 시설물의 사용에 있어 효용성이 떨어진다고 판단된다. 따라서 진단시 취수탑의 설치여부를 검토하여, 시설물의 효용성 증대와 수질개선를 시켜야 된다고 판단된다.

라. 댐체 하류저부

1) 현재 댐체 하류저부에서 유출(용출)로 보이는 유수가 댐채 하류저부 10m거리 통관 Valve chamber 부근에서 조사되어 그 원인과 유량 확인조사가 필요하여 과업수행시 유량조사 장치를 설치하여 저수지의 수위와 유출수량을 비교하여, 그 상관관계를

조사하였다. 그러나 지면 바닥에서 용출(샘)되여 지면으로 흐르는 것으로 일반적인 직접유속 또는 유량측정은 곤란하여 Weir를 설치하여 장기간 주기적으로 측정하여. 정밀 안전진단시 Data(자료축적)이 필요하다. 용역기간내에는 용역사가 용역기간후에는 관리주체가 유량을 측정하여 그 유량 변화로 제체의 누수량을 해석·검토한다. 유출수량의 해석은 유량의 변화가 과도할 경우나, 정기적으로 정밀안전진단를 통하여 제체의 누수량과 허용안전성을 검토,해석 하여 용출수의 대한 정확한 확인이 필요하다.

2) 현재 댐체 하류저부에 일반인들의 통행이 빈번하다. 댐체 하류저부에는 조절저수지의 각종 부대시설과 유량조사 장치가 있다. 일반인들의 조작의 우려가 있으므로, 시설물의 유지관리와 일반인들의 안전을 위하여 댐체 하류부에 출입통제(Fence설치)가 필요하다.

10.2 시설물별 소결

시설물명	소 결	비 고
댐체	-정밀안전점검 결과 댐마루의 침하,압밀이 진행된 상태로 차후 진단을 통해 구조적안전성, 사용성에 대한 검토와 성토여부 및 시기에 검토가 필요한 것으로 판단된다. -차후 진단을 실시하여 저수지내의 퇴사량으로 인하여 갈수기(3~5월)내 공원 사용수량의 확보여부와 홍수조절능력의 저하로 홍수기에 수위가 위험수위까지 상승되는지 여부를 검토하고 하천 유입량과 유역조사, 유효저수량과 여수로의 홍수시 수문의 홍수조절 능력을 검토하여 준설의 필요성과 준설시기를 판단해야 한다. -댐체의 하류저부의 유출수에 대하여 정밀안전진단를 통하여 제체의 누수량과 허용안전성을 검토,해석 하여 용출수의 대한 정확한 확인이 필요하다. -댐 사면과 댐 양안부의 식생을 정기적으로 제거하여 댐체의 안전을 확보한다.	
여수로	-여수로의 손상에 대하여 향후 안전진단과 관계없이 빠른 시일내에 보수우선순위에 의하여 보수를 실시한다. -유입구측과 방수로 부의 덤불(나무토막 또는 그루터기)은 유수지장을 초래할 것으로 우기 전에 반드시 제거하여야 한다. -차후 진단을 실시하여 여수로의 수문검토가 필요하다.	
취수시설	-차후 진단을 실시하여 복통관의 퇴사토에 대하여 준설여부와 시기결정의 판단과 보조통관의 위치를 탐사장비를 이용하여 확인하고 Valve chamber의 통관 및 valve류의 발청처리와 유지관리가 필요하다. -유지관리 차원에서 2년에 1회씩 정밀정검 및 정밀진단을 통해 유입구 및 유출구의 상태를 조사하여 손상 발견시 적절한 보수조치를 하여야 한다.	

10.3 종합 결론

서울대공원내 조절저수지에 대한 정밀안전점검 용역 결과 시설물의 상태는 비교적 양호하나 조속히 수리학적 추가조사 및 내구성, 사용성조사를 포함한 정밀안전진단을 통해 댐체의 안전성(침하량)과 취수시설의 안전성, 저수지의 홍수조절능력 검토(수문검토, 토사량검토), 유출수의 원인(누수량)에 대하여 검토하고 향후 예방적 차원에서 지속적인 점검과 진단의 결과에 따라 적절한 보수 및 유지관리가 이루어 진다면 안전성과 사용상을 확보될 것으로 판단된다.