

공 통 편

제1장 서론

제2장 외관조사

제3장 재료시험

제4장 상태평가

제5장 종합평가 및 안전등급 지정

제6장 보수·보강 및 유지관리방안

제1장 서론

1.1 과업의 목적

1.2 과업시설물의 개요

1.3 과업의 범위 및 내용

1.4 과업 수행 흐름도

1.5 과업 수행일정

1.6 사용장비

제 1 장 서 론

1.1 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 “시설물안전법”이라 한다.) 제11조 및 같은 「법」 시행령 제8조 규정에 따른 정기 및 정밀안전점검으로서 시설물에 대한 물리적 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업시설물의 개요

【표 1.1】 시설물 현황

번호	명 칭	종 별	상반기	하반기	비고
1	남양5배수지(5단계)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
2	남양5배수지(기존)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
3	남양5배수지(현대)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
4	남양6배수지(기존)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
5	남양6배수지(중설)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
6	능3배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
7	능4배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
8	능5배수지	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
9	능5배수지(중설)	2종	정밀안전점검	정기안전점검	
10	동탄산척배수지	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
11	동탄산척가압장	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
12	동탄산척송수관로	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
13	동탄석우배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
14	동탄신리배수지	1종	정기안전점검	정기안전점검	
15	동탄신리배수지 송수관로	1종	정기안전점검	정기안전점검	
16	마도배수지	2종	정밀안전점검	정기안전점검	
17	마도배수지(중설)	2종	정밀안전점검	정기안전점검	
18	문호배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
19	배양배수지(구)	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
20	배양배수지(신)	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
21	봉담동화배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
22	봉담상리배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
23	비봉구포배수지	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
24	서신광평배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
25	송산그린시티 송배수관로(1차)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
26	우정조암배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
27	장안사랑(신)배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
28	장안사랑배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
29	전곡장외배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
30	정남문학배수지	2종	정기안전점검	정밀안전점검	

번호	명 칭	종 별	상반기	하반기	비고
31	정남문학배수지(중설)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
32	정남산업단지배수지	2종	정기안전점검	정기안전점검	
33	통합운영가압장	1종	정기안전점검	정밀안전점검	
34	팔탄구장배수지	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
35	향남도이배수지	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
36	향남발안배수지(구)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
37	향남발안배수지(신)	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
38	화리현배수지	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
39	화성1송수관로(1구간)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
40	화성1송수관로(2구간)	2종	정밀안전점검	정기안전점검	
41	화성1송수관로(4구간)	2종	정기안전점검	정기안전점검	
42	화성봉담2 배수지	2종	정기안전점검	정밀안전점검	
43	화성3구간 신설송수관로	1종	정기안전점검	정기안전점검	
44	화성3구간 이설송수관로	1종	—	정기안전점검	
45	화성봉담2 송수관로	2종	—	정밀안전점검	추가

1.3 과업의 범위 및 내용

1.3.1 과업의 범위

【표 1.2】금회점검 실시범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			금회점검 실시범위	비고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단		
기본 시설물	◦ 취수시설(수원지포함)	○	○	○	×	해당없음
	◦ 취수장	○	○	○	×	해당없음
	◦ 관로시설 (취·도·송수관로 및 수로터널)	○	○	○	○	송수관로
	◦ 정수시설	○	○	○	×	해당없음
	◦ 가압장	○	○	○	×	가압장 -하반기
	◦ 배수지,조절지	○	○	○	○	배수지, 밸브실
기타 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			○	전기실, 검수실 등
	◦ 옹벽	○			○	주변옹벽
	◦ 절토사면	○			○	주변사면
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	○	○	(점검)출입사다리
	◦ 도로포장	○	○	○	○	진입로
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	○	×	해당없음
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	○	○	배수지 덮개

1.3.2 과업의 내용

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사(외관조사)
- 3) 재료시험 (반발경도 시험, 탄산화 시험)
- 4) 부재별, 시설물별 조사결과 검토 및 분석 (상태평가)
- 5) 상태평가 및 안전등급 산정
- 6) 보수·보강 및 유지관리 방안 제시
- 7) 보고서 작성
- 8) 기타 발주기관이 필요하다고 요구하는 사항

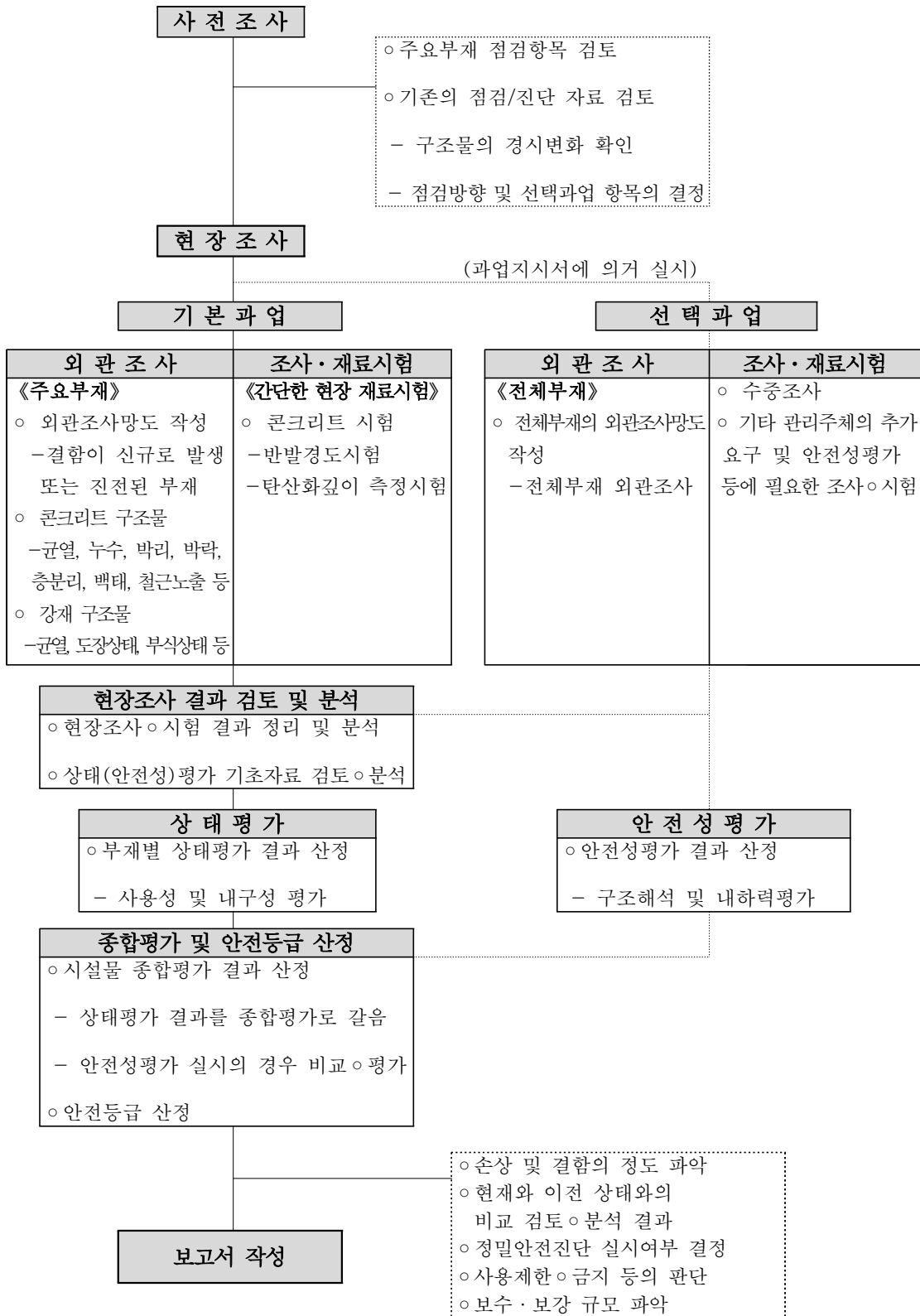
1.3.3 과업의 세부내용

【표 1.3】 과업의 세부내용

구분		내 용
설계도서 및 관련자료 수집·검토		1) 설계자료 검토(설계도면, 구조계산서) 2) 기존 진단, 점검 및 유지관리자료 검토 3) 보수·보강이력 검토 4) 시공관련자료 검토
현장조사 및 시험	외관조사	1) 콘크리트 구조물의 균열, 파손, 박리, 박락 및 철근노출 상태 등의 조사 2) 부대시설 조사
	재료시험	1) 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 탄산화속도시험, 조합법) 2) 콘크리트 탄산화 시험
상태평가		1) 부재별 상태 평가 2) 부재별 중요도에 따른 가중치를 고려하여 전체 평가결과 산정 3) 탄산화에 대한 평가결과 및 상태평가에 반영
종합평가		1) 상태평가결과를 반영한 시설물 종합평가 실시
보수 및 보강 대책수립		1) 결함 및 손상부위에 대한 원인 분석 및 평가 2) 기능 회복 및 향상을 위한 보수·보강 공법제시
선택과업	유지관리 대책수립	1) 효율적인 유지관리를 위한 방안 제시
보고서 작성		최종보고서 작성 및 제출

1.4 과업 수행 흐름도

1.4.1 정밀안전점검



1.5 과업 수행일정

1.5.1 과업의 기간

- 2024. 04. 08 ~ 2025. 02. 01 (300일간) -전체
- 2024. 04. 08 ~ 2024. 06. 24 (상반기) -전회
- 2024. 07. 01 ~ 2024. 12. 24 (하반기) -금회

1.5.2 과업의 공정표

【표 1.4】 수행공정표

공 종	기간 : 2024년도(07.01~12.24) 176일간					비 고
	35일	70일	105일	140일	176일	
1. 사전조사 · 착수 및 예비답사 · 관계도서 수집 및 분석 · 안전점검 및 보수이력자료 수집 및 검토 · 현장조사 계획수립						- 24/04/08 착수 - 과업수행계획서 제출
2. 현장조사 · 외관조사 · 조사결과정리						- 감독관, 청소업체와의 협의 필요
3. 시설물의 상태평가						
4. 보수·보강 · 보수·보강방안 제시 · 종합평가 · 유지관리방안 제시 · 관리주체 협의						
5. 보고서 작성 · 최종보고서 작성 · 준공						- 24/24 착수 - 최종보고서 제출

1.6 사용장비

【표 1.5】 사용장비 현황

구 분	장비명	모델(규격)	용도	비고
비파괴시험장비	반발경도측정기	R-7500	콘크리트 강도 추정	보유 장비
	철근탐사기	MT-6	철근의 배근간격 및 피복두께 측정	
	탄산화진행측정기	CONKIT	콘크리트 탄산화 진행상태 측정	
	초음파 측정기 -필요시	JUST-500	균열깊이 측정	
계측기기	크랙현미경	PEAK	균열폭 측정	
공기구	그라인더	Makita	콘크리트 및 강재 연마	
	콘크리트용 드릴	Makita	콘크리트 천공	
	랜턴	-	구조물 외관조사	
	디지털 카메라	NIKON	구조물 외관조사	
	사다리	2m, 6m	구조물 외관조사	
	줄자	5m, 50m	측점분할 및 제원측정	



슈미트 햄머



철근탐사기



탄산화진행측정기



초음파 측정기 -필요시



크랙현미경



디지털 카메라



줄자



사다리

제2장 외관조사

2.1 개 요

2.2 토목구조물 외관조사

2.3 건축구조물 외관조사

2.4 기계·전기설비 외관조사

2.5 기타시설 외관조사

제 2 장 외관조사

2.1 개 요

외관조사는 현장조사 단계에서 가장 먼저 시행하는 사항으로서 구조물에 접근하여 외관의 상태를 육안으로 조사하고 그 결과를 『국토교통부, 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침』에 따라 주요 구조부재별 열화손상 및 변상의 정도를 체크리스트에 작성하고 평가하여 구조물의 보수방법 선정 및 구조물의 유지관리 대책을 수립하기 위한 기본 자료로 활용된다.

2.1.1 외관조사 방법

- (1) 외관조사 전 조사내용 및 방법, 조사장비 및 이용계획, 안전성 평가 및 보수·보강 계획 수립과의 연관성 등을 포함한 사전계획을 수립하여 감독원과 협의하여야 한다.
- (2) 외관조사는 기존 시설물에 관한 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 변화되는 균열 폭과 길이 등의 변화를 추적하기 위하여 정밀하게 수행한다.
- (3) 시설물 현장에서의 측정은 도면이 없거나 도면상에 나타난 자료를 확인하기 위하여 실시하며 측정의 정확성은 원하는 목적을 달성할 정도이어야 한다.
- (4) 점검자는 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」에 의한 손상상태평가표를 작성하기 위하여 시설물 전체 표면에 대한 상세한 육안검사를 실시하여야 한다.
- (5) 부식, 노후화 또는 기타 식별이 어려운 결함을 발견하기 위하여 육안으로 근접검사하기 전에 검사부위를 깨끗이 청소하여야 한다.
- (6) 점검자는 과거 초기점검 및 정밀점검 시 작성된 외관조사망도 및 상태평가의 적정성 검토를 통하여 향후 책임기술자 주관 자체 정밀점검 시 활용할 수 있도록 정밀안전점검에서 적용한 외관조사망도 및 상태평가 방법으로 수정·제시하여야 한다.
- (7) 정밀안전점검 과업 중 기본과업으로 현장조사 시 전체부재의 외관조사(육안조사) 및 외관조사망도를 작성하되 콘크리트 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출과 강 재균열 및 도장, 부식상태가 포함되도록 한다.

2.2 토목구조물 외관조사

2.2.1 콘크리트 구조물

【표 2.1】 콘크리트 구조물 결함 및 손상 종류

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
침하 / 부상	○ 구조물의 침하나, 부상 정도	
경사	○ 구조물의 경사 정도	
활동	○ 구조물의 활동 정도	
기초세굴	○ 구조물 기초의 세굴 정도	
콘크리트 균열	○ 수밀성 콘크리트의 허용균열폭 ○ 균열 폭 및 면적율	
콘크리트 박리	○ 박리의 깊이 및 면적	
콘크리트 박락 / 층분리	○ 박락 / 층분리의 깊이 및 면적	
철근노출	○ 철근노출 면적	
누수	○ 누수흔적 및 진행정도	• 콘크리트 부재 • 신축이음 부위
백태	○ 백태 발생 면적율	
콘크리트 파손	○ 콘크리트 파손 깊이 및 면적율	
신축이음 탈락 / 열화	○ 신축이음 탈락 및 열화 정도	

2.2.2 강 구조물

【표 2.2】 강 구조물 결함 및 손상 종류

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
강재부식	○ 부식의 정도에 따른 발생 면적율, 부식깊이	
피로균열	○ 피로균열 발생원인 ○ 부재의 종류와 피로균열 발생 정도	
변형 / 변위	○ 변형 및 변위 정도	
도장손상	○ 도장의 변색, 부풀림, 탈락 등 도장상태	

2.3 건축구조물 외관조사

【표 2.3】 건축 구조물 형식별 결함 및 손상 종류

구분	조사항목		외관조사 내용
철근 콘크리트	콘크리트 강도 및 규격		○ 콘크리트 압축강도 및 부재규격
	균열		○ 균열폭, 면적을
	콘크리트 탄산화		○ 탄산화 깊이
	표면열화		○ 박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
	변위·변형	기울기	○ 건축물의 기울기
부동침하		○ 부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기	
강구조	강재의 규격		○ 강재 부재의 규격
	용접접합상태		○ 용접부 결함 (균열 및 언더컷 등)
	볼트접합상태		○ 볼트 누락, 풀림, 이완
	강재의 부식도		○ 도장 및 부식상태
	내화피복		○ 내화피복 두께 및 손상
	변위·변형	기울기	○ 건축물의 기울기
부동침하		○ 부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기	
철골/철근 콘크리트	콘크리트 강도 및 규격		○ 콘크리트 압축강도 및 부재규격
	균열		○ 균열길이, 균열폭, 면적률
	콘크리트 탄산화		○ 탄산화 깊이
	표면 열화		○ 박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
	강재의 강도 및 규격		○ 강재의 인장·항복강도(도서검토) 및 부재규격
	용접 접합상태		○ 용접부 결함(균열 및 언더컷 등)
	볼트 접합상태		○ 볼트 누락, 풀림, 이완
	강재의 부식도		○ 방청도장 및 강재 부식상태
	내화피복		○ 내화피복 두께 및 손상
	변위·변형	기울기	○ 건축시설물 기울기
부동침하		○ 부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기	
조적조	콘크리트 강도 및 규격		○ 콘크리트 압축강도 및 부재규격
	균열		○ 균열폭, 면적을
	콘크리트 탄산화		○ 탄산화 깊이
	표면열화		○ 박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
	변위·변형	기울기	○ 건축물의 기울기
		부동침하	○ 부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

2.4 기계·전기설비 외관조사

2.4.1 기계설비

【표 2.4】 펌프설비 점검사항

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
펌프베드 기초불량	○기초볼트 부식 및 이완, 그라우팅 훼손	
진동 과다 발생	○펌프 및 전동기의 진동	
소음 과다 발생	○펌프 및 전동기의 소음	

【표 2.5】 펌프 장내 배관 점검사항

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
관체의 손상	○부식, 도장탈락 및 누수 등의 손상정도	
관연결부 손상	○관연결부의 부식, 누수 및 도장상태	
밸브 손상	○밸브본체, 연결플랜지부, 축봉부 등의 외관 및 작동상태 등	

2.4.2 전기설비

【표 2.6】 전기설비 점검사항

손상 및 결함		평 가 항 목	비 고
점검대상	대상기기		
가압/ 송수/ 취수펌프 모터설비	○현장제어반 및 기동반 ○펌프모터(전동기)	○손상 및 파손유무 ○절연·접지상태 ○작동상태	○상세육안점검 ○절연 및 접지저항측정 ○작동상태점검 (전압, 운전전류, 소비전력, 역률 등) ○열화상 진단
	○펌프실의 배수설비 및 크레인설비※)	○외관상태 ○접지 및 작동상태	○상세육안점검 ○절연저항측정 ○작동상태점검

※) 2 ton 이하의 크레인을 점검대상으로 함.

2.4.3 전기설비 점검표

【표 2.7】 가압·송수·취수 펌프모터설비의 점검표

설비명	점 검 사 항	점검결과
가압/ 송수/ 취수펌프 모터	- 펌프모터의 외관 및 고정상태, 발청·녹 발생·손상유무, 단자함에 무리한 수납여부, 케이블의 단말처리 및 손상유무, 관련 배관류의 변형·파손 유무 등	
	- 절연저항측정 결과	
	- 펌프모터의 작동상태	
	- 외함접지 유무 및 펌프모터의 정상적인 작동유무	

【표 2.8】 가압·송수·취수 펌프모터의 기동반 및 현장제어반 점검표

구 분		점 검 사 항	점검결과
기 동 반	기동반의 내·외관상태	- 빗물·눈·방수·방충·방서 등의 유입 우려, 위험표지의 유무(변전설비, 출입금지, 고압 위험 표시), 소화기 설치, 외관 및 표시상태, 계기의 오손 및 지시, 이면배선의 정연 상태 및 오손 및 헐거움 유무 - 부속설비의 이상 유무, 접지 및 절연 상태 등	
	표시·계기 상태	- 전류·전압계·전력량계·역률·주파수계의 외관 및 작동상태, 표시램프 및 절환스위치(AS,VS)의 표시 및 작동상태, 관련 배선의 상태 등	
	차단기	- 손상, 이물질 부착, 단자 및 접촉부의 상태, 이음·이취 유무, 동작지시 및 동작표시상태의 이상 유무, 지지 애자의 균열 유무 등 - 접지선의 취부 상태, 동작 회수계, 개폐 조작함 상태 등	
	모선 및 케이블	- 애자 및 배선의 취부 상태, 접속부의 과열·변색·이상 냄새의 유무, 케이블 외상 및 단말부 균열·손상 유무 등	
	계기용변성기류 (PT,CT 등)	- 균열·손상·이음·이취의 유무, 퓨즈의 접촉 및 이상 유무, 접지선의 취부 상태 등	
	보호계전기	- 계전기의 외관, 작동상태, 커버의 파손 및 먼지 침입여부, 동작표시장치의 동작, 조작·제어배선 탈락 및 오결선 여부 등	
	역률보상용 전력콘덴서	- 오손·파손·부식 유무, 구동모터와의 용량 적정성, 접지유무, 외함의 부풀림 유무 등	
현 장 제 어 반	반의 내·외관상태	- 반의 오손·파손·부식 유무, 내부 이물질 침입여부, 문 개폐 및 잠금장치 상태, 반의 부착 및 고정상태 - 반 내부에 대한 방진조치·방습처리 설치유무 및 작동상태	
	표시·계기 상태	- 계기류(전압·전류계)의 외관·지시상태, 파손·손상 유무, 표시상태 등	
	차단기 및 접촉기류	- 배선용 차단기(NFB·MCCB)·접촉기류·S/W류 및 각종 접점의 상태(손상·파손·부식 등 문제점 유무), 보호장치·FUSE·CT·PT의 동작상태 및 파손·손상 유무, 결선·부착상태 등	
	배선 및 케이블	- 배선상태(반 내부의 전선·케이블 단말처리 및 배선정리, 부착 및 조임 상태, 단선·단락·열화·변색 유무 등)	
	접지 및 동작유무	- 접지상태 및 정상적인 작동유무	

2.5 기타시설 외관조사

2.5.1 공중이 이용하는 부위

【표 2.9】 공중이 이용하는 부위

위치	점 검 사 항	비 고
공중이 이용하는 부위	○ 추락방지시설의 상태	
	○ 도로부 포장 및 신축이음부 상태	
	○ 환기구 등의 덮개 상태	
	○ 기타조사	

- (1) 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다.
단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.
- (2) 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검장비 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.
- (3) 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

제3장 재료시험

3.1 개요

3.2 콘크리트 내구성시험

제 3 장 재료시험

3.1 개 요

콘크리트 구조물은 일반적으로 탄산화, 염해, 화학적 침식, 알칼리골재반응, 부식 강도저하, 균열발생, 변형, 단면감소 등을 동반하여 구조물 전체의 내구성 및 안전성을 저하시키게 된다.

재료시험은 구조물 구성 재료인 철근콘크리트의 물리적·화학적 특성을 체계적으로 규명하고 도출된 결과를 비교, 분석하여 상태 및 안전성평가의 기초자료로 활용하기 위해 실시하였다.

3.1.1 재료시험 평가항목

【표 3.1】 재료시험 기준수량 (배수지)

구 분	관로	수로터널	토목구조물1)	비고
반발경도시험	—	—	· 시설별 각 3개소 이상 · 정수장 5개소 이상	
탄산화시험2)	—	—	· 시설별 각 1개소 이상 · 정수장 3개소 이상	
관대지전위차	—	—	· (T/B)당×1개소	

주 1) ○ 취수시설에서의 재료시험은 책임기술자 판단에 따라 실시여부 및 수량 결정

○ 시설별의 종류 : 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등

주 2) 철근콘크리트라이닝 구조에서 실시

【표 3.2】 재료시험 기준수량 (건축)

구 분	세부지침 기준	비 고
반발경도시험	· 대상시설물 수 x 2개소 · 층수 x 2종부재 x 2개소	
탄산화시험	· 대상시설물 수 x 1개소 · 층수 x 2종부재 x 1개소	
변위·변형	· 건물기울기 : 측정이 가능한 건축물 4면. · 부동침하기울기 : 건물의 장변방향과 단변방향 각 2개소	
부재의 규격	· 대상시설물 수 x 2개소 · 층수 x 2종부재 x 3개소	

※건물기울기와 부동침하기울기 조사는 동일 목적으로 실시하는 조사항목으로 책임기술자의 판단에 의해 2개 항목 중 1개만 실시할 수 있으며, 그 사유를 명기하여야 한다.

3.2 콘크리트 내구성시험

3.2.1 반발경도시험

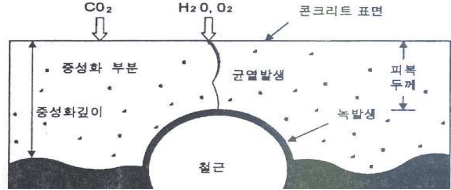
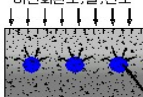
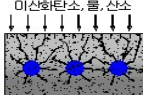
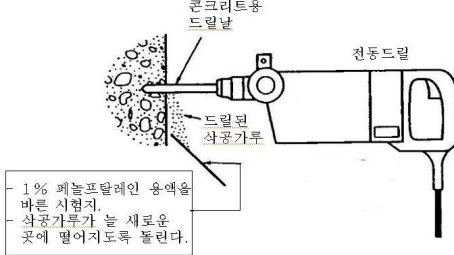
구 분	내 용																																																																
개 요	■콘크리트 표면의 반발경도를 측정하여, 콘크리트의 압축강도를 추정하는 검사방법이다. ■슈미트해머는 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(f_c')와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.																																																																
시험방법	■반발경도 측정은 선정된 부위에 그라인딩 작업으로 표면 정리를 한 다음 타격점 상호간의 종·횡 간격을 30mm기준으로 그어 직교되는 부위에 20점 이상을 타격하여 반발경도 값의 산술 평균값을 구하고, 각 반발경도 값이 평균값의 $\pm 20\%$ 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도를 결정 ■보-기둥의 모서리에서는 최소 30~60mm 이격 하고, 측정부재의 최소두께는 반발도의 영향을 고려하여 100mm이상을 원칙으로 함 ■측정치는 원칙적으로 정수값을 읽고, 표면 건조상태의 부위를 선정, 측정하여 건조에 따른 보정, 압축응력에 따른 반발도의 보정과 타격 방향에 대한 보정 및 재령에 따른 보정을 적용함	측정기의 기종 선정 ↓ 점검기에 의한 정도확인 ↓ 측정 장소의 확인, 요철제거 ↓ Marker 등에 의한 측정점의 표시 ↓ 측정, 20점 이상의 평균 ↓ 타격 방향, 습윤 및 재령의 보정 ↓ 강도추정식에 의한 압축강도 산출 ↓ 압축강도의 추정 〈반발경도법에 의한 강도추정 흐름도〉																																																															
보정방법	■타격방향에 따른 보정($\angle R1$) <table><tr><th rowspan="2">반발경도 (R)</th><th colspan="4">수평과 이루는 각도</th><th rowspan="2">비고</th></tr><tr><th>+90°</th><th>+45°</th><th>-45°</th><th>-90°</th></tr><tr><td>10</td><td>-</td><td>-</td><td>+2.4</td><td>+3.2</td><td rowspan="6">상향수직 : +90° 하향수직 : -90°</td></tr><tr><td>20</td><td>-5.4</td><td>-3.5</td><td>+2.5</td><td>+3.4</td></tr><tr><td>30</td><td>-4.7</td><td>-3.1</td><td>+2.3</td><td>+3.1</td></tr><tr><td>40</td><td>-3.9</td><td>-2.6</td><td>+2.0</td><td>+2.7</td></tr><tr><td>50</td><td>-3.1</td><td>-2.1</td><td>+1.6</td><td>+2.2</td></tr><tr><td>60</td><td>-2.3</td><td>-1.6</td><td>+1.3</td><td>+1.7</td></tr></table> ■콘크리트의 습윤상태에 따른 보정($\angle R3$) 기건상태 : $\angle R3=0$, 습윤상태 $\angle R3= +5$, 습하고 타격의 흔적 : $\angle R3= +3$ ■콘크리트 재령에 따른 보정(α) <table><tr><th>구분</th><th>7일</th><th>14일</th><th>21일</th><th>28일</th><th>100일</th><th>500일</th><th>750일</th><th>1000일</th><th>2000일</th><th>3000일</th></tr><tr><td>재령(α)</td><td>1.72</td><td>1.36</td><td>1.12</td><td>1.00</td><td>0.78</td><td>0.67</td><td>0.66</td><td>0.65</td><td>0.64</td><td>0.63</td></tr></table> ■$R_o = R + \angle R$ ($\Rightarrow \angle R = \angle R1 + \angle R2 + \angle R3$) 여기서, $\angle R1$: 타격방향에 따른 보정값 $\angle R2$: 압축부재의 고정하중 응력에 따른 보정값 $\angle R3$: 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값		반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고	+90°	+45°	-45°	-90°	10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -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	+1.6	+2.2	60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7	구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일	재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63
반발경도 (R)	수평과 이루는 각도				비고																																																												
	+90°	+45°	-45°	-90°																																																													
10	-	-	+2.4	+3.2	상향수직 : +90° 하향수직 : -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	+1.6	+2.2																																																													
60	-2.3	-1.6	+1.3	+1.7																																																													
구분	7일	14일	21일	28일	100일	500일	750일	1000일	2000일	3000일																																																							
재령(α)	1.72	1.36	1.12	1.00	0.78	0.67	0.66	0.65	0.64	0.63																																																							
압축강도 추정식	■방법 1 : $F_c = -18.0+1.27\times R_o$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본 재료학회 추정식 ■방법 2 : $F_c = (7.3R_o + 100)\times 0.098$ (MPa) $\Rightarrow$ 일본건축학회 추정식																																																																

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단) 참조

※콘크리트 내구성 평가절차 수립(국토교통부, 시설안전기술공단) 참조

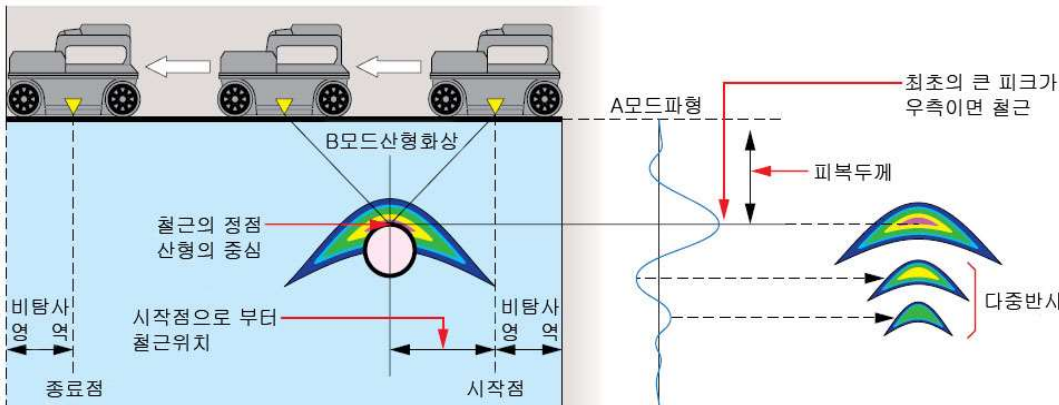
※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단) 참조

3.2.2 탄산화시험

구 분	내 용																					
개 요	■경화콘크리트는 표면에서 서서히 탄산화 하여 pH값은 12~13에서 8~10이하로 감소한다. 이 과정을 콘크리트의 탄산화라고 한다. $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$  ■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. 미산화탄소, 물, 산소 1단계  미세균열 콘크리트 재질 및 강도상의 변화는 거의 없다(약간의 건조수축에 의한균열) 미산화탄소, 물, 산소 2단계  철근 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하며 미세한 균열이 발생 미산화탄소, 물, 산소 3단계  철근 철근의 횡면이 팽창하며 균열이 표면까지 연장되고 동해 등의 다른 열화를 유발시킴. 녹물이 보임 미산화탄소, 물, 산소 4단계  철근 철근 횡면의 피복이 탈락되기 시작하고 철근노출이 시작됨. 철근의 단면적 감소 미산화탄소, 물, 산소 5단계  철근 철근의 피복이 탈락하며 철근은 공기와 풍우에 직접 노출됨. 내구성능 저하 가속 <탄산화에 의한 콘크리트 성능저하 과정>																					
측정 방법	 콘크리트를 드릴날 전동드릴 드릴된 석공가루 1% 페놀프탈레인 용액을 바른 시험지. - 석공가루가 늘 새로운 곳에 떨어지도록 돌린다. ■코어 채취 후 페놀프탈레인 1% 용액을 채취된 코어의 표면부에 분무하여 탄산화 깊이를 측정하는 방법 ■코어를 채취하지 못한 경우, 드릴링에 의해 발생되는 콘크리트가루가 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하는 방법																					
시험순서	- 탄산화시험 위치 선정 - 페놀프탈레인 1% 용액을 적신 원형시험지 준비 - 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지를 드릴 밑에 두고 드릴링 시작 - 원형시험지가 변색되는 시점에 드릴링 멈춤 - 드릴링된 깊이(mm) 측정, 평균값 선정																					
평가기준	<탄산화 상태평가 기준> <table><tr><th>구분</th><th>등급</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr><tr><td>탄산화 잔여 깊이</td><td></td><td>30mm 이상</td><td>10 mm 이상 ~ 30mm 미만</td><td>0 mm 이상 ~ 10mm 미만</td><td>0mm 미만</td><td>-</td></tr><tr><td>철근부식의 가능성</td><td></td><td>탄산화에 의한 부식발생 우려 없음</td><td>향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음</td><td>경우에 따라서 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음</td><td>철근부식 발생</td><td>-</td></tr></table>	구분	등급	a	b	c	d	e	탄산화 잔여 깊이		30mm 이상	10 mm 이상 ~ 30mm 미만	0 mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-	철근부식의 가능성		탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-
구분	등급	a	b	c	d	e																
탄산화 잔여 깊이		30mm 이상	10 mm 이상 ~ 30mm 미만	0 mm 이상 ~ 10mm 미만	0mm 미만	-																
철근부식의 가능성		탄산화에 의한 부식발생 우려 없음	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음	철근부식 발생	-																

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단) 참조
 ※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 국토안전관리원) 참조

3.2.3 철근탐사시험 (선택과업)

구 분	내 용																																															
개 요	■본 탐사는 탄산화 상태평가를 위한 철근피복두께를 조사하여 탄산화로 인한 구조물의 내구성 평가와 장기적인 내구성 확보를 위한 대책마련을 위해 실시한다.																																															
탐사조건	■적용 가능한 조건 ◦탐사심도 200mm 이내 ◦탐사대상 철근지름이 6mm 이상 ◦콘크리트의 질이 균일한 곳 ◦철근이 안테나 진행 방향에 직교한 곳 ■적용 곤란한 조건 ◦표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑에 철근이 위치한 경우 ◦100mm 이하의 피치에서 배근된 경우 ◦철근이 안테나 진행 방향과 평행한 경우																																															
측정방법	■철근탐사장비 RC-Radar의 측정원리는 전자파를 콘크리트의 표면에서 내부로 방사하여 콘크리트와 전기적 성질이 다른 철근이나 공동 등의 대상물로부터 반사되는 전파를 다시 안테나에서 수신하여 철근의 배근상태나 공동 등의 위치 및 깊이를 화상으로 기록하는 장비로 레이더 방식(화면 모니터 방식)이며, 측정가능심도는 5~200mm 이다.  <RC-Radar 측정원리>																																															
평가기준	■철근의 피복두께는 콘크리트 표면에서 철근 최외측면까지의 거리로 함 ■철근의 피복두께 및 일반적인 피복두께 기준과 비교하여 적정성 여부를 판단 ■실측된 피복두께는 평균적인 개념으로 판단함이 바람직함 <철근의 피복두께 기준> <table><tr><th>구 분</th><th>조 건</th><th>부재종류</th><th>철근직경/구분</th><th>피복두께(mm)</th><th>비 고</th></tr><tr><td rowspan="10">현장 타설 콘크리트</td><td rowspan="6">옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위</td><td rowspan="2">슬래브 벽체, 장선</td><td>D35 초과</td><td>40</td><td rowspan="10">규정 값에서 10mm 저감 가능</td></tr><tr><td>D35 이하</td><td>20</td></tr><tr><td rowspan="2">보 기둥</td><td>fck ≥ 40MPa</td><td>30</td></tr><tr><td>fck < 40MPa</td><td>40</td></tr><tr><td colspan="2">셀, 절판 부재</td><td>20</td></tr><tr><td colspan="2">수중에서 타설 되는 콘크리트</td><td>100</td></tr><tr><td colspan="2">흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트</td><td>80</td></tr><tr><td rowspan="3">흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트</td><td colspan="2">D29 이상 철근</td><td>60</td></tr><tr><td colspan="2">D25 이하 철근</td><td>50</td></tr><tr><td colspan="2">D16 이하의 철근</td><td>40</td></tr></table> ※콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회, 2007) 참조 <table><tr><th>유효깊이(d)</th><th>유효깊이의 허용오차</th><th>피복두께의 허용오차</th></tr><tr><td>d ≤ 200mm</td><td>±10mm</td><td>-10mm</td></tr><tr><td>d > 200mm</td><td>±13mm</td><td>-13mm</td></tr></table> ※피복두께의 허용오차는 도면 또는 설계기준에서 요구하는 최소 피복두께의 -1/3로 하여야 함	구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(mm)	비 고	현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위	슬래브 벽체, 장선	D35 초과	40	규정 값에서 10mm 저감 가능	D35 이하	20	보 기둥	fck ≥ 40MPa	30	fck < 40MPa	40	셀, 절판 부재		20	수중에서 타설 되는 콘크리트		100	흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트		80	흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트	D29 이상 철근		60	D25 이하 철근		50	D16 이하의 철근		40	유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차	d ≤ 200mm	±10mm	-10mm	d > 200mm	±13mm	-13mm
구 분	조 건	부재종류	철근직경/구분	피복두께(mm)	비 고																																											
현장 타설 콘크리트	옥외 공기나 흙에 직접 접하지 않는 부위	슬래브 벽체, 장선	D35 초과	40	규정 값에서 10mm 저감 가능																																											
			D35 이하	20																																												
		보 기둥	fck ≥ 40MPa	30																																												
			fck < 40MPa	40																																												
		셀, 절판 부재		20																																												
		수중에서 타설 되는 콘크리트		100																																												
	흙에 영구히 묻혀 있는 콘크리트		80																																													
	흙에 접하거나 옥외공기에 직접 노출되는 콘크리트	D29 이상 철근		60																																												
		D25 이하 철근		50																																												
		D16 이하의 철근		40																																												
유효깊이(d)	유효깊이의 허용오차	피복두께의 허용오차																																														
d ≤ 200mm	±10mm	-10mm																																														
d > 200mm	±13mm	-13mm																																														

※콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(한국시설안전기술공단) 참조

※진단장비 활용·관리 매뉴얼(한국시설안전기술공단) 참조

※안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(국토교통부, 한국시설안전공단) 참조

3.2.4 변위·변형 / 부재단면

구 분	변위·변형																																														
대상구조	철근콘크리트라멘구조, 철골구조, 철골·철근콘크리트구조, 철근콘크리트 벽식구조, 프리캐스트콘크리트구조, 무량판구조, 조적조																																														
내용	① 부재변형 : 건축물의 전체에 대한 외관조사를 실시한 결과, 균열 및 손상(처짐 등)이 발생되었거나, 발생가능성이 있는 주요 부위로 한다. ② 건물기울기 : 측정이 가능한 건축물 4면의 외벽모서리 전체로 한다. ③ 부동침하기울기 : 최저층 바닥 또는 천장슬래브에서 건물의 장변방향과 단변 방향으로 각각 2개소 이상으로 한다. ④ 건물기울기와 부동침하기울기 조사는 동일 목적으로 실시하는 조사항목으로 책임기술자의 판단에 의해 2개 항목 중 1개만 실시할 수 있으며, 그 사유를 명기하여야 한다. (1) 변위 ① 건축물 기울기 = 수평변위 / 건축물 높이 ② 부동침하에 의한 부재의 기울기 = 수직변위 / 순 경간 (2) 변형 ① 물체는 외력을 받으면 형상과 치수에 조금이라도 변화가 일어난다. 이 변화를 변형이라고 하고, 중 변형, 횡 변형전단변형이 있다. ② 변형을 변형도라고도 하며, 단위길이에 대한 변형량의 값을 나타내는 것으로 단위는 무명수이다.																																														
평가기준	- 부재 변위·변형 <table><tr><th>평가기준</th><th>평가기준 (보 및 슬래브의 처짐)</th><th>평가점수(대표값)</th></tr><tr><td>a</td><td>L(경간길이 cm) / 480 이하</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>L / 480 이하(경미한 손상)</td><td>3</td></tr><tr><td>c</td><td>L / 240 이하</td><td>5</td></tr><tr><td>d</td><td>L / 150 이하</td><td>7</td></tr><tr><td>e</td><td>L / 150 초과</td><td>9</td></tr></table> - 기울기 <table><tr><th>평가기준</th><th colspan="2">평가내용</th><th>평가점수(대표값)</th></tr><tr><td></td><th>기울기(각변위)</th><th>내 용</th><td></td></tr><tr><td>a</td><td>1/750 이내</td><td>예민한 기계기초의 위험 침하 한계</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>1/500 이내</td><td>구조물의 균열발생 한계</td><td>3</td></tr><tr><td>c</td><td>1/250 이내</td><td>구조물의 경사도 감지</td><td>5</td></tr><tr><td>d</td><td>1/150 이내</td><td>구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계</td><td>7</td></tr><tr><td>e</td><td>1/150 초과</td><td>구조물이 위험할 정도</td><td>9</td></tr></table>	평가기준	평가기준 (보 및 슬래브의 처짐)	평가점수(대표값)	a	L(경간길이 cm) / 480 이하	1	b	L / 480 이하(경미한 손상)	3	c	L / 240 이하	5	d	L / 150 이하	7	e	L / 150 초과	9	평가기준	평가내용		평가점수(대표값)		기울기(각변위)	내 용		a	1/750 이내	예민한 기계기초의 위험 침하 한계	1	b	1/500 이내	구조물의 균열발생 한계	3	c	1/250 이내	구조물의 경사도 감지	5	d	1/150 이내	구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계	7	e	1/150 초과	구조물이 위험할 정도	9
평가기준	평가기준 (보 및 슬래브의 처짐)	평가점수(대표값)																																													
a	L(경간길이 cm) / 480 이하	1																																													
b	L / 480 이하(경미한 손상)	3																																													
c	L / 240 이하	5																																													
d	L / 150 이하	7																																													
e	L / 150 초과	9																																													
평가기준	평가내용		평가점수(대표값)																																												
	기울기(각변위)	내 용																																													
a	1/750 이내	예민한 기계기초의 위험 침하 한계	1																																												
b	1/500 이내	구조물의 균열발생 한계	3																																												
c	1/250 이내	구조물의 경사도 감지	5																																												
d	1/150 이내	구조물의 구조적 손상이 예상되는 한계	7																																												
e	1/150 초과	구조물이 위험할 정도	9																																												
구 분	부재단면																																														
대상구조	철근콘크리트라멘구조, 철골구조, 철골·철근콘크리트구조, 철근콘크리트벽식구조, 프리캐스트콘크리트구조, 무량판구조, 조적조의 철근콘크리트부재 및 내력벽																																														
내용	· 총 수량 : 표본 층(단위)수 × 2종 부재(기둥 또는 내력벽, 보, 슬래브 중) × 부재 종류별 3개소 이상 단, 조적조의 경우에는 조적조인 내력벽을 포함하고, 무량판구조의 경우에는 보 부재 대신에 지판부재로 한다. · 외관조사 및 간단한 측정도구를 이용하여 단면제원을 측정한다.																																														
평가기준	<table><tr><th>평가기준</th><th>평가내용</th><th>평가점수(대표값)</th></tr><tr><td>a</td><td>100% ≤ s*</td><td>1</td></tr><tr><td>b</td><td>95% ≤ s < 100%</td><td>3</td></tr><tr><td>c</td><td>90% ≤ s < 95%</td><td>5</td></tr><tr><td>d</td><td>75% ≤ s < 90%</td><td>7</td></tr><tr><td>e</td><td>s < 75%</td><td>9</td></tr></table> * s = (측정 단면적 ÷ 설계 단면적)×100%	평가기준	평가내용	평가점수(대표값)	a	100% ≤ s*	1	b	95% ≤ s < 100%	3	c	90% ≤ s < 95%	5	d	75% ≤ s < 90%	7	e	s < 75%	9																												
평가기준	평가내용	평가점수(대표값)																																													
a	100% ≤ s*	1																																													
b	95% ≤ s < 100%	3																																													
c	90% ≤ s < 95%	5																																													
d	75% ≤ s < 90%	7																																													
e	s < 75%	9																																													

제4장 상태평가

4.1 개 요

4.2 토목구조물 상태평가 기준

4.3 건축구조물 상태평가 기준

4.4 기계·전기설비 상태평가 기준

4.5 기타시설 상태평가 기준

4.6 상태평가결과 산정방법

제 4 장 상태평가

4.1 개 요

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 시설물편의 상태평가기준에 따라 실시한다.

정밀안전점검에서는 기본시설물 또는 주요부재에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 등 보고서에 수록된 상태평가결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가결과를 결정한다.

4.1.1 상태평가 항목 및 기준

(1) 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 평가유형별로 구분하여 영향계수를 적용하였다.

【표 4.1】 평가유형 구분

구 분	평 가 유 형
중요결함	침하, 경사/전도 및 활동 등과 같이 전체 구조물의 구조적인 안전에 직접영향을 미치는 결함
국부결함	기초세굴, 콘크리트 탄산화의 진행 깊이 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함
일반손상	콘크리트 균열, 박리, 박락, 파손 및 마모 등과 같이 구조물의 안전에 크게 영향을 주지 않는 일반적인 손상

4.2 토목구조물 상태평가 기준

4.2.1 평가유형 및 영향계수

【표 4.2】 토목구조물의 손상에 따른 평가유형

상태변화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
침하 / 부상		중요결함	1.0	a	5	
경 사				b	4	
활 동				c	3	
				d	2	
		e	1			
기초세굴		국부결함	1.0	a	5	
탄산화 잔여 깊이			1.1	b	4	
			1.2	c	3	
			1.4	d	2	
염화물함유량			2.0	e	1	
콘크리트 균열		일반손상	1.0	a	5	
콘크리트 박리						
콘크리트 박락 / 층분리						
철근노출						
누수	콘크리트부재					
	신축이음부위					
백 태						
콘크리트 파손						
신축이음열화 및 탈락	탈락정도					
	열화정도					

【표 4.3】 강구조물의 손상에 따른 평가유형

상태변화	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
강재 변형 및 변위	중요결함	1.0	a	5	
			b	4	
			c	3	
			d	2	
			e	1	
강재 부식	국부결함	1.0	a	5	
1.1		b	4		
1.2		c	3		
강재 피로균열		1.4	d	2	
2.0		e	1		
강재 도장손상	일반손상	1.0	a	5	
		1.1	b	4	
		1.3	c	3	
		1.7	d	2	
		3.0	e	1	

4.2.2 상태평가 항목 및 기준

【표 4.4】 침하/부상의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	침하/부상이 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 침하/부상이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	침하/부상의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	침하/부상의 정도가 심각하여 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	침하/부상의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전을 위협받고 있는 상태

【표 4.5】 경사의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	경사가 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 경사가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	경사의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	경사의 정도가 심각하여 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	경사의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정이 위협받고 있는 위험한 상태

【표 4.6】 활동의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	활동이 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	활동의 정도가 심각하여 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전이 위협받고 있는 위험한 상태

【표 4.7】 기초세굴의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	세굴이 없는 상태
b	4	세굴이 경미하게 발생된 상태
c	3	경미한 세굴이 여러 곳에 산재되어 있거나 세굴이 다소 심하게 발생된 상태
d	2	세굴이 심하여 하단부가 크게 들어 나고 구조적인 안전에 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	세굴이 아주 심하여 구조적 안전이 심각하게 위협받고 있는 위험한 상태

주) 상태평가 결과가 “e” 이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

【표 4.8】 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 이상 ~ 0.2mm 미만	a	a	b
c	3	0.2mm 이상 ~ 0.3mm 미만	a	b	c
d	2	0.3mm 이상 ~ 0.5mm 미만	b	c	d
e	1	0.5mm 이상	c	d	e

【표 4.9】 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 이상 ~ 0.2mm 미만	a	b	c
c	3	0.2mm 이상 ~ 0.3mm 미만	b	c	d
d	2	0.3mm 이상 ~ 0.5mm 미만	c	d	e
e	1	0.5mm 이상	d	e	e

※) 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 따라 상태평가 한다.

주) 균열 면적율 산정방법은 교량 [세부지침] 참조

【표 4.10】 콘크리트 박리의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	박리 발생이 없음
b	4	박리 깊이 0.5mm 미만이면서 박리 면적을 10% 미만
c	3	박리 깊이 0.5mm 이상 ~ 1.0mm 미만이면서 박리면적을 10% 미만 박리 깊이 0.5mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상
d	2	박리 깊이 1.0mm 이상 ~ 25mm 미만이면서 박리면적을 10% 미만 박리 깊이 0.5mm 이상 ~ 10mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상
e	1	박리 깊이 1.0mm 이상 ~ 25mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상 박리 깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

【표 4.11】 콘크리트 박락 및 층분리의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	박락/층분리 발생이 없음
b	4	박락/층분리 깊이 15mm 미만이면서 면적을 10% 미만
c	3	박락/층분리 깊이 15mm 이상 ~ 20mm 미만이면서 면적을 10% 미만 박락/층분리 깊이 15mm 미만이면서 면적을 10% 이상
d	2	박락/층분리 깊이 20mm 이상 ~ 25mm 미만이면서 면적을 10% 미만 박락/층분리 깊이 15mm 이상 ~ 20mm 미만이면서 면적을 10% 이상
e	1	박락/층분리 깊이 20mm 이상 ~ 25mm 미만이면서 면적을 10% 이상 박락/층분리 깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

【표 4.12】 철근노출의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	철근노출 없음
b	4	철근노출 면적율이 1.0% 미만
c	3	철근노출 면적율이 1.0% 이상 ~ 3.0% 미만
d	2	철근노출 면적율이 3.0% 이상 ~ 5.0% 미만
e	1	철근노출 면적율이 5.0% 이상

주) 상태평가 결과가 “e” 이고, [표 11.35](탄산화) 또는 [표 11.36](염화물)의 상태평가 결과가 “d” 이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

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

【표 4.13】 누수의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용	
		콘크리트 부재	신축이음부위
a	5	누수가 없음	누수가 없음
b	4	현저한 흔적 (누수부위가 습윤된 상태)	누수 흔적이거나 토사 등의 오염
c	3	누수의 진행이 관찰가능 상태 (방울방울 떨어짐)	파손에 의한 누수발생
d	2	누수의 진행이 관찰가능 상태 (소량이 분출)	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식발생
e	1	누수의 진행이 확인한 상태 (많은 양의 분출)	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식심화

※) 누수흔적이거나 진행정도를 기준으로 콘크리트 부재와 신축이음 부위로 구분한 상태평가 한다.

【표 4.14】 백태의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	백태가 없음
b	4	백태 발생 면적율이 5% 미만
c	3	백태 발생 면적율이 5% 이상 ~ 10% 미만
d	2	백태 발생 면적율이 10% 이상 ~ 20% 미만
e	1	백태 발생 면적율이 20% 이상

【표 4.15】 콘크리트 파손의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	파손이 없음
b	4	파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만,
c	3	파손깊이 20mm 이상 ~ 50mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만 파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적율 10% 이상
d	2	파손깊이 50mm 이상 ~ 80mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만 파손깊이 20mm 이상 ~ 50mm 미만이면서 파손면적율 10% 이상
e	1	파손깊이 80mm 이상이면서 파손면적율 10% 미만 파손깊이 50mm 이상이면서 파손면적율 10% 이상

※) 파손은 콘크리트가 재료적, 환경적, 또는 외부적인 하중조건에 의해 손상을 입은 것을 말하며 재료분리(곰보판), 몰탈 탈락 등 여타의 손상을 포함한다.

【표 4.16】 신축이음 탈락 및 열화의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용	
		부재의 탈락정도	부재의 열화정도
a	5	없음	없음
b	4	없음	고무판 마모, 강재의 부식(녹) 발생 등의 경미한 열화
c	3	고정 장치의 이완으로 신축이음 본체 유동	고무판 마모, 강재의 부식(녹) 발생 등의 열화심화
d	2	고정 장치의 파손으로 신축이음 본체 일부 탈락 및 손상	
e	1	신축이음 본체 파손	

※) 신축이음 부재가 탈락하거나, 열화가 크게 진행되는 경우에는 누수 등이 발생되므로 신축이음 탈락 및 열화 정도에 따른 평가를 실시하도록 한다.

【표 4.17】 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	5	30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	4	10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	3	0mm이상 ~ 10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	2	0mm 미만	철근부식 발생
e	1	—	—

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 11.30] (철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※ 교량 [세부지침] 참조

【표 4.18】 강재 부식의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	부식이 전혀 없음
b	4	국부적으로 부식이 발생(부식발생 면적율 5% 미만)
c	3	부식이 다소발생(부식발생 면적율 5% 이상 ~ 15% 미만)
d	2	전반적으로 부식이 발생(부식발생 면적율 15% 이상 ~ 30% 미만)
e	1	부식발생이 심화(부식발생 면적율 30% 이상)

【표 4.19】 강재 피로균열의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	전 부재에 걸쳐 균열발생이 없음
b	4	보조부재에 국부적으로 미세 표면균열이 발생
c	3	주 부재에 국부적으로 미세 표면균열 발생
d	2	주 부재에 균열길이 20mm 미만의 관통균열 발생
e	1	주 부재에 균열길이 20mm 이상의 관통균열 발생

【표 4.20】 강재 변형 및 변위의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	변형이나 변위 등이 전혀 없음
b	4	변형이나 변위가 없으나 미소한 처짐의 발생 (최대 허용처짐량의 20% 미만)
c	3	변형이나 변위가 미미하고 이로 인한 손상이 없으며 처짐이 다소 크게 발생(최대 허용처짐량의 20% 이상 ~ 50% 미만)
d	2	변형이나 변위가 다소 크게 발생하였으나 이로 인한 손상은 없고 처짐이 크게 발생(최대 허용처짐량의 50% 이상 ~ 100% 미만)
e	1	변형이나 변위가 과대하고 이로 인해 손상이 발생

【표 4.21】 강재의 도장상태에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	도장면 상태가 매우 깨끗하고 결함이 전혀 없음
b	4	도장면 상태가 전반적으로 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 국부적으로 발생(전체면적의 10% 미만)
c	3	도장면이 비교적 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 다소 발생(전체면적의 10% 이상 ~ 25% 미만)
d	2	도장면이 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 크게 발생 (전체면적의 25% 이상 ~ 50% 미만)
e	1	도장면이 매우 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 전반적으로 발생(전체면적의 50% 이상)

4.3 건축구조물 상태평가 기준

【표 4.22】 콘크리트 강도에 대한 상태평가 기준

평가등급	평 가 기 준	평가점수(대표값)
a	$\alpha c \geq 100\%$	1
b	$\alpha c \geq 100\%$ (경미한 손상 있음)	3
c	$85\% \leq \alpha c < 100\%$	5
d	$70\% \leq \alpha c < 85\%$	7
e	$\alpha c < 70\%$	9

※ $\alpha c = (\text{측정강도} / \text{설계기준강도}) \times 100\%$

【표 4.23】 콘크리트 균열에 대한 상태평가 기준

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

【표 4.24】 콘크리트 탄산화에 대한 상태평가 기준

평가등급	평 가 기 준	평가점수(대표값)
a	$C_t \leq 0.25D$	1
b	$0.25D < C_t \leq 0.5D$	3
c	$0.5D < C_t \leq 0.75D$	5
d	$0.75D < C_t \leq D$	7
e	$C_t > D$	9

※ C_t = 콘크리트 탄산화 깊이(cm), $\cdot D$ = 측정된 철근의 피복두께(cm)

【표 4.25】 콘크리트 박리에 대한 상태평가 기준

평가등급	평가점수 (대표값)	평 가 기 준		
		박리깊이 : sc(단위 mm)	면적률 10% 이하	면적률 10% 이상
a	1	sc = 0	a	a
b	3	0 < sc < 0.5	b	c
c	5	0.5 ≤ sc < 1.0	c	d
d	7	1.0 ≤ sc < 25	d	e
e	9	25 ≤ sc	e	e

【표 4.26】 콘크리트 누수 및 백태에 대한 상태평가 기준

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

【표 4.27】 건축물의 기울기에 대한 상태평가 기준

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

【표 4.28】 건축부재의 변위·변형에 대한 상태평가 기준

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

4.4 기계 · 전기설비 상태평가 기준

【표 4.29】 기계설비의 결함 및 손상에 따른 평가유형

상태변화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
펌프 설비	펌프의 진동크기	국부결함	1.0	a	5	
			1.1	b	4	
			1.2	c	3	
			1.4	d	2	
			2.0	e	1	
	펌프의 소음크기	일반손상	1.0	a	5	
			1.1	b	4	
			1.3	c	3	
			1.7	d	2	
			3.0	e	1	
장내 배관	관제손상 정도(누수상태)	중요결함	1.0	a	5	
				b	4	
				c	3	
				d	2	
				e	1	
전기 설비	밸브의 손상정도	국부결함	1.0	a	5	
			1.1	b	4	
			1.2	c	3	
			1.4	d	2	
			2.0	e	1	
	절연열화 접지불량 전기설비의 불량 (취수 · 송수 · 가압펌프모터 · 기동반 · 제어반)	국부결함	1.0	a	5	
				b	4	
				c	3	
				d	2	
				e	1	

【표 4.30】 펌프베드 기초부의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	베드의 기초에 전혀 균열이 없는 최상의 상태
b	4	베드의 기초에 균열이 없는 양호한 상태
c	3	베드의 기초에 미세균열이 부분적으로 발생한 보통의 상태
d	2	베드의 기초의 볼트주위에 균열이 발생한 상태
e	1	펌프 고정이 불가능한 정도로 베드의 기초에 균열이 발생하여 보강 또는 교체 등이 필요한 상태

【표 4.31】 펌프의 진동크기에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	진동한계(RMS, mm/s)
a	5	진동한계 ≤ 3.7
b	4	진동한계 ≤ 5.6
c	3	진동한계 ≤ 9
d	2	진동한계 > 9
e	1	진동한계 > 11

【표 4.32】 펌프의 소음크기에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	펌프1m에서 평균소음의 크기가 80dB 이하
b	4	펌프1m에서 평균소음의 크기가 80dB 초과, 90dB 이하
c	3	펌프1m에서 평균소음의 크기가 90dB 초과, 100dB 이하
d	2	펌프1m에서 평균소음의 크기가 100dB 초과, 120dB 이하
e	1	펌프1m에서 평균소음의 크기가 120dB 초과

【표 4.33】 관체의 손상정도(누수상태)에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	누수가 전혀 없음
b	4	누수가 없음
c	3	누수는 없으나 누수의 우려가 보임
d	2	누수의 진행이 관찰
e	1	누수의 진행이 확연함 (분출)

【표 4.34】 밸브의 손상정도에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	밸브의 작동이 원활하고 여타 손상이 전혀 없음
b	4	밸브의 작동에 문제가 없고 발청·부식 등의 손상이 경미하게 발생
c	3	밸브의 작동에 문제가 없고 축부에서 경미한 누수가 발생
d	2	밸브는 작동가능하나 고장으로 수리가 필요하거나 누수의 진행 관찰이 필요
e	1	밸브의 작동이 불가하거나 누수의 진행(분출)이 확연함

【표 4.35】 절연열화에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	절연열화가 전혀 없는 상태
b	4	절연열화가 매우 미미한 상태
c	3	절연열화가 경미한 상태 (경년열화를 고려한 1MΩ 정도)
d	2	절연열화가 심화된 상태 (경년열화를 고려한 1MΩ 이하로서 규정된 절연저항치 정도)
e	1	절연열화가 매우 위험하게 진행된 상태 (규정된 절연저항치 미만)

【표 4.36】 접지불량에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	접지불량이 전혀 없음
b	4	접지불량이 매우 미미한 상태
c	3	접지불량이 경미한 상태(규정된 접지저항치 범위 내)
d	2	접지불량이 심화된 상태(규정된 접지저항치의 120% 이하)
e	1	접지불량이 위험하게 진행된 상태(규정된 접지저항치의 120% 초과)

【표 4.37】 전기설비의 불량에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	전기설비의 불량이 전혀 없는 상태
b	4	전기설비의 불량이 매우 미미한 상태
c	3	전기설비의 불량이 경미한 상태 (설비의 기동 및 운전에 지장이 없는 상태)
d	2	전기설비의 불량이 심화된 상태 (설비의 기동 및 운전에 지장을 초래하는 상태)
e	1	전기설비의 불량이 극심한 상태 (설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태)

※) 송수펌프모터 · 기동반 · 조작반 · 발전기 등

4.5 기타시설 상태평가 기준

【표 4.38】 추락방지시설에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가내용
a	○ 손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○ 추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○ 추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

【표 4.39】 도로포장에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가내용
a	○ 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○ 포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○ 배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○ 도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

【표 4.40】 도로부 신축이음부에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가내용
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생한 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

【표 4.41】 환기구 등 덮개에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가내용
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

4.6 상태평가결과 산정방법

상수도 시설물은 크게 관로시설물, 토목구조물 및 기계·전기설비 및 건축구조물로 구분되며, 상수도전용 댐(수원지시설)이 존재하는 경우에는 이를 상수도 시설물에 포함하며, 이의 시설물들 중 건축구조물과 상수도전용 댐(수원지시설)은 각각 제6장 건축물 및 제5장 댐에서 제시하는 상태평가 산정 절차에 의해 평가가 이루어지고 나머지 시설물들은 다음에 제시되는 상태평가결과 산정 방법에 따라 수행한다.

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

【표 4.42】 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분(예)

평가단계별 구분		부재 및 시설물의 구분						
평가구분		평가대상						
상태평가	1단계	상태변화※) (결함, 손상)	관로1 관로2 ... 밸브실1 밸브실2 ... 등등	블록1 블록2 ...	슬래브 벽체 기둥 보 ... 등등	펌프1,... 전동기1,... 베드1,... 배관1,... 권양와이어 권양레이 등등	건축물 적용	댐 적용
	2단계	개별부재	세부구간 2-1 세부구간 2-2 ...					
	3단계	복합부재	구간1 구간2 ...	구간1 구간2 ...	취수탑1,... 수정1,... 착수정1,... 침전지1,... 여과지1,... 정수지1,... 등등	펌프설비1, ... 배관설비1, ... 권양기1,... 등등		
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설물	계통1 계통2 ...	수로터널1 수로터널2 ...	취수탑 수정 착수정 침전지 여과지 정수지 등등	펌프설비 배관설비 기 등등		
종합평가	5단계	복합시설물	관로	수로터널	취수시설 취수장1,... 정수장1,... 가압장1,... 등등	취수장1,... 정수장1,... 가압장1,... 등등		
	6단계	통합시설물	관로시설물		토목구조물	기전설비	건축 구조물	수원지 시설(댐)
	7단계	종합시설물	상 수 도					

4.6.1 관로 시설물

(1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

1단계는 상기와 같이 관로의 분할구간 중 소정의 연장구간(단위조사구간)으로 구획한 개별부재(부위)에 대해 개별부재(부위)에 발생되어 있는 손상 및 결함 등의 조사항목에 대한 상태기준을 표기(알파벳 소문자)한다.

【표 4.43】 관로의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
Sta. No. 49+00~52+00	관로 세부구간 2-2	관로구간 2	○○계통	No. P1-1-2
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록) ※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	경과년수	설치연도 : 1987년	23 년	c
②	관내·외면 도장상태	관외면 : 코울타르 에나멜 도복장 관내면 : 액상 에폭시수지 도장	관외면 : 손상 다소 발생	c
③	관로부식	경미한 전면부식	최대부식깊이 : 0.2mm 최대부식면적 : 0.05m ²	b
④	관체 변형률	실측내경 : 평균 1820mm, 최대 1864mm	2.4 %	b
특기사항				
- 관종 : 강관, - 관경 : D=1,200mm, - 연장 : L=120m				
조사일자	20 . 10. 23, 14:00 ~ 17:00	조사자	홍길동, 김철수	

(2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 평가단계별 표를 참조하여 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E2)를 산정한 후 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)을 부여한다.

【표 4.44】 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준 및 평가유형별 영향계수(F)

상태평가지수 범위에 따른 상태평가		구 분		영 향 계 수(F)				
상태평가지수(E)	상태평가기준	상태평가기준		a	b	c	d	e
$4.5 \leq E1 \leq 5.0$ $3.5 \leq E1 < 4.5$ $2.5 \leq E1 < 3.5$ $1.5 \leq E1 < 2.5$ $1.0 \leq E1 < 1.5$	a b c d e	상태평가점수		5	4	3	2	1
		평가 유 형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
			국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
			일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0

【표 4.45】 관로 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표						
개별부재명	관로 2-2		개별부재규모	강관, D = 1,200mm, L = 120m		표번호
복합부재명	관로구간 2		개별시설물명	○○계통		No. P1-2-2
근거(1단계) 표번호	No. P1-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)					
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E1=M ×F)	
경과년수	일반손상	관로	3	1.3	3.9	
관내·외면 도장상태	국부결함	관로	3	1.2	3.6	
관로부식	중요결함	관로	4	1.0	4.0	
관체 변형률	중요결함	관로	4	1.0	4.0	
평가의견						
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E2)=상태평가지수(E1) 값 중 최솟값 = 3.6 2. 개별부재(관로1-2-2)의 상태평가결과 = b					

(3) 3단계 평가 : 복합부재 상태평가표 작성

관로의 복합부재는 관로계통(도수, 송수, 배수 등)에서 하나의 분할구간을 의미하는 것으로 단위조사 관로구간, 밸브실 및 조절지 등의 개별부재 집합이므로 복합부재의 평가는 각 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영함이 필요하다. 따라서 복합부재를 구성하는 각 주요개별부재에 대한 중요도를 아래표와 같이 설정하였으며, 각 개별부재별 중요도의 합은 100이 되도록 하며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

중요도가 설정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우

－ 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하되 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 한다.

중요도는 설정되어 있으나 평가대상이 아닌 개별부재인 경우

－ 중요도는 개별부재 종류별로 설정하되, 각각의 개별부재에 대해서 관로의 경우 규모(단면적 $\times$ 연장, m³), 밸브실의 경우 개수, 조절지의 경우 체적(m³) 등을 기준으로 배분한다.

【표 4.46】 관로의 개별부재 종류에 따른 중요도(W) 및 조정방법의 예

구 분	조 절 지	관 로	밸 브 실	비 고
중요도 (%)	20 $\pm 4(16 \sim 24)$	65 $\pm 13(52 \sim 78)$	15 $\pm 3(12 \sim 18)$	()내는 책임기술자가 조정할 수 있는 중요도의 범위
조정 후 중요도 (%)	—	$65 \times 100 / 80 = 81.25$ $\Rightarrow 81$	$15 \times 100 / 80 = 18.75$ $\Rightarrow 19$	•조절지가 없는 경우 조절지의 중요도 값을 나머지 개별부재의 중요도 가중치를 적용하여 배분

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 다음과 같은 조정계수(A)를 적용한다.

복합부재의 상태평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

【표 4.47】 상태평가지수에 따른 조정계수(A)

상태평가지준	a	b	c	d	e
상태평가지수 (E1 ~ 7, Es, Ec)	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

복합부재의 상태평가

개별부재의 상태평가지수(E2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 사용하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고, 상태평가지수 범위에 따른 상태평가지수에 의해 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

$$\text{복합부재의 상태평가지수}(E_3) = \sum(E_2 \times P) / \sum P$$

여기서, E2 : 개별부재의 상태평가지수

P : 조정 값(=A × W)

A : 조정계수

W : 중요도

【표 4.48】 관로 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	관로구간 2	개별 시설물명	○○계통	표번호		
복합부재 규모	강관, D = 1,200mm, L = 1,800m				No. P1-3-2	
근거(2단계) 표번호	No. P1-2-1, No. P1-2-2, No. P1-2-3, No. P1-2-4, No. P1-2-5, No. P1-2-6, No. P1-2-7					
개별부재구분	상태평가 결과	상태평가 지수(E2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (E2×P)
관로 2-1	c	3.2	3	65/2	97.5	312.0
관로 2-2	b	3.6	2	65/2	65.0	234.0
밸브실 1	a	4.6	1	15/3	5.0	23.0
밸브실 2	b	3.9	2	15/3	10.0	39.0
밸브실 3	c	2.8	3	15/3	15.0	42.0
조절지 1	c	3.0	3	20/2	30.0	90.0
조절지 2	d	2.3	6	20/2	60.0	138.0
합계(Σ)				100	282.5	878.0
평가의견						
상태평가 결과	1. 복합부재 상태평가지수(E3) = $\Sigma(E2 \times P) / \Sigma P$ = 878.0 / 282.5 = 3.11 2. 복합부재(관로구간 1-2) 상태평가결과 = c					

(4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

도수관로, 송수관로1, 송수관로2, ... 등 각 계통별 관로는 개별시설물로서 동일기능을 수행하는 복합부재(구간1, 구간2, ...)의 집합으로서 구성된다.

개별시설물의 상태평가 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 복합부재의 규모(관로구간 : 관의 단면적×해당 관의 연장, 별도의 구간으로 구분된 조절지 : 가로×세로×높이)를 반영하여 아래 식에 의해 개별시설물의 상태평가지수(E4)를 산출하고, 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

$$\text{개별시설물의 상태평가지수}(E_4) = \text{Min} + V_1 \times V_2$$

$$\text{여기서, } V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$$

$$V_2 = \Sigma(E_3 \times S) / 5 \times \Sigma S$$

S : 복합부재별 규모(m², m³)

Max : 복합부재의 상태평가지수(E₃) 중 최댓값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E₃) 중 최솟값

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

【표 4.49】 관로 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	○○계통	개별시설물 규모	강관, D = 1,200mm, L = 5,500m	표번호
근거(3단계) 표번호	No. P1-3-1, No. P1-3-2, No. P1-3-3			No. P1-4-1
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E3)	규모(S, m3)	계산값(E3×S)
관로구간 1	b	3.69	2,035	7,509
관로구간 2	c	3.11	2,035	6,329
관로구간 3	b	3.92	2,148	8,420
합계(Σ)			6,218	22,258
평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최솟값(Min) = 3.11 2. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최댓값(Max) = 3.92 3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) = 0.3 \times (3.92 - 3.11) = 0.243$ 4. $V_2 = \Sigma(E_3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 22,258 / 5 \times 6,218 = 0.716$			
	5. 개별시설물(송수관로1)의 상태평가지수(E4) $= \text{Min} + V_1 \times V_2 = 3.11 + 0.243 \times 0.716 =$ 6. 개별시설물(송수관로1)의 상태평가결과 =			

4.6.2 수로터널

(1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

수로터널의 개별부재(부위)를 서로 다른 연장으로 구획하게 되면 복합부재나 개별시설물 등의 평가 시 연장에 대한 보정을 하여야 하는 번거로움이 있으므로 가능하면 동일한 연장으로 개별부재(부위)를 구획하는 것이 바람직하다.

1단계는 상기와 같이 수로터널의 분할구간 중 소정의 동일 연장구간으로 구획한 개별부재(부위)에 대해 개별부재(부위)에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관조사망도를 작성하고, 조사내용을 상세히 기록하며 손상 및 결함별 상태평가기준에 의해 상태기준을 표기(알파벳 소문자)한다.

【표 4.50】 수로터널의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
Sta. No. 3+00~5+00	블록 3-1-2	터널구간 3-1	수로터널 3	No. 3T-1-2
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	콘크리트 균열	수평균열 2개소	○균열폭 : 0.12~0.18mm ○균열길이 : 15.8m	b
②	콘크리트 균열	수직균열 3개소	○균열폭 : 0.2~0.25mm ○균열길이 : 3.6m	c
③	콘크리트 박리	부분적 박리	○박리면적 : 0.52m ² ○박리깊이 : 1.2mm	d
④	콘크리트 염화물 함량	염화물 미량검출	○염화물함량 : 0.12kg/m ³	a
⑤	콘크리트 탄산화 깊이	콘크리트 pH저하 철근피복두께 : 70cm	○탄산화깊이 : 12mm	b
특기사항				
○마제형 철근콘크리트 라이닝 구조 ○규모 : D = 2.5m ○연장 : L = 80m ○조사단위면적 : 2.5m × 3.14 × 80.0m = 628.0m ²				
조사일자	20 . 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

(2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E2)를 산정한 후 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

【표 4.51】 수로터널 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	블록3-1-2	개별부재규모	D = 2.5m, L = 80m		표번호
복합부재명	터널구간 3-1	개별시설물명	수로터널 3		No. 3T-2-1
근거(1단계)표 번호	No. 3T-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E1=M ×F)
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	4	1.1	4.0
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
콘크리트 박리	일반손상	토목구조물	2	1.7	3.4
콘크리트 염화물함량	국부결함	토목구조물	5	1.0	5.0
콘크리트 탄산화깊이	국부결함	토목구조물	4	1.1	4.4
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E2)=상태평가지수(E1) 값 중 최솟값 = 2. 개별부재(블록3-1-2)의 상태평가결과 =				3.4 c

(3) 3단계 평가 : 복합부재 상태평가표 작성

수로터널의 복합부재는 수로터널을 분할한 다수의 구간들 중 하나의 구간을 의미하는 것으로 단위조사 구간(Block)인 개별부재의 집합이므로 복합부재의 평가는 각 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영하는 것이 필요하며, 각 개별부재에 대한 중요도의 합은 100이 되도록 하며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

중요도가 설정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우

- 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하되 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 한다.

중요도는 설정되어 있으나 평가대상이 아닌 개별부재인 경우

- 그 개별부재의 중요도 값을 나머지 평가대상 개별부재에 배분한다.

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E₂)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E₃)를 산출하고 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

【표 4.52】 수로터널 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	터널구간 3-1	개별시설물명	수로터널 3			표번호
복합부재규모	마제형 철근콘크리트라이닝 구조 D = 2.5m, L = 240m					No. 3T-3-1
근거(2단계) 표 번호	No. 3T-2-1, No. 3T-2-2, No. 3T-2-3					
개별부재구분	상태평가결과	상태평가지수 (E2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A × W)	계산값 (E2 × P)
블록3-1-1	b	4.2	2	100/3	66.7	280.1
블록3-1-2	c	3.4	3	100/3	100.0	340.0
블록3-1-3	b	3.9	2	100/3	66.7	260.1
합계 (Σ)				100	233.4	880.2
평가의견						
상태평가 결과	1. 복합부재 상태평가지수(E3) = $\Sigma(E2 \times P) / \Sigma P = 880.2 / 233.4 =$ 2. 복합부재(터널구간 3-1) 상태평가결과 =					3.77 b

(4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

관로 도중에 설치되는 수로터널은 다수의 터널이 설치될 수 있으며, 각각의 수로터널을 개별시설물로 구분하며, 동일기능을 수행하는 복합부재(구간1, 구간2, ...)의 집합으로서 구성된다.

개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 복합부재의 규모(수로터널의 단면적×수로터널의 연장)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E4)를 산출하고, 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별 시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

【표 4.53】 수로터널 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별 시설물명	수로터널 3	개별 시설물규모	마제형 철근콘크리트라이닝 구조. D = 2.5m, L = 740m	표번호
근거(3단계) 표번호	No. 3T-3-1, No. 3T-3-2, No. 3T-3-2			No. 3T-4-1
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E3)	규모(S, m ³)	계산값(E3×S)
터널구간 3-1	b	3.77	1,177.5	4,439.2
터널구간 3-2	c	3.42	1,275.6	4,362.6
터널구간 3-3	b	3.83	1,177.5	4,509.8
합계(Σ)			3,630.6	13,311.6
평가의견				
상태평가 결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최솟값(Min) = 3.42 2. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최댓값(Max) = 3.83 3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.83 - 3.42) = 0.123$ 4. $V2 = \Sigma(E3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 13,311.6 / 5 \times 3,630.6 = 0.733$			
	5. 개별시설물(수로터널3)의 상태평가지수(E4) $= Min + V1 \times V2 = 3.42 + 0.123 \times 0.733 =$ 6. 개별시설물(수로터널3)의 상태평가결과 = 3.51 b			

4.6.3 토목구조물

(1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

상수도의 토목구조물은 대부분 철근콘크리트 구조로서 슬래브, 벽체, 기둥 및 보 등으로 구성되며 이러한 구성요소를 개별부재로 본다.

1단계는 상기와 같은 개별부재에 대해 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관조사망도를 작성하고 조사내용을 상세히 기록하며, 손상 및 결함별 상태평가 기준에 의해 상태평가결과를 표기(알파벳 소문자)한다.

필요에 따라 개별부재를 부위별로 다수의 조사망을 구획하여 외관조사망도를 작성할 수 있으며, 이러한 경우 2단계에서 부위별 손상 및 결함을 취합하여 개별부재에 대한 상태평가를 실시토록 한다.

【표 4.54】 토목구조물의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
A-S2W-3	벽체A-2-3	A-2호침전지	A정수장 침전지	No. SW-1-1
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록) ※ 개략도 작성 시 규격용지를 황으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	침하	부분적 경미한 침하 (보수불필요)	○ 침하깊이 : 1.5mm ○ 침하진전 없음	b
②	콘크리트 균열	수직균열 3개소	○ 균열폭 : 0.15~0.20mm 미만 ○ 균열길이 : 5.6m	b
③	콘크리트 박리	부분적 박리	○ 박리면적 : 0.40m ² ○ 박리깊이 : 0.4mm	c
④	누수	신축이음부위에 상당한 누수발생	○ 누수로 인한 철근부식진행	d
⑤	콘크리트 파손	부분적 파손	○ 파손면적 : 0.4m ² ○ 파손깊이 : 30mm	c
특기사항	○ 철근콘크리트 구조 및 예폭시방수·방식실시 ○ 규모 : H = 3.5m, L = 30.0m ○ 조사단위면적 : 3.5m × 30.0m = 105m²			
조사일자	20 . 10. 23 14:00 ~ 17:00	조사자	홍길동, 김철수	

(2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E2)를 산정한 후 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

【표 4.55】 토목구조물 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	벽체A-2-3	개별부재규모	철근콘크리트 구조 H = 3.5m, L = 30.0m		표번호
복합부재명	A-2호침전지	개별시설물명	A정수장 침전지		No. SW-2-1
근거(1단계) 표번호	No. SW-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E1=M×F)
침하	중요결함	토목구조물	4	1.0	4.0
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	4	1.1	4.4
콘크리트 박리	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
누수	일반손상	토목구조물	2	1.7	3.4
콘크리트 파손	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E2)=상태평가지수(E1)값 중 최솟값 = 2. 개별부재(벽체A-2-3)의 상태평가결과 =				3.4 c

(3) 3단계 평가 : 복합부재 상태평가표 작성

토목구조물의 복합부재는 각각의 개별부재(슬래브, 벽체, 기둥 및 보 등)로 구성되는 단위구조물로서 복합부재의 평가는 각각의 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영하는 것이 필요하며, 이때 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 한다. 표준적인 개별부재별 중요도(W)를 설정하면 아래표와 같으며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

【표 4.56】 개별부재별 중요도(W) 기준

개별부재구분	중요도(W)		비 고
	내력구조인 경우	비 내력구조인 경우	
바닥슬래브	20	25	
상부슬래브	10	10	
벽 체	25	10	
기 둥	25	30	
보	20	25	

중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우

－ 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하고 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분한다.

중요도는 제시되어 있으나 평가할 수 있는 해당 개별부재가 없는 경우

－ 그 중요도를 나머지 개별부재에 배분한다.

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정하기 위하여 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고, 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

【표 4.57】 토목구조물 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	A-2호침전지		개별시설물명	A정수장 침전지		표번호
복합부재규모	철근콘크리트 구조, H=3.5m, W=12.0m, L=30.0m					No. AS-3-2
근거(2단계)표 번호	No. BS-2-1, No. US-2-1, No. SW-2-1, No. CL-2-1, No. BM-2-1					
개별부재구분	상태평가 결과	상태평가 지수(E2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A × W)	계산값 (E2 × P)
바닥슬래브	b	3.7	2	20	40	148.0
상부슬래브	c	3.1	3	10	30	93.0
벽 체	c	3.4	3	25	75	255.0
기 둥	a	4.7	1	25	25	117.5
보	a	4.8	1	20	20	96.0
합계(Σ)				100	190	709.5
평가의견						
상태평가 결과	1. 복합부재 상태평가지수(E3) = Σ(E2 × P) / ΣP = 709.5 / 190.0 = 2. 복합부재(A-2호 침전지) 상태평가결과 =					3.73 b

(4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

토목구조물의 개별시설물은 대부분 동일한 기능과 형식을 가진 단위구조물들의 복수계열로 이루어진 집합구조물로서 개별시설물을 구성하는 복합부재들은 각각 동일한 고유의 기능을 가지면서 다른 복합부재와 유기적으로 밀접하게 관계되어 있다.

따라서 개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 복합부재의 규모(조사면적, m²)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E4)를 산출하고, 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

【표 4.58】 토목구조물의 개별시설물 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	A정수장 침전지	개별 시설물규모	철근콘크리트구조 (H3.5m × W12.0m × L=30.0m × 4지)	표번호
근거(3단계) 표번호	No. AS-3-1, No. AS-3-2, No. AS-3-3, No. AS-3-4			No. AS-4-1
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E3)	규모(S, m ²)	계산값(E3 × S)
A-1호 침전지	c	3.38	1,260	4,258.8
A-2호 침전지	b	3.73	1,260	4,699.8
A-3호 침전지	b	3.85	1,260	4,851.0
A-4호 침전지	c	3.14	1,260	3,956.4
합계(Σ)			5,040	17,766.0
평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최솟값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최댓값(Max) = 3.85 3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.85 - 3.14) = 0.213$ 4. $V2 = \Sigma(E3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 17,766.0 / 5 \times 5,040.0 = 0.705$			
	5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가지수(E4) $= Min + V1 \times V2 = 3.14 + 0.213 \times 0.705 =$ 6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가결과 =			

4.6.4 기계·전기설비

(1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

기전설비의 손상 및 결함상태조사표는 복합부재에 대하여 작성하며, 조사표에는 손상상태를 기록하고 필요한 경우에 한해서 개략도를 포함하여 작성한다. 각각의 단위기기 설비(펌프설비, 배관설비, 권양기 등)를 구성하고 있는 요소(펌프, 전기설비, 펌프베드, 흡입관, 토출관, 와이어 로프 등)를 개별부재(부위)로 보며, 이들의 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태의 조사내용을 상세히 기록하며, 손상 및 결함별 상태평가기준에 의해 상태기준을 표기(알파벳 소문자)한다.

그러나 필요에 따라 개별부재를 부위별로 다수의 조사망을 구획하여 외관조사망도를 작성할 수 있으며, 이러한 경우 2단계에서 부위별 손상 및 결함을 취합하여 개별부재에 대한 상태평가를 실시토록 한다.

【표 4.59】 기전설비의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
B-P1-1	B-펌프1호	B-펌프설비1호	B취수장 펌프설비	No. P-1-1
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도식 및 주기사항 기록) ※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	펌프진동	약간의 진동발생	진동크기 : 1.5mm/sE	b
②	펌프소음	상당한 소음발생	소음크기 : 85dB	c
③	펌프베드	손상유무	미세균열이 부분적으로 발생	c
④	전기설비	손상유무 및 작동불량	작동불량	e
특기사항	○ 펌프형식 : 다단보류트 양흡입펌프 ○ 펌프특성 : 양정: 50m, 동력: 100kw, 토출량: 7.5m³/분			
조사일자	20 . 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

(2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E2)를 산정한 후 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

【표 4.60】 기전설비 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	B-펌프1호	개별 부재규모	양정 : 50m, 동력 : 100kw, 토출량 : 7.5m3/분		표번호
복합부재명	B-펌프설비1호	개별 시설물명	B취수장 펌프설비		No. P-2-1
근거(1단계) 표번호	No. P-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E1=M ×F)
펌프진동	국부결함	기계·전기설비	4	1.1	4.4
펌프소음	국부결함	기계·전기설비	3	1.2	3.6
펌프베드	일반손상	기계·전기설비	3	1.3	3.9
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E2)=상태평가지수(E1)값 중 최솟값 = 2. 개별부재(B-펌프1호)의 상태평가결과 =				3.6 b

(3) 3단계 평가 : 복합부재 평가표 작성

기전설비의 복합부재는 단위설비를 의미하는 것으로 이를 구성하는 각각의 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향정도에 따라 복합부재 평가 시 그 중요도를 반영하는 것이 필요하다. 하지만 기전설비에 있어서의 개별부재들은 단위설비의 복합부재 안전에 미치는 영향도가 크게 차이를 가지지 않으므로 개별부재별 중요도(A)는 동일하게 적용함을 원칙으로 한다. 단, 개별부재의 특성이나 상황 등에 따라 중요도에 차이가 있다고 판단되는 경우에는 책임기술자가 개별부재별 중요도를 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있는 것으로 하며 이때 개별부재의 중요도의 합은 100이 되도록 한다.

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

【표 4.61】 기전설비 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	B-펌프설비1호		개별시설물명	B취수장 펌프설비		표번호
복합부재규모	펌프 : 양정 50m, 동력 100kw, 토출량 7.5m3/분 펌프베드 : 철근콘크리트기초 (W1.2m ×L2.5m ×H0.5m)					No. P-3-1
근거(2단계)표 번호	No: P-2-1, No. P-2-2, No. P-2-3					
개별부재구분	상태평가결과	상태평가지수 (E2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (E2 ×P)
B-펌프1호	b	3.6	2	100/3	66.7	240.1
B-펌프1호 전기설비	a	4.7	1	100/3	33.3	156.5
B-펌프1호 베드	c	2.9	3	100/3	100.0	290.0
합계(Σ)				100	200.0	686.6
평가의견						
상태평가 결과	1. 복합부재 상태평가지수(E3)=Σ(E2×P) / ΣP = 686.6/200.0 = 2. 복합부재(B-펌프설비1호) 상태평가결과 =					3.43 c

(4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

기전설비의 개별시설물은 대부분 동일한 기능과 형식을 가진 단위설비들의 복수계열로 이루어진 집합구조물로서 개별시설물을 구성하는 복합부재들은 각각 동일한 고유의 기능을 가지면서 다른 복합부재와 유기적으로 밀접하게 관계되어 있다.

따라서 개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 복합부재의 규모(시설용량, m³/분)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E4)를 산출하고, 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

【표 4.62】 기전설비 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	B취수장 펌프설비	개별시설물규모	H50m × P100kw × Q7.5m ³ /분 × 3대 H50m × P60kw × Q4.0m ³ /분 × 1대	표번호
근거(3단계) 표번호	No. P-3-1, No. P-3-2, No. P-3-3, No. P-3-4			No. P-4-1
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E3)	규모(S, m ³ /분)	계산값(E3 × S)
B-펌프설비1호	c	3.43	7.5	25.7
B-펌프설비2호	b	4.02	7.5	30.2
B-펌프설비3호	c	3.38	7.5	25.4
B-펌프설비4호	a	4.57	4.0	18.3
합계(Σ)			26.5	99.6
평가의견				
상태평가 결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최솟값(Min) = 3.38 2. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최댓값(Max) = 4.57 3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (4.57 - 3.38) = 0.357$ 4. $V2 = \Sigma(E3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 99.6 / 5 \times 26.5 = 0.752$			
	5. 개별시설물(B취수장 펌프설비)의 상태평가지수(E4) $= Min + V1 \times V2 = 3.38 + 0.357 \times 0.752 = 3.65$ 6. 개별시설물(B취수장 펌프설비)의 상태평가결과 = b			

제5장 종합평가 및 안전등급 지정

5.1 개 요

5.2 종합평가결과 산정 방법

5.3 안전등급 지정

제 5 장 종합평가 및 안전등급 지정

5.1 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 산정한다. 또한, 각 개별 시설물에 대한 종합평가 결과를 기초로 복합시설물, 통합시설물에 대하여 최종적인 종합평가를 실시한다.

정밀안전점검 시 상태평가만 실시하므로 상태평가 결과에 의해 부여된 상태평가 결과가 그 시설물에 대한 종합평가 결과로 결정된다.

【표 5.1】 종합평가지수에 따른 종합평가기준

종합평가지수(E4~E7)	종합평가기준	비 고
$4.5 \leq (E4 \sim E7) \leq 5.0$	a 또는 A	
$3.5 \leq (E4 \sim E7) < 4.5$	b 또는 B	
$2.5 \leq (E4 \sim E7) < 3.5$	c 또는 C	
$1.5 \leq (E4 \sim E7) < 2.5$	d 또는 D	
$1.0 \leq (E4 \sim E7) < 1.5$	e 또는 E	

5.2 종합평가결과 산정 방법

5.2.1 종합평가결과 산정

(1) 개별시설물

개별시설물의 종합평가결과 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가결과를 종합평가결과로 같음하지만 안전성평가를 실시하는 경우에는 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 상태 및 안전성평가결과로 산출된 개별시설물의 상태평가지수(E_c)와 안전성평가지수(E_s)중 작은 값을 종합평가지수(E_t)로 적용하여 종합평가지수(E_t)에 따른 종합평가기준에 의해 개별시설물에 대한 종합평가결과를 부여한다.

$$\text{종합평가지수}(E_t) = \text{MIN}(E_c, E_s)$$

여기서, E_c : 상태평가지수

E_s : 안전성평가지수

(2) 복합, 통합 및 종합시설물

개별시설물의 평가단계(4단계) 이후에 순차적으로 이루어지는 복합시설물의 종합평가(5단계), 통합시설물의 종합평가(6단계) 및 종합시설물의 종합평가(7단계) 시 수행되는 각각의 종합평가결과 산정은 개별시설물의 종합평가지수를 기초로 하여 시설물의 중요도(W) 및 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 다음에 예시되는 종합평가결과 산정 예시에 따라 이루어진다.

【표 5.2】 종합평가지수에 따른 조정계수(A)

종합평가기준	a 또는 A	b 또는 B	c 또는 C	d 또는 D	e 또는 E
종합평가지수(E_t)	$5.0 \geq E_t \geq 4.5$	$4.5 > E_t \geq 3.5$	$3.5 > E_t \geq 2.5$	$2.5 > E_t \geq 1.5$	$1.5 > E_t \geq 1.0$
조정계수(A)	1	2	3	6	6

5.2.2 종합평가결과 산정 방법

(1) 4단계 평가 : 개별시설물 종합평가표 작성

개별시설물에 대한 안전성평가를 실시하지 않은 경우에는 앞에서 예시한 개별시설물 상태평가표 작성으로 가름되지만 안전성평가를 실시한 경우에는 개별시설물 상태평가표를 작성하지 않고 다음에 예시되는 아래 표를 표준으로 개별시설물의 종합평가표를 작성토록 하며, 개별시설물의 종합평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

【표 5.3】관로의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표				
개별시설물명	송수관로 1	개별시설물 규모	강관, D = 1,200mm, L = 5,500m	표번호
				No. P1-4-1
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호	No. P1-3-1, No. P1-3-2, No. P1-3-3			
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E3)	규모(S, m³)	계산값(E3×S)
관로구간 1	b	3.69	2,035	7,509
관로구간 2	c	3.11	2,035	6,329
관로구간 3	b	3.92	2,148	8,420
합계(Σ)			6,218	22,258
상태평가 의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최솟값(Min) = 3.11 2. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최댓값(Max) = 3.92 3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.92 - 3.11) = 0.243$ 4. $V2 = \Sigma(E3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 22,258 / 5 \times 6,218 = 0.716$			
	5. 개별시설물(송수관로 1)의 상태평가지수(E4) = Min + V1 × V2 = 3.11 + 0.243 × 0.716 = 3.23 6. 개별시설물(송수관로 1)의 상태평가결과 = c			
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가결과	안전성평가점수	비 고
관로구간 1-1	0.92	c	3	
관로구간 1-2	1.06	b	4	단면감소(부식)발생
관로구간 1-3	0.87	d	2	
안전성평가 의견				
안전성평가 결과	1. 평가항목수 N= 3, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 4 2. 개별시설물의 안전성평가지수(Es1)= $2+0.3 \times (4-2) \times 3/5 \times (3-2)=$ 2.36 3. 개별시설물(송수관로 1)의 안전성평가결과 = d			
종 합 평 가				
종합평가 의견				
종합평가 결과	상태평가지수(E4)	안전성평가지수(Es1)	종합평가지수(Et1)	종합평가결과
	3.28	2.36	2.36	d

【표 5.4】 토목구조물의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표				
개별시설물명	A정수장 침전지	개별시설물규모	철근콘크리트구조	표번호
			(H3.5m × W12.0m × L=30.0m × 4지)	No. AS-4-1
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호	No. AS-3-1, No. AS-3-2, No. AS-3-3, No. AS-3-4			
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E3)	규모(S, m³)	계산값(E3 × S)
A-1호침전지	c	3.38	1,260	4,258.8
A-2호침전지	b	3.73	1,260	4,699.8
A-3호침전지	b	3.85	1,260	4,851.0
A-4호침전지	c	3.14	1,260	3,956.4
합계(Σ)			5,040	17,766.0
상태평가 의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최솟값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태평가지수(E3) 중 최댓값(Max) = 3.85 3. V1 = 0.3 × (Max - Min) = 0.3 × (3.85 - 3.14) = 0.213 4. V2 = Σ(E3 × S)/5 × ΣS = 17,766.0/5 × 5,040.0 = 0.705			
	5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가지수(E4) = Min + V1 × V2 = 3.14 + 0.213 × 0.705 6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가결과 = 3.29 c			
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가결과	안전성평가점수	비 고
A-1호 침전지	0.95	c	3	
A-2호 침전지	1.03	b	4	균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생
A-3호 침전지	1.12	a	5	
A-4호 침전지	0.86	d	2	
안전성평가 의견				
안전성평가 결과	1. 평가항목수 N= 4, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 5 2. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가지수(Es1) = 2 + 0.3 × (5-2) × (3+4) / 5 × (4-2) = 2.63 3. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가결과 = c			
종 합 평 가				
종합평가 의견				
종합평가 결과	상태평가지수(E4)	안전성평가지수(Es1)	종합평가지수(Et1)	종합평가결과
	3.29	2.63	2.63	c

(2) 5단계 평가 : 복합시설물 종합평가표 작성

상수도의 복합시설물은 각각 기능과 역할이 각각 다른 개별시설물들의 집합으로 구성되며, 이러한 개별시설물들의 문제발생 시 해당 복합시설물의 기능성 및 안전성에 미치는 영향도가 거의 비슷하다고 할 수 있으므로 복합시설물을 구성하는 각 개별시설물의 중요도는 동일하다고 보며, 개별시설물별 규모(크기)에 대한 가중치만 고려하는 것으로 한다.

따라서 복합시설물의 종합평가는 각 개별시설물의 종합평가지수(Et1)에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고, 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 복합시설물의 종합평가지수(Et2)를 산출하여 복합시설물에 대한 종합평가결과를 결정한다.

$$\text{복합시설물의 종합평가지수}(Et_2) = \sum (Et_1 \times P) / \sum P$$

여기서, Et_1 : 개별시설물의 종합평가지수

P : 조정 값($=A \times S$)

A : 조정계수

S : 개별시설물별 규모(m^2 , m^3)

관로와 토목구조물에 대한 복합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 하며, 복합시설물의 종합평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

【표 5.5】 관로의 복합시설물 종합평가표 예

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	관 로	복합시설물 규 모	D = 1,000~1,500mm L = 14,500m		표번호	
근거(4단계) 표번호	No. GP-4-1, No. P1-4-1, No. P2-4-1, No. DP-4-1				No. PL-5-1	
개별시설물 구분	종합평가 결과	종합평가지수 (Et1)	조정계수 (A)	규 모 (S, m³)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et1 ×P)
도수관로	b	3.84	2	1,766.3	3,532.6	13,565.2
송수관로1	d	2.48	6	6,217.3	37,303.8	92,513.4
송수관로2	c	3.01	3	5,652.0	16,956.0	51,037.6
배수관로	c	2.96	3	2,355.0	7,065.0	20,912.4
합계 (Σ)				15,990.6	64,857.4	178,028.6
평가의견						
종합평가 결과	1. 복합시설물(관로) 종합평가지수(Et2) = Σ(Et1 ×P) / ΣP = 178,028.6 / 64,857.4 = 2.74 2. 복합시설물(관로) 종합평가결과 = c					

【표 5.6】 토목구조물의 복합시설물 종합평가표 예

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	A정수장	복합시설물 규 모	시설용량(Q) = 200,000m3/일			표번호
근거(4단계) 표번호	No. AG-4-1, No. AS-4-1, No. AF-4-1, No. AW-4-1					No. AT-5-1
개별시설물 구분	종합평가 결과	종합평가지수 (Et1)	조정계수 (A)	규 모 (S, m³)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et1 ×P)
착수정	B	3.75	2	600.0	1,200.0	4,500.0
침전지	C	2.63	3	5,040.0	15,120.0	39,765.6
여과지	C	3.39	3	1,080.0	3,240.0	10,983.6
정수지	B	4.34	2	1,400.0	2,800.0	12,152.0
합계 (Σ)				8,120.0	22,360.0	67,401.2
평가의견						
종합평가 결과	1. 복합시설물(A정수장) 종합평가지수(Et2) = Σ(Et1 ×P) / ΣP = 67,401.2 / 22,360.0 = 2. 복합시설물(A정수장) 종합평가결과 =					3.01 c

(3) 6단계 평가 : 통합시설물 종합평가표 작성

상수도의 통합시설물은 분야별 시설물로서 관로시설물, 토목구조물, 기전설비 등을 말하며 각각의 통합시설물을 구성하는 복합시설물에서 문제가 발생하는 경우 해당 통합시설물의 기능성 및 안전성에 미치는 영향도가 차이를 가지지 않는다고 볼 수 있으므로 복합시설물별 중요도는 동일한 것으로 하며 복합시설물별 규모(크기 또는 시설용량)에 대한 가중치만 고려하는 것으로 한다.

따라서 통합시설물의 종합평가는 각 복합시설물의 종합평가지수(Et2)에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고, 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 통합시설물의 종합평가지수(Et3)를 산출한 다음 통합시설물에 대한 종합평가결과를 결정한다.

$$\text{통합시설물의 종합평가지수}(Et_3) = \Sigma(Et_2 \times P) / \Sigma P$$

여기서, Et_2 : 복합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A×S)

A : 조정계수

S : 복합시설물별 규모(m³, m³/일)

관로시설물과 토목구조물에 대한 통합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 하며, 통합시설물의 종합평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

【표 5.7】 관로시설물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	관로시설물	통합시설물 규 모	관로 : D1,000~1,500mm ×L14,5km 터널 : D2.5m ×2.04km			표번호
근거 (5단계) 표번호	No. PL-5-1, No. WT-5-1					No. PF-6-1
복합시설물 구분	종합평가 결과	종합평가지수 (Et2)	조정계수 (A)	규 모 (S, m3/분)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et2 ×P)
관 로	C	2.74	3	15,990.6	47,971.8	131,442.7
수로터널	B	4.03	2	10,008.8	20,017.6	80,670.9
합계 (Σ)					67,989.4	212,113.6
평가의견						
종합평가 결과	1. 통합시설물 (관로시설물) 종합평가지수(Et3) = Σ(Et2 ×P) / ΣP = 212,113.6 / 67,989.4 = 2. 통합시설물 (관로시설물) 종합평가결과 =					3.12 c

【표 5.8】 토목구조물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	토목구조물	통합시설물 규 모	시설용량(Q) = 200,000m3/일			표번호
근거(5단계) 표번호	No. IF-5-1, No. IP-5-1, No. AT-5-1, No. BP-5-1					No. CC-6-1
복합시설물 구분	종합평가 결과	종합평가지수 (Et2)	조정계수 (A)	규 모 (S, m3/분)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et2 ×P)
A 취수시설물	B	4.05	2	220	440	1,782.0
A 취수장	D	2.39	6	220	1,320	3,154.8
A 정수장	C	3.01	3	200	600	1,806.0
A 가압장	A	4.53	1	120	120	543.6
합계 (Σ)					2,480	7,286.4
평가의견						
종합평가 결과	1. 통합시설물(관로시설물) 종합평가지수(Et3) = Σ(Et2 ×P) / ΣP = 7,286.4 / 2,480 = 2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가결과 =					2.94 c

(4) 7단계 평가 : 종합시설물 종합평가표 작성

(가) 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도

상수도의 종합시설물은 평가대상 시설물의 총체를 말하는 것으로 각기 기능과 역할이 다르며, 전체적인 종합시설물에 대한 안전적 측면에서도 영향정도에 차이가 있는 분야별 시설물(통합시설물)의 집합으로 구성된다.

그러므로 평가단계에서 최종적으로 수행하는 종합시설물의 종합평가에서는 각 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도를 반영하는 것이 필요함에 따라 통합시설물별 중요도를 정하였으며, 통합시설물별 중요도의 합은 100이 되도록 하였으며, 책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

【표 5.9】 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도(W)

통합시설물 구분	관로시설물	토목구조물	기전설비	건축구조물	수원지시설물 (댐시설물 등)
중요도(W)	35	20	10	10	25

중요도가 규정되지 않은 추가적인 통합시설물이 있는 경우

－ 그 통합시설물의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하고 기타의 통합시설물들은 규정된 비율대로 배분한다.

중요도는 제시되어 있으나 평가할 수 있는 해당 통합시설물이 없는 경우

－ 그 중요도를 나머지 통합시설물에 배분한다.

(나) 종합시설물의 종합평가결과

종합시설물의 종합평가결과는 상기에서 정한 복합시설물별 중요도(A)와 앞에서 제시한 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 종합시설물의 종합평가지수(Et4)를 산출하고 종합평가기준 표를 참조하여 결정하며, 종합시설물의 안전등급은 알파벳 대문자로 표기한다.

$$\text{종합시설물의 종합평가지수}(Et_4) = \sum (Et_3 \times P) / \sum P$$

여기서, Et_3 : 통합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값 (=A × W)

A : 조정계수

W : 복합시설물별 중요도

【표 5.10】 종합시설물의 종합평가표 예

종합시설물 종합평가표						
종합시설물명	○○상수도	종합시설물 규 모	시설용량(Q)=200,000m3/일			표 번호
근거(6단계) 표번호	No. PF-6-1, No. CC-6-1, No. AC-6-1, No. ME-6-1					No. TF-7-1
통합시설물 구분	종합평가 결과	종합평가지수(Et3)	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Et3 ×P)
관로시설물	C	3.12	3	47	141.0	439.9
토목구조물	C	2.94	3	27	81.0	238.1
기전 설비	A	4.78	1	13	13.0	62.1
건축구조물	B	4.35	1	13	13.0	56.6
합계 (Σ)				100	248.0	796.7
평가의견						
종합평가 결과	1. 종합시설물(○○상수도)의 종합평가지수(Et4) = Σ(Et3 ×P) / ΣP = 796.7 / 248.0 = 2. 종합시설물(○○상수도)의 종합평가결과 =					3.21 C

5.3 안전등급 지정

안전점검 등(정기안전점검은 제3종시설물에 한한다)을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대하여 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 안전점검 등의 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

【표 5.11】 안전등급표

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

제6장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1 보수·보강방안

6.2 유지관리방안

제 6 장 보수·보강 및 유지관리방안

6.1 보수·보강방안

6.1.1 개 요

모든 구조물은 시간이 경과함에 따라 여러 가지 원인에 의하여 손상이나 결함이 발생하게 되고 그대로 방치해 두면 점진적으로 발전하여 대형사고의 원인이 될 수 있다. 따라서 구조물에 대한 외관조사, 내구성조사의 결과 일부 구간에 보수가 필요할 경우 구조물의 현 상태의 내구성, 기능성 등의 성능을 유지하고 필요에 따라 성능을 개선하기 위해서 보수를 실시해야 하며 보수구간에 대하여는 시행에 앞서 다음과 같은 기본방향 설정이 필요하다.

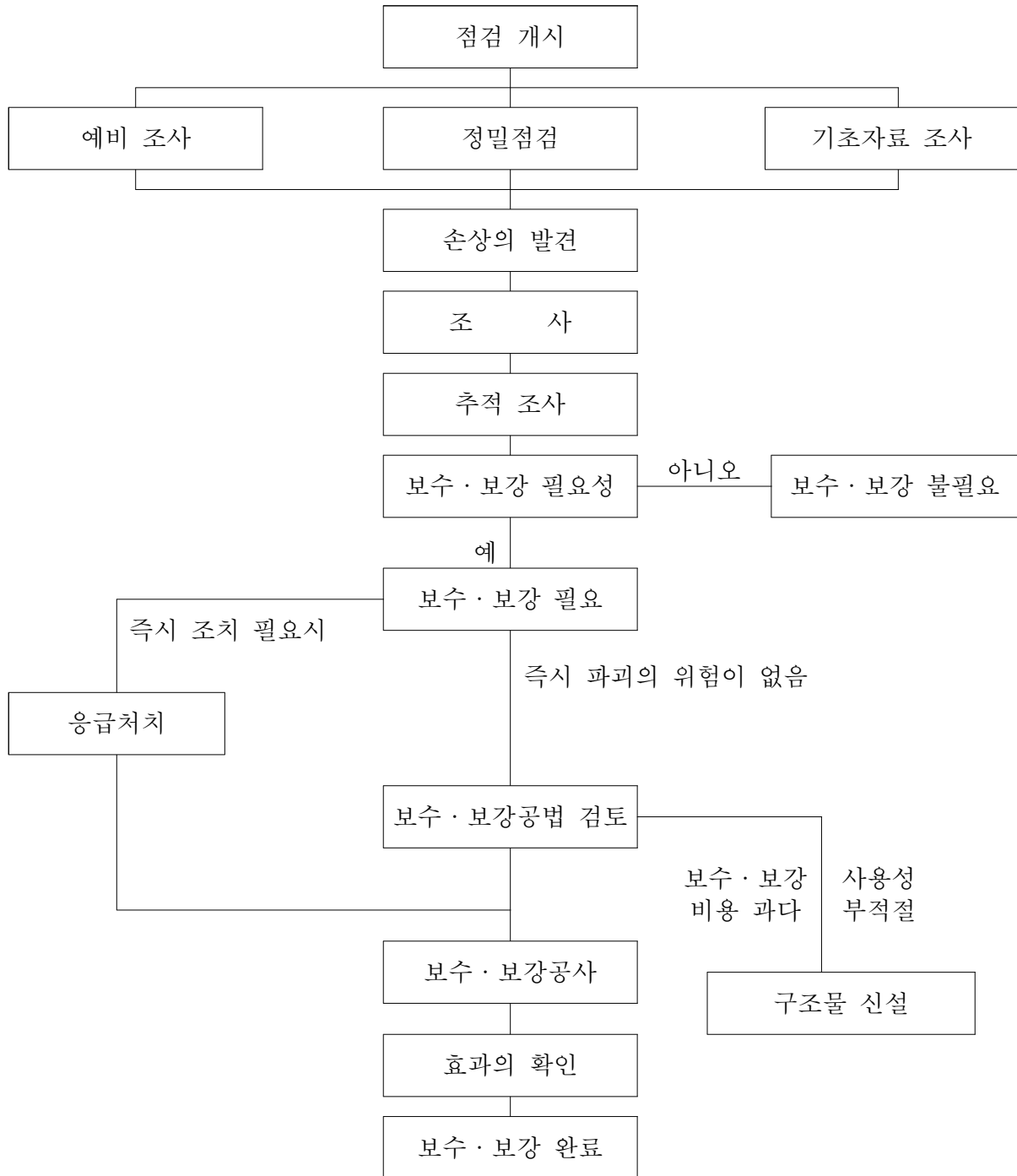
- ① 개보수공사 중 차량운행에 지장을 주어 사회적 문제점이 발생되지 않도록 한다.
 - 중대한 결함, 손상 및 열화가 아니면 한정된 시간에 보수·보강이 이루어져야 하므로 많은 제약이 따름
- ② 보수공법의 선정 시 시공성 및 경제성을 고려한 효과적인 공법을 선정하여 시행한다.
 - 작업시간을 고려하여 신속하게 시공이 가능하면서도 충분한 강도를 발현할 수 있는 재료의 사용이 요구됨
- ③ 보수공의 우선순위는 내구성 및 내하력에 미치는 영향을 고려하여 완급을 결정한다.
- ④ 보수공법의 적용은 구조물의 안전에 최우선을 두고 공사 시 참여 인원의 안전관리에 최선을 다하여야 한다.

(1) 보수공사의 우선순위

본 구조물에 필요한 보수의 우선순위는 손상 및 결함의 종류, 성상 및 원인 등을 고려하여 보수의 완급성을 판단하여 다음과 같이 정하였다.

- ① 구조물의 직접적인 안전성과 관련 있는 손상을 최우선으로 하였다.
- ② 누수 등과 같이 구조물의 노후화 및 부식을 가속시키는 손상으로 정하였다.
- ③ 주부재의 균열 또는 철근부식 등으로 주 철근과 같은 주요구조물의 내구성 및 성능저하를 유발할 수 있는 손상으로 정하였다.

(2) 보수·보강의 업무 흐름도



【그림 6.1】 보수·보강의 업무 흐름도

6.1.2 보수·보강 선정기준

(1) 보수공사의 우선순위

본 구조물에 필요한 보수의 우선순위는 손상 및 결함의 종류, 성상 및 원인 등을 고려하여 보수의 완급성을 판단하여 다음과 같이 선정하였다.

【표 6.1】 보수·보강 우선 순위 선정기준

구 분	순 위	내 용	손상내용
단 기 대 책	1순위	주요부재에 발생한 결함·손상이 커 안전성 또는 내구성에 영향을 미쳐 시급 보수가 필요한 경우	중방향균열 (구조적균열)
	2순위	즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우	균열(0.3mm 이상) 철근노출/도장손상
장 기 대 책	3순위	기능발휘에는 지장이 없으나, 내구성 증진을 위해 연차보수가 필요한 경우(방치시 규모가 증대 될 수 있는 손상 및 사용성을 위해 보수가 필요한 경우)	재료분리 표면처리 파손
	4순위	발생된 손상이 경미하여, 주의관찰을 통한 점검이 필요한 경우	균열(0.3mm 미만)

(2) 균열보수여부 판정기준

측정 균열 폭이 허용균열 폭보다 적은 경우에는 보수할 필요가 없고, 허용균열 폭보다 큰 경우에는 보수가 필요하다. 강재부식에 대한 환경조건은 【표 6.3】 을 따른다. 다만 【표 6.2】 에 적용될 수 있는 피복두께는 10cm 이하를 표준으로 한다.

【표 6.2】 허용균열폭 $w_a(\text{mm})$

강재의 종류		강재의 부식에 대한 환경조건			
		건조환경	습윤환경	부식성환경	고부식성환경
이형 철근	건 물	0.4mm	0.3mm	0.004tc	0.0035tc
	기타 구조물	0.006tc	0.005tc		
프리스트레싱 긴장재		0.005tc	0.004tc	—	—

여기서 tc는 최외단 철근의 표면과 콘크리트 표면사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)

【표 6.3】 강재의 부식에 대한 환경조건의 구분

구 분	내 용
건조환경	○ 일반 옥내부재, 부식의 우려가 없을 정도로 보호가 가능한 보통 주거 및 사무실 건물내부
습윤환경	○ 일반 옥외의 경우, 흠속의 경우
부식성환경	○ 습윤 환경과 비교하여 건습의 반복 작용이 많은 경우, 특히 유해한 물질을 함유한 지하수위 이하의 흠속에 있어서 강재의 부식에 해로운 영향을 주는 경우, 동결작용이 있는 경우, 동상방지제를 사용하는 경우 ○ 해양 콘크리트 구조물 중 해양중에 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

(3) 균열

① 발생원인

○ 콘크리트 구조물 균열 : 시공초기 타설 및 양생 단계시 발생

② 보수 우선 순위

순 위	내 용	보수방법
1순위	상부슬래브에 발생된 종방향균열(구조적균열)	주입보수
2순위	균열 중 $cw=0.3mm$ 이상 균열과 $cw=0.3mm$ 미만 균열 중 누수, 백태를 동반한 균열(내구성 확보)	주입보수
3순위	$cw=0.3mm$ 미만 균열 중 백태를 동반한 균열	표면처리
4순위	균열 중 $cw=0.1 \sim 0.2mm$ 균열	유지관리

(4) 백태

① 발생원인

○ 누수흔적, 백태 : 시공이음부 Sealing재 파손 부위 및 Cold Joint부에서 발생

② 보수 우선 순위

순 위	내 용	보수방법
1순위	—	—
2순위	—	—
3순위	콘크리트 표면에 누수흔적/백태가 다수 발생되어 구조물의 열화를 촉진하는 경우(내구성확보)	표면처리
4순위	콘크리트 표면에 누수흔적 및 표면백태가 발생한 경우	주의관찰

(5) 철근노출 및 재료분리 등

- ① 발생원인 : 피복두께 부족 및 재료분리, 단면손상, 다짐불량에 의한 노출
- ② 보수 우선 순위

순 위	내 용	보수방법
1순위	철근노출 및 부식으로 인한 단면감소로 안전성 및 내구성 저하에 큰 영향을 미치는 경우	철근보강+ 단면복구
2순위	철근이 표면으로 노출되어 철근부식 및 박락을 발생시키는 경우 (내구성확보)	단면복구공법(I)
3순위	—	—

(6) 도장손상

- ① 발생원인 : 피복두께 부족 및 재료분리, 단면손상, 다짐불량에 의한 노출
- ② 보수 우선 순위

순 위	내 용	보수방법
1순위	도장손상으로 방수·방식효과의 저하로 인한 구조물의 열화를 촉진하는 경우	방수·방식도장 (도장보수공법)
2순위	조사된 손상으로 면적이 넓어 미관상 보수가 필요한 경우 전체 면적이 방식도장으로 설치가 되어 있는 경우	방수·방식도장 (도장보수공법)
3순위	유수의 흐름으로 인해 도장보수가 불가능한 경우 제외한 시설물에서 도장손상이 경미하여, 주의관찰이 필요한 경우	주의관찰

(7) 문비 및 문틀 강재부식

- ① 발생원인 : 외기에 노출된 상태로 유수의 영향과 오랜 공용으로 인한 표면열화
- ② 보수 우선 순위

순 위	내 용	보수방법
1순위	강재부식으로 인한 단면 축소로 기능성을 상실한 상태	교체
2순위	강재부식이 발생되어 보수가 필요한 상태	표면처리 및 재도장
3순위	부식이 조금 발견된 상태	주의관찰

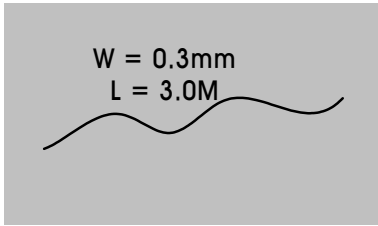
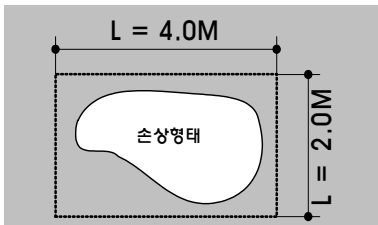
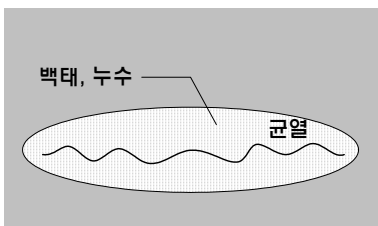
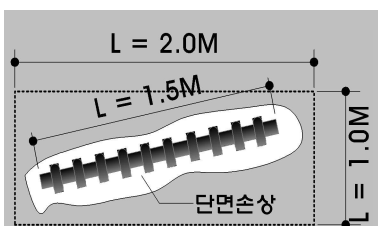
(8) 문비 수밀부 누수 보수

- ① 발생원인 : 지수재 파손, 탈락 및 마모와 문비 변형으로 인한 간섭
- ② 보수 우선 순위

순 위	내 용	보수방법
1순위	문비의 변형으로 누수가 다량으로 발생하여 기능성을 상실한 상태	문비 교체
2순위	문비의 변형, 문틀 간섭, 지수고무의 훼손 및 밀착불량 등으로 부분적인 누수가 발생하는 상태	문비 교체 지수재 교체
3순위	미세한 누수가 있는 경미한 상태	주의관찰

(9) 보수부위 산출방법

- ① 발생원인 : 콘크리트 품질불량 및 공용에 따른 단면손상, 들뜸
- ② 보수 우선 순위

손상종류	보수물량산출
균열 	○ 손상범위 : W(폭) = 0.3mm, L = 3.0m ○ 보수물량 : $3.0 \times 1.2 = 3.6\text{m}$ ○ 보수물량의 증감이 없도록 정확히 조사
단 면 손 상 (재료분리, 박리, 박락) 	○ 손상범위 : A = 8.0m² ○ 보수물량 : A = 8.0 × 1.2 = 9.6m³ ○ 치평작업성 및 보수부위 박리 방지를 위한 최소면적 고려
누 수 및 백 태 	○ 손상범위 - 균열 W(폭) = 0.3mm, L = 2.5m - 누수, 백태부 면적 = 2.5 × 0.1 = 1.0m² ○ 보수물량 - 균열주입 : L = 2.5 × 1.2 = 3.0m - 표면보수 : 1.0 × 1.2 (20%할증) = 1.2m³
철근노출 	○ 손상범위 - 철근노출 길이 : L = 1.5m - 단면손상 : 면적 = 1.5 × 0.2 = 0.3m² ○ 보수물량 - 철근노출부 방청처리 : L = 1.5m - 단면보수 : L = 0.3 × 1.2 = 0.4m³

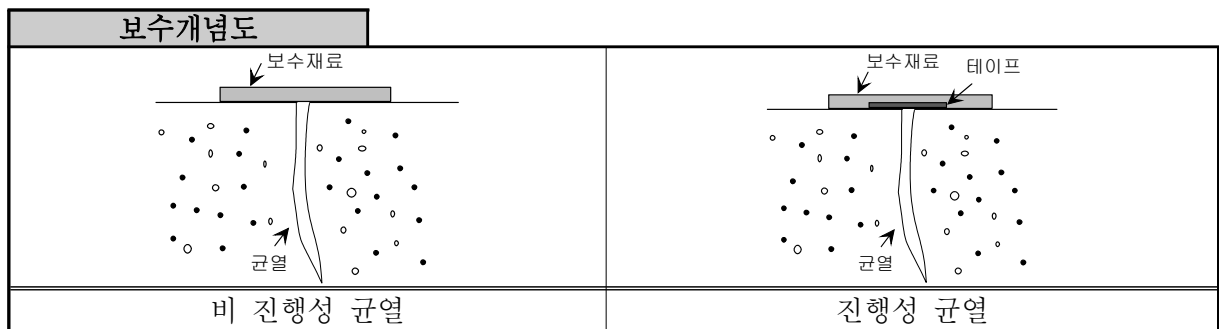
6.1.3 보수·보강 공법

(1) 균열보수

① 표면처리 공법

표면처리공법은 미세한 균열(0.3mm이하) 위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상 시킬 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있음

표면처리 사용재 종류	
•폴리머 시멘트 페이스트	•도막탄성 방수재(아크릴 수지계)
•시멘트 필라	•도막탄성 방수재(우레탄 수지계)



유의사항

- ① 표면 피복할 범위를 도면화하고 구조물 부위에 표시
- ② 균열부 또는 손상부위를 피복할 부위의 청소는 다소 여유있게 와이어 브러쉬, 전통대패 등으로 실시
- ③ 바탕처리가 필요한 경우는 주걱으로 눌러서 표면 공극이나 흠집을 충분히 매움
- ④ 표면 바탕처리후 경화가 완료되면(2~3일) 고운 사포를 이용하여 표면을 갈아내고 미분을 털어냄
- ⑤ 재료의 점도를 비롯한 물성특성을 고려하여 붓으로 바르거나 에어레스 스프레이를 이용하여 초벌을 바름
- ⑥ 표면 도막의 두께는 각 접단 일정한 두께로 형성하는 것이 보수효과와 내구성 측면에서 유리
- ⑦ 표면피복이 완료된 후는 주변 분진 또는 오물이 피복면에 흡착되지 않도록 보호막을 설치
- ⑧ 표면처리 공법 시공시 일부구간에 박락 또는 손상 등이 있는 구간은 충전공법을 병용할 수 있도록 조치

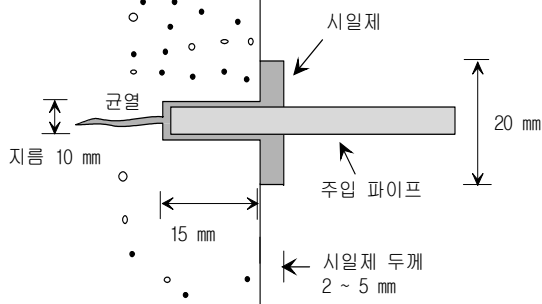
② 주입공법

공 법 개 요

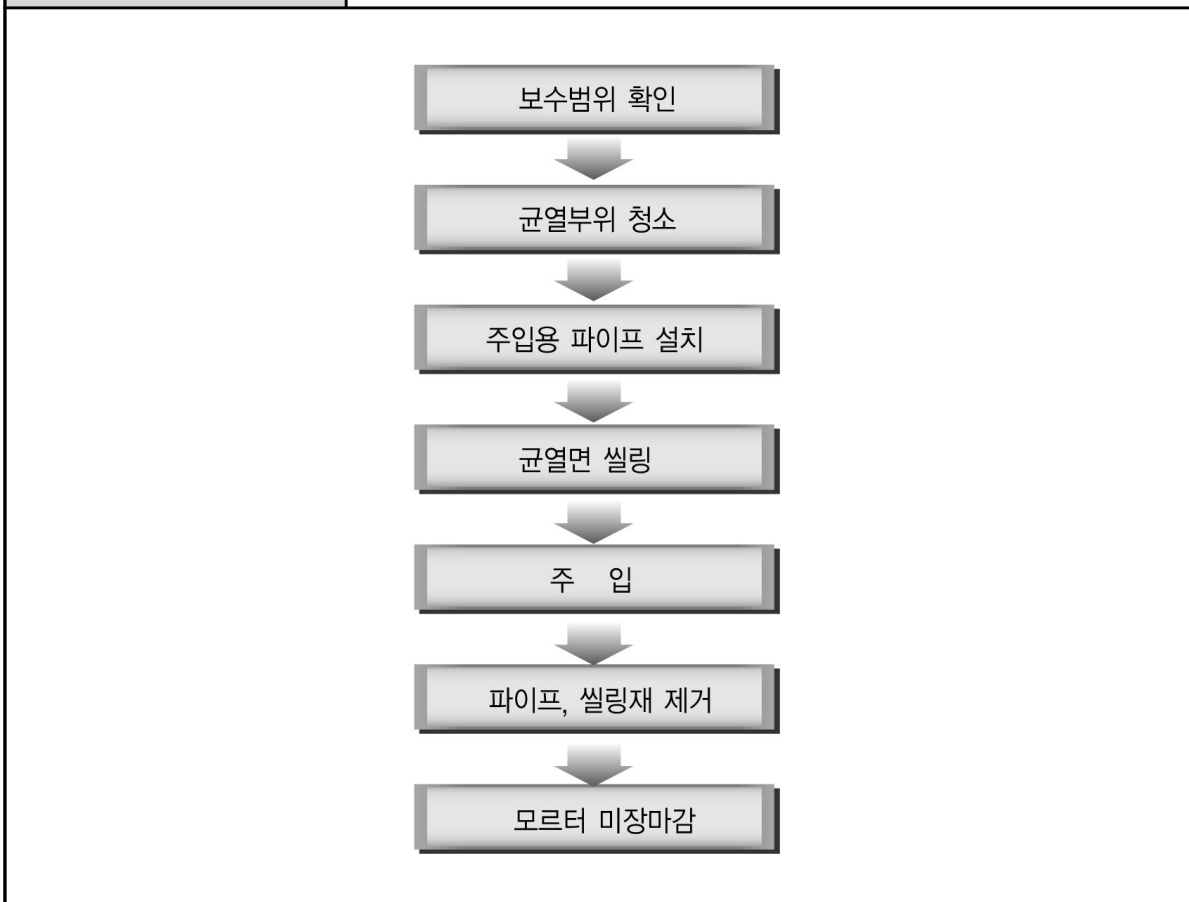
주입공법은 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 뜰려 있는 경우에도 적용할 수 있음

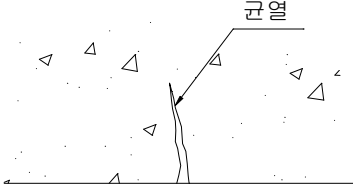
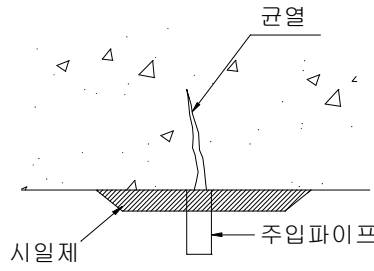
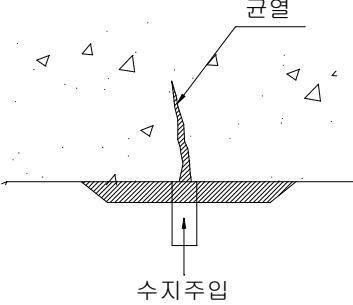
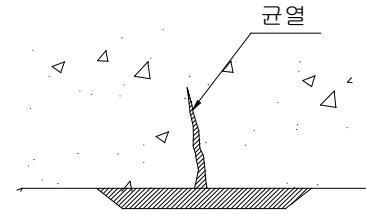
보 수 개 념 도

(단위 : mm)	
균열폭	주입파이프간격
0.3이하	50 ~ 100
0.3 ~ 0.5	100 ~ 200
0.5 ~ 1.0	150 ~ 250
1.0 이상	200 ~ 300



시 공 순 서



시 공 상 세	
	
1) 바탕처리 : 균열면에 유리석회 및 먼지 제거	2) 주입파이프 설치 및 시일링 : 주입파이프 사이의 균열부분에 시일링 후 1~2일 양생
	
3) 수지주입 : 수동식, 압입식, 자동식 주입법 등으로 주입	4) 주입파이프 철거 및 표면 마무리

주 입 공 법 종 류	
압 입 식	•수동식 주입 : 인력 •기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 •저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력
흡 입 식	•균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

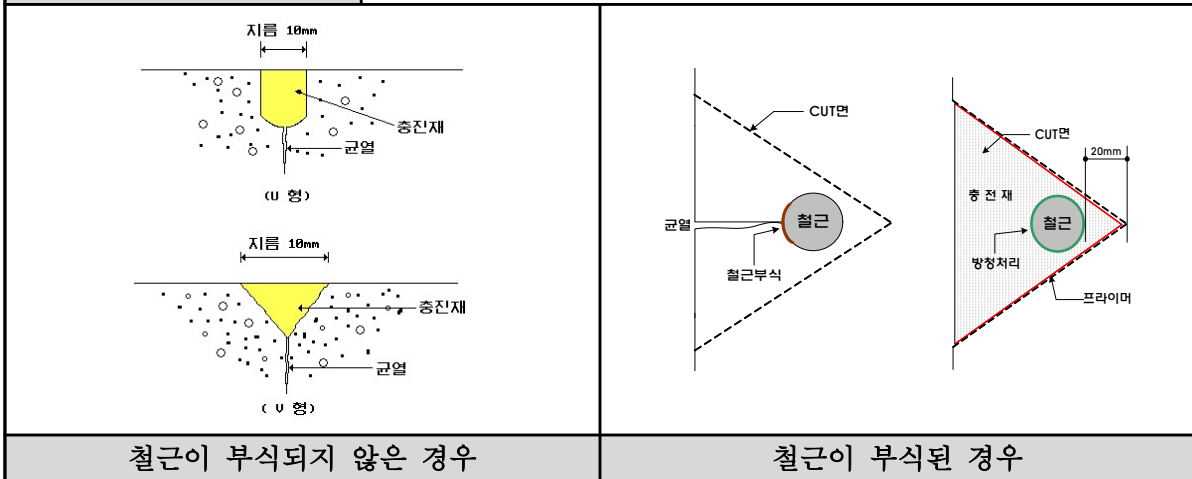
주입재의 재료별 특성		
에폭시수지계	에폭시수지	•균열 추종성 양호 •적용가능 균열폭 : 0.2~2.0mm
	유연형 에폭시	•경화물의 유연성이 풍부하여 진행성 균열에 적합 •균열 및 알칼리골재반응의 성능저하 보수에 적합
	자기유화형에폭시	•수중경화, 콘크리트중의 수분과 반응 •강도특성이 뛰어나며, 균열폭 0.15mm 이상에 적용
	에폭시 수지 포틀랜드 시멘트	•수중경화형 에폭시수지와 시멘트의 반응으로 발포 •적용균열 : 폭 1.0~10.0mm
폴리머계	에폭시수지계 에멀전 미분말 충전재 조강시멘트	•균열폭 5.0mm 이상에 적용 •습윤면에 대하여 접착성 우수 •알칼리골재반응에 의한 성능저하 보수에 적합

③ 충전공법

공 법 개 요

충전공법은 균열의 폭이 0.5 mm 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로, 균열을 따라 모르터 마감 또는 콘크리트를 절단하여, 그 부분에 보수재를 충전하는 방법

보 수 개 념 도



시 공 순 서

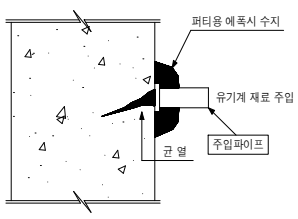
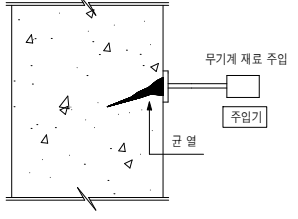
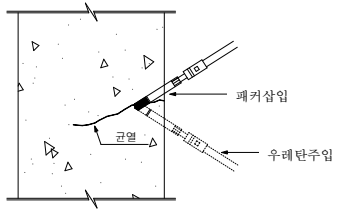


주입재의 재료별 특성

실런트계	우레탄 수지	•단일성분으로 작업성이 뛰어나 •탄성계수가 작아 균열 추종성 양호 •구조물의 신축 줄눈부에 사용
------	--------	---

④ 균열주입보수 재료비교

【표 6.4】 균열주입보수 재료비교

구분	1 안	2 안	3 안
	에폭시 주입공법	슬러시멘트 주입공법	우레탄 주입공법
개요도			
공법개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 컷팅하고 균열부를 썰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	콘크리트 균열 부위에 지그재그방향으로 패커를 삽입하고 우레탄을 주입하는 공법
시공방법	표면처리→주입기설치→균열부 썰링→에폭시주입→단면복구	표면처리→주입기설치→균열부 썰링→폴리머슬러시멘트주입→단면복구	표면처리→지그재그 천공→패커설치→지수용 우레탄 발포제 주입→마무리 작업
장점	○인장, 휨강도가 우수함 ○건조한 환경에 유리함 ○경화시간이 빠름 ○시공실적 다수	○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	○접착력 우수 ○탄성이 뛰어나고 인장강도 우수 ○저점도 이므로 미세균열에도 침투
단점	○습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 ○주입압력이 크면 균열 확대되므로 주의 ○탄성계수, 열팽창계수 콘크리트와 다름	○보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐 ○공정이 다소 복잡, 시공전문가가 필요 ○유기계에 비해 접착강도 떨어짐	○다소 유해하다. ○변형발생가능 있음
검토	○균열주입보수 재료로는 인장, 휨강도가 우수하며 현재 콘크리트 구조물 보수에 널리 사용되고 있는 에폭시 사용이 좋을 것으로 판단됨		

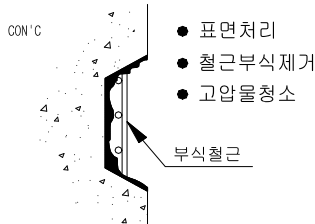
(2) 단면복구공법(I)－철근방청 단면복구

① 개 요

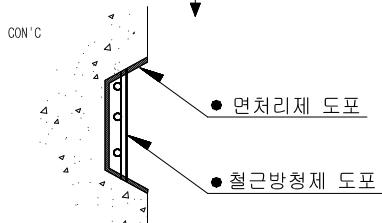
철근노출이 동반된 재료분리, 들뜸, 공동, 박락 등의 손상부와 피복부족에 따른 철근노출부에 적용하는 공법

② 시공방법

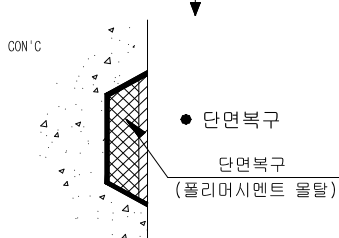
● STEP 1



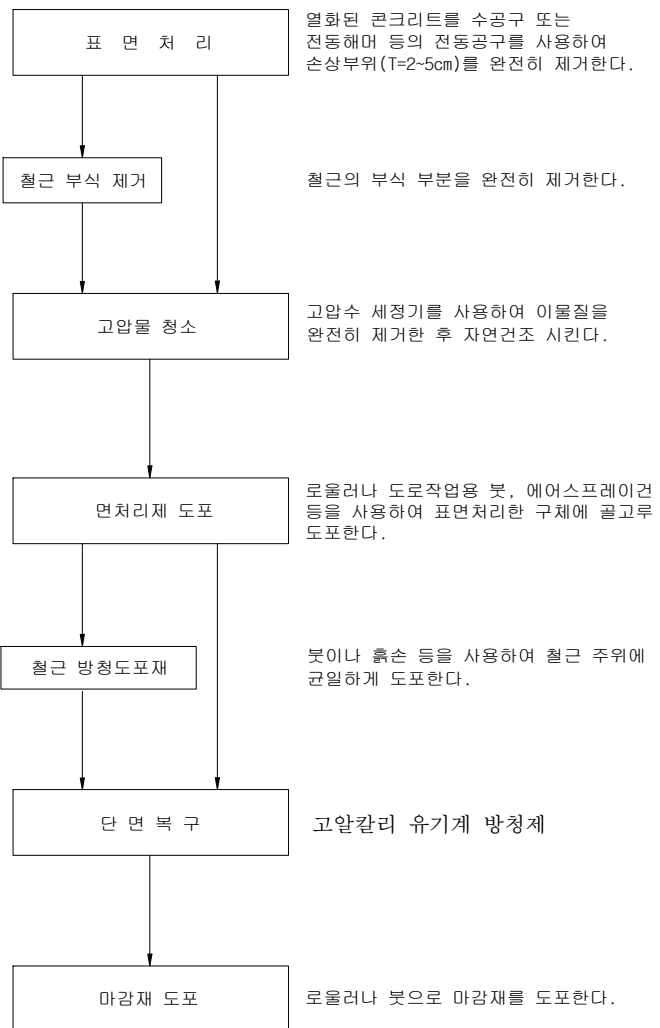
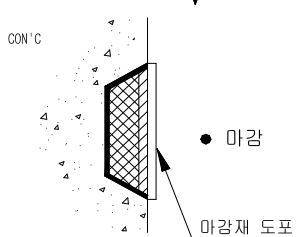
● STEP 2



● STEP 3



● STEP 4



(3) 단면복구공법(Ⅱ)－철근미방청 단면복구

① 개 요

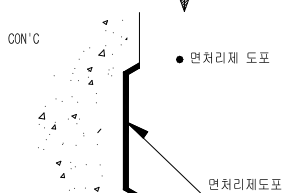
재료분리, 들뜸, 공동, 박락 등의 손상부에 적용하는 공법

② 시공방법

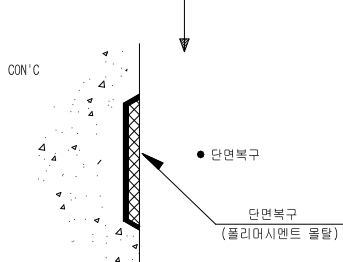
● STEP 1



● STEP 2



● STEP 3



● STEP 4

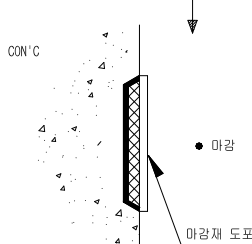


표 면 처 리

열화된 콘크리트를 수공구 또는 전동공구를 사용하여 손상부위(T≒3cm)를 완전히 제거한다.

고압물 청소

고압수 세정기를 사용하여 이물질을 완전히 제거한 후 자연건조 시킨다.

면처리제 도포

로울러나 도로작업용 붓, 에어스프레이건 등을 사용하여 표면처리한 구체에 골고루 도포한다.

단 면 복 구

고알칼리 유기계 방청제

마감재 도포

로울러나 붓으로 마감재를 도포한다.

③ 주의사항

○ 기존 보수부에 발생된 들뜸 등의 단면보수 시 우선 기존 보수부를 치핑하여 P.V.C 유도관의 유무를 확인한 후 철거를 실시하며, 누수가 없는 곳은 단면복구보수 실시함.

(4) 단면복구 공법비교

① 단면복구 재료비교

【표 6.5】 단면복구 재료비교

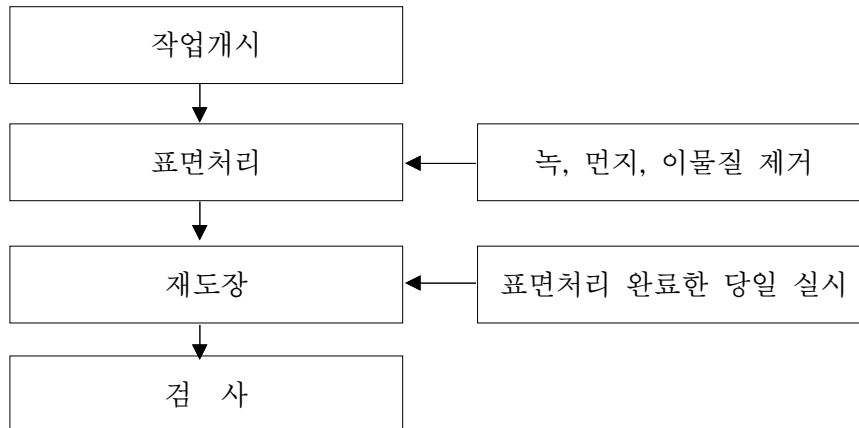
구 분	1 안	2 안
	고알칼리 유기계 방청제 공법	폴리머시멘트 모르터 공법
개요도		
공 법 개 요	· 친환경 고알칼리 유기계방청제에 의한 철근 방청환경 조성, CO2와 반응하는 생성물질에 의한 공극의 충진으로 유해가스·유해이온의 침투를 차단하여 구조물의 내구성을 향상시키는 공법	· 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법
시 공 방 법	· 치핑/고압수 세척 → 철근의 부식제거 → 고알칼리유기계방청제 도포 → 철근 방청페이스트 도포 → 방청단면복구재로 단면복구 → 방청표면피복재 도포 → 마감재(세라믹계) 도포	· 치핑/고압수 세척 → 철근의 부식제거 → 콘크리트 보호제(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계) 도포
장 점	· 친환경 재료 사용으로 환경오염 없음 · 고알칼리 유기방청제 사용으로 콘크리트를 알칼리화시켜 내구연한을 연장함 · 열화원인(CO2와 Cl-) 차단성 우수 · 습윤지역 시공이 가능하고 철근 방청효과 및 경제성이 우수함 · 재료의 접착성·내마모성이 우수함	· 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률 없으며 습윤지역 시공이 가능함 · 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 · 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 탄산화 방지 효과가 우수함 · 수용성인 무기계 재료의 사용
단 점	· 1회 시공두께가 얇아 목표두께가 두꺼울 경우 공정수가 증가함	· 1회 시공두께가 얇아 목표두께가 두꺼울 경우 공정수가 증가함 · 보통의 경우 경화시간이 늦음
검 토	○ 고알칼리 유기계 방청제 재료를 사용하는 공법이 친환경성·내구성·경제성 측면에서 유리할 것으로 판단됨	

(5) 강재도장공법

① 개 요

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

② 시공방법



③ 시공상세 및 유의사항

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

(6) 전처리 공법 비교표

【표 6.6】 전처리 공법 비교표

공 법	1 안	2 안	3 안
	숫 블라스팅	습식 샌드 블라스팅	건식 샌드 블라스팅
특 징	◦숫 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
장 점	◦샌드 블라스팅에 비해 작업 시간이 짧음 ◦시공성이 좋음 ◦내구성이 좋음 ◦Rebound성이 높으며 가공 시간이 단축됨	◦건식 샌드 블라스팅에 비해 먼지 및 분진이 거의 발생되지 않음 ◦폐기물 절감 ◦샌드 소모량을 줄여줌 ◦규격 샌드가 별도로 필요하지 않음	◦공사비가 저렴함 ◦강인한 전처리 가능
단 점	◦공사비 고가 ◦공정이 복잡하여 시공 전문가가 필요함	◦건식 샌드 블라스팅에 비해 미관성이 좋지 않음 ◦공사비 다소 고가 ◦공정이 다소 복잡하여 시공 전문가가 필요함	◦규격 샌드를 준비해야함 ◦샌드재가 젖지 않도록 별도의 보관소 필요 ◦작업지역 지독한 먼지 및 분진 발생 ◦샌드물에 장막이나 칸막이가 필요함

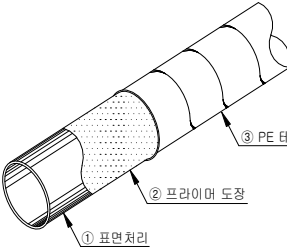
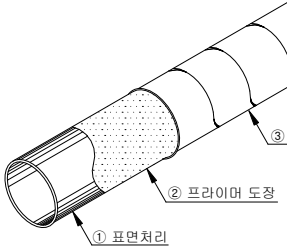
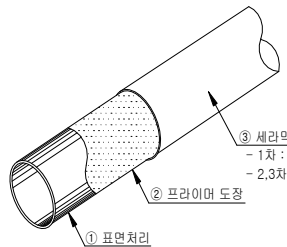
(7) 강재도장공법 비교표

【표 6.7】 강재도장공법 비교표

공 법	1 안	2 안	3 안
	세라믹계	금속혼합물계	불소수지계
개요	•금속 및 세라믹 분말, 세라믹계 폴리머 결합	•고강도 마이크로 금속혼합물+복합수지 결합	•플루오로 오레핀+비닐에테르의 우레탄결합
시공 개요	1. 표면처리 : SSPC-SP10 2. 하도 : AM-C-I (IG) 3. 중도 : AM-C-I (IG) 4. 상도 : AM-C-U (TG) * ()는 갑문, 수문 적용	1. 표면처리 : SSPC-SP10 2. 하도 : CRS-PMS1 3. 중도 : CRS-SM 4. 상도 : CRS-ST	1. 표면처리 : SSPC-SP10 2. 하도 : 무기질 징크도료 3. 중도 : 후막형 에폭시도료 4. 상도 : 불소수지 도료 1회 5. 상도 : 불소수지 도료 2회
적용 대상	•신설 및 기존 철재구조물 •해안, 산간 등의 특수환경에 있는 구조물	•신설 및 기존 철재구조물	•신설 및 기존 철재구조물
기대 효과	•강한 부착력(내구성증가) •유지관리비용(LCC) 절감 •깨끗한 미관 유지 •완전 무독성	•공용수명증진 •유지관리비용 절감	•방청기능 •미관우수
유지 관리성	•내오염성, 내약품성, 내마모성, 내충격성 우수 •내구성이 우수하여 유지리비용 절감 •도장 공정이 단순함 •파손시 부분보수 용이	•금속성분의 금속피막 형성을 통한 안정성 확보 •품질이 균일하고, 내화학성이 우수함(산화알미늄) •많은 토목구조물에 적용되나 특수환경에 취약함 (다습환경 부착력 저하)	•내후성, 내약품성 우수 •초기부착력 우수 •층간분리현상 발생우려 •보수도장 어려움
내구 연한	20 ~ 25년	10 ~ 15년	10 ~ 15년

(8) 관 및 밸브 도장공법 비교표

【표 6.8】 관 및 밸브 도장공법비교표

구 분	Wrapping 방식		도 장
	폴리에틸렌	유리섬유공법 (신기술 제233호)	금속혼합물 도료 (CORUSEAL, 신기술제345호)
개념도			
공법개요	Epoxy Primer위에 내약품성, 내해수성 PE 수지를 피복하는 방법.	실리카흙이 함유된 에폭시로 바탕처리후 현장기계 함침을 이용하여 균일하게 제조된 유리섬유 봉합재를 부착시켜 구조물의 내하력 및 내구성을 향상시키는 보강공법.	산화알루미늄 분말이 건조중에 도막표면에 부상하여 층상으로 배열하여 수증기와 기타 기체, 액체의 투과를 방지하여 피착물을 보호하는 층을 형성하여 부식을 방지하는 공법.
시공방법	• 표면처리 • 프라이머 도장 • 접착용 에폭시 주입 • PE 테이프 감기 • 기포제거 및 검사	• 표면처리 • 프라이머 도포 • 에폭시 함침(기계함침) • 접착제 도포 • 섬유부착 • 기포제거 및 검사	• 표면처리 • 프라이머 도장 • 접착용 에폭시 주입 • PE 테이프 감기 • 기포제거 및 검사
접착강도	• 인장강도 : 22MPa	• 인장강도 : 500MPa	• 인장전단접착(마른표면) : 25 MPa
두 겹	0.5mm	1~1.3mm/1겹	100μm
장 점	• 공장에서 전처리, 도장, 검사가 이루어져 품질관리가 용이함.	• 수중 및 습윤면에서 시공이 가능함. • 곡면구조물에 보강이 가능함. • 협소공간에서 작업이 가능함. • 모체손상 없음. • 부착강도를 가시적으로 확인이 가능함. • 투명하므로 유지관리가 용이함. • 기계함침으로 기포제거가 용이함.	• 내충격성, 내마모성, 부착력, 시공성 및 유지보수성 우수함. • 품질관리가 용이함. • 도막두께가 비교적 얇아 경제성에서 유리함. • 환경친화형 • 내충격성, 내마모성이 우수함. • 내구년한 20년
단 점	• 수중 손상부에 대한 보수는 타 방식을 적용해야 함. • 시공비가 다소 많이 소요됨. • 밸브 및 플랜지, 신축관 시공 어려움.	• 기계함침으로 전문장비인 함침 기계가 필요함. • 밸브 및 플랜지, 신축관 시공 어려움. • 시공비 높음.	• 바탕면처리가 도장수명에 큰 영향을 미침.

(9) 검사

① 검사항목

【표 6.9】 도장 전·후 검사항목

검사시기	검사항목	검사방법
도장 전	•도료 •피도체 바탕처리 상태	•시험성적표심사 •시료채취시험 실시(KSM5000) •시방서 기준
도장 후	•도료 사용량 •외관조사 •도막두께 •도막부착시험	•전수조사 •육안조사 •측정기에 의한 •테이프 테스트

② 도료의 품질검사

- 제조업체 시험 성적표(규격에 적합한지 확인)
- 용기의 규격번호 및 명칭이 표시되었는지 확인하여야 한다.
- 도료의 수량은 설계 소요량이 반입되었는지 확인하여야 한다.
- 현장시료 채취시험은 반드시 공인된 시험기간에 의뢰검사를 실시하여야 한다. 도장 후 도막의 부착성 시험도 필요시에는 의뢰검사를 실시할 수 있다.
- 시험에 불합격한 도료는 즉시 현장 외로 반출하고 반출을 증빙할 수 있도록 반품과정의 사진을 촬영하여 반출송장과 함께 제출한다.

③ 도장 후 검사

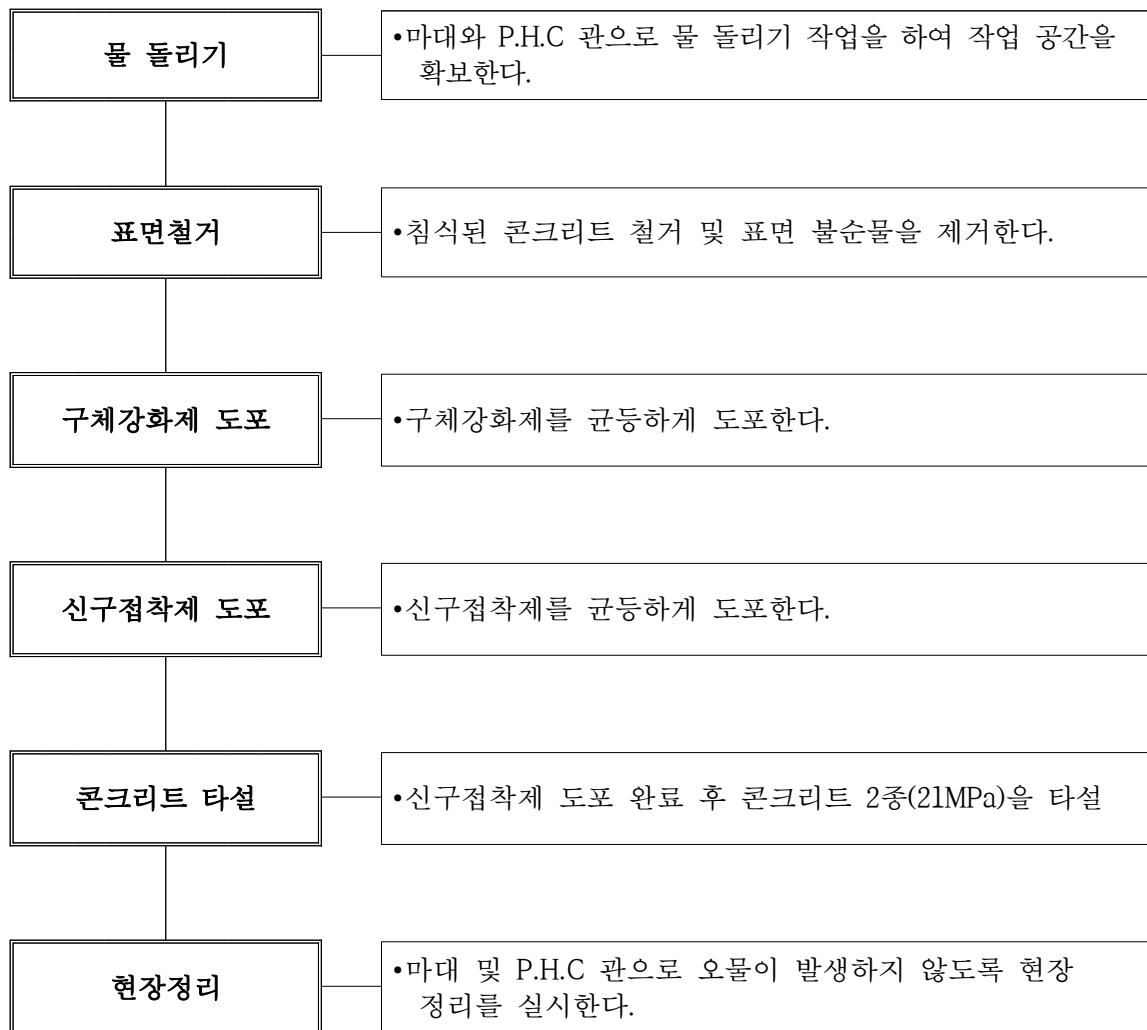
- 도막의 변·퇴색이나, 광택의 감퇴, 백염화, 오손, 균열, 벗겨짐, 부풀음 및 녹 등의 이상유무 및 발생정도를 판정한다.
- 층별 도장이 건조된 후 도막측정기에 의하여 도막 두께를 측정한다.
- 도막의 부착성 실험

(10) 바닥 슬래브 재타설

① 개 요

바닥 슬래브가 유수 및 콘크리트 노후화에 따른 파손, 침식 등 손상 발생시에는 내구성 확보 및 향후 점검자의 안전사고 유발 및 우기철 강수량 증가시 통수능에 영향이 없도록 재타설을 실시하는 것이 바람직하다.

② 시공순서



(11) 보수 재료의 품질관리 및 검사

① 보수 재료의 품질관리 개요

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

② 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.

③ 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 후 상태로 되돌려놓기 위해서는 보수 작업을 하는 중에는 하중을 제거하여 보수, 양생하고, 그 재료가 소정의 강도에 달한 후에 콘크리트 부재에 하중을 가해야 할 필요가 있다.

① 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.

② 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 작성하여야 한다.

(11) 보수 후 성능평가 방법

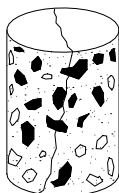
보수공사 후 평가는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 보수효과에 대한 확인을 행하는 것이 좋다. 또는, 구조물에 대한 보수에 의한 방수효과를 비파괴적으로 확인하는 방법으로는 가스압입 누수진단기나, 방식효과에 대해서는 전기화학적인 방법인 분극저항 측정법 등이 제안되고 있다.

① 코어채취

○ 콘크리트 코어 강도 시험방법

- KS F 2422

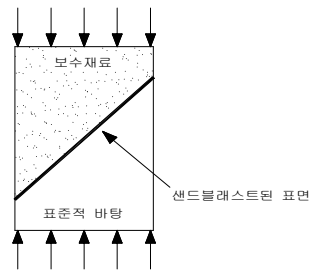
○ 육안에 의한 주입효과 평가



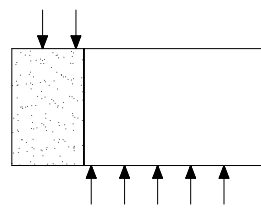
○ 주입효과를 위해 채취된 콘크리트 코어

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

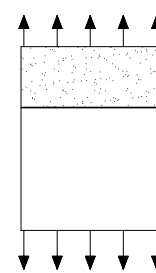
○ 실내시험에 의한 평가



경사전단시험



직접 전단 시험



일축인장시험

○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

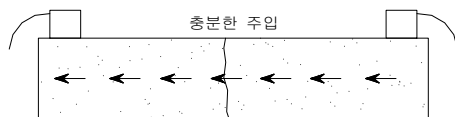
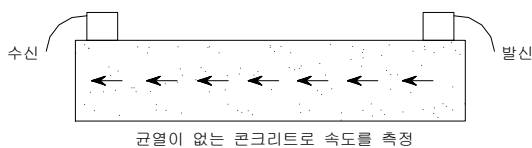
관련 시험법(BNL 직접전단, IOWA 직접전단)

○일축인장 시험 : 현장의 콘크리트와 덧씌우기의 부착강도를 측정하는 시험방법

관련 시험법(ACI 503R, NIST 연구 NISTIR 4648)

② 비파괴 기법

초음파신호 속도(UPV) 시험



a. 균열이 없는 콘크리트 단면에 초기화 (calibration)를 행한다

b. 송신 수신장치는 일정간격 고정한다.

c. 주입된 균열 콘크리트와 균열이 없는 콘크리트는 같은 전파속도를 갖는다

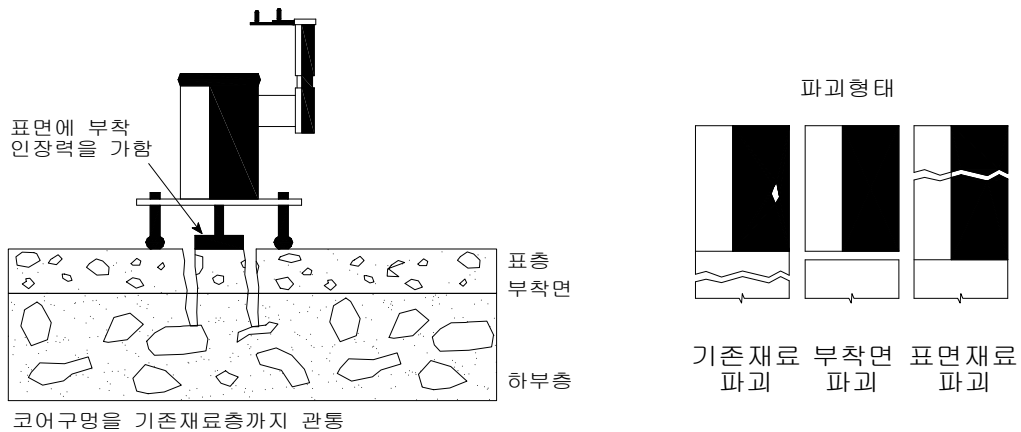
d. 주입이 되지 않은 균열 부위는 작은 초음파 전파속도를 보인다.

㉠ 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.

㉡ 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.



6.2 유지관리방안

6.2.1 개 요

구조물의 현 상태를 파악하고 손상 및 결함을 조기에 발견하여 적절한 조치를 취하고, 정밀 안전진단 결과를 토대로 구조물에 대한 향후 유지관리방안을 제시하여 구조물의 기능과 안전을 지속적으로 유지할 수 있도록 하고자 한다.

6.2.2 유지관리 일반

구조물은 건설 후 각종 자연환경 및 인위적인 사용환경의 영향을 받아 시간경과와 함께 물리적, 화학적으로 열화되어 사용성 및 안전성이 저하된다. 유지관리란 이렇게 열화, 손상되어 가는 구조물의 기능을 항상 양호한 상태로 유지하고 이용자의 편의와 안전을 확보함은 물론 기능상 지장을 주는 요소를 사전에 발견하여 제거하고, 점검을 통하여 이상이 발견된 개소에 대하여는 보수 및 보강을 실시하는 작업을 말한다.

(1) 유지관리 업무 및 흐름

① 자료관리

자료관리는 대상구조물 처해있는 상황을 문서를 통하여 객관적으로 확인할 수 있도록 하기 위한 자료를 관리하는 업무를 말하며 일반적으로 설계도서, 구조물대장, 보수·보강대장, 사고이력 등의 자료를 정리·관리하는 일을 말한다. 자료는 구조물의 점검, 보수·보강 시 마다 계속 증가하므로 수정이 편리하도록 작성되어야 하며, 이런 점에서 볼 때 관련내용을 전산화하여 관리하면 효율적이다.

일반적으로 구조물의 유지관리 시 필요한 관련 자료를 열거하면 다음과 같다.

- 설계도서(시공 및 보수도면, 구조계산서등)
- 공사내역서 및 시방서(사진 및 시험결과 등)
- 시설물관리대장(보수·보강이력 등)
- 사고기록, 점검 및 진단이력(상태 및 안전성평가 기록)

② 일상관리

일상관리는 구조물의 내구적인 손상을 예방하는 차원에서 수행하는 작업을 말하는 것으로 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 발견함으로서 안전하고 원활한 기능을 확보하고 합리적인 유지관리 자료를 획득하기 위하여 실시한다. 또한 유지관리상 필요한 손상과 이상의 정도를 계속적으로 파악하기 위하여도 점검이 필요하다.

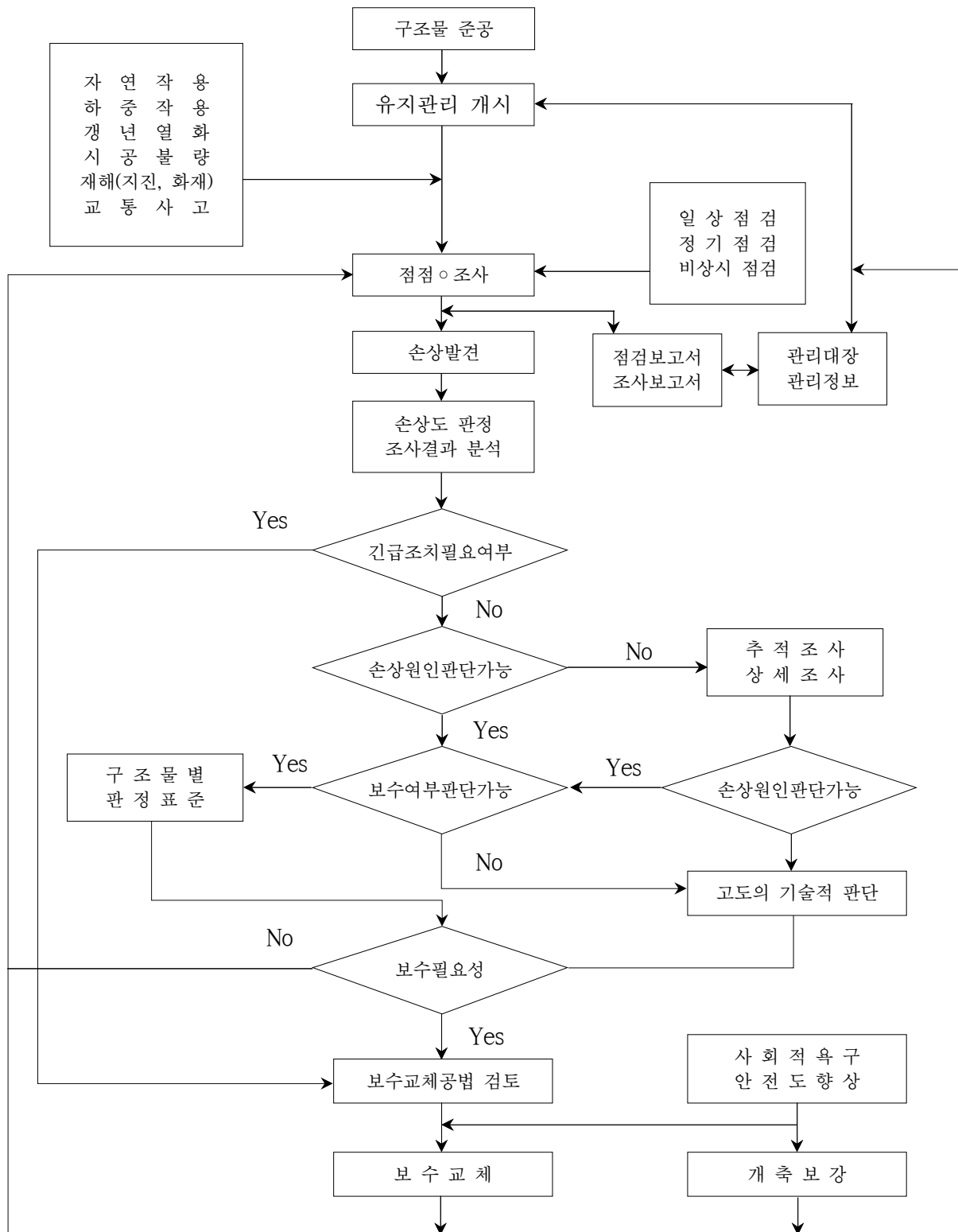
점검은 일상점검, 정기점검(초기점검 포함) 및 긴급점검으로 나누며, 점검결과 이상의 정도가 심하거나 보수·보강에 대한 필요성이 있는 경우에는 상세조사를 실시한다.

또한 위의 조사를 통하여 유지관리 담당자가 대상구조물에 대한 전문적인 조사가 필요하다고 판단 될 때에는 전문가에 의한 안전진단을 실시한다.

④ 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 기능을 회복시키는 작업을 의미하며, 보강은 현 상태의 손상방지는 물론 구조적 내하력 및 지지력을 현 상태 이상으로 향상시키는 것을 목적으로 실시하는 작업을 말한다.

⑤ 유지관리 흐름도



【그림 6.4】 유지관리 흐름도

(2) 점검주기 및 주요조사 항목

시설물의 공용기간 중에는 점검주기 및 주요조사항목에 대한 지속적인 점검을 실시하여 시설물의 안전성과 내구성을 유지하여야 할 것으로 판단된다.

【표 6.10】 점검주기 및 주요조사 항목

점 검 종 류	점 검 주 기	주 요 조 사 항 목
정기점검	시설물의 준공일 또는 사용 승인일로부터 6개월에 1회 이상 실시	○ 박리, 박락, 균열, 사용하중, 누수 등에 관하여 전회 점검시와 변형, 변위 발달상태 ○ 도보에 의한 전구간 육안조사
정밀점검	A등급:3년에 1회 이상 B/C등급:2년에 1회 이상 D/E등급:1년에 1회 이상	○ 설계도서 검토 ○ 형상검사(규격, 변위, 변형, 침하 등) ○ 상태검사(파열, 손상, 부식, 균열, 누수, 열화 등) ○ 현장시험 ○ 측정(강도, 철근피복, 철근부식, 탄산화)
긴급점검	필요시	○ 손상의 정도, 보수의 긴급성, 보수작업의 규모, 주·보 조부재의 내하력, 사용제한 여부 등
정밀 안전진단	A등급:6년에 1회 이상 B/C등급:5년에 1회 이상 D/E등급:4년에 1회 이상	○ 구조물의 노후화, 손상정도, 초기 및 점검 상태로 부터의 변화 확인 ○ 구조해석 및 안전성평가

6.2.3 점검장비 운용

점검에 사용하는 점검장비는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴 점검장비로 분류한다. 각 점검장비에 대한 상세한 사용법은 해당 장비의 사용설명서 등 관련문헌을 참조하여 장비특성 및 시험법을 숙지하여야 한다.

【표 6.11】 점검장비 운용

구 분	내 용
정기점검	일상적 휴대장비, 간단한 접근장비
초기점검	일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비, 재하시험장비
정밀안전점검	일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 간단한 비파괴 점검장비
긴급점검	정밀안전점검과 동일한 수준으로 점검목적에 따라 선별, 시험장비에 의한 현장측정
정밀안전진단	일상적 휴대장비, 근접 접근장비, 비파괴 점검장비, 정·동적 재하시험장비

【표 6.12】 점검장비 종류

구 분			점 검 장 비
휴대장비			망원경, 확대경, 손전등, 카메라, 필기도구(흑판, 분필, 매직펜) 줄자, 균열경, 교통규제 기구 등
접근장비			사다리, 점검차(굴절차), 점검보트, 수중카메라
시 험 장 비	콘 크 리 트 손 상 탐 사 장 비	콘크리트 강도측정	슈미트해머, 테스트 엔빌, 초음파탐사기, 탄성과 탐사기
		콘크리트 균열 및 결함탐사	초음파탐사기, 탄성과 탐사기(AE법), 레이저탐사기, 적외선카메라, 스틸카메라, 레이더 탐사기
		철근배근탐사	RC-Radar, Ferroskan
		철근부식탐지	레이다탐사기, 부식측정기
		콘크리트열화도 탐사	탄산화시험, 알칼리 골재반응시험
		염해 탐사	재료시편에 대한 염해시험
	강 재 손 상 탐 사 장 비	표면균열탐지	자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투법, 와동 전류법
		내부결함탐지	초음파탐사기, AE장비, 방사선 투과기
		용접부 결함	방사선 투과기, 초음파탐사기
		피로균열탐사	자기입자탐사기, 초음파탐사기, 염료침투법
		응력부식탐사	자기입자탐사기, 염료침투법
		두께검사	초음파탐사기, 방사선 탐사기

