안전점검 및 정밀안전진단 세부지침

2010. 12.





이 책자는「시설물의 안전관리에 관한 특별법」제13조 및 같은 법 시행령 제13조에 따라 제정한「시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침」(국토해양부 고시, 제2010-1037호, '10.12.27)의 시행을 위하여 세부지침을 정한 것으로 안전점검 및 정밀안전진단 종사자는 본 세부지침에 따라 실시하되, 개별 시설물의 특성 및 제반여건 등을 고려하여 적절히 응용 실시할 수 있습니다.

제 목 차 례

[공통편]

제1장 서론 ····· 1
1.1 목적 ····· 1
1.2 적용범위 ····· 1
1.3 용어의 정의 ····· 1

제2장 시설물 관리일반 ····· 5
2.1 시설물의 안전 및 유지관리계획 수립·제출 ····· 5
2.2 설계도서 등의 보존 ····· 5
2.3 감리보고서, 설계도서 등 관련서류 및 시설물관리대장 작성·제출 ····· 11
2.4 안전점검·정밀안전진단 및 유지관리의 실적 제출 ····· 11

제3장 안전점검 및 정밀안전진단 ····· 12
3.1 일반 ····· 12
3.2 안전점검 및 정밀안전진단의 종류 ····· 18
3.3 안전점검 및 정밀안전진단 실시 시기 ····· 23
3.4 안전점검 및 정밀안전진단 실시자의 자격 ····· 24
3.5 안전점검 및 정밀안전진단시 안전관리 ····· 25
3.6 안전점검 및 정밀안전진단 계획수립 ····· 27
3.7 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위 ····· 28
3.8 안전점검 및 정밀안전진단 과업 내용 ····· 28
3.9 안전점검 및 정밀안전진단 요령 ····· 32

제4장 재료시험 ····· 36
4.1 일반 ····· 36
4.2 현장 재료시험 ····· 36
4.3 실내시험 ····· 36
4.4 재료시험 실시 요령 ····· 37
4.5 시험결과의 해석 및 평가 ····· 38

4.6 시험 보고서 ····· 38

제5장 안전등급의 결정 ····· 39
5.1 시설물의 상태평가 방법 ····· 39
5.2 시설물의 안전성평가 방법 ····· 40
5.3 시설물의 종합평가 방법 ····· 41
5.4 안전등급 지정 ····· 42

제6장 보수·보강 방법 ····· 43
6.1 일반 ····· 43
6.2 보수·보강의 필요성 판단 ····· 43
6.3 보수·보강의 수준의 결정 ····· 43
6.4 공법의 선정 ····· 43
6.5 보수·보강 우선순위의 결정 ····· 45
6.6 유지관리 방안 제시 ····· 45

제7장 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 작성 방법 ····· 46
7.1 실시결과 보고서 작성 방법 ····· 46
7.2 실시결과 보고서에 포함하여야 할 사항 ····· 48
7.3 e-보고서 작성 및 제출 ····· 53

부록 1. 균열조사 및 재료시험 요령

2. 보고서 서식

3. 과업지시서 예시

4. 사전검토보고서 예시

[시설물편]

제1장 교량
제2장 터널
제3장 댐
제4장 항만
제5장 상수도
제6장 하구둑
제7장 수문
제8장 제방
제9장 하수처리장
제10장 건축물
제11장 옹벽
제12장 절토사면

공통편

제1장 서론

제2장 시설물 관리일반

제3장 안전점검 및 정밀안전진단

제4장 재료시험

제5장 안전등급의 결정

제6장 보수·보강 방법

제7장 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 작성 방법

부록 1. 균열조사 및 재료시험 요령

2. 보고서 서식

3. 과업지시서 예시

4. 사전검토보고서 예시

제1장 서론

1.1 목적

본「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」(이하「세부지침」이라 한다)은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」(이하「법」이라 한다) 제13조 및 같은 「법」시행령(이하「영」이라 한다) 제13조에 따라 「시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침」(국토해양부 고시 제2010-1037호, 이하「지침」이라 한다)에서 정하는 안전점검 및 정밀안전진단의 실시방법·절차 등에 관한 필요사항을 시설물별로 보다 상세히 제시하고 그 실시요령을 정하여 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 안전조치를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성 및 기능성을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 과학적 유지관리를 체계화하는데 그 목적이 있다.

1.2 적용범위

이 세부지침은 법 제2조제2호 및 제3호와 영 제2조에 따른 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단에 적용한다.

1.3 용어의 정의

○ 시설물(施設物)

건설공사를 통하여 만들어진 구조물과 그 부대시설로서 1종 시설물 및 2종 시설물

○ 1종 시설물

도로·철도·항만·댐·교량·터널·건축물 등 공중의 이용편의와 안전을 도모하기 위하여 특별히 관리할 필요가 있거나, 구조상 유지관리에 고도의 기술이 필요하다고 인정하여 대통령령이 정하는 시설물[1)]

○ 2종 시설물

1종 시설물외의 시설물로서 대통령령이 정하는 시설물[2)]

○ 관리주체(管理主體)

관계법령에 따라 해당시설물의 관리자로 규정된 자 또는 해당시설물의 소유자를

1)「영」제2조(시설물의 범위) 및 [별표 1] 참조
2)「영」제2조(시설물의 범위) 및 [별표 1] 참조

말한다. 이 경우 해당시설물의 소유자와의 관리계약 등에 따라 시설물의 관리책임을 진 자는 관리주체로 보며, 관리주체는 공공관리주체와 민간관리주체로 구분

○ 공공관리주체(公共管理主體)

- 국가・지방자치단체

-「공공기관의 운영에 관한 법률」제4조에 따른 공공기관

-「지방공기업법」에 따른 지방공기업

○ 민간관리주체(民間管理主體)

공공관리주체외의 관리주체

○ 안전점검(安全點檢)

경험과 기술을 갖춘 자가 육안이나 점검기구 등으로 검사하여 내재되어 있는 위험요인을 조사하는 행위

○ 정밀안전진단(精密安全診斷)

시설물의 물리적・기능적 결함을 발견하고, 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성과 결함의 원인 등을 조사・측정・평가하여 보수・보강 등의 방법을 제시하는 행위

○ 내진성능평가(耐震性能評價)

지진으로부터 시설물의 안전성을 확보하고 기능을 유지하기 위하여「지진재해대책법」제14조(내진설계기준의 설정)제1항에 따라 시설물별로 정하는 내진설계기준에 따라 시설물이 지진에 견딜 수 있는 능력을 평가하는 것

○ 도급(都給)

원도급・하도급・위탁 그 밖에 명칭여하에 불구하고 안전점검이나 정밀안전진단을 완료하기로 약정하고, 상대방이 그 일의 결과에 대하여 대가를 지급하기로 약정하는 계약

○ 하도급

도급받은 안전점검이나 정밀안전진단 용역의 전부 또는 일부를 도급하기 위하여 수급인이 제3자와 체결하는 계약

○ 유지관리(維持管理)

완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검・정비하고 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량・보수・보강에 필요한 활동을 하는 것

○ 시설물정보관리종합시스템(FMS)

「법」제3조제2항제5호[3]에 따른 시설물의 안전과 유지관리에 관련된 정보체계를 구축하기 위하여 국토해양부장관이 시설물의 정보와 「법」제9조제1항[4]에 따른 안전

3)「법」제3조제2항제5호 : 시설물의 안전 및 유지관리에 관련된 정보체계의 구축
4)「법」제9조제1항 : 안전진단전문기관의 등록 등

진단전문기관, 제25조에 따른 한국시설안전공단과 「건설산업기본법」 제9조[5]에 따라 등록한 유지관리업자에 관한 정보를 종합관리하는 시스템

○ 하자담보책임기간

「건설산업기본법」과 「주택법」 등 관계법령에 따른 하자담보책임기간 또는 하자보수기간 등

○ 시설물관리체계(施設物管理體系)

시설물의 안전점검, 정밀안전진단 등 유지관리를 함에 있어서 비용 및 시기를 최적화할 수 있도록 계획된 체계

○ 사전조사

정밀점검 및 정밀안전진단 용역을 실시하는 사람이 당해시설물의 설계도서 등 유지관리 자료와 과업지시서 등이 법령, 지침 및 세부지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하는 행위

○ 현장조사

기존 시설물에 관한 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 구조물의 상태변화(결함, 손상, 열화 등) 및 균열폭과 길이 등 구성재료의 변화를 추적하기 위하여 수행하는 행위

○ 상태평가(狀態評價)

시설물의 외관을 조사하여 결함의 정도를 포함한 시설물에 대한 상태를 평가하는 행위

○ 안전성평가(安全性評價)

현장조사를 통하여 수집된 자료를 기초로 하고 설계도서 및 기존의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과를 참고하여 시설물의 구조·수리·수문해석 등 안전성을 평가하는 행위

○ 종합평가(綜合評價)

상태평가와 안전성평가 결과에 의하여 시설물의 안전상태를 종합적으로 평가하는 행위

○ 안전등급(安全等級)

정밀점검 또는 정밀안전진단 실시결과 종합평가에 따른 당해 시설물의 안전상태를 나타내는 등급

○ e-보고서

안전점검 및 정밀안전진단 실시결과 작성한 보고서를 보관 및 활용 등 유지관리 업무에 효율적으로 활용할 수 있도록 전자매체에 의하여 작성한 보고서

○ 복합시설물

기능과 역할이 각각 다른 개별 시설물들이 집합된 시설물

○ 보수(補修)

시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책

---

5)「건설산업기본법」 제9조 : 건설업의 등록 등

○ 보강(補强)

시설물의 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 대책

○ 장비관리(裝備管理)

점검 및 진단에 사용하는 장비는 소요성능 및 측정의 정밀·정확도를 유지하도록 관리하여야 하며, “국가표준기본법” 및 “계량에관한법률”에 의하여 검·교정을 받는 행위

○ 기본과업(基本課業)

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단을 실시함에 있어 시설물의 구분없이 기본적으로 실시하여야 하는「지침」에서 정하고 있는 과업

○ 선택과업(選擇課業)

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단을 실시함에 있어 시설물의 여건에 따라 실시하여야하는「지침」및 「대가기준」에서 정하고 있는 과업으로서 안전점검 및 정밀안전진단 목적을 달성하기 위하여 현지여건을 감안하여 실시

○ 현장 재료시험

시설물이 위치하는 현장에서 구조물에 손상을 입히지 않고 강도 및 결함 등을 측정하는 것

○ 실내시험(室內試驗)

시설물의 특정부분에 대한 자료가 필요할 경우 구조물로부터 재료의 일부를 채취하여 시험실에서 실시하는 실내시험

○ 콘크리트의 상태변화

2005년 제정된 콘크리트표준시방서 유지관리편 참조

- 상태변화 : 초기결함, 손상, 열화 등을 총칭
- 초기결함 : 시공 시에 발생한 균열, 콜드조인트, 초기균열 등
- 손　　상 : 지진이나 충돌 등에 의해 균열이나, 박리 등이 단시간에 발생하는 것을 나타내며, 시간의 경과에 따라서 진행하지 않음.
- 열　　화 : 구조물의 재료적 성질 또는 물리, 화학, 기후적 혹은 환경적인 요인에 의해서 주로 시공 이후에 장기적으로 발생하는 내구성능의 저하현상으로써 시간의 경과에 따라 진행함.

제2장 시설물 관리일반

2.1 시설물의 안전 및 유지관리계획 수립·제출

관리주체는 법 제4조 및 영 제5조에 따라 안전 및 유지관리계획을 소관 시설물별로 매년 수립·시행하여야 한다.

공공관리주체는 법 제4조제2항 및 동법 시행규칙(이하 "규칙"이라 한다) 제3조에 따라 소속 중앙행정기관의 장, 특별시장·광역시장·도지사 또는 특별자치도지사(이하 "시·도지사"라 한다)에게 안전 및 유지관리 계획을 매년 2월 15일까지 제출하여야 한다.

민간관리주체는 법 제4조제3항 및 규칙 제3조에 따라 특별자치도지사·시장·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)에게 안전 및 유지관리 계획을 매년 2월 15일까지 제출하여야 한다.

안전 및 유지관리 계획 제출은「시설물정보관리종합시스템 운영규정」(이하 "FMS 운영규정"이라 한다)에 따라 FMS를 이용하여 제출하여야 한다.

2.2 설계도서 등의 보존

관리주체는 법 제17조제3항에 따라 감리보고서·시설물관리대장 및 설계도서 등 관련서류를 보존하여야 하며 다음에 명시된 자료 등도 보존한다.

가. 설계도서

시설물의 준공도서로서 종·평면도, 단면도, 구조물도, 시공상세도, 구조계산서, 수리·수문계산서, 공사시방서 등 시설물의 유지관리에 필요한 도서

1) 공통

- ○ 준공보고서, 설계보고서
- ○ 공사시방서(특별시방서 포함)
- ○ 각종계산서(구조, 수리, 수문, 강재, 용량, 기전설비 등)
- ○ 토질 및 지반조사 보고서
- ○ 그 밖에 시공 상 특기한 사항에 관한 보고서

2) 설계도면

시설물구분	설계도면
1. 교량	위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡), 상부·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음장치·교좌장치 상세도 등
2. 터널	위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡), 강지보·Rockbolt·Shotcrete·Lining도, 구조물도, 굴착공법 및 보조공법 도면, 보수도면, 기계설비·전기설비도면, 환기시설, 대피소, 갱문, 옹벽, 방수도, 배수도, 관리사무실, 계측 및 기기도 등
3. 지하차도	위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡), 구조물도, 빔상세도, 굴착공법 및 보조공법 도면, 방수도, 배수도 등
4.복개구조물	위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡), 상부 및 하부구조물도, 빔상세도, 신축이음 및 교좌장치 상세도 등
5. 항만	○공통 : 위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡) 등 ○토목 : 계류시설 구조도면, 갑문시설 구조도면 (Chamber·Aqueduct·안벽· 호안·접안·하역·외곽시설(방파제)) 등 ○기계 : 문비·권양기·Aqueduct 기기 배치도, 조립도, 상세도, 펌프설비 등 ○전기 : 갑문관련 전기 및 계장 설비도 등
6. 댐	**※ 본댐 및 조정지댐 관련 설계도서** ○공통 : 위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡) 등 ○토목 : 구조도 (댐체, 여수로, 방수로, 수로터널) 등 ○건축 : 구조도 (발전소) 등 ○기계 : 문비·권양기·수압철관·Anchorage 배치도, 조립도, 상세도 등 ○전기 : 문비관련 전기 및 계장 설비도 등
7. 건축물 8. 지하도상가	○공통 : 위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡) 등 ○건축도면 : 배치도, 평면도(주요층, 기준층), 입면도, 단면도 ○구조도면 : 평면 및 단면도, 배근도, 철골 접합 상세도 등 ○기계설비도면 : 승강기, 냉·난방 및 환기 등 ○전기설비도면 : 조명, 통신, 방송, 변전 및 발전 등 ○소방설비도면 : 방화 구획도, 옥내·외 소화전, 스프링클러 등 ○급배수설비도면 : 계통도, 수조 및 정화조 (배치도, 평면도, 단면도) 등
9. 하구둑	○공통 : 위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡) 등 ○토목 : 제방, 수문, 교량상세도 (종·횡단면도, 일반도, 구조도) 등 ○기계 : 갑문·수문·권양기 배치도, 조립도, 상세도 등 ○건축 : 조작실 도면 (구조도면 포함) 등 ○전기 : 문비 관련 전기 및 계장설비도 등

시설물구분	설계도면
10. 수문	○공통 : 위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡) 등 ○토목 : 구조도 등 - 수문 : 문주, 암거, 권양대, 날개벽 - 빗물펌프장 : 유입수조, 펌프실, 전동기실, 토출수조, 유수지 등 ○기계 : 배치도, 조립도, 상세도 등 - 수문 : 문비, 문틀, 권양기 - 빗물펌프장 : 펌프, 전동기, 천정크레인, 제진기 등 ○건축 : 조작실 도면 (구조도면 포함) 등 ○전기 : 문비관련 전기 및 계장 설비도 등
11. 제방	위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡), 제방표준 단면도, 횡단도 및 종단도, 제방 횡단구조물 상세도(수문, 암거, 육갑문 등), 제방 접합부 상세도(교량, 보 접합부 등) 등
12. 상하수도 13. 공공하수처리시설	○공통 : 위치도, 시설물 배치도, 평면도, 단면도(종·횡) 등 ○토목 : 수처리 계통도, 일반도 및 구조도, 상세도 등 - **수도시설** : 취수장·정수장·관로시설·가압장·배수지·배출수처리시설 - **하수처리장** : 침사지·폄프장·수처리·슬러지처리·방류관거 ○기계 : 각종 기계류 계통 및 설치 상세도 등 ○전기 : 전기 및 계장 설비의 계통 및 설치 상세도 및 관로 전기방식 설치 보고서 등 ○건축 : 각종 건축물의 일반도 및 구조도, 상세도 등
14. 옹벽 및 절토사면	○공통 : 위치도(또는 배치도), 평면도, 단면도(종·횡) 등 ○옹벽 : 일반도, 구조도 등 ○절토사면 : 일반도 및 구조도 등 (앵커, 옹벽, 피암터널 등이 있는 경우 동 구조도 포함)

※근거 : FMS 운영규정 [별표1] 시설물별 설계도서 및 감리보고서 제출 목록

나. 시설물관리대장

「법」 제16조 및 「영」 제16조의2제2항에 따른 FMS 운영규정에 따라 해당 시설물의 관리대장을 작성한다.

① 기본현황

② 상세제원

③ 유지관리 이력

다. 시공관련 자료

1) 시공관련 자료

① 사진

○ 공사 현장 및 시설물의 정면·측면 사진

○ 주요 결함부 사진

○ 주요공종 시공 사진

② 기타

○ 제작 및 작업도면 : 시설물 부재의 상세도면

○ 주요 설계변경 내역, 중요부분 감독일보

○ 설계 및 시공회사, 시행자, 감독자

○ 시설물별 특이사항

- 제방 : 수문 내·외측 하천의 하천정비기본계획보고서 등
- 절토사면 : Face Mapping 자료

2) 품질관리 관련자료

① 재료증명서 : 시공재료의 종류, 등급, 품질을 기록한 공장 재료증명서

② 품질시험기록

③ 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록

④ 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료

○ 계측 대상 시설물, 계측위치, 계측기의 종류, 계측결과의 데이터베이스 등

○ 교량의 경우 재하시험 및 계측자료(현장재하시험 등)
PSC구조 : 강선 긴장력, 하중 도입 단계별 솟음량 측정 등

3) 사고기록

① 사고의 날짜, 장소, 경위

② 사고의 원인 및 대책공법 등의 조치사항

③ 사고발생 당시 사진

④ 시설물별 특이사항

- 상수도 : 강우량자료
- 수문 : 강우량자료, 침수피해자료
- 절토사면 : 강우량자료

4) 운영기록

① 준공일로부터 현재까지의 전반적인 운영 상황을 기록한 자료

② 시설물별 특이사항

시설물구분	운영기록
댐	① 댐시설의 주요기능(용수공급, 홍수조절, 발전 등)에 대한 운영실적 ② 운영기간 중 수문사항 ③ 기타 특기사항 ○ 최종담수일, 최초만수위 도달일시, 극대홍수 발생일시, 인근지역의 지진발생 기록
항만	접안기록 : 접안선박의 규모, 접안시간 등
상수도	정수장, 취수장, 가압장 등의 각 시설물별 특성 및 운영계획 분석
수문	내하력 평가 기록 : 관리주체는 내하력 평가 방법의 종류 및 해석결과, 사용된 계수 등 내하력 결정에 관련된 제반기록을 보관한다.

라. 안전점검 및 정밀안전진단 자료

1) 일반

시설물의 점검 및 진단자료는 점검 및 진단 시 마다 그 결과에 따라 변경될 수 있으며, 필요한 경우 당해 시설물의 규모, 공법, 점검 및 진단 실적(보고서 등)에 따라 자료를 수집하며, 다음 사항을 고려하여 수집한다.

① 공통사항

○ 사용제한 사항

○ 부대 시설물

○ 환경조건 : 구조물의 내구성과 안전에 영향을 주는 조건

② 시설물별 특이사항

시설물구분	자료수집시 고려사항
교량	○ 시설물의 형식 ○ 하천형태 및 기초상태 ○ 통행제한사항 : 하중, 속도, 철도의 경우 열차 차단시간
터널	○ 터널형상 ○ 지하수위 및 지반상태 ○ 통행제한사항 : 하중, 속도, 철도의 경우 열차 차단시간
댐	○ 최고수위 등
항만	○ 부두배면의 지반상태
상수도	○ 상수도의 특성 및 처리방식 ○ 지하수위 및 토질·지반 상태 ○ 취수원의 상황
하구둑	○ 하구둑의 특성 및 수리·수문 사항 ○ 지하수위 및 토질·지반 상태 ○ 방류수역의 상황 (조위자료 등)
하수처리장	○ 하수처리장의 특성 및 처리방식 ○ 지하수위 및 토질·지반 상태 ○ 방류수역의 상황(최고 수위 등)
건축물	○ 구조형식 및 사용재료 ○ 기초지반의 상태, 지하수위 등 ○ 설계·용도·구조 또는 중량의 마감재 등의 변경 등 ○ 보호시설물
옹벽	○ 옹벽 재료 ○ 옹벽 배면토 및 기초지반의 상태, 지하수위 등 ○ 보호시설물 ○ 보강토옹벽의 경우 배면보강재에 대한 제원 등
절토사면	○ 절토사면의 유형(토사사면, 연약암반사면, 파쇄암반사면, 절리암반사면) ○ 절토사면의 규모(높이, 연장) 및 형상(경사, 종/횡단 형상) ○ 지하수위 및 지반상태 ○ 절토사면 보호/보강/배수시설물(낙석방지울타리, 낙석방지망, 산마루 배수구 등) ○ 환경조건 (집수지형이나 인공구조물 유무 등 절토사면의 안전에 영향을 주는 조건)

2) 안전점검 및 정밀안전진단 자료 갱신

보수·보강 작업이나 개량작업 등으로 시설물의 구조가 변경된 경우는 시설물관리대장에 구체적인 내용과 치수 등 관련 사항을 기록한다.

마. 보수·보강공사 자료

안전점검 및 정밀안전진단 실시결과에서 발견된 결함에 대하여 실시한 보수·보강공사 자료의 일체로서 다음의 내용을 포함하여야 한다.

○ 보수·보강의 경위
○ 보수·보강 적용공법 및 적용범위
○ 보수·보강 기간 및 시행자(감독, 시공자) 등

2.3 감리보고서, 설계도서 등 관련서류 및 시설물 관리대장 작성·제출

법 제17조제1항에 따라 시설물의 발주자는 감리보고서를 공단에, 시설물의 시공자는 설계도서 등 관련서류를 관리주체와 공단에, 관리주체는 시설물관리대장을 공단에 각각 제출한다.

감리보고서·설계도서 등 관련서류 및 시설물관리대장의 제출은 FMS 운영규정에 따라 작성·제출한다.

중요한 보수·보강의 경우에도 같으며, 그 내용은 다음과 같다.

가. 철근콘크리트구조부 또는 철골구조부

나. 건축물의 내력벽·기둥·바닥·보·지붕틀 및 주계단
(단, 사이기둥·최하층바닥·작은보·차양·옥외계단 기타 이와 유사한 것으로 건축물의 구조상 중요하지 아니한 부분 제외)

다. 교량의 교좌장치(교량받침)

라. 터널의 복공부위

마. 하천제방의 수문문비

바. 댐의 본체, 시공이음부 및 여수로

사. 조립식 건축물의 연결부위

아. 상수도 관로이음부

자. 항만시설 중 갑문문비 작동시설과 계류시설의 구조체

2.4 안전점검·정밀안전진단 및 유지관리의 실적 제출

관리주체 및 안전진단전문기관·유지관리업자는 법 제11조의2에 따라 안전점검·정밀안전진단·유지관리의 실적을 해당 실적이 발생한 날부터 30일 이내에 규칙 별지 제13호 서식에 따라 FMS를 이용하여 제출하여야 한다.

또한, 법 제11조의3에 따라 정밀점검 또는 정밀안전진단 실시결과 평가후 보완지시를 받은 경우에도 보완 완료한 날부터 30일 이내에 규칙 별지 제13호 서식에 따라 FMS를 이용하여 제출하여야 한다.

제3장 안전점검 및 정밀안전진단

3.1 일반

3.1.1 목적

안전점검 및 정밀안전진단의 목적은 현장조사 및 각종 시험에 의해 시설물의 물리적·기능적 결함과 내재되어 있는 위험요인을 발견하고, 이에 대한 신속하고 적절한 보수·보강 방법 및 조치방안 등을 제시함으로써 시설물의 안전을 확보하고자 함에 있다.

3.1.2 안전 및 유지관리계획 수립

법 제4조에 따라 관리주체는 소관 시설물별로 안전 및 유지관리계획을 수립하여 체계적이고 일관성 있는 안전점검 및 정밀안전진단이 실시될 수 있도록 하여야 한다.

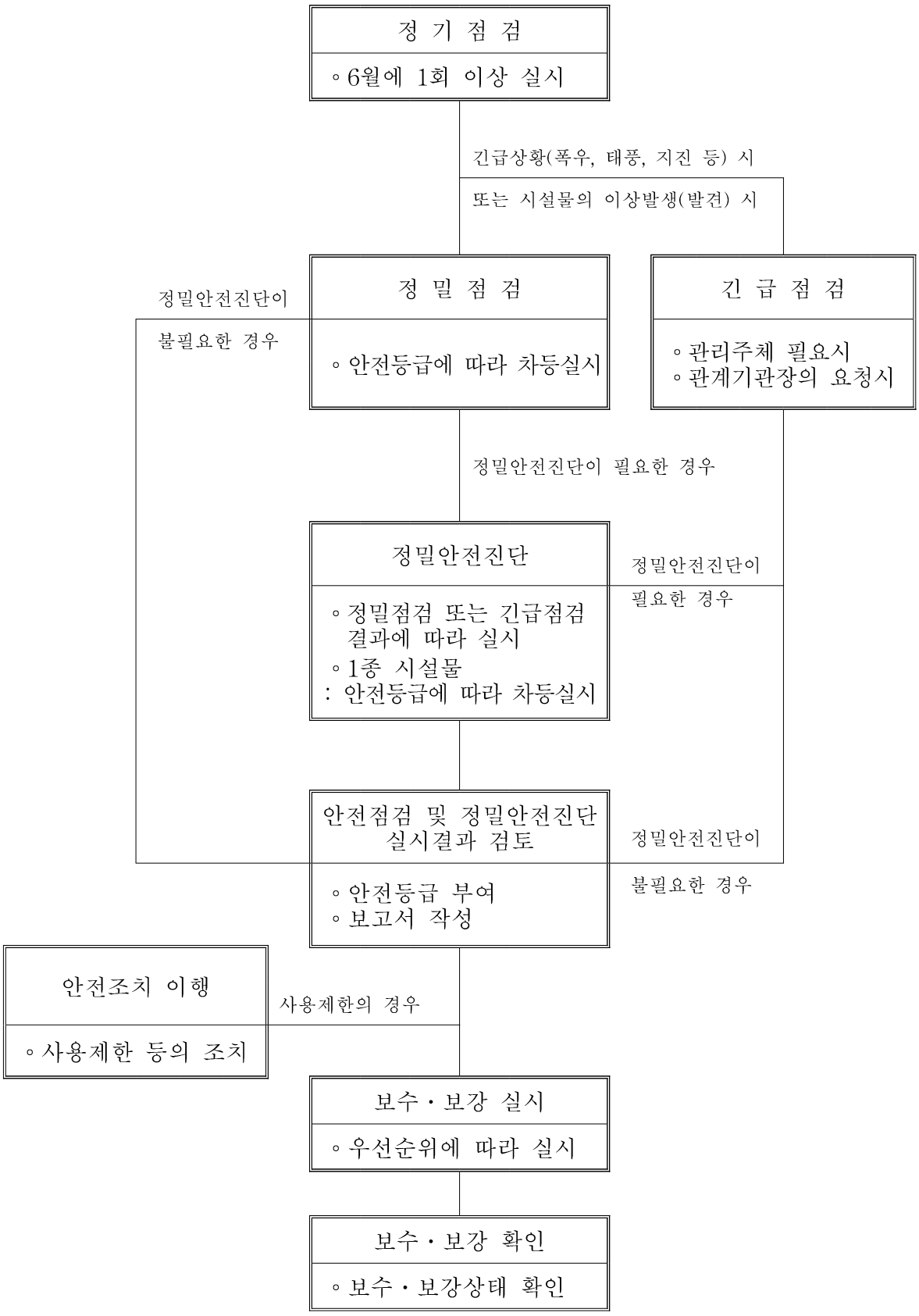
3.1.3 예산의 확보

법 제33조 및 영 제25조에 따라 공공관리주체는 매년 소관시설물의 유지관리에 필요한 예산을 확보하여야 한다. 또한 민간관리주체도 시설물 및 공중의 안전 확보를 위하여 시설물의 유지관리에 필요한 예산을 확보하여 적절한 유지관리를 하여야 한다.

유지관리 예산에는 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 비용이 포함되어야 하며 이 비용은 안전점검 및 정밀안전진단 대가(비용산정)기준을 기초로 한다.

○ 유지관리 예산은 시설물의 안전성·기능·사용빈도·성능 등에 의하여 보수·보강·교체 등이 시급하다고 판단되는 시설물에 대하여 우선 계상되어야 한다. 이 경우 중대한 결함이 있는 시설물에 대하여는 유지관리·보수·보강·교체비용을 종합적으로 검토하되, 가급적 당해 시설물의 기능을 유지시키는 방안이 우선적으로 강구되어야 한다.

○ 관리주체는 소관시설물에 대하여 전산기법을 이용한 시설물관리체계에 의하여 시설물의 유지관리를 과학적으로 시행하도록 노력하여야 하며, 이에 따라 유지관리 예산 및 보수·보강 시기 등을 결정할 수 있도록 하여야 한다.



[그림 2.1] 안전관리 업무 흐름도

3.1.4 준비사항

안전점검 및 정밀안전진단의 실시를 위하여 준비해야 할 사항은 다음과 같다.

가. 안전점검 및 정밀안전진단 과업지시서 등의 작성

공공관리주체 및 민간관리주체가 소관 시설물에 대한 안전점검 및 정밀안전진단을 발주할 때에는 법 제6조제1항 및 법 제7조제1항에 따라 안전점검 및 정밀안전진단이 성실히 수행되도록 지침 및 세부지침을 준수하여 과업지시서 또는 용역설계서를 작성하여야 한다.

나. 안전점검 및 정밀안전진단 과업지시서 등의 검토

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 3.9.2절에 따른 사전검토 결과 당해 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서 내용이 지침 및 세부지침과 위배되는 경우에 그 내용을 관리주체에게 보고하고, 과업수행계획서에 수록하여야 한다.

다. 일정계획 수립

라. 조사·시험 항목의 선정

마. 경험과 기술을 갖춘 기술인력과 소요 장비

3.1.5 고려사항

안전점검 및 정밀안전진단을 위한 조사·시험 항목을 선정할 때는 다음 사항을 고려하여야 한다.

가. 시설물에 대한 구조적 특수성 검토

나. 최신 기술과 실무 경험의 적용

다. 책임기술자는 영 제7조에 따른 자격기준에 따라 선정

3.1.6 장비관리

가. 관리일반

안전점검 및 정밀안전진단에 사용하는 장비는 소요성능 및 측정의 정밀·정확도를 유지하도록 관리하여야 하며 「국가표준기본법」 및 「계량에 관한 법률」에 의하여 검·교정을 받아야 한다.

규칙 제6조에 따라 갖춘 진단측정장비는 규칙 별지 제5호 서식과 함께 해당 진단측정장비 사진을 포함하여 관리하여야 한다.

나. 검·교정 대상 진단측정장비

"「국가표준기본법」 제14조(국가교정제도의 확립) 규정에 의한 국가측정표준과 국가사회의 모든 분야에서 사용하는 측정기 기간의 소급성 제고를 위하여 측정기를 보유 또는 사용한 자는 주기적으로 해당 측정기를 교정하여야 하며, 이를 위하여 교정대상 및 적용범위를 자체규정으로 정하여 운용할 수 있다"고 "국가교정기관지정제도 운영요령" 제41조(교정대상 및 주기)에 규정되어 있다.

「규칙」 별표1에서 정하고 있는 진단측정장비는 5분야 19종으로 이 진단측정장비 중에서 「국가표준기본법」 규정에 의한 교정대상이 되는 진단측정장비는 [표 2.1]의 6종이 해당된다.

[표 2.1] 법정 진단측정장비의 교정주기

전문분야	진단장비명		교정주기 (월)	비 고
공통	염분측정장비		12	
	도막두께측정장비		12	
	측량기	수준기	24	레벨
		각도측정기	24	데오드라이트
		거리측정기	24	광파측정기
교량 및 터널	내공변위측정기		12	
항만	유속계		12	
건축	진동측정기		18	

한편, 교정주기 및 대상은 매년 변동이 있으므로 "국가교정기관지정제도운영요령"[6] (이하 "운영요령"이라 한다) 및 "국가교정기관지정제도운영세칙"[7](이하 "운영세칙"이라 한다) 등에서 확인이 필요하다.

다. 교정주기의 설정

"운영세칙"에서 정한 표준교정주기는 가장 보편적인 상황 하에서 사용하였을 때 그 측정기의 정밀정확도가 유지될 수 있는 기간을 추정한 교정주기이다.

"운영세칙"에서 25개 측정분야 총 448종의 측정기에 대하여 표준교정주기를 정하고 있으나, 각 산업체에 측정기를 사용하고 있거나 보유하고 있는 자는 측정기의 정확도, 안정성, 사용목적, 환경조건 및 사용빈도를 감안하여 주기를 조정토록 권고하고 있다.

---

6) "국가교정기관 지정제도운영요령" 산업자원부 고시 제2007-48호 2007.4.2
7) "국가교정기관 지정제도운영세칙" 기술표준원 고시 제2007-117호 2007.4.2

라. 기타 진단기기의 검・교정

「법」에서 정하고 있는 진단측정장비 이외에 안전점검 및 정밀안전진단 실시에서 사용되는 각종 기기 또는 장비 및 센서 등에 대해서도 “운영요령” 및 “운영세칙”에 근거하여 검・교정을 받아야 한다.

안전점검 및 정밀안전진단 실시에서 사용되는 법정 진단측정장비 이외의 검・교정이 필요한 대표적인 진단기기는 [표 2.2]와 같다.

[표 2.2] 법정 진단측정장비 이외의 진단기구 교정주기

진단기기	교정주기 (월)	비 고
디지털고무경도측정기	12	
버어니어캘리퍼스	12	
이산화탄소측정기	12	
산소측정기	12	
전자 저울	12	
디지털 토크렌치	12	
토크렌치	6	볼트 체결력 측정

마. 교정기관

「국가표준기본법」에 따라 기술표준원에서 운영하고 있는 한국인증기구(KOLAS, Korea Laboratory Accreditation Scheme)으로 부터 국가교정기관 및 시험검사기관으로 승인을 받은 교정기관에 해당 진단측정장비 및 각종 기구 및 센서 등에 대해서 검・교정을 받아야 한다.

3.1.7 실시결과의 이행

법 제11조에 따라 안전점검 또는 정밀안전진단 실시결과를 통보받은 관리주체는 실시결과 구조안전에 영향을 줄 수 있는 다음과 같은 중대한 결함사항이 포함되어 있는 경우에는 법 제15조 및 영 제16조에 따라 통보를 받은 날부터 2년 이내에 그 결함사항에 대한 보수·보강 등의 필요한 조치에 착수하여야 하며, 특별한 사유가 없는 한 착수한 날부터 3년 이내에 이를 완료하여야 한다.

중대한 결함에 해당하는 경우는 다음과 같고, 세부결함의 정도는 해당 시설물편에 규정한다.

① 시설물기초의 세굴

② 교량교각의 부등침하

③ 교량 교좌장치(교량받침)의 파손

④ 터널지반의 부등침하

⑤ 항만계류시설중 강관 또는 철근콘크리트파일의 파손·부식

⑥ 댐본체의 균열 및 시공이음의 시공불량 등에 의한 누수

⑦ 건축물의 기둥·보 또는 내력벽의 내력손실

⑧ 하구둑 및 제방의 본체, 수문, 교량의 파손·누수 또는 세굴

⑨ 폐기물매립시설의 차수시설 파손에 의한 침출수의 유출

⑩ 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 중성화(탄산화)에 따른 내력손실

⑪ 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

⑫ 기타 규칙 제13조에서 정하는 구조안전에 영향을 주는 결함

시설물명	주요부위의 중대한 결함
1. 교량	-주요 구조부위 철근량 부족 -주형(거더)의 균열 심화 -철근콘크리트 부재의 심한 재료 분리 -철강재 용접부의 불량용접 -교대·교각의 균열발생
2. 터널	-벽체균열 심화 및 탈락 -복공부위 심한 누수 및 변형
3. 하천	-수문의 작동불량
4. 댐	-물이 흘러 넘치는 부분의 콘크리트 파손 및 누수 -기초지반의 누수, 파이핑 및 세굴 -수문의 작동불량
5. 상수도	-관로이음부의 불량접합 -관로의 파손, 변형 및 부식
6. 건축물	-조립식 구조체의 연결부실로 인한 내력상실 -주요구조부재의 과다한 변형 및 균열심화 -지반침하 및 이로 인한 활동적인 균열 -누수·부식 등에 의한 구조물의 기능상실
7. 항만	-갑문시설 중 문비작동시설 부식 노후화 -갑문 충·배수 아키덕트 시설의 부식 노후화 -잔교·시설 파손 및 결함 -케이슨구조물의 파손 -안벽의 법선변위 및 침하

3.2 안전점검 및 정밀안전진단의 종류

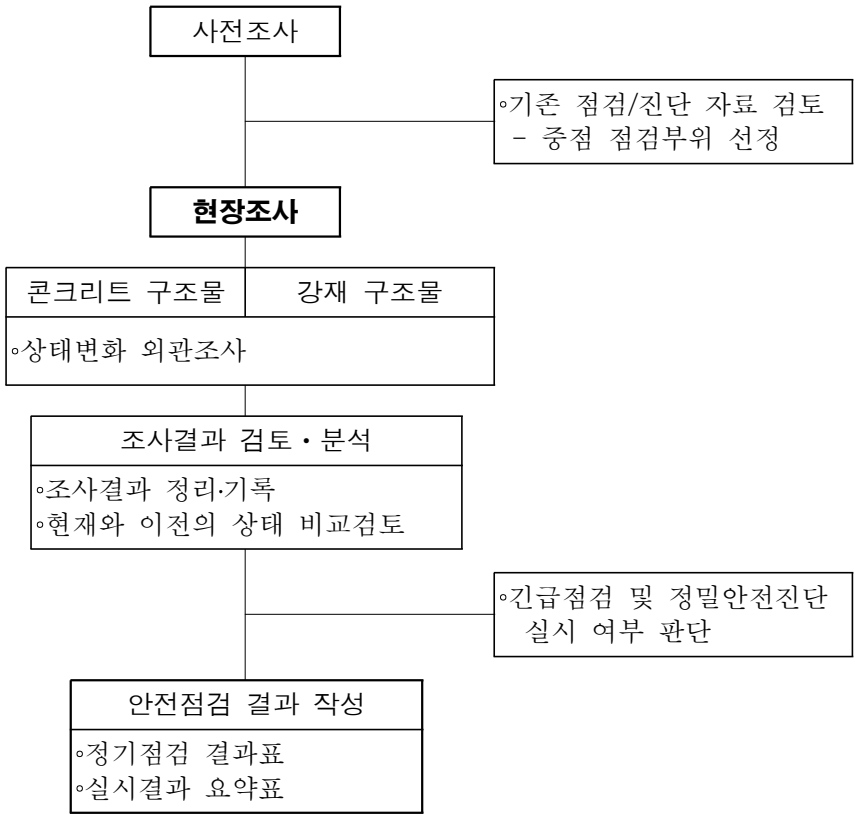
3.2.1 정기점검

정기점검은 경험과 기술을 갖춘 사람에 의한 세심한 외관조사 수준의 점검으로서 시설물의 기능적 상태를 판단하고 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위한 관찰로 이루어진다.

점검자는 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 중대한 결함을 발견할 수 있도록 세심한 주의를 기울여야 한다.

점검자 및 관리주체는 정기점검 실시결과 중대한 결함이 있는 경우에는 법 제11조에 따라 즉시 관계행정기관의 장에게 통보하여야 한다.

관리주체는 정기점검 실시결과 필요할 경우 결함의 정도에 따라 긴급점검 또는 정밀안전진단을 실시하는 등 필요한 조치를 취하여야 한다.



[그림 3.1] 정기점검 흐름도

3.2.2 정밀점검

정밀점검은 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위하여 면밀한 외관조사와 간단한 측정·시험장비로 필요한 측정 및 시험을 실시한다.

외관조사 및 측정·시험 결과와 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과에서 발견된 결함의 진전 및 신규발생을 파악하여 시설물의 주요 부재별 상태를 평가하고 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과의 상태평가 결과와 비교·검토하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하여야 하며, 결함부위 등 주요 부위에 대한 외관조사망도 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.

또한 내진설계 여부를 확인하고, 시설물에 영 제12조의 중대한 결함이 발생하는 등 필요한 경우에는 해당 부위에 대하여 안전성평가를 실시할 수 있다.

정밀점검 실시결과 결함이 광범위하게 발생하는 등 정밀안전진단이 필요하다고 판단될 경우에는 점검자는 관리주체에게 즉시 보고하여야 하며, 관리주체는 법 제7조제1항에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

3.2.3 긴급점검

긴급점검은 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 요청한 때에 실시하는 정밀점검 수준의 안전점검이며 실시목적에 따라 손상점검과 특별점검으로 구분한다.

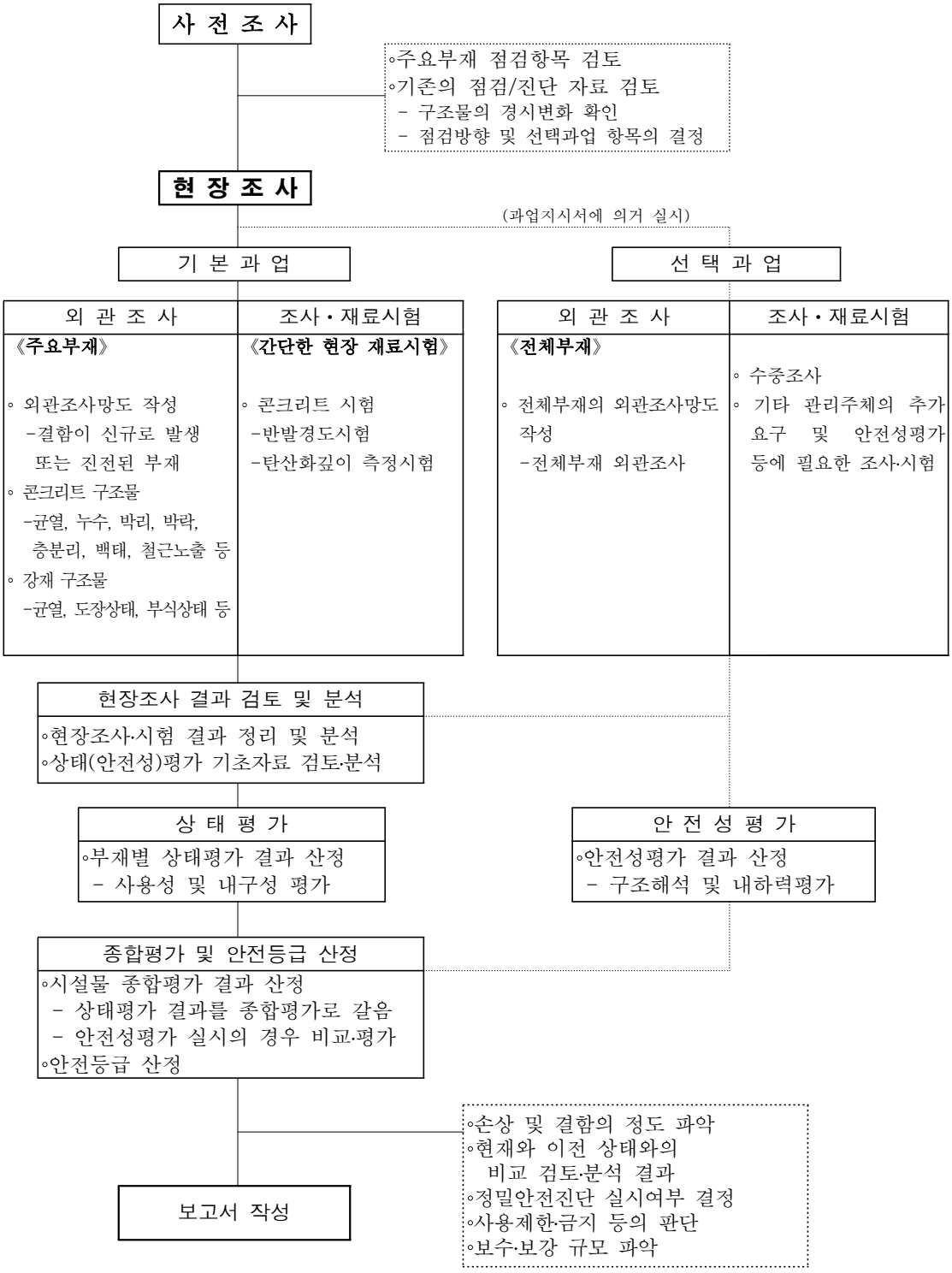
가. 손상점검

손상점검은 재해나 사고에 의해 비롯된 구조적 손상 등에 대하여 긴급히 시행하는 점검으로 시설물의 손상 정도를 파악하여 긴급한 사용제한 또는 사용금지의 필요 여부, 보수·보강의 긴급성, 보수·보강작업의 규모 및 작업량 등을 결정하는 것이며 필요한 경우 안전성평가를 실시하여야 한다.

점검자는 사용제한 및 사용금지가 필요할 경우에는 즉시 관리주체에 보고하여야 하며 관리주체는 필요한 조치를 취하여야 한다.

나. 특별점검

특별점검은 기초침하 또는 세굴과 같은 결함이 의심되는 경우나, 사용제한 중인 시설물의 사용여부 등을 판단하기 위해 실시하는 점검으로서 점검 시기는 결함의 심각성을 고려하여 결정한다.



[그림 3.2] 정밀점검 및 긴급점검 흐름도

3.2.4 정밀안전진단

정밀안전진단은 법 제7조제1항에 따라 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해 및 재난 예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에 실시하며, 또한 영 제9조제1항에 해당하는 시설물은 영 제9조제2항에 따라 정기적으로 실시한다.

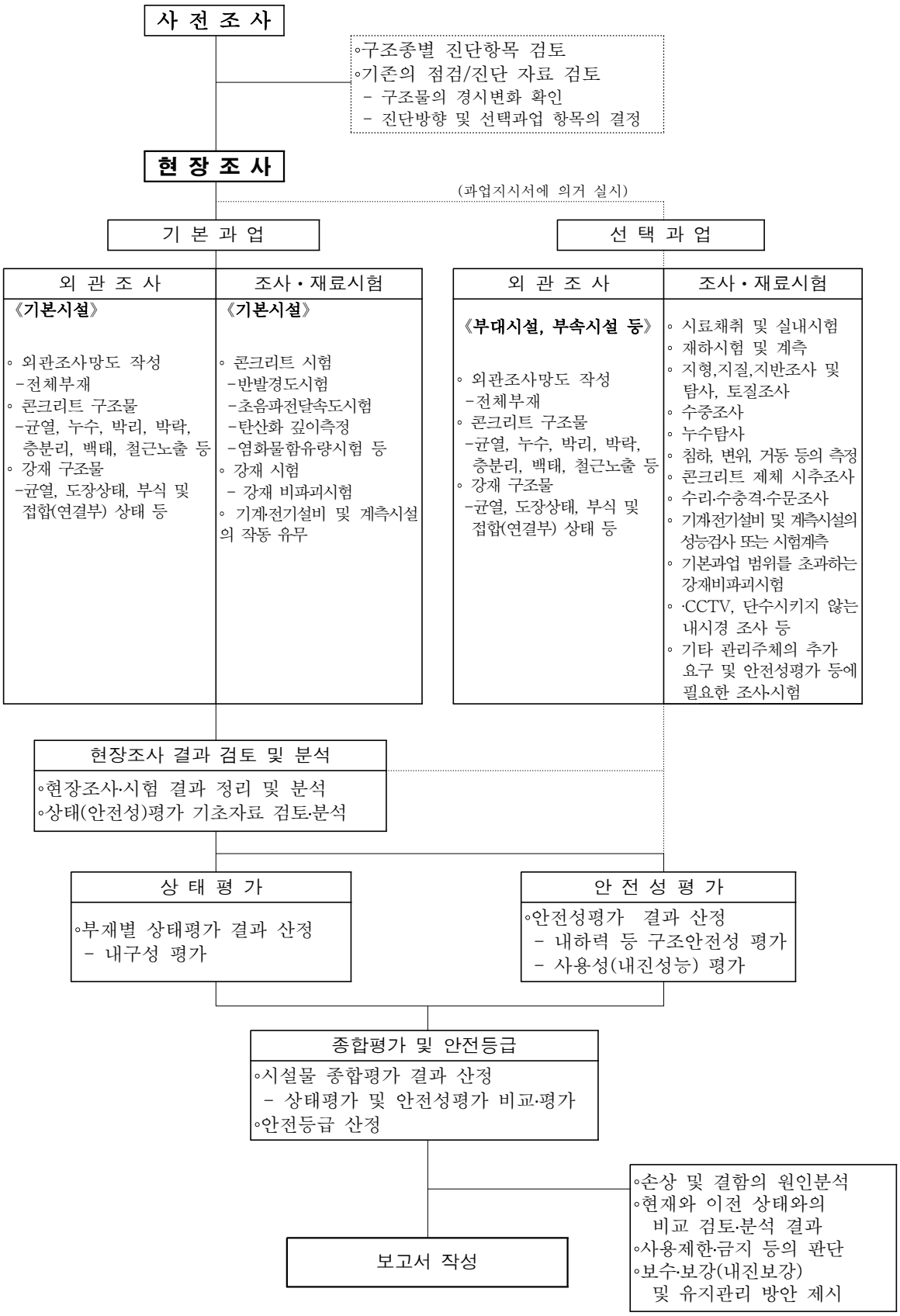
정밀안전진단은 안전점검으로 쉽게 발견할 수 없는 결함부위를 발견하기 위하여 정밀한 외관조사와 각종 측정·시험장비에 의한 측정·시험을 실시하여 시설물의 상태평가 및 안전성평가에 필요한 데이터를 확보한다.

현장조사시 필요한 경우 교통통제 및 안전조치를 취하여야 하며 시설물 근접조사를 위한 접근장비와 필요시 수중카메라 등 특수장비와 잠수부 등 특수기술자도 투입하여야 한다.

결함의 유무 및 범위에 대한 확인이 필요한 때에는 현장 재료시험과 기타 필요한 재료시험을 병행하여야 한다. 전체구조물의 표면에 대한 외관조사 결과는 도면으로 기록하여야 하며, 구조물 전체 부재별 상태를 평가하고 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하여야 한다.

정밀안전진단에서는 시설물의 결함 정도에 따라 필요한 조사·측정·시험, 구조계산, 수치해석 등을 실시하고 분석·검토하여 안전성평가 결과를 결정하여야 한다. 또한 필요한 경우에는 구조물의 사용성, 내진성능 등도 평가하여야 한다.

정밀안전진단 결과 보수·보강이 필요한 경우에는 보수·보강방법을 제시하여야 한다. 이 경우 보수·보강 시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 현저하게 작용하는 상황에 대한 구조 안전성평가를 포함하여야 한다.



[그림 3.3] 정밀안전진단 흐름도

3.3 안전점검 및 정밀안전진단 실시 시기

관리주체는 소관시설물에 대하여 영 제6조제1항 및 영 제9조제2항에 따라 정기적으로 정기점검, 정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 하며, 법 제4조에 따른 시설물의 안전 및 유지관리계획 수립시 안전점검 및 정밀안전진단 실시계획이 포함되어야 한다.

다만, 영 제6조제1항에 따른 안전점검의 경우에는 다음 어느 하나에 해당하면서 시설물을 사용하지 않는 경우에는 국토해양부장관과 협의하고 실시를 생략하거나 시기를 조정 할 수 있다.

① 시설물의 증축 및 개축, 리모델링 등의 공사 중인 경우

② 시설물의 철거예정인 경우

시설물 구조형태의 변경으로 인하여 1종 또는 2종시설물이 된 경우 안전점검 및 정밀안전진단 실시시기는 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)로부터 기산한다. 다만 1종시설물로 변경된 경우 정밀안전진단 실시시기는 그 시설물의 최초 준공일로부터 기산하며, 시설물의 최초 준공일이 10년이 경과된 시설물은 1년 이내에 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

3.3.1 정기점검

정기점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시사용 포함)로부터 반기에 1회 이상 실시하여야 하며 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단의 실시기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다. 다만, 공동주택의 경우에는 「주택법시행령」 제65조에 따른 안전점검으로 갈음한다.

3.3.2 정밀점검

해당 시설물의 안전등급에 따라 다음 표의 실시주기에 의해서 정기적으로 정밀점검을 실시 완료하여야 한다.

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

건축물에는 그 건축물의 부대시설인 옹벽과 절토사면을 포함하며, 항만시설물 중 썰물시 바닷물에 항상 잠겨있는 부분은 4년에 1회 이상 정밀점검을 하여야 한다.

최초로 실시하는 정밀점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시 사용승인 포함)을 기준으로 3년 이내(건축물은 4년 이내)에 실시하여야 하며, 정밀점검 또는 정밀안전진단을 받은 경우 그 날(완료일)을 기준으로 정밀점검의 실시주기를 정한다. 또한 정밀안전진단 실시 기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다.

3.3.3 정밀안전진단

정밀안전진단은 영 제9조에 따른 1종 시설물(공동주택 및 폐기물매립시설을 제외한다)에 대하여 준공일 또는 사용승인일(임시사용 포함)을 기준으로 산정하여 10년이 지난 때부터 1년 이내에 실시 완료하여야 하며, 차회의 정밀안전진단은 전회의 정밀안전진단 완료일을 기준으로 해당 시설물의 안전등급에 따라 다음 표의 실시주기에 의해서 정기적으로 정밀안전진단을 실시 완료하여야 한다.

다만, 시설물의 특성상 정밀안전진단이 1년 이상 소요되는 시설물은 국토해양부장관과 협의하여 실시 완료하여야 한다.

안전등급	정밀안전진단
A 등급	6년에 1회 이상
B·C 등급	5년에 1회 이상
D·E 등급	4년에 1회 이상

또한, 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해 및 재난 예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요한 경우에는 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

3.4 안전점검 및 정밀안전진단 실시자의 자격

안전점검 또는 정밀안전진단을 자신의 책임 하에 실시할 수 있는 사람(이하 “책임기술자”라 한다)은 영 제7조 별표 2에 따른 기술자격자로서 규칙 제4조에 따른 교육기관에서 시행하는 해당분야의 안전점검 및 정밀안전진단 교육과정을 70시간 이상 이수한 사람으로 하여금 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시하도록 하여야 한다.

책임기술자는 안전점검 및 정밀안전진단 전반에 대한 총괄책임자로서 설계, 안전성 평가, 성능회복과 유지관리를 포함한 공학적 및 기술적인 면에서의 전반적인 지식을 갖추어야 한다.

또한, 영 제7조제2항에 따라 책임기술자의 감독아래 정밀안전진단을 하려는 사람은 영 제11조 별표 3의 등록기준에 규정된 기술인력의 자격요건을 갖춘 사람으로 규칙 제4조에 따른 교육기관에서 시행하는 해당분야의 정밀안전진단 교육과정을 70시간 이상 이수하여야 한다.

다만, 주택법 시행령 제65조제1항제2호에 따른 주택관리사 또는 주택관리사보는 주택법 시행규칙 제28조의2 각 호의 어느 하나에 해당하는 교육기관에서 안전점검 교육을 35시간 이상 이수하여야 한다.

3.5 안전점검 및 정밀안전진단시 안전관리

3.5.1 일반

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전은 물론 공공의 안전을 위하여 진단측정장비 및 기기 등을 안전하게 운용하고 작업을 안전하게 수행하도록 안전관리계획을 수립하여야 한다.

3.5.2 안전점검 및 정밀안전진단 종사자의 안전

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전모, 작업복, 작업화와 필요한 경우 청각, 시각 및 안면보호장비 등을 포함한 개인용 보호장구를 항시 착용하여야 하며 진단측정장비 및 기기를 항상 최적의 상태로 정비하여야 한다.

밀폐된 공간에서의 작업이 필요할 경우에는 유해물질, 가스 및 산소결핍 등에 대한 조사와 대책을 사전에 마련하여야 한다.

가. 안전관리 조직

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 기관은 종사자를 중심으로 안전관리 조직을 구성하도록 하며, 협력업체가 있는 경우에는 협력업체를 포함하도록 하고, 안전관리 책임자를 선임하도록 한다.

나. 안전교육

안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설물의 특성과 현장조사의 난이도, 위험도를 고려하여 안전수칙 등을 제정하고 이에 따라 안전교육을 실시하도록 한다.

다. 보호구

안전점검 및 정밀안전진단 종사자는 고용노동부장관 검정 합격품을 사용하고, 적정한 보호구를 착용하며, 적합한 안전시설을 설치하여 사용한다.

다음의 각 사항의 작업 시에는 반드시 보호구를 착용하여야 한다.

○ 높이 2m이상의 추락의 위험이 있는 장소에서는 안전벨트를 착용한다.

○ 낙하물에 의한 위험이 있는 장소에서는 안전모 및 안전화를 착용한다.

○ 분진 등이 현저하게 발생되는 장소에서는 방진 마스크를 착용한다.

○ 유해물질 및 가스발생, 산소결핍 등 질식위험이 있는 장소에서는 방독 마스크

또는 방독면을 착용한다.

○ 그라인더 작업 등 비산물에 의한 위험이 있는 작업은 보안경 또는 보안면을 착용한다.

○ 현저한 소음이 발생되는 작업 장소에서는 귀마개를 착용한다.

○ 수상 부분에서 작업을 할 때에는 구명장구 및 비상로프를 착용, 휴대한다.

○ 기타 위험 요소가 있는 장소에서의 작업 시에는 적절한 보호용구를 사용한다.

라. 안전사고의 처리

안전관리자는 안전사고 발생 시 응급조치를 취하고 신속하게 인근 병원으로 후송하며, 관련법의 규정에 따라 처리한다.

마. 안전수칙

○ 일기 조건으로 작업 수행이 곤란한 경우에는 작업을 하지 아니한다.

○ 위험한 작업 시에는 안전관리자가 입회하도록 하며, 특별교육을 실시한다.

○ 작업 실시 전에 작업에 지장을 주는 요인이 있을 경우 관리주체의 협조를 얻어 안전 조치를 취한 후에 작업을 실시한다.

○ 공공의 안전과 관계가 있을 경우에는 적절한 조치(출입 금지, 접근 금지 등의 표지판 설치, 교통신호수, 감시인 배치 등)를 한다.

○ 안전관리자는 위험물 저장소, 통제구역 등의 출입에 대하여는 관리주체와 사전 협의를 하여야 하며, 관리주체는 이에 적극 협조한다.

○ 야간 또는 어두운 곳에서의 작업 시에는 충분한 밝기의 조명 시설을 갖추어야 하고 식별이 용이하도록 조치를 하여야 하며, 수시로 작업자 상호간에 연락을 취할 수 있도록 한다.

○ 밀폐된 장소에서의 산소결핍이 예상되는 장소는 작업 전에 반드시 산소 농도를 측정하고 적절한 조치를 취한다.

○ 유해 가스 발생 및 잔류가 예상되는 장소는 반드시 사전에 정밀 측정기에 의한 측정 및 확인, 안전조치를 한 후에 작업한다.

○ 전기를 사용 할 경우에는 감전사고 예방 조치를 취한다.

○ 각종 측정장비의 사용 시 주의사항을 숙지하여야 하며 무리한 사용과 조작을 하지 않는다.

○ 장비 사용에 있어 취급 자격이 요구되는 장비는 유자격자 이외에는 사용하지 않아야 한다.

○ 점검차량을 사용할 때는 굴절붐(Boom) 및 암(Arm) 회전 시 주의하고 자체적으로 작성한 안전수칙에 따라 장비운용을 시행한다.

3.5.3 공공의 안전

공공의 안전측면에서 관리주체는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 기간 동안 교통통제와 작업공간 확보를 위하여 적절한 계획을 수립 시행하여야 한다.

3.6 안전점검 및 정밀안전진단 계획수립

3.6.1 계획수립

가. 안전점검·정밀안전진단을 수행하는데 필요한 인원, 진단측정장비 및 기기의 결정
나. 기 발생된 결함의 확인을 위한 기존 안전점검·정밀안전진단 자료의 검토
다. 안전점검·정밀안전진단 실시 기간과 소요 작업시간의 예측
라. 타 기관 또는 주민과의 협조관계
마. 수중조사 등 선택과업에 대한 조사범위, 장비 및 인력 동원계획
바. 비파괴 시험을 포함한 기타 재료시험의 실시 위치 및 시험 실시계획
사. 붕괴유발부재, 피로취약부위 등과 같이 특별한 주의를 필요로 하는 부재·부위
아. 시설물의 기초와 주위 지반에 대한 조사방법, 조사항목 및 범위

3.6.2 안전점검 및 정밀안전진단 실시 시기의 선정

시설물의 철저한 점검 및 진단을 위하여 기후·온도·현지여건 등을 고려하여 가장 바람직한 기간 중에 실시되어야 한다.

3.6.3 장비의 선정

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단에 사용하는 장비는 접근에 필요한 장비와 실제 조사, 시험 및 측정을 수행하는데 사용되는 진단측정장비를 말한다.

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 구조부재에 접근할 필요가 있으며, 이 경우 가장 편리하고 안전한 장비를 선정하여야 한다.

안전점검 및 정밀안전진단 방법과 진단장비의 선정에 있어 책임기술자는 사전에 현장조사를 하여야 하며 도면이 있는 경우는 도면을 가지고 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부 사항들에 대하여 가장 알맞은 장비가 선정되도록 하여야 한다.

3.6.4 관리기준이 변경된 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단

사용 중인 시설물의 시설 관리기준 등이 변경된 경우에는 그 변경기준을 반영하여

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

3.7 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위

안전점검 및 정밀안전진단 대상시설물의 범위는 법의 적용을 받는 대상시설물 전체를 원칙으로 한다.

다만, 다음과 같은 경우에는 대상시설물의 범위를 조정할 수 있다.

1. 복합시설물을 이루는 시설물의 일부가 완공 또는 사용승인 시기가 다른 경우

2. 2종 시설물로서 안전점검 결과, 시설물의 일부를 특별히 정밀안전진단이 필요하다고 판단하여 실시하는 경우

3. 시설물의 용도상 구조 및 기능에 영향을 주지 않는 시설물

4. 기타, 다른 법령에 의해 안전점검 또는 정밀안전진단 수준을 주기적으로 실시하는 경우

5. 기타 실시범위에 대한 세부사항은 해당 시설물편에 규정한다.

6. 시설물편에서 정하고 있는 안전점검 및 정밀안전진단의 대상시설물의 범위를 상기의 1항 내지 4항에 의하여 조정할 경우에는 그 사유가 분명하여야 하며, 그 내용을 과업지시서에 명시하여야 한다.

3.8 안전점검 및 정밀안전진단 과업 내용

3.8.1 정기점검 과업

정기점검 실시결과 및 조치해야할 사항은 부록의 정기점검 서식에 의해 작성한다.

3.8.2 정밀점검 및 긴급점검 과업

가. 기본과업

기본과업은 시설물의 구분없이 기본적으로 실시하여야 하는 과업을 말한다.

기본과업의 현장조사 및 시험 항목은 최소필요 조건으로 특별한 사유가 있는 경우에는 추가 또는 축소할 수 있다. 이러한 경우, 그 사유를 과업지시서, 과업수행계획서 및 실시결과보고서에 명기하여야 한다.

1) 자료 수집 및 분석

◦준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리・수문계산서

◦시공・보수・보강도면, 제작 및 작업도면

◦ 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료

◦ 시설물관리대장

◦ 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과

◦ 보수·보강이력

2) 현장조사 및 시험

◦ 기본시설물 또는 주요부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성

- 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등

- 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등

◦ 간단한 현장 재료시험 등

- 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험)

- 콘크리트 탄산화 깊이 측정

3) 상태평가

◦ 외관조사 결과 분석

◦ 현장 재료시험 결과 분석

◦ 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가

◦ 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임기술자의 소견 (안전등급 지정)

4) 보고서 작성

◦ CAD 도면 작성 등 보고서 작성

나. 선택과업

선택과업은 시설물의 여건에 따라 실시하여야 하는 과업으로서 정밀점검의 목적을 달성하기 위하여 대상 시설물의 특성 및 현지여건 등을 감안하여 실시하여야 한다.

1) 자료수집 및 분석

◦ 구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우)

◦ 실측도면 작성(도면이 없는 경우)

2) 현장조사 및 시험

◦ 전체 부재에 대한 외관조사망도 작성

◦ 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치·해체 등

◦ 조사용 접근장비 운용

◦ 조사부위 표면청소

◦ 마감재의 해체 및 복구

◦ 수중조사

◦ 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험

3) 안전성평가

◦필요한 부위의 구조・지반・수리・수문 해석 등 안전성평가

◦보수・보강방법을 제시한 경우 보수・보강 시 예상되는 임시 고정하중에 대한 안전성평가

4) 보수・보강 방법

◦보수・보강 방법 제시

3.8.3 정밀안전진단 과업

가. 기본과업

기본과업은 시설물의 구분없이 기본적으로 실시하여야 하는 과업을 말한다.

기본과업의 현장조사 및 시험 항목은 최소필요 조건으로 특별한 사유가 있는 경우에는 추가 또는 축소할 수 있다. 이러한 경우, 그 사유를 과업지시서, 과업수행계획서 및 실시결과보고서에 명기하여야 한다.

1) 자료 수집 및 분석

◦준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리・수문계산서

◦시공・보수도면, 제작 및 작업도면

◦재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료

◦시설물관리대장

◦기존 안전점검・정밀안전진단 실시결과

◦보수・보강이력

2) 현장조사 및 시험

◦전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성

- 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등
- 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식 및 접합(연결부) 상태 등

◦현장 재료시험 등

- 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달속도시험 등), 탄산화 깊이 측정, 염화물함유량시험
- 강재 시험 : 강재 비파괴시험(시험량, 시험부위 등 세부사항은 시설물편 참조)
- 기계・전기설비 및 계측시설의 작동유무

3) 상태평가

◦외관조사 결과분석

◦ 현장시험 및 재료시험 결과 분석

◦ 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가

◦ 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견

4) 안전성평가

◦ 조사, 시험, 측정 결과의 분석

◦ 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석

◦ 내하력 및 구조 안전성평가

◦ 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견

5) 종합평가

◦ 시설물의 안전상태 종합평가 결과에 대한 소견

◦ 안전등급 지정

6) 보수·보강 방법

◦ 보수·보강 방법 제시

7) 보고서 작성

◦ CAD 도면 작성 등 보고서 작성

나. 선택과업

선택과업은 시설물의 여건에 따라 실시하여야 하는 과업으로서 정밀안전진단의 목적을 달성하기 위하여 대상 시설물 특성 및 현지여건 등을 감안하여 실시하여야 한다.

1) 자료 수집 및 분석

◦ 구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우)

◦ 실측도면 작성(도면이 없는 경우)

2) 현장조사 및 시험

◦ 시료채취 및 실내시험

◦ 재하시험 및 계측

◦ 지형, 지질, 지반조사 및 탐사, 토질조사

◦ 수중조사

(하천교량의 경우, 최초 정밀안전진단에는 필수적으로 수중조사를 실시하여야 한다. 또한, 최초 정밀안전진단 이후에 하상정비계획 또는 준설 등에 의하여 교량 주변에 하상변동이 발생했을 경우, 교량이 위치한 하천에서 계획홍수량 이상의 홍수가 발생했을 경우, 교량에 인접하여 교량확장, 철도 복선화 공사 등으로 인한 기초공사가 시행되었을 경우에는 수중조사를 필수적으로 실시하여야 한다.)

◦ 누수탐사

◦ 침하, 변위, 거동 등의 측정

(안전점검 실시결과, 원인 규명이 필요하다고 평가한 경우 필수)

◦ 콘크리트 제체 시추조사

◦ 수리・수충격・수문조사

◦ 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등

◦ 조사용 접근장비 운용

◦ 조사부위 표면청소

◦ 마감재의 해체 및 복구

◦ 기계・전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측(건축물 제외)

◦ 기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험

◦ CCTV 조사, 단수시키지 않는 내시경 조사 등

◦ 기타 관리주체의 추가 요구 및 필요한 조사・시험

3) 안전성평가

◦ 구조・지반・수리・수문 해석

(구조계의 변화 또는 내하력 및 구조 안전성 저하가 예상되는 경우 필수)

◦ 구조 안전성평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문

◦ 내진성능 평가 및 사용성 평가

◦ 제시한 보수・보강방법에 따라 보수・보강 시 예상되는 임시 고정하중에 대한 안전성평가

4) 보수・보강 방법

◦ 내진보강 방안제시

◦ 시설물 유지관리 방안 제시

3.9 안전점검 및 정밀안전진단 요령

3.9.1 일반

시설물별 안전점검 및 정밀안전진단 실시요령이나 세부점검서식은 지침 및 세부지침에서 규정한다.

복개구조물은 구조형식에 따라 시설물편 제1장 교량 또는 시설물편 제2장 터널, 지하차도는 시설물편 제2장 터널, 지하도상가는 시설물편 제10장 건축물을 준용한다.

다기능보는 시설물편 제3장 댐을 준용한다.

당해 시설물의 중요도 및 특성에 따라 보완 또는 추가가 필요한 경우는 새로이 세부서식 등을 작성하여 점검·진단 및 시설물관리에 사용할 수 있다.

3.9.2 사전조사

가. 설계도서 등 관련서류 사전검토

정밀점검 및 정밀안전진단 용역을 수주하여 실시하는 사람은 당해 시설물의 설계도서 등 유지관리자료와 과업지시서 등이 법령, 지침 및 세부지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하여 용역 착수일로부터 15일 이내에 관리주체에게 서면으로 보고하고 그 방침을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다.

다만, 용역업무의 특수성 등으로 인하여 별도로 기간을 정할 경우에는 그 기간으로 한다.

사전검토의 주요 내용은 다음과 같으며, 사전검토 보고서 작성은 부록에 수록된 「사전검토 보고서 예시」를 참고하여 작성한다.

○ 대상시설물의 정밀점검·정밀안전진단 실시범위

○ 유지관리 자료 보유 현황

○ 과업의 범위

- 기본과업 항목

- 선택과업 항목

○ 기본과업 재료시험 수량

○ 기타 법령, 지침 및 세부지침과의 부합여부

한편, 관리주체가 안전진단전문기관 등에 해당시설물의 정기점검을 발주하여 실시하는 경우에도 「사전검토 보고서 예시」를 참고하여 수행할 수 있다.

나. 과업수행계획서 작성

설계도서 등의 사전검토를 거쳐 관리주체의 방침을 받은 결과를 반영한 과업수행계획서를 작성하여 관리주체에게 서면으로 보고하고 승인을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다.

과업수행계획서는 다음에 열거한 순서로 하여 해당되는 사항을 일목요연하게 작성하여야 한다.

1. 과업의 목적

2. 과업의 개요

1) 대상 시설물 현황

2) 과업범위

3) 과업기간

3. 과업 수행방법

1) 안전점검 및 정밀안전진단

(가) 조사 및 시험·측정

(나) 상태 평가

(다) 안전성 평가

(라) 종합평가

(마) 보수·보강 및 유지관리 방안

2) 조사·시험관련 진단측정장비

4. 과업수행 일정

5. 과업수행 조직

1) 과업수행 조직체계

2) 인원투입 계획

6. 안전관리 계획

7. 사전검토 보고서 내용

다. 서류 관리

설계도서 등의 사전검토 보고서와 과업수행계획서에 관한 일체의 서류는 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과 보고서에 수록하여야 한다.

3.9.3 현장조사

현장조사는 기존시설물에 관한 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 구조물의 상태변화(결함, 손상, 열화 등) 및 균열 폭과 길이 등 구성재료의 변화를 추적하기 위하여 수행한다. 균열조사에 대한 세부사항은 부록 “균열조사 요령”을 따른다.

시설물 현장에서의 측정은 도면이 없거나 도면상에 나타난 자료를 명확하게 확인하기 위하여 필요하며, 측정의 정확성은 원하는 목적을 달성할 수 있는 정도로 하여야 한다.

3.9.4 안전점검 및 정밀안전진단부위의 청소

부식, 노후화 또는 기타 식별이 어려운 결함을 발견하기 위하여 육안으로 근접조사하기 전에 조사부위를 깨끗이 청소하여야 한다.

3.9.5 시설물의 상태평가, 안전성평가 및 종합평가

안전점검 및 정밀안전진단을 실시한 사람은 주관적인 판단에 따라 시설물의 상태 및 안전성평가가 이루어질 우려가 있으므로 평가의 객관성과 일관성 확보를 위하여 책임기술자 등은 시설물의 상태평가, 안전성평가 및 종합평가를 통일된 서식과 기준(시설물편 참조)에 의하여 실시하도록 한다.

3.9.6 시설물의 안전등급 지정

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 법 제10조의2 및 영 제11조의5에 따라서 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

3.9.7 중대한 위험이 예견되는 결함

안전점검 및 정밀안전진단 기간 동안 공중에 중대한 위험을 끼칠 우려가 있는 구조물의 결함이 발견되는 경우에는 즉시 관리주체에 통보하여야 하며 관리주체는 필요한 조치를 하여야 한다.

제4장 재료시험

4.1 일반

시설물의 상태 평가 및 안전성 평가를 적절히 수행하기 위하여 안전점검 및 정밀안전진단의 목적에 부합하는 현장 재료시험 및 실내시험을 실시하여야 하며 이를 위해 사전 현장조사, 도면 및 이전의 점검·진단보고서 검토 등을 통하여 필요한 시험항목 및 시험횟수를 산정하여야 한다.

안전점검 및 정밀안전진단을 실시함에 있어 시설물별로 필요한 재료시험의 최소시험 항목과 기준수량은 시설물편을 따르며, 시설물의 특성과 안전점검 및 정밀안전진단의 목적에 따라 이를 조정할 경우에는 실시결과 보고서에 그 사유를 명시하여야 한다.

4.2 현장 재료시험

현장 재료시험은 시설물이 위치하는 현장에서 구조물에 손상을 입히지 않고 강도 및 결함 등을 측정하는 것으로 이에 대한 세부사항은 부록 “재료시험 요령”을 따른다.

재료시험방법은 구조물의 특성을 간접적으로 측정하는 시험방법으로 시험장비 및 측정방법의 특징, 적용한계 등을 고려하여 측정하여야 하며, 시험을 실시하는 자는 시험장비의 사용법을 숙지한 충분한 경험을 갖춘 자이어야 하며 검·교정을 필한 장비를 사용하여야 한다.

4.3 실내시험

구조물로부터 재료의 일부를 채취하여 시험실에서 실시하는 실내시험은 특정부분에 대한 자료가 필요할 경우 사용되며, 구조물에 손상을 주기 때문에 가능한 전체적인 시설물의 평가에 유용할 경우에만 실시하여야 한다.

또한 재료채취에 의해 손상을 입은 부위는 원래 상태로 복구를 해야 한다.

실내시험은 KS규격을 기준으로 실시하고 KS규격에 없는 시험은 ASTM이나 AASHTO 등의 외국기준에 의해 실시할 수 있다.

실내시험에는 다음과 같은 시험들이 있다.

4.3.1 콘크리트 시험

강도, 수분함량, 공기량, 염화물함유량, 탄산화깊이 시험 등

4.3.2 강재시험

강도 등

4.3.3 토질재료 시험

입도, 함수비, Atterberg한계, 투수, 다짐, 압밀, 압축시험 등

4.4 재료시험 실시 요령

4.4.1 일반

재료시험 항목 및 수량은 안전점검·정밀안전진단 실시결과에 의한 시설물의 상태 또는 안전성 평가가 객관적이며, 보편타당하게 이루어지고 이를 위한 기초자료를 충분히 확보할 수 있도록 결정하여야 한다.

선택과업 재료시험의 실시여부는 과업의 내용에 의거하여 실시하는 것을 원칙으로 하며, 과업의 내용에는 해당 재료시험의 기준수량이 명시되어야 한다. 다만 선택과업 재료시험에서 기준수량이 정해져 있는 경우에는 해당 재료시험의 목적을 달성하기 위한 최소수량으로 이를 준수하여야 한다.

지침 및 세부지침에서 제시되는 내용을 원칙으로 하되 시설물 특성 및 제반여건을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

4.4.2 재료시험 항목 및 기준수량

가. 정기점검

정기점검은 외관조사 수준의 관찰에 의해 시설물의 외관 상태를 중심으로 점검하며, 점검결과에 의해 시설물에 대한 상태평가 결과를 매기지 않으므로 특별한 재료시험 및 수량 기준을 구체적으로 명시하지 않는다.

나. 긴급점검

긴급점검은 특별한 경우에 실시되는 점검으로서 점검의 범위 등은 정밀점검 내용을 기본으로 실시하나, 긴급점검의 필요 내용과 그 상황에 따라 크게 차이가 있는 경우에는 재료시험 항목 및 수량 역시 크게 달라지므로 점검의 범위 및 내용 등을 고려하여 관리주체와 점검 책임기술자가 협의하여 재료시험 항목 및 수량을 정하도록

한다.

다. 정밀점검 및 정밀안전진단

1) 재료시험 항목 및 평가방법

정밀점검 및 정밀안전진단은 현장조사 및 재료시험 결과에 의해 해당 시설물에 대한 상태평가를 실시하는 것으로 이에 필요한 재료시험 항목에 대하여 기본과업 및 선택과업 등의 내용으로 구분되며, 기본과업에 의한 재료시험은 필수적으로 실시한다. 다만, 선택과업의 재료시험 실시 여부는 정밀점검 및 정밀안전진단의 범위 및 내용 등을 고려한 과업의 내용에 따른다.

2) 재료시험 기준수량

상태평가를 위한 기본과업 및 선택과업의 기준수량은 [시설물편]의 재료시험 항목 및 수량에 따라 실시한다. 이외의 재료시험 항목 및 수량에 대하여는 과업의 내용에 따른다.

4.5 시험결과의 해석 및 평가

현장 재료시험 및 실내시험 결과는 그 분야에 경험이 있는 자에 의하여 해석되고 평가되어야 하며 이전에 같은 시험이 실시된 경우에는 시험결과를 비교하여 차이점을 분석 평가하여야 한다.

또한 같은 재료 특성을 평가하는데 다른 형식의 시험방법이 사용되는 경우에는 각 시험결과를 비교하여 차이점을 파악하여야 한다.

필요한 경우 기존자료와 현장 계측자료를 토대로 예상되는 문제점을 분석하기 위하여 모델링을 통하여 이론적 해석을 실시할 수 있다.

4.6 시험 보고서

모든 현장 재료시험 및 실내시험 결과는 시험 보고서의 형태로 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록하여 시설물관리에 필요한 자료의 일부로 사용하여야 한다.

제5장 안전등급의 결정

5.1 시설물의 상태평가 방법

5.1.1 일반

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

정기점검에서는 세부지침의 점검서식에 따라 기본시설물 또는 주요부재 종류별로 평가하는 것을 원칙으로 한다.

정밀점검에서는 기본시설물 또는 주요부재에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.

정밀안전진단에서는 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검·정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안전점검·정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

5.1.2 상태평가 항목

시설물의 상태평가 시 점검사항은 구조물의 특성에 따라 다를 수 있으므로 수정, 보완하여 사용한다. 각 세부시설별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

정밀점검 및 정밀안전진단 실시에서 시설물의 상태평가를 적용함에 있어 3.8항의 기본과업과 선택과업의 내용을 적절히 혼용하여 대상 시설물에 대한 상세한 상태평가를 실시하여야 한다. 특히, 정밀점검에서는 선택과업인 전체부재에 대한 외관조사망도의 작성 여부 등에 대해서 관리주체와 책임기술자의 협의를 통하여 결정하여야 한다. 다만, 정밀점검 및 정밀안전진단에서 기계설비에 대한 조사·시험은 선택과업으로 실시한다.

5.1.3 상태평가 기준 및 방법

안전점검 및 정밀안전진단 수행 책임기술자는「시설물편」의 상태평가 기준 및 절차에 따라 조사 및 평가하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 지침 및 세부지침에 기술되지 않은 결함 및 손상이 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 세부지침에 기술된 것과 같이 5단계의 상태평가 기준 및 평가유형을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

정량적이고 객관적인 상태평가를 위하여 「시설물편」의 상태평가 기준 및 방법에 시설물의 외관조사 및 내구성조사 등 각 항목에 대한 상태평가 기준을 수록하였고, 시설물의 평가체계에 따라 평가결과를 산정하는 절차를 정리・예시하였다.

5.2 시설물의 안전성평가 방법

5.2.1 시설물의 안전성평가

시설물의 안전성 평가는 정밀안전진단시에 실시한다. 다만, 정밀점검 또는 긴급점검시 일부 부재에 대하여 안전성평가가 필요하다고 판단될 경우 선택과업으로 실시할 수 있으나, 결함이 광범위하고 중대한 경우에는 법 제7조제1항에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

책임기술자는 재하시험(계측) 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 시설물편의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

5.2.2 안전성 평가를 위한 조사 등

안전성 평가를 위하여 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험은 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 아래 항목 중 적절한 것들을 선택하여 실시하여야 한다.

1. 비파괴재하시험

: 정적 또는 동적 재하시험

2. 지반조사 및 탐사

: 지표지질조사, 페이스맵핑, 시추 또는 오거보링, 시험굴, 공내시험, 시료채취, 토

질 및 암반시험, G.P.R 탐사, 지하공동, 지층분석, 탄성파탐사, 전기탐사, 전자탐사, 시추공 토모그라피탐사, 물리검층 등

3. 지형, 지질조사 및 토질시험

4. 수리 · 수충격 · 수문 조사

5. 계측 및 분석

: 시설물 및 시설물 주변의 지반에 대한 침하, 변위, 거동 등의 계측(경사계, 로드셀, 지하수위계, 소음 및 진동 등) 및 계측 데이터 분석

6. 수중조사

: 조사선, 잠수부 등에 의한 교대 · 교각기초, 댐, 항만, 해저송유관 등의 수중조사

7. 누수탐사

8. 콘크리트 제체 시추조사

: 시추, 공내시험, 시편채취, 강도시험, 물성시험 등

9. 콘크리트 재료시험

: 코아 채취, 강도시험, 성분분석, 공기량시험, 염화물함유량시험 등

10. 기계 · 전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측(건축물 제외)

11. 기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험

12. 기타 안전성평가를 하기 위하여 필요한 사항

5.3 시설물의 종합평가 방법

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

교량 등 각 시설물에 대한 종합평가는 상태평가만 실시하거나 또는 상태평가와 안전성평가를 각각 실시한 후 이들 결과를 기초로 종합하여 이루어진다. 즉, 상태평가만 실시하는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 갈음하여 상태평가 결과가 종합평가 결과로 결정되지만 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교 검토하여 최종적인 종합평가 결과를 부여하게 된다.

따라서 상태평가와 안전성평가가 동시에 실시되는 경우에 대하여 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 객관적이고 정량적이며 통일성 있는 종합평가가 이루어지고 합리적인 종합평가 결과가 결정될 수 있도록 시설물편의 종합평가 기준에 따라 시설물의 종합평가 결과를 결정한다.

5.4 안전등급 지정

정밀점검 및 정밀안전진단을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

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

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 방법

6.1 일반

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생된 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수 · 보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

6.2 보수·보강의 필요성 판단

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

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

6.3 보수·보강의 수준의 결정

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

◦현상유지(진행억제)

◦실용상 지장이 없는 성능까지 회복

◦초기 수준 이상으로 개선

◦개축

6.4 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를

기초로 하여, 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

콘크리트의 대표적인 손상인 균열에 대한 보수·보강방법은 다음과 같으며, 시설물별 주요 보수·보강공법은 시설물편을 참조하여 보수·보강공법을 선택할 수 있다.

균열기준은 구조물의 중요도, 특성 등에 따라 다양하므로 구조물의 특성 및 균열현상 등을 고려하여 적절한 보수공법을 사용하여야 한다.

◦ 표면처리공법

◦ 주입공법

◦ 충전공법

◦ 침투성방수제 도포공법 등

콘크리트균열의 보수목적과 균열상태에 따른 보수공법별 적정성을 비교하면 다음 [표 6.1]과 같다.

[표 6.1] 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교

보수 목적	균열현상·원인		균열폭 (㎜)	보 수 공 법				
				표면처리 공법	주입공법	충전공법	침투성 공법	기타
방수성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△		○	
			0.2~1.0	△	○	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△		○	
			0.2~1.0	○	○	○	○	
내구성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2 이하	○	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0 이상		△	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2 이하	△	△	△		
			0.2~1.0	△	○	○		
			1.0 이상		△	○		
	철근부식		-					□
	염 해		-					□
	반응성 골재		-					□

주1) 균열폭 3.0㎜ 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.

주2) ○ : 적당 △ : 조건에 따라 적당 □ : 기타

6.5 보수・보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수・보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

◦보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.

◦시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

또한 단계별 평가에서 시설물에 대한 종합평가는 부재 및 시설물에 발생한 결함 및 손상의 심각성과 부재 및 시설물의 중요도가 반영되어 있다. 따라서 보수・보강의 우선순위는 평가단계의 역순으로 추적하여 평가등급이 낮고, 중요도가 큰 부재 및 시설물 순서로 우선순위를 결정할 수 있다.

6.6 유지관리 방안 제시

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

제7장 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 작성 방법

7.1 실시결과 보고서 작성 방법

안전점검 및 정밀안전진단 실시결과 보고서는 시설물 관리주체의 유지관리업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 과업내용을 중심으로 작성·제출하여야 한다.

7.1.1 정기점검 실시결과 보고서

정기점검보고서는 부록의 「정기점검 표준서식」을 참고하여 작성하며, 정기점검 결과 및 조치해야할 사항의 작성요령은 다음과 같다.

가. 정기점검 결과표

정기점검 결과표에는 시설물 명칭과 관리주체, 정기점검 결과 요약을 기술하여야 하며, 특히 「라. 참고사항」에 다음의 내용이 작성되어야 한다.

○ 차기 정기점검에서의 중점 점검부위 등

○ 점검결과에 따른 보수·보강의 필요여부 판단을 위한 정밀점검 또는 정밀안전진단 실시 여부 등에 관한 사항

나. 정기점검 실시결과 요약표

정기점검 실시결과 요약표의 작성 요령은 다음과 같다.

① 부재(부위) : 결함(손상) 및 열화 등의 진행이 발견된 부재(부위)의 위치 또는 명칭

② 점검결과 : 결함(손상) 및 열화발생 내용을 간단히 기입

③ 조치필요사항 : 결함(손상) 및 열화 등의 진행 내용에 대한 필요한 조치내용 기입

다. 정기점검 체크리스트

정기점검 체크리스트는 부록의 「정기점검 표준서식」을 참고하여 작성하며, 해당사항이 있는 시설물만 작성한다.

라. 외관조사 사진

외관조사에서 조사된 상태변화 등에 대한 사진으로 구조종별 및 부재별로 구분하여 요약설명이 첨부되어야 하며, 전차 점검결과와의 비교, 구분되도록 구성되어야 한다.

○ 보수·보강이력에 대한 확인

○ 손상 및 결함의 진행성 여부의 파악

○ 조사시점 발생되어 있는 손상 및 결함에 대한 유지관리 지도

7.1.2 정밀점검 실시결과 보고서

정밀점검보고서는 부록의 「정밀점검 및 정밀안전진단 표준서식」을 참고하여 작성하며, 정밀점검 결과 및 조치해야할 사항의 작성요령은 다음과 같다.

가. 정밀점검 결과표

정밀점검 결과표에는 해당시설물의 기본현황과 실시결과 요약을 기술하여야 하며, 특히 「기본현황 라.참고사항」에 다음의 내용이 작성되어야 한다.

○ 차기 정기점검 및 정밀점검 또는 정밀안전진단에서의 중점 점검부위 등

○ 점검결과에 따른 보수·보강의 필요여부 판단을 위한 정밀안전진단 실시 여부 등에 관한 사항

○ 점검결과 「영」제12조의 중대한 결함이 있는 경우에는 필요한 후속 조치사항을 기재

나. 시설물 현황표

대상 시설물의 기본현황을 기술하는 것으로 서식의 기타 란에는 대상 시설물의 종·평면도 및 중점 점검사항 등을 작성하며, 필요시 별도의 별지를 이용하여 작성한다.

특히, 시설물 현황표 구분에서 시설물 번호는 “FMS” 상에서 부여하는 고유번호이며, 관리번호는 관리주체에서 유지관리를 위하여 정한 관리번호를 말한다. 중점 점검사항은 다음의 내용이 포함되어야 한다.

○ 붕괴유발부재

○ 보수·보강부위 등

7.1.3 정밀안전진단 실시결과 보고서

정밀안전진단보고서는 부록의 「정밀점검 및 정밀안전진단 표준서식」을 참고하여

작성하며, 정밀안전진단 결과 및 조치해야할 사항의 작성요령은 다음과 같다.

가. 정밀안전진단 결과표

정밀안전진단 결과표에는 해당시설물의 기본현황과 실시결과 요약을 기술하여야 하며, 특히 「기본현황 라.참고사항」에 다음의 내용이 작성되어야 한다.

○ 차기 정기점검 및 정밀점검 또는 정밀안전진단에서의 중점 점검부위 등

○ 점검결과 「영」제12조의 중대한 결함이 있는 경우에는 필요한 후속 조치사항을 기재

나. 시설물 현황표

○ 정밀점검 현황표의 작성방법을 참조한다.

7.2 실시결과 보고서에 포함하여야 할 사항

7.2.1 정밀점검 보고서에 포함되어야 할 사항

가. 서두

보고서의 표지 다음에 정밀점검의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

◦제출문(정밀점검을 실시한 기관의 장)

◦정밀점검 결과표 (안전등급)

◦참여 기술진 명단

◦시설물의 위치도

◦시설물의 전경사진, 부위별 사진

◦정밀점검 실시결과 요약문

◦보고서 목차

나. 정밀점검의 개요

정밀점검의 범위와 과업내용 등 정밀점검 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

◦점검의 목적

◦시설물의 개요 및 이력사항

◦점검의 범위 및 과업내용

◦사용장비 및 기기 현황

◦ 점검 수행일정

다. 자료수집 및 분석

정밀점검의 관련자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

◦ 설계도면, 구조계산서

◦ 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과

◦ 보수·보강이력

◦ 시설물의 내진설계 여부 확인

◦ 기타 관련자료

라. 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

◦ 기본시설물 또는 주요부재별 외관조사 결과분석

◦ 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석

◦ 재료시험 및 측정 결과분석

마. 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 상태평가 결과를 작성한다.

◦ 대상 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과 결정

◦ 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

◦ 안전등급 지정

바. 시설물의 안전성 평가 (필요한 경우 추가로 실시)

◦ 안전점검 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 시행방법을 검토

사. 종합결론 및 건의

◦ 정밀점검 실시결과의 종합결론

◦ 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부

◦ 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

◦ 기타 필요한 사항

아. 부록

◦ 과업지시서

◦ 외관조사망도

◦ 측정, 시험 성과표

◦ 상태평가 결과 자료

◦ 시설물관리대장 사본

◦ 현황조사 및 외관조사 사진첩

◦ 사용장비 및 기기의 사진

◦ 사전조사 자료 일체

◦ 기타 참고자료

(정밀점검 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

7.2.2 정밀안전진단 보고서에 포함되어야 할 사항

가. 서두

보고서의 표지 다음에 정밀안전진단의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

◦ 제출문(정밀안전진단을 실시한 기관의 장)

◦ 정밀안전진단 결과표 (안전등급)

◦ 참여 기술진 명단

◦ 시설물의 위치도

◦ 시설물의 전경사진, 부위별 사진

◦ 정밀안전진단 결과 요약문

◦ 보고서 목차

나. 정밀안전진단의 개요

정밀안전진단의 범위와 과업내용 등 진단계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

◦ 진단의 목적

◦ 시설물의 개요 및 이력사항

◦ 진단의 범위 및 과업내용

◦ 사용장비 및 시험기기 현황

◦ 진단 수행일정

다. 자료수집 및 분석

정밀안전진단의 관련자료를 검토・분석하고 그 내용을 기술한다.

◦ 설계도면, 구조계산서

◦ 기존 정밀점검・정밀안전진단 실시결과

◦ 보수・보강이력 및 용도변경

◦ 시설물의 내진설계 여부 확인

◦ 기타 관련자료

라. 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

◦ 전체 시설물의 외관조사 결과분석

◦ 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석

◦ 재료시험, 측정결과의 분석

마. 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 시설물의 상태평가 결과를 작성한다.

◦ 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

◦ 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결정

바. 시설물의 안전성평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 재료시험 등의 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 내(하)력, 사용성 등을 검토하고 시설물의 구조적, 기능적 안전성을 평가한다.

◦ 현장 재하시험 및 계측 결과분석

◦ 지형, 지질, 지반, 토질조사 등의 결과분석

◦ 시설물의 변위, 거동 등의 측정결과 분석

◦ 시설물의 구조해석 및 구조계산을 통한 분석결과

◦ 수문, 수리 등 해석결과 및 분석 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)

◦ 시설물의 내(하)력 평가

◦ 시설물의 내진성능, 사용성 평가 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)

◦ 정밀안전진단 결과 시설물의 보수・보강방법을 제시한 때에는 보수・보강시 예

상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 구조안전성 평가 포함 시행

◦시설물의 안전성평가 결정

사. 종합평가

◦시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과의 결정

◦시설물의 안전등급 지정

아. 보수·보강 방법

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과에 따라 손상 및 결함이 있는 부위 또는 부재에 대하여 적용할 보수·보강 방법을 제시함.

(내진성능 평가 후 내진능력 부족시의 경우를 포함)

◦보수 · 보강방법에 대한 개요, 시공방법, 시공시 주의사항 등

◦당해 시설물의 유지관리를 위한 요령, 대책 등

자. 종합결론 및 건의사항

◦정밀안전진단 실시결과의 종합결론

◦유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

◦기타 필요한 사항

차. 부록

◦과업지시서

◦외관조사망도

◦구조해석 모델링 및 수치해석 자료 (입출력자료는 e-보고서에 포함)

◦측정, 시험, 계측 성과표

◦상태평가 결과 자료

◦안전성평가 결과 자료

◦시설물관리대장 사본

◦현황조사 및 외관조사 사진첩

◦사용장비 및 기기의 사진

◦사전조사 자료 일체

◦기타 참고자료

(정밀안전진단 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

7.3 e-보고서 작성 방법

7.3.1 일반

e-보고서는 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과 보고서를 보관 등 유지관리 업무에 효율적이며, 체계적으로 활용할 수 있도록 전자매체(PDF파일)로 작성하여야 한다.

- e-보고서에는 조사내용, 결과분석 등을 열람할 수 있도록 작성하여야 하며, 첨부되는 사진(칼라) 또는 동영상(칼라) 등은 결함을 구체적으로 확인할 수 있도록 하여 e-보고서와 서식에서 상호 참조할 수 있도록 하여야 한다.

  사진 및 동영상의 촬영부위를 외관조사망도에 표기하고, 사진 및 동영상 파일명에는 외관조사망도의 도면번호를 기입한다.

- e-보고서에는 시설물 안전성평가를 위한 입·출력 자료 전체를 포함하여야 하며, 기간이 경과한 후에도 결함에 대한 해석이 가능하도록 상세하고 명확하여야 한다.

7.3.2 e-보고서의 작성 및 제출

e-보고서 구성은 다음의 내용에 맞게 구성되어야 하며, 폴더명 및 파일명은 식별 가능한 체계를 갖추어 작성해야 한다.

e-보고서를 시설물정보관리종합시스템(FMS)을 통하여 제출하는 경우 폴더의 구성은 다음과 같이 ① 계약서 및 대가내역서 폴더, ② 과업지시서 폴더, ③ 보고서 폴더, ④ 보고서 부록 폴더로 구성되며, 각각의 폴더에 관련 파일을 수록하여야 한다.

각 폴더에 저장하는 파일의 형식은 계약서 및 대가내역서, 과업지시서, 보고서 폴더에는 pdf 형식의 파일만을 저장하여야 하고, 보고서 부록 폴더의 파일 형식은 pdf 파일 형식을 원칙으로 하나, 일반적으로 사용하는 아래 표에 기재된 파일 형식은 수록 가능하다.

「계약서 및 대가내역서」폴더에는 계약서, 대가 산출 내역서 등 pdf 형식의 파일을 수록한다. 특히 다수의 시설물을 1건으로 계약한 경우 각 시설물 별로 계약금액을 알 수 있는 산출 내역서, 2개 이상의 업체가 공동수행한 경우 각 업체의 계약금액을 알 수 있는 산출 내역서 등 pdf 형식의 파일을 반드시 수록하여야 한다.

「과업지시서」폴더에는 과업지시서, 과업수행계획서, 과업지시서나 용역설계서 내용이 법령, 지침 및 세부지침에 부합되는지 여부를 검토한 사전검토 보고서 등 pdf 형식의 파일을 수록한다.

「보고서」폴더에는 정밀점검, 긴급점검, 정밀안전진단 보고서의 내용을 pdf 형식의 파일로 수록한다.

「보고서 부록」폴더에는 시설물관리대장, 사전조사 자료, 외관조사망도에 의한 손

상평가도, 시험 및 계측성과 자료, 사진첩, 시설물 평가(상태평가, 안전성 평가, 종합평가)자료, 수치해석 입출력 자료, 전문가 자문내용, 관리주체 심의결과, 기타 참고자료 등 관련 파일을 수록한다.

[표 7.1] e-보고서 폴더 및 파일형식

폴더 구분	폴더 내의 파일형식	비 고
계약서 및 대가내역서	- *.pdf 파일	
과업지시서	- *.pdf 파일	
보고서	- *.pdf 파일	
보고서 부록	- *.pdf 파일 - *.txt 파일 - 이미지 파일: *.jpg, *.bmp, *.gif, *.tiff - 동영상 파일 : *.wmv, *.avi - 한글(ㅎ) 파일 - MS Office 파일 - Auto Cad 파일	※ 파일의 1개 크기는 50M Byte 이하로 작성한다.

부록

부록 1. 균열조사 및 재료시험 요령
1. 균열조사 요령
2. 재료시험 요령
부록 2. 보고서 서식
1. 정기점검 표준서식
2. 정밀점검 및 정밀안전진단 표준서식
부록 3. 과업지시서 예시
부록 4. 사전검토보고서 예시

부록 1

균열조사 및 재료시험 요령

1. 균열조사 요령

2. 재료시험 요령

1. 균열조사 요령

1.1 일반

균열의 발생은 콘크리트 체적변화와 구속조건에 기인하는 것이지만 그 원인은 다양하고 그것이 복합되어 균열이 발생하는 경우가 많다. 그 때문에 균열이 발생했다면 여러 가지 관점에서 그 원인을 추적할 필요가 있으므로 균열의 형태에 대한 조사가 필요하다.

연속된 하나의 균열이라 해도 위치에 따라 폭이 다른 것이 보통이며, 보수·보강의 필요 여부 판정의 자료로 할 경우에는 최대 균열폭을 이용하게 된다. 그러나 최대 폭을 나타내는 부분이 균열의 전체 길이 중 극히 일부분 일 경우나, 균열의 가장자리의 콘크리트가 국부적으로 일그러진 탓으로 다른 부분에 비교하여 큰 최대 폭이 되었을 경우 등에는 과잉 보수를 하게 되는 경우가 있다.

단순히 최대 균열폭에만 주목하는 것이 아니라 균열이 전 구간에 걸친 균열폭의 분포에도 유의해야 한다.

1.2 균열조사

가. 균열폭의 측정

① 균열폭은 콘크리트의 표면에서 균열 방향에 대해 직각으로 측정한 폭을 측정 기록한다.

② 균열폭은 균열 발생의 원인 추정, 보수·보강 필요 여부의 판정, 보수·보강의 판단 자료가 되므로 측정 시 변동 원인을 고려하여 목적에 맞도록 측정해야 한다.

③ 균열폭의 측정은 균열자(Crack Scale), 균열현미경 등을 사용한다.

나. 변동 균열의 측정

진행성 균열의 측정은 전기적인 측정 방법과 클립게이지를 사용하는 방법, 전기식 다이얼 게이지를 사용하는 방법이 있다. 또 표적기간을 접착게이지를 사용해 측정해도 된다.

균열폭의 변동을 검토할 경우는 초기 값을 측정한 위치를 구조물에 기록하여 두고 그 후 같은 위치에서 측정하며, 다음 사항을 준수하는 것이 측정 결과의 신뢰성을 확보하는 바람직한 측정 방법이다.

① 균열폭은 온도나 습도에 따라 변화되므로 변동 측정을 할 경우에는 측정시의 온·습도의 조건은 가능한 같도록 하는 것이 원칙이다.

② 하루의 온도는 시각에 따라 변화되므로 측정 시각은 되도록 일정하게 오전 10시 전후에 하는 것이 좋으며, 이 시각의 온도는 하루 평균기온에 거의 상당하므로 자료의 해석에 적합하다.

③ 직접 비를 맞는 경우의 구조물이나, 건축물의 외벽·지붕 슬래브 등의 부재에서는 강우가 있은 후 적어도 3일간 이상 경과된 뒤에 측정한다.

④ 보 등의 휨균열에서 구조내력 혹은 철근의 부식이 문제가 된다고 볼 수 있는 경우에는 철근과 같은 위치의 표면균열 폭을 측정한다.

다. 균열의 진행성

형성된 균열의 진행은 여러 요인의 영향을 받는다. 특히 균열제어 철근이 불충분하면 현저하게 영향을 받는다. 균열의 진행은 보수시 어떤 재료를 사용할 것인가와 언제 시행하는 것이 최적기인가에 영향을 주므로 보수작업을 시행하기 전에 장래 균열 움직임에 대한 평가를 하는 것은 중요하다.

따라서 균열을 발견한 경우는 그것이 진행성인 것인지 여부를 확인하여야 한다. 이것은 구조물 변상의 원인 추적, 균열의 성질 판정 및 방법의 결정을 위한 중요한 요소가 된다.

균열이 진행성인 경우 다음 사항을 조사한다.

1) 측정시기와 간격 및 기간

균열의 진행 상태 측정 간격은 균열의 진행 정도에 따라 다르나 초기에는 빈틈이 없이 조사기간 중 1~2주 정도의 간격으로 측정을 하고, 필요시 진행 정도가 둔한 경우에는 순차로 간격을 지연시켜 기간은 반년 이상으로 하는 것이 좋다.

균열이 진행하지 않는 경우라도 계절의 변화(건습이나 온도의 변화)에 따라 균열폭과 길이가 변화되므로 측정은 가급적 장기간 실시하는 것이 좋다. 균열의 진행이 급속한 경우에는 이미 발생된 균열과 균열 사이에 새로운 균열이 발생되는지의 여부를 조사한다.

2) 구조물에 가해지는 하중의 조사

균열의 진행이 인정되는 경우에는 구조물에 작용하는 하중에 대해서 조사한다. 이것은 활하중에 대해서 뿐만 아니라 토압, 기초의 이동, 회전, 침하, 인접 구조물에서의 영향 등 작용하는 하중의 크기와 그 이력에 대해서 조사한다.

3) 구조물의 구조 결함 조사

구조물의 콘크리트가 박락 등의 단면의 결손으로 철근이 부식, PS 강재의 절단 또는 정착부의 이완 등이 생긴 경우에는 부재의 강성이 저하되어 변형이 커지게 되고

균열이 진행되므로 구조상 결함의 유무에 대해서 조사한다.

4) 구조물의 환경 조사

건습의 반복 상태, 한랭지에서의 동결융해 상태 등을 조사한다.

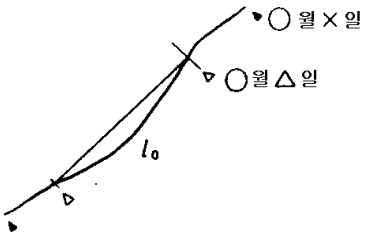
5) 사용재료의 조사

콘크리트 재료의 체적변화를 일으키는 것이 있는 경우, 예를 들면 알칼리 골재반응을 일으키는 골재, 페이스트의 팽창 계수와 차이가 큰 골재, 팽창물질을 함유한 골재, 혼화재료, 특히 팽창제의 사용 등 균열 발생에 영향을 주는 재료의 사용 유무를 조사한다.

라. 균열의 길이와 형태

균열의 길이는 균열의 원인 추정과 보수·보강의 필요 여부 판정에는 그다지 크게 관계되지는 않으며, 길이에 따라서 균열이 국부적인 원인에 의한 것인지, 광범위한 원인에 의한 것인지 등의 파악이 필요하다.

균열의 길이는 주로 보수·보강의 규모 파악과 공사비의 산출에 필요하므로 적어도 균열폭이 0.05㎜ 정도 이상은 길이를 측정하고 기록할 필요가 있으며, 하나의 연속된 균열에서 보수하는 부분과 보수하지 않는 부분으로 구별하는 일은 거의 없으므로 가능한 눈으로 확인할 수 있는 전구간의 길이를 파악해 놓는 것이 좋다.



[그림 1.1] 균열 길이의 기록 예

마. 균열의 관통 여부

균열이 관통 여부는 물이나 공기가 통하는가의 여부로 판정되며, 관통 여부의 조사는 콘크리트의 양면에서 관찰이 가능한 경우에는 표면과 이면의 형태가 일치되고 있는가 하는 점이 점검사항이 된다.

균열의 관통 여부 측정에는 다음과 같은 방법이 있다.

① 균열 부분을 정확하게 육안으로 확인한다.

② 액체를 부어서 누수되는 위치나, 모양 등을 확인한다.

③ 코어링을 한다.

④ 초음파의 전달속도를 측정한다.

상기 균열조사 ①, ② 방법의 경우 균열에 빨간 잉크 등 색소(액체)를 미리 주입하

여 액체와 공기가 통과하는가를 확인하면 된다. 한편, 콘크리트 양면이 관찰될 수 있는 경우는 표면과 이면의 형태가 일치하는가를 확인하면 된다.

바. 균열부 상황의 기록

균열부의 상태에서 이물질 충전의 유무, 백태현상의 유무, 철근의 녹 유무 등을 관찰하여 기록한다.

1.3 비파괴시험에 의한 균열깊이 조사[8)]

가. 일반

콘크리트 구조물에 발생된 균열깊이를 측정하기 위한 기본은 초음파전달속도법에 의하여 비파괴시험 방법으로 측정한다. 초음파의 발·수신자를 균열 근방에 설치하여 균열을 측정하는 방법을 기술한다.

초음파 발·수신자를 설치하는 위치와 탐촉자 직경에 따라 실제의 pulse 전달거리와 전달속도가 다르므로 균열깊이 추정 시에는 주의가 필요하다.

나. T-법

T-법은 발진자(Tx)를 고정하고, 수신자(Rx)를 10~15㎝ 간격으로 이동시켜 전파거리와 전달시간의 관계(주시곡선)로부터 균열 위치의 불연속 시간 T를 도면상에서 다음 식을 이용하여 균열 깊이 h를 구한다.

$$h = \frac{T\cos\alpha\,(T\cot\alpha + 2L)}{2\,(T\cot\alpha + L)} \quad \text{or} \quad h = \frac{L}{2}\left(\frac{T_2}{T_1} - \frac{T_1}{T_2}\right)$$

여기서, T : $T_2 - T_1$

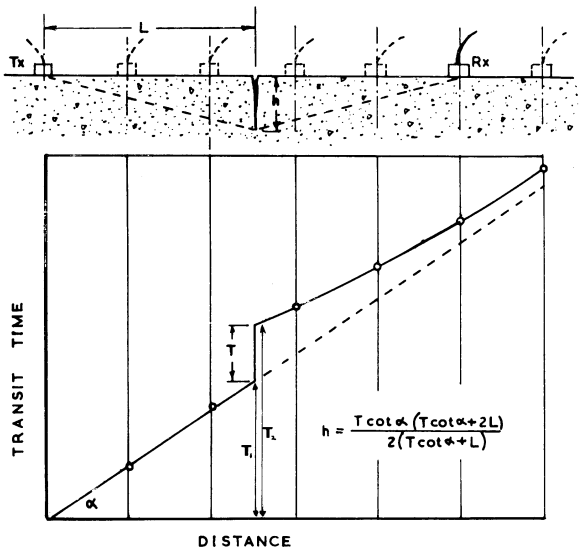
L : 발진자(Tx)에서 균열까지의 거리

α : 주시곡선 시작점에서 균열까지의 전달시간 기울기

T_1 : 주시곡선의 측정 시작점에서 균열까지의 전달시간

T_2 : 주시곡선의 균열 시작점에서 이후의 전달시간

8) 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)



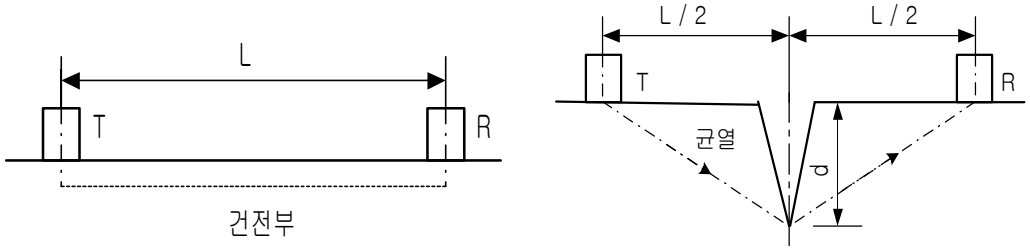
[그림 1.2] T-법

다. Tc-To 법

이 방법은 수신자와 발신자를 균열의 중심으로 등간격 x로 배치한 경우의 전파시간 Tc와 균열이 없는 부근 $2x$에서의 전파시간 To로부터 균열깊이를 추정하는 방법으로 균열 면이 콘크리트의 표면과 직각으로 발생되어 있으며, 균열 주위의 콘크리트는 어느 정도 균질한 것이라고 가정하여 유도한 것이다.

이 방법의 균열깊이 탐사 결과는 15% 정도의 오차를 가지고 있으며, 균열에서 발·수신자까지의 거리 x는 탐촉자까지의 거리이다.

$$h = X\sqrt{\left(\frac{T_C^{\,2}}{T_O^{\,2}} - 1\right)}$$

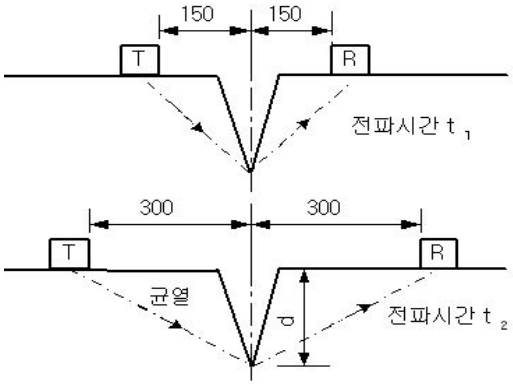


[그림 1.3] Tc-To 법

라. BS 법

BSI 1881 Part No. 203에 규정되어 있는 방법으로 발·수신자 배치를 균열 개구부에서 a1=150㎜일 경우의 전파시간 T1, a2=300㎜일 경우의 전파시간 T2를 이용하여 균열깊이 d를 추정하는 방법으로 콘크리트 내부에 존재하는 철근의 영향으로 측정결과의 오류를 나타낼 수 있으므로 주의가 요구된다.

$$d = 150\sqrt{\frac{(4{T_1}^2 - {T_2}^2)}{({T_2}^2 - {T_1}^2)}}$$



[그림 1.4] BS 법

마. 균열깊이 측정의 제약조건[9)]

① 균열깊이가 1,000㎜이상이 되면 수신하는 초음파전달속도가 현저하게 쇠퇴하기 때문에 일반적인 초음파측정기로는 측정이 곤란하다.

② 표층부 철근의 배근깊이가 100㎜이하가 되면 철근 배근깊이 이상인 표면균열의 깊이를 측정하는 것이 곤란하다.

③ 콘크리트의 품질불량 및 콘크리트 내부에 곰보나 공동(구멍) 등 다짐불량의 가능성이 있으면 정확한 측정이 곤란하다.

④ 균열 내부에 물, 이물질이 있는 대상이나, 미세균열이 밀집되어 있는 경우에는 측정이 곤란하게 된다.

⑤ 발생된 균열이 개폐되는 경향을 나타내고 있으면 측정이 곤란하다.

⑥ 측정 대상과 측정 정밀도

- 평탄한 측정면에 직각한 균열깊이 : 200㎜이하의 경우 ±5%
- 평탄한 측정면에 직각한 균열깊이 : 1,000㎜이하의 경우 ±3%
- 경사균열의 균열깊이 길이 : ±15%

9) 진단장비 활용・관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

2. 재료시험 요령

2.1 반발경도시험[10)]

2.1.1 일반

가. 일반

반발경도시험은 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 방법의 하나로 경화된 콘크리트 표면을 타격할 때, 측정 반발도(R)와 콘크리트의 압축강도(Fc)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

반발경도시험 결과로 분석된 콘크리트 비파괴강도는 콘크리트 표면 상태에 국한되고 콘크리트 내부의 강도를 추정할 수 없다는 단점을 가지고 있기 때문에 콘크리트 비파괴강도 추정 시의 유일한 지표로 사용하기에는 문제점을 내포하고 있다.

나. 적용 범위

본 지침에서는 경화된 콘크리트의 반발경도와 압축강도 사이의 상관관계에 따른 상관식을 도출하여 적용하는 것을 원칙으로 하며, 이것이 쉽지 않은 경우 기존의 콘크리트 비파괴강도 제안식을 활용하여 평가할 수도 있다. 다수의 신뢰할 수 있는 비파괴강도 추정식이 제시되어 있으나, 추정식의 다양성만큼 비파괴강도가 일정하게 얻어지는 것이 아니므로, 코어 표본의 압축강도를 구하여 이 측정값과 반발도와의 상관관계를 구하는 것이 우선되어야 한다.

콘크리트 표면의 경도로부터 콘크리트의 비파괴강도를 추정하는 방법으로 그 시험방법, 적용 가능한 강도 범위, 판정식 및 판정의 평가 방법에 대한 고려가 비파괴강도를 판정하는 과정에서 필요하다.

본 지침에서는 보통콘크리트의 비파괴강도 추정을 위한 시험 등의 절차에 대해서 기술한다.

다. 측정기의 점검 및 교정

반발경도측정기는 엄밀한 검사를 하더라도 사용 후에 기계적인 오차가 발생하는 것이 단점이 있으므로 사전에 테스트 앤빌(Test Anvil)에 의한 정기 교정을 실시하여야 한다.

---

10) ◦ KS F 2730:2003 콘크리트 압축강도 추정을 위한 반발경도시험 방법
◦ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)
◦ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

테스트 앤빌에 의한 반발경도측정기(N형)의 반발경도 R은 80을 기준으로 80±2의 범위를 정상으로 할 경우, 가능한 한 80±1의 범위이어야 한다. 이 범위의 값을 벗어날 경우 조정하여야 한다. 반발값이 72 정도까지 나타나고 더 이상 반발값이 올라가지 않을 경우에는 다음 식에 의하여 보정하며, 이 이상의 보정값을 필요로 하는 반발경도측정기는 사용하지 않는 것이 좋다.

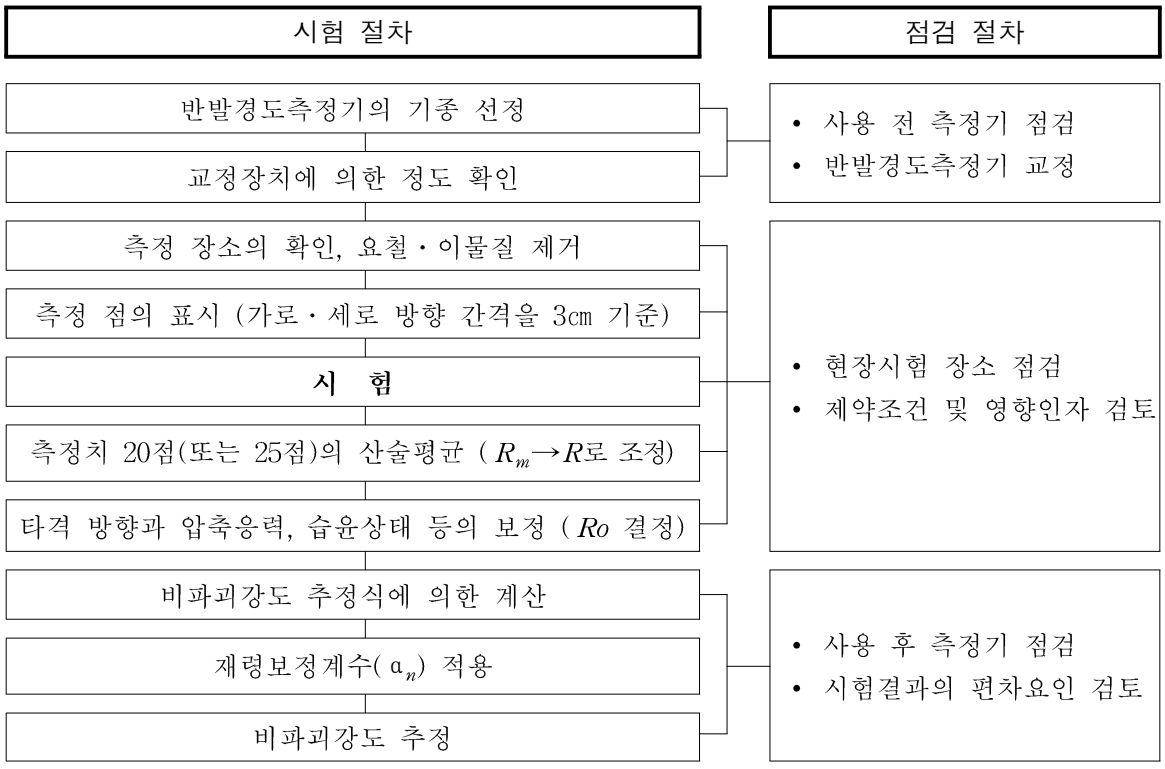
$$R = Ro \times 80 / Ra$$

여기에서 Ra : 테스트 앤빌에 따른 하향 타격시(α=-90°)의 반발도

Ro : 반발도 R의 평균값

반발경도측정기와 테스트 앤빌의 보정 특성인 액면 수치(Ra)는 제작사에 따라 교정 반발경도의 치수의 범위는 차이를 나타내므로 유의하여 사용하여야 한다. 이는 제조사가 다른 반발경도측정기와 앤빌을 혼용하여 이용할 경우에는 그 결과 값(Ra)이 상이하므로 특별한 주의가 필요하며, 무심코 이를 혼용하여 사용하였을 경우 평가된 콘크리트 비파괴강도의 신뢰성에 문제점으로 나타난다.

2.1.2 시험 등의 절차



[그림 2.1] 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

가. 보정반발경도(Ro)의 계산

① 반발경도시험 값(Rm) 20개의 평균을 산정

② 평균값에서 ±20%이상 벗어나는 경우의 시험값은 버리고 나머지 시험값의 평균(R)을 산출

③ 시험값 중 버리는 값이 4개 이상인 경우는 시험 부위의 결정에서 문제가 있을 수 있으므로 전체 시험값 군을 무시

④ 반발경도시험 현장의 여건 등을 고려하는 반발경도에 영향을 미치는 요인을 검토하여 각종 보정값(△R)을 산정

⑤ 산정한 보정값(△R)을 평균시험값(R)에 가감하여 보정반발경도(Ro)를 결정하여 콘크리트 비파괴강도 추정에 적용

⑥ 보정반발경도(Ro)는 소수 첫째자리 기준

나. 반발경도시험의 제약 조건

1) 반발경도측정기 활용을 위한 제약조건의 검토

○ 대상구조물의 제약조건과 종류, 측정범위 등을 파악하여 시험 결과의 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

○ 콘크리트에서의 반발도와 비파괴강도와의 관계는 각종 영향인자에 따라 다르므로 비파괴강도 추정의 정도를 향상시키기 위해서는 반드시 이들 인자에 관한 정보를 입수하여 이를 반영시켜야 한다.

○ 현장측정 및 결과분석에 대한 절차는 KS F 2730의 규정에 준한다.

2) 대상 구조물의 제약조건

○ 측정 부재의 선정

- 부재의 두께 : 측정부의 콘크리트 두께 10㎝ 이상인 장소 선정
- 측정 위치 : 보, 기둥 등 모서리로부터 3~6㎝ 이상 떨어진 장소에서 측정

○ 측정 장소의 선정

- 엷은 바닥판이나, 벽에서는 고정단 부근이나, 지지변에 가까운 장소를 선정
- 보, 기둥 등에서는 시공이음부, 재료분리, 높이, 방향 등의 강도변화를 고려해서 측정 장소를 선정
- 측정면이 모르타르, 타일 등 부착물이 있는 장소 등은 회피
- 미장, 도장이 있을 경우 이것을 제거하여 콘크리트 면을 노출
- 타격방향은 항상 측정면에 대하여 직각방향으로 조용히 눌러서 측정

다. 반발경도시험에 영향을 미치는 인자

반발경도에 미치는 영향인자와 시험결과에 편차 요인에 대하여 시험 전·후에 이

를 파악하여 산정한 각종 보정값(△R)을 콘크리트 비파괴강도 추정에 적용하여야 한다.

1) 반발경도에 미치는 영향인자

- 콘크리트 및 반발경도측정기의 온도
- 콘크리트 표면의 함수 상태
- 콘크리트 탄산화(중성화) 정도
- 측정 시 타격방향
- 반발경도측정기의 종류
- 콘크리트의 거동

2) 시험결과의 편차 요인

- 시험결과 편차의 요인과 표준편차
- 콘크리트의 재료와 조합의 관계 : 시멘트, 골재 등
- 측정 대상면의 상태 : 콘크리트 표면상태, 측정 높이, 구속력 등
- 콘크리트의 재령
- 비파괴강도 추정 제안식의 이용

2.1.3 콘크리트 비파괴강도 추정

가. 코어 표본을 이용한 반발경도와 압축강도의 상관관계

반발경도와 압축강도 사이의 상관관계를 구하는 방법 중 가장 신뢰할 수 있는 것은 현장 콘크리트의 코어를 통해 정보를 얻는 것이다.

① 코어 표본의 반발경도시험은 코어 표본을 채취하고자 하는 위치에서 코어채취 이전에 실시하여야 한다.

② 반발경도시험 값 군의 평균과 코어 표본으로 구한 압축강도를 통해 개별 시험값을 플로트하고 전체 결과에 대한 선형 회귀식을 최소 제곱법에 의해 해당 시설물의 콘크리트 비파괴강도(Fc) 제안식을 도출한다.

$$Fc = k_1 \cdot Ro + C \ \text{(MPa)}$$

여기서, Ro : 반발도 R의 평균값

k_1, C는 상수

나. 기존의 제안식을 이용한 콘크리트 비파괴강도 추정

반발경도를 이용한 비파괴강도 추정은 가급적 시험 대상 구조체의 수 개소에 대해서 반발경도를 구하고, 상기 성형 및 코어 표본에 의한 반발경도와 압축강도의 비파

괴강도 제안식을 이용해야 한다.

다음은 국내에서 주로 이용되고 있는 제안식을 정리한 것으로 이외의 신뢰성 있는 제안식을 이용할 수 있으며, 제안식의 적용은 시험 방법 및 시험 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

[표 2.1] 기존의 비파괴강도 추정 제안식

연구자	추정 제안식 (MPa)	비고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27 \cdot Ro$	
동경 건축재료 검사소	$F_c=(10Ro-110)\times0.098$	
일본건축학회	$F_c=(7.3Ro+100)\times0.098$	
U.S Army	$F_c=(-120.6+8.0Ro+0.0932Ro^2)\times0.098$	
木村	$F_c=(9.37\times(0.987)^t Ro+(1.3t-109))\times0.098$	t는 재령(년)

다. 재령보정계수

콘크리트의 재령이 경과함에 따른 반발경도와 압축강도의 상관관계는 변하게 하며, 탄산화의 효과는 콘크리트의 표면반발경도를 증가시킨다.

따라서 장기재령 콘크리트의 강도 추정에서는 재령 28일의 강도추정식에서 구해진 비파괴강도에 슈미트해머 제조사에서 제시하고 있는 [표 2.2]의 재령보정계수(α)를 곱하여 평가한다.

[표 2.2] 재령보정계수, α의 값 (F28 = Fc × α)

재령(일)	28	100	300	500	1000	3000
α	1.0	0.78	0.70	0.67	0.65	0.63

라. 코어강도를 고려한 비파괴강도 보정계수

신뢰성있는 비파괴강도 추정을 위해서는 실구조물에서 채취한 코어강도를 고려할 필요가 있으며, 이를 위하여 선정된 비파괴강도 제안식에 아래와 같이 보정계수를 산출한 후, 보정계수를 제안식에 곱하여 대상 시설물의 콘크리트 비파괴강도를 추정하는 것이 바람직하다.

$$\text{보정계수, } C_t=(\sum_{i=1}^{k}\frac{R_{pr}}{R_{st}})/k$$

여기서, Rpr : 코어 압축강도(MPa)

Rst : 반발경도시험에 의해 추정된 비파괴강도(MPa)

k : 자료의 개수

2.1.4 시험 보고서

시험결과 보고서는 반발경도시험에서 권장하는 사항에 따라 시험되었음을 명확히 하고, 시험조건 및 피시험체와 관련된 정보를 제공할 수 있도록 작성한다.

○ 시험 일자, 시간

○ 구조물에서 시험 영역의 위치

○ 시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명

○ 콘크리트의 설계 조건

○ 시험 위치의 표면 상태

• 마무리 정도, 균열, 박리, 화재 피해 유무 등

○ 시험시의 온도 및 콘크리트의 재령

○ 콘크리트 내부의 함수 상태

• 습윤 상태, 표면 건조 상태, 기건 상태 등

○ 반발경도측정기의 종류 및 제품 번호

○ 반발경도측정기의 타격 방향

○ 시험 부위별 반발경도의 평균값

○ 버린 반발경도의 값 및 위치

2.2 초음파전달속도시험[11)]

2.2.1 일반

가. 일반

콘크리트에서의 초음파전달속도시험는 음향적 측정방법인 음속법의 하나로 초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 초음파가 콘크리트를 통과하는 시간(Pulse Velocity)을 측정하여 이로부터 콘크리트의 비파괴강도, 결함의 유무, 균열 및 콘크리트의 내부 분리, 공동현상 등을 추정하는 비파괴적인 방법에 이용한다.

일반적으로 점검과 진단에서 사용하는 콘크리트 초음파측정기는 측정대상 콘크리트에 동일한 사용목적을 가지며, 초음파전달속도는 콘크리트의 구성 성분, 다짐 정도, 숙성도, 콘크리트 제품과 구조물 내에 본래부터 존재하는 자유수의 함유량에 따라 결정된다.

나. 적용범위

본 지침에서의 초음파전달속도시험은 콘크리트의 한쪽 끝에 접촉시킨 탐촉자로부터 발신한 초음파 펄스가 콘크리트 내부를 통과하여 반대방향의 다른 끝 쪽에 접촉시킨 탐촉자에 도달할 때까지의 소요시간 및 양 탐촉자간 거리를 측정하여 음속을 구하고, 그 음속값을 이용하여 콘크리트의 비파괴강도를 추정하기 위하여 실시한다.

이 시험 방법은 콘크리트 비파괴강도 추정 이외에도 콘크리트의 탄성 계수, 균열 깊이, 내부 결함 등을 검사하는 데 이용할 수 있으며, 콘크리트의 비파괴강도를 추정하는 경우 다수의 신뢰할 수 있는 추정 제안식이 제시될 수 있으나, 추정식의 다양성만큼 비파괴강도가 일정하게 얻어지는 것이 아니므로 성형 또는 코어 표본의 압축강도를 구하여 이 측정값과 펄스속도와의 상관관계를 구하는 것이 우선되어야 한다.

다. 측정기의 영 보정(Zero Setting)

○ 측정기를 사용하기 전에는 반드시 측정기에 대한 교정을 하여야 한다.

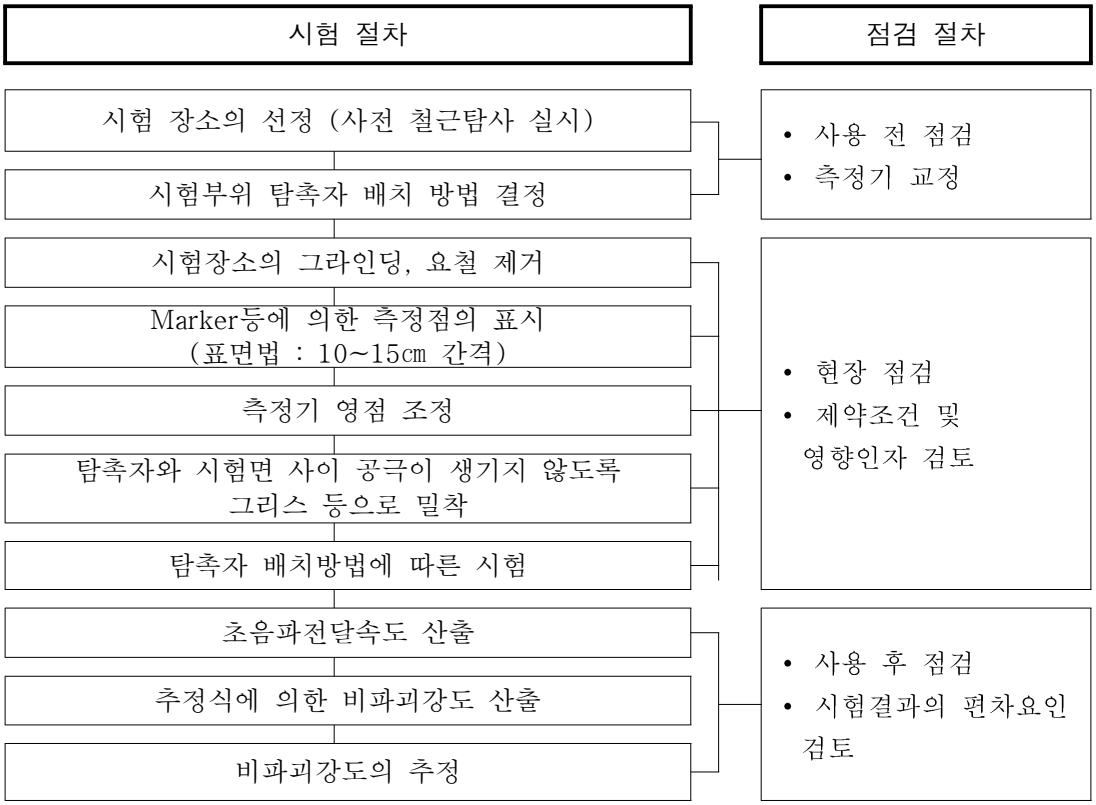
○ 발신 및 수신 탐촉자를 합쳐서 측정 거리가 Zero의 경우에서 전달시간이 영점으로 타나나는 확인 여부와 측정 전에 표준시험체(교정봉)로 측정해서 미리 영보정을 하여야 한다.

○ 탐촉자 및 케이블의 교체의 경우 매번 영 보정하여야하며, 전자회로나 케이블의 안정성을 확인하기 위해 수시로 영 보정을 재확인할 필요가 있다.

---

11) ◦ KS F 2731:2003 콘크리트 압축강도 추정을 위한 초음파 펄스 속도 시험 방법
◦ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)
◦ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

2.2.2 시험 등의 절차



[그림 2.2] 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

나. 초음파전달속도시험의 제약조건

1) 측정기 활용을 위한 제약조건의 검토

○ 측정 대상구조물의 제약조건과 종류, 측정범위 등을 파악하여 측정 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

○ 콘크리트 중의 초음파전달속도와 압축강도의 관계는 각종 영향인자에 따라 다르다. 비파괴강도 추정이나, 결함탐사의 정도를 향상시키기 위해서는 반드시 이들 영향인자에 관한 정보를 입수하여 이를 반영시켜야 한다.

○ 현장측정 및 결과분석에 대한 절차는 KS F 2731의 규정에 준한다.

2) 측정 대상으로 하는 구조물에서의 제약조건

① 측정 대상구조물 : 콘크리트 구조물 전반

② 제약조건

- 콘크리트 표면에 도장이나, 외장재 및 구조물 내부에 철근이 과밀 배근되어 있는 경우, 균열 내부에 수분, 충전물, 미세균열, 밀집균열 등이 존재하는 구조물에서의 초음파전달속도의 시험은 곤란하다.
- 초음파전달속도시험 대상 콘크리트 면에 강재나 공동(구멍), 곰보가 존재하는

경우에는 초음파전달속도시험 결과가 크게 변화될 수 있다.

- 초음파전달속도시험에서는 시험 결과에 영향을 미칠 수 있는 부분과 없는 부분에 대한 병용 시험을 통해서 이를 확인하는 것이 바람직하다.
- 측정하기 전에 측정 위치 부근에 철근탐사장비로 철근이나 강재 등의 배치 여부 등을 확인하는 것이 필요하다.

다. 초음파전달속도시험에 미치는 영향인자

초음파전달속도에 미치는 영향인자와 시험결과에 편차 요인에 대하여 시험 전·후에 이를 파악하여 산정한 각종 영향계수를 콘크리트 비파괴강도 추정에 적용하여야 한다.

1) 초음파전달속도에 미치는 영향인자

○ 콘크리트의 함수량

- 콘크리트는 습윤상태일수록 초음파전달속도는 커진다.
- 대상 부재의 함수량 차이를 고려하여 측정된 초음파전달속도를 보정해야 한다.

○ 콘크리트의 온도

- 콘크리트의 온도변화에 따라 초음파전달속도는 변한다.
- 콘크리트가 고온일 경우 초음파전달속도는 감소하며, 저온으로 동결되었을 경우 초음파전달속도는 증대하므로 이에 대한 보정이 필요하다.

○ 측정거리(표면법의 경우 : 탐촉자간의 간격)

- 콘크리트의 이질적인 성질이 시험에 영향을 미치지 않도록 충분히 길어야 한다.
- 굵은골재의 최대치수가 20㎜ 미만의 경우 측정거리는 100㎜ 이상
- 굵은골재의 최대치수가 20~40㎜의 경우 측정거리는 150㎜ 이상

○ 시험체의 형상

- 시험대상이 되는 부재의 단면치수에 따라 초음파전달속도에 영향을 미친다.
- 시험대상의 최소허용 측면 치수를 고려하여 시험하여야 한다.

○ 철근의 영향

- 강재에서의 초음파전달속도는 약 5.1㎞/s로 콘크리트보다 크다.
- 강재는 콘크리트에서 추정된 초음파전달속도의 정확도를 감소시키므로 가능한 한 철근이 탐촉자 사이의 직진 경로 그 가까이에 놓여 있지 않는 조건에서 시험해야 한다.
- 철근 간섭을 허용하기 위한 초음파전달속도 시험값의 보정의 경우는 다음과 같으며, 이에 대한 보정한다.

  - 철근이 초음파 경로와 평행으로 배근된 경우
  - 철근이 초음파 경로와 직각으로 배근된 경우

○ 접촉매질

• 탐촉자와 콘크리트면과의 접촉(밀착) 상태가 불량한 경우에는 측정치의 재현성은 없어지고, 그 신뢰도 확보가 곤란하다.

• 접촉매질로 인해 콘크리트의 특성이 연속성을 잃을 수 있으므로, 접촉매질의 층이 얇아져 최소값이 얻어질 때까지 읽기를 반복한다.

2) 측정결과의 편차요인

○ 콘크리트의 재료, 배합, 재령

• 콘크리트의 재료, 배합, 재료 등에 따라 초음파전달속도는 다르므로 비파괴강도 추정 전에 반드시 이들 정보를 입수하여 검토한 결과를 반영하여야 한다.

○ 측정 대상면의 상태

• 콘크리트 표면에 모래입자, 먼지, 수분함유, 미세균열 등은 초음파전달속도에 영향을 미치므로 이를 고려한 시험이 필요하다.

○ 측정기의 사용요령

○ 탐촉자의 연결

○ 초음파전달속도의 관계

○ 비파괴강도 추정식의 이용

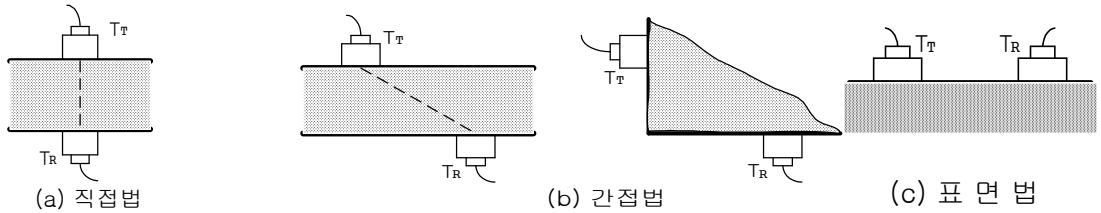
2.2.3 초음파전달속도시험

가. 탐촉자의 배치

본 시험의 정확도는 주로 투과 거리 측정의 정확도에 의해 좌우되며, 이 경우 탐촉자 간의 에너지 이동이 최대이기 때문에 비파괴강도 추정 시에는 [그림 2.3]에서 (a)의 직접법인 대향면의 배치방법을 원칙으로 한다.

다만 현장에서 탐촉자를 직접법으로 배치할 수 없는 경우 [그림 2.3]의 (b)와 (c)와 같은 간접법과 표면법으로의 측정은 그 신뢰성에 문제가 제기되고 있으나, 현장 조건에서는 표면법 적용의 경우가 많다.

이때 표면법의 탐촉자 간격은 100~150㎜ 간격으로 측정하는 것이 좋다.



[그림 2.3] 초음파 펄스 시험을 위한 탐촉자 배치 방법

나. 초음파전달속도의 산정

1) 직접법(Vd)

$$Vd = \frac{L}{T}$$

여기에서 Vd : 직접법에 의한 초음파전달속도(m/s)

L : 투과 거리(m)

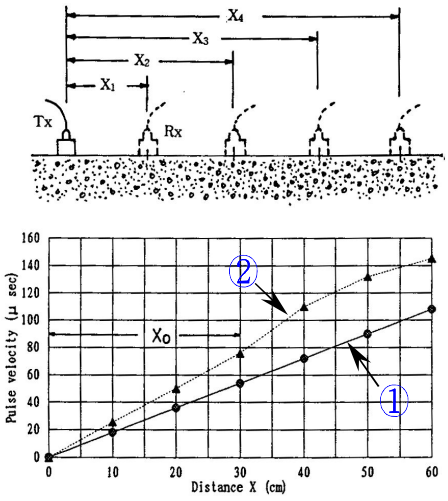
T : 유효 시간(s)

2) 표면법(Vi)

[그림 2.4]에서 ①의 경우로 각 거리 X_i에 대한 전달시간 T_i를 측정하여 X_i와 T_i의 관계를 그래프에 도시하여 나타나는 회귀직선식 $T = a + b \cdot S$의 상관관계에서 기울기의 함수를 초음파전달속도 V_i를 결정한다.

$$\frac{dS}{dT} = \frac{1}{b} \quad (= Vi: \text{ 표면법 초음파전달속도})$$

[그림 2.4] ②의 경우인 콘크리트 내부의 구성 요소와 균열 및 결함 등에 의해 초음파전달속도가 분산되면 경험적으로 3점 이상이 일직선으로 형성되는 구간의 회귀직선식에서 분석된 결정계수 r^2값이 99% 이상([그림 2.4]에서 Xo 구간)이 되는 전달속도 V_i를 결정한다.



[그림 2.4] 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

2.2.4 콘크리트 비파괴강도 추정

가. 코어 표본을 이용한 초음파전달속도와 압축강도와의 상관관계

본 시험에 의한 콘크리트 비파괴강도를 도출하기 위해서는 구조체의 콘크리트에서 채취한 코어 표본을 이용하는 것이 유효하다.

○ 절단과 습윤 처리된 코어 표본의 초음파전달속도는 구조물의 일부로 구성되어 있을 때보다 일반적으로 높게 나타나므로 코어 표본 채취 전에 초음파전달속도를 시험을 하는 것이 필요하다.

○ 초음파전달속도시험 값과 코어 표본으로 구한 압축강도 시험 값을 플로트하고 전체 결과에 대한 선형회귀식을 최소 제곱법에 의해 해당 시설물의 콘크리트 비파괴강도 제안식을 도출한다.

$$Fc = k_1 V_d + C \ (Mpa)$$

○ 코어 표본의 압축강도 시험은 KS F 2422[12]에 따른다.

나. 기존의 제안식을 이용한 콘크리트 비파괴강도 추정

초음파전달속도를 이용한 비파괴강도 추정은 코어 표본에 의한 초음파전달속도와 압축강도의 비파괴강도 제안식을 이용해야 한다.

다음은 국내에서 주로 이용되고 있는 제안식을 정리한 것으로 이외의 신뢰성 있는 제안식을 이용할 수 있으며, 제안식의 적용은 시험 방법 및 시험 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

[표 2.3] 기존의 비파괴강도 추정 제안식

연구자	추 정 식 (MPa)	비 고
일본건축학회식	$Fc=(215V_d-620)\times0.098$	V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도 (㎞/s)
일본재료학회식	$Fc=(102V_d-117)\times0.098$	
J.Pysziak의 제안식	$Fc=(92.5V_d^2-508V_d+782)\times0.098$	
谷川의 제안식	$Fc=(172.5V_d-499.6)\times0.098$	

다. 초음파전달속도의 관계

초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지의 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$ 의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있으며, PUNDIT 사용 설명서에서는 정량적인 콘크리트에서는 $V_d \approx 1.05 V_i$의 근사적인 관계로 나타내고 있다고 하였다.

보다 정확한 직접법(Vd)과 표면법(Vi)의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법 측정을 수행한 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법)속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

12) KS F 2422 : 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도시험 방법

라. 비파괴강도 보정계수

선정된 비파괴강도 제안식에 아래와 같이 보정계수를 산출한 후, 보정계수를 제안식에 곱하여 대상 시설물의 콘크리트 비파괴강도를 추정한다.

$$\text{보정계수 } C_t = (\sum_{i=1}^{k} \frac{R_{br}}{R_{st}})/k$$

여기서, Rpr : 코어 압축강도(MPa)

Rst : 초음파전달속도시험에 의해 추정된 비파괴강도(MPa)

2.2.5 시험 보고서

보고서는 초음파전달속도시험이 관련 근거에서 권장하는 사항에 따라 시험되었다는 것을 명확히 하고, 시험조건 및 피시험체와 관련된 정보를 제공할 수 있도록 하여야 하며, 다음 사항을 기록한다.

○ 시험 일자, 시간

○ 구조물에서 시험 영역의 위치

○ 시험 대상 구조물 또는 표본에 대한 설명

○ 콘크리트의 설계 조건

○ 초음파전달 경로와 탐촉자 위치에 대한 스케치

• 시험 부위 근처의 철근 또는 덕트의 세부 사항 포함

○ 시험 위치의 표면상태

• 마무리 정도, 균열, 박리, 화해 유무 등

○ 시험시의 온도 및 콘크리트의 재령

○ 콘크리트 내부의 함수 상태

• 습윤상태, 표면건조상태, 기건상태 등

○ 장치의 종류, 신뢰도, 주파수 및 주요 특징

○ 투과거리, 시험방법 및 결과의 정확도

○ 초음파전달속도의 시험 값

○ 철근 간섭으로 보정된 초음파전달속도 값

2.3 콘크리트 코어시험[13)]

2.3.1 일반

가. 일반

채취한 코어의 시험은 콘크리트 상태평가에 대한 가장 신뢰할 수 있는 시험 방법이나, 콘크리트 구조물에서 코어를 광범위하게 채취하지 못하는 현장여건의 어려움으로 대표적인 부분에 대해서 코어를 채취하고 광범위하게 실시한 비파괴시험 결과의 모체로서 콘크리트 강도 및 내구성 평가에 이용되고 있다.

현장에서 채취한 코어로부터 압축강도를 추정하는 방법은 국부파괴시험으로 비파괴시험과는 구별되지만, 구조물의 실제 강도를 추정한다는 관점에서 비파괴적인 방법과 함께 실시한다. 그러나 내하 콘크리트 구조물에 있어 휨 부재에 대한 적용은 제한적이며, 구조물에 한정적으로만 적용이 가능하다는 단점이 있다.

코어채취의 기본적인 제약점들은 소요비용, 채취의 불편함, 콘크리트 구조물의 국부파손 등의 특징이 있다.

나. 적용 범위

채취된 코어의 활용 목적은 다음과 같다.

① 대상 콘크리트의 관련 제반 정보 수집

② 코어강도와 각 비파괴시험법에 따른 비파괴강도 추정식의 신뢰성 확보를 위한 보정

③ 내부철근의 피복과 직경 측정 결과의 확신

④ 철근부식 상태 측정 결과의 확인

⑤ 발생 균열깊이의 측정 결과의 검증 및 보수상태 확인

⑥ 물리성 조사 : 탄산화깊이, 염화물함유량, 알칼리 골재 반응시험 등

다. 코어비트

보통 코어비트의 유효 천공지름으로는 ø10～400㎜ 정도이며, 천공지름은 일반적으로는 내경을 나타내고 있어 코어채취 시에 코어비트의 두께 등을 고려하여야 한다.

1) 습식 코어비트

일반적으로 사용하는 코어드릴의 비트는 다이아몬드를 절삭재로 사용하여 박아 만든 보링용 비트로 절단 작업 중 코어드릴에 냉각수를 공급하면서 천공 하는 습식을

---

13) ◦ KS F 2422:2002 콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도 시험 방법
◦ KS F 2405:2005 콘크리트의 압축강도 시험 방법
◦ 진단장비 활용・관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

주로 이용하고 있다.

코어채취 시 필요한 냉각수의 양과 필요 천공속도를 파악하여야 한다.

2) 건식 코어비트

코어를 채취하는 과정에서 콘크리트 중 일부 성분의 유출을 방지 할 목적으로 천공하는 건식은 내열성의 코어비트를 사용한다.

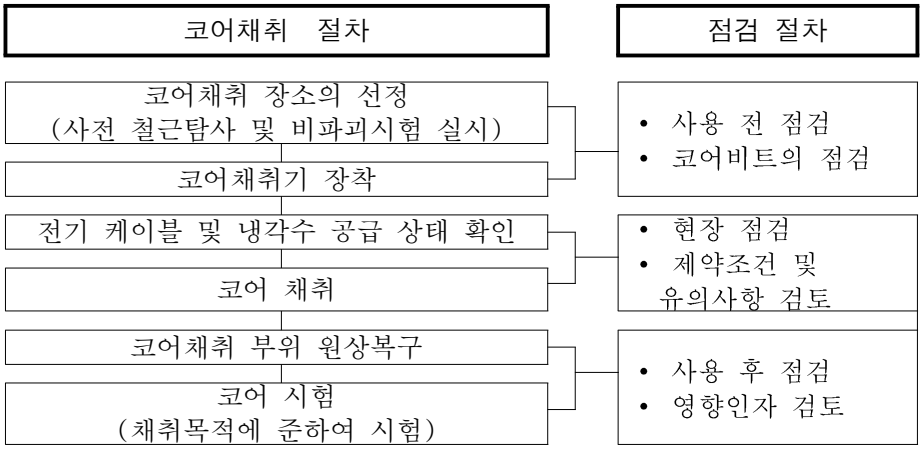
2.3.2 코어채취

가. 채취기의 활용을 위한 제약조건 검토

○ 코어채취 대상구조물의 제약조건과 종류, 채취범위 등을 파악하여 결과의 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

○ 열화 손상이 심한 장소에서 코어를 채취할 경우에는 인접하여 비교적 양호한 장소에서도 코어를 채취하여 상호 비교하는 것이 바람직하다.

○ 코어채취 과정에서 구조물 및 코어 공시체가 손상이 되지 않도록 하여야 하며, 채취된 코어의 강도시험 방법은 KS F 2422 규격에 준한다.



[그림 2.5] 코어채취 방법 및 기기 점검 등의 절차

나. 코어채취의 유의사항

1) 코어채취 장소의 선정

① 코어채취 방향

• 코어채취 방향, 위치 및 수분공급의 유무 등에 의해 콘크리트의 품질이나 열화정도가 다르기 때문에 조사목적에 맞는 채취 방향과 위치를 정하여야 한다.

② 코어채취장소의 선정

• 코어채취에 앞서 다음 사항에 대한 사전조사가 반드시 필요하다

- 철근이나 배관·배선 등의 유무나 위치의 확인
- 예정되어 있는 채취 장소의 작업환경에 대한 검토
- 작업에 따르는 소음과 냉각수(배수·먼지 등)가 주변에 끼치는 영향

2) 대상 시설물에 따른 코어 채취 장소

- 대들보나, 슬래브에서는 주철근을 절단하는 경우가 없도록 유의하여야 한다.
- 코어를 완전 추출 또는 중간 추출할 것인지 등의 판단이 필요하다.
- 코어를 추출한 장소에 대해서는 신속히 보수하여야 한다.

3) 채취 코어의 직경 결정

- 강도평가의 경우 코어 공시체의 지름은 일반적으로 굵은골재 치수의 3배 이상으로 하고, 어떤 경우에도 2배 이하로 되어서는 안 된다.
- 조사 목적에 따라 콘크리트 중 일부 성분의 유출이 방지되도록 건식 코어비트의 사용이 필요하다.

4) 코어의 보관

- 코어 추출 즉시 코어에 부착되고 있는 가루 및 먼지 등을 씻어 내고, 철근이나 균열 등의 유무를 확인하고, 사진촬영 한다.
- 세척된 코어 표면의 변색깊이나 탄산화 깊이 등을 조사해 둔다.
- 세척과 확인 및 사진촬영이 끝나면 즉시 습기 찬 헝겊 등으로 코어를 감싼 후 두꺼운 비닐봉투에 수납하여 시험을 하는 장소로 발송한다.

5) 강도시험용 코어의 조건

- 채취한 코어는 거의 완전한 원기둥 모양의 공시체를 채취할 수 있어야 한다.
- 코어 공시체에 재료분리, 공극의 과다 및 코어의 단면 전체에 굵은골재가 포함될 경우 등은 강도시험용 공시체로서는 부적절이다.
- 코어의 표층으로부터 1㎝ 정도의 부분은 공시체로서 사용하지 않는 것이 좋다.
- 시험 중에 코어가 파손될 경우가 있기 때문에 예비 코어 공시체가 있는 것이 바람직하다.
- 채취된 코어는 채취 후 3~4일 이내에 시험을 하는 것이 바람직하다.

2.3.3 코어강도에 미치는 영향인자

가. 코어의 보존

- 코어의 수분함유에 있어서 포화건조상태는 공기 중 건조상태에 비해 10~15% 정도의 적은 값을 나타내므로 채취된 코어와 현장 콘크리트의 수분 상태를 고려하여 시험하는 것이 중요하다.

나. 높이/직경비의 영향

- 코어 공시체의 높이/직경비(h/d)가 적어질수록 겉보기 압축강도는 커진다.

- 공시체 높이가 직경의 2배보다 작을 경우에는 보정계수를 곱하여 공시체의 높이가 직경의 2배가되는 코어 공시체의 압축강도로 환산하여야 한다.

다. 매입 철근의 영향

- 코어를 가로지르는 철근은 강도시험 결과 5~10% 정도가 감소된다.
- 코어 축에 수직으로 철근이 존재한다면 압축강도는 보정을 하며, 보정 값이 10%를 초과하는 코어강도는 제외한다.

라. 드릴링의 영향

- 절단토크와 코어강도의 관계는 절단토크에 반비례해서 코어강도가 감소한다.
- 드릴링에서 토크(Torque)의 세기가 크면 클수록, 드릴링 속도가 빠르면 코어강도는 저하한다.

마. 코어채취 위치와 방향의 영향

- 일반적으로 콘크리트 채취방향이 콘크리트 타설방향과 직각인 경우(보통 수평방향 채취)는 평행인 경우에 비하여 약 8% 강도 저하가 발생하는 것으로 보고되고 있어 이를 고려할 필요가 있다.

바. 코어 직경의 영향

- KS F 2405에서 사용되는 콘크리트강도 시험용 표준공시체는 ø15×30㎝의 원주형 공시체를 사용
- 공시체의 형상이 닮은꼴이면 공시체의 치수가 작을수록 압축강도는 크게 나타나는 경향이 있으므로 설계기준에서는 ø10×20㎝ 공시체로 시험한 압축강도의 97%를 ø15×30㎝의 공시체 강도로 환산하도록 규정하고 있다.

2.3.4 시험 보고서

보고서는 코어채취 및 강도시험 등의 관련 근거에서 권장하는 사항에 따라 시험되었다는 것을 명확히 하고, 시험조건 및 피시험체와 관련된 정보를 제공할 수 있도록 하여야 하며, 다음 사항을 기록한다.

○ 코어의 번호
○ 코어의 채취 위치
○ 코어의 채취방법
○ 재령 : 채취 시의 재령 및 시험 시의 재령, 또는 그 어느 것으로 한다.
○ 코어의 평균 지름(㎜), 평균 높이(㎜) 및 보정계수
○ 최대 시험하중(N)
○ 코어 압축강도(MPa)

2.4 철근탐사시험[14)]

2.4.1 일반

가. 일반

철근콘크리트의 철근량은 구조물 안전성 평가 결과에 영향을 크게 미치는 인자이므로 대상 구조물의 정확한 철근 정보를 파악하는 것은 매우 중요하다.

철근탐사장비의 사용법에 있어서는 제작사의 매뉴얼에 의하여 비교적 쉽게 사용 가능하지만 탐사 결과의 판독에 있어서는 각 장비마다 제공하는 탐사 가능 범위 및 오차가 실제와는 다른 경우가 많고, 분석 방법에 따라 또는 판독자에 따라 많은 오차 가능성을 포함하고 있다.

현재 사용되고 있는 철근탐사 방식은 보편적으로 전자기유도(자기감응) 방식과 전자파레이더 방식 등이 있다.

나. 적용 범위

전자기유도 및 전자파레이더 방식에 의한 철근탐사 장비를 사용하여 철근 콘크리트 구조물에 배근된 철근의 위치, 지름, 콘크리트 피복 두께의 탐사에 적용한다.

① 철근의 위치, 지름, 콘크리트 피복 두께는 철근 콘크리트 구조물의 내력을 평가하는 데 이용할 수 있다.

② 콘크리트 강도, 품질 및 내구성 조사에 앞서 철근의 위치를 탐사하는 예비시험 방법으로 적용할 수 있다.

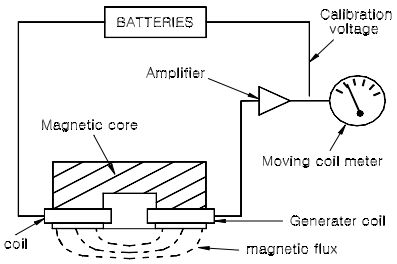
③ 탐사한 철근 위치, 지름, 그리고 콘크리트 피복 두께는 콘크리트 타설 후의 각 부재 배근의 적절성 여부를 판단하는 근거로 활용할 수 있다.

다. 전자기유도 방식

전자기유도 방식을 이용한 장비는 기본적으로 평행 공진(共振)회로의 전압진폭 감소에 기초를 두고 있으며, Probe나 Scanner에서 만들어진 코일에 전류를 흘려 교류자장을 만들어 내고, 코일 전압의 변화는 자장내 자성체의 특성 및 거리에 의해 변하기 때문에 콘크리트 내부에 철근의 위치 및 직경 등을 구하는 방법으로 이용되고 있다.

---

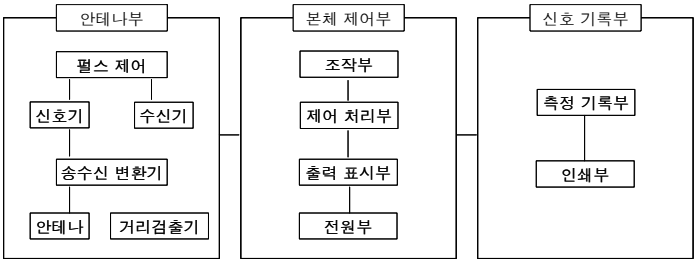
14) ◦ KS F 2734:2004 전자기유도법에 의한 철근 탐사 시험 방법
◦ KS F 2735:2004 전자파레이더법에 의한 철근탐사 시험 방법
◦ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)
◦ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)



[그림 2.6] 전자기유도 방식에 의한 철근탐사장비의 구성

라. 전자파레이더 방식

해당 물체 내의 송신된 전자파가 전기적 특성(유전율 및 전도율)이 다른 물질(철근, 매설물, 공동 등)의 경계에서 반사파를 일으키는 성질을 이용해 콘크리트 표면으로부터 내부를 향해 전자파를 안테나로부터 방사하여 목표물에서 반사해 온 신호를 안테나로 수신한 후 콘크리트 내부의 상태를 수직 단면도로 본체 표시기에 나타내어 준다.



[그림 2.7] 전자파 레이더법에 의한 철근탐사장비의 장치 구성도

2.4.2 시험 등의 절차

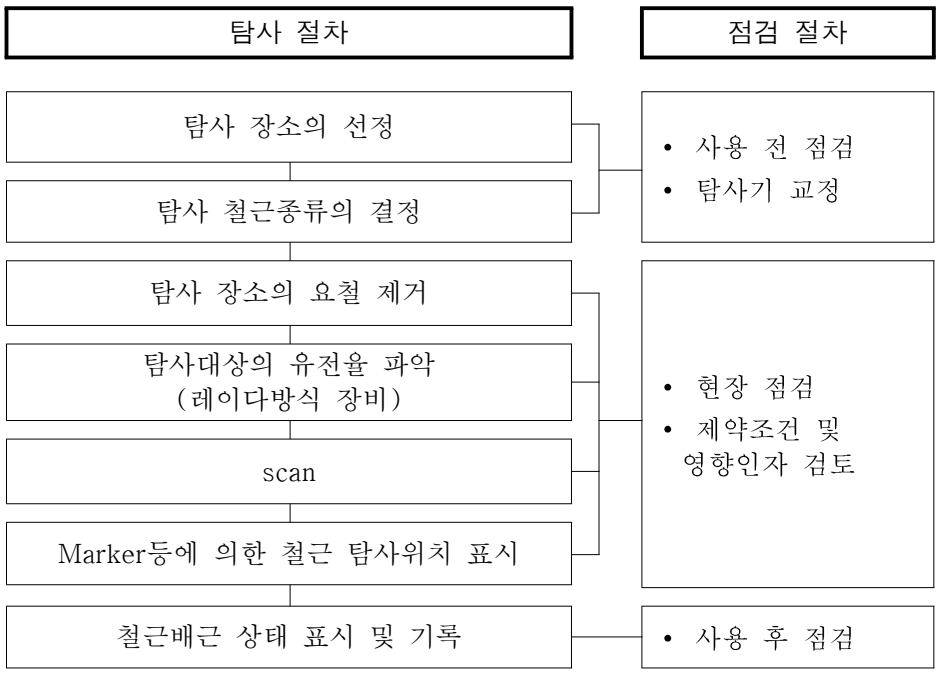
가. 철근탐사시험을 위한 제약조건 검토

○ 콘크리트 중의 각종 영향인자에 따라 철근탐사 결과가 다르게 나타나므로 이들 인자에 관한 정보를 입수하여 이를 반영시켜야 한다.

○ 탐사 대상구조물의 제약조건과 종류, 탐사범위 등을 파악하여 탐사 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

○ 탐사 장소의 이동 시 마다 전자파레이더 방식 장비는 탐사 대상체의 유전율을 최소한의 드릴링에 의한 실측 피복두께 파악하여 이를 고려한 교정을 실시하여야 한다.

○ 철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.



[그림 2.8] 철근탐사 및 장비 점검 등의 절차

나. 철근탐사장비별 시험 정밀도를 위한 제약조건

철근탐사장비의 특성에 따라 탐사 및 결과 처리방법이 상이하므로 이의 시험정밀도를 높일 수 있도록 다음의 사항을 검토하여 시험하여야 한다.

또한, 탐사방식에 따른 환경과 영향인자 등을 고려하여 시험하여야 한다.

○ 탐사조건 및 적용한계

○ 활용에서의 주의사항

○ 활용 제고를 위한 조건

2.4.3 시험 보고서

보고서에는 탐사방식에 따른 시험의 관련 근거에서 권장하는 사항에 따라 시험되었음을 명확히 하고, 시험조건 및 피시험체와 관련된 정보를 제공 할 수 있도록 기록하여야 한다.

가. 전자기유도 방식

○ 날짜, 시간, 측정 장소, 기온, 습도

○ 시험 대상 구조물이나 부재에 대한 상세

○ 시험 부위의 콘크리트 상세

○ 시험 위치

○ 사용한 철근탐사 시험기의 유형과 검・교정한 날짜

○ 보정법에 대한 상세

○ 철근의 지름, 위치 그리고 콘크리트 피복 두께에 대한 시험값

○ 정밀도

○ 시험한 철근의 배근상태에 대한 그림

○ 참고 문헌

나. 전자파레이더 방식

○ 날짜, 시간, 시험 장소, 기온, 습도

○ 시험 대상 구조물에 대한 설명이나 탐사 시의 현장 조건

○ 시험 위치

○ 시험 한계 (잡음의 원인, 장애물 등등)

○ 시험값과 필터, 안테나 주파수 등의 매개변수의 표시

○ 시험 대상 면에서의 안테나 횡단 위치, 작동 방향 및 방위

○ 피복두께와 철근의 지름에 대한 실측값과 보정한 값

○ 정밀도

○ 시험한 철근의 배근상태에 대한 그림

○ 참고 문헌

2.5 철근부식도시험[15)]

2.5.1 일반

가. 일반

철근콘크리트에 매입되어 있는 철근부식은 전기화학적 반응에 의거하여 진행하므로 철근부식시험은 전기화학적 방법을 적용한다. 정상적인 콘크리트는 강알칼리성으로 철근은 부동태로 전위는 -100～-200㎷(CSE)를 나타내지만, 염화물의 침투와 탄산화(중성화)로 철근이 활성상태로 되어 부식이 진행하면 전위는 부(-)방향으로 진행한다.

철근의 전위는 철근부식 장소의 검출과 상태를 파악하는데 효과적이나, 현장 구조물에서 철근부식은 위치와 진행 속도 등 불균일하게 발생하기 쉬워 현장시험 상의 제약으로 시험방법과 결과의 분석에서 여러 가지의 곤란한 문제가 따른다는 것을 유의해야 한다.

나. 적용 범위

본 지침에서는 철근부식시험과 관련하여 시험기구 및 시험방법 등의 비교에서 사용 빈도가 높은 자연전위법을 대상으로 기술한다.

[표 2.4] 철근의 부식진단에 관한 전기화학적 비파괴시험 방법

시험 종류	측정 내용	적용성		부식의 유무
		실험실	현장	
자연전위법	자연전위 측정으로 철근 부식 상태 판정	높다	높다	정성적
표면전위차법	전위 기울기의 측정으로 철근 부식 상태 판정	높다	높다	정성적
분극저항법	미소 직류의 인가로 분극저항 측정으로 철근부식 속도 측정	높다	중간	정량적

자연전위법은 조사시점에서 부식 가능성을 진단하는 것으로 구조물 내에서 철근부식 가능성이 높은 장소를 찾아내며, 공용 중에 내부철근이 부식되고 이로 인해 콘크리트에 균열이 발생할 때까지 철근이 부식하는 초기 단계를 파악하는 것에 유효하다.

○ 자연전위법은 조사시점에서의 철근의 부식 가능성에 대해서 진단하는 것이며, 철근의 부식속도를 측정하는 것이 아니다.

○ 보다 정확한 철근부식의 진단을 실시하기 위해서는 다음의 시험결과를 종합하

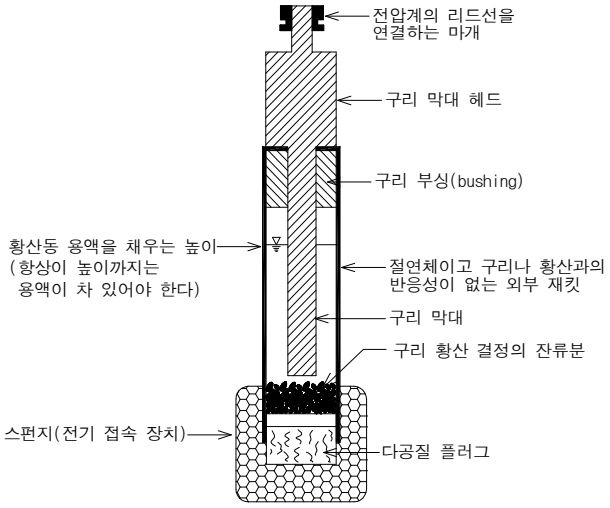
15) ◦ KS F 2712:2002 콘크리트 내부 철근의 반전지 전위 시험 방법
◦ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)
◦ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

여 철근의 부식 정도를 판정하는 것이 바람직하다.

- 철근의 피복두께
- 콘크리트 중의 염화물함유량
- 콘크리트의 탄산화(중성화) 깊이
- 콘크리트의 저항률 측정
- 콘크리트 구조물의 균열 상황 등의 관찰

다. 반전지

동-황산동 반전지는 동이나 황산동과 반응하지 않는 절연체로 된 딱딱한 튜브 또는 용기, 모세관 현상에 의해 습윤 상태로 유지되는 다공질의 나무 또는 플라스틱 플러그 그리고 포화 황산동 용액이 담겨 있는 튜브 속에 침지된 구리 막대로 구성된다.



[그림 2.9] 동-황산동 반전지의 단면

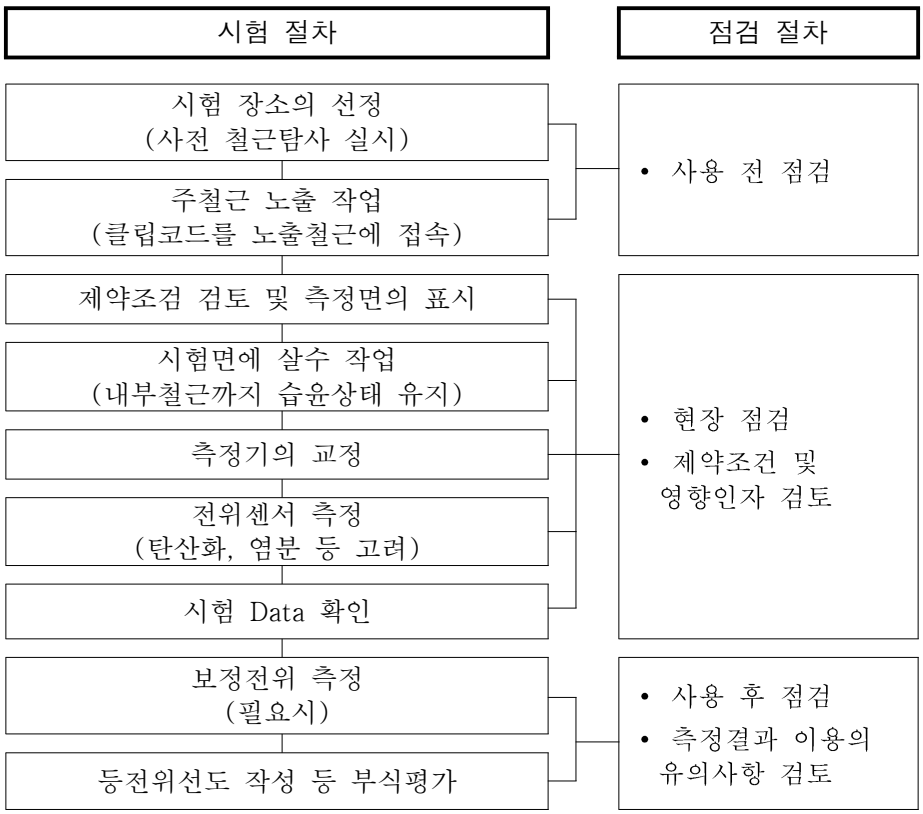
2.5.2 시험 등의 절차

가. 철근부식측정장비의 활용을 위한 제약조건 검토

○ 시험 대상구조물의 제약조건과 종류, 측정범위 등을 파악하여 시험 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

○ 콘크리트 중의 각종 영향인자에 따라 측정결과가 다르게 나타나므로 이들 인자에 관한 정보를 입수하여 이를 반영시켜야 하며, 시험 대상은 시험정밀도의 저하 혹은 시험 불가능한 조건이 아닌 범위에 있어서는 자연전위의 측정이 가능하다.

○ 현장시험 및 결과분석에 대한 절차는 KS F 2712의 규정에 준한다.



[그림 2.10] 철근부식도시험 및 측정기 점검 등의 절차

나. 시험 정밀도를 위한 제약 조건

1) 시험 정밀도

- 동일 반전지로 동일 위치에서 반전지를 연결했을 때와 끊었을 때의 반전지 전위 측정값의 차이가 10㎷를 넘어서는 안 된다.
- 두 개의 서로 다른 반전지로 동일 위치에서 측정했을 때 측정값의 차이가 20㎷를 넘어서는 안 된다.
- 자연전위는 1㎷의 단위까지 측정한다.

2) 자연전위법을 적용할 수 없는 경우

- 콘크리트 표면이 대단히 건조해 전기적으로 절연체에 가까울 경우
- 콘크리트 표면에 도장 등의 절연재료가 피복되어 있는 경우
- 콘크리트 표면이 물에 잠겨 있는 경우
- 내부철근이 에폭시 수지도장, 아연도금 등의 표면 코팅되어 있는 경우

3) 전위센서의 선정

- 막대형 전극 : 임의의 점을 개별적으로 측정
- 회전형 전극 : 한번에 연속해서 동일한 간격의 점을 복수 측정

4) 대상지점의 고려 사항

- 콘크리트 표면상태 : 동결, 습윤상태, 표면도장 여부 등
- 내부의 강재상태 : 강재표면에 절연재료의 피복 여부 등

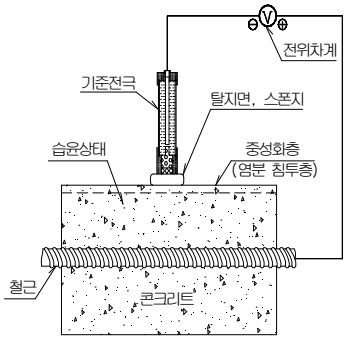
다. 측정간격의 선정

1) 통형 기준전극을 사용할 경우의 측정

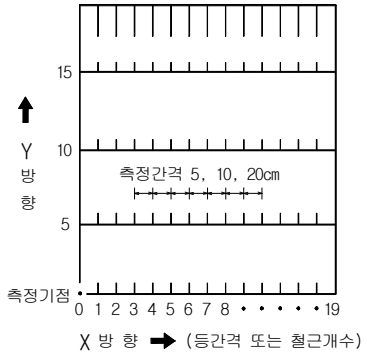
- [그림 2.11]에서 탈지면 등에 물을 적시고 충분히 짜내서 철근 바로 위 콘크리트 표면의 격자 상에서 한 점씩 측정하여 기록한다.

2) 회전식(휠) 기준전극을 사용할 경우의 측정

- 회전식 기준전극의 둘레에 고흡수성 스펀지를 장착한 회전식 기준 전극이 [그림 2.12]와 같이 선상이나 격자상으로 측정한다.



[그림 2.11] 자연전위의 측정방법



[그림 2.12] 측정범위의 표시

라. 철근부식도시험 조건

1) 대상지점의 내부철근과의 통전 시험

- 시험 대상으로 하는 철근의 모두가 전기적으로 서로 연속하고 있는지를 통전시험 등을 통하여 파악하여야 한다.

2) 시험면과 내부철근 사이의 습윤 유지

- 콘크리트 표면에 살포되는 물이 콘크리트에 충분히 침투되어 있는 것을 확인한 후에 자연전위 측정을 실시하여야 한다.
- 측정 중에 콘크리트 표면이 충분한 습윤상태에 있는지를 확인하여 그러하지 않을 경우에는 다시 콘크리트 표면을 습윤 시킬 필요가 있다.

3) 대상 콘크리트의 품질상태 보정

- 시험결과의 정밀도는 콘크리트의 품질(함수상태, 탄산화 정도, 염분함유량 등), 온도, 대조전극의 종류 등에 의해서 영향을 받으므로 이의 조건 등을 파악하여 기록하며, 측정결과의 보정에 이용하여야 한다.

- 철근까지 탄산화가 진행한 경우에서의 전위 해석은 반드시 충분한 전문지식을 가진 부식 기술자나 전문가에 의해 분석이 이루어져야 한다.

4) 대상 콘크리트 표면과 내부의 전위차 보정

- 자연전위의 측정은 피복 콘크리트의 품질에 따라서 큰 액간전위차나 전압강하 등의 오차를 포함하여 측정되는 오차를 보정하기 위해서 보정 전위 측정이 필요하다.
- 보정전위는 표면전위와 내부전위와의 실측값 전위차이다.

2.5.3 철근부식 판정

철근부식 유무의 판정은 KS F 2712에서 제시하고 있는 기준을 참고하여 다음 표와 같이 판정한다. 한편, 측정장비의 제조사에서 제시하는 판정기준을 적용할 경우 그 기준을 기술하여야 한다.

[표 2.5] 철근부식 유무의 판정기준 (자연전위 : CSE 기준)

부식 등급	KS F 2712 규격	
	자연전위 E (mV)	부식확률 P(%)
Ⅰ	E>−200	90% 이상의 확률로 부식없음
Ⅱ	−200≥E>−350	불명확
Ⅲ	−350≥E	90% 이상의 확률로 부식 있음

2.5.4 시험 보고서

시험 보고서는 다음 사항을 기록한다.

○ 반전지의 종류(동-황산동 반전지 외에 다른 전지를 사용한 경우)

○ 측정시 반전지의 평균 온도 예측값

○ 콘크리트 표면의 사전 침윤 방법과 철근과의 접속 방법

○ 철근의 접속 위치를 나타내는

- 등전위도
- 누적 도수 분포도
- 또는 상기 두 가지 모두

○ -350㎷보다 (음의 방향으로) 낮은 전위값의 백분율

○ -200㎷보다 (음의 방향으로) 낮은 전위값의 백분율

2.6 콘크리트 탄산화 깊이 측정16)

2.6.1 일반

가. 일반

본 지침에서는 콘크리트 내에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위하여 페놀프탈레인 용액의 분무에 의한 탄산화 깊이를 측정하는데 목적이 있다.

나. 적용 범위

이 측정 방법은 실험실 또는 현장에서 제작하여 옥내 또는 옥외 등에 보존된 콘크리트 및 모르타르 공시체, 콘크리트 구조물 또는 콘크리트 제품에서 채취된 코어 공시체, 사용 중인 콘크리트 구조물에서 채취한 시료 등에 적용할 수 있다.

다. 측정 장치

측정용 장치 및 기구는 다음 중 필요한 것을 이용하도록 한다.

○ 공시체의 할렬 시험이 가능한 압축 시험기, 휨 시험기, 만능 시험기, 해머 등의 장치 및 기구

○ 콘크리트 구조물을 깎아 낼 수 있는 정, 드릴, 콘크리트 커터 등의 기구

○ 콘크리트의 작은 조각이나 가루 등을 제거 할 수 있는 솔, 전기 청소기

○ 버니어캘리퍼스

• 정규 눈금 0.5㎜까지 읽어낼 수 있는 것

○ 시 약

• 탄산화 깊이를 측정할 때 이용하는 시약에는 KS M 8238에서 규정한 페놀프탈레인 용액 또는 이와 같은 성능을 갖는 시약을 이용한다.

• 지시약으로 사용되는 페놀프탈레인 용액은 95% 에탄올 90mL에 페놀프탈레인 분말 1g을 녹여 증류수를 첨가하여 100mL로 한 것이다.

2.6.2 시험방법

가. 콘크리트 구조물에서 깎아낸 면에서 시험하는 경우

○ 철근 위치를 파악한 후에는 시험 위치를 결정

16) ◦ KS F 2596:2004 콘크리트 탄산화 깊이 측정 방법
◦ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

• 시험개소·부위·노면 아래조건·주위 환경 등에 의한 방법을 적시에 선택한 후에 분진의 비산방지책을 검토해야 한다.

○ 깎아낸 콘크리트 표면에 콘크리트 조각이나, 가루를 완전히 제거한다.

나. 코어 공시체를 이용하는 경우

○ 코어 공시체의 지름

• KS F 2422「콘크리트에서 절취한 코어 및 보의 강도시험 방법」에서 규정하는 굵은골재 최대치수의 3배 이상으로 한다.

○ 코어 공시체의 길이

• 철근 피복깊이 정도로 하는 것이 적절하다.

○ 코어는 구조물의 어디에서 채취한 것인지, 표면 측인지 어느 쪽인지 등의 정보를 기입해 둔다.

○ 시험조건

• 양생에 관해서는 코어표면을 충분히 세척하여 수건 등으로 표건 정도까지 닦은 후에 비닐자루로 밀봉 저장하는 것이 바람직하다.

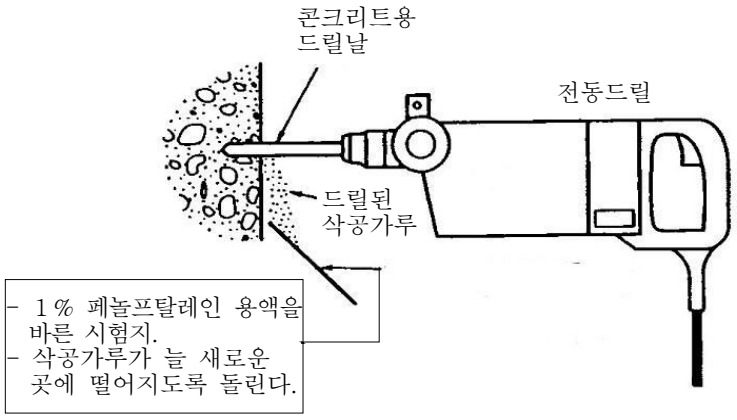
• 코어공시체를 할렬하고, 할렬면을 측정대상으로 하는 것이 적절하다.

○ 코어 측면에서의 시험은 가능하면 피한다.

• 코어비트 마찰에 의한 조성 변화, 커팅시의 수분에 의한 영향 등으로 시험 결과가 다를 수 있다.

다. 드릴을 이용하는 경우

[그림 2.13]과 같이 ø10㎜의 드릴링에 의해 채취되는 콘크리트가루를 이용하여 탄산화깊이를 시험하는 방법으로 드릴링에 의해 발생되는 콘크리트가루가 페놀프탈레인용액을 적신 원형시험지에 떨어져 변색되는 시점을 탄산화깊이로 정하고 있다.



[그림 2.13] 드릴에 의한 탄산화깊이 측정

2.6.3 탄산화 깊이 측정

가. 측정 준비

○ 측정면의 처리가 종료된 후 바로 측정면에 시약을 분무기로 액체가 떨어지지 않을 정도로 분무한다.

○ 측정면의 처리가 종료된 후 바로 측정할 수 없는 경우에는 비닐필름 등으로 측정면을 밀봉한다.

나. 탄산화깊이 측정

○ 콘크리트 표면으로부터 적자색으로 변색한 부분까지의 거리를 0.5㎜ 단위로 측정한다.

○ 선명한 적자색으로 변색된 부분보다 엷은 부분에 흐린 적자색의 부분이 나타나는 경우

• 선명한 적자색 단면까지의 거리를 탄산화 깊이로서 측정함과 동시에 연한 적자색 부분까지의 거리도 함께 측정한다.

○ 평균 탄산화깊이는 측정값의 합계를 측정 개수로 나누어 구하고, 반올림하여 소수점 이하 한 자리까지 구한다.

다. 측정 지점

○ 공시체의 할렬면이나 절단면을 측정면으로 하는 경우

• 탄산화의 상황에 따라 10~15㎜간격마다 1곳

○ 코어 공시체의 측면을 측정면으로 하는 경우는 5곳 이상

○ 콘크리트 구조물의 깎아낸 면에서 측정하는 경우

• 깎아낸 면의 크기에 따라 4~8곳 정도

[표 2.6] 페놀프탈레인 분무 시기와 측정 시기

측 정 면	청소방법 전처리법	시약의 분무시기	탄산화깊이 측정시기 (분무 후의 경과시간)
• 현장 깎아낸 면 • 코어 할렬면	blow 뿜기	직후	직후
		3~6시간 직후	1~10분 후
		1~7일 후	1분~2일 후
	blow 뿜기 후 물축임	직후~1일 후	직후
		2~4일 후	직후~2일 후
		5~7일 후	직후
• 임의 추출 코어 표면 • 콘크리트 커터 절단면	물씻기 후 표면 건조	1일 후	10분~2일 후
• 수중 양생 후의 할렬면	blow 뿜기	직후~1일 후	직후
• 수중 양생 후 콘크리트 커터 절단면	물씻기 후 표면건조, 분무 전 물축임	1일 후	10분~2일 후

2.6.4 탄산화속도계수 산정

탄산화속도는 경과시간 t의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$법으로 표현된다. 탄산화깊이 C는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

여기서, C : 탄산화깊이 (㎜)

A : 탄산화속도계수 (㎜/$\sqrt{년}$)

t : 재령(년)

2.6.5 시험 보고서

가. 반드시 기록하여야 할 사항

보고할 사항 중 명확히 파악할 수 없는 사항에 대해서는 [확인되지 않음]으로 표기한다.

① 구조물의 명칭

② 구조물의 경과 연수

③ 코어 채취 및 떼어냄을 행한 연월일 및 시험일

④ 코어 채취 및 떼어냄을 행한 위치 : 옥내, 옥외, 부위, 방위, 높이 등

⑤ 사용 골재의 종류(보통 골재, 경량 골재)

⑥ 측정면의 종류 : 코어의 측면, 코어의 할렬면, 구조물의 떼어낸 면 등

⑦ 시 약

⑧ 측정 기구 : 버니어 캘리퍼스, 눈금자 등

⑨ 시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간

⑩ 탄산화 깊이의 측정 장소의 각 측정값, 평균값, 최대값

⑪ 연한 적자색으로 변색된 부분의 유무

• 있는 경우 그 상황을 사진 등으로 기록한다.

나. 필요에 따라 기록하여야 할 사항

① 코어 채취 또는 떼어냄을 행한 위치에서의 누수 유무

② 구조물 주변의 탄산가스 농도

③ 콘크리트 압축 강도 : 설계기준강도 또는 코어 강도

④ 탄산화 상황의 사진

⑤ 철근의 피복두께

⑥ 탄산화 속도 계수

2.7 강재 용접부 비파괴시험

2.7.1 일반

가. 일반

강재 용접부 비파괴검사을 통하여 강구조물의 주부재 용접이음부의 결함상태를 조사하고, 검출된 결함은 적용규격에 따라 등급분류를 실시하고 그 결과에 따라 결함의 영향을 평가한다.

강재 비파괴시험 적용 방법은 기본적으로 강구조물에 대하여 육안조사(VT)를 실시하고, 적절한 시험방법을 선정하여 실시한다.

나. 시험(검사) 기술자

강재 비파괴시험을 하는 기술자는 그에 필요한 자격 또는 그에 상당하는 기초 기술의 습득 외에 모재의 재질, 용접부의 이음형상, 개선모양, 용접방법, 용접조건 그리고 이들 조건하에서 발생하기 쉬운 용접결함 등에 관한 충분한 지식과 경험을 가져야 한다.

2.7.2 초음파탐상시험[17)]

가. 일반

본 시험은 강재 내부의 결함(흠)을 찾아내기 위하여 강재 내에서의 초음파 파동 특성을 이용하여 강재 용접부의 내부결함, 면상결함, 균열, 용입불량 등을 조사하는데 그 목적이 있다.

나. 적용범위

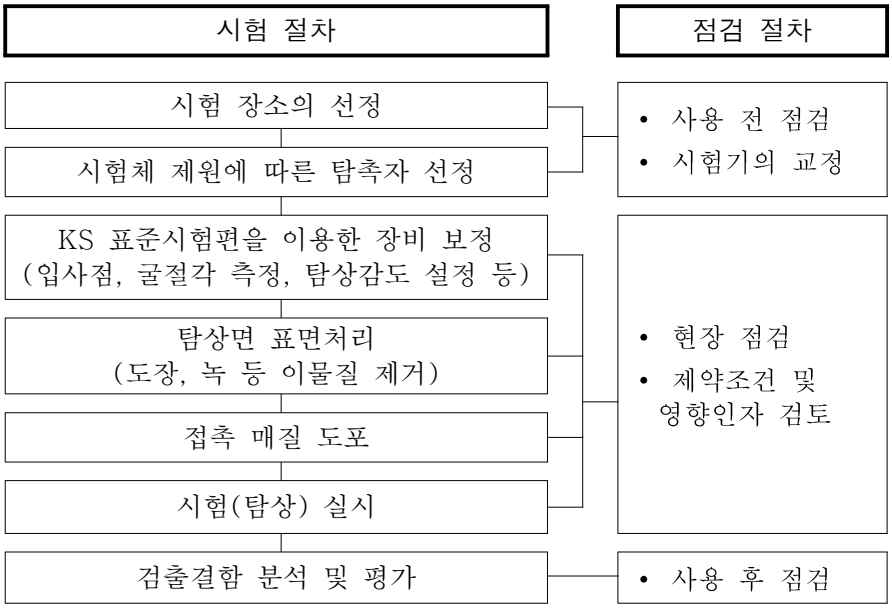
본 시험은 규격은 두께 6㎜ 이상의 페라이트계 강의 완전용입 용접부를 펄스 반사법을 사용한 기본표시의 초음파 탐상기에서 초음파탐상시험을 수동으로 실시하는 경우의 흠의 검출 방법, 위치 및 치수의 측정하는데 있다.

① 박판 용접부 및 필렛용접부 결함 검사에는 부적합

② 탐상기법의 특성상 시험결과의 재현성이 부족하며, 기술자는 시험대상체 및 강재 초음파시험에 대한 전문적인 지식과 충분한 경험이 필요

17) ◦ KS B 0896:1999 강 용접부의 초음파 탐상 시험 방법
◦ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)
◦ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

다. 시험 등의 절차



[그림 2.14] 강제 초음파시험 및 탐상기 점검 등의 절차

1) 탐상기의 활용을 위한 제약조건 검토

○ 시험 대상구조물의 제약조건과 종류, 범위 등을 파악하여 시험 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

○ 탐상기의 점검, 탐상, 결과분석 등에 대한 절차는 KS B 0896의 규정에 준한다.

2) 시험 정밀도를 위한 제약조건

탐상 결과의 신뢰도를 향상시키기 위해서 시험의 제약조건을 검토하여 시험 정밀도를 향상 시킬 수 있어야 하며, 그 대표적인 내용을 정리하면 다음과 같다.

① 시험체의 표면이 거칠면 부재로 전달되는 초음파 에너지가 적어지며, 노이즈와 신호의 구분에 어려움이 있어 모양이 일정치 않거나 너무 얇아도 곤란하다.

② 시험체 건전부의 재질이 균질해야 한다.

③ 초음파의 퍼짐에 있어 그 사각인 불감대가 존재한다.

④ 초음파 탐촉자와 시험체 사이에 공기층이 존재하면 시험체로 초음파의 전달이 안 되므로 매질이 필요하다.

⑤ 주로 상대적인 값을 이용하므로 표준시험편과 대비시험편이 있어야 한다.

⑥ 시험체 내부 조직에 따라 측정 데이터의 해석을 달리해야 한다.

⑦ 결함의 방향과 초음파의 전달방향에 따른 영향이 크다.

3) 시험 정밀도의 영향인자

○ 사전정보 수집

시험에 앞서서 대상체의 모재 재질, 두께, 용접부의 이음형상, 개선각 및 형상,

용접시공 상세, 용접보수 상세, 제작상의 특기사항 등의 정보가 없으면 정확한 판단을 할 수 없다.

○ 시험면에 의한 감도 영향

시험에 부적당한 표면은 적절한 방법으로 마무리를 해야 한다. 시험면 표면 마무리는 주파수에 따라서도 감쇠 정도가 다르며, 높은 주파수일수록 그 영향은 현저하므로 주의를 요한다.

○ 용접부 시험에서의 결함 종류 추정

공용 중인 강재 구조물의 용접보수가 용이하지 않은 경우가 많으므로 가능한 정확히 결함의 종류를 추정해야 한다.

○ 온도의 영향

저온 또는 고온에서 탐촉자를 사용하는 경우에는 그 STB 굴절각은 공칭 값과 달라지므로 시험을 하는 장소에서 굴절각을 측정하여야 한다.

라. 초음파탐상기의 조정 및 점검

○ 입사점, STB 굴절각, 탐상 굴절각, 측정 범위 및 탐상감도는 시험 전에 조정한다.

○ 초음파탐상기의 조정은 작업시간 4시간 이내마다 점검하여 조정시의 조건을 유지하고 있는 것에 대한 확인을 하여야 한다.

마. 결함의 판정

결함의 등급 분류는 결함 에코우 높이의 영역과 결함지시 길이에 대응하여 [표 2.7]에 따라 시행한다.

[표 2.7] 결함의 등급분류

영 역		M검출 레벨은Ⅲ, L검출 레벨은 Ⅱ와Ⅲ			Ⅳ		
판 두께		18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과	18 이하	18 초과 ~ 60 이하	60 초과
등급	1 류	6㎜ 이하	t/3 이하	20㎜ 이하	4㎜ 이하	t/4 이하	15㎜ 이하
	2 류	9㎜ 이하	t/2 이하	30㎜ 이하	6㎜ 이하	t/3 이하	20㎜ 이하
	3 류	18㎜ 이하	t 이하	60㎜ 이하	9㎜ 이하	t/2 이하	30㎜ 이하
	4 류	3 류를 초과하는 것					

바. 탐상 보고서

① 시험 연월일

② 시험 번호 또는 기호

③ 시험 기술자의 서명 및 자격

④ 재질 및 치수

⑤ 용접 방법 및 그루브 모양

⑥ 사용한 탐상기 명, 성능 및 점검 일시

⑦ 사용한 탐촉자, 성능 및 점검 일시

⑧ 사용한 표준 시험편 또는 대비 시험편

⑨ 탐상 부분의 상태 및 손질 방법

⑩ 탐상 범위

⑪ 접촉 매질

⑫ 감도 보정량

⑬ 검출 레벨

⑭ 탐상 데이터

- 용접선 방향의 탐촉자 위치, 탐촉자 용접부 거리, 빔 노정, 최대 에코 높이(영역), 흠의 지시 길이

⑮ 흠의 횡단면 위치 및 평면 위치

- 깊이, 용접선에 직각 방향의 위치
- 흠의 지시 길이의 시단 또는 종단

⑯ 합격 여부와 그 기준

⑰ DAC 회로를 사용하였을 때는 다음 기록을 한다.

- 탐상기 명 및 DAC 사용시의 성능
- 탐촉자의 제조 번호 및 DAC의 사용시의 성능
- DAC의 기점 조정 거리
- DAC의 경사값
- DAC 사용시의 에코 높이 구분선

⑱ 검정의 결과, 음향 이방성을 가진다고 검정된 경우, 다음 기록을 한다.

- 공칭 굴절각
- STB 굴절각
- L, C, (Q) 방향 및 흠을 검출한 방향의 탐상 굴절각
- 굴절 각도차(ΔΘ)
- 횡파 음속비 및 그 측정 방법

⑲ 탠덤 탐상법을 적용한 경우는 다음 기록을 한다.

- 탐상 불능 영역

- 탐상 지그의 시방
- 탠덤 기준선의 위치
- 흠의 판두께 방향의 위치(깊이)

⑳ 기타 사항(지정 사항, 협의 사항, 입회, 샘플링 방법 등)

2.7.3 자분탐상시험[18)]

가. 일반

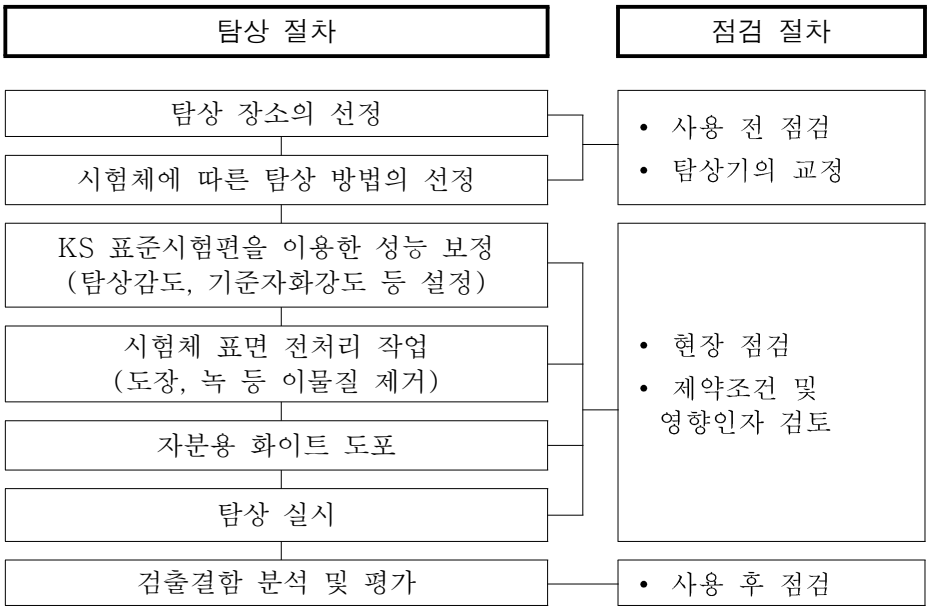
본 시험은 자성체의 표면에 있는 불연속부를 검출하기 위하여 자성체를 자화시키고 자분(磁粉)을 적용시켜 누설자장에 의해 자분이 모이거나 붙어서 불연속부의 윤곽을 형성, 그 위치, 크기, 형태 등을 검사하는 비파괴검사 방법 중의 하나이다.

나. 적용 범위

본「지침」에서는 자분탐상시험 방법 중의 극간법(Yoke Method)에 대해서 적용한다.

시험체의 표면 및 표면부근에 있는 균열, 기타 흠을 검출하는 것을 목적으로 하며, 본 시험을 통하여 강구조물의 용접이음부의 결함상태를 조사하고, 그 결과에 따라 결함의 영향을 평가하나, 자성체 시험부재에만 적용 가능하다.

다. 시험 등의 절차



[그림 2.15] 자분탐상 및 탐상기 점검 등의 절차

18) ◦ KS D 0213:1994 철강 재료의 자분 탐상 시험 방법 및 자분 모양의 분류
◦ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)
◦ 진단장비 활용·관리 매뉴얼 : 한국시설안전기술공단('06.12)

1) 탐상기의 활용을 위한 제약조건 검토

○ 자분탐상에서 가장 적절한 탐상방법을 선택을 하여도 시험체의 탐상면 전부에 필요한 유효 자계강도를 가할 수 없어서 검출해야 할 흠(결함)을 검출할 수 없는 경우와 시험결과 생기는 자분모양에도 의사모양이 포함되는 경우가 있을 수 있으므로 탐상에 충분히 유의할 필요가 있다.

○ 탐상 대상구조물의 제약조건과 종류, 범위 등을 파악하여 탐상 정밀도를 높일 수 있는 방법을 강구하여야 한다.

○ 현장탐상 및 자분 모양의 분류에 대한 절차는 KS D 0213의 규정에 준한다.

2) 탐상 정밀도를 위한 제약조건

○ 전처리

• 전처리의 범위는 시험범위보다 넓게 잡아야 한다.

• 탐상 면에 대한 부적절한 전처리는 결함검출 성능을 저하시키는 요인으로 작용하게 되므로 적절한 표면상태가 되도록 하여야 한다.

○ 자분 모양의 관찰

• 자분모양의 관찰은 원칙적으로 자분의 적용이 끝난 직후에 하여야 한다.

○ 탈자

3) 탐상 정밀도의 영향인자

○ 자분 및 검사액

• 검사액 및 자분은 적당한 표준시험편 등을 사용하여 필요에 따라 그 성능을 확인하여야 한다.

○ 통전시간의 설정

• 통전시간의 설정은 통전 중의 자분의 적용을 완료할 수 있는 통전시간을 설정하여야 한다.

4) 탐상할 때의 주의사항

자분탐상에서는 탐상을 하는데 적당하지 않으면 시험체의 탐상면 전부에 필요한 유효 자계강도를 가할 수 없어서 검출해야 할 흠을 검출할 수 없는 경우가 있다. 또, 탐상 결과 생기는 자분모양에도 의사모양이 포함되는 경우가 있기 때문에 즉시 흠이라고 판정하기 곤란한 경우가 있으므로 다음의 조건을 충분히 검토하여 유의하여야 한다.

• 탐상면의 분할

• 흠의 방향을 예측할 수 없는 경우

• 흠의 판정이 곤란한 경우

• 용접부 탐상에서의 주의사항

• 균열부에 대한 탐상 요령

라. 자분탐상기의 점검

자화전류를 설정하기 위해 사용하는 전류계 및 자화전류의 지속시간을 제어하기 위한 타이머의 점검은 적어도 년 1회하고 1년 이상 사용하지 않을 경우에는 사용 시에 점검하여 성능을 확인한 것을 사용해야 한다.

마. 자분 모양의 분류

균열에 의한 자분모양을 새로 넣고 그 밖에 독립한 자분모양, 연속한 자분모양 및 분산된 자분모양의 4종류로 대별한다.

① 균열에 의한 자분모양

흠에 의한 자분모양인지 흠에 의하지 않은 의사 모양인지를 확인함에 따라 균열로 식별된 자분모양.

② 독립한 자분모양

독립하여 존재하는 각 자분모양은 다음 2종류로 분류한다.

- 선상의 자분모양

자분모양에서 그 길이가 나비의 3배 이상인 것.

- 원형상의 자분모양

자분모양에서 선상의 자분모양 이외의 것.

③ 연속한 자분모양

여러 개의 자분모양이 거의 동일 직선상에 연속하여 존재하고 서로의 거리가 2 ㎜ 이하인 자분모양. 자분모양의 길이는 특별히 지정이 없는 경우, 자분모양의 각각의 길이 및 서로의 거리를 합친 값으로 한다.

④ 분산한 자분모양

일정한 면적 내에 여러 개의 자분모양이 분산하여 존재하는 자분모양.

바. 탐상 보고서

자분탐상 시험의 조작에 의해 시험결과가 크게 영향 받는 시험방법이기 때문에 시험조작의 확인을 위해 세세한 시험조건의 기록이 필요하다.

부록 2

보고서 서식

1. 정기점검 표준서식

2. 정밀점검 및 정밀안전진단 표준서식

※ 상기 보고서 서식은 필요시 변경하여 사용할 수 있음

1. 정기점검 표준서식

1.1 정기점검 결과표

1.2 정기점검 실시결과 요약표

1.3 시설물별 체크리스트

□ 댐

□ 항만

□ 상수도

□ 하구둑

□ 수문

□ 제방

□ 하수처리장

□ 건축물

□ 옹벽

□ 절토사면

○○시설물 정기점검 결과표

가. 일반현황

용 역 명		점검기간			
관리주체명		대표자			
공동수급		계약방법			
시설물 구분		종 류		종 별	
준공일		점검금액 (천원)			
시설물 위치		시설물 규모			

나. 점검 실시결과 현황

중대결함	
점검 주요결과	
주요 보수·보강	

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급

라. 참고사항

※ 본 결과표 다음에 정기점검 실시결과 요약표 등의 순서로 첨부

정기점검 실시결과 요약표

부재(부위)	점검결과	조치 필요사항

※ 작성요령

1. 부재(부위) : 상태변화(결함, 손상 및 열화 등)가 발견된 부재(부위)의 위치 또는 명칭
2. 점검결과 : 상태변화(결함, 손상 및 열화 등) 내용을 간단히 기입
3. 조치필요사항 : 상태변화(결함, 손상 및 열화 등) 내용에 대한 필요한 조치내용 기입

<기입 예>

· 보수실시 (공법제시)
· 보강실시 (공법제시)
· 주의관찰 필요 (관찰주기·방법 제시)

1.3 시설물별 체크리스트

□ 댐

□ 항만

□ 상수도

□ 하구둑

□ 수문

□ 제방

□ 하수처리장

□ 건축물

□ 옹벽

□ 절토사면

□ 댐

정 기 점 검 표

시 설 물 명			관 리 주 체	
준 공 년 월 일		년 월 일	최종점검 년월일	년 월 일
세부시설	부 재	점 검 결 과		
점검자 의견				

※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

□ 항만

정 기 점 검 표

<정기점검표(Check List) – 잔교식 안벽>

시 설 물 명			관 리 주 체	
조 사 선 석 구 간			조 사 단 위	
준 공 년 월 일		년 월 일	최종점검년월일	년 월 일
구 분	부위명	점 검 결 과		
수상부	콘크리트 바닥판			
	콘크리트 세로보 및 가로보			
	콘크리트 말뚝			
	토류벽			
	강말뚝			
부대시설	방충재			
	계선주			
	차막이			
	기 타			
점검자 의견				

주) 1. 현장조사 요령 참조하여 작성
2. 점검결과 발견된 결함의 정도, 위치, 형상, 진행여부 등을 기술
3. 잔교식 돌핀 시설도 이 양식을 변형 활용가능

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

<정기점검표(Check List) - 중력식 안벽>

시 설 물 명			관 리 주 체	
조 사 단 위			평 가 단 위	
준 공 년 월 일	년 월 일		최종점검년월일	년 월 일

구 분	점검항목	점 검 결 과
상부공 및 본체부	침 하	
	경사/전도	
	활동	
	파손	
	균열	
	박리	
	마모/침식	
	속채움재 유실	
	이격	
부대시설	방충재	
	계선주	
	차막이	
	기 타	
점검자 의견		

주) 1. 현장조사 요령 참조하여 작성
2. 점검결과 발견된 결함의 정도, 위치, 형상, 진행여부 등을 기술
3. 중력식 돌핀 시설도 이 양식을 변형 활용 가능

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

<정기점검표(Check List) - 널말뚝식 안벽>

<table>
<tr><td colspan="2">시 설 물 명</td><td></td><td>관 리 주 체</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">조 사 단 위</td><td></td><td>평 가 단 위</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">준 공 년 월 일</td><td>년 월 일</td><td>최종점검년월일</td><td>년 월 일</td></tr>
<tr><td>구 분</td><td colspan="2">점검항목</td><td colspan="2">점 검 결 과</td></tr>
<tr><td rowspan="9">상부공
및
벽체부</td><td colspan="2">침 하</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">변형</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">활동</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">후면부 함몰</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">파손</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
널말뚝</td><td>균열</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>박리</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>마모/침식</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">강널말뚝</td><td>부식</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>마모/침식</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>도장손상</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">부대시설</td><td colspan="2">방충재</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">계선주</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">차막이</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">점검자 의견</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

주) 1. 현장조사 요령 참조하여 작성
2. 점검결과 발견된 결함의 정도, 위치, 형상, 진행여부 등을 기술

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

□ 상수도

정 기 점 검 표

시 설 물 명		관 리 주 체	
준공년월일	년 월 일	최종점검년월일	년 월 일

세 부 시 설			점 검 결 과
취수시설	구 체		
	문 비		
	권 양 기		
	스 크 린		
	기 타		
취수장	흡 수 정		
	구 내 배 관		
	각종 밸브류		
	기 타		
도·송·배수 관로시설	구 조 물		
	터널		
	조압수조		
	관 로 시 설		
	각종 밸브류	제수밸브	
		공기밸브	
		이토밸브	
		신축관	
	기 타		
정수시설	착 수 정		
	혼화, floc형성지		
	침 전 지		
	여 과 지		
	정 수 지		
	송수펌프실		
	기 타		
가 압 장	흡 수 정		
	구 내 배 관		
	각종 밸브류		
	기 타		
조절지 및 배수지	배 수 지		
	유·출입 밸브실		
	구 내 배 관		
	각종 밸브류		
	기 타		
특 기 사 항			
점 검 자 의 견			

※ 본 점검표 다음에 시설물의 정기점검 실시결과 요약표 첨부

※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

□ 하구둑

정 기 점 검 표

시설물명		관리주체	
준공년월일	년 월 일	최종점검년월일	년 월 일

세부시설명		점 검 결 과
방조제	상류사면	
	하류사면	
	제 정	
	기 타	
배수(갑)문	제1수문	
	제2수문	
	제3수문	
	제4수문	
	제5수문	
교 량	제1경간	
	제2경간	
	제3경간	
	제4경간	
	제5경간	
조 작 실	제1층	
	제2층	
	지하층	
	기기설비	
점검자 의견		(점검자의 소견을 상세 기술)

※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 점검자 :

□ 수문

정 기 점 검 표

시 설 물 명			관리주체	
준공년월일		년 월 일	최종점검년월일	년 월 일
세부시설명		점 검 결 과		
주요부재	수문 본체			
	문 비			
보조부재	배수암거			
	날개벽			
	물받이			
	관리교			
	부대시설			
기 타		○ 각 수문의 특성 및 손상상태를 고려하여 추가 점검항목을 판단		
점검자 의견				

※ 본 점검표 다음에 시설물의 정기점검 실시결과 요약표 첨부
※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

□ 제방

정 기 점 검 표

시 설 물 명			○○제방	관리주체	
준공년월일			년 월 일	최종점검년월일	년 월 일
세부시설명			점 검 결 과		
표준제	제체	앞비탈			
		앞턱			
		둑마루			
		뒷비탈			
		뒷턱			
		축단및기타			
	호안	비탈덮기			
		기초			
		밑다짐			
		떼붙임			
		기타시설물			
특수제	제체	앞비탈			
		앞 턱			
		둑마루			
		뒷비탈			
		뒷 턱			
		축단및기타			
	옹 벽				
	말 뚝				
	석 축				
	기타시설물				
기 타			(각 제방의 특성 및 손상상태를 고려하여 추가 점검항목을 판단)		
점검자 의견					

※ 본 결과표 다음에 정기점검 실시결과 요약표 첨부
※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

□ 하수처리장

정 기 점 검 표

시 설 물 명		관 리 주 체	
준공년월일	년 월 일	최종점검년월일	년 월 일

점 검 항 목		점 검 결 과
침사지 및 유입펌프장	침사지구조물	
	유입(비상)수문	
	펌프장구조물	
	펌 프 설 비	
	기 타	
유량조정조 및 분배조	유량조정조	
	분 배 조	
	수 문	
	기 타	
최초침전지	구 조 물	
	슬러지수집기	
	기 타	
포기조	구 조 물	
	산 기 시 설	
	기 타	
최종침전지	구 조 물	
	슬러지수집기	
	기 타	
소독조	구 조 물	
	경보·중화장치	
	기 타	
방류관거 및 방류펌프장	관 거	
	수문구조물	
	펌 프 장	
	기 타	
슬러지 처리시설	농 축 조	
	소 화 조	
	탈 수 기 동	
	기 타	
기타시설	수처리시설	
	슬러지처리시설	
	부 대 시 설	
특 기 사 항		
점 검 자 의 견		

※ 본 점검표 다음에 시설물의 정기점검 실시결과 요약표 첨부
※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

□ 건축물

정기점검 Check List

시설물명		관리주체	
준공년월일	년 월 일	최종점검년월일	년 월 일

점검항목		점 검 결 과
건 축 구조물	용도변경	
	구조부재 변경	
	주변조건 변경	
	균열발생현황	
	누수·백태현황	
	철근노출 및 부식 상태	
	강재구조 노후상태	
	마감재 상태	
부대 시설	지반(포장)상태	
	옹벽(축대)상태	
	담장상태	
	기타	
특기사항		
점검자 의견		

※ 본 점검표 다음에 시설물의 정기점검 실시결과 요약표 첨부
※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

□ 옹벽

정 기 점 검 표

<table>
<tr><td>시 설 물 명</td><td colspan="2"></td><td>관 리 주 체</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>준공 년월일</td><td colspan="2">년 월 일</td><td>최종점검
년월일</td><td colspan="3">년 월 일</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시설물 위치</td><td>행정구역</td><td colspan="5">도(시) 군(구) 면(동, 읍)</td></tr>
<tr><td>위치좌표</td><td>시점</td><td colspan="2"></td><td>종점</td><td></td></tr>
<tr><td>시설물 규모</td><td colspan="2">길이 : m</td><td colspan="2">노출높이: m</td><td colspan="2">면적 : ㎡</td></tr>
<tr><td>용 도</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">시설물
특이사항
(주변상황)</td><td colspan="2">옹벽 상부</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">옹벽 하부</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">점 검 시 설</td><td colspan="5">점 검 결 과</td></tr>
<tr><td rowspan="6">지표면
노출부위 조사</td><td rowspan="6">손상 및 결함</td><td>결함부분</td><td>평가단위번호</td><td colspan="3">결함상세</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>기초지반 조사</td><td>세굴</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">주변영향 인자</td><td>배수시설</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>사면상태</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">점검자 의견</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

※ 본 결과표 다음에 시설물의 정기점검 실시결과 요약표 첨부
※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 점검자 :

□ 절토사면

정 기 점 검 표

<table>
<tr><td>시 설 물 명</td><td colspan="2"></td><td>관 리 주 체</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>준공 년월일</td><td colspan="2">년 월 일</td><td>최종점검 년월일</td><td colspan="2">년 월 일</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시설물 위치</td><td>행정구역</td><td colspan="4">도(시) 군(구) 면(동,읍)</td></tr>
<tr><td>위치좌표</td><td colspan="2">시점 :</td><td colspan="2">종점 :</td></tr>
<tr><td>시설물 규모</td><td colspan="2">길이 : m</td><td>높이 : m</td><td colspan="2">경사 : °</td></tr>
<tr><td colspan="2">점 검 내 용</td><td colspan="4">점 검 결 과</td></tr>
<tr><td rowspan="5">사면
손상상태
조사</td><td rowspan="2">파괴징후</td><td colspan="4">□인장균열 □이완암블록 □보호시설 변형
□포행흔적 □배부름 □히빙(heaving)</td></tr>
<tr><td>상세현황
(위치/규모)</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">파괴현황</td><td colspan="4">□표층유실 □평면파괴 □토석류
□표층붕괴 □쐐기파괴 □낙석
□원호파괴 □전도파괴</td></tr>
<tr><td>상세현황
(위치/규모)</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">사면
파괴요인
조사</td><td rowspan="2">지반상태</td><td colspan="4">구성물질 : □토사 □연약암반 □파쇄암반 □절리암반
풍 화 도 :
□신선(F) □약간풍화(SW) □보통풍화(MW)
□심한풍화(HW) □완전풍화(CW) □풍화잔류토(RS)
불연속면 :
□절개면의 경사방향과 일치 (①)
□수평방향 (②)
□절개면 후방으로 향함 (③)
□확인할수 없음 (④)
① ② ③ ④</td></tr>
<tr><td colspan="4">배 수 공 : □유 □무 ( )
배수조건 : □매우좋음 □좋음 □보통 □나쁨 □매우나쁨
결빙 또는 누수상태
- 상태 : □건조 □젖음 □방울로 떨어짐 □흐름
- 위치 : □하부 □중부 □상부</td></tr>
<tr><td rowspan="2">보호시설</td><td>종류</td><td>위치</td><td colspan="2">상태</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">점검자 소견</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

※ 본 결과표 다음에 시설물의 정기점검 실시결과 요약표 첨부
※ 정기점검 실시결과 상태변화(손상, 결함) 등의 정도, 위치, 형상, 진행성 등을 상세히 기술

점검일자 : 년 월 일 **점검자 :**

2. 정밀점검 및 정밀안전진단 표준서식

2.1 정밀점검 및 정밀안전진단결과표

2.2 정밀점검 및 정밀안전진단 실시결과 요약표

2.3 시설물별 현황표

□ 교량

□ 터널

□ 댐

□ 항만

□ 상수도

□ 하구둑

□ 수문

□ 제방

□ 하수처리장

□ 건축물

□ 옹벽

□ 절토사면

○○시설물 정밀안전진단(정밀점검) 결과표

가. 일반현황					
용 역 명		진단(점검)기간			
관리주체명		대표자			
공동수급		계약방법			
시설물 구분		종 류		종 별	
준공일		진단(점검)금액 (천원)		안전등급	
시설물 위치		시설물 규모			

나. 점검 실시결과 현황	
중대결함	
진단(점검) 주요결과	
주요 보수·보강	

다. 책임(참여)기술자 현황

구 분	성 명	과업 참여기간	기술등급

라. 참고사항

○○시설물 정밀안전진단(정밀점검) 실시결과 요약표

책임기술자 종합의견
• • • • •   책임기술자 : (서명)

가. 진단(점검) 외관조사 결과 기본사항

상태평가 결과 및 보수·보강				상태평가 결과 :
결함발생 부재		상태평가 결과	결함종류	보수·보강(안)

나. 안전성평가 결과

안전성평가 수행 부재	해석방법	안전성평가 결과 요약	안전율	안전성평가 결과

다. 내진성능 검토 수행 여부

검토대상 부재	설계적용 여부	결과	검토결과 요약
	Y/N		

라. 현장시험 (비파괴 및 추가시험)

시 험 명	시험 부위	시험 결과	책임기술자 의견
○ 콘크리트 비파괴			
○ 강재비파괴			
○			
○			
○			
○			

2.3 시설물별 현황표

□ 교량

□ 터널

□ 댐

□ 항만

□ 상수도

□ 하구둑

□ 수문

□ 제방

□ 하수처리장

□ 건축물

□ 옹벽

□ 절토사면

□ 교량

○○교 현황표

작성일 : 년 월 일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td></td><td colspan="2">시설물번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td></td><td colspan="2">관리번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">시설물위치</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td></td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4">L＝○○ m, (○@○○＝○○ m)</td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4">B＝○○ m, (보도＋차도) ○차로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">구조
형식</td><td>상부</td><td></td><td rowspan="2">기초
형식</td><td>교대</td><td></td></tr>
<tr><td>하부</td><td></td><td>교각</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">교량받침</td><td></td><td colspan="2">신축이음</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">교차시설물
(도로, 철도, 하천)</td><td></td><td colspan="2">통과 높이</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">부착시설내용</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">기 타</td><td colspan="4">※ 종・평면도
※ 중점 점검사항(붕괴유발부재, 보수・보강 부위 등을 기재)
※ 별지 이용</td></tr>
</table>

□ 터널

○○터널 현황표

작성일 : 년 월 일

터 널 명			
노 선 명		시 행 청	
시 점		종 점	
터 널 형 식		관 리 주 체	
차 선 수		환 기 방 식	
연 장		설 계 사	
내 공 단 면		시 공 사	
배 수 형 식		감 리 사	
종단 기울기		착 공	
평 균 선 형		준 공	
연 결 통 로		갱 문 형 식	
주 요 공 법		보 조 공 법	
기 타	※ 종·평면도 ※ 중점 점검사항(보수·보강부위, 계측관리부위 등) ※ 별지 이용		

※ 도로터널의 경우

○○터널 현황표

작성일 : 년 월 일

<table>
<tr><td>터 널 명</td><td></td><td>관 리 주 체</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>선 명</td><td></td><td>구 간</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>위 치</td><td></td><td>연 장</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>소 재 지</td><td></td><td>준 공 년 도</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>종 단 구 배</td><td></td><td>등 급</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>곡 선 반 경</td><td></td><td>시 공 사</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>터 널 형 식</td><td></td><td>착 공 일 자</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>열차운행회수</td><td></td><td>준 공 일 자</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>배 수 형 식</td><td></td><td>갱 문 형 식</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">단·복 선</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">공 법</td><td>주요</td><td></td></tr>
<tr><td>보조</td><td></td></tr>
<tr><td>기 타</td><td colspan="4">※ 종·평면도
※ 중점 점검사항(보수·보강부위, 계측관리부위 등)
※ 별지 이용</td></tr>
</table>

※ 철도터널의 경우

○○지하차도 현황표

작성일 :　　년　　월　　일

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th><th colspan="2">구 분</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td></td><td colspan="2">시설물번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년도</td><td></td><td colspan="2">관리번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">위　　치</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">설계하중</td><td></td><td colspan="2">노선명(이정)</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">제원</td><td>연장</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>폭</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">BOX
구간</td><td>연장</td><td></td><td rowspan="2">U-TYPE
구간</td><td>연장</td><td></td></tr>
<tr><td>토피고</td><td></td><td>옹벽
높이</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">통과높이</td><td></td><td colspan="2">펌프장유무</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">신축이음유무</td><td></td><td colspan="2">관리주체</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">기　타</td><td colspan="4">※ 종・평면도
※ 중점 점검사항(보수・보강부위 등을 기재)
※ 별지 이용</td></tr>
</table>

□ 댐

○○댐 현황표

<table>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td colspan="2"></td><td>시설물번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td colspan="2"></td><td>관리번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">위 치</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">관리주체</td><td colspan="2"></td><td>Tel.</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">댐
제
원</td><td colspan="2">하 천 명</td><td></td><td rowspan="8">저수지
제 원</td><td>총 저수량</td><td>백만㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">댐 형 식</td><td></td><td>유효 저수량</td><td>백만㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">댐 높 이</td><td>m</td><td>사수량</td><td>백만㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">댐 길 이</td><td>m</td><td>홍수조절용량</td><td>백만㎥</td></tr>
<tr><td colspan="2">댐 체 적</td><td>천㎥</td><td>댐정상 표고</td><td>EL. m</td></tr>
<tr><td colspan="2">상류면경사</td><td></td><td>계획 홍수위</td><td>EL. m</td></tr>
<tr><td colspan="2">하류면경사</td><td></td><td>상시 만수위</td><td>EL. m</td></tr>
<tr><td rowspan="4">여
수
로</td><td colspan="2">설계홍수량</td><td>㎥/sec</td><td>제한 수위</td><td>EL. m</td></tr>
<tr><td rowspan="3">수 문</td><td>형식</td><td></td><td rowspan="3">발 전
시 설</td><td>시설용량</td><td>천kW</td></tr>
<tr><td>문수</td><td></td><td>유효낙차</td><td>m</td></tr>
<tr><td>크기</td><td>m</td><td>사용수량</td><td>㎥/sec</td></tr>
<tr><td colspan="7">기 타</td></tr>
<tr><td colspan="7">※ 종・평면도
※ 중점 점검사항 (붕괴유발부재, 보수・보강 부위 등을 기재)
※ 별지 이용</td></tr>
</table>

□ 항만

○○부두 시설물 현황표

<table>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td colspan="2"></td><td>시설물번호</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td colspan="2"></td><td>관리번호</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">위 치</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">관리주체</td><td colspan="3"></td><td>Tel.</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">시설규모</td><td>최대
계류선박규모</td><td>DWT</td><td rowspan="5">구조형식</td><td>잔교식</td><td>강(콘크리트)말뚝</td></tr>
<tr><td>연 장</td><td>m</td><td>돌핀식</td><td>자켓식</td></tr>
<tr><td>천단고</td><td>DL m</td><td>중력식</td><td>케이슨식</td></tr>
<tr><td rowspan="2">수 심</td><td rowspan="2">m</td><td>널말뚝식</td><td>강널말뚝식</td></tr>
<tr><td>(갑문형식)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="7">기 타</td></tr>
<tr><td colspan="7">참고) 시설물 종류에 따라 아래의 항목에 대한 시설규모와 구조형식을 위 칸을 적절하게 활용하여 기입
- 갑문시설:
· 시설규모: 최대통과선박, 갑거연장(총 및 유효길이), 폭, 높이, 갑문(길이, 수)
· 갑문형식: 갑문형식(슬라이딩 게이트 등)을 기입
- 계류시설:
· 시설규모: 최대계류선박 규모(DWT), 연장, 천단고(DL.m), 수심(m)
· 구조형식: 잔교식, 돌핀식, 중력식, 널말뚝식 부두의 구조형식을 기입
- Buoy식 계류시설
· 시설규모: 최대계류선박규모, 수심 등
· 구조형식: 다부표식, 단부표식

※ 종·평면도
※ 중점 점검사항 (보수·보강 부위 등을 기재)
※ 별지 이용</td></tr>
</table>

□ 상수도

○○상수도 현황표

<table>
<tr><td>시설물명</td><td colspan="3"></td><td>시설물번호</td><td></td></tr>
<tr><td>준공년월일</td><td colspan="3"></td><td>관리번호</td><td></td></tr>
<tr><td>위 치</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>관리주체</td><td colspan="3"></td><td>Tel.</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">취수
시설</td><td>시설용량</td><td>㎥/일</td><td rowspan="4">정수장</td><td>시설용량</td><td>㎥/일</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">취수
펌프장</td><td>시설용량</td><td>㎥/일</td><td rowspan="4">관 로</td><td>관경</td><td>mm</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>연장</td><td>m</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">가압
펌프장</td><td>시설용량</td><td>㎥/일</td><td rowspan="4">조절지
및
배수지</td><td>시설용량</td><td>㎥/일</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">기 타</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 종・평면도
※ 중점 점검사항 (붕괴유발부재, 보수・보강 부위 등을 기재)
※ 별지 이용</td></tr>
</table>

□ 하구둑

○○하구둑 현황표

시설물명				시설물번호	
준공년월일				관리번호	
위 치					
관리주체				Tel.	
배수갑문	연 장	m	저수지제원	하천명	
	높 이	m		하천등급	지방/급
	문비수	개		유역면적	km²
	문비규격	가로 m × 세로 m		총저수량	천㎥
	권양형식			유효저수량	천㎥
	설계홍수량	㎥/sec		총저수량	천㎥
	만수면적	km²		홍수위	EL. m
				사수위	EL. m
방조제	연 장	m	설계조건	설계홍수량	㎥/sec
	높 이	m		홍수위	EL. m
	제정표고	EL. m		관리수위	EL. m
	제정폭	m		사수위	EL. m
	제체적	천㎥		총저수량	㎥
	최대저폭	m		유효저수량	㎥
	상류면경사	1:		사수량	㎥
	하류면경사	1:		만수위	EL. m
갑문	연장	m		간조위	EL. m
	통수폭	m		만조위	EL. m
	통선폭	m			
	갑문수	m			
	갑문규격	가로 m × 세로 m			
기 타					

※ 종·평면도
※ 중점 점검사항 (붕괴유발부재, 보수·보강 부위 등을 기재)
※ 별지 이용

□ 수문

○○수문 현황표

<table>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td colspan="2"></td><td>시설물번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td colspan="2"></td><td>관리번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">위 치</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">관리주체</td><td colspan="2"></td><td>Tel.</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="8">관련
하천</td><td>하천수계</td><td></td><td rowspan="8">수문
현황</td><td>문 비 수</td><td></td></tr>
<tr><td>하 천 명</td><td></td><td>문비규격</td><td></td></tr>
<tr><td>하천등급</td><td></td><td>암거규격</td><td></td></tr>
<tr><td>하천에서의 위치</td><td></td><td>암거련수</td><td></td></tr>
<tr><td>제 방 고</td><td></td><td>암거연장</td><td></td></tr>
<tr><td>제 방 폭</td><td></td><td>권양기 형식</td><td></td></tr>
<tr><td>계획 홍수위</td><td></td><td>수문 바닥고</td><td></td></tr>
<tr><td>계획 홍수량</td><td></td><td>유역면적</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">수혜면적</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">기 타</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 종·평면도
※ 중점 점검사항 (보수·보강 부위 등을 기재)
※ 별지 이용</td></tr>
</table>

□ 제방

○○제방 현황표

시설물명		시설물번호	
준공년월일		관리번호	
위 치			
관리주체		Tel.	
하천수계		제방연장	m
하천명		계획홍수량	m^3/s
하천등급		제방표고	EL. m
좌·우안	우안 (상류에서 하류방향)	기준여유고	m
기 타			
※ 종·평면도 ※ 중점 점검사항 (붕괴유발부재, 보수·보강 부위 등을 기재) ※ 별지 이용			

□ 하수처리장

○○하수처리장 현황표

<table>
<tr><td colspan="2">시설물명</td><td colspan="2"></td><td>시설물번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">준공년월일</td><td colspan="2"></td><td>관리번호</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">위 치</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">관리주체</td><td colspan="2"></td><td>Tel.</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="13">수처리
시설물</td><td></td><td></td><td rowspan="8">슬러지
처리
시설</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td rowspan="5">건축물</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">기 타</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 종・평면도
※ 중점 점검사항 (붕괴유발부재, 보수・보강 부위 등을 기재)
※ 별지 이용</td></tr>
</table>

□ 건축물

○ ○ 건축물 현황표

시설물명			시설물번호		
준공년월일	(경과년수: 년)		관리번호		
위 치					
관리주체		관리책임자		Tel.	
건축면적(㎡)			연면적(㎡)		
층 수	지하 : , 지상 :		주용도		
기초형식			구조형식		
최고높이(m)			지하깊이(GL이하 ~ 기초바닥까지)(m)		
기둥표준간격(m)			지하수위(GL-)(m)		
내진설계여부	O ( ), X ( )		기준층 슬래브두께(㎜)		
콘크리트 설계강도(MPa)			철근종류(MPa)		
철골종류(MPa)			방수공법(재)	지붕층 :	
				지하층 :	
준공도면 보관여부	건축( ), 구조( ), 전기( ), 기계( ), 조경( ), 토목( )				
준공서류 보관여부	구조계산서( ), 지질조사 보고서( ), 시방서( ), 품질관리계획서( ), 내역서( )				
기 타	※ 입·평면도 ※ 중점 점검사항 (붕괴유발부재, 보수·보강 부위 등을 기재) ※ 별지 이용				

작성일 : 년 월 일

□ 옹벽

○○옹벽 현황표

작성일 : 년 월 일

시설물 번호			**관리번호**		
시설물명			**시설물 구분**		
위 치	행정구역				
	위치좌표	시점		종점	
제 원	옹벽형식				
	연 장		지면노출높이(m)		
	저판폭(m)		노 선		
관리주체			관리주체구분		
주변환경					
시공현황	준공년도		시공자		
	부대시설				
비 고					

위치도 S = 1/25,000

표준 단면도

□ 절토사면

○○절토사면 현황표

작성일 : 년 월 일

시설물 번호		관리번호		
시설물명		시설물구분		
위 치	행정구역			
	위치좌표	시점 :		
		종점 :		
제 원	연 장		높 이	
	경사/방향		노 선	
관리주체			관리주체구분	
주변환경	인공구조물			
	주변지형		상부사면경사	
시공현황	준공년도		시 공 자	
	부대시설			
비 고				

절토사면 전경사진

표준 평면도

표준 횡단면	

위치도 (S = 1/25,000)

부록 3

과업지시서 예시
-정밀점검, 정밀안전진단

본 과업지시서 예시는 과업의 제반여건에 따라 변경될 수 있습니다.

정밀점검, 정밀안전진단 과업지시서

1. 일반조건

1.1 과업명 : ○○교 정밀안전진단

1.2 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”(이하 ”시특법“ 이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 규정에 따른 정밀안전진단(안전점검)으로서 시설물에 대한 물리적 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.3 과업의 범위

가. 시설물의 개요

1) 시설물 명 : ○○교

2) 위　　치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

3) 제　　원

- 교 량 형 식 :
- 연　　장 :　　m
- 교　　폭 :　　m
- 설 계 하 중 :
- 준 공 년 도 :　　년　　월

나. 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

구 분	부재명		정밀점검	정밀안전진단
주요부재	상부구조	바닥판, 거더	○	○
	하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○
	받침	교량받침	○	○
	케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○
	기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○
보조부재	2차부재	가로보 및 세로보		○

1.4 과업 세부내용

[정밀안전진단]

1) 자료수집 및 분석
2) 현장조사 및 시험
3) 상태평가
4) 안전성평가
5) 종합평가
6) 보수·보강방법
7) 보고서 작성

[안전점검]

1) 자료수집 및 분석
2) 현장조사 및 시험
3) 상태평가
4) 안전성평가(선택과업이 있을 경우)
5) 보수·보강방법(선택과업이 있을 경우)
6) 보고서 작성

1.5 주요업무의 사전승인 등

계약상대자는 다음사항에 대해서는 사전에 관리주체의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

1) 사업수행계획서 및 착수신고서의 내용변경
2) 기본계획을 포함한 주요내용 및 방침의 설정 또는 변경
3) 기타 감독원의 지시나 계약상대자의 판단에 따라 승인 받아야 할 사항

1.6 과업수행 및 공정보고

1.6.1 착수신고서 제출

1) 계약상대자가 과업착수시 제출할 착수신고서와 착수신고서에 포함하여 제출할 서류의 내용과 서식은 다음 각호와 같다.
   ⓐ 착수신고서
   ⓑ 사업수행계획서
   ⓒ 인력 및 장비 투입계획서
   ⓓ 세부공정계획서
   ⓔ 사업책임기술자 선임신고서
   ⓕ 사업수행 조직표
   ⓖ 안전관리계획서
   ⓗ 사전검토 보고서
2) 계약상대자는 당해 시설물의 설계도서 등 유지관리자료와 과업지시서 등이 법령 및 지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하여 용역 착수일로부터 15일 이내에 관리주체에게 서면으로 보고하고 그 방침을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다. 다만, 용역업무의 특수성 등으로 인하여 별도로 기간을 정할 경우에는 그 기간으로 한다.
3) 설계도서 등의 사전검토를 거쳐 관리주체의 방침을 받은 결과를 반영한 과업수행계획서를 작성하여 관리주체에게 서면으로 보고하고 승인을 받아 용역 업무를 진

행하여야 한다.

4) 설계도서 등의 사전검토 보고서와 과업수행계획서에 관한 일체의 서류는 정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서에 수록하여야 한다.

5) 계약상대자는 상기 1.6.1항의 착수신고 서류 ○부를 관리주체에 제출하여야 한다.

1.6.2 공정보고

계약상대자는 과업수행기간 중 다음사항을 포함한 월간진도보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 점검책임기술자의 확인을 받아 관리주체에 제출하여야 한다.

1) 과업추진내용 및 공정현황

2) 과업수행상 중요 문제점 및 대책

3) 참여기술자 현황

4) 다음 달 과업수행 계획

1.7 법률준수의 의무

계약상대자는 이 과업을 수행함에 있어 관계 법률에 저촉되는 행위로 인한 모든 피해사항에 대하여 책임을 져야 한다.

1.8 안전관리

1.8.1 일반

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전은 물론 공공의 안전을 위하여 진단측정장비 및 기기 등을 안전하게 운용하고 작업을 안전하게 수행하도록 안전관리계획을 수립하여야 한다.

1.8.2 안전점검 및 정밀안전진단 종사자의 안전

1) 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전모, 작업복, 작업화와 필요한 경우 청각, 시각 및 안면보호장비 등을 포함한 개인용 보호장구를 항시 착용하여야 하며 진단측정장비 및 기기를 항상 최적의 상태로 정비하여야 한다.

2) 밀폐된 공간에서의 작업이 필요할 경우에는 유해물질, 가스 및 산소결핍 등에 대한 조사와 대책을 사전에 마련하여야 한다.

1.8.3 공공의 안전

공공의 안전측면에서 관리주체는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 기간 동안 교통통제와 작업공간 확보를 위하여 적절한 계획을 수립 시행하여야 한다.

1.9 용어의 해석

과업지시서상의 용어해석에 차이가 있을 경우에는 관리주체와 계약상대자가 상호 협의하여 결정해야 한다.

2. 점검계획 및 세부사항

2.1 점검계획

2.1.1 일 반

점검계획은 현장에서의 사전조사를 실시한 후에 수립하며 조사항목은 아래와 같다.

- 현장여건 및 문제점
- 시설관리자 및 주민의견 청취
- 제반시설 관련자료

이때 도면 및 자료를 개략 검토한 후에 조사를 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 사전 정보를 갖고 점검에 임하도록 한다.

2.1.2 점검계획 수립

사전조사시 수집된 자료를 검토 후 점검계획을 수립하며 다음 사항이 포함되어야 한다.

1) 조사범위 및 항목결정
   - 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정
   - 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 별도 조사항목 포함
2) 기존 점검자료 검토
   - 기발견된 결함의 확인을 위해 검토
3) 분야별 소요인원 및 구성
   - 분야별 총 소요인원을 판단하여 가용인력을 구성, 투입계획수립
4) 재료시험 실시에 대한 적정성여부 판단
5) 진단기간 및 계획된 작업시간 예측
6) 진단범위 및 안전성에 대한 판단
7) 진단장비 선정

   구조물의 진단에 필요한 재료시험 장비, 측량장비를 준비할 때에는 분야별 세부조사 항목에 부합되는 장비를 준비하도록 한다. 또한, 접근장비는 육안조사 및 점검장비에 의한 측정이 가능하도록 사다리, 고소차, 교량점검차, 비계, 점검보트, 예인선 및 부선 등을 준비한다.

   이러한 장비선정 시에는 다음의 항목을 고려한다.

① 접근장비를 안전하게 지지하는지 여부

② 장비위치에 따른 교통통제의 필요성

③ 장비설치에 따른 지장물 존재여부

8) 접근방법 결정

- 교량 하면(바닥판 하면, 거더 하면, 박스거더 내부, 하부구조 두부, 교량받침 등)에 대한 현장조사시에는 사다리, 고소차, 교량점검차, 비계 설치, 사다리 설치 등 현장여건에 따라 안전을 고려한 최선의 방법을 선택한다.
- 교량점검차의 접근이 불가능한 수중구간의 접근은 예인선 및 부선에 고소차를 태워 실시하되 안전장치의 착용 등을 통해 안전에 유의하며, 특히 기상상태에 주의한다.

9) 진단종사자의 안전

- 점검업무 및 접근방법과 관련하여 점검자는 안전사고 예방에 유의한다.

10) 기타 점검자와 관리주체가 필요하다고 판단되는 사항

2.1.3 과업수행 적용 기준

본 과업은 다음의 현행 제규정 및 지침에 의거하여 제반사항을 성실히 이행하여야 한다.

1) 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
2) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침
3) 도로교 설계기준
4) 콘크리트 표준시방서
5) 콘크리트 구조설계기준
6) 철도설계기준 (철도교편)
7)「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
8) 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서

2.2 점검실시 세부사항

2.2.1 자료수집 및 분석

관리주체가 보존하는 감리보고서·시설물관리대장 및 설계도서 등 관련서류와 다음에 명시된 자료를 수집하고 검토·분석하여 본 과업의 기초자료로 활용한다.

1) 설계도서

시설물의 준공도서로서 종・평면도, 단면도, 구조물도, 시공상세도, 구조계산서, 수리・수문계산서, 공사시방서 등 시설물의 유지관리에 필요한 도서

2) 시설물관리대장

3) 시공관련 자료

4) 안전점검 및 정밀안전진단 자료

5) 보수・보강공사 자료

2.2.2 현장 조사 및 제반관련 시험 실시

1) 현장조사는 사전에 기존자료를 검토하여 예상되는 각종 손상에 대하여 충분히 이해한 후 현장조사에 임한다.

2) 현장조사는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침에 의해 실시하며, 점검대상 구조물에 대한 상세 외관조사 및 현장시험을 실시하여 부재별로 상태평가에 활용한다.

3) 상세 외관조사시 주요결함이 발견될 경우 이에 대한 안전성검토 실시한다.

2.2.3 세부시설별 조사사항

부재구분		진단부위		진단방법
상부구조	상판부	(1)**교면포장**(아스팔트, 콘크리트)		육 안
		(2)**배수시설**(배수구, 배수관)		육 안
		(3)**방호울타리**(강재, 콘크리트) 및 **연석**		육 안
		(4)**바닥판** (철근콘크리트,강바닥판)	손상(균열, 탈락)	비파괴장비 및 육안
			열화(누수, 백태)	육 안
		(5)**신축이음** (고무형, 강재형)	본체(강재, 고무재)	간단한 공기구, 육안
			후타재(콘크리트)	간단한 공기구, 육안
		(6)**교량받침** (강재, 고무재)	기능, 손상, 열화	간단한 공기구, 육안
	거더	(7)**철근콘크리트**	중앙부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안
			받침부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안
		(8)**프리스트레스트**	중앙부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안
			받침부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안
		(9)**강재**	손상(균열, 처짐, 변형)	계측장비, 육안
			연결부 상태	육 안
			열화(부식, 오염)	육 안
			브레이싱, 가로보	육 안
하부구조		(10)**교대** 및 (11)**교각**		비파괴장비 및 육안
		(12)**기초**		육안, 설계·시공자료

2.2.4 선택과업

선택과업은 과업수행 전 계약상대자와 합동으로 실시한 사전조사 결과에 따라 조사항목을 선정하며, 과업수행 중에 발생되는 항목은 협의하여 추진한다.

2.2.5 상태평가

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

정밀안전진단에서는 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검·정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안전점검·정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

(정밀점검에서는 기본시설물에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.)

2.2.6 안전성평가(안전점검의 경우 선택과업)

책임기술자는 계측 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

2.2.7 종합평가 및 안전등급 지정

1) 상태평가 및 안전성평가를 실시한 결과를 종합하여 지침의 종합평가 기준에 따라 시설물의 종합평가 결과를 결정한다.
2) 정밀안전진단(안전점검)을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

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

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

2.2.8 보수·보강방법(안전점검의 경우 선택과업)

1) 일반

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생된 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

2) 보수·보강의 필요성 판단

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

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

3) 보수·보강의 수준의 결정

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

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선

◦ 개축

4) 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

5) 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

◦ 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.

◦ 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

6) 유지관리 방안 제시(선택과업)

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

3. 보고서 작성 방법

3.1 일반

정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서는 시설물 관리주체의 유지관리업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 과업내용을 중심으로 작성·제출하여야 하며, 세부적인 작성 방법은 지침을 참조한다.

3.2 정밀점검 보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀점검의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

◦ 제출문(정밀점검을 실시한 기관의 장)

◦ 정밀점검 결과표 (안전등급)

◦ 시설물 현황표

◦ 참여 기술진 명단

◦ 시설물의 위치도

◦ 시설물의 전경사진, 부위별 사진

◦ 정밀점검 실시결과 요약문

◦ 보고서 목차

2) 정밀점검의 개요

정밀점검의 범위와 과업내용 등 정밀점검 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

◦ 점검의 목적

◦ 시설물의 개요 및 이력사항

◦ 점검의 범위 및 과업내용

◦ 사용장비 및 기기 현황

◦ 점검 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀점검의 관련자료를 검토 · 분석하고 그 내용을 기술한다.

◦ 설계도면, 구조계산서

◦ 기존 정밀점검 · 정밀안전진단 실시결과

◦ 보수·보강이력

◦ 시설물의 내진설계 여부 확인

◦ 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

◦ 기본시설물 또는 주요부재별 외관조사 결과분석

◦ 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석

◦ 재료시험 및 측정 결과분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 상태평가 결과의 작성 방법은 지침에서 기술한 내용을 따른다.

◦ 대상 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과 결정

◦ 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

6) 안전등급 지정

정밀점검 실시결과 상태평가 및 안전성평가(필요시) 등을 종합적으로 평가하여 제11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

7) 시설물의 안전성 평가 (필요한 경우 추가로 실시)

안전점검 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 시행방법을 검토

8) 종합결론 및 건의

- 정밀점검 실시결과의 종합결론
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부
- 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

9) 부록

- 과업지시서 : 부록의 과업지시서 예문 참조
- 외관조사망도
- 측정, 시험 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료일체(사전검토 보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)
- 기타 참고자료

  (정밀점검 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

3.3 정밀안전진단 보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀안전진단의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀안전진단을 실시한 기관의 장)
- 정밀안전진단 결과표 (안전등급)
- 시설물 현황표
- 참여 기술진 명단

◦ 시설물의 위치도

◦ 시설물의 전경사진, 부위별 사진

◦ 정밀안전진단 실시결과 요약문

◦ 보고서 목차

2) 정밀안전진단의 개요

정밀안전진단의 범위와 과업내용 등 정밀안전진단 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

◦ 진단의 목적

◦ 시설물의 개요 및 이력사항

◦ 진단의 범위 및 과업내용

◦ 사용장비 및 시험기기 현황

◦ 진단 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀안전진단의 관련자료를 검토 · 분석하고 그 내용을 기술한다.

◦ 설계도면, 구조계산서

◦ 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과

◦ 보수·보강이력 및 용도변경

◦ 시설물의 내진설계 여부 확인

◦ 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

◦ 전체 시설물 외관조사 결과분석

◦ 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석

◦ 재료시험, 측정결과의 분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 시설물의 상태평가 결과를 작성하며, 작성 방법은 지침에서 기술한 내용을 따른다.

◦ 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

◦ 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결정

6) 시설물의 안전성평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 재료시험 등의 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 내(하)력, 사용성 등을 검토하고 시설물의 구조적, 기능적 안전성을 평가한다.

◦ 현장 재하시험 및 계측 결과분석

◦ 지형, 지질, 지반, 토질조사 등의 결과분석

◦ 시설물의 변위, 거동 등의 측정결과 분석

◦ 시설물의 구조해석 및 구조계산을 통한 분석결과

◦ 수문, 수리 등 해석결과 및 분석 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)

◦ 시설물의 내(하)력 평가

◦ 시설물의 내진성능, 사용성 평가 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)

◦ 정밀안전진단 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 구조안전성 평가 포함 시행

◦ 시설물의 안전성평가 결정

안전성평가 작성 방법은 지침에서 기술한 내용을 따른다.

7) 종합평가

◦ 시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과의 결정

종합평가 작성 방법은 지침에서 기술한 내용을 따른다.

8) 안전등급 지정

정밀안전진단 실시결과 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 제11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

9) 보수·보강 방법

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과에 따라 손상 및 결함이 있는 부위 또는 부재에 대하여 적용할 보수·보강 방법을 제시함.

(내진성능 평가 후 내진능력 부족시의 경우를 포함)

◦ 보수·보강방법에 대한 개요, 시공방법, 시공시 주의사항 등

◦ 당해 시설물의 유지관리를 위한 요령, 대책 등

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

10) 종합결론 및 건의사항

◦ 정밀안전진단 실시결과의 종합결론

◦ 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항

◦ 기타 필요한 사항

11) 부록

◦ 과업지시서 : 부록의 과업지시서 예문 참조

◦ 외관조사망도

◦ 구조해석 모델링 및 수치해석 자료 (입출력자료는 e-보고서에 포함)

◦ 측정, 시험, 계측 성과표

◦ 상태평가 결과 자료

◦ 안전성평가 결과 자료

◦ 시설물관리대장 사본

◦ 현황조사 및 외관조사 사진첩

◦ 사용장비 및 기기의 사진

◦ 사전조사 자료 일체(사전검토보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)

◦ 기타 참고자료

(정밀안전진단 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

4. 성과품 납품목록

이 과업과 관련한 성과품은 다음과 같으며 이에 대한 지불은 산출내역서상의 계약금액으로 한다

1) 정밀안전진단(안전점검)보고서(부록포함) : 20부(안전점검의 경우 10부)
2) CD보고서 : 5부
3) 사진첩 : 3부

부록 4

사전검토 보고서 예시

정밀안전진단(안전점검) 사전검토 보고서

1. 과업명 : ○○교 정밀안전진단(안전점검)

2. 배경 및 목적

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침(국토해양부고시 제2008-838호, 2008. 12.31)의 3.1.4항 및 3.9.2항에 따라 과업대상 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서 내용이 법령 및 지침 등에 부합되는지 여부를 검토하고, 그 결과를 관리주체에 보고하고 과업수행계획서에 수록하고자 함

3. 과업의 범위

3.1 시설물 명 : ○○교

3.2 위　　치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

4. 사전검토 내용

4.1 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

구 분	시설물명		점검 및 진단 실시범위			비 고
			정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
주요 부재	◦ 상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	
	◦ 하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○	○	
	◦ 받침	교량받침	○	○	○	
	◦ 케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	
	◦ 기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○	○	
보조 부재	◦ 2차부재	가로보 및 세로보			○	

4.2 정밀안전진단(안전점검) 유지관리자료 보유 현황 검토

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	◦ 공통 – 준공내역서 – 공사시방서 – 각종계산서 – 토질 및 지반조사 보고서 – 기타 특이사항 보고서		
	◦ 설계도면 – 교량 및 복개구조물 – 위치도, 평면도, 단면도(종·횡), 상부·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음·, 교량받침 상세도		
시설물 관리대장	◦ 기본현황 ◦ 상제제원 ◦ 유지관리 이력		
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 – 재료증명서 – 품질시험기록 – 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 – 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록		
안전점검 및 정밀안전진단 자료			
보수보강 자료			

4.3 정밀안전진단(안전점검) 과업의 범위

[표 1.1] 정밀점검일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용	
자료수집 및 분석	•설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토·분석	○ 해당	
현장조사 및 시험	•외관조사 및 외관조사망도 작성 •간단한 현장 재료시험 등 – 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) – 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 콘크리트 시험 -반발경도시험 -탄산화시험 ○ 철근탐사시험	
상태평가	•외관조사 결과분석 •재료시험 결과 분석 •대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 •시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정)	○ 해당	
안전성평가	–		
보수·보강 방법	–		
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○ 해당	
과업항목	**지침상 선택과업**	**금회 과업 내용**	**비용 반영**
자료수집 및 분석	•구조 · 수리 · 수문 계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성 (도면이 없는 경우)		
현장조사 및 시험	•전체부재에 대한 외관조사망도 작성 •시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •조사부위 표면청소 •마감재의 해체 및 복구 •수중조사 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성 평가 등에 필요한 조사시험	○ 전체부재 외관조사망도 작성 ○ 콘크리트 시험 - 코어채취 - 염화물함유량 - 중성화시험 등 ○ 강재조사·시험 - 도막두께측정	
상태평가	–		
안전성평가	•필요한 부위의 구조지반수리수문 해석 등 안전성평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가		
보수·보강 방법	•보수·보강 방법 제시		

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용	
자료수집 및 분석	•설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토·분석	○ 좌동	
현장조사 및 시험	•전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 •현장 재료시험 등 – 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물 함유량시험 – 강재 시험 : 강재 비파괴시험	○ 전체부재 외관조사 및 외관조사망도 작성 ○ 콘크리트 시험 -반발경도시험 -초음파전달속도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○ 철근탐사시험	
상태평가	•외관조사 결과분석 •현장시험 및 재료시험 결과분석 •콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 •부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견	○ 좌동	
안전성평가	•조사, 시험, 측정결과의 분석 •기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 •내하력 및 구조 안전성평가 •시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	○ 좌동	
종합평가	•시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 •안전등급 지정	○ 좌동	
보수·보강방법	•보수 · 보강 방법 제시	○ 좌동	
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○ 좌동	
과업항목	**지침상 선택과업**	**금회 과업 내용**	**비용 반영**
자료수집 및 분석	•구조 · 수리 · 수문 계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성 (도면이 없는 경우)		
현장조사 및 시험	•시료채취 및 실내시험 •지형,지질,지반조사 및 탐사, 토질조사 •수중조사 •조사용 접근장비 운용 •기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험	○ 콘크리트 시험 -코어채취 -실내시험 등 ○ 수중조사 ○ 계측기 상태조사 -실내시험 등 ○ 강재 용접부 조사 -초음파두께측정 -자분탐상	 ○ ○ ○ × ○ ×
안전성평가	•구조해석 •구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 •내진성능 평가 및 사용성 평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가	○ 안전성평가 ○ 내진성능평가	× ×
보수 · 보강 방법	•내진보강 방안 제시 •시설물 유지관리 방안 제시	○ 내진보강 방안 제시 ○ 시설물 유지관리 방안 제시	× ×

4.4 정밀안전진단(안전점검) 기본과업 재료시험 수량

[표 2.1] 정밀점검의 경우

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○50m 마다	○연장 50m 마다	
탄산화 깊이 측정[2]	○5경간 이내 : 2～3개소[1] ○5경간 이상 : 3～6개소[2]		

[표 2.2] 정밀안전진단의 경우

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○철근콘크리트 : 2개소/50m ○강합성교 : 1개소/50m	○1개소/연장50m ○교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	·동일부위 시험
초음파 전달속도시험	○철근콘크리트 : 2개소/50m ○강합성교 : 1개소/50m	○1개소/연장50m ○교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
철근탐사시험	○철근콘크리트 : 2개소/50m ○강합성교 : 1개소/50m	○1개소/연장50m ○교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
탄산화 깊이 측정	○5경간 이내 : 4～6개소[1] ○5경간 이상 : 6～9개소[2]		
염화물함유량시험	○3개소 이상[3]		
균열깊이 조사	○부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		·Cw=0.3㎜ 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	○플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○박스거더교 : 2개소/경간별 거더		·맞대기용접부

4.5 기타 사항

5. 결론

[정밀점검의 경우 예시]

과업지시서와 용역설계서 검토결과, 정밀점검의 범위, 유지관리자료, 과업범위, 기본과업의 재료시험수량은 모두 지침과 부합됨.

[정밀안전진단의 경우 예시]

과업지시서와 용역설계서 검토결과, 정밀안전진단의 범위, 유지관리자료, 기본과업의 재료시험수량은 지침과 부합됨.
다만, 정밀안전진단 과업범위 중 아래와 같이 일부 항목에 대한 비용이 반영되지 않아 보완이 필요함

◦ 현장조사 및 시험
  - 계측기 상태조사
◦ 안전성평가
  - 내진성능평가
◦ 보수·보강방법
  - 시설물 유지관리 방안 제시

시설물편

제 1장 교량

제 2장 터널

제 3장 댐

제 4장 항만

제 5장 상수도

제 6장 하구둑

제 7장 수문

제 8장 제방

제 9장 하수처리장

제10장 건축

제11장 옹벽

제12장 절토사면

제 목 차 례

[시설물편]

제1장 교량 ····· 1-1

1.1 관리일반 ····· 1-1

1.2 현장조사 ····· 1-4

1.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 1-19

1.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 1-25

1.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 1-45

1.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 1-55

1.7 보수·보강 방법 ····· 1-56

제2장 터널 ····· 2-1

2.1 관리일반 ····· 2-1

2.2 현장조사 ····· 2-5

2.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 2-14

2.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 2-18

2.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 2-40

2.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 2-47

2.7 보수·보강 방법 ····· 2-50

제3장 댐 ····· 3-1

3.1 관리일반 ····· 3-1

3.2 현장조사 ····· 3-4

3.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 3-16

3.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 3-22

3.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 3-51

3.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 3-69

3.7 보수·보강 방법 ····· 3-74

제4장 항만 ····· 4-1
4.1 관리일반 ····· 4-1
4.2 현장조사 ····· 4-6
4.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 4-36
4.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 4-39
4.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 4-70
4.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 4-77
4.7 보수·보강 방법 ····· 4-78

제5장 상수도 ····· 5-1
5.1 관리일반 ····· 5-1
5.2 현장조사 ····· 5-4
5.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 5-21
5.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 5-27
5.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 5-63
5.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 5-70
5.7 보수·보강 방법 ····· 5-79

제6장 하구둑 ····· 6-1
6.1 관리일반 ····· 6-1
6.2 현장조사 ····· 6-3
6.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 6-11
6.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 6-17
6.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 6-44
6.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 6-60
6.7 보수·보강 방법 ····· 6-66

제7장 수문 ····· 7-1
7.1 관리일반 ····· 7-1
7.2 현장조사 ····· 7-3
7.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 7-7
7.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 7-12

7.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 7-31
7.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 7-37
7.7 보수·보강 방법 ····· 7-42

제8장 제방 ····· 8-1
8.1 관리일반 ····· 8-1
8.2 현장조사 ····· 8-3
8.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 8-14
8.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 8-18
8.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 8-39
8.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 8-47
8.7 보수·보강 방법 ····· 8-50

제9장 하수처리장 ····· 9-1
9.1 관리일반 ····· 9-1
9.2 현장조사 ····· 9-4
9.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 9-13
9.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 9-19
9.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 9-42
9.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 9-48
9.7 보수·보강 방법 ····· 9-55

제10장 건축물 ····· 10-1
10.1 관리일반 ····· 10-1
10.2 현장조사 ····· 10-4
10.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 10-15
10.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 10-25
10.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 10-36
10.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 10-39
10.7 보수·보강 방법 ····· 10-42

제11장 옹벽 ····· 11-1
11.1 관리일반 ····· 11-1

11.2 현장조사 ····· 11-3
11.3 재료시험 항목 및 수량 ····· 11-12
11.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 11-17
11.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 11-35
11.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 11-40
11.7 보수・보강 방법 ····· 11-43

제12장 절토사면 ····· 12-1
12.1 관리일반 ····· 12-1
12.2 현장조사 ····· 12-3
12.3 재료시험 기준수량 ····· 12-23
12.4 상태평가 기준 및 방법 ····· 12-24
12.5 안전성평가 기준 및 방법 ····· 12-38
12.6 종합평가 기준 및 방법 ····· 12-51
12.7 보수・보강 방법 ····· 12-53

제1장 교 량

1.1 관리일반

1.2 현장조사

1.3 재료시험 항목 및 수량

1.4 상태평가 기준 및 방법

1.5 안전성평가 기준 및 방법

1.6 종합평가 기준 및 방법

1.7 보수·보강 방법

제1장 교량

1.1 관리 일반

1.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 도로교량과 철도교량에 적용한다.

○ 1종 시설물

- 도로교량
  - 교량의 상부구조형식이 현수교·사장교·아치교·트러스교인 교량
  - 최대 경간장 50m 이상의 교량(한 경간 교량 제외)
  - 연장 500m 이상의 교량
  - 폭 12m 이상으로서 연장 500m 이상인 복개구조물
- 철도교량
  - 고속철도 교량
  - 도시철도의 교량 및 고가교
  - 트러스교, 아치교, 연장 500m 이상의 교량

○ 2종 시설물

- 도로교량
  - 최대 경간장 50m 이상인 한 경간 교량
  - 연장 100m 이상의 교량
  - 폭 6m 이상이고 연장 100m 이상인 복개구조물
- 철도교량
  - 연장 100 m 이상의 교량

※ 본 장을 적용하는 복개구조물은 라멘형식으로 시공된 것으로서, 박스형식(개착식)의 복개구조물은「제2장 터널」에 따라 안전점검을 실시한다.

교량 및 복개구조물의 특성에 따라 본 장과 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 도로교 설계기준

○ 철도설계기준 (철도교편)

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

○ 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용할 수 있다.

1.1.2 용어 정의

○ 교량(橋梁)

도로 또는 철도가 계곡, 호수, 해안 등의 위를 건너거나 다른 도로, 철도, 수로, 가옥, 시가지 등의 위를 건너가는 경우에 이들 장애물의 상부로 통행할 수 있도록 축조하는 구조물

○ 복개구조물(覆蓋構造物)

- 지상부분의 공간 활용을 위하여 수로나 하천 위를 슬래브 등으로 덮은 구조물로서 폭 6m 이상의 구조물을 말한다.
- 도로의 '복개구조물'이라 함은 하천 등을 복개하여 도로 용도로 사용하는 모든 구조물을 말한다.

1.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

교량 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 1.1]과 같다.

[표 1.1] 교량 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명		점검 및 진단 실시범위			비 고
			정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
주요부재	◦ 상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	
	◦ 하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○	○	
	◦ 받침	교량받침	○	○	○	
	◦ 케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	
	◦ 기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○	○	
보조부재	◦ 2차부재	가로보 및 세로보			○	

1.1.4 중대한 결함의 정도

교량 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 1.20] 기초세굴에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

2) 교량 교각의 부등침하

○ [표 1.19] 교각 변위의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

3) 교량 받침의 파손

○ [표 1.21] 교량받침의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

4) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

○ [표 1.26] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 1.27] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 [표 1.11] 철근콘크리트 바닥판, [표 1.13] 철근콘크리트 거더, [표 1.14] 프리스트레스 콘크리트 거더, [표 1.18] 교대 및 [표 1.19] 교각 등에서 철근(강선)부식과 관련하여 상태평가 기준이 “e”를 포함하는 경우

5) 주요 구조부위의 철근량 부족

○ 구조 안전성 검토 결과 철근량 부족으로 내력 보강이 필요한 경우로 철근콘크리트 바닥판, 거더 및 교각 코핑부 등이 해당

6) 콘크리트 부재의 균열 심화

○ [표 1.12]~[표 1.14]에서 부재의 균열 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

7) 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리

○ [표 1.11], [표 1.13], [표 1.14], [표 1.18], [표 1.19]에서 열화 및 손상의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

8) 철강재 용접부의 불량 용접

○ [표 1.12], [표 1.17]의 강재 용접연결부 결함의 상태평가 기준이 ″d″ 이하의 경우

9) 교대・교각의 균열 발생

○ [표 1.18], [표 1.19]에서 균열의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

10) 강재 거더 및 연결판의 균열 및 심한 변형

○ [표 1.12]에서 모재 및 연결부 손상의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

11) 케이블 부재의 손상

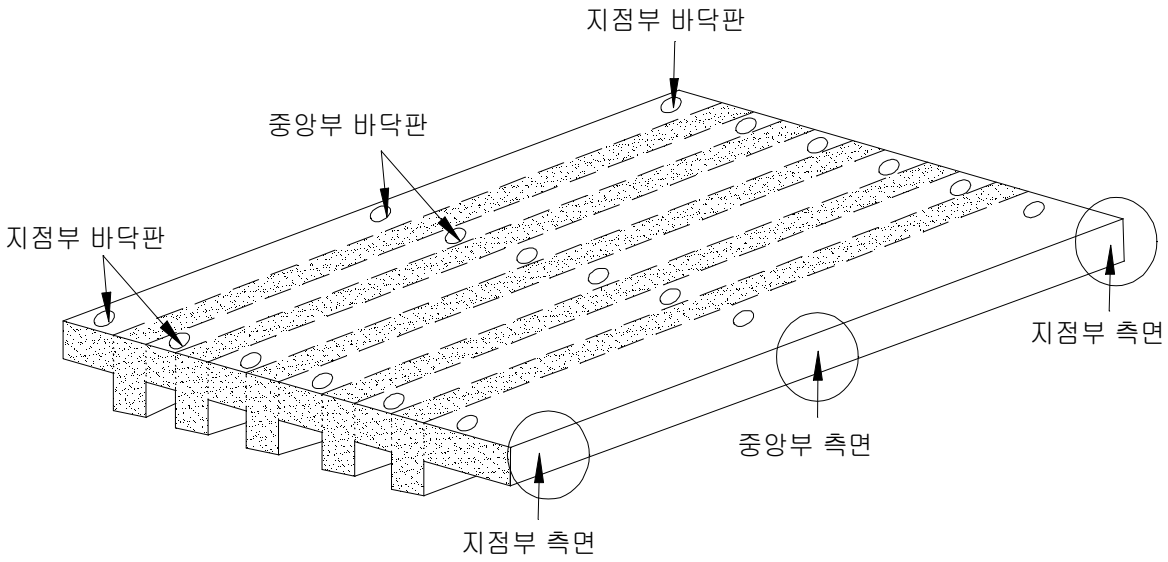
○ [표 1.17]에서 케이블 부재의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

1.2 현장조사

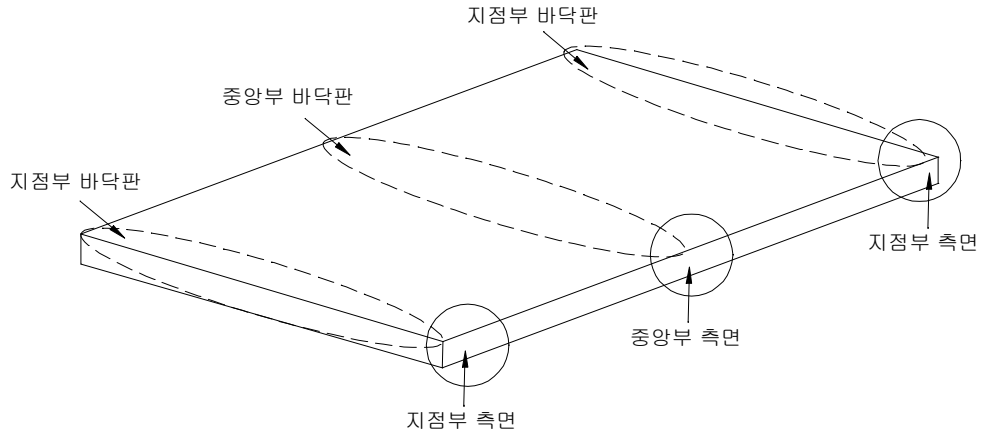
1.2.1 시설물의 점검사항

가. 콘크리트 바닥판

점 검 부 위		손 상 종 류
▷공통		○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 ○재료분리(공동, 공극) ○누수 및 백태(유리석회)
▷거더교		○균열, 망상균열
▷바닥판, 라멘상부	– 받침부(단부)	○부스러짐 ○사인장균열
	– 중앙부	○휨균열



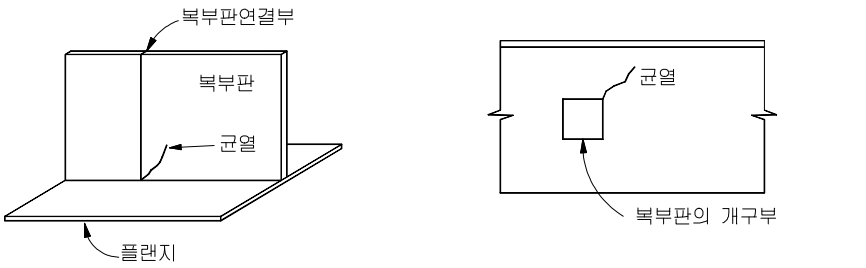
< 거더가 있는 경우의 바닥판점검부위 >

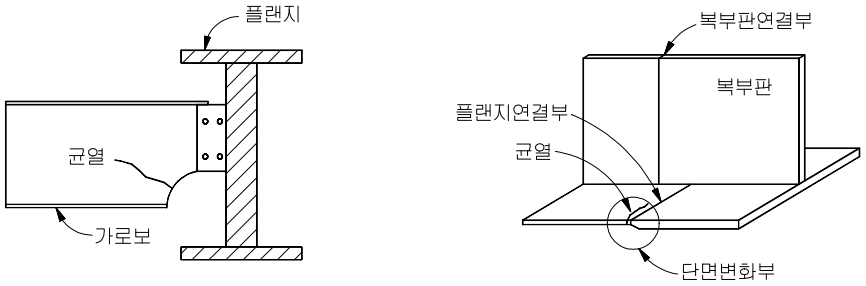


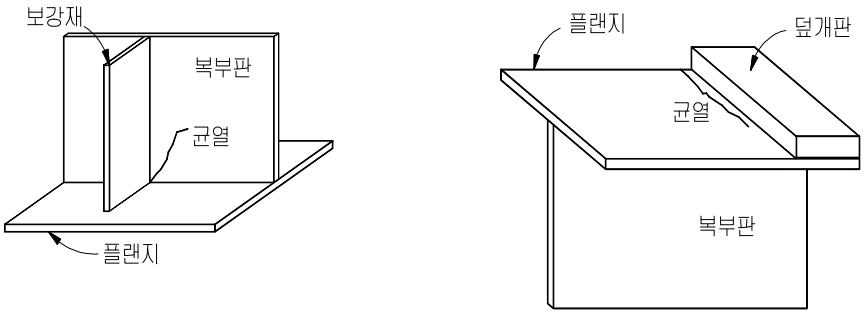
< 거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위 >

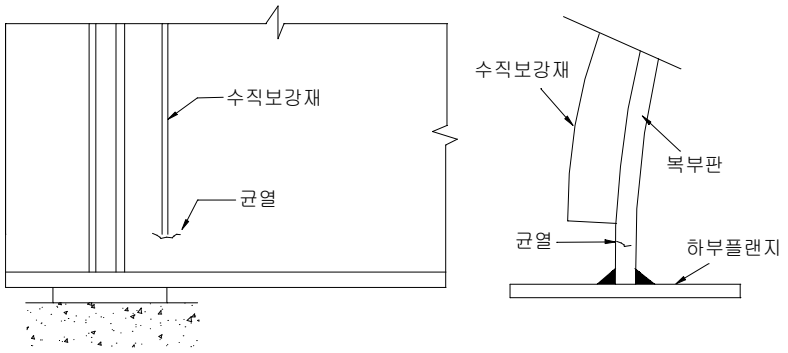
나. 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○도장 손상 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 ○이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	○피로균열
▷받침부	○복부판 부식 및 국부좌굴 ○거더와 받침연결부 부식 ○게르버교의 경우 핀 연결부 부식 ○지점보강재 하단 용접부 균열 ○박스내부 출입구 방치 ○박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷중앙부	○부식 ○플랜지 변형 및 처짐 ○맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷주탑	○주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
▷보수부위	○용접부 및 용접부 주변 균열
▷부재연결판	○트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결판의 부식, 균열 및 변형 ○사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결판의 부식, 균열 및 변형

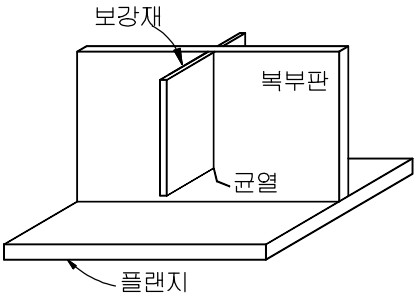


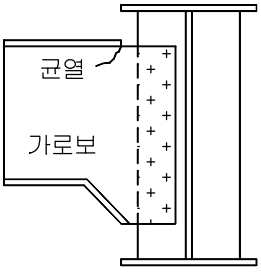


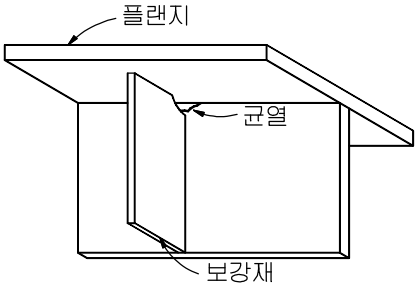


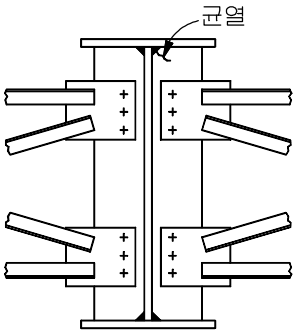


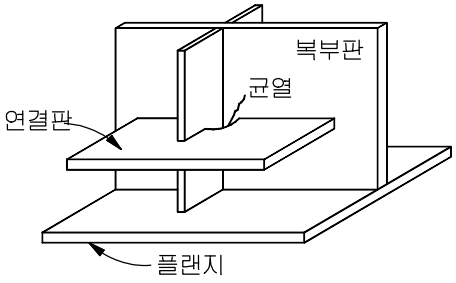
< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 >

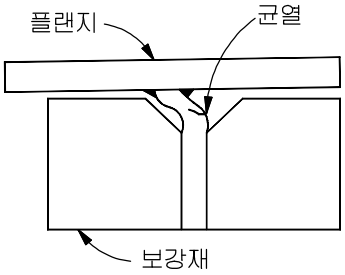








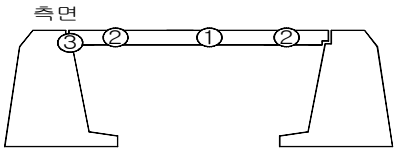
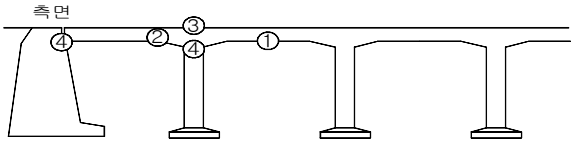
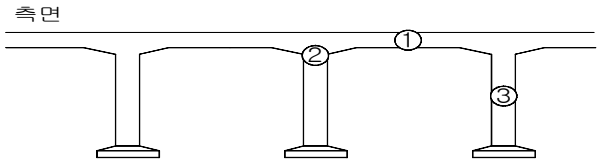


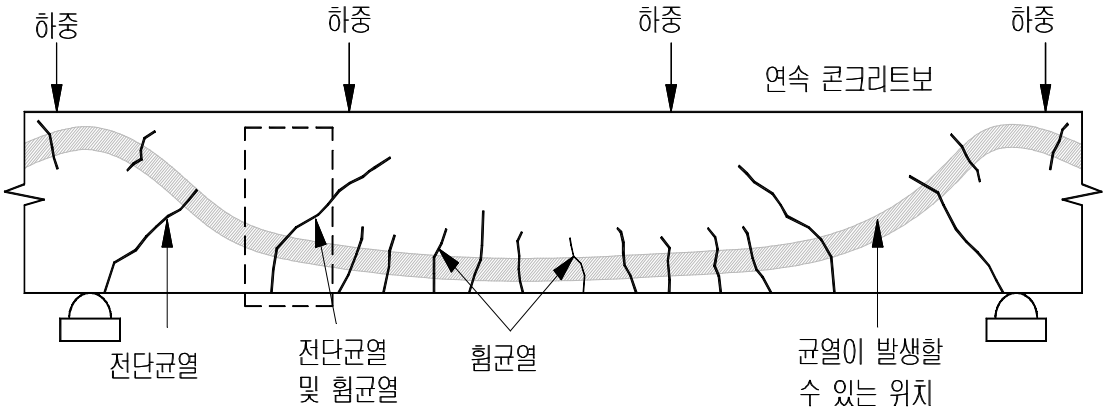


< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 >

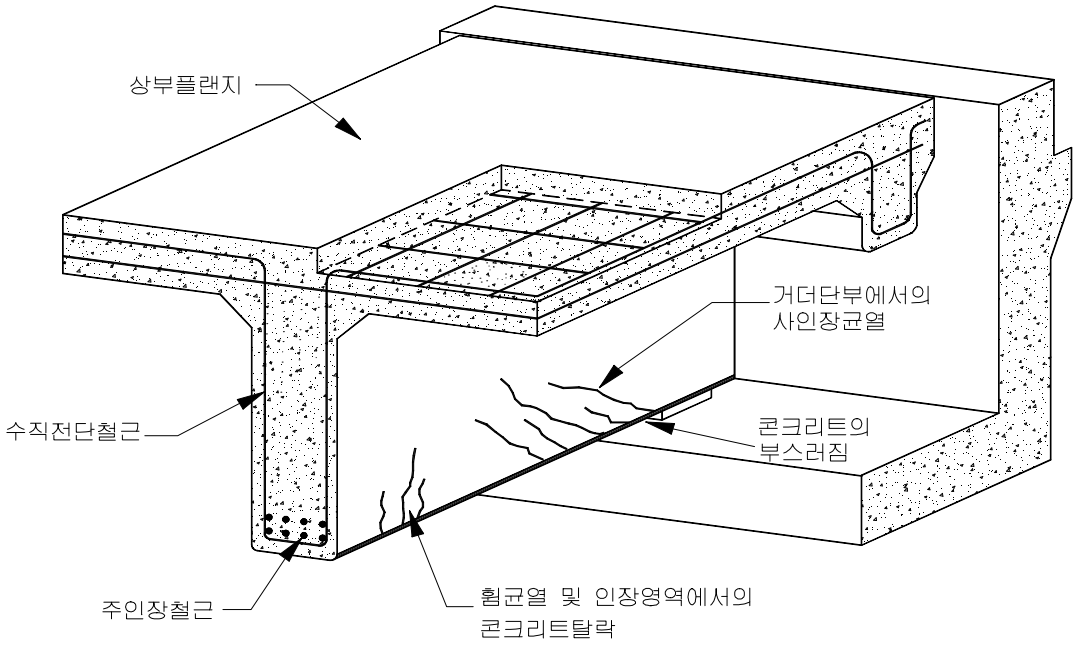
다. 철근콘크리트 거더

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷받침부	○부스러짐 ○복부 사인장 균열
▷중앙부	○횡방향 균열

구조형식	점 검 부 위	비 고
단순보		① 지간중앙부 ② 지간 1/4부 ③ 받침부
연속보 게르버보		① 지간중앙부 ② 변곡점부(약L/4) ③ 교각상부 ④ 받침부
라멘보		① 지간중앙부 ② 우각부 ③ 교각부



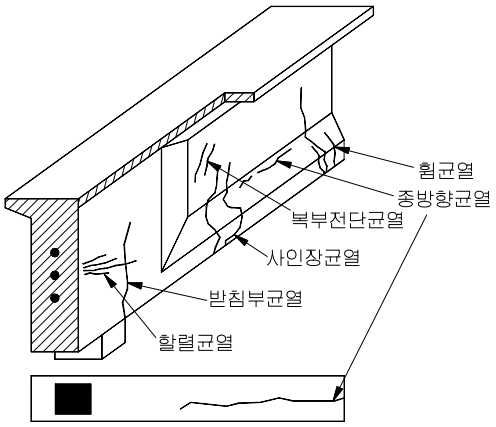
< 콘크리트 거더에 발생하는 균열의 유형과 위치 >



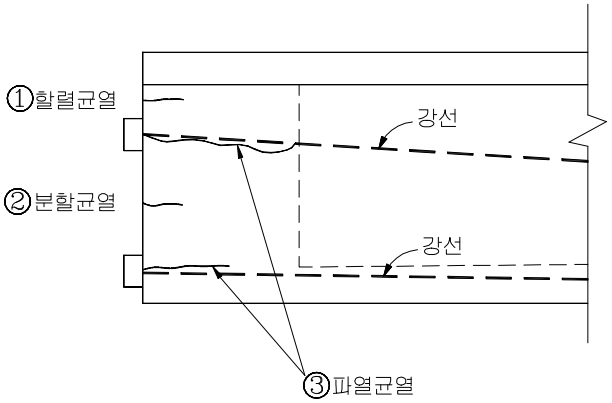
< 철근콘크리트 거더의 점검부위 >

라. 프리스트레스 콘크리트 거더

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷받침부	○부스러짐 ○복부 사인장균열 ○연속교 상단 휨균열 ○격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부	○휨균열, 거더처짐 ○쉬스관 노출 및 파손 ○박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 ○시공이음부 균열 및 누수
▷강선정착부	○정착부 균열 및 파손



< PSC I빔의 점검부위 >



< 정착구역의 국부균열 >

마. 콘크리트 가로보

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷철근콘크리트 가로보	○박락(파손), 철근노출 ○경사균열(거더의 상대처짐 의심)
▷프리스트레스트 콘크리트 가로보	○쉬스관 노출 및 파손 ○정착부 균열 및 파손

바. 강 가로보와 세로보

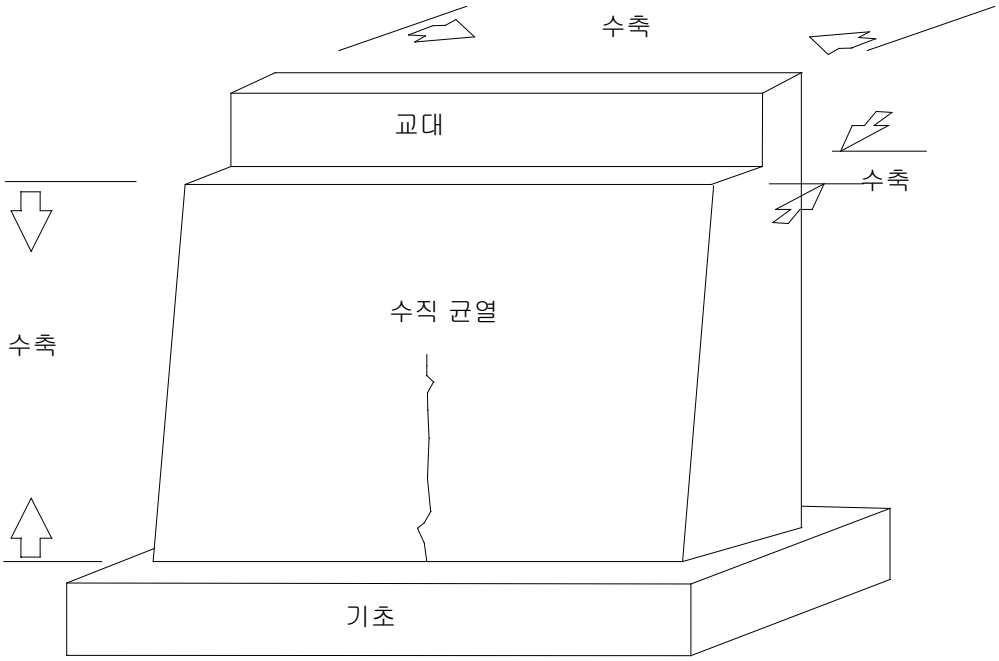
점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○도장 손상 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	○피로균열
▷2차부재	○가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ○하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ○거세트판 용접부 끝부분 균열
▷보수부위	○용접부 및 용접부 주변 균열

사. 케이블

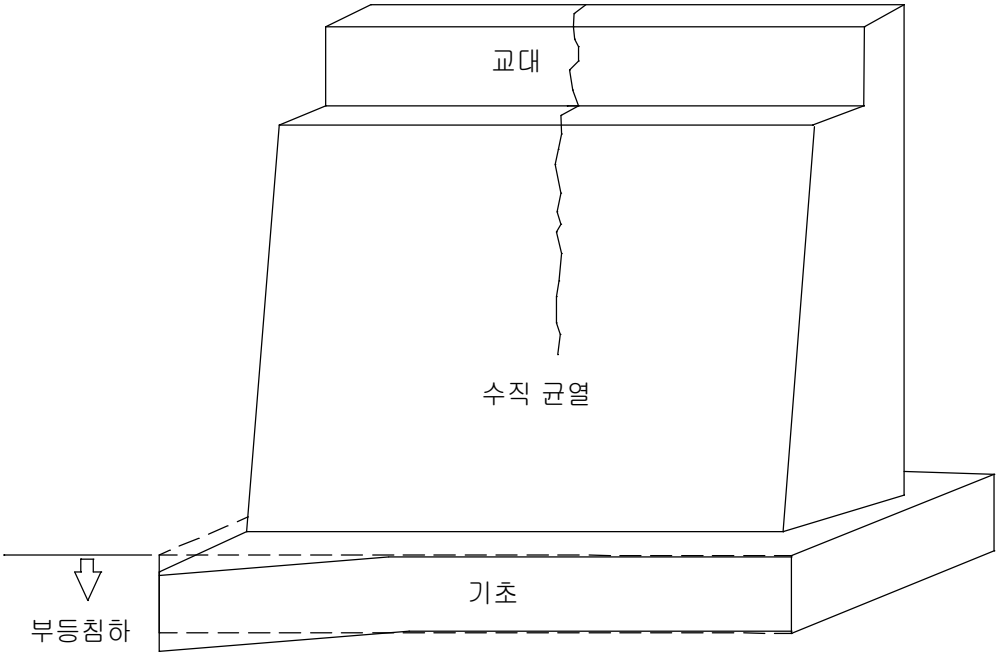
점 검 부 위	손 상 종 류
▷케이블 부재	○도장 손상 및 부식 ○부식으로 인한 케이블 단면 손상 ○케이블 변형 및 꺾임 ○외부 및 내부 소선 단선
▷보호관	○보호관의 파손
▷정착구	○강재 정착구의 도장손상 및 부식 ○콘크리트 정착구의 파손, 누수 및 체수 ○정착구 댐퍼 파손
▷행어밴드, 새들	○도장 열화 및 부식 ○고정볼트 이완, 탈락 ○변형 및 파손

아. 교대

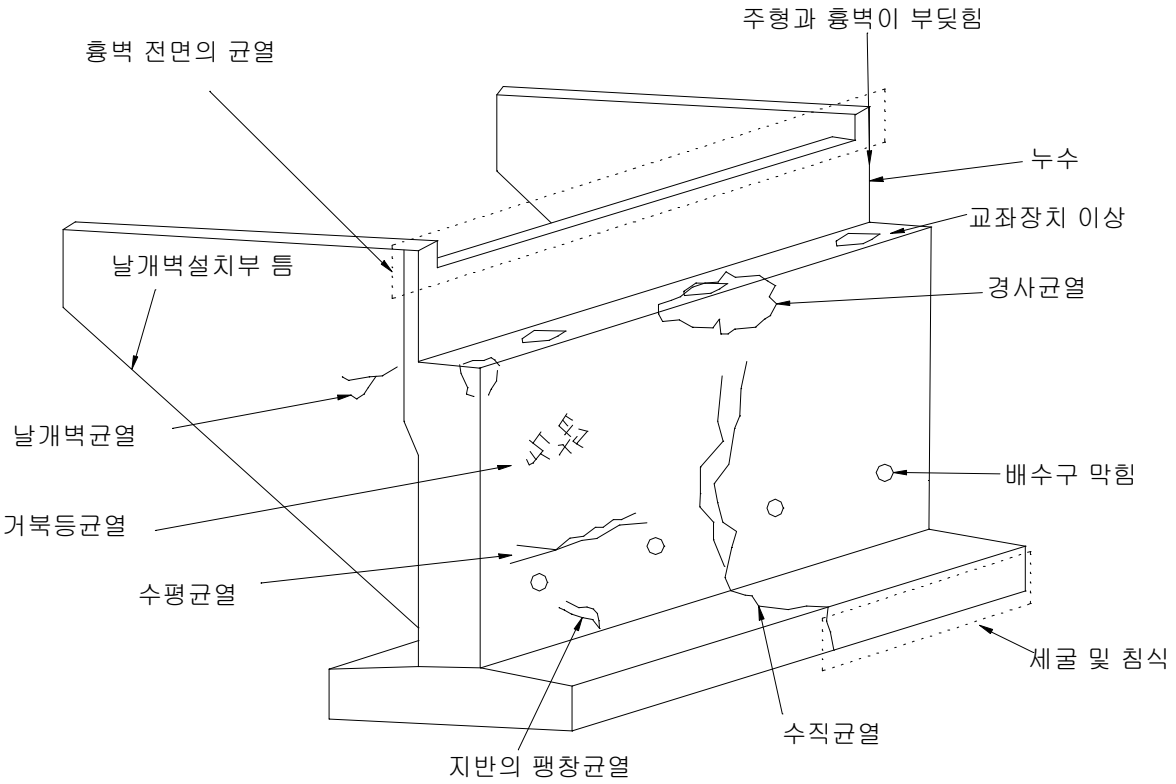
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교대 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 균열 및 파손 ○두부와 흉벽 경계부 균열 ○거더와 흉벽 신축유간 부족
▷벽체	○수직균열 및 침하 ○구체와 날개벽 분리 ○구체부 배수구 막힘 ○수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	○날개벽 이동, 전도 ○석축이 있는 경우 사면붕괴



< 온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열 >



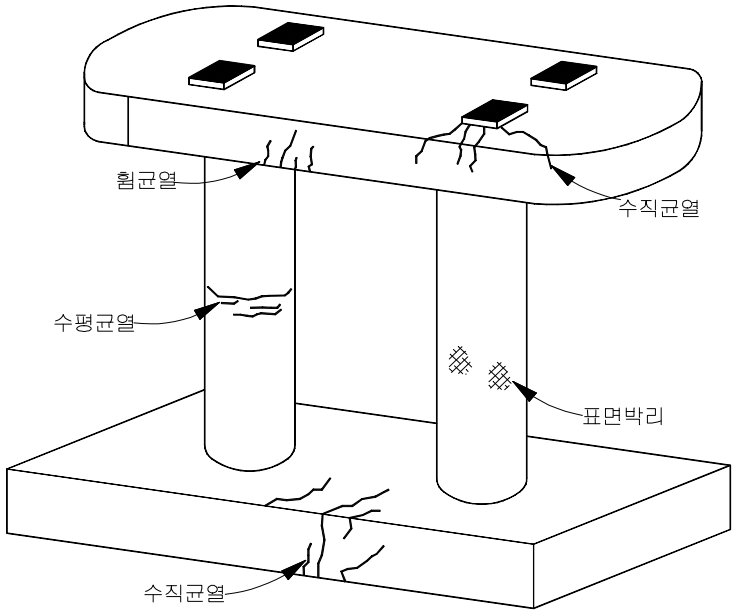
< 부등침하로 인한 교대의 수직균열 >


주형과 흉벽이 부딪힘
흉벽 전면의 균열
누수
교좌장치 이상
날개벽설치부 틈
경사균열
날개벽균열
배수구 막힘
거북등균열
수평균열
세굴 및 침식
수직균열
지반의 팽창균열

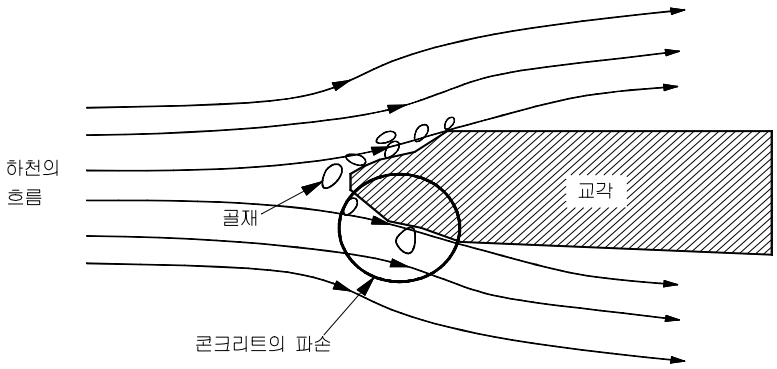
< 교대의 점검부위 >

자. 콘크리트 교각

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교각 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 하부 균열 및 파손
▷벽체	○시공이음부 균열 ○이동 또는 기울음 ○수면접촉부 침식



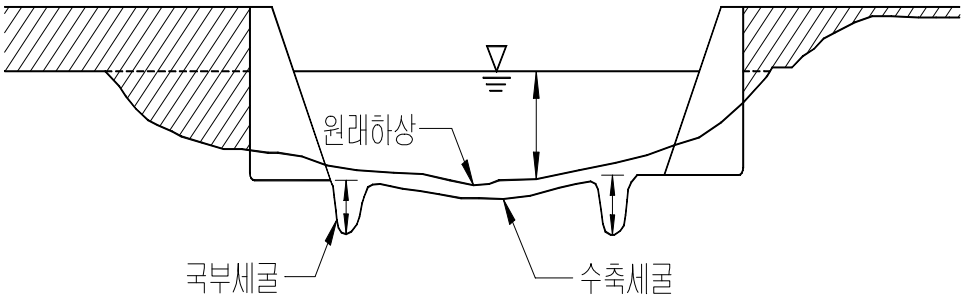
< 콘크리트 교각의 점검부위 >



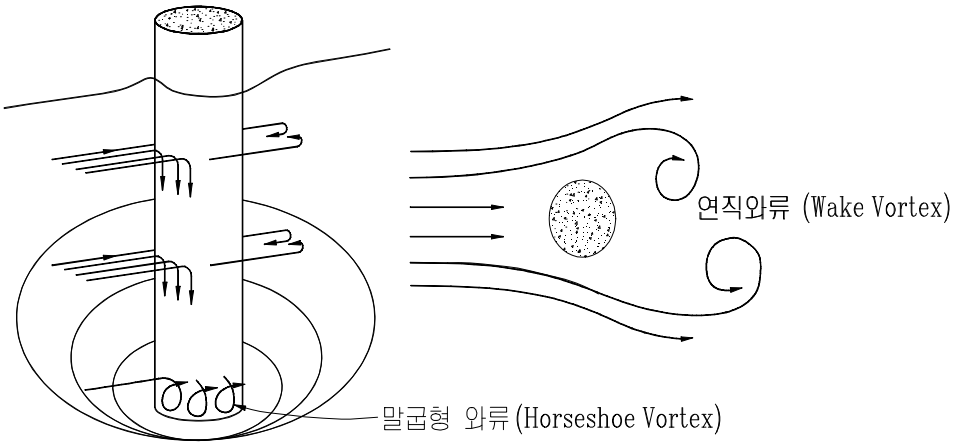
< 유수에 의한 콘크리트 교각의 침식 >

차. 기초

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 철근노출, 백태 ○침식, 세굴, 측방유동, 침하 ○하부구조물 기울음 및 전도
▷직접기초	○콘크리트 균열 및 파손
▷말뚝기초	○말뚝 노출 및 침식
▷케이슨기초	○케이슨 노출 및 침식 ○충돌파손



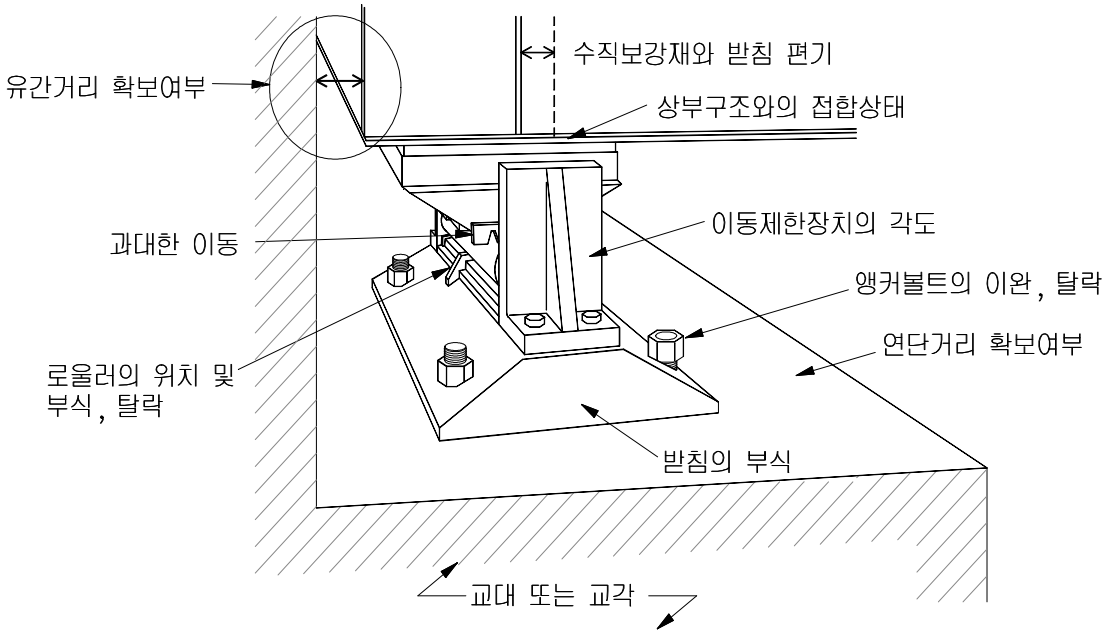
< 수축세굴과 국부세굴 >



< 원형기초의 국부세굴 >

카. 교량받침

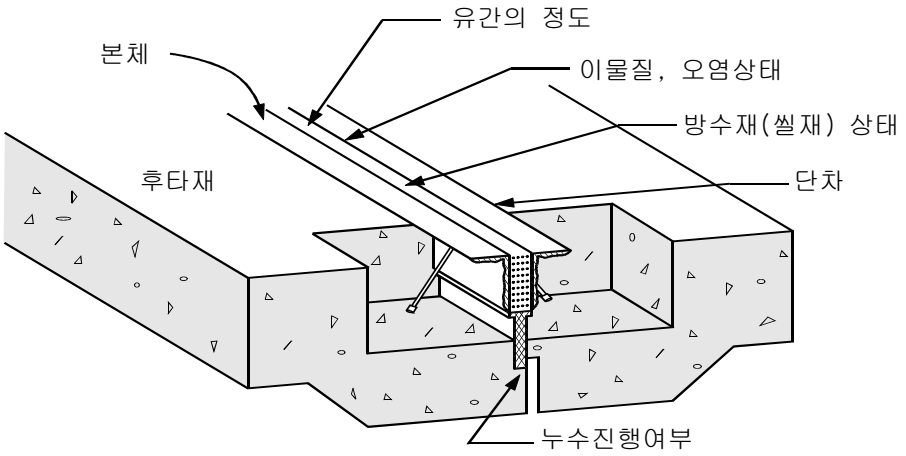
점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	– 공통	○가동받침의 신축유간 부족 ○가동받침 전·후방의 가동장애 요소 ○받침과 거더의 밀착상태 ○수직보강재와 받침 편기상태 ○받침 물고임 및 부식
	– 강재받침	○가동면 부식 ○부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	– 탄성받침	○부풀음 및 갈라짐 ○고무판의 과도한 변형
▷받침콘크리트		○앵커볼트 파손, 절단 ○콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 ○교각두부 균열



< 교량받침 점검부위 >

타. 신축이음

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	– 공통	○충격음, 본체유동 및 파손 ○누수 ○유간부족 및 유간과다 ○유간 오물퇴적
	– 고무재	○고무판 마모, 강판노출 및 부식
	– 강재	○강재 연결부 이완 및 파손
▷후타재		○단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) ○균열 및 파손



< 신축이음 점검부위 >

파. 교면포장

점 검 부 위		손 상 종 류
▷공통	▷아스팔트	○균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	▷콘크리트	○균열, 마모, 박리, 파손
▷신축이음 전후, 구조물 경계부		○단차, 파손
▷곡선부, 중차량 통행차로		○마모, 바퀴자국
▷배수구 주변		○물고임

하. 배수시설

점 검 부 위	손 상 종 류
▷배수구(유입구) – 뚜껑(그레이팅)	○뚜껑파손 및 주변파손, 누락 ○오물퇴적, 막힘 ○배수구의 설치높이가 높음 ○배수구 설치위치 불량 ○배수구 설치간격 넓음
▷배수관	○관의 연결부 어긋남, 파손 ○이물질에 의한 막힘 ○지지철물의 이완 및 파손 ○배수관 길이 부족(짧음) ○유출구 위치 부적절(도로구간)

거. 난간 및 연석

점 검 부 위		손 상 종 류
▷난간 연석	– 강재, 알루미늄	○강재의 경우 도장 손상 및 부식 ○난간과 상판연결부의 결함, 파손 ○전체적인 처짐 및 선형불량
	– 철근 콘크리트	○균열, 박리, 파손 ○철근노출 및 부식 ○전체적인 처짐 및 선형불량

1.3 재료시험 항목 및 수량

1.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 1.2] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근배근 상태조사 ○ 염화물함유량[1)]
강재 구조물	–	○ 강재용접부 결함조사 – 자분탐상 및 초음파탐상

주1) ◦ 염화물함유량시험 대상은 다음 표에서 정하는 해안에서 250m 이내 거리에 위치하고 있는 시설물을 대상으로 하며 시험부재의 철근깊이까지 10㎜ 또는 20㎜ 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험방법으로 실시하여 염화물의 분포를 파악하여야 한다.

◦ 또한, 동절기 염화칼슘 등의 사용 등에 따라 염해의 우려가 있는 시설물도 포함한다.

[염해에 관한 외적 성능 저하요인의 구분]

구분	해안에서 거리	염소이온의 침투정도
심한 염해 지역	0m 부근	조수간만 및 파도에 의해 빈번히 해수에 접한다.
보통 염해 지역	100m 이내	강풍시에 해수적(海水滴)이 비래하고, 콘크리트 면이 해수에 젖는다.
경미한 염해지역	250m 이내	해염입자가 비래하고 콘크리트중에 유해량의 염화물이 축적된다.
염해를 고려하지 않아도 좋은 지역	250m 초과	콘크리트중에 유해량의 염화물이 거의 축적되지 않는다.

출처 : 염해 및 탄산화에 대한 철근콘크리트 구조물의 내구성 설계·시공·유지관리 지침 : 한국콘크리트학회('03.4)

[표 1.3] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	강재 구조물	○ 자분탐상 및 초음파탐상	○ 강재용접부 결함 탐상

나. 재료시험 기준수량

[표 1.4] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 50m 마다	○ 연장 50m 마다	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 2～3개소[1)] ○ 5경간 이상 : 3～6개소[2)]		

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시
주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

[표 1.5] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
코어채취[1]	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
철근탐사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
염화물함유량시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
자분탐상시험 (초음파탐상시험)	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		· 용접부 결함

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하며, 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 평가기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

1.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 1.6] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 – 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량[1] ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근부식도 조사 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 ○ 수중조사[2] ○ 비파괴재하시험
강재구조물	○ 용접부 결함탐사 – 초음파탐상	○ 용접부 결함탐사 – 방사선투과시험 – 자분탐상시험

주1) 염화물함유량 시험은 [표 1.2]에 따라 실시한다.
주2) 하천교량은 최초 정밀안전진단시 필수로 실시하고, 그후는 1.3.3의 다.항에 따라 실시한다.

[표 1.7] 세부구조별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
		○콘크리트 염화물함유량 시험	○주철근까지 깊이별(10㎜~20㎜) 시료채취 및 평가
		○균열깊이 조사	○발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○허용균열폭과의 비교·검토
	강재 구조물	○ 강재 용접부 비파괴시험 - 맞대기용접부 : 초음파탐상시험	○필요시 방사선투과시험
선택 과업	콘크리트 구조물	○콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
		○콘크리트 물성 및 미세구조	○강도, 수분함량 등
		○철근부식도 시험	○주요부재의 철근 대상 ○철근부식확률 평가
		○수중조사	○하상에 위치한 교량의 기초조사
		○비파괴 재하시험	○구조물 실 거동(변형, 처짐) 평가
	강재 구조물	○강재용접부 비파괴시험 - 맞대기용접부 : 방사선투과시험 - 균열의심부 : 자분탐상시험	○균열의심부 필요시 염료침투탐상시험 실시

나. 재료시험 기준수량

[표 1.8] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	・동일부위 시험
초음파 전달속도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
철근탐사시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 4～6개소[1)] ○ 5경간 이상 : 6～9개소[2)]		
염화물함유량시험	○ 3개소 이상[3)]		
균열깊이 조사	○ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		・Cw=0.3㎜ 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	○ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		・맞대기용접부

주1) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 2개소 이상 실시
주2) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 3개소 이상 실시
주3) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 1 개소 이상 실시

[표 1.9] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
코어채취[1)]	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
수중조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		・필수적으로 실시
비파괴 재하시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
철근부식도시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
강재용접부 자분탐상시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		・균열의심부
방사선투과시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		・맞대기용접부

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하며, 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 평가기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

1.3.3 재료시험 기준수량의 조정

가. 연장별 조정비

교량의 정밀점검 또는 정밀안전진단 실시에서 재료시험 항목 중 경간당, 거더당 비율에 따라 기준 수량을 규정한 항목은 연장 300m 미만의 교량을 기준으로 한 것이므로 300m 이상일 경우 연장별 조정비에 따라 기본 재료시험의 기준 수량을 책임기술자의 판단으로 조정할 수 있다.

○ 연장별 조정비

▸ 500m : 80%, 1,000m : 60%, 2,000m : 40%, 4,000m이상 : 30~20%

나. 재료시험 기준수량의 조정

교량의 정밀점검 또는 정밀안전진단 시 하부구조에 대한 콘크리트의 조사·시험은 교대, 교각 개소수를 기준으로 재료시험 기준수량을 정하고 있으나, 라멘식과 같이 한 경간에 교각의 기둥이 다수로 존재하는 하부구조에서의 콘크리트 재료시험 기준수량은 상부구조의 경간수를 기준으로 실시한다.

다. 수중조사

○ 하천교량의 최초 정밀안전진단에는 필수적으로 수중조사를 실시하여야 한다. 최초 정밀안전진단 이후에는 다음 각호에 해당하는 사항이 발생하는 경우에는 수중조사를 필수적으로 실시하여야 한다.

1) 하상정비계획 또는 준설 등에 의하여 교량주변에 하상변동이 발생했을 경우
2) 교량이 위치한 하천에서 계획홍수량 이상의 홍수가 발생했을 경우
3) 교량에 인접하여 교량확장, 철도 복선화 공사 등으로 인한 기초공사가 시행되었을 경우

1.4 상태평가 기준 및 방법

1.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다.

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

[표 1.10] 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재 (가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물	a, b, c, d

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

나. 부재별 상태평가 기준

1) 콘크리트 바닥판

[표 1.11] 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

기준	균 열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	○균열폭 0.1㎜미만	○망상균열폭 0.1㎜미만	○없음
b	○균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만 ○균열율 2%미만	○망상균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○표면 손상면적 2%미만
c	○균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 ○균열율 2%이상~10% 미만	○망상균열폭 0.3㎜이상	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만 ○데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	○균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ○균열율 10%이상~20%미만	○망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	○표면 손상면적 10%이상 ○철근부식 손상면적 2%이상 ○데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	○균열폭 1.0㎜이상 ○균열율 20%이상	○망상균열에 인한 박리가 심하여 펀칭파괴 발생 가능성 있음	○부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 모든 교량형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 및 PSC 박스거더교량의 상부플랜지의 상태평가에 적용한다.

○ 1방향균열의 경우 0.3㎜미만의 균열평가 기준을 “b”로 1.0㎜이상의 균열과 균열율 20%이상인 상태를 “e”로 평가한다.

○ 2방향균열의 경우 망상균열로 인한 박리 발생시 평가기준을 “d”, 펀칭파괴의 발생 가능성이 있으면 “e”로 평가한다.

○ “열화 및 손상” 손상항목은 표면손상 면적과 철근부식손상 면적으로 평가하며, 철근부식에 따르는 내하력 저하의 가능성이 없으면 표면손상으로, 부식에 의한 철근의 단면감소로 인하여 내하력 저하의 가능성이 있으면 철근부식손상으로 규정한다.

○ 표면손상은 파손, 박락, 층분리, 재료분리 등과 같이 손상이 콘크리트 부분에 국한된 경우를 말하며, 철근부식손상은 철근노출 및 노출된 철근이 부식된 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트의 팽창, 균열 및 박리가 발생한 경우를 말한다.

○ PSC 박스거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC 거더로 구분하여 상태평가를 수행한다.

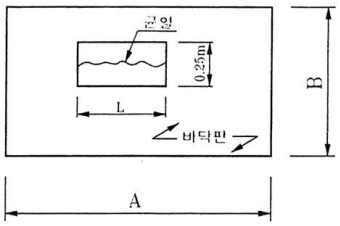
○ 균열율은 폭 0.2㎜이상의 균열을 대상으로 산정한다.

○ 바닥판 하면이 데크플레이트로 보호된 경우 강바닥판이 아닌 콘크리트 바닥판으로 평가한다.

○ 콘크리트 균열에 의한 평가기준은 콘크리트 부재에 대한 설계, 시공 및 유지관리 분야간의 일관성을 위해 2007년 12월 개정된 콘크리트 설계기준에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.

주 1) 균열율 산정 방법

■ 1방향 균열인 경우

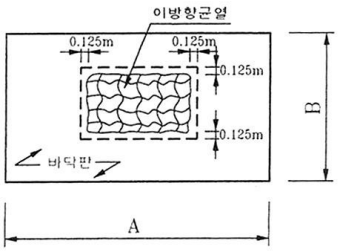


○ 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

○ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

■ 2방향 균열인 경우



○ 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내 면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.

○ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

주 2) 표면손상에 대한 면적율 산정 방법

$$\text{표면손상면적율}(\%) = \frac{\text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

주 3) 철근부식 손상면적율 산정 방법

노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

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

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

[표 1.12] 강 바닥판, 강 거더, 강 교각(강 주탑) 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 보조부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 국부적 변형	○ 보조부재 2%미만	○ 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	○ 도장탈락 면적 10%미만 ○ 부식발생 면적 2%미만
c	○ 보조부재의 전반적 균열 ○ 주부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 전반적 변형 및 파단 ○ 주부재의 국부적 변형 ○ 주탑하단부 연결 볼트 부식	○ 보조부재 2%이상~10%미만 ○ 주부재 2% 미만	○ 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) ○ 부분적 용입부족, 용접누락	○ 도장탈락 면적 10%이상 ○ 부식발생 면적 2%이상~10% 미만
d	○ 주부재의 전반적 균열	○ 주부재의 전반적 변형 및 파단 ○ 좌굴에 의한 주부재 변형 ○ 주탑하단부 연결 볼트 파단	○ 보조부재 10%이상 ○ 주부재 2%이상~10%미만	○ 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	○ 부식발생 면적 10%이상 ○ 부식에 의한 단면손상 면적 10%미만
e	○ 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	○ 좌굴에 의한 과대변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	○ 주부재 10%이상	○ 인장플랜지 용접연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	○ 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 강 바닥판, 강 거더, 강 교각 및 케이블 교량의 보강형과 강 주탑의 상태평가에 적용한다.

○ 강재 거더에 대한 상태평가시 용접연결부에 대한 육안조사 및 비파괴조사 결과를 반영하여 상태평가를 수행한다.

○ 주부재라 함은 바닥판(거더)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 강박스의 경우 상,하부 플랜지, 복부판, 종리브, 지점부 격벽은 주부재이며, 수평/수직보강재, 횡리브는 보조부재이다.

○ 용접불량의 종류를 내하력저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

○ 부식발생면적과 도장탈락면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장탈락은 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하며, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.

○ 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

○ 강 주탑의 경우 케이블 정착구와 새들은 케이블 시스템에 포함하여 평가하며, 주탑 본체는 강 교각의 평가기준을 적용한다. 강 주탑 평가시 보조주탑 및 기초와의 연결부 볼트의 부식 및 파단에 대한 손상항목을 추가한다.

○ 하중이 집중되는 부재연결판(트러스교의 현재, 사재, 수직재, 아치교의 아치부재, 수직재, 케이블 교량의 케이블 정착구)에 심한 부식, 균열, 변형과 같은 손상이 발생된 경우에는 연결판의 안전성을 별도로 평가한다.

3) 철근콘크리트 거더

[표 1.13] 철근콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	○균열폭 0.1㎜ 미만	○없음
b	○균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○표면 손상면적 2%미만
c	○균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만
d	○균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ○내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○표면 손상면적 10%이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	○균열폭 1.0㎜이상 ○휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성 저하

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 RCT거더교, 라멘교 및 프리플렉스교의 거더와 RC박스거더교의 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.

○ 철근콘크리트 부재의 경우 재료 및 구조적 특성상 어느 정도의 균열을 동반하는 구조체이며, 사인장균열과 휨균열 및 기타 균열을 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용하였다.

○ 0.1mm미만의 균열은 콘크리트 부재에 흔히 발생할 수 있는 미세균열로써 평가기준을 “a”로 분류하였고, 1.0mm이상의 균열은 구조적 균열로써 “e”로 분류하였다.

○ 철근콘크리트 거더에 발생한 손상의 경우, 철근에 영향을 미치지 않을 경우에는 표면손상으로, 철근노출 및 열화로 인해 철근부식의 가능성이 있을 경우에는 철근부식손상으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

4) 프리스트레스 콘크리트 거더

[표 1.14] 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	○ 없음	○ 없음
b	○ 균열폭 0.2㎜미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.2㎜이상~0.3㎜미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 0.5㎜이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○ 단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안정성 저하

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 PSCI거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.

○ 프리스트레스트 콘크리트 거더의 경우에는 텐던으로 인해 철근콘크리트 거더보다 균열발생 가능성이 적으므로 균열의 평가 기준을 중앙부(휨) 균열, 받침부(사인장) 균열 및 정작부 균열로 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용한다.

○ 프리스트레스 콘크리트 거더의 단부 콘크리트가 파손이 심하거나 정착부 파손으로 안정성이 저하되는 경우 평가기준을 “e”로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

○ PSC 부재는 균열이 발생하지 않도록 설계하므로, 균열이 없을 경우의 평가기준은 “a”로, 0.5mm 이상의 균열이 발생할 경우 내하력저하로 인한 거더의 안전성이 우려되므로 “e”로 분류한다.

○ PSC 박스거더의 경우 하부플랜지와 복부는 거더로 평가하며, 상부플랜지는 바닥판으로 평가한다.

○ 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

5) 콘크리트 가로보

[표 1.15] 콘크리트 가로보 상태평가 기준

기준	균 열	열화 및 손상, 철근부식
a	○ 균열폭 0.1㎜미만	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5㎜이상	○ 표면 손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	-	-

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 콘크리트 교량의 RC 및 PSC 가로보와 라멘교의 기둥과 기둥사이를 연결하는 중간보의 상태평가에 적용한다.

○ 2차부재인 철근콘크리트 가로보의 경우, 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

6) 강 가로보와 세로보

[표 1.16] 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재의 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 보조부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 국부적 변형	○ 보조부재 2%미만	○ 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	○ 도장손상 면적 10%미만 ○ 부식발생 면적 2%미만
c	○ 보조부재의 전반적 균열 ○ 주부재의 국부적 균열	○ 주부재의 국부적 변형 ○ 변형 및 충격에 의한 손상발생	○ 보조부재 2%이상~10%미만 ○ 주부재 2% 미만	○ 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) ○ 부분적 용입부족, 용접누락	○ 도장손상 면적 10%이상 ○ 부식발생 면적 2%이상~10%미만 ○ 부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	○ 주부재의 전반적 균열	○ 주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 ○ 부재의 파단 발생	○ 보조부재 10%이상 ○ 주부재 2%이상	○ 인장플랜지 용접연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	○ 부식발생 면적 10%이상 ○ 부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	–	–	–	–	–

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 강I거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블 교량의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.

○ 2차부재인 강재 가로보 및 세로보의 경우 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 주부재라 함은 가로보(세로보)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 가로보의 경우 상,하부 플랜지, 복부판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.

○ 용접연결부 결함에 대한 상태평가 기준을 용접불량의 종류에서 내하력 저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

○ 부식 발생면적과 도장 손상면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하며, 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하고, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.

○ 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

7) 케이블

[표 1.17] 케이블부재 상태평가 기준

기준	케이블 부재			정착구	행어밴드, 새들
	부식	손상, 단선	보호관		
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 도장열화 및 탈락발생 ○ 점녹발생길이 10% 미만	○ 케이블의 변형발생	○ 보호관 파손 길이 2%미만	○ 도장열화 및 탈락 발생 ○ 정착구 누수발생	○ 도장열화 및 탈락발생
c	○ 점녹발생길이 10% 이상 ○ 부식발생길이 2% 미만 ○ 내부소선 부식 발생	○ 케이블의 변형으로 소선 손상 ○ 소선단선 갯수 2%미만	○ 보호관 파손 길이 2%이상~ 10%미만	○ 표면부식 발생 ○ 변형 발생 ○ 댐퍼 열화, 변형 ○ 정착구 체수로 인한 강재부식 및 콘크리트 열화 발생	○ 부식발생 ○ 행어밴드 고정볼트 긴장력 감소
d	○ 부식발생길이 2% 이상 ○ 부식에 의한 단면감소발생 ○ 내부소선 부식으로 인한 단면 손상	○ 소선단선 갯수 2%이상~ 10%미만	○ 보호관 파손 길이 10%이상	○ 부식으로 인한 단면손상 발생 ○ 부분적인 파손 ○ 댐퍼 이탈, 파손 ○ 정착구 체수로 인한 강재 단면 손상 및 콘크리트 파손 발생	○ 부식에 의한 단면 손상 발생 ○ 볼트이완 및 탈락 발생
e	○ 부식에 의해 케이블 소선 단선 발생	○ 소선단선 갯수 10%이상	-	○ 부식 및 파손으로 인한 정착구 안전성 저하	○ 볼트이완 및 탈락으로 인한 변형 및 변위 발생 ○ 행어밴드 및 새들 파손

< 해 설 >

○ 본 평가기준은 현수교의 주케이블과 행어케이블, 사장교의 사장재 및 기타형식의 교량케이블의 상태평가에 적용한다.

○ 점녹이라 함은 도장두께부족이나 도장하부의 염분입자 등으로 인해 점 모양의 부식이 발생한 것을 말하며, 일반적인 부식평가 기준에 비해 완화된 기준을 적용한다.

○ 부식에 의해 발생한 단선은 조치를 취하지 않으면 연속적인 단선이 발생할 가능성이 크므로 엄격한 기준을 적용하여야 하나, 시공중 또는 공용중 일시적으로 발생한 충격에 의해 발생한 단선은 동일한 충격이 지속적으로 반복되지 않으면 손상이 진행되지 않으므로 부식에 의한 단선보다는 완화된 기준을 적용한다.

○ 내부소선의 부식발생여부는 쇄기조사방법에 의해 확인한다.

○ 사장교 사장재에 보호관이 설치되어 있을 경우, 부분적으로 절취하여 케이블의 상태를 확인할 수 있으나, 전체적인 케이블의 상태를 직접적으로 확인할 수 없으므로, 보호관의 상태만 평가한다. 이 경우 보호관의 상태평가 기준 범위는 “a~d”이며, 보호관의 손상길이가 전체길이의 10%이상일 경우(d)에는 손상된 보호관을 제거한 후 케이블의 상태를 직접 확인하여야 한다.

○ 현수교의 주탑상부와 앵커블록 내에 설치된 새들은 구조적으로 케이블 부재는 아니지만, 새들의 상태는 주탑이나 앵커블록보다 케이블의 안전과 밀접한 연관이 있으므로 케이블 부재의 평가항목에 포함한다.

8) 교대

[표 1.18] 교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	○구체 균열폭 0.1㎜미만	○없음
b	○구체 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○표면 손상면적 2%미만 ○앵커블록 내부 결로 발생
c	○구체 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 ○교대와 날개벽사이에 폭 1.0㎜이상의 균열발생	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만 ○앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	○구체 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ○날개벽 기울음 및 손상 심화 (배면토 유출) ○기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	○표면 손상면적 10% 이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	○구체 균열폭 1.0㎜이상 ○날개벽 전도 위험 있음 ○부등침하로 인한 교대 안전성 저하	○코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 ○심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교대와 현수교의 앵커블록의 상태평가에 적용한다.

○ 균열폭에 관한 상태평가 기준은 교대 구체에서 발생한 균열에 국한한다.

○ 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.

○ 상부구조의 침하 및 단차가 발생하거나, 받침 연단부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e” 로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

○ 타정식 현수교의 앵커블록은 교대의 상태평가기준에 준하여 평가하며, 앵커블록을 제외한 하부구조물중에서 하중지지와 토류벽체의 기능을 동시에 갖고 있으면 교대로, 하중지지 기능만 있을 경우에는 교각으로 평가한다.

○ 자정식 현수교의 주케이블이 정착되는 교각은 교각의 상태평가 기준에 준하여 평가한다.

9) 콘크리트 교각

[표 1.19] 콘크리트 교각 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근부식
a	○균열폭 0.1㎜미만	○없음
b	○균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○표면 손상면적 2%미만
c	○균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만
d	○균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ○기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	○표면 손상면적 10% 이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	○균열폭 1.0㎜이상 ○부등침하로 인한 교각 안전성 저하	○코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 ○심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교각의 상태평가에 적용한다.

○ 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.

○ 코핑부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e”로 평가하며 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

10) 기초

[표 1.20] 기초 상태평가 기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	○ 없음	○ 없음
b	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 미만의 균열 발생	○ 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴등에 의해 노출됨
c	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 이상의 균열 및 단면손상 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	○ 침하가 20㎜미만 발생 ○ 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	○ 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	○ 침하가 20㎜이상 발생 ○ 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 ○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	○ 기초의 파손 및 침식으로 인한 하부구조물의 안전성 저하	○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 케이블 교량의 주탑기초를 포함하여 모든 하부구조물의 기초의 상태평가에 적용한다.

○ 기초 자체의 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등이 있으며, 지반의 안정성항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가항목이 된다.

○ 기초의 침하는 20mm 미만이 발생하면 평가기준은 “c”, 20mm 이상이 발생하면 “d”로 평가한다.

○ 지반의 안정성 평가항목의 경우, 세굴이 진행하여 기초 하부의 국부적인 노출이 발생하면 평가기준은 “c”로 평가하고, 기초하부의 전반적인 노출 및 부등침하 발생시 “d”로 평가하며, 부등침하로 인한 상부구조물의 안전에 위해가 발생할 경우 “e”로 평가한다.

11) 교량받침

[표 1.21] 교량받침 상태평가 기준

기준	받침 본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	○ 양호	○ 양호	○ 양호
b	○ 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	○ 외부 도장탈락 및 부식 ○ 도장탈색, 먼지 쌓임	○ 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	○ 측면 부풀음 ○ 받침두께의 0.3배 미만의 전단변형	○ 미끄럼판 부식 발생 ○ 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	○ 받침 콘크리트에 0.3㎜이상 균열 발생 ○ 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	○ 고무재 파손 및 단차, 균열 심화 ○ 받침두께의 0.3배 이상의 전단변형 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 ○ 받침의 신축기능 불량	○ 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 ○ 받침 본체 파손 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	○ 받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	○ 받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	○ 받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 ○ 작동불능 상태	-

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 강재 및 탄성받침의 상태평가에 적용하며, 기타 특수받침의 경우에도 본 상태평가 기준을 준용한다.

○ 받침 본체는 상태평가 기준 범위는 “a~e”를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여 중요도가 낮으므로 “a~d”로 한다.

12) 신축이음

[표 1.22] 신축이음 상태평가 기준

기준	본 체	후타재
a	○ 없음	○ 양호
b	○ 토사, 이물질 퇴적 ○ 고무판 노화	○ 미세균열 발생
c	○ 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 ○ 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 ○ 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 ○ 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	○ 균열이 50㎝이하의 간격으로 발생 ○ 국부적인 박리, 박락, 파손
d	○ 강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 ○ 신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 ○ 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 ○ 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	○ 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 ○ 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

< 해 설 >
○ 본 상태평가 기준은 모든 신축이음의 상태평가에 적용한다.
○ 기타부재인 신축이음의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
○ 신축이음 본체 하부의 전체적인 부식 및 변형이 발생하는 경우 “d”로 평가하며, 긴급보수·보강을 실시한다.
○ 후타재 균열이 30㎝이하의 간격으로 발생하거나, 전반적인 파손과 단차가 발생하면 평가를 “d”로 한다.

13) 교면포장

[표 1.23] 교면포장 상태평가 기준

기준	포장불량		배 수
a	○ 미세균열	○ 없음	○ 없음
b	○ 포장불량 2%미만	○ 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음	○ 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 부분적 물고임
c	○ 포장불량 2%이상~10%미만	○ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음	○ 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성 저하
d	○ 포장불량 10%이상	○ 전반적인 재포장이 필요한 상태	○ 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성 저하
e	-	-	-

< 해 설 >
○ 본 상태평가 기준은 아스팔트포장과 콘크리트포장을 포함하여 모든 교면포장의 상태평가에 적용한다.
○ 기타부재인 교면포장의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
○ 평가기준 “d”는 균열율을 포함하여 포장불량이 10%이상인 상태 즉, 전반적인 재포장이 필요한 상태로 평가한다.
○ 포장불량율은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 기보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.

14) 배수시설

[표 1.24] 배수시설 상태평가 기준

기준	상태기준 설명
a	○ 양호
b	○ 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	○ 배수시설의 상태불량, 길이부족 ○ 많은 퇴적물, 누수 ○ 누수로 인하여 구조물 부식 발생 ○ 배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 따른 위험 초래
d	○ 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 모든 배수시설의 상태평가에 적용한다.

○ 기타부재인 배수시설의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 평가기준 “d”는 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태로 정의한다.

○ 한 경간에 두 개 이상의 배수시설이 있는 경우 각 배수시설의 평가기준 중 최젓값을 배수시설의 평가결과로 한다.

15) 난간 및 연석

[표 1.25] 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강 재		콘크리트
a	○ 양호	○ 양호	○ 양호
b	○ 도장 불량 10%미만	○ 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	○ 경미한 손상, 0.3㎜이하 균열
c	○ 도장 불량 10%이상 ○ 부식으로 인한 단면 손상 10%미만	○ 파손 및 탈락 10%미만	○ 0.3㎜이상 균열 ○ 박리, 파손, 철근노출 10% 미만 ○ 철근부식손상 길이 2% 미만
d	○ 부식으로 인한 단면 손상 10%이상	○ 파손 및 탈락 10%이상 ○ 낙석으로 인한 손상발생 ○ 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	○ 박리, 파손, 철근노출 10% 이상 ○ 철근부식손상 길이 2% 이상
e	-	-	-

< 해 설 >

○ 본 상태평가 기준은 강재 및 콘크리트 난간 및 연석을 포함하여 모든 난간과 연석의 상태평가에 적용한다.

○ 기타부재인 난간과 연석의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 하며, 점검단위는 부재의 길이로 한다.

○ 중앙분리대, 방호벽, 방음벽의 상태평가 시 난간 및 연석의 평가기준을 적용한다.

○ 강재의 경우 도장 변색 및 손상 점검길이의 10%이상 즉, 단면 결손으로 차량이나 사용자에게 위험 가능성이 있는 상태의 기준은 “c”로 평가한다.

○ 콘크리트는 0.3㎜이상의 균열이 발생할 경우 평가기준은 “c”로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

16) 탄산화

[표 1.26] 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○30㎜이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	○10㎜이상 ~ 30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	○0㎜이상 ~ 10㎜미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	○0㎜미만	철근부식 발생
e	-	-

※ 일본구조물진단기술협회「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)

< 해 설 >

○ 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용 한다.

○ 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 탄산화 조사는 상·하부구조로 구분하여 [공통편] 부록 1의 콘크리트 탄산화 깊이 측정에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.

○ 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 하며, 철근피복조사를 실시하지 않은 경우는 설계도의 수치를 따른다.

17) 염화물

[표 1.27] 염화물 상태평가 기준

기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○염화물 ≤ 0.3kg/m^3	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	○0.3kg/m^3<염화물<1.2kg/m^3	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음.
c	○1.2kg/m^3≤염화물< 2.5kg/m^3	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	○염화물 ≥ 2.5kg/m^3	철근부식 발생
e	-	-

※ 일본구조물진단기술협회「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)

< 해 설 >

○ 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가한다.

○ 콘크리트 품질평가 기준인 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10㎜ 또는 20㎜)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다.

○ 염화물 함유량 분석은 상·하부구조로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험 규격에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.

다. 구조형식에 따른 부재별 가중치

[표 1.28] 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		슬래브 교량	거더교량							라멘교		
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)	
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판			
상부	바닥판		34	18	18	-	20	20	15		34	20	21
	주 형		-	20	25	37	18	20	23		-	21	23
	2차부재		-	5	-	11	5	3	5		-	5	-
하부	교대/교각		20	13	13	18	13		13		34	22	24
	기초		7	7	7	7	7		7		7	7	7
받침	교량받침		10	9	9	14	9		9		3	3	3
기타	신축이음		10	9	9	-	9		9		3	3	3
	교면포장		7	7	7	-	7		7		7	7	7
	배수시설		3	3	3	-	3		3		3	3	3
	난간/연석		2	2	2	6	2		2		2	2	2
콘크리트	탄산화	상부	2(4)	2(4)		-	-	2(4)	2(4)	-	4(7)		
		하부	2(3)	2(3)		4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)			
	염화물	상부	2(0)	2(0)		-	-	2(0)	2(0)	-	3(0)		
		하부	1(0)	1(0)		3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)			

( ) : 정밀점검 시 적용 가중치

< 해 설 >

○ 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.

○ 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.

○ 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개구조물은 터널시설물의 상태평가 기준에 따라 평가한다.

○ 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.

○ 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.

○ 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

[표 1.29] 구조형식에 따른 케이블교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목		현수교		사장교		엑스트라도즈드교	
			일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	PSC거더형
상부	케이블		25	25	23	23	20	20
	바닥판		8	-	9	-	10	-
	거 더		8	20	9	22	10	25
	2차부재		4	-	4	-	5	-
하부	주탑		13		13		6	
	보조주탑		5		5		12	
	교대(앵커블럭)		8		6		6	
	교각		-		2		2	
	기초		4		4		4	
받침	교량받침		5		5		5	
기타	신축이음		5		5		5	
	교면포장		4		4		4	
	배수시설		2		2		2	
	난간/연석		2		2		2	
콘크리트	탄산화	상부	2		2		2	
		하부	2		2		2	
	염화물	상부	1		1		1	
		하부	2		2		2	

< 해 설 >

○ 케이블의 구조적 기여도는 현수교>사장교>엑스트라도즈드교의 순이며, 거더의 기여도는 이와는 반대로 현수교<사장교<엑스트라도즈드교 순이다.

○ 상기 표에서 일반거더형이라 함은 바닥판과 거더가 구분되어 있는 교량을 말하며, 보강형과 PSC박스는 박스단면의 상부플랜지가 바닥판의 역할을 하는 폐합된 거더의 형태를 말한다.

○ 일반거더형 케이블 교량의 경우 바닥판과 거더는 일반교량의 바닥판과 거더의 상태평가 기준에 준하여 평가하고, 보강형은 강거더, PSC 박스는 PSC 박스거더 부재의 상태평가 기준에 준하여 평가한다. 또한, 보강형 내부의 격벽은 강재 가로보의 상태평가 기준에 준하여 평가한다.

○ 상기 표에서 교각이라 함은 하부구조물중에서 주탑, 앵커블록 및 교량 양단부의 교대(교각)를 제외하고 케이블 교량구간에 추가로 설치된 교각을 말하며, 추가 설치된 교각이 없을 경우에는 교각의 가중치를 교대의 가중치에 포함한다.

○ 보조주탑은 강주탑과 기초사이에 설치되어 주탑의 하중을 기초로 전달하는 콘크리트 기둥을 말하며, 콘크리트 교각(주탑)의 상태평가 기준에 준하여 평가한다. 보조주탑이 없을 경우 보조주탑의 가중치를 주탑의 가중치에 포함한다. 기초는 주탑기초와 교대(교각)의 기초를 각각 평가하며, 주탑기초가 여러 개일 경우에도 개별적으로 평가한다.

○ 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 주탑(보조주탑이 있을 경우에는 보조주탑)과 교대/교각/앵커블록의 가중치에 균등 분배한다.

○ 케이블교량 구간은 상부구조물의 하중이 케이블부재에 의하여 지지되는 구간까지를 말한다. 즉, 현수교의 주케이블이 일반교량 구간에 설치된 앵커블럭에 연결된 경우에는 거더가 행어케이블에 의해 주케이블에 연결되는 구간까지를 현수교의 구간으로 정의한다.

○ 케이블교량의 경우 상부구조물보다 하부구조물이 콘크리트로 시공되는 경우가 많으므로 일반교량과는 달리 하부구조물에 대한 염화물의 가중치 비중을 높였다.

1.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

○ 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최젓값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.

○ 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최젓값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.

○ 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, [표 1.30]의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

[표 1.30] 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	$0 \leq X < 0.13$	$0.13 \leq X < 0.26$	$0.26 \leq X < 0.49$	$0.49 \leq X < 0.79$	$0.79 \leq X$

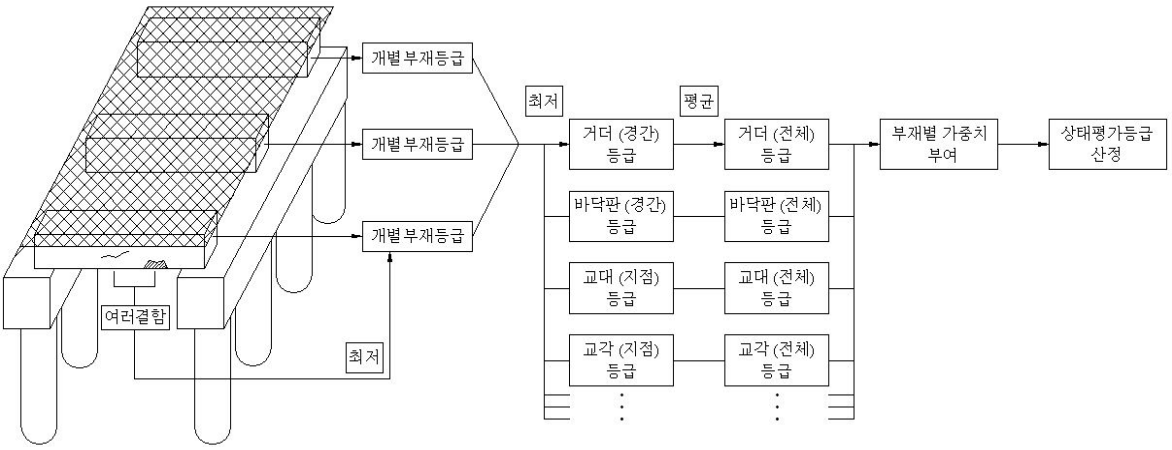
○ 램프교가 포함된 교량의 경우

본교와 각 램프교에 대해서 각각 상태평가 결과를 산정하며, 길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상태평가 결과를 산정한다.

또한 경간 및 부재의 상태가 좋지 않은 경우 부가적인 설명을 명시한다.

다. 상태평가 결과 산정 방법

본교, 접속교, 램프교로 구성된 교량의 전체 상태평가 결과 산정 사례를 예시하였다. 본교는 강 거더교, 라멘교, PSC 박스교의 구조형식으로 되어있다.



[그림 1.1] 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예

1) 본교

같은 구조형식별로 분류한 후 부재별로 평균한다. 구조형식에 따른 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

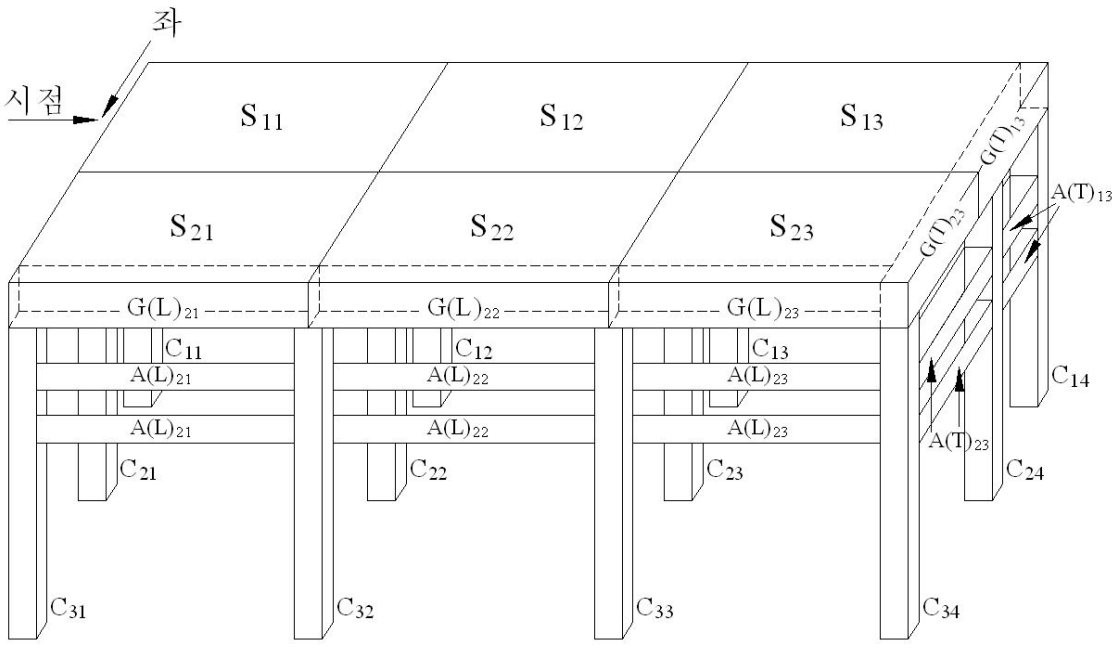
(가) 강거더교

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	염화물
1	강거더교	b	b	b	c	b	a	c	c	b	Q	b	a
2	강거더교	b	a	b	c	c	a	X	c	a	Q	b	a
3	강거더교	a	a	b	c	c	a	c	c	a	Q	b	a
평균		0.17	0.13	0.20	0.40	0.33	0.10	0.40	0.40	0.13	0	0.20	0.10
가중치		20	18	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균×가중치)/가중치 합		0.030	0.027	0.010	0.028	0.010	0.002	0.036	0.036	0.027	0	0.008	0.003
												0.216	
												B	

(나) 라멘교

○ 라멘교에서 거더와 가로보가 종방향과 횡방향으로 이루어진 경우에는 종방향과 횡방향의 거더 및 가로보를 평균하여 평가 결과를 산정한다.

부재의 분류		상부구조			2차부재		기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조 형식	바닥판	거더		가로보		포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	염화물
			종	횡	종	횡									
11	라멘교	b	c	c	c	c	c	b	a	c	c	b	c	b	a
12	라멘교	b	b	c	c	b	c	c	b	c	b	b	c	b	a
13	라멘교	c	c	b	b	c	b	c	b	c	c	b	b	b	a
21	라멘교	b	b	c	b	c	c	b	b	c	b	b	b	b	a
22	라멘교	c	c	b	b	b	c	b	b	c	c	a	c	b	a
23	라멘교	c	c	c	c	d	c	c	a	c	c	c	b	b	a
평균		0.30	0.33		0.34		0.37	0.30	0.17	0.40	0.33	0.22	0.30	0.20	0.10
가중치		20	21		5		7	3	2	3	3	22	7	4	3
(평균×가중치)/가중치 합		0.060	0.070		0.017		0.026	0.009	0.003	0.012	0.010	0.048	0.021	0.008	0.003
														0.287	
														C	



[그림 1.2] 라멘교의 부재 구성도

(다) 본교 전체의 상태평가 결과

○ 본교 전체의 상태평가 결과 산정은 구조형식별로 산정한 환산 결함도 점수에 연장비를 곱한 후 전체를 합하여 산정한다.

구 분	구조형식	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도점수 × 연장비
본교	강거더교	0.216	B	2,000	0.571	0.123
	라멘교	0.287	C	1,000	0.286	0.082
	PSC박스교	0.312	C	500	0.143	0.045
						0.250
						B

2) 접속교

○ 본교 기준에 준함

3) 램프교

○ 램프교의 경우에는 각 램프에 대해 별도로 평가하며, 램프교 전체를 대표하는 상태평가 결과는 산정하지 않는다.

4) 전체 교량의 대표 상태평가 결과 산정

○ 길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상태평가 결과를 산정한다.

종류	구분	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도점수×연장비
교량	본교	0.250	B	3,500	4	14,000	0.500	0.125
	접속교	0.266	C	3,000	4	12,000	0.429	0.114
	B램프교	0.187	B	200	2	400	0.014	0.003
	C램프교	0.236	B	100	2	200	0.007	0.002
	D램프교	0.625	D	100	2	200	0.007	0.004
	E램프교	0.285	C	300	2	600	0.021	0.006
	N램프교	0.176	B	200	2	400	0.014	0.003
	O램프교	0.294	C	100	2	200	0.007	0.002
								0.258
								B

1.5 안전성평가 기준 및 방법

1.5.1 일반

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

1.5.2 안전성평가 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다.

안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다.

따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가 결과를 산정한다. 관리주체의 요구에 따라 내진안전성평가를 실시할 경우 “기존 시설물의 내진성능평가 및 향상요령(건설교통부, 2003.12)”의 절차에 따라 내진안전성평가 과업을 수행한다.

[표 1.31] 구조물의 안전성평가 기준

기준	안전성평가 기준	비 고
A	SF > 1.0	◦허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	0.9 ≤SF < 1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	◦강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\Phi Mn}{Mu}$
E	SF < 0.75	

1.5.3 안전성평가 산정 방법

가. 안전성평가의 고려사항

1) 상부구조의 고려사항

상부구조의 안전성평가 시 다음 사항을 충분히 고려하여 엄밀한 판정이 되도록 한다.

- ○ 콘크리트 및 강재 등 재료의 실제강도
- ○ 균열, 박리, 박락, 층분리
- ○ 강재, 철근, 프리스트레싱 텐던의 부식
- ○ 구조부재의 실제단면적과 철근의 위치
- ○ 처짐
- ○ 볼트, 리벳, 용접 등 연결부위의 상태
- ○ 신축 이음부와 받침부의 구속력

강교의 경우, 교량에 발생하는 결함 및 손상의 대부분이 용접부 및 절취부 등의 불연속면에 작용하는 응력집중에 의한 국부적인 추가손상 및 피로파손에 기인하므로 피로응력에 대한 평가를 필요로 하는 경우가 있다.

특히 철도교는 도로교와 달리 설계하중에 가까운 큰 하중이 통과하는 횟수가 많은 것이 특징으로 실동응력 범위가 커짐으로 인해 피로에 대한 고려가 필수요건이 된다.

2) 하부구조의 고려사항

교량의 안전성에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며, 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 점검 결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다.

교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성 확

보 유무가 점검되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려한다.

3) 여유도가 없는 구조물 (Nonredundant Structure)

구조물에는 부분적인 부재의 파괴가 교량 전체의 붕괴를 일으킬 것으로 예상되는 주요구조부재가 존재한다. 이러한 구조물의 안전성평가 시에는 이들 여유도가 없는 부재에 특별히 유의한다.

4) 복잡한 구조물

본「세부지침」은 국내에 일반적으로 사용되는 교량형식의 평가에 이용함을 목적으로 하기 때문에 현수교, 사장교, 곡선 거더교, 아치, 연속트러스 및 변단면 거더교량과 같이 복잡한 구조물의 안전성검토에는 특별한 해석법 및 절차를 필요로 하며, 사교의 경우에는 부반력도 검토한다.

나. 내하력평가

1) 허용응력법에 의한 공용내하력 평가

(가) 내하율의 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시에 하중조합으로는 D+L(1.0+i) 를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다.

사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 탄산화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중을 사용한다.

허용응력법에 의한 내하율은 강 부재의 내하력 산정 시 적용하는 것이 바람직하며, 허용응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\text{○ 내하율(RF)} = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중 (도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)에 의한 응력

i = 충격계수는 도로교 표준시방서에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

(나) 공용내하력의 산정

허용응력법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

○ 공용내하력(P) = $K_s \times RF \times P_r$

여기서, K_s = 응답 보정계수 = $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

또는 응답 보정계수 = $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중 에 의한 응력

- 도로교의 경우 DB 또는 DL하중
- 철도교의 경우 LS하중

$i_{계산}$ = 도로교의 경우 도로교표준시방서,
철도교의 경우 철도건설공사 표준시방서에 의한 충격계수

$i_{실측}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

P_r = 설계 활하중
(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

$\delta_{계산}$($\delta_{실측}$) = 이론적인 처짐량 (실측 처짐량)

$\varepsilon_{계산}$($\varepsilon_{실측}$) = 이론적인 변형률 (실측 변형률)

2) 강도설계법에 의한 공용내하력 평가

(가) 내하율의 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다.

단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가 시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정

시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 코어 강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도 감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL하중) 및 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중(LS하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하율은 콘크리트 부재의 내하력 산정에 적용하는 것이 바람직하다.

$$\circ \text{ 내하율(RF)} = \frac{\varphi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ΦM_n = 극한 저항모멘트 (강구조물 Φ = 1,
RC · PC구조물의 휨부재 Φ = 0.85)

M_d = 실측 고정하중모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트
(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

i = 도로교 표준시방서에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

(나) 공용내하력의 산정

강도설계법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{ 공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

여기서, K_s = 응답 보정계수 = $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

또는 응답 보정계수 = $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

P_r = 설계활하중
(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

다. 재하시험

1) 일반

재하시험은 실험적인 방법으로 교량의 거동을 해석하는 방법으로서. 정해진 규정에 따라 교량의 탄성거동에 영향을 주지 않는 크기로 결정된 기지의 하중을 교량의 특정부위에 직접 재하하여 교량을 구성하는 주요 부재들의 실제거동을 관찰 및 계측하는 시험이다.

재하시험의 목적은 교량의 실제 내하력을 정량화시키기 위함이며, 재하시험의 결과는 이론적인 방법으로 평가된 교량의 내하력을 보완하는데 적용된다.

재하시험은 정적 및 동적재하시험으로 구분하여 실시하되 의사정적재하시험을 실시하는 경우에는 정적재하시험을 생략할 수 있다. 재하시험을 시행할 경우에는 시험방법, 시험하중, 계측기기의 운영, 시험원의 자격요건 및 안전조치계획 등을 포함한 신중한 계획이 이루어져야 한다.

내하력평가에서 재하시험의 세부목적은 다음과 같다.

- ○ 교량의 실제 정적 및 동적거동 평가
- ○ 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토
- ○ 새로운 해석방법 및 설계기법의 검증
- ○ 교량의 결함원인의 분석 및 규명
- ○ 해석에 의한 내하력이 작은 경우 실제거동을 반영한 내하력을 결정하여 교량 유지관리의 경제성 향상
- ○ 보수·보강 효과 확인
- ○ 교량의 동특성(진동수, 진동모드 및 감쇠비 및 충격계수)평가
- ○ 설계도서 및 보수·보강 이력자료가 미비한 교량의 내하력평가

2) 재하시험 대상교량 선정

내하력평가 과정에서 재하시험 대상교량은 내하력평가 목적, 교량상태평가 및 선행 구조해석 결과와 다음에 기술한 사항을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다.

(가) 재하시험이 필요한 경우

① 설계도서가 충분치 않아 교량의 내하력 및 거동을 이론적인 방법만으로 평가할 수 없는 경우

② 교량의 구조계에 변경이 있는 보강을 실시하였거나 일부 부재가 원 설계와 다른 부재로 교체되어 교량의 전체적인 거동을 이론적인 방법만으로 해석하기 어려운 사유가 있는 경우

③ 이론적인 방법으로 평가한 교량의 내하력이 관리주체가 정한 관리수준 목표 이하여서 교량의 실제 여유 내하력을 평가하고자 하는 경우

④ 교량의 노후화, 구성재료의 전반적인 열화와 주요 부재의 손상 등의 사유로 인하여 이론적인 방법으로만 교량의 정확한 내하력평가가 불가능하다고 판단되는 경우

⑤ 최초로 실시하는 정밀안전진단인 경우 교량의 초기 동적특성 등 초기치 확보측면에서 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다. 단 초기점검에서 실시한 경우는 제외한다.

⑥ 기타 교량의 동적 특성을 평가하고자 하는 경우

(나) 재하시험이 적합하지 않은 경우

① 상태평가 결과가 양호하고, 이론적인 방법으로 평가한 내하력이 관리수준 목표를 상당히 초과하는 경우

단, 초기점검에서 실시하는 재하시험은 예외로 한다.

② 교량의 심각한 노후화 또는 손상이 진행되어 긴급한 보강이 필요한 경우

단, 보강 후에는 필요한 경우 재하시험을 실시하여 보강효과를 확인토록 한다.

③ 평가자가 판단할 때 내하력평가에서 재하시험이 불필요한 경우

3) 재하시험 계획

(가) 시험경간 선정

① 시험경간은 주형의 손상상태, 신축이음의 상태, 받침상태, 보수 및 보강이력 등을 고려하여 종합적으로 가장 취약하고 최대응답이 발생할 것으로 예측되는 경간을 선택함을 원칙으로 하되 교량 총 연장에 따라 시험경간 개소를 증가시킬 수 있다.

② 상부구조가 2개 이상의 형식으로 구성되었거나 연속교와 단순교의 조합으로 구성된 경우, 형식별로 1개 경간을 선정하여 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다.

③ 단, 주 형식 이외의 나머지 형식이 주 형식의 일부로 분류 가능하거나 손상 및 노후상태, 하부구조상태, 구성비율, 보강이력 등을 고려할 때 재하시험의 필요성이 없는 경우는 예외로 한다.

④ 국부적 충돌사고 및 손상, 일부 경간의 보강효과 검증 등 특수한 목적을 위한 재하시험은 예외로 한다.

(나) 계측기 및 센서의 부착

① 대상교량의 구조형식 및 계측 목적에 따라 센서 및 계측기의 종류, 부착위치 및 개소수, 재하하중, 시험회수 등을 결정한다.

② 계측기와 센서는 압축·인장 휨변형률, 전단변형률, 최대처짐, 진동 및 동적특성, 균열거동 등을 계측하기 위하여 부착한다.

③ 4차선 이하 교량의 경우 계측기와 센서의 부착 위치는 시험경간 내 전 거더를 대상으로 하며 4차선 이상의 경우는 예외로 한다.

슬래브교의 경우 시험트럭의 축간거리 간격만큼 이격시켜 전폭에 대하여 계측기와 센서를 부착함을 원칙으로 하며, 특수교량이나 박스교의 경우는 시험목적에 맞게 결정한다.

④ 연속교의 경우 하중 영향범위를 고려하여 정·부 모멘트부에 공히 계측기와 센서를 부착하는 것을 원칙으로 한다.

⑤ 센서를 부착할 경우 직사광선, 습기, 이물질에 의한 손상 및 간섭을 받지 않도록 방습 및 보호처리를 한다.

(다) 재하하중 선택

① 재하하중은 교량의 형식과 설계활하중 및 노후정도를 고려하여 하중재하로 인한 계측효과를 충분히 얻을 수 있도록 재하하중을 정하여야 한다. 그리고 전륜/후륜의 축중은 현행법상 과적기준을 초과하지 않으며, 도로교설계기준의 규정을 벗어나지 않는 범위 내에서 시험 중 중량의 변화가 없는 토사를 적재한 덤프트럭을 사용한다.

단, 교량의 노후 및 손상정도가 심하여 재하시험으로 추가적인 손상이 우려되는 경우는 선행 구조해석을 통하여 시험차량의 중량을 결정하는 것이 바람직하다.

② 시험차량은 성능이 양호한 차량을 선택하며, 차량에 대한 제원과 축중을 정확히 파악한다. 3차선 이상의 교량은 2대 이상을 교폭 또는 교축방향으로 동시에 재하시켜 시험하는 것이 바람직하며, 이때 트럭간 총중량의 차이는 최소화하고 가급적 같은 모델의 차량을 사용하는 것이 좋다.

③ 우천시에는 우수로 인한 적재물의 중량 증가를 방지할 수 있도록 덮개를 씌우고, 시험 종료후 하중증가가 우려되는 경우 축중을 재측정한다.

(라) 재하시험 계획

① 재하시험 시기는 교량의 주변여건, 교통량, 보행자의 안전 등 경제적, 사회적 손실을 고려하여 교통통제의 영향이 적은 시간대를 선정한다.

② 우천 시나 대기온도가 계측기의 작동범위를 벗어날 때는 적절한 대책을 마련하지 않는 한 재하시험을 실시하지 않는다.

(마) 안전계획

① 재하시험원 및 교통통제원은 주·야간 모두 육안으로 식별이 가능한 복장을 착용한다.

② 차량의 안전운행을 위하여 각종 교통통제용 안전간판, 비상조명등, 보조장비를 설치하여 운영한다.

③ 재하시험 종료 후 부분적으로 훼손된 교량표면을 원상 복구한다.

4) 정적재하시험

정적재하시험은 센서의 부착, 측정장비와 센서의 연결, 측정장비 및 센서의 점검, 시험차량의 중량 및 제원확인, 재하위치 표시, 교통통제 등이 완료되면 시작하도록 한다.

정적재하시험은 다음과 같은 목적에 따라 정적처짐 또는 정적변형율을 측정한다.

- ○ 중립축 위치 판단
- ○ 하중의 횡분배
- ○ 주형과 바닥판과의 합성 작용
- ○ 부재의 강성
- ○ 응력 및 처짐의 영향선
- ○ 계산응력과 측정응력의 비교

(가) 시험방법

① 재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.

② 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 전혀 재하되지 않은 상태에서 매 재하경우마다 0점 조정을 실시하여 시험결과를 정리할 때 반영토록 한다.

③ 상부구조의 진동, 소음, 충격 등이 측정결과에 영향을 미칠 수 있으므로 시험차량은 시동을 끈 후 구조체의 응답시간을 고려하여 약 1분 정도의 측정대기 시간을 가진 후 측정하는 것이 좋다.

④ 재하경우별로 2회 이상 반복측정을 실시하는 것이 바람직하다.

⑤ 활하중 재하위치는 설계조건, 차선조건을 고려하여 계측 대상부재에 최대응답이 발생하도록 결정하고, 대칭성과 중첩성을 확인할 수 있는 재하조건을 적어도 1회 이상 실시하는 것으로 한다.

⑥ 전면 교통통제에 따른 차량지체가 예상되고, 교통사고의 가능성이 높은 경우에는 재하횟수를 합리적으로 줄여서 시행할 수 있으며, 재하차량을 차선별로 주행시켜 시험하는 의사정적 재하시험을 수행할 수 있다.

(나) 정적처짐

정적처짐의 측정위치는 대상교량의 규모와 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

각 주형의 지간 중앙부에는 반드시 측점을 설치하고 필요에 따라 경간의 1/4지점, 3/4지점 (또는 1/3지점, 2/3지점) 등 측점수를 증가 시킨다.

(다) 정적변형률

정적변형률의 측정위치는 대상교량의 구조적 특성과 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

5) 동적재하시험

교량의 동적재하시험은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

시험차의 주행에 따른 동적응답 으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적 특성을 구하기 위한 시험이 있다.

(가) 차량 주행시험

① 특수한 목적을 제외하고 동적재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.

② 정적재하시험용 계측기와 동적재하시험용 계측기가 상이한 경우 계측기의 측정오차를 검정하기 위하여 동적재하시험용 계측기를 사용하여 정적재하시험과 동일한 1개 재하 경우를 선택하여 정적재하시험을 실시한다.

③ 시험차량의 주행속도는 상행차선과 하행차선에서 각각 최저 10km/h에서부터 현장여건상 가능한 최대 주행속도까지 10km/h 간격으로 속도를 증가시키면서 교량의 동적응답신호를 측정한다.

④ 측정결과를 이용하여 교량의 충격계수, 동적변형률, 가속도, 진동주기, 고유 진동수에 따라 사용성 측면에서의 교량진동 특성을 분석한다.

(나) 동적특성 시험

① 교량의 동적특성 즉 고유진동수, 감쇠율, 모드형상을 구하는 시험으로써 상시 미진동, 주행차량에 의한 진동, 가진기에 의한 진동 등을 가속도계 및 변위계로 측정하는 시험이다.

② 장대교의 경우 내진안전도, 내풍안전도를 평가함에 있어 대상교량의 동특성이 기본자료로 활용되며 공용중인 교량에서 기간 경과에 따른 동특성의 차이는 교량의 손상정도를 평가하는데 사용될 수 있다.

6) 의사정적재하시험

의사정적재하시험은 동적재하시험과 마찬가지로 차량주행시험을 실시하여 계측된 응답파형으로부터 정적응답을 간접적으로 유추하는 재하시험 방법으로서 동적 측정장비를 이용할 수 있고 정적재하시험에 비하여 차량통제가 용이하기 때문에 재하시험 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

따라서 의사정적재하시험은 평가대상 교량의 현장여건, 교통량 등을 감안하여 차량의 전면교통통제를 실시하는 것이 바람직하지 않다고 판단될 때 실시하도록 한다.

의사정적재하시험은 다음과 같은 요령으로 실시한다.

① 시험대상 교량에 정적재하시험과 같은 요령으로 재하경우별로 재하위치를 표시한다.

② 시험대상 교량 전후방에 신호 및 교통통제요원을 배치하고 차량의 통행이 없는 시기에 시험차량을 교량으로 유도하여 재하위치를 통과하도록 한다.

③ 차량의 통행이 없는 시기를 확보하기 곤란한 경우에는 시험차량의 전후방에 주행

유도 차량을 운행하여, 시험차량이 평가대상교량을 통과할 때까지 다른 차량의 교량진입을 통제한다.

④ 의사정적재하시험에서 시험차량의 속도는 약 10km/h 이내의 속도를 유지하도록 한다.

⑤ 의사정적시험에서 계측된 데이터에서 동적효과를 제거하여 정적효과를 구한다.

1.6 종합평가 기준 및 방법

1.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

1.6.2 종합평가 결과 산정 방법

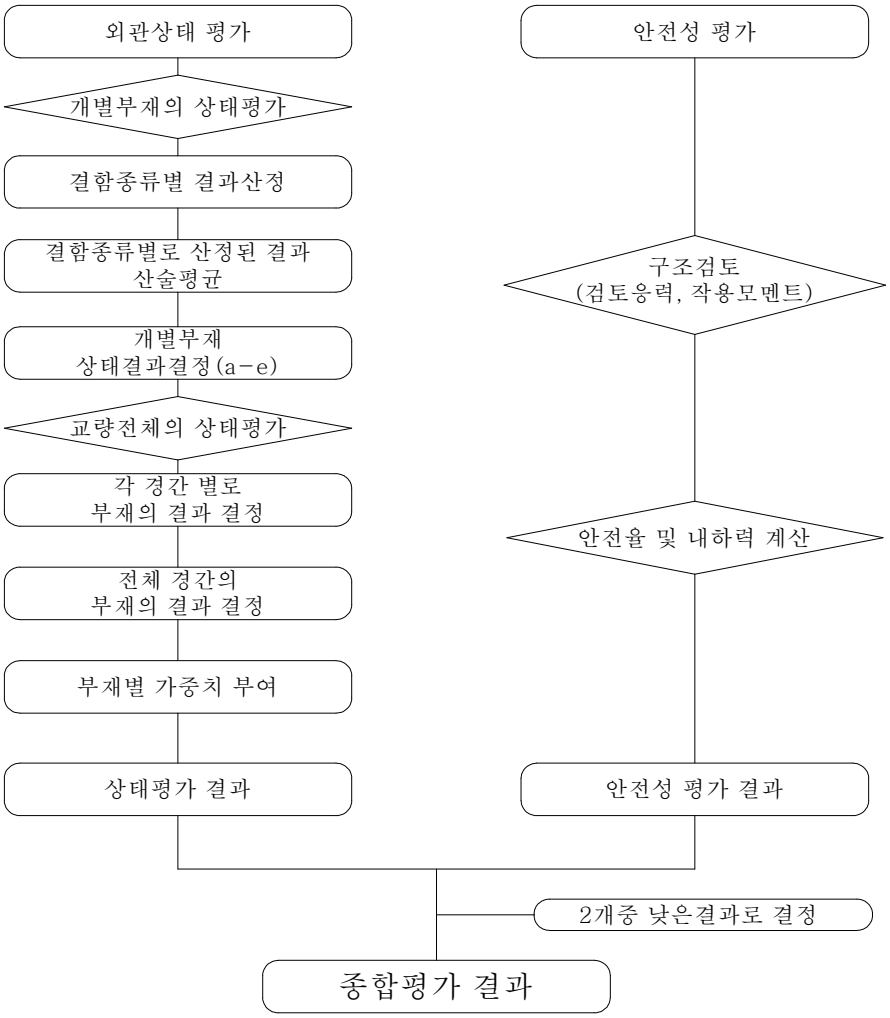
가. 정밀점검

정밀점검 시 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행한 경우는 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가 결과로 하며, 안전성평가까지 모두 수행한 경우 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

나. 정밀안전진단

외관조사에 따른 상태평가 결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

○ 종합평가결과 = MIN (상태평가결과 , 안전성평가결과)



[그림 1.3] 종합평가 결과의 산정흐름도

1.7 보수・보강 방법

교량 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

1.7.1 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수・보강공법

○ 표면보호공법

○ 단면보수공법

○ 강판접착공법

○ 프리스트레스 도입공법

○ 콘크리트 덧붙이기공법

제2장 터 널

2.1 관리일반

2.2 현장조사

2.3 재료시험 항목 및 수량

2.4 상태평가 기준 및 방법

2.5 안전성평가 기준 및 방법

2.6 종합평가 기준 및 방법

2.7 보수·보강 방법

제2장 터널

2.1 관리일반

2.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 터널 및 지하차도 시설물에 적용한다.

○ 1종 시설물

-도로터널

·연장 1천m 이상의 터널

·3차로 이상의 터널

-철도터널

·고속철도 터널

·도시철도 터널

·일반철도 연장 1천m 이상의 터널

-지하차도

·터널구간의 연장 500m 이상인 지하차도

○ 2종시설물

-도로터널

·고속국도, 일반국도 및 특별시도, 광역시도의 터널

·연장 500m 이상의 지방도, 시도, 군도, 구도의 터널

-철도터널

·일반철도로 특별시 또는 광역시 안에 있는 터널

-지하차도

·터널구간의 연장이 100m 이상인 지하차도

터널 및 지하차도 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 터널관련 설계기준 및 표준시방서

○ 지하차도관련 설계기준 및 표준시방서

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용할 수 있다.

2.1.2 용어 정의

○ 터널

지표면 하에 축조되는 도로나 공간으로 이용하는 지하구조물로서 단면적 2㎡이상의 것을 말한다.

○ 도로 터널

도로법에 의한 도로상의 터널

○ 고속철도 터널

고속철도법에 의한 철도상의 터널

○ 광역철도 터널

철도건설법에 의한 광역철도상의 터널

○ 도시철도 터널

도시철도법에 의하여 건설 또는 관리하는 철도상의 터널로서 터널의 연장은 도시철도 건설규칙에서 규정한 정거장이 포함된 지하터널 입출구부를 기준으로 함

○ 일반철도 터널

철도법에 의한 철도상의 터널

○ 지하구조물

지표면의 하부에 설치된 구조물

단, 지상건축물과 연결된 지하구조물은 건축물로 본다.

2.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

터널시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 2.1]과 같다.

① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다.

② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

③ 부대 시설물이 「영」 제2조제1항에 따른 1종·2종 시설물에 해당되는 경우에는 「법」 제6조에 따라 정밀점검을 실시하여야 한다.

[표 2.1] 터널 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 본선라이닝	○	○	○	
	◦ 갱문	○	○	○	
	◦ 개착터널	○	○	○	
	◦ 지하차도	○	○	○	
	◦ 지하정거장	○	○	○	
부대 시설물	◦ 연직갱 및 경사갱	○		○	
	◦ 환기구	○		○	
	◦ 피난연락갱	○		○	
	◦ 연결터널(환기시설)	○		○	
	◦ 갱구부옹벽	○		○	

2.1.4 중대한 결함의 정도

터널 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 터널지반의 부등침하

○ 터널지반의 부등침하 정도가 안전등급 기준이 “D” 이하로 판정 할 수 있는 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

○ 2.4.2절의 상태평가 항목 및 기준의 재질변화에서 콘크리트 탄산화 잔여 깊이 또는 콘크리트 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 철근노출에 대한 상태평가 기준이 “e”를 포함하는 경우

3) 벽체균열 심화 및 탈락

○ 2.4.2절의 상태평가 항목 및 기준의 균열에서 진행성 균열에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우, 고정 균열은 면적율이 20%이상으로 상태평가 기준이 “e”인 경우

○ 2.4.2절의 상태평가 항목 및 기준의 파손 및 손상에서 면적율이 20%이상으로 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우

4) 복공부위 심한 누수 및 변형

○ 2.4.2절의 상태평가 항목 및 기준의 누수에서 상태평가 기준이 “d” 이하이며, 토립자가 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있거나 고드름 및 측빙 등으로 차량통행에 현저한 지장을 주는 경우

○ 터널의 변형정도가 안전등급 기준이 “D” 이하로 판정 할 수 있는 경우

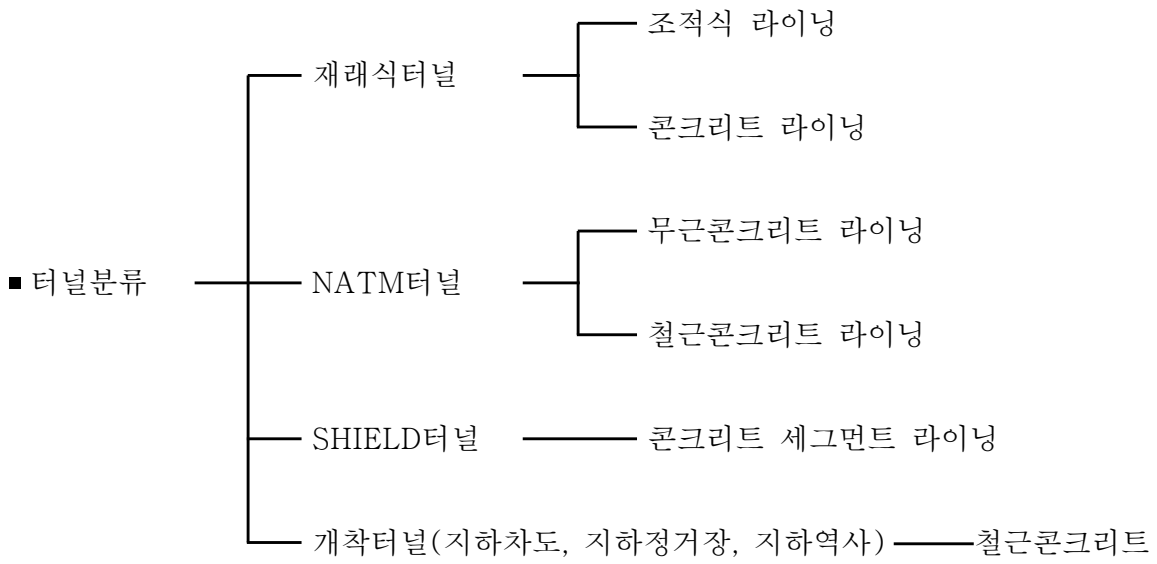
2.2 현장조사

2.2.1 시설물의 점검사항

가. 일반

시설물의 상태평가 시 점검사항은 구조물의 특성에 따라 다를 수 있으므로 수정, 보완하여 사용한다. 각 세부시설별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

터널 시공방법 및 라이닝의 재질에 따라 터널을 분류하면 [그림 2.1]과 같다.



[그림 2.1] 터널 라이닝 시공방법에 따른 터널 분류

나. 시설물 상태변화의 점검항목

1) 상태변화 점검항목

시설물의 상태변화에 따른 평가는 터널의 라이닝 및 주변 시설물로 구분하며, 지하차도는 철근콘크리트 구조물과 주변상태 등을 상태평가 시 점검사항으로 다음과 같다.

[표 2.2] 터널의 상태변화 점검항목

구 분	평 가 항 목	비 고
라이닝 상태	◦ 균열 ◦ 누수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 탄산화, 염화물)	
터널주변 상태 등	◦ 배수상태 ◦ 지반상태 ◦ 갱문상태 ◦ 특수조건 : 추가점수 부여	

[표 2.3] 지하차도의 상태변화 점검항목

구 분	평 가 항 목	비 고
철근 콘크리트	◦ 균열 ◦ 누수 ◦ 파손 및 손상 ◦ 재질열화 (박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출, 탄산화, 염화물)	
지하차도 주변상태 등	◦ 배수상태 ◦ 갱문상태	

2) 정기점검 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
터널내부	<간단한 외관조사> – 라이닝 등의 변상 : 균열, 누수 등 – 부대시설 등 : 상태변화 여부	– 망원경 – 카메라 – 필기도구 – 줄자 – 망치 – 손전등
터널외부	<간단한 외관조사> – 갱문의 주요변상 : 균열, 침하 등 – 기타	

3) 정밀점검 점검항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
터널내부	<면밀한 외관조사> - 라이닝 등 주요변상 · 균열, 누수, 파손 및 손상 · 박리, 박락, 백태 · 철근노출 등 - 기타조사 <간단한 측정> - 반발경도법에 의한 강도조사 - 탄산화 시험	- 슈미트 해머 - 균열경 및 균열측정기 - 망치, 카메라, 손전등, 필기도구, 줄자, - 탄산화 시험기구
터널외부	<외관조사> - 갱문의 주요변상 · 균열, 침하 등 - 기타조사	

4) 정밀안전진단 점검항목

정밀안전진단 시의 사전조사는 [표 2.4]에 의하고, 정밀안전진단 항목 및 방법은 [표 2.5]에 준하여 실시하며, 추가로 필요한 항목은 관리주체와 협의한다.

[표 2.4] 터널의 일반적인 사전조사 항목

사전조사 항목	검 토 내 용
기초 자료조사 및 검토	- 과업지시서 - 지반조사 현황 및 결과 - 지반분류 현황 및 평가 - 지반 및 재료 특성치 조사 - 기타 폐광 등 터널과 관련된 모든 자료 조사
터널 해석방법 및 결과분석	- 사용 프로그램 확인 - 해석용 입력자료 분석 - 표준 지보패턴 - 콘크리트 라이닝 해석 - 보조 공법의 유무 및 적정성
설계도면 검토	- 터널의 단면 검토 - 방수 및 배수 시스템(System) - 콘크리트 라이닝 철근보강 유무 - 타입(Type)(패턴별 적용구간) - 발파패턴 - 시공순서도 - 해석결과와 설계도면 일치성 비교

[표 2.5] 터널의 일반적인 정밀안전진단 항목 및 방법

점검부위	진 단 항 목	검사방법
터널 내부	○ 균열조사 – 위치, 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부 등	초음파 검사법 균열측정기 육안조사 등
	○ Joint부 조사(조적식라이닝) – 위치, 크기, 진행성, Seal재열화 등	육안조사 균열측정기 등
	○ 누수조사 – 위치,누수량, 탁도, 수질 등	적외선 탐사법 육안조사 등
	○ 콘크리트라이닝 – 콘크리트 두께조사 – 콘크리트 강도 – 철근배근 탐사 및 철근부식도 측정 – 열화조사 · 파손 및 손상, 박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출 – 탄산화 및 염화물 함유량조사	탄산화시험 레이다탐사법 충격 탄성파 시험 염화물함유량시험 표면타격법 코아채취 시험 초음파 속도 육안조사 등
	○ 내부결함 탐사 – 공동 및 공극 조사 – 강지보공 조사, 설치간격, 규격 등	레이다 탐사법 내시경조사 육안조사 등
	○ 터널 계측 – 내공변위, 단면측량, 라이닝응력측정, 변형률측정	광파측량기, 내공변위계 등
	○ 지반상태 – 풍화정도, 일축압축 강도, R.Q.D.	시추조사 육안조사 등
	○ 배수·공동구상태조사 – 배수상태 – 퇴적물 상태 – 뚜껑파손 상태	육안조사 내시경 조사 등
	○ 진동 및 소음 상태	진동 및 소음측정기 등
	○ 기타조사	육안조사 등
터널 외부	○ 균열조사 – 위치, 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부	초음파 검사법 균열 측정기 육안조사 등
	○ 누수조사 – 위치, 누수량, 탁도, 수질 등	수질 검사 육안조사 등
	○ 콘크리트 강도 – 반발경도 시험, 일축압축강도	반발경도법 코아채취시험
	○ 터널주변 조사 – 지표 및 지질조사 – 사면조사 – 토지이용조건	보링조사 육안조사 등
	○ 기타조사	
기타	– 표지판 여부 – 퇴적물 상태 – 안전 및 유지관리 계획여부, 청소상태 – 시설물 이력카드 작성 여부 및 보수이력 확인 – 진동 및 소음상태	

2.2.2 현장조사 요령

가. 측점 분할

1) 일반사항

- ○ 측점 분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 터널의 진행 방향으로 위치를 표시하는 작업을 말한다.
- ○ 예비조사와 기타 사전조사 시에 입수한 자료를 검토하여 도면에서의 표기 방식을 참고로 현장에서 해당 위치를 표시하고, 위치 표시는 현장에서 쉽게 식별될 수 있도록 하여 추후 유지관리 시에도 활용할 수 있어야 한다.

2) 조사수량 및 측정방법

- ○ 정밀점검(필요시) 및 정밀안전진단 시 측점 분할 간격은 각종 현장 조사 시 좌우로 확인 가능한 거리인 5.0m 내외가 적당하며 면밀한 조사가 필요한 구간에 대하여는 별도로 세분해야 하고, 내업 정리 및 분석 작업은 필요에 따라 5~50m간격으로 조정 가능하다.

3) 결과분석

- ○ 국부적인 표면 오염이나 습기 등이 있는 경우 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성펜 등으로 표시 하며 석필, 분필 등으로 표시할 수도 있다. 철도 터널, 도로터널과 같이 현장에서 기 표시된 측점은 반드시 확인하여야 한다.
- ○ 측점분할은 통상 터널 입구부터 시작하여 출구에서 끝나며 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면 변화 구간, 횡갱구간, 소화전, 응급 대피소 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 위치를 파악하여, 측점 분할함으로써 오차를 줄인다.

나. 터널단면 측량

1) 일반사항

- ○ 외관조사 결과 터널 내공단면이 불규칙한 곳에 대하여는 정확한 단면상태 및 시공상태의 파악을 위하여 터널의 종·횡단 측량 또는 선형 측량을 실시한다.
- ○ 준공도상의 단면과 현 상태의 차이를 검토하고 건축한계선과 비교하여 보수·보강대책 수립 시와 유지·관리업무 수행 시에도 활용할 수 있도록 한다.

2) 조사수량 및 측량 방법

- ○ 터널 정밀안전진단 시 터널단면 측량은 최소 200m마다 1개소씩 측량하며, 특히 단면변화구간 및 육안조사 단면의 이상부위는 보다 정확한 측량이 필요하다.
- ○ 추가적인 조사가 필요한 경우에는 종단측량 및 선형측량의 경우 설계 시점부터

종점까지(통상 터널 입구부터 출구) 측량한다.

○ 사용하는 장비는 일반적으로 일체형 광파거리계에 의한 측량기를 사용하며, 측정 간격은 100~200m 범위에서 변상정도에 따라 위치를 선정하여 측량한다.

3) 결과 분석

○ 횡단측량 시 측정된 결과와 설계도면 및 건축 한계선과 비교하여, 도면과 일치 하는지 여부를 확인한다. 이때 건축 한계선을 초과하는 경우는 매우 심각한 단면 변화 구간으로서 이에 대한 적절한 조치가 필요하다.

다. 내공변위 측정

1) 일반 사항

○ 측정 목적은 터널 라이닝의 상대변위 및 집중현상을 측정하여 터널내부의 붕괴예측과 굴착지반이나 구조물의 변위예측을 위하여 실시한다.

○ 내공변위계는 앵커(Anchor)와 자(Tape)로 구성된다. 장점은 간편한 작동, 경량이므로 취급이 용이하다는 점이다

2) 조사수량 및 측정 방법

○ 터널 정밀안전진단 시 내공변위 측정은 변위가 예상되거나 발생된 지점에 최소 1개소를 측정한다. 이때의 다이얼게이지의 눈금을 읽어 측정치로 하고 3회 반복 측정치의 산술 평균치를 계측치로 한다.

○ 측정하고자 하는 지점에 앵커를 삽입시킬 수 있도록 천공한 다음 앵커를 삽입한 후 그라우팅이나 레진(Resin) 또는 시멘트 모르터로 고정시키고, 고정된 양단의 앵커에 내공변위계의 후크를 걸고 일정한 장력이 되도록 조작한다.

3) 결과 분석

○ 정밀안전진단 시의 내공 변위의 측정은 시공 현장이나, 유지관리 과정에서처럼 정기적으로 조사할 수는 없으므로, 통상 1차 조사 후 15일 또는 30일 단위로 실시하여 내공 변위의 진행성 여부 및 응력 집중 정도를 파악한다.

라. 내부결함 탐사

1) 일반사항

라이닝의 내부결함(라이닝 두께. 배면공동의 규모 등)과 라이닝 내부의 강지보 설치 및 철근의 배근 상태를 파악하기 위하여 비파괴검사 방법과 보링(Boring)등을 실시하여 조사한다.

2) 조사방법

① 타음검사

햄머(Hammer)로 라이닝 표면을 타격하여 햄머의 반발방향과 타격음에 의해 이상유무를 조사하는 수단으로 정성적인 방법이지만 적정한 라이닝두께의 유무, 배면공동의 유무, 박리부분의 검사, 압축파괴의 유무, 라이닝표면의 열화상황을 조사하는 방법이다.

건전한 콘크리트라이닝은 타격음이 청음을 내고, 열화된 라이닝은 둔한 소리를 낸다. 또 라이닝배면에 공동이 있는 경우와 압축파괴된 부위도 역시 둔한 음을 낸다. 특히 벽돌·석적으로 시공된 경우의 건전한 라이닝은 금속성의 음을 낸다.

② 전자파법(레이다 탐사법)

100MHz~1GHz정도의 높은 주파수의 전자파를 콘크리트중에 방사하여 라이닝 배면에서의 반사파를 잡아 그 파형을 해석하는 것으로 라이닝 콘크리트의 두께, 공동의 유무를 판정하는 방법이다.

③ 라이닝 보링(Boring)조사

라이닝 두께와 배면의 공동, 지질상황 등을 직접 보링(Boring)에 의해 조사하는 방법으로 사전에 위치, 깊이등에 대해 충분히 검토하여 실시할 필요가 있다.

④ 내시경조사

보링(Boring)또는 드릴링에 의해 천공 후 공내에 내시경 조사장비를 삽입하여 라이닝 배면의 상황을 육안 관찰하는 방법이다.

마. 진동 및 소음 측정

1) 일반 사항

- 터널 구조물을 통과하는 각종 차량 및 철도 객차 등에서 발생하는 진동과 주변공사장 및 중장비 주행 등에 따른 터널 라이닝에 미치는 진동의 영향을 파악하고자 진동측정을 실시할 수 있다.
- 일반적으로 큰 소리 또는 음(Noise)에 의한 일상생활에 방해가 되는 소리, 감정적 혐오감을 주는 소리를 소음이라 하며, 터널의 사용성을 고려하여 진동측정과 동시에 소음측정도 실시할 수 있다.

2) 조사수량 및 측정방법

- 터널 정밀안전진단 시 진동 및 소음측정은 주변건물 신축 및 열차, 차량 통과 등의 피해가 예상되는 경우 책임기술자 판단에 따라 실시 할 수 있다.
- 진동측정기는 물리적인 운동이나 압력을 전류로 바꾸어 주는 변환기 또는 센서, 전류를 전달하는 케이블, 증폭장치 및 최초 신호의 상대 시간변화를 보존하는 저장장치 및 이로부터 재생된 신호를 최후의 영구적인 기록으로 보존하는 출력기록장치로 구분된다.

○ 시간적인 변동이 거의 없는 소음에서는 그 읽는 값을 그대로 소음의 크기로 평가하지만 도로터널, 철도터널과 같이 시간별로 소음이 변하거나, 인접의 공사장이 있는 경우 등은 그 소음치가 시간에 따라 변하므로 최고치 및 최저치 등을 조사하여 산출한다.

3) 결과 분석

○ 일반적으로 진동규제기준치는 최대입자속도(Peak Particle Velocity)에 따라 결정하여 사용되고 있다. 전반적으로 최대입자속도 5cm/sec보다 작은 발파나 진동의 경우 인접구조물에 손상이 생기지 않는 것으로 되어 있다. 그러나 이 기준치는 튼튼한 상가구조물에 대하여는 안전측이 되고 벽돌구조물과 같이 약한 구조물에 대하여는 위험측의 기준이 된다.

○ 소음측정 시 유의할 점은 어떤 점의 소음레벨은 주위의 반사음이나, 타 소음원 등의 영향을 받아 나타나는 결과이다. 따라서 주위의 영향을 배제하고 음원의 음 자체를 측정하기 위해서는 가급적 주위에 반사물 등이 없는 곳에서 또한 음원에 접근하여 소음을 측정하는 것이 타당하다.

바. 수질 조사 및 침전물 분석 시험

○ 수질분석 시험은 필요시 지하수 등의 침출수 및 유수가 콘크리트 구조물에 접하거나 침투하여 콘크리트와 화학반응을 일으켜 구조물을 노후화시킬 수 있는 성분을 함유하고 있는가를 판단하기 위한 시험이다.

○ 시료채취 과정에서 오염물질이 혼입되지 않도록 주의해야 하며, 일반적으로 지하수 등은 오염이 적어 전처리없이 시험을 해도 지장이 없는 때가 많다.

그러나 시료의 상태나 시험의 종류에 따라서는 공존 물질의 방해를 제거하기 위한 전처리를 필요로 하는 경우도 있다.

○ 시료 채취 후 시험 실시까지의 기간 동안 보관은 시료 특성에 따라 냉암소 보관, 보관 유효기간 등의 지배를 받으므로 주의하여야 한다.

사. 배수상태조사

배수상태조사는 터널과 같은 시설물의 운영 중 발생하는 용수, 강수가 터널 주변의 지표수 및 지하수에 영향을 미쳐 시설물의 안전상태를 미리 예측하고 대처하기 위해 실시하며, 주요 내용은 다음과 같다.

○ 시추자료, 지표의 용수지점, 우물의 수위 등으로 지하수위 등고선을 그리고 그 흐름방향이나 구배를 찾아서 터널용수의 유무나 갈수범위 등을 추정한다. 또한 지하수가 불투수층으로 막혀 낮은 지하수층과 지하수층으로 분리되는 경우 대수층

으로 분류한다.

○ 위의 결과를 참조하여 터널 주변의 배수상태 즉, 내부와 외부상태를 검토한다.

아. 지반상태조사 (지형 및 지질조사 포함)

1) 현장시험

○ 현장시험은 지반정보를 구하는 중요한 방법으로서 특히 지층구성이나 거시적 지반정보를 얻는 것과 원지반 상태 그대로에서 각종 지반정보를 얻는 것이 특징이다.

○ 불교란 시료를 채취하기 어려워서 실내시험에서 공학적 특성을 측정할 수 없는 구간에서는 현장 원위치 시험을 실시하여 지반특성을 측정한다.

2) 현장시험의 종류와 적용

시추공을 이용한 시험법에는 시추공 저면을 이용하는 것이 있으며, 시험목적으로 분류하면 원위치 지반의 강도와 변형계수 등의 역학적 정보를 얻기 위한 것과 지하수 정보나 물리 정보를 얻기 위한 것이 있다.

3) 풍화변질 및 단층파쇄대

터널에 영향을 줄 수 있는 범위 등을 조사한다.

자. 갱문상태 조사

갱문은 터널 입·출부에 위치하여 터널의 안전성에 유해요소를 작용하므로 손상상태를 파악하여 시설물 유지관리에 활용한다.

차. 특수조건조사

전력구 터널, 전차선을 설치한 터널 등에서 누수로 인한 낙수 및 동결위험도를 조사하여 시설물유지관리에 활용한다.

2.3 재료시험 항목 및 수량

2.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 2.6] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 라이닝	○ 측점분할 ○ 콘크리트 강도 (비파괴 : 반발경도시험) ○ 탄산화깊이 측정 시험	○ 콘크리트 강도 (국부파괴 : 코어시험) ○ 염화물함유량시험[1)]

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 2.7] 정밀점검의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험법 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
선택과업	○ 콘크리트강도 – 국부파괴시험법 : 코어시험	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사 시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근위치 탐사
	○ 콘크리트 염화물 함유량	○ 시료채취 및 평가

나. 재료시험 기준수량

[표 2.8] 정밀점검 기본과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 5～20m 간격	○ 책임기술자 조정 가능
반발경도시험	○ 총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	○ 책임기술자가 상향조정 가능
탄산화깊이 측정	○ 철근콘크리트 구조물 －총연장 1,000m미만 : 2개소 －총연장 1,000m이상 : 최소2개소+1,000m당 1개소 추가	○ 책임기술자가 상향조정 가능

[표 2.9] 정밀점검 선택과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취[1)]	○ 총연장 = • 1,000m미만 : 2개소 • 1,000m이상 : 최소2개소+1,000m당 1개소 추가	○ 책임기술자가 상향조정 가능 ○ 실내시험 선택과업
염화물 함유량 시험		○ 책임기술자가 상향조정 가능

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

2.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 2.10] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 라이닝	○ 측점분할 ○ 터널 단면측량 ○ 콘크리트 강도 – 비파괴 : 반발경도시험, 초음파법 ○ 철근배근탐사 – 철근간격 – 철근피복두께 ○ 탄산화 깊이 측정 ○ 철근부식도조사 ○ 균열깊이조사 ○ 염화물함유량시험[1)]	○ 콘크리트 강도 – 국부파괴 : 코어시험 ○ 내공변위 측정 ○ 진동 및 소음측정 ○ 변형률 측정 ○ 수질조사 및 침전물 분석 ○ 지표·지질조사 등 – 시추조사 – 지반탐사

주1) 염화물함유량 시험은 [표 2.6]에 따라 실시하되 책임기술자가 해수 또는 해사사용의 영향을 받는 것으로 판단될 경우 염화물함유량시험을 실시할 수 있다.

[표 2.11] 정밀안전진단의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 터널 단면측량	○ 내공단면의 상태파악 ○ 종·횡단측량 및 선형측량
	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) :반발경도시험, 초음파법	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
	○ 염화물함유량시험	○ 시료채취 및 평가
	○ 균열깊이 조사	○ 철근 매입깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가
선택과업	○ 콘크리트 강도(국부파괴법)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 내공변위 측정	○ 터널의 붕괴징후 및 변위 예측
	○ 진동 및 소음측정	○ 터널 라이닝에 미치는 영향 평가
	○ 변형율 측정	○ 터널 라이닝의 안전성평가
	○ 수질조사 및 침전물 분석	○ 콘크리트와의 화학반응 여부 판단
	○ 시추조사	○ 과업내용에 의해 조사 및 수량결정
	○ 지반탐사	○ 과업내용에 의해 조사 및 수량결정

나. 재료시험 기준수량

[표 2.12] 정밀안전진단 기본과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 5~50m 간격	○ 책임기술자 조정 가능
단면측량	○ 총수량 = (총연장÷200m)+1개소	○ 책임기술자 조정 가능
반발경도시험 초음파법	○ 총수량 = (총연장÷100m)×2개소	○ 동일 부위 시험 원칙 ○ 책임기술자가 상향조정 가능
철근탐사시험	○ 총연장 1,000m 미만 = 4개소 ○ 총연장 1,000m 이상 = 최초 4개소 + 500m당 1개소 추가	○ 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함 ○ 책임기술자가 상향조정 가능
염화물 함유량시험	<상 동>	○ 책임기술자가 상향조정 가능
탄산화 깊이 측정	<상 동>	○ 책임기술자가 상향조정 가능
철근부식도시험	○ 책임기술자의 판단에 따라 조사 및 수량 결정	
균열깊이 조사	○ 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정	

[표 2.13] 정밀안전진단 선택과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취[1)]	○ 총연장 1,000m 미만 = 4개소 ○ 총연장 1,000m 이상 = 최초 4개소 + 500m당 1개소 추가	○ 실내시험 실시 ○ 책임기술자가 상향조정 가능
내공변위 측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
진동 및 소음측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
변형율 측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
수질 및 침전물조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

2.4 상태평가 기준 및 방법

2.4.1 상태평가 기준

가. 일반

1) 기본시설 및 부대시설

터널의 기본시설과 부대시설은 [표 2.14]와 같다.

터널 부대시설 중에서 시설물의 중요도가 상대적으로 작으며 본선 구조물에 부분적으로 확폭 또는 접속된 별도공간인 비상주차대, 대피소/변압기굴, 덕트슬래브, 배전실/통신실/기재갱 등은 상태평가시 기본시설에 포함하여 평가한다.

시설물의 중요도 및 규모 등이 상대적으로 큰 연직갱/경사갱, 환기구, 피난연락갱, 연결터널 등은 별도평가 후 부대시설 가중치를 적용하여 시설물을 평가한다.

상태평가 대상구간에 무근콘크리트 라이닝과 철근콘크리트 라이닝 또는 개착터널과 NATM터널 구간이 교호하여 시공된 경우 각각 평가 후 각 길이를 환산한 가중치를 적용한 가중산술평균 방법으로 평가한다

터널 갱구부에 비탈면 또는 옹벽 등이 존재하는 경우 상태평가기준은 본 세부지침에서 설정하고 있는 상태평가기준을 각각 적용한다.

[표 2.14] 터널의 기본시설물과 부대시설물의 종류

기본시설물	부대시설물
○ 본선라이닝	○ 연직갱 및 경사갱
○ 갱문	○ 환기구
○ 개착터널	○ 피난연락갱
○ 지하차도	○ 연결터널(환기시설)
○ 지하정거장	○ 갱구부옹벽

2) 상태평가 항목

터널의 상태평가는 라이닝 상태평가와 터널주변 상태평가로 구분하여 실시하며 상태평가시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

[표 2.15] 터널 상태평가 항목

구 분		평 가 항 목
터널상태 평 가	라이닝 상 태	◦균 열 ◦누 수 ◦파손 및 손상 ◦재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)
	터널주변 상 태	◦배수상태 ◦지반상태 ◦갱문상태 ◦공동구상태 ◦특수조건 : 도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널 (추가점수 부여)

나. 기본시설 결함지수 산정기준

1) 터널별 결함지수 산정기준

터널 시설물 분류에 따른 터널별 상태평가를 위한 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다. 여기서, 라이닝 결함지수(f)는 터널주변 항목점수를 제외한 라이닝만의 결함점수인 총점 36점(조적식 : 26점, 무근콘크리트:27점)으로 계산되며, 터널 결함지수(F)는 라이닝의 결함점수 및 터널주변 결함점수를 모두 합한 총점 43점(조적식:33점, 무근콘크리트:34점, 지하차도 등 : 42점)으로 계산하여 상태평가 결과를 산정하면 된다.

(가) 재래식터널(조적식 라이닝)

평가기준			a	b	c	d	e
			0 ≦ f < 0.15	0.15 ≦ f <0.30	0.30 ≦ f <0.55	0.55 ≦ f <0.75	0.75 ≦ f
라이닝	줄눈균열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박 리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
터널주변	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3			
				영향범위 외 : 1			
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구상태		덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건			도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3				

라이닝 결함지수(f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{26}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{33}$

(나) 재래식터널(무근콘크리트 라이닝)

평가기준			a	b	c	d	e
			0 ≦ f <0.15	0.15 ≦ f <0.30	0.30 ≦ f <0.55	0.55 ≦ f <0.75	0.75 ≦ f
라이닝	균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박 리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터널주변	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3			
				영향범위 외 : 1			
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구상태		덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건			도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3				

라이닝 결함지수(f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{27}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{34}$

(다) NATM터널(무근콘크리트 라이닝)

평가기준			a	b	c	d	e
			0 ≦ f <0.15	0.15 ≦ f <0.30	0.30 ≦ f <0.55	0.55 ≦ f <0.75	0.75 ≦ f
라이닝	균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박 리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
터널주변	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3			
				영향범위 외 : 1			
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구상태		덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건			도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3				

라이닝 결함지수(f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{27}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{34}$

(라) NATM터널(철근콘크리트 라이닝)

평가기준			a	b	c	d	e
			0 ≦ f < 0.15	0.15 ≦ f < 0.30	0.30 ≦ f <0.55	0.55 ≦ f <0.75	0.75 ≦ f
라이닝	균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박 리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄 산 화	0	1	2	3	-
		염 화 물	0	1	1	2	-
터널주변	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대	영향범위 내 : 2 ~ 3			
				영향범위 외 : 1			
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구상태		덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건			도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3				

라이닝 결함지수(f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{36}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{43}$

(마) TBM 터널(콘크리트 세그먼트 라이닝)

TBM(Tunnel Boring Machine)터널은 소규모 굴착장비나 발파방법에 의하지 않고 굴착에서 버럭처리까지 기계화·시스템화되어 있는 대규모 굴착기계를 말하며, 일반적으로 open TBM과 shield TBM으로 구분한다. 본 상태평가기준은 콘크리트 세그먼트 라이닝이 설치되는 TBM터널에 적용한다.

<table>
<tr><th colspan="3">평가기준</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><th colspan="3"></th><th>0 ≦ f <0 .15</th><th>0.15 ≦ f <0.30</th><th>0.30 ≦ f <0.55</th><th>0.55 ≦ f <0.75</th><th>0.75 ≦ f</th></tr>
<tr><td rowspan="9">라이닝</td><td colspan="2">균 열</td><td>0~2</td><td>3~5</td><td>6~8</td><td>9~11</td><td>12~13</td></tr>
<tr><td colspan="2">누 수</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4~5</td></tr>
<tr><td colspan="2">파손 및 손상</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td rowspan="6">재질열화</td><td>박 리</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>층분리 및 박락</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td>백 태</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>재료분리</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>철근노출</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td>탄 산 화</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>-</td></tr>
<tr><td>염 화 물</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="7">터널주변</td><td rowspan="2">배수상태</td><td colspan="5">오 염 됨 : 1</td></tr>
<tr><td colspan="5">배수불량 또는 막힘 : 2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">지반상태</td><td colspan="2" rowspan="2">풍화변질 및 단층파쇄대</td><td colspan="3">영향범위 내 : 2 ~ 3</td></tr>
<tr><td colspan="3">영향범위 외 : 1</td></tr>
<tr><td>갱문상태</td><td colspan="5">손 상 : 0.5~1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">공동구상태</td><td colspan="5">덮개파손 및 오염됨 : 0.5</td></tr>
<tr><td colspan="5">이물질 퇴적 및 침수 : 1</td></tr>
<tr><td colspan="3">특수조건</td><td colspan="5">도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한
터널에서 낙수 및 동결위험 (추가점수) : 1~3</td></tr>
<tr><td colspan="8">라이닝 결함지수 (f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{36}$, 터널결함지수 (F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{43}$</td></tr>
</table>

(바) 개착식터널(BOX형 철근콘크리트 구조물)

개착식터널에 대한 상태평가는 철근콘크리트구조물의 평가방법에 준하며, 본 상태평가 기준을 적용하는 경우 철근콘크리트 구조물에 대한 평가방법을 적용한다.

평가기준			a	b	c	d	e
			0 ≦ f <0 .15	0.15 ≦ f <0.30	0.30 ≦ f <0.55	0.55 ≦ f <0.75	0.75 ≦ f
철근콘크리트 구조물	균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박 리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄 산 화	0	1	2	3	-
		염 화 물	0	1	1	2	-
터널주변	배수상태		오 염 됨 : 1				
			배수불량 또는 막힘 : 2				
	지반상태		풍화변질 및 단층파쇄대		영향범위 내 : 2 ~ 3		
					영향범위 외 : 1		
	갱문상태		손 상 : 0.5~1				
	공동구상태		덮개파손 및 오염됨 : 0.5				
			이물질 퇴적 및 침수 : 1				
특수조건			도심지 토사터널, 전력구터널, 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험(추가점수) : 1~3				

라이닝 결함지수(f) $= \frac{\Sigma 결함점수}{36}$, 터널결함지수(F) $= \frac{\Sigma 결함점수}{43}$

(사) 지하차도, 지하정거장 및 지하역사

지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 대한 상태평가는 철근콘크리트구조물의 평가방법에 준하여 적용한다.

지하차도의 부대시설인 U-Type 옹벽의 상태평가는 제11장 「옹벽」에서 설정하고 있는 상태평가기준을 적용하여 각각 평가한다.

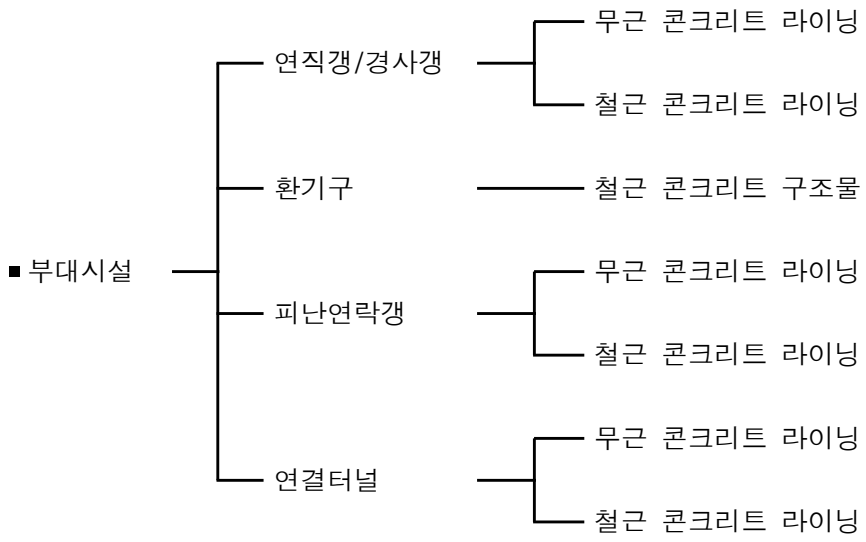
평가기준			a	b	c	d	e
			0 ≦ f < 0.15	0.15 ≦ f <0 .30	0.30 ≦ f <0 .55	0.55 ≦ f <0 .75	0.75 ≦ f
철근콘크리트 구조물	균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
	누 수		0	1	2	3	4~5
	파손 및 손상		0	0	1	2	3
	재질열화	박 리	0	0	1	1	1
		층분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백 태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄 산 화	0	1	2	3	-
		염 화 물	0	1	1	2	-
주변상태	배수상태		오 염 됨 : 1~2				
			배수불량 또는 막힘 : 3~4				
	갱문(접속부) 상태		손 상 : 1~2				

철근콘크리트 결함지수(f) = $\frac{\Sigma 결함점수}{36}$, 터널결함지수(F) = $\frac{\Sigma 결함점수}{42}$

다. 부대시설 결함지수 산정기준

1) 터널 부대시설 분류

터널 부대시설 중에서 중요도 및 규모가 상대적으로 큰 별도평가 부대시설을 기능 및 구조물의 재질에 따라 분류하면 [그림 2.2]와 같다.



[그림 2.2] 부대시설 분류

2) 부대시설 상태평가 항목

터널 부대시설은 기본시설과 같이 무근 및 철근콘크리트로 구성되어 있으므로 상태평가시 고려해야할 주요 평가항목은 다음 [표 2.16]과 같다.

부대시설 중에 숏크리트, 록볼트 등으로 터널의 안전성이 확보되거나 지반이 견고하여 풍화의 우려가 없고 사용상 지장이 없어 콘크리트 라이닝을 생략한 경우에는 책임기술자가 현장여건을 고려하여 상태평가 항목 및 평가기준을 조정할 수 있다.

[표 2.16] 부대시설 상태평가 항목

구 분	평 가 항 목
부 대 시 설 상 태 평 가	◦균 열 ◦누 수 ◦파손 및 손상 ◦재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

3) 부대시설 가중치

부대시설 평가결과를 기본시설을 포함한 전체시설물의 상태평가 결과에 반영하기 위한 방법으로 다음과 같이 기본시설과 별도로 부대시설 결함점수에 따른 가중치를 정하였으며, 부대시설 평가기준은 기존의 산정 개념과 유사하게 보수적인 관점에서 하위상태에 비중을 두어 산정한다.

부대시설 가중치 적용은 기본시설 결함지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체 시설물의 결함지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

시설물의 결함지수(F) = 기본시설 결함지수(F) × 부대시설 가중치(W)

[표 2.17] 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.0	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결함지수	0 ≦ f <0.15	0.15 ≦ f <0.30	0.30 ≦ f <0.55	0.55 ≦ f <0.75	0.75 ≦ f
시설물 상태평가	문제점이 없는 최상의 상태	기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있으나 기본 시설 기능 수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시설에 영향을 주는 상태	기본시설의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

부대시설의 상태평가는 개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결함지수를 산정하고 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

부대시설의 결함지수(f) = Σ(fn) / N

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

부대시설 상태평가 결과 산정

- A등급(우수) : 터널 결함지수(f) 0.00≦f<0.15
- B등급(양호) : 터널 결함지수(f) 0.15≦f<0.30
- C등급(보통) : 터널 결함지수(f) 0.30≦f<0.55
- D등급(미흡) : 터널 결함지수(f) 0.55≦f<0.75
- E등급(불량) : 터널 결함지수(f) 0.75≦f

4) 부대시설 결함지수 산정기준

터널 부대시설 구조물 분류에 따른 상태평가를 위한 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

(가) 무근 콘크리트

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≦ f <0.15	0.15 ≦ f <0.30	0.30 ≦ f <0.55	0.55 ≦ f <0.75	0.75 ≦ f
균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
누 수		0	1	2	3	4~5
파손 및 손상		0	0	1	2	3
재 질 열 화	박 리	0	0	1	1	1
	층분리 및 박락	0	0	1	2	3
	백 태	0	0	1	1	1
	재료분리	0	0	1	1	1
부대시설 결함지수(f) = $\frac{\Sigma 결함점수}{27}$						

(나) 철근 콘크리트

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≦ f <0.15	0.15 ≦ f <0.30	0.30 ≦ f <0.55	0.55 ≦ f <0.75	0.75 ≦ f
균 열		0~2	3~5	6~8	9~11	12~13
누 수		0	1	2	3	4~5
파손 및 손상		0	0	1	2	3
재 질 열 화	박 리	0	0	1	1	1
	층분리 및 박락	0	0	1	2	3
	백 태	0	0	1	1	1
	재료분리	0	0	1	1	1
	철근노출	0	1	2	3	4
	탄 산 화	0	1	2	3	-
	염 화 물	0	1	1	2	-
부대시설 결함지수(f) = $\frac{\Sigma 결함점수}{36}$						

2.4.2 상태평가 항목 및 기준

가. 기본시설 상태평가 항목 및 기준

평가항목은 5단계로 세분하였고, 평가항목별 상태평가기준은 터널 상태평가 결과와의 차이를 두기 위하여 소문자 a, b, c, d, e로 표기한다.

세부기준은 기존 국내기준과 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 설문조사를 통한 실무자들의 의견과 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 조사될 경우에는 하향평가 한다. 터널 라이닝의 상태평가 단위길이는 일반적으로 30m를 기준으로 한다. 상태평가 단위길이는 터널 라이닝의 신축이음(약 20~30m)을 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 조정할 수 있다.

1) 균 열

구 분 \ 평가기준		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	무근(균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 1.0㎜ 미만	1.0㎜ 이상 3.0㎜ 미만	3.0㎜ 이상
	철근(균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 0.7㎜ 미만	0.7㎜ 이상
개착터널	BOX(균열)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 0.7㎜ 미만	0.7㎜ 이상
조적식 라이닝	줄눈균열	없 음	아주 경미한 줄눈깨짐	벽돌 2개소 이하	벽돌 2~5개소	벽돌 5개소 이상

주) 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 "d" 이하 또는
고정 균열의 경우 면적율 20% 이상으로 "e" 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

① 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며 진행성이 확인되는 경우 평가는 하향조정하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.

※ 진행성 여부의 판별은 주기적인 점검(정기정검) 결과를 활용해 판단한다.

② 균열형상은 종균열, 횡균열, 경사균열, 망상균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열은 평가는 하향조정할 수 있다.



(종균열) (횡균열) (경사균열) (망상균열)

③ 균열이 다음 스판에 연속적으로 이어져 있는 경우 평가는 하향조정할 수 있다.

④ 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다. 콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형

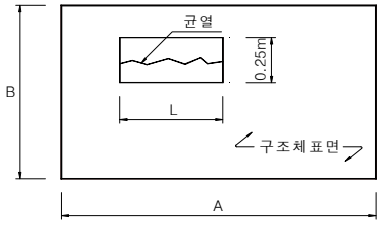
률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 면적율에 관계없이 평가는 1단계 하향조정하고, "d"이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.

⑤ 조적식 라이닝의 경우 줄눈깨짐의 연속성 정도에 따라 평가는 하향 조정하도록 한다.

⑥ 보수·보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 주기적인 점검(정기정검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.

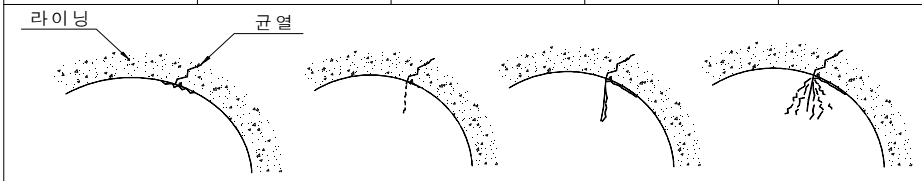
⑦ 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율 20% 이상과 구조적 균열 및 단차균열일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.

- 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하다.



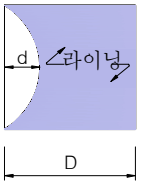
$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{구조체표면(점검단위)면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이(L)} \times 0.25}{\text{A} \times \text{B(m)}} \times 100 = \quad \%$$

2) 누 수

구분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
누 수	없 음	스며 있음	떨 어 짐	흐 름	분 출
					
	스며있음	떨어짐	흐름	분출	
해 설	1) 누수발생부위는 아치부와 측벽부, 노면으로 구분하며, 아치부에 누수가 발생하여 차량통행에 지장을 주는 경우 평가는 하향조정하도록 한다. 2) 아치부에 발생된 누수가 얼어 고드름이 형성된 경우와 측벽부에 발생된 누수가 얼어서 건축한계를 초과하여 차량통행에 지장을 주는 경우에는 평가는 하향조정 하도록 한다. 3) 노면에 토사유출 또는 동결이 발생되어 차량통행에 지장이 될 경우에는 평가는 하향조정하고, 그 원인을 정밀조사하도록 한다. 4) 누수가 배수공과 시공이음, 신축이음의 결함, 균열, 배면공동, 수맥 등의 영향으로 인하여 발생될 경우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발 시킬 수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다. 5) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적 요인을 반영하여 평가할 수 있다. 6) 보수·보강부위는 누수상태(수질, 수량, 물흐름)의 변화 유무 등을 주기적인 점검(정기정검) 결과를 활용하여 평가할 수 있다.				

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있거나 고드름 및 측빙 등으로 차량통행에 현저한 지장을 주는 경우 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

3) 파손 및 손상

구분 \ 평가기준		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손 상 도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10㎝×10㎝미만)	중간 손상 (10㎝×10㎝이상, 30㎝×30㎝미만)	극심한 손상 (30㎝×30㎝이상)
조적식 라이닝	손상두께	없 음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1~2개	벽돌 2개 이상
해 설		1) 손상도는 콘크리트 라이닝에 대한 것으로 라이닝 두께에 대한 손상된 두께를 말하며, 일반적으로 라이닝 설계두께를 기준으로 하고, 라이닝 측정두께가 있는 경우 이를 기준으로 한다. ※ 손상도 = d(파손 및 손상두께)/D(라이닝두께)  2) 조적식 라이닝에서 파손 및 손상두께는 벽돌두께를 기준으로 적용한다. 3) 조적식 라이닝인 경우 파손 및 손상면적은 벽돌크기를 기준으로 하여 산정하도록 한다. 4) 지반탐사 등으로 측정된 라이닝 두께가 설계두께에 못 미치는 경우에는 이를 손상으로 평가 할 수 있다. 5) 파손 및 손상발생부위는 아치부와 측벽부로 구분하며, 아치부에 파손 및 손상이 발생하여 낙하위험이 있는 경우 평가는 하향조정한다. 6) 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.				

주) 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가 결과가 "d" 이하이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

4) 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

구 분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
박 리	없 음	0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 1.0㎜ 미만	1.0㎜ 이상 25㎜ 미만	25㎜이상 이거나 조골재 손실
층분리 및 박락	없 음	깊이 12㎜미만 또는 직경 75㎜미만	깊이 12~25㎜미만 또는 직경 75~150㎜미만	깊이 25㎜이상 또는 직경 150㎜이상	박락이 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
백 태, 재료분리	없 음	면적율 5%미만	면적율 5~10%	면적율 10~20%	면적율 20%이상
철근노출	없 음	면적율 1%미만	면적율 1~3%미만	면적율 3~5%미만	면적율 5%이상
탄산화 잔여깊이	30㎜ 이상	10㎜ 이상 ~ 30㎜ 미만	0㎜ 이상 ~ 10㎜ 미만	0㎜ 미만	-
전염화물 이온량	0.3kg/㎥이하	0.3kg/㎥ 초과 ~ 1.2kg/㎥ 미만	1.2kg/㎥ 이상 ~ 2.5kg/㎥ 미만	2.5kg/㎥ 이상	-

해 설

1) 박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변환경영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다.

2) 박리는 콘크리트 라이닝의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 층분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다.

3) 박리·층분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다.

4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다.

5) 철근노출은 철근콘크리트 라이닝인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다.

또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.

6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용하며, 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.

평가는 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 한다.

<일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」 (2003년)>

7) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하며, 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 "a~d"로 한다.

염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10㎜ 또는 20㎜)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다.

<일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」 (2003년)>

8) 박리, 층분리 및 박락의 면적율이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적율이 20% 이상일 경우의 평가는 a→a, b→c, c→d, d→e, e→e로 하향 조정할 수 있다.

주) 탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량에 대한 상태평가 결과가 "d"등급이고, 철근노출의 상태평가 결과가 "e"등급이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

5) 배수상태

구 분	오 염 됨	배수불량 및 막힘 (배수시설 작동불량)
결함점수	1 (1~2)	2 (3~4)
해 설	1) 배수상태는 지하수를 유도하여 배수를 허용하는 배수형 터널의 경우에 한하며, 배수형터널이 아닌 경우에는 전문가의 판단에 따라 별도로 적용하도록 한다. 2) 배수된 물의 함유성분에 의한 오염이 우려되는 경우에는 수질을 조사하여 오염의 원인을 평가하도록 한다. 3) 배수된 물에 토사가 섞여 나오는 경우에는 계속적인 토사유출로 라이닝 배면에 문제가 발생할 가능성이 있으므로 토사유출량과 터널안정성에 대해 정밀조사하도록 한다. 4) 집수정이 설치된 경우 배수시설(펌프설비 등)의 작동유무, 정착상태, 전원설비상태 등을 점검하고 작동이 안되거나 정착이 불량한 경우 관리주체에 통보하여 교체 또는 수리 등의 조치가 가능하도록 하여야 한다.	

주) : 결함점수에서 ( )은 지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 적용한다.

6) 지반상태

구 분	풍화변질 및 단층파쇄대			
	풍화변질	단 층 파 쇄 대		
		영향범위 외	영향범위 내	
			중·소규모 단층	대규모 단층
결함점수	1	1	2	3
해 설	1) 기시공된 터널에서는 주변지반상태를 육안으로 확인하는 것이 쉽지 않으므로 설계 및 시공자료를 참고하여 판단하도록 하며, 안전성 평가시 지반조사를 실시하여 지반상태를 평가하도록 한다. 2) 지반상태가 터널에 영향을 미치는 범위는 0.5D를 기준으로 한다. 3) 지반의 풍화변질상태는 육안으로 확인할 수 있는 갱구부 주변의 지반이나 노출된 암반으로부터 평가하도록 한다. 4) 터널에 직접적인 영향을 주는 지질구조(단층, 습곡, 선구조선)의 영향은 지질도나 시공자료, 지표지질조사결과 그리고 필요시 인공위성사진, 항공사진 등을 이용하여 검토하도록 한다. 5) 이완토압, 편토압, 소성압 등으로 인하여 내공변위가 발생한 경우에는 단층파쇄대의 영향범위 내에 해당하는 점수를 부여한다. 6) 도심지 터널의 경우 낮은 심도로 인하여 불량지반, 복합지반에 위치하는 경우에 지반상태를 평가하고 영향범위에 따른 점수를 부여한다.			

7) 갱문(접속부)상태

구 분	손 상	
	보통인 상태	불량한 상태
결함점수	0.5 (1)	1 (2)
해 설	1) 갱구부는 터널의 입출구부로서 차량의 통행에 직접적인 영향을 주기 때문에 갱문(접속부)상태를 반영하여 손상여부를 평가한다. 2) 갱문(접속부)의 평가방법은 일반 콘크리트구조물에서의 평가방법에 준하며, 특히 주변지반의 변화상태 등에 유의하여야 한다. 3) 갱문(접속부)에 심각한 손상이 발생한 경우, 주변 지반조사를 실시하여 손상원인을 규명 하도록 한다.	

주) : 결함점수에서 ( )은 지하차도, 지하정거장 및 지하역사에 적용한다.

8) 공동구상태

구 분	덮개파손 및 오염됨	이물질 퇴적 및 침수
결함점수	0.5	1
해 설	1) 통신케이블, 신호용케이블, 전기케이블 등의 보호를 위해 터널내에 설치되는 공간을 가리키며, 일반적으로 배수구와 병행하여 시공된다. 2) 공동구의 오염상태, 덮개파손, 이물질의 퇴적이나 침수 등을 조사하여 상태를 평가하도록 한다.	

9) 특수조건(추가점수)

구 분	도심지 토사터널		전력구터널, 전차선을 설치한 터널		
	주의범위 (1D~2D)	제한범위 (1D 미만)	측벽부 낙수	아치부 낙수	동결위험
결함점수	1	2	1	2	3
해 설	1) 도심지 토사터널은 터널심도, 인접시설물(건축물, 철도, 도로 등)과의 거리 등을 검토·분석하고 터널에 영향을 미치는 범위를 고려하여 이를 반영한다. 2) 전력구터널, 전차선을 설치한 터널은 전기를 사용하므로 누전문제에 대한 위험성을 상태평가에 추가 반영하도록 하고, 특히 전차선을 설치한 터널은 동결시 차량운행에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 반영한다. 3) 기타 일반적인 터널조건과 다른 특수터널인 경우, 조사자의 판단에 따라 상태평가에 특수조건을 부과하여 가점하도록 한다.				

나. 부대시설 상태평가 항목 및 기준

1) 균 열

구 분 \ 평가기준	a	b	c	d	e
무근 콘크리트 라이닝	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 1.0㎜ 미만	1.0㎜ 이상 3.0㎜ 미만	3.0㎜ 이상
철근 콘크리트 라이닝	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 0.7㎜ 미만	0.7㎜ 이상
철근 콘크리트 구조물 (개착 구조물)	0.1㎜ 미만	0.1㎜ 이상 0.3㎜ 미만	0.3㎜ 이상 0.5㎜ 미만	0.5㎜ 이상 0.7㎜ 미만	0.7㎜ 이상

주) 진행성 균열의 경우 상태평가 결과가 "d" 이하 또는 고정 균열의 경우 면적율 20% 이상으로 "e" 이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

<해 설>

기본시설 균열 해설 참조

2) 누 수

기본시설 누수 참조

3) 파손 및 손상

구 분 \ 평가기준		a	b	c	d	e
콘크리트 라이닝	손 상 도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손상면적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10㎝×10㎝미만)	중간 손상 (10㎝×10㎝이상, 30㎝×30㎝미만)	극심한 손상 (30㎝×30㎝이상)
조적식 라이닝	손상두께	없 음	벽돌부분 손상	벽돌 1개 이하	벽돌 1~2개	벽돌 2개 이상
해 설		기본시설 파손 및 손상의 해설 참조				

주) 파손 및 손상에 대한 면적율이 20%이상으로 상태평가 결과가 "d" 이하이면 2.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

4) 재질열화(박리, 층분리 및 박락, 백태, 재료분리, 철근노출, 탄산화, 염화물)

기본시설 재질열화 참조

2.4.3 상태평가 결과 산정방법

가. 기본시설 상태평가결과 산정

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수(f) 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

② 라이닝 단위길이별 결함지수를 구한다

③ 라이닝 전체에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 라이닝 단위길이별 평가 항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

① 라이닝 단위길이별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e) 로 매긴다.

② 라이닝 전체의 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.

3) 3단계 : 터널 주변 상태 결함점수 산정

① 터널 주변 상태에 대한 배수, 지반, 갱문, 공동구상태의 결함점수를 부여한다.

② 특수조건에 해당 될 경우에는 추가점수를 부여한다. 터널결함지수(F) 산정시 분모에 대한 영향은 고려하지 않는다.

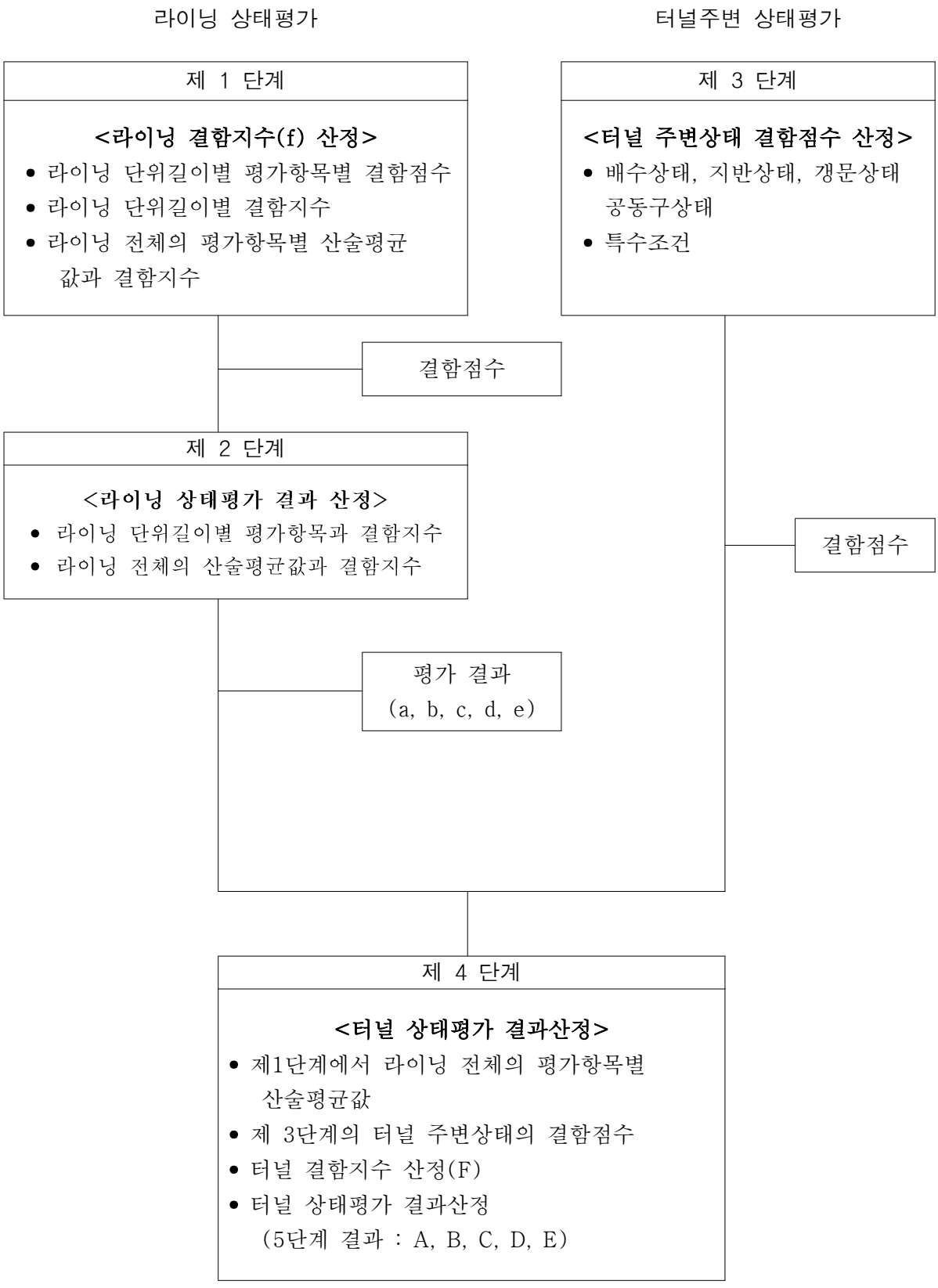
4) 제4단계 : 터널 상태평가 결과 산정

① 제1단계의 라이닝 결함지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균 값과 제3단계의 터널 주변상태 평가 결함점수를 합한다.

② 터널 결함지수(F)를 산정하고, 터널 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

③ 터널 상태평가 결과 산정

- A등급(우수) : 터널 결함지수(F) $0.00 \leqq F < 0.15$
- B등급(양호) : 터널 결함지수(F) $0.15 \leqq F < 0.30$
- C등급(보통) : 터널 결함지수(F) $0.30 \leqq F < 0.55$
- D등급(미흡) : 터널 결함지수(F) $0.55 \leqq F < 0.75$
- E등급(불량) : 터널 결함지수(F) $0.75 \leqq F$



[그림 2.3] 상태평가 결과 산정절차

나. 부대시설 상태평가결과 산정

1) 제1단계 : 부대시설 결함지수(f) 산정

① 부대시설 평가단위별 평가항목에 대해 최저의 결함점수를 부여한다. 균열의 결함점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.

② 부대시설 평가단위별 결함지수를 구한다

③ 부대시설에 대한 결함지수(f)를 구한다. 이때에 부대시설 평가항목에 대한 결함점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 전체 부대시설 상태평가 결과 산정

① 부대시설별 평가항목과 결함지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

② 평가항목(산술평균값)과 결함지수(f)에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.

③ 개별 부대시설을 각각 평가한 후 산술평균하여 부대시설 결함지수를 산정하고 전체 부대시설 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{부대시설의 결함지수}(f) = \sum(fn) / N$$

여기서, fn : 개별 부대시설의 상태평가 결함지수

N : 개별 부대시설의 개수

3) 3단계 : 전체 시설물 상태평가 결과 산정

① 기본시설 결함지수(F)에 부대시설 가중치(W)를 곱하여 전체 시설물의 결함지수(F)를 산정하고, 시설물 상태평가 결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.

$$\text{시설물의 결함지수}(F) = \text{기본시설 결함지수}(F) \times \text{부대시설 가중치}(W)$$

[표 2.18] 부대시설의 가중치

가중치(W)	1.00	1.00	1.02	1.05	1.10
부대시설 결함지수	$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
시설물 상태평가	문제점이 없는 최상의 상태	기능수행에 영향이 없으나 일부 보수가 필요한 상태	부재의 손상이 있으나 기본시설 기능수행에 문제가 없는 상태	부재의 손상이 중대하여 기본시설에 영향을 주는 상태	기본시설의 기능수행에 문제를 일으켜 즉각적인 조치가 필요한 상태

다. 상태평가 결과 산정 예시

상태평가의 근거자료 확인을 위해 결함점수가 부여된 결함물량 집계표는 외관망도 또는 부록에 수록하여야 한다.

무근 콘크리트 라이닝의 터널 상태평가 결과 산정(예)는 단계별로 구분하여 예시하였다.

1) 제1단계 : 라이닝 결함지수 산정

SPAN No.	균열	파손 및 손상	누수	재 질 열 화			결함점수 합 계	라 이 닝 결함지수
				박리	층분리 및 박락	백태		
1	7	1	3	1	2	1	15	0.58
2	4	1	4	1	1	1	12	0.46
3	4	1	2	1	1	0	9	0.37
4	7	1	5	1	1	1	16	0.61
5	4	0	1	1	2	0	8	0.31
산술평균	5.2	0.8	3.0	1.0	1.4	0.6	12.0	0.46

① "SPAN No 1"의 평가항목에 대한 최저등급의 결함점수를(균열 c-7, 파손 및 손상 c-1, 누수 c-3, 박리 d-1, 층분리 및 박락 d-2, 백태 e-1) 부여한다. 라이닝의 결함점수 15점을 구한다.

② "SPAN No 1"의 라이닝의 결함지수를 구한다. 이때에 무근콘크리트 라이닝 결함지수(∑결함지수(15점)/26=0.58)를 구한다.

③ 상기 1) 2)와 같은 방법으로 나머지 SPAN에 대하여 구한다. 라이닝 5개 SPAN의 평가항목에 대한 산술평균값을 구한후 라이닝 결함지수를 구한다.

- 평가항목 결함점수 : 균열 5.2, 파손 및 손상 0.8, 누수 3.0, 박리 1.0, 층분리 및 박락 1.4, 백태 0.6, 결함점수 합계 12점
- 라이닝 결함지수(f) : 0.46(12/26=0.46)

2) 제2단계 : 라이닝 상태평가 결과 산정

SPAN No.	균열	손상	누수	재 질 열 화			라이닝등급
				박리	박락	백태	
1	c	c	c	d	d	e	d
2	b	c	d	e	c	e	c
3	b	c	b	d	c	b	c
4	c	c	e	d	c	e	d
5	b	b	a	b	d	b	c
산술평균	b	c	c	d	c	e	c

① 라이닝 스판별 평가항목과 결함지수에 대한 등급을 5단계(소문자 a, b, c, d, e)로 매긴다.

② 라이닝 5개 스판의 평가항목에 대한 산술평균값과 결함지수에 대한 등급을 5단계(소문자 a, b, c, d, e)로 매긴다.

3) 제3단계 : 터널 주변상태 결함점수 산정

항목	배수상태	지반상태	갱문상태	특수조건	합계
결함점수	1	2	1	1	5

① 배수상태가 오염되었므로 1점, 지반상태는 풍화변질 및 단층파쇄대가 영향범위 내에 위치하였으므로 2점, 갱문상태는 손상되어 있으므로 1점을 부여한다.

② 특수조건은 전차선을 설치한 터널에서 낙수 및 동결위험이 있으므로 1점을 부여한다.

4) 제4단계 : 터널상태평가 결과 산정

항목	라이닝						터널주변				합계
	균열	손상	누수	재질열화			배수상태	지반상태	갱문상태	특수조건	
				박리	박락	백태					
결함점수	5.2	0.8	3.0	1.0	1.4	0.6	1	2	1	1	17.0

결함지수	0.53
터널상태평가결과	C

① 제1단계의 라이닝 결함지수 산정시 사용한 평가항목별 결함점수 산술평균값과(결함점수 : 균열 5.2, 파손 및 손상 0.8, 누수 3.0, 박리 1.0점, 백태 0.6점, 합계12점), 터널주변 상태평가 결함점수(결함점수 : 1+2+1+1=5점)을 합하여 17점을 구한다.

② 터널 결함지수{결함지수(F) : ∑결함점수(17점)/32=0.53}를 구한후 결함지수에 대한 5단계(A, B, C, D, E)등급중 해당등급(C급)을 매긴다.

2.5 안전성평가 기준 및 방법

2.5.1 일반

가. 일반

터널의 안전성 평가는 외관조사 및 비파괴 현장시험에 의한 터널 부재별 상태평가를 분석하고, 필요시 지형 및 지질조사, 지반탐사(GPR 등), 누수탐사, 각종 계측 등의 실시결과를 고려하여 이론적 계산과 해석적 검증을 통하여 터널에 대한 안전성을 평가한다.

나. 안전성평가를 위한 과업

시설물의 안전성평가의 목적은 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 안전성 확보여부를 평가하는데 있으므로 현장조사부터 시설물의 현황과 상태 및 특성을 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토·해석 등에 의해 문제점에 대한 원인을 규명함과 더불어 안전성 여부를 판단하여야 한다.

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

① 비파괴 시험결과 분석

② 지질조사 등의 결과 분석

③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석

④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석

⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

다. 안전성평가 방법

터널의 안전성 평가방법은 일반적으로 주변지반의 응력상태를 고려한 해석적 방법에 의해 이루어진다.

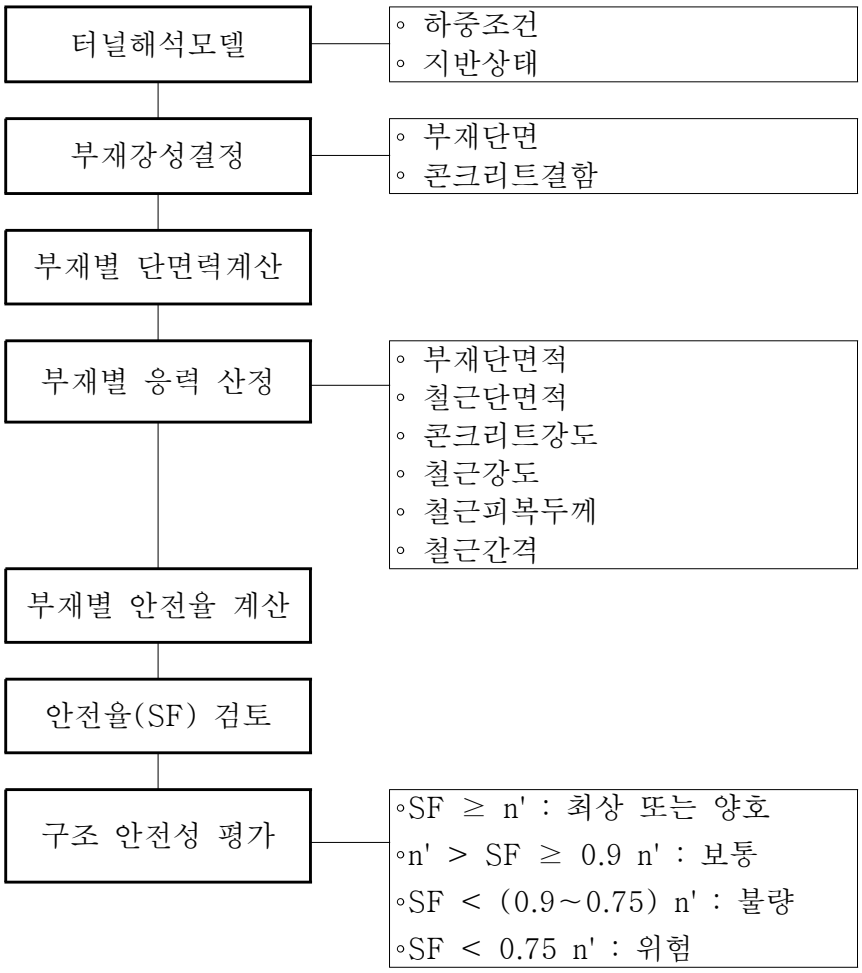
해석적 방법에 의해 구조물의 안전성을 평가하는 경우 현장조사 및 수집자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공상세도, 재료의 성질 및 구조물의 결함, 주변지반조건 등을 종합하여 실제상태에 대한 해석을 통해 올바른 평가를 기대할 수 있으므로 관련 설계 및 안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

구조물의 해석 시 안전여유율이 고려되어 있으므로 현재상태의 구조물에 대한 구조해석 결과가「콘크리트시방서」의 안전도 기준에 미흡하다고 해서 구조물이 불안전 하다는 것이 아니라 단지, 구조물의 안전여유율이 적다는 것을 의미한다.

따라서 구조해석에 의한 구조물의 안전성 평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 있느냐의 정도를 평가하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

즉, 구조해석 결과 안전여유율이 등가안전율(n′) 이상인 경우는 안전성이 충분히 확보된 구조물로 평가하고 등가안전율 미만이나 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 이상일 때는 안전성은 있지만 충분치 못한 상태로서 구조물의 상태를 주기적으로 점검 및 과대하중 재하억제 등의 관리가 필요한 상태로 평가하며, 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 미만인 경우에는 사용제한여부의 판단이 요구되거나 사용금지를 요하는 안전성이 결여된 구조물이라고 평가할 수 있다.

구조물의 안전성평가 방법을 그림으로 도시하여 표현하면 [그림 2.3]과 같다.



[그림 2.4] 안전성평가 결과 산정 방법

라. 내진성능 평가

내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과[1]에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

2.5.2 안전성평가 기준

정밀점검(필요시)이나 정밀안전진단 시에는 안전성평가 결과를 산정한다.

정밀점검의 경우에는 라이닝 상태평가 시 터널안전성에 직접 관련된 주요 구조 부재의 손상항목이 D급 이하로 판정되거나 혹은 전문가에 의해 안전성평가 요구가 있을 경우 원인분석을 위한 구조검토 결과에 따라 안전성평가 결과를 산정한다.

터널은 대부분 지표면 아래에 축조되는 구조물로서 지하수의 부력, 지반의 부등침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받는다.

따라서 터널의 설계·준공도서 및 기존의 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 구조물의 안전성을 판단하거나 실제 주요부재의 상태평가 결과가 불량하게 나타나 현장조사 시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safety factor, SF) 검토를 수행하여 구조물의 안전성을 판단하는 것이 필요하다.

국내에서의 구조물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 수행하고 있으며, 안전율 검토는 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 터널은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조해석에 필요한 경계조건, 지반상수 등은 설계·준공도서 또는 지반조사에 의해 얻거나 구조물의 설계기준 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.

상기와 같은 내용을 근간으로 검토한 휨, 전단, 압축 등의 구조적 최저 안전율 정도에 따라 구조물의 안전성에 대한 평가기준을 설정하면 다음 [표 2.19]와 같다.

---

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령(2004.05) : 국토해양부, 한국시설안전공단

[표 2.19] 시설물의 안전성평가 기준

기준	내 용
A	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상이 없는 경우
B	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상(단면손실)이 있는 경우
C	안전율(SF)이 1.0 미만~0.9이상
D	안전율(SF)이 0.9 미만~0.75이상
E	안전율(SF)이 0.75 미만

- 안전성평가 결과의 산정은 가급적 상태평가 기준과 균형을 맞추도록 등급 분류체계를 구성하여 설계가 적절하게 된 신설터널에서 B등급이 나오는 모순을 없애기 위하여 안전하게 설계된 경우는 A등급으로 평가되도록 하였다.
- 보수·보강 혹은 사용제한 등 검토가 필요한 D, E등급 안전율 개념을 이용하였다.

2.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 산정

1) 개착터널(cut and cover : BOX, 지하차도), Shield 터널

구조물의 해석방법에는 강도설계법과 허용응력설계법이 있으며 이 중 강도설계법을 원칙으로 하지만 특별한 경우에는 허용응력설계법을 적용할 수 있다.

강도설계법에서는 구조물의 안전여유를 두 가지 측면에서 고려하는데 하나는 하중의 변경, 구조해석 시의 가정과 계산을 간단하게 함으로써 야기될지 모르는 초과하중의 영향을 고려한 하중계수이며, 다른 하나는 설계계산상의 불확실성, 부재의 다양한 형식에 대한 상대적 중요도, 재료의 설계강도 및 실제단면치수와 제작 시공기술 등에 관련된 다소의 불리한 오차들이 개별적으로는 허용한계에 있더라도 총체적으로 결합 시 부재의 강도감소를 초래할 가능성에 대비한 강도감소계수이다.

이러한 하중계수와 강도감소계수에 의한 설계상의 구조물 안전여유율을 등가안전율이라 하며 다음 식으로 표현된다. 이의 값은 활하중/고정하중의 비(L/D)와 휨부재 혹은 전단부재의 여부에 따라 차이를 갖는데 휨응력에 대해서는 약 1.5~2.0이고, 전단응력에 대해서는 1.7~2.5정도의 값을 갖는다.

$$n' = \frac{\gamma_D + \gamma_L L/D}{\Phi(1 + L/D)}$$

여기서, n' : 등가안전율

γ_D : 고정하중계수

γ_L : 활하중계수

L/D : 활하중과 고정하중의 비

Φ : 강도감소계수

일반적으로 설계개념의 안전율을 도입하는 개착터널(cut and cover), Shield 터널 등은 안전율 산정이 가능하므로 [표 2.19]와 같은 방법으로 안전성 평가결과를 산정한다.

① 안전성평가는 일반적으로 수치해석을 통한 부재의 응력크기로 평가

② 안전율 SF=1 이상인 경우 : A등급으로 표현

③ 안전율 SF=1 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우 : B등급으로 표현

④ 안전율 SF=1보다 작은 경우 : C, D, E등급으로 표현

- C급 : $0.90 \leq SF < 1.0$
- D급 : $0.75 \leq SF < 0.90$
- E급 : $SF < 0.75$

여기서, 강도설계법 안전율 : $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\varnothing Mn}{Mu}$

허용응력설계법 안전율 : $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_a + f_l}$

2) 굴착터널(Mined Tunnel : 재래식, NATM 터널)

굴착터널에 대한 안전성 평가는 설계개념의 안전율을 도입했을 경우에는 안전율 산정이 가능하므로 [표 2.19]와 같은 방법으로 안전성평가 결과를 산정한다. 그러나 설계개념의 안전율을 도입하지 않은 경우에는 터널상태평가 시 지반상태와 라이닝변상 등이 기 반영하였고, 안전성평가를 정량화하여 A, B, C, D, E 등급으로 분류하기가 곤란하므로 안전, 불안전 여부만을 평가할 수 있다.

○ 일반적으로 터널은 지반조건이 서로 다르기 때문에 대표단면 선정의 타당성, 지반정수의 정확성, 단층 및 절리 등의 불연속면 특성의 포함여부, 해석방법 등에 따라 안전성평가 결과가 좌우되고

○ 산악터널과 도심지 터널의 주변지반조사의 어려움으로 인해 지반정수의 가정을 통한 터널해석에는 많은 오차를 포함하고 있으며

○ 설계개념의 안전율을 도입하지 않은 경우 터널해석은 각종 변상과 변위에 따라

수치해석 및 역해석을 실시하여 보수·보강 범위를 산정하고 있으므로 안전성평가를 정량화하여 A, B, C, D, E 등급으로 분류하기가 곤란하여 반영하지 않고 안전, 불안전 여부만을 평가할 수 있다.

다만, 터널의 수치해석에 의한 안전성평가 시에는 수치해석에 필요한 지반정수가 지반조사에 의하여 획득될 경우 터널의 라이닝에 작용하는 하중조건과 터널라이닝의 변상상태를 역해석적 방법이나 일반적인 라이닝 구조해석 방법으로 터널의 안전성을 제시할 수 있다.

이런 경우 콘크리트 라이닝의 강도특성과 지반특성을 수치해석에 반영하여 터널라이닝의 설계기준강도와 대비하여 안전율을 판단하여 안전성여부를 평가하는데 참고자료로 활용한다.

나. 안전성평가 결과 산정 방법

1) 안전율을 도입한 경우의 방법

개착터널(cut and cover)과 굴착터널(Mined Tunnel)중 설계당시 안전율을 도입한 경우에는 안전성평가 결과 산정 방법을 다음과 같이 예시 하였다.

[표 2.20] 터널의 안전성평가 결과 산정(개착터널) 예

시설물 안전성평가 결과 산정표				
시설물명	○○○ 터널		표번호	TS. NO.3
부재구분	안전율(SF)	평가결과	비 고	
상부슬래브(횡방향) 휨모멘트	1.08	a		
상부슬래브(종방향) 휨모멘트	0.92	c		
상부슬래브 전단력	1.03	b	손상(단면감소)발생	
안전성평가 결과	◦ 최저 안전성평가 결과 = C			

[표 2.21] 터널의 안전성평가 결과 산정(ASSM 터널) 예

시설물 안전성평가 결과 산정표				
시설물명	○○○ 터널		표번호	TS. NO.4
부재구분	안전율(SF)	평가결과	비 고	
콘크리트라이닝 전단응력	2.5	a		
콘크리트라이닝 압축응력	1.8	a		
안전성평가 결과	◦ 최저 안전성평가 결과 = A			

2) 안전율을 도입하지 않을 경우의 방법

안전율을 도입하지 않은 경우 수치해석에 의한 안전성평가 방법은 다음과 같다.

[표 2.22] 터널의 안전성평가 결과 산정(NATM터널) 예

시설물 안전성평가 결과 산정표			
시설물명	○○○ 터널	표번호	TS. NO.5
부재구분	변위 또는 응력	안전성 여부 (안전, 불안전)	비 고
○ 변위발생경향	(단위 : mm)		- 정성적표현
- 천단변위	0.78	안전	
- 내공변위	2.89	안전	
○ 응력발생경향	(단위 : kgf/cm^2)		- 정성적표현
- 휨압축응력	12 kgf/cm^2	안전	
- 전단응력	5.19 kgf/cm^2	안전	
안전성평가 결과	○ 안전성 평가결과 : 안전 ※ 일반터널(Mined Tunnel)에서 안전성평가를 정량적으로 표시할 수 없는 경우는 정성적으로 표시함.		

2.6 종합평가 기준 및 방법

2.6.1 종합평가 기준

시설물의 종합평가는 상태평가만 실시한 경우에는 상태평가결과에 의해 부여된 상태평가등급이 그 시설물에 대한 종합평가등급으로 결정되지만 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교하여 최저평가결과를 종합평가 결과로 결정한다.

2.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 산정 절차

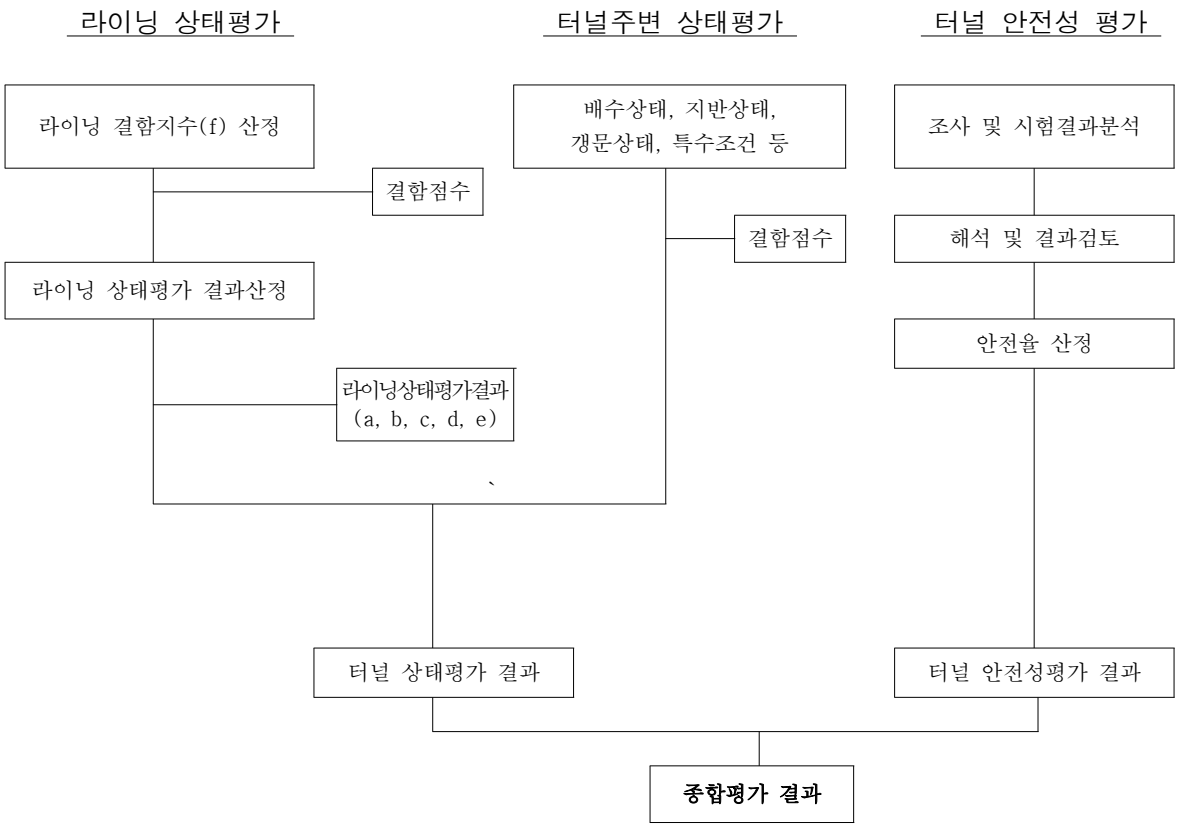
터널 상태평가와 안전성평가 결과 2개 등급 중 최저등급을 터널 종합평가 결과로 하여야 하고 [그림 2.4]의 절차에 따라 결정한다.

1) 정밀점검

터널 라이닝 상태평가와 터널 주변상태평가(필요시)를 종합하여 터널 상태평가 결과를 결정하며, 터널 안전성평가를 시행한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교하여 최저등급을 터널 종합평가 결과로 결정한다.

2) 정밀안전진단

터널 상태평가 결과(라이닝 상태평가+터널주변 상태평가)와 안전성평가 결과 중 최저 등급을 터널 종합평가 결과로 결정한다.



[그림 2.4] 시설물의 종합평가 결과 산정절차

나. 종합평가 결과 산정 방법

터널에는 분야별로 크게 개착터널(cut and cover), 굴착터널(Mined Tunnel)로 분류하여 설계당시 안전율을 도입한 경우의 종합평가 결과 산정 방법과 안전율을 도입하지 않은 경우 종합평가 방법 등은 다음과 같다.

[표 2.23] 터널의 종합평가 결과 산정(개착터널) 예

시설물 종합평가 결과 산정표				
시설물명	○○○ 터널		표번호	TS. NO.6
평가구분	터널결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.51	C	근거 표번호	
안전성평가	-	A	근거 표번호	
종합평가	-	C		
종합평가 결과	○ 개착터널에서는 안전성평가를 정량적으로 표시할 수 있으므로 안전성평가 결과를 표시함. ○ 터널의 종합평가 결과 : C			

[표 2.24] 터널의 종합평가 결과 산정(ASSM터널) 예

시설물 종합평가 결과 산정표				
시설물명	○○○ 터널		표번호	TS. NO.7
평가구분	터널결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.45	C	근거 표번호	
안전성평가	-	A	근거 표번호	
종합평가	-	C		
종합평가 결과	○ 일반터널에서 안전성평가를 정량적으로 표시할수 있는 경우는 등급으로 표시함. ○ 터널의 종합평가 결과 : C			

[표 2.25] 터널의 종합평가 결과 산정(NATM터널) 예

시설물 종합평가 결과 산정표				
시설물명	○○○ 터널		표번호	TS. NO.8
평가구분	터널결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.65	D	근거 표번호	
안전성평가	-	안정	근거 표번호	
종합평가	-	D		
종합평가 결과	○ 일반터널에서 안전성평가를 정량적으로 표시할수 없는 경우는 정성적으로 표시함. ○ 터널의 종합평가 결과 : D			

2.7 보수·보강 방법

터널 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

2.7.1 배면공동 보수

라이닝 배면공동은 원지반의 결함이나 시공 결함 등에 의한 공동과 준공 후 누수 등에 의한 공동으로 구분되며, 이러한 공동은 비파괴시험 등에 의해 조사하고 터널 시설물의 안전이 유지되도록 공동부분을 채워 작용압력을 균일화시킴으로써 라이닝의 내하력을 유효하게 작용할 수 있게 한다.

라이닝 배면 충전시 배수터널의 경우 배수로기능저하 및 막힘현상에 대하여 충분히 고려하여야 한다. 이 방법에는 모르터 주입 등에 의하여 충전하는 공법이 있다.

2.7.2 라이닝 보강

1) 지보공에 의한 보강

라이닝 콘크리트의 노후화가 심하거나 균열의 정도가 현저한 경우 사용하는 대책공법으로 강지보공 록볼트 등 지보공에 의해 보강하는 방법이다.

2) 라이닝 콘크리트 내부 두께 보강에 의한 보수

내공단면에 여유가 있는 경우, 손상상태, 시공조건 등에 따라 철근 콘크리트 또는 뿜어붙임 콘크리트로 시공한다. 내부 두께 보강은 라이닝 콘크리트의 강도증가 대책으로서 재료의 품질약화에 대한 대책으로는 적당하나 누수 등 다른 요인이 복합적으로 작용할 때는 이 요인을 제거 혹은 경감하는 대책을 병용한다.

3) 인버트 설치

주위 지형이 팽창성 지질, 지내력이 부족한 경우 등은 측압에 견디도록 또는 지지력을 분산시켜 부풀음을 방지하기 위하여 인버트를 설치한다.

4) 라이닝 콘크리트 교체

라이닝의 노후화 및 균열로 기능상실, 내공단면에 내부두께 보강을 할 수 있는 여유가 없을 때 부분적 또는 전체적으로 라이닝을 교체한다.

5) 성토 및 절취 등

지형적인 원인 혹은 사면활동 등 지표의 거동으로 터널에 이상을 주는 경우에는 성토 및 절취, 지반보강공, 활동억지공, 배수공 등 다양한 대책공법을 고려한다.

2.7.3 백태(Efflorescence)

노후화된 콘크리트 표면에 생기는 백색의 결정으로 콘크리트중의 황산칼슘, 황산마그네슘, 수산화 칼슘등이 물에 녹아 침출되어 공기중의 탄산가스와 화합한 것이다. 이 현상은 모세관 공극을 감소하도록 물-시멘트비와 단위수량을 작게하면 억제가 가능하다. 즉, 수밀성이 약한 콘크리트나 모르터에 물이 새어나면서 탄산칼슘이 표면에 퇴적하여 나타나는 현상이다. 탄산칼슘은 시멘트 경화체와 대기나 물 속의 이산화탄소로 형성된다.

그 대책으로는 누수대책 등으로 콘크리트를 완전히 건조시킨후 백태를 제거하고 폴리머 모르터 등으로 마감한다. 백태의 제거방법은 희석한 염산(1:5~1:10)으로 처리하거나 모래방사에 의해 제거하도록 한다. 인산으로 처리할 때는 처리 후에 잔류인산을 물로 완전히 씻어내며 직사광선을 피하고 바람이 없는 날에 작업을 한다.

2.7.4 동해

동해대책공은 누수대책공, 단열공법, 가열공법 등으로 터널의 환경조건에 따라 효율성, 내구성 및 경제성을 고려하여 적절한 대책공을 선정한다.

동해대책공의 목적으로는

1) 동결융해에 의한 라이닝 재료의 열화방지
2) 배면지반의 동상압에 의한 터널의 변상방지
3) 고드름・측빙・빙판의 발생에 의한 차량운행에 유해한 영향 방지
4) 터널내 작업의 안전성 확보
5) 고드름 제거 등 보수작업의 용이성 확보 등이 있다.

2.7.5 누수

누수대책공은 도수공법, 홈파기공법, 지수공법, 뿜어붙임 및 도포공법, 방수판, 방수쉬트, 배면주입공법, 수위저하공법 등이 있다.

대책공의 목적으로는 누수에 의한 터널의 기능, 갱내설비의 기능, 안전운전, 갱내작업 환경의 개선 등이며, 누수의 발생 상황을 정확히 조사하여 대책공의 효과, 시공성, 경제성 및 내구성을 고려하여 안전하게 시행할 수 있어야 한다.

누수에 대한 대책공은 [표 2.26]와 같다.

[표 2.26] 누수에 대한 대책

요인 / 분류	누수상태	선상				면상				비고
	누수량	소량		다량		소량		다량		
	내공단면여유	유	무	유	무	유	무	유	무	
선상 대책 공법	도수공법	○	−	○	−	△	−	△	−	
	홈파기공법	−	○	○	○	−	○	−	○	• U, V 커트 공 • 면상대책공법의 전처리로서도 시행
	지수공법	△	△	−	−	−	−	−	−	• 누수량이 물방울 형성 정도이고 범위가 한정되는 경우 적용 가능
면상 대책 공법	뿜어붙임공법	−	−	−	−	○	−	○	−	• 철망, 앵커 및 도수공의 병용 필요
	도포공법	−	−	−	−	△	△	−	−	• 누수 정도가 경미할 때에만 적용
	방수판	−	−	−	−	−	−	○	−	
	방수시트	−	−	−	−	○	−	○	−	• 내부라이닝 개축 등을 행할 경우
배면주입공법		−	−	○	○	−	−	○	○	• 토피가 작고 지표수와 우수가 터널 배면공동을 통하여 직접 터널내로 유입하는 경우
수위저하공법		−	−	○	○	−	−	○	○	• 지하수위가 높은 상태에서 용수나 열차 하중의 반복하중에 의한 지반재료의 배출

주) ○ : 적용 가능한 공법　　△ : 경우에 따라 적용할 수 있는 공법

2.7.6 라이닝의 재료열화

터널 라이닝의 재료열화 현상은 시간의 경과에 따른 노후화로 인식되고 있지만 누수와 관련된 것이 많고 그 밖의 유해수, 동해, 염해 등의 외적 요인이 작용하는 경우도 있다.

또한 내적요인으로는 콘크리트의 시멘트량이 부족한 경우, 간혹 나타나는 골재의 알카리골재반응, 황산이온 영향 등 여러요인에 의하여 재료열화 현상이 나타난다.

라이닝의 재료열화 조사는 어느 요인으로 그리고 어느 범위까지 노후화 됐는지를 정확히 조사하여 적절한 대책공법을 선택할 수 있어야 하므로 매우 중요하다.

일반적인 라이닝의 재료열화 현상별 원인과 대책은 [표 2.27]. [표 2.28]과 같다.

[표 2.27] 재료열화 현상별 원인과 대책

노후화 현상	원인	구 분	영 향 인 자	억 제 대 책
철근 부식	염 해	내적요인	콘크리트 내부 허용 Cl^-량 초과	해사세척에 의한 Cl^- 제거
		외적요인	제설제 살포 또는 해안환경에 의한 염화물 침입	표면을 기밀성 도료로 도장
	탄산화	내적요인	콘크리트 W/C, 공극이 큼	적정의 W/C 선정
		외적요인	대기의 CO_2 농도증가로 탄산화가 철근 깊이까지 도달	기밀성 도료로 표면 도장
균열 박리	알칼리 골재반응	내적요인	알칼리 반응성 골재를 사용할 때 시멘트 중의 K_2O가 다량 함유	반응성 골재의 사용제한 저 알칼리성 시멘트를 사용
		외적요인	콘크리트가 습윤상태에 있음.	콘크리트를 건조상태로 보존, 수밀성 도장
	건조수축	내적요인	단위수량이 높음	단위수량이 적은 무수축시멘트 사용
		외적요인	콘크리트의 건조속도가 빠름	초기양생을 충분히 실시

[표 2.28] 콘크리트 라이닝의 보수·보강 공법 선정표

○ : 적용가능공법
△ : 응급조치 또는 타공법과 병용필요 공법

위치	공법 / 열화상황		표면청소	깨어내기	보강판	철망공	라이닝		보강새들	개축	탄소섬유보강공	비 고
							뿜어붙임 콘크리트	현장타설				
아치부	국부적	소	△	○	○	○					○	
		대	△	○	△	△	○	○	△	○	○	
	광범위	소	△	○	△	△	○	○	△	○	○	
		대	△	△	△	△	○	○	△	○	△	
측벽부	국부적	소	△	○							○	
		대	△	○						○		
	광범위	소	△	○			○	○			○	
		대	△	△			○	○	△	○		
표면의 오염			○									
비 고			(주2)	(주2)	(주3)	(주3)	(주5)	(주4)	(주4)	(주6)	(주5)	

주) 1. ·노후화범위 구분 : - 국 부 적 : 노후화 범위 10㎡ 미만
- 광 범 위 : 노후화 범위 10㎡ 이상

·노후화상황 구분 : - 아치부 대 : 낙하물 크기가 벽돌 정도 이상
- 아치부 소 :낙하물 크기가 벽돌 정도 미만
- 측벽부 대 : 노후화 깊이 10cm 정도 이상
- 측벽부 소 : 노후화 깊이 10cm 정도 미만

주) 2. △ : 다른 보수 공법의 전 처리로 시행
주) 3. 새들, 내부 라이닝 등의 내공여유가 없는 경우에도 적용
주) 4. 라이닝 내력 증가 필요, 내공단면 여유 있는 경우
주) 5. 라이닝 내력 증가 필요, 내공단면 여유없는 경우
주) 6. 노후화 정도가 라이닝 두께 1/2 이상인 경우

2.7.7 진동 및 소음에 따른 영향

구조물 주위에서 발생한 진동 및 소음에 대하여 외국의 기준을 각각 예시하면 [표 2.29]와 같다. 이러한 기준을 토대로 터널 내부의 조건을 살펴보도록 한다.

[표 2.29] 지반조건에 따른 일반주택의 피해 정도와 진동속도와의 관계(Langefors)

지반조건 / 진동범위	지하수면 이하의 점토, 모래, 자갈	퇴석(Moraine) 슬레이트(Slate) 연약한 석회석	강한 석회석, 화강암, 석영질 사암, 편마암, 현무암	피 해 정 도
종파의 전달속도 (m/sec)	300 ~ 1,500	2,000 ~ 3,000	4,500 ~ 6,000	
진동속도 (cm/sec)	0.4 ~ 1.8	3.5 이하	7.0 이하	피해 없음
	0.6 ~ 3.0	5.5	11.0	무시할 수 있는 피해
	0.8 ~ 4.0	8.0	16.0	균열 생성
	1.2 ~ 6.0	11.5 이상	23.0 이상	상당한 피해 발생

또, 생활소음 규제 기준은 그 범위가 [표 2.30]과 같다.

[표 2.30] 생활소음 규제기준의 범위

단위 : dB(A)

대 상 지 역	시간별 / 대상소음		조 석 (05:00~08:00) (18:00~22:00)	주 간 (08:00~18:00)	심 야 (22:00~05:00)
주거지역, 녹지지역, 취락지역 중 주거지역, 관광휴양지역, 자연환경 보존지역, 학교·병원의 부지 경계선으로부터 50m이내 지역	확성기에 의한 소음	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 방사되는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공장 및 사업장의 소음		50 이하	55 이하	45 이하
	공사장의 소음		65 이하	70 이하	55 이하
상업지역, 준공업지역, 일반공업지역, 취락지역 중 주거지구 외의 지구	확성기에 의한 소음	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥외로 방사되는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
	공장 및 사업장의 소음		60 이하	65 이하	55 이하
	공사장의 소음		75 이하	75 이하	55 이하

※ NOTE : 1) 대상지역의 구분은 국토관리 이용법에 의하며, 도시지역은 도시계획법에 의한다.

2) 공사장 소음의 규제기준은 주간의 경우 소음발생 시간이 1일 2시간 미만일 때에는 +10dB, 2시간 이상 4시간 이하일 때에는 +5dB를 보정한 값으로 한다.

우리나라에서는 지하철 공사측에서 제시한 [표 2.31]과 같은 발파진동의 피해범위가 일반적으로 사용되고 있는데 외국기준과 비교하면 보수적인(conservative) 것으로 알려져 있다.

[표 2.31] 국내에서 적용되는 진동허용치

구 분	문화재 등 진동예민 구조물	조적식(벽돌, 석재 등)벽체와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	철근콘크리트, 철근골조 및 슬래브를 갖는 고층아파트 이상의 대형 건축물
허용입자 속도 (cm/sec)	0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

이러한 결과를 토대로 터널의 안전진단시에는 인접건물이나 본 터널부에 대하여 진동, 소음측정기를 사용하고 상기 기준을 참고하여 검토한다.

2.7.8 터널에 근접한 구조물 시공 시 영향

터널 인접부위 구조물 시공에 의한 터널의 손상은 기설 터널에 인접하여 행해지므로 터널 주변의 응력 균형이 흐트러져 생기는 것을 말한다.

[표 2.32] 근접시공의 예

구 분	내 용
터널의 병설	○ 기존터널과 병행해서 별도의 터널 건설 ○ 선로증설 공사시 많음
터널의 교차	○ 기존터널 상부 또는 하부에 별도의 터널이 횡단 ○ 터널상부에 택지개발 등으로 개착하는 경우
터널상부의 개착	○ 터널상부에 택지개발 등으로 성토하는 경우
터널상부의 구조물 기초	○ 터널상부에 건물 등이 세워져 그 기초가 터널의 상부, 측면에 시공되는 경우
지반진동	○ 터널 주변의 근접공사로 인한 지반진동(발파진동 등)
지하수위 변동	○ 터널 주변공사(댐 등)에 의하여 지하수위가 상승하여 라이닝부에 수압이 작용하는 경우

(터널補强·補修매뉴얼, (財)鐵道總合技術硏究所, 1990, p Ⅱ-42)

구체적인 손상현상이 보이지 않더라도 터널구조상 배면공동 상존, 라이닝 두께 부족, 인버트가 없는 터널 등의 경우 터널에 영향을 미칠 수 있다.

기존 터널 대책과 기존터널에 인접 하여 구조물 시공을 하는 경우의 대책으로 구분할 수 있으며, 사전에 토질조사 및 시험결과를 토대로 공법을 선정한다.

근접시공 대책은 [표 2.33]과 같다.

[표 2.33] 근접시공 대책

구 분	대 책	
기존터널 인접하여 구조물 시공	○ 원지반을 진동하지 않는 공법 적용 ○ 발파진동 경감공법 적용 ○ 터널에 균등한 하중이 증가되도록 성토 ○ 터널에 균등한 하중이 증가되도록 개착	
기존터널과 인접공사시의 중간지반의 대책	○ 연속지중벽 ○ 지반개량(약액 주입)	
기존터널의 대책	기존터널의 라이닝에 균열 등이 발생	○ 받침판 ○ 단면보강 ○ 철망, 그물
	구조물 손상 유무에 관계 없이 보강을 요하는 경우	○ 배면주입 ○ Rock Bolt ○ 단면보강

제3장 댐

3.1 관리일반

3.2 현장조사

3.3 재료시험 항목 및 수량

3.4 상태평가 기준 및 방법

3.5 안전성평가 기준 및 방법

3.6 종합평가 기준 및 방법

3.7 보수·보강 방법

제3장 댐

3.1 관리일반

3.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)에 따라 정하고 있는 시설물 중 댐 시설물에 적용한다.

○ 1종 시설물

- 다목적댐, 발전용댐, 홍수전용댐 및 저수용량 1천만톤 이상의 용수전용댐

○ 2종 시설물

- 1종 시설물 해당하지 아니하는 댐으로서 지방상수도 전용댐 및 총저수용량 1백만톤 이상의 용수전용 댐

댐 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 댐 설계기준

○ 댐 시설유지관리 기준

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

○ 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전 협의하여 적용 할 수 있다.

※ 다기능보 및 사방댐의 안전점검 및 정밀안전진단 실시는 본장의 안전점검 및 정밀안전진단 요령을 준용할 수 있다.

3.1.2 용어 정의

○ 다목적댐

「댐 건설 및 주변지역 지원 등에 관한 법률」에 의하여 건설하는 댐으로 두가지

이상의 목적을 갖는 댐

○ 발전용댐

「전기사업법」에 의하여 건설하는 댐으로 발전만을 목적으로 하는 댐

(댐 건설비를 대체 타당 지출법으로 비용부담을 할 때 부담율이 80%이상인 댐)

○ 용수전용댐

「수도법」에 의하여 건설하는 댐 또는 농업기반시설의 댐(저수지)으로 생활용수, 공업용수, 농업용수 및 하천유지수를 제공하기 위한 댐

○ 홍수전용댐

홍수방어를 단일 목적으로 하는 댐

3.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

댐 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 3.1]과 같다.

① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(상수도, 건축물, 옹벽 등) 에 따라 실시하여야 한다.

② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

③ 댐체와 별개로 설치된 공도교, 취수시설 등의 경우에는 본 실시범위 대상시설에서 제외할 수 있다.

④ 부대 시설물 및 기타 시설물이「영」 제2조제1항에 따른 1종·2종 시설물에 해당되는 경우에는「법」 제6조에 따라 정밀점검을 실시하여야 한다.

[표 3.1] 댐 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 댐체	○	○	○	기본과업
	◦ 여수로	○	○	○	
	◦ 기초 및 양안부	○	○	○	
	◦ 여수로 수문	○	○	○	
부대 시설물	◦ 취수시설	○		○	선택과업
	◦ 수압터널 및 도수터널	○		○	
	◦ 발전소 구조물	○		○	
	◦ 공도교	○		○	
	◦ 스톱로그	○		○	
기타 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			선택과업
	◦ 옹벽	○			
	◦ 절토사면	○			

3.1.4 중대한 결함의 정도

댐 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ 필댐 여수로 감세공의 '플립버켓의 하류 또는 기초의 침식'에 대한 상태평가 기준의 "d" 이하인 경우

2) 댐 본체의 균열 및 시공이음부의 시공불량 등에 의한 누수

○ 필댐 댐마루의 '종·횡방향 균열'에 대한 상태평가 기준의 "d" 이하인 경우

○ 필댐의 '상류사면 누수' 또는 '하류사면 누수' 등에 대한 상태평가 기준의 "d" 이하인 경우

○ 콘크리트댐 하류면 '수축시공이음부 누수' 등에 대한 상태평가 기준의 "d" 이하인 경우

3) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 중성화(탄산화)에 따른 내력손실

○ 일반적인 콘크리트 구조물에서 '탄산화 잔여 깊이' 또는 '전염화물 이온량' 등에 대한 상태평가 기준이 "d" 판정으로 '철근노출' 상태평가 기준에서 "e"를 포함하는 경우

4) 물이 흘러 넘치는 부분의 콘크리트 파손 및 누수

○ 필댐 여수로 조절부의 '월류부 웨어 구조물의 손상 및 노후화'에 대한 상태평가 기준의 "e" 인 경우

5) 기초지반의 누수, 파이핑 및 세굴

○ 필댐 기초 및 양안부의 '기초의 침식 및 침투'에 대한 상태평가 기준의 "d" 이하인 경우

6) 수문의 작동불량

○ 기계설비의 권양기 작동상태에 대한 상태평가 기준의 "d" 이하인 경우

※ 1), 2), 5), 6)항의 상태변화에 대한 평가유형은 중요결함이며, 3), 4)항의 상태변화에 대한 평가유형은 국부결함으로 분류하고 있다.

3.2 현장조사

3.2.1 시설물의 점검 사항

가. 필댐

1) 댐체 및 양안부

위 치	점 검 사 항	비 고
댐마루	- 종·횡방향 균열 - 침하 및 수평변위 - 사면불안정 - 제체의 유실 - 기타사항	
상류사면	- 누수 - 침하 및 변형 - 차수벽 노후화 - 사면불안정 및 사면보호 - 사면침식 - 기타사항	
하류사면	- 누수 - 사면불안정 - 사면보호상태 - 침하 및 변형 - 사면침식 - 식생 - 동물의 굴 - 기타사항	
기 초 및 양 안 부	- 부등침하 - 기초의 불안정 - 기초의 침식 및 침투 - 기타사항	

2) 여수로

위 치	점 검 사 항	비 고
접근수로	- 콘크리트 라이닝 손상 - 불안정한 측벽 또는 라이닝 - 접근수로 상부의 자연사면 불안정 - 접근수로내의 식생 및 잡물 - 기타사항	
조절부	- 에이프런 구조물의 손상 및 노후화 - 피어와 벽체 구조물의 손상 및 노후화 - 월류부 웨어 구조물의 손상 및 노후화 - 수문가이드, 각락가이드 또는 수문지수판에서의 공동화 현상 - 기타사항	
도수로	- 바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 - 바닥슬래브의 콘크리트 균열 및 손상 - 벽체의 손상 및 노후화 - 횡방향 이음부의 손상 - 기타사항	
감세공	- 플립버켓의 세굴 - 플립버켓의 하류 또는 기초의 침식 - 플립버켓의 이음부 손상 - 정수지 바닥 및 측벽의 세굴 - 기타사항	

3) 취수시설 및 방수로

위 치	점 검 사 항	비 고
취수시설 및 방 수 로	- 취수탑 파손 및 변위 발생 - 취수량 감소 및 취수 곤란 - 제진 격자망의 부식 및 변형 손상 - 둑과 사면의 침식 - 기타사항	

4) 일반적인 콘크리트의 손상 및 노후화

위 치	점 검 사 항	비고
일반적인 콘크리트 구 조 물	- 탄산화 잔여 깊이 - 전염화물 이온량 - 철근노출 - 균 열 - 박 리 - 박락 및 층분리 - 누 수 - 파손 및 손상 - 백 태 - 기타사항	

5) 기계설비

위 치	점 검 사 항	비 고
권 양 기	- 작동 유무 - 와이어 로프 손상 - 마찰부 손상(시브, 감속기, 커플링) - 기타사항	
수 문 및 문 틀	- 문비(강재) 부식 - 문비 변형 - 누 수 - 마찰부 손상(롤러 힌지) - 기타사항	

6) 전기설비

위 치	점 검 사 항	비 고
전기설비	- 작동 유무 - 수문 현장제어반 및 조작반 불량 - 구동모터 및 브레이크 장치 불량 - 기타사항	

나. 콘크리트댐

1) 댐체

위 치	점 검 사 항	비 고
댐 마 루	- 균열 및 단차 - 수축이음부의 열림 - 기타사항	
상류면	- 수축이음부의 열림 - 균 열 - 박 락 - 기타사항	
하류면	- 균열 및 단차 - 수축 및 수평시공이음부를 통한 누수 - 균열 및 박락 - 기타사항	

2) 검사랑, 기초 및 양안부

위 치	점검사항	비 고
검 사 랑	- 횡방향 검사랑에서의 균열 - 상류 종방향 검사랑에서의 균열 - 기초배수의 탁수 - 기타사항	
배수구 및 그라우팅 터 널	- 콘크리트 라이닝 균열 및 단차 - 암반 낙석 - 기타사항	
기초 및 양 안 부	- 양안부를 통한 과도한 침투 - 암반의 불안정 - 기타사항	

3) 일반적인 콘크리트의 손상 및 노후화

○ 일반적인 콘크리트의 손상 및 노후화의 상태평가 기준은 필댐 참고

3.2.2 시설물 현장조사 요령

가. 안전점검 현장조사

공통편 3.9항의 규정과 다음의 시설물별 현장조사요령에 따라 현장조사와 구조물의 특성을 고려하여 필요한 현장 및 실내시험을 실시한다.

1) 관련자료 검토

시설물 관리일반의 제시된 자료와 유지관리지침서(토목, 기계, 전기), 공사지, 준공지, 관리년보 및 지진 관련자료 기록을 검토한다.

2) 댐체

(가) 필댐

① 필댐에서의 누수는 발생위치, 발생량, 혼탁상태 등의 조사를 시행하여야 하며, 누수 발생 위치는 주로 댐하류사면, 댐하류측 기초부위, 양안부, 댐체와 이질재료의 접합부위 등을 중심으로 상세히 조사한다.

② 특별한 이유없이 누수량이 갑자기 증가하는 것은 댐의 손상이 진행되고 있음을 의미하며, 특히 누수에 의해 청수에서 탁수로 변화하는 것은 파이핑 현상에 의한 토립자의 유실을 의미하므로 정밀조사를 실시한다.

③ 필댐에서의 부등침하는 균열을 동반시킬 뿐만 아니라 침하율이 큰 경우에는 댐체나 기초지반을 통하여 누수에 의한 파이핑 현상 또는 내부 침식에 의한 재료의 손실 및 댐 하부의 함몰 등이 일어날 수 있으므로 과도한 침하 또는 부등침하에 대하여 세심한 점검이 이루어져야 한다.

④ 상류사면에서는 저류수에 의하여 침식 또는 함몰현상이 발생할 수 있으며, 저수지 수위의 급격한 변동 시 사면활동이 발생할 수 있으므로 저수지내에서의 파랑, 비, 바람, 소용돌이에 의한 손상상태를 면밀히 조사한다.

⑤ 하류사면에서는 저수위의 변화와 일기를 고려한 누수량의 변화상태와 온도변화 그리고 습지 유무 등을 조사한다.

(나) 콘크리트댐

① 콘크리트댐의 균열, 침하 및 노후화상태에 대하여 세심한 점검을 하며 과도한 응력에 대한 댐체의 변형과 기초지반의 침하현상 발생여부에 대하여 점검하여야 한다.

② 균열은 누수의 경로가 되어 댐 결함의 중요한 요인으로 작용할 수 있으므로 균열위치, 방향, 깊이, 길이를 면밀히 점검하여야 하며, 특히 콘크리트댐에서의 이음새 손상 및 누수상태에 대하여 점검한다.

(다) 공통

① 양안부의 사면안정 검토를 위하여 지형 및 지질 상태, 식생상태, 인장균열 여부 등을 조사한다.

② 댐마루에서의 변위발생, 균열발생 및 가드레일의 변형을 조사하며, 댐 표면에 위치한 매설계기 및 기타 시설물의 손상상태를 조사한다.

③ 계측자료의 검토결과 댐 안전에 영향을 미칠 만큼 큰 변화가 있을 경우 기타 점검결과와의 상관성을 면밀히 검토한다.

④ 댐체에서의 식생상태와 유해동물의 서식에 의한 손상상태에 대하여 조사한다.

⑤ 기존의 사람에 의한 근접조사 대신에 영상처리기법을 이용한 외관조사 방법을 적용할 수 있다. 이 방법은 조사목적을 달성할 수 있는 해상도로 촬영된 디지털 영상을 획득하고, 수집된 영상자료는 영상처리기법을 이용하여 결함 및 손상에 대한 평가 자료로 활용할 수 있다.

3) 여수로

① 여수로는 댐의 중요한 부속구조물로서 여수로의 손상은 댐체에 직접 또는 간접적인 불안전요인으로 작용하는 경우가 많으므로 균열, 변형, 침하, 침식 등에 대하여 면밀한 조사를 시행하고 기능상 저해요소에 대하여도 조사한다.

② 여수로의 균열은 대부분 콘크리트 균열로 콘크리트 타설불량, 뒷채움재 초과응력, 기초지반의 부등침하, 알칼리골재반응, 풍화작용, 박리 등에 기인되므로 점검 시 세심한 조사가 이루어져야 한다.

③ 여수로 구조물에서의 누수는 여수로와 기초지반과의 접촉면, 여수로와 댐체와의 접촉면을 소홀히 취급하여 발생하는 경우가 많으므로 정밀한 조사가 필요하다.

④ 여수로의 변형은 물의 흐름을 방해하므로 여러가지 형태의 손상이 초래되고, 표면에 직접 작용하는 물의 흐름에 의해 침식이 발생되며, 알칼리골재반응에 의한 부식 등에 의하여 콘크리트 표면에서의 침식이 가속화되므로 상세한 점검을 한다.

⑤ 여수로 수문 개방 시 발생하는 교각부위의 와류발생 상태를 확인한다. 이때 비정상적이고 다량의 공기를 연행하는 와류는 콘크리트 세굴의 주요원인이 되므로 세심한 조사를 한다.

⑥ 여수로 바닥 콘크리트 변위, 균열, 심한 마모나 세굴 및 토사의 퇴적에 관하여 점검한다.

⑦ 콘크리트 이음부는 구조적으로 취약하고 시공과정에서 결함 발생가능성이 크고 동시에 균열 내에서의 수분 결빙은 구조물의 손상에 큰 영향을 미치므로 세심한 조사를 한다.

⑧ 접근수로의 식생상태, 바닥콘크리트상태, 사면활동, 수로장애물 등을 점검한다.

⑨ 공동현상으로 인한 여수로 도류부의 파손을 막기위한 공기흡입장치의 손상상태를

점검한다.

⑩ 감세공의 사류와 와류에 의한 감세지 바닥과 주변의 손상상태, 침식 및 호안상태를 점검한다.

⑪ 공도교는 콘크리트 균열 및 열화상태, 처짐, 철근부식, 상판 노면상태 교량 받침 하부의 콘크리트 상태 등을 점검한다.

4) 취수시설

① 취수탑 및 취수구 변형과 손상 등을 점검한다.

② 제진격자에 부유물 부착상태, 유입물 방지시설 등이 조사되어야 한다.

5) 수문 및 권양기

수문 및 권양기에 관련된 기전설비의 안전점검은 댐의 안전에 직접적으로 관련된 설비(댐체의 수문 및 권양기)에 대하여 실시한다.

나. 정밀안전진단 현장조사

1) 댐 기초자료 조사・분석

① 댐의 설계, 시공, 관리 및 운영에 사용된 각종기록, 자료 등을 조사・분석한다.

② 댐의 제반설비 및 변화 상태를 검토하기 위하여 각종 콘크리트 구조물, 금속성 구조물, 방류설비, 기계 및 전기설비, 수리설비에 대한 기록을 분석한다.

③ 댐 건설당시의 공사기록사진, 기록영화, 항공사진 등을 현재 상태와 비교・분석한다.

④ 댐 유역에 대한 수문 현황, 기상자료 및 유량자료를 분석・검토한다.

⑤ 과거 주요 재해현황, 즉 홍수피해, 지진상황에 대한 자료 등을 검토한다.

⑥ 댐 점검기록, 안전도검사 현황 그리고 댐 구조상의 문제점 및 결함사항 등을 검토한다.

⑦ 기초처리 설계도, 지질도, 제계산서(수리 및 구조계산서)등을 검토・분석한다.

⑧ 댐 보수이력 및 보수효과 자료를 검토하고, 저수지 토사 퇴적자료를 분석한다.

2) 댐 진단을 위한 현황조사

댐 진단의 기초자료로 사용하기 위한 조사내용, 조사지점, 조사방법 등을 신중히 고려하여 전문성이 있는 기관 또는 전문가가 조사한다.

다음과 같은 사항에 대하여 최근의 기존 조사자료를 최대한 활용하며, 필요시 현장조사를 실시한다.

(가) 변위측량

① 침하 및 변위를 측정하기 위하여 댐체의 외형을 측량하며, 이 경우 기존의 측량 성과물과 비교・검토를 한다.

② 댐체에 대한 측량은 댐마루의 상·하류측, 상류사면 그리고 하류사면에 기설되어 있는 침하핀을 이용하게 되며, 인근 고정지점에 설치되어 있는 기준점으로부터 측량하여 상대적인 침하 및 변위상태를 파악한다.

③ 필요시 양안부를 포함한 주변 지형측량을 수행하여 안부활동 등에 의한 댐체에 미치는 영향을 검토한다.

④ 주변 지형측량의 범위는 댐의 안전에 미칠 수 있는 영향범위로 현장답사 시 사전에 판단한다.

(나) 저수지내 퇴사량조사

댐 준공 후부터 정밀안전진단 수행 시점까지의 퇴사량 조사 결과를 검토하여 향후의 퇴사특성을 예측, 판단기준으로 활용할 수 있다.

또한, 퇴사량이 많은 경우 퇴사가 댐체에 외부하중으로 작용할 수 있으므로 이 경우에는 퇴사를 댐의 안정해석 시 하중조건으로 고려하여야 한다.

(다) 시추 및 토질조사

① 현장 시추조사는 주로 구조물 및 기초지반의 주상도를 구하고, 시료를 채취하기 위한 것이며, 이외에도 시추조사를 이용하여 각종 검사를 수행하고 향후 필요한 계측기기를 매설하기 위한 계측기 매설공으로도 사용할 수 있다.

② 현장 시추조사는 댐체에 최대한 손상을 주지 않도록 수행하되 위의 여러가지 활용목적을 감안하여 위치, 개소, 방법 등을 충분히 검토하여 계획을 수립, 수행한다.

③ 현장 시추조사를 필요로 할 경우에는 전문기술자의 판단에 의하여 조사 위치를 결정한다.

④ 댐 축조재료의 적정성과 댐의 현 상태를 조사하고 수치해석에서 필요한 각종 상수를 구하기 위하여 필요한 토질시험 등을 수행한다.

(라) 수리·수문조사

① 유역, 하천특성은 유역의 강우-유출간의 관계규명과 홍수량을 추정하는데 필요한 기초자료이며, 유역과 하천의 특성을 파악하기 위한 제반 인자를 분석한다.

② 댐 준공 후 관측된 기상과 수문자료 및 토지이용 변화를 분석함으로써 유출형태, 홍수양상, 설계에 사용된 확률홍수량 등에 대하여 검토한다.

③ 최근까지의 강우자료가 포함된 수문자료를 이용하여 확률홍수량 및 가능최대홍수량을 산정한 후 댐 설계당시의 설계홍수량과 비교·평가한다.

④ 저수지의 운영수위가 저수지 조작규정에 제시된 수위(상시만수위, 제한수위 등)에 적합하게 유지되는지 검토한다.

3) 댐체

정밀점검 외관조사 사항을 포함한 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

① 댐 지점의 지질 및 기초암반 상태를 진단하기 위한 현장 시추조사자료, 저수지 담수 전·후의 주변 지하수위도, 재료의 공학적 특성, 지질주상도, 기초암반처리 관련 조사자료를 검토한다.

② 기초지반의 침식활동과 양안부의 연약화 구조적 강도 유실을 유발하는 콘크리트의 강도와 노후화로서의 부식, 균열, 댐축의 불안전, 배수, 침투, 수로, 침전 및 접촉면에 대하여 검토한다.

③ 댐체와 인접한 접근도로상의 균열에 대한 종방향, 횡방향, 부등침하 등에 대하여 검토하고 발생원인 분석과 적정 보수·보강방법을 검토한다.

④ 콘크리트 손상에 대한 상태를 판단하고 콘크리트 이음부의 균열과 단차에 의한 침윤과 세굴상태를 진단한다.

⑤ 하류사면은 누수, 균열, 식생, 부식, 함몰, 풍화 등으로 인하여 댐 손상에 미치는 영향이 매우 클 수 있으므로 세부진단 및 상태평가가 이루어져야 한다.

⑥ 댐 양안부는 서식동물흔적, 접합부 처리불량, 사면균열, 지하수, 단층, 동결의 상태평가와 진단을 한다.

⑦ 댐 구조물에 작용하는 하중의 변화여부와 하중이 수리학적 또는 구조적 안정에 저해요소로 작용하는지에 대하여 검토한다.

⑧ 댐 진단을 위한 지질학적 재검토, 수문학적 재검토, 댐설계·시공, 댐 운영, 결함상태를 재검토·평가한다.

⑨ 댐의 변위, 누수량, 간극수압, 양압력, 응력변형, 내부온도, 개도현황, 누수량 등을 검토, 댐의 변형과 안전상태 등을 분석·평가한다.

⑩ 계측자료 분석

- ○ 댐체 및 기초암반의 제현상을 분석하기 위해서는 각종 계측자료는 적당한 도시로 나타낸다.
- ○ 계측자료의 표시는 각각의 계측항목에 대하여 위치별, 시간별 변화로 나타내는 경우와 댐체 내부에서의 계측항목별 계측치의 분포도로 나타낸다.
- ○ 계측자료의 분석은 댐체 시공, 담수, 운용과정을 충분히 반영한다.
- ○ 또한 지진, 일기, 계절 등 주변 환경변화를 고려하여야 하며 상호 상관성 여부를 검토한다.
- ○ 정상적인 댐 운용상태에서 계측치가 갑자기 큰 폭으로 변화하거나 특정부위에서 지나치게 크거나 작아 이상 현상으로 간주되는 경우 기타 진단방법에 의한 분석결과와 상호 비교·검토하여 원인을 규명한다.
- ○ 계측자료의 분석 전에는 자료의 신뢰도를 확보하기 위하여 계측기 및 계측자료 수집장치의 고장여부를 점검한다.

⑪ 수치해석

○ 댐의 제현상을 수치해석모델링에 의하여 해석함으로서 정밀안전진단을 위한 과거이력, 현재 그리고 미래에서의 발생 가능한 현상을 재현 또는 예측한다.

○ 수치해석 모델링은 각종 하중조건과 댐 운용 기간을 고려하는 것을 원칙으로 한다.

○ 일기, 계절 및 지진 등 자연환경의 변화를 충분히 반영하여 실제 댐의 제현상에 근접한 해석이 되도록 한다.

○ 이상현상 발생 시에는 대안을 수립하기 위하여 필요한 경우 별도의 수치해석모델링에 의한 해석을 수행할 수 있다.

○ 거동해석 결과는 응력 및 변형에 대한 분포도로 나타내어 이상현상 부위와 원인분석에 활용한다.

○ 필댐의 침투류해석은 침투수량에 대한 현상을 분석하고자 하는 것으로 설계 및 시공자료를 조사하며, 계측, 기타 해석치와의 상관성을 검토한다.

○ 필댐의 사면안정해석은 흙사면의 한계평형상태에 대한 안전율을 구하는 것으로 하중, 흙의 전단강도, 간극수압, 지진력 등을 고려하여 필댐 상·하류사면의 안전율을 구한다.

해석결과는 기타 정밀안전진단 방법에 의하여 도출된 결과와의 상호관계를 비교·검토한다.

○ 콘크리트댐은 침하, 전도, 기초지반의 지지력에 대하여 안정검토를 하고 필요시 댐체의 각 부위 및 기초암반과의 접촉면에 대한 응력해석을 실시한다.

4) 여수로

정밀점검 외관조사 사항을 포함한 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

① 여수로는 접근수로, 조절부, 도수로, 감세공 및 방수로 등으로 구분하며, 기초지반의 안정성, 배수상태 및 콘크리트의 세굴, 마모, 침식, 박리, 손상 등 세부 상태평가를 한다.

② 여수로의 수문학적 안전성을 평가할 때는 최근의 수문자료를 이용하여 홍수량을 산정하고, 여수로 방류능력을 검토한다.

③ 구조물 상태를 관찰하여 검토·분석한 결과 구조물안전에 영향을 미칠 수 있는 항목에 대하여 종합적인 안전성평가를 위해 지질, 수문, 설계, 시공, 관리운영에 대한 재검토를 한다.

5) 취수시설

정밀점검의 외관조사 사항을 기초로 정밀안전진단을 실시한다.

6) 수문 및 권양기

수문 및 권양기에 관련된 기전설비의 정밀안전진단은 댐의 안전에 직접적으로 관련된 설비(댐체의 수문 및 권양기)에 대하여 조사하며, 기본과업과 선택과업의 구분은 정

밀점검의 경우 [표 3.2]를 기준으로 하고, 정밀안전진단의 경우 [표 3.3]의 기준을 따른다. 그외 부대설비(취수문・방수문・ 기타밸브 등)에 대해서는 선택과업으로 실시한다.

[표 3.2] 기전설비 정밀점검 과업구분

구분	기본과업	선택과업(필요시)
외관조사	○수문(강재) 상태변화 -강재 부식 및 도장손상, 체결상태 등	○권양기 손상상태 - 와이어로프, 감속기 등 ○기타 기전설비의 손상
조사・재료시험		○강재조사・시험 - 도막두께측정 ○수문조사시험(기전설비) - 각종 기기 작동시험 - 절연・접지저항 측정 ○계측시설 조사

[표 3.3] 기전설비 정밀안전진단 과업구분

구분	기본과업	선택과업(필요시)
외관조사	○수문(강재) 상태변화 -강재 부식 및 도장손상, 체결상태 등	○기계설비 상태조사 -수문 및 권양기 -주요마찰부 작동조사 (베어링, 기어, 롤러 등) -와이어로프, 시브 등 ○전기설비 상태조사 -수문현장제어반 -구동모터 및 부속설비 ○부대설비 등 손상상태
조사・재료시험	○강재(수문) 조사 -도막두께측정 -수문의 작동 유무 ○계측기의 작동 유무	○강재 용접부 조사 -초음파두께측정 -자분탐상 또는 초음파탐상 ○수문 기계조사시험 -소음・진동 측정 -치면경도 측정 등 ○수문 전기조사시험 -전압,운전전류 측정 -절연・접지저항 측정 등 ○계측시설 조사

[표 3.4] 기계설비의 조사사항

구 분	세 부 사 항
가이드 롤러(Guide Roller)	균열, 부식, 고착상태, 체결상태
러버씰(Rubber Seal)	누수, 볼트체결상태
시브(Sheave)	균열, 부식, 고착상태
힌지(Hinge)	균열, 고착상태
드럼(Drum) 및 기어(Gear)	균열, 치면마모 상태
스러스트 브레이크(Thrust Brake)	밴드(Bend)마모, 드럼균열
로프 앤드 스핀들(Rope End Spindle)	로프상태, 운전상태
수문 및 문틀	도장 및 부식상태

[표 3.5] 전기설비의 점검사항

구 분	세 부 사 항
수문 현장제어반 및 조작반	반의 변형·파손 등의 유무, 조작 및 작동 가능여부
수문 전원공급용 저압배전반	변형·파손 등의 유무, 작동 가능여부
수문 구동모터 및 브레이크장치 등	변형·파손 등의 유무, 작동 가능여부

3.3 재료시험 항목 및 기준수량

3.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 3.6] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 염화물함유량[1)] ○ 철근탐사 시험
수문(강재)	–	○ 도막두께측정
기계·전기설비	–	○ 수문조사시험(기전설비)

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 3.7] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본과업	콘크리트 구조물	○콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
선택과업	콘크리트 구조물	○콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
		○철근탐사	○콘크리트 물성시험을 위한 철근위치(깊이) 탐사
		○염화물함유량 시험	○시료채취 및 평가
	수문 (강재)	○도막두께측정	○도장 및 부식 상태파악
	기계 전기	○수문조사시험(기전설비)	○기기의 특성과 상황 등을 고려 실시 ○주요외관조사 및 허용기준의 초과 여부

나. 재료시험 기준수량

[표 3.8] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	필 댐	콘크리트댐	비고
반발경도시험	○ 개별시설별 3회 이상 ○ 여수로 : 개별시설별 3회 이상	○ 월류부 : 블록별 1회 이상 ○ 비월류부 : 2~3블록별 1회 이상	
탄산화 깊이 측정[1)]	○ 개별시설별 1회 이상 ○ 여수로 : 개별시설별 1회 이상	○ 월류부 : 블록별 1회 이상	

주 1) 콘크리트댐의 경우 무근콘크리트 부위를 제외한 철근콘크리트인 월류부의 복합부재별로 평가가 가능하도록 실시하여야 한다.

[표 3.9] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
코어채취[1)]	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강도 및 염화물함유량 시험 등
철근탐사시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
염화물함유량시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
도막두께측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 주요부재 외판
각종 기기 작동시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 정밀안전진단 참조

주1) 관리주체와 협의하여 코어를 채취했을 경우, 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다. 단, 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

3.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 3.10] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 – 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 염화물함유량시험[1)] ○ 철근부식도 측정 ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조
수문(강재)	○ 도막두께측정	○ 초음파두께측정 ○ 강재 용접결함조사
기계설비	○ 수문 작동유무	○ 수문 기계조사시험 –와이어로프 직경측정(정지시) –치면 경도측정 –소음·진동 측정 –주요마찰부 작동확인 (베어링, 기어, 롤러)
전기설비	○ 수문 작동유무	○ 수문 전기조사시험 –공급전압 및 운전전류측정 –절연·접지저항측정 –주요부재의 작동확인 (현장제어반, 구동모터 등)

주1) 염화물함유량 시험은 [표 3.6]에 따라 실시한다.

[표 3.11] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
		○콘크리트 염화물함유량 시험	○시료채취 및 평가
		○철근부식도 시험	○주요부재의 철근 대상 ○철근부식확률 평가
		○균열깊이 조사	○발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○허용균열폭과의 비교・검토
	수문 (강재)	○도막두께측정	○도장상태 파악
	기전설비	○수문 작동 유무[1)]	○자동 및 수동작동 가능여부 등 판단
선택 과업	콘크리트 구조물	○콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 – 필댐의 경우, 여수로 – 콘크리트댐의 경우, 댐체 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○콘크리트 물성 및 미세구조	○강도, 비중, 흡수율, 수분함량 등
	수문 (강재)	○초음파두께측정	○강재의 부식정도 파악
		○강재 용접결함 조사	○강재용접 결함(균열 등) 평가 ○자분탐상 또는 초음파탐상 등
	기계설비	○수문 기계조사시험	○와이어로프 허용 감소량 초과여부 ○치면경도 변화 및 마모정도 파악 ○소음・진동 허용범위 초과여부 ○주요마찰부 정상작동 여부
	전기설비	○수문 전기조사시험	○절연 접지저항 허용기준의 초과여부 ○전압 전류의 허용기준 초과 여부 ○주요부재의 정상작동 여부

주1) ◦ 수문작동 가능여부에 대한 육안관찰을 말하며, 이에 대한 평가는 3.3.2절의 나. 기계・전기설비의 “작동 여부” 평가기준에 따른다.

나. 재료시험 기준수량

[표 3.12] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	필 댐	콘크리트댐	비 고
반발경도시험 초음파 전달속도시험	○ 개별시설별 3회 이상 ○ 여수로 : 개별시설별 6회 이상	○ 월류부 : 블록별 1회 이상 ○ 비월류부 : 2~3블록별 1회 이상	· 동일 부위에서 시험
철근탐사시험[1)]	○ 개별시설별 3회 이상 ○ 여수로 : 개별시설별 6회 이상	○ 월류부 : 블록별 1회 이상	
탄산화 깊이 측정[1)]	○ 개별시설별 3회 이상 ○ 여수로 : 개별시설별 3회 이상	○ 월류부 : 블록별 1회 이상	
염화물 함유량시험	○ 개별시설별 3회 이상 ○ 여수로 : 개별시설별 3회 이상	○ 월류부 : 블록별 1회 이상	
철근부식도 시험[2)]	○ 복합시설별 1회 이상	○ 복합시설별 1회 이상	· 시험 실시의 근거 명기
균열깊이 조사	○ 세부시설별 상태평가 및 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 조사 및 수량 결정		· 상태평가 기준 참조
도막두께측정	○ 주부재 외판의 3개소 이상 (1개소/4회 이상)		
수문 작동여부[3)]	○ 진단 기간 중 최소 1회 이상		

주1) 콘크리트댐의 경우 무근콘크리트 부위를 제외한 철근콘크리트인 월류부의 복합부재별로 평가가 가능하도록 실시하여야 한다. 철근탐사시험은 기존진단에서 조사결과 및 분석자료가 있는 경우 분석항목에서 제외할 수 있다.

주2) 철근부식이 의심스러운 경우, 책임기술자의 판단에 따라 조사수량 추가

주3) 관리주체의 작동 협조를 받아 실시하며, 상승, 상승 중 정지, 재 상승, 하강, 하강 중 정지, 재 하강으로 구분하여 작동상태를 확인. 관리주체와 책임기술자의 협의 결과에 따라 실시 여부를 결정한다.

[표 3.13] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
코어채취[1]	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·실내시험 선택과업
초음파두께측정	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·스킨플레이트를 최소 3개소 이상 측정(개소당 4회 측정)
강재 용접결함 탐상	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·자분탐상 또는 초음파탐상
와이어로프 직경 측정2)	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
공급전압 및 운전전류측정[3]	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
접지저항측정[4]	○각 설비의 대수별 1회 이상 측정	
절연저항측정[5]	○선로별로 1회 이상 측정 ○각 설비의 대수별 1회 이상 측정	

주1)관리주체와 협의하여 코어를 채취했을 경우, 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다. 단, 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

주2) 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버어니어 캘리퍼스로 10㎝ 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단한다.

주3) 구동모터의 현장제어반 및 조작반에 부착된 전압·전류계 또는 클램프미터, 전력분석기 등을 이용하여 구동모터의 정·역운전 상태에서 각상의 전압·전류를 각각 1회 이상 측정하여야 하며, 이때 측정된 값이 정격전압의 허용범위 이내를 유지하는지, 운전전류가 명판상에 기재된 정격전류를 초과하는지 등을 확인한다.

주4) 온도·습도 및 토양의 상황 등에 의하여 변화하므로 접지 저항계 등을 사용하여 접지시스템별로 분류하여 측정한다.

주5) 날씨, 기온, 습도, 오염의 정도 등에 따라 좌우되기 때문에 사용의 상황, 기상조건 등을 염두에 두고 그 적부를 판정한다.

- 500V의 절연 저항계를 사용하여 간선용 혹은 분기용으로 시설하는 개폐기 또는 차단기 등으로 구분 지을 수 있는 선로별로 1회 이상 측정
- 전동기의 경우 전로와 대지간 뿐만 아니라, 코일-권선 간의 절연상태를 설비의 대수별로 1회 이상 측정

3.4 상태평가 기준 및 방법

3.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형·영향계수 및 기준산정 방법

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

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

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

② 국부결함

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

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

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

나. 상태평가 항목 및 기준

1) 필댐

(가) 댐체 및 양안부

[댐 마 루]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
종·횡방향 균열	중요 결함	1.0	a	5	○종·횡방향 균열이 없는 최상의 상태
			b	4	○종·횡방향 균열길이 0~1m, 제정의 10% 이하인 상태
			c	3	○종·횡방향 균열길이 1~5m, 제정의 10~50% 상태
			d	2	○종·횡방향 균열길이 5m이상, 제정의 50% 이상 ○난간이 기울어진 상태
			e	1	○종·횡방향 균열길이 5m이상, 제정의 50% 이상 ○종방향 균열깊이가 저수위 이하이고, 횡방향 균열이 깊고 저수위 이하까지 진행되었을 경우
침 하	중요 결함	1.0	a	5	○결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○침하 및 부등침하량이 10㎝ 이하로 경미한 상태
			c	3	○과다한 침하 및 부등침하량이 10~50㎝인 상태
			d	2	○과다한 침하 및 부등침하량이 50㎝ 이상 ○댐마루 도로의 경사와 사면이 함몰된 상태
			e	1	○과다한 침하 및 부등침하량이 50cm 이상 ○상시만수위 0.6m까지 진행된 매우 위험한 상태
수평변위	중요 결함	1.0	a	5	○결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○과도한 수평변위가 없는 양호한 상태
			c	3	○과도한 수평변위의 징후가 존재하나 경미한 상태 (융기 0~50㎝, 측방이동 0~30㎝ 변위 발생시)
			d	2	○과도한 수평변위로 댐마루 도로의 변형이 심각한 상태 (융기 50㎝ 이상, 측방이동 30㎝ 이상 변위 발생시)
			e	1	○과도한 수평변위로 댐마루 도로의 변형이 매우 위험한 상태 (융기 50㎝ 이상, 측방이동 30㎝ 이상 변위 발생시)
제체유실	중요 결함	1.0	a	5	○결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○댐마루 제체의 유실면적이 5㎡ 이하인 상태
			c	3	○댐마루 제체의 유실면적이 5~15㎡ 인 상태
			d	2	○댐마루 제체의 유실면적이 15㎡ 이상 심각한 상태 (침하량과 누수량이 서서히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
			e	1	○댐마루 제체의 유실면적이 15㎡ 이상 매우 위험한 상태 (침하량과 누수량이 급격히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
사면 불안정	중요 결함	1.0	a	5	○최상의 건전한 상태
			b	4	○댐체에 슬라이딩 길이가 1m 이하의 손상이 있는 상태
			c	3	○댐체에 슬라이딩 길이가 1~2m 이하의 손상이 있는 상태
			d	2	○댐체에 슬라이딩 길이가 2m 이상의 손상이 있는 상태
			e	1	○댐체에 슬라이딩 길이가 2m 이상 매우 위험한 상태

[상 류 사 면]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
누 수	중요 결함	1.0	a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 댐체를 통한 누수가 일정한 양호한 상태
			c	3	○ 댐체를 통한 누수가 크게 증가하지 않는 보통의 상태
			d	2	○ 댐체를 통한 초과누수로 저수지 수면에 거품 또는 소용돌이 현상이 시작되는 심각한 상태
			e	1	○ 댐체를 통한 초과누수로 저수지 수면에 거품 또는 소용돌이 현상, 저수지 수위의 저하, 함몰 등의 현상이 매우 심각한 상태
침하 및 변형	중요 결함	1.0	a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 침하깊이 0～10㎝, 제체의 변형 0～10%인 상태
			c	3	○ 침하깊이 10～50㎝, 제체의 변형 10～50%인 상태
			d	2	○ 침하깊이 50㎝ 이상, 제체의 변형 50% 이상인 상태
			e	1	○ 침하깊이 50㎝ 이상, 제체의 변형 50% 이상 위험한 상태
차수벽 노후화	중요 결함	1.0	a	5	○ 차수벽의 노후화가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 차수벽의 노후화가 없는 양호한 상태
			c	3	○ 차수벽의 노후화가 경미한 상태 (슬래브 균열폭<0.1㎜, 죠인트 열림<2.0㎜, 철근부식확율 50%일 때)
			d	2	○ 차수벽의 노후화가 심각한 상태 (슬래브 균열폭≥0.1㎜, 죠인트 열림≥2.0㎜, 철근부식확율 90%이상일 때)
			e	1	○ 차수벽의 노후화가 매우 심각한 상태 (슬래브의 균열, 죠인트의 분리, 죠인트 열림>2.5㎜, 철근의 부식확율이 100% 일 때)
사면불안정 및 사면보호	중요 결함	1.0	a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 사면 전체의 0～10%가 유실된 상태
			c	3	○ 사면 전체의 10～50%가 유실된 상태
			d	2	○ 사면 전체의 50% 이상 유실된 심각한 상태
			e	1	○ 사면 전체의 50% 이상이 유실된 매우 위험한 상태
사면침식	국부 결함	1.0	a	5	○ 사면침식이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 사면침식고가 0～0.5m 이하인 상태
		1.2	c	3	○ 사면침식고가 0.5～2m 이하이며, 사석의 유실이 일부 존재하는 상태
		1.4	d	2	○ 사면침식고가 2m이상이며, 소협곡이 이루어지는 초기상태
		2.0	e	1	○ 사면침식고가 2m이상이며, 소협곡이 이루어진 매우 위험한 상태

[하 류 사 면]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
누 수	중요 결함	1.0	a	5	○댐체의 과도한 누수가 없는 최상의 상태
			b	4	○댐체의 과도한 누수가 거의 없는 양호한 상태 (0.1 L/sec 이하)
			c	3	○댐체의 과도한 누수의 징후가 시작되는 경미한 상태 (0.1～1.0 L/sec)
			d	2	○댐체의 과도한 누수로 탁류 발생, 평소 누수량보다 증가 시 (1.0 L/sec 이상)
			e	1	○댐체의 과도한 누수로 탁류 발생, 누수의 온도변화가 심하고, 비강우시 누수량이 평소 누수량의 배 이상 증가 시 (1.0 L/sec 이상)
사면불안정	중요 결함	1.0	a	5	○사면불안정이 없는 최상의 상태
			b	4	○사면불안정이 없는 양호한 상태
			c	3	○얕은 균열 및 활동, 융기 및 함몰, 습윤지 등이 부분적으로 나타나 사면불안정이 경미한 상태
			d	2	○깊은 균열 및 활동, 융기 및 함몰, 습윤지 등이 나타나 사면불안정이 시작되는 상태
			e	1	○깊은 균열 및 활동, 융기 및 함몰, 습윤지 등이 하류사면 지단과 접하게 되어 사면불안정이 매우 심각한 상태
사면보호 상태	중요 결함	1.0	a	5	○사면불안정의 징후가 없는 최상의 상태
			b	4	○사면 전체의 0～10%가 유실된 상태
			c	3	○사면 전체의 10～50%가 유실된 상태
			d	2	○사면 전체의 50% 이상이 유실된 매우 심각한 상태
			e	1	○사면 전체의 50% 이상이 유실된 매우 위험한 상태
침하 및 변형	중요 결함	1.0	※ 상류사면과 동일 평가		
사면침식	일반 손상	1.0	a	5	○사면침식이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○사면침식이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○사면침식이 일부 나타난 경미한 상태
		1.7	d	2	○사면침식에 의하여 도랑이 형성되기 시작하는 상태
		3.0	e	1	○사면침식에 의하여 도랑이 형성된 매우 심각한 상태
식 생	일반 손상	1.0	a	5	○사면에 식생이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○사면에 일년생 식물이 있는 상태
		1.3	c	3	○사면에 다년생 식물이 있는 상태
		1.7	d	2	○사면에 관목류가 있는 상태
		3.0	e	1	○사면에 다년생 식물 및 관목류가 있는 상태
동물의 굴	일반 손상	1.0	a	5	○사면에 동물의 서식 흔적이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○사면에 동물의 굴 직경이 0～1㎝, 개수 0～1개
		1.3	c	3	○사면에 동물의 굴 직경이 1～5㎝, 개수 2～4개
		1.7	d	2	○사면에 동물의 굴 직경이 5㎝ 이상, 개수 5개 이상
		3.0	e	1	○사면에 동물의 굴 직경이 5㎝ 이상이 수없이 존재

[기초 및 양안부]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
침하	중요 결함	1.0	a	5	○ 과도한 침하, 부등침하가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 과도한 침하, 부등침하가 없는 양호한 상태
			c	3	○ 과도한 침하, 부등침하가 경미한 상태
			d	2	○ 과다한 침하 및 부등침하로 댐마루 도로의 경사와 사면이 함몰되고 기초가 불안정한 상태
			e	1	○ 과다한 침하 및 부등침하가 상시만수위 0.6m까지 진행되고, 기초가 불안정한 매우 심각한 상태
기초의 불안정	중요 결함	1.0	a	5	○ 기초의 불안정이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 기초의 불안정이 없는 양호한 상태
			c	3	○ 기초의 불안정이 경미한 상태
			d	2	○ 과다한 침하 및 부등침하로 기초가 불안정한 상태
			e	1	○ 과다한 침하 및 부등침하로 기초가 불안정한 매우 심각한 상태
기초의 침 식 및 침 투	중요 결함	1.0	a	5	○ 기초 및 양안부의 침식, 과도한 침투가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 기초 및 양안부의 침식, 과도한 침투가 없는 양호한 상태
			c	3	○ 기초 및 양안부의 침식, 과도한 침투가 일부 나타나는 경미한 상태
			d	2	○ 기초 및 양안부의 침식, 과도한 침투로 도랑이 형성되고, 탁류 발생, 평소 누수량보다 증가하여 심각한 상태
			e	1	○ 기초 및 양안부의 침식, 과도한 침투로 도랑이 형성되고, 누수의 온도 변화가 심하고, 비강우시 누수량이 평소 누수량의 배 이상 증가하여 매우 심각한 상태

(나) 여수로

[접 근 수 로]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
콘크리트 라이닝 손상	일반 손상	1.0	a	5	○ 콘크리트 라이닝 손상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 콘크리트 라이닝 손상이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○ 콘크리트 라이닝 손상이 경미한 상태
		1.7	d	2	○ 콘크리트 라이닝에 균열 또는 슬래브의 변형이 심각한 상태
		3.0	e	1	○ 콘크리트 라이닝에 균열 또는 슬래브의 변형이 매우 심각한 상태
불안정한 측벽 또는 라이닝	일반 손상	1.0	a	5	○ 불안정한 측벽 또는 라이닝 손상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 불안정한 측벽 또는 라이닝 손상이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○ 불안정한 측벽 및 라이닝에 균열, 누수 등 손상이 경미한 상태
		1.7	d	2	○ 불안정한 측벽의 배수불량, 배면토압 증가에 의한 균열과 라이닝면의 균열 또는 히빙현상 등 손상이 심각한 상태
		3.0	e	1	○ 불안정한 측벽의 배수불량, 배면토압 증가와 라이닝 라이닝면의 균열 또는 히빙현상 등 손상이 매우 심각한 상태
접근수로 상부의 자연사면 불안정	일반 손상	1.0	a	5	○ 접근수로 상부의 자연사면 불안정이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 접근수로 상부의 자연사면 불안정이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○ 접근수로 상부의 자연사면이 일부 낙석이 있는 상태
		1.7	d	2	○ 접근수로 상부의 자연사면이 일부 사면붕괴 및 균열로 여수로가 손상받을 위험이 존재하는 상태
		3.0	e	1	○ 접근수로 상부의 자연사면이 국부적인 사면붕괴 및 균열로 여수로가 봉쇄되거나 손상받을 위험이 존재하는 상태
접근수로내의 식생 및 잡물	일반 손상	1.0	a	5	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 경미한 상태
		1.7	d	2	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 수문조작을 방해하는 상태
		3.0	e	1	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 산사태 등으로 여수로를 봉쇄할 위험이 있는 상태

[조 절 부]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
에이프런 구조물의 손상 및 노후화	국부 결함	1.0	a	5	○ 에이프런 구조물의 손상 및 노후화가 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 에이프런 구조물의 손상 및 노후화가 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 에이프런 구조물의 손상 및 균열, 박락, 철근노출 등 노후화가 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 에이프런 구조물의 손상 및 이음부 균열을 통한 침투, 부등침하 ≤ 5㎜ 등 노후화가 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 에이프런 구조물의 손상 및 이음부 균열을 통한 침투, 부등침하 > 5㎜ 등 노후화가 매우 심각한 상태
피어와 벽체 구조물의 손상 및 노후화	국부 결함	1.0	a	5	○ 피어와 벽체 구조물의 손상 및 노후화가 없는 최상의 건전한 상태
		1.1	b	4	○ 피어와 벽체 구조물의 손상 및 균열, 백태, 일부누수, 박리·박락, 세굴, 콘크리트 탈락 등 노후화가 경미한 상태
		1.2	c	3	○ 피어와 벽체 구조물의 손상 및 균열, 백태, 일부누수, 박리·박락, 세굴, 콘크리트 탈락 등 노후화가 진행되어 성능회복을 위한 보수를 필요로 하는 상태
		1.4	d	2	○ 피어와 벽체 구조물의 손상 및 철근노출, 시공이음부 단차 > 2㎜ 등 노후화가 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 피어와 벽체 구조물의 손상 및 이음부 균열, 시공이음부 단차 > 5㎜ 등 노후화가 매우 심각한 상태
월류부 웨어 구조물의 손상 및 노후화	국부 결함	1.0	a	5	○ 월류부 웨어 구조물의 손상 및 노후화가 없는 최상의 건전한 상태
		1.1	b	4	○ 월류부 웨어 구조물의 손상 및 균열, 백태, 일부누수, 박리·박락, 세굴, 콘크리트 탈락 등 노후화가 경미한 상태
		1.2	c	3	○ 월류부 웨어 구조물의 손상 및 균열, 백태, 일부누수, 박리·박락, 세굴, 콘크리트 탈락 등 노후화가 진행되어 성능회복을 위한 보수를 필요로 하는 상태
		1.4	d	2	○ 월류부 웨어 구조물의 손상 및 철근노출, 시공이음부 단차>2㎜, 시공이음부 누수 등 노후화가 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 월류부 웨어 구조물의 손상 및 균열, 박락, 철근노출, 이음부의 균열을 통한 누수, 시공이음부 단차 > 5㎜ 등 노후화가 매우 심각한 상태
수문가이드, 각락가이드 또는 수문지수판에서의 공동화 현상	국부 결함	1.0	a	5	○ 수문가이드, 각락 가이드 또는 수문 지수판에서의 공동화 현상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 수문가이드, 각락 가이드 또는 수문 지수판에서의 공동화 현상이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 수문가이드, 각락 가이드 또는 수문 지수판에서의 공동화 현상이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 수문가이드, 각락 가이드 또는 수문 지수판에서의 공동화 현상이 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 수문가이드, 각락 가이드 또는 수문 지수판에서의 공동화 현상이 매우 심각한 상태

[도 수 로]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차	중요 결함	1.0	a	5	○ 바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차가 없는 양호한 상태
			c	3	○ 바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 < 2㎜ 상태
			d	2	○ 바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 ≥ 2㎜ 상태
			e	1	○ 바닥슬래브의 부등침하로 인한 슬래브판의 변형, 들뜸, 단차 > 5㎜ 매우 심각한 상태
바닥슬래브의 콘크리트 균열 및 손상	국부 결함	1.0	a	5	○ 바닥슬래브의 콘크리트 균열 및 손상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 바닥슬래브의 콘크리트 균열 및 손상이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 바닥슬래브의 콘크리트 균열 및 손상이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 바닥슬래브의 콘크리트 균열 폭>1.0㎜, 깊이>15㎝로 손상이 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 바닥슬래브의 콘크리트 균열 폭>5.0㎜, 깊이>30㎝, 철근노출 등 손상이 매우 심각한 상태
벽체의 손상 및 노후화	국부 결함	1.0	a	5	○ 벽체의 손상 및 노후화가 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 벽체의 손상 및 노후화가 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 벽체의 손상 및 노후화가 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 벽체의 손상이 시공이음부 단차 > 2㎜, 균열 및 누수 등 노후화가 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 벽체의 손상이 시공이음부 단차 > 5㎜, 균열 및 누수, 박락, 철근노출 등 노후화가 매우 심각한 상태
횡방향 이음부의 손상	국부 결함	1.0	a	5	○ 횡방향 이음부의 손상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 횡방향 이음부의 손상이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 횡방향 이음부의 누수 < 4 L/min 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 횡방향 이음부의 누수 > 75 L/min 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 횡방향 이음부의 공동현상, 콘크리트 탈락, 누수가 이음부위당 > 370 L/min 매우 심각한 상태

[감 세 공]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
플립버켓의 세굴	중요 결함	1.0	a	5	○ 플립버켓의 세굴이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 플립버켓의 세굴이 없는 양호한 상태
			c	3	○ 플립버켓의 세굴구멍의 지름과 깊이 < 0.15m 상태
			d	2	○ 플립버켓의 세굴구멍의 지름과 깊이 > 0.30m 상태
			e	1	○ 플립버켓의 세굴이 기초에 도달한 매우 심각한 상태
플립버켓의 하류 또는 기초의 침식	중요 결함	1.0	a	5	○ 플립버켓의 하류 또는 기초의 침식이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 플립버켓의 하류 또는 기초의 침식이 없는 양호한 상태
			c	3	○ 플립버켓의 하류 또는 기초의 침식이 경미한 상태
			d	2	○ 플립버켓의 하류 또는 기초의 침식이 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 5㎜)
			e	1	○ 플립버켓의 하류 또는 기초의 침식이 매우 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 12㎜, 측벽기울기 > 10°)
플립버켓의 이음부 손상	국부 결함	1.0	a	5	○ 플립버켓의 이음부 손상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 플립버켓의 이음부 손상이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 플립버켓의 이음부에 침식, 균열 등 손상이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 플립버켓의 이음부에 침식, 균열 등 손상이 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 플립버켓의 이음부에 침식, 균열 등 손상이 매우 심각한 상태
정수지 바닥 및 측벽의 세굴	국부 결함	1.0	a	5	○ 정수지 바닥 및 측벽의 세굴이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 정수지 바닥 및 측벽의 세굴이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 정수지 바닥 및 측벽의 세굴이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 정수지 바닥 및 측벽의 세굴 > 0.15m 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 정수지 바닥 및 측벽의 세굴이 슬래브 전체 두께 침식 또는 파괴로 매우 심각한 상태 (균열 폭 > 12㎜, 측벽기울기 > 10°)

(다) 취수시설 및 방수로

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
취수탑 파손 및 변위 발생	중요 결함	1.0	a	5	○ 취수탑의 파손 및 변위 발생이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 취수탑의 파손 및 변위 발생이 없는 양호한 상태
			c	3	○ 취수탑의 파손 및 변위 발생이 경미한 상태
			d	2	○ 취수탑의 수문 파손 및 변위 발생(기울기 > 5°)이 심각한 상태
			e	1	○ 취수탑의 수문 파손으로 작동 불능 및 변위 발생 (기울기 > 10°)이 매우 심각한 상태
취수량 감소 및 취수 곤란	국부 결함	1.0	a	5	○ 취수량 감소 및 취수 곤란이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 취수량 감소 및 취수 곤란이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 취수량 감소 및 취수 곤란이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 취수량 감소 및 취수 곤란이 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 취수량 감소 및 취수 곤란이 매우 심각한 상태 (수문 작동 불능)
제진 격자망의 부식 및 변형 손상	국부 결함	1.0	a	5	○ 제진 격자망의 부식 및 변형 손상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 제진 격자망의 부식 및 변형 손상이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 제진 격자망의 부식 및 변형 손상이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 제진 격자망의 부식 및 변형 손상이 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 제진 격자망의 부식 및 변형 손상이 매우 심각한 상태 (수문 작동 불능)
둑과 사면의 침식	국부 결함	1.0	a	5	○ 둑과 사면의 침식이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 둑과 사면의 침식이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 둑과 사면의 침식이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 둑과 사면의 침식이 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 둑과 사면의 침식이 매우 심각한 상태

(라) 기계설비

[권 양 기]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	상태평가 기준
작동 유무 (수문 및 권양기)	중요 결함	1.0	a	5	○ 상승 및 하강에 이상이 없는 양호한 상태
			b	4	○ 작동시 이음발생이 없으며 상승 및 하강에 이상이 없는 정상의 상태
			c	3	○ 상승 및 하강이 가능하나 이음발생 등이 있으며, 상하한 자동정지가 불량하나, 약간의 조정으로 원상복구가 가능한 상태
			d	2	○ 상승 및 하강이 정상 작동되지 않고, 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
			e	1	○ 전혀 작동되지 않는 상태
와이어 로프 손상	국부 결함	1.0	a	5	○ 와이어 로프의 손상이 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○ 와이어 로프의 손상이 없는 건전한 상태
		1.2	c	3	○ 와이어 로프 표면의 그리스 도포가 불량한 상태
		1.4	d	2	○ 와이어 로프 표면에 산화부식 진행상태, ○ 약간의 꺽임이 발생한 상태
		2.0	e	1	○ 와이어 로프의 직경감소가 7%이상, ○ 하나의 꼬임에서 소선 절단이 10% 이상, ○ 심한 킹크가 있는 경우
마찰부손상 (시브, 감속기, 커플링)	일반 손상	1.0	a	5	○ 손상이 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○ 손상이 없는 건전한 상태
		1.3	c	3	○ 약간의 이음 이상진동이 있으나 사용가능한 상태, ○ 그리스 도포가 불량한 상태
		1.7	d	2	○ 부식고착으로 이음 이상진동이 과다한 상태 ○ 그리스가 건조되거나 이물질이 다량 함유된 상태
		3.0	e	1	○ 손상 등이 발생하여 보수가 필요한 상태 ○ 정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한적 작동이 되는 상태

[수문 및 문틀]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	상태평가 기준
문비(강재) 부식	중요 결함	1.0	a	5	○부식이 없음
			b	4	○전면부식이 조금 발견되거나, 건전부 모재두께의 5%미만의 점부식이 관찰되는 상태
			c	3	○가벼운 전면부식이 전단면에 발생되거나, 건전부 모재두께의 5~10%의 점부식이 관찰되는 상태
			d	2	○심화된 전면부식이 전단면에 발생되어 있거나, 건전부 모재두께의 10~30%의 점부식이 관찰되는 상태로 보수를 하지 않으면 안되는 상태
			e	1	○전면부식과 건전부 모재두께의 30% 이상의 점부식으로 인하여 당장 보강을 하지 않으면 안되는 상태
문비 변형	국부 결함	1.0	a	5	○문짝에 변형이 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○문짝의 변형을 육안으로 판별이 어려운 상태
		1.2	c	3	○외부충격에 의한 국부적인 변형이 발생한 상태이나 기능에 이상이 없는 상태
		1.4	d	2	○변형이 경간의 1/800이상 발생한 상태
		2.0	e	1	○변형으로 작동이 원활하지 못한 상태로 작동시 접촉, 끼임 발생과 부분적인 두께감소가 1/2이상인 경우
누 수	일반 손상	1.0	a	5	○누수가 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○누수 가능성이 없는 건전한 상태
		1.3	c	3	○미세한 누수 가능성이 있는 경미한 상태
		1.7	d	2	○지수고무의 훼손 및 밀착불량 등으로 부분적인 누수가 발생하는 상태
		3.0	e	1	○문짝의 변형으로 누수가 다량으로 발생하여 별도 부대설비(모래주머니)를 설치하여야 지수가 가능한 상태
마찰부 손상 (롤러 힌지)	일반 손상	1.0	a	5	○부식고착이 없고 회전이 원활한 건전한 상태
		1.1	b	4	○부식고착이 있으나, 회전이 원활한 건전한 상태
		1.3	c	3	○고착으로 회전 및 작동이 불량하나, 수문의 작동에는 이상이 없는 상태
		1.7	d	2	○고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 수문작동이 불량한 상태
		3.0	e	1	○고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 작동이 불가능한 상태

(마) 전기설비

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
작동 유무	중요 결함	1.0	a	5	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 없는 양호한 상태
			b	4	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 없는 건전한 상태
			c	3	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 경미한 상태 (현장제어반 및 조작반, 구동모터, 브레이크 등의 결함이 경미하여 현장에서 즉시 초치가 가능한 상태)
			d	2	○ 전기적으로 수문작동이 불량한 상태 (정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태)
			e	1	○ 전기적으로 수문작동이 전혀 되지 않는 상태
현장제어반 및 조작반 불량	일반 손상	1.0	a	5	○ 현장 제어반의 불량이 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○ 현장 제어반의 불량이 없는 건전한 상태
		1.3	c	3	○ 현장 제어반의 불량이 경미한 보통인 상태 (불량이 경미하여 전기설비의 기동 및 운전에 영향이 없는 상태, 절연: 경년열화를 고려한 1MΩ 정도, 접지: 규정치 이내의 상태)
		1.7	d	2	○ 현장 제어반 상태가 불량인 상태 (불량이 심각하여 전기설비의 기동 및 운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연: 규정치~1MΩ이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
		3.0	e	1	○ 현장 제어반의 불량이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 전기설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태, 절연: 0MΩ이하, 접지: 규정치의 +30% 초과~ ∞)
구동모터 및 브레이크 장치 불량	일반 손상	1.0	a	5	○ 구동모터·브레이크장치의 불량이 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○ 구동모터·브레이크장치의 불량이 없는 건전한 상태
		1.3	c	3	○ 구동모터·브레이크장치의 불량이 경미한 보통인 상태 (불량이 경미하여 설비운전에 영향이 없는 상태, 절연: 경년열화를 고려한 1MΩ 정도, 접지: 규정치 이내의 상태)
		1.7	d	2	○ 구동모터·브레이크장치의 상태가 불량한 상태 (불량이 심각하여 설비운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연: 규정치~1MΩ이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
		3.0	e	1	○ 구동모터·브레이크장치의 불량이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 설비운전이 불가능한 상태, 절연: 0MΩ이하, 접지: 규정치의 +30% 초과~ ∞)

2) 콘크리트댐

(가) 댐체

[댐 마 루]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
균열 및 단차	중요 결함	1.0	a	5	○상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 없는 최상의 상태
			b	4	○상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 없는 양호한 상태
			c	3	○상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 상태 (균열깊이 < 30㎝)
			d	2	○상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 발생한 상태 (균열깊이 ≥ 30㎝)
			e	1	○상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 발생한 상태 (균열깊이 > 300㎝, 단차 > 2㎜)
수축이음부의 열림	중요 결함	1.0	a	5	- 수축이음부의 열림이 없는 최상의 상태
			b	4	- 수축이음부의 열림이 없는 양호한 상태
			c	3	- 수축이음부의 열림이(< 2.0 ㎜) 상태
			d	2	- 수축이음부의 열림이(≥ 2.0 ㎜) 진행성인 상태
			e	1	- 수축이음부의 열림이(> 2.5 ㎜) 진행성인 상태

[상 류 면]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
수축이음부 열림	중요 결함	1.0	a	5	○수축이음부의 열림이 없는 최상의 상태
			b	4	○수축이음부의 열림이 없는 양호한 상태
			c	3	○수축이음부의 열림이(< 2.0㎜) 상태
			d	2	○수축이음부의 열림이(≥ 2.0㎜) 상태
			e	1	○수축이음부의 열림이(> 2.5㎜) 상태
균 열	중요 결함	1.0	a	5	○연직 및 대각선 균열과 박락이 없는 최상의 상태
			b	4	○연직 및 대각선 균열과 박락이 없는 양호한 상태
			c	3	○연직 및 대각선 균열이 경미한 상태 (길이 < 150㎝, 깊이 < 30㎝)
			d	2	○연직 및 대각선 균열이 심각한 상태 (길이 ≥ 150㎝, 깊이 ≥ 30㎝)
			e	1	○연직 및 대각선 균열이 매우 위험한 상태 (길이 > 600㎝, 깊이 > 150㎝)
박 락	일반 손상	1.0	a	5	○박락이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○박락이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○박락이 경미한 상태 (길이<150㎝, 깊이<30㎝)
		1.7	d	2	○박락이 심각한 상태 (길이≥150㎝, 깊이≥30㎝)
		3.0	e	1	○박락이 매우 위험한 상태 (길이>600㎝, 깊이>150㎝)

[하 류 면]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
균 열 및 단 차	중요 결함	1.0	a	5	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 없는 양호한 상태
			c	3	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열(균열깊이<30㎝) 및 단차가 발생한 상태
			d	2	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열(균열깊이≥30㎝) 및 단차가 발생한 상태
			e	1	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열(균열깊이>300㎝) 및 단차가(단차 > 2.5㎜) 발생한 상태
수축 시공이음부 누수	중요 결함	1.0	a	5	○ 수축이음부를 통한 누수가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 수축이음부를 통한 누수가 없는 양호한 상태
			c	3	○ 수축이음부를 통한 누수가 경미한 상태 (이음부위당 < 3 L/min)
			d	2	○ 수축이음부를 통한 누수가 심각한 상태 (이음부위당 > 75 L/min)
			e	1	○ 수축이음부를 통한 누수가 매우 위험한 상태 (이음부위당 > 370 L/min)
수평 시공이음부 누수	중요 결함	1.0	a	5	○ 수평시공이음부 누수가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 수평시공이음부 누수가 없는 양호한 상태
			c	3	○ 수평시공이음부 누수가 경미한 상태 (이음부위당 < 3 L/min)
			d	2	○ 수평시공이음부 누수가 심각한 상태 (이음부위당 > 75 L/min)
			e	1	○ 수평시공이음부 누수가 매우 위험한 상태 (이음부위당 > 370 L/min)
균 열 및 박 락	일반 손상	1.0.	a	5	○ 연직 및 대각선 균열과 박락이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 연직 및 대각선 균열과 박락이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○ 연직 및 대각선 균열과 박락이 경미한 상태 (길이 < 150㎝, 깊이 < 30㎝)
		1.7	d	2	○ 연직 및 대각선 균열과 박락이 심각한 상태 (길이 ≥ 150㎝, 깊이 ≥ 30㎝)
		3.0	e	1	○ 연직 및 대각선 균열과 박락이 매우 위험한 상태 (길이 > 600㎝, 깊이 > 150㎝)

(나) 검사랑

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
횡방향 검사랑의 균열	중요 결함	1.0	a	5	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 없는 양호한 상태
			c	3	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 경미한 상태 (균열 폭 < 0.5㎜)
			d	2	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 심각한 상태 (균열 폭 > 1.0㎜)
			e	1	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 매우 위험한 상태 (균열 폭 < 2.0㎜, 균열을 통한 침투 > 38 L/min)
상류 종방향 검사랑의 균열	중요 결함	1.0	a	5	○ 상류 종방향 검사랑에서의 균열이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 상류 종방향 검사랑에서의 균열이 없는 양호한 상태
			c	3	○ 상류 종방향 검사랑에서의 균열이 경미한 상태 (약간습윤)
			d	2	○ 상류 종방향 검사랑에서의 균열이 심각한 상태 (균열을 통한 침투 > 19 L/min)
			e	1	○ 상류 종방향 검사랑에서의 균열이 매우 위험한 상태 (균열을 통한 침투 > 75 L/min)
기초배수 탁수	중요 결함	1.0	a	5	○ 기초배수의 탁수가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 기초배수의 탁수가 균열이 없는 양호한 상태
			c	3	○ 기초배수의 탁수가 경미한 상태
			d	2	○ 기초배수의 탁수가 심각한 상태 (배수량 > 180 L/min, 증가율 < 3 L/일)
			e	1	○ 기초배수의 탁수가 매우 위험한 상태 (배수량 > 370 L/min, 증가율 < 19 L/일)

(다) 배수구 및 그라우팅 터널

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
콘크리트 라이닝 균열 및 단차	중요 결함	1.0	a	5	○콘크리트 라이닝 균열 및 단차가 없는 최상의 상태
			b	4	○콘크리트 라이닝 균열 및 단차가 없는 양호한 상태
			c	3	○콘크리트 라이닝 균열 및 단차가 경미한 상태 (균열 폭 < 2.0㎜)
			d	2	○콘크리트 라이닝 균열 및 단차가 심각한 상태 (균열 폭 < 5.0㎜, 단차 > 2.0㎜, 침투 > 19 L/min)
			e	1	○콘크리트 라이닝 균열 및 단차가 매우 위험한 상태 (균열 폭 < 12.0㎜, 단차 > 5.0㎜, 침투 > 75 L/min)
암반 낙석	일반 손상	1.0	a	5	○암반낙석이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○암반낙석이 없는 양호한 상태
		1.3	c	3	○암반낙석이 경미한 상태
		1.7	d	2	○암반낙석이 심각한 상태
		3.0	e	1	○암반낙석이 매우 위험한 상태 (암반의 이동 및 이음부 단차 > 5.0㎜)

(라) 기초 및 양안부

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
양안부를 통한 과도한 침투	중요 결함	1.0	a	5	○양안부를 통한 과도한 침투가 없는 최상의 상태
			b	4	○양안부를 통한 과도한 침투가 없는 양호한 상태
			c	3	○양안부를 통한 과도한 침투가 경미한 상태
			d	2	○양안부를 통한 과도한 침투가 심각한 상태 (침투량 > 180 L/min, 증가율 < 3 L/일)
			e	1	○양안부를 통한 과도한 침투가 매우 위험한 상태 (침투량 > 370 L/min, 증가율 < 19 L/일)
암반 불안정	중요 결함	1.0	a	5	○암반의 불안정이 없는 최상의 상태
			b	4	○암반의 불안정이 없는 양호한 상태
			c	3	○암반의 불안정이 경미한 상태
			d	2	○암반의 불안정이 심각한 상태 (이동중지, 사면보호공 원상태 유지)
			e	1	○암반의 불안정이 매우 위험한 상태 (이동이 진행, 양압력 생성)

3) 일반적인 콘크리트 구조물

No. 1

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용	
탄산화 잔여 깊이	국부 결함	1.0	a	5	○ 30㎜이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
		1.1	b	4	○ 10㎜이상 ~ 30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음.
		1.2	c	3	○ 0㎜이상 ~ 10㎜미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
		1.4	d	2	○ 0㎜미만	철근부식 발생
		2.0	e	1	-	-
전염화물 이온량	국부 결함	1.0	a	5	○ 0.3kg/m^3 이하	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
		1.1	b	4	○ 0.3kg/m^{3}초과~1.2kg/m^{3}미만	염화물이 함유되어 있으나, 부식 발생 가능성 낮음.
		1.2	c	3	○ 1.2kg/m^{3}이상~2.5kg/m^{3}미만	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음.
		1.4	d	2	○ 2.5kg/m^3 이상	철근부식 발생
		2.0	e	1	-	-
철근노출	국부 결함	1.0	a	5	○ 철근노출 없음	
		1.1	b	4	○ 철근노출 면적율이 1.0% 미만	
		1.2	c	3	○ 철근노출 면적율이 1.0~3.0% 미만	
		1.4	d	2	○ 철근노출 면적율이 3.0~5.0% 미만	
		2.0	e	1	○ 철근노출 면적율이 5.0% 이상	

1) 일본구조물진단기술협회「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)
※제1장 교량 표[1.26] 참조

2) 일본구조물진단기술협회「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)
※제1장 교량 [표 1.27] 참조

3) 철근노출 면적율 산정 방법
※제1장 교량 표[1.11] 참조

No. 2

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용	
일반 구조물 균열	국부 결함	1.0	a	5	면적율[1)] 5% 이하	0.1㎜ 미만
		1.0	a	5		0.1㎜~0.2㎜ 미만
		1.0	a	5		0.2㎜~0.3㎜ 미만
		1.1	b	4		0.3㎜~0.5㎜ 미만
		1.2	c	3		0.5㎜ 이상
		1.0	a	5	면적율 20% 이하	0.1㎜ 미만
		1.0	a	5		0.1㎜~0.2㎜ 미만
		1.1	b	4		0.2㎜~0.3㎜ 미만
		1.2	c	3		0.3㎜~0.5㎜ 미만
		1.4	d	2		0.5㎜ 이상
		1.0	a	5	면적율 20% 이상	0.1㎜ 미만
		1.1	b	4		0.1㎜~0.2㎜ 미만
		1.2	c	3		0.2㎜~0.3㎜ 미만
		1.4	d	2		0.3㎜~0.5㎜ 미만
		2.0	e	1		0.5㎜ 이상
수처리 구조물 균열	국부 결함	1.0	a	5	면적율 5% 이하	0.1㎜ 미만
		1.0	a	5		0.1㎜~0.2㎜ 미만
		1.1	b	4		0.2㎜~0.3㎜ 미만
		1.2	c	3		0.3㎜~0.5㎜ 미만
		1.4	d	2		0.5㎜ 이상
		1.0	a	5	면적율 20% 이하	0.1㎜ 미만
		1.1	b	4		0.1㎜~0.2㎜ 미만
		1.2	c	3		0.2㎜~0.3㎜ 미만
		1.4	d	2		0.3㎜~0.5㎜ 미만
		2.0	e	1		0.5㎜ 이상
		1.1	b	4	면적율 20% 이상	0.1㎜ 미만
		1.2	c	3		0.1㎜~0.2㎜ 미만
		1.4	d	2		0.2㎜~0.3㎜ 미만
		2.0	e	1		0.3㎜~0.5㎜ 미만
		2.0	e	1		0.5㎜ 이상

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, 콘크리트구조설계기준(2007)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15~0.25㎜ 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4㎜ 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

주1) 콘크리트 균열 면적율 산정 방법
제1장 교량 [표1.11] 참조

No. 3

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
박 리	국부 결함	1.0	a	5	○박리발생이 없음
		1.1	b	4	○박리깊이 0.5㎜ 미만이면서 박리 면적율 10% 미만
		1.2	c	3	○박리깊이 0.5 ~ 1.0㎜미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○박리깊이 0.5㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상
		1.4	d	2	○박리깊이 1.0 ~ 25㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○박리깊이 0.5~10㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상
		2.0	e	1	○박리깊이 1.0~25㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상 ○박리깊이 25㎜ 이상이거나 조골재 손실
박락 및 층분리	국부 결함	1.0	a	5	○박락/층분리의 발생이 없음
		1.1	b	4	○박락/층분리 깊이 15㎜ 미만이면서 면적율 10% 미만
		1.2	c	3	○박락/층분리 깊이 15~20㎜ 미만이면서 면적율 10% 미만 ○박락/층분리 깊이 15㎜ 미만이면서 면적율 10% 이상
		1.4	d	2	○박락/층분리 깊이 20~25㎜ 미만이면서 면적율 10% 미만 ○박락/층분리 깊이 15~20㎜ 미만이면서 면적율 10% 이상
		2.0	e	1	○박락/층분리 깊이 20~25㎜ 미만이면서 면적율 10% 이상 ○박락/층분리 깊이 25㎜ 이상이거나 조골재 손실
누 수	국부 결함	1.0	a	5	○누수가 없음
		1.1	b	4	○현저한 흔적 (누수부위가 습윤된 상태)
		1.2	c	3	○누수의 진행이 관찰가능 상태 (방울방울 떨어짐)
		1.4	d	2	○누수의 진행이 관찰가능 상태 (소량이 분출)
		2.0	e	1	○누수의 진행이 확연한 상태 (많은 양의 분출)
파손 및 손상	일반 손상	1.0	a	5	○파손/손상 없음
		1.1	b	4	○파손/손상깊이 20㎜ 미만이면서 면적율 10% 미만,
		1.3	c	3	○파손/손상깊이 20~50㎜ 미만이면서 면적율 10% 미만 ○파손/손상깊이 20㎜ 미만이면서 면적율 10% 이상
		1.7	d	2	○파손/손상깊이 50~80㎜ 미만이면서 면적율 10% 미만 ○파손/손상깊이 50㎜ 미만이면서 면적율 10% 이상
		3.0	e	1	○파손/손상깊이 80㎜ 이상이면서 면적율 10% 미만, ○파손/손상깊이 50㎜ 이상이면서 면적율 10% 이상
백 태	일반 손상	1.0	a	5	○백태가 없음
		1.1	b	4	○백태 발생 면적율이 5% 미만
		1.3	c	3	○백태 발생 면적율이 5~10% 미만
		1.7	d	2	○백태 발생 면적율이 10~20% 미만
		3.0	e	1	○백태 발생 면적율이 20% 이상

4) 계측기[1)]

(가) 필댐

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
간극수압계 토압계	일반 손상	1.0	a	5	○ 계측기 작동율이 90% 이상인 상태
		1.1	b	4	○ 계측기 작동율이 80~90% 미만인 상태
		1.2	c	3	○ 계측기 작동율이 70~80% 미만인 상태
		1.4	d	2	○ 계측기 작동율이 50~70% 미만인 상태
		2.0	e	1	○ 계측기 작동율이 50% 이하인 상태
침하계 변위계	일반 손상	1.0	a	5	○ 기능 및 구조상 손상이 없는 최상의 건전한 상태
		1.1	b	4	○ 기능 및 구조상 손상이 없는 건전한 상태
		1.2	c	3	○ 기능 및 구조상 전체 개소수에 10% 정도가 작동하지 않는 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 기능 및 구조상 전체 개소수에 30% 이상이 작동하지 않는 상태
		2.0	e	1	○ 기능 및 구조상 전체 개소수에 50% 이상이 작동하지 않는 상태
누수량 측정시설	일반 손상	1.0	a	5	○ 기능 및 구조상 손상이 없는 최상의 건전한 상태
		1.1	b	4	○ 기능 및 구조상 손상이 없는 건전한 상태
		1.2	c	3	○ 기능 및 구조상 손상이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 기능 및 구조상 손상이 있어 누수량 측정이 정확하지 않은 상태
		2.0	e	1	○ 기능 및 구조상 손상이 있어 누수량 측정이 불가능한 상태

(나) 콘크리트댐

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
간극수압계 양압력 응력계 무응력계 변형계 온도계 개도계	일반 손상	1.0	a	5	○ 계측기 작동율이 90% 이상인 상태
		1.1	b	4	○ 계측기 작동율이 80~90% 미만인 상태
		1.2	c	3	○ 계측기 작동율이 70~80% 미만인 상태
		1.4	d	2	○ 계측기 작동율이 50~70% 미만인 상태
		2.0	e	1	○ 계측기 작동율이 50% 이하인 상태
누수량 측정시설 손상	일반 손상	1.0	a	5	○ 계측기 작동율이 90% 이상인 상태
		1.1	b	4	○ 계측기 작동율이 80~90% 미만인 상태
		1.2	c	3	○ 계측기 작동율이 70~80% 미만인 상태
		1.4	d	2	○ 계측기 작동율이 50~70% 미만인 상태
		2.0	e	1	○ 계측기 작동율이 50% 이하인 상태

1) 계측기 자체의 평가기준으로 상태평가에는 반영하지 않아도 됨

3.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 댐 시설물 평가 단계별 절차

댐 시설물에 대한 상태평가는 [그림 3.1]과 같이 단계별로 구분할 때 댐 시설물은 통합시설물(6단계)에 해당하는 시설물로서 간주하고, 하위단계인 복합시설, 개별시설, 복합부재, 개별부재로 구분한다.

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



[그림 3.1] 댐 시설물 평가 단계별 절차

나. 상태평가 단계별 구분

시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하여 다음 표와 같이 평가 단계별 구분표를 작성한다.

[표 3.14] 댐 시설물의 상태평가 단계별 구분표(예시)

<table>
<tr><td colspan="3">상태평가 단계별 구분</td><td colspan="8" rowspan="2">부재 및 시설물의 구분</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함, 손상)</td><td rowspan="2">블록1(
댐마루1
…
상류면1
…
하류면1
…)

블록2(
댐마루2
…
상류면2
…
하류면2
…)</td><td rowspan="2">좌안
옹벽
1,2,…

우안
옹벽
1,2,…

바닥
슬래
브
1,2,…</td><td rowspan="2">웨어
1,2,…

피어
1,2,…

좌안
옹벽
1,2,…

우안
옹벽
1,2,…</td><td rowspan="2">바닥
슬래브
1,2,…

우안
옹벽
1,2,…

좌안
옹벽
1,2,…</td><td rowspan="2">바닥
슬래
브1,2,
…

우안
옹벽
1,2,…

좌안
옹벽
1,2,…

날개
벽등</td><td rowspan="2">슬래
브1.2
,…

거더
1.2,…

교대
1,2,…

피어
1,2,…</td><td rowspan="2">•권양기
로프
드럼
감속기
제동장치

•수문
외판
아암
보강재
트러니언
수밀부
롤러부
(가이드
플레이트
포함)

•전기설비
현장
제어반
구동모터
브레이크
(부위1,
부위2
…)</td><td rowspan="2">취수탑
좌안,
우안
옹벽
및
기전
설비</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>블록
1,2,3,…</td><td>접근
수로</td><td>조절
부</td><td>급경사
수로</td><td>감세
공</td><td>공도
교</td><td>권양기
1,2,…
수문
1,2,…
전기설비
1,2,…</td><td>취수
시설
및
방수로</td></tr>
<tr><td rowspan="2">상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>필댐:제체1,
<제체2>

(콘크리트댐
: 비월류부)</td><td colspan="5">필댐 : 여수로1 <여수로2>

(콘크리트댐 : 월류부)</td><td>수문1,
수문2,
…</td><td rowspan="2">기타
시설</td></tr>
<tr><td colspan="5">토목시설</td><td>기전설비</td></tr>
<tr><td rowspan="2">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td>제체</td><td colspan="6">여수로</td><td>기타
시설</td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="8">00 댐</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

1) 1단계 상태평가 : 부재(部材)별 손상상태 평가표 작성

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

○ 손상상태 평가표에는 평가항목에 없는 상태변화라 할지라도 모두 기록하는 것을 원칙으로 한다.

○ 각 상태변화에 대한 상태평가 결과가 c, d, e 등급일 경우 보수・보강 우선순위에 따라 보수・보강을 한다.

[표 3.15] 부재(부위)별 손상상태 평가표(예)

부위(망번호) / 개별부재	복합부재 / 개별시설물	표 번호
*블록1 / **댐마루***	***블록1 / 제체***	*No. 1-1*

※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다.

조 사 결 과 표

번호	상태변화 종류	상태변화 내용	단 위	크 기	평가결과
①	*균열*	*종방향균열*	*폭(㎜)*길이(m)*	*5.0*5.0*	*d*
②	*변형*	*가드포스트 기울어짐*			*c*
③					
④					
조사일자 : *2008. 7. 19*			조사자 : *홍길동, 김철수*		

2) 2단계 상태평가 : 개별부재(個別部材) 평가표 작성

댐체, 여수로 및 수로터널 등과 같이 길거나 또는 면적이 넓은 슬래브는 이를 1개의 개별부재로 평가할 경우 일부에 발생한 손상이 평가결과에 미치는 영향이 크므로 콘크리트 구조물에서는 그 손상이 부재에 영향을 미칠 수 있는 범위(길이 10~20m) 또는 수축이음부, 제체에서는 수십~수백m로 적절히 동일 규모가 되도록 분할하여 각각을 개별부재로서 평가한다.

○ 개별 부재별로 작성된 외관조사망도에 나타난 손상 및 결함을 평가유형별로 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분한다.

○ 개별부재의 평가는 각각의 손상 및 결함에 대한 평가기준에 따른 평가점수(M)에 손상 및 결함이 부재의 안전에 미치는 영향을 반영한 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 산출한다.

○ 산출된 결함 및 손상의 상태평가지수(E1) 중 최소값을 개별부재의 상태평가지수(E2) 및 상태평가 결과를 결정한다.

[표 3.16] 상태평가 결과별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

상태평가 결과별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수(F)				
평가기준	평가지수 ($E_{1\sim7}$, Es, Ec)	평가기준 (평가점수 : M)		a (5)	b (4)	c (3)	d (2)	e (1)
a	4.5 ≤ E_1 ≤ 5.0	평가유형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	3.5 ≤ E_1 < 4.5		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	2.5 ≤ E_1 < 3.5							
d	1.5 ≤ E_1 < 2.5		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
e	1.0 ≤ E_1 < 1.5							

▷ 결함 및 손상의 상태평가지수(E1) = M × F

- 여기서, M : 평가점수, F : 영향계수

▷ 개별부재의 상태평가지수(E2) = Min (다수의 E1 값)

- 평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용한다.

[표 3.17] 개별부재 평가표(예)

개 별 부 재	*댐마루*				표 번호
1단계 표 번호	*1-1*				*2-1*
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수 M	영향계수 F	평가지수 E1=M×F
종방향 균열	중요결함	부록참조	*2*	*1.0*	*2.0*
	국부결함				
가드포스트 파손	일반손상	부록참조	*3*	*1.3*	*3.9*
1. 개별부재의 상태평가지수(E_2) = 상태평가지수 E_1 중 최소값 =					***2.0***
2. 개별부재의 상태평가 결과 =					***d***

3) 3단계 상태평가 : 복합부재(複合部材) 평가표 작성

○ 복합부재는 개별부재의 집합으로 주요부재와 보조부재로 구분할 수 있다.

○ 복합부재의 평가는 개별부재가 복합부재의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영한다. 콘크리트 부재는 조사망 면적 비율을 기준으로 중요도를 결정한다. 이때 개별부재의 중요도의 합이 100이 되도록 규정한다.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우에는 그 개별부재의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분한다.

○ 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

○ 또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응한 보정을 하기 위하여 조정계수를 사용한다.

○ 복합부재의 평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재 전체의 안전성을 평가 절하한다.

이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다.

○ 복합부재의 평가는 개별부재의 평가지수(E2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다.

▷ 복합부재의 상태평가지수(E3) = $\Sigma(E2 \times A \times W) / \Sigma(A \times W)$

여기서, E_2 : 개별부재의 상태평가지수
A : 조정계수
W : 중요도

[표 3.18] 평가지수에 따른 조정계수

평가결과	a	b	c	d	e
평가지수 ($E_{1\sim7}$, 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

[표 3.19] 중요도 조정방법(예)

구 분	댐 마 루	상류사면	하류사면	기타	비 고
중요도	40 ±8(20%)	30 ±6(20%)	30 ±6(20%)	–	
중요도 (조정 후)	40×100/110 =36.4 ⇒36	30×100/110 =27.3 ⇒27	30×100/110 =27.3 ⇒27	10	

○ 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 부재가 추가되거나, 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 3.20] 복합부재 평가표(예)

복 합 부 재	*블록1*					표 번호
2단계 표번호	*2-1, 2-2, 2-3, 2-4*					*No. 3-1*
개별부재	평가결과	평가지수 E_2	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E_2×A×W
댐 마 루1	*d*	*2.0*	*6*	*40*	*240.0*	*480.0*
상류사면 조사망1	*c*	*3.4*	*3*	*30*	*90.0*	*306.0*
하류사면 조사망1	*b*	*3.6*	*2*	*14*	*28.0*	*100.8*
하류사면 조사망2	*c*	*2.8*	*3*	*16*	*48.0*	*134.4*
합계(Σ)				*100*	*406.0*	*1021.2*

<조사자 의견>

1. 복합부재의 상태평가지수(E_3) = Σ(E_2×A×W)/Σ(A×W) = *1,021.2/406.0=* ***2.52***
2. 복합부재의 상태평가 결과 = ***c***

4) 4단계 상태평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

○ 댐의 제체는 개별시설로서 동일기능을 수행하는 복합부재(블록1, 블록2, …)의 집합으로 구성되어 있다.

○ 개별시설의 평가는 복합부재의 중요도는 같다는 가정하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 규모(길이, 면적, 부피, Capacity 등)를 반영하여 개별시설의 상태평가지수(Ec)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다. 댐 시설물에서 규모(S)값은 조사망 면적(㎡)을 사용하는 것을 원칙으로 하고, 책임기술자의 판단에 따라 길이, 부피 등을 사용할 수 있다.

○ 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성평가를 수행하여 종합평가 결과를 결정한다.

▷ 개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min + V1 × V2

여기서, V1 = 0.3 × (Max - Min)

V2 = Σ(E3 × S) / (5 × ΣS)

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최대값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최소값

[표 3.21] 개별시설 평가표 (4단계평가표 부분 예시)

개 별 시 설	*제체*			
3단계 표번호	*3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5*			
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	규 모(㎡) S	계산값 $E_3 \times S$
블록1	*c*	*2.52*	*150*	*378.0*
블록2	*b*	*3.50*	*200*	*700.0*
블록3	*b*	*3.77*	*250*	*942.5*
블록4	*b*	*3.87*	*200*	*774.0*
블록5	*c*	*3.02*	*250*	*755.0*
합계(Σ)			*1050.0*	*3,549.5*
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E_3) 최대값 (Max. Value) =				*3.87*
2. 상태평가지수(E_3) 최소값 (Min. Value) =				*2.52*
3. V1 = 0.3×(Max.−Min) = *0.3×(3.87−2.52) =*				*0.41*
4. V2 = Σ(E_3×S) / (5×ΣS) = *3,549.5 / (5×1050.0) =*				*0.68*
5. 개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min.+V1×V2 = *2.52+0.41×0.68 =*				***2.80***
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				***c***

다. 기계 및 전기설비

○ 기전설비의 상태를 평가하기 위한 평가단계별 구분은 수문을 개별시설에 해당하는 것으로 하고, 수문 및 권양기, 전기설비로 구분하여 복합부재로 평가한다.

○ 또한, 각각의 복합부재를 다음 표와 같이 개별부재로 분류하고, 설치되어 있는 개별부재의 중요도는 동일하게 적용한다.

○ 4단계 평가시 규모는 복합부재의 중요도로써 정한다.

복합부재의 중요도는 권양기 30%, 수문 40%, 전기설비 30%를 적용한다.

○ 기전설비는 여수로, 취수시설 등 해당시설물의 개별시설로 평가하고, 토목시설과 함께 복합시설을 평가한다.

○ 5단계 평가시 개별시설의 중요도는 토목시설 90%, 기전설비 10%를 적용한다.

○ 책임기술자는 현장 여건에 따라 중요도를 20% 범위 내에서 조정할 수 있다.

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

○ 기전설비의 상태평가 절차는 댐 시설물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 3.22] 기계 및 전기설비의 상태평가 단계별 구분표

<table>
<tr><td colspan="3">상태평가 단계별 구분</td><td rowspan="2" colspan="3">부재 및 시설물의 단계별 구분</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함,손상)</td><td rowspan="2">○ 권양기
로프, 드럼, 감속기
제동장치
○ 수문
외판, 아암, 보강재
트러니언, 수밀부
롤러부(가이드
플레이트포함)
○ 전기설비
현장제어반
구동모터 및
브레이크설비
(부위1, 부위2, …)</td><td rowspan="2">○ 권양기
로프, 드럼, 감속기
제동장치
○ 수문
외판, 아암, 보강재
트러니언, 수밀부
롤러부(가이드
플레이트포함)
○ 전기설비
현장제어반
구동모터 및
브레이크설비
(부위1, 부위2, …)</td><td rowspan="2">…</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>권양기, 수문,
전기설비</td><td>권양기, 수문,
전기설비</td><td>…</td></tr>
<tr><td>상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>여수로 기전설비</td><td>취수시설 기전설비</td><td>…</td></tr>
<tr><td rowspan="3">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td>여수로</td><td>기타 시설</td><td></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="3">00 댐</td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

3.5 안전성평가 기준 및 방법

3.5.1 일반

가. 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

① 제체의 사면안정 해석

② 제체의 침투수에 대한 안전성 해석

③ 제체의 응력-변형 해석

④ 구조물의 내하력 해석

⑤ 구조물의 안정해석

⑥ 수리, 수문학적 안전성 해석

⑦ 시설물의 내진성 평가

⑧ 계측자료 분석 등

⑨ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

나. 내진성능 평가

댐 시설물의 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과[1)]를 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

다. 안전성평가의 적용

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가

1) 기존 댐의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 국토해양부, 한국시설안전공단

대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

3.5.2 안전성평가 기준

가. 필댐

필댐에 있어서도 그 역학적 성질은 중력댐과 마찬가지로 제체 재료의 중량을 이용하는 것으로서 그 안전조건은 다음과 같다.

○ 제체가 활동하지 않을 것

○ 비탈면이 안정되어 있을 것

○ 기초지반이 압축에 대해 안전할 것

필댐의 특성으로는 지형, 지질, 재료 및 기초의 상태에 크게 구애받지 않고서도 축조할 수 있다는 장점이 있는 반면에 홍수 월류에 대해서는 거의 저항력이 없고 침하가 불가피한 구조물이라는 단점을 가지고 있다.

따라서 필댐의 특성을 고려한 안전성 평가가 중요하다.

1) 계측데이터 분석

계측데이터 분석방법은 다음과 같다.

○ 계측치와 허용기준치를 비교・검토하는 방법

○ 계측데이터의 변화추이를 분석하는 방법

필댐에서의 계측기록으로 댐의 안전성을 평가하는 가장 기본적인 방법은 허용기준치와 비교하는 것이다. 그러나 허용기준치는 댐의 재령 및 모든 측정 자료가 미비한 상태에서 선정되거나 혹은 대부분의 경우 허용기준치가 설정되어 있지 않기 때문에 일반적으로 참고자료로 이용되고 있다.

댐 안전의 실질적인 허용기준치 설정은 수년간의 장기적인 측정자료 및 댐 만수시와 홍수시 수문 방류를 경험한 후 현장특성 및 모든 것을 고려해서 설정되어야 하며, 계측값은 계측기 설치시 초기값 설정 및 외부 환경조건에 따라 현장상태와 다른 값을 나타낼 수 있으므로 기술자의 판단이 중요할 것이다.

따라서 댐 안전을 판단하는데 중요한 요소들은 다음과 같다.

① 관측결과의 변화속도

② 관측결과의 수렴성과 벗어남의 경향

③ 관측결과의 주기적 변화

④ 관측결과의 변화범위

계측데이터는 우선적으로 신뢰성이 있는 결과인지가 평가되어야 하며, 신뢰성이 인정된다면 [표 3.23]의 기준으로 평가하며, 또한 계측데이터는 기타 안전성 평가항목에서 검토할 경우 입력자료로서 활용되거나 그 결과가 상호 비교되어야 한다.

[표 3.23] 계측데이터 검토에 대한 평가 기준

평가 기준	평가 점수	상 태
a	5	계측치가 허용기준치 이내이며, 경시변화 경향에 증감이 없는 경우
b	4	계측치가 허용기준치 이내이며, 경시변화 경향에 미세한 증감이 있는 경우
c	3	계측치가 허용기준치를 벗어나는 경우도 있으며, 경시변화 경향에 약간의 증감이 있는 경우
d	2	계측치가 허용기준치를 벗어나는 경우도 있으며, 경시변화의 경향이 확연하게 증감하는 경우
e	1	계측치가 허용기준치를 벗어나는 경우도 있으며, 경시변화의 경향이 급하게 증감하는 경우

2) 침투수의 안전성 분석

침투수의 안전성 분석내용 중 침투누수량은 허용누수량이 설정되어 있다면 이를 기준으로 하여 비교·분석하고, 아울러 계측기록에 의한 실측자료와 비교·분석하여 안전성을 판정할 수 있다.

한편, 일반적으로 허용누수량 설정에는 어려움이 있으며, 계측에 의한 누수량에는 강우 등의 외부 수량이 포함될 수 있으므로 해석에 따른 누수량으로 댐체의 안전성을 판정할 때에는 기술자의 판단이 필요하다.

필댐의 제체 및 기초는 침투를 완전히 차단할 수 없기 때문에 침투에 의한 침투수압, 동수경사가 어느 한도를 넘어서면 파이핑과 같은 파괴 요인이 되므로 신중한 검토와 대책이 필요하다. 이러한 파괴의 원인은 대상 재료의 불균일성이나 지질조건의 변화, 시공상 부주의 등에 의한 경우가 많으므로 이론적인 취급은 곤란하지만 보통은 침투유속의 한계치를 구하여 토립자의 이동 가능성을 검토하는 한계유속방법과 한계 동수경사를 구하여 파이핑의 발생가능성을 검토한다.

① 한계유속에 의한 방법은

제체 및 기초의 토립자 입경에 대하여 소류력에 의하여 입자가 밀려나가는 한계의 침투유속을 구하고 그 한계치를 넘으면 파이핑이 발생한다고 본다. 제체 및 기초지반에서의 침투유속은 다양한 수위조건 및 지층조건을 고려할 수 있는 해석적 방법으로 구하는 것이 유용하다. 한계치는 그 지층에서의 토립자 입경이나 투수계수를 이용하여 구할 수 있으며, 각 방법에 대한 타당성이 인정된다면 사용할 수 있다. [표 3.24]는 토립자 입경에 의한 한계유속 기준표로서 실제의 댐체 토립자에

는 여러 크기의 것이 혼합되어 있어 입경의 기준을 정하기 어려우므로 실유속과 비교할 때에는 입경에 대한 한계유속의 1/100 이하가 되도록 해야 한다. 한계유속 방법에 의한 침투수의 안전성은 실제 댐체 및 기초지반에서의 침투유속에 대한 한계유속의 비로서 [표 3.25]의 기준으로 평가한다.

② 한계동수경사에 의한 방법은

입자형상, 입도분포 등은 고려하지 않고 유효응력이 영이 되는 조건을 생각하여 검토한다. 다음의 식으로 계산되는 한계동수경사에 대하여 테르자기(Terzaghi)의 간편법 및 유선망법, 하자(Harza)의 유선망법 등의 방법으로 구하는 유출동수구배의 비로 [표 3.24]의 기준으로 평가한다.

여러 유출동수구배 산정방법은 각 방법에 대한 타당성이 인정된다면 사용할 수 있다. 분사현상에 대한 저항력은 소성지수가 큰 재료일수록 큰 경향이 있으며 점착력이 없는 세립자의 ic는 0.5~0.8로 본다. 침투류 해석에 의하여 산출한 동수경사가 한계동수 경사의 1/2 이하가 되도록 해야 한다.

침투수의 안전성 분석내용 중 침투수 수압은 계측기록에 의한 실측자료와 비교·분석하여 안전성을 판정할 수 있다. 또한 제체내 간극수압 분포는 사면활동의 안전성 검토시 입력자료로 활용한다.

[표 3.24] 한계유속 기준표

재료번호	입경(㎜)	한계유속(㎝/s)
1	4.0~4.8	20.0
2	2.8~3.4	17.0
3	1.0~1.2	10.0
4	0.7~0.85	8.5
5	0.4~0.7	7.0
6	0.25~0.5	4.2
7	0.11~0.25	3.5
8	0.075~0.11	2.5
9	0.044~0.075	2.0

[표 3.25] 침투수의 안전성(파이핑) 검토에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	한계치의 100% 미만인 경우
b	4	-
c	3	한계치의 100% 이상 110% 미만인 경우
d	2	한계치의 110% 이상 130% 미만인 경우
e	1	한계치의 130% 이상인 경우

$$i_c = \frac{h}{d} = \frac{G_s - 1}{1 + e} = (1 - n)(G_s - 1)$$

ic : 한계동수경사

h : 저수지 전수두(m)

d : 분사지점의 수두(m)

Gs : 토립자의 비중

e : 흙의 간극비

n : 흙의 간극율

3) 사면활동의 안전성 분석

제체 및 기초의 활동파괴에 대한 안전성의 검토에 고려되는 하중은 자중, 정수압, 간극수압 및 지진관성력으로 하고 이를 저수지의 상태에 따라 적용해야 한다.

① 활동파괴에 대한 안정계산에 사용하는 제체의 자중은
댐체 완성직후, 정상침투시, 수위 급강하시 등의 경우에 따라
단위체적 중량을 달리 하여야 하며, 실제 시험결과를 이용하는 것이 좋다.

② 제체의 지진관성력은
침윤선 윗부분은 습윤 중량에,
침윤선 아랫부분은 포화중량에 설계진도를 곱한 것으로 하고
작용위치는 절편의 활동면상으로 하며,
작용방향은 수평으로 작용하는 것으로 한다.

③ 유효응력해석법에 의한 안정계산에서 고려되는 간극수압은
완성직후, 정상침투시, 수위 급강하시 등의 경우에 따라 적용하여야 하며,
침투류 해석결과를 반영할 수 있다.

④ 설계수치(입력 물성 값)는
적절한 토질시험의 결과를 기초로 하여
시공조건 및 배수조건 등을 고려하여 신중하게 결정하여야 한다.

⑤ 사면활동에 대한 안정계산은 크게 나누어
임계원에 의한 활동면법과 응력-변형해석법을 사용한다.
가장 일반적인 방법은 활동면법으로 실제의 활동파괴 현상에 잘 부합될 뿐 아니라 안전측이기 때문이다.

㉠ 활동면법에는
블록해석법, 무한사면해석법, 평면해석법, 마찰원법 및 Ordinary, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer 등의 절편법 등이 있으므로
이중 적합한 것을 택하도록 한다.

㉡ 응력-변형해석법은

댐체 및 기초의 응력과 변형 등의 크기와 분포상태를 수치해석적인 방법으로 구하는 방법이다.

활동면법에 따른 안정계산에 의하여 댐체의 안전성을 판단할 시는 최소안전율로 표시한다. 활동에 대한 최소안전율은 재료의 시험과 안정계산의 정밀도가 불충분하거나 연약지반 위의 댐과 같이 불안정 요소가 포함되었다고 판단되는 경우에는 1.5를 취하되 여타의 경우는 [표 3.26]을 기준으로 한다.

사면활동에 대한 안전성은 위의 최소안전율 기준에 산출된 안전율의 비로 [표 3.27]의 기준으로 평가한다.

[표 3.26] 사면활동에 대한 최소안전율 기준

구분	제체조건	저수상태	지진	안 전 율		비 고
				상류	하류	
1	완성직후	바닥상태	없음	1.3	1.3	1) 상류측 비탈면의 하부쥰이 암석 등으로 되어 있어 간극수압이 발생하지 않을 경우에 한함 2) 수위는 보통 댐 높이의 45~50%를 취하여 계산함
2	(간극수압 최대)	일부저수[1)]	없음	1.3	-	
3	평상시	급강하	없음	1.2	1.2	
4	평상시	만 수	있음	1.2	1.2	
5	평상시	일부저수[2)]	있음	1.15	-	

[표 3.27] 사면활동 안전성 검토에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 100% 이상이거나, 단면손실이 없는 경우
b	4	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 100% 이상이거나 같으며, 단면손실이 있는 경우
c	3	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 90% 이상, 100% 미만인 경우
d	2	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 75% 이상, 90% 미만인 경우
e	1	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 75% 미만인경우

한편, 상기 활동면법에서의 지진력은 지진계수에 의한 하중의 관성력과 동수압으로 대치하고 정역학적 방법으로 해석하는 진도법을 기본으로 한 것이며, 이 방법은 이미 경험적으로 안정적인 방법임이 입증되고 있다. 그러나 댐의 동적 특성을 고려하지 않은 한계점이 있다. 이에 따라 기존 이루어지던 진도법에 보완하여 동적해석방법을 안전성 검토에 활용할 필요가 있다. 동적해석방법의 절차 및 방법, 평가기준에 대해서는 “기존

댐의 내진성능평가 및 향상요령(국토해양부, 2004. 5)"을 참조할 수 있다.

[표 3.27]의 사면활동 안전성 검토에 대한 평가기준에서 지진시의 안전율에 의해 평가 결과가 "c" 이하로 검토되었을 시 동적해석을 실시할 수 있다. 동적해석 실시 결과 "기존 댐의 내진성능평가 및 향상요령(국토해양부, 2004. 5)"에서 정의하는 평가기준을 만족할 경우에는 진도법에 의한 평가결과를 한단계씩 상향 조정하며, 평가기준을 만족하지 못할 시에는 진도법에 의한 평가결과를 그대로 적용하기로 한다. 이는 종래의 정역학적인 설계방법인 진도법이 현재 내진설계의 기본인 점과, 동적해석방법이 댐체의 실제적인 동적거동을 모사하며 진도법을 보완할 수 있을 정도로 기술 진전이 이루어졌다는 것을 함께 고려한 것이다.

4) 응력-변형의 안전성 분석

대규모 필댐에 있어서는 댐체 및 기초에 대하여 응력-변형 해석을 실시하여야 하며, 일반적으로 기존댐의 계측기록과 실내 및 현장시험 등을 통하여 얻은 물성치를 기초로 하여 수치해석적인 방법으로 수행한다.

① 응력-변형 해석을 실시하여야 할 필요가 있는 경우는

○ 댐이 높을 경우

○ 댐 양안부의 경사가 급하거나, 크게 변화하는 경우

○ 각 죤의 물성치가 크게 다를 경우

○ 변형이 큰 재료로 축조하는 경우

○ 구조물과의 접합부가 긴 경우

○ 내진설계를 하는 경우

필댐은 점토, 모래, 자갈 등 자연재료를 이용하여 축조된 구조물로서 압축성을 가지고 있는 재료적 특성으로 인하여 성토 및 담수 등의 과정을 통하여 침하, 융기, 국부적인 응력집중 및 균열, 응력전이에 의한 수압할렬 등이 발생하게 된다.

따라서 재료특성, 성토속도, 저수지 수위, 댐체 단면, 강도특성 등의 입력조건을 반영한 해석을 수행하여 변형량, 국부파괴, 수압할렬 등을 분석, 지반거동에 따른 안전성을 평가한다.

② 응력-변형 해석에 의한 안전성 분석내용 중

㉠ 산출되는 변위에 대해서는

계측기록에 의한 실측자료와 비교·분석하거나 현장에서 실시되는 측량결과와 비교・분석이 필요하다. 또한 일반적으로 알려진 댐의 높이, 경과시간에 의한 침하량 경험식과 비교할 수 있다.

결국 변위에 대하여 댐체의 안전성을 판단할 시에는 기술자의 전문적인 판단이 중요하다.

㉡ 산출되는 응력상태에 대해서는

국부적인 응력집중에 따른 국부파괴 가능성과 응력전이에 따른 토압저하와 수압에 의해 발생되는 파이핑 발생 가능성으로 댐체의 안전성을 판단할 수 있다. 산출되는 응력상태에서 축차응력이 커 파괴상태에 다다르거나, 주응력이 수압보다 작을 경우에는 파이핑 발생 가능성이 있으므로 응력상태에 따라 국부파괴 가능성 및 수압할렬 발생가능성은 [표 3.28]의 기준으로 평가한다.

[표 3.28] 응력-변형 해석으로 응력상태에 따른 안전성 검토에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	한계치의 100% 미만인 경우
b	4	-
c	3	한계치의 100% 이상 110% 미만인 경우
d	2	한계치의 110% 이상 130% 미만인 경우
e	1	한계치의 130% 이상인 경우

5) 수문학적 안전성 평가

수문학적 안전성 평가는 댐의 구조형식과 현장진단 결과에 의한 댐의 상태에 따라 1차적으로 수행될 필요가 있다. 여유고 부족 또는 월류 발생 등의 1차적인 조건을 만족시키지 못할 경우 그에 따른 댐체의 구조적인 안전을 검토하고, 최종적으로 댐 붕괴 발생 시 하류에 미치는 인적, 경제적 위험요인을 기준으로 평가하는 단계적인 평가기준의 도입이 요구된다.

기존 댐의 가능최대홍수량(PMF)에 대한 수문학적 안전성 평가기준을 아래와 같이 1~3단계로 구분, 연계하여 설정하였다.

① 제 I 단계: 댐의 형식 및 상태별 여유고에 대한 평가([표 3.29])

② 제 II 단계: 가능최대홍수량(PMF)에 대한 구조적 안전성 평가([표 3.30])

③ 제 III 단계: 하류부의 위험도에 따른 평가([표 3.31])

① 제 I 단계 평가

제 I 단계 평가는 [표 3.29]에 나타나 있다. 여기서, 댐의 상태는 댐 정밀안전진단 시 수행된 상태평가 결과를 의미한다. 즉, 여유고가 부족하더라도 상대적으로 댐의 상태가 양호한 댐은 보다 나은 점수를 받을 수 있는 가능성을 부여한다는 것이다. 콘크리트댐과 필댐 등은 월류 시 댐체의 안전성에 차이가 나타날 수 있기 때문에 필댐, 복합댐 및 CFRD는 보다 보수적인 기준을 적용했다.

현재의 저수지 운영룰(Reservoir Operation Method, ROM)에 따른 여수로 방류능력 검토결과 여유고가 부족하거나 또는 댐체를 월류할 경우 보다 효과적인 ROM을 적용하여 홍수소통의 가능 여부를 재검토할 필요가 있다.

또한, 조절수문을 갖고 있는 댐의 경우 홍수량 유입 예측 시 초기수위를 저하시켜 최대한의 소통능력을 확보한 후 제체의 월류를 방지할 수 있는지를 검토하며, 댐의 현재 상태에 따라 추가적인 II, III 단계의 평가수행 여부를 결정하도록 한다.

또한, 다양한 비구조적 대책에 의해서도 제체의 월류가 불가피하거나 월류 방지수준이지만 댐의 상태가 부실한 경우로 분석된다면 e 및 d의 결과를 갖고 II 및 III 단계의 평가결과와 연계하여 최종평가가 수행되게 된다.

[표 3.29] 제 I 단계: 댐의 형식 및 상태별 여유고에 대한 평가

<table>
<tr><th>단계</th><th>구분</th><th>점수</th><th>댐의
형식</th><th>댐의
상태</th><th>평 가 기 준</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="5">I</td><td>a</td><td>5</td><td>①, ②</td><td>모든
등급</td><td>검토 여유고가
여유고 기준을 만족하는 경우</td><td rowspan="4">I 단계 평가만
수행</td></tr>
<tr><td>b</td><td>4</td><td>①, ②</td><td>A～C</td><td>검토 여유고가
여유고 기준을 만족하지 못하나
월류 하지 않는 경우</td></tr>
<tr><td rowspan="2">c</td><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">①, ②</td><td>D, E</td><td>검토 여유고가
여유고 기준을 만족하지 못하나
월류 하지 않는 경우</td></tr>
<tr><td>A～C</td><td>댐 월류가 발생하나
비구조적 대책에 의해
월류가 방지될 수 있는 경우</td></tr>
<tr><td>d</td><td>2</td><td>①, ②</td><td>D, E</td><td>댐 월류가 발생하나
비구조적 대책에 의해
월류가 방지될 수 있는 경우</td><td>-①의 경우 II, III
단계 평가,
-②의 경우 III
단계 평가 수행</td></tr>
<tr><td>e</td><td>1</td><td>①, ②</td><td>모든
등급</td><td>댐 월류가 발생하며,
비구조적 대책에 의해
월류방지가 불가능한 경우</td><td>〃</td></tr>
</table>

주) 1. 댐의 형식 : ① 콘크리트댐, ② 필댐, 복합댐 및 CFRD
2. 댐의 상태 : 댐 토목시설물의 상태평가 기준(A～E)

② 제 II 단계 평가

제 II 단계 평가는 가능최대 홍수량에 대한 구조적 안전성 평가로서, 콘크리트 댐의 경우 제 I 단계에서 d 및 e의 판정을 받은 경우에 수행된다.

필댐, 복합댐 및 CFRD의 경우 비구조적 대책에 의해서도 월류 시(제 I 단계 e) 그리고 비구조적 대책에 의해 월류가 방지되는 경우(제 I 단계 d)는 II 단계 평가 없이 바로 제 III 단계 평가가 수행된다.

구조적 안전성 평가는 크게 수문, 월류부 및 비월류부 콘크리트댐체로 구분하여 수행하는 것으로 하였다. 각 구조적인 안전성은 PMF 유입시 댐체에서의 수리·수문학적인 분석자료(여유고 부족 또는 댐체를 월류할 경우)를 사용하여 구조해석을 수행한 후 결정될 수 있으며, 각 검토항목은 활동, 전도, 지지력 및 구조물의 응력비로 구분되며, 각각의 항목에 대한 평가기준과 종합적인 구조적인 안전성 평가 절차는 9.2.2

의 콘크리트댐을 따른다.

[표 3.30] 제 II 단계: 가능최대 홍수량(PMF)에 대한 구조적 안전성 평가

단계	구분	점수	평 가 기 준	비 고
II	a	5	PMF 유입 시 수문 및 콘크리트 댐체의 (월류부 및 비월류부) 구조적 안전성이 확보되는 경우	
	b	4	PMF 유입 시 콘크리트 댐체는 (월류부 및 비월류부) 구조적 안전성이 확보되나 수문의 구조적 안전성이 확보되지 않는 경우	
	c	3	PMF 유입 시 비월류부 콘크리트 댐체의 안전성은 확보되나, 월류부 콘크리트 댐체와 수문의 안전성이 확보되지 않는 경우	
	d	2	PMF 유입 시 수문 및 콘크리트 댐체가 (월류부 및 비월류부) 모두 구조적안전성을 확보하지 못하면서 댐마루 월류수심이 $h_c \leq 0.52H_d^{0.45} - 0.3$의 조건인 경우	
	e	1	PMF 유입 시 수문 및 콘크리트 댐체가 (월류부 및 비월류부) 모두 구조적안전성을 확보하지 못하면서 댐마루 월류수심이 $h_c > 0.52H_d^{0.45} - 0.3$의 조건인 경우	

주) 1. 구조적 안전성 검토항목 : 활동, 전도, 지지력 및 구조물의 응력비
(안전성 확보여부는 국토해양부에서 고시하는 본 세부지침(댐)의 평가기준을 따른다.)
2. hc≡댐마루 월류수심(m), Hd≡댐 높이(m)

[표 3.30]의 월류수심 조건의 공식은 미국 연방재난관리청(FEMA)에서 콘크리트 댐체의 붕괴여부를 결정짓는 한계수심(Critical Depth, hc)으로 이보다 큰 수심으로 월류할 경우 허용이 어려울 것으로 판단하여 d 및 e 구분의 기준으로 삼았다.

③ 제 III 단계 평가

제 III 단계 평가는 댐의 PMF 유입 시 발생할 수 있는 하류부의 위험도에 따른 평가로서 콘크리트댐의 제 I 단계 d 및 e인 경우에 대해 제 II 단계와 연계하여 평가하고 필댐, 복합댐 및 CFRD의 경우 제 I 단계 d 및 e인 경우에 대해 제 II 단계 평가 없이 수행한다.

“댐의 월류나 붕괴 시 하류부의 범람정도가 붕괴되지 않은 상태와 큰 차이가 없을 것으로 판단되는 경우”란 댐의 붕괴 시 하류부에 추가적인 수위상승이 미미하여 잠재적인 위험이 낮은 댐의 경우로 해석될 수 있다.

하류부의 인명피해 및 경제적 손실은 진단 대상 댐의 EAP(비상대처계획)를 참조하여 책임기술자가 판단하도록 하며, EAP가 수립되지 않은 댐에 대해서는 「시특법」의 1종 및 2종 시설물의 범위(1종: 1,000만톤 이상, 2종: 100만톤 이상)를 기준으로 총저수용량의 규모에 따라 위험도 등급을 [표 3.31]과 같이 결정한다.

[표 3.31] PMF 유입시 하류부의 위험도에 따른 평가

단계	구분	점수	평 가 기 준	비 고
III	a	5	○댐의 붕괴 시 하류부의 인명 및 경제적 손실이 거의 없는 경우	
	b	4	○댐의 붕괴 시 하류부의 범람정도가 붕괴되지 않은 상태와 큰 차이가 없을 것으로 판단되는 경우	상·하류 수위차가 적을 것으로 예상되는 경우
	c	3	○댐의 붕괴가 댐 구조물 자체의 경제적 손실 이상의 피해는 거의 발생하지 않고 하류부에 주택 및 산업시설 등이 적어 인명피해의 가능성이 낮을 것으로 예상되는 경우, 또는 ○총 저수용량 100만 ㎥ 미만인 경우	
	d	2	○댐의 붕괴가 광범위한 경제적 손실을 초래하며 하류부에 주택 및 산업시설 등이 산재하여 인명피해의 가능성이 상당할 것으로 예상되는 경우 ○총 저수용량 100만 ㎥ 이상 1,000만 ㎥ 미만인 경우	총 저수용량 규모는 EAP가 미수립된 댐에 대해 적용
	e	1	○댐의 붕괴가 대규모 경제적 손실을 초래하며 하류부에 주택 및 산업시설 등이 밀집되어 인명피해의 가능성이 높을 것으로 예상되는 경우 ○총 저수용량 1,000만 ㎥ 이상인 경우	

주) 1. 경제적 손실과 인명피해의 범위는 기 수립된 각 댐의 EAP(비상대처계획) 내용 등을 참조하여 책임기술자가 판단하고, EAP가 수립되지 않은 댐에 대해서는 총 저수용량의 규모에 따라 결정한다.
2. 총 저수용량 규모는 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」의 1종 및 2종 시설물의 범위(1종: 1,000만톤 이상, 2종: 100만톤 이상)를 기준으로 설정하였다.

④ 수문학적 안전성 평가절차

수문학적 안전성 평가절차는 각 단계별 평가점수에 가중치를 적용한 다음과 같은 절차에 의하여 산정한다.

$$\text{수문학적 안전성 평가점수}(S_H) = \sum_{i=1}^{N} S_i \, W_i \ , \quad i=1\sim N(N=2 \text{ 또는 } 3)$$

여기서, N : 평가단계의 수

Si 및 Wi : 각 단계의 평가점수와 [표 3.32]와 같이 결정되는 가중계수

[표 3.32] 각 단계별 가중계수

댐 형식	제 Ⅰ 단계 (W_1)	제 Ⅱ 단계 (W_2)	제 Ⅲ 단계 (W_3)	비 고
콘크리트	0.5	0.3	0.2	
필댐, 복합댐, CFRD	0.7	-	0.3	

여기서 콘크리트댐에 적용된 중요도는 수문학적 안전성 평가의 가장 중요한 부분이 가능최대홍수량 유입 시의 홍수 소통능력으로 판단하여 50%를 부여하고, 구조적 안전성 여부 및 하류부의 위험도를 각각 30%, 20%로 적용하였다.

그리고 II 단계의 평가가 수행되지 않는 필댐, 복합댐 및 CFRD의 경우는 제 I 단계 및 III 단계의 중요도 배분을 각각 70% 및 30%로 하여 가중계수를 0.7 및 0.3으로 적용한다.

평가지수에 의한 안전성평가는 [표 3.38]에 의하여 결정한다. 단, 정밀안전진단기간중에 홍수방어능력 확보를 위해 기존 댐 치수능력 증대사업을 공사 시행 중일 경우에 한정하여 책임기술자의 판단에 따라 수문학적 안전성평가 결과를 안전성평가에서 제외할 수 있다.

댐체와 달리 여수로 도류벽에 대한 여유고 검토결과는 수문학적 안전성평가 항목에 포함시키지 않고 도류벽의 보수·보강 수립에 활용하도록 하며, 기준 여유고는 현행의 댐 설계기준을 적용할 수 있다.

나. 콘크리트 댐

1) 콘크리트 구조물의 정적해석평가 기준

콘크리트 댐은 댐체의 자중과 댐체에 작용하는 외력에 대하여 전도, 활동, 지지력에 대하여 안정해석과 댐체의 각 요소에 대한 응력에 대한 안전 해석을 하여야 한다. 이러한 안정 및 응력에 대한 안전 해석에 영향을 주는 인자들은 항상 일정한 값이 아니고 시간적, 환경적인 원인들에 의해 변화한다. 특히, 이상기후에 의한 홍수량의 증가, 양압력의 변화 등이 주요한 영향인자이며, 이들은 점차 계측 등의 전문화에 의해 분석 및 평가되어 실무에 적용되고 있다.

따라서 안정 및 응력에 대한 안전성 평가는 댐 설계기준에서 제시되어 있는 기준에 의한 영향인자와 측정된 영향인자들을 적용하여 수행하는 것을 원칙으로 하고 그 이외의 추가적인 항목은 적정한 공인 기준에 따라 적용하며, 상시만수위, 계획홍수위, 최고수위 등에 대하여 적용하여야 한다.

① 전도에 대한 안정

하중 검토시 고려한 댐체 저면의 길이에 대하여 수직력과 수평력에 의한 합력이 중앙 1/3내에 작용하여 댐체 상류면에 연직방향의 인장응력이 발생하지 않도록 편심거리(e)는 댐체 저면 길이의 1/6이내 이어야 한다.

$$e = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

e : 댐체 저면 중심에서 합력의 작용점까지 편심거리(m)
L : 댐체 저면의 길이(m)
Mr : 저항 모멘트(N·m)
Mo : 전도 모멘트(N·m)
V : 수직력(N)

② 활동에 대한 안정

활동에 대하여 적용하는 순 전단강도는 암반과 콘크리트의 전단강도 중에서 작은 값을 취하고 실측을 원칙으로 하되, 불가능할 경우에는 댐 설계기준의 값을 적용한다. 안전율은 4.0 이상으로 한다.

$$Fs = \frac{\tau_o \cdot L \cdot B + f \cdot \Sigma V}{\Sigma H}$$

Fs : 활동안전율

τo : 콘크리트 또는 암반의 전단강도(tonf/㎡)

L : 댐체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 고려한 댐체의 폭(m)

f : 콘크리트 또는 암반의 내부마찰계수

V : 수직력(N)

H : 수평력(N)

③ 지지력에 대한 안정

지지력에 대한 안정조건은 상류측 선단에서의 인장응력은 발생하지 않도록 엄격히 제한하며, 그 이외의 부분은 허용 압축 및 인장응력을 넘지 않도록 한다.

$$\begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \end{pmatrix} = \frac{\Sigma V}{L \cdot B}\left\{1 \pm \frac{6e}{L}\right\}$$

q_1, q_2 : 지반반력 (MPa)

V : 수직력(N)

e : 댐체 저면중심에서 합력의 작용점까지의 편심거리(m)

L : 댐체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 적용한 댐체의 폭(m)

[표 3.33] 활동, 전도 및 지지력에 대한 평가 기준

평가 기준	평가 점수	상 태	
		활동	전도 및 지지력
a	5	활동에 대한 안전율이 4.0 이상일 경우	하중의 작용점이 편심거리 이내에 존재하여 상류측에 인장응력이 발생하지 않는 경우
b	4	-	-
c	3	활동에 대한 안전율이 3.5이상 4.0미만일 경우	하중의 작용점이 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 발생하나 허용인장응력의 1/2이내인 경우
d	2	활동에 대한 안전율이 2.5이상 3.5미만일 경우	하중의 작용점이 허용 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 허용인장응력 1/2 이상이나 허용응력 이내일 경우
e	1	활동에 대한 안전율이 2.5미만일 경우	하중의 작용점이 허용 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 허용인장응력을 초과할 경우

※ 안정성평가는 보수적인 측면에서 활동, 전도 및 지지력의 평가 등급 중 가장 낮은 평가등급을 안정성 평가 결과로 산정함.

④ 정적 응력에 대한 안전

정적 해석은 정적상태시 구조물의 역학적 거동특성을 파악하여, 댐체에 발생하는 압축 및 인장응력을 허용응력과 비교 분석하여 안전성을 검토하고자 하였으며, 해석에 필요한 외력과 허용응력은 「댐 설계기준」,「콘크리트구조설계기준」및 「기존댐의 내진성능평가 및 향상요령」[1]에서 제시하고 있는 기준을 적용한다.

[표 3.34] 구조물의 정적응력에 대한 안전성 평가기준

평가기준	평가 점수	안전성평가 기준	비 고
a	5	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상이 없는 경우	◦허용응력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$ ◦강도설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{M}$
b	4	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상(중요결함)이 있는 경우	
c	3	0.9 ≤SF(안전율) < 1	
d	2	0.75 ≤ SF(안전율) < 0.9	
e	1	SF(안전율) < 0.75	

2) 콘크리트 구조물의 내진해석평가 기준

콘크리트 댐은 지진시 전도, 활동, 지지력에 대한 안정해석과 댐체의 각 요소에 대한 내진 응력에 대한 안전해석을 하여야 한다. 이러한 안정 및 내진 응력에 대한 안전 해석에 영향을 주는 인자들은 항상 일정한 값이 아니고 시간적, 환경적인 원인들에 의해 변화한다. 특히, 지진의 발생 규모 및 빈도, 양압력의 변화 등이 주요한 영향인자이며, 이들은 점차 계측 등의 전문화에 의해 분석 및 평가되어 실무에 적용되고 있다.

따라서 안정 및 응력에 대한 안전성 평가는 기존시설물의 내진성능평가 및 향상요령에서 제시되어 있는 기준에 의한 영향인자와 측정된 영향인자들을 적용하여 수행하는 것을 원칙으로 하고 그 이외의 추가적인 항목은 적정한 공인 기준에 따라 적용한다.

또한, 내진성능평가에서 고려하는 하중은 정적인 상태의 구조물에서 지진이 발생된 경우 구조물에 가해지는 하중들로 정적하중, 동수압, 지진하중이 있다. 정적하중은 상시만수위 및 PMF시에 대한 하중조건이 있으나, 지진은 확률적으로 발생하는 자연재해로 미래에 발생할 수 있는 지진을 고려하는 해석으로 PMF시 지진이 발생하는것을 고려한 해석은 너무 과대한 해석으로 판단되어 상시만수위에서만 발생한다고 가정하고 내진성능평가를 수행한다.

① 전도에 대한 안정

하중검토시 고려한 댐체 저면의 길이에 대하여 수직력과 수평력에 의한 합력이 중앙 1/2 내에 작용하여야 한다. 따라서, 편심거리(e)는 댐체저면 길이의 1/4이내 이어야 한다.

---

1) 국토해양부, 한국시설안전공단 : 2004년 5월 발행

$$e = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

e : 댐체 저면 중심에서 합력의 작용점까지 편심거리(m)

L : 댐체 저면의 길이(m)

Mr : 저항 모멘트(N·m)

Mo : 전도 모멘트(N·m)

V : 수직력(N)

② 활동에 대한 안정

활동에 대하여 적용하는 순 전단강도는 암반과 콘크리트의 전단강도 중에서 작은 값을 취하고 실측을 원칙으로 하되, 불가능할 경우에는 댐 설계기준의 값을 적용한다. 안전율은 2.7 이상으로 한다.

$$F_s = \frac{\tau_o \cdot L \cdot B + f \cdot \Sigma V}{\Sigma H}$$

Fs : 활동안전율

τo : 콘크리트 또는 암반의 전단강도(MPa)

L : 댐체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 고려한 댐체의 폭(m)

f : 콘크리트 또는 암반의 내부마찰계수

V : 수직력(N)

H : 수평력(N)

③ 지지력에 대한 안정

지지력에 대한 안정조건은 상류측 선단에서의 인장응력은 허용인장응력을 넘지 않토록 제한하며, 그 이외의 부분은 허용 압축 및 인장응력을 넘지 않도록 한다.

$$\begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \end{pmatrix} = \frac{\Sigma V}{L \cdot B}\left\{1 \pm \frac{6e}{L}\right\}$$

q_1, q_2 : 지반반력 (MPa)

V : 수직력(N)

e : 댐체 저면중심에서 합력의 작용점까지의 편심거리(m)

L : 댐체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 적용한 댐체의 폭(m)

[표 3.35] 전도 및 지지력에 대한 평가 기준

평가 기준	평가 점수	상 태	
		활동	전도 및 지지력
a	5	활동에 대한 안전율이 2.7 이상일 경우	하중의 작용점이 편심거리 이내에 존재하며 상류측에 인장응력이 허용인장응력 이내인 경우
b	4	-	-
c	3	활동에 대한 안전율이 2.2이상 2.7미만일 경우	하중의 작용점이 편심거리를 초과하나 상류측에 인장응력이 허용인장응력 이내인 경우
d	2	활동에 대한 안전율이 1.7이상 2.2미만일 경우	상류측에 인장응력이 허용인장응력 이상이나 균열응력 이내일 경우
e	1	활동에 대한 안전율이 1.7미만일 경우	상류측에 발생응력이 균열응력을 초과할 경우

※ 안정성평가는 보수적인 측면에서 활동, 전도 및 지지력의 평가 등급 중 가장 낮은 평가등급을 안정성 평가 결과로 산정함.

④ 내진응력에 대한 안정

댐의 내진성능평가는 「기존 댐의 내진성능평가 및 향상요령(2004, 국토부)」에 의거 크게 예비평가, 1단계평가, 2단계평가로 구성된다.

그러나 시특법에 의한 정기적인 정밀안전진단 대상시설물은 중요 구조물로 가장 정밀한 해석이 요구되므로 바로 2단계평가를 내진성능평가로 하여 수치해석을 수행한다.

[표 3.36] 구조물의 내진응력에 대한 안전성 평가기준

평가기준	평가 점수	상 태	비 고
a	5	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상이 없는 경우	◦허용응력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$ ◦강도설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{M}$
b	4	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상(중요결함)이 있는 경우	
c	3	0.9 ≤SF(안전율) < 1	
d	2	0.75 ≤ SF(안전율) < 0.9	
e	1	SF(안전율) < 0.75	

3) 수문학적 안전성 평가

필댐의 수문학적 안전성평가와 동일하게 수행한다.

다. 기계설비

기계설비의 안전성평가는 안전성에 문제가 있다고 판단되는 특별한 경우를 제외하고는 별도로 수행하지 않는다.

안전성평가를 수행할 경우에 동일규격의 설비가 다수 설치된 경우에는 취약한 설비를 선정하여 대표적으로 수행하며 안전성평가 결과를 동일규격의 설비에 같이 적용하며, 제반설계서 또는 기존의 정밀안전진단 보고서가 있는 경우 이들을 검토하여 안전성을 판단하고 설계서 등이 없는 경우에는 주요부재에 대한 응력비 검토를 시행한다.

① 하중의 산출은 계획수위(하천정비 기본계획에 나와 있는 홍수위) 및 수문의 바닥고에 따라야한다.

② 주요부재는 굽힘응력, 전단응력, 처짐, 스킨플레이트 등에 대한 허용응력은 강재설비설계기준, 댐언시설기술기준, 수문·통문게이트설계요령 및 농지개량사업계획설계기준(해면간척편) 등을 참고하여 검토하여야 한다.

③ 부재의 적용치수는 주로 설계도서를 기준으로 하고 특별한 경우(부식이 많이 진행한 경우 등)에는 실측값을 적용한다.

④ 안전성 평가는 부재의 휨, 전단 등에 대한 응력비(허용응력/발생력) 값에 따라 아래와 같이 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 3.37] 수문 구조검토에 대한 평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	산출된 응력비가 1.5 이상인 경우
b	4	산출된 응력비가 1.5 미만 1.1이상인 경우
c	3	산출된 응력비가 1.1 미만 1.0이상인 경우
d	2	산출된 응력비가 1.0 미만 0.9이상인 경우
e	1	산출된 응력비가 0.9미만인 경우나, 부식으로 단면손실이 있는 경우

* 응력비는 부재의 허용응력/발생응력에 대한 비율로 산출한다.

3.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 산정

구조물의 각종 해석을 통하여 안전성 평가기준에 따른 각각의 안전성평가 결과가 결정되면 이들을 종합하여 하나의 안전성평가 결과를 결정하기 위하여 본 평가체계에서 다음과 같은 수식을 사용한다.

이 수식에 의해 산출되는 안전성평가지수(Es)는 각 검토항목의 안전성평가 결과 중 가장 낮은 안전성평가 결과보다 다소 상향된 결과로 평가된다.

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

$$= L + 0.3(H-L), \qquad (N = 2)$$

여기서, N : 안전성 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성평가 지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가 지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 제외한 나머지 값들

검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가 결과를 하나의 검토항목으로 간주하여 위의 식에 의해 최종적인 전체 구조물의 안전성평가 결과를 결정할 수 있다.

안전성평가는 각 시설물의 개별부재 또는 복합부재에 대한 각종 해석(구조, 수리해석 등)에 의한 안전율을 계산하여 각각의 안전성평가 기준에 따른 안전성평가 결과를을 결정한 후 위의 식으로 개별시설물의 안전성평가 지수를 산출한다.

또한 [표 3.38]에 제시된 안전성평가지수 범위에 따른 안전성평가 기준에 의해 개별시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 3.38] 안전성평가 지수에 따른 안전성평가 기준

안전성평가 지수의 범위	안전성평가 기준	안전성평가점수	비 고
4.5 ≤ Es ≤ 5.0	A	5	
3.5 ≤ Es 〈 4.5	B	4	
2.5 ≤ Es 〈 3.5	C	3	
1.5 ≤ Es 〈 2.5	D	2	
1.0 ≤ Es 〈 1.5	E	1	

나. 안전성평가 산정 방법

시설물은 분야별로 크게 댐체, 여수로, 기계・전기설비 및 기타 부대시설로 구분할 수 있으며, 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 안전성평가 산정 방법을 예시하였다.

[표 3.39] 안전성평가표 (4단계평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 계측데이터	*c*	*3*	5.		
2. 사면안정해석	*b*	*4*	6.		
3. 수문학적 안전성	*c*	*3*	7.		
4.			8.		
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 Es = Min N=2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min) 1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min) × Σ M / (5 × (N−2)) (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					***3.18***
3. 개별시설 안전성평가 결과 =					***C***

3.6 종합평가 기준 및 방법

3.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교・검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 3.38]의 종합평가지수(E4~7)에 따라 결정한다.

[표 3.40] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

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

3.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

평가대상 개별시설에 대하여 상태평가 및 안전성평가를 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 비교하여 작은 값을 종합평가를 위한 종합평가지수(E4)로 결정·적용하여 개별시설의 종합평가 결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 종합평가를 실시한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 갈음한다.

나. 종합평가 결과 산정 방법

평가대상 시설물에 대하여 평가단계별 구분표에 따라 종합평가 산정 절차를 예시하였다.

1) 4단계 종합평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

시설물의 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 종합평가 결과를 결정하기 위해 시설물별 상태평가 및 안전성평가 결과로 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 사용하며, 이 값 중에서 작은 값을 개별시설의 종합평가지수(E4)로 적용하여 [표 3.40]에 따라 평가대상 시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 갈음한다.

▷ 개별시설의 종합평가지수 (E4) = Min(Ec, Es)

여기서, Ec : 개별시설의 상태평가지수

Es : 개별시설의 안전성평가지수

[표 3.41] 개별시설 평가표(예)

상 태 평 가				
개 별 시 설	*제체1*			표 번호
3단계 표번호	*3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5*			*4-1*
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	규 모(㎡) S	계산값 $E_3 \times S$
블록1	*c*	*2.52*	*150*	*378.0*
블록2	*b*	*3.50*	*200*	*700.0*
블록3	*b*	*3.77*	*250*	*942.5*
블록4	*b*	*3.87*	*200*	*774.0*
블록5	*c*	*3.02*	*250*	*755.0*
합계(Σ)			*1050.0*	*3,549.5*

<조사자 의견>

1. 상태평가지수(E_3) 최대값 (Max. Value) =	*3.87*
2. 상태평가지수(E_3) 최소값 (Min. Value) =	*2.52*
3. V1 = 0.3×(Max.−Min) = *0.3×(3.87−2.52) =*	*0.41*
4. V2 = Σ(E_3×S) / (5×ΣS) = *3,549.5 / (5×1050.0) =*	*0.68*
5. 개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min.+V1×V2 = *2.52+0.41×0.68 =*	***2.80***
6. 개별시설의 상태평가 결과 =	***C***

안 전 성 평 가

평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 계측데이터 분석	*c*	*3*	5.		
2. 사면안정해석	*b*	*4*	6.		
3. 수문학적 안전성	*c*	*3*	7.		
4.			8.		

<검토자의견>

1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택
   1.1) N=1이면 Es = Min,
   N=2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min)
   1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min) × Σ M / (5 × (N−2))
   (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) = ***3.18***
3. 개별시설 안전성평가 결과 = ***C***

종 합 평 가

1. 개별시설 종합평가지수(E_4) = 최소값 (Ec, Es) =	***2.80***
2. 개별시설 종합평가 결과 =	***C***

※ 본 예에서 규모(S)는 댐체의 조사망 면적 적용

2) 5단계 종합평가 : 복합시설(複合施設) 평가표 작성

댐 시설은 각각 기능이 다른 다수의 복합시설(제체, 여수로 등)이 모여 용수공급, 홍수조절, 발전이라는 목적을 수행한다. 각각의 복합시설들은 주요시설과 보조시설로 구분할 수 있으며, 개별시설의 기능에 문제가 발생할 경우 복합시설의 목적수행에 미치는 영향을 판단하여 개별시설의 중요도를 반영한다.

개별시설의 종합평가지수(E4)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합시설의 종합평가지수(E5)를 산출하고 종합평가 결과를 결정한다. 이때 개별시설의 중요도의 합은 100이 되도록 규정하고, 개별시설의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있는 경우에는 규정된 값의 20% 범위 내에서 조정할 수 있다. 특정 시설물이 없거나, 추가될 경우 조정방법은 [표 3.19]를 참고한다.

5단계부터는 각각 다른 시설물의 종합평가 결과를 취합하는 과정이다.

▷ 복합시설의 상태평가지수(E5) = Σ(E4 × A × W) / Σ(A×W)

여기서, E4 : 개별시설의 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도 (여수로의 경우 토목시설 : 90%, 기전설비 : 10%)

제체가 다수인 경우, 중요도는 각각의 길이, 면적, 체적 등의 비율로 중요도를 배분할 수 있다. 여수로가 다수인 경우, 중요도는 각각의 면적 또는 여수로 설계방류량 비율로 배분할 수 있다. 콘크리트 댐의 경우 월류부와 비월류부의 중요도의 배분은 댐 축의 길이 비율로 배분한 후 월류부의 값에 20%를 할증한 값을 중요도로 하고, 비월류부는 월류부 할증 값을 제외하여 중요도를 산출할 수 있다.

[표 3.42] 복합시설 평가표(예1)

복 합 시 설	*제체*					표 번호
4단계 표번호	*4-1, 4-2*					*No. 5-1*
개별부재	평가결과	평가지수 E_4	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E_4×A×W
제체1	*C*	*2.80*	*3*	*50*	*150.0*	*420.0*
제체2	*B*	*3.54*	*2*	*50*	*100.0*	*354.0*
합계(Σ)				*100*	*250.0*	*774.0*
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 종합평가지수(E_5) = $\Sigma(E_4 \times A \times W)/\Sigma(A \times W)$ = *774.0/250.0*=						***3.10***
2. 복합시설의 종합평가 결과 =						***C***

[표 3.43] 복합시설 평가표(예2)

복 합 시 설	*여수로*					표 번호
4단계 표번호	*4-3, 4-4*					*No. 5-2*
개별부재	평가결과	평가지수 E_4	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E_4×A×W
여수로	*B*	*3.62*	*2*	*90*	*180.0*	*651.6*
기전설비	*B*	*3.57*	*2*	*10*	*20.0*	*71.4*
합계(∑)				*100*	*200.0*	*723.0*
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 종합평가지수(E_5) = ∑(E_4×A×W)/∑(A×W) = *723.0/200.0=*						***3.61***
2. 복합시설의 종합평가 결과 =						***B***

3) 6단계 종합평가 : 통합시설(統合施設) 평가표 작성

댐은 유지관리 방법이 다른 복합시설(제체, 여수로, 기타시설)로 구성되어 있는 통합시설에 해당한다. 이들은 어느 시설이든 문제가 발생할 때 통합시설의 안전과 목적수행에 지장이 발생하므로 복합시설의 종합평가지수(E5)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 통합시설의 종합평가지수(E6)를 산출하고 종합평가 결과를 결정한다. 이때 복합시설의 중요도의 합은 100이 되도록 규정하고, 복합시설의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있는 경우에는 규정된 값의 20% 범위 내에서 조정할 수 있다. 중요도 조정방법은 [표 3.19]를 참조한다.

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

▷ 통합시설의 종합평가지수(E6) = ∑(E5 × A × W) / ∑(A×W)

여기서, E5 : 복합시설의 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도 (제체:65%, 여수로:25%, 기타(취수 및 방류시설):10%)

[표 3.44] 통합시설 평가표(예)

통 합 시 설	*○○댐*					표 번호
5단계 표번호	*5-1, 5-2, 5-3*					*No. 6-1*
개별부재	평가결과	평가지수 E_5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E_5×A×W
제 체	*C*	*3.10*	*3*	*65*	*195*	*604.5*
여 수 로	*B*	*3.61*	*2*	*25*	*50*	*180.5*
취수시설	*B*	*3.52*	*2*	*10*	*20*	*70.4*
합계(∑)				*100*	*265*	*855.4*
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 종합평가지수(E_5) = ∑(E_5×A×W)/∑(A×W) = *855.4 / 265.0=*						***3.23***
2. 통합시설의 종합평가 결과 =						***C***

3.7 보수・보강 방법

댐 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

3.7.1 필댐

필댐체에서는 균열, 누수, 변형, 침하, 활동, 침식 그리고 풍화 등의 손상현상이 주요 대상이 된다.

일반적인 보수・보강방법은 다음같이 적용할 수 있다.

- ○ 그라우팅공법, 치환공법
- ○ 압성토공법
- ○ 말뚝공법
- ○ 아스팔트 및 점토차수공법
- ○ 쉬이트파일공법
- ○ 토목섬유공법

3.7.2 콘크리트댐

콘크리트 댐체에서는 균열, 누수, 변형, 침식, 부식, 전도, 침하 그리고 활동 등의 손상현상이 주요 대상이 된다.

일반적인 보수・보강방법은 다음같이 적용할 수 있다.

- ○ 그라우팅공법
- ○ 에폭시주입공법
- ○ 부식보수
- ○ 앵커공법
- ○ 시일링공법
- ○ 스티칭 및 쉬이트파일공법

3.7.3 수문

수문의 상태를 진단하여 결함의 원인에 대해 안전성을 평가하고 가장 적절한 보수・보강방법을 제시하며, 필요시에는 작업순서를 흐름도로 나타내고 도면은 평면도, 정면도, 측면도를 작도하여 첨부한다.

3.7.4 전기설비

전기설비의 상태평가에 의해 손상 및 기기불량으로 판단되는 경우 주동력 기기의 정상가동 또는 주전원설비 시스템의 안전 확보를 위해 즉시 교체하도록 하고 경미한 손상에 대해서는 장래 유지보수 계획에 반영하여 보수하도록 한다.

제4장 항 만

4.1 관리일반

4.2 현장조사

4.3 재료시험 항목 및 수량

4.4 상태평가 기준 및 방법

4.5 안전성평가 기준 및 방법

4.6 종합평가 기준 및 방법

4.7 보수·보강 방법

제4장 항만

4.1 관리일반

4.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 항만 시설물에 적용한다.

○ 1종 시설물

- 갑문시설
- 20만톤 이상 선박의 하역시설로서 원유부이(BUOY)식 계류시설 및 그 부대시설인 해저송유관 시설
- 말뚝구조의 계류시설(5만톤급 이상)

○ 2종 시설물

- 1만톤급 이상의 계류시설로서 1종 시설물에 해당하지 아니하는 계류시설

항만 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 국토해양부 발행 항만시설물 관련 기준 및 지침

- 항만시설물 안전점검 및 정밀안전진단 실시요령
- 항만구조물 중력식 안벽 및 외곽시설 보수·보강 표준 지침서
- 항만구조물 잔교식 안벽 보수·보강 표준 지침서
- 항만공사 표준시방서

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전 협의하여 적용 할 수 있다.

4.1.2 용어 정의

○ 항만시설(港灣施設)

항만법상 항만시설로서 ① 수역시설, ② 외곽시설, ③ 계류시설, ④ 임항 교통시설, ⑤ 여객시설, ⑥ 보관시설, ⑦ 화물 정리시설 등을 포함한다.

○ 계류시설

선박을 계류(Mooring)하는 안벽, 물양장, 잔교, 돌핀, 선착장, 램프 등을 총칭하여 부르는 말

○ 부두(埠頭)

선박이 접안하여 화물을 적양하고 또 여객이 승강하는 장소를 말하며, 화물처리시설, 보관시설, 선박보급시설, 항만후생시설, 상옥, 대합실 등의 여객시설, 임항 교통시설 등의 육상부분들도 포함한 광범위한 임항지대를 총괄하여 부두라고 한다. 그러나 좁은 뜻으로는 계선안 혹은 이에 인접하는 에이프론 정도까지 소지구(小地區)의 의미로도 쓰인다. 부두는 일반공공부두, 전용으로 이용하는 전용부두, 특수화물을 취급하는 전문부두로 구별된다.

○ 안벽(岸壁)

선박을 안전하게 접안하여 화물의 하역 및 승객을 승하선시킬 수 있는 구조물로서, 전면 수심 4.5m이상으로 대형 선박이 접안하는 접안시설을 말한다.

구조 형식에 따라 중력식, 잔교식, 선반식, 강널말뚝식(셀식포함), 부잔교식 등이 있음.

○ 잔교식 안벽

해안선이 접한 육지에서 직각 또는 일정한 각도로 돌출한 부두. 선박의 접이안이 용이하도록 바다위에 기둥(파일)을 박고 그 위에 콘크리트나 철판 등으로 상부시설을 설치한 교량 모양의 부두(말뚝구조의 계류시설)

○ 중력식 안벽

토압, 수압 등의 외력을 벽체중량과 그 마찰력으로 저항하도록 축조된 안벽구조형식, 안벽깊이가 커지면 토압은 깊이의 자승에 비례하므로 벽체의 안정, 특히 활동의 안정이 나빠지는 경향이 있다.

벽체의 종류는 케이슨식, L형 블록식, 콘크리트 블록식, 셀 블록식, 직립소파식 등이 있다.

○ 널말뚝식 안벽

광의로는 널말뚝을 사용한 계선안의 모든 것을 지칭하지만 협의로는 널말뚝식 계선안, 선반식 계선안, 셀식 계선안이 포함된다.

- 협의의 널말뚝식 계선안

U형, Z형의 강 널말뚝 혹은 콘크리트 널말뚝을 박고 두부를 타이 로드 혹은 버팀 말뚝 등에 의해 배후토중(背後土中)에 앵커하고 배후의 토압에 저항시켜서 계선안으로 하는 것

○ 돌핀(Dolphin)

육지와 상당한 거리에 있는 해상에서 일정 수심이 확보되는 위치에 소정의 선박이 계류하여 하역할 수 있도록 시설한 구조물로서, 육지와는 도교로 연결한 해상시설물이다.

○ 계선부표(Mooring Buoy)

항만내의 부두 외에 특별히 설치된 선박 계류용 부표로서, 통상 직경 3m 내외의 강제로 된 원추형 또는 원통형의 철제통을 해상에 띄우고 움직이지 않도록 해저에 고정시키는 Buoy식 계류시설을 말한다.

구조는 일반적으로 부체, 계류환, 부체쇄, 침추로 구성되어 있다.

○ 갑거(閘渠)

조석 간만의 차이가 심한 항만에서 선거 내 수심을 항상 일정하게 유지하고 선박이 입출항할 수 있도록 수위를 조절하는 갑문과 갑실 구동장치 등의 시설 총칭

○ 갑문(閘門)

조석 간만의 차이가 심한 항만이나 하천, 운하 등의 수로를 가로지르는 댐, 둑 또는 독(dock) 등에서 선박을 통과시키기 위하여 수위의 고저를 조절하는 갑실의 수문

○ 방파제(防波堤)

항내의 정온도를 유지하여 항내에서 선박이 안전하게 정박하고 하역하며, 항내의 수역 및 육지에 있는 모든 항만 시설물을 파랑과 표사로부터 보호하기 위해 만드는 항만 외곽시설, 수심과 기초지반 또는 파도의 성질이나 크기에 따라 여러 가지 구조가 있지만 대별하면 직립방파제, 혼성방파제, 경사방파제(사석방파제), 공기방파제, 부방파제(浮防波堤) 등이 있다.

4.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

항만 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 4.1]과 같다.

① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다.

② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

③ 부두시설 중 항만구조물과 별개로 설치된 도로시설, 배수시설 등의 경우에는 본 실시범위 대상시설에서 제외할 수 있다.

④ 부대 시설물 및 기타 시설물이 「영」 제2조제1항에 따른 1종·2종 시설물에 해당되는 경우에는 「법」 제6조에 따라 정밀점검을 실시하여야 한다.

[표 4.1] 항만 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분		시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
			정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
잔교식	기본시설물	◦ 바닥판	○	○	○	
		◦ 가로보,세로보	○	○	○	
		◦ 하부구조(수상부)	○	○	○	
		◦ 하부구조(수중부)		○	○	
		◦ 토류벽	○	○	○	
	부대시설물	◦ 계선주, 방충재, 차막이	○	○	○	
		◦ 전기방식설비 (수중부)		○	○	
중력식 및 널말뚝식	기본시설물	◦ 상부공	○	○	○	
		◦ 본체부(수상부)	○	○	○	
		◦ 본체부,기초부(수중부)		○	○	
		◦ 에이프론	○	○	○	
	부대시설물	◦ 계선주, 방충재, 차막이	○	○	○	
기타 시설물		◦ 하역시설의 기초	○			
		◦ 레일	○			
		◦ 부대 건축물	○			

4.1.4 중대한 결함의 정도

항만 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 4.34]의 기초부 세굴에 대한 상태평가 기준에서 “e”의 경우

2) 항만 계류시설 중 강관 또는 철근콘크리트 파일의 파손・부식

○ [표 4.13], [표 4.14], [표 4.20]~[표 4.22] 등의 강관 및 철근콘크리트 말뚝의 파손, 충격손상, 및 부식 등에 대한 상태평가 기준에서 “d” 이하의 경우

3) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

○ [표 4.18], [표 4.19]의 탄산화 잔여 깊이 및 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준에서 “d” 판정으로 철근노출과 부식을 동반하고 있는 경우

4) 갑문시설 중 문비작동시설 부식 노후화

○ 문비작동시설 부식 노후화 정도가 시설물의 안전등급 기준의 “d”이하로 판정되는 경우

5) 갑문 취・배수 아키덕트 시설의 부식 노후화

○ 갑문 취・배수 아키덕트 시설의 부식 노후화 정도가 시설물의 안전등급 기준의 “d” 이하로 판정되는 경우

6) 잔교・시설 파손 및 결함

○ [표 4.13] 및 [표 4.28]의 잔교식 안벽과 중력식 안벽의 상부공 및 본체부 파손에 대한 상태평가 기준에서 “e”의 경우

7) 케이슨구조물의 파손

○ [표4.32]. [표 4.33]의 속채움재 유실 및 케이슨 및 블록 이격 등에 대한 상태평가 기준에서 “e”의 경우

8) 안벽의 법선변위 및 침하

○ [표 4.25]~[표 4.27] 및 [표 4.16]~[표 4.42]의 암벽의 침하, 경사/전도, 활동 등에 대한 상태평가 기준의 “d” 이하의 경우

※ 2), 4), 5), 8)항의 상태변화에 대한 평가유형은 중요결함으로 1), 3), 6), 7)항의 평가유형은 국부결함으로 분류하고 있다.

4.2 현장조사

4.2.1 시설물의 점검사항

가. 잔교식 안벽

잔교식 안벽의 점검항목은 상부구조 및 말뚝식 하부구조로 구성된 모든 안벽에 대해 적용할 수 있다

[표 4.2] 잔교식 안벽의 점검항목

구분	주요부재	점 검 항 목	비 고
수상부	콘크리트 바닥판	○ 파손 ○ 충격손상 ○ 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) ○ 박리(완전박리, 부분박리)	
	콘크리트 세로보 및 가로보	○ 파손 ○ 충격손상 ○ 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열, 부식균열-스터럽) ○ 박리(완전박리, 부분박리, 완전박리-스터럽, 부분박리-스터럽)	
	콘크리트 말뚝	○ 파손 ○ 충격손상 ○ 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열, 말뚝연결부 균열) ○ 박리(완전박리, 부분박리) ○ 침식	
	토류벽	○ 파손 ○ 충격손상 ○ 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) ○ 박리(완전박리, 부분박리) ○ 침하	

[표 4.2] 잔교식 안벽의 점검항목 (계속)

구분	주요부재	점 검 항 목	비 고
수상부	강말뚝	○ 파손 ○ 충격손상 ○ 부식(전반부식, 국부부식, 홈/파공) ○ 도장손실 ○ 피복재 손상	
	부대시설	○ 계선주, 차막이, 방충재 등의 파손상태	
수중부	콘크리트 말뚝	○ 파손 ○ 충격손상 ○ 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열, 수중균열 진전) ○ 박리(완전박리, 부분박리) ○ 침식	• 정밀점검, 정밀안전진단
	강말뚝	○ 파손 ○ 충격손상 ○ 좌굴 ○ 부식(전반부식, 국부부식, 홈/파공) ○ 침식 ○ 도장손실 ○ 아노드 손상	

※ 변위/경사 발견 시 중력식 안벽에 준하여 점검한다.

나. 중력식 안벽

중력식 안벽의 점검항목은 갑문의 콘크리트 구조물이나, 케이슨식 돌핀에도 적용할 수 있다.

[표 4.3] 중력식 안벽의 점검항목

구 분	주요부재	점검항목	점검내용
수상부 및 수중부	상부공 및 본체부	○ 침 하 ○ 경사/전도 ○ 활 동 ○ 파 손 ○ 균열(과응력균열, 부식균열, 일반균열) ○ 박리(완전박리, 부분박리) ○ 마모/침식 ○ 속채움재 유실(케이슨식) ○ 케이슨, 블록 이격	• 수중부 점검 : 정밀점검, 정밀안전진단
수중부	기초부	○ 세 굴 ○ 기초사석교란	• 정밀점검, 정밀안전진단
수상부	에이프론	○ 침 하 ○ 포장손상(균열, 함몰, 파손) ○ 공동(콘크리트 포장 하부)	
	부대시설	○ 계선주, 차막이, 방충재 등의 파손상태	

다. 널말뚝식 안벽

[표 4.4] 널말뚝식 안벽의 점검항목

<table>
<tr><th>구 분</th><th>주요부재</th><th colspan="2">점 검 항 목</th><th>비 고</th></tr>
<tr><td rowspan="12">수상부
및
수중부</td><td rowspan="12">상부공
및
벽체부</td><td colspan="2">침 하</td><td rowspan="12">• 수중부 점검
: 정밀점검,
정밀안전진단</td></tr>
<tr><td colspan="2">변 형</td></tr>
<tr><td colspan="2">활 동</td></tr>
<tr><td colspan="2">후면부 함몰</td></tr>
<tr><td colspan="2">파 손</td></tr>
<tr><td rowspan="3">콘크리트
널말뚝</td><td>균열
(과응력균열, 부식균열, 일반균열)</td></tr>
<tr><td>박리(완전박리, 부분박리)</td></tr>
<tr><td>마모/침식</td></tr>
<tr><td rowspan="4">강널말뚝</td><td>부식(전반부식, 국부부식, 홈/파공)</td></tr>
<tr><td>마모/침식</td></tr>
<tr><td>아노드 손상</td></tr>
<tr><td>도장손실</td></tr>
<tr><td rowspan="2">수중부</td><td rowspan="2">기초부</td><td colspan="2">세 굴</td><td rowspan="2">• 정밀점검,
정밀안전진단</td></tr>
<tr><td colspan="2">기초사석교란</td></tr>
<tr><td rowspan="4">수상부</td><td rowspan="3">에이프론</td><td colspan="2">침하</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">포장손상(균열, 함몰, 파손)</td></tr>
<tr><td colspan="2">공동(콘크리트 포장 하부)</td></tr>
<tr><td>부대시설</td><td colspan="2">계선주, 차막이, 방충재 등의 파손상태</td></tr>
</table>

라. 기타형식의 안벽 및 항만시설

기타 형식의 안벽 및 항만시설의 점검항목은 [표 4.2]~[표 4.4]의 해당 사항에 준하여 실시한다.

4.2.2 세부시설별 외관조사 요령

세부시설별 점검사항은 상태평가 항목보다 상세한 사항으로서 보고서 작성 시 참고가 될 수 있도록 하였으며, Buoy식 계류시설, 외곽시설, 갑문시설 및 그 부대시설의 안전점검 및 정밀안전진단에 활용될 수 있다.

가. 항만시설 공통 점검사항

시설물 이용(U 항목)과 시설물의 입지환경(E 항목)은 모든 항만시설에 공통되는 점검사항이며, 기타 조사항목(C : 외형/형상, S : 구조부재, M : 재료상태) 등은 항만시설별로 별도로 적용한다.

점 검 항 목	점 검 사 항
시 설 물 이 용 (U 항목)	U-1 시설물 용도 변경이력 U-2 시설물의 확장, 개량, 숭상(嵩上)등 변경이력 U-3 하중재하조건의 변경이력 U-4 대상선박등 계류조건의 변경 U-5 하역, 운반장비 등 동하중의 하중현황 U-6 재해, 손괴의 이력 U-7 보수, 보강 공사의 이력 U-8 기타
시설물의 입지 환경 (E 항목)	E-1 조석, 파랑 등 해상조건의 변화 E-2 지반의 변동, 융기, 함몰, 활동, 균열 등 E-3 지반의 원호활동 징후 E-4 해저지반의 세굴, 퇴적 E-5 하역 기계 기초의 변위 E-6 구조물에 부착하는 패류, 조류의 생태 E-7 인근의 시설물로 인한 간섭, 장애 E-8 기타

나. 계류시설

1) 일체형 구조

(가) 중력식 구조

No.1

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 안벽법선의 굴곡 C-2 평면형상 (종, 횡 방향길이) C-3 법면마루의 높이변화 (침강, 융기, 숭상 등) C-4 마루높이의 변화 C-5 안벽법면의 수직도 (전후경사) C-6 블럭 구체의 변위 (돌출, 함몰 등) C-7 평면형상의 변화 (추가연장, 굴착제거 등) C-8 기타
구조부재 **(S 항목)**	**상치공 (上置工, Cap Concrete)** S-1 콘크리트의 균열, 손괴 S-2 신축줄눈(Expansion joint)의 활동(Slip), 벌어짐 및 채움재(Joint filler)의 박리 S-3 콘크리트 내 매설재의 부식, 변형 S-4 콘크리트의 골재분리 S-5 기타 **콘크리트 블럭 (Concrete Block)** S-11 콘크리트 블럭의 박탈, 함몰 S-12 블럭간 간격 S-13 블럭층간의 간격, 경사 S-14 블럭의 손괴, 균열, 골재분리 S-15 콘크리트 내 매설재의 부식·변형 S-16 블럭에 부착하는 패류, 조류의 상태 S-17 사석기초의 세굴, 침하, 활동 S-18 안벽매설물 (하수관거등) S-19 기타

No.2

점 검 항 목	점 검 사 항
구조부재 **(S 항목)**	**철근콘크리트 셀룰러블럭(Cellular Block) 및 케이슨 (Caisson)** S-21 셀룰러블럭간 간격 S-22 케이슨간 간격 S-23 셀룰러블럭의 박탈, 함몰 S-24 셀룰러블럭 층간 수평경사, 간격 S-25 셀룰러블럭, 케이슨의 콘크리트 손괴, 철근부식 S-26 철근의 피복두께 S-27 콘크리트의 균열 S-28 골재분리 S-29 셀룰러블럭·케이슨에 부착하는 패류, 조류의 상태 S-30 사석기초의 세굴, 침하, 활동 S-31 안벽 매설물 (하수관거 등) S-32 기타
재료상태 **(M 항목)**	**콘크리트** M-1 콘크리트의 백화, 변색, 열화 M-2 콘크리트의 탄산화 M-3 기타 **철근 및 매설재** M-11 철근의 부식 M-12 매설재의 부식 M-13 방충재(Fender), 계선주(Bitt)등 부대시설의 연결재(bolt등)의 부식 M-14 기타

(나) Sheet Pile식 구조

No.1

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	**Sheet Pile Wall** C-1 안벽법선의 굴곡 C-2 안벽마루높이 C-3 안벽전면의 해저면 깊이의 변화(준설, 세굴, 퇴적 등) C-4 안벽의 수직경사도 C-5 기타 **Sheet Pile Cell** C-11 안벽법선의 굴곡 C-12 안벽마루 높이 C-13 안벽전면의 해저깊이의 변화 C-14 안벽의 수직 경사도 C-15 독립된 Cell 의 경우 Cell 외형의 변화 C-16 속채움 유실 및 침하등에 의한 상부공 공동화 C-17 기타
구조부재 **(S 항목)**	**Sheet Pile Wall** S-1 Sheet Pile 의 만곡 (bending) S-2 Sheet Pile joint 손괴, 벌어짐 S-3 Sheet Pile의 파열 S-4 웨일링, 타이로드 등 매설재의 변위, S-5 버팀공의 변위, 인발 S-6 상부공 콘크리트의 균열, 손괴 S-7 방충재 등 부대시설의 연결상태 S-8 기타

No.2

점 검 항 목	점 검 사 항
구조부재 (S 항목)	Sheet Pile Cell S-11 Sheet Pile의 만곡(bending) S-12 Sheet Pile joint의 손괴, 벌어짐 S-13 Sheet Pile 파열 S-14 속채움의 침하, 유실 S-15 상부공 콘크리트의 균열, 손괴 S-16 방충재등 부대시설의 연결상태 S-17 독립 Sheet Pile Cell식 돌핀의 경우 trestle 및 Catwalk의 받침부 구조 S-18 기타
재료상태 (M 항목)	M-1 콘크리트의 백화, 변색, 열화 M-2 콘크리트의 탄산화 깊이 M-3 철근의 부식 M-4 Sheet Pile의 부식 M-5 웨일링, 타이로드, turn-buckle등 매설자재의 부식 M-6 버팀공 말뚝의 부식 M-7 독립된 Sheet Pile Cell 식 돌핀 구조의 경우 trestle 및 Catwalk의 받침부의 부식 M-8 기타

2) 상부구조와 그것을 지지하는 하부구조로 형성된 안벽

(가) 상부구조

No.1

점 검 항 목	점 검 사 항
외형형상 **(C 항목)**	C-1 안벽법선 굴곡 C-2 법면마루의 높이변화 (단차) C-3 토류벽과 잔교부분 이음상태 변위 C-4 상부상단 블록간 상대이동(수직방향, 수평방향) C-5 신축줄눈의 활동 C-6 구조물 전체로서의 원호 활동 징후 C-7 하역기초와의 연결부위 C-8 기타
구조부재 **(S 항목)**	**종횡 거더** S-1 종횡 거더의 콘크리트 균열 손상 S-2 가로보의 처짐 S-3 콘크리트 내 매설재의 부식, 변형 S-4 지점부의 콘크리트 균열 손상 S-5 하역기계 기초의 고정상태 S-6 기타

No.2

점 검 항 목	점 검 사 항
구조부재 (S 항목)	**상 판 (Slab)** S-1 상판의 처짐, 함몰 S-2 상판과 거더의 접합상태 S-3 철근의 피복두께 S-4 상판의 균열상태 및 손괴 S-5 철근배치상태 (단부 정착부) S-6 기타
재료상태 (M 항목)	M-1 콘크리트의 배합 M-2 콘크리트 수밀성 (미세균열) M-3 철근의 부식진행상황 M-4 콘크리트 피복두께, 철근의 노출유무 M-5 물리 화학적 작용에 의한 균열 발생상태 M-6 지속하중 또는 응력에 의한 균열 발생상태 M-7 콘크리트의 변색, 백화, 열화, 탄산화 M-8 기타

(나) 강관 Pile 및 Jacket식 구조

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 항두(Pile Head)매입 및 콘크리트와의 부착상태 (균열, 강결정도) C-2 선박접안 시 충격에 의한 수평변위 및 복원상태 관찰 C-3 항(Pile) 주위에 부착하고 있는 패류, 조류의 상태 C-4 토류벽과 잔교부의 연결상태 C-5 토류벽 사면 유지상태 C-6 배면 뒷채움 흙의 유출여부 (Sinkhole, 배면포장) C-7 항(Pile)의 도장 및 방식상태 C-8 기타
구조부재 **(S 항목)**	S-1 항(Pile)의 수직도 변화 S-2 항(Pile)의 국부좌굴 유무 S-3 항(Pile)이음 용접부의 상태 S-4 항(Pile)의 부식진행상태 (판두께(t) 추정) S-5 항(Pile)의 침하 및 복원상태 관찰 S-6 Lateral Bracing과 주(기둥)부재연결 상태 S-7 Lateral Bracing의 국부좌굴 유무 S-8 기타
재료상태 **(M 항목)**	M-1 사용한 Pile의 재료적 성질이 시방규정에 적합성 여부 M-2 Pile의 부식진행 상태(판두께 추정) M-3 사용재료의 품질이 의심스러울 때는 검사시험 실시 M-4 기타

(다) Concrete 및 PS Concrete Pile식 구조

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 항두(Pile Head) 매입 및 콘크리트와의 부착상태 C-2 선박접안시의 충격에 의한 수평변위 및 복원상태 관찰 C-3 항(Pile) 주위에 부착하고 있는 패류상태 C-4 토류벽 사면의 유지상태 C-5 기타
구조부재 **(S 항목)**	S-1 Pile의 미세 균열상태 S-2 콘크리트의 피복두께 S-3 콘크리트의 수밀성 S-4 철근의 부식정도 S-5 Pile 이음부 결함 S-6 항(Pile)의 침하 및 복원상태 관찰 S-7 콘크리트의 풍화 S-8 항(Pile)의 수직도 변화 S-9 항(Pile)의 국부좌굴유무 S-10 기타
재료상태 **(M 항목)**	M-1 콘크리트 배합 강도 M-2 콘크리트 수밀성 (Hair Crack) M-3 철근의 부식 진행상황 M-4 콘크리트의 변색, 백화, 열화, 탄산화 M-5 물리화학적 작용에 의한 균열 발생 상태 M-6 기타

3) Buoy식 계류시설 및 해저배관

No.1

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	**BUOY 본체 (동체)** C-1 Buoy의 외관상 충돌여부 및 도장의 파손 C-2 Buoy에 부착된 방충재의 손상 C-3 Buoy 내부 격실의 파손 또는 철판균열 C-4 Buoy 내부 경비실의 부착물 손상 C-5 Buoy 내부 조명설비의 손상 C-6 Buoy 동체의 중심 및 부체안전성 유지 C-7 Buoy 상부 Turntable의 작동(360°회전) 상태 C-8 Turntable의 Bearing 및 Supporting Wheel의 작동 C-9 Turntable 및 Supporting Wheel, Track의 해수에 대한 부식 정도 C-10 Buoy 본체에 부착된 전기방식의 수명 및 성능 C-11 기타 **BUOY 내부의 PIPING 설비** C-21 Cargo Swivel Joint의 상태 C-22 Swivel Bearing의 상태 C-23 Swivel Seal의 상태 C-24 Buoy deck 상부 및 하부배관의 관로상태 및 지지상태 C-25 각종 Pressure gauge 및 Thermo gauge의 작동상태 C-26 기타

No.2

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	**HOSE SYSTEM** (Floating, Under Buoy, Tanker Rail Hoses) C-31 Hose의 사용기간 및 경과 (사용기간, 태풍 또는 폭풍경과 여부) C-32 Hose의 흠집, 절곡, 균열, 마모 상태 C-33 Hose가 심하게 비틀린 흔적이 있는지의 유무 C-34 Hose 양측의 Flange의 균열 및 Bolt 손상 유무 C-35 Hose 연결부 Flange사이의 gasket 상태 C-36 Hose의 양측판부 기밀시 Self-Buoyancy C-37 각 Hose String에 대한 Winkler Light의 작동상태 C-38 Under Buoy Hose의 Configuration C-39 기타 <주> : 각각의 HOSE는 육상에 인양하여 외형 및 상태를 검사한다. 단, Under Buoy Hose의 Configuration은 정온한 상태의 수중에서 잠수부의 검사로 시행해야 한다. **P L E M(Pipeline End Manifold)** C-41 PLEM 구조체의 Leakage 여부 C-42 PLEM 기초부(중력식 또는 Pile식)의 형상변화 (세굴, 침하 등) 여부 C-43 PLEM 과 Under Buoy Hose의 연결부위 상태 C-44 PLEM 에 부착된 패조류 C-45 PLEM 에 부착된 전기방식의 상태 C-46 기타 <주> : PLEM의 상태점검은 Overhaul시를 제외하고는 모두 수중 잠수부의 검사로 시행되어야 한다.

No.3

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	TANKER MOORING HAWSER C-51 Hawser의 외관검사는 Hose System에 준한다. C-52 Hawser의 Pick-up Assembly의 상태 C-53 Eye Splice, Thimble, Shackle등의 Fitting류의 상태 C-54 기타 BUOY ANCHORING SYSTEM C-61 Anchor Chain의 Catenery Leg의 상태 점검 (Chain의 곡선형상측정 Configuration Check) C-62 Anchor Chain의 사용기간 및 경과 (사용기간, 태풍 또는 폭풍의 경과 여부) C-63 Anchor Chain의 Shackle, Hook, Bolt 등의 상태 C-64 Anchor의 변위상태 (침하, 세굴에 의한 위치 변동등) C-65 기타 **BUOY 상의 부대장비** C-71 Buoy 동체상에 장치된 Lifting System의 기능 작동상태 C-72 Lifting System 의 작동을 위한 Winch 가동상태 C-73 항해 Light 의 lantern 상태 (가시거리 5 Mile 및 Sun Switch 작동) C-74 Fog Horn의 작동 및 출력 상태 C-75 Radar Reflector의 기능점검 C-76 Buoy 내부에 장착된 소화용 Dry Chemical의 확보 여부 C-77 2인용 Life Jacket 및 ladder, Hand rail의 이용 가능상태 C-78 기타

No.4

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 (C 항목)	**해 저 배 관** (SUBMARINE PIPELINE) C-81 해저배관 관로의 위치변동 여부 (선박의 Anchor에 의한 끌림/폭풍에 의한 관로 위치 이동 등) C-82 해저배관의 매몰부 세굴 여부 (세굴에 의한 배관의 Span 형성) C-82 해저배관 Post trenching 구간의 피복재 유실상태 C-83 해저배관의 파손 및 손괴에 의한 기름유출 여부 C-84 기타 <주> : 해저배관의 점검 및 조사는 잠수부의 작업과 VTR 촬영 결과를 판독해야 한다.
구조부재 (S 항목)	**Buoy 본체(동체) 및 부대장비** S-1 Buoy 동체의 Steel Frame 및 동체 외각철판의 부식 및 도장 상태 S-2 Buoy 상에 장착된 부대장비의 기능상태 점검 <주> : Buoy 본체(동체)의 구조재질에 관한 점검은 현장에서는 불가능 하므로, Buoy의 Overhaul시 일제 점검 및 정비가 되어야 함. **HOSE SYSTEM** S-11 Under Buoy Hose는 설치상태에서 각각의 Hose의 Configuration Check S-12 Hose 개개당 또는 연결된 String당 Air Compressor를 사용하여 7 bar(100psi) ~ 10bar (150psi)범위에서의 압력시험 S-12 Blind Flange와 Stop Valve의 성능 시험 S-13 비누거품에 의한 누유 Pinhole Check S-14 Hose String의 수압시험 (25.8 kg/㎠) 및 (Buoy + Hoses+ PLEM + 해저배관)전체로서의 수압 시험 S-15 기타

No.5

점 검 항 목	점 검 사 항
구조부재 (S 항목)	**P L E M** S-21 PLEM 은 Hose와 연결된 상태에서 Inhibitor 주입시험(60 L/HR) S-22 PLEM의 수압시험은 Pipeline에 물을 주입한 후 25.8 kg/㎠ 의 압력으로 24시간동안 시행 S-23 기타 **해 저 배 관** S-31 해저배관의 inhibitor 및 수압시험은 Underbuoy hose 및 PLEM의 경우와 같이 시행 S-32 기타 **ANCHOR CHAIN** S-41 Buoy의 Anchor Chain은 대각선 방향의 Chain을 Buoy 동체로 부터 해체시켜서 Winch Barge를 이용하여 Chain의 장력과 Holding Power를 Check S-42 각각의 Chain Leg는 정온한 수중에서 Chain의 각 부분이 소정의 Catenary가 유지되고 있는지를 Check S-43 기타 <주> : Buoy식 계류시설 및 해저배관에 관한 유지관리점검은 「Rules for Building and Classing of Single Point Moorings」 American Bureau of Shipping의 Section 9 「Maintenance of Certificate of Approval」 의 규정에 준한다.
재료상태 (M 항목)	<주> : Buoy식 계류시설 및 해저배관을 구성하는 안전점검 대상물의 재질 상태는 각각 당초 설계(사용)된 시방규정에 준하여 점검해야한다.

다. 갑문

1) 갑문구체 (갑실, AQUEDUCT, 호안 등)

No.1

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 갑실 벽체의 굴곡 변위 C-2 갑문 바닥의 편평도 (침강, 융기 등) C-3 감압정 (Decompression Well) 의 청소상태 C-4 마루높이의 변화 C-5 갑실 입면의 수직도 C-6 갑실 구체의 변위 C-7 평면상 규격의 변화 C-8 외부 호안의 침하 또는 융기 C-9 Aqueduct 구체의 제반 변위 C-10 입거선박의 충돌에 의한 파손 여부 C-11 갑실내 방충재의 파손 또는 마모 C-12 파손 갑실 외부 전선, 케이블 Duct의 파손 C-13 기타
구조부재 **(S 항목)**	**갑실 상부시설** S-1 콘크리트의 균열, 손괴 S-2 천단부 상치공의 파손 S-3 Cable duct의 파손 및 덮게 철판 손괴 S-4 갑실 상부 포장의 손괴 S-5 기타

No.2

점 검 항 목	점 검 사 항
구조부재 (S 항목)	**갑실 내부시설** S-11 콘크리트의 열화 및 손괴 S-12 감압정 (Decompression Well)의 막힘 또는 채움재의 박탈 S-13 연결케이슨의 침하 또는 융기 S-14 연결 케이슨 하부 기초사석의 세굴, 침하, 활동 등 S-15 연결 케이슨의 채움콘크리트 박탈 또는 균열 S-16 갑실 내부에 부착하는 패류 및 조류상태 S-17 방충재의 손괴 및 마모 (Anchor Bolt 포함) S-18 갑실내 매설물 S-19 기타 **A Q U E D U C T** S-21 Aqueduct 콘크리트의 균열, 손괴 S-22 Aqueduct 구체의 칫수 및 평면상태 변화 S-23 Aqueduct 구체의 침하변위 S-24 Aqueduct의 철근 부식 S-25 Aqueduct 구체 연결부위의 누수 및 틈 발생 S-26 기타

2) 문 비 (GATE)

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 문비의 평면형상 (종, 횡 방향 길이) C-2 문비의 도장상태 C-3 문비의 Section별 Plate 상태 (선박 또는 예선의 충돌에 의한 파손, 변형, 부식, 마모, 균열) C-4 문비 용접부위의 부식 C-5 문비 Guide Rollor Frame의 외관상태 (Crack 발생 유무확인) C-6 문비상부의 난간 등 상태 C-7 기타
구조부재 **(S 항목)**	**문비철제 구조물** C-11 문비의 Section별, Side별 철판두께 Check (Thickness gauging Check) C-12 문비 용접부위의 결함, 부식 Check C-13 문비의 도장상태 Check (도막두께) C-14 문비의 초음파 탐상시험 (Ultrasonic Examination) C-15 기타

3) 구동장치

No.1

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	DRIVING ROOM C-1 Driving Room Hydraulic System의 이력상황, 외형 및 작동상황 C-2 Wheel Gear의 Tooth 마모상태 C-3 Gate Operation room의 Motor 작동상태 C-4 기타
구조부재 **(S 항목)**	Driving Room Hydraulic System S-11 최대 및 공칭 유압의 작동상태(Pressure Gauge) S-12 적정한 유압오일 및 기어오일의 사용여부 S-13 주요각부의 작동상태 검측 o Hydraulic Pump Unit o Hydraulic Motor Unit S-14 각종 Pipeline의 누유, 마모 및 Scale 상태 S-15 기타

No.2

점 검 항 목	점 검 사 항
구조부재 (S 항목)	M O T O R S-11 Motor의 Specification 점검 o Full load Speed o Phase(ø) 및 Frequency (Hz) o Ampere(A) 및 Power Fector S-22 Motor의 Condition Check o Speed (RPM) o Ins. Res. Test (MΩ) S-23 기타 AQUEDUCT GATE S-31 Steel Wire Rope의 직경 S-32 각각의 쉬브 상태 S-33 기타

4) 기타 설비

No.1

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 충수실의 Motor 및 Pump의 작동 C-2 공기압축기의 작동 C-3 비상발전기의 작동 C-4 Slipway System의 작동 C-5 기타
구조부재 **(S 항목)**	**충수실 MOTOR 및 PUMP** S-1 Motor의 Specification 점검 S-2 Pump의 Specification 점검 S-3 Motor의 Condition Check o Speed (P.R.M) o Ins. Res. Test (MΩ) S-4 기타 **공기압축기 설비** S-11 Air Compressor의 작동점검 o Pressure (kg/㎠) & Capacity (P.R.M) o Cooling System 및 Driven Belt S-12 Air Tank의 작동점검 o Pressure (kg/㎠) o S.V.SET Press 및 Press. Gauges o Mainstop valve S-13 공기압축기 운전 및 관리점검 o Operating test S-14 기타

No.2

점 검 항 목	점 검 사 항
구조부재 (S 항목)	**비상발전설비** S-21 Engine SPEC의 점검 S-22 Generator의 작동점검 o Voltage gauge o Current gauge o Phase (ø) and Exciter S-23 발전기 운전 및 관리점검 o Megger test o Valve Clea. Cont. S-24 Air Compressor o Comp. Motor의 작동 o Press. gauge (kg/㎠) S-25 기타 **SLIPWAY SYSTEM** S-41 SLIPWAY의 점검 S-42 SLIP FRAME의 점검 o Slipper Roller o Roller Shaft o Wire Block o Wire Bitt Block S-43 WINCH의 점검 o Wire drum o Drum gear o Inter gear o Driven Pinion o Wire rolling guide o Electric Motor o Ele. & Mag. Braker S-44 HYDRO PUMP 및 MOTOR의 점검 o Hydro Pump Motor (P.R.M/KW) o Hydro Motor (Volt/AMP) o Switch Board o Transformer S-45 기타
재료상태 (M 항목)	<주> : 갑문시설을 구성하는 안전점검 대상물의 재질상태는 각각 당초 설계(시공)된 시방규정에 준하여 점검해야 한다.

라. 항만 부대시설

1) 선박계류 및 접이안 시설

No.1

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	**계 선 주** C-1 계선주 규격의 변화 C-2 계선주 설치 위치 C-3 계선주 설치 갯수 검토 C-4 급속계선이완기 (Quick Release Hook) C-5 계선주의 고정상태 C-6 기타 **방 충 재** C-11 방충재 형태, 규격변화 C-12 방충재 설치위치 검토 C-13 방충재 탈락 상태 C-14 방충재 설치 갯수 검토 C-15 각종 연결 Chain의 탈락상태 C-16 기타
구조부재 **(S 항목)**	**계 선 주** S-1 계선주의 균열 S-2 계선주 체결장치(볼트, 너트)상태 S-3 급속계선이완기 (Quick Release Hook)의 경우 고리(Hook)의 파손, 균열 S-4 기타 **방 충 재** S-11 방충재의 파손, 균열, 할열 S-12 방충재표면 마모상태 S-13 체결장치의 파손, 탈락 S-14 수지판(Resin Pad)의 탈락, 파손

No.2

점 검 항 목	점 검 사 항
구조부재 **(S 항목)**	S-15 Frame 부재의 균열 S-16 각종연결 Chain의 마모, 균열, 파손 S-17 기타
재료상태 **(M 항목)**	**계 선 주** M-1 강재의 부식, 마모 M-2 콘크리트의 백화, 변색, 열화 M-3 콘크리트 유해물질에 의한 부식 M-4 기타 **방 충 재** M-11 고무제품의 마모, 찢어짐 M-12 볼트, 너트의 부식, 마모 M-13 Frame 의 부식, 두께 감소 M-14 Chain, Lug 의 부식 M-15 기타

2) 하역시설 기초

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 좌우레일의 간격(지간) C-2 레일의 경사도 (종방향 처짐량) C-3 좌우레일의 고저차 C-4 레일의 직선도 C-5 레일 이음부의 간격 C-6 레일 이음부의 단차 (좌우, 상하) C-7 자갈 도상(道床))의 두께 C-8 침목의 간격 (레일 1경간당 침목 갯수) C-9 기초 형성 재료, 형식 변화 C-10 Wheel Stopper 작동상태 C-11 기타
구조부재 **(S 항목)**	S-1 레일의 균열, 파손 S-2 레일 체결장치의 부식, 탈락, 파손 S-3 기초 Pile의 변위 S-4 기초 Pile의 균열, 파손 S-5 기초 Pile과 상부콘크리트 연결부의 균열, 손괴 S-6 기초자갈의 불순물 혼입상태 S-7 침목의 손상 S-8 기타
재료상태 **(M 항목)**	M-1 강재의 부식 M-2 콘크리트의 변색, 백화, 열화 M-3 매입철근의 부식 M-4 전기방식(Anode) 상태 M-5 방식 Tape의 파열, 손괴 M-6 기타

마. 외곽시설(방파제)

1) 사석부

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 주변해안선의 정선(汀線), 유황 변화 C-2 평면 형상의 변화 C-3 마루높이의 변화(침강, 융기) C-4 사석 경사도의 변화 C-5 사석비탈면의 일탈, 함몰 C-6 속채움 사석의 유출, 공극의 발달 C-7 기초의 세굴 및 비탈 끝부분의 결괴 상황 C-8 방파제 선단부 형상 변화 C-9 방파제 우각부 상태 C-10 근고블록의 침하 및 형상변화 C-11 기초지반의 측방 유동 유무 C-12 기타
재료상태 **(M 항목)**	M-1 사석의 풍화 M-2 사석의 흡수율 M-3 사석의 강도 변화 M-4 기타

2) 직립부(Concrete Block, Caission, Cellular Block) 등

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 평면형상의 변화 C-2 마루높이의 변화 C-3 이상 파력에 의한 직립부 활동유무 C-4 쌓기줄눈 또는 이음줄눈의 상태 C-5 직립부 수직도 C-6 상치 콘크리트 연결부 상태 C-7 기타
재료상태 **(M 항목)**	M-1 콘크리트의 배합 강도 M-2 콘크리트의 수밀성 M-3 철근의 부식진행 상황 M-4 콘크리트 피복두께, 철근의 노출유무 M-5 콘크리트의 변색, 백화, 열화, 탄산화 M-6 콘크리트의 염해유무 M-7 기타

3) 상부공

점 검 항 목	점 검 사 항
외형형상 **(C 항목)**	C-1 평면형상의 변화 C-2 신축이음줄의 활동, 벌어짐 C-3 모서리 파손 C-4 기타
재료상태 **(M 항목)**	M-1 콘크리트의 배합 강도 M-2 콘크리트의 수밀성 M-3 콘크리트의 변색, 백화, 열화 M-4 콘크리트의 염해 유무 M-5 기타

4) 피복부 (피복석, Block, 소파이형 Block) 등

점 검 항 목	점 검 사 항
외형, 형상 **(C 항목)**	C-1 평면형상 변화 C-2 마루높이의 변화(침하, 침몰) C-3 기초의 세굴 및 제체 비탈 끝부분의 결괴상황 C-4 이상기상 상태로 인한 과거의 재해 C-5 제체 경사도의 변화 C-6 피복석의 상호 맞물림 상태 C-7 모서리 및 각주선단의 파손 C-8 기타
재료상태 **(M 항목)**	M-1 콘크리트의 변색, 백화, 열화 M-2 콘크리트의 배합 M-3 콘크리트의 수밀성 및 강도 M-4 피복석의 풍화, 강도변화 M-5 기타

4.3 재료시험 항목 및 기준수량

4.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 4.5] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험법 : 초음파전달속도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근배근 상태조사 ○ 염화물함유량[1)]

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 4.6] 세부시설별 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본과업	콘크리트 구조물	○콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
선택과업	콘크리트 구조물	○콘크리트 비파괴강도 – 초음파전달속도시험	○기본과업 반발경도시험과 동일 적용
		○콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취시험	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
		○철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사

나. 재료시험 기준수량

[표 4.7] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
반발경도시험	○ 각 부재별 6회 이상	· 선좌당
탄산화 깊이 측정	○ 상태평가 및 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정	

[표 4.8] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
초음파 전달속도시험	○ 각 부재별 6회 이상	
코어채취*)	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 실내시험 병행
철근탐사시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

4.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 4.9] 세부시설별 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험, 초음파전달속도시험 ○ 철근탐사 – 철근 배근상태 – 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 철근부식도 ○ 콘크리트 염화물함유량[1)] ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조
강관파일	○ 전위측정 ○ 부식두께측정	○ 수중조사

주1) 염화물함유량 시험은 [표 4.5]에 따라 실시한다.

[표 4.10] 세부시설별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
		○ 철근부식도시험	○주요부재의 철근 대상 ○철근부식확률 평가
		○콘크리트 염화물함유량 시험	○주철근까지 깊이별(10㎜～20㎜) 시료채취 및 평가
		○균열깊이 조사	○발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○허용균열폭과의 비교・검토
	강관파일	○전위측정	○잔교식 안벽의 방식상태조사
		○부식두께측정	○잔교식 안벽의 방식상태조사
선택 과업	콘크리트 구조물	○콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
		○콘크리트 물성 및 미세구조	○강도, 수분함량 등
	강관파일	○수중조사	○안벽의 수중 외관조사 ○강관파일의 부식두께측정 수행
	기 타	○기초지반(시추)조사	○시설물의 구조적 안전성 검토
		○소음・진동 측정	○허용기준의 초과 여부
		○각종 기기의 작동시험	○기기의 특성과 상황 등을 고려 실시

나. 재료시험 기준수량

[표 4.11] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량 (선좌당)	비 고
반발경도시험	○각 부재별 10회 이상	・동일부위 시험
초음파전달속도시험		
철근탐사시험	○본체부 : 3회 이상 ○바닥판, 보 : 각 10회 이상	
탄산화 깊이 측정	○바닥판, 보 : 각 3회 이상	
철근부식도시험		
염화물함유량시험		
균열깊이 조사	○책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	・상태평가 기준 참조
전위측정[1)]	○각 선좌당 10개소 이상	・잔교식 안벽
부식두께측정[2)]		

1) 전위측정 수면 아래로 각 2~3m 깊이마다 측정

2) 부식두께는 비말대에서 측정하며,
보호도장 또는 커버를 제거한 후 1개소에서 4점(90° 간격) 실시하는 것을 원칙
다만, 과업에 수중조사가 포함될 경우 : 평균해수면 아래 2m지점에서 동일방법으로 측정

[표 4.12] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
코어채취[1]	○바닥판, 보 : 각 3회 이상	· 실내시험 병행
수중조사	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강관파일 부식두께측정 · 수중시설 외관조사
기초지반(시추)조사[2]	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
소음·진동 측정	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 기계설비에 해당
각종 기기의 작동시험	○진단기간 중 1회 이상 실시[3]	· 기계설비에 해당

주1) 코어에 대한 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다.
단, 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는
그 수량만큼 총수량에서 공제가능

주2) 다음의 경우에 기초지반조사를 실시하며, 설계 시나 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과에서 이용 가능한 자료는 이를 적용할 수 있다.
○ 외관조사 결과 중대한 구조적 결함이 발견된 경우
○ 콘크리트의 강도가 현저하게 저하된 경우
○ 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나, 변화가 예상되는 경우

주3) 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험 수량은 책임기술자가 조정 가능하나,
그 실시 시기는 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

4.4 상태평가 기준 및 방법

4.4.1 상태평가 항목 및 기준

잔교식 안벽에서의 상태평가 결과는 표본 추출 백분율에 의한 구조부재의 상태지수를 고려하는 상태평가 절차를 적용하며, 이외의 중력식, 널말뚝식 안벽 등에 대해서는 평가유형별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

가. 평가유형 및 영향계수

중력식 및 널말뚝식 안벽 시설물의 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

1) 평가유형의 구분

① 중요결함

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

② 국부결함

케이슨 및 블록 이격 및 세굴 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지는 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함의 상태평가 기준을 근거로 하여 국부적인 결함의 결과를 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태평가를 위한 표준기준이며, 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

나. 잔교식 안벽

1) 콘크리트 부재의 상태평가 기준

[표 4.13] 파손의 상태평가 기준

평가기준	평가 점수	RC 및 PSC부재
a	5	○콘크리트부재에 파손이 발생하지 않은 양호한 상태
b	4	○파손이 경미하고, 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	○파손이 경미하지만, 철근부식 등과 같은 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	○시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 제체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 불량한 상태
e	1	○시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※) 콘크리트 구조부재의 종류에 상관없이 파손의 상태평가 기준을 적용한다.

[표 4.14] 충격손상의 상태평가 기준

평가기준	평가 점수	RC 부재(바닥판, 보, RC말뚝) 및 PSC 부재
a	5	○ 콘크리트부재에 손상이 발생하지 않은 양호한 상태
b	4	○ 충격에 의한 손상이 경미하고, 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	○ 충격에 의한 손상이 경미하지만, 손상부위를 따라 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	○ 시설의 주요부에 충격손상이 발생하여 제체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 불량한 상태
e	1	○ 시설의 주요부에 큰 충격손상이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.15] 균열의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	RC 부재		PSC 부재
		바닥판, 보, 세로보	RC 말뚝	PSC 말뚝
a	5	○ 양호한 상태	○ 양호한 상태	○ 양호한 상태
b	4	○ 경미한 상태의 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열	○ 경미한 말뚝 연결부 균열	○ 경미한 상태의 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열
c	3	○ 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열이 다소 심한 상태	○ 경미한 상태의 과응력 균열 ○ 부식균열이나 일반균열 또는 말뚝연결부 균열이 다소 심한 상태	○ 경미한 상태의 과응력균열, 부식균열, 일반균열 및 말뚝연결부 균열
d	2	○ 전반적으로 균열이 심하게 발생하여 구조부재의 기능상실이 우려되는 상태	○ 심한 상태의 과응력 균열	○ 심한상태의 과응력균열, 부식균열 및 말뚝 연결부 균열
e	1	○ 보에 사인장 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	○ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	○ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태

※) 균열은 과응력균열, 부식균열, 일반균열, 말뚝연결부 균열 및 수중균열로 세분할 수 있으며, RC 부재 및 PSC 부재에 대한 균열의 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 4.16] 박리의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	RC 부재		PSC 부재
		바닥판, 보, 토류벽	RC 말뚝	PSC 말뚝
a	5	○ 양호한 상태	○ 양호한 상태	○ 양호한 상태
b	4	○ 박리의 초기단계로 철근 부식에 의해 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미하게 콘크리트 덮개가 탈락 된 경우 ○ 보의 스터럽 부식으로 경미한 박리가 발생한 상태	○ 박리의 초기단계로 철근부식에 의해 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미하게 콘크리트 덮개가 탈락된 상태	○ 박리의 초기단계로 철근부식에 의해 균열이 형성되기 시작한 상태
c	3	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 다소 심한 부분박리가 발생하거나, 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심하게 발생한 상태 ○ 보의 스터럽 부식이 심하여 박리가 심하게 발생한 상태	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 부분박리가 다소 심하게 발생한 상태	○ 경미한 상태의 부분박리
d	2	○ 박리부분이 탈락하여 노출철근의 부식이 발생된 상태	○ 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심한 상태	○ 심한상태의 부분 박리나 경미한 상태의 완전 박리
e	1	○ 노출된 철근의 부식이 심하여 구조적 기능을 상실한 상태	○ 박리 상태가 매우 심하여 철근이 거의 다 부식되어 구조적 기능을 상실한 상태	○ 완전박리 상태가 심하여 콘크리트 덮개가 완전히 탈락하고 강선의 부식이 매우 심한 상태

※) 박리는 콘크리트 덮개가 일어나는 정도의 부분박리와 덮개와 완전히 탈락하는 완전박리로 세분할 수 있으며, RC부재 및 PSC 부재에 대한 박리의 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 4.17] 콘크리트 침식의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	RC 및 PSC 말뚝
a	5	○ 침식된 부위가 없는 양호한 상태
b	4	○ 말뚝의 모서리부가 둥글게 되거나 골재가 노출된 상태
c	3	○ 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태
d	2	○ 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태
e	1	○ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태

[표 4.18] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

※「교량」탄산화 상태평가 기준과 동일함. [표 1.26 참조]

주) 상태평가 결과가 "d" 판정으로 철근노출과 부식 등을 동반하고 있으면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.19] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

※「교량」염화물 상태평가 기준과 동일함. [표 1.27 참조]

주) 상태평가 결과가 "d" 판정으로 철근노출과 부식 등을 동반하고 있으면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

2) 강말뚝의 상태평가 기준

강말뚝의 결함 중 도장손실, 아노드손상, 피복재손상 등은 구조적인 문제를 직접적으로 야기시키는 손상이 아니며, 강재의 부식두께 측정평가에 간접적으로 반영되므로 상태평가에서는 제외하였다.

[표 4.20] 강말뚝의 파손에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가 점수	결 함 상 태
a	5	○ 양호한 상태
b	4	○ 파손이 경미하고, 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	○ 파손이 경미하지만 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	○ 구조적인 기능을 상실할 정도는 아니나 충격 등으로 국부적인 파손이 발생하여 구조물의 안전성을 저하시킬 수 있는 불량한 상태
e	1	○ 말뚝이 부러지거나 크게 변형되어 구조부재의 기능을 상실한 정도의 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.21] 강말뚝의 충격손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가 점수	결 함 상 태
a	5	○ 양호한 상태
b	4	○ 충격하중으로 경미한 국부적인 변형(패임, dent)이 발생한 상태
c	3	○ 충격하중으로 다소 심한 국부적인 변형이 발생하고 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	○ 충격하중으로 인해 국부적으로 변형과 말뚝전체의 변형이 동시에 발생한 상태로 구조물의 안전성을 저하시킬 수 있는 상태
e	1	○ 말뚝이 절단되거나 크게 변형되어 구조부재의 기능을 상실한 위험한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.22] 강말뚝의 부식에 대한 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	육안조사만 한 경우	두께 측정을 병행한 경우
a	5	○ 양호한 상태	○ 양호한 상태
b	4	○ 강재표면에 경미한 비늘 현상(scale)이 있는 전반 또는 국부부식이 발생하고 작은 홈(pitting)이 분산되어 발생된 상태	○ 전반부식이 발생하고 두께 감소가 5% 미만인 상태 ○ 국부부식이 발생하고 두께 감소가 10%미만인 상태
c	3	○ 국부적으로 두께 감소가 발생한 곳이 상당수 있으며, 강재표면에 심한 비늘 현상이 있는 전반 또는 국부부식이 발생하고 다소 큰 크기의 홈이 상당수 발생된 상태	○ 전반부식이 발생하고 두께 감소가 15% 미만인 상태 ○ 국부부식이 발생하고 두께 감소가 10%이상~30%미만인 상태 ○ 상태평가 결과가 “b” 상태에서 부식으로 인한 홈이나 파공이 발생한 상태
d	2	○ 전체적으로 두께 감소가 상당히 심하게 발생하고 심하게 패인 홈이 조밀하게 발생된 상태	○ 전반부식이 발생하고 두께 감소가 15%이상~30%미만인 상태 ○ 국부부식이 발생하고 두께 감소가 30% 이상인 상태 ○ 상태평가 결과가 “c” 상태에서 부식으로 인한 홈이나 파공이 발생한 상태
e	1	○ 전체적으로 매우 심하게 두께가 감소되고 강재가 삭아서 구멍(파공, Hole)이 발생하여 구조적 기능이 심각하게 감소된 상태	○ 전반부식이 발생하고 두께 감소가 30% 이상인 상태 ○ 상태평가 결과가 “d” 상태에서 부식으로 인한 홈이나 파공이 발생한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※) 부식으로 나타나는 결함은 전반부식, 국부부식 및 홈(Pitting)/ 파공(Hole)발생 현상으로 세분할 수 있다.

[표 4.23] 강말뚝의 침식에 대한 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	육안조사만 한 경우	두께 측정을 병행한 경우
a	5	○ 양호한 상태	○ 양호한 상태
b	4	○ 침식으로 두께 감소가 경미하게 일어난 상태	○ 두께감소가 5% 미만인 상태
c	3	○ 침식으로 두께 감소가 다소 심하게 일어난 상태	○ 두께감소가 20% 미만인 상태
d	2	○ 침식으로 두께 감소가 심각하게 일어난 상태	○ 두께감소가 30% 미만인 상태
e	1	○ 침식으로 두께 감소가 매우 심하게 발생하여 위험한 상태	○ 두께감소가 30% 이상인 상태

다. 중력식 안벽

[표 4.24] 중력식 안벽의 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
상부공 및 본체부	침 하	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	경사/전도				
	활 동				
	파 손	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	균열 (과응력균열, 부식균열, 일반균열)				
	박 리 (완전박리, 부분박리)				
	마모/침식				
	속채움재 유실	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
	케이슨 및 블록 이격				
기초부	세 굴				
	기초사석교란				
에이프론	침 하	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	포장의 손상				
	공 동 (콘크리트 포장 하부)				

1) 상부공 및 본체부

[표 4.25] 침하의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	5㎝미만	2㎝미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	4	5㎝이상 ~ 8㎝미만	2㎝이상 ~ 5㎝미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	8㎝이상 ~ 12㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	12㎝이상 ~ 16㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	○ 침하의 정도가 심각하여 안벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	16㎝이상	12㎝이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 4.26] 경사/전도의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	4	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	3	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	○ 경사/전도의 정도가 심각하여 안벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 4.27] 활동의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	5㎝미만	2㎝미만	○ 활동이 발생되지 않은 상태
b	4	5㎝이상 ~ 8㎝미만	2㎝이상 ~ 5㎝미만	○ 부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	8㎝이상 ~ 12㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	○ 활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	12㎝이상 ~ 16㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	○ 활동의 정도가 심각하여 안벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	16㎝이상	12㎝이상	○ 활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 4.28] 파손의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상부공 및 본체부
a	5	○ 콘크리트 부재에 파손이 발생하지 않은 양호한 상태
b	4	○ 파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 건전한 상태
c	3	○ 파손이 경미하지만, 철근부식 등과 같은 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	2	○ 시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 제체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 불량한 상태
e	1	○ 시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

주) 상태평가 결과가 "e" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.29] 균열의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상부공 및 본체부
a	5	○ 양호한 상태
b	4	○ 경미한 상태의 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열
c	3	○ 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열이 다소 심한 상태
d	2	○ 전반적으로 균열이 심하게 발생하여 보수가 요구되는 상태
e	1	○ 대규모 관통 균열의 발생으로 구조물의 기능성에 영향을 초래하여 우선적인 보수가 요구되는 상태

[표 4.30] 박리의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상부공 및 본체부
a	5	○ 양호한 상태
b	4	○ 박리의 초기단계로 철근 부식에 의해 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미하게 콘크리트 덮개가 탈락 된 경우
c	3	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 다소 심한 부분박리가 발생하거나, 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심하게 발생한 상태
d	2	○ 박리부분이 탈락하여 노출철근의 부식이 발생된 상태
e	1	○ 노출된 철근의 부식이 심하여 구조적 기능을 상실한 상태

[표 4.31] 마모/침식의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상부공 및 본체부
a	5	○ 침식된 부위가 없는 양호한 상태
b	4	○ 침식에 의해 골재가 노출된 상태
c	3	○ 상·하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태
d	2	○ 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태
e	1	○ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태

[표 4.32] 케이슨식 안벽의 속채움재 유실 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 양호한 상태
b	4	○ 경미하게 발생한 상태
c	3	○ 다소 크게 발생한 상태
d	2	○ 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	1	○ 매우 심하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

주) 상태평가 결과가 "e" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.33] 케이슨 및 블록식 안벽의 이격 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○양호한 상태
b	4	○경미하게 발생한 상태
c	3	○다소 크게 발생한 상태
d	2	○평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	1	○평가단위의 2개소 이상에서 매우 심하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

주) 상태평가 결과가 "e" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

2) 기초부

[표 4.34] 기초부 세굴 상태평가 기준

평가기준	평가점수	세굴의 최대 깊이	조사된 상태
a	5	10㎝미만	○세굴이 없는 상태
b	4	10㎝이상 ~ 30㎝미만	○세굴이 경미하게 발생된 상태
c	3	30㎝이상 ~ 50㎝미만	○세굴이 다소 심하게 발생된 상태
d	2	50㎝이상 ~ 70㎝미만	○세굴이 심하여 안벽 하단부가 크게 드러나고 기초사석이 교란되어 구조적인 안정에 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	70㎝이상	○세굴이 아주 심하여 안벽의 안정이 심각하게 위협받고 있는 상태

주) 상태평가 결과가 "e" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.35] 기초사석 교란 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○발생한 곳이 없음
b	4	○기초사석이 부분적으로 경미하게 교란되어 있음
c	3	○기초사석이 전반적으로 다소 심하게 교란되어 있고 사석 경사에 변화발생
d	2	○기초사석이 심하게 유실되어 안벽 하단부가 크게 드러나서 구조적인 안정에 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	○기초사석이 완전히 유실되어 안벽의 안정이 심각하게 위협받고 있는 상태

3) 에이프론

에이프론은 침하, 아스팔트 및 콘크리트 포장의 균열, 함몰, 파손과 콘크리트 포장하부에 발생한 공동에 대한 상태평가 기준을 설정하였으며, 에이프론의 침하는 진행성과 비진행성으로 구분하여 기준을 정하였다.

[표 4.36] 에이프론 침하 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	5cm미만	2cm미만	○ 침하가 발생하지 않은 상태
b	4	5cm이상 ~ 8cm미만	2cm이상 ~ 5cm미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태
c	3	8cm이상 ~ 12cm미만	5cm이상 ~ 8cm미만	○ 전반적으로 보통정도의 침하가 발생하였으나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
d	2	12cm이상 ~ 16cm미만	8cm이상 ~ 12미만	○ 침하가 심각한 정도로 발생하여 에이프론 사용성에 문제를 일으키는 상태
e	1	16cm이상	12cm이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 우선적인 보수가 요구되고 본체의 안정성에 영향을 줄 수 있는 상태

[표 4.37] 에이프론 포장의 손상 상태평가 기준

평가기준	평가 점수	조사대상 면적대비	조사된 상태
a	5	5%미만	○ 포장의 손상이 없는 상태
b	4	5%이상 ~ 10%미만	○ 부분적으로 경미한 균열, 함몰, 파손이 발생한 경우
c	3	10%이상 ~ 20/%미만	○ 포장의 손상이 전반적으로 발생하여 에이프론의 사용성에 다소 영향을 미치는 상태
d	2	20%이상 ~ 30%미만	○ 전반적으로 포장의 손상이 심하여 사용성이 심각하게 저하되고 보수가 요구되는 상태
e	1	30%이상	○ 교통통행에 위험을 초래할 정도로 포장의 함몰과 파손이 매우 심각한 정도로 광범위하게 발생하여 긴급한 보수가 요구되는 상태

[표 4.38] 에이프론의 공동(콘크리트 포장 하부) 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 양호한 상태
b	4	○ 공동범위가 좁고 경미한 상태
c	3	○ 공동범위가 다소 크고 포장에 균열이 발생한 상태
d	2	○ 공동범위가 매우 넓고 포장의 균열도 심한 상태
e	1	○ 공동의 범위가 매우 넓고 포장의 심한 균열로 함몰 직전 상태

다. 널말뚝식 안벽

널말뚝식 안벽에 대한 상태평가의 기준은 기본적으로 중력식 안벽에서 정한 기준을 적용하여, 따로 정할 필요가 있는 항목에 대해서만 별도의 기준을 정하였다. 널말뚝 벽체는 콘크리트 널말뚝과 강재널말뚝으로 구분하였다.

정의된 상태평가 기준은 상태평가를 위한 표준기준이며, 조사책임자의 판단으로 상태평가 결과를 다소 조정 평가할 수도 있다.

○ 침하

널말뚝식 안벽 상부공 및 벽체의 침하는 중력식 안벽의 침하와는 다소 차이가 나는 발생 원인을 갖고 있다. 그러나 이에 대한 상태평가 기준으로 중력식 안벽 상부공 및 본체부에 발생하는 침하에 대한 기준을 동일하게 적용한다.

○ 활동

널말뚝식 안벽의 활동은 중력식 안벽의 활동과는 달리 벽체 후면에서부터 사면 활동이 일어나 사면 파괴가 일어나는 현상이므로 갑작스런 붕괴를 초래할 수 있다.

○ 파손, 균열, 박리, 마모 및 침식

널말뚝식 상부공 및 콘크리트 벽체에 발생하는 파손, 균열, 박기, 마모 및 침식은 그 발생의 원인 및 현상이 중력식 안벽과 동일하므로 중력식 구조물에 대해 정한 상태평가 기준을 적용한다.

○ 에이프론

에이프론에 대한 상태평가 기준은 중력식 안벽에 대한 것과 동일하므로 중력식 구조물에 대해 정한 상태평가 기준을 적용한다.

○ 강널말뚝의 부식, 홈/파공

강널말뚝 안벽의 부식에 의한 결함은 잔교식 안벽의 강말뚝에 대한 부식 결함의 상태평가 기준을 적용한다.

○ 마모 및 침식

강널말뚝의 마모 및 침식에 대한 상태평가는 잔교식 안벽의 마모 및 침식 기준을 적용한다.

○ 널말뚝 기초부 세굴

널말뚝식 안벽의 기초부에 발생하는 세굴은 중력식 안벽과는 달리 근입장의 감소로 나타나지만 그 평가기준은 당초 근입부의 해저면에서 조사된 세굴의 최대 깊이에 대해 중력식 안벽의 세굴에 대한 평가기준을 적용한다.

○ 기초사석의 교란

널말뚝식 안벽의 기초사석 교란에 대한 상태평가 기준은 중력식 안벽에 대한 평가 기준을 동일하게 적용한다.

[표 4.39] 널말뚝식 안벽의 평가유형 및 영향계수

위치	손상형태 및 조사항목		평가 유형	평가 기준	평가 점수	영향 계수
상부공 및 벽체부	침하		중요 결함	a	5	1.0
	변형			b	4	
	활동			c	3	
	후면부 함몰			d	2	
				e	1	
	파손		일반 손상	a	5	1.0
	콘크리트 말뚝부	균열(과응력균열)		b	4	1.1
		균열 (부식균열)		c	3	1.3
		균열 (일반균열)		d	2	1.7
		박리(완전박리, 부분박리)		e	1	3.0
		마모/침식				
	강널말뚝	부식 (전반부식, 국부부식, 홈/파공)				
		마모/침식				
기초부	세굴		국부 결함	a	5	1.0
	기초사석교란			b	4	1.1
				c	3	1.2
				d	2	1.4
				e	1	2.0
에이프론	침하		일반 손상	a	5	1.0
	포장의 손상(균열, 함몰, 파손)			b	4	1.1
	공동(콘크리트 포장 하부)			c	3	1.3
				d	2	1.7
				e	1	3.0

[표 4.40] 널말뚝식 안벽 변형의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	조사된 최대 변형의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	(만곡) 4㎝미만 (경사) 2% 미만	(만곡) 2㎝미만 (경사) 1%미만	○ 변형이 발생하지 않은 상태
b	4	(만곡) 4.0㎝이상 ~ 7.0㎝미만 (경사) 2%이상 ~ 3%미만	(만곡) 2.0㎝이상 ~ 4.0㎝미만 (경사) 1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 변형이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	3	(만곡) 7.0㎝이상 ~ 10.0㎝미만 (경사) 3%이상 ~ 4%미만	(만곡) 4.0㎝이상 ~ 7.0㎝미만 (경사) 2%이상 ~ 3%미만	○ 변형의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	(만곡) 10.0㎝이상 ~ 15.0㎝미만 (경사) 4%이상 ~ 6%미만	(만곡) 7.0㎝이상 ~ 10.0㎝미만 (경사) 3%이상 ~ 4%미만	○ 변형의 정도가 심각하여 안벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	(만곡)15.0㎝이상 (경사) 6%이상	(만곡)10.0㎝이상 (경사) 4%이상	○ 변형의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.41] 널말뚝식 안벽 활동의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 활동의 징후가 보이지 않는 양호한 상태
b	4	○ 후면 매립부에 경미한 균열이 발생한 상태이나 근본적인 보수·보강이 필요하지 않은 상태
c	3	○ 후면 매립부에 경미한 균열이 발생한 상태이며, 지속적인 관찰로 진행성의 감시가 필요한 상태
d	2	○ 활동으로 인해 벽체가 기울어지기 시작하고, 후면 매립부에 큰 균열이 발생하여 사면 파괴징후가 완연한 상태
e	1	○ 활동으로 사면 파괴가 크게 일어나고, 널말뚝 벽체가 쓰러져 구조적인 기능을 완전히 상실한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 4,1,4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 4.42] 널말뚝식 안벽 후면부 함몰 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○후면부 함몰이 발생하지 않은 양호한 상태
b	4	○후면부에 경미한 함몰이 발생한 상태
c	3	○후면부 함몰이 소규모로 발생하였으나, 진행성의 감시가 필요한 상태
d	2	○후면부가 함몰되었으나 벽체의 붕괴로는 발전되지 않은 상태로 긴급조치가 필요한 상태
e	1	○후면부가 광범위하게 함몰되어 벽체의 구조적인 기능을 완전히 상실한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 4.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

라. 기타형식의 안벽 및 항만시설

기타형식 안벽 및 항만시설의 상태평가 기준은 잔교식, 중력식, 널말뚝식 안벽의 해당 부분에 대한 상태평가 기준을 적용하며, 정의된 상태평가 기준은 표준기준으로 조사책임자의 판단으로 다소 조정 평가할 수도 있다.

4.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 잔교식 안벽

1) 상태평가 방법

① 개별 구조부재의 평가점수를 기준으로 각 구조부재 그룹별로 평가기준을 결정한다.

② 구조부재별 상태평가를 토대로 각 조사단위의 상태평가를 수행

③ 최종적으로는 모든 조사단위의 상태평가 결과를 이용하여 조사대상 전체구조물에 대한 상태평가 결과를 설정한다.

2) 대상 구조물에 대한 상태평가 단계

① 개별 구조부재의 상태평가

개별 구조부재에 대해 정의된 상태평가 기준을 이용하여 조사된 결함의 정도에 따라 평가점수를 정하고, 그 최소치로 개별 구조부재의 상태 평가점수를 결정한다.

② 조사단위별 상태평가

각 구조부재에 결정된 평가점수들을 정리하고 구조부재의 중요도를 고려하여 제안된 산정식에 따라 각 구조부재에 대한 상태지수를 계산한다. 계산된 상태지수에 따라 구조부재별 상태평가 점수를 결정하고 그 중 가장 나쁜 상태평가 결과를 조사단위의 상태평가 결과로 결정한다.

③ 조사대상 전체구조물 상태평가

조사대상 전체구조물 상태평가 결과는 각 조사단위별로 결정된 상태평가 결과를 조사대상 구조물 전체에 포함된 모든 조사단위의 길이를 고려하여 산정한다. 전체구조물의 상태평가는 조사대상 전체구조물의 전반적인 상태를 파악하기 위한 목적이고 상태평가 결과에 의한 조치사항은 각 조사단위에서 제시한다.

3) 개별 구조부재의 상태평가

상태평가에서 정의된 평가 기준에 따라 조사된 결함의 정도에 따라 평가점수를 정하고, 그 최소치로 개별 구조부재의 상태 평가점수를 결정한다.

4) 조사 단위별 상태평가

조사단위에 대한 상태평가는 각 구조부재별 결함에 대한 상태평가 결과를 토대로 산정하게 되며, 그 평가기준은 5단계(a~e)로 다시 분류한다.

조사단위별 상태평가 절차는 다음과 같다.

(가) 각 구조부재별로 상태평가 결과 판정에 사용되는 부재 수의 결정

$$NR = NT \times SP/100$$

여기서, NR = 상태평가 결과 판정에 사용되는 총 구조부재의 수

NT = 조사된 총 구조부재의 수

SP = 구조부재의 중요도에 따라 결정된 표본 추출 백분율([표 4.43] 참조)

구조물 전체의 안전에 미치는 영향이 큰 구조부재(예를 들어, 말뚝)일수록 상대적으로 작은 값의 백분율을 사용함으로써 보다 심각한 상태의 부재들만을 골라 평가할 수 있도록 하였다.

[표 4.43] 구조부재의 중요도에 따라 표본 추출할 부재 백분율

구조부재 종류	SP : 표본추출 백분율(%)
말 뚝	25
세로보	30
바닥판	40
가로보(파일캡)	40
토류벽	50

(나) 구조부재별 상태평가 결과 산정

각 구조부재의 중요도를 고려하여 계산된 NR 개수만큼의 부재를 심각한 상태의 부재부터 산정한 후 각 평가부재 수에 해당되는 평가점수를 곱하고 이들을 합한 값을 NR로 나누어 구조부재별 상태지수를 다음과 같이 계산한다.

$$\text{구조부재의 상태지수(CI)} = \frac{\sum_{K=1}^{5} M_K N_K}{N_R}$$

여기서,

CI = 상태지수

MK = 상태평가점수(5~1)

NK = 각 평가결과에 상당하는 평가부재의 수

계산된 상태지수를 이용하여 [표 4.44]에 의해 각 구조부재의 상태평가 결과(a~e)를 산정한다.

[표 4.44] 상태지수에 의한 평가기준

평가기준	상태지수(CI)
a	4.5 이상 ~ 5.0 이하
b	3.5 이상 ~ 4.5 미만
c	2.5 이상 ~ 3.5 미만
d	1.5 이상 ~ 2.5 미만
e	1.0 이상 ~ 1.5 미만

(다) 조사단위의 상태평가 결과 산정

조사단위 속에 포함된 말뚝, 보, 바닥판, 토류벽 등 각 구조부재에 대한 상태평가 결과 중 가장 나쁜 상태의 결과를 조사단위의 상태평가 결과로 결정한다.

[표 4.45] 구조부재별 상태평가 결과 산정 [예제1 – RC말뚝]

1. 상태평가 결과 판정에 사용될 말뚝 수 계산

   ○ 총조사 말뚝 수 : N_T = 178

   ○ 평가말뚝 수 : $N_R = N_T \times SP = 178 \times 0.25 = 44.5 \Rightarrow 45$ 사용

2. 상태지수 계산

평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 × 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	95	0	0
b	4	27	0	0
c	3	32	21	63
d	2	19	19	38
e	1	5	5	5
계		178 (N_T)	45 (N_R)	106 ($\sum M_K \cdot N_K$)

$$CI = \frac{\sum_{K=1}^{5} M_K N_K}{N_R} = \frac{106}{45} = 2.36$$

d

[표 4.46] 구조부재별 상태평가 결과 산정 [예제2 – 바닥판]

1. 상태평가 결과 판정에 사용될 바닥판 수 계산

   ○총조사 바닥판 수 : N_T = 125

   ○평가바닥판 수 : $N_R = N_T \times SP = 125 \times 0.40 = 50 \Rightarrow 50$ 사용

2. 상태지수 계산

평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 × 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	110	35	175
b	4	12	12	48
c	3	3	3	9
d	2	0	0	0
e	1	0	0	0
계		125 (N_T)	50 (N_R)	232 ($\sum M_K \cdot N_K$)

$$CI = \frac{\sum_{K=1}^{5} M_K N_K}{N_R} = \frac{232}{50} = 4.64$$

a

[표 4.47] 구조부재별 상태평가 결과 산정 [예제3 – 세로보]

1. 상태평가 결과 판정에 사용될 세로보의 수 계산

   ○ 총조사 세로보 수 : N_T = 117

   ○ 평가세로보 수 : $N_R = N_T \times SP = 117 \times 0.30 = 35.1 \Rightarrow 36$ 사용

2. 상태지수 계산

평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 × 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	92	11	55
b	4	12	12	48
c	3	10	10	30
d	2	3	3	6
e	1	0	0	0
계		125 (N_T)	50 (N_R)	139 ($\sum M_K \cdot N_K$)

$$CI = \frac{\sum_{K=1}^{5} M_K N_K}{N_R} = \frac{139}{36} = 3.86$$

b

[표 4.48] 구조부재별 상태평가 결과 산정 [예제4 – 가로보]

1. 상태평가 결과 판정에 사용될 가로보의 수 계산

   ○ 총 조사 세로보 수 : N_T = 154

   ○ 평가 세로보 수 : $N_R = N_T \times SP = 154 \times 0.40 = 61.6 \Rightarrow 62$ 사용

2. 상태지수 계산

평가기준	평가점수 (M_K)	조사부재수	평가부재수 (N_K)	평가점수 × 평가부재수 ($M_K \times N_K$)
a	5	97	5	25
b	4	28	28	112
c	3	17	17	51
d	2	11	11	22
e	1	1	1	1
계		154 (N_T)	62 (N_R)	211 ($\sum M_K \cdot N_K$)

$$CI = \frac{\sum_{K=1}^{5} M_K N_K}{N_R} = \frac{211}{62} = 3.40$$

c

[표 4.45]~[표 4.48]의 예제들에서 가장 나쁜 상태평가 결과는 RC말뚝부재로서 “d”이다. 따라서 예제들이 동일한 조사단위의 각 구조부재에 대한 평가결과라면 조사단위의 상태평가 결과는 가장 나쁜 상태인 말뚝 부재의 상태평가 결과를 채택하여 “d”로 결정된다.

5) 조사대상 전체 구조물의 상태평가

조사대상 전체 구조물에 대한 상태평가에는 조사대상에 포함된 각 조사단위별 상태지수를 이용하며, 포함된 모든 조사단위의 길이를 고려하여 다음과 같은 식으로 상태지수를 산정한 후 [표 4.44]에 의해 전체구조물의 상태평가 결과(A~E)를 결정한다.

$$\text{전체 구조물의 상태지수(CI)} = L + 0.3(H-L)\,\frac{\sum_{n=1}^{N}(CI)_n\ l_n}{5\ \sum_{n=1}^{N} l_n}$$

여기서,

L = 포함된 조사단위의 상태지수 중 최소값(가장 나쁜 결과에 해당)

H = 포함된 조사단위의 상태지수 중 최대값(가장 좋은 결과에 해당)

N = 포함된 총 조사단위 수

(CI)n = n번째 조사단위의 상태지수

ln = n번째 조사단위의 길이

위의 식은 전체 구조물의 상태지수를 가장 나쁜 상태의 조사단위에 대한 상태지수로 채택하는 것이 아니라 그보다는 다소 상향조정하는 것을 의미한다. 상향조정은 포함된 조사단위의 최대 상태지수(H)와 최소 상태지수(L) 차이의 30% 까지만 좋게 평가할 수 있도록 정한 것이다. 또한 각 조사단위별 상태지수를 고려하여 상향조정에 반영한다.

[표 4.49]에는 전체 구조물의 상태평가 예가 수록되어 있다.

[표 4.49] 전체 구조물의 상태평가(예)

조사단위 (n)	평가결과	상태지수 ($(CI)_n$)	길이(m) (l_n)	상태지수 × 길이 ($(CI)_n \times l_n$)
1	b	4.38	100	438
2	c	3.07	100	307
3	b	4.65	200	930
4	c	2.89	100	189
5	d	2.23	200	446
6	b	3.96	100	396
계			800 ($\sum l_n$)	2706 ($\sum (CI)_n \cdot l_n$)

◦ 총 조사단위 수 : N = 6

◦ 조사단위의 상태지수 중 최소값 : L = 2.23

◦ 조사단위의 상태지수 중 최대값 : H = 4.65

◦ $CI = L + 0.3(H-L) \dfrac{\sum_{n=1}^{N} (CI)_n \; l_n}{5 \sum_{n=1}^{N} l_n}$

◦ $CI = 2.23 + 0.3(4.65-2.23) \times \dfrac{2706}{5 \times 800} = 2.23 + 0.491 = 2.721$

C

나. 중력식 안벽

1) 상태평가 방법

① 우선 평가단위별로 조사결과를 정리하여 평가단위별 상태평가 결과를 산정

② 그 결과를 토대로 조사단위의 상태평가 결과를 결정

③ 최종적으로는 조사대상 전체구조물의 상태평가 결과를 산정

2) 중력식 안벽의 상태평가 단계

① 평가단위별 상태평가

평가단위별로 조사된 각 손상 및 결함형태별 평가점수를 구하고, 평가점수에 결함이 구조체에 미치는 중요도를 고려한 영향계수를 곱하여 상태지수를 구한 후 그 중 가장 심각한 상태지수를 이용하여 평가단위의 상태평가 결과를 구한다.

② 조사단위별 상태평가

평가단위별로 산정된 상태 평가점수에 상태의 심각성을 감안한 조정계수를 곱하고 이를 전체 조사단위에 대하여 가중 평균하여 조사단위별 상태지수를 계산한 후 조사단위의 상태평가 결과를 결정한다.

③ 조사대상 전체구조물의 상태평가

조사대상 전체구조물의 상태평가는 조사단위별로 결정된 상태지수 중 심각한 쪽을 고려하고 조사단위 길이를 고려하여 결정한다.

상기의 방법으로 결정되는 조사대상 구조물의 조사단위에 대한 상태평가 결과는 구조물의 건전도 상태를 파악하고, 구조물의 보수 우선순위를 결정하는데 이용되며, 조사대상 전체구조물의 상태평가는 구조물 전체의 전반적인 상태를 파악하기 위한 목적으로 실시한다.

3) 평가단위별 상태평가

각 평가단위에 대한 상태평가는 평가단위에 포함된 각종 유형의 손상 및 결함형태에 대해 정의한 평가점수에 영향계수를 곱하여 구해진 상태지수 중 최소 상태지수에 해당되는 상태평가 결과를 평가단위의 결과로 채택한다.

상태지수에 해당하는 상태평가 결과는 [표 4.50]과 같이 정한다.

[표 4.50] 평가단위별 상태평가 결과 산정(예)

조사단위 번호: 1 평가단위 번호: 10

손상형태 및 조사항목			평가기준	조사량 및 상태	평가 점수	영향 계수	상태 지수
상부공 및 본체부	침하	중요 결함	중력식 안벽	2.5 ㎝	4	1.0	4.0
	경사/전도		〃	0.5%	5	1.0	5.0
	활동		〃	4 ㎝	4	1.0	4.0
	파손	일반 손상	〃	없음	5	1.0	5.0
	균열(과응력균열)		〃	0.15 ㎜	4	1.1	4.4
	균열(부식균열)		〃	없음	5	1.0	5.0
	균열(일반균열)		〃	없음	5	1.0	5.0
	박리(완전박리, 부분박리)		〃	없음	5	1.0	5.0
	마모/침식		〃	1군데	4	1.1	4.4
	속채움재 유실(케이슨식)	국부 결함	〃	없음	5	1.0	5.0
	케이슨, 블록 이격		〃	-	-	-	-
기초부	세굴		〃	없음	5	1.0	5.0
	기초사석교란		〃	없음	5	1.0	5.0
에이 프론	침하	일반 손상	〃	3 ㎝	4	1.1	4.4
	포장의 손상		〃	7%	4	1.1	4.4
	공동(콘크리트 포장 하부)		〃	없음	5	1.0	5.0

상태평가 결과별 상태지수 범위		구 분	영 향 계 수				
평가기준	상태지수(CI)	평가결과 (평가점수)	a(5)	b(4)	c(3)	d(2)	e(1)
a	4.5 ≤ CI ≤ 5.0	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	3.5 ≤ CI < 4.5						
c	2.5 ≤ CI < 3.5	국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
d	1.5 ≤ CI < 2.5						
e	1.0 ≤ CI < 1.5	일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0

최소 상태지수(CI) = 4.0 ⇒ **평가단위 평가결과 =** b

4) 조사단위의 상태평가

조사단위에 대한 상태평가는 각 평가단위의 상태평가 결과에 해당되는 평가점수를 이용하여 다음 식으로 계산되는 상태지수를 이용 결정한다.

상태평가 결과는 계산된 상태지수를 이용하여 [표 4.51]에 따라 결정한다.

$$\text{조사단위의 상태지수(CI)} = \frac{\sum_{m=1}^{5} m \cdot N_m A_m}{\sum_{m=1}^{5} N_m A_m}$$

여기서,

m = 평가결과(a~e)에 따른 평가점수

Nm = 평가점수 m에 해당하는 평가단위의 수

Am = 평가점수 m에 해당하는 조정계수로 [표 4.51]에 정의된 값

여기서, 조정계수의 사용은 평가단위별 상태평가에 보다 심각한 상태의 평가단위에 가중치를 두기 위한 것이다.

[표 4.51] 상태지수에 의한 상태평가 결과

평가기준	평가점수(m)	상태지수(CI)	조정계수(A)
a	5	4.5이상 ~ 5.0미만	1
b	4	3.5이상 ~ 4.5미만	2
c	3	2.5이상 ~ 3.5미만	3
d	2	1.5이상 ~ 2.5미만	6
e	1	1.0이상 ~ 1.5미만	6

각 조사단위의 상태평가 결과가 결정되면 잔교식 안벽에서와 마찬가지로 c, d, e 일 경우 보수 우선순위에 따라 보수 조치하며, 필요에 따라 정밀안전진단을 실시하게 된다.

다음 [표 4.52]는 조사단위의 상태평가 예를 보인다.

[표 4.52] 조사단위의 상태평가(예)

■ 각 조사단위별 평가단위의 상태평가 결과 정리

평가단위 / 조사단위	평가단위별 상태평가 결과									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
2	b	c	b	c	b	c	b	c	b	c
3	c	d	c	d	c	d	c	d	c	d
4	a	b	c	d	e	e	d	c	b	a

■ 조사단위별 상태지수 및 평가결과의 계산

[조사단위 1]

평가 기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위 수 (N_m)	조정계수×평가단위수 (N_m A_m)	조정계수×평가단위수×평가점수 ($m{\cdot}N_m$ A_m)
a	5	1	5	5	25
b	4	2	5	10	40
c	3	3	0	0	0
d	2	6	0	0	0
e	1	6	0	0	0
계	–	–	10 ($\sum N_m$)	15 ($\sum N_m A_m$)	65 ($\sum m{\cdot}N_m A_m$)

$$\text{조사단위 상태지수(CI)} = \frac{\sum_{m=1}^{5} m{\cdot}N_m A_m}{\sum_{m=1}^{5} N_m A_m} = \frac{65}{15} = 4.33 \Rightarrow b$$

[조사단위 2]

평가 기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위 수 (N_m)	조정계수×평가단위수 (N_m A_m)	조정계수×평가단위수×평가점수 ($m{\cdot}N_m$ A_m)
a	5	1	0	0	0
b	4	2	5	10	40
c	3	3	5	15	45
d	2	6	0	0	0
e	1	6	0	0	0
계	–	–	10 ($\sum N_m$)	25 ($\sum N_m A_m$)	85 ($\sum m{\cdot}N_m A_m$)

$$\text{조사단위 상태지수(CI)} = \frac{\sum_{m=1}^{5} m{\cdot}N_m A_m}{\sum_{m=1}^{5} N_m A_m} = \frac{85}{25} = 3.40 \Rightarrow c$$

[표 4.52] 조사단위의 상태평가(예)(계속)

[조사단위 3]

평가 기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위 수 (N_m)	조정계수×평가단위수 (N_m A_m)	조정계수×평가단위수×평가점수 ($m{\cdot}N_m$ A_m)
a	5	1	0	0	0
b	4	2	0	0	0
c	3	3	5	15	45
d	2	6	5	30	60
e	1	6	0	0	0
계	–	–	10 ($\sum N_m$)	45 ($\sum N_m A_m$)	105 ($\sum m{\cdot}N_m A_m$)

$$\text{조사단위 상태지수(CI)} = \frac{\sum_{m=1}^{5} m{\cdot}N_m A_m}{\sum_{m=1}^{5} N_m A_m} = \frac{105}{45} = 2.33 \Rightarrow d$$

[조사단위 4]

평가 기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위 수 (N_m)	조정계수×평가단위수 (N_m A_m)	조정계수×평가단위수×평가점수 ($m{\cdot}N_m$ A_m)
a	5	1	2	2	10
b	4	2	2	4	16
c	3	3	2	6	18
d	2	6	2	12	24
e	1	6	2	12	12
계	–	–	10 ($\sum N_m$)	36 ($\sum N_m A_m$)	80 ($\sum m{\cdot}N_m A_m$)

$$\text{조사단위 상태지수(CI)} = \frac{\sum_{m=1}^{5} m{\cdot}N_m A_m}{\sum_{m=1}^{5} N_m A_m} = \frac{80}{36} = 2.22 \Rightarrow d$$

5) 조사대상 전체 구조물의 상태평가

조사대상 구조물에 대한 조치사항은 조사단위별로 처리하나 조사 안벽 전체 구조물의 건전도 상태를 파악하고 보수 우선순위 결정을 위한 기본 자료로 사용하기 위해 전체 구조물의 상태평가가 필요하게 된다.

조사대상 전체 구조물에 대한 상태평가 결과는 각 조사단위의 상태지수를 이용하여 전체 구조물에 대한 상태지수를 구하고 그 값에 따라 결정하였다. 전체 구조물의 상태지수는 심각한 상태의 조사단위를 기준으로 계산하며 각 조사단위의 길이를 고려하여 다음과 같은 식으로 계산한다.

$$\text{전체 구조물의 상태지수 (CI)} = \quad L+0.3(H-L)\frac{\sum_{n=1}^{N}(CI)_n \times \ell_n}{5\sum_{n=1}^{N}\ell_n}$$

여기서,

L : 포함된 조사단위의 상태지수 중 최소값(가장 나쁜 상태에 해당)

H : 포함된 조사단위의 상태지수 중 최대값(가장 좋은 상태에 해당)

N : 포함된 총 조사단위 수

(CI)n : n번째 조사단위의 상태지수

ℓ_n : n번째 조사단위의 길이

[표 4.53] 조사 대상 전체 구조물의 상태평가 결과 산정(예)

조사단위	평가결과	상태지수 $((CI)_n)$	길이(m) (l_n)	상태지수 × 길이 $((CI)_n \times l_n)$
1	b	4.33	100	433
2	c	3.40	100	340
3	d	2.33	100	233
4	d	2.22	100	222
계	–	–	400 ($\sum l_n$)	1228 ($\sum (CI)_n \cdot l_n$)

◦ 총 조사단위 수 : N = 4

◦ 조사단위의 상태지수 중 최소값 : L = 2.22

◦ 조사단위의 상태지수 중 최대값 : H = 4.33

◦ $CI = L+0.3(H-L)\frac{\sum_{n=1}^{N}(CI)_n \times \ell_n}{5\sum_{n=1}^{N}\ell_n}$

◦ $CI = 2.22+0.3(4.33-2.22)\times\frac{1228}{5\times400} = 2.23+0.38 = 2.61$ → C

다. 널말뚝식 안벽

1) 상태평가 방법

① 중력식 안벽에 대한 상태평가절차와 동일한 방법으로 실시

② 평가단위별 상태평가를 거쳐 조사단위와 전체구조물에 대한 상태평가를 실시

③ 그에 따른 상태평가 결과를 산정

2) 널말뚝식 안벽의 상태평가 단계

○ 중력식 안벽의 해당 항과 동일하다.

3) 평가단위, 조사단위 및 전체 구조물의 상태평가

널말뚝식 안벽의 평가단위, 조사단위 및 조사 대상 전체 구조물에 대한 상태평가는 중력식 안벽의 상태평가와 동일한 방법을 적용한다.

[표 4.54] 평가단위별 상태평가(예)

조사단위 번호: 1 평가단위 번호: 7

손상형태 및 조사항목				평가기준	조사량 및 상태	평가 점수	영향 계수	상태 지수
상부 공 및 벽체부	침하		중요 결함	널말뚝 안벽	1.0 ㎝	4	1.0	4.0
	변형			〃	없음	5	1.0	5.0
	활동			〃	2 ㎝	4	1.0	4.0
	후면부 함몰			〃	없음	5	1.0	5.0
	파손		일반 손상	〃	0.1 ㎜	4	1.1	4.4
	콘크리트 말뚝부	균열(과응력균열)		〃	없음	5	1.0	5.0
		균열(부식균열)		〃	없음	5	1.0	5.0
		균열(일반균열)		〃	없음	5	1.0	5.0
		박리(완전박리, 부분박리)		〃	없음	5	1.0	5.0
		마모/침식		〃	없음	5	1.0	5.0
	강널말뚝	부식(전반부식, 국부부식, 홈/파공)		〃	5% 두께 감소	4	1.1	4.4
		마모/침식		〃	3 ㎝	4	1.1	4.4
기초부	세굴		국부 결함	〃	2%	4	1.1	4.4
	기초사석교란			〃	없음	5	1.0	5.0
에이프론	침하		일반 손상	〃	없음	5	1.0	5.0
	포장의 손상(균열, 함몰, 파손)			〃	없음	5	1.0	5.0
	공동(콘크리트 포장 하부)			〃	없음	5	1.0	5.0

평가단위의 평가점수 및 상태평가 결과 결정

상태평가 결과별 상태지수 범위		구 분	영 향 계 수				
평가기준	상태지수(CI)	평가결과 (평가점수)	a(5)	b(4)	c(3)	d(2)	e(1)
a	4.5 ≤ CI ≤ 5.0	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	3.5 ≤ CI < 4.5						
c	2.5 ≤ CI < 3.5	국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
d	1.5 ≤ CI < 2.5	일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
e	1.0 ≤ CI < 1.5						

최소 상태지수(CI) = [4.0] ⇒ **평가단위 평가결과 =** [b]

종합의견:

요약서 작성 확인자 _____ (인) 확인일자 _____

[표 4.55] 조사단위의 상태평가(예)

■ 각 조사단위별 평가단위의 상태평가 결과 정리

조사단위	평가단위별 상태평가														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	b	a	a	a	a	b	b	c	b	b	c	b	a	a	b

■ 조사단위별 상태지수의 계산[조사단위 1]

평가기준	평가점수 (m)	조정계수 (A_m)	평가단위 수 (N_m)	조정계수×평가단위수 (N_m A_m)	조정계수×평가단위수×평가점수 (m·N_m A_m)
a	5	1	6	6	30
b	4	2	7	14	56
c	3	3	2	6	18
d	2	6	0	0	0
e	1	6	0	0	0
계	–	–	15 ($\sum N_m$)	26 ($\sum N_m A_m$)	104 ($\sum m \cdot N_m A_m$)

$$\text{조사단위 상태지수(CI)} = \frac{\sum_{m=1}^{5} m \cdot N_m A_m}{\sum_{m=1}^{5} N_m A_m} = \frac{104}{26} = 4.00 \quad \Rightarrow \quad b$$

[표 4.56] 조사대상 전체 구조물의 상태평가 결과 산정(예)

조사단위	상태평가 결과	상태지수 ($(CI)_n$)	길이(m) (l_n)	상태지수 × 길이 ($(CI)_n \times l_n$)
1	b	4.00	300	1200
계	–	–	300 ($\sum l_n$)	1200 ($\sum (CI)_n \cdot l_n$)

◦ 총 조사단위 수 : N = 1

◦ 조사단위의 상태지수 중 최소값 : L = 4.00

◦ 조사단위의 상태지수 중 최대값 : H = 4.00

◦ 전체 구조물의 상태지수 (CI) = $L + 0.3(H-L)\dfrac{\sum_{n=1}^{N} (CI)_n \times \ell_n}{5 \sum_{n=1}^{N} \ell_n} = 4.00$

⇒ **조사대상 전체 구조물 상태평가 결과 = B**

4.5 안전성평가 기준 및 방법

4.5.1 일반

가. 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하다.

나. 안전성평가의 적용

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

4.5.2 안전성평가 기준

가. 잔교식 안벽

잔교식 안벽은 상부의 콘크리트 바닥판, 가로보 및 세로보 그리고 하부구조의 강관 또는 콘크리트 파일로 구성되어 있다. 잔교식 안벽은 연직방향 하중을 받는 교량과 유사한 구조를 갖고 있으나 선박의 접안력, 계류력, 조류 및 파랑에 의한 측방향 하중을 받는 구조물이다.

「항만 및 어항 설계기준(2005)」에 따르면 구조물 각 부재의 외력에 대한 안전검토는 구조물의 특성 등에 따라 허용응력설계법 또는 한계상태설계법에 의한다. 단, 철근콘크리트 구조물 부재의 안전검토는 한계상태설계법에 의하는 것을 표준으로 하되, 국내에 한계상태설계법을 근간으로 하는 「콘크리트구조설계기준」이 제정될 때까지는 현행 「콘크리트구조설계기준(한국콘크리트학회, 2007)」에 따르고, 「항만 및 어항 설계기준」의 한계상태설계법을 참고할 수 있도록 하고 있다.

따라서, 잔교식 구조물에서는 강도설계법에 따라 상부구조 및 하부구조 철근콘크리트 각 부재의 작용(극한)모멘트와 설계모멘트의 비를 그리고 강재의 하부구조 경우는 허용응력법에 따라 검토응력과 허용응력과의 비를 「항만 및 어항 설계기준」의 방법에 따른 지진의 영향을 고려하여 [표 4.57]의 기준에 따라 검토, 평가하는 것을 원칙으로 한다.

다만, 철근콘크리트 구조물의 경우 강도설계법에 따른 검토결과 문제가 있는 경우에는 허용응력법에 의한 검토를 병행하여 구조물의 외관상태 및 비파괴 조사결과 등을 종합적으로 고려하여 안전성 평가를 수행할 수 있도록 한다.

강도설계법에 의한 검토시는 각 부재의 설계모멘트와 작용모멘트의 비가 1.0 이상인 경우 그리고 허용응력설계법의 경우는 허용응력과 검토응력의 비가 1.0 이상인 경우를 “a”로 설정하였으며, 1.0 미만, 0.9 미만, 0.75 미만의 경우를 각각 “c”, “d”, “e” 로 설정하였다. 따라서, 설계기준을 만족하는 경우 모두 “a”를 적용하고, 만족시키지 못하는 경우는 “c” 이하를 적용하였으며 “b”는 평가기준에서 제외하였다.

여기서, 검토단면의 각 부재에 대한 평가점수는 [표 4.57]을 적용하여 산정하며, 검토단면의 평가결과는 각 부재의 평가점수를 이용하여 결정한다.

잔교식 안벽의 경우 표본추출 백분율을 적용하여 가중평균하는 외관상태평가와는 달리 바닥판, 가로보, 세로보 및 하부구조(강파일 또는 콘크리트파일)에서의 각 부재별 중요도는 구조검토에서 고려하지 않았다.

$$\text{강도설계법에 의한 검토기준} = \frac{\text{설계모멘트}}{\text{작용모멘트}}$$

$$\text{허용응력설계법에 의한 검토기준} = \frac{\text{허용응력}}{\text{검토응력}}$$

횡잔교의 흙막이부에 대한 기초지반의 활동은 점성토와 같은 연약지반에서는 원호활동에 대한 검토를 수행하고 사면이 사질토로 구성되어 있는 경우에는 원칙적으로 비탈기슭을 지나는 직선활동면에 대하여 검토를 수행하여 [표 4.58]에 의거 평가결과를 산정한다.

「항만 및 어항 설계기준(2005)」에 따르면 활동파괴에 대한 안전율은 상시는 1.2 이상, 지진시는 1.0 이상을 표준으로 하고 있다. 본 세부지침에서는 안전율 1.2(지진시, 1.0)를 만족시킬 때는 “a”로 나머지는 “c”, “d” 및 “e”의 총 4개 단계로 설정하였다.

[표 4.57] 구조검토에 대한 평가 기준 (강도설계법 및 허용응력설계법)

평가 기준	평가 점수	상 태 (설계모멘트(허용응력)와 작용모멘트(검토응력)의 비)
a	5	1.0 이상
c	3	0.9 이상 1.0 미만
d	2	0.75 이상 0.9 미만
e	1	0.75 미만

[표 4.58] 원호 및 직선활동에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태	
a	5	평상시	안전율이 1.2이상인 경우
		지진시	안전율이 1.0이상인 경우
c	3	평상시	안전율이 1.0이상 1.2미만인 경우
		지진시	안전율이 0.9이상 1.0미만인 경우
d	2	평상시	안전율이 0.8이상 1.0미만인 경우
		지진시	안전율이 0.7이상 0.9미만인 경우
e	1	평상시	안전율이 0.8 미만인 경우
		지진시	안전율이 0.7 미만인 경우

나. 중력식 안벽

1) 일반적인 안전성 검토

케이슨과 블록식 등 중력식 안벽의 안전성 검토는 일반적으로 다음과 같은 사항에 대해 수행하며, 검토방법 및 안전율은 「항만 및 어항 설계기준」을 따르는 것을 원칙으로 한다.

○ 벽체의 활동

○ 지반의 지지력

○ 원호활동

○ 벽체의 전도

○ 침 하

2) 활동에 대한 안전성 검토

○ 중력식 안벽의 활동에 대한 안전율은 벽체에 작용하는 연직 및 수평력 그리고 벽체 저면과 기초와의 마찰계수에 의해 결정

○ 평상시 1.2 이상, 이상시 1.0 이상을 표준

3) 기초지반의 안전성 검토

구조물의 기초지반에 작용하는 편심·경사하중에 대한 지지력 검토는 원호활동해석법에 의하여 산정하는 것을 표준으로 한다.

○ 평상시 1.2 이상, 지진시는 1.0 이상을 기준

○ 전도(지진시는 1.1적용) 및 원호활동에 대한 안전율도 동일한 값을 적용

기초지반은 새로이 가해진 하중증가에 대해서 침하를 일으키므로 지반조사를 통한 현재 지반상태에서의 추가침하 예정량을 검토할 필요가 있다.

침하 안전성 검토 결과로부터 얻어진 침하완료 예정시점의 상부공 표고(A)와 설계표고(B)와의 비교를 통해 안전성 평가를 수행하며, B-A의 값이 5~15cm 일 때를 양호한 경우와 불량한 경우의 경계치인 “c”의 상태로 결정하였다. 일반적으로 상부공의 침하된 표고가 설계표고보다 약 30cm 정도를 초과하게 되면 증고시 계선주의 사용이 어려워지고 방충재의 재배치를 고려해야하는 등의 기능성 측면과 화물 선하작업의 안전성측면에서 문제가 발생하므로 이때의 상태를 “e”로 설정하였다. 안전성평가의 기준은 현장측정자료를 근거로 한 상태평가의 기준과 별도로 설정한다.

[표 4.59] 활동, 지지력, 원호활동 및 전도에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태	
a	5	평상시	안전율이 1.2 이상인 경우
		지진시	안전율이 1.0(전도, 1.1) 이상인 경우
c	3	평상시	안전율이 1.0 이상 1.2 미만인 경우
		지진시	안전율이 0.9 이상 1.0(전도, 1.1) 미만인 경우
d	2	평상시	안전율이 0.8 이상 1.0 미만인 경우
		지진시	안전율이 0.7 이상 0.9 미만인 경우
e	1	평상시	안전율이 0.8 미만인 경우
		지진시	안전율이 0.7 미만인 경우

[표 4.60] 침하에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	B-A의 값이 5cm 미만인 경우
b	4	B-A의 값이 5cm 이상 10cm 미만인 경우
c	3	B-A의 값이 10cm 이상 15cm 미만인 경우
d	2	B-A의 값이 15cm 이상 30cm 미만인 경우
e	1	B-A의 값이 30cm 이상인 경우

다. 널말뚝식 안벽

널말뚝식 안벽의 안전성 평가는 널말뚝 벽체와 뒤채움 토사가 일체로 회전하여 널말뚝 구조가 붕괴되는 현상인 원호활동과 널말뚝에 작용하는 외력에 의한 부재의 응력과 허용응력의 비교를 통해 안전성검토를 수행하며, 적용 안전율 및 검토방법은 「항만 및 어항 설계기준」을 따르는 것을 원칙으로 한다.

[표 4.61] 활동에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태	
a	5	평상시	안전율이 1.2 이상인 경우
		지진시	안전율이 1.0 이상인 경우
c	3	평상시	안전율이 1.0이상 1.2미만인 경우
		지진시	안전율이 0.9이상 1.0미만인 경우
d	2	평상시	안전율이 0.8이상 1.0미만인 경우
		지진시	안전율이 0.7이상 0.9미만인 경우
e	1	평상시	안전율이 0.8 미만인 경우
		지진시	안전율이 0.7 미만인 경우

[표 4.62] 구조검토에 대한 평가기준

평가 기준	평가 점수	상 태 (허용응력과 검토응력의 비)
a	5	1.0 이상
c	3	0.9 이상 1.0 미만
d	2	0.75 이상 0.9 미만
e	1	0.75 미만

라. 기타형식의 안벽 및 항만시설

기타형식 안벽 및 항만시설의 안전성평가 기준은 잔교식, 중력식, 널말뚝 안벽의 해당 부분에 대한 기준을 준용한다.

4.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

안전성평가 결과는 각각의 검토항목(구조검토, 활동, 전도, 침하, 지지력 등)에 따라 계산된 안전율을 허용안전율과 비교하여 기준에 따라 얻어진 각 평가점수로부터 산정된다. 각 검토항목에 대한 중요도는 동일한 것으로 간주하여 평가한다.

가. 안전성평가 지수

검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가 지수를 하나의 검토 항목으로 간주하여 아래 식을 적용하여 최종적인 전체 구조물의 안전성평가 지수를 결정한다.

$$\text{안전성평가 지수} = L + 0.3(H-L)\frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5\times(N-2)}, \ (N > 2)$$

$$= L + 0.3(H-L), \ (N = 2)$$

여기서,

N = 안전성 검토항목의 수(구조검토, 활동, 전도, 지지력 등)

L = 검토항목의 평가점수 중 최소값

H = 검토항목의 평가점수 중 최대값

M_i = 검토항목의 최대 및 최소값을 제외한 나머지 값들

안전성평가 지수에 의한 안전성평가 결과는 [표 4.63]에 따라 결정한다.

[표 4.63] 안전성평가 지수에 의한 안전성평가 기준

안전성평가 기준	안전성평가 지수
A	4.5 이상 ~ 5.0 이하
B	3.5 이상 ~ 4.5 미만
C	2.5 이상 ~ 3.5 미만
D	1.5 이상 ~ 2.5 미만
E	1.0 이상 ~ 1.5 미만

나. 안전성평가 결과 산정 방법

중력식 안벽에서의 안전성평가 결과 산정 예는 [표 4.64]와 같다.

[표 4.64] 중력식 안벽 안전성평가 결과 산정(예) : 검토단면-1

검토항목	적용기준 (평상시)	안전율 또는 상태	평가결과	수	비 고
활 동	[표 4.59]	1.1	c	3	
전 도	〃	1.3	a	5	
지지력	〃	0.9	d	2	
침 하	[표 4.60]	9.2cm	b	4	
안전성평가 결과	안전성평가지수 $= L+0.3(H-L)\frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5\times(N-2)}$, $(N > 2)$ $= 2 + 0.3(5 - 2)\frac{(4 + 3)}{5 \times (4 - 2)}$ $= 2.63$ 안전성평가결과 $= C$ ([표4.63] 적용)				

4.6 종합평가 기준 및 방법

4.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 4.65]의 종합평가지수에 따라 결정한다.

[표 4.65] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수 구분	종합평가 기준	비 고
4.5 ≤ 종합평가지수 ≤ 5.0	A	
3.5 ≤ 종합평가지수 < 4.5	B	
2.5 ≤ 종합평가지수 < 3.5	C	
1.5 ≤ 종합평가지수 < 2.5	D	
1.0 ≤ 종합평가지수 < 1.5	E	

4.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 정밀점검

정밀점검 시 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행한 경우는 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가 결과로 하며, 모두 수행한 경우 상태평가지수와 안전성평가지수 중 작은 값을 항만시설의 종합평가지수로 하며 [표 4.65]의 기준에 따라 종합평가 결과를 결정한다.

나. 정밀안전진단

현장조사에 따른 상태평가지수와 안전성 검토에 근거한 안전성평가지수 중 작은 값을 항만시설의 종합평가지수로 하며 [표 4.65]의 기준에 따라 종합평가 결과를 결정한다.

종합평가 결과 = MIN(상태평가 결과 , 안전성평가 결과)

4.7 보수・보강 방법

항만 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

4.7.1 항만 시설물의 보수・보강공법의 적용

보수・보강공법의 선택은 구조형식에 따라 해양수산부 발간(1998) "항만구조물 잔교식 안벽 보수・보강 표준지침서"와 "항만구조물 중력식 안벽 및 외곽시설 보수・보강 표준지침서"를 참조한다.

제5장 상수도

5.1 관리일반

5.2 현장조사요령

5.3 재료시험 항목 및 수량

5.4 상태평가 기준 및 방법

5.5 안전성평가 기준 및 방법

5.6 종합평가 기준 및 방법

5.7 보수·보강 방법

제5장 상수도

5.1 관리일반

5.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 상수도 시설물에 적용한다.

○ 1종 시설물

- 광역상수도(수원지 시설을 포함한다)
- 공업용수도(수원지 시설을 포함한다)
- 1일 공급능력 3만톤 이상의 지방상수도(수원지 시설을 포함한다)

○ 2종 시설물

- 1종 시설물 해당하지 아니하는 지방상수도

※ 용수전용댐과 지방상수도전용댐이 상기의 1종 시설물 중 광역상수도, 공업용수도 또는 지방상수도의 수원지 시설에 해당하는 때에는 상수도 시설물로 본다.

※ 상수도 1.2종 시설물 중 광역상수도, 공업용수도 및 지방상수도는 배수관로 및 급수시설은 제외한다.

상수도 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 상수도시설 기준

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전 협의하여 적용할 수 있다.

5.1.2 용어 정의

○ 상수도

관로, 그 밖의 공작물을 사용하여 원수나, 정수를 공급하는 시설의 전부를 말한다.

○ 기계・전기설비 및 계측시설

- 시설물에서의 기계・전기설비란 시설물의 구조적 안전에 직접적인 영향을 주는 설비를 말하며, 도수・송수펌프설비, 염소중화설비 및 도수・송수펌프의 모터 및 관련 기동반 또는 현장제어반을 말한다.
- 계측시설이란 시설물의 구조적 안전 위해 설치한 토목분야의 계측시설을 말하며, 수처리 공정과 관련된 계측시설은 제외한다.

5.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

상수도 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 5.1]과 같다.

① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(댐, 건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다.

② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

③ 부대 시설물이 「영」제2조제1항에 따른 1종 또는 2종 시설물에 해당되는 경우에는 「법」제6조에 따라 1종 시설물은 정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 하고 2종 시설물은 정밀점검을 실시하여야 한다.

[표 5.1] 상수도 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 취수시설(수원지포함)	○	○	○	기본과업
	◦ 취수장	○	○	○	
	◦ 관로시설 (취・도・송수관로 및 수로터널)	○	○	○	
	◦ 정수시설	○	○	○	
	◦ 가압장	○	○	○	
	◦ 배수지·조절지	○	○	○	
기타 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			선택과업
	◦ 옹벽	○			
	◦ 절토사면	○			

※ 토목구조물과 건축물이 일체로 된 경우의 건축물은 기본 시설물에 포함된다.

5.1.4 중대한 결함의 정도

상수도 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 5.25] 기초세굴에 대한 상태평가 기준에서 “e”의 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 중성화(탄산화)에 따른 내력손실

○ [표 5.35]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 5.36]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 [표 5.30]의 철근노출 상태평가 기준에서 “e”를 포함하는 경우

3) 상수도 관로이음부의 불량접합

○ [표 5.21]의 관로(배관) 누수에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

4) 상수도 관로의 파손, 변형 및 부식

○ [표 5.18]~[표 5.20]의 관로부식, 관두께, 관체 변형율에서 각각의 상태평가 기준 “d” 이하의 경우

※ 3), 4)항의 상태변화에 대한 평가유형은 중요결함이며, 1), 2)항의 상태변화에 대한 평가유형은 국부결함으로 분류하고 있다.

5.2 현장조사

5.2.1 시설물의 점검사항

가. 시설물별 상태변화의 점검항목

1) 관로

손상 및 결함	점 검 항 목	비 고
관로사고이력(건/㎞/년)	○ 관로의 사고이력 기준	
설치년도	○ 관로의 경과년수	
관주변 토양종류	○ 관로 주변의 토양의 종류	
토양 부식성	○ 토양에 의한 관외부의 부식성평가 ○ 토양비저항, 토양 pH 측정 ○ 황산이온 및 염소이온 함량 측정	
관대지전위차	○ 관대지전위차 측정	・수도용 도복장 강관 적용
관내・외면 도장	○ 관내・외면 도장의 건전성	
관로부식	○ 관체, 밸브 및 볼트・너트 등	
관두께	○ 실측 관두께	
실측내경	○ 관체 변형률을 산정하기 위한 조사	
관로누수	○ 관로상 누수 유무	

2) 토목 구조물

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
침하 / 부상	○ 구조물의 침하나, 부상 정도	
경 사	○ 구조물의 경사 정도	
활 동	○ 구조물의 활동 정도	
기 초 세 굴	○ 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	
철 근 노 출	○ 철근노출 면적	
누 수	○ 누수흔적 및 진행정도	• 콘크리트 부재 • 신축이음 부위
백 태	○ 백태 발생 면적율	
콘크리트 파손	○ 콘크리트 파손 깊이 및 면적율	
신축이음 탈락 / 열화	○ 신축이음 탈락 및 열화 정도	

3) 강 구조물

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
강 재 부 식	○ 부식의 정도에 따른 발생 면적율	
피 로 균 열	○ 피로균열 발생원인 ○ 부재의 종류와 피로균열 발생 정도	
변형 / 변위	○ 변형 및 변위 정도	
도 장 손 상	○ 도장의 변색, 부풀림, 탈락 등 도장상태	

4) 기계・전기설비

(가) 펌프설비

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	

(나) 펌프 장내 배관

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	

(다) 전기설비

손상 및 결함		평 가 항 목	비 고
점검대상	대상기기		
가압・송수・취수 펌프모터 설비	・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.

나. 시설물별 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 관 로

(가) 일반사항

관로 현장조사 항목에서 관주변 토양종류, 토양비저항, 토양pH, 황산이온 및 염소이온, 관로부식, 관두께, 실측내경, 관내・외면 도장상태 등 8개 항목에 대해서는 진단완료 예정일을 기준으로 최근 4년 이내에 수도법에 의한 기술진단에서 실시되었던 조사

및 시험 결과가 있을 경우에 이를 공유하여 진단에 활용한다.

관로사고이력, 설치년도, 관로누수 등의 3개 항목은 수시로 갱신되므로 과거의 조사 및 시험 결과를 활용하고 진단 수행시 보완 조사하여 적용한다.

(나) 관로구간 분할

관로를 체계적이고 효율적으로 점검·진단하기 위해서는 현장조사에 앞서 수집된 자료의 분석과 예비(사전)조사를 통해 얻어진 물리적, 환경적 요소 및 중요도 등을 고려하여 관로의 분할기준을 설정한다.

이의 기준에 의해 전체관로를 각 단위관로구간으로 세분화하는 것이 필요하며, 현장조사 시 관로구간 분할기준이 되는 항목들이 현장의 상황에 따라 부적절할 수 있으므로 현장조사과정에서 얻어진 정보를 검토하여 적절히 재조정하여야 한다.

① 상태평가 항목을 중심으로 분할

- ○ 관로용도 : 생활용수, 공업용수, 취수, 도수, 송수 및 배수 등
- ○ 관리권역 : 수도사업소별, 공구별 등
- ○ 관로특성 : 관경, 관종, 경과년수, 방식도장 유무 등
- ○ 지반조건 : 암반, 토사, 연약(점토)지반, 이토층 등
- ○ 매설현황 : 매설깊이, 매설지역
  (도로, 녹지, 농경지, 산지, 하천, 제방, 철도, 수관교, 교량첨가관 등)
- ○ 운영상황 : 가압, 자연유하, 전기방식유무, 관내수질 등
- ○ 사고 유발성 : 사고이력, 타 시설물과의 간섭,
  문제내재 구간(Known Problem Areas) 등
- ○ 사고 피해도 : 단수지역 범위, 침수구역, 교통장애도, 복구 용이성 등

② 관로의 위치에 따른 분할

- ○ 도로, 하천, 제방, 철도 등의 횡단구간이나 수관교, 교량첨가관 등의 구간에서는 그 연장이 극히 짧은 경우에는 별도의 구간으로 세분화하는 것보다 인접구간에 포함시키는 것이 합리적이다.
- ○ 관로 중간에 설치된 조절지의 경우는 조절지의 규모, 주변의 환경 등을 고려하여 별도의 구간으로 세분할 것인지 아니면 인접구간에 포함시킬 것인지는 책임기술자의 판단에 따른다.
- ○ 또한, 시설물 관리주체의 관리기준(Block 구성 등)이 있을 경우에는 이를 관로구간 분할에 반영하되, 관로조건에 따라 책임기술자가 조정하여 결정한다.

(다) 관로사고이력

관로의 사고는 부식, 하중, 재질, 시공, 유지관리 등에 따라 발생되며, 이러한 여러 가지 사고유발인자의 영향에 의해 관로의 파손, 누수라는 결과가 표출되는 것으로 과거의

사고이력이 많은 구간인 경우 앞으로도 사고가 발생될 개연성이 높다고 할 수 있다.

관로사고이력은 시설물 유지관리 방안을 수립하기 위한 중요한 자료이므로, 관리주체에서 관리·보관중인 수도사고 이력, 점검·정비 이력, 각종의 이력 자료 등을 포함하여 조사한다.

(라) 설치년도

관로 설치후 경과년수는 관의 구조적 안전과는 직접적인 상관관계는 없지만 경과년수에 따라 여러 가지 요인들에 의해 사고발생의 개연성은 높아지게 되므로 관로구간별로 설치년도를 조사한다.

(마) 토양부식성

토양부식성의 인자로는 토양종류, 토양비저항, 토양pH, 염산이온, 염소이온, 기타 함수비 등이 있으며, 이들의 토양부식성 인자를 조사 및 시험을 실시한다.

○ 토양비저항

- 시가지, 주택지, 공업지대 등은 토양환경의 변화가 심하므로 상대적으로 측정구간을 짧게 하고 토양환경의 변화가 거의 없는 산지, 농지 등은 측정간격을 길게 한다.

○ 토양종류, 토양pH, 황산이온, 염소이온, 함수비

- 토양시료를 채취하여 시험실 분석에 의한 결과와 현장에서 측정된 결과(토양pH, 함수비 등)를 기준으로 하며, 최근에 시험 실시된 자료가 있을 경우에는 그 결과를 검토하여 활용한다.

① 토양pH 측정

토양의 pH는 배관의 부식속도와 직접적인 관계가 있다. pH가 4이하인 경우에는 수소이온이 토양 중에 많으므로 수소환원 반응에 의한 배관의 부식이 촉진된다. 따라서 방식소요전류밀도가 증가한다. 또한 pH는 보호막의 형성이나, 용해도에 영향을 미친다. pH를 측정하는 방법은 대략 다음과 같으나, 현장에서 가장 쉽게 사용할 수 있는 방법은 안티몬 전극을 사용하는 것으로 측정하고자 하는 지점에 안티몬 전극과 포화황산동 전극을 꽂고 두 전극의 전위차를 읽고 이를 안티몬 전극에 표시된 환산표에서 pH로 환산하면 된다.

○ 현장에서 시편을 채취한 후 실험실에서 분석하는 방법

○ 측정하고자 하는 토양중에 안티몬 전극과 포화황산동 기준전극을 설치한 후 두 전극사이의 전위차를 측정하여 pH로 환산하는 방법을 이용

○ 토양 중에 설치한 후 바로 pH를 읽을 수 있는 pH 메타를 이용하는 방법

② 토양비저항 측정

토양비저항 측정법으로는 4 전극법(Wenner four pin method)과 토양상(土壤箱)을

이용한 방법(soil box method)이 있다. 토양상을 이용한 방법은 절차가 간단한 반면에 샘플의 채취과정에서 발생할 수 있는 수분의 변화 혹은 밀도의 변화 등으로 현장과 조건이 다를 수도 있으므로, 대부분 현장에서는 측정하고자 하는 깊이의 평균저항을 가장 오차가 적게 측정할 수 있는 4 전극법이 주로 쓰이고 있다.

4 전극법의(Wenner Four Pin Method)의 측정원리는 [그림 5.1]과 같다.

이로부터 다음과 같이 토양비저항(ρ)을 구할 수 있다.

$$V = IR$$

$$\rho = 2\pi aR$$

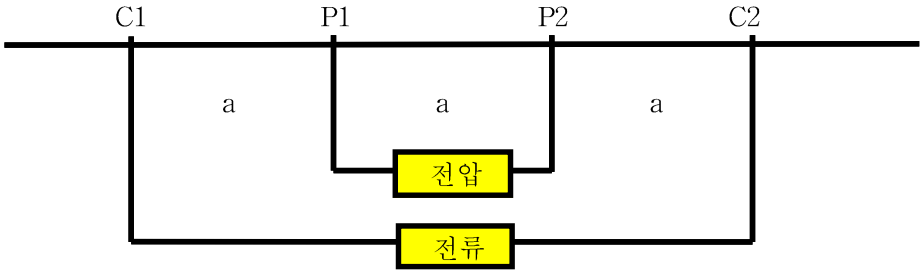
여기서, V P1과 P2 사이의 전압 [V]

I C1과 C2 사이의 전류 [A]

R P1과 P2 사이의 저항 [ohm]

ρ 토양비저항 [ohm-m]

a PIN 간격 [m]



[그림 5.1] 4 전극법의 원리

(바) 관로부식

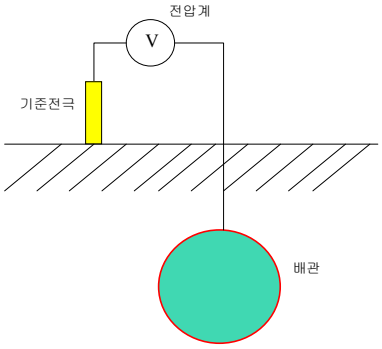
관체, 각종 밸브 및 볼트·너트 등의 부식상태를 조사하는 것으로서 차도 상에 위치한 모든 밸브실과 기타 중요 밸브실내의 배관 및 굴착조사 지점의 배관 등에 대하여 조사한다.

(사) 관대지전위차

관대지전위차는 관로의 방식시설의 적정운영 및 관로의 부식 개연성을 판단할 수 있는 중요한 인자로 강관에 한하여 조사한다.

○ 방식전위 측정

매설배관의 방식진단에서 가장 일반적이며 확실한 방법이 배관의 방식전위를 측정하는 방법이다.



[그림 5.2] 매설배관의 방식전위 측정 개념도

일반적으로 방식전위는 [그림 5.2]와 같이 매설배관에서 인출한 전선과 토양 표면에 접촉시킨 기준전극 사이에 볼트메타(voltmeter)를 연결시켜 기준전극에 대한 배관의 전위를 측정한다. 이렇게 측정한 값을 P/S전위(pipe to soil potential)라고 한다. 현장에서 P/S전위 측정 시 기준전극으로 가장 많이 사용하는 것은 포화황산동전극(Cu/CuSO4)이며, 특수한 상황 하에서는 염화은(Ag/AgCl) 전극을 사용하기도 한다.

(아) 관내·외면 도장상태

관내·외면 방식도장 및 라이닝의 유무는 수집한 각종 자료와 관로이설 및 보수·교체공사 시, 관내·외면조사 등을 통하여 도장재 종류, 도장 손상면적, 도장재 두께, 탄산화(덕타일 주철관 내면라이닝의 경우) 등을 조사·측정한다.

(자) 굴착조사

굴착조사는 현장여건, 지주와의 협의 등 여러 가지 제약으로 인해 현실적으로 상당히 어려운 점을 감안하여 조사한다.

○ 굴착지점의 선정

관종, 관경, 토양부식성, 주변환경 및 매설환경, 굴착 가능성 등을 종합적으로 고려하여 선정

○ 굴착조사

외부도장 및 도복장의 상태(잔존율 포함)와 관로부식, 관두께, 관체의 변형유무 등에 대해 조사토록 한다.

(차) 관두께

관로의 노출지점(굴착조사, 관로이설 및 교체공사 등)과 밸브실내 배관 등에 대해서, 가능한 다수의 지점(건전부 5점 이상)에 대한 관두께를 측정하여 대표성을 확보한다.

관체는 시간이 경과함에 따라 부식에 의해 관두께가 감소되며, 결국 관의 소요두께 미만이 되면 관의 파손이나 파열 등으로 관로사고가 발생하게 된다. 따라서 부식깊이와 관두께 측정 결과에 의해 현재의 잔존 관두께를 검토한다.

○ 수도용도복장 강관

y(년) = {측정 최소관두께(㎜) - 최대 관부식 깊이(㎜)} / 최대부식도

여기서, y = 소요관두께 미만이 되는 기간

최대부식도(㎜/년) = 최대 관부식 깊이(㎜) / 경과년수(년)

○ 주철관

t (평균 잔존 관두께율) = 잔존 평균 관두께 / 규정 관두께

(카) 관로누수

관체, 각종 밸브 및 신축관 등에서 누수 조사와 그 원인을 파악하는 것으로서, 매설관로에 대한 누수탐사와 밸브실내 배관에서의 누수조사를 실시한다.

(파) 기타

콘크리트 구조물인 밸브실 조사는 차도 상에 위치한 밸브실 또는 모든 밸브실에 대해 외관조사를 실시하며 이때 밸브실에 대해서는 별도의 외관조사망도 대신 밸브실의 상태를 상세히 기록하는 상태조사표(부록참조)를 작성한다.

2) 수로터널

(가) 외관조사망도 구성

○ 수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 있는 경우

수로터널과 경사갱이 연결되는 지점을 기준으로 복합부재(구간1, 구간2, …)로서 구분

○ 수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 없는 경우

입구부, 중간부, 출구부의 3등분으로 구분하여 이를 복합부재로서 구분

○ 각각의 구간(복합부재)을 수축이음부 또는 수십~수백m의 다수의 블록(개별부재)으로 세분하여 외관조사망도를 작성한다.

(나) 지반(시추)조사

지반시추조사는 다음의 경우에 실시하며, 책임기술자의 판단에 의해 결정한다.

○ 외관상태 조사 결과 중대한 구조적 결함의 발견

○ 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나, 변화가 예상되는 경우

3) 토목구조물

(가) 외관조사망도 구성

개별부재(예 : 착수정 1지, ・・・, 정수지 1지 등)를 하나의 외관조사망도 단위로 구분하는 것을 원칙으로 하고, 길이가 긴 공동구나 옹벽 등과 같은 구조물에 대해서는 책임기술자의 판단에 따라 신축이음부, 불연속면 등을 기준으로 구간 분할하여 작성할 수 있다.

(나) 코어채취

수밀을 요구하는 상수도의 토목구조물 특성과 경제성 및 작업성 등을 고려할 때 코

어채취에 의한 콘크리트강도 조사는 다음 사항을 고려하여 실시한다.

○ 취수시설

- 콘크리트 코어채취를 하지 않는 것을 원칙
- 과업의 범위 및 내용이나 외관상태 조사결과 또는 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과 등에 따라 관리주체나 책임기술자가 코어채취에 의한 콘크리트강도 조사여부를 결정한다.

○ 취수장, 가압장, 배수지 및 조절지 등은 필요시에 실시한다.

5.2.2 시설물 외관조사 요령

가. 정밀점검 외관조사 요령

「공통편」 3.9항의 규정과 다음의 시설물별 안전점검 실시 내용에 따라 현장조사와 구조물의 특성을 고려하여 필요한 현장조사 및 실내시험을 실시한다.

1) 취수시설

① 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고, 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.

② 가능한 범위 내에서 구조물 주위의 세굴, 퇴사량 등을 점검한다.

③ 취수시설의 부대시설에 대하여 부식상태와 손상상태 등을 검사한다.

④ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 취수장

(가) 흡수정 및 펌프장 구조물

① 용수공급에 지장이 없는 범위 내에서 흡수정을 Pit별로 단수를 실시하여 가능한 한 흡수정의 물과 이토를 제거한 후 점검한다.

② 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.

③ 콘크리트 구조물에 도장을 한 경우에는 도장상태를 점검한다.

④ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

3) 관로시설(취・도・송수관로 및 수로터널)

(가) 관로

① 관로를 관종, 매설년도, 관경 등을 고려하여 구간별로 분할하고 구간별로 관로의 상태를 평가한다.

② 관련 자료를 분석하고 그 결과를 평가한다.

③ 관이 노출되는 지점의 일부를 선정하여 도장두께를 측정하고, 관체 및 배관의 부식 등 손상상태를 점검한다.

④ 전체 관로구간을 현지 답사하여 관로상의 지장물, 주변환경 및 하중의 변동사항 및 누수여부를 육안으로 점검한다.

⑤ 관 파열로 제3자에게 중대한 재해를 줄 우려가 있는 도로의 경사지, 주거 밀집지역, 주요공단지역, 다중교통도로, 철도횡단구간 등을 점검하고 위험이 예상되는 구간에 대해서는 관로의 보호공, 긴급차단밸브의 설치여부를 확인한다.

⑥ 관로사고 시 긴급복구에 장기간이 소요되는 하천횡단 및 복개구간, 구조물 Box 통과구간을 점검하고 필요 시 예비관로 추가설치 등 방안을 검토한다.

⑦ 관로에 방식설비가 되어 있는 경우에는 테스트 박스(T/B)에서 전위를 측정하여 기록하고, 이를 분석하여 평가한다.

⑧ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

(나) 각종 밸브실 및 밸브실내 배관

① 밸브실 및 밸브실내 배관조사는 차도 상에 위치한 밸브실에 대해 실시한다.

② 밸브실의 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.

③ 각종 밸브실(제수밸브, 공기밸브, 이토밸브, 신축관, 유량계 등)의 내부침수 및 도로포장 등에 의한 매몰여부를 점검한다.

④ 각종 밸브류가 적정한 위치에 설치되어 있는지를 준공도면 및 현장조사 시 지형 등을 통하여 확인한다.

⑤ 밸브교체가 신속히 될 수 있는지를 준공도면 및 현장조사를 통하여 점검한다.

⑥ 각종 밸브실 구조물은 외부지하수의 유입방지를 위하여 구조물의 방수처리 유무를 점검한다.

⑦ 단수 시 수격압의 경감과 수두가 40m이상인 경우에 개폐조작을 원활히 하기 위하여 부제수밸브의 설치상태 및 이상 유무 등을 점검한다.

⑧ 각종 밸브류는 내부압력에 적합한 규격을 설치하였는지를 검토한다.

⑨ 각종 밸브류와 관의 중심선이 부등침하 등으로 불일치하여 이음부인 플랜지부위에 집중응력이 발생되어 밸브류 또는 관의 파열 우려가 있는 지를 점검한다.

⑩ 각종 밸브류의 기초고정 볼트는 밸브실 바닥과 일체가 되도록 고정이 되어 있는지를 점검한다.

⑪ 부등침하가 우려되는 장소에 신축관을 적절하게 설치하였는지를 검토하고, 신축이음 등 이음부위의 상태를 조사하여 기록한다.

⑫ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

4) 정수시설

① 정수시설의 구조물은 취수장의 점검요령에 준하여 실시한다.

② 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

5) 가압장

① 가압장 구조물은 취수장의 점검요령에 준하여 실시한다.

② 토출관로내의 수격압 방지시설인 각종 밸브류 및 장치의 작동상태를 확인한다.

③ 각종 밸브류의 도장손상, 부식 등의 이상여부를 점검하고 비상 시 퇴수관로 상태를 확인한다.

6) 조절지 및 배수지

① 조절지 및 배수지의 점검은 취수장의 점검요령에 준한다.

② 고지대에 위치한 조절지, 배수지 주변지역의 상태를 관찰하여 누수, 지반침하 등과 구조물의 상태를 점검한다.

7) 부대시설 등

상기한 대상시설물을 제외한 부대시설물 등으로서 상수도시설의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 검사자가 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 점검을 실시한다.

나. 정밀안전진단 외관조사 요령

「공통편」 3.9항의 규정과 다음의 시설물별 정밀안전진단 실시 내용에 따라 현장조사와 구조물의 특성을 고려하여 필요한 현장조사 현장 및 실내시험을 실시한다.

1) 취수시설

정밀점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

① 취수시설 구조물의 수중조사는 무단수로 실시할 경우에는 접근유속으로 인한 안전사고의 우려가 크므로 조사기간 중에는 반드시 관리주체와 단수조치 등 협의를 취한 후 진단에 임한다.

② 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.

③ 취수시설에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후화의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

2) 취수장

정밀점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

① 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.

② 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대해서는 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하며, 그 외의 경우에는 관체의 부식도, 실(Seal) 두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록 정리한다.

③ 취수장에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후도

의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록・정리한다.

3) 관로시설(취・도・송수관로 및 수로터널)

정밀점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태・안전성・종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

(가) 관로

① 관로는 단수조치를 하고 관로주위를 터파기하여 육안조사, 비파괴시험 등으로 직접 점검하는 방법이 원칙이므로 진단업무를 수행하기 전에 관리주체와 사전 협의한다.

② 관내부의 검사는 단수 조치 후 진단자가 내부에 진입하여 관체 및 배관의 부식 등 손상상태를 점검한다.

③ 관로에 방식설비가 설치되어 있는 경우에는 관로방식설비에 대한 노후화 정도 및 성능저하상태를 정밀히 조사한다.

④ 관로는 대부분이 지중에 매설되어 시편채취가 곤란할 뿐만 아니라 관 내부조사가 무단수로는 사실상 곤란하므로 정밀안전진단 기간 중에 관리주체와 협의하여 이설구간이 있을 경우 회수되는 기존 매설관의 시편을 채취하여 관의 상태를 확인하고, 재료시험 등 실내시험 등을 통하여 관의 상태를 점검한다.

⑤ 관로의 상태평가 결과 취약하다고 판단되는 구간에 대하여는 굴착하여 관체의 부식도, 실(Seal)두께, 관의 손상정도 및 용접부검사 등을 실시하여 평가한다.

⑥ 관 매설지역의 토양특성에 따라 토양시료를 채취하여 관 주변의 토양부식성을 분석하여야 한다. 토양시료는 굴착조사 및 관로이설・교체공사시 관과 인접한 토양을 채취하고 임의로 채취할 경우에는 관로 노선상에 매설심도를 고려하여 가능한 관과 인접한 토양을 채취한다.

⑦ 과대한 하중이 예상되는 구간에 대하여는 관로탐지기 또는 지중탐사장비 등을 이용하여 매설깊이 등을 조사하여 기록한다.

⑧ 관로상의 곡관부위, 이형관 등 분기점, 터널 입・출구부 등에 누수가 있거나 누수발생 유무 확인이 필요한 경우에는 누수탐사기나 지중탐사장비 등을 사용하여 누수여부를 확인한다.

(나) 각종 밸브실 및 밸브실내 배관

① 밸브실 및 밸브실내 배관조사는 전체 밸브실에 대해 실시한다.

② 밸브실 구조물의 경우 콘크리트의 강도와 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사결과 필요하다고 판단되는 부재에 대해서는 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.

③ 밸브실 구조물의 각 부재별・부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 상태조사표(부록참조)에 기록・정리한다.

(다) 수로터널

① 수로터널의 점검 시에는 지형, 지질, 지하수위 및 주변환경 등에 의해 안전성이 좌우되는 요소가 많으므로 이들에 대한 상황을 우선적으로 충분히 숙지하여야 한다.

② 수로터널이 압력수로인 경우에는 내·외부수압에 충분히 견딜 수 있는 단면의 철근콘크리트 라이닝을 확보하고 있는지 설계도면이나 준공도면 등을 통해 확인함과 더불어 터널출입구에 강관 또는 닥타일 주철관 등으로 적정하게 삽입되어 있는지도 확인하여야 한다.

③ 수로터널 내부의 현장조사는 수요처의 단수일정으로 한정된 짧은 시간에 많은 인력이 집중 투입되어 조사가 이루어지는 것이 대부분이므로 체계적이고 효율적인 조사팀의 구성, 점검범위 및 수준, 점검항목 및 내용, 점검순서 및 방법, 안전수칙 등의 계획이 사전에 마련하여함과 더불어 관리주체와 면밀한 협의·검토가 필수적이다.

④ 수로터널의 출입구는 안전취약구간에 해당하므로 절취면 및 보호공의 유지상태가 적정한지 면밀히 조사·기록토록 한다.

⑤ 단수조치 등에 의해 수로터널내부의 점검이 가능한 경우에는 터널내부의 출입을 위한 바이패스(Bypass)설비, 가로갱 및 경사갱 등의 유무와 그 위치 및 상황을 사전에 정확히 파악하는 것이 중요하다.

⑥ 수로터널의 내부점검 시에는 콘크리트 라이닝에 대한 손상이나 결함(균열, 박리, 박락, 누수, 백태, 층분리, 세굴 및 철근노출 등)상태와 구조물의 변위상태(내공변위 및 시공이음부의 단차 발생유무 등)를 조사·측정하여 기록토록 한다.

⑦ 수로터널의 내구성 검토가 필요하다고 판단되는 경우에는 콘크리트강도, 탄산화정도, 철근배근간격, 철근피복두께 등을 시험·측정하며 안전성 평가를 실시코자 하는 경우에는 필요에 따라 지표지질(지질의 종류, 풍화도, 방향성, 절리상태 등) 및 시추조사에 의한 암반특성 등을 파악하여야 한다.

⑧ 수로터널 외부로 누수의 징후나 발생 시에는 지하수질 분석 등에 의해 누수의 원인 등을 확인토록 한다.

⑨ 대구경 터널, 토피가 적은 구간, 중요한 도로나 하천 횡단구간 및 지반이 나쁜 구간 등에서는 이에 적절한 보강(콘크리트 복공두께 증대, 철근삽입 등)이 이루어져 있는지 조사하여야 한다.

⑩ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

4) 정수시설

정밀점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

① 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.

② 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대해서 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하여야 하며, 그 외의 경우에는 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.

③ 정수시설물 별로 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

5) 가압장

정밀점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

① 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.

② 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대해서는 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하며, 그 외의 경우에는 초음파탐상시험 등으로 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.

③ 가압장에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

6) 조절지 및 배수지

정밀점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

7) 부대시설 등

상기한 대상 시설물을 제외한 부대시설물 등으로서 상수도 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 점검자가 정밀안전진단이 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 정밀안전진단을 실시한다.

다. 기계·전기설비 외관조사 요령

정수시설·취수장·가압장의 기계·전기설비에 관한 외관조사는 다음의 사항을 준하여 실시한다.

1) 기계설비

① 각종 배관에 대한 이음부 상태와 관체의 부식 및 노후정도, 도장상태, 누수 등의 배관손상 대한 조사를 실시한다.

② 펌프 및 염소중화설비에 대한 외관검사 및 작동상태, 펌프의 소음 및 진동에 대해 점검한다.

③ 펌프토출 측에 수격압방지시설이 있는 경우는 시설의 정상작동 여부 및 외관검사를 통하여 시설의 노후도, 부식도 등을 점검한다(수충격 시험을 실시할 경우에만 해당 함).

④ 배수펌프의 설치 유무를 점검한다.

⑤ 2ton 이하의 크레인 또는 호이스트의 레일, 지지기둥, 로프 등의 손상상태를 점검한다.

⑥ 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 기계·전기설비의 손상상태와 노후도 상태를 점검하고 시험보고서를 작성한다.

⑦ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 전기설비

정수시설·취수장·가압장의 전기설비에 관한 육안점검은 다음의 점검표를 준하여 실시한다.

① 가압·송수·취수 펌프모터설비의 점검표

설비명	점 검 사 항	점검결과
가압·송수·취수펌프모터	-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	

② 가압・송수・취수 펌프모터의 기동반 및 현장제어반 점검표

구 분		점 검 사 항	점검결과
기동반	기동반의 내・외관상태	-빗물・눈・방수・방충・방서 등의 유입 우려, 위험 표지의 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	
현장제어반	반의 내・외관상태	-반의 오손・파손・부식 유무, 내부 이물질 침입여부, 문 개폐 및 장금장치 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	

5.3 재료시험 항목 및 수량

5.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 5.2] 시설별 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
토목구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근탐사시험 ○ 염화물함유량[1)]
관 로	○ 관대지전위차	○ 토양부식성조사 – 토양비저항 측정
기계·전기설비	–	○ 각종 기기의 작동시험

주 1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 5.3] 시설별 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본과업	토목 구조물	○콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
	관로	○관대지전위차	○관로의 방식시설의 적정운영 ○관로의 부식 개연성 판단
선택과업	토목 구조물	○콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
		○철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○콘크리트 염화물함유량 시험[1)]	○시료채취 및 평가
	관로	○토양비저항	○토양에 의한 관외부의 부식상태
	기계 전기	○각종 기기 작동시험	○기기의 특성과 상황 등을 고려 실시

주1) 염화물함유량 시험은 [표 5.2]에 따라 실시한다.

나. 재료시험 기준수량

상태평가를 위한 기본과업의 재료시험에 대한 기준수량은 [표 5.4]와 같으며, 선택과업에 의한 재료시험 기준수량은 [표 5.5]와 같으나, 이외의 재료시험 항목 및 수량에 대해서는 과업의 내용에 따른다.

[표 5.4] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널	토목구조물[1]	비고
반발경도시험	-	· 200m당 1회 · 최소 9개소 이상	· 시설별 각 3개소 이상 · 정수장 5개소 이상	
탄산화 깊이 측정[2]	-	· 복합부재/3개소 이상 · 최소 9개소 이상	· 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 5.5] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	토목구조물	기전설비	비 고
코어채취[1]	-	1개소당 3개	-	강도 및 염화물함유량 시험 등
토양비저항	관로 300m당 1개소	-	-	
주요기기 작동시험[2]	-	-	과업에서 조사 및 수량 결정	

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취한다.
또한 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

주2) 주요 기기에 대한 작동시험은 관리주체와 협의하여 실시

5.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 5.6] 시설별 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
수로터널 · 토목구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 (수로터널은 초음파속도 제외) ○ 철근탐사 – 철근 배근상태 – 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량 ○ 철근부식도 ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 ○ 지반(시추)조사
관 로	○ 관두께 측정 ○ 관대지전위차 ○ 토양부식성조사 – 토양비저항 측정 ○ 강재조사 – 용접부 상태 조사	○ 토양부식성조사 – 토양 pH – 토양의 황산이온 및 염소이온 – 토양의 함수비 ○ 굴착조사 ○ 강재조사 – 인장강도 및 성분조사
기계설비	–	○ 작동시험(취수·송수·가압펌프, 2톤 이하의 크레인 및 호이스트, 염소중화설비) ○ 펌프 소음·진동 측정 ○ 장내 배관두께(초음파측정) ○ 와이어 로프 단면감소 및 소선절단 상태
전기설비	–	○ 취수·송수·가압펌프모터와 관련 기동반·현장제어반의 조사 및 시험 – 절연저항측정 – 접지저항측정 – 펌프모터의 작동상태측정 (공급전압, 운전전류 등)

[표 5.7] 시설별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	수로터널 · 토목 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
		○콘크리트 염화물함유량 시험	○주철근까지 깊이별(10㎜～20㎜) 시료채취 및 평가
		○철근부식도시험	○주요부재의 철근 대상 ○철근부식확률 평가
		○균열깊이 조사	○발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○허용균열폭과의 비교・검토
	관로	○관대지전위차	○관로의 방식시설의 적정운영 ○관로의 부식 개연성 판단
		○관두께 측정	○현재의 잔존 관두께 ○수도용도복장강관, 주철관 구분
		○토양 비저항 측정	○토양에 의한 관외부의 부식상태
		○강재 용접부조사	○강재용접 결함(균열 등) 평가 ○자분탐상 또는 초음파탐상 등
선택 과업	수로터널 · 토목 구조물	○콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
		○콘크리트 물성 및 미세구조	○강도, 수분함량 등
		○지반(시추)조사	○기초지반의 특성 및 상태 파악
	관로	○토양 pH	○토양pH 등
		○토양의 황산이온 및 염소이온	○관로와 접하는 토양 대상
		○토양의 함수비	○관로와 접하는 토양 대상
		○굴착조사	○도장상태 및 관로부식, 관두께, 실측내경 등
		○강재 인장강도 및 성분조사	○강재의 결함 및 종류
	기계설비	○취수・송수・가압펌프 소음・진동 측정	○허용기준의 초과 여부 ○각종 펌프・배관 등
		○장내 배관두께(초음파측정)	○관의 두께가 소요두께 이상 여부 ○부식 우려 및 관 내압이 큰 배관
		○권양와이어 단면감소 및 소선절단 상태	○권양와이어의 상태평가 ○2톤이하 크레인 및 호이스트 상태평가
		○작동시험	○기기의 특성과 상황 등을 고려 실시
	전기설비	○절연저항측정	○허용기준의 초과 여부
		○접지저항측정	○허용기준의 초과 여부
		○적외선열화상탐사	○이상발열발생 여부
		○펌프모터의 운전상태측정	○허용기준의 초과 여부

나. 재료시험 기준수량

[표 5.8] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널	토목구조물[1)]	비고
반발경도시험	조사 밸브실의 5%	길이 200m당 1회, 최소 9개소 이상	시설별 각 5개소 이상, 정수장 10개소 이상	
초음파 전달속도시험	조사 밸브실의 5%	길이 200m당 1회, 최소 9개소 이상	시설별 각 5개소 이상, 정수장 10개소 이상	
철근탐사시험[2)]	조사 밸브실의 5%	복합부재/3개소 이상, 최소 9개소 이상	시설별 각 3개소 이상, 정수장 10개소 이상	
탄산화 깊이 측정	책임기술자 판단	복합부재/3개소 이상, 최소 9개소 이상	시설별 각 3개소 이상, 정수장 9개소 이상	
염화물 함유량시험	책임기술자 판단	책임기술자 판단	코어채취 수량, 책임기술자 조정 가능	
철근부식도시험	책임기술자 판단	책임기술자 판단	책임기술자 판단	
균열깊이 조사	-	책임기술자 수량 결정	책임기술자 수량 결정	
관두께측정	조사 밸브실의 5%	-	-	
관대지전위차측정	(T/B)당 1개소	-	-	
토양비저항측정	300m당 1개소	-	-	
강재 비파괴시험	필요시 실시 (책임기술자 판단)	-	-	

주1) ○ 취수시설에서의 재료시험은 책임기술자 판단에 따라 실시여부 및 수량 결정
○ 시설별의 종류 : 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등

주2) ○ 철근콘크리트라이닝 구조에서 실시하며,
○ 수로터널은 복합부재(구간1, 구간2,・・・)마다 3개소 이상 실시

[표 5.9] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널	토목구조물	기계설비	전기설비
코어채취[1] (콘크리트 물성 등)	-	1개소당 3개	1개소당 3개	-	-
지반(시추)조사[2]	-	과업에서 조사 및 수량 결정	과업에서 조사 및 수량 결정	-	-
토양 pH	관로 2.0㎞당 1개소	-	-	-	-
토양의 황산이온 및 염소이온	관로 2.0㎞당 1개소	-	-	-	-
토양의 함수비	관로 2.0㎞당 1개소	-	-	-	-
굴착조사	3개소	-	-	-	-
강재 인장강도 및 성분조사	1개소	-	-	-	-
작동시험[3]	-	-	-	진단기간 중 1회 실시	-
소음·진동측정	-	-	-	과업에서 조사 및 수량 결정	-
배관두께 (초음파특정)	-	-	-	과업에서 조사 및 수량 결정	-
권양와이어 단면감소 및 소선절단 상태	-	-	-	과업에서 조사 및 수량 결정	-
절연저항측정	-	-	-	-	펌프모터별 1회 실시
접지저항측정	-	-	-	-	접지System 별 1회 실시
적외선열화탐사	-	-	-	-	설비별 1회 실시

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취하여 강도 등 실내시험 실시 단, 정수장의 경우 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

주2) 구조적 중대한 결함 발생, 콘크리트강도의 현저한 저하 및 구조물에 작용 하중조건의 변경 또는 예상되는 경우 등 구조물의 구조적 안전성 검토가 필요한 경우 필수적으로 실시하여야한다.

주3) 취수·송수·가압펌프, 2톤 이하의 크레인 및 호이스트, 염소중화설비에 대한 작동시험은 관리주체와 협의하여 실시하며, 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험 수량은 책임기술자가 조정 가능

5.4 상태평가 기준 및 방법

5.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

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

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

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

② 국부결함

기초세굴, 콘크리트 탄산화의 진행 깊이 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지는 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

콘크리트 균열, 박리, 박락. 파손 및 마모 등과 같이 구조물의 안전에 크게 영향을 주지 않는 일반적인 손상.

2) 영향계수의 적용

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

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함의 상태평가 기준 결과를 기준으로 하여 국부적인 결함의 평가 기준 결과를 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태평가를 위한 표준기준이며, 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

3) 시설물별 평가유형 및 영향계수

(가) 관로

상 태 변 화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
관로부식		중요결함	1.0	a	5	
관두께	수도용도복장 강관			b	4	
	주철관			c	3	
관체 변형율(%)				d	2	
관로누수				e	1	
관로사고이력		국부결함	1.0	a	5	
관대지전위차(㎷)			1.1	b	4	
관내·외면 도장상태			1.2	c	3	
			1.4	d	2	
			2.0	e	1	
경과년수		일반손상	1.0	a	5	
토양부식성	토양비저항(Ω·㎝)		1.1	b	4	
	토양pH		1.3	c	3	
	황산이온, 염소이온		1.7	d	2	
관주변 토양종류			3.0	e	1	

(나) 토목 구조물

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 진행 깊이			1.1	b	4	
염화물함유량			1.2	c	3	
			1.4	d	2	
			2.0	e	1	
콘크리트 균열		일반손상	1.0	a	5	
콘크리트 박리			1.1	b	4	
콘크리트 박락 / 층분리			1.3	c	3	
철근노출			1.7	d	2	
누수	콘크리트부재		3.0	e	1	
	신축이음부위					
백 태						
콘크리트 파손						
신축이음열화 및 탈락	탈락정도					
	열화정도					

(다) 강 구조물

상태변화	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
강재 변형 및 변위	중요결함	1.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
강재 부식	국부결함	1.0 1.1 1.2 1.4 0.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
강재 피로균열					
강재 도장손상	일반손상	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0	a b c d e	5 4 3 2 1	

(라) 기계・전기설비

상태변화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
펌프설비	펌프의 진동크기	국부결함	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
	펌프의 소음크기					
	펌프베드 기초부	일반손상	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
장내배관	관체손상 정도(누수상태)	중요결함	1.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
	밸브의 손상정도	국부결함	1.0	a	5	
전기설비	절연열화		1.1	b	4	
	접지불량		1.2	c	3	
	전기설비의 불량 (취수・송수・가압펌프모터・기동반・제어반)		1.4 2.0	d e	2 1	

나. 상태평가 항목 및 기준

1) 관로

[표 5.10] 관로사고이력의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	사고이력(건/km/년)	비 고
a	5	f = 0	■ f : 관로사고이력(최근 5년간 이력을 기준으로 산정함을 원칙으로 함) ■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	0.7 ≥ f > 0	
c	3	1.4 ≥ f > 0.7	
d	2	2.1 ≥ f > 1.4	
e	1	f > 2.1	

주) 관로사고이력은 관리주체로부터 최근 5년간의 사고이력 관련 자료(수도사고 이력, 점검・정비 등)를 수집하여 사고 유형별로 구분하여 분석하되, 관로 노후화와 관련이 없는 내용(타공사, 관로이설공사 등)을 제외한다.

[표 5.11] 경과년수에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	경과년수(년)	비 고
a	5	10년 미만	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용 ■ 관로의 설치년도로부터 진단 완료일 까지의 경과년수 적용
b	4	10 ~ 20 미만	
c	3	20 ~ 30 미만	
d	2	30 ~ 40 미만	
e	1	40년 이상	

[표 5.12] 관주변 토양종류의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	토양종류	비 고
a	5	모래	■수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	실트	
c	3	점토	
d	2	석탄질 토양, 오염 토양	
e	1	쇄석	

주) 삼각도표에 의한 토양종류를 기준으로 하고, 석탄질 토양, 오염 토양, 쇄석을 추가함.

○ 토양의 부식성

• 토양부식성에 대한 평가기준은 지역특성에 따라 특정한 인자가 토양의 부식성을 지배하는 경우도 많이 있으므로 토양부식성을 판단하는 여러 인자 중 특정한 인자에 의한 사고가 빈번한 때에는 제시된 기준과 달리 지역특성에 맞는 인자와 평가 기준을 책임기술자의 판단으로 조정하여 평가할 수 있다.

[표 5.13] 토양비저항의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	토양비저항(Ω·cm)	비 고
a	5	10,000 이상	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	5,000 ~ 10,000 미만	
c	3	2,000 ~ 5,000 미만	
d	2	700 ~ 2,000 미만	
e	1	700 미만	

[표 5.14] 토양pH의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	토양pH	비 고
a	5	8.5 이상	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용 ■ 토양pH가 6 이상이나, Redox전위가 50㎷ 이하인 경우 d를 부여한다.
b	4	6 ~ 8.5 미만	
c	3	4 ~ 6 미만	
d	2	2 ~ 4 미만	
e	1	2 이하	

[표 5.15] 황산이온 및 염소이온의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	황산이온 및 염소이온 함량(mg/kg)	비 고
a	5	황산이온 200 이하 또는 염소이온 100 이하	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	황산이온 200~300 미만 또는 염소이온 100~150 미만	
c	3	황산이온 300~400 미만 또는 염소이온 150~ 200 미만	
d	2	황산이온 400~500 미만 또는 염소이온 200~250 미만	
e	1	황산이온 500 이상 또는 염소이온 250 이상	

[표 5.16] 관대지전위차의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	관대지전위차(mV)	비 고
a	5	(−)850 ~ (−)2500	■ 수도용 도복장강관에 적용하며 주철관은 해당 없음.
b	4	(−)650 ~(−)850 미만 또는 (−)2500 이하	
c	3	(−)400 ~ (−)650 미만	
d	2	0 ~ (−)400 미만	
e	1	0 이상	

[표 5.17] 관내・외면 도장의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	도장 상태	비 고
a	5	손상 없음	■ 수도용 도복장강관에 적용하며 주철관은 내면만 해당됨.
b	4	전반적으로 깨끗하고 도장의 손상이 국부적으로 발생	
c	3	도장면이 비교적 깨끗하나 도장의 손상이 다소 발생	
d	2	도장면이 불량하고 도장의 손상이 많이 발생	
e	1	도장면이 매우 불량하고 손상이 전체적으로 발생	

[표 5.18] 관로부식의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	부 식 상 태	비 고
a	5	부식이 없음	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	경미한 전면부식이 조금 발생되거나 건전부 모재두께의 10% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
c	3	심화된 전면부식이 전단면에 발생되었거나 건전부 모재두께의 10~30% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
d	2	건전부 모재두께의 30~50% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
e	1	건전부 모재두께의 50%이상의 점부식이 관찰되는 상태	

주) 상태평가 기준이 “d” 이하이면 5.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※) 관로의 관체, 밸브 및 볼트・너트 등의 관로부식에 대한 상태평가 기준

[표 5.19] 관두께의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	수도용 도복장 강관(y)	주철관(t)
a	5	y ≥ 30	t ≥ 1.0
b	4	10 ~ 30 미민	0.8~ 1.0 미만
c	3	5 ~ 10 미만	0.6 ~ 0.8 미만
d	2	2 ~ 5 미만	0.4 ~ 0.6 미만
e	1	y < 2	t < 0.4

주) 상태평가 기준이 "d" 이하이면 5.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

여기서, ○ y (년, 소요관두께 미만이 되는 기간)
= {측정 최소관두께(㎜) - 최대 관부식깊이(㎜)}/ 최대부식도
최대부식도(㎜/년) = 최대 관부식깊이(㎜) / 경과년수(년)
○ t (평균 잔존 관두께율) = 잔존 평균관두께 / 규정 관두께

※) 관체는 시간이 경과함에 따라 부식에 의해 관두께가 감소되며, 결국 관의 소요두께 미만이 되면 관의 파손이나 파열 등으로 관로사고가 발생하게 된다. 따라서 부식깊이와 관두께 측정 결과에 의해 현재의 잔존 관두께를 검토한다.

[표 5.20] 관체 변형률의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	관체 변형률(%)	비 고
a	5	없음	■ 수도용 도복장강관에 적용하며 주철관은 해당 없음. ■ 관체 변형률은 내측 내경에 의해, 평균내경과 최대 또는 최소 내경의 비율에 의해 구한 값임.
b	4	3% 미만	
c	3	3 ~ 15% 미만	
d	2	15 ~ 30% 미만	
e	1	30% 이상	

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 5.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 5.21] 관로누수에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	누 수 상 태
a	5	누수가 없음
b	4	누수의 진행이 관찰 가능(방울 방울 떨어짐)
c	3	누수의 진행이 확연 함(많은 양의 분출)
d	2	누수의 진행으로 2차 재해가 우려 됨
e	1	누수의 진행으로 2차 재해가 발생 됨

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 5.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

2) 토목구조물

[표 5.22] 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 5.23] 경사의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	경사가 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 경사가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 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 5.24] 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 5.25] 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 5.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 5.26] 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

[표 5.27] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, 콘크리트구조설계 기준(2007)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15~0.25㎜ 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4㎜ 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

주) 균열 면적율 산정방법

제1장 교량 [표1.11] 참조

[표 5.28] 콘크리트 박리의 상태평가 기준

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

[표 5.29] 콘크리트 박락 및 층분리의 상태평가 기준

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

[표 5.30] 철근노출 면적의 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 “e”이고, [표 5.35](탄산화) 또는 [표 5.36](염화물)의 상태평가 결과가 “d”이면 5.1.4절의 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 5.31] 누수의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용	
		콘크리트 부재	신축이음부위
a	5	누수가 없음	누수가 없음
b	4	현저한 흔적 (누수부위가 습윤된 상태)	누수 흔적이나 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 확연한 상태 (많은 양의 분출)	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식심화

※) 상수도 구조물에서 누수가 과대해지면 지반함몰 및 내구성저하 등의 여러 문제를 야기시키므로 누수에 대한 구조물의 상태평가는 중요하다. 그러나 누수를 정량적으로 평가하는 것은 어렵기 때문에 누수흔적이나 진행정도를 기준으로 콘크리트 부재와 신축이음 부위로 구분한 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 5.32] 백태의 상태평가 기준

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

[표 5.33] 콘크리트 파손의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 파손이 없음
b	4	○ 파손깊이 20㎜ 미만이면서 파손면적율 10% 미만,
c	3	○ 파손깊이 20~50㎜ 미만이면서 파손면적율 10% 미만 ○ 파손깊이 20㎜ 미만이면서 파손면적율 10% 이상
d	2	○ 파손깊이 50~80㎜ 미만이면서 파손면적율 10% 미만 ○ 파손깊이 20~50㎜ 미만이면서 파손면적율 10% 이상
e	1	○ 파손깊이 80㎜ 이상이면서 파손면적율 10% 미만, ○ 파손깊이 50㎜ 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 5.34] 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	

※) 상수도 구조물은 대부분 장대형으로 신축이음이 여러 곳에 설치되어 신축이음 부재가 탈락하거나, 열화가 크게 진행되는 경우에는 누수 등의 발생으로 여러 가지 문제를 야기할 수 있으므로 구조물의 상태평가 시 신축이음의 상태를 고려함이 필요함에 따라 신축이음 탈락 및 열화 정도에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 5.35] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 5.30](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 5.1.4절의 중대한 결함으로 본다.
※제1장 교량[표 1.26] 참조

[표 5.36] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	5	○ 염화물 ≤ 0.3kg/m^3	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	4	○ 0.3kg/m^3<염화물<1.2kg/m^3	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음.
c	3	○ 1.2kg/m^3≤염화물< 2.5kg/m^3	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음.
d	2	○ 염화물 ≥ 2.5kg/m^3	철근부식 발생
e	1	-	-

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 5.30](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 5.1.4절의 중대한 결함으로 본다.
※제1장 교량[표 1.27] 참조

3) 강 구조물

[표 5.37] 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 5~15% 미만)
d	2	전반적으로 부식이 발생(부식발생 면적율 15~30% 미만)
e	1	부식발생이 심화(부식발생 면적율 30% 이상)

[표 5.38] 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 20㎜ 미만의 관통균열 발생
e	1	주 부재에 균열길이 20㎜ 이상의 관통균열 발생

[표 5.39] 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 20~50% 미만)
d	2	변형이나 변위가 다소 크게 발생하였으나 이로 인한 손상은 없고 처짐이 크게 발생(최대 허용처짐량의 50%~100% 미만)
e	1	변형이나 변위가 과대하고 이로 인해 손상이 발생

[표 5.40] 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 10~25%미만)
d	2	도장면이 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 크게 발생 (전체면적의 25~50% 미만)
e	1	도장면이 매우 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 전반적으로 발생(전체면적의 50% 이상)

4) 기계설비

[표 5.41] 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 5.42] 펌프의 진동크기에 따른 상태평가 기준

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

[표 5.43] 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 5.44] 관체의 손상정도(누수상태)에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용 (누수상태)
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 5.45] 밸브의 손상정도에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	밸브의 작동이 원활하고 여타 손상이 전혀 없음
b	4	밸브의 작동에 문제가 없고 발청부식 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.

5) 전기설비

[표 5.46] 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 1㏁ 정도)
d	2	절연열화가 심화된 상태 (경년열화를 고려한 1㏁ 이하로서 규정된 절연저항치 정도)
e	1	절연열화가 매우 위험하게 진행된 상태 (규정된 절연저항치 미만)

[표 5.47] 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 5.48] 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

5.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 상수도 시설물 평가 단계별 절차

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 제11장 건축물 및 제3장 댐에서 제시하는 상태평가 산정 절차에 의해 평가가 이루어지고 나머지 시설물들은 다음에 제시되는 상태평가 결과 산정 방법에 따라 수행한다.

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



[그림 5.3] 상수도 시설물 평가 단계별 절차

나. 상태평가 단계별 구분

시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하여 다음 표와 같이 평가단계별 구분표를 작성한다.

상수도 시설물의 상태평가는 [그림 5.3]의 절차를 고려하여 부재나 시설물의 특성 및 상황에 따라 책임기술자가 판단하여 평가단계를 병합 또는 조정 할 수 있다.

평가단계별 평가대상 부재 및 시설물의 구분(예)은 다음 [표 5.49]과 같다.

[표 5.49] 상수도 시설물의 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분(예)

<table>
<tr><td colspan="2">평가단계별 구분</td><td colspan="7" rowspan="2">부재 및 시설물의 구분</td></tr>
<tr><td>평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="4">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함, 손상)</td><td>관로1
관로2
…
밸브실1
밸브실2
…
등등</td><td rowspan="2">블록1
블록2
…</td><td rowspan="2">슬래브
벽체
기둥
보
…
등등</td><td rowspan="2">펌프1,…
전동기1,…
베드1,…
배관1,…
권양와이어
권양레일
등등</td><td rowspan="5">건축물
적용</td><td rowspan="5">댐
적용</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td><td>세부구간 2-1
세부구간 2-2
…</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>구간1
구간2
…</td><td>구간1
구간2
…</td><td>취수탑1,…
흡수정1,…
착수정1,…
침전지1,…
여과지1,…
정수지1,…
등등</td><td>펌프설비1,…
배관설비1,…
권양기1,…
등등</td></tr>
<tr><td>상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설물</td><td>계통1
계통2
…</td><td>수로터널1
수로터널2
…</td><td>취수탑
흡수정
착수정
침전지
여과지
정수지
등등</td><td>펌프설비
배관설비
기기설비
등등</td></tr>
<tr><td rowspan="3">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설물</td><td>관로</td><td>수로터널</td><td>취수시설
취수장1,…
정수장1,…
가압장1,…
등등</td><td>취수장1,…
정수장1,…
가압장1,…
등등</td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설물</td><td colspan="2">관로시설물</td><td>토목구조물</td><td>기전설비</td><td>건축
구조물</td><td>수원지
시설
(댐)</td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설물</td><td colspan="6">상 수 도</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

다. 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 5.50] 관로의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

<table>
<tr><th colspan="6">개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표</th></tr>
<tr><td>조사망번호</td><td>부재(부위)명</td><td>복합부재명</td><td>개별시설물명</td><td colspan="2">표번호</td></tr>
<tr><td>Sta. No.
49+00~52+00</td><td>관로 세부구간
2-2</td><td>관로구간 2</td><td>○○계통</td><td colspan="2">No. P1-1-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">외관조사망도 작성(손상・결함상태 도시 및 주기사항 기록)</td></tr>
<tr><td>번호</td><td>조사항목</td><td>조사내용</td><td colspan="2">손상(결함)정도</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td>①</td><td>경과년수</td><td>설치연도 : 1987년</td><td colspan="2">23 년</td><td>c</td></tr>
<tr><td>②</td><td>관내·외면 도장 상태</td><td>관외면 : 코울타르 에나멜 도복장
관내면 :액상 에폭시수지 도장</td><td colspan="2">관외면 : 손상 다소 발생</td><td>c</td></tr>
<tr><td>③</td><td>관로부식</td><td>경미한 전면부식</td><td colspan="2">최대부식깊이 : 0.2mm
최대부식면적 : 0.05m^2</td><td>b</td></tr>
<tr><td>④</td><td>관체 변형률</td><td>실측내경 :
평균 1820mm, 최대 1864mm</td><td colspan="2">2.4 %</td><td>b</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>특기사항</td><td colspan="5">- 관종 : 강관, - 관경 : D=1,200mm, - 연장 : L=120m</td></tr>
<tr><td>조사일자</td><td colspan="2">2008. 10. 23 14:00 ~ 17:00</td><td>조사자</td><td colspan="2">홍길동, 김철수</td></tr>
</table>

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 [표 5.49]를 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(Ec1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(Ec2)를 산정한 후 [표 5.51]의 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)을 부여한다.

[표 5.51] 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준 및 평가유형별 영향계수(F)

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

[표 5.52] 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 (Ec1=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(Ec2)=상태평가지수(Ec1)값 중 최소값 = **3.6*** *2. 개별부재(관로1-2-2)의 상태평가 결과 = **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 다음 [표 5.53]과 같이 설정하였으며, 각 개별부재별 중요도의 합은 100이 되도록 하며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 ±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.

[표 5.53] 관로의 개별부재 종류에 따른 중요도(W) 및 조정방법의 예

구 분	조 절 지	관 로	밸 브 실	비 고
중요도 (%)	20 ±4(16~24)	65 ±13(52~78)	15 ±3(12~18)	( )내는 책임기술자가 조정할 수 있는 중요도의 범위
조정 후 중요도 (%)	-	65*100/80 =81.25 ⇒81	15*100/80 =18.75 ⇒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 다음 [표 5.54]와 같은 조정계수(A)를 적용한다.

복합부재의 상태평가지수(Ec3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(Ec2)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 5.54]상태평가지수에 따른 조정계수(A)

상태평가기준	a	b	c	d	e
상태평가지수(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(Ec2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 사용하여 복합부재의 상태평가지수(Ec3)를 산출하고, [표 5.51]의 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

복합부재의 상태평가지수(Ec3) = Σ(Ec2 × P) / ΣP

여기서, Ec2 : 개별부재의 상태평가지수

P : 조정 값(=A × W)

A : 조정계수

W : 중요도

상기의 내용을 토대로 표준적인 관로 복합부재의 상태평가표 작성 예를 제시하면 다음 [표 5.55]와 같다.

[표 5.55] 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(Ec2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Ec2 ×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(Ec3) = Σ(Ec2×P) / ΣP = 878.0 / 282.5 = **3.11*** *2. 복합부재(관로구간 1-2) 상태평가 결과 = **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(Ec3)에 복합부재의 규모(관로구간 : 관의 단면적×해당 관의 연장, 별도의 구간으로 구분된 조절지 : 가로×세로×높이)를 반영하여 아래 식에 의해 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)를 산출하고, [표 5.51]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

개별시설물의 상태평가지수(Ec4) = Min + V1 × V2

여기서, V1 = 0.3 ×(Max - Min)

V2 = Σ(Ec3 × S) / 5 ×ΣS

S : 복합부재별 규모(m^2, m^3)

Max : 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값

Min : 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교・검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 5.56] 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(Ec3)	규모(S, m^3)	계산값(Ec3 ×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(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.11 2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.92 3. V1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(3.92 − 3.11) = 0.243 4. V2 = Σ(Ec3×S)/5× ΣS = 22,258/5×6,218 = 0.716 5. 개별시설물(송수관로1)의 상태평가지수(Ec4) = Min + V1 × V2 = 3.11 + 0.243 × 0.716 = **3.28** 6. 개별시설물(송수관로1)의 상태평가 결과 = **c**			

라. 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 가능한 한 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 5.57] 수로터널의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

<table>
<tr><td colspan="6">개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표</td></tr>
<tr><td colspan="2">조사망번호</td><td>부재(부위)명</td><td>복합부재명</td><td>개별시설물명</td><td>표번호</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sta. No. 3+00~5+00</td><td>블록 3-1-2</td><td>터널구간 3-1</td><td>수로터널 3</td><td>No. 3T-1-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">외관조사망도 작성(손상・결함상태 도시 및 주기사항 기록)</td></tr>
<tr><td>번호</td><td>조사항목</td><td>조사내용</td><td colspan="2">손상(결함)정도</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td>①</td><td>콘크리트 균열</td><td>수평균열 2개소</td><td colspan="2">○균열폭 : 0.12~0.18mm
○균열길이 : 15.8m</td><td>b</td></tr>
<tr><td>②</td><td>콘크리트 균열</td><td>수직균열 3개소</td><td colspan="2">○균열폭 : 0.2~0.25mm
○균열길이 : 3.6m</td><td>c</td></tr>
<tr><td>③</td><td>콘크리트 박리</td><td>부분적 박리</td><td colspan="2">○박리면적 : 0.52m^2
○박리깊이 : 1.2mm</td><td>d</td></tr>
<tr><td>④</td><td>콘크리트 염화물 함량</td><td>염화물 미량검출</td><td colspan="2">○염화물함량 : 0.12kg/m^3</td><td>a</td></tr>
<tr><td>⑤</td><td>콘크리트 탄산화 깊이</td><td>콘크리트 pH저하
철근피복두께 : 70cm</td><td colspan="2">○탄산화깊이 : 12mm</td><td>b</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>특기사항</td><td colspan="5">○마제형 철근콘크리트 라이닝 구조
○규모 : D = 2,5m
○연장 : L = 80m
○조사단위면적 : 2.5m×3.14×80.0m = 628.0m^2</td></tr>
<tr><td>조사일자</td><td colspan="2">2008. 10. 23 14:00 ~ 17:00</td><td>조사자</td><td colspan="2">홍길동, 김철수</td></tr>
</table>

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 상태평가 기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(Ec2)를 산정한 후 [표 5.51]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 5.58] 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) 표번호	*No. 3T-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)*				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (Ec1=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(Ec2)=상태평가지수(Ec1)값 중 최소값 =* ***3.4*** *2. 개별부재(블록3-1-2)의 상태평가 결과 =* ***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 ±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 앞의 [표 5.54]에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(Ec2)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(Ec2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(Ec3)를 산출하고 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

[표 5.59] 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) 표번호	*No. 3T-2-1, No. 3T-2-2, No. 3T-2-3*					
개별부재구분	상태평가결과	상태평가지수 (Ec2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Ec2 ×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(Ec3) = Σ(Ec2×P)/ΣP = 880.2/233.4 =* ***3.77*** *2. 복합부재(터널구간 3-1) 상태평가 결과 =* ***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(Ec3)에 복합부재의 규모(수로터널의 단면적×수로터널의 연장)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)를 산출하고, [표 5.51]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 5.60] 수로터널 개별시설물의 상태평가표 예

<table>
<tr><th colspan="5">개별시설물 상태평가표</th></tr>
<tr><td>개별
시설물명</td><td>수로터널 3</td><td>개별
시설물규모</td><td>마제형 철근콘크리트라이닝 구조
D = 2.5m, L = 740m</td><td>표번호</td></tr>
<tr><td>근거(3단계)
표번호</td><td colspan="3">No. 3T-3-1, No. 3T-3-2, No. 3T-3-2</td><td>No. 3T-4-1</td></tr>
<tr><td>복합부재구분</td><td>상태평가결과</td><td colspan="2">상태평가지수(Ec3)</td><td>규모(S, m^3)</td><td>계산값(Ec3 ×S)</td></tr>
<tr><td>터널구간 3-1</td><td>b</td><td colspan="2">3.77</td><td>1,177.5</td><td>4,439,2</td></tr>
<tr><td>터널구간 3-2</td><td>c</td><td colspan="2">3.42</td><td>1,275,6</td><td>4,362.6</td></tr>
<tr><td>터널구간 3-3</td><td>b</td><td colspan="2">3.83</td><td>1,177.5</td><td>4,509.8</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>합계(Σ)</td><td></td><td colspan="2"></td><td>3,630.6</td><td>13,311.6</td></tr>
<tr><td>평가의견</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>상태평가
결과</td><td colspan="5">1. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.42
2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.83
3. V1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(3.83 − 3.42) = 0.123
4. V2 = Σ(Ec3×S)/5× ΣS = 13,311.6 / 5×3,630.6 = 0.733
5. 개별시설물(수로터널3)의 상태평가지수(Ec4)
= Min + V1×V2 = 3.42 + 0.123 × 0.733 = 3.51
6. 개별시설물(수로터널3)의 상태평가 결과 = b</td></tr>
</table>

마. 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 상태평가기준에 의해 상태평가 결과를 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 5.61] 토목구조물의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

<table>
<tr><td colspan="6">개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표</td></tr>
<tr><td>조사망번호</td><td>부재(부위)명</td><td>복합부재명</td><td>개별시설물명</td><td colspan="2">표번호</td></tr>
<tr><td>A-S2W-3</td><td>벽체A-2-3</td><td>A-2호침전지</td><td>A정수장 침전지</td><td colspan="2">No. SW-1-1</td></tr>
<tr><td colspan="6">외관조사망도 작성(손상・결함상태 도시 및 주기사항 기록)</td></tr>
<tr><td>번호</td><td>조사항목</td><td>조사내용</td><td colspan="2">손상(결함)정도</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td>①</td><td>침하</td><td>부분적 경미한 침하
(보수불필요)</td><td colspan="2">○침하깊이 : 1.5mm
○침하진전 없음</td><td>b</td></tr>
<tr><td>②</td><td>콘크리트 균열</td><td>수직균열 3개소</td><td colspan="2">○균열폭 : 0.15~0.20mm 미만
○균열길이 : 5.6m</td><td>b</td></tr>
<tr><td>③</td><td>콘크리트 박리</td><td>부분적 박리</td><td colspan="2">○박리면적 : 0.40m²
○박리깊이 : 0.4mm</td><td>c</td></tr>
<tr><td>④</td><td>누수</td><td>신축이음부위에 상당한 누수발생</td><td colspan="2">○누수로 인한 철근부식진행</td><td>d</td></tr>
<tr><td>⑤</td><td>콘크리트 파손</td><td>부분적 파손</td><td colspan="2">○파손면적 : 0.4㎡
○파손깊이 : 30㎜</td><td>c</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>특기사항</td><td colspan="5">○철근콘크리트 구조 및 에폭시방수・방식실시
○규모 : H = 3.5m, L = 30.0m
○조사단위면적 : 3.5m×30.0m = 105m²</td></tr>
<tr><td>조사일자</td><td colspan="2">2008. 10. 23 14:00 ~ 17:00</td><td>조사자</td><td colspan="2">홍길동, 김철수</td></tr>
</table>

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 상태평가 기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(Ec2)를 산정한 후 [표 5.51]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 5.62] 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 (Ec1=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(Ec2)=상태평가지수(Ec1)값 중 최소값 =* ***3.4*** *2. 개별부재(벽체A-2-3)의 상태평가 결과 =* ***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 [표 5.63]과 같으며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 ±20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 5.63] 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 보정을 하기 위하여 [표 5.54]에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(Ec2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재 전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(Ec2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(Ec3)를 산출하고, 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

다음 [표 5.64]에 토목구조물의 복합부재에 대한 표준적인 상태평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 5.64] 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) 표번호	*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(Ec2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Ec2 ×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(Ec3)* *= Σ(Ec2 × P) / ΣP = 709.5 / 190.0 =* ***3.73*** *2. 복합부재(A-2호 침전지) 상태평가 결과 =* ***b***					

4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

토목구조물의 개별시설물은 대부분 동일한 기능과 형식을 가진 단위구조물들의 복수 계열로 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(Ec3)에 복합부재의 규모(조사면적, ㎡)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)를 산출하고, [표 5.51]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교・검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 5.65] 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(Ec3)	규모(S, ㎡)	계산값(Ec3 ×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(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.14* *2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.85* *3. V1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(3.85 − 3.14) = 0.213* *4. V2 = Σ(Ec3×S)/5×ΣS = 17,766.0/5×5,040.0 = 0.705* *5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가지수(Ec4)* *= Min + V1×V2 = 3.14 + 0.213× 0.705 = **3.29*** *6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가 결과 = **c***			

바. 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 5.66] 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 도시 및 주기사항 기록)				

번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	*펌프진동*	*약간의 진동발생*	*진동크기 : 1.5mm/sec*	*b*
②	*펌프소음*	*상당한 소음발생*	*소음크기 : 85dB*	*c*
③	*펌프베드*	*손상유무*	*미세균열이 부분적으로 발생*	*c*
④	*전기설비*	*손상유무 및 작동불량*	*작동불량*	*e*

특기사항	*o 펌프형식 : 다단보류트 양흡입펌프* *o 펌프특성 : 양정: 50m, 동력: 100kw, 토출량: 7.5m^3/분*		
조사일자	*2008. 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(Ec1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(Ec2)를 산정한 후 [표 5.51]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 5.67] 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 (Ec1=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(Ec2)=상태평가지수(Ec1)값 중 최소값 =* ***3.6*** *2. 개별부재(B-펌프1호)의 상태평가 결과 =* ***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 ±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 [표 5.54]에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(Ec2)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(Ec2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(Ec3)를 산출하고 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

[표 5.68] 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) 표번호	*No. P-2-1, No. P-2-2, No. P-2-3*					
개별부재 구분	상태평가결과	상태평가지수 (Ec2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (Ec2×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(Ec3)=Σ(Ec2×P) / ΣP = 686.6/200.0 =* ***3.43*** *2. 복합부재(B-펌프설비1호) 상태평가 결과 =* ***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(Ec3)에 복합부재의 규모(시설용량, ㎥/분)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)를 산출하고, [표 5.51]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교・검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 5.69] 기전설비 개별시설물의 상태평가표 예

<table>
<tr><th colspan="6">개별시설물 상태평가표</th></tr>
<tr><td>개별시설물명</td><td>B취수장
펌프설비</td><td>개별시설물
규모</td><td colspan="2">H50m×P100kw×Q7.5m³/분×3대
H50m×P60kw×Q4.0m³/분×1대</td><td>표번호</td></tr>
<tr><td>근거(3단계)
표번호</td><td colspan="4">No. P-3-1, No. P-3-2, No. P-3-3, No. P-3-4</td><td>No. P-4-1</td></tr>
<tr><td>복합부재구분</td><td>상태평가결과</td><td colspan="2">상태평가지수(Ec3)</td><td>규모(S, m³/분)</td><td>계산값(Ec3×S)</td></tr>
<tr><td>B-펌프설비1호</td><td>c</td><td colspan="2">3.43</td><td>7.5</td><td>25.7</td></tr>
<tr><td>B-펌프설비2호</td><td>b</td><td colspan="2">4.02</td><td>7.5</td><td>30.2</td></tr>
<tr><td>B-펌프설비3호</td><td>c</td><td colspan="2">3.38</td><td>7.5</td><td>25.4</td></tr>
<tr><td>B-펌프설비4호</td><td>a</td><td colspan="2">4.57</td><td>4.0</td><td>18.3</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>합계(Σ)</td><td></td><td colspan="2"></td><td>26.5</td><td>99.6</td></tr>
<tr><td>평가의견</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>상태평가
결과</td><td colspan="5">1. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.38
2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 4.57
3. V1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(4.57 − 3.38) = 0.357
4. V2 = Σ(Ec3×S)/5×ΣS = 99.6/5×26.5 = 0.752
5. 개별시설물(B취수장 펌프설비)의 상태평가지수(Ec4)
= Min + V1×V2 = 3.38 + 0.357 × 0.752 = 3.65
6. 개별시설물(B취수장 펌프설비)의 상태평가 결과 = b</td></tr>
</table>

5.5 안전성평가 기준 및 방법

5.5.1 일반

가. 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

① 비파괴 시험결과 분석

② 토질조사 등의 결과 분석

③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석

④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석

⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

나. 내진성능 평가

상수도 시설물의 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과[1]에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

다. 안전성평가 방법

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

1) 해석적 방법에 의해 구조물의 안전성을 평가하는 경우의 조건

현장조사 및 수집 자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공 상세도, 재료의 성질

---

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 국토해양부, 한국시설안전공단

및 구조물의 결함 등을 종합하여 실제 상태대로 해석해야만 올바른 평가를 기대할 수 있으며, 구조설계기준 및 표준시방서 등에 규정된 설계 및 안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

2) 구조물의 해석방법

강도설계법과 허용응력설계법이 있으며, 이 중 강도설계법을 원칙으로 하지만 특별한 경우에는 허용응력설계법을 적용할 수 있다.

○ 강도설계법에서의 구조물 안전여유를 두 가지 측면에서 고려 사항

○ 하중의 변경, 구조해석 시의 가정과 계산을 간단하게 함으로써 야기될지 모르는 초과하중의 영향을 고려한 하중계수

○ 설계계산상의 불확실성, 부재의 다양한 형식에 대한 상대적 중요도, 재료의 설계강도 및 실제단면치수와 제작시공기술 등에 관련된 다소의 불리한 오차들이 개별적으로는 허용한계에 있더라도 총체적으로 결합 시 부재의 강도감소를 초래할 가능성에 대비한 강도감소계수

이러한 하중계수와 강도감소계수에 의한 설계상의 구조물 안전여유율을 등가안전율이라 하며, 다음 식으로 표현된다. 이의 값은 활하중/고정하중의 비(L/D)와 휨부재 혹은 전단부재의 여부에 따라 차이를 갖는데 휨부재에서는 약 1.5~2.0이고 전단부재인 경우는 1.7~2.5정도의 값을 갖는다.

$$n' = \frac{\gamma_D + \gamma_L L/D}{\Phi(1 + L/D)}$$

여기서, n' : 등가안전율

γ_D : 고정하중계수

γ_L : 활하중계수

L/D : 활하중과 고정하중의 비

Φ : 강도감소계수

이와 같이 구조물의 해석 시 안전여유율이 고려되어 있으므로 현재 상태의 구조물에 대한 구조해석 결과가 콘크리트 구조설계기준 및 표준시방서 등의 안전도 기준에 미흡하다고 해서 구조물의 안전성이 없는 것이 아니라 단지, 구조물의 안전여유율이 적다는 것을 의미한다.

따라서 구조해석에 의한 구조물의 안전성 평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 있느냐의 정도에 따라 평가하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

3) 구조해석 결과의 평가의 적용

○ 안전여유율이 등가안전율 이상인 경우

- 안전성이 확보된 구조물로 평가

○ 등가안전율 미만이나 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 이상일 경우

- 안전성은 있지만 충분치 못한 상태로서 구조물의 상태를 주기적으로 점검 및 과대하중 재하억제 등의 관리가 필요한 상태로 평가

○ 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 미만인 경우

- 사용제한여부의 판단이 요구되거나 사용금지를 요하는 안전성이 결여된 구조물이라고 평가

라. 안전성평가의 적용

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

5.5.2 안전성평가 기준

가. 관로 시설물

상수도의 관로시설물은 크게 관로와 수로터널로 구분되며, 대부분 지중에 부설되거나 축조되는 시설물들로 이루어져 있으므로 지하수의 부력, 지반의 부등침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고 관로 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여 연결되는 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부등침하의 영향을 받는다.

따라서 상수도 관로시설물의 설계·준공도서 및 기존의 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 시설물의 안전성을 판단하거나 실제 주요부재(밸브실 제외)의 상태평가결과가 불량하게 나타나 현장조사 시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safe factor, SF) 검토를 수행하여 시설물의 안전성을 판단하는 것이 필요하다.

외국에서의 시설물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 안전성평가지수(Es)를 계산하고 이의 안전성평가지수를 토대로 안전성평가 기준에 근거하여 안전성평가가 수행되고 있다.(US Army, 1990)

또한, 안전율 검토도 국내에서와 같이 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 시설물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 상수도의 관로시설물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는

토질조사에 의해 얻거나,「상수도시설기준, 환경부, 2004」 및 「Steel Pipe A Guide for Design and Installation, AWWA MANUAL M11」그리고 「구조물기초 설계기준, 국토해양부, 2008」등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구하며, 관로의 안전성검토 식은 「상수도시설기준, 환경부」에 제시된 식의 사용을 원칙으로 한다.

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

상기와 같은 내용을 근간으로 부재나 구조물의 구조적 안전율 정도에 따른 안전성평가기준을 설정하면 [표 5.70]과 같다.

[표 5.70] 부재 및 구조물의 안전성평가 기준

안전성평가 기준	평가 점수	안전성평가 내용	비 고
a	5	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상이 없는 경우	◦ 강도설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\Phi M_n}{M_u}$
b	4	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상(단면손실)이 있는 경우	
c	3	안전율(SF)이 1.0 미만~0.9이상	◦ 허용능력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$
d	2	안전율(SF)이 0.9 미만~0.75이상	
e	1	안전율(SF)이 0.75 미만	

나. 토목구조물

상수도의 토목구조물은 대부분 철근콘크리트구조로서 지표면 아래에 축조되므로 지하수의 부력, 지반의 부등침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고 관로 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여 연결되는 구조물 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부등침하의 영향을 받는다.

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

외국에서의 시설물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 안전성평가지수(Es)를 계산하고 이의 안전성평가지수를 토대로 안전성 평가기준에 근거하여 안전성 평가가 수행되고 있다.(US Army, 1990)

또한, 안전율 검토도 국내에서와 같이 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나, 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 시설물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 상수도의 토목구조물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나,「상수도시설기준, 환경부, 2004」 및 「구조물기초 설계기준, 국토해양부, 2008」등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.

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

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

토목구조물의 부재나 구조물에 대한 안전성평가 기준은 관로시설물편에서 제시한 앞의 [표 5.70]과 같다.

5.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 산정

안전성평가는 평가체계의 4단계에서 수행하는 평가로서 개별시설물에 대하여 실시하게 되므로 개별시설물을 구성하고 있는 각종 부재나 구조물의 구조해석을 통하여 얻어진 각각의 구조적 안전율들을 종합적으로 검토·분석함으로써 개별시설물에 대한 안전성평가가 이루어지게 되며, 개별시설물의 구조안전성평가는 부재별 상태평가, 재료시험결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하여 구조적으로 취약한 개별시설물을 선정하여 실시한다.

개별시설물의 안전성평가가 합리적이고 정량적으로 이루어지도록 하기 위해서 다음과 같은 평가체계에 의해 안전성평가가 수행되도록 표준을 정하였다.

먼저 구조해석을 통해 얻어진 부재별 또는 구조물별 구조적 안전율에 따라 [표 5.70]의 기준에 의해 부재별 또는 구조물별 안전성평가 결과 및 평가점수를 부여한다.

그리고 아래의 식을 사용하여 개별시설물에 대한 안전성평가지수(Es)를 산정한 후 안전성평가지수의 범위에 따른 [표 5.71]의 안전성평가 기준에 의해 개별시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

안전성평가지수(Es)를 산정하는 아래 식은 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 안전성평가 결과들 중 가장 낮은 안전성평가 결과보다 다소 상향된 개별시설물의 안전성평가 결과를 가지게 된다.

한편, 부재나 구조물의 검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가 결과(평가점수)를 하나의 검토항목으로 간주하여 아래 식에 의해 최종적인 개별시설물의 안전성평가 결과를 결정할 수 있다.

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

$$= L + 0.3(H-L), \qquad (N = 2)$$

여기서, N : 안전성평가 항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 각각 1개씩 제외한 나머지 값들

[표 5.71] 안전성평가지수(Es) 범위에 따른 안전성평가 기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가 기준	비 고
4.5 ≤ Es ≤ 5.0	A	
3.5 ≤ Es 〈 4.5	B	
2.5 ≤ Es 〈 3.5	C	
1.5 ≤ Es 〈 2.5	D	
1.0 ≤ Es 〈 1.5	E	

나. 안전성평가 결과 산정 방법

본 안전성평가 결과 산정 방법에서는 관로와 토목구조물을 중심으로 안전성평가표 작성 예를 [표 5.72] 및 [표 5.73]에 제시하였으며, 나머지 시설물들(수로터널, 기전설비 등)의 안전성평가표도 이에 준하여 작성토록 하고 안전성평가 결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

[표 5.72] 관로의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예

개별시설물 안전성평가표				
개별시설물명	*송수관로 1*			표번호
개별시설물규모	*강관, D= 1,200mm, L= 5,500m*			*No. P1-1*
평가항목	안전율(SF)	평가결과	평가점수	비 고
관로구간1-1	*0.92*	*c*	*3*	
관로구간1-2	*1.06*	*b*	*4*	*단면감소(부식)발생*
관로구간1-3	*0.87*	*d*	*2*	
평가의견				
안전성평가 결과	*1. 평가항목수 N= 3, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 4* *2. 개별시설물(송수관로 1)의 안전성평가지수(Es1)* *= 2 + 0.3×(4-2)×3 / {5×(3-2)} = 2.36* *3. 개별시설물(송수관로 1)의 안전성평가 결과 = D*			

[표 5.73] 토목구조물의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예

개별시설물 안전성평가표				
개별시설물명	*A정수장 침전지*			표번호
개별시설물규모	*철근콘크리트구조(H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)*			*No. C1-1*
평가항목	안전율(SF)	평가결과	평가점수	비 고
A-1호침전지	*0.95*	*c*	*3*	
A-2호침전지	*1.03*	*b*	*4*	*균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생*
A-3호침전지	*1.12*	*a*	*5*	
A-4호침전지	*0.86*	*d*	*2*	
평가의견				
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 안전성평가 결과 = **C***			

5.6 종합평가 기준 및 방법

5.6.1 일반

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 5.74]의 종합평가지수(E4~7)에 따라 결정한다.

[표 5.74] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수(E4~7)	종합평가 기준	비 고
4.5 ≤ (E4~7) ≤ 5.0	A	
3.5 ≤ (E4~7) < 4.5	B	
2.5 ≤ (E4~7) < 3.5	C	
1.5 ≤ (E4~7) < 2.5	D	
1.0 ≤ (E4~7) < 1.5	E	

5.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

1) 개별시설물

개별시설물의 종합평가 결과 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 가름하지만 안전성평가를 실시하는 경우에는 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 상태 및 안전성평가 결과로 산출된 개별시설물의 상태평가지수(Ec)와 안전성평가지수(Es)중 작은 값을 종합평가지수(Et)로 적용하여 [표 5.74]의 종합평가지수(Et)에 따른 종합평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

종합평가지수 $(Et) = MIN(Ec, Es)$

여기서, Ec : 상태평가지수

Es : 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 종합평가 결과 산정은 개별시설물의 종합평가지수를 기초로 하여 시설물의 중요도(W) 및 [표 5.75]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 다음에 예시되는 종합평가 결과 산정 예시에 따라 이루어진다.

[표 5.75] 종합평가지수에 따른 조정계수(A)

종합평가기준	A	B	C	D	E
종합평가지수 (Et)	5.0 ≥Et ≥4.5	4.5>Et ≥3.5	3.5>Et ≥2.5	2.5>Et ≥1.5	1.5>Et ≥1.0
조정계수(A)	1	2	3	6	6

나. 종합평가 결과 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 [표 5.76] 및 [표 5.77]를 표준으로 개별시설물의 종합평가표를 작성토록 한다.

[표 5.76] 관로의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표				
개별시설물명	*송수관로 1*	개별시설 물규모	*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(Ec3)	규모(S, ㎥)	계산값(Ec3 ×S)
관로구간 1-1	*b*	*3.69*	*2,035*	*7,509*
관로구간 1-2	*c*	*3.11*	*2,035*	*6,329*
관로구간 1-3	*b*	*3.92*	*2,148*	*8,420*
합계(Σ)			*6,218*	*22,258*
상태평가 의견				
상태평가결과	*1. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.11* *2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.92* *3. V_1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(3.92 − 3.11) = 0.243* *4. V_2 = Σ(E_{c3}×S)/5×ΣS = 22,258/5×6,218 = 0.716* *5. 개별시설물(송수관로 1)의 상태평가지수(Ec4)* *= Min + V_1 × V_2 = 3.11 + 0.243× 0.716 = **3.28*** *6. 개별시설물(송수관로 1)의 상태평가 결과 = **C***			
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가 결과	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×(4−2)×3/5×(3−2)= **2.36*** *3. 개별시설물(송수관로 1)의 안전성평가 결과 = **D***			
종 합 평 가				
종합평가 의견				
종합평가 결과	상태평가지수(Ec4)	안전성평가지수(Es1)	종합평가지수(Et1)	종합평가 결과
	3.28	*2.36*	***2.36***	***D***

[표 5.77] 토목구조물의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표				
개별시설물명	*A정수장 침전지*	개별시설물 규모	*철근콘크리트구조 (H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)*	표번호 *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	상태평가 결과	상태평가지수(Ec3)	규모(S, ㎡)	계산값(Ec3×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(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.14* *2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.85* *3. V_1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(3.85 − 3.14) = 0.213* *4. V_2 = Σ(Ec3×S)/5×ΣS = 17,766.0/5×5,040.0 = 0.705* *5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가지수(Ec4)* *= Min + V_1 × V_2 = 3.14 + 0.213 × 0.705 = **3.29*** *6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가 결과 = **C***			

안 전 성 평 가

안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가 결과	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(E_{s1})* *= 2 + 0.3 × (5-2) × (3+4) / 5 × (4-2) = **2.63*** *3. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가 결과 = **C***			

종 합 평 가

종합평가 의견				
종합평가 결과	상태평가지수(Ec4)	안전성평가지수(Es1)	종합평가지수(Et1)	종합평가 결과
	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 종합평가 결과를 결정한다.

복합시설물의 종합평가지수(Et2) = Σ(Et1 × P) / ΣP

여기서, Et1 : 개별시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A ×S)

A : 조정계수

S : 개별시설물별 규모(㎡, ㎥)

[표 5.78] 및 [표 5.79]는 관로와 토목구조물에 대한 복합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 5.78] 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, ㎥)	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) 종합평가 결과 =* ***C***					

[표 5.79] 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, ㎥)	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 = 3.01* *2. 복합시설물(A정수장) 종합평가 결과 = C*					

다. 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, [표 5.74]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 통합시설물의 종합평가지수(Et3)를 산출한 다음 통합시설물에 대한 종합평가 결과를 결정한다.

통합시설물의 종합평가지수(Et3) = $\sum$(Et2 × P) / $\sum$P

여기서, Et2 : 복합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A ×S)

A : 조정계수

S : 복합시설물별 규모(㎥, ㎥/일)

다음 [표 5.80] 및 [표 5.81]에 관로시설물과 토목구조물에 대한 통합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 5.80] 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, m^3/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 =* ***3.12*** *2. 통합시설물(관로시설물) 종합평가 결과 =* ***C***					

[표 5.81] 토목구조물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	*토목구조물*	통합시설물 규 모	*시설용량(Q) = 200,000m^3/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, ㎥/일)	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(토목구조물) 종합평가지수(t3)* *= Σ(Et2×P) / ΣP = 7,286.4 / 2,480 =* ***2.94*** *2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가 결과 =* ***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 [표 5.82]와 같이 통합시설물별 중요도를 정하였으며, 통합시설물별 중요도의 합은 100이 되도록 하였으며, 책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 ±20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 5.82] 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도(W)

통합시설물 구 분	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 종합평가 결과

종합시설물의 종합평가 결과는 상기에서 정한 복합시설물별 중요도(A)와 앞에서 제시한 [표 5.75]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 종합시설물의 종합평가지수(Et4)를 산출하고 앞의 [표 5.74]를 참조하여 결정한다.

종합시설물의 종합평가지수(Et4) = $\sum$(Et3 × P) / $\sum$P

여기서, Et3 : 통합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A ×W)

A : 조정계수

W : 복합시설물별 중요도

다음 [표 5.83]에 종합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 5.83] 종합시설물의 종합평가표 예

종합시설물 종합평가표						
종합시설물명	○○상수도	종합시설물 규 모	시설용량(Q)=200,000m^3/일		표번호	
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 = 3.21 2. 종합시설물(○○상수도)의 종합평가 결과 = C					

5.7 보수・보강 방법

상수도 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

5.7.1 구조물 기초지반의 일반적인 보수・보강공법

○ 그라우팅공법

○ 치환공법

○ 압성토공법

○ 말뚝공법

○ 아스팔트 및 점토차수공법

○ 쉬트파일(Sheet Pile)공법, 토목섬유공법

5.7.2 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수・보강공법

○ 표면보호공법

○ 단면보수공법

○ 강판접착공법

○ 프리스트레스 도입공법

○ 콘크리트 덧붙이기공법

5.7.3 수도관로 개량공법

○ 교체공법 : 기능이 저하된 관을 새로운 관으로 교체하여 기능을 향상

- 부설관 교체공법
- 기설관내 부설공법

○ 세관(Cleaning)공법 : 관내를 세척하여 스케일 등을 제거함으로써 통수능력을 향상

- Water Jet 공법
- Air Sand 공법
- Polly - Pig 공법
- Scraper 공법

○ 갱생공법 : 기능저하의 종류 및 정도에 맞게 기존관의 기능을 회복

- 합성수지관 삽입공법
- 피복재 관내 장착공법
- 시멘트 모르터 라이닝공법
- 액상 에폭시수지 라이닝공법
- 긴급성 등의 항목 등에 대하여 충분한 검토가 필요

5.7.4 전기설비

전기설비의 상태평가에 의해 손상 및 기기불량으로 판단되는 경우 주동력 기기의 정상가동 또는 주전원설비 시스템의 안전 확보를 위해 즉시 교체하도록 하고 경미한 손상에 대해서는 장래 유지보수 계획에 반영하여 보수하도록 한다.

제6장 하구둑

6.1 관리일반

6.2 현장조사

6.3 재료시험 항목 및 수량

6.4 상태평가 기준 및 방법

6.5 안전성평가 기준 및 방법

6.6 종합평가 기준 및 방법

6.7 보수·보강 방법

제6장 하구둑

6.1 관리일반

6.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 하구둑 시설물에 적용한다.

○ 1종 시설물

• 하구둑

하구둑 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 농지개량사업계획설계기준(해면간척편, 댐편)

○ 댐 설계기준

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용 할 수 있다.

6.1.2 용어 정의

○ 하구둑 : 하구둑은 각종 용수이용을 목적으로 하천과 해안의 경계부에 설치하는 둑을 말하며, 조류를 차단하여 담수호를 조성하고 둑을 이용하여 교통개선을 하며 매립지조성을 한다. 안전점검 및 정밀안전진단 시 하구둑은 방조제, 배수갑문, 교량, 기전설비 및 부대시설(조작실 등)로 구분 할 수 있다.

6.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

하구둑 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 6.1]과 같다.

① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(상수도, 건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다.

② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

③ 배수(갑)문과 별개로 설치된 교량, 취수시설 등의 경우에는 본 실시범위 대상시설에서 제외할 수 있다.

④ 부대 시설물 및 기타 시설물이「영」 제2조제1항에 따른 1종·2종 시설물에 해당되는 경우에는「법」 제6조에 따라 정밀점검을 실시하여야 한다.

[표 6.1] 하구둑 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 방조제	○	○	○	기본과업
	◦ 배수(갑)문	○	○	○	
	◦ 배수(갑)문 문비	○	○	○	
부대 시설물	◦ 어도시설	○		○	선택과업
	◦ 차량통행용 및 관리용 교량	○		○	
	◦ 스톱로그	○		○	
기타 시설물	◦ 관리동, 조작실 등 건축물	○			선택과업
	◦ 접근수로 제방	○			

6.1.4 중대한 결함의 정도

하구둑 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 6.25] 제체기초 및 양안부의 침식, 침투에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하 또는 [표 6.40] 배수갑문 콘크리트 구조물의 세굴 등에 대한 상태평가 기준이“d” 이하인 경우

2) 하구둑 및 제방의 본체, 수문, 교량의 파손, 누수 또는 세굴

○ [표 6.23] 제체를 통한 누수에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우

○ 배수갑문에서 [표 6.45]의 수축이음부 누수 또는 [표 6.45]의 수평시공이음부 누수 등에 대한 상태평가 기준이 “e” 이하인 경우

○ 수문에서 [표 6.50]의 권양기 작동에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우

3) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

○ [표 6.30] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 6.31] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 [표 6.37] 철근노출 상태평가 기준에서 “e” 를 포함하는 경우

※ 1), 2)항의 상태변화에 대한 평가유형은 중요결함이며, 3)항의 상태변화에 대한 평가유형은 국부결함으로 분류하고 있다.

6.2 현장조사

6.2.1 현장조사 일반

가. 콘크리트 구조물

[표 6.2] 콘크리트 구조물의 조사항목

점검 부위	손상형태 및 조사항목	비 고
일반적인 콘크리트 구 조 물	탄산화 잔여 깊이	
	전염화물 이온량	
	균 열	
	박 리	
	박락 및 층분리	
	철근노출	
	누 수	
	파손 및 재료분리	
	백 태	

나. 방조제

[표 6.3] 방조제 조사항목

점검 부위	손상형태 및 조사항목	비 고
방조제	제체 마루의 종·횡방향 균열	
	제체 마루의 수평변위	
	제체 마루의 유실	
	사면 불안정에 의한 제체 마루 손상	
	제체를 통한 누수	
	제체의 침하 및 변형	
	피복공의 변형(배열이완, 이탈, 함몰)	
	제체기초 및 양안부의 침식, 침투	
	제체 식생	
	제체 동물서식	

다. 배수갑문

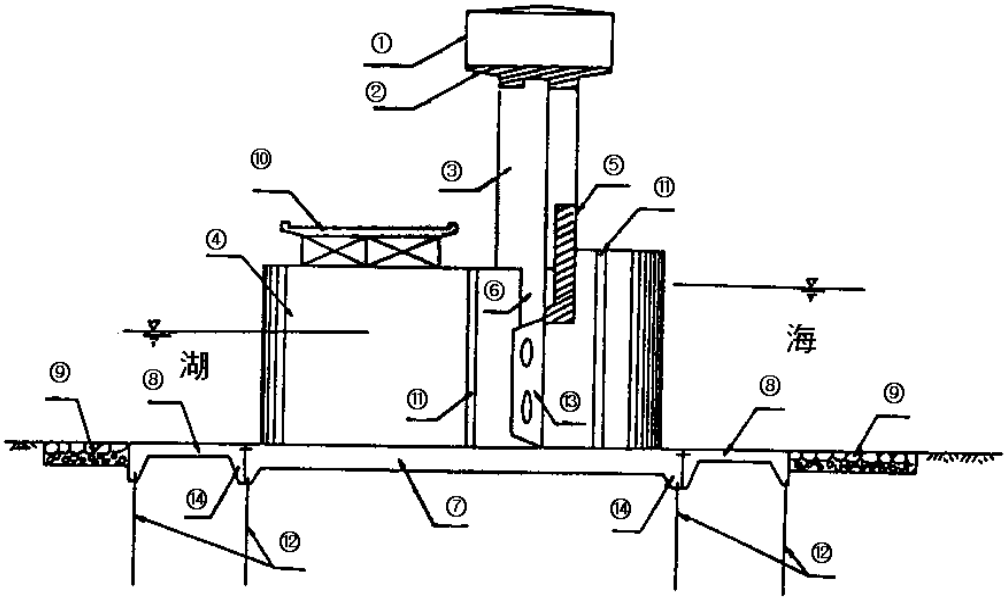
[표 6.4] 배수갑문 조사항목

점검 부위	손상형태 및 조사항목	비 고
배수갑문	콘크리트 구조물의 세굴	
	바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차	
	물받이공의 하류 또는 기초의 침식	
	언주 및 문주의 변위	
	수축이음부를 통한 누수	
	수평시공이음부를 통한 누수	
	불안정한 측벽 또는 라이닝	
	접근수로 상부의 자연사면 불안정	
	접근수로내의 식생 및 잡물	

라. 기계・전기설비

[표 6.5] 기전설비 조사항목

점검 부위	손상형태 및 조사항목	비 고
권양기	작동 유무	
	와이어 로프 손상	
	마찰부 손상	
문비 및 문틀	문비 부식	
	문비 변형	
	누 수	
	마찰부(힌지, 롤러)손상	
전기설비	작동 유무	
	현장제어반 및 조작반 손상	
	구동모터 및 브레이크장치 손상	
	기타사항	



①	권양기실	⑧	물받이공
②	권양기대	⑨	바닥보호공
③	문주	⑩	교량
④	언주	⑪	Stop Log 홈
⑤	지수벽	⑫	지수판
⑥	문소란	⑬	게이트
⑦	기초상판	⑭	저벽

[그림 6.1] 배수(갑)문 명칭

6.2.3 시설물 현장조사 요령

가. 안전점검 현장조사

세부시설물별 안전점검의 일반적인 점검항목을 외관조사 항목, 내구성조사 항목 및 기타 항목으로 구분하여 제시한다.

기존의 사람에 의한 근접조사 대신에 영상처리기법을 이용한 외관조사 방법을 적용할 수 있다. 이 방법은 조사목적을 달성할 수 있는 해상도로 촬영된 디지털 영상을 획득하고, 수집된 영상자료는 영상처리기법을 이용하여 결함 및 손상에 대한 평가 자료로 활용할 수 있다.

[표 6.6] 하구둑 안전점검의 일반적인 점검항목

외관조사 항목	내구성조사 항목	기타 항목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태, 재료분리, 누수, 파손, 신축이음 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 균열, 도장손상 등 ○ 구조물 : 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험(반발경도법) ○ 콘크리트 탄산화깊이	○ 각종 기기의 작동상태

1) 방조제

(가) 침하

○ 침하는 제방종단을 따라 일어나는 제고의 하강을 통해 확인한다.

○ 침하는 또한 제방횡단을 따라 발생할 수도 있으며, 이는 제방표면의 변동 상태로부터 알 수 있다.

(나) 균열

○ 균열은 제방의 부등침하나 구성단면간의 불균일 침하 등에 의해 발생되며, 이는 제정, 사면보호공이나 제방상 도로의 균열로써 인지할 수 있다.

○ 균열은 그 길이, 깊이, 형상 등을 상세히 조사하며, 특히 횡방향균열 발생 시 즉시 관리주체에게 통보하고, 누수진행 여부 등을 판단한다.

(다) 세굴

○ 세굴은 파도, 파이핑 등에 의해 사면보호공이나 제방의 단면이 손실된 것으로 세밀한 육안조사에 의해 발견할 수 있으며, 그 체적, 형상 등을 상세조사한다.

(라) 누수(파이핑)

○ 누수(파이핑)은 제방을 통한 물의 흐름으로 인해 발생하며, 특히 파이핑은 제방에 결정적 손실을 가져올 수 있다.

○ 누수(파이핑)은 외관조사를 통해 발견할 수 있으며, 그 형상, 면적, 정도를 상세히 조사한다. 특히 콘크리트구조물과 방조제의 접합부 및 방조제 양안 접합부에 세밀한 조사를 한다.

○ 파이핑이 발견될 시(특히 혼탁한 물이 유출될 시) 즉시 관리주체에게 통보하고 긴급보수 필요여부 등을 판단한다.

(마) 사면붕괴(함몰 또는 상승)

○ 사면붕괴는 제방의 횡방향을 따라 사면이 함몰 또는 상승하는 현상

○ 이는 제방 자체의 활동 또는 지반의 활동에 의해 발생한다.

(바) 동물서식 및 식생

○ 사면붕괴는 제방의 횡방향을 따라 사면이 함몰 또는 상승하는 현상

○ 이는 제방 자체의 활동 또는 지반의 활동에 의해 발생한다.

(사) 변위발생

○ 변위발생이 우려되는 구간에 대한 제체중심, 비탈경사, 둑마루폭, 제방저폭 등의 변위발생 여부를 확인하여 기초파괴, 제체파괴, 활동 등의 진행여부를 판단한다.

2) 배수(갑)문

○ 배수(갑)문 구조물은 과업내용에 따라 현장조사를 실시한다.

○ 접속교량의 정밀점검은 「제1장 교량」에 준하여 실시한다.

3) 기전설비

○ 문비, 권양기 및 현장제어반의 점검은 아래 항목에 대해 실시한다.

- 문비 및 권양기의 형식에 따라 점검항목 변경

○ 작동시험 시 발생하는 중대결함에 대해서는 관리주체에 즉시 통보한다.

[표 6.7] 기계설비 점검사항

구 분	세 부 점 검 내 용
가이드롤러(Guide Roller)	고착유무
러버씰(Rubber Seal)	누수
시브(Sheave)	고착유무
힌지(Hinge)	고정상태, 고착유무
드럼(Drum) 및 기어(Gear)	치면마모 상태
스러스트브레이크(Thrust Brake)	페드마모 상태
로프앤드스핀들(Rope End Spindle)	고정상태
문비 및 문틀	도장 및 부식상태

[표 6.8] 전기설비 점검사항

구 분	세 부 점 검 사 항
배수갑문 현장제어반 및 조작반	반의 변형·파손 등의 유무, 조작 및 작동 가능여부
배수갑문 전원공급용 저압배전반	변형·파손 등의 유무, 작동 가능여부
구동모터 및 브레이크장치 등	변형·파손 등의 유무, 작동 가능여부

4) 부대시설

○ 부대시설은 하구둑 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 대해서 필요시 점검을 실시한다.

○ 조작실은 부대시설로 구분하고, 제10장 건축물에 준하여 실시한다.

나. 정밀안전진단 현장조사

세부시설물별 정밀안전진단의 일반적인 진단항목을 외관조사 항목, 내구성조사 항목 및 기타 항목으로 구분하여 제시한다.

[표 6.9] 하구둑의 일반적인 진단 조사항목

외관조사 항목	내구성조사 항목	기타 항목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 및 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 피로균열, 도장손상 등 ○ 구조물 : 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험(반발경도법, 초음파법) 파괴시험(코어채취시험법) ○ 철근탐사 : 배근간격 등 ○ 콘크리트 탄산화깊이 ○ 콘크리트 염화물함량 ○ 철근부식도 ○ 기계 및 전기 시험	○ 각종 기기의 작동시험

1) 방조제

(가) 현장조사

○ 현장조사 시 조사항목에 대한 상세한 외관조사 및 비파괴시험을 실시한다.

○ 수중부위에 대해 세굴여부 등을 조사한다.

○ 상태평가에 근거하여 안전성평가에 사용할 위험부재와 단면을 선정한다.

○ 안전성의 측면에서 제방은 적절한 제고와 단면을 유지하여 해수와 내수가 월류되지 않아야 하며, 허용량이상의 누수를 발생시키지 않아야 하며, 자연적, 인위적 하중에 안전하여야 한다.

(나) 안전성 검토를 위한 현장조사

안전성을 판별하기 위해 지침, 세부지침 및 대가기준에 규정된 다음과 같은 선택과업을 수행하여 분석을 실시한다.

① 제방의 거동

○ 제방의 전체적 침하는 측량에 의해 결정한다.

- 제방 종횡단 및 현황측량, 침하판 매설 시 이에 대한 측량

○ 계측자료를 통한 제방거동분석을 통해 이를 판단한다.

○ 아울러 상태평가 시에 발견된 각종 균열에 대해서도 제방거동분석을 통해 그 원인을 판단한다.

② 토질조사

○ 상태평가시 선정된 지점에 대한 토질조사를 통해 제방재료의 강도 등을 산정하여 활동, 누수, 파이핑 등에 대해 검토하며, 이를 위해 다음과 같은 시험을 실시한다.

- 시추 (표준관입시험, 불교란 시료채취, 현장투수시험 등)
- 침윤선조사 (레이다탐사, 전기탐사, 공내색도 주입 등)

③ 제방 단면

○ 측량성과를 기준으로 제방단면의 적정성(형식, 정폭, 사면기울기)과 제고(설계고조위+도파고+여유고)의 적정성을 검토한다.

2) 배수(갑)문

(가) 현장조사

○ 현장조사 시 조사항목에 대한 상세한 외관조사 및 비파괴시험을 실시한다.

○ 또한 수중조사 등을 통해 언주(교각, 교대), 기초상판, 물받이공, 바닥보호공 등의 상태를 확인하여야 한다.

○ 측량을 통해 구체구조물의 침하상태를 판단한다.

○ 상태평가에 근거하여 안전성평가에 사용할 위험부재와 단면을 선정한다.

○ 안전성의 측면에서 수문(갑문)은 충분한 통수단면을 확보하고 양압력, 수압, 파압, 풍압, 지진력 등 자연적 하중에 안전하여야 한다.

○ 교량에 의한 인위적 하중에도 안전하여야 한다.

○ 또한 기계·전기적으로도 안전성을 유지하여야 한다.

(나) 안전성 검토를 위한 현장조사

안전성을 판별하기 위해 지침, 세부지침 및 대가기준에 규정된 다음과 같은 선택과업을 수행하여 분석을 실시한다.

① 콘크리트 강도

○ 배수(갑)문의 현 상태에서의 콘크리트 압축강도를 측정한다.

○ 시험부위는 상태평가 시 발견된 구조물의 취약부로 하며, 코어를 채취하여 강도를 측정하며, 비파괴시험을 실시하여 이를 보강한다.

○ 코어채취는 구조물의 내하력에 손상을 주지 않는 위치에서 실시한다.

② 구조물의 내하력

○ 구조물의 내하력을 계산하여 구조물에 미치는 자연적, 인위적 하중에 대해 구조적 안전성을 확보하고 있는지를 결정한다.

○ 이때 현장측정자료(현황측량, 부재치수 측정 및 철근탐지결과 등)를 근간으로 안전성평가를 실시하여야 하며, 준공도면, 구조계산서 등을 참고로 한다.

③ 수문의 통수능력

○ 수문의 통수단면 적정성 판단은 기존 수리·수문자료 또는 전문기관에 의한 제조사 자료에 근거한다.

④ 접속교량

○ 배수갑문에 설치되어 있는 접속교량에 대한 정밀안전진단은 제1장 교량에 준하여 실시한다.

3) 기전설비

○ 기계 및 전기부문에 대한 점검은 안전점검의 요령에 의해 실시하여야 하며, 배수문(갑문)의 형식에 따라 세부내용을 변경하여 실시할 수 있다.

4) 부대시설

○ 부대시설은 하구둑 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 대해서 필요시 진단을 실시한다.

○ 조작실은 부대시설로 구분하고, 제10장 건축물에 의한다.

6.3 재료시험 항목 및 기준수량

6.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 6.10] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근탐사 ○ 염화물함유량[1)]
수문(강재)	–	○ 도막두께측정
기계·전기설비	–	○ 수문 조사시험(기전설비)

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 6.11] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본과업	콘크리트 구조물	○콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
선택과업	콘크리트 구조물	○콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
		○철근탐사	○콘크리트 물성시험을 위한 철근위치(깊이) 탐사
		○염화물함유량 시험	○시료채취 및 평가
	수문 (강재)	○도막두께측정	○도장 및 부식 상태파악
	기계 전기	○ 수문 조사시험(기전설비)	○기기의 특성과 상황 등을 고려 실시 ○주요외관조사 및 허용기준의 초과 여부

나. 재료시험 기준수량

[표 6.12] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
반발경도시험	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 3회	· 기타시설 : 필요시
탄산화 깊이 측정	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	· 기타시설 : 필요시

[표 6.13] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
코어채취[1)]	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강도 및 염화물함유량 시험 등
철근탐사시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
염화물함유량	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
도막두께측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 주요부재 외판
각종 기기 작동시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 정밀안전진단 참조

주1) 관리주체와 협의하여 코어를 채취했을 경우, 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다. 단, 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

6.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 6.14] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 – 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량[1)] ○ 철근부식도 측정 ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조
수문(강재)	○ 도막두께측정	○ 초음파두께측정 ○ 강재 용접결함조사
기계설비	○ 수문 작동유무	○ 수문기계조사시험 –와이어로프 직경측정(정지시) –치면 경도측정 –소음・진동 측정 –주요마찰부 작동확인 (베어링, 기어, 롤러)
전기설비	○ 수문 작동유무	○ 수문전기조사시험 –공급전압 및 운전전류측정 –절연 및 접지저항측정 –주요부재의 작동확인 등

주1) 염화물함유량 시험은 [표 6.10]에 따라 실시한다.

[표 6.15] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
		○철근부식도 시험	○주요부재의 철근 대상 ○철근부식확률 평가
		○균열깊이 조사	○발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○허용균열폭과의 비교・검토
		○콘크리트 염화물함유량 시험	○주철근까지 깊이별(10㎜～20㎜) 시료채취 및 평가
	수문 (강재)	○도막두께측정	○도장상태 파악
	기전설비	○수문 작동 유무[1)]	○자동 및 수동작동 가능여부 등 판단
선택 과업	콘크리트 구조물	○콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○콘크리트 물성 및 미세구조	○강도, 비중, 흡수율, 수분함량 등
	수문 (강재)	○초음파두께측정	○강재의 부식정도 파악
		○강재 용접결함 조사	○강재용접 결함(균열 등) 평가 ○자분탐상 또는 초음파탐상 등
	기계설비	○수문 기계조사시험	○와이어로프 허용 감소량 초과여부 ○치면경도 변화 및 마모정도 파악 ○소음・진동 허용범위 초과여부 ○주요마찰부 정상작동 여부
	전기설비	○수문 전기조사시험	○절연 접지저항 허용기준의 초과여부 ○전압 전류의 허용기준 초과 여부 ○주요부재의 정상작동 여부

주1) 수문의 작동가능 여부에 대한 육안관찰을 말하며, 에에 대한 평가는 [표 6.50] 및 [표 6.58]에 의한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 6.16] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
반발경도시험 초음파 전달속도시험	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	· 동일 부위에서 시험 · 기타시설 : 필요시
철근탐사시험[1)]	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수×2회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	· 기타시설 : 필요시
탄산화 깊이 측정[1)]	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	· 기타시설 : 필요시
염화물 함유량시험[2)]	○ 배수갑문 : 해측 3회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	· 시험실시 근거 명기 · 기타시설 : 필요시
철근부식도 시험[3)]	○ 배수갑문 : 1회	· 시험실시 근거 명기
균열깊이 조사	○ 책임기술자의 판단에 따라 조사 및 수량 결정	· 상태평가 기준 참조
도막두께측정	○주부재 외판의 3개소 이상 (1개소/4회 이상)	
수문작동유무[4)]	○각 문비별 1회	

주1) 콘크리트구조물의 경우 무근콘크리트 부위를 제외한 주요 부재별로 평가가 가능하도록 실시하여야 한다.

주2) [표6.1]에서 제시한 해안에서 250m이내에 위치한 시설물에 한하여 실시한다. 그 외의 지역에서는 염해에 의해 내구성의 저하가 예상되는 경우에 관리주체와 책임기술자의 협의하여 실시할 수 있다.

주3) 철근부식이 의심스러운 경우, 책임기술자의 판단에 따라 조사수량 추가

주4) 관리주체의 작동 협조를 받아 실시하며, 상승, 상승 중 정지, 재 상승, 하강, 하강 중 정지, 재 하강으로 구분하여 작동상태를 확인. 관리주체와 책임기술자의 협의 결과에 따라 실시여부를 결정한다.

[표 6.17] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
코어채취[1]	○ 역 T형 배수갑문 : 총피어수/3공 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수×1공 ○ 기타시설 : 시설물별 3공	·실내시험 선택과업 ·각 최소 3공이상 채취 ·기타시설 : 필요시
초음파두께측정	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·스킨플레이트를 최소 3개소 이상 측정(개소당 4회 측정)
강재 용접결함 탐상	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·자분탐상 또는 초음파탐상
와이어로프 직경 측정[2]	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
공급전압 및 운전전류측정[3]	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
접지저항측정[4]	○각 설비의 대수별 1회 이상 측정	
절연저항측정[5]	○선로별로 1회 이상 측정 ○각 설비의 대수별 1회 이상 측정	

주1) 관리주체와 협의하여 코어를 채취했을 경우, 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다. 단, 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

주2) 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버어니어 캘리퍼스로 10㎝ 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단

주3) 구동모터의 현장제어반 및 조작반에 부착된 전압·전류계 또는 클램프미터, 전력분석기 등을 이용하여 구동모터의 정·역운전 상태에서 각상의 전압·전류를 각각 1회 이상 측정하여야 하며, 이때 측정된 값이 정격전압의 허용범위 이내를 유지하는지, 운전전류가 명판상에 기재된 정격전류를 초과하는지 등을 확인한다.

주4) 온도·습도 및 토양의 상황 등에 의하여 변화하므로 접지 저항계 등을 사용하여 현장 제어반 및 전동기, 피뢰침 설비 등으로 분류하여 측정

주5) 날씨, 기온, 습도, 오염의 정도 등에 따라 좌우되기 때문에 사용의 상황, 기상조건 등을 염두에 두고 그 적부를 판정

- 500V의 절연 저항계를 사용하여 간선용 혹은 분기용으로 시설하는 개폐기 또는 차단기 등으로 구분 지을 수 있는 선로별로 1회 이상 측정
- 전동기의 경우 전로와 대지간 뿐만 아니라, 코일-권선 간의 절연상태를 설비의 대수별로 1회 이상 측정

6.4 상태평가 기준 및 방법

6.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

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

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

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

② 국부결함

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

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함의 상태에 대한 평가를 기준으로 하여 국부적인 결함의 평가 결과를 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태평가를 위한 표준기준이며, 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

나. 방조제 상태평가 항목 및 기준

1) 방조제의 평가유형 및 영향계수

[표 6.18] 방조제 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
방조제	제체 마루의 종·횡방향 균열	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	제체 마루의 수평변위				
	제체 마루의 유실				
	사면 불안정에 의한 제체 마루 손상				
	제체를 통한 누수				
	제체의 침하 및 변형				
	피복공의 변형(배열이완, 이탈, 함몰)				
	제체기초 및 양안부의 침식, 침투				
	제체 식생	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	제체 동물서식				

2) 방조제의 상태평가 기준

[표 6.19] 제체 마루의 종・횡방향 균열에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○종・횡방향 균열이 없는 최상의 상태
b	4	○종・횡방향 균열길이 0～1m이하 제정의 10% 이하인 상태
c	3	○종・횡방향 균열길이 1～5m 제정의 10～50% 상태
d	2	○종・횡방향 균열길이 5m이상 제정의 50% 이상, 난간이 기울어진 상태
e	1	○종・횡방향 균열길이 5m이상 제정의 50% 이상, 종방향 균열깊이가 저수위 이하이고, 횡방향 균열이 깊고 저수위 이하까지 진행되었을 경우

[표 6.20] 제체 마루의 수평변위에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
b	4	○ 수평변위가 없는 양호한 상태
c	3	○ 수평변위의 징후가 존재하나 경미한 상태 (측방이동 0~30㎝ 변위 발생시)
d	2	○ 수평변위로 제체 마루 도로의 변형이 심각한 상태 (측방이동 30㎝ 이상 변위 발생시)
e	1	○ 수평변위로 제체 마루 도로의 변형이 매우 위험한 상태 (측방이동 30cm 이상 변위 발생시)

[표 6.21] 제체 마루의 유실에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
b	4	○ 제체 마루의 유실면적이 5㎡ 이하인 상태
c	3	○ 제체 마루의 유실면적이 5~15㎡ 미만인 상태
d	2	○ 제체 마루의 유실면적이 15㎡ 이상 심각한 상태 (침하량과 누수량이 서서히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
e	1	○ 제체 마루의 유실면적이 15㎡ 이상 매우 위험한 상태 (침하량과 누수량이 급격히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)

[표 6.22] 제체 사면 불안정에 의한 제체 마루 손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 최상의 건전한 상태
b	4	○ 제체에 슬라이딩 길이가 1m 이하의 손상이 있는 상태
c	3	○ 제체에 슬라이딩 길이가 1~2m 미만의 손상이 있는 상태
d	2	○ 제체에 슬라이딩 길이가 2m 이상의 손상이 있는 상태
e	1	○ 제체에 슬라이딩 길이가 2m 이상 매우 위험한 상태

[표 6.23] 제체를 통한 누수에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
b	4	○ 제체를 통한 누수의 징후가 보이는 상태 (초목의 이상 성장, 염분농도의 변화 등)
c	3	○ 제체를 통한 누수를 육안으로 확인할 수 있는 정도로서 일 최대 누수가 증가하지 않는 상태
d	2	○ 제체를 통한 누수로 제체 토립자의 유실이 발생하고, 탁수가 유출되는 상태
e	1	○ 제체를 통한 누수로 제체 토립자의 유실이 심하고, 제체에 침하, 함몰 등 변형이 발생하고, 제체 붕괴 위험이 있는 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 6.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 6.24] 제체침하 및 변형에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
b	4	○ 침하깊이 0~10㎝ 이하, 제체의 변형 0~10% 이하인 상태
c	3	○ 침하깊이 10~50㎝, 제체의 변형 10~50%인 상태
d	2	○ 침하깊이 50㎝ 이상, 제체의 변형 50% 이상인 상태
e	1	○ 침하깊이 50㎝ 이상, 제체의 변형 50% 이상 위험한 상태

[표 6.25] 제체기초 및 양안부의 침식, 침투에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투가 없는 최상의 상태
b	4	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투가 없는 양호한 상태
c	3	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투가 일부 나타나는 경미한 상태
d	2	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투로 도랑이 형성되고 탁류 발생, 평소 누수량보다 증가하여 심각한 상태
e	1	○ 기초 및 양안부의 침식, 침투로 도랑이 형성되고 누수의 온도 변화가 심하고, 비강우시 누수량이 평소 누수량의 배 이상 증가하여 매우 심각한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 6.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 6.26] 피복공의 변형에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 피복공의 사면보호 기능이 최상인 상태
b	4	○ 피복공 사석의 배열이완 개소별 면적이 25㎡이하 ○ 콘크리트 슬래브에 세굴, 마모 등 경미한 노후화가 진행된 상태
c	3	○ 피복공 사석의 배열이완 개소별 면적이 25~50㎡ ○ 피복공 사석의 이탈 및 함몰이 발생한 면적의 합이 단위 조사망 면적의 5 % 이하 ○ 콘크리트 슬래브의 수축이음부 부재간에 부등침하에 의한 변위 또는 단차 발생 및 슬래브에 균열발생 등 사면보호 기능상 약간의 문제가 있는 상태
d	2	○ 피복공 사석의 배열이완 개소별 면적이 50㎡ 이상 ○ 피복공 사석의 이탈 및 함몰이 발생한 면적의 합이 단위 조사망 면적의 5~15 % 범위 또는 제체의 안정성에 영향을 미치는 상태 ○ 콘크리트 슬래브의 들뜸, 부등침하, 슬래브의 파손 또는 수축이음부의 이격에 의한 성토재 유실 등이 발생할 수 있는 상태로서 제체의 안정성에 영향을 미치는 상태
e	1	○ 피복공 사석의 이탈 및 함몰이 발생한 면적의 합이 단위 조사망 면적의 15 % 이상 또는 제체의 안정성에 위험을 초래할 수 있는 상태 ○ 콘크리트 슬래브의 들뜸, 부등침하, 슬래브의 파손 또는 수축이음부의 이격에 의한 성토재 유실 등이 발생한 상태로서 제체의 안정성에 위험을 초래할 수 있는 상태

※) 콘크리트 피복식, 돌붙임식 및 콘크리트블록 붙임식 등의 피복공의 변형에 대한 상태평가 기준
○ 사석의 배열이완, 이탈, 함몰 등

[표 6.27] 제체사면 식생에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 사면에 식생이 없는 최상의 상태
b	4	○ 사면에 일년생 식물이 있는 상태
c	3	○ 사면에 다년생 식물이 있는 상태
d	2	○ 사면에 관목류가 있는 상태
e	1	○ 사면에 다년생 식물 및 관목류가 있는 상태

[표 6.28] 제체사면 동물서식에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○사면에 동물의 서식 흔적이 없는 최상의 상태
b	4	○사면에 동물의 굴 직경이 0～1㎝ 이하, 개수 0～1개
c	3	○사면에 동물의 굴 직경이 1～5㎝, 개수 2～4개
d	2	○사면에 동물의 굴 직경이 5㎝ 이상, 개수 5개 이상
e	1	○사면에 동물의 굴 직경이 5㎝ 이상이 수없이 존재

다. 배수갑문 상태평가 항목 및 기준

1) 배수갑문의 평가유형 및 영향계수

[표 6.29] 배수갑문의 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
콘크리트 구조물	탄산화	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
	염화물				
	균 열				
	박 리				
	박락 및 층분리				
	철근노출				
	누 수				
	파손 및 재료분리	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	백 태				
배수갑문	콘크리트 구조물의 세굴	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차				
	물받이공의 하류 또는 기초의 침식				
	언주 및 문주의 변위				
	수축이음부를 통한 누수				
	수평시공이음부를 통한 누수				
	불안정한 측벽 또는 라이닝	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	접근수로 상부의 자연사면 불안정				
	접근수로내의 식생 및 잡물				

2) 배수갑문 콘크리트 구조물의 상태평가 기준

[표 6.30] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○ 30㎜이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 10㎜이상 ~ 30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음.
c	○ 0㎜이상 ~ 10㎜미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	○ 0㎜미만	철근부식 발생
e	–	–

주) 상태평가 결과가 "d"고, [표 6.37](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 6.1.4절의중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.26] 참조

[표 6.31] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○ 염화물 ≤ 0.3kg/m^3	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 0.3kg/m^3<염화물<1.2kg/m^3	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음.
c	○ 1.2kg/m^3≤염화물< 2.5kg/m^3	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음.
d	○ 염화물 ≥ 2.5kg/m^3	철근부식 발생
e	–	–

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 6.37](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 6.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.27] 참조

[표 6.32] 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, 콘크리트구조설계 기준(2007)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15~0.25㎜ 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4㎜ 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 6.33] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

주) 균열 면적율 산정방법

※ 제11장 교량 [표 1.11] 참조

[표 6.34] 백태의 상태평가 기준

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

주) 백태, 박락에 대한 면적율 산정 방법

면적율은 결함 및 손상의 상태평가 기준에 별도로 정하지 않은 경우에 다음을 적용

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

[표 6.35] 콘크리트 박리의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 박리발생이 없음
b	4	○ 박리깊이 0.5㎜ 미만이면서 박리 면적율 10% 미만
c	3	○ 박리깊이 0.5～1.0㎜미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상
d	2	○ 박리깊이 1.0～25㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5～10㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상
e	1	○ 박리깊이 1.0～25㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상 ○ 박리깊이 25㎜ 이상이거나 조골재 손실

[표 6.36] 콘크리트 박락/층분리의 상태평가 기준

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

[표 6.37] 철근노출의 상태평가 기준

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

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

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

[표 6.38] 콘크리트 부재의 균열을 통한 누수의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	누수가 없음
b	4	현저한 흔적 (누수부위가 습윤된 상태)
c	3	누수의 진행이 관찰가능 상태 (방울방울 떨어짐)
d	2	누수의 진행이 관찰가능 상태 (소량이 분출)
e	1	누수의 진행이 확연한 상태 (많은 양의 분출)

※) 배수갑문에서 수밀이 필요한 콘크리트 부재에 발생한 균열을 통한 누수의 상태평가 기준

[표 6.39] 파손의 상태평가 기준

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

3) 배수갑문의 상태평가 기준

[표 6.40] 콘크리트 구조물의 세굴에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 세굴이 없는 최상의 상태
b	4	○ 세굴이 없는 양호한 상태
c	3	○ 세굴구멍의 지름과 깊이 < 0.15m 상태
d	2	○ 세굴구멍의 지름과 깊이 > 0.30m 상태
e	1	○ 세굴이 기초에 도달한 매우 심각한 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 6.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 6.41] 물받이공의 부등침하, 들뜸, 단차에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차가 없는 최상의 상태
b	4	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차가 없는 양호한 상태
c	3	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 < 2㎜ 상태
d	2	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 > 2㎜ 상태
e	1	○ 바닥슬래브의 부등침하로 인한 슬래브판의 변형, 들뜸, 단차 > 5㎜ 매우 심각한 상태

[표 6.42] 물받이공의 하류 또는 기초의 침식에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 없는 최상의 상태
b	4	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 없는 양호한 상태
c	3	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 경미한 상태
d	2	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 5㎜)
e	1	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 매우 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 12㎜, 측벽기울기 > 10°)

[표 6.43] 언주 부재의 변위에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가 점수	상 태
a	5	○ 변위가 발생하지 않은 최상의 상태
b	4	○ 변위가 발생하지 않은 양호한 상태
c	3	○ 변위가 발생하였으나, 문비 작동에 문제가 없는 상태
d	2	○ 변위가 발생하여 문비 작동시 마찰음이 발생하는 상태 또는 문비 폐쇄시 누수가 심각한 상태
e	1	○ 변위가 발생하여 문비 작동시 자중으로 닫히지 않는 상태

[표 6.44] 수축이음부를 통한 누수에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 수축이음부를 통한 누수가 없는 최상의 상태
b	4	○ 수축이음부를 통한 누수가 없는 양호한 상태
c	3	○ 수축이음부를 통한 누수가 경미한 상태 (이음부위당 < 3 L/min)
d	2	○ 수축이음부를 통한 누수가 심각한 상태 (이음부위당 > 75 L/min)
e	1	○ 수축이음부를 통한 누수가 매우 위험한 상태 (이음부위당 > 370 L/min)

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 6.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 6.45] 수평시공이음부 누수에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 수평시공이음부 누수가 없는 최상의 상태
b	4	○ 수평시공이음부 누수가 없는 양호한 상태
c	3	○ 수평시공이음부 누수가 경미한 상태 (이음부위당 < 3 L/min)
d	2	○ 수평시공이음부 누수가 심각한 상태 (이음부위당 > 75 L/min)
e	1	○ 수평시공이음부 누수가 매우 위험한 상태 (이음부위당 > 370 L/min)

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 6.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 6.46] 불안정한 측벽 또는 라이닝 손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 불안정한 측벽 또는 라이닝 손상이 없는 최상의 상태
b	4	○ 불안정한 측벽 또는 라이닝 손상이 없는 양호한 상태
c	3	○ 불안정한 측벽 및 라이닝에 균열, 누수 등 손상이 경미한 상태
d	2	○ 불안정한 측벽의 배수불량, 배면토압 증가에 의한 균열과 라이닝면의 균열 또는 히빙현상 등 손상이 심각한 상태
e	1	○ 불안정한 측벽의 배수불량, 배면토압 증가와 라이닝면의 균열 또는 히빙현상 등 손상이 매우 심각한 상태

[표 6.47] 접근수로 상부의 자연사면 불안정에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 접근수로 상부의 자연사면 불안정이 없는 최상의 상태
b	4	○ 접근수로 상부의 자연사면 불안정이 없는 양호한 상태
c	3	○ 접근수로 상부의 자연사면이 일부 낙석이 있는 상태
d	2	○ 접근수로 상부의 자연사면이 일부 사면붕괴 및 균열로 수로가 손상받을 위험이 존재하는 상태
e	1	○ 접근수로 상부의 자연사면이 국부적인 사면붕괴 및 균열로 수로가 봉쇄되거나 손상 받을 위험이 존재하는 상태

[표 6.48] 접근수로내의 식생 및 잡물에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 없는 최상의 상태
b	4	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 없는 양호한 상태
c	3	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 경미한 상태
d	2	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 수문조작을 방해하는 상태
e	1	○ 접근수로내의 식생 및 잡물이 산사태 등으로 수로를 봉쇄할 위험이 있는 상태

라. 기계설비 상태평가 항목 및 기준

1) 기계설비의 평가유형 및 영향계수

[표 6.49] 손상 및 결함의 상태평가를 위한 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
권양기	작동 유무 (수문 및 권양기)	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	와이어 로프 손상	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
	마찰부 손상 (시브, 감속기, 커플링)	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
문비 및 문틀	문비 부식	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	문비 변형	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
	누 수	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	마찰부(힌지, 롤러)손상				

2) 권양기 설비 상태평가 기준

[표 6.50] 권양기 작동유무에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 상승 및 하강에 이상이 없는 양호한 상태
b	4	○작동 시 이음발생이 없으며, 상승 및 하강에 이상이 없는 정상의 상태
c	3	○상승 및 하강이 가능하나 이음발생 등이 있으며, 상하한 자동 정지가 불량하나, 약간의 조정으로 원상복구가 가능한 상태
d	2	○전동 작동이 원활하지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
e	1	○전혀 작동되지 않는 상태

주) 상태평가 결과가 "d" 이하이면 6.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 6.51] 와이어 로프 손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○와이어 로프의 손상이 없는 양호한 상태
b	4	○와이어 로프의 손상이 없는 건전한 상태
c	3	○와이어 로프 표면의 그리스 도포가 불량한 상태
d	2	○와이어 로프 표면에 산화부식 진행상태, ○약간의 꺽임이 발생한 산태
e	1	○와이어 로프의 직경감소가 7%이상 ○하나의 꼬임에서 소선 절단이 10% 이상 ○심한 킹크가 있는 경우

※) 와이어 로프 권상방식의 경우 (크레인 안전 규칙 참조)

※) 문비의 작동을 위한 와이어 로프는 로프표면의 산화부식, 킹크(Kink), 직경감소 및 소선절단 등에 의한 손상의 기준을 적용한다.
와이어 직경은 마모가 심한 4개소에서 측정한 값의 평균으로 결정한다.

[표 6.52] 마찰부 손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○손상이 없는 양호한 상태
b	4	○손상이 없는 건전한 상태
c	3	○약간의 이음 이상진동이 있으나 사용가능한 상태, ○그리스 도포가 불량한 상태
d	2	○부식고착으로 이음 이상진동이 과다한 상태 ○그리스가 건조되거나 이물질이 다량 함유된 상태
e	1	○손상 등이 발생하여 보수가 필요한 상태 ○정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한적 작동이 되는 상태

※) 권양기의 베어링, 힌지 등의 회전 및 움직임이 있는 부분의 마모로 인한 회전불량으로 문비 권양 시 권양기에 부하 하중을 가중시킬 수 있으며, 제시된 상태평가 기준에서 정의된 평가기준은 기계설비의 수명도를 고려하여 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

3) 문비 및 문틀 상태평가 기준

[표 6.53] 문비 부식에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태	비 고
a	5	○부식이 없음	-클램프 플레이트, 볼트, 너트 등도 동일하게 적용
b	4	○전면부식이 조금 발견되거나 건전부 모재두께의 5% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
c	3	○가벼운 전면부식이 전단면에 발생되었거나 건전부 모재두께의 5~10%의 점부식이 관찰되는 상태	
d	2	○심화된 전면부식이 전단면에 발생되어 있거나 건전부 모재두께의 10~30%의 점부식이 관찰되는 상태로 보수를 하지 않으면 안되는 상태	
e	1	○전면부식과 건전부 모재두께의 30% 이상의 점부식으로 인하여 당장 보강을 하지 않으면 안되는 상태	

※) 강재 도장의 발청, 균열, 부풀음, 백화, 광택불량 등에 의한 부식손상의 상태평가 기준으로 정의된 평가기준은 기계설비의 수명도를 고려하여 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

[표 6.54] 문비 변형에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○문비에 변형이 없는 양호한 상태
b	4	○문비의 변형을 육안으로 판별이 어려운 상태
c	3	○외부충격에 의한 국부적인 변형이 발생한 상태이나 기능에 이상이 없는 상태
d	2	○변형이 경간의 1/800이상 발생한 상태
e	1	○변형으로 작동이 원활하지 못한 상태로 작동시 접촉, 끼임 발생과 부분적인 두께감소가 1/2이상인 경우

※) 문비의 가로·세로 보의 충격 및 하중에 의한 변형은 다음 표의 기준 적용을 원칙으로 하며, 최초 설계와의 비교를 실시한다.
변형에 대한 상태평가는 종합적 결과 분석 및 기계설비의 수명도를 고려하여 책임 기술자의 최종적 판단에 따를 수 있다.

[표 6.55] 문비 지수불량에 대한 상태평가 기준

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

※) 문비와 문틀에서 접촉부 변형, 지수고무 훼손 폐쇄불량 등으로 문비 폐쇄 시 지수불량이 발생할 수 있다. 따라서 실제 수압에 의한 누수정도 외관에 의한 누수 가능성 등에 대한 상태평가 기준을 적용하여 평가한다. 누수에 대한 상태평가는 상세조사 및 종합적 결과 분석 및 기계설비의 수명도를 고려하여 책임 기술자의 최종적 판단에 따를 수 있다.

[표 6.56] 마찰부 손상에 대한 상태평가 기준

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

※) 마찰부(롤러 및 힌지) 손상

※) 문비의 메인롤러 사이드롤러 힌지브라켓 등의 저속회전 및 움직임이 있는 부분의 부식고착으로 인한 회전불량으로 문비 권양시 권양기에 부하 하중을 가중시킬 수 있으며, 정의된 평가기준은 기계설비의 수명도를 고려하여 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

마. 전기설비 상태평가 항목 및 기준

1) 전기설비의 평가유형 및 영향계수

[표 6.57] 전기설비 손상 및 결함의 상태평가를 위한 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
수문전기설비	작동 유무	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
현장제어반 및 조작반	변형, 손상 등	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
구동모터 및 브레이크설비	변형, 손상 등				

2) 전기설비 상태평가 기준

[표 6.58] 수문 전기설비의 작동유뮤 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 없는 양호한 상태
b	4	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 없는 건전한 상태
c	3	○ 전기적인 수문작동 상에 이상이 경미한 상태 (현장제어반 및 조작반, 구동모터, 브레이크 등의 결함이 경미하여 현장에서 즉시 초치가 가능한 상태)
d	2	○ 전기적으로 수문작동이 불량한 상태 (정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태)
e	1	○ 전기적으로 수문작동이 전혀 되지 않는 상태

[표 6.59] 현장제어반 및 조작반 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 현장 제어반의 불량이 없는 양호한 상태
b	4	○ 현장 제어반의 불량이 없는 건전한 상태
c	3	○ 현장 제어반의 불량이 경미한 보통인 상태 (불량이 경미하여 전기설비의 기동 및 운전에 영향이 없는 상태, 절연: 경년열화를 고려한 1MΩ 정도, 접지: 규정치 이내의 상태)
d	2	○ 현장 제어반 상태가 불량인 상태 (불량이 심각하여 전기설비의 기동 및 운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연: 규정치～1MΩ이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
e	1	○ 현장 제어반의 불량이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 전기설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태, 절연: 0MΩ이하, 접지: 규정치의 +30% 초과～ ∞)

[표 6.60] 구동모터 및 브레이크설비 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	○ 구동모터・브레이크장치의 불량이 없는 양호한 상태
b	4	○ 구동모터・브레이크장치의 불량이 없는 건전한 상태
c	3	○ 구동모터・브레이크장치의 불량이 경미한 보통인 상태 (불량이 경미하여 설비운전에 영향이 없는 상태, 절연 : 경년열화를 고려한 1MΩ 정도, 접지: 규정치 이내의 상태)
d	2	○ 구동모터・브레이크장치의 상태가 불량한 상태 (불량이 심각하여 설비운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연 : 규정치～1MΩ이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
e	1	○ 구동모터・브레이크장치의 불량이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 설비운전이 불가능한 상태, 절연 : 0MΩ이하, 접지: 규정치의 +30% 초과～ ∞)

6.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 하구둑 시설물 평가 단계별 절차

하구둑 시설물은 크게 방조제, 배수(갑)문, 기계·전기설비 등으로 구분되며, 다음에 제시되는 상태평가 결과 산정 방법에 따라 수행한다.

하구둑 시설물에 대한 상태평가는 하구둑이 통합시설물(6단계)에 해당하는 시설물로서 간주하고 하위단계인 복합시설, 개별시설, 복합부재, 개별부재로 단계별로 구분한다. 외관조사망도는 개별부재에 대하여 작성하는 것을 원칙으로 하고, 필요시 개별부재의 크기, 면적에 따라 부위별로 분할하여 작성한다.



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

[그림 6.2] 하구둑 시설물 평가 단계별 절차

나. 배수갑문

○ 독립기초구조(역T형식)의 배수갑문에서 피어 평가

- ◦ 권양기실, 권양기대, 문주, 언주, 문소란, 지수벽, 기초상판으로 구분하고 각각을 개별부재로서 평가한다.
- ◦ 기초상판 사이의 중간 슬래브는 기초상판에 포함하여 평가한다.
- ◦ 문소란은 문비 작동을 유도하는 언주와 문주에 있는 호구강 등이 설치된 부분으로서 2차 콘크리트 부분을 포함하여 평가한다.
- ◦ 동일한 개별부재가 다수일 경우(예: 1개의 피어에 문주가 2개인 경우 등) 중요도는 [표 6.67]과 같이 중요도 조정으로 동일하게 배분한다.
- ◦ 또한 본 장에서 중요도를 규정하지 않은 부재, 블록(블록1, 블록2,…) 및 구간(구간1, 구간2,…) 등 개별부재의 중요도는 면적 등의 규모 비율을 적용하여 중요도의 합이 100이 되도록 한다.

[표 6.61] 배수갑문의 평가단계별 구분표 (독립기초구조: 역T형식)

<table>
<tr><td colspan="3">평가단계별 구분</td><td rowspan="2" colspan="5">부재 및 시설물의 구분</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함, 손상)</td><td>권양기실
권양기대
문주
언주
문소란
지수벽
기초상판</td><td>블록1
블록2
…

(부위1
부위2
…)</td><td>구간1
구간2
…

(부위1
부위2
…)</td><td>블록1
블록2
…</td><td rowspan="3"><제1장
교량
참조>
"<br>"</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td><td>(좌측면
우측면
…)</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>피어1
피어2
…</td><td>상류측
하류측</td><td>좌안상류측
좌안하류측
우안상류측
우안하류측</td><td>상류측
하류측</td></tr>
<tr><td>상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>수문구체</td><td>물받이공</td><td>호안공</td><td>바닥보호공</td><td>접속교량</td></tr>
<tr><td rowspan="3">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td colspan="5">배수갑문 <방조제, 기전설비, 부대시설></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="5">하구둑</td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="5">–</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

○ 라멘구조(상자형식: Box형식)의 배수갑문에서 평가

◦ 구체(구체1, 구체2)는 수축이음부로서 구분되어 구조적으로 독립된 형태의 구조물을 지칭하는 것으로 한다.

◦ 구체의 벽면은 언주와 문주, 바닥슬래브는 기초상판 등에 해당되는 것으로 간주한다.

◦ 역T형식의 배수갑문과 동일한 방법으로 평가한다.

[표 6.62] 배수갑문의 평가단계별 구분표 (라멘구조: Box형식)

<table>
<tr><td colspan="3">평가단계별 구분</td><td rowspan="2" colspan="5">부재 및 시설물의 구분</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함, 손상)</td><td rowspan="2">권양기실
권양기대
문주
언주
문소란
지수벽
기초상판

(좌측면
우측면
…)</td><td rowspan="2">블록1
블록2
…

(부위1
부위2
…)</td><td rowspan="2">구간1
구간2
…

(부위1
부위2
…)</td><td rowspan="2">블록1
블록2
…</td><td rowspan="3"><제1장
교량
참조>
"<br>"</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>구체1
구체2
…</td><td>상류측
하류측</td><td>좌안상류측
좌안하류측
우안상류측
우안하류측</td><td>상류측
하류측</td></tr>
<tr><td>상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>수문구체</td><td>물받이공</td><td>호안공</td><td>바닥보호공</td><td>접속교량</td></tr>
<tr><td rowspan="3">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td colspan="5">배수갑문, <방조제, 기전설비, 부대시설></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="5">하구둑</td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="5">-</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

○ 차량통행을 위한 접속교량은

개별시설로서 구분하고, 제1장 교량에 따라 평가한다.

1) 1단계 평가 : 부재별 손상상태 평가표 작성

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

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

[표 6.63] 부재(부위)별 손상상태 평가표 (예)

부위(망번호) / 개별부재	복합부재 / 개별시설물	표번호
좌측면 / 언주	*피어1*	*No. 1-1*

※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다.

조 사 결 과 표

번호	손상(결함)종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가결과
①	*균열*	*건조수축균열*	*폭(㎜)*길이(㎝)*		*b*
②	*균열*	*경사균열*	*폭(㎜)*길이(㎝)*		*c*
③	*층분리*	*배력철근을 따라 발생*	*면적(㎡)*		*c*
④	*세굴*	*언주하부세굴*	*면적(㎡)*깊이(m)*		*b*
조사일자 : *20 . .*			조사자 : *홍길동, 김철수*		

2) 2단계 평가 : 개별부재 평가표 작성

제체 및 수로터널 등과 같이 길거나 또는 면적이 넓은 슬래브는 이를 1개의 개별부재로 평가할 경우 일부에 발생한 손상이 평가결과에 미치는 영향이 크다.

따라서 콘크리트 구조물에서는 그 손상이 부재에 영향을 미칠 수 있는 범위(길이 10~20m) 또는 수축이음부, 제체에서는 수백m 단위의 블록으로 구분하여 개별부재로서 평가한다.

개별부재별로 작성된 외관조사망도에 나타난 손상 및 결함을 평가유형별로 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분한다. 개별부재의 평가는 각각의 손상 및 결함에 대한 평가기준에 따른 평가점수(M)에 손상 및 결함이 부재의 안전에 미치는 영향을 반영한 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 산출한다. 산출된 결함 및 손상의 상태평가지수(E1) 중 최소값을 개별부재의 상태평가지수(E2) 및 상태평가 결과로 결정한다.

[표 6.64] 평가기준별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

평가기준별 평가지수 범위		구 분		영향계수 (F)				
평가기준	평가지수(E1~7,Es,Ec)	평가기준 (평가점수 : M)		a (5)	b (4)	c (3)	d (2)	e (1)
a b c d e	4.5 ≤ E1 ≤ 5.0 3.5 ≤ E1 < 4.5 2.5 ≤ E1 < 3.5 1.5 ≤ E1 < 2.5 1.0 ≤ E1 < 1.5	평가유형	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

결함 및 손상의 상태평가지수(E1) = M × F

여기서, M : 평가점수

F : 영향계수

개별부재의 상태평가지수(E2) = Min (다수의 E1 값)

○ 평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용한다.

[표 6.65] 개별부재 평가표 (예)

개 별 부 재 :	*언주*				표번호
1단계 표번호 :	*1-1, 1-2*				*2-1*
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수 M	영향계수 F	평가지수 E1=M*F
벽체의 기울기	중요결함	표 -	*4*	*1.0*	*4.0*
벽체의 과응력 균열	국부결함	표 -	*4*	*1.1*	*4.4*
벽체 콘크리트 파손	일반손상	표 -	*3*	*1.3*	*3.9*
1. 개별부재의 상태평가지수(E2) = Min (다수의 E1 값) =					***3.9***
2. 개별부재의 상태평가 결과 =					***b***

3) 3단계 평가 : 복합부재 평가표 작성

복합부재는 개별부재의 집합으로 주요부재와 보조부재로 구분할 수 있다.

복합부재의 평가는 개별부재가 복합부재의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영한다. 이때 개별부재의 중요도의 합이 100이 되도록 규정한다.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우

그 개별부재의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분한다.

○ 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우

규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있다. 또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응한 보정을 하기 위하여 조정계수를 사용한다.

복합부재의 평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재 전체의 안전성을 평가절하한다. 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다.

복합부재의 평가는 개별부재의 평가지수(E2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다.

복합부재의 상태평가지수(E3) = Σ(E2 × A × W) / Σ(A × W)

여기서, E2 : 개별부재의 상태평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 6.66] 평가지수에 따른 조정계수

평가기준	a	b	c	d	e
평가지수 (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

[표 6.67] 개별부재의 중요도 조정방법 (예)

구 분	권양기실	권양기대	문주	문소란	지수벽	언주	기초상판
중요도	5 ±1(20%)	10 ±2(20%)	20 ±4(20%)	15 ±3(20%)	15 ±3(20%)	20 ±4(20%)	15 ±3(20%)
중요도 (조정 후)	-	10*100/90 =11.11 ⇒ 11	20*100/90 =22.22 ⇒ 22	15*100/90 =16.6 ⇒ 16	15*100/90 =16.6 ⇒ 16	20*100/90 =22.22 ⇒ 22	15*100/90 =16.6 ⇒ 17

○ 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 부재가 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 6.68] 복합부재 평가표 (예)

복 합 부 재 :	*피어1*					표번호
2단계 표번호 :	*2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 2-7*					*No. 3-1*
개별부재	평가결과	평가지수 E2	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A*W	계산값 E2*A*W
권양기실	*b*	*3.9*	*2*	*10*	*20.0*	*78.0*
권양기대	*c*	*3.4*	*3*	*15*	*45.0*	*153.0*
문주	*b*	*3.6*	*2*	*15*	*30.0*	*108.0*
문소란	*c*	*3.6*	*2*	*15*	*30.0*	*108.0*
지수벽	*c*	*2.8*	*3*	*15*	*45.0*	*126.0*
언주	*b*	*3.6*	*2*	*15*	*30.0*	*108.0*
기초상판	*b*	*3.6*	*2*	*15*	*30.0*	*108.0*
합계(Σ)				*100*	*230.0*	*789.0*
<조사자 의견>						
1. 복합부재의 상태평가지수(E3)=Σ(E2*A*W)/Σ(A*W)=*789.0/230.0* =						***3.43***
2. 복합부재의 상태평가 결과 =						***c***

4) 4단계 평가 : 개별시설 평가표 작성

배수갑문의 수문구조물은 개별시설로서 동일기능을 수행하는 복합부재(피어1, 피어2, …)의 집합으로 구성되어 있다.

개별시설의 평가는 복합부재의 중요도는 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 규모(길이, 면적, 부피, Capacity 등)를 반영하여 개별시설의 상태평가지수(Ec)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다. 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성평가를 수행하여 종합평가 결과를 결정한다.

개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min + V1 ×V2

여기서, V1 = 0.3 ×(Max - Min)

V2 = Σ(E3 ×S) / (5 ×ΣS)

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최대값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최소값

[표 6.69] 개별시설 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

개 별 시 설 :	*수문구조물*			
3단계 표번호 :	*3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7*			
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E3*S
Pier1	*c*	*3.43*	*15*	*51.5*
Pier2	*b*	*3.50*	*15*	*52.5*
Pier3	*b*	*3.77*	*15*	*56.5*
Pier4	*b*	*3.67*	*15*	*55.1*
Pier5	*c*	*3.02*	*15*	*45.3*
Pier6	*c*	*3.19*	*15*	*47.9*
Pier7	*b*	*3.59*	*15*	*53.9*
합계(Σ)			*105.0*	*362.8*
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E3) 최대값 (Max. Value) =				*3.77*
2. 상태평가지수(E3) 최소값 (Min. Value) =				*3.02*
3. V1 = 0.3*(Max.-Min) = *0.3*(3.77-3.02) =*				*0.23*
4. V2 = Σ(E3*S) / (5*ΣS) = *362.8 / (5*105.0) =*				*0.69*
5. 개별시설의 상태평가지수(Ec)=Min.+V1*V2=*3.02+0.23*0.69* =				***3.18***
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				***c***

※ 본 예에서는 피어의 규모(S)가 동일하므로 배수갑문 종방향의 기초상판 길이 적용

다. 방조제

하구둑에서 방조제는 위치 및 단면형태에 따라 방조제1, 방조제2, … 등의 개별시설로 구분하고 이를 다시 1km 단위로 분할하여 구간1, 구간2 …등의 복합부재로 구분한다.

복합부재는 수백m 단위로 분할하여 블록1, 블록2 … 등의 개별부재로 구분한 후 그 중요도는 길이 등의 규모 비율을 적용하여 중요도의 합이 100이 되도록 한다.

외관조사망도는 개별부재에 대하여 작성하는 것을 원칙으로 하고 필요시 개별부재의 크기, 면적에 따라 부위(해측 사면, 호측 사면 등)별로 분할하여 작성한다.

다음 표는 방조제의 평가단계별 구분을 표시한다. 방조제의 상태평가 절차는 배수갑문 시설물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 6.70] 방조제의 평가단계별 구분

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분
평가구분		평가대상	
상태평가	1단계	상태변화※) (결함, 손상)	블록1 블록2 … – (해측사면 내측사면 제정부 접속도로 파라핏공 등)
	2단계	개별부재	
	3단계	복합부재	구간1 구간2 …
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	방조제1 방조제2 …
종합평가	5단계	복합시설	방조제 <배수갑문, 기전설비, 부대시설>
	6단계	통합시설	하구둑
	7단계	종합시설	–

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

라. 기계・전기설비

기전설비 시설물의 상태를 평가하기 위한 평가단계별 구분은 단경간(1련) 수문에 있는 기전설비를 개별시설에 해당하는 것으로 하고, 이를 권양기, 문비, 전기설비로 구분하여 복합부재로 평가한다.

또한 각각의 복합부재를 다음 표와 같이 개별부재로 분류하고, 설치되어 있는 개별부재의 중요도는 동일하게 적용한다. 4단계 평가시 규모는 복합부재의 중요도로써 정한다. 복합부재의 중요도는 권양기 30%, 문비 50%, 전기설비 20%를 적용한다. 책임기술자는 현장 여건에 따라 중요도를 20% 범위 내에서 조정할 수 있다.

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

기전설비의 상태평가 절차는 배수갑문 시설물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 6.71] 기전설비의 평가단계별 구분표

<table>
<tr><td colspan="3">평가단계별 구분</td><td rowspan="2" colspan="3">부재 및 시설물의 단계별 구분</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함, 손상)</td><td rowspan="2">-권양기
로프, 드럼
감속기, 제동장치

-문비
외판, 아암
보강재, 트러니언
수밀부
롤러부(가이드
플레이트포함)

-전기설비
현장제어반
전동기

(부위1, 부위2, …)</td><td rowspan="2">-권양기
로프, 드럼
감속기, 제동장치

-문비
외판, 아암
보강재, 트러니언
수밀부
롤러부(가이드
플레이트포함)

-전기설비
현장제어반
전동기

(부위1, 부위2, …)</td><td rowspan="2">…</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>권양기1
문비1
전기설비1</td><td>권양기2
문비2
전기설비2</td><td>…</td></tr>
<tr><td>상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>기전설비1</td><td>기전설비2</td><td>…</td></tr>
<tr><td rowspan="3">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td colspan="3">기전설비 <배수갑문, 방조제, 부대시설></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="3">하 구 둑</td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

6.5 안전성평가 기준 및 방법

6.5.1 일반

가. 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

① 방조제의 사면안정 해석

② 방조제의 침투수에 대한 안전성 해석

③ 방조제의 응력-변형 해석

④ 구조물의 내하력 해석

⑤ 구조물의 안정해석

⑥ 수리, 수문학적 안전성 해석

⑦ 시설물의 내진성 평가

⑧ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

나. 안전성평가의 적용

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

6.5.2 안전성평가 기준

가. 방조제 및 배수갑문

1) 침투수의 안전성 분석

침투수의 안전성 분석내용 중 침투누수량은 허용누수량이 설정되어 있다면 이를 기준으로 하여 비교·분석하고, 아울러 계측기록에 의한 실측자료와 비교·분석하여 안전성을 판정할 수 있다.

한편 일반적으로 허용누수량 설정에는 어려움이 있으며, 계측에 의한 누수량에는 강우 등의 외부 수량이 포함될 수 있으므로 해석에 따른 누수량으로 제체의 안전성을 판정할 때에는 기술자의 판단이 필요하다.

제체 및 기초는 침투를 완전히 차단할 수 없기 때문에 침투에 의한 침투수압, 동수경사가 어느 한도를 넘어서면 파이핑과 같은 파괴 요인이 되므로 신중한 검토와 대책이 필요하다. 이러한 파괴의 원인은 대상 재료의 불균일성이나 지질조건의 변화, 시공상 부주의 등에 의한 경우가 많으므로 이론적인 취급은 곤란하지만 보통은 침투유속의 한계치를 구하여 토립자의 이동 가능성을 검토하는 한계유속방법과 한계 동수경사를 구하여 파이핑의 발생가능성을 검토하는 한계동수경사방법으로 안전여부를 판정한다.

(가) 한계유속에 의한 방법은

제체 및 기초의 토립자 입경에 대하여 소류력에 의하여 입자가 밀려나가는 한계의 침투유속을 구하고 그 한계치를 넘으면 파이핑이 발생한다고 본다. 제체 및 기초지반에서의 침투유속은 다양한 수위조건 및 지층조건을 고려할 수 있는 해석적 방법으로 구하는 것이 유용하다. 한계치는 그 지층에서의 토립자 입경이나 투수계수를 이용하여 구할 수 있으며, 각 방법에 대한 타당성이 인정된다면 사용할 수 있다. 실제의 제체 토립자에는 여러 크기의 것이 혼합되어 있어 입경의 기준을 정하기 어려우므로 실유속과 비교할 때에는 입경에 대한 한계유속의 1/100 이하가 되도록 해야 한다. 한계유속 방법에 의한 침투수의 안전성은 실제 제체 및 기초지반에서의 침투유속에 대한 한계유속의 비로서 평가한다.

(나) 한계동수경사에 의한 방법은

입자형상, 입도분포 등은 고려하지 않고 유효응력이 영이 되는 조건을 생각하여 검토한다. 다음의 식으로 계산되는 한계동수경사에 대하여 Terzaghi의 간편법 및 유선망법, Harza의 유선망법 등의 방법으로 구하는 유출동수구배의 비로서 평가한다.

여러 유출동수구배 산정방법은 각 방법에 대한 타당성이 인정된다면 사용할 수 있다. 분사현상에 대한 저항력은 소성지수가 큰 재료일수록 큰 경향이 있으며 점착력이 없는 세립자의 한계동수경사(ic)는 0.5~0.8로 본다. 침투류 해석에 의하여 산출한 동수경사가 한계동수 경사의 1/2 이하가 되도록 해야 한다.

침투수의 안전성 분석내용 중 침투수 수압은 계측기록에 의한 실측자료와 비교·분석하여 안전성을 판정할 수 있다. 또한 제체내 간극수압 분포는 사면활동의 안전성 검토시 입력자료로 활용한다.

[표 6.72] 한계유속 기준표

재료번호	입경(㎜)	한계유속(㎝/s)
1	4.0～4.8	20.0
2	2.8～3.4	17.0
3	1.0～1.2	10.0
4	0.7～0.85	8.5
5	0.4～0.7	7.0
6	0.25～0.5	4.2
7	0.11～0.25	3.5
8	0.075～0.11	2.5
9	0.044～0.075	2.0

[표 6.73] 침투수의 안전성(파이핑) 검토에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	한계치의 100% 미만인 경우
b	4	-
c	3	한계치의 100% 이상 110% 미만인 경우
d	2	한계치의 110% 이상 130% 미만인 경우
e	1	한계치의 130% 이상인 경우

$$i_c = \frac{h}{d} = \frac{G_s - 1}{1 + e} = (1 - n)(G_s - 1)$$

ic : 한계동수경사

h : 저수지 전수두(m)

d : 분사지점의 수두(m)

Gs : 토립자의 비중

e : 흙의 간극비

n : 흙의 간극율

2) 사면활동의 안전성 분석

○ 제체 및 기초의 활동파괴에 대한 안전성의 검토에 고려되는 하중

자중, 정수압, 간극수압 및 지진관성력으로 하고 이를 저수지의 상태에 따라 적용

해야 한다.

○ 활동파괴에 대한 안정계산에 사용하는 제체의 자중

제체 완성직후, 정상침투시, 수위급강하시 등의 경우에 따라 단위체적 중량을 달리 하여야 하며, 실제 시험결과를 이용하는 것이 좋다.

○ 사면활동에 대한 안정계산

사면활동에 대한 안정계산은 크게 나누어 임계원에 의한 활동면법과 응력-변형해석법을 사용한다.

활동면법에는 블록해석법, 무한사면해석법, 평면해석법, 마찰원법 및 Ordinary, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer 등의 절편법 등이 있으므로 이중 적합한 것을 택하도록 한다.

응력-변형해석법은 제체 및 기초의 응력과 변형 등의 크기와 분포상태를 수치해석적인 방법으로 구하는 방법이다.

상기 안정계산에 의하여 제체의 안전성을 판단할 시는 최소안전율로 표시한다. 설계기준 안전율은 지구별, 노선별, 형태별로 다를 수 있고 또 설계자에 따라 다를 수 있으나, 특별한 경우를 제외하고는 방조제 완성 후의 단면은 1.2 이상을 기준으로 한다.

[표 6.74] 사면활동 안전성 검토에 대한 평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 100% 이상인 경우
b	4	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 100% 이상이거나 같으며 단면손실이 있는경우
c	3	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 90% 이상 100% 미만인 경우
d	2	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 75% 이상 90% 미만인 경우
e	1	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 75% 미만인 경우

3) 응력-변형의 안전성 분석

제체 및 기초에 대하여 응력-변형 해석을 실시한다. 실내 및 현장시험 등을 통하여 얻은 물성치를 기초로 하여 수치해석적인 방법으로 수행한다.

○ 응력-변형 해석을 실시하여야 할 필요가 있는 경우

- 제체가 높을 경우
- 각 죤의 물성치가 크게 다를 경우

- 변형이 큰 재료로 축조하는 경우
- 구조물과의 접합부가 긴 경우
- 내진설계를 하는 경우

제체는 산토, 점토, 모래, 자갈 등 자연재료를 이용하여 축조된 구조물로서 압축성을 가지고 있는 재료적 특성으로 인하여 성토 및 수위변화 등의 과정을 통하여 침하, 융기, 국부적인 응력집중 및 균열 등이 발생하게 된다. 따라서 재료특성, 성토속도, 제체 단면, 강도특성 등의 입력조건을 반영한 해석을 수행하여 변형량, 국부파괴 등을 분석, 지반거동에 따른 안전성을 평가한다.

응력-변형 해석에 의한 안전성 분석내용 중 산출되는 응력상태에 대해서는 국부적인 응력집중에 따른 국부파괴 가능성과 응력전이에 따른 토압저하와 수압에 의해 발생되는 파이핑 발생 가능성으로 제체의 안전성을 판단할 수 있다.

산출되는 응력상태에서 축차응력이 커 파괴상태에 다다르거나, 주응력이 수압보다 작을 경우에는 파이핑 발생가능성이 있으므로 응력상태에 따라 국부파괴 가능성 및 수압할렬 발생 가능성은 다음 표를 기준으로 평가한다.

[표 6.75] 응력-변형 해석에 따른 안전성 검토에 대한 평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	한계치의 100% 미만인 경우
b	-	-
c	3	한계치의 100% 이상 110% 미만인 경우
d	2	한계치의 110% 이상 130% 미만인 경우
e	1	한계치의 130% 이상인 경우

4) 수리·수문학적 안전성 평가

하구둑은 시설물의 특성상 제방의 둑마루 표고가 외조위로부터 여유고를 확보하고 있는지의 여부와 배수갑문이 내측으로부터 유입되는 홍수량을 배제시킬 수 있는 통수능력을 갖고 있는가를 모두 평가해야 한다. 평가 시에는 대상 시설물이 위치하고 있는 하천의 하천정비 기본계획 및 유역종합 치수계획 등 하천관리에 관한 상위개념의 최근 분석자료를 검토하여 수문학적 안전성 평가 자료로 활용하는 것을 기본으로 한다.

① 방조제 둑마루 표고 결정의 적정성

「하천설계기준(한국수자원학회, 2009)」에 의하면 둑마루 표고는 다음과 같이 산정된다.

둑마루표고 = 설계조위 + 파고(또는 처오름 높이) + 여유고

상기 식에서 각 항목의 결정은「하천설계기준(한국수자원학회, 2009)」, 「항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2005)」 및 「농지개량사업계획 설계기준(해면간척편)(농림수산부, 1991)」 등에 제시된 정의 및 산정방법에 의해 이루어진다. 방조제 둑마루 표고에 대한 적정성을 평가할 때는 침하로 인한 여유고의 감소(측량 또는 계측자료 분석 등 이용) 여부 뿐 아니라 자료 축적에 따라 가변적인 설계조위, 처오름 높이 등을 모두 고려해야 한다.

· 설계조위 : 설계조위는 구조물이 가장 위험하게 되는 조위로 하는 것이 원칙이다. 구조물의 목적에 따라, 그리고 같은 목적의 구조물이라도 설계 계산의 목적에 따라 다른 설계조위를 적용하는 경우가 있다. 예를 들면, 폭풍해일 대책시설에 있어서 마루높이는 월파량에 의하여 결정되므로 월파량이 최대가 되는 조위를 설계조위로 하지만, 안정계산에 있어서는 보다 낮은 조위에서도 위험한 경우가 있으므로 이 때에는 그 조위를 설계조위로 하여야 한다.

· 처오름 높이 : 파의 처오름 높이는 제체의 형상, 설치 위치 및 해저지형에 따라 적절히 산정한다. 자세한 산정방법은 상기 기준에 제시된 내용을 참조한다.

· 여유고 : 하구둑의 여유고는 구조물의 중요도, 유지관리, 구조물의 설치지점의 지질과 축조재료, 구조물의 기능 등에 따라 결정되나 1.0m 전후의 여유고를 둔다. 하구둑의 침하의 주요 원인은 성토제 및 기초지반의 압밀 등에 의하여 발생하는 것으로 공사완료 후 3년간의 침하량을 가산한다.

[표 6.76] 방조제 여유고의 적정성에 대한 평가기준

평가등급	평가점수	상태
a	5	둑마루 표고에 대한 여유고를 확보한 경우
b	4	둑마루 표고에 대한 여유고 부족분이 0～50%까지인 경우
c	3	둑마루 표고에 대한 여유고 부족분이 50～100%까지인 경우
d	2	둑마루 표고에 대한 여유고 부족분이 100～120%까지로 도파의 가능성이 있는 경우
e	1	둑마루 표고에 대한 여유고 부족분이 120%를 초과하여 도파로 인한 제방 안전성에 문제가 있을 경우

주) 상기 표에서 '여유고'는 과업 시점에서 변경된 조건 및 실측값을 고려하여 '둑마루 표고-조위-처오름 높이'한 값을 의미함.

② 배수갑문 방류능력에 대한 안전성

「댐설계기준(한국수자원학회, 2005)」에 의하면 방류 시 형성되는 월류수맥이 월류수면 상부구조물에 관하여 확보해야 할 여유고(상부구조물과 월류수맥 간 간격)는 다음과 같이 제시되어 있다.

· 월류수면 상부구조물의 여유고에 있어 계획홍수량이 방류되는 경우 월류부에 설치

되는 수문과 교각 구조물의 공간 높이는 월류수맥의 상부 경계면보다 1.5m 이상의 여유가 있도록 해야 한다. 단, 월류수심이 2.5m 이하일 경우에는 여유고를 1.0m 정도로 취할 수 있다.

· 이상 홍수량에 대해서는 이 여유고 제한에 의하지 않아도 좋으나, 흐름이 월류수면 상부 구조물에 직접 부딪히지 않게 여유를 갖도록 해야 한다.

하구둑의 경우 배수갑문 상부구조물은 대부분 공도교 형태로 이루어져 있으므로 갑문 방류 시 흐름이 상부구조물의 기능을 저해하지 않도록 유지되는 것이 바람직하기 때문에 상기 기준에 제시된 여유고 확보 기준에 따라 안전성 평가를 수행한다.

한편, 유입 홍수량에 대한 배수갑문 방류능력의 안전성을 평가하기 위해서는 홍수 유입수문곡선과 외조위 조건의 다양한 조합 및 배수갑문 규모 및 운영방식에 따라 결정되는 최고 내수위를 산정해야 한다. 이를 위해 필요한 자료는 다음과 같다.

· 설계 빈도에 대한 홍수 유입수문곡선

· 인근 기준 검조소 조위조건 및 조석 조화상수(국립해양조사원 제공)

· 극대 호우사상에 대한 실측 홍수 유입수문곡선 및 외조위 기록

· 기왕 최고 외조위 기록

· 대조평균만조위에 대한 설계조위 및 실측조위곡선

· 하구둑 직상류부 담수호 내용적 곡선(토사 퇴적 고려)

이 자료 중 주기적으로 변화하는 외조위 조건과 홍수 유입수문곡선이 맞물리는 특성에 따라 '고고조(HHW) 일치형', '고저조(HWH) 일치형', '저고조(LHW) 일치형', '저저조(LLW) 일치형' 등의 조합을 형성하여 내수위를 검토한다. 각 조합별로 검토된 내수위 중 최고수위가 시설물의 수문학적 안전성에 있어 가장 불리한 조건을 형성하므로 이 최고수위를 기준으로 배수갑문의 방류능력에 대한 안전성을 평가한다.

[표 6.77] 배수갑문 통한 방류 시 월류수면 상부구조물 여유고에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	검토 여유고가 기준 여유고 이상인 경우
b	4	검토 여유고가 기준 여유고 이하이나 월류수면이 상부 구조물과 부딪히지 않는 경우
c	3	월류수면이 상부 구조물과 부딪히나 월류하지 않고 안전성에 문제가 없다고 판단되는 경우
d	2	월류수면이 상부구조물을 월류하나 피해정도가 경미한 경우
e	1	월류수면이 상부구조물을 월류하고 피해정도가 중대한 경우

5) 콘크리트 구조물의 정적해석평가 기준

구조물은 구조물의 자중과 구조물에 작용하는 외력에 대하여 전도, 활동, 지지력에 대하여 안정해석과 구조체의 각 요소에 대한 응력에 대한 안전 해석을 하여야 한다. 이러한 안정 및 응력에 대한 안전 해석에 영향을 주는 인자들은 항상 일정한 값이 아니고 시간적, 환경적인 원인들에 의해 변화한다. 특히, 이상기후에 의한 홍수량의 증가, 양압력의 변화 등이 주요한 영향인자이며, 이들은 점차 계측 등의 전문화에 의해 분석 및 평가되어 실무에 적용되고 있다.

따라서 안정 및 응력에 대한 안전성 평가는 설계기준에서 제시되어 있는 기준에 의한 영향인자와 측정된 영향인자들을 적용하여 수행하는 것을 원칙으로 하고 그 이외의 추가적인 항목은 적정한 공인 기준에 따라 적용하며, 상시만수위, 계획홍수위, 최고수위 등에 대하여 적용하여야 한다.

(가) 전도에 대한 안정

하중 검토시 고려한 구조체 저면의 길이에 대하여 수직력과 수평력에 의한 합력이 중앙 1/3내에 작용하여 구조체 상류면에 연직방향의 인장응력이 발생하지 않도록 편심거리(e)는 구조체 저면 길이의 1/6이내 이어야 한다.

$$e = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

e : 구조체 저면 중심에서 합력의 작용점까지 편심거리(m)
L : 구조체 저면의 길이(m)
Mr : 저항 모멘트(N·m)
Mo : 전도 모멘트(N·m)
V : 수직력(N)

(나) 활동에 대한 안정

활동에 대하여 적용하는 순 전단강도는 암반과 콘크리트의 전단강도 중에서 작은 값을 취하고 실측을 원칙으로 하되, 불가능할 경우에는 설계기준의 값을 적용한다. 안전율은 4.0 이상으로 한다.

$$Fs = \frac{\tau_o \cdot L \cdot B + f \cdot \Sigma V}{\Sigma H}$$

Fs : 활동안전율
τo : 콘크리트 또는 암반의 전단강도(MPa)
L : 구조체 저면의 길이(m)
B : 하중계산시 고려한 구조체의 폭(m)
f : 콘크리트 또는 암반의 내부마찰계수
V : 수직력(N)
H : 수평력(N)

(다) 지지력에 대한 안정

지지력에 대한 안정조건은 상류측 선단에서의 인장응력은 발생하지 않도록 엄격히 제한하며, 그 이외의 부분은 허용 압축 및 인장응력을 넘지 않도록 한다.

$$\begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \end{pmatrix} = \frac{\Sigma V}{L \cdot B}\left\{1 \pm \frac{6e}{L}\right\}$$

q_1, q_2 : 지반반력 (MPa)

V : 수직력(N)

e : 구조체 저면중심에서 합력의 작용점까지의 편심거리(m)

L : 구조체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 적용한 구조체의 폭(m)

[표 6.78] 활동, 전도 및 지지력에 대한 평가 기준

평가 기준	평가 점수	상 태	
		활동	전도 및 지지력
a	5	활동에 대한 안전율이 4.0 이상일 경우	하중의 작용점이 편심거리 이내에 존재하여 상류측에 인장응력이 발생하지 않는 경우
b	4	-	-
c	3	활동에 대한 안전율이 3.5이상 4.0미만일 경우	하중의 작용점이 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 발생하나 허용인장응력의 1/2이내인 경우
d	2	활동에 대한 안전율이 2.5이상 3.5미만일 경우	하중의 작용점이 허용 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 허용인장응력 1/2 이상이나 허용응력 이내일 경우
e	1	활동에 대한 안전율이 2.5미만일 경우	하중의 작용점이 허용 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 허용인장응력을 초과할 경우

※ 안정성평가는 보수적인 측면에서 활동, 전도 및 지지력의 평가 등급 중 가장 낮은 평가등급을 안정성 평가 결과로 산정함.

(라) 정적 응력에 대한 안전

정적 해석은 정적상태시 구조물의 역학적 거동특성을 파악하여, 구조물에 발생하는 압축 및 인장응력을 허용응력과 비교 분석하여 안전성을 검토하고자 하였으며, 구조물에 작용하는 설계하중의 종류에는 여러 가지가 있으나 여건에 따라 선정 적용한다.

해석에 필요한 외력과 허용응력은 농지개량사업계획설계기준(해면간척편) 3.6.3항 및 콘크리트구조설계기준에 따르고,「댐 설계기준」,「콘크리트구조설계기준」및 「기존 시설물의 내진성능평가 및 향상요령」[1]에서 제시하고 있는 기준을 참고한다.

1) 국토해양부, 한국시설안전공단 : 2004년 5월 발행

[표 6.79] 구조물의 정적응력에 대한 안전성 평가기준

평가기준	평가 점수	안전성평가 기준	비 고
a	5	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상이 없는 경우	◦허용응력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$ ◦강도설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
b	4	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상(중요결함)이 있는 경우	
c	3	0.9 ≤SF(안전율) < 1	
d	2	0.75 ≤ SF(안전율) < 0.9	
e	1	SF(안전율) < 0.75	

6) 콘크리트 구조물의 내진해석평가 기준

구조물은 지진시 전도, 활동, 지지력에 대한 안정해석과 구조물의 각 요소에 대한 내진 응력에 대한 안전 해석을 하여야 한다. 이러한 안정 및 내진 응력에 대한 안전 해석에 영향을 주는 인자들은 항상 일정한 값이 아니고 시간적, 환경적인 원인들에 의해 변화한다. 특히, 지진의 발생 규모 및 빈도, 양압력의 변화 등이 주요한 영향인자이며, 이들은 점차 계측 등의 전문화에 의해 분석 및 평가되어 실무에 적용되고 있다.

따라서 안정 및 응력에 대한 안전성 평가는 기존시설물의 내진성능평가 및 향상요령에서 제시되어 있는 기준에 의한 영향인자와 측정된 영향인자들을 적용하여 수행하는 것을 원칙으로 하고 그 이외의 추가적인 항목은 적정한 공인 기준에 따라 적용한다.

또한 내진성능평가에서 고려하는 하중은 정적인 상태의 구조물에서 지진이 발생된 경우 구조물에 가해지는 하중들로 정적하중, 동수압, 지진하중이 있다. 정적하중은 상시만수위 및 PMF시에 대한 하중조건이 있으나, 지진은 확률적으로 발생하는 자연재해로 미래에 발생할 수 있는 지진을 고려하는 해석으로 PMF시 지진이 발생하는 것을 고려한 해석은 너무 과대한 해석으로 판단되어 상시만수위에서만 발생한다고 가정하고 내진성능평가를 수행한다.

(가) 전도에 대한 안정

하중검토시 고려한 구조체 저면의 길이에 대하여 수직력과 수평력에 의한 합력이 중앙 1/2내에 작용하여야 한다. 따라서, 편심거리(e)는 구조체 저면 길이의 1/4이내 이어야 한다.

$$e = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

e : 구조체 저면 중심에서 합력의 작용점까지 편심거리(m)

L : 구조체 저면의 길이(m)

Mr : 저항 모멘트(N·m)

Mo : 전도 모멘트(N·m)

V : 수직력(N)

(나) 활동에 대한 안정

활동에 대하여 적용하는 순 전단강도는 암반과 콘크리트의 전단강도 중에서 작은 값을 취하고 실측을 원칙으로 하되, 불가능할 경우에는 설계기준의 값을 적용한다. 안전율은 2.7 이상으로 한다.

$$Fs = \frac{\tau_o \cdot L \cdot B + f \cdot \Sigma V}{\Sigma H}$$

Fs : 활동안전율

τo : 콘크리트 또는 암반의 전단강도(MPa)

L : 구조체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 고려한 구조체의 폭(m)

f : 콘크리트 또는 암반의 내부마찰계수

V : 수직력(N)

H : 수평력(N)

(다) 지지력에 대한 안정

지지력에 대한 안정조건은 상류측 선단에서의 인장응력은 허용인장응력을 넘지 않토록 제한하며, 그 이외의 부분은 허용 압축 및 인장응력을 넘지 않도록 한다.

$$\begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \end{pmatrix} = \frac{\Sigma V}{L \cdot B}\left\{1 \pm \frac{6e}{L}\right\}$$

q_1, q_2 : 지반반력 (MPa)

V : 수직력(N)

e : 구조체 저면중심에서 합력의 작용점까지의 편심거리(m)

L : 구조체 저면의 길이(m)

B : 하중계산시 적용한 구조물의 폭(m)

[표 6.80] 전도 및 지지력에 대한 평가 기준

평가 기준	평가 점수	상 태	
		활동	전도 및 지지력
a	5	활동에 대한 안전율이 2.7 이상일 경우	하중의 작용점이 편심거리 이내에 존재하며 상류측에 인장응력이 허용인장응력 이내인 경우
b	4	-	-
c	3	활동에 대한 안전율이 2.2이상 2.7미만일 경우	하중의 작용점이 편심거리를 초과하나 상류측에 인장응력이 허용인장응력 이내인 경우
d	2	활동에 대한 안전율이 1.7이상 2.2미만일 경우	상류측에 인장응력이 허용인장응력 이상이나 균열응력 이내일 경우
e	1	활동에 대한 안전율이 1.7미만일 경우	상류측에 발생응력이 균열응력을 초과할 경우

※ 안정성평가는 보수적인 측면에서 활동, 전도 및 지지력의 평가 등급 중 가장 낮은 평가등급을 안정성 평가 결과로 산정함.

(라) 내진응력에 대한 안정

구조물의 내진성능평가는 「기존 시설물의 내진성능평가 및 향상요령(2004, 건교부)」에 의거 크게 예비평가, 1단계평가, 2단계평가로 구성된다.

농지개량사업계획설계기준(해면간척편) 3.6.3항 및 콘크리트구조설계기준에 따르고, 구조물에 작용하는 설계하중의 종류에는 여러 가지가 있으나 여건에 따라 선정 적용한다. 그러나 시특법에 의한 정기적인 정밀안전진단 대상시설물은 중요 구조물로 가장 정밀한 해석이 요구되므로 바로 2단계평가를 내진성능평가로 하여 수치해석을 수행한다.

[표 6.81] 구조물의 내진응력에 대한 안전성 평가기준

평가기준	평가 점수	상 태	비 고
a	5	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상이 없는 경우	◦허용응력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$ ◦강도설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
b	4	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상(중요결함)이 있는 경우	
c	3	0.9 ≤SF(안전율) < 1	
d	2	0.75 ≤ SF(안전율) < 0.9	
e	1	SF(안전율) < 0.75	

나. 기계・전기설비

기전설비의 안전성평가는 안전성에 문제가 있다고 판단되는 특별한 경우를 제외하고는 별도로 수행하지 않는다.

안전성평가를 수행할 경우에 동일규격의 설비가 다수 설치된 경우에는 취약한 설비를 선정하여 대표적으로 수행하며, 안전성평가 결과를 동일규격의 설비에 같이 적용한다.

제반설계서 또는 기존의 정밀안전진단 보고서가 있는 경우 이들을 검토하여 안전성을 판단하고 설계서 등이 없는 경우에는 주요부재에 대한 응력비 검토를 시행한다.

① 하중의 산출은 계획수위(하천정비 기본계획에 나와 있는 홍수위) 및 문비의 바닥고에 따라야한다.

② 주요부재는 굽힘응력, 전단응력, 처짐, 스킨플레이트 등에 대한 허용응력은 강재설비설계기준, 댐언시설기술기준, 수문・통문게이트설계요령 및 농지개량사업계획설계기준(해면간척편) 등을 참고하여 검토하여야한다.

③ 부재의 적용치수는 주로 설계도서를 기준으로 하고 특별한 경우(부식이 많이 진행한 경우 등)에는 실측값을 적용한다.

④ 안전성 평가는 부재의 휨, 전단 등에 대한 응력비(허용응력/발생력) 값에 따라 아래와 같이 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 6.82] 문비 구조검토에 대한 평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	산출된 응력비가 1.5 이상인 경우
b	4	산출된 응력비가 1.5 미만 1.1이상인 경우
c	3	산출된 응력비가 1.1 미만 1.0이상인 경우
d	2	산출된 응력비가 1.0 미만 0.9이상인 경우
e	1	산출된 응력비가 0.9미만인 경우나, 부식으로 단면손실이 있는 경우

※) 응력비는 부재의 허용응력/발생응력에 대한 비율로 산출한다.

6.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 일반

각종 해석을 통하여 안전성 평가기준에 따른 각각의 안전성평가 결과가 결정되면 이들을 종합하여 하나의 안전성평가 결과를 결정하기 위하여 본 평가체계에서 다음과 같은 수식을 사용한다.

이 수식에 의해 산출되는 안전성평가지수(Es)는 각 검토항목의 안전성평가 결과 중 가장 낮은 안전성평가 결과보다 다소 상향된 결과로 평가된다.

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

$$= L + 0.3(H-L), \qquad (N = 2)$$

여기서, N : 안전성 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 제외한 나머지 값들

검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가 결과를 하나의 검토항목으로 간주하여 위의 식에 의해 최종적인 전체 구조물의 안전성평가 결과를 결정할 수 있다.

안전성평가는 각 시설물의 개별부재 또는 복합부재에 대한 각종 해석 후 각각의 안전성 평가기준에 따른 안전성평가 결과를 결정한 후 위의 식으로 개별시설의 안전성평가지수를 산출한다.

또한 아래의 표에 제시된 안전성평가지수 범위에 따른 안전성평가 기준에 의해 개별시설의 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 6.83] 안전성평가지수에 따른 안전성평가 기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	안전성평가점수	비 고
4.5 ≤ Es ≤ 5.0	A	5	
3.5 ≤ Es 〈 4.5	B	4	
2.5 ≤ Es 〈 3.5	C	3	
1.5 ≤ Es 〈 2.5	D	2	
1.0 ≤ Es 〈 1.5	E	1	

하구둑 시설물에는 분야별로 크게 방조제, 배수(갑)문, 기계・전기설비 및 부대시설로 구분할 수 있으며, 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 안전성평가 결과 산정 절차를 시설물별로 구분하여 예시하였다.

나. 방조제

[표 6.84] 방조제 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 구조검토	-	-	3. 사면안정검토	*b*	*4*
2. 구조물안정검토	-	-	4. 응력-변형검토	*c*	*3*
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 Es = Min, N=2이면 Es = Min + 0.3 * (Max - Min) 1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 * (Max - Min) * Σ M / (5 * (N-2)) (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					*3.30*
3. 개별시설 안전성평가 결과 =					*C*

다. 배수갑문

[표 6.85] 배수갑문 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 구조해석	*a*	*5*	3. 수리수문해석	*d*	*2*
2. 구조물안정해석	*b*	*4*	4. 응력-변형해석	-	-
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 Es = Min, N=2이면 Es = Min + 0.3 * (Max - Min) 1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 * (Max - Min) * Σ M / (5 * (N-2)) (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					*2.72*
3. 개별시설 안전성평가 결과 =					*C*

라. 기계・전기설비

[표 6.86] 기전설비 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 휨	*a*	*5*			
2. 전단	*b*	*4*			
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 Es = Min, N=2이면 Es = Min + 0.3 * (Max − Min) 1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 * (Max − Min) * Σ M / (5 * (N−2)) = 3 + 0.3 * (5 − 3) * 4 / (5 * (3 − 2)) (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값) 2. 개별시설 안전성평가지수(Es) = *4.30* 3. 개별시설 안전성평가 결과 = *B*					

6.6 종합평가 기준 및 방법

6.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 6.87]의 종합평가지수($E_{4\sim7}$)에 따라 결정한다.

[표 6.87] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

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

6.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

평가대상 개별시설에 대하여 상태평가 및 안전성평가를 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 비교하여 작은 값을 종합평가를 위한 종합평가지수(E_4)로 결정한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 갈음하고, 종합평가지수(E_4)를 적용하여 개별시설의 종합평가 결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 종합평가를 실시한다.

나. 종합평가 결과 산정 방법

평가대상 시설물에 대하여 평가단계별 구분표에 따라 종합평가 결과 산정절차를 예시하였다.

1) 4단계 평가 : 개별시설 평가표 작성

시설물의 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 종합평가 결과를 결정하기 위해 시설물별 상태평가 및 안전성평가 결과로 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 사용하며 이 값 중에서 작은 값을 개별시설의 종합평가지수(E_4)로 적용한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 갈음하고 [표 6.87]에 따라 평가대상 시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

개별시설의 종합평가지수 (E_4) = Min(Ec, Es)

여기서, Ec : 개별시설의 상태평가지수

Es : 개별시설의 안전성평가지수

[표 6.88] 개별시설 평가표 (예)

개 별 시 설 :	*수문구조물*			*표번호*
3단계 표번호 :	*3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7*			*4-1*
복합부재명	평가결과	평가지수 E3	규 모(m) S	계산값 E3*S
Pier1	*c*	*3.43*	*15*	*51.5*
Pier2	*b*	*3.50*	*15*	*52.5*
Pier3	*b*	*3.77*	*15*	*56.5*
Pier4	*b*	*3.67*	*15*	*55.1*
Pier5	*c*	*3.02*	*15*	*45.3*
Pier6	*c*	*3.19*	*15*	*47.9*
Pier7	*b*	*3.59*	*15*	*53.9*
합계(∑)			*105.0*	*362.8*

<조사자 의견>

1. 상태평가지수(E3) 최대값 (Max. Value) =	*3.77*
2. 상태평가지수(E3) 최소값 (Min. Value) =	*3.02*
3. V1 = 0.3*(Max.-Min) = *0.3*(3.77-3.02) =*	*0.23*
4. V2 = ∑(E3*S) / (5*∑S) = *362.8 / (5*105.0) =*	*0.69*
5. 개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min.+V1*V2 = *3.02 + 0.23*0.69 =*	***3.18***
6. 개별시설의 상태평가 결과 =	*C*

안 전 성 평 가

평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 구조해석	*a*	*5*	3. 사면안정해석		
2. 구조물안정해석	*b*	*4*	4. 수리수문해석	*d*	*2*

<검토자 의견>

1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택
   1.1) N=1이면 Es = Min, N=2이면 Es = Min + 0.3 * (Max - Min)
   1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 * (Max - Min) * ∑ M / (5 * (N-2))
   (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) = ***2.72***
3. 개별시설 안전성평가 결과 = *C*

종 합 평 가

1. 개별시설 종합평가지수(E4) = 최소값 (Ec, Es) =	***2.72***
2. 개별시설 종합평가 결과 =	*C*

※ 본 예에서는 피어의 규모(S)가 동일하므로 배수갑문 종방향의 기초저판 길이 적용

2) 5단계 평가 : 복합시설 평가표 작성

배수갑문은 각각 기능이 다른 다수의 개별시설(수문구조물, 호안공, 물받이공, 바닥보호공, 접속교량 등)이 모여 홍수배제 및 조수방어라는 하나의 목적을 수행한다.

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

복합시설의 평가는 개별시설의 종합평가지수(E4)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합시설의 종합평가지수(E5)를 산출하고 종합평가 결과를 결정한다.

복합시설의 종합평가지수(E5) = Σ(E4 × A × W) / Σ(A × W)

여기서, E4 : 개별시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 6.89] 개별시설의 중요도 조정방법 (예)

구 분	수문구조물	물받이공	호안공 (옹벽 등)	바닥보호공	접속교량	비고
중요도	55 ±11(20%)	15 ±3(20%)	10 ±2(20%)	5 ±1.0(20%)	15 ±3.0(20%)	
중요도 (조정 후)	55*100/85 =64.7 ⇒ 65	15*100/85 =17.6 ⇒ 17	10*100/85 =11.8 ⇒ 12	5*100/85 =5.9 ⇒ 6	-	

※) 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 시설물이 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정 하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 6.90] 복합시설 평가표 (예)

복 합 시 설 :	*배수갑문*					표번호
4단계 표번호 :	*4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5*					*5-1*
개별시설	평가결과	평가지수 E4	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A*W	계산값 E4*A*W
수문구조물	*C*	*2.72*	*3*	*65*	*195.0*	*530.4*
물받이공	*C*	*3.20*	*3*	*17*	*51.0*	*163.2*
호안공(옹벽)	*C*	*3.27*	*3*	*12*	*36.0*	*117.7*
바닥보호공	*C*	*3.05*	*3*	*6*	*18.0*	*54.9*
접속교량						
합계(∑)				*100*	*300.0*	*866.2*

<조사자 의견>

1. 복합시설의 종합평가지수(E5)=∑(E4*A*W)/∑(A*W)=*866.2/300.0* = ***2.89***
2. 복합시설의 종합평가 결과 = ***C***

3) 6단계 평가 : 통합시설 평가표 작성

하구둑은 유지관리 특성이 다른 다수의 복합시설(배수갑문, 방조제, 기전설비)로 구성되어 하구둑의 설치목적인 조수방어 및 홍수배제를 수행하는 통합시설에 해당한다.

이들은 각각의 시설에 문제가 발생할 경우 통합시설의 안전과 목적수행에 미치는 영향은 차이가 발생할 수 있으므로 복합시설이 통합시설에 미치는 영향을 고려하여 그 중요도를 반영하며, 이때 복합시설의 중요도의 합은 100이 되도록 규정한다. 책임기술자는 복합시설의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 복합시설이 있는 경우

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

○ 중요도는 제시되어 있으나 해당 복합시설이 없는 경우

그 중요도를 나머지 복합시설에 가중 배분한다.

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

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

통합시설의 종합평가지수(E6) = Σ(E5 × A × W) / Σ(A × W)

여기서, E5 : 복합시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 6.91] 복합시설의 중요도 조정방법 (예)

구 분	배수(갑)문	방조제	기전설비	부대시설 (조작실 등)	비 고
중요도	55 ±11(20%)	30 ±6(20%)	12 ±2.4(20%)	3 ±0.6(20%)	
중요도 (조정 후)	55*100/97 =56.7 ⇒ 57	15*100/97 =30.9 ⇒ 31	10*100/97 =12.4 ⇒ 12	–	

※) 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 시설물이 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 6.92] 통합시설 평가표 (예)

통 합 시 설 :	*하구둑*					표번호
5단계 표번호 :	*5-1, 5-2, 5-3*					*No. 6-1*
복합시설	평가결과	평가지수 E5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A*W	계산값 E5*A*W
배수갑문	*C*	*2.89*	*3*	*57*	*171.0*	*494.2*
방조제	*C*	*3.19*	*3*	*31*	*93.0*	*296.7*
기전설비	*B*	*3.63*	*2*	*12*	*24.0*	*87.1*
합계(Σ)				*100*	*288.0*	*878.0*
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 종합평가지수(E6) = Σ(E5*A*W)/Σ(A*W)= *878.0/288.0*						***3.05***
2. 통합시설의 종합평가 결과 =						***C***

6.7 보수・보강 방법

하구둑 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

6.7.1 방조제

방조제 제체에서는 균열, 누수, 변형, 침하, 활동, 침식 그리고 풍화 등의 손상현상이 주요 대상이 된다.

일반적인 보수・보강방법은 다음같이 적용할 수 있다.

- ○ 그라우팅공법, 치환공법
- ○ 압성토공법
- ○ 말뚝공법
- ○ 아스팔트 및 점토차수공법
- ○ 쉬이트파일공법
- ○ 토목섬유공법

6.7.2 수문

수문의 상태를 진단하여 결함의 원인에 대해 안전성을 평가하고 가장 적절한 보수・보강방법을 제시하며, 필요시에는 작업순서를 흐름도로 나타내고 도면은 평면도, 정면도, 측면도를 작도하여 첨부한다.

6.7.3 콘크리트 구조물

토목구조물의 상태를 진단하여 결함의 원인에 대해 안전성을 평가하고 가장 적절한 보수・보강방법을 제시하며, 필요시에는 작업순서를 흐름도로 나타내고 도면은 평면도, 정면도, 측면도를 작도하여 첨부한다.

6.7.4 전기설비

전기설비의 상태평가에 의해 손상 및 기기불량으로 판단되는 경우 주동력 기기의 정상가동 또는 주전원설비 시스템의 안전 확보를 위해 즉시 교체하도록 하고 경미한 손상에 대해서는 장래 유지보수 계획에 반영하여 보수하도록 한다.

제7장 수 문

7.1 관리일반

7.2 현장조사

7.3 재료시험 항목 및 수량

7.4 상태평가 기준 및 방법

7.5 안전성평가 기준 및 방법

7.6 종합평가 기준 및 방법

7.7 보수·보강 방법

제7장 수문

7.1 관리일반

7.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 하천 시설물에 적용한다.

○ 1종 시설물

- 특별시·광역시 안에 있는 국가 하천의 수문 및 통문

○ 2종 시설물

- 시 안에 있는 국가하천의 수문 및 통문
- 특별시·광역시 안에 있는 지방하천의 수문 및 통문

수문 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전 협의하여 적용 할 수 있다.

※ 하수암거 및 우수암거의 안전점검 및 정밀안전진단 실시는 본 장의 암거에 대한 안전점검 및 정밀안전진단 요령을 준용할 수 있다.

7.1.2 용어 정의

○수문

본류를 횡단하거나, 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치된 문비(문짝)를 가진 구조물을 말한다.

○ 통문

하천의 통문은 제방을 관통하여 설치한 사각형 단면의 수로로서 문비(문짝)를 가진 구조물을 말한다.

7.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

수문 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 7.1]과 같다.

[표 7.1] 수문 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

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

7.1.4 중대한 결함의 정도

수문 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 7.24] 기초세굴에 대한 상태평가 기준에서 “d” 이하인 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 중성화(탄산화)에 따른 내력손실

○ [표 7.27]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 7.28]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 [표 7.21]의 철근노출 상태평가 기준에서 “e”를 포함하는 경우

3) 수문의 작동불량(하천)

○ [표 7.33]의 문비 작동여부에 대한 상태평가 기준에서 “d” 이하인 경우

※ 1), 3)항의 상태변화에 대한 평가유형은 중요결함이며, 2)항의 상태변화에 대한 평가유형은 국부결함으로 분류하고 있다.

7.2 현장조사

7.2.1 시설물의 점검사항

가. 시설물의 결함 및 손상

1) 수문 구조물

[표 7.2] 수문 구조물의 결함 및 손상 종류

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

2) 문비

[표 7.3] 문비의 결함 및 손상 종류

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

3) 기계설비

[표 7.4] 기계설비의 결함 및 손상 종류

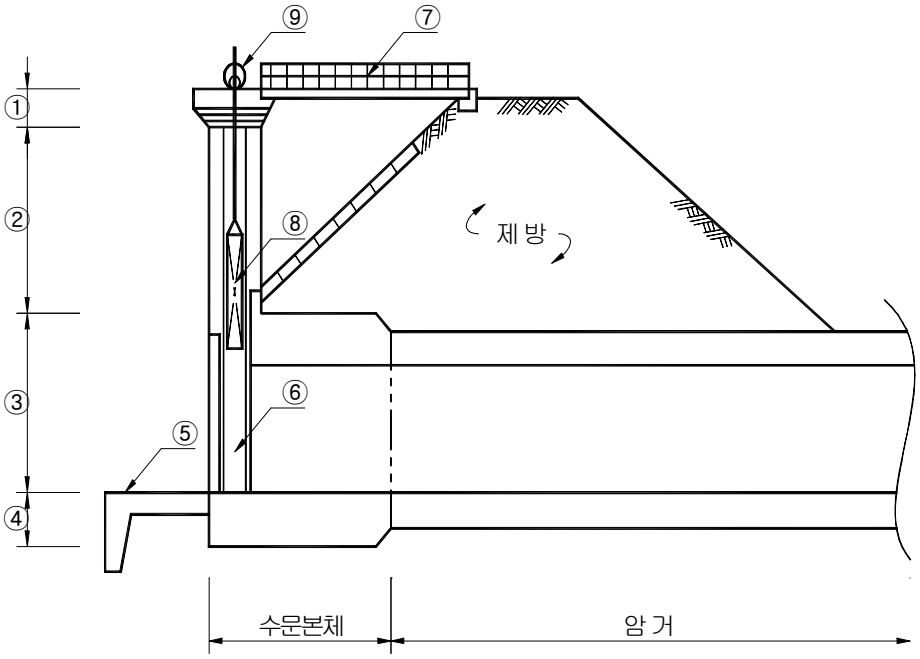
세부시설	결함 및 손상	비 고
권양기	작동여부	
	와이어로프의 손상	
	랙바의 손상	
	마찰부 손상	

나. 정밀안전진단의 조사항목

정밀안전진단의 일반적인 진단 조사항목을 외관조사항목, 내구성조사항목 및 기타항목으로 구분하여 [표 7.5]에 제시하였다.

[표 7.5] 수문의 일반적인 정밀안전진단 조사항목

외관조사 항목	내구성조사 항목	기 타 항 목
○ 콘크리트 : 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화 등 ○ 강재 : 부식, 피로균열, 도장손상 등 ○ 구조물 : 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 : - 비파괴시험(반발경도법, 초음파법) - 파괴시험(코어채취시험법) ○ 철근탐사 : 배근간격 등 ○ 콘크리트 탄산화깊이 ○ 콘크리트 염화물함량 ○ 강재시험	○ 각종 기기의 작동시험



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

[그림 7.1] 수문 부재의 명칭

7.2.2 시설물 현장조사 요령

가. 시설물별 외관조사 요령

수문의 안전점검 및 정밀안전진단은 수문을 포함한 암거 등의 구조물에 대한 노후화된 부재와 결함의 형태 등을 파악하고, 기능상의 문제점 점검을 위한 수문의 조작과 구조적 또는 수리학적 문제점을 조사한다.

아울러 안전점검 및 정밀안전진단 실시에서 책임기술자는 수중조사에 대한 필요성 여부를 판단하여 시행하여야한다.

1) 수문 및 암거

① 수문과 암거의 노후화도 조사를 위하여 외관조사로 콘크리트 구조물의 균열, 박리, 층분리, 백태, 누수, 부등침하, 손상 등을 조사한다.

② 노출된 콘크리트 및 강재 구조물의 취약부에 대해서는 재료시험에 의거 현장시험을 실시하여, 구조물의 결함과 노후화 상태를 조사한다.

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

2) 문비

① 문비 및 문틀의 주부재 변형여부, 지수고무의 열화여부, 동판의 탈락・변형여부, 도장상태, 볼트・너트의 이완상태를 각 문비별로 조사

② 수문의 대표 문비를 선정하여 수평형의 배치간격, 사용부재, 문비의 크기 등 실제 치수를 측정

3) 제방 및 부대시설

① 제방 및 부대시설의 안전점검 범위는 수문 설치부근(전후 20m)으로 한다.

② 제방의 안전점검은 「제8장 제방」을 준용하여 실시한다.

4) 기계설비

(가) 외관조사

○ 권양기의 구동부인 커플링부, 베어링부의 조사를 실시하며, 그리스주유 여부도 조사

○ 기계설비의 손상상태평가표는 복합부재에 대하여 작성하며, 주로 손상상태를 기록하고 필요한 경우에만 개략도를 포함하여 작성

(나) 작동시험

○ 문비의 작동시험은 권양기와 문비, 문틀의 정상적인 작동여부를 판단하는 것으로 각 문비별로 작동과 관련된 구동부의 특별한 소음발생여부, 수문의 개도계의 오차여부, 자동정지 여부, 자동 및 수동작동 가능여부를 기록한다.

○ 문비의 작동과 관련하여 권양기 모터의 작동상태, 핸드레버 관리상태 또는 문비 지수판 고무의 부식 및 훼손 등을 파악하고 문틀의 노후화 상태를 기록한다.

나. 현황측량 요령

1) 현황측량

○ 수문과 인접지역(수문구조물 폭 + 하천 상하류 총20m)의 종평면도를 작성할 수 있도록 현황측량을 실시

○ 평면도 작성을 위한 측량

시설물의 배치상황을 알 수 있는 정도로 실시

○ 종단면도 작성을 위한 측량

암거상부에 작용하는 하중조건을 상세히 알 수 있는 정도로 실시

○ 수준측량

기존의 측량자료가 있으면 이를 인용하고, 없으면 인근의 도근점에서부터 표고를 측량하여 수문 주요부의 표고를 확정

2) 외관조사망도 구성

○ 외관조사망도 작성 시 문비를 지지하는 구조물인 수문본체는 경간(련수)을 기준으로 본체1, 본체2, … 등의 복합부재로 구분하고, 이를 조작대, 문기둥, 보기둥, 문틀, 기초상판 등의 개별부재로 구분하여 각 개별부재를 1개 외관조사망도로 구성한다.

○ 암거의 경우 신축이음 등의 구조적 불연속지점을 기준으로 암거를 분할 후 각각을 개별부재로 구분하고 1개 외관조사망도로 구성한다.

7.3 재료시험 항목 및 수량

7.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 7.6] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
수문 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 초음파전달속도 – 국부파괴법 : 코어강도 등 ○ 철근배근 상태조사
문 비	–	○ 강재 초음파두께측정
기계설비	–	○ 수문 및 각종기기 시험

[표 7.7] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	수문 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	수문 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 – 초음파전달속도시험	○ 기본과업 반발경도시험과 동일 적용
		○ 콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취시험	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	문 비	○ 도막두께측정	○ 도장 및 부식상태 파악
	기계설비	○ 각종기기 시험	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시 ○ 주요외관조사 및 허용기준 초과 여부

나. 재료시험 기준수량

[표 7.8] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
반발경도시험	○ 수문본체 : 1회	· 관리교 포함
	○ 암거 길이 40m당 1회	· 날개벽 및 물받이 포함
탄산화 깊이 측정	< 상 동 >	

[표 7.9] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
초음파 전달속도시험	○ 수문본체 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 관리교 포함
	○ 암거 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 날개벽 및 물받이 포함
코어채취[1)]	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강도 및 염화물함유량 시험 등
철근탐사시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
강재 초음파두께측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 문비 스킨플레이트 두께
수문 시험[2)]	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화 되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취한다.
코어에 대한 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다.
또한 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

주2) 수문에 대한 시험은 관리주체와 협의하여 실시

7.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 7.10] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
현 황	○ 현황측량	○ 기초 · 지반시험
수문 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 – 철근 배근상태/ 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 균열깊이 조사 ○ 콘크리트 염화물함유량[1)]	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조
문 비	○ 초음파두께측정	○ 용접부 결함탐사
기계설비	○ 수문 작동유무	○ 수문기계조사시험 –와이어로프 직경측정(정지시) –소음 · 진동 측정 –주요마찰부 작동확인 (베어링, 기어, 롤러)

주1) [표 7.6] 콘크리트 염화물 함유량 참조

[표 7.11] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	현황	○ 현황측량	○ 종・평면도 작성 ○ 시설물 배치 상황 파악
	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
		○ 균열깊이 조사	○ 발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○ 허용균열폭과의 비교・검토
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	문 비	○ 초음파두께측정	○ 강재의 부식정도 파악
	기계설비	○ 수문작동 유무[1)]	○ 자동 및 수동작동 가능여부 등 판단
선택 과업	현황	○ 기초・지반시험	○ 구조물 손상의 원인 규명
	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 콘크리트 물성 및 미세구조	○ 강도, 수분함량 등
	문비	○ 강재용접부 조사	○ 강재용접 결함(균열 등) 평가 ○ 자분탐상 또는 초음파탐상 등
	기계설비	○ 수문기계조사시험	○ 와이어로프 허용 감소량 초과여부 ○ 소음・진동 허용범위 초과여부 ○ 주요마찰부 정상작동 여부

주1) 수문의 작동가능여부에 대한 육안관찰을 말하며, 이에 대한 평가는 [표 7.33] 문비 작동불량에 대한 상태평가 기준에 의한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 7.12] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
현황측량[1)]	○ 수문구조물 폭 + 하천 상하류 20m	
반발경도시험	○ 수문본체 : 2회 (관리교 포함) ○ 암거 길이 40m당 1회 (날개벽 및 물받이 포함)	· 동일부위 시험
초음파전달속도 시험		· 동일부위 시험
철근탐사시험		
탄산화 깊이 측정		
균열깊이 조사 및 염화물함유량 시험	○ 책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	· 상태평가 기준 참조
강재 초음파두께측정	○ 각 문비별 스킨플레이트 부식 부분 : 3개소 (1개소당 4번 측정)	· 문비 스킨플레이트 두께
수문작동 유무[2)]	○ 각 문비별 1회	

주1) 수문시설물의 배치사항 전반이 나타나도록 종·평면도 작성
현황측량 시 수준측량은 기존의 측량자료가 있으면 이를 인용하고,
없으면 인근의 도근점에서부터 표고를 측량하여 수문의 주요부의 표고를 확정한다.
단, 기존 현황측량결과가 있으면 이를 인용한다.

주2) 관리주체와 책임기술자의 협의결과에 따라 실시여부를 결정한다.

[표 7.13] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
기초·지반시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
코어채취[1)]	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강도 등
강재 용접결함 탐상	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 자분 또는 초음파탐상
수문기계조사시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취한다.
코어에 대한 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시한다.
또한 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

7.4 상태평가 기준 및 방법

7.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

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

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

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

② 국부결함

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

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

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

[표 7.14] 수문 구조물의 상태변화에 따른 평가유형 및 영향계수

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

[표 7.15] 문비의 결함 및 손상에 따른 평가유형

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

[표 7.16] 기계설비의 결함 및 손상에 따른 평가유형

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

나. 상태평가 항목 및 기준

1) 수문 구조물

[표 7.17] 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, 콘크리트구조설계 기준(2007)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15～0.25㎜ 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3～0.4㎜ 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설 정하였다.

[표 7.18] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

※) 수처리 구조물 → 하수 접촉 구조물

주) 균열 면적율 산정방법

제1장 교량 [표1.11] 참조

[표 7.19] 백태 및 누수에 대한 상태평가 기준

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

※) 백태, 박락에 대한 면적율 산정 방법
면적율은 결함 및 손상의 상태평가 기준에 별도로 정하지 않은 경우에 다음을 적용한다.

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

[표 7.20] 박락, 층분리에 대한 상태평가 기준

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

[표 7.21] 철근노출에 대한 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "e"이고, [표 7.27](탄산화) 또는 [표 7.28](염화물)의 상태평가 결과가 "d"이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

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

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

[표 7.22] 파손에 대한 상태평가 기준

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

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

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

[표 7.23] 배수지장에 대한 상태평가 기준

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

[표 7.24] 기초세굴에 대한 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "d" 이하의 경우 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 7.25] 부재 변형에 대한 상태평가 기준

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

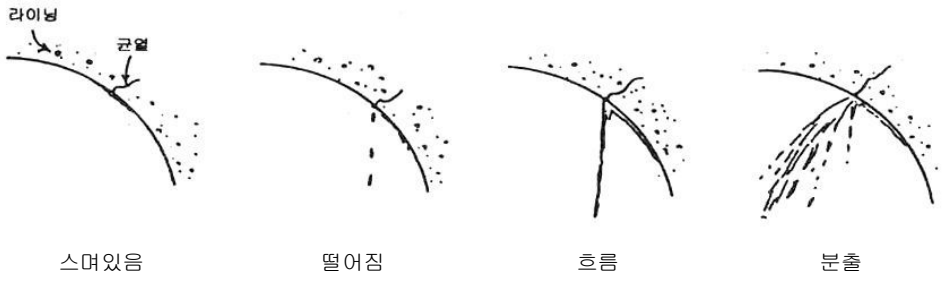
[표 7.26] 신축이음불량에 대한 상태평가 기준

<table>
<tr><th>평가기준
(점수)
구 분</th><th>a
(5)</th><th>b
(4)</th><th>c
(3)</th><th>d
(2)</th><th>e
(1)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">신축이음 불량
(이음부 이격,
파손)</td><td>신축이음을
통한 누수가
없음</td><td>신축이음을 통해
물이 스며들고
있음

(또는 가능성이 있음)</td><td>신축이음을
통해 물이
떨어짐

(또는 가능성이
있음)</td><td>신축이음을
통해 물이
흐름

(또는 가능성이
있음)</td><td>신축이음을
통해 물이
분출됨

(또는 가능성이
있음)</td></tr>
<tr><td colspan="5"> 
</td></tr>
</table>

[표 7.27] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 7.21](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※제1장 교량 표[1.26] 참조

[표 7.28] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○ 염화물 ≤ 0.3kg/m^3	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 0.3kg/m^3<염화물<1.2kg/m^3	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음.
c	○ 1.2kg/m^3≤염화물< 2.5kg/m^3	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음.
d	○ 염화물 ≥ 2.5kg/m^3	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 7.21](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※제1장 교량 표[1.27] 참조

2) 문비

[표 7.29] 부식손상에 대한 상태평가 기준

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

[표 7.30] 문비변형에 대한 상태평가 기준

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

[표 7.31] 수밀부 누수에 대한 상태평가 기준

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

[표 7.32] 마찰부 손상(문비)에 대한 상태평가 기준

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

3) 기계설비

[표 7.33] 문비 작동여부에 대한 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "d" 이하의 경우 7.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 7.34] 와이어로프 손상에 대한 상태평가 기준

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

주 1) 크레인 안전 규칙 참조

[표 7.35] 랙바 손상에 대한 상태평가 기준

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

[표 7.36] 마찰부(베어링, 크러치, 커프링)에 대한 상태평가 기준

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

7.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 수문 시설물 평가 단계별 절차

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

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



[그림 7.2] 수문 시설물 평가 단계별 절차

나. 수문 구조물

○ 수문 구조물 상태평가

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

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

[표 7.37] 수문 구조물의 평가단계별 구분표 (예)

<table>
<tr><td colspan="2">평가단계별 구분</td><td rowspan="2">부재 및 시설물의 구분</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함, 손상)</td><td rowspan="2">조작대
문기둥
보기둥
문틀
기초상판

(좌측면,
우측면,…)</td><td rowspan="2">블록1
블록2
…</td><td rowspan="2">블록1
블록2
…</td><td rowspan="2">구간1
구간2
…

(좌측면,
우측면,…)</td><td rowspan="2">-상부구조
경간슬래브1
경간슬래브2
…

-하부구조
교대1,…
교각1,…</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>본체1
본체2
…</td><td>상류측
하류측</td><td>좌안상류측
좌안하류측
우안상류측
우안하류측</td><td>암거1
암거2
…</td><td>상부구조
하부구조</td></tr>
<tr><td>상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>수문본체</td><td>물받이공</td><td>날개벽</td><td>암거</td><td>관리교량</td></tr>
<tr><td rowspan="3">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td colspan="5">수문 구조물, <문비></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="5">수 문</td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="5">-</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

○ 육갑문 구조물 상태평가

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

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

1) 1단계 평가 : 부재별 손상상태 평가표 작성

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

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

[표 7.38] 부재(부위)별 손상상태 평가표 (예)

부위(망번호) / 개별부재	복합부재 / 개별시설	표번호
좌측면 / 조작대	*본체1 / 수문본체*	*No. 1-1*

※ 필요시 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 작성한다.

조 사 결 과 표

번호	손상(결함)종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가결과
①	*균열*	*건조수축균열*	*폭(㎜)*길이(㎝)*	*0.2*150*	*b*
②	*균열*	*구조적균열*	*폭(㎜)*길이(㎝)*	*0.3*230*	*c*
③	*박락*	*배력철근을 따라 발생*	*면적(㎡)*	*15.0*	*d*
④	*기초세굴*	*보기둥하부세굴*	*면적(㎡)*깊이(m)*	*8.5*0.08*	*d*
조사일자 : *2008. 7. 19*			조사자 : *홍길동, 김철수*		

2) 2단계 평가 : 개별부재 평가표 작성

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

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

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

[표 7.39] 평가기준별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

평가기준별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수				
평가기준	평가지수 ($E_{1\sim7}$,Es,Ec)	평가기준에 따른 평가점수		a:5	b:4	c:3	d:2	e:1
a b c d e	$4.5 \leq E_1 \leq 5.0$ $3.5 \leq E_1 < 4.5$ $2.5 \leq E_1 < 3.5$ $1.5 \leq E_1 < 2.5$ $1.0 \leq E_1 < 1.5$	평가유형	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

결함 및 손상의 상태평가지수(E1) = M × F

여기서, M : 평가점수, F : 영향계수

개별부재의 상태평가지수(E2) = Min (다수의 E1 값)

평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용한다.

[표 7.40] 개별부재 평가표 (예)

개 별 부 재 :	*조작대 / 본체1*				표번호
1단계 표번호 :	*1-1, 1-2*				*2-1*
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수 M	영향계수 F	평가지수 E_1=M*F
균열	중요결함	표 -	*3*	*1.0*	*3.0*
박락	국부결함	표 -	*4*	*1.1*	*4.4*
누수	일반손상	표 -	*3*	*1.3*	*3.9*
1. 개별부재의 상태평가지수(E_2) = 상태평가지수 E_1 중 최소값 =					***3.0***
2. 개별부재의 상태평가 결과 =					***c***

3) 3단계 평가 : 복합부재 평가표 작성

복합부재는 개별부재의 집합으로 주요부재와 보조부재로 구분할 수 있다.

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

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

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

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

여기서, E2 : 개별부재의 상태평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 7.41] 평가지수에 따른 조정계수

평가기준	a	b	c	d	e
평가지수 ($E_{1\sim7}$, 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

[표 7.42] 개별부재의 중요도 조정 방법 (예)

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

* 중요도 조정 방법은 특정한 부재가 추가되거나 제외되는 경우에 복합부재의 중요도를 100으로 환산하는데 이용하는 방법임.

[표 7.43] 복합부재 평가표 (예)

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

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

4) 4단계 평가 : 개별시설 평가표 작성

수문 구조물의 개별시설은 동일기능을 수행하는 복합부재의 집합으로 구성되어 있다.

개별시설의 평가는 복합부재의 중요도는 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 규모(길이, 면적, 부피, Capacity 등)를 반영하여 개별시설의 상태평가지수(Ec)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다. 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성평가를 수행하여 종합평가 결과를 결정한다.

개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min + V1 ×V2

여기서, V1 = 0.3 ×(Max - Min)

V2 = Σ(E3 ×S) / (5 ×ΣS)

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최대값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최소값

[표 7.44] 개별시설 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

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

다. 문비 및 기계설비

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

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

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

문비 및 기계설비에 대한 상태평가 절차는 수문본체 구조물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 7.45] 문비 및 기계설비의 평가단계별 구분표 (예)

<table>
<tr><th colspan="3">평가단계별 구분</th><th rowspan="2" colspan="3">부재 및 시설물의 단계별 구분</th></tr>
<tr><th colspan="2">평가구분</th><th>평가대상</th></tr>
<tr><td rowspan="3">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함, 손상)</td><td rowspan="2">-권양기
로프
드럼
감속기
제동장치

-문비
외판
보강재
수밀부
롤러부(가이드
플레이트포함)

(부위1, 부위2
…)</td><td rowspan="2">-권양기
로프
드럼
감속기
제동장치

-문비
외판
보강재
수밀부
롤러부(가이드
플레이트포함)

(부위1, 부위2
…)</td><td rowspan="2">…</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>권양기1
문비1</td><td>권양기2
문비2</td><td>…</td></tr>
<tr><td>상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설</td><td>문비 및
기계설비 1</td><td>문비 및
기계설비 2</td><td>…</td></tr>
<tr><td rowspan="3">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설</td><td colspan="3">문비, 기계설비, <수문 구조물></td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설</td><td colspan="3">-</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

7.5 안전성평가 기준 및 방법

7.5.1 일반

가. 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

① 비파괴 시험결과 분석

② 토질조사 등의 결과 분석

③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석

④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석

⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

나. 안전성평가의 적용

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

7.5.2 안전성평가 기준

가. 수문 구조물

1) 수문 구조물의 안전성평가

○ 제반 설계서 또는 기존 정밀안전진단 보고서의 내하력 검토결과가 있는 경우

이들을 검토하여 구조물의 구조적 안전성을 판단한다.

○ 설계서 등이 없는 경우

주요부재에 대한 내하력 검토를 시행한다. 이때, 내하력 검토는 주요 구조부재 중 취약부재를 선택하여 시행한다.

2) 내하력 검토

내하력 검토는 콘크리트구조설계기준에 있는 강도설계법에 의해 검토하는 것으로 하며, 이때, 강도감소계수와 하중계수는 기존시설의 안전성평가 내용에서 정한 바를 따른다.

3) 토압

토압은 토질조사에 근거하여 산출하는 것이 기본이나 토질조사결과가 없는 경우에는 구조물기초설계기준('97, 건교부) 등에 나와 있는 일반적인 토사에 대한 값을 취해 토압을 산정한다.

암거의 경우에 암거 주위의 교통하중에 의한 추가하중은 지하철설계기준(서울시) 등에 나와 있는 DB하중의 지하공간에서의 분포값을 취해 산출한다.

4) 수문본체

수문본체의 경우 자중, 권양하중, 풍압, 활하중 등을 고려하며, 이들 하중의 산출은 도로교설계기준('05, 한국도로교통협회) 등을 참조하고, 홍수위는 기존의 하천정비기본계획 등에 나와 있는 홍수위를 취하며, 홍수 시 지하수위는 홍수위와 동일하게 형성된다고 가정한다.

5) 구조계산

구조계산은 탄성해석을 실시한다.

지지조건은 토질조사 결과가 있는 경우에는 지반스프링을 취하며(도로교설계기준 참조), 토질조사 결과가 없는 경우에는 힌지와 롤러로서 취한다.

6) 단면 내하력 검토

단면의 내하력 검토는 휨, 전단 등에 대해 검토하며, 이때, 설계도면이 있으면 설계도면에 따르고 설계도면이 없는 경우엔 하천구조물표준도('83, 건설부) 등을 참조하여 내하력 검토를 실시한다.

내하력 검토 후 휨, 전단 등에 대한 내하율(내하력/발생력) 값에 따라 아래와 같이 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 7.46] 내하율에 의한 안전성평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	산출된 내하율이 1.0 이상인 경우
b	4	산출된 내하율이 1.0 이상인 경우이나 주요부재의 단면손실이 있는 경우
c	3	산출된 내하율이 1.0 미만 0.9이상인 경우
d	2	산출된 내하율이 0.9 미만 0.75이상인 경우
e	1	산출된 내하율이 0.75미만인 경우

수문의 조작대 표고가 홍수위보다 낮으면 홍수시 권양기 침수로 인하여 수문조작이 불가능할 수 있다. 조작대 표고는 필히 검증된 결과를 사용하며 홍수위는 하천정비기본계획상의 홍수위편을 참조하여 수문지점의 홍수위를 산출한다(직선보간법 등 사용). 조작대 표고와 수문지점의 홍수위 값에 따라 아래와 같이 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 7.47] 조작대 접근성에 대한 안전성평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	조작대 표고가 홍수위보다 높고, 접근로 표고도 홍수위보다 높은 경우
b	4	-
c	3	조작대 표고가 홍수위보다 높으나, 접근로 표고가 홍수위보다 낮은 경우
d	2	조작대 표고가 홍수위보다 낮은 경우
e	1	-

나. 문비

문비에 대한 안전성평가는 안전성에 문제가 있다고 판단되는 특별한 경우를 제외하고는 별도로 수행하지 않는다.

안전성평가를 수행할 경우에 동일규격의 설비가 다수 설치된 경우에는 취약한 설비를 선정하여 대표적으로 수행하며, 안전성평가 결과를 동일규격의 설비에 같이 적용한다. 제반설계서 또는 기존의 정밀안전진단 보고서가 있는 경우 이들을 검토하여 안전성을 판단하고 설계서 등이 없는 경우에는 주요부재에 대한 응력비 검토를 시행한다.

① 하중의 산출은 계획수위(하천정비 기본계획에 나와 있는 홍수위) 및 문비의 바닥고에 따라야한다.

② 주요부재는 굽힘응력, 전단응력, 처짐, 스킨플레이트 등에 대한 허용응력은 강재설비설계기준, 댐언시설기술기준, 수문·통문게이트설계요령 및 농지개량사업계획설계기준(해면간척편) 등을 참고하여 검토하여야한다.

③ 부재의 적용치수는 주로 설계도서를 기준으로 하고, 특별한 경우(부식이 많이 진행한 경우 등)에는 실측값을 적용한다.

④ 안전성 평가는 부재의 휨, 전단 등에 대한 응력비(허용응력/발생응력) 값에 따라 아래와 같이 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 7.48] 문비 구조검토에 대한 안전성평가 기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	산출된 응력비가 1.5 이상인 경우
b	4	산출된 응력비가 1.5 미만 1.1이상인 경우
c	3	산출된 응력비가 1.1 미만 1.0이상인 경우
d	2	산출된 응력비가 1.0 미만 0.9이상인 경우
e	1	산출된 응력비가 0.9미만인 경우나, 부식으로 단면손실이 있는 경우

*) 응력비는 부재의 허용응력/발생응력에 대한 비율로 산출한다.

7.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 일반

각종 해석을 통하여 안전성 평가기준에 따른 각각의 안전성평가 결과가 결정되면 이들을 종합하여 하나의 안전성평가 결과를 결정하기 위하여 본 평가체계에서 다음과 같은 수식을 사용한다.

이 수식에 의해 산출되는 안전성평가지수(Es)는 각 검토항목의 안전성평가 결과 중 가장 낮은 안전성평가 결과보다 다소 상향된 결과로 평가된다.

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

$$= L + 0.3(H-L), \qquad (N = 2)$$

여기서, N : 안전성 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 제외한 나머지 값들

검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가 결과를 하나의 검토항목으로 간주하여 위의 식에 의해 최종적인 전체 구조물의 안전성평가 결과를 결정할 수 있다.

안전성평가는 각 시설물의 개별부재 또는 복합부재에 대한 각종 해석 후 각각의 안전성평가기준에 따른 안전성평가 결과를 결정한 후 위의 식으로 개별시설의 안전성평가지수를 산출한다.

또한 아래의 [표 7.49]에 제시된 안전성평가지수 범위에 따른 안전성평가 결과 기준에 의해 개별시설의 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 7.49] 안전성평가지수에 따른 안전성평가 기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	안전성평가점수	비 고
4.5 ≤ Es ≤ 5.0	A	5	
3.5 ≤ Es 〈 4.5	B	4	
2.5 ≤ Es 〈 3.5	C	3	
1.5 ≤ Es 〈 2.5	D	2	
1.0 ≤ Es 〈 1.5	E	1	

나. 수문 구조물 안전성평가 결과 산정 방법

[표 7.50] 수문본체 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 내하력	*a*	*5*	4. 기타 검토2	*b*	*4*
2. 조작대접근성	*b*	*4*	5. 기타 검토3	*d*	*2*
3. 기타 검토1	*c*	*3*			
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 Es = Min, N=2이면 Es = Min + 0.3 * (Max − Min) 1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 * (Max − Min) * ∑ M / (5 * (N−2)) (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					*2.66*
3. 개별시설 안전성평가 결과 =					*C*

다. 문비 안전성평가 결과 산정 방법

[표 7.51] 문비 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 휨	*a*	*5*			
2. 전단	*b*	*4*			
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 Es = Min, N=2이면 Es = Min + 0.3 * (Max − Min) 1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 * (Max − Min) * ∑ M / (5 * (N−2)) = 3 + 0.3 * (5 − 3) * 12 / (5 * (3 − 2)) (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					*4.30*
3. 개별시설 안전성평가 결과 =					*B*

7.6 종합평가 기준 및 방법

7.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교・검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 7.52]의 종합평가지수($E_{4\sim7}$)에 따라 결정한다.

[표 7.52] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

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

7.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

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

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

나. 종합평가 결과 산정 방법

평가대상 시설물에 대하여 평가단계별 구분표에 따라 종합평가 결과 산정절차를 예시하였다.

1) 4단계 평가 : 개별시설 평가표 작성

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

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 갈음하고 [표 7.52]에 따라 평가대상 시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

개별시설의 종합평가지수 (E4) = Min(Ec, Es)

여기서, Ec : 개별시설의 상태평가지수

Es : 개별시설의 안전성

[표 7.53] 개별시설 평가표 (예)

개 별 시 설 :	*수 문 본 체*	*표번호*
3단계 표번호 :	*3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7*	*4-1*

상 태 평 가

복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	규 모(m) S	계산값 E_3*S
본체1	*c*	*3.44*	*15*	*51.6*
본체2	*b*	*3.50*	*15*	*52.5*
본체3	*b*	*3.77*	*15*	*56.6*
본체4	*b*	*3.67*	*15*	*55.1*
본체5	*c*	*3.02*	*15*	*45.3*
본체6	*c*	*3.19*	*15*	*47.9*
본체7	*b*	*3.59*	*15*	*53.9*
합계(Σ)			*105.0*	*362.9*

<조사자 의견>

1. 상태평가지수(E_3) 최대값 (Max. Value) = *3.77*
2. 상태평가지수(E_3) 최소값 (Min. Value) = *3.02*
3. V_1 = 0.3*(Max.−Min) = *0.3*(3.77−3.02) =* *0.23*
4. V_2 = Σ(E_3*S) / (5*ΣS) = *362.9 / (5*105.0) =* *0.69*
5. 개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min.+V_1*V_2 = *3.02 + 0.23*0.69 =* ***3.18***
6. 개별시설의 상태평가 결과 = ***C***

안 전 성 평 가

평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 내하력	*a*	*5*	*4. 기타 검토2*	*b*	*4*
2. 조작대접근성	*b*	*4*	*5. 기타 검토3*	*d*	*2*
3. 기타 검토1	*c*	*3*			

<검토자 의견>

1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택
   1.1) N=1이면 Es = Min, N=2이면 Es = Min + 0.3 * (Max − Min)
   1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 * (Max − Min) * Σ M / (5 * (N−2))
   (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) = ***2.66***
3. 개별시설 안전성평가 결과 = ***C***

종 합 평 가

1. 개별시설 종합평가지수(E_4) = 최소값 (Ec, Es) = ***2.66***
2. 개별시설 종합평가 결과 = ***C***

2) 5단계 평가 : 복합시설 평가표 작성

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

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

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

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

복합시설의 종합평가지수(E5) = $\Sigma(E4 \times A \times W) / \Sigma(A \times W)$

여기서, E4 : 개별시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요

[표 7.54] 복합시설 평가표 (예)

복 합 시 설 :	*수문 구조물*					표번호
4단계 표번호 :	*4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5*					*5-1*
개별시설	평가결과	평가지수 E_4	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A*W	계산값 E_4*A*W
수문본체	*C*	*2.66*	*3*	*40*	*120.0*	*319.2*
물받이공	*C*	*3.20*	*3*	*7*	*21.0*	*67.2*
날개벽	*C*	*3.27*	*3*	*10*	*30.0*	*98.1*
암거	*C*	*3.05*	*3*	*40*	*120.0*	*366.0*
관리교량	*C*	*3.05*	*3*	*3*	*9.0*	*27.5*
합계(Σ)				*100*	*300.0*	*878.0*
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 종합평가지수(E_5) = $\Sigma(E_4*A*W)/\Sigma(A*W)$ = *878.0/300.0* =						***2.93***
2. 복합시설의 종합평가 결과 =						***C***

3) 6단계 평가 : 통합시설 평가표 작성

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

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 복합시설이 있는 경우

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

○ 중요도는 제시되어 있으나 해당 복합시설이 없는 경우

그 중요도를 나머지 복합시설에 가중 배분한다.

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

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

통합시설의 종합평가지수(E6) = $\Sigma(E5 \times A \times W) / \Sigma(A \times W)$

여기서, E5 : 복합시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 7.55] 복합시설의 중요도 조정방법 (예)

구 분	수문 구조물	문비 및 기계설비	비 고
중요도	85±17(20%)	15±3(20%)	85 + 15 = 100
중요도 (조정 후)	85 + 3 ⇒ 88	15 − 3 ⇒ 12	88 + 12 = 100

※) 상기 예시는 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 7.56] 통합시설 평가표 (예)

통합시설 :	*수문*					표번호
5단계 표번호 :	*5-1, 5-2*					*No. 6-1*
복합시설	평가결과	평가지수 E_5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A*W	계산값 E_5*A*W
수문 구조물	*C*	*2.93*	*3*	*85*	*255.0*	*747.2*
문비 및 기계설비	*B*	*3.63*	*2*	*15*	*30.0*	*108.9*
합계(Σ)				*100*	*285.0*	*856.1*
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 종합평가지수(E_6) = Σ(E_5*A*W)/Σ(A*W)= *856.1/285.0* =						***3.00***
2. 통합시설의 종합평가 결과 =						***C***

7.7 보수・보강 방법

수문 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

7.7.1 구조물 기초 지반의 일반적인 보수・보강공법

○ 그라우팅공법

○ 치환공법

○ 압성토공법

○ 말뚝공법

○ 아스팔트 및 점토차수공법

○ 쉬트파일(Sheet Pile)공법, 토목섬유공법

7.7.2. 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수・보강공법

○ 표면보호공법

○ 단면보수공법

○ 강판접착공법

○ 프리스트레스 도입공법

○ 콘크리트 덧붙이기공법

7.7.3 기계설비

기계설비의 상태평가에 의해 손상 및 기기불량으로 판단되는 경우 주동력 기기의 정상 가동 또는 시스템의 안전 확보를 위해 즉시 교체하도록 하고 경미한 손상에 대해서는 장래 유지보수 계획에 반영하여 보수하도록 한다.

제8장 제 방

8.1 관리일반

8.2 현장조사요령

8.3 재료시험 항목 및 수량

8.4 상태평가 기준 및 방법

8.5 안전성평가 기준 및 방법

8.6 종합평가 기준 및 방법

8.7 보수·보강 방법

제8장 제방

8.1 관리일반

8.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 제방 시설물에 적용한다.

○ 2종 시설물

• 국가하천의 제방(부속시설인 통관 및 호안을 포함한다.)

※ 제방의 안전점검·정밀안전진단 시 수문시설이 포함될 경우에도 수문에 대하여는 제7장 수문에 따라 제방시설물과 별도로 안전등급을 부여한다.

제방 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 제방관련 설계기준 및 표준시방서

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용 할 수 있다.

8.1.2 용어 정의

○ 제방(堤防)

유수가 하도 밖으로 넘치는 것을 방지하기 위하여 하천을 따라 토사 등으로 축조한 구조물로서, 본 장에서의 제방은 축조재료에 따라 표준제, 특수제를 말하며, 호안과 기타 시설물을 포함한다.

• 표준제 : 토사로 축조된 비탈면을 갖는 경사제.

- 특수제 : 특수한 목적으로 토사와 함께 콘크리트, 석재 등의 재료로 축조되며, 석축, 옹벽, 말뚝 등으로 앞비탈의 구조가 수직(경사도가 45°이상)인 제방.
- 호 안 : 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위하여 제방 앞비탈 또는 하안에 설치하는 구조물로서 비탈덮기, 기초(비탈멈춤), 밑다짐공으로 구성되며, 고수호안·저수호안·제방호안으로 구분된다.
- 비탈멈춤 : 비탈덮기의 활동과 비탈덮기 이면의 토사유출을 방지하기 위하여 설치(기초와 병행하여 설치하는 경우도 있음)
- 호안머리보호공 : 저수호안을 유수로부터 보호하기 위하여 고수부지와의 접합부에 설치 또는 제방호안을 전단면에 설치할 경우 제방 상단부에 설치하는 구조물.
- 구조이음눈 : 비탈덮기 일부분의 파괴가 전체에 미치지 않도록 비탈덮기 종단방향(10~20m 간격)에 이음부를 둔 것.
- 통관 : 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 수로로서 문짝을 가진 구조물을 말한다.

8.1.3 중대한 결함의 정도

제방 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 토사 제체의 비탈사면의 활동으로 제체의 연직붕괴 우려
   ○ [표 8.14]의 제체 비탈사면활동에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우
2) 호안공 또는 직립구조물의 기초부 세굴로 구조물 붕괴 우려
   ○ [표 8.16]의 호안의 기초·밑다짐공의 세굴에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우
   ○ [표 8.31]의 직립구조물 기초부 세굴에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우
3) 제체의 누수 또는 세굴 및 침식으로 제체 붕괴 우려
   ○ [표 8.15]의 누수의 상태평가의 제체누수에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하인 경우
   ○ [표 8.18]의 제체의 세굴 및 침식에 대한 상태평가 기준이 “e”인 경우
4) 직립구조물 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실
   ○ [표 8.36] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 8.37] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 철근노출 부식 등의 외관상태를 동반하는 경우

8.2 현장조사

8.2.1 시설물의 점검사항

가. 시설물별 상태변화의 평가항목

1) 표준제방

위 치	손상형태 및 조사항목	비 고
제 체	침 하	○외관조사에 의한 징후 조사
	활 동	○둑마루의 침하량 및 균열 폭
	누 수	○청문 및 누수흔적
	세굴(침식)	○세굴 및 침식의 정도
	훼 손	○구멍, 경작, 골재채취 등
	수목의 식생	○수목 식생의 위치
호 안	기초 세굴	○기초세굴의 정도
	비탈덮기 활동	○비탈면 배부름 및 구조물 손상
	비탈덮기의 손상	○줄눈이격, 파손, 탈락 등
	호안머리보호공의 손상	○균열, 파손, 들뜸 등
	구조이음눈, 비탈멈춤공 등의 손상	○균열, 이격, 파손, 들뜸 등
하상부	세 굴	○세굴의 정도
	퇴 적	○퇴적의 정도
배수통관	구조물 손상정도	○구조물의 손상정도
	배수기능 상태	○배수기능 상태

2) 특수제방

위 치	손상형태 및 조사항목	비 고
직립구조물	침 하	○구조물 및 제체의 손상상태
	경사/전도	○진행성과 비진행성 전도
	활 동	○구조물 손상 및 파괴징후
	변 형	○말뚝구조의 변형 여부
	파 손	○구조물의 손상 정도
	균 열	○과응력균열, 부식균열 등
	박리(박락, 층분리)	○박리의 발생 정도
	마모/침식	○마모 및 침식의 정도
	신축이음부 이격, 사석블록 이격, 말뚝간의 이격	○이격에 의한 토사유출 등
	기초부 세굴	○기초유실 및 하상 세굴 정도

3) 세부시설별 점검사항

No.1

세부시설	부재명 및 항목		점 검 사 항	비 고
표준제	제 체	월류	계획홍수위와 제방고의 차이(여유고)확인	
			주변보다 낮아진 제방부위 확인	
		세굴	하안 침식현황	
			교량, 낙차공 등 구조물의 접속부	
			하상의 국부세굴	
			만곡부의 세굴	
		활동	둑마루 종방향 균열	
			비탈면 층분리 현상	
		누수	뒷비탈면 국부세굴및 파이핑 현상	
			제방 횡단구조물 주변 누수	
			야생동물의 구멍	
			수목(교목)에 의한 누수여부	
			제내·외측 인위적굴착현황	
		기타	제방내 불법경작 현황	
	호 안	비탈 덮기	비탈덮기내 공동현상	
			비탈덮기 경사	
			호안공 상하류 마감부처리상태	
			비탈덮기 재료 변화지점부	
			비탈경사 변화지점	
			떼붙임공의 경우 생육정도 및 조밀도	
			돌망태공의 철선 부식 및 탈석	
			돌붙임공의 배부르기 또는 탈석유무	
		기초	기초공 파괴 및 유실	필요시 수중조사 실시
		밑다짐공	비탈경사 변화지점 및 만곡부의 밑다짐공 세굴	〃
		기타	호안머리보호공, 구조이음눈, 비탈멈춤공의 손상여부	
	배수통관		통관 구조물 손상상태 및 배수기능 상태	필요시 C.C.TV조사

No.2

세부시설	부재명 및 항목		점 검 사 항	비 고
특수제	제체	월류	계획홍수위와 제방고의 차이(여유고)확인	
			주변보다 낮아진 제방부위 확인	
		세굴	하안 침식현황	
			교량, 낙차공등 구조물의 접속부	
			하상의 국부세굴	
			만곡부의 세굴	
		활동	둑마루 종방향 균열	
			비탈면 층분리 현상	
		누수	뒷비탈면 국부세굴 및 파이핑현상	
			제방 횡단구조물 주변 누수	
			야생동물의 구멍	
			제내·외측 인위적굴착현황	
		기타	제방내 불법경작 현황	
	옹벽		콘크리트 균열, 박리, 층분리, 박락, 백태 등	
			이음부 파손	
			전도 위험성	
			옹벽 기초부 세굴	필요시 수중조사 실시
	말뚝		하상 세굴	〃
			말뚝의 부식, 훼손상태	
	석축		기초 콘크리트의 침하 및 세굴상태	필요시 수중조사 실시
			배수공 유무확인	
			배부르기 또는 탈석	
			줄눈의 탈락	
수리·수문학적 점검사항			계획 수위 및 여유고확인	하천정비기본계획자료 분석
			계획 하폭 및 실하폭 점검	

나. 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 상세 외관조사의 범위

(가) 외관조사 범위의 원칙

○ 제방을 구성하는 제체

○ 특수제방의 직립구조물, 호안

○ 저수호안이 있을 시 포함하며, 다만 저수호안의 조사물량이 과대한 경우에는 조사비용 등을 협의하여 결정

○ 제내지 20m 지반상태 및 하상

○ 제체 횡단 배수통관

(나) 하상부의 조사

○ 하상부에 대한 조사는 하상부에 대한 6년 이내에 측량한 자료가 있거나 하상의 변동이 없다고 판단되는 경우 및 하천측량을 실시한 경우에는 생략할 수 있다.

(다) 수중조사

○ 호안공 기초의 세굴 또는 특수제방 직립구조물의 세굴이 우려되는 부위에는 하상조사와 병행하여 수중조사를 실시한다.

2) 하천 측량

하천의 계획홍수량 소통여부에 대한 수문학적 안전성을 검토하여야 하기 때문에 안전점검 및 정밀안전진단 대상 전 구간에 대한 하천측량(기준점측량, 종·횡단 측량)을 실시하여야 한다.

측량범위는 제방, 하상, 좌우안 제내지 20m까지로 한다. 다만, 이 구간에 대한 6년 이내의 측량자료가 있을 시는 생략할 수 있다.

3) 제체 시추조사

제체의 안전성은 사면안전성 해석, 침투류 해석에 대하여 검토하여야 하기 때문에 이에 필요한 자료를 획득하기 위하여 제체에 대한 시추조사와 제체재료에 대한 시험을 실시하며, 시추조사의 기준수량은 제방 2km 마다 1개소씩 실시하는 것을 원칙으로 하나, 다음의 경우에는 생략할 수 있다.

① 제방 건설 후의 시추조사 자료가 있을 시

② 제방이 자동차전용도로로서 도로시방서 기준에 따라 축조되었을 경우 등

다만, 생략할 경우(①의 경우)에는 기존 시추조사 자료를 검토하여 제체 물리탐사(전기비저항탐사 등)를 기준수량의 2배 이상 실시한다.

그리고 시추조사시의 시추심도는 기초지반의 연약성 여부를 판단할 수 있는 깊이까지 하여야 하며, 포함되어야 할 시험항목은 다음과 같다.

○ 시추조사 시 포함되어야 할 필수 시험 항목

- 투수시험(현장투수시험이 불가할 경우 실내투수시험 실시)
- 표준관입시험
- 삼축압축시험, 압밀시험(제체 주재료가 점성토인 경우)
- 입도분석
- 단위중량
- 비중시험
- 액성 및 소성한계시험
- 들밀도 시험(시추시 재료채취가 곤란하여 단위중량, 비중시험이 어려울 경우만)

4) 제체 물리탐사시험(전기비저항 탐사 등)

제체의 국부적인 공동이나 누수층은 제체의 안전성에 심각한 영향을 미치므로 이에 대한 조사를 위하여 제체에 대한 시추조사와 병행하여 제체에 대한 물리탐사시험을 실시하는 것을 원칙으로 한다.

이 때 물리탐사시험은 가능한 시추조사 지점이 포함되도록 구간을 선정하여 실시하여 시험결과 자료분석의 신뢰성을 제고하도록 한다.

제체 물리탐사시험의 기준조사 수량은 2km 당 100m 이상 실시하는 것으로 하며, 시험구간은 제체 횡단구조물(수문, 통관 등) 지점, 하천횡단구조물 접속지점, 제체 누수흔적이 있는 지점, 연약 기초지반 지점이 포함될 수 있도록 책임기술자가 판단하여 결정한다.

한편, 제체 물리탐사시험도 시추조사와 같이 제방이 자동차전용도로로서 도로시방서 기준에 의하여 축조된 경우에는 생략하여도 무방하다.

5) 하상재료 시험

장기적인 하상변동 분석이 필요하거나, 하상변동이 심한(상류로부터의 토사 이동 및 급경사 하천으로 세굴이 우려되는 하천) 하천에서는 하상재료를 채취하여 입도분석 등의 재료시험을 실시한다.

하상재료의 실시 여부 및 시험회수, 시험항목 등은 관리주체가 판단하여 결정하는 것을 원칙으로 한다.

8.2.2 시설물 현장조사 요령

가. 정밀점검 현장조사 요령

제방의 안전점검은 제방의 설치 후에 발생한 제·내외지의 수리·수문학적 변동사

항 및 제체, 직립구조물, 호안 등의 구조적 손상상태 등을 파악하여, 제방파괴 원인을 사전에 발견한다. 특히, 제방 누수파괴의 주원인인 제체 횡단구조물과의 접속부의 공동, 누수에 대한 조사와 제내측 유수지 및 저지대 사면의 조사에 역점을 두며 “하천정비 기본계획”과 관련하여 계획하폭 등을 사전에 검토하여 안전점검 시 고려한다.

아울러 안전점검 시 책임기술자는 수중조사에 대한 필요성 여부를 판단하여 시행한다.

1) 점검대상

(가) 제체

○ 표준제 : 앞비탈, 앞턱, 둑마루, 뒷비탈, 뒷턱 등

○ 특수제 : 토사제체, 직립구조물(옹벽공, 말뚝공, 석축공) 등

(나) 호안(저수호안 포함)

○ 비탈덮기, 호안머리 보호공, 구조이음눈

(다) 하상부

○ 밑다짐공, 하상보호사석의 손상상태 등

(라) 배수통관

[표 8.1] 안전성평가의 점검 내용

제방 파괴 원인	상태 및 안전성 평가 내용
1. 홍수의 월류로 인한 파괴	○ 계획홍수위에 따른 제방고의 적정성
2. 제외측 앞비탈의 홍수에 의한 유실파괴	○ 호안의 설치유무 및 그 상태
3. 제방 비탈의 붕락에 의한 파괴	○ 제방비탈경사와 토질역학적 측면의 사면활동 안전성
4. 제체의 누수에 기인한 파괴	○ 제체 폭의 적정성 및 제방 종횡단구조물의 누수성

2) 수리·수문학적 점검사항

대상 하천의 “하천정비 기본계획”자료를 근거로 하여 계획수위 및 계획하폭 등 제반 사항의 변동에 따른 제방 안전도에 대해 점검한다.

3) 제방파괴 요인 및 취약부

(가) 제방파괴 요인

① 월류에 의해서 발생하는 제방 파괴

㉠ 월류수의 소류력에 의해 제체 표면이나 법면의 침식

㉡ 제체내 함수비 증가로 제체의 액상화 및 강도 저하

㉢ 유수압의 증가 및 제체강도저하로 붕괴

② 세굴 및 침식에 의한 제방 파괴

㉠ 홍수시의 유수의 소류력에 의한 비탈덮기의 파손 및 유실

㉡ 유수의 소류력에 의한 기초부의 세굴

㉢ 유수 및 강우에 의한 제체 침식 및 비탈면 붕괴

㉣ 호안공의 붕괴 및 제체의 유실

③ 침투(누수)에 의한 제방 파괴

㉠ 강우 및 유수의 제체 침투로 간극수압 상승

㉡ 제체의 표면 강도 저하와 제체의 함수비 증가로 침윤면 상승

㉢ 연약지반일 경우 수위증가로 기초지반의 누수

㉣ 제체 또는 기초지반의 파이핑 등에 의한 누수량 증가 및 파괴

④ 제방 횡단 구조물의 접합부의 공동

㉠ 횡단구조물 배면부 다짐불량으로 공동부 발생

㉡ 하중 및 재료의 이질성으로 인한 횡단구조물 주변 부등침하 발생

㉢ 접합부에 크랙이 발생되고 침하의 진행으로 공동발생

㉣ 공동을 통해 누수가 발생되고 제방 붕괴로 이어짐

⑤ 기타

㉠ 동식물에 의한 훼손으로 홍수시 국부 파괴

㉡ 경작 등 인위적인 훼손으로 제방단면이 부족하여 홍수시 유수의 제체 침투 및 유수압의 증가로 제체 붕괴

㉢ 중장비 차량의 둑마루 통행과 같은 과하중에 의한 제체 붕괴

(나) 제방파괴 취약부

유수를 직접적으로 제어하는 제방의 특성상 유수의 흐름특성은 제방에 손상을 유발하는 원인과 밀접한 관련이 있으며, 특히 제체를 유수의 침식 및 세굴로부터 직접 보호하는 호안공은 홍수에 의하여 기초가 세굴되거나 제체의 액상화 현상에 따른 유동으로 인하여 파괴될 수 있다.

일반적으로 하도 흐름특성이 불연속적이 되어 제방 손상의 발생확률이 높은 취약지점으로는 다음과 같은 곳을 들 수 있으며, 현장조사 시 유의할 필요가 있다.

① 하폭의 급변(확대 및 축소) 지점

② 만곡부 외측지점

③ 제체 횡단 구조물 지점

④ 교량, 보 등 하도를 횡단하는 구조물 설치지점

⑤ 호안이 끝나는 제체부분 및 제방 재질 특성이 서로 다른 지점

⑥ 본·지류 합류지점 및 배수위 구간

4) 시설물 점검사항

앞의 다.항을 참조하여 다음과 같이 점검한다.

(가) 제체

① 월류

㉠ 제방고와 계획홍수위에 의한 여유고를 고려하여 제방의 월류 가능성을 검토한다.

㉡ 월류 제방은 제방의 침식, 세굴 등을 조사한다.

㉢ 유로 만곡부는 수위 상승이 우려되는 지점이므로 특히 세심히 점검한다.

② 세굴

㉠ 최근에 골재채취 등의 하상굴착이 있는 부분은 하안이나 제방사면에 대한 영향을 고려하여 점검하며, 기 검토된 계획하상과 평형하상고 이하로 골재가 채취되었을 경우에는 평형하상이론에 의한 상하류의 영향도 조사대상에 포함한다.

㉡ 하안의 침식이나 하상의 국부세굴 등을 점검하여 제체세굴 가능성을 예견한다.

㉢ 제방과 교량, 낙차공, 수문 등의 각종 하천구조물의 접속부는 그 기능 및 재료의 상이함으로 인하여 홍수에 취약하므로, 구조물 상·하류의 와류 등에 의한 제방 세굴에 대해 점검한다.

㉣ 과거의 하천유로 변경사항 등을 과거자료 및 지역주민 등에 대한 탐문조사를 통하여 기초누수에 대한 취약지점 등을 파악한다.

③ 활동

㉠ 제정부의 종방향 균열이나 비탈면의 층분리 등을 면밀히 점검하여 사면활동을 파악한다.

㉡ 위험지점 비탈면의 경사를 측정하여 추후 상태평가 시 고려한다.

④ 누수

㉠ 누수는 제방에 결정적 손실을 가져올 수 있으므로 누수지점, 누수경로 및 양상(빗물침투 또는 파이핑) 등을 상세히 조사하며, 누수가 발견될시(특히 혼탁수가 유출될 시) 즉시 관리주체에 통보하고 정밀안전진단 필요성 여부를 판단한다.

㉡ 홍수기에는 제내지 비탈면의 국부세굴이나 지반붕괴 현상과 아울러 파이핑

현상 유무를 확인하고, 갈수기에는 그 흔적 확인과 동시에 탐문조사를 시행한다.

㉣ 취약단면의 둑마루폭, 비탈경사와 제방저폭을 확인하여 침윤선 검토 시 자료로 사용한다.

㉤ 두더지, 들쥐 등 야생동물의 구멍은 누수파괴의 원인이 되므로 세심한 조사를 실시한다.

㉥ 지반 누수는 고수부지부의 표토가 유실되거나, 제내 비탈기슭 부근에서 골재채취 등 굴착을 실시하여, 투수층이 노출되어 일어나는 경우가 있으므로 세심한 조사를 실시한다.

㉦ 제방 관통 구조물의 표면과 제체사이의 공극은 홍수 시 제방누수 및 파괴의 주원인이므로 물리탐사(전기비저항탐사, 탄성파탐사 등) 장비를 사용한 검사를 실시하며, 특히 사용치 않는 폐관의 경우에는 세심한 주의를 요한다.

㉧ 제방 및 주변의 수목(교목)의 뿌리에 의한 제체파괴 또는 누수 그 가능성을 점검한다.

⑤ 제방침하

○ 제방 침하는 장기간에 걸쳐 일어나는 경우가 많아 단기간의 점검을 통한 확인은 어려우나, 제방 측방(제내·외측)의 흙의 부풀어 오름으로 간이 판별할 수 있다.

⑥ 변위측정

○ 변위발생이 우려되는 구간에 대한 제체중심, 비탈경사, 둑마루폭, 제방저폭 등의 변위발생 여부를 측정하여 기초파괴, 제체파괴, 활동 등의 진행여부를 판단한다.

(나) 호안

① 비탈 덮기

㉠ 홍수 시 감수속도가 빠른 하천 등에서 뒷채움 토사가 유출됨에 따라 공동현상이 발생하여 비탈덮기가 파괴되므로 비탈덮기 재료의 편평성을 조사한다.

㉡ 경사가 급한 호안에서 내측토압이나 수압에 의한 붕괴가 나타나므로, 하천시설기준상의 비탈경사에 준한 조사를 실시한다.

㉢ 상하류 비탈덮기공의 마감부는 유수에 의한 세굴 취약지점이므로 면밀한 점검이 요구되며, 소구 멈춤공(마감부 처리공)의 유무를 조사한다.

㉣ 비탈경사 변화지점이나 비탈덮기 재료의 변화구간은 세굴위험 구간이므로 세심한 점검을 실시한다.

② 기초(비탈 멈춤)

○ 호안 파괴의 주요 원인이 기초세굴에 의한 것이므로 세굴정도를 면밀히 조사하여야 하며, 필요시 측량 및 수중조사를 병행한다.

③ 밑다짐공

○ 비탈경사 변화지점의 하상은 세굴에 취약하므로 밑다짐공의 점검 시 유의한다.

④ 비탈덮기 재료별 점검 요령

[표 8.2] 비탈덮기 점검요령

재료 구분	점 검 사 항
1. 떼붙임	- 떼의 생육정도 및 조밀도
2. 돌망태공	- 철선의 부식 및 파손상태, 탈석
3. 돌붙임	- 배수구멍 유무 - 배부르기 또는 탈석 - 줄눈의 탈락
4. 콘크리트블록붙임	- 블록 뒷면 공동 상태파악(표면 두드림) - 배부르기 또는 블록유실

(다) 옹벽

① 콘크리트 옹벽은 균열, 백태 등의 콘크리트 구조물로서의 점검사항에 대해 실시한다.

② 이음부 등의 시공상태를 판단하며, 부등침하에 대해 세심한 점검을 한다.

③ 전도 위험성에 대해서는 현장 측량을 실시하여 안전성 여부를 판단한다.

④ 수면의 접촉부에 대하여 옹벽의 파손여부를 조사한다.

(라) 널말뚝 구조제방

① 널말뚝을 이용한 제방은 주로 수면에 접해있는 경우가 많으므로 하상세굴에 대해 수중조사를 실시한다.

② 널말뚝의 부식 및 훼손상태 점검을 실시하며, 특히 수면의 접촉부는 세심한 검사를 실시한다.

(마) 석축

① 석축의 취약부인 기초 콘크리트의 침하상태를 점검하며, 기초 상부에 계획 토피가 있는 경우의 세굴에 대해 점검한다.

② 석축면의 배수공은 토압에 대해 매우 중요한 시설이므로 설치 유무 및 간격에 대해 점검한다.

③ 줄눈의 탈락과 석축의 배부르기 또는 탈석에 대해 점검한다.

(바) 배수통관

① 제체를 횡단하여 설치된 배수통관에 대한 통관의 내부 토사퇴적, 이음부의 이격, 구조물의 손상상태를 조사하며, 통관의 내부가 협소하여 직접조사가 곤란할 시에는 CCTV를 통한 간접조사를 실시한다.

② 배수통관과 제체의 접합부위는 공동으로 인해 유수의 침투에 취약하므로 누수흔적, 세굴 등에 대하여 세밀히 조사한다.

나. 정밀안전진단 외관조사 요령

1. 진단 대상

(가) 제체

○ 표준제 : 앞비탈, 앞턱, 둑마루, 뒷비탈, 뒷턱 등

○ 특수제 : 토사제체, 직립구조물(옹벽공, 말뚝공, 석축공, 흉벽) 등

(나) 호안(저수호안 포함)

○ 비탈덮기, 기초(비탈멈춤), 밑다짐공, 호안머리 보호공, 구조이음눈

(다) 하상부

○ 밑다짐공, 하상보호사석 상태, 하상의 퇴적 및 세굴 상태 등

(라) 배수통관

(마) 기타시설

○ 시특법상의 1, 2종외의 하천횡단 구조물

※ 기타시설에 대하여는 평가를 실시하지 않고, 손상상태도 및 보수·보강 방안만 제시한다.

2) 부재별 정밀안전진단 요령

각 부재별 정밀안전진단 요령은 가의 정밀점검 요령에 준하여 실시하며, 보다 정밀한 외관조사를 병행한다.

3) 수중구조물 점검사항

[표 8.3] 수중구조물 점검사항

점 검 부 위		점 검 사 항
표준제	비탈덮기	비탈덮기 유실, 제체의 유실
	기초(비탈멈춤), 밑다짐공	세굴 및 파손
특수제	옹 벽	균열, 박리, 기초부 세굴
	말 뚝	부식 및 기초부 세굴
	석 축	기초부 세굴

8.3 재료시험 항목 및 수량

8.2.3 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 8.4] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
제방		○ 제방 종·횡단측량 ○ 시추조사 ○ 제체 물리탐사 ○ 하상재료 시험
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근배근 상태조사 ○ 염화물함유량[1)]

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 8.5] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본과업	콘크리트 구조물	○콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
선택과업	제방	○제방 종·횡단측량	○계획홍수위에 대한 제방고 및 호안 설치고의 적정성 파악
		○시추조사	○제체의 안전성평가 자료 획득
		○제체 물리탐사	○제체 내부의 공동 또는 누수층 파악
		○하상재료시험(입도분석 등)	○장기적인 하상변동 분석
	콘크리트 구조물	○콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
		○철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○염화물함유량 시험	○시료채취 및 평가

나. 재료시험 기준수량

[표 8.6] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	특수제 콘크리트 구조물	콘크리트 호안블록	비 고
반발경도시험	○구조물 이음부 기준 1회이상 (이음부 간격 30m이상 또는 높이 10m이상의 경우 1.5배 가산)	○호안 1㎞당 3회이상 (호안블록 3개소 샘플 선정)	
탄산화 깊이 측정			

[표 8.7] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
제방 종·횡단 측량[1)]	○ 제방 1㎞당 1개소(10~20m 정도)	
시추조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 8.2.1절 '나'항 참조
물리탐사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 8.2.1절 '나'항 참조
하상재료시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 8.2.1절 '나'항 참조
코어채취[2)]	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강도 및 염화물함유량 시험 등
철근탐사시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
염화물함유량	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 측량은 인근 1, 2등 수준점을 기준으로 하여 제방고, 폭, 비탈경사, 비탈덮기 설치고 등에 대하여 파악 가능하도록 실시

주2) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

8.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 8.8] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
제방 및 하상		○ 하천 측량 ○ 제체 물리탐사 ○ 제체 시추조사 ○ 하상재료 시험
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도, 초음파 ○ 철근탐사 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 염화물함유량[1)] ○ 철근부식도시험 ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도

주1) 염화물함유량 시험은 [표 8.4]에 따라 실시한다.

[표 8.9] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본과업	콘크리트 구조물	○콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험 – 초음파전달속도시험	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
		○염화물함유량 시험	○시료채취 및 평가
		○철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
		○균열깊이 조사	○발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○허용균열폭과의 비교・검토
선택과업	제방	○하천 측량	○계획홍수위에 대한 제방고 및 호안 설치고의 적정성 파악 ○하상의 세굴 및 퇴적 여부
		○제체 물리탐사	○제체 내부의 공동 또는 누수층 파악
		○제체 시추조사	○제체의 안전성평가 자료 획득
		○하상재료시험(입도시험 등)	○장기적인 하상변동 분석
	콘크리트 구조물	○콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등

나. 재료시험 기준수량

[표 8.10] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준

구 분	특수제방 콘크리트 구조물	콘크리트 호안블록	비 고
반발경도시험	○구조물 이음부 기준 2회 이상 (이음부 간격 30m이상 또는 높이 10m이상의 경우 1.5배 가산)	○호안(제방) 1㎞당 6회이상*) (호안블록 6개소 샘플 선정)	·동일 부위 시험 원칙
초음파 전달속도시험			
탄산화 깊이 측정			
철근탐사시험			·가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
염화물함유량	○조사·시험수량은 책임기술자가 결정	-	·시험 실시 근거 명기
철근부식도시험	○조사·시험수량은 책임기술자가 결정	-	·시험 실시 근거 명기
균열깊이 조사	○조사·시험수량은 책임기술자가 결정		·상태평가 기준 참조

참고) 호안블록의 표면세굴 및 파손이 전체의 10% 이상이 발생하여 강도상의 문제가 있다고 판단되는 경우에는 손상 구간의 블록에 대하여 3개소 이상 샘플을 채취하여 실내시험(압축강도, 흡수율)을 실시한다.

[표 8.11] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
하천측량[1)]	○대상 전 구간 실시 (기준점측량, 종·횡단측량)	필수 실시
제체 물리탐사[2)]	○제방 2㎞당 100m 이상	필수 실시
제체 시추조사[3)]	○제방 2㎞당 1개소	필수 실시
하상재료시험	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·8.2.1절 '나'항 참조
코어채취[4)]	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·강도 및 염화물함유량 시험 등

주1) 하천측량 범위, 방법 등은 8.2.1절 '나' 항을 참조하여 실시

주2) 탐사구간의 선정, 방법 등은 8.2.1절 '나' 항을 참조하여 실시

주3) 시추조사 방법에 대하여 8.2.1절 '나' 항을 참조하여 실시

주4) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

8.4 상태평가 기준 및 방법

8.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가 기준을 적용하며, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

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

② 국부결함

제체 세굴 및 침식 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지는 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함을 기준으로 하여 국부적인 결함을 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 상태평가를 위한 표준기준으로서 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

나. 표준제방

1) 표준제방의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 8.12] 표준제방의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
제 체	침 하	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	활 동				
	누 수				
	세굴(침식)	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
	훼 손	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	수목의 식생				
호 안	기초 세굴	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	비탈덮기 활동				
	비탈덮기의 손상	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
	호안머리보호공의 손상				
	구조이음눈, 비탈멈춤공 등의 손상	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
하상부	세 굴				
	퇴 적				

2) 손상 및 결함형태별 상태평가 기준

표준제방에서의 손상 및 결함형태별로 상태평가 기준을 정하였고, [표8.13]~[표8.24]에서 정의된 기준은 상태평가를 위한 표준적인 기준으로 실무에 활용 시에는 책임기술자의 판단으로 상태평가기준을 다소 조정 평가할 수 있다.

[표 8.13] 제체 침하의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 거의 발생하지 않음.
b	4	○ 육안으로 관찰가능한 경미한 침하
c	3	○ 단차 및 균열의 조짐이 보이거나, 경미한 단차 및 균열이 발생
d	2	○ 단차 및 균열이 육안으로 뚜렷이 관찰되며, 빗물이 고일 정도 발생
e	1	○ 부분적인 함몰이 발생되고, 비탈사면 활동조짐이 보임.

※) 침하에 대한 상태평가 기준을 침하량을 기준할 경우 정확한 침하량이 조사되어야 하나 침하량을 정확히 측정하기가 불가능함으로 육안에 의한 징후에 따라 등급 기준을 정하였다.

[표 8.14] 활동의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	둑마루의 손상 범위	조사된 상태
a	5	없음	○ 활동이 발생되지 않은 상태
b	4	없음	○ 육안으로 관찰되지 않으나 부분적으로 부등침하흔적이 있는 경우
c	3	흔적 보임	○ 부분적으로 경미한 상태의 활동이 발생하였으나, 제체의 안전성에는 영향이 없고 지속적인 관찰 필요한 상태
d	2	폭이 큼	○ 활동이 발생하여 비탈사면이 부분적으로 전방으로 밀려난 상태이나 연직붕괴까지는 이르지 않은 상태
e	1	함몰을 동반하는 균열 발생	○ 활동의 정도가 아주 심하고, 광범위하게 발생하여 연직붕괴에 이르러 구조적인 안정을 상실한 위험한 상태

※) 비탈사면의 활동은 비탈사면이 전방으로 밀려나는 형태이므로 활동에 대한 상태평가 기준은 둑마루에서의 침하량 및 균열폭을 기준하였다.
활동에 대하여는 횡방향의 부등침하와 구분하기 어려운 점이 있으나, 현장의 손상상태를 면밀히 파악하여 책임기술자가 판단하는 것이 타당할 것이다.

[표 8.15] 누수의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	조사된 상태	
		지반누수	제체누수
a	5	○ 발생하지 않음	○ 발생하지 않음.
b	4	○ 누수는 발생하지 않으나 기초지반이 투수성이 있음	○ 누수는 발생하지 않으나 제체재료가 투수성이 큼
c	3	○ 누수는 발생되지 않으나 제내외측에 골재채취 등으로 투수층이 노출되어 있음	○ 부분적으로 누수흔적이 있으나 제체 재료 유실은 발생되지 않음.
d	2	○ 부분적으로 파이핑 현상 발생하나, 심하지 않음	○ 누수가 발생되어 경미한 제체 재료의 유실이 있음.
e	1	○ 심한 파이핑 현상이 발생하여 제체의 안전성에 심각한 영향을 미침	○ 누수와 함께 제체재료의 유실이 심하여(파이핑 현상) 제체의 안전성에 심각한 영향을 미침.

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

※) 제체 누수는 평상시에는 관찰하기가 어려우므로 가능한 한 홍수기에 현장조사를 할 필요가 있으며, 부득이한 경우에는 청문조사, 누수흔적으로 상태를 파악하여야 한다.

[표 8.16] 호안의 기초·밑다짐공 세굴에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 세굴이 거의 발생하지 않은 상태
b	4	○ 경미한 세굴이 발생하여 부분적인 밑다짐공의 교란이 있으나 기초는 노출되지 않은 상태
c	3	○ 세굴의 발생으로 밑다짐공이 유실되고, 기초가 노출된 상태
d	2	○ 심한 세굴의 발생으로 밑다짐공의 유실, 기초하단깊이까지 세굴되어 호안의 붕괴가 예상되는 상태
e	1	○ 부분적으로 기초가 유실되어 호안이 붕괴된 상태

※) 제방 파괴는 대부분 월류, 세굴에 의하여 야기되며, 세굴의 의한 제방파괴 유형 중 기초 세굴로 호안의 붕괴로 이어지는 유형이 일반적이다.
기초세굴에 대한 상태평가 기준은 세굴깊이를 정량적으로 파악하기 어려우므로 제방의 안전에 영향을 미치는 세굴의 정도에 따라 책임 기술자가 판단하여 평가점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.17] 비탈덮기의 활동에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 활동이 없는 상태
b	4	○ 경미한 활동(배부름)이 발생하였으나 보수가 필요하지 않은 상태
c	3	○ 활동의 발생으로 배부름 현상이 심하고, 접속구조물인 턱 피복콘크리트, 호안머리 보호공에 영향을 미쳐 이들 구조물에도 손상이 동반된 상태
d	2	○ 활동이 심하게 발생하여 부분적으로 붕괴가 발생되어 시급한 보수를 요하는 상태
e	1	○ 비탈덮기가 전반적으로 붕괴되어 전반적인 재시공이 요구되는 상태

※) 유수와 직접 접하는 비탈덮기는 항상 유수의 영향을 받고 있어 어느 정도의 손상은 피할 수 없다. 유수에 의한 영향을 크게 비탈덮기의 활동과 세굴로 구분할 때, 활동은 비탈덮기의 전체적인 붕괴로 이어지고, 세굴은 유수의 소류력으로 부분적인 탈락, 파손을 야기한다. 따라서 세굴에 의한 비탈덮기의 손상은 국부손상에 포함하였다.
비탈덮기의 활동에 대한 상태평가 기준은 현장에서 활동의 상태를 파악하여 제방의 안전에 영향을 미치는 정도에 따라 책임 기술자가 판단하여 점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.18] 제체의 세굴 및 침식에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 세굴 및 침식이 거의 발생하지 않음
b	4	○ 경미하게 발생한 상태로서 보수 불필요
c	3	○ 다소 크게 발생한 상태로서 보수를 요하나 단면축소로 인한 누수, 사면붕괴 등의 영향은 없는 상태임
d	2	○ 심하게 발생하여 비탈사면의 붕괴나 제체내 누수로 이어질 가능성이 있음
e	1	○ 매우 심하여 비탈사면의 붕괴와 제체 내 누수가 발생된 상태

주) 상태평가 결과가 "e"이면 8.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※) 제체는 유수와 접하는 앞비탈의 계획홍수위 이하부위는 호안을 설치하기 때문에 유수에 의한 직접적인 세굴이나 침식우려는 없다. 따라서 제체의 세굴은 주로 강우에 의해 발생되어진다고 할 수 있다. 상태평가 기준은 세굴 및 침식정도를 정량적으로 파악하기는 어려우므로 현장에서의 책임 기술자가 제체에 미치는 영향의 정도를 판단하여 점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.19] 비탈덮기의 손상(줄눈이격, 파손, 탈락)에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 손상이 없는 상태
b	4	○ 경미한 줄눈 이격은 있으나 파손, 탈락은 발생하지 않은 상태
c	3	○ 부분적으로 파손, 탈락이 발생하였고, 줄눈이 이격되는 등 배면 토사 유출이 심하게 발생할 우려가 있는 상태
d	2	○ 손상이 심하여 부분적인 비탈덮기의 유실이 발생하였고, 이로 인해 홍수시 전체적인 비탈덮기의 붕괴가 예상되는 상태
e	1	○ 대부분의 비탈덮기가 붕괴되어 제방 자체의 파괴로 이어질 정도인 상태

[표 8.20] 호안머리보호공 손상(균열, 파손, 들뜸)에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 손상이 없는 상태
b	4	○ 경미한 손상이 있으나 비탈덮기에 영향을 미칠 정도는 아닌 상태
c	3	○ 부분적으로 파손, 탈락이 발생하였고, 줄눈이 이격되는 등 배면 토사 유출이 심하게 발생할 우려가 있는 상태
d	2	○ 손상이 심하여 부분적인 비탈덮기의 유실이 발생하였고, 이로 인해 홍수시 전체적인 비탈덮기의 붕괴가 예상되는 상태
e	1	○ 대부분의 비탈덮기가 붕괴되어 제방 자체의 파괴로 이어질 정도인 상태

※) 호안머리보호공은 비탈덮기가 제체에 견고하게 부착할 수 있도록 하고, 또한 활동(미끄러짐)을 방지하는 역할도 한다. 손상의 정도에 따라 비탈덮기의 안전에 직접적인 영향을 미친다. 호안머리보호공에 발생하는 균열, 파손, 들뜸 등의 손상에 대한 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 8.21] 제체의 훼손에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 훼손이 거의 없는 상태
b	4	○ 경미한 훼손이 있으나 보수 불필요
c	3	○ 다소 크게 발생한 상태로서 보수를 요함
d	2	○ 훼손 정도가 심하여 누수, 붕괴로 이어질 가능성이 있음
e	1	○ 훼손 정도가 매우 심하여 이로 인해 부분적인 제체붕괴와 제체내 누수가 발생하고 있는 상태

※) 제체의 훼손은 직접적으로 제방의 안전에 영향을 미치는 것은 아니나 제방의 노후화, 제체의 강도저하를 초래하며, 대표적으로 들쥐나 두더쥐에 의한 구멍, 경작, 골재채취 등의 유형이 있다. 상태평가 기준은 훼손정도를 정량적으로 나타내기는 어렵고, 현장에서 손상정도를 책임 기술자가 제체에 미치는 영향을 판단하여 점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.22] 수목의 식생에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○문제가 될 수목식생이 거의 없는 상태
b	4	○수목이 식생하고 있으나, 유수와 접하는 계획홍수위 이하 부분에서는 문제가 될 식생은 없음
c	3	○유수와 접하는 계획홍수위 이하부분에서 문제가 될 수목이 식생하고 있고, 일부는 유실되어 제체에 손상을 유발시킨 상태
d	2	-
e	1	-

※) 수목의 식생도 직접적으로 제방의 안전에 영향을 미치는 것은 아니나 제방의 노후화, 제체의 강도저하를 초래하며, 홍수시 수목이 유실될 때 뿌리가 제체내 깊이 착근되어 있을 경우에는 제체의 안전에 영향을 미칠 수가 있다. 이외, 식생의 뿌리부에서의 공동, 들뜸 등으로 유수가 침투하여 제방을 연약화 시킨다.
상태평가 기준은 현장의 식생상태를 조사하여 책임 기술자가 제체에 미치는 영향을 판단하여 점수를 부여할 수 있도록 기준을 정하였다.

[표 8.23] 호안 구조이음눈 손상에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○손상이 없는 상태
b	4	○경미한 손상이 있으나 비교적 양호한 상태
c	3	○다소 심한 균열, 이격, 파손, 탈락 등의 손상이 있으나 비탈덮기에 영향을 미칠 정도는 아닌 상태
d	2	○전반적으로 탈락, 유실되어 비탈덮기의 안전에 심각한 영향을 미칠 우려가 있는 상태
e	1	-

[표 8.24] 하상부의 세굴 및 퇴적에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○세굴 및 퇴적이 거의 없는 상태
b	4	○경미하게 세굴되었으나 계획하상고 이내인 상태 ○경미하게 퇴적되었으나 통수에 전혀 지장이 없는 상태
c	3	○세굴로 하상보호사석의 유실 및 호안 기초부위가 노출된 상태 ○토사의 퇴적, 유목 등으로 통수능에 지장을 줄 수 있는 상태
d	2	-
e	1	-

다. 특수제방

1) 특수제방의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 8.25] 특수제방의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

위 치	손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
직립 구조물	침 하	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
	경사/전도				
	활 동				
	변 형				
	파 손	국부결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
	균열				
	박리(박락, 층분리)				
	마모/침식				
	신축이음부 이격, 사석블록 이격, 말뚝간의 이격	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
	기초부 세굴				

2) 손상 및 결함형태별 상태평가 기준

특수제방에서의 손상 및 결함형태별로 상태평가 기준을 정함에 있어서 제체 및 호안, 그리고 하상부의 손상 및 결함에 대한 사항은 표준제방을 그대로 적용하였고, 여기서는 직립구조물의 손상에 대한 사항만 기술하였다.

[표]에서 정의된 기준은 상태평가를 위한 표준적인 기준이며, 실무에 활용 시에는 책임기술자의 판단으로 상태평가점수를 다소 조정 평가할 수 있다.

[표 8.26] 직립구조물 침하의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	조사된 상태	
		직립구조물 손상상태	제체의 손상상태
a	5	○ 거의 발생하지 않음	○ 거의 발생하지 않음
b	4	○ 경미한 침하가 있으나 구조물 표고가 설계시 표고 이상인 확보하고 있는 경우	○ 경미한 침하가 있으나, 둑마루가 설계시 여유고를 확보하고 있는 경우
c	3	○ 구조물 표고는 계획홍수위 이상을 확보하나 침하로 인해 구조물에 경미한 균열, 시공이음부 이격 등의 손상이 발생한 상태	○ 배면 제체에 단차 및 균열이 육안으로 뚜렷이 관찰되며 빗물이 고일 정도 발생
d	2	○ 구조물의 표고가 계획홍수위 이하로 침하되고, 구조물에 다소 폭이 큰 균열, 시공이음부 이격 등의 손상이 발생한 상태	○ 배면 제체에 부분적 함몰이 발생되고, 비탈사면 활동조짐이 보임
e	1	○ 구조물에 심각한 손상이 발생하여 구조물의 붕괴가 예상될 경우	–

※) 직립구조물에 발생하는 침하에 대한 상태평가 기준은 선정된 기준을 적용하고, 직립구조물의 침하를 동반하지 않는 제체 자체의 침하에 대하여는 표준제방의 제체 평가기준을 적용한다.

[표 8.27] 경사/전도의 상태평가 기준

평가 기준	평가 점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	5	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	4	2%이상~ 3%미만	1%이상~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	3	3%이상~ 4%미만	2%이상~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	4%이상~ 6%미만	3%이상~ 4%미만	○ 경사/전도의 정도가 심각하여 구조물의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실한 위험한 상태

[표 8.28] 말뚝구조의 활동에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 활동이 없는 상태
b	4	○ 경미한 활동흔적이 있으나, 구조물에 손상이 없는 상태
c	3	○ 경미한 활동으로 구조물에 경미한 균열이 발생
d	2	○ 활동으로 인해 벽체가 기울어지기 시작하고 후면 매립부에 큰 균열이 발생하여 사면 파괴징후가 완연한 상태
e	1	○ 활동으로 사면 파괴가 크게 일어나고 널말뚝 벽체가 쓰러져 구조적인 기능을 완전히 상실한 상태

※) 직립구조물에 발생하는 활동에 대한 상태평가 기준은 제체의 활동에 대한 평가기준을 적용하되, 말뚝구조의 활동은 콘크리트 및 석축구조의 활동과는 달리 벽체 후면에서부터 사면 활동이 일어나 사면 파괴로 이어지는 양상이므로 상기의 별도 상태평가 기준을 정하였다.

[표 8.29] 말뚝구조의 변형에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 변형이 거의 발생하지 않은 상태
b	4	○ 부분적으로 경미한 변형이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	3	○ 변형의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	○ 변형의 정도가 심각하여 말뚝의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	○ 변형의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 위험한 상태

[표 8.30] 신축이음부 및 사석블록의 이격에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 건전한 상태
b	4	○ 경미한 발생으로 배면 토사 유출이 없는 상태
c	3	○ 다소 크게 발생하여 배면 토사 유출이 있는 상태
d	2	○ 평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	1	○ 평가단위의 2개소 이상에서 매우 심하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

※) 콘크리트 구조의 신축이음부 이격, 말뚝 간의 이격, 사석블록의 이격에 대한 상태평가 기준을 상기와 같이 적용한다.

[표 8.31] 직립구조물의 기초부 세굴에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 하상의 세굴이 없는 상태
b	4	○ 하상이 세굴되었으나, 기초부의 노출이 안된 상태
c	3	○ 하상세굴로 기초부가 노출되어 기초부 보호사석이 부분적으로 교란 또는 유실된 상태
d	2	○ 기초부 보호사석의 대부분 유실로 기초부 하단까지 하상이 세굴되어 구조물 안전성에 영향을 미칠 정도
e	1	○ 기초부 보호사석의 전반적인 유실 및 구조물의 활동변위가 발생하였거나, 부분적으로 구조물의 붕괴로 전체 제방의 안전에 위험이 예상되는 경우

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

[표 8.32] 직립구조물의 파손에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 손상이 없는 건전한 상태
b	4	○ 경미한 손상이 있으나 보수는 요하지 않는 상태
c	3	○ 국부적인 파손으로 보수를 요하는 상태
d	2	○ 구조물의 안전성에 영향을 미치는 정도의 파손으로 긴급한 보수를 요하는 상태
e	1	○ 파손이 대규모로 발생하여 구조물의 일부가 붕괴되고 배면 제체의 붕괴를 동반한 경우

[표 8.33] 균열의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	RC 부재		PSC 부재
		콘크리트 옹벽	RC 말뚝 구조	PSC 말뚝
a	5	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태
b	4	○ 경미한 상태의 과응력균열, 부식균열및 일반균열	○ 경미한 말뚝 연결부 균열	○ 경미한 말뚝연결부 균열
c	3	○ 과응력 균열, 부식균열 및 일반균열이 다소 심한 상태	○ 경미한 상태 과응력균열 ○ 부식균열, 일반균열 또는 말뚝연결부 균열이 다소 심한 상태	○ 경미한 상태의 과응력균열, 부식균열, 일반균열 및 말뚝연결부 균열
d	2	○ 전반적으로 균열발생이 심하여 구조부재 기능 상실이 우려되는 상태	○ 심한 상태의 과응력 균열	○ 심한상태의 과응력균열, 부식균열 및 말뚝연결부 균열
e	1	○ 사인장 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	○ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태	○ 관통균열이 발생하여 매우 위험한 상태

※) 균열은 과응력균열, 부식균열, 일반균열, 말뚝연결부 균열 및 수중 균열로 세분할 수 있으며, 콘크리트 구조 및 말뚝구조에 있어서 RC 부재 및 PSC 부재에 대한 균열의 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 8.34] 박리의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	RC 부재		PSC 부재
		콘크리트 구조	RC 말뚝	PSC 말뚝
a	5	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태	○ 건전한 상태
b	4	○ 박리의 초기단계로 철근 부식에 의해 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미하게 콘크리트 덮개가 탈락 된 경우	○ 박리의 초기단계로 박리부분에 균열이 형성되기 시작하거나 경미한 콘크리트 덮개가 탈락된 상태	-
c	3	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 심한 부분박리나, 박리부분이 탈락하는 완전박리가 다소 심하게 발생한 상태	○ 콘크리트 덮개가 일어나는 부분박리가 심하게 발생한 상태	○ 경미한 상태의 부분박리
d	2	○ 완전박리로 철근부식이 심각하여 구조물의 내하력 감소로 구조물 붕괴로 이어질 우려가 있는 상태	○ 박리부분이 탈락하는 완전박리가 심한 상태	○ 심한상태의 부분박리나 경미한 상태의 완전 박리
e	1	○ 완전박리로 철근부식이 심각하여 구조물의 내하력 감소로 구조물 일부 붕괴된 상태	○ 박리상태가 매우 심하여 철근이 거의 다 부식되어 구조적 기능을 상실한 상태	○ 완전박리로 콘크리트 덮개가 완전히 탈락하고 강선의 부식이 매우 심한 상태

※) 박리는 콘크리트 덮개가 일어나는 정도의 부분박리와 덮개와 완전히 탈락하는 완전박리로 세분할 수 있으며, RC부재 및 PSC 부재에 대한 박리의 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 8.35] 마모/침식의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	조사된 상태
a	5	○ 마모/침식된 부위가 없음
b	4	○ 마모/침식이 경미한 상태
c	3	○ 마모/침식이 다소 심한 상태
d	2	-
e	1	-

※) 마모/침식은 국부적인 결함으로 구조물 전체의 안전에는 크게 영향이 없으므로 최하 평가점수는 "c"로 기준하였으며, 이에 대한 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 8.36] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○ 30㎜이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 10㎜이상 ~ 30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	○ 0㎜이상 ~ 10㎜미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	○ 0㎜미만	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 "d"이고, 철근노출 부식 등의 외관상태을 동반하는 경우에는 8.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 표[1.26] 참조

[표 8.37] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○ 염화물 ≤ 0.3kg/m^3	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	○ 0.3kg/m^3<염화물<1.2kg/m^3	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음
c	○ 1.2kg/m^3≤염화물< 2.5kg/m^3	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	○ 염화물 ≥ 2.5kg/m^3	철근부식 발생
e	–	–

주) 상태평가 결과가 "d"이고, 철근노출 부식 등의 외관상태을 동반하는 경우에는 8.1.4절의 중대한 결함으로 본다.
※ 제1장 교량 표[1.27] 참조

라. 배수통관

배수통관에 대한 상태평가는 원칙적으로 다음 기준에 따르되, 제시한 기준을 적용할 수 없는 손상에 대하여는 "수문시설"의 상태평가 기준을 준용할 수 있다.

1) 배수통관의 평가항복별 평가 유형 및 영향계수

[표 8.38] 배수통관 평가항목별 평가유형 및 영향계수

손상형태 및 조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
배수암거 구조물 손상	중요결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
문짝의 기능	일반손상	a	5	1.0
배수암거 배수기능		b c	4 3	1.1 1.3

주) 배수통관의 손상에 직접적으로 제방의 안전성에 영향을 미치지 않는 손상형태(문짝 기능상태, 배수안거 기능상태)는 최저 "c"까지만 설정

2) 손상 및 결함형태별 상태평가 기준

배수통관에서의 손상 및 결함형태별로 다음과 같이 상태평가 기준을 정하였고, 배수암거 구조물의 손상은 제방의 안전성에 직접 영향을 미칠 수 있으므로 배수통관의 상태평가결과가 제방에 반영될 수 있도록 정하였다.

[표 8.39] 배수통관의 배수암거 구조물 손상의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 거의 손상이 없는 상태
b	4	○ 경미한 손상이 있으나 누수, 제체 토사 유출우려가 없는 상태
c	3	○ 손상이 발생하여 누수, 제체 토사 유출이 우려되는 상태
d	2	○ 손상이 심하여 제체의 파괴에 영향을 미칠 우려가 있는 상태
e	1	○ 일부 구조물이 파괴되어 제체의 손상이 발생된 상태

[표 8.40] 배수통관 문짝 기능의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 하천외수 차단기능 및 문짝자체 이상이 없는 상태
b	4	○ 문짝 자체 경미한 손상이 있으나 하천 외수 차단기능에는 문제가 없는 상태
c	3	○ 하천외수 차단기능에 이상이 있는 상태

[표 8.41] 배수통관 배수암거 배수기능에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 기준
a	5	○ 암거내부 퇴적이 거의 없는 상태
b	4	○ 암거내부 퇴적심이 암거높이의 30% 미만인 상태
c	3	○ 암거 내부퇴적심이 암거 높이의 30%이상이거나 기타 이물질 등으로 배수기능에 지장이 있는 상태

8.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 제방 시설물 평가 단계별 절차

제방 시설물에 대한 평가는 [그림 8.1]과 같이 단계별로 구분할 때 복합시설물(5단계)에 해당하는 시설물로 간주하고, 하위단계인 개별시설, 복합부재, 개별부재로 구분한다.

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



[그림 8.1] 제방 시설물 평가 단계별 절차

나. 평가 단계별 구분

제방 시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하고, 다음 표와 같이 평가단계별 구분표를 최종 5단계의 복합시설 단계까지 구분하여 작성한다.

상태평가의 기초가 되는 단위 조사망도의 작성 요령은 다음과 같다.

제방 측량 측점(Sta. No)이나 하천정비기본계획의 하천측량 측점(Sta. No)을 기준하여 1km 단위로 구분하거나, 측량자료가 없을 시는 하천의 특성(만곡부, 하천횡단구조물 설치지점 등), 제방단면의 변화지점, 제방 횡단구조물 지점, 비탈덮기 변화지점 등을 중심으로 구분한다.(다만, 조사대상 제방 연장이 1㎞ 미만이거나 전체적으로 변화가 없어 구분할 필요성이 없을 경우에는 전체 연장을 하나의 블록으로 할 수 있다.) 구분한 각 블록을 20~100m 단위 또는 책임기술자의 판단에 따라 일정한 간격으로 세분하여 단위 조사망도로 한다.

[표 8.42] 제방의 평가단계별 구분

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분
평가구분		평가대상	
상태평가	1단계	상태변화[1)] (결함, 손상)	조사망1(제체, 호안, 등), 배수통관1(배수암거, 문짝) 조사망2(제체, 호안, 등), 배수통관2(배수암거, 문짝) …
	2단계	개별부재	
	3단계	복합부재	블록(구간)1 블록(구간)2 …
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	제방1[2)] 제방2 …
종합평가	5단계	복합시설	제방
	6단계	통합시설	-
	7단계	종합시설	-

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

주2) 제방1, 제방2는 좌안, 우안 제방을 의미함.

1) 1단계 상태평가 : 부재(部材)별 손상상태 평가표 작성

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

○ 손상상태 평가표에는 평가항목에 없는 상태변화라 할지라도 모두 기록하는 것을 원칙으로 한다.

○ 각 상태변화에 대한 상태평가 결과가 c, d, e 일 경우 보수·보강 우선순위에 따라 보수·보강을 한다.

[표 8.43] 부재(부위)별 손상상태평가표 (예)

부위(망번호) / 개별부재	복합부재 / 개별시설물	표 번호
조사망1 / 블록1	***블록1 / 제방1***	*No. 1-1*

※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다.

조 사 결 과 표

번호	손상(결함)종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가결과
①	*제체활동*	*경미함*	*폭(㎜)*길이(㎝)*	-	*b*
②	*제체누수*	*누수흔적 있음*	*폭(㎜)*길이(㎝)*	-	*c*
③	*기초세굴*	*경미함*	*면적(㎡)*	-	*b*
④	*비탈덮기 손상*	*파손, 탈락*	*개소*	*5*	*c*
조사일자 : *20 . .*			조사자 :		

2) 2단계 상태평가 : 개별부재(個別部材) 평가표 작성

○ 개별 부재별로 작성된 외관조사망도에 나타난 손상 및 결함을 평가유형별로 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분한다.

○ 개별부재의 평가는 각각의 손상 및 결함에 대한 평가기준에 따른 평가점수(M)에 손상 및 결함이 부재의 안전에 미치는 영향을 반영한 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 산출한다.

○ 산출된 결함 및 손상의 상태평가지수(E1) 중 최소값을 개별부재의 상태평가지수(E2) 및 상태평가 결과를 결정한다.

[표 8.44] 평가기준별 평가지수 및 결함유형별 영향계수

평가 결과별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수(F)				
평가기준	평가지수 ($E_{1\sim7}$, Es, Ec)	평가기준 (평가점수 : M)		a (5)	b (4)	c (3)	d (2)	e (1)
a	4.5 ≤ E_1 ≤ 5.0	평가유형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	3.5 ≤ E_1 < 4.5		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	2.5 ≤ E_1 < 3.5		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
d	1.5 ≤ E_1 < 2.5							
e	1.0 ≤ E_1 < 1.5							

▷ 결함 및 손상의 상태평가지수(E1) = M × F

- 여기서, M : 평가점수, F : 영향계수

▷ 개별부재의 상태평가지수(E2) = Min (다수의 E1 값)

- 평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용한다.

[표 8.45] 개별부재 평가표 (예)

개별부재	*조사망 1*				표번호
1단계 표번호	*1-1, 1-2*				*2-1*
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수 M	영향계수 F	평가지수 E_1=M*F
제체 활동	중요결함	표참조	*4*	*1.0*	*4.0*
제체 누수	중요결함	〃	*3*	*1.0*	*3.0*
기초 세굴	중요결함	〃	*4*	*1.0*	*4.0*
비탈덮기 파손, 탈락	국부결함	〃	*3*	*1.2*	*3.6*
1. 개별부재의 상태평가지수(E_2) = 상태평가지수 E_1 중 최소값 =					*3.0*
2. 개별부재의 상태평가 결과 =					*c*

3) 3단계 상태평가 : 복합부재(複合部材) 평가표 작성

○ 복합부재는 개별부재의 집합으로 주요부재와 보조부재로 구분할 수 있다.

○ 복합부재의 평가는 개별부재가 복합부재의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영한다. 이때 개별부재의 중요도의 합이 100이 되도록 규정한다.

제방은 각 개별부재의 중요도를 동일하게 적용한다.

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우에는 그 개별부재의 중요도를 판단하여 정하고, 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분한다.

○ 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

○ 또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응한 보정을 하기 위하여 조정계수를 사용한다.

○ 복합부재의 평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재 전체의 안전성을 평가절하 한다.

이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다.

○ 복합부재의 평가는 개별부재의 평가지수(E2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다.

▷ 복합부재의 상태평가지수(E3) = $\sum(E2 \times A \times W) / \sum(A \times W)$

여기서, E2 : 개별부재의 상태평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 8.46] 평가지수에 따른 조정계수

평가결과	a	b	c	d	e
평가지수 ($E_{1\sim7}$, 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

[표 8.47] 중요도 조정방법(예)

구 분	제체	배수통관 및 기타	비 고
중요도	85 ±17(20%)	15 ±3(20%)	
중요도 (조정 후)	85×100/85 ⇒100	-	

○ 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 부재가 추가되거나, 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 8.48] 복합부재 평가표 (예)

개별시설명	*블록 1*					표번호
2단계 평가표	*2-1, 2-2, 2-3, 2-4*					*No. 3-1*
개별부재	평가결과	평가지수 E_2	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A*W	계산값 E_2*A*W
조사망 1	*c*	*3.0*	*3*	*42.5*	*127.5*	*382.5*
조사망 2	*c*	*3.4*	*3*	*42.5*	*127.5*	*433.5*
배수통관1	*b*	*3.6*	*2*	*7.5*	*15.0*	*54.0*
배수통관2	*b*	*3.6*	*2*	*7.5*	*15.0*	*54.0*
합계(Σ)				*100*	*285.0*	*924.0*
<조사자 의견>						
1. 복합부재의 상태평가지수(E_3) = Σ(E_2*A*W) / Σ(A*W) = 924.0 / *285.0* = ***3.24***						
2. 복합부재의 상태평가 결과 = ***c***						

4) 4단계 상태평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

○ 제체는 개별시설로서 동일기능을 수행하는 복합부재(블록1, 블록2, …)의 집합으로 구성되어 있다.

○ 개별시설의 평가는 복합부재의 중요도는 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 규모(길이, 면적, 부피, Capacity 등)를 반영하여 개별시설의 상태평가지수(Ec)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다.

○ 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성평가를 수행하여 종합평가 결과를 결정한다.

▷ 개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min + V1 × V2

여기서, V1 = 0.3 × (Max - Min)

V2 = Σ(E3 × S) / (5 × ΣS)

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최대값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최소값

[표 8.49] 개별시설 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

개 별 시 설	*제체1*			
3단계 표번호	*3-1, 3-2, 3-3, 3-4*			
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	규 모(m) S	계산값 $E_3 \times S$
블록1	*c*	*3.24*	*20*	*64.8*
블록2	*b*	*3.50*	*20*	*70.0*
블록3	*b*	*3.77*	*20*	*75.4*
블록4	*b*	*3.67*	*15*	*58.1*
합계(Σ)			*75.0*	*268.3*
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E_3) 최대값 (Max. Value) =				*3.87*
2. 상태평가지수(E_3) 최소값 (Min. Value) =				*3.24*
3. V1 = 0.3×(Max.−Min) = *0.3×(3.87−3.24) =*				*0.19*
4. V2 = Σ(E_3×S) / (5×ΣS) = *268.3 / (5×75.0) =*				*0.72*
5. 개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min.+$V_1 \times V_2$ = *3.24+0.19×0.72 =*				***3.38***
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				***c***

8.5 안전성평가 기준 및 방법

8.5.1 일반

가. 안전성평가의 절차

1) 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

① 비파괴 시험결과 분석

② 토질조사 등의 결과 분석

③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석

④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석

⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

2) 내진성능 평가

제방의 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과[1]에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

나. 제방의 안전성평가 항목

일반적으로 토사로 축조되는 제방의 파괴는 주로 월류, 세굴, 누수 등에 의해 발생하며 제방은 다음조건을 만족해야 한다.

① 홍수시 월류해서는 안된다.

---

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 국토해양부, 한국시설안전공단

② 제체가 세굴되지 않아야 한다.

③ 하천수위 급강하 시 비탈면의 활동에 대하여 안전해야 한다.

④ 연약지반일 경우 파괴와 침하에 안전해야 한다.

⑤ 누수 및 파이핑에 안전해야 한다.

⑥ 강우 시 제체함수비가 상승해도 비탈면 붕괴에 대해 안전해야 한다.

1) 제방 월류에 대한 안정

제방은 제방지점의 하천계획홍수를 원활히 소통시킬 수 있는 높이여야 하며, 또한 시공후의 침하나 예상치 못한 요인에 대한 안전을 고려하여 일정 여유고를 확보하여야 한다.

[표 8.50] 계획홍수량에 따른 여유고

계획홍수량 (㎥/sec)	여 유 고 (m)	비 고
200 미만	0.6 이상	
200 이상 ~ 500 미만	0.8 이상	
500 이상 ~ 2,000 미만	1.0 이상	
2,000 이상 ~ 5,000 미만	1.2 이상	
5,000 이상 ~ 10,000 미만	1.5 이상	
10,000 이상 ~	2.0 이상	

2) 제방 활동에 대한 안정

원호활동을 고려한 제방 비탈면 안전계산에서 안전율은 다음 [표 8.51]의 기준을 따르되 간극수압과 제체의 연직붕괴를 고려하여 결정한다.

안전도 검토 방법에는 전응력 분석방법, 유효응력 분석방법이 있으며, 전응력 분석방법은 단기간의 안정분석 또는 공사완료 직후의 안정분석 시에 적용하고, 장기간의 분석을 위해서는 유효응력 분석방법을 적용하는 것을 원칙으로 한다.

[표 8.51] 제체활동에 대한 안전율

제체상태	간극수압 상태	안전율
연직붕괴(crack) 고려시	간극수압 불고려시	2.0 이상
	간극수압 고려시	1.4 이상
연직붕괴(crack) 불고려시	간극수압 불고려시	1.8 이상
	간극수압 고려시	1.3 이상

3) 제방 누수에 대한 안정

누수에는 제체누수와 기초지반 누수가 있으며, 제체누수는 침윤선이 제체 내에 위

치하여 비탈면 붕괴를 야기하며, 지반 누수는 파이핑 현상으로 제방의 붕괴를 유발한다.

(가) 제체누수의 원인

① 제방단면이 너무 작은 경우

② 제체 재료가 투수성이 크고 차수벽이 없는 경우

③ 제체를 충분히 다지지 않은 경우

④ 제체가 두더쥐 등에 의해 구멍이 뚫린 경우

⑤ 제체 내에 매설되어 있는 구조물(통문, 통관 등)과의 접속부에 공동이 발생한 경우

(나) 기초지반 누수의 원인(파이핑 현상 동반)

① 지반의 투수성이 큰 모래층 또는 자갈층인 경우

② 고수부지 부근의 표토가 세굴되어 투수층이 노출되었을 경우

③ 골재 채취 등으로 투수층이 노출되었을 경우

④ 설계 시 예상 못했던 지반 침하로 침투압이 증가하였을 경우

(다) 파이핑 현상 판정 방법

① 한계동수 경사에 의한 판정

② 한계유속에 의한 판정

③ 크리프 비에 의한 판정

④ 침투압에 의한 판정

4) 제방 침하에 대한 안정

① 제방침하의 원인은 지반의 탄성침하, 압밀, 흙이 측방으로 부풀어 오르는 현상 등을 생각할 수 있으므로 지반조사를 통해 압밀침하량을 산정하여 안전하고 경제적인 제방이 되도록 산정.

② 연약지반에 제방을 축조하는 것은 가능한 피하고, 부득이한 경우에는 연약토사의 치환, 지하수위를 낮추어 압밀침하를 촉진시키는 방법 등의 조치를 취해야 한다.

5) 제방 세굴에 대한 안정

○ 유수와 접하는 제방 앞비탈에는 계획홍수위 이상 높이까지 비탈덮기를 설치하여 유수에 의한 제체 세굴을 방지하여야 한다.

8.5.2 안정성평가 기준

앞 절에서 제시한 제방의 안전에 영향을 미치는 주요 요소에 대하여 정량적으로 안전성을 검토할 수 있는 요소를 선별하여 안전성평가 기준을 제시하였다.

가. 월류에 대한 안전성평가 기준

제방의 월류에 대한 안전성평가는 조사 당시의 제방고와 수리·수문분석을 통한 하천의 계획홍수위를 비교함으로서 제방고의 적정성 여부를 검토하는 것이다.

여기서 계획홍수위는 하천정비기본계획이 수립된 하천에서는 하천정비기본계획의 자료를 준용하고, 하천정비기본계획이 수립되어 있지 않거나 특정 홍수에 대한 검토 시는 정밀안전진단(또는 안전점검) 시의 수리·수문 분석결과를 이용하여야 한다.

[표 8.52] 월류에 대한 안전성평가 기준

평가 기준	평가 점수	평 가 내 용
a	5	○제방고 〉 계획홍수위 + 여유고 이고, ○호안고 〉 계획홍수위
b	4	○계획홍수위+여유고 ≥ 제방고 〉 계획홍수위+(여유고×0.9) 이고, ○호안고 ≥ 계획홍수위
c	3	○계획홍수위+(여유고×0.9) ≥ 제방고 〉 계획홍수위+(여유고×0.75) 이고, ○호안고 ≥ 계획홍수위
d	2	○계획홍수위+(여유고×0.75) ≥ 제방고 〉 계획홍수위 이거나, ○호안고 〈 계획홍수위
e	1	○제방고 〈 계획홍수위

나. 활동에 대한 안전성평가 기준

제방의 원호활동을 고려한 비탈면의 활동에 대한 안전성평가 기준은 다음과 같다.

주) 1. 안정계산은 연직붕괴와 간극수압을 고려하는 것을 원칙으로 함.
2. 기준안전율 : 하천설계기준에서 제시한 안전율

[표 8.53] 활동에 대한 안전성평가 기준

평가 기준	평가 점수	평 가 내 용
a	5	○ 안전율(SF)이 기준안전율 초과
b	4	○ 안전율(SF)이 기준안전율이상이나, 제체단면 손실이 있는 경우
c	3	○ 기준안전율의 90% ≤ 안전율(SF) < 기준안전율의 100%
d	2	○ 기준안전율의 75% ≤ 안전율(SF) < 기준안전율의 90%
e	1	○ 안전율(SF) < 기준안전율의 75%

다. 누수에 대한 안전성평가 기준

제방은 토사로 축조되므로 어느 정도의 누수는 불가피하며, 여기서의 누수라 함은 누수가 제체 비탈끝 부분에서 발생하거나, 기초지반을 통하여 발생하는 경우를 의미한다. 즉, 제체의 침윤선이 높은 것을 의미하며, 이러한 제체 침윤선의 형상은 제방의 비탈면 붕괴에 결정적으로 영향을 미친다.

특히, 기초지반에 대한 누수는 홍수시 파이핑 형태로 나타나는 것이 일반적으로서 이러한 파이핑 현상은 제방 전체의 붕괴를 야기한다.

누수에 대한 안전성은 침투류 해석 및 파이핑에 대한 검토를 통하여 평가하며, 파이핑에 대한 검토는 최소 2가지 이상의 방법으로 검토하되 이에 대한 평가 기준은 ①한계동수경사에 의한 방법, ②침투압에 의한 방법에 의하여 평가한다.

[표 8.54] 누수에 대한 안전성평가 기준

평가 기준	평가 점수	평 가 내 용
a	5	① 한계동수경사 방법 : 안전율 4.0 이상 ② 침투압 방법 : 안전율 2.0 이상
b	4	① 한계동수경사 방법 : 안전율 3.0 이상 ~ 4.0 미만 ② 침투압 방법 : 안전율 1.8 이상 ~ 2.0 미만
c	3	① 한계동수경사 방법 : 안전율 2.5 이상 ~ 3.0 미만 ② 침투압 방법 : 안전율 1.6 이상 ~ 1.8 미만
d	2	① 한계동수경사 방법 : 안전율 2.2 이상 ~ 2.5 미만 ② 침투압 방법 : 안전율 1.3 이상 ~ 1.6 미만
e	1	① 한계동수경사 방법 : 안전율 2.2 미만 ② 침투압 방법 : 안전율 1.3 미만

주) 한계동수경사법 및 침투압법에 의한 기준안전율은 다음과 같다.

- 한계동수경사 방법 : 기준안전율 3.0 ~ 4.0
- 침투압 방법 : 허용안전율 2.0 이상

라. 특수제방의 옹벽 및 말뚝에 대한 안전성평가 기준

특수제방의 옹벽 및 말뚝에 대한 안전성 검토는 구조물의 활동 및 전도에 대한 검토가 필요하며, 또한 배면 토압에 대한 구조물 자체의 내하력 검토가 필요하다.

[표 8.55] 특수제방 옹벽 및 말뚝의 활동, 전도에 대한 안전성평가 기준

평가 기준	평가 점수	평 가 내 용
a	5	안전율(SF)이 1.3 초과의 경우
b	4	1.20 ≤ 안전율(SF) ≤ 1.3
c	3	1.17 ≤ 안전율(SF) 〈 1.20
d	2	0.97 ≤ 안전율(SF) 〈 1.17
e	1	안전율(SF) 〈 0.97

[표 8.56] 특수제방 옹벽 및 말뚝의 내하력에 대한 안전성평가 기준

평가기준	평가점수	평 가 내 용 (안전율 SF = 설계강도 / 소요강도)
a	5	SF 〉 1.0
b	4	SF ≥ 1.0 이나, 단면 손상이 발생한 경우
c	3	0.9 ≤ SF 〈 1.0
d	2	0.75 ≤ SF 〈 0.9
e	1	SF 〈 0.75

8.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 산정

월류, 활동, 전도, 내하력 등 여러 안전성평가 항목에 대한 평가 결과를 종합하여 안전성평가지수를 다음 식에 의하여 산정하되, 하나의 평가항목을 다수의 단면에 대하여 검토 한 경우에는 그 평가항목에 대한 평가결과 중 최저평가점수를 그 평가항목의 평가점수로 하여 다음 식에 의하여 전체시설물에 대한 안전성 평가지수값을 결정하여야 한다.

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

$$= L + 0.3(H-L), \qquad (N = 2)$$

여기서, N : 안전성평가 항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 각각 1개씩 제외한 나머지 값들

나. 안전성평가 결과 산정 방법

① 검토한 안전성평가 항목에 대하여 평가기준에 의거 각각 안전성평가 점수를 결정한다.

② ①의 결과를 이용하여 각 안전성평가항목별로 안전성평가 점수를 산정한다.

○ 하나의 평가항목을 여러 단면에 대하여 검토한 경우에는 그 평가항목에 대한 평가결과 중 최저치를 그 평가항목의 평가결과로 함.

③ ②에서 산정된 각 평가항목별 안전성평가 점수를 이용하여 위 식에 의하여 종합 안전성평가지수를 산정한다.

④ ③의 결과 산정된 종합 안전성평가 지수를 다음 [표 8.57]의 안전성평가지수에 따른 안전성평가 기준에 따라 안전성평가 결과를 결정한다.

[표 8.57] 안전성평가지수(Es) 범위에 따른 안전성평가 기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	안전성평가 점수	비 고
4.5 ≤ Es ≤ 5.0	A	5	
3.5 ≤ Es 〈 4.5	B	4	
2.5 ≤ Es 〈 3.5	C	3	
1.5 ≤ Es 〈 2.5	D	2	
1.0 ≤ Es 〈 1.5	E	1	

[표 8.58] 제방 시설물의 안전성 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 월류에 대한 안전성 검토	*a*	*5*	5. 옹벽 내하력 검토	*d*	*2*
2. 활동에 대한 안전성 검토 (사면안정 해석)	*b*	*4*			
3. 누수에 대한 안전성 검토 (침투류 및 파이핑 해석)	*c*	*3*			
4. 옹벽의 전도에 대한 검토	*c*	*3*			
<검토자 의견>					

1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택
   1.1) N=1이면 Es = Min
   N=2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min)
   1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min) × Σ M / (5 × (N−2))
   (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)

2. 개별시설 안전성평가지수(Es) = ***2.60***
3. 개별시설 안전성평가 결과 = ***C***

8.6 종합평가 기준 및 방법

8.6.1 일반

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 8.59]의 종합평가지수(E4~7)에 따라 결정한다.

[표 8.59] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

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

8.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

평가대상 개별시설에 대하여 상태평가 및 안전성평가를 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 비교하여 작은 값을 종합평가를 위한 종합평가지수(E4)로 결정·적용하여 개별시설의 종합평가 결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 종합평가를 실시한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 갈음한다.

나. 종합평가 결과 산정 방법

평가대상 시설물에 대하여 평가단계별 구분표에 따라 종합평가 산정 절차를 예시하였다.

1) 4단계 종합평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

시설물의 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 종합평가 결과를 결정하기 위해 시설물별 상태평가 및 안전성평가 결과로 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 사용하며, 이 값 중에서 작은 값을 개별시설의 종합평가지수(E4)로 적용하여 [표 8.59]에 따라 평가대상 시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 갈음한다.

▷ 개별시설의 종합평가지수 (E4) = Min(Ec, Es)

여기서, Ec : 개별시설의 상태평가지수

Es : 개별시설의 안전성평가지수

[표 8.60] 개별시설 평가표 (예)

개별시설	*제방1*			표번호
3단계 표번호	*No. 3-1, 3-2, 3-3, 3-4*			*No. 4-1*
상 태 평 가				
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	연 장(m) S	계산값 E_3*S
블록1	*c*	*3.24*	*20.0*	*64.8*
블록2	*b*	*3.50*	*20.0*	*70.0*
블록3	*b*	*3.77*	*20.0*	*75.4*
블록4	*b*	*3.67*	*15.0*	*58.1*
합계(Σ)			*75.0*	*268.3*
<조사자 의견>				
1. 상태평가지수(E_3) 최대값 (Max. Value) =				*3.87*
2. 상태평가지수(E_3) 최소값 (Min. Value) =				*3.24*
3. V1 = 0.3×(Max.−Min) = *0.3×(3.87−3.24) =*				*0.19*
4. V2 = Σ(E_3×S) / (5×ΣS) = *268.3 / (5×75.0) =*				*0.72*
5. 개별시설의 상태평가지수(Ec) = Min.+V_1×V_2 = *3.24+0.19×0.72 =*				***3.38***
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				*C*
안 전 성 평 가				
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 월류에 대한 안전성 검토	*a*	*5*	5. 옹벽 내하력 검토	*d*	*2*
2. 활동에 대한 안전성 검토 (사면안정 해석)	*b*	*4*			
3. 누수에 대한 안전성 검토 (침투류 및 파이핑 해석)	*c*	*3*			
4. 옹벽의 전도에 대한 검토	*c*	*3*			
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 Es 수식 선택 1.1) N=1이면 Es = Min N=2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min) 1.2) N>2이면 Es = Min + 0.3 × (Max − Min) × Σ M / (5 × (N−2)) (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					***2.60***
3. 개별시설 안전성평가 결과 =					*C*
종 합 평 가					
1. 개별시설 종합평가지수(E_4) = 최소값 (Ec, Es) =					***2.60***
2. 개별시설 종합평가 결과 =					*C*

2) 5단계 종합평가 : 복합시설(複合施設) 평가표 작성

개별시설의 기능에 문제가 발생할 경우 복합시설의 목적수행에 미치는 영향을 판단하여 개별시설의 중요도를 반영한다. 각각의 제방에 대한 중요도는 제방의 길이에 대한 비율로서 정할 수 있으며, 책임기술자는 현장 여건에 따라 중요도를 20% 범위 내에서 조정할 수 있다.

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

5단계부터는 각각 다른 시설물의 종합평가 결과를 취합하는 과정이다.

▷ 복합시설의 종합평가지수(E5) = Σ(E4 × A × W) / Σ(A×W)

여기서, E4 : 개별시설의 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 8.61] 복합시설 평가표(예)

복 합 시 설	*○○제방*					표 번호
4단계 표번호	*4-1, 4-2*					*5-1*
개별시설	평가결과	평가지수 E_4	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 A×W	계산값 E_4×A×W
제방1	*C*	*2.60*	*3*	*60*	*180.0*	*468.0*
제방2	*B*	*3.54*	*2*	*40*	*80.0*	*283.2*
합계(Σ)				*100*	*260.0*	*751.2*
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 종합평가지수(E_5) = $\Sigma(E_4 \times A \times W) / \Sigma(A \times W)$ = *751.2 / 260* =						***2.89***
2. 복합시설의 종합평가 결과 =						***C***

8.7 보수・보강 방법

제방 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

8.7.1 제체

제체에서는 균열, 누수, 변형, 침하, 활동, 침식 그리고 풍화 등의 손상현상이 주요 대상이 된다.

일반적인 보수・보강방법은 다음같이 적용할 수 있다.

- ○ 그라우팅공법, 치환공법
- ○ 저수위조절
- ○ 압성토공법
- ○ 말뚝공법
- ○ 아스팔트 및 점토차수공법
- ○ 쉬이트파일공법
- ○ 토목섬유공법

8.7.2 배수통관

배수통관에 대한 보수는 하수관로 또는 상수관로의 보수공법을 적용하되, 가능하면 비 굴착의한 보수・보강공법을 적용토록 한다.

8.7.3 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수・보강공법

- ○ 표면보호공법
- ○ 단면보수공법
- ○ 강판접착공법
- ○ 프리스트레스 도입공법
- ○ 콘크리트 덧붙이기공법

제9장 하수처리장

9.1 관리일반

9.2 현장조사

9.3 재료시험 항목 및 수량

9.4 상태평가 기준 및 방법

9.5 안전성평가 기준 및 방법

9.6 종합평가 기준 및 방법

9.7 보수·보강 방법

제9장 하수처리장

9.1 관리일반

9.1.1 적용범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 공공하수처리시설에 적용한다.

○ 2종 시설물

• 공공하수처리시설(1일 최대처리용량 500톤 이상)

하수처리장 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 하수도시설 기준

○ 하수도시설 유지관리 지침

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전 협의하여 적용 할 수 있다.

9.1.2 용어 정의

○ 하수(下水)

생활이나 사업에 기인하거나 수반되는 오수와 자연강우에 의한 우수를 합한 것을 총칭

○ 하수도(下水道)

하수를 배출원에서 처리장까지 수송하여 처리한 다음 방류지점까지 운반하는데 요구되는 시설의 총체

○ 하수처리장(下水處理場)

하수관거 말단에 설치하여 하수를 최종적으로 처리한 후 하천이나 공공수역 등에 방류하기 위하여 하수도시설로 설치되는 처리시설 및 보완시설의 총체

○ 기계・전기설비

기계・전기설비란 시설물의 구조적 안전에 영향을 주는 설비로서 다음의 설비를 말함

구 분	기계설비	전기설비
하수처리장	펌프설비 및 염소중화설비	고・저압 펌프모터 및 관련 기동반 또는 현장제어반

○ 계측시설

계측시설이란 시설물의 구조적 안전에 직접 관련된 토목분야의 계측시설을 말하며 하수처리공정과 관련된 계측시설은 제외됨.

9.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설

하수처리장 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 9.1]과 같다.

① 기본시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당시설물(건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다.

② 대상시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

③ 부대시설물 및 기타 시설물이 「영」제2조제1항에 따른 1종 또는 2종 시설물에 해당되는 경우에는「법」제6조에 따라 1종 시설물은 정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하고 2종 시설물은 정밀점검을 실시하여야 한다.

[표 9.1] 하수처리장 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 수처리시설물	○	○	○	기본과업
	◦ 슬러지처리시설	○	○	○	
	◦ 기계, 전기설비	○	○	○	
부대 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			선택과업
	◦ 옹벽(절・성토사면포함)	○			
	◦ 장내 관거	○			
	◦ 장내 교량	○			
기타 시설물	◦ 방호시설 등	○			선택과업

9.1.4 중대한 결함의 정도

하수처리장 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 9.16] 기초세굴에 대한 상태평가 기준에서 “e”인 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 중성화(탄산화)에 따른 내력손실

○ [표 9.19]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 9.20]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 [표 9.23]의 철근노출 상태평가 기준에서 “e”를 포함하는 경우

※ 1), 2)항의 상태변화에 대한 평가유형은 국부결함으로 분류하고 있다.

9.2 현장조사

9.2.1 시설물의 점검 사항

가. 시설물별 상태변화의 평가항목

1) 토목 구조물

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
침하 / 부상	○구조물의 침하나, 부상 정도	
경 사	○구조물의 경사 정도	
활 동	○구조물의 활동 정도	
기 초 세 굴	○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	
철 근 노 출	○철근노출 면적	
누 수	○누수흔적 및 진행정도	• 콘크리트 부재 • 신축이음 부위
백 태	○백태 발생 면적율	
콘크리트 파손	○콘크리트 파손 깊이 및 면적율	
신축이음 탈락 / 열화	○신축이음 탈락 및 열화 정도	

2) 강 구조물

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
강 재 부 식	○부식의 정도에 따른 발생 면적율	
피 로 균 열	○피로균열 발생원인 ○부재의 종류와 피로균열 발생 정도	
변형 / 변위	○변형 및 변위 정도	
도 장 손 상	○도장의 변색, 부풀림, 탈락 등 도장상태	

3) 기계・전기설비

가) 펌프설비

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

나) 장내 배관

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

다) 전기설비

손상 및 결함		평 가 항 목	비 고
점검대상	대상기기		
고・저압 펌프 모터설비	・현장제어반 및 기동반 ・펌프모터(전동기)※)	・손상 및 파손유무 ・절연・접지상태 ・작동상태	・상세육안점검 ・절연 및 접지저항측정 ・작동상태점검 (전압, 운전전류, 소비전력, 역률 등) ・열화상 진단

※) 전동기에서 11㎾ 이하의 저용량 모터는 점검항목에서 제외함.

나. 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 지반(시추)조사

지반시추조사는 다음의 경우에 실시하며, 책임기술자의 판단에 의해 결정한다.

○ 외관상태 조사 결과 중대한 구조적 결함의 발견

○ 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나, 변화가 예상되는 경우

2) 코어채취

수밀을 요구하는 하수처리장의 토목구조물 특성과 경제성 및 작업성 등을 고려할 때

코어채취에 의한 콘크리트강도 조사는 다음 사항을 고려하여 실시한다.

과업의 범위 및 내용이나 외관상태 조사결과 또는 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과 등에 따라 관리주체나 책임기술자가 코어채취에 의한 콘크리트강도 조사여부를 결정한다.

3) 기계설비

(가) 소음·진동 측정

각종 기기 중 구조물에 영향을 미치는 진동을 일으키고 처리장 운영자의 심신에 스트레스를 유발하는 소음을 발생시키는 주요 기기는 각종 펌프 등으로서 이들의 기기에서 소음·진동이 크게 발생하거나 콘크리트 외관상태 조사 결과 균열 등의 결함이 기기 및 배관의 진동에 의해 발생되는 징후를 보일 경우 이러한 기기 및 배관에 대한 소음·진동치를 측정하여 허용치 초과여부를 확인하고 그 원인을 파악하여 대책을 강구하는 것이 필요하며, 또한, 기기의 소음·진동 정도를 측정함으로써 기기의 상태를 간접적으로 파악할 수 있다.

○ 펌프의 소음측정

펌프의 작동시험을 시행하여 펌프의 부하측, 반부하측 및 모터 반부하측을 기준으로 수평거리 1m에서 측정한다.

○ 배관 등의 진동측정

펌프의 작동시험을 시행하여 기기의 진동측정 회수는 펌프의 부하측 및 반부하측을 수직, 수평, 축방향에 대하여 측정한다.

(나) 배관두께(초음파 측정)

각종 배관 중 부식성이 염소 등과 접촉하는 배관들은 부식에 매우 취약하며 이러한 물질들이 부식이나 이음부위의 체결불량 또는 손상 등으로 누수가 이루어질 경우 처리장의 운영에 막대한 지장을 초래할 뿐만 아니라 안전사고로 이어질 수 있기 때문에 부식발생 우려가 높거나 관내압이 크게 작용하는 배관에 대해서는 관의 두께가 소요두께 이상을 확보하고 있는지를 조사할 필요가 있다.

따라서 각종 배관에 대한 관의 두께조사(초음파 측정)는 배관의 특성 및 상황 등을 고려하여 책임기술자가 실시여부를 정한다.

(다) 권양와이어의 단면감소 및 소선절단 상태

크레인 및 호이스트 등은 권양와이어에 의해 각종 기기를 운반하거나 설치하게 되는데 권양와이어가 부식 등으로 단면이 크게 감소하거나 소선이 절단되어 있는 경우에는 작업 시 권양 기기의 낙하로 각종 기기나 배관의 파손을 발생시키거나 안전사고 등의 문제를 야기할 수 있다.

따라서 크레인 및 호이스트 등의 외관상태 조사 결과 등에 따라 책임기술자가 권양와이어의 단면감소율 및 소선절단 유무 등의 조사에 대한 실시여부를 결정한다.

(라) 가스누출

하수처리장의 최종 처리수는 방류하기 전에 통상 염소가스를 이용하여 소독을 실시하게 되는데 이의 염소가스는 독성 및 부식성이 강한 가스이므로 염소 저장·중화 장치 및 배관 등에서 가스누출의 여부를 검사토록 한다.

또한, 슬러지처리 공정에서 폭발성이 있는 메탄(CH4)가스 등이 발생하며 이의 가스를 에너지활용 차원에서 동력원으로 대부분 이용하고 있으며 이의 가스 포집·저장·공급 장치 및 배관에서도 가스누출 여부를 검사토록 한다.

(마) 각종 기기의 작동시험

하수처리장의 정밀안전진단 시 각종 기기의 작동시험을 실시하여야 할 주요 기기로는 각종 펌프·밸브, 긴급차단게이트, 방류수문, 염소중화경보장치, 가스밸브, 크레인 및 호이스트 등으로서 이들의 기기에 대한 작동시험을 실시한다.

9.2.2 시설물 외관조사 요령

가. 정밀점검 외관조사 요령

「공통편」 3.9항의 규정과 다음의 시설물별 안전점검 실시 내용에 따라 현장조사와 구조물의 특성을 고려하여 필요한 현장조사 현장 및 실내시험을 실시한다.

일반적인 점검항목을 외관조사항목, 내구성조사항목 및 기타항목으로 구분하여 제시하면 다음 [표 9.2]와 같다.

[표 9.2] 하수처리장의 일반적인 점검항목

외관조사항목	내구성조사항목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 및 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 피로균열, 도장손상 등 ○ 구조물 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험 (반발경도법, 초음파법 등) 국부 파괴시험 (코어채취시험법 등) ○ 철근탐사 배근간격, 피복두께 등 ○ 콘크리트 탄산화깊이 ○ 콘크리트 염화물함량

1) 침사지 및 유입펌프장

○ 침사지 및 유입펌프장에 대한 점검은 가능한 1지씩 지내 배수를 하여 조사하는 것을 원칙으로 하되 양압력에 의한 구조물의 부상, 부등침하 등에 대비하여 지하수위 등 충분한 예비현장조사를 한 후 점검에 임한다.

○ 콘크리트 및 강재 구조물에 대한 노후화를 점검하기 위하여 육안정밀조사로 구조물의 균열, 박리, 층분리, 박락, 백태, 누수, 철근부식 등 손상상태를 점검하고 손상부위에 대한 설명과 개략도를 포함한 간단한 입체단면도와 평면도에 손상의 형태와 치수를 기록 정리한다.

○ 노출된 콘크리트 구조물의 취약부위에 대하여 중점적으로 비파괴시험을 실시하여 구조물의 손상과 노후도의 상태를 점검한다.

○ 콘크리트 구조물에 도장 또는 도막을 한 경우에는 도막상태를 점검한다.

○ 침사지 및 유입펌프실 구조물의 기계가동 시 진동에 의한 균열 등의 발생여부를 점검한다.

○ 침사지 및 유입펌프장의 부대시설인 수문, 권양기, 스크린, 크레인 또는 호이스트 등의 강재 구조물은 도장, 도막, 균열 및 부식상태를 검사한다.

○ 홍수 등 갑작스런 유입수량 증가에 따른 침사지 침수를 방지하기 위한 긴급차단 게이트의 이상여부를 점검한다.

○ 침수예방을 위한 Level Gauge의 부식 및 작동상태를 점검한다.

○ 시설물의 부등침하 또는 양압력 등에 의한 균열현상 등 중대한 결함이 발견될 시는 「영」 제12조에 의거 관리주체에게 지체 없이 통보하고 정밀안전진단 여부 등을 판단한다.

○ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 유량조정조 및 분배조

○ 유량조정조 및 분배조의 점검은 '가'항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 의하여 실시한다.

3) 최초침전지

○ 최초침점지의 점검은 '가'항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 의하여 실시한다.

4) 포기조

○ 포기조의 점검은 '가'항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 의하여 실시한다.

5) 최종침전지

○ 최종침전지의 점검은 '가'항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 의하여 실시한다.

6) 소독조

○ 소독조의 점검은 '가'항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 준하여 실시한다.

○ 경보장치 및 중화장치가 자동적으로 작동하는 가를 점검한다.

○ 중화장치에 필요한 가성소다 등 약품의 비치여부를 확인한다.

7) 방류관거 및 방류펌프장

○ 방류관거 및 방류펌프장의 점검은 '가'항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 준하여 실시한다.

8) 슬러지 처리시설

○ 슬러지 처리시설에는 조정조, 농축조, 소화조 등이 있으며, 이들의 시설물에 대한 점검은 '가'항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 준하여 실시한다.

9) 기타 수처리시설

○ 탈질조·탈인조 등 기타 수처리시설에 대한 점검은 '가'항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 준하여 실시한다.

10) 건축물

○ 관리동, 유입펌프장 및 송풍기동 등의 건축물에 대한 점검은 건축 및 지하구조분야 기술자가 실시하며, 「제2장 터널」 또는 「제10장 건축물」 에 따른다.

○ 점검 실시결과 아래와 같은 중대한 결함사항이 있을 경우에는 「영」 제12조에 의거 관리주체에게 지체 없이 통보한다.

- 기둥, 보 또는 내력벽의 내력상실
- 조립식 구조체의 연결부실로 인한 내력상실
- 주요구조부재의 과다한 변형 및 균열심화
- 지반침하 및 이로 인한 활동적인 균열
- 누수, 부식 등에 의한 구조물의 기능상실

○ 건축물 또는 지하구조물 점검 시에는 반드시 책임기술자와 상호 협의하여 실시한다.

11) 부대시설

○ 상기 대상시설물을 제외한 부대시설은 하수처리장 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 검사자가 정기점검 또는 정밀점검이 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 점검을 실시한다.

나. 정밀안전진단 외관조사 요령

「공통편」 3.9항의 규정과 다음의 시설물편에 따라 현장조사와 구조물의 특성을 고려하여 필요한 현장조사 현장 및 실내시험을 실시한다.

일반적인 진단 시의 조사항목을 외관조사항목, 내구성조사항목 및 기타항목으로 구분하여 [표 9.3]에 제시하였다.

[표 9.3] 하수처리장의 일반적인 진단 조사항목

외관조사항목	내구성조사항목	기 타 항 목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 및 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 피로균열, 도장손상 등 ○ 구조물 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험 (반발경도법, 초음파법 등) 국부 파괴시험 (코어채취시험법) ○ 철근탐사 배근간격, 피복두께 등 ○ 콘크리트 탄산화깊이 ○ 콘크리트 염화물함량 ○ 철근부식도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조	○ 가스누출 ○ 각종 기기의 작동시험

1) 침사지 및 유입펌프장

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사결과를 확인하기 위하여 필요한 비파괴시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.

○ 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대한 재료시험은 세부지침에 따라 실시하며 강재의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한 강재 비파괴현장시험에 의해 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.

○ 침사지 및 유입펌프장 전체에 대하여 조사망(Matrix)을 구성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후화의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

2) 유량조정조 및 분배조

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

3) 최초침전지

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

4) 포기조

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

5) 최종침전지

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

6) 소독조

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

7) 방류관거 및 방류펌프장

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

8) 슬러지처리시설

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

9) 기타 수처리시설

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

10) 건축물

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

11) 부대시설

○ 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

○ 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

다. 기계·전기설비 외관조사 요령

1) 기계설비

① 각종 배관에 대한 이음부 상태와 관체의 부식 및 노후정도, 도장상태, 누수 등의 배관손상 대한 조사를 실시한다.

② 펌프 및 염소재해설비에 대한 외관검사 및 작동상태, 소음, 진동에 대해 점검한다.

③ 펌프토출 측에 수격압방지시설이 있는 경우는 시설의 정상작동 여부 및 외관검사를 통하여 시설의 노후도, 부식도 등을 점검한다.

④ 배수펌프의 설치 유무를 점검한다.

⑤ 크레인 또는 호이스트의 레일, 지지기둥, 로프 등의 손상상태를 점검한다.

⑥ 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 기계·전기설비의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.

⑦ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 전기설비

하수처리장의 전기설비에 관한 육안점검은 다음의 점검표를 준하여 실시한다.

① 고・저압 펌프모터의 기동반 또는 MCC PNL・현장제어반의 점검표

구 분		점 검 사 항	점검결과
기동반 <MCC>	기동반의 내・외관상태	-빗물・눈・방수・방충・방서 등의 유입 우려, 위험 표지의 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	
현장제어반	반의 내・외관상태	-반의 오손・파손・부식 유무, 내부 이물질 침입여부, 문 개폐 및 장금장치 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 고・저압 펌프모터의 점검표

설비명	점 검 사 항
고・저압 펌프모터	1. 펌프모터의 외관 및 고정상태, 발청・녹 발생・손상유무, 단자함에 무리한 수납여부, 케이블의 단말처리 및 손상유무, 관련 배관류의 변형・파손 유무 등
	2. 외함접지 유무 및 설치상태
	3. 절연저항측정 결과
	4. 펌프모터의 정상적인 작동유무

9.3 재료시험 항목 및 수량

9.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 9.4] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근배근 상태조사 ○ 염화물함유량[1)]
기계・전기설비	○ 가스누출	○ 각종 기기의 작동시험 등

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 9.5] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 – 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	기계 전기	○ 가스누출	○ 염소가스, 메탄가수 등의 누출 여부
선택 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 국부파괴 : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	기계 전기	○ 각종 기기 작동시험 등	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시

나. 재료시험 기준수량

[표 9.6] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
반발경도시험	○ 총수량 = 대상시설물 수[1] × 2개소	· 시설물별 시험수량은 총수량 범위 내에서 책임기술자가 조정 가능
탄산화 깊이 측정	○ 총수량 = 대상시설물 수[1] × 1개소	· 시설물별 시험수량은 총수량 범위 내에서 책임기술자가 조정 가능
가스누출[2]	○ 점검기간 중 1회 이상 실시	· 약품(염소 등) 저장, 중화장치 및 배관 · 가스포집 · 저장 · 공급장치 및 배관 등

주1) 침사지, 최초침전지, 포기조, 최종침전지, 소독조, 방류조, 농축조, 소화조 및 공동구 등
주2) 실시 시기는 책임기술자가 정밀점검 기간을 고려하여 정한다.

[표 9.7] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
각종 기기의 작동시험[1]	○ 점검 기간 중 1회 이상 실시	

주1) 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험 수량은 책임기술자가 조정 가능하나, 그 실시 시기는 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

9.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 9.8] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 – 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량[1)] ○ 철근부식도 ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 – 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 ○ 지반(시추)조사
강 구조물	○ 강재 초음파두께측정	○ 강재 용접결함조사
기계설비	○ 가스누출 ○ 각종 기기의 작동시험	○ 작동시험(주요펌프, 염소중화설비) ○ 펌프 소음·진동 측정 ○ 장내 배관두께(초음파측정) ○ 와이어 로프 단면감소 및 소선절단 상태
전기설비	–	○ 주요펌프모터와 관련 기동반·현장제어반의 조사 및 시험 – 절연저항측정 – 접지저항측정 – 적외선열화상탐사

주1) 염화물함유량 시험은 [표 9.4]에 따라 실시한다.

[표 9.9] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
		○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
		○ 균열깊이 조사	○ 발생균열의 철근깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가 ○ 허용균열폭과의 비교・검토
	강 구조물	○ 강재 초음파두께측정	○ 강재의 부식정도 파악
	안전설비	○ 가스누출	○ 염소가스, 메탄가수 등의 누출 여부
선택 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 콘크리트 물성 및 미세구조	○ 강도, 수분함량 등
		○ 지반(시추)조사	○ 기초지반의 특성 및 상태 파악
	강 구조물	○ 강재 용접부조사	○ 강재용접 결함(균열 등) 평가 ○ 자분탐상 또는 초음파탐상 등
	기계설비	○ 주요펌프설비 소음・진동 측정	○ 허용기준의 초과 여부 ○ 각종 펌프・배관 등
		○ 배관두께(초음파측정)	○ 관의 두께가 소요두께 이상 여부 ○ 부식 우려 및 관 내압이 큰 배관
		○ 작동시험	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시
	전기설비	○ 절연저항측정	○ 허용기준의 초과 여부
		○ 접지저항측정	○ 허용기준의 초과 여부
		○ 적외선열화상탐사	○ 이상발열발생 여부

나. 재료시험 기준수량

재료시험 기준수량은 과업의 내용 및 시설물의 특성 및 상황 등을 고려하여 총수량 범위 내에서 책임기술자 조정 가능하며, 대상시설물은 침사지, 최초침전지, 포기조, 최종침전지, 소독조, 방류조, 농축조, 소화조 및 공동구 등이다.

[표 9.10] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
반발경도시험	○ 총수량 = 대상시설물 수 × 6개소	· 동일 부위 시험 원칙
초음파 전달속도시험	상 동	
철근탐사시험[1]	○ 총수량 = (대상시설물 수)×(부재별 대표부재 수)×1개소	· 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
탄산화 깊이 측정	○ 총수량 = 대상시설물 수 × 1개소	
염화물 함유량시험	○ 총수량 = 대상시설물 수 × 0.3+75개소	· 소수점 이하 반올림
철근부식도시험	○ 책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	· 시험 실시 근거 명기
균열깊이 조사	○ 책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	· 상태평가 기준 참조
강재 초음파두께측정	○ 책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	
가스누출	○ 점검기간 중 1회 이상 실시	· 약품(염소 등) 저장, 중화장치 및 배관 · 가스포집·저장·공급장치 및 배관 등
주요 기기의 작동시험[2]	○ 진단 기간 중 1회 이상 실시	

주1) 시설물별로 부재의 종류에 따라 동일한 부재 5개당 대표부재 1개씩 선정 1개소당 조사면적은 조사대상철근의 직각방향으로 1.5m 이상

주2) 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험 수량은 책임기술자가 조정 가능하나, 그 실시 시기는 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

[표 9.11] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
코어채취[1]	○총수량 = 대상시설물 수 × 0.5개소	·실내시험은 선택과업 ·소수점 이하 반올림
기초지반(시추)[2]	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·관리주체 또는 책임기술자가 실시여부 결정
강재 초음파탐상시험	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·강재용접부 균열조사 ·자분탐상 시험 가능
작동시험	○진단기간 중 1회 실시	
소음·진동 측정	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·각종 펌프·배관 등의 각 설비별 1회
배관두께 (초음파측정)	○과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	·부식 발생우려가 높거나 관내압이 큰 배관
절연저항측정	○설비별 1회	
접지저항측정	○접지System별 1회	
적외선열화탐사	○설비별 1회	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

주2) 구조적 중대한 결함 발생, 콘크리트강도의 현저한 저하 및 구조물에 작용 하중조건의 변경 또는 예상되는 경우 등 구조물의 구조적 안전성 검토가 필요한 경우 필수적으로 실시하여야한다.

9.4 상태평가 기준 및 방법

9.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가 기준을 적용하며, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

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

② 국부결함

기초세굴, 콘크리트 탄산화 진행 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지는 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

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

나. 콘크리트 구조물

1) 콘크리트 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 9.12] 콘크리트 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

구 분	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
침하/부상	중요결함	a	5	1.0
경 사		b	4	
활 동		c	3	
		d	2	
		e	1	
기 초 세 굴	국부결함	a	5	1.0
콘크리트 탄산화깊이		b	4	1.1
콘크리트 염화물함량		c	3	1.2
		d	2	1.4
		e	1	2.0
콘크리트 균열	일반손상	a	5	1.0
콘크리트 박리		b	4	1.1
콘크리트 박락/층분리		c	3	1.3
철 근 노 출		d	2	1.7
누 수		e	1	3.0
백 태				
콘크리트 파손				
신축이음 탈락/열화				

2) 항목별 상태평가 기준

[표 9.13] 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 9.14] 경사의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 경사가 발생되지 않은 상태
b	4	○ 부분적으로 경미한 경사가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 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 9.15] 활동의 상태평가기준

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 9.16] 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"등급인 경우 9.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 9.17] 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

[표 9.18] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, 콘크리트구조설계 기준(2007)의 수처리 구조물 콘크리트 을 설정허용균열 폭 0.15~0.25㎜ 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4㎜ 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가 기준하였다.

주) 균열 면적율 산정방법

※제1장 교량 표[1.11] 참조

[표 9.19] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○ 30㎜이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 10㎜이상 ~ 30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음.
c	○ 0㎜이상 ~ 10㎜미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	○ 0㎜미만	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 9.23](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 9.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※제1장 교량 표[1.26] 참조

[표 9.20] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○ 염화물 ≤ 0.3kg/m^3	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 0.3kg/m^3<염화물<1.2kg/m^3	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음.
c	○ 1.2kg/m^3≤염화물< 2.5kg/m^3	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음.
d	○ 염화물 ≥ 2.5kg/m^3	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과 "d"이고, [표 9.23](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 9.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※제1장 교량 표[1.27] 참조

[표 9.21] 콘크리트 박리의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 박리발생이 없음
b	4	○ 박리깊이 0.5㎜ 미만이면서 박리 면적율 10% 미만
c	3	○ 박리깊이 0.5~1.0㎜미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상
d	2	○ 박리깊이 1.0~25㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5~10㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상
e	1	○ 박리깊이 1.0~25㎜ 미만이면서 박리면적율 10% 이상 ○ 박리깊이 25㎜ 이상이거나 조골재 손실

※) 구조물에서 발생하는 콘크리트의 박리는 일반손상 중 하나로서 하수처리장 구조물의 철근피복두께가 다양하므로 콘크리트 박리깊이 및 면적을 고려하여 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.22] 콘크리트 박락/층분리의 상태평가 기준

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

[표 9.23] 철근노출면적의 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "e"이고, [표 9.19](탄산화) 또는 [표 9.20](염화물)의 상태평가 결과가 "d"이면 9.1.4절의 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 9.24] 콘크리트 파손의 상태평가 기준

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

※) 구조물이 외적인 요인에 의하여 파손되는 정도에 따라 구조물의 내구성 및 안전성 저하를 가져올 수 있으므로 콘크리트 파손깊이 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.25] 누수의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용	
		콘크리트 부재	신축이음부위
a	5	○ 누수가 없음	○ 누수가 없음
b	4	○ 경미한 흔적 (누수부위가 건조한 상태)	○ 누수 흔적이나 토사 등의 오염
c	3	○ 현저한 흔적 (누수부위가 습윤한 상태)	○ 파손에 의한 누수발생
d	2	○ 누수의 진행이 관찰가능 상태	○ 누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식발생
e	1	○ 누수의 진행이 확연한 상태	○ 누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식심화

※) 하수처리장 구조물에서의 누수는 일반손상 중 하나로서 누수가 과대해지면 지반함몰, 지하수 오염 및 구조물의 내구성 저하 등의 여러 문제를 야기 시키므로 누수에 대한 구조물의 상태평가는 중요하다.
그러나 누수를 정량적으로 평가하는 것은 어렵기 때문에 누수흔적이나 진행정도를 기준으로 콘크리트 부재와 신축이음부위로 구분하여 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.26] 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	-

※) 하수처리장의 구조물은 대부분 장대형으로 신축이음이 여러 곳에 설치되어 있으며, 이의 신축이음 부재가 탈락하거나 열화가 크게 진행되는 경우에는 누수 등의 발생으로 여러 가지 문제를 야기할 수 있으므로 구조물의 상태평가 시 신축이음의 상태를 고려함이 필요함에 따라 신축이음 탈락 및 열화 정도에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.27] 백태의 상태평가 기준

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

다. 강 구조물

1) 강 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 9.28] 강 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

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

2) 항목별 상태평가 기준

[표 9.29] 강재 부식의 상태평가 기준

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

※) 하수처리장의 강 구조물에 일반적으로 발생되는 노후화 현상의 하나인 부식은 하수를 취급하는 처리장의 특성으로 매우 취약한 환경에 접하고 있으며, 부식의 진행이 심화되면 강 구조물의 내구성 저하뿐만 아니라 안전성에도 문제를 일으키게 되므로 부식정도에 따른 강 구조물의 상태를 평가하는 것이 중요하다.
따라서 이를 위해 강재에 발생되는 부식정도에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.30] 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 20㎜ 미만의 관통균열 발생
e	1	○ 주 부재에 균열길이 20㎜ 이상의 관통균열 발생

※) 하수처리장의 강 구조물에 발생되는 피로균열은 과대하중, 진동 및 외부충격 등에 의해 발생될 수 있으며, 피로균열의 발생으로 구조적 안전성에 심각한 문제를 야기할 수 있기 때문에 부재의 종류와 피로균열 발생정도에 따라 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.31] 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 20~50% 미만)
d	2	○ 변형이나 변위가 다소 크게 발생하였으나 이로 인한 손상은 없고 처짐이 크게 발생 (최대 허용처짐량의 50%~100% 미만)
e	1	○ 변형이나 변위가 과대하고 이로 인해 손상이 발생

※) 강 구조물은 과대하중이나 외부충격 등에 의해 변형이나 변위 등의 손상을 입을 수 있으며, 이는 구조물의 안전성에 크게 영향을 미치게 되므로 강 구조물의 변형 및 변위 정도에 따라 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.32] 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 10~25%미만)
d	2	○ 도장면이 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 크게 발생 (전체면적의 25~50% 미만)
e	1	○ 도장면이 매우 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 전반적으로 발생(전체면적의 50% 이상)

※) 하수처리장의 강 구조물은 강재의 부식 등을 방지하고 미관상 도장을 실시하는 것이 일반적이며, 이러한 목적으로 실시된 도장이 변색, 부풀림 및 탈락 등이 이루어지면 내구성 저하를 촉진하고 더불어 구조적 안전성에 영향을 미치는 손상을 유발할 우려가 있으므로 강재의 도장상태에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

라. 기계・전기설비

1) 기전설비의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 9.33] 기전설비의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

상태변화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
펌프설비	펌프 진동크기	국부결함	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
	펌프의 소음크기					
	펌프베드 기초부	일반손상	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
장내배관	관체손상 정도(누수상태)	중요결함	1.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
	밸브의 손상정도	국부결함	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
전기설비	절연열화					
	접지불량					
	전기설비의 불량 (고저압펌프모터・기동반・제어반)					

2) 항목별 상태평가 기준

(가) 펌프설비

[표 9.34] 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 9.35] 펌프의 진동크기에 따른 상태평가 기준

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

[표 9.36] 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

(나) 장내배관

[표 9.37] 관체의 손상정도(누수상태)에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용 (누수상태)
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 9.38] 밸브의 손상정도에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	밸브의 작동이 원활하고 여타 손상이 전혀 없음
b	4	밸브의 작동에 문제가 없고 발청부식 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.

(다) 전기설비

[표9.39] 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 9.40] 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 9.41] 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)

※) 고저압펌프모터・기동반・현장조작반 등

9.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 하수처리장 시설물 평가 단계별 절차

하수처리장은 수처리 공정상 크게 하수처리공정과 슬러지처리공정으로 구분되고 분야별로 시설물을 분류하면 토목구조물(부대시설물 포함), 건축구조물 및 기전설비 등으로 구성된다. 이의 시설물들 중 건축구조물은 제10장 건축물에서 제시하는 상태등급산정절차에 의해 평가가 이루어지고 나머지 시설물들은 다음에 제시되는 상태평가 결과 산정예시에 따라 수행한다.

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



[그림 9.1] 하수처리장 시설물 평가 단계별 절차

나. 상태평가 단계별 구분

하수처리장의 시설물에 대한 상태평가는 평가단계별 절차([그림 9.1] 참조)에 따라 수행함이 표준이며, 부재나 시설물의 특성 및 상황에 따라 평가단계를 병합 또는 추가 조정 할 수 있다.

평가단계별 평가대상 부재 및 시설물의 구분은 다음 표와 같다.

[표 9.42] 하수처리장의 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분

<table>
<tr><td colspan="3">평가단계별 구분</td><td colspan="6" rowspan="2">부재 및 시설물의 구분</td></tr>
<tr><td colspan="2">평가구분</td><td>평가대상</td></tr>
<tr><td rowspan="3">상태평가</td><td>1단계</td><td>상태변화※)
(결함, 손상)</td><td rowspan="2">슬래브
벽체
기둥
보
등등</td><td rowspan="2">슬래브
벽체
기둥
보
등등</td><td rowspan="2">슬래브
벽체
기둥
보
등등</td><td rowspan="2">펌프1,…
배관1,…
제진기1,…
송풍기1,…
등등</td><td rowspan="2">펌프1,…
배관1,…
탈수기1,…
등등</td><td rowspan="4">건축물
적용</td></tr>
<tr><td>2단계</td><td>개별부재</td></tr>
<tr><td>3단계</td><td>복합부재</td><td>침사지1,…
최초침전지1,…
포기조1,…
최종침전지1,…
소독조1.…
등등</td><td>조정조1,…
농축조1,…
소화조1,…
등등</td><td>공동구1,…
옹벽1,…
등등</td><td>펌프설비1,…
배관설비1,…
제진설비1,…
송풍설비1,…
소독설비1,…
등등</td><td>펌프설비1,…
배관설비1,…
탈수설비1,…
등등</td></tr>
<tr><td>상태평가
안전성평가
종합평가</td><td>4단계</td><td>개별시설물</td><td>침사지
최초침전지
포기조
최종침전지
소독조
등등</td><td>조정조
농축조
소화조
등등</td><td>공동구
옹벽
등등</td><td>펌프설비
배관설비
제진설비
송풍설비
소독설비
등등</td><td>펌프설비
배관설비
탈수설비
등등</td></tr>
<tr><td rowspan="3">종합평가</td><td>5단계</td><td>복합시설물</td><td>수처리
시설물</td><td>슬러지처리
시설물</td><td>부대시설물</td><td>수처리
기전설비</td><td>슬러지처리
기전설비</td></tr>
<tr><td>6단계</td><td>통합시설물</td><td colspan="3">토목시설물</td><td colspan="2">기전설비</td><td>건축
시설물</td></tr>
<tr><td>7단계</td><td>종합시설물</td><td colspan="6">하수처리장</td></tr>
</table>

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

다. 토목구조물

1). 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

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

1단계는 상기와 같은 개별부재에 대해 다음 표의 양식에 준하여 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관조사망도를 작성하고 조사내용을 상세히 기록하며, 손상 및 결함별 상태평가기준에 의해 상태평가 결과를 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 9.43] 토목구조물의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

<table>
<tr><th colspan="6">개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표</th></tr>
<tr><td>조사망번호</td><td>부재(부위)명</td><td>복합부재명</td><td>개별시설물명</td><td colspan="2">표번호</td></tr>
<tr><td>PS2W-3</td><td>벽체 2-3</td><td>2호 최초침전지</td><td>최초침전지</td><td colspan="2">No. PSW-1-1</td></tr>
<tr><td colspan="6">외관조사망도 작성(손상・결함상태 도시 및 주기사항 기록)</td></tr>
<tr><td>번호</td><td>조사항목</td><td>조사내용</td><td colspan="2">손상(결함)정도</td><td>평가결과</td></tr>
<tr><td>①</td><td>침하</td><td>부분적 경미한 침하
(보수불필요)</td><td colspan="2">○침하깊이 : 1.5mm
○침하진전 없음</td><td>b</td></tr>
<tr><td>②</td><td>콘크리트 균열</td><td>수직균열 3개소</td><td colspan="2">○균열폭 : 0.15~0.20mm
○균열길이 : 5.6m</td><td>b</td></tr>
<tr><td>③</td><td>콘크리트 박리</td><td>부분적 박리</td><td colspan="2">○박리면적 : 0.40m^2
○박리깊이 : 0.8mm</td><td>c</td></tr>
<tr><td>④</td><td>누수</td><td>신축이음부위에 상당한
누수발생</td><td colspan="2">○누수로 인한 철근부식진행</td><td>d</td></tr>
<tr><td>⑤</td><td>신축이음 이완 및 열화</td><td>고정장치 이완 및 고무판 마모,
철근부식발생</td><td colspan="2">○고정장치 및 고무판의
보수 교체가 필요</td><td>c</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>특기사항</td><td colspan="5">○철근콘크리트 구조 및 에폭시방수・방식실시
○규모 : H = 3.5m, L = 30.0m
○조사단위면적 : 3.5m×30.0m = 105m^2</td></tr>
<tr><td>조사일자</td><td colspan="2">20 . .</td><td>조사자</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 [표 9.43]을 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(Ec1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(Ec2)를 산정한 후 아래 표의 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 9.44] 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준 및 평가유형별 영향계수(F)

상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준		구 분		영 향 계 수(F)				
상태평가지수(Ec)	상태평가기준	상태평가기준		a	b	c	d	e
4.5 ≤ Ec ≤ 5.0	a	상태평가점수		5	4	3	2	1
3.5 ≤ Ec < 4.5	b	평가유형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2.5 ≤ Ec < 3.5	c		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
1.5 ≤ Ec < 2.5	d		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
1.0 ≤ Ec < 1.5	e							

[표 9.45] 토목구조물 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	*벽체 2-3*	개별부재규모	*철근콘크리트 구조* *H = 3.5m, L = 30.0m*		표번호
복합부재명	*2호 최초침전지*	개별시설물명	*최초침전지*		*No.* *PSW-2-1*
근거(1단계) 표번호	*No. PSW-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)*				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (Ec1=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*
신축이음부위 이완 및 열화	*일반손상*	*토목구조물*	*3*	*1.3*	*3.9*
평가의견					
상태평가 결과	*1. 개별부재의 상태평가지수(Ec2)=상태평가지수(Ec1)값 중 최소값 =* ***3.4*** *2. 개별부재의 상태평가 결과 =* ***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.

책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 ±20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 9.46] 개별부재별 중요도(W) 기준

개별부재구분	중요도(A)		비 고
	내력벽체인 경우	비 내력벽체인 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 보정을 하기 위하여 아래의 표에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다.

[표 9.47] 상태평가지수에 따른 조정계수(A)

상태평가기준	a	b	c	d	e
상태평가지수(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 상태평가지수(Ec3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(Ec2)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(Ec2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(Ec3)를 산출하고 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다. 다음 표에 토목구조물의 복합부재에 대한 표준적인 상태평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 9.48] 토목구조물 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	*2호 최초침전지*		개별시설물명	*최초침전지*		표번호
복합부재규모	*철근콘크리트 구조, H=3.5m, W=12.0m, L=30.0m*					*No. PS-3-2*
근거(2단계) 표번호	*No. PBS-2-1, No. PUS-2-1, No. PSW-2-1, No. PCL-2-1, No. PBM-2-1*					
개별부재구분	상태평가 결과	상태평가 지수(Ec2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Ec2 ×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(Ec3) = Σ(Ec2×P) / ΣP=709.5/190.0 =* ***3.73*** *2. 복합부재 상태평가 결과 =* ***b***					

4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

토목구조물의 개별시설물은 대부분 동일한 기능과 형식을 가진 단위구조물들의 복수 계열로 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(Ec3)에 복합부재의 규모(용량)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)를 산출하고 앞의 [표 9.44]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교・검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 9.49] 토목구조물의 개별시설물 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	*최초침전지*	개별시설물규모	*철근콘크리트구조(H3.5m × W12.0m × L=30.0m × 4지)*	표번호
근거(3단계) 표번호	*No. PS-3-1, No. PS-3-2, No. PS-3-3, No. PS-3-4*			*No. pS-4-1*
복합부재구분	상태평가 결과	상태평가지수(Ec3)	규모(S, m^3)	계산값(Ec3 ×S)
1호 최초침전지	*c*	*3.38*	*1,260*	*4,258.8*
2호 최초침전지	*b*	*3.73*	*1,260*	*4,699.8*
3호 최초침전지	*b*	*3.85*	*1,260*	*4,851.0*
4호 최초침전지	*c*	*3.14*	*1,260*	*3,956.4*
합계(Σ)			*5,040*	*17,766.0*
평가의견				
상태평가 결과	*1. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.14* *2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.85* *3. V1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(3.85 − 3.14) = 0.213* *4. V2 = Σ(Ec3×S)/5× ΣS = 17,766.0/5×5,040.0 = 0.705* *5. 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)* *= Min + V1×V2 = 3.14 + 0.213× 0.705 =* ***3.29*** *6. 개별시설물의 상태평가 결과 =* ***c***			

라. 기계 ・전기설비

1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

하수처리장의 기전설비는 대부분 각각의 단위기기설비(펌프설비, 배관설비, 제진설비, 송풍설비, 탈수설비 등)를 구성하고 있는 요소(펌프, 전동기, 펌프기초, 흡입관, 토출관, 스크린, 제진기 및 탈수기 등)를 개별부재(부위)로 보며, 이들의 개별부재에 대해 다음 표의 양식에 준하여 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관조사망도를 작성하고 조사내용을 상세히 기록하며, 손상 및 결함별 상태평가기준에 의해 상태등급을 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 9.50] 기전설비의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
WP1-1	*수처리 펌프1*	*수처리 펌프설비1*	*수처리 펌프설비*	*No. WP1-1-1*
외관조사망도 작성(손상・결함상태 도시 및 주기사항 기록)				

번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	*펌프표면부식*	*국부적 부식*	*부식면적율 : 약 3%*	*b*
②	*펌프도장열화*	*부분적 변색 및 탈락*	*변색 및 탈락면적율 :약 15%*	*c*
③	*펌프진동*	*약간의 진동발생*	*진동크기 : 1.5mm/sec*	*b*
④	*펌프소음*	*상당한 소음발생*	*소음크기 : 85dB*	*c*
⑤				

특기사항	*o 펌프형식 : 입축사류펌프* *o 펌프특성 : 양정: 15m, 동력: 20kw, 토출량: 4.5m³/분* *o 펌프등급 : Ⅱ등급*		
조사일자	*20 . .*	조사자	

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 [표]를 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(Ec1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(Ec2)를 산정한 후 앞의 [표 9.44]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 9.51] 기전설비 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	*수처리 펌프1*	개별부재규모	*양정: 15m, 동력: 20kw, 토출량: 4.5m³/분*		표번호
복합부재명	*수처리 펌프설비1*	개별시설물명	*수처리 펌프설비*		*No. WP1-2-1*
근거(1단계) 표번호	*No. WP1-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)*				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (Ec1=M ×F)
펌프표면부식	*일반손상*	*기계·전기설비*	*4*	*1.1*	*4.4*
펌프도장열화	*일반손상*	*기계·전기설비*	*3*	*1.3*	*3.9*
펌프진동	*국부결함*	*기계·전기설비*	*4*	*1.1*	*4.4*
펌프소음	*국부결함*	*기계·전기설비*	*3*	*1.2*	*3.6*
평가의견					
상태평가 결과	*1. 개별부재의 상태평가지수(Ec2)=상태평가지수(Ec1)값 중 최소 값 =* ***3.6*** *2. 개별부재의 상태평가 결과 =* ***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. 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 ±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 앞의 [표 9.47]에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(Ec2)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(Ec2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(Ec3)를 산출하고 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

[표 9.52] 기전설비 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	*수처리 펌프설비1*		개별시설물명	*수처리 펌프설비*		표번호
복합부재규모	*양정H15m×동력P20kw×토출량 4.5m³/분*					*No. WP1-3-1*
근거(2단계) 표번호	*No. WP1-2-1, No. WP1-2-2, No. WP1-2-3*					
개별부재구분	상태평가 결과	상태평가 지수(Ec2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (Ec2×P)
펌프1	*b*	*3.6*	*2*	*100/3*	*66.7*	*240.1*
전동기1	*a*	*4.7*	*1*	*100/3*	*33.3*	*156.5*
펌프기초1	*c*	*2.9*	*3*	*100/3*	*100.0*	*290.0*
합계(Σ)				100	200.0	686.6
평가의견						
상태평가 결과	*1. 복합부재 상태평가지수(Ec3) = Σ(Ec2×P) / ΣP = 686.6/200.0 =* ***3.43*** *2. 복합부재 상태평가 결과 =* ***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(Ec3)에 복합부재의 규모(용량)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)를 산출하고 앞의 [표 9.44]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교・검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 9.53] 기전설비 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	*수처리 펌프설비*	개별시설물 규모	*H15m×P20kw×Q4.5m³/분×3대* *H15m×P15kw×Q2.5m³/분×1대*	표번호
근거(3단계) 표번호	*No. WP1−3−1, No. WP2−3−1, No. WP3−3−1, No. WP4−3−1*			*No. WP−4−1*
복합부재구분	상태평가 결과	상태평가지수(Ec3)	규모(S, m³)	계산값(Ec3×S)
수처리 펌프설비1	*c*	*3.43*	*4.5*	*15.4*
수처리 펌프설비2	*b*	*4.02*	*4.5*	*18.1*
수처리 펌프설비3	*c*	*3.38*	*4.5*	*15.2*
수처리 펌프설비4	*a*	*4.57*	*2.5*	*11.4*
합계(Σ)			*16.0*	*60.1*
평가의견				
상태평가 결과	*1. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.38* *2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 4.57* *3. V1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(4.57 − 3.38) = 0.357* *4. V2 = Σ(Ec3×S)/5× ΣS = 60.1/5×16.0 = 0.751* *5. 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)* *= Min + V1×V2 = 3.38 + 0.357× 0.751 =* ***3.65*** *6. 개별시설물의 상태평가 결과 =* ***b***			

9.5 안전성평가 기준 및 방법

9.5.1 일반

가. 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

① 비파괴 시험결과 분석

② 토질조사 등의 결과 분석

③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석

④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석

⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

나. 내진성능 평가

하수처리장 시설물의 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과[1]에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

다. 안전성평가 방법

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

1) 해석적 방법에 의해 구조물의 안전성을 평가하는 경우의 조건

현장조사 및 수집 자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공 상세도, 재료의 성질 및 구조물의 결함 등을 종합하여 실제 상태대로 해석해야만 올바른 평가를 기대할 수 있으

---

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 국토해양부, 한국시설안전공단

며, 구조설계기준 및 표준시방서 등에 규정된 설계 및 안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

2) 구조물의 해석방법

강도설계법과 허용응력설계법이 있으며, 이 중 강도설계법을 원칙으로 하지만 특별한 경우에는 허용응력설계법을 적용할 수 있다.

○ 강도설계법에서의 구조물 안전여유를 두 가지 측면에서 고려 사항

○ 하중의 변경, 구조해석 시의 가정과 계산을 간단하게 함으로써 야기될지 모르는 초과하중의 영향을 고려한 하중계수

○ 설계계산상의 불확실성, 부재의 다양한 형식에 대한 상대적 중요도, 재료의 설계강도 및 실제단면치수와 제작시공기술 등에 관련된 다소의 불리한 오차들이 개별적으로는 허용한계에 있더라도 총체적으로 결합 시 부재의 강도감소를 초래할 가능성에 대비한 강도감소계수

이러한 하중계수와 강도감소계수에 의한 설계상의 구조물 안전여유율을 등가안전율이라 하며, 다음 식으로 표현된다. 이의 값은 활하중/고정하중의 비(L/D)와 휨부재 혹은 전단부재의 여부에 따라 차이를 갖는데 휨부재에서는 약 1.5~2.0이고 전단부재인 경우는 1.7~2.5정도의 값을 갖는다.

$$n' = \frac{\gamma_D + \gamma_L L/D}{\Phi(1 + L/D)}$$

여기서, n' : 등가안전율

γ_D : 고정하중계수

γ_L : 활하중계수

L/D : 활하중과 고정하중의 비

Φ : 강도감소계수

이와 같이 구조물의 해석 시 안전여유율이 고려되어 있으므로 현재 상태의 구조물에 대한 구조해석 결과가 콘크리트 구조설계기준 및 표준시방서 등의 안전도 기준에 미흡하다고 해서 구조물의 안전성이 없는 것이 아니라 단지, 구조물의 안전여유율이 적다는 것을 의미한다.

따라서 구조해석에 의한 구조물의 안전성 평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 있느냐의 정도에 따라 평가하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

3) 구조해석 결과의 평가의 적용

○ 안전여유율이 등가안전율 이상인 경우

• 안전성이 확보된 구조물로 평가

○ 등가안전율 미만이나 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 이상일 경우

- 안전성은 있지만 충분치 못한 상태로서 구조물의 상태를 주기적으로 점검 및 과대하중 재하억제 등의 관리가 필요한 상태로 평가

○ 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 미만인 경우

- 사용제한여부의 판단이 요구되거나 사용금지를 요하는 안전성이 결여된 구조물이라고 평가

라. 안전성평가의 적용

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

9.5.2 안전성평가 기준

하수처리장의 시설물은 대부분 철근콘크리트구조로서 지표면 아래에 축조되므로 지하수의 부력, 지반의 부동침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고 하수유입관거 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여 연결되는 구조물 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부등침하의 영향을 받는다.

따라서 하수처리장 시설물의 설계·준공도서 및 기존의 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 시설물의 안전성을 판단하거나, 실제 주요부재의 상태평가 결과가 불량하게 나타나 현장조사 시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safe factor, SF) 검토를 수행하여 시설물의 안전성을 판단하는 것이 필요하다.

외국에서의 시설물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 상태지수를 계산하고 그 상태지수를 토대로 안전성평가 기준에 근거하여 수행되고 있으며(US Army, 1990), 안전율 검토는 국내에서와 같이 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 하수처리장 구조물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나, 「구조물의 기초 설계기준('97. 국토해양부)」 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.

구조해석은 탄성해석을 원칙으로 하며, 지지조건은 토질주상도가 있는 경우에는 지

반스프링을 취하고, 토질주상도가 없는 경우에는 힌지와 롤러로써 지지조건을 부여한다.

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

상기와 같은 내용을 근간으로 부재나 구조물의 구조적 안전율 정도에 따른 안전성평가기준을 설정하면 다음 표와 같다.

[표 9.54] 부재 및 구조물의 안전성평가 기준

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

9.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 산정

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

따라서 개별시설물의 안전성평가가 합리적이고 정량적으로 이루어지도록 하기 위해서 다음과 같은 평가체계에 의해 안전성평가가 수행되도록 표준을 정하였다.

먼저 구조해석을 통해 얻어진 부재별 또는 구조물별 구조적 안전율에 따라 [표 9.54]의 기준에 의해 부재별 또는 구조물별 안전성평가 결과 및 평가점수를 부여한다.

그리고 아래의 식을 사용하여 개별시설물에 대한 안전성평가지수(Es)를 산정한 후 안전성평가지수의 범위에 따른 [표 9.55]의 안전성평가 기준에 의해 개별시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

안전성평가지수(Es)를 산정하는 아래 식은 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 안전성평가 결과들 중 가장 낮은 안전성평가 결과보다 다소 상향된 개별시설물의 안전성평 결과를 가지게 된다.

한편, 부재나 구조물의 검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가 결과(평가점수)를 하나의 검토항목으로 간주하여 아래 식에 의해 최종적인 개별시설물의 안전성평가 결과를 결정할 수 있다.

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

$$= L + 0.3(H-L), \qquad (N = 2)$$

여기서, N : 안전성평가 항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

M_i : 검토항목의 최대 및 최소값을 각각 1개씩 제외한 나머지 값들

[표 9.55] 안전성평가지수(Es) 범위에 따른 안전성평가 기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	비 고
4.5 ≤ Es ≤ 5.0	A	
3.5 ≤ Es 〈 4.5	B	
2.5 ≤ Es 〈 3.5	C	
1.5 ≤ Es 〈 2.5	D	
1.0 ≤ Es 〈 1.5	E	

나. 안전성평가 결과 산정 방법

본 안전성평가 결과 산정 방법에서는 토목구조물을 중심으로 안전성평가표 작성 예를 다음 표에 제시하였으며, 나머지 시설물들(기전설비 등)의 안전성평가표도 이에 준하여 작성토록 하고 안전성평가 결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

[표 9.56] 토목구조물의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예

개별시설물 안전성평가표				
개별시설물명	*최초침전지*			표번호
개별시설물규모	*철근콘크리트구조* *(H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)*			*No. C1-1*
평가항목	안전율(SF)	평가결과	평가점수	비 고
1호 최초침전지	*0.95*	*c*	*3*	
2호 최초침전지	*1.03*	*b*	*4*	*균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생*
3호 최초침전지	*1.12*	*a*	*5*	
4호 최초침전지	*0.86*	*d*	*2*	
평가의견				
안전성평가 결과	*1. 평가항목수 N= 4, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 5* *2. 개별시설물의 안전성평가지수(Es1)* *= 2 + 0.3×(5-2)×(3+4)/5×(4-2) =* ***2.63*** *3. 개별시설물의 안전성평가 결과 =* ***C***			

9.6 종합평가 기준 및 방법

9.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 9.57]의 종합평가지수(E4~7)에 따라 결정한다.

[표 9.57] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수(E4~7)	종합평가 기준	비 고
4.5 ≤ (E4~7) ≤ 5.0	A	
3.5 ≤ (E4~7) 〈 4.5	B	
2.5 ≤ (E4~7) 〈 3.5	C	
1.5 ≤ (E4~7) 〈 2.5	D	
1.0 ≤ (E4~7) 〈 1.5	E	

9.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

1) 개별시설물

개별시설물의 종합평가 결과 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 가름하지만 안전성평가를 실시하는 경우에는 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 상태 및 안전성평가 결과로 산출된 개별시설물의 상태평가지수(Ec)와 안전성평가지수(Es)중 작은 값을 종합평가지수(Et)로 적용하여 [표 9.57]의 종합평가지수(Et)에 따른 종합평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

종합평가지수(Et) = $MIN(Ec,\ Es)$

여기서, Ec : 상태평가지수

Es : 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 종합평가 결과 산정은 개별시설물의 종합평가지수를 기초로 하여 시설물의 중요도(W) 및 [표 9.58]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 다음에 예시되는 종합평가 결과 산정 예시에 따라 이루어진다.

[표 9.58] 종합평가지수에 따른 조정계수(A)

종합평가기준	A	B	C	D	E
종합평가지수 (Et)	5.0 ≥Et ≥4.5	4.5>Et ≥3.5	3.5>Et ≥2.5	2.5>Et ≥1.5	1.5>Et ≥1.0
조정계수(A)	1	2	3	6	6

나. 종합평가 결과 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 않는다.

다음에 예시되는 [표 9.59]을 표준으로 개별시설물의 종합평가표를 작성토록 한다.

[표 9.5] 토목구조물의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표

개별시설물명	*최초침전지*	개별시설물 규모	*철근콘크리트구조(H3.5m × W12.0m × L=30.0m × 4지)*	표번호 *No. PS-4-1*

상 태 평 가

근거(3단계) 표번호	*No. WP1-3-1, No. WP2-3-1, No. WP3-3-1, No. WP4-3-1*			
복합부재구분	상태평가 결과	상태평가지수(Ec3)	규모(S, m^3)	계산값(Ec3 ×S)
1호 최초침전지	*c*	*3.38*	*1,260*	*4,258.8*
2호 최초침전지	*b*	*3.73*	*1,260*	*4,699.8*
3호 최초침전지	*b*	*3.85*	*1,260*	*4,851.0*
4호 최초침전지	*c*	*3.14*	*1,260*	*3,956.4*
합계(∑)			*5,040*	*17,766.0*

상태평가 의견

상태평가 결과

1. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.14
2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.85
3. V1 = 0.3×(Max − Min) = 0.3×(3.85 − 3.14) = 0.213
4. V2 = Σ(Ec3×S)/5×ΣS = 17,766.0/5×5,040.0 = 0.705
5. 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)
= Min + V1×V2 = 3.14 + 0.213× 0.705 = ***3.29***
6. 개별시설물의 상태평가 결과 = ***C***

안 전 성 평 가

안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가 결과	안전성평가점수	비 고
1호 최초침전지	*0.95*	*c*	*3*	
2호 최초침전지	*1.03*	*b*	*4*	*단면손실 발생*
3호 최초침전지	*1.12*	*a*	*5*	
4호 최초침전지	*0.86*	*d*	*2*	

안전성평가 의견

안전성평가 결과

1. 평가항목수 N= 4, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 5
2. 개별시설물의 안전성평가지수(Es1)
= 2 + 0.3×(5−2)×(3+4) / 5×(4−2) = ***2.63***
3. 개별시설물의 안전성평가 결과 = ***C***

종 합 평 가

종합평가 의견

종합평가 결과	상태평가지수 (Ec4)	안전성평가지수 (Es1)	종합평가지수 (Et1)	종합평가결과
	3.29	*2.63*	***2.63***	***C***

2) 5단계 평가 : 복합시설물 종합평가표 작성

하수처리장의 복합시설물은 수처리공정, 슬러지처리공정 및 기타 부대시설물 등으로서 기능과 역할이 각각 다른 개별시설물들의 집합으로 구성된다.

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 앞에서 제시한 [표 9.58]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 복합시설물의 종합평가지수(Et2)를 산출하고 앞의 [표 9.59]를 참조하여 복합시설물에 대한 종합평가 결과를 결정한다.

복합시설물의 종합평가지수(Et2) = Σ(Et1 × P) / ΣP

여기서, Et1 : 개별시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A ×S)

A : 조정계수

S : 개별시설물별 규모(㎥)

다음 [표 9.60]에 토목구조물에 대한 복합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 9.60] 토목구조물의 복합시설물 종합평가표 예

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	*수처리 시설물*	복합시설물 규 모	*시설용량(Q) = 200,000㎥/일*		표번호	
근거(4단계) 표번호	*No. AG-4-1, No. AS-4-1, No. AF-4-1, No. AW-4-1*				*No. WT-5-1*	
개별시설물구분	종합평가 결과	종합평가 지수(Et1)	조정계수 (A)	규 모 (S)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et1 ×P)
침사지	*B*	*3.75*	*2*	*600.0*	*1,200.0*	*4,500.0*
최초침전지	*C*	*2.63*	*3*	*5,040.0*	*15,120.0*	*39,765.6*
포기조	*C*	*3.39*	*3*	*1,080.0*	*3,240.0*	*10,983.6*
최종침전지	*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. 복합시설물의 종합평가지수(Et2) = Σ(Et1 ×P) / ΣP = 67,401.2/22,360.0 =* ***3.01*** *2. 복합시설물의 종합평가 결과 =* ***C***					

3) 6단계 평가 : 통합시설물 종합평가표 작성

하수처리장의 통합시설물은 분야별 시설물로서 토목구조물, 기전설비 등을 말하며, 각각의 통합시설물을 구성하는 복합시설물(수처리시설물, 슬러지처리시설물 및 부대시설물 등)에서 문제가 발생하는 경우 해당 통합시설물의 기능성 및 안전성에 미치는 영향도가 차이를 갖는다고 볼 수 있으므로 복합시설물별 중요도에 대한 가중치를 고려하는 것이 필요하다. 따라서 각각의 중요도 합을 100으로 하여 복합시설물별 중요도(W)를 다음 [표 9.61]와 같이 설정하였다.

책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 ±20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 9.61] 복합시설물별 중요도(W)

복합시설물 구분	수처리 공정 시설물	슬러지처리 공정 시설물	부대시설물	비 고
중요도(W)	70	20	10	

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 복합시설물이 있는 경우

그 복합시설물의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하고 기타의 복합시설물들은 규정된 비율대로 배분한다.

○ 중요도는 제시되어 있으나 평가할 수 있는 해당 통합시설물이 없는 경우

그 중요도를 나머지 통합시설물에 배분한다.

통합시설물의 종합평가는 각 복합시설물의 종합평가지수(Et2)에 위의 [표 9.61]에 설정한 복합시설물별 중요도(W)를 고려하고 앞에서 제시한 [표 9.58]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 통합시설물의 종합평가지수(Et3)를 산출한 다음 앞의 [표 9.57]을 참조하여 통합시설물에 대한 종합평가결과를 결정한다.

통합시설물의 종합평가지수(Et3) = $\sum$(Et2 × P) / $\sum$P

여기서, Et2 : 복합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A ×W)

A : 조정계수

W : 복합시설물의 중요도

다음 [표 9.62]에 토목구조물에 대한 통합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 나머지 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 9.62] 토목구조물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	*토목구조물*	통합시설물 규 모	*시설용량(Q) = 200,000m³/일*			표번호
근거(5단계) 표번호	*No. WT-5-1, No. ST-5-1, No. OT-5-1*					*No. CC-6-1*
복합시설물 구분	종합평가 결과	종합평가 지수(Et2)	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Et2 ×P)
수처리공정 시설물	*C*	*3.01*	*3*	*70*	*210*	*632.1*
슬러지처리공정 시설물	*D*	*2.39*	*6*	*20*	*120*	*286.8*
부대시설물	*A*	*4.55*	*1*	*10*	*10*	*45.5*
합계(Σ)				*100*	*340*	*964.4*
평가의견						
종합평가 결과	*1. 통합시설물(토목구조물) 종합평가지수(Et3) = Σ(Et2×P) / ΣP = 964.4 / 340 =* ***2.84*** *2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가 결과 =* ***C***					

4) 7단계 평가 : 종합시설물 종합평가표 작성

하수처리장의 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 아래 [표 9.63]과 같이 통합시설물별 중요도를 정하였으며, 통합시설물별 중요도의 합은 100이 되도록 하였으며, 책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 ±20%값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 9.63] 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도(W)

통합시설물 구분	토목구조물	기전설비	건축구조물	비 고
중요도(W)	70	15	15	

○ 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.

종합시설물의 종합평가 결과는 상기에서 정한 복합시설물별 중요도(W)와 앞에서 제시한 [표 9.58]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 종합시설물의 종합평가지수(Et4)를 산출하고 앞의 [표 9.57]을 참조하여 결정한다.

종합시설물의 종합평가지수(Et4) = Σ(Et3 × P) / ΣP

여기서, Et3 : 통합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A ×W)

A : 조정계수

W : 복합시설물별 중요도

종합시설물의 평가등급 표기는 알파벳 대문자(A, B, C, D, E)를 사용하며, 다음 [표 9.64]에 종합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 9.64] 종합시설물의 종합평가표 예

종합시설물 종합평가표						
종합시설물명	*○○하수처리장*	종합시설물 규 모	*시설용량(Q) = 200,000m³/일*			표번호
근거(6단계) 표번호	*No. CC-6-1, No. AC-6-1, No. ME-6-1*					*No. TF-7-1*
통합시설물 구분	종합평가 결과	종합평가 지수(Et3)	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Et3 ×P)
토목구조물	*C*	*2.84*	*3*	*70*	*210*	*596.4*
기전설비	*B*	*4.18*	*2*	*15*	*30*	*125.4*
건축구조물	*A*	*4.76*	*1*	*15*	*15*	*71.4*
합계(Σ)				*100*	*255*	*793.2*
평가의견						
종합평가 결과	*1. 통합시설물(관로시설물) 종합평가지수(Et4) = Σ(Et3×P) / ΣP = 793.2 / 255.0 =* ***3.11*** *2. 통합시설물(관로시설물) 종합평가 결과 =* ***C***					

9.7 보수・보강 방법

하수처리장 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

9.7.1 구조물 기초지반의 일반적인 보수・보강공법

○ 그라우팅공법

○ 치환공법

○ 압성토공법

○ 말뚝공법

○ 아스팔트 및 점토차수공법

○ 쉬트파일(Sheet Pile)공법, 토목섬유공법

9.7.2 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수・보강공법

○ 표면보호공법

○ 단면보수공법

○ 강판접착공법

○ 프리스트레스 도입공법

○ 콘크리트 덧붙이기공법

9.7.3 전기설비

○ 전기설비의 상태평가에 의해 손상 및 기기불량으로 판단되는 경우

주동력 기기의 정상가동 또는 주전원설비 시스템의 안전 확보를 위해 즉시 교체하도록 하고 경미한 손상에 대해서는 장래 유지보수 계획에 반영하여 보수하도록 한다.

제10장 건축물

10.1 관리일반

10.2 현장조사

10.3 재료시험 항목 및 수량

10.4 상태평가 기준 및 방법

10.5 안전성평가 기준 및 방법

10.6 종합평가 기준 및 방법

10.7 보수·보강 방법

제10장 건축물

10.1 관리일반

10.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 건축물 및 지하도상가에 적용한다.

○ 1종 시설물

- 공동주택외의 건축물
  - 21층 이상 또는 연면적 5만㎡ 이상의 대형건축물(철도 역시설은 제외한다) 및 다중이용 건축물(관람장은 제외한다)
  - 연면적 3만㎡ 이상의 관람장
  - 고속철도 역시설
  - 연면적 1만㎡ 이상의 지하도상가(지하보도면적을 포함한다)

○ 2종 시설물

- 공동주택
  - 16층 이상의 공동주택
- 공동주택외의 건축물
  - 연면적 3만㎡ 이상의 대형건축물(철도 역시설은 제외한다)
  - 다중이용 건축물 및 16층 이상 또는 연면적 5천㎡ 이상의 전시장
  - 도시철도 및 광역철도 역시설
  - 연면적 5천㎡ 이상의 지하도상가(지하보도면적을 포함한다)

건축물 및 지하도상가(이하 “건축시설물”이라 함)의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 건축시설물 관련 설계기준 및 표준시방서

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전 협의하여 적용할 수 있다.

10.1.2 용어 정의

○ 추적조사

추적조사는 건축 구조물의 안전성과 사용재료의 내구성을 판단하는 경우에는 결함・손상 등의 진행여부와 그 원인을 규명하기 위해서 일정기간 동안 지속적으로 관측할 필요가 있는 경우에 실시하는 조사를 말한다.

○ 정밀조사

정밀조사는 사전조사의 결과에서 수립된 계획에 의하여 정밀한 육안조사와 재료시험, 재하시험(필요시), 계측조사(필요시) 등을 체계적이고 정밀하게 실시하는 조사를 말한다.

이 조사의 결과는 구조물의 상태・안전성・종합평가와 기능 및 성능저하의 원인을 규명하고 적절한 보수・보강방법을 제시하는데 이용한다.

10.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위

건축시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 범위는 [표 10.1]과 같다.

① 기본 시설을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(옹벽 및 절토사면 등)에 따라 실시하여야 한다.

② 기본 시설 및 부대 시설은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

③ 부대 시설이 「영」제2조제1항에 따른 2종 시설물에 해당되는 경우에는 「법」제6조에 따라 토목기술자가 안전점검을 실시하여야 한다.

④ 부대 시설이 정밀안전진단이 필요한 경우에는 「법」제7조에 따라 토목기술자가 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

[표 10.1] 건축 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설	◦ 내력벽	○	○	○	기본과업
	◦ 기둥	○	○	○	
	◦ 보	○	○	○	
	◦ 바닥슬래브	○	○	○	
	◦ 지붕틀	○	○	○	
	◦ 주계단	○	○	○	
부대 시설	◦ 옹벽	○	○	○	선택과업
	◦ 절토사면	○	○	○	

10.1.4 중대한 결함의 정도

건축시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 중대한 결함이 건축시설물의 안전성에 미치는 영향 정도를 고려하여 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 건축물의 기둥·보 또는 내력벽의 내력손실

○ [표 10.39]의 부재내력에 대한 안전성평가 기준이 "d" 이하인 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 중성화(탄산화)에 따른 내력손실

○ [표 10.20]의 콘크리트 탄산화 또는 [표 10.21]의 콘크리트 염화물 함유량에 대한 상태평가 기준이 "e"이면서 [표 10.22]의 콘크리트 내부의 철근부식에 대한 상태평가 기준이 "e"인 경우

3) 조립식 구조체의 연결부실로 인한 내력상실

○ [표 10.39]의 부재내력에 대한 안전성평가 기준이 "d" 이하인 경우

○ [표 10.31]의 강재용접부 결함 또는 [표 10.32]의 강재 접합볼트 누락 등에 대한 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

4) 주요 구조 부재의 과다한 변형 및 균열심화

○ [표 10.27]의 부재의 변위·변형에 대한 상태평가 기준이 "d" 이하이면서 과다한 균열을 동반하는 경우

5) 지반침하 및 이로 인한 활동적인 균열

○ [표 10.28]의 건축물의 기울기에 대한 상태평가 기준이 "d" 이하이면서 균열의 심한 변화를 동반하는 경우

6) 누수·부식 등에 의한 구조물의 기능상실

○ [표 10.22]의 콘크리트 내부의 철근부식에 대한 상태평가 기준이 "e"이면서 누수를 동반하는 경우

○ [표 10.34]의 강재 용접접합부 부식 또는 [표 10.35]의 볼트 접합부 부식에 대한 상태평가 기준이 "d" 이하인 경우

10.2 현장조사

10.2.1 시설물의 구조형식별 조사항목

건축물의 상태평가 시 점검사항은 구조물의 형식에 따라 다를 수 있으므로 수정, 보완하여 사용한다. 각 구조형식별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

정밀점검 및 정밀안전진단 실시에서 시설물의 상태평가를 적용함에 있어 [공통편] 3.8항 기본과업과 선택과업의 내용을 적절히 혼용하여 대상 시설물에 대한 상세한 상태평가를 실시하여야 한다. 특히, 정밀점검에서는 선택과업인 전체부재에 대한 외관조사망도의 작성 여부 등에 대해서 관리주체와 책임기술자의 협의를 통하여 결정하여야 한다.

다만, 정밀점검 및 정밀안전진단에서 전기 및 기계설비에 대한 조사·시험에 대해 선택과업으로 실시할 경우에는 관리주체와 협의하여 조사·시험 수준을 결정한다.

[표 10.2] 계절별 주요 조사항목

계절별 주요 조사항목	
해빙기	○ 석축·옹벽의 이상 유무 ○ 건축물의 부동침하 상태 ○ 건축물 주변지표면 상태 ○ 변위·변형 발생유무 ○ 균열·손상 발생유무
우 기	○ 건축물 지하실의 방수상태 ○ 배수로상태 (건물주변, 옥상 등) ○ 건축물 외부 부착물상태 ○ 석축·옹벽의 이상 유무 ○ 건축물 주변 지표면 상태 ○ 변위·변형 발생유무 ○ 균열·손상발생유무

가. 정밀점검의 조사항목

1) 철근콘크리트 구조

철근콘크리트 구조의 점검항목은 다음과 같으며, 여기서, 철근콘크리트 구조에는 라멘 구조, 벽식구조, 프리캐스트콘크리트(PC)구조, 무량판구조 등의 구조형식을 포함한다.

[표 10.3] 철근콘크리트 구조의 조사항목

구 분	조사항목	내 용
부재 상태 및 내구성	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재규격
	균열	균열폭, 면적률
	콘크리트 탄산화	탄산화 깊이
	표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
변위·변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

2) 철골구조

[표 10.4] 철골구조의 조사항목

구분	조사항목	내 용
부재 상태 및 내구성	강재의 규격	부재규격
	용접 접합상태	용접부 결함(균열 및 언더컷 등)
	볼트 접합상태	볼트 누락, 풀림, 이완
	강재의 부식도	도장 및 부식상태
	내화피복	내화피복 두께 및 손상
변위·변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

3) 철골・철근콘크리트구조(S.R.C)

[표 10.5] 철골・철근콘크리트구조의 조사항목

구분		조사항목	내 용
부재 상태 및 내구성	S.R.C	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재의 규격
		균열	균열폭, 면적률
		콘크리트 탄산화	탄산화 깊이
		표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
	ST'L	강재의 규격	강재강도 및 부재규격
		용접 접합상태	용접부 결함(균열 및 언더컷 등)
		볼트 접합상태	볼트 누락, 풀림, 이완
		강재의 부식도	도장 및 부식상태
		내화피복	내화피복 두께 및 손상
변위・변형		기울기	건축물기울기
		기초 침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

4) 조적조

[표 10.6] 조적조의 조사항목

구분	조사항목	내 용
부재 상태 및 내구성	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재의 규격
	조적벽체 규격	조적벽체량 및 두께
	균열	균열폭, 면적률
	콘크리트 탄산화	탄산화 깊이
	표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수 및 백태, 철근노출
변위・변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 벽체 등의 기울기

나. 정밀안전진단의 조사항목

1) 철근콘크리트 구조

철근콘크리트 구조의 조사항목은 다음과 같으며, 여기서, 철근콘크리트 구조에는 라멘구조, 벽식구조, 프리캐스트콘크리트구조, 무량판구조 등의 구조형식을 포함한다.

[표 10.7] 철근콘크리트 구조의 조사항목

구 분	조사항목	내 용
구조안전성	부재내력	기둥, 보, 내력벽, 슬래브 등 주요부재의 내력검토(도서)
부재상태 및 내 구 성	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재의 규격
	철근배근 상태	철근배근 간격, 피복두께
	균열	균열폭 및 면적률
	콘크리트 탄산화	탄산화 진행깊이
	철근부식	철근부식상태 및 부식환경
	표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수, 백태, 철근노출
	염화물함유량(필요시)	염화물이온 함유량
	실내시험(필요시)	코어강도, 단위중량 등
변위·변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

2) 철골구조

[표 10.8] 철골구조의 조사항목

구 분	조사항목	내 용
구조안전성	부재 내력	기둥, 보, 슬래브 등의 주요부재의 내력검토(도서)
	접합부 내력	기둥-기둥, 보-보, 기둥-보, 주각부 등의 주요부위의 내력검토(도서)
부재 상태 및 내구성	강재의 규격	강재강도 및 부재규격
	용접 접합상태	용접부 결함
	볼트 접합상태	볼트 누락, 풀림, 이완
	강재의 부식도	도장과 강재부식
	접합재 부식도	용접 및 볼트접합부 부식
	내화피복	내화피복 두께 및 손상
변위점검변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

3) 철골・철근콘크리트 구조

[표 10.9] 철골・철근콘크리트 구조의 조사항목

구 분		조사항목	내 용
구조안전성		부재내력	기둥, 벽, 보, 슬래브 등의 내력검토(도서)
부재 상태 및 내구성	SRC	콘크리트 강도 및 규격	콘크리트 압축강도 및 부재의 규격
		철근배근 상태	철근배근 간격, 피복두께
		균열	균열폭 및 면적률
		콘크리트 탄산화	탄산화 진행깊이
		철근 및 접합재 부식	철근 및 접합재 부식상태 및 부식환경
		표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수, 백태, 철근노출
		염화물함유량(필요시)	염화물이온 함유량
		실내시험(필요시)	코어강도, 단위중량 등
	ST'L	강재의 규격	강재강도 및 부재규격
		용접 접합상태	용접부 결함
		볼트 접합상태	볼트 누락, 풀림, 이완
		강재의 부식도	방청과 강재부식
		접합재 부식도	용접 및 볼트접합부 부식
		내화피복	내화피복 두께 및 손상
변위・변형		기울기	건축물기울기
		부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

4) 조적조

[표 10.10] 조적조의 조사항목

구 분	조사항목	내 용
구조안전성	부재내력	내력벽, 보, 슬래브 등의 내력검토(도서)
부재상태 및 내 구 성	콘크리트 강도	콘크리트 압축강도
	부재의 규격	내력벽, 보, 슬래브, 조적벽체 등의 규격
	철근배근 상태	철근배근 간격, 피복두께
	균열	균열폭 및 면적률
	콘크리트 탄산화	탄산화 진행깊이
	철근 및 접합재부식	철근 및 접합재 부식상태 및 부식환경
	표면 열화	박리, 박락 및 층분리, 누수, 백태, 철근노출
	염화물함유량(필요시)	염화물이온 함유량
	실내시험(필요시)	코어강도, 단위중량, 조적벽체 개체강도 등
변위・변형	기울기	건축물기울기
	부동침하	부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

10.2.2 현장조사 요령

가. 정기점검 요령

정기점검은 건축물의 관리주체나 진단기관 또는 유지관리업체에서 정기적으로 수행하는 순찰 수준의 점검이며, 건축물의 구조적 특성과 용도, 계절적 특성에 따른 제반 관리사항을 각 건축물의 특성에 맞게 점검할 필요가 있다.

1) 점검항목

(가) 건축물의 평면, 입면, 단면, 용도 등의 변경사항

(나) 구조부재의 변경사항

(다) 하중조건, 기초・지반 조건, 주변 환경조건 등의 변동사항

(라) 균열발생 상태

○ 균열발생 위치

○ 균열의 유형 및 형상(종류)

○ 균열의 크기(폭, 길이 등)

○ 균열의 진행 상황

○ 균열부위의 누수여부

(마) 구조물 혹은 부재의 전반적인 상태

○ 구조물 혹은 부재의 변위・변형 상태

: 부동침하, 편심・집중 하중상태, 과다적재 하중상태, 진동・충격 상태, 이상 체감 등

○ 콘크리트의 표면열화 상태

: 위의 라)항 이외의 것으로 박리, 박락, 층분리, 백태(백화), 누수 등

○ 철근의 노출 및 부식 상태

○ 강재구조물의 열화 상태

: 균열, 도장 및 내화피복 등 마감, 부식, 접합부, 변형・변위 등의 상태

(바) 보수・보강 실태 조사 및 기록

(사) 계절별 주요 점검항목([표 10.2]) 참조

2) 점검방법

(가) 정기점검은 원칙적으로 육안과 간단한 측정기기로 검사하여 건축물에 내재되어 있는 결함・손상 등을 발견하고, 그 진전 상황을 지속적으로 관찰함과 동시에 초기점검에서 도출된 붕괴유발 부재 등에서 문제점이 발견되면 관리주체에게 즉시 통보하여, 관리주체가 간단한 보수・보강이나 정밀안전진단을 실시하도록 한다.

(나) 도면, 계산서, 과거의 점검・보수기록, 환경 및 사용상태 등의 유지관련 자료의 정비 상황을 파악한다.

(다) 정기점검은 매 반기마다 전체 건축물을 수평 혹은 수직, 구조의 중요도에 따라 부재별로 분할하여 실시할 수 있다.

(라) 전술한 1)항의 점검항목에 대한 점검결과 표준서식에 상세히 기록하고, 필요할 경우에는 개략도면으로 표시한다.

(마) 정기점검에서 이상이 발견된 사항에 대해서는 사진 촬영하여 보고서의 설명 자료로 이용할 수 있도록 보존한다.

○ 사진자료는 매 정기점검 시에 가능한 한 같은 위치에서 얻는 것을 원칙으로 한다.

○ 사진자료에서 얻어야 할 사항은 전술한 점검항목의 내용을 확인 할 수 있는 정도로 한다.

나. 정밀점검 요령

1) 점검항목

정밀점검 항목에는 전술한 정기점검에서 기술한 항목을 포함하고 그 이외에 다음에 해당하는 내용을 추가한다.

(가) 주요구조부재의 규격 확인

(나) 비파괴 검사에 의한 콘크리트의 강도

(다) 콘크리트의 탄산화 깊이

(라) 건축물의 내진설계 및 내풍설계 여부의 확인(구조계산서 확인)

(마) 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

2) 점검방법

○ 정밀점검에서 면밀하고 지속적인 조사가 필요한 구조 부재나 부위를 선정하는 것은 이전에 실시한 안전점검 및 정밀안전진단에서 밝혀진 것이나 예비조사의 결과를 분석하여 결정한다.

○ 건축물에서 구조적인 조건의 변경(제 하중, 구조변경, 구조물의 큰 변형, 부재의 손상이나 보강 등)이 구조 안전성에 영향을 미칠 것으로 판단되는 경우에는 선택과업으로서 일부 부재에 대해 내력을 다시 계산하여 부분적인 안전성을 평가한다.

○ 정밀점검 실시결과, 건축물의 재해・재난예방 및 안전성 확보 등을 위하여 긴급보수 및 사용제한이 필요하다고 판단되는 경우나 결함・손상이 광범위하고 정도가 심각한 경우에는 「법」 제7조 제1항에 의거하여 관리주체가 정밀안전진단을 실시하도록 조치한다.

○ 정밀점검은 원칙적으로 면밀한 육안조사와 간단한 비파괴 검사를 중심으로 실시한다.

○ 점검 대상 부위는 필요할 경우 마감재(돌, 타일, 도배지, 단열재, 수장재, 천장재, 마루재 등)를 부분적으로 제거하고 실시한다.

○ 점검결과에서 「영」 제12조 제1항의 규정에 의한 중대한 결함이 발견된 경우에는 「법」 제11조 제1항 및 「영」 제12조 제2항의 규정에 의한 조치를 취한다.

○ 정밀점검의 결과는 표준서식에 기록하고, 필요한 경우에는 개략도면에 표시하고, 이들에 대한 분석·평가를 실시한다.

○ 보고서에는 외관조사 및 상태평가 등의 내용을 종합적으로 검토·분석한 결과를 기재하여야 한다.

○ 정밀점검에서 이상이 발견된 사항에 대해서는 사진 촬영하여 보고서의 설명 자료로 이용할 수 있도록 보존한다.

- 사진자료는 매 정기점검 시에 가능한 한 같은 위치에서 얻는 것을 원칙으로 한다.
- 사진자료에서 얻어야 할 사항은 전술한 점검항목의 내용을 확인 할 수 있는 정도로 한다.

다. 정밀안전진단 요령

1) 사전조사

사전조사는 설계도서 등의 검토와 외관조사 및 간단한 시험·조사 기구를 사용하여 실시하는 건축물의 전반에 걸친 개황조사이며, 이 결과에 의해서 정밀조사의 범위 및 방법을 결정하고, 진단의 전체적인 상세계획을 수립한다.

(가) 조사항목

○ 전술한 정밀점검의 점검항목과 같다.

(나) 조사방법

○ 조사 부위의 선정은 이전에 실시한 안전점검·정밀안전진단 실시결과에 의해서 선정된 주요 감시대상 부재나 부위 또는 설계도서 검토결과, 문제시되는 부위 및 열화된 부위, 이런 현상이 예상되는 부위로 한다.

○ 이전에 실시된 안전점검·정밀안전진단의 실시결과로부터 현재까지의 변경사항 등을 종합적으로 정리·검토하여 분석·평가의 기초 자료로 삼는다.

○ 사전조사 시에는 건축물 구조체의 변위·변형 여부와 외형상 나타나는 구조물의 결함·손상과 열화 현상의 범위 및 그 정도에 대하여 면밀한 육안조사를 통하여 정성·정량적인 자료를 얻어 표준서식에 기록하고, 개략도면에 표시하여 분석·평가에 이용한다.

2) 정밀조사

정밀조사는 사전조사의 결과에서 수립된 계획에 의하여 체계적이고 정밀하게 실시하며, 정밀한 육안조사와 재료시험, 재하시험(필요시), 계측 및 공간좌표측정(필요시) 등으로 이루어진다.

조사의 결과는 구조물의 상태・안전성・종합평가와 기능장애 및 성능저하의 원인을 규명하고 적절한 보수・보강방법을 제시하는데 이용한다.

(가) 조사항목

정밀조사에서 필요한 조사항목은 다음에 열거하는 바와 같다.

① 조사항목은 전술한 정밀점검의 항목과 이전에 실시한 안전점검・정밀안전진단 이후에 변화된 정도를 판단하기위하여 필요한 검사 등의 항목을 선택과업으로서 포함한다.

② 사전조사의 설계도서 및 안전점검・정밀안전진단 자료의 검토 및 현장조사 결과에 대한 분석에서 필요하다고 판단되어 선정한 현장시험 또는 실내시험 등을 선택과업으로 포함한다.

③ 철근배근상태

④ 철근 및 강재의 부식(강구조의 접합부 포함)

⑤ 강재 접합부 검사

⑥ 구조부재의 내력조사 및 평가

⑦ 구조부재에 대한 실내시험 및 재하시험(필요시)

⑧ 구조물에 대한 계측 및 공간좌표측정(필요시)

⑨ 구조물의 진동량 측정(필요시)

⑩ 지반지질조사 및 토질시험(필요시)

⑪ 구조물에 대한 재해석, 내진성・내풍성능 평가 및 재평가(필요시)

(나) 조사방법

① 이전에 실시된 안전점검・정밀안전진단과 사전조사의 결과에서 기록된 사항을 종합적으로 정리・검토하여 진단의 분석・평가의 기초 자료로 삼는다.

② 건축물에 대한 조사대상은 사전조사의 결과를 토대로 하여 구조체의 결함・손상 및 열화된 부위 및 이런 현상이 예상되는 부위 그리고 감시대상 부재나 부위를 중심으로 선정하고, 기타 부위에 대해서는 구조물의 전체적인 안전성을 파악할 수 있는 대표성이 있는 층과 평면에서 선정한다.

③ 전술한 가)의 조사항목 중에서 필요시 선택과업으로 포함하는 항목에 대한 조사・분석・평가는 관리주체와 사전에 협의하여 실시한다.

④ 육안조사

○ 콘크리트 및 철골구조물의 결함・손상 및 열화에 대하여 발생 위치, 유형, 크기 등과 그 원인, 발생이나 발견 시기 등을 정밀하게 조사하고 규명 혹은 추

정하여 표준서식에 상세히 기록하고, 개략도면에 표시한다.

○ 건축물에서 발견된 각종 안전성과 재료의 열화 등에 관련한 문제점에 대해서는 다음에 진행되는 안전점검에서 그 진행 여부를 확인, 감시할 수 있도록 현장의 대상 부위에 발주처와 협의하여 필요시 표시하여야 하며, 표시한 날짜와 그 크기(폭, 길이 등)를 기록하여 남겨 둔다.

⑤ 재료시험 등

㉠ 재료시험

○ 콘크리트의 강도는 비파괴검사에 의해 추정하는 것을 원칙으로 하며, 강도검사는 추정결과가 설계기준강도를 만족하고 있는지를 확인 할 목적으로 실시한다.

○ 「공통편」 제4장의 현장시험과 실내시험 중에서 다음의 시험 등은 구조물의 상태 및 안전성 평가에 필요한 경우에 선택과업으로서 실시한다.

- 콘크리트 코어강도시험
- 강재의 강도시험(부재의 시료, 볼트・너트, 강봉, 강선・로프 등)
- 용접부에 대한 방사선탐상 및 코어시험
- 기타, 구조부재의 시료에 대한 각종 시험 등

○ 실내시험을 위한 구조물의 시료 채취는 「공통편」 제4.3절에서와 같이 전체적인 구조물의 평가에 유용할 경우에만 해당되며, 가능한 한 기존 구조물에 손상이 초래되지 않도록 각별히 주의한다.

㉡ 지반조사

○ 필요시 기초의 지내력 검토를 위한 지질조사와 지하매설물과 지반의 물리적 성질을 평가하기 위한 시추조사, 물리탐사, 토질시험 등을 선택과업으로서 실시할 수 있다.

㉢ 진동량 측정

○ 건축 구조물에 전달되는 진동량은 진동속도(㎜/sec, kine), 진동가속도(㎜/s^2) 및 진동수(Hz), 혹은 진동레벨 dB(V)를 선택과업으로서 측정한다.

⑥ 재하시험

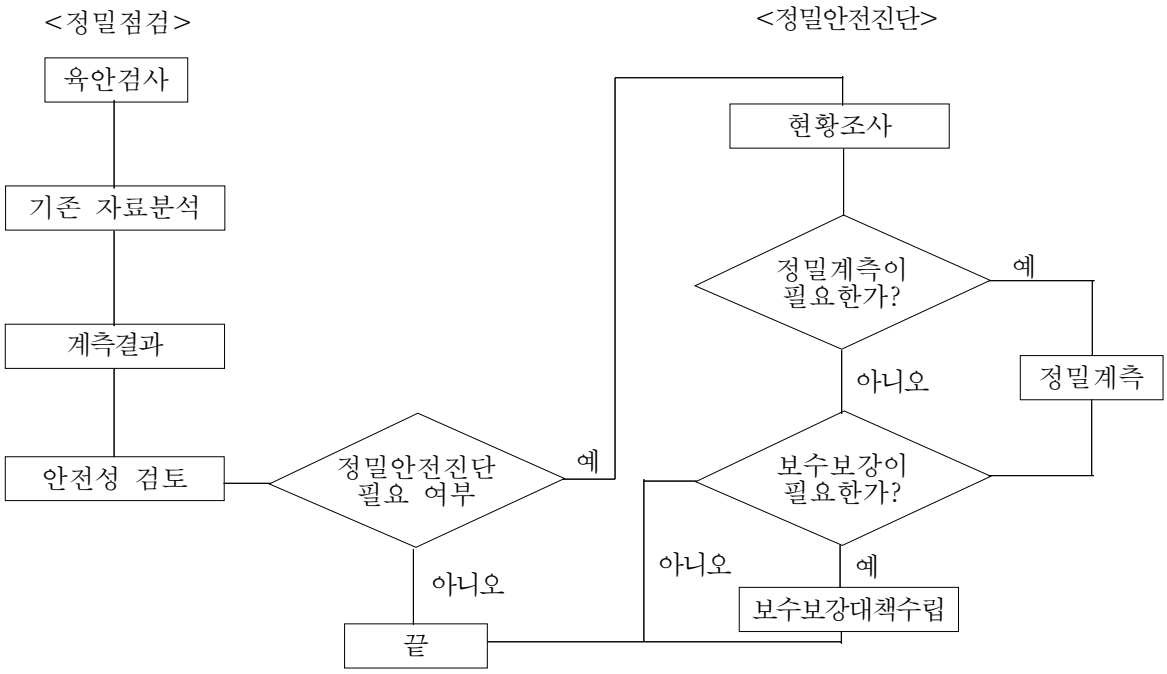
㉠ 구조물의 재하시험은 구조부재의 내력 검토에서 반드시 필요하다고 판단할 경우에만 선택과업으로서 실시하며, 반드시 필요한 경우라 함은 부재가 변형을 동반하고 균열이 발생하여 육안조사 결과, 그 부재의 내력을 재하시험에 의하여 거동을 파악하여야만 평가 할 수 있을 때로 한다.

㉡ 구조물의 재하시험 방법은 “콘크리트 구조설계기준”제20장에 의거하거나 준용한다.

⑦ 건축구조물에 대한 계측 등의 조사

○ 육안조사에서 건축구조물에 변위나 변형이 발생된 것으로 판단되어 정밀계측이 필요하다고 인정되거나, 장 경간의 보·트러스 및 프리스트레스 구조나 쉘 및 케이블구조, 막 구조 등과 같이 특수 구조물로서 안전성 평가가 구조형상의 변위·변형에 의하여 결정될 요소가 큰 경우에는 주요 구조부에 대한 공간좌표측정 등의 정밀측량을 선택과업으로서 정기적으로 실시한다.

○ 대상 시설물의 사전조사 과정에서 위험한 요소의 판단, 정밀조사 부위의 선정은 물론 계측기를 이용한 진단요소 등을 결정하도록 한다. 정밀점검과 정밀안전진단 시 계측관리에 따른 적용과 구조물의 현황파악을 위하여 [그림 10.1]과 같이 계측관리를 하면 보다 효율적인 구조물의 유지관리를 할 수 있을 것이다.



[그림 10.1] 계측자료 활용의 흐름도

⑧ 구조물의 각종 열화 현상이나 구조부재의 내력 감소 등의 원인 규명이나 추정과 앞으로의 진행 가능성 등을 판단하기 위하여 적절한 추적조사를 선택과업으로서 실시한다.

⑨ 정밀안전진단 실시결과에서 「영」 제12조 제1항의 규정에 의한 중대한 결함이 발견된 경우에는 「법」 제11조 제1항 및 「영」 제12조 제2항의 규정에 의한 조치를 취한다.

10.3 재료시험 항목 및 수량

10.3.1 정밀점검

[표 10.11] 구조형식별 정밀점검의 재료시험 항목

구 분		기본과업	선택과업
공 통		○ 변위・변형조사	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법)
철근콘크리트 구조		○ 부재의 규격 조사 ○ 콘크리트 비파괴강도 ○ 콘크리트 탄산화 진행 깊이	○ 염화물함유량 조사[1)]
철골구조		○ 강재의 규격 조사	○ 강재용접부(볼트접합부) 결함조사 ○ 강재의 부식 등 ○ 강재의 강도
철골・철근 콘크리트 (S.R.C)	S.R.C	○ 부재의 규격 조사 ○ 콘크리트 비파괴강도 ○ 콘크리트 탄산화 진행 깊이	
	ST'L	○ 강재의 규격 조사	○ 강재용접부(볼트접합부) 결함조사 ○ 강재의 부식 등 ○ 강재의 강도
조적조		○ 부재의 규격 조사 ○ 콘크리트 비파괴강도 ○ 콘크리트 탄산화 진행 깊이	

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 10.12] 구조형식별 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○ 변위・변형조사	○ 건축물 및 부재의 기울기 평가
	○ 부재의 규격조사	○ 콘크리트 및 강재의 규격조사
	○ 콘크리트강도 －비파괴시험법 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택과업	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	○ 강재용접부 등 결함조사	○ 강재용접부와 볼트접합부 등의 균열 및 언더컷 등 평가
	○ 강재의 부식 등 조사	○ 강재부식 및 접합부 부식 평가 ○ 내화피복 손상 등 평가
	○ 강재의 강도	○ 사용강재의 강도 평가

10.3.2 정밀안전진단

[표 10.13] 구조형식별 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분		기본과업	선택과업
공 통		○변위・변형조사 ○균열깊이 조사	
철근콘크리트 구조		○부재의 규격 조사 ○콘크리트 비파괴강도 ○철근배근 상태조사 ○철근부식도 조사 ○콘크리트 탄산화 진행 깊이 ○염화물함유량 조사[1](필요시)	○코어 실내시험
철골구조		○강재의 규격 조사 ○강재 용접부(볼트접합부) 결함 조사 ○강재 용접부 및 접합부(자분탐상법,염료침투시험법 등) 조사	○강재용접부(볼트접합부) 결함조사 (초음파탐상법, 방사선탐상법 등) ○강재의 부식 등 ○강재의 강도
철골・철근콘크리트 (S.R.C)	S.R.C	○부재의 규격 조사 ○콘크리트 비파괴강도 ○철근배근 상태조사 ○철근부식도 조사 ○콘크리트 탄산화 진행 깊이 ○염화물함유량 조사(필요시)	○코어 실내시험
	ST'L	○강재의 규격 조사 ○강재 용접부(볼트접합부) 결함 조사 ○강재 용접부 및 접합부(자분탐상법,염료침투시험법 등) 조사	○강재용접부(볼트접합부) 결함조사 (초음파탐상법, 방사선탐상법 등) ○강재의 부식 등 ○강재의 강도
조적조		○부재의 규격 조사 ○콘크리트 비파괴강도 ○철근배근 상태조사 ○철근부식도 조사 ○콘크리트 탄산화 진행 깊이 ○염화물함유량 조사(필요시)	○조적벽체 개체강도 ○코어 실내시험

주1) 염화물함유량 시험은 [표 10.11]에 따라 실시한다.

[표 10.14] 구조형식별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○변위・변형조사	○건축물 및 부재의 기울기 평가
	○부재의 규격조사	○콘크리트 및 강재의 규격조사
	○콘크리트 비파괴강도 -반발경도시험법, 초음파법	○외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○콘크리트강도(국부파괴시험법)	○콘크리트강도 평가의 기준 ○필요시 콘크리트 물성시험 등
	○철근탐사시험 -철근배근상태 -철근피복두께	○구조검토를 위한 철근조사 ○콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○철근부식도시험	○주요부재의 철근 대상 ○철근부식확률 평가
	○콘크리트 탄산화 깊이 측정	○현장측정 ○탄산화속도계수 산정
	○콘크리트 염화물함유량 시험	○시료채취 및 평가
	○자분탐상법, 염료침투시험법에 의한 강재 용접부 결함조사	○현장측정 ○자분을 이용한 결함 조사
선택과업	○강재용접부 등 결함조사	○강재용접부와 볼트접합부 등의 균열 및 언더컷 등 평가
	○강재의 부식 등 조사	○강재부식 및 접합부 부식 평가 ○내화피복 손상 등 평가
	○강재의 강도	○사용강재의 강도 평가

10.3.3 재료시험 기준수량

가. 콘크리트 비파괴강도

1) 대상구조

철근콘크리트라멘구조, 철골・철근콘크리트구조, 철근콘크리트 벽식구조, 프리캐스트 콘크리트구조, 무량판구조, 조적조의 철근콘크리트부재

2) 적용대상 구분

건축물의 전체 층수와 전체 연면적에 따라 표준 층 또는 단위를 선정하는데, 표준 층과 표준 단위의 선정 개소수가 서로 상이할 경우 층수별 연면적별 표준 층(단위) 중 최대치를 기준으로 하여 표준 층(단위)를 선정한다.

[표 10.15] 층수별 재료시험 대상 표본 층 선정기준

층 수	수 량 기 준	
	정밀점검	정밀안전진단
21층~30층	4개층 이상	6개층 이상
11층~20층	3개층 이상	4개층 이상
1층~10층	2개층 이상	3개층 이상

※ 31층 이상인 경우에는 10개층 마다 정밀점검 1개층씩, 정밀안전진단은 2개층씩 증가함.
※ 층수는 지하층까지 포함된 층수임.

[표 10.16] 연면적별 재료시험 대상 표본 단위 선정기준

연면적	수 량 기 준	
	정밀점검	정밀안전진단
50,000~75,000㎡	4개 단위 이상	6개 단위 이상
25,000~49,999㎡	3개 단위 이상	4개 단위 이상
1~24,999㎡	2개 단위 이상	3개 단위 이상

※ 75,001㎡ 이상인 경우에는 25,000㎡ 마다 정밀점검 1개 단위씩, 정밀안전진단은 2개 단위씩 증가함.

3) 재료시험 기준수량

건축물의 규모에 따라 [표 10.15~16]과 같이 표본 층(단위)을 선정하고, 각 층(단위)마다 주요 구조부의 기둥 또는 내력벽, 보, 슬래브 중 2종 부재를 선택하여 각 부재별 2개소(단부와 중앙부) 이상으로 정한다.

○ 총 수량 : 표본 층(단위)수 × 2종 부재(기둥 또는 내력벽, 보, 슬래브 중)
× 각 부재별 2개소(단부, 중앙부)

단, 무량판구조의 경우에는 보 부재 대신에 지판부재로 한다.

- 표본 층(단위)

다음의 사항을 우선적으로 고려하여, 건축물의 상태 및 안전성을 평가하는데 필수적이고 전체 건축물을 대표할만한 층이나 부위를 선정한다.

① 외관조사에서 결함·손상이 발견되었거나 예상되는 부위

② 최저층(피트 포함)

③ 주차장 구조물

④ 최상층 및 지붕층

⑤ 평면 및 구조부재가 변화된 부위

⑥ 장주, 장 경간, 중량물이 적재된 부위 등

4) 시험방법

콘크리트 비파괴시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험, 조합법)을 위주로 한다. 단, 정밀점검에는 반발경도시험을 위주로 한다. 또한, 다른 비파괴검사법을 사용하는 경우에는 책임기술자 판단에 따른다.

5) 기준수량 조정

책임기술자의 판단에 의해 수량의 조정이 가능하며, 조정 시에는 그 사유를 명기하여야 한다.

나. 부재단면의 규격

1) 대상구조

철근콘크리트라멘구조, 철골구조, 철골·철근콘크리트구조, 철근콘크리트벽식구조, 프리캐스트콘크리트구조, 무량판구조, 조적조의 철근콘크리트부재 및 내력벽

2) 적용대상 구분

전술한 가.항 2)와 같다.

3) 재료시험 기준수량

건축물의 규모에 따라 [표 10.15~16]과 같이 표본 층(단위)을 선정하고, 각 층(단위)마다 주요 구조부재(기둥 또는 내력벽, 보, 슬래브) 중 2종 부재를 선정하여 부재 종류별 3개소 이상 실측한다.

○ 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.

- 표본 층(단위) : 전술한 가.항 3)과 같다.

4) 시험방법

외관조사 및 간단한 측정도구를 이용한다.

5) 기준수량 조정

책임기술자의 판단에 의해 수량의 조정이 가능하며, 조정 시에는 그 사유를 명기하여야 한다.

다. 콘크리트 탄산화 깊이 조사

1) 적용건축물

전술한 가.항 1)과 같다.

2) 적용대상 구분

전술한 가.항 2)와 같다.

3) 재료시험 기준수량

건축물의 규모에 따라 [표 10.15~16]과 같이 표본 층(단위)을 선정하고, 각 층(단위)마다 주요 구조부의 기둥 또는 내력벽, 보, 슬래브 중 2종 부재를 선택하여 각 부재별 1개소 이상으로 정한다.

○ 총 수량 : 표본 층(단위)수 × 2종 부재(기둥 또는 내력벽, 보, 슬래브 중)
× 각 부재별 1개소
단, 무량판구조의 경우에는 보 부재 대신에 지판부재로 한다.

4) 시험방법

부재를 천공할 때의 콘크리트 분말가루나, 코어시료에 대하여 페놀프탈레인(1%) 용액에 의한 변색반응검사 등으로 한다. 단, 검사부위는 부재가 위치한 환경과 설계·시공 상태를 고려하여 건전한 곳을 선택한다.

5) 기준수량 조정

책임기술자의 판단에 의해 수량의 조정이 가능하며, 조정 시에는 그 사유를 명기하여야 한다.

라. 철근탐사 시험

1) 대상구조

전술한 가.항 1)과 같다.

2) 적용대상 구분

전술한 가.항 2)와 같다.

3) 재료시험 기준수량

건축물의 규모에 따라 [표 10.15~16]의 정밀안전진단 경우와 같이 표본 층(단위)을 선정하고, 각 층(단위)마다 주요 구조부재(기둥 또는 내력벽, 보, 슬래브)를 2종 부재를 선택하여 부재 종류별 2개를 선정하여 부재별 2개소(단부와 중앙부)이상으로 정한다.

○ 총 수량 : 표본 층(단위)수 × 2종 부재(기둥 또는 내력벽, 보, 슬래브 중)
× 부재 종류별 2개 이상 × 각 부재별 2개소(단부, 중앙부)

○ 조적조의 경우 : 각 층(단위)마다 2종류 부재(테두리보, 슬래브)

총 수량 : 표본 층(단위)수×2종 부재(테두리보, 슬래브)

× 부재 종류별 2개 이상 × 각 부재별 2개소(단부, 중앙부)

○ 무량판구조의 경우에는 보 부재 대신에 지판부재로 한다.

- 표본 층(단위) : 전술한 가.항 3)과 같다.

4) 시험방법

비파괴시험(전자기유도방식, 전자파레이방식)을 위주로 한다. 시험할 내용은 철근량, 피복두께, 철근의 규격, 배근상태 등이다. 단, 균열 및 변형(처짐) 등의 결함·손상이 발생된 부재와 부재의 내력검토가 필요한 부재에 대하여 실시한다.

5) 기준수량 조정

책임기술자의 판단에 의해 수량의 조정이 가능하며, 조정 시에는 그 사유를 명기하여야 한다. 단, 정밀점검에서는 부분적인 안전성평가가 필요한 경우에 책임기술자의 판단에 따라 철근 배근상태를 검사할 수 있다. 이 때, 표본 층 및 단위의 수량은 [표 10.15~16]의 정밀안전진단 경우와 같다.

마. 철근 부식도 시험

1) 대상구조

철근콘크리트라멘구조, 철근콘크리트 벽식구조, 무량판구조,

조적조의 철근콘크리트 부재

2) 적용대상 구분

전술한 가.항 2)와 같다.

3) 재료시험 기준수량

건축물의 규모에 따라 [표 10.15~16]의 정밀안전진단 경우와 같이 표본 층(단위)을 선정하고, 각 층(단위)마다 주요 구조부재에서 1개 부재 이상씩을 선택한다.

○ 총 수량 : 표본 층(단위)수 × 1개 부재 이상

- 표본 층(단위) : 전술한 가.항 3)과 같다.

4) 시험방법

외관조사에 의한 비파괴검사(자연전위법 등)로 한다. 단, 균열 및 재료분리 등의 결함·손상이 발생된 부위와 건전부위를 각각 검사하여 비교한다.

5) 기준수량 조정

책임기술자의 판단에 의해 수량의 조정이 가능하며, 조정 시에는 그 사유를 명기하여야 한다. 단, 정밀점검에서는 책임기술자가 필요하다고 판단하는 경우에 철근부식

조사를 실시할 수 있다. 이때, 표본 층 및 단위의 수량은 [표 10.15]와 같다.

바. 콘크리트 염화물 함유량

1) 대상구조

철근콘크리트라멘구조, 철골·철근콘크리트구조, 철근콘크리트 벽식구조, 무량판구조, 조적조의 철근콘크리트부재

2) 적용대상 구분

전술한 가.항 2)와 같다.

3) 재료시험 기준수량

건축물의 규모에 따라 [표 10.15~16]의 정밀안전진단 경우와 같이 표본 층(단위)을 선정하고, 각 층(단위)마다 주요 구조부재에서 1개 부재 이상씩을 선택한다.

○ 총 수량 : 표본 층(단위)수 × 1개 부재 이상

- 표본 층(단위) : 전술한 가.항 3)과 같다.

4) 시험방법

콘크리트 내의 염화물함유량에 관한 KS규격에 따라 공인시험기관에서 실시한다.

5) 기준수량 조정

기존 자료가 있을 경우에는 책임기술자의 판단에 의해 기존 자료에 대한 검토 또는 분석 결과에 대한 소견으로 대체할 수 있다.

사. 강재 접합부 검사(용접접합, 볼트접합)

1) 대상구조

철골구조, 철골·철근콘크리트구조

2) 적용대상 구분

전술한 가.항과 2)와 같다.

3) 재료시험 기준수량

건축물의 규모에 따라 [표 10.15~16]과 같이 표본층(단위)을 선정하고, 각 층(단위)마다 주요 구조부재에서 3개소 이상으로 정한다.

○ 총수량 : 표본층(단위)수 × 3개소 이상

- 표본 층(단위) : 전술한 가.항 3)과 같다.

- 재료시험 대상 : 기둥-기둥, 기둥-보, 보-보 등의 접합부

4) 시험방법

강재용접부에서는 외관조사와 비파괴검사(자분탐사법, 염료침투시험법 등)를 위주로 하고, 볼트접합부에서는 외관조사와 토크검사(TS볼트-너트를 사용한 경우에는 제외)를 위주로 한다. 또한, 정밀점검의 선택과업시에도 외관조사와 용접부에 대한 자분탐사법 또는 염료침투시험법을 이용한다.

5) 기준수량 조정

책임기술자의 판단에 의해 수량의 조정이 가능하며, 조정 시에는 그 사유를 명기하여야 한다.

아. 강재부식 등(강재부식, 접합부 부식, 내화피복 손상 등)

1) 대상구조

전술한 가.항 1)과 같다.

2) 적용대상 구분

전술한 가.항 2)와 같다.

3) 재료시험 기준수량

건축물의 규모에 따라 [표 10.15~16]과 같이 표본 층(단위)을 선정하고, 각 층(단위)마다 주요 구조부재에서 3개 부재 이상으로 정한다.

○ 총 수량 : 표본 층(단위)수 × 3개 부재 이상

- 표본 층(단위) : 전술한 가.항 3)과 같다.

4) 시험방법

외관조사 및 간단한 계측기구를 이용한다.

5) 기준수량 조정

책임기술자의 판단에 의해 수량의 조정이 가능하며, 조정 시에는 그 사유를 명기하여야 한다.

자. 변위・변형

1) 대상구조

철근콘크리트라멘구조, 철골구조, 철골・철근콘크리트구조, 철근콘크리트 벽식구조, 프리캐스트콘크리트구조, 무량판구조, 조적조

2) 재료시험 항목 및 기준수량

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 단변방향으로 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.

- 재료시험 단위 : 신축이음이 있는 경우에는 신축이음부로 구획된 구조물을 기본 단위로 한다.

3) 검사방법

외관조사 및 트랜싯 또는 이와 유사한 측정기구를 이용한다.

차. 실내시험(콘크리트 코어 강도, 비중 등)

1) 대상구조

철근콘크리트라멘구조, 철골・철근콘크리트구조, 철근콘크리트 벽식구조, 무량판구조, 조적조의 철근콘크리트부재

2) 적용대상 구분 및 기준 수량

콘크리트 코어 강도, 비중 등의 실내시험은 과업의 내용에 따라 조사 및 수량을 결정한다.

3) 시험방법

콘크리트 코어강도, 콘크리트 비중 등에 관한 KS규격에 따라 공인시험기관에서 실시한다.

10.4 상태평가 기준 및 방법

10.4.1 상태평가 기준

가. 상태평가 결과 산정 기준

상태평가 결과 산정은 각 부재별 및 항목별로 현장조사・시험한 결과에 해당하는 대표 값을 아래 [표 10.17]과 같이 산정하여 평가점수를 부여하고, 그 결과를 기준으로 각 항목별 평가를 실시한다.

[표 10.17] 상태평가 결과 및 점수 산정기준

구 분	평가 항목	상태평가 결과 및 점수의 산정방법	비고
철근콘크리트라멘조, 철골·철근콘크리트조, 철근콘크리트 벽식구조 프리캐스트콘크리트조, 무량판조, 조적조	강도	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	균열	○부재 평가점수 : 단위부재의 조사한 균열 폭 및 면적율에 해당하는 평가점수의 평균값 ○부재 대표 값 : 결함·손상부재를 포함해 평가대상 부재수의 최소범위에 대한 결함·손상 부재의 평가점수의 평균 값	-최소범위 기둥, 벽 : 각 전체 부재의 20% 보, 슬래브 : 각 전체 부재의 30%
	탄산화	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	염화물 함유량	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	철근 부식	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	표면 노후	○부재 평가점수 : 단위부재의 조사결과 및 면적률에 해당하는 평가점수에 대한 평균 값 ○항목 평가점수 : 결함·손상부재를 포함해 평가대상 부재수의 최소범위에 대한 결함·손상 부재의 평가점수의 평균 값 ○부재 대표 값 : 항목 평가점수의 최저 값	-최소범위 기둥, 벽 : 각 전체 부재의 20% 보, 슬래브 : 각 전체 부재의 30%
철골조, 철골·철근콘크리트조	강재규격 및 강도	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 해당하는 평가점수 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	접합 상태	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 해당하는 평가점수 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	용접접합 볼트접합
	강재 부식도	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 해당하는 평가점수 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
	접합재 부식도	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 해당하는 평가점수 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	용접접합 볼트접합
	내화 피복	○부재 평가점수 : 단위부재의 측정결과에 대한 평균 값 ○부재 대표 값 : 측정부재 전체에 대한 평균 값	
공 통	변위 변형	○수평기울기 : 측정결과의 최저값에 해당하는 평가점수	
		○수직기울기 : 측정결과의 최저값에 해당하는 평가점수	처짐 및 부동침하에 의한 구조 및 부재의 기울기

나. 상태평가 항목별 기준

각 평가항목에 대한 평가 기준은 그 상태에 따라 a~e의 5단계로 매기고, 각 평가기준에 해당하는 평가점수는 각 표와 같다.

1) 콘크리트 강도

[표 10.18] 콘크리트 강도에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가내용	평가점수(대표값)
a	100% ≤ α_c	1
b	100% ≤ α_c (경미한 손상 있음)	3
c	85% ≤ α_c < 100%	5
d	70% ≤ α_c < 85%	7
e	α_c < 70%	9

* α_c = (측정강도 ÷ 설계기준강도)×100%

2) 콘크리트 균열

[표 10.19] 콘크리트 균열에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수 (대표값)	평가내용		
		최대 균열 폭 : c_w(단위:㎜)	면적률* 20%이하	면적률 20%이상
a	1	c_w < 0.1	a	a
b	3	0.1 ≤ c_w < 0.2	b	c
c	5	0.2 ≤ c_w < 0.3	c	d
d	7	0.3 ≤ c_w < 0.5	d	e
e	9	0.5 ≤ c_w	e	e

* 면적률(%) = $\frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{\text{점검단위면적}} \times 100$
* 균열발생면적 산정은 균열길이 당 25cm의 폭을 차지하는 것으로 계산 (단, 벽체 및 슬래브 등의 판재에만 적용)

3) 콘크리트 탄산화

[표 10.20] 콘크리트 탄산화에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가내용	평가점수(대표값)
a	Ct* ≦ 0.25D**	1
b	0.25D < Ct ≦ 0.5D	3
c	0.5D < Ct ≦ 0.75D	5
d	0.75D < Ct ≦ D	7
e	D < Ct	9

* Ct : 콘크리트 탄산화 깊이(cm)
** D : 측정된 철근의 피복두께(cm)

주) 상태평가 결과가 "e"이면서 [표 10.22]콘크리트 내부의 철근부식에 대한 상태평가 결과가 "e"이면 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

4) 콘크리트 내부의 염화물 함유량

[표 10.21] 콘크리트 염화물 함유량에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가내용(염화물 이온 함유량 : cL(단위:kg/m^3)	평가점수(대표값)
a	cL ≤ 0.15	1
b	0.15 < cL ≤ 0.3	3
c	0.3 < cL ≤ 0.6	5
d	0.6 < cL ≤ 1.2	7
e	1.2 < cL	9

주) 상태평가 결과가 "e"이면서 [표 10.22]콘크리트 내부의 철근부식에 대한 상태평가 결과가 "e"이면 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

5) 철근부식

[표 10.22] 콘크리트 내부의 철근부식에 대한 상태평가 기준

평가 기준	평가점수 (대표값)	평가내용			강재의 부식환경	
		자연전위(㎷)	철근의 부식상태	상태계수 (α)	부식 환경조건	부식환경 계수(β)
a	1	E>0	녹이 발생하지 않았거나 약간의 점녹이 발생한 상태	1	건조환경	1.0
b	3	−200<E≦0	점녹이 광범위하게 발생한 상태	3	습윤환경	1.1
c	5	−350<E≦−200	면녹이 발생하였고 부분적으로 들뜬녹이 발생한 상태	5	부식성 환경	1.2
d	7	−500<E≦−350	들뜬 녹이 광범위하게 발생하였거나, 20% 이하의 단면결손이 발생한 상태	7	고부식성 환경	1.3
e	9	E≦−500	두꺼운 층상의 녹이 발생하였거나, 20% 이상의 단면결손이 발생한 상태	9	−	−

* 철근부식의 대표값 = α×β
* 근거 : ASTM 및 준ASTM(일본)

주) 상태평가 결과가 "e"이면서 누수를 동반하는 경우 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

6) 표면노후

(가) 박리(scaling)

[표 10.23] 콘크리트 박리에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수 (대표값)	평가내용		
		박리깊이 : sc (단위:㎜)	면적율 10%이하	면적율 10%이상
a	1	sc = 0	a	a
b	3	0 < sc < 0.5	b	c
c	5	0.5 ≤ sc < 1.0	c	d
d	7	1.0 ≤ sc < 25	d	e
e	9	25 ≤ sc	e	e

(나) 박락(spalling) 및 층분리(delamination)

[표 10.24] 콘크리트 박락 및 층분리에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가점수 (대표값)	평가내용		
		박락, 층분리깊이 : sd (단위:㎜)	면적율 20%이하	면적율 20%이상
a	1	sd = 0	a	a
b	3	0 < sd < 15	b	c
c	5	15 ≤ sd < 20	c	d
d	7	20 ≤ sd < 25	d	e
e	9	25 ≤ sd (혹은 조골재 손실)	e	e

(다) 누수(leakage) 및 백태(efflorescence)

[표 10.25] 콘크리트 누수 및 백태에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가내용	평가점수(대표값)
a	누수 및 백태 발생 없음	1
b	누수부위가 건조한 상태의 경미한 누수흔적이 있거나, 백태발생 면적율 5%미만	3
c	누수부위가 습윤한 상태의 현저한 누수흔적이 있거나, 백태발생 면적율 5%～10%미만	5
d	누수의 진행이 관찰가능하거나, 백태발생 면적율 10～20%미만	7
e	누수의 진행이 확연하거나, 백태발생 면적율 20%이상	9

(라) 철근노출

[표 10.26] 콘크리트 부재에서 철근노출에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가 내용	평가점수(대표값)
a	ra* = 0	1
b	0 < ra < 1.0%	3
c	1.0 ≤ ra < 3.0%	5
d	3.0 ≤ ra < 5.0%	7
e	5.0% ≤ ra	9

* ra : 철근노출 면적율(%) = $\frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{\text{점검단위면적}} \times 100$

7) 변위・변형

[표 10.27] 부재의 변위・변형에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가기준 (보 및 슬래브의 처짐)	평가점수(대표값)
a	L(경간길이 ㎝) / 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

주) 상태평가 결과가 "d"이하이면서 과다한 균열을 동반하는 경우 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.
* 시공오차를 제외한 순 변위・변형

8) 기울기(부동침하에 의한)

[표 10.28] 건축물의 기울기에 대한 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 "d"이하이면서 균열의 심한 변화를 동반하는 경우 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.
* 시공오차를 제외한 순 기울기

9) 강재규격 및 강도

강재규격 및 강도에 대한 상태평가 결과 판정은 하나의 부재에서 조사·시험한 부재 규격의 평가 결과와 강재강도의 평가 결과 중에 낮은 평가 결과를 택하는 것으로 한다.

(가) 부재단면의 규격

[표 10.29] 부재단면의 규격에 대한 상태평가 기준

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

* s = (측정 단면적 ÷ 설계 단면적)×100%

(나) 강재 강도

[표 10.30] 강재강도에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가내용	대표값
a	100% ≤ α_S*	1
b	95% ≤ α_S < 100%	3
c	90% ≤ α_S < 95%	5
d	75% ≤ α_S < 90%	7
e	α_S < 75%	9

* α_S = (측정강도 ÷ 설계기준강도)×100%

10) 강재 접합부

(가) 용접부 결함

[표 10.31] 강재 용접부 결함에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가내용	평가점수(대표값)
a	결함이 없는 최상의 상태	1
b	국부적인 미세결함이 있는 양호한 상태	3
c	부분적으로 결함이 있는 보통의 상태	5
d	광범위하게 결함이 발생되어 내력저하의 우려가 있는 불량한 상태	7
e	내력저하가 심각히 우려되는 매우 불량한 상태	9

주) 상태평가 결과가 "d"이하이면 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

(나) 볼트 접합부

[표 10.32] 강재 접합볼트 누락, 풀림 및 이완상태 등에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가내용	평가점수(대표값)
a	결함이 없는 최상의 상태	1
b	$T\ell < 5\%$	3
c	$5\% \leq T\ell < 10\%$	5
d	$10\% \leq T\ell < 30\%$	7
e	$30\% \leq T\ell < 100\%$	9

주) 상태평가 결과가 "d"이하이면 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

* $T\ell$: 토크치 부족율(%) = $\frac{\text{부족토크치}}{\text{설계토크치}} \times 100$

또는 접합볼트너트 결함률(%) = $\frac{\text{볼트너트누락 또는 풀림갯수}}{\text{설계상 볼트너트수}} \times 100$

11) 강재 부식

[표 10.33] 강재부식에 대한 상태평가 기준

평가 기준	평가내용		평가점수 (대표값)
	도장하였을 때	도장하지 않았을 때	
a	부식이 전혀 없던가 또는 평활면의 도막은 다소 울퉁불퉁함을 일으키고 부풀어 있는 상태	안정화된, 얇고 치밀한 검은색의 녹이 피막을 형성한 상태	1
b	도막의 울퉁불퉁함이나 부풀은 것이 모서리에 연속적인 부식이 심하게 발생했거나 평활면에 부식이 발생한 정도	부식이 상당히 진전되었지만 두께 허용치를 만족할 때	3
c	판두께의 감소가 평균하여 10%미만		5
d	판두께의 감소가 평균하여 10%이상 15%미만		7
e	판두께의 감소가 평균하여 15%이상		9

12) 접합재 부식도

(가) 용접접합부 부식

[표 10.34] 강재 용접접합부 부식에 대한 상태평가 기준

평가 기준	평가점수 (대표값)	평가내용		강재의 부식환경	
		부식 정도	상태계수 (α)	부식 환경조건	부식환경 계수(β)
a	1	부식이 전혀 없던가 또는 용접재의 도막은 다소 울퉁불퉁함을 일으키고 부풀어 있는 상태	1	건조환경	1.0
b	3	도막의 울퉁불퉁함이나 부풀은 것이 모서리에 연속적인 부식이 심하게 발생했든가 용접재에 부식이 발생한 정도	3	습윤환경	1.1
c	5	용접재 두께의 평균 감소율 5%미만	5	부식성 환경	1.2
d	7	용접재 두께의 평균 감소율 5%이상 10%미만	7	고부식성 환경	1.3
e	9	용접재 두께의 평균 감소율 10%이상	9		

주) 상태평가 결과가 "d"이하이면 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

* 용접부식의 대표값 = α×β

(나) 볼트접합부 부식

[표 10.35] 볼트접합부 부식에 대한 상태평가 기준

평가 기준	평가점수 (대표값)	평가내용		강재의 부식환경	
		부식 정도	상태계수 (α)	부식 환경조건	부식환경 계수(β)
a	1	부식이 전혀 없거나 얇고 치밀한 검은색의 녹이 피막을 형성한 상태	1	건조환경	1.0
b	3	볼트 또는 접합판재에 부분적으로 들뜬 녹이 발생한 상태	3	습윤환경	1.1
c	5	볼트 또는 접합판재 두께의 평균 감소율 5%미만	5	부식성 환경	1.2
d	7	볼트 또는 접합판재 두께의 평균 감소율 5%이상 10%미만	7	고부식성 환경	1.3
e	9	볼트 또는 접합판재 두께의 평균 감소율 10%이상	9		

주) 상태평가 결과가 "d"이하이면 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

* 볼트접합 부식의 대표값 = α×β

13) 강재 내화피복

[표 10.36] 강재 내화피복에 대한 상태평가 기준

평가기준	평가내용	평가점수(대표값)
a	100% ≤ cf*	1
b	100% ≤ cf*(경미한 손상 있음)	3
c	85% ≤ cf < 100%	5
d	70% ≤ cf < 85%	7
e	cf < 70%	9

* cf = (측정 두께 ÷ 설계기준 두께)×100%
또는 (부재손상면적÷ 부재전체면적)×100% 중 최저등급

10.4.2 상태평가 결과 산정 방법

상태평가 결과 판정은 각 평가항목・부재・층별 중요도를 고려하여 부재단위, 층단위, 건축물 전체단위에 대하여 실시하며, 이에 대한 구제적인 절차와 방법은 부록의 평가요령에 따른다.

상태평가 결과 판정은 [표 10.37]의 절차에 따라 실시한다.

[표 10.37] 상태평가 결과 판정 절차

구분 / 순서	평가 단계	평가 방법
1	부재단위 평가	○ 개별부재에 대해 결함정도에 따라 평가점수 부여 ○ 개별부재에 대해 평가항목의 중요도 반영 ○ 부재단위(벽, 기둥, 보, 슬래브 등)별로 각 평가항목에 대해 평가점수 종합, 결과 판정
2	층단위 평가	○ 각 평가항목 및 부재의 중요도를 고려해 층 단위의 평가점수를 종합, 결과 판정
3	전체 건축물 상태평가	○ 상기 1, 2단계 및 각층의 중요도를 고려해 전체 건축물의 평가점수를 종합, 결과 판정

※ 상태평가 결과의 판정시에는 책임기술자 또는 관련분야 전문가가 판단한 근거를 포함하는 소견을 달아야 한다.

10.5 안전성평가 기준 및 방법

10.5.1 일반

대상 시설물의 구조해석 및 구조안전성 검토는 설계 당시에 적용된 기준에 의해 실시하고, 그 결과에 따라 안전성 평가를 실시할수 있으며, 2차 이상의 정밀안전진단을 실시할 경우, 전회차 진단시와 구조 또는 용도 등의 변경사항이 없을 시에는 전회차 자료를 활용 할수 있다. 또한, 건축물이 부대시설물인 경우에는 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하여 구조적으로 취약한 시설물을 선정하여 안전성 평가를 실시한다.

건축물에 대한 안전점검 및 정밀안전진단 과정에서 실시한 조사·시험 및 상태평가 결과를 반영한 구조응력해석과 부재단면의 내력검토의 결과에 따라 구조안전성 평가가 객관적으로 이루어져야하며, 필요한 경우에 구조에 대한 사용제한이나 보강을 합리적으로 이행하도록 하고 그 자료를 체계적으로 관리할 수 있도록 하며, 내진성능 평가는 "기존시설물의 내진성능 평가 및 향상요령(국토해양부, 2004.5.)"을 참조 할 수 있다.

본 장에서는 건축물의 안전점검·정밀안전진단 시에 책임기술자가 객관적인 안전성 평가를 수행할 수 있는 합리적인 안전성평가 기준에 관해서 기술한다.

10.5.2 안전성평가 기준

가. 정밀점검

정밀점검에서 안전성평가는 설계변경, 사용용도의 변경으로 인한 하중의 변화, 부재내력의 손실 등에 의해 구조에 문제점이 발견된 경우에는 일부 부재에 대하여 안전성평가를 제한적으로 선택과업으로서 실시하며, 이때의 안전성평가 기준은 정밀안전진단에 따른다.

나. 정밀안전진단

정밀안전진단에서 수행하는 안전성평가는 건축구조물이 안전성을 확보하고 있는 수준에 따라 A~E등급의 5단계로 매기고, 각 안전성 평가 기준에 해당하는 평가점수는 [표 10.38]과 같다.

[표 10.38] 정밀안전진단의 안전성평가 기준

평가 기준	평가점수		평가 내용
	범위	대표값	
A	$0 \leq x < 2$	1	구조물의 내력이 설계목표치를 만족하고, 부분 및 전반적으로 문제점이 거의 없는 최상의 상태
B	$2 \leq x < 4$	3	구조물의 내력이 설계목표치를 만족하나, 경미한 손상이 발생된 대체로 양호한 상태
C	$4 \leq x < 6$	5	구조물의 내력이 부분적으로 부족하나, 전반적으로 구조물의 안전성이 확보되어 있는 보통의 상태
D	$6 \leq x < 8$	7	전반적으로 구조물의 내력이 부족하여 구조물의 안전성 확보가 곤란하고 불량한 상태
E	$8 \leq x \leq 10$	9	전반적으로 구조물의 내력부족이 현저하여 붕괴가 우려되는 심각한 상태

※ 안전성평가 결과의 판정시에는 책임기술자 또는 관련분야 전문가가 판단한 근거를 포함하는 소견을 달아야 한다.

다. 부재내력에 대한 평가 기준

부재별 안전성평가는 구조해석을 수행하여 구조물을 구성하고 있는 기둥, 벽, 보, 슬래브 등의 각 부재의 내력비(이하 안전율(SF)이라 함)로 평가하며, 평가 기준은 a~e의 5단계로 구분하여 매기고, 안전성평가 기준은 [표 10.39]와 같다.

[표 10.39] 부재내력에 대한 안전성평가 기준

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

주) 안전성평가 결과가 "d"이하이면 10.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

* SF : 안전율 = (부재강도 ÷ 소요강도)×100%.

여기서, 부재강도는 설계도서 검토 및 현장조사 결과로부터 분석·판단한 부재단면의 내력을 말함.

10.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

안전성평가 결과 판정은 평가항목・부재・층별・중요도를 고려하여 부재단위, 층 단위, 건축물 전체단위에 대하여 실시하며, 이에 관한 구체적인 방법과 절차는 부록의 평가요령에 따른다.

건축물의 안전성평가 결과 판정절차는 [표 10.40]과 같다.

[표 10.40] 안전성평가 결과 판정절차

구분 / 순서	평가 단계	평가 방법
1	부재단위 평가	○상태평가 항목별 결과 검토 및 반영 ○부재 치수 및 적용하중, 절점 및 지지점 등의 평가, 구조 응력 해석 또는 재하시험 대상부재의 단면내력 검토 및 안전율에 따라 부재 단위별로 평가점수 부여하여 안전성평가 결과 판정
2	층 단위 평가	○부재의 중요도를 고려해 층단위 평가점수를 종합하여 안전성 평가 결과 판정
3	전체단위 평가	○상기 1, 2단계 및 각 층의 중요도를 고려, 전체 건축물의 평가점수를 종합하여 안전성 평가 결과 판정

10.6 종합평가 기준 및 방법

10.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가결과를 결정하며, 다음의 [표 10.41]과 같은 시설물의 종합평가 기준에 의해 결정한다.[1)]

또한, 종합평가 결과의 판정시에는 상태평가 및 안전성 결과 판정에 대한 관련분야 전문가 소견을 종합하여 책임기술자가 판단한 근거를 포함하는 소견을 달아야 한다.

[표 10.41] 건축시설물의 종합평가 기준

종합평가기준	평가점수	
	범위	대표값
A	$0 \leq x < 2$	1
B	$2 \leq x < 4$	3
C	$4 \leq x < 6$	5
D	$6 \leq x < 8$	7
E	$8 \leq x \leq 10$	9

1) 건축시설물이 복합시설물의 부대시설물에 해당하는 경우에는 건축물 종합평가 결과는 본 「11장」에 준하여 평가하며, 복합시설물의 종합평가 결과 판정시 다음과 같이 환산하여 평가한다.

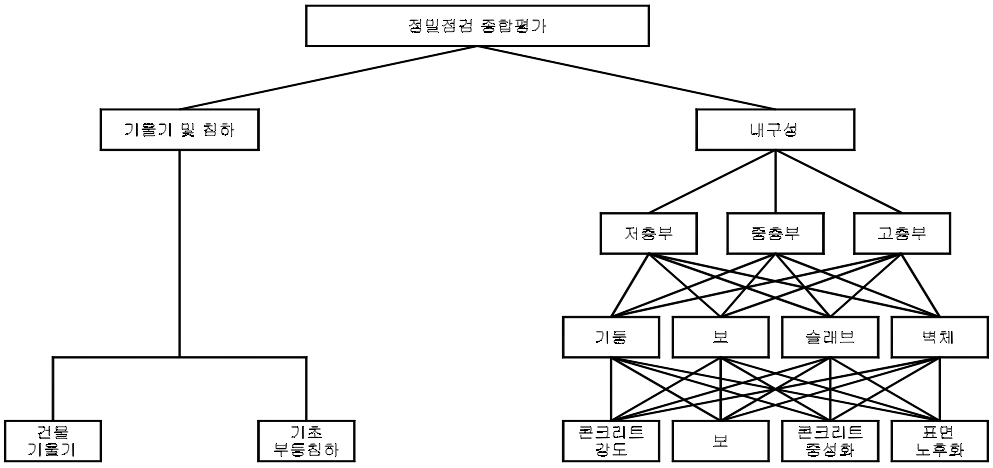
종합평가기준	환산식	종합평가기준	환산식
A	5-(X×0.25)	D	5.5-(X×0.5)
B	5.5-(X×0.5)	E	3.5-(X×0.25)
C	5.5-(X×0.5)	X : 건축물 평가점수	

10.6.2 종합평가 결과 산정 방법

상태 및 안전성평가 결과를 종합하는 구체적인 방법과 절차는 부록의 「평가요령」에 따른다. 여기서는 안전점검・정밀안전진단의 각 평가체계에 관해서 서술한다.

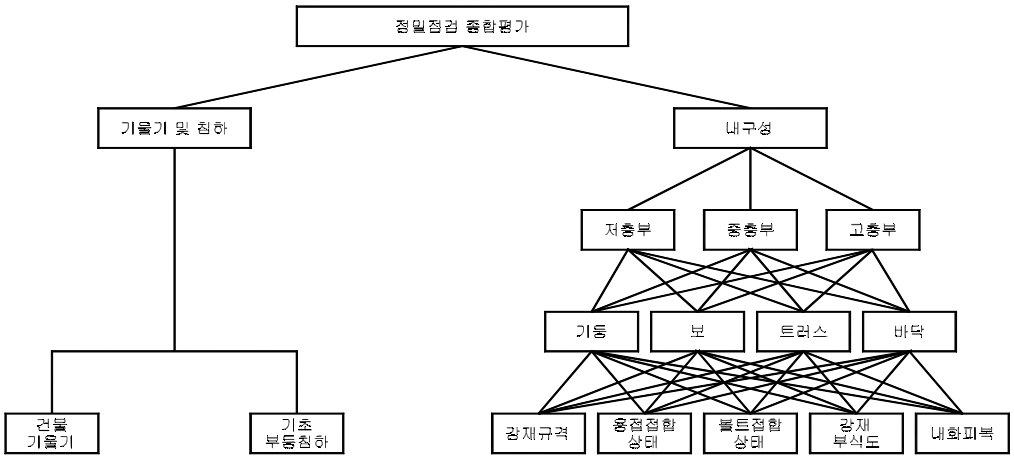
가. 정밀점검

1) 철근콘크리트구조



[그림 10.2] 정밀점검의 철근콘크리트구조에 대한 종합평가 결과 판정체계

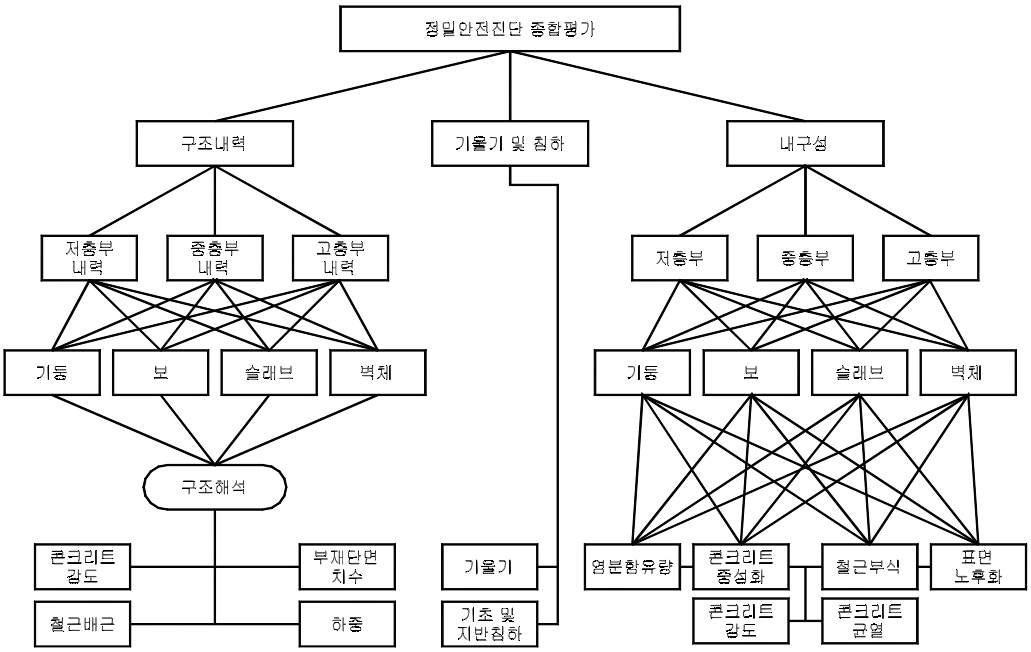
2) 철골구조



[그림 10.3] 정밀점검의 철골구조에 대한 종합평가 결과 판정체계

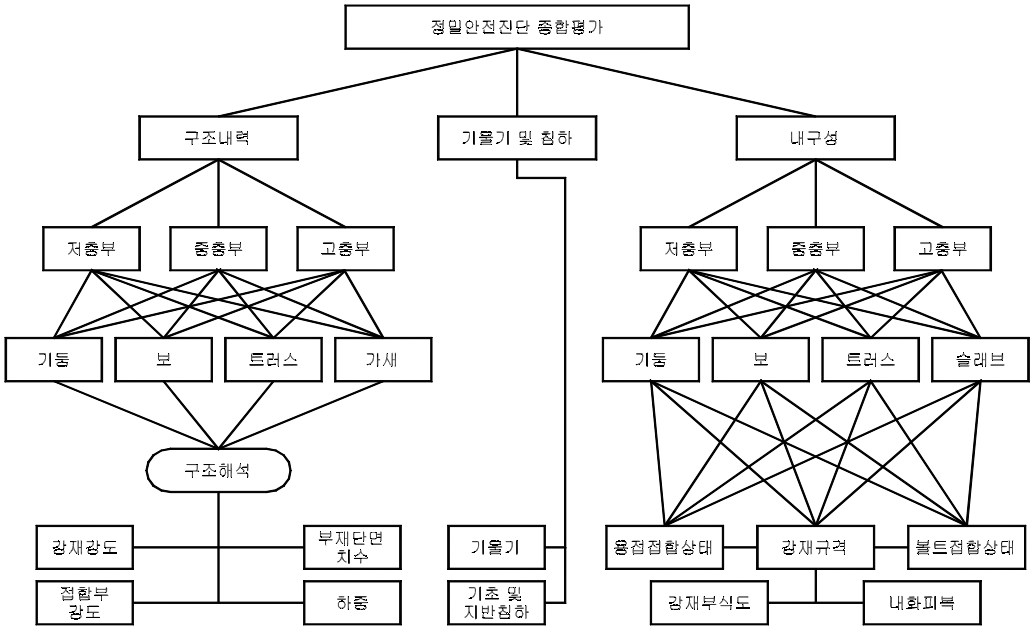
나. 정밀안전진단

1) 철근콘크리트구조



[그림 10.4] 정밀안전진단의 철근콘크리트구조에 대한 종합평가 결과 판정체계

2) 철골구조



[그림 10.5] 정밀안전진단의 철골구조에 대한 종합평가 결과 판정체계

10.7 보수・보강 방법

건축물 시설물의 주요 보수・보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

10.7.1 철근부식에 대한 보수 공법

철근이 부식되어 있는 부분이 노출되도록 콘크리트를 파취하고, 철근이 부식된 부분의 녹을 제거하여 철근에 방청처리를 한 후, 콘크리트에 프라이머 도포를 행한 후에 폴리머시멘트 모르터(PCM)등의 재료로 충전 보수한다.

10.7.2 누수에 대한 보수 공법

콘크리트의 누수는 구조물의 기능장해와 열화의 원인이 되므로, 누수방지 및 방수대책의 수립이 필요하다.

10.7.3 콘크리트 탄산화 부위보수 공법

탄산화가 20～30㎜정도 진행된 경우에는 탄산화된 콘크리트를 제거한 후 단면복구용 모르터로 보수하는 것이 원칙이나, 이러한 경우 공사비용이 과다하기 때문에 현실적으로 불가능하다는 지적이 있다.

따라서 구조체의 경우 탄산화를 방지할 수 있는 콘크리트 탄산화 방지용 밀폐형 기밀 도료칠을 한다.

제11장 옹벽

11.1 관리일반

11.2 현장조사

11.3 재료시험 항목 및 수량

11.4 상태평가 기준 및 방법

11.5 안전성평가 기준 및 방법

11.6 종합평가 기준 및 방법

11.7 보수·보강 방법

제11장 옹벽

11.1 관리일반

11.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 옹벽 시설물에 적용한다.

○ 2종 시설물

- 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분의 합이 100m 이상인 옹벽

※ 도로, 철도, 항만, 댐 또는 건축물의 부대시설

옹벽 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 구조물기초 설계기준

○ 옹벽관련 설계기준 및 표준시방서

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용 할 수 있다.

11.1.2 용어 정의

○ 옹벽(擁壁)

토압에 저항해 흙이 무너지지 못하게 하여 토지의 이용을 극대화시키기 위한 구조물

- 부지옹벽 : 부지 조성을 위한 옹벽
- 도로, 철도 및 기타옹벽 : 도로, 철도법에 의한 옹벽 및 기타 용도의 옹벽
- 수리시설 옹벽 : 댐, 하천 등의 수리구조물 옹벽

11.1.3 중대한 결함의 정도

옹벽 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 11.16]의 기초부 세굴에 대한 상태평가 기준이 "e"의 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화(중성화)에 따른 내력손실

○ [표 11.22]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 11.23]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 "d"의 판정으로 [표 11.24]의 철근노출 상태평가 기준에서 "e"을 포함하는 경우

3) 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

○ 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 [표 11.15]의 파손 및 손상, 재료분리 또는 [표 11.20]의 균열에 대한 상태평가 기준에서 “e"의 경우

11.2 현장조사

11.2.1 시설물의 점검 사항

가. 옹벽 재료형식별 상태변화의 평가항목

1) 옹벽분류

옹벽을 재료형식에 따라 분류하면 [그림 11.1]과 같다



[그림 11.1] 재료형식에 따른 옹벽 분류

2) 상태변화 평가 항목

[표 11.1] 옹벽 재료형식별 상태변화의 평가 항목

구 분		평 가 요 소
콘크리트 옹벽	지반, 기초부	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	○ 파손 및 손상(재료분리) ○ 균열 ○ 마모/침식 ○ 배수공의 상태 ○ 누수 – 재질열화 ○ 박락 및 층분리 ○ 박리 ○ 백태 ○ 철근노출
	기타	○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
보강토 옹벽	지반, 기초부	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	○ 파손, 손상 및 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 전면부 배부름
	기타	○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
석축	지반, 기초부	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 세굴
	전면부	○ 파손,손상 및 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 배수공의 상태 ○ 진행성 배부름 ○ 채움콘크리트 상태 ○ 암석의 풍화도
	기타	○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)
돌망태 옹벽	지반	○ 침하 ○ 활동 ○ 세굴
	전면부	○ 채움재 유실 ○ wire mesh의 파손 ○ 진행성 변형 ○ 결속철망 상태
	기타	○ 주변영향인자(배수시설 및 사면상태 등)

나. 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 측점분할

(가) 일반사항

○ 측점분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 진행 방향으로 위치를 표시하는 작업을 말한다.

○ 예비조사와 기타 사전 조사 시에 입수한 자료를 검토하여 도면에서의 표기 방식을 참고로 현장에서 해당 위치를 표시하고, 위치 표시는 현장에서 쉽게 식별될 수 있도록 하여 추후 유지관리 시에도 활용할 수 있어야 한다.

(나) 조사수량 및 측정방법

○ 정밀점검 및 정밀안전진단 시 측점분할 간격은 20m 내외가 적당하며, 면밀한 조사가 필요한 구간에 대해서는 별도로 세분해야하고, 내업작업 및 결과분석 작업은 평가단위로 분할하여 실시해야 한다.

(다) 결과분석

○ 국부적인 표면 오염이나 습기 등이 있는 경우에는 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성펜 등으로 표시하며, 석필, 분필 등으로 표시할 수도 있다.

○ 측점분할은 통상 옹벽 시점부터 시작하여 종점에서 끝나며, 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면변화구간이나 굴곡구간 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 미리 확인하여 측점을 분할함으로써 오차를 줄인다.

2) 측량

(가) 일반사항

○ 외관조사 결과 옹벽의 단차나 침하가 발생한 곳에 대해서는 정확한 단면상태 및 시공 상태 파악을 위하여 옹벽의 선형측량 및 수준측량을 실시한다.

○ 준공도상의 단면과 현 상태의 차이를 검토·비교하여 보수·보강대책 수립 시와 유지·관리업무 수행 시에도 활용할 수 있도록 한다.

(나) 조사수량 및 측량방법

○ 정밀점검 및 정밀안전진단 시 옹벽측량은 단면형상이 변화하는 구간과 표고가 변화하는 구간을 중심으로 옹벽의 시점부터 종점까지 실시한다.

○ 사용하는 장비는 일반적으로 일체형 광파 거리계에 의한 측량기(Rec. Elta RL 등)와 평판측량 및 수준측량(레벨측량)기 중 선택·조합하여 사용한다.

(다) 결과분석

○ 옹벽 측량시 측정된 결과와 설계도면과 일치하는지 여부를 확인한다.

3) 지반조사

(가) 일반사항

○ 안전성평가 시 토압산정과 지지력검토를 위해 실시하며, 시험방법은 책임기술자의 판단 하에 시추 또는 원위치 시험 중 적절한 방법을 선택하여 KS규격을 기준으로 실시한다.

(나) 조사수량 및 방법

○ 정밀안전진단 시에는 필수적으로 대표단면에 주동영역 및 수동영역에 각각 1회씩 2회 이상 실시한다.

○ 옹벽의 안전점검(정밀점검)시에는 점검결과에 따라 안전성평가 시 책임기술자의 판단 하에 실시한다.

○ 지반조사는 대표지반을 설정하여 1구간 실시를 원칙으로 하나, 지층의 변화가 심한경우에는 책임기술자 판단에 따라 조사 횟수를 상향조정할 수 있다.

○ 보강토 옹벽의 뒷채움 흙에 대해서는 입도분포 시험을 실시하여 안전성평가 시 고려하여 해석한다.

4) 지하수위 측정시험

(가) 일반사항

○ 정밀안전진단(필요시) 및 정밀점검(필요시)시 수리시설옹벽과 같이 부력 및 양압력에 대한 고려가 필요한 지반에 대해서 실시하며, 시험방법은 책임기술자 판단에 따라 적절한 시험법을 선택하여 실시한다.

(나) 조사수량 및 방법

○ 지하수위 측정은 필요시 1회 측정을 원칙으로 하지만 책임기술자 판단에 따라 상향조정이 가능하다.

5) 진행성 변형 및 변위조사

(가) 일반사항

○ 변위 및 변형은 크게 진행성 및 비진행성으로 분류할 수 있으며, 진행성 변위는 시설물 전체의 안전성에 크게 영향을 미칠 수 있다.

○ 비진행성이라고 판단되는 변위 및 변형도 장기적인 미소한 변위가 누적되면 위험수준에 도달할 수 있으므로, 과거의 측정자료를 분석하여 장기 계측을 고려할 필요가 있다.

(나) 조사수량 및 방법

○ 정밀안전진단 시 변위 및 변형에 대한 조사는 상태평가 결과 최대변위(계획선형 오차, 배부름 등) 또는 변형량이 발생한 지점에서 실시하며, 최소 1개소 이상 설치 및 최소 3개월 이상 측정을 원칙으로 하나, 책임기술자의 판단 하에 상향조정

할 수 있다.

○ 정기점검 시 변위 및 변형은 점검결과에 따라 책임기술자 판단 하에 실시하며, 주기적인 관측 또는 계측에 의해서 진행여부를 판단한다.

○ 정기점검, 안전점검(정밀점검) 및 정밀안전진단 결과에 따라 추가적인 계측이 필요하다고 판단되면 장기 계측을 실시할 수 있다.

6) 배수상태 조사

옹벽의 배수상태 조사는 시설물의 사용 중에 발생하는 지표수 및 지하수 유입시 그 기능을 적절히 발휘할 수 있는가를 알아보기 위해 실시하며, 주요 내용은 다음과 같다.

○ 시공당시 배수공이 적절히 설치되었는가를 확인한다.

○ 배수공이 이물질로 막혀 그 기능을 상실했는지 확인한다.

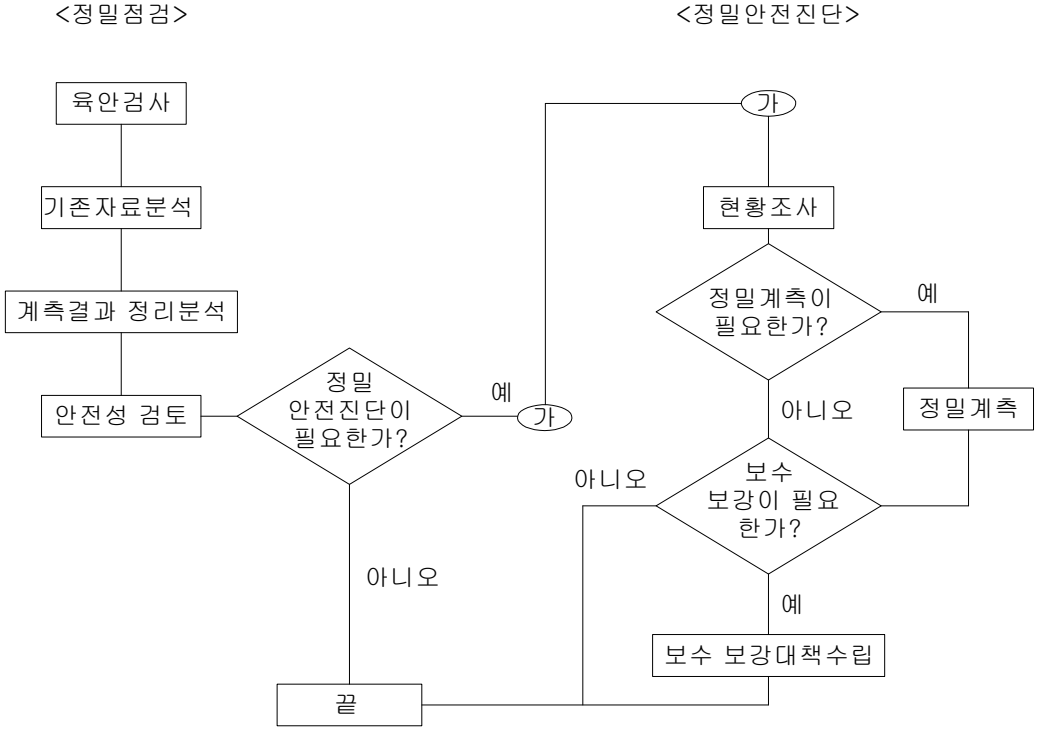
○ 강우 시 주변 지표수가 배수시설로 원활히 유입되는지 확인한다.

7) 기타 재료시험

옹벽시공에 사용된 재료(보강재, 견칫돌, 철망 등)의 시험이 필요한 경우에는 「세부지침」등 규정에 의하여 실시한다.

8) 대상 시설물의 계측계획과 방법

대상 시설물의 사전조사 과정에서 위험한 요소의 판단, 정밀조사 부위의 선정은 물론 계측기를 이용한 진단요소 등을 결정하도록 한다. 정밀점검과 정밀안전진단 시 계측관리에 따른 적용과 구조물의 현황파악을 위하여 [그림 11.2] 및 [표 11.2]와 같이 계측관리를 하면 보다 효율적인 구조물의 유지관리를 할 수 있을 것이다.



[그림 11.2] 계측자료 활용의 흐름도

[표 11.2] 계측조사 항목 내용

진단항목	계 측 내 용	계 측 기 기	비 고
균 열	- 균열폭 - 균열길이 - 균열방향	- 균열폭자(단) - 균열폭경(단) - 균열내시경(단) - 균열측정기(장)	
침 하	- 지중침하 - 지표침하	- 지중침하계(장) - 지표침하계(장) - 측량기	기초지반 배면지반
누수·용수	- 누수량 - 누수지점 및 범위 - 피압수	- 유량측정기(단) - 지하수위계(장, 단) - 간극수압계(장, 단)	
계획선형 오차(전도/경사)	- 전면부 기울기	- 측량기 - tiltmeter - 클리노 컴퍼스 - 지중경사계(장, 단)	
안전성평가	- 토압	- 토압계(장, 단)	

(주) 장 : 계측기를 설치하여 장기간 동안 계측이 필요한 경우 적용
단 : 당해 안전점검 및 정밀안전진단 시만 적용

다. 옹벽 시설물의 점검사항

시설물의 재해예방 및 안전성을 확보하고 보수대책공법 제시를 전제로 하여 손상원인을 규명하고, 보수공법을 선정하기 위한 정보를 얻기 위하여 구조물을 부분적으로 파괴하는 시험도 포함함으로써 옹벽을 구성하고 있는 재료의 내구성 , 배면 및 기초지반의 상태 등을 정량적으로 구해야한다.

안전점검 및 정밀안전진단 시의 사전조사와 점검항목 및 방법을 제시하며, 추가조사 항목은 관리주체와 협의하여 조사한다.

1) 사전조사

점 검 사 항	검 토 내 용
기초 자료조사 및 검토	- 과업지시서 - 지반조사 현황 및 결과분석 - 지반분류 현황 및 평가 - 지반 및 재료 특성치 조사와 적정성 평가 - 기타 옹벽과 관련된 모든 자료 조사 및 분석
해석방법 및 결과분석	- 사용프로그램 확인 - 해석용 입력자료 분석평가 - 보조공법의 유무 및 적정성 검토
설계도면 검토	- 옹벽의 단면계획 검토 - 시공방법 검토 - 시공순서도 - 해석결과와 설계도면의 일치성 비교 검토

2) 정기점검

점검부위		점검사항	점검장비
콘크리트 옹벽	간단한 외관조사	○ 파손 및 손상, 균열 ○ 누수, 층분리 및 박락, 백태 ○ 철근노출 ○ 배수공상태 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	– 망원경 – 카메라 – 필기도구 – 줄자 – 망치 – 손전등 – 균열경 및 균열측정기 – 측량기 또는 진행성결함 항목 측정 및 계측에 필요한 장비
보강토 옹벽	간단한 외관조사	○ 파손 및 손상, 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
석축	간단한 외관조사	○ 파손 및 손상, 균열 ○ 유실 ○ 이격 ○ 배수공의 상태 ○ 기초부의 세굴 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
돌망태 옹벽	간단한 외관조사	○ 기초부의 세굴 ○ 채움재 유실 ○ wire mesh의 파손 ○ 주변영향인자 (배수시설 및 옹벽주변상태)	
공 통	진행성 결함조사 (필요시)	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 균열	

※ 정기점검은 간단한 기구 등을 지참하여 점검한다.

※ 주변영향인자 조사 중 사면상태에 대한 평가는 절·성토 사면을 보호하는 시설물을 대상으로 실시한다.

3) 정밀점검

옹벽형식	점검방법	점검사항	점검장비
콘크리트 옹벽	면밀한 외관조사	- 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 누수, 층분리 및 박락, 백태 · 철근노출 · 배수공상태 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	- 망원경 - 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 망치 - 손전등 - 슈미트해머 - 균열경 및 균열측정기 - 측량기 또는 진행성결함 항목 측정 및 계측에 필요한 장비
	간단한 측정	· 현황측량 · 반발경도법에 의한 강도조사 · 탄산화 시험 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
보강토 옹벽	면밀한 외관조사	- 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
석축	면밀한 외관조사	- 전면부의 주요결함 · 파손 및 손상, 균열 · 유실 · 이격 · 배수공의 상태 · 암석의 풍화도 판정 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사)	
돌망태 옹벽	면밀한 외관조사	- 전면부의 주요결함 · 채움재 유실 · wire mesh의 파손 - 주변영향인자(배수시설 및 옹벽주변상태) - 기초부의 세굴 등	
	간단한 측정	· 현황측량 · 침하, 활동, 계획선형오차(전도/경사) 등	
공 통	진행성 결함조사 (필요시)	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 균열	

4) 정밀안전진단

옹벽분류	진 단 항 목	조사방법
콘크리트 옹벽	○ 균열조사 – 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부	초음파 탐사법 균열측정기 육안조사 등
	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사)	측량 또는 계측
	○ 누수부위 조사	적외선 탐사법 초음파 탐사법 육안조사
	○ 전면부 – 콘크리트 두께조사(피복조사) – 콘크리트 강도 – 철근배근 탐사 및 부식도 측정 – 열화조사 · 파손 및 손상, 박리, 층분리 및 박락, 백태, 철근노출 · 탄산화 및 염분조사 – 균열깊이 측정	탄산화시험 레이다탐사법 충격탄성파시험 표면타격법 코아채취 시험 자연전위법 측정기 초음파 탐사법 육안조사 염해조사 등
	○ 기초부 세굴	육안조사
	○ 배수공 상태	육안조사
보강토 옹벽	○ 전면부 – 강도조사 – 유실 및 이격 – 파손 및 손상, 균열 ○ 뒷채움토 입도 ○ 보강재 허용인장강도 및 내구성 등	초음파 탐사법 균열측정기 육안조사 등 표면타격법 시료채취조사 재료시험
	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 진행성 배부름	측량 또는 계측
석축	○ 전면부 – 강도조사 – 유실 및 이격 – 파손 및 손상, 균열 – 채움콘크리트 상태 – 암석의 풍화정도 – 진행성 배부름 현상	표면타격법 육안조사 육안조사 육안조사 육안조사 측량 또는 계측
	○ 배수공 상태	육안조사
	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사)	측량 또는 계측
돌망태 옹벽	○ 채움재 유실 ○ wire mesh 파손 ○ 결속철망 상태 ○ 진행성변형	육안조사 육안조사 육안조사 측량 또는 계측
	○ 침하 ○ 활동 ○ 계획선형오차(전도/경사)	측량 또는 계측
공 통	○ 지반조사 (주동영역 및 수동영역 각각 1개소 이상) ○ 옹벽 주변 영향인자 ○ 진행성 변형··변위 조사	시추조사 및 실내실험 육안조사 진행성결함 조사에 필요한 측정장비

11.3 재료시험 항목 및 수량

11.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 11.3] 옹벽별 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
공 통	○ 측점분할 (평가단위) – 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 옹벽의 선형 및 수준측량 등	○ 지반조사 ○ 지하수위측정 시험 ○ 지중경사 계측 ○ 토압
콘크리트 옹벽	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험법(반발경도법) ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법) ○ 콘크리트 염화물 함유량[1)] ○ 철근배근 상태조사 ○ 진행성 변형 및 변위
보강토 옹벽	○ 계획선형 오차(전도/경사) ○ 재료시험(블록 및 보강재)	○ 진행성 배부름 현상
석 축	○ 암석풍화도 판정 ○ 견칫돌강도 ○ 채움 콘크리트 상태	○ 진행성 배부름 현상
돌망태 옹벽	–	○ 진행성 변형 및 변위

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 11.4] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 측 량	○ 선형측량 및 수준측량
	○ 암석풍화도 조사	○ 석축의 풍화도 판정
	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험법 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택과업	○ 콘크리트강도(국부파괴시험법)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 콘크리트 염화물 함유량	○ 시료채취 및 평가
	○ 진행성 변형 및 변위	○ 관측 또는 계측에 의한 진행여부 판단
	○ 지반조사	○ 토압 및 지지력 검토로 안전성평가 ○ 시추 또는 원위치 시험

※ 옹벽의 재료형식별 재료시험 항목 적용에 차이가 있으므로 [표 11.4]에서 제시한 콘크리트 옹벽의 재료시험 항목 이외의 옹벽 재료형식에 대한 재료시험은 [표 11.1]의 옹벽 재료형식 및 상태평가 항목을 참조하여 실시한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 11.5] 정밀점검 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측정분할	○ 20m 간격, 신축이음부	○ 책임기술자 조정 가능
측 량	○ 옹벽의 선형측량 및 수준측량	
반발경도시험	○ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	
탄산화 깊이 측정	○ 총 연장 • 100m미만 : 2개소 • 100m이상 : 최소2개소 + 100m당 1개소 추가	○ 책임기술자가 상향조정 가능
암석의 풍화도	○ 평가단위당 1개소	

[표 11.6] 정밀점검 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취[1)]	○ 책임기술자 판단에 따라 기준수량 결정	○ 실내시험 선택과업
염화물 함유량 시험	○ 총연장 • 100m미만 : 2개소 • 100m이상 : 최소2개소 + 100m당 1개소 추가	○ 책임기술자가 상향조정 가능
철근탐사시험[1)]	○ 총수량 = (총연장 ÷ 50m)개소	
지반조사[2)]	○ 대표지반 설정 1회	
지하수위측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
진행성 변형 및 변위 조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
지중경사계측	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
토 압	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

주2) 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 상향조정 가능

11.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 11.7] 옹벽별 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
공 통	○ 측점분할 (평가단위) – 신축이음부 또는 20m 간격 ○ 옹벽의 선형 및 수준측량 등 ○ 지반조사 ○ 진행성 변형 및 변위 조사	○ 지하수위측정 시험 ○ 지중경사 계측 ○ 토압
콘크리트 옹벽	○ 콘크리트강도 – 비파괴시험법(반발경도법, 초음파법) ○ 철근배근탐사 – 철근간격, 철근피복두께 ○ 철근부식도 측정 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량[1)] ○ 균열조사(깊이, 길이, 진행성여부) ○ 계획선형오차(진행성 및 비진행성)	○ 콘크리트강도 – 국부파괴시험법(코어채취) ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 시험
보강토 옹벽	○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 재료시험(블록 및 보강재) ○ 진행성 배부름 현상	–
석 축	○ 계획선형오차(전도/경사) ○ 견칫돌강도 ○ 채움 콘크리트의 상태 ○ 암석풍화도 판정 ○ 진행성 배부름 현상	–
돌망태 옹벽	○ 진행성 변형	–

주1) 염화물함유량 시험은 [표 11.3]에 따라 실시한다.

[표 11.8] 옹벽별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 측 량	○ 선형측량 및 수준측량
	○ 지반조사	○ 토압산정과 지지력 검토
	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도시험, 초음파법	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 철근탐사시험 – 철근배근상태 – 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 주철근까지 깊이별(10㎜～20㎜) 시료채취 및 평가
	○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
	○ 균열깊이 조사	○ 철근 매입깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가
	○ 진행성 변형 및 변위 조사	○ 결함의 진행성 여부 검토
선택과업	○ 콘크리트강도(국부파괴법)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 지하수위측정시험	○ 부력 및 양압력의 고려가 필요한 지반에서 실시
	○ 지중경사 계측	○ 계획선형 오차, 배부름 등 파악
	○ 토압	○ 계측에 의한 토압산정

※ 옹벽의 재료형식별 재료시험 항목 적용에 차이가 있으므로 [표 11.8]에서 제시한 콘크리트 옹벽의 재료시험 항목 이외의 옹벽 재료형식에 대한 재료시험은 [표 11.1]의 옹벽 재료형식 및 상태평가 항목을 참조하여 실시한다.

나. 재료시험 기준수량

[표 11.9] 콘크리트 옹벽의 정밀안전진단 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 20m 간격, 신축이음부	○ 책임기술자 조정 가능
측 량	○ 옹벽의 선형측량 및 수준측량	
지반조사[1)]	○ 대표지반 설정 1단면 이상	○ 주동영역, 수동영역 각각 1회 이상
반발경도시험	○ 평가단위당 1개소 이상	○ 동일 부위 시험 원칙 ○ 책임기술자가 상향조정 가능
초음파전달속도시험		
철근부식도시험	○ 총연장 100m 미만 : 2개소 ○ 총연장 100m 이상 : 50m당 1개소 추가	○ 시험 실시 근거 명기
탄산화 깊이 측정		○ 책임기술자가 상향조정 가능
염화물 함유량시험		○ 책임기술자가 상향조정 가능
철근탐사시험	○ 평가단위당 1개소	○ 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
균열깊이 조사	○ 평가단위에서 조사된 최대균열폭에 실시	

주1) 지층의 변화가 심한 경우에는 책임기술자 판단에 따라 상향조정 가능

[표 11.10] 콘크리트 옹벽의 정밀안전진단 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취[1)]	○ 총연장 100m 미만 : 2개소 ○ 총연장 100m 이상 : 50m당 1개소 추가	○ 실내시험 선택과업 ○ 책임기술자가 상향조정 가능
지하수위측정[2)]	○ 대표지반 설정 1회 이상	○ 책임기술자가 상향조정 가능
지중경사계측	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
토 압	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능
주2) 양압력 및 부력의 영향이 있을 수 있는 지반에 대하여 실시

11.4 상태평가 기준 및 방법

11.4.1 상태평가 기준

가. 옹벽별 상태평가 기준

옹벽분류에 따른 옹벽별 상태평가를 위한 결함등급 및 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

1) 결함점수 및 결함지수 산정 기준

(가) 콘크리트 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
배수공상태		0	3	6	9	12
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
파손 및 손상(재료분리)		0	1	2	3	4
균 열		0	2	4	6	8
마모/침식		0	0	1	1	1
재료 열화	박 리	0	0	1	1	2
	박락 및 층분리	0	1	2	3	4
	백태	0	0	1	1	1
	탄산화	0	1	2	3	4
	염화물	0	1	1	2	4
	철근노출	0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

철근콘크리트 옹벽 결함지수 (F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{76}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{60}$
중력식 옹벽 결함지수(F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{64}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{48}$

※ 철근이 포함되지 않은 구조물은 철근노출, 염화물, 탄산화 항목 제외

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용.

※ 콘크리트 옹벽의 누수에 대한 평가는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시하며, 평가단위당 균열폭 최대점을 기준으로 균열깊이 측정을 실시하여 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우에 결함점수를 한 단계 하향 조정한다.

※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

※ 수중옹벽의 경우, 평가항목 중 배수공상태 항목은 설계도서를 검토하여 불필요시 결함지수에서 제외하며, 평가식의 분모에서 그 점수만큼 감산하여 계산한다.

(나) 보강토 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f <0 .55	0.55 ≤ f <0 .75	0.75 ≤ f
침 하		0	0	1	1	2
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	1	2
활 동		0	1	2	3	4
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4
유 실		0	2	4	6	8
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

보강토 옹벽 결함지수 (F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{52}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{36}$

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
※ 전면판에 발생한 균열은 파손으로 처리함.
※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며,
해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

(다) 석 축

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f <0 .55	0.55 ≤ f <0 .75	0.75 ≤ f
침 하		0	1	2	3	4
계획선형오차 (전도/경사)		0	1	2	3	4
활 동		0	1	2	3	4
전면부 진행성 배부름		0	2	4	6	8
배수공 상태		0	3	6	9	12
파손, 손상 및 균열		0	1	2	3	4
유 실		0	2	4	6	8
이 격		0	1	2	3	4
채움콘크리트상태		0	1	2	3	4
암석의 풍화도		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

석축 결함지수 (F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{76}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{60}$

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용
※ 석괴에 발생한 균열은 파손으로 처리함.
※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며,
해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

(라) 돌망태 옹벽

평가기준		a	b	c	d	e
		0 ≤ f <0 .15	0.15 ≤ f <0 .30	0.30 ≤ f <0 .55	0.55 ≤ f <0 .75	0.75 ≤ f
침 하		0	0	1	1	2
활 동		0	1	2	3	4
채움재 유실		0	1	2	3	4
wire mesh 파손 및 손상		0	2	4	6	8
진행성 변형 발생		0	1	2	3	4
결속철망 상태		0	1	2	3	4
세 굴		0	4	8	12	16
주변영향 인자	배수시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1

돌망태 옹벽 결함지수(F)	①	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{46}$	②	$\frac{\Sigma \text{ 결함점수}}{30}$

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용.
※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며,
해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산한다.

2) 옹벽시설물의 상태평가 기준

[표 11.11] 옹벽시설물의 상태평가 기준

상태평가기준	시설물의 상태평가 내용	비고
A	0.00 ≤ F < 0.15	F = 옹벽결함지수
B	0.15 ≤ F < 0.30	
C	0.30 ≤ F < 0.55	
D	0.55 ≤ F < 0.75	
E	0.75 ≤ F	

11.4.2 상태평가 항목 및 기준

가. 상태평가 항목별 세부기준

평가항목은 기존의 국내기준과 같이 5단계로 세분하였고, 평가항목별 단계는 옹벽 상태평가 결과와 구분하기 위하여 a, b, c, d, e로 표기하도록 하였다. 또한 별도의 시험으로 구해야만 하는 정량적 수치를 지양하였으며, 외관조사를 통하여 얻을 수 있고 쉽게 판단할 수 있는 평가방법을 정하였다.

세부기준은 기존 국내기준 및 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 실무자들의 의견과 기 시행된 안전진단 자료를 반영하고 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 나타날 경우에는 단계를 하향조정하도록 하였다.

또 진행여부를 판별하는 항목은 주기적인 점검(정기점검) 결과를 활용해 결함의 진행여부를 판단하도록 하였다.

나. 콘크리트 옹벽

[표 11.12] 침하의 상태평가 기준(콘크리트옹벽, 석축)

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5㎝미만	2㎝미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	1	5㎝이상 ~ 8㎝미만	2㎝이상 ~ 5㎝미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8㎝이상 ~ 12㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12㎝이상 ~ 16㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	○ 침하의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16㎝이상	12㎝이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 11.13] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(콘크리트옹벽, 석축)

평가기준	결함점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	○경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	1	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	○경사/전도의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	6%이상	4%이상	○경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형 오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.
단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

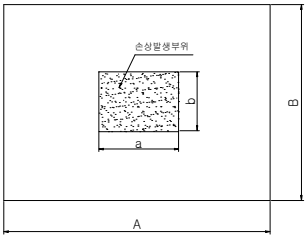
[표 11.14] 활동의 상태평가 기준(공통적용)

평가기준	결함점수	최대 활동의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5㎝미만	2㎝미만	○활동이 발생되지 않은 상태
b	1	5㎝이상 ~ 8㎝미만	2㎝이상 ~ 5㎝미만	○부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	2	8㎝이상 ~ 12㎝미만	5㎝이상 ~ 8㎝미만	○활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	3	12㎝이상 ~ 16㎝미만	8㎝이상 ~ 12㎝미만	○활동의 정도가 심각하여 옹벽의 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	4	16㎝이상	12㎝이상	○활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 11.15] 파손 및 손상, 재료분리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	깊이	면적율 10%미만	면적율 10%이상
a	0	없음	a	a
b	1	0㎜～5㎜ 미만	b	c
c	2	5㎜～10㎜ 미만	c	d
d	3	10㎜～20㎜ 미만	d	e
e	4	20㎜ 이상	e	e

<해설>



$$\frac{\text{손상발생면적}}{\text{점검단위면적}} \times 100 = \frac{\text{손상폭}(a) \times \text{손상높이}(b)}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

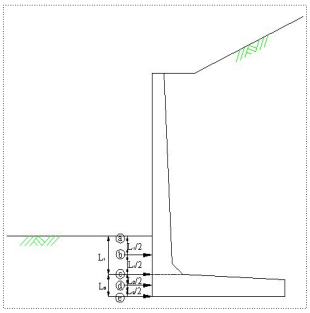
[표 11.16] 기초부 세굴 상태평가 기준(공통적용)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 각 옹벽형식별 <해설>참조 -
b	4	
c	8	
d	12	
e	16	

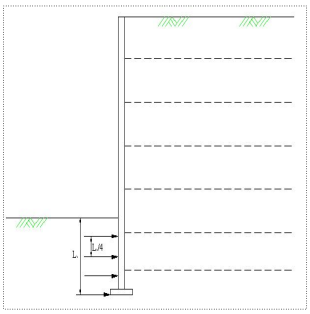
※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우에는 본 항목을 고려하지 않는다.

주) 상태평가 결과가 "e"이면 11.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

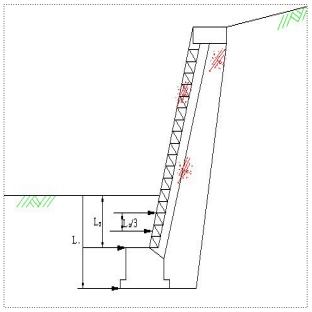
< 해설 >



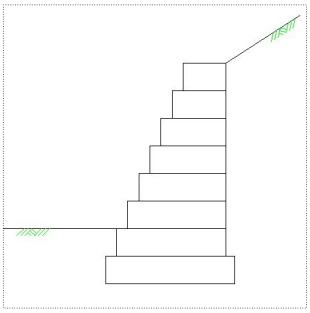
- 콘크리트 옹벽
  1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
  2) 세굴이 (지표면에서 헌치하부 / 2) 부분까지 발생한 상태 : b
  3) 세굴이 저판의 헌치하부까지 발생한 상태 : c
  4) 세굴이 (저판의 최대두께 / 2) 부분까지 발생한 상태 : d
  5) 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e



- 보강토 옹벽
  1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
  2) (근입깊이 / 4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c, d
  3) 세굴이 기초저면까지 발생한 상태 : e



- 석축
  1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
  2) (기초콘크리트 상단까지의 깊이 / 3)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c
  3) 기초콘크리트 상단까지 세굴이 발생한 상태 : d
  4) 기초 저면까지 세굴이 발생한 상태 : e



- 돌망태 옹벽
  1) 세굴이 전혀 발생하지 않은 상태 : a
  2) (근입깊이 / 4)의 각각의 위치까지 세굴이 발생한 상태 : b, c, d
  3) 저면까지 세굴이 발생한 상태 : e

[표 11.17] 마모/침식의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 침식/마모된 부위가 없는 양호한 상태
b	0	○ 침식/마모에 의해 골재가 노출된 상태
c	1	○ 상, 하부와 비교해서 단면(철근덮개)이 감소되기 시작한 상태 (다소 심한상태)
d	1	○ 철근덮개가 탈락되고 철근이 부분적으로 노출되어 부식이 발생한 상태 (심한상태)
e	2	○ 침식부위의 철근이 완전히 노출되어 구조적인 기능을 상실한 상태 (매우 심한상태)

[표 11.18] 박락 및 층분리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	1	15㎜ 미만	b	c
c	2	15㎜~20㎜ 미만	c	d
d	3	20㎜~25㎜ 미만	d	e
e	4	25㎜ 이상	e	e

※ 박락 및 층분리는 콘크리트 벽체의 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다.

[표 11.19] 박리의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태	면적율 20% 미만	면적율 20% 이상
a	0	없음	a	a
b	0	0.5㎜ 미만	b	c
c	1	0.5㎜~1.0㎜ 미만	c	d
d	1	1.0㎜~25㎜ 미만	d	e
e	2	25㎜ 이상이거나 조골재 손실	e	e

※ 박리는 콘크리트 벽체의 박리된 깊이를 기준으로 평가한다.

[표 11.20] 균열의 상태평가 기준

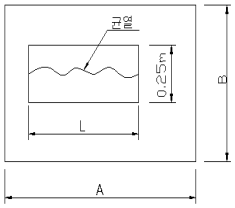
평가기준	결함점수	최대균열폭	면적율 20%미만	면적율 20%이상 또는 구조적 균열
a	0	0.1㎜ 미만	a	a
b	2	0.1～0.2㎜ 미만	b	c
c	4	0.2～0.3㎜ 미만	c	d
d	6	0.3～0.5㎜ 미만	d	e
e	8	0.5㎜이상	e	e

<해설>

1) 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며, 진행성이 확인되는 경우 단계를 하향조정하고 정밀진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다.

2) 균열형상은 종균열, 횡균열, 망상균열, 경사균열로 구분하며, 옹벽 상·하부에 걸쳐 연결된 종균열의 경우 단계를 하향조정하고 균열의 원인을 조사하도록 한다.

3) 면적율이 20% 이하일 경우에는 결함단계을 기재하고, 면적율이 20%이상일 경우에는 a→a, b→c, d→e, e→e 로 하향 조정한다.
- 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.



$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

4) 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량의 부족에 의한 균열 등이 있다.
콘크리트 구조의 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열형성단계와 균열안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 평가점수는 면적율에 관계없이 결함기준을 1단계 하향조정하고, d이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과의 분석을 실시하도록 한다.

5) 누수는 균열을 동반하여 발생하지만 지하수위가 낮거나 건기에는 누수에 대한 관찰이 어렵다.
따라서 누수에 대한 평가항목을 별도로 규정하지 않고 다음의 평가기준에 의하여 누수에 대한 영향을 고려하며, 적용범위는 철근콘크리트 옹벽에 한하여 실시한다.
- 누수가 육안으로 확인 가능한 경우에는 균열조사를 실시하여 평가결과보다 1단계 하향 조정한다.
- 누수가 육안으로 확인이 불가능한 경우에는 평가단위에서 조사된 최대 균열폭에 대하여 균열깊이를 실시한 후 균열깊이가 콘크리트 피복보다 클 경우 균열에 대한 결함점수를 1단계 하향 조정한다.

[표 11.21] 백태 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	- 없음
b	0	- 국부적으로 발견
c	1	- 여러곳에서 발견
d	1	- 심한상태
e	1	- 매우 심하고 범위가 매우 넓은 상태

[표 11.22] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○ 30㎜이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 10㎜이상 ~ 30㎜미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음.
c	○ 0㎜이상 ~ 10㎜미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	○ 0㎜미만	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 11.24](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 11.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.26] 참조

[표 11.23] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

평가기준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○ 염화물 ≤ 0.3kg/m^3	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 0.3kg/m^3<염화물<1.2kg/m^3	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음.
c	○ 1.2kg/m^3≤염화물< 2.5kg/m^3	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음.
d	○ 염화물 ≥ 2.5kg/m^3	철근부식 발생
e	-	-

주) 상태평가 결과가 "d"이고, [표 11.24](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 11.1.3절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.27] 참조

[표 11.24] 철근노출의 상태평가 기준

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

$$\frac{\text{철근노출면적}}{\text{점검단위면적}(span)} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A \times B} \times 100 = \quad \%$$

[표 11.25] 배수공 상태의 상태평가 기준(석축, 콘크리트)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 배수공 내부가 우천시마다 맑은 물이 흘러서 깨끗한 상태
b	3	○ 배수공 내부가 우천시마다 세립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
c	6	○ 배수공 내부가 우천시마다 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태
d	9	○ 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고, 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태
e	12	○ 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우

다. 보강토 옹벽

[표 11.26] 침하의 상태평가 기준(보강토, 돌망태)

평가기준	결함점수	최대 침하량의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	5㎝미만	3㎝미만	○ 침하가 발생되지 않은 상태
b	0	5㎝이상 ~ 10㎝미만	3㎝이상 ~ 8㎝미만	○ 부분적으로 경미한 침하가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	1	10㎝이상 ~ 20㎝미만	8㎝이상 ~ 16㎝미만	○ 침하의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	20㎝이상 ~ 30㎝미만	16㎝이상 ~ 25㎝미만	
e	2	30㎝이상	25㎝이상	○ 침하의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

[표 11.27] 계획선형 오차(전도/경사)의 상태평가 기준(콘크리트, 석축)

평가기준	결함점수	최대기울기의 범위		조사된 상태
		비진행성	진행성	
a	0	2%미만	1%미만	○ 경사/전도가 발생되지 않은 상태
b	0	2%이상 ~ 3%미만	1%이상 ~ 2%미만	○ 부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 상태
c	1	3%이상 ~ 4%미만	2%이상 ~ 3%미만	○ 경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	1	4%이상 ~ 6%미만	3%이상 ~ 4%미만	
e	2	6%이상	4%이상	○ 경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정을 상실할 수 있는 위험한 상태

※ 계획선형오차는 준공시와 현시점에서의 변위발생으로 평가한다.
단, 설계도서 및 준공도서가 비치되어 있지 않은 경우에는 최초 측정시기와 현 측정시의 상대적인 값으로 평가한다.

※ 보강토 옹벽은 시공중의 변위발생이 5%미만이고, 진행성이 아닌 경우에는
구조물 사용성에 지장이 없는 시공오차로 간주하며, 준공 후 추가적인 변위에 대해서만 적용한다.

[표 11.28] 진행성 배부름 상태평가 기준(보강토, 석축)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○건전한 비진행성 상태
b	2	○경미하게 발생한 비진행성 상태
c	4	○경미하게 발생한 진행성 상태
d	6	○심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	8	○매우 심하게 발생하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

[표 11.29] 파손 및 손상, 균열의 상태평가 기준(석축, 보강토)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○부재에 파손이 발생하지 않은 건전한 상태
b	1	○파손이 경미하고 추가적인 손상진행의 가능성이 없는 양호한 상태
c	2	○파손이 경미하지만, 다른 추가적인 손상진행의 가능성이 있는 보통의 상태
d	3	○시설의 주요부에 부분적인 파손이 발생하여 제체의 안전성이 저하되거나, 손상의 진행에 따라 손상규모가 확대될 위험이 있는 심각한 상태
e	4	○시설의 주요부에 큰 파손이 발생하여 시설의 기능상실, 안전성 결여 또는 파괴로 이어질 수 있는 위험한 상태

[표 11.30] 이격 상태평가 기준(석축, 보강토)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○건전한 상태
b	1	○평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	2	○평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	3	○평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	4	○평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

[표 11.31] 유실 상태평가 기준(석축, 보강토)

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2	○ 평가단위에서 1개소 이하로 발생한 상태
c	4	○ 평가단위에서 3개소 이하로 발생한 상태
d	6	○ 평가단위에서 4개소 이하로 발생한 상태
e	8	○ 평가단위에서 5개소 이상 발생한 상태

라. 석축

[표 11.32] 채움콘크리트 상태의 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 채움콘크리트에 일부 미세한 균열이 발생한 상태
c	2	○ 채움콘크리트에 일부 균열이 발생하였으나 그 정도가 심각하지 않다고 판단되는 상태
d	3	○ 채움콘크리트가 풍화된 상태 (작은 충격 혹은 문지름에 시멘트 모르터가 떨어져 나가는 상태)
e	4	○ 채움콘크리트가 유실된 상태

[표 11.33] 암석의 풍화도 상태평가 기준

평가기준	결함점수	풍화단계	조사된 상태
a b	0	신선함(F)	○ 암석의 풍화 흔적을 볼 수 없는 경우
c d	2	약한풍화(SW)	○ 불연속면의 표면과 암석의 변색 상태가 풍화 지수가 된다. 불연속면이 얼룩져 있거나 변색되어 있는 경우
e	4	보통풍화(MW)	○ 조암광물의 절반 이하가 변질되거나 토양으로 분해된 상태

마. 돌망태 옹벽

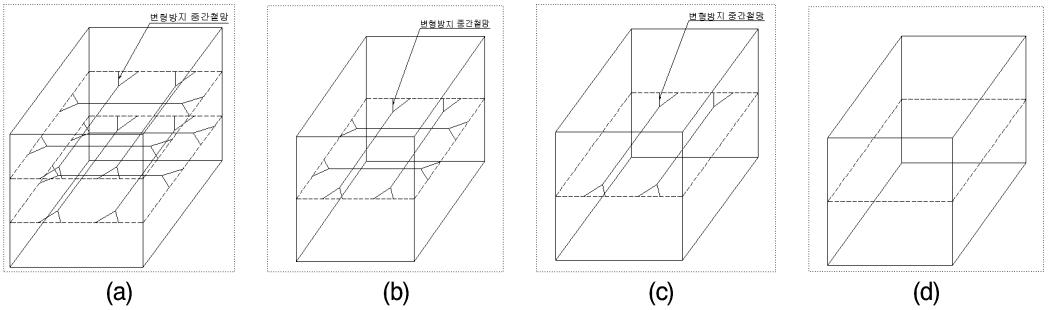
[표 11.34] 채움재 유실 상태평가 기준

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	1	○ 경미하게 발생한 상태
c	2	○ 다소 크게 발생한 상태
d	3	○ 평가단위의 1개소에서 심각하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도
e	4	○ 평가단위의 2개소 이상에서 매우 심하게 발생하여 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도

[표 11.35] 철망 결속상태

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	– 해설 참조 –
b	1	
c	2	
d	3	
e	4	

< 해설 >



(a) (b) (c) (d)

1) 변형방지 철망이 가로, 세로 각각 3단 이상일 경우 : a
2) 가로, 세로 각각 2단일 경우(그림 a) : b
3) 가로, 세로 각각 1단일 경우(그림 b) : c
4) 가로 또는 세로 단방향으로 1단일 경우(그림 c) : d
5) 변형방지철망이 설치되어 있지 않은 경우(그림 d) : e

[표 11.36] wire mash의 절단 및 파손

평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 상태
b	2	○ 파손이 경미하고 추가적인 손상의 진행 가능성이 없는 상태
c	4	○ 파손이 경미하지만 추가적인 손상 진행의 가능성이 있는 상태
d	6	○ 파손이 진행되어 채움재 유실 발생이 진행된 상태
e	8	○ 철망이 파단되어 채움재 유실과 구조적 안정에 영향을 미칠 정도의 상태

[표 11.37] 진행성 변형발생에 대한 상태평가 기준

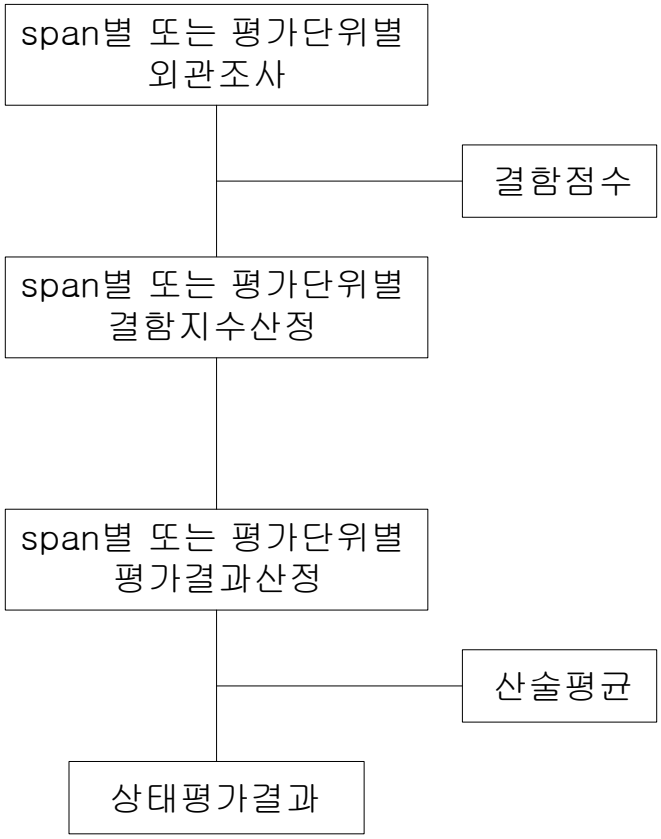
평가기준	결함점수	조사된 상태
a	0	○ 건전한 비진행성 상태
b	1	○ 경미하게 발생한 비진행성 상태
c	2	○ 경미하게 발생한 진행성 상태
d	3	○ 심하게 발생하여 구조적인 안정에 영향을 줄 정도의 진행성 상태
e	4	○ 매우 심하여 경사가 발생하고 구조적인 안정에 크게 영향을 줄 정도의 진행성 상태

11.4.3 상태평가 결과 산정 방법

가. 상태평가 결과 산정

콘크리트 옹벽의 상태평가 과정은 신축이음부를 경계로 평가단위로 나누어 주며, 그 밖에 옹벽의 상태평가 과정은 평가단위(20m를 원칙으로 하나 현장상황에 따라 책임기술자가 조정가능)별 여러 결함에 대해 시설물 외관조사 평가항목별 세부기준에 합당하는 결함점수를 부여한 후 평가단위별 결함지수를 산정하여 평가단위별 단계를 각 평가단위에서 산정된 결함지수를 산술평균하여 상태평가 결과를 결정한다.

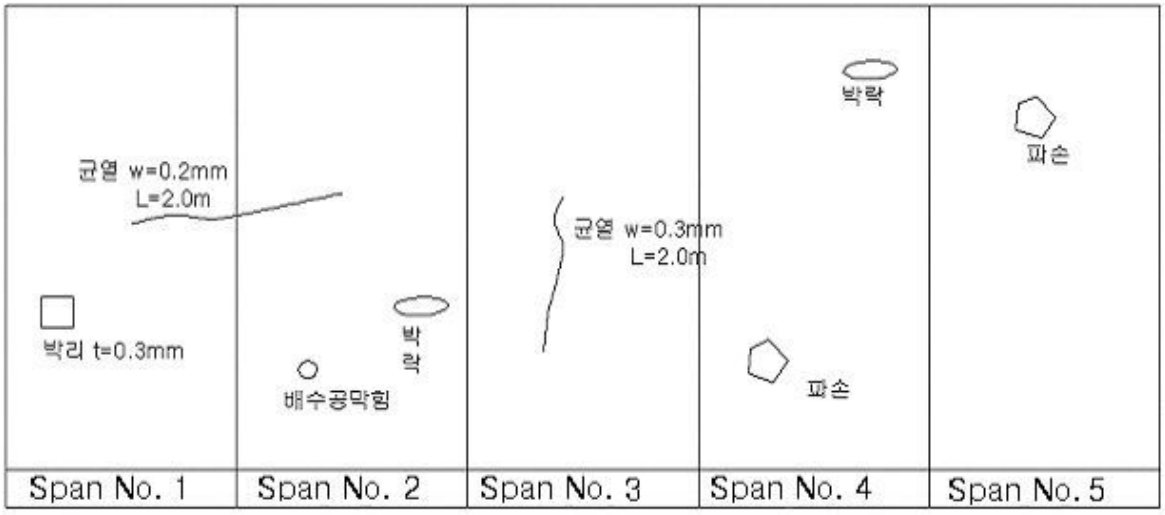
평가과정은 [그림 11.3]과 같다.



[그림 11.3] 상태평가 결과 산정 흐름도

나. 상태평가 결과 산정 방법

콘크리트 옹벽의 상태평가 결과 산정 방법을 단계별로 구분하여 예시하였다.



[평가결과 산정 절차]

Sta. No	침하	기울기	활동	파손 및 손상	균열	마모/침식	박리	박락/층분리	탄산화	염화물	백태	철근노출	배수공상태	주변영향인자				결함점수합계	평가단위결함지수	평가단위평가결과
														배수로	사면상태					
															사면구배	낙석흔적	침출수			
1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4.6	0	0	0	0	6.6	0.11	a
2	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	4.5	0	0	0	0	10.5	0.18	b
3	0	0	0	2	4.9	0	0	2	0	0	0	3	5.2	0	0	0	0	17.1	0.29	b
평 균	0.00	0.00	0.00	0.70	3.70	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	1.00	4.60	0.00	0	0	0	11.40	0.19	-
														상태평가 결과					B	

11.5 안전성평가 기준 및 방법

11.5.1 일반

가. 일반

시설물의 안전성 평가는 정밀안전진단시에 실시한다. 다만, 정밀점검 또는 긴급점검 시 일부 부재에 대하여 안전성평가가 필요하다고 판단될 경우 선택과업으로 실시할 수 있으나, 결함이 광범위하고 중대한 경우에는 「법」 제7조제1항에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

책임기술자는 재하시험(계측) 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 본 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

안전성평가 시 각 재료형식별 토압산정 및 적용안전율은 구조물기초설계기준(건설교통부)을 근거로 실시하도록 하며, 여기에 제시되지 않은 사항에 대해서는 보편화된 방법 또는 개정된 내용을 이용토록 한다. 토압산정 시 지하수위의 고려여부는 설계도서를 검토하여 시설물이 배면지반 포화 시에도 충분한 저항력을 고려해 설계했는지를 검토한 후 결정한다. 또한 소단을 통해 연속적으로 구성되어있는 옹벽시설물에 대해서는 소단을 기준으로 각각 개별시설물로 간주하며, 이때 상부옹벽은 하부옹벽의 상재하중으로 적용하여 평가를 실시하도록 한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석 방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

나. 안전성평가를 위한 선택과업

시설물의 안전성평가의 목적은 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는데 있으므로 현장으로부터 시설물의 현황과 상태 및 특성을 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토・해석 등에 의해 문제점에 대한 원인을 규명함과 더불어 안전성 여부를 판단하여야 한다.

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가 결과 및 각종 계측・측정・조사・시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

① 비파괴 시험결과 분석

② 토질조사 등의 결과 분석

③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석

④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석

⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

다. 내진성능 평가

내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과[1]에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

11.5.2 안전성평가 기준

정밀점검(필요시)이나 정밀안전진단 시에는 안전성평가 결과를 산정한다.

정밀점검 시 옹벽의 상태평가 결과가 D급 이하로 판정되거나 혹은 우각부와 같은 주요부위에 중대한 결함이 발생되었을 때 원인분석을 위한 구조검토를 위해 안전성 평가를 실시한다.

옹벽의 안전성은 크게 내적·외적 안전성으로 구분하며 국내에서는 대상구조물의 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 하고 있으며, 안전율 검토는 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

상태평가 결과 D급 이하로 판정된 시설물에 대해서는 결함요소를 고려할 수 있는 수치해석 프로그램(FEM 및 FDM)을 이용하여 구조물의 안전성 여부를 판단할 수 있으며, 여기서 사용되는 입력데이터는 현장조사 결과에서 얻은 자료를 사용하여 현 상태의 시설물 상태를 최대한 고려하여 해석한다.

또, 옹벽구조물 뿐만 아니라 기초지반 및 배면지반이 포함된 전체안전성 해석이 필요하며, 전체안전성 해석에는 수정 Bishop법, Janbu의 간편법, Spencer방법 등이 사용될 수 있다. 안전성평가에서 사용되는 모든 전산해석프로그램은 범용으로 사용되고 있는 검증된 프로그램을 사용하도록 한다.

---

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 건설교통부, 한국시설안전기술공단

11.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 산정

1) 일반

안전성평가는 조사범위의 대표단면을 설정하여 실시하는 것을 원칙으로 하며, 안전성평가 결정은 각 평가항목에 대한 안전율을 계산한 후 각 항목에 대한 안전율 중 최저치를 안전성 결과로 결정한다.

모델링에 의한 수치해석과 같이 해석결과를 정량적으로 평가할 수 없는 안정해석의 경우 책임기술자는 이 결과를 안전성평가결과에 반영시켜 기준을 하향조정할 수 있다.

2) 안전성평가 기준

옹벽의 안전성평가는 외적안전성평가와 내적안전성평가로 구분하여 실시한다.

외적안전성평가는 지지력, 침하를 제외하고 안전율을 도입하여 산정이 가능하며, 지지력과 침하는 옹벽의 규모와 보호시설물의 조건이 각각 상이하므로 검토하고자 하는 구조물의 기준에 맞추어 산정한다.

각 항목별 안전율, 계산방법 및 기준은 구조물기초설계기준(국토해양부), 옹벽표준도 작성연구(1998, 건설교통부) 및 구조형식이 유사한 항만구조물의 중력식 안벽 평가기준을 참고로 작성하였다.

① 허용안전율 이상인 경우 : a

② 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우 : b

③ 허용안전율보다 작은 경우 : c, d, e으로 표현한다.

[표 11.38] 각 재료형식별 내적안전성 평가기준

구 분	평가기준 / 검토항목	a	b	c	d	e	비 고
콘크리트 옹벽	전단력 검토	1.0이상	1.0이상※)	1.0미만 ~ 0.9이하	0.9미만 ~ 0.75이하	0.75미만	설계모멘트(전단력) / 작용모멘트(전단력)
	휨모멘트 검토						
보강토 옹벽	인발파괴에 대한 안정	1.0이상	1.0이상※)	1.0미만 ~ 0.9이하	0.9미만 ~ 0.75이하	0.75미만	보강재적용길이 / 보강재소요길이
	보강재 파단에 대한 안정						설계인장강도 / 작용인장응력
석축	벽체의 평균폭	1.0이상	1.0이상※)	1.0미만 ~ 0.9이하	0.9미만 ~ 0.75이하	0.75미만	실제평균폭 / 평균폭산정값

<해 설>

1. ※) : 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우.
2. 콘크리트 옹벽의 내적안전성 검토는 작용모멘트(또는 전단력)와 설계모멘트(또는 전단력)의 비로 평가한다.
3. 콘크리트 옹벽의 내적안전성 검토는 각 구조부재별 전단력과 모멘트의 검토로 이루어지며, 검토결과의 최저값을 대표값으로 설정한다.
4. 보강토 옹벽의 내적안전성 검토는 각각 항목에 대한 설계값과 현 조건에서의 산정값의 비로 평가한다.
5. 보강토 옹벽의 내적안전성 검토시 보강재와 성토재료와의 마찰계수와 토압분포산정은 구조물기초설계기준(국토해양부, 2008)에 의하여 산정한다.
6. 보강토 옹벽의 인발파괴 및 파단에 대한 안전성 평가시 적용안전율은 다음과 같다.
   - 인발파괴에 대한 검토 : 1.5
   - 보강재 파단에 대한 검토 : 철재보강재 1.0, 섬유보강재 1.5
     (보강재의 항복강도 결정시 변형율은 NCMA(national concrete masonry association), BS(british standard)규정 등에 의해 결정한다.)
7. 석축의 벽체평균폭 검토는 Hendron(1960)의 제안식을 이용해 한계비 검토에 따른 평균폭 산정과 현 상태의 평균폭에 대한 비로 평가한다.

[표 11.39] 외적 안전성평가 항목 및 평가기준(콘크리트옹벽, 석축)

검토항목 \ 평가기준		a	b	c	d	e
활 동	평상시	1.5이상	1.5이상※)	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.1이상	1.1이상※)	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
전 도		2.0이상	2.0이상※)	2.0미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
지지력	평상시	1.2이상	1.2이상※)	1.2미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.0이상	1.0이상※)	1.0미만~0.9이상	0.9미만~0.75이상	0.75미만
침 하		1.2이상	1.2미만~1.1이상	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이하	0.75미만

<해설>

1. ※) : 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우.
2. 지지력은 (지반의 허용지지력/작용응력)의 비로 평가한다.
3. 침하는 (보호시설의 허용침하량/침하발생량)의 비로 평가한다.
4. 활동은 수평활동과 원호활동을 구분하여 실시한다.

[표 11.40] 외적 안전성평가 항목 및 평가기준(보강토옹벽, 돌망태옹벽)

검토항목 \ 평가기준		a	b	c	d	e
저면활동	평상시	1.5이상	1.5이상※)	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.1이상	1.1이상※)	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
원호활동	평상시	1.3이상	1.3이상※)	1.3미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.1이상	1.1이상※)	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
전 도		1.5이상	1.5이상※)	1.5미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
지지력	평상시	1.2이상	1.2이상※)	1.2미만~1.0이상	1.0미만~0.75이상	0.75미만
	지진시	1.0이상	1.0이상※)	1.0미만~0.9이상	0.9미만~0.75이상	0.75미만
침 하		1.2이상	1.2미만~1.1이상	1.1미만~1.0이상	1.0미만~0.75이하	0.75미만

<해설>

1. ※) : 허용안전율 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우.
2. 지지력은 (지반의 허용지지력/작용응력)의 비로 평가한다.
3. 침하는(보호시설의 허용침하량/침하발생량)의 비로 평가한다.
4. Rigid Box위에 축조된 보강토 옹벽의 해석은 Box와 옹벽을 일체로 해석한다.

나. 안전성평가 결과 산정 방법

옹벽의 안전성평가 결과 산정 방법을 예시하였다.

[표 11.41] 콘크리트 옹벽의 안전성평가 결과 산정 예

시설물 안전성평가 결과 산정표					
시설물명		OO시 OOAPT 진입로 콘크리트옹벽		표번호	RW. No. 3
평가항목구분		안전율	평가결과		비 고
수평활동		1.5	a		평상시 안전율 적용
원호활동		1.6	a		평상시 안전율 적용
전도		1.1	c		평상시 안전율 적용
침하		5㎝	a		시공당시와 점검당시의 표고차 및 신축이음부 단차
지지력		1.5	a		
구조 검토	전단력	1.0	a	c (최저값)	전단력 및 모멘트 검토결과의 최저값을 안전성 대표기준으로 설정
	모멘트	0.95	c		
안전성평가결과		○ 안전성평가 결과 = C			

11.6 종합평가 기준 및 방법

11.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 11.42]의 종합평가지수에 따라 결정한다.

[표 11.42] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수(E)	종합평가 기준	비 고
0.00 ≤ (E) < 0.15	A	
0.15 ≤ (E) < 0.30	B	
0.30 ≤ (E) < 0.55	C	
0.55 ≤ (E) < 0.75	D	
0.75 ≤ (E)	E	

11.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

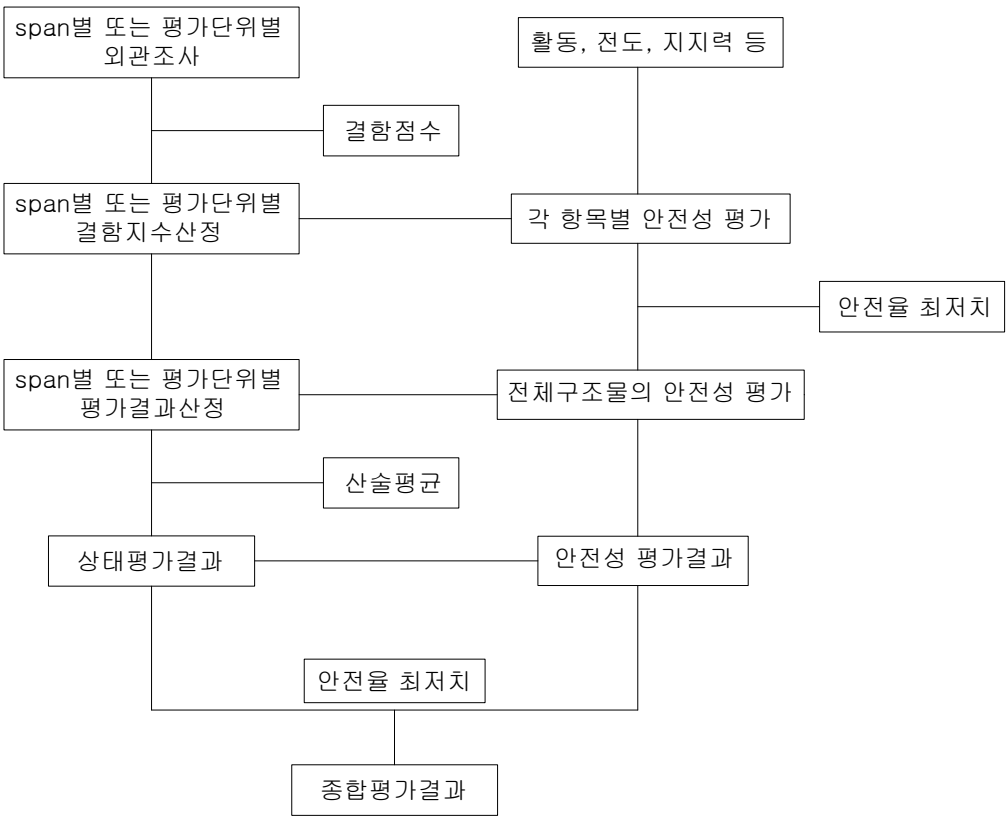
옹벽 상태평가와 안전성평가의 2개 결과 중 최저결과를 옹벽 종합평가 결과 [그림 11.4]와 같이 결정한다.

1) 정밀점검

옹벽 상태평가를 종합하여 상태평가 결과를 결정하며, 옹벽의 안전성평가를 실시한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교하여 최저결과를 옹벽 종합평가 결과로 결정한다.

2) 정밀안전진단

옹벽 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 최저결과를 옹벽 종합평가 결과로 결정한다.



[그림 11.4] 종합평가 결과 산정절차

나. 종합평가 결과 산정 방법

상태평가와 안전성평가를 동시에 수행한 경우에 종합평가 결과 산정 방법은 다음과 같다.

[표 11.43] 옹벽의 종합평가 결과 산정 예시

시설물 종합평가 결과 산정표				
시설물명	OO시 OOAPT 진입로 옹벽		표번호	
평가구분	옹벽 결함지수	평가결과	비고	
상태평가	F=0.49	C	근거표번호	
안전성평가		B	근거표번호	
종합평가		C		
종합평가결과	옹벽의 종합평가 결과 : C			

11.7 보수·보강 방법

옹벽 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

[표 11.44] 옹벽에 영향을 미치는 현상과 요인

역학적 거동과 원인			자연적 요인				인위적 요인			
역학적 거동		원 인	특수지형	특수지질	저온	기타	설계불량	배수불량	시공불량	기타
하중 증가	토압증대	편토압, 사면활동 등	○	○						
		배면지반 하중증가						○		○
	수압증대	지표수 유입				○		○	○	
		배수불량, 지하수 차단		○			○	○		
		인접시설(상·하수도)누수					○	○	○	
	기타	재하(載荷), 제하(除荷), 근접시공								○
		지진				○	○			
기초지반 지내력 저하	침하, 활동	근접시공(굴착)					○			○
		지진				○				
		지하수위 상승	○				○			
옹벽의 지내력 저하	구조노후화	균열, 박리, 단면변형				○	○		○	
	재료노후화	탄산화				○				
		저온, 습윤			○		○	○		
		배합불량							○	
	기타	지진			○					
		화재, 충격(차량 및 낙석충돌 등)								○

11.7.1 철근부식에 대한 보수 공법

철근이 부식되어 있는 부분이 노출되도록 콘크리트를 파취하고, 철근이 부식된 부분의 녹을 제거하여 철근에 방청처리를 한 후, 콘크리트에 프라이머 도포를 행한 후에 폴리머시멘트 모르터(PCM)등의 재료로 충전 보수한다.

11.7.2 누수에 대한 보수 공법

콘크리트의 누수는 구조물의 기능장해와 노후화의 원인이 되므로, 누수방지 및 방수대책의 수립이 필요하다.

11.7.3 콘크리트 탄산화 부위 보수 공법

탄산화가 20~30㎜정도 진행된 경우에는 탄산화된 콘크리트를 제거한 후 단면복구용 모르터로 보수하는 것이 원칙이나, 이러한 경우 공사비용이 과다하기 때문에 현실적으로 불가능하다는 지적이 있다.

따라서 구조체의 경우 탄산화를 방지할 수 있는 콘크리트 탄산화 방지용 밀폐형 기밀 도료칠을 한다.

11.7.4 침하에 대한 보수·보강 공법

1) 고압분사 교반공법

물과 공기를 혼합한 초고압 분류체가 갖고 있는 운동에너지를 이용하여 지반의 조직구성을 파쇄하고, 파괴된 토립자와 경화재를 혼합 교반하여 초대형의 원주상 고결체를 조성하는 공법이다.

2) 압력주입 그라우팅 공법

비유동성(고결체에 가까움)주입재를 지반에 압입하여 균일한 고결체를 형성함과 동시에 주변지반을 압축 강화시키는 공법으로 주입재가 흙의 공극속으로 침투되는 것이 아니라 동공을 메우거나 주입재를 압입하여 지중의 소요 보강부위에 적합하고 다양한 형상의 기초를 시공하는 공법이다.

3) 앵커공법

특수조직으로 구성된 앵커를 지반에 삽입한 후, 모르터 또는 시멘트 밀크를 압입주입하고 구근을 형성하여 발생되는 지반지압에 의한 인장력으로 구조체의 안정을 도모하는 공법이다.

4) 성토하중 경감공법

배면 에프론부를 소정의 심도까지 굴착하고 콘크리트 슬래브를 설치하거나 중공구조물을 설치함으로서 상부로부터 전달되는 성토하중을 감소시켜 전면 구조물의 안정(전도, 활동, 지지력)을 도모하는 공법이다.

5) 경량재료치환공법

벽체배면의 뒷채움을 고분자 계통의 경량제품인 E.P.S(expand polystyrene form)로 치환하거나 이 이외에도 환경오염의 염려가 없는 한 성토체보다 가볍고 내구성 등의 성토 목적을 충족시킬 수 있다면 다른 유사 재료를 치환함으로서 벽체에 작용하는 토압을 경감시켜 구조물의 안정을 도모하는 공법이다.

11.7.5 경사 및 전도에 대한 보수·보강공법

전면부의 수동토압의 감소현상이나 배면 주동토압의 증가로 발생되는 손상 형태에 대한 보수·보강기법으로 다음과 같은 공법들을 제안한다.

1) 저항모멘트 감소에 대한 보수·보강

- 전면 기초지반 세굴부위의 보강
- 지반의 고압분사교반공법
- 압력주입그라우팅 공법에 의한 강도증진
- 앵커공법에 의한 저항모멘트 증가

2) 전도모멘트 증가에 대한 보수·보강

- 주동토압계수 감소기법
  - 압력주입그라우팅 공법 : 천공된 구멍을 통하여 지반의 간극에 액상물질을 주입시킴으로서 지반을 경화시키는 공법
  - 고압분사교반공법 : 비트를 회전시킴으로서 지반을 교란시키며 액성시멘트 혼합물을 주입하여 흙과 교반되도록 하여 지반을 개량하는 공법
- 배면 성토하중을 경감시키는 공법

11.7.6 구조물의 활동에 대한 보수·보강공법

압력주입 그라우팅공법이나 고압분사 교반공법에 의한 지반강화 또는 앵커공법을 적용한다.

11.7.7 구조물 뒷채움부 침하 및 공동에 대한 보수·보강공법

뒷채움부의 침하형태는 지반의 압밀침하 및 전단파괴를 동반하여 나타나는 광역침하와 뒷채움 흙의 특정부위가 침하하는 국부침하로 나눌 수 있으며, 보강방법으로는 윗항의 공법과 유사한 공법들이 적용된다.

11.7.8 벽체의 파손에 대한 보수·보강공법

일반적으로 결손 단면이 큰 경우에는 프리팩트 콘크리트 공법을 사용하게 되는데 단면구조체에 형틀을 설치하고 보수 부분에 조골채 충진, 주입재 충진, 양생 탈형의 공정으로 이루어진다.

11.7.9 동해에 대한 보수·보강 공법

배면토 내부의 수분이 추위로 인하여 서서히 동결하여 그 팽창압력에 의해 옹벽 구조재료에 손상을 입히는 경우로 보강토 옹벽 보강재 등은 특히 고려해 볼만하다.

동상의 발생에는 온도와 물, 토질의 세 가지 요소가 필요한데 이중 대책이 용이한 것은 토질이며, 배면토의 치환공법 등을 적용할 수 있다.

제12장 절토사면

12.1 관리일반

12.2 현장조사

12.3 재료시험 기준수량

12.4 상태평가 기준 및 방법

12.5 안전성평가 기준 및 방법

12.6 종합평가 기준 및 방법

12.7 보수·보강 방법

제12장 절토사면

12.1 관리일반

12.1.1 적용 범위

본 장은「법」제2조(정의) 및「영」제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 절토사면 시설물에 적용한다.

○ 2종 시설물

- 연직높이 50m 이상(옹벽이 있는 경우 옹벽상단으로부터의 높이)을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 200m 이상인 절토사면

※ 도로, 철도, 항만, 댐 또는 건축물의 부대시설

절토사면의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 건설공사 비탈면 (설계기준, 유지관리지침, 표준시방서)

○ 도로안전시설 설치 및 관리지침

○「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용 할 수 있다.

12.1.2 용어 정의

○ 절토사면

원지반 절취 등의 토목공사로 인하여 인공적으로 형성된 사면

12.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

절토사면 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 12.1]과 같다.

[표 12.1] 절토사면 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 상부자연사면	○	○	○	
	◦ 사면		○	○	
	◦ 사면하부		○	○	
부대 시설물	◦ 보호시설	○	○	○	
	◦ 보강시설	○	○	○	
	◦ 배수처리시설	○	○	○	
	◦ 이격거리내 시설	○	○	○	

12.1.4 중대한 결함의 정도

절토사면에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

○ 절토·성토사면의 균열·이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손

◦ 사면 손상상태 평가에서 “d” 이하인 경우

- 토사, 연약암반, 파쇄암반, 절리암반 등

12.2 현장조사

12.2.1 시설물의 점검 사항

가. 절토사면 상태변화의 점검항목

1) 정기점검

[표 12.2] 정기점검 내용 및 항목

점검 내용	점 검 항 목	점 검 장 비
사면손상상태	<간단한 외관조사> – 파괴징후 · 전반적인 외관상태 · 인장균열 및 이완 암괴 유/무 · 지반 및 구조물 변형 유/무 – 파괴현황 · 파괴유형, 위치, 규모	– 카메라 – 필기도구 – 줄자 – 클리노컴파스 – GPS(위치측정기) → 도면사용 가능
사면파괴요인	<간단한 외관조사> – 지반상태 · 구성물질, 풍화도, 불연속면 방향 – 사면형상 · 사면의 경사 · 집수지형 유/무 – 배수상태 – 보호시설 상태	

2) 정밀점검

[표 12.3] 정밀점검 내용 및 항목

점 검 부 위	점 검 항 목	점 검 장 비
사면손상상태	<면밀한 외관조사> – 파괴징후 · 인장균열, 이완암괴 규모 · 사면 및 구조물 변형 상태 – 파괴현황 · 파괴유형, 위치, 규모 등	– 카메라 – 필기도구 – 줄자 – 지질용 해머 – 클리노컴파스 – 거리측정기 – GPS(위치측정기) → 도면사용 가능 – 슈미트해머 – 토양경도계
사면파괴요인	<면밀한 외관조사> – 지반상태 · 토질 조건 및 토층 심도 · 토질의 연경도 · 절리 경사 및 방향 · 절리간격, 거칠기, 연장 등의 상태 – 사면형상 · 사면 경사 및 집수지형 – 자연적 외부 요인 상태 · 강우 및 지하수 상태 (필요할 경우 지진 하중) – 인위적 외부 요인 상태 · 절취 상태, 배수 조건 · 표면 보호 및 보강공 상태 <간단한 측정> – 반발경도법에 의한 강도 조사 (슈미트해머, 토양경도계)	
시 험 (안전성평가의 경우)	<안정해석을 위한 지반정수 분석> – 토질시험 · 전단시험(점착력, 첨두마찰각, 잔류마찰각), 표준관입시험 – 암석시험 · 일축압축강도 (코어시료 획득 불가시 점하중시험으로 환산) · 절리면 직접전단시험(점착력, 내부마찰각) · 물성시험 : 단위중량, 탄성계수, 포아송 비	– 토질/암석물성시험

3) 정밀안전진단

시설물의 재해예방 및 안전성을 확보하고 보수대책공법 제시를 전제로 하여 결함 및 손상원인을 규명하고 보수, 보강공법을 선정하기 위한 정보를 얻기 위하여 지반 시추조사 및 물리탐사(필요시), 토질 및 암석의 물성시험 등도 포함함으로써 지반의 상태를 정량적으로 획득해야한다.

정밀안전진단 시의 사전조사는 [표 12.4]에 의하고, 정밀안전진단 항목 및 방법은 [표 12.5]에 준하여 실시하며, 이외의 추가되는 조사 항목은 관리주체와 협의하여 조사한다.

[표 12.4] 절토사면의 일반적인 사전조사 항목

사전조사 항목	검 토 내 용
기초 자료조사 및 검토	- 과업지시서 검토 - 지반 및 지질조사 보고서 및 결과 분석 - 지질도 및 단면도 분석 - 항공사진, 위성영상, 수치지형도 분석 - 강우자료 분석 - 재해 기록 및 공사 기록 - 기타 절토사면과 관련된 모든 자료 조사
절토사면 해석방법 및 결과분석	- 사면 유형에 따른 해석방법 결정 - 사용될 해석 프로그램 확인 - 해석용 입력자료 분석 - 안전율 및 지반 변위량 분석 - 보조 공법의 유무 및 적정성
설계도면 검토	- 절토사면의 표준 횡단면 검토 - 사면의 개설 방법 (발파, 리핑 등) - 절토사면 부대 구조물 설치 설계도면 분석 - 배수 시스템 - 해석결과와 설계도면 일치성 비교

[표 12.5] 절토사면의 일반적인 정밀안전진단 항목 및 방법

점검부위	진 단 항 목	검사장비/방법
사면손상 상태조사	○ 파괴 징후 조사 – 인장균열 : 유/무, 폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부 – 지반변형 : 유/무, 변형범위, 변형방향, 최대 변위량 – 구조물변형 : 유/무, 구조물 유형/규모, 변형범위, 변형방향, 최대 변위량	줄자, 클리노컴파스, 균열측정기 육안조사 등
	○ 파괴 현황 조사 – 파괴 유형 – 파괴부위의 위치 – 파괴 발생 규모 : 폭, 길이, 깊이, 높이	거리측정기, 카메라, 줄자, 클리노컴파스, 육안조사 등
사면파괴 요인조사	○ 지반상태 – 토질 및 지반조건, 토층 두께 – 대표적인 절리의 특성 (주향/경사, 절리상태) : 길이, 틈새, 거칠기, 충전물, 풍화도	거리측정기, 클리노컴파스, 줄자, 프로파일게이지, 지질해머, 육안조사 등
	○ 사면형상 – 사면경사, 집수지형	클리노컴파스, 육안조사 등
	○ 자연적 외부요인 – 강우량 (시간당 강우량, 1일 강우량, 누적강우량) – 지하수위	강우자료 참조 시추조사 육안조사 등
	○ 인위적 외부요인 – 표면보호공 상태 – 절취 상태 – 사면 보강공 상태 – 배수조건	육안조사 등
지표·지질·지반조사 및 시험	○ 토질 및 암석 물성시험 – 암석 : 일축압축강도시험(코어시료 획득 불가시 점하중시험으로 환산), 절리면 직접전단시험(점착력, 내부마찰각), 단위중량, 탄성파속도, 탄성계수, 포아송 비 – 토질 : 토사 전단강도(삼축, 직접) 시험, 표준관입시험, 토질분류(함수비, 애터버그 한계, 비중, 입도시험) 등 ○ 지표, 지질조사 – 지질구조대(단층, 습곡, 파쇄대) 조사 – 선조사법(또는 창조사법)을 이용한 절리특성 자료획득 ○ 물리탐사 (법면의 상태를 관찰하기 어려운 경우 실시) – 전기비저항 탐사, 탄성파 탐사, GPR 탐사... 등 중 1가지 이상 실시 ○ 시추조사 – 시추코아 채취 – 지하수위 측정 – 시추공내 절리방향성 분석	물리탐사, 토질/암석물성시험, 시추조사, 선(창)조사법 육안조사 등

나. 현장조사 요령

1) 개요

절토사면은 다른 일반구조물과 달리 지형, 지질 등의 지반조건과 강우, 기온 등과 같은 외부조건에 의해 주로 영향을 받는 구조물로서 계획단계로부터 시공 및 유지단계에 이르기까지 원지반의 조건이 사면의 안전성을 주로 좌우한다. 또한 원지반에 대한 정밀하고 객관적인 자료의 획득이 매우 어렵고, 정밀안전진단이나 안전점검을 수행하는 전문가에 따라 조사결과가 크게 달라질 가능성이 높다. 따라서 현장조사 및 시험의 방법이나 항목, 수량 등에 대한 통일된 기준의 제시가 필수적이다.

또한 본「장」에서 제시된 현장조사 및 재료시험의 항목과 수량은 최소한의 것을 제시한 것으로 지반 및 지질특성을 정확하게 파악하기 위해서는 전문가의 판단에 따라 그 이상의 항목과 수량을 수행하여야 한다.

절토사면의 현장조사는 사면의 유형에 따라 크게 토사사면과 암반사면으로 구별하여 조사하며, 조사내용은 사면 손상상태 조사, 사면 파괴요인 조사, 시험 및 물리탐사로 구분할 수 있다.

2) 조사영역 및 사면의 분할

사면의 분할은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로 정밀점검이나 정밀안전진단의 대상이 되는 절토사면의 규모와 영역을 결정하는 작업을 의미한다. 현장에서 접하게 되는 절토사면은 대개 지형적인 특성에 의해 여러 절토사면이 연속하여 연결되어 있어 이를 구분하기 위한 명확한 기준이 필요하다.

- ○ 사면 분할은 사면을 바라보며 우측을 시점, 좌측을 종점으로 하되, 사면의 수직고가 5m 이하로 낮아지는 지점에서 분할한다.
- ○ 상태평가 및 안전성평가를 위한 구간분할의 경우, 동일사면 내에서 다음의 경우에 구간분할을 실시한다.
  - (1) 사면의 구성재료(토사, 연약암반, 파쇄암반, 절리암반)가 변화할 경우
  - (2) 사면의 경사가 10° 이상으로 변할 경우
  - (3) 사면의 구성재료와 표준경사가 맞지 않을 경우
  - (4) 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
  - (5)동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

3) 사면 손상상태 조사

(가) 파괴징후

① 인장균열

인장균열의 발생 여부를 파악하기 위해서는 조사대상 절토사면의 상부로부터 가상의 원호활동원에 포함되는 위치까지 조사하는 것이 원칙이나 보다 신뢰성 있

는 조사를 위해서는 사면 상부 전반에 대하여 조사할 것을 권장한다.

인장균열이 사면의 안전율 계산에 끼치는 영향은 미소하지만 인장균열 내에 물이 채워질 경우 지반의 전단강도가 약화될 수 있으며, 인장균열이 진행성인 경우 사면파괴에 대한 중요한 증거가 되므로 조사에 신중을 기하여야 한다.

인장균열의 진행성(또는 확장) 여부는 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 판단한다.

② 지반변형

지반변형은 사면 상하부와 사면 내의 모든 변형을 모두 포함한다.

절토사면의 경우 자연상태의 응력준위를 인위적으로 변화시킴에 따른 응력이완과 해방의 원인으로 지반변형이 유발될 수 있다. 조사대상 사면 전반에 걸쳐 이에 대한 조사를 실시하여야 하며, 사면 상하부의 경우는 지반 함몰이나 융기 등의 현상을 관찰하고, 사면 내에서는 사면경사 불량 여부를 파악한다.

③ 구조물 변형

조사대상 사면에 존재하는 구조물은 옹벽, 배수시설 등이 있으며, 이들의 변형은 지반의 변형을 외적으로 표현해 주는 지표가 될 수 있다.

응력의 집중이나 기타의 원인에 의해 발생된 구조물의 변형 여부 및 발생위치, 개소수 등을 전반적으로 조사하여야 한다.

(나) 파괴현황

파괴현황은 기존에 발생한 파괴현황을 검토함으로서 사면의 불안정성 및 유사한 형태의 지속적인 파괴발생 가능성을 평가하는 항목으로서 파괴의 규모 및 개소수, 유형 등에 대한 조사가 대상사면 전반에 걸쳐서 수행되어야한다.

4) 사면 파괴요인 조사

(가) 지반상태

① 토질조건

흙은 점성토와 사질토로 대별할 수 있으나 지반상에 존재하는 토질은 대부분 혼재하여 있다. 사질토의 전단저항원리는 입자간 회전과 활동에 의한 마찰저항과 interlocking이며, 점성토는 구성입자간의 전기적인 힘에 의해 지배받는다.

토질조건은 정밀점검 단계에서는 현장 육안관찰과 토양경도계, 휴대용 콘 시험기 등을 통하여 판단하며, 정밀안전진단 단계에서는 대상사면의 토사 전단저항각 또는 N치를 통하여 토질조건을 평가한다.

또한 안전성평가를 실시할 경우는 실내실험을 실시하며, 조사대상 사면에 대한 시료는 전면에 골고루(최소 3개소 이상) 채취하여, 이에 대한 토성 실내시험을 실시한 후 평균적인 결과를 사용할 것을 권장한다.

한편, 전단저항각 또는 N치를 조사하기 위한 시추 샘플링 및 표준관입시험은 최

소한 1개소에 대하여 토사존재 깊이까지 실시하며 흙의 분류 및 샘플링, 표준관입시험 등은 한국산업규격(KS)에 근거하여 실시한다.

② 토층심도율

대상 절토사면의 토층심도율(SR)을 계산을 위해서는 사면내의 토층 두께를 측정하여야 한다.

토층의 두께는 정밀점검 단계에서는 육안관찰을 통해, 정밀안전진단 단계에서는 측량, 비파괴 물리탐사 및 자료조사 등을 통하여 파악한다. 토층두께는 대상사면내 토층이 가장 두꺼운 지점의 두께로 적용한다.

토층심도율(SR) 사면높이에 대한 토층 두께의 비로 정의되며 아래 식과 같이 계산되어진다.

$$SR = \frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}}$$

③ 연약암반의 지반강도 특성

지반을 구성하는 암석이 풍화를 심하게 받았거나 신생대 제3기 층과 같이 미고결 암석인 경우 지반의 강도가 매우 연약하며, 이러한 경우 지반강도 특성(연약한 정도)에 따라 지반의 역학적 특성이 현저하게 대별된다.

지반강도 특성은 지질해머를 이용한 육안 관찰을 통해, 약간 연약, 연약, 매우 연약 등으로 구분 지을 수 있으며, 각 구분은 일축압축강도 기준으로 20~5MPa, 5~1MPa, 1MPa 이하에 해당한다.

④ 풍화

지질학적인 풍화의 의미는 “암석이 물 또는 공기와 접촉하여 흙으로 붕괴되어 가는 자연적 과정”으로 간단히 요약될 수 있다. 암석의 풍화는 주로 지표면 부근에서 발생하여 흙의 형성, 풍화된 암반부위 형성 등을 통해 하부의 신선한 기반암과 대조를 이루고 이로 인해 공학적 특성의 차이를 야기한다.

암석의 풍화도를 조사하는 방법으로는 단순육안관찰, 현미경상의 풍화면적 측정, 광물함량이나 화학성분비 측정 등이 있으나, 현장에서 신속하고 비교적 용이하게 조사할 수 있는 방법으로는 ISRM이 제시한 육안관찰에 의한 6단계의 풍화등급으로 나누는 방법이 대표적이다.

○ 필요장비

· 지질해머

· 끝이 뾰족한 칼

○ 조사수량

상태평가 및 안전성평가를 위하여 분할된 구간마다 풍화등급을 조사한다.

○ 결과분석

암반의 풍화상태는 [표 12.6]과 같이 ISRM이 제시한 6단계의 풍화등급에 따라 기록한다.

[표 12.6] 풍화등급의 6단계 분류법

풍화등급	설 명	공학적 특성
신선함 (F)	암석의 풍화 흔적을 볼 수 없다. 주 불연속면 표면에 경미한 변색이 있을 수 있다.	· 발파로 굴착가능 · 모든 구조물 기초로 적합
약한풍화 (SW)	불연속면의 표면과 암석의 변색 상태가 풍화 지표가 된다. 불연속면이 얼룩져 있거나 변색되어 있고, 외부적으로는 신선한 상태보다 약한 상태이다.	· 발파로 굴착가능 · 대규모의 댐을 제외한 모든 구조물 기초로 적합
보통풍화 (MW)	조암광물의 절반 이하가 변질(decomposed)되거나 토양으로 분해(disintegrated)된 상태이다. 신선암 및 변색된 암은 핵석(corestone)이나 불연속면의 골격을 이룬다.	· Ripper로 굴착가능 · 대부분의 소규모 구조물 기초로 가능
심한풍화 (HW)	암석 구성 재료의 절반 이상이 부스러졌거나 흙으로 변했다. 신선하거나 변색된 암석이 기반암이나 핵석(corestone) 상태로 존재한다.	· Scraping으로 굴착가능 · 구조물 기초시 신뢰도 낮음
완전풍화 (CW)	모든 암석 재료가 부스러졌거나 흙으로 변했다. 그러나 절리흔적과 같은 원래의 암반 조직은 보존되어 있다.	· Scraping으로 굴착가능 · 토질 시험 결과에 따라 기초 사용 결정
풍화잔류토 (RS)	모든 암석이 흙으로 변했고 원래 암반의 구조와 조직은 관찰할 수 없다. 큰 부피의 변화가 생겼으나 흙은 거의 운반되지 않았다.	· 기초부에 부적합 · 사면침식요인 · 성토재 사용시 재료 선별

⑤ 불연속면 특성 조사

불연속면은 암반에서 나타나는 모든 연약면을 총괄적으로 나타내며, 작은 단열구조로부터 큰 단층까지 다양한 규모를 가진다.

불연속면은 대개 물리적으로 분리되어 있는 면으로 매우 작은 인장강도를 갖거나 인장강도가 없다. 따라서 암반으로 구성된 절토사면의 경우 불연속면의 존재는 사면의 안전성에 절대적인 영향을 미치며, 대부분의 경우 불연속면을 따라 붕괴가 발생한다.

불연속면 특성 조사의 경우는 다음과 같다.

○ 정밀점검

- 육안관찰에 의한 대표적인 방향에 대해 실시

○ 정밀안전진단

○ 10m 이상의 측선을 이용한 선조사법(scanline method)을 실시

○ 조사창측정법(window method)을 실시

※ 선조사법으로 조사를 할 경우 지반의 구조적인 변화를 고려해 3회 이상 실시할 것을 권장하며, 횟수는 절개면의 연장에 따라 조정될 수 있다.

선조사법과 조사창측정법은 불연속면의 통계분석을 위하여 설정된 측선이나 구획내에 존재하는 불연속면에 대하여 연번을 부여한 후 각 불연속면의 교차거리, 방향성, 길이(연장), 틈새(간격), 거칠기, 불연속면의 종류 등을 획득하는 방법이다.

[불연속면 특성 조사 항목]

㉠ 불연속면의 방향성

불연속면의 방향성은 사면의 방향성과 연관되어 안전성에 영향을 미치는 가장 중요한 인자중의 하나로 공간에서 불연속면의 분포경향을 나타낸다.

- 조사 방법 및 수량

• 방향의 측정은 클리노컴파스나, 클리노메타를 이용하여 측정한다.

대개 불연속면의 방향성은 주향(strike)과 경사(dip)로 표시하거나, 경사방향(dip direction)과 경사(dip)로 표시하며, 공학적인 문제에서는 '경사(dip)/경사방향(dip direction)'의 표시방법을 많이 사용한다. 이때 경사는 2자리로, 경사방향은 3자리로 표기한다. 예) 12/015

• 정밀점검

전문가의 판단에 따라 절토사면에서 관찰되는 불연속면군을 육안으로 판단하여 대표적인 방향성이라고 판단되는 방향을 각 불연속면군당 2-3개씩 측정하여 기록한다.

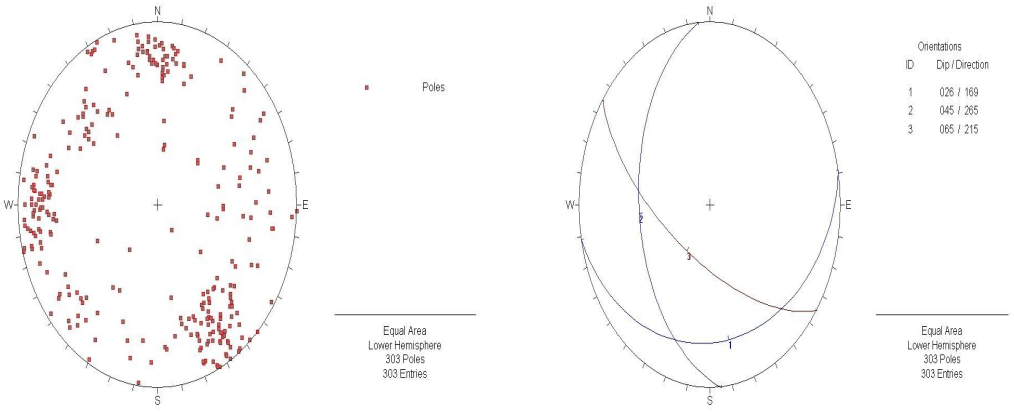
• 정밀안전진단

불연속면군을 결정하기 위해 노두면에서 선조사법나 조사창측정법을 이용하여 충분한 양의 불연속면에 자료를 획득하여야한다.

그러나 노두면이 관찰되지 않을 경우 시추작업 후 공내 조사기법(bore hole TV, camera, televiewer, Bips 등)을 이용하여 약 80~300개 정도의 측정자료를 수집해야 하며, 150개 정도가 적정한 수준이다.

- 결과분석

측정된 불연속면은 평사투영법을 이용하여 도시하며, 목적에 따라 대원표시법이나, 극점표시법으로 나타낸다.([그림 12.1] 참조)



(a) 극점표시법 (b) 대원표시법

[그림 12.1] 불연속면의 표시방법

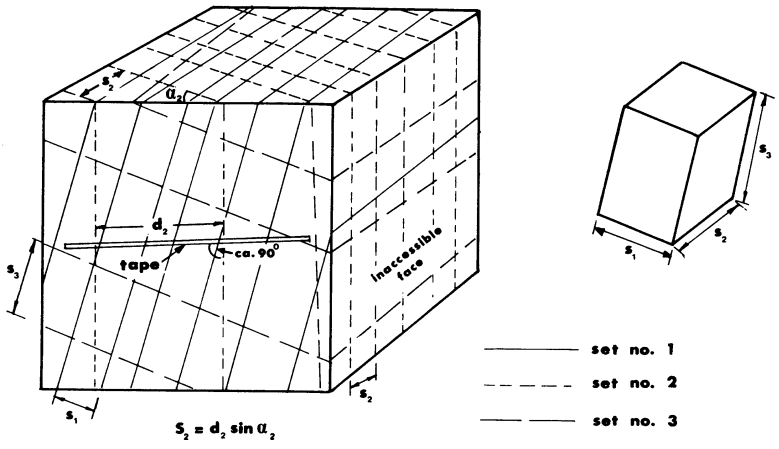
㉡ 간격

불연속면의 간격은 인접 불연속면 사이의 수직거리로서, 사면 내에서 암반블록의 크기를 결정할 뿐만 아니라 수리전도도나 용수특성에도 영향을 미치게 된다.

- 조사 방법 및 수량

측정용 줄자를 이용하여 대상 불연속면이 다른 불연속면군에 직각인 노두에서 누락 없이 측정하여야 한다. 이때 다른 불연속면군에 직각인 노두에서 측정할 수 없을 경우, 줄자와 불연속면 사이의 예각(α)을 콤파스로 측정하여 다음 식으로부터 사거리에 대한 보정을 실시한다.([그림 12.2] 참조)

$$S = d_m \sin\alpha$$



[그림 12.2] 노두 관찰을 통한 불연속면 간격 측정방법

- 결과분석

각 불연속면군의 최소간격, 최대간격, 최빈간격을 기록하여야 하고, 히스토그램으

로 불연속면 간격의 분포특성을 알 수 있다.

일반적으로 불연속면 간격에 대한 용어는 [표 12.7]과 같이 나타낸다.

[표 12.7] 불연속면 간격 분류 기준

등 급	간격 [m]
매우 조밀 (very close spacing)	0.06 미만
조밀 (close spacing)	0.06 ~ 0.2
보통 (moderate spacing)	0.2 ~ 0.6
넓음 (wide spacing)	0.6 ~ 2
매우 넓음 (very wide spacing)	2 이상

㉢ 연장성

연장성은 불연속면의 넓이나 길이의 의미를 담고 있다. 특히, 사면에서는 불연속면의 연장성에 따라 파괴 가능한 블록을 형성시킬 수 있을 뿐만 아니라, 연장성이 매우 큰 불연속면은 때에 따라 인장균열로 진전될 수도 있다. 그러나 연장성은 불연속면의 특성 중에서 정량화하기 가장 어려운 요소 중 하나이다.

- 조사 방법 및 수량

불연속면의 길이를 10m 이상의 줄자를 사용하여 측정하여 숫자로 기록한다.

- 결과분석

불연속면의 연장성을 표현하는 방법은 [표 12.8]과 같다.

[표 12.8] 연장성 분류 기준

등 급	연장성 [m]
매우 낮은 연속성 (very low persistence)	< 1
낮은 연속성 (low persistence)	1 ~ 3
보통 연속성 (medium persistence)	3 ~ 10
높은 연속성 (high persistence)	10 ~ 20
매우 높은 연속성 (very high persistence)	> 20

㉣ 거칠기

불연속면의 거친 정도는 불연속면의 거동 시 전단강도에 큰 영향을 미치므로 불연속면으로 구성된 암반사면의 안전성을 평가하는데 중요한 요소이다.

불연속면의 거칠기는 수 m 정도의 대규모 거칠기(만곡, waviness)와 수 cm 정도의 소규모 거칠기(요철, unevenness)로 나눌 수 있는데, 대규모 거칠기는 요철 부

분이 전단활동 시 닳아 없어지지 않는 반면 작은 규모 거칠기는 전단활동 시 마모되기 쉽고 거칠기가 클수록 불연속면의 유효마찰각은 커진다.

- 조사 방법 및 수량

전문가의 육안관찰로 암반블록 활동이 예측되는 방향의 거칠기를 관찰하여 거칠기의 등급을 결정한다.

- 결과분석

불연속면의 거칠기 측정 결과는 [표 12.9]와 같이 기재한다.

[표 12.9] 불연속면 거칠기 등급

등급	설명
매우 거칠음 (very rough)	불연속면의 표면에 거의 수직적인 계단 형태의 요철이 존재한다. 불연속면 표면을 만질 때 매우 거친 느낌이 든다.
거칠음 (rough)	경사진 계단 형태의 요철이 확실하게 나타난다. 표면요철이 확실하게 식별되며, 불연속면 표면을 만질 때 거친 느낌이 든다.
약간 거칠음 (slightly rough)	불연속면의 표면요철이 식별가능하며, 손으로 느낄 수 있다.
매끄러움 (smooth)	육안으로는 표면 요철의 식별이 어려우나, 손으로 느낄 수 있다.
경면화 (slickensided)	불연속면의 미끄러진 표면에 광택이 나는 부분이 관찰된다.

㉤ 틈새(간극)

틈새는 분리된 인접 불연속벽면간의 수직거리를 의미하며 주로 물, 점토광물, 석영, 방해석 등으로 채워져 있고 비워져 있는 경우도 있다.

틈새의 충전물 중 모암과의 결합력이 매우 양호하여 암반분리의 의미가 없는 경우 즉, 치밀한 석영맥, 기타 암맥류 등으로 견고하게 충전된 것은 제외된다. 틈새는 불연속면의 이완정도나 사면내의 수압, 투수량 등에 영향을 미칠 수 있다.

- 조사 방법 및 수량

mm단위를 측정할 수 있는 줄자를 사용하여 불연속면의 틈새를 측정한다. 틈새가 좁을 경우 틈새 게이지(feeler gauge)를 이용하여 측정하여 기록한다.

- 결과분석

측정한 틈새 폭에 따라 [표 12.10]과 같이 분류한다.

[표 12.10] 틈새(간극) 분류 기준

구 분	간극 폭
밀착됨 (tight)	간극을 잴 수 없을 정도로 아주 좁고 밀착됨
약간 벌어짐 (partly open)	간극이 0.1mm 미만
벌어짐 (open)	0.1 ~ 1.0 mm
약간 넓음 (moderately wide)	1 ~ 5 mm
넓음 (wide)	5mm 이상

㉤ 충전물

충전물은 불연속면의 인접 벽면간을 채우고 있는 물질에 대한 용어로서 그 성분은 주로 석영(quartz), 녹니석(chlorite), 방해석(calcite), 점토(clay), 이질물(siltmaterial), 단층점토(fault clay), 단층각력(fault breccia) 등이다.

충전물은 그 발생기원의 다양성으로 인하여 전단강도, 투수도 등과 같은 암반의 물리적 거동에 복잡하게 작용하며 이러한 물리적 거동은 충전물의 광물학적 특성, 충전물의 입도, 함수율과 투수성, 기존의 전단변위 등에 기인한다. 충전물의 함수율과 투수도 및 전단변위 등에 영향을 미칠 수 있다.

- 조사 방법 및 수량

mm 단위를 측정할 수 있는 자를 이용하여 불연속면의 간극 내에 채워져 있는 물질의 두께를 측정하고 재료를 기입한다.

- 결과분석

충전물 재료와 두께에 따라서 [표 12.11]과 같이 분류하여 기록한다.

[표 12.11] 충전물 분류 기준

충전물 재료	충전물 두께
없음	-
딱딱함	5mm 미만
	5mm 이상
부드러움	5mm 미만
	5mm 이상

㉥ 누수

암반 불연속면을 따르는 투수 문제는 암반의 공학적, 역학적 특성에 지대한 영향을 미치는데 충전물의 함수비 변화에 따른 충전물 강도 변화, 간극수압 증대에 따른 전단강도 및 지반 지지력 약화 등으로 대표될 수 있다.

- 조사 방법 및 수량

사면의 불연속면에서 누수 개소를 조사하여 각 누수상태를 평가한다.

- 결과 분석

불연속면을 따른 누수 상태는 [표 12.12]에 따른다.

[표 12.12] 누수상태 분류 기준

누수상태	설명
완전건조 (completely dry)	누수 흔적을 찾아볼 수 없다.
습함(damp)	손에 물이 묻지 않으나, 불연속면이 약간 축축한 상태이다.
젖어있음(wet)	불연속면이 물기로 젖어있고, 손에 물이 묻는다.
떨어짐(dropping)	불연속면 사이로 물방울이 떨어진다.
흐름(flowing)	불연속면 사이로 물방울이 단속적으로 떨어지지 않고 계속 흘러나온다.

◎ 블록형상

암반은 절리의 간격 및 방향에 따라 특징적인 형태를 갖고 있다.

절리의 방향이 직각이고 등간격이면 정육면체의 형태를 가지고, 두 방향의 절리 간격은 넓고 한 방향이 좁으면 판상의 형태를 보인다.

절리가 세 방향 이상으로 발달하면, 절리의 방향은 일반적으로 직각이 아니며 이러한 경우에는 쐐기형 또는 다면체의 형태를 보인다.

- 조사 방법 및 수량

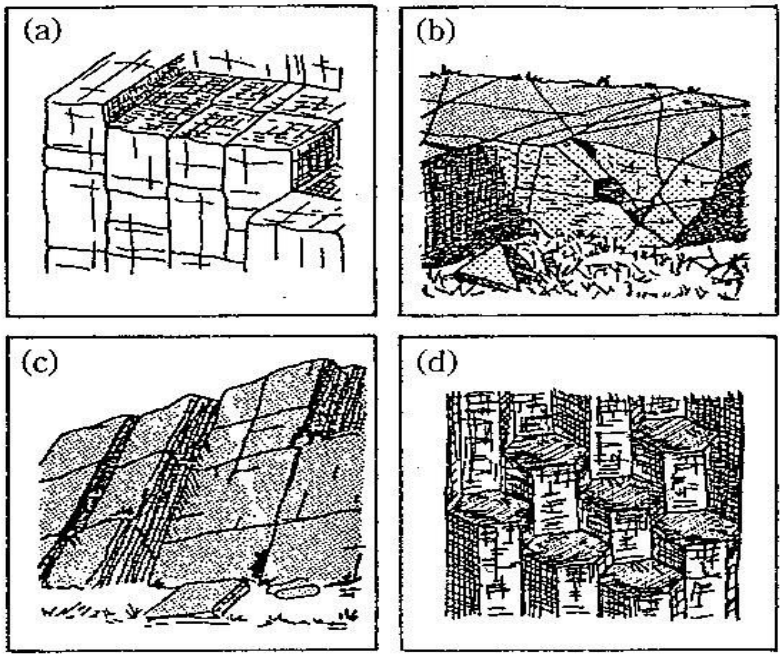
육안조사로 사면을 구성하고 있는 암반의 개략적인 블록 형상을 기록한다.

- 결과 분석

블록의 형상은 [표 12.13]에 따라 분류하여 기재한다.([그림 12.3] 참조)

[표 12.13] 블록형상 분류 기준

블록형상	설명
괴상(massive)	불연속면이 거의 없고, 절리간격이 매우 넓음
판상(tabular)	다른 두 방향의 치수보다 한 쪽 방향의 치수가 상당히 작음
각주상(columnar)	다른 두 방향의 치수보다 한 쪽 방향의 치수가 상당히 큼
불규칙상(irregular)	블록의 크기와 형상의 변화가 심함
블록상(blocky)	거의 정육면체형의 사각형
파쇄상(crushed)	불연속면이 매우 조밀하게 발달하여 각설탕 같은 모양



(a) 블록상 (b) 불규칙상 (c) 판상 (d) 각주상

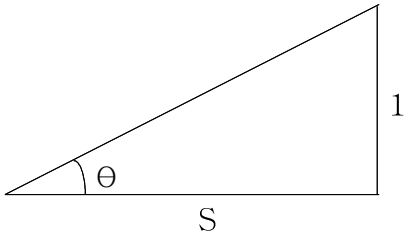
[그림 12.3] 암반 블록의 형상

(나) 사면형상

① 사면경사

대상사면에 대한 측량 등을 통하여, 사면경사, 사면경사각 또는 경사율(%)을 이용하여 절토사면의 형상을 평가할 수 있다.

[그림 12.4]은 사면경사, 사면경사각, 경사율(%)에 대한 개념이다.



[그림 12.4] 사면경사(1:S), 사면경사각(°), 경사율(%)

여기서, S(1:S) = 사면경사, θ = 사면경사각(°), 경사율 = (1/S) × 100% 이다.

② 집수지형

대상사면의 상부에 집수유역이 존재한다면 이에 대한 고려를 실시한다.

유출계수, 도달시간, 유역면적, 침투율, 토질조건 및 증발산 등 수문학적 평가가 필요하지만 포괄적 차원에서 기술자의 판단을 반영하여 5단계로 평가한다.

(다) 자연적 외부요인 (강우 및 지하수 조건)

강우에 대한 항목은 해당지역의 과거 최대 강우강도를 2일 누적강우량, 시우량, 1일

강우량 등의 형식으로 구분하여 획득하며, 지하수 조건은 시추조사 시 지하수위를 함께 조사하거나 물리탐사를 이용한다.

암반사면의 경우 절리틈으로부터 흘러나오는 지하수로부터 추정할 수 있다.

(라) 인위적 외부요인

① 표면보호

식생공은 숏크리트공, 격자블럭공, 돌붙임공 및 식생공(떼붙임공법, 씨앗살포공법(seed spray), 매트(mat)공법, 넷(net)공법, 녹생토공법) 유무를 육안으로 조사하여 판단한다.

사면 보수·보강을 위한 보호/보강 및 낙석방지공법 등 부대시설이 아닌 식생 및 표면보호공의 상태만을 조사하며, 식생의 조밀도와 표면보호공의 상태를 5단계로 평가한다.

② 보호/보강상태

사면의 안전성을 확보하기 위하여 활동력을 억제시키거나, 저항을 증가시키기 위한 공법을 절토사면에 시공한 경우 시공된 부대시설(록볼트 및 앵커공, 쏘일네일링, 숏크리트공, 낙석방지공, 옹벽 등)이 그 역할을 충분히 발휘하는지 조사하여 판단할 필요가 있다.

적용공법에 따라 다소의 차이는 있지만 시설의 결함, 노후화 및 기타사항을 조사하여 평가기준에 적용한다.

③ 배수조건

수량의 다소에 관계없이 용수가 지속된다면 사면상의 식생공이 점착치 못하게 되고 원지반을 침식시키게 되므로 용수부분에 대한 처리가 필요하다.

또한 용수는 사면의 불안정성을 증대시키는 역할을 할 수 있다. 용수를 적게하는 방법으로는 사면어깨배수공, 소단배수공, 집수정이나 보링을 통한 집수를 배수처리 하는 방법 등이 있으며, 용수를 처리하는 방법은 도랑굴착, 호스, 집수매트, 돌망태(개비온) 등을 통한 배수방법이 있다.

판단기준은 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우에 해당되는 항목을 좋음으로 하여 5단계로 육안조사를 통하여 평가한다.

5) 실내 시험

(가) 토사사면의 시험

토사사면의 안전성을 검토하기 위한 실내시험 항목은 아래와 같으며, 각 항목별로 안정해석 시 필요한 조건을 반영하여 KS규정에 의한 시험을 실시하되 각 항목별로 최소 3개 이상의 시험 결과를 취득하여 반영토록 한다.

○ 토질분류 : 함수비, 애터버그 한계, 비중, 입도시험, 단위중량(습윤, 건조)

○ 전단강도시험 : 직접전단시험, 삼축압축시험 ⇒ 점착력, 내부마찰각

○ 표준관입시험

토사사면의 안정해석법은 여러 가지가 있으나 그 정확성은 강도정수와 사면의 기하학적 조건의 정확도 및 각 해석방법 고유의 정밀도에 따라 좌우되며, 대부분의 경우에 있어서는 토성과 기하학적 조건이 각 해석방법의 차이보다 결과에 더 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 안정해석에 있어서 강도정수를 정확히 결정하는 것이 가장 중요한 사항이 된다.

(나) 암반 강도 시험

① 일반사항

일반적으로 암반은, 무결한 상태(intact)의 비교적 균질한 무결암과 단층과 절리 등과 같은 역학적 결함을 가진 불연속면으로 구성된다. 따라서 암반은 본질적으로 구조적인 불연속성, 불균질성, 이방성을 보이며, 이러한 특징들이 암반의 공학적인 특성을 좌우한다. 무수한 불연속면이 존재하는 암반의 강도를 대표하는 값을 측정하는 것은 어려울 뿐만 아니라, 절토사면의 안전성은 불연속면의 특성에 의해 더 크게 좌우된다. 암석의 강도나 불연속면의 전단시험 결과는 암반 분류 및 안정해석에서 주로 이용된다.

② 시험방법

㉠ 일축압축강도시험(Uniaxial Compressive Strength Test)

- 현장에서 획득한 암편을 원주모양으로 성형하거나 시추코어시료에 대하여 축방향으로 압축력을 가하여 강도를 측정하는 시험이다.
- 시료 성형시 일반적으로 NX(50~54㎜) 크기의 코어가 되도록 하며, 길이가 대략 직경의 2배가 되도록 한다.
- 일축압축강도는 다음과 같이 계산된다.

$$S_c = \frac{P_c}{A}$$

(S_c : 일축압축강도, P_c : 시료 파괴시의 하중, A : 시료의 단면적)

㉡ 점하중 시험(Point Load Test)

- 이 시험법은 현장에서 또는 실험실에서 신속하게 측정할 수 있는 강도 시험법이며, 코어시료 획득이 불가능하여 일축압축강도 시험을 실시할 수 없을 경우 이 시험법을 통해 일축압축강도를 환산한다.

  점하중 시험법은 다른 시험법과는 달리 간단한 하중기만 필요하며 정형화된 시료 준비가 필요 없는 간편한 방법이다. 점하중 시험법에 의한 시료의 파괴는 인장파괴로 나타나며, 따라서 일축압축강도보다 상대적으로 낮은 강도 값을 갖게 된다.
- 시추코어를 시료로 사용할 때는 NX 크기의 코어를 주로 이용하며, 직경에 대한

길이의 비가 1 이상이어야 한다. 시험결과는 점하중 강도지수(point load strength index)로 나타내며 다음과 같다.

$$I_s = \frac{P}{D_e^2}$$

여기서, P = 하중,

D_e =

- 시험편의 등가직경으로서 코어의 축에 수직한 방향으로 가압하는 경우 $D_e^2 = D^2$

- 축방향 가압 또는 비정형의 시험편의 경우 $D_e^2 = \frac{4A}{\pi}$

(A : 파괴면의 단면적).

- 시험편이 NX 코어가 아닌 비정형일 경우는 I_s를 NX 코어의 값으로 환산한다. 이 환산값은 $I_s(50) = F \times I_s$이고, 여기서 $F = (D_e/50)^{0.45}$가 된다.

㉢ 슈미트해머 반발경도법(Schmidt Hammer Rebound Hardness Test)

- 반발경도법은 암석표면의 경도를 측정하여, 그 측정치로부터 암석의 압축강도를 추정하는 방법이다. 충격에 대한 반발을 측정하는 장치이므로 방향성을 고려해 주어야 한다.
- 슈미트해머는 콘크리트용인 N, NR형 등이 있으나, 암반 사면조사 시에는 암석용인 L형을 사용하여야 한다.
- 타격면을 선정할 때는 충전물이나 분해된 암석 입자가 없는 편평한 면을 선택하여 그 면에 수직하게 타격한다. 동일한 곳을 계속 가격하지 않고 이전에 타격한 곳에서 최소한 플런저 직경만큼 떨어진 곳을 타격한다.

㉣ 불연속면 전단시험

- 전문가의 판단에 따라 절토사면의 안전성에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 판단되는 불연속면 군 하나를 택하여 전단시험을 실시한다.
- 수직응력을 달리하여 얻은 전단강도에 대한 회귀직선을 구하여 불연속면의 마찰각 및 점착력을 구한다.

③ 시험수량

㉠ 안전성평가를 위하여 분할된 구간마다 조사를 실시한다.

㉡ 정밀점검

불연속면에 대한 전단시험을 생략할 수 있고, 일축압축강도의 경우 슈미트해머를 이용한 20개의 타격점에 대한 반발 값으로 일축압축강도를 추정할 수 있다.

㉣ 정밀안전진단

비교적 균일한 특성을 나타내는 3개 이상의 시험편에 대해 실험실에서 일축압축강도 시험을 실시하여 강도 값을 직접 구한다.

또한 1개 이상의 시료에 대하여 수직응력을 달리하여 5회 이상의 전단시험을 실시한 후 불연속면의 마찰각을 구한다.

④ 결과 분석

㉠ 일축압축강도시험 결과분석

3개 이상의 시험편에 대한 일축압축강도는 산술평균으로 대표값을 산정한다.

단, 정상적인 파괴가 일어나지 않고, 시험편 내에 존재하는 구조적인 연약면을 따라 파괴되었을 경우는 그 값을 제외시킨다.

㉡ 점하중 시험법 결과분석

점하중 시험법으로 일축압축강도를 추정할 경우, 점하중 강도지수(I_s)에 상수를 곱한 값으로 계산된다.

$$S_c \cong 24 \cdot I_s(50)$$ (NX 시추코어를 이용한 실험일 경우)

그러나, 암반분류에 적용할 때는 일축압축강도 추정값을 사용하지 않고 점하중 강도지수값을 직접 이용한다.

㉢ 슈미트해머 반발경도 시험 결과분석

슈미트해머를 이용하여 강도를 추정할 경우, [표 12.14]를 이용하여 타격방향에 따른 보정절차를 거친 후, 20개의 타격점에 대한 반발값 중 하위 50%의 값은 버리고, 상위 50%만을 취하여 그 평균값을 대표값으로 한다.

슈미트해머 반발값(대표값)을 이용하여 암석의 일축압축강도를 추정할 경우, 아래 식을 이용한다.

$$JCS = 10^{\,(0.0008r\gamma + 1.01)}$$ (MPa)

(r : 반발값, γ : 암석의 밀도(kN/㎥))

[표 12.14] 타격 방향에 따른 반발값 보정표

반발값	아래쪽		위쪽		수평
	α=−90°	α=−45°	α=+90°	α=+45°	α=0°
10	0	−0.8	−	−	−3.2
20	0	−0.9	−8.8	−6.9	−3.4
30	0	−0.8	−7.8	−6.2	−3.1
40	0	−0.7	−6.6	−5.3	−2.7
50	0	−0.6	−5.3	−4.3	−2.2
60	0	−0.4	−4.0	−3.3	−1.7

㉤ 불연속면 전단시험 결과분석

수직응력을 달리하면서 전단강도 값을 얻고, 수직응력 대 전단응력 그래프를 통해

회귀직선을 구한 후 회귀직선의 기울기와 절편으로 불연속면의 마찰각 및 점착력을 구한다.

6) 계측계획과 방법

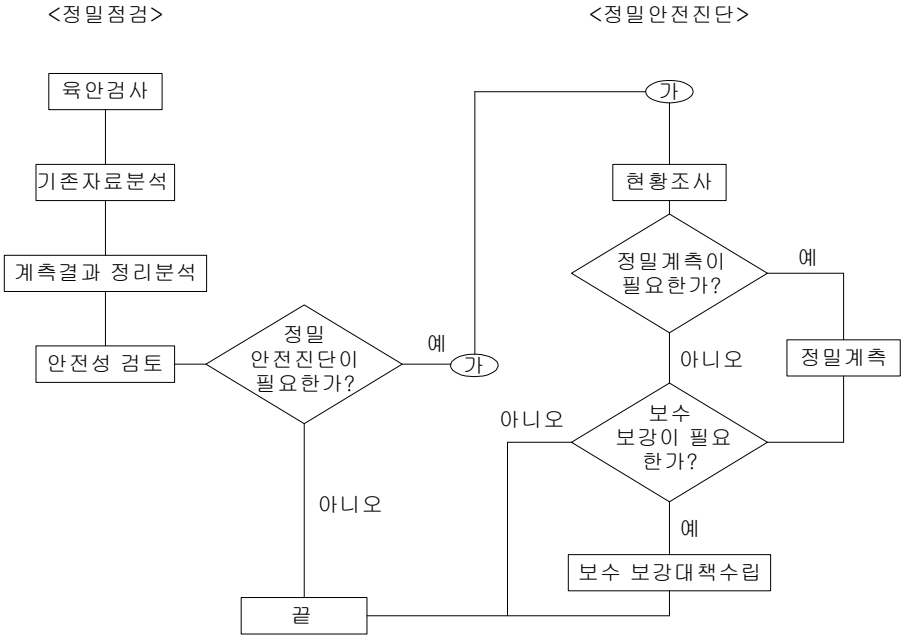
계측이 필요하다고 인정되는 시설물에 대하여는 위치 및 개소를 선정하여 정기적으로 계측을 시행하고 그 기록(계측위치, 계측기기의 종류, 계측결과의 값, 위치별 개소가 표기된 도면 등)을 보관하여야 한다.

계측을 실시한 경우에는 시설물 계측지점을 표시 보존함으로써 연계성 있는 계측을 할 수 있도록 도면과 계측지점을 일치시켜 기록 보존한다. 특히, 붕괴징후가 관찰되는 등 안전성에 심각한 문제를 야기할 수 있는 시설물에 대해서는 정기적인 계측결과를 검토 분석함으로써 지속적인 유지관리가 반드시 이루어져야 한다.

정밀안전진단 결과 계측이 필요한 것으로 판단되는 절토사면에 대하여서는 [표 12.15]와 같이 계측하고자 하는 항목과 내용에 따라 적절한 계측기를 설치하여야 한다. [그림 12.5]은 정밀안전진단 시 계측의 필요성을 판단하는 흐름도이다.

[표 12.15] 진단항목별 계측내용

계측항목	계 측 내 용	계 측 기 기	비 고
지 표·지 질	- 지표변위량	- 지표면 신축계 - 지표면 경사계 - 측량기 등	
지중수평변위	- 지층내 수평 이동	- 지중 수평변위계 등	
배 수	- 강우량 - 간극수압	- 우량계 - 지하수위계 - 간극수압계 등	



[그림 12.5] 계측자료 활용의 흐름도

12.3 재료시험 기준수량

토사사면에 대한 현장조사・재료시험 내용 및 기준수량은 [표 12.16]에, 암반사면에 대한 현장조사・재료시험 내용 및 기준수량은 [표 12.17]에 요약하여 기술하였다.

[표 12.16] 토사사면 현장조사・재료시험 항목 및 수량

항목	조사부위	조사항목	기준수량	조사방법	비고
토질조건	토심 가장 두꺼운 곳	토질물성 전단저항각	3 1	시료채취 표준관입시험	시추조사
토층두께	토심 가장 두꺼운 곳	토층심도	1	육안조사	
토질분류	대상사면 상・중・하부	함수비 애터버그 한계 (연경도) 비중 입도분석	3 3 3 3	KS 규정에 따라 실시	

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 12.17] 암반사면 현장조사・재료시험 항목 및 수량

항목	조사부위	조사항목	최소 수량	조사방법
일축압축시험	구간	일축압축강도	•정밀점검시 생략가능 •정밀안전진단시 3회	시료채취
점하중시험	구간	점하중강도	정밀점검시 생략가능	현장조사/ 시료채취
슈미트 해머 반발경도시험	구간	반발치		현장조사
절리면 전단시험	구간	전단강도, 마찰각	•정밀점검시 생략가능 •정밀안전진단시 1회	시료채취
풍화등급	불연속면, 구간	풍화상태	필요수량	육안조사
불연속면 방향성	불연속면	경사 및 경사방향	필요수량	현장조사
불연속면 간격	불연속면	간격	필요수량	현장조사
불연속면 연장성	불연속면	길이	필요수량	현장조사
불연속면의 거칠기	불연속면	거칠기	필요수량	현장조사
불연속면의 간극	불연속면	틈	필요수량	현장조사
불연속면 내 충전물	불연속면	충전물 종류 및 두께	필요수량	현장조사
누수상태	불연속면	누수량	필요수량	육안조사
블록형상	구간	블록형상	필요수량	육안조사
시추조사	구간	지반상태	필요시 시행	시추

12.4 상태평가 기준 및 방법

12.4.1 상태평가 기준

가. 지반특성에 따른 절토사면의 분류

국내에 분포하는 다양한 지반 및 지질조건에 따른 사면의 거동특성 및 파괴양상에 대한 분석을 통해 절토사면은 토층심도율에 의해 토사사면과 암반사면으로 구분할 수 있으며, 암반사면은 다시 지반강도특성 및 암반의 블록크기 비에 의해 절리암반사면, 파쇄암반사면, 연약암반사면으로 세분될 수 있다.

토층심도율(soil depth ratio: SR)은 사면을 토사사면과 암반사면으로 구분할 수 있는 지시자로서 식 (12.1)과 같이 토층 심도와 사면 높이의 비로 정의된다.

토층심도는 토층의 두께로서 충적층 또는 풍화등급상 잔류토(residual soil)와 완전풍화암 (completely weathered rock)을 대상으로 측정한다.

$$SR = \frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}} \tag{12.1}$$

암반의 블록크기 비(block size ratio: BR)는 식 (12.2)와 같이 블록크기 지수(block size index, Ib)와 사면높이(H)의 비를 말하며, 블록크기 지수는 식 (12.3)과 같이 각 절리군의 평균 간격(Si)의 산술 평균으로 정의 할 수 있다.

$$BR = \frac{\text{Block size index (Ib)}}{\text{Slope height (H)}} \tag{12.2}$$

$$Ib = \frac{\sum_{i=1}^{3} Si}{3} \tag{12.3}$$

[표 12.18]은 토층심도율과 블록크기 비에 따른 절토사면의 분류를 나타낸 것이다.

[표 12.18] 절토사면의 분류

구 분		토층심도율	압축강도	블록크기비	주요 파괴유형	비고
토사사면		> 0.4	-	-	원호, 표층	
암반사면	연약암반사면	≤ 0.4	≤10 MPa	-	표면, 원호 평면, 쐐기	제3기층 등
	파쇄암반사면		>10 MPa	≤ 0.01	쐐기, 평면 원호, 전도	단층 파쇄대 등
	절리암반사면			> 0.01	쐐기, 평면 전도, 낙석	일반 암반사면
토층심도율이 0.2 ~ 0.4일 경우, 혼합 사면으로 규정하여 토사 사면과 암반 사면의 특성을 모두 고려할 필요가 있음						

나. 상태평가 항목

절토사면의 상태평가를 위한 조사항목은 사면의 손상상태와 파괴요인의 평가로 구분하여 실시한다.

1) 절토사면 손상상태 평가 항목

절토사면의 손상상태 조사는 사면에 발생한 파괴이력과 현재 진행중인 파괴징후에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 직접적 평가내용이다.

조사항목은 크게 사면의 파괴징후에 관련된 항목과 기 발생된 파괴현황에 관련된 항목으로 나눌 수 있으며, 자세한 내용은 [표 12.19]에 기술하였다.

[표 12.19] 절토사면의 손상상태 평가 항목

구 분	평가 요소
파괴징후	- 인장 균열 또는 이완 암괴의 존재와 상태 - 사면 지반의 변형(bulging 등) 현상의 존재와 상태 - 구조물(옹벽 및 측구 등) 또는 인접 구조물(도로 등)의 변형(균열 등) 상태
파괴현황	- 발생한 파괴의 규모 및 개소 - 발생한 파괴의 유형

2) 절토사면 파괴요인 평가 항목

절토사면의 파괴요인 조사는 사면 파괴의 원인이나 요소로 작용하는 인자들에 대한 조사로서 절토사면 상태평가의 간접적 평가내용이다.

조사항목은 크게 사면의 내부 파괴요인 항목과 외부 파괴요인 항목으로 나눌 수 있으며 자세한 내용은 [표 12.20]에 기술하였다.

[표 12.20] 절토사면의 파괴요인 평가 항목

구 분		내부 파괴 요인		외부 파괴 요인	
		지반 상태	사면 형상	자연적 요인	인위적 요인
토사사면		토질조건 토층심도율	사면의 경사 집수지형	강우/지하수	표면상태 보호/보강상태 배수상태
암반사면	연약암반사면	지반강도 특성 면구조경사 내구성(풍화상태)	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	파쇄암반사면	절리간격 저면경사 절리상태	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	절리암반사면	절리주향 절리경사 절리상태	사면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태

다. 절토사면의 상태평가 기준

절토사면 상태평가 결과는 세부 평가 항목별 평가에 의해 산출된 결함지수(F)에 따라 A, B, C, D, E의 5개의 기준으로 구분한다. 사면 손상상태 지수(f1)와 사면 파괴요인 지수(f2)는 상태평가 기준 결정과정에서는 사용되지 않지만 평가 대상 절토사면을 보다 객관적이고 구체적으로 판단할 수 있는 유용한 지표가 될 수 있다.

[표 12.21] 절토사면의 상태평가 기준

평가기준	결함 지수 (F)	상 태
A	0≤F<0.15	문제점이 없는 최상의 상태
B	0.15≤F<0.30	경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C	0.30≤F<0.55	보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장은 없으며, 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D	0.55≤F<0.75	손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는상태
E	0.75≤F	심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

※ 인장균열, 지반변형, 구조물변형 등이 진행성으로 확인되는 경우
상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.

※ 보호/보강공법이 적용됨에 따라 사면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우
상태평가 결과를 상향할 수 있다.

12.4.2 상태평가 항목 및 기준

가. 결함지수 산정 방안

절토사면의 상태평가는 손상상태와 파괴요인을 구분하여 평가하며, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하고, 여러 개소에서 나타날 경우 등급을 하향 조정한다.

이러한 세부기준은 국내·외의 다양한 문헌과 그간 국내에서 조사되었던 사면 자료의 분석을 통해 결정하였으며, 다양한 전문가들의 의견 및 현실 여건을 반영하였다.

절토사면의 유형별 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

○ 사면 손상상태 지수는 손상상태 항목 점수의 합을 총점 24점으로 나누어 계산

○ 사면 파괴요인 지수 역시 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 52점으로 나누어 계산

○ 사면 결함지수는 사면 손상상태 항목 점수와 사면 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 76으로 나누어 계산

나. 상태평가 항목 및 기준

1) 토사사면

○ 사면 손상상태 평가 기준

<table>
<tr><th colspan="3">항 목 \ 평가기준</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th></tr>
<tr><td rowspan="6">파괴
징후</td><td rowspan="2">①인장균열</td><td>구 분</td><td>없음</td><td>1㎜ 미만</td><td>1㎜ 이상
5㎜ 미만</td><td>5㎜ 이상
5㎝ 미만</td><td>5㎝ 이상</td></tr>
<tr><td>점 수</td><td>0</td><td>1~3</td><td>4~5</td><td>6~7</td><td>8~10</td></tr>
<tr><td rowspan="2">②지반변형</td><td>구 분</td><td colspan="2">없음</td><td colspan="3">있음</td></tr>
<tr><td>점 수</td><td colspan="2">0~2</td><td colspan="3">3~5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">③구조물변형</td><td>구 분</td><td colspan="2">없음</td><td colspan="3">있음</td></tr>
<tr><td>점 수</td><td colspan="2">0~2</td><td colspan="3">3~5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">파괴
현황</td><td rowspan="2">④발생규모</td><td>구 분</td><td>0</td><td>1㎥ 미만</td><td>1㎥ 이상
8㎥ 미만</td><td>8㎥ 이상
64㎥ 미만</td><td>64㎥ 이상</td></tr>
<tr><td>점 수</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td colspan="8">사면 손상상태 지수 (f1) = Σ(①~④) / 24</td></tr>
</table>

○ 사면 파괴요인 평가 기준

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
지반상태	⑤토질조건	사질토	매우 조밀	조밀	보통	느슨	매우 느슨
		점성토	매우 단단	단단	보통	연약	매우 연약
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
	⑥토층심도율	구 분	0.45 미만	0.45 이상 0.5 미만	0.5 이상 0.6 미만	0.6 이상 0.8 미만	0.8 이상
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
사면형상	⑦사면경사	구 분	1:2 미만	1:2 이상 1:1.5 미만	1:1.5 이상 1:1.2 미만	1:1.2 이상 1:1 미만	1:1 이상
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
	⑧집수지형	구 분	무관	1	2	3	4
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
자연요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0㎜	0㎜ 이상 50㎜ 미만	50㎜ 이상 100㎜ 미만	100㎜ 이상 150㎜ 미만	150㎜ 이상
		지하수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
인위요인	⑩표면보호	구 분	숏크리트, 석장공 등	식생 양호	식생 보통	식생 불량	식생 없음
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
	⑫보호/보강 상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	*0~2*		*3~6*		*6~8*
사면 파괴요인 지수 (f2) = Σ(⑤~⑫) / 52							

○ 결함지수(F) 산정

결함지수 (F) = Σ(①~⑫) / 76

〈해 설〉

1) 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 인장균열의 진행성(또는 확장)이 명확하게 확인되는 경우 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
2) 지반변형 상태는 사면의 배부름 현상(bulging) 또는 암괴의 이완 등 지반 자체의 변형과 관련된 것으로 현재 변형의 증거가 관찰되지 않으면 “없음”을 기준으로 하나, 변형의 잠재성에 따라 기준을 구분할 수 있도록 하였다. 점검시 변형의 증거가 관찰될 경우 역시 변형의 정도에 따라 전문가의 의견에 따라 기준을 부여한다. 또한, 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 진행성이 확인되는 경우 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하며 정기적으로 관찰한다.
3) 구조물변형 상태는 사면 및 주변 구조물(옹벽, 측구 및 인접 도로 등)의 변형과 관련된 것으로서 각 기준의 결정은 “2)”항의 지반변형과 동일한 방법을 적용하며 진행성이 확인되는 경우 역시 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
4) 파괴현황은 이미 발생한 파괴 현황으로서 발생 규모는 발생한 각각의 파괴의 폭, 길이, 두께의 곱으로 정의하며, 한 사면에서 여러 번의 파괴가 발생한 것은 모두 합하여 결정한다.
5) 토질조건은 풍화토, 붕적토 등에 대하여 아래 표와 같이 사질토 및 점성토로 구분하여 평가하며, 호박돌 및 핵석이 토층 내에 존재할 경우는 기준을 하향 조정한다.

사질토의 상태	N 치	$\varphi(°)$	현 장 관 찰
매우 조밀	> 50	> 41	발파 또는 중장비에 의해서만 자국을 낼 수 있다.
조밀	30～50	36～41	손의 힘으로 삽을 이용하여 자국을 낼 수 있다.
보통	10～30	30～36	힘을 주어서 삽질을 할 수 있다.
느슨	4～10	28.5～30	쉽게 삽질할 수 있다.
매우 느슨	0～4	< 28.5	엄지손가락 또는 주먹으로 쉽게 자국을 낼 수 있다.

점성토의 상태	N 치	$\varphi(°)$	현 장 관 찰
매우 단단	> 15	> 10	손톱으로 흙에 자국을 낼 수 있다.
단단	8～15	5～10	엄지손가락으로 흙을 움푹 들어가게 할 수 있지만 흙 속에 엄지손가락을 넣기 힘들다
보통	4～8	2.5～5	노력하면 엄지손가락이 수 cm 들어간다.
연약	2～4	1.25～2.5	엄지손가락이 쉽게 수 cm 들어간다.
매우 연약	0～2	< 1.25	주먹이 쉽게 10cm 정도 들어간다.

6) 토층의 두께는 사면 내에서 토층이 가장 두꺼운 지점의 두께로 평가한다.
7) 사면의 경사는 평가영역 내의 평균 사면경사로 평가한다.
8) 강우 및 지하수 조건은 해당 평가기준 중 가장 불리한 사항을 평가한다.
9) 표면보호상태는 사면 표면에 시공되어있는 표면보호공이나 식생공 상태 등을 평가한다.
10) 배수조건은 측구 및 배수공 등, 배수 구조물의 설치와 관리 상태를 평가한다. 즉, 완전배수는 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우을 말하며, 양호는 배수상태가 양호하여 즉시 배수될 경우, 보통은 배수로가 있는 경우, 불량은 배수로가 없거나 있어도 원활치 못한 경우, 매우 불량은 물이 상당히 고여 있는 경우를 말한다.
11) 보강상태는 절토사면에 시공된 보호/보강재의 상태를 평가는 것으로서 재료의 노후와 결함정도를 전문가의 판단을 통해 평가한다. 또한 보호/보강공법이 적용됨에 따라 사면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우 상태평가 기준을 상향할 수 있다.

2) 연약암반사면

○ 사면 손상상태 평가 기준

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
파괴 징후	①인장균열	구 분	없음	1㎜ 미만	1㎜ 이상 5㎜ 미만	5㎜ 이상 5㎝ 미만	5㎝ 이상
		점 수	*0*	*1~3*	*4~5*	*6~7*	*8~10*
	②지반변형	구 분	없음		있음		
		점 수	*0~2*		*3~5*		
	③구조물변형	구 분	없음		있음		
		점 수	*0~2*		*3~5*		
파괴 현황	④발생규모	구 분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
사면 손상상태 지수 (f1) = Σ(①~④) / 24							

○ 사면 파괴요인 평가 기준

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
지반 상태	⑤지반강도 특성	구 분	−	−	약간 연약	연약	매우 연약
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
	⑥면구조 경사 −사면 경사	구 분	10°이상	0°초과 10°미만	0°	−10°이상 0°미만	−10°미만
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
	⑦풍화상태	구 분	신선	약간풍화	보통풍화	심한풍화	완전풍화
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.5 미만	1:1.2 이상 1:1.5 미만	1:1 이상 1:1.2 미만	1:0.7 이상 1:1 미만	1:0.7 이상
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0㎜	0㎜ 초과 50㎜ 미만	50㎜ 이상 100㎜ 미만	100㎜ 이상 150㎜ 미만	150㎜ 이상
		지하수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
	⑫보호/ 보강상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	*0~2*		*3~5*		*6~8*
사면 파괴요인 지수 (f2) = Σ(⑤~⑫) / 52							

○ 결함지수(F) 산정

결함지수 (F) = Σ(①~⑫) / 76

〈해 설〉

1) 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 인장균열의 진행성(또는 확장)이 명확하게 확인되는 경우 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
2) 지반변형 상태는 사면의 배부름 현상(bulging) 또는 암괴의 이완 등 지반 자체의 변형과 관련된 것으로 현재 변형의 증거가 관찰되지 않으면 “없음”을 기준으로 하나, 변형의 잠재성에 따라 기준을 구분할 수 있도록 하였다. 점검시 변형의 증거가 관찰될 경우 역시 변형의 정도에 따라 전문가의 의견에 따라 기준을 부여한다. 또한, 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 진행성이 확인되는 경우 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하며 정기적으로 관찰한다.
3) 구조물변형 상태는 사면 및 주변 구조물(옹벽, 측구 및 인접 도로 등)의 변형과 관련된 것으로서 각 기준의 결정은 “2)”항의 지반변형과 동일한 방법을 적용하며 진행성이 확인되는 경우 역시 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
4) 파괴현황은 이미 발생한 파괴 현황으로서 발생 규모는 발생한 각각의 파괴의 폭, 길이, 두께의 곱으로 정의하며, 한 사면에서 여러 번의 파괴가 발생한 것은 모두 합하여 결정한다.
5) 지반강도 특성 평가는 지질 해머를 이용한 육안 관찰을 기준으로 하되, 약간 연약, 연약, 매우 연약은 각각 일축압축강도 기준 시 20~5MPa, 5~1MPa, 1MPa 이하에 해당한다.
6) 면구조는 연약암반 내에 존재하는 층리면 등 연속적 면구조를 지시한다. 규칙적인 면구조가 없을 경우에는 최상위 기준으로 평가한다.
7) 풍화상태는 절취 후 원암의 풍화정도를 지시하며 신선(F), 약간풍화(SW), 보통풍화(MW), 심한풍화(HW), 완전풍화(CW~RS) 등으로 구분한다.
8) 사면의 경사는 평가 영역 내의 평균 사면경사로 평가한다.
9) 강우 및 지하수 조건은 해당 평가 기준 중 가장 불리한 사항을 평가한다.
10) 절취상태는 굴착방법에 따라 분류하며, 선균열발파일 경우 매우 좋음, 제어발파일 경우 좋음, 기계굴착일 경우 보통, 일반발파일 경우 나쁨, 불완전 발파일 경우 매우 나쁨에 해당된다.
11) 배수조건은 측구 및 배수공 등 배수 구조물의 설치와 관리 상태를 평가한다. 즉, 완전배수는 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우을 말하며, 양호는 배수상태가 양호하여 즉시 배수될 경우, 보통은 배수로가 있는 경우, 불량은 배수로가 없거나 있어도 원활치 못한 경우, 매우 불량은 물이 상당히 고여 있는 경우를 말한다.
12) 보강상태는 절토사면에 시공된 보호/보강재의 상태를 평가는 것으로서 재료의 노후와 결함정도를 전문가의 판단을 통해 평가한다. 또한 보호/보강공법이 적용됨에 따라 사면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우 상태평가 기준을 상향할 수 있다.

3) 파쇄암반사면

○ 사면 손상상태 지수(f1)

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
파괴 징후	①인장균열	구 분	없음	1㎜ 미만	1㎜ 이상 5㎜ 미만	5㎜ 이상 5㎝ 미만	5㎝ 이상
		점 수	*0*	*1~3*	*4~5*	*6~7*	*8~10*
	②지반변형	구 분	없음		있음		
		점 수	*0~2*		*3~5*		
	③구조물변형	구 분	없음		있음		
		점 수	*0~2*		*3~5*		
파괴 현황	④발생규모	구 분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
사면 손상상태 지수 (f1) = Σ(①~④) / 24							

○ 사면 파괴요인 지수(f2)

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
지반 상태	⑤절리간격	구 분	2m 이상	60㎝ 이상 2m 미만	20㎝ 이상 60㎝ 미만	6㎝ 이상 20㎝ 미만	6㎝ 미만
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
	⑥저면경사	구 분	0° 미만	0° 이상 10° 미만	10° 이상 20° 미만	20° 이상 30° 미만	30° 이상
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
	⑦절리상태	구 분	매우 유리	유리	보통	불리	매우 불리
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.2 미만	1:1.2 이상 1:1 미만	1:1 이상 1:0.7 미만	1:0.7 이상 1:0.5 미만	1:0.5 이상
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0㎜	0㎜ 초과 50㎜ 미만	50㎜ 이상 100㎜ 미만	100㎜ 이상 150㎜ 미만	150㎜ 이상
		지하수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
	⑫보호/ 보강상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	*0~2*		*3~5*		*6~8*
사면 파괴요인 지수 (f2) = Σ(⑤~⑫) / 52							

○ 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = Σ(①~⑫) / 76

〈해 설〉

1) 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 인장균열의 진행성(또는 확장)이 명확하게 확인되는 경우 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
2) 지반변형 상태는 사면의 배부름 현상(bulging) 또는 암괴의 이완 등 지반 자체의 변형과 관련된 것으로 현재 변형의 증거가 관찰되지 않으면 “없음”을 기준으로 하나, 변형의 잠재성에 따라 기준을 구분할 수 있도록 하였다. 점검시 변형의 증거가 관찰될 경우 역시 변형의 정도에 따라 전문가의 의견에 따라 기준을 부여한다. 또한, 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 진행성이 확인되는 경우 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하며 정기적으로 관찰한다.
3) 구조물변형 상태는 사면 및 주변 구조물(옹벽, 측구 및 인접 도로 등)의 변형과 관련된 것으로서 각 기준의 결정은 “2)”항의 지반변형과 동일한 방법을 적용하며 진행성이 확인되는 경우 역시 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
4) 파괴현황은 이미 발생한 파괴 현황으로서 발생 규모는 발생한 각각의 파괴의 폭, 길이, 두께의 곱으로 정의하며, 한 사면에서 여러 번의 파괴가 발생한 것은 모두 합하여 결정한다.
5) 저면경사는 전도파괴 해석에 사용되는 두개의 절리군 중 경사가 낮은 절리군의 경사를 말하며 파쇄암반사면 내에 존재하는 개개 암석 블록의 저면경사각을 기준으로 한다.
6) 절리상태는 상세 절리 상태 점수에 대한 산술평균값을 참고하여 유리 및 불리를 평가한다.

구 분	상세 절리 상태				
① 길 이	< 1m	1~3m 미만	3~10m 미만	10~20m 미만	≥ 20m
② 틈 새	0	< 0.1mm	0.1~1mm 미만	1~5mm 미만	≥ 5mm
③ 거칠기	매우 거침	거침	약간 거침	평탄	매우 평탄
④ 충전물	없음	단단한 충전물 (< 5m)	단단한 충전물 (≥ 5m)	연약한 충전물 (< 5m)	연약한 충전물 (≥ 5m)
⑤ 풍화도	신선	약한 풍화	보통 풍화	심한 풍화	완전 풍화
점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
절리상태 점수 = Σ (①~⑤) / 5					

7) 사면의 경사는 평가 영역 내의 평균 사면경사로 평가한다.
8) 강우 및 지하수 조건은 해당 평가 기준 중 가장 불리한 사항을 평가한다.
9) 절취상태는 굴착방법에 따라 분류하며, 선균열발파일 경우 매우 좋음, 제어발파일 경우 좋음, 기계굴착일 경우 보통, 일반발파일 경우 나쁨, 불완전 발파일 경우 매우 나쁨에 해당된다.
10) 배수조건은 측구 및 배수공 등 배수 구조물의 설치와 관리 상태를 평가한다. 즉, 완전배수는 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우을 말하며, 양호는 배수상태가 양호하여 즉시 배수될 경우, 보통은 배수로가 있는 경우, 불량은 배수로가 없거나 있어도 원활치 못한 경우, 매우 불량은 물이 상당히 고여 있는 경우를 말한다.
11) 보강상태는 절토사면에 시공된 보호/보강재의 상태를 평가는 것으로서 재료의 노후와 결함정도를 전문가의 판단을 통해 평가한다. 또한 보호/보강공법이 적용됨에 따라 사면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우 상태평가 기준을 상향할 수 있다.

4) 절리암반사면

○ 사면 손상상태 지수(f1)

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
파괴 징후	①인장균열	구 분	없음	1㎜ 미만	1㎜ 이상 5㎜ 미만	5㎜ 이상 5㎝ 미만	5㎝ 이상
		점 수	*0*	*1~3*	*4~5*	*6~7*	*8~10*
	②지반변형	구 분	없음		있음		
		점 수	*0~2*		*3~5*		
	③구조물변형	구 분	없음		있음		
		점 수	*0~2*		*3~5*		
파괴 현황	④발생규모	구 분	0	1㎥ 미만	1㎥ 이상 8㎥ 미만	8㎥ 이상 64㎥ 미만	64㎥ 이상
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
사면 손상상태 지수 (f1) = Σ(①~④) / 24							

○ 사면 파괴요인 지수(f2)

항 목 \ 평가기준			a	b	c	d	e
지반 상태	⑤절리주향 (사면과의 차이)	구 분	사면 주향과 45°이상	사면 주향과 30°~ 45°	사면 주향과 20°~ 30°	사면 주향과 10°~ 20°	사면 주향과 10° 미만
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
	⑥절리경사 -사면경사	구 분	10°이상	0°초과 10°미만	0°	-10°이상 0°미만	-10°미만
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
	⑦절리상태	구 분	매우 유리	유리	보통	불리	매우 불리
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
사면 형상	⑧사면경사	구 분	1:1.0 미만	1:1.0 이상 1:0.7 미만	1:0.7 이상 1:0.5 미만	1:0.5 이상 1:0.3 미만	1:0.3 이상
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
자연 요인	⑨강우 및 지하수	1일 강우량	0㎜	0㎜ 초과 50㎜ 미만	50㎜ 이상 100㎜ 미만	100㎜ 이상 150㎜ 미만	150㎜ 이상
		지하수위	완전 건조	사면 높이의 1/3	사면 높이의 1/2	사면 높이의 2/3	완전 포화
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
인위 요인	⑩절취상태	구 분	매우 좋음	좋음	보통	나쁨	매우 나쁨
		점 수	*0*	*1~2*	*3~4*	*5~6*	*7~8*
	⑪배수조건	구 분	완전 배수	양호	보통	불량	매우 불량
		점 수	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*
	⑫보호/ 보강상태	구 분	양호함		노후됨		결함이 관찰됨
		점 수	*0~2*		*3~5*		*6~8*
사면 파괴요인 지수 (f2) = Σ(⑤~⑫) / 52							

○ 사면 상태평가 지수(F)

결함지수 (F) = Σ(①~⑫) / 76

〈해 설〉

1) 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 인장균열의 진행성(또는 확장)이 명확하게 확인되는 경우 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
2) 지반변형 상태는 사면의 배부름 현상(bulging) 또는 암괴의 이완 등 지반 자체의 변형과 관련된 것으로 현재 변형의 증거가 관찰되지 않으면 “없음”을 기준으로 하나, 변형의 잠재성에 따라 기준을 구분할 수 있도록 하였다. 점검시 변형의 증거가 관찰될 경우 역시 변형의 정도에 따라 전문가의 의견에 따라 기준을 부여한다. 또한, 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 진행성이 확인되는 경우 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하며 정기적으로 관찰한다.
3) 구조물변형 상태는 사면 및 주변 구조물(옹벽, 측구 및 인접 도로 등)의 변형과 관련된 것으로서 각 기준의 결정은 “2)”항의 지반변형과 동일한 방법을 적용하며 진행성이 확인되는 경우 역시 상태평가 결과를 하향하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다.
4) 파괴 현황은 이미 발생한 파괴 현황으로서 발생 규모는 발생한 각각의 파괴의 폭, 길이, 두께의 곱으로 정의하며, 한 사면에서 여러 번의 파괴가 발생한 것은 모두 합하여 결정한다.
5) 절리의 경사방향 및 경사는 평면 파괴의 기준이며, 쐐기 파괴가 우려될 경우, 이를 절리 교차선의 방향성과 경사각으로 대체하여 평가한다.
6) 절리상태는 상세 절리 상태 점수에 대한 산술평균값을 참고하여 유리 및 불리를 평가한다.

구 분	상세 절리 상태				
① 길 이	< 1m	1~3m 미만	3~10m 미만	10~20m 미만	≥ 20m
② 틈 새	0	< 0.1mm	0.1~1mm 미만	1~5mm 미만	≥ 5mm
③ 거칠기	매우 거침	거침	약간 거침	평탄	매우 평탄
④ 충전물	없음	단단한 충전물 (< 5m)	단단한 충전물 (≥ 5m)	연약한 충전물 (< 5m)	연약한 충전물 (≥ 5m)
⑤ 풍화도	신선	약한 풍화	보통 풍화	심한 풍화	완전 풍화
점 수	0	1~2	3~4	5~6	7~8
절리상태 점수 = Σ (①~⑤) / 5					

7) 사면의 경사는 평가 영역 내의 평균 사면경사로 평가한다.
8) 강우 및 지하수 조건은 해당 평가 기준 중 가장 불리한 사항을 평가한다.
9) 절취상태는 굴착방법에 따라 분류하며, 선균열발파일 경우 매우 좋음, 제어발파일 경우 좋음, 기계굴착일 경우 보통, 일반발파일 경우 나쁨, 불완전 발파일 경우 매우 나쁨에 해당된다.
10) 배수조건은 측구 및 배수공 등 배수 구조물의 설치와 관리 상태를 평가한다. 즉, 완전배수는 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우을 말하며, 양호는 배수상태가 양호하여 즉시 배수될 경우, 보통은 배수로가 있는 경우, 불량은 배수로가 없거나 있어도 원활치 못한 경우, 매우 불량은 물이 상당히 고여 있는 경우를 말한다.
11) 보강상태는 절토사면에 시공된 보호/보강재의 상태를 평가는 것으로서 재료의 노후와 결함 정도를 전문가의 판단을 통해 평가한다. 또한 보호/보강공법이 적용됨에 따라 사면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우 상태평가 기준을 상향할 수 있다.

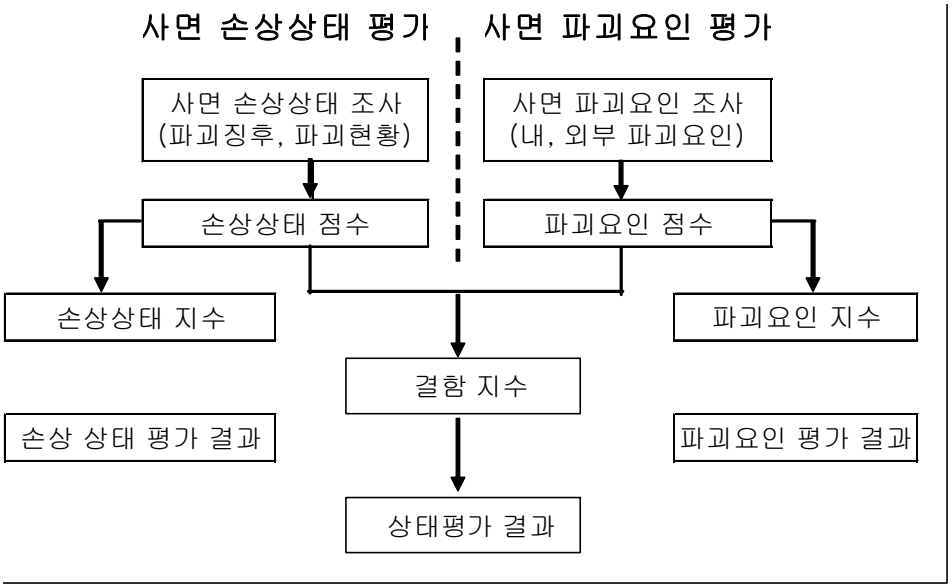
12.4.3 상태평가 결과 산정 방법

가. 상태평가 결과 산정

절토사면 상태평가 과정은 단위 사면을 분류 기준에 의해 분류하고 평가기준에 의해 각 항목에 대한 결함점수를 부여하여 단위 사면의 사면 손상상태 지수와 사면 파괴요인 지수를 산정한 후 사면 손상상태 평가결과와 사면 파괴요인 평가결과를 결정한다.

상태평가 결과는 사면 손상상태 항목과 사면 파괴요인 항목의 결함점수를 통해 산정된 결합지수로 결정한다. 그 평가 과정은 [그림 12.6]과 같다.

사면의 분류시 2개 이상의 사면 범주로 간주하여 복수로 평가할 필요가 있을 경우, 가장 불리한 평가 결과에 의해 최종 상태평가 결과를 결정한다.



[그림 12.6] 상태평가 결과 산정 과정

나. 상태평가 결과 산정 방법

[표 12.22] 절토사면의 상태평가 결과 산정 예

<table>
<tr><td colspan="3">시설물명</td><td colspan="3">○○절토사면</td><td>표번호</td></tr>
<tr><td colspan="3">근거 표번호</td><td colspan="3">[표 12.18]</td><td>[표 12.19]</td></tr>
<tr><td colspan="3">평가요소</td><td>결함점수</td><td>결함종류별
평가결과</td><td>총 점</td><td>결함지수</td><td>상태
평가결과</td></tr>
<tr><td rowspan="4">사면
손상
상태
지수</td><td rowspan="3">파괴징후</td><td>① 인장균열</td><td>0</td><td>a</td><td rowspan="4">5</td><td rowspan="4">f1=0.21</td><td rowspan="4">b</td></tr>
<tr><td>② 지반변형</td><td>3</td><td>c</td></tr>
<tr><td>③ 구조물변형</td><td>0</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="2">④ 파괴현황</td><td>2</td><td>c</td></tr>
<tr><td rowspan="8">사면
파괴
요인
지수</td><td rowspan="3">지반상태</td><td>⑤ 절리 방향
−사면 방향</td><td>6</td><td>d</td><td rowspan="8">24</td><td rowspan="8">f2=0.46</td><td rowspan="8">c</td></tr>
<tr><td>⑥ 절리 경사
− 사면 경사</td><td>6</td><td>d</td></tr>
<tr><td>⑦ 절리상태</td><td>4</td><td>c</td></tr>
<tr><td>사면형상</td><td>⑧ 사면의 경사</td><td>1</td><td>b</td></tr>
<tr><td>자연요인</td><td>⑨ 강우 및 지하수</td><td>2</td><td>c</td></tr>
<tr><td rowspan="3">인위요인</td><td>⑩ 절취상태</td><td>2</td><td>b</td></tr>
<tr><td>⑪ 배수조건</td><td>1</td><td>b</td></tr>
<tr><td>⑫ 보호/보강상태</td><td>2</td><td>a</td></tr>
<tr><td colspan="3">합계(Σ)</td><td></td><td></td><td>29</td><td>F = 0.38</td><td>C</td></tr>
<tr><td colspan="2">상태평가
결 과</td><td colspan="6">○ 사면손상상태지수(f1) = (① + ...④)/24 = 0.21 → b 등급
○ 사면파괴요인지수(f2) = (⑤ + …⑫)/52 = 0.46 → c 등급
○ 절토사면 상태평가 결과(F) : (5+24)/76 = 0.38 → C</td></tr>
</table>

12.5 안전성평가 기준 및 방법

12.5.1 일반

가. 일반

시설물의 안전성 평가는 정밀안전진단시에 실시한다. 다만, 정밀점검 또는 긴급점검시 일부 부재에 대하여 안전성평가가 필요하다고 판단될 경우 선택과업으로 실시할 수 있으나, 결함이 광범위하고 중대한 경우에는 「법」 제7조제1항에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

책임기술자는 재하시험(계측) 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 본 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

안전성평가는 지반의 구성물질에 따라 그 특성이 상이한 토사사면과 암반사면을 구분하여 실시한다.

일반적으로 사면 안정해석에 사용되어지는 방법은 크게 평사투영법을 활용한 운동학적 해석(암반사면)과 안전율(factor of safety)의 개념을 적용한 한계평형해석(토사사면 및 암반사면)에 의한 평가로 대분된다.

보고서에는 평가에 사용된 해석 방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

나. 안전성평가를 위한 과업

절토사면의 안전성평가는 사면 자체의 안전성 확보 여부에 대한 평가로 현장으로부터 대상 절토사면의 현황과 상태 등 제반 특성들을 정확히 도출하고 이에 근거하여 평가를 수행하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서는 기존 자료의 충실한 검토, 시공 방법과 기간의 보수・보강이력 검토, 각종 계측, 조사, 시험을 통해 충분히 기초자료를 확보하는 것이 필수적이다.

일반적으로 절토사면의 안전성 검토를 위해 고려되어야 할 주요 사항은 다음과 같으며, 보고서에는 평가에 사용된 해석 방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산 기록을 포함하여야 한다.

○ 지반 구성재료에 대한 기본 물성시험 결과

○ 암반사면의 경우 체계적인 불연속면의 정량적 분석 결과 및 강도 특성

○ 사면의 변형/변위 및 거동 등의 특성 분석 결과

○ 야외에서 인지되지 않은 대규모 지질이상대 파악

○ 절토사면 및 주변지역에 대한 정밀한 지형정보

다. 내진성능 평가

내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과[1] 에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

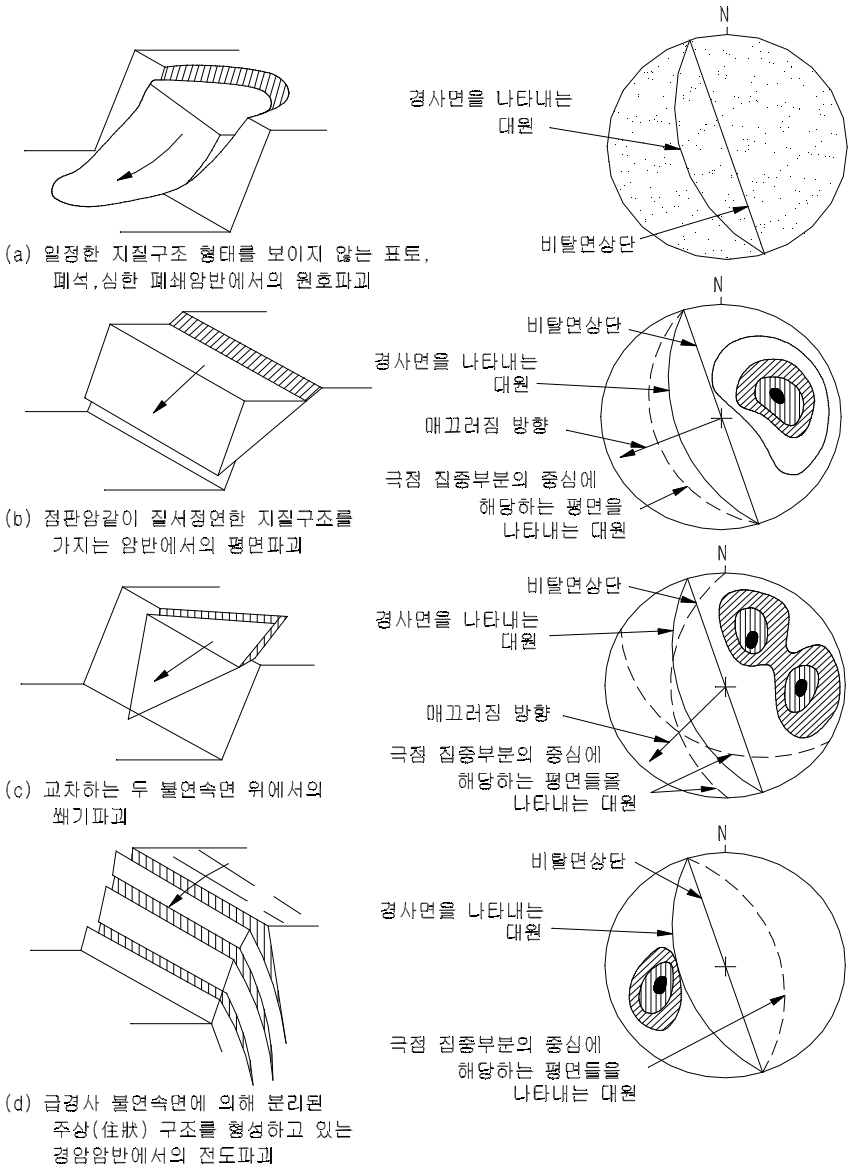
12.5.2 안전성평가 기준

가. 평사투영해석

평사투영해석은 절리, 단층, 층리 등 암반사면에 분포하는 3차원적 지질구조와 사면의 방향 및 경사각 등을 평사투영도에 2차원적으로 도시하고 파괴면의 전단강도를 고려하여 사면에서 발생할 수 있는 파괴유형과 안전성을 정성적으로 분석하는 방법이다.

[그림 12.7]은 평사투영해석을 통해 분석할 수 있는 절토사면의 파괴유형이다.

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 국토해양부, 한국시설안전공단



[그림 12.7] 절토사면의 파괴 유형과 평사투영해석

암반사면의 안전성평가시에는 붕괴유형에 따라 적용하는 한계평형해석식의 종류가 다르므로 반드시 붕괴유형을 고려하여 안정해석을 수행하여야 한다.

○ [그림 12.7]-(a)

분포하는 절리 등의 지질구조 형태가 뚜렷한 방향성을 보이지 않는 경우로서 주로 절리의 발달이 매우 조밀한 암반사면이나 토사사면에서 발생하는 유형을 보여줌.

○ [그림 12.7]-(b)

daylight envelope 내에 형성된 극점의 집중부는 평면파괴의 가능성을 제시

○ [그림 12.7]-(c)

두 개의 군으로 극점의 분포가 나타나고 있으며 극점의 집중부의 조합점은

daylight envelope 내에 위치함으로써 쐐기 파괴의 가능성을 제시

○ [그림 12.7]-(d)

toppling envelope 내에 형성된 극점의 집중부는 전도파괴의 가능성을 제시

나. 한계평형해석

1) 원호파괴

원호파괴는 토사사면 뿐 아니라 연약암반 및 파쇄암반사면에서 발생할 수 있다.

흙의 경우, 어떤 우세한 지질구조가 존재하지 않을 때 파괴면은 최소저항선을 따라 사면 전체를 통해 자유롭게 나타날 수 있다. 균열과 풍화가 심하게 발달된 암반으로 구성된 사면 역시 토사사면과 유사한 거동을 보이며 파괴면도 원형을 이루고 있다.

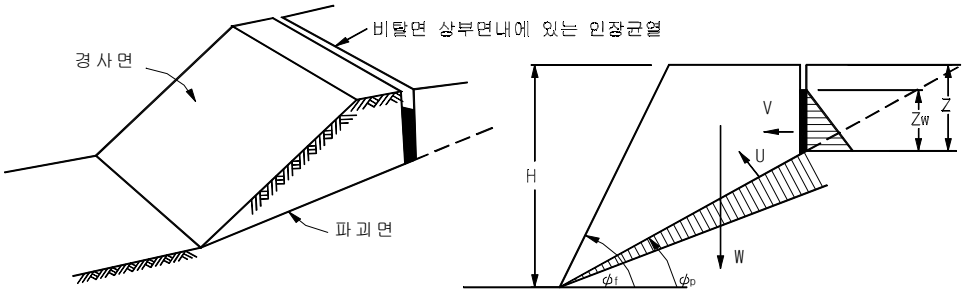
따라서 이러한 사면의 안정해석은 토질역학적 접근방식으로 해석이 가능하다. 사면의 안전율은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$F = \frac{\text{활동에 저항하는 유효전단강도}}{\text{파괴면을 따라 작용하는 전단응력}} \qquad (12.4)$$

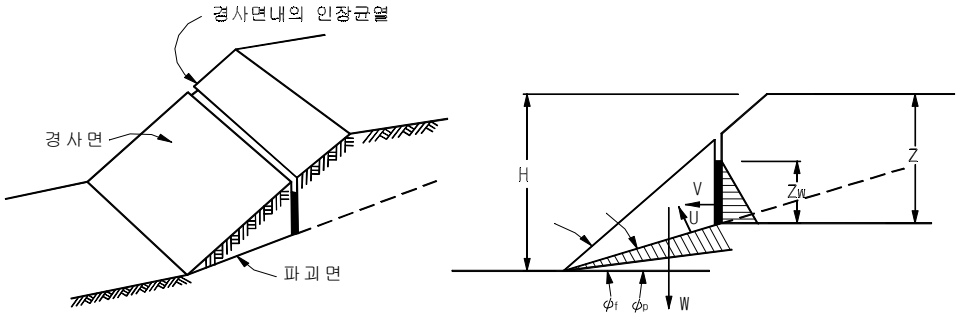
2) 평면파괴

평면파괴는 층리면과 같은 지질학적 불연속면이 경사면과 동일한 방향이고 마찰각보다 더 큰 각도로 경사져 있을 때 발생한다.

평면파괴가 발생하기 위해서는 예외가 있을 수 있지만 파괴가 발생할 불연속면의 경사방향과 사면의 경사방향의 차이가 ±20°이내에 존재해야 하며 불연속면의 경사각이 사면의 경사각보다는 작고 마찰각보다는 더 커야 한다.



(a) 비탈면 상부면에 인장균열을 가진 비탈면



(b) 인장균열을 가진 비탈면의 기하학적 조건

[그림 12.8] 인장균열을 가진 사면의 기하학적 조건

[그림 12.8]은 한계평형해석에서 고려되는 평면파괴의 일반적인 기하학적 조건이다. 여기서 사면의 안정성 해석은 인장균열의 위치에 따라, 인장균열이 사면의 상부면에 존재하는 경우와 사면의 경사면내에 존재하는 경우로 구분하여 실시한다.

사면의 안전율은 활동을 유발시키는 힘의 총합에 대한 활동에 저항하는 힘의 총합의 비로 계산된다.

$$F=\frac{cA+(W\cos\Psi_p-U-V\sin\Psi_p)\tan\phi}{W\sin\Psi_p+V\cos\Psi_p} \qquad (12.5)$$

여기서, c : 절리면의 점착력,

A : 활동면의 면적((H-z)cosec Ψ_p)

W : 암괴의 자중

Ψ_p : 활동면의 경사각

Ψ_f : 사면의 경사각

U : 파괴면에 작용하는 수압

V : 인장균열에 작용하는 수압

ϕ : 활동면의 마찰각

한편, 수압에 의한 작용력 U와 V는 다음과 같다.

$$U=\frac{1}{2}\gamma_w z_w(H-z)\,\mathrm{cosec}\,\Psi_p \qquad (12.6)$$

$$V=\frac{1}{2}\gamma_w z_w^2 \qquad (12.7)$$

여기서, γ_w : 물의 단위중량(t/㎥)

z_w : 인장균열 H의 물의 높이(m)

H : 사면의 높이(m)

Ψ_p : 활동면의 마찰각(°)

3) 쐐기파괴

쐐기파괴는 두 불연속면 위에 놓여있는 쐐기형 암반이 두 불연속면과 만나서 이루는 교선을 따라 아래로 미끄러져 내리는 파괴 형태를 말한다.

쐐기파괴는 쐐기를 이루는 두 불연속면에 작용하는 수직력 뿐만 아니라 두 파괴면의 밑면적이 고려된 마찰력과 점착력, 그리고 수압과 기타 외력의 영향에 의존하므로 매우 복잡한 양상을 띤다. 미끄러짐이 가능하려면 교선의 경사각이 사면의 경사각보다 작고 마찰각보다 커야 한다.

쐐기를 형성시키는 두 불연속면의 마찰각이 같다고 가정하면 [그림 12.9]에서 도시된 쐐기의 안전율은 식 (12.8)과 같이 정의된다.

$$F = \frac{(R_A + R_B)\tan\phi}{W\sin\psi_i} \qquad (12.8)$$

여기서, RA, RB : A, B면상의 수직반력

W : 쐐기를 이루는 암반의 중량

ϕ : 사면의 마찰각

ψ_i : 교선의 경사각

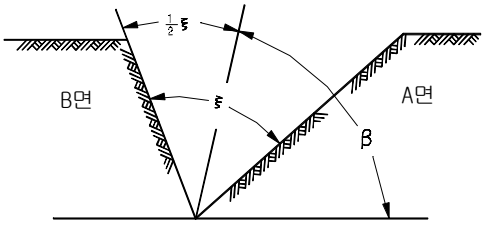
RA, RB를 구하기 위해 교선에 대한 수평 및 수직방향의 성분으로 나누어 표시한 후 RA, RB를 더하고 이를 위 식에 대입하면 식 (12.9)와 같이 사면의 안전율을 구할 수 있다.

$$F = \frac{\sin\beta}{\sin\frac{1}{2}\xi}\,\frac{\tan\phi}{\tan\psi_i} \qquad (12.9)$$

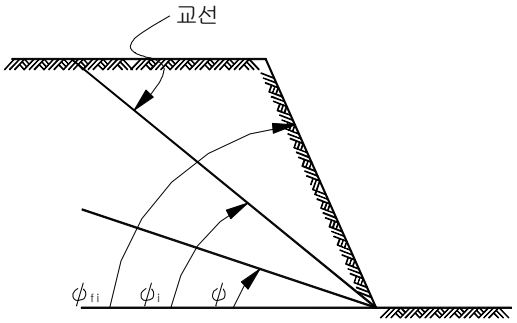
여기서, β : 수평면에서 쐐기 이등분선까지의 각

ξ : 쐐기의 사이각

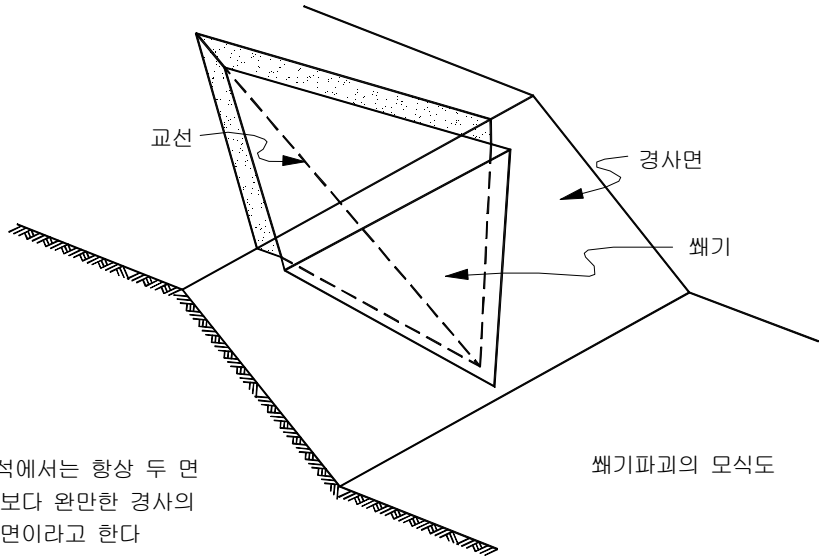
β와 ξ는 [그림 12.9]에서와 같이 평사투영망을 이용하여 구할 수 있다.



교선방향에서 본 모습

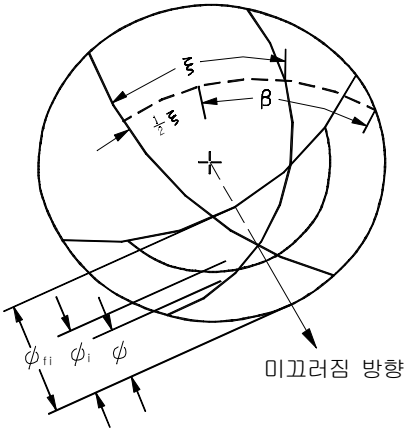


교선의 직각방향에서 본 모습



주) 쐐기해석에서는 항상 두 면 중에서보다 완만한 경사의 면을 A면이라고 한다

쐐기파괴의 모식도



쐐기파괴 형상의 평사투영도

[그림 12.9] 쐐기파괴의 해석

다. 토사사면의 안정해석

사면은 중력에 의한 자중의 위치에너지를 항상 갖고 있다. 여기에 간극수압, 재하중, 지진 등의 외력이 작용하면 사면의 안정은 큰 영향을 받는다. 이때 자중 및 외력에 의해 발생되는 사면내부의 전단응력이 사면을 구성하고 있는 흙이 갖고 있는 전단강도보다 크게 되면 사면파괴가 생기게 된다.

토사사면의 안정해석은 원호파괴에 대한 해석이 주를 이루며, 암반사면의 경우에도 토층이 3m 이상 되거나 풍화가 심하고 불연속면이 매우 조밀하게 발달했을 경우 원호파괴에 대한 안정해석을 실시하여야 한다.

1) 허용안전율

토사사면 안정해석에서 안전율은 주어진 활동면에 대한 흙의 전단강도를 사면에 발생하는 전단응력으로 나눈 값이다. 다시 말하면 안전율이란 사면이 한계평형상태에 도달하도록 강도 정수를 나누어 주는 계수이다.

따라서 이론상으로는 안전율이 1이상이면 사면은 안전한 것이지만 실제에 있어서는 안전율이 허용안전율(Allowable Factor of Safety) 이상이 되어야만 사면을 안전한 것으로 판정한다. 이는 사면의 실제거동에 대한 불확실성을 도입한 안전율 개념이다. 이 허용안전율의 역할은 여러 가지가 있으나 크게 두 가지로 정리하면 다음과 같다.

(가) 자료의 불확실성에 대한 대비 기능

① 강도 정수의 불확실성

② 하중의 불확실성

③ 해석방법과 파괴모델의 불확실성

(나) 사면의 변형을 허용치 이내로 제한하는 기능

(경험적 요소로 한계평형상태에 대한 여유)

2) 안정해석 조건

토사사면의 토질이 점성토인 경우 절취로 인한 응력감소로 시간이 경과함에 따라 팽창하게 되고, 따라서 강도가 감소하여 장기적인 안정이 절토 직후의 안정보다 중요하다.

사면안정해석 시점에 따른 강도정수 적용을 다음과 같이 분류하였으며, [표 12.23]은 유효응력과 전응력 해석시의 전단강도식을 나타낸 것이다.

(가) 절토 직후의 안정

① 모래, 자갈 토질인 경우

유효응력해석을 하며, 강도정수는 압밀배수(CD)삼축시험 또는 직접전단시험 결과를 사용한다. 단, 입자크기, 시료성형, 시료채취가 곤란한 경우는 상대밀도와 입

도를 고려하여 추정 사용할 수 있다.

② 점성토인 경우

전응력 해석을 적용하며, 강도정수는 현장상태와 동일한 밀도와 함수비 조건에 대해 비압밀비배수(UU)삼축시험을 한다.

(나) 장기안정 상태

간극수압을 고려한 유효응력 해석을 적용하며, 강도정수는 압밀배수(CD)삼축시험, 직접전단시험, 압밀비배수(CU)삼축시험에서 구하여 적용한다.

(다) 수위급강하 상태

압밀된 후 하중조건이 급변하여 배수가 될 시간이 없으므로 전응력해석을 적용하며, 강도정수는 현장밀도와 함수비조건으로 압밀비배수(CU)삼축시험으로 하며, 압밀압력은 각 시료에 동일하게 적용하고 파괴시 축압만 변화시킴에 유의한다.

[표 12.23] 전단강도식

해 석 조 건	유효응력 해석	전응력 해석
전단강도식	$S = C' + \sigma \tan \phi'$ S : 활동면에서의 전단강도 σ : 유효응력 C′, φ′: 유효응력에 대한 점착력 및 전단 저항각	$S = Cu + \sigma \tan \phi u$ S : 활동면에서의 전단강도 σ : 전응력 Cu, φu: 전응력에 대한 점착력 및 전단 저항각

3) 기타 반영 사항

상용화된 사면 안정 해석프로그램의 경우 각각 사용하는 해석방법이 조금씩 다를 수 있으나 대부분 타당하고 유효한 해석법을 사용하고 있으므로 해석결과의 차이는 크지 않다. 따라서 사면 안정 검토에 있어서는 해석방법의 차이보다는 강도정수와 사면의 기하학적 조건이 가장 중요한 사항이다.

한편, 사면 안정해석시 대상사면에서의 다음과 같은 기타조건도 반영하여야 한다.

(가) 국부적인 파괴나 활동으로 교란된 이력이 있는 대상사면에 대한 시험은 시료를 충분히 변위시킬 수 있는 링 전단시험 또는 직접 전단시험을 실시하여 잔류강도의 강도정수를 해석에 반영한다.

(나) 인장균열 깊이와 인장균열에 수압이 작용하는 경우 등도 반영하여야 한다.

(다) 보강된 경우의 사면 안정 검토는 외적 안정 검토시 복합보강지반을 중력식 구조물과 같이 보고 실시하며, 내적 안정 검토시는 보강구조체에 붕괴면을 가정하고 힘의 균형으로 안정을 검토한다.

라. 안전성평가 기준

안전성평가는 안전점검(정밀점검, 긴급점검)에서는 상태기준이 D 이하로 판정되거나, 전문가에 의해 안전성평가 요구가 있을 경우에 실시하며, 정밀안전진단에서는 필수적으로 수행되어야 한다. 안전성평가에서는 안정해석 결과(안전율)를 통해 안전성평가 결과를 산정한다.

절토사면은 자연지반이 주 구성물질이므로 안정해석을 실시함에 있어 타 시설물에 비해 불확실성이 높은 요소들이 많이 존재한다. 따라서 절토사면의 안전성평가 기준은 인공구조물로 이루어진 타 시설물에 비해 높은 수준의 평가기준을 적용하는 것이 바람직하므로 국내에서 표준(건설공사비탈면설계기준)으로 사용되는 허용안전율을 평가기준에 적용한다. 또한 기준산정에 있어 안정해석 결과가 허용안전율 보다 클 경우에는 설계기준에 적합한 상태이므로 B, C가 아닌 A로 산정하며, 허용안전율 보다 작을 경우에는 보강 및 사용제한 등의 조치가 필요한 D, E로 산정한다.

[표 12.24] 절토사면 안전성평가 기준

평가기준	상 태	
	건기	우기/내진
A	안전율 1.5 이상	안전율 1.2 이상/1.1 이상
B	–	–
C	–	–
D	안전율 0.75 이상, 1.5 미만	안전율 0.75 이상, 1.2 미만/ 안전율 0.75 이상, 1.1 미만
E	안전율 0.75 미만	안전율 0.75 미만

- 암반사면 : 건기시 – 인장균열면이나 활동면을 따라 수압이 작용되지 않음.
  우기시 – 인장균열이나 활동면을 따라 작용되는 수압을 HW=1/2H로 가정하여 적용
  * 평사투영해석 시 안정한 것으로 해석되어 한계평형해석을 수행하지 않았을 경우는 평가기준을 “A"로 한다.
- 토사사면 : 건기시 – 지하수위 미고려
  우기시 – 지하수위는 지표면에 위치
- 두 가지 이상의 파괴유형에 대하여 안정해석을 실시하였을 경우
  가장 작은 안전율 값을 안전성평가에 적용한다.

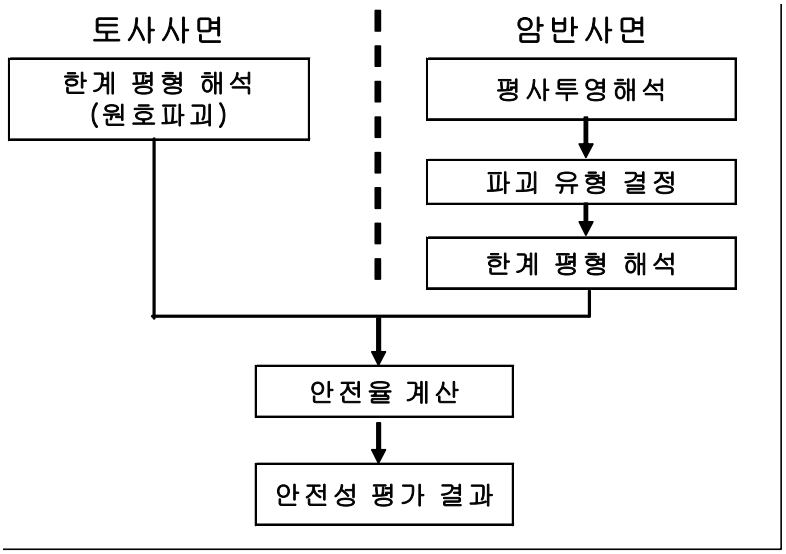
12.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 산정

절토사면의 안전성평가는 사면을 구성하는 지반의 구성물질 및 파괴거동에 따라 다양한 측면에서 검토되어야 한다.

토사사면과 토층은 일반적으로 원호파괴해석이 주를 이루는 반면, 암반사면은 평사투영해석을 실시하여 불연속면을 따른 암반의 파괴 가능성 및 파괴유형을 검토한 후 이에 부합하는 한계평형해석을 실시하여야 한다. 또한 암반사면의 경우라 할지라도 지반의 강도 특성이나 불연속면의 분포 특성 등에 따라 토사사면과 같은 연속적인 거동이 가능한 암반의 경우는 이와 별도로 원호파괴 가능성에 대한 검토가 이루어 져야 한다. [그림 12.10]은 안전성평가 과정을 나타낸 흐름도이며, [표 12.25]는 각 절토사면의 종류에 따른 개략적인 해석 범위를 기술한 것이다.

이러한 과정을 거쳐 최종 안정성 해석 결과가 도출된다면 앞 절에서 언급한 안전성평가 기준을 근거로 각 절토사면의 안전성평가 결과를 산정한다.



[그림 12.10] 안전성평가 결과 산정 과정

[표 12.25] 절토사면의 유형별 안정해석 범위

구 분	평사투영 해석	한계평형해석		비 고
		토 사	암 반	
토사사면		○		
연약암반 사면	○	○	○	· 평사투영해석결과 불안정시 파괴 유형에 따른 한계평형해석 수행 · 평사투영해석결과와 별도로 원호파괴해석 실시
파쇄암반 사면	○	○	○	· 평사투영해석결과 불안정시 파괴 유형에 따른 한계평형해석 수행 · 평사투영해석결과와 별도로 원호파괴해석 실시
절리암반 사면	○		○	· 평사투영해석결과 불안정시 파괴 유형에 따른 한계평형해석 수행 · 3m이상 토층이 관찰될 경우 평사투영해석결과와 별도로 원호파괴해석 실시

[표 12.26] 절토사면의 안정해석 프로그램의 예

구 분		사용되는 강도정수	프로그램
한계평형 해석	원호파괴	지반의 단위중량(건조/습윤), 점착력, 내부마찰각	PC STABL5M, PCSTABL6, TALREN, SLOPE/W, UTEXAS, MALE, PC-SLOPE, STABRD, STABL 등
	평면파괴	암반의 단위중량, 절리면의 점착력, 절리면의 마찰각, 사면 및 절리의 경사/경사방향	ROCPLAN, ROCKPACK 등
	쐐기파괴	암반의 단위중량, 절리면의 점착력, 절리면의 마찰각 사면 및 절리의 경사/경사방향	SWEDGE, ROCKPACK 등
평사투영해석		사면 및 절리의 경사/경사방향, 절리면의 마찰각	DIPS, FLAC MAN 등

나. 안전성평가 결과 산정 방법

[표 12.27] 절토사면의 안전성평가 결과 산정 예

시설물 안전성평가 결과 산정표				
시설물명		○○절토사면	표번호	
파괴유형		안전율	평가결과	비 고
평면파괴	건기	3.4	a	완전 건조시
	우기	1.98	a	완전 포화시
쐐기파괴		-	a	쐐기블록 형성 안됨
전도파괴		-	a	전도파괴 위험 불럭 없음
안전성 평가결과		◦안전성평가 결과 : A		

12.6 종합평가 기준 및 방법

12.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 12.28]의 종합평가지수에 따라 결정한다.

[표 12.28] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수(E)	종합평가 기준	비 고
0.00 ≤ (E) < 0.15	A	
0.15 ≤ (E) < 0.30	B	
0.30 ≤ (E) < 0.55	C	
0.55 ≤ (E) < 0.75	D	
0.75 ≤ (E)	E	

12.6.2 종합평가등급 산정 방법

가. 종합평가등급 산정

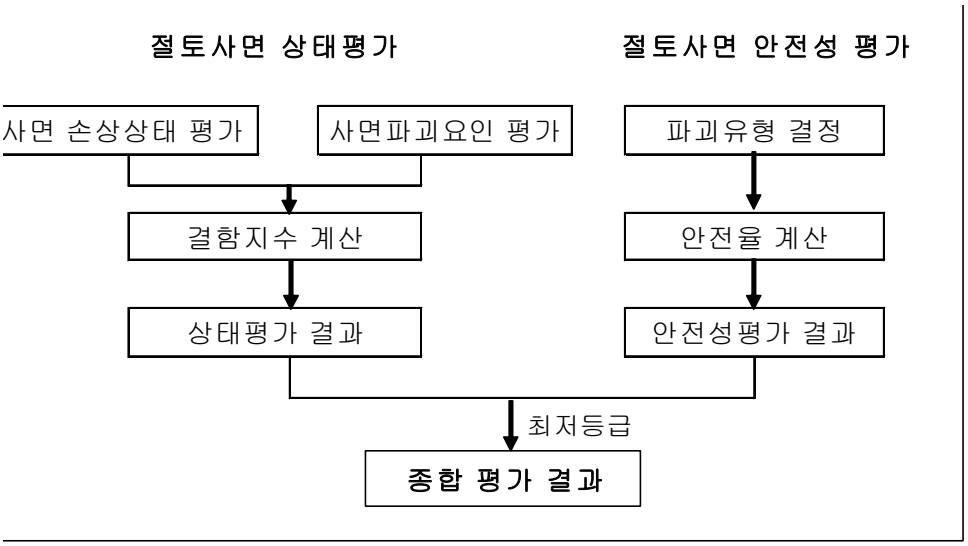
절토사면 상태평가와 안전성평가 결과 2개 등급 중 최저등급을 절토사면 종합평가결과로 결정한다. ([그림 12.11] 참조)

1) 정밀점검

절토사면의 손상상태 평가와 파괴요인 평가를 종합하여 절토사면 상태평가 결과를 결정하며, 절토사면 안전성평가를 시행한 경우에는 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교하여 최저등급을 절토사면 종합평가 결과로 결정한다.

2) 정밀안전진단

절토사면 상태평가 결과(손상상태 평가 + 파괴요인 평가)와 안전성평가 결과 중 최저등급을 절토사면 종합평가 결과로 결정한다.



[그림 12.11] 종합평가 결과 산정 과정

나. 종합평가 결과 산정 방법

상태평가와 안전성평가를 모두 시행했을 경우의 종합평가 결과 산정 예시는 다음 [표 12.29]와 같다.

[표 12.29] 절토사면의 종합평가 결과 산정 예

절토사면 종합평가 결과 산정표				
시설물명	○○ 절토사면		표번호	
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	F=0.38	C	근거표번호	
안전성평가	안전율=1.98 (우기시)	A	근거표번호	
종합평가	-	C		
종합평가 결과	· 상태평가 등급과 안전성평가 등급 중 최소 등급을 선택 · 절토사면의 종합평가결과 : C			

12.7 보수·보강 방법

절토사면 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

[표 12.30] 절토사면 대책공법의 종류 및 적용

구분	종 류	공 법 개 요	적 용
보강공법	절취공법 (경사완화)	사면의 경사를 완화시켜 사면의 안정성을 증대시키는 공법	토사사면 암반사면
	록볼트 (rock bolt)	강봉을 이용하여 암체들 서로를 연결시켜 암반의 전단강도를 증가시키는 공법	암반사면
	앵커 (anchor)	앵커의 인장력으로 암반블록이나 토체를 안정된 지반에 고정하여 안정화 시키는 공법	토사사면 암반사면
	소일네일링 (soil nailing)	지중에 보강재를 좁은 간격으로 삽입하여 사면의 전단강도를 증가시키는 공법	토사사면 연약/파쇄암 반사면
	억지말뚝	절토사면의 하중을 말뚝의 수평저항으로 받아 활동을 억지시키는 공법	토사사면
	다우웰 (dowel)	소규모의 국부적인 탈락이 예상되는 암블록에 직경 25mm, 길이 1-3m 정도의 강재를 설치하여 암블록의 탈락을 방지시키는 공법	암반사면
	콘크리트 버팀벽 (buttress)	사면의 암 탈락에 의해 지지력이 상실된 구간에 버팀벽을 설치하여 보강하는 공법	토사사면 암반사면
	옹벽	옹벽구조물을 설치하여 옹벽이 배면토압을 부담하도록 하여 사면을 안정화시키는 공법	토사사면
	마이크로파일 (micro pile)	지중에 천공 후 강관을 삽입하고 시멘트 밀크를 주입하여 소구경 파일을 형성하는 공법	토사사면
	보강토 공법	흙 사면내에 보강재를 배치하여 보강재와 흙의 마찰력을 이용하여 파괴나 변형에 저항하는 공법 (그라우팅 공법 등)	토사사면
	조합 공법	여러 보강공법을 조합하여 시공하는 공법	토사사면 암반사면

[표 12.30] 절토사면 대책공법의 종류 및 적용 (계속)

구분	종 류	공 법 개 요	적 용
보호공법	식생공	절토사면 표면에 식생을 하여 우수에 의한 침식을 방지하고 풍화작용을 억제시키는 공법	흙 사면 암반사면
	돌쌓기, 블록쌓기	경사도가 1:1이상(45°이상)인 절토사면에 사용하며 돌이나 블록 등으로 사면을 덮어 풍화 및 침식을 방지하는 공법	흙 사면
	돌붙임, 블록붙임	경사도가 1:1이하(45°이하)인 절토사면에 사용하여 옹벽으로서의 역할과 함께 풍화 및 침식을 방지하는 공법	흙 사면
	콘크리트격자	콘크리트 격자를 사면에 덮어 절토사면의 표면붕락을 방지하는 공법	흙 사면
	숏크리트 (shotcrete)	표면 정리후 철망을 앵커핀으로 고정시킨 후 시멘트 모르터를 뿜칠하여 표면을 보호하는 공법	암반사면
	개비온(돌망태) (gabion)	철망상자속에 돌채움을 한 돌망태를 벽돌 쌓는 방법으로 쌓아 올려 벽체를 형성하는 공법	흙 사면 암반 사면
	조합 공법	여러 보호공법을 조합하여 시공하는 공법	토사사면 암반사면
낙석방지공법	뜬돌제거	절토사면상의 뜬돌, 전석이 박리 또는 낙하되지 않도록 제거하는 공법	암반사면 토사사면
	와이어로프 걸이	뜬돌이나 전석이 움직이지 않도록 격자모양의 와이어로프나 여러개의 로프를 이용하여 절토사면상에 고정시키는 공법	암반사면
	낙석방지망	방지망의 장력 및 자중을 이용하여 이완된 암석을 포획하거나 암석의 운동에너지를 억제하는 공법	암반사면
	낙석방지울타리	지주, 와이어로프, 철망, 유연성 재료 등으로 구성된 울타리로 낙석에너지를 흡수하는 공법	암반사면
	피암터널	강재, 철근콘크리트 및 PC 콘크리트 등으로 도로위에 처마를 설치하여 낙석을 받아 막거나 계곡으로 낙하시켜 낙석에 의한 피해를 방지하는 공법	암반사면
	낙석방지 옹벽	토사나 전석이 도로에 유입되는 것을 방지하기 위해 절토사면 앞에 옹벽을 설치하는 공법	암반사면 토사사면
	낙석흡수도랑 (ditch)	절토사면의 하단부에 도랑을 설치하여 낙석을 방지하는 공법	암반사면
	조합 공법	여러 낙석방지공법을 조합하여 시공하는 공법	토사사면 암반사면

12.7.1 보수・보강공법의 종류

절토사면의 보수・보강은 다음의 4 종류로 구분된다.

가. 경사완화 및 구조물에 의한 보강공법

나. 표면보호공법

다. 낙석방지공법

라. 배수공법

가. 경사완화 및 구조물에 의한 보강공법

1) 경사완화(절취공법)

경사완화공법(또는 절취공법)은 활동하려는 토괴 또는 암괴를 제거하여 활동하중을 경감시킴으로써 절토사면의 안정을 도모하는 방법이다.

절토사면의 경사를 완화하여 활동암괴를 제거하므로 확실한 안정공법으로 여겨지나 절취를 실시하였음에도 불구하고 파괴가 발생하는 경우가 있다. 특히 절토사면내에 연약대층이 함유되어 있는 경우에는 절취 후 파괴가 계속될 수 있다. 그러므로 공사 중간에 절토사면의 잠재적인 내적 취약점을 명확히 조사하여 사면의 안정성을 재검토하고, 필요하다면 앵커공과 같은 다른 보강공법과 병행하여 시공해야 한다.

절토사면 상부의 자연 사면의 경사도가 큰 경우에는 굴착량이 막대하고, 경제성, 시공성의 면에서 어려운 점이 많으므로 다른 보강공법을 고려하는 것이 바람직하다.

절취경사의 결정은 표준경사도를 기초로 하며 지반의 특성 및 지형적 조건과 같은 현장 여건 그리고 시공성을 종합적으로 고려하여 판단하여야 하며 붕괴요인을 가진 지반의 경우 주의하여야 한다. 특히 암반사면의 경우는 지표지질조사 및 시추조사에 의해 파악된 절리의 방향성 및 발달상태에 따라 각각의 절토사면에 대하여 안정해석을 실시하여 사면 경사를 결정하는 것을 우선으로 한다.

2) 록볼트(rock bolt)

록볼트는 이완암반과 모암의 일체화를 목적으로 혹은 불연속면을 경계로 한 여러 층을 일체화하기 위한 목적으로 사용한다.

록볼트의 작용효과는 부재의 전단강도나 원지반과의 인발저항에 의한 직접적인 원지반의 보강뿐만 아니라 간접적으로 원지반의 물성을 강화하는 효과가 있다. 록볼트를 사용하는 경우에는 절토사면 표면의 얕은 위치에 견고한 암반이 존재하여야 한다.

록볼트의 정착력을 정확히 추정하는 것은 곤란한 경우가 많기 때문에 사전에 인발시험을 실시하여 정착범위를 확인하여 두는 것이 중요하다.

3) 앵커(anchor)

앵커는 흙, 또는 암반의 절토사면 이완된 지반이나 불연속면 등이 존재하고 붕괴할 염려가 있는 경우나 불안정한 절토사면의 안정을 꾀할 경우에 사용한다.

앵커는 단독으로 사용하는 경우와 현장타설 콘크리트 격자, 옹벽, 억지말뚝과 병용시키는 경우가 있으며 지지력을 구하는 방법, 안전성, 신뢰성, 내구력의 문제 등 설계 및 시공측면에서 미해결된 면이 있기 때문에 충분한 검토가 필요하다. 앵커의 종류는 앵커와 지반의 정착방식에 따라 마찰형, 지압형, 복합형이 있다.

4) 소일네일링(soil nailing)

소일네일링 공법은 네일(nail)이라고 불리우는 보강재를 프리스트레싱 없이 좁은 간격으로 지반에 삽입하여 절토사면의 전체적인 전단강도를 증가시킨다. 또한 숏크리트 등으로 굴착면을 보호하는 표면보호공을 조합하여 시공하는 경우가 많다.

소일네일링 공법의 장점은 가격이 비교적 저렴하고, 장비가 단순하며 접근이 어려운 장소와 협소한 공간에서도 작업이 용이하다는 점이며, 단점은 지하수위가 없는 지반 또는 지하수위의 저하에 의해 안정화된 지반에 제한적으로 사용된다는 점이다.

5) 억지말뚝

억지말뚝 공법은 절토사면의 활동하중을 말뚝의 수평저항으로 받아 활동을 억지시키는 공법이다.

억지말뚝의 설계시에는 말뚝에 발생하는 휨모멘트와 전단력을 고려하여, 말뚝의 단면, 종류, 간격 등을 결정한다. 휨모멘트가 큰 경우에는 말뚝머리에 앵커를 설치할 수도 있다. 말뚝의 타설위치는 지반활동시 압축상태에 놓이게 되는 절토사면의 말단부 근처가 유리하다.

억지말뚝 공법은 기초부 암반이 토압으로 인해 활동현상이 발생한 지역, 토층 사이의 경계면에서 평면파괴가 발생하거나 풍화층의 유실과 침식으로 표면 붕괴의 우려가 있는 지역, 급경사의 토사사면으로 경사완화가 불가능하거나 단층파쇄대 구간으로서 지하수위가 낮고 침투수 영향이 적은 구간에 적용된다.

6) 다우웰(dowel)

다우웰 공법은 암반에서의 소규모 단독 분리암괴에 의해 암괴의 탈락이 예상될 때 암괴를 절토사면에 고정하기 위하여 적용하는 공법이다. 즉, 직경 25㎜, 길이 1~3m 정도의 철봉을 보링공 내에 삽입하여 그라우트 주입을 실시함으로서 절리면의 전단강도를 증가시키는 수동보강형 공법이다.

7) 콘크리트 버팀벽(buttress)

절토사면에서 암탈락이 발생하거나 사면 절취시 과다발파에 의하여 사면상에 빈 공간이 생기게 되면 절토사면 하부의 지지력을 상실하게 되어 또 다른 암탈락이 발생할 위험이 커진다. 이러한 경우, 하부의 빈 공간에 콘크리트 버팀벽을 설치하여 경제적으로 절토사면의 안정성을 높일 수 있다.

8) 옹벽

옹벽은 벽의 자중과 저판상부의 토사 중량 등으로 토압에 저항하여 절토사면을 지탱하고 안정을 도모하기 위한 목적으로 설치하는 벽체 구조물이다.

옹벽의 설계시 안정성 확보를 위하여 전도에 대한 안정성, 미끄러짐에 대한 안정성, 지반의 지지력 등에 대하여 검토를 수행해야 한다. 미끄러짐에 대한 안정성만이 부족한 경우에는 옹벽 바닥면에 활동방지용 턱(shear key)을 설치할 수도 있다.

9) 마이크로 파일(micro pile)

마이크로 파일은 토사사면에 적용하는 공법으로 지중에 천공 후 지름 162.5㎜의 강관을 삽입하고 시멘트 밀크를 주입하여 소구경 파일을 형성하는 공법으로 암반이 견고할 때 별도의 장비가 필요하나 시공성과 품질 확보가 우수하다.

10) 보강토 공법

보강토 공법은 흙쌓기나 흙깍기 사면내에 강재나 망 등의 보강재를 배치하여 보강재와 흙의 마찰력을 이용하여 파괴나 변형에 저항하는 공법이다.

보강토 공법은 지형 등의 제약을 받아서 흙쌓기나 흙깎기의 적정경사를 확보할 수 없는 경우나 절토사면을 보강할 필요가 있는 장소 또는 도시부에서 용지보상비가 과다한 장소 등에 사용한다.

주된 공법으로서 흙쌓기에서는 보강토벽공법, 망에 의한 보강공법 등이, 흙깎기에서는 철근 삽입, 각종 그라우팅, 강화섬유 주입 등의 보강공법이 있다.

나. 표면보호공법

1) 식생공

식생공은 절토사면에 대하여 식생을 실시하는 공법으로 우수에 의한 침식 방지, 지표면 온도변화의 완화, 뿌리로 표토를 묶어 동상붕락의 억제 및 완화, 미적효과 등을 목적으로 한다.

그러나 식생공의 억지효과에 대한 평가가 어렵기 때문에 사면의 안정성 계산에는 이러한 식생공을 포함시키지 않는다. 따라서 식생공은 사면이 안정되어 있는 곳이나 억지

효과가 있는 구조부재와 병행하여 이용한다.

국내 사면 보호공법으로 사용되는 식생공은 떼심기, 씨앗뿌리기공법, 씨앗 부착 거적덮기, 코이어넷(coir net), 코매트(co-mat), 녹생토 등 여러 종류가 있다.

2) 돌쌓기, 블록쌓기

돌쌓기이나 블록쌓기 공법은 1:1 이상(45° 이상)의 급경사 절토사면에 사용되며 절토사면의 풍화 및 침식등을 방지하고 옹벽으로서 토압에도 충분히 견딜 수 있는 구조이어야 한다.

돌쌓기 공법은 흙막이용, 절토사면 보호용으로 옛날부터 사용되어 왔으나 최근에는 블록쌓기 공법이 많이 사용되고 있다.

3) 돌붙임, 블록붙임

돌붙임이나 블록붙임 공법은 절토사면의 풍화 및 침식 등의 방지를 주목적으로 하여 1:1 이하(45° 이하)의 완경사 절토사면에, 특히 점착력이 없는 토사 및 허물어지기 쉬운 절토사면에 사용한다.

돌붙임 및 블록붙임 공법은 표면 보호공으로서 사용되는 이외에 소규모의 절토사면 붕괴의 되메움 보호 등에서도 사용된다.

4) 콘크리트 격자

① 콘크리트 격자 블록

용수가 있는 흙깎기 절토사면, 장대 절토사면이나 표준경사보다 급한 흙쌓기 사면에서 상황에 따라 식생이 적합하지 않은 곳 혹은 식생을 실시하더라도 표면이 붕낙할 염려가 있는 경우에 사용된다. 경사가 1:0.8(55°)보다 완만한 절토사면에 사용하는 것이 좋다.

일반적으로 격자는 프리캐스트 제품으로 격자의 교점부분에는 활동방지 말뚝 혹은 철근 등을 설치한다. 격자 내에는 비옥토를 되메우고 식생을 해서 보호하는 것이 좋으나 사면경사가 1:1.2(40°)보다 급한 경우, 많은 용수가 있는 경우 혹은 비옥토가 얻기 힘든 경우, 기타 식생만으로는 유출될 염려가 있는 경우 등에는 잡석을 넣어서 보호한다.

미관을 중요시 할 경우에는 돌붙임 사이에 씨앗 비옥토를 채우거나 씨앗뿜어붙이기공을 병용하거나 식생망태를 사용하여 녹화할 수도 있다. 용수가 특히 많은 경우에는 절토사면에 도수를 설치할 필요가 있다.

② 현장타설 콘크리트 격자

용수가 있는 풍화암이나 장대절토사면 등에서 절토사면의 장기적인 안정이 염려되는 곳, 혹은 콘크리트 블록 격자공으로는 붕낙할 염려가 있는 곳에 사용된다.

격자는 철근콘크리트의 현장타설로 용수처리를 충분히 실시하고, 격자내에는 상황에 따라 찰쌓기식 돌붙임, 블록붙임, 콘크리트 붙임, 식생 등으로 보호한다.

암반 중에 균열이 많고 물이 침투해서 풍화를 촉진하던가 붕낙을 일으킬 염려가 있는 경우에는 모르터 뿜어붙이기 혹은 시멘트 밀크의 주입 등도 병용된다.

상황에 따라 격자의 교점부분에 활동방지 말뚝이나 앵커를 설치한다. 격자는 절토사면에 박히도록 하는 방법과 사면위에 설치하는 방법이 있다. 연약한 지반에 설치할 경우에는 콘크리트 기초가 필요하다.

5) 모르터 및 콘크리트 뿜어붙이기(숏크리트)

절토사면에 용수가 없고 당장 붕괴의 위험성은 없으나 풍화되기 쉬운 암석 또는 풍화로 인해 박리될 염려가 있는 암석이나 호박돌이 섞인 토사 등 식생이 적당하지 않은 곳에 사용된다.

모르터 뿜어붙이기공은 비교적 엷게 뿜어 붙일 경우에, 콘크리트 뿜어붙이기공은 비교적 두껍게 뿜어 붙일 경우에 사용된다. 뿜어 붙일 면에 다소의 용수가 있는 경우에는 물구멍을 만들어 적절한 배수처리를 하여야 하며 또한 장래 붕괴의 원인이 될 수 있는 노출된 곳을 남기지 않아야 한다.

6) 돌망태옹벽(개비온,gabion)

개비온(gabion)은 일정규격의 직사각형 아연도금 철망상자 속에 돌채움을 한 돌망태를 벽돌 쌓는 방법으로 쌓아 올려 벽체를 형성하는 공법으로서 콘크리트 옹벽 대체공법으로 사용한다.

본 공법의 특징은 배수성이 양호하기 때문에 설계시에 수압의 작용을 고려할 필요가 없다. 그러나 차도에 가깝고 경사가 급한 곳에 사용할 경우는 장기적으로 철선의 부식으로 인해 돌이 떨어져서 낙하할 수 있기 때문에 시공시 충분한 주의가 필요하다.

다. 낙석방지공법

낙석방지공법은 절토사면에서 풍화의 진행, 지진, 호우 등에 의해 낙석의 위험이 있는 것으로 판단되는 곳에 실시한다.

낙석방지공법의 선정은 절토사면의 상황, 즉 절토사면의 지형, 지질 및 식생상황 등과 같은 조사결과에 근거하여야 하며 낙석발생시 예상되는 피해 정도에 따라 이러한 방법들을 조합시키거나 선택하여 선정한다.

1) 뜬돌제거

뜬돌제거는 사면상의 뜬돌이나 이완암블록이 낙하하지 않도록 직접 낙석을 억지하거나 제거 또는 정리하는 것이다.

2) 록볼트 및 앵커

록볼트 및 앵커 공법은 낙석방지 공법의 일환으로 사용되기도 하며 앞에 언급된 경사완화 및 구조물에 의한 공법 중 록볼트공 및 앵커공을 참조하여 고려할 수 있다.

3) 와이어로프 걸이

뜬돌이나 전석이 구르거나 미끄러지 않도록 격자모양으로 짠 와이어로프나 수 개의 로프 등을 사용하여 그 기초를 덮거나 걸어서 사면상에 고정시키는 경우에 사용한다.

뜬돌이나 전석이 거대한 경우나 토지의 제약 조건 등으로 사면에 고정시켜야 할 때에 자주 사용되지만 이 공법은 영구적인 구조물이 아닌 가설 구조물로 취급한다. 와이어 로프의 앵커는 뜬돌이나 전석의 무게에 충분히 견디도록 기초부까지 충분히 넣고 또 돌이 로프에서 빠져나가지 않도록 한다.

4) 낙석방지망

낙석방지망은 강우나 풍화, 나무뿌리의 작용 등으로 인해 낙석발생 가능성이 있는 부분을 망으로 덮어 낙석을 예방하는 공법으로 망의 장력 및 자중과 이완된 암석의 포획효과에 의해 암석의 운동에너지를 억제하는 공법이다.

낙석방지망공은 구조물에 의한 절토사면 보호공을 시공하지 않은 암반 또는 자갈 혼입 토사 절토사면에 낙석이 예상되는 경우에 사용한다.

낙석 방지망공은 낙석의 발생을 미연에 방지하고, 만일 낙석이 발생한 경우에 돌이 튀지 않도록 사면끝으로 유도하는 것을 목적으로 하고 있다. 종류로는 포켓(주머니)식, 비포켓식이 있다.

5) 낙석방지울타리

낙석방지울타리는 지주, 와이어로프, 철망, 유연성 재료 등을 이용하여 낙석에너지를 흡수하는 것으로써 일반적으로 50kJ 이하의 소규모 낙석대책으로 주로 사용되나 유연성 등을 이용하여 50kJ 이상의 큰 낙석에너지를 흡수할 수 있는 기능성 낙석방지울타리도 다양하게 개발되어 있다.

낙석방지울타리는 장대 절토사면 등에서 지진 또는 집중호우 등으로 낙석이 발생하는 경우에 낙석방지망만으로는 낙석을 효과적으로 제어하기 힘들 것으로 판단되는 위치에 사용한다. 특히, 경암, 연암, 및 자갈 혼입 토사 등으로 구성된 절토사면에서 낙석방지망만으로는 낙석의 위험을 효과적으로 대처하기 힘든 경우에는 낙석 방지울타리를 설치하는 것이 바람직하다.

토사가 혼합되어 낙하하는 경우는 콘크리트 옹벽을 설치하고 그 상부에 낙석방지울타리를 설치한다.

8) 피암터널

피암터널은 강재, 철근콘크리트 및 PC 콘크리트 등으로 도로위에 처마를 설치하여 낙석을 받아 막거나 계곡으로 낙하시켜 낙석에 의한 피해를 방지하는 공법이다.

피암터널은 급한 장대사면이 연이어져 있는 경우나 낙석의 규모가 커서 낙석방지울타리만으로는 방지할 수 없는 경우 또는 낙석의 지름이 큰 경우에 사용한다. 피암터널의 상부에는 완충재(토사 등)를 두어 낙석의 충격을 완화하여야 하며 상단부 표면은 경

사지게하여 발생된 낙석을 다른 방향으로 유도하여 충격에너지를 감소한다.

9) 낙석방지 옹벽

낙석방지 옹벽은 토사나 낙석이 도로에 떨어지는 것을 방지하기 위해 설치하는 구조물이다.

낙석방지 옹벽은 그 배후에 주머니부를 설치하여 어느 정도의 낙석이나 붕토를 퇴적시킬 수 있는 구조로 하는 것이 바람직하기 때문에 배면 지형은 사면경사가 완만한 경우와 도로의 측방에 여유가 있는 장소가 조건으로 된다.

낙석방지 옹벽공을 설계할 경우 예상되는 낙석의 중량, 속도, 최대 도약고, 지형, 지질 등을 고려하여 옹벽의 안정(연직지지, 수평지지, 전도) 및 구체 단면의 강도에 대하여 검토하여야 한다.

10) 낙석 방지 제방 및 도랑(ditch)

절토사면의 하단부에 설치하는 낙석 방지 도랑은 도랑을 설치할 공간이 확보되어 있다면 낙석을 방지하는데 효과적이고 경제적인 방법으로 지형, 지질 등의 현장 조건을 이용하여 낙석 에너지의 흡수 및 낙석의 유도를 도모하는 것이다.

흙제방 및 도랑을 설치하는 경우에는 배수공을 병설하여 배수대책도 충분히 배려할 필요가 있다.

라. 배수공법

1) 산마루측구

절토사면의 상부자연사면에 콘크리트 U형 수로 등의 배수로를 설치함으로써, 강우나 강설에 의해 지표수가 절토사면내로 침투하는 것을 방지하여 절토사면내 간극수압의 상승을 차단하거나 지표수의 흐름을 차단시켜 절토사면의 침식을 방지하는 공법이다.

산마루측구 시공시 측구와 지표가 밀착되지 않는 경우, 측구와 지표 틈새로 강우가 침투하여 배수효과가 거의 없을 뿐 아니라 토층이 유실되어 지반침하가 발생하는 경우가 많으므로 측구와 지표를 반드시 밀착시켜야 한다. 또한 품질관리를 위하여 가능한 현장타설 콘크리트 배수로를 설치하는 것이 바람직하다.

2) 소단배수로

소단배수로는 절토사면에 흐르는 빗물이나 용수에 의한 침식을 방지하기 위하여 폭이 3m 이상인 넓은 소단에 설치한다.

종단경사에 따라 배수처리를 실시하며 20m이상 절토 구간이 끝나는 곳에서는 산마루측구와 연결 또는 방류하여 절토사면이 유실되지 않도록 설치한다. 단, 비탈면 침식의 위험성이 적다고 판단될 때는 설치하지 않을 수 있다.

3) 도수로

도수로는 집수된 물을 수로 또는 도로외부로 유출시키는 기능을 수행한다. 원칙적으로 현장타설 콘크리트로 설치하며 도수로의 주변은 콘크리트로 보호하고 세굴이나 풀 등의 유입에 의한 통수기능 저하를 방지한다.

4) 수평배수공

절토사면 내에 비교적 깊은 지반내에 지하수를 배제하는 경우나 지하배수공(암거공) 등에 의해 지하수위 저하를 기대할 수 없는 경우에 횡방향공을 굴착하고 유공관등을 삽입하여 배수한다.

수평배수공의 길이는 2m 이상이 바람직하다.

규모가 큰 지반활동지대에서는 배수터널이나 여러 본의 보정공을 조합하여 처리한다.

5) 집수정

집수정은 물빼기 보링공으로는 보링 길이가 길게 되는 경우나 기반 부근에 집중적으로 지하수를 집수하는 경우에 사용한다.

절토사면의 보수・보강공법은 사면의 구성재료와 공법의 원리에 따라 [표 12.31] 및 [표 12.32]으로 구분하여 적용하여야 한다.

[표 12.31] 토사사면의 원리별 대책공법 종류

원 리	공 법
경사도완화	절취
흙막이 (토류공)	앵커(anchor)
	소일네일링(soil nailing)
	억지말뚝
	마이크로 파일(micro pile)
	옹벽
	개비온(gabion)
배수	산마루측구
	수평배수공
	소단배수로
	도수로
표면보호	식생공
	격자블록
	돌쌓기, 돌붙임

[표 12.32] 암반 사면의 원리별 대책공법 종류

원 리	공 법
경사도완화	절취
암반보강	록볼트(rock bolt)
	앵커(anchor)
	다우웰(dowel)
	콘크리트 버팀벽(buttress)
	숏크리트(shotcrete)
간극수압감소	수평배수공
	측구배수공
표면보호	식생공
낙석제어	낙석방지망
	낙석방지울타리
	뜬돌제거(면정리)
	낙석흡수 도랑(ditch)
	피암터널

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침

승인 국토해양부 건설안전과
발행 한국시설안전공단

1996년 3월 일 초판
2000년 9월 일 개정
2003년12월 일 개정
2009년 3월 일 개정
2010년12월 일 개정

* 본 세부지침의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은 국토해양부 건설안전과 및 한국시설안전공단으로 연락하여 주시기 바랍니다.

한국시설안전공단
(http://www.kistec.or.kr)

(우) 411-758 경기도 고양시 일산서구 시민대로 1160
대표전화 1599-4114, 031-910-4114

본 세부지침의 내용은 공단홈페이지에서
다운로드 받으실 수 있습니다.