
제5장 댐

5.1 관리일반

5.2 현장조사

5.3 재료시험 항목 및 수량

5.4 상태평가기준 및 방법

5.5 안전성평가기준 및 방법

5.6 종합평가기준 및 방법

5.7 보수·보강 방법

제5장 댐

5.1 관리일반

5.1.1 적용 범위

본 장은 법 제2조(정의)에 따라 정하고 있는 시설물 중 댐 시설물에 적용한다.

○ 제1종시설물

- 다목적댐, 발전용댐, 홍수전용댐 및 총저수용량 1천만톤 이상의 용수전용댐

○ 제2종시설물

- 제1종시설물 해당하지 않는 댐으로서 지방상수도전용댐 및 총저수용량 1백만톤 이상의 용수전용댐

댐 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 건설기준코드(구 댐 설계기준)
- 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 국토교통부 발행 각종 관련 건설기준코드(구 표준시방서 등)

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

※ 다기능 보 및 사방댐의 안전점검 및 정밀안전진단 실시는 본장의 안전점검 및 정밀안전진단 요령을 준용할 수 있다.

5.1.2 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)
- 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
- 추락방지시설
 - 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설
- 도로부 신축이음부
 - 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대 시설에 포함된 도로교량에 한함)
- 환기구 등의 덮개
 - 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)

5.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

댐 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 5.1]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」 제4조에 따른 제1종·제2종시설물에 해당되는 경우에는 「법」 제11조 및 제12조에 따라 제1종시설물은 정밀안전점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 하고, 제2종시설물은 정밀안전점검을 실시하여야 한다.

[표 5.1] 댐 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 댐체	○	○	○	기본과업
	◦ 여수로	○	○	○	
	◦ 기초 및 양안부	○	○	○	
	◦ 여수로 수문	○	○	○	
부대 시설물	◦ 부댐	○		○	선택과업
	◦ 취수시설	○		○	
	◦ 수압터널 및 도수터널	○		○	
	◦ 발전소 구조물	○		○	
	◦ 공도교	○		○	
	◦ 스톱로그	○		○	
기타 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			선택과업
	◦ 옹벽	○	○	○	
	◦ 절토사면	○	○	○	
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	○	기본과업
	◦ 도로포장	○	○	○	
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	○	

주1) 선택과업은 별도 대가를 반영하여 실시

5.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

댐 시설물의 구조안전에 중대한 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 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 ‘플립버킷의 하류 또는 기초의 침식’에 대한 상태평가기준의 “d” 이하인 경우

2) 댐 본체의 균열 및 시공이음부의 시공불량 등에 의한 누수

- 필댐 댐마루의 ‘중·횡방향 균열’에 대한 상태평가기준의 “d” 이하인 경우
- 필댐의 ‘상류사면 누수’ 또는 ‘하류사면 누수’ 등에 대한 상태평가기준의 “d” 이하인 경우
- 콘크리트댐 하류면 ‘수축시공이음부 누수’ 등에 대한 상태평가기준의 “d” 이하인 경우

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

- 일반적인 콘크리트 구조물에서 ‘탄산화 잔여 깊이’ 또는 ‘전염화물 이온량’ 등에 대한 상태평가기준이 “d” 판정으로 ‘철근노출’ 상태평가기준에서 “e”를 포함하는 경우
- 탄산화 잔여 깊이 또는 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “e” 판정인 경우

4) 물이 흘러 넘치는 부분의 콘크리트 파손 및 누수

- 필댐 여수로 조절부의 ‘월류부 웨어 구조물의 손상 및 노후화’에 대한 상태평가기준의 “e” 인 경우

5) 기초지반의 누수,파이핑 및 세굴

- 필댐 기초 및 양안부의 ‘기초의 침식 및 침투’에 대한 상태평가기준의 “d” 이하인 경우

6) 수문의 작동불량

- 기계설비의 개폐장치(권양기식, 유압식) 작동상태에 대한 상태평가기준의 “d” 이하인 경우

※ 1), 2), 5), 6)항의 상태변화에 대한 평가유형은 중요결함이며, 3), 4)항의 상태변화에 대한 평가유형은 국부결함으로 분류하고 있다.

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

댐 시설물의 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 공중이 이용하는 부위의 적용 범위는 다음과 같다.

다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 추락방지시설

○ 추락방지시설에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

2) 도로포장

○ 도로포장에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

3) 도로부 신축이음부

○ 도로부 신축이음부에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

4) 환기구 등의 덮개

○ 환기구 등의 덮개에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

5.2 현장조사

5.2.1 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 - 체체의 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 - 독과 사면의 침식 - 기타사항	

4) 일반적인 콘크리트의 손상 및 노후화

위 치	점 검 사 항	비 고
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
개폐 장치	권양기식 (와이어로프) - 작동 유무 - 와이어 로프 손상 - 마찰부 손상(시브, 감속기, 커플링) - 기타사항	
	유압식 - 작동 유무 - 유압 유니트 손상 - 작동기 및 유압배관 손상 - 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	

7) 공중이 이용하는 부위

위 치	점 검 사 항	비 고
공중이 이용하는 부위	- 추락방지시설의 상태 - 도로부 포장 및 신축이음부 상태 - 환기구 등의 덮개 상태 - 기타조사	

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 상태평가기준은 필댐 참고

4) 공중이 이용하는 부위

○ 공중이 이용하는 부위의 점검사항은 필댐 참고

5.2.2 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, 관리연보 및 지진 관련자료 기록을 검토한다.

2) 댐체

(가) 필댐

- ① 필댐에서의 누수는 발생위치, 발생량, 혼탁상태 등의 조사를 시행하여야 하며, 누수발생 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 균열 위치, 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 여수로로는 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, 뒤통재 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 막기 위한 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 개폐장치(권양기식, 유압식)

수문 및 개폐장치에 관련된 기전설비의 안전점검은 댐의 안전에 직접적으로 관련된 설비(댐체의 수문 및 개폐장치)에 대하여 실시한다.

6) 부대시설 등

상기한 대상시설물을 제외한 부대시설물 등으로서 댐 시설의 안전에 직접영향을 미치는 시설물에 한하여 검사자가 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 관리주체와 협의 후 별도의 대가를 반영하여 조사를 실시한다. 이때, 판단이 필요한 시설물은 기타시설물인 옹벽 및 절토사면 등이 있으며 해당 시설물이 물넘이에 영향(옹벽 및 절토사면 높이의 2배 이내에 물넘이 시설이 위치한 경우)을 미쳐 월류 등 2차 피해를 유발하는 경우 등이 해당한다.

7) 공중이 이용하는 부위 조사

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

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 현장 조사를 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

- ① 댐 준공 후부터 정밀안전진단 수행 시점까지의 퇴사량 조사 결과를 검토하여 향후의 퇴사 특성을 예측, 판단기준으로 활용할 수 있다.
- ② 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, 홍수량상, 설계에 사용된 확률홍수량 등에 대하여 검토한다.
- ③ 최근까지의 강우자료가 포함된 수문자료를 이용하여 확률홍수량 및 가능최대 홍수량을 산정한 후 댐 설계당시의 설계홍수량과 비교·평가한다.
- ④ 저수지의 운영수위가 저수지 조작규정에 제시된 수위(상시만수위, 제한수위 등)에 적합하게 유지되는지 검토한다.

3) 댐체

정밀안전점검 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, 결함 상태를 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 수치해석 모델링에 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

정밀안전점검 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

정밀안전점검의 외관조사 사항을 기초로 정밀안전진단을 실시한다.

6) 수문 및 개폐장치

수문 및 개폐장치에 관련된 기전설비의 정밀안전진단은 댐의 안전에 직접적으로 관련된 설비(댐체의 수문 및 개폐장치)에 대하여 조사하며, 기본과업과 선택과업의 구분은 정밀안전점검의 경우 [표 5.2]를 기준으로 하고, 정밀안전진단의 경우 [표 5.3]의 기준을 따른다. 그 외 부대설비(취수문·방수문·기타밸브 등)에 대해서는 선택과업으로 실시한다.

7) 부대시설 등

상기한 대상시설물을 제외한 부대시설물 등으로서 댐 시설의 안전에 직접영향을 미치는 시설물에 한하여 검사자가 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 관리주체와 협의 후 별도의 대가를 반영하여 조사를 실시한다. 이때, 판단이 필요한 시설물은

기타시설물인 옹벽 및 절토사면 등이 있으며 해당 시설물이 물넘이에 영향(옹벽 및 절토사면 높이의 2배 이내에 물넘이시설이 위치한 경우)을 미쳐 월류 등 2차 피해를 유발하는 경우 등이 해당한다.

8) 공중이 이용하는 부위 조사

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

[표 5.2] 기전설비 정밀안전점검 과업구분

구분	기본과업	선택과업(필요시)
외관조사	○ 수문(강재) 상태변화 － 강재 부식 및 도장손상, 체결상태 등	○ 개폐장치 손상상태 － 권양기식 · 와이어로프, 감속기 등 － 유압식 · 유압유니트, 작동기 및 유압배관 등 ○ 기타 기전설비의 손상
조사·재료 시험	—	○ 강재조사·시험 － 도막두께측정 ○ 수문조사시험(기전설비) － 각종 기기 작동시험 － 절연·접지저항 측정 ○ 계측시설 조사

[표 5.3] 기전설비 정밀안전진단 과업구분

구분	기본과업	선택과업(필요시)
외관조사	○ 수문(강재) 상태변화 - 강재 부식 및 도장손상, 체결상태 등	○ 기계설비 상태조사 - 수문 상태조사 - 개폐장치 상태조사 · 권양기식 - 주요마찰부 작동조사(베어링, 기어, 롤러 등), 와이어로프, 시브 등 · 유압식 - 유압유니트 - 작동기 및 유압배관 등 ○ 전기설비 상태조사 - 수문 현장제어반 - 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 5.4] 기계설비의 조사사항

구 분		세 부 사 항
권양기식	가이드 롤러(Guide Roller)	균열, 부식, 고착상태, 체결상태
	러버셀(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 스피들(Rope End Spindle)	로프상태, 운전상태
유압식	유압 실린더	변형, 손상 및 누유상태
	유압배관	손상, 부식 및 누유상태
	유압밸브	손상 및 누유상태
수문 및 문틀		도장 및 부식상태

[표 5.5] 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

5.3 재료시험 항목 및 기준수량

5.3.1 정밀안전점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 5.6] 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 염화물함유량¹⁾ ○ 철근탐사 시험
수문(강재)	—	○ 도막두께측정
기계·전기설비	—	○ 수문조사시험(기전설비)

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 5.7] 정밀안전점검 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	○ 콘크리트 비파괴강도 - 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
	○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	○ 콘크리트강도 - 국부파괴 : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사	○ 콘크리트 물성시험을 위한 철근위치(깊이) 탐사
	○ 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	수문 (강재)	○ 도장 및 부식 상태파악
	기계 전기	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시 ○ 주요외관조사 및 허용기준의 초과 여부

나. 재료시험 기준수량

[표 5.8] 정밀안전점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	필 땀	콘크리트땀	비 고
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	

주1) 콘크리트땀의 경우 무근콘크리트 부위를 제외한 철근콘크리트인 월류부의 복합부재별로 평가가 가능하도록 실시하여야 한다.

[표 5.9] 정밀안전점검의 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.

5.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 5.10] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 - 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 염화물함유량시험¹⁾ ○ 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, 유압실린더)
전기설비	○ 수문 작동유무	○ 수문 전기조사시험 - 공급전압 및 운전전류측정 - 절연·접지저항측정 - 주요부재의 작동확인 (현장제어반, 구동모터 등)

주1) 제1장 교량 1.3.2절 참조

[표 5.11] 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 발견 또는 관통 여부 등 평가 ○ 허용균열폭과의 비교·검토
	수문 (강재)	○ 도막두께측정	○ 도장상태 파악
선택 과업	기전설비	○ 수문 작동 유무 ¹⁾	○ 자동 및 수동작동 가능여부 등 판단
	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 5.3.2절의 나. 기계·전기설비의 “작동 여부” 평가기준에 따른다.

나. 재료시험 기준수량

[표 5.12] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	필 땀	콘크리트댐	비 고
반발경도시험	○ 개별시설별 3회 이상 ○ 여수로 : 개별시설별 6회 이상	○ 월류부 : 블록별 1회 이상 ○ 비월류부 : 2~3블록별 1회 이상	· 동일 부위에서 시험
초음파 전달속도시험			
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, 재상승, 하강, 하강 중 정지, 재하강으로 구분하여 작동상태를 확인. 관리주체와 책임기술자의 협의 결과에 따라 실시 여부를 결정한다.

[표 5.13] 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 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 10cm 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 여부를 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 접지 시스템별로 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 대수 별로 1회 이상 측정

5.4 상태평가기준 및 방법

5.4.1 상태평가항목 및 기준

가. 평가유형·영향계수 및 기준산정 방법

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가기준을 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 미치지 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

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

나. 상태평가항목 및 기준

1) 필댐

(가) 댐체 및 양안부

○ [댐 마 루]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
중·횡방향 균열	중요 결함	1.0	a	5	○ 중·횡방향 균열이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 중·횡방향 균열길이 0~1m 미만, 댐마루의 10% 이하인 상태
			c	3	○ 중·횡방향 균열길이 1m 이상~5m 미만, 댐마루의 10% 초과 ~50% 미만인 상태
			d	2	○ 중·횡방향 균열길이 5m 이상, 댐마루의 50% 이상 ○ 난간이 기울어진 상태
			e	1	○ 중·횡방향 균열길이 5m 이상, 댐마루의 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 10cm 이하로 경미한 상태
			c	3	○ 과도한 침하 및 부등침하량이 10cm 초과 ~50cm 미만인 상태
			d	2	○ 과도한 침하 및 부등침하량이 50cm 이상 ○ 댐마루 도로의 경사와 사면이 함몰된 상태
			e	1	○ 과도한 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 (용기 0cm ~50cm 미만, 측방이동 0cm ~ 30cm 미만인 변위 발생시)
			d	2	○ 과도한 수평변위로 댐마루 도로의 변형이 심각한 상태 (용기 50cm 이상, 측방이동 30cm 이상 변위 발생시)
			e	1	○ 과도한 수평변위로 댐마루 도로의 변형이 매우 위험한 상태 (용기 50cm 이상, 측방이동 30cm 이상 변위 발생시)
제체유실	중요 결함	1.0	a	5	○ 결함이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 댐마루 제체의 유실면적이 5m ² 이하인 상태
			c	3	○ 댐마루 제체의 유실면적이 5m ² 초과 ~15m ² 미만인 상태
			d	2	○ 댐마루 제체의 유실면적이 15m ² 이상 심각한 상태 (침하량과 누수량이 서서히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
			e	1	○ 댐마루 제체의 유실면적이 15m ² 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 1m 초과 ~2m 미만의 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 0cm~10cm 미만, 제체의 변형 0%~10% 이상인 상태
			c	3	○ 침하깊이 10cm 이상~50cm 미만, 제체의 변형 10% 초과 ~50%미만인 상태
			d	2	○ 침하깊이 50cm 이상, 제체의 변형 50% 이상인 상태
			e	1	○ 침하깊이 50cm 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<0.1mm, 조인트 열림<2.0mm, 철근부식확율 50%이상일 때)
			d	2	○ 차수벽의 노후화가 심각한 상태 (슬래브 균열폭≥0.1mm, 조인트 열림≥2.0mm, 철근부식확율 90%이상일 때)
			e	1	○ 차수벽의 노후화가 매우 심각한 상태 (슬래브 균열폭, 조인트 분리, 조인트 열림>2.5mm, 철근부식확율 100% 일 때)
사면 불안정	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% 미만이 유실된 상태
			c	3	○ 사면 전체의 10% 이상 ~ 50% 미만이 유실된 상태
			d	2	○ 사면 전체의 50% 이상이 유실된 매우 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 0m~0.5m 이하인 상태
		1.2	c	3	○ 사면침식고가 0.5m초과~2m 미만이며, 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 결합	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 L/sec 초과 ~ 1.0 L/sec 미만)
			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)
사면 불안정	중요 결합	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 결합	1.0	a	5	○ 사면불안정의 징후가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 사면 전체의 0% ~ 10% 미만이 유실된 상태
			c	3	○ 사면 전체의 10% 이상 ~ 50% 미만이 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 결합	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 0cm~1cm 이상, 개수 0~1개
		1.3	c	3	○ 사면에 동물의 굴 직경이 1cm 초과~5cm 미만, 개수 2~4개
		1.7	d	2	○ 사면에 동물의 굴 직경이 5cm 이상, 개수 5개 이상
		3.0	e	1	○ 사면에 동물의 굴 직경이 5cm 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	○ 과도한 침하 및 부등침하로 댐마루 도로의 경사와 사면이 함몰되고 기초가 불안정한 상태
			e	1	○ 과도한 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	○ 과도한 침하 및 부등침하로 기초가 불안정한 상태
			e	1	○ 과도한 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

○ [점 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 붕괴되거나 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 붕괴할 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 ≤ 5mm 등 노후화가 심각한 상태
		2.0	e	1	○에이프런 구조물의 손상 및 이음부 균열을 통한 침투, 부등침하 > 5mm 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 > 2mm 등 노후화가 심각한 상태
		2.0	e	1	○피어와 벽체 구조물의 손상 및 이음부 균열, 시공이음부 단차 > 5mm 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>2mm, 시공이음부 누수 등 노후화가 심각한 상태
		2.0	e	1	○월류부 웨어 구조물의 손상 및 균열, 박락, 철근노출, 이음부의 균열을 통한 누수, 시공이음부 단차 > 5mm 등 노후화가 매우 심각한 상태
문비가이드, 스톱로그 가이드 또는 문비 지수판에서의 공동화 현상	국부 결함	1.0	a	5	○문비가이드, 스톱로그 가이드 또는 문비 지수판에서의 공동화 현상이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○문비가이드, 스톱로그 가이드 또는 문비 지수판에서의 공동화 현상이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○문비가이드, 스톱로그 가이드 또는 문비 지수판에서의 공동화 현상이 경미한 상태
		1.4	d	2	○문비가이드, 스톱로그 가이드 또는 문비 지수판에서의 공동화 현상이 심각한 상태
		2.0	e	1	○문비가이드, 스톱로그 가이드 또는 문비 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 < 2mm 상태
			d	2	○ 바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 ≥ 2mm 상태
			e	1	○ 바닥슬래브의 부등침하로 인한 슬래브판의 변형, 들뜸, 단차 > 5mm 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>1.0mm, 깊이>15cm로 손상이 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 바닥슬래브의 콘크리트 균열 폭>5.0mm, 깊이>30cm, 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 > 2mm, 균열 및 누수 등 노후화가 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 벽체의 손상이 시공이음부 단차 > 5mm, 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 누수 < 4 L/min 경미한 상태
		1.2	c	3	○ 횡방향 이음부의 누수 4 L/min ≤ 누수 ≤ 75 L/min 이하인 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 결합	1.0	a	5	○ 플립버켓의 세굴이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 플립버켓의 세굴구멍의 지름과 깊이 < 0.15m 상태
			c	3	○ 플립버켓의 세굴구멍의 지름과 깊이 0.15m 이상, 0.30m 이하인 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 결합	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 > 5mm)
			e	1	○ 플립버켓의 하류 또는 기초의 침식이 매우 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 12mm, 측벽기울기 > 10°)
플립버켓의 이음부 손상	국부 결합	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 결합	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 > 12mm, 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)
독과 사면의 침식	국부 결함	1.0	a	5	○ 독과 사면의 침식이 없는 최상의 상태
		1.1	b	4	○ 독과 사면의 침식이 없는 양호한 상태
		1.2	c	3	○ 독과 사면의 침식이 경미한 상태
		1.4	d	2	○ 독과 사면의 침식이 심각한 상태
		2.0	e	1	○ 독과 사면의 침식이 매우 심각한 상태

(라) 기계설비

○ [개폐장치 - 권양기식]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	상태평가기준
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 정상 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 꺾임이 발생한 상태
		2.0	e	1	○ 와이어 로프의 직경감소가 7%이상, ○ 하나의 꼬임에서 소선 절단이 10% 이상, ○ 심한 킁크가 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

○ [개폐장치 - 유압식]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	상태평가기준
작동 유무 (수문 및 개폐장치)	중요 결함	1.0	a	5	○ 상승 및 하강에 이상이 없는 양호한 ¹⁾ 상태
			b	4	○ 작동 시 이음발생이 없으며 상승 및 하강에 이상이 없는 건전한 상태
			c	3	○ 상승 및 하강이 가능하나 이음발생 등이 있으며, 상하한 자동정지가 불량하나, 약간의 조정으로 원상복구가 가능한 상태
			d	2	○ 상승 및 하강이 정상작동되지 않고, 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
			e	1	○ 전혀 작동되지 않는 상태
유압유니트 손상	국부 결함	1.0	a	5	○ 시스템의 설정압력으로 유압유니트가 정상운전 되고 있는 양호한 상태
		1.1	b	4	○ 시스템의 설정압력으로 유압유니트가 정상운전 되고 있는 건전한 상태
		1.2	c	3	○ 시스템의 설정압력으로 운전되고 있으나, 유압유니트에 이상 소음 등이 있는 상태
		1.4	d	2	○ 시스템의 설정압력 이하로 성능이 저하된 상태
		2.0	e	1	○ 유압펌프 또는 밸브 등이 전혀 작동되지 않는 상태
작동기 ²⁾ 및 유압배관 손상	일반 손상	1.0	a	5	○ 작동기(유압실린더 등) 및 유압배관의 변형 · 손상이 없으며, 누유도 없는 양호한 상태
		1.1	b	4	○ 작동기(유압실린더 등) 및 유압배관의 변형 · 손상이 없으며, 누유도 없는 건전한 상태
		1.3	c	3	○ 작동기(유압실린더 등) 및 유압배관의 경미한 변형 · 손상 또는 수문 작동에 영향을 주지 않는 미세한 누유 등이 발생된 상태
		1.7	d	2	○ 작동기(유압실린더 등) 및 유압배관의 변형 · 손상, 누유로 정상 작동되지 않고, 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
		3.0	e	1	○ 전혀 작동되지 않는 상태

주1) 양호한 상태와 건전한 상태의 구분은 신규설치 되었는지의 여부를 기준으로 판단하며, 신규설치란 3년 미만의 사용연수를 가진 설비(구조물)를 의미함.

주2) 작동기란 유압으로 구동되는 액츄에이터로 유압실린더, 유압모터 등이 해당된다.

○ [수문 및 문틀]

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	상태평가기준
문비(강제) 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% 이상~10% 미만의 점부식이 관찰되는 상태
			d	2	○ 심화된 전면부식이 전단면에 발생되어 있거나, 건전부 모재두께의 10% 이상~30% 미만의 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 발생한 상태 (균열깊이 < 30cm)
			d	2	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 발생한 상태 (균열깊이 ≥ 30cm)
			e	1	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열 및 단차가 발생한 상태 (균열깊이 > 300cm, 단차 > 2mm)
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 mm) 상태
			d	2	- 수축이음부의 열림이(≥ 2.0 mm) 진행성인 상태
			e	1	- 수축이음부의 열림이(> 2.5 mm) 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(< 2.0mm) 상태
			d	2	○ 수축이음부의 열림이(≥ 2.0mm) 상태
			e	1	○ 수축이음부의 열림이(> 2.5mm) 상태
균열	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 < 150cm, 깊이 < 30cm)
			d	2	○ 연직 및 대각선 균열이 심각한 상태 (길이 ≥ 150cm, 깊이 ≥ 30cm)
			e	1	○ 연직 및 대각선 균열이 매우 위험한 상태 (길이 > 600cm, 깊이 > 150cm)
박락	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<150cm, 깊이<30cm)
		1.7	d	2	○ 박락이 심각한 상태 (길이≥150cm, 깊이≥30cm)
		3.0	e	1	○ 박락이 매우 위험한 상태 (길이>600cm, 깊이>150cm)

○ [하 류 면]

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(균열깊이<30cm) 및 단차가 발생한 상태
			d	2	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열(균열깊이≥30cm) 및 단차가 발생한 상태
			e	1	○ 상류에서 하류까지 확장된 횡방향 균열(균열깊이>300cm) 및 단차가(단차 > 2.5mm) 발생한 상태
수축 이음부 누수	중요 결함	1.0	a	5	○ 수축이음부를 통한 누수가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 수축이음부를 통한 누수가 양호한 상태 (이음부위당 < 3 L/min)
			c	3	○ 수축이음부를 통한 누수가 경미한 상태 (이음부위당 3 L/min ≤ 누수 ≤ 75 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)
시공이음부 누수	중요 결함	1.0	a	5	○ 시공이음부 누수가 없는 최상의 상태
			b	4	○ 시공이음부 누수가 양호한 상태 (이음부위당 < 3 L/min)
			c	3	○ 시공이음부 누수가 경미한 상태 (이음부위당 3 L/min ≤ 누수 ≤ 75 L/min)
			d	2	○ 시공이음부 누수가 심각한 상태 (이음부위당 > 75 L/min)
			e	1	○ 시공이음부 누수가 매우 위험한 상태 (이음부위당 > 370 L/min)
균열 및 박락	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 < 150cm, 깊이 < 30cm)
		1.7	d	2	○ 연직 및 대각선 균열과 박락이 심각한 상태 (길이 ≥ 150cm, 깊이 ≥ 30cm)
		3.0	e	1	○ 연직 및 대각선 균열과 박락이 매우 위험한 상태 (길이 > 600cm, 깊이 > 150cm)

(나) 검사랑

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용
횡방향 검사랑의 균열	중요 결합	1.0	a	5	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 없는 최상의 상태
			b	4	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 양호한 상태 (균열 폭 < 0.5mm)
			c	3	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 경미한 상태 (0.5mm ≤ 균열 폭 ≤ 1.0mm)
			d	2	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 심각한 상태 (균열 폭 > 1.0mm)
			e	1	○ 횡방향 검사랑에서의 균열이 매우 위험한 상태 (균열 폭 < 2.0mm, 균열을 통한 침투 > 38 L/min)
상류 종방향 검사랑의 균열	중요 결합	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 결합	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 < 2.0mm)
			d	2	○ 콘크리트 라이닝 균열 및 단차가 심각한 상태 (균열 폭 < 5.0mm, 단차 > 2.0mm, 침투 > 19 L/min)
			e	1	○ 콘크리트 라이닝 균열 및 단차가 매우 위험한 상태 (균열 폭 < 12.0mm, 단차 > 5.0mm, 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 > 5.0mm)

(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 결합	1.0	a	5	○ 30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
		1.1	b	4	○ 10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음.
		1.2	c	3	○ 0mm이상 ~ 10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
		1.4	d	2	○ 0mm미만	철근부식 발생 조건 만족
		2.0	e	1	○ 0mm미만	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인
전염화물 이온량	국부 결합	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 조건 만족
		2.0	e	1	○ 2.5kg/m ³ 이상	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인
철근노출	국부 결합	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	

주1) 일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」 (2003년)

※ 제1장 교량 [표 1.28] 참조

주2) 일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」 (2003년)

※ 제1장 교량 [표 1.29] 참조

주3) 철근노출 면적율 산정 방법

※ 제1장 교량 [표 1.11] 참조

주4) 탄산화 깊이에 대한 평가는 제1장 교량[표 1.28] 해설을 따른다.

상태변화	평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가 내용	
일반 구조물 균열	국부 결함	1.0	a	5	면적율 ¹⁾ 5% 이하	0.1mm 미만
		1.0	a	5		0.1mm~0.2mm 미만
		1.0	a	5		0.2mm~0.3mm 미만
		1.1	b	4		0.3mm~0.5mm 미만
		1.2	c	3		0.5mm 이상
		1.0	a	5	면적율 20% 이하	0.1mm 미만
		1.0	a	5		0.1mm~0.2mm 미만
		1.1	b	4		0.2mm~0.3mm 미만
		1.2	c	3		0.3mm~0.5mm 미만
		1.4	d	2		0.5mm 이상
		1.0	a	5	면적율 20% 이상	0.1mm 미만
		1.1	b	4		0.1mm~0.2mm 미만
		1.2	c	3		0.2mm~0.3mm 미만
		1.4	d	2		0.3mm~0.5mm 미만
		2.0	e	1		0.5mm 이상
수처리 구조물 균열	국부 결함	1.0	a	5	면적율 5% 이하	0.1mm 미만
		1.0	a	5		0.1mm~0.2mm 미만
		1.1	b	4		0.2mm~0.3mm 미만
		1.2	c	3		0.3mm~0.5mm 미만
		1.4	d	2		0.5mm 이상
		1.0	a	5	면적율 20% 이하	0.1mm 미만
		1.1	b	4		0.1mm~0.2mm 미만
		1.2	c	3		0.2mm~0.3mm 미만
		1.4	d	2		0.3mm~0.5mm 미만
		2.0	e	1		0.5mm 이상
		1.1	b	4	면적율 20% 이상	0.1mm 미만
		1.2	c	3		0.1mm~0.2mm 미만
		1.4	d	2		0.2mm~0.3mm 미만
		2.0	e	1		0.3mm~0.5mm 미만
		2.0	e	1		0.5mm 이상

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, KDS 14 20 00 (콘크리트구조 설계)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15~0.25mm 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4mm 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

주1) 콘크리트 균열 면적율 산정 방법(제1장 교량 [표1.11] 참조)

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 0.5mm 미만이면서 박리 면적을 10% 미만
		1.2	c	3	○ 박리깊이 0.5 ~ 1.0mm 미만이면서 박리면적을 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상
		1.4	d	2	○ 박리깊이 1.0 ~ 25mm 미만이면서 박리면적을 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5~10mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상
		2.0	e	1	○ 박리깊이 1.0~25mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상 ○ 박리깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실
박락 및 충분리	국부 결함	1.0	a	5	○ 박락/충분리의 발생이 없음
		1.1	b	4	○ 박락/충분리 깊이 15mm 미만이면서 면적을 10% 미만
		1.2	c	3	○ 박락/충분리 깊이 15~20mm 미만이면서 면적을 10% 미만 ○ 박락/충분리 깊이 15mm 미만이면서 면적을 10% 이상
		1.4	d	2	○ 박락/충분리 깊이 20~25mm 미만이면서 면적을 10% 미만 ○ 박락/충분리 깊이 15~20mm 미만이면서 면적을 10% 이상
		2.0	e	1	○ 박락/충분리 깊이 20~25mm 미만이면서 면적을 10% 이상 ○ 박락/충분리 깊이 25mm 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 확인한 상태 (많은 양의 분출)
파손 및 손상	일반 손상	1.0	a	5	○ 파손/손상 없음
		1.1	b	4	○ 파손/손상깊이 20mm 미만이면서 면적을 10% 미만,
		1.3	c	3	○ 파손/손상깊이 20~50mm 미만이면서 면적을 10% 미만 ○ 파손/손상깊이 20mm 미만이면서 면적을 10% 이상
		1.7	d	2	○ 파손/손상깊이 50~80mm 미만이면서 면적을 10% 미만 ○ 파손/손상깊이 50mm 미만이면서 면적을 10% 이상
		3.0	e	1	○ 파손/손상깊이 80mm 이상이면서 면적을 10% 미만, ○ 파손/손상깊이 50mm 이상이면서 면적을 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) 계측기¹⁾

(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% 이상~90% 미만인 상태
		1.2	c	3	○ 계측기 작동율이 70% 이상~80% 미만인 상태
		1.4	d	2	○ 계측기 작동율이 50% 초과~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% 이상~90% 미만인 상태
		1.2	c	3	○ 계측기 작동율이 70% 이상~80% 미만인 상태
		1.4	d	2	○ 계측기 작동율이 50% 초과~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% 이상~90% 미만인 상태
		1.2	c	3	○ 계측기 작동율이 70% 이상~80% 미만인 상태
		1.4	d	2	○ 계측기 작동율이 50% 초과~70% 미만인 상태
		2.0	e	1	○ 계측기 작동율이 50% 이하인 상태

1) 계측기 자체의 평가기준으로 상태평가에는 반영하지 않아도 됨

5) 공중이 이용하는 부위

평가항목	평가등급	상태평가 상세 기준
추락방지 시설	a	○ 손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
	b	○ 추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
	c	○ 추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○ 고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
	e	○ 추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태
도로포장	a	○ 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
	b	○ 포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
	c	○ 포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○ 깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○ 배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
	e	○ 도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태
도로부 신축이음부	a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
	b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생한 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
	c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
	e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태
환기구 등의 덮개	a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
	b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
	c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
	d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
	e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

5.4.2 상태평가결과 산정 방법

가. 댐 시설물 평가 단계별 절차

댐 시설물에 대한 상태평가는 [그림 5.1]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.



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

[그림 5.1] 댐 시설물 평가 단계별 절차

나. 상태평가 단계별 구분

시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 단계별로 구분하여 다음 표와 같이 평가 단계별 구분표를 작성하고 본 보고서에 수록한다.

[표 5.14] 댐 시설물의 상태평가 단계별 구분표(예시)

상태평가 단계별 구분			부재 및 시설물의 구분								
평가구분		평가대상									
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)									취수탑 좌안, 우안 옹벽 및 기전 설비
	2단계	개별부재	블록1(댐마루1 ... 상류면1 ... 하류면1 ...) 블록2(댐마루2 ... 상류면2 ... 하류면2 ...)	좌안 옹벽 1,2,... 우안 옹벽 1,2,... 바닥 슬래브 1,2,...	웨어 1,2,... 피어 1,2,... 좌안 옹벽 1,2,... 우안 옹벽 1,2,...	바닥 슬래브 1,2,... 우안 옹벽 1,2,... 좌안 옹벽 1,2,...	바닥 슬래브 1,2,... 우안 옹벽 1,2,... 좌안 옹벽 1,2,...	슬래브 1,2, ... 거더 1,2, ... 교대 1,2, ... 피어 1,2, ...	•개폐장치 로프 드럼 감속기 제동장치 유압유니 트 작동기 유압배관 •수문 외관 아암 보강재 트러니언 수밀부 롤러부 (가이드 플레이트 포함) •전기설비 현장 제어반 구동모 브레이크 (부위1, 부위2 ...)		
	3단계	복합부재	블록 1,2,3,...	접근 수로	조절부	급경사 수로	감세공	공도교	권양기 1,2,... 수문 1,2,... 전기설비 1,2,...		
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	필댐:제체1, <제체2> (콘크리트댐 : 비월류부)	필댐 : 여수로1 <여수로2> (콘크리트댐 : 월류부)				수문1, 수문2, ...	기타 시설		
				토목시설				기전설비			
종합평가	5단계	복합시설	제체	여수로					기타 시설		
	6단계	통합시설	00 댐								

※) 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 도식하고, 조사결과표에 개별부재에 대한 손상내용을 상세히 기록한 후, 그 손상 정도에 대하여 5단계(a~e) 상태평가결과 및 평가점수를 부여한다.

- 손상상태 평가표에는 평가항목에 없는 상태변화라 할지라도 모두 기록하는 것을 원칙으로 한다.
- 각 상태변화에 대한 상태평가결과가 c, d, e 등급일 경우 보수·보강 우선순위에 따라 보수·보강을 한다.

[표 5.15] 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. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.					
조 사 결 과 표					
번호	상태변화 종류	상태변화 내용	단 위	크 기	평가결과
①	균열	종방향균열	폭(mm)×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(E_1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E_2) 및 상태평가결과를 결정한다.

[표 5.16] 상태평가결과별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

상태평가결과별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수(F)				
평가기준	평가지수 (E_{1-7} , E_s , E_c)	평가기준 (평가점수 : M)		a (5)	b (4)	c (3)	d (2)	e (1)
a	$4.5 \leq E_1 \leq 5.0$	평 가 유 형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	$3.5 \leq E_1 < 4.5$		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	$2.5 \leq E_1 < 3.5$		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
d	$1.5 \leq E_1 < 2.5$							
e	$1.0 \leq E_1 < 1.5$							

▷ 결함 및 손상의 상태평가지수(E_1) = $M \times F$

- 여기서, M : 평가점수, F : 영향계수

▷ 개별부재의 상태평가지수(E_2) = Min (다수의 E_1 값)

- 평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용한다.

[표 5.17] 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 $E_1=M \times F$
중방향 균열	중요결합	부록참조	2	1.0	2.0
	국부결합				
가드포스트 파손	일반손상	부록참조	3	1.3	3.9
1. 개별부재의 상태평가지수(E_2) = 상태평가지수 E_1 중 최솟값 =					2.0
2. 개별부재의 상태평가결과 =					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(E_3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 평가지수(E_2)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(E_2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E_3)를 산출하고 상태평가결과를 결정한다.

▷ 복합부재의 상태평가지수(E_3) = $\sum(E_2 \times A \times W) / \sum(A \times W)$

여기서, E_2 : 개별부재의 상태평가지수
 A : 조정계수
 W : 중요도

[표 5.18] 평가지수에 따른 조정계수

평가결과	a	b	c	d	e
평가지수 ($E_1 \sim 7$, E_s , E_c)	5.0 ~ 4.5이상	4.5미만~ 3.5이상	3.5미만~ 2.5이상	2.5미만~ 1.5이상	1.5미만~ 1.0이상
조정계수(A)	1	2	3	6	6

[표 5.19] 중요도 조정방법(예)

구 분	댐 마 루	상류사면	하류사면	기타	비 고
중요도	40 $\pm 8(20\%)$	30 $\pm 6(20\%)$	30 $\pm 6(20\%)$	—	
중요도 (조정 후)	$40 \times 100 / 110$ $= 36.4$ $\Rightarrow 36$	$30 \times 100 / 110$ $= 27.3$ $\Rightarrow 27$	$30 \times 100 / 110$ $= 27.3$ $\Rightarrow 27$	10	

○ 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 부재가 추가되거나, 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[표 5.20] 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 $A \times W$	계산값 $E_2 \times A \times W$
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) = $\Sigma(E_2 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 1,021.2 / 406.0 =$ 2.52						
2. 복합부재의 상태평가결과 = 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(E_3)에 규모(길이, 면적, 부피, Capacity 등)를 반영하여 개별시설의 상태평가지수(E_c)를 산출하고 상태평가결과를 결정한다. 댐 시설물에서 규모(S)값은 조사면적(m^2)을 사용하는 것을 원칙으로 하고, 책임기술자의 판단에 따라 길이, 부피 등을 사용할 수 있다.
- 또한 개별시설의 평가단계에서는 안전성평가를 수행하여 종합평가결과를 결정한다.

$$\triangleright \text{개별시설의 상태평가지수}(E_c) = \text{Min} + V_1 \times V_2$$

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

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

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E_3) 최댓값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E_3) 최솟값

[표 5.21] 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(m^2) 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) 최댓값 (Max. Value) =				3.87
2. 상태평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) =				2.52
3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max.} - \text{Min.}) = 0.3 \times (3.87 - 2.52) =$				0.41
4. $V_2 = \sum(E_3 \times S) / (5 \times \sum S) = 3,549.5 / (5 \times 1050.0) =$				0.68
5. 개별시설의 상태평가지수(E_c) = Min. + $V_1 \times V_2 = 2.52 + 0.41 \times 0.68 =$				2.80
6. 개별시설의 상태평가결과 =				c

다. 기계 및 전기설비

- 기전설비의 상태를 평가하기 위한 평가단계별 구분은 수문을 개별시설에 해당하는 것으로 하고, 수문 및 개폐장치, 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 개폐장치 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 5.22] 기계 및 전기설비의 상태평가 단계별 구분표

상태평가 단계별 구분			부재 및 시설물의 단계별 구분		
평가구분		평가대상			
상태평가	1단계	상태변화※) (결함, 손상)	○ 개폐장치 로프, 드럼, 감속기, 제동장치, 유압유니트, 작동기, 유압배관	○ 개폐장치 로프, 드럼, 감속기, 제동장치, 유압유니트, 작동기, 유압배관	...
	2단계	개별부재	○ 수문 외판, 아암, 보강재 트러니언, 수밀부 롤러부(가이드 플레이트포함)	○ 수문 외판, 아암, 보강재 트러니언, 수밀부 롤러부(가이드 플레이트포함)	
			○ 전기설비 현장제어반 구동모터 및 브레이크설비 (부위1, 부위2, ...)	○ 전기설비 현장제어반 구동모터 및 브레이크설비 (부위1, 부위2, ...)	
	3단계	복합부재	권양기, 수문, 전기설비	권양기, 수문, 전기설비	...
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	여수로 기전설비	취수시설 기전설비	...
종합평가	5단계	복합시설	여수로	기타 시설	
	6단계	통합시설	00 댐		
	7단계	종합시설	-		

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

5.5 안전성평가기준 및 방법

5.5.1 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 상태평가결과 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 내진성능평가
- ⑧ 계측자료 분석 등
- ⑨ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

나. 내진성능평가

「법」 제12조제4항에 따라 내진성능평가를 실시할 경우 세부지침 [부록 1. 내진성능평가 공통적용사항](#)과 [부록 4. 내진성능평가 세부지침\(댐\)](#) 등에 따라 시설물의 내진성능을 만족시키도록 내진성능평가를 수행하며, [관련 문헌을 참고할 수 있다.](#)

다. 안전성평가의 적용

안전성평가항목별 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 안전성평가기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

5.5.2 안전성평가기준

가. 필댐

필댐에 있어서도 그 역학적 성질은 중력댐과 마찬가지로 체체 재료의 중량을 이용하는 것으로서 그 안전조건은 다음과 같다.

- 체체가 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 측정자료가 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 5.23]의 기준으로 평가하며, 또한 계측데이터는 기타 안전성 평가 항목에서 검토할 경우 입력자료로써 활용되거나 그 결과가 상호 비교되어야 한다.

[표 5.23] 계측데이터 검토에 대한 평가기준

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 한계동수경사를 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 5.24]는 토립자 입경에 의한 한계유속 기준표로서 실제의 댐체 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 댐체 및 기초지반에서의 침투유속에 대한 한계유속의 비로서 [표 5.25]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 5.25]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 i_c 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 사면 활동의 안전성 검토시 입력자료로 활용한다.

[표 5.24] 한계유속 기준표

재료번호	입경(mm)	한계유속(cm/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 5.25] 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

$$i_c = \frac{h}{d} = \frac{G_s - 1}{1 + e} = (1 - n)(G_s - 1)$$

i_c : 한계동수경사

h : 저수지 전수두(m)

d : 분사지점의 수두(m)

G_s : 토립자의 비중

e : 흙의 간극비

n : 흙의 간극율

3) 사면활동의 안전성 분석

체체 및 기초의 활동파괴에 대한 안전성의 검토에 고려되는 하중은 자중, 정수압, 간극수압 및 지진관성력으로 하고 이를 저수지의 상태에 따라 적용해야 한다. 활동파괴에 대한 안정계산에 사용하는 조건은 아래와 같으며, 하중조합은 건설기준코드(구 댐설계기준)을 참고하여 적용한다.

[표 5.26] 활동파괴를 검토하는 경우의 조건

구분	저수지 수위	정수압 계산 수위	침투수 (간극수압)의 상태	지진 관성력 설계진도	원형활동면 분할법 적용	
					응력표시	계산사면
1	완성직후	빈 경우	축제중 간극수압이 잔류	50%	전응력 또는 유효응력	상·하류측
2	설계 홍수위	설계 홍수위	설계홍수위에서 침투류가 정상상태	0%	유효응력	상·하류측
3	상시 만수위	상시 만수위	상시만수위에서 침투류가 정상상태	100%	유효응력	상·하류측
4	중간수위	중간수위	중간수위에서 침투류가 정상상태	100%	유효응력	상류측
5	수위급강하					
(a)	일상적으로 수위급강하가 이루어지는 댐	강하 후 수위 최저수위	상시만수위에서 최저수위까지 강하했을 때 이미 간극수압이 잔류	100%	유효응력	상류측
(b)	그 외 댐			50%	유효응력	

- ① 활동파괴에 대한 안정계산에 사용하는 체체의 자중은 댐체 완성직후, 정상침투시, 수위 급강하시 등의 경우에 따라 단위체적 중량을 달리 하여야 하며, 실제 시험 결과를 이용하는 것이 좋다. 댐체 완성직후는 검토가 필요한 경우에 한하여 수행하며, 정상침투 시는 상시만수위, 설계홍수위(최근에 수문학적 안전성 평가를 실시하여 재분석된 최고수위가 설계홍수위 보다 높은 경우는 이를 적용)를 적용하며, 중간수위는 상시만수위 이하의 수위로서 사면활동 최소안전율이 최저인 수위로 시산으로 산정한다. 수위급강하 시는 수위가 상시만수위에서 저수위 등 가능 최저 수위까지 저하하는 경우에 대하여 검토를 수행한다.

단, 표면차수벽형 석괴댐(CFRD)의 경우 수위급변화 조건에 따라 댐체의 간극수압의 변화가 미미하므로 수위급강하 시는 강하된 상태의 수위를 고려한다. 중간수위의 경우도 저수지 수위 자료를 분석하여 댐 운영 중 지속 가능한 저수지 수위 중 중간수위(댐 높이의 45~50%)에 가까운 수위를 적용할 수 있다.

- ② 체체의 지진관성력은 침윤선 윗부분은 습윤 중량에, 침윤선 아랫부분은 포화중량에 설계진도를 곱한 것으로 하고 작용위치는 절편의 활동면상으로 하며, 작용방향은 수평방향만 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 활동면법 또는 응력-변형해석법을 사용한다. 가장 일반적인 방법은 활동면법으로 실제의 활동 파괴 현상에 잘 부합될 뿐 아니라 안전측이기 때문이다.
- ⑥ 활동면법에는 블록해석법, 무한사면해석법, 평면해석법, 마찰원법 및 Ordinary, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, Spencer 등의 절편법 등이 있으므로 이중 적합한 것을 택하도록 한다.
- ⑦ 응력-변형해석법은 댐체 및 기초의 응력과 변형 등의 크기와 분포상태를 수치 해석적인 방법으로 구하는 방법이다.

활동면법에 따른 안정계산에 의하여 댐체의 안전성을 판단할 시는 최소안전율을 표시한다. 활동에 대한 기준 최소안전율은 재료의 시험과 안정계산의 정밀도가 불충분 하거나 연약지반 위의 댐과 같이 불안정 요소가 포함되었다고 판단되는 경우에는 1.5를 취하되 여타의 경우는 [표 5.27]의 조건별 최소안전율을 기준으로 한다.

‘사면활동에 대한 안전성 분석’ 평가등급은 각 조건에서 산출된 안전율을 [표 5.28]의 기준에 따라 평가한 후 안전측을 고려하여 가장 불안정한 상태를 나타내는 조건의 등급을 적용한다.

[표 5.27] 사면활동에 대한 기준 최소안전율 기준

구분	제체조건	저수상태	지진	안 전 율		비고
				상류	하류	
1	완성직후 (간극수압 최대)	바닥상태	있음	1.3	1.3	
2	완성직후	일부저수 ¹⁾	없음	1.3	—	
3	평상시	설계홍수위	없음	1.2	1.2	
4	평상시	만 수	있음	1.2	1.2	
5	평상시	일부저수 ²⁾	있음	1.15	—	
6	평상시	급 강 하	있음	1.2	—	

주1) 상류측 비탈면의 하부존이 암석 등으로 되어 있어 간극수압이 발생하지 않을 경우에 한함.

주2) 수위는 보통 댐 높이의 45~50%를 적용하여 계산함.

[표 5.28] 사면활동 안전성 검토에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 100% 이상이며 단면손실이 없는 경우
b	4	최소안전율 기준에 대해 산출된 안전율이 100% 이상이나, 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% 미만인 경우

한편, 상기 활동면법에서의 지진력은 지진계수에 의한 하중의 관성력과 동수압으로 대치하고 정역학적 방법으로 해석하는 진도법을 기본으로 한 것이며, 진도법에 의한 정역학적 해석법은 경험적인 방법으로 수행이 간단하나 강진 하에서의 댐의 실제 거동 및 성능을 확인하기 어려운 한계점이 있다. 이에 따라 기존 이루어지던 진도법에 보완하여 동적해석방법을 안전성 검토에 활용할 필요가 있다. 동적해석방법의 절차 및 방법, 평가기준에 대해서는 KDS 54 00 00(댐 설계기준)을 참조할 수 있다.

[표 5.27]의 조건 중 지진이 고려된 항목들을 [표 5.28]에 따라 평가하였을 때 “c” 이하로 산정된 조건에 대하여 동적해석을 실시할 수 있다. 동적해석 실시 결과 KDS 54 00 00(댐 설계기준)에서 정의하는 평가기준을 만족할 경우에는 해당 조건에 대하여 내진성능을 확보하고 있는 것으로 평가하며, 내진성능 확보 시 진도법에 의한 평가 등급을 최대 “b”까지 상향 조정할 수 있다. 내진성능 미확보 시 해당 조건의 진도법 평가등급을 그대로 적용한다.

지진을 고려한 조건의 평가등급과 지진을 고려하지 않은 조건의 평가등급을 비교하여 가장 불리한 결과를 ‘사면활동에 대한 안전성 분석’의 평가등급으로 적용한다.

4) 응력-변형의 안전성 분석

필댐은 점토, 모래, 자갈 등 자연재료를 이용하여 축조된 구조물로서 압축성을 가지고 있는 재료적 특성으로 인하여 성토 및 담수, 운영 중 수위변화 등의 과정을 통하여 침하, 용기, 국부적인 응력집중 및 균열, 응력전이에 의한 수압할렬 등이 발생할 수 있다. 따라서 과도한 변형, 균열, 누수량의 증가 등 댐체 및 기초에 중요한 손상이 발생되었거나 예상되는 경우 실시할 수 있다.

흙의 응력-변형 특성은 재료특성, 함수비, 포화도, 구속응력, 응력상태 등 여러 가지 복잡한 요인에 의해 변화되므로 일정한 수식으로 표현하기가 대단히 어렵다. 따라서 응력-변형 해석을 위한 모델은 댐체를 구성하고 있는 토질 역학적 특성을 반영할 수 있어야 하며, 적용하고자 하는 모델이 요구하는 매개변수는 실내 및 현장시험, 기존댐의 관측기록을 통하여 결정하여야 한다. 또한 성토속도, 담수속도, 시간경과에 따른 수위 변화 등의 조건이 반영된 해석을 수행하여 변형량, 국부파괴, 수압할렬 등을 분석, 지반거동에 따른 안전성을 평가한다.

- ① 응력-변형 해석에 의해 산출된 변위에 대한 안전성 평가
 - 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.
- ② 응력-변형 해석에 의해 산출된 응력상태에 대한 안전성 평가
 - ㉠ 산출되는 응력상태에 대해서는
 - 국부적인 응력집중에 따른 국부파괴 가능성과 응력전이에 따른 토압저하와 수압에 의해 발생하는 파이핑 발생 가능성으로 댐체의 안전성을 판단할 수 있다. 산출되는 응력상태에서 축차응력이 커 파괴상태에 다다른거나, 주응력이 수압보다 작을 경우에는 파이핑 발생 가능성이 있으므로 응력상태에 따라 국부파괴 가능성 및 수압할렬 발생가능성은 [표 5.29]의 기준으로 평가한다.

[표 5.29] 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 구조형식(필댐 및 콘크리트 댐 모두 적용)과 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 5.30])
- ② 제 II 단계: 가능최대홍수량(PMF)에 대한 구조적 안전성 평가([표 5.31])
- ③ 제 III 단계: 하류부의 위험도에 따른 평가([표 5.32])

① 제 I 단계 평가

- 제 I 단계 평가는 [표 5.30]에 나타나 있다. 여기서, 댐의 상태는 댐 정밀안전진단 시 수행된 상태평가결과를 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 운영률(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 방지 수준이지만 댐의 상태가 부실한 경우로 분석된다면 “e” 및 “d”의 결과를 갖고 II 및 III 단계의 평가결과와 연계하여 최종평가가 수행되게 된다.

[표 5.30] 제 I 단계: 댐의 형식 및 상태별 여유고에 대한 평가

단계	구분	점수	댐의 형식	댐의 상태	평 가 기 준	비 고
I	a	5	①, ②	모든 등급	검토 여유고가 여유고 기준을 만족하는 경우	I 단계 평가만 수행
	b	4	①, ②	A~C	검토 여유고가 여유고 기준을 만족하지 못하나 월류 하지 않는 경우	
	c	3	①, ②	D, E	검토 여유고가 여유고 기준을 만족하지 못하나 월류 하지 않는 경우	
				A~C	댐 월류가 발생하나 비구조적 대책에 의해 월류가 방지될 수 있는 경우	
	d	2	①, ②	D, E	댐 월류가 발생하나 비구조적 대책에 의해 월류가 방지될 수 있는 경우	-①의 경우 II, III 단계 평가, -②의 경우 III 단계 평가 수행
	e	1	①, ②	모든 등급	댐 월류가 발생하며, 비구조적 대책에 의해 월류방지가 불가능한 경우	”

- 주) 1. 댐의 형식 : ① 콘크리트댐, ② 필댐, 복합댐 및 CFRD
 2. 댐의 상태 : 댐 토목시설물의 상태평가기준(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, 콘크리트 댐체로 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 있다. 콘크리트 댐체의 구조적 안전성 평가 절차 및 평가기준은 “5.5.2의 나. 콘크리트댐”을 따른다. 수문의 구조적 안전성은 응력상태를 평가한다.

[표 5.31] 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 $hc \leq 0.52Hd^{0.45} - 0.3$ 의 조건인 경우	
	e	1	PMF 유입 시 수문 및 콘크리트 댐체가 (월류부 및 비월류부) 모두 구조적안전성을 확보하지 못하면서 댐마루 월류수심이 $hc > 0.52Hd^{0.45} - 0.3$ 의 조건인 경우	

- 주) 1. 구조적 안전성 검토항목 : 활동, 전도, 지지력 및 구조물의 응력비
(안전성 확보여부는 국토교통부에서 고시하는 본 세부지침(댐)의 평가기준을 따른다.)
2. hc ≡댐마루 월류수심(m), Hd ≡댐 높이(m)

- [표 5.31]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 “e”인 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 「법」의 제1종 및 제2종시설물의 범위(제1종: 1,000만톤 이상, 제2종: 100만톤 이상)를 기준으로 총 저수용량의 규모에 따라 위험도 등급을 [표 5.32]와 같이 결정한다.

[표 5.32] 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 ○ 총 저수용량 100만 m ³ 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 m ³ 이상 1,000만 m ³ 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 m ³ 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 안전 및 유지관리에 관한 특별법」의 제1종 및 제2종 시설물의 범위(제1종: 1,000만톤 이상, 제2종: 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 5.33]과 같이 결정되는 가중계수

[표 5.33] 각 단계별 가중계수

댐 형식	제 I 단계 (W1)	제 II 단계 (W2)	제 III 단계 (W3)	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 5.40]에 의하여 결정한다. 단, 정밀안전진단 기간 중에 홍수방어능력 확보를 위해 기존 댐 치수능력 증대사업을 공사 시행 중일 경우에 한정하여 책임기술자의 판단에 따라 수문학적 안전성평가결과를 안전성평가에서 제외할 수 있다.

⑤ 여수로 도류벽 월류 안전성 추가 검토

- 댐 본체나 여수로의 안전에 지장을 주는 월류를 일으키게 해서는 안된다. 이러한 이유로 급경사수로에는 특히 많은 여유고를 주어 구조물의 안전을 도모한다.

$$F_d = 0.6 + 0.037vd^{1/3}$$

여기서, F_d : 여유고(m), V : 유속(m/s), d : 수심(m)

[표 5.34] 여수로 도류벽에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	평가 내용
a	5	검토 여유고 높이가 기준 여유고 높이 이상인 경우
b	4	검토 여유고 높이가 기준 여유고 높이 이하이나 월류는 발생하지 않는 경우
c	3	방류시 월류가 발생하나 양안부에 경미한 손상이 있는 경우
d	2	방류에 월류가 발생하나 양안부에 심각한 손상이 있는 경우
e	1	방류시 월류가 발생하여 댐 제체 안정에 영향을 미치는 경우

⑥ 여수로 측수로 불완전월류에 대한 측벽고 추가 검토

나. 콘크리트 댐

콘크리트 댐은 댐체의 자중과 댐체에 작용하는 외력에 대하여 전도, 활동, 지지력 등의 외적안정해석과 피어부 등의 구조부재에 대한 내하력을 검토하여야 한다. 이러한 외적안정해석과 내하력 검토에 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 외적안정해석과 내하력 검토에 따른 안전성평가는 [KDS 54 00 00\(댐 설계기준\)](#)에서 제시된 영향인자와 측정된 영향인자들을 적용하여 수행하는 것을 원칙으로 하고 그 이외의 추가적인 항목은 적정한 공인 기준에 따라 적용한다.

- 외적안정해석과 내하력 검토는 평상 시(지진력 미고려 조건)와 지진 시로 구분하여 수행하며, 평상 시 조건의 경우는 설계홍수위 또는 최근 검토한 홍수량 유입시의 최고수위 조건에 대하여 검토한다.
- 지진 시 외적안정해석 및 내하력 검토는 유사정적해석 방법을 적용하는 것을 원칙으로 하며 필요시 추가적으로 동적해석을 실시하여 댐체의 안전성을 평가할 수 있다.
- 지진 시 고려하는 하중은 정적인 상태조건에 지진이 발생된 경우 구조물에 가해지는 하중들로 정적 수압하중, 동수압, 지진하중이 있다. 정적 수압하중은 상시만수위, 설계홍수위 또는 댐 운영 중 재검토된 최고수위에 대한 하중조건이 있으나, 설계홍수위 또는 댐 운영 중 재검토된 최고수위에서 지진이 발생하는 것을 고려한 해석은 너무 과대한 해석으로 판단할 수 있다. 따라서 상시만수위 조건에서만 지진이 발생한다고 가정하여 지진 시 외적안정해석 및 내하력 검토에 대한 안전성을 평가한다.
- 양압력은 암반을 기초로 하는 콘크리트댐에서 댐체와 암반의 경계부에서 오랜 시간에 걸쳐 형성되는 압력으로 일시적인 수위의 변화에 따라 즉시 변동되는 것은 아니다. 건설기준코드(구 댐설계기준)에서는 홍수와 같은 일시적인 수위의 변화에 따른 양압력의 변동여부에 대한 언급이 없다. 「하천사방기술기준(안) 동해설¹⁾」에서는 “양압력은 저수지 수위의 단기간 변화의 영향을 받지 않는 것으로 한다”고 규정되어 있으며 일본 용역단이 설계한 국내 대형댐에서도 양압력은 저수지 수위의 단기간 변화의 영향을 받지 않는 것으로 설계하였다. 따라서 건설기준코드(구 댐설계기준)에서 제시하고 있는 기초지반 분류에서 보통암(S_B) 이상인 경우 홍수시(설계홍수위나 최근 검토한 홍수량 유입시의 최고수위 조건) 양압력은 평상시 조건(상시만수위)의 양압력이 지속된다는 가정 하에 검토를 실시한다.
단, 양압력의 계측자료가 있으면 계측자료에 의한 변동추이를 반영할 필요가 있다.
- 홍수시의 최고수위에서는 저수지의 물이 웨어를 통하여 방류하게 된다. 건설기준코드(구 댐설계기준)에서는 방류수에 의한 댐체에 작용하는 하중에 대한 언급이

1) 建設省 河川砂防技術基準(案) 同解説(일본하천협회)

없다. 외국의 경우 월류부에서 댐체를 월류하는 수류의 전체수두 대부분이 속도 수두로 변하여 댐체에 미치는 하중적인 영향은 없는 것으로 규정하고 있다. 따라서 홍수시 방류수에 의한 댐체에 미치는 물의 자중은 유속을 고려하여 적용 여부를 결정할 필요가 있다.

1) 외적안정해석

- ① 외적안정해석은 비월류부와 월류부로 구분하여 수행하며, 해석단면은 비월류부와 월류부를 대표할 수 있는 단면을 선정한다.
 - ② 단면 및 수위 등 각 조건의 외적안정해석 결과에 대한 평가등급은 [표 5.35], [표 5.36]를 기준으로 산정하며, 안전측을 고려하여 평가된 모든 조건 중 가장 불안정한 상태를 나타내는 조건의 등급을 '외적안정해석'의 평가등급으로 적용한다.
- 활동에 대한 안정
 - 활동에 대하여 적용하는 전단강도 및 마찰계수는 암반과 콘크리트의 값 중에서 작은 값을 취하고 실측을 원칙으로 하되, 불가능할 경우에는 건설기준코드 (구 댐설계기준)의 값을 적용한다. 안전율은 4.0 이상으로 한다.

$$F_s = \frac{\tau_o \cdot L \cdot B + f \cdot \Sigma V}{\Sigma H}$$

F_s : 활동안전율

τ_o : 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)

- 전도에 대한 안정
 - 하중 검토 시 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. 전도에 대한 기준선은 전단키를 제외한 암반선을 기준으로 적용한다.

$$e = \frac{L}{2} - \frac{\Sigma M_r - \Sigma M_o}{\Sigma V}$$

e : 댐체 저면 중심에서 합력의 작용점까지 편심거리(m)

L : 댐체 저면의 길이(m), V : 수직력(N)

M_r : 저항 모멘트(N·m), M_o : 전도 모멘트(N·m)

- 지지력에 대한 안정
 - 지지력에 대한 안정조건은 상류측 선단 저면에서 인장응력은 발생하지 않도록 엄격히 제한하며, 이외의 저면에서는 허용 압축 및 인장응력을 넘지 않도록 한다. 허용응력 기준은 건설기준코드(구 댐설계기준)을 참조하여 산정한다.

$$\left(\frac{q_1}{q_2} \right) = \frac{\Sigma V}{L \cdot B} \left\{ 1 \pm \frac{6e}{L} \right\}$$

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 5.35] 활동에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	활동에 대한 안전율이 4.0 이상일 경우
b	4	—
c	3	활동에 대한 안전율이 3.5이상 4.0미만일 경우
d	2	활동에 대한 안전율이 2.5이상 3.5미만일 경우
e	1	활동에 대한 안전율이 2.5미만일 경우

[표 5.36] 전도 및 지지력에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	평가 내용
a	5	하중의 작용점이 편심거리 이내에 존재하여 상류측에 인장응력이 발생하지 않는 경우
b	4	—
c	3	하중의 작용점이 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 발생하나 허용인장응력의 1/2이내인 경우
d	2	하중의 작용점이 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 허용인장응력 1/2 이상이나 허용응력 이내일 경우
e	1	하중의 작용점이 편심거리를 초과하여 상류측에 인장응력이 허용인장응력을 초과할 경우

③ 외적안정에 대한 동적해석

- 상기 지진시의 평가방법은 지진력을 지진계수에 의한 하중의 관성력과 동수압으로 대체하는 유사정적해석 방법을 기본으로 한 것이며, 유사정적해석 방법은 경험적인 방법으로 수행이 간단하나 댐의 동적 특성을 고려하지 못하므로 강진 하에서의 댐의 실제 거동 및 성능을 확인하기 어려운 한계점이 있다.

이에 따라 기존에 이루어지던 유사정적해석 방법을 보완하기 위한 목적으로 동적해석방법을 외적 안정성평가에 활용할 수 있다.

- 동적해석 방법의 절차, 방법 및 안전성평가에 대해서는 KDS 54 00 00(댐 설계 기준)을 따른다.
- 유사정적해석에 의한 평가결과가 “c” 이하로 평가된 조건에 대하여 동적탄성 해석을 실시할 수 있다. 이를 통해 외적안정과 국부응력에 대한 동적해석을 실시할 수 있다. 국부응력은 주로 저부에서의 응력을 검토한다.
- 외적안정과 국부응력에 대한 동적해석결과가 [표 5.37]의 기준을 만족하는 경우 내진성능을 확보하고 있는 것으로 평가한다.
- 동적해석 결과, 내진성능 확보 시 유사정적해석에 의한 외적 안정성 평가 등급을 최대 “b”까지 상향 조정할 수 있다. 동적해석 결과, 구조 안전성을 만족하지 못한 것으로 평가된 경우 유사정적해석에 의해 산정된 평가등급을 그대로 적용한다.
- 동적해석 시 책임기술자의 판단에 따라 동적소성해석방법을 사용할 수 있다.

[표 5.37] 외적안정과 국부응력에 대한 동적해석결과 평가기준

평가항목	평가 내용
[1] 전도	합력의 작용점이 저면 내에 존재하고 최대 동적 인장응력이 동적 인장강도 이하
[2] 활동	henny식에 의한 전단마찰 동적 안전율이 1.0 이상이고 최대 동적 전단응력이 동적 전단강도 이하
[3] 지지력	최대 압축응력이 지반의 허용지지력의 1.3배 이하 또는 콘크리트 동적 압축강도 이하

- 주) 1. 동적 전단강도(v_{ca})는 정적 전단강도의 1.0배, 정적 전단강도는 정적 압축강도(f_{ck})의 0.1배
 2. 동적 인장강도(f_{ta})는 정적 쪼갬 인장강도의 1.5배, 정적 쪼갬 인장강도는 $0.5 \sim 0.6 \sqrt{f_{ck}}$ 를 적용할 수 있으며 일반적인 댐 콘크리트의 경우 보통 $0.57 \sqrt{f_{ck}}$ 를 적용
 3. 동적 압축강도(f_{ca})는 정적 압축강도(f_{ck})의 1.15배

2) 월류부 내하력 검토

- ① 수문을 지지하는 월류부 피어 등 구조부재에 대하여 내하력 검토를 수행하는 것을 원칙으로 하며 댐축 방향에 대한 평가가 포함되어야 한다.
- ② 내하력 검토는 콘크리트구조기준해설 등의 기존구조물의 안전성평가에 대한 조항을 참조하여 수행한다.
- ③ 내하력 검토 결과에 대한 평가는 [표 5.38]을 기준으로 실시하며 평가등급은 안전측을 고려하여 각 해석 단면 및 수위조건에서 가장 불안정한 상태를 나타내는 조건의 등급을 적용한다.
- ④ 지진시 월류부 내하력 검토는 유사정적해석 방법을 적용하는 것으로 하나 당초 설계시 축방향력에 대한 설계가 되지 않은 구조물의 경우 책임기술자의 판단에 따라 동적해석방법에 의하여 내하력을 검토할 수 있으며 [표 5.38]을 적용하여 검토 결과에 대한 평가등급을 산정할 수 있다.

[표 5.38] 내하력 검토에 대한 평가기준

평가기준	평가점수	평가 내용	비 고
a	5	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상이 없는 경우	SF(안전율)= $\frac{\text{내하력}}{\text{발생하중}}$
b	4	SF(안전율) > 1.0으로 주부재에 손상(중요결함)이 있는 경우	
c	3	$0.9 \leq \text{SF(안전율)} < 1$	
d	2	$0.75 \leq \text{SF(안전율)} < 0.9$	
e	1	SF(안전율) < 0.75	

3) 내하력 검토를 위한 동적해석

지진시 구조물의 내하력 검토를 위하여 적용한 유사정적해석 방법을 보완하기 위한 목적으로 동적해석방법을 구조물 내하력 검토에 활용할 수 있다.

- 유사정적해석에 의한 평가결과가 “c” 이하로 평가된 조건에 대하여 동적해석을 실시할 수 있으며, 동적해석결과가 [표 5.38]의 기준을 만족할 경우 내진성능을 확보하고 있는 것으로 평가한다.
- 내하력 평가를 위하여 동적탄성해석 또는 동적소성해석을 적용할 수 있다.
- 피어부 등 구조부재에 대한 내하력 검토는 건설기준코드(구 댐설계기준)에서 제시하고 있는 동역학적 검토 시 내하력 산정 절차에 따라 수행하며 콘크리트구조 기준해설 등의 기존구조물의 안전성평가에 대한 조항을 참조한다.
- 동적해석 결과, 구조 안전성을 확보한 것으로 평가된 경우 유사정적해석에 의한 내하력 검토 평가 등급을 최대 “b”까지 상향 조정할 수 있다. 동적해석 결과, 구조 안전성을 만족하지 못한 것으로 평가된 경우 유사정적해석에 의해 산정된 평가등급을 그대로 적용한다.

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 안전성평가결과를 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 수압은 수문의 바닥고에서 상시만수위까지 고려하며, 평상시 조건의 경우 물결의 처오름 높이를 포함한 파랑고, 지진시의 경우는 지진에 의한 파랑고를 저수지 수위에 포함한다.
- ② 주요부재는 굽힘응력, 전단응력, 처짐, 스킨플레이트 등에 대한 허용응력은 건설 기준코드(구 강재설비설계기준, 댐연시설기술기준, 수문·통문게이트설계요령 및 농지개발사업계획설계기준(해면간척편)) 등을 참고하여 검토하여야 한다.
- ③ 부재의 적용치수는 주로 설계도서를 기준으로 하고 특별한 경우(부식이 많이 진행된 경우 등)에는 실측값을 적용한다.
- ④ 안전성 평가는 부재의 휨, 전단 등에 대한 응력비(허용응력/발생력) 값에 따라 아래와 같이 안전성평가결과를 결정한다.

참고) 개정된 일본의 설계기준에서는 기존 설계기준에서 적용한 계획홍수위를 상시만수위로 변경하였으며, 본 세부지침에서도 이를 반영하였다.

[표 5.39] 수문 구조검토에 대한 평가기준

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.

5.5.3 안전성평가결과 산정 방법

가. 안전성평가결과 산정

구조물의 각종 해석을 통하여 안전성 평가기준에 따른 각각의 안전성평가결과가 결정 되면 이들을 종합하여 하나의 안전성평가결과를 결정하기 위하여 본 평가체계에서 다음과 같은 수식을 사용한다.

이 수식에 의해 산출되는 안전성평가지수(E_s)는 각 검토항목의 안전성평가결과 중 가장 낮은 안전성평가결과보다 다소 상향된 결과로 평가된다.

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

여기서, N : 안전성 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최솟값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최댓값

M_i : 검토항목의 최대 및 최솟값을 제외한 나머지 값들

검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 안전성평가결과를 하나의 검토항목으로 간주하여 위의 식에 의해 최종적인 전체 구조물의 안전성평가결과를 결정할 수 있다.

안전성평가는 각 시설물의 개별부재 또는 복합부재에 대한 각종 해석(구조, 수리해석 등)에 의한 안전율을 계산하여 각각의 안전성평가기준에 따른 안전성평가결과를 결정 한 후 위의 식으로 개별시설물의 안전성평가지수를 산출한다.

또한 [표 5.40]에 제시된 안전성평가지수 범위에 따른 안전성평가기준에 의해 개별 시설물의 안전성평가결과를 결정한다.

[표 5.40] 안전성평가지수에 따른 안전성평가기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	안전성평가점수	비 고
$4.5 \leq E_s \leq 5.0$	A	5	
$3.5 \leq E_s < 4.5$	B	4	
$2.5 \leq E_s < 3.5$	C	3	
$1.5 \leq E_s < 2.5$	D	2	
$1.0 \leq E_s < 1.5$	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 5.41] 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 $Es = Min + 0.3 \times (Max - Min)$ 1.2) N>2이면 $Es = Min + 0.3 \times (Max - Min) \times \sum M / (5 \times (N-2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값) 2. 개별시설 안전성평가지수(Es) = 3.18 3. 개별시설 안전성평가결과 = C					

5.6 종합평가기준 및 방법

5.6.1 종합평가기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가기준은 [표 5.42]의 종합평가지수(E4~7)에 따라 결정한다.

[표 5.42] 종합평가지수에 따른 종합평가기준

종합평가지수(E4~7)	종합평가기준	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	

5.6.2 종합평가결과 산정 방법

가. 종합평가결과 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 종합평가결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 종합평가를 실시한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 같음한다.

나. 종합평가결과 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 종합평가결과를 결정하기 위해 시설물별 상태평가 및 안전성평가결과로 산출된 상태평가지수와 안전성평가지수를 사용하며, 이 값 중에서 작은 값을 개별시설의 종합평가지수(E4)로 적용하여 [표 5.42]에 따라 평가대상 시설물에 대한 종합평가결과를 부여한다.

안전성평가를 실시하지 않은 경우는 상태평가지수를 종합평가지수로 같음한다.

▷ 개별시설의 종합평가지수 (E4) = Min(Ec, Es)

여기서, Ec : 개별시설의 상태평가지수

Es : 개별시설의 안전성평가지수

[표 5.43] 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				
복합부재명	평가결과	평가지수 E ₃	규 모(m ²) S	계산값 E ₃ ×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) 최댓값 (Max. Value) =				3.87	
2. 상태평가지수(E ₃) 최솟값 (Min. Value) =				2.52	
3. V ₁ = 0.3×(Max.-Min) = 0.3×(3.87-2.52) =				0.41	
4. V ₂ = Σ(E ₃ ×S) / (5×ΣS) = 3,549.5 / (5×1050.0) =				0.68	
5. 개별시설의 상태평가지수(E _c) = Min.+V ₁ ×V ₂ = 2.52+0.41×0.68 =				2.80	
6. 개별시설의 상태평가결과 =				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, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =				3.18	
3. 개별시설 안전성평가결과 =				C	
종 합 평 가					
1. 개별시설 종합평가지수(E ₄) = 최솟값 (Ec, Es) =				2.80	
2. 개별시설 종합평가결과 =				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 종합평가결과를 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 5.19]를 참고한다.

5단계부터는 각각 다른 시설물의 종합평가결과를 취합하는 과정이다.

$$\triangleright \text{복합시설의 상태평가지수}(E5) = \sum(E4 \times A \times W) / \sum(A \times W)$$

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 5.44] 복합시설 평가표(예1)

복 합 시 설	제체					표 번호
4단계 표번호	4-1, 4-2					No. 5-1
개별 시설명	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) = $\sum(E_4 \times A \times W) / \sum(A \times W) = 774.0 / 250.0 =$						3.10
2. 복합시설의 종합평가결과 =						C

[표 5.45] 복합시설 평가표(예2)

복 합 시 설	여수로					표 번호
4단계 표번호	4-3, 4-4					No. 5-2
개별 시설명	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(Σ)				100	200.0	723.0
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 종합평가지수(E ₅) = $\Sigma(E_4 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 723.0 / 200.0 =$						3.61
2. 복합시설의 종합평가결과 =						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 종합평가결과를 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 5.19]를 참조한다.

댐 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 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도 (제체:65%, 여수로:25%, 기타(취수 및 방류시설):10%)

[표 5.46] 통합시설 평가표(예)

통 합 시 설	○○댐					표 번호
5단계 표번호	5-1, 5-2, 5-3					No. 6-1
복합 시설명	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(Σ)				100	265	855.4
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 종합평가지수(E ₅) = $\Sigma(E_5 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 855.4 / 265.0 =$						3.23
2. 통합시설의 종합평가결과 =						C

5.7 보수·보강 방법

댐 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

5.7.1 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

5.7.2 콘크리트댐

콘크리트 댐체에서는 균열, 누수, 변형, 침식, 부식, 전도, 침하 그리고 활동 등의 손상 현상이 주요 대상이 된다.

일반적인 보수·보강방법은 다음같이 적용할 수 있다.

- 그라우팅공법
- 에폭시주입공법
- 부식보수
- 앵커공법
- 시일링공법
- 스티칭 및 쉬이트파일공법

5.7.3 수문

수문의 상태를 진단하여 결함의 원인에 대해 안전성을 평가하고 가장 적절한 보수·보강방법을 제시하며, 필요시에는 작업순서를 흐름도로 나타내고 도면은 평면도, 정면도, 측면도를 작도하여 첨부한다.

5.7.4 전기설비

전기설비의 상태평가에 의해 손상 및 기기불량으로 판단되는 경우 주동력 기기의 정상 가동 또는 주전원설비 시스템의 안전 확보를 위해 즉시 교체하도록 하고 경미한 손상에 대해서는 장래 유지보수 계획에 반영하여 보수하도록 한다.