

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(하구둑)

2012. 12.

머 리 말

우리나라는 '60년대 이후의 급속한 경제성장 과정에서 대부분의 시설물들이 “공기단축”과 “공사비절감” 위주로 건설되어 선진국의 시설물에 비해 시작부터 안전에 취약할 수밖에 없었습니다. 그럼에도 불구하고 사용 중 유지관리 마저 소홀히 하여 '90년대 들어 성수대교와 삼풍백화점 붕괴사고 등의 값비싼 대가를 치른 경험이 있습니다.

이에 따라 정부에서는 1995년 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」을 제정하여 시설물의 안전관리를 시행하고 있으며, 특히 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 업무를 표준화하기 위하여 국토해양부와 우리공단은 교량·댐 등 12개 국가 주요시설물의 점검·진단 업무의 실시방법 및 절차 등을 규정한 세부지침을 마련하였습니다.

이 해설서는 2010.12월 출간된 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」 중 시설물편 제6장 하구둑에 대한 바른 이해와 적절한 적용에 도움이 되도록 하기 위하여 작성되었습니다. 2011년에 공통편과 시설물편 6종(교량, 터널, 댐, 항만, 상수도, 건축)의 해설서를 발간하였으며, 금년에는 시설물편 나머지 6종(하구둑, 수문, 제방, 하수처리장, 옹벽, 절토사면)의 해설서를 발간하게 되었습니다.

아울러 본 해설서는 초보자가 알기 쉽도록 그림과 사진 등을 많이 포함하여 편집 구성에 최선을 다하였으나 미흡한 점도 많을 것입니다. 앞으로 계속 보완 발전시켜 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단에 유용하게 활용될 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

끝으로 본 해설서 개발작업에 참여하여 주신 직원과 자문위원 여러분의 노고에 깊은 감사를 드리는 바입니다.

2012년 12월

한국시설안전공단 이사장 김 경 수

제 목 차 례

6.1 관리일반

6.1.1 적용범위	6-1
6.1.2 용어정의	6-2
6.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설	6-3
6.1.4 중대한 결함의 정도	6-4

6.2 현장조사

6.2.1 현장조사 일반	6-5
6.2.2 시설물 현장조사 요령	6-19

6.3 재료시험 항목 및 수량

6.3.1 정밀점검	6-30
6.3.2 정밀안전진단	6-33

6.4 상태평가 기준 및 방법

6.4.1 상태평가 항목 및 기준	6-39
6.4.2 상태평가 결과 산정 방법	6-62

6.5 안전성평가 기준 및 방법

6.5.1 일반	6-79
6.5.2 안전성평가 기준	6-80
6.5.3 안전성평가 산정 방법	6-111

6.6 종합평가 기준 및 방법

6.6.1 종합평가 기준	6-115
6.6.2 종합평가 결과 산정 방법	6-116

6.7 보수 · 보강 방법

6.7.1 방조제	6-125
-----------------	-------

6.7.2 수문	6-126
6.7.3 콘크리트구조물	6-126
6.7.4 전기설비	6-133
 부록 A 과업지시서 예시	 6-137
부록 B 사전검토 보고서 예시	6-153
부록 C 기계 · 전기설비 재료시험	6-163

제 6 장 하 구 득

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 하구독

6.1 관리일반

6.1.1 적용 범위

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

○ 1종 시설물

• 하구독

하구독 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 적용할 수 있다.

【해설】

1. 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 “이하 시특법” 시행령[별표1] “1종시설물 및 2종시설물의 범위”(제2조제1항관련)의 기준으로 하구독의 안전점검 및 정밀안전진단 실시에 적용을 원칙으로 한다.
2. 또한, 시특법 시행령[별표1]의 방조제의 안전점검 및 정밀안전진단 실시의 경우에도 하구독편을 준용할 수 있다.

《참고사항》

1. “방조제”란 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제37조, 「농어촌정비법」 제2조 제6호 및 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제20조제1항에 따라 설치한 방조제를 말한다.

- (1) 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제37조(매립지의 이관)

국토해양부장관은 정부사업으로 실시하는 매립공사를 준공하였을 때에는 매립지를 대통령령으로 정하는 바에 따라 지체 없이 그 매립지의 매립목적에 따라 관계 중앙행정기관의 장에게 이관(移管)하여야 한다. 이 경우 농업을 주목적으로 하는 매립공사에서 방수 또는 방조제 시설공사를 준공하였을 때에는 이를 지체 없이 농림수산식품부장관에게 이관하여야 한다.

- (2) 「농어촌정비법」 제2조제6호

“농업생산기반시설”이란 농업생산기반 정비사업으로 설치되거나 그 밖에 농지 보전이나 농업 생산에 이용되는 저수지, 양수장(揚水場), 관정(관정: 우물) 등 지하수 이용시설, 배수장, 취입보(取入洑), 용수로, 배수로, 유지(유지: 웅덩이), 도로(「농어촌도로 정비법」 제4조에 따른 농도(農道) 등 농로를 포함한다. 이하 같다), 방조제, 제방(제방: 둑) 등의 시설물 및 그 부대시설과 농수산물의 생산·가공·저장·유통시설 등 영농시설을 말한다.

- (3) 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제20조제1항

제20조(산업단지개발사업의 위탁시행) ① 제16조에 따른 사업시행자는 산업단지개발사업 중 항만, 공업용수시설, 도로, 그 밖에 대통령령으로 정하는 공공시설의 건설과 공유수면의 매립에 관한 사항을 대통령령으로 정하는 바에 따라 국가·지방자치단체·공기업 또는 그 밖에 대통령령으로 정하는 기관에 위탁하여 시행할 수 있다.

6.1.2 용어 정의

- 하구독 : 하구독은 각종 용수이용을 목적으로 하천과 해안의 경계부에 설치하는 독을 말하며, 조류를 차단하여 담수호를 조성하고 독을 이용하여 교통개선을 하며 매립지조성을 한다. 안전점검 및 정밀안전진단 시 하구독은 방조제, 배수갑문, 교량, 기전설비 및 부대시설(조작실 등)로 구분 할 수 있다.

【해설】

1. 본장에서 정의하지 않은 세부적인 용어의 정의는 “하천설계기준”과 농지개량사업계획설계기준(해면간척편)을 적용할 수 있다.

6.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

하구독 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 대상 시설에서 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] 하구독 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	○			

【해설】

1. 부대시설물과 기타시설물은 다음과 같이 각각의 해당시설물의 시설물편에 따라 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 하며, 이 경우 해당 시설물별로 대가기준에 따라 대가를 별도로 반영하여 실시하여야 한다.
 - (1) 차량통행용 및 관리용 교량 ⇒ 교량편
 - (2) 관리동, 조작실 등 건축물 ⇒ 건축물편
 - (3) 접근수로 제방 ⇒ 제방편
2. 정밀점검의 경우 [표 6.1]과 같이 부대시설물과 기타시설물은 관리주체에서 실시여부를 판단하여 실시할 수 있다.
3. 정밀안전진단의 경우 [표 6.1]과 같이 기타시설물은 관리주체에서 실시여부를 판단하여 실시할 수 있다. 부대시설물은 원칙적으로 실시하되 그 비용은 별도의 선택과업비용으로 반영하여야 한다.
4. 2항, 3항의 경우에도 불구하고 [표 6.1]의 부대시설물과 기타시설물이 시특법에 따른 1종·2종 시설물에 해당되는 경우 시특법 제6조에 따른 정밀점검 또는 제7조에 따른 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

6.1.4 중대한 결함의 정도

하구독 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) 하구독 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.

【해설】

1. 시특법 제11조에 따라 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시한 자는 지체없이 그 결과를 관리주체에게 통보하여야 하며, 영 제12조의 “중대한 결함”이 있는 경우에는 그 내용을 특별자치도지사, 시장, 군수 또는 구청장에게도 통보하여야 한다.
2. 시특법 영 제12조의 “중대한 결함”은 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」 공통편 3.1.7항과 같다.
3. 특별자치도지사, 시장, 군수, 또는 구청장에 통보를 하는 경우 그 통보 내용에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 - (1) 시설물의 명칭 및 소재지
 - (2) 관리주체의 상호, 명칭, 성명(법인인 경우에는 대표자의 성명을 말한다) 및 주소
 - (3) 안전점검 또는 정밀안전진단의 실시기간과 실시자
 - (4) 시설물의 상태별 등급과 중대한 결함 내용
 - (5) 관리주체가 조치하여야 할 사항
 - (6) 그 밖에 안전관리에 필요한 사항

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 잔깊이	
	전염화물 이온량	
	균 열	
	박 리	
	박락 및 층분리	
	철근노출	
	누 수	
	파손 및 재료분리	
	백 태	

【해설】

1. 탄산화 잔여깊이

- (1) 콘크리트 내에 매입된 철근을 부식시킬 수 있는 탄산화의 영향을 파악하기 위한 것으로 KS F 2596(2004)의 콘크리트 탄산화 깊이 측정 방법으로 실시하여 탄산화 깊이를 측정한다
- (2) 상세한 내용은 세부지침 해설서 공통편 『콘크리트 탄산화 깊이 측정』 참조

2. 전염화물 이온량

- (1) 하구둑은 직접 조수간만 및 파도에 의하여 해수에 접하는 지점에 위치하므로 심한 염해지역에 해당한다.
- (2) 상세한 내용은 6.3 『재료시험 항목 및 기준수량』 [해설] 내용 참조

3. 균열

- (1) 콘크리트 체적변화와 구속조건에 기인하는 것이며, 균열폭, 길이 및 형태, 진행성 여부 등을 파악한다.
- (2) 상세한 내용은 세부지침 해설서 공통편 『균열조사 요령』 참조

4. 박리

- (1) 박리는 콘크리트 표면의 모르타가 점진적으로 손실되는 현상으로서 콘크리트의 탈락을 포함하는 손실이며, 점검자는 박리의 위치, 크기 및 깊이를 기록하여야 한다.

5. 박락 및 층분리

- (1) 박락은 콘크리트가 균열을 따라서 원형으로 떨어져 나가는 층 분리현상의 진전된 현상이며, 점검자는 박락의 위치, 크기 및 깊이를 기록하여야 한다.
- (2) 층분리는 철근의 상부 또는 하부에서 콘크리트가 층을 이루며 분리되는 현상이다.
- (3) 층분리는 콘크리트 내부에서 발생하는 현상으로 육안으로 식별하기 어려우므로 점검자는 타격해머(고무망치 혹은 작은 망치)를 이용하여 콘크리트 표면을 두드려서 다른 부위에 비해서 중공음(속이 비어있는 소리)이 발생하는지 여부를 확인해야 한다.
- (4) 층분리는 주로 철근의 부식(소금, 염화칼슘 등)에 의한 팽창이 주요 원인이므로 해당부위를 깨낸 후 철근부식 여부를 확인하여야 한다.

6. 철근노출

- (1) 철근노출은 콘크리트 표면에서의 철근의 노출을 의미하며, 노출된 크기(길이)를 기록하여야 한다.

7. 누수 및 백태

- (1) 누수 및 백태는 콘크리트체를 통한 물의 누수 및 침투에 의해 발생되며, 누수는 누수위치와 누수량 및 탁도를 측정하고, 백태는 발생면적을 기록한다.
- (2) 백태는 콘크리트 내부의 수분에 의하여 염분이 콘크리트 표면에 고형화한 현상으로, 콘크리트 노후화의 증거이다.

8. 파손

- (1) 파손은 콘크리트에 발생하는 여타의 제반 손상을 의미하며 위치, 크기 및 깊이를 기록하여야 한다.

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	

【해설】

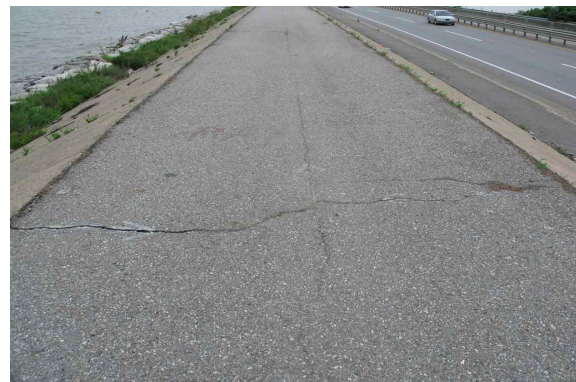
1. 제체 마루의 종·횡방향 균열

(1) 손상징후

- (가) 종·횡방향 균열 발생의 징후에는 제체마루 포장면에서 균열이 발생되거나,
 (나) 포장면의 과도한 침하 및 융기가 발생되고
 (다) 가드레일 또는 파라페트의 기울어짐 현상 등이 나타날 수 있으며,
 (라) 변위계의 과도한 변위 측정결과로 나타날 수 있다.



<종방향 균열>



<횡방향 균열>

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 상기 손상징후를 참고하면서 정밀한 육안 관찰을 통하여 댐마루 표면의 균열 여부를 조사하며, 특히 제체 마루 어깨 부분에서는 균열을 쉽게 발견할 수 없으므로 특별한 관심을 가지고 조사하여야 한다.
- (나) 균열의 형상, 길이, 폭, 깊이는 줄자 등을 이용하여 측정하고,
- (다) 특히, 균열깊이는 가는 철선을 이용하거나 직접 시굴하여 확인 할 수 있으며
- (라) 균열 위치를 포함한 형상, 길이, 폭, 깊이 등은 도면에 표시하여 초기치를 설정 한 후 균열의 진행성 여부를 지속적으로 주의 깊게 관찰한다.
- (마) 특히, 제체 마루 포장면에서 균열이 발생했을 경우에는 발생한 균열이 제체와 연결되어 있는지를 파악하기 위하여 포장면을 일부 제거하여 확인하고,
- (바) 제체 마루에 자갈이 포설되어 있는 경우는 자갈을 제거하고 확인하여야 한다.

2. 제체 마루의 수평 변위

(1) 손상징후

- (가) 가드레일 또는 파라펫트의 일직선상 탈선
- (나) 제체 마루 표면의 변위점 및 내부침하계에서 과다한 수평변위 측정
- (다) 방조제 내·해측 사면의 국부적인 활동(함몰)
- (라) 방조제 기초지반의 활동

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 상기와 같은 손상징후가 나타날 때는 줄자와 레벨측량기 등을 이용하여, 방조제 평면도에 위치와 정도 등을 즉시 기록해 두어야하며
- (나) 이후의 진행 상황을 주기적으로 관찰, 기록하고 그 변화폭이 경과 시간에 비해 클 경우는 방조제에 이상조짐이 있는 것으로 파악해야 한다.
- (다) 과다한 수평변위는 사면의 국부적인 활동 등에 의해 발생할 수 있으므로 수평 변위 지점 부근의 사면에서 활동이 일어났는지 여부 등을 세심히 관찰하여야 하고, 활동이 일어났을 경우는 방조제 평면도에 위치와 정도 등을 상기와 같은 방법으로 기록해 두어야 한다. 한편, 사면 활동은 축조재료의 불량 및 파이핑 현상 등에 의해서도 발생할 수 있으므로 활동의 원인이 무엇인지도 같이 파악해야 한다.
- (라) 또한, 과다한 수평변위는 기초지반이 연약함으로 인한 지반의 활동으로도 발생할 수 있다. 따라서 이런 경우는 수평변위가 대규모로 발생되므로 해측사면 끝의 기초지반 부위에서 침하 또는 융기의 현상이 있는지를 조사하여야 한다.

3. 제체 마루의 유실

(1) 손상징후

- (가) 제체 마루 표면의 기설치된 내부침하계에서 설계치 이상의 과다한 수직변위 측정
- (나) 설계시 제체 마루 높이가 현기준에 의한 높이보다 낮게 설계된 경우

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 제체 마루 표고를 정기적으로 측정하여, 설계시 제체 마루 높이와 비교할 수

있도록 조사해야 하며, 제체 이상 징후 발생 및 개보수 등 시설물의 여건 변화 유무를 조사하여야 한다.



<제체 마루 유실>



<사면 유실>

4. 사면 불안정에 의한 제체 마루 손상

(1) 손상징후

- (가) 연직 침하를 동반한 종방향 균열이 발생하거나
- (나) 변위계에서 변위(X,Y축)가 심할 경우와
- (다) 제체 마루 인접 부위 내·해측사면에서 요철이 심해 사면활동의 흔적이 있거나 조짐이 있는 경우

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 상기와 같은 손상징후가 나타날 때는 줄자와 레벨측량기 등을 이용하여, 방조제 평면도에 위치와 정도 등을 즉시 기록해 두어야 하며
- (나) 이후의 진행 상황을 주기적으로 관찰, 기록하고 그 변화폭이 경과 시간에 비해 클 경우는 사면이 불안정한 것으로 파악해야 한다.
- (다) 한편 사면활동은 축조재료의 불량 및 파이프링 현상 등에 의해서도 발생할 수 있으므로 활동의 원인이 무엇인지도 함께 파악해야 한다.

5. 제체를 통한 누수

(1) 손상징후

- (가) 호측 수면에서 소용돌이 및 거품 등이 발생되거나,
- (나) 예기치 않은 수위의 급격한 저하,
- (다) 내측사면의 함몰 등이 나타날 수 있으며,
- (라) 해측사면의 함몰, 사면 하단의 처짐, 습지 및 연약한 부위, 초목의 과잉성장 등이 발생
- (마) 새로운 식물의 식생, 습지 식물발생, 식생의 색 변화, 증발잔류물이나 빙설의 존재, 급격한 눈녹음 등을 발견할 수 있다.
- (바) 샌드 보일(sand boils)에 의한 분사현상 등이 나타날 수 있다.

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 상기 손상징후를 참고하면서 정밀한 육안 관찰을 하며, 특히 댐체 인근 저수지 상태와 공동유무를 관찰한다.
- (나) 식생 및 동물서식 흔적도 누수의 원인이 될 수 있으므로 이 부근을 주의 깊게 관찰한다.
- (다) 해측사면 및 제체와 원지반 접합부위 등에 습지 등이 형성되어 있는지를 점검한다.
- (라) 또한, 제체를 통과하는 구조물과 기초암반 등의 접합부는 제체 축조시 많은 시공 결함이 발생할 수 있으며, 이러한 취약부를 따라 쉽게 누수가 발생할 수 있으므로 이 부근을 주의 깊게 관찰한다.

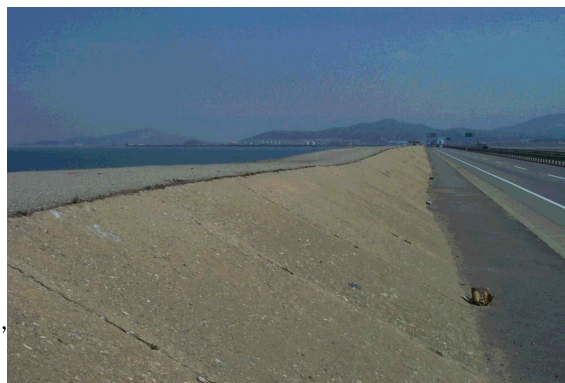
6. 제체의 침하 및 변형

(1) 손상징후

- (가) 중·횡방향 균열
- (나) 내·해측사면 요철 등의 변형, 제체 마루 침하 및 단차 등
- (다) 변위계의 변위

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 균열은 변형이나 침하가 원인이 되어 발생하는 경우가 많으므로 법면의 요철, 제체 마루의 침하 및 단차 등을 관찰한다. (제체 마루의 중·횡방향 균열 <조사 및 측정방법>참조) 사면의 요철은 사면과 수면이 만나는 물갯선의 형상으로 쉽게 파악할 수 있다.
- (나) 내·해측사면이 피복석으로 되어 있는 경우 균열 발견이 어려우니 제체 마루의 이상징후와 사면의 누수 등의 현상을 주의 깊게 관찰하여야 한다.
- (다) 진행성 균열일 경우 견고한 지점에 고정점을 설치하여 그 진행 정도를 측정한다.



<제체 마루 침하>

7. 피복공의 변형(배열 이완, 이탈, 함몰)

(1) 손상징후

(가) 피복공의 변형은 제체의 침하 및 변형에 따른 것이므로 “제체의 침하 및 변형”의 손상 징후를 참조

(2) 조사 및 측정방법

(가) “제체의 침하 및 변형”의 “조사 및 측정방법”을 참조하여 조사

(나) 피복공 사석의 배열이완, 이탈, 함몰된 면적을 측정하고, 콘크리트 피복식의 경우 슬래브의 들뜸, 부등침하, 이음부의 이격 등의 규격을 조사한다.



<사석 함몰 및 이탈>

8. 제체 기초 및 양안부의 침식 및 침투

(1) 손상징후

(가) 과도한 침투, 침식 발생시 나타나는 징후에는 양안부에서 새로운 식물의 발생, 습지 식물의 발생, 증발잔류물, 빙설의 존재, 급격한 눈녹음 등 누수징후가 발견되거나,

(나) 양안부의 토사나 양반상에서 국부적인 함몰부가 발생되며,

(다) 기초양반상에 매설된 간극수압계나 양압력계 등에서 과다한 수압 계측결과로 나타날 수 있다.

(2) 조사 및 측정방법

(가) 상기 손상징후를 참고하면서 정밀한 육안관찰을 통하여 양안부에서 누수, 습지, 국부적인 함몰부 발생여부 등을 조사하여야 한다.

(나) 습지 및 함몰부에 대하여는 과도한 침투에 의한 것인지 또는 우수 혹은 인근 지점에서 배수공의 파손에 의한 것인지 등을 굵은 철선을 이용하여 찔러보거나 직접 시굴하여 확인할 수 있으며,

(다) 누수가 있을 경우 누수위치를 포함한 누수면적, 누수량, 세굴물질 등은 도면에 표시하여 초기치를 설정하여 그 진행성 여부를 지속적으로 주의 깊게 관찰한다.

9. 제체 식생 및 동물서식

(1) 손상징후

- (가) 예기치 않은 내측 수위의 급격한 저하,
- (나) 해측사면과 제체와 양안부 접합부에 습지 형성

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 상기 손상징후를 참고하면서 정밀한 육안 관찰을 하며, 특히 내측 호수 상태와 동공유무를 관찰한다.
- (나) 식생 및 동물서식 흔적도 누수의 원인이 될 수 있으므로 이 부근을 주의 깊게 관찰한다.
- (다) 해측사면 및 제체와 양안부 접합부위 등에 습지 등이 형성되어 있는지를 검한다.

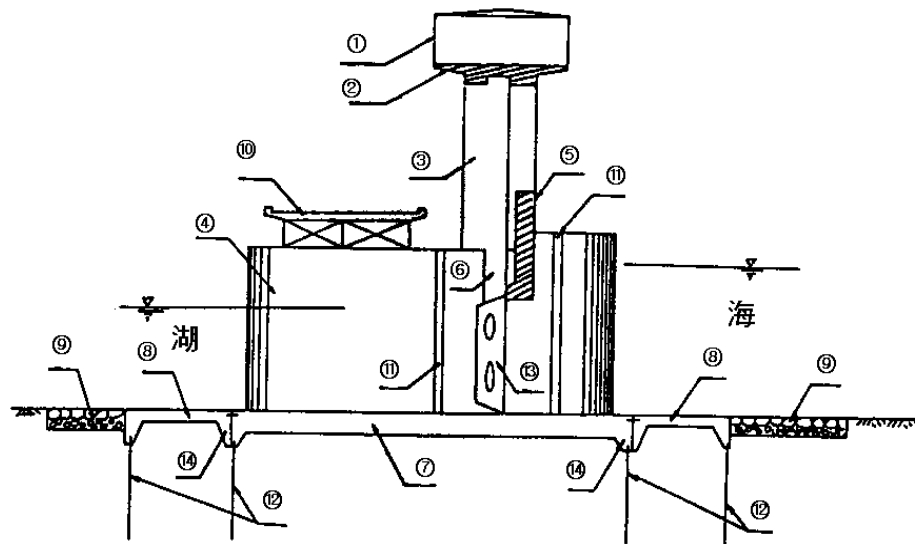


<식생>

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	



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

【해설】

1. 콘크리트 구조물의 세굴

(1) 손상징후

- (가) 세굴흔적, 바닥슬래브 일부가 유실된 흔적, 철근노출 등의 징후가 보인다.
- (나) 깨진 콘크리트 덩어리들이 보인다.

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 정밀한 육안근접조사를 실시하기 위하여 배수갑문 내에 고인 물을 배수 시킨 후 물이끼 등 시야확보 방해물을 제거하고 세굴의 폭과 깊이를 측정한다.
- (나) 배수가 곤란한 경우 수중조사를 통하여 세굴을 조사한다.
- (다) 세굴의 지름과 깊이가 0.15m미만일 경우는 경미한 손상이며, 0.3m를 초과할 경우는 심각한 손상상태라 판단할 수 있으며, 세굴이 기초에 도달 되었을 경우는 매우 심각한 손상상태이다.

2. 바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차

(1) 손상징후

- (가) 이음부의 수직균열과 슬래브의 변형 등이 나타난다.

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 정밀한 근접육안조사를 실시하여야한다.
- (나) 단차가 5mm를 초과할 경우 심각한 손상상태로 판정할 수 있으며, 슬래브 판의 변형정도에 대해서도 변형측량 및 정밀육안검사로 판별할 수 있다.
- (다) 균열 및 변형에 대한 기록을 초기치 설정후 주기적으로 관찰한다.

3. 물받이공의 하류 또는 기초의 침식

(1) 손상징후

- (가) 바닥과 벽체 이음부의 벌어짐이 발생되어 있다.
- (나) 측벽이 기울어진 형상을 띤다.

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 바닥 및 벽체에 근접육안조사를 실시하기 위한 수중조사 또는 썰물시 조사를 실시한다.
- (나) 변형은 정밀도가 높은 측량기를 이용하여 선형변형지점을 파악할 수 있다.
- (다) 이음부의 개도폭이 5mm미만 정도만 발생해도 심각한 상태이며, 이음부 개도폭이 12mm를 초과할 경우, 지수판이 파손된 경우, 측벽기울기가 10°를 초과할 경우는 매우 심각한 상태로 판정할 수 있다.

4. 연주 및 문주의 변위

(1) 손상징후

- (가) 문비 작동시 마찰음이 발생하고,
- (나) 지수고무가 훼손되거나 밀착불량으로 누수가 발생하는 경우,
- (다) 문비 작동시 자중으로 닫히지 않는다.

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 상기 손상징후를 참고하면서 정밀한 육안 관찰을 하며, 변위로 인한 변형이 의심될 경우 구조물의 기울기를 측정한다.

5. 수축 및 수평시공 이음부를 통한 누수

(1) 손상징후

- (가) 수축이음부 및 배수공을 통한 누수가 증가하기 시작하며,
- (나) 이 현상이 지속되면 내측 수위에 관계없이 누수가 증가한다.

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 누수량의 증가 정도의 변화를 지속 측정하며,
- (나) 이때, 누수량에 영향을 미치는 내측 수위, 계절적인 변화 즉 대기온도, 이음부의 열림 등의 사항을 함께 조사한다.

6. 불안정한 측벽 또는 라이닝

(1) 손상징후

- (가) 측벽 또는 라이닝 면에 균열이 발생했거나,
- (나) 심한 경우는 수로측으로 기울어져 단차가 발생하는 경우도 있다.
- (다) 또한 극히 드문 경우이기는 하나 기초지반이 연약한 경우에는 히빙(heaving) 혹은 침식작용이 발생할 수도 있다.

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 상기 손상징후를 참고하면서 정밀한 육안관찰을 통하여 균열여부를 조사하고, 조사방법은 앞서 설명한 방법과 동일하다.
- (나) 단차가 발생한 이음부는 이동방향과 정도를 자 또는 줄자를 이용하여 측정하도록 하고, 기타 이음부에 대하여도 다시 한번 단차발생 여부를 조사한다.
- (다) 기초부에 히빙 혹은 침식이 발생한 경우에는 시추를 통한 토질조사를 실시하도록 하고, 구조물 배면으로의 우수 유입가능성과 구조물의 배수기능을 조사하여야 한다.
- (라) 측벽에 균열 혹은 단차가 발생한다는 것은 시공 잘못도 있을 수 있지만 배면의 토압이 증가하여 발생하는 경우이므로 우선적으로 배면 지반의 침하여부와 절리의 발달로 미끄러짐이 일어나고 있는 것인지를 육안 관찰토록 하고, 보다 자세한 사항은 지질 전문가를 통하여 정밀조사토록 하여야 한다.

7. 접근수로 상부의 자연사면 불안정

(1) 손상징후

- (가) 풍화 또는 침식작용으로 상부의 토사가 하부로 흘러내리거나,
- (나) 암사면의 경우 절리가 발달되어 있으며 사면이 이완되어 절리간격이 벌어져 있다.
- (다) 심한 경우 낙석 또는 국부적인 사면붕괴를 일으킨다.

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 사면의 정상부근에 인장균열이 발생되었는지 면밀히 육안관찰한다.
- (나) 암사면의 경우에는 지질전문가와 합동으로 정밀조사토록 한다.

8. 접근수로내의 식생 및 잡물

(1) 손상징후

- (가) 홍수시 상류로부터 초목 및 잡물이 유하하는 경우
- (나) 유목차단시설에 떠내려온 유목이 쌓여있는 경우

(2) 조사 및 측정방법

- (가) 접근수로내 식생 및 잡물 존재여부를 육안점검 한다.
- (나) 선박을 이용하여 내측 호수내 홍수위선 이하에 벌목, 어업용 가시설, 정박시설이 안된 선박 혹은 바지선 등이 있는지를 조사한다.
- (다) 유목차단시설의 잠수, 찢어짐, 앵커역할 상실, 수위저하시 부적절한 처짐 등 기능유지 여부를 조사한다.
- (라) 배수갑문 주변에 사면이 불안정하거나 침식이 발생하는 곳이 있는지 조사한다.



<언주 세굴>



<세굴>



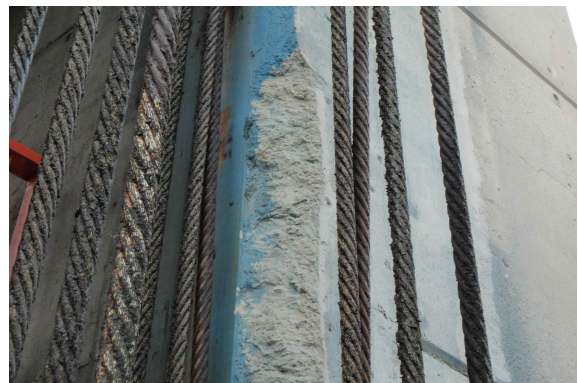
<언주 균열 및 백태>



<언주 두부 콘크리트 파손>



<문주 철근노출>



<문주 콘크리트 박락>

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	

6.2.2 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, 파이프 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 파이프는 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.

- 파이프가 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 체체중심, 비탈경사, 독마루폭, 제방저폭 등의 변위발생 여부를 확인하여 기초파괴, 체체파괴, 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
러버셀(Rubber Seal)	누수
시브(Sheave)	고착유무
힌지(Hinge)	고정상태, 고착유무
드럼(Drum) 및 기어(Gear)	치면마모 상태
스러스트브레이크(Thrust Brake)	페드마모 상태
로프엔드스핀들(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

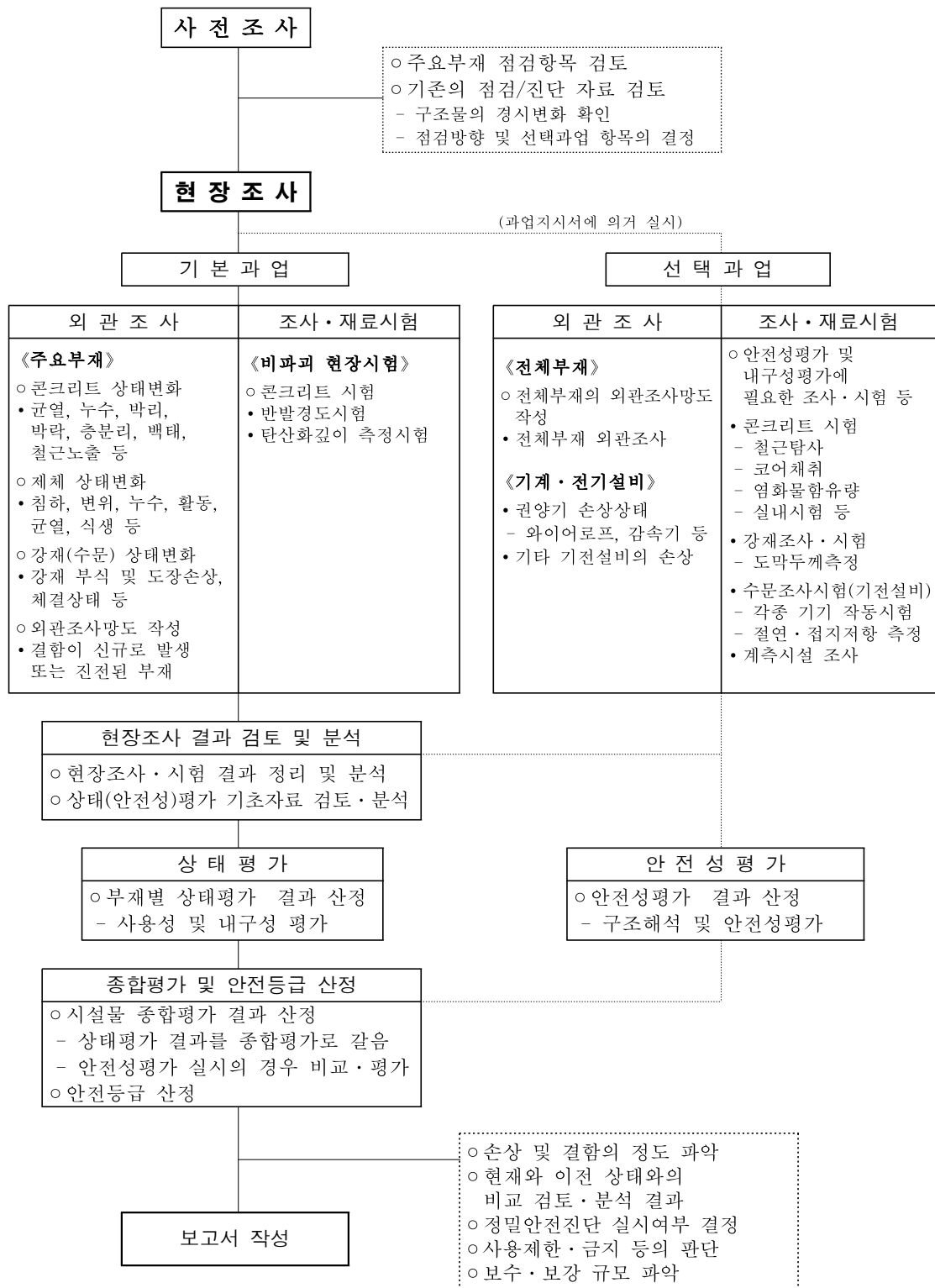
- 부대시설은 하구둑 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 대해서 필요 시 점검을 실시한다.
- 조작실은 부대시설로 구분하고, 제10장 건축물에 준하여 실시한다.

【해설】

1. 하구독의 정밀점검은 기본과업과 선택과업으로 구분하여 실시하며 정밀점검의 과업 구분은 [해설 표 6.2.1]과 같으며, 정밀점검 흐름도는 [해설 그림 6.2.1]과 같다.

[해설 표 6.2.1] 정밀점검 과업 내용

과업항목	기본과업	선택과업 (필요시)
자료수집 및 분석	• 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 • 시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면 • 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 • 시설물관리대장 • 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 • 보수·보강이력 검토·분석	• 구조·수리·수문 계산 (계산서가 없는 경우) • 실측도면 작성 (도면이 없는 경우)
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	• 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 조사·시험
상태평가	• 외관조사 결과분석 • 현장 재료시험 결과 분석 • 대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 • 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정)	-
안전성 평가	-	• 필요한 부위의 구조·지반·수리·수문 해석 등 안전성평가 • 임시 고정하중에 대한 안전성평가
보수·보강 방법	-	• 보수·보강 방법 제시
보고서 작성	• CAD 도면 작성 등 보고서 작성	-



[해설 그림 6.2.1] 정밀점검 흐름도

나. 정밀안전진단 현장조사

세부시설물별 정밀안전진단의 일반적인 진단항목을 외관조사 항목, 내구성조사 항목 및 기타 항목으로 구분하여 제시한다.

[표 6.9] 하구독의 일반적인 진단 조사항목

외관조사 항목	내구성조사 항목	기타 항목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수방식도장 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 사용 할 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 중횡단 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

- 상태평가지 선정된 지점에 대한 토질조사를 통해 제방재료의 강도 등을 산정하여 활동, 누수, 파이프 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 연주(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 기반으로 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.

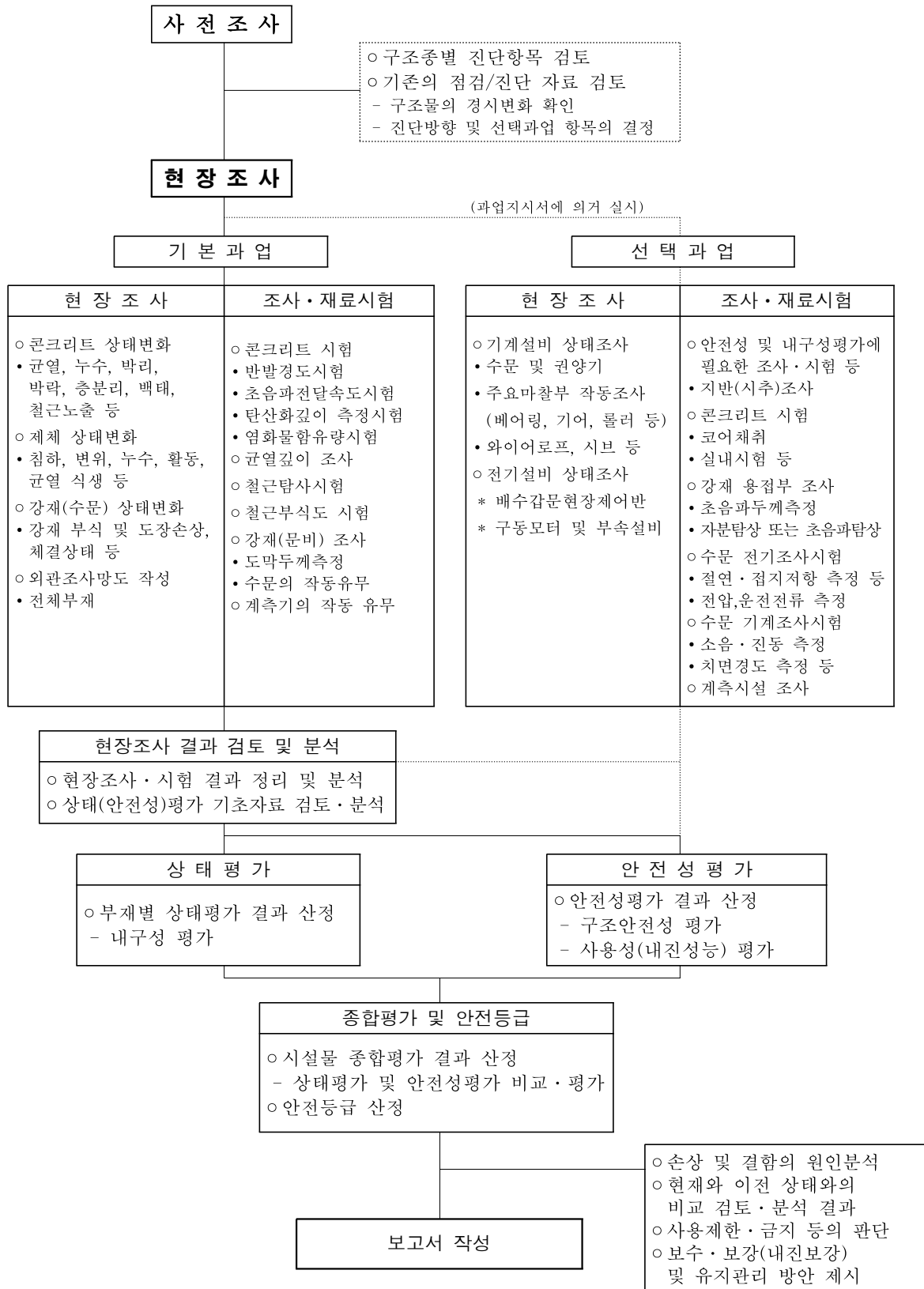
【해설】

1. 하구독의 정밀안전진단의 과업 구분은 [해설 표 6.2.2]와 같으며, 정밀안전진단의 흐름도는 [해설 그림 6.2.2]와 같다.

[해설 표 6.2.2] 정밀안전진단 과업 내용

과업 항목	기본과업	선택과업 (필요시)
자료수집 및 분석	• 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 • 시공·보수도면, 제작 및 작업도면 • 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 • 시설물관리대장 • 기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 • 보수·보강이력 검토·분석	• 구조·수리·수문 계산 (계산서가 없는 경우) • 실측도면 작성 (도면이 없는 경우)
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, 초음파전달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물함유량시험 - 강재 시험: 강재 비파괴시험(시험량, 시험부위 등 세부지침 6.3 참조) • 기계·전기설비 및 계측시설의 작동 유무	• 시료채취 및 실내시험 • 재하시험 및 계측 • 지형, 지질, 지반조사 및 탐사, 토질조사 • 수중조사 • 누수탐사 • 침하, 변위, 거동 등의 측정 (안전점검 실시결과, 원인 규명이 필요하다고 평가한 경우 필수) • 콘크리트 체체 시추조사 • 수리·수충격·수문조사 • 시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 • 조사용 접근장비 운용 • 조사부위 표면청소 • 기계·전기설비¹⁾ 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측(건축물 제외) • 기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험 • 기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험
상태평가	• 외관조사 결과분석 • 현장시험 및 재료시험 결과분석 • 콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 • 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견	-
안전성평가	• 조사, 시험, 측정결과와 분석 • 기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 • 내하력 및 구조 안전성평가 • 시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	• 구조·지반·수리·수문 해석 (구조계 변화 또는 내하력 및 구조안전성 저하가 예상되는 경우 필수) • 구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 • 내진성능 평가 및 사용성 평가 • 임시 고정하중에 대한 안전성평가
종합평가	• 시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 • 안전등급 지정	-
보수·보강 방법	• 보수·보강 방법 제시	• 내진보강 방안 제시 • 시설물 유지관리 방안 제시
보고서작성	• CAD 도면 작성 등 보고서 작성	-

1) 전기설비에서 전기사업법 제65조 규정 의거, 한국전기안전공사의 정기점검 대상설비는 제외하고 기계·전기설비 및 계측시설의 조사는 하구독의 안전에 직접 관련된 것에 한정하며, 이들의 작동유무는 작동여부에 대한 외관조사를 뜻한다.



[해설 그림 6.2.2] 정밀안전진단 흐름도

2. 제방의 거동

(1) 제방에 대한 현황 및 수준측량을 실시하여 제방 부근 현황도 작성, 주요지점부위에 대한 표고확인 및 현시점의 변위지표를 설정하기 위한 목적으로 실시한다.

(2) 측량방법

- ① 변위측량 : 현지(Local)좌표계를 이용하여 부동의 임의지점에 초기좌표를 설정한 후 상대 수평변위를 파악한다.
- ② 수준측량 : 국가수준점으로부터 방조제 부근 부동의 지점까지 왕복 수준측량을 실시하여 연직변위를 파악한다.

3. 토질조사

토질조사의 목적은 지층의 판단과 실내실험을 위한 시료의 채취, 현장의 토질특성 파악에 있다. 시추위치의 선정은 물리탐사의 해석결과에 의하여 조사목적에 달성할 수 있는 지점을 선정한다.

(1) <참고> 과업지시서 예시

- ① 채취된 시료는 시료 병에 넣어 채취 순서대로 정리하여 코어상자에 보관하고 심도를 기록하여야 한다.
- ② 코어상자의 규격은 약 가로 1m, 세로 0.4m, 높이 0.06m, 내부에 5~6칸의 목제품(판재 및 합판두께 3.6mm)으로 하며 상자덮개 상부와 측면에 조사연도, 시설명, 공번, 심도, 시추회사 등을 명기한다.
- ③ 성토 층 시추 시 공벽의 보호를 위하여 필히 케이싱을 설치하여야 한다.
- ④ 현장투수시험
 - (가) 본 시험은 전문기술자의 책임하에 시행하되, 시험구간은 최대 5.0m 이하로 한다.
 - (나) 변수위법의 경우 최대 1분 이하의 간격으로, 정수위법의 경우 최소 2.0ℓ이상의 주입량으로 최소 10단계 이상 수위를 측정하여야 하며, 변수위법을 우선적으로 적용한다.
- ⑤ 표준관입시험
 - (가) 시험은 KSF 2307 규정에 따라 시행하여야 하며 시험심도는 최대 3.0m 이하로 하되, 지층의 변화 등 필요시는 전문기술자의 지시에 의한다.
 - (나) 시험으로 얻어지는 교란시료는 시료 병에 넣어 위치, 공번, 심도 및 N값을 기록하고 보관해야 한다.
- ⑥ 불교란 시료 채취
 - (가) 불교란 시료는 KSF 2317 규정에 따라 채취하며, 튜브(tube)는 전문기술자의 확인 후 사용하여야 한다.
 - (나) 불교란 시료는 조사 내역서에 계상된 점수로 채취하는 것을 원칙으로 하고, 채취심도는 전문기술자의 지시에 의한다.
 - (다) 채취된 불교란 시료는 공인된 시험기관에 의해 시험을 실시해야 하며, 시험 결과를 획득 할 수 있어야 한다.
- ⑦ 조사가 완료된 공은 자연수위 측정 후 전문기술자의 지시에 따라 원상복구 조치하여야 하며, 원상복구 시 재료는 시멘트, 모래, 점토를 사용하여야 한다.

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 시험 ○ 염화물함유량¹⁾
수문(강재)	-	○ 도막두께측정
기계·전기설비	-	○ 수문조사시험(기전설비)

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 6.11] 정밀점검 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

【해설】

1. 재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 나누고 필수적으로 실시해야 하는 항목을 "기본과업"으로, 과업의 내용과 범위에 따라 선택적으로 추가되는 항목을 "선택과업"으로 구분하였다.
2. 정밀점검은 간단한 재료시험을 포함하는 점검행위로 기본과업과 선택과업은 상태평가를 위한 최소한의 시험항목으로 규정하였다. 각 과업에 해당되는 시험항목의 평가 및 시험방법은 “세부지침 공통편 부록”의 내용을 따른다.
3. 염화물함유량시험
 - (1) 대상은 다음 표에서 정하는 해안에서 250m 이내 거리에 위치하고 있는 시설물을 대상으로 하며 시험부재의 철근깊이까지 10mm 또는 20mm 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험방법으로 실시하여 염화물의 분포를 파악하여야 한다.
 - (2) 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)

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.

【해설】

1. "재료시험 기준수량"은 과업을 위한 최소의 수량을 말하며 점검 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험의 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 달리할 수 있다.
2. 배수갑문을 제외한 기타구조물은 관리용교량, 어도, 건축물 등으로 구분 실시하여 해당시설물에 대한 상태평가가 가능토록 하는 것이 바람직하다.
3. 또한, 관리용 교량은 교량편을, 관리동 등의 건축물은 건축물편의 시험항목과 기준수량을 참고하여 실시한다.

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 염화물함유량¹⁾ ○ 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 발견 또는 관통 여부 등 평가 ○ 허용균열폭과의 비교·검토
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 주철근까지 깊이별(10mm~20mm) 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 용접결합 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, 예에 대한 평가는 [표 6.50] 및 [표 6.58]에 의한다.

【해설】

1. 재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 나누고 필수적으로 실시해야 하는 항목을 "기본과업"으로, 과업의 내용과 범위에 따라 선택적으로 추가되는 항목을 "선택과업"으로 구분하였다.
2. 정밀안전진단시 기본과업과 선택과업은 상태평가를 위한 최소한의 시험항목으로 규정하였다. 각 과업에 해당되는 시험항목의 평가 및 시험방법은 “세부지침 공통편 부록”의 내용을 따른다.
3. 콘크리트구조물 재료시험 항목 및 평가방법
 - (1) 콘크리트 강도평가를 위한 반발경도시험과 초음전달속도시험은 조합법을 적용하기 위하여 동일 시험부위에서 실시하여야 한다. 조합법은 콘크리트강도와 밀접한 상관관계를 갖는 슈미트해머에 의한 반발경도와 초음파를 이용한 전달속도를 병용하여 콘크리트강도를 추정할 수 있다.
 - (2) 균열깊이조사는 균열의 깊이가 상태평가에 영향을 미치지 않으나, 균열깊이가 피복두께를 초과하는지 여부는 조사하여야 보수보강의 정도를 판단할 수 있으므로 균열깊이의 조사가 필요하다.
 - (3) 염화물함유량시험의 실내시험은 건설기술관리법 제25조에 따른 국·공립시험기관 또는 품질검사전문기관에 의뢰하여 실시하여야 하므로 선택과업에 해당하며, 기본과업은 시료채취 및 실내시험결과에 대한 평가를 포함한다.
4. 기계조사시험
 - (1) 전반적인 작동시험

정지 필요한 측정 브레이크패드 두께, 디스크직경 베이스프레임 수평도드럼흠 깊이, 고무경도 등을 측정하고 작동중에 마찰부의 전반적인 상태를 상측 하강 중에 각각 확인한다. 필요한 경우 경도측정을 치면접촉부를 1~2개소 선택하여 치면에 직각으로 3개소 경도값을 측정하여 치면의 경도상태를 파악한다.
 - (2) 진동소음측정

권양기의 작동시험을 시행하는 중에 모터부하측 감속기부하측에 대하여 수직(또는 수평)방향에 대하여 각각 1회 이상 진동값을 측정하고 분석한다.

진동측정중이나 그후에 모터측 커플링측 감속기측에 대하여 1m 거리에서의 소음을 각 1회 이상 측정하고 분석한다.
 - (3) 권양기 와이어 단면감소 및 소선절단상태

드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한후 버어니어 캘리퍼스로 10cm 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단한다.
 - (4) 기타 내용은 부록C 참조.

5. 전기설비 조사

- (1) 수문의 작동 유무에 대한 조사시 현장(Local)과 원방(Remote)제어반에서 수문의 조작·제어가능 여부에 관한 육안관찰을 말한다
- (2) 수문 전기조사시험시 주요부재(현장제어반, 구동모터 및 브레이크 장치, 개도장치 및 리미트장치 등)의 정상작동 여부에 관한 점검은 [부록 C]에 따라 실시한다.
- (3) 기타 내용은 부록C 참조.

나. 재료시험 기준수량

[표 6.16] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	기 준 수 량	비 고
반발경도시험	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회	· 동일 부위에서 시험 · 기타시설 : 필요시
조음파 전달속도시험		
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) 드림 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 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

【해설】

1. "재료시험 기준수량"은 과업을 위한 최소의 수량을 말하며 정밀안전진단 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험의 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 달리할 수 있다.

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 미치지 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요 결함의 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.

【해설】

1. 영향계수는 중요결함에 비하여 상대적으로 구조물에 미치는 영향이 적은 국부결함과 일반손상의 등급을 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가절하하기 위한 것이다.
2. 영향계수의 적용
[표 6.18], [표 6.29] 및 [표 6.49]와 같이 평가기준(a~e)에 따라 국부결함은 1.0~2.0을 평가점수에 곱하고 일반손상은 1.0~3.0을 평가점수에 곱하여 평가지수를 산정한다.
3. 결함 및 손상에 대한 평가유형을 정리하면 다음과 같다.

[해설 표 6.4.1] 평가유형별 영향계수

평가유형	정 의	평가기준	평가점수	영향계수
중요결함	침하, 경사/전도 및 활동 등과 같이 전체 구조물의 구조적인 안전에 직접영향을 미치는 결함.	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0
국부결함	수평이음부 불량 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않지만 손상이 진전될 경우 전체구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.2 1.4 2.0
일반손상	파손, 마모, 콘크리트 재료분리 등과 같이 구조물의 안전에 크게 영향을 주지 않는 일반적인 손상.	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0

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 0~30cm 변위 발생시)
d	2	○ 수평변위로 제체 마루 도로의 변형이 심각한 상태 (측방이동 30cm 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 5m ² 이하인 상태
c	3	○ 제체 마루의 유실면적이 5~15m ² 미만인 상태
d	2	○ 제체 마루의 유실면적이 15m ² 이상 심각한 상태 (침하량과 누수량이 서서히 증가, 함몰, 누수의 변색 등의 징후가 나타남)
e	1	○ 제체 마루의 유실면적이 15m ² 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 0~10cm 이하, 제체의 변형 0~10% 이하인 상태
c	3	○ 침하깊이 10~50cm, 제체의 변형 10~50%인 상태
d	2	○ 침하깊이 50cm 이상, 제체의 변형 50% 이상인 상태
e	1	○ 침하깊이 50cm 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 25m ² 이하 ○ 콘크리트 슬래브에 세굴, 마모 등 경미한 노후화가 진행된 상태
c	3	○ 피복공 사석의 배열이완 개소별 면적이 25~50m ² ○ 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 50m ² 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 0~1cm 이하, 개수 0~1개
c	3	○사면에 동물의 굴 직경이 1~5cm, 개수 2~4개
d	2	○사면에 동물의 굴 직경이 5cm 이상, 개수 5개 이상
e	1	○사면에 동물의 굴 직경이 5cm 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	○ 30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음.
c	○ 0mm이상 ~ 10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	○ 0mm미만	철근부식 발생
e	—	—

주) 상태평가 결과가 "d"고, [표 6.37](철근노출)의 상태평가 결과가 "e"이면 6.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 [표 1.26] 참조

[표 6.31] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

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

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	0.1mm 미만	a	a	a
b	4	0.1mm~0.2mm 미만	a	a	b
c	3	0.2mm~0.3mm 미만	a	b	c
d	2	0.3mm~0.5mm 미만	b	c	d
e	1	0.5mm 이상	c	d	e

※) 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, 콘크리트구조설계 기준(2007)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15~0.25mm 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4mm 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 6.33] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

주) 균열 면적을 산정방법

※ 제1장 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 면적을 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 0.5mm 미만이면서 박리 면적율 10% 미만
c	3	○ 박리깊이 0.5~1.0mm 미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5mm 미만이면서 박리면적율 10% 이상
d	2	○ 박리깊이 1.0~25mm 미만이면서 박리면적율 10% 미만 ○ 박리깊이 0.5~10mm 미만이면서 박리면적율 10% 이상
e	1	○ 박리깊이 1.0~25mm 미만이면서 박리면적율 10% 이상 ○ 박리깊이 25mm 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 15mm 미만이면서 면적율 20% 미만
c	3	○ 박락/층분리 깊이 15~20mm 미만이면서 면적율 20% 미만 ○ 박락/층분리 깊이 15mm 미만이면서 면적율 20% 이상
d	2	○ 박락/층분리 깊이 20~25mm 미만이면서 면적율 20% 미만 ○ 박락/층분리 깊이 15~20mm 미만이면서 면적율 20% 이상
e	1	○ 박락/층분리 깊이 20~25mm 미만이면서 면적율 20% 이상 ○ 박락/층분리 깊이 25mm 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 확인한 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 20mm 미만이면서 파손면적을 10% 미만,
c	3	○ 파손깊이 20~50mm 미만이면서 파손면적을 10% 미만 ○ 파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적을 10% 이상
d	2	○ 파손깊이 50~80mm 미만이면서 파손면적을 10% 미만 ○ 파손깊이 20~50mm 미만이면서 파손면적을 10% 이상
e	1	○ 파손깊이 80mm 이상이면서 파손면적을 10% 미만, ○ 파손깊이 50mm 이상이면서 파손면적을 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 < 2mm 상태
d	2	○ 바닥 슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 > 2mm 상태
e	1	○ 바닥슬래브의 부등침하로 인한 슬래브판의 변형, 들뜸, 단차 > 5mm 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 > 5mm)
e	1	○ 물받이공의 하류 또는 기초의 침식이 매우 심각한 상태 (이음부 균열 폭 > 12mm, 측벽기울기 > 10°)

[표 6.43] 연주 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 붕괴되거나 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

【해설】

1. 탄산화 상태평가 기준

- (1) 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용 한다.
- (2) 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- (3) 탄산화 조사는 세부지침 및 세부지침 해설서[공통편] 콘크리트 탄산화 깊이 측정 에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- (4) 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 하며, 철근피복조사를 실시하 지 않은 경우는 설계도의 수치를 따른다.

2. 염화물 상태평가 기준

- (1) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가한다.
- (2) 콘크리트 품질평가 기준인 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- (3) 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm 또는 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다.
- (4) 염화물 함유량 분석은 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험 규격에 따라 시 행하며, 시험개소별로 평가한다.

3. 허용균열폭

- (1) 콘크리트 구조설계기준(2007)에서 철근 콘크리트 구조물의 내구성확보를 위하여 허용되는 균열폭은 다음과 같다. 내구성에 관한 균열폭을 검토할 경우 구조물이 놓이는 환경조건을 고려하여야 한다.

[해설 표 6.4.2] 철근콘크리트구조물의 허용균열폭 w_a (mm)

강재의 종류	강재의 부식에 대한 환경조건			
	건조 환경 ¹⁾	습윤 환경 ²⁾	부식성 환경 ³⁾	고부식성 환경 ⁴⁾
철근	0.4mm와 $0.006c_c$ 중 큰 값	0.3mm와 $0.005c_c$ 중 큰 값	0.3mm와 $0.004c_c$ 중 큰 값	0.3mm와 $0.0035c_c$ 중 큰 값
프리스트레싱 긴장재	0.2mm와 $0.005c_c$ 중 큰 값	0.2mm와 $0.004c_c$ 중 큰 값	-	-

주 1) 일반 옥내 부재, 부식의 우려가 없을 정도로 보호한 경우의 보통 거주 및 사무실 건물 내부
 2) 일반 옥외의 경우, 흙 속의 경우, 옥내의 경우에 있어서 습기가 찬 곳
 3) ① 습윤환경과 비교하여 건습의 반복작용이 많은 경우, 특히 유해한 물질을 함유한 지하수위 이하의 흙 속에 있어서 강재의 부식에 해로운 영향을 주는 경우, 동결작용이 있는 경우, 동상방지제를 사용하는 경우
 ② 해양콘크리트 구조물 중 해수 중에 있거나 극심하지 않은 해양환경에 있는 경우(가스, 액체, 고체)
 4) ① 강재의 부식에 현저하게 해로운 영향을 주는 경우
 ② 해양콘크리트구조물 중 간만조위의 영향을 받거나 비말대에 있는 경우, 극심한 해풍의 영향을 받는 경우

여기서, c_c 는 최외단 주철근의 표면과 콘크리트 표면사이의 콘크리트 최소 피복두께(mm)

(2) 콘크리트 구조설계기준(2007)에서 수처리구조물의 내구성과 누수방지를 위하여 허용되는 균열폭은 다음과 같다.

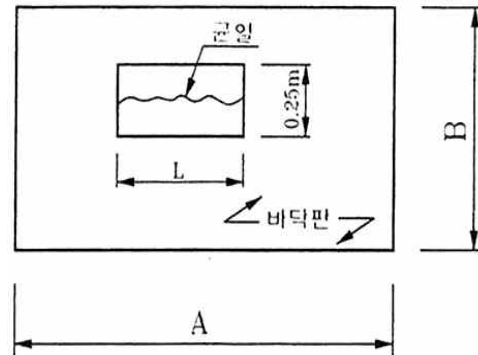
[해설 표 6.4.3] 수처리 구조물의 허용균열폭 w_a (mm)

구 분	휨인장 균열 ³⁾	전 단면인장 균열 ⁴⁾
오염되지 않은 물 ¹⁾	0.25	0.20
오염된 액체 ²⁾	0.20	0.15

주 1) 음용수(상수도) 시설물
 2) 오염이 매우 심한 경우 발주자와 협의하여 결정
 3) 휨모멘트에 의해 발생하는 균열로서 단면의 한쪽 부분에만 발생하는 균열
 4) 주로 축 인장력에 의해 단면 전체에 인장응력이 발생되어 단면 전체에 걸쳐 발생하는 균열

4. 콘크리트 균열 면적을 산정 방법

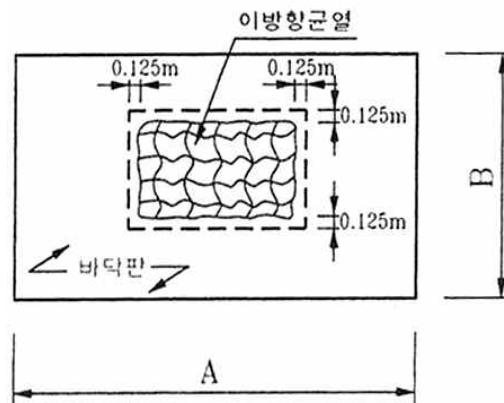
(1) 1방향 균열인 경우



- ① 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며,
- ② 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.
- ③ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

(2) 2방향 균열인 경우

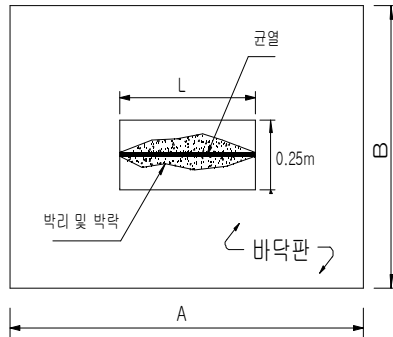


- ① 균열발생 면적은 균열발생부위를 가로, 세로의 최·외측균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후
- ② 점선 내면 면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.
- ③ 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

5. 철근노출 면적율 산정 방법

(1) 철근부식 손상에 대한 면적율 산정 방법

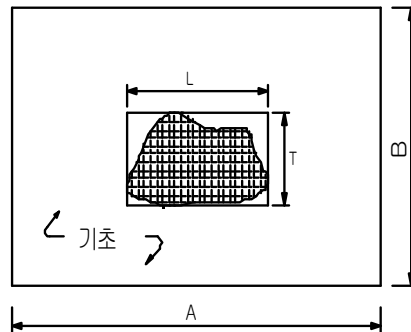


- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

6. 표면 손상 면적율 산정 방법

- (1) 상태평가지 손상 발생 면적율이 필요한 백태, 박리, 박락, 층분리 및 파손의 경우 면적율은 아래 식으로 산정한다.



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

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		a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0

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 정상 상태
c	3	○ 상승 및 하강이 가능하나 이음발생 등이 있으며, 상하한 자동정지가 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 꺾임이 발생한 상태
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 권양시 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 정
의된 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,
최초설계와의 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 누수가 가능한 상태

※) 문비와 문틀에서 접촉부 변형, 지수고무 훼손 폐쇄불량 등으로 문비 폐쇄 시 지수불량이 발생
할 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 기계설
비의 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	5 4 3	1.0 1.1 1.2
구동모터 및 브레이크설비	변형, 손상 등		d e	2 1	1.4 2.0

2) 전기설비 상태평가 기준

[표 6.58] 수문 전기설비의 작동유무 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 1M Ω 정도, 접지: 규정치 이내의 상태)
d	2	○ 현장 제어반 상태가 불량인 상태 (불량이 심각하여 전기설비의 기동 및 운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연: 규정치~1M Ω 이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
e	1	○ 현장 제어반의 불량이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 전기설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태, 절연: 0M Ω 이하, 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 1M Ω 정도, 접지: 규정치 이내의 상태)
d	2	○ 구동모터·브레이크장치의 상태가 불량한 상태 (불량이 심각하여 설비운전에 큰 영향을 주는 경우, 절연: 규정치~1M Ω 이하, 접지: 규정치를 초과하나 규정치의 +30% 이내)
e	1	○ 구동모터·브레이크장치의 불량이 매우 위험한 상태 (불량 상태가 위험하여 설비운전이 불가능한 상태, 절연: 0M Ω 이하, 접지: 규정치의 +30% 초과~ ∞)

6.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 하구독 시설물 평가 단계별 절차

하구독 시설물은 크게 방조제, 배수(갑)문, 기계·전기설비 등으로 구분되며, 다음에 제시되는 상태평가 결과 산정 방법에 따라 수행한다.

하구독 시설물에 대한 상태평가는 하구독이 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] 하구독 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 호구장 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)

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분				
평가구분		평가대상					
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결합, 손상)	권양기실 권양기대 문주 언주 문소란 지수벽 기초상판	블록1 블록2 ...	구간1 구간2 ...	블록1 블록2 ...	<제1장 교량 참조> " "
	2단계	개별부재	(좌측면 우측면 ...)	(부위1 부위2 ...)	(부위1 부위2 ...)		
	3단계	복합부재	피어1 피어2 ...	상류측 하류측	좌안상류측 좌안하류측 우안상류측 우안하류측	상류측 하류측	
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	수문구체	물받이공	호안공	바닥보호공	접속교량
종합평가	5단계	복합시설	배수갑문 <방조제, 기전설비, 부대시설>				
	6단계	통합시설	하구둑				
	7단계	종합시설	—				

※) 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)

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분				
평가구분		평가대상					
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결합, 손상)	권양기실 권양기대 문주 언주 문소란 지수벽 기초상판	블록1 블록2 ...	구간1 구간2 ...	블록1 블록2 ...	<제1장 교량 참조> " "
	2단계	개별부재	(좌측면 우측면 ...)	(부위1 부위2 ...)	(부위1 부위2 ...)		
	3단계	복합부재	구체1 구체2 ...	상류측 하류측	좌안상류측 좌안하류측 우안상류측 우안하류측	상류측 하류측	
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	수문구체	물받이공	호안공	바닥보호공	접속교량
종합평가	5단계	복합시설	배수갑문, <방조제, 기전설비, 부대시설>				
	6단계	통합시설	하구둑				
	7단계	종합시설	—				

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

- 차량통행을 위한 접속교량은
개별시설로서 구분하고, 제1장 교량에 따라 평가한다.

【해설】

1. 기존에 안전점검 또는 정밀안전진단이 수행된 경우, 결함의 진행정도 및 손상정도를 비교하기 위해 외관조사망은 기존의 조사망과 동일하게 작성하는 것이 바람직하다.
2. 아래 [해설 표 6.4.1]은 [표 6.62]와 같은 라멘구조의 배수갑문의 평가단계별로 시설물을 분류하고, 부재를 세분화한 결과를 예시한 것이다.
 - (1) [해설 표 6.4.1]의 경우 [표 6.62]의 4단계를 물받이공가 바닥보호공이 없는 경우로서 구체와 호안옹벽으로 분류한 경우를 예시한 것이다.
 - (2) 1,2단계의 경우도 마찬가지로 권양기대, 문소란, 지수벽, 기초 상판 등으로 세분하지 않고 권양기실, 문주, 연주로 단순히 망을 구성한 경우이다.

[해설 표 6.4.1] ○○하구독 배수갑문 평가단계별 시설물 구분 예시

평가 단계별구분			부재별 시설물의 구분	
평가구분	평가대상			
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	권양기실 : 23개 (WC00-1, WC00-2, WC01 ~21) 문 주 : 25개 (MJ00-1 ~3, MJ00~21) 연 주 : 22개 (UJ00 ~21)	좌안옹벽 : 4개 (WL01 ~04) 우안옹벽 : 1개 (WR01)
	2단계	개별부재	권양기실 문 주 연 주	좌안옹벽 우안옹벽
	3단계	복합부재	구체0 ~21	좌안옹벽 우안옹벽
상태평가, 안전성평가, 종합평가	4단계	개별시설	배수갑문 구체	호안옹벽
종합평가	5단계	복합시설	배수갑문	

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 / 연주	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(mm)*길이(cm)		b
②	균열	경사균열	폭(mm)*길이(cm)		c
③	층분리	배력철근을 따라 발생	면적(m ²)		c
④	세굴	연주하부세굴	면적(m ²)*깊이(m)		b
조사일자 : 20 . .			조사자 : 홍길동, 김철수		

【해설】

[해설 표 6.4.2] 배수갑문 1단계 상태평가 예시

【부재(부위)별 손상상태 평가표 : 1단계 평가표】

부위(망번호) / 개별부재		복합부재 / 개별시설물	표번호
피어본체9		구체9 / 수문부구체	피1-9

번호	손상(결함)종류	손상(결함)내용	단 위	크 기	평가등급
<1> <2> <3> ㉠	균열	수직 균열 발생 (면적을 5%이하)	폭(mm)×길이(m)	<1> 0.3×0.7 <2> 0.3×0.2 <3> 0.2×1.0 ㉠ 0.2×0.3	c
㉠ ㉡	도장박리	반침 도장박리	개소	㉠ 1개소 ㉡ 1개소	b
㉢	균열부백태	수직 균열부 백태 발생 (면적을 5%이하)	가로(m)×세로(m)	㉢ 0.1×0.6	b
㉣	백태	백태 발생 (면적을 5%이하)	가로(m)×세로(m)	㉣ 0.1×0.6×2EA	b
㉤	박락/철근노출	박락 및 철근노출 (면적을 1%이하)	가로(m)×세로(m)	㉤ 0.2×0.7	b
㉥	거꾸집미제거	거꾸집미제거	개소	㉥ 1개소	b

조사일자 : 2010. 12
조사자 : ○○○, △△△

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	$4.5 \leq E1 \leq 5.0$	평가 유형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	$3.5 \leq E1 < 4.5$		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	$2.5 \leq E1 < 3.5$							
d	$1.5 \leq E1 < 2.5$		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
e	$1.0 \leq E1 < 1.5$							

$$\text{결함 및 손상의 상태평가지수}(E1) = M \times F$$

여기서, M : 평가점수

F : 영향계수

개별부재의 상태평가지수(E2) = Min (다수의 E1 값)

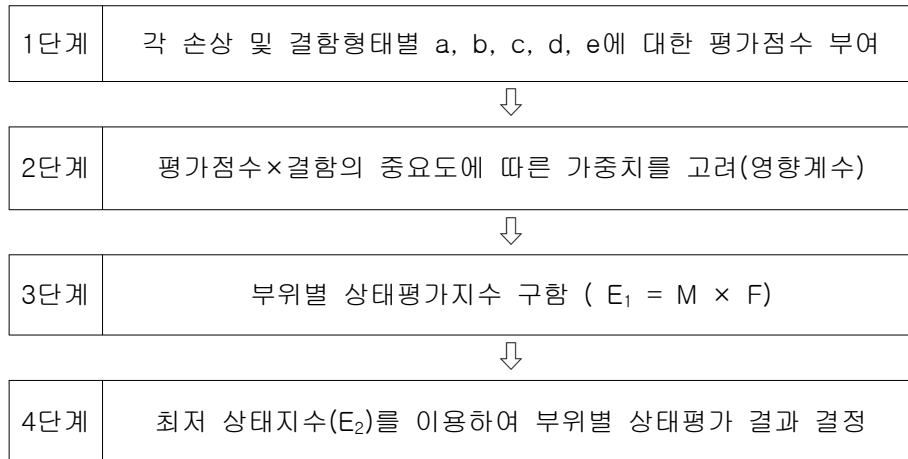
- 평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용한다.

[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 파손력 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

【해설】

1. 개별부재의 상태평가 절차를 요약하면 [해설 그림 6.4.1]과 같다.



[해설 그림 6.4.1] 개별부재의 상태평가 절차(1, 2단계) 흐름도

- (1) 1단계 : [표 6.65]에서 개별부재 “언주”의 조사항목 중 “벽체의 기울기”, “벽체의 과응력 균열” 및 “벽체 콘크리트 파손”의 경우 [표 6.63]과 같은 부재(부위별) 평가에서 평가 결과에 따라 평가점수(M)을 부여한다.
- (2) 2단계 : “벽체의 기울기”는 [표 6.29]의 배수감문중 “언주 및 문주의 변위”에 해당하므로 평가유형은 “중요결함”이고 평가결과와 관계없이 영향계수(F)는 “1”에 해당한다. 역시 같은 방법으로 “벽체의 과응력 균열”은 상태평가기준에서 “국부결함”에 해당하며 평가점수가 “4”이므로 영향계수는 “1.1”에 해당된다.
- “벽체 콘크리트 파손”도 같은 방법으로 상태평가기준에서 “일반손상”에 해당하며 평가점수가 “3”이므로 영향계수는 “1.3”에 해당된다.
- (3) 3단계 : 1단계에서 구한 평가점수와 2단계에서 결정한 영향계수를 곱하여 각 손상에 대한 상태평가지수(E_1)를 구한다.
- ① 벽체의 기울기 : $E_1 = M \times F = 4.0 \times 1.0 = 4.0$
 - ② 벽체의 과응력 균열 : $E_1 = M \times F = 4.0 \times 1.1 = 4.4$
 - ③ 벽체 콘크리트 파손 : $E_1 = M \times F = 3.0 \times 1.3 = 3.9$
- (4) 4단계 : 개별부재의 손상에 대한 상태평가지수중 최소값이 “벽체 콘크리트 파손”에 해당하므로 “3.9”에 해당한다. 상태평가지수가 “3.9”이므로 [표 6.64]에 따라 개별부재의 상태평가결과는 “b”(3.5≤ E_1 < 4.5)로 결정한다.

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 평가절하 한다. 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다.

복합부재의 평가는 개별부재의 평가지수(E2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고 상태평가 결과를 결정한다.

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

여기서, E2 : 개별부재의 상태평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 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	기초상관
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

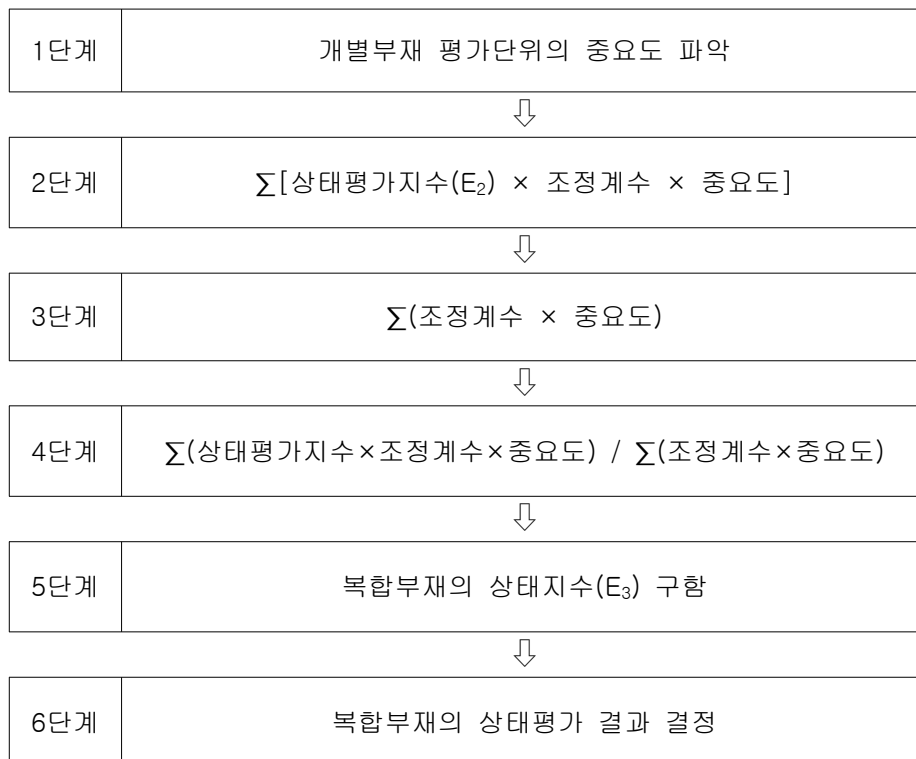
- 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 부재가 추가되거나 없는 경우에
중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[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
연주	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)= $\Sigma(E2*A*W)/\Sigma(A*W)=789.0/230.0 =$						3.43
2. 복합부재의 상태평가 결과 =						c

【해설】

1. 복합부재의 상태평가 절차를 요약하면 [해설 그림 6.4.2]와 같다.



[해설 그림 6.4.2] 복합부재의 상태평가 절차(3단계) 흐름도

- (1) 1단계 : [표 6.68]에서 예시된 복합부재 “피어1”의 경우 개별부재는 권양기실·권양기대·문주·문소란·지수벽·연주·기초상판 7개로 구성되어 있다. 중요도는 [표 6.67]에서 예시된 것과 다르게 개별부재 “권양기실”을 10%로 하고 나머지 6개의 개별부재는 15% 균등하게 분할하여 중요도의 합이 100%가 되도록 예시하였다.
- (2) 2단계 : [표 6.65]에서 개별부재별 평가결과에 따라 조정계수(A) 구하여, 각 개별부재별로 상태평가지수, 조정계수, 중요도를 곱한다.
 - ① 개별부재 “권양기실”의 경우 평가결과가 “b”이므로 조정계수는 [표 6.66]에서 “2”에 해당한다.
 - ② 다른 6개의 개별부재의 조정계수도 같은 방법으로 결정한다.
- (3) 3단계 : 가중평균치를 구하기 위하여 각 개별부재별로 조정계수, 중요도를 곱한값을 구한다.
- (4) 4, 5단계 : 2단계값을 3단계값으로 나누어 가중평균치를 구하고 그 값이 복합부재의 상태평가지수(E3)가 된다. 상태평가지수 계산시 소수 셋째자리까지 계산하고 반올림하여 소수 둘째자리로 표시한다.
- (5) 6단계 : 5단계에서 구한 상태평가지수(E3)가 “3.43”이므로 [표 6.64]에 따라 복합부재의 상태평가결과는 “c”(2.5≤E< 3.5)로 결정한다.

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

$V2 = \sum(E3 \times S) / (5 \times \sum S)$

S : 규모

Max : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최대값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E3) 최소값

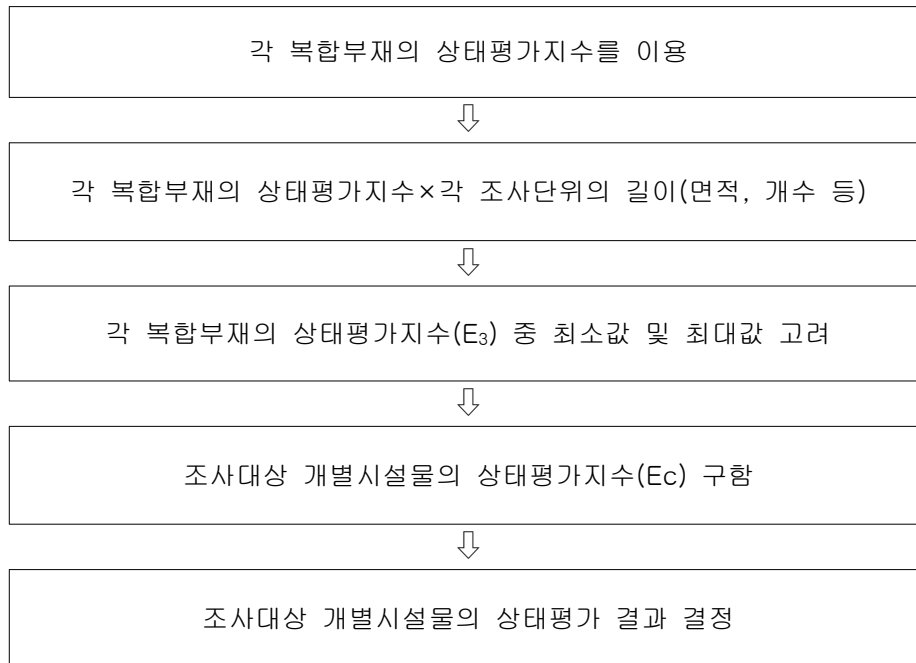
[표 6.69] 개별시설 평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

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. $V1 = 0.3 * (\text{Max.} - \text{Min}) = 0.3 * (3.77 - 3.02) =$				0.23
4. $V2 = \sum(E3 * S) / (5 * \sum S) = 362.8 / (5 * 105.0) =$				0.69
5. 개별시설의 상태평가지수(Ec) = $\text{Min.} + V1 * V2 = 3.02 + 0.23 * 0.69 =$				3.18
6. 개별시설의 상태평가 결과 =				c

※ 본 예에서는 피어의 규모(S)가 동일하므로 배수갑문 중방향의 기초상판 길이 적용

【해설】

1. 개별시설의 상태평가 절차를 요약하면 [해설 그림 6.4.3]과 같다.



【해설 그림 6.4.3】 개별시설의 상태평가 절차(4단계) 흐름도

- (1) 1단계 : [표 6.69]에서 예시된 개별시설 “수문구조물”은 “Pier1”부터 “Pier7”까지 7개의 복합부재로 구성되어 있다. “ 복합부재 “Pier1”의 평가결과와 상태 평가지수는 [표 6.68]에서 산정된 결과를 인용한 것이며, 다른 6개의 복합부재도 같은 방법으로 산정된 결과를 예시한 것이다.
- (2) 2단계 : 규모값(S)는 길이를 기준으로 하여 각 복합부재의 길이를 기입한 것이다.
- (3) 3,4단계 : 개별시설의 상태평가지수(E_c) 공식에 복합부재의 최대값, 최소값 등을 넣고 계산하면, [표 6.69]에서 알 수 있듯이 상태평가지수는 “3.18”로 산정되었다.
- (4) 5단계 : 개별시설의 상태평가지수(E_c)가 “3.18”이므로 [표 6.64]에 따라 개별시설의 상태평가결과는 “c”(2.5≤ E_c <3.5)로 결정하였다.

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	상대변화 ^{※)} (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

【해설】

- 아래 [해설 표 6.4.3]은 [표 6.70]과 같은 방조제 평가단계별로 시설물을 분류하고, 부재를 세분화한 결과를 예시한 것이다.

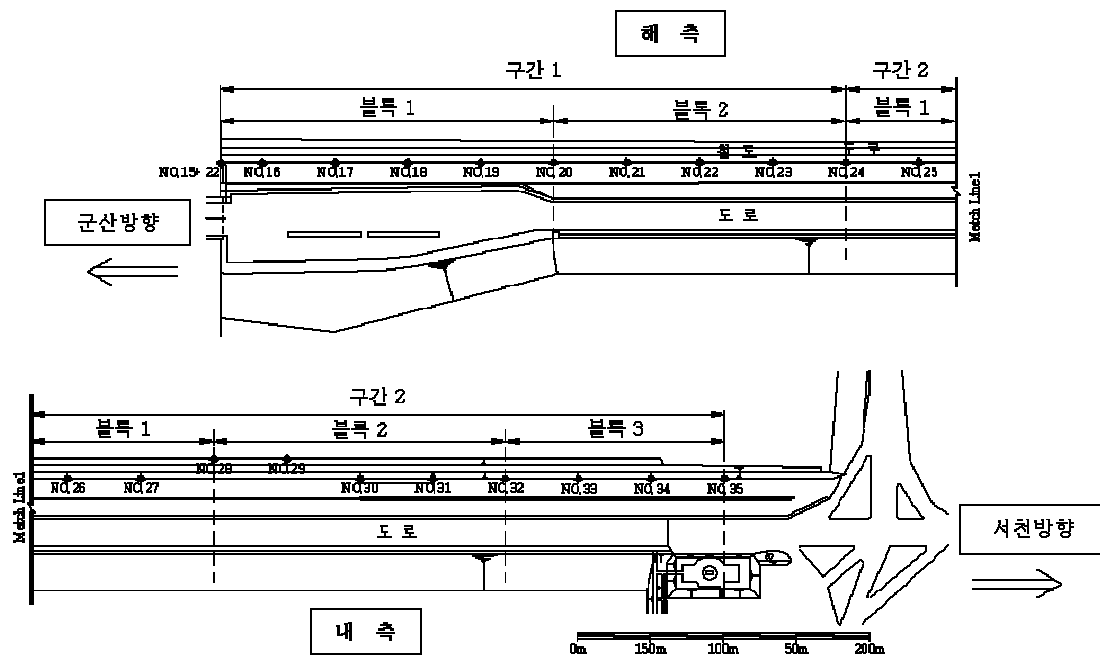
(1) [표 6.70]의 경우 2단계 개별부재는 블록, 3단계 복합부재는 구간, 4단계 개별시

설은 방조제로 구분하였으나, [해설 표 6.4.3]의 경우 복합부재를 블록으로, 개별 시설을 구간으로 구분하여 조사망을 구성한 것을 예시한 것이다.

- (2) 2단계의 경우 [해설 표 6.4.3]에서는 블록으로 구분하지 않고, 해측사면, 제체마루, 내측사면으로 구성한 경우이다.

[해설 표 6.4.3] ○○하구둑 방조제 평가단계별 시설물 구분 예시

평가 단계별구분			부재별 시설물의 구분	
평가구분	평가대상			
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	망겟수 : 6 해측사면 (DS01 ~ 02) 제체마루 (DC01 ~ 02) 내측사면 (US01 ~ 02)	망겟수 : 6 해측사면 (DS03 ~ 05) 제체마루 (DC03 ~ 05) 내측사면 (US03 ~ 05)
	2단계	개별부재	해측사면 제체마루 내측사면	해측사면 제체마루 내측사면
	3단계	복합부재	블록 1~2	블록 1~3
상태평가, 안전성평가, 종합평가	4단계	개별시설	구 간 1	구 간 2
종합평가	5단계	복합시설	방조제	



[해설 그림 6.4.4] 방조제 조사망도 예시

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

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 단계별 구분		
평가구분		평가대상			
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	-권양기 로프, 드럼 감속기, 제동장치	-권양기 로프, 드럼 감속기, 제동장치	...
	2단계	개별부재	-문비 외판, 아암 보강재, 트러니언 수밀부 롤러부(가이드 플레이트포함)	-문비 외판, 아암 보강재, 트러니언 수밀부 롤러부(가이드 플레이트포함)	
	3단계	복합부재	-전기설비 현장제어반 전동기 (부위1, 부위2, ...)	-전기설비 현장제어반 전동기 (부위1, 부위2, ...)	...
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설	기전설비1	기전설비2	...
종합평가	5단계	복합시설	기전설비 <배수갑문, 방조제, 부대시설>		
	6단계	통합시설	하 구 독		
	7단계	종합시설	-		

※) 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 유선방법, Harza의 유선방법 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(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 사면활동의 안전성 검토시 입력자료로 활용한다.

[표 6.72] 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 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

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

i_c : 한계동수경사

h : 저수지 전수두(m)

d : 분사지점의 수두(m)

G_s : 토립자의 비중

e : 흙의 간극비

n : 흙의 간극율

【해설】

1. 한계유속에 의한 방법(Justin 방법)

- (1) 제체 및 기초의 토립자가 소류력에 의하여 입자가 밀려나가는 한계의 침투유속(한계유속)을 다음식에 의하여 구하고 입자는 그 한계치를 넘으면 파이핑이 발생한다고 본다.

$$V = \sqrt{\frac{Wg}{Ar_w}}$$

여기서, V : 한계유속(cm/s)

W : 토립자의 수중중량(g)

g : 중력가속도(cm/s^2)

A : 물의 흐름을 받는 토립자의 면적(cm^2)

r_w : 물의 단위체적중량(g/cm^3)

- (2) 실제의 제체 토립자에는 여러 크기의 것이 혼합되어 있어 입경의 기준을 정하기 어려우므로 침투류해석에서 얻어지는 침투류의 실유속이 [표 6.72]의 입경에 대한 한계유속의 1/100 이하가 되도록 해야 한다.

2. 한계동수경사에 의한 방법

(1) 유출동수경사

각 해석조건별 유출동수경사중 최대치 성분 즉, 최대출구동수경사($i_{e\max}$)의 성분을 침투류해석결과로부터 구한다.

(2) 한계동수경사

세부지침에서 제시한 Terzaghi식에 의하여 한계동수경사(i_c)를 계산한다.

- (3) 최대출구동수경사($i_{e\max}$)와 한계동수경사의 비를 계산하고, [표 6.73]에 따라 파이핑에 대한 안전성을 평가한다.

☞ 예시된 [해설 표 6.5.1]의 경우 한계치의 100% 미만이므로 침투수의 안전성(파이핑)은 “a”에 해당한다.

3. 침투수의 안전성 분석 보고서 작성 내용 예시

(1) 개요

(2) 해석방법 : 해석프로그램 및 단면설정 내용

(3) 입력자료 결정 : 입력자료 및 선정방법

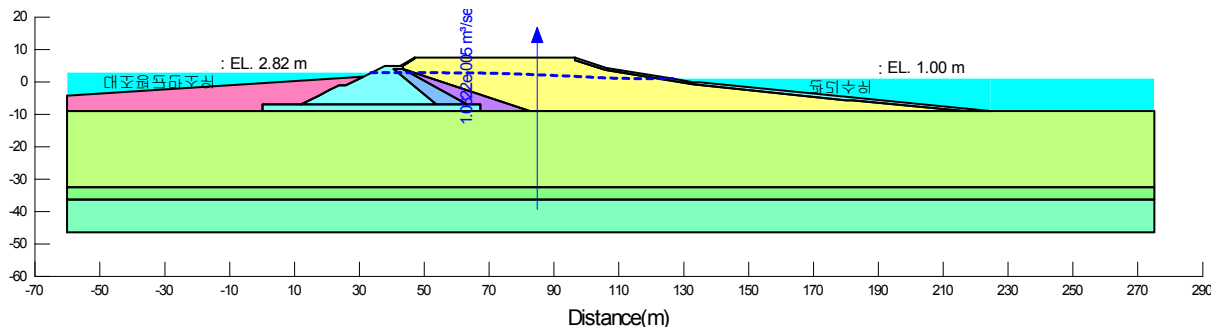
(4) 해석 조건

① 정상류 해석 : 내측, 해측 수위

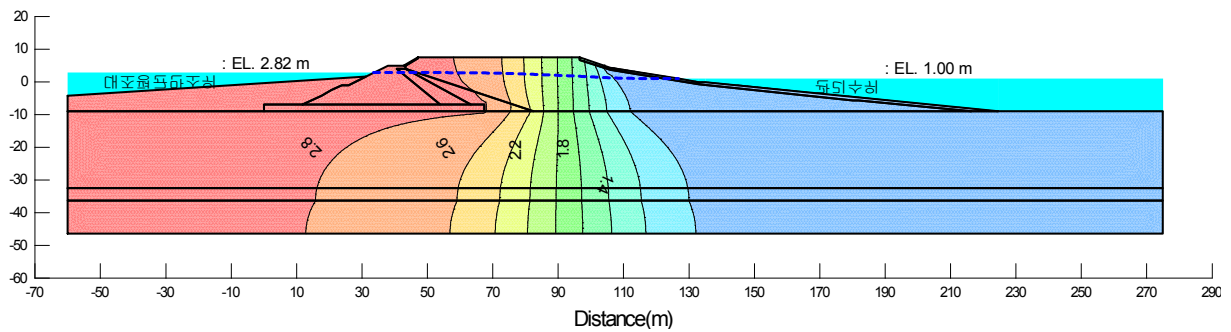
② 부정류 해석 : 내측, 해측 수위변화

(5) 해석결과 분석

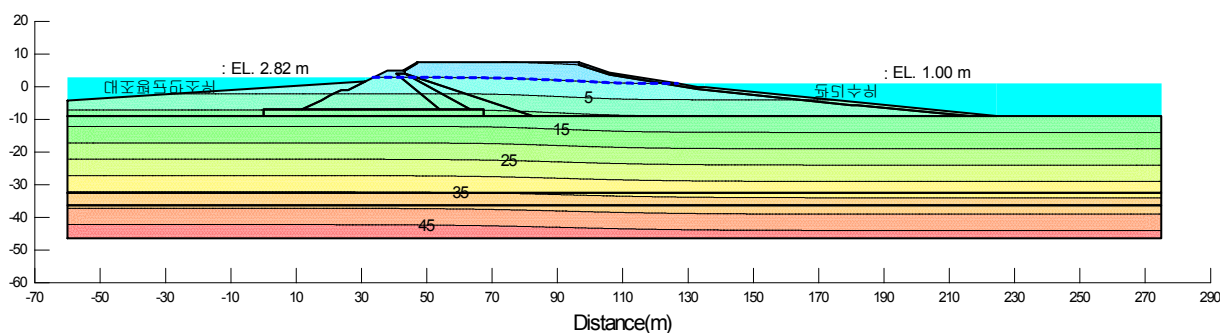
- ① 침투수량을 산출하여 설계누수량과 비교·분석
- ② 해석결과 수록
 - ☞ [해설 그림 6.5.1] 및 [해설 그림 6.5.2] 참조
- ③ 파이핑 검토 결과 수록
 - ☞ [해설 표 6.5.1] 참조



(a) 침윤선 분포 및 침투수량

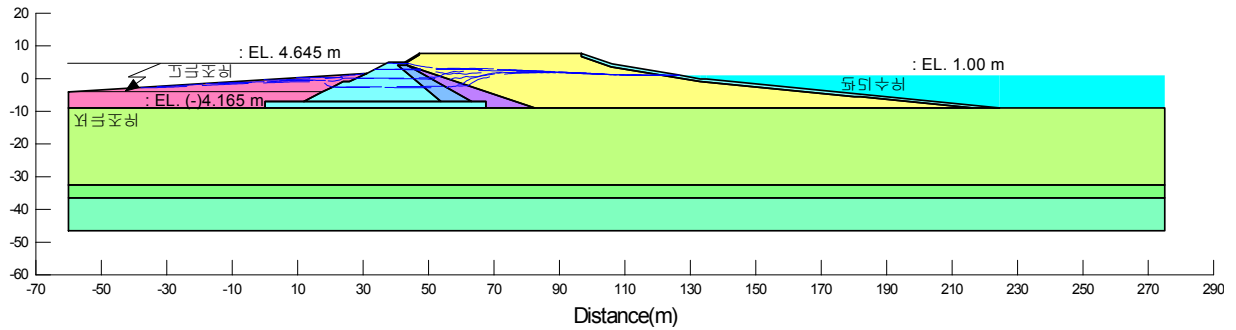


(b) 전수두도

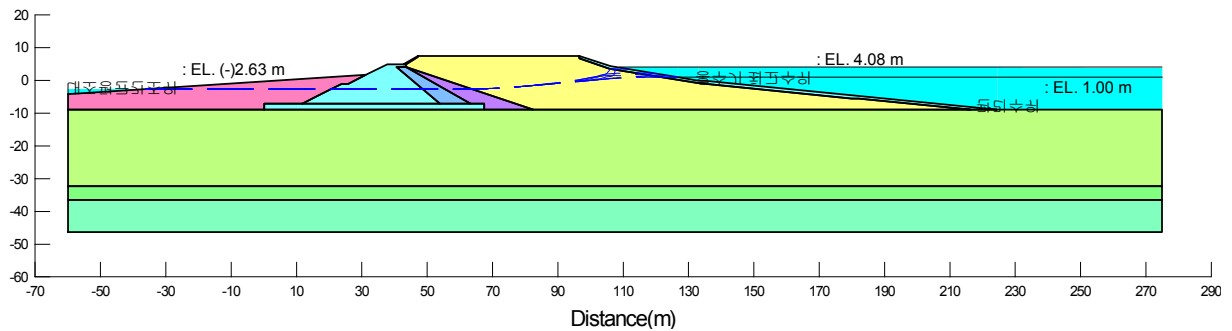


(c) 압력수두도

[해설 그림 6.5.1] 침투류 해석결과(정상류 해석, 해측 → 내측) 예시



(a) 조위변화시(해측 변화)



(b) 수위변화시(내측 변화)

[해설 그림 6.5.2] 침투류 해석결과(부정류 해석) 예시

[해설 표 6.5.1] 파이핑 검토 결과 예시

해석조건		검토 위치	최대출구동수경사 ($i_{e\max}$)	한계동수경사 (i_c)	안전율 (Fs)	안전성
정상류 해석	내측(관리수위)→ 해측(대조평균간조위)	해측	2.82×10^{-2}	1.038	36.8	a
	해측(대조평균만조위) →내측(관리수위)	내측	5.20×10^{-2}	"	20.0	a
부정류 해석	조위변화 (해측변화)	해측	2.16×10^{-1}	"	4.8	a
		내측	1.70×10^{-2}	"	61.1	a
	수위변화 (내측변화)	해측	4.37×10^{-2}	"	23.8	a
		내측	3.53×10^{-2}	"	29.4	a

《참고사항》

1. 크리프비를 이용한 파이핑 검토(농지개량사업계획설계기준, 1991)

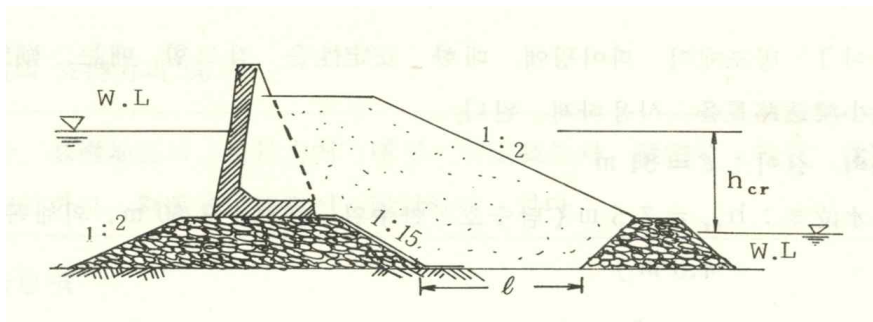
- (1) 방조제와 같은 제체의 유효폭을 결정할 때는 파이핑에 대한 안전성을 고려하여 정한다. 파이핑 검토를 위한 실험적 기준으로서 크리프비(Creep ratio : C_r)를 적용한다. 이때 크리프비는 아래 표에 표시된 값보다 커야한다.

$$C_r = \frac{l}{h_{cr}}$$

여기서, C_r : 크리프비 (Creep ratio)

h_{cr} : 최대수두차(m)

l : 침투로의 길이(m)



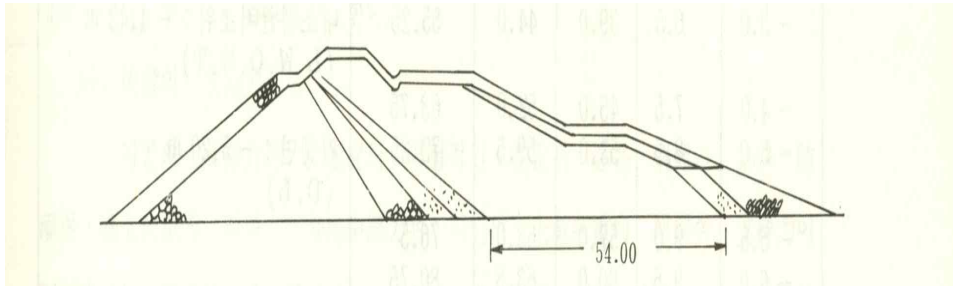
[해설 표 6.5.2] 크리프비

제체 또는 지반토의 토질	크리프비(C_r)
극미립사(極微粒砂) 혹은 실트	7.15
세립사(細粒砂)	7.0
중립자(中粒砂)	6.0
조립자(粗粒砂)	5.0
세사리(細砂利)	4.0
중사리(中砂利)	3.5
조사리(粗砂利)	3.25
연약 ~ 중간점토	2.0 ~ 3.0
경점토	1.8

(2) 예제

아래와 같은 방조제 표준단면의 파이핑에 대한 안전성을 검토하면 다음과 같다.

- 수위 : 담수호 만수위 표고 +3.50m, 외해쪽의 간조위, -4.0m
- 지반조건 : 중립사와 세립사 혼합



방조제의 파이핑에 대한 안전성을 검토할 때는 삭망평균만조위와 최소침투로장을 사용하게 된다.

- 유로의 길이 : $l=54\text{m}$

- 내외수위차 : $h_{cr}=7.5\text{m}$ (담수호 만수위 표고 +3.50m, 외해쪽의 간조위, -4.0m)

$$c_r = \frac{54}{7.5} = 7.2 > 6.5 \quad \therefore \text{O.K}$$

이 지반은 중립사와 세립사가 혼합되어 있으므로 중간값 $C_r=6.5$ 를 취하면 이보다 큰값이 되므로 파이핑에 대해서는 안전하다.

2. Schmieder의 한계유속 실용식

Schmieder(1975)는 한계유속에 대한 실용기준을 만들었으며 이는 아래식과 같다.

$$V_{\text{lim}} = 5 \times 10^{-2} (K)^{1/4}$$

여기서, V_{lim} : 한계허용유속(cm/s)

K : 투수계수

① 지반 구성성분별 투수계수(Hough, 1957)

분류	투수계수 $K(\text{cm/sec})$
깨끗하고 입도가 양호한 실트질 모래와 자갈	1.00E-02
균등한 세립모래	4.00E-03
입도가 양호한 실트질 모래 및 자갈	4.00E-04
실트질 모래	1.00E-04
균등한 실트	5.00E-05
모래질 점토	5.00E-06
실트질 점토	1.00E-06
점토	1.00E-07

② 토질 분류에 따른 투수계수(Terzaghi & Peck)

Soil Type	투수계수 K(cm/sec)	Relative Permeability
Gravel	> 1.00E-01	High
Sandy Gravel Clean sand Fine sand	1.00E-01~1.00E-03	Medium
Sand Dirty sand Silty sand	1.00E-03~1.00E-05	Low
Silt Silty clay	1.00E-05~1.00E-07	Very Low
Clay	< 1.00E-07	Practically Impermeable

③ 토질 분류에 따른 투수계수 (Soil Mechanics SI Version)

Soil Type	투수계수 K(cm/sec)	비고
Coarse Gravel	1.10E-01	
Sandy Gravel	1.60E-02	
Fine Gravel	7.10E-03	
Silty Gravel	4.60E-04	
Coarse Sand	1.10E-04	
Medium Sand	2.90E-05	
Fine Sand	9.60E-06	
Silt	1.50E-05	

④ 암반의 투수계수(Brac, 1978)

Rock Type	K(cm/sec) for Rock with water 20℃ as Permeant	
	Laboratory	Field
Sandstone(사암)	3.00E-03 to 8.00E-08	1.00E-03 to 3.00E-08
Navajo sandstone	2.00E-03	
Berea sandstone	4.00E-05	
Greywacke	3.20E-08	
Shale(셰일)	1.00E-09 to 5.00E-13	1.00E-08 to 1.00E-11
Pierre shale	5.00E-12	2.00E-09 to 1.00E-11
Limestone, dolomite	1.00E-05 to 1.00E-13	1.00E-03 to 1.00E-07
saalem limestone	2.00E-06	
Basalt(현무암)	1.00E-12	1.00E-03 to 1.00E-07
Granite(화강암)	1.00E-07 to 1.00E-11	1.00E-04 to 1.00E-09
Schist(편암)	1.00E-08	2.00E-07
Fissured schist	1.00E-04 to 3.00E-04	

2) 사면활동의 안전성 분석

- 제체 및 기초의 활동과괴에 대한 안전성의 검토에 고려되는 하중
자중, 정수압, 간극수압 및 지진관성력으로 하고 이를 저수지의 상태에 따라 적용해야 한다.
- 활동과괴에 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 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

【해설】

1. 사면안정은 흙 속에서 발생하는 전단응력과 흙의 전단강도를 비교함으로써 얻어진 안전율(Factor of Safety)을 근거로 안정성을 판단하기 위한 것이며, 공학적인 측면에서는 최소안전율의 개념으로 표현하고 있다.

2. 사면활동 안전성 보고서 작성 내용 예시

- (1) 개 요
- (2) 해석방법 : 해석 방법 및 적용 프로그램 내용
- (3) 입력자료 결정 : 입력자료 및 선정방법

[해설 표 6.5.3] 재료별 물성치(예)

구 분		습윤단위중량 (γ_t , kN/m ³)	점착력 (C, kPa)	마찰각 (ϕ , °)	비 고
성토부	Rock(Riprap)				기존 진단보고서 인용 (2005년)
	Cobble & Gravel				기존 진단보고서 인용 (2005년)
	Sand Fill (준설해사)				금회 토질실험 결과치
	Sand Fill (고정용 해사)				공사기록지, 문헌자료
퇴적층 (기초)	Silty Sand부				금회 토질실험 결과치
	Mixed Sand & gravel부				기존 진단보고서 인용 (2005년)
퇴적층 (해측하단부)	Marine Clay				기존 진단보고서(2005년), 문헌자료

(4) 해석 조건

- ① 해측 : 대조평균 만조위시
- ② 해측 : 조위변화시(대조평균간조위시)
- ③ 내측 : 관리수위
- ④ 내측 : 수위변화시(최고수위)

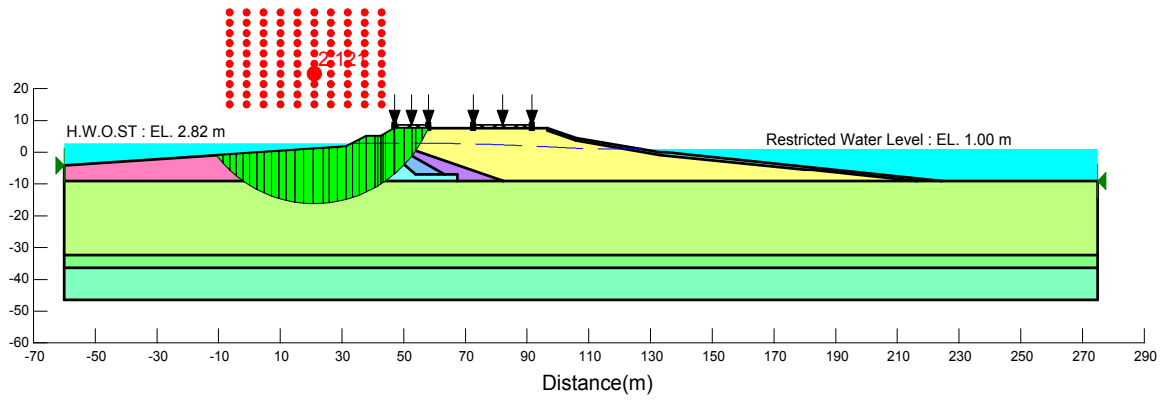
(5) 해석결과 분석

- ① 해석결과 수록

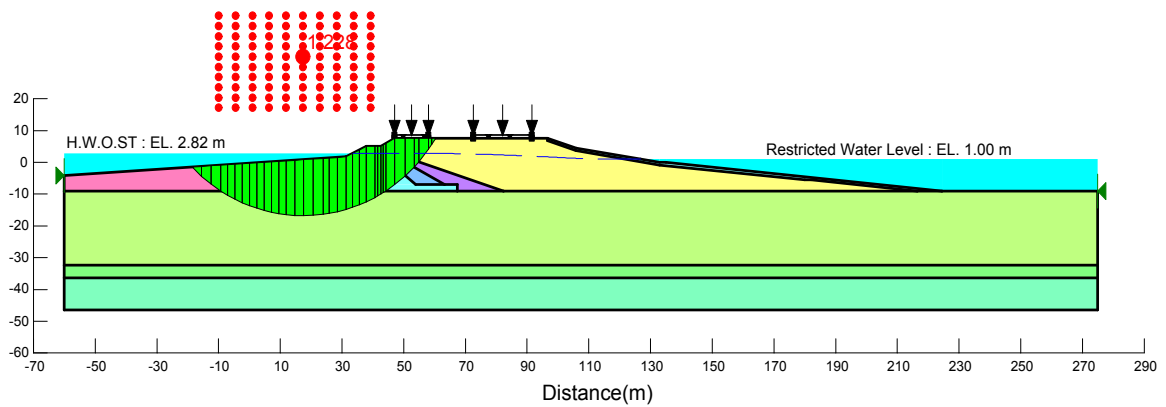
☞ [해설 그림 6.5.3] 참조

[해설 표 6.5.4] 사면안정해석 결과 및 비교(예)

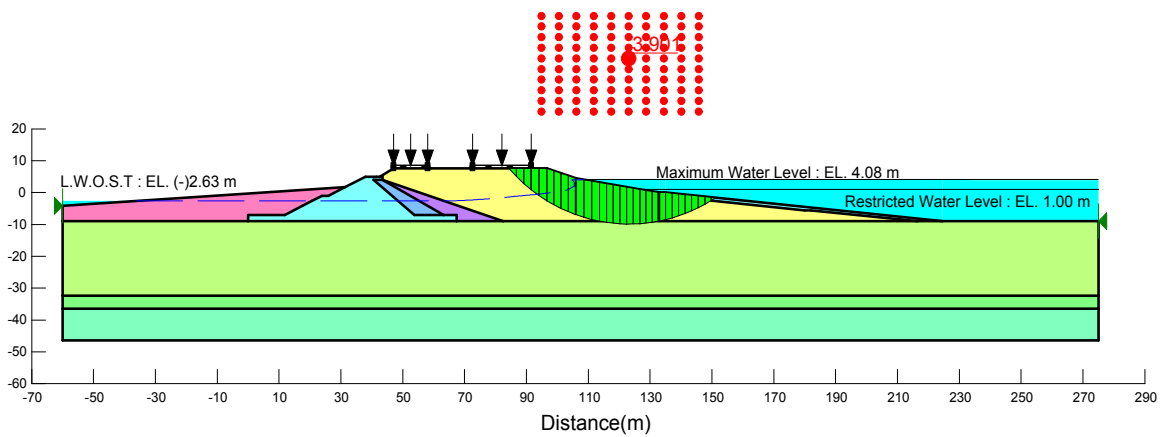
구 분	조 건	최소안전율		비 고
		평상시	지진시	
해측	대조평균 만조위시			
	조위변화시 (대조평균간조위시)			
내측	관리수위			
	수위변화시 (최고수위)			



(a) 해측-대조평균만조위시-평상시



(b) 해측-대조평균만조위시-지진시



(c) 내측-수위변화시(최고수위)-평상시

[해설 그림 6.5.3] 사면안정해석 결과 예시

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 존의 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 발생하는 파이핑 발생 가능성으로 제체의 안전성을 판단할 수 있다.

산출되는 응력상태에서 축차응력이 커 파괴상태에 다르거나, 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

【해설】

1. 응력-변형해석은 방조제 내부의 역학적 조건이 변화하는 시점을 기준으로 하여 시간 경과에 따른 응력 및 변위를 검토하기 위한 것이다.

2. 용어정의(토목용어사전, 1996, 대한토목학회)

○ 응력전이 또는 아칭 효과 (arching effect)

- ① 힘의 전달이 아치방향으로 진행되는 효과. 아칭효과에 의해 터널주변의 응력이 재배치 됨.
- ② 토체의 일부분에 전단 항복이 일어나고 인접한 흙은 원위치에 있을 때 항복이 일어난 쪽의 흙은 일어나지 않는 쪽과 경계면에서 상대적으로 움직이려고 함. 이 토체 내의 상대적 이동은 경계면 사이의 전단 저항에 의하여 억제되는데 이 전단 저항이 항복 쪽의 흙을 원위치에 유지시키려하기 때문에 항복이 일어나는 쪽의 압력은 감소하고 원위치에 있는 흙에서의 압력은 증가함. 이와 같은 압력의 전환을 아칭효과라 함. 터널, 매설관 및 앵커된 널말뚝이 작용하는 토압의 경우 아칭효과가 일어남

○ 수압할열 (水壓割裂, hydraulic fracturing)

높은 수압으로 인하여 암반이나 지반이 균열발생으로 파쇄되는 현상. 수압파쇄(水壓破碎)라고도함.

○ 축차응력 (軸差應力, deviatoric stress)

최대주응력과 최소주응력의 차를 축차응력이라 함.

4) 수리·수문학적 안전성 평가

하구둑은 시설물의 특성상 제방의 독마루 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 상위 개념의 최근 분석자료를 검토하여 수문학적 안전성 평가 자료로 활용하는 것을 기본으로 한다.

① 방조제 독마루 표고 결정의 적정성

「하천설계기준(한국수자원학회, 2009)」에 의하면 독마루 표고는 다음과 같이 산정된다.

$$\text{독마루표고} = \text{설계조위} + \text{파고(또는 처오름 높이)} + \text{여유고}$$

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 독마루 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 1.0 m 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	독마루 표고에 대한 여유고를 확보한 경우
b	4	독마루 표고에 대한 여유고 부족분이 0~50%까지인 경우
c	3	독마루 표고에 대한 여유고 부족분이 50~100%까지인 경우
d	2	독마루 표고에 대한 여유고 부족분이 100~120%까지로 도파의 가능성이 있는 경우
e	1	독마루 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 '독마루 표고-조위-치오름 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 설치되는 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)

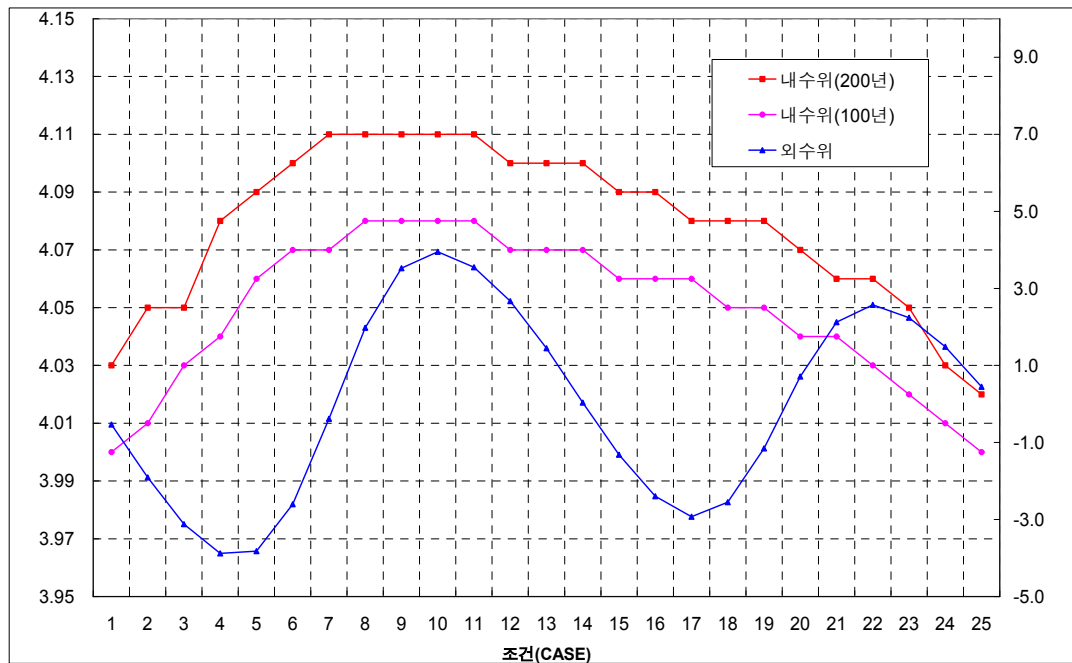
이 자료 중 주기적으로 변화하는 외조위 조건과 홍수 유입수문곡선이 맞물리는 특성에 따라 ‘고고조(HHW) 일치형’, ‘고저조(HWH) 일치형’, ‘저고조(LHW) 일치형’, ‘저저조(LLW) 일치형’ 등의 조합을 형성하여 내수위를 검토한다. 각 조합별로 검토된 내수위 중 최고수위가 시설물의 수문학적 안전성에 있어 가장 불리한 조건을 형성하므로 이 최고수위를 기준으로 배수갑문의 방류능력에 대한 안전성을 평가한다.

[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

【해설】

- 수리·수문학적 안전성평가는 외조위에 대하여 독마루의 높이가 설계기준에서 요구하는 여유고를 확보하는 가를 검토하는 것과 설계홍수량에 대한 배수갑문의 방류능력을 검토하는 것이다.
 - 하구독 지점은 하천의 최하류부에 위치하므로 유역면적이 커서, 정밀한 수문해석을 할 경우, 그 비용이 안전점검이나 정밀안전진단 비용에 비하여 과다하게 되므로 기존에 검토된 자료를 검토하여 수리, 수문학적 안전성 여부를 검토한다.
 - 수문학적 안전성평가 보고서 작성 내용 예시
 - 방조제 독마루표고 결정의 적정성
 - 배수갑문 방류능력에 대한 안전성
 - 개요
 - 유역 현황 : 유역 개황 및 주요제원, 유역 특성자료 분석
 - 강우해석 : 확률강우량 산정, 가능최대강수량(PMP) 산정
 - 홍수해석 : 강우량의 시간분포 설정, 강우-유출모형, 홍수량 산정
 - 배수갑문 통수능력 검토 : 최고수위 계산, 여유고 검토
- ☞ 해석결과 수록 [해설 그림 6.5.4]와 [해설 표 6.5.5] 참조



[해설 그림 6.5.4] 외조위에 따른 침투 내수위 결과 예시

[해설 표 6.5.5] 월류수면 여유고 검토결과 예시

금회검토 내수위	공도교 하부	공도교 상부	여유고	비고
(a)	(b)	(c)	(b-a)	
EL.4.11m	EL.3.80m	EL.5.50m	-0.31m	내수위<공도교 상부

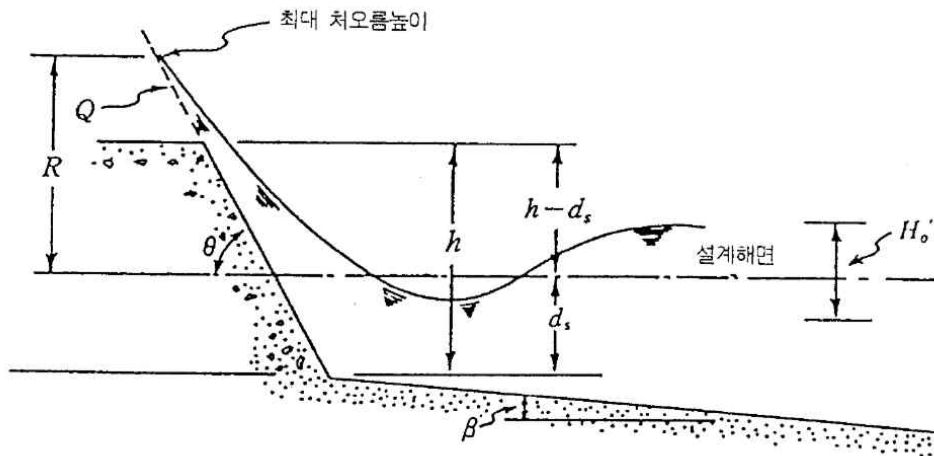
☞ 상기 해설 표의 경우 최고 내수위가 공도교 하단보다 높아 월류수맥이 공도교와 충돌되는 것으로 나타나며, 최고 내수위가 공도교 상부보다는 낮아 월류는 없는 것으로 나타난다. 따라서, [표 6.77]상의 “월류수면이 상부구조물에 부딪히나 월류하지 않고 안전성에 문제가 없다고 판단되는 경우”에 해당되므로 “c”에 해당한다.

☞ 월류수면이 상부구조물을 월류하거나 피해가 예상되는 경우 대책방안 검토 필요

《참고사항》

1. 파의 처오름 높이(항만 및 어항 설계기준, 2005)

파의 처오름 높이는 제체의 형상, 설치 및 해저 지형에 따라 적절히 산정한다. 파랑의 처오름 높이는 해안제방, 호안 등의 마루 높이를 결정하는데 중요하다. 해안구조물에 대한 처오름 높이는 입사파의 파고, 파형경사, 구조물의 형상 및 사면의 조도 등 여러 가지 요소에 따라서 변하므로 일반적으로 실험에 의해서 추정하게 된다.



2. 설계조위(항만 및 어항 설계기준, 2005)

항만시설의 구조설정 및 안전검토에 사용되는 조위는 천문조와 폭풍해일 지진해일 등에 의한 이상조위의 실측치 또는 추산치에 기초하여 정하는 것으로 한다.

(1) 설계조위의 결정법

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 월파랑에 의하여 결정되므로 월파랑이 최대가 되는 조위를 설계조위로 하지만 안정계산에 있어서는 보다 낮은 조위에서도 위험한 경우가 있으므로 이때에는 그 조위를 설계조위로 하여야 한다. 방파제 안전계산의 경우에는 그 구조물이 가장 불안정하게 되는 조위를 적용한다.

(2) 폭풍해일, 지진해일, 부진동의 동시발생

폭풍해일과 지진해일은 어느 것이나 드물게 발생 하는 현상이므로 동시에 나타나지는 않는 것으로 생각한다. 부진동은 폭풍해일 또는 지진해일에 의하여 유발되는 경우가 많다. 여기서서는 부진동을 협의로 해석하여 폭풍해일 또는 지진해일이 일어나는 경우 이외에 발달하는 장주기 수면진동으로 생각한다. 따라서 폭풍해일 또는 지진해일의 경우에는 특히 부진동을 고려하지 않는다.

(3) 폭풍해일 대책에 대한 설계조위

① 기왕고극조위 또는 이것에 약간의 여유를 더한 조위

기준검조소가 없는 곳에서는 인근 기준검조소의 기왕고극조위와 약최고고조위의 편차를 해당지점의 약최고고조위에 더하는 방법으로 계산한다.

② 기왕 이상조위의 발생확률곡선을 산정하고 외삽법(外挿法)으로 구한 어떤 재현년도(예:50년 등)의 조위

기준검조소가 없는 곳에서는 인근 기준검조소의 어떤 재현년도 조위와 약최고고조위의 편차를 해당지점의 약최고고조위에 더하는 방법으로 계산한다.

③ 해일 수치모형실험 등에 의해 해일고(海溢高)를 추산하는 경우는 약최고고조위와 해일고를 더한 조위

④ 이상고조위의 발생확률과 각조위에 대한 배후지의 피해액 및 해일대책시설의 건설비를 감안하여 결정

이러한 방법은 어느것이나 장단점이 있다. 먼저방법①은 가장 간단하지만 장기간의 자료를 필요로 하며 또 기왕고극조위 이상의 이상고조위가 발생하지 않는다는 보장이 없다.

방법②는 확률적인 사고방식에 의한 것으로 설계에 쓰이는 고조위가 어느 정도의 발생확률을 갖고 있는가는 명확하나 비교적 단기간의 자료로부터 장기간의 예측을 하기 때문에 신뢰성에 문제가 있다.

방법③은 해일의 주요 특성인 조위편차에 착안하고 있는 점은 다른 방법보다 우월하나 최고고조위와 대조평균고조위의 평균값을 기준으로 하기 때문에 장래에 대한 보장이 없는 것은 방법 ①과 같다.

방법④는 합리적이고 경제적으로 가장 유익한 방법이나 피해액의 추정 등에 상당한 기술과 노력이 필요하다.

현재방법 ①과 ②가 널리 채용되고 있는데 어느 방법을 채용하는가는 책임기술자의 판단에 따라 각각의 수치를 비교·검토하고 실측기간, 발생빈도, 시설의 중요성 및 경제성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(4) 고극·저극조위

국립해양조사원에서는 한국 연안의 기준검조소의 관측조석에서 부진동을 무시한 평활화시킨 곡선상에서 매월·매년의 최고·최저조위 해면인 고극조위(H.H.W)와 저극조위(L.L.W)를 읽어 수로기술연보에 발표하고 있다.

3. 독마루표고 결정(농지개량사업계획설계기준, 1991)

방조제의 독마루 표고(펄트, 홍벽등이 있는 경우는 독마루 높이)는 설계 고조위(파랑에 의한 수면상승고 포함)에 파랑의 런업높이와 여유고를 더한 값으로 하고 기초지반 또

는 제체의 침하가 장기간에 걸쳐 계속되는 곳에서는 이들의 영년 변화량을 가산한다. 또 피라뿔공 등을 설치하는 경우의 흙쌓기 표고는 적어도 설계고조위에 반파고를 더한 값으로 한다.

① 파고가 쇄파하는 경우 파고 $\times 1.0 \sim 1.3$

② 파랑이 런업하는 경우 파고 $\times 1.0 \sim 2.5$

(1) 설계빈도

방조제 건설의 목적에 따라 정도의 차이는 있겠으나 제방이 결괴되면 그 피해는 매우 심각한 만큼 조위, 홍수, 기상, 지진, 해일 등 발생빈도를 높여 충분히 분석된 자료를 이용하여 독마루 표고를 결정하여야 한다. 그러므로 설계빈도는 100년을 기준으로 하고 중요한 목적을 갖는 방조제는 100년이상 10,000년 빈도의 자료를 사용하되 충분한 검토가 요망된다. 파랑의 월파로 인하여 내부피해가 없는 경우도 독마루부를 포함한 시설물 자체가 피해가 없도록 견고하게 피복을 해야 하며 배수처리 계획이 수립되어야 한다.

독마루표고 결정의 지배적인 요소는 천문조위(대조평균만조위)와 기압변화 및 바람 등에 의한 조위상승고, 파랑에 의한 런업높이 기초지반 및 제체의 침하를 고려한 여유고 및 기타를 합하여 추정한다.

(2) 설계고조위

설계고조위는 원칙적으로 기왕의 최고조위로 하든가 대조평균만조위에 기왕의 최대조위(또는 모델고조위, 조위차)편차를 더한 조위 및 기타방법에 의하여 구한다. 설계고조위의 추정방법은 다음 4가지가 있으며 일반적으로 제2방법을 사용하나 특수목적에 갖는 경우 또는 대규모 방조제의 경우는 제3, 4방법을 비교검토하여 실측기간, 발생도수, 간척의 규모, 고조대책시설비 및 사고시의 피해정도 등을 고려하여 결정한다.

① 제1방법

설계고조위 = 기왕최고조위

② 제2방법

설계고조위 = 대조평균만조위 + 기왕최대 조위편차(또는 모델고조위의 조위편차)

③ 제3방법

설계고조위 = 대조평균만조위 + 기왕 이상 최대조위편차(발생회귀년도)

④ 제4방법

설계고조위(계획고조위)

①, ②, ③에 의한 표고별 사업투자효과에 의한 추정계획표고

(3) 쇄파고 및 런업의 높이

파랑의 쇄파고 및 런업의 높이는 농지개량사업계획설계기준 3.2.1항에 따라 구하며 상하한계는 파고의 1.0~1.3배의 범위내에서 취한다.

①파랑이 쇄파하는 경우 : 파고 $\times 1.0 \sim 1.3$

②파랑이 런업하는 경우 : 파고 $\times 1.0 \sim 2.5$

즉, 계산상 파고의 1.0이하인 경우는 모두 1.0으로하고 1.3~2.5배 이상인 경우는 상부구조가 취약하므로 방조제의 바깥쪽비탈 피복공에 소단을 설치하는등 비탈의 모양 구조의 변화를 주어서 쇄파고 또는 런업의 높이를 억제하든가 독마루 및 피복공의 구조를 강화해야 한다.

(4)설계파고

파랑의 쇄파고 및 런업의 높이 산정할 때 사용하는 파고의 추정방법은 농지개량사업계획설계기준 3.2.1항에 의한다.

① 파랑의 쇄파고 및 런업의 높이를 산정할 때 사용되는 파고는 방조제 예정선 전면에서의 파고와 파장이다. 계산할때는 우선 설계에 쓰이는 심해파로 부터 굴절, 회절, 수심변화, 쇄파 기타시설물등의 영향을 고려하여 방조제 예정선 전면의 파고에 대한 제원을 구하여 그 제원 또는 그것에 상당하는 심해파(H_0')의 제원으로부터 쇄파고와 런업의 높이를 구한다.

② 방조제의 제정표고결정을 위한 런업높이 추정과 피복공의 규모 및 규격결정에 쓰이는 파고는 일반적으로 유의파(H_s)를 채택하여도 무방하나 농지개량사업계획설계기준 3.2.1항에서 언급한바와 같이 방조제의 규모가 크거나 간척지의 중요도에 따라 $H_s \sim H_5$ 범위내에서 채택할 수 있다. 방조내에 농업단지, 도시개발등 중요한 시설이 계획된 경우에는 모형실험을 통하여 설계파를 결정하여야 한다.

(5) 여유고 및 장기침하

방조제의 독마루표고는 농지개량사업계획설계기준 3.2.2항에서 합리적으로 결정된 표고라 하여도 절대적으로 신뢰할 수 있다고 말할 수는 없다.

따라서 개괄적인 여유고 높이를 가산하게 되나 이것은 지반 또는 제체의 장기침하량과 기타 인접한 구조물과의 관계 또는 배후지를 포함한 간척지의 규모와 이용도 등을 고려하여 1m 내외로 적절히 결정한다. 장기간에 걸쳐서 지반 또는 제체에 침하가 예상되는 경우에는 원칙적으로 이들의 값을 가산한 것을 독마루 높이로 한다. 그러나 이들의 변화가 장기간에 걸쳐서 일어나는 것이므로 건설공사에서는 공사완료 시점부터 3년까지를 기준으로 하여 가산하고 그 이후에 대해서는 정도에 따라 더 둔기를 고려한다.

① 여유고

방조제의 여유고의 결정은 사업의 성격 구조물의 중요도 유지관리, 배후지의 이용계획, 구조물의 설치지점의 지질과 축조재료, 구조물의 기능, 축조구조물의 형식 및 형태, 피복공의 구조등에 따라 결정되나 특별한 경우를 제외하고는 1.0m 전후로 여유고를 두고 영년변화량이 클때에는 근원적인 기초지반개량을 통해 대책을 강구한다.

여유고에서 고려되는 제반요소는 다음과 같다.

- 채택된 확률빈도보다 더 높은 빈도치의 조위 및 파랑이 발생할 경우

- 공사완료후 예상되는 제체 및 기초지반의 침하
- 발생할지도 모르는 쓰나미에 의한 고조현상
- 쓰나미 또는 장주기파에 의해 만이나 강의 하구에 발생할수 있는 부진동

② 장기침하

방조제침하의 주요원인은 성토제 및 기초지반의 압밀등에 의해 발생하는 것으로 침하량이 과다할 때에는 지반을 개량해야 하며 피치 못할 침하에 대해서는 제방구조의 목적에 따라 악영향이 미치지 않도록 대책을 강구해야한다.

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.

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

- 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.

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

- 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.

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

q_1, q_2 : 지반반력 (MPa)

V : 수직력(N)

e : 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 농지개발사업계획설계기준(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	$0.9 \leq \text{SF(안전율)} < 1$	
d	2	$0.75 \leq \text{SF(안전율)} < 0.9$	
e	1	SF(안전율) < 0.75	

【해설】

1. 구조물 외적안정성평가는 통상 지진을 고려하여 평가하며, 아래 예시는 지진이 없는 경우를 수록하였다.

2. 구조물 외적안정성 평가 보고서 작성 내용 예시

(1) 개 요 : 검토 조건

① 배수갑문 제원 : 저면 길이 47m, 폭 14m

② 기초암반 허용지지력 : 30 tonf/m²

(2) 단면선정 및 하중 조합

① 자중(W), 정수압(Pw), 양압력(Pu), 풍압(Pg), 지진력(Pe), 동수압(Pd), 상시하중(Pc)

구분	수 위	조 건	작 용 하 중	비 고
Case-1	호측 관리수위 해측 저극조위	유수방향 (수문폐쇄)	W, P _w , P _u , P _g , P _d , P _c	
Case-2	“	유수직각방향 (수문폐쇄)	“	
Case-3	호측 관리수위 해측 관리수위	유수방향 (수문개방)	“	
Case-4	“	유수직각방향 (수문개방)	“	

(3) 입력자료 결정 : 입력자료 및 선정방법

(4) 계산 결과 분석

① 계산 결과 수록

구분	전 도(e) (m)	활 동 (안전율)	지반반력(q) (tonf/m ²)	판 정	비 고
Case-1	1.84	3.80	18.59 (하류측) 11.51 (상류측)	O K	유수방향 (수문폐쇄)
Case-2	1.04	50.50	21.70 (하류측) 8.36 (상류측)	O K	유수직각방향 (수문폐쇄)
Case-3	1.31	47.46	14.21 (하류측) 10.14 (상류측)	O K	유수방향 (수문개방)
Case-4	1.28	49.65	19.24 (하류측) 5.59 (상류측)	O K	유수직각방향 (수문개방)

② 계산결과 검토 분석

☞ 활동에 대한 검토

상기 표의 계산결과 활동에 대한 최소안전율은 CASE-1의 “3.8”로서, 이는 허용안전율 4.0을 만족하지 못하며 [표 6.78]의 “c”에 해당한다.

☞ 전도에 대한 검토

상기 표의 계산결과 최대편심거리는 CASE-1의 1.84m이며, 이는 최소허용 편심길이 7.83m(유수방향 배수갑문 저면길이 47m의 1/6)이내 이므로 전도에 대한 안전은 [표 6.78]의 “a”에 해당한다.

☞ 지지력에 대한 검토

지반반력의 경우 최대값은 CASE-2의 21.70tonf/m²으로 기준치(30.0tonf/m²)를 만족하며 인장응력이 발생하지 않으므로 [표 6.78]의 “a”에 해당한다.

☞ 상기 예제의 경우 안전성평가는 활동, 전도, 지지력의 평가결과중 가장 낮은 활동에 대한 평가결과인 “c”가 안정성평가 결과로 산정된다.

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.

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

- 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.

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

- F_s : 활동안전율
 τ_o : 콘크리트 또는 암반의 전단강도(MPa)
 L : 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 않도록 제한하며, 그 이외의 부분은 허용 압축 및 인장응력을 넘지 않도록 한다.

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

- q_1, q_2 : 지반반력 (MPa)
 V : 수직력(N)
 e : 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 「기준 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 시투법에 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	평가점수	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	$0.9 \leq \text{SF(안전율)} < 1$	
d	2	$0.75 \leq \text{SF(안전율)} < 0.9$	
e	1	SF(안전율) < 0.75	

【해설】

1. 구조물 내진안전성 평가 보고서 작성 내용 예시

(1) 개 요 : 검토 조건

- ① 배수갑문 제원 : 저면 길이 47m, 폭 14m
- ② 기초암반 허용지지력 : 30 tonf/m²

(2) 단면선정 및 하중 조합

- ① 자중(W), 정수압(Pw), 양압력(Pu), 풍압(Pg), 지진력(Pe), 동수압(Pd), 상시하중(Pc)

구분	수 위	조 건	작 용 하 중	비 고
Case-1	호측 관리수위 해측 저극조위	유수방향, 지진발생 (수문폐쇄)	W, P _w , P _u , P _g , P _e , P _d , P _c	
Case-2	“	유수직각방향, 지진발생 (수문폐쇄)	“	
Case-3	호측 관리수위 해측 관리수위	유수방향, 지진발생 (수문개방)	“	
Case-4	“	유수직각방향, 지진발생 (수문개방)	“	

(3) 입력자료 결정 : 입력자료 및 선정방법

(4) 계산 결과 분석

① 계산 결과 수록

구분	전 도(e) (m)	활 동 (안전율)	지반반력(q) (tonf/m ²)	판 정	비 고
Case-1	2.84	3.80	18.59 (하류측) 11.51 (상류측)	O K	유수방향 지진발생 (수문폐쇄)
Case-2	3.04	50.50	21.70 (하류측) 8.36 (상류측)	O K	유수직각방향 지진발생 (수문폐쇄)
Case-3	2.31	47.46	14.21 (하류측) 10.14 (상류측)	O K	유수방향 지진발생 (수문개방)
Case-4	2.28	49.65	19.24 (하류측) 5.59 (상류측)	O K	유수직각방향 지진발생 (수문개방)

② 계산결과 검토 분석

☞ 활동에 대한 검토

상기 표의 계산결과 활동에 대한 최소안전율은 CASE-1의 “3.8”로서, 이는 허용안전율 2.7을 만족하므로 [표 6.80]에서 “a”에 해당된다.

☞ 전도에 대한 검토

상기 표의 계산결과 최대편심거리는 CASE-2의 3.04m이며, 이는 최소허용 편심길이 3.5m(유수방향 배수갑문 폭 14m의 1/4)이내 이므로 전도에 대한 안전은 [표 6.80]의 “a”에 해당한다.

☞ 지지력에 대한 검토

지반반력의 경우 최대값은 CASE-2의 21.70tonf/m²으로 기준치(30.0tonf/m²)를 만족하며 인장응력이 발생하지 않으므로 [표 6.80]의 “a”에 해당한다.

☞ 상기 예제의 경우 안전성평가는 활동, 전도, 지지력의 평가 모두 “a”이므로 지진에 대하여 안전하다고 판단할 수 있다.

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, 댐연시설기술표준, 수문·통문게이트설계요령 및 농지개량사업계획설계기준(해면간척편) 등을 참고하여 검토하여야한다.
- 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 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(E_s)는 각 검토항목의 안전성평가 결과 중 가장 낮은 안전성평가 결과보다 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 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 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
$4.5 \leq E_s \leq 5.0$	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	

하구독 시설물에는 분야별로 크게 방조제, 배수(갑)문, 기계·전기설비 및 부대시설로 구분할 수 있으며, 평가단계별 구분표에서 4단계에 해당하는 안전성평가 결과 산정절차를 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	<i>b</i>	<i>4</i>
2. 구조물안정검토	—	—	4. 응력-변형검토	<i>c</i>	<i>3</i>
<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 $Es = Min + 0.3 * (Max - Min) * \sum M / (5 * (N-2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값) 2. 개별시설 안전성평가지수(Es) = 3.30 3. 개별시설 안전성평가 결과 = C					

【해설】

- [표 6.84]에서 예시된 개별시설 “방조제”의 경우, 안전성평가 항목은 4개로 표시되어 있으나, 실제 평가한 것은 “사면안정검토”와 “응력-변형검토” 2가지인 경우이다.
- 평가항목 “사면안정검토”의 경우, 평가 결과 평가기준이 “b”로 되어 있으므로 [표 6.74]에 따르면 안전성평가 결과는 “최소안전율이 100%이상이거나, 단면손실이 있는 경우”에 해당되는 경우를 예시하였고, 평가점수는 평가기준이 “b”이므로 [표 6.74]에 따라 “4”를 부여하였다.
- 평가항목 “응력-변형검토”의 경우, 평가 결과 평가기준이 “c”로 되어 있으므로 [표 6.75]에 따르면 안전성평가 결과는 “한계치의 100%이상 110%미만인 경우”에 해당되는 경우를 예시하였고, 평가점수는 평가기준이 “c”이므로 [표 6.75]에 따라 “3”을 부여하였다.
- 평가항목이 2개이므로 안전성평가지수 계산식은 다음과 같으며, 계산결과 개별시설의 안전성평가지수가 “3.30”이므로, [표 6.83]에 따라 안전성평가 결과는 “C”(2.5≤Es<3.5)로 결정한 것이다.

$$Es = Min + 0.3 * (Max - Min)$$

다. 배수갑문

[표 6.85] 배수갑문 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 구조해석	<i>a</i>	<i>5</i>	3. 수리수문해석	<i>d</i>	<i>2</i>
2. 구조물안정해석	<i>b</i>	<i>4</i>	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 $Es = Min + 0.3 * (Max - Min) * \sum M / (5 * (N-2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =					2.72
3. 개별시설 안전성평가 결과 =					C

【해설】

1. [표 6.85]의 경우 개별시설 “배수갑문”의 안전성평가 항목은 4개로 표시되어 있으나, 실제 평가한 것은 3가지(구조해석, 구조물 안정해석, 수리수문해석)인 경우를 예시한 것이다.
2. [표 6.84]의 방조제 안전성평가와 같은 방법으로 평가점수는 평가기준에 따라 부여된 것을 예시한 것이다,
3. 평가항목이 3개이므로 안전성평가지수 계산식은 다음과 같으며, 계산결과 개별시설의 안전성평가지수가 “2.72”이므로, [표 6.83]에 따라 안전성평가 결과는 “C”(2.5≤Es<3.5)로 결정한 것이다.

$$Es = Min + 0.3 * (Max - Min) * \sum M / (5 * (N-2))$$

라. 기계·전기설비

[표 6.86] 기전설비 안전성평가표 (4단계 평가표 부분 예시)

안 전 성 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 힘	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 $Es = Min + 0.3 * (Max - Min) * \sum M / (5 * (N-2))$ $= 3 + 0.3 * (5 - 3) * 4 / (5 * (3 - 2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최소값 : M = 최대, 최소값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 안전성평가지수(Es) =				4.30	
3. 개별시설 안전성평가 결과 =				B	

【해설】

- [표 6.88]의 경우 개별시설 “기전설비”의 안전성평가 항목이 2가지(힘, 전단)인 경우를 예시한 것이다.
- 평가항목 “힘”에 대한 경우, 평가 결과 평가기준이 "a"로 되어 있으므로 [표 6.82]에 따르면 안전성평가 결과는 “산출된 응력비가 1.5 이상인 경우”에 해당되는 경우를 예시하였고, 평가점수는 평가기준이 "a"이므로 [표 6.82]에 따라 “5”를 부여하였다.
- 평가항목 “전단”에 대한 경우, 평가 결과 평가기준이 “b”로 되어 있으므로 [표 6.82]에 따르면 안전성평가 결과는 “산출된 응력비가 1.5 미만 1.0 이상인 경우”에 해당되는 경우를 예시하였고, 평가점수는 평가기준이 “b”이므로 [표 6.82]에 따라 “4”를 부여하였다.
- 평가항목이 2개이므로 안전성평가지수 계산식은 다음과 같으며, 계산결과 개별시설의 안전성평가지수가 “4.30”이므로, [표 6.83]에 따라 안전성평가 결과는 “B”(3.5≤Es<4.5)로 결정된 것이다.

$$Es = Min + 0.3 * (Max - Min)$$

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 같음하고, 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 같음하고 [표 6.87]에 따라 평가대상 시설물에 대한 종합평가 결과를 부여한다.

개별시설의 종합평가지수 (E_4) = $\text{Min}(E_c, E_s)$

여기서, E_c : 개별시설의 상태평가지수

E_s : 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(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	
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) * 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	
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

【해설】

1. [표 6.88]는 개별시설 “수문구조물” 종합평가결과를 예시한 것이다.
2. [표 6.88]에서 예시된 상태평가결과는 [표 6.69]의 개별시설 “수문구조물”의 상태평가 결과를 인용한 것이며, 안전성평가 결과도 [표 6.85]의 “배수갑문”의 안전성평가 결과를 인용하여 예시한 것이다.
2. 종합평가는 [표 6.88]의 개별시설 “수문구조물”의 상태평가 결과와 안전성평가 결과의 최소값이 안전성평가 결과 “2.72”이므로 이 값을 개별시설의 종합평가지수를 결정하였다.
3. 개별시설의 종합평가지수가 “2.72”이므로 [표 6.87]에 따라 개별시설의 종합평가결과는 “C”(2.5≤E4<3.5)로 결정한다.

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.

$$\text{복합시설의 종합평가지수(E5)} = \Sigma(E4 \times A \times W) / \Sigma(A \times W)$$

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	—	

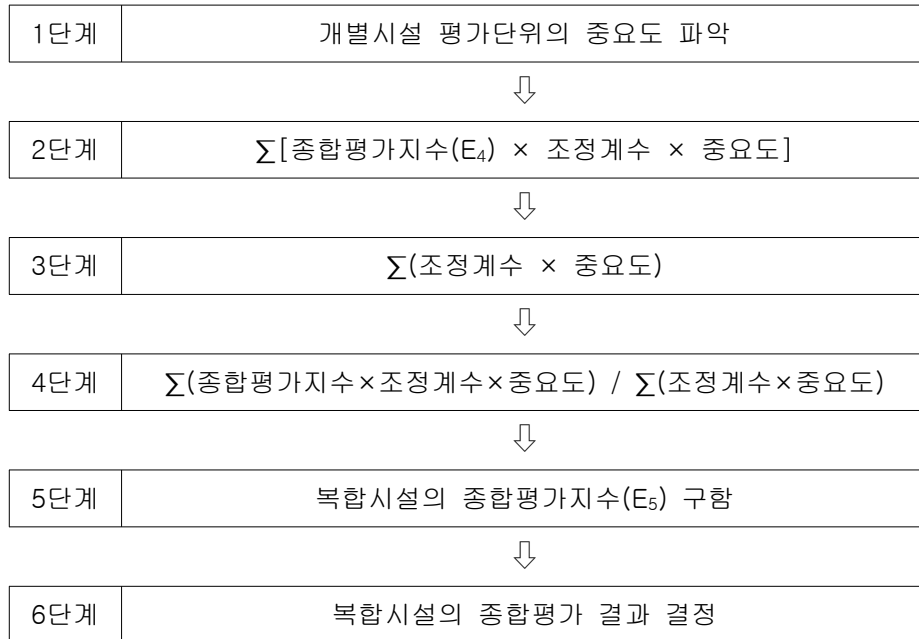
※) 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 시설물이 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[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(Σ)				100	300.0	866.2
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 종합평가지수(E5)= $\Sigma(E4*A*W)/\Sigma(A*W)=866.2/300.0 =$						2.89
2. 복합시설의 종합평가 결과 =						C

【해설】

1. 복합시설의 종합평가 절차를 요약하면 다음과 같다.



【해설 그림 6.6.1】 복합시설의 종합평가 절차 흐름도

- (1) 1단계 : [표 6.90]에서 예시된 복합시설 “배수갑문”은 수문구조물·물받이공·호안공(옹벽)·바닥보호공 4개의 개별시설물로 구성되어 있다. 중요도는 [표 6.89]에서 5개의 개별시설에서 1개의 개별시설이 없을 경우 예시한 값을 인용하였다. 5개의 개별시설이 있을 경우 수문구조물이 55%, 물받이공이 15%, 호안공이 10%, 바닥보호공이 5%, 접속교량이 15% 였으나 접속교량이 없을 경우 전체 중요도의 합이 100%가 되도록 나머지 개별시설의 중요도를 조정한 것을 예시하였다.
- (2) 2단계 : [표 6.90]에서 개별시설별 평가결과에 따라 조정계수(A) 구하여, 각 개별시설별로 상대평가지수, 조정계수, 중요도를 곱한다.
- ① 개별시설 “수문구조물”의 경우 [표 6.88]의 예시 결과를 인용한 것이며, 인용된 평가결과가 “C”이므로 조정계수는 [표 6.66]에서 “3”에 해당한다.
- ② 다른 3개 개별시설의 조정계수도 같은 방법으로 결정한다.
- (3) 3단계 : 가중평균치를 구하기 위하여 각 개별시설별로 조정계수, 중요도를 곱한 값을 구한다.
- (4) 4, 5단계 : 2단계값을 3단계값으로 나누어 가중평균치를 구하면, 그 값이 복합시설의 종합평가지수(E_5)가 된다.
- (5) 6단계 : [표 6.90]의 경우 5단계에서 구한 종합평가지수(E_5)가 “2.89”이므로 [표 6.87]에 따라 복합시설의 종합평가결과는 “C”(2.5≤ E_5 <3.5)로 결정된다.

3) 6단계 평가 : 통합시설 평가표 작성

하구독은 유지관리 특성이 다른 다수의 복합시설(배수갑문, 방조제, 기전설비)로 구성되어 하구독의 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. 하구독 시설물의 평가는 통합시설 평가표(6단계평가)를 작성하는 것으로 종료된다.

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

여기서, E5 : 복합시설의 종합평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[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	—	

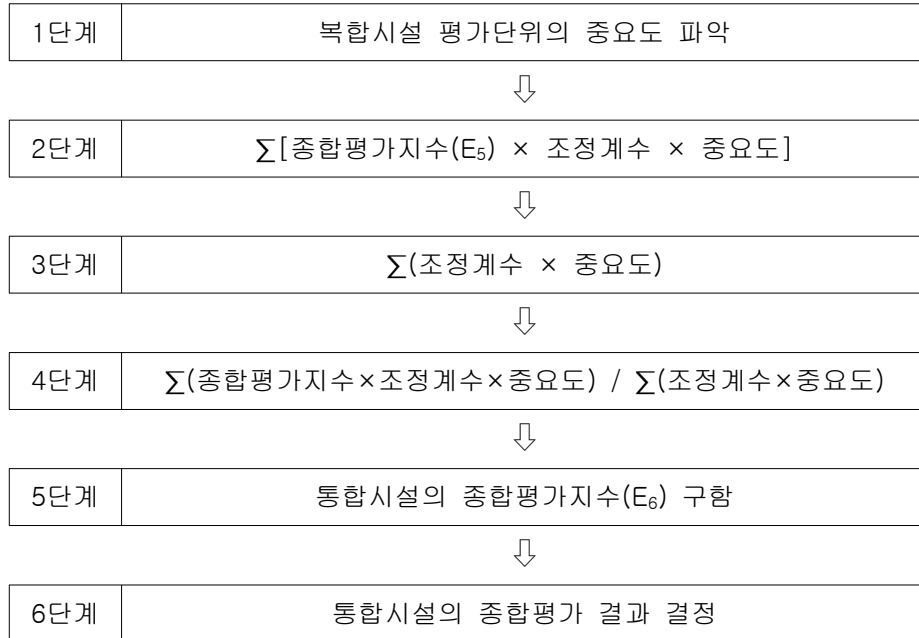
※) 상기 예시는 시설물에서 어느 특정 시설물이 추가되거나 없는 경우에 중요도를 조정하여 중요도의 합이 100이 되도록 조정하기 위한 방법이다.

[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) = $\Sigma(E5*A*W)/\Sigma(A*W) = 878.0/288.0$						3.05
2. 통합시설의 종합평가 결과 =						C

【해설】

1. 6단계 통합시설의 평가도 5단계 평가 복합시설의 종합평가와 동일한 절차에 따라 시행하면 된다.
2. 통합시설의 종합평가 절차를 요약하면 다음과 같다.



【해설 그림 6.6.2】 통합시설의 종합평가 절차 흐름도

- (1) 1단계 : [표 6.92]에서 예시된 통합시설 “하구둑”은 배수갑문·방조제·기전설비 3개의 복합시설물로 구성되어 있다. 각 복합시설의 중요도는 [표 6.91]에서 4개의 복합시설에서 1개의 복합시설이 없을 경우 예시한 값을 인용하였다. 4개의 복합시설이 있을 경우 배수(갑)문이 55%, 방조제가 30%, 기전설비가 12%, 부대시설이 3% 였으나 부대시설이 없을 경우 전체 중요도의 합이 100%가 되도록 나머지 복합시설의 중요도를 조정한 것을 예시하였다.
- (2) 2단계 : [표 6.92]에서 복합시설별 평가결과에 따라 조정계수(A) 구하여, 각 복합시설별로 상태평가지수, 조정계수, 중요도를 곱한다.
 - ① 복합시설 “배수갑문”의 경우는 [표 6.90]의 예시 결과를 인용하였으며, 인용된 평가결과가 “C”이므로 조정계수는 [표 6.66]에서 “3”에 해당한다.
 - ② 다른 2개 복합시설의 조정계수도 같은 방법으로 결정한다.
- (3) 3단계 : 가중평균치를 구하기 위하여 각 복합시설별로 조정계수, 중요도를 곱한값을 구한다.
- (4) 4, 5단계 : 2단계값을 3단계값으로 나누어 가중 평균치를 구하면, 그 값이 통합시설의 종합평가지수(E_6)가 된다.
- (5) 6단계 : [표 6.92]의 경우 5단계에서 구한 종합평가지수(E_6)가 “3.05”이므로 [표 6.87]에 따라 통합시설의 종합평가결과는 “C”(2.5≤E<3.5)로 결정된다.

6.7 보수 · 보강 방법

하구독 시설물의 주요 보수 · 보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

【해설】

1. 세부지침 하구독편에 안전성평가 기준이 명시되어 있으며, 일반적인 콘크리트표준시방서 및 하천설계 등을 참고로 하여 보수 · 보강의 필요성 여부를 판단한다. 구조물 결함에 따른 보수 · 보강은 보수재료와 공법 선정 시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다. 이 때 중요한 것은 구조물의 결함발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다. 따라서 시설물관련 제반자료, 안전점검 및 정밀안전진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

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

【해설】

1. 그라우팅 공법

그라우팅 공법은 물, 시멘트, 벤토나이트 등의 재료를 혼합하여 토립자의 간극, 토층의 경계, 암반 및 콘크리트 구조물의 균열 등에 주입하는 공법으로, 구조물의 기초지

반의 누수, 침하, 균열, 압압력의 경감 등 보강 및 지수를 목적으로 사용한다.

2. 치환 공법

치환 공법은 손상이 발생한 부분을 제거하고 동일한 재료로서 치환하는 것으로 소규모의 활동, 붕괴, 균열 등의 손상에 사용한다.

3. 압성토 공법

압성토 공법은 기초지반의 활동으로 인한 손상을 막기 위하여 경사면에 소단 모양의 압성토를 설치하는 공법이다.

4. 말뚝 공법

사면활동은 활동면에 대한 활동력이 지반에 대한 저항력보다 크며 사면이 파괴되어 지반활동이 발생하므로 이를 방지하기 위하여 흙의 저항력을 증가시키지 않고 별도의 말뚝으로 저항력을 부담시켜 사면을 안정시키는 공법이다.

5. 아스팔트 차수공법

아스팔트 차수공법은 아스팔트의 특성을 이용하는 것으로 기초지반의 압밀변형에 대응할 수 있고 흙 특성 및 불투수성이 우수하여 수구조물의 표면처리에 적용된다.

6. 점토차수공법

사면 기울기를 그대로 하고 소단형태로 점토를 피복하는 방법으로 차수재료의 선정을 위해 입도분포, 다짐시험, 액성한계시험, 점토광물 시험 등이 필요하다.

7. 쉬트파일(Sheet Pile) 공법

쉬트파일(Sheet Pile) 공법은 폭이 넓은 강판(쉬트)을 특수한 타입틀(관입 프레임)로 지지하면서 진동 햄머와 워터 젯을 이용하여 타입하는 방식으로, 소정의 심도에 도달한 후 관입 프레임을 빼면서 단부 속에 불투수성 그라우팅재료를 충전하여 지수벽을 만드는 공법이다.

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.

【해설】

1. 콘크리트 구조물의 일반적인 보수·보강공법은 다음과 같다.

- 표면보호공법
- 단면보수공법
- 강판접착공법
- 프리스트레스 도입공법
- 콘크리트 덧붙이기 공법

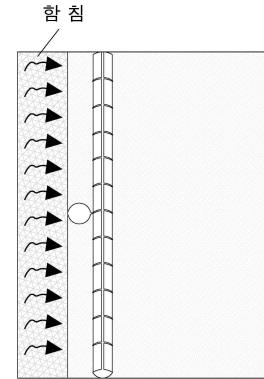
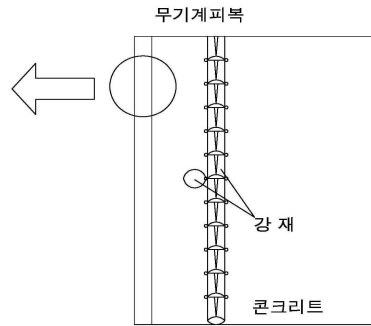
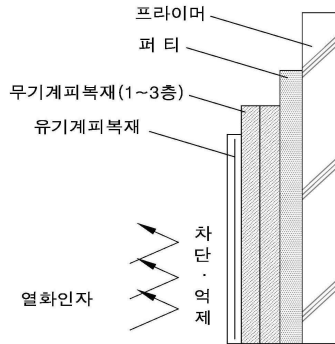
2. 표면보호공법은 콘크리트 구조물의 표면에 보수재료를 도포하거나 함침하는 방법을 이용하여 내구성향상, 보수, 미관·경관의 확보를 위한 공법으로 표면피복공법과 표면함침공법으로 나눌 수 있다.

(1) 표면피복공법은 피복재료로 콘크리트 표면에 수 $100\mu\text{m}$ 으로부터 수 mm의 피막을 형성하여 보수하는 것으로 피복재료에 따라 유기계피복공법과 무기계피복공법으로 크게 구분된다.

① 유기계피복 공법을 피복재료의 차이에 따라 구분하면 도포 공법과 쉬트 공법의 2종류로 분류할 수 있다. 도포 공법은 유기계피복재료를 콘크리트 표면에 도포함으로써 피막을 형성하고, 이것을 몇 층으로 칠해 콘크리트 표면을 보호하는 공법이다. 한편, 쉬트 공법은 연속섬유 등에 의해 성형된 쉬트를 콘크리트 표면에 접착시키는 것에 의해 콘크리트 표면을 보호하는 공법이다.

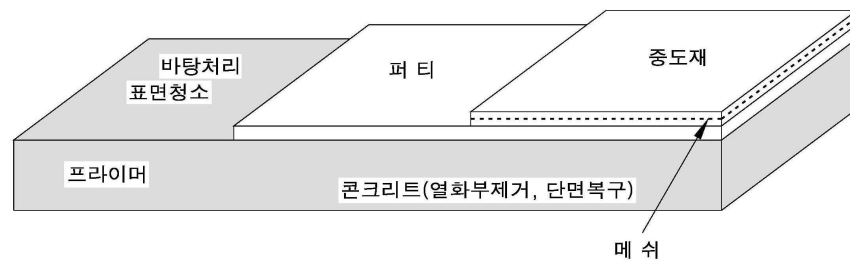
② 무기계피복 공법은, 단층에 의한 도포 공법, 복층에 의한 도포 공법 및 매쉬 공법으로 분류된다. 단층에 의한 도포 공법의 공정은 바탕처리공 및 중도공(중도재 도포)로 구성되며, 바탕의 상태에 의해 바탕처리공, 프라이머공, 퍼티공을 공정으로 포함하는 경우가 있다. 복층에 의한 도포 공법은 바탕조정공, 중도공(중도재 도포), 상도공(상도재 도포)로 구성되어, 바탕의 상태에 따라 바탕처리공, 프라이머공, 퍼티공을 공정으로 포함하는 경우가 있다. 매쉬 공법은 중도재 또는 콘크리트와 중도재와의 사이에 매쉬를 넣은 콘크리트의 박락방지 공법이다.([해설 그림 6.7.3 ~4] 참조)

(2) 표면함침공법은 정해진 효과를 발휘하는 재료를 콘크리트 표면부터 함침시켜 콘크리트 표면부의 조직을 개선하고 콘크리트 표층부의 특수기능을 부여하는 것으로 부재를 보호하고 콘크리트 구조물의 내구성을 향상시키는 공법이다.

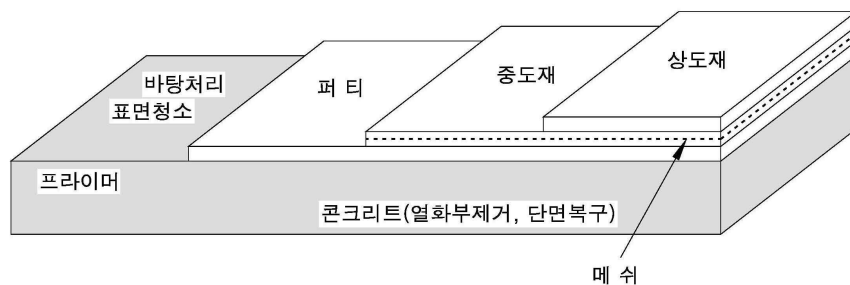


[해설 그림 6.7.1] 표면피복공법 개요도(무기계의 경우)

[해설 그림 6.7.2] 표면함침공법 개요도



[해설그림 6.7.3] 단층에 의한 도포 공법의 매쉬 공법 단면도



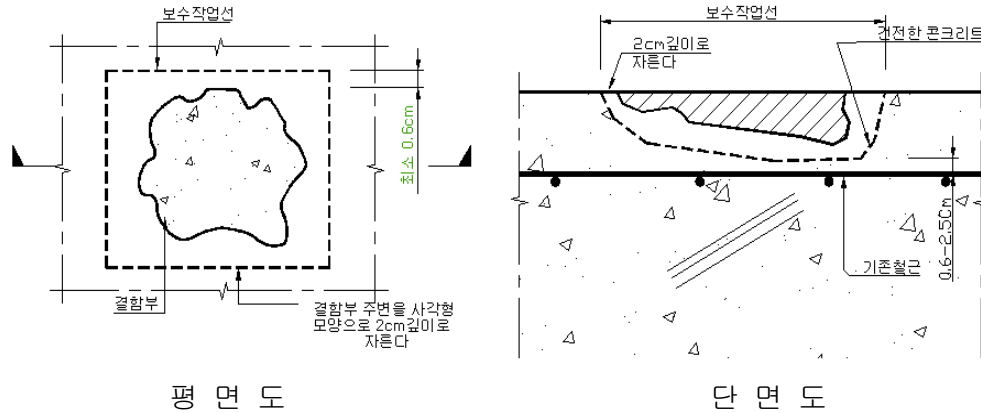
[해설그림 6.7.4] 복층에 의한 도포 공법의 매쉬 공법 단면도

3. 단면보수공법

콘크리트 부재의 손상(박리, 재료분리, 박락, 철근노출 등)은 손상깊이 및 정도에 따라 다음과 같은 보수·보강 공법이 있다.

(1) 얇은 보수(Shallow Repairs)

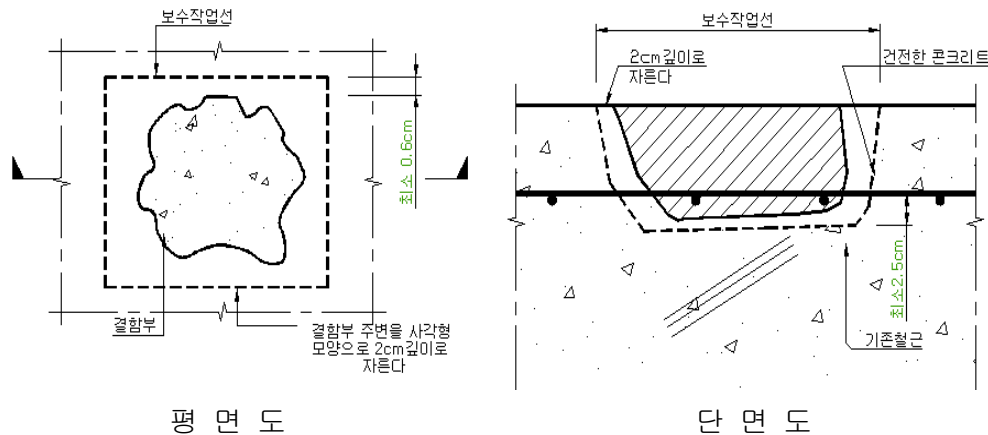
얇은 보수는 콘크리트 손상 깊이가 얇고 철근이 노출되지 않는 경우에 적용된다.



[해설 그림 6.7.5] 콘크리트 단면보수(얕은 보수) 개요도

(2) 깊은 보수(Deep Repairs)

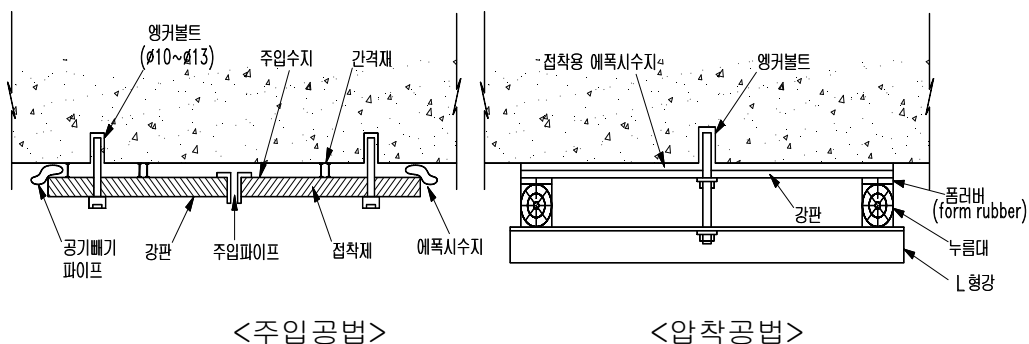
깊은 보수는 손상 깊이가 철근피복두께보다 더 깊을 때 적용된다.



[해설 그림 6.7.6] 콘크리트 단면보수(깊은 보수) 개요도

4. 강판 접착공법

콘크리트 바닥판(Slab)면, 보 또는 기둥면에 강판을 접착하여 기존 콘크리트 구조물과 일체화시켜 콘크리트 열화와 철근의 부식을 방지함은 물론 하중에 대한 내하력을 증가시키는 공법으로 주입공법과 압착공법 등 두 가지 종류가 있다.



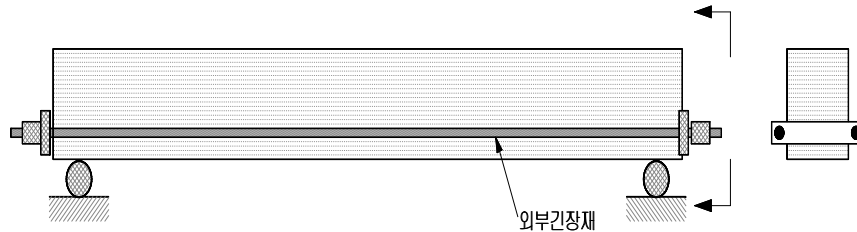
<주입공법>

<압착공법>

[해설 그림 6.7.7] 강판접착공법 개요도

5. 프리스트레싱 공법

프리스트레스 도입에 의한 보강은 콘크리트에 프리스트레스력을 부여함으로써 부재에 발생하고 있는 인장응력을 감소시켜 균열을 복귀시킬 뿐만 아니라 압축응력을 부여하는 것을 목적으로 하는 공법이며 구조물의 내력 및 강성의 증강, 균열폭의 감소등의 효과가 있다.



[해설 그림 6.7.8] 프리스트레싱 공법 개요도

《참고사항》

1. 균열 기준은 구조물의 중요도, 특성 등에 따라 다양하므로 구조물의 특성 및 균열현상 등을 고려하여 적절한 보수공법을 사용해야 한다. 콘크리트 균열의 보수목적과 균열상태에 따른 보수공법별 적정성을 비교하면 다음 [해설 표 6.7.1]과 같다.

[해설 표 6.7.1] 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교

보수 목적	균열현상 · 원인		균열폭 (mm)	보 수 공 법				
				표면처리공 법	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		-					□

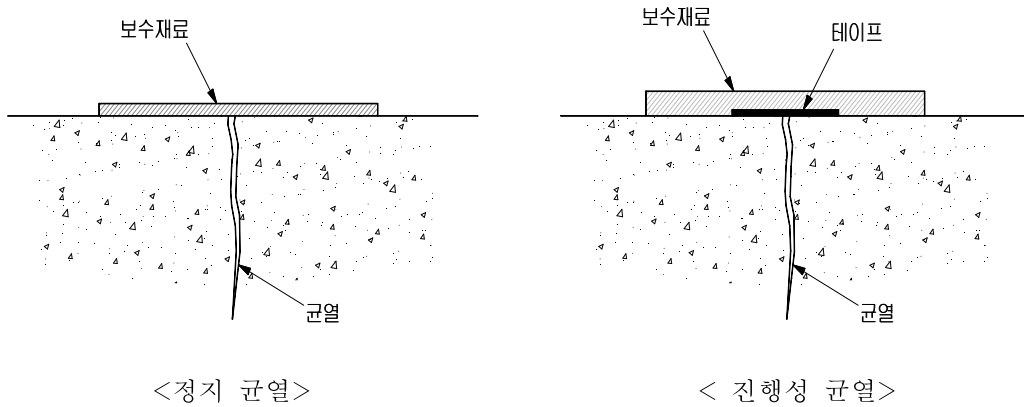
주1) 균열폭 3.0mm 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.

주2) ○ : 적당 △ : 조건에 따라 적당 □ : 기타

2. 균열의 보수범위는 콘크리트 구조설계기준 부록 V 균열의 검증 절을 참조하여 결정한다.
3. 콘크리트 균열 보수에 관한 일반적인 공법을 나열한 것이다. 각 공법의 주요내용은 다음과 같다.

(1) 표면처리공법

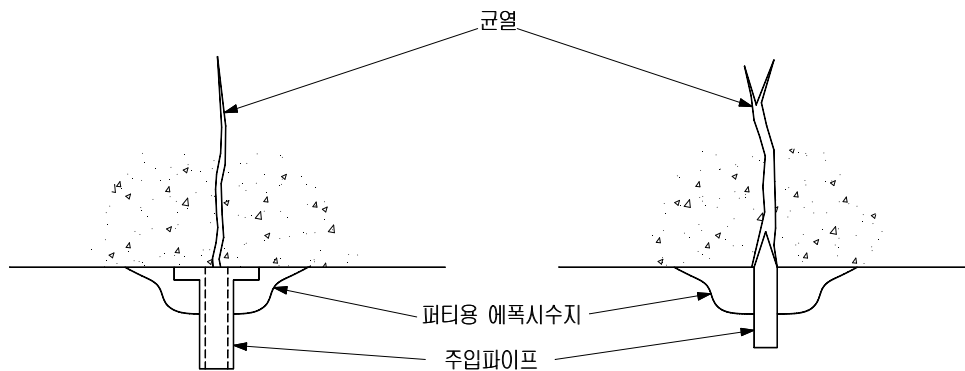
미세한 균열(일반적으로 폭 0.2mm이하) 위에 도막을 입혀 방수성과 내구성을 향상시키는 공법이며 균열내부를 처리할 수 없고, 진행성 균열은 보수하기 곤란한 점이 있다.



[해설 그림 6.7.9] 표면처리 공법 개요도

(2) 주입공법

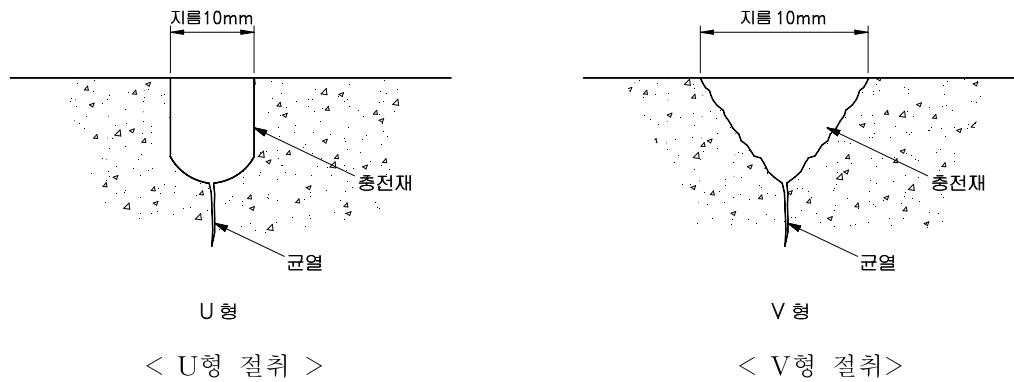
균열 부분에 에폭시계 수지 및 시멘트계 재료를 주입하여 콘크리트를 일체화시키고 콘크리트의 수밀성을 크게 하며 콘크리트 및 철근의 열화와 부식을 방지하는 공법이다.



[해설 그림 6.7.10] 주입공법 개요도

(3) 충전공법

균열폭이 비교적 큰(0.5mm이상) 경우에 적용하는 공법으로서 균열을 따라 콘크리트를 V형이나 U형으로 절취하고 그 부분에 보수재를 충전하는 공법이며 이 공법은 철근이 부식되지 않는 경우와 철근이 부식되는 경우로 나누어 보수한다.



[해설 그림 6.7.11] 충전공법 개요도

(4) 침투성 도포방수제에 의한 누수방지

침투성 방수제 도포공법은 콘크리트 표면부가 전반적으로 노후되어 0.2mm 정도 이하의 미세한 균열을 갖는 경우에 적용되며, 균열폭이 큰 경우는 부적당하다. 침투성 도포방수제에 의한 0.2mm 정도의 균열폭의 경우, 누수방지에 관한 일본 내 실내실험 결과 누수가 발생되지 않는 것으로 나타났지만 이 공법은 아직 시공실적이 적어서 내구성에 대한 신뢰성이 불명확하나 최근 국내에서 널리 이용되고 있는 공법중의 하나이다.

6.7.4 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.

【해설】

1. 전기설비의 점검 및 교체 주기

설비의 수명은 사용조건, 보수상황, 주변환경에 따라 크게 다르며, 아래의 갱신표준 기간을 참고로 삼아 설비 기기의 갱신계획을 세우는 것이 일반적인 방법이다. 전기설비는 한 개의 수리계통 시스템이므로 이것을 구성하는 기기 중에서 열화된 기기가 있으면 계속 갱신하여야만 전체 시스템을 사용하지 못하는 사태가 생기지 않는다. 그러나 이렇게 되면 시스템 구성부재의 기능레벨에 언밸런스가 생겨 결과적으로 시스템 전체적 기능이 충분하지 않아 시스템의 신뢰성이 저하된다. 특히, 수변전설비, 발전기 설비, 중앙감시반 설비 등 기간설비 기기에 이상이 생긴 경우 그 기기만의 고장에 머무르지 않고 시스템 전체에 영향을 미치게 될 가능성이 크다. 따라서 구성부재가 어느 정도의 열화상태가 되면 시스템 전체를 갱신하는 편이 높은 신뢰성을 확보할 수 있어 합리적이므로 각 기기의 갱신이 아닌 전체의 갱신(대규모 수리, 리뉴얼)을 해야 된다는 개념이 된다. 열화상태를 검토하기 위한 점검과 계측으로 간단한 것은 육안, 청각, 촉감과 상비하고 있는 계측기를 이용하는 계측 등 일상 점검의 것이며, 일반적으로 다음과 같은 상태가 된 시점에서 갱신하는 것이 바람직하다고 여겨진다.

- (1) 고장률이 높아져 비경제적으로 되었을 때
- (2) 교환부품 구입이 곤란해졌을 때
- (3) 수리가 기술적으로 불가능해 졌을 때
- (4) 성능열화에 의해 사용상의 안전성을 유지할 수 없다고 판단되었을 때
- (5) 성능열화에 의해 운전비 증가가 현저해졌을 때

[해설 표 6.7.2] 전기설비 점검 · 교체 추천주기

주요기기	정기점검 주기년수										정기 점검			교체추천 시기
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	특별	보통	정밀	
고 · 저압배전반	○		○		○		○		○		-	2년	-	15~20년
감시 · 계전기반	○		○		○		○		○		-	2년	-	15~20년
VCB			○			◎			○		이상차단	3년	6년	15~20년
ACB			◎			◎					이상차단	-	3년	15~20년
누전차단기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	1년	-	10~15년
특고단로기			○			◎			○		-	3년	6년	15~20년
기중부하개폐기			○			◎			○		-	3년	6년	10~15년
전자접촉기			◎			◎			◎		잡은개폐	-	3년	10~15년
배선용차단기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	1년	-	10~15년
피뢰기	○		○		○		○		○		-	2년	-	10~15년
몰드형변성기	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	1년	-	15~20년
전력용Fuse	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	◎	차단발생	1년	5년	7~10년
전력용콘덴서	○		○		○		◎		○		-	2년	7년	10~15년
유입변압기	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	-	1년	6년	15~20년
몰드변압기	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	-	1년	6년	15~20년
보호계전기		○		○		◎		○		○	-	2년	6년	10~15년
특고압모선	○		○		○		○		○		-	2년	-	15~20년

주) 1. 일본전기전설공업협회/전기학회 (1999년)

2. 보통점검(○), 정밀점검(◎)

부 록

- A. 과업지시서 예시
- B. 사전검토보고서 예시
- C. 기계 · 전기설비의 재료시험

부록 A

과업지시서 예시

-정밀점검, 정밀안전진단

본 과업지시서 예시는 과업의 제반여건에 따라 변경될 수 있습니다.

정밀안전진단(안전점검) 과업지시서

1. 일반조건

1.1 과업명 : ○○하구둑 정밀안전진단(안전점검)

1.2 과업의 목적

본 과업은 “시설물의안전관리에관한특별법”(이하 “시특법“ 이라한다.) 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

1.3.1 시설물 명 : ○○하구둑

1.3.2 위 치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

1.3.3 제 원

- 배수갑문 높이 : m
- 배수갑문 길이 : m
- 방조제 높이 : m
- 방조제 길이 : m
- 준공년도 :

1.3.4 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

[정밀안전진단]

- 방조제
- 배수(갑)문
- 배수(갑)문 문비
- 어도시설
- 차량통행용 및 관리용 교량
- 스톱로그
- 관리동, 조작실 등 건축물
- 접근수로 제방

[정밀점검]

- 방조제
- 배수(갑)문
- 배수(갑)문 문비

1.4 과업내용

[정밀안전진단]

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

[정밀점검]

- 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 다음 사항에 대해서는 사전에 관리주체의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

- 1) 과업수행계획서 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, 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.
- 3) 설계도서 등의 사전검토를 거쳐 관리주체의 방침을 받은 결과를 반영한 과업수행 계획서를 작성하여 관리주체에게 서면으로 보고하고 승인을 받아 용역 업무를 진행하여야 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 다음 사항을 포함한 월간진도보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 책임기술자의 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 피해 사항에 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 항상 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 예비조사 후에 수립하며 조사항목은 아래와 같다.

- 1) 현장여건 및 문제점
- 2) 시설관리자 및 주민의견 청취
- 3) 제반시설 관련자료

이때 도면 및 자료를 개략 검토한 후에 조사를 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 예비검증이 되도록 한다.

2.1.2 점검계획 수립

예비조사시 수집된 자료의 검토 후 점검계획을 수립하며 다음 사항이 포함되어야 한다.

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

재료시험에 대한 장비, 측량장비, 토질, 기계, 전기, 시험장비를 준비할 때에는 분야별 세부조사항목에 부합되는 장비를 준비한다. 또한, 접근장비는 육안조사 및 점검장비에 의한 측정이 가능 하도록 사다리, 고무보트, 램프, 잠수장비(수중카메라), 리프트카, 비계, 보조등반장비 등을 준비한다.

이러한 장비선정시에 다음항목을 고려한다.

- ① 접근장비를 안전하게 지지하는지 여부
- ② 장비위치에 따른 교통통제 필요성
- ③ 장비설치에 따른 지장물 존재여부

8) 접근방법 결정

- 권양기설 하부 등의 점검은 비계, 리프트카, 사다리 설치 등 현장여건에 따라 안전을 고려해 최선의 방법을 선택한다.
- 구조물의 수중부위 조사에 보트를 이용할 경우에는 구멍의 착용 등 안전에 유의하며, 잠수부를 이용하는 방법을 강구한다.

9) 점검종사자 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) 콘크리트 구조설계기준
- 4) 콘크리트 표준시방서
- 5) 농지개량사업계획설계기준(해면간척편, 댐편)
- 6) 댐 시설유지관리 기준
- 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 정밀안전진단지침(세부지침, 하구독편)에 의해 실시하며, 점검대상 구조물에 대한 상세외관조사 및 현장시험을 실시하여 부위(망)별, 부재별로 상태평가에 활용한다.
- 3) 상세외관조사시 주요결함이 발견될 경우 이에 대한 안전성검토 실시한다.

2.2.3 세부시설별 조사사항

1) 기본과업

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단을 실시함에 있어 기본적으로 실시하여야하는 과업

구 분	조사 사항
방조제	- 제체 마루의 중·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
배수갑문	- 콘크리트 구조물의 세굴 - 바닥슬래브의 부등침하, 들뜸, 단차 - 물받이공의 하류 또는 기초의 침식 - 연주 및 문주의 변위 - 수축이음부를 통한 누수 - 수평시공이음부를 통한 누수 - 불안정한 측벽 또는 라이닝 - 접근수로 상부의 자연사면 불안정 - 접근수로내의 식생 및 잡물
일반적인 콘크리트 구조물	탄산화, 염화물, 균열, 박리, 박락 및 층분리, 철근노출, 누수, 파손 및 재료분리, 백태
기계설비	문비 작동유무
전기설비	문비 작동유무

2) 선택과업

선택과업은 과업 수행전 계약상대자와 합동으로 실시한 사전조사 결과에 따라 조사 항목을 선정하며, 과업수행 중에 발생하는 항목은 협의하여 추진한다.

구 분	조사 사항
토목구조물	- 「지침」 ‘정밀점검 및 정밀안전진단 과업의 구분’ 표에 규정된 구조·지반·수리·수문 해석 등 - 안전성 및 내구성 평가에 필요한 조사·시험 - 콘크리트 시험 등
기계설비	수문 기계조사시험 항목
전기설비	수문 전기조사시험 항목

2.2.4 상태평가

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

2.2.5 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 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

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

2.2.6 종합평가 및 안전등급 지정

- 1) 상태평가 및 안전성평가를 실시한 결과를 종합하여 세부지침의 종합평가 기준에 따라 시설물의 종합평가 결과를 결정한다.
- 2) 정밀안전진단(안전점검)을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평

가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 정밀안전진단(안전진단) 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

2.2.7 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, 발생한 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

2) 보수·보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 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·보강 공법을 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 세부지침을 참조한다.

3.2 정밀점검보고서에 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 세부지침의 제8장에서 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
- 외관조사망도
- 측정, 시험 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체 (사전검토 보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)

- 기타 참고자료

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

3.3 정밀안전진단보고서에 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 주요 사항을 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 기술하

고, 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 상태평가가 결과를 작성하며, 작성 방법은 세부지침의 제8장에서 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 세부지침의 제9장에서 기술한 내용을 따른다.

7) 종합평가

- 시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과의 결정
- 종합평가 작성 방법은 세부지침의 제10장에서 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
 - 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 (사전검토 보고서, 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 B

사전검토 보고서 예시

정밀안전진단(안전점검) 사전검토 보고서

1. 과업명 : ○○하구둑 정밀안전진단(안전점검)

2. 배경 및 목적

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침(국토해양부고시 제2010-1037호, 2010. 12.31)의 3.1.4항 및 3.9.2항에 따라 과업대상 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서 내용이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지 여부를 검토하고, 그 결과를 관리주체에 보고하고 과업수행계획서에 수록하고자 함

3. 과업의 범위

3.1 시설물 명 : ○○하구둑

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			금회 실시범위	제외사유
		정기점검	정밀점검	정밀안전 진단		
기본 시설물	◦ 방조제	○	○	○	○	
	◦ 배수(갑)문	○	○	○	○	
	◦ 배수(갑)문	○	○	○	○	
부대 시설물	◦ 어도시설	○		○		배수갑문과 별도 설치
	◦ 차량통행용 및 관리용 교량	○		○	○	
	◦ 스톱로그	○		○	○	
기타 시설물	◦ 관리동, 조작실 등 건축물	○				
	◦ 접근수로 제방	○				

4.2 정밀안전진단(안전점검) 유지관리자료 보유 현황 검토

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서		
	◦ 설계도면 - 공통 - 토목 - 건축 - 기계·전기설비		
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 ◦ 댐시설 운영기록		
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	○ 적 동	
현장조사 및 시험	•외관조사 및 외관조사망도 작성 •간단한 현장 재료시험 등 - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 콘크리트 시험 - 반발경도시험 - 탄산화시험 - 균열깊이 조사 ○ 철근탐사시험	
상태평가	•외관조사 결과분석 •재료시험 결과 분석 •대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 •시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정)	○ 적 동	
안전성평가	-		
보수·보강 방법	-		
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○ 적 동	
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	○ 콘크리트 시험 - 코어채취 - 실내시험 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	○ 적동
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 ◦기계·전기설비 및 계측시설의 작동 유무	○ 전체부재 외관조사 및 외관조사망도 작성 ○ 콘크리트 시험 -반발경도시험 -초음파전달속도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○ 철근탐사시험 ○ 강재(수문) 조사 -도막두께측정 -수문의 작동상태
상태평가	•외관조사 결과분석 •현장시험 및 재료시험 결과분석 •콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 •부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견	○ 적동
안전성평가	•조사, 시험, 측정결과의 분석 •기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 •내하력 및 구조 안전성평가 •시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	○ 적동
종합평가	•시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 •안전등급 지정	○ 적동
보수·보강방법	•보수·보강 방법 제시	○ 적동
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○ 적동

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우(계속)

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 •누수탐사 •침하, 변위, 거동 등의 측정 •콘크리트 제체 시추조사 •수리·수충격·수문조사 •시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •기계전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측 •기본과업 범위를 초과하는 강제비파괴시험 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험	○ 콘크리트 시험 -코어채취 -실내시험 등 ○ 지반 및 토질조사 ○ 수중 조사 ○ 기계, 전기설비 조사 - 수문 및 권양기 - 수문 기계(전기) 조사시험 ○ 계측기 상태조사 -실내시험 등 ○ 강재 용접부 조사 -초음파두께측정 -자분탐상	○ ○ ○ ○ × × ○
안전성평가	•구조지반·수리·수문 해석 •구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 •내진성능 평가 및 사용성 평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가	○ 수문학적 안전성평가 ○ 내진성능평가 ○ 사면안정해석, 침투유해석	× × ×
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	세부지침 기준		과업지시서 수량	비고
	배수갑문	산출수량		
반발경도 시험	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 3회			· 기타시설 : 필요시
탄산화깊이 측정	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회			· 기타시설 : 필요시

[표 2.2] 정밀안전진단의 경우

구 분	세부지침 기준		과업지시서 수량	비 고
	배수갑문	산출수량		
반발경도시험	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회			· 동일 부위에 서 시험 · 기타시설 : 필요시
초음파 전달속도시험				
철근탐사시험	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 2회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 2회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회			· 기타시설 : 필요시
탄산화 깊이 측정	○ 역 T형 배수갑문 : 피어수 × 1회 ○ 박스형 배수갑문 : 구조체수 × 1회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회			· 기타시설 : 필요시
염화물 함유량시험	○ 배수갑문 : 해측 3회 ○ 기타시설 : 시설물별 1회			· 시험 실시 근거 명기 · 기타시설 : 필요시
철근부식도 시험	○ 배수갑문 : 1회			· 시험 실시 근거 명기
균열깊이 조사	○ 책임기술자의 판단에 따라 조사 및 수량 결정			· 상태 평가 기준 참조
도막두께측정	○ 주부재 외판의 3개소 이상 (1개소/4회 이상)			
수문작동유무	○ 각 문별 1회			

4.5 기타 사항

5. 결론

[정밀점검의 경우 예시]

과업지시서와 용역계약서 검토결과, 정밀점검의 범위, 유지관리자료, 과업범위, 기본과업의 재검시행수량은 모두 지친, 세부지침과 부합됨.

[정밀안전진단의 경우 예시]

과업지시서와 용역계약서 검토결과, 정밀안전진단의 범위, 유지관리자료, 기본과업의 재검시행수량은 지친, 세부지침과 부합됨.

다만, 정밀안전진단 과업범위 중 아래와 같이 일부 항목에 대한 비용이 반영되지 않아 보완이 필요함

- 현장조사 및 시험
 - 수문 기계, 전기 조사시험
 - 계측기 상태조사
- 안전성평가
 - 수문해석 및 수문학적 안전성
 - 사면안정해석, 침투류해석
 - 제체 내진성능평가
- 보수·보강방법
 - 내진보강방안
 - 시설물 유지관리 방안 제시

부록 C

기계 · 전기설비 재료시험

1. 기계 · 전기설비 재료시험

문비와 권양기의 작동시험은 문비의 상하운전 권양기의 동력전달상태로 분류하여 실시하고, 문비의 상하운전 시 문비를 구성하는 부재의 이상 유무에 대하여 조사를 실시한다. 작동시험은 문비의 정지 및 작동도중에 시험측정을 시행하고 진동및 소음측정, 와이어직경측정, 기타 전기설비의 시험 등을 시행하고 측정결과를 결과를 종합하여 전체적인 평가 자료로 활용코자하는 것이 주목적이다.

1.1 기계설비

가. 전반적인 작동시험(기계분야)

문비와 권양기의 각 기기의 정상적인 작동여부, 이음발생여부, 이상진동 발생여부, 이상발열 발생여부, 문비의 상승중 정지 재상승 하강중 정지 및 재하강 완전하강 후 권양기 자동정지 등의 문비의 작동상태와 작동시간 등에 대하여 시험을 시행하고 이때 커플링의 정열상태, 브레이크 패드상태, 베어링이상발열여부, 기어치면의 이상마모상태, 드럼 와이어 클램프 및 와이어 포크의 체결상태 등을 정지상태 및 작동 도중에 상세외관조사를 시행하고 전반적인 상태를 파악한다.

[표 1.1] 기계설비 전반적인 작동시험

구 분		작동시험 체크리스트	비 고
문 비	가이드롤러	균열, 부식, 고착여부, 체결 상태, 간격유지 상태 등	
	메인 롤러	균열, 부식, 고착여부, 체결 상태, 간격유지 상태 등	
	시 브	균열, 부식, 고착여부, 체결 상태, 간격유지 상태 등	
	힌 지	균열, 도장 및 부식상태, 고착여부, 체결 상태, 고정부 이상여부 등	
	암	균열, 도장 및 부식상태, 볼트체결상태, 변형손상여부 등	
	지수고무	균열, 경화상태, 체결 상태, 간격유지상태, 차수상태 등	
	주부재 및 보조부재 (가로세로빔)	균열, 도장 및 부식상태, 볼트체결상태, 변형 손상여부 등	
	스킨플레이트	균열, 도장 및 부식상태, 변형손상여부 등	
	로프 엔드	고정상태, 부식상태, 와이어 체결상태 등	문비측
문 틀	문 틀	균열, 도장 및 부식상태, 변형여부, 문비와 간섭여부, 차수상태 등	

[표 1.1] 기계설비 전반적인 작동시험(계속)

구 분		작동시험 체크리스트	비 고
권양기	로프 엔드	고정상태, 부식상태, 와이어 체결상태 등	권양기측
	드럼 및 기어	부식상태, 정렬상태, 이상마모 손상여부, 치면상태 맞물림상태 등	
	드럼와이어 클램프	부식상태, 손상상태, 체결상태 등	
	베어링	고정상태, 정렬상태, 작동상태(이상발열여부, 이음발생여부) 등	
	브레이크	부식상태, 균열손상상태, 패드 마모상태, 간격유지상태, 작동여부 등	
	시 브	균열, 부식상태, 고착여부, 체결상태 등	권양기측
	커플링	고정상태, 정렬상태, 이상마모여부, 이상발열여부 등	
	기어박스	부식상태, 체결상태, 정렬상태, 이상 마모여부, 치면상태, 윤활유상태 등	
	권양기베드 (베이스프레임)	도장 및 부식상태, 간섭여부 등	

나. 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 발생하는 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.

○ 권양기 진동측정

권양기의 작동시험을 시행하여 기기의 진동측정 회수는 모터 부하측 및 권양기 감속기의 부하측(커플링연결축)에 대하여 수직(또는 수평) 방향에 대하여 rms 값을 측정한다.

○ 권양기의 소음측정

권양기의 작동시험을 시행하여 모터 부하측, 반부하측 및 모터와 직연결되는 감속기를 기준으로 수평거리 1m에서 측정한다.

1) 권양기 진동

펌프의 베어링에서 발생하는 진동에 따른 펌프의 상태평가는 ISO 10816-3¹⁾에서 제시된 규정에 의하여 기계 진동평가가 이루어져야 한다.

특정 기계 그룹에 대한 잠정 광대역 진동 기준을 적용하기위한 기계의 분류는 다음과 같다.

가) 기계 분류

이 규격에서는 다음 변수에 따라서 진동 강도를 분류한다.

- 기계형식
- 정격 출력 또는 축 높이
- 지지 시스템의 유연성

① 기계 형식, 정격 출력 및 축 높이에 따른 분류

설계, 형식 또는 베어링과지지 구조물에서 확인한 차이가 있을 때는 다른 기계군으로 분리를 해야 한다(예, 축 높이 H에 대해서는 ISO 496 참조). 이들 4개의 기계군은 수평, 수직 또는 경사진 축을 가질 수 있으며, 강성 또는 유연 지지대에 설치될 수 있다.

1군 : 정격 출력 300KW 초과 대형 기계 : 축 높이 $H \geq 315$ mm인 전기 기계

이들 기계에는 보통 슬리브 베어링이 설치된다. 운전 또는 정격 속도 범위는 상대적으로 넓은 120~15000 rpm 의 범위를 가진다.

2군 : 정격 출력 15KW 초과 300KW 이하인 중형 기계 : 축 높이 $160\text{mm} \leq H \leq 315\text{mm}$ 인 전기 기계

이들 기계들에는 보통 구름 요소 베어링이 설치되고 운전속도는 600rpm 이상이다.

3군 : 다익 임펠러와 일체형 구동기를 갖는 정격 출력 15KW 초과 (원심, 혼합류 또는 축류)펌프

이 군의 기계에는 슬리브 또는 구름 요소 베어링이 설치된다.

4군 : 다익 임펠러와 일체형 구동기를 갖는 정격 출력 15KW 초과 (원심, 혼합류 또는 축류)펌프

이 군의 기계에는 대부분 슬리브 또는 구름 요소 베어링이 설치된다.

비고 1. 기계의 축 높이 H는 축의 중심선과 기계 자체의 기저면과의 거리(인도하기 위해 대기하고 있는 기계에서 측정)로서, ISO 496에 규정되어 있다.

비고 2. 받침대가 없는 기계나 올림 받침대를 가진 기계 또는 모든 수직형 기계의 축 높이는 동일한 기본 프레임에서의 기계 지지의 축 높이로 간주한다.(수평형 축 받침대-설치형 기계는 제외). 프레임에 대한 정보가 없는 경우에는 기계 지름의 절반을 축 높이로 사용한다.

1) 기계적 진동 - 상업용기계진동의 측정에 의한 기계 진동의 평가(ISO 10816-3)

② 지지대 유연성에 따른 분류

명시된 방향으로 지지대의 유연성에 따라서 다음 2가지로 분류한다.

- 강성 지지대
- 유연 지지대

이들 지지대 상태는 기계와 기초의 유연성 사이의 상호 관계로서 결정된다. 만일 측정 방향으로 기계 및 지지 시스템으로 된 복합체의 최저 고유 진동수가 주 가진 주파수(대부분의 경우 회전 주파수)보다 적어도 25% 이상 크다면, 이 지지 시스템은 그 방향으로 강성이라 간주할 수 있다. 그렇지 않은 경우의 다른 모든 지지 시스템은 유연하다고 간주할 수 있다.

출력 10MW를 초과하는 터보 발전기나 압축기 및 수직형 기계 세트에는 보통 유연 지지대를 채택한다든지, 주로 저속으로 회전하는 중대형 전기 모터에는 강성 지지대를 채택한다든지 하는 것이 지지대 선택에 대한 대표적인 예이다.

어떤 경우, 지지대 조합체는 한 측정 방향으로 강성인 반면 다른 방향으로 유연할 수가 있다. 예를 들어, 수평 방향의 고유 진동수는 상당히 낮은 반면, 수직 방향의 최저 고유 진동수가 주 가진 주파수보다 훨씬 위에 있을 경우이다. 이런 시스템은 수직 평면에서는 강성이고, 수평 평면에서는 유연한 경우이다. 이러한 경우, 해당 측정 방향에 대응하는 지지대 분류에 따라 진동을 평가하여야 한다.

만일 기계-지지대 시스템의 종류를 도면이나 계산으로 쉽게 결정할 수 없을 때는 실험으로 결정해야 할 것이다.

나) 평가

다양한 기계 분류에 따른 진동 강도를 평가하기 위해 사용된 두 가지 평가 기준의 일반 사항을 제시한다. 하나는 관측한 광대역 진동의 크기를 고려하는 것이고, 다른 하나는 진폭의 증감에 관계없이 크기의 변화를 고려하는 것이다.

진동의 측정은 각 베어링이나 받침에서 지지대의 종류에 따라서 다음과 같이 평가한다.

영역 A : 양호(신규로 설치된 기계의 진동은 보통 이 영역에 속한다.)

영역 B : 장기간 운전이 허용.

영역 C : 제한된 기간 동안 운전허용(정비보수필요).

영역 D : 기계에 손상을 일으킬 정도로 매우 가혹한 것으로 보통 간주한다.

[표 1.2] 1군 기계에 대한 진동 강도 영역 분류

: 정격 출력 300KW 초과 50MW 이하의 대형기계 : 축 높이 $H \geq 315\text{mm}$ 인 전기 기계

지지대 종류	영역 경계	변위 실효값 μm	속도 실효값 mm/s
강 성	A/B	29	2.3
	B/C	57	4.5
	C/D	90	7.1
유 연	A/B	45	3.5
	B/C	90	7.1
	C/D	140	11.0

[표 1.3] 2군 기계에 대한 진동 강도 영역 분류

: 정격 출력 15KW 초과 300KW 이하의 중형 기계 : 축 높이 $160\text{mm} \leq H < 315\text{mm}$ 인 전기 기계

지지대 종류	영역 경계	변위 실효값 μm	속도 실효값 mm/s
강 성	A/B	22	1.4
	B/C	45	2.8
	C/D	71	4.5
유 연	A/B	37	2.3
	B/C	71	4.5
	C/D	113	7.1

[표 1.4] 3군 기계에 대한 진동 강도 영역 분류

: 다익 임펠러와 분리형 구동기를 갖는 정격 출력 15KW 초과 (원심, 혼합류 또는 축류)펌프

지지대 종류	영역 경계	변위 실효값 μm	속도 실효값 mm/s
강 성	A/B	18	2.3
	B/C	36	4.5
	C/D	56	7.1
유 연	A/B	28	3.5
	B/C	56	7.1
	C/D	90	11.0

[표 1.5] 4군 기계에 대한 진동 강도 영역 분류

: 다익 임펠러와 일체형 구동기를 갖는 정격 출력 15KW 초과 (원심, 혼합류 또는 축류)펌프

지지대 종류	영역 경계	변위 실효값 μm	속도 실효값 mm/s
강 성	A/B	11	1.4
	B/C	22	2.8
	C/D	36	4.5
유 연	A/B	18	2.3
	B/C	36	4.5
	C/D	56	7.1

2) 소음 과다발생

권양기 및 모터에서 발생하는 소음은 회전기기 및 마찰부위의 이상을 감지할 수 있는 척도로 이용할 수 있고, 소음의 발생장소 내에서 작업하는 작업자의 청력감소 및 안전에 영향을 미칠 수 있다. 또한, 주기적으로 발생하는 소음은 이상음의 청취와 발생소음의 증가여부로 펌프 기기의 손상여부 등을 예측하여 큰 손상 이전에 미리 대처할 수 있다.

권양설비의 상세한 소음을 측정하기 위해서는 권양설비를 감속기측 커플링측, 모터반부하측의 3개 부위로 구분하고 각 부위로부터 수평으로 1m 거리에서 운전시의 소음을 측정하여 그 값들을 평균한 값을 발생소음의 값으로 한다.

소음의 평가는 발생기기의 최대소음을 기준으로 80dB이하는 매우양호(A), 80~90dB는 양호(B), 90~100dB는 다소높음(C), 100~120dB는 높음(D), 120dB이상은 불량(E)로 평가한다.

다. 권양기 와이어 단면감소및 소선절단상태

권양기와 크레인 및 호이스트 등은 권양와이어에 의해 문비를 권상·권하 하거나, 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(허용 7%이내) 및 소선절단 유무 등의 조사에 대한 실시여부를 결정한다.

1.2 전기설비

배수갑문전기설비의 작동시험은 시험전 상세육안조사와 측정·시험기기(절연저항계, 접지저항계, 멀티테스터, 전력분석기, 적외선열화상카메라 등)를 사용한 절연저항측정, 접지저항측정, 운전상태(공급전압 및 운전전류)측정 등으로 분류하여 실시하며, 설비의 특성 및 상황 등을 고려하여 책임기술자가 실시개소 및 실시여부를 정한다.

가. 상세육안조사

작동시험전 다음의 점검표를 준하여 배수갑문전기설비에 관한 상세육안점검을 실시하여 전반적인 상태를 파악한다.

[표 1.6] 배수갑문 전기설비의 상세육안점검표

구 분		점 검 사 항	점검결과
현장 제어반 및 현장 조작반	반(PNL)의 내·외관상태	-반의 오손·파손·부식유무, 문 개폐 및 잠금장치 상태, 반의 부착 및 고정상태 등 -반 내부의 방진·방습조치 설치 및 작동유무 등	
	표시·계기류	-계기류(전압·전류계)외관·지시상태, 파손·손상유무 등	
	차단기 및 접촉기류	-차단기(NFB·MCCB)·접촉기류·S/W류 및 각종 접점 상태(손상, 파손, 부식 등 문제점 유무), 보호장치· FUSE·CT·PT의 동작상태 및 파손·손상 유무, 결 선·부착상태 등	
	배선류	-배선상태(반 내부의 전선·케이블 단말처리 및 배선정 리 상태, 단선·단락·열화·변색 유무 등)	
	접지	-접지 유무 및 설치상태(외함 접지선의 굵기 및 손상유 무 등)	
	동작유무	-전기적 동작여부(조작 및 제어불능 유무 등)	
구동모터 · 브레이 크설비 및 개도장치 · 스위치류	외관상태	-변형·파손·부식 등의 유무	
	접지	-접지 유무 및 설치상태(외함 접지선의 굵기 및 손상유 무 등)	
	동작유무	-전기적 동작상태 (이상진동·소음·발열여부 등)	
	배선 및 배관류	-배선상태(배선정리, 단선·단락·열화·변색 유무 등) -배관의 파손·변형유무	
개도장치 및 스위치류	외관상태	-변형·파손·부식 등의 유무	
	동작유무	-전기적 동작여부(작동 및 검출불능 유무 등)	
	배선 및 배관류	-배선상태(배선정리, 단선·단락·열화·변색 유무 등) -배관의 파손·변형유무	

나. 절연저항측정(절연열화 판정)

절연저항이라는 것은 전기설비에서 전선 도체와 그 주변에 설치한 절연체의 전기 저항을 말하고, 절연능력이 저하되면 이 값이 작아지게 되고 나아가서는 누전현상을 초래해서 위험한 상태가 된다. 누전은 조직원이나 보수점검요원의 인체에 대해 상당히 위험할 뿐만 아니라, 기기의 작동 불량을 초래하고, 전체설비 운용에 중대한 악영향을 미치므로 절연불량에 따른 설비의 이상상태를 사전에 파악하기 위해서 절연저항 측정 간격을 극단적으로 짧게 하여, 측정한 결과에 기초하여 정비·보수를 하는 것이 바람직하다.

1) 측정방법

절연열화 판정에 대한 시험은 많은 방법이 있지만, 현장에서는 간편한 절연저항계에 의한 측정이 가장 많이 이용되며, 보통 250~500V, 1,000V의 메거를 사용, 간선용 혹은 분기용으로 시설하는 개폐기 또는 과전류 차단기 등으로 구분 지을 수 있는 선로별로 측정한다.

① 전선 상호간의 절연저항 측정

저압 전로의 전선 상호간의 절연저항은 사용설비의 전로를 포함하지 않는 상태로 측정하므로 개폐기는 열어 둔다.

② 전선과 대지(접지)간의 절연저항 측정

전선과 대지(접지)간의 절연저항은 사용설비 전로를 포함한 사용상태에서 측정하므로 개폐기는 닫아 둔다.

2) 평가 기준

절연 저항값은 측정시의 날씨, 기온, 습도, 오염의 정도 등에 따라 크게 좌우되기 때문에 사용의 상황, 기상 조건, 기타 등을 염두에 두고 그 적부를 판정하여야 한다.

① 신설의 경우 (내선규정 135-2)

1M Ω 이상, 내선규정에 준거한 것으로서 1M Ω 미만인 것은 주의하여 취급하고, 간선 등 중요한 것은 교체를 포함한 대책이 요구된다.

② 사용 중인 경우

전기설비기술기준 27조, 52조 및 내선규정 135-2 등에 따른다.

사용전압이 저압전로에서 정전이 어려운 경우 등 절연저항측정이 곤란한 경우에는 누설전류를 1mA이하로 유지하여야 한다(전기설비기술기준의 판단기준 13조 1항).

[표 1.7] 저압전로의 절연저항 기준치 (기술기준 제52조)

전로 사용전압의 구분		절연 저항치
400V 미만	대지전압이 150V이하인 경우	0.1MΩ 이상
	- 접지식 전로는 전선과 대지 간의 전압 - 비접지식 전로는 전선간의 전압	
	대지전압이 150V를 넘고 300V 이하인 경우	0.2MΩ 이상
	전압측 전선과 중성선 또는 대지 간의 절연저항	
사용전압이 300V를 넘고 400V 미만인 경우		0.3MΩ 이상
400V 이상		0.4MΩ 이상

③ 저압의 전선로 중 절연부분의 전선과 대지간의 절연저항은 사용전압에 대한 누설전류가 최대 공급전류의 2,000분의 1을 넘지 말아야 한다(전기설비기술기준 27조 3항).

④ 저압 모터(전동기)의 경우

전동기의 절연열화도 전로와 대지간 뿐만 아니라, 코일-권선간 혹은 층간 절연열화도 무시할 수 없으며, 이는 보통 대지간 절연저항 값으로부터의 추리 혹은 외전상의 진단에 의해서 판단하고 있기 때문이다.

고정자 권선의 절연저항은 500V급 절연저항계로 측정하여 아래의 최소한 기준치 이상을 유지하여야 한다.

- 최소 기준치 = 정격전압(kV)+1(MΩ)이상 (40℃ 기준) -- KSC 4202 참조

⑤ 고압 및 특별고압의 기계기구 및 전로의 절연저항

고압 및 특별고압의 기계기구 및 전로의 절연저항은 온도·습도·오손정도에 따라 변하고 회로의 전압 및 절연물의 구조 등에 따라 다르며, 또한 절연저항 저하의 경향도 기계기구 등에 따라 차이가 있으므로 명확한 기준을 정할 수 없으나, 내선규정(700-3)과 JIS(4004-1992)규정을 활용한다.

[표 1.8] 회전기의 절연저항 기준치 (JIS 4004-1992)

구 분	절연 저항치
회전수를 고려하지 않는 식	$R = \frac{\text{정격전압(V)}}{\text{정격출력(Kw or KVA)} + 1,000} \quad (\text{M}\Omega)$
회전수를 고려한 식	$R = \frac{\text{정격전압(V)} + (\text{매분회전수}/3)}{\text{정격출력(Kw or KVA)} + 2,000} + 0.5 \quad (\text{M}\Omega)$

다. 접지저항측정

전기시설물에서 접지는 가장 기본적인 안전장치이며, 안전장치인 접지시설이 부적합 하면 인명의 감전사고나 전자장비의 파손 및 오동작의 주원인이 되므로 인명사고 방지 및 고가의 장비보호와 오동작 방지를 위한 완벽한 접지시설을 유지하여야 한다.

1) 측정방법

- ① 일반적으로 접지저항 측정에는 접지저항계(어스테스터)가 널리 사용되고 있으며, 저항계의 형식에 따라 접지저항 순서가 다소 상이하므로 메이커의 취급설명서에 따라 측정한다.

- 전지식

피측정 접지극 E 및 보조접지극 P와 C를 일직선상에 각각 10M 이상 떼어서 시설하여 측정한다(1극의 저항치를 알면 그 극을 E로하고 접지저항계의 P와 C의 단자를 단락하여 이것에 피측정 접지극을 접속하여 측정할 수가 있다).

- 콘크리트 또는 아스팔트 바닥면의 경우

보조 나동망선(예: 30cm 사방의 크기로 동사로 짠 망)을 바닥 면에 밀착시켜 여기에 물을 뿌려서 보조극 P와 C로 하여 측정할 수가 있다.

2) 판정기준

- ① 내선규정 제140절 건축전기설비공사 표준시방서(9-4 접지설비공사), 전기설비기술설계 핸드북(6.1접지공사), 전기설비기술기준(제3절 전로의 절연 및 접지), NEC 250 (Grounding, Grounding conductors) 및 KSC IEC 60364-5-54, KSC IEC 62305, ESB(한전 내선규정) 등의 규정에 따른다.

[표 1.9] 접지의 판정기준 종류 (전기설비기술기준 제21조, 22조, 36조)

종 류	적 용 예	접 지 저 항	접지선 굵기
제1종 접지공사	고압 및 특고압 전기기기의 철대, 외함 등의 접지	10Ω 이하	내선규정 1445절
제2종 접지공사	고압 및 특고압전로와 저압전로를 결합하는 변압기의 중성점 또는 단자 등의 접지	변압기 고압측 또는 특별고압측 전로의 1선지락 전류암페어수로 150을 나눈 값과 같은 Ω수	
제3종 접지공사	400V 미만의 저압 전기기계 기구의 철대, 외함 등의 접지	100Ω 이하	
특별 제3종 접지공사	400V 이상의 저압 전기기계 기구의 철대, 외함 등의 접지	10Ω 이하	

- ② 위의 내용을 토대로 하고 접지상태에 대한 외관조사 결과와 측정된 접지저항 값 등을 근거로 하여 접지불량 정도에 따른 전기설비의 상태평가 기준을 설정한다.

라. 운전상태(공급전압 · 운전전류 등)측정

운전상태(공급전압 및 운전전류)측정은 수문작동시 구동모터의 공급전압, 운전전류, 역률, 온도상승여부 등을 측정 · 조사하므로써 수문 권양시 과부하, 구동장치 고장 및 고착 등의 이상유무를 파악할 수 있다,

운전상태(공급전압 및 운전전류)측정은 클램프미터, 전력분석기 등을 이용하여 수문작동시 구동모터의 정 · 역(권상 · 권하운전)상태에서 각 상간의 전압 · 전류를 1회 이상 측정하여 이때 측정된 값이 정격전압의 허용범위이내를 유지하는지, 운전전류가 명판 상에 기재된 정격전류를 초과하는지 등을 확인한다.

정격전압은 부하의 특성에 따라 시간적으로 변화되며 배선의 길이, 모터(전동기)의 기동전류에 의해서 크게 변동하는 경우가 있다. 특히 모터(전동기)는 정격전압, 정격주파수로 운전하는 것이 가장 좋기 때문에 전압변동 및 주파수 변동이 적은 안정된 전원이 필요하며, 전원변동의 원인으로는 전력회사로부터 전력공급을 받고 있는 경우에 전력의 공급 신뢰도가 높기 때문에 주파수 변동이 문제가 되는 일은 없으나 전압은 부하변동, 배선의 전압강하, 모터(전동기)의 시동전류에 따른 전원측의 영향 등에 의해 변동할 수가 있다. 전원, 전압 및 주파수가 변하면 전동기의 특성도 변하므로 KSC 4402에서는 전압 및 주파수의 변동이 전동기 특성에 미치는 영향을 규정하고 있다.

[표 1.10] 전압 및 주파수의 변화가 전동기의 특성에 영향을 미치는 근사치

구 분		시동 및 최대정동 토크	동기 속도	미끄럼	전부하 전류	시동 전류	전부하 효율	전부하 역률	최대 출력	온도 상승
전압의 변화	정격전압의 110%일때	+21%	변화 없음	-17%	-12%	-12%	+ 0.5~1%	-3	+21%	±미량
	정격전압의 V배 일때	V^2	변화 없음	$1 / V^2$	-	V	일정하지 않음	일정하지 않음	V^2	-
	정격전압의 90% 일때	-19%	변화 없음	+23%	+11%	+11%	-2	+1	-19%	+ 6~7%
주파수의 변화	정격주파수의 105%일때	-10%	+5%	약간 증가	-근소	-5~6%	+미량	+미량	-근소	±미량
	정격주파수의 f 배 일때	$1 / f^2$	f	-	-	$1 / f^2$	-	-	-	-
	정격주파수의 95%일때	+11%	-5%	약간 감소	+근소	+5~6%	-미량	-미량	+근소	+ 6~7%

① 전압 변화 : 시동 특성 또는 최대 토크에 관해 유도전동기에서는 정격주파수 일 때 단자 전압이 ±10% 범위로 변화해도 정격 출력으로 사용할 때 실용상 지장이 있으면 안 된다.

② 주파수 변화 : 유도 전동기는 정격 전압의 원인으로 전원 주파수가 정격 값의

$\pm 5\%$ 이내로 변화해도 정격 출력으로 사용할 때 실용상 지장이 있으면 안 된다.

- ③ 전압 및 주파수 변화 : 전원의 전압 및 주파수의 양쪽이 동시에 변화할 경우, 전압의 변화는 정격값의 $\pm 10\%$ 이내, 주파수의 변화는 $\pm 5\%$ 이내이며, 그 양쪽 변화 백분율의 절대값의 합이 $\pm 10\%$ 일 때라도 정격 출력으로 사용할 때 실용상 지장이 있으면 안 된다.

마. 이상발열여부탐사(적외선열화상탐사 및 비접촉식 온도계)

본 시험은 활선상태에서 전기기계기구의 사고를 일으키는 이상온도를 조기에 발견, 대처하게 함으로서 전기설비의 신뢰도를 향상시켜 생산설비에 양질의 전력을 공급하는데 있으며, 사용 중 전기설비의 온도는 접촉식 온도계나 기타의 방법으로 쉽게 확인되지 않으므로 활선상태에서 안전성이 보장된 비접촉식 장비(비접촉식 온도계, 적외선 열화상장비 등)를 사용하여 전기설비 각 부분의 온도를 분포도로 나타내어 절연물의 오손, 접촉불량, 과부하 등 전기기기의 열화나 성능을 판단하는 자료로 활용하기 위함이다.

1) 판정기준

대상물에서 발산된 복사에너지는 적외선 열화상 진단장비에 의하여 화상으로 나타나며, 이화상에 표시된 각 지점(point)의 온도분포를 판정하는 방법은 온도 패턴법과 3상 비교법 등으로 판정하나 판정기준에 의하여 이상, 요주의 등으로 판정할 경우, 부하율 및 불평형률을 고려하여야 한다.

① 3상 비교법

주회로 통전 전류는 단상 또는 3상 부하에 따라 변화된 전류가 흐르며, 통상적으로 3상 부하인 경우는 부하 전류가 평형되어 흐르며, 단상 부하인 경우는 불평형을 이루기도 한다.

3상, 단상의 평형 부하인 경우에는 각 부위에서의 온도 분포를 비교함으로써 용이하게 이상 발열을 진단할 수 있으며, 불평형 3상, 단상의 평형 부하인 경우에는 각 부위에서의 온도 분포를 비교함으로써 용이하게 이상 발열을 진단할 수 있다.

또한 불평형 부하에서는 1차측과 2차측의 상비교 또는 부하전류에 대한 허용 전류 이상이 흐를 경우 이상 열화로 진단할 수 있다.

[표 1.11] 3상 비교법의 판정기준

온 도 차	판정기준	비 고
5℃ 미만	정 상	일반적인 전력기기에서의 온도차에 따른 판정기준이므로 국내·외에 각종 자료 및 문헌을 참고하여 제정된 한국전기안전공사 자체기준임
5℃ ~ 10℃ 미만	요 주 의	
10℃ 이상	이 상	

② 온도 패턴법

절연재 열화개념에서의 판정기준이므로 기준치이하라 하더라도 측정 당시의 조건(부하율, 주위온도 등)을 고려하여야 한다.

예를 들면 정격전류 115A의 IV전선(22mm² 가공)에 주위온도 20℃에서 부하전류가 30A일 때 50℃를 나타냈다면 최고허용온도 60℃에는 미달하지만 문제가 있는 것으로 보고 원인을 찾아야 한다.

[표 1.12] 온도패턴법의 판정기준

전 력 기 기		온도상승한도	최고허용온도	비 고
유입변압기 (본체)		50℃	90℃	KSC 4306 (유온기준)
건식 변압기	에폭시부 (B종)	80℃	130℃	IEC 726
	에폭시부 (F종)	100℃	155℃	IEC 726
GIS 외부표면 온도차		15℃	-	실측에 의한 통계
케이블	IV		60℃	내선규정 130-1
	HIV		75℃	
	EV		75℃	
	CV, CNCV		90℃	
	VVF		60℃	
단로기 및 동부스바	접촉부	25℃	65℃	KSC 4502에 의함
	접속부	40℃	80℃	
	구조부분 (자기애자 등)	50℃	90℃	
판정기준	최고허용온도를 초과하거나 온도상승한도를 초과한 경우 이상이 있는 것으로 판정함.			

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(하구둑)

발행 한국시설안전공단

2012년 12월 일 초판

* 본 세부지침해설서의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은
한국시설안전공단으로 연락하여 주시기 바랍니다.

한국시설안전공단 (http://www.kistec.or.kr)
(우) 411-758 경기도 고양시 일산서구 고양대로 315 대표전화 1599-4114, 031-910-4114

본 세부지침해설서 및 다른 해설서 내용은
공단홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.

공 통 편	2011. 12
시설물편 제 1장 교 량	2012. 12(개정판)
제 2장 터 널	2011. 12
제 3장 댐	2011. 12
제 4장 항 만	2011. 12
제 5장 상 수 도	2011. 12
제 6장 하 구 둑	2012. 12
제 7장 수 문	2012. 12
제 8장 제 방	2012. 12
제 9장 하수처리장	2012. 12
제 10장 건 축 물	2011. 12
제 11장 옹 벽	2012. 12
제 12장 절 토 사 면	2012. 12