
제7장 수 문

7.1 관리일반

7.2 현장조사

7.3 재료시험 항목 및 수량

7.4 안전성능 평가기준 및 방법

7.5 내구성능 평가기준 및 방법

7.6 사용성능 평가기준 및 방법

7.7 종합평가기준 및 방법

제7장 수문

7.1 관리일반

7.1.1 적용 범위

본 장은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 「법」이라 한다) 제40조 및 같은 「법」 시행령(이하 「령」이라 한다) 제28조의 규정에서 정하고 있는 하천 시설물 중 수문에 적용한다.

수문은 그 특성에 따라 본 장과 서식을 적절히 응용하여 성능평가를 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

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

※ 하수암거 및 우수암거의 성능평가 실시는 본 장의 암거에 대한 성능평가 요령을 준용할 수 있다.

7.1.2 용어 정의

- 수문
 - 분류를 횡단하거나, 분류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치된 문비(문짝)(이하 ‘문비’라 한다.)를 가진 구조물을 말한다.
- 통문
 - 하천의 통문은 제방을 관통하여 설치한 사각형 단면의 수로로서 문비를 가진 구조물을 말한다.
- 통관
 - 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 수로로서 문비를 가진 구조물을 말한다.
- 암거
 - 용수 또는 배수용의 수로가 도로나 제방 등의 아래에 매설된 경우를 암거라 하며, 암거 단면의 형상이 사각형이면 통문으로, 원형이면 통관이라 한다.
- 문기둥
 - 수문의 문비를 지지하는 기둥형태의 구조물이며, 높이는 완전히 열었을 경우 여유고를 확보하여야 한다.

○ 문비 조작대

- 권양기의 설치 및 수문의 개폐를 목적으로 설치된 구조물을 말한다.

○ 홍벽

- 수문의 본체와 제방 내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 날개벽의 파손 등으로 인한 제방붕괴를 방지하는 구조물이며, 본체와 일체구조로 제외지 계획제방 단면 내에 위치하여야 한다.

○ 차수벽

- 제방과의 접촉면을 따라 발생하는 침투수의 침투경로를 길게 하기 위해 설치하는 구조물이며, 침투수류에 의해 암거주변에 파이프이 생기는 것을 막기 위해 암거 본체와 일체의 콘크리트 벽으로 상단높이는 계획홍수위까지, 1.0m이상의 폭과 35cm 이상의 두께를 가져야 한다. 또한, 제방단면이 크고 암거의 길이가 길 경우 2개 이상을 설치한다.

○ 날개벽

- 배면의 흙을 지탱하여 붕괴를 방지하는 날개 형태의 구조물이며, 본체와 분리된 철근콘크리트 구조물로써 날개벽 상단부는 계획제방단면에 일치하여야 한다.

○ 물받이

- 도수를 발생시켜 유수의 세력을 완화시킬 목적으로 설치하는 구조물을 말한다.

○ 차수판

- 차수를 목적으로 설치하는 판형태의 구조물, 일반적으로 철판형 구조물을 말한다.

○ 바닥보호공

- 하류부 하상저하 및 국부 세굴로인한 수문 본체의 피해를 최소화하기 위해 설치되는 시설을 말한다.

○ 추락방지시설

- 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설을 말한다.

○ 도로부 신축이음부

- 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대시설에 포함된 도로교량에 한함)를 말한다.

○ 환기구 등의 덮개

- 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)를 말한다.

7.1.3 성능평가 실시 범위

수문의 성능평가 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 아래 표와 같다.

[표 7.1] 성능평가 대상시설물의 세부범위

구 분	시설물명	성능평가		비 고
		제1종성능평가	제2종성능평가	
기본 시설물	◦ 수문 본체	○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 기본과업
	◦ 문비	○	○	
	◦ 권양기	○	○	
	◦ 배수(통행)암거	○	○	
	◦ 날개벽(홍벽 포함)	○	○	
	◦ 물받이	○	○	
부대 시설물	◦ 관리교	○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 선택과업
	◦ 인접제방	○	○	
기타 시설물	◦ 바닥보호공	○	○	제1종성능평가 : 선택과업 제2종성능평가 : 선택과업
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 기본과업
	◦ 도로포장	○	○	
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	

7.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

수문 시설물의 구조안전에 중대한 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다.

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

1) 시설물의 기초세굴

- 상태안전성능 평가지표 중 기초세굴에 대한 기준이 "d" 이하인 경우

2) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- 내구성능 평가지표 및 기준의 재질변화에서 콘크리트 탄산화 잔여 깊이 또는 콘크리트 염화물 침투량 등에 대한 내구성능 평가기준이 "e" 판정으로 철근노출에 대한 상태안전성능 평가기준이 "e"를 포함하는 경우

3) 수문의 작동불량(하천)

- 사용성능 평가지표 중 문비 작동여부에 대한 기준이 "d" 이하인 경우

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

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

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

1) 추락방지시설

- 추락방지시설에 대한 평가기준이 "d" 이하인 경우

2) 도로포장

- 도로포장에 대한 평가기준이 "d" 이하인 경우

3) 도로부 신축이음부

- 도로부 신축이음부에 대한 평가기준이 "d" 이하인 경우

4) 환기구 등의 덮개

- 환기구 등의 덮개에 대한 평가기준이 "d" 이하인 경우

7.2 현장조사

7.2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

가. 안전성능 평가

[표 7.2] 수문 시설물의 안전성능 평가항목

부재구분		평가항목
수문 구조물	수문본체, 관리교	변형
		균열(구조 및 건축수축 균열)
		기초 세굴
		박락
		철근노출
		콘크리트 파손
		박리
		누수
		백태
	배수시설물	상(하)부 슬래브 처짐
		흙관변형
		균열(종단 및 횡단균열)
		기초 세굴
		박락
		철근노출
		콘크리트 파손
		박리
		신축이음부 불량
		단차
		누수
		백태
		연결관 돌출
	공통	내하력 검토
		토압 검토
		수문 본체 하중 검토
		구조계산(탄성 해석)
		단면 내하력 검토(휨, 전단)
문비 및 기계설비	문비	문비의 부식손상
		문비의 변형
		마찰부 손상
		문비 구조검토
	기계설비	랙바의 손상
		마찰부 손상
바닥보호공		세굴 및 침식
		보호공의 훼손

나. 내구성능 평가

[표 7.3] 수문 시설물의 내구성능 평가항목

부재구분	평가항목
수문 구조물 (콘크리트 구조물)	피복(표면부) 콘크리트의 품질
	탄산화 깊이
	염화물 침투량
	동결융해 반복지수
문비 및 기계설비 (강재 구조물)	강재 도막열화
	문비 도막두께
	해안과의 이격거리
	이산화황 농도
	권양기 와이어로프 직경감소
	권양기 와이어로프 소선절단

<해설>

- 콘크리트 구조물의 내구성능 평가 시, 해수에 접하는 수문은 하굿둑 기준에 준하여 평가함

다. 사용성능 평가

[표 7.4] 수문 시설물의 사용성능 평가항목

부재구분		평가항목
수문 구조물	배수시설물	퇴적(배수지장)
기계설비	권양기	작동불량(작동유무)
		수밀부 누수
		배수능력
기타 부대시설	점검로	점검 및 진단

라. 공중이 이용하는 부위 점검항목

[표 7.5] 공중이 이용하는 부위 점검항목

부재구분	평가항목	비고
공중이 이용하는 부위	추락방지시설의 상태	
	도로부 포장 및 신축이음부 상태	
	환기구 등의 덮개 상태	
	기타조사	

7.2.2 현장조사 요령

가. 시설물의 현장조사 요령

수문 시설물의 성능평가는 수문구조물의 결함, 노후화에 따른 성능저하 등의 상태 파악을 위해 안전성능, 내구성능, 사용성능으로 나누어 현장조사를 실시한다.

시설물의 현장조사 시, 책임기술자는 수중조사에 대한 필요성 여부를 판단하여 시행하여야 한다.

1) 안전성능 평가를 위한 현장조사

수문 시설물의 안전성능 평가에서는 부재의 결함 형태를 파악하고, 기능상의 문제를 점검하며 수문의 구조적·수리학적 문제점을 조사한다.

○ 수문 및 암거

- 수문과 암거의 노후화도 조사를 위하여 외관조사로 콘크리트 구조물의 균열, 박리, 층분리, 백태, 누수, 부등침하, 손상 등을 조사한다.
- 수문 날개벽과 저판부의 세굴현상이나 배수문의 작동불량과 같은 중대한 결함이 발견되었을 경우에는 「시특법」의 규정에 따라 조치한다.

○ 문비

- 문비 및 문틀의 주부재 변형여부, 지수고무의 열화여부, 동판의 탈락·변형여부, 도장상태, 볼트·너트의 이완상태를 각 문비별로 조사한다.
- 수문의 대표 문비를 선정하여 수평형의 배치간격, 사용부재, 문비의 크기 등 실제치수를 측정한다.

○ 제방

- 수문에 인접한 제방(부대시설)의 성능평가 범위는 수문 설치부근(전후 20m)으로 한다.
- 제방의 성능평가는 「제8장 제방」을 준용하여 실시한다.

○ 기계설비

- 외관조사
 - 권양기의 구동부인 커플링부, 베어링부의 조사를 실시하며, 그리스주유 여부도 조사한다. (랙바손상을 강제내구성능에서 가져가는 경우 내구성능 파트로 이동)
 - 기계설비의 손상상태평가표는 복합부재에 대하여 작성하며, 주로 손상상태를 기록하고 필요한 경우에만 개략도를 포함하여 작성한다.
- 작동시험
 - 문비의 작동시험은 권양기와 문비, 문틀의 정상적인 작동여부를 판단하는 것으로 각 문비별로 작동과 관련된 구동부의 특별한 소음발생여부, 수문 개도계의 오차여부, 자동정지 여부, 자동 및 수동작동 가능여부를 기록한다.
 - 문비의 작동과 관련하여 권양기 모터의 작동상태, 핸드레버 관리상태 또는 문비 지수판 고무의 부식 및 훼손 등을 파악하고 문틀의 노후화 상태를 기록한다.

○ 수문의 구조안전성능 평가

- 암거의 길이가 30m 이상일 경우 부등침하에 대한 구조검토를 시행한다.
(이음매를 설치할 필요가 있는 경우는 종방향 구조계산 실시 후 설치)
- 구조물과 제체 지반의 물성차이에 따른 주변지반의 상대적인 변위에 의한 구조물의 균열, 제체 누수, 접합부 틈새, 지수관 균열, 날개벽 손상, 하부 공동 등이 발생할 수 있으므로 유의하여 점검한다.
- 물받이와 접촉하여 설치된 바닥보호공은 그 피해가 본체에 영향을 주는 경우가 있으므로 하류부 하상 저하 국부세굴의 발생에 유의하여 점검한다.

2) 내구성능 평가를 위한 현장조사

시설물의 내구성능 평가에서는 부재별 노후화로 인한 성능저하에 대한 평가를 수행하며, 콘크리트와 강재로 나누어 결함에 대한 평가를 수행한다.

○ 콘크리트 구조물의 현장조사

- 콘크리트 구조물의 경우, 탄산화 깊이, 피복(표면부) 콘크리트 품질 및 동해환경에 대한 평가를 실시한다.
- 노출된 콘크리트 및 구조물 취약부에 대한 평가(탄산화 깊이, 피복(표면부) 콘크리트 품질 등)는 재료시험에 의거 현장시험을 실시하며, 재료시험은 「공통편」에서 제시하는 시험 방법을 준용한다.
- 동해환경 평가는 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)의 기상관측 자료를 통하여 지난 10년간 동절기의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량을 조사하며, 조사 결과를 통해 수분접촉 유무에 따라 동결융해 반복지수(X)를 산정하여 평가 결과를 도출한다.
- 대상지점의 기상관측소는 대상구조물의 가장 가까운 관측소를 설정하며, 같은 시라고 해도 관측지점에 따라 다소 큰 차이가 있으므로 가까운 관측소를 기점으로 반영한다. 단, 군소단위의 관측소가 없다면 시 관측소를 활용한다.
- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재의 경우 $X \text{ 값} =$
: {일 최저기온 < -2.2°C } & {일 최고기온 > 0°C } & {강수량 > 0}인 연평균 일수
- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 $X \text{ 값} =$
: {일 최저기온 < -2.2°C } & {일 최고기온 > 0°C }인 연평균 일수

○ 강재 구조물의 현장조사

- 강재 구조물의 경우, 도장열화, 도장두께, 와이어로프의 직경감소 및 소선절단, 대기환경에 대한 평가를 실시한다.
- 도장열화 평가는 대상 시설물의 육안점검 및 사진촬영 결과와 KS 기준에 따른 표준사진 비교를 통해 등급을 산정하며, 필요 시 도막진단 프로그램을 활용하여 평가를 수행할 수 있다.
- 도장두께는 공인기관에서 교정된 측정 장비(영구자석식 측정기, 전자식 측정기)를 사용해야 하며, 측정 전 시편에 영점조정 후 측정한다.
- 또한, 전면에 걸친 도막의 측정 및 검사는 비효율적으로 사전에 외관검사와 시공기록 검사를 통해 조사자가 필요하다고 판단하는 개소에 한해서 실시하는

것이 바람직하다.

- 와이어로프의 직경감소 평가는 그리스를 제거한 후, 버니어 캘리퍼스로 대상 와이어로프의 당 3개소 이상 측정된 결과 값을 평균치로 환산하여 평가한다.
- 와이어로프 소선절단 평가항목은 육안 점검에 의한 평가를 실시한다.
 - 소선 절단율(%) = 한 스트랜드에서 절단된 소선수/한 스트랜드의 총 소선수 × 100
- 대기환경 평가는 해안이격거리, 이산화황 농도, 습도 기준치를 종합하여 평가를 실시한다.
 - 해안이격거리는 인터넷 포털사이트를 이용하여 해안까지의 최단거리를 측정한다.
 - 이산화황 농도는 에어코리아 환경부 대기환경정보에서 제공하는 지역별 10년 동안 평균농도자료를 기준으로 하되 필요시 책임기술자 판단에 따라 분류한 지역에 노출시험지를 설치하여 이를 주기적으로 측정하고, 실내시험과 현장 조사와의 상관성을 고려하여 아황산가스와 부식과의 관계를 도출할 수 있다.
 - 습도는 기상청에서 제공하는 ‘기상연보’를 통한 해당지역의 10년 동안 평균 젖음 시간(τ , 0℃ 이상의 온도에서 상대 습도가 80% 이상인 경우) 관측일을 산정하여 결빙, 적설자료를 사용한다.

3) 사용성능 평가를 위한 현장조사

수문의 사용성능 평가는 평가항목의 특성을 기준으로 사용성능과 기능성으로 구분하여 평가를 실시한다.

○ 문비

- 현장에서 직접 문비의 상승과 하강 상태를 측정하여 평가 등급을 산정하며, 각 문비별 1회 이상 작동시험을 통해 평가를 실시한다.
- 현장에서 수밀부 누수에 대한 육안 점검을 통해 평가 등급을 산정한다.
- 현장에서 배수지장물 존재 여부와 배수기능 저하 여부를 육안점검을 통해 평가등급을 산정한다.
- 배수암거의 설계 단면적에 대한 자료와 현장 실측 통수 단면적 자료 비교를 통해 평가를 실시한다.

나. 현황측량 요령

1) 현황측량

- 수문과 인접지역(수문구조물 폭 + 하천 상하류 총20m)의 종평면도를 작성할 수 있도록 현황측량을 실시한다.
 - 평면도 작성을 위한 측량
 - 시설물의 배치상황을 알 수 있는 정도로 실시
 - 종단면도 작성을 위한 측량
 - 암거상부에 작용하는 하중조건을 상세히 알 수 있는 정도로 실시
 - 수준측량
 - 기존의 측량자료가 있으면 이를 인용하고, 없으면 인근의 도근점에서부터 표고를

측량하여 수문 주요부의 표고를 확정

2) 외관조사망도 구성

- 외관조사망도 작성 시 문비를 지지하는 구조물인 수문본체는 경간(련수)을 기준으로 본체1, 본체2, ... 등의 복합부재로 구분하고, 이를 조작대, 문기둥, 보기둥, 문틀, 기초상판 등의 개별부재로 구분하여 각 개별부재를 1개 외관조사망도로 구성한다.
- 압거의 경우 신축이음 등의 구조적 불연속지점을 기준으로 압거를 분할 후 각각을 개별부재로 구분하고 1개 외관조사망도로 구성한다.

다. 공중이 이용하는 부위 조사

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

7.3 재료시험 항목 및 수량

7.3.1 재료시험 항목

가. 제2종성능평가

[표 7.6] 제2종성능평가 재료시험 항목

구분		기본과업	선택과업
안전성능	수문 구조물	- 콘크리트 강도 - 비파괴시험 : 반발경도시험¹⁾	콘크리트 강도(국부파괴시험법)
			- 철근탐사시험²⁾ - 철근 배근상태 - 철근 피복두께
			- 콘크리트 강도 - 국부파괴시험 : 코어강도 - 비파괴시험 : 초음파전달속도시험
	문비	—	—
	기전설비	—	각종 기기의 시험
내구성능	수문 구조물	- 피복 콘크리트 품질 - 비파괴시험 : 반발경도시험¹⁾ - 탄산화깊이	염화물 침투량
	강재	도장두께³⁾	—
사용성능	기전설비	문비의 작동유무	—

주1) 안전성능 기본과업에 해당하는 콘크리트 강도는 반발경도시험에 의하되, 내구성능에서 피복(표면부) 콘크리트 품질 평가를 위해 측정된 값을 포함하여 평가할 수 있음
 피복(표면부) 콘크리트 품질 평가는 건전부, 비건전부를 구분하여 평가하되, 책임기술자의 판단에 따라 수량을 조정할 수 있다. 단, 건전부와 비건전부는 각각 최소 1개소 이상 포함되어야 함

주2) 탄산화 깊이, 염화물 침투량 시험 대상 구간은 철근탐사시험을 필수적으로 실시하여 실제 콘크리트의 피복두께를 측정하도록 함

주3) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정함

나. 제1종성능평가

[표 7.7] 제1종성능평가 재료시험 항목

구분		기본과업	선택과업
안전성능	현황	◦ 현황측량	◦ 기초·지반시험
	수문 구조물	◦ 콘크리트 강도 － 비파괴시험 : 반발경도시험 ¹⁾ , 초음파전달속도시험	◦ 콘크리트 강도 － 국부파괴시험 : 코어채취
		◦ 철근탐사시험 ²⁾ － 철근 배근상태 － 철근 피복두께	
		◦ 철근부식도	◦ 콘크리트 물성 및 미세구조
		◦ 균열깊이 조사	
	문비	－	◦ 용접부 결함탐사
	기전설비	－	
내구성능	수문 구조물	◦ 피복 콘크리트 품질 － 비파괴시험 : 반발경도시험 ¹⁾	◦ 염화물 침투량
		◦ 탄산화깊이	
	문비	◦ 도장두께 ³⁾	－
사용성능	기전설비	◦ 문비의 작동유무	◦ 수문기계조사시험

주1) 안전성능 기본과업에 해당하는 콘크리트 강도는 반발경도시험에 의하되, 내구성능에서 피복(표면부) 콘크리트 품질 평가를 위해 측정된 값을 포함하여 평가할 수 있음
피복(표면부) 콘크리트 품질 평가는 건전부, 비건전부를 구분하여 평가하되, 책임기술자의 판단에 따라 수량을 조정할 수 있다. 단, 건전부와 비건전부는 각각 최소 1개소 이상 포함되어야 함

주2) 탄산화 깊이, 염화물 침투량 시험 대상 구간은 철근탐사시험을 필수적으로 실시하여 실제 콘크리트의 피복두께를 측정하도록 함

주3) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정함

7.3.2 재료시험 기준수량

가. 제2종성능평가 재료시험 기준수량

[표 7.8] 제2종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
반발경도 시험	◦ 수문 본체 1회 ◦ 암거길이 40m 당 1회	◦ 날개벽 및 물받이 포함
탄산화 깊이	◦ 수문 본체 1회 ◦ 암거길이 40m 당 1회	◦ 날개벽 및 물받이 포함
도장두께 ^{1,2)}	◦ 문비 당 3개소, 1개소 당 3회 이상	
문비의 작동유무	◦ 각 문비별 1회	

주1) 도장두께 측정 문비는 책임기술자가 선정하며, 전체 문비 중 25%, 3개 문비 이상의 조건을 만족하되 문비 개수가 선정기준 미만인 경우에는 관리주체와 협의하여 선정함

주2) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정함

[표 7.9] 제2종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
코어채취 ¹⁾	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 강도 및 염화물량 시험 등
초음파전달 속도시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 날개벽 및 물받이 포함
철근탐사시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
각종 기기의 시험 ²⁾	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
염화물 침투량	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
권양와이어로프 직경감소 및 소선절단 ³⁾	◦ 도장열화 조사 대상 문비에 설치된 와이어로프 - 대상 와이어로프 당 3개소 이상 측정 - 1개소 당 일정 간격을 두고 3회 측정	

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취함
코어에 대한 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시함
또한, 이전에 수행한 성능평가에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있음

주2) 수문에 대한 시험은 관리주체와 협의하여 실시함

주3) 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버니어 캘리퍼스로 0.1 m 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단함

나. 제1종성능평가 재료시험 기준수량

[표 7.10] 제1종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
현황측량 ¹⁾	◦ 수문 폭 + 하천 상하류 20m	
반발경도시험	◦ 수문 본체 2회 ◦ 암거길이 40m 당 1회	◦ 날개벽 및 물받이 포함
초음파전달 속도시험	◦ 수문 본체 2회 ◦ 암거길이 40m 당 1회	◦ 날개벽 및 물받이 포함
철근배근탐사	◦ 수문 본체 2회 ◦ 암거길이 40m 당 1회	
균열깊이조사	◦ 책임기술자 판단에 따라 조사 및 수량 결정	
철근부식도시험	◦ 책임기술자 판단에 따라 조사 및 수량 결정	
탄산화 깊이	◦ 수문 본체 2회 ◦ 암거길이 40m 당 1회	◦ 날개벽 및 물받이 포함
도장두께 ^{2,3)}	◦ 문비 당 5개소, 1개소 당 3회 이상	
문비의 작동유무	◦ 각 문비별 1회	

주1) 수문시설물의 배치사항 전반이 나타나도록 현황측량을 통해 종·평면도를 작성함. 기존 현황측량 자료가 있으면 이를 인용하고, 없으면 인근의 도근점에서부터 표고를 측량하여 수문의 주요부의 표고를 확정함.

주2) 도장두께 측정 문비는 책임기술자가 선정하며, 전체 문비 중 25%, 3개 문비 이상의 조건을 만족하되 문비 개수가 선정기준 미만인 경우에는 관리주체와 협의하여 선정함

주3) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정함

[표 7.11] 제1종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구분	재료시험 기준수량	비고
기초·지반시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
코어채취 ¹⁾	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 강도 및 염화물량 시험 등
강재 용접결함탐상	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	◦ 자분 또는 초음파탐상
각종 기기의 시험	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
염화물 침투량	◦ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
권양와이어로프 직경감소 및 소선절단 ²⁾	◦ 수문(문비 강재)에 설치된 와이어로프 - 대상 와이어로프 당 3개소 이상 측정 - 1개소 당 일정 간격을 두고 3회 측정	

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취함
코어에 대한 실내시험인 압축강도, 비중, 흡수율 등의 항목은 필수적으로 실시함
또한, 이전에 수행한 성능평가에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있음

주2) 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버니어 캘리퍼스로 0.1 m 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단함

7.4 안전성능 평가기준 및 방법

7.4.1 상태안전성능 평가기준 및 방법

가. 상태안전성능 평가기준 및 방법

1) 일반

수문은 구조형식 및 축조재료, 세부 부재구분에 따라 다양한 형태의 손상이 발생될 수 있으므로 수문 형식 및 부재별 안전성능 평가기준을 마련해야 한다.

2) 평가범위

하천시설물에 나타나는 다양한 형태의 손상을 기본으로 하였으며, 일반적인 콘크리트에서 나타나는 균열, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 및 탈락 등과 구조물의 변형, 세굴, 침하 등을 대상으로 한다.

3) 평가유형의 구분

[표 7.12] 수문 평가유형의 구분

평가 유형	정 의	평가 기준	평가 점수	영향 계수
중요 결함	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
국부 결함	구조물의 안전성능에 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
일반 손상	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

3) 기본시설 평가지수 산정기준

(가) 수문 구조물

○ 일반 구조물 콘크리트 균열의 평가기준

[표 7.13] 콘크리트 균열의 평가기준

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

<해설>

- 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 상태안전성능 평가기준을 설정함
- 평가표에서는 일반손상의 등급별 영향계수를 제시하였으나, 균열의 결함 및 손상정도에 따라 일반손상, 국부결함, 중요결함으로 변경하여 적용함

[표 7.14] 평가유형의 구분

평가유형	영향계수	평가기준	평가유형	영향계수	평가기준
중요결함 (구조적균열, 중단균열)	1.0	a	국부결함 (횡단균열)	1.0	a
		b		1.1	b
		c		1.2	c
		d		1.4	d
		e		2.0	e

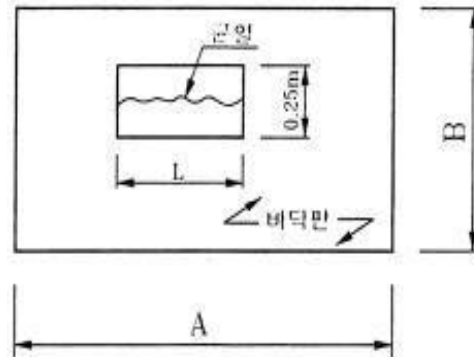
○ 수처리 구조물 콘크리트 균열의 평가기준

[표 7.15] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 평가기준

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

<해설>

- 수처리 구조물 → 하수 접촉 구조물
- 콘크리트 균열 면적을 산정 방법
 - 1방향 균열인 경우

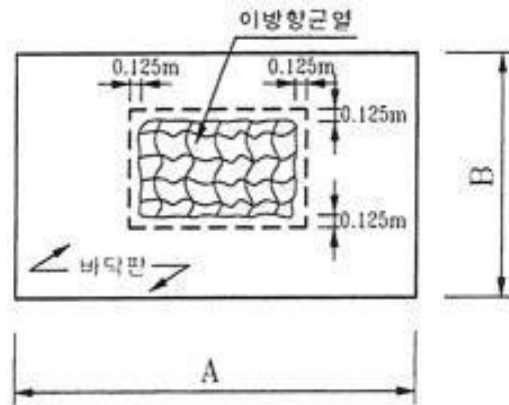


[그림 7.1] 1방향 균열

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

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

- 2방향 균열인 경우



[그림 7.2] 2방향 균열

- 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 구함
- ③ 균열 면적율은 아래 식으로 산정함

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

○ 백태 및 누수에 대한 평가기준

[표 7.16] 백태 및 누수 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	면적율
일반손상	a	5	0%
	b	4	5% 미만
	c	3	5%이상~10% 미만
	d	2	10%이상~20% 미만
	e	1	20% 이상

<해설>

- 백태, 박락에 대한 면적율 산정 방법

- 면적율은 결함 및 손상의 상태안전성능 평가기준에 별도로 정하지 않은 경우에 다음을 적용

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

○ 박락, 층분리에 대한 평가기준

[표 7.17] 박락, 층분리 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	박락, 층분리 깊이	면적율 20% 이하	면적율 20% 이상
국부결함	a	5	없음	a	a
	b	4	15mm 미만	b	c
	c	3	15mm이상~20mm 미만	c	d
	d	2	20mm 이상 ~ 25mm 미만	d	e
	e	1	25mm 이상이거나, 조골재 손실	e	e

○ 철근노출에 대한 평가기준

[표 7.18] 철근노출 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	철근노출 면적율
국부결함	a	5	0%
	b	4	1% 미만
	c	3	1% 이상~3% 미만
	d	2	3% 이상~5% 미만
	e	1	5%이상

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "e"이면 중대한 결함으로 봄
- 철근노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함

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

○ 파손에 대한 평가기준

[표 7.19] 파손 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	깊 이	면적율 10% 미만	면적율 10% 이상
국부결함	a	5	없음	a	—
	b	4	5mm 미만	b	c
	c	3	5mm 이상~10mm 미만	c	d
	d	2	10mm 이상~20mm 미만	d	e
	e	1	20mm 이상	e	e

<해설>

- 파손은 박리, 세굴, 재료분리(곰보판), 몰탈 탈락 등 여타의 손상을 포함함

○ 배수지장에 대한 평가기준

[표 7.20] 배수지장(단차, 연결관 돌출, 지장물) 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	배수 지장 (퇴적, 단차, 연결관 돌출, 지장물)
일반손상	a	5	양호
	b	4	다소의 배수지장물이 있으나, 배수에는 이상 없음
	c	3	배수지장물로 인해 배수기능을 제대로 발휘하지 못하여 부분적 체수현상 발생
	d	2	배수지장물로 인해 배수기능을 제대로 발휘하지 못하여 광범위한 체수현상 발생
	e	1	배수지장물로 인해 배수기능을 완전히 상실

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d"이면 중대한 결함으로 봄

○ 기초세굴에 대한 평가기준

[표 7.21] 기초세굴 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	기초 세굴
중요결함	a	5	없음
	b	4	시공당시 지반과 비교하여 약간의 세굴(기초와 무관)
	c	3	시공당시 지반과 비교하여 기초근입 깊이가 반 이상 줄어든 경우
	d	2	세굴이 진행하여 기초하부의 국부적 노출
	e	1	기초하부 완전 노출

<해설>

- 상태안전성능 평가결과가 "d"이면 중대한 결함으로 봄

○ 부재 변형에 대한 평가기준

[표 7.22] 부재 변형 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	변형발생 (상·하부 슬래브 처짐, 휨관변형)
중요결함	a	5	변형이 발생되지 않은 상태
	b	4	부분적으로 경미한 변형이 발생한 상태이나, 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
	c	3	변형의 정도가 보통정도이나, 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
	d	2	변형의 정도가 국부적으로 심각하여 부분적인 구조적 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
	e	1	변형의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여구조적인 안전을 상실한 상태

○ 신축이음불량에 대한 평가기준

[표 7.23] 신축이음불량 평가기준

평가유형	a (5)	b (4)	c (3)	d (2)	e (1)
국부결함	신축이음을 통한 누수가 없음	신축이음을 통해 물이 스며들고 있음 (또는 가능성이 있음)	신축이음을 통해 물이 떨어짐 (또는 가능성이 있음)	신축이음을 통해 물이 흐름 (또는 가능성이 있음)	신축이음을 통해 물이 분출됨 (또는 가능성이 있음)
 스며있음 떨어짐 흐름 분출					

(나) 문비

○ 문비 부식손상에 대한 평가기준

[표 7.24] 문비 부식손상 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	상 태
중요결함	a	5	○ 부식이 없음
	b	4	○ 전면부식이 조금 발견되거나, 건전부 모재두께의 5%미만의 점부식이 관찰되는 상태
	c	3	○ 가벼운 전면부식이 전단면에 발생되거나, 건전부 모재두께의 5~10%의 점부식이 관찰되는 상태
	d	2	○ 심화된 전면부식이 전단면에 발생되어 있거나, 건전부 모재두께의 10~30%의 점부식이 관찰되는 상태로 보수를 하지 않으면 안되는 상태
	e	1	○ 전면부식과 건전부 모재두께의 30% 이상의 점부식으로 인하여 당장 보강을 하지 않으면 안되는 상태

○ 문비변형에 대한 평가기준

[표 7.25] 문비변형 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	상 태
국부결함	a	5	변형이 없는 양호한 상태
	b	4	변형이 없는 건전한 상태
	c	3	부분변형이 있으나 문틀에 밀착되는 상태
	d	2	변형으로 문틀에 밀착하지 못하여 잭스크류 등의 별도의 누름 장치를 이용하여야 문틀에 밀착되는 상태
	e	1	변형으로 작동이 원활하지 못한 상태로 작동시 접촉, 끼임 발생과 부분적인 두께감소가 1/2이상인 경우

○ 마찰부 손상(문비)에 대한 평가기준

[표 7.26] 마찰부 손상(문비) 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	상 태
중요결함	a	5	회전이 원활한 양호한 상태
	b	4	약간의 부식이 있으나 작동이 원활한 건전한 상태
	c	3	고착으로 회전 및 작동이 불량하나 문비의 작동에는 이상이 없는 상태
	d	2	고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 문비작동이 불량한 상태
	e	1	고착으로 회전이 불량(마찰음 발생 등)하여 작동이 불가능한 상태

(다) 기계설비

○ 랙바 손상에 대한 평가기준

[표 7.27] 랙바 손상 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	상 태
국부결함	a	5	랙바에 손상이 없는 양호한 상태
	b	4	랙바에 손상이 없는 건전한 상태
	c	3	랙바의 마모가 허용범위 이내의 정상적이나 구리스 도포가 불량하거나 부식이 발생한 상태
	d	2	랙바의 직경감소가 10%이내이나 편마모가 발생한 경우
	e	1	랙바의 최대 직경감소가 10%이상 발생한 경우

○ 마찰부(베어링, 크러치, 커피링) 손상에 대한 평가기준

[표 7.28] 마찰부 손상 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	상 태
일반손상	a	5	작동이 원활한 양호한 상태
	b	4	작동이 원활한 건전한 상태
	c	3	이음 등의 발생이 있으나 작동에는 이상이 없는 상태
	d	2	이상 진동으로 소음이 과다하게 발생하고 고착으로 회전이 불량한 상태
	e	1	진동이 과다하게 발생하여 작동이 불가능한 상태

(라) 바닥보호공

○ 세굴 및 침식

[표 7.29] 세굴 및 침식 손상 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	상 태
국부결함	a	5	세굴 및 침식이 거의 발생하지 않음
	b	4	경미하게 발생한 상태로서 보수 불필요
	c	3	다소 크게 발생한 상태로서 보수를 요하나 보호하는 구조체로의 침식, 세굴 등의 영향은 없는 상태임
	d	2	심하게 발생하여 보호하는 구조체의 침식, 세굴로 이어질 가능성이 있음
	e	1	매우 심하여 보호하는 구조체의 침식, 세굴로 이어져 안전에 영향을 주는 상태

○ 보호공의 훼손

[표 7.30] 보호공의 훼손 손상 평가기준

평가유형	평가기준	평가점수	상 태
일반손상	a	5	훼손이 거의 없는 상태
	b	4	경미한 훼손이 있으나 보수 불필요
	c	3	다소 크게 발생한 상태로서 보수를 요함
	d	2	훼손 정도가 심하여 붕괴, 손실이 발생하고, 부분적으로 구조체 안전에 영향이 생길 가능성이 있음
	e	1	훼손 정도가 매우 심하여 이로 인해 부분적인 붕괴와 손실이 발생하고 구조체 안전에 영향이 있는 상태

나. 공중이 이용하는 부위

[표 7.31] 공중이 이용하는 부위 평가기준

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

7.4.2 구조안전성능 평가기준 및 방법

가. 일반

1) 일반

주어진 하중에 대하여 시설물이 견디는 능력을 평가하는 항목으로써 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 성능 확보여부를 판단하게 된다. 주요 평가 항목으로는 수문의 경우 내하력 검토, 토압 검토, 수문 본체 하중 검토, 구조계산, 단면 내하력 검토 등이 이에 속한다.

2) 구조안전성능 평가방법

구조안전성능 평가를 위하여 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 구조안전성능 평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

- 비파괴 시험결과 분석
- 토질조사 등의 결과 분석
- 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석
- 구조물의 구조검토·해석결과 분석
- 기타 구조안전성능 평가를 위하여 필요한 사항

나. 구조안전성능 평가기준

1) 수문구조물

(가) 수문구조물의 구조안전성능 평가

- 제반 설계서 또는 기존 성능평가 보고서의 내하력 검토결과가 있는 경우
 - 이들을 검토하여 구조물의 구조안전성능을 판단
- 설계서 등이 없는 경우
 - 주요부재에 대한 내하력 검토를 시행함. 이때, 내하력 검토는 주요 구조부재 중 취약부재를 선택하여 시행

(나) 내하력 검토

- 내하력 검토는 콘크리트구조설계기준에 있는 강도설계법에 의해 검토하는 것으로 하며, 이때, 강도감소계수와 하중계수는 기존시설의 구조안전성능 평가 내용에서 정한 바를 따름

(다) 토압

- 토압은 토질조사에 근거하여 산출하는 것이 기본이나 토질조사결과가 없는 경우에는 구조물기초설계기준('14, 국토해양부) 등에 나와 있는 일반적인 토사에 대한 값을 취해 토압 산정
- 암거의 경우에 암거 주위의 교통하중에 의한 추가하중은 지하철설계기준(서울시) 등에 나와 있는 DB하중의 지하공간에서의 분포 값을 취해 산출

(라)수문본체

- 수문본체의 경우 자중, 권양하중, 풍압, 활하중 등을 고려하며, 이들 하중의 산출은 도로교설계기준('12, 국토해양부) 등을 참조하고, 홍수위는 기존의 하천 기본계획 등에 나와 있는 홍수위를 취하며, 홍수 시 지하수위는 홍수위와 동일하게 형성된다고 가정

(마) 구조계산

- 구조계산은 탄성해석을 실시
- 지지조건은 토질조사 결과가 있는 경우에는 지반스프링을 취하며(도로교설계기준 참조), 토질조사 결과가 없는 경우에는 힌지와 롤러로서 취함

(바) 단면 내하력 검토

- 단면의 내하력 검토는 휨, 전단 등에 대해 검토하며, 이때, 설계도면이 있으면 설계도면에 따르고 설계도면이 없는 경우엔 하천구조물표준도('94, 건설부) 등을 참조하여 내하력 검토를 실시
- 내하력 검토 후 휨, 전단 등에 대한 내하율(내하력/발생력) 값에 따라 구조안전 성능 평가결과를 결정
- 수문의 조작대 표고가 홍수위보다 낮으면 홍수시 권양기 침수로 인하여 수문 조작이 불가능할 수 있음. 조작대 표고는 필히 검증된 결과를 사용하며 홍수위는 하천기본계획상의 홍수위편을 참조하여 수문지점의 홍수위를 산출함(직선보간법 등 사용). 조작대 표고와 수문지점의 홍수위 값에 따라 안전성능 평가결과를 결정함

[표 7.32] 내하율에 의한 구조안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	산출된 내하율이 1.0 이상인 경우
b	4	산출된 내하율이 1.0 이상인 경우이나 주요부재의 단면손실이 있는 경우
c	3	산출된 내하율이 1.0 미만 0.9이상인 경우
d	2	산출된 내하율이 0.9 미만 0.75이상인 경우
e	1	산출된 내하율이 0.75미만인 경우

[표 7.33] 조작대 접근성에 대한 구조안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	조작대 표고가 홍수위보다 높고, 접근로 표고도 홍수위보다 높은 경우
b	4	—
c	3	조작대 표고가 홍수위보다 높으나, 접근로 표고가 홍수위보다 낮은 경우
d	2	조작대 표고가 홍수위보다 낮은 경우
e	1	—

2) 문비

- 문비에 대한 구조안전성능 평가는 구조안전성능에 문제가 있다고 판단되는 특별한 경우를 제외하고는 별도로 수행하지 않음
- 구조안전성능 평가를 수행할 경우에 동일규격의 설비가 다수 설치된 경우에는 취약한 설비를 선정하여 대표적으로 수행하며, 구조안전성능 평가결과를 동일규격의 설비에 같이 적용함
- 제반설계서 또는 기존의 성능평가 보고서 및 정밀안전진단 보고서가 있는 경우 이들을 검토하여 구조안전성능을 판단하고 설계서 등이 없는 경우에는 주요부재에 대한 응력비 검토를 시행함
 - 하중의 산출은 계획수위(하천기본계획에 나와 있는 홍수위) 및 문비의 바닥고에 따라야 함
 - 주요부재는 굽힘응력, 전단응력, 처짐, 스킨플레이트 등에 대한 허용응력은 강재 설비설계기준, 댐언시설기술기준, 수문·통문게이트설계요령 및 농지개량사업 계획설계기준(해면간척편) 등을 참고하여 검토하여야 함
 - 부재의 적용치수는 주로 설계도서를 기준으로 하고, 특별한 경우(부식이 많이 진행된 경우 등)에는 실측값을 적용함
 - 구조안전성능 평가는 부재의 휨, 전단 등에 대한 응력비(허용응력/발생응력) 값에 따라 안전성능 평가결과를 결정함

[표 7.34] 문비 구조검토에 대한 구조안전성능 평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	산출된 응력비가 1.5 이상인 경우
b	4	산출된 응력비가 1.5 미만 1.1이상인 경우
c	3	산출된 응력비가 1.1 미만 1.0이상인 경우
d	2	산출된 응력비가 1.0 미만 0.9이상인 경우
e	1	산출된 응력비가 0.9미만인 경우나, 부식으로 단면손실이 있는 경우

7.4.3 안전성능 평가결과 산정 방법

가. 수문 시설물 평가 단계별 절차

수문 시설물의 안전성능 평가는 아래 그림과 같이 단계별로 구분할 때, 통합시설물 (6단계)에 해당하는 시설물로 간주하고 있으며, 수문 시설물은 크게 수문 구조물, 문비 및 기계설비 등으로 구분하여 평가한다

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



Note ; $E_1 \sim E_7, E_8$: 평가지수, M : 상태평가 점수, F : 영향계수, A : 조정계수, W : 중요도

[그림 7.3] 수문 시설물 평가 단계별 절차

나. 안전성능 평가 단계별 구분

1) 수문구조물

수문 구조물을 복합시설물로 보고 이를 하위단계인 개별시설, 복합부재, 개별부재로 구분한 후 개별부재부터 평가를 실시한다.

평가의 최초단계인 손상상태 평가표에 대한 외관조사망도는 개별부재에 대하여 작성하는 것을 원칙으로 하고 필요시 개별부재의 크기, 면적에 따라 부위별로 분할하여 작성한다. 시설물의 상태를 평가하기 위하여 시설물을 평가단계별로 구분하여 다음 표와 같이 평가 단계별 구분표를 작성한다.

[표 7.35] 수문구조물의 평가단계별 구분표

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분					
평가구분		평가대상						
상태 안전성능	1단계	상태변화 ¹⁾ (결합, 손상)	조작대 문기둥 보기둥 문틀 기초상판 (좌측면, 우측면, ...)	-유입구 좌 물받이 우 물받이 ...	-유입구 좌 날개벽 우 날개벽 ...	좌측벽체 상부슬래브 우측벽체 하부슬래브 ...	-상부구조 교량상면 교량하면 ...	블록1, 블록2, ...
	2단계	개별부재		-유출구 좌 물받이 우 물받이 ...	-유출구 좌 날개벽 우 날개벽 ...		-하부구조 교대1 교각1 ...	
	3단계	복합부재		본체	물받이		날개벽	
안전성능 (상태안전/ 구조안전)	4단계	개별시설	수문본체	배수시설물			부대시설물	
안전성능	5단계	복합시설	수문 구조물, <문비, 기계설비>, <기타시설물>					
	6단계	통합시설	00 수문					

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

2) 문비 및 기계설비

문비 및 기계설비의 상태를 평가하기 위한 평가단계별 구분은 단경간(1련) 수문에 있는 문비 및 기계설비를 개별시설에 해당하는 것으로 하고, 이를 권양기, 문비로 구분하여 복합부재로 평가한다. 또한 각각의 복합부재를 다음 표와 같이 개별부재로 분류하고, 설치되어 있는 개별부재의 중요도는 동일하게 적용한다.

권양기 등 기계설비를 선택과업으로 조사한 경우 4단계 평가 시, 규모는 복합부재의 중요도를 권양기 39%, 문비 61%를 적용한다.(책임기술자는 현장 여건에 따라 중요도를 20% 범위 내에서 조정가능)

문비의 손상상태평가표는 복합부재에 대하여 작성하며, 주로 손상상태를 기록하고 필요한 경우에만 개략도를 포함하여 작성한다.

문비 및 기계설비에 대한 상태안전성능 평가 절차는 수문본체 구조물과 같은 방법 및 절차로 수행한다.

[표 7.36] 문비 및 기계설비의 상태안전성능 평가 단계별 구분표

상태안전성능 평가 단계별 구분			부재 및 시설물의 단계별 구분		
평가구분		평가대상			
상태 안전성능	1단계	상태변화 ¹⁾ (결함,손상)	-권양기 로프, 드럼, 감속기, 제동장치	-권양기 로프, 드럼, 감속기, 제동장치	...
	2단계	개별부재	-문비 외판, 보강재, 수밀부, 롤러부(가이드 플레이트포함)	-문비 외판, 보강재, 수밀부, 롤러부(가이드 플레이트포함)	
	3단계	복합부재	권양기1 문비1	권양기2 문비2	...
안전성능 (상태안전/ 구조안전)	4단계	개별시설	문비 및 기계설비 1	문비 및 기계설비 2	...
안전성능	5단계	복합시설	문비, 기계설비, <수문 구조물>, <기타시설물>		
	6단계	통합시설	00 수문		

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

3) 기타시설물

[표 7.37] 기타시설물 평가단계별 구분표

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분
평가구분		평가대상	
상태 안전성능	1단계	상태변화 ¹⁾ (결합, 손상)	교량 적용
	2단계	개별부재	
	3단계	복합부재	
안전성능 (상태안전/ 구조안전)	4단계	개별시설	바닥보호공
안전성능	5단계	복합시설	기타시설물
	6단계	통합시설	00 수문, <기본시설물>, <부대시설물>

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

다. 상태안전성능 평가결과 산정 방법

1) 1단계 상태안전성능 평가 : 부재(部材)별 손상상태 평가표 작성

시설물의 상태안전성능 평가 단계별 구분표에 따라 개별부재를 1개 외관조사망도 또는 필요에 따라 부위별로 다수의 외관조사망도로 구분하여 개략도에 손상 및 결함상태를 도시하고, 조사결과표에 개별부재에 대한 손상내용을 상세히 기록한 후, 그 손상 정도에 대하여 5단계(a~e) 상태안전성능 평가결과 및 평가점수를 부여한다.

손상상태 평가표에는 평가항목에 없는 상태변화라 할지라도 모두 기록하는 것을 원칙으로 한다.

각 상태변화에 대한 상태안전성능 평가결과가 c, d, e 등급일 경우 보수·보강 우선 순위에 따라 보수·보강 실시한다.

[표 7.38] 부재(부위)별 손상상태평가표(예)

부위(망번호) / 개별부재		복합부재 / 개별시설		표번호	
좌측면 / 조작대		본체1 / 수문본체		No. 1-1	
※ 필요시 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 작성					
조 사 결 과 표					
번호	손상(결함)종류 및 내용	단 위	크 기	손상면적율(%)	평가결과
①	건조수축균열	폭(mm)×길이(cm)	0.2×150		b
②	구조적균열	폭(mm)×길이(cm)	0.3×230		c
③	박락(배력철근을 따라 발생)	면적(m²)	15.0		d
④	보기둥하부 세굴	면적(m²)×깊이(m)	8.5×0.08		d
조사일자 : 20 . .			조사자 : 홍길동, 김철수		

2) 2단계 상태안전성능 평가 : 개별부재(個別部材) 평가표 작성

암거의 특정구간이 긴 경우에는 이 구간을 1개의 개별부재로 평가할 때, 일부에 발생한 손상이 개별부재의 평가결과에 미치는 영향이 크므로, 그 손상이 부재에 영향을 미칠 수 있는 범위(길이 10~30m) 또는 수축이음부를 기준으로 다수의 외관조사망도로 구분하고 각각을 개별부재로서 평가한다. 개별부재별로 작성된 외관조사망도에 나타난 손상 및 결함을 평가유형별로 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분한다.

개별부재의 평가는 각각의 손상 및 결함에 대한 평가기준에 따른 평가점수(M)에 손상 및 결함이 부재의 안전에 미치는 영향을 반영한 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 산출한다. 산출된 결함 및 손상의 상태안전성능 평가지수(E_1) 중 최솟값을 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_2) 및 상태안전성능 평가결과로 결정한다.

[표 7.39] 상태안전성능 평가결과별 평가지수 및 평가유형별 영향계수

평가기준별 평가지수 범위		구 분		영 향 계 수				
평가기준	평가지수 ($E_1 \sim E_7, E_s, E_c$)	평가기준에 따른 평가점수		a:5	b:4	c:3	d:2	e:1
a	$4.5 \leq E_1 \leq 5.0$	평 가 유 형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
b	$3.5 \leq E_1 < 4.5$		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
c	$2.5 \leq E_1 < 3.5$							
d	$1.5 \leq E_1 < 2.5$		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
e	$1.0 \leq E_1 < 1.5$							

<해설>

- 결함 및 손상의 상태안전성능 평가지수(E_1) = M × F(여기서, M : 평가점수, F : 영향계수)
- 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_2) = Min (다수의 E_1 값)
- 평가결과를 결정하기 위한 평가지수 값은 소수3째 자리를 반올림하여 사용함

[표 7.40] 개별부재 평가표(예)

개 별 부 재 :	조작대 / 본체1				표번호
1단계 표번호 :	1-1, 1-2				2-1
조사항목	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수	평가지수
			M	F	$E_1 = M \times F$
균열	중요결함	표 -	3	1.0	3.0
박락	국부결함	표 -	4	1.1	4.4
누수	일반손상	표 -	3	1.3	3.9
1. 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_2) = 상태안전성능 평가지수 E_1 중 최솟값 =					3.0
2. 개별부재의 상태안전성능 평가결과 =					c

3) 3단계 상태안전성능 평가 : 복합부재(複合部材) 평가표 작성

복합부재는 개별부재의 집합으로 주요부재와 보조부재로 구분할 수 있다.

복합부재의 평가는 개별부재가 구조체의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영하고, 개별부재의 중요도의 합이 100이 되도록 한다. 중요도를 규정하지 않은 기타의 다른 복합부재에 속하는 개별부재들은 부재숫자에 따라 균등배분하거나 면적 등의 규모 비율을 적용하여 중요도의 합이 100이 되도록 한다. 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있고, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응한 보정을 하기 위하여 조정계수를 사용한다.

복합부재의 평가지수(E_3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 평가지수(E_2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재 전체의 안전성능을 평가절하 한다.

단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출한다.

복합부재의 평가는 개별부재의 평가지수(E_2)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3)를 산출하고 상태안전성능 평가결과를 결정한다.

$$\text{복합부재의 상태안전성능 평가지수}(E_3) = \sum(E_2 \times A \times W) / \sum(A \times W)$$

여기서, E_2 : 개별부재의 상태안전성능 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 7.41] 평가지수에 따른 조정계수

평가결과	a	b	c	d	e
평가지수 ($E_1 \sim E_7$, 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 7.42] 중요도 조정방법

구분	조작대	문기둥	문틀	보기둥	기초상판	비고(합계)
중요도	16	20	18	26	20	100
중요도 (조정 후)	—	20×100/84 = 24	18×100/84 = 21	26×100/84 = 31	20×100/84 = 24	100

<해설>

- 부재가 추가되거나 제외되는 경우, 중요도 환산 방법을 참조하여 중요도 산정

[표 7.43] 복합부재 평가표(예)

복 합 부 재 :	본체1/수문 구조물					표번호
2단계 표번호 :	2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5					No. 3-1
개별부재	평가결과	평가지수 E_2	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 $A \times W$	계산값 $E_2 \times A \times W$
조작대	c	3.0	3	16	48	144.0
문기둥	b	3.6	2	20	40	144.0
문틀	b	3.6	2	18	36	129.6
보기둥	b	3.6	2	26	52	187.2
기초상판	b	3.6	2	20	40	144.0
합계(Σ)				100	216	748.8
<조사자 의견>						
1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) = $\Sigma(E_2 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) =$ 3.47						
2. 복합부재의 상태안전성능 평가결과 = c						

<해 설>

- 기타 구조물의 중요도는 부재숫자에 따라 균등하게 부여하거나 부재 규모로 부여하도록 하며, 중요도 부여방식은 책임기술자가 정함

4) 4단계 상태안전성능 평가 : 개별시설(個別施設) 평가표 작성

수문 구조물의 개별시설은 동일기능을 수행하는 복합부재의 집합으로 구성된다.

개별시설의 평가는 복합부재가 구조체의 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도를 반영하고, 복합부재의 중요도의 합이 100이 되도록 한다.

중요도를 규정하지 않은 기타의 다른 복합부재에 속하는 개별부재들은 부재숫자에 따라 균등배분하거나 면적 등의 규모 비율을 적용하여 중요도의 합이 100이 되도록 한다.

책임기술자는 복합부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정이 가능하다.

개별시설의 평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3)에 중요도를 반영하여 개별시설의 상태안전성능 평가지수(E_c)를 산출하고 상태안전성능 평가결과를 결정한다. 또한 개별시설의 평가단계에서는 구조안전성능 평가를 수행하여 종합평가결과를 결정한다.

$$\text{개별시설의 상태안전성능 평가지수}(E_c) = \text{Min} + V_1 \times V_2$$

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

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

W : 중요도

Max : 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값

Min : 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값

[표 7.44] 중요도 조정방법

구 분	본체	배수시설물			부대시설		비 고
		물받이	날개벽	암거	관리교	인접제방	
중요도	100	18	19	63	35	65	18+19+63 $\Rightarrow$ 100 35+65 $\Rightarrow$ 100

<해설>

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

[표 7.45] 개별시설 상태안전성능 평가표(부분 예시)

개 별 시 설 :	배수시설물			
3단계 표번호 :	3-2, 3-3, 3-4			
복합부재명	평가결과	평가지수 E_3	중요도 W	계산값 $E_3 \times W$
물받이공	c	3.44	18	61.92
날개벽	b	3.50	19	66.50
암거	b	3.77	63	237.51
합계(Σ)			100	365.93
<조사자 의견>				
1. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값 (Max. Value) =				
				3.77
2. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) =				
				3.44
3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max.} - \text{Min}) = 0.3 \times (3.77 - 3.44) =$				
				0.10
4. $V_2 = \Sigma(E_3 \times W) / (5 \times \Sigma W) = 365.93 / (5 \times 100.0) =$				
				0.73
5. 개별시설의 상태안전성능 평가지수(E_c) = Min.+ $V_1 \times V_2$				
				3.51
6. 개별시설의 상태안전성능 평가결과 =				
				b

○ 구조안전성능 평가결과 산정 방법

각종 해석을 통하여 각각의 구조 안전성능 평가결과가 결정되면 이들을 종합하여 하나의 안전성능 평가결과를 결정하기 위하여 본 평가체계에서 다음과 같은 수식을 사용한다.

이 수식에 의해 산출되는 평가지수(E_s)는 각 검토항목의 구조안전성능 평가결과 중 가장 낮은 구조안전성능 평가결과보다 다소 상향된 결과로 평가된다.

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

여기서, N : 구조안전성능 검토항목 수

L : 검토항목의 안전성능 평가지수(평가점수) 중 최솟값

H : 검토항목의 안전성능 평가지수(평가점수) 중 최댓값

M_i : 검토항목의 최대 및 최솟값을 제외한 나머지 값들

[표 7.46] 수문구조물 구조안전성능 평가표(예)

구 조 안 전 성 능 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 내하력	a	5	4. 기타 검토2	b	4
2. 조작대접근성	b	4	5. 기타 검토3	d	2
3. 기타 검토1	c	3			
<검토자 의견>					
1. 평가항목수(N)에 따라 E_s 수식 선택 1.1) $N=1$ 이면 $E_s = \text{Min}$, $N=2$ 이면 $E_s = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$ 1.2) $N>2$ 이면 $E_s = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) \times \sum M / (5 \times (N-2))$ (Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 구조안전성능 평가지수(E_s) =				2.66	
3. 개별시설 구조안전성능 평가결과 =				C	

○ 안전성능 평가기준

시설물의 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 안전성능 평가를 결정하며, 시설물에 대한 안전성능 평가기준은 아래 표에 따라 결정한다.

[표 7.47] 안전성능 평가지수에 따른 안전성능 평가기준

안전성능 평가지수(E)	안전성능 평가기준	비 고
$4.5 \leq E \leq 5.0$	A	
$3.5 \leq E < 4.5$	B	
$2.5 \leq E < 3.5$	C	
$1.5 \leq E < 2.5$	D	
$1.0 \leq E < 1.5$	E	

○ 안전성능 평가결과 산정

평가대상 개별시설에 대하여 상태안전성능 평가 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태안전성능 평가지수와 구조안전성능 평가지수를 비교하여 작은 값을 종합평가를 위한 안전성능 평가지수(E)로 결정·적용하여 개별시설의 안전성능 평가결과를 결정하고, 평가단계별로 그 결과를 취합하여 안전성능 평가를 실시한다.

안전성능 평가결과는 상태안전성능 평가지수와 구조안전성능 평가지수 중에서 작은 값을 개별시설의 안전성능 평가지수(E_4)로 적용하여 시설물에 대한 종합평가결과를 부여한다.

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

여기서, E_c : 개별시설의 상태안전성능 평가지수

E_s : 개별시설의 구조안전성능 평가지수

[표 7.48] 배수시설물 구조안전성능 평가표(예)

개 별 시 설 :	배수시설물			표번호 4-1	
3단계 표번호 :	3-2, 3-3, 3-4				
상 태 안 전 성 능 평 가					
복합부재명	평가결과	평가지수(E_3)	규 모S(m)	계산값($E_3 \times S$)	
물받이공	c	3.44	18	61.92	
날개벽	b	3.50	19	66.50	
암거	b	3.77	63	237.51	
합계(Σ)			100.0	365.93	
1. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최댓값 (Max. Value) =				3.77	
2. 상태안전성능 평가지수(E_3) 최솟값 (Min. Value) =				3.44	
3. $V1 = 0.3 \times (\text{Max.} - \text{Min}) = 0.3 \times (3.77 - 3.02) =$				0.10	
4. $V2 = \Sigma(E_3 \times S) / (5 \times \Sigma S) = 362.9 / (5 \times 105.0) =$				0.73	
5. 개별시설의 상태안전성능 평가지수(E_c) = Min.+ $V_1 \times V_2$				3.51	
6. 개별시설의 상태안전성능 평가결과 =				b	
구 조 안 전 성 능 평 가					
평가항목	평가결과	평가점수	평가항목	평가결과	평가점수
1. 내하력	a	5	4. 기타 검토2	b	4
2. 조작대접근성	b	4	5. 기타 검토3	d	2
3. 기타 검토1	c	3			
1. 평가항목수(N)에 따라 E_s 수식 선택					
1.1) N=1이면 $E_s = \text{Min}$, N=2이면 $E_s = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min})$					
1.2) N>2이면 $E_s = \text{Min} + 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) \times \Sigma M / (5 \times (N-2))$					
(Max, Min = 평가점수 최대, 최솟값 : M = 최대, 최솟값을 제외한 나머지 중간값)					
2. 개별시설 구조안전성능 평가지수(E_s) =				2.66	
3. 개별시설 구조안전성능 평가결과 =				C	
개 별 시 설 안 전 성 능 평 가					
1. 개별시설 안전성능 평가지수(E_4) = Min(E_c, E_s)				2.66	
2. 개별시설 안전성능 평가결과 =				C	

5) 5단계 안전성능평가 : 복합시설(複合施設) 평가표 작성

수문 구조물은 각각 기능에 따라 주요시설과 보조시설로 구분할 수 있으며, 개별시설의 기능에 문제가 발생할 경우 복합시설의 목적수행에 미치는 영향을 판단하여 개별시설의 중요도를 반영한다.

시설별 중요도 : 수문본체 63, 배수시설물 27, 부대시설 10

복합시설의 평가 시 중요도의 결정은 복합부재 평가(3단계평가)에서와 같은 방법으로 수행하며, 개별시설의 종합평가지수(E_4)에 중요도 및 조정계수를 반영하여 복합시설의 안전성능 평가지수(E_5)를 산출하고 안전성능 평가결과를 결정한다.

$$\text{복합시설의 상태안전성능 평가지수}(E_5) = \sum(E_4 \times A \times W) / \sum(A \times W)$$

여기서, E_4 : 개별시설의 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 7.49] 복합시설 평가표(예)

복 합 시 설 :		수문 구조물				표번호
4단계 표번호 :		4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5				5-1
개별시설	평가결과	평가지수 E_4	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 $A \times W$	계산값 $E_4 \times A \times W$
수문본체	C	2.66	3	63	189.0	502.74
배수시설물	C	2.66	3	27	81	215.46
부대시설	C	3.27	3	10	30.0	98.1
합계(Σ)				100	300	816.3
<조사자 의견>						
1. 복합시설의 안전성능 평가지수(E_5) =						
$\Sigma(E_4 \times A \times W) / \Sigma(A \times W) = 816.3 / 300 =$						2.72
2. 복합시설의 안전성능 평가결과 =						C

6) 6단계 안전성능 평가 : 통합시설(統合施設) 평가표 작성

수문은 유지관리 방법이 다른 복합시설(수문 구조물, 문비 등)로 구성된 시설로 통합 시설에 해당한다. 각각의 시설에 문제가 발생할 경우 시설의 안전과 목적수행에 미치는 영향은 차이가 발생할 수 있으므로 복합시설이 통합시설에 미치는 영향을 고려하여 그 중요도를 반영하며, 이때 복합시설의 중요도의 합은 100이 되도록 규정한다. 책임 기술자는 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 감함

○ 중요도는 제시되어 있으나 해당 복합시설이 없는 경우

- 그 중요도를 나머지 복합시설에 가중 배분함

통합시설의 평가는 복합시설의 종합평가지수(E_5)에 조정계수 및 중요도를 반영하여 통합시설의 종합평가지수(E_6)를 산출하고 종합평가결과를 결정한다. 수문 시설물의 평가는 통합시설 평가표(6단계평가)를 작성하는 것으로 종료된다.

$$\text{통합시설의 종합평가지수}(E_6) = \sum(E_5 \times A \times W) / \sum(A \times W)$$

여기서, E_5 : 복합시설의 평가지수

A : 조정계수

W : 중요도

[표 7.50] 복합시설의 중요도 조정방법 (예)

구 분	수문 구조물	문비 및 기계설비	기타시설	비 고
중요도	73±15(20%)	22±5(20%)	5±1(20%)	73 + 22 + 5 = 100
중요도 (조정 후)	75 + 5 ⇒ 80	25 - 4 ⇒ 21	5 - 1 ⇒ 4	80 + 21 + 4 = 100

[표 7.51] 통합시설 평가표(예)

통 합 시 설 5단계 표번호	수문 5-1, 5-2					표 번호 No. 6-1
복합시설	평가결과	평가지수 E_5	조정계수 A	중요도(%) W	계산값 $A \times W$	계산값 $E_5 \times A \times W$
수문 구조물	C	2.72	3	73	219.0	595.68
문비 및 기계설비	B	3.63	2	22	44.0	159.72
기타시설물	C	2.71	3	5	15.0	40.65
합계(Σ)				100.0	278.0	796.05
<조사자 의견>						
1. 통합시설의 안전성능 평가지수(E_6) = $\sum(E_5 \times A \times W) / \sum(A \times W) = 796.05 / 278.0 =$						2.86
2. 통합시설의 안전성능 결과 =						C

7.5 내구성능 평가기준 및 방법

7.5.1 일반

시설물의 내구성능 평가는 크게 강재 내구성능 평가 및 콘크리트 내구성능 평가 분야로 구성된다. 각각의 평가분야에서 부재별 평가 및 가중치를 적용한 등급산정을 하고, 각 등급산정 결과에 중요도를 고려한 가중치를 적용하여 시설물 내구성능에 대한 최종 등급을 결정한다.

7.5.2 강재 내구성능 평가 지표 및 기준

가. 개요

강재 내구성능 평가지표(평가항목)는 크게 내부적 요소와 외부적 요소로 구분되며, 수문 시설물의 경우 내부적 요소는 발청 및 도장열화 및 도장두께, 외부적 요소는 해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도 등을 포함한 대기환경으로 구성된다.

여기서, 문비의 도장열화는 발청을 포함하여 박리, 균열, 부품, 변색·백아화 등 5가지 열화요인에 대해 각각 평가하고 중요도 비율에 따라 합산 및 등급산정을 한다.

권양기는 와이어로프에 대하여 발청, 직경감소, 소선절단 등의 지표에 대하여 평가하도록 제시하고 있으나, 권양기 형식이나 액츄에이팅 방식이 상이한 경우, 이들 지표는 강재 내구성능 평가단계에서 제외할 수 있다. 다만, 평가에서 제외된 경우라 하더라도 조사된 내용은 보수보강 방안 등 유지관리 전략 수립을 위한 자료로 제시될 수 있다.

[표 7.52] 세부시설물별 강재 내구성능 평가지표

세부시설물	평가지표
문비	발청 및 도장열화 (발청, 박리, 균열, 부품, 변색·백아화)
	도장두께
	대기환경 (해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)
권양기 와이어로프	발청
	직경감소
	소선절단
	대기환경 (해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)

나. 강재 내구성능 평가 성능지표 및 기준

1) 발청 및 도장열화

(가) 발청(표면부식, 녹) : 문비 및 공도교

[표 7.53] 발청의 평가기준

평가기준	발청 면적	외관 상태
a	0.05% 미만	외관상 부식이 확인되지 않거나 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)
b	0.05 이상 ~ 0.5% 미만	미소하게 부식이 확인되지만 부식부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)
c	0.5 이상 ~ 5.0% 미만	확실하게 부식되어 있는 상태(표준사진 3)
d	5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 부식되어 있는 상태(표준사진 4/5)

발청			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4/5
			

(나) 발청(표면부식, 녹) : 권양기 와이어로프

[표 7.54] 발청 평가기준(권양기 와이어로프)

평가기준	점녹 및 부식 길이	비고
a	점녹 발생 없음	점녹 및 부식에 의해 와이어로프 전체 단면의 감소가 발생하거나 내부소선의 부식 및 단면손상이 발생할 경우는 내구성능 평가 대상에서 제외되며 안전성능 분야에서 평가함
b	점녹 발생 길이 10% 미만	
c	점녹 발생 길이 10% 이상 부식 발생 길이 2% 미만	
d	부식 발생 길이 2% 이상	

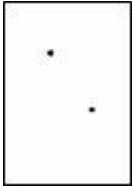
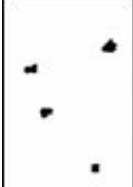
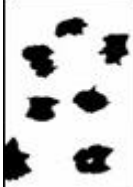
<해설>

- 권양기 와이어로프는 1차원 형태의 부재로서 열화면적에 의한 평가가 어려우며, 길이 단위로 평가함
- 점녹은 점 모양의 부식이 발생한 것을 말하며, 일반적인 부식에 비해 완화된 기준에 해당함
- 점녹 및 부식에 의해 와이어로프 전체 단면의 감소가 발생하거나 내부소선의 부식 및 단면손상이 발생할 경우는 내구성능 평가 대상에서 제외되며 안전성능 분야에서 평가함

(다) 도장 박리

[표 7.55] 도장박리의 평가기준

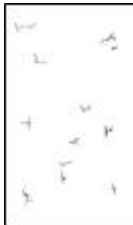
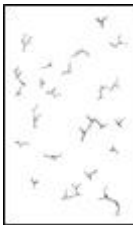
평가기준	도장 박리 면적	외관 상태
a	0.1% 미만	외관상 박리가 확인되지 않거나 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)
b	0.1% 이상 ~ 0.3% 미만	미소하게 박리가 확인되지만, 박리된 부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)
c	0.3% 이상 ~ 5.0% 미만	확실하게 박리가 보이는 상태(표준사진 3/4)
d	5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 박리가 발생되어 있는 상태(표준사진 5)

박리				
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3/4		표준사진 5
				

(라) 도장균열

[표 7.56] 도장균열의 평가기준

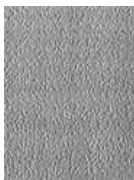
평가기준	도장 균열 면적	외관 상태
a	0.05% 미만	외관상 균열이 확인되지 않거나, 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)
b	0.05 이상 ~ 0.5% 미만	미소하게 균열이 확인되지만, 균열부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)
c	0.5% 이상 ~ 10.0% 미만	확실하게 균열이 보이는 상태(표준사진 3)
d	10.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 균열이 발생되어 있는 상태(표준사진 4/5)

균열				
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4/5	
				

(마) 도장부품

[표 7.57] 도장부품의 평가기준

부품 크기 / 발생면적	0 ~ 0.05% 미만 (표준사진 밀도 2 이하)	0.05 이상 ~ 0.5% 미만 (표준사진 밀도 3)	0.5 이상 ~ 5.0% 미만 (표준사진 밀도 4)	5.0% 이상 (표준사진 밀도 5 이상)
정상적인 교정시력으로 겨우 보이는 정도 이하 (크기등급 2)	a	a	b	c
정상적인 교정시력으로 확실하게 보이는 정도 (0.5mm이하) (크기등급 3)	a	b	c	d
0.5~5mm의 범위 (크기등급 4)	b	c	c	d
5mm 초과 (크기등급 5)	c	d	d	d

부품 (크기등급 3: 0.5mm 부품에 대한 예)			
표준사진 밀도 2 이하	표준사진 밀도 3	표준사진 밀도 4	표준사진 밀도 5 이상
			

(바) 변색 및 백아화

[표 7.58] 변색 및 백아화의 평가기준

평가 기준	변색	백아화
a	초기에 비해 거의 변화 없음	초기에 비해 변화 없음 이탈분말 부착 없음(표준사진 1)
b	초기에 비해 변색되어 있음	초기에 비해 미소하게 하얗게 되어 있음 이탈분말이 미소하게 부착(표준사진 2)
c	초기에 비해 현저하게 변색되어 있음	초기에 비해 상당히 하얗게 되어 있음 이탈분말 부착(표준사진 3)
d	초기의 색이 거의 남아 있지 않음	현저하게 하얗게 되어 있음 이탈분말 부착 많음(표준사진 4)

백아화			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4
			

<해설>

- 각 표준사진에서 최우측단의 색상이 도장 본래의 색에 해당하며, 좌측의 색상은 도장 열화수준에 따라 구분됨

2) 도장두께

[표 7.59] 도장두께 평가기준

평가기준	시방서 및 시공기준 대비 허용두께 불만족 비율
a	5% 미만
b	5% 이상 ~ 30% 미만
c	30% 이상 ~ 70% 미만
d	70% 이상
e	—

<해설>

- 조사대상 개소수의 평균값
- 시방서 및 시공기준 대비 허용두께 미달 비율

3) 대기환경(해안 이격거리/이산화황 농도/습도)

[표 7.60] 대기환경의 평가기준

연간 젖음 시간 ¹⁾ (일)	해안 이격거리 (m) 이산화황 (ppm)	동해안	서해안		남해안		동해안	서해안		남해안		동해안	서해안		남해안	
		전지역	고창 · 태안	그외 지역	사천 · 거제	그외 지역	전지역	고창 · 태안	그외 지역	사천 · 거제	그외 지역	전지역	고창 · 태안	그외 지역	사천 · 거제	그외 지역
		500 초과	1000 초과	300 초과	100 초과	20 초과	250 초과 ~ 500 이하	500 초과 ~ 1000 이하	120 초과 ~ 300 이하	50 초과 ~ 100 이하	10 초과 ~ 20 이하	비말대 초과 ~ 250 이하	비말대 초과 ~ 500 이하	비말대 초과 ~ 120 이하	비말대 초과 ~ 50 이하	비말대 초과 ~ 10 이하
100 초과	0.01 이하	a					b					c				
	0.01 초과	b					b					c				
10 이상 ~ 100 이하	0.01 이하	a					b					b				
	0.01 초과	b					b					c				
10 미만	0.01 이하	a					a					b				
	0.01 초과															

주1) 연간 젖음 시간 : 0도씨 이상의 온도에서 상대습도 80% 이상이 지속되는 시간

<해설>

- 대기환경에 대한 평가기준은 KS D ISO 9223~9226에 제시된 영향인자별 부식속도를 참고하여 설정함
- 부식속도가 높음 및 매우 높은 경우 이에 대해 각각 b등급 및 c등급을 적용함
- 각 등급별 평가점수(대푯값)은 a : 5.0, b : 4.0, c : 3.0, d : 2.0, e : 1.0을 적용함

4) 권양기와이어로프

(가) 직경감소

[표 7.61] 와이어로프 직경감소 평가기준

평가기준	와이어로프 직경 감소
a	없음 또는 1% 미만
b	1% 이상, 4% 미만
c	4% 이상, 7% 미만
d	7% 이상
e	—

<해설>

- 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 대상 와이어로프 당 버니어 캘리퍼스로 3개소 이상을 측정하되, 1개소 당 일정간격을 두고 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단함
- 직경 측정은 준공 당시 와이어로프의 부하상태와 동일한 상태에서 측정하며, 기준이 되는 직경 값 또한 준공당시와 같은 부하상태에서의 직경을 기준으로 함

(나) 소선절단

[표 7.62] 와이어로프 소선절단 평가기준

평가기준	와이어로프 소선 절단
a	없음 또는 1% 미만
b	1% 이상, 5% 미만
c	5% 이상, 10% 미만
d	10% 이상
e	—

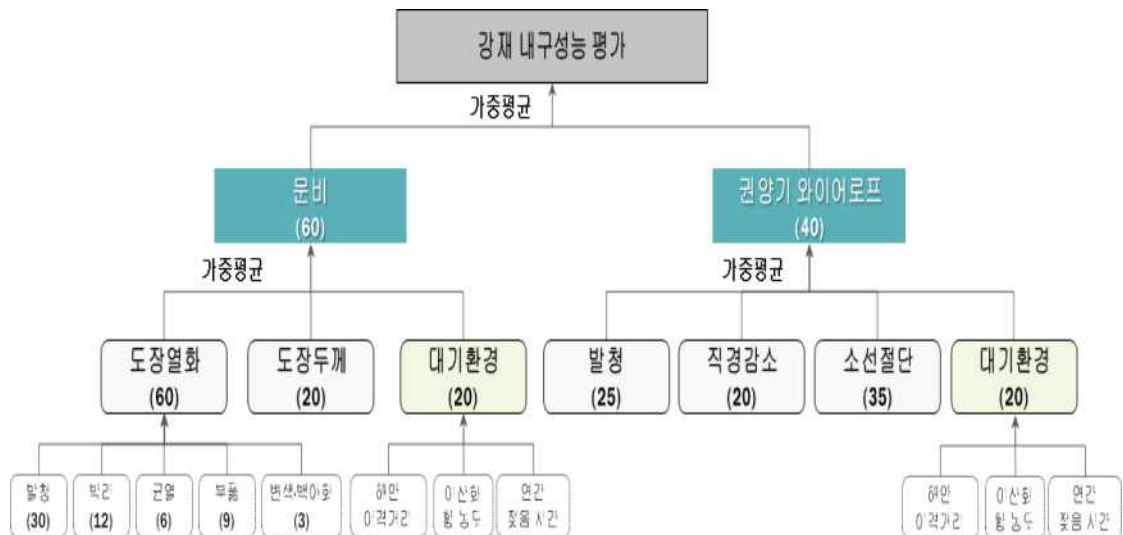
<해설>

- 와이어로프의 구조는 일반적으로 스트랜드 수 × 스트랜드를 구성하는 소선의 수로 표시되며, 와이어로프의 소선 절단율은 와이어로프의 한 꼬임(스트랜드)에서 끊어진 소선의 수를 육안으로 세어 산정함
- 소선 절단율(%) = 한 스트랜드에서 절단된 소선수/한 스트랜드의 총 소선수 × 100

다. 강제 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

강제 내구성능 평가결과 산정방법은 평가항목별 가중치 및 부재별 가중치에 따라 내구성능을 평가하는 방법을 활용하여 등급을 산정하는 절차를 따르며, 강제 내구성능평가절차는 다음 그림과 같다. 다만, 권양기 형식이나 액츄에이팅 방식이 상이한 경우 ‘권양기 와이어로프’ 관련 지표는 강제 내구성능 평가단계에서 제외할 수 있다. 다만, 평가에서 제외된 경우라 하더라도 조사된 내용은 보수보강 방안 등 유지관리 전략 수립을 위한 자료로 제시될 수 있다.



[그림 7.4] 강제 내구성능 항목별 세부 평가방법

2) 평가항목별 가중치

(가) 발청 및 도장열화 가중치

강제의 발청, 도장의 박리, 균열, 부품, 변색 및 백아화 등 각 지표별 평가결과에 의한 열화정도를 등급별 점수화하고, 아래 표와 같은 각 지표별 가중치를 적용 및 합산하여 ‘발청 및 도장열화’에 대한 종합점수를 산정한다.

[표 7.63] 강제 발청 및 도장열화의 각 세부지표에 대한 등급별 점수

세부지표 등급	발청	박리	균열	부품	변색 및 백아화	종합점수 (세부지표별 등급점수의 합계)
a	5 (0)	2 (0)	1 (0)	1.5 (0)	0.5 (0)	10
b	10	4	2	3	1	20
c	20	8	4	6	2	40
d	35	14	7	10.5	3.5	70

<해설>

- 시설물 상태안전성능 평가 결함도 점수표의 점수배분율을 참고하여 ‘발청 및 도장열화’ 전체의 종합등급 배점은 A등급 10점, B등급 20점, C등급 40점, D등급 70점으로 한다.
- a등급에 대한 점수는 어떠한 열화도 발견되지 않았다면 0점을 부여한다.

(나) 발청 및 도장열화 종합평가 등급분류 기준

‘발청 및 도장열화’에 대한 종합점수는 다음과 같다. 이는 결함도 기준으로 평가된 점수(S)로서 다음 식에 따라 수리시설물인 댐의 점수 분류체계(DS)로 변환하여 평가한다.

$$DS = DS_2 - \Delta DS$$

$$\Delta DS = \frac{(S - S_1)(DS_2 - DS_1)}{(S_2 - S_1)}$$

여기서, DS : ‘발청 및 도장열화’ 지표에 대한 등급점수

DS_1 : 해당 등급에 대한 최솟값

DS_2 : 해당 등급에 대한 최댓값

S : 세부지표 평가결과로부터 얻은 열화 종합점수

S_1 : 해당 등급에 대한 열화 종합점수 최솟값

S_2 : 해당 등급에 대한 열화 종합점수 최댓값

[표 7.64] 발청 및 도장열화 종합평가 등급분류 기준

등급	등급 점수범위 ($DS_1 \sim DS_2$)	종합점수 ($S_1 \sim S_2$)	등급 정의	비고
a	4.5 ~ 5.0	0~13 미만	부식 및 도장열화로 인하여 내구성능 저하를 무시할 수준의 단계	-다음 회 조사 시에는 전번 조사결과를 참고하여 조사위치 및 수량을 결정함
b	3.5 ~ 4.5	13 이상 ~ 26 미만	경미한 결함이 있으나 그 이외의 부분에 대해서는 전반적으로 양호한 단계	
c	2.5 ~ 3.5	26 이상 ~ 49 미만	결함이 발생한 부재에 대해 일부 보수가 필요한 단계	
d	1.5 ~ 2.2	49 이상	광범위한 보수를 시행해야 하는 단계	

<해설>

- 조사대상 문비는 조사방법 및 수량에 맞게 열화수준(낮음/보통/높음)이 고루 분포되도록 사전 육안 조사에 의해 선정한다.
- 와이어로프는 일반적으로 조사대상 문비에 설치된 와이어로프를 조사하며, 열화항목 중 와이어로프에 대해서만 조사한다.
- 선정된 문비에 대해서는 평가기준에 따라 발청 및 도장열화를 조사하여 등급별 점수를 계산하고 그 외의 문비는 유사문비로 지정하여 책임기술자의 판단하에 열화수준(낮음/보통/높음)에 맞는 구역으로 배분한다.

- 열화수준에 따라 배분된 문비는 최종적으로 등급의 대푯값에 유사문비 수를 곱하고 평균값을 취하여 최종 등급을 산정한다.
- (예) 문비수가 10개라고 가정하면, 최소 3개이상, 25%이상을 만족해야 하므로 열화수준(낮음/보통/높음)에 맞도록 총 3개 문비를 선정하고 나머지 7개 문비는 선정된 3개 문비와 유사한 열화수준을 갖는 문비로 지정하여 배분한다.
- 상기 해설에서 ‘문비’란 여수로의 ‘강제수문’을 의미한다.

(다) 도장두께

도장 두께가 허용기준을 만족하지 못하는 경우, 균열 및 박리 또는 충격에 의한 깨짐 등과 같은 결함으로 이어질 수 있고, 이는 강재 내구성능 저하를 유발시킨다. 단, 발청/박리/균열 등과 같이 직접적인 열화가 아니므로, ‘도장열화’ 항목과는 별도로 평가한다.

① 도장 최소두께 및 최대두께

- 건설기준코드(구 시방서) 및 도장 제조업체에서는 요구 최소두께 및 최대두께를 제시하고 있다.
- 도장종류에 따라 최소 또는 최댓값이 명시되어 있지 않는 경우 일반적으로 규준두께의 80%를 최소두께, 120%를 최대두께로 할 수 있다.

② 도장 허용두께(SSPC-PA2 참고)

- 측정 1개소내의 3개 지점값(직경 40mm의 1개소에서 3번의 측정 실시)은 값에 제한이 없으나, 3개 지점의 평균값 즉, 1개소의 평균값은 건설기준코드(구 시방서) 최솟값의 80% 이상이어야 하며, 최댓값의 120% 이내이어야 한다.
- 조사단위면적 내 5개소의 최종 평균값은 건설기준코드(구 시방서) 최솟값 및 최댓값의 범위에 있어야 한다.

③ 도장 허용두께 불만족 비율

- 대상 조사구역은 일정 단위면적으로 나뉘질 수 있으며, 이러한 일정 단위면적을 조사단위면적으로 정의한다.
- 등급분류기준표에 제시된 ‘허용두께 불만족 비율’은 대상 조사구역 내의 도장 허용두께 불만족 비율로 정의한다(조사구역내 몇 %의 조사단위면적에서 허용두께가 불만족되는지에 대한 비율).

3) 강제내구성능 종합

(가) 문비

[표 7.65] 문비 평가항목별 가중치

구분	평가지표		가중치	
내부요인	도막 열화	발청	30	60
		박리	12	
		균열	6	
		부품	9	
		변색	3	
	도장두께		20	
외부 환경요인	대기 환경 (해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)		20	

(나) 권양기 와이어로프

[표 7.66] 평가항목별 가중치 (권양기 와이어로프)

평가지표	가중치
발청	25
대기환경	20
직경감소	20
소선절단	35

(다) 종합평가 가중치

[표 7.67] 문비 및 권양기 와이어로프 가중치

구분	가중치
문비	60
권양기 와이어로프	40

<해설>

- 권양기 형식 또는 작동 방식이 상이하여 권양기 와이어로프 관련 항목이 평가에서 제외된 경우에는 문비에 대한 평가결과를 강제 내구성능 평가결과로 하며, 조사내용은 보수·보강 방안 등 유지관리 전략 수립을 위한 자료로 제시될 수 있다.

(라) 강제내구성능 종합등급 산정

[표 7.68] 등급별 점수 및 범위

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
$4.5 \leq X \leq 5.0$	$3.5 \leq X < 4.5$	$2.5 \leq X < 3.5$	$1.5 \leq X < 2.5$	$1.0 \leq X < 1.5$

마. 강재 내구성능 평가결과 산정 예시

1) 대상 수문 시설물 선정

[표 7.69] 대상 수문 시설물

문비	형식	슬라이드 게이트
	갯수	5 sets
	제원(폭×높이)	4m × 8m
	도장 공용년수	10년
권양기 와이어로프	연결상태	수문 1식당 단일 전동기 설치
	길이	20m
	제원	Ø56 (6×37) Galvanized 설계(초기) 직경 56.5mm
환경조건	해안 이격거리	동해안으로부터 50km
	연간 젖음 시간(일)	75일
	이산화황 농도	0.0038ppm

2) 발청 및 도장열화 평가

(가) 문비

- 발청 및 도장열화에 대해서는 대상 부재에 대해 단위섹션으로 구분하여 조사를 실시할 수 있으며(단위섹션 구분 예 : 2.0m×2.0m), 이는 조사의 편의를 위한 것이므로 열화된 것으로 조사된 섹션의 수 또는 비율이 강재 내구성능 평가결과에 영향을 미치지 않는다.
- 문비 1개당 앞, 뒷면을 모두 조사하는 것을 기본으로 한다.
- [표 7.70]는 문비에 대한 발청을 조사한 결과이다.
- 도장열화(박리/균열)의 경우도 같은 방법에 따라 조사하며, 산정된 유사 문비 수는 조사대상 문비를 포함한 총 개소수를 의미함
- 부품, 변색 및 백아화의 경우 정성적인 기준을 적용하므로 각 조사문비별 등급을 산정하고 다음과 같이 평가등급에 따른 평점을 합산하여 계산함
부품/변색 및 백아화 점수 = $[\sum(\text{조사 문비 평점} \times \text{유사문비 개수})] / \text{전체 문비수}$

[표 7.70] 열화섹션 조사 예

대표 문비	열화섹션 수	섹션별 발청면적 (cm ²)	유사 문비 개수
수문 G-1	3	5,816	2
		100	
		728	
수문 G-3	4	184	3
		188	
		180	
		188	

- 문비별 평점 산정 (발청에 대한 예): 문비별 평균 점수 산정 및 전체 문비에 대한 평점 산정함

[표 7.71] 도장열화 평점 산정(발청에 대한 예)

수문 번호	유사 문비 개수	발청 면적율(%)	등급	평점*
G-1	2	1.04	c	20
G-3	3	0.12	b	10

<해설>

- 발청면적률(%) = (Σ 섹션별 발청 면적 / 부재 면적) × 100
- 여기서 부재면적은 부재 외부 전체 면적을 의미함

[표 7.72] 발청 면적률 평균 산정 예

발청 면적률 평균(%)	평가결과	평점
0.48	b	10

<해설>

- 발청면적률 평균 = (Σ 조사문비 발청면적률 × 유사문비 개수)/전체 문비수

- 종합점수 산정 및 등급결정: 각 지표에 대한 평점을 산정하고, 발청 및 도장열화 종합평가 등급분류 기준을 참조하여 평가결과를 산정함

[표 7.73] 도장열화 평가결과 산정 예

수문							
평가지표	발청	박리	균열	부품	변색/백아화	종합점수	종합결과
평가결과	b	b	b	a	a	16	4.27
평가점수	10	4 ¹⁾	2 ¹⁾	0 ¹⁾	0 ¹⁾		
도장열화 평가결과							b

주1) 예를 들은 것으로서 발청의 경우와 동일한 절차로 평가함

(나) 권양기 와이어로프

- 발청 측정결과

[표 7.74] 권양기 와이어로프 발청 평가 예

와이어로프 번호	조사결과	평가결과	평가점수
G1-WR-1	점녹 발생 길이 6%	b	4
G1-WR-2	점녹 발생 길이 4.8%	b	4
G1-WR-3	점녹 발생 길이 3.5%	b	4
G1-WR-4	점녹 발생 길이 5.5%	b	4
G1-WR-5	점녹 발생 길이 4.3%	b	4
평가점수 평균			4
평가결과			b

○ 도장두께 평가

- 문비

[표 7.75] 문비 도장두께 평가 예

문비		
문비 번호	5개소 평균값의 기준 불만족 여부	평가내용
G-1	만족	전체 문비에 대한 불만족 비율 $= (\text{불만족 문비 개수})/(\text{조사 문비 개수}) \times 100 =$ $1/5 \times 100 = 20\% \text{ (b 등급)}$ - 여기서 '문비'란 여수로의 '강재수문'을 의미
G-2	만족	
G-3	불만족	
G-4	만족	
G-5	만족	

○ 와이어로프 직경감소 및 소선절단

- 직경감소

[표 7.76] 와이어로프 직경감소 평가 예

와이어로프 번호	측정위치 번호	3회 평균값 (mm)	평균 직경	감소율 (%)	평가결과	평가점수
G1-WR-1	1	55.95	55.91	1.0	a	5
	2	55.90				
	3	55.89				
	4	56.05				
	5	55.80				
G1-WR-2				1.5	b	4
G1-WR-3				2.0	b	4
G1-WR-4				2.5	b	4
G1-WR-5				1.1	b	4
전체평균						4.2
평가결과						b

- 소선절단

[표 7.77] 와이어로프 소선절단 평가 예

와이어로프 번호	측정위치 번호	위치별 절단 소선수	와이어로프 절단 소선수	절단을 (%)	평가결과	평가점수
G1-WR-1	1	2	4	1.8	b	4
	2	3				
	3	1				
	4	4				
	5	3				
G1-WR-2				0.9	a	5
G1-WR-3				1.2	b	4
G1-WR-4				0.8	a	5
G1-WR-5				1.1	b	4
전체평균						4.4
평가결과						b

3) 환경요인 평가

[표 7.78] 환경요인 평가 예

평가지표		측정값	평가결과
대기환경	해안 이격거리	동해안으로부터 50 km	a
	이산화황 농도	0.0038 ppm	
	연간 젖음시간(일)	75일	

4) 각 부재별 강재내구성능 평가

[표 7.79] 문비 내구성능 평점 산정 예

평가지표	등급	가중치	평가점수
발청 및 도장열화	b	60	2.24
도장두께	b	20	0.80
대기환경	a	20	1.00
평가점수			4.04

[표 7.80] 와이어로프 내구성능 평점 산정 예

평가항목	평가결과	가중치	평가점수
발청	b	25	1.00
대기환경	a	20	1.00
직경감소	b	20	0.80
소선절단	b	35	1.40
평가점수			4.20

5) 강제내구성능 최종평가

[표 7.81] 수문(문비 및 권양기 와이어로프) 시설물 강제 내구성능

문비 및 권양기 와이어로프 강제 내구성능			
결함도 평가부재	부재별 평가점수	가중치	평가점수
문비	4.04	60	2.42
와이어로프	4.20	40	1.68
합계			4.10
문비/로프 내구성능 등급			b

<해설>

- 산정 예시와 달리 권양기 형식이나 작동 방식이 상이한 경우에는 ‘권양기 와이어로프’ 관련 지표를 강제내구성능 평가에서 제외하며, 조사된 내용을 보수·보강 방안 등에 제시할 수 있음

7.5.3 콘크리트 내구성능 평가항목 및 기준

가. 일반

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 염화물 침투량(필요 시), 탄산화 깊이, 피복 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 동결융해의 반복에 의한 동해환경이다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

[표 7.82] 콘크리트 내구성능 평가항목의 구분

열화진전항목	열화환경항목
탄산화 깊이 염화물 침투량(필요시) 피복(표면부) 콘크리트의 품질	동해환경

나. 평가대상 부재

수문은 유량조절 및 수심유지를 위하여 수로에 설치하는 문으로 주로 콘크리트 구조물에 강재 개폐식 수문을 설치하는 구조물이며, ‘수문본체’, ‘암거’, ‘날개벽’, ‘물받이’ 로 구성되어 있다.

[표 7.83] 수문의 평가대상 부재

구 분	시설물
수문	수문본체
	암거
	날개벽
	물받이

다. 평가지표별 기준 및 점검방법

1) 염화물 침투량

[표 7.84] 염화물 침투량 평가등급

평가 기준	평가내용		비고
	철근부 전염화물 침투량 C_r 가 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점	철근부 전염화물 침투량 $C_r(kg/m^3)$	
a	30년 초과	0.3 이하	
b	20년 초과 ~ 30년 이하	$0.3 < C_d \leq 0.6$	
c	10년 초과 ~ 20년 이하	$0.6 < C_d \leq 1.2$	
d	5년 초과 ~ 10년 이하	$1.2 < C_r < 2.5$	
e	5년 이하	2.5 이상	

<해 설>

- 염화물 확산계수를 산정하고 표면부 염분량을 고려하여 대상 구조물의 염해 수명을 평가하는 것은 반드시 필요한 사항이라고 판단되지만, 평가결과 값이 여러 가지 조건에 따라 달라질 수 있는 여지가 있기 때문에 “철근부의 전염화물 침투량”과 “철근부의 전염화물이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점”을 각각 평가하여 열악한 등급을 염화물량 평가등급으로 설정한다.
- “철근부의 전염화물이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점”의 경우, 30년 초과를 a등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 가 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.
- 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 을 넘어서는 시점이 5년 이하로 남은 경우 e등급을 설정한 것은 차기 점검시점을 약 5년을 가정하고 이 시점 이전에 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 를 넘어설 가능성이 있기 때문이다.
- 한편, b, c, d등급의 경우 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 이 되는 시점이 30년 이하인 경우 염해가 진전되고 있다고 판정한 것이며, 철근부의 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 에 도달하는 연수가 짧을 수록 낮은 등급을 부여한다.
- 책임기술자는 염해가 어떻게 진전될 것인지에 대한 예측을 위하여 철근부의 전염화물량이 $2.5 kg/m^3$ 에 도달하는 연수를 산정할 때 철근의 부식이 개시될 가능성이 있는 $1.2kg/m^3$ 에 도달하는 연수도 산정하고 점검 보고서에 별도로 기재하여 유지관리 책임자들이 참고한다.
- 책임 기술자의 판단하에 보수/보강, 환경 등의 영향으로 염소이온의 유효확산계수($cm^2/년$)를 파악하기 어려운 경우 철근부 전염화물 침투량(kg/m^3)으로만 평가한다.
- 염소이온의 유효확산계수($cm^2/년$) 산정이 불가능한 경우는 아래와 같다.
 - 표면부가 아니라 콘크리트 내부에서 염화물 침투량의 최대값이 나타나게 되는 경우
 - 피복(표면부) 콘크리트에 대한 보수/보강이 진행된 경우
- 단, 철근부 전염화물 침투량으로만 평가를 진행한 경우에도 깊이별 염화물량 측정 결과를 보고서에 별도로 기재하여, 등급 산정의 근거로 활용한다.

2) 탄산화 깊이

[표 7.85] 탄산화 깊이에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	30년 초과	점검결과로부터 탄산화 속도계수를 산정 후 T 계산 탄산화 속도계수 $A = \frac{D}{\sqrt{t}}$ $T = \left[\frac{\text{설계피복두께}}{\text{탄산화속도계수}} \right]^2 - t$
b	$20\text{년} < T \leq 30\text{년}$	
c	$10\text{년} < T \leq 20\text{년}$	
d	$5\text{년} < T \leq 10\text{년}$	
e	5년 이하	(T : 잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간, D: 탄산화 깊이, t: 공용연수)

<해 설>

- 공용연수와 이에 따른 탄산화 속도계수를 고려하여 잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간 T 를 구하는 시간적 개념을 포함한다.
- 피복두께 실측치가 있는 경우 설계피복두께가 아닌 실측치를 활용하여 평가를 진행한다.
- e등급을 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T 가 5년 이하로 남은 경우로 설정한 것은 차기 조사시점을 약 5년 후로 가정할 때 이 시점 이전에 잔여피복이 모두 탄산화될 가능성을 고려한 것이다.
- 또한, 30년 초과를 a등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.

3) 피복(표면부) 콘크리트 품질
(가) 설계강도값과 비교할 경우

[표 7.86] 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	$100\% \leq q_{cl}^{1)}$	피복콘크리트의 내구성능이 양호한 상태
b	$90\% \leq q_{cl} < 100\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	$q_{cl} < 90\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	—	—
e	—	—

주1) $q_{cl} = (\text{측정강도} \div \text{설계기준강도}) \times 100\%$

<해 설>

- 피복(표면부) 콘크리트의 품질은 슈미트해머를 이용해 반발정도를 측정하여 표면부 콘크리트의 내구성능 저하상태를 평가한다.
- “a”등급은 강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상으로 피복 콘크리트의 내구성능이 양호한 상태이며, “b”등급은 설계값의 10% 정도로 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하될 가능성이 있다.
- “c”등급은 강도 추정값이 설계값 대비 10% 이상 저하되었을 경우이며, 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하가 진전된 상태이다.

(나) 건전부/비건전부를 비교할 경우

[표 7.87] 건전부/비건전부의 상대적 비교에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	$95\% \leq q_{c2}^{1)}$	건전부 대비 큰 차이를 보이지 않음
b	$85\% \leq q_{c2} < 95\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	$q_{c2} < 85\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	—	—
e	—	—

주1) $q_{c2} = (\text{비건전부 반발경도 값} \div \text{건전부 반발경도 값}) \times 100\%$

<해설>

- 건전부와 비건전부를 상대적으로 비교하는 방법으로서 측정된 반발경도값을 통하여, 반발경도값을 직접 비교하여 판정하는 방법을 적용한다.
- 동일한 건전부끼리 상호비교하더라도 두 지점간에 일부 편차를 있을 수 있다는 가정하에 약 5% 정도의 편차를 반영하여 95% 이상일 경우 “a”등급으로 설정하며, 85% 미만일 경우 “c”등급으로 설정한다.
- 여기서 건전부는 특이한 표면 손상과 누수가 없고 표면부 열화가 진행되지 않은 부위이며, 비건전부는 누수 등으로 자주 습윤상태가 되거나, 우수에 노출된 부재 및 기타 표면부의 열화가 진행된 부위로 해당 구간 중 상대 비교하여 가장 취약한 부분을 비건전부로 구분한다.
(단, 건전부를 특정하기 어려운 경우 면처리를 통해 열화된 표면부를 제거한 후 실시한다.)

4) 동해환경

[표 7.88] 동해환경의 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	$X < 3$	※ 기상청 데이터를 기반으로 동결융해 반복일수를 계산하여 평가에 사용
b	$3 \leq X < 50$	
c	$50 \leq X$	
d	—	
e	—	

<해설>

- X는 동결융해 반복지수로서 수분과의 접촉 여부로 구분하여 산정한다.
- 상기 수분 접촉 여부에 따른 구분에 있어 수분과의 직접적인 접촉이 없는 경우는 동결융해 싸이클이 있더라도 동해를 입지 않기 때문에 강수로 인하여 상대습도가 매우 높은 상태에서만 동해를 받는다고 가정한다.
- 수분과의 접촉 여부는 책임기술자가 판단하여, 동일 부재 내에서 위치별 수분 접촉 정도가 다를 경우 ‘열악한 조건’을 기준으로 판단한다.

라. 콘크리트 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

내구성능 평가결과 산정방법은 내구성능 평가지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저 등급을 반영한다. 부재별 내구성능 평가결과는 부재별 가중치를 고려하여 등급을 도출한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경 평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 콘크리트 내구성능 평가에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 평가 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다. 해수에 접하는 수문은 하굿둑 기준에 준하여 평가한다.

2) 결과산정절차 일반

(가) 열화환경 평가(전체 시설물 대상)

수문 시설물의 경우 열화환경평가는 동해환경 지표로 실시한다. 열화환경평가는 각 부재별 열화진전평가 이전에 독립적으로 실시하며, 전체 시설물을 대상으로 한다.

열화환경평가는 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하며, 평가결과는 열화진전평가와는 별도로 관리하여 대상 구조물의 유지관리 활동에 활용한다. 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 판정하며, 각 등급별 열화환경의 상태는 아래와 같다.

수문 시설물은 염해환경이 조성되지 않는 시설물이기 때문에 원칙적으로 동해환경만을 평가한다.(제설제나 비래염분 염해환경이 조성되는 것으로 판단되는 경우 염해환경을 평가할 수 있음)

[표 7.89] 열화환경 평가기준

평가기준	열화 환경 상태
a	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태
b	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 생길수 있는 상태
c	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 가속될 수 있는 상태
d	—
e	—

○ 동해환경

- 대상 수문이 위치한 지역의 10년간 동절기 기상청 데이터를 기준으로 동해 환경을 파악하여 동결융해 반복지수를 도출하고, 동결융해 환경등급을 평가
- 동일한 동결융해 사이클에 노출되어 있더라도 동결융해에 대한 위험도는 부재별 수분공급 환경에 따라 다르며, 열화환경 등급으로 반영되는 동결융해 환경은 수분에 노출되는 부재의 동결융해 사이클 수가 되며, 수분에 노출되지 않는 부재의 동결융해 사이클 수(강수가 있을 때만 해당됨)는 비록 수분에 직접 노출되지 않더라도 동결융해에 대하여 취약할 수 있음에 대한 참고자료로서 활용함

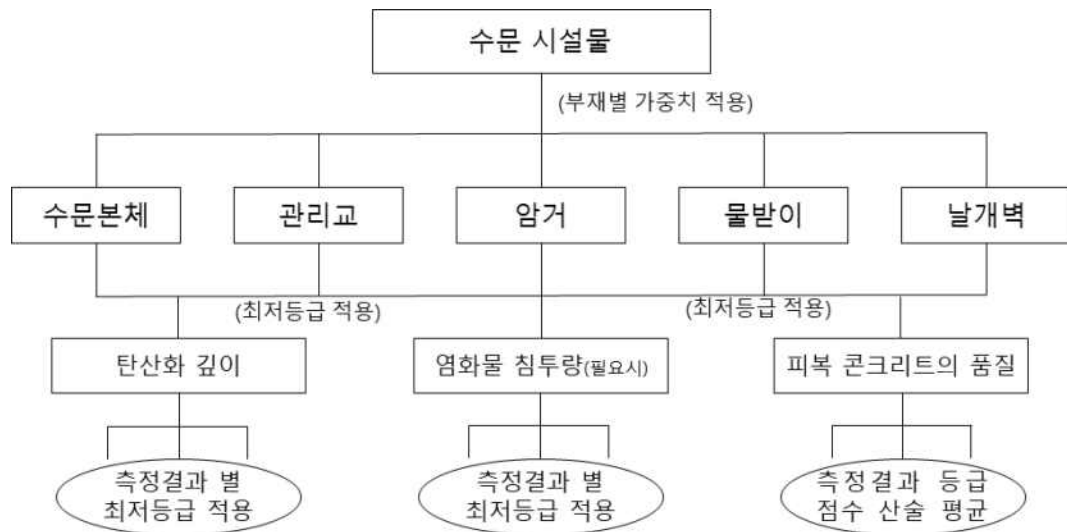
(나) 열화진전 평가(부재수준의 평가)

이 단계에서는 각 세부부재별로 내구성능에 관한 열화진전평가를 실시한다. 수문 시설물의 세부부재는 수문본체/암거/날개벽/물받이로 구성된다. 내구성능 평가에 있어 열화진전 평가는 탄산화 깊이, 염화물 함유량(필요 시), 피복 콘크리트의 품질의 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다.

각 내구성능을 평가함에 있어 가중치를 적용하지 않고, 각각의 평가항목에 대하여 가장 낮은 등급을 받은 지표의 평가결과를 준용하는 최저등급제를 적용한다.

○ 탄산화 깊이, 염화물 침투량 및 피복 콘크리트의 품질 중 가장 낮은 평가등급이 대상 부재의 내구성능 등급으로 결정

○ 다만, 피복 콘크리트의 품질은 측정된 개소별 각각의 평가 등급 점수를 산술평균함 산출된 각 세부부재(예, 수문본체, 암거, 물받이, 날개벽)의 내구성능 등급은 각 부재별 가중치를 고려하여 수문 시설물의 콘크리트 내구성능 등급으로 도출한다. 다음은 콘크리트 내구성능 평가절차를 예로 든 그림이다.



[그림 7.5] 콘크리트 내구성능 항목별 세부 평가방법

○ 등급별 평가점수 및 지수범위

부재별 등급에 따른 평가점수 및 최종 등급 산정을 위한 평가지수 범위는 다음과 같다.

[표 7.90] 등급별 평가점수

평가기준	a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
평가점수	5	4	3	2	1

[표 7.91] 등급별 평가지수 범위

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
$4.5 \leq X \leq 5$	$3.5 \leq X < 4.5$	$2.5 \leq X < 3.5$	$1.5 \leq X < 2.5$	$1 \leq X < 1.5$

(다) 세부부재 등급 산정안에 따라 시설물 전체 등급 산정

수문의 세부부재 등급의 가중치를 활용하여 수문의 내구성능 등급을 산정한다. 내구성능 조사를 실시하지 않는 부재의 경우 부재별 가중치를 적용하지 않고, 내구성능 조사를 실시한 부재의 가중치를 동일비율로 상향조정하여 적용한다.

[표 7.92] 수문의 부재별 가중치

형식	세부 부재명	부재별 가중치(%)
수문	수문본체	40
	관리교	5
	암거	40
	날개벽	10
	물받이	5

수문의 콘크리트 내구성능 평가 등급은 최종적으로 아래와 같이 나타낸다.

[표 7.93] 수문의 열화진전 평가

시설명	평가등급	부재명	평가등급
수문	a~e	수문본체	a~e
		관리교	a~e
		암거	a~e
		날개벽	a~e
		물받이	a~e

[표 7.94] 열화환경 평가

열화환경지표	평가등급	주요 대상 부재
제설제 염해환경	A	해당사항 없음
비래염분 염해환경	A	해당사항 없음
동해환경	A or B or C	전체 시설물에서 국부적으로 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당

<해설>

- 상기 제설제 및 비래염분 염해환경은 수문시설물의 열화환경이 아닌 것으로 판정하여 2개 항목에 대한 평가항목은 A등급으로 미리 설정함
- 현장 점검책임자가 제설제나 비래염분에 의한 염해환경이 조성되는 것으로 판단되는 경우 염해환경을 평가하여 반영하여야 함

마. 콘크리트 내구성능 결과 산정 예시

1) 대상 수문 제원

[표 7.95] 대상 수문 예시

위 치	부산(가정)
공용연수	20년
피복두께	50mm
콘크리트	일반 RC
높이	70m
연장	500m
수문갯수	(B×H) : 13.0m x 15.97m, 6문

2) 열화환경 평가

해당 지역(부산(가정))의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 0.42회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 21.17회로서 동결융해 환경은 B등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우는 동결융해 사이클이 연평균 0.42회로서 동결융해의 피해에 대하여 안전하다.

3) 열화진전 평가

(가) 탄산화 깊이

탄산화 깊이는 수문본체 2개소, 암거 2개소에서 측정하는 것으로 설정한다.

각 부재별로 탄산화 깊이를 평가하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가등급 중 최저 등급을 대상 부재의 탄산화 깊이에 대한 평가등급으로 한다.

[표 7.96] 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	세부부재명	탄산화 깊이(mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간, T(년)	평가 결과	부재별 평가결과
탄산화 깊이	수문본체 No.1	9	2.0	30년 초과	a	b
	수문본체 No.2	32	7.2	19년	b	
	암거 No.1	9	2.0	30년 초과	a	a
	암거 No.2	9	2.0	30년 초과	a	

(나) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

피복(표면부) 콘크리트의 품질은 수문본체 2개소, 암거 2개소에서 측정하는 것으로 설정한다.

[표 7.97] 피복(표면부) 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	시설물	세부 부재명	절개값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부 비율(%)	평가결과		부재별 평가결과
피복 콘크리트의 품질	수문	수문본체 No.1	105	—	a	—	a
		수문본체 No.2	—	98	—	a	
		암거 No.1	120	—	a	—	b
		암거 No.2	—	92	—	b	

(다) 콘크리트 내구성능 평가결과

[표 7.98] 수문의 콘크리트 내구성능 평가 (열화진전 평가)

시설물	세부 부재명(가중치, %)	항목별 평가결과			
		탄산화 깊이	피복콘크리 트의 품질	부재별 평가결과	수문
수문	수문본체 (40)	b	a	b	B
	관리교 (5)	—	—	—	
	암거 (40)	a	b	b	
	날개벽 (10)	—	—	—	
	물받이 (5)	—	—	—	
최저등급제					가중치 고려

[표 7.99] 열화환경지표의 평가

열화환경지표	평가결과
동해환경	B

7.5.4 내구성능 평가결과산정방법

수문의 세부시설을 구성하는 강재(문비 및 권양기 와이어로프 등)와 콘크리트의 내구성능은 다음과 같은 가중치를 적용하여 내구성능 결과를 도출한다.

[표 7.100] 수문시설 종합내구성능 평가 가중치

구분	종합 내구성능 평가 가중치	
	강재	콘크리트
수문 시설물 종합 내구성능	35	65

[표 7.101] 내구성능 평가결과산정 예

구분	평가점수	평가등급	중요도	평점
강재내구성능	4.10	b	35	1.44
콘크리트 내구성능	4.00	b	65	2.60
합계			100	4.04
내구성능 평가결과	= $4.10 \times 0.35 + 4.00 \times 0.65 = 4.04$ (B등급)			

7.6 사용성능 평가기준 및 방법

7.6.1 일반

사용성능이란 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적에 만족하기 위한 성능으로 정의한다.

시설물의 사용성능 평가는 사용성능과 기능성으로 구분되며, 사용성능은 사용자의 편의를 도모하는 시설의 성능으로 시설물에 대한 이용자의 만족도로 평가하며, 기능성은 시설물이 계획 당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

7.6.2 사용성능 평가항목 및 기준

가. 일반

수문의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 사용성능과 기능성으로 구분하고 해당 시설물의 특징을 반영하여 필요 성능을 도출한다. 수문에서는 사용성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 운영자의 안정감 측면에서 운영성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량이 평가된다.

나. 세부지표의 평가범위

수문의 사용성능을 운영성, 유지관리성, 수요 및 용량의 관점에서 세부지표로 문비의 작동유무, 수밀성, 점검시설, 퇴적(배수지장), 통수능력을 도출하고 a~e로 차등 적용한다.

[표 7.102] 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	운영성	문비의 작동유무	a, b, c, d, e
		수밀성	a, b, c, d, e
기능성	유지관리성	점검시설(관리고 포함)	a, b, c, d, e
	수요 및 용량	퇴적(배수지장)	a, b, c, d, e
		통수능력	a, b, c, d, e

수문의 사용성능 평가는 점검시설과 같이 직접적인 수치로 계량할 수 있는 정량적 평가와 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행한다.

다. 사용성능 평가 지표 및 기준

1) 운영성

(가) 문비의 작동유무

[표 7.103] 문비의 작동 평가기준

평가기준	평가내용
a	전동 및 수동 상승·하강에 이상이 없는 양호한 상태이며, 상하한 자동정지도 양호한 상태
b	작동 시 이음발생이 없으며, 상승 및 하강에 이상이 없는 건전한 상태
c	작동 시 구동부에 다소간의 이상 진동 및 이음발생 등이 있으나, 상승·하강은 원활한 상태
d	과부하 발생 및 전동 작동이 원활하지 않고, 비상점검 등의 임시조치 후에 제한 작동 가능한 상태
e	전혀 작동되지 않는 상태

(나) 수밀성

[표 7.104] 수밀성(수밀부누수) 평가기준

평가기준	평가내용
a	누수가 없는 양호한 상태
b	수밀부에 물비침 정도의 현상이 관찰되는 건전한 상태
c	미세한 누수가 있는 경미한 상태
d	지수고무의 훼손 및 밀착불량 등으로 부분적인 누수가 발생하는 상태
e	문비의 변형 및 손상으로 누수가 다량으로 발생하여 별도 부대설비(모래주머니)를 설치하여야 지수가 가능한 상태

2) 유지관리성

(가) 점검시설(관리교 포함)

[표 7.105] 점검시설 평가기준

평가기준	평가내용
a	시설물의 조사에 필요한 사다리 및 접근로가 구비되어 있음(신설)
b	시설물의 조사에 필요한 사다리 및 접근로가 양호한 상태임
c	시설물의 조사에 필요한 사다리 및 접근로가 있으나 결함(볼트, 나사 풀림, 녹 등)이 있어 수리가 필요한 상태
d	시설물의 조사에 필요한 사다리 및 접근로가 있으나 사용시 심각한 안전상의 문제가 있어 교체가 필요한 상태
e	시설물의 조사에 필요한 점검로가 없어 새로 설치를 요하는 상태

<해설>

- 이 항목은 점검시설에 있어 공통적으로 적용되는 기준으로 시설물 조사에 필요한 접근로 및 점검로의 유무로 판단하여 적용함
- a, b등급의 경우는 사다리 및 접근로가 양호한 상태로 신설인 경우 a등급으로 규정함. c등급은 사용하는데 문제가 없으나 일부 수리가 필요한 상태를 의미하고 d등급은 사용하는데 문제가 있어 교체가 필요한 상태를 의미함. e등급은 점검로가 없어 점검 시 특수한 장비를 사용해야 하는 경우를 의미함
- a등급의 신설은 준공 후 3년 미만을 의미함

3) 수요 및 용량

(가) 퇴적(배수지장)

[표 7.106] 퇴적(배수지장)의 평가기준

평가기준	평가내용
a	양호
b	다소의 배수지장물이 있으나, 배수에는 이상 없음
c	배수지장물로 인해 배수기능을 제대로 발휘하지 못하여 부분적 채수현상 발생
d	배수지장물로 인해 배수기능을 제대로 발휘하지 못하여 광범위한 채수현상 발생
e	배수지장물로 인해 배수기능을 완전히 상실

(나) 통수능력

[표 7.107] 수문의 통수 능력 평가기준

평가기준	평가내용
a	통수 단면적이 설계 단면적의 95% 이상일 때
b	통수 단면적이 설계 단면적의 90~95%일 때
c	통수 단면적이 설계 단면적의 85~90%일 때
d	통수 단면적이 설계 단면적의 80~85% 일 때
e	통수 단면적이 설계 단면적의 80%미만일 때

<해설>

- 본 성능평가기준은 배수 능력에 대한 성능평가기준을 설정하기 위하여 배수암거의 설계 단면적 대비 실제 단면적을 비교하여 평가함
- 배수암거의 설계 단면적에 대한 자료와 현장 실측 통수 단면적에 대한 자료를 검토하여 적용함
- 현장 통수 단면적 실측시에 표본구간내 최소단면적을 적용함

라. 사용성능 평가결과 산정 방법

각 세부지표의 사용성능 평가결과 산정은 단일 기준이 적용되는 경우와 복수의 기준이 적용되는 경우가 있다. 단일기준이 적용되는 경우는 해당 평가결과를 활용하고 복수의 기준이 적용되는 경우는 복수의 평가결과 중 낮은 결과를 적용하여 해당 지표의 평가결과를 결정한다.

해당 시설물의 최종 사용성능 평가 등급은 각 세부평가 지표별 평가결과에 평가 가중치를 반영하여 등급을 산정한다.

또한 사용성능 평가 시 세부지표별 가중치를 적용하되, 평가에서 제외된 지표가 있는 경우 가중치의 합이 1이 되도록 가중치를 조정할 수 있다.

1) 세부지표별 가중치

[표 7.108] 수문 분야의 사용성능 평가지표에 대한 가중치 산정

	문비의 작동유무	수밀성	점검시설	퇴적(배수지장)	통수능력
가중치	0.168	0.158	0.202	0.203	0.269

[표 7.109] 사용성능 평가지표별 가중치 조정방법(예)

	문비의 작동유무	수밀성	점검시설	퇴적(배수지장)	통수능력
가중치	0.210	0.198	—	0.254	0.338

<해설>

- 가중치 조정 예 : 점검시설에 대한 평가가 제외되는 경우, 점검시설에 해당하는 가중치 0.202를 원 가중치 비율을 고려하여 타 지표에 배분함

[표 7.110] 등급별 평가지수 범위

A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
$4.5 \leq X \leq 5$	$3.5 \leq X < 4.5$	$2.5 \leq X < 3.5$	$1.5 \leq X < 2.5$	$1 \leq X < 1.5$

2) 사용성능 평가결과 산정

(가) 평가항목별(지표별) 평가

○ 문비의 작동유무

- 문비의 전동 및 수동 상승·하강에 이상 여부에 대하여 평가함
- 현장에서 직접 문비의 상승과 하강 상태를 측정하여 평가결과를 산정함

○ 수밀성

- 수밀부의 누수에 대한 이상 여부에 대하여 평가함
- 현장에서 수밀부 누수에 대한 육안 점검을 통해 평가결과를 산정함

○ 점검시설

- 수문에 접근하기 용이한 사다리 및 점검로 구비여부에 대하여 평가함
- 현장에서 점검로 구비 상태 및 현황을 육안 점검을 통해 평가결과를 산정함

○ 퇴적(배수지장)

- 배수지장물 여부 및 채수현상에 대하여 평가함
- 현장에서 배수지장물 존재 여부와 배수기능 저하 여부를 육안점검을 통해 평가결과를 산정함

○ 통수능력

- 배수암거의 설계 단면적 대비 통수 단면적에 대하여 평가함
- 배수암거의 설계 단면적에 대한 자료와 현장 실측 통수 단면적에 대한 자료 활용하여 적용함

(나) 세부지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능 평가결과 산정

평가결과가 a인 경우, 5점, b인 경우, 4점, c인 경우, 3점, d인 경우, 2점, e인 경우, 1점으로 적용한다.

$$\text{사용성능 평가} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i c_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

여기서, w= 세부지표의 가중치, n = 세부지표의 개수, c= 각 세부지표별 평가결과

마. 사용성능 평가결과 산정 예시

1) 평가항목별(지표별) 평가

○ 문비의 작동유무

- 수문의 기계설비를 작동하여 상승 및 하강에 대한 이상 여부를 확인하여 평가함
- 각 수문의 작동을 평가한 후, 각 수문 평가점수의 평균으로 문비 작동유무의 평가결과를 도출함

[표 7.111] 문비 작동유무 평가 산정 예

구분	상승·하강·정지	진동발생	개별평가결과	평가점수	평가결과
#1	양호	양호	b	4	c(3.0)
#2	양호	이상 진동	c	3	
#3	불량	이상 진동	d	2	
#4	작동안됨	—	e	1	
#5	양호(신설)	양호(신설)	a	5	

○ 수밀성

- 수문이 닫힌 상태에서 문비의 변형여부 및 누수발생 여부를 확인하여 평가함
- 각 수문의 상태를 평가한 후, 각 수문 평가점수의 평균으로 수밀부 누수 평가 결과를 도출함

[표 7.112] 수밀부 누수 평가 산정 예

구분	누수여부	문비상태	개별평가결과	평가점수	평가결과
#1	양호	양호	b	4	c(2.8)
#2	양호	양호	b	4	
#3	미세한누수	양호	c	3	
#4	다량누수	변형	e	1	
#5	부분적인누수	고무 훼손	d	2	

○ 점검시설

- 수문의 조사에 필요한 사다리 및 접근로 구비여부를 확인하여 평가함
- 해당시설은 점검에 필요한 사다리 및 접근로가 구비되어 있고 양호한 상태로 b로 평가함

[표 7.113] 점검시설 평가 산정 예

설치유무	상태	평가결과
사다리 및 접근로 설치	양호	b

○ 퇴적(배수지장)

- 수문을 개방한 상태에서 수문 인근에서 배수가 잘되는지 여부를 확인하여 평가함
- 각 수문내 퇴적여부를 평가한 후, 평가점수의 평균으로 배수지장 평가결과를 도출함

[표 7.114] 배수지장 평가 산정 예

구분	배수지장물	배수상태	개별평가결과	평가점수	평가결과
#1	없음	양호	a	5	c(3.0)
#2	적음	양호	b	4	
#3	보통	부분채수	c	3	
#4	많음	광범위채수	d	2	
#5	많음	기능상실	e	1	

○ 통수능력

- 배수암거의 설계 단면적(안쪽치수) 대비 실제 통수 단면적 비율을 산정하여 평가함
- 각 배수암거의 퇴적 및 통수 단면적을 측정하여 평가한 후, 평가점수의 평균으로 통수능력 평가결과를 도출함

[표 7.115] 통수능력 평가 산정 예

구분	설계단면적	통수단면적	개별평가결과	평가점수	평가결과
#1	2.25	2.3	a	5	b(3.8)
#2	2.25	2.0	c	3	
#3	2.25	2.1	b	4	
#4	2.25	1.9	d	2	
#5	2.25	2.2	a	5	

2) 세부지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능 평가 등급 산정

[표 7.116] OO수문 최종 사용성능 평가

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	평가점수
사용성능	운영성	문비의 작동유무	0.168	c	3
		수밀성	0.158	c	3
기능성	유지관리성	점검시설	0.202	b	4
	수요 및 용량	퇴적(배수지장)	0.203	c	3
		통수능력	0.269	b	4

- 위의 식대로 사용성능을 산정해보면

$$- 3 \times 0.168(\text{문비의 작동유무}) + 3 \times 0.158(\text{수밀성}) + 4 \times 0.202(\text{점검시설}) + 3 \times 0.203(\text{퇴적}) + 4 \times 0.269(\text{통수능력}) = 3.471$$
- 이를 최종 등급 산정표에 적용시켜 보면 본 수문의 최종등급은 C등급으로 평가함

7.7 종합평가기준 및 방법

7.7.1 종합평가 일반

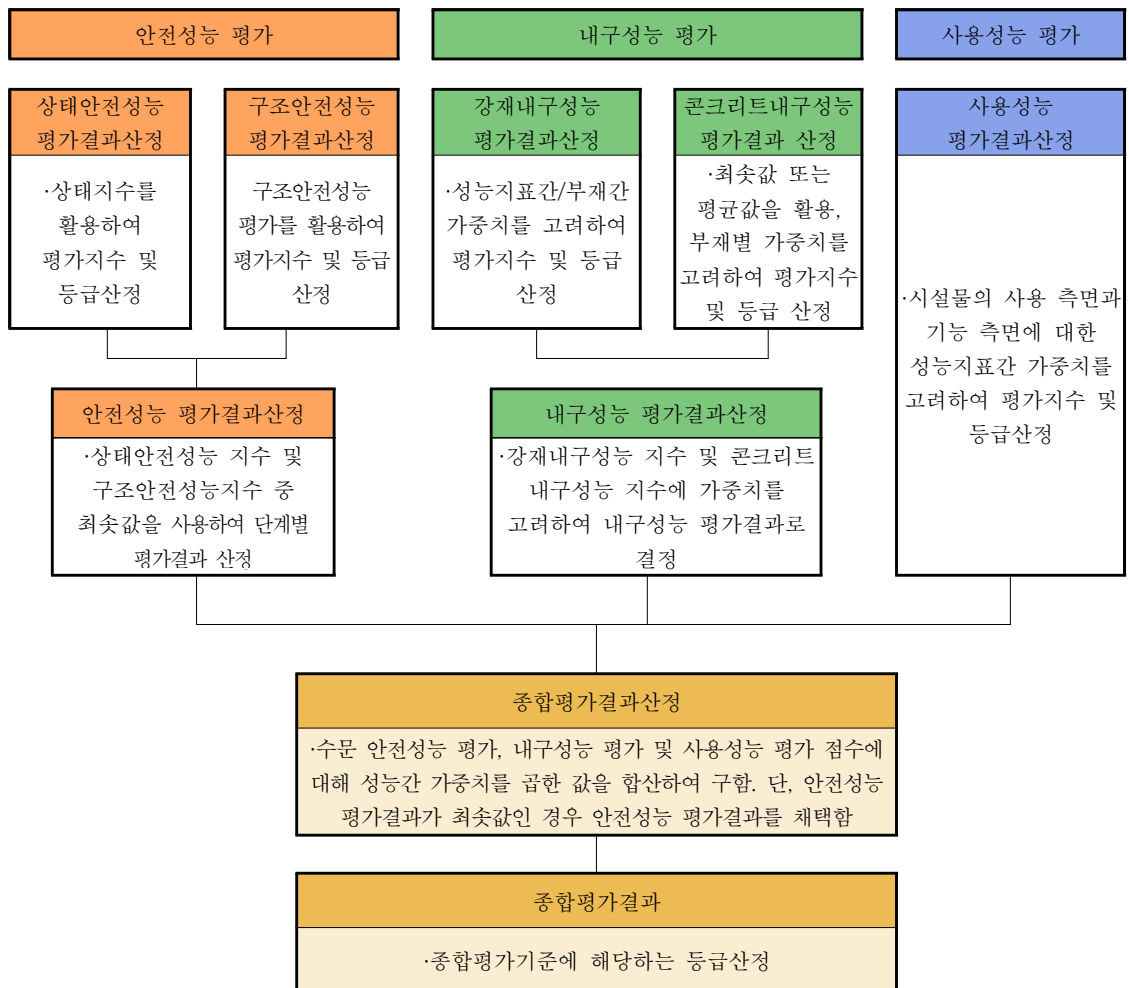
종합평가는 아래 표 및 그림과 같이 안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가결과에 대한 성능 간 가중치를 고려하여 결정한다.

[표 7.117] 성능별 가중치

성능별 가중치(%)			합계
안전성능	내구성능	사용성능	
66	20	14	100

<해설>

- 책임기술자는 외부요인에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단 될 경우 규정된 값의 20%값 범위 내에서 조정할 수 있음



[그림 7.6] 수문의 종합평가결과산정절차

7.7.2 종합평가기준

가. 종합평가결과 산정

종합평가 산정 시, 각 성능(안전성능, 내구성능, 사용성능)간 평가점수를 가중평균하여 도출한다.

종합평가의 산정방법은 안전성능평가, 내구성능평가 및 사용성능평가결과에 대해 각 성능항목별로 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다.

단, 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 비교하여 안전성능 등급이 가장 낮을 경우 구조물의 위험성을 고려하여 안전성능 등급이 종합성능등급으로 평가된다.

$$\text{종합평가지수}(E) = \sum(\text{성능평가지수}(E_n) \times \text{성능별 가중치}(W_n))$$

여기서, E_n : 평가성능별 평가지수

W : 가중치

(단, 안전성능이 확보되지 않을 경우, 종합성능등급 = 안전성능 등급)

각 성능 간 중요도를 고려하여 산정한 수문 종합성능등급은 아래 표와 같다.

[표 7.118] 수문 종합평가기준 및 정의

평가등급	평가점수	정의
	범위	
A (우수)	$4.5 \leq E$	외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준
B (양호)	$3.5 \leq E < 4.5$	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	$2.5 \leq E < 3.5$	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	$1.5 \leq E < 2.5$	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	$1.0 \leq E < 1.5$	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

나. 종합평가결과 산정 예

상기의 기준에 따라 수문 시설물의 종합평가결과를 도출한 예는 다음과 같다.

[표 7.119] 수문 종합평가결과산정 예

시설물 종합평가결과 산정표			
시설물명	00수문		
평가구분	성능평가점수 (평가지수)	평가등급	성능간 중요도 (W_n)
안전성능 평가	2.86	C	0.66
내구성능 평가	4.04	B	0.20
사용성능 평가	3.47	C	0.14
종합평가결과	○ 수문의 종합평가지수 : 2.86 (안전성능 평가등급이 최하위 등급인 경우) ○ 수문의 종합평가결과 : C		