
제9장 상 수 도

9.1 관리일반

9.2 현장조사

9.3 재료시험 항목 및 수량

9.4 안전성능 평가기준 및 방법

9.5 내구성능 평가기준 및 방법

9.6 사용성능 평가기준 및 방법

9.7 종합평가기준 및 방법

제9장 상수도

9.1 관리일반

9.1.1 적용 범위

본 장은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 「법」이라 한다) 제40조 및 같은 「법」 시행령(이하 「령」이라 한다) 제28조에서 규정하고 있는 시설물 중 상수도에 적용한다.

- 상수도시설물의 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
- 수도법, 수도법시행령, 수도법시행규칙
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 건설기준코드(구 상수도시설기준 및 상수도 표준시방서)
- 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 국토교통부 발행 각종 관련 건설기준코드(구 표준시방서 등)

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

9.1.2 용어 정의

- 상수도
「수도법」 제3조에 따라 관로, 그 밖의 공작물을 사용하여 원수나 정수를 공급하는 시설의 전부를 의미하며, 국가·지방자치단체·한국수자원공사 또는 국토교통부장관이 인정하는 자가 둘 이상의 지방자치단체에 원수나 정수를 공급하는 광역상수도를 말한다.
- 상수도의 기본시설
상수도는 복합적인 구조체로서 기본시설물에 대한 시설물별 분류는 관로시설, 토목구조물, 건축구조물, 기계 및 전기설비(이하 ‘기전설비’)로 정한다.
 - 관로시설 : 취수부터 송수까지의 관로와 관로에 속하여 있는 밸브실 및 수로 터널을 포함하며, 배수관로 및 급수관로는 제외하도록 한다.
 - 토목구조물 : 취수시설, 취수장, 정수시설, 가압장, 배수지 등을 말한다.
 - 건축구조물 : 토목구조물과 건축물이 일체로 된 경우의 건축물은 기본 시설물에 포함하여 평가하며 관리동 등 별도로 분리되어 있는 건축물은 제외 하도록 한다.

- 기전설비 : 도수·송수펌프설비, 염소중화설비를 포함하며 도수·송수펌프의 모터 및 관련 기동반 또는 현장제어반을 말한다. 계측시설이 포함되는 경우, 수처리 공정과 관련된 계측시설을 제외하고 토목분야의 시설물의 안전과 관련된 계측시설만을 포함하도록 한다.
- 개별부재
 - 하나의 외관조사망도 단위로 구분하는 부재를 말한다.
- 복합부재
 - 개별부재의 집합으로 하나의 분할구간을 말한다.
- 개별시설물
 - 동일기능을 수행하는 복합부재의 집합으로 구성된 시설물을 말한다.
- 복합시설물
 - 각각 기능과 역할이 다른 개별시설물의 집합을 말한다.
- 통합시설물
 - 분야별 시설물로서 관로시설물, 토목구조물, 건축구조물, 기전설비 등을 말한다.
- 종합시설물
 - 평가대상 시설물의 총체를 말하는 것으로 각기 기능과 역할이 다르며, 전체적인 종합시설물에 대한 안전적 측면에서도 영향정도에 차이가 있는 분야별 통합 시설물의 집합으로 구성된다.
- 밀폐공간
 - 산소결핍, 유해가스로 인한 질식·화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서 「산업 안전보건기준에 관한 규칙」에서 정한 장소를 말한다.
- 유해가스
 - 이산화탄소·일산화탄소·황화수소 등의 기체로서 인체에 유해한 영향을 미치는 물질을 말한다.
- 적정공기
 - 산소농도의 범위가 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 이산화탄소의 농도가 1.5퍼센트 미만, 일산화탄소의 농도가 30피피엠 미만, 황화수소의 농도가 10피피엠 미만인 수준의 공기를 말한다.
- 산소결핍
 - 공기 중의 산소농도가 18퍼센트 미만인 상태를 말한다.
- 산소결핍증
 - 산소가 결핍된 공기를 들이마심으로써 생기는 증상을 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.

9.1.3 성능평가 실시 범위

상수도시설물의 성능평가 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 아래 표와 같으며 다음의 사항을 참고하도록 한다.

- 1) 기본시설에 대해 성능평가를 실시하도록 하며 부대시설(옹벽, 절토사면 등)에 대해서는 성능평가를 실시하지 않는다.
- 2) 취수시설에 대한 평가는 수원지(용수전용댐)를 제외한 취수시설에 한하여 실시한다.
- 3) 토목구조물과 건축물이 일체로 된 경우의 건축물에 대해서는 세부지침 「공항(여객터미널)」 편에 준하여 평가하도록 한다.
- 4) 기본시설에 포함되는 배수지는 송수관로 관말부에 위치한 배수지를 의미한다.

[표 9.1] 성능평가 대상시설물의 세부범위

구분	시설물명(기본시설)	성능평가		비고
		제2종 성능평가	제1종 성능평가	
상수도	취수시설	○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 기본과업
	취수장	○	○	
	관로시설 (취·도·송수관로 및 수로터널)	○	○	
	정수시설	○	○	
	가압장	○	○	
	배수지·조절지	○	○	
공중이 이용하는 부위	추락방지시설	○	○	제1종성능평가 : 기본과업 제2종성능평가 : 기본과업
	도로포장	○	○	
	도로부 신축이음부	○	○	
	환기구 등의 덮개	○	○	

9.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

상수도 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

- 기초세굴에 대한 상태안전성능 평가기준이 “e” 이하인 경우

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

- 탄산화 잔여 깊이 또는 염화물 침투량 등에 대한 내구성능 평가기준이 “e” 판정으로 철근노출 상태안전성능 평가기준에서 “e”를 포함하는 경우

3) 상수도 관로 결함에 따른 누수 발생

- 관로(매설관로) 누수에 대한 상태안전성능 평가기준이 “d” 이하인 경우

4) 상수도 관로의 파손, 변형 및 부식

- 관로부식, 관두꺼, 관체 변형률에서 각각의 상태안전성능 평가기준이 “d” 이하인 경우

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

상수도 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

9.2 현장조사

9.2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

상수도의 성능평가 시 점검사항은 구조물의 형식에 따라 다를 수 있으므로 수정, 보완하여 사용한다. 각 구조형식별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

제2종성능평가 및 제1종성능평가 실시에서 시설물의 성능평가를 적용함에 있어 기본과업과 선택과업의 내용을 적절히 혼용하여 대상 시설물에 대한 상세한 성능평가를 실시하여야 한다.

다만, 제2종성능평가 및 제1종성능평가에서 기전설비에 대한 조사·시험이 필요한 경우에는 선택과업으로 실시할 수 있으며 조사·시험 수준은 관리주체와 협의하여 결정하도록 하고 최근의 조사결과가 있는 경우에는 해당 자료의 검토결과를 활용할 수 있다.

가. 제2종성능평가 조사항목

[표 9.2] 상수도시설물 제2종성능평가 조사항목

구 분			조사항목	비고
안전성능	상태 안전성능	관로	밸브누수	
		토목구조물	침하/부상	
			경사	
			활동	
			기초세굴	
			콘크리트 균열	
			콘크리트 박리	
			콘크리트 박락 및 층분리	
			콘크리트누수 (콘크리트부재/신축이음 부위)	
			콘크리트백태	
			콘크리트 파손	
			콘크리트 신축이음 탈락 및 열화	
	구조 안전성능	관로시설	관로 내·외압	기존자료 검토
		토목구조물	휨, 전단, 좌굴하중	
내구성능	강재	관로	경과년수	
			발청 및 도장 열화	발청(표면부식, 녹)
				도장 박리
				도장 균열
				도장 부품
				도장 변색 및 백아화
			도장두께	

			토양환경	관대지 전위차	
				토양 비저항	
				토양 pH	
				황산 및 염소이온	
				관주변 토양종류	
			대기환경	해안 이격거리	
				이산화황 농도	
				연간 젖음시간(일)	
	콘크리트	토목구조물	탄산화 깊이		
			염화물 침투량		
			피복(표면부) 콘크리트의 품질		
			동해환경		
			토양환경		
사용성능	사용성		수질		
			관로사고이력		
	기능성		가동률		

나. 제1종성능평가 조사항목

[표 9.3] 상수도시설물 제1종성능평가 조사항목

구 분			조사항목	비고	
안전성능	상태 안전성능	관로시설	관로부식		
			관두깨		
			관체변형률(%)		
			관로누수		
			관로용접부 평가		
			밸브누수		
		수로터널 · 토목구조물	침하/부상		
			경사		
			활동		
			기초세굴		
			콘크리트 균열		
			콘크리트 박리		
			콘크리트 박락 및 층분리		
			콘크리트 철근노출		
			콘크리트 누수(부재/신축이음 부위)		
			콘크리트 백태		
			콘크리트 파손		
			콘크리트 신축이음 탈락 및 열화		
			강재변형 및 변위		
			강재 피로균열		
			강재부식		
		기전설비 ¹⁾	펌프베드 기초부		
			관체손상 정도		
			기기설비 마찰부 손상		
	구조 안전성능	관로	관로 내·외압 검토	기존자료 검토 또는 필요시 해석	
		토목구조물	휨, 전단, 좌굴하중 검토		
내구성능	강재	관로시설	경과년수		
			발청 및 도장 열화	발청(표면부식, 녹)	
				도장 박리	
				도장 균열	
				도장 부풀	
				도장 변색 및 백아화	
			도장두께		
			토양환경	관대지 전위차	
				토양 비저항	
				토양 pH	
				황산 및 염소이온	
				관주변 토양종류	
		대기환경	해안 이격거리		
			이산화황 농도		
			연간 젖음시간(일)		
		기계설비	권양와이어 소선절단 및 감소		
	콘크리트	수로터널 · 토목구조물	탄산화 깊이		
			염화물 침투량		
			피복(표면부) 콘크리트의 품질		

사용성능			동해환경	
			토양환경	
	사용성		수질	
			관로사고이력	
			밸브의 손상	
	기능성		펌프의 소음	
			펌프의 진동	
			전기설비의 절연 및 접지	
			전기설비 상태	
			가동률	

주1) 상태안전성능에서 기전설비 중, 전기설비의 세부 조사사항은 아래와 같음

설비명	대상기기	점검항목	점검사항
가압·송수·취수 펌프 모터	현장제어반	-손상 및 파손유무 -절연·접지상태 -작동상태	내·외관상태
			표시·계기 상태
			차단기 및 접촉기류
			배선 및 케이블
			접지 및 동작유무
	기동반		내·외관상태
			표시·계기 상태
			차단기
			모선 및 케이블
			계기용변성기류
			보호계전기
			역률보상용전력콘덴서
	펌프모터		-
	펌프실 배수설비 및 크레인 설비*	-외관상태 -접지 및 작동상태	-

* 2톤 이하의 크레인을 대상으로 함

다. 공중이 이용하는 부위 점검항목

[표 9.4] 공중이 이용하는 부위 점검항목

구 분	조 사 항 목	비 고
공중이 이용하는 부위	추락방지시설의 상태	
	도로부 포장 및 신축이음부 상태	
	환기구 등의 덮개 상태	
	기타조사	

9.2.2 성능평가 외관조사 요령

시설물별 외관조사 요령에 따라 구조물의 특성을 고려하여 필요한 외관조사 및 현장조사를 실시한다. 시설물의 현장조사 시, 책임기술자는 수중조사에 대한 필요성 여부를 판단하여 시행하여야 한다.

가. 취수시설

1) 제2종성능평가

- ① 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고, 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- ② 가능한 범위 내에서 구조물 주위의 세굴, 퇴사량 등을 조사한다.
- ③ 기타 점검자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 제1종성능평가

- ① 취수시설 구조물의 수중조사는 무단수로 실시할 경우에는 접근유속으로 인한 안전사고의 우려가 크므로 조사기간 중에는 반드시 관리주체와 단수조치 등 협의의 취한 후 성능평가에 임한다.
- ② 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- ③ 취수시설에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후화의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

나. 취수장(흡수정 및 펌프장 구조물)

1) 제2종성능평가

- ① 용수공급에 지장이 없는 범위 내에서 흡수정을 Pit별로 단수를 실시하여 가능한 흡수정의 물과 이토를 제거한 후 점검한다.
- ② 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- ③ 콘크리트 구조물에 도장을 한 경우에는 도장상태를 점검한다.
- ④ 기타 점검자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 제1종성능평가

- ① 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- ② 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대하여 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하며 그 외의 경우에는 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록 정리한다.

- ③ 취수장에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

다. 관로시설(취·도·송수관로 및 수로터널)

1) 제2종성능평가

(가) 관로

- ① 관로를 관중, 매설년도, 관경 등을 고려하여 구간별로 분할하여 관로의 상태를 평가한다.
- ② 관련 자료를 분석하고 그 결과를 평가한다.
- ③ 관이 노출되는 지점의 일부를 선정하여 도장두께를 측정하고, 관체 및 배관의 부식 등 손상상태를 점검한다.
- ④ 전체 관로구간을 현지 답사하여 관로상의 지장물, 주변환경, 하중의 변동사항 및 누수여부를 육안으로 점검한다.
- ⑤ 관 파열로 제3자에게 중대한 재해를 줄 우려가 있는 도로의 경사지, 주거 밀집 지역, 주요공단지역, 다중교통도로, 철도횡단구간 등을 점검하고 위험이 예상되는 구간에 대해서는 관로의 보호공, 긴급차단밸브의 설치여부를 확인한다.
- ⑥ 관로사고 시 긴급복구에 장기간이 소요되는 하천횡단 및 복개구간, 구조물 Box 통과구간을 점검하고 필요 시 예비관로 추가설치 등 방안을 검토한다.
- ⑦ 관로에 방식설비가 되어 있는 경우에는 테스트 박스(T/B)에서 전위를 측정하여 기록하고, 이를 분석하여 평가한다.
- ⑧ 기타 점검자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

(나) 각종 밸브실 및 밸브실내 배관

- ① 밸브실 및 밸브실내 배관조사는 전체 밸브실의 15~20%를 선정하여 실시하되, 토압 및 차량하중 등을 고려하여 선정한다.
- ② 밸브실의 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- ③ 각종 밸브실(제수밸브, 공기밸브, 이토밸브, 신축관, 유량계 등)의 내부침수 및 도로포장 등에 의한 매몰여부를 점검한다.
- ④ 각종 밸브류가 적정한 위치에 설치되어 있는지를 준공도면 및 현장조사 시 지형 등을 통하여 확인한다.
- ⑤ 밸브교체가 신속히 될 수 있는지를 준공도면 및 현장조사를 통하여 점검한다.
- ⑥ 각종 밸브실 구조물은 외부지하수의 유입방지를 위하여 구조물의 방수처리 유무를 점검한다.
- ⑦ 단수 시 수격압의 경감과 수두가 40m이상인 경우에 개폐조작을 원활히 하기 위하여 부제수밸브의 설치상태 및 이상 유무 등을 점검한다.
- ⑧ 각종 밸브류는 내부압력에 적합한 규격을 설치하였는지를 검토한다.
- ⑨ 각종 밸브류 및 이음부 플랜지부위는 집중응력이 발생되기 쉬우므로 밸브류 또는

관의 파열 우려가 있는지를 점검한다.

- ⑩ 각종 밸브류의 기초고정 볼트는 밸브실 바닥과 일체가 되도록 고정이 되어 있는지를 점검한다.
- ⑪ 부등침하가 우려되는 장소에 신축관을 적절하게 설치하였는지를 검토하고, 신축이음 등 이음부위의 상태를 조사하여 기록한다.
- ⑫ 기타 점검자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 제1종성능평가

(가) 관로

- ① 관로는 단수조치를 하고 관로주위를 터파기하여 육안조사, 비파괴시험 등으로 직접 점검하는 방법이 있으며, 수행 전 관리주체와 사전 협의한다.
- ② 관내부의 검사는 단수 조치 후 점검자가 내부에 진입하여 관체 및 배관의 부식 등을 점검하는 방법이 있으며, 수행 전 관리주체와 사전 협의한다.
- ③ 관로에 방식설비가 설치되어 있는 경우에는 관로방식설비에 대한 노후화 정도 및 성능저하상태를 정밀히 조사한다.
- ④ 관로는 대부분이 지중에 매설되어 시편채취가 곤란할 뿐만 아니라 관 내부조사가 무단수로는 사실상 곤란하므로 성능평가 과업실시 기간 중에 관리주체와 협의하여 이설구간이 있을 경우 회수되는 기존 매설관의 시편을 채취하여 관의 상태를 확인하고, 재료시험 등 실내시험 등을 통하여 관의 상태를 점검한다.
- ⑤ 관로의 상태안전성능 평가결과 취약하다고 판단되는 구간에 대하여는 관리주체와 사전에 협의 후, 굴착하여 관체의 부식도, 실(Seal)두께, 관의 손상정도 및 용접부검사 등을 실시하여 평가한다.
- ⑥ 관 매설지역의 토양특성에 따라 토양시료를 채취하여 관 주변의 토양부식성을 분석하여야 한다. 토양시료는 굴착조사 및 관로이설·교체공사시 관과 인접한 토양을 채취하고 임의로 채취할 경우에는 관로 노선상에 매설심도를 고려하여 가능한 관과 인접한 토양을 채취한다.
- ⑦ 과대한 하중이 예상되는 구간에 대하여는 관로탐지기 또는 지중탐사장비 등을 이용하여 매설깊이 등을 조사하여 기록한다.
- ⑧ 관로상의 곡관부위, 이형관 등 분기점, 터널 입·출구부 등에 누수가 있거나 누수발생 유무 확인이 필요한 경우에는 누수탐사기나 지중탐사장비 등을 사용하여 누수여부를 확인한다.

(나) 각종 밸브실 및 밸브실내 배관

- ① 밸브실 및 밸브실내 배관조사는 전체 밸브실에 대해 실시한다.
- ② 밸브실 구조물의 경우 콘크리트의 강도와 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사결과 필요하다고 판단되는 부재에 대해서는 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- ③ 밸브실 구조물의 각 부재별·부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

(다) 수로터널

- ① 수로터널의 점검 시에는 지형, 지질, 지하수위 및 주변환경 등에 의해 안전성능이

- 좌우되는 요소가 많으므로 이들에 대한 상황을 우선적으로 충분히 숙지하여야 한다.
- ② 수로터널이 압력수로인 경우에는 내·외부수압에 충분히 견딜 수 있는 단면의 철근콘크리트 라이닝을 확보하고 있는지 설계도면이나 준공도면 등을 통해 확인함과 더불어 터널출입구에 강관 또는 주철관 등으로 적정하게 삽입되어 있는지도 확인하여야 한다.
 - ③ 수로터널 내부의 현장조사는 수요처의 단수일정으로 한정된 짧은 시간에 많은 인력이 집중 투입되어 조사가 이루어지는 것이 대부분이므로 체계적이고 효율적인 조사팀의 구성, 점검범위 및 수준, 점검항목 및 내용, 점검순서 및 방법, 안전수칙 등의 계획이 사전에 마련해야함과 더불어 관리주체와 면밀한 협의·검토가 필수적이다.
 - ④ 수로터널의 출입구는 안전취약구간에 해당하므로 절취면 및 보호공의 유지상태가 적정한지 면밀히 조사·기록토록 한다.

라. 정수시설

1) 제2종성능평가

- ① 정수시설의 구조물은 취수장의 외관조사 요령에 준하여 실시한다.
- ② 기타 점검자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 제1종성능평가

- ① 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- ② 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대해서 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하여야 하며, 그 외의 경우에는 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.
- ③ 정수시설물 별로 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

마. 가압장

1) 제2종성능평가

- ① 가압장 구조물은 취수장의 외관조사 요령에 준하여 실시한다.
- ② 토출관로내의 수격압 방지시설인 각종 밸브류 및 장치의 작동상태를 확인한다.
- ③ 각종 밸브류의 도장손상, 부식 등의 이상여부를 점검하고 비상 시 퇴수관로 상태를 확인한다.

2) 제1종성능평가

- ① 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- ② 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대하여 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하며, 그 외의 경우에는 초음파탐상시험 등으로 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한

비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.

- ③ 가압장에 대한 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 손상의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

바. 조절지 및 배수지

1) 제2종성능평가

- ① 조절지 및 배수지의 점검은 취수장의 외관조사 요령에 준한다.
- ② 고지대에 위치한 조절지, 배수지 주변지역의 상태를 관찰하여 누수, 지반침하 등과 구조물의 상태를 점검한다.

2) 제1종성능평가

- ① 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사 결과를 확인하기 위하여 필요한 현장시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- ② 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대하여 시편채취가 가능한 경우에는 실내시험을 실시하며, 그 외의 경우에는 관체의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한 비파괴시험을 실시하고 시험결과를 기록 정리한다.
- ③ 외관조사망도를 작성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후도의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

사. 부대시설 등

1) 제2종성능평가 및 제1종성능평가

- ① 상기한 대상시설물을 제외한 옹벽 및 절토사면 등 부대시설물이 상수도시설의 안전에 직접 영향을 미쳐 검사가 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 관리 주체와 협의 후 별도의 대가를 반영하여 조사를 실시한다. 이때, 판단이 필요한 시설물은 옹벽 및 절토사면 등이 있으며 해당 시설물이 배수시설에 영향(옹벽 및 절토사면 높이의 2배 이내에 배수시설이 위치한 경우)을 미쳐 배수로 막힘 등 2차 피해를 유발하는 경우 등이 해당한다.

아. 밀폐공간 작업자 안전관리 요령

점검자는 밀폐공간 작업 시 기본 작업절차를 준수할 수 있도록 숙지하여야 하며, 기본 작업절차와 「[KOSHA Guide] 밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침」이 상이할 경우 「[KOSHA Guide] 밀폐공간 작업 프로그램 수립 및 시행에 관한 기술지침」에 따라 작업을 실시하여야 한다.

9.2.3 성능평가 조사내용

가. 안전성능평가

1) 자료조사

(가) 관로

○ 관로구간 분할

- 관로를 체계적이고 효율적으로 평가 하기 위해서는 현장조사에 앞서 수집된 자료의 분석과 예비(사전)조사를 통해 얻어진 물리적, 환경적 요소 및 중요도 등을 고려하여 관로의 분할기준을 설정한다.
- 분할기준에 의해 전체관로를 각 단위관로구간으로 세분화하는 것이 필요하며, 현장조사 시 관로구간 분할기준이 되는 항목들이 현장의 상황에 따라 부적절할 수 있으므로 현장조사과정에서 얻어진 정보를 검토하여 적절히 재조정하여야 한다.

① 평가항목 중심으로 분할

- 관로용도 : 생활용수, 공업용수, 취수, 도수, 송수 및 배수 등
- 관리권역 : 수도사업소별, 공구별 등
- 관로특성 : 관경, 관중, 경과년수, 방식도장 유무 등
- 지반조건 : 암반, 토사, 연약(점토)지반, 이토층 등
- 매설현황 : 매설깊이, 매설지역(도로, 녹지, 농경지, 산지, 하천, 제방, 철도, 수관교, 교량첨가관 등)
- 운영상황 : 가압, 자연유하, 전기방식유무, 관내수질 등
- 사고 유발성 : 사고이력, 타 시설물과의 간섭, 문제내재 구간(Known Problem Areas) 등
- 사고 피해도 : 단수지역 범위, 침수구역, 교통장애도, 복구 용이성 등

② 관로의 위치에 따른 분할

- 도로, 하천, 제방, 철도 등의 횡단구간이나 수관교, 교량첨가관 등의 구간에서는 그 연장이 극히 짧은 경우에 대하여 별도의 구간으로 세분화하는 것보다 인접구간에 포함시키는 것이 합리적이다.
- 관로 중간에 설치된 조절지의 경우는 조절지의 규모, 주변의 환경 등을 고려하여 별도의 구간으로 세분할 것인지 아니면 인접구간에 포함시킬 것인지는 책임기술자의 판단에 따른다.
- 또한, 시설물 관리주체의 관리기준(Block 구성 등)이 있을 경우에는 이를 관로구간 분할에 반영하되, 관로조건에 따라 책임기술자가 조정하여 결정한다.

(나) 수로터널

○ 외관조사망도 구성

- 수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 있는 경우
- 수로터널과 경사갱이 연결되는 지점을 기준으로 복합부재(구간1, 구간2, ...)로서 구분한다.

- 수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 없는 경우
 - 입구부, 중간부, 출구부의 3등분으로 구분하나, 복합부재는 일반적으로 4개 블록(1개 블록=40m)으로 한다.
- 각각의 구간(복합부재)을 수축이음부 또는 수십~수백m의 다수의 블록(개별부재)으로 세분하여 외관조사망도를 작성한다.

(다) 토목구조물

○ 외관조사망도 구성

- 개별부재(예 : 착수정 1지, . . . , 정수지 1지 등)를 하나의 외관조사망도 단위로 구분하는 것을 원칙으로 하고, 필요 시 책임기술자의 판단에 따라 신축이음부, 불연속면 등을 기준으로 구간 분할하여 작성할 수 있다.

2) 현장조사

(1) 점검항목

- ① 콘크리트 비파괴강도
- ② 철근배근상태
- ③ 철근 부식도 시험
- ④ 실내시험(콘크리트 코어 강도 등)
- ⑤ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(2) 점검방법

① 콘크리트 비파괴강도

- 콘크리트 비파괴강도는 반발경도시험 및 초음파전달속도시험 등을 수행하여 추정하며, 다른 비파괴시험을 사용하는 경우에는 책임기술자의 판단에 따른다.

② 철근배근상태

- 비파괴시험(전자기유도방식, 전자파레이방식)을 위주로 한다. 시험할 내용은 피복두께, 배근상태이다. 단, 균열 및 변형(처짐) 등의 결함·손상이 발생된 부재와 부재의 내력검토가 필요한 부재에 대하여 실시한다.

③ 철근 부식도 시험

- 외관조사에 의한 비파괴검사(자연전위법 등)로 한다. 단, 균열 및 재료분리 등의 결함·손상이 발생된 부위와 건전부위를 각각 검사하여 비교한다.

④ 실내시험(콘크리트 코어 강도 등)

- 콘크리트 코어 강도 등에 관한 KS규격에 따라 공인시험기관에서 실시한다.

(나) 점검방법

- 시설물별 현장조사 요령을 참조하여 수행한다.

나. 내구성능 평가

1) 자료조사

(가) 자료조사 항목

- ① 경과년수
- ② 대기환경 - 해안 이격 거리
- ③ 대기환경 - 이산화황 농도(ppm)
- ④ 대기환경 - 습도
- ⑤ 열화환경 - 동해환경
- ⑥ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 자료조사 방법

- ① 경과년수
 - 각 단위관로구간으로 세분화 하고 관로구간의 분할기준이 되는 관로 구간별로 설치년도로부터 성능평가완료일 까지의 경과년수를 조사한다.
- ② 해안 이격 거리
 - 대상 상수도시설물의 위치(주소)를 확인하고 지도에서 주변에 영향을 줄 수 있는 해안이 있는지 확인 후 상수도시설물에서 해안까지의 최단 거리(직선거리)를 측정한다.
 - 지도상(인터넷 포털사이트 등 이용가능)의 시설물 위치부터 해안까지의 최단 거리(직선거리)를 측정함
- ③ 이산화황 농도(ppm)
 - 이산화황 농도의 지역별 분류는 한국환경공단에서 운영하는 에어코리아(www.airkorea.or.kr) 대기환경정보에서 제공하는 지역별 10년 동안 평균농도 자료를 기준으로 한다.
 - 필요시 책임기술자 판단에 따라 분류한 지역에 노출시험지를 설치하여 이를 주기적으로 측정하고, 실내시험과 현장조사와의 상관성을 고려하여 아황산가스와 부식과의 관계를 도출할 수 있다.
- ④ 습도
 - 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.
- ⑤ 동해환경
 - 기상자료개방포털(www.data.kma.go.kr)에 접속하여 기상관측 자료를 통한 동절기의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량을 조사한다.
 - 동절기 기간 : 11월 1일 ~ 3월 31일
 - 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 값 =
: {일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0}인 연평균 일수
 - 수분과 지속적으로 접촉하는 부재의 경우 X 값 =
: {일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃}인 연평균 일수
- 여기서, X는 동결융해 반복지수를 의미하며, 수분접촉 여부에 따라 구분·산정함

2) 외관조사 요령

(가) 점검항목

- ① 강재의 도장열화(발청, 박리, 균열, 부품, 변색·백아화)
- ② 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 점검방법

- 외관조사는 원칙적으로 면밀한 육안조사와 간단한 비파괴 검사를 중심으로 실시한다.
- 조사 대상 부위는 필요할 경우 마감재(돌, 타일, 도배지, 단열재, 수장재, 천장재, 마루재 등)를 부분적으로 제거하고 실시한다.
- 외관조사의 결과는 표준서식에 기록하고, 필요한 경우에는 개략도면에 표시하여 이들에 대한 분석·평가를 실시한다.
- 보고서에는 외관조사 및 상태안전성능 평가 등의 내용을 종합적으로 검토·분석한 결과를 기재하여야 한다.
- 외관조사에서 이상이 발견된 사항에 대해서는 사진 촬영하여 보고서의 설명 자료로 이용할 수 있도록 보존한다.
 - 사진자료는 매 성능평가 시에 가능한 한 같은 위치에서 얻는 것을 원칙으로 한다.
 - 사진자료에서 얻어야 할 사항은 전술한 성능평가의 내용을 확인할 수 있는 정도로 한다.
- 강재에서 발견된 각종 열화 등에 관련한 문제점에 대해서는 다음에 진행되는 성능평가에서 그 진행 여부를 확인, 감시할 수 있도록 현장의 대상 부위에 관리주체와 협의하여 필요시 표시하여야 하며, 표시한 날짜와 그 크기(폭, 길이 등)를 기록하여 남겨 둔다.

3) 현장조사 요령

(가) 점검항목

- ① 강재 도장 두께
- ② 피복 콘크리트 품질
- ③ 콘크리트 탄산화 깊이
- ④ 콘크리트 염화물 침투량
- ⑤ 열화환경 - 토양환경
- ⑥ 권양와이어 직경감소 및 소선절단

(나) 점검방법

① 강재 도장 두께

- 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기에 의해 측정한다.

② 피복 콘크리트 품질

- 피복 콘크리트 품질은 반발경도값을 사용하는 것을 원칙으로 하며, 설계강도값과 비교하는 경우와 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우로 구분하여 실시한다.
- 설계강도값과 비교하는 경우는 강도 추정값과 설계값을 비교하여 피복 콘크리트의 내구성능을 평가한다.
- 건전부 및 비건전부를 비교하는 경우는 강도를 추정할 필요가 없으며, 반발경도값을 직접 비교하여 판정한다.

③ 콘크리트 탄산화 깊이

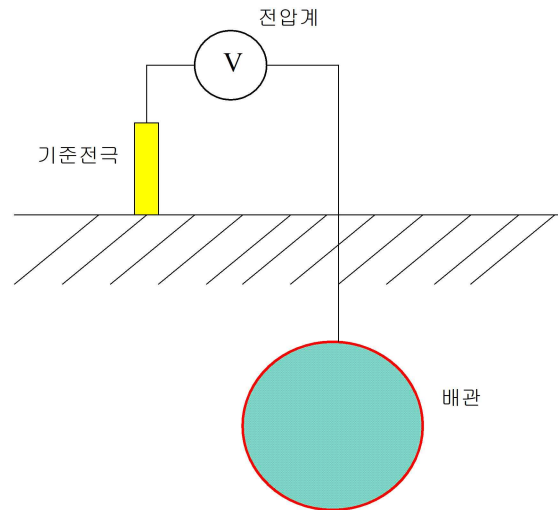
- 부재를 천공할 때의 콘크리트 분말가루나, 코어시료에 대하여 페놀프탈레인 (1%)용액에 의한 변색반응검사 등으로 한다.

④ 콘크리트 염화물 침투량(콘크리트 염화물 함유량)

- 상수도시설물은 기본적으로 염해를 입지 않는 환경조건에 놓여있다고 가정하나, 염해환경 및 책임기술자 판단에 따라 관리주체와 협의하여 필요 시 염화물 침투량에 대한 평가를 선택적으로 실시할 수 있다.
- 콘크리트 내의 염화물 침투량(염화물 함유량)에 관한 KS 규격에 따라 공인 시험기관에서 실시한다.

⑤ 토양환경

- 관대전위차
 - 매설배관의 관대지전위차를 측정하는 방법으로 매설배관에서 인출한 전선과 토양 표면에 접촉시킨 기준전극 사이에 볼트메타(voltmeter)를 연결시켜 기준 전극에 대한 배관의 전위를 측정한다. 이렇게 측정한 값을 관대지전위차(pipe to soil potential, P/S전위)라고 한다. 현장에서 P/S전위 측정 시 기준전극으로 가장 많이 사용하는 것은 포화황산동전극(Cu/CuSO_4)이며, 특수한 상황 하에서는 염화은(Ag/AgCl) 전극을 사용하기도 한다.



[그림 9.1] 매설배관의 관대지전위차 측정 개념도

- 토양비저항
 - 토양 저항을 측정하기 위해서 4전극법(Wenner four pin method, 4pin)을 사용하여 4전극법을 사용할 때 4전극은 원하는 공간에 직선으로 찢러 넣는다.
 - 4 전극법의(Wenner Four Pin Method)의 측정원리는 [그림 9.2]와 같다.
 - 이로부터 다음과 같이 토양비저항(ρ)을 구할 수 있다.

$$V = IR$$

$$\rho = 2\pi aR$$

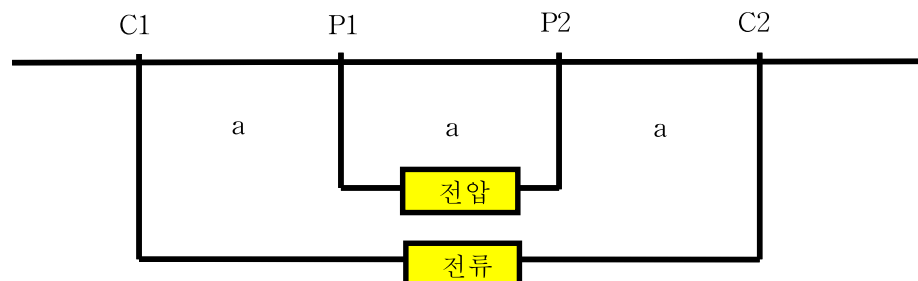
여기서, V : P1과 P2 사이의 전압 [V]

I : C1과 C2 사이의 전류 [A]

R : P1과 P2 사이의 저항 [ohm]

ρ : 토양비저항 [ohm-m]

a : PIN 간격 [m]



[그림 9.2] 4 전극법의 원리

- 토양 pH, 토양의 황산이온 및 염소이온, 토양의 함수비는 매설관로 주변에서 채취한 토양시료에 대해서 시험실 분석을 원칙으로 한다. 다만, 토양 pH는 토양 부식성의 경향을 파악하기 위해서 pH-Meter에 의해 현장에서 간이 측정도 할 수 있다.

- 토양 시료를 채취할 경우, 평가 대상 시설물(관로 및 토목구조물)의 인근에서 채취하는 것을 우선하며 어려운 경우 주변 지역의 토양을 채취하여 사용할 수 있다. 또한 토양환경의 변화가 심한(시가지, 주택지, 공업지대 등) 지역은 상대적으로 측정 구간을 짧게 한다.

⑥ 권양와이어 직경감소 및 소선절단

- 드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않도록 그리스를 제거한 후 대상 와이어로프 당 버니어 캘리퍼스로 3개소 이상을 측정한다. 1개소 당 일정간격을 두고 3회 측정하여 평균치로 환산하고 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단한다.
- 직경 측정은 준공 당시 와이어로프의 부하상태와 동일한 상태에서 측정하며, 기준이 되는 직경값 또한 준공당시와 같은 부하상태에서의 직경을 기준으로 한다.
- 와이어로프의 구조는 일반적으로 스트랜드 수 × 스트랜드를 구성하는 소선의 수로 표시되며, 와이어로프의 소선 절단율은 와이어로프의 한 꼬임(스트랜드)에서 끊어진 소선의 수를 육안으로 세어 산정한다.

다. 사용성능 평가

1) 자료조사

(가) 자료조사 항목

- ① 수질
- ② 관로사고이력
- ③ 가동률
- ④ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

(나) 자료조사 방법

① 수질

- 「먹는물 수질 기준 및 검사 등에 관한 규칙」의 별표1 “먹는물의 수질기준”에 따른 수질검사 적정성 여부로 평가하도록 한다.
- 국가상수도정보시스템(www.waternow.go.kr) 혹은 물정보포털서비스(www.water.or.kr) 정수장수질 등 정보공개 자료를 검토하여 평가한다.
 - 물정보포털서비스 → 운영관측 → 상수도 → 수질정보
 - 국가상수도정보시스템 → 정보공개 → 수도물 수질자료
- 필요시 책임기술자의 판단에 따라 현장조사를 수행할 수 있다.

② 관로사고이력

- 관로시설 사고이력 분석은 사전에 관리주체와 협의하여 최근년도부터 5년간의 연도별 수도시설 점검정비 보고서 등의 관로 누수사고 자료를 근거로 수행한다.
- 국가상수도정보시스템(www.waternow.go.kr)의 관로 누수사고 등의 정보를 검토하여 평가한다.
 - 국가상수도정보시스템 → 정보공개 → 상수도통계 → 물손실관리
- 필요시 책임기술자의 판단에 따라 해당 자료를 보완 조사하여 적용할 수 있다.

③ 가동률

- 시설용량 대비 일최대생산량에 대해 가동률을 평가하며 예비율은 효율 100%에서 가동률을 뺀 값으로 판정한다.
- 환경부포털(www.me.go.kr)을 활용하여 일 최대생산량 및 시설용량에 대한 자료를 활용한다.
 - 환경부포털 → 법령/정책 → 환경정책 → 상하수도 → 연도별 상수도 통계

④ 기타 책임기술자가 필요하다고 판단하는 사항

2) 현장조사

(가) 점검항목

- ① 밸브의 손상
- ② 펌프의 소음 및 진동
- ③ 전기설비의 절연 및 접지
- ④ 전기설비의 상태

(나) 현장조사 요령

① 밸브의 손상

- 장내배관의 밸브본체, 연결플랜지부, 축봉부 등의 외관 및 작동상태 등을 육안으로 확인 하도록 한다.
- 밸브 상세검사는 중요 밸브와 내부 결함이 파악되는 밸브를 선정하여 수행한다. 필요한 경우, 밸브 기어박스를 분해한 후 내부 기어작동 및 마모상태 등을 측정·조사 할 수 있다.

② 펌프의 소음 및 진동

- 펌프 소음 측정 방법
 - 펌프 설비를 펌프 반부하측 베어링부, 커플링 연결부, 모터 반부하측 베어링부의 3개 부분으로 구분하고 각각 수평으로 1m 거리에서 운전시의 소음을 측정하고 그 값의 평균값을 발생소음의 기준으로 한다.
- 펌프 진동 측정 방법
 - 기기의 진동측정 회수는 펌프 부하측 및 반부하측을 수직, 수평 방향에 대하여 진동한계 속도를 측정하며, 펌프와 모터의 측정은 각각의 베어링 하우징 또는 기초에 고정되는 기계표면에서 서로 직교한 수직, 수평방향으로 진동을 측정한다.

③ 전기설비의 절연 및 접지

- 전기설비 점검 및 조사는 수배전반, 고압펌프모터설비(기동반, 현장조작반), 비상 발전기 등을 대상으로 외관 및 작동상태와 필요에 따라 시험 측정조사(절연저항측정, 접지저항측정, 고압모터전류신호분석, 적외선 열화상 진단 등)를 실시한다.

④ 전기설비의 상태

- 전기설비의 손상유무를 육안 점검하고, 설비의 종류와 특성에 따라 작동시험을 실시한다.

라. 공중이 이용하는 부위 조사

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

9.3 재료시험 항목 및 수량

9.3.1 재료시험 항목

재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 나누고 필수적으로 실시해야 하는 항목을 “기본과업”으로, 과업의 내용과 범위에 따라 선택적으로 추가되는 항목을 “선택과업”으로 구분하였다.

가. 제2종성능평가

[표 9.5] 제2종성능평가 재료시험 항목

구 분		재료시험 항목		
		안전성능	내구성능	사용성능
기본 과업	토목 구조물	- 콘크리트 강도 - 반발경도시험¹⁾	- 피복 콘크리트 품질 - 반발경도시험¹⁾ - 탄산화깊이	—
	관로	—	- 관대지전위차 - 토양부식성조사 - 토양비저항 측정 - 토양 pH - 황산이온 및 염소이온 - 토양의 함수비 - 도장두께²⁾	—
	기전 설비	—	—	주요기기 작동유무³⁾
선택 과업	토목 구조물	- 콘크리트 강도 - 국부파괴법 : 코어강도 - 비파괴시험 : 초음파전달 속도시험 - 철근탐사시험 - 철근 배근상태 - 철근 피복두께	염화물 침투량	—

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) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정함

주3) 기계 및 계측시설과 전기설비의 작동유무를 판단하며, 기전설비의 특성 및 상황을 고려하여 관리주체와 협의 후, 실시하도록 함

나. 제1종성능평가

[표 9.6] 제1종성능평가 재료시험 항목

구 분		재료시험 항목		
		안전성능	내구성능	사용성능
기본 과업	수로 터널 · 토목 구조물	- 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도¹⁾, 초음파속도⁵⁾ - 철근탐사²⁾ - 철근 배근상태 - 철근 피복두께 - 철근부식도 - 균열깊이 조사	- 피복 콘크리트 품질 - 반발경도¹⁾ - 탄산화 깊이³⁾ - 염화물 침투량³⁾	—
	관로	- 관두께 측정 - 용접부 결함탐사 - 자분탐상시험 - 초음파탐상	- 관대지전위차 - 토양부식성조사 - 토양비저항 측정 - 토양 pH - 황산이온 및 염소이온 - 토양의 함수비 - 도장두께⁴⁾	—
	기계설비	—	—	성능시험(취수·송수·가압 펌프, 2톤 이하의 크레인 및 호이스트, 염소중화설비)
	전기설비	—	—	전기설비의 작동유무
선택 과업	수로터널 · 토목구조물	- 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 - 콘크리트 물성 및 미세구조 - 지반(시추)조사	—	—
	관로	- 굴착조사 - 강재조사 - 인장강도 및 성분조사	—	—
	기계설비	- 장내 배관두께(초음파측정) - 주요마찰부 손상 - 펌프베드 기초불량 상태 점검 - 기초볼트 부식 및 이완, 그라우팅 훼손	와이어 로프 단면감소 및 소선절단 상태	- 펌프 소음·진동 측정 - 밸브 분해 조사 등
	전기설비	—	—	- 취수·송수·가압펌프모터 관련 기동반·현장제어반의 조사 및 시험 - 열화상진단 - 절연저항측정 - 접지저항측정 - 펌프모터의 작동상태측정 (공급전압, 운전전류 등)

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) 수로터널의 경우, 철근콘크리트라이닝 구조에서 실시함

주4) 도장두께는 영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정함

주5) 수로터널에서 초음파속도 측정은 책임기술자 판단에 따라 건조한 콘크리트에 대해서 실시함

9.3.2 재료시험 기준수량

재료시험 기준수량은 과업을 위한 최소의 수량을 말하며 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험의 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 달리할 수 있다.

가. 제2종성능평가 재료시험 기준수량

[표 9.7] 제2종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널 ¹⁾	토목구조물 ²⁾	기전설비	비고
반발경도시험	—	· 200m당 1회 · 최소 9개소 이상	· 시설별 각 3개소 이상 · 정수장 5개소 이상	—	
탄산화 깊이 측정	—	· 복합부재/3개소 이상 · 최소 9개소 이상	· 시설별 각 1개소 이상 · 정수장 3개소 이상	—	
관대지전위차	(T/B)당×1개소	—	—	—	
토양비저항	· 1개소/300m	—	—	—	
토양 pH	· 2.0km당 1개소	—	—	—	
황산이온 및 염소이온	· 2.0km당 1개소	—	—	—	
토양의 함수비	· 2.0km당 1개소	—	—	—	
도장두께	· 조사 밸브실의 5%	—	—	—	
주요기기 작동유무 ³⁾	—	—	—	· 책임기술자 판단	

주1) 수로터널의 경우, 철근콘크리트라이닝 구조에서 실시

주2) 취수시설에서의 재료시험은 책임기술자 판단에 따라 실시여부 및 수량 결정

— 시설별의 종류 : 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등

주3) 작동유무를 검토하는 주요기기는 관리주체와 협의를 통해 결정하며, 기기의 특성 및 상황을 고려하여 성능시험 수량은 책임기술자가 판단하도록 함

[표 9.8] 제2종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널	토목구조물	기전설비	비고
코어채취 ¹⁾	—	· 1개소당 3개	· 1개소당 3개	—	강도 시험 등
초음파전달속도	—	—	· 과업에서 조사 및 수량결정	—	
철근탐사시험	—	—	· 과업에서 조사 및 수량결정	—	
염화물 침투량	—	· 과업에서 조사 및 수량결정	· 과업에서 조사 및 수량결정	—	

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의하여 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취하여 강도시험 등 실내시험을 실시하도록 함. 단, 이전에 수행한 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 활용할 수 있음

나. 제1종성능평가 재료시험 기준수량

[표 9.9] 제1종성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널 ¹⁾	토목구조물 ²⁾	기전설비	비고
반발경도시험	· 조사 밸브실의 5%	· 길이 200m당 1회, 최소 9개소 이상	· 시설별 각 5개소 이상, · 정수장 10개소 이상	—	
초음파 전달속도시험	· 조사 밸브실의 5%	· 길이 200m당 1회, 최소 9개소 이상	· 시설별 각 5개소 이상, · 정수장 10개소 이상	—	
철근탐사시험	· 조사 밸브실의 5%	· 복합부재 3개소 이상, 최소 9개소 이상	· 시설별 각 3개소 이상, · 정수장 10개소 이상	—	
탄산화 깊이 측정	· 조사 밸브실의 5%	· 복합부재 3개소 이상, 최소 9개소 이상	· 시설별 각 3개소 이상, · 정수장 9개소 이상	—	
염화물 침투량	· 책임기술자 판단	· 책임기술자 판단	· 코어채취 수량, 책임기술자 조정 가능	—	
철근부식도시험	· 책임기술자 판단	· 책임기술자 판단	· 책임기술자 판단	—	
균열깊이 조사	· 책임기술자 판단	· 책임기술자 판단	· 책임기술자 판단	—	
관두깨측정 ³⁾	· 조사 밸브실의 5%	—	—	—	부식률 측정 포함
관대지전위차측정	· (T/B)당 1개소	—	—	—	
토양비저항측정	· 300m당 1개소	—	—	—	
토양 pH	· 2.0km당 1개소	—	—	—	
황산이온 및 염소이온	· 2.0km당 1개소	—	—	—	
토양의 함수비	· 2.0km당 1개소	—	—	—	
도장 두께	· 조사 밸브실의 5%	—	—	—	
강재 비파괴시험	· 필요시 실시 (책임기술자 판단)	—	—	—	
주요기기 성능시험 ³⁾	—	—	—	· 진단기간 중 1회 실시	
전기설비 작동유무				· 진단기간 중 1회 실시	

주1) 철근콘크리트라이닝 구조에서 실시

주2) 취수시설에서의 재료시험은 책임기술자 판단에 따라 실시여부 및 수량 결정

— 시설별의 종류 : 정수장, 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등

주3) 관두깨측정은 건전부와 부식 발생, 사고 발생, 경과년수, 전차 측정결과 등을 반영한 취약부를 선정하여 함께 측정

주4) 취수·송수·가압펌프, 2톤 이하의 크레인 및 호이스트, 염소중화설비에 대한 성능시험은 관리주체와 협의하여 실시하며, 기기의 특성 및 상황을 고려하여 성능시험 수량은 책임기술자가 판단하도록 함

[표 9.10] 제1종성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널	토목구조물	기전설비	비고
코어채취 ¹⁾ (콘크리트 물성 등)	—	1개소당 3개	1개소당 3개	—	
지반(시추)조사 ²⁾	—	과업에서 조사 및 수량 결정	과업에서 조사 및 수량 결정	—	
굴착조사	3개소	—	—	—	
강재 인장강도 및 성분조사	1개소	—	—	—	
소음·진동측정	—	—	—	과업에서 조사 및 수량 결정	
배관두께 (초음파특정)	—	—	—	과업에서 조사 및 수량 결정	
주요 마찰부손상				과업에서 조사 및 수량 결정	
권양와이어 단면감소 및 소선절단	—	—	—	와이어로프 당 3개소 이상	
절연저항측정	—	—	—	펌프모터별 1회 실시	
접지저항측정	—	—	—	접지System별 1회 실시	
적외선열화탐사	—	—	—	설비별 1회 실시	

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의하여 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취하여 강도시험 등 실내시험을 실시 하도록 함. 단, 정수장의 경우 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존자료를 활용 할 수 있음

주2) 구조적인 중대한 결함이 발생하거나 콘크리트강도의 현저한 저하 또는 구조물에 작용하는 하중조건의 변경 및 하중조건의 변경이 예상되는 경우 등 구조적 안전성능 검토가 필요한 경우 관리주체와 협의하여 실시 할 수 있음

9.4 안전성능평가기준 및 방법

9.4.1 상태안전성능 평가기준 및 방법

가. 상태안전성능 평가기준 및 방법

1) 일반

상태안전성능 평가결과 산정은 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성능의 영향정도와 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형별로 구분하고 영향계수를 적용하여 단계별로 평가점수를 산정하도록 한다.

2) 평가유형 및 영향계수

시설물의 상태안전성능 평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태안전성능 평가기준을 적용하며, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

(가) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

○ 중요결함

- 침하, 경사/전도 및 활동 등과 같이 전체 구조물의 구조적인 안전에 직접영향을 미치는 결함

○ 국부결함

- 기초세굴 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함

○ 일반손상

- 콘크리트 균열, 박리, 박락, 파손 등과 같이 구조물의 안전에 크게 영향을 주지 않는 일반적인 손상

(나) 영향계수의 적용

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

영향계수는 안전성능에 직접적인 영향을 미치는 중요결함의 평가기준을 결과로 하여 국부적인 결함의 평가기준 결과를 상향조정한다. 이로 인해 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태안전성능 평가를 위한 표준기준이며, 책임기술자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

[표 9.11] 관로의 상태안전성능 평가유형 및 영향계수

상태안전성능 평가항목	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비고
관로부식	중요결함	1.0	a	5	
관두깨			b	4	
관체변형률			c	3	
관로누수			d	2	
			e	1	
관로용접부 평가	국부결함	1.0	a	5	
		1.1	b	4	
		1.2	c	3	
		1.4	d	2	
		2.0	e	1	
밸브 누수	일반손상	1.0	a	5	
		1.1	b	4	
		1.3	c	3	
		1.7	d	2	
		3.0	e	1	

[표 9.12] 토목구조물 상태안전성능 평가유형 및 영향계수

상태안전성능 평가항목	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고					
침하 / 부상	중요결함	1.0	a	5						
경 사			b	4						
			c	3						
활 동			d	2						
			e	1						
기초세굴	국부결함	1.0	a	5						
		1.1	b	4						
		1.2	c	3						
		1.4	d	2						
		2.0	e	1						
콘크리트 균열		일반손상	1.0	a	5					
콘크리트 박리										
콘크리트 박락 / 층분리										
철근노출										
누수	콘크리트부재						1.1	b	4	
	신축이음부위						1.3	c	3	
백 태							1.7	d	2	
콘크리트 파손							3.0	e	1	
신축이음열화 및 탈락	탈락정도									
	열화정도									

[표 9.13] 강구조물 상태안전성능 평가유형 및 영향계수

상태안전성능 평가항목	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
강재변형 및 변위	중요결함	1.0	a	5	
			b	4	
			c	3	
			d	2	
			e	1	
강재부식	국부결함	1.0	a	5	
		1.1	b	4	
		1.2	c	3	
강재 피로균열		1.4	d	2	
		2.0	e	1	

[표 9.14] 기전설비 상태안전성능 평가유형 및 영향계수

상태안전성능 평가항목		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
펌프 설비	펌프베드 기초부	일반손상	1.0	a	5	
			1.1	b	4	
			1.3	c	3	
			1.7	d	2	
			3.0	e	1	
장내 배관	관체손상 정도	중요결함	1.0	a	5	
				b	4	
				c	3	
				d	2	
				e	1	
기계 설비	마찰부손상	일반손상	1.0	a	5	
			1.1	b	4	
			1.3	c	3	
			1.7	d	2	
			3.0	e	1	

다. 상태안전성능 평가 성능지표기준

각 평가항목에 대한 평가기준은 그 상태에 따라 a~e의 5단계로 평가하고, 각 평가기준에 해당하는 평가점수는 각 표와 같다.

1) 관로

(가) 관로부식

[표 9.15] 관로부식의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
중요 결함	1.0	a	5	부식이 없음
		b	4	경미한 전면부식이 조금 발생되거나 건전부 모재두께의 10% 미만의 점부식이 관찰되는 상태
		c	3	심화된 전면부식이 전단면에 발생되었거나 건전부 모재두께의 10~30% 미만의 점부식이 관찰되는 상태
		d	2	건전부 모재두께의 30~50% 미만의 점부식이 관찰되는 상태
		e	1	건전부 모재두께의 50%이상의 점부식이 관찰되는 상태

<해설>

- 관로의 관체, 밸브 및 볼트·너트 등의 관로부식에 대해 평가함
- 관로부식의 상태평가를 실시하는 경우 측정된 부식률을 보고서에 수록하여야 한다.

(나) 관두께

[표 9.16] 관두께의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용	
				수도용 도복장 강관(y(년))	주철관(t(mm))
중요 결함	1.0	a	5	$y \geq 30$	$t \geq 1.0$
		b	4	10 이상 30 미만	0.8 이상 1.0 미만
		c	3	5 이상 10 미만	0.6 이상 0.8 미만
		d	2	2 이상 5 미만	0.4 이상 0.6 미만
		e	1	$y < 2$	$t < 0.4$

<해설>

- 관체는 시간이 경과함에 따라 부식에 의해 관두께가 감소되며, 결국 관의 소요두께 미만이 되면 관의 파손이나 파열 등으로 관로사고가 발생하게 됨. 따라서 부식깊이와 관두께 측정 결과에 의해 현재의 잔존 관두께를 검토함

- 수도용도복장 강관

$$y(\text{년}) = \{\text{측정 최소관두께(mm)} - \text{최대 관부식 깊이(mm)}\} / \text{최대부식도}$$

여기서, y = 소요관두께 미만이 되는 기간

$$\text{최대부식도(mm/년)} = \text{최대 관부식 깊이(mm)} / \text{경과년수(년)}$$

- 주철관

$$t(\text{평균 잔존 관두께율}) = \text{잔존 평균 관두께} / \text{규정 관두께}$$

(다) 관채변형률

[표 9.17] 관채변형률의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용	비고
중요 결함	1.0	a	5	없음	- 수도용 도복장강관에 적용하며 주철관은 해당 없음 - 관채 변형률은 내측 내경에 의해, 평균내경과 최대 또는 최소 내경의 비율에 의해 구한 값임
		b	4	3% 미만	
		c	3	3% 이상 15% 미만	
		d	2	15% 이상 30% 미만	
		e	1	30% 이상	

(라) 관로누수(매설관로)

[표 9.18] 관로누수의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
중요 결함	1.0	a	5	누수가 없음
		b	4	누수의 진행이 관찰 가능(방울 방울 떨어짐)
		c	3	누수의 진행이 확인 함(많은 양의 분출)
		d	2	누수의 진행으로 2차 재해가 우려 됨
		e	1	누수의 진행으로 2차 재해가 발생 됨

<해설>

- 취수장, 정수장, 밸브실 등의 누수는 [표 9.20] 밸브누수 평가기준을 따름

(마) 관로용접부 평가

[표 9.19] 관로용접부 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
국부 결함	1.0	a	5	용접부상태가 양호
	1.1	b	4	용접부상태가 전반적으로 양호하나 결함이 있는 상태로 결함판정 결과 합격범위 내
	1.2	c	3	용접부에 전반적인 결함이 존재하며 진전 가능성이 있는 상태
	1.4	d	2	용접부상태에 결함이 있는 상태로 결함판정 결과 불합격 범위에 해당
	2.0	e	1	결함 진전 발생

(바) 밸브누수

[표 9.20] 밸브누수의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
일반 손상	1.0	a	5	누수가 없음
	1.1	b	4	미량의 누수가 발생(습윤 상태)
	1.3	c	3	경미한 누수가 발생(방울방울 떨어지는 상태)
	1.7	d	2	누수의 진행 관찰(흐름 상태)
	3.0	e	1	누수의 진행이 확연함(분출 상태)

2) 토목구조물

(가) 침하부상

[표 9.21] 침하부상의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
중요 결함	1.0	a	5	침하/부상이 발생되지 않은 상태
		b	4	부분적으로 경미한 침하/부상이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
		c	3	침하/부상의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
		d	2	침하/부상의 정도가 심각하여 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
		e	1	침하/부상의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전을 위협받고 있는 상태

(나) 경사

[표 9.22] 경사의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
중요 결함	1.0	a	5	경사/전도가 발생되지 않은 상태
		b	4	부분적으로 경미한 경사/전도가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
		c	3	경사/전도의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
		d	2	경사/전도의 정도가 심각하여 구조물의 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
		e	1	경사/전도의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전을 상실한 위험한 상태

(다) 활동

[표 9.23] 활동의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
중요 결함	1.0	a	5	활동이 발생되지 않은 상태
		b	4	부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
		c	3	활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
		d	2	활동의 정도가 심각하여 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
		e	1	활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전이 위협받고 있는 위험한 상태

(라) 기초세굴

[표 9.24] 기초세굴의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
국부 결함	1.0	a	5	세굴이 없는 상태
	1.1	b	4	세굴이 경미하게 발생된 상태
	1.2	c	3	경미한 세굴이 여러 곳에 산재되어 있거나 세굴이 다소 심하게 발생된 상태
	1.4	d	2	세굴이 심하여 하단부가 크게 들어 나고 구조적인 안전에 영향을 미칠 수 있는 상태
	2.0	e	1	세굴이 아주 심하여 구조적 안전이 심각하게 위협받고 있는 위험한 상태

(마) 콘크리트 균열

[표 9.25] 콘크리트 균열 평가기준

①일반콘크리트 균열 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용			
				최대균열폭	면적율		
					5%이하	20%이하	20%이상
일반 손상	1.0	a	5	0.1mm 미만	a	a	a
	1.1	b	4	0.1mm~0.2mm 미만	a	a	b
	1.3	c	3	0.2mm~0.3mm 미만	a	b	c
	1.7	d	2	0.3mm~0.5mm 미만	b	c	d
	3.0	e	1	0.5mm 이상	c	d	e

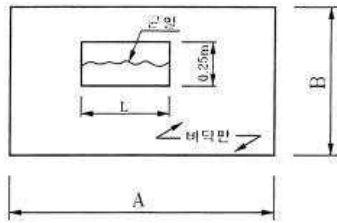
②수처리콘크리트 균열 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용			
				최대균열폭	면적율		
					5%이하	20%이하	20%이상
일반 손상	1.0	a	5	0.1mm 미만	a	a	b
	1.1	b	4	0.1mm~0.2mm 미만	a	b	c
	1.3	c	3	0.2mm~0.3mm 미만	b	c	d
	1.7	d	2	0.3mm~0.5mm 미만	c	d	e
	3.0	e	1	0.5mm 이상	d	e	e

<해설>

- 콘크리트의 균열은 일반손상 중 하나로 구조적·비구조적 균열로 구분되나, 현장조사 시 균열의 종류를 구분하기가 어렵기 때문에 균열의 종류를 구분하지 않고, 콘크리트 구조기준(2012)의 수처리 구조물 콘크리트 허용균열 폭 0.15~0.25mm 및 일반 콘크리트 구조물 허용균열 폭 0.3~0.4mm 등을 고려하여 콘크리트 균열 폭 및 면적율에 따른 상태평가기준을 설정함
- 균열 면적율 산정 방법

- 1방향 균열인 경우



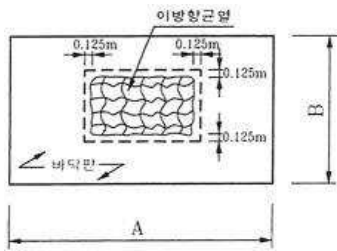
- 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구함

- 균열 면적율은 아래 식으로 산정함

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

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

- 2방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내면 면적인(가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구함

- 균열 면적율은 아래 식으로 산정함

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

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

(바) 콘크리트 박리

[표 9.26] 콘크리트 박리의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
일반 손상	1.0	a	5	박리 발생이 없음
	1.1	b	4	박리 깊이 0.5mm 미만이면서 박리 면적을 10% 미만
	1.3	c	3	박리 깊이 0.5 ~ 1.0mm 미만이면서 박리 면적을 10% 미만 박리 깊이 0.5mm 미만이면서 박리 면적을 10% 이상
	1.7	d	2	박리 깊이 1.0 ~ 25mm 미만이면서 박리 면적을 10% 미만 박리 깊이 0.5~10mm 미만이면서 박리 면적을 10% 이상
	3.0	e	1	박리 깊이 10~25mm 미만이면서 박리 면적을 10% 이상 박리 깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

(사) 콘크리트 박락 및 층분리

[표 9.27] 콘크리트 박락 및 층분리의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
일반 손상	1.0	a	5	박락/층분리 발생이 없음
	1.1	b	4	박락/층분리 깊이 15mm 미만이면서 면적을 10% 미만
	1.3	c	3	박락/층분리 깊이 15~20mm 미만이면서 면적을 10% 미만 박락/층분리 깊이 15mm 미만이면서 면적을 10% 이상
	1.7	d	2	박락/층분리 깊이 20~25mm 미만이면서 면적을 10% 미만 박락/층분리 깊이 15~20mm 미만이면서 면적을 10% 이상
	3.0	e	1	박락/층분리 깊이 20~25mm 미만이면서 면적을 10% 이상 박락/층분리 깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

(아) 콘크리트 철근노출

[표 9.28] 콘크리트 철근노출의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
일반 손상	1.0	a	5	철근노출 없음
	1.1	b	4	철근노출 면적율이 1.0% 미만
	1.3	c	3	철근노출 면적율이 1.0~3.0% 미만
	1.7	d	2	철근노출 면적율이 3.0~5.0% 미만
	3.0	e	1	철근노출 면적율이 5.0% 이상

<해설>

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

(자) 콘크리트 누수

[표 9.29] 콘크리트 누수의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용	
				콘크리트 부재	신축이음부위
일반 손상	1.0	a	5	누수가 없음	누수가 없음
	1.1	b	4	현저한 흔적 (누수부위가 습윤된 상태)	누수 흔적이나 토사 등의 오염
	1.3	c	3	누수의 진행이 관찰가능 상태 (방울방울 떨어짐)	파손에 의한 누수발생
	1.7	d	2	누수의 진행이 관찰가능 상태 (소량이 분출)	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식발생
	3.0	e	1	누수의 진행이 확연한 상태 (많은 양의 분출)	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식심화

<해설>

- 상수도 구조물에서 누수가 과대해지면 지반함몰 및 내구성저하 등의 여러 문제를 야기하므로 누수에 대한 구조물의 평가는 중요함. 그러나 누수를 정량적으로 평가하는 것은 어렵기 때문에 누수흔적이나 진행정도를 기준으로 콘크리트 부재와 신축이음 부위로 구분하여 평가함

(차) 콘크리트 백태

[표 9.30] 콘크리트 백태의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
일반 손상	1.0	a	5	백태가 없음
	1.1	b	4	백태 발생 면적율이 5% 미만
	1.3	c	3	백태 발생 면적율이 5~10% 미만
	1.7	d	2	백태 발생 면적율이 10~20% 미만
	3.0	e	1	백태 발생 면적율이 20% 이상

(카) 콘크리트 파손

[표 9.31] 콘크리트 파손의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
일반 손상	1.0	a	5	파손이 없음
	1.1	b	4	파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적을 10% 미만,
	1.3	c	3	파손깊이 20~50mm 미만이면서 파손면적을 10% 미만 파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적을 10% 이상
	1.7	d	2	파손깊이 50~80mm 미만이면서 파손면적을 10% 미만 파손깊이 20~50mm 미만이면서 파손면적을 10% 이상
	3.0	e	1	파손깊이 80mm 이상이면서 파손면적을 10% 미만, 파손깊이 50mm 이상이면서 파손면적을 10% 이상

<해설>

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

(타) 신축이음 및 탈락

[표 9.32] 신축이음 탈락 및 열화의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용	
				부재의 탈락정도	부재의 열화정도
일반 손상	1.0	a	5	없음	없음
	1.1	b	4	없음	고무판 마모, 강재의 부식(녹) 발생 등의 경미한 열화
	1.3	c	3	고정 장치의 이완으로 신축이음 본체 유동	고무판 마모, 강재의 부식(녹) 발생 등의 열화심화
	1.7	d	2	고정 장치의 파손으로 신축이음 본체 일부 탈락 및 손상	—
	3.0	e	1	신축이음 본체 파손	—

<해설>

- 상수도 구조물은 대부분 장대형으로 신축이음이 여러 곳에 설치되어 신축이음 부재가 탈락하거나, 열화가 크게 진행되는 경우에는 누수 등의 발생으로 여러 가지 문제를 야기할 수 있으므로 구조물의 상태평가 시 신축이음의 상태를 고려함이 필요함에 따라 신축이음 탈락 및 열화 정도에 따른 기준을 설정함

3) 강구조물

(가) 강재변형 및 변위

[표 9.33] 강재변형 및 변위 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
중요 결함	1.0	a	5	변형이나 변위 등이 전혀 없음
		b	4	변형이나 변위가 없으나 미소한 처짐의 발생 (최대 허용처짐량의 20% 미만)
		c	3	변형이나 변위가 미미하고 이로 인한 손상이 없으며 처짐이 다소 크게 발생(최대 허용처짐량의 20~50% 미만)
		d	2	변형이나 변위가 다소 크게 발생하였으나 이로 인한 손상은 없고 처짐이 크게 발생 (최대 허용처짐량의 50%~100% 미만)
		e	1	변형이나 변위가 과대하고 이로 인해 손상이 발생

(나) 강재부식

[표 9.34] 강재부식의 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
국부 결함	1.0	a	5	부식이 전혀 없음
	1.1	b	4	국부적으로 부식이 발생(부식발생 면적율 5% 미만)
	1.2	c	3	부식이 다소발생(부식발생 면적율 5~15% 미만)
	1.4	d	2	전반적으로 부식이 발생(부식발생 면적율 15~30% 미만)
	2.0	e	1	부식발생이 심화(부식발생 면적율 30% 이상)

<해설>

- 부식의 정도에 따른 발생 면적율, 부식깊이 등의 측정결과로 평가

(다) 강재 피로균열

[표 9.35] 강재 피로균열 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
국부 결함	1.0	a	5	전 부재에 걸쳐 균열발생이 없음
	1.1	b	4	보조부재에 국부적으로 미세 표면균열이 발생
	1.2	c	3	주 부재에 국부적으로 미세 표면균열 발생
	1.4	d	2	주 부재에 균열길이 20mm 미만의 관통균열 발생
	2.0	e	1	주 부재에 균열길이 20mm 이상의 관통균열 발생

4) 기전설비

(가) 펌프베드 기초부

[표 9.36] 펌프베드 기초부 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
일반 손상	1.0	a	5	베드 기초에 전혀 균열이 없는 최상의 상태
	1.1	b	4	베드 기초에 균열이 없는 양호한 상태
	1.3	c	3	베드 기초에 미세균열이 부분적으로 발생한 보통의 상태
	1.7	d	2	베드 기초의 볼트주위에 균열이 발생한 상태
	2.0	e	1	펌프 고정이 불가능한 정도로 베드 기초에 균열이 발생하여 보강 또는 교체 등이 필요한 상태

(나) 장내배관 누수

[표 9.37] 장내배관 누수 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
중요 결함	1.0	a	5	누수가 전혀 없음
		b	4	미량의 누수가 발생(습윤 상태)
		c	3	경미한 누수가 발생(방울방울 떨어지는 상태)
		d	2	누수의 진행 관찰(흐름 상태)
		e	1	누수의 진행이 확연함(분출 상태)

(다) 기기설비 마찰부 손상

[표 9.38] 기기설비 마찰부 손상 평가기준

평가 유형	영향 계수	평가 기준	평가 점수	평가내용
일반 손상	1.0	a	5	손상이 없는 양호한 상태
	1.1	b	4	손상이 없는 건전한 상태
	1.3	c	3	약간의 이음 이상진동이 있으나 사용가능한 상태, 그리스 도포가 불량한 상태
	1.7	d	2	부식고착으로 이음 이상진동이 과다한 상태 그리스가 건조되거나 이물질이 다량 함유된 상태
	3.0	e	1	손상 등이 발생하여 보수가 필요한 상태 정상 작동되지 않고 비상점검 등의 임시조치 후에 제한적 작동이 되는 상태

4) 공중이 이용하는 부위

[표 9.39] 공중이 이용하는 부위 평가기준

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

나. 상태안전성능 평가결과 산정 방법

상수도시설물은 종합시설물로서 크게 관로시설물, 토목구조물, 기계·전기설비 및 건축구조물로 구분된다. 각각의 시설물의 상태안전성능의 평가는 하위단계인 개별부재, 복합부재, 개별시설, 복합시설, 통합시설로 구분하여 아래 그림과 같이 상태안전성능 평가결과 산정방법에 따라 평가를 수행한다.

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 9.3] 상수도시설물 평가 단계별 절차

[표 9.40] 상수도시설물의 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분(예)

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분				
평가구분		평가대상					
상태안전 성능평가	1단계	상태변화 ¹⁾ (결함, 손상)	관로1 관로2 ... 밸브실1 밸브실2 ... 등등	블록1 블록2 ...	슬래브 벽체 기둥 보 ... 등등	펌프1,... 전동기1,... 베드1,... 배관1,... 권양와이어 권양레일 등등	건축물 적용
	2단계	개별부재	세부구간 2-1 세부구간 2-2 ...				
	3단계	복합부재	구간1 구간2 ...	구간1 구간2 ...	취수탑1,... 흡수정1,... 착수정1,... 침전지1,... 여과지1,... 정수지1,... 등등	펌프설비1, ... 배관설비1, ... 권양와이어 1,... 등등	
상태안전 성능평가 + 구조안전 성능평가	4단계	개별시설물	계통1 계통2 ...	수로터널1 수로터널2 ...	취수탑 흡수정 착수정 침전지 여과지 정수지 등등	펌프설비 배관설비 기기설비 등등	
안전성능 평가	5단계	복합시설물	관로	수로터널	취수시설 취수장1,... 정수장1,... 가압장1,... 등등	취수장1,... 정수장1,... 가압장1,... 등등	
	6단계	통합시설물	관로시설물		토목구조물	기전설비	건축 구조물
	7단계	종합시설물	상 수 도				

주1) 개별부재(부위)에 대한 외관조사방도를 작성하며 건축물의 안전성능 평가는 세부지침 「공항(여객터미널)」 편을 준용함

1) 관로

(가) 1단계 평가

○ 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

- 1단계 평가는 개별부재에 대한 손상 및 결함 조사표로서, 소정의 연장구간(단위조사구간)으로 구획한 개별부재(부위)에 대해 개별부재(부위)에 발생되어 있는 손상 및 결함 등의 조사항목에 대한 상태안전성능 기준을 표기(알파벳 소문자)한다.

[표 9.41] 관로의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
Sta. No. 49+00~52+00	관로 세부구간 2-2	관로구간 2	○○계통	No. P1-1-2
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	관로부식	경미한 전면부식	최대부식깊이 : 0.2mm 최대부식면적 : 0.05m ²	b
②	관체 변형률	실측내경 : 평균 1820mm, 최대 1864mm	2.4 %	b
특기사항	- 관중 : 강관, - 관경 : D=1,200mm, - 연장 : L=120m			
조사일자	2018. 10. 23 14:00 ~ 17:00	조사자	홍길동, 김철수	

(나) 2단계 평가

○ 개별부재 상태안전성능 평가표 작성

- 1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 1단계 평가표를 참조하여 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분한다.
- 손상 및 결함별 상태안전성능 평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태안전성능 평가지수(E_{C1})를 산출한다 (단, 상태안전성능 평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림).
- 산출된 결함 및 손상별 상태안전성능 평가지수(E_{C1}) 중 최솟값을 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})를 산정한 후 [표 9.42]의 상태안전성능 평가지수 범위에 따른 상태안전성능 평가기준에 의해 개별부재의 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 9.42] 상태안전성능 평가지수 범위에 따른 평가기준 및 평가유형별 영향계수(F)

상태안전성능 평가지수 범위에 따른 상태안전성능 평가		구 분		영 향 계 수(F)				
상태안전성능 평가지수(E_c)	평가기준	평가기준		a	b	c	d	e
$4.5 \leq E_c \leq 5.0$	a	평가점수		5	4	3	2	1
$3.5 \leq E_c < 4.5$	b	평 가 유 형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
$2.5 \leq E_c < 3.5$	c		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
$1.5 \leq E_c < 2.5$	d		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
$1.0 \leq E_c < 1.5$	e							

[표 9.43] 관로 개별부재의 상태안전성능 평가표 예

개별부재 상태안전성능 평가표					
개별부재명	관로 2-2	개별부재규모	강관, $D = 1,200mm$, $L = 120m$		표번호
복합부재명	관로구간 2	개별시설물명	○○계통		No. P1-2-2
근거(1단계) 표번호	No. P1-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태안전성능 평가기준	상태안전성능 평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태안전성능 평가지수 ($E_{C1}=M \times F$)
관로부식	중요결함	관로	4	1.0	4.0
관체 변형률	중요결함	관로	4	1.0	4.0
⋮					
평가의견					
상태안전성능 평가결과	1. 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2}) = 상태안전성능 평가지수(E_{C1})값 중 최솟값 = 4.0 2. 개별부재(관로1-2-2)의 상태안전성능 평가결과 = b				

(다) 3단계 평가

○ 복합부재 상태안전성능 평가표 작성

관로의 복합부재는 관로계통(도수, 송수, 배수 등)에서 하나의 분할구간을 의미하며 관로구간, 밸브실 및 조절지 등 개별부재의 집합이므로 복합부재의 평가는 각 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영함이 필요하다. 따라서 복합부재를 구성하는 각 주요개별부재에 대한 중요도를 다음 [표 9.44]와 같이 설정하였으며, 각 개별부재별 중요도의 합은 100이 되도록 하며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

- 중요도가 설정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우
 - 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하되 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 한다.
- 중요도는 설정되어 있으나 평가대상이 아닌 개별부재인 경우
 - 중요도는 개별부재 종류별로 설정하되, 각각의 개별부재에 대해서 관로의 경우 규모(단면적 $\times$ 연장, m^3), 밸브실의 경우 경의 경우 개수, 조절지의 경우 체적(m^3) 등을 기준으로 배분한다.

[표 9.44] 관로의 개별부재 종류에 따른 중요도(W) 및 조정방법의 예

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

복합부재의 상태안전성능은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 다음 [표 9.45]와 같은 조정계수(A)를 적용한다.

복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

[표 9.45] 상태안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)

상태안전성능 평가기준	a	b	c	d	e
상태안전성능 평가지수(E_C)	5.0 ~ 4.5이상	4.5미만~ 3.5이상	3.5미만~ 2.5이상	2.5미만~ 1.5이상	1.5미만~ 1.0이상
조정계수(A)	1	2	3	6	6

(라) 4단계 평가

○ 개별시설물 상태안전성능 평가표 작성

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

개별시설물의 상태안전성능 평가 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3})에 복합부재의 규모(관로구간 : 관의 단면적×해당 관의 연장, 별도의 구간으로 구분된 조절지 : 가로×세로×높이)를 반영하여 아래 식에 의해 개별시설물의 상태안전성능 평가지수(E_{C4})를 산출하고, [표 9.42]에서 제시한 상태안전성능 평가지수의 범위에 따른 상태안전성능 평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

$$\bullet \text{ 개별시설물의 상태안전성능 평가지수}(E_{C4}) = \text{Min} + V_1 \times V_2$$

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

$$V_2 = \Sigma(E_{C3} \times S) / 5 \times \Sigma S$$

S : 복합부재별 규모(m^2 , m^3)

Max : 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최댓값

Min : 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최솟값

개별시설물의 평가단계에서는 안전성능 평가가 필요한 경우 상태안전성능 평가와 더불어 구조안전성능 평가를 수행하고, 상태안전성능 평가결과와 구조안전성능 평가결과를 비교·검토하여 안전성능 평가가 수행된다.

[표 9.47] 관로 개별시설물의 상태안전성능 평가표 예

개별시설물 상태안전성능 평가표				
개별시설물명	○○계통	개별시설물 규모	강관, $D = 1,200mm$, $L = 5,500m$	표번호
근거(3단계) 표번호	No. P1-3-1, No. P1-3-2, No. P1-3-3			No. P1-4-1
복합부재구분	상태안전성능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E_{C3})	규모(S, m^3)	계산값($E_{C3} \times S$)
관로구간 1	b	3.69	2,035	7,509
관로구간 2	c	3.11	2,035	6,329
관로구간 3	b	3.92	2,148	8,420
합계(Σ)			6,218	22,258
평가의견				
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최솟값(Min) = 3.11 2. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최댓값(Max) = 3.92 3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) = 0.3 \times (3.92 - 3.11) = 0.243$ 4. $V_2 = \Sigma(E_{C3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 22,258 / 5 \times 6,218 = 0.716$ 5. 개별시설물(송수관로1)의 상태안전성능 평가지수(E_{C4}) $= \text{Min} + V_1 \times V_2 = 3.11 + 0.243 \times 0.716 = 3.28$ 6. 개별시설물(송수관로1)의 상태안전성능 평가결과 = c			

2) 수로터널

(가) 1단계 평가

○ 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

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

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

[표 9.48] 수로터널의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
Sta. No. 3+00~5+00	블록 3-1-2	터널구간 3-1	수로터널 3	No. 3T-1-2
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	콘크리트 균열	수평균열 2개소	○균열폭 : 0.12~0.18mm ○균열길이 : 15.8m	b
②	콘크리트 균열	수직균열 3개소	○균열폭 : 0.2~0.25mm ○균열길이 : 3.6m	c
③	콘크리트 박리	부분적 박리	○박리면적 : 0.52m ² ○박리깊이 : 1.2mm	d
특기사항	○마제형 철근콘크리트 라이닝 구조 ○규모 : D = 2.5m ○연장 : L = 80m ○조사단위면적 : 2.5m × 3.14 × 80.0m = 628.0m ²			
조사일자	2018. 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

(나) 2단계 평가

○ 개별부재 상태안전성능 평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태안전성능 평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태안전성능 평가지수(E_{C1})를 산출한다. 단, 상태안전성능 평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태안전성능 평가지수(E_{C1}) 중 최솟값을 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})를 산정한 후 [표 9.42]에 제시된 상태안전성능 평가지수 범위에 따른 상태안전성능 평가기준에 의해 개별부재의 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 9.49] 수로터널 개별부재의 상태안전성능 평가표 예

개별부재 상태안전성능 평가표					
개별부재명	블록3-1-2	개별부재규모	$D = 2.5m, L = 80m$		표번호
복합부재명	터널구간 3-1	개별시설물명	수로터널 3		No. 3T-2-1
근거(1단계) 표번호	No. 3T-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태안전성능 평가기준	상태안전성능 평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태안전성능 평가지수 ($E_{C1}=M \times F$)
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	4	1.1	4.0
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
콘크리트 박리	일반손상	토목구조물	2	1.7	3.4
평가의견					
상태안전성능 평가결과	1. 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2}) = 상태안전성능 평가지수(E_{C1})값 중 최솟값 = 3.4 2. 개별부재(블록3-1-2)의 상태안전성능 평가결과 = c				

(다) 3단계 평가 : 복합부재 상태안전성능 평가표 작성

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

- 중요도가 설정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우
 - 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하되 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 한다.
- 중요도는 설정되어 있으나 평가대상이 아닌 개별부재인 경우
 - 그 개별부재의 중요도 값을 나머지 평가대상 개별부재에 배분한다.

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 앞의 [표 9.45]에 제시된 상태안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태안전성능 평가는 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3})를 산출하고 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

[표 9.50] 수로터널 복합부재의 상태안전성능 평가표 예

복합부재 상태안전성능 평가표						
복합부재명	터널구간 3-1	개별시설물명	수로터널 3			표번호
복합부재규모	마제형 철근콘크리트라이닝 구조 $D = 2.5m, L = 240m$					No. 3T-3-1
근거(2단계) 표번호	No. 3T-2-1, No. 3T-2-2, No. 3T-2-3					
개별부재구분	상태안전성 능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E_{C2})	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 ($P=A \times W$)	계산값 ($E_{C2} \times P$)
블록3-1-1	b	4.2	2	100/3	66.7	280.1
블록3-1-2	c	3.4	3	100/3	100.0	340.0
블록3-1-3	b	3.9	2	100/3	66.7	260.1
합계(Σ)				100	233.4	880.2
평가의견						
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) = $\Sigma(E_{C2} \times P) / \Sigma P = 880.2 / 233.4 = 3.77$ 2. 복합부재(터널구간 3-1) 상태안전성능 평가결과 = b					

(라) 4단계 평가

○ 개별시설물 상태가표 작성

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

개별시설물의 상태안전성능 평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3})에 복합부재의 규모(수로터널의 단면적×수로터널의 연장)를 반영하여 개별시설물의 상태안전성능 평가지수(E_{C4})를 산출하고, [표 9.42]에서 제시한 상태안전성능 평가지수의 범위에 따른 상태안전성능 평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성능 평가가 필요한 경우 상태안전성능 평가와 더불어 구조안전성능 평가를 수행하고, 상태안전성능 평가결과와 구조안전성능 평가결과를 비교·검토하여 안전성능 평가가 이루어진다.

[표 9.51] 수로터널 개별시설물의 상태안전성능 평가표 예

개별시설물 상태안전성능 평가표				
개별 시설물명	수로터널 3	개별 시설물규모	마제형 철근콘크리트라이닝 구조, $D = 2.5m, L = 740m$	표번호
근거(3단계) 표번호	$No. 3T-3-1, No. 3T-3-2, No. 3T-3-2$			$No. 3T-4-1$
복합부재구분	상태안전성능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E_{C3})	규모(S, m^3)	계산값($E_{C3} \times S$)
터널구간 3-1	b	3.77	1,177.5	4,439.2
터널구간 3-2	c	3.42	1,275.6	4,362.6
터널구간 3-3	b	3.83	1,177.5	4,509.8
합계(Σ)			3,630.6	13,311.6
평가의견				
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최솟값(Min) = 3.42 2. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최댓값(Max) = 3.83 3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.83 - 3.42) = 0.123$ 4. $V_2 = \Sigma(E_{C3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 13,311.6 / 5 \times 3,630.6 = 0.733$ 5. 개별시설물(수로터널3)의 상태안전성능 평가지수(E_{C4}) $= Min + V_1 \times V_2 = 3.42 + 0.123 \times 0.733 = 3.51$ 6. 개별시설물(수로터널3)의 상태안전성능 평가결과 = b			

3) 토목구조물

(가) 1단계 평가

○ 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

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

1단계는 상기와 같은 개별부재에 대해 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관조사망도를 작성하고 조사내용을 상세히 기록하며, 손상 및 결함별 상태 안전성능 평가기준에 의해 상태안전성능 평가결과를 표기(알파벳 소문자)한다.

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

[표 9.52] 토목구조물의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
A-S2W-3	벽체A-2-3	A-2호침전지	A정수장 침전지	No. SW-1-1
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	침하	부분적 경미한 침하 (보수불필요)	○ 침하깊이 : 1.5mm ○ 침하진전 없음	b
②	콘크리트 균열	수직균열 3개소	○ 균열폭 : 0.15~0.20mm 미만 ○ 균열길이 : 5.6m	b
③	콘크리트 박리	부분적 박리	○ 박리면적 : 0.40m ² ○ 박리깊이 : 0.4mm	c
④	누수	신축이음부위에 상당한 누수발생	○ 누수로 인한 철근부식진행	d
⑤	콘크리트 파손	부분적 파손	○ 파손면적 : 0.4m ² ○ 파손깊이 : 30mm	c
특기사항	○ 철근콘크리트 구조 및 에폭시방수·방식실시 ○ 규모 : H = 3.5m, L = 30.0m ○ 조사단위면적 : 3.5m × 30.0m = 105m ²			
조사일자	2018. 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

(나) 2단계 평가

○ 개별부재 상태안전성능 평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태안전성능 평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태안전성능 평가지수(E_{C1})를 산출한다. 단, 상태안전성능 평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태안전성능 평가지수(E_{C1}) 중 최솟값을 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})를 산정한 후 [표 9.42]에 제시된 상태안전성능 평가지수 범위에 따른 상태안전성능 평가기준에 의해 개별부재의 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 9.53] 토목구조물 개별부재의 상태안전성능 평가표 예

개별부재 상태안전성능 평가표					
개별부재명	벽체A-2-3	개별부재규모	철근콘크리트 구조 $H = 3.5m, \quad L = 30.0m$		표번호
복합부재명	A-2호 침전지	개별시설물명	A 정수장 침전지		No. SW-2-1
근거(1단계) 표번호	No. SW-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태안전성능 평가기준	상태안전성능 평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태안전성능 평가지수 ($E_{C1}=M \times F$)
침하	중요결함	토목구조물	4	1.0	4.0
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	4	1.1	4.4
콘크리트 박리	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
누수	일반손상	토목구조물	2	1.7	3.4
콘크리트 파손	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
평가의견					
상태안전성능 평가결과	1. 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2}) = 상태안전성능 평가지수(E_{C1})값 중 최솟값 = 3.4 2. 개별부재(벽체A-2-3)의 상태안전성능 평가결과 = c				

(다) 3단계 평가

○ 복합부재 상태안전성능 평가표 작성

토목구조물의 복합부재는 각각의 개별부재(슬래브, 벽체, 기둥 및 보 등)로 구성되는 단위구조물로서 복합부재의 평가는 각각의 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영하는 것이 필요하며, 이때 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 한다. 표준적인 개별부재별 중요도(W)를 설정하면 [표 9.54]와 같으며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 9.54] 토목구조물 개별부재별 중요도(W) 기준

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

- 중요도가 규정되지 않은 추가적인 개별부재가 있는 경우
 - 그 개별부재의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하고 기타의 부재들은 규정된 비율대로 배분한다.
- 중요도는 제시되어 있으나 평가할 수 있는 해당 개별부재가 없는 경우
 - 그 중요도를 나머지 개별부재에 배분한다.

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 [표 9.45]에 제시된 상태안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태안전성능 평가는 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3})를 산출하고, 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

다음 [표 9.55]에 토목구조물의 복합부재에 대한 표준적인 상태안전성능 평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 9.55] 토목구조물 복합부재의 상태안전성능 평가표 예

복합부재 상태안전성능 평가표						
복합부재명	A-2호침전지		개별시설물명	A 정수장 침전지		표번호
복합부재규모	철근콘크리트 구조, H=3.5m, W=12.0m, L=30.0m					No. AS-3-2
근거(2단계) 표번호	No. BS-2-1, No. US-2-1, No. SW-2-1, No. CL-2-1, No. BM-2-1					
개별부재구분	상태안전성능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E _{C2})	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (E _{C2} ×P)
바닥슬래브	b	3.7	2	20	40	148.0
상부슬래브	c	3.1	3	10	30	93.0
벽 체	c	3.4	3	25	75	255.0
기 등	a	4.7	1	25	25	117.5
보	a	4.8	1	20	20	96.0
합계(Σ)				100	190	709.5
평가의견						
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재 상태안전성능 평가지수(E _{C3}) = Σ(E _{C2} × P) / ΣP = 709.5 / 190.0 = 3.73 2. 복합부재(A-2호 침전지) 상태안전성능 평가결과 = b					

(라) 4단계 평가

○ 개별시설물 상태안전성능 평가표 작성

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

따라서 개별시설물의 상태안전성능 평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3})에 복합부재의 규모(조사면적, m^2)를 반영하여 개별시설물의 상태안전성능 평가지수(E_{C4})를 산출하고, [표 9.42]에서 제시한 상태안전성능 평가지수의 범위에 따른 상태안전성능 평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성능 평가가 필요한 경우 상태안전성능 평가와 더불어 구조안전성능 평가를 수행하고, 상태안전성능 평가결과와 구조안전성능 평가결과를 비교·검토하여 안전성능 평가가 이루어진다.

[표 9.56] 토목구조물의 개별시설물 상태안전성능 평가표 예

개별시설물 상태안전성능 평가표				
개별시설물명	A정수장 침전지	개별 시설물규모	철근콘크리트구조 ($H35m \times W120m \times L=300m \times 4$)	표번호
근거(3단계) 표번호	No. AS-3-1, No. AS-3-2, No. AS-3-3, No. AS-3-4			No. AS-4-1
복합부재구분	상태안전성능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E_{C3})	규모(S, m^2)	계산값($E_{C3} \times S$)
A-1호 침전지	c	3.38	1,260	4,258.8
A-2호 침전지	b	3.73	1,260	4,699.8
A-3호 침전지	b	3.85	1,260	4,851.0
A-4호 침전지	c	3.14	1,260	3,956.4
합계(Σ)			5,040	17,766.0
평가의견				
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최솟값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최댓값(Max) = 3.85 3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.85 - 3.14) = 0.213$ 4. $V2 = \Sigma(E_{C3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 17,766.0 / 5 \times 5,040.0 = 0.705$ 5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태안전성능 평가지수(E_{C4}) $= Min + V1 \times V2 = 3.14 + 0.213 \times 0.705 = 3.29$ 6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태안전성능 평가결과 = c			

4) 기전설비

(가) 1단계 평가

○ 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

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

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

[표 9.57] 기전설비의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
<i>B-P1-1</i>	<i>B-펌프1호</i>	<i>B-펌프설비1호</i>	<i>B취수장 펌프설비</i>	<i>No. P-1-1</i>
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	펌프베드	손상유무	미세균열이 부분적으로 발생	c
②	관제손상	펌프 장내 배관 누수 등 손상 정도		b
③	마찰부손상	기기설비 마찰부 손상		c
④				
특기 사항	o 펌프형식 : 다단보류트 양흡입펌프 o 펌프특성 : 양정: 50m, 동력: 100kw, 토출량: 7.5m³/분			
조사 일자	2018. 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

(나) 2단계 평가

○ 개별부재 상태안전성능 평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형을 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하여 손상 및 결함별 상태안전성능 평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태안전성능 평가지수(E_{C1})를 산출한다. 단, 상태안전성능 평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태안전성능 평가지수(E_{C1}) 중 최솟값을 개별부재의 상태 안전성능 평가지수(E_{C2})를 산정한 후 [표 9.42]에 제시된 상태안전성능 평가지수 범위에 따른 상태안전성능 평가기준에 의해 개별부재의 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 9.58] 기전설비 개별부재의 상태안전성능 평가표 예

개별부재 상태안전성능 평가표					
개별부재명	B-펌프1호	개별 부재규모	양정 : 50m, 동력 : 100kw, 토출량 : 7.5m³/분		표번호
복합부재명	B-펌프설비 1호	개별 시설물명	B취수장 펌프설비		No. P-2-1
근거(1단계) 표번호	No. P-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태안전성능 평가기준	상태안전성능 평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태안전성능 평가지수 (E _{C1} =M ×F)
펌프베드	일반손상	기전설비	3	1.3	3.9
관채손상	중요결함	기전설비	4	1.0	4.0
마찰부손상	일반손상	기전설비	3	1.3	3.9
평가의견					
상태안전성능 평가결과	1. 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E _{C2}) = 상태안전성능 평가지수(E _{C1})값 중 최솟값 = 3.9 2. 개별부재(B-펌프1호)의 상태안전성능 평가결과 = b				

(다) 3단계 평가

○ 복합부재 평가표 작성

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

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 [표 9.45]에 제시된 상태안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하 하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태안전성능 평가는 개별부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C2})에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3})를 산출하고 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

[표 9.59] 기전설비 복합부재의 상태안전성능 평가표 예

복합부재 상태안전성능 평가표						
복합부재명	B-펌프설비1호		개별시설물명	B취수장 펌프설비		표번호
복합부재규모	펌프 : 양정 50m, 동력 100kw, 토출량 7.5m³/분					No. P-3-1
	펌프베드 : 철근콘크리트기초(W1.2m×L2.5m×H0.5m)					
근거(2단계) 표번호	No. P-2-1, No. P-2-2, No. P-2-3					
개별부재 구분	상태안전성능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E _{C2})	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (E _{C2} ×P)
B-펌프1호	b	3.6	2	100/3	66.7	240.1
B-펌프1호 전기설비	a	4.7	1	100/3	33.3	156.5
B-펌프1호 베드	c	2.9	3	100/3	100.0	290.0
합계(Σ)				100	200.0	686.6
평가의견						
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재 상태안전성능 평가지수(E _{C3}) = Σ(E _{C2} ×P) / ΣP = 686.6/200.0 = 3.43 2. 복합부재(B-펌프설비1호) 상태안전성능 평가결과 = c					

(라) 4단계 평가

○ 개별시설물 상태안전성능 평가표 작성

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

따라서 개별시설물의 상태안전성능 평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3})에 복합부재의 규모(시설용량, $m^3/\text{분}$)를 반영하여 개별시설물의 상태안전성능 평가지수(E_{C4})를 산출하고, [표 9.42]에서 제시한 상태안전성능 평가지수의 범위에 따른 상태안전성능 평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태안전성능 평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성능 평가가 필요한 경우 상태안전성능 평가와 더불어 구조안전성능 평가를 수행하고, 상태안전성능 평가결과와 구조안전성능 평가결과를 비교·검토하여 안전성능 평가가 이루어진다.

[표 9.60] 기전설비 개별시설물의 상태안전성능 평가표 예

개별시설물 상태안전성능 평가표				
개별시설물명	B취수장 펌프설비	개별시설 물규모	$H50m \times P100kw \times Q7.5m^3/\text{분} \times 3\text{대}$ $H50m \times P60kw \times Q4.0m^3/\text{분} \times 1\text{대}$	표번호
근거(3단계) 표번호	No. P-3-1, No. P-3-2, No. P-3-3, No. P-3-4			No. P-4-1
복합부재구분	상태안전성능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E_{C3})	규모(S, $m^3/\text{분}$)	계산값($E_{C3} \times S$)
B-펌프설비1호	c	3.43	7.5	25.7
B-펌프설비2호	b	4.02	7.5	30.2
B-펌프설비3호	c	3.38	7.5	25.4
B-펌프설비4호	a	4.57	4.0	18.3
합계(Σ)			26.5	99.6
평가의견				
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최솟값(Min) = 3.38 2. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최댓값(Max) = 4.57 3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (4.57 - 3.38) = 0.357$ 4. $V_2 = \Sigma(E_{C3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 99.6 / 5 \times 26.5 = 0.752$ 5. 개별시설물(B취수장 펌프설비)의 상태안전성능 평가지수(E_{C4}) $= Min + V_1 \times V_2 = 3.38 + 0.357 \times 0.752 = 3.65$ 6. 개별시설물(B취수장 펌프설비)의 상태안전성능 평가결과 = b			

9.4.2 구조안전성능 평가방법 및 적용

가. 일반

시설물의 구조안전성능 평가의 목적은 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 안전성 및 운영상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는데 있으므로 현장으로부터 시설물의 현황과 상태 및 특성을 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토·해석 등에 의해 문제점의 원인을 규명함과 더불어 안전성 여부를 판단하여야 한다.

구조안전성능 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 상태안전성능 평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 구조안전성능 평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

- ① 비파괴 시험결과 분석
- ② 토질조사 등의 결과 분석
- ③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석
- ④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석
- ⑤ 기타 구조안전성능 평가를 위하여 필요한 사항

나. 내진성능 평가방법

상수도 시설물의 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

다. 구조안전성능 평가방법

구조물의 구조안전성능 평가방법은 대부분 해석적 방법에 의해 이루어지며 특별한 경우 재하시험방법에 의해 수행하기도 한다.

1) 해석적 방법에 의해 구조물의 구조안전성능을 평가하는 경우의 조건

현장조사 및 수집 자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공 상세도, 재료의 성질 및 구조물의 결함 등을 종합하여 실제 상태대로 해석해야만 올바른 평가를 기대할 수 있으며, 구조설계기준 및 표준시방서 등에 규정된 설계 및 안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

2) 구조물의 해석방법

강도설계법과 허용응력설계법이 있으며, 이 중 강도설계법을 원칙으로 하지만 특별한 경우에는 허용응력설계법을 적용할 수 있다.

○ 강도설계법에서의 구조물 안전여유를 두 가지 측면에서 고려 사항

- 하중의 변경, 구조해석 시의 가정과 계산을 간단하게 함으로써 야기될지 모르는 초과하중의 영향을 고려한 하중계수를 고려한다.
- 설계계산상의 불확실성, 부재의 다양한 형식에 대한 상대적 중요도, 재료의 설계강도 및 실제단면치수와 제작시공기술 등에 관련된 다소의 불리한 오차들이 개별적으로는 허용한계에 있더라도 총체적으로 결합 시 부재의 강도감소를 초래할 가능성에 대비한 강도감소계를 고려한다.

이러한 하중계수와 강도감소계수에 의한 설계상의 구조물 안전여유율을 등가안전율이라 하며, 다음 식으로 표현된다. 이의 값은 활하중/고정하중의 비(L/D)와 휨부재 혹은 전단부재의 여부에 따라 차이를 갖는데 휨부재에서는 약 1.5~2.0이고 전단부재인 경우는 1.7~2.5정도의 값을 갖는다.

$$n' = \frac{\gamma_D + \gamma_L L/D}{\Phi(1 + L/D)}$$

여기서, n' : 등가안전율

γ_D : 고정하중계수

γ_L : 활하중계수

L/D : 활하중과 고정하중의 비

Φ : 강도감소계수

이와 같이 구조물의 해석 시 안전여유율이 고려되어 있으므로 현재 상태의 구조물에 대한 구조해석 결과가 콘크리트 구조설계기준 및 표준시방서 등의 안전도 기준에 미흡하다고 해서 구조물의 안전성이 없는 것이 아니라 단지, 구조물의 안전여유율이 적다는 것을 의미한다.

따라서 구조해석에 의한 구조물의 구조안전성능 평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 있는지의 정도에 따라 평가하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

3) 구조해석 결과의 평가의 적용

○ 안전여유율이 등가안전율 이상인 경우

- 안전성이 확보된 구조물로 평가

○ 등가안전율 미만이나 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 이상일 경우

- 안전성은 있지만 충분치 못한 상태로서 구조물의 상태를 주기적으로 점검 및 과대하중 재하억제 등의 관리가 필요한 상태로 평가

○ 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 미만인 경우

- 사용제한여부의 판단이 요구되거나 사용금지를 요하는 안전성이 결여된 구조물이라고 평가

라. 구조안전성능 평가의 적용

구조안전성능 평가항목별 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 구조안전성능 평가기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

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

9.4.3 구조안전성능 평가기준

가. 관로시설물

상수도의 관로시설물은 크게 관로와 수로터널로 구분되며, 대부분 지중에 부설되거나 축조되는 시설물들로 이루어져 있으므로 지하수의 부력, 지반의 부등침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고 관로 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여 연결되는 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부등침하의 영향을 받는다.

따라서 상수도 관로시설물의 설계·준공도서 및 성능평가결과보고서(없는 경우, 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서) 등을 검토하여 시설물의 구조안전성능을 판단하거나 실제 주요부재(밸브실 제외)의 상태안전성능 평가결과가 불량하게 나타나 현장조사 시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safe factor, SF) 검토를 수행하여 시설물의 구조안전성능을 판단하는 것이 필요하다.

외국에서의 시설물 구조안전성능 평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 구조안전성능 평가지수(E_s)를 계산하고 이의 구조안전성능 평가지수를 토대로 구조안전성능 평가기준에 근거하는 안전성능 평가가 수행되고 있다(US Army, 1990).

또한, 안전율 검토도 국내에서와 같이 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 시설물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 상수도의 관로시설물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나, 「상수도시설기준, 환경부, 2004」 및 「Steel Pipe A Guide for Design and Installation, AWWA MANUAL M11」 그리고 「구조물기초 설계기준, 국토교통부, 2016」 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구하며, 관로의 안전성검토 식은 「상수도시설기준, 환경부」에 제시된 식의 사용을 원칙으로 한다.

하중의 조합을 통한 안전율 검토는 고정하중, 활하중, 전토압, 반토압 및 수압 등을 모두 고려하고 하중조합은 지하수의 유무에 따라 구분토록 하며, 강도감소계수와 하중계수는 콘크리트 구조물 설계기준에서 정해진 값을 적용하며 단면의 안전율은 휨, 전단 및 좌굴 등에 대하여 검토한다.

상기와 같은 내용을 근간으로 부재나 구조물의 구조적 안전율 정도에 따른 구조안전성능 평가기준을 설정하면 [표 9.61]과 같다.

[표 9.61] 부재 및 구조물의 구조안전성능 평가기준

구조안전성능 평가기준	평가 점수	구조안전성능 평가 내용	비 고
a	5	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상이 없는 경우	◦ 강도설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\Phi M_n}{M_u}$
b	4	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상(단면손실)이 있는 경우	
c	3	안전율(SF)이 1.0 미만~0.9이상	
d	2	안전율(SF)이 0.9 미만~0.75이상	◦ 허용응력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+}}$
e	1	안전율(SF)이 0.75 미만	

나. 토목구조물

상수도의 토목구조물은 대부분 철근콘크리트구조로서 지표면 아래에 축조되므로 지하수의 부력, 지반의 부등침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고 관로 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여 연결되는 구조물 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부등침하의 영향을 받는다.

따라서 상수도 토목구조물의 설계·준공도서 및 성능평가결과보고서(없는 경우, 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서) 등을 검토하여 구조물의 구조안전성능을 판단하거나 실제 주요부재의 상태안전성능 평가결과가 불량하게 나타나 현장조사 시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safe factor, SF) 검토를 수행하여 구조물의 구조안전성능을 판단하는 것이 필요하다.

외국에서의 시설물 구조안전성능 평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 구조안전성능 평가지수(Es)를 계산하고 이의 구조안전성능 평가지수를 토대로 구조안전성능 평가기준에 근거하는 안전성능 평가가 수행되고 있다(US Army, 1990)

또한, 안전율 검토도 국내에서와 같이 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나, 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 시설물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 상수도의 토목구조물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나, 「상수도시설기준, 환경부, 2008」 및 「구조물기초 설계기준, 국토교통부, 2016」 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.

구조해석은 탄성해석을 원칙으로 하며, 지지조건은 토질주상도를 참조하며 지반스프링 또는 힌지와 롤러로써 지지조건을 부여한다.

하중의 조합을 통한 안전율 검토는 고정하중, 활하중, 전토압, 반토압 및 수압 등을 모두 고려하고 하중조합은 지하수의 유무에 따라 구분토록 하고 강도감소계수와 하중계수는 콘크리트 구조기준에서 정해진 값을 적용하며 단면의 안전율은 휨, 전단 및 좌굴 등에 대하여 검토한다.

토목구조물의 부재나 구조물에 대한 구조안전성능 평가기준은 관로시설물편에서 제시한 앞의 [표 9.61]과 같다.

다. 구조안전성능 평가결과산정 방법

구조안전성능 평가는 평가체계의 4단계에서 수행하는 평가로서 개별시설물에 대하여 실시하게 되므로 개별시설물을 구성하고 있는 각종 부재나 구조물의 구조해석을 통하여 얻어진 각각의 구조적 안전율들을 종합적으로 검토·분석함으로써 개별시설물에 대한 안전성능 평가가 이루어지게 되며, 개별시설물의 구조안전성능 평가는 부재별 상태안전성능 평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하여 구조적으로 취약한 개별시설물을 선정하여 실시한다.

개별시설물의 구조안전성능 평가가 합리적이고 정량적으로 이루어지도록 하기 위해서 다음과 같은 평가체계에 의해 구조안전성능 평가가 수행되도록 표준을 정하였다.

먼저 구조해석을 통해 얻어진 부재별 또는 구조물별 구조적 안전율에 따라 [표 9.61]의 기준에 의해 부재별 또는 구조물별 안전성평가결과 및 평가점수를 부여한다.

그리고 아래의 식을 사용하여 개별시설물에 대한 구조안전성능 평가지수(Es)를 산정한 후 구조안전성능 평가지수의 범위에 따른 [표 9.62]의 구조안전성능 평가기준에 의해 개별시설물의 구조안전성능 평가결과를 결정한다.

구조안전성능 평가지수(Es)를 산정하는 아래 식은 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 구조안전성능 평가결과들 중 가장 낮은 구조안전성능 평가결과보다 다소 상향된 개별시설물의 구조안전성능 평가결과를 가지게 된다.

한편, 부재나 구조물의 검토단면이 다수인 경우도 각 검토단면의 구조안전성능 평가결과(평가점수)를 하나의 검토항목으로 간주하여 아래 식에 의해 최종적인 개별시설물의 구조안전성능 평가결과를 결정할 수 있다.

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

여기서, N : 구조안전성능 평가항목 수

L : 검토항목의 구조안전성능 평가지수(평가점수) 중 최솟값

H : 검토항목의 구조안전성능 평가지수(평가점수) 중 최댓값

M_i : 검토항목의 최대 및 최솟값을 각각 1개씩 제외한 나머지 값들

[표 9.62] 구조안전성능 평가지수에 따른 구조안전성능 평가기준

구조안전성능 평가지수의 범위	구조안전성능 평가기준	비 고
$4.5 \leq Es \leq 5.0$	a	
$3.5 \leq Es < 4.5$	b	
$2.5 \leq Es < 3.5$	c	
$1.5 \leq Es < 2.5$	d	
$1.0 \leq Es < 1.5$	e	

라. 구조안전성능 평가결과산정 예

본 구조안전성능 평가결과 산정 방법에서는 관로와 토목구조물을 중심으로 구조안전성능 평가표 작성 예를 [표 9.63] 및 [표 9.64]에 제시하였으며, 나머지 시설물들(수로터널, 기전설비 등)의 구조안전성능 평가표도 이에 준하여 작성토록 하고 구조안전성능 평가 결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

[표 9.63] 관로의 개별시설물에 대한 구조안전성능 평가표 예

개별시설물 구조안전성능 평가표				
개별시설물명	송수관로 1			표번호
개별시설물규모	강관, $D=1,200mm$, $L=5,500m$			No. P1-1
평가항목	안전율(SF)	평가결과	평가점수	비 고
관로구간1-1	0.92	c	3	
관로구간1-2	1.06	b	4	단면감소(부식)발생
관로구간1-3	0.87	d	2	
평가의견				
구조안전성능 평가결과	1. 평가항목수 $N=3$, 최소평가점수 $L=2$, 최대평가점수 $H=4$ 2. 개별시설물(송수관로 1)의 구조안전성능 평가지수(E_{S1}) $= 2 + 0.3 \times (4-2) \times 3 / \{5 \times (3-2)\} = 2.36$ 3. 개별시설물(송수관로 1)의 구조안전성능 평가결과 = d			

[표 9.64] 토목구조물의 개별시설물에 대한 구조안전성능 평가표 예

개별시설물 구조안전성능 평가표				
개별시설물명	A 정수장 침전지			표번호
개별시설물규모	철근콘크리트구조(H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)			No. C1-1
평가항목	안전율(SF)	평가결과	평가점수	비 고
A-1호 침전지	0.95	c	3	
A-2호 침전지	1.03	b	4	균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생
A-3호 침전지	1.12	a	5	
평가의견				
구조안전성능 평가결과	1. 평가항목수 $N=4$, 최소평가점수 $L=2$, 최대평가점수 $H=5$ 2. 개별시설물(A 정수장 침전지)의 구조안전성능 평가지수(E_{SI}) $= 2 + 0.3 \times (5-2) \times (3+4) / \{5 \times (4-2)\} = 2.63$ 3. 개별시설물(A 정수장 침전지)의 구조안전성능 평가결과 = c			

9.4.4 안전성능 평가결과산정 방법

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 표의 안전성능 평가지수에 따라 결정한다.

[표 9.65] 안전성능 평가지수에 따른 안전성능 평가기준

안전성능 평가지수($E_{t1} \sim E_{t4}$)	안전성능 평가기준	비 고
$4.5 \leq (E_{t1} \sim E_{t4}) \leq 5.0$	a 또는 A	
$3.5 \leq (E_{t1} \sim E_{t4}) < 4.5$	b 또는 B	
$2.5 \leq (E_{t1} \sim E_{t4}) < 3.5$	c 또는 C	
$1.5 \leq (E_{t1} \sim E_{t4}) < 2.5$	d 또는 D	
$1.0 \leq (E_{t1} \sim E_{t4}) < 1.5$	e 또는 E	

<해설>

- E_{t1} 는 개별시설물의 안전성능 평가(4단계), E_{t2} 는 복합시설물의 안전성능 평가(5단계), E_{t3} 는 통합시설물의 안전성능 평가(6단계) 및 E_{t4} 는 종합시설물의 안전성능 평가(7단계)를 의미함

가. 안전성능 평가기준

1) 개별시설물

개별시설물의 안전성능 평가단계에서는 각 부재의 평가결과로 산출된 상태안전성능 평가지수(E_C)와 구조안전성능 평가결과로 산출된 구조안전성능 평가지수(E_S)중 작은 값을 안전성능 평가지수(E_t)로 적용하여 [표 9.65]의 안전성능 평가지수(E_t)에 따른 안전성능 평가기준에 의해 개별시설물에 대한 안전성능 평가결과를 부여하며 알파벳 소문자로 표기한다.

$$\bigcirc \text{ 개별시설물 평가지수}(E_t) = \text{MIN}(E_C, E_S)$$

여기서, E_C : 상태안전성능 평가지수

E_S : 구조안전성능 평가지수

2) 복합, 통합 및 종합시설물

개별시설물의 평가단계(4단계) 이후에 순차적으로 이루어지는 복합시설물의 종합평가(5단계), 통합시설물의 종합평가(6단계) 및 종합시설물의 종합평가(7단계) 시 수행되는 각각의 종합평가결과 산정은 개별시설물의 안전성능 평가지수를 기초로 하여 시설물의 중요도(W) 및 [표 9.66]의 안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 다음에 예시되는 안전성능 평가결과 산정 예시에 따라 이루어진다. 단, 복합시설물 및 통합시설물의 평가결과는 알파벳 소문자로 표기하며 종합시설물에 대한 평가등급은 알파벳 대문자로 표기한다.

[표 9.66] 안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)

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

나. 안전성능 평가결과산정

1) 개별시설물 안전성능 평가

개별시설물에 대한 구조안전성능 평가를 실시하지 않은 경우에는 앞에서 예시한 개별시설물 상태안전성능 평가표 작성으로 가름되지만 구조안전성능 평가를 실시한 경우에는 개별시설물 상태안전 성능평가표를 작성하지 않고 다음에 예시되는 [표 9.67] 및 [표 9.68]을 표준으로 개별시설물의 안전성능 평가표를 작성토록 한다.

[표 9.67] 관로의 개별시설물 안전성능 평가표 예

개별시설물 안전성능 평가표				
개별시설물명	송수관로 1	개별시설물 규모	강관, $D = 1,200mm$, $L = 5,500m$	표번호
				No. P1-4-1
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호	No. P1-3-1, No. P1-3-2, No. P1-3-3			
복합부재구분	상태안전성능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E_{C3})	규모(S , m^3)	계산값($E_{C3} \times S$)
관로구간 1	b	3.69	2,035	7,509
관로구간 2	c	3.11	2,035	6,329
관로구간 3	b	3.92	2,148	8,420
합계(Σ)			6,218	22,258
상태안전성능 평가 의견				
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최솟값(Min) = 3.11			
	2. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E_{C3}) 중 최댓값(Max) = 3.92			
	3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.92 - 3.11) = 0.243$			
	4. $V_2 = \Sigma(E_{C3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 22,258 / 5 \times 6,218 = 0.716$			
	5. 개별시설물(송수관로 1)의 상태안전성능 평가지수(E_{C4}) = Min + $V_1 \times V_2 = 3.11 + 0.243 \times 0.716$ = 3.28			
	6. 개별시설물(송수관로 1)의 상태안전성능 평가결과 = c			
구 조 안 전 성 평 가				
구조안전성능 평가항목	안전율(SF)	구조안전성능 평가결과	구조안전성능 평가점수	비 고
관로구간 1	0.92	c	3	
관로구간 2	1.06	b	4	단면감소(부식)발 생
관로구간 3	0.87	d	2	
구조안전성능 평가의견				
구조안전성능 평가결과	1. 평가항목수 $N = 3$, 최소평가점수 $L = 2$, 최대평가점수 $H = 4$			
	2. 개별시설물의 구조안전성능 평가지수(E_{S1}) = $2 + 0.3 \times (4 - 2) \times 3 / 5 \times (3 - 2)$ = 2.36			
	3. 개별시설물(송수관로 1)의 구조안전성능 평가결과 = d			
종 합 평 가				
구조안전성능 평가의견				
안전성 평가결과	상태안전성능 평가지수(E_{C4})	구조안전성능 평가지수(E_{S1})	안전성능 평가지수(E_{t1})	안전성능 평가결과
	3.28	2.36	2.36	d

[표 9.68] 토목구조물의 개별시설물 안전성능 평가표 예

개별시설물 안전성능 평가표				
개별시설물명	A정수장 침전지	개별시설물 규모	철근콘크리트구조 (H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)	표번호
				No. AS-4-1
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호	No. AS-3-1, No. AS-3-2, No. AS-3-3, No. AS-3-4			
복합부재구분	상태안전성능 평가결과	상태안전성능 평가지수(E _{C3})	규모(S, m ²)	계산값(E _{C3} ×S)
A-1호 침전지	c	3.38	1,260	4,258.8
A-2호 침전지	b	3.73	1,260	4,699.8
A-3호 침전지	b	3.85	1,260	4,851.0
A-4호 침전지	c	3.14	1,260	3,956.4
합계(Σ)			5,040	17,766.0
상태안전성능 평가 의견				
상태안전성능 평가결과	1. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E _{C3}) 중 최솟값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태안전성능 평가지수(E _{C3}) 중 최댓값(Max) = 3.85 3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.85 - 3.14) = 0.213$ 4. $V_2 = \Sigma(E_{C3} \times S) / 5 \times \Sigma S = 17,766.0 / 5 \times 5,040.0 = 0.705$ 5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태안전성능 평가지수(E _{C4}) = Min + V ₁ × V ₂ = 3.14 + 0.213 × 0.705 = 3.29 6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태안전성능 평가결과 = c			
안 전 성 평 가				
안전성능 평가항목	안전율(SF)	안전성능 평가결과	안전성능 평가점수	비 고
A-1호 침전지	0.95	c	3	
A-2호 침전지	1.03	b	4	균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생
A-3호 침전지	1.12	a	5	
A-4호 침전지	0.86	d	2	
안전성능 평가 의견				
안전성능 평가 결과	1. 평가항목수 N= 4, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 5 2. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성능 평가지수(E _{S1}) = 2 + 0.3 × (5-2) × (3+4) / 5 × (4-2) = 2.63 3. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성능 평가결과 = c			
종 합 평 가				
안전성능 평가 의견				
안전성능 평가 결과	상태안전성능 평가지수(E _{C4})	안전성능 평가지수(E _{S1})	안전성능 평가지수(E _{t1})	안전성능 평가결과
	3.29	2.63	2.63	c

2) 복합시설물 안전성능 평가

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

따라서 복합시설물의 안전성능 평가는 각 개별시설물의 안전성능 평가지수(Et_1)에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고, 안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영한다. 이 때에 산정식은 아래 식을 적용하여 복합시설물의 안전성능 평가지수(Et_2)를 산출하고 복합시설물에 대한 안전성능 평가결과를 결정하며 표기는 알파벳 소문자로 표기한다.

$$\bigcirc \text{ 복합시설물의 안전성능 평가지수}(Et_2) = \sum(Et_1 \times P) / \sum P$$

여기서, Et_1 : 개별시설물의 안전성능 평가지수

P : 조정 값($=A \times S$)

A : 조정계수

S : 개별시설물별 규모(m^2 , m^3)

[표 9.69] 및 [표 9.70]은 관로와 토목구조물에 대한 복합시설물의 표준적인 안전성능 평가표 작성 예를 나타내었으며, 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 9.69] 관로의 복합시설물 안전성능 평가표 예

복합시설물 안전성능 평가표						
복합시설물명	관 로	복합시설물 규 모	$D = 1,000 \sim 1,500mm$ $L = 14,500m$		표번호	
근거(4단계) 표번호	No. GP-4-1, No. P1-4-1, No. P2-4-1, No. DP-4-1					No. PL-5-1
개별시설물 구분	안전성능 평가 결과	안전성능 평가지수(Et_1)	조정계수 (A)	규 모 (S, m³)	조정값 ($P=A \times S$)	계산값 ($Et_1 \times P$)
도수관로	b	3.84	2	1,766.3	3,532.6	13,565.2
송수관로1	d	2.48	6	6,217.3	37,303.8	92,513.4
송수관로2	c	3.01	3	5,652.0	16,956.0	51,037.6
배수관로	c	2.96	3	2,355.0	7,065.0	20,912.4
합계(Σ)				15,990.6	64,857.4	178,028.6
평가의견						
안전성능 평가결과	1. 복합시설물(관로) 안전성능 평가지수(Et_2) = $\Sigma(Et_1 \times P) / \Sigma P = 178,028.6 / 64,857.4 = 2.74$ 2. 복합시설물(관로) 안전성능 평가결과 = c					

[표 9.70] 토목구조물의 복합시설물 안전성능 평가표 예

복합시설물 안전성능 평가표						
복합시설물명	A 정수장	복합시설물 규 모	시설용량(Q) = 200,000m ³ /일			표번호
근거(4단계) 표번호	No. AG-4-1, No. AS-4-1, No. AF-4-1, No. AW-4-1					No. AT-5-1
개별시설물 구분	안전성능 평가결과	안전성능 평가지수 (Et ₁)	조정계수 (A)	규 모 (S, m ²)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et ₁ ×P)
착수정	b	3.75	2	600.0	1,200.0	4,500.0
침전지	c	2.63	3	5,040.0	15,120.0	39,765.6
여과지	c	3.39	3	1,080.0	3,240.0	10,983.6
정수지	b	4.34	2	1,400.0	2,800.0	12,152.0
합계(Σ)				8,120.0	22,360.0	67,401.2
평가의견						
안전성능 평가 결과	1. 복합시설물(A 정수장) 안전성능 평가지수(Et ₂) = Σ(Et ₁ ×P) / ΣP = 67,401.2 / 22,360.0 = 3.01 2. 복합시설물(A 정수장) 안전성능 평가결과 = c					

3) 통합시설물 안전성능 평가

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

통합시설물의 안전성능 평가는 각 복합시설물의 안전성능 평가지수(Et₂)에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고, [표 9.66]의 안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영한다. 산정식은 아래 식을 적용하며 통합시설물의 안전성능 평가지수(Et₃)를 산출한 다음 통합시설물에 대한 안전성능 평가결과를 결정하고 평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

$$\bigcirc \text{ 통합시설물의 안전성능 평가지수}(Et_3) = \Sigma(Et_2 \times P) / \Sigma P$$

여기서, Et₂ : 복합시설물의 안전성능 평가지수

P : 조정 값(=A×S)

A : 조정계수

S : 복합시설물별 규모(m³, m³/일)

[표 9.71] 관로시설물의 통합시설물 안전성능 평가표 예

통합시설물 안전성능 평가표						
통합시설물명	관로시설물	통합시설물 규 모	관로 : $D1,000 \sim 1,500mm \times L14,5km$ 터널 : $D2.5m \times 2.04km$			표번호
근거(5단계) 표번호	No. PL-5-1, No. WT-5-1					No. PF-6-1
복합시설물 구분	안전성능 평가결과	안전성능 평가지수 (Et_2)	조정계수 (A)	규 모 (S, $m^3/분$)	조정값 ($P=A \times S$)	계산값 ($Et_2 \times P$)
관 로	c	2.74	3	15,990.6	47,971.8	131,442.7
수로터널	b	4.03	2	10,008.8	20,017.6	80,670.9
합계(Σ)					67,989.4	212,113.6
평가의견						
안전성능 평가결과	1. 통합시설물(관로시설물) 안전성능 평가지수(Et_3) = $\Sigma(Et_2 \times P) / \Sigma P = 212,113.6 / 67,989.4 = 3.12$ 2. 통합시설물(관로시설물) 안전성능 평가결과 = c					

[표 9.72] 토목구조물의 통합시설물 안전성능 평가표 예

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

3) 종합시설물 안전성능 평가표 작성

(가) 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도

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

그러므로 평가단계에서 최종적으로 수행하는 종합시설물의 안전성능 평가에서는 각 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도를 반영하는 것이 필요함에 따라 [표 9.73]과 같이 통합시설물별 중요도를 정하였으며, 통합시설물별 중요도의 합은 100이 되도록 하였다. 책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 9.73] 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도(W)

통합시설물 구 분	관로시설물	토목구조물	기전설비	건축구조물
중요도(W)	47	27	13	13

○ 중요도가 규정되지 않은 추가적인 통합시설물이 있는 경우

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

○ 중요도는 제시되어 있으나 평가할 수 있는 해당 통합시설물이 없는 경우

- 그 중요도를 나머지 통합시설물에 배분한다.

(나) 종합시설물의 안전성능 평가결과

종합시설물의 안전성능 평가결과는 상기에서 정한 복합시설물별 중요도(A)와 앞에서 제시한 [표 9.66]의 안전성능 평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영한다. 평가결과는 아래 식을 적용하도록 하며 평가등급의 산출은 앞의 [표 9.65]를 참조하여 결정한다.

○ 종합시설물의 안전성능 평가지수(E_{t4}) = $\sum(E_{t3} \times P) / \sum P$

여기서, E_{t3} : 통합시설물의 안전성능 평가지수

P : 조정 값($=A \times W$)

A : 조정계수

W : 복합시설물별 중요도

다음 [표 9.74]에 종합시설물의 표준적인 안전성능 평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 9.74] 종합시설물의 안전성능 평가표 예

종합시설물 안전성능 평가표						
종합시설물명	○○상수도	종합시설물 규 모	시설용량(Q)=200,000m³/일			표번호
근거(6단계) 표번호	No. PF-6-1, No. CC-6-1, No. AC-6-1, No. ME-6-1					No. TF-7-1
통합시설물 구분	안전성능 평가결과	안전성능 평가지수 (Et ₃)	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A×W)	계산값 (Et ₃ ×P)
관로시설물	C	3.12	3	47	141.0	439.9
토목구조물	C	2.94	3	27	81.0	238.1
기전 설비	A	4.78	1	13	13.0	62.1
건축구조물	B	4.35	1	13	13.0	56.6
합계(Σ)				100	248.0	796.7
평가의견						
안전성능 평가결과	1. 종합시설물(○○상수도)의 안전성능 평가지수(Et ₄) = Σ(Et ₃ ×P) / ΣP = 796.7 / 248.0 = 3.21 2. 종합시설물(○○상수도)의 안전성능 평가결과 = C					

9.5 내구성능 평가기준 및 방법

9.5.1 일반

상수도시설물의 내구성능 평가는 크게 강재 내구성능 평가 및 콘크리트 내구성능 평가 분야로 구성된다. 강재 내구성능 평가 분야에서는 점검대상 단위관로구간 내의 세부 시설물별로 각 평가항목에 대해 평가 및 가중치를 적용하여 등급을 산정하고, 세부시설물 가중치에 따라 단위점검구간 내 내구성능 등급을 산정하며, 전체 관로에 대해서는 개별 관로구간들의 중요도는 같다는 가정 하에 시설규모를 반영하여 등급을 산정한다.

강재 관로 및 콘크리트 수로터널을 포함한 전체 관로시설물, 콘크리트 구조물 및 강구조물을 포함한 토목구조물에 대한 평가는 각 세부시설물 종류의 규모를 고려하여 평가한다.

9.5.2 강재 내구성능 평가 지표 및 기준

가. 개요

강재 내구성능 평가항목은 크게 열화진전 평가(내부적 요소)와 열화환경평가(외부적 요소)로 구분된다. 열화진전평가로는 발청 및 도장열화, 도장두께, 경과년수, 누수이며 열화환경평가는 관주변 토양종류, 토양 비저항, 토양 pH, 황산 및 염소이온, 관대지 전위차를 포함하는 토양매질환경과 해안 이격거리(비래염분), 이산화황 농도, 습도 등을 포함하는 대기환경으로 구성된다.

여기서, 발청 및 도장열화와 토양환경의 경우 각각의 평가를 위한 세부평가항목이 존재하며 가중치 비율에 따라 합산하여 평가하도록 한다.

[표 9.75] 강재 내구성능 평가항목의 구분

구분	평가항목	비고
열화진전항목	발청 및 도장열화	세부평가 실시
	도장두께	—
	경과년수	—
	누수	—
열화환경항목	토양환경	세부평가 실시
	대기환경	—

나. 평가대상 부재

상수도시설물의 강재 내구성능 평가는 강재가 적용된 부재에 대해 평가하며 대상은 관로 및 강구조물에 대해 평가한다.

[표 9.76] 강재 내구성능 평가 대상 분류

구분	평가 부재
관로시설	취수/도수/송수용 강관(배수 및 급수 관로 제외)
강구조물	강재 에어챔버, 강재 약품저장 탱크 등
기계설비	권양와이어로프 등

시설물별 평가항목 구분은 아래 표와 같다.

[표 9.77] 강재 내구성능 평가대상 시설물별 평가항목의 구분

구분	평가항목	세부 평가항목
관로시설 ¹⁾	발청 및 도장열화 ²⁾	발청, 박리, 균열, 부품
	도장두께 ²⁾	—
	경과년수	—
	토양환경(매설관로)	관주변 토양종류, 토양 비저항, 토양 pH, 황산 및 염소이온, 관대지 전위차
	대기환경(노출관로)	해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도
강구조물 ³⁾	발청 및 도장열화	발청 박리, 균열, 부품, 변색
	도장두께	—
	누수	—
	대기환경	해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도
기전설비 ⁴⁾ (권양와이어로프)	도장열화	발청
	대기환경	해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도
	직경감소	—
	소선절단	—

주1) 매설관로의 경우, 관로 노출환경(이설공사 등)이 가능한 경우 실시함

주2) 도장열화는 도장이 시공된 관로에 한하여 평가함

주3) 관로를 제외한 강구조물(강재 에어챔버, 강재 약품저장 탱크 등)에 대해 적용함

주4) 권양와이어로프의 직경감소 및 소선절단 외의 수문의 평가는 성능평가 세부지침 「수문」 편 준용

다. 강재 내구성능 평가항목 및 기준

1) 발청 및 도장열화

(가) 발청(표면부식, 녹)

[표 9.78] 발청 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		녹 면적	외관 상태
a	5	전면부식 형태의 녹 면적 0.05% 미만 또는 점녹 분포면적 1% 미만	외관상 부식이 확인되지 않거나 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태 (표준사진 등급 1)
b	4	전면부식 형태의 녹 면적 0.05% ~ 0.5% 미만 또는 점녹 분포면적 1% ~ 10% 미만	미소하게 부식이 확인되지만 부식부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태 (표준사진 등급 2)
c	3	전면부식 형태의 녹 면적 0.5% ~ 5.0% 미만 또는 점녹 분포면적 10% 이상	확실하게 부식되어 있는 상태 (표준사진 등급 3)
d	2	전면부식 형태의 녹 면적 5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 부식되어 있는 상태 (표준사진 등급 4/5)
e	1	—	—

전면부식 형태의 발청			
표준사진 등급 1	표준사진 등급 2	표준사진 등급 3	표준사진 등급 4/5
			

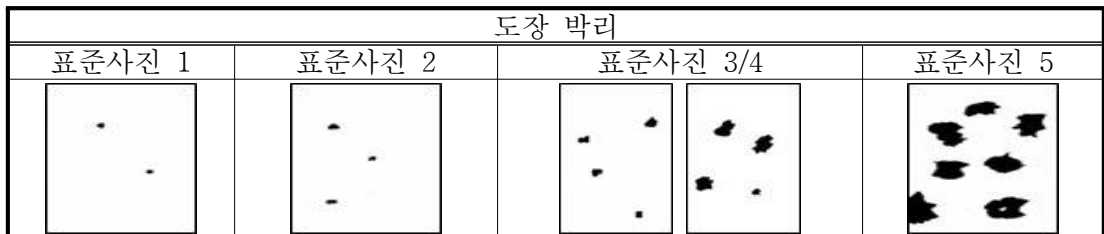
<해설>

- 점녹이라 함은 도장두께 부족이나 도장 하부의 염분입자 등으로 인해 점 모양의 부식이 발생한 것을 말함
- 열화면적 측정은 밝은 조명 아래에서 수행하며 어느 한 조사단위에 점녹 및 전면부식이 같이 발생한 것에 대한 평가의 경우, 최하 등급을 그 조사단위에 대한 등급으로 결정함

(나) 도장 박리

[표 9.79] 도장 박리 평가기준

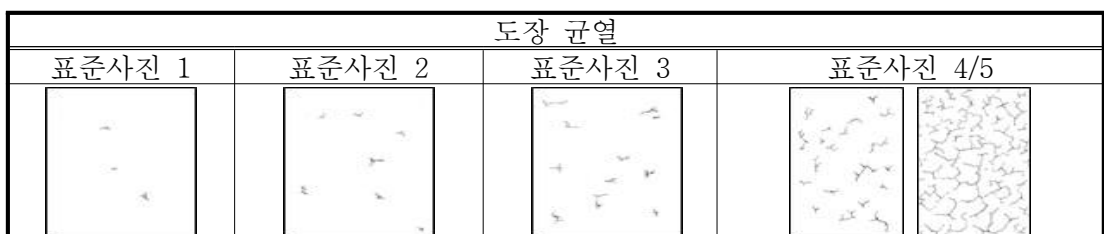
평가 기준	평가 점수	평가내용	
		도장 박리 면적	외관 상태
a	5	0.1% 미만	외관상 박리가 확인되지 않거나, 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1에 해당)
b	4	0.1% 이상 ~ 0.3% 미만	미소하게 박리가 확인되지만, 박리된 부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2에 해당)
c	3	0.3% 이상 ~ 5.0% 미만	확실하게 박리가 보이는 상태(표준사진 3~4에 해당)
d	2	5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 박리가 발생되어 있는 상태(표준사진 5 이상)
e	1	—	—



(다) 도장 균열

[표 9.80] 도장 균열 평가기준

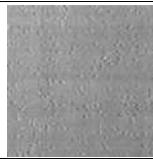
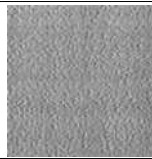
평가 기준	평가 점수	평가내용	
		도장 균열 면적	외관 상태
a	5	0.05% 미만	외관상 균열이 확인되지 않거나, 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)
b	4	0.05 이상 ~ 0.5% 미만	미소하게 균열이 확인되지만, 균열부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)
c	3	0.5% 이상 ~ 10.0% 미만	확실하게 균열이 보이는 상태(표준사진 3)
d	2	10.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 균열이 발생되어 있는 상태(표준사진 4/5)
e	1	—	—



(라) 도장 부품

[표 9.81] 도장 부품 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

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

<해설>

- 열화에 의한 부착력 상실로 인해 도장이 부풀어 오르는 현상에 대한 등급분류 기준
- 부품 등급은 부품 특성을 양(밀도)과 크기로 평가한 등급으로 검사한 영역에서 다른 부품이 나타난 경우, 시험 영역에서 전형적인 크기의 부품을 기준으로 선택하도록 함

(마) 도장 변색 및 백아화

[표 9.82] 도장 변색 및 백아화 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		도장 변색	도장 백아화
a	5	초기에 비해 거의 변화 없음	초기에 비해 변화 없음 이탈분말 부착 없음 (표준사진 1)
b	4	초기에 비해 변색되어 있음	초기에 비해 미소하게 하얗게 되어 있음 이탈분말이 미소하게 부착(표준사진 2)
c	3	초기에 비해 현저하게 변색되어 있음	초기에 비해 상당히 하얗게 되어 있음 이탈분말 부착(표준사진 3)
d	2	초기의 색이 거의 남아 있지 않음	현저하게 하얗게 되어 있음 이탈분말 부착 많음(표준사진 4)
e	1	—	—

백아화			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4
			

<해설>

- 각 표준사진에서 최우측단의 색상이 도장 본래의 색에 해당하며, 좌측의 색상은 도장 열화수준에 따라 구분됨
- 도장 변색 및 백아화는 관로에 대한 지표에서는 제외하며, 강구조물(부속시설물)에 대한 지표로 한정함
- 백아화는 도장성분 중 한 가지 또는 그 이상의 성분이 분해되어 일어나는 현상으로, 미세한 분말이 도장의 표면에 약하게 부착되어 있는 것으로 보이는 결모양임

2) 도장두께

[표 9.83] 도장두께 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		시방서 및 시공기준 대비 허용두께 불만족 비율	비고
a	5	5% 미만	- 수도용 도복장강관에 적용
b	4	5% 이상 ~ 30% 미만	
c	3	30% 이상 ~ 70% 미만	
d	2	70% 이상	
e	1	—	

<해설>

- 조사단위면적 내 5개소를 측정하며 1개소당 3개 지점의 평균값을 사용함
- 대상 조사구역 내의 시방서 및 시공기준 대비 도장 허용두께 불만족 비율로 평가
- 도장 최소두께 및 최대두께 : 건설기준코드(구 시방서) 및 도장 제조업체에서는 제공하는 도장종류에 따른 도장두께를 사용하며, 최소 또는 최대값이 명시되어 있지 않는 경우에는 일반적으로 규준두께의 80%를 최소두께, 120%를 최대두께를 사용함

- 도장 허용두께 : 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 함
- 조사단위면적 내 5개소의 최종 평균값은 건설기준코드(구 시방서) 최솟값 및 최댓값의 범위에 있어야함

3) 경과년수

[표 9.84] 경과년수 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		경과년수	비고
a	5	10 미만	- 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용 - 관로의 설치년도로부터 성능평가 완료일까지의 경과년수 적용
b	4	10 이상 ~ 20 미만	
c	3	20 이상 ~ 30 미만	
d	2	30 이상 ~ 40 미만	
e	1	40 이상	

4) 누수

[표 9.85] 강재 누수 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		상태 정의	비고
a	5	깨끗한 상태	현재에는 누수 발생이 없고 과거에도 누수 발생 흔적이 없음
b	4	건조 상태	현재에는 누수 발생이 없으나 과거에는 누수 발생 흔적이 있음
c	3	습윤 상태	과거의 누수 발생 여부와 상관없이 현재 결로와 같은 경미한 누수가 발생
d	2	젖음 상태	과거의 누수 발생 여부와 상관없이 현재 흐르는 물줄기 혹은 떨어지는 물방울을 관찰할 수 있을 만큼 심각한 누수가 발생
e	1	—	—

<해설>

- 관로를 제외한 강구조물에 적용함(관로에 대한 누수 평가는 상태안전성능에서 평가)

5) 토양환경

(가) 관주변 토양종류

[표 9.86] 관주변 토양종류 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		토양종류	비고
a	5	모래	- 수도용 도복장 강관과 주철관 모두 동일한 기준으로 적용
b	4	실트	
c	3	점토	
d	2	석탄질 토양, 오염 토양	
e	1	쇄석	

<해설>

- 삼각도표에 의한 토양종류를 기준으로 하고, 석탄질 토양, 오염 토양, 쇄석을 추가함
- 토양시료를 채취하여 시험실 분석에 의한 결과와 현장에서 측정된 결과를 기준으로 하며, 최근에 시험한 자료가 있을 경우에는 그 결과를 활용

(나) 토양 비저항

[표 9.87] 토양비저항 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		토양비저항($\Omega\cdot\text{cm}$)	비고
a	5	10,000 이상	- 수도용 도복장 강관과 주철관 모두 동일한 기준으로 적용
b	4	5,000 ~ 10,000 미만	
c	3	2,000 ~ 5,000 미만	
d	2	700 ~ 2,000 미만	
e	1	700 미만	

(다) 토양 pH

[표 9.88] 토양 pH 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		토양 pH	비고
a	5	8.5 이상	- 수도용 도복장강관과 주철관 모두 동일한 기준으로 적용
b	4	6 ~ 8.5 미만	
c	3	4 ~ 6 미만	- 필요한 경우, 책임기술자의 판단에 따라 산화환원전위(Redox 전위) 측정 * 토양 pH가 6 이상이나(a~b), Redox 전위가 50mV 이하인 경우 d를 부여함
d	2	2 ~ 4 미만	
e	1	2 미만	

(라) 황산 및 염소이온

[표 9.89] 황산 및 염소이온 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		황산이온 및 염소이온 함량(mg/kg)	비고
a	5	황산이온 200 미만 또는 염소이온 100 미만	- 수도권 도복장강관과 주철관 모두 동일한 기준으로 적용
b	4	황산이온 200~300 미만 또는 염소이온 100~150 미만	
c	3	황산이온 300~400 미만 또는 염소이온 150~200 미만	
d	2	황산이온 400~500 미만 또는 염소이온 200~250 미만	
e	1	황산이온 500 이상 또는 염소이온 250 이상	

(마) 관대지 전위차

[표 9.90] 관대지 전위차 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		관대지전위차(mV)	비고
a	5	(-)850 ~ (-)2500	- 수도권 도복장강관에 적용
b	4	(-)650 ~ (-)850 미만 또는 (-)2500 이하	
c	3	(-)400 ~ (-)650 미만	
d	2	0 ~ (-)400 미만	
e	1	0 이상	

6) 대기환경 (해안 이격거리/이산화황 농도/습도)

[표 9.91] 대기환경의 평가기준

연간 젖음 시간 (일)	해안 이격거리 (m) 이산화황 (ppm)	동해안		서해안		남해안		동해안		서해안		남해안		동해안		서해안		남해안	
		전지역	고창 · 태안	그 외 지역	사천 · 거제	그 외 지역	전지역	고창 · 태안	그 외 지역	사천 · 거제	그 외 지역	전지역	고창 · 태안	그 외 지역	사천 · 거제	그 외 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 설정하였다.
- 부식속도가 높음 및 매우 높은 경우 이에 대해 각각 “b”등급 및 “c”등급 적용한다

7) 권양와이어 직경 감소

[표 9.92] 와이어로프 직경감소 평가기준

평가 기준	평가 점수	와이어로프 직경 감소
a	5	없음 또는 1% 미만
b	4	1% 이상, 4% 미만
c	3	4% 이상, 7% 미만
d	2	7% 이상
e	1	—

<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 직경값 또한 준공당시와 같은 부하상태에서의 직경을 기준으로 함

8) 권양와이어 소선 절단

[표 9.93] 와이어로프 소선절단 평가기준

평가 기준	평가 점수	와이어로프 소선 절단
a	5	없음 또는 1% 미만
b	4	1% 이상, 5% 미만
c	3	5% 이상, 10% 미만
d	2	10% 이상
e	1	—

<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

라. 강재 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

강재 내구성능 평가결과 산정방법은 평가항목별 가중치 및 부재별 가중치에 따라 관로의 강재내구성능을 평가하는 방법으로 강재 내구성능 평가 예시는 아래 그림을 참조하도록 한다.



[그림 9.4] 강재 내구성능 평가 예시

2) 세부평가항목별 가중치 적용

(가) 발청 및 도장열화 세부평가항목 가중치

강재의 발청, 도장의 박리, 균열, 부품, 변색 및 백아화 등 각 지표별 평가결과에 의한 열화정도를 점수화하고, 아래 표와 같은 각 지표별 가중치를 적용 및 합산하여 발청 및 도장열화에 대한 평가점수를 산정한다.

[표 9.94] 발청 및 도장열화 세부평가항목에 대한 가중치

구분	발청	박리	균열	부품	변색	비고
관로	53	21	10	16	—	
강구조물	50	20	10	15	5	
기전설비	100	—	—	—	—	권양와이어

(나) 토양환경 세부평가항목 가중치

토양환경에 속하는 각 항목별 평가결과를 점수화하고, 아래 표와 같은 각 항목별 가중치를 적용 및 합산하여 토양환경에 대한 평가점수를 산정한다.

[표 9.95] 토양환경 세부평가항목에 대한 가중치

구분	관주변 토양종류	토양 비저항	토양 pH	황산 및 염소이온	관대지전위차
관로	17	29	15	17	22

(다) 세부평가항목별 점수범위에 따른 분류

[표 9.96] 세부평가항목 가중치 합산 점수범위에 따른 분류 기준

기준	a	b	c	d	e
점수에 따른 평가항목 기준	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0
세부평가항목 가중치 합산점수	5.0 ~ 4.5 이상	4.5 미만 ~ 3.5 이상	3.5 미만 ~ 2.5 이상	2.5 미만 ~ 1.5 이상	1.5 미만 ~ 1.0 이상

3) 강제 내구성능 평가항목별 가중치 적용

상수도시설물의 강제 내구성에 대해 개별부재를 평가하기 위해서는 각 평가항목별 가중치를 반영하는 것이 필요하다. 각 평가항목의 가중치 합은 100이 되도록 하며, 평가에서 제외된 항목이 있는 경우 가중치의 합이 100이 되도록 가중치를 조정할 수 있다.

[표 9.97] 강제 내구성능 평가항목별 가중치

구분		발청 및 도장열화	도장 두께	경과년수	누수	환경	
						토양	대기
관로	매설관로	26	21	36	—	17	—
	노출관로	29	23	37	—	—	11
강구조물	내부	36	23	—	29	—	12
	외부	37	27	—	18	—	18

<해설>

- 가중치 조정 예 : 노출관로에서 발청 및 도장열화가 제외되는 경우, 제외되는 가중치를 원 가중치 비율을 고려하여 타 지표에 배분함
- 강구조물 중, 강제 연락교의 경우 세부지침 「교량」 편 강제 내구성능 평가방법에 따르며 평가 항목별 가중치는 발청 및 도장열화 : 도장두께 : 대기환경 = 67 : 22 : 11 으로 사용

[표 9.98] 강제 내구성능 기전설비(권양와이어) 평가항목별 가중치

구분	발청	대기환경	직경감소	소선절단
권양와이어	25	20	20	35

4) 관로 개별부재 종류에 따른 가중치 적용

관로 개별시설물 평가를 수행하기 위해 관로의 개별부재간 가중치를 반영하도록 한다.

[표 9.99] 강제 내구성능 관로 개별부재 종류에 따른 가중치

세부시설	가중치
관로	80
밸브실	20

5) 관로 개별 시설물별 평가점수 산정

점검대상 관로구간 간의 가중치로서 개별 관로구간의 중요도가 같다는 가정 하에 시설 규모를 반영하여 등급점수 산정한다.

$$\text{평가점수} = \text{Min} + V_1 \times V_2$$

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

$$V_2 = \Sigma(\text{EC} \times \text{S}) / 5 \times \Sigma \text{S}$$

EC = 개별 관로구간 평가점수

S = 관로구간별 규모

Max = 관로구간 평가점수 중 최댓값

Min = 관로구간 평가점수 중 최솟값

마. 강제 내구성능 평가결과 산정 예시

1) 대상 상수도시설물 선정

강제내구성능 평가를 위해 선정한 상수도시설물의 주요 제원 및 환경조건은 다음 표와 같다.

[표 9.100] 강제 내구성능 평가를 주요 제원 및 환경조건

상수도 시설명	○○ 상수도
관로구간 분할	송수관로구간 1 ~ 3
단위 점검구간 및 세부시설	- 관로구간 1: 관로구간 1-1(100m) 및 1-2(100m), 밸브실 1-1 및 1-2 - 관로구간 2: 관로구간 2-1(100m), 밸브실 2-1 - 관로구간 3: 관로구간 3-1(100m) 및 3-2(100m), 밸브실 3-1 및 3-2
관로구간별 규모	- 관로구간 1: 2,035m ³ - 관로구간 2: 2,035m ³ - 관로구간 3: 2,148m ³
관중/관경 및 도장	폴리에틸렌 분체라이닝 강관(4호, 호칭경 600mm) 시방서 기준 내면 피복두께: 0.5 mm 시방서 기준 외면 피복두께: 2.2 mm
관로 경과년수	10년 (시공후 유지보수 이력 없음)
관로 주변환경	전구간 토양매설(지반조건 및 매설현황 일정)
주변환경	- 해안 이격거리: 서해안으로부터 44km (고창/태안 이외 지역) - 이산화황 농도: 0.0038ppm - 습도(연간 젖음시간(일)): 75일

2) 1단계 : 평가항목별(지표별) 평가 및 개별부재 평가결과 산정

(가) 발청 및 도장열화 평가

- 점검대상 관로구간 내의 세부시설물(관로 및 밸브실 관로)별로 각 세부지표에 대한 평가기준에 따라 평가한다.
- 예로써 관로의 발청에 대한 평가결과는 아래와 같으며, 밸브실에 대해서도 유사한 방법으로 평가한다.

[표 9.101] 관로 발청 평가 예

관로 발청				
관로구간	단위 점검구간	발청 면적율(%)	평가결과	평가점수
1	1-1	전면부식 0.2, 점녹 5.0	b	4
	1-2	전면부식 0.1, 점녹 4.0	b	4
2	2-1	전면부식 (-), 점녹 1.0	b	4
3	3-1	전면부식 0.3, 점녹 12.0	c	3
	3-2	전면부식 0.02, 점녹 (-)	a	5

[표 9.102] 관로 발청 및 도장열화 평가 예

관로 발청 및 도장열화 종합							
관로구간	단위점검 구간	발청	박리	균열	부품	발청및도장열화 평가점수*	평가 결과
1	1-1	4	3	4	4	3.79	b
	1-2	4	3	4	4	3.79	b
2	2-1	4	3	5	4	3.89	b
3	3-1	3	2	4	3	2.89	c
	3-2	5	4	4	4	4.53	a

주) 각 세부지표 평점에 세부지표별 가중치를 적용한 후 합산한 결과

[표 9.103] 밸브실 관로 발청 및 도장열화 평가 예

밸브실 관로 도장열화 종합							
관로구간	밸브실	발청	박리	균열	부품	발청 및 도장 열화 평가점수※	평가 결과
1	1-1	5	4	5	5	b	4.79
	1-2	5	4	5	5	b	4.79
2	2-1	5	4	5	5	b	4.79
3	3-1	4	4	4	5	c	4.16
	3-2	5	4	4	5	b	4.69

주) 각 세부지표 평점에 세부지표별 가중치를 적용한 후 합산한 결과

(나) 도장두께 평가

점검대상 관로구간 내의 세부시설물(관로 및 밸브실 관로)별로 관체의 도장 두께에 대해 평가기준에 따라 등급을 결정한다.

[표 9.104] 도장두께 평가 예

도장두께					
관로구간	단위 점검구간	5개소 평균두께(mm)	허용두께 미달 비율	평가결과	평가점수
1	1-1	2.30 (104.5%)*	0	a	5
	1-2	2.40 (109.1%)	0	a	5
2	2-1	2.30 (104.5%)	0	a	5
3	3-1	2.35 (106.8%)	0	a	5
	3-2	2.1 (95.45%)	0	a	5

주) 지방서 기준 두께 대비 점검시 두께

(다) 경과년수 평가

- 점검대상 관로구간 내의 세부시설물(관로 및 밸브실 관로)별로 시공 및 유지관리 이력자료를 근거로 평가한다.

[표 9.105] 관로 경과년수 평가 예

관로				
관로구간	단위 점검구간	경과년수	평가결과	평가점수
1	1-1	10	b	4
	1-2			
2	2-1			
3	3-1			
	3-2			

[표 9.106] 밸브실 경과년수 평가 예

밸브실				
관로구간	밸브실	경과년수	평가결과	평가점수
1	1-1	10	b	4
	1-2			
2	2-1			
3	3-1			
	3-2			

(라) 토양매설 환경

- 매설 관로의 토양환경에 대한 평가로서 점검 대상구역 전체에 대해 관주변토양 종류/토양비저항/토양pH/황산및염소이온/관대지전위차 등 각 세부지표의 평가 기준에 따라 평가한다.
- 각 세부지표에 대한 평가결과를 평가기준에 따라 점수화하고, 가중치 적용 및 합산하여 토양환경을 결정한다.

[표 9.107] 토양매설환경 평가 예

토양매설환경								
관로구간	단위점검 구간	관주변 토양종류	토양 비저항	토양 pH	황산 및 염소이온	관대지 전위차	평가결과	평가점수
1	1-1	3	3	4	3	3	c	3.15
	1-2							
2	2-1							
3	3-1							
	3-2							

(마) 대기환경 평가

- 대기환경에 대한 평가는 점검 대상구역 전체에 대해 해안이격거리/이산화황농도/습도 등의 세부지표별 평가기준에 따라 평가한다.

[표 9.108] 대기환경 평가 예

평가항목		측정값	평가결과	평가점수
대기 환경	해안 이격거리	서해안으로부터 44 km	a	5
	연간 젖음시간(일)	75일		
	이산화황 농도	0.0038 ppm		

주) 지역적인 특성을 고려하여 전체시설물에 동일하게 대기환경 평가

(바) 관로 개별부재 평가결과 산정

- 점검대상 관로구간 내의 세부시설물(관로 및 밸브실 관로)별로 각 평가항목에 대한 평가결과에 평가항목별 가중치를 적용 및 합산하여 등급을 산정한다.

[표 9.109] 관로 강제 내구성능 개별부재 평가 예

관로 개별부재 평가								
관로 구간	단위점검 구간	발청 및 도장열화	도장 두께	경과년수	토양환경	대기환경	평가점수	평가결과
1	1-1	3.79	5	4	3.15	해당없음	4.01	b
	1-2	3.79	5	4	3.15		4.01	b
2	2-1	3.89	5	4	3.15		4.04	b
3	3-1	2.89	5	4	3.15		3.78	b
	3-2	4.53	5	4	3.15		4.20	b

[표 9.110] 밸브실 강제 내구성능 개별부재 평가 예

밸브실 개별부재 평가								
관로 구간	밸브실	발청 및 도장열화	도장 두께	경과년수	토양환경	대기환경	평가점수	평가결과
1	1-1	4.35	5	4	3.15	해당없음	4.26	b
	1-2	4.35	5	4	3.15		4.26	b
2	2-1	4.35	5	4	3.15		4.26	b
3	3-1	3.65	5	4	3.15		4.07	b
	3-2	4.23	5	4	3.15		4.23	b

3) 2단계 : 관로 복합부재 가중치에 따라 관로구간내 단위점검구간의 평가결과 산정

[표 9.111] 관로 강제 내구성능 복합부재 평가 예

관로 복합부재 평가					
관로구간	단위 점검구간 관로 및 밸브실	세부시설별 평점	가중치	평가점수	평가결과
1	관로구간 1-1	4.01	80/2	4.06	b
	관로구간 1-2	4.01	80/2		
	밸브실 1-1	4.26	20/2		
	밸브실 1-2	4.26	20/2		
2	관로구간 2-1	4.04	80	4.08	b
	밸브실 2-1	4.26	20		
3	관로구간 3-1	3.78	80/2	4.02	b
	관로구간 3-2	4.20	80/2		
	밸브실 3-1	4.07	20/2		
	밸브실 3-2	4.23	20/2		

4) 3단계 : 관로 개별시설물 가중치에 따라 관로구간 전체의 평가결과 산정

○ 관로 복합부재에 시설규모를 반영하여 등급점수 산정한다.

[표 9.112] 관로 강제 내구성능 개별시설물 평가 예

관로 개별시설물 평가					
관로구간	관로구간별평점 (V_1)	시설규모(m^3) (V_2)	계산값 ($V_1 \times V_2$)	평가점수	평가결과
1	4.06	2,035	8,384	4.07	b
2	4.08	2,035	8,445		
3	4.02	2,148	8,785		
합계		6,218	25,614		
1.관로(송수관로)구간 평가점수 중 최솟값(Min) = 4.02 2.관로(송수관로)구간 평가점수 중 최댓값(Max) = 4.08 3. $V_1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.062$ 4. $V_2 = \Sigma(E_C \times S)/5 \times \Sigma S = 25614/(5 \times 6218) = 0.824$ 5.관로(송수관로) 전체 내구 평점 = $Min + V_1 \times V_2 = 4.02 + 0.062 \times 0.824 = 4.07$ 6.관로(송수관로) 전체 내구 등급 = b					

- 5) 4단계 : 관로 복합시설물 가중치에 따라 관로구간 전체의 평가결과 산정
 ○ 관로 개별시설물평가에 시설규모를 반영하여 등급점수 산정한다.

[표 9.113] 관로 강제 내구성능 평가 예

관로 개별시설물 평가					
관로구간	관로구간별평점 (V_1)	시설규모(m^3) (V_2)	계산값 ($V_1 \times V_2$)	평가점수	평가결과
도수관로	3.84	8,538	32,785.9	4.01	b
취수관로	4.01	12,807	51,356.1		
송수관로	4.07	25,614	104,249.9		
합계		46,959	188,391.9		
1. 관로 강재 내구성능 평점 = $\Sigma(E_c \times S) / \Sigma S = 188,391.9 / 46,959 = 4.01$					
2. 관로 강재 내구성능 평가결과 = b					

9.5.3 콘크리트 내구성능 평가항목 및 기준

가. 개요

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경과 토양pH, 황산이온, 염소이온에 따른 토양환경이다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 대상 시설물의 내구성능 종합성능등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 종합성능등급 산정에는 활용하지 않고 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

[표 9.114] 콘크리트 내구성능 평가항목의 구분

구분	평가항목	비고
열화진전항목	염화물 침투량 탄산화 깊이 피복(표면부) 콘크리트의 품질	부재 수준 평가
열화환경항목	동해환경 토양환경	전체 시설물 대상

나. 평가대상 부재

상수도시설물에 대하여 콘크리트 내구성능 평가를 실시하며, 부재별 가중치를 고려하지 않은 개별시설물 형식으로 적용한다.

[표 9.115] 콘크리트 내구성능 평가대상 시설물별 평가항목의 구분

구분		평가항목	
		열화진전항목	열화환경항목
관로 ¹⁾ 및 토목구조물	철근 콘크리트	염화물 침투량(염해환경 ²⁾ 인 경우 실시) 탄산화 깊이 피복 콘크리트의 품질	동해환경 토양환경
	무근 콘크리트	피복(표면부) 콘크리트의 품질	동해환경 토양환경
수로터널	철근 콘크리트	탄산화 깊이 피복 콘크리트의 품질	동해환경 토양환경
	무근 콘크리트	피복(표면부) 콘크리트의 품질	동해환경 토양환경

주1) 밸브실 및 조절지에 대해 콘크리트 내구성능 평가 수행함

주2) 염해환경은 소독제로 액화염소 등을 사용하여 염해의 가능성이 있는 수구조물 등에 대한 환경을 의미함. 단, 염화물 침투량의 수행은 과업에서 책임기술자가 판단하도록 함

다. 콘크리트 내구성능 평가항목 및 기준

1) 염화물 침투량

- 상수도시설물은 기본적으로 염해를 입지 않는 환경조건에 놓여있다고 가정하나, 환경에 따라 또는 책임기술자 판단에 따라 염화물 침투량에 대한 평가를 실시할 수 있다.

[표 9.116] 염화물 침투량 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		철근부 전염화물 침투량 C_r 가 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점	철근부 전염화물 침투량 $C_d(kg/m^3)$
a	5	30년 초과	0.3 이하
b	4	20년 초과 ~ 30년 이하	$0.3 < C_d \leq 0.6$
c	3	10년 초과 ~ 20년 이하	$0.6 < C_d \leq 1.2$
d	2	5년 초과 ~ 10년 이하	$1.2 < C_d < 2.5$
e	1	5년 이하	2.5 이상

<해설>

- 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 평가결과로 설정함
- “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 것임
- 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 때문임
- 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 짧을수록 낮은 등급을 부여함
- 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 참고함
- 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 9.117] 탄산화 깊이에 따른 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	비고
a	5	30년 초과	점검결과로부터 탄산화 속도계수를 산정 후, T 계산 탄산화 속도계수 $A = \frac{D}{\sqrt{t}}$ $T = \left[\frac{\text{설계피복두께}}{\text{탄산화속도계수}} \right]^2 - t$ (T : 잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간, D : 탄산화 깊이, t : 공용연수)
b	4	$20\text{년} < T \leq 30\text{년}$	
c	3	$10\text{년} < T \leq 20\text{년}$	
d	2	$5\text{년} < T \leq 10\text{년}$	
e	1	5년 이하	

<해설>

- 공용연수와 이에 따른 탄산화 속도계수를 고려하여 잔여피복두께가 모두 탄산화되는 시간 T 를 구하는 시간적 개념을 포함함
- 피복두께 실측치가 있는 경우 설계피복두께가 아닌 실측치를 활용하여 평가를 진행한다
- “e”등급을 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 탄산화 될 가능성을 고려한 것임
- 또한, 30년 초과를 “a”등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것임

3) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

- 피복(표면부) 콘크리트의 품질은 설계강도값과 건전부/비건전부를 적용하여 평가하며 2개의 방법 중, 낮은 평가결과를 사용한다.
- 피복(표면부) 콘크리트의 공용 중, 품질저하는 동해(수분의 공급과 동결융해 사이클이 필요) 등과 같은 열화요인에 의하여 국부적으로 나타날 수 있다.

(가) 설계강도값과 비교할 경우

[표 9.118] 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	비고
a	5	$100\% \leq q_{cl}^{1)}$	피복 콘크리트의 내구성이 양호
b	4	$90\% \leq q_{cl} < 100\%$	동해 등에 의해 피복 콘크리트의 내구성이 저하되기 시작함
c	3	$q_{cl} < 90\%$	동해 등에 의해 피복 콘크리트의 내구성이 저하되기 진전된 상태
d	2	—	—
e	1	—	—

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

<해설>

- 피복(표면부) 콘크리트의 품질은 슈미트해머를 이용해 반발정도를 측정하여 표면부 콘크리트의 내구성능 저하상태를 평가함
- a등급은 강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상으로 피복 콘크리트의 내구성능이 양호한 상태이며, b등급은 약 10% 정도까지 설계값을 밑도는 것으로 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하되었을 가능성이 있음
- c등급은 강도 추정값이 설계값 대비 10% 초과 저하되었을 경우이며, 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하가 진전된 상태임

(나) 건전부/비건전부를 비교할 경우

[표 9.119] 건전부/비건전부의 상대적 비교에 따른 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	비고
a	5	$95\% \leq q_{c2}^{1)}$	건전부 대비 큰 차이를 보이지 않음
b	4	$85\% \leq q_{c2} < 95\%$	동해 등에 의해 피복 콘크리트의 내구성이 저하되기 시작함
c	3	$q_{c2} < 85\%$	동해 등에 의해 피복 콘크리트의 내구성이 저하되기 진전된 상태
d	2	—	—
e	1	—	—

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

<해설>

- 건전부와 비건전부를 상대적으로 비교하는 방법으로 측정된 반발경도값을 통하여, 반발경도값을 직접 비교하여 판정하는 방법을 적용함
- 동일한 건전부끼리 상호비교하더라도 두 지점간에 일부 편차가 있을 수 있다는 가정 하에 약 5% 정도의 편차를 반영하여 95% 이상일 경우 “a”등급으로 설정하며, 85% 미만일 경우 “c”로 평가함
- 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 9.120] 동해환경 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	비고
a	5	$X < 3$	기상청 데이터를 기반으로 동결융해 반복일수를 계산하여 평가에 사용
b	4	$3 \leq X < 50$	
c	3	$50 \leq X$	
d	2	—	
e	1	—	

주) 상수도시설물의 경우, 시설물이 광역적으로 분포하므로 행정구역이 상이한 경우는 행정구역별 동해환경을 평가함

<해설>

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

5) 토양환경

[표 9.121] 토양환경 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용
a	5	$\text{pH} \geq 7$ 이상 또는 황산염 질량비 $< 0.2\%$ 또는 염소이온 $\leq 500 \text{ ppm}$
b	4	$5 \leq \text{pH} < 7$ 또는 $0.2\% \leq \text{황산염 질량비} < 2.0\%$ 또는 $500\text{ppm} < \text{염소이온} \leq 1,000\text{ppm}$
c	3	$\text{pH} < 5$ 이하 또는 황산염 질량비 $\geq 2.0\%$ 또는 염소이온 $> 1,000 \text{ ppm}$
d	2	—
e	1	—

<해설>

- 관로의 경우, 토양환경의 평가는 책임기술자의 판단에 따름
- 토목시설물이 한 부지 내에 있는 경우, 1개 시설물을 선정하여 토양환경을 평가함
- 공업지역은 pH 5~6, 농업지역 pH 5~7, 일반지역 pH 6~7, 산악지역 pH 5~6, 해안지역의 경우 pH 8~10 정도를 보이는 경향이 있음
- 토양의 경우, 산성비 및 기타 수분이 토양 속에 포화되어 지하 콘크리트의 표면과 접촉하며 중화에 의한 알칼리 손실이 발생함
- 염소이온의 경우 토양내 수분에 의하여 확산이 활발히 이루어질 수 있으며 콘크리트 표면과 지속적으로 접촉할 시 콘크리트의 내구성능 저하를 일으킬 수 있음

라. 콘크리트 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

콘크리트 내구성능 평가결과 산정방법은 내구성능 평가 지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저등급을 반영한다. 열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다.

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

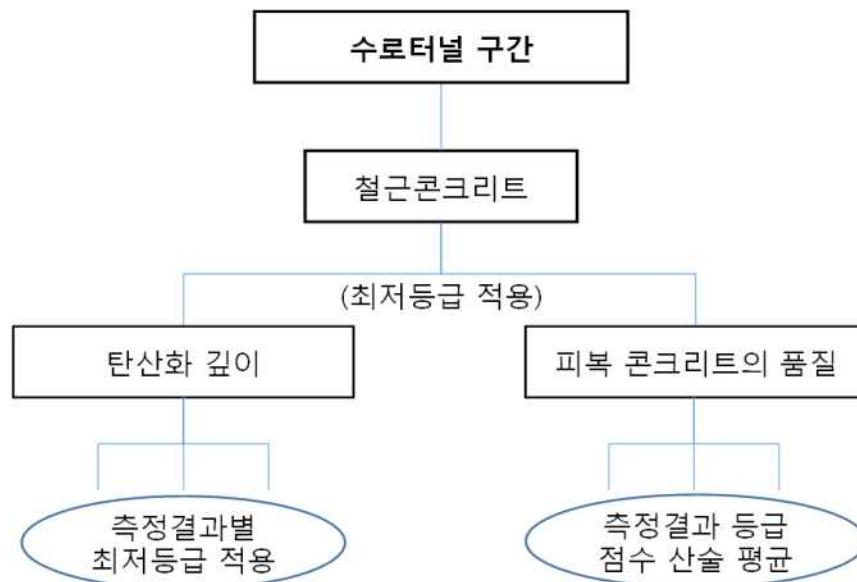
2) 결과산정절차 일반

(가) 열화진전평가(부재수준의 평가)

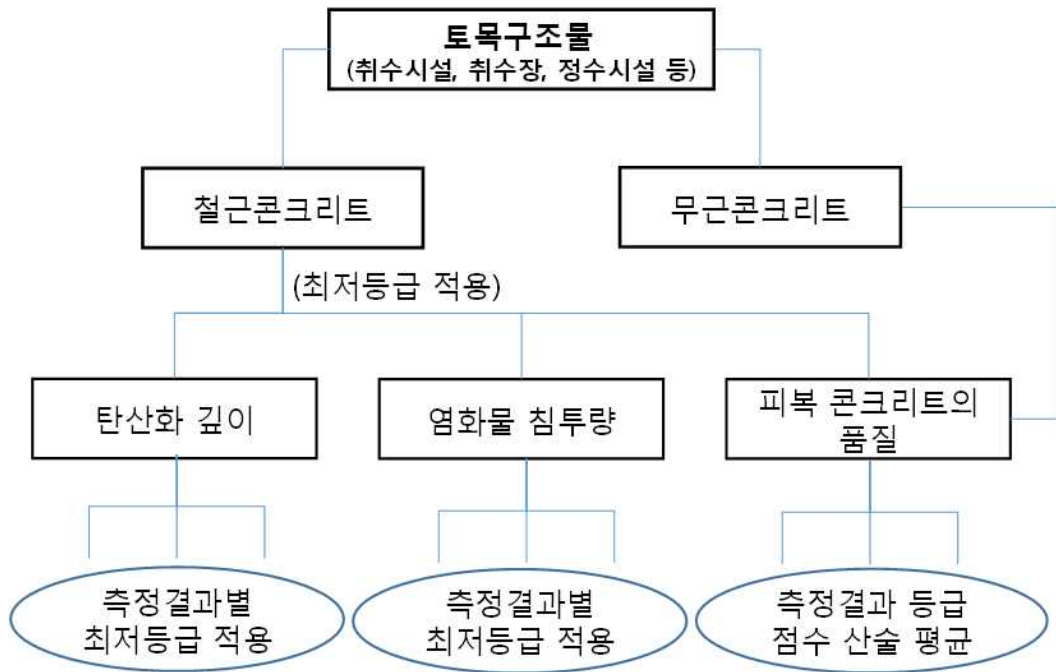
콘크리트 내구성능 평가에 있어 열화진전평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트의 품질의 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다.

각 콘크리트 내구성능 평가를 함에 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 평가결과가 대상 부재의 내구성능 등급이 됨
 - 다만, 피복 콘크리트의 품질은 측정된 개소별 각각의 평가점수를 산술평균함
- 각 세부 부재별 열화진전평가에 대한 내구성능 평가항목은 아래와 같으며 수로터널과 토목구조물을 분리하여 평가하고, 철근콘크리트와 무근콘크리트로 구분하여 평가한다.



[그림 9.5] 내구성능 항목별 세부 평가방법 수로터널 예시



[그림 9.6] 내구성능 항목별 세부 평가방법 토목구조물 예시

(나) 열화환경평가(전체 시설물 대상)

내구성능 평가에 있어 열화환경평가는 동해환경, 토양환경의 열화환경평가 지표로 이루어지며 염해의 가능성이 있다고 판단되는 경우에 한하여 염해환경을 추가적으로 평가할 수 있다(‘염해환경의 평가기준은 「댐」 편 참조).

열화환경평가는 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하며, 평가결과는 열화진전평가와는 별도로 관리하여 대상 구조물의 유지관리 활동에 활용한다.

[표 9.122] 콘크리트 내구성능 열화환경 평가기준

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

(다) 세부부재 등급 산정에 따라 시설물 전체 등급 산정

상수도시설물의 콘크리트 내구성능 평가결과는 최종적으로 아래와 같이 나타내며 구조물별로 부재별 가중치는 적용하지 않는다.

○ 등급별 평가점수 및 지수범위

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

[표 9.123] 등급별 평가점수

a	b	c	d	e
5	4	3	2	1

[표 9.124] 등급별 평가지수 범위

a	b	c	d	e
$4.5 \leq X \leq 5$	$3.5 \leq X < 4.5$	$2.5 \leq X < 3.5$	$1.5 \leq X < 2.5$	$1 \leq X < 1.5$

[표 9.125] 콘크리트 내구성능 열화진전평가

구분	시설별	평가기준	비고
관로시설	밸브실	a ~ e	밸브실 별
	조절지	a ~ e	단일 부재별
	수로터널	a ~ e	구간별
토목구조물	취수시설, 취수장, 정수시설, 가압장, 배수지 등	a ~ e	단일 부재별

[표 9.126] 콘크리트 내구성능 열화환경평가

열화환경지표	평가기준	비고
동해환경	a or b or c	동결융해 사이클이 반복됨에 따라 표면부터 내구성능이 저하하게 되며, 수분의 공급이 용이한 부재에서 발생할 가능성이 큼
토양환경	a or b or c	토양에 매립된 구조물에 한하여 실시함

마. 콘크리트 내구성능 평가결과 산정 예시

1) 대상 상수도시설물 선정

콘크리트 내구성능 평가를 위해 선정한 상수도시설물의 주요 제원 및 환경조건은 다음 표와 같다.

[표 9.127] 대상 상수도 시설물 예시

시설물 종류	가압장(착수정)
콘크리트	일반 RC
피복 두께	50mm
공용연수	20년
지역	과천

1) 열화진전평가

(가) 염화물 침투량

- 염화물 침투량 시험은 철근을 피하여 철근 깊이까지 콘크리트 코어를 채취한 후 10~20mm 간격으로 절단하며 3개소 이상 평가한다.
- 염화물 침투량 평가등급은 철근부를 기준으로 평가한다.
- 부재별 평가등급은 측정 위치별 등급 중 최소등급을 적용한다.
- 대상 콘크리트 부재의 피복두께는 50mm로, 코어 시편을 채취하여 15mm 간격으로 절단하여 각 코어별로 4개의 깊이별 측정결과 확보한다.

[표 9.128] 염화물 침투량 평가 예

열화진전 평가항목	측정 위치	깊이별 염화물 침투량 (kg/m^3)				철근부 개별 평가결과	평가결과
		표면부	중간부		철근부		
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45 mm		
염화물 침투량	가압장 No.1	1.5 (d)	1.05 (c)	0.4 (b)	0.1 (a)	a	c
	가압장 No.2	4.5 (e)	3.5 (e)	1.8 (d)	0.8 (c)	c	

[표 9.129] 염화물 확산계수 산출 예

계산 항목	측정위치	깊이별 염화물 확산계수 ($cm^2/year$)			
		표면부	중간부		철근부
		0-2 mm	2-15 mm	15-30 mm	30-45 mm
염화물 확산계수	가압장 No.1	—	—	0.103	—
	가압장 No.2	—	—	—	0.194

※ 확산계수는 깊이별로 산출할 수도 있음

[표 9.130] 철근부의 전염화물 침투량이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점 평가 예

열화진전 평가항목	측정위치 No.	계산 결과 (year)	개별 평가등급	평가등급
철근부 전염화물 침투량 C_r 가 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점	가압장 No.1	30년 초과	a	a
	가압장 No.2	30년 초과	a	

[표 9.131] 염화물 침투량 최종 평가결과 예

시설물 구분	염화물 침투량 평가	철근부의 전염화물 침투량이 $2.5(kg/m^3)$ 가 되는 시점 평가
가압장	c	a
	최저 평가기준 적용 : c	

(나) 탄산화 깊이 평가

- 탄산화 깊이는 2개소에서 측정하며, 1개 세부부재 내에서는 개별 평가결과 중 최저등급을 대상부재의 탄산화 깊이에 대한 평가결과로 한다.

[표 9.132] 탄산화 깊이 평가 예

열화진전 평가항목	측정 위치	탄산화 깊이(mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	평가결과	
					개별	구역별
탄산화 깊이	No.1	9	2.0	30년 초과	a	b
	No.2	32	7.2	29	b	

(다) 피복 콘크리트 품질 평가

○ 피복 콘크리트의 품질은 4개소에서 측정하였다.

[표 9.133] 피복 콘크리트의 품질 평가 예

열화진전 평가항목	측정위치	설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부 비율(%)	개별 평가결과		평가 등급
피복 콘크리트의 품질	가압장 No.1	105	—	a	—	a (평균값)
	가압장 No.2	—	98	—	b	
	가압장 No.3	120	—	a	—	
	가압장 No.4	—	92	—	b	

(라) 콘크리트 내구성능 열화진전평가

[표 9.134] 콘크리트 내구성능 열화진전평가 예

시설물 구분	항목별 평가결과			평가결과
	염화물침투량	탄산화깊이	피복콘크리트의 품질	
가압장	c	b	a	c
	최저등급제			

2) 콘크리트 내구성능 열화환경평가

- 해당 지역인 과천과 가장 인접한 서울의 동결융해 반복지수 X는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우 8.6회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 45.8회로서 동해 환경 평가결과는 b이다.
 - 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우는 동결융해 사이클이 연평균 8.6회로서 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.
- 토목시설물이 한 부지 안에 있으므로 토양환경은 시설별로 별도 평가하지 않으며 선정한 가압장에 대한 토양환경을 토목시설물의 토양환경으로 사용한다.
- 콘크리트 내구성능 열화환경평가는 유지관리의 자료로 활용한다.

[표 9.135] 콘크리트 내구성능 토양환경 평가 예

측정 No.	평가항목 및 결과						개별 평가 결과	평가 결과
	pH		황산염 질량비		염소이온			
	측정값	평가결과	측정값 (%)	평가결과	측정값 (ppm)	평가결과		
No.1	6.5	b	0.10	a	700	b	b	b
No.2	7.2	a	0.15	a	300	a	a	
No.3	6.7	b	0.12	a	900	b	b	
	최저등급							

[표 9.136] 콘크리트 내구성능 열화환경평가 예

열화환경지표	평가결과
토양환경	B
동해환경	B

9.5.4 내구성능 평가결과산정방법

본 내구성능 평가방법에서는 관로(강재) 및 수로터널(콘크리트)을 포함하는 관로시설물, 콘크리트 구조물 및 강구조물을 포함하는 토목구조물의 종합내구성능 평가방법을 제시한다.

상수도시설물은 관로, 토목구조물, 건축구조물, 기전설비로 구성되어 있으며 종합 내구성능 평가 시 적용하는 가중치는 아래 표를 따르도록 한다. 단, 해당 시설물에 대한 평가가 수행되지 않은 경우에는 해당시설물에 대한 중요도 가중치를 적용하여 배분한다.

[표 9.137] 상수도 시설물 내구성능 평가를 위한 가중치

시설물 구분	관로시설물 (관로 및 수로터널)	토목구조물 (콘크리트 및 강구조물)	건축구조물	기전설비
가중치	47	27	13	13

가. 관로시설물 내구성능 평가방법

$$\bigcirc \text{ 관로시설물 종합평점}(Et) = \Sigma(Ei \times Si) / \Sigma Si$$

여기서, Ei : 관로 및 수로터널 평점

Si : 관로 또는 수로터널 규모(m^3 , $m^3/일$)

평점의 범위에 따른 종합 내구등급 산정은 아래 표의 등급분류기준을 적용한다.

[표 9.138] 점수범위에 따른 등급분류 기준

기준	a	b	c	d	e
등급분류를 위한 점수범위	5.0 ~ 4.5 이상	4.5 미만 ~ 3.5 이상	3.5 미만 ~ 2.5 이상	2.5 미만 ~ 1.5 이상	1.5 미만 ~ 1.0 이상

나. 토목구조물(콘크리트 구조물 및 강구조물) 내구성능 평가방법

$$\bigcirc \text{ 토목구조물 종합평점}(Et) = \Sigma(Ei \times Si) / \Sigma Si$$

여기서, Ei : 콘크리트 구조물 및 강구조물 평점

Si : 콘크리트 구조물 및 강구조물 규모(m^3)

평점의 범위에 따른 종합 내구등급 산정은 ‘가’ 항 관로시설물 내구성능의 경우와 같은 등급분류기준을 적용한다.

다. 내구성능 평가결과산정

상수도시설물의 내구성능 평가결과 예는 [표 9.139]와 같으며 내구성능 등급은 [표 9.140]과 같다.

[표 9.139] 내구성능 평가결과

분류	세부분류	평가결과	평가점수	규모	계산값	가중치	평가등급
관로	관로	<i>c</i>	<i>2.76</i>	<i>25,310.8</i>	<i>3.54</i>	<i>60</i>	<i>4.12</i> (<i>B</i>)
	수로터널	<i>a</i>	<i>5.00</i>	<i>13,781.9</i>			
토목 구조물	콘크리트 및 강구조물	<i>a</i>	<i>5.00</i>	<i>36927.9</i>	<i>5.00</i>	<i>40</i>	

[표 9.140] 내구성능 평가기준

평가등급	평가점수 범위	내구성능 수준
A (우수)	$4.5 \leq X$	외부 환경조건 등으로 인한 내구성능 저하가 발생할 가능성이 낮은 성능 수준
B (양호)	$3.5 \leq X < 4.5$	일부 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경 등의 조건을 고려하여 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	$2.5 \leq X < 3.5$	광범위한 부재에서 내구성능의 저하 가능성이 조사되었거나 주의가 필요한 수준으로 진행되어 간단한 보수가 필요한 성능 수준
D (미흡)	$1.5 \leq X < 2.5$	광범위한 부재에서 내구성 저하가 진행되어 긴급한 보수 또는 교체가 요구되는 성능 수준
E (불량)	$1.0 \leq X < 1.5$	광범위한 부재에서 내구성능의 저하가 심각하게 진행되어 즉각 사용을 금지하고 보수 또는 교체가 필요한 성능수준

9.6 사용성능 평가기준 및 방법

9.6.1 일반

사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적을 만족하기 위한 성능으로 정의한다.

상수도시설물의 사용성능 평가는 운영성과 유지관리성 및 수요 및 용량으로 구분하고 각 세부지표의 평가결과에 대해 가중치를 반영하여 최종 등급을 결정한다.

9.6.2 사용성능 평가항목 및 기준

가. 일반

상수도시설물의 사용성능 평가를 위한 세부지표는 상수도시설물의 사용성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로서 사용자의 시설물 가동 시 안정감 측면에서의 운영성과 시설물의 기능유지 측면에서의 유지관리성, 수요 및 용량으로 한다.

나. 세부지표의 평가범위

상수도시설물의 사용성능은 운영성 관점에서 수질, 관로사고이력, 밸브의 손상에 대해 평가하며, 기전설비와 관련된 펌프의 소음 및 진동, 전기설비의 절연 및 접지, 전기설비 상태 등에 대해서는 유지관리성으로 평가한다. 또한 수요 및 용량을 평가하기 위해 가동률에 대해 평가하며 각 지표에 대하여 “a”~“e”범위의 평가기준으로 평가결과를 도출한다.

[표 9.141] 사용성능 평가항목 적용

구분	세부지표의 분류	평가기준 범위
운영성	수질	a, e
	관로사고이력	a, b, c, d, e
	밸브의 손상	a, b, c, d, e
유지관리성	펌프의 소음	a, b, c, d, e
	펌프의 진동	a, b, c, d, e
	전기설비의 절연 및 접지	a, b, c, d, e
	전기설비 상태	a, b, c, d, e
수요 및 용량	가동률	a, b, c, d, e

[표 9.142] 상수도시설물의 사용성능 평가단별 절차

구분		1단계 (개별시설물)	2단계 (복합시설물)	3단계
수질	평가대상	정수장1 정수장2 배수지1 ...	정수장 배수지	평가항목별 가중치 반영
	평가방법	[평가대상] × [시설용량]		
관로사고이력	평가대상	관로 누수건수 등		
	평가방법	사고건수 × 관로 연장		
밸브의 손상	평가대상	기전설비 장내배관1 기전설비 장내배관2 ...	취수장 가압장 ...	
	평가방법	평가대상 규모 반영	시설별 용량반영	
펌프의 소음	평가대상	취수펌프1 취수펌프2 가압펌프1 ...	취수장 가압장 ...	
	평가방법	평가대상 규모 반영	시설별 용량반영	
펌프의 진동	평가대상	취수펌프1 취수펌프2 가압펌프1 ...	취수장 가압장 ...	
	평가방법	평가대상 규모 반영	시설별 용량반영	
전기설비의 절연 및 접지	평가대상	취수펌프1 절연 및 접지 취수펌프2 절연 및 접지 가압펌프1 절연 및 접지 ...	취수장 가압장 ...	
	평가방법	평가대상 규모 반영	시설별 용량반영	
전기설비 상태	평가대상	취수펌프1 작동상태 취수펌프2 작동상태 가압펌프1 작동상태 ...	취수장 가압장 ...	
	평가방법	평가대상 규모 반영	시설별 용량반영	
가동률	평가대상	정수장1 정수장2		
	평가방법	[평가시설] × [시설용량]		

다. 사용성능 평가 지표 및 기준

1) 운영성

(가) 수질

[표 9.143] 수질 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용
a	5	점검대상연도 수질기준 초과횟수가 없는 경우
b	4	—
c	3	—
d	2	—
e	1	점검대상연도 수질기준 초과횟수가 1회이상인 경우

<해 설>

- 정수장의 수질과 배수지의 수질을 점검하여 평가함
- 정수장과 배수지의 수질은 「먹는물 수질 기준 및 검사 등에 관한 규칙」의 별표1 “먹는물의 수질기준”에 따른 수질검사 적정성 여부로 평가함
- 수질의 평가는 각 정수장과 배수지의 수질평가결과를 비교하여 최저값을 최종평가결과로 산정함(결과 산정 예 참조)

(나) 관로사고이력

[표 9.144] 관로사고이력 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		사고이력(건/km/년)	비고
a	5	$f = 0$	f: 관로사고이력(최근 5년간 이력을 기준으로 산정함을 원칙으로 함)
b	4	$0 < f \leq 0.7$	
c	3	$0.7 < f \leq 1.4$	
d	2	$1.4 < f \leq 2.1$	
e	1	$2.1 < f$	

<해 설>

- 관로사고이력은 관리주체와 협의하여 최근 5년간의 사고이력 관련 자료(수도사고 이력, 점검·정비 등)를 수집하고 사고 유형별로 구분함
- 최근 5년간의 해당 광역상수도의 연장당 관로 누수 사고건수(건/년·km)와 타공사, 관로이설공사 등 사용자의 불편함을 야기하는 사고건수를 포함하여 평가함

(다) 밸브(장내배관)의 손상

[표 9.145] 밸브(장내배관)의 손상 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용
a	5	밸브의 작동이 원활하고 여타 손상이 전혀 없음
b	4	밸브의 작동에 문제가 없고 발청부식 등의 손상이 경미하게 발생
c	3	밸브의 작동에 문제가 없고 축부에서 경미한 누수가 발생
d	2	밸브는 작동가능하나 고장으로 수리가 필요하거나 누수의 진행 관찰이 필요
e	1	밸브의 작동이 불가하거나 누수의 진행(분출)이 확연함

<해 설>

- 장내배관 밸브의 손상에 대해 평가하며 해당밸브의 작동상태, 변색, 지수상태(청음) 등을 평가함
- 취수장, 가압장, 정수장 등을 구분하여 2단계로 평가함
- 1단계의 경우, 개별시설물(취수장·가압장·정수장 내)에 포함된 각 배관들의 손상상태 등을 평가하고 개별시설물의 규모를 고려하여 평가결과를 산정함
- 2단계의 경우, 복합시설물의 평가결과와 규모를 반영하여 평가함(결과 산정 예 참조)
- 주요밸브를 대상으로 평가하며 그 외에 밸브작동에 대한 평가가 어려운 밸브(수동밸브 등)에 대해서는 필요시 관리주체와 협의하여 평가하도록 함

2) 유지관리성

(가) 펌프의 소음

[표 9.146] 펌프의 소음 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용
a	5	펌프 1m에서 평균소음의 크기가 80dB 이하
b	4	펌프 1m에서 평균소음의 크기가 80dB 초과, 90dB이하
c	3	펌프 1m에서 평균소음의 크기가 90dB 초과, 100dB이하
d	2	펌프 1m에서 평균소음의 크기가 100dB 초과, 120dB이하
e	1	펌프 1m에서 평균소음의 크기가 120dB 초과

<해 설>

- 취수장, 가압장, 정수장 등을 구분하여 2단계로 평가함
- 1단계의 경우, 개별시설물(취수장·가압장·정수장 내)에 포함된 각 펌프의 소음을 평가하고 개별 시설물의 규모를 고려하여 평가결과를 산정함
- 2단계의 경우, 복합시설물의 평가결과와 규모를 반영하여 평가함(결과 산정 예 참조)

(나) 펌프의 진동

[표 9.147] 펌프의 진동 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용
a	5	진동한계 ¹⁾ ≤ 3.7
b	4	진동한계 ≤ 5.6
c	3	진동한계 ≤ 9
d	2	9 < 진동한계
e	1	11 < 진동한계

주1) 진동한계 = RMS, mm/s

<해 설>

- 취수장, 가압장, 정수장 등을 구분하여 2단계로 평가함
- 1단계의 경우, 개별시설물(취수장·가압장·정수장 내)에 포함된 각 펌프의 진동을 평가하고 개별 시설물의 규모를 고려하여 평가결과를 산정함
- 2단계의 경우, 복합시설물의 평가결과와 규모를 반영하여 평가함(결과 산정 예 참조)

(다) 전기설비의 절연 및 접지

[표 9.148] 전기설비의 절연 및 접지불량 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용	
		절연열화	접지불량
a	5	절연열화가 전혀 없는 상태	접지불량이 전혀 없음
b	4	절연열화가 매우 미미한 상태	접지불량이 매우 미미한 상태
c	3	절연열화가 경미한 상태(경년열화를 고려한 1MΩ 정도)	접지불량이 경미한 상태(규정된 접지저항치 범위 내)
d	2	절연열화가 심화된 상태(경년열화를 고려한 1MΩ 이하로서 규정된 절연저항치 정도)	접지불량이 심화된 상태(규정된 접지저항치의 120% 이하)
e	1	절연열화가 매우 위험하게 진행된 상태(규정된 절연저항치 미만)	접지불량이 위험하게 진행된 상태(규정된 접지저항치의 120% 초과)

<해 설>

- 전기설비의 절연열화 및 접지불량을 각각 평가하여 평가결과 중 최저값을 적용함
- 취수·가압·송수 펌프의 조작반 및 펌프모터, 합류배관의 비상발전기, 수배전반 등을 평가함
- 개별시설물(취수장·가압장·정수장 내)에 전기설비의 절연·접지에 대해 평가하며 평가단계는 펌프의 진동 및 소음의 평가단계를 준용하도록 함

(라) 전기설비의 상태

[표 9.149] 전기설비의 상태 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용
a	5	전기설비의 불량률이 전혀 없는 상태
b	4	전기설비의 불량률이 전혀 없는 상태
c	3	전기설비의 불량률이 경미한 상태(설비의 기동 및 운전에 지장이 없는 상태)
d	2	전기설비의 불량률이 심화된 상태(설비의 기동 및 운전에 지장을 초래하는 상태)
e	1	전기설비의 불량률이 극심한 상태(설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태)

<해설>

- 전기설비의 상태는 송수펌프모터·기동반·조작반·발전기 등에 적용하며 해당 설비의 상태를 기준으로 평가함
- 전기설비의 상태는 전기설비의 절연·접지 평가와 유사하게 적용함

3) 수요 및 용량

(가) 가동률

[표 9.150] 가동률 평가기준

평가 기준	평가 점수	평가내용
a	5	· 가동률이 70%이상~85%이하 또는 · 가동률 85%초과~100%이하이고 이용율이 80%이하인 경우
b	4	· 가동률이 60%이상~70%미만 또는 · 가동률 85%초과~100%이하이고 이용율이 80%초과인 경우
c	3	· 가동률이 50%이상~60%미만
d	2	· 위에 해당되지 않는 경우
e	1	· 인가없이 운휴 또는 폐지시

<해설>

- 환경부의 「2016년도 일반수도사업 운영·관리 실태점검 종합계획」의 가동률 참조
- 상수도 가동률과 이용율은 아래와 같은 식을 사용하여 산정하도록 함
 - 가동률(%) = (최근 5년간 일최대생산량(m3/일)/설계시설용량(m3/일))×100
 - 이용율(%) = (최근 5년간 일평균생산량(m3/일)/설계시설용량(m3/일))×100
- 점검대상연도의 상수도통계자료 등을 활용하여 평가함
- 해당 시설물에 포함되어 있는 모든 정수장의 가동률에 대한 평가결과를 산정한 후, 각 정수장의 규모를 반영하여 가중평균을 통해 최종 등급을 산정함(결과 산정에 참조)

라. 사용성능 평가결과 산정 방법

각 세부지표의 사용성능 평가결과산정은 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 등급은 각 세부평가 지표별 평가결과에 가중치를 반영하여 등급을 산정한다.

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

1) 세부지표별 가중치

[표 9.151] 상수도시설물의 사용성능 평가항목에 대한 가중치 산정

구분	수질	관로사고 이력	밸브의 손상	펌프의 소음	펌프의 진동	전기설비의 절연및접지	전기설비 상태	가동률
가중치	0.274	0.155	0.203	0.057	0.057	0.096	0.085	0.073

주) 가중치 조정 예 : 관로사고이력에 대한 평가가 제외되는 경우, 관로사고이력에 해당하는 가중치 0.155을 원 가중치 비율을 고려하여 타 지표에 배분(아래 표 참조)

[표 9.152] 사용성능 평가항목별 가중치 조정방법(예)

구분	수질	관로사고 이력	밸브의 손상	펌프의 소음	펌프의 진동	전기설비의 절연및접지	전기설비 상태	가동률
가중치	0.324	—	0.240	0.068	0.068	0.114	0.101	0.086

2) 세부지표별 사용성능 등급 산정 방법

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

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

[표 9.153] 평가결과에 따른 평가점수

평가결과	a	b	c	d	e
평가점수	5	4	3	2	1

[표 9.154] 최종 등급산정을 위한 점수 범위

평가등급	A	B	C	D	E
점수범위	4.5 이상	$3.5 \leq X < 4.5$	$2.5 \leq X < 3.5$	$1.5 \leq X < 2.5$	$1.0 \leq X < 1.5$

평가결과에 따른 사용성능의 등급기준은 [표 9.155] 와 같다.

[표 9.155] 사용성능 등급기준

평가등급	평가점수 범위	사용성능 수준
A (우수)	$4.5 \leq X$	현재 수요 등을 만족하고 장래 수요 및 외부조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준
B (양호)	$3.5 \leq X < 4.5$	현재 수요 등을 만족하나 장래 수요 및 외부조건 변화 등에 대한 관찰 및 주의가 필요한 성능 수준
C (보통)	$2.5 \leq X < 3.5$	장래 수요 및 외부조건 변화에 대해 기능발휘 또는 사용상 편의에 일부 문제점이 있어 일부 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	$1.5 \leq X < 2.5$	대부분의 기능이 요구되는 기능에 미치지 못하거나 운영 및 사용상 편의가 심각하게 우려되는 수준으로서 광범위한 부분에서 개선이 필요한 성능 수준
E (불량)	$1.0 \leq X < 1.5$	기능 발휘 또는 사용상 편의를 기대할 수 없어 개선 또는 개량이 필요한 성능 수준

마. 사용성능 평가결과 산정 예

1) 세부지표별 사용성능 평가

(가) 수질

정수장의 수질과 배수지의 수질을 점검하여 평가하도록 하며 「먹는물 수질 기준 및 검사 등에 관한 규칙」의 별표1 “먹는물의 수질기준”에 따른 수질검사 적정성 여부로 평가한다.

○ 수질 평가결과 산정 예시

- 2단계 평가로 이루어지며 각 정수장의 수질평가결과와 배수지의 수질평가결과 중 낮은 결과를 적용하여 평가한다.

[표 9.156] 수질 평가 예

1단계 평가	구분	평가기준	시설용량 (1000m ³ /d)	계산값	평가결과
가. 정수장 평가	A 정수장	a	70	350	a
	B정수장	a	40	200	
	합계(Σ)		110	550	
나. 배수지 평가	A배수지	a	70	350	b
	B배수지	e	40	40	
	합계(Σ)		110	390	
2단계 평가	$Min(\text{정수장등급}, \text{배수지등급})$				
수질 평가결과	b				

(나) 관로사고 이력

관로시설 사고이력 분석은 관리주체에서 수집한 최근년도부터 5년간의 관로 누수사고 자료를 근거로 수행하며 타공사, 관로이설공사 등을 포함한다.

[표 9.157] 관로사고이력 평가 예

연도	관로시설사고건수			연장 (km)	관로시설 사고율(건/년·km)		
	타공사 이설공사	관로누수	총 사고건수		타공사 이설공사	관로누수	총 사고율
2014	0	8	8	63,673	0.000	0.126	0.126
2015	0	18	18		0.000	0.283	0.283
2016	1	16	17		0.016	0.251	0.267
2017	0	5	5		0.000	0.078	0.078
2018	0	0	0		0.000	0.000	0.000
총 기간	1	47	48		0.016	0.738	0.754
평균			9.6	63,673			0.150
관로사고이력 평가결과							b

(다) 밸브의 손상

밸브의 손상은 기전설비의 장내배관내의 밸브의 손상을 의미하는 것으로 해당밸브의 작동상태, 변색, 지수상태(청음) 등을 평가하도록 한다.

○ 밸브의 손상 평가결과 산정 예시

- 1단계 개별시설물 평가
 - 개별시설물(취수장, 가압장, 정수장)에 포함된 각 배관들의 밸브 상태와 규모를 고려하여 개별시설물의 밸브 손상을 평가한다.

[표 9.158] 밸브의 손상 개별시설 평가 예

OO취수장	평가기준	규모(m ³ /min)	계산값
취수펌프배관#1	b	22.7	90.8
취수펌프배관#2	b	17.8	71.2
취수펌프배관#3	b	17.8	71.2
취수펌프배관#4	b	22.7	90.8
합류배관	b	81	324
합계(Σ)		162	648
밸브의 손상 개별시설 평가 = $\Sigma(\text{계산값}) / \Sigma(\text{규모})$ = $648 / 162 = 4$			b

- 2단계 복합시설물 평가
 - 복합시설물의 평가결과와 규모를 반영하여 밸브 손상에 대한 평가결과를 결정한다.

[표 9.159] 밸브의 손상 평가 예

00광역상수도	평가기준	규모(천 m ³ /d)	계산값
00취수장	b	162	648
00가압장	b	142.4	569.6
00정수장	b	146.3	585.2
001가압장	b	37	148
002가압장	b	37	148
합계(Σ)		524.7	2098.8
밸브의 손상 평가결과 = Σ(계산값) / Σ(규모) = 2098.8 / 524.7 = 4.0			b

펌프의 소음 및 진동은 진동과 소음의 평가 중 낮은 결과를 적용하여 평가한다.

- 1단계 개별시설물 평가

- [표 9.160] 펌프의 소음 및 진동 개별시설 평가 예

- 2단계 복합시설물 평가

- [표 9.161] 펌프의 소음 및 진동 평가 예

9-122

(마) 전기설비의 절연 및 접지

전기설비의 절연 및 접지는 절연과 접지의 평가 중 낮은 결과를 적용하여 평가한다.

○ 전기설비의 절연 및 접지 평가결과 산정 예시

- 1단계 개별시설물 평가
 - 취수·가압·송수 펌프의 조작반 및 펌프모터 등에 대해 절연 및 접지를 평가하고 낮은 결과를 각 개별시설물의 평가결과로 적용한다.

[표 9.162] 전기설비의 절연 및 접지 개별시설 평가 예

OO취수장		절연	접지	평가기준	규모(m³/min)	계산값
취수펌프#1	조작반	b	c	c	22.7	68.1
	펌프모터	b	b			
취수펌프#2	조작반	b	c	c	17.8	53.4
	펌프모터	b	b			
취수펌프#3	조작반	b	c	c	17.8	53.4
	펌프모터	b	b			
취수펌프#4	조작반	b	c	c	22.7	68.1
	펌프모터	b	b			
부대설비	발전기	b	c	c	81	243
	수배전반	b	c			
합계(Σ)					162	486
전기설비의 절연 및 접지 개별시설 평가 = $\Sigma(\text{계산값}) / \Sigma(\text{규모})$ = $486 / 162 = 3$						c

- 2단계 복합시설물 평가
 - 복합시설물의 평가결과와 규모를 반영하여 전기설비의 절연 및 접지에 대한 평가결과를 결정한다.

[표 9.163] 전기설비의 절연 및 접지 평가 예

OO광역상수도	평가기준	규모(천 m³/d)	계산값
OO취수장	c	162	486
OO가압장	c	142.4	427.2
OO정수장	c	146.3	438.9
OO1가압장	c	37	111
OO2가압장	c	37	111
합계(Σ)		524.7	1574.1
전기설비의 절연 및 접지 평가결과 = $\Sigma(\text{계산값}) / \Sigma(\text{규모})$ = $1574.1 / 524.7 = 3.0$			c

(바) 전기설비 상태

전기설비의 상태는 조작반, 펌프모터, 발전기, 수배전반 등에 대해 평가한다.

○ 전기설비 상태 평가결과 산정 예시

- 1단계 개별시설물 평가
 - 조작반, 펌프모터 등 전기설비에 대해 작동상태를 평가한다.

[표 9.164] 전기설비의 상태 개별시설 평가 예

OO취수장		작동상태	평가기준	규모(m³/min)	계산값
취수펌프#1	조작반	b	b	22.7	90.8
	펌프모터	b			
취수펌프#2	조작반	b	b	17.8	71.2
	펌프모터	b			
취수펌프#3	조작반	b	b	17.8	71.2
	펌프모터	b			
취수펌프#4	조작반	b	b	22.7	90.8
	펌프모터	b			
부대설비	발전기	b	b	81	324
	수배전반	b			
합계(Σ)				162	648
전기설비의 상태 개별시설 평가 = $\Sigma(\text{계산값}) / \Sigma(\text{규모})$ = $648 / 162 = 4$					b

- 2단계 복합시설물 평가
 - 복합시설물의 평가결과와 규모를 반영하여 전기설비상태에 대한 평가결과를 결정한다.

[표 9.165] 전기설비 상태 평가 예

OO광역상수도	평가기준	규모(천m³/d)	계산값
OO취수장	b	162	648
OO가압장	b	142.4	569.6
OO정수장	b	146.3	585.6
OO1가압장	b	37	148
OO2가압장	b	37	148
합계(Σ)		524.7	2098.8
전기설비의 상태 평가결과 = $\Sigma(\text{계산값}) / \Sigma(\text{규모})$ = $2098.8 / 524.7 = 4.0$			b

(사) 가동률

해당 시설물에 포함되어 있는 정수장에 대해 가동률과 이용율을 검토하며 각 정수장의 규모를 반영한 후, 가중평균을 통해 결과를 산정한다.

[표 9.166] 가동률 평가 예

구분	00정수장	00정수장
시설용량(천m ³ /d)	70	40
연간최대생산량	50	30
가동률	71.4%	75%
일평균생산량	40	25
이용률	57.1%	62.5%
평가기준	a	a
계산값	350	200
가동률 평가결과 = $\Sigma(\text{계산값}) / \Sigma(\text{시설용량})$ = $550 / 110 = 5.0$		a

2) 지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능 등급 산정

각 세부지표들의 평가결과로 도출된 값을 통해 가중치를 적용하여 상수도시설물의 사용성능 평가결과를 결정하도록 한다. 이때 평가점수에 따른 평가등급은 [표 9.138]과 같다.

[표 9.167] 상수도시설물 사용성능 평가 예

구분			평가결과	평가점수	가중치	계산값
사용성	운영성	수질	<i>a</i>	<i>5</i>	<i>0.274</i>	<i>1.4</i>
		관로사고이력	<i>b</i>	<i>4</i>	<i>0.155</i>	<i>0.6</i>
		밸브의 손상	<i>b</i>	<i>4</i>	<i>0.203</i>	<i>0.8</i>
기능성	유지 관리성	펌프의 소음 및 진동	<i>c</i>	<i>3</i>	<i>0.114</i>	<i>0.3</i>
		전기설비의 절연 및 접지	<i>c</i>	<i>3</i>	<i>0.096</i>	<i>0.3</i>
		전기설비 상태	<i>b</i>	<i>4</i>	<i>0.085</i>	<i>0.3</i>
	수요 및 용량	가동률	<i>a</i>	<i>5</i>	<i>0.073</i>	<i>0.4</i>
산식		<i>5×0.274(수질)+4×0.155(관로사고이력)+4×0.203(밸브의 손상)+3×0.114(펌프의 소음 및 진동)+3×0.096(전기설비의 절연 및 접지)+4×0.085(전기설비 상태)+5×0.073(가동률) = 4.137</i>				<i>4.1</i>
사용성능평가결과						<i>B</i>

9.7 종합평가기준 및 방법

9.7.1 종합평가 일반

(가) 성능 간 가중치 적용

상수도시설물의 종합평가는 아래 표와 같이 안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가결과에 대해 각 성능항목별로 부여된 가중치를 고려하여 결정한다.

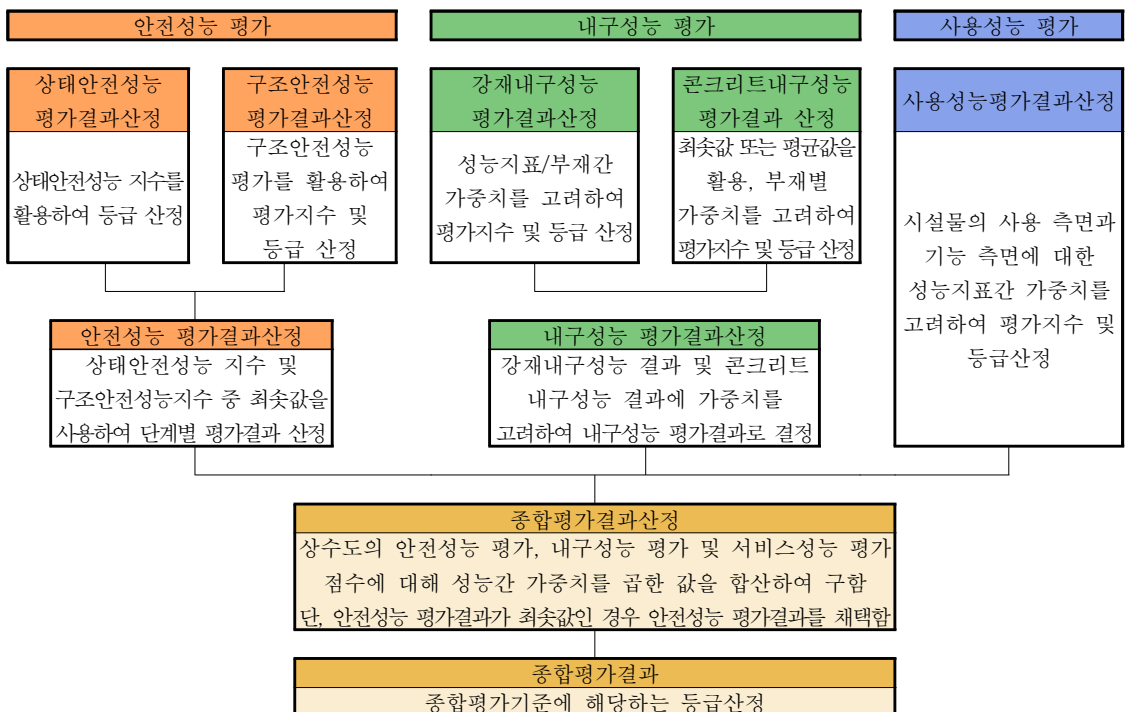
단, 안전성능 평가결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성 등급을 종합성능등급으로 선정하도록 한다.

- 안전성능 평가결과가 가장 낮은 등급일 때
 - 안전성 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정된다.
- 안전성능 평가결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우
 - 각 성능간의 가중치를 반영하여 종합평가의 결과를 산출한다.

[표 9.168] 상수도의 종합평가 산정기준

성능별 가중치			합계
안전성	내구성능	사용성	
60	25	15	100

(나) 최종 등급 산정을 위한 평가체계



[그림 9.7] 상수도시설물의 종합평가결과산정절차

9.7.2 종합평가결과

가. 종합평가결과산정

종합평가의 산정방법은 상수도의 안전성능 평가, 내구성능 평가 및 사용성능 평가 점수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 중요도를 적용하여 종합평가결과를 산정한다.

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

여기서, E_n : 평가성능별 평가지수

W : 가중치

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

나. 종합성능 등급기준

각 성능간 중요도를 고려하여 산정한 종합평가지수에 따라 종합성능등급을 설정하면 아래 표와 같다.

[표 9.169] 상수도시설물의 종합평가기준

평가등급	평가점수 범위	종합성능 수준
A (우수)	$4.5 < E \leq 5.0$	외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준
B (양호)	$3.5 < E \leq 4.5$	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	$2.5 < E \leq 3.5$	광범위한 부재에서 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 일부 문제점이 있으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	$1.5 < E \leq 2.5$	성능이 기준에 미치지 못하여 시설물의 지속적인 사용이 어려운 수준으로 긴급한 보수·보강 또는 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	$1.0 < E \leq 1.5$	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

다. 종합평가결과 산정 예

상기의 기준에 따라 상수도시설물의 종합평가결과를 도출한 예는 다음과 같다.

[표 9.170] 상수도시설물의 종합평가결과산정 예

시설물 종합평가결과 산정표			
시설물명	○○○ 상수도시설물		
평가구분	평가지수	평가등급	중요도
안전성능 평가	3.78	B	60
내구성능 평가	4.75	A	25
사용성능 평가	3.86	B	15
종합평가결과	○ 상수도의 종합평가지수 : 3.78 (안전성능 평가등급이 최하위 등급인 경우) ○ 상수도의 종합평가결과 : B		