
제11장 상 수 도

11.1 관리일반

11.2 현장조사

11.3 재료시험 항목 및 수량

11.4 상태평가기준 및 방법

11.5 안전성평가기준 및 방법

11.6 종합평가기준 및 방법

11.7 보수·보강 방법

제11장 상수도

11.1 관리일반

11.1.1 적용 범위

본 장은 법 제2조(정의)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 상수도 시설물에 적용한다.

- 제1종시설물
 - 광역상수도
 - 공업용수도
 - 1일 공급능력 3만톤 이상의 지방상수도
- 제2종시설물
 - 제1종시설물에 해당하지 않는 지방상수도

※ 용수전용댐과 지방상수도전용댐이 상기의 제1종시설물 중 광역상수도, 공업용수도 또는 지방상수도의 수원지 시설에 해당하는 때에는 상수도 시설물로 본다.

※ 상수도 제1종, 제2종시설물 중 광역상수도, 공업용수도 및 지방상수도는 배수관로 및 급수시설은 제외한다.

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

- 시설물의 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 발주자와 사전 협의하여 적용할 수 있다.

11.1.2 용어 정의

○ 상수도

- 관로, 그 밖의 공작물을 사용하여 원수나, 정수를 공급하는 시설의 전부를 말한다.

○ 기계·전기설비 및 계측시설

- 시설물에서의 기계·전기설비란 시설물의 구조적 안전에 직접적인 영향을 주는 설비를 말하며, 도수·송수펌프설비, 염소중화설비 및 도수·송수펌프의 모터 및 관련 기동반 또는 현장제어반을 말한다.
- 계측시설이란 시설물의 구조적 안전 위해 설치한 토목분야의 계측시설을 말하며, 수처리 공정과 관련된 계측시설은 제외한다.

○ 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 부대 시설에 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.

11.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

상수도 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 11.1]과 같다.

- ① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물(댐, 건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다. 이때, 토목구조물과 건축물이 일체로 된 경우의 건축물은 기본시설물에 포함되며 기본시설물에 해당되는 건축물의 안전점검 및 정밀안전진단은 「제6장 건축물」 편을 따라 실시하여야 한다
(토목/건축구조물의 구분은 준공도면 등을 통해 구분하며, 명확한 구분이 어려운 경우 책임기술자의 판단에 따라 관리주체와 협의하여 결정한다.)
- ② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.
- ③ 부대 시설물 및 기타 시설물이 「영」 제4조에 따른 제1종·제2종시설물에 해당되는 경우에는 「법」 제11조 및 제12조에 따라 제1종시설물은 정밀안전점검 및 정밀안전진단을 실시하여야 하고, 제2종시설물은 정밀안전점검을 실시하여야 한다.

[표 11.1] 상수도 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 취수시설(수원지포함)	○	○	○	기본과업
	◦ 취수장	○	○	○	
	◦ 관로시설 (취·도·송수관로 및 수로터널)	○	○	○	
	◦ 정수시설	○	○	○	
	◦ 가압장	○	○	○	
	◦ 배수지·조절지	○	○	○	
기타 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			선택과업
	◦ 옹벽	○			
	◦ 절토사면	○			
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	○	기본과업
	◦ 도로포장	○	○	○	
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	○	

- ※ 토목구조물과 건축물이 일체로 된 경우의 건축물은 기본 시설물에 포함된다.
 ※ 기본시설물에 포함되는 배수지는 송수관로 관말부에 위치한 배수지를 의미한다.
 ※ 선택과업은 별도 대가를 반영하여 실시

11.1.4 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

○ [표 11.25] 기초세굴에 대한 상태평가기준에서 “e”의 경우

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

○ [표 11.35]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 11.36]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “d” 판정으로 [표 11.30]의 철근노출 상태평가기준에서 “e”를 포함하는 경우

3) 상수도 관로 결함에 따른 누수 발생

○ [표 11.21]의 관로(매설관로) 누수에 대한 상태평가기준이 “d” 이하의 경우

4) 상수도 관로의 파손, 변형 및 부식

○ [표 11.18]~[표 11.20]의 관로부식, 관두께, 관체 변형율에서 각각의 상태평가기준 “d” 이하의 경우

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

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

11.2 현장조사

11.2.1 시설물의 점검사항

가. 시설물별 상태변화의 점검항목

1) 관로

손상 및 결함	점 검 항 목	비 고
관로사고이력(건/km/년)	○ 관로의 사고이력 기준	
설치년도	○ 관로의 경과년수	
관주변 토양종류	○ 관로 주변의 토양의 종류	
토양 부식성	○ 토양에 의한 관외부의 부식성평가 ○ 토양비저항, 토양 pH 측정 ○ 황산이온 및 염소이온 함량 측정	
관대지전위차	○ 관대지전위차 측정	· 수도용 도복장 강관 적용
관내·외면 도장	○ 관내·외면 도장의 건전성	
관로부식	○ 관체, 밸브 및 볼트·너트 등	
관두께	○ 실측 관두께	
실측내경	○ 관체 변형률을 산정하기 위한 조사	
관로누수	○ 관로상 누수 유무	

2) 토목 구조물

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
침하 / 부상	○ 구조물의 침하나, 부상 정도	
경 사	○ 구조물의 경사 정도	
활 동	○ 구조물의 활동 정도	
기 초 세 굴	○ 구조물 기초의 세굴 정도	
콘크리트 균열	○ 수밀성 콘크리트의 허용균열폭 ○ 균열 폭 및 면적율	
콘크리트 박리	○ 박리의 깊이 및 면적	
콘크리트 박락 / 층분리	○ 박락 / 층분리의 깊이 및 면적	
철 근 노 출	○ 철근노출 면적	
누 수	○ 누수흔적 및 진행정도	· 콘크리트 부재 · 신축이음 부위
백 태	○ 백태 발생 면적율	
콘크리트 파손	○ 콘크리트 파손 깊이 및 면적율	
신축이음 탈락 / 열화	○ 신축이음 탈락 및 열화 정도	

3) 강 구조물

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
강 재 부 식	○ 부식의 정도에 따른 발생 면적율, 부식깊이	
피 로 균 열	○ 피로균열 발생원인 ○ 부재의 종류와 피로균열 발생 정도	
변형 / 변위	○ 변형 및 변위 정도	
도 장 손 상	○ 도장의 변색, 부풀림, 탈락 등 도장상태	

4) 기계·전기설비

(가) 펌프설비

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
펌프베드 기초불량	○ 기초볼트 부식 및 이완, 그라우팅 훼손	
진동 과다 발생	○ 펌프 및 전동기의 진동	
소음 과다 발생	○ 펌프 및 전동기의 소음	

(나) 펌프 장내 배관

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
관체의 손상	○ 부식, 도장탈락 및 누수 등의 손상정도	
관연결부 손상	○ 관연결부의 부식, 누수 및 도장상태	
밸브 손상	○ 밸브본체, 연결플랜지부, 축봉부 등의 외관 및 작동상태 등	

(다) 전기설비

손상 및 결함		평 가 항 목	비 고
점검대상	대상기기		
가압·송수 · 취수펌프 모터설비	· 현장제어반 및 기동반 · 펌프모터(전동기)	· 손상 및 파손유무 · 절연·접지상태 · 작동상태	· 상세육안점검 · 절연 및 접지저항측정 · 작동상태점검 (전압, 운전전류, 소비전력, 역률 등) · 열화상 진단
	· 펌프실의 배수설비 및 크레인설비 ^{※)}	· 외관상태 · 접지 및 작동상태	· 상세육안점검 · 절연저항측정 · 작동상태점검

※) 2ton 이하의 크레인을 점검대상으로 함.

5) 공중이 이용하는 부위 점검항목

위치	점 검 사 항	비 고
공중이 이용하는 부위	○ 추락방지시설의 상태	
	○ 도로부 포장 및 신축이음부 상태	
	○ 환기구 등의 덮개 상태	
	○ 기타조사	

나. 시설물별 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 관 로

(가) 일반사항

관로 현장조사 항목에서 관주변 토양종류, 토양비저항, 토양pH, 황산이온 및 염소이온, 관로부식, 관두께, 실측내경, 관내·외면 도장상태 등 8개 항목에 대해서는 진단완료 예정일을 기준으로 최근 4년 이내에 수도법에 의한 기술진단에서 실시되었던 조사 및 시험 결과가 있을 경우에 이를 공유하여 진단에 활용한다.

관로사고이력, 설치년도, 관로누수 등의 3개 항목은 수시로 갱신되므로 과거의 조사 및 시험 결과를 활용하고 진단 수행 시 보완 조사하여 적용한다.

(나) 관로구간 분할

관로를 체계적이고 효율적으로 점검·진단하기 위해서는 현장조사에 앞서 수집된 자료의 분석과 예비(사전)조사를 통해 얻어진 물리적, 환경적 요소 및 중요도 등을 고려하여 관로의 분할기준을 설정한다.

이의 기준에 의해 전체관로를 각 단위관로구간으로 세분화하는 것이 필요하며, 현장조사 시 관로구간 분할기준이 되는 항목들이 현장의 상황에 따라 부적절할 수 있으므로 현장조사과정에서 얻어진 정보를 검토하여 적절히 재조정하여야 한다.

① 상태평가항목을 중심으로 분할

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

② 관로의 위치에 따른 분할

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

(다) 관로사고이력

관로의 사고는 부식, 하중, 재질, 시공, 유지관리 등에 따라 발생되며, 이러한 여러 가지 사고유발인자의 영향에 의해 관로의 파손, 누수라는 결과가 표출되는 것으로 과거의 사고이력이 많은 구간인 경우 앞으로도 사고가 발생할 개연성이 높다고 할 수 있다.

관로사고이력은 시설물 유지관리 방안을 수립하기 위한 중요한 자료이므로, 관리주체에서 관리·보관중인 수도사고 이력, 점검·정비 이력, 각종의 이력 자료 등을 포함하여 조사한다.

(라) 설치년도

관로 설치 후 경과년수는 관의 구조적 안전과는 직접적인 상관관계는 없지만 경과년수에 따라 여러 가지 요인들에 의해 사고발생의 개연성은 높아지게 되므로 관로구간별로 설치년도를 조사한다.

(마) 토양부식성

토양부식성의 인자로는 토양종류, 토양비저항, 토양pH, 염산이온, 염소이온, 기타 함수비 등이 있으며, 이들의 토양부식성 인자를 조사 및 시험을 실시한다.

○ 토양비저항

- 시가지, 주택지, 공업지대 등은 토양환경의 변화가 심하므로 상대적으로 측정구간을 짧게 하고 토양환경의 변화가 거의 없는 산지, 농지 등은 측정간격을 길게 한다.

○ 토양종류, 토양pH, 황산이온, 염소이온, 함수비

- 토양시료를 채취하여 시험실 분석에 의한 결과와 현장에서 측정된 결과(토양pH, 함수비 등)를 기준으로 하며, 최근에 시험 실시된 자료가 있을 경우에는 그 결과를 검토하여 활용한다.

① 토양pH 측정

- 토양의 pH는 배관의 부식속도와 직접적인 관계가 있다. pH가 4 이하인 경우에는 수소이온이 토양 중에 많으므로 수소환원 반응에 의한 배관의 부식이 촉진된다. 따라서 방식소요전류밀도가 증가한다. 또한 pH는 보호막의 형성이나, 용해도에 영향을 미친다. pH를 측정하는 방법은 대략 다음과 같으나, 현장에서 가장 쉽게 사용할 수 있는 방법은 안티몬 전극을 사용하는 것으로 측정하고자 하는 지점에 안티몬 전극과 포화황산동 전극을 꽂고 두 전극의 전위차를 읽고 이를 안티몬 전극에 표시된 환산표에서 pH로 환산하면 된다.

- 현장에서 시편을 채취한 후 실험실에서 분석하는 방법
- 측정하고자 하는 토양 중에 안티몬 전극과 포화황산동 기준전극을 설치한 후 두 전극사이의 전위차를 측정하여 pH로 환산하는 방법을 이용
- 토양 중에 설치한 후 바로 pH를 읽을 수 있는 pH 메타를 이용하는 방법

② 토양비저항 측정

- 토양비저항 측정법으로는 4 전극법(Wenner four pin method)과 토양상(土壤箱)을 이용한 방법(soil box method)이 있다. 토양상을 이용한 방법은 절차가 간단한 반면에 샘플의 채취과정에서 발생할 수 있는 수분의 변화 혹은 밀도의 변화 등으로 현장과 조건이 다를 수도 있으므로, 대부분 현장에서는 측정하고자 하는 깊이의 평균저항을 가장 오차가 적게 측정할 수 있는 4 전극법이 주로 쓰이고 있다.

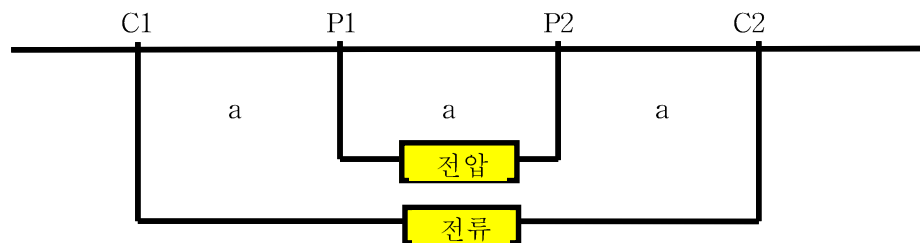
4 전극법의(Wenner Four Pin Method)의 측정원리는 [그림 11.1]과 같다.

이로부터 다음과 같이 토양비저항(ρ)을 구할 수 있다.

$$V = IR$$

$$\rho = 2\pi aR$$

여기서, V	P1과 P2 사이의 전압 [V]
I	C1과 C2 사이의 전류 [A]
R	P1과 P2 사이의 저항 [ohm]
ρ	토양비저항 [ohm-m]
a	PIN 간격 [m]



[그림 11.1] 4 전극법의 원리

(바) 관로부식

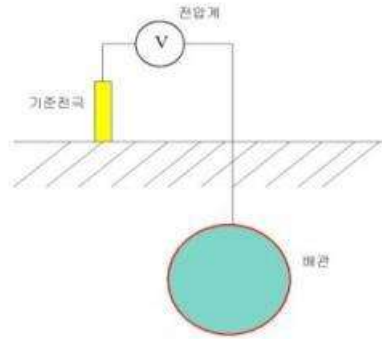
관체, 각종 밸브 및 볼트·너트 등의 부식상태를 조사하는 것으로서 차도 상에 위치한 모든 밸브실과 기타 중요 밸브실내의 배관 및 굴착조사 지점의 배관 등에 대하여 조사한다.

(사) 관대지전위차 측정

관대지전위차는 관로의 방식시설의 적정운영 및 관로의 부식 개연성을 판단할 수 있는 중요한 인자로 강관에 한하여 조사한다.

○ 방식전위 측정

- 매설배관의 방식진단에서 가장 일반적이며 확실한 방법이 배관의 관대지전위차를 측정하는 방법이다.



[그림 11.2] 매설배관의 방식전위 측정 개념도

- 일반적으로 관대지전위차는 [그림 11.2]와 같이 매설배관에서 인출한 전선과 토양 표면에 접촉시킨 기준전극 사이에 볼트메타(voltmeter)를 연결시켜 기준전극에 대한 배관의 전위를 측정한다. 이렇게 측정한 값을 관대지전위차(pipe to soil potential)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.

(아) 관내·외면 도장상태

관내·외면 방식도장 및 라이닝의 유무는 수집한 각종 자료와 관로이설 및 보수·교체공사 시, 관내·외면조사 등을 통하여 도장재 종류, 도장 손상면적, 도장재 두께, 탄산화(덕타일 주철관 내면라이닝의 경우) 등을 조사·측정한다.

(자) 굴착조사

굴착조사는 현장여건, 지주와의 협의 등 여러 가지 제약으로 인해 현실적으로 상당히 어려운 점을 감안하여 조사한다.

○ 굴착지점의 선정

- 관중, 관경, 토양부식성, 주변환경 및 매설환경, 굴착 가능성 등을 종합적으로 고려하여 선정

○ 굴착조사

- 외부도장 및 도복장의 상태(잔존율 포함)와 관로부식, 관두께, 관체의 변형유무 등에 대해 조사토록 한다.

(차) 관두께

관로의 노출지점(굴착조사, 관로이설 및 교체공사 등)과 밸브실내 배관 등에 대해서, 가능한 다수의 지점(건전부 5점 이상)에 대한 관두께를 측정하여 대표성을 확보한다.

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

○ 수도용도복장 강관

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

여기서, y = 소요관두께 미만이 되는 기간

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

○ 주철관

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

(카) 관로누수

관체, 각종 밸브 및 신축관 등에서 누수 조사와 그 원인을 파악하는 것으로서, 매설관로에 대한 누수탐사와 밸브실내 배관에서의 누수조사를 실시한다.

(파) 기타

콘크리트 구조물인 밸브실 조사는 차도 상에 위치한 밸브실 또는 모든 밸브실에 대해 외관조사를 실시하며 이때 밸브실에 대해서는 별도의 외관조사망도 대신 밸브실의 상태를 상세히 기록할 수 있도록 다음의 조사표를 참고하여 작성한다.

2) 수로터널

(가) 외관조사망도 구성

○ 수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 있는 경우

- 수로터널과 경사갱이 연결되는 지점을 기준으로 복합부재(구간1, 구간2, ...)로서 구분

○ 수로터널의 중간부에 유지관리 경사갱이 없는 경우

- 입구부, 중간부, 출구부의 3등분으로 구분하여 이를 복합부재로서 구분

○ 각각의 구간(복합부재)을 수축이음부 또는 수십~수백m의 다수의 블록(개별 부재)으로 세분하여 외관조사망도를 작성한다.

(나) 지반(시추)조사

지반시추조사는 다음의 경우에 실시하며, 책임기술자의 판단에 의해 결정한다.

○ 외관상태 조사 결과 중대한 구조적 결함의 발견

○ 구조물에 작용하는 하중조건이 크게 변하였거나, 변화가 예상되는 경우

3) 토목구조물

(가) 외관조사망도 구성

개별부재(슬래브, 벽체, 기둥 및 보 등)를 하나의 외관조사망도 단위로 구분하는 것을 원칙으로 하고, 길이가 긴 공동구나 옹벽 등과 같은 구조물에 대해서는 책임기술자의 판단에 따라 신축이음부, 불연속면 등을 기준으로 구간 분할하여 작성할 수 있다.

※ 참조 : 밸브실 상태평가표(예)

1. 현 황

●개별부재명	69+28.55(F)	●복합부재명	33-03-02	●개별시설물명	OO계통
●위치	Sta. No.69+28.55	●밸브실명	유량계실	●매설위치	나대지
●현황설명	OO가압장 구내				

2. 상태안전성능조사

●침수깊이	0.0m	●뚜껑형식	사각	(1.1×1.1)	
●출입구(상태)	증고없음	●환기구	무	●T/B	무
●규격	내부(H4.5×B3.4×L3.4m), 출입구높이(1.0m), 관상단높이(1.5m), 매설깊이(2.5m)				
●밸브Type(mm)	초음파유량계(2200)				
●콘크리트 강도	MPa	●탄산화 깊이	mm	●철근배근상태	
●배관 및 밸브 누수		●관 두께	mm	●도장 두께	mm
●조사 내용					
- 구조물 상태 보통, 배관 상태 양호, 초음파유량계 상태 양호					
- 배수펌프 작동상태 양호, 수압탭 작동 상태 양호					
- 사다리 상태 양호					

3. 손상상태 평가표

번호	손상(결함) 종류	조사 내용	손상(결함) 정도	평가결과
1	콘크리트 파손	보통	-	b
2	배관의 부식	양호	부식이 없음	a
3	관외면 도장상태	보통	전반적 깨끗, 국부적	b
검토 내용				

4. 사진대지(밸브실 내외부 전경 또는 조사내용에 기록된 기타 상태 등)

사진 밸브실 외부 전경	사진 밸브실 내부 전경
사진 (조사내용에 기록된 기타 상태)	사진 (조사내용에 기록된 기타 상태)
필요시 추가...	...

(나) 코어채취

수밀을 요구하는 상수도의 토목구조물 특성과 경제성 및 작업성 등을 고려할 때 코어채취에 의한 콘크리트강도 조사는 다음 사항을 고려하여 실시한다.

○ 취수시설

- 콘크리트 코어채취를 하지 않는 것을 원칙
- 과업의 범위 및 내용이나 외관상태 조사결과 또는 비파괴시험에 의한 콘크리트 강도 조사결과 등에 따라 관리주체나 책임기술자가 코어채취에 의한 콘크리트 강도 조사여부를 결정한다.

○ 취수장, 가압장, 배수지 및 조절지 등은 필요시에 실시한다.

4) 공중이 이용하는 부위 조사

- 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다.

단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.

- 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.
- 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사 망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

11.2.2 시설물 외관조사 요령

가. 정밀안전점검 외관조사 요령

「공통편」 3.9항의 규정과 다음의 시설물별 정밀안전점검 실시 내용에 따라 현장조사와 구조물의 특성을 고려하여 필요한 현장조사 및 실내시험을 실시한다.

1) 취수시설

- ① 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고, 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- ② 가능한 범위 내에서 구조물 주위의 세굴, 퇴사량 등을 점검한다.
- ③ 취수시설의 부대시설에 대하여 부식상태와 손상상태 등을 검사한다.
- ④ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 취수장

(가) 흡수정 및 펌프장 구조물

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

3) 관로시설(취·도·송수관로 및 수로터널)

(가) 관로

- ① 관로를 관종, 매설년도, 관경 등을 고려하여 구간별로 분할하고 구간별로 관로의 상태를 평가한다.
- ② 관련 자료를 분석하고 그 결과를 평가한다.
- ③ 관이 노출되는 지점의 일부를 선정하여 도장두께를 측정하고, 관체 및 배관의 부식 등 손상상태를 점검한다.
- ④ 전체 관로구간을 현지 답사하여 관로상의 지장물, 주변환경 및 하중의 변동사항 및 누수여부를 육안으로 점검한다.
- ⑤ 관 파열로 제3자에게 중대한 재해를 줄 우려가 있는 도로의 경사지, 주거 밀집지역, 주요공단지역, 다중교통도로, 철도횡단구간 등을 점검하고 위험이 예상되는 구간에 대해서는 관로의 보호공, 긴급차단밸브의 설치여부를 확인한다.
- ⑥ 관로사고 시 긴급복구에 장기간이 소요되는 하천횡단 및 복개구간, 구조물 Box 통과구간을 점검하고 필요시 예비관로 추가설치 등 방안을 검토한다.

- ⑦ 관로에 방식설비가 되어 있는 경우에는 테스트 박스(T/B)에서 전위를 측정하여 기록하고, 이를 분석하여 평가한다.
- ⑧ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

(나) 각종 밸브실 및 밸브실내 배관

- ① 밸브실 및 밸브실내 배관조사는 차도 상에 위치한 밸브실에 대해 실시한다.
- ② 밸브실의 토목구조물 및 강재에 대하여 육안조사로 손상상태를 점검하고 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 구조물의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- ③ 각종 밸브실(제수밸브, 공기밸브, 이토밸브, 신축관, 유량계 등)의 내부침수 및 도로포장 등에 의한 매몰여부를 점검한다.
- ④ 각종 밸브류가 적정한 위치에 설치되어 있는지를 준공도면 및 현장조사 시 지형 등을 통하여 확인한다.
- ⑤ 밸브교체가 신속히 될 수 있는지를 준공도면 및 현장조사를 통하여 점검한다.
- ⑥ 각종 밸브실 구조물은 외부지하수의 유입방지를 위하여 구조물의 방수처리 유무를 점검한다.
- ⑦ 단수 시 수격압의 경감과 수두가 40m 이상인 경우에 개폐조작을 원활히 하기 위하여 부제수밸브의 설치상태 및 이상 유무 등을 점검한다.
- ⑧ 각종 밸브류는 내부압력에 적합한 규격을 설치하였는지를 검토한다.
- ⑨ 집중응력이 발생되기 쉬운 각종 밸브류와 관의 플랜지부위에 밸브류 또는 관의 파열 우려가 있는 지를 점검한다.
- ⑩ 각종 밸브류의 기초고정 볼트는 밸브실 바닥과 일체가 되도록 고정이 되어 있는 지를 점검한다.
- ⑪ 부등침하가 우려되는 장소에 신축관을 적절하게 설치하였는지를 검토하고, 신축 이음 등 이음부위의 상태를 조사하여 기록한다.
- ⑫ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

4) 정수시설

- ① 정수시설의 구조물은 취수장의 점검요령에 준하여 실시한다.
- ② 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

5) 가압장

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

6) 조절지 및 배수지

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

7) 부대시설 등

상기한 대상시설물을 제외한 부대시설물 등으로서 상수도시설의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 검사자가 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 점검을 실시한다.

나. 정밀안전진단 외관조사 요령

「공통편」 3.9항의 규정과 다음의 시설물별 정밀안전진단 실시 내용에 따라 현장조사와 구조물의 특성을 고려하여 필요한 현장조사 현장 및 실내시험을 실시한다.

1) 취수시설

정밀안전점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

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

2) 취수장

정밀안전점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

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

3) 관로시설(취·도·송수관로 및 수로터널)

정밀안전점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

(가) 관로

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

(나) 각종 밸브실 및 밸브실내 배관

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

(다) 수로터널

- ① 수로터널의 점검 시에는 지형, 지질, 지하수위 및 주변환경 등에 의해 안전성이 좌우되는 요소가 많으므로 이들에 대한 상황을 우선적으로 충분히 숙지하여야 한다.
- ② 수로터널이 압력수로인 경우에는 내·외부수압에 충분히 견딜 수 있는 단면의 철근콘크리트 라이닝을 확보하고 있는지 설계도면이나 준공도면 등을 통해 확인함과 더불어 터널출입구에 강관 또는 닥타일 주철관 등으로 적정하게 삽입되어 있는지도 확인하여야 한다.

- ③ 수로터널 내부의 현장조사는 수요처의 단수일정으로 한정된 짧은 시간에 많은 인력이 집중 투입되어 조사가 이루어지는 것이 대부분이므로 체계적이고 효율적인 조사팀의 구성, 점검범위 및 수준, 점검항목 및 내용, 점검순서 및 방법, 안전수칙 등의 계획이 사전에 마련하여함과 더불어 관리주체와 면밀한 협의·검토가 필수적이다.
- ④ 수로터널의 출입구는 안전취약구간에 해당하므로 절취면 및 보호공의 유지상태가 적정한지 면밀히 조사·기록토록 한다.
- ⑤ 단수조치 등에 의해 수로터널내부의 점검이 가능한 경우에는 터널내부의 출입을 위한 바이패스(Bypass)설비, 가로갱 및 경사갱 등의 유무와 그 위치 및 상황을 사전에 정확히 파악하는 것이 중요하다.
- ⑥ 수로터널의 내부점검 시에는 콘크리트 라이닝에 대한 손상이나 결함(균열, 박리, 박락, 누수, 백태, 층분리, 세굴 및 철근노출 등)상태와 구조물의 변위상태(내공 변위 및 시공이음부의 단차 발생유무 등)를 조사·측정하여 기록토록 한다.
- ⑦ 수로터널의 내구성 검토가 필요하다고 판단되는 경우에는 콘크리트강도, 탄산화 정도, 철근배근간격, 철근피복두께 등을 시험·측정하며 안전성 평가를 실시코자 하는 경우에는 필요에 따라 지표지질(지질의 종류, 풍화도, 방향성, 절리상태 등) 및 시추조사에 의한 암반특성 등을 파악하여야 한다.
- ⑧ 수로터널 외부로 누수의 징후나 발생 시에는 지하수질 분석 등에 의해 누수의 원인 등을 확인토록 한다.
- ⑨ 대구경 터널, 토피가 적은 구간, 중요한 도로나 하천 횡단구간 및 지반이 나쁜 구간 등에서는 이에 적절한 보강(콘크리트 복공두께 증대, 철근삽입 등)이 이루어져 있는지 조사하여야 한다.
- ⑩ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

4) 정수시설

정밀안전점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

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

5) 가압장

정밀안전점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

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

6) 조절지 및 배수지

정밀안전점검 외관조사 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시하며, 다음의 내용을 정밀안전진단에 포함한다.

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

7) 부대시설 등

상기한 대상 시설물을 제외한 부대시설물 등으로서 상수도 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 점검자가 정밀안전진단이 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 정밀안전진단을 실시한다.

다. 기계·전기설비 외관조사 요령

정수시설·취수장·가압장의 기계·전기설비에 관한 외관조사는 다음의 사항을 준하여 실시한다.

1) 기계설비

- ① 각종 배관에 대한 이음부 상태와 관체의 부식 및 노후정도, 도장상태, 누수 등의 배관손상 대한 조사를 실시한다.
- ② 펌프 및 염소중화설비에 대한 외관검사 및 작동상태, 펌프의 소음 및 진동에 대해 점검한다.
- ③ 펌프트출 측에 수격압방지시설이 있는 경우는 시설의 정상작동 여부 및 외관검사를 통하여 시설의 노후도, 부식도 등을 점검한다(수충격 시험을 실시할 경우에만 해당함).
- ④ 배수펌프의 설치 유무를 점검한다.
- ⑤ 2ton 이하의 크레인 또는 호이스트의 레일, 지지기둥, 로프 등의 손상상태를 점검한다.
- ⑥ 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 기계·전기설비의 손상상태와 노후도 상태를 점검하고 시험보고서를 작성한다.
- ⑦ 기타 검사자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 전기설비

정수시설·취수장·가압장의 전기설비에 관한 육안점검은 다음의 점검표를 준하여 실시한다.

① 가압·송수·취수 펌프모터설비의 점검표

설비명	점 검 사 항	점검결과
가압·송수 · 취수펌프 모터	- 펌프모터의 외관 및 고정상태, 발청·녹 발생·손상유무, 단자함에 무리한 수납여부, 케이블의 단말처리 및 손상유무, 관련 배관류의 변형·파손 유무 등	
	- 절연저항측정 결과	
	- 펌프모터의 작동상태	
	- 외함접지 유무 및 펌프모터의 정상적인 작동유무	

② 가압·송수·취수 펌프모터의 기동반 및 현장제어반 점검표

구 분		점 검 사 항	점검결과
기 동 반	기동반의 내·외관상태	- 빗물·눈·방수·방충·방서 등의 유입 우려, 위험표지의 유무(변전설비, 출입금지, 고압 위험 표시), 소화기 설치, 외관 및 표시상태, 계기의 오손 및 지시, 이면배선의 정연 상태 및 오손 및 헐거움 유무 - 부속설비의 이상 유무, 접지 및 절연 상태 등	
	표시·계기 상태	- 전류·전압계·전력량계·역률·주파수계의 외관 및 작동상태, 표시램프 및 절환스위치(AS,VS)의 표시 및 작동상태, 관련 배선의 상태 등	
	차단기	- 손상, 이물질 부착, 단자 및 접촉부의 상태, 이음·이취 유무, 동작지시 및 동작표시상태의 이상 유무, 지지 애자의 균열 유무 등 - 접지선의 취부 상태, 동작 회수계, 개폐 조작함 상태 등	
	모선 및 케이블	- 애자 및 배선의 취부 상태, 접속부의 과열·변색·이상 냄새의 유무, 케이블 외상 및 단말부 균열·손상 유무 등	
	계기용변성기류 (PT,CT 등)	- 균열·손상·이음·이취의 유무, 퓨즈의 접촉 및 이상 유무, 접지선의 취부 상태 등	
	보호계전기	- 계전기의 외관, 작동상태, 커버의 파손 및 먼지 침입여부, 동작표시장치의 동작, 조작·제어배선 탈락 및 오결선 여부 등	
	역률보상용 전력콘덴서	- 오손·파손·부식 유무, 구동모터와의 용량 적정성, 접지유무, 외함의 부풀림 유무 등	
현 장 제 어 반	반의 내·외관상태	- 반의 오손·파손·부식 유무, 내부 이물질 침입여부, 문 개폐 및 잠금장치 상태, 반의 부착 및 고정상태 - 반 내부에 대한 방진조치·방습처리 설치유무 및 작동상태	
	표시·계기 상태	- 계기류(전압·전류계)의 외관·지시상태, 파손·손상 유무, 표시상태 등	
	차단기 및 접촉기류	- 배선용 차단기(NFB·MCCB)·접촉기류·S/W류 및 각종 접점의 상태(손상·파손·부식 등 문제점 유무), 보호장치·FUSE·CT·PT의 동작상태 및 파손·손상 유무, 결선·부착상태 등	
	배선 및 케이블	- 배선상태(반 내부의 전선·케이블 단말처리 및 배선정리, 부착 및 조임 상태, 단선·단락·열화·변색 유무 등)	
	접지 및 동작유무	- 접지상태 및 정상적인 작동유무	

11.3 재료시험 항목 및 수량

11.3.1 정밀안전점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 11.2] 시설별 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
수로터널 · 토목구조물	- 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도 - 콘크리트 탄산화 깊이	- 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 - 철근탐사시험 - 염화물함유량¹⁾
관 로	관대지전위차	- 토양부식성조사 - 토양비저항 측정
기계·전기설비	—	각종 기기의 작동시험

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 11.3] 시설별 정밀안전점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가방법
기본 과업	수로터널 · 토목 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 － 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	관로	○ 관대지전위차	○ 관로의 방식시설의 적정운영 ○ 관로의 부식 개연성 판단
선택 과업	수로터널 · 토목 구조물	○ 콘크리트강도 － 국부파괴 : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 철근탐사시험 － 철근배근상태 － 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	관로	○ 토양비저항	○ 토양에 의한 관외부의 부식상태
	기계 전기	○ 각종 기기 작동시험	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시

나. 재료시험 기준수량

상태평가를 위한 기본과업의 재료시험에 대한 기준수량은 [표 11.4]와 같으며, 선택과업에 의한 재료시험 기준수량은 [표 11.5]와 같으나, 이외의 재료시험 항목 및 수량에 대해서는 과업의 내용에 따른다.

[표 11.4] 정밀안전점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널	토목구조물 ¹⁾	비고
반발경도시험	—	· 200m당 1회 · 최소 9개소 이상	· 시설별 각 3개소 이상 · 정수장 5개소 이상	
탄산화 깊이 측정 ²⁾	—	· 복합부재/3개소 이상 · 최소 9개소 이상	· 시설별 각 1개소 이상 · 정수장 3개소 이상	
관대지전위차	(T/B)당×1개소	—	—	

주1) ○ 취수시설에서의 재료시험은 책임기술자 판단에 따라 실시여부 및 수량 결정
○ 시설별의 종류 : 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등

주2) 철근콘크리트라이닝 구조에서 실시

[표 11.5] 정밀안전점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널· 토목구조물	기전설비	비 고
코어채취 ¹⁾	—	1개소당 3개	—	강도 및 염화물함유량 시험 등
토양비저항	관로 300m당 1개소	—	—	
주요기기 작동시험 ²⁾	—	—	과업에서 조사 및 수량 결정	

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취한다.

또한 이전에 수행한 정밀안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 이들의 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

주2) 주요 기기에 대한 작동시험은 관리주체와 협의하여 실시한다.

11.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 11.6] 시설별 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
수로터널 · 토목구조물	○ 콘크리트강도 － 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도¹⁾ ○ 철근탐사 － 철근 배근상태 － 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량²⁾ ○ 철근부식도 ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 － 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 ○ 지반(시추)조사
관 로	○ 관두께 측정 ○ 관대지전위차 ○ 토양부식성조사 － 토양비저항 측정 ○ 강재조사 － 용접부 상태 조사	○ 토양부식성조사 － 토양 pH － 토양의 황산이온 및 염소이온 － 토양의 함수비 ○ 굴착조사 ○ 강재조사 － 인장강도 및 성분조사
기계설비	○ 기계 및 계측시설의 작동유무	○ 성능시험(취수·송수·가압펌프, 2톤 이하의 크레인 및 호이스트, 염소중화설비) ○ 펌프 소음·진동 측정 ○ 장내 배관두께(초음파측정) ○ 와이어 로프 단면감소 및 소선절단 상태
전기설비	○ 전기설비의 작동유무	○ 취수·송수·가압펌프모터와 관련 기동반·현장제어반의 조사 및 시험 － 절연저항측정 － 접지저항측정 － 펌프모터의 작동상태측정 (공급전압, 운전전류 등)

주1) 수로터널에서 초음파속도 측정은 책임기술자 판단에 따라 건조한 콘크리트에 대해서 실시한다.

주2) 제1장 교량 1.3.2절 참조

[표 11.7] 시설별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가방법
기본 과업	수로터널 · 토목 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
		○ 철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 주철근까지 깊이별(10mm~20mm) 시료채취 및 평가
		○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
		○ 균열깊이 조사	○ 발생균열의 철근깊이 이상 발견 또는 관통 여부 등 평가 ○ 허용균열폭과의 비교·검토
	관로	○ 관대지전위차	○ 관로의 방식시설의 적정운영 ○ 관로의 부식 개연성 판단
		○ 관두께 측정	○ 현재의 잔존 관두께 ○ 수도용도복장강관, 주철관 구분
		○ 토양 비저항 측정	○ 토양에 의한 관외부의 부식상태
		○ 강재 용접부조사	○ 강재용접 결함(균열 등) 평가 ○ 자분탐상 또는 초음파탐상 등
선택 과업	수로터널 · 토목 구조물	○ 콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 콘크리트 물성 및 미세구조	○ 강도, 수분함량 등
		○ 지반(시추)조사	○ 기초지반의 특성 및 상태 파악
	관로	○ 토양 pH	○ 토양pH 등
		○ 토양의 황산이온 및 염소이온	○ 관로와 접하는 토양 대상
		○ 토양의 함수비	○ 관로와 접하는 토양 대상
		○ 굴착조사	○ 피복상태 및 관로부식, 관두께, 실측외경 등
		○ 강재 인장강도 및 성분조사	○ 강재의 결함 및 종류
	기계설비	○ 취수·송수·가압펌프 소음·진동 측정	○ 허용기준의 초과 여부 ○ 각종 펌프·배관 등
		○ 장내 배관두께(초음파측정)	○ 관의 두께가 소요두께 이상 여부 ○ 부식 우려 및 관 내압이 큰 배관
		○ 권양와이어 단면감소 및 소선절단 상태	○ 권양와이어의 상태평가 ○ 2톤이하 크레인 및 호이스트 상태평가
		○ 작동시험	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시
	전기설비	○ 절연저항측정	○ 허용기준의 초과 여부
		○ 접지저항측정	○ 허용기준의 초과 여부
		○ 적외선열화상탐사	○ 이상발열발생 여부
		○ 펌프모터의 운전상태측정	○ 허용기준의 초과 여부

나. 재료시험 기준수량

[표 11.8] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널	토목구조물 ¹⁾	비고
반발경도시험	조사 밸브실의 5% 최소 1개소 이상	길이 200m당 1회, 최소 9개소 이상	시설별 각 5개소 이상, 정수장 10개소 이상	
초음파 전달속도시험	조사 밸브실의 5% 최소 1개소 이상	길이 200m당 1회, 최소 9개소 이상	시설별 각 5개소 이상, 정수장 10개소 이상	
철근탐사시험 ²⁾	조사 밸브실의 5% 최소 1개소 이상	복합부재/3개소 이상, 최소 9개소 이상	시설별 각 3개소 이상, 정수장 10개소 이상	
탄산화 깊이 측정	조사 밸브실의 5% 최소 1개소 이상	복합부재/3개소 이상, 최소 9개소 이상	시설별 각 3개소 이상, 정수장 9개소 이상	
염화물 함유량시험	책임기술자 판단	책임기술자 판단	책임기술자 판단 시설별 1회 이상	
철근부식도시험	책임기술자 판단	책임기술자 판단	책임기술자 판단	
균열깊이 조사	책임기술자 판단	책임기술자 판단	책임기술자 판단	
관두계측정 ³⁾	조사 밸브실의 5% 최소 1개소 이상	—	—	부식률 측정 포함
관대지전위차측정	(T/B)당 1개소	—	—	
토양비저항측정	300m당 1개소 최소 1개소 이상	—	—	
강재 비파괴시험	필요시 실시 (책임기술자 판단)	—	—	
기계 및 전기설비 작동유무	—	—	진단기간 중 1회 실시	

- 주1) ○ 취수시설에서의 재료시험은 책임기술자 판단에 따라 실시여부 및 수량 결정
 ○ 시설별의 종류 : 정수장, 취수장, 가압장, 조절지, 배수지 등
 ○ 염화물함유량시험의 경우 책임기술자 판단(수리시설물 특성 고려)에 따라 실시여부 및 수량 조정 가능하며, 조정시 그 사유를 보고서에 작성
- 주2) ○ 철근콘크리트라이닝 구조에서 실시
 ○ 수로터널은 복합부재(구간1, 구간2, . . .)마다 3개소 이상 실시
- 주3) ○ 관두계측정은 건전부와 부식 발생, 사고 발생, 경과년수, 전차 측정결과 등을 반영한 취약부를 선정하여 함께 측정

[표 11.9] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	관로	수로터널	토목구조물	기계설비	전기설비
코어채취 ¹⁾ (콘크리트 물성 등)	—	1개소당 3개	1개소당 3개	—	—
지반(시추)조사 ²⁾	—	과업에서 조사 및 수량 결정	과업에서 조사 및 수량 결정	—	—
토양 pH	관로 2.0km당 1개소	—	—	—	—
토양의 황산이온 및 염소이온	관로 2.0km당 1개소	—	—	—	—
토양의 함수비	관로 2.0km당 1개소	—	—	—	—
굴착조사	3개소	—	—	—	—
강재 인장강도 및 성분조사	1개소	—	—	—	—
성능시험 ³⁾	—	—	—	진단기간 중 1회 실시	—
소음·진동측정	—	—	—	과업에서 조사 및 수량 결정	—
배관두께 (초음파특정)	—	—	—	과업에서 조사 및 수량 결정	—
권양와이어 단면감소 및 소선절단 상태	—	—	—	과업에서 조사 및 수량 결정	—
절연저항측정	—	—	—	—	펌프모터별 1회 실시
접지저항측정	—	—	—	—	접지System 별 1회 실시
적외선열화탐사	—	—	—	—	설비별 1회 실시

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 관리주체와 협의한 후 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하고 1개소 당 3개의 코어를 채취하여 강도 등 실내시험 실시
단, 정수장의 경우 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

주2) 구조적 중대한 결함 발생, 콘크리트강도의 현저한 저하 및 구조물에 작용 하중조건의 변경 또는 예상되는 경우 등 구조물의 구조적 안전성 검토가 필요한 경우 필수적으로 실시하여야함

주3) 취수·송수·가압펌프, 2톤 이하의 크레인 및 호이스트, 염소중화설비에 대한 성능시험은 관리주체와 협의하여 실시하며, 기기의 특성 및 상황을 고려하여 성능시험 수량은 책임 기술자가 조정 가능

11.4 상태평가기준 및 방법

11.4.1 상태평가항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가기준을 적용하며, 상태변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형(評價類型)별로 구분하여 영향계수를 적용한다.

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

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

② 국부결함

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

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

영향계수는 안전성에 직접적인 영향을 미치는 중요결함의 상태평가기준 결과를 기준으로 하여 국부적인 결함의 평가기준 결과를 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태평가를 위한 표준기준이며, 책임기술자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

3) 시설물별 평가유형 및 영향계수

(가) 관로

상 태 변 화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
관로부식		중요결함	1.0	a	5	
관두깨	수도용도복장 강관			b	4	
	주철관			c	3	
관체 변형율(%)				d	2	
관로누수				e	1	
관로사고이력		국부결함	1.0	a	5	
관대지전위차(mV)			1.1	b	4	
관내 · 외면 도장상태			1.2	c	3	
			1.4	d	2	
			2.0	e	1	
경과년수		일반손상	1.0	a	5	
토양부식성	토양비저항($\Omega \cdot \text{cm}$)		1.1	b	4	
	토양pH		1.3	c	3	
	황산이온, 염소이온		1.7	d	2	
관주변 토양종류			3.0	e	1	

(나) 토목 구조물

상태변화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고	
침하 / 부상		중요결함	1.0	a	5		
경 사				b	4		
활 동				c	3		
				d	2		
				e	1		
기초세굴		국부결함	1.0	a	5		
탄산화 잔여 깊이			1.1	b	4		
			1.2	c	3		
			1.4	d	2		
염화물함유량			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						

(다) 강 구조물

상태변화	평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
강재 변형 및 변위	중요결함	1.0	a	5	
			b	4	
			c	3	
			d	2	
			e	1	
강재 부식	국부결함	1.0	a	5	
1.1		b	4		
1.2		c	3		
강재 피로균열		1.4	d	2	
2.0		e	1		
강재 도장손상	일반손상	1.0	a	5	
		1.1	b	4	
		1.3	c	3	
		1.7	d	2	
		3.0	e	1	

(라) 기계·전기설비

상태변화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
펌프 설비	펌프의 진동크기	국부결함	1.0	a	5	
			1.1	b	4	
			1.2	c	3	
			1.4	d	2	
			2.0	e	1	
	펌프의 소음크기	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(누수상태)	중요결함	1.0	a b c d e	5 4 3 2 1	
	밸브의 손상정도	국부결함	1.0	a	5	
전기 설비	절연열화		1.1	b	4	
	접지불량		1.2	c	3	
	전기설비의 불량 (취수·송수·가압펌프모터 · 기동반·제어반)		1.4	d	2	
			2.0	e	1	

나. 상태평가항목 및 기준

1) 관로

[표 11.10] 관로사고이력의 상태평가기준

평가기준	평가점수	사고이력(건/km/년)	비 고
a	5	$f = 0$	■ f : 관로사고이력(최근 5년간 이력)을 기준으로 산정함을 원칙으로 함) ■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	$0.7 \geq f > 0$	
c	3	$1.4 \geq f > 0.7$	
d	2	$2.1 \geq f > 1.4$	
e	1	$f > 2.1$	

주) 관로사고이력은 관리주체로부터 최근 5년간의 사고이력 관련 자료(수도사고 이력, 점검·정비 등)를 수집하여 사고 유형별로 구분하여 분석하되, 관로 노후화와 관련이 없는 내용(타공사, 관로이설공사 등)을 제외하도록 함

[표 11.11] 경과년수에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	경과년수(년)	비 고
a	5	10년 미만	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용 ■ 관로의 설치년도로부터 진단 완료일까지의 경과년수 적용 단, 책임기술자가 갱생(신관 삽입, 재도장)으로 관체의 안전성이 향상되었다고 판단될 경우에는 평가점수를 조정할 수 있음
b	4	10년 이상 ~ 20년 미만	
c	3	20년 이상 ~ 30년 미만	
d	2	30년 이상 ~ 40년 미만	
e	1	40년 이상	

[표 11.12] 관주변 토양종류의 상태평가기준

평가기준	평가점수	토양종류	비 고
a	5	모래	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	실트	
c	3	점토	
d	2	석탄질 토양, 오염 토양	
e	1	쇄석	

주) 삼각도표에 의한 토양종류를 기준으로 하고, 석탄질 토양, 오염 토양, 쇄석을 추가함

○ 토양의 부식성

- 토양부식성에 대한 평가기준은 지역특성에 따라 특정한 인자가 토양의 부식성을 지배하는 경우도 많이 있으므로 토양부식성을 판단하는 여러 인자 중 특정한 인자에 의한 사고가 빈번한 때에는 제시된 기준과 달리 지역특성에 맞는 인자와 평가기준을 책임기술자의 판단으로 조정하여 평가할 수 있다.

[표 11.13] 토양비저항의 상태평가기준

평가기준	평가점수	토양비저항($\Omega\cdot\text{cm}$)	비 고
a	5	10,000 이상	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	5,000 이상 ~ 10,000 미만	
c	3	2,000 이상 ~ 5,000 미만	
d	2	700 이상 ~ 2,000 미만	
e	1	700 미만	

[표 11.14] 토양pH의 상태평가기준

평가기준	평가점수	토양pH	비 고
a	5	8.5 이상	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용 ■ 필요한 경우, 책임기술자의 판단에 따라 산화환원전위(Redox 전위) 측정 * 토양 pH가 6 이상이나(a~b), Redox 전위가 50mV 이하인 경우 d를 부여함
b	4	6 이상 ~ 8.5 미만	
c	3	4 이상 ~ 6 미만	
d	2	2 이상 ~ 4 미만	
e	1	2 미만	

[표 11.15] 황산이온 및 염소이온의 상태평가기준

평가기준	평가점수	황산이온 및 염소이온 함량(mg/kg)	비 고
a	5	황산이온 200 미만 또는 염소이온 100 미만	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	황산이온 200 이상~300 미만 또는 염소이온 100 이상~150 미만	
c	3	황산이온 300 이상~400 미만 또는 염소이온 150 이상 ~ 200 미만	
d	2	황산이온 400 이상~500 미만 또는 염소이온 200 이상~250 미만	
e	1	황산이온 500 이상 또는 염소이온 250 이상	

[표 11.16] 관대지전위차의 상태평가기준

평가기준	평가점수	관대지전위차(mV)	비 고
a	5	(-)850 ~ (-)2500	■ 수도용 도복장강관에 적용하며 주철관은 해당 없음
b	4	(-)650 이상 ~(-)850 미만 또는 (-)2500 이하	
c	3	(-)400 이상 ~ (-)650 미만	
d	2	0 ~ (-)400 미만	
e	1	0 이상	

[표 11.17] 관내·외면 도장의 상태평가기준

평가기준	평가점수	도장 상태	비 고
a	5	손상 없음	■ 수도용 도복장강관에 적용하며 주철관은 내면만 해당됨
b	4	전반적으로 깨끗하고 도장의 손상이 국부적으로 발생	
c	3	도장면이 비교적 깨끗하나 도장의 손상이 다소 발생	
d	2	도장면이 불량하고 도장의 손상이 많이 발생	
e	1	도장면이 매우 불량하고 손상이 전체적으로 발생	

[표 11.18] 관로부식의 상태평가기준

평가기준	평가점수	부 식 상 태	비 고
a	5	부식이 없음	■ 수도용 도복장강관과 주철관은 동일한 기준으로 적용
b	4	경미한 전면부식이 조금 발생되거나 건전부 모재두께의 10% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
c	3	심화된 전면부식이 전단면에 발생되었거나 건전부 모재두께의 10% 이상~30% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
d	2	건전부 모재두께의 30% 이상~50% 미만의 점부식이 관찰되는 상태	
e	1	건전부 모재두께의 50% 이상의 점부식이 관찰되는 상태	

주1) 관로의 관체, 밸브 및 볼트·너트 등의 관로부식에 대한 상태평가기준

주2) 상태평가결과가 "d" 이하이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

주3) 관로부식의 상태평가를 실시하는 경우 측정된 부식률을 보고서에 수록하여야 한다.

[표 11.19] 관두께의 상태평가기준

평가기준	평가점수	수도용 도복장 강관(y)	주철관(t)
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	$y < 2$	$t < 0.4$

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

여기서,

○ y (년, 소요관두께 미만이 되는 기간)

= {측정 최소관두께(mm) - 최대 관부식깊이(mm)} / 최대부식도

최대부식도(mm/년) = 최대 관부식깊이(mm) / 경과년수(년)

○ t (평균 잔존 관두께율) = 잔존 평균관두께 / 규정 관두께

※) 관체는 시간이 경과함에 따라 부식에 의해 관두께가 감소되며, 결국 관의 소요두께 미만이 되면 관의 파손이나 파열 등으로 관로사고가 발생하게 된다. 따라서 부식 깊이와 관두께 측정 결과에 의해 현재의 잔존 관두께를 검토한다.

[표 11.20] 관체 변형률의 상태평가기준

평가기준	평가점수	관체 변형률(%)	비 고
a	5	없음	■ 수도용 도복장강관에 적용하며 주철관은 해당 없음 ■ 관체 변형률은 내측 내경에 의해, 평균내경과 최대 또는 최소 내경의 비율에 의해 구한 값임
b	4	3% 미만	
c	3	3% 이상 ~ 15% 미만	
d	2	15% 이상 ~ 30% 미만	
e	1	30% 이상	

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 11.21] 관로누수에 대한 상태평가기준

평가기준	평가점수	누 수 상 태
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

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

2) 토목구조물

[표 11.22] 침하/부상의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	침하/부상이 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 침하/부상이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	침하/부상의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	침하/부상의 정도가 심각하여 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	침하/부상의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전을 위협받고 있는 상태

[표 11.23] 경사의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	경사가 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 경사가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	경사의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	경사의 정도가 심각하여 구조적인 안정에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	경사의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안정이 위협받고 있는 위험한 상태

[표 11.24] 활동의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	활동이 발생되지 않은 상태
b	4	부분적으로 경미한 활동이 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않은 상태
c	3	활동의 정도가 보통정도이나 지속적인 관찰로 진행성을 감시할 정도의 상태
d	2	활동의 정도가 심각하여 구조적인 안전에 심각한 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	활동의 정도가 아주 심하고 광범위하게 발생하여 구조적인 안전이 위협받고 있는 위험한 상태

[표 11.25] 기초세굴의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	세굴이 없는 상태
b	4	세굴이 경미하게 발생한 상태
c	3	경미한 세굴이 여러 곳에 산재되어 있거나 세굴이 다소 심하게 발생한 상태
d	2	세굴이 심하여 하단부가 크게 들어 나고 구조적인 안전에 영향을 미칠 수 있는 상태
e	1	세굴이 아주 심하여 구조적 안전이 심각하게 위협받고 있는 위험한 상태

주) 상태평가결과가 "d" 이하이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 11.26] 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가기준

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

[표 11.27] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가기준

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

※) 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 따라 상태평가 한다.

주) 균열 면적율 산정방법은 제1장 교량 [표1.11] 참조

[표 11.28] 콘크리트 박리의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	박리 발생이 없음
b	4	박리 깊이 0.5mm 미만이면서 박리 면적을 10% 미만
c	3	박리 깊이 0.5mm 이상 ~ 1.0mm 미만이면서 박리면적을 10% 미만 박리 깊이 0.5mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상
d	2	박리 깊이 1.0mm 이상 ~ 25mm 미만이면서 박리면적을 10% 미만 박리 깊이 0.5mm 이상 ~ 10mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상
e	1	박리 깊이 10mm 이상 ~ 25mm 미만이면서 박리면적을 10% 이상 박리 깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

[표 11.29] 콘크리트 박락 및 층분리의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	박락/층분리 발생이 없음
b	4	박락/층분리 깊이 15mm 미만이면서 면적을 10% 미만
c	3	박락/층분리 깊이 15mm 이상 ~ 20mm 미만이면서 면적을 10% 미만 박락/층분리 깊이 15mm 미만이면서 면적을 10% 이상
d	2	박락/층분리 깊이 20mm 이상 ~ 25mm 미만이면서 면적을 10% 미만 박락/층분리 깊이 15mm 이상 ~ 20mm 미만이면서 면적을 10% 이상
e	1	박락/층분리 깊이 20mm 이상 ~ 25mm 미만이면서 면적을 10% 이상 박락/층분리 깊이 25mm 이상이거나 조골재 손실

[표 11.30] 철근노출 면적의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	철근노출 없음
b	4	철근노출 면적율이 1.0% 미만
c	3	철근노출 면적율이 1.0% 이상~3.0% 미만
d	2	철근노출 면적율이 3.0% 이상~5.0% 미만
e	1	철근노출 면적율이 5.0% 이상

주) 상태평가결과가 “e”이고, [표 11.35](탄산화) 또는 [표 11.36](염화물)의 상태평가결과가 “d”이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

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

[표 11.31] 누수의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용	
		콘크리트 부재	신축이음부위
a	5	누수가 없음	누수가 없음
b	4	현저한 흔적 (누수부위가 습윤된 상태)	누수 흔적이나 토사 등의 오염
c	3	누수의 진행이 관찰가능 상태 (방울방울 떨어짐)	파손에 의한 누수발생
d	2	누수의 진행이 관찰가능 상태 (소량이 분출)	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식발생
e	1	누수의 진행이 확연한 상태 (많은 양의 분출)	누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식심화

※) 누수흔적이나 진행정도를 기준으로 콘크리트 부재와 신축이음 부위로 구분한 상태평가 한다.

[표 11.32] 백태의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	백태가 없음
b	4	백태 발생 면적율이 5% 미만
c	3	백태 발생 면적율이 5% 이상~10% 미만
d	2	백태 발생 면적율이 10% 이상~20% 미만
e	1	백태 발생 면적율이 20% 이상

[표 11.33] 콘크리트 파손의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	파손이 없음
b	4	파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만,
c	3	파손깊이 20mm 이상 ~ 50mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만 파손깊이 20mm 미만이면서 파손면적율 10% 이상
d	2	파손깊이 50mm 이상 ~ 80mm 미만이면서 파손면적율 10% 미만 파손깊이 20mm 이상 ~ 50mm 미만이면서 파손면적율 10% 이상
e	1	파손깊이 80mm 이상이면서 파손면적율 10% 미만 파손깊이 50mm 이상이면서 파손면적율 10% 이상

※) 파손은 콘크리트가 재료적, 환경적, 또는 외부적인 하중조건에 의해 손상을 입은 것을 말하며 재료분리(곰보판), 물탈 탈락 등 여타의 손상을 포함한다.

[표 11.34] 신축이음 탈락 및 열화의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용	
		부재의 탈락정도	부재의 열화정도
a	5	없음	없음
b	4	없음	고무판 마모, 강재의 부식(녹) 발생 등의 경미한 열화
c	3	고정 장치의 이완으로 신축이음 본체 유동	고무판 마모, 강재의 부식(녹) 발생 등의 열화심화
d	2	고정 장치의 파손으로 신축이음 본체 일부 탈락 및 손상	
e	1	신축이음 본체 파손	

※ 신축이음 부재가 탈락하거나, 열화가 크게 진행되는 경우에는 누수 등이 발생되므로 신축이음 탈락 및 열화 정도에 따른 평가를 실시하도록 한다.

[표 11.35] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가기준

평가기준	평가점수	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	5	30mm이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	4	10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	3	0mm이상 ~ 10mm미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	2	0mm미만	철근부식 발생
e	1	—	—

주1) 상태평가결과가 "d"이고, [표 11.30](철근노출)의 상태평가결과가 "e"이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

주2) 제1장 교량[표 1.28] 해설을 따른다.

[표 11.36] 전염화물 이온량의 상태평가기준

평가기준	평가점수	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	5	염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	4	$0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	콘크리트 중의 염화물 이온농도가 높으나, 부식이 발생할 가능성 적음.
c	3	$1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식이 발생할 가능성 높음
d	2	염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생
e	1	—	—

주) 상태평가결과가 "d"이고, [표 11.30](철근노출)의 상태평가결과가 "e"이면 11.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량[표 1.29] 참조

3) 강 구조물

[표 11.37] 강제 부식의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	부식이 전혀 없음
b	4	국부적으로 부식이 발생(부식발생 면적을 5% 미만)
c	3	부식이 다소발생(부식발생 면적을 5% 이상 ~ 15% 미만)
d	2	전반적으로 부식이 발생(부식발생 면적을 15% 이상 ~ 30% 미만)
e	1	부식발생이 심화(부식발생 면적을 30% 이상)

[표 11.38] 강제 피로균열의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	전 부재에 걸쳐 균열발생이 없음
b	4	보조부재에 국부적으로 미세 표면균열이 발생
c	3	주 부재에 국부적으로 미세 표면균열 발생
d	2	주 부재에 균열길이 20mm 미만의 관통균열 발생
e	1	주 부재에 균열길이 20mm 이상의 관통균열 발생

[표 11.39] 강제 변형 및 변위의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	변형이나 변위 등이 전혀 없음
b	4	변형이나 변위가 없으나 미소한 처짐의 발생 (최대 허용처짐량의 20% 미만)
c	3	변형이나 변위가 미미하고 이로 인한 손상이 없으며 처짐이 다소 크게 발생(최대 허용처짐량의 20% 이상 ~ 50% 미만)
d	2	변형이나 변위가 다소 크게 발생하였으나 이로 인한 손상은 없고 처짐이 크게 발생(최대 허용처짐량의 50% 이상 ~ 100% 미만)
e	1	변형이나 변위가 과대하고 이로 인해 손상이 발생

[표 11.40] 강재의 도장상태에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	도장면 상태가 매우 깨끗하고 결함이 전혀 없음
b	4	도장면 상태가 전반적으로 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 국부적으로 발생(전체면적의 10% 미만)
c	3	도장면이 비교적 깨끗하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 다소 발생(전체면적의 10% 이상 ~ 25% 미만)
d	2	도장면이 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 크게 발생 (전체면적의 25% 이상 ~ 50% 미만)
e	1	도장면이 매우 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 전반적으로 발생(전체면적의 50% 이상)

4) 기계설비

[표 11.41] 펌프베드 기초부의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상 태
a	5	베드의 기초에 전혀 균열이 없는 최상의 상태
b	4	베드의 기초에 균열이 없는 양호한 상태
c	3	베드의 기초에 미세균열이 부분적으로 발생한 보통의 상태
d	2	베드의 기초의 볼트주위에 균열이 발생한 상태
e	1	펌프 고정이 불가능한 정도로 베드의 기초에 균열이 발생하여 보강 또는 교체 등이 필요한 상태

[표 11.42] 펌프의 진동크기에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	진동한계(RMS, mm/s)
a	5	진동한계 ≤ 3.7
b	4	진동한계 ≤ 5.6
c	3	진동한계 ≤ 9
d	2	진동한계 > 9
e	1	진동한계 > 11

[표 11.43] 펌프의 소음크기에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	펌프1m에서 평균소음의 크기가 80dB 이하
b	4	펌프1m에서 평균소음의 크기가 80dB 초과, 90dB 이하
c	3	펌프1m에서 평균소음의 크기가 90dB 초과, 100dB 이하
d	2	펌프1m에서 평균소음의 크기가 100dB 초과, 120dB 이하
e	1	펌프1m에서 평균소음의 크기가 120dB 초과

[표 11.44] 관체의 손상정도(누수상태)에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	누수가 전혀 없음
b	4	누수가 없음
c	3	누수는 없으나 누수의 우려가 보임
d	2	누수의 진행이 관찰
e	1	누수의 진행이 확연함 (분출)

[표 11.45] 밸브의 손상정도에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	밸브의 작동이 원활하고 여타 손상이 전혀 없음
b	4	밸브의 작동에 문제가 없고 발청·부식 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 확인함

5) 전기설비

[표 11.46] 절연열화에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	절연열화가 전혀 없는 상태
b	4	절연열화가 매우 미미한 상태
c	3	절연열화가 경미한 상태 (경년열화를 고려한 1MΩ 정도)
d	2	절연열화가 심화된 상태 (경년열화를 고려한 1MΩ 이하로서 규정된 절연저항치 정도)
e	1	절연열화가 매우 위험하게 진행된 상태 (규정된 절연저항치 미만)

[표 11.47] 접지불량에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	접지불량이 전혀 없음
b	4	접지불량이 매우 미미한 상태
c	3	접지불량이 경미한 상태(규정된 접지저항치 범위 내)
d	2	접지불량이 심화된 상태(규정된 접지저항치의 120% 이하)
e	1	접지불량이 위험하게 진행된 상태(규정된 접지저항치의 120% 초과)

[표 11.48] 전기설비의 불량에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	전기설비의 불량이 전혀 없는 상태
b	4	전기설비의 불량이 매우 미미한 상태
c	3	전기설비의 불량이 경미한 상태 (설비의 기동 및 운전에 지장이 없는 상태)
d	2	전기설비의 불량이 심화된 상태 (설비의 기동 및 운전에 지장을 초래하는 상태)
e	1	전기설비의 불량이 극심한 상태 (설비의 기동 및 운전이 불가능한 상태)

※) 송수펌프모터 · 기동반 · 조작반 · 발전기 등

6) 공중이 이용하는 부위

[표 11.49] 추락방지시설 상태평가기준

평가기준	상태평가 내용
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 발생할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

[표 11.50] 도로포장 상태평가기준

평가기준	상태평가 내용
a	○ 포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○ 포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생한 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 깊이 8cm 이상의 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

[표 11.51] 도로부 신축이음부 상태평가기준

평가기준	상태평가 내용
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 50cm 이하의 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

[표 11.52] 환기구 등의 덮개 상태평가기준

평가기준	상태평가 내용
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

11.4.2 상태평가결과 산정 방법

가. 상수도 시설물 평가 단계별 절차

상수도 시설물은 크게 관로시설물, 토목구조물 및 기계·전기설비 및 건축구조물로 구분되며, 상수도전용 댐(수원지시설)이 존재하는 경우에는 이를 상수도 시설물에 포함하며, 이의 시설물들 중 건축구조물과 상수도전용 댐(수원지시설)은 각각 제6장 건축물 및 제5장 댐에서 제시하는 상태평가 산정 절차에 의해 평가가 이루어지고 나머지 시설물들은 다음에 제시되는 상태평가결과 산정 방법에 따라 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 11.3] 상수도 시설물 평가 단계별 절차

나. 상태평가 단계별 구분

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

상수도 시설물의 상태평가는 [그림 11.3]의 절차를 고려하여 부재나 시설물의 특성 및 상황에 따라 책임기술자가 판단하여 평가단계를 병합 또는 조정 할 수 있다.

평가단계별 평가대상 부재 및 시설물의 구분(예)은 다음 [표 11.53]과 같다.

[표 11.53] 상수도 시설물의 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분(예)

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분					
평가구분	평가대상							
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	관로1 관로2 ... 밸브실1 밸브실2 ... 등등	블록1 블록2 ...	슬래브 벽체 기둥 보 ... 등등	펌프1,... 전동기1,... 베드1,... 배관1,... 권양와이어 권양레일 등등	건축물 적용	댐 적용
	2단계	개별부재	새규구간2-1 새규구간2-2 ...					
	3단계	복합부재	구간1 구간2 ...	구간1 구간2 ...	취수탑1,... 흡수정1,... 착수정1,... 침전지1,... 여과지1,... 정수지1,... 등등	펌프설비1,... 배관설비1,... 권양기1,... 등등		
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설물	계통1 계통2 ...	수로터널1 수로터널2 ...	취수탑 흡수정 착수정 침전지 여과지 정수지 등등	펌프설비 배관설비 기기설비 등등		
종합평가	5단계	복합시설물	관로	수로터널	취수시설 취수장1,... 정수장1,... 가압장1,... 등등	취수장1,... 정수장1,... 가압장1,... 등등		
	6단계	통합시설물	관로시설물		토목구조물	기전설비	건축 구조물	수원지 시설 (댐)
	7단계	종합시설물	상 수 도					

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

다. 관로 시설물

1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

1단계는 상기와 같이 관로의 분할구간 중 소정의 연장구간(단위조사구간)으로 구획한 개별부재(부위)에 대해 개별부재(부위)에 발생되어 있는 손상 및 결함 등의 조사항목에 대한 상태기준을 표기(알파벳 소문자)한다.

[표 11.54] 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) ※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	경과년수	설치연도 : 1987년	23 년	c
②	관내·외면 도장상태	관외면 : 코울타르 에나멜 도복장 관내면 : 액상 에폭시수지 도장	관외면 : 손상 다소 발생	c
③	관로부식	경미한 전면부식	최대부식깊이 : 0.2mm 최대부식면적 : 0.05m ²	b
④	관체 변형률	실측내경 : 평균 1820mm, 최대 1864mm	2.4 %	b
특기사항	- 관종 : 강관, - 관경 : D=1,200mm, - 연장 : L=120m			
조사일자	20 . 10. 23, 14:00 ~ 17:00	조사자	홍길동, 김철수	

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 [표 11.53]를 참조하여 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E_1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E_1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E_2)를 산정한 후 [표 11.55]의 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)을 부여한다.

[표 11.55] 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준 및 평가유형별 영향계수(F)

상태평가지수 범위에 따른 상태평가		구 분		영 향 계 수(F)				
상태평가지수(E)	상태평가기준	상태평가기준		a	b	c	d	e
$4.5 \leq E_1 \leq 5.0$	a	상태평가점수		5	4	3	2	1
$3.5 \leq E_1 < 4.5$	b	평 가 유 형	중요결함	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
$2.5 \leq E_1 < 3.5$	c		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4	2.0
$1.5 \leq E_1 < 2.5$	d		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7	3.0
$1.0 \leq E_1 < 1.5$	e							

[표 11.56] 관로 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	관로 2-2	개별부재규모	강관, D = 1,200mm, L = 120m		표번호
복합부재명	관로구간 2	개별시설물명	○○계통		No. P1-2-2
근거(1단계) 표번호	No. P1-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E ₁ =M ×F)
경과년수	일반손상	관로	3	1.3	3.9
관내·외면 도장상태	국부결함	관로	3	1.2	3.6
관로부식	중요결함	관로	4	1.0	4.0
관체 변형률	중요결함	관로	4	1.0	4.0
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E ₂)=상태평가지수(E ₁)값 중 최솟값 = 2. 개별부재(관로1-2-2)의 상태평가결과 =				3.6 b

3) 3단계 평가 : 복합부재 상태평가표 작성

관로의 복합부재는 관로계통(도수, 송수, 배수 등)에서 하나의 분할구간을 의미하는 것으로 단위조사 관로구간, 밸브실 및 조절지 등의 개별부재 집합이므로 복합부재의 평가는 각 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영함이 필요하다. 따라서 복합부재를 구성하는 각 주요개별부재에 대한 중요도를 다음 [표 11.57]과 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 개수, 조절지의 경우 체적(m^3) 등을 기준으로 배분한다.

[표 11.57] 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

또한, 복합부재의 안전은 상태가 나쁜 개별부재의 영향을 크게 받으므로 그에 상응하는 보정을 하기 위하여 다음 [표 11.58]과 같은 조정계수(A)를 적용한다.

복합부재의 상태평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

[표 11.58] 상태평가지수에 따른 조정계수(A)

상태평가기준	a	b	c	d	e
상태평가지수 (E _{1~7} , E _s , E _c)	5.0 ~ 4.5이상	4.5미만~ 3.5이상	3.5미만~ 2.5이상	2.5미만~ 1.5이상	1.5미만~ 1.0이상
조정계수(A)	1	2	3	6	6

- 개별부채의 상태평가지수(E_2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 사용하여 복합부채의 상태평가지수(E_3)를 산출하고, [표 11.55]의 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

W : 중요도

복합부재 상태평가표						
복합부재명	관로구간 2		개별 시설물명	○○계통		표번호
복합부재 규모	강관, D = 1,200mm, L = 1,800m					No. P1-3-2
근거(2단계) 표번호	No. P1-2-1, No. P1-2-2, No. P1-2-3, No. P1-2-4, No. P1-2-5, No. P1-2-6, No. P1-2-7					
개별부재구분	상태평가 결과	상태평가 지수(E₂)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (E₂×P)
관로 2-1	c	3.2	3	65/2	97.5	312.0
관로 2-2	b	3.6	2	65/2	65.0	234.0
밸브실 1	a	4.6	1	15/3	5.0	23.0
밸브실 2	b	3.9	2	15/3	10.0	39.0
밸브실 3	c	2.8	3	15/3	15.0	42.0
조절지 1	c	3.0	3	20/2	30.0	90.0
조절지 2	d	2.3	6	20/2	60.0	138.0
합계(Σ)				100	282.5	878.0
평가의견						
상태평가 결과	1. 복합부재 상태평가지수(E_3) = $\Sigma(E_2 \times P) / \Sigma P$ = $878.0 / 282.5$ = 3.11 2. 복합부재(관로구간 1-2) 상태평가결과 = c					

4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

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

개별시설물의 상태평가 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 복합부재의 규모(관로구간 : 관의 단면적×해당 관의 연장, 별도의 구간으로 구분된 조절지 : 가로×세로×높이)를 반영하여 아래 식에 의해 개별시설물의 상태평가지수(E4)를 산출하고, [표 11.55]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

$$\text{개별시설물의 상태평가지수}(E_4) = \text{Min} + V_1 \times V_2$$

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

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

S : 복합부재별 규모(m^2 , m^3)

Max : 복합부재의 상태평가지수(E_3) 중 최댓값

Min : 복합부재의 상태평가지수(E_3) 중 최솟값

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 11.60] 관로 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	○○계통	개별시설물 규모	강관, D = 1,200mm, L = 5,500m	표번호
근거(3단계) 표번호	No. P1-3-1, No. P1-3-2, No. P1-3-3			No. P1-4-1
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E ₃)	규모(S, m ³)	계산값(E ₃ ×S)
관로구간 1	b	3.69	2,035	7,509
관로구간 2	c	3.11	2,035	6,329
관로구간 3	b	3.92	2,148	8,420
합계(Σ)			6,218	22,258
평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) 중 최솟값(Min) = 3.11			
	2. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) 중 최댓값(Max) = 3.92			
	3. V1 = 0.3 × (Max - Min) = 0.3 × (3.92 - 3.11) = 0.243			
	4. V2 = Σ(E ₃ ×S)/5 × ΣS = 22,258/5 × 6,218 = 0.716			
	5. 개별시설물(송수관로1)의 상태평가지수(E ₄)			
	= Min + V ₁ × V ₂ = 3.11 + 0.243 × 0.716 =			3.28
	6. 개별시설물(송수관로1)의 상태평가결과 =			c

라. 수로터널

1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

수로터널의 개별부재(부위)를 서로 다른 연장으로 구체하게 되면 복합부재나 개별 시설물 등의 평가 시 연장에 대한 보정을 하여야 하는 번거로움이 있으므로 가능하면 동일한 연장으로 개별부재(부위)를 구체하는 것이 바람직하다.

1단계는 상기와 같이 수로터널의 분할구간 중 소정의 동일 연장구간으로 구체한 개별 부재(부위)에 대해 개별부재(부위)에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관 조사망도를 작성하고, 조사내용을 상세히 기록하며 손상 및 결함별 상태평가기준에 의해 상태기준을 표기(알파벳 소문자)한다.

[표 11.61] 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)				
※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.				
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
④	콘크리트 염화물 함량	염화물 미량검출	○ 염화물함량 : 0.12kg/m ³	a
⑤	콘크리트 탄산화 깊이	콘크리트 pH저하 철근피복두께 : 70cm	○ 탄산화깊이 : 12mm	b
특기사항	○ 마제형 철근콘크리트 라이닝 구조 ○ 규모 : D = 2,5m ○ 연장 : L = 80m ○ 조사단위면적 : 2.5m × 3.14 × 80.0m = 628.0m ²			
조사일자	20 . 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가 기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E_1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E_1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E_2)를 산정한 후 [표 11.55]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 11.62] 수로터널 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	블록3-1-2	개별부재규모	D = 2.5m, L = 80m		표번호
복합부재명	터널구간 3-1	개별시설물명	수로터널 3		No. 3T-2-1
근거(1단계) 표번호	No. 3T-1-2 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E ₁ =M ×F)
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	4	1.1	4.0
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
콘크리트 박리	일반손상	토목구조물	2	1.7	3.4
콘크리트 염화물함량	국부결함	토목구조물	5	1.0	5.0
콘크리트 탄산화깊이	국부결함	토목구조물	4	1.1	4.4
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E ₂)=상태평가지수(E ₁)값 중 최솟값 = 2. 개별부재(블록3-1-2)의 상태평가결과 =				3.4 c

3) 3단계 평가 : 복합부재 상태평가표 작성

수로터널의 복합부재는 수로터널을 분할한 다수의 구간들 중 하나의 구간을 의미하는 것으로 단위조사 구간(Block)인 개별부재의 집합이므로 복합부재의 평가는 각 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영하는 것이 필요하며, 각 개별부재에 대한 중요도의 합은 100이 되도록 하며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 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 11.58]에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(E_3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E_2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가 결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E_2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E_3)를 산출하고 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

[표 11.63] 수로터널 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	터널구간 3-1	개별시설물명	수로터널 3			표번호
복합부재규모	마제형 철근콘크리트라이닝 구조 D = 2.5m, L = 240m					No. 3T-3-1
근거(2단계) 표번호	No. 3T-2-1, No. 3T-2-2, No. 3T-2-3					
개별부재구분	상태평가결과	상태평가지수 (E ₂)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (E ₂ ×P)
블록3-1-1	b	4.2	2	100/3	66.7	280.1
블록3-1-2	c	3.4	3	100/3	100.0	340.0
블록3-1-3	b	3.9	2	100/3	66.7	260.1
합계(Σ)				100	233.4	880.2
평가의견						
상태평가 결과	1. 복합부재 상태평가지수(E ₃) = Σ(E ₂ ×P)/ΣP = 880.2/233.4 = 2. 복합부재(터널구간 3-1) 상태평가결과 =					3.77 b

4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

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

개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E_3)에 복합부재의 규모(수로터널의 단면적×수로터널의 연장)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E_4)를 산출하고, [표 11.55]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 11.64] 수로터널 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
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	상태평가결과	상태평가지수(E_3)	규모(S, m ³)	계산값($E_3 \times S$)
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				
상태평가 결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E_3) 중 최솟값(Min) = 3.42 2. 복합부재의 상태평가지수(E_3) 중 최댓값(Max) = 3.83 3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) = 0.3 \times (3.83 - 3.42) = 0.123$ 4. $V_2 = \Sigma(E_3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 13,311.6 / 5 \times 3,630.6 = 0.733$			
	5. 개별시설물(수로터널3)의 상태평가지수(E_4) $= \text{Min} + V_1 \times V_2 = 3.42 + 0.123 \times 0.733 =$ 6. 개별시설물(수로터널3)의 상태평가결과 =			
				3.51 b

마. 토목구조물

1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

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

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

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

[표 11.65] 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)				
※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.				
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	20 . 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가 기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E_1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E_1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E_2)를 산정한 후 [표 11.55]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 11.66] 토목구조물 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	벽체A-2-3	개별부재규모	철근콘크리트 구조 H = 3.5m, L = 30.0m		표번호
복합부재명	A-2호 침전지	개별시설물명	A정수장 침전지		No. SW-2-1
근거(1단계) 표번호	No. SW-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E ₁ =M ×F)
침하	중요결함	토목구조물	4	1.0	4.0
콘크리트 균열	일반손상	토목구조물	4	1.1	4.4
콘크리트 박리	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
누수	일반손상	토목구조물	2	1.7	3.4
콘크리트 파손	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E ₂)=상태평가지수(E ₁)값 중 최솟값 = 2. 개별부재(벽체A-2-3)의 상태평가결과 =				3.4 c

3) 3단계 평가 : 복합부재 상태평가표 작성

토목구조물의 복합부재는 각각의 개별부재(슬래브, 벽체, 기둥 및 보 등)로 구성되는 단위구조물로서 복합부재의 평가는 각각의 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향을 판단하여 그 중요도(W)를 반영하는 것이 필요하며, 이때 각 개별부재의 중요도 합은 100이 되도록 한다. 표준적인 개별부재별 중요도(W)를 설정하면 [표 11.67]과 같으며, 책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 11.67] 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 보정하기 위하여 [표 11.58]에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(E3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E3)를 산출하고, 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

다음 [표 11.68]에 토목구조물의 복합부재에 대한 표준적인 상태평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 11.68] 토목구조물 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	A-2호침전지		개별시설물명	A정수장 침전지		표번호
복합부재규모	철근콘크리트 구조, H=3.5m, W=12.0m, L=30.0m					No. AS-3-2
근거(2단계) 표번호	No. BS-2-1, No. US-2-1, No. SW-2-1, No. CL-2-1, No. BM-2-1					
개별부재구분	상태평가 결과	상태평가 지수(E ₂)	조정 계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A × W)	계산값 (E ₂ × 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						
상태평가 결과	1. 복합부재 상태평가지수(E ₃) = Σ(E ₂ × P) / ΣP = 709.5 / 190.0 = 2. 복합부재(A-2호 침전지) 상태평가결과 =					3.73 b

4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

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

따라서 개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E_3)에 복합부재의 규모(조사면적, m^2)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E_4)를 산출하고, [표 11.55]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 11.69] 토목구조물의 개별시설물 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	A정수장 침전지	개별시설물 규모	철근콘크리트구조 (H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)	표번호
근거(3단계) 표번호	No. AS-3-1, No. AS-3-2, No. AS-3-3, No. AS-3-4			No. AS-4-1
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E_3)	규모(S, m^2)	계산값($E_3 \times S$)
A-1호 침전지	c	3.38	654	2,210.5
A-2호 침전지	b	3.73	654	2,439.4
A-3호 침전지	b	3.85	654	2,517.9
A-4호 침전지	c	3.14	654	2,053.6
합계(Σ)			2,616	9,221.4
평가의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E_3) 중 최솟값(Min) = 3.14			
	2. 복합부재의 상태평가지수(E_3) 중 최댓값(Max) = 3.85			
	3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) = 0.3 \times (3.85 - 3.14) = 0.213$			
상태평가결과	4. $V_2 = \Sigma(E_3 \times S) / (5 \times \Sigma S) = 9,221.4 / (5 \times 2,616.0) = 0.705$			
	5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가지수(E_4) = Min + $V_1 \times V_2 = 3.14 + 0.213 \times 0.705 =$			3.29
	6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가결과 =			c

바. 기계·전기설비

1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

기전설비의 손상 및 결함상태조사표는 복합부재에 대하여 작성하며, 조사표에는 손상상태를 기록하고 필요한 경우에 한해서 개략도를 포함하여 작성한다. 각각의 단위 기기 설비(펌프설비, 배관설비, 권양기 등)를 구성하고 있는 요소(펌프, 전기설비, 펌프 베드, 흡입관, 토출관, 와이어 로프 등)를 개별부재(부위)로 보며, 이들의 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태의 조사내용을 상세히 기록하며, 손상 및 결함별 상태 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 상태평가를 실시토록 한다.

[표 11.70] 기전설비의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
B-P1-1	B-펌프1호	B-펌프설비1호	B취수장 펌프설비	No. P-1-1
외관조사망도 작성(손상·결함상태 도시 및 주기사항 기록)				
※ 개략도 작성 시 규격용지를 횡으로 사용할 경우 또는 부위별로 여러 장일 경우는 손상에 일련번호를 매기고, 별도의 용지에 아래의 조사결과표를 개별부재에 대하여 작성한다. ※ 평가 근거가 되는 부재의 치수, 크기, 면적 등을 반드시 기입한다.				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	펌프진동	약간의 진동발생	진동크기 : 1.5mm/sE	b
②	펌프소음	상당한 소음발생	소음크기 : 85dB	c
③	펌프베드	손상유무	미세균열이 부분적으로 발생	c
④	전기설비	손상유무 및 작동불량	작동불량	e
특기사항	o 펌프형식 : 다단보류트 양흡입펌프 o 펌프특성 : 양정: 50m, 동력: 100kw, 토출량: 7.5m ³ /분			
조사일자	20 . 10. 23 14:00 ~ 17:00		조사자	홍길동, 김철수

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 손상 및 결함의 평가유형에 따라 중요결함, 국부결함, 일반손상으로 구분하고 손상 및 결함별 상태평가 기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(E_1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E_1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E_2)를 산정한 후 [표 11.55]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 11.71] 기전설비 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	B-펌프1호	개별 부재규모	양정 : 50m, 동력 : 100kw, 토출량 : 7.5m³/분		표번호
복합부재명	B-펌프설비1호	개별 시설물명	B취수장 펌프설비		No. P-2-1
근거(1단계) 표번호	No. P-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E ₁ =M ×F)
펌프진동	국부결함	기계·전기설비	4	1.1	4.4
펌프소음	국부결함	기계·전기설비	3	1.2	3.6
펌프베드	일반손상	기계·전기설비	3	1.3	3.9
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E ₂)=상태평가지수(E ₁)값 중 최솟값 = 2. 개별부재(B-펌프1호)의 상태평가결과 =				3.6 b

3) 3단계 평가 : 복합부재 평가표 작성

기전설비의 복합부재는 단위설비를 의미하는 것으로 이를 구성하는 각각의 개별부재가 복합부재의 기능과 안전에 미치는 영향정도에 따라 복합부재 평가 시 그 중요도를 반영하는 것이 필요하다. 하지만 기전설비에 있어서의 개별부재들은 단위설비의 복합부재 안전에 미치는 영향도가 크게 차이를 가지지 않으므로 개별부재별 중요도(A)는 동일하게 적용함을 원칙으로 한다. 단, 개별부재의 특성이나 상황 등에 따라 중요도에 차이가 있다고 판단되는 경우에는 책임기술자가 개별부재별 중요도를 $\pm 20\%$ 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 11.58]에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(E_3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(E_2)별로 위험성이 큰 값에 보다 큰 가중치를 적용하여 부재전체의 안전성을 평가절하하는 것으로서 이는 단순 산술평균법의 적용보다 다소 낮은 평가지수의 평가결과를 도출하고자 함에 있다.

복합부재의 상태평가는 개별부재의 상태평가지수(E_2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(E_3)를 산출하고 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

[표 11.72] 기전설비 복합부재의 상태평가표 예

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

4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

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

따라서 개별시설물의 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E_3)에 복합부재의 규모(시설용량, $m^3/분$)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E_4)를 산출하고, [표 11.55]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 11.73] 기전설비 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	B취수장 펌프설비	개별시설물 규모	H50m×P100kw×Q7.5m ³ /분×3대 H50m×P60kw×Q4.0m ³ /분×1대	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	상태평가결과	상태평가지수(E_3)	규모(S, m ³ /분)	계산값($E_3 \times S$)
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				
상태평가 결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E_3) 중 최솟값(Min) = 3.38			
	2. 복합부재의 상태평가지수(E_3) 중 최댓값(Max) = 4.57			
	3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (4.57 - 3.38) = 0.357$			
상태평가 결과	4. $V2 = \Sigma(E_3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 99.6 / 5 \times 26.5 = 0.752$			
	5. 개별시설물(B취수장 펌프설비)의 상태평가지수(E_4)			
	= $Min + V1 \times V2 = 3.38 + 0.357 \times 0.752 =$ 3.65			
6. 개별시설물(B취수장 펌프설비)의 상태평가결과				= b

11.5 안전성평가기준 및 방법

11.5.1 일반

가. 안전성평가를 위한 선택과업

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

안전성 평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

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

나. 내진성능평가

「법」 제12조제3항에 따라 내진성능평가를 실시할 경우 세부지침 공통편의 부록 6. 내진성능평가 공통적용사항과 KDS 57 17 00(상수도 내진설계)등 관련 내진설계기준에 따라 시설물의 내진성능을 만족시키도록 내진성능평가를 수행하며, ‘기존 시설물(상수도)의 내진성능평가 및 향상요령’을 참고할 수 있다.

다. 안전성평가방법

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

1) 해석적 방법에 의해 구조물의 안전성을 평가하는 경우의 조건

현장조사 및 수집 자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공 상세도, 재료의 성질 및 구조물의 결함 등을 종합하여 실제 상태대로 해석해야만 올바른 평가를 기대할 수 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 고려사항
- 하중의 변경, 구조해석 시의 가정과 계산을 간단하게 함으로써 야기될지 모르는 초과하중의 영향을 고려한 하중계수
- 설계계산상의 불확실성, 부재의 다양한 형식에 대한 상대적 중요도, 재료의 설계 강도 및 실제단면치수와 제작시공기술 등에 관련된 다소의 불리한 오차들이 개별적으로는 허용한계에 있더라도 총체적으로 결합 시 부재의 강도감소를 초래할 가능성에 대비한 강도감소계수

이러한 하중계수와 강도감소계수에 의한 설계상의 구조물 안전여유율을 등가안전율이라 하며, 다음 식으로 표현된다. 이의 값은 활하중/고정하중의 비(L/D)와 휨부재 혹은 전단부재의 여부에 따라 차이를 갖는데 휨부재에서는 약 1.5~2.0이고 전단부재인 경우는 1.7 ~ 2.5 정도의 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 구조기준 및 표준시방서 등의 안전도 기준에 미흡하다고 해서 구조물의 안전성이 없는 것이 아니라 단지, 구조물의 안전여유율이 적다는 것을 의미한다.

따라서 구조해석에 의한 구조물의 안전성 평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 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. 안전성평가의 적용

안전성평가항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 5단계의 안전성평가기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

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

11.5.2 안전성평가기준

가. 관로 시설물

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

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

외국에서의 시설물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 안전성평가 지수(Es)를 계산하고 이의 안전성평가지수를 토대로 안전성평가기준에 근거하여 안전성평가가 수행되고 있다.(US Army, 1990)

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

일반적으로 상수도의 관로시설물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나, 「상수도시설기준, 환경부, 2004」 및 「Steel Pipe A Guide for Design and Installation, AWWA MANUAL M11」 그리고 「구조물기초 설계기준, 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 안전성평가 기준을 설정하면 [표 11.74]와 같다.

[표 11.74] 부재 및 구조물의 안전성평가기준

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

나. 토목구조물

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

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

외국에서의 시설물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 안전성평가 지수(Es)를 계산하고 이의 안전성평가지수를 토대로 안전성 평가기준에 근거하여 안전성 평가가 수행되고 있다.(US Army, 1990)

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

일반적으로 상수도의 토목구조물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조나 지반해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나, 「상수도시설기준, 국토해양부환경부, 2010」 및 「구조물기초 설계기준, 국토교통부, 2016」 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.

구조해석은 탄성해석을 원칙으로 하며, 지지조건은 토질주상도를 참조하여, 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 안전성평가기준은 관로시설물편에서 제시한 앞의 [표 11.74]와 같다.

11.5.3 안전성평가결과 산정 방법

가. 안전성평가결과 산정

안전성평가는 평가체계의 4단계에서 수행하는 평가로서 개별시설물에 대하여 실시하게 되므로 개별시설물을 구성하고 있는 각종 부재나 구조물의 구조해석을 통하여 얻어진 각각의 구조적 안전율을 종합적으로 검토·분석함으로써 개별시설물에 대한 안전성평가가 이루어지게 되며, 개별시설물의 구조안전성평가는 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하여 구조적으로 취약한 개별시설물을 선정하여 실시한다.

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

먼저 구조해석을 통해 얻어진 부재별 또는 구조물별 구조적 안전율에 따라 [표 11.74]의 기준에 의해 부재별 또는 구조물별 안전성평가결과 및 평가점수를 부여한다.

그리고 아래의 식을 사용하여 개별시설물에 대한 안전성평가지수(Es)를 산정한 후 안전성평가지수의 범위에 따른 [표 11.75]의 안전성평가기준에 의해 개별시설물의 안전성평가결과를 결정한다.

안전성평가지수(Es)를 산정하는 아래 식은 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 안전성평가결과들 중 가장 낮은 안전성평가결과보다 다소 상향된 개별시설물의 안전성평가결과를 가지게 된다.

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

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

여기서, N : 안전성평가항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최솟값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최댓값

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

[표 11.75] 안전성평가지수(Es) 범위에 따른 안전성평가기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	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	

나. 안전성평가결과 산정 방법

본 안전성평가결과 산정 방법에서는 관로와 토목구조물을 중심으로 안전성평가표 작성 예를 [표 11.76] 및 [표 11.77]에 제시하였으며, 나머지 시설물들(수로터널, 기전설비 등)의 안전성평가표도 이에 준하여 작성토록 하고 안전성평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

[표 11.76] 관로의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예

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

[표 11.77] 토목구조물의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예

개별시설물 안전성평가표				
개별시설물명	A정수장 침전지			표번호
개별시설물규모	철근콘크리트구조(H3.5m × W12.0m × L=30.0m × 4지)			No. C1-1
평가항목	안전율(SF)	평가결과	평가점수	비 고
A-1호침전지	0.95	c	3	
A-2호침전지	1.03	b	4	균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생
A-3호침전지	1.12	a	5	
A-4호침전지	0.86	d	2	
평가의견				
안전성평가 결과	1. 평가항목수 N= 4, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 5 2. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가지수(Es) $= 2 + 0.3 \times (5-2) \times (3+4) / \{5 \times (4-2)\} =$ 3. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가결과 =			2.63 C

11.6 종합평가기준 및 방법

11.6.1 일반

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가결과와 안전성평가결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가기준은 [표 11.78]의 종합평가지수($E_4 \sim E_7$)에 따라 결정한다.

[표 11.78] 종합평가지수에 따른 종합평가기준

종합평가지수($E_4 \sim E_7$)	종합평가기준	비 고
$4.5 \leq (E_4 \sim E_7) \leq 5.0$	a 또는 A	
$3.5 \leq (E_4 \sim E_7) < 4.5$	b 또는 B	
$2.5 \leq (E_4 \sim E_7) < 3.5$	c 또는 C	
$1.5 \leq (E_4 \sim E_7) < 2.5$	d 또는 D	
$1.0 \leq (E_4 \sim E_7) < 1.5$	e 또는 E	

11.6.2 종합평가결과 산정 방법

가. 종합평가결과 산정

1) 개별시설물

개별시설물의 종합평가결과 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가결과를 종합평가결과로 같음하지만 안전성평가를 실시하는 경우에는 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 상태 및 안전성평가결과로 산출된 개별시설물의 상태평가지수(E_c)와 안전성평가지수(E_s)중 작은 값을 종합평가지수(E_t)로 적용하여 [표 11.78]의 종합평가지수(E_t)에 따른 종합평가기준에 의해 개별시설물에 대한 종합평가결과를 부여한다.

$$\text{종합평가지수}(E_t) = \text{MIN}(E_c, E_s)$$

여기서, E_c : 상태평가지수

E_s : 안전성평가지수

2) 복합, 통합 및 종합시설물

개별시설물의 평가단계(4단계) 이후에 순차적으로 이루어지는 복합시설물의 종합평가(5단계), 통합시설물의 종합평가(6단계) 및 종합시설물의 종합평가(7단계) 시 수행되는 각각의 종합평가결과 산정은 개별시설물의 종합평가지수를 기초로 하여 시설물의 중요도(W) 및 [표 11.79]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 다음에 예시되는 종합평가결과 산정 예시에 따라 이루어진다.

[표 11.79] 종합평가지수에 따른 조정계수(A)

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

나. 종합평가결과 산정 방법

1) 4단계 평가 : 개별시설물 종합평가표 작성

개별시설물에 대한 안전성평가를 실시하지 않은 경우에는 앞에서 예시한 개별시설물 상태평가표 작성으로 가름되지만 안전성평가를 실시한 경우에는 개별시설물 상태평가표를 작성하지 않고 다음에 예시되는 [표 11.80] 및 [표 11.81]을 표준으로 개별시설물의 종합평가표를 작성토록 하며, 개별시설물의 종합평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

[표 11.80] 관로의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표				
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	상태평가결과	상태평가지수(E ₃)	규모(S, m ³)	계산값(E ₃ ×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
상태평가 의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) 중 최솟값(Min) = 3.11			
	2. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) 중 최댓값(Max) = 3.92			
	3. V ₁ = 0.3 × (Max - Min) = 0.3 × (3.92 - 3.11) = 0.243			
	4. V ₂ = Σ(E ₃ ×S)/5 × ΣS = 22,258/5 × 6,218 = 0.716			
	5. 개별시설물(송수관로 1)의 상태평가지수(E ₄) = Min + V ₁ × V ₂ = 3.11 + 0.243 × 0.716 = 3.23			
	6. 개별시설물(송수관로 1)의 상태평가결과 = c			
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가결과	안전성평가점수	비 고
관로구간 1-1	0.92	c	3	
관로구간 1-2	1.06	b	4	단면감소(부식)발생
관로구간 1-3	0.87	d	2	
안전성평가 의견				
안전성평가 결과	1. 평가항목수 N= 3, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 4			
	2. 개별시설물의 안전성평가지수(E _{S1})=2+0.3×(4-2)×3/5×(3-2)= 2.36			
	3. 개별시설물(송수관로 1)의 안전성평가결과 = d			
종 합 평 가				
종합평가 의견				
종합평가 결과	상태평가지수(E ₄)	안전성평가지수(E _{S1})	종합평가지수(E _{t1})	종합평가결과
	3.28	2.36	2.36	d

[표 11.81] 토목구조물의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표				
개별시설물명	A정수장 침전지	개별시설물 규모	철근콘크리트구조 (H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)	표번호
				No. AS-4-1
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호	No. AS-3-1, No. AS-3-2, No. AS-3-3, No. AS-3-4			
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E ₃)	규모(S, m ²)	계산값(E ₃ ×S)
A-1호 침전지	c	3.38	654	2,210.5
A-2호 침전지	b	3.73	654	2,439.4
A-3호 침전지	b	3.85	654	2,517.9
A-4호 침전지	c	3.14	654	2,053.6
합계(Σ)			2,616	9,221.4
상태평가 의견				
상태평가결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) 중 최솟값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) 중 최댓값(Max) = 3.85 3. V ₁ = 0.3×(Max - Min) = 0.3×(3.85 - 3.14) = 0.213 4. V ₂ = Σ(E ₃ ×S)/(5×ΣS) = 9,221.4/(5×2,616.0) = 0.705 5. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가지수(E ₄) = Min + V ₁ × V ₂ = 3.14 + 0.213 × 0.705 6. 개별시설물(A정수장 침전지)의 상태평가결과 =			
	3.29 c			
안 전 성 평 가				
안전성평가항 목	안전율(SF)	안전성평가결과	안전성평가점수	비 고
A-1호 침전지	0.95	c	3	
A-2호 침전지	1.03	b	4	균열 및 박락 등에 의한 단면손실 발생
A-3호 침전지	1.12	a	5	
A-4호 침전지	0.86	d	2	
안전성평가 의견				
안전성평가 결과	1. 평가항목수 N= 4, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 5 2. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가지수(E _{S1}) = 2 + 0.3 × (5-2) × (3+4) / 5 × (4-2) = 3. 개별시설물(A정수장 침전지)의 안전성평가결과 =			
	2.63 c			
종 합 평 가				
종합평가 의견				
종합평가 결과	상태평가지수(E ₄)	안전성평가지수(E _{S1})	종합평가지수(E _{t1})	종합평가결과
	3.29	2.63	2.63	c

2) 5단계 평가 : 복합시설물 종합평가표 작성

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

따라서 복합시설물의 종합평가는 각 개별시설물의 종합평가지수(Et_1)에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고, 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 복합시설물의 종합평가지수(Et_2)를 산출하여 복합시설물에 대한 종합평가결과를 결정한다.

$$\text{복합시설물의 종합평가지수}(Et_2) = \sum(Et_1 \times P) / \sum P$$

여기서, Et_1 : 개별시설물의 종합평가지수

P : 조정 값($=A \times S$)

A : 조정계수

S : 개별시설물별 규모(m^2 , m^3)

[표 11.82] 및 [표 11.83]은 관로와 토목구조물에 대한 복합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 하며, 복합시설물의 종합평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

[표 11.81] 관로의 복합시설물 종합평가표 예

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

[표 11.82] 토목구조물의 복합시설물 종합평가표 예

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	A정수장		복합시설물 규 모	시설용량(Q) = 200,000m³/일		표번호
근거(4단계) 표번호	No. AG-4-1, No. AS-4-1, No. AF-4-1, No. AW-4-1					No. AT-5-1
개별시설물 구분	종합평가 결과	종합평가지수 (Et ₁)	조정계수 (A)	규 모 (S, m³)	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						
종합평가 결과	1. 복합시설물(A정수장) 종합평가지수(Et ₂) = Σ(Et ₁ ×P) / ΣP = 67,401.2 / 22,360.0 = 2. 복합시설물(A정수장) 종합평가결과 =					3.01 c

3) 6단계 평가 : 통합시설물 종합평가표 작성

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

따라서 통합시설물의 종합평가는 각 복합시설물의 종합평가지수(Et₂)에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고, [표 11.78]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 통합시설물의 종합평가지수(Et₃)를 산출한 다음 통합시설물에 대한 종합평가결과를 결정한다.

$$\text{통합시설물의 종합평가지수}(Et_3) = \Sigma(Et_2 \times P) / \Sigma P$$

여기서, Et₂ : 복합시설물의 종합평가지수

P : 조정값(=A × S)

A : 조정계수

S : 복합시설물별 규모(m³, m³/일)

다음 [표 11.84] 및 [표 11.85]에 관로시설물과 토목구조물에 대한 통합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 수로터널, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 하며, 통합시설물의 종합평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

[표 11.83] 관로시설물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	관로시설물	통합시설물 규 모	관로 : D1,000~1,500mm ×L14,5km 터널 : D2.5m ×2.04km			표번호
근거(5단계) 표번호	No. PL-5-1, No. WT-5-1					No. PF-6-1
복합시설물 구분	종합평가 결과	종합평가지수 (Et ₂)	조정계수 (A)	규 모 (S, m ³ /분)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et ₂ ×P)
관 로	C	2.74	3	15,990.6	47,971.8	131,442.7
수로터널	B	4.03	2	10,008.8	20,017.6	80,670.9
합계(Σ)					67,989.4	212,113.6
평가의견						
종합평가 결과	1. 통합시설물(관로시설물) 종합평가지수(Et ₃) = Σ(Et ₂ ×P) / ΣP = 212,113.6 / 67,989.4 = 2. 통합시설물(관로시설물) 종합평가결과 =					3.12 c

[표 11.84] 토목구조물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표						
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	종합평가 결과	종합평가지수 (Et₂)	조정계수 (A)	규 모 (S, m³/분)	조정값 (P=A×S)	계산값 (Et₂×P)
A 취수시설물	B	4.05	2	220	440	1,782.0
A 취수장	D	2.39	6	220	1,320	3,154.8
A 정수장	C	3.01	3	200	600	1,806.0
A 가압장	A	4.53	1	120	120	543.6
합계(Σ)					2,480	7,286.4
평가의견						
종합평가 결과	1. 통합시설물(관로시설물) 종합평가지수(Et₃) = Σ(Et₂×P) / ΣP = 7,286.4 / 2,480 = 2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가결과 =					2.94 c

4) 7단계 평가 : 종합시설물 종합평가표 작성

(가) 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도

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

그러므로 평가단계에서 최종적으로 수행하는 종합시설물의 종합평가에서는 각 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도를 반영하는 것이 필요함에 따라 [표 11.86]과 같이 통합시설물별 중요도를 정하였으며, 통합시설물별 중요도의 합은 100이 되도록 하였으며, 책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 11.85] 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도(W)

통합시설물 구 분	관로시설물	토목구조물	기전설비	건축구조물	수원지시설물 (댐시설물 등)
중요도(W)	35	20	10	10	25

- 중요도가 규정되지 않은 추가적인 통합시설물이 있는 경우
 - 그 통합시설물의 중요도를 책임기술자가 판단하여 정하고 기타의 통합시설물들은 규정된 비율대로 배분한다.
- 중요도는 제시되어 있으나 평가할 수 있는 해당 통합시설물이 없는 경우
 - 그 중요도를 나머지 통합시설물에 배분한다.

(나) 종합시설물의 종합평가결과

종합시설물의 종합평가결과는 상기에서 정한 복합시설물별 중요도(A)와 앞에서 제시한 [표 11.79]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 종합시설물의 종합평가지수(Et_4)를 산출하고 앞의 [표 11.78]을 참조하여 결정하며, 종합시설물의 안전등급은 알파벳 대문자로 표기한다.

$$\text{종합시설물의 종합평가지수}(Et_4) = \sum(Et_3 \times P) / \sum P$$

여기서, Et_3 : 통합시설물의 종합평가지수

P : 조정값($=A \times W$)

A : 조정계수

W : 복합시설물별 중요도

다음 [표 11.87]에 종합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 11.86] 종합시설물의 종합평가표 예

종합시설물 종합평가표						
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	종합평가 결과	종합평가지수 (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						
종합평가 결과	1. 종합시설물(○○상수도)의 종합평가지수(Et ₄) = Σ(Et ₃ × P) / ΣP = 796.7 / 248.0 = 2. 종합시설물(○○상수도)의 종합평가결과 =					3.21 C

11.7 보수·보강 방법

상수도 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

11.7.1 구조물 기초지반의 일반적인 보수·보강공법

- 그라우팅공법
- 치환공법
- 압성토공법
- 말뚝공법
- 아스팔트 및 점토차수공법
- 쉬트파일(Sheet Pile)공법, 토목섬유공법

11.7.2 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법

- 표면보호공법
- 단면보수공법
- 강관접착공법
- 프리스트레스 도입공법
- 콘크리트 덧붙이기공법

11.7.3 수도관로 개량공법

- 교체공법 : 기능이 저하된 관을 새로운 관으로 교체하여 기능을 향상
 - 부설관 교체공법
 - 기설관내 부설공법
- 세관(Cleaning)공법 : 관내를 세척하여 스케일 등을 제거함으로써 통수능력을 향상
 - Water Jet 공법
 - Air Sand 공법
 - Polly - Pig 공법
 - Scraper 공법
- 갱생공법 : 기능저하의 종류 및 정도에 맞게 기존관의 기능을 회복
 - 합성수지관 삽입공법
 - 피복재 관내 장착공법
 - 시멘트 모르타 라이닝공법
 - 액상 에폭시수지 라이닝공법
 - 긴급성 등의 항목 등에 대하여 충분한 검토가 필요

11.7.4 전기설비

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