
제12장 하 수 처 리 장

12.1 관리일반

12.2 현장조사

12.3 재료시험 항목 및 수량

12.4 상태평가기준 및 방법

12.5 안전성평가기준 및 방법

12.6 종합평가기준 및 방법

12.7 보수·보강 방법

제12장 하수처리장

12.1 관리일반

12.1.1 적용범위

본 장은 「법」 제2조(정의)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 공공하수처리시설에 적용한다.

○ 제2종시설물

- 공공하수처리시설(1일 최대처리용량 500톤 이상인 시설만 해당)

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

- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 건설기준코드(구 하수도시설기준 및 하수도 표준시방서)
- 공공하수도시설 운영관리 업무지침
- 「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.

12.1.2 용어 정의

- 하수(下水)
 - 생활이나 사업에 기인하거나 수반되는 오수와 자연강우에 의한 우수를 합한 것을 총칭
- 하수도(下水道)
 - 하수를 배출원에서 처리장까지 수송하여 처리한 다음 방류지점까지 운반하는데 요구되는 시설의 총체
 - ※ 토목구조물과 건축물이 일체로 된 경우의 건축물은 기본 시설물에 포함된다.
- 하수처리장(下水處理場)
 - 하수관거 말단에 설치하여 하수를 최종적으로 처리한 후 하천이나 공공수역 등에 방류하기 위하여 하수도시설로 설치되는 처리시설 및 보완시설의 총체
- 밀폐공간
 - 산소결핍, 유해가스로 인한 질식·화재·폭발 등의 위험이 있는 장소로서 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정한 장소를 의미
- 유해가스
 - 이산화탄소·일산화탄소·황화수소 등의 기체로서 인체에 유해한 영향을 미치는 물질을 의미
- 적정공기
 - 산소농도의 범위가 18퍼센트 이상 23.5퍼센트 미만, 이산화탄소의 농도가 1.5퍼센트 미만, 일산화탄소의 농도가 30피피엠 미만, 황화수소의 농도가 10피피엠 미만인 수준의 공기를 의미
- 산소결핍
 - 공기 중의 산소농도가 18퍼센트 미만인 상태를 의미
- 산소결핍증
 - 산소가 결핍된 공기를 들이마심으로써 생기는 증상을 의미
- 기계·전기설비
 - 기계·전기설비란 시설물의 구조적 안전에 영향을 주는 설비로서 다음의 설비를 말함

구 분	기계설비	전기설비
하수처리장	펌프설비 및 염소중화설비	고·저압 펌프모터 및 관련 기동반 또는 현장제어반

- 계측시설
 - 계측시설이란 시설물의 구조적 안전에 직접 관련된 토목분야의 계측시설을 말하며 하수처리공정과 관련된 계측시설은 제외됨
- 추락방지시설
 - 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설

○ 도로부 신축이음부

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

○ 환기구 등의 덮개

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

12.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설

하수처리장 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 12.1]과 같다.

- ① 기본시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당시설물(건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다
(토목/건축구조물의 구분은 준공도면 등을 통해 구분하며, 명확한 구분이 어려운 경우 책임기술자의 판단으로 구분한다).
- ② 대상시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당시설물에 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 12.1] 하수처리장 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 수처리시설물	○	○	○	기본과업
	◦ 슬러지처리시설	○	○	○	
	◦ 기계, 전기설비	○	○	○	
기타 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			선택과업
	◦ 옹벽(절·성토사면포함)	○			
	◦ 장내 관거	○			
	◦ 장내 교량	○			
	◦ 방호시설 등	○			
공중이 이용하는 부위	◦ 추락방지시설	○	○	○	기본과업
	◦ 도로포장	○	○	○	
	◦ 도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦ 환기구 등의 덮개	○	○	○	

※ 선택과업은 별도 대가를 반영하여 실시

※ 토목구조물과 건축물이 일체로 된 경우의 건축물은 기본시설물에 포함된다.

12.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

하수처리장 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 12.16] 기초세굴에 대한 상태평가기준에서 “e”인 경우

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

○ [표 12.19]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 12.20]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “d” 판정으로 [표 12.23]의 철근노출 상태평가기준에서 “e”를 포함하는 경우

○ [표 12.19]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 12.20]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “e” 판정인 경우

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

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

하수처리장 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

12.2 현장조사

12.2.1 시설물의 점검 사항

가. 시설물별 상태변화의 평가항목

1) 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 면적을	
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 면적을	
콘크리트 파손	○ 콘크리트 파손 깊이 및 면적을	
신축이음 탈락 / 열화	○ 신축이음 탈락 및 열화 정도	

2) 강 구조물

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
강 재 부 식	○ 부식의 정도에 따른 발생 면적을	
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	

3) 기계·전기설비

가) 펌프설비

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

나) 장내 배관

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
관체의 손상	○부식, 도장탈락 및 누수 등의 손상정도	
관연결부 손상	○드레서형 신축관의 연결부의 설치편각 ○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		
고·저압 펌프 모터설비	· 현장제어반 및 기동반 · 펌프모터(전동기) ^{※)}	· 손상 및 파손유무 · 절연·접지상태 · 작동상태	· 상세육안점검 · 절연 및 접지저항측정 · 작동상태점검 (전압, 운전전류, 소비전력, 역률 등) · 열화상 진단

※) 전동기에서 11kW 이하의 저용량 모터는 점검항목에서 제외함.

4) 공중이 이용하는 부위 점검항목

점 검 대 상	평 가 항 목	비 고
공중이 이용하는 부위	○추락방지시설의 상태	
	○도로부 포장 및 신축이음부 상태	
	○환기구 등의 덮개 상태	
	○기타조사	

나. 현장조사 및 재료시험의 요령

1) 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

2) 코어채취

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

과업의 범위 및 내용이나 외관상태 조사결과 또는 비파괴시험에 의한 콘크리트강도 조사결과 등에 따라 관리주체나 책임기술자가 코어채취에 의한 콘크리트강도 조사 여부를 결정한다.

3) 기계설비

(가) 소음·진동 측정

각종 기기 중 구조물에 영향을 미치는 진동을 일으키고 처리장 운영자의 심신에 스트레스를 유발하는 소음을 발생시키는 주요 기기는 각종 펌프 등으로서 이들의 기기에서 소음·진동이 크게 발생하거나 콘크리트 외관상태 조사 결과 균열 등의 결함이 기기 및 배관의 진동에 의해 발생하는 징후를 보일 경우 이러한 기기 및 배관에 대한 소음·진동치를 측정하여 허용치 초과여부를 확인하고 그 원인을 파악하여 대책을 강구하는 것이 필요하며, 또한, 기기의 소음·진동 정도를 측정함으로써 기기의 상태를 간접적으로 파악할 수 있다.

○ 펌프의 소음측정

- 펌프의 작동시험을 시행하여 펌프의 부하측, 반부하측 및 모터 반부하측을 기준으로 수평거리 1m에서 측정한다.

○ 배관 등의 진동측정

- 펌프의 작동시험을 시행하여 기기의 진동측정 회수는 펌프의 부하측 및 반부하측을 수직, 수평, 축방향에 대하여 측정한다.

(나) 배관두께(초음파 측정)

각종 배관 중 부식성이 염소 등과 접촉하는 배관들은 부식에 매우 취약하며 이러한 물질들이 부식이나 이음부위의 체결불량 또는 손상 등으로 누수가 이루어질 경우 처리장의 운영에 막대한 지장을 초래할 뿐만 아니라 안전사고로 이어질 수 있기 때문에 부식발생 우려가 높거나 관내압이 크게 작용하는 배관에 대해서는 관의 두께가 소요 두께 이상을 확보하고 있는지를 조사할 필요가 있다.

따라서 각종 배관에 대한 관의 두께조사(초음파 측정)는 배관의 특성 및 상황 등을 고려하여 책임기술자가 실시여부를 정한다.

(다) 권양와이어의 단면감소 및 소선절단 상태

크레인 및 호이스트 등은 권양와이어에 의해 각종 기기를 운반하거나 설치하게 되는데 권양와이어가 부식 등으로 단면이 크게 감소하거나 소선이 절단되어 있는 경우에는 작업 시 권양 기기의 낙하로 각종 기기나 배관의 파손을 발생시키거나 안전 사고 등의 문제를 야기할 수 있다.

따라서 크레인 및 호이스트 등의 외관상태 조사 결과 등에 따라 책임기술자가 권양 와이어의 단면감소율 및 소선절단 유무 등의 조사에 대한 실시여부를 결정한다.

(라) 가스누출

하수처리장의 최종 처리수는 방류하기 전에 통상 염소가스를 이용하여 소독을 실시 하게 되는데 이의 염소가스는 독성 및 부식성이 강한 가스이므로 염소 저장·중화 장치 및 배관 등에서 가스누출의 여부를 검사토록 한다.

또한, 슬러지처리 공정에서 폭발성이 있는 메탄(CH₄)가스 등이 발생하며 이의 가스를 에너지활용 차원에서 동력원으로 대부분 이용하고 있으며 이의 가스 포집·저장·공급 장치 및 배관에서도 가스누출 여부를 검사토록 한다.

(마) 각종 기기의 작동시험

하수처리장의 정밀안전진단 시 각종 기기의 작동시험을 실시하여야 할 주요 기기로는 각종 펌프·밸브, 긴급차단게이트, 방류수문, 염소중화경보장치, 가스밸브, 크레인 및 호이스트 등으로서 이들의 기기에 대한 작동시험을 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 결함 조사를 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 로봇트 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.

조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

12.2.2 시설물 외관조사 요령

가. 정밀안전점검 외관조사 요령

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

일반적인 점검항목을 외관조사항목, 내구성조사항목 및 기타항목으로 구분하여 제시하면 다음 [표 12.2]와 같다.

[표 12.2] 하수처리장의 일반적인 점검항목

외관조사항목	내구성조사항목	비고
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 및 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 피로균열, 도장손상 등 ○ 구조물 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험 (반발경도법, 초음파법 등) 국부 파괴시험 (코어채취시험법 등) ○ 철근탐사 배근간격, 피복두께 등 ○ 콘크리트 탄산화깊이 ○ 콘크리트 염화물함량	

1) 침사지 및 유입펌프장

- 침사지 및 유입펌프장에 대한 점검은 가능한 1지씩 지내 배수를 하여 조사하는 것을 원칙으로 하되 양압력에 의한 구조물의 부상, 부등침하 등에 대비하여 지하수위 등 충분한 예비현장조사를 한 후 점검에 임한다.
- 콘크리트 및 강재 구조물에 대한 노후화를 점검하기 위하여 육안정밀조사로 구조물의 균열, 박리, 층분리, 박락, 백태, 누수, 철근부식 등 손상상태를 점검하고 손상부위에 대한 설명과 개략도를 포함한 간단한 입체단면도와 평면도에 손상의 형태와 치수를 기록 정리한다.
- 노출된 콘크리트 구조물의 취약부위에 대하여 중점적으로 비파괴시험을 실시하여 구조물의 손상과 노후도의 상태를 점검한다.
- 콘크리트 구조물에 도장 또는 도막을 한 경우에는 도막상태를 점검한다.
- 침사지 및 유입펌프실 구조물의 기계가동 시 진동에 의한 균열 등의 발생여부를 점검한다.
- 침사지 및 유입펌프장의 부대시설인 수문, 권양기, 스크린, 크레인 또는 호이스트 등의 강재 구조물은 도장, 도막, 균열 및 부식상태를 검사한다.
- 홍수 등 갑작스런 유입수량 증가에 따른 침사지 침수를 방지하기 위한 긴급차단 게이트의 이상여부를 점검한다.
- 침수예방을 위한 Level Gauge의 부식 및 작동상태를 점검한다.

- 시설물의 부등침하 또는 양압력 등에 의한 균열현상 등 중대한 결함이 발견될 시는 「법」 제22조에 의거 관리주체에게 지체 없이 통보하고 정밀안전진단 여부 등을 판단한다.
- 기타 책임기술자가 필요하다고 판단되는 사항을 점검한다.

2) 유량조정조 및 분배조

- 유량조정조 및 분배조의 점검은 ‘가’항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 의하여 실시한다.

3) 최초침전지

- 최초침전지의 점검은 ‘가’항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 의하여 실시한다.

4) 포기조

- 포기조의 점검은 ‘가’항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 의하여 실시한다.

5) 최종침전지

- 최종침전지의 점검은 ‘가’항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 의하여 실시한다.

6) 소독조

- 소독조의 점검은 ‘가’항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 준하여 실시한다.
- 정보장치 및 중화장치가 자동적으로 작동하는 가를 점검한다.
- 중화장치에 필요한 가성소다 등 약품의 비치 여부를 확인한다.

7) 방류관거 및 방류펌프장

- 방류관거 및 방류펌프장의 점검은 ‘가’항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 준하여 실시한다.

8) 슬러지 처리시설

- 슬러지 처리시설에는 조정조, 농축조, 소화조 등이 있으며, 이들의 시설물에 대한 점검은 ‘가’항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 준하여 실시한다.

9) 기타 수처리시설

- 탈질조·탈인조 등 기타 수처리시설에 대한 점검은 ‘가’항의 침사지 및 유입펌프장의 점검방법에 준하여 실시한다.

10) 건축물

- 관리동, 유입펌프장 및 송풍기동 등의 건축물에 대한 점검은 건축 및 지하구조 분야 기술자가 실시하며, 「제2장 터널」 또는 「제6장 건축물」에 따른다.

- 점검 실시결과 아래와 같은 중대한 결함사항이 있을 경우에는 「법」 제22조에 의거 관리주체에게 지체 없이 통보한다.
 - 기둥, 보 또는 내력벽의 내력상실
 - 조립식 구조체의 연결부실로 인한 내력상실
 - 주요구조부재의 과도한 변형 및 균열심화
 - 지반침하 및 이로 인한 활동적인 균열
 - 누수, 부식 등에 의한 구조물의 기능상실
- 건축물 또는 지하구조물 점검 시에는 반드시 책임기술자와 상호 협의하여 실시한다.

11) 부대시설

- 상기 대상시설물을 제외한 부대시설은 하수처리장 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 시설물에 한하여 검사자가 정기안전점검 또는 정밀안전점검이 필요하다고 판단되는 시설물에 대해서는 점검을 실시한다.

나. 정밀안전진단 외관조사 요령

「공통편」 3.9항의 규정과 다음의 시설물편에 따라 현장조사와 구조물의 특성을 고려하여 필요한 현장조사 현장 및 실내시험을 실시한다.

일반적인 진단 시의 조사항목을 외관조사항목, 내구성조사항목 및 기타항목으로 구분하여 [표 12.3]에 제시하였다.

[표 12.3] 하수처리장의 일반적인 진단 조사항목

외관조사항목	내구성조사항목	기 타 항 목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 및 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 피로균열, 도장손상 등 ○ 구조물 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험 (반발경도법, 초음파법 등) 국부 파괴시험 (코어채취시험법) ○ 철근탐사 배근간격, 피복두께 등 ○ 콘크리트 탄산화깊이 ○ 콘크리트 염화물함량 ○ 철근부식도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조	○ 가스누출 ○ 각종 기기의 작동시험

1) 침사지 및 유입펌프장

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사결과를 확인하기 위하여 필요한 비파괴시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대한 재료시험은

세부지침에 따라 실시하며 강재의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합) 부위의 결함상태 등에 대한 강재 비파괴현장시험에 의해 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.

- 침사지 및 유입펌프장 전체에 대하여 조사망(Matrix)을 구성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후화의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.

2) 유량조정조 및 분배조

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

3) 최초침전지

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

4) 포기조

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

5) 최종침전지

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

6) 소독조

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

7) 방류관거 및 방류펌프장

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

8) 슬러지처리시설

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

9) 기타 수처리시설

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

10) 건축물

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.

11) 부대시설

- 정밀안전점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.

다. 기계·전기설비 외관조사 요령

1) 기계설비

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

2) 전기설비

하수처리장의 전기설비에 관한 육안점검은 다음의 점검표를 준하여 실시한다.

① 고·저압 펌프모터의 기동반 또는 MCC PNL·현장제어반의 점검표

구 분	점 검 사 항	점검결과
기 동 반 ∧ M C C V	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

② 고·저압 펌프모터의 점검표

설비명	점 검 사 항
고·저압 펌프모터	1. 펌프모터의 외관 및 고정상태, 발청·녹 발생·손상유무, 단자함에 무리한 수납여부, 케이블의 단말처리 및 손상유무, 관련 배관류의 변형·파손 유무 등
	2. 외함접지 유무 및 설치상태
	3. 절연저항측정 결과
	4. 펌프모터의 정상적인 작동유무

라. 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.

12.3 재료시험 항목 및 수량

12.3.1 정밀안전점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 12.4] 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근배근 상태조사 ○ 염화물함유량¹⁾
기계·전기설비	○ 가스누출	○ 각종 기기의 작동시험 등

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 12.5] 정밀안전점검 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본 과업	콘크리트 구조물 ○ 콘크리트 비파괴강도 - 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
	콘크리트 구조물 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	기계 전기 ○ 가스누출	○ 염소가스, 메탄가스 등의 누출 여부
선택 과업	콘크리트 구조물 ○ 콘크리트강도 - 국부파괴 : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	콘크리트 구조물 ○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	콘크리트 구조물 ○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	기계 전기 ○ 각종 기기 작동시험 등	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시

나. 재료시험 기준수량

[표 12.6] 정밀안전점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
반발경도시험	○ 총수량 = 대상시설물 수 ¹⁾ × 2개소	· 시설물별 시험수량은 총수량 범위 내에서 책임기술자가 조정 가능
탄산화 깊이 측정	○ 총수량 = 대상시설물 수 ¹⁾ × 1개소	· 시설물별 시험수량은 총수량 범위 내에서 책임기술자가 조정 가능
가스누출 ²⁾	○ 점검기간 중 1회 이상 실시	· 약품(염소 등) 저장, 중화장치 및 배관 · 가스포집· 저장· 공급장치 및 배관 등

주1) 침사지, 최초침전지, 포기조, 최종침전지, 소독조, 방류조, 농축조, 소화조 및 공동구 등

주2) 실시 시기는 책임기술자가 정밀안전점검 기간을 고려하여 정한다.

[표 12.7] 정밀안전점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
각종 기기의 작동시험 ¹⁾	○ 점검 기간 중 1회 이상 실시	

주1) 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험 수량은 책임기술자가 조정 가능하나, 그 실시 시기는 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 한다.

12.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 12.8] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 － 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 － 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량¹⁾ ○ 철근부식도 ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 － 국부파괴법 : 코어강도 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 ○ 지반(시추)조사
강 구조물	○ 강재 초음파두께측정	○ 강재 용접결함조사
기계설비	○ 가스누출 ○ 각종 기기의 작동시험	○ 작동시험(주요펌프, 염소중화설비) ○ 펌프 소음·진동 측정 ○ 장내 배관두께(초음파측정) ○ 와이어 로프 단면감소 및 소선절단 상태
전기설비	—	○ 주요펌프모터와 관련 기동반 · 현장제어반의 조사 및 시험 － 절연저항측정 － 접지저항측정 － 적외선열화상탐사

주1) 제1장 교량 1.3.2절 참조

[표 12.9] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
		○ 철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
		○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
		○ 균열깊이 조사	○ 발생균열의 철근깊이 이상 발견 또는 관통 여부 등 평가 ○ 허용균열폭과의 비교·검토
	강 구조물	○ 강재 초음파두께측정	○ 강재의 부식정도 파악
선택 과업	안전 설비	○ 가스누출	○ 염소가스, 메탄가스 등의 누출 여부
	콘크리트 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
	강 구조물	○ 강재 용접부조사	○ 강재용접 결함(균열 등) 평가 ○ 자분탐상 또는 초음파탐상 등
	기계 설비	○ 주요펌프설비 소음·진동 측정	○ 허용기준의 초과 여부 ○ 각종 펌프·배관 등
		○ 배관두께(초음파측정)	○ 관의 두께가 소요두께 이상 여부 ○ 부식 우려 및 관 내압이 큰 배관
		○ 작동시험	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시
	전기 설비	○ 절연저항측정	○ 허용기준의 초과 여부
		○ 접지저항측정	○ 허용기준의 초과 여부
		○ 적외선열화상탐사	○ 이상발열발생 여부

나. 재료시험 기준수량

재료시험 기준수량은 과업의 내용 및 시설물의 특성 및 상황 등을 고려하여 총수량 범위 내에서 책임기술자 조정 가능하며, 대상시설물은 침사지, 최초침전지, 포기조, 최종 침전지, 소독조, 방류조, 농축조, 소화조 및 공동구 등이다.

[표 12.10] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
반발경도시험	○총수량 = 대상시설물 수 × 6개소	· 동일 부위 시험 원칙
초음파 전달속도시험	상 동	
철근탐사시험 ¹⁾	○총수량 = (대상시설물 수)×(부재별 대표부재 수)×1개소	· 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
탄산화 깊이 측정	○총수량 = 대상시설물 수 × 1개소	
염화물 함유량시험	○총수량 = 대상시설물 수 × 0.375개소	· 소수점 이하 반올림
철근부식도시험	○책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	· 시험 실시 근거 명기
균열깊이 조사	○책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	· 상태평가기준 참조
강재 초음파두께측정	○책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	
가스누출	○점검기간 중 1회 이상 실시	· 약품(염소 등) 저장, 중화장치 및 배관 · 가스포집 · 저장 · 공급 장치 및 배관 등
주요 기기의 작동시험 ²⁾	○진단 기간 중 1회 이상 실시	

주1) 시설물별로 부재의 종류에 따라 동일한 부재 5개당 대표부재 1개씩 선정 1개소당 조사면적은 조사대상 철근의 직각방향으로 1.5m 이상

주2) 기기의 특성 및 상황을 고려하여 작동시험 수량은 책임기술자가 조정 가능하나, 그 실시 시기는 관리주체와 협의하여 정하는 것을 원칙으로 함

[표 12.11] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 총수량 = 대상시설물 수 × 0.5개소	· 실내시험은 선택과업 · 소수점 이하 반올림
기초지반(시추) ²⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 관리주체 또는 책임기술자가 실시여부 결정
강재 초음파탐상시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 강재용접부 균열조사 · 자분탐상 시험 가능
작동시험	○ 진단기간 중 1회 실시	
소음·진동 측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 각종 펌프·배관 등의 각 설비별 1회
배관두께 (초음파측정)	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	· 부식 발생우려가 높거나 관내압이 큰 배관
절연저항측정	○ 설비별 1회	
접지저항측정	○ 접지System별 1회	
적외선열화탐사	○ 설비별 1회	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

주2) 구조적 중대한 결함 발생, 콘크리트 강도의 현저한 저하 및 구조물에 작용 하중조건의 변경 또는 예상되는 경우 등 구조물의 구조적 안전성 검토가 필요한 경우 필수적으로 실시하여야 함

12.4 상태평가기준 및 방법

12.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

시설물의 상태평가는 결함 및 손상에 따른 각각의 상태평가 기준을 적용하며, 상태 변화가 전체 구조물에 미치는 안전성의 영향정도, 구조적인 중요도가 적절히 고려되어 평가될 수 있도록 결함 및 손상을 평가유형별로 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 탄산화 진행 등과 같이 구조물의 안전성에 직접적인 영향을 미치지 않지만 손상이 진전될 경우 전체 구조물의 안전에 상당한 영향을 끼칠 수 있는 결함.

③ 일반손상

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

2) 영향계수의 적용

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

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

나. 콘크리트 구조물

1) 콘크리트 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 12.12] 콘크리트 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

구 분	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수
침하/부상	중요결함	a	5	1.0
경 사		b	4	
		c	3	
활 동		d	2	
		e	1	
기 초 세 굴	국부결함	a	5	1.0
		b	4	1.1
콘크리트 탄산화깊이		c	3	1.2
		d	2	1.4
콘크리트 염화물함량		e	1	2.0
콘크리트 균열	일반손상	a b c d e	5 4 3 2 1	1.0 1.1 1.3 1.7 3.0
콘크리트 박리				
콘크리트 박락/충분리				
철 근 노 출				
누 수				
백 태				
콘크리트 파손				
신축이음 탈락/열화				

2) 항목별 상태평가 기준

[표 12.13] 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 12.14] 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 12.15] 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 12.16] 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) 상태평가 결과가 "e"등급인 경우 12.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 12.17] 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가기준

최대 균열폭	면적율 5% 이하		면적율 20% 이하		면적율 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 12.18] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가기준

최대 균열폭	면적율 5% 이하		면적율 20% 이하		면적율 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 하도록 함

주) 균열 면적율 산정방법은 제1장 교량 [표 1.11] 참조

[표 12.19] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가기준

평가기준	평가점수	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	5	○ 30mm 이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	4	○ 10mm 이상 ~ 30mm 미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음
c	3	○ 0mm 이상 ~ 10mm 미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음
d	2	○ 0mm 미만	철근부식 발생 조건 만족
e	1	○ 0mm 미만	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

주1) 상태평가결과가 "d"이고 [표 12.23](철근노출)의 상태평가결과가 "e"이거나, 상태평가결과가 "e"이면 12.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

주2) 제1장 교량[표 1.28] 해설을 따른다.

[표 12.20] 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 조건 만족
e	1	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식도 조사 등을 통해 철근부식 발생 확인

주) 상태평가결과가 "d"이고 [표 12.23](철근노출)의 상태평가결과가 "e"이거나, 상태평가결과가 "e"이면 12.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 표[1.29] 참조

[표 12.21] 콘크리트 박리의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 박리발생이 없음
b	4	○ 박리깊이 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 12.22] 콘크리트 박락/충분리의 상태평가기준

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

[표 12.23] 철근노출면적의 상태평가기준

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

주) 상태평가 결과가 "e"이고, [표 12.19](탄산화) 또는 [표 12.20](염화물)의 상태평가 결과가 "d"이면 12.1.4절의 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 12.24] 콘크리트 파손의 상태평가기준

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

[표 12.25] 누수의 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용	
		콘크리트 부재	신축이음부위
a	5	○ 누수가 없음	○ 누수가 없음
b	4	○ 경미한 흔적 (누수부위가 건조한 상태)	○ 누수 흔적이나 토사 등의 오염
c	3	○ 현저한 흔적 (누수부위가 습윤한 상태)	○ 파손에 의한 누수발생
d	2	○ 누수의 진행이 관찰가능 상태	○ 누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식발생
e	1	○ 누수의 진행이 확연한 상태	○ 누수로 인한 신축이음 하부구조물의 부식심화

※) 누수흔적이나 진행정도를 기준으로 콘크리트 부재와 신축이음 부위로 구분하여 평가하도록 함

[표 12.26] 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	—

※) 하수처리장의 신축이음 부재가 탈락하거나 열화가 크게 진행되는 경우에는 누수 등의 발생으로 여러 가지 문제를 야기할 수 있으므로 신축이음 탈락 및 열화 정도에 따라 평가하도록 함

[표 12.27] 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

다. 강 구조물

1) 강 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 12.28] 강 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

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

2) 항목별 상태평가기준

[표 12.29] 강재 부식의 상태평가기준

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

※) 강재 부식의 진행이 심화되면 강 구조물의 내구성 저하뿐만 아니라 안전성에도 문제를 일으키게 되므로 부식정도에 따른 평가를 실시하도록 함

[표 12.30] 강재 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

※) 과대하중, 진동 및 외부충격 등에 의해 발생된 피로균열로 인해 구조적 안전성에 심각한 문제를 야기할 수 있으므로 강재 피로균열에 대해 평가하도록 함

[표 12.31] 강재 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

※) 강재의 경우, 과대하중이나 외부충격 등에 의해 변형 및 변위 등의 손상이 발생하며 이는 구조물의 안전성에 크게 영향을 미치게 되므로 강 구조물의 변형 및 변위 정도를 평가하도록 함

[표 12.32] 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)

※) 강재부식 등의 방지를 목적으로 실시된 도장이 변색, 부풀림 및 탈락이 발생하는 경우 내구성 저하를 촉진하고 더불어 구조적 안전성에 영향을 미치는 손상을 유발할 우려가 있음

라. 기계·전기설비

1) 기전설비의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 12.33] 기전설비의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

상태변화		평가유형	영향계수	평가기준	평가점수	비 고
펌프 설비	펌프 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	5	
				b	4	
				c	3	
				d	2	
				e	1	
전기 설비	밸브의 손상정도	국부결함	1.0	a	5	
				b	4	
				c	3	
				d	2	
				e	1	
전기 설비	절연열화	국부결함	1.0	a	5	
				b	4	
				c	3	
				d	2	
				e	1	
전기 설비	접지불량	국부결함	1.0	a	5	
				b	4	
				c	3	
				d	2	
				e	1	
전기 설비	전기설비의 불량 (고저압펌프모터·가동반·제어반)	국부결함	1.0	a	5	
				b	4	
				c	3	
				d	2	
				e	1	

2) 항목별 상태평가기준

(가) 펌프설비

[표 12.34] 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 12.35] 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 12.36] 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

(나) 장내배관

[표 12.37] 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 12.38] 밸브의 손상정도에 따른 상태평가기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
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

(다) 전기설비

[표 12.39] 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 12.40] 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 12.41] 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)

※) 고저압펌프모터 · 기동반 · 현장조작반 등

마. 공중이 이용하는 부위

[표 12.42] 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 12.43] 도로포장 상태평가기준

평가기준	상태평가 내용
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 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 12.44] 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 12.45] 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

12.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 하수처리장 시설물 평가 단계별 절차

하수처리장은 수처리 공정상 크게 하수처리공정과 슬러지처리공정으로 구분되고 분야별로 시설물을 분류하면 토목구조물(부대시설물 포함), 건축구조물 및 기전설비 등으로 구성된다. 이의 시설물들 중 건축구조물은 제6장 건축물에서 제시하는 상태등급 산정절차에 의해 평가가 이루어지고 나머지 시설물들은 다음에 제시되는 상태평가 결과 산정예시에 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 12.1] 하수처리장 시설물 평가 단계별 절차

나. 상태평가 단계별 구분

하수처리장의 시설물에 대한 상태평가는 평가단계별 절차([그림 12.1] 참조)에 따라 수행함이 표준이며, 부재나 시설물의 특성 및 상황에 따라 평가단계를 병합 또는 추가 조정 할 수 있다.

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

[표 12.46] 하수처리장의 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분					
평가구분		평가대상						
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	슬래브 벽체 기둥	슬래브 벽체 기둥	슬래브 벽체 기둥	펌프1,... 배관1,... 제진기1,... 송풍기1,... 등등	펌프1,... 배관1,... 탈수기1,... 등등	건축물 적용
	2단계	개별부재	보 등등	보 등등	보 등등	등등	등등	
	3단계	복합부재	침사지1,... 최초침전지1,... 포기조1,... 최종침전지1,... 소독조1,... 등등	조정조1,... 농축조1,... 소화조1,... 등등	공동구1,... 옹벽1,... 등등	펌프설비1,... 배관설비1,... 제진설비1,... 송풍설비1,... 소독설비1,... 등등	펌프설비1,... 배관설비1,... 탈수설비1,... 등등	
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설물	침사지 최초침전지 포기조 최종침전지 소독조 등등	조정조 농축조 소화조 등등	공동구 옹벽 등등	펌프설비 배관설비 제진설비 송풍설비 소독설비 등등	펌프설비 배관설비 탈수설비 등등	
종합평가	5단계	복합시설물	수처리 시설물	슬러지처리 시설물	부대시설물	수처리 기전설비	슬러지처리 기전설비	
	6단계	통합시설물	토목시설물			기전설비		건축 시설물
	7단계	종합시설물	하수처리장					

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

다. 토목구조물

1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

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

1단계는 상기와 같은 개별부재에 대해 다음 표의 양식에 준하여 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관조사망도를 작성하고 조사내용을 상세히 기록하며, 손상 및 결함별 상태평가 기준에 의해 상태평가 결과를 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 12.47] 토목구조물의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
PS2W-3	벽체 2-3	2호 최초침전지	최초침전지	No. PSW-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 ○ 균열길이 : 5.6m	b
③	콘크리트 박리	부분적 박리	○ 박리면적 : 0.40m ² ○ 박리깊이 : 0.8mm	c
④	누수	신축이음부위에 상당한 누수발생	○ 누수로 인한 철근부식진행	d
⑤	신축이음 이완 및 열화	고정장치 이완 및 고무판 마모, 철근부식발생	○ 고정장치 및 고무판의 보수 교체가 필요	c
특기사항	○ 철근콘크리트 구조 및 예폭시방수·방식실시 ○ 규모 : H = 3.5m, L = 30.0m ○ 조사단위면적 : 3.5m × 30.0m = 105m ²			
조사일자	20 . .		조사자	

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 [표 12.47]을 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(E1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E1) 중 최솟값을 개별부재의 상태평가지수(E2)를 산정한 후 아래 표의 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 12.48] 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준 및 평가유형별 영향계수(F)

상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준		구 분	영 향 계 수(F)				
상태평가지수 ($E_1 \sim 7$, E_s , E_c)	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
$2.5 \leq E_1 < 3.5$	c		국부결함	1.0	1.1	1.2	1.4
$1.5 \leq E_1 < 2.5$	d		일반손상	1.0	1.1	1.3	1.7
$1.0 \leq E_1 < 1.5$	e						

[표 12.49] 토목구조물 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	벽체 2-3	개별부재규모	철근콘크리트 구조 H = 3.5m, L = 30.0m		표번호
복합부재명	2호 최초침전지	개별시설물명	최초침전지		No. PSW-2-1
근거(1단계) 표번호	No. PSW-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
신축이음부위 이완 및 열화	일반손상	토목구조물	3	1.3	3.9
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E ₂)=상태평가지수(E ₁)값 중 최솟값 = 2. 개별부재의 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.

책임기술자는 개별부재의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 12.50] 개별부재별 중요도(W) 기준

개별부재구분	중요도(A)		비 고
	내력벽체인 경우	비 내력벽체인 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 아래의 표에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다.

[표 12.51] 상태평가지수에 따른 조정계수(A)

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

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 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다. 다음 표에 토목구조물의 복합부재에 대한 표준적인 상태평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 12.52] 토목구조물 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	2호 최초침전지		개별시설물명	최초침전지		표번호
복합부재규모	철근콘크리트 구조, H=3.5m, W=12.0m, L=30.0m					No. PS-3-2
근거(2단계) 표번호	No. PBS-2-1, No. PUS-2-1, No. PSW-2-1, No. PCL-2-1, No. PBM-2-1					
개별부재구분	상태평가 결과	상태평가 지수(E ₂)	조정계수 (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 둥	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 = 3.73 2. 복합부재 상태평가결과 = b					

4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 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 상태평가는 복합부재의 중요도가 같다는 가정 하에 복합부재의 상태평가지수(E3)에 복합부재의 규모(조사면적)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E4)를 산출하고 앞의 [표 12.48]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별시설물에 대한 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

또한, 개별시설물의 평가단계에서는 안전성평가가 필요한 경우 상태평가와 더불어 안전성평가를 수행하고, 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 12.53] 토목구조물의 개별시설물 상태평가표 예

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

라. 기계 · 전기설비

1) 1단계 평가 : 부재별 손상 및 결함상태 조사표 작성

하수처리장의 기전설비는 대부분 각각의 단위기기설비(펌프설비, 배관설비, 제진설비, 송풍설비, 탈수설비 등)를 구성하고 있는 요소(펌프, 전동기, 펌프기초, 흡입관, 토출관, 스크린, 제진기 및 탈수기 등)를 개별부재(부위)로 보며, 이들의 개별부재에 대해 다음 표의 양식에 준하여 개별부재에 발생되어 있는 손상 및 결함상태를 도시하는 외관 조사망도를 작성하고 조사내용을 상세히 기록하며, 손상 및 결함별 상태평가기준에 의해 상태등급을 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 12.54] 기전설비의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

개별부재(부위) 손상 및 결함상태 조사표				
조사망번호	부재(부위)명	복합부재명	개별시설물명	표번호
WP1-1	수처리 펌프1	수처리 펌프설비1	수처리 펌프설비	No. WP1-1-1
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	펌프표면부식	국부적 부식	부식면적율 : 약 3%	b
②	펌프도장열화	부분적 변색 및 탈락	변색 및 탈락면적율 : 약 15%	c
③	펌프진동	약간의 진동발생	진동크기 : 1.5mm/sE	b
④	펌프소음	상당한 소음발생	소음크기 : 85dB	c
⑤				
특기사항	○ 펌프형식 : 입축사류펌프 ○ 펌프특성 : 양정: 15m, 동력: 20kw, 토출량: 4.5m ³ /분 ○ 펌프등급 : II등급			
조사일자	20 . .		조사자	

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 [표]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(E1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(E1) 중 최소 값을 개별부재의 상태평가지수(E2)를 산정한 후 앞의 [표 12.48]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가기준에 의해 개별부재의 상태평가결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 12.55] 기전설비 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	수처리 펌프1	개별부재규모	양정: 15m, 동력: 20kw, 토출량: 4.5㎥/분		표번호
복합부재명	수처리 펌프설비1	개별시설물명	수처리 펌프설비		No. WP1-2-1
근거(1단계) 표번호	No. WP1-1-1 (1단계에서 다수의 개별부위 조사표가 작성된 경우에는 각각의 개별부위 표번호 기입)				
평가항목	평가유형	상태평가기준	상태평가점수 (M)	영향계수 (F)	상태평가지수 (E ₁ =M ×F)
펌프표면부식	일반손상	기계·전기설비	4	1.1	4.4
펌프도장열화	일반손상	기계·전기설비	3	1.3	3.9
펌프진동	국부결함	기계·전기설비	4	1.1	4.4
펌프소음	국부결함	기계·전기설비	3	1.2	3.6
평가의견					
상태평가 결과	1. 개별부재의 상태평가지수(E ₂)=상태평가지수(E ₁)값 중 최솟값 = 3.6 2. 개별부재의 상태평가결과 = 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. 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 위하여 앞의 [표 12.51]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 평가절하 하는 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.

[표 12.56] 기전설비 복합부재의 상태평가표 예

복합부재 상태평가표						
복합부재명	수처리 펌프설비1		개별시설물명	수처리 펌프설비		표번호
복합부재규모	양정H15m × 동력P20kw × 토출량 4.5m³/분					No. WP1-3-1
근거(2단계) 표번호	No. WP1-2-1, No. WP1-2-2, No. WP1-2-3					
개별부재구분	상태평가 결과	상태평가 지수(E ₂)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A × W)	계산값 (E ₂ × P)
펌프1	b	3.6	2	100/3	66.7	240.1
전동기1	a	4.7	1	100/3	33.3	156.5
펌프기초1	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 = 3.43 2. 복합부재 상태평가결과 = c					

4) 4단계 평가 : 개별시설물 상태평가표 작성

기전설비의 개별시설물은 대부분 동일한 기능과 형식을 가진 단위설비들의 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(E3)에 복합부재의 규모(용량)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(E4)를 산출하고 앞의 [표 12.48]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 12.57] 기전설비 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	수처리 펌프설비	개별시설물 규모	H15m × P20kw × Q4.5m³/분 × 3대 H15m × P15kw × Q2.5m³/분 × 1대	표번호
근거(3단계) 표번호	No. WP1-3-1, No. WP2-3-1, No. WP3-3-1, No. WP4-3-1			No. WP-4-1
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E ₃)	규모(S, m³)	계산값(E ₃ × S)
수처리 펌프설비1	c	3.43	4.5	15.4
수처리 펌프설비2	b	4.02	4.5	18.1
수처리 펌프설비3	c	3.38	4.5	15.2
수처리 펌프설비4	a	4.57	2.5	11.4
합계(Σ)			16.0	60.1
평가의견				
상태평가 결과	1. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) 중 최솟값(Min) = 3.38 2. 복합부재의 상태평가지수(E ₃) 중 최댓값(Max) = 4.57 3. $V_1 = 0.3 \times (\text{Max} - \text{Min}) = 0.3 \times (4.57 - 3.38) = 0.357$ 4. $V_2 = \Sigma(E_3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 60.1 / 5 \times 16.0 = 0.751$ 5. 개별시설물의 상태평가지수(E ₄) = Min + V ₁ × V ₂ = 3.38 + 0.357 × 0.751 = 3.65 6. 개별시설물의 상태평가결과 = b			

12.5 안전성평가기준 및 방법

12.5.1 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」 제12조제4항에 따라 내진성능평가를 실시할 경우 세부지침 부록 1. 내진성능평가 공통적용사항과 부록 10. 내진성능평가 세부지침(하수처리장) 등에 따라 시설물의 내진성능을 만족시키도록 내진성능평가를 수행하며, 관련 문헌을 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 건설기준코드(구 콘크리트 구조설계기준) 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

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

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

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

12.5.2 안전성평가기준

하수처리장의 시설물은 대부분 철근콘크리트구조로서 지표면 아래에 축조되므로 지하수의 부력, 지반의 부동침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받고 하수유입관거 및 각종 배관이 벽체 등을 관통하여 연결되는 구조물 부위는 하중 및 지지조건이 달라 부동침하의 영향을 받는다.

따라서 하수처리장 시설물의 설계·준공도서 및 기존의 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 시설물의 안전성을 판단하거나, 실제 주요부재의 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 상태지수를 계산하고 그 상태지수를 토대로 안전성평가기준에 근거하여 수행되고 있으며(US Army, 1990), 안전율 검토는 국내에서와 같이 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 하수처리장 구조물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의해 얻거나, 건설기준코드(구조물의 기초 설계기준('14. 국토교통부)) 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.

구조해석은 탄성해석을 원칙으로 하며, 지지조건은 토질주상도가 있는 경우에는 지반 스프링을 취하고, 토질주상도가 없는 경우에는 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.

상기와 같은 내용을 근간으로 부재나 구조물의 구조적 안전율 정도에 따른 안전성평가 기준을 설정하면 다음 표와 같다.

[표 12.58] 부재 및 구조물의 안전성평가기준

평가기준	평가 점수	안전성평가 내용	비 고
a	5	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상이 없는 경우	◦ 허용응력설계법 $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\Phi M_n}{M_u}$ ◦ 강도설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$
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	

12.5.3 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 안전율들을 종합적으로 검토·분석함으로써 개별시설물에 대한 안전성평가가 이루어지게 된다.

따라서 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 12.58]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 12.59]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 12.59] 안전성평가지수(Es) 범위에 따른 안전성평가기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가기준	비 고
$4.5 \leq E_s \leq 5.0$	A	
$3.5 \leq E_s < 4.5$	B	
$2.5 \leq E_s < 3.5$	C	
$1.5 \leq E_s < 2.5$	D	
$1.0 \leq E_s < 1.5$	E	

나. 안전성평가결과 산정 방법

본 안전성평가결과 산정 방법에서는 토목구조물을 중심으로 안전성평가표 작성 예를 다음 표에 제시하였으며, 나머지 시설물들(기전설비 등)의 안전성평가표도 이에 준하여 작성토록 하고 안전성평가결과는 알파벳 소문자로 표기한다.

[표 12.60] 토목구조물의 개별시설물에 대한 안전성평가표 예

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

12.6 종합평가기준 및 방법

12.6.1 종합평가기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가기준은 [표 12.61]의 종합평가지수($E_{4\sim7}$)에 따라 결정한다.

[표 12.61] 종합평가지수에 따른 종합평가기준

종합평가지수($E_{4\sim7}$)	종합평가기준	비 고
$4.5 \leq (E_{4\sim7}) \leq 5.0$	A	
$3.5 \leq (E_{4\sim7}) < 4.5$	B	
$2.5 \leq (E_{4\sim7}) < 3.5$	C	
$1.5 \leq (E_{4\sim7}) < 2.5$	D	
$1.0 \leq (E_{4\sim7}) < 1.5$	E	

12.6.2 종합평가결과 산정 방법

가. 종합평가결과 산정

1) 개별시설물

개별시설물의 종합평가결과 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가결과를 종합평가결과로 가름하지만 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 12.61]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 12.62]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 다음에 예시되는 종합평가결과 산정 예시에 따라 이루어진다.

[표 12.62] 종합평가지수에 따른 조정계수(A)

종합평가기준	A	B	C	D	E
종합평가지수(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. 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 않는다.

다음에 예시되는 [표 12.63]을 표준으로 개별시설물의 종합평가표를 작성토록 한다.

[표 12.63] 토목구조물의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표				
개별시설물명	최초침전지	개별시설물 규모	철근콘크리트구조 (H3.5m×W12.0m×L=30.0m×4지)	표번호
				No. PS-4-1
상 태 평 가				
근거(3단계) 표번호	No. WP1-3-1, No. WP2-3-1, No. WP3-3-1, No. WP4-3-1			
복합부재구분	상태평가결과	상태평가지수(E ₃)	규모(S, m ²)	계산값(E ₃ ×S)
1호 최초침전지	c	3.38	654	2,210.5
2호 최초침전지	b	3.73	654	2,439.4
3호 최초침전지	b	3.85	654	2,517.9
4호 최초침전지	c	3.14	654	2,053.6
합계(Σ)			2,616	9,221.4
상태평가 의견				
상태평가 결과	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. 개별시설물의 상태평가지수(E ₄) = Min + V ₁ ×V ₂ = 3.14 + 0.213 × 0.705 = 3.29 6. 개별시설물의 상태평가결과 = C			
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가결과	안전성평가점수	비 고
1호 최초침전지	0.95	c	3	
2호 최초침전지	1.03	b	4	단면손실 발생
3호 최초침전지	1.12	a	5	
4호 최초침전지	0.86	d	2	
안전성평가 의견				
안전성평가 결과	1. 평가항목수 N= 4, 최소평가점수 L= 2, 최대평가점수 H= 5 2. 개별시설물의 안전성평가지수(E _s) = 2 + 0.3 ×(5-2) ×(3+4) / 5 ×(4-2) = 2.63 3. 개별시설물의 안전성평가결과 = C			
종 합 평 가				
종합평가 의견				
종합평가 결과	상태평가지수 (E ₄)	안전성평가지수 (E _s)	종합평가지수 (E _{t1})	종합평가결과
	3.29	2.63	2.63	C

2) 5단계 평가 : 복합시설물 종합평가표 작성

하수처리장의 복합시설물은 수처리공정, 슬러지처리공정 및 기타 부대시설물 등으로서 기능과 역할이 각각 다른 개별시설물들의 집합으로 구성된다.

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 앞에서 제시한 [표 12.62]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 복합시설물의 종합평가지수(Et_2)를 산출하고 앞의 [표 12.63]를 참조하여 복합시설물에 대한 종합평가결과를 결정한다.

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

여기서, Et_1 : 개별시설물의 종합평가지수

P : 조정값($=A \times S$)

A : 조정계수

S : 개별시설물별 규모(m^3)

다음 [표 12.64]에 토목구조물에 대한 복합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 12.64] 토목구조물의 복합시설물 종합평가표 예

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	수처리 시설물	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. WT-5-1	
개별시설물구분	종합평가 결과	종합평가 지수(Et ₁)	조정계수 (A)	규 모 (S)	조정값 (P=A ×S)	계산값 (Et ₁ ×P)
침사지	B	3.75	2	600.0	1,200.0	4,500.0
최초침전지	C	2.63	3	5,040.0	15,120.0	39,765.6
포기조	C	3.39	3	1,080.0	3,240.0	10,983.6
최종침전지	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. 복합시설물의 종합평가지수(Et ₂) = Σ(Et ₁ ×P) / ΣP = 67,401.2/22,360.0 = 3.01 2. 복합시설물의 종합평가결과 = C					

3) 6단계 평가 : 통합시설물 종합평가표 작성

하수처리장의 통합시설물은 분야별 시설물로서 토목구조물, 기전설비 등을 말하며, 각각의 통합시설물을 구성하는 복합시설물(수처리시설물, 슬러지처리시설물 및 부대시설물 등)에서 문제가 발생하는 경우 해당 통합시설물의 기능성 및 안전성에 미치는 영향도가 차이를 갖는다고 볼 수 있으므로 복합시설물별 중요도에 대한 가중치를 고려하는 것이 필요하다. 따라서 각각의 중요도 합을 100으로 하여 복합시설물별 중요도(W)를 다음 [표 12.65]와 같이 설정하였다.

책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 $\pm 20\%$ 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 12.65] 복합시설물별 중요도(W)

복합시설물 구분	수처리 공정 시설물	슬러지처리 공정 시설물	부대시설물	비 고
중요도(W)	70	20	10	

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

통합시설물의 종합평가는 각 복합시설물의 종합평가지수(Et_2)에 위의 [표 12.65]에 설정한 복합시설물별 중요도(W)를 고려하고 앞에서 제시한 [표 12.62]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 통합시설물의 종합평가지수(Et_3)를 산출한 다음 앞의 [표 12.61]을 참조하여 통합시설물에 대한 종합평가 결과를 결정한다.

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

여기서, Et_2 : 복합시설물의 종합평가지수

P : 조정값($=A \times W$)

A : 조정계수

W : 복합시설물의 중요도

다음 [표 12.66]에 토목구조물에 대한 통합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 나머지 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 12.66] 토목구조물의 통합시설물 종합평가표 예

통합시설물 종합평가표						
통합시설물명	토목구조물	통합시설물 규 모	시설용량(Q) = 200,000m³/일			표번호
근거(5단계) 표번호	No. WT-5-1, No. ST-5-1, No. OT-5-1					No. CC-6-1
복합시설물 구분	종합평가 결과	종합평가 지수(Et ₂)	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Et ₂ ×P)
수처리공정 시설물	C	3.01	3	70	210	632.1
슬러지처리공정 시설물	D	2.39	6	20	120	286.8
부대시설물	A	4.55	1	10	10	45.5
합계(Σ)				100	340	964.4
평가의견						
종합평가 결과	1. 통합시설물(토목구조물) 종합평가지수(Et ₃) = Σ(Et ₂ ×P) / ΣP = 964.4 / 340 = 2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가결과 =					2.84 C

4) 7단계 평가 : 종합시설물 종합평가표 작성

하수처리장의 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 아래 [표 12.67]과 같이 통합시설물별 중요도를 정하였으며, 통합시설물별 중요도의 합은 100이 되도록 하였으며, 책임기술자는 통합시설물의 특성에 따라 중요도를 조정할 필요가 있다고 판단될 경우 규정된 값의 ±20% 값 범위 내에서 조정할 수 있다.

[표 12.67] 분야별 시설물(통합시설물)의 중요도(W)

통합시설물 구분	토목구조물	기전설비	건축구조물	비 고
중요도(W)	70	15	15	

○ 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.

통합시설물의 종합평가결과는 상기에서 정한 복합시설물별 중요도(W)와 앞에서 제시한 [표 12.62]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 통합시설물의 종합평가지수(Et4)를 산출하고 앞의 [표 12.61]을 참조하여 결정한다.

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

여기서, Et_3 : 통합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값($=A \times W$)

A : 조정계수

W : 복합시설물별 중요도

통합시설물의 평가등급 표기는 알파벳 대문자(A, B, C, D, E)를 사용하며, 다음 [표 12.68]에 통합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 12.68] 통합시설물의 종합평가표 예

종합시설물 종합평가표						
종합시설물명	○○하수처리장	종합시설물 규 모	시설용량(Q) = 200,000m³/일			표번호
근거(6단계) 표번호	No. CC-6-1, No. AC-6-1, No. ME-6-1					No. TF-7-1
통합시설물 구분	종합평가 결과	종합평가 지수(Et ₃)	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A×W)	계산값 (Et ₃ ×P)
토목구조물	C	2.84	3	70	210	596.4
기전설비	B	4.18	2	15	30	125.4
건축구조물	A	4.76	1	15	15	71.4
합계(Σ)				100	255	793.2
평가의견						
종합평가 결과	1. 통합시설물(관로시설물) 종합평가지수(Et ₄) = Σ(Et ₃ ×P) / ΣP = 793.2 / 255.0 = 2. 통합시설물(관로시설물) 종합평가결과 =					3.11 C

12.7 보수·보강 방법

하수처리장 시설물의 주요 보수·보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

12.7.1 구조물 기초지반의 일반적인 보수·보강공법

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

12.7.2 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법

- 표면보호공법
- 단면보수공법
- 강판접착공법
- 프리스트레스 도입공법
- 콘크리트 덧붙이기공법

12.7.3 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.