

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(하수처리장)

2012. 12.



국토해양부



한국시설안전공단

머 리 말

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

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

이 해설서는 2010.12월 출간된 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」 중 시설물편 제9장 하수처리장에 대한 바른 이해와 적절한 적용에 도움이 되도록 하기 위하여 작성되었습니다. 2011년에 공통편과 시설물편 6종(교량, 터널, 댐, 항만, 상수도, 건축)의 해설서를 발간하였으며, 금년에는 시설물편 나머지 6종(하구둑, 수문, 제방, 하수처리장, 옹벽, 절토사면)의 해설서를 발간하게 되었습니다.

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

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

2012년 12월

한국시설안전공단 이사장 김 경 수

제 목 차 례

9.1 관리일반

9.1.1 적용범위	9-1
9.1.2 용어정의	9-2
9.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설	9-3
9.1.4 중대한 결함의 정도	9-6

9.2 현장조사

9.2.1 시설물의 점검사항	9-7
9.2.2 시설물 외관조사 요령	9-24

9.3 재료시험 항목 및 수량

9.3.1 정밀점검	9-38
9.3.2 정밀안전진단	9-41

9.4 상태평가 기준 및 방법

9.4.1 상태평가 항목 및 기준	9-48
9.4.2 상태평가 결과 산정 방법	9-61

9.5 안전성평가 기준 및 방법

9.9.1 일반	9-76
9.9.2 안전성평가 기준	9-81
9.9.3 안전성평가 결과 산정 방법	9-84

9.6 종합평가 기준 및 방법

9.6.1 종합평가 기준	9-86
9.6.2 종합평가 결과 산정 방법	9-87

9.7 보수 · 보강 방법

9.7.1 구조물 기초지반의 일반적인 보수·보강공법	9-95
9.7.2 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법	9-103
9.7.3 전기설비	9-126

부록 A 과업지시서 예시	9-131
부록 B 사전검토 보고서 예시	9-151

제 9 장 하수처리장

9.1 관리일반

9.2 현장조사

9.3 재료시험 항목 및 수량

9.4 상태평가 기준 및 방법

9.5 안전성평가 기준 및 방법

9.6 종합평가 기준 및 방법

9.7 보수·보강 방법

제9장 하수처리장

9.1 관리 일반

9.1.1 적용 범위

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

○ 2종 시설물

- 공공하수처리시설(1일 최대처리용량 500톤 이상)

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

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 하수도시설 기준

○ 하수도시설 유지관리 지침

○ 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전 협의하여 적용 할 수 있다.

【해설】

1. 하수처리장 시설물은 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 “이하 시특법” 시행령 제 10조 6항과 관련한 시설물을 의미하며, 동법 시행령 [별표1] “1종시설물 및 2종시설물의 범위”(제2조제1항관련)의 기준으로 분류한다.
2. 공공하수처리시설이란 하수를 처리하여 하천·바다 그 밖의 공유수면에 방류하기 위하여 지방자치 단체가 설치 또는 관리하는 처리시설과 이를 보완하는 시설(하수도법 제2조)을 말하며, 일반적으로 하수처리장이라 칭한다.
3. 하수처리장 시설물은 하수를 처리하여 하천·바다 그 밖의 공유수면에 방류하기 위하여 배출원으로부터 발생하는 하수를 관로를 통해 이송하고, 이송된 하수를 물리·화학적·생물학적 처리하여 방류수역으로 안전하게 배출함을 그 목표로 한다. 하수처리장 시설물은 수처리시설, 슬러지처리시설 등으로 분류하고 각 구조물은 특성에 따라 토목구조물, 건축구조물, 기계설비(펌프 및 밸브 등), 전기설비 등으로 구성된다.

9.1.2 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

○ 하수처리장(下水處理場)

하수관거 말단에 설치하여 하수를 최종적으로 처리한 후 하천이나 공공수역 등에 방류하기 위하여 하수도시설로 설치되는 처리시설 및 보완시설의 총체

○ 기계·전기설비

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

시설물의 구조적 안전에 직접 관련된 토목분야의 계측시설을 말하며 하수처리공정과 관련된 계측시설은 제외됨.

【해설】

1. 기타 용어는 「하수도시설기준(환경부 제정, 2011년)」 등의 정의에 의해 파악할 수 있으며, 하수도시설기준의 용어와 본 지침의 용어가 상이한 경우 하수도시설기준의 용어를 준용한다.

9.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

하수처리장 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 9.1]과 같다.

① 기본시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당시설물(건축물, 옹벽 등)에 따라 실시하여야 한다.

② 대상시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.

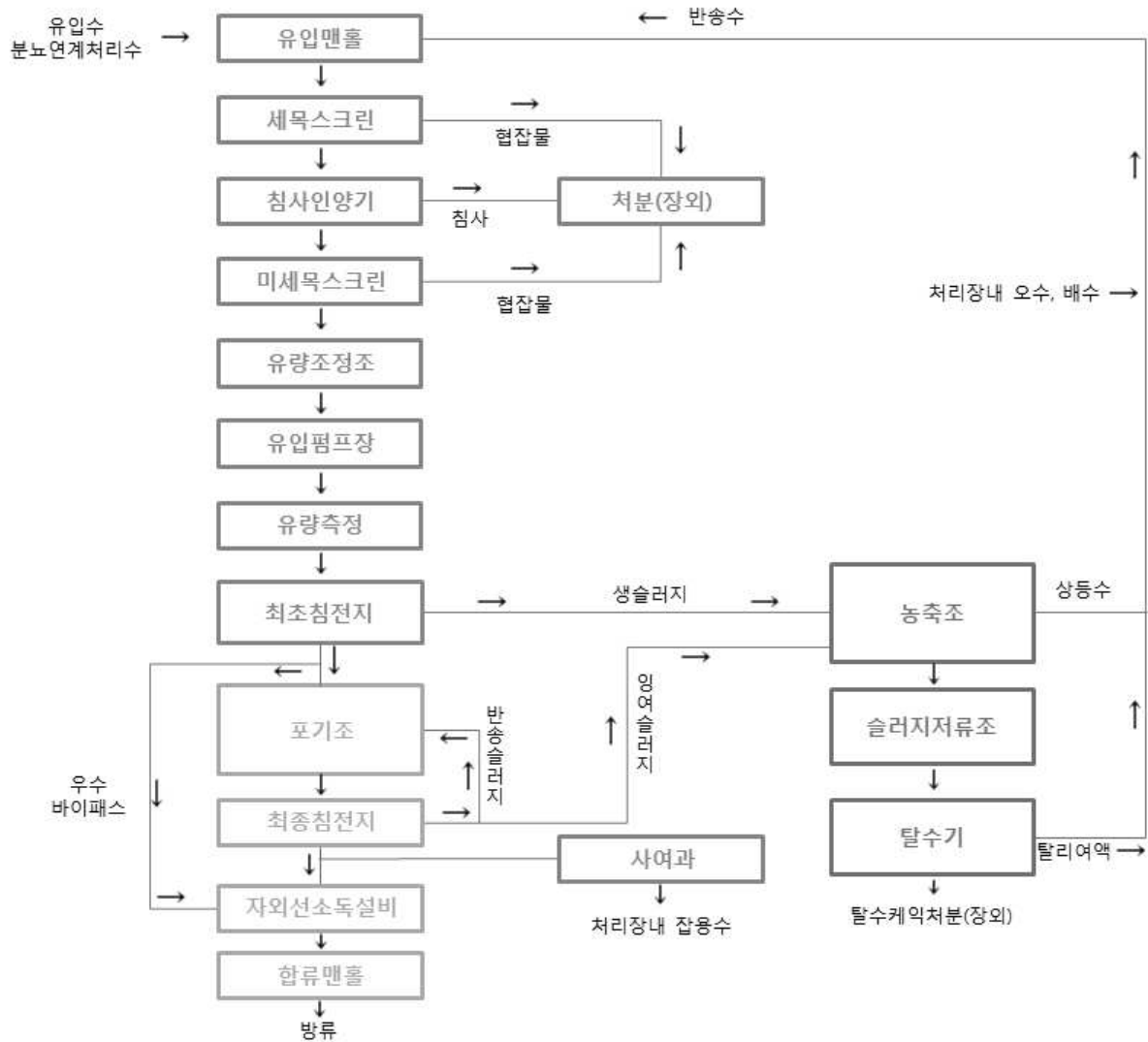
③ 부대시설물 및 기타 시설물이 「영」 제2조제1항에 따른 1종 또는 2종 시설물에 해당되는 경우에는 「법」 제6조에 따라 1종 시설물은 정밀점검 및 정밀안전진단을 실시하고 2종 시설물은 정밀점검을 실시하여야 한다.

[표 9.1] 하수처리장 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦ 수처리시설물	○	○	○	기본과업
	◦ 슬러지처리시설	○	○	○	
	◦ 기계, 전기설비	○	○	○	
부대 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			선택과업
	◦ 옹벽(절·성토사면포함)	○			
	◦ 장내 관거	○			
	◦ 장내 교량	○			
기타 시설물	◦ 방호시설 등	○			선택과업

【해설】

1. 하수처리장 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 하수처리장내 시설물에 한하며, 하수처리장내 부대시설물 및 기타시설물은 선택과업으로 실시할 수 있다.
2. 토목구조물과 건축물이 일체로 된 경우의 건축물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준(건축물)에 의해 대가를 산정하여 점검 및 진단을 실시한다.



[해설 그림 9.1.1] 하수처리장 시설물의 개요도

3. 하수처리장 시설물 개요

표준활성슬러지 공정에서 일반적으로 적용되는 시설물 개요이며, 최근 방류수역 방류수질 강화 및 부영양화 방지를 위한 고도처리 등 3차 처리방식은 개별 처리장별로 다를 수 있음.

(1) 하수유입

가정이나 공장에서 사용하고 버린물을 하수관로를 통해 하수처리장으로 이송되며, 유입맨홀을 통해 침사지등 유입펌프동에 유입된다.

(2) 침사지 및 유입펌프

유입 하수속에 포함된 모래나 비닐 기타 부유물질 등을 스크린을 이용 제거한 뒤 펌프로 퍼올려 처리장내에 자연유하 시켜준다. 대부분의 하수처리장은 침사지 및 유입펌프는 유입펌프동 형태의 건축구조물안에 배치되어있다.

(3) 최초침전지(일차침전지)

유입된 하수는 2.5시간 체류하면서 침전성 고형물을 침전시킨 후 폭기조에 보내진다. 이때 가라앉은 찌꺼기는 수집기로 긁어모아 농축조로 보낸다.

(4) 폭기조(포기조)

최초침전지에서 유입된 하수는 송풍기로부터 공기를 공급받아 약 8시간정도 폭기를 한다.

이 사이에 호기성 미생물이 하수중의 유기물질을 영양분으로 하여 배양되어 응집현상을 이루어 최종침전지로 보내진다.

폭기조는 고도처리도입에 따라 기존 폭기조형태에 격벽으로 지를 구분하여 생물반응조 형태로 재구성되고 있다.

(5) 최종침전지(이차침전지)

폭기조의 혼합액은 약 3.5시간 체류되는 과정에서 침전되기 쉬운 활성오니는 침전되어 일부는 다시 폭기조로 반송되고 잉여오니는 농축조로 보내지며 깨끗한 상등수는 방류되거나 여과기 또는 추가설비로 유입되어 고도처리후 방류되고 있다.

(6) 여과기(여과조, 3차처리시설)

최종침전지를 거친 처리수를 여과기(조)로 유입시켜 SS 10mg/l 이하로 처리된다.

(7) 자외선소독설비(소독설비)

최종처리수내 포함된 대장균군수를 줄이기위해 설치되며, 처리방법에따라 자외선소독방식, 염소소독방식, 차아염소독방식, 오존소독방식등 여러 가지 방법등이 처리장 여건에 맞추어 도입되고 있다.

(8) 방류

최종침전지의 처리수는 BOD 10~20mg/l 이하로 방류수역에 방류

(9) 농축조

최초침전지에서 침전된 생오니와 최종침전지의 잉여오니는 이곳에서 함수율이 90%이하가 되도록 농축되어 소화조로 보내진다.

(10) 소화조

농축된 오니는 소화조에서 약 30일 동안 30~50℃가 되도록 가온시켜 주고, 혐기성 미생물을 이용하여 유기물질을 침전분해 시킨 후 탈수기로 보내진다. 소화조는 하수처리장 고도처리시설도입으로 인의 재방출 문제로 가동치않는 경우가 있었으나, 최근에 메탄가스등 자원재활용이 활성화되어 새로운 에너지원으로 활용도가 증대되고있다.

(11) 탈수기

오니는 응집제와 혼합시켜 탈수시킨 다음 탈수처리된 케익은 지정된 곳으로 운송처리하게 된다.

9.1.4 중대한 결함의 정도

하수처리장 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

○ [표 9.23] 기초세굴에 대한 상태평가 기준에서 “e”인 경우

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

○ [표 9.26]의 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 9.27]의 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 [표 9.30]의 철근노출 상태평가 기준에서 “e”를 포함하는 경우

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

【해설】

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

9.2 현장조사

9.2.1 시설물의 점검 사항

가. 시설물별 상태변화의 점검항목

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 면적	
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 면적	
콘크리트 파손	○ 콘크리트 파손 깊이 및 면적	
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 면적	
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 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		
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.

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 조사여부를 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 안전사고 등의 문제를 야기할 수 있다.

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

(라) 가스누출

하수처리장의 최종 처리수는 방류하기 전에 통상 염소가스를 이용하여 소독을 실시하게 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(CH_4)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.

【해설】

1. 토목구조물

- (1) 하수처리장시설의 토목구조물은 일반적으로 유입펌프장, 침사지, 최초/최종침전지, 생물반응조, 소독시설, 방류시설(펌프장), 슬러지처리시설(농축, 탈수, 소화, 소각) 등으로 구성된다. 토목구조물에 대한 점검 및 조사는 구조물의 성능저하에 위해가 되는 결함 및 손상을 육안으로 조사하여 그 정도와 근본적인 발생 원인을 파악하는 것으로서, 기본적인 점검 및 조사 항목과 기타 구조적 안전성에 관련된 요인에 대해서 조사를 실시한다.

【해설 표 9.2.1】 토목구조물 주요 점검 및 조사내용

조사 구분	조사 항목	조사 내용	비 고
외관조사	손상 및 결함	콘크리트의 균열, 박리, 박락, 층분리, 누수, 백태, 철근노출 등	부재별, 구조물별 조사망도 작성
		주변지반의 공동, 함몰, 기초세굴 등	GPR 등 사용
		방수·방식도장의 열화정도, 손상 및 결함(들뜸, 탈락 등)유무 등	
		사다리, 난간 등의 손상 및 결함(부식, 지지불량 등)유무 등	
시험·측정	내구성조사	콘크리트강도, 탄산화잔여깊이, 철근배근상태, 철근부식도, 물성 등	비파괴시험이 원칙이나 필요시 파괴(코어채취)시험 실시
	구조물변위	규격, 침하, 부상, 기울기, 활동 등	
	토질 시추조사	기초지반의 토질, 성상, 특성, 지하수위 등	구조해석 등이 필요한 경우 실시

- (2) 토목구조물은 대부분 하수 및 슬러지 처리를 위해 운영 중인 시설물이므로 외관조사 전에 관리주체에서 수립한 운영계획(부분 운영 중단, 지별운영 등)에 따라 시설물 내부 하수 및 슬러지 비우기와 청소를 시행한 후 실시함을 원칙으로 하며, 시설물 운영상 하수 및 슬러지 비우기가 곤란한 시설물은 가능한 최대범위까지 외관조사를 실시한다. 또한, 외관조사는 대상시설물별 세부구조물에 대해서 물 흐름 방향을 기준으로 하여 전면벽체, 후면벽체, 좌측벽체, 우측벽체, 상부슬래브, 바닥슬래브 등으로 구분하여 실시된다.

(3) 기타 점검 및 조사시 고려사항

- ① 외관조사망도 구성은 세부지침 ‘시설물별 현장조사 및 재료시험의 요령’을 기준으로 한다.
- ② 코어채취는 세부지침 ‘시설물별 현장조사 및 재료시험의 요령’을 기준으로 한다.



【하수처리장 침전지 전경】



【하수처리장 생물반응조 전경】



【침전지 콘크리트 반발경도 측정】



【콘크리트 구조물 초음파 탐사】



【구조물 벽체 탄산화 깊이 측정】



【하수처리장 침전지 철근 탐사 시험】

2. 강 구조물

- (1) 하수처리장시설의 토목구조물은 일반적으로 철근 콘크리트 구조체로 구성되고 있으나, 수리공정상 특별한 시설물 및 부속시설물(강재 연락교, 에어챔버, 강재 약품 저장탱크 등)의 경우 강재 구조체로 구성되기도 한다. 이와 같이 강재 구조체의 경우에는 기본적인 점검 및 조사항목과 강재 구조물의 용도에 따른 구조적 취약 요인에 대해서 조사를 실시한다.
- (2) 점검 및 조사방법은 제5장 상수도 편에 수록된 관로시설물 강재구조물(관로)의 도장, 부식 등과 기타 강재 비파괴검사 방법을 준용하여 수행한다.

3. 기계 · 전기설비

- (1) 하수처리장시설의 기계 · 전기설비는 펌프설비, 펌프장내 배관, 크레인 등 운영설비, 연결 전기설비 등으로 구성되며, 이를 설비에 대한 외관상태와 작동유무와 기타 구조적 안전성에 관련한 요인에 대해서 조사를 실시한다.

[해설 표 9.2.2] 기계 · 전기설비의 주요 점검 및 조사내용

조사 구분	조사 항목	조사 내용	비 고
외관조사	외관상태 및 작동유무	각종의 기기의 부식, 이상마모, 파손, 방식도장 열화정도 및 손상, 부속기기의 이완 및 이탈 등	·각종의 펌프, 배관 ·하수처리설비(수문, 침사 및 혐잡물제거설비, 약품주입기, 슬러지수집기, 농축, 탈수기 등)
		기전설비의 정상 작동여부, 과대 소음·진동 발생 유무 등	·크레인 및 호이스트 ·관련 전기설비
		수격압 완화설비 작동 유무 등	



【하수처리장 기계·전기 설비】

- (2) 펌프설비 및 펌프장내 배관에 대한 점검 및 조사 방법은 제5장 상수도 편에 수록된 관로시설물 강재구조물(관로)의 도장, 부식 등과 기타 강재 비파괴검사 방법을 준용하여 수행하고, 필요에 따라 진동과 소음 측정을 부가적으로 실시할 수도 있다.

(3) 펌프진동 측정

유입 및 방류펌프는 하수처리장 기계시설의 핵심으로 이의 고장원인을 파악하고 현재 상태를 분석하는 것은 운전 및 유지관리측면에서 매우 중요하므로, 유입 및 방류펌프장의 각 호기별 펌프의 진동을 측정하여 현재 상태를 등급별로 구분함으로써, 펌프 설비의 안전성과 구조물 진동량 전달 등을 판단할 수 있다.

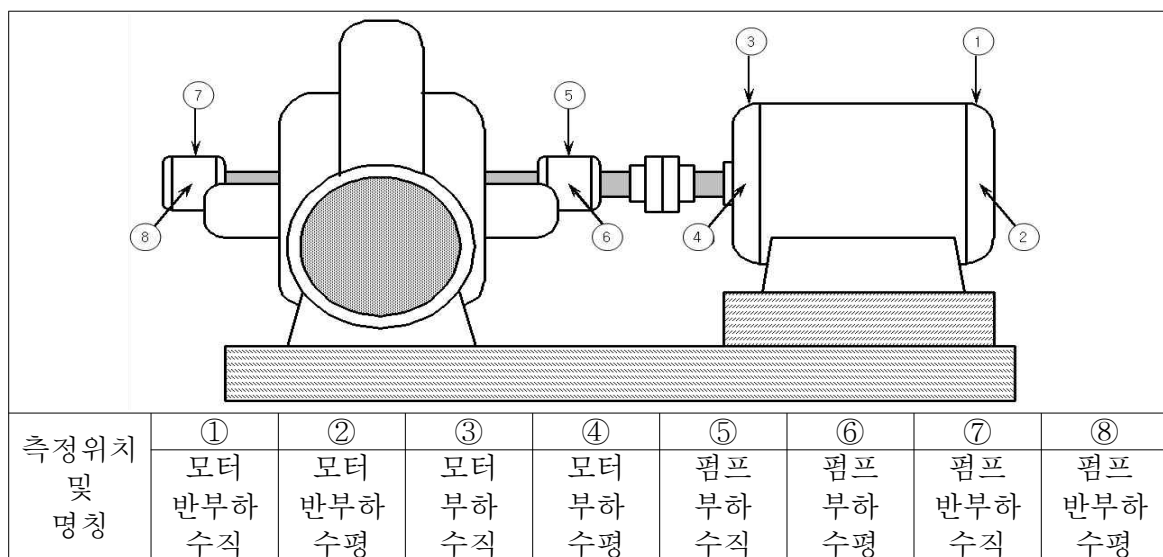
① 진동측정 개요

최근의 회전기계는 출력의 증가 및 회전속도의 상승이 현저하다. 그 결과 이 기술 분야에서는 진동 및 소음의 억제가 중요과제의 하나가 되고 기계는 운전 상황에 관하여 종래보다 엄격한 요구가 부가되게 되었다.

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

② 측정방법

펌프의 작동시험을 시행하여 기기의 진동측정 회수는 펌프 부하측 및 반부하측을 수직, 수평 방향에 대하여 RMS 속도를 측정하며, 펌프와 모터의 측정은 각각의 베어링 하우징 또는 기초에 고정되는 기계표면에서 서로 직교한 수직, 수평방향에서 진동을 측정한다.



[해설 그림 9.2.1] 펌프·모터 진동 측정 위치(예시)



【펌프·모터 진동 측정】

③ 진동평가 기준

[해설 표 9.2.3] 진동평가 기준

영역	내용	진동한계 (RMS, mm/s)
A	운전범위 내에서 신규 설치된 기계의 운전	≤ 3.7
B	운전범위 내에서 제한 없이 장기간 운전	≤ 9.6
C	제한된 운전	≤ 9
D	손상위험	> 9
최대 정지 (trip) 설정(영역 C 상한의 약 1.25배)		11
A영역 : 신규 설치된 기계의 운전영역		
B영역 : 통상 제한 없이 장시간 운전이 허용될 수 있는 영역		
C영역 : 장시간 연속운전을 만족할 수 없으며 보수조치를 위한 적절한 기회가 생길 때까지 제한된 기간 동안 운전이 가능한 영역		
D영역 : 기계에 손상을 야기하도록 충분히 심각한 진동 영역		

④ 구조물 전달 진동량

펌프의 진동에 의해 구조물에 전달되는 진동량은 다음의 관계식 같이 진동속도(Kine)와 진동레벨(dB)로 표시되며, 구조물의 형태에 따른 최대 진동속도의 허용값과 최대 진동속도에 따른 구조물의 평가등급에 대한 DIN기준은 [해설 표 9.2.4]과 같다.

$$Y = 20 \log V + 71$$

여기서 Y : 진동레벨(dB)

V : 진동속도의 최대값(mm/sec, 1×10^{-1} Kine)

[해설 표 9.2.4] 충격진동에 의한 구조물별 최대진동속도의 허용값(DIN4150)

구 분	I	II	III	IV
구조물 형태	문화재 (역사적으로 오래된 건물)	주택, 아파트, 상가 (미세 균열을 지닌 건물)	주택, 아파트, 상가 (균열이 없는 양호한 건물)	산업시설용 공장 (균열이 없는 양호한 건물)
최대 진동속도 허용값(mm/sec)	2.0 (0.2 Kine)	9.0 (0.5 Kine)	10.0 (1.0 Kine)	10.0~40.0 (1~4 Kine)

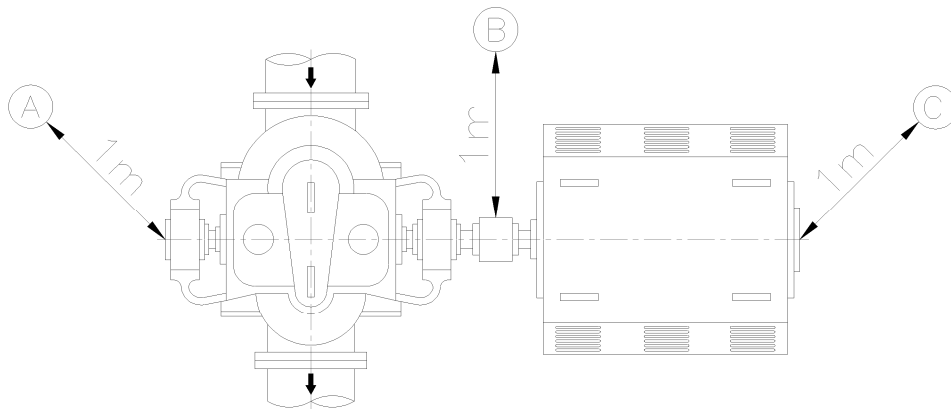
(4) 펌프 소음

유입 및 방류펌프장의 각 호기별 펌프의 운전 소음을 측정하여 현재 상태를 파악하고 향후 소음의 증가 및 감소 정도를 검토한다.

① 소음측정 개요

최근의 회전기계는 출력의 증가 및 회전속도의 상승이 현저하다. 그 결과 펌프 임펠러 및 모터에서 발생하는 소음은 회전기기 및 마찰부의 이상을 감지할 수 있는 척도로 이용할 수 있고, 소음의 발생장소 내에서 작업하는 작업자의 청력 감소 및 안전에 영향을 미칠 수 있으며, 또한 주기적으로 관리된 기기소음은 이상음의 청취와 발생소음의 증가여부로 펌프기기의 손상여부 등을 예측하여 큰 손상 이전에 미리 대처할 수 있다.

따라서, 보다 상세한 소음을 측정하기 위하여 [해설 그림 9.2.2]과 같이 펌프 설비를 펌프 반부하측 베어링부, 커플링 연결부, 모터 반부하측 베어링부의 3개 부분으로 구분하고 각각 수평으로 1m 거리에서 운전시의 소음을 측정하고 그 값의 평균값을 발생소음의 기준으로 한다.



[해설 그림 9.2.2] 펌프소음 측정위치(예시)

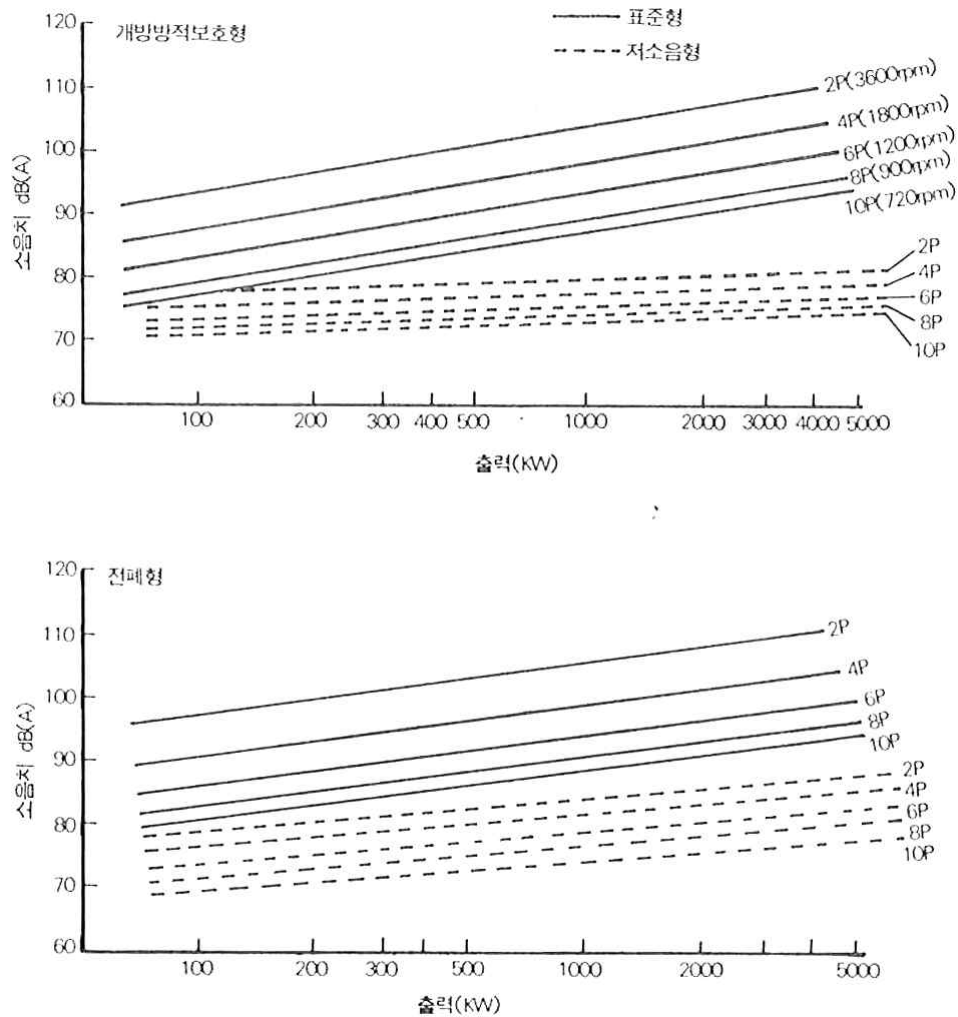


【펌프소음 측정】

② 소음평가 기준

유입 및 방류펌프장과 같은 기계설비가 설치되어 있는 기계실의 소음기준은 명확히 구분되어 있지 않으나 일반적으로 펌프의 운전 중 합성소음은 기기측 1m 거리에서 소형펌프는 75dB 이하이고 대형펌프에서는 85dB 이하가 바람직하다는 견해도 있으며, 펌프제작사의 소음기준은 사양점 운전상태 시에 기계로부터 1m 거리에서 80~90dB 정도로 디젤기관이나 전동기의 소음보다 다소 낮은 값으로 판단하기도 하나 실제현장에서 펌프의 운전 중 발생하는 소음은 [해설 그림 9.2.3]과 같이 500kW, 1800rpm 전폐형 전동기에서 발생하는 소음치가 이미 95dB 정도로 펌프의 소음보다 크게 나타난다. 그러므로 펌프실내에 설치된 펌프는 거의 노출된 펌프이고 전동기출력도 500kW 이상인 경우가 대다수인 유입 및 방류펌프장 펌프의 소음크기는 여기에 5~10dB 정도를 더한 값을 기준으로 하는 것이 현실적으로 판단된다.

따라서, 소음의 평가는 발생기기의 최대소음을 기준으로 80dB 이하는 매우 양호(a), 80~90dB은 양호(b), 90~100dB은 다소 높음(c), 100~115dB 이상은 높음(d), 115dB 이상은 불량(e)으로 평가한다.



주) 주파수 60Hz의 경우(50Hz의 경우는 약 3dB(A) 작게 된다)

[해설 그림 9.2.3] 전동기의 소음레벨

참고로, 산업안전보건법에서는 작업장내부에서 발생하는 소음의 허용기준을 [해설 표 9.2.5]와 같이 소음 노출시간을 제한하고 있다.

[해설 표 9.2.5] 산업안전보건법의 소음 허용기준표

소음강도	90dB(A)	95dB(A)	100dB(A)	105dB(A)	110dB(A)	115dB(A)
1일 노출시간	8	4	2	1	30분	15분

(5) 전기설비 조사

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



【수배전반 점검】



【비상발전기 절연저항 점검】



【펌프모터 작동시험】



【적외선 열화상 촬영】

(6) 적외선 열화상탐사

적외선 열화상탐사는 활선상태에서 전기 기계기구의 사고를 일으키는 이상온도(異常溫度)를 조기에 발견하고 대처하게 함으로서 전기설비의 신뢰도를 향상시켜 생산설비에 양질의 전력을 공급하는데 있으며, 사용 중 전기설비의 온도는 접촉식 온도계나 기타의 방법으로 쉽게 확인되지 않으므로 활선상태에서 안전성이 보장된 비접촉식 장비를 사용하여 전기설비 각 부분의 온도를 분포도(分布度)로 나타내어 절연물 오손, 접촉불량, 과부하등 전기기기의 열화나 성능을 판단하는 자료로 활용할 수 있다.

대상물에서 발산된 복사에너지는 적외선 열화상 진단장비에 의하여 화상으로 나타나며, 이 화상에 표시된 각 지점(Point)의 온도분포를 판정하는 방법은 3상비교법 또는 온도 패턴법을 사용한다.

① 온도 패턴법

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

[해설 표 9.2.6] 판정기준 II(온도패턴법)

전 력 기 기		온도상승한도	최고허용온도	비고,
유입변압기(본체)		50℃	90℃	KSC 4306(유온기준)
건식변압기	에폭시부(B종)	80℃	130℃	IEC 726
	에폭시부(F종)	100℃	155℃	IEC 726
GIS		15℃	—	실측에 의한 통계
단로기 및 동부스바	접촉부	25℃	65℃	KSC4502에 의함
	접속부	40℃	80℃	
	구조부분 (자기애자 등)	50℃	90℃	
전 선	IV	—	60℃	내선규정130-1
	HIV	—	75℃	
	EV	—	75℃	
	CV, CNCV	—	90℃	
	OF	—	85℃	제작시방
전력형 고정권선 저항기		사용온도범위	최고표면온도	IEC-115-4('82) KSC6419-95
	V형	-55~+200℃	350℃	
	G형	-40~+200℃	275℃	

② 3상 비교법

동일조건(3상 평형부하이고, 전선의 굵기가 같은 경우 등)의 다른 부위와 비교하여 판별할 수 있다.

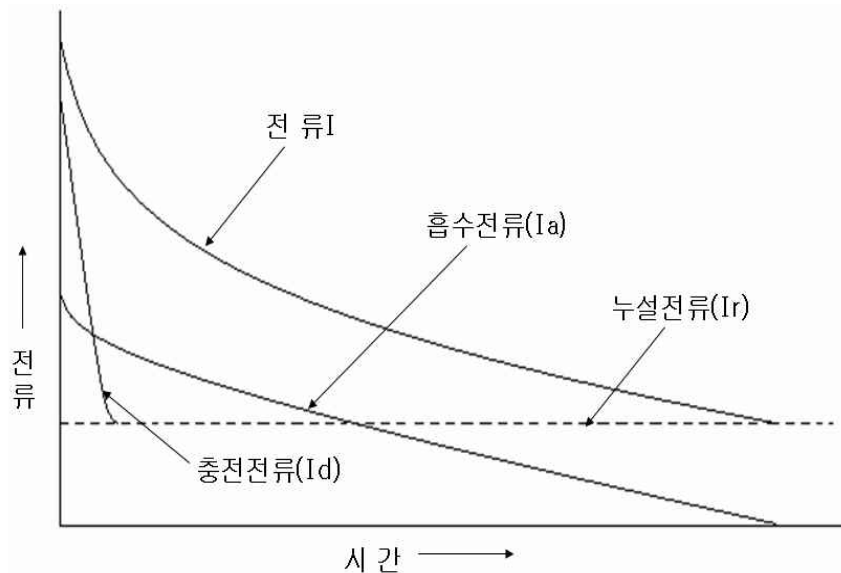
[해설 표 9.2.7] 판정기준 (3상 비교법)

온 도 차	판 정 기 준
5℃ 미만	정 상
5℃ ~ 10℃ 미만	요주의
10℃ 이상	이 상

(7) 모터 성극비시험

직류전류시험은 절연물에 직류전압을 인가했을 때의 전류-시간 특성으로부터 절연물의 흡습, 도전성불순물의 혼입 혹은 생성, 오손, 절연물의 결함 등 절연체의 상태를 판정하는 시험이다. 일반적으로 절연체에 직류전압을 인가하면 [해설 그림 9.2.9]의 전 전류와 같은 전류변화곡선을 측정할 수 있다. 측정된 전 전류치 $I(t)$ 는 [해설 그림 9.2.4]와 같이 순시충전전류 $I_d(t)$, 흡수전류 $I_a(t)$ 및 누설전류 I_r 의 3개 성분으로 나눌 수가 있으며 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$I(t) = I_d(t) + I_a(t) + I_r$$



[해설 그림 9.2.4] 직류전류 및 시간 특성도

충전전류 $I_d(t)$ 는 매우 빠른 속도로 감쇄되는 전류성분으로 진공중의 변위전류, 유전체의 전자분극 또는 이온분극에 의해 생성되는 전류 등이 포함되어 있다. 이 충전전류의 응답시간은 적외선진동주기 보다도 짧기 때문에 실제로 흐르는 전류는 인가전압 상승시간 내에 감쇄된다. 흡수전류 $I_a(t)$ 는 쌍극자 분극과 공간전하분극 때문에 발생하는 전류성분으로서 순시충전전류보다 천천히 감쇄하며 긴 것은 수 시간 동안 감쇄하는 것도 있다. 이 흡수전류는 영구쌍극자 배열의 시간지연과정 및 캐리어의 이동이 공간전하를 형성하는 과정에서 나타나는 현상이다. 이 전류는 전압을 제거 하였을 때 충전시와 반대 극성의 전류로서 나타난다. 누설전류 I_r 은 절연물의 내부 혹은 표면을 실제로 전하가 이동하여 생기는 전도전류이며 시간에 대하여 거의 일정하다. 누설전류는 이온 및 전자 이동에 의해 발생하지만 실제 절연체에서는 이온전류인 경우가 많다. 이상과 같은 성분전류의 특징 때문에 전 전류 $I(t)$ 는 [해설 그림 9.2.4]에서와 같이 시간경과 따라 누설전류 I_r 로 수렴됨을 알 수 있다.

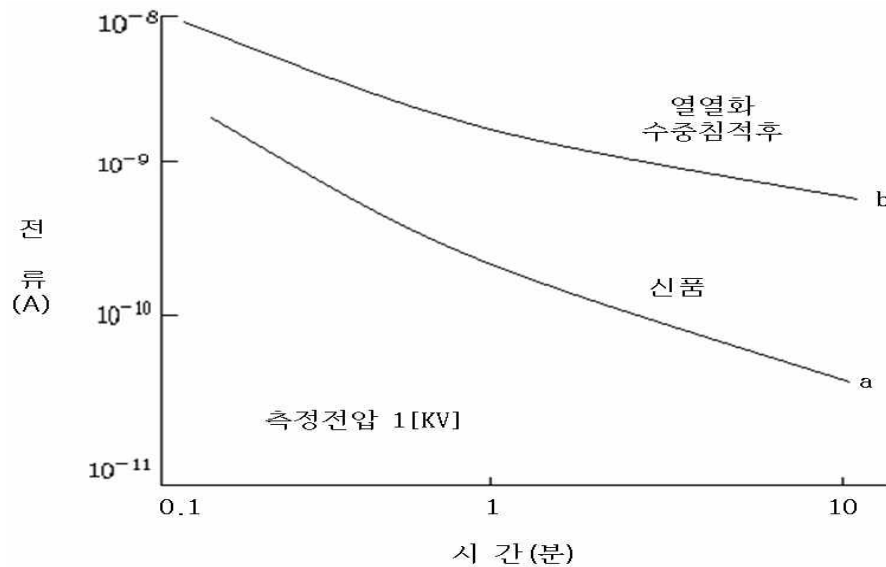
직류전류-시간특성에 있어서 전류의 크기는 시료의 형태, 크기에 따라서 변하기 때문에 전류의 크기만으로 절연상태를 판단하지는 못한다. 절연체가 열화하거나

흡습되면 누설전류가 증가하고, 따라서 전류-시간 특성곡선에서는 누설전류의 상승으로 전류의 감쇄율이 낮아지게 된다. 이러한 특징을 이용하여 전류의 시간변화를 나타내는 지표로서 다음과 같은 성극비(Polarization Index)를 사용하며, 이 성극비로서 시료의 흡습 및 오손 등의 열화상태를 판정한다.

$$\text{성극비}(P.I) = \frac{\text{전압인가1분후의전류}}{\text{전압인가10분후의전류}}$$

측정 전류는 대단히 작기 때문에 접속선을 가능한 짧게 하고 측정선은 Shield선을 사용하여 외부잡음의 영향을 제거할 필요가 있다. 시험전압이 높게 되면 고전압 인가부분에서 직류 Corona가 발생하여 Corona 전류가 공기 중을 통하여 시료에 들어갈 위험성이 있다. 이때 절연물의 측정전류가 미소한 경우는 Corona의 영향이 크게 되어 측정 오차가 발생되므로 시험전압의 인가부분에서 Corona가 생기지 않도록 세심한 주의가 필요하다.

[해설 그림 9.2.5]은 전류-시간특성의 예로서 그림에서 a는 신품코일, b는 열열화 및 수중침적후의 전류-시간특성을 나타내고 있다. [해설 그림 9.2.5]에서처럼 절연층이 건조한 상태인 신품a의 경우 누설전류가 극히 작기 때문에 흡수전류가 급격히 저하함에 따라 성극지수가 커지는 것을 알 수 있으며, 절연체 b는 흡수 및 열열화로 인하여 누설전류치가 크기 때문에 성극지수가 작아짐을 알 수 있다.



[해설 그림 9.2.5] 회전기 권선의 직류전류 특성도

[해설 표 9.2.8] 성극비의 판정기준

성극지수(PI: Polarization Index) 6.6kV 이상급	
규정치	판정
< 1	위험
1 to 2	주의
2 to 4	좋음 (3.3kV급 1.5 이상)
> 4	매우 좋음

* 성극지수(PI)
 - 절연물이 열화(흡수)하는데 따라 누설전류값이 증가하므로 흡수전류에 대한 누설전류의 값이 커지는데 이것을 정량적으로 표현한 것

$$\text{성극지수} = \frac{\text{전압인가1분후의누설전류치}(\mu A)}{\text{전압인가10분후의누설전류치}(\mu A)} = \frac{\text{전압인가10분후의절연저항}}{\text{전압인가1분후의절연저항}}$$

9.2.2 시설물 외관조사 요령

가. 정밀점검 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 9.2]와 같다.

[표 9.2] 하수처리장의 일반적인 점검항목

외관조사항목	내구성조사항목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수방식도장 열화 및 탈락 등 ○ 강재(기기) 부식, 피로균열, 도장손상 등 ○ 구조물 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트강도 비파괴시험 (반발경도법, 초음파법 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 긴급차단게이트의 이상여부를 점검한다.
- 침수예방을 위한 Level Gauge의 부식 및 작동상태를 점검한다.

- 시설물의 부등침하 또는 양압력 등에 의한 균열현상 등 중대한 결함이 발견될 시는 「영」 제12조에 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.
- 경보장치 및 중화장치가 자동적으로 작동하는 가를 점검한다.
- 중화장치에 필요한 가성소다 등 약품의 비치여부를 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

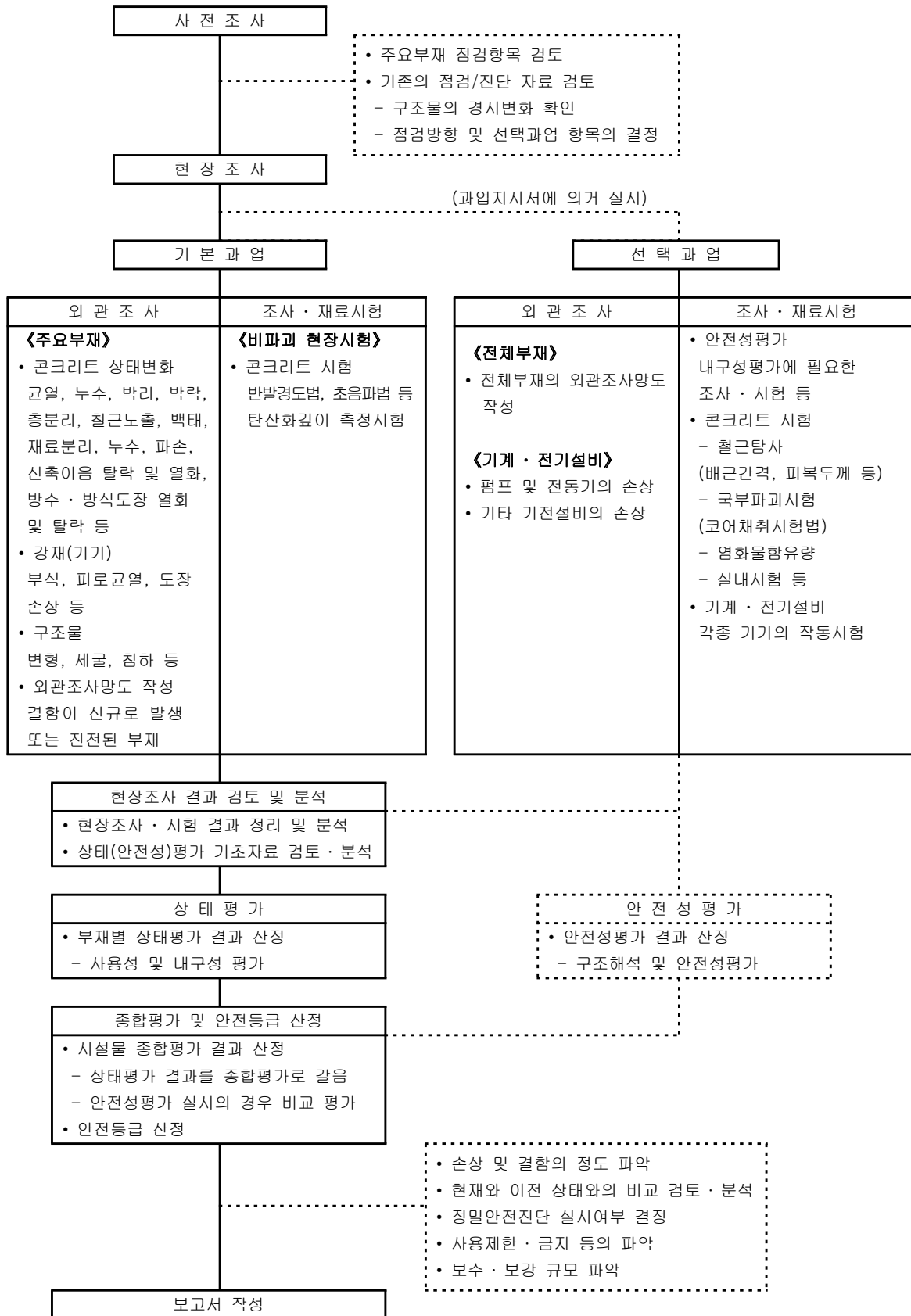
- 관리동, 유입펌프장 및 송풍기동 등의 건축물에 대한 점검은 건축 및 지하구조 분야 기술자가 실시하며, 「제2장 터널」 또는 「제10장 건축물」에 따른다.
- 점검 실시결과 아래와 같은 중대한 결함사항이 있을 경우에는 「영」 제12조에 의거 관리주체에게 지체 없이 통보한다.
 - 기둥, 보 또는 내력벽의 내력상실
 - 조립식 구조체의 연결부실로 인한 내력상실
 - 주요구조부재의 과도한 변형 및 균열심화
 - 지반침하 및 이로 인한 활동적인 균열
 - 누수, 부식 등에 의한 구조물의 기능상실
- 건축물 또는 지하구조물 점검 시에는 반드시 책임기술자와 상호 협의하여 실시한다.

11) 부대시설

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

【해설】

1. 하수처리장의 정밀점검에서는 외관조사 및 간단한 측정·시험을 실시하고 시설물의 주요 부재별 상태를 평가하며, 일반적인 정밀점검 절차는 [해설 그림 9.2.6]과 같다.



[해설 그림 9.2.6] 정밀점검 수행 절차도

2. 정밀점검은 일반적인 과업항목별 과업내용은 [해설 표 9.2.9]과 같다.

[해설 표 9.2.9] 정밀점검 과업 내용

과업항목	기본과업	선택과업
자료수집 및 분석	·준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 ·시공·보수·보강도면, 제작 및 작업도면 ·재료증명서, 품질시험기록, 재하시험자료, 계측자료 ·시설물관리대장 ·기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 ·보수·보강이력 검토·분석	·구조·수리·수문 계산 (계산서가 없는 경우) ·실측도면 작성 (도면이 없는 경우)
현장조사 및 시험	·기본시설물 또는 주요부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부식상태 등 ·간단한 현장 재료시험 등 - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정	·전체부재에 대한 외관조사망도 작성 ·시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 ·조사용 접근장비 운용 ·조사부위 표면청소 ·마감재의 해체 및 복구 ·수중조사 ·기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험
상태평가	·외관조사 결과분석 ·현장 재료시험 결과 분석 ·대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 ·시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정)	-
안전성 평가	-	·필요한 부위의 구조·지반·수리·수문 해석 등 안전성평가 ·임시 고정하중에 대한 안전성평가
보수· 보강방법	-	·보수·보강 방법 제시
보고서 작성	·CAD 도면 작성 등 보고서 작성	-

3. 정밀점검의 시설물별 점검 및 조사 내용은 [해설 표 9.2.10~12]과 같으며, 과업시 참고적으로 활용할 수 있다.

[해설 표 9.2.10] 토목구조물 점검 및 조사 내용

항목	점검 및 조사 내용	비 고
침하 및 부상	손상상태(경미, 보통, 심각, 위험)	
경 사	손상상태(경미, 보통, 심각, 위험)	
활 동	손상상태(경미, 보통, 심각, 위험)	
기초 세굴	손상상태(경미, 경미한 상태 산재, 안전 영향, 위험)	
콘크리트 균열	균열폭(mm), 조사면적(m ²)	
콘크리트 박리	박리 깊이(mm), 조사면적(m ²)	
콘크리트 박락 및 층분리	박락 및 층분리 깊이(mm), 조사면적(m ²)	
철근노출	철근노출길이(m), 조사면적(m ²)	
누 수	콘크리트 부재 누수상태(습윤, 방울, 소량분출, 다량 분출) 신축이음부 누수상태(흔적, 파손누수, 하부구조물 부식발생, 부식심화)	
백 태	백태 발생 면적(m ²), 조사면적	
콘크리트 파손	파손깊이(mm), 파손면적(m ²), 조사면적(m ²)	
신축이음 탈락 및 열화	탈락 정도(고정장치 이완, 고정장치 파손, 신축이음 본체 파손) 열화 정도(지수판 마모, 부식 경미, 부식 열화)	

[해설 표 9.2.11] 강 구조물 점검 및 조사 내용

항목	점검 및 조사 내용	비 고
피로 균열	균열상태(표면, 관통균열), 균열길이(mm)	
강재 부식	조사면적(m ²), 모재두께(mm), 부식발생 면적(m ²), 부식깊이(mm)	
변형 및 변위	최대 허용처짐량(mm)	
도장 손상	손상(변색, 부풀림, 타락) 면적(m ²), 조사면적(m ²)	

[해설 표 9.2.12] 기계·전기설비 점검 및 조사 내용

설비구분	항목	점검 및 조사 내용	비 고
기계설비	펌프베드 기초	기초 상태(미세균열, 고정볼트 주위 균열, 펌프 고정 불가 상태)	
	펌프 진동	진동한계(RMS, mm/s)	선택과업
	펌프 소음	펌프 1m에서 평균소음(dB)	선택과업
	관체의 손상	부식 조사면적(m ²), 모재두께(mm), 부식발생 면적(m ²), 부식깊이(mm) 도장 건전성, 손상상태(국부, 부분적, 전체적) 누수 여부(누수 우려, 누수 관찰, 분출)	
	관연결부 손상	부식 조사면적(m ²), 모재두께(mm), 부식발생 면적(m ²), 부식깊이(mm) 누수 여부(누수 우려, 누수 관찰, 분출)	
	밸브 손상	밸브 작동여부, 부식, 축부 누수(경미, 진행, 분출)	
전기설비	작동상태	작동 유무	
	손상 및 파손	원인, 불량 정도(양호, 미미, 경미, 심화 극심)	
	절연·접지상태	절연저항(MΩ)	
	전기설비 상태	설비 기동 및 운전애 문제 정도	

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 9.3]에 제시하였다.

[표 9.3] 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

- 정밀점검 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 세 부지침에 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

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

- 3) 최초침전지
 - 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
 - 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.
- 4) 포기조
 - 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
 - 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.
- 5) 최종침전지
 - 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
 - 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.
- 6) 소독조
 - 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
 - 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.
- 7) 방류관거 및 방류펌프장
 - 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
 - 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.
- 8) 슬러지처리시설
 - 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
 - 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.
- 9) 기타 수처리시설
 - 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
 - 진단방법은 침사지 및 유입펌프장의 진단방법에 준하여 실시한다.
- 10) 건축물
 - 정밀점검 내용을 기초로 시설물의 상태·안전성·종합평가를 위한 진단을 실시한다.
- 11) 부대시설
 - 정밀점검 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 펌프트출 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 ∨	기동반의 내·외관상태	-빗물·눈·방수·방충·방서 등의 유입 우려, 위험 표지의 유무(변전설비, 출입금지, 고압 위험 표시), 소화기 설치, 외관 및 표시상태, 계기의 오손 및 지 시, 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 유 무, 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 침 입여부, 동작표시장치의 동작, 조작·제어배선 탈 락 및 오결선 여부 등	
	역률보상용 전력콘덴서	-오손·파손·부식 유무, 구동모터와의 용량 적정 성, 접지유무, 외함의 부풀림 유무 등	

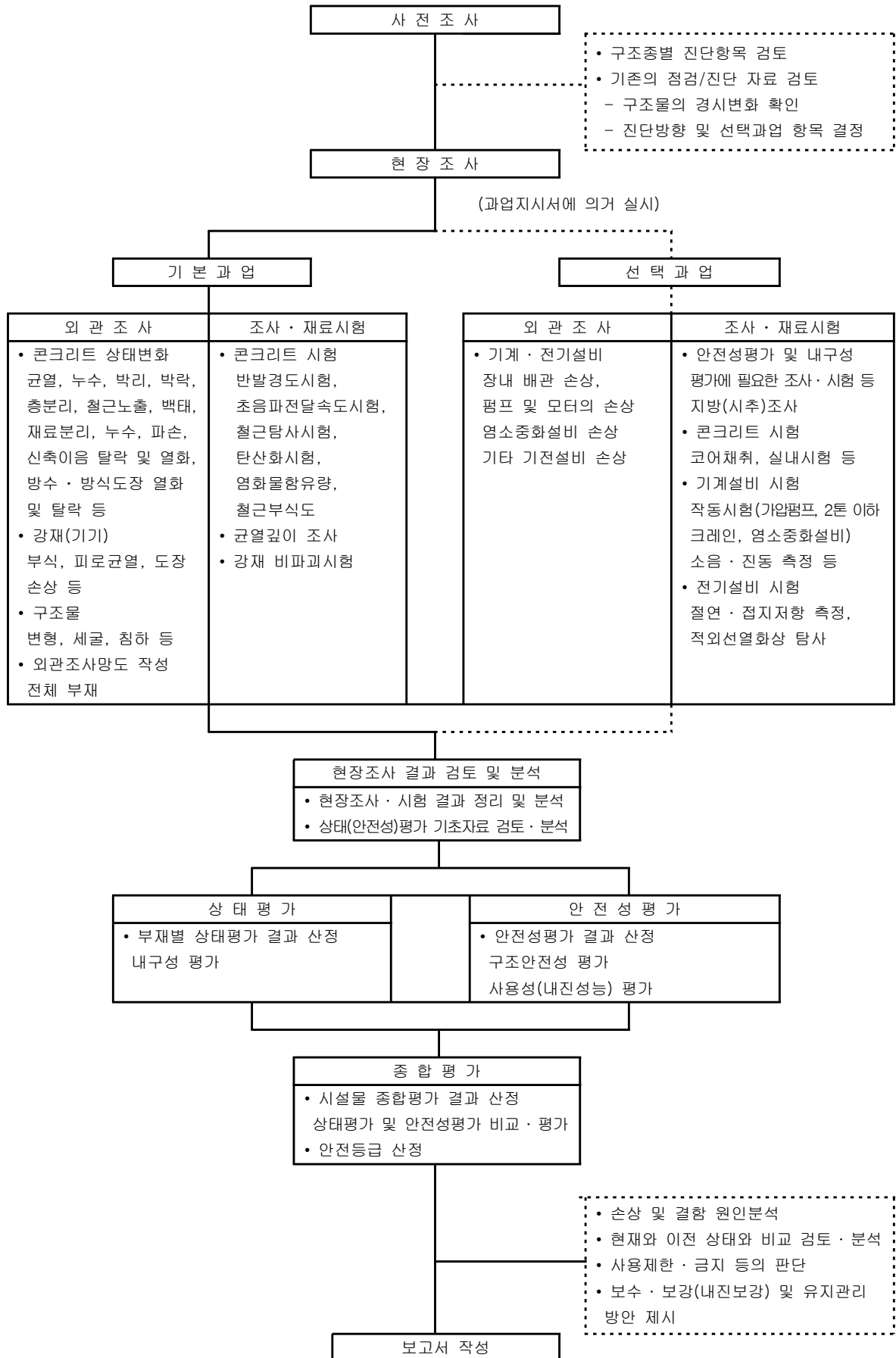
현 장 제 어 반	반의 내·외관상태	-반의 오손·파손·부식 유무, 내부 이물질 침입여부, 문 개폐 및 잠금장치 상태, 반의 부착 및 고정상태 -반 내부에 대한 방진조치·방습처리 설치유무 및 작동상태	
	표시·계기 상태	-계기류(전압·전류계)의 외관·지시상태, 파손·손상 유무, 표시상태 등	
	차단기 및 접촉기류	-배선용 차단기(NFB·MCCB)·접촉기류·S/W류 및 각종 접점의 상태(손상·파손·부식 등 문제점 유무), 보호장치·FUSE·CT·PT의 동작상태 및 파손·손상 유무, 결선·부착상태 등	
	배선 및 케이블	-배선상태(반 내부의 전선·케이블 단말처리 및 배 선정리, 부착 및 조임 상태, 단선·단락·열화·변 색 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 무 리한 수납여부, 케이블의 단말처리 및 손상유무, 관련 배관류의 변형 ·파손 유무 등
	2. 외함접지 유무 및 설치상태
	3. 절연저항측정 결과
	4. 펌프모터의 정상적인 작동유무

【해설】

1. 하수처리장의 정밀안전진단에서는 상세 외관조사와 조사 및 재료시험을 실시하고 그 결과를 분석하여 시설물의 상태와 안전성을 평가하며, 발견된 손상 및 결함과 내재되어 있는 문제점에 대해서 보수·보강 및 유지관리 방안을 제시한다. 정밀안전진단의 일반적인 수행 절차는 [해설 그림 9.2.7]와 같다.



[해설 그림 9.2.7] 정밀안전진단 수행 절차도

2. 정밀안전진단은 일반적인 과업항목별 과업내용은 [해설 표 9.2.13]과 같다.

[해설 표 9.2.13] 정밀안전진단 과업 내용

과업항목	기본과업	선택과업(필요시)
자료수집 및 분석	·준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리·수문계산서 ·시공·보수도면, 제작 및 작업도면 ·재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 ·시설물관리대장 ·기존 안전점검·정밀안전진단 실시결과 검토·분석 ·보수·보강이력 검토·분석	·구조·수리·수문 계산 (계산서가 없는 경우) ·실측도면 작성 (도면이 없는 경우)
현장조사 및 시험	·전체부재의 외관조사 및 외관조사망 도 작성 - 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박 리, 박락, 총분리, 백태, 철근노출 등 - 강재 구조물 : 균열, 도장상태, 부 식 및 접합(연결부) 상태 등 ·현장 재료시험 등 - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발 경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물함유량시험 - 강재 시험 : 강재 비파괴시험(시험 량, 시험부위 등 세부사항은 세부지침 참조) ·기계·전기설비 및 계측시설의 작동 유 무	·시료채취 및 실내시험 ·재하시험 및 계측 ·지형, 지질, 지반조사 및 탐사, 토질 조사 ·수중조사(준공 후 50년 경과하고 연 장 100m 이상인 하천교량은 필수) ·누수탐사 ·침하, 변위, 거동 등의 측정(안전점 검 실시결과, 원인 규명이 필요하다 고 평가한 경우 필수) ·콘크리트 제체 시추조사 ·수리·수충격·수문조사 ·시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 ·조사용 접근장비 운용 ·조사부위 표면청소 ·마감재의 해체 및 복구 ·기계·전기설비 및 계측시설의 성능 검사 또는 시험계측(건축물 제외) ·기본과업 범위를 초과하는 강재비파 괴시험 ·CCTV, 단수시키지 않는 내시경 조 사 등 ·기타 관리주체의 추가 요구 및 안전 성평가 등에 필요한 조사·시험
상태평가	·외관조사 결과분석 ·현장시험 및 재료시험 결과분석 ·콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 ·부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 소견	-
안전성 평가	·조사, 시험, 측정결과의 분석 ·기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 ·내하력 및 구조 안전성평가 ·시설물의 안전성평가 결과에 대한 소 견	·구조·지반·수리·수문 해석(구조계 변 화 또는 내하력 및 구조안전성 저하 가 예상되는 경우 필수) ·구조안전성 평가 등 전문기술을 요 하는 경우의 전문가 자문 ·내진성능 평가 및 사용성 평가 ·임시 고정하중에 대한 안전성평가
종합평가	·시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 ·안전등급 지정	-
보수· 보강방법	·보수·보강 방법 제시	·내진보강 방안 제시 ·시설물 유지관리 방안 제시
보고서 작성	·CAD 도면 작성 등 보고서 작성	-

3. 정밀안전진단의 시설물별 외관조사는 정밀점검에서의 점검 및 조사 내용에 대해서 기본적으로 실시하되, 정밀점검에서 쉽게 발견할 수 없는 부위를 발견하기 위하여 접근 장비와 공종별 특수기술자가 투입되어 정밀한 외관조사를 실시하여 시설물의 상태 및 안전성평가에 필요한 자료를 확보하여야 한다.

9.3 재료시험 항목 및 수량

9.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 9.4] 정밀점검의 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 9.5] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 - 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 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
		○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	기계 전기	○ 각종 기기 작동시험 등	○ 기기의 특성과 상황 등을 고려 실시

【해설】

1. 재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 나누고 필수적으로 실시해야 하는 항목을 "기본과업"으로, 과업의 내용과 범위에 따라 선택적으로 추가되는 항목을 "선택과업"으로 구분하였다.
2. 정밀점검은 간단한 재료시험을 포함하는 점검행위로 기본과업과 선택과업은 상태평가를 위한 최소한의 시험항목으로 규정하였다. 각 과업에 해당되는 시험항목의 평가 및 시험방법은 “세부지침 공통편 부록”의 내용을 따른다.

나. 재료시험 기준수량

상태평가를 위한 기본과업의 재료시험에 대한 기준수량은 [표 9.6]과 같으며, 선택과업에 의한 재료시험 기준수량은 [표 9.7]과 같으나, 이외의 재료시험 항목 및 수량에 대해서는 과업의 내용에 따른다.

[표 9.6] 정밀점검의 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 정밀점검 기간을 고려하여 정한다.

[표 9.7] 정밀점검의 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.

【해설】

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

9.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 9.8] 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, 염소중화 설비) ○ 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) 염화물함유량 시험은 [표 9.4]에 따라 실시한다.

[표 9.9] 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(비파괴시험법) : 반발경도, 초음파전달속도	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 철근탐사시험 : 철근배근상태, 피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
		○ 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
안전설비		○ 가스누출	○ 염소가스, 메탄가스 등의 누출 여부
선택 과업	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
	기계설비	○ 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
	전기설비	○ 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, 최종침전지, 소독조, 방류조, 농축조, 소화조 및 공동구 등이다.

[표 9.10] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준 수량	비 고
반발경도시험	○ 총수량 = 대상시설물 수 × 6개소	· 동일 부위 시험 원칙
조음파 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 × 0.3+75개소	· 소수점 이하 반올림
철근부식도시험	○ 책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	· 시험 실시 근거 명기
균열깊이 조사	○ 책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	· 상태평가 기준 참조
강재 조음파두께측정	○ 책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정	
가스누출	○ 점검기간 중 1회 이상 실시	· 약품(염소 등) 저장, 중화장치 및 배관 · 가스포집·저장·공급장치 및 배관 등
주요 기기의 작동시험 ²⁾	○ 진단 기간 중 1회 이상 실시	

주1) 시설물별로 부재의 종류에 따라 동일한 부재 5개당 대표부재 1개씩 선정 1개소 당 조사면적은 조사대상철근의 직각방향으로 1.5m 이상

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

[표 9.11] 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, 콘크리트강도의 현저한 저하 및 구조물에 작용 하중조건의 변경 또는 예상되는 경우 등 구조물의 구조적 안전성 검토가 필요한 경우 필수적으로 실시하여야 한다.

【해설】

1. 재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 구분되며, 「기본과업」은 정밀점검 및 정밀안전진단 수행시 필수적으로 수행해야 하는 항목이고, 「선택과업」은 과업의 내용과 범위, 시설부재의 중요성 등에 따라 선택적으로 추가하여 수행하는 항목이다.
2. 재료시험 기준 수량은 정밀점검 및 정밀안전진단을 수행시 최소한으로 수량이며, 과업 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 재료시험 수량이 필요할 경우에는 관리주체와 협의하여 수량을 조정할 수 있다.
3. 반발경도 시험, 초음파전달속도 시험, 철근탐사 시험, 탄산화 깊이 측정, 철근부식도 측정, 콘크리트 코어 시험, 균열깊이 조사 등은 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(공통), 부록1」의 내용을 참조토록 한다.

4. 관두께 측정, 강재 비파괴시험, 배관의 두께, 소음, 진동측정, 적외선 열화상 탐사 등은 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(상수도), 5.2.1 현장조사요령」의 내용을 참조하도록 한다.

5. 염화물 함량 시험

콘크리트 구조물에서 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하는 시험으로서, 채취한 콘크리트 코어 시료를 대상으로 하거나 별도로 드릴링에 의해서 콘크리트 표면에서 철근 깊이까지 깊이별(10mm 또는 20mm)로 단계로 구분하여 염화물 분포를 파악하여야 하며, 깊이별로 염화물 이온농도 분포를 도시한다.

6. 지반(시추) 조사

지반조사는 지층의 판단과 실내실험을 위한 시료의 채취, 현장의 토질특성 파악하기 위해 실시되며, 그 결과는 구조물의 안전성 분석 자료로 활용된다.

지반조사의 일반적인 과업 내용(과업지시서 예시)은 다음과 같다.

- (1) 채취된 시료는 시료 병에 넣어 채취 순서대로 정리하여 코어상자에 보관하고 심도를 기록하여야 한다.
- (2) 코어상자의 규격은 약 가로 1m, 세로 0.4m, 높이 0.06m, 내부에 5~6칸의 목재 품(판재 및 합판두께 3.6mm)으로 하며 상자덮개 상부와 측면에 조사연도, 시설명, 공번, 심도, 시추회사 등을 명기한다.
- (3) 성토 층 시추 시 공벽의 보호를 위하여 필히 케이싱을 설치하여야 한다.
- (4) 현장투수시험
 - ① 본 시험은 전문기술자의 책임 하에 시행하되, 시험구간은 최대 9.0m 이하로 한다.
 - ② 변수위법의 경우 최대 1분 이하의 간격으로, 정수위법의 경우 최소 2.0L 이상의 주입량으로 최소 10단계 이상 수위를 측정하여야 하며, 변수위법을 우선적으로 적용한다.
- (5) 표준관입시험
 - ① 시험은 KSF 2307 규정에 따라 시행하여야 하며 시험심도는 최대 3.0m 이하로 하되, 지층의 변화 등 필요시는 전문기술자의 지시에 의한다.
 - ② 시험으로 얻어지는 교란시료는 시료 병에 넣어 위치, 공번, 심도 및 N값을 기록하고 보관해야 한다.
- (6) 불교란 시료 채취
 - ① 불교란 시료는 KSF 2317 규정에 따라 채취하며, 튜브(tube)는 전문기술자의 확인 후 사용하여야 한다.
 - ② 불교란 시료는 조사 내역서에 계상된 점수로 채취하는 것을 원칙으로 하고, 채취심도는 전문기술자의 지시에 의한다.
 - ③ 채취된 불교란 시료는 공인된 시험기관에 의해 시험을 실시해야 하며, 시험 결과를 획득 할 수 있어야 한다.
- (7) 조사가 완료된 공은 자연수위 측정 후 전문기술자의 지시에 따라 원상복구 조치하여야 하며, 원상복구 시 재료는 시멘트, 모래, 점토를 사용하여야 한다.

7. 작동시험

작동시험은 기계설비 종류와 특성 등에 따라 작동 유무와 안전 운영상 요구되는 사항에 대해서 확인 조사(필요시 측정)를 하며, 일반적인 작동시험 항목은 다음과 같다.

(1) 펌프 작동시험

펌프 사양, 펌프 가동상태의 양정 등

(2) 크레인 작동시험

리미트 정상작동 유무, 권과 방지 장치, 제동장치, 와이어 로프 감김 상태, 후크 블록의 시브 이탈 유무 확인, 권상 감속기의 이음 발생 유무, 주행 레일 고정 클립의 탈락 유무

(3) 밸브 작동시험

밸브개방 및 폐쇄작동 가능 유무

8. 권양와이어 단면 감소 및 소선절단 상태

드럼 또는 시브의 감김 시작점 부근에서 소선에 손상이 가지 않게 그리스를 제거한 후 버니어 캘리퍼스로 10cm 간격씩 3방향에서 3회 측정하여 평균치로 환산하여 최종 직경의 결정은 평균값으로 하며, 이 평균직경으로 허용 감소량 초과 유무를 판단한다.

9. 절연저항 측정

전기설비에서 절연체가 열화되면 누전에 의한 감전사고, 화재, 기기 소손 등이 발생하므로 이를 예방 및 방지를 위해서 절연 조치를 한다. 절연저항은 측정하고자 하는 전기설비(케이블, 모터 등)의 전원을 차단한 후, 절연저항 측정기 선로 단자(L)를 기기 또는 배선에 접속하고 접지 단자(E)를 접지측에 접속하여 측정한다.

[해설 표 9.3.1] 절연저항 판정기준

설비 구분		절연저항치(MΩ)	비 고
저압 전로	대지전압 150V 이하	0.1	
	대지전압 150~300V	0.2	
	사용전압 300~400V	0.3	
	사용전압 400V초과	0.4	
전동기	저압 전동기	10	KSC-4202
	고압 전동기	50	KSC-4203

10. 접지저항 측정

낙뢰시 전기설비 보호, 누전 등의 사고시 인명보호 등을 목적으로 접지 조치를 하며, 접지저항은 접지저항계를 사용하여 후크온식 방법 또는 전위강하법을 이용하여 측정한다.

[해설 표 9.3.2] 접지저항 판정기준

접지저항 공사 종류	접지저항치	접지 개소
제1종 접지공사	10Ω 이하	피뢰기 접지, 고압기기 외함
제2종 접지공사	5Ω 이하	변압기 2차 중성점 접지
제3종 접지공사	100Ω 이하	400V 이하의 저압기기 외함
특별 제3종 접지공사	10Ω 이하	400V 이상의 저압기기 외함

주) 1. 제1종 접지공사, 제3종 접지공사, 특별 제3종 접지공사는 지락시 기기의 외함 등의 대지전압 이상 상승을 방지하고 감전, 누전화재, 기기의 소손 등의 방지를 목적으로 한다.

2. 제2종 접지공사는 고저압 혼촉사고 방지를 목적으로 한다.

9.4 상태평가 기준 및 방법

9.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 평가유형 및 영향계수

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

1) 평가유형의 구분

결함 및 손상에 대한 평가유형은 다음과 같이 구분한다.

① 중요결함

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

② 국부결함

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 중요 결함의 상태평가 기준 결과를 기준으로 하여 국부적인 결함의 평가 기준 결과를 상향조정함으로써 이들이 전체 구조물에 미치는 영향을 평가 절하하는 계수이며, 영향계수는 상태평가를 위한 표준기준이며, 조사책임자의 판단으로 다소 조정할 수 있다.

나. 콘크리트 구조물

1) 콘크리트 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 9.12] 콘크리트 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

구 분	평가유형	평가기준	평가점수	영향계수	
침하/부상	중요결함	a	5	1.0	
경 사		b	4		
활 동		c	3		
		d	2		
기 초 세 굴	국부결함	e	1		
콘크리트 탄산화깊이		a	5		1.0
		b	4		1.1
		c	3		1.2
콘크리트 염화물함량	d	2	1.4		
	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 9.13] 침하/부상의 상태평가 기준

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 9.14] 경사의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 경사가 발생되지 않은 상태
b	4	○ 부분적으로 경미한 경사가 발생한 상태이나 근본적인 보수는 필요하지 않는 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 9.15] 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 9.16] 기초세굴의 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용
a	5	○ 세굴이 없는 상태
b	4	○ 세굴이 경미하게 발생된 상태
c	3	○ 경미한 세굴이 여러 곳에 산재되어 있거나 세굴이 다소 심하게 발생된 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 9.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 9.17] 일반 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

[표 9.18] 수처리 구조물 콘크리트 균열의 상태평가 기준

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

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

주) 균열 면적율 산정방법

※제1장 교량 표[1.11] 참조

[표 9.19] 탄산화 잔여 깊이의 상태평가 기준

평가기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○ 30mm 이상	탄산화에 의한 부식이 발생할 우려 없음.
b	○ 10mm 이상 ~ 30mm 미만	향후 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성 있음.
c	○ 0mm 이상 ~ 10mm 미만	경우에 따라서 탄산화에 의한 부식이 발생할 가능성이 있음.
d	○ 0mm 미만	철근부식 발생
e	—	—

주) 상태평가 결과가 “d”이고, [표 9.23]철근노출의 상태평가 결과가 “e”이면 9.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※제1장 교량 표[1.26] 참조

[표 9.20] 전염화물 이온량의 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과 “d”이고, [표 9.23]철근노출의 상태평가 결과가 “e”이면 9.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

※ 제1장 교량 표[1.27] 참조

[표 9.21] 콘크리트 박리의 상태평가 기준

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

※) 구조물에서 발생하는 콘크리트의 박리는 일반손상 중 하나로서 하수처리장 구조물의 철근피복두께가 다양하므로 콘크리트 박리깊이 및 면적을 고려하여 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.22] 콘크리트 박락/충분리의 상태평가 기준

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

[표 9.23] 철근노출면적의 상태평가 기준

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

주) 상태평가 결과가 “e”이고, [표 9.19]탄산화 또는 [표 9.20]염화물의 상태평가 결과가 “d”이면 9.1.4절의 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 9.24] 콘크리트 파손의 상태평가 기준

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

※) 구조물이 외적인 요인에 의하여 파손되는 정도에 따라 구조물의 내구성 및 안전성 저하를 가져올 수 있으므로 콘크리트 파손깊이 및 면적율에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.25] 누수의 상태평가 기준

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

※) 하수처리장 구조물에서의 누수는 일반손상 중 하나로서 누수가 과대해지면 지반함몰, 지하수 오염 및 구조물의 내구성 저하 등의 여러 문제를 야기 시키므로 누수

에 대한 구조물의 상태평가는 중요하다. 그러나 누수를 정량적으로 평가하는 것은 어렵기 때문에 누수흔적이나 진행정도를 기준으로 콘크리트 부재와 신축이음부위로 구분하여 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.26] 신축이음 탈락 및 열화의 상태평가 기준

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

[표 9.27] 백태의 상태평가 기준

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

다. 강 구조물

1) 강 구조물의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 9.28] 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	
강재 피로균열		c	3	1.2
		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 상태평가 기준

[표 9.29] 강재 부식의 상태평가 기준

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

※) 하수처리장의 강 구조물에 일반적으로 발생하는 노후화 현상의 하나인 부식은 하수를 취급하는 처리장의 특성으로 매우 취약한 환경에 접하고 있으며, 부식의 진행이 심화되면 강 구조물의 내구성 저하뿐만 아니라 안전성에도 문제를 일으키게 되므로 부식정도에 따른 강 구조물의 상태를 평가하는 것이 중요하다. 따라서 이를 위해 강재에 발생하는 부식정도에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.30] 강재 피로균열의 상태평가 기준

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

※) 하수처리장의 강 구조물에 발생하는 피로균열은 과대하중, 진동 및 외부충격 등에 의해 발생될 수 있으며, 피로균열의 발생으로 구조적 안전성에 심각한 문제를 야기할 수 있기 때문에 부재의 종류와 피로균열 발생정도에 따라 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.31] 강재 변형 및 변위의 상태평가 기준

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 20~50% 미만)
d	2	○ 변형이나 변위가 다소 크게 발생하였으나 이로 인한 손상은 없고 처짐이 크게 발생 (최대 허용처짐량의 50%~100% 미만)
e	1	○ 변형이나 변위가 과대하고 이로 인해 손상이 발생

※) 강 구조물은 과대하중이나 외부충격 등에 의해 변형이나 변위 등의 손상을 입을 수 있으며, 이는 구조물의 안전성에 크게 영향을 미치게 되므로 강 구조물의 변형 및 변위 정도에 따라 상태평가 기준을 설정하였다.

[표 9.32] 강재의 도장상태에 따른 상태평가 기준

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 10~25% 미만)
d	2	○ 도장면이 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 크게 발생(전체면적의 25~50% 미만)
e	1	○ 도장면이 매우 불량하고 도장의 변색, 부풀림 및 탈락 등이 전반적으로 발생(전체면적의 50% 이상)

※) 하수처리장의 강 구조물은 강재의 부식 등을 방지하고 미관상 도장을 실시하는 것이 일반적이며, 이러한 목적으로 실시된 도장이 변색, 부풀림 및 탈락 등이 이루어지면 내구성 저하를 촉진하고 더불어 구조적 안전성에 영향을 미치는 손상을 유발할 우려가 있으므로 강재의 도장상태에 따른 상태평가 기준을 설정하였다.

라. 기계·전기설비

1) 기전설비의 평가항목별 평가유형 및 영향계수

[표 9.33] 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	관제손상 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	
	전기설비의 불량 (고저압펌프모터 · 기동반 · 제어반)	국부결함	1.0	a	5	
			1.1	b	4	
			1.2	c	3	
			1.4	d	2	
			2.0	e	1	

2) 항목별 상태평가 기준

(가) 펌프설비

[표 9.34] 펌프베드 기초부의 상태평가 기준

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 9.35] 펌프의 진동크기에 따른 상태평가 기준

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

[표 9.36] 펌프의 소음크기에 따른 상태평가 기준

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 9.37] 관체의 손상정도(누수상태)에 따른 상태평가 기준

평가기준	평가점수	상태평가 내용 (누수상태)
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 9.38] 밸브의 손상정도에 따른 상태평가 기준

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 9.39] 절연열화에 따른 상태평가 기준

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

[표 9.40] 접지불량에 따른 상태평가 기준

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 9.41] 전기설비의 불량에 따른 상태평가 기준

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

【해설】

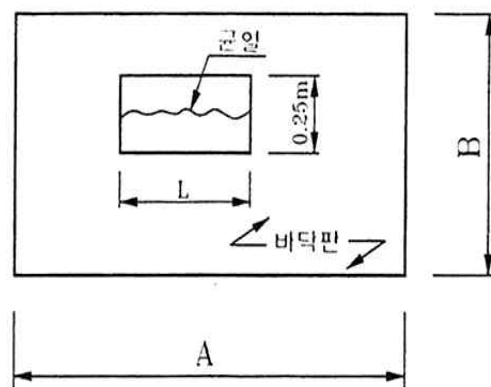
1. 콘크리트 균열 면적을 산정방법

(1) 1방향 균열인 경우

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

균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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

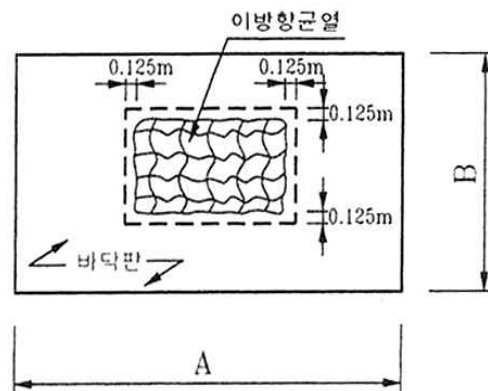


(2) 2방향 균열인 경우

균열발생 면적은 균열발생부위를 가로, 세로의 최·외측균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선 내면 면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.

균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

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



9.4.2 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 제10장 건축물에서 제시하는 상태등급산정절차에 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 9.1] 하수처리장 시설물 평가 단계별 절차

나. 상태평가 단계별 구분

하수처리장의 시설물에 대한 상태평가는 평가단계별 절차([그림 9.1] 참조)에 따라 수행함이 표준이며, 부재나 시설물의 특성 및 상황에 따라 평가단계를 병합 또는 추가조정 할 수 있다.

평가단계별 평가대상 부재 및 시설물의 구분은 다음 표와 같다.

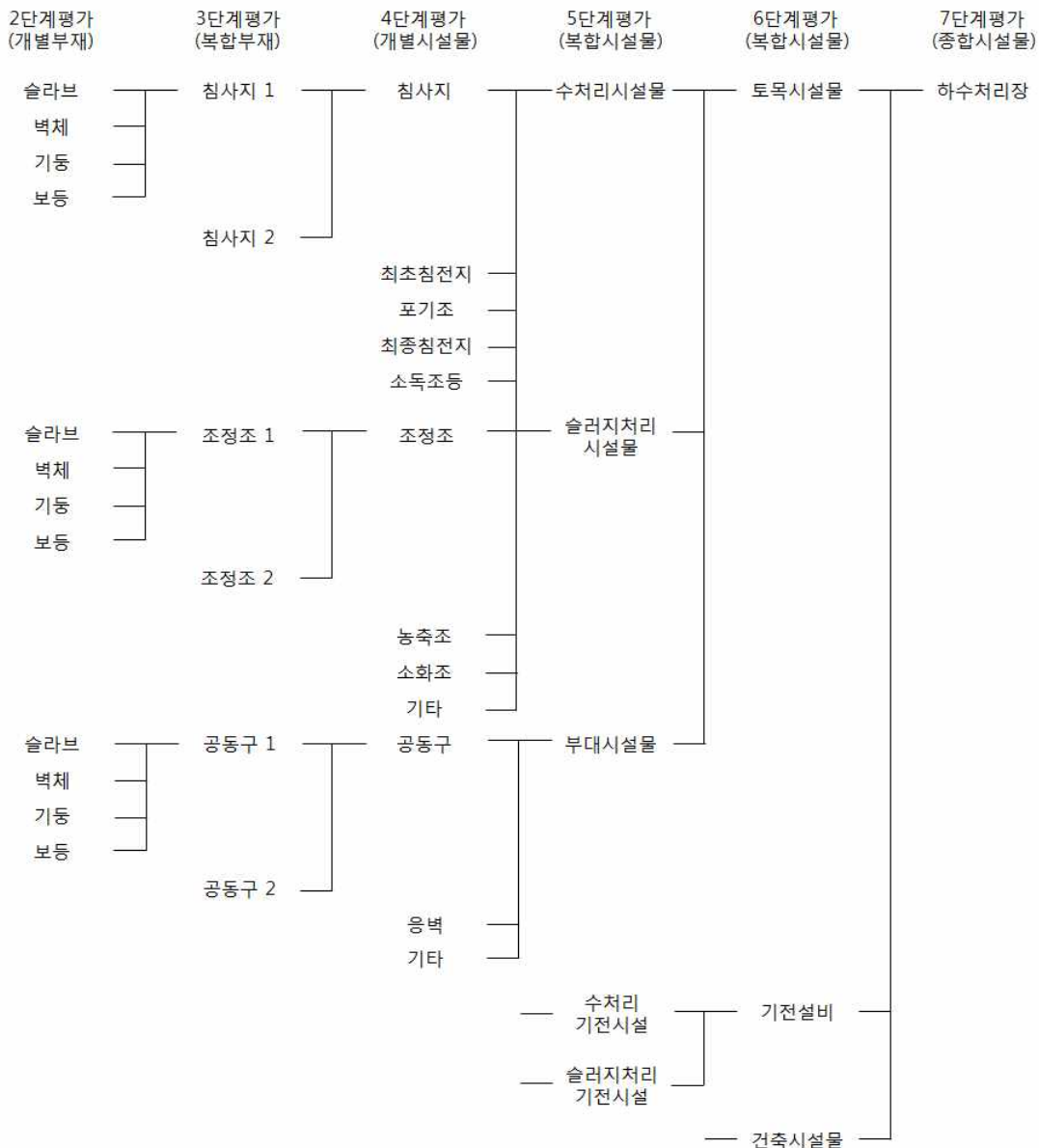
[표 9.42] 하수처리장의 평가단계별 평가대상 부재 및 시설물 구분

평가단계별 구분			부재 및 시설물의 구분					
평가구분		평가대상						
상태평가	1단계	상태변화 ^{※)} (결함, 손상)	슬래브 벽체 기둥 보 등등	슬래브 벽체 기둥 보 등등	슬래브 벽체 기둥 보 등등	펌프1,... 배관1,... 제진기1,... 송풍기1,... 등등	펌프1,... 배관1,... 탈수기1,... 등등	건축물 적용
	2단계	개별부재						
	3단계	복합부재	침사지1,... 최 초 침 전 지1,... 포기조1,... 최 중 침 전 지1,... 소독조1,... 등등	조정조1,... 농축조1,... 소화조1,... 등등	공동구1,... 옹벽1,... 등등	펌 프 설 비 1,... 배 관 설 비 1,... 제 진 설 비 1,... 송 풍 설 비 1,... 소 독 설 비 1,... 등등	펌 프 설 비 1,... 배 관 설 비 1,... 탈 수 설 비 1,... 등등	
상태평가 안전성평가 종합평가	4단계	개별시설물	침사지 최 초 침 전 지 포기조 최 중 침 전 지 소독조 등등	조정조 농축조 소화조 등등	공동구 옹벽 등등	펌프설비 배관설비 제진설비 송풍설비 소독설비 등등	펌프설비 배관설비 탈수설비 등등	
종합평가	5단계	복합시설물	수처리 시설물	슬러지처 리 시설물	부대시설 물	수처리 기전설비	슬러지처리 기전설비	
	6단계	통합시설물	토목시설물			기전설비		건축 시설물
	7단계	종합시설물	하수처리장					

※) 개별부재(부위)에 대한 외관조사망도 작성

【해설】

1. 하수처리장 시설물은 각 구조물 특성에 따라 토목구조물, 건축구조물, 기계설비(펌프 및 밸브 등), 전기설비 등으로 구성되며, 건축구조물에 대한 시설물 평가는 「안전진단 및 정밀안전진단 세부지침(건축물)」에 근거하여 실시한다.
2. 하수처리장 시설물 평가는 평가단계별로 시설물을 분류하고, 부재를 세분화하여 실시하며, 평가단계별 시설물 및 부재 구분(예시)은 다음 [해설 그림 9.4.1]과 같다.



【해설 그림 9.4.1】 평가단계별 시설물 및 부재 구분표(예시)

3. 하수처리장 시설물 평가에서 1단계 평가는 개별부재에 대한 손상 및 결함 조사표로서, 기존에 정밀점검 및 정밀안전진단이 수행되었을 경우에는 결함 및 결함 진행 정도를 비교·검토하기 위해 기존의 외관조사망도와 동일하게 작성하는 것이 바람직하다.

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 상태평가기준에 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 9.43] 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)				
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	

【해설】

1. 토목구조물은 토목구조물 평가항목을 적용하여 평가한다, 다만, 강재 구조형식이 포함되어 있는 시설물에 대해서는 강 구조물 평가항목을 적용하여 평가한다.
2. 토목구조물 「개별부재 손상 및 결함상태 조사표」(예시)는 다음과 같다.

개별부재 손상 및 결함상태 조사표

개별부재명	복합부재명	개별시설물명	표번호
바닥슬래브	1호지	최초침전지	02-02-01-01

번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	상태등급
①	콘크리트 균열	종·횡방향 균열	(0.05mm/20.0m), 0.31%	a
②	콘크리트 균열	표면망상균열	1.0m ² , 0.06%	a
③	콘크리트 파손	밸브실 벽체 파손	0.45m ²	b
④	철근노출	밸브실 벽체 철근노출	0.7m	b
⑤	백태	밸브실 벽체 백태	0.06m ²	b
	도장탈락	전반적인 도장 탈락	1607.98m ²	

· 조사단위면적 : $(80.0\text{m} \times 16.9\text{m} + 17.25\text{m} \times 15.35\text{m}) - (1.1\text{m} \times 6.425\text{m} \times 2 + 2.25\text{m} \times 1.55\text{m}) \times 1/2$
 $= 1,607.98\text{m}^2$

· 전반적으로 도장 탈락

조사일자 : 년 월

조사자 :

[해설 그림 9.4.2] 개별부재 손상 및 결함상태 조사표(토목구조물 예시)

2) 2단계 평가 : 개별부재 상태평가표 작성

1단계에서 개별부재별로 조사 작성된 손상 및 결함상태 조사표에 의해 앞의 [표 9.43]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(Ec1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1) 중 최소값을 개별부재의 상태평가지수(Ec2)를 산정한 후 아래 표의 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 9.44] 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준 및 평가유형별 영향계수(F)

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

[표 9.45] 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 (Ec1=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(Ec2)=상태평가지수(Ec1)값 중 최소값 = 3.4 2. 개별부재의 상태평가 결과 = 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 9.46] 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 보정하기 위하여 아래의 표에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다.

[표 9.47] 상태평가지수에 따른 조정계수(A)

상태평가기준	a	b	c	d	e
상태평가지수(Ec)	5.0 ~ 4.5 이상	4.5 미만~ 3.5 이상	3.5 미만~ 2.5 이상	2.5 미만~ 1.5 이상	1.5 미만~ 1.0 이상
조정계수(A)	1	2	3	6	6

복합부재의 상태평가지수(Ec3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(Ec2)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(Ec2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(Ec3)를 산출하고 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다. 다음 표에 토목구조물의 복합부재에 대한 표준적인 상태평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 9.48] 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(Ec2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Ec2 ×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(Ec3) = Σ(Ec2×P) / ΣP=709.5/190.0 = 3.73 2. 복합부재 상태평가 결과 = 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(Ec3)에 복합부재의 규모(용량)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)를 산출하고 앞의 [표 9.44]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, 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 비교·검토하여 종합평가가 이루어진다.

[표 9.49] 토목구조물의 개별시설물 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	최초침전지	개별시설물규모	철근콘크리트구조 ($H3.5m \times W12.0m \times L=30.0m \times 4지$)	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	상태평가 결과	상태평가지수(Ec3)	규모(S, m ³)	계산값(Ec3 × S)
1호 최초침전지	c	3.38	1,260	4,258.8
2호 최초침전지	b	3.73	1,260	4,699.8
3호 최초침전지	b	3.85	1,260	4,851.0
4호 최초침전지	c	3.14	1,260	3,956.4
합계(Σ)			5,040	17,766.0
평가의견				
상태평가 결과	1. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.85 3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.85 - 3.14) = 0.213$ 4. $V2 = \Sigma(Ec3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 17,766.0 / 5 \times 5,040.0 = 0.705$ 5. 개별시설물의 상태평가지수(Ec4) $= Min + V1 \times V2 = 3.14 + 0.213 \times 0.705 = 3.29$ 6. 개별시설물의 상태평가 결과 = 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 외관조사망도를 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.

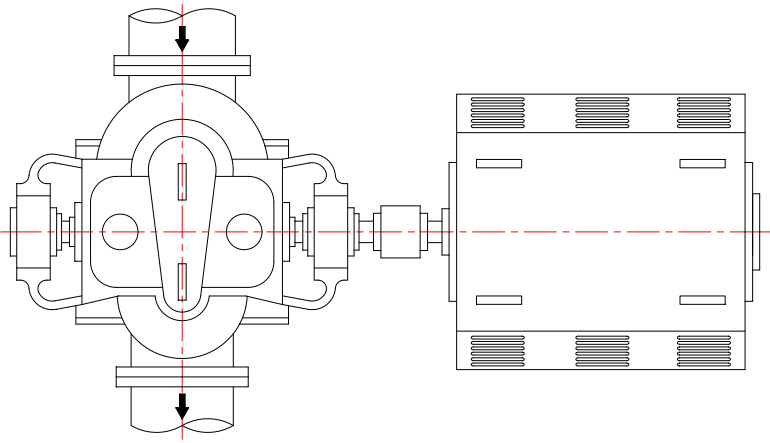
[표 9.50] 기전설비의 개별부재(부위)별 손상 및 결함상태 조사표 예

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)				
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/sec	b
④	펌프소음	상당한 소음발생	소음크기 : 85dB	c
⑤				
특기사항	o 펌프형식 : 입축사류펌프 o 펌프특성 : 양정: 15m, 동력: 20kw, 토출량: 4.5m ³ /분 o 펌프등급 : II 등급			
조사일자	20 . .		조사자	

【해설】

1. 기계·전기설비는 기계설비 및 전기설비 평가항목을 적용하여 평가한다. 다만, 강재 구조형식이 포함되어 있는 시설물에 대해서는 강 구조물 평가항목을 적용하여 평가한다.
2. 기계·전기설비 「개별부재 손상 및 결함상태 조사표」(예시)는 다음과 같다.
3. 3단계 평가(복합부재 상태평가표)에서 개별부재별 중요도(W)는 동일하게 적용하되, 예비 또는 비상 설비인 경우에는 책임기술자 판단에 따라 조정할 수 있다.

개별부재 손상 및 결함상태 조사표

복합시설물명	개별시설물명	복합부재명	개별부재명	표번호
○○하수처리장	수처리펌프설비	수처리펌프설비1	펌프, 모터	No. WP1-1-1
 펌프반부하측 커플링부 모터반부하측 ○ 펌프형식 : 양흡입볼류트 펌프 ○ 펌프특성 : 양정 47M, 동력 800kW, 토출량 3120m³/h				
번호	조사항목	조사내용	손상(결함)정도	평가결과
①	펌프진동	양호한 진동상태	진동속도 : 3.76rms	b
②	펌프소음	허용 가능한 소음발생	최대소음 : 90.1dB	c
③	펌프베드	손상유무	균열이 없는 양호한 상태	b
특기 사항	○ 펌프베드 - 베드의 기초에 균열이 없는 양호한 상태			

조사일자 : 년 월 일

조사자 :

[해설 그림 9.4.3] 개별부재 손상 및 결함상태 조사표(기계설비 예시)

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 상태평가기준에 의한 평가점수(M)에 평가유형별 영향계수(F)를 곱하여 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1)를 산출한다. 단, 상태평가지수 값은 소수점 이하 3째 자리에서 반올림한다.

산출된 결함 및 손상별 상태평가지수(Ec1) 중 최소값을 개별부재의 상태평가지수(Ec2)를 산정한 후 [표 9.44]에 제시된 상태평가지수 범위에 따른 상태평가 기준에 의해 개별부재의 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 부여한다.

[표 9.51] 기전설비 개별부재의 상태평가표 예

개별부재 상태평가표					
개별부재명	수처리 펌프1	개별부재규모	양정: 15m, 동력: 20kw, 토출량: 4.5m³/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 (Ec1=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(Ec2)=상태평가지수(Ec1)값 중 최소 값 = 3.6 2. 개별부재의 상태평가 결과 = 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 9.47]에 제시된 상태평가지수에 따른 조정계수(A)를 사용한다. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 산정 시 조정계수의 사용은 개별부재의 상태평가지수(Ec2)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(Ec2)에 중요도(W) 및 조정계수(A)를 반영하여 복합부재의 상태평가지수(Ec3)를 산출하고 상태평가 결과(알파벳 소문자)를 결정한다.

[표 9.52] 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(Ec2)	조정계수 (A)	중요도 (W, %)	조정값 (P=A×W)	계산값 (Ec2×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(Ec3) = Σ(Ec2×P) / ΣP = 686.6/200.0 = 3.43 2. 복합부재 상태평가 결과 = 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(Ec3)에 복합부재의 규모(시설용량, $m^3/\text{분}$)를 반영하여 개별시설물의 상태평가지수(Ec4)를 산출하고, [표 9.44]에서 제시한 상태평가지수의 범위에 따른 상태평가 기준에 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 9.53] 기전설비 개별시설물의 상태평가표 예

개별시설물 상태평가표				
개별시설물명	수처리 펌프설비	개별시설물 규모	$H15m \times P20kw \times Q4.5m^3/\text{분} \times 3\text{대}$ $H15m \times P15kw \times Q2.5m^3/\text{분} \times 1\text{대}$	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	상태평가 결과	상태평가지수(Ec3)	규모(S, m^3)	계산값(Ec3 $\times$ 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(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.38 2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 4.57 3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (4.57 - 3.38) = 0.357$ 4. $V2 = \Sigma(Ec3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 60.1 / 5 \times 16.0 = 0.751$ 5. 개별시설물의 상태평가지수(Ec4) $= Min + V1 \times V2 = 3.38 + 0.357 \times 0.751 = 3.65$ 6. 개별시설물의 상태평가 결과 = b			

9.5 안전성평가 기준 및 방법

9.5.1 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 상태평가 결과 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. 내진성능 평가

하수처리장 시설물의 내진성능 평가는 필요시에 실시하는 것으로 내진설계 성능기준 및 기타 연구결과¹⁾에서 해당 시설물의 내용을 참고하고 지진의 발생빈도와 지반운동의 세기, 시설의 중요도에 따라 요구되는 내진성능을 기능수행기준과 붕괴방지 수준으로 구분하여 만족시키도록 규정하고 있다.

1) 기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령('04.05) : 국토해양부, 한국시설안전공단

【해설】

1. 지진 발생으로 인한 기존 시설물의 내진성능평가와 보강 관련 지침서에 대한 요구가 증대됨에 따라 2004년 “기존 시설물 내진성능 평가 및 향상요령”을 발간하였고, 이후 다년간의 평가 및 향상분야에 대한 기술과 경험 등을 반영하여 2011년 7월 개정판을 발간하여 ‘시설물의 안전관리에 관한 특별법’에 따라 내진성능평가분야에 활용하고 있다.
2. 환경부에서 제정한 공공하수도시설 설치사업 업무지침(2011.12, 환경부)에서 규정하고있는 공공하수도시설(하수처리장 포함)의 내진설계시 고려사항은 다음과 같다. 실제 업무에서는 아래의 지침내용 및 『기존 시설물의 내진성능 평가 및 향상요령』을 참조하여 하수처리장 안전성평가에 이용해야한다.

(1) 내진등급 적용

- ① 하수도 개개시설은 그 기능의 중요도와 지진에 의한 손상으로 초래될 수 있는 영향 범위를 고려하여 내진 등급을 적용한다.
- ② 내진등급 분류는 『내진설계기준연구(1997 건설교통부)』 및 『상수도시설 내진설계기준 마련을 위한 연구(1998 환경부)』를 참고로 하되, 공공하수도관리청이 시설 및 기능의 중요도를 감안하여 조정할 수 있다.

※ 상수도시설 적용 예 『상수도시설 내진 설계기준 마련을 위한 연구 p.56』

상수도시설 중 상류에 위치하는 시설, 도수 관로, 대체시설이 없는 송배수 간선시설, 중요시설과 연결된 급수 공급 관로, 복구 난이도가 높은 환경에 놓이는 시설, 지진재해시 긴급 대처 수립 거점 시설, 중대한 2차 재해를 유발시킬 가능성이 있는 시설 등의 중요도가 높은 시설은 주로 내진 I 등급으로 분류하고, 그 외는 내진 II 등급으로 하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 내진설계시 고려 사항

지진시 구조물의 거동은 구조물의 특성에 의한 것 이외에 건설지점 주변의 지반조건 등에 크게 지배되기 때문에 내진설계시 다음 사항을 고려하여야 한다.

- ① 지진시 지반의 변위 또는 변형
- ② 구조물 자중과 적재하중에 기인하는 관성력
- ③ 지진시 토압
- ④ 지진시 동수압
- ⑤ 수면동요
- ⑥ 액상화에 의한 지반의 측방유동
- ⑦ 지질이나 지형이 급변하는 지반의 지진시 이완 또는 붕괴

(3) 내진설계 해석법

하수도시설의 내진설계 해석법으로는 정적해석과 동적해석이 있으며, 구조물별 내진설계 해석법 분류는 다음과 같다.

○ 내진설계해석법

구분	해석법	해석방법	적용 구조물
정적해석	등가정적 해석법	관성력(구조물의 중량×설계진도)을 구조물에 작용	지상구조물 및 침전지
	응답변위법	지진시 발생하는 지중구조물의 응력과 지반변위를 강제로 구조물에 재하시켜 해석	지중 구조물
	유사정적 해석법	유사정적 지진토압의 합력을 측벽에 작용, 관성력(구조물의 중량×설계진도)을 구조물에 작용	지중 구조물
동적해석	응답해석법	동적하중에 대한 구조물이 가지는 응답(변위, 속도, 가속도)의 고유진동주기를 분석하여 구조물의 최대 거동을 예측 해석	필요시 정적해석의 검토

(4) 기타

하수도 시설의 내진설계를 실시함에 있어 관련 설계기준은 필요시 각각의 내진설계 관련 조항에 준용하여야 한다.

다. 안전성평가 방법

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 결합 등을 종합하여 실제 상태대로 해석해야만 올바른 평가를 기대할 수 있으며, 구조설계기준 및 표준시방서 등에 규정된 설계 및 안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

2) 구조물의 해석방법

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

- 강도설계법에서의 구조물 안전여유를 두 가지 측면에서 고려 사항
 - 하중의 변경, 구조해석 시의 가정과 계산을 간단하게 함으로써 야기될지 모르는 초과하중의 영향을 고려한 하중계수
 - 설계계산상의 불확실성, 부재의 다양한 형식에 대한 상대적 중요도, 재료의 설계강도 및 실제단면치수와 제작시공기술 등에 관련된 다소의 불리한 오차들이 개별적으로는 허용한계에 있더라도 총체적으로 결합 시 부재의 강도감소를 초래할 가능성에 대비한 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 1.5~2.0 이고 전단부재인 경우는 1.7~2.5정도의 값을 갖는다.

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

여기서, n' : 등가안전율

γ_D : 고정하중계수

γ_L : 활하중계수

L/D : 활하중과 고정하중의 비

Φ : 강도감소계수

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

따라서 구조해석에 의한 구조물의 안전성 평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 있는냐의 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 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

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

9.5.2 안전성평가 기준

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 상태평가 결과가 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 안전성평가 기준에 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, 「구조물의 기초 설계기준('97. 국토해양부)」 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 콘크리트구조물 설계기준에서 정해진 값을 적용하며 단면의 안전율은 휨, 전단 및 좌굴 등에 대하여 검토한다.

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

[표 9.54] 부재 및 구조물의 안전성평가 기준

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

【해설】

1. 구조안전성 검토

구조물의 안전성은 현장조사 및 시험 결과에서 나타난 손상 및 결함에 대해서 그 유형과 원인을 분석하여 검토하며, 중요한 구조적 결함이 있거나 하중재하 조건이 변화될 수 있는 세부 구조물에 대해서는 구조해석을 통하여 안전성을 판단한다.

또한, 안전성 검토결과는 콘크리트 구조물의 설계기준과 비교하여 각 시설물에 대한 안전성평가에 반영(안전율)된다.

구조 해석은 준공도서 및 현장조사자료(규격조사, 상세 외관조사, 비파괴시험 등)를 활용하며, 내력검토시 콘크리트 구조물은 강도 설계법, 강구조물은 허용응력설계법을 원칙으로 하며, 내진설계기준에 의한 내진검토를 포함한다.

(1) 구조해석

- ① 구조해석 프로그램은 검증된 범용해석 프로그램을 이용한다.
- ② 모델링시 사용요소는 판요소 및 선요소를 이용하여 한다.
- ③ 구조해석 모델링은 구조물의 형상 및 작용하중이 단순한 경우 2차원(단위폭)해석 할 수 있으며, 구조물의 형상 및 작용하중이 복잡한 경우와 상세해석이 필요한 경우 3차원해석을 실시한다.
- ④ 구조물은 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조해석에 필요한 경계조건, 토질상수 등은 설계·준공도서 또는 토질조사에 의한 값을 사용하는 것을 원칙으로 하나, 여건상 불가피한 경우 「구조물의 기초 설계기준('97. 국토해양부)」 등에 나와 있는 값을 참고로 하여 구한다.
- ⑤ 검토하중은 주하중에 해당하는 고정하중(D), 활하중(L), 연직토압 및 수압(H_v), 횡방향토압 및 수압(H_h) 등을 고려한다.
- ⑥ 하중조합 및 강도감소계수에 대해 현 콘크리트 구조설계기준 내용을 적용하되, 이는 개정이 될 경우 기준 참고에 문제가 발생할 수 있으므로, 아래를 참조하여 구조물의 조건에 따른 각 설계기준을 적용한다.

예) 지중구조물 및 일반구조물 : 콘크리트 구조설계기준에 따름

건축구조물은 : 콘크리트 구조설계기준 또는 건축구조설계기준에 따름.

활하중(차량하중) 지배구조물은 도로교설계기준에 따름

강구조물은 강구조설계기준에 따름

(2) 안전성평가

- ① 구조물의 단면검토는 콘크리트 설계기준 적용을 원칙으로 하며, 구조물의 특성, 하중의 특성에 따라 도로교 설계기준, 건축구조 설계기준, 강구조설계기준 등을 적용할 수 있다.

② 안전율 산정

◦ 각 부재 단면의 안전율은 휨모멘트, 전단력, 좌굴 등에 대하여 검토한다.

$$\circ \text{ 강도설계법 } SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u}$$

◦ 허용응력설계법 $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$

※ 여기서, 소요강도(Mu) 및 발생응력은 검토하중에 의해 발생하는 소요모멘트 및 발생응력의 합계

③ 안전성평가는 [표9.54] 부재 및 구조물의 안전성평가 기준에 따른다.

9.5.3 안전성평가 결과 산정 방법

가. 안전성평가 결과 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 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 9.54]의 기준에 의해 부재별 또는 구조물별 안전성평가 결과 및 평가점수를 부여한다.

그리고 아래의 식을 사용하여 개별시설물에 대한 안전성평가지수(E_s)를 산정한 후 안전성평가지수의 범위에 따른 [표 9.55]의 안전성평가 기준에 의해 개별시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

안전성평가지수(E_s)를 산정하는 아래 식은 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 안전성평가 결과들 중 가장 낮은 안전성평가 결과보다 다소 상향된 개별시설물의 안전성평가 결과를 가지게 된다.

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

$$\text{안전성평가지수}(E_s) = L + 0.3(H - L) \frac{\sum_{i=1}^{N-2} M_i}{5 \times (N - 2)}, \quad (N > 2)$$

$$= L + 0.3(H - L), \quad (N = 2)$$

여기서, N : 안전성평가 항목 수

L : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최소값

H : 검토항목의 안전성평가지수(평가점수) 중 최대값

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

[표 9.55] 안전성평가지수(E_s) 범위에 따른 안전성평가 기준

안전성평가지수의 범위	안전성평가 기준	비 고
$4.5 \leq E_s \leq 9.0$	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. 안전성평가 결과 산정 방법

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

[표 9.56] 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($Es1$) $= 2 + 0.3 \times (5-2) \times (3+4)/5 \times (4-2) = 2.63$ 3. 개별시설물의 안전성평가 결과 = C			

9.6 종합평가 기준 및 방법

9.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정하며, 시설물에 대한 종합평가 기준은 [표 9.57]의 종합평가지수(E4~7)에 따라 결정한다.

[표 9.57] 종합평가지수에 따른 종합평가 기준

종합평가지수(E4~7)	종합평가 기준	비 고
$4.5 \leq (E4 \sim 7) \leq 9.0$	A	
$3.5 \leq (E4 \sim 7) < 4.5$	B	
$2.5 \leq (E4 \sim 7) < 3.5$	C	
$1.5 \leq (E4 \sim 7) < 2.5$	D	
$1.0 \leq (E4 \sim 7) < 1.5$	E	

9.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 종합평가 결과 산정

1) 개별시설물

개별시설물의 종합평가 결과 산정은 4단계 평가단계에서 수행하는 평가항목 중 하나로서 안전성평가를 실시하지 않는 경우에는 상태평가 결과를 종합평가 결과로 가름하지만 안전성평가를 실시하는 경우에는 개별시설물을 구성하고 있는 각각의 부재나 구조물의 상태 및 안전성평가 결과로 산출된 개별시설물의 상태평가지수(E_c)와 안전성평가지수(E_s)중 작은 값을 종합평가지수(E_t)로 적용하여 [표 9.57]의 종합평가지수(E_t)에 따른 종합평가 기준에 의해 개별시설물에 대한 종합평가 결과를 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 종합평가 결과 산정은 개별시설물의 종합평가지수를 기초로 하여 시설물의 중요도(W) 및 [표 9.58]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하여 다음에 예시되는 종합평가 결과 산정 예시에 따라 이루어진다.

[표 9.58] 종합평가지수에 따른 조정계수(A)

종합평가기준	A	B	C	D	E
종합평가지수 (E_t)	$9.0 \geq E_t \geq 4.5$	$4.5 > E_t \geq 3.5$	$3.5 > E_t \geq 2.5$	$2.5 > E_t \geq 1.5$	$1.5 > E_t \geq 1.0$
조정계수(A)	1	2	3	6	6

나. 종합평가 결과 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 9.59]를 표준으로 개별시설물의 종합평가표를 작성토록 한다.

[표 9.59] 토목구조물의 개별시설물 종합평가표 예

개별시설물 종합평가표				
개별시설물명	최초침전지	개별시설물 규모	철근콘크리트구조($H3.5m \times W12.0m \times L=30.0m \times 4지$)	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	상태평가 결과	상태평가지수(Ec3)	규모(S, m ³)	계산값(Ec3 × S)
1호 최초침전지	c	3.38	1,260	4,258.8
2호 최초침전지	b	3.73	1,260	4,699.8
3호 최초침전지	b	3.85	1,260	4,851.0
4호 최초침전지	c	3.14	1,260	3,956.4
합계(Σ)			5,040	17,766.0
상태평가 의견				
상태평가 결과	1. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최소 값(Min) = 3.14 2. 복합부재의 상태평가지수(Ec3) 중 최대 값(Max) = 3.85 3. $V1 = 0.3 \times (Max - Min) = 0.3 \times (3.85 - 3.14) = 0.213$ 4. $V2 = \Sigma(Ec3 \times S) / 5 \times \Sigma S = 17,766.0 / 5 \times 5,040.0 = 0.705$ 5. 개별시설물의 상태평가지수(Ec4) = Min + V1 × V2 = 3.14 + 0.213 × 0.705 = 3.29 6. 개별시설물의 상태평가 결과 = C			
안 전 성 평 가				
안전성평가항목	안전율(SF)	안전성평가 결과	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(Es1) = 2 + 0.3 × (5-2) × (3+4) / 5 × (4-2) = 2.63 3. 개별시설물의 안전성평가 결과 = C			
종 합 평 가				
종합평가 의견				
종합평가 결과	상태평가지수 (Ec4)	안전성평가지수 (Es1)	종합평가지수 (Et1)	종합평가결과
	3.29	2.63	2.63	C

2) 5단계 평가 : 복합시설물 종합평가표 작성

하수처리장의 복합시설물은 수처리공정, 슬러지처리공정 및 기타 부대시설물 등 으로서 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(Et1)에 규모에 따른 가중치(S)를 고려하고 앞에서 제시한 [표 9.58]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 복합시설물의 종합평가지수(Et2)를 산출하고 앞의 [표 9.59]를 참조하여 복합시설물에 대한 종합평가 결과를 결정한다.

$$\text{복합시설물의 종합평가지수}(Et2) = \sum(Et1 \times P) / \sum P$$

여기서, Et1 : 개별시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A×S)

A : 조정계수

S : 개별시설물별 규모(m³)

다음 [표 9.60]에 토목구조물에 대한 복합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 9.60] 토목구조물의 복합시설물 종합평가표 예

복합시설물 종합평가표						
복합시설물명	수처리 시설물	복합시설물 규 모	시설용량(Q) = 200,000m ³ /일		표번호	
근거(4단계) 표번호	No. AG-4-1, No. AS-4-1, No. AF-4-1, No. AW-4-1				No. WT-5-1	
개별시설물구분	종합평가 결과	종합평가 지수(Et1)	조정계수 (A)	규 모 (S)	조정값 (P=A×S)	계산값 (Et1×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(Et2) = Σ(Et1×P) / ΣP = 67,401.2/22,360.0 = 3.01 2. 복합시설물의 종합평가 결과 = 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 9.61]와 같이 설정하였다.

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

[표 9.61] 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(Et2)에 위의 [표 9.61]에 설정한 복합시설물별 중요도(W)를 고려하고 앞에서 제시한 [표 9.58]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 통합시설물의 종합평가지수(Et3)를 산출한 다음 앞의 [표 9.57]을 참조하여 통합시설물에 대한 종합평가결과를 결정한다.

$$\text{통합시설물의 종합평가지수}(Et3) = \sum(Et2 \times P) / \sum P$$

여기서, Et2 : 복합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A×W)

A : 조정계수

W : 복합시설물의 중요도

다음 [표 9.62]에 토목구조물에 대한 통합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 나타내었으며, 나머지 기전설비 등도 이의 표에 준하여 작성토록 한다.

[표 9.62] 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(Et2)	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A ×W)	계산값 (Et2 ×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(Et3) = Σ(Et2×P) / ΣP = 964.4 / 340 = 2.84 2. 통합시설물(토목구조물) 종합평가 결과 = 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 9.63]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 9.63] 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.

종합시설물의 종합평가 결과는 상기에서 정한 복합시설물별 중요도(W)와 앞에서 제시한 [표 9.658]의 종합평가지수에 따른 조정계수(A)를 반영하는 아래 식을 적용하여 종합시설물의 종합평가지수(Et4)를 산출하고 앞의 [표 9.57]을 참조하여 결정한다.

$$\text{종합시설물의 종합평가지수}(Et4) = \Sigma(Et3 \times P) / \Sigma P$$

여기서, Et3 : 통합시설물의 종합평가지수

P : 조정 값(=A×W)

A : 조정계수

W : 복합시설물별 중요도

종합시설물의 평가등급 표기는 알파벳 대문자(A, B, C, D, E)를 사용하며, 다음 [표 9.64]에 종합시설물의 표준적인 종합평가표 작성 예를 제시하였다.

[표 9.64] 종합시설물의 종합평가표 예

종합시설물 종합평가표						
종합시설물명	○○하수처리 장	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(Et3)	조정계수 (A)	중요도 (W)	조정값 (P=A×W)	계산값 (Et3×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(Et4) = Σ(Et3×P) / ΣP = 793.2 / 255.0 = 3.11 2. 통합시설물(관로시설물) 종합평가 결과 = C					

9.7 보수 · 보강 방법

하수처리장 시설물의 주요 보수 · 보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

【해설】

1. 시설물은 각각의 구조적, 물리적 및 기능적 특성에 따라 내구성이나 손상의 형태가 다르고 유지관리 방법도 차이를 갖으며, 시설물의 수명유지를 위해서는 구조물에 발생한 결함 및 손상에 대해서 정밀안전진단을 통하여 그 원인을 파악하고 구조물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절한 보수·보강 공법 및 시기를 선정하는 것이 중요하다. 보수·보강시기의 결정은 손상정도, 보수·보강방법, 보수·보강효과 등을 종합적으로 고려하여 결정해야 하며, 적절한 보수·보강시기를 놓치면 물량이나 비용이 증대하게 되므로 가급적 조기에 실시하는 것이 바람직하다.

또한, 보수 · 보강의 우선순위는 구조물에 발생한 각종 손상에 대하여 주요 부재를 보조부재에 우선하고 구조물의 평가 시 평가등급이 낮고 중요도가 큰 부재를 우선하는 것이 바람직하다.

일반적으로 손상부위에 대한 보수·보강을 실시하더라도 그 효과에 대해 예측하기 곤란한 경우가 많아 통상 설계·시공법의 연구, 기술의 검토 및 효과에 대한 실험 등을 통하여 보수·보강의 효과를 증진시키기 위한 방법을 강구하고 있다.

보수·보강 방법은 여러 각도로 손상부위에 대한 응력을 검토하여 결정하여야 하며, 보수·보강설계는 대상물 및 손상정도에 따라 고려할 사항이 많으나 구조물의 내구성, 방수성, 내하력, 안전성 및 미관 등을 고려하고 손상의 원인, 보수·보강의 범위와 규모, 경제성 및 시공성 등을 감안하여 소기의 목적이 달성될 수 있도록 아래와 같은 기본 개념 하에서 보수·보강 방안을 제시한다.

- (1) 현 시설물의 안전성, 내구성 및 기능성 등의 성능을 유지하기 위하여 손상 및 결함의 진행을 억제
- (2) 손상 및 결함이 되었거나 그 기능성이 있는 구조물에 대하여 실용상 지장이 없는 성능이상으로 회복

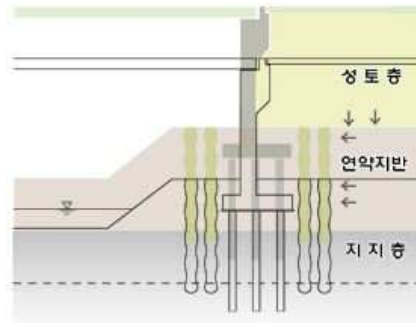
9.7.1 구조물 기초지반의 일반적인 보수·보강공법

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

【해설】

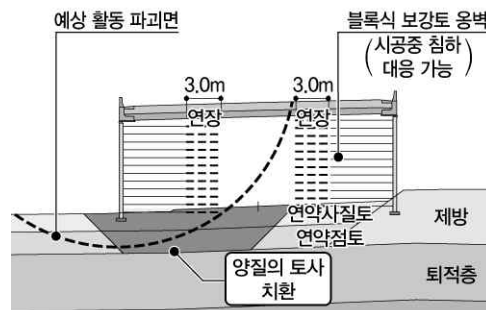
1. 그라우팅 공법

그라우팅 공법은 물, 시멘트, 벤토나이트 등의 재료를 혼합하여 토립자의 간극, 토층의 경계, 암반 및 콘크리트 구조물의 균열 등에 주입하는 공법으로, 구조물 기초지반의 누수, 침하, 균열, 압력의 경감 등의 보강 및 지수를 목적으로 사용한다.



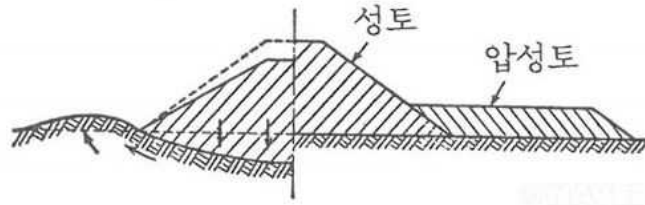
2. 치환 공법

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



3. 압성토 공법

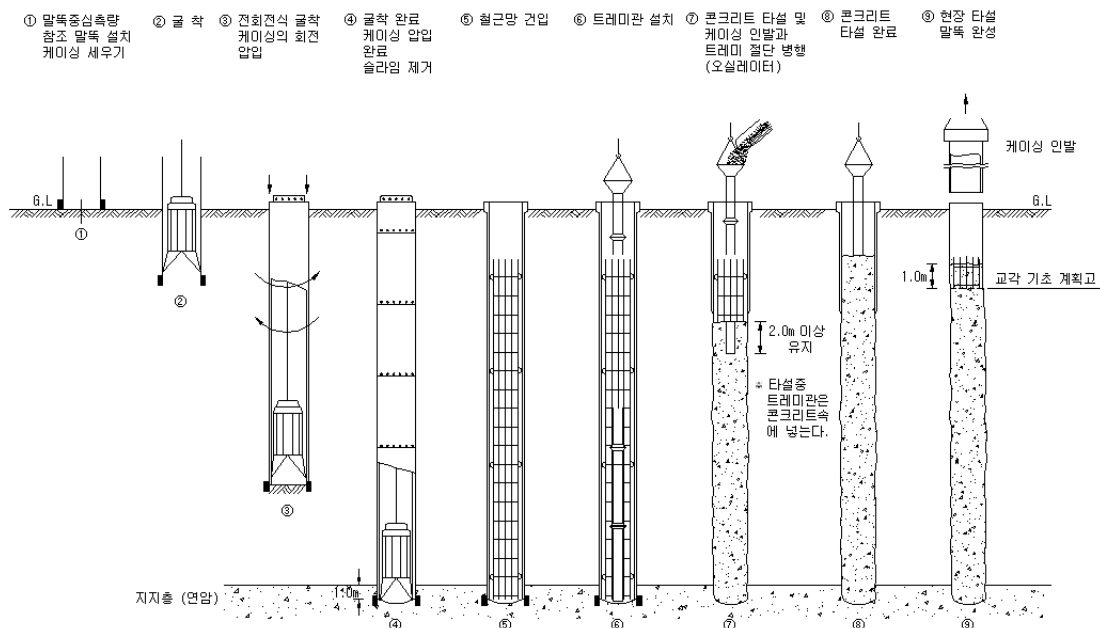
압성토 공법은 기초지반의 활동으로 인한 손상을 막기 위하여 경사면에 소단 모양의 압성토를 설치하는 공법이다.



4. 말뚝 공법

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

현 장 타 설 말 뚝 시 공 순 서 도



5. 아스팔트 차수공법

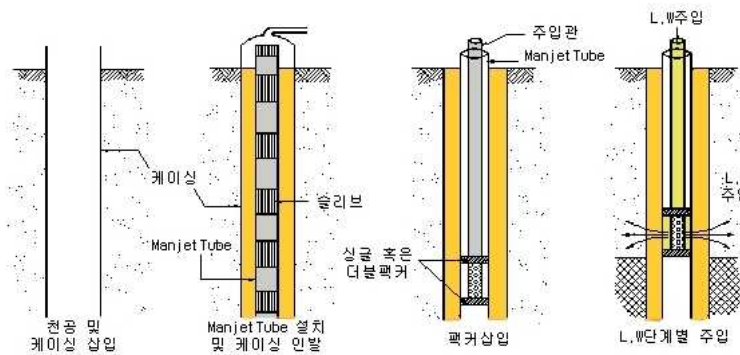
아스팔트 차수공법은 아스팔트의 특성을 이용하는 것으로 기초지반의 압밀변형에 대응할 수 있고 휨 특성 및 불투수성이 우수하여 수구조물의 표면처리에 적용된다.

6. 점토 차수공법

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

차수공법 비교

(1) L.W(Labiles Waterglass) 공법



① 시공방법

- 천공 후 지중에 주입관으로 Manjet Tube 설치
- 주입은 Seal 주입과 Double Packer에 의한 L.W 주입

② 주재료 : 규산소다, Cement, 벤토나이트

③ 적용 토질 : Silt 섞인 모래지층을 제외한 지층

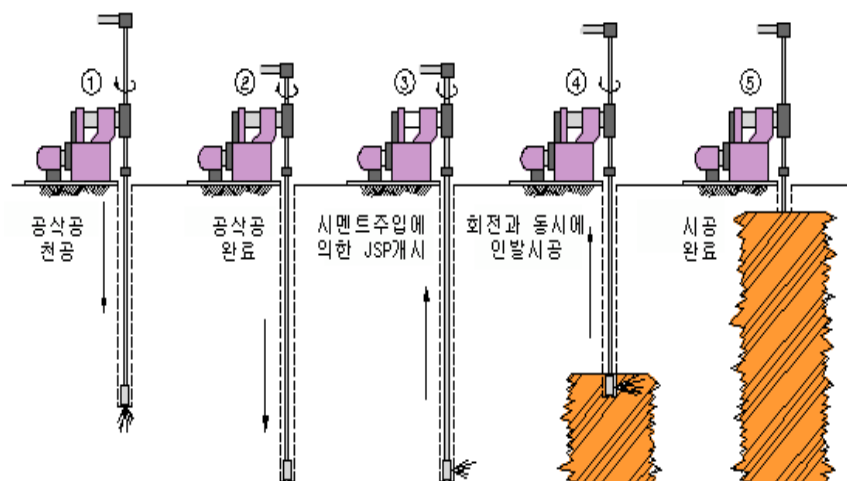
④ 장점

- 약액공법 중 고결강도 높음
- 시간과 주입제의 종류를 바꾸어 반복주입 가능
- 시공이 단순하고, 주입관 보존으로 결함 발견시 재천공 없이 재주입이 가능
- 지반공극이 다른 큰 지반의 지반보강에 유리

⑤ 단점

- 차수 보강 영역이 좁음
- Gel Time 조절 곤란
- 실트, 모래, 사력층에서 재료 손실

(2) J.S.P(Jumbo Special Pile) 공법



① 시공방법

- 천공 후 지중에 주입관 설치
- 주입시 주입관의 회전인발 흙과 주입재의 강제치환으로 개량체 형성

② 주재료 : Cement 혼화재, Soil

③ 적용 토질 : $N < 30$ 의 점토사질 지반

④ 장점

- 연약 지반의 지반보강효과 양호
- 균질의 고강도 차수벽 형성
- 장기적 공사에 적용시 외력에 의한 충격 및 진동에 저항력 큼

⑤ 단점

- Grouting공법 중에서는 비교적 고가임
- 조밀한 자갈층 및 풍화암층에서 시공이 곤란
- 초고압 분사로 지반의 용기에 따라 인접지반에 영향

(3) S.G.R(Space Grouting Rocket) 공법

① 시공방법

- 천공후 지중에 2관 주입관 설치
- 특수 침단장치에 의한 균일한 주입 및 저압주입 급결, 완결제외 복합 주입 설치

② 주재료 : 규산소다, Cement, 촉진제

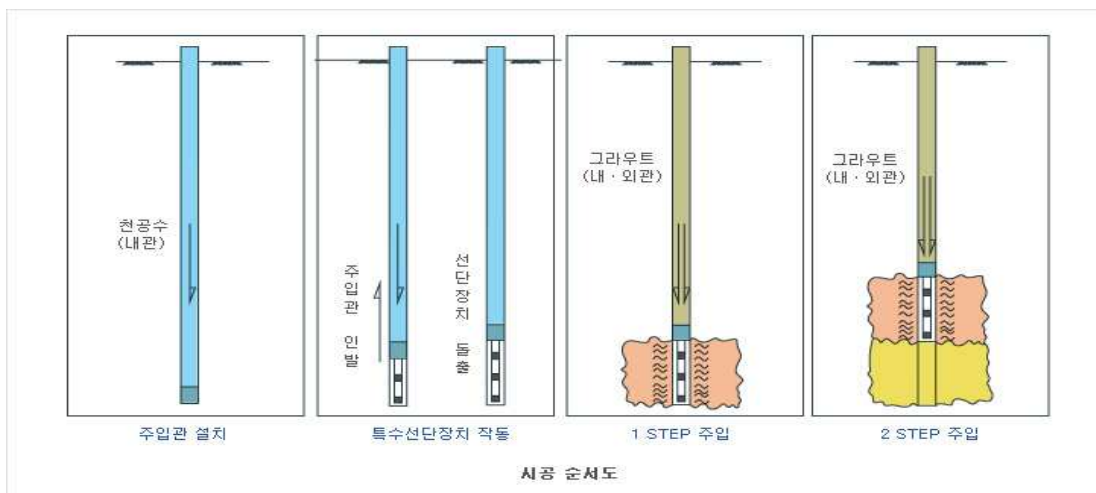
③ 적용 토질 : 모든 지층

④ 장점

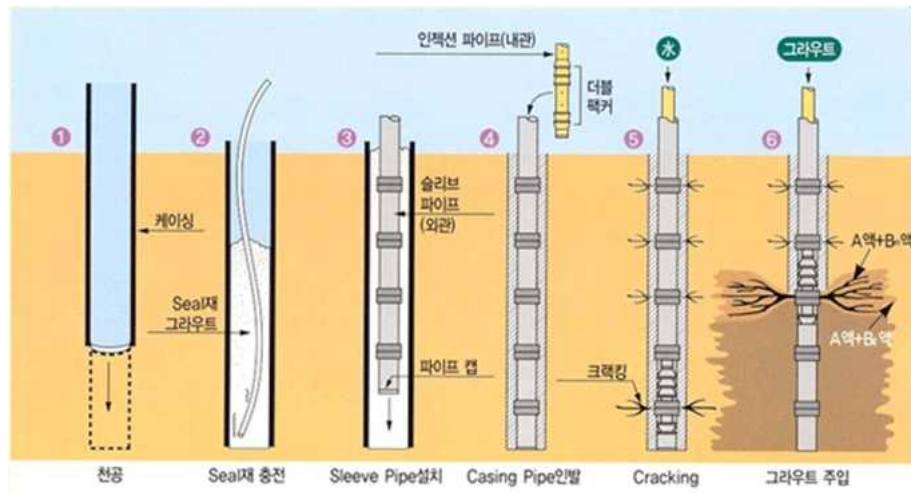
- 중저압 침투주입이므로 지하 가시설물이나 주변 구조물에 대한 영향을 미치지 않음
- 유도공간을 만든 후 그라우트를 복합주입하므로써 지반용기를 막음
- 그라우트 주입 중에는 주입관의 회전이 없으므로 Packing효과가 높고 매 단계마다 확실한 주입이 됨
- 장비간단, 이동용이

⑤ 단점

- 지층 및 공사목적에 따라 주입재의 선택에 유의해야 함



(4) M.S.G(Micro Silica Grouting) 공법



① 시공방법

- 고침투·고강도·고내구성 및 환경친화성 및 저압침투주입을 특징으로 하는 마이크로 복합 실리카계주입재를 사용하여 토질상태 또는 현장여건에 따라 2.0shot 방식 또는 1.5shot방식을 선택적으로 이용하여 침단약액을 주입

② 주재료 : 마이크로 복합실리카, 겔타임 조정재

③ 적용 토질 : 사질 지반

④ 장점

- 지하수에 의한 알칼리 용탈이 적기 때문에 pH상승이 낮고 식생환경에 미치는 영향이 적음
- MSG약액의 호모겔고결체는 고강도가 발현되고 장기재령에서도 시편변형이 적기 때문에 내구성이 우수
- 실트질 점성토나 조밀한 지반에서도 주입효과가 우수
- 균질한 지반개량이 가능

⑤ 단점

- 공사비가 고가
- 국내 시공사례가 적음

(5) S.C.W(Soil Cement Wall)공법

① 시공방법

- 3축오거 교반기 또는 유사한 장비로써 토사 원지반을 오거 왕빗트로 천공 굴착하여 그 선단으로부터 Cement Milk를 주입하면서 굴착토사와 혼합하여 Soil Cement 기둥을 조성

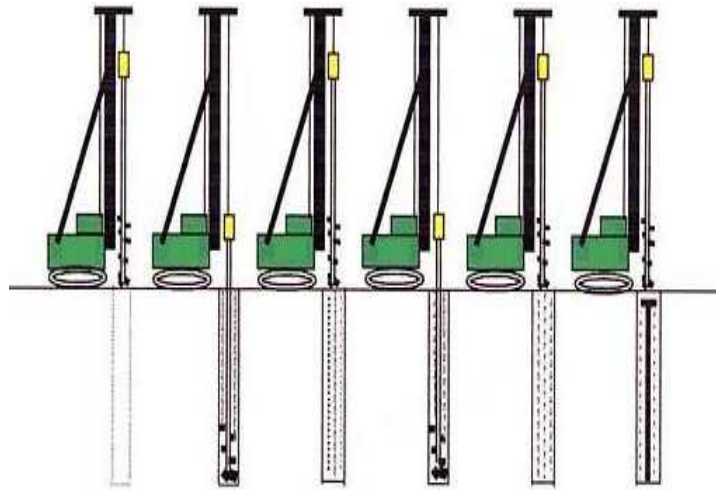
② 주재료 : Cement, 벤토나이트 Soil

③ 적용 토질 : N<50의 점토 사질지반(자갈 및 전 암반층 시공불가)

④ 장점

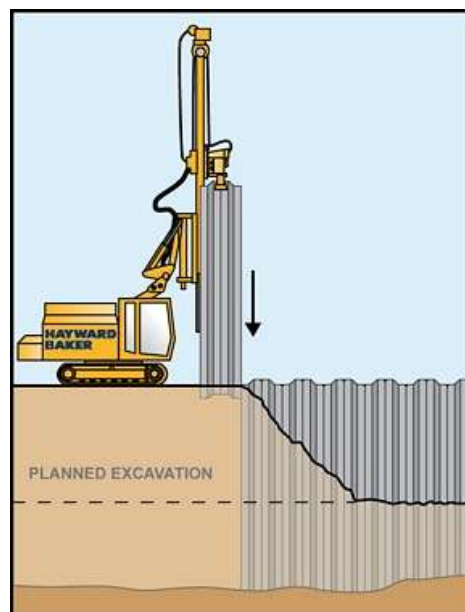
- 대형공사일 경우 공사비저렴

- 일축압축강도가 적으므로 차수효과는 확실
- ⑤ 단점
- 초대형장비 사용으로 협소한 장소 및 교통혼잡지역 시공곤란
 - 중요구조물 방호에 따른 지반보강 효과는 다소 떨어짐
 - Cost 증대 지층이 다양한 조건에서는 개량강도의 설정이 곤란



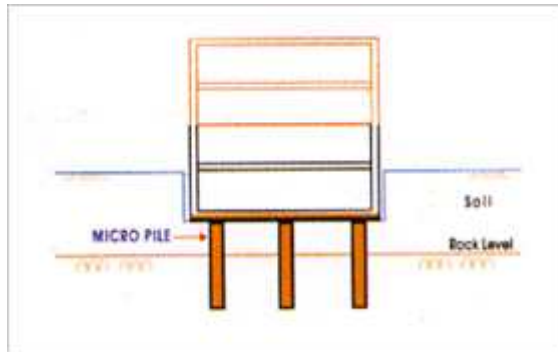
7. 쉬트파일(Sheet Pile) 공법

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

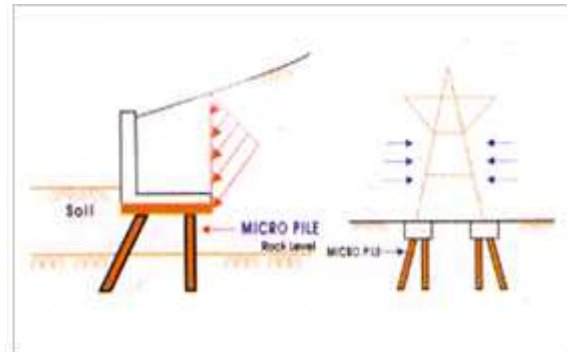


8. 기타 공법

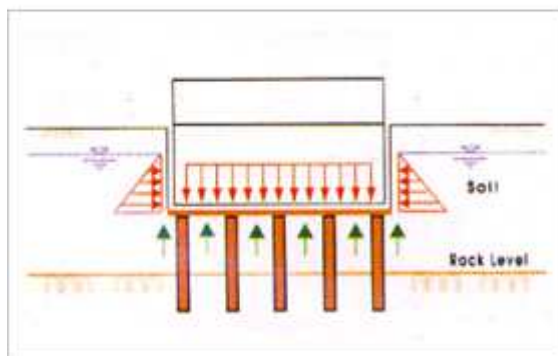
(1) 마이크로파일 공법



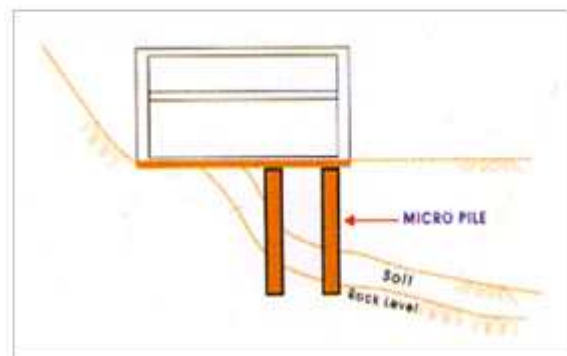
기존 구조물 증·개축시 기초 보강



수평하중의 전달·타워기초



구조물 기초 및 부력대항 앵커의 기능



사면에 축조된 구조물의 기초

① 공법개요

- 소구경 장비를 이용함으로써 협소한 현장에 적합하며 압축력과 인장력을 동시에 발휘하여 큰 하중을 지지함과 동시에 부력양카를 겸할 수 있다.

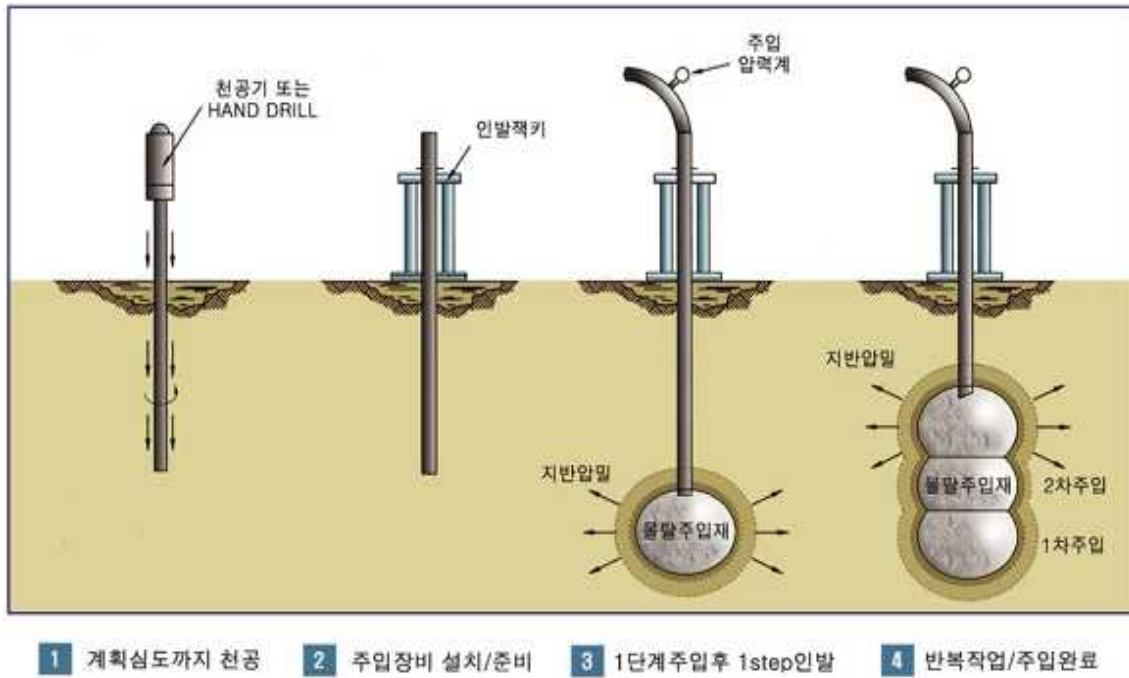
② 특징 및 장점

- 소구경으로 대구경 파일의 지지력 확보 가능.
- 압축력과 인장력을 동시에 발휘하므로 부력양카를 겸할 수 있음.
- 건설장비 규모가 작아 건물내부, Strut 하부 등 협소한 현장에서 시공이 용이
- 시멘트 밀크를 사용하므로 천공 및 주변지반 균열부에 충전이 가능.
- 소구경이라 Pile간의 간격을 좁힐 수 있어 군말뚝의 지지력 감소와 부마찰력 문제를 최소화 함.

③ 적용분야

- Under Pinning 공법 시공 시
- 대형 기초 굴착장비의 불가능한 협소한 지역 시공 시
- 연약지반(압축 및 인장 동시 사용), 서면의 보강
- 기존건물(구조물)의 기초보강
- 타워, 굴뚝 및 송전탑의 기초파일(압축 및 인장 동시사용)
- PHCPile시공 후 중파 및 편차 보강 시

(2) C.G.S 공법



① 공법개요

- C.G.S공법(Compaction Grouting System)은 Slump치가 2inch(50mm)이하의 저유동성 Con'c형 Mortar(4mm이하 세립토 + 10mm이하 골재 + 시멘트)로 구성되어, 고결체의 형태로 지중에서 방사형으로 압력을 가하여 주위의 토사를 사방으로 압밀하여 밀어내며, 주입공 부위는 고강도의 원주형(Column) 개량체가 조성되고, 주입공과 주입공 사이의 지반은 압축강화되어 공극이 감소하고 조밀화(N치 증가)되도록 개량하는 특수 주입공법

② C.G.S 공법의 특성

- Slump치가 5cm이하이므로 주입재가 계획된 위치에서의 주입재 이탈현상이 최소화 된다.
- 지중에 주입된 주입재는 원통형의 고결체를 방사형으로 균등한 압력을 가하면서 주변지반을 압축, 강화시켜 전단저항 및 압축강도를 지지말뚝에 의한 지지력확보와 동시에 지내력의 증진을 동시에 수행한다.
- 기설 구조물 주변 혹은 지하층 등 좁은 장소에서도 현장유지 상태로 시공이 가능하다.
- 변위가 발생한 구조물의 경우 직접기초를 천공하여 지지층부터 무근 콘크리트형 말뚝을 조성하여 장기적인 안정을 증진한다.
- 저진동, 저소음으로 시가지, 주택가, 아파트내에서도 작업이 가능하다.
- 고결체의 강도는 시공목적에 따라 $30\text{kg/cm}^2 \sim 150\text{kg/cm}^2$ 현장에서 배합주입이 가능하다.
- 유속이 빠른 전석층의 공동충전에 의한 차수효과 및 지반보강효과가 양호하다.

9.7.2 콘크리트구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강공법

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

【해설】

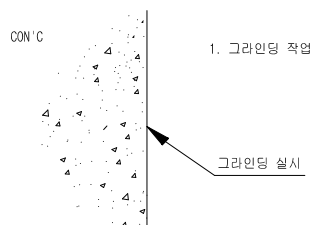
1. 표면보호공법

(1) 개 요

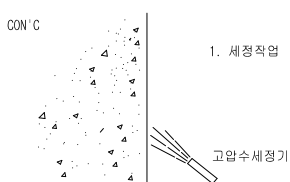
콘크리트 표면열화부 및 백태가 발생한 부위에 적용하는 보수 공법으로써 손상이 발생한 부위에 도막을 형성하여 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용한다.

(2) 시공방법

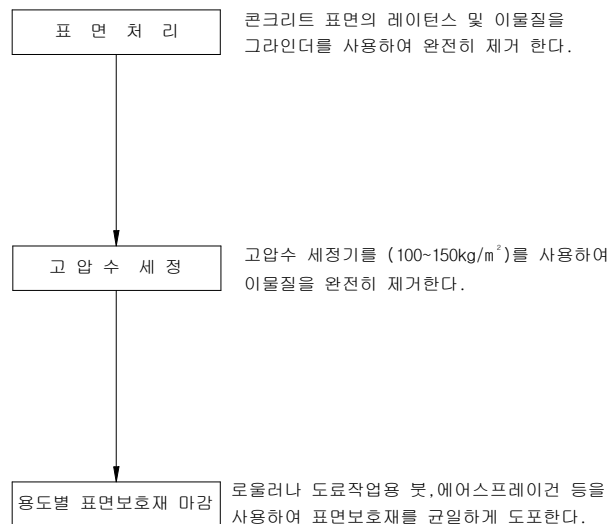
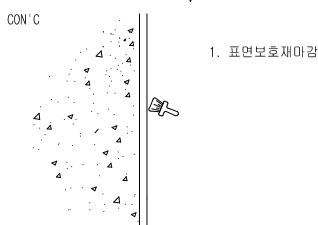
● STEP 1



● STEP 2



● STEP 3



[해설 그림 9.7.1] 표면처리공법 개요도

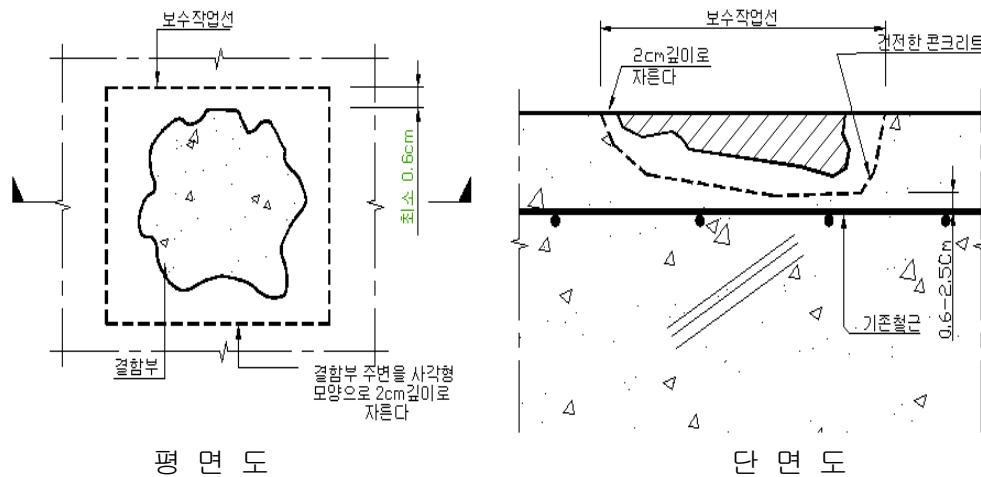
2. 단면보수공법

단면보수공법은 단면이 비교적 적은 경우의 보수에 사용되는 방법으로 보수에 적합한 강도로 혼합한 보수재를 붙여서 단면을 보수하는 공법이다. 시공 부위의 보수 재료의 선정을 엄밀히 검토해야 한다.

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

(1) 얇은 보수(Shallow Repairs)

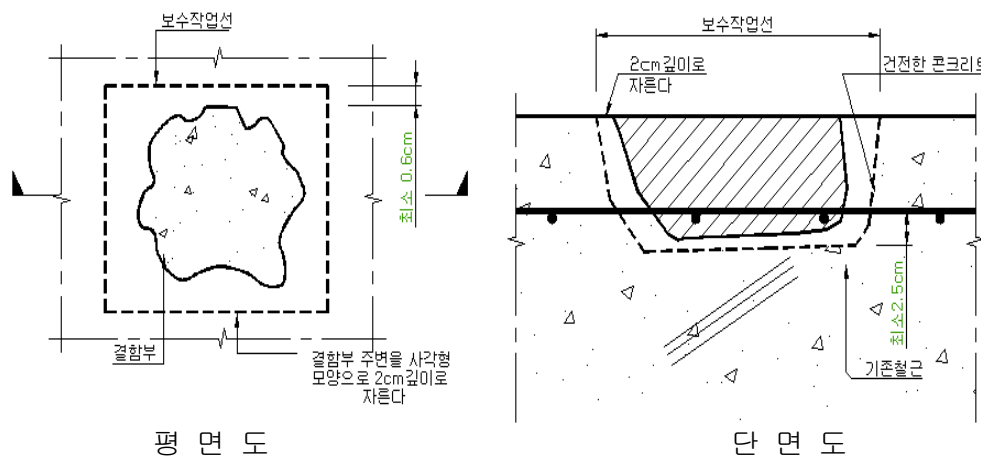
얇은 보수는 콘크리트 손상 깊이가 얇고 철근이 노출되지 않는 경우에 적용된다.



[해설 그림 9.7.2] 콘크리트 단면보수(얇은 보수) 개요도

(2) 깊은 보수(Deep Repairs)

깊은 보수는 손상 깊이가 철근피복두께보다 더 깊을 때 적용된다.

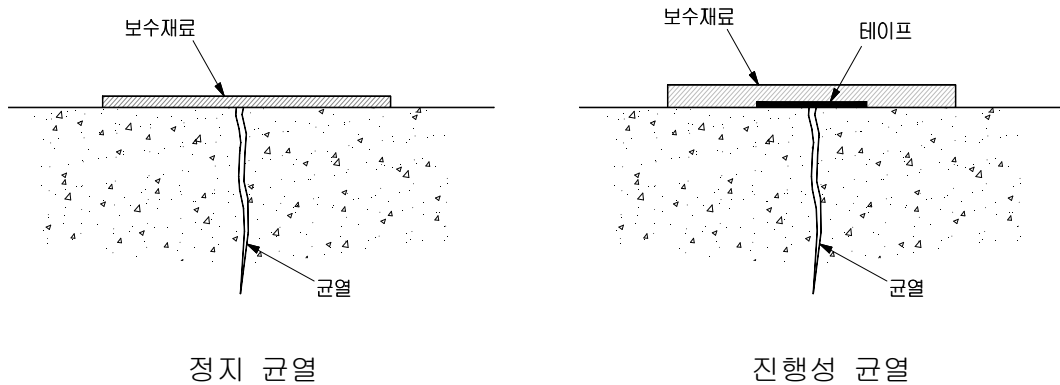


[해설 그림 9.7.3] 콘크리트 단면보수(깊은 보수) 개요도

3. 콘크리트 균열보수 공법

(1) 표면처리공법

표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.2mm 이하), 선상 및 면상백태가 발생한 경우표면에 피막층을 형성하여 방수성, 내구성을 향상시키기 위해 적용된다.



[해설 그림 9.7.4] 표면처리공법 개요도

이 공법은 비교적 미세한 균열에 대해 직접 그 균열의 표면을 피복하여 방수성, 내구성을 지니도록 하는 것으로 피복의 범위도 전면 혹은 부분으로 나뉘어진다. 따라서 그 효과는 균열표면의 보수에 그치므로 균열내부를 처리할 수 없고, 진행성 균열에 대해서는 대처할 수 없는 결점이 있다. 또한 피복재의 두께가 얇으므로 시간에 따른 열화에 대해서는 주의해야 할 필요가 있다.

① 적용부위

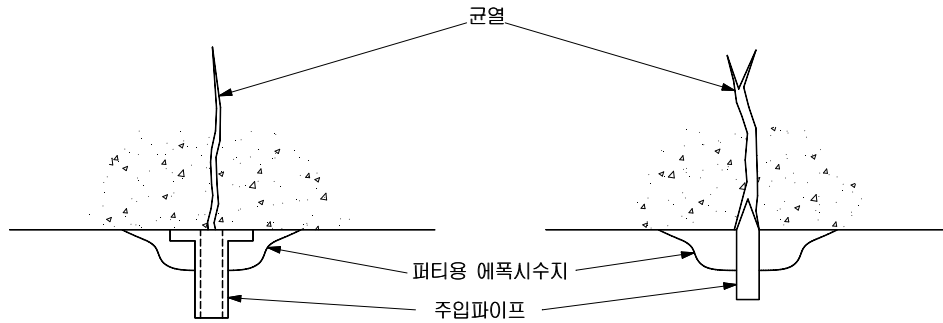
- (가) 미세균열(폭 0.2mm 이하)이 발생한 부위
- (나) 방수성, 내구성이 요구되는 부위
- (다) 균열의 성장이 멈춘 부위(경우에 따라 진행성 균열에도 적용 가능)
- (라) 비구조적인 균열이 발생한 부위

② 유의사항

- (가) 균열의 진행여부에 따라 시공방법을 달리 적용
- (나) 균열의 주변을 청결히 하고 충분히 건조시킨 후 적용
- (다) 보수 후 사용년수의 경과에 따라 성능저하여부를 관찰
- (라) 도장시와 양생시 온도, 습도의 관계에 유의

(2) 주입공법

주입공법은 폭 0.3mm 이상의 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 콘크리트를 일체화시키고, 콘크리트의 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 들떠 있는 경우에도 적용할 수 있다.



[해설 그림 9.7.5] 주입공법 개요도

주입공법은 크게 나누어 고압·고속으로 단시간에 주입하는 직접주입공법과 저속·저압으로 장시간에 주입하는 간접주입공법이 있다.

① 직접(고속·고압)주입공법

주입공법은 일반적으로 콘크리트구조물의 응력상 지장이 없는 부분의 균열진행을 방지하고 콘크리트 구조물의 일체화를 도모하기 위하여 균열부에 주로 에폭시계 수지를 주입하여 보수하는 공법이다. 에폭시계 수지의 주입은 주입펌프로 시행하나, 균열부분 및 그 주변에 부착되어 있는 유리석회, 먼지, 흙 등을 제거하고 청소한 후에 시공해야 한다. 또한 이 공법은 시공이 확실하게 이루어졌는가의 여부를 확인하기가 일반적으로 어렵기 때문에 시공관리를 잘 하여야 한다. 특히 본 공법에 의해 균열이 완전히 채워지는 경우에는 구조물의 열화를 방지하고 내구성을 유지하는 본래의 목적을 달성할 수 있지만, 구조물의 일체화에 있어서 강성과 강도가 균열발생 전의 상태로 회복되기 어렵다. 이의 원인으로는 콘크리트와 수지 사이의 강성의 차이, 주입시공의 완전성, 연속성 등으로 크게 3가지 요인에서 기인된다.

(가) 현재 주입에 사용되는 수지의 강도는 일반적으로 높지만 탄성계수는 콘크리트의 1/10 전후의 것이 많기 때문에 콘크리트 사이에 주입된 수지형태로는 완전한 강성을 바랄 수 없다.

(나) 내부의 미세한 균열까지 완전히 주입해야 하는 구조물에 있어서 완전 주입을 기대할 수 없는 경우가 있다.

(다) 주입시 균열에 흙, 유리석회 등이 부착되어 있는 경우에는 콘크리트와 충분한 접착을 갖지 못하므로 구조체로서의 연속성, 특히 인장응력을 받는 부분의 역학적인 연속성의 복원을 기대하기가 곤란하다.

이와 같이 수지주입에 의한 강성과 강도의 완전회복은 곤란하지만, 내하력과 사용성의 회복에는 어느 정도 효과가 있는 것으로 밝혀져 다음과 같은 경우에 주로 사용된다.

(가) 콘크리트 구조물의 균열보수

(나) 콘크리트 결함부의 주입보강

(다) 의 간극주입

(라) 앵커 볼트의 간극주입

(마) 콘크리트와 철근의 간극부분 주입

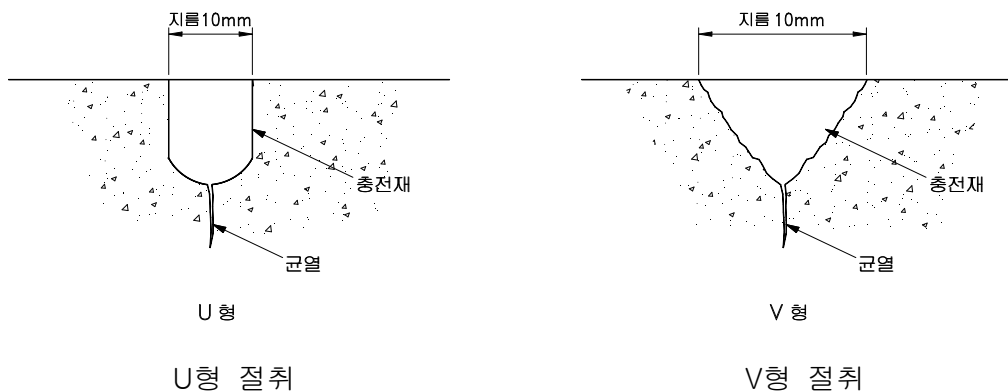
② 간접(저속·저압)주입공법

직접(고속·고압) 주입공법은 시일재 사이로 수지가 노출되기 쉽고 깊숙한 부위에 주입재가 도달하기 전에 입구 가까운 얇은 곳에서 확산해 버리는 결점이 있다.

저압·저속 주입공법은 확실하게 주입되는 반면 숙련을 요하고 시간이 오래 걸리므로 작업성이 오래 걸리는 결점이 있다. 또한 직접(고속·고압) 주입공법은 시공자가 수지가 얼마만큼 주입되었는지 알 수 없을 뿐만 아니라, 숙련된 기능공이나 작업원의 감각에 의해 의존하는 방법이므로 균열부에 완전히 주입하는 것이 어려우며, 재차 균열이 발생하여 보수를 반복하는 결점이 있어 이러한 문제를 보완한 공법이 간접(저속·저압) 주입공법(BICS : Balloon Injection for Concrete Structure)이다.

(3) 충전공법

충전공법은 균열의 폭이 0.5mm 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로, 균열을 따라 몰탈 마감 또는 콘크리트를 절단하여, 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근이 부식되어 있는 경우와 부식되지 않은 경우에 따라 보수방법을 구분하여 적용한다. 또한, 충전공법에 사용되는 충전 재료에 따라서는 U커트 실링재 충전공법, 결함부위 에폭시수지모르타르 충전공법 그리고 결함부위 폴리머 시멘트모르타르 충전공법 등이 있다.



[해설 그림 9.7.6] 충전공법 개요도

① 적용부위

- (가) 균열폭이 0.5mm 이상인 대형균열 발생 부위
- (나) 수밀성과 내구성이 요구되는 부위
- (다) 균열의 깊이(보통 10~50mm)가 깊지 않은 부위
- (라) 비구조적인 균열이 발생된 부위

② 유의사항

- (가) 철근의 부식여부에 따라 적절한 충전재료를 사용
- (나) 균열의 크기와 깊이에 따라 폭 10~50mm, 깊이 10~50mm 정도의 U형 절취 또는 V형 절취를 실시

4. 단면보강공법

구조물의 내하력부족으로 구조적균열, 부재의 변형 등이 발생할 경우 내하력을 증진시켜 구조물의 안전성 및 내하력 확보를 위한 공법이며, 보강재의 보강방법에 따라 분류하면 다음과 같다.

(1) 표면부착공법

내하력 보강재를 콘크리트 표면에 에폭시수지, 앵커 등으로 접착(부착)시키는 공법이다.

- ① 강판부착공법 : 주입공법, 압착공법
- ② 섬유부착공법 : 탄소섬유, 유리섬유, 아라미드 섬유 등
- ③ 패널부착공법 : 탄소패널, 유리섬유패널, 아라미드섬유 패널 등

(2) 보강재 매입공법

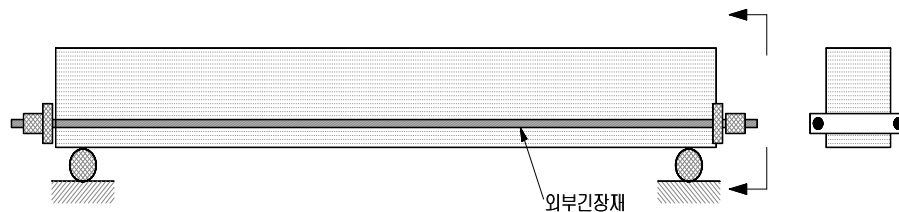
내하력 보강재를 콘크리트 표면을 치핑 또는 홈파기를 하여 봉형태 또는 막대형태의 보강재를 매입후 특수 모르타르로 복원시키는 공법이다.

(3) 단면증설공법

내하력 보강을 위해 기존 단면에 철근을 배근후 단면을 증설하는 공법으로 단면의 확대로 사용공간 축소 등의 단점이 있다.

(4) 프리스트레싱 도입 공법

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



[해설 그림 9.7.7] 프리스트레싱 공법 개요도

《참고사항》

1. 구조물 보수 · 보강공법의 최신기술

최근의 구조물 보수 · 보강기술은 계속 새로운 기술이 양산되고 있다. 본 해설서에서는 최근 기술의 동향을 파악하기 위해 각 업체에서 수집한 자료를 기초로 공법별 개요를 간략히 소개코자 한다.

본 해설서에 소개된 공법은 단지 실무에 참고용으로 사용되어야 할 것이며, 실제 실무에 적용시에는 현장 여건 및 구조물의 특성, 내구성 및 기능성 등과 더불어 각각의 효과, 위해성, 시공성 및 경제성 등의 특징을 면밀히 검토하여 가장 적절한 공법이 선정되어야 한다.

(1) 표면처리 및 단면보수공법

① HWD 공법

(가) 공법개요

고수밀성의 콘크리트 단면 복구재를 이용하여 콘크리트의 내구성 저하 원인이 되는 대기 중의 유해 성분이나 이산화탄소, 수분 등이 콘크리트 속으로 침투하는 것을 근본적으로 차단하여 콘크리트의 내구성을 증진시키는 콘크리트 단면 복구 보수공법

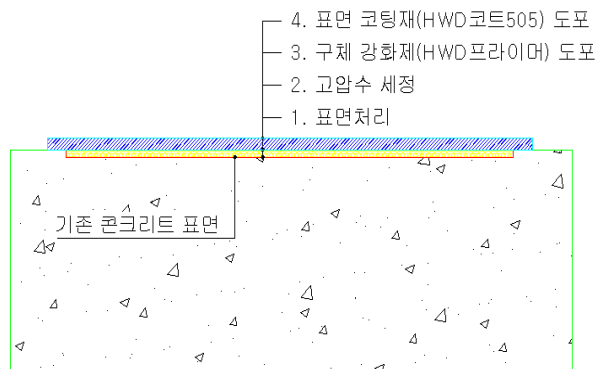
(나) 장점

- 고수밀성으로 내구성 저하의 원인이 되는 유해성분, 이산화탄소, 수분 침투방지
- 고내구성으로 콘크리트 모체의 열화 진행 방지 및 내구연한 증진
- 중성화 저항성, 동결융해저항성, 염소이온 침투저항성, 내화학적 우수
- 콘크리트 모체와의 높은 부착성으로 모체와의 일체성 확보
- 용도에 따른 다양한 보조공법과 호환성 우수

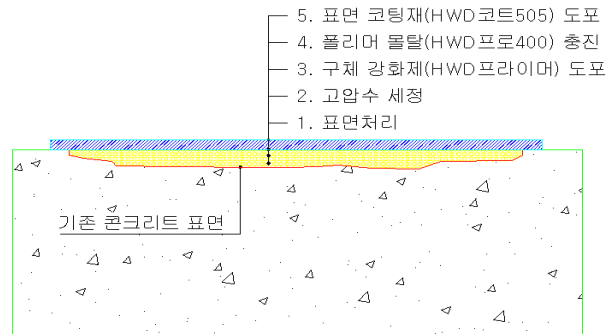
(다) 단점

- 시공전처리가 필요
- 최근공법으로 실적이 다소 적음

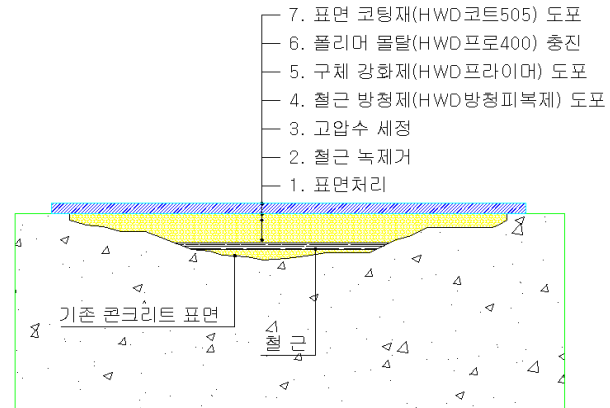
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

② MA 공법

(가) 공법개요

시알레이트계 무기폴리머 모르타르와 폴르오르화 무기폴리머 보호 코팅재를 이용한 고 내산성 콘크리트 단면 보수공법

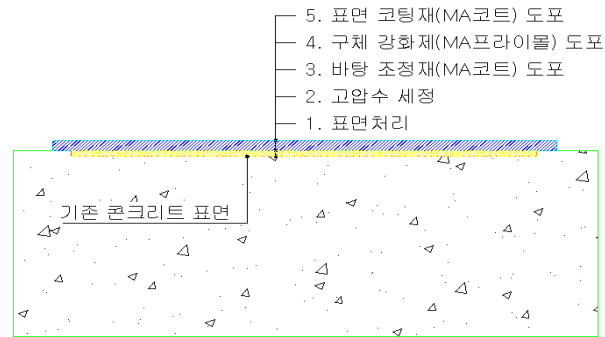
(나) 장점

- 내산성, 내화학적, 내황산염 저항성 우수
- 산성 환경에 대한 내부식성 우수
- 화학적 침식작용 억제 및 차단으로 구조물의 수명연장
- 유기용재를 사용하지 않아 환경친화형 시공
- 무기계 재료로써 모체와 일체거동

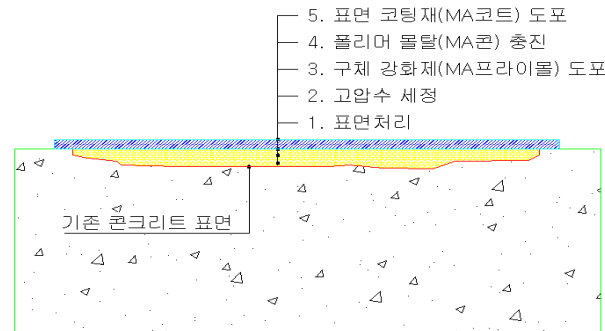
(다) 단점

- 시공전문가 필요

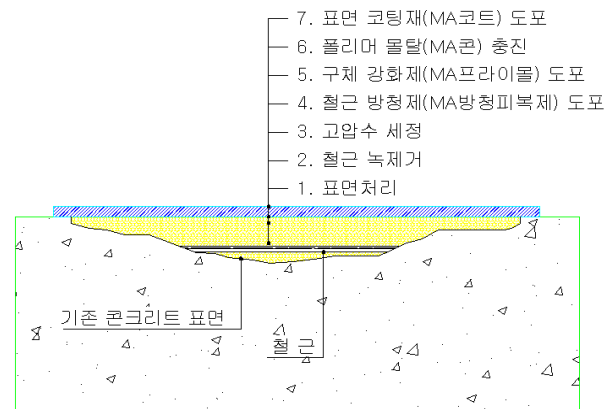
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

③ 리폼시스템 공법

(가) 공법개요

구상형 용융슬래그 골재와 CORE-CELL 중합반응 수성아크릴계 폴리머를 사용하는 고성능 폴리머 시멘트를 이용하여 손상된 RC구조물을 보수하는 공법

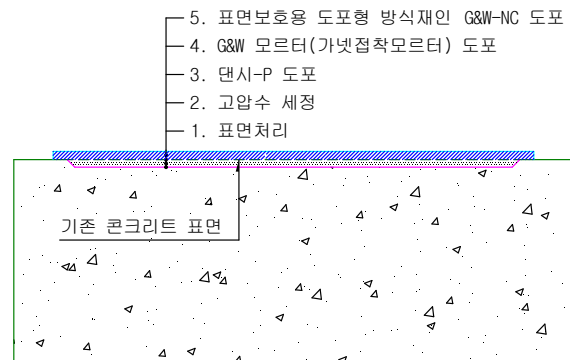
(나) 장점

- 습윤면 부착강도 우수
- 기존 Con'c 물성치와 유사
- 비교적 공정이 간단하여 시공성, 작업성 우수
- 수밀성, 내화학적, 내마모성 우수
- 투습성 및 통기성 확보
- 균열발생 억제 가능
- 암거 시공실적 많음

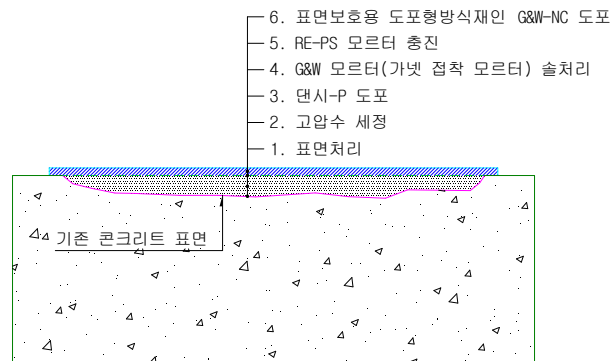
(다) 단점

- 5℃ 이하 작업에 어려움
- 전문시공 필요

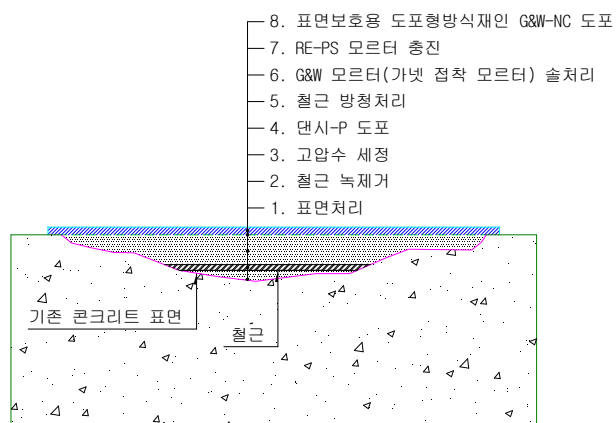
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

④ 레미가드 공법

(가) 공법개요

[Mg/Al/OH]층 사이에 NO₂⁻의 음이온을 적층시킨 아질산계 하이드로탈 사이트를 혼입하여 제조한 철근부식제 기능을 지닌 단면복구 몰탈을 고압의 밀폐형 건·습식 복합분체 이송·압송장치에 의해 스프레이를 이용하여 손상된 RC구조물을 보수하는 공법

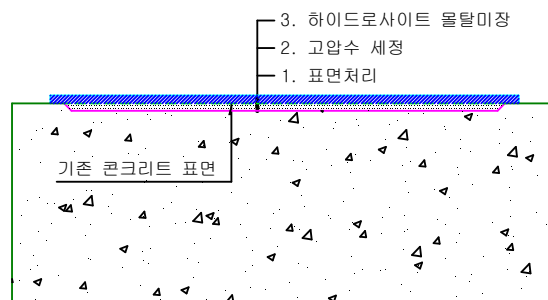
(나) 장점

- 중성화, 염해 및 화해된 환경 하에서 단면복구 모르타르가 물리적 · 화학적 복합장벽을 형성하여 철근부식에 대한 억제기능 향상
- 최대보수 시공반경 200m
- 대형 보수공사현장에 적합한 연속시공 단면복구 보수공법
- 인력절감
- 고압스프레이에 의한 부착강도 우수

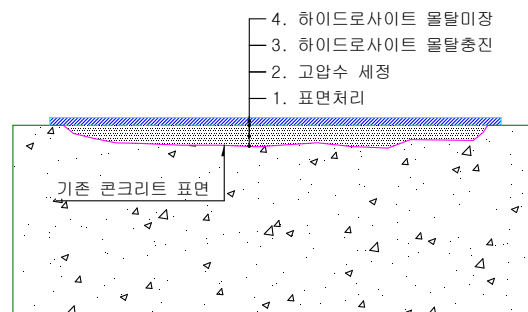
(다) 단점

- 대형 전력장비 필요 (고압스프레이)
- 리바운드로 인한 재료의 손실
- 탈리 발생 가능성
- 습윤면의 부착에 다소 어려움

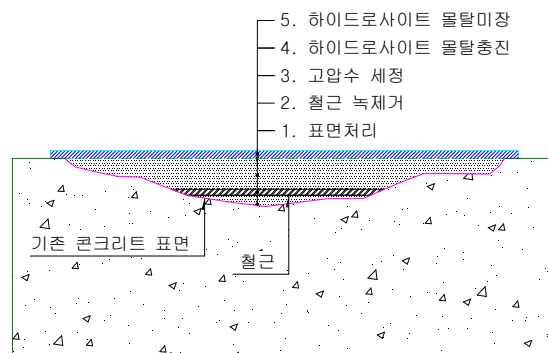
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑤ 리노시스템 공법

(가) 공법개요

알콕시 실란계 무기질 폴리머가 혼합된 표면처리제(세라탑)와 표면개질처리된 섬유 및 3원계 폴리머가 함유된 난용성 충정용 모르타(리노몰탈)를 이용하여 손상된 RC구조물을 보수하는 공법

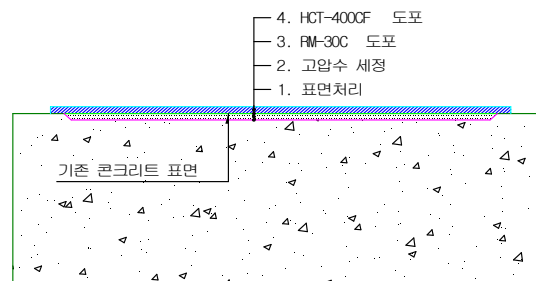
(나) 장점

- 내화학적, 내약품성, 내충격성이 우수
- 비교적 공정이 단순하여 시공성, 작업성 우수
- 투습성 및 통기성 확보
- 무기계 재료로서 모체와 일체거동

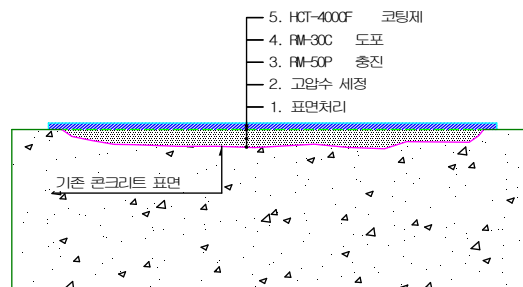
(다) 단점

- 습윤면의 부착이 어려움
- 시공실적이 타공법에 비해 적음
- 발수성 계면처리제에 의해 충전 모르타르의 부착력 감소

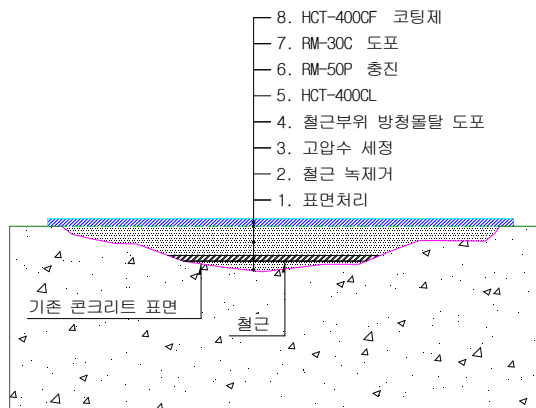
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑥ 프로리트 공법

(가) 개요

알카리 부여성 리튬금속염 화합물과 실란화합물로 구성된 표면처리재를 사용하여 손상된 RC 구조물의 보수하는 공법

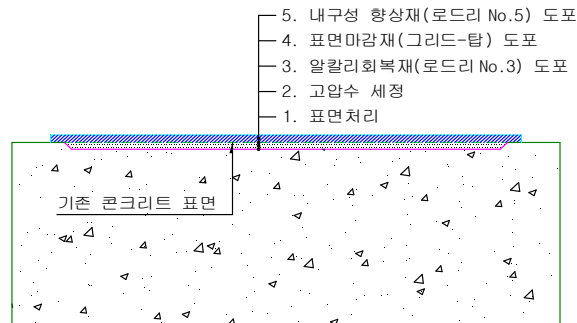
(나) 장점

- 기능복합형 소재 사용으로 양생기간 단축과 공정의 단순화를 꾀함
- 열화부의 알칼리 회복
- 염분제어 기능부여
- 공정 단순화에 의해 경제성 확보

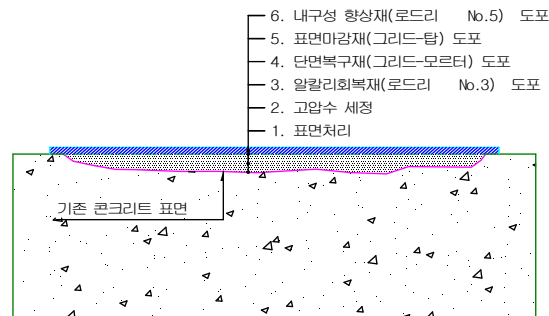
(다) 단점

- 습윤면에 대한 시공실적이 적음
- 알칼리 회복재 도포에 의해 충전모르터의 부착력 감소
- 표면마감 발수재의 침투깊이 불충분으로 내구성 증진 효과

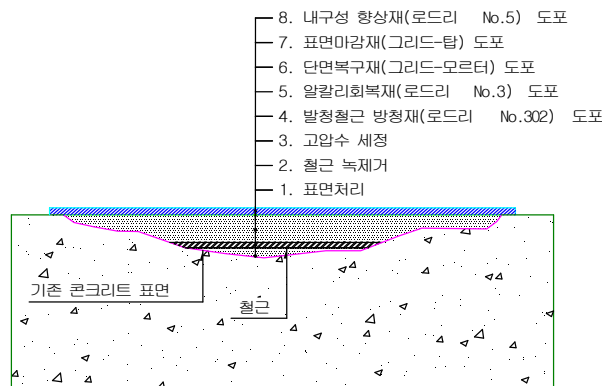
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑦ 리플래시 공법

(가) 공법개요

친수성폴리머와 특수미립시멘트로 구성되고, 무기질 단면피복재 및 항균성개질재와의 복합에 의하여 손상된 RC 구조물을 보수하는 공법

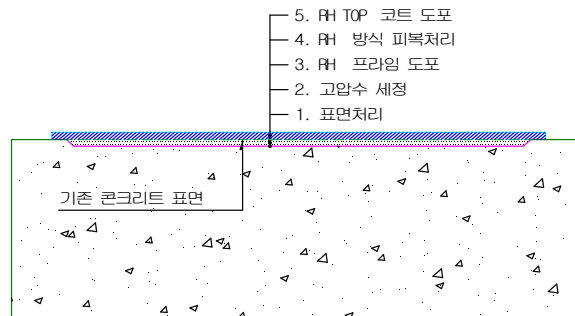
(나) 장점

- 기존 열화된 기존 콘크리트면의 알칼리성 회복, 표면강화
- 부착강도 우수
- 기존 내약품성 우수하며, 인체에 무해함
- 균열부 콘크리트 방청, 중성화방지 기능
- 무기계재료로서 모체와 일체 거동
- 마감색상이 다양함

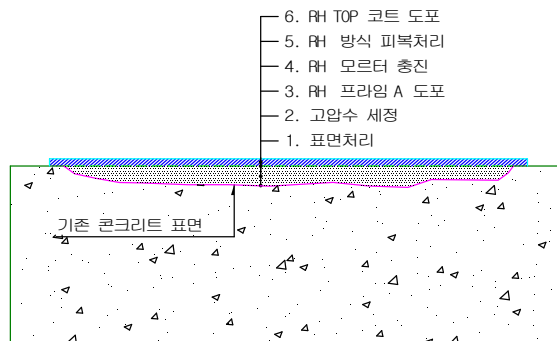
(다) 단점

- 몰탈 탈리 가능성이 있으므로 전문시공 필요

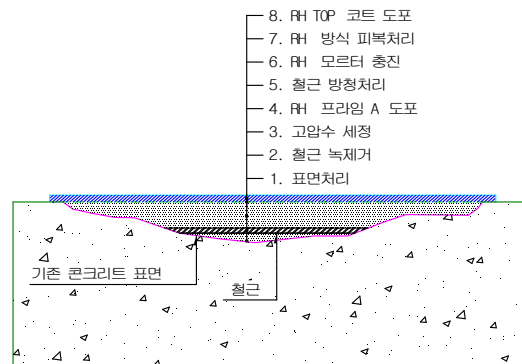
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑧ CROSS 공법

(가) 공법개요

방청복합 알칼리회복제와 아질산계 분말 방청제 혼입 폴리머 시멘트 몰탈을 병용사용하여 중성화 등에 의해 손상된 RC구조물을 보수하는 공법

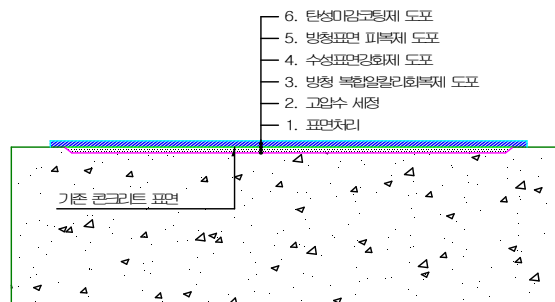
(나) 장점

- 부식철근 아질산 방청성분에 의한 철근 부동태 재생, 방청
- 콘크리트 표면 강화
- 방청표면 피복제, CO₂가스, 산소, 수분 차단
- 환경 친화적인 수성제품

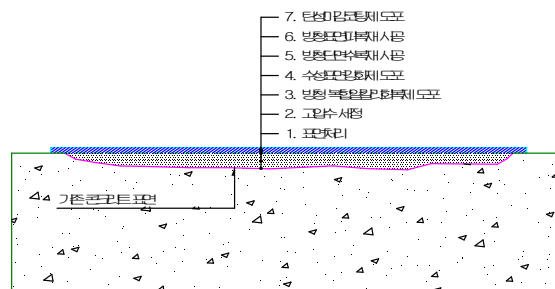
(다) 단점

- 무기계 공법으로 경화시간이 유기계 공법보다 느리므로 초기양생이 중요함
- 공정이 복잡함
- 손미장에 의한 방법으로 천장부위 품질확보가 난이
- 습윤면의 부착이 다소 어려움

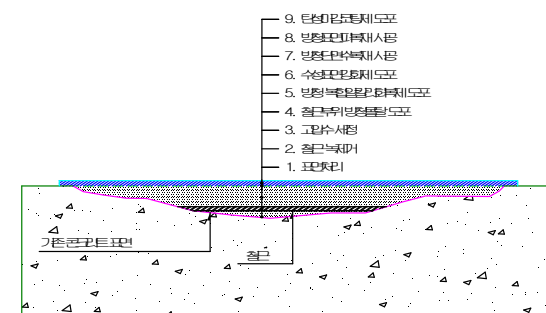
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑨ H.B Protector

(가) 공법개요

일반 콘크리트면 및 열화된 콘크리트면을 대상으로 열화방지 또는 내구성을 연장시키고, 노출 콘크리트의 외장 마감용으로 깨끗하고 차분한 노출 콘크리트의 이미지를 100% 확보할 수 있는 공법

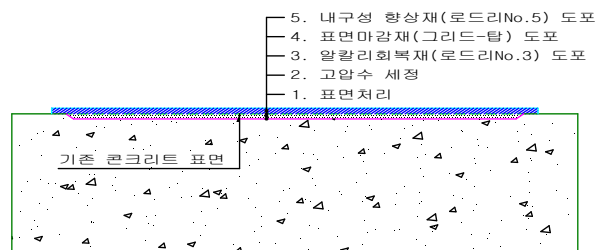
(나) 장점

- 경화시나 경화 후에 수축팽창이 적음
- 동하중 작용시에도 박리현상 발생이 적음
- 시공절차가 간단
- 노출구조물 미관 향상 우수(색상 다양)
- 이중처리 공법에 의한 이중차단 및 내구성 증대 효과(열화방지 효과 우수)
- 방·발수성, 내구성, 내오염성, 통기성 우수

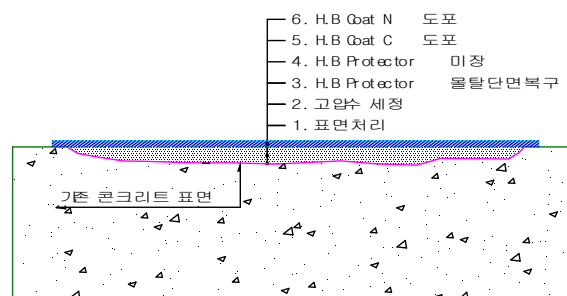
(다) 단점

- 별도의 희석제(액상)가 없어 배합시 물양 조절에 유의해야 함
- 특수몰탈로 온도변화에 민감하므로 자재관리 주의 및 기후조건 고려

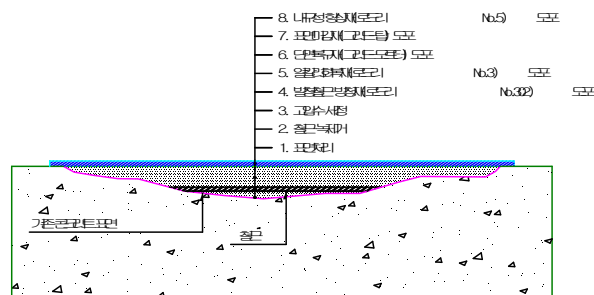
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑩ 리프리트 공법

(가) 공법개요

침투성 알칼리성 회복재 염해방지 기능의 도포형방청재 및 SBR계 폴리머 시멘트 복합체를 화학적 반응으로 손상된 RC구조물을 보수하는 공법

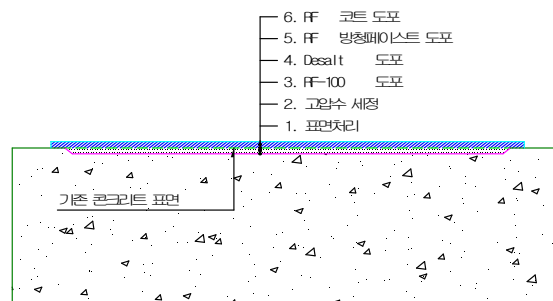
(나) 장점

- 기존 Con'c 물성치와 유사
- 콘크리트 중성화 복원효과
- 수밀성 및 내화학성이 우수
- 방청성, 방수성, 내충격성
- 시공실적 많음

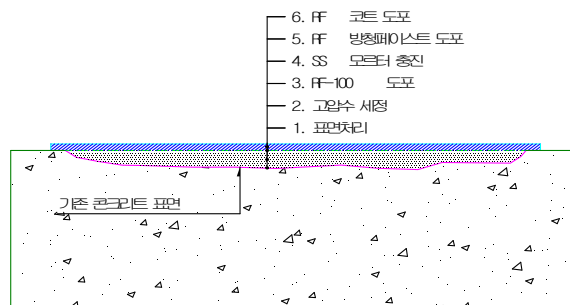
(다) 단점

- 5℃ 이하 작업에 어려움
- 전문시공 필요
- 습윤면의 부착에 다소 어려움

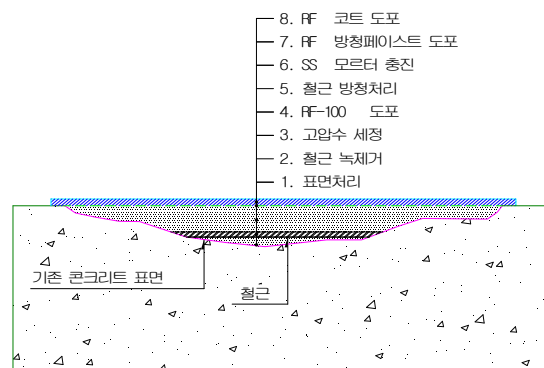
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑪ 에코텍트 공법

(가) 공법개요

천연섬유를 혼합한 단면보수재와 친환경 표면보호제로 분사하는 친환경 공법으로 시공성, 건조 수축 균열 저항성, 내구성, 부착력 등이 우수한 보수 공법

(나) 장점

- 휘발성 유기화합물의 함량을 대폭저감시킨 친환경 도료
- 촉진내후성, 내약품성, 부착력, 내화학적, 내오염성, 균열 저항성 등 우수
- 지식경제부 내구성 20년 인증 (RS KCL 2008 2001)
- 습윤 및 열화된 부재에서도 우수한 접착성 및 단면 회복 우수
- 비교적 공정이 단순하여 시공성, 작업성 우수

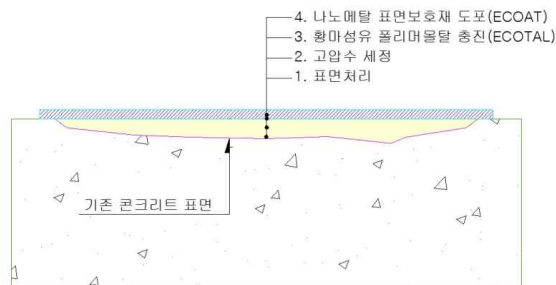
(다) 단점

- 완벽한 시공을 위해서 현장 품질관리가 필요함
- 시공시 온도 및 습도에 유의

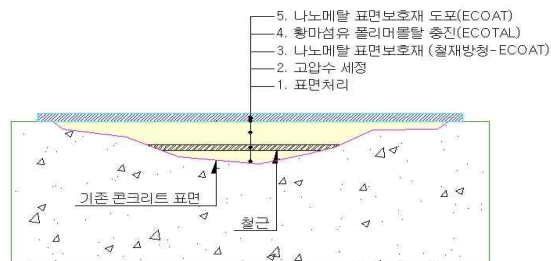
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑫ 프리웨팅 공법

(가) 공법개요

중성화, 염해 및 여러 가지 원인에 의해 손상된 철근 콘크리트 구조물의 단면을 이중 오거방식 믹서 샤프트를 이용한 프리웨팅 스프레이 방식으로 구하고 표면을 발수성 프라이머와 마감 도장재를 사용하여 이중으로 보호하는 기술공법

(나) 장점

- 기계화 시공이므로 공사 기간이 단축
- 표면을 이중으로 보호하기 때문에 구조물의 내구년한을 증진 시킬 수 있음
- 자동재료공급 사일로를 이용하므로 쓰레기등이 발생하지 않음

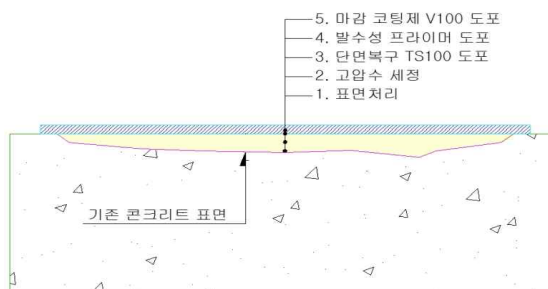
(다) 단점

- 보수면적이 작고 분산된 경우 작업 효율성이 저하된다.
- 부착력 및 강도 저하 우려가 큼
- 기계정비 및 청소시간이 길다 (1일 1시간)
- 습윤면의 부착이 다소 어려움
- 리반운드로 인한 재료의 손실 및 탈락 발생

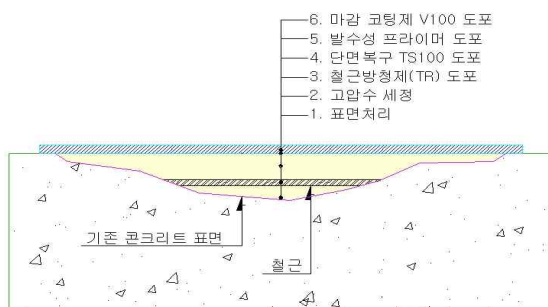
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

⑬ ECC 공법

(가) 공법개요

균열 제어 성능 및 분산성이 탁월하고 고내화성이 탁월하며, 장기간의 피로 및 화재 발생시 화열을 차단하여 모체콘크리트의 폭렬 및 내력저하를 방지하는 성능이우수한 보수공법

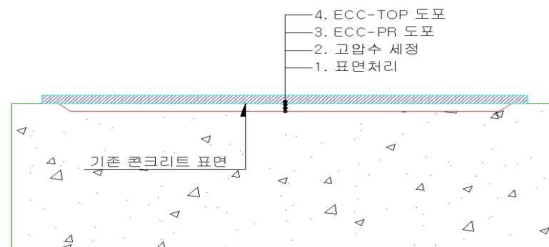
(나) 장점

- 균열에 대한 저항이 크므로 운하중 받는 구조물에 적합함
- 화재발생시 폭렬방지 및 수열온도저감 등의 내화성능이 탁월
- 평상시에는 물질투과저항성 우수, 열화인자의 침투 방지, 구조물 내구성 향상
- 모체콘크리트와의 부착성능이 우수하여 일체화되고, 수축·팽창에 대한 치수 안전성이 높음
- 건조수축 등에 대한 균열 저항성이 우수

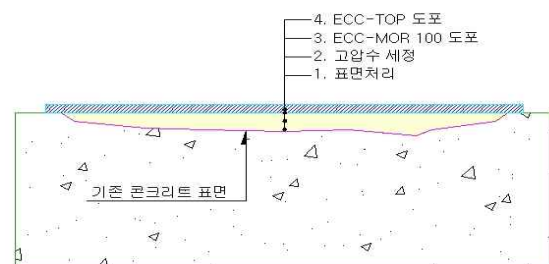
(다) 단점

- 5℃이하에서는 작업곤란
- 재료 특성상 전면 시공이 필요하다
- 보수단면의 소규모 면적과 많은 개소의 분산시 시공성 저하 우려
- 리바운드로 인한 재료의 손실 및 탈락 발생
- 습윤면의 부착이 다소 어렵다
- 스프레이 시공이므로 바람이 강할 때 방풍조치가 필요하다.

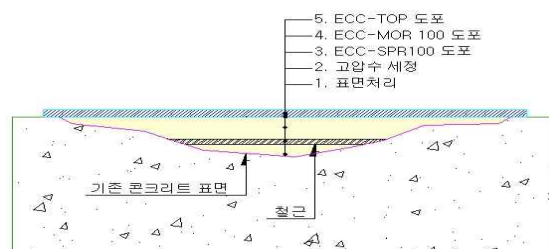
(라) 공정순서



<표면처리 보수시>



<단면복구 보수시>



<철근노출 단면복구 보수시>

(2) 단면보강공법 : 부분보강공법위주

① HWD 보강공법

(가) 공법개요

슬래브 및 벽체에 앵커볼트 설치 후 철근을 고정 배근하고, 폴리머 몰탈로 마감하는 보강공법

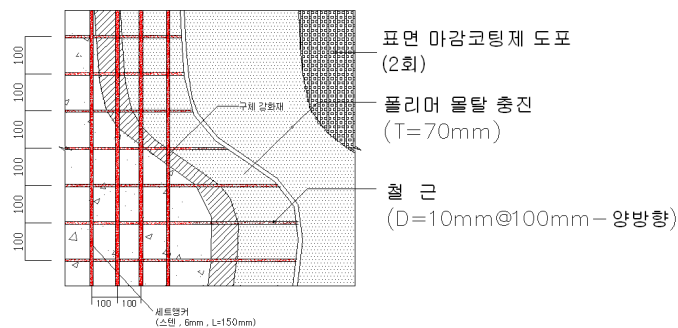
(나) 장점

- 고수밀성으로 내구성 저하의 원인이 되는 유행성분, 이산화탄소, 수분 침투방지
- 앵커볼트 사용으로 모체와의 높은 부착성으로 모체와의 일체성 확보
- 고 내구성으로 콘크리트 모체의 열화 진행 방지 및 내구연한 증진
- 다양한 보조공법과 호환성 우수

(다) 단점

- 시공전문가 필요
- 최근공법으로 실적이 다소 적다

(라) 공정순서



② GSP 보강공법

(가) 공법개요

침투성 알칼리성 회복재 염해방지 기능의 도포형방청재 및 SBR계 폴리머 시멘트 복합체를 화학적으로 Refresh하는 공법

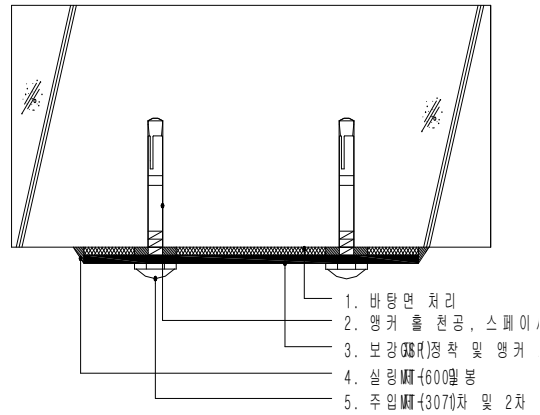
(나) 장점

- 습식 에폭시 접착제 사용으로 인한 습윤면 부착성능 우수
- 보강재 탈락방지로 균일한 보강성능 확보
- 에폭시와 앵커볼트 사용으로 부착성능이 우수
- 모체의 통기성이 우수
- 시공공정이 단순하여 공사기간 단축

(다) 단점

- 전문적인 시공자가 필요

(라) 공정순서



③ 아라미드섬유보강공법

(가) 공법개요

내하력이 부족한 슬래브에 표면처리를 실시한 후 단면증설로 내하력을 향상시키는 공법

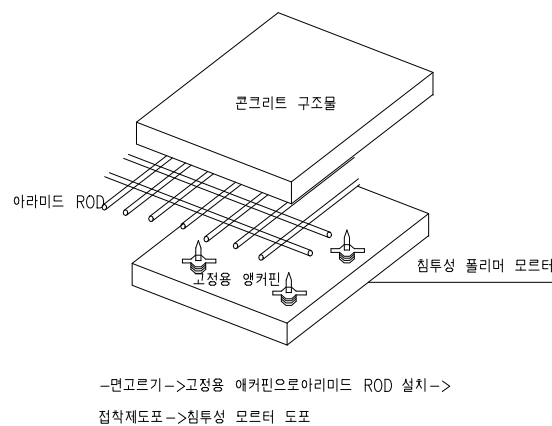
(나) 장점

- 미관이 양호
- 다수의 고정용 앵커로 시공성이 양호
- 높은 내충격성이 있음
- 종횡이 겹침으로 피복두께 감소

(다) 단점

- 시공시 온도 및 습도에 유의해야 함
- 탄성계수가 적음

(라) 공정순서



④ 역사다리꼴 탄소섬유막대 보강공법

(가) 공법개요

매입형 역사다리꼴 탄소섬유막대 보강공법은 기존 콘크리트 구조물에 홈을 파서 보강재를 매입하고 표면에 전용 폴리머계 몰탈로 도포하여 마감하는 공법

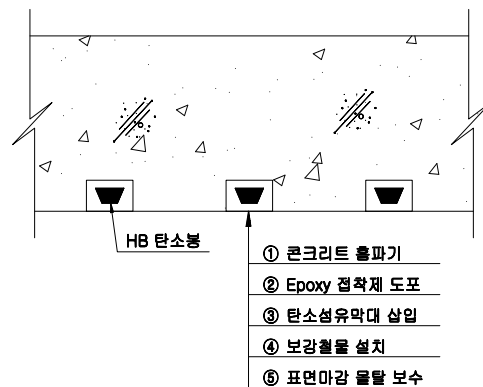
(나) 장점

- 역사다리꼴 모양으로 매입효과가 우수
- 보강효과가 우수
- 콘크리트 속에 매입함으로 미관이 우수
- 부식에 대한 내성이 강함

(다) 단점

- 요철부위 정리면의 상태에 따른 보강효과 변동
- 시공 전 균열보수 및 표면처리 필요시 단면복구 필요
- 기계함침으로 함침기가 필요

(라) 공정순서



⑤ CROS 보강공법

(가) 공법개요

앙카볼트와 철근홀더를 이용하여 철근을 배근하고 방청 복합 알칼리 회복제 등이 혼입된 폴리머몰탈을 이용하여 보강하는 공법

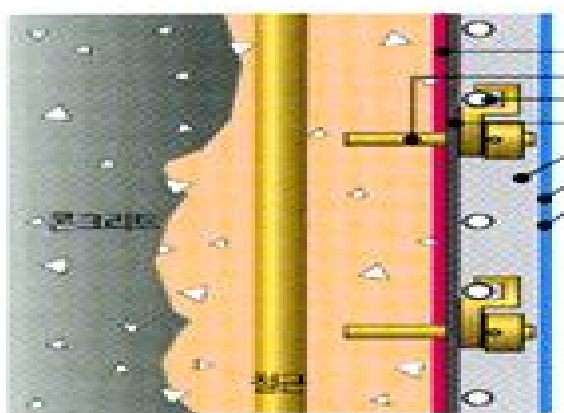
(나) 장점

- 알칼리 회복 및 방청 복합효과
- 방청환경, 부동태 피막 재생

(다) 단점

- 전문적인 시공자가 필요

(라) 공정순서



9.7.3 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

【해설】

1. 전기설비의 점검 및 교체 주기

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

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

[해설 표 9.7.1] 전기설비 점검·교체 추천주기

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

주) 1. 일본전기전설공업협회/전기학회 (1999년)

2. 보통점검(○), 정밀점검(◎)

부 록

A. 과업지시서 예시

B. 사전검토보고서 예시

부록 A

과업지시서 예시

-정밀점검, 정밀안전진단

본 과업지시서 예시는 과업의 제반여건에 따라 변경될 수 있습니다.

정밀안전진단(안전점검) 표준과업지시서

1. 일반조건

1.1 과업명 : ○○하수처리장 정밀안전진단(안전점검)

1.2 과업의 목적

본 과업은 "시설물의 안전관리에 관한 특별법"(이하 "시특법" 이라한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 규정에 의거 실시하는 ○○하수처리장의 정밀안전진단(안전점검)으로서 시설물에 대한 물리적·기능적 결함을 발견하고 구조적 안전성 및 손상상태를 조사하여 재해 및 재난을 예방함과 아울러 시설물의 효율증진과 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.3 과업의 범위

1.3.1 시설물명 : ○○하수처리장

1.3.2 관리주체 : ○○시(군)

1.3.3 위 치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

1.3.4 제 원

- 시설용량 : m³/일
- 준공년도 : 년

1.3.5 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

- 수처리시설물
 - 침사지 및 유입펌프장
 - 유량조정조 및 분배조
 - 최초침전지
 - 포기조
 - 최종침전지
 - 소독조
 - 방류관거 및 방류펌프장 등
- 슬러지처리시설물
 - 농축조
 - 소화조
 - 탈수기동 등
- 부대 및 기타시설물
 - 수처리시설
 - 슬러지처리시설
 - 부대시설물 등

1.4 과업내용

[정밀안전진단]

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

[안전점검]

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가(선택과업 반영 시)
- 5) 보수·보강방법 제시(선택과업 반영 시)
- 6) 보고서 작성

1.5 주요업무의 사전승인 등

계약상대자는 다음사항에 대해서는 사전에 관리주체의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

- 1) 과업수행계획서 및 착수신고서의 내용변경
- 2) 기본계획을 포함한 주요내용 및 방침의 설정 또는 변경
- 3) 기타 감독원의 지시나 계약상대자의 판단에 따라 승인 받아야 할 사항

1.6 과업수행 및 공정보고

1.6.1 착수신고서 제출

- 1) 계약상대자가 과업착수 시 제출할 착수신고서와 착수신고서에 포함하여 제출할 서류의 내용과 서식은 다음 각 호와 같다.
 - ㉠ 착수신고서
 - ㉡ 사업수행계획서
 - ㉢ 인력 및 장비 투입계획서
 - ㉣ 세부공정계획서
 - ㉤ 사업책임기술자 선임신고서
 - ㉥ 사업수행 조직표
 - ㉦ 안전관리계획서
 - ㉧ 사전검토 보고서
- 2) 계약상대자는 당해 시설물의 설계도서 등 유지관리 자료와 과업지시서 등이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하여 용역 착수일로부터 15일 이내에 관리주체에게 서면으로 보고하고 그 방침을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다. 다만, 용역업무의 특수성 등으로 인하여 별도로 기간을 정할 경우에는 그 기간으로 한다.
- 3) 설계도서 등의 사전검토를 거쳐 관리주체의 방침을 받은 결과를 반영한 과업수행계획서를 작성하여 관리주체에게 서면으로 보고하고 승인을 받아 용역 업

무를 진행하여야 한다.

- 4) 설계도서 등의 사전검토 보고서와 과업수행계획서에 관한 일체의 서류는 정밀 안전진단(안전점검) 실시결과 보고서에 수록하여야 한다.
- 5) 계약상대자는 상기 1.6.1항의 착수신고 서류 ○부를 관리주체에 제출하여야 한다.

1.6.2 공정보고

계약상대자는 과업수행기간 중 다음사항을 포함한 월간진도보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 책임기술자의 확인을 받아 관리주체에 제출하여야 한다.

- 1) 과업추진내용 및 공정현황
- 2) 과업수행 상 중요 문제점 및 대책
- 3) 참여기술자 현황
- 4) 다음 달 과업수행 계획

1.7 법률준수의 의무

계약상대자는 이 과업을 수행함에 있어 관계 법률에 저촉되는 행위로 인한 모든 피해사항에 대하여 책임을 져야 한다.

1.8 안전관리

1.8.1 일반

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 자는 안전은 물론 공공의 안전을 위하여 진단측정장비 및 기기 등을 안전하게 운용하고 작업을 안전하게 수행하도록 안전관리계획을 수립하여야 한다.

1.8.2 정밀안전진단(안전점검) 종사자의 안전

- 1) 정밀안전진단(안전점검)을 실시하는 자는 안전모, 작업복, 작업화와 필요한 경우 청각, 시각 및 안면 보호장비 등을 포함한 개인용 보호장구를 항상 착용하여야 하며 진단(점검)측정장비 및 기기를 항상 최적의 상태로 정비하여야 한다.
- 2) 밀폐된 공간에서의 작업이 필요할 경우에는 유해물질, 가스 및 산소결핍 등에 대한 조사와 대책을 사전에 마련하여야 한다.

1.8.3 공공의 안전

공공의 안전측면에서 관리주체는 시설물의 정밀안전진단(안전점검) 실시기간

동안 교통통제와 작업공간 확보를 위하여 적절한 계획을 수립 시행하여야 한다.

1.9 용어의 해석

과업지시서상의 용어해석에 차이가 있을 경우에는 관리주체와 계약상대자가 상호 협의하여 결정한다.

2. 정밀안전진단(안전점검) 계획 및 세부사항

2.1 정밀안전진단(안전점검) 계획

2.1.1 일 반

진단(점검)계획은 현장에서의 예비조사 후에 수립하며 조사항목은 아래와 같다.

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

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

2.1.2 진단(점검)계획 수립

예비조사 시 수집된 자료의 검토 후 진단(점검)계획을 수립하며 다음 사항이 포함되어야 한다.

- 1) 조사범위 및 항목결정
 - 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 진단(점검)계획에 맞추어 결정
 - 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 별도조사항목 포함
- 2) 기존 진단(점검)자료 검토
 - 기 발견된 결함의 확인을 위해 검토
- 3) 분야별 소요인원 및 구성
 - 분야별 총 소요인원을 판단하여 가용인력을 판단, 투입계획수립
- 4) 재료시험 실시에 대한 적정성여부 판단
- 5) 진단(점검)기간 및 계획된 작업시간 예측
- 6) 진단(점검)범위 및 안전성에 대한 판단
- 7) 진단(점검)장비 선정
 - 재료시험에 대한 장비, 측량장비, 토질·기계·전기 등의 시험장비를 준비

할 때에는 분야별 세부조사항목에 부합되는 장비를 준비한다.

- 접근장비는 육안조사 및 진단(점검)장비에 의한 측정이 가능하도록 사다리, 고무보트, 램프, 잠수장비(수중카메라), 리프트카, 비계, 보조등반장비 등을 준비한다.

- 이러한 장비선정 시에 다음 항목을 고려한다.

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

8) 접근방법 결정

- 수처리 및 슬러지처리 시설물은 항시 물과 접촉하는 시설물이므로 안전을 최우선으로 하는 접근방법을 선정하고 구조물의 수중부위 조사에 보트를 이용할 경우에는 구멍의 착용 등 안전에 유의하며 잠수부를 이용하는 방법을 강구한다.
- 권양기실 하부 등의 조사는 비계, 리프트카, 사다리 설치 등 현장여건에 따라 안전을 고려해 최선의 방법을 선택한다.

9) 점검종사자 안전

- 진단(점검)업무 및 접근방법과 관련하여 점검자는 안전사고 예방에 유의한다.

10) 기타 점검자와 관리주체가 필요하다고 판단되는 사항

2.1.3 과업수행 적용 기준

본 과업은 다음의 현행 규정 및 지침에 의거하여 제반사항을 성실히 이행하여야 한다.

- 1) 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 2) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침
- 3) 콘크리트 구조설계기준
- 4) 콘크리트 표준시방서
- 5) 하수도 시설기준
- 6) 하수도 유지관리지침
- 7) 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 8) 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서
- 9) 기타 관련기준 등

2.2 진단(점검)실시 세부사항

2.2.1 자료수집 및 분석

관리주체가 보존하는 감리보고서, 시설물관리대장 및 설계도서 등 관련서류와 다음에 명시된 자료를 수집하고 검토·분석하여 본 과업의 기초자료로 활용한다.

1) 준공·설계도서

시설물의 준공도서로서 종·평면도, 단면도, 구조물도, 시공상세도, 구조계산서, 수리계산서, 공사시방서 등 시설물의 유지관리에 필요한 도서

2) 시설물관리대장

3) 시공관련 자료

4) 안전점검 및 정밀안전진단 자료

5) 보수·보강공사 자료

2.2.2 현장 조사 및 제반관련 시험 실시

1) 현장조사는 사전에 기존자료를 검토하여 예상되는 각종 손상에 대하여 충분히 이해한 후 현장조사에 임한다.

2) 현장조사는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침(세부지침, 하수처리장편)에 의해 실시하며 대상 구조물에 대한 상세외관조사 및 현장시험을 실시하여 부위(망)별, 부재별로 상태평가에 활용한다.

3) 상세외관조사 시 주요결함이 발견될 경우 이에 대한 안전성 검토를 실시한다.

2.2.3 세부시설별 조사내용 및 유의사항

※ 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위와 기본과업 및 선택과업 구분에 따라 당해 시설물에 해당하는 조사내용 및 유의사항을 선택하여 명시함.

1) 토목구조물

조 사 항 목	조 사 내 용	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/충분리	○ 박락 / 충분리의 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

조 사 항 목	조 사 내 용	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	○ 변색, 부풀림, 탈락 등 도장상태	

3) 기전설비

○ 펌프설비

조 사 항 목	조 사 내 용	비 고
펌프베드 기초불량	○ 기초볼트 이완 및 그라우팅 훼손	
진동 과다 발생	○ 펌프 및 전동기의 진동	
소음 과다 발생	○ 펌프 및 전동기의 소음	

○ 장내 배관

조 사 항 목	조 사 내 용	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	

○ 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

4) 기타 및 유의사항

- 수처리 및 슬러지처리 시설물에 대한 진단(점검)은 가능한 1지씩 지내 배수를 하여 조사하는 것을 원칙으로 하되 양압력에 의한 구조물의 부상, 부등침하 등에 대비하여 지하수위 등 충분한 예비현장조사를 한 후 진단(점검)에 임한다.
- 콘크리트 및 강재 구조물에 대한 노후화를 진단(점검)하기 위하여 구조물의 균열, 박리, 층분리, 박락, 백태, 누수, 철근부식 등 손상상태를 육안정밀조사하고 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 검사한다.
- 콘크리트 구조물에 도장 또는 도막을 한 경우에는 도막상태를 조사한다.
- 구조물의 기계가동 시 진동에 의한 균열 등의 발생여부를 조사한다.
- 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 긴급 차단게이트의 이상여부를 검사한다.
- 침수예방을 위한 Level Gauge의 부식 및 작동상태를 조사한다.
- 시설물의 부등침하 또는 양압력 등에 의한 균열현상 등 및 아래와 같은 중대한 결함이 발견될 시는 영 제12조에 의거 관리주체에게 지체 없이 통보하고

정밀안전진단 여부 등을 판단한다.

- 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
- 경보장치 및 중화장치가 자동적으로 작동하는 가를 점검한다.
- 중화장치에 필요한 가성소다 등 약품의 비치여부를 확인한다.
- 재료의 강도, 상태, 구조부재의 평가 및 외관조사결과를 확인하기 위하여 필요한 비파괴시험을 실시하고 시험보고서를 작성한다.
- 외관조사 결과 외관상으로 노후도가 상당히 진행된 강재에 대한 재료시험은 「지침」에 따라 실시하며 강재의 부식도, 실(Seal)두께 추정치, 용접(접합)부위의 결함상태 등에 대한 강재 비파괴현장시험에 의해 실시하고 시험결과를 기록·정리한다.
- 각 시설물의 전체에 대하여 조사망(Matrix)을 구성하여 각 부재별·부위별 결함의 종류, 노후화의 형태, 크기, 양, 심각한 정도 등을 기록·정리한다.
- 각종 배관에 대한 이음부위 상태와 관체의 부식 및 노후정도, 도장상태, 누수 등의 배관손상 대한 조사를 실시한다.
- 펌프 및 염소재해설비에 대한 외관검사 및 작동상태, 소음, 진동에 대해 조사한다.
- 펌프토출 측에 수격압방지시설이 있는 경우는 시설의 정상작동 여부 및 외관검사를 통하여 시설의 노후도, 부식도 등을 검사한다.
- 배수펌프의 설치 유무를 점검한다.
- 크레인 또는 호이스트의 레일, 지지기둥, 로프 등의 손상상태를 점검한다.
- 필요하다고 판단될 경우 현장시험을 실시하여 기계·전기설비의 손상상태와 노후도 상태를 평가하고 시험보고서를 작성한다.
- 관리동, 유입펌프장 및 송풍기동 등의 건축물에 대한 점검은 건축 및 지하구조분야 기술자가 실시하며 건축물 또는 지하구조물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 따른다.
- 하수처리장 시설물의 안전에 직접 영향을 미치는 부대 및 기타 시설물은 관리주체와 협의하여 필요하다고 판단되는 경우에는 진단(점검)을 실시한다.
- 펌프의 소음측정은 펌프의 작동시험을 시행하여 펌프의 부하측, 반부하측 및 모터 반부하측을 기준으로 수평거리 1m에서 측정한다.
- 배관 등의 진동측정은 펌프의 작동시험을 시행하여 기기의 진동측정 회수는 펌프의 부하측 및 반부하측을 수직, 수평, 축방향에 대하여 측정한다.
- 각종 배관 중 부식발생 우려가 높거나 관 내압이 크게 작용하는 배관에 대해서는 관의 두께가 소요두께 이상을 확보하고 있는지를 확인하기 위한 배관두께(초음파 탐상)를 측정한다.
- 크레인 및 호이스트 등의 권양와이어의 단면감소와 소선절단 상태를 조사한다.
- 염소 저장·중화 장치 및 배관, 가스 포집·저장·공급 장치 및 배관 등의 가스누출 여부를 검사한다.

- 각종 기기의 작동시험을 실시하여야 할 주요 기기로는 각종 펌프·밸브, 긴급차단게이트, 방류수문, 염소중화정보장치, 가스밸브, 크레인 및 호이스트 등으로서 이들의 기기에 대한 작동시험을 실시한다.

2.2.4 선택과업

선택과업은 과업수행 전 계약상대자와 합동으로 실시한 사전조사 결과에 따라 조사항목을 선정하며 과업수행 중에 발생하는 항목은 협의하여 추진한다.

2.2.5 상태평가

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

정밀안전진단에서는 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 정밀안전진단(안전점검)을 실시한 자는 외관조사 결과를 정밀안전진단(안전점검)서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

(정밀점검에서는 기본시설물에 대하여 점검하고 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 정밀안전진단(안전점검) 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.)

2.2.6 안전성평가(안전점검의 경우 선택과업)

책임기술자는 계측 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

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

2.2.7 종합평가 및 안전등급 지정

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

다만 정밀안전진단(안전점검) 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2.2.8 보수·보강방법(안전점검의 경우 선택과업)

1) 일반

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 상세히 검토하고 발생한 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

2) 보수·보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여야 하며, 이를 위해 본 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

3) 보수·보강의 수준의 결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

4) 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정 시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고 또한, 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단(점검) 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

5) 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

6) 유지관리 방안 제시(선택과업)

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리 하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

3. 보고서 작성 방법

3.1 일반

정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서는 시설물 관리주체의 유지관리업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 과업내용을 중심으로 작성·제출하여야 하며 세부적인 작성 방법은 세부지침을 참조한다.

3.2 정밀점검보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀점검의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀점검을 실시한 기관의 장)
- 정밀점검 결과표(안전등급)
- 시설물 현황표
- 참여 기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀점검 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀점검의 개요

정밀점검의 범위와 과업내용 등 정밀점검 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

- 점검의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 점검의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 기기 현황
- 점검 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀점검의 관련 자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 기본시설물 또는 주요부재별 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석
- 재료시험 및 측정 결과분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 상태평가 결과의 작성 방법은 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 대상 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과 결정
- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

6) 안전등급 지정

정밀점검 실시결과 상태평가 및 안전성평가(필요시) 등을 종합적으로 평가하여 제11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

7) 시설물의 안전성 평가(필요한 경우 추가로 실시)

안전점검 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강 시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 시행방법을 검토

8) 종합결론 및 건의

- 정밀점검 실시결과의 종합결론
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부
- 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

9) 부록

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

- 기타 참고자료

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

3.3 정밀안전진단보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀안전진단의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀안전진단을 실시한 기관의 장)
- 정밀안전진단 결과표(안전등급)
- 시설물 현황표
- 참여 기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀안전진단 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀안전진단의 개요

정밀안전진단의 범위와 과업내용 등 정밀안전진단 계획 및 실시와 관련된 주요 사항을 기술한다.

- 진단의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 진단의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 시험기기 현황
- 진단 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀안전진단의 관련 자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력 및 용도변경
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 전체 시설물 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석
- 재료시험 · 측정결과의 분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 시설물의 상태평가 결과를 작성하며 작성 방법은 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가
- 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결정

6) 시설물의 안전성평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 재료시험 등의 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 내(하)력, 사용성 등을 검토하고 시설물의 구조적, 기능적 안전성을 평가한다.

- 현장 재하시험 및 계측 결과분석
- 지형, 지질, 지반, 토질조사 등의 결과분석
- 시설물의 변위, 거동 등의 측정결과 분석
- 시설물의 구조해석 및 구조계산을 통한 분석결과
- 수문, 수리 등 해석결과 및 분석 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)
- 시설물의 내(하)력 평가
- 시설물의 내진성능, 사용성 평가 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)
- 정밀안전진단 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강 시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 구조안전성 평가 포함 시행
- 시설물의 안전성평가 결정

안전성평가 작성 방법은 세부지침의 제9장에서 기술한 내용을 따른다.

7) 종합평가

- 시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과의 결정
- 종합평가 작성 방법은 세부지침의 제10장에서 기술한 내용을 따른다.

8) 안전등급 지정

정밀안전진단 실시결과 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 제 11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

9) 보수·보강 방법

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과에 따라 손상 및 결함이 있는 부위 또는 부재에 대하여 적용할 보수·보강 방법을 제시함.

(내진성능 평가 후 내진능력 부족시의 경우를 포함)

- 보수·보강방법에 대한 개요, 시공방법, 시공 시 주의사항 등
- 당해 시설물의 유지관리를 위한 요령, 대책 등

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리 하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

10) 종합결론 및 건의사항

- 정밀안전진단 실시결과의 종합결론
- 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

11) 부록

- 과업지시서
- 외관조사망도
- 구조해석 모델링 및 수치해석 자료 (입출력자료는 e-보고서에 포함)
- 측정·시험·계측 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 안전성평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체 (사전검토 보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)
- 기타 참고자료

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

4. 성과품 납품목록

이 과업과 관련한 성과품은 다음과 같으며 이에 대한 지불은 산출내역서상의 계약금액으로 한다.

- 1) 정밀안전진단(안전점검)보고서(부록포함) : 20부(안전점검의 경우 10부)
- 2) CD보고서 : 5부
- 3) 사진첩 : 3부

부록 B

사전검토 보고서 예시

정밀안전진단(안전점검) 사전검토 보고서

1. 과업명 : ○○하수처리장 정밀안전진단(안전점검)

2. 배경 및 목적

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침(국토해양부고시 제2008-838호, 2008. 12.31)의 3.1.4항 및 3.9.2항에 따라 과업대상 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서 내용이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지 여부를 검토하고, 그 결과를 관리주체에 보고하고 과업수행계획서에 수록하고자 함

3. 과업의 범위

3.1 시설물 명 : ○○하수처리장

3.2 위 치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

4. 사전검토 내용

4.1 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

구 분	시설물명	지침 및 세부지침 상 점검 및 진단 실시범위			금회 실시범위	선택 또는 제외 사유
		정기 점검	정밀 점검	정밀 안전진단		
기본 시설물	◦ 수처리시설물	○	○	○	○	
	◦ 슬러지처리시설물	○	○	○	○	
	◦ 기계·전기설비	○	○	○	○	
부대 시설물	◦ 관리동 등 건축물	○			○	관리동이 시특법상 1종시설물에 해당
	◦ 옹벽	○				
	◦ 절·성토사면	○			○	
	◦ 장내 관거	○				
	◦ 장내 교량	○				
기타 시설물	◦ 방호시설	○				

4.2 정밀안전진단(안전점검) 유지관리자료 보유 현황 검토

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서		
	◦ 설계도면 - 공통 - 토목 - 건축 - 기계·전기설비		
시설물 관리대장	◦ 기본현황 ◦ 상제제원 ◦ 유지관리 이력		
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록 ◦ 하수처리 운영기록		
안전점검 및 정밀안전진단 자료			
보수보강 자료			

4.3 정밀안전진단(안전점검) 과업의 범위

[표 1.1] 정밀점검일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용	
자료수집 및 분석	•설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토·분석	○전동	
현장조사 및 시험	•외관조사 및 외관조사망도 작성 •간단한 현장 재료시험 등 - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○콘크리트 시험 -반발경도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○철근탐사시험	
상태평가	•외관조사 결과분석 •재료시험 결과 분석 •대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 •시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정)	○전동	
안전성평가	-		
보수·보강 방법	-		
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○전동	
과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	•구조·수리계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성(도면이 없는 경우)		
현장조사 및 시험	•전체부재에 대한 외관조사망도 작성 •시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •조사부위 표면청소 •마감재의 해체 및 복구 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성 평가 등에 필요한 조사시험	○콘크리트 시험 - 코어채취 - 연하물함유량 - 실내시험 등 ○강재조사·시험 - 도막두께측정	○ ○ ○ ○
상태평가	-		
안전성평가	•필요한 부위의 구조·수리해석 등 안전성평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가		
보수·보강 방법	•보수·보강 방법 제시		

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용
자료수집 및 분석	•설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토·분석	○전동
현장조사 및 시험	•전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 ◦현장 재료시험 등 - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물함유량시험 - 강재 시험 : 강재 비파괴시험 ◦기계·전기설비 및 계측시설의 작동 유무	○ 전체부재 외관조사 및 외관조사망도 작성 ○ 콘크리트 시험 -반발경도시험 -초음파전달속도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○ 철근탐사시험 ○ 강재(수문) 조사 -도막두께측정 -수문의 작동상태
상태평가	•외관조사 결과분석 •현장시험 및 재료시험 결과분석 •콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 •부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견	○전동
안전성평가	•조사, 시험, 측정결과의 분석 •기존의 구조계산서 또는 안전성 평가자료 검토·분석 •내하력 및 구조 안전성평가 •시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	○전동
종합평가	•시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 •안전등급 지정	○전동
보수·보강 방법	•보수·보강 방법 제시	○전동
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○전동

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우(계속)

과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	•구조·수리계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성(도면이 없는 경우)		
현장조사 및 시험	•시료채취 및 실내시험 •지형·지질·지반조사 및 탐사, 토질조사 •수중조사 •누수탐사 •침하, 변위, 거동 등의 측정 •콘크리트 제체 시추조사 •수리·수격압 조사 •시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •기계·전기설비 및 계측시설의 성능검사 또는 시험계측 •기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험 •기타 관리주체의 추가요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험	○ 콘크리트 시험 -코어채취 -실내시험 등 ○ 지반 및 토질조사 ○ 수중조사 ○ 기계, 전기설비 조사 - 수문 및 권양기 - 수문 작동시험 ○ 계측기 상태조사 -실내시험 등 ○ 강재 용접부위 조사 -초음파두께측정 -자분탐상	○ ○ ○ ○ × × ○
안전성평가	•구조·수리해석 •구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 •내진성능 평가 및 사용성 평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가	○ 구조적 안전성평가 ○ 구조물 내진성능평가	× ×
보수·보강 방법	•내진보강 방안 제시 •시설물 유지관리 방안 제시	○ 구조물 내진보강 방안 제시 ○ 시설물 유지관리 방안 제시	× ×

4.4 정밀안전진단(안전점검) 기본과업 재료시험 수량

[표 2.1] 정밀점검의 경우

구 분	세부지침 기준		금회 수량	비고
	기 준 수 량	산출수량		
반발경도 시험	대상시설물수 × 2개소			
탄산화깊이 측정	대상시설물수 × 1개소			
균열깊이 조사	책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정			
가스누출	점검기간 중 1회 이상			

[표 2.2] 정밀안전진단의 경우

구 분	세부지침 기준		금회 수량	비고
	기 준 수 량	산출수량		
반발경도 시험	대상시설물수 × 6개소			
초음파진달 속도시험	대상시설물수 × 6개소			
철근탐사 시험	대상시설물수 × 부재별 대표부재 수 × 1개소			
탄산화깊이 측정	대상시설물수 × 1개소			
철근부식도 시험	책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정			
균열깊이 조사	책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정			
강재초음파 두께측정	책임기술자 판단에 의해 기준수량 결정			
가스누출	진단기간 중 1회 이상			
각종 기기 작동시험	진단기간 중 1회 이상			

4.5 기타 사항

5. 결론

[정밀점검의 경우 예시]

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

[정밀안전진단의 경우 예시]

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

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

- 현장조사 및 시험
 - 기계·전기설비조사
 - 계측기 상태조사
- 안전성평가
 - 구조적 안전성
 - 구조물 내진성능평가
- 보수·보강방법
 - 구조물 내진보강방안
 - 시설물 유지관리 방안 제시

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(하수처리장)

발행 한국시설안전공단

2012년 12월 일 초판

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

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

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

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