

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

3.2 외 관조사

3.3 내구성 시험

제3장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

현장조사는 각 대상 시설물을 부재별로 구분하여 외관조사와 내구성조사(강도, 탄산화, 철근탐사)을 실시하였다.

외관조사는 대상시설물에 대한 최소한의 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라 변화되는 결함의 발견 및 변화상태 등을 추적하기 위한 것으로서 가장 기본이 되는 과업이다.

내구성조사는 시설물에 열화 손상이 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부 판정을 하며, 아직 열화 손상이 없거나 경미한 시설물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

3.2 외관조사

3.2.1 외관조사 개요

하수처리시설에 대한 외관조사는 시설물의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성을 판단함을 목적으로 부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 상태에서 육안조사를 실시함을 원칙으로 하였다. 따라서, 사전 현장답사를 통해 주변 여건을 파악하여 현장 접근에 필요한 접근방법과 일정계획을 수립하고, 기초자료의 수집 및 분석을 통한 주요 손상을 파악하는 등의 사전검토를 통하여 주요 손상을 파악한 후 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-하수처리장편(2010.12, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령에 따라 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물의 기능 및 성능 저하, 상태 등을 신속·정확하게 검사·평가하는 데 주안점을 두고 외관조사 방향을 결정하였다.

본 장에서는 외관조사 결과, 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고, 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 부재에 대한 외관조사방도를 작성하여 향후 보수·보강공사 및 점검 등의 유지관리에 효율적으로 활용될 수 있도록 하였다.

3.2.2 외관조사 요령

가. 시설물별 상태변화 평가항목

정밀한 육안검사와 간단한 측정 기구를 통해 시설물의 현 상태를 파악하고 이전에 기록된 상태 변화를 확인하여 시설물이 사용요건을 만족시키고 있는지 여부를 판단한다.

1) 토목 시설물

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

2) 강 시설물

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
강 재 부 식	○부식의 정도에 따른 발생 면적율	
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·전기 설비

가) 펌프설비

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

나) 장내 배관

손상 및 결함	평 가 항 목	비 고
관체의 손상	○부식, 도장탈락 및 누수 등의 손상정도	
관 연결부 손상	○드레서형 신축관의 연결부의 설치편각 ○관 연결부의 부식, 누수 및 도장상태	
밸 브 손 상	○밸브본체, 연결플랜지 등의 외관 및 작동상태	

다) 전기설비

손상 및 결함		평 가 항 목	비 고
점검대상	대상기기		
고·저압 펌프 모터설비	- 현장제어반 및 기동반 - 펌프모터(전동기)	- 손상 및 파손 유무 - 절연, 접지 상태 - 작동상태	- 상세 육안점검 - 절연 및 접지 저항측정 - 작동상태 점검 - 열화상 진단

나. 정밀점검 외관조사 요령

『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침-하수처리장편(2010.12, 국토교통부/한국시설안전공단)』의 실시요령과 시설물의 특성을 고려하여 필요한 현장조사(외관조사)를 실시한다.

일반적인 하수처리시설의 점검항목은 다음과 같다.

[하수처리시설 일반적인 점검항목]

외관조사 항목	내구성 조사 항목
○ 콘크리트 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 누수, 파손, 신축이음 탈락 및 열화, 방수·방식도장 열화 미 탈락 등	○ 콘크리트 강도 비파괴시험(반발경도법, 초음파법 등) 국부 파괴시험 (코어 채취시험법 등)
○ 강재(기기) 부식, 피로균열, 도장손상 등	○ 철근탐사 배근간격, 피복두께 등
○ 시설물 변형, 세굴, 침하 등	○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물 함량

- 가능한 1지씩 지내 배수를 하여 조사하는 것을 원칙으로 하되 양압력에 의한 시설물의 부상, 부등침하 등에 대비하여 지하수위 등 충분한 예비 현장조사를 한 후 점검을 실시한다.
- 콘크리트 및 강재 시설물에 대한 노후화를 점검하기 위해 육안 정밀조사로 시설물의 균열, 박리, 층분리, 박락, 백태, 누수 철근부식 등 손상상태를 점검하고 손상부위에 대한 설명과 개략도를 포함한 간단한 입체단면도와 평면도에 손상의 형태와 치수를 기록한다.
- 콘크리트 시설물에 도장 또는 도막을 한 경우에는 도막상태를 점검한다.
- 시설물의 기계가동 시 진동에 의한 균열 등의 발생 여부를 점검한다.
- 부대시설물인 수문, 권양기, 스크린, 크레인 또는 호이스트 등의 강재 시설물은 도장, 도막, 균열 및 부식 상태를 점검한다.

3.2.1 시설물별 외관조사 결과

가. 토목시설물

1) 유입맨홀

• 구조 : 철근 콘크리트조

• 형식 : 정방형 중력식

• 규모 : B3.8m×L3.8m×H7.0m



외부 전경



내부 전경



외부 바닥, 양호

<표 3.1> 유입맨홀 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	/	/	/	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	/	/	/	/	/	/		

<표 3.2> 유입맨홀 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	-	-	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	-	-	
박리/박락		m ²	-	-	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	
■ 검토의견 ■ 외관조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사됨					

2) 침사지 및 유입펌프장

- 구조 : 철근 콘크리트조
- 규모 : B15.3m×L25.4m×H10.1m

- 형식 : 장방형 중력식



외부 전경



내부 전경



유입펌프장 외부 벽체
보수부재균열 (CW=0.2mm, L=1.5m, 2EA)



유입펌프장 외부 벽체
백태 (A=0.1m×1.0m)



유입펌프장 외부 벽체
마감재 박락 (A=0.1m×0.3m)



유입펌프장 외부
배수처리시설 미흡 (1EA)

	
유입펌프장 내부 천장 누수흔적 (A=0.3m×1.0m)	유입펌프장 내부 벽체 마감 균열 (CW=0.5mm, L=3.0m)
	
유입펌프장 내부 바닥 도장박리 (A=0.5m×3.0m)	유입펌프장 내부 바닥 도장박리 (A=2.0m×4.0m)
	
침사지 벽체 균열 (CW=0.2mm, L=2.5m)	침사지 벽체 누수흔적 (A=0.3m×1.5m)

<표 3.3> 침사지 및 유입펌프장 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	도장 박리 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	2.5 / 1	/	/	/	1.0 / 1	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	9.5 / 2	/	/		
설비부	/	/	/	/	0.75 / 1	/		
합 계	2.5 / 1	/	/	9.5 / 2	1.75 / 2	/		

<표 3.4> 침사지 및 유입펌프장 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	2.3	2.5	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	-	-	
도장 박리		m ²	-	9.5	
누수흔적/백태		m ²	1.45	1.75	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	

균열



균열/누수



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 내·외부 벽체 균열, 누수흔적, 바닥 도장박리 등이 조사됨
- 기 발생한 손상들은 건조수축, 공용중 열화로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함

3) 유량계실 및 분배조

유량계실	- 구조 : 철근 콘크리트조 - 규모 : B3.5m×L7.0m×H3.0m - 형식 : 장방형 중력식	분배조	- 구조 : 철근 콘크리트조 - 규모 : B5.5m×L7.5m×H2.5m - 형식 : 장방형 중력식
			
유량계실 외부 전경		분배조 외부 전경	
			
유량계실 외부 바닥 콘크리트 표면상태 양호		분배조 외부 바닥 콘크리트 표면상태 양호	
			
유량계실 외부 바닥 콘크리트 표면상태 양호		분배조 외부 계단 균열 (CW=0.2mm, L=1.0m)	

<표 3.5> 유량계실 및 분배조 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	/	/	/	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	1.0 / 1	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	1.0 / 1	/	/	/	/	/		

<표 3.6> 유량계실 및 분배조 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	1.0	1.0	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	-	-	
박리/박락		m ²	-	-	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	

균열



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 분배조 외부 계단부 균열이 조사됨
- 기 발생한 손상은 건조수축, 공용중 열화로 인한 손상으로 유지관리 차원의 조치가 필요함

4) 산화구(1계열)

- 구조 : 철근 콘크리트조
- 형식 : 장방형 중력식
- 규모 : B22.5m×L43.9m×H4.3m(2지)



외부 전경

외부 바닥
균열 (CW=0.2mm, L=2.5m)외부 벽체
균열 (CW=0.1mm, L=1.0m)외부 바닥
설비 받침 콘크리트 박락 (A=0.5m×0.3m)외부 벽체
조인트부 파손 (L=0.5m)외부 벽체
조인트부 파손 (L=0.5m)

<표 3.7> 산화구(1계열) 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	31.0 / 31	1.5 / 1	/	0.5 / 1	/	/		
천장부	1.5 / 3	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	0.25 / 1	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	32.5 / 34	1.5 / 1	/	0.75 / 2	/	/		

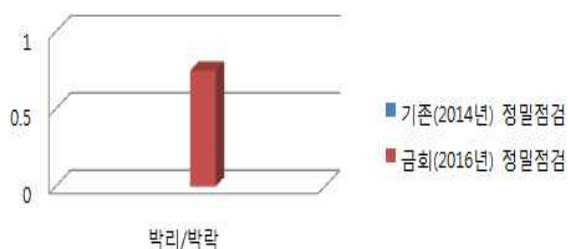
<표 3.8> 산화구(1계열) 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	33.3	32.5	
	0.3mm 이상	m	1.5	1.5	
망상 균열		m ²	-	-	
박리/박락		m ²	-	0.75	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	

균열



박리/박락



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 벽체 균열, 조인트부 파손, 바닥 균열, 설비 받침 박락 등이 조사됨
- 기 발생한 손상들은 건조수축, 공용중 열화로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함

5) 산화구(2계열)

- 구조 : 철근 콘크리트조
- 형식 : 장방형 중력식
- 규모 : B21.5m×L49.5m×H4.4m(2지)



외부 전경



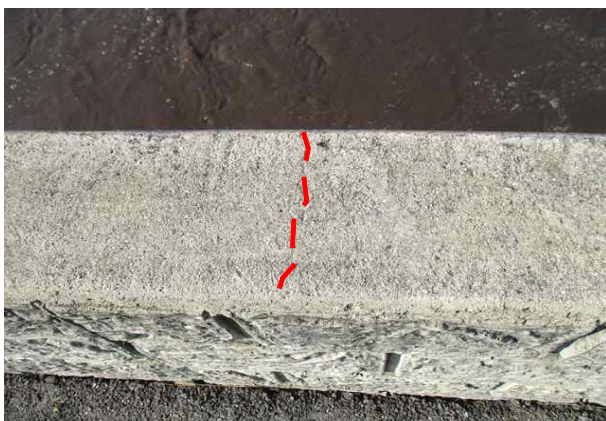
설비 전경



외부 바닥
채수 (A=2.0m×2.0m)



외부 벽체
균열 (CW=0.2mm, L=0.5m)



외부 벽체
균열 (CW=0.2mm, L=1.0m)



외부 벽체
균열 (CW=0.2mm, L=1.0m)

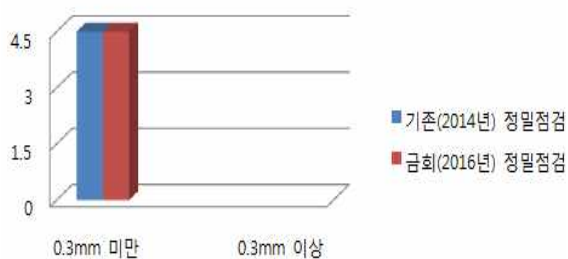
<표 3.9> 산화구(2계열) 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		체 수 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	4.5 / 4	/	/	/	/	/		
천장부	/	/	4.0 / 1	/	/	/		
바닥부	/	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	4.5 / 4	/	4.0 / 1	/	/	/		

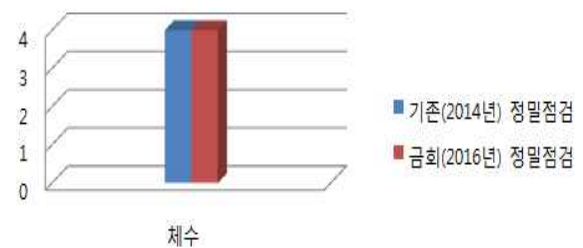
<표 3.10> 산화구(2계열) 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	4.5	4.5	
	0.3mm 이상	m	-	-	
체 수		m ²	4.0	4.0	
박리/박락		m ²	-	-	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	

균열



체수



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 벽체 균열, 바닥 체수 등이 조사됨
- 기 발생한 손상들은 건조수축, 공용중 열화로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함

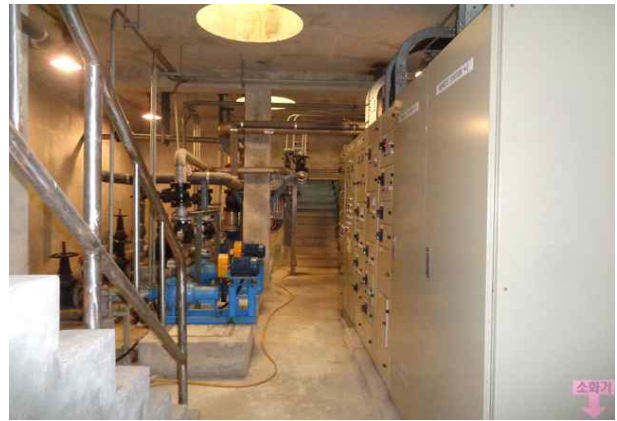
6) 슬러지 펌프장/최종 분배조(1계열)

- 구조 : 철근 콘크리트조
- 규모 : B10.6m×L14.8m×H6.2m

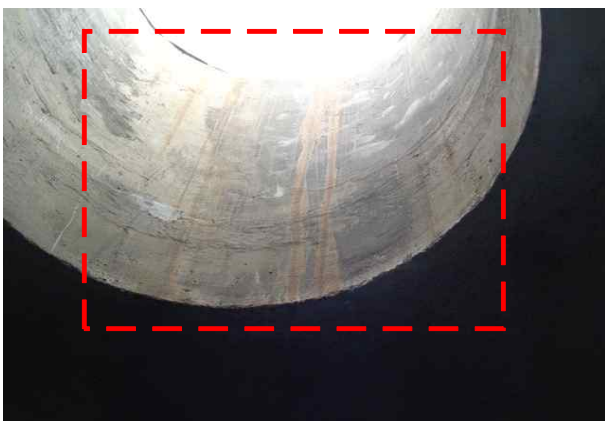
- 형식 : 장방형 중력식



외부 전경



내부 전경

슬러지펌프장 외부 벽체
균열 (CW=0.2mm, L=3.0m)슬러지펌프장 지하층 벽체
보수부백태 (A=0.1m×1.0m, 2EA)슬러지펌프장 지하층 천장
채광창 누수흔적 (L=2.5m)최종분배조 외부 계단
블럭침하 (A=0.5m×1.0m)

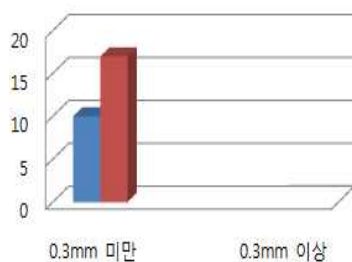
<표 3.11> 슬러지 펌프장/최종 분배조(1계열) 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (㎡/개소)	박리/박락 (㎡/개소)	누수흔적/백태 (㎡/개소)	블록 침하 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상					
벽체부	17.0 / 7	/	/	/	0.3 / 3	/	
천장부	/	/	/	/	2.5 / 1	/	
바닥부	/	/	/	/	/	0.75 / 1	
설비부	/	/	/	/	/	/	
합 계	17.0 / 7	/	/	/	2.8 / 4	0.75 / 1	

<표 3.12> 슬러지 펌프장/최종 분배조(1계열) 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	10.0	17.0	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		㎡	-	-	
박리/박락		㎡	-	-	
누수흔적/백태		㎡	0.08	2.80	
블록 침하		㎡	0.60	0.75	

균열



누수흔적/백태



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 슬러지 펌프장 벽체 균열, 백태, 누수흔적, 최종분배조 블록 침하 등이 조사됨
- 기 발생된 손상들은 건조수축, 공용중 열화로 인한 손상으로 유지관리 차원의 조치가 필요함

7) 슬러지 펌프장/최종 분배조(2계열)

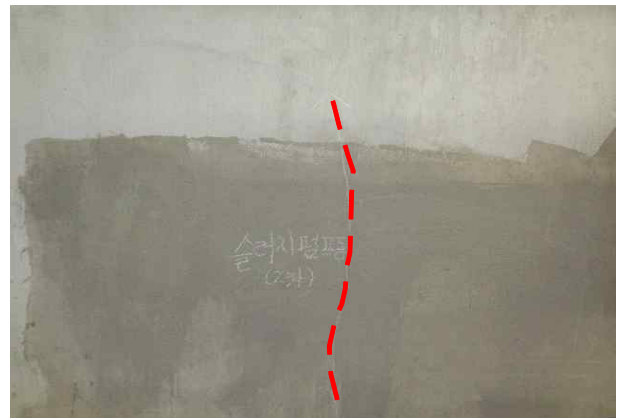
- 구조 : 철근 콘크리트조
- 규모 : B8.8m×L13.8m×H6.2m

- 형식 : 장방형 중력식



외부 전경

내부 전경



슬러지펌프장 내부 벽체
균열 (CW=0.2mm, L=1.5m)

슬러지펌프장 지하층 벽체
균열 (CW=0.2mm, L=2.5m)



최종분배조 외부 바닥
콘크리트 표면상태 양호

최종분배조 외부 벽체
콘크리트 표면상태 양호

<표 3.13> 슬러지 펌프장/최종 분배조(2계열) 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리, 박락 (m ² /개소)	누수혼적/ 백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	9.0 / 5	/	/	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	9.0 / 5	/	/	/	/	/		

<표 3.14> 슬러지 펌프장/최종 분배조(2계열) 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	7.0	9.0	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	-	-	
박리/박락		m ²	-	-	
누수혼적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	

균열



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 슬러지 펌프장 벽체 균열이 조사됨
- 기 발생된 손상들은 건조수축, 공용중 열화로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함

8) 최종침전지(1계열)

- 구조 : 철근 콘크리트조
- 규모 : D12.3m×H7.1m×2지(원형)

- 형식 : 원형 중력식



외부 전경



1지 전경



2지 전경



설비 전경

<표 3.15> 최종침전지(1계열) 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	/	/	/	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	/	/	/	/	/	/		

<표 3.16> 최종침전지(1계열) 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	-	-	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	-	-	
박리/박락		m ²	-	-	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	
■ 검토의견 ■ 외관조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사됨					

9) 최종 침전지(2계열)

- 구조 : 철근 콘크리트조
- 규모 : D12.3m×H7.1m×2지(원형)

- 형식 : 원형 중력식



외부 전경



1지 전경



2지 전경



설비 전경

<표 3.17> 최종침전지(2계열) 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	/	/	/	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	/	/	/	/	/	/		

<표 3.18> 최종침전지(2계열) 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	-	-	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	-	-	
박리/박락		m ²	-	-	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	
■ 검토의견 ■ 외관조사결과, 손상이 없는 양호한 상태로 조사됨					

10) 고도처리시설(생물막여과지)

- 구조 : 철근 콘크리트조
- 규모 : B18.4m×L22.9m×H14.5m

- 형식 : 장방형 중력식



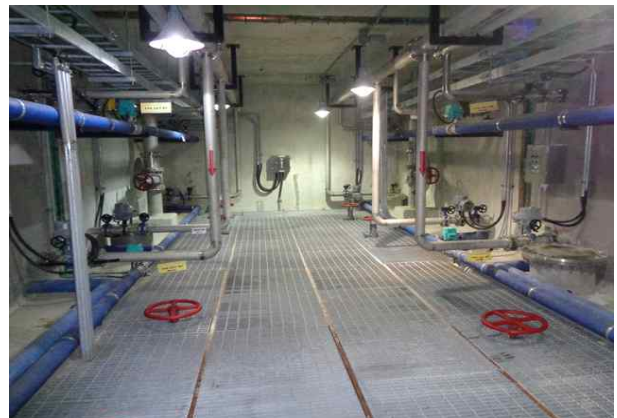
외부 전경



외부 전경



1층 내부 전경



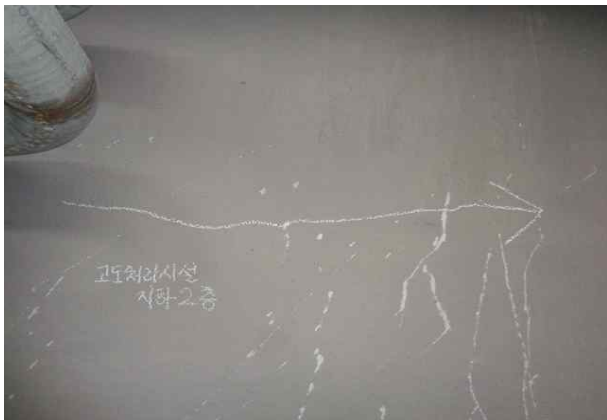
지하3층 내부 전경



외부 벽체
마감 망상균열 (A=0.5m×3.0m)



외부 출입구
마감재 탈락 (A=1.0m×1.0m)

	
생물막여과지 외부 바닥 콘크리트 파손 (A=0.2m×0.3m)	내부 벽체 도장박리 (A=1.0m×0.5m)
	
내부 2층 벽체 마감 균열 (CW=0.1mm, L=0.2m, 2EA)	내부 지하2층 벽체 균열 (CW=0.2mm, L=1.0m)
	
내부 지하3층 기둥 백태 (A=0.2m×0.2m, 2EA)	내부 지하2층 벽체 설비 관 이음부 누수흔적 (A=1.0m×2.5m)

<표 3.19> 고도처리시설(생물막여과지) 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수혼적/백태 (m ² /개소)	체 수 (m ² /개소)	기타 (개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	13.0 / 17	/	10.5 / 8	1.5 / 2	5.18 / 12	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	0.15 / 2	/	9.0 / 1		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	13.0 / 17	/	10.5 / 8	1.65 / 4	5.18 / 12	9.0 / 1		

<표 3.20> 고도처리시설(생물막여과지) 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	11.9	13.0	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	7.5	10.5	
박리/박락		m ²	0.29	1.65	
누수혼적/백태		m ²	2.52	5.18	
체 수		m ²	4.0	9.0	
균열 0.3mm 미만 0.3mm 이상 누수혼적/백태 누수혼적/백태 ■ 기존(2014년) 정밀점검 ■ 금회(2016년) 정밀점검					
■ 검토의견 ■ 외관조사결과, 주요 손상으로 벽체 균열, 백태, 망상균열, 마감재 탈락, 파손, 바닥 체수, 설비 관이음부 누수혼적 등이 조사됨 ■ 기 발생한 손상들은 건조수축, 공용중 열화로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함					

11) 총인처리시설

- 구조 : 철근 콘크리트조
- 규모 : B18.4m×L22.9m×H14.5m

- 형식 : 장방형 중력식



외부 전경



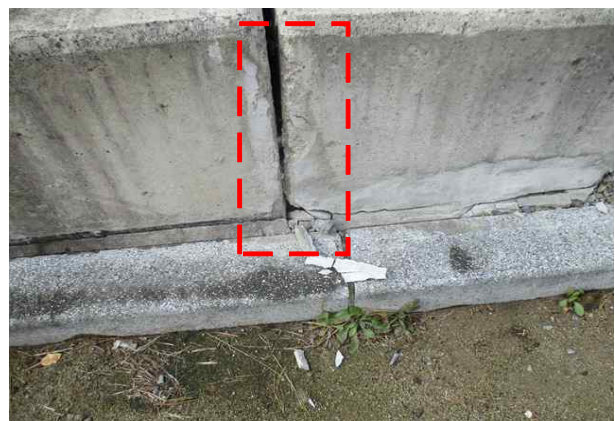
설비 지반침하에 의한 구조물 이격 (L=0.5m)



설비 지반침하에 의한 구조물 이격 (L=0.5m)



외부 바닥
콘크리트 파손 (A=0.2m×0.2m)



외부 벽체
콘크리트 박락 (A=0.3m×0.4m)

<표 3.21> 종인처리시설 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	이 격 (m ² /개소)	기타 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	/	/	/	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	0.16 / 2	/	0.5 / 1		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	/	/	/	0.16 / 2	/	0.5 / 1		

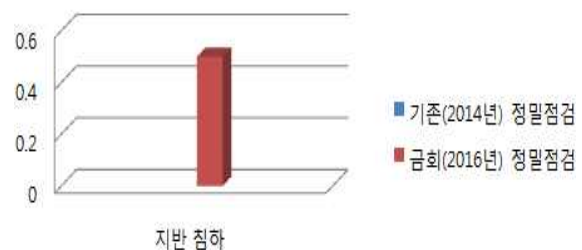
<표 3.22> 종인처리시설 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	-	-	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	-	-	
박리/박락		m ²	0.04	0.16	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
지반 침하		m ²	-	0.5	
기 타		개소	-	-	

박리/박락



지반 침하



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 외부 바닥 파손, 박락, 설비 이격 등이 조사됨
- 기 발생한 손상들은 시공미흡, 공용중 열화로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함

12) 소독조 및 UV소독조

• 구조 : 철근 콘크리트조

• 형식 : 장방향 중력식

• 규모 : B6.3m×H8.9m×L3.4m



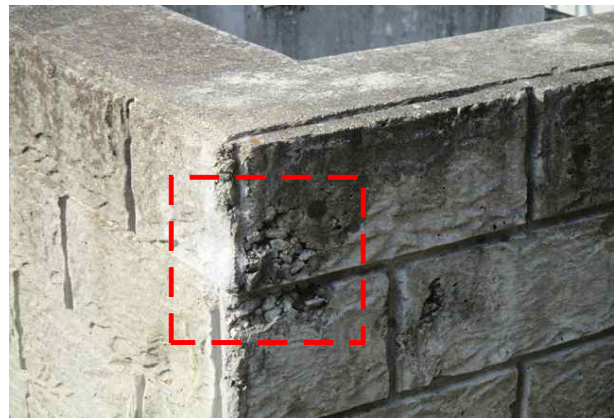
소독조 외부 전경



UV 소독조 전경



소독조 내부 전경

소독조 외부 벽체
재료분리 (A=0.2m×0.2m)

<표 3.23> 소독조 및 UV소독조 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		재료 분리 (m ² /개소)	망상 균열 (m ² /개소)	누수혼적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	/	/	0.04 / 1	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	/	/	0.04 / 1	/	/	/		

<표 3.24> 소독조 및 UV소독조 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	-	-	
	0.3mm 이상	m	-	-	
재료 분리		m ²	0.04	0.04	
망상 균열		m ²	-	-	
누수혼적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	

재료분리



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 소독조 외부 벽체 재료분리가 조사됨
- 기 발생한 손상은 시공미흡으로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함

13) 방류맨홀

• 구조 : 철근 콘크리트조

• 형식 : 장방향 중력식

• 규모 : B6.3m×H8.9m×L3.4m



외부 전경



설비 전경



전 회



금 회

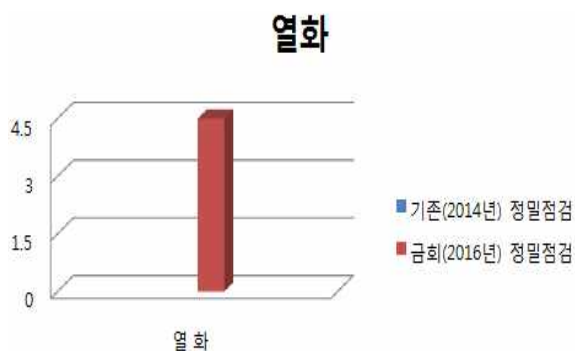
외부 바닥, 표면열화 (A=1.5m×3.0m)

<표 3.25> 방류맨홀 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		표면 열화 (m ² /개소)	망상 균열 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기 타 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	/	/	4.5 / 1	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	/	/	4.5 / 1	/	/	/		

<표 3.26> 방류맨홀 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	-	-	
	0.3mm 이상	m	-	-	
표면 열화		m ²	-	4.5	
박리/박락		m ²	-	-	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 외부 바닥 표면 열화가 조사됨
- 기 발생된 손상은 공용중 열화로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함

14) 공동구

• 구조 : 철근 콘크리트조

• 형식 : 콘크리트 박스

• 규모 : B2.0m×H2.0m×L352.6m



A-Line 전경



B-Line 전경



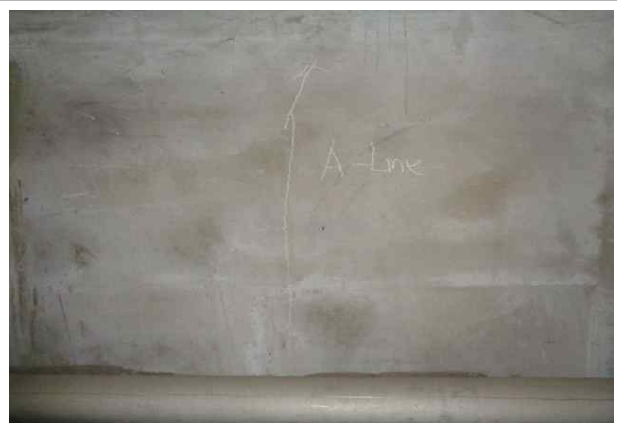
C-Line 전경



D-Line 전경



E-Line 전경

A-Line 벽체
균열 (CW=0.1mm, L=1.0m)

A-Line 천장 및 바닥, 맨홀 주변 누수, 체수 (L=2.0m)	
B-Line 벽체 망상균열 (A=1.0m×1.0m)	C-Line 바닥 체수 (A=2.0m×3.0m)
D-Line 천장 백태 (A=0.1m×2.0m)	E-Line 벽체 백태 (A=0.5m×1.0m)

<표 3.27> 공동구 외관조사 결과

구 분	균 열 (m/개소)		박리/박락 (㎡/개소)	누수혼적/백태 (m/개소)	체 수 (㎡/개소)	배관 누수 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상					
벽체부	65.0 / 39	/	0.01 / 1	0.7 / 3	/		
천장부	18.5 / 8	/	1.04 / 2	3.1 / 5	/		
바닥부	4.0 / 3	/	/	4.0 / 2	15.9 / 6		
설비부	/	/	/	/	/	1.0 / 1	
합 계	87.5 / 50	/	1.05 / 3	7.8 / 10	15.9 / 6	1.0 / 1	

<표 3.28> 공동구 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	73.2	87.5	
	0.3mm 이상	m	-	-	
박리/박락		㎡	1.05	1.05	
누수혼적/백태		㎡	1.9	7.8	
체 수		㎡	14.4	15.9	
배관 누수		개소	2.0	1.0	
균열 누수/백태 ■ 검토의견 ■ 외관조사결과, 주요 손상으로 벽체 균열, 백태, 망상균열, 천장 누수, 체수 등이 조사됨 ■ 기 발생한 손상들은 건조수축, 우수침투로 인한 손상으로 내구성 확보 차원의 조치가 필요함					

나. 건축시설물

1) 약품투입동

• 구조 : 철근콘크리트 라멘조

• 규모 : 지상 1층



외부 전경



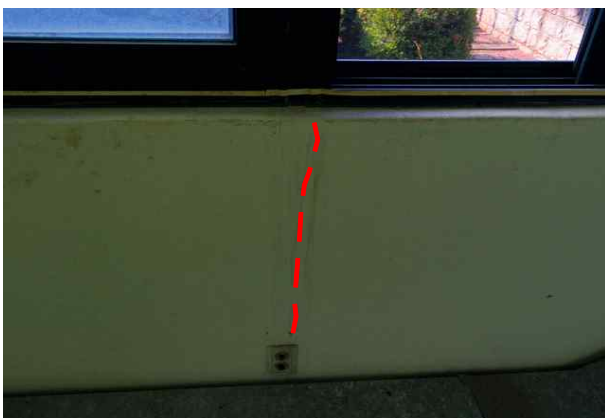
내부 전경



외부 벽체
콘크리트 파손 ($A=1.0\text{m} \times 0.2\text{m}$)



외부 벽체
변위 ($t=5.0\text{mm}$, $L=1.0\text{m}$)



내부 벽체
균열 ($CW=0.2\text{mm}$, $L=1.0\text{m}$, 5EA)



내부 벽체
콘크리트 들뜸 ($A=1.0\text{m} \times 0.1\text{m}$, 2EA)

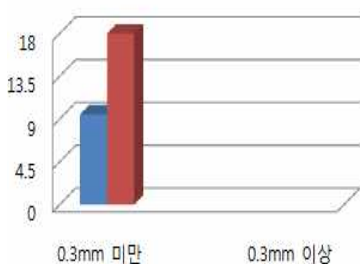
<표 3.29> 약품투입동 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	변 위 (m ² /개소)	기타 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	18.0 / 18	/	12.0 / 7	1.1 / 6	/	2.0 / 2		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	/	/	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	18.0 / 18	/	12.0 / 7	1.1 / 6	/	2.0 / 2		

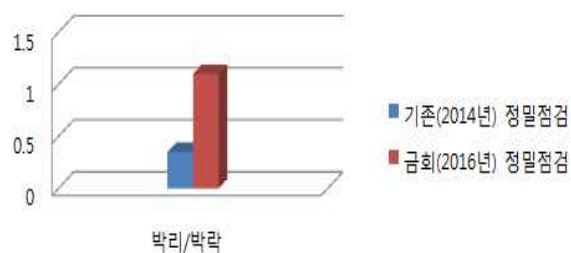
<표 3.30> 약품투입동 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	9.5	18.0	
	0.3mm 이상	m	-	-	
망상 균열		m ²	7.5	12.0	
박리/박락		m ²	0.35	1.1	
변 위		m ²	-	2.0	
기 타		개소	-	-	

균열



박리/박락



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 내·외부 벽체 균열, 들뜸, 파손, 변위 등이 조사됨
- 기 손상들은 건조수축, 공용중 열화, 간섭 등으로 인한 손상으로 유지관리 차원의 조치가 필요함
- 특히, 외부 벽체 변위부는 산화구 간섭으로 인한 손상으로 진전여부에 대한 주의관찰이 필요함

2) 설비동

• 구조 : 철근콘크리트 라멘조

• 규모 : 지상 1층, 지하1층



외부 전경



내부 전경



외부 벽체
마감 균열 ($CW=0.2mm$, $L=1.5m$, 4EA)



외부 환기구
표면박리 ($A=5.0m \times 1.0m$)



외부 환기구
상단 변위 ($t=10.0cm$)



내부 지하층 천장
재료분리 ($A=0.5m \times 0.2m$)

<표 3.31> 설비동 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		도장 박리 (㎡/개소)	박리/박락 (㎡/개소)	누수흔적/백태 (㎡/개소)	변 위 (㎡/개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상					
벽체부	60.5 / 44	15.0 / 15	3.0 / 3	5.81 / 3	3.0 / 3	1.0 / 1	
천장부	10.0 / 5	/	/	0.1 / 1	0.8 / 5	/	
바닥부	6.0 / 4	/	/	0.02 / 2	/	/	
설비부	/	/	/	/	/	/	
합 계	76.5 / 53	15.0 / 15	3.0 / 3	5.93 / 6	3.8 / 8	1.0 / 1	

<표 3.32> 설비동 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	61.8	76.5	
	0.3mm 이상	m	-	15.0	
도장 박리		㎡	1.0	3.0	
박리/박락		㎡	0.84	5.93	
누수흔적/백태		㎡	1.04	3.8	
변 위		㎡	-	1.0	

균열

■ 기존(2014년) 정밀점검
■ 금회(2016년) 정밀점검

박리/박락

■ 기존(2014년) 정밀점검
■ 금회(2016년) 정밀점검

■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 외부 벽체 균열, 백태, 도장박리, 파손, 천장 재료분리, 환기구 박리, 변위 등이 조사됨
- 기 손상들은 건조수축, 공용중 열화, 지반 침하로 인한 손상으로 유지관리 차원의 조치가 필요함

3) 창고 및 계단실

• 구조 : 철근 콘크리트 라멘조

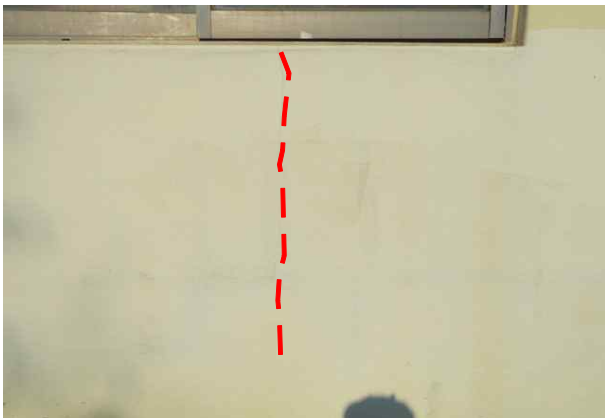
• 규모 : 지상 1층



외부 전경



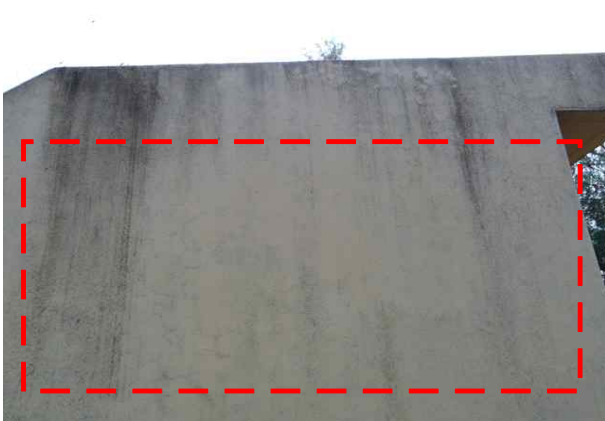
외부 전경



창고 외부 벽체
균열 (CW=0.1mm, L=1.5m, 2EA)



창고 내부 벽체
균열 (CW=0.3mm, L=2.0m)



계단실 외부 벽체
망상균열 (A=3.0m×3.0m)



계단실 외부 벽체
콘크리트 박리 (A=2.0m×5.0m)

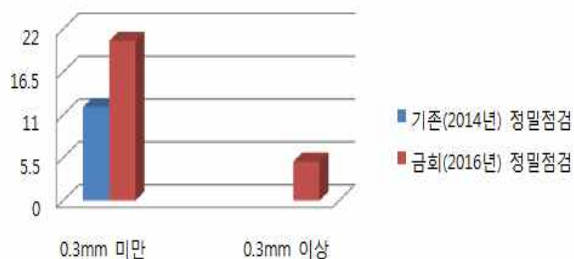
<표 3.33> 창고 및 계단실 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (m ² /개소)	박리/박락 (m ² /개소)	누수흔적/백태 (m ² /개소)	강재 부식 (m ² /개소)	기타 (개소)	비고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상						
벽체부	20.5 / 11	5.0 / 4	/	/	/	/		
천장부	/	/	/	/	/	/		
바닥부	/	/	14.0 / 2	10.0 / 1	/	/		
설비부	/	/	/	/	/	/		
합 계	20.5 / 11	5.0 / 4	14.0 / 2	10.0 / 1	/	/		

<표 3.34> 창고 및 계단실 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	12.0	20.5	
	0.3mm 이상	m	-	5.0	
망상 균열		m ²	-	14.0	
박리/박락		m ²	-	10.0	
누수흔적/백태		m ²	-	-	
강재 부식		m ²	-	-	
기 타		개소	-	-	

균열



박리/박락



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 창고 벽체 균열, 계단실 외부 벽체 망상균열, 박리 등이 조사됨
- 기 손상들은 건조수축, 공용중 열화 등으로 인한 손상으로 유지관리 차원의 조치가 필요함

4) 관리동

• 구조 : 철근 콘크리트 라멘조

• 규모 : 지상 2층, 지하1층



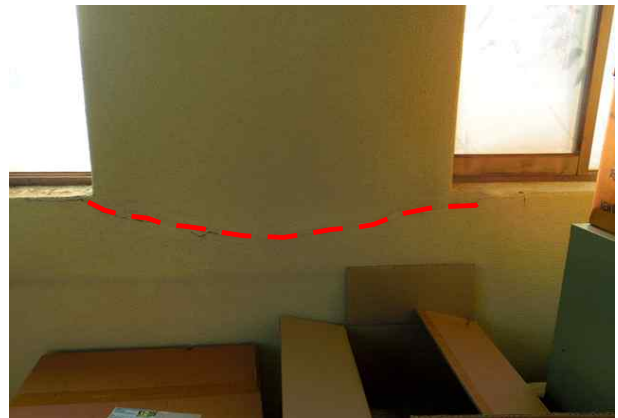
외부 전경



내부 전경



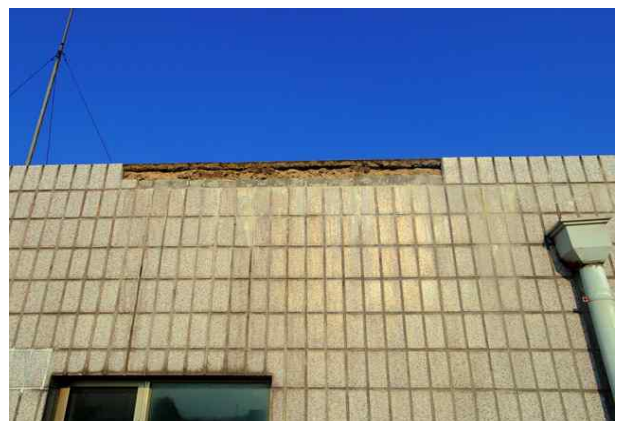
내부 지하층 바닥
콘크리트 박리 (A=2.0m×2.0m)



내부 2층 벽체
마감 균열 (CW=0.2mm, L=1.0m, 2EA)



옥상층 바닥 전구간
박리 (A=20.0m×10.0m)



옥상층 벽체
타일 탈락 (19EA)

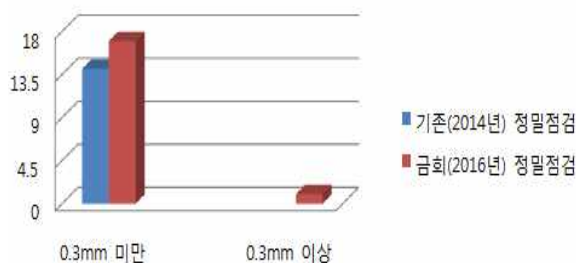
<표 3.35> 관리동 외관조사 결과

구 분	균열 (m/개소)		망상 균열 (㎡/개소)	박리/박락 (㎡/개소)	누수흔적/백태 (㎡/개소)	타일 탈락 (개소)	비 고
	0.3mm 미만	0.3mm 이상					
벽체부	17.0 / 12	1.0 / 1	/	/	/	69.0 / 69	
천장부	/	/	/	/	/	/	
바닥부	/	/	/	4.0 / 1	/	/	
설비부	/	/	/	/	/	/	
합 계	17.0 / 12	1.0 / 1	/	4.0 / 1	/	69.0 / 69	

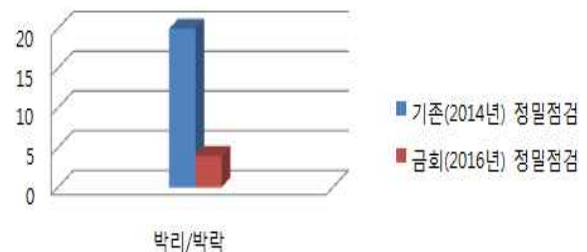
<표 3.36> 관리동 기존 정밀점검(2014년) 결과와 비교

구 분		단위	기존(2014년) 정밀점검	금회(2016년) 정밀점검	비 고
균 열	0.3mm 미만	m	14.1	17.0	
	0.3mm 이상	m	-	1.0	
망상 균열		㎡	-	-	
박리/박락		㎡	20.0	4.0	
누수흔적/백태		㎡	0.69	-	
강제 부식		㎡	-	-	
타일 탈락		개소	28	69	

균열



박리/박락



■ 검토의견

- 외관조사결과, 주요 손상으로 외부 벽체 타일탈락, 벽체 균열, 옥상층 바닥 박리 등이 조사됨
- 기 손상들은 건조수축, 공용층 열화 등으로 인한 손상으로 유지관리 차원의 조치가 필요함

3.3 내구성 시험

3.3.1 내구성 시험 개요

내구성 시험은 시설물에 열화 손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부의 판정을 하기 위함이며, 아직 열화 손상이 없거나 경미한 시설물은 내구성 조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 점검 대상시설물인 도척 공공하수처리 시설물은 최초 1999년 준공을 시작으로 1차 증설 2007년에 증설공사를 실시한 수리 시설물로서 근교 일부지역에서 발생하는 생활하수 및 각종 오염물질을 정화하는 콘크리트 시설물이다.

따라서, 대상 시설물의 콘크리트는 생활하수에서 발생하는 가스와 화학성분을 함유한 물에 의해 화학적 침식 및 탄산가스 등에 의한 콘크리트 침식의 위험에 항상 노출되고 있어 이러한 콘크리트 시설물에 대해 비파괴 시험을 통한 콘크리트 내구성 손상유무를 파악하고자 시설물별 내구성 조사를 실시하였다.

시설물의 내구성 저하원인으로는 탄산화, 동해, 산성비, 알칼리골재반응, 화재, 부식 등이 대표적이며 일반적으로 재료의 내구성이 저하되면 강도저하, 균열, 변형, 단면감소 등을 동반하여 시설물 전체의 안전성 및 사용성을 위협하게 된다. 따라서, 본 시험 및 측정은 시설물 구성재료인 철근콘크리트의 역학적, 화학적 특성을 체계적으로 규명하고 도출된 결과를 비교, 분석, 평가하여 시설물의 안전성평가의 기초자료로 활용하기 위하여 실시하였다.

본 과업의 내구성 시험은 콘크리트 강도, 탄산화 깊이, 철근탐사 등을 실시하였다.

[내구성 시험 조사 사진]

콘크리트 강도	탄산화 깊이	철근 탐사

<표 3.37> 내구성 시험 실시 현황

NO	시설물명	콘크리트 강도 (개소)	탄산화 깊이 (개소)	철근 탐사 (개소)	비고
1	유입맨홀	1	1	1	
2	침사지 및 유입펌프장	3	4	5	
3	유량계실	-	1	1	
4	분배조	1	1	1	
5	산화구(1계열)	1	1	1	
6	산화구(2계열)	1	1	1	
7	최종분배조(1계열)	1	1	2	
8	최종분배조(2계열)	1	1	2	
9	최종침전지(1계열)	2	1	1	
10	최종침전지(2계열)	2	1	1	
11	생물막여과지	1	1	1	
12	충인처리시설	2	1	2	
13	소독조	2	1	2	
14	방류맨홀	1	1	1	
15	공동구	10	4	4	
16	슬러지펌프장(1계열)	3	1	2	
17	슬러지펌프장(2계열)	3	1	2	
18	고도처리시설	7	3	5	
19	약품투입실	1	1	1	
20	설비동	3	1	2	

<표 3.37> 내구성 시험 실시 현황(계속)

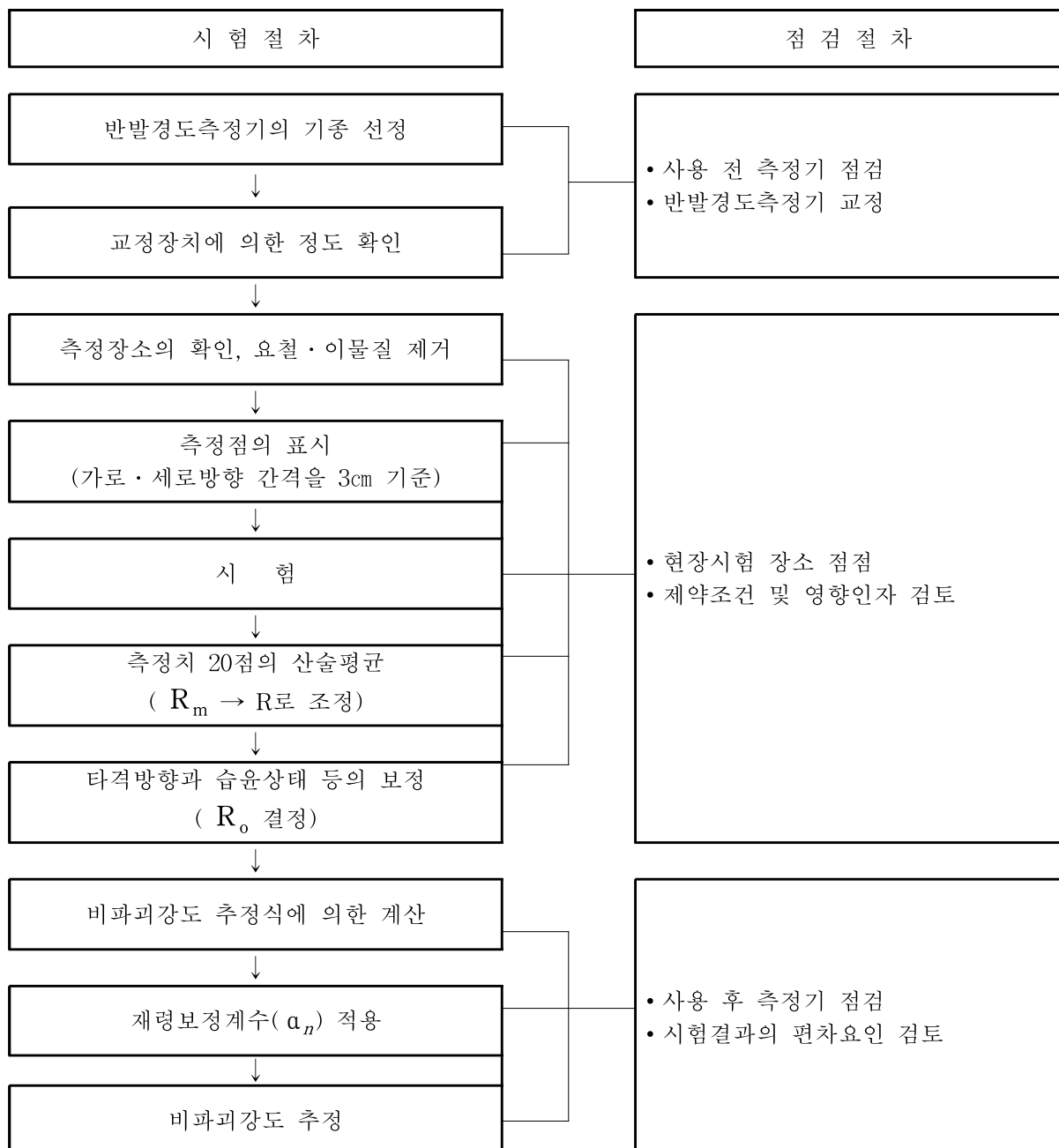
NO	시설물명	콘크리트 강도 (개소)	탄산화 깊이 (개소)	철근 탐사 (개소)	비고
21	창고	-	-	-	
22	계단실	-	1	1	
23	관리동	2	1	1	
24	연구실	-	-	-	
합 계		48	30	40	

3.3.2 콘크리트 강도 시험

가. 개 요

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

1) 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값 (R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R 을 결정한다.

2) 보정반발경도(R_o)

◆ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함

⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정

상향 타격($+90^\circ$)의 경우 : (-)값으로 보정

a R	보 정 값			
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-45°	-90°
10	-	-	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
60	-2.2	-1.6	+1.3	+1.7

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨

⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : $\Delta R_2 = +3$ 으로 보정

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2 = +5$ 로 보정

3) 압축강도의 추정

보정반발경도(R_o)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

[기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)]

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
U.S Army	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	
과학기술부 고강도식	$F_c = (15.2R_o - 112.8) \times 0.1$	
※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토교통부/한국시설안전공단)		

4) 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 시설물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 아래 표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

[재령계수 α 값]

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

나. 측정 결과

<표 3.38> 콘크리트 강도 측정 결과

NO	시설물명	측정위치	반발경도 (Ro)	재령계수 (α)	압축강도(MPa)		측정결과 (MPa)	설계강도 (MPa)	비고
					재료학회	건축학회			
1	유입맨홀	바닥	44.1	0.63	25.9	27.2	26.6	24.0	
2	침사지	벽체	42.8	0.63	22.9	25.5	24.2	24.0	
		기둥	42.7	0.63	22.8	25.4	24.1	24.0	
		바닥	41.4	0.63	23.9	26.0	24.9	24.0	
3	분배조	바닥	41.3	0.63	23.8	26.0	24.9	24.0	
4	산화구(1계열)	바닥	41.3	0.63	23.8	26.0	24.9	24.0	
5	산화구(2계열)	바닥	45.6	0.63	26.7	27.6	27.2	27.0	
6	최종침전지 분배조(1계열)	바닥	41.3	0.63	23.8	26.0	24.9	24.0	
7	최종침전지 배조(2계열)	바닥	45.9	0.63	27.3	27.9	27.6	27.0	
8	최종침전지 (1계열)	바닥 #1	41.3	0.63	23.8	26.0	24.9	24.0	1지
		바닥 #2	41.4	0.63	23.9	26.0	24.9	24.0	2지
9	최종침전지 (2계열)	바닥 #1	41.3	0.63	23.8	26.0	24.9	24.0	1지
		바닥 #2	45.8	0.63	27.3	27.9	27.6	27.0	2지
10	고도처리시설 생물막여과지	바닥	45.5	0.63	26.6	27.6	27.1	27.0	

<표 3.38> 콘크리트 강도 측정 결과(계속)

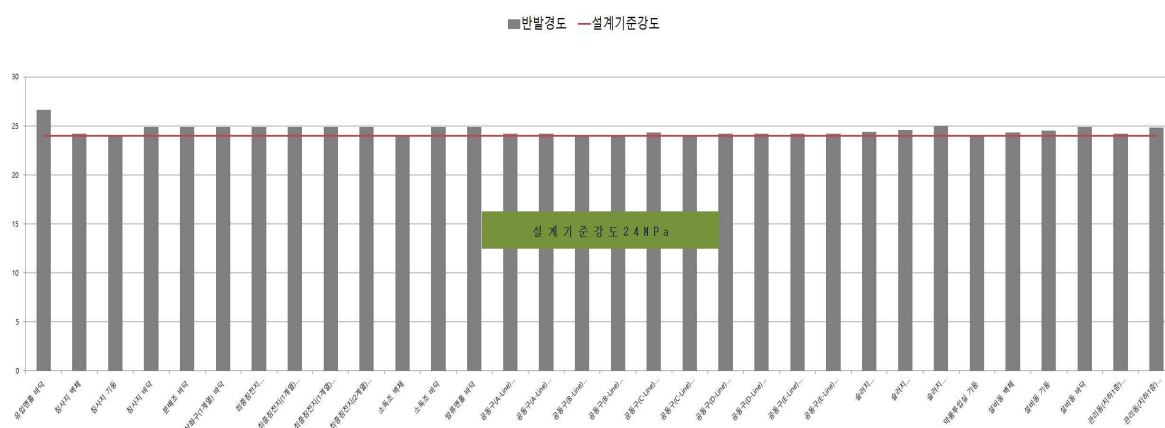
NO	시설물명	측정위치	반발경도 (Ro)	재령계수 (α)	압축강도(MPa)		측정결과 (MPa)	설계강도 (MPa)	비고
					재료학회	건축학회			
11	고도처리시설 지하1층	벽체	47.4	0.63	26.6	27.5	27.1	27.0	
		바닥	46.0	0.63	27.4	28.0	27.7	27.0	
12	고도처리시설 지하2층	벽체	47.5	0.63	26.7	27.6	27.1	27.0	
		바닥	46.1	0.63	27.5	28.0	27.8	27.0	
13	고도처리시설 지하3층	벽체	47.8	0.63	26.9	27.7	27.3	27.0	
		기둥	47.6	0.63	26.7	27.6	27.2	27.0	
		바닥	46.4	0.63	27.7	28.2	27.9	27.0	
14	충인처리시설	벽체	47.5	0.63	26.7	27.6	27.2	27.0	
		바닥	46.2	0.63	27.2	27.9	27.5	27.0	
15	소독조	벽체	42.6	0.63	22.7	25.4	24.1	24.0	
		바닥	41.4	0.63	23.9	26.0	24.9	24.0	
16	방류맨홀	바닥	41.4	0.63	23.9	26.0	24.9	24.0	
17	공동구(A-Line)	벽체	42.7	0.63	22.9	25.4	24.2	24.0	좌측
		벽체	42.7	0.63	22.9	25.4	24.2	24.0	우측
18	공동구(B-Line)	벽체	42.6	0.63	22.8	25.4	24.1	24.0	좌측
		벽체	42.6	0.63	22.8	25.4	24.1	24.0	우측
19	공동구(C-Line)	벽체	43.0	0.63	23.1	25.6	24.3	24.0	좌측
		벽체	42.6	0.63	22.8	25.4	24.1	24.0	우측
20	공동구(D-Line)	벽체	42.8	0.63	22.9	25.5	24.2	24.0	좌측
		벽체	42.8	0.63	22.9	25.5	24.2	24.0	우측

<표 3.38> 콘크리트 강도 측정 결과(계속)

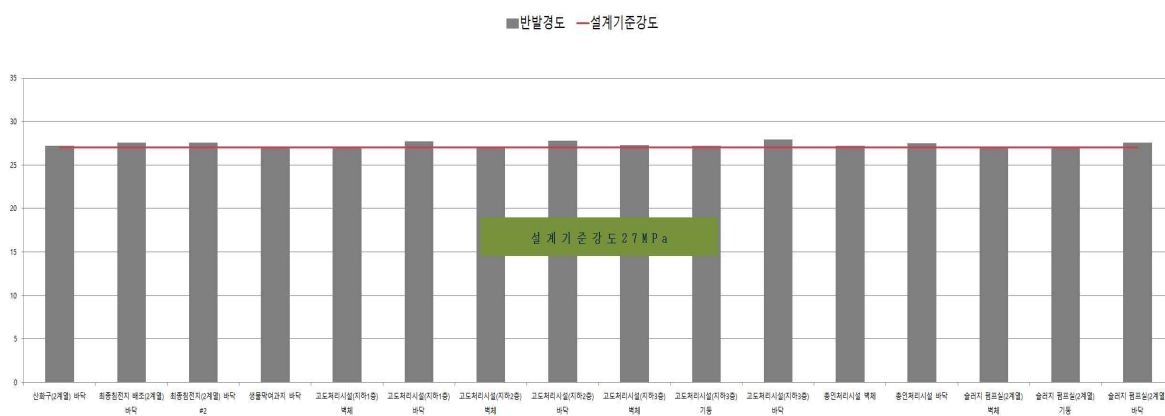
NO	시설물명	측정위치	반발경도 (Ro)	재령계수 (α)	압축강도(MPa)		측정결과 (MPa)	설계강도 (MPa)	비고
					재료학회	건축학회			
21	공동구(E-Line)	벽체	42.8	0.63	22.9	25.5	24.2	24.0	좌측
		벽체	42.9	0.63	23.0	25.5	24.2	24.0	우측
22	슬러지 펌프실(1계열)	벽체	43.1	0.63	23.1	25.6	24.4	24.0	
		기둥	43.4	0.63	23.4	25.8	24.6	24.0	
		바닥	41.5	0.63	23.9	26.0	25.0	24.0	
23	슬러지 펌프실(2계열)	벽체	47.4	0.63	26.6	27.5	27.1	27.0	
		기둥	47.5	0.63	26.7	27.6	27.1	27.0	
		바닥	45.9	0.63	27.3	27.9	27.6	27.0	
24	약품투입실	기둥	42.7	0.63	22.8	25.4	24.1	24.0	
25	설비동	벽체	43.0	0.63	23.1	25.6	24.3	24.0	
		기둥	43.3	0.63	23.3	25.7	24.5	24.0	
		바닥	41.4	0.63	23.9	26.0	24.9	24.0	
26	관리동 지하1층	벽체	42.8	0.63	22.9	25.5	24.2	24.0	
		바닥	41.1	0.63	23.6	25.9	24.8	24.0	

<표 3.39> 콘크리트 강도 기준 정밀점검(2014년) 측정 결과와 비교

구 분	설계기준강도	기준(2014년)	금회(2016년)	비 고
1구간	24.0	24.5 ~ 32.4	24.1 ~ 26.6	1999년 준공 시설물
2구간	27.0		27.1 ~ 27.9	2007년 준공 시설물



[1999년 준공 시설물]



[2007년 준공 시설물]

■ 검토의견

- 반발경도법에 의한 콘크리트 강도 측정결과, 비파괴 추정강도는 설계기준강도를 상회하는 것으로 측정됨
- 기준(2014년) 정밀점검과 비교·분석한 결과, 측정 위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 전반적으로 공용연수 경과에 따른 콘크리트 강도 저하는 없는 것으로 판단됨

3.3.3 철근 탐사 시험

가. 개 요

본 시험은 전자파레이더를 이용한 철근탐사 시험기(RC Radar)를 활용하여 철근콘크리트 시설물에 배근된 철근간격, 콘크리트 피복을 측정하기 위해 실시한다.

철근콘크리트 시설물의 부재 내부에 배근되어 있는 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있으므로 철근탐사는 설계 당시와 같이 콘크리트 내에 배근되어 있는 철근의 배근상태 및 피복두께를 파악하기 위하여 실시한다.

1) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래 그림에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

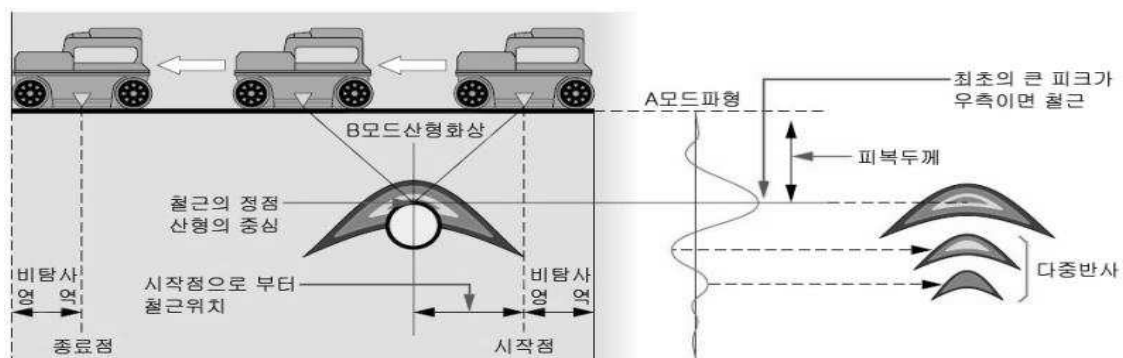
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도($3 \times 10^8 \text{ m/sec}$)

ϵ_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

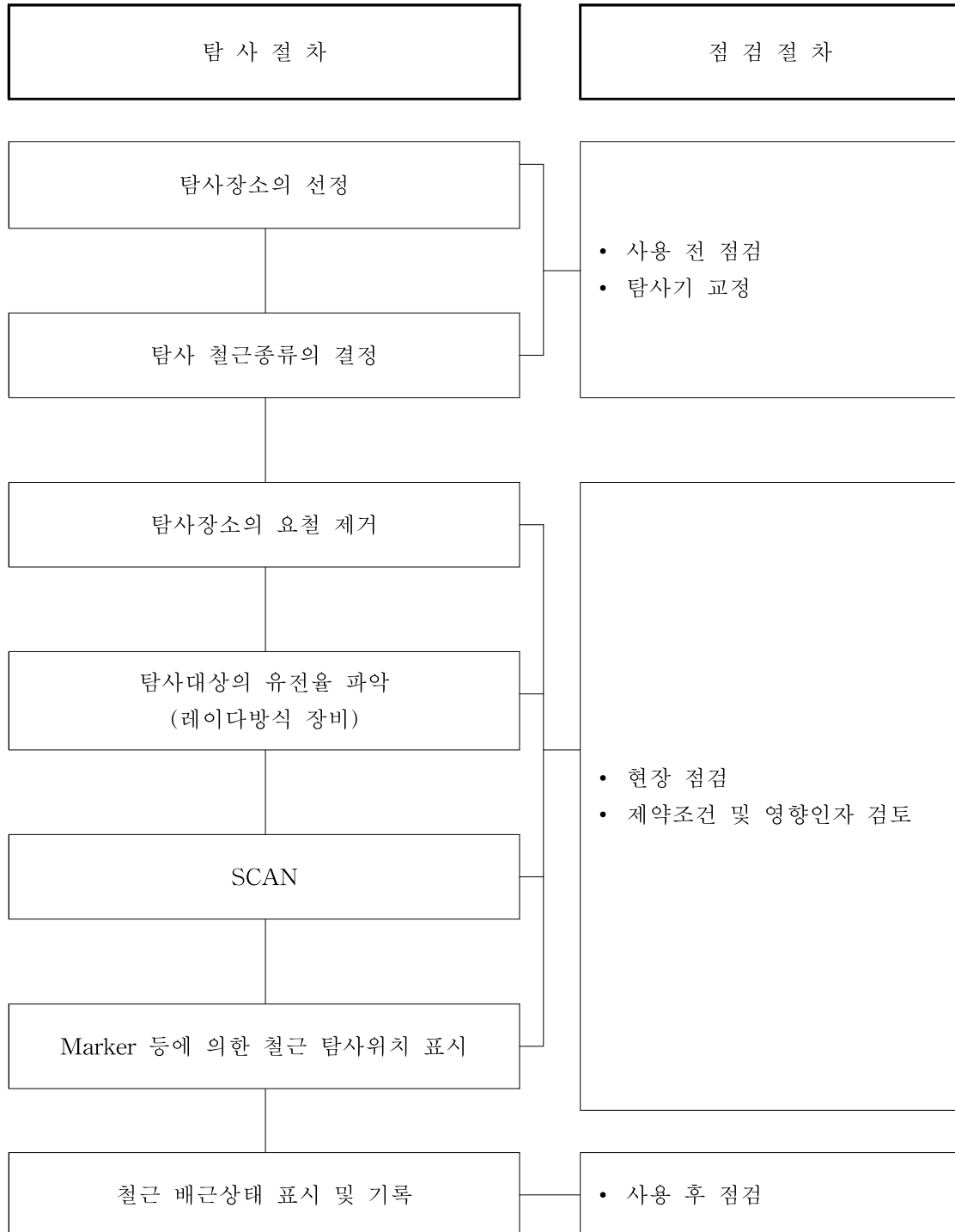
[철근탐사 측정원리]



2) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.

[철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차]



나. 측정 결과

<표 3.40> 철근 탐사 결과

NO	시설물명	측정 위치	설계값(mm)			측정값(mm)			비고
			주근	배력근	피복두께	주근	배력근	피복두께	
1	유입맨홀	상면	200	200	80	192	200	89	
2	침사지	벽체 #1	200	200	80	175	197	93	
		벽체 #2	200	200	80	175	188	86	
		바닥	200	200	80	185	200	102	
3	유량계실	상면	200	200	80	193	195	60	
4	분배조	상면	200	200	80	187	200	70	
5	산화구(1계열)	상면	200	200	80	206	207	70	
6	산화구(2계열)	상면	200	200	80	180	188	54	
7	최종분배조 (1계열)	상면	200	200	80	187	205	72	
		벽체	200	200	80	215	215	37	
8	최종분배조 (2계열)	상면	200	200	80	202	233	41	
		벽체	200	200	80	210	215	34	
9	최종침전지 (1계열)	벽체	200	200	80	190	200	91	
10	최종침전지 (2계열)	벽체	200	200	80	193	200	61	

<표 3.40> 철근 탐사 결과(계속)

NO	시설물명	측정 위치	설계값(mm)			측정값(mm)			비고
			주근	배력근	피복두께	주근	배력근	피복두께	
11	생물막여과지	상면	200	200	80	190	198	62	
12	충인처리시설	벽체	200	200	80	175	200	48	
		상면	200	200	80	192	200	51	
13	소독조	벽체	200	200	80	175	200	85	
		상면	200	200	80	185	200	86	
14	방류맨홀	상면	200	200	80	193	205	44	
15	공동구 (A-Line)	천장	150	300	80	153	300	51	
16	공동구 (B-Line)	천장	200	200	80	135	137	54	
17	공동구 (C-Line)	천장	150	150	80	157	147	60	
18	공동구 (D-Line)	벽체	300	300	80	286	280	54	
19	유입펌프장	벽체	200	200	80	184	200	73	
		기둥	4EA	200	80	4EA	190	44	
20	슬러지펌프장 (1계열)	벽체	200	200	80	190	197	64	
		기둥	4EA	200	80	4EA	190	52	

<표 3.40> 철근 탐사 결과(계속)

NO	시설물명	측정 위치	설계값(mm)			측정값(mm)			비고
			주근	배력근	피복두께	주근	배력근	피복두께	
21	슬러지펌프장 (2계열)	벽체	200	200	80	190	200	54	
		기둥	200	200	80	4EA	186	79	
22	고도처리시설 (지하 1층)	벽체	200	200	80	196	204	61	
23	고도처리시설 (지하 2층)	벽체	200	200	80	200	201	54	
		바닥	200	80	187	190	81		
24	고도처리시설 (지하 3층)	벽체	200	200	80	185	210	73	
		기둥	4EA	200	80	4EA	210	41	
25	약품투입실	기둥	4EA	200	80	4EA	160	61	
26	설비동	벽체	200	200	80	182	210	65	
		바닥	200	200	80	177	183	73	
27	계단실	벽체	200	200	80	172	192	86	
28	관리동	기둥	4EA	200	80	4EA	200	44	
▣ 검토의견 ■ 철근탐사결과, 각 시설물의 부재별 배근 간격은 설계값에 준하여 배근된 것으로 측정되었으며, 피복두께는 일부구간에서 다소 부족하나, 탄산화 진행정도가 미미하므로 주의관찰이 요구됨									

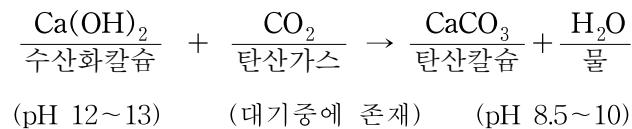
3.3.4 탄산화 시험

가. 개 요

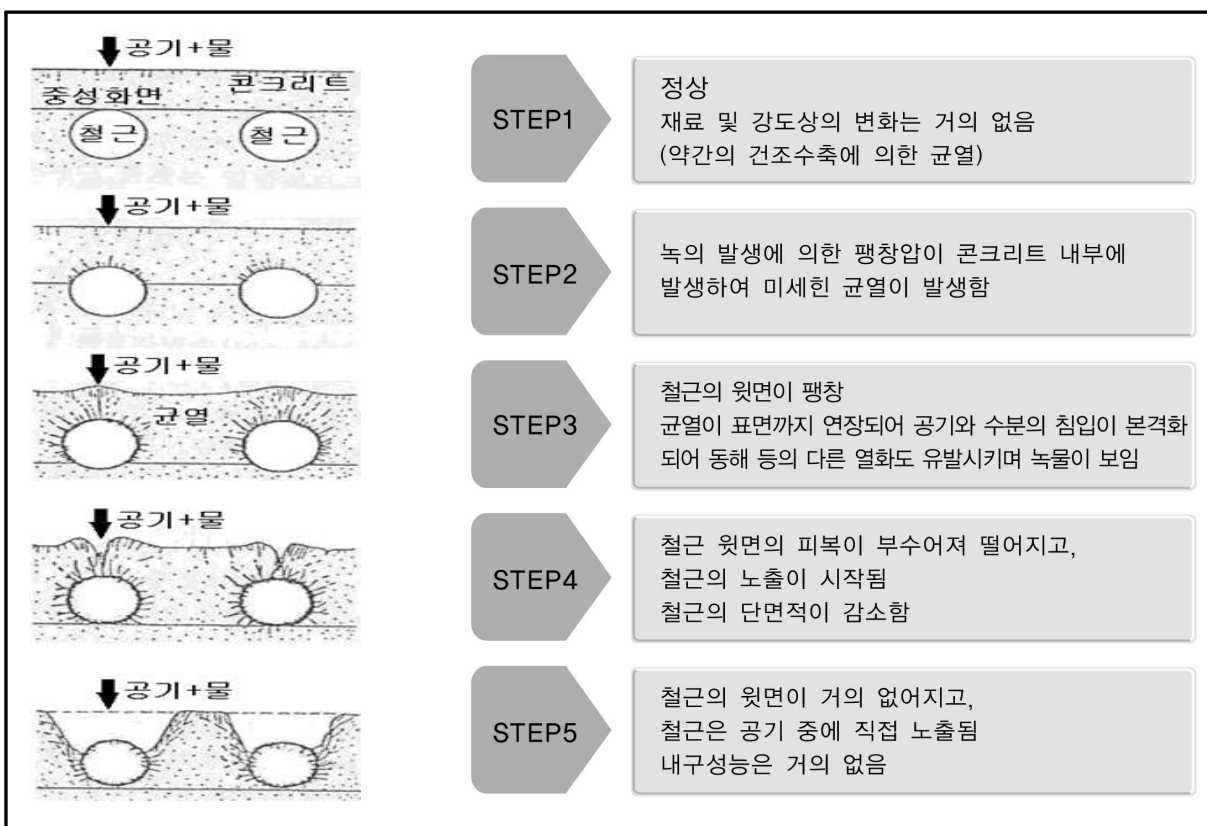
건전한 콘크리트는 경화시멘트 풀의 수산화합물 중 약 25%를 차지하는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)의 영향으로 pH가 12~13인 강알칼리성을 나타낸다. 그러나 콘크리트가 대기 중에 노출되면 대기 중에 약 0.035% 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(CO_2)와 수산화칼슘이 반응하여 탄산칼슘(CaCO_3)으로 환원되면서 표면부터 콘크리트의 pH가 서서히 10이하로 낮아지는데 이를 탄산화라고 정의한다.

이와같이 콘크리트가 탄산화가 되면 철근표면의 부동태 피막이 파괴되어 철근이 부식됨으로써 콘크리트의 내구성이 저하된다.

탄산화시험은 드릴링한 콘크리트면에 페놀프탈레인 1%를 섞은 알코올 용액을 분무한다. 탄산화된 콘크리트는 무색반응을 보이는 반면에 탄산화가 진행되지 않은 건전한 콘크리트는 적색으로 변하게 되므로 탄산화의 유무를 판단할 수 있다.



[탄산화에 의한 철근부식 메커니즘]



1) 탄산화 속도에 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로서는 환경조건을 주원인으로 하는 외적요인과 콘크리트 자체의 성능·품질을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

[탄산화 속도 영향인자]

구분	영향 인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	- 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 - 조강 포틀랜드시멘트<보통 포틀랜드시멘트<중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	- 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름 - 강모래, 강자갈<강모래, 화산골재<화산골재
	계면활성제 종류	- 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	- 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	- 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	- 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	- 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도 빠름
환경 조건	온 도	- 온도상승 시 탄산화 속도 빠름 - 20~50℃사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	- 농도가 클수록 탄산화 속도 빠름 - 탄산가스농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습 도	- 상대습도 50~70%에서 탄산화속도가 최대
	실내, 실외	- 실내의 탄산화속도가 빠름

2) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강 알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

3) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명예측년수} - \text{경과년수}$$

3) 탄산화 평가기준

[탄산화 평가기준]

등급	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	· 30mm이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	· 10mm이상~30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	· 0mm이상~10mm미만	탄산화 의한 부식발생 가능성 높음
d	· 0mm미만	철근부식 발생

나. 측정 결과

<표 3.41> 탄산화 측정 결과

NO	시설물명	측정 위치	탄산화 깊이 (mm)	실측 피복 두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	평가 등급	비고
1	유입맨홀	바닥	3.5	89.0	85.5	0.85	a	잔존수명 100년 이상
2	침사지	벽체 #1	10.5	93.0	82.5	2.55	a	
		벽체 #2	10.0	86.0	76.0	2.43	a	
3	유량계실	바닥	6.5	60.0	53.5	1.58	a	
4	분배조	바닥	7.0	70.0	63.0	1.70	a	
5	산화구(1계열)	바닥	7.5	70.0	62.5	1.82	a	
6	산화구(2계열)	바닥	6.5	54.0	47.5	2.17	a	
7	최종분배조 (1계열)	벽체	4.5	37.0	32.5	1.09	a	
8	최종분배조 (2계열)	벽체	3.0	34.0	31.0	1.00	a	
9	최종침전지 (1계열)	벽체	9.5	91.0	81.5	2.30	a	
10	최종침전지 (2계열)	벽체	7.0	61.0	54.0	2.33	a	

<표 3.41> 탄산화 측정 결과(계속)

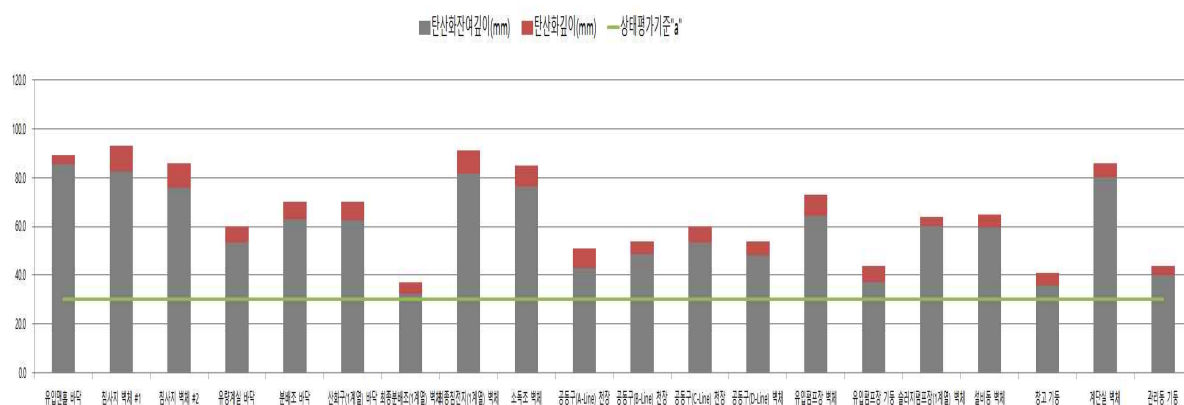
NO	시설물명	측정 위치	탄산화 깊이 (mm)	실측 피복 두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	평가 등급	비고
11	생물막여과지	바닥	5.5	62.0	56.5	1.83	a	잔존수명 100년 이상
12	충진처리시설	벽체	5.0	48.0	43.0	1.67	a	
13	소독조	벽체	8.5	85.0	76.5	2.06	a	
14	UV소독조	바닥	5.5	74.0	68.5	1.83	a	
15	방류맨홀	바닥	4.5	44.0	39.5	1.50	a	
16	공동구(A-Line)	천장	8.0	51.0	43.0	1.94	a	
17	공동구(B-Line)	천장	5.5	54.0	48.5	1.33	a	
18	공동구(C-Line)	천장	6.5	60.0	53.5	1.58	a	
19	공동구(D-Line)	벽체	6.0	54.0	48.0	1.46	a	
20	유입펌프장	벽체	8.5	73.0	64.5	2.06	a	
		기둥	7.0	44.0	37.0	1.70	a	
21	슬러지펌프장 (1계열)	벽체	4.0	64.0	60.0	0.97	a	

<표 3.41> 탄산화 측정 결과(계속)

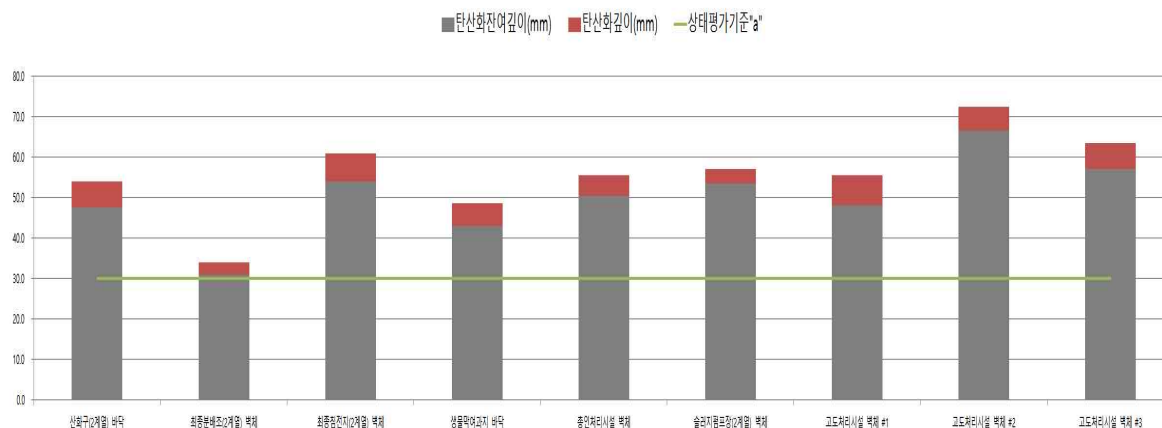
NO	시설물명	측정 위치	탄산화 깊이 (mm)	실측 피복 두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	평가 등급	비고
22	슬러지펌프장 (2계열)	벽체	3.5	54.0	50.5	1.17	a	잔존수명 100년 이상
23	고도처리시설	벽체 #1	7.5	61.0	53.5	2.50	a	
		벽체 #2	6.0	54.0	48.0	2.00	a	
		벽체 #3	6.5	73.0	66.5	2.17	a	
24	약품투입실	기둥	4.0	61.0	57.0	1.33	a	
25	설비동	벽체	5.5	65.0	59.5	1.33	a	
27	계단실	벽체	6.0	86.0	80.0	1.46	a	
28	관리동	기둥	4.0	44.0	40.0	0.97	a	

<표 3.42> 탄산화 깊이 기준 정밀점검(2014년) 측정 결과와 비교

구 분	기준(2014년)	금 회(2016년)	비 고
1구 간	2.9mm ~ 10.7mm	3.5mm ~ 10.5mm	1999년 준공 시설물
2구 간	6.9mm ~ 9.1mm	3.0mm ~ 7.0mm	2007년 준공 시설물



[1999년 준공 시설물]



[2007년 준공 시설물]

■ 검토의견

- 탄산화 깊이 검토결과, 전 개소에서 잔여깊이가 31.0mm ~ 85.5mm 로 측정되어 탄산화로 인한 내구성 저하 가능성은 없는 것으로 판단됨
- 기존(2014년) 정밀점검과 비교·분석한 결과, 측정 위치에 따른 편차가 일부 존재하나, 전반적으로 양호한 상태임