

제 2편 시설물점검

6. 용벽 정밀안전점검

6. 옹벽 정밀안전점검

6.1 정밀안전점검의 개요

6.1.1 점검의 목적

본 점검은 『시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법』과 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 등에 관한 지침』에서 정하는 바에 따라 실시하는 정밀안전점검으로써, 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능의 저하, 상태 등을 조사·평가하여 시설물의 유지관리에 필요한 정보를 제공하고 시설물의 안정성 및 기능성 향상에 기여함으로써 시설물의 신뢰성을 제고시키는 데 그 목적이 있다.

6.1.2 시설물 개요 및 점검일반

가. 시설물 개요

본 과업 대상시설물인 서중변전소 RC 옹벽의 현황은 아래 표와 같다.

【표 6-1】 시설물 현황

구 분	내 용	구 분	내 용
시설물명	서중변전소 RC옹벽	위 치	경기도 양평군 서중면 문호리
관리주체	경기북부분부	준공년도	2016년
구조형식	RC옹벽	규 모	L = 110.2m, H=24.9m

【사진 6-1】 시설물 전경



나. 사용장비 및 기기 현황

본 점검을 위해 사용된 점검장비는 다음과 같다.

【표 6-2】 정밀안전점검 장비현황

구 분	장 비 명	사 진	모 델	용 도
비파괴 시험	반발경도 시험기		PROCEQ PL02-005-0033	콘크리트 강도측정
	철근탐사장비		PROCEQ PM08-003-0009	철근탐사
측량	GNSS측량기		SPECTRA SP80	선형 · 수준측량 시 · 종점 측량
	광파거리측정기 (토탈스테이션)		Trimble C5	선형 · 수준측량 선형 측량
외관 조사	균열폭 측정현미경		PEAK 2028-10x	콘크리트 균열폭 측정
	줄자		50m	측점분할 및 길이측정
	steel자		5m	
기 타	버니어캘리퍼스, 핸드드릴, 사다리, 스타프 등			

다. 점검 수행 일정

본 점검의 전체 과업기간은 2023. 9. 1 ~ 9. 27일(27일간)이며 일정은 다음과 같다.

【표 6-3】 정밀안전점검 일정

공 중	2023. 9. 1 ~ 9. 27								비 고
	6		12		18		27		
1. 관련자료 수집 및 분석 ◦ 착수 및 예비답사 ◦ 자료수집 및 현장조사 계획수립									
2. 현장조사 및 시험 ◦ 외관조사 및 측량 ◦ 현장시험 및 내구성 조사 등									
3. 조사결과 분석 및 정리 ◦ 외관조사망도 작성 ◦ 조사결과 정리 및 분석									
4. 상태평가 및 보고서 작성 ◦ 상태평가 및 안전등급 지정 등 ◦ 최종보고서 작성									

※ 현장점검기간 : 2023년 9월 5 ~ 8일

라. 점검범위

본 점검의 과업내용은 아래와 같다.

【표 6-4】 과업범위

항목	과업수행내용	비고
자료수집 및 분석	- 설계도서, 시공자료 - 안전점검&정밀안전진단 실시결과 - 보수·보강이력 - 시설물관리대장 - 사고이력관리대장	
현장조사 및 시험	- 외관조사 및 외관조사망도 작성 - 선형 및 수준측량, 재료시험, 탐사 등	
상태평가	- 외관조사 결과 검토 - 현장시험 결과 분석 - 부재별 상태평가	
종합평가 및 결과 산정	- 시설물의 종합평가 - 유지관리방안(보수·보강방안 포함) 제안	
보고서 작성	점검보고서 및 성과품 작성	

6.2 자료수집 및 분석

6.2.1 설계도면 등 관련자료 검토

가. 자료수집현황

금번 점검을 위한 사전 자료 조사내용은 아래와 같다.

【표 6-5】 자료 수집현황

대상목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	· 실시설계보고서 · 공사시방서 · 토질 및 지반조사 보고서 · 기타 특이사항 보고서	—	보유
	· 설계도면 — 평면도, 전개도 — 일반도, 구조도 등	—	보유
시설물 관리대장	· 기본현황 · 상세제원 · 유지관리 이력	○	FMS 등재
시공자료	· 준공도면 · 품질관련 자료 — 자재수급원 — 시험 등 품질관리 기록 등 · 기타 공사관리 자료 — 계측, 시공 특이사항 등	—	준공도면 보유
기타	· 사고이력 등	—	미보유 (사고이력 없음)
안전점검 및 정밀안전진단 자료		○	FMS 등재
보수 · 보강 자료		—	보수 · 보강 이력없음

나. 기존 점검 및 진단 실시결과

본 시설물은 2016년에 2종시설물로 등록되었으며 최초 2019년 정밀안전점검을 시행하여 법정주기에 따른 점검을 하였고, 최근 2021년에 정밀안전점검을 시행하였다.

【표 6-6】 기존 점검 및 진단 이력사항 및 결과

번호	점검구분	점검기관	비용(천원)	주요 점검 · 진단결과
	점검기간	책임기술자	안전등급	주요 보수보강(안)

<부록 9> 점검이력 참조

다. 보수·보강이력

본 시설물은 준공이후 작용하는 사용하중의 변화나 구조변경을 통한 용도변경은 없는 것으로 확인되었다. 또한, 전차점검 이후 보수·보강은 실시되지 않았다.

라. 시설물의 내진설계 여부 확인

2016년 준공된 시설물로 관리주체를 통해 내진설계를 적용한 것으로 확인되었으나 내진설계 자료는 확인할 수 없었다.

6.2.2 자료분석 결과

가. 자료수집 결과

과업 대상시설물의 자료수집 결과는 다음과 같다.

【표 6-7】 자료수집 결과 요약

항목	자료수집 내용	비 고
실시설계보고서	주변 지형에 대한 측량 및 지반조사 자료	
실시도서, 시공/품질서류	특이사항 없음	
선행 점검/진단보고서	· 중대결함, 침하, 활동, 계획선형오차 없음 · 벽체 배수공 전반적 막힘 · 옹벽 전반적으로 백태 및 균열 발생	
보수 · 보강실적	보유자료 없음	
점검/진단이력	법정주기에 따른 정기점검 및 정밀안전점검 시행	

나. 점검방향 설정

정밀점검 과업 수행을 위하여 전차 점검자료를 바탕으로 현장 조사방향을 설정하였으며 특히, 다음 항목에 대해 집중 조사하고자 한다.

- ① 옹벽 본체 및 주변시설물의 중대결함 발생여부
- ② 옹벽의 상태평가 및 이상유무
 - 침하, 활동, 전도 변화여부
 - 기초부 세굴, 유실여부
 - 손상, 파손, 누수 등 결함 발생현황
 - 재료의 열화 및 진행여부
 - 배수공의 기능 발휘 여부와 유지상태
 - 배수시설, 사면상태 등 주변시설물의 손상여부
- ③ 콘크리트 강도, 탄산화 잔여깊이 등 재료의 건전성여부
- ④ 전차 점검 손상에 대한 조치사항 등

6.3 현장조사 및 시험

6.3.1 개 요

본 옹벽은 공용연수 8년이 경과한 시설물로서 전차 점검인 2021년 정밀안전점검 보고서를 참고하여 점검하였다. 외관조사 시 측정분할 및 측량을 통해 구조물의 제원을 측정하고, 외관 조사망도에 반영하였다.

6.3.2 외관조사

본 시설물은 2016년에 준공되었고, 공용연수 8년으로 지금까지 운영되고 있다. 연장은 약 110.2m, 최대 노출높이 25m의 2중시설물이다. 전차 정밀안전점검 보고서를 토대로 외관조사를 시행하였고, 그 조사된 결과를 아래에 서술하였다.

가. 기초부

1) 현황

본 시설물은 직접기초 형식으로서, 옹벽 전면부의 기초지반은 콘크리트 포장으로 되어 있다. 기초부는 구조물의 침하, 전도, 활동 등의 외적안정성에 크게 영향을 미치는 요소로 침식 및 세굴 발생여부 등에 대하여 상세조사를 하였다.

2) 점검결과

옹벽의 기초부의 세굴은 전면 콘크리트 포장되어 있어 확인 할 수 없었다. 기초부 포장된 부근에 습도 등에 의한 오염이 발생하고 그 범위가 퍼져가는데 확인되어 배면의 차수의 기능이 저하되었거나 내부의 습도나 물의 차단 혹은 배수가 원활히 되지 않고 있다 짐작되어 진다.

3) 원인 및 대책

옹벽 하부 오염의 발생 및 증가에 따라 구조물의 직접적인 저하를 발생시키지는 않으나 향후 발생할 손상의 발견을 저하할 수 있으므로 주기적인 점검 및 청소 등이 필요하겠다.

나. 전면부

1) 현황

전면부의 점검은 콘크리트의 일반적인 손상인 균열, 단면손상, 누수, 재료열화 등의 발생여부 및 손상정도와 배수공 상태 등에 대해 상세조사를 실시하였다.

2) 점검결과

- 균열이 14개소 확인되었으며, 일부 누수를 동반하였다. 최대균열폭은 0.1mm정도로 확인 되었다.
- 균열발생 개소에서 부근에서 백태가 집중적으로 발생 했음을 확인 할 수 있었다.
- 균열 및 백태 이외의 큰 손상은 확인되지 않았다.

3) 원인 및 대책

- 균열은 시공초기 발생시 건조수축 및 수화열의 외부구속에 의해 발생되거나, 콘크리트 구조물의 부재 양면에 온도차나 습도차가 생기면 콘크리트 내부응력이 발생하여 인장축의 표면에 균열이 발생된다. 다만 이번에 확인된 균열의 경우 그 크기가 0.1mm로 향후 정기검사 시 지속적인 점검을 통해 발전여부를 확인하면 되겠다.
- 백태는 재료의 치밀성이 약한 콘크리트나 모르타에서 시멘트 중의 수산화칼슘, 알칼리 등이 침투한 물에 의해 용해되어 구조물 내부공극을 통해 표면으로 흘러나와 발생하며 동절기와 해빙기를 거치면서 누수로 발전하는 경우가 많으므로 유지관리시 주의 깊은 관찰이 필요하다.

다. 주변 시설물(배수시설, 사면 등)

1) 현황

옹벽 배면 상단에 사면이 있으며, 잘 정돈되어 있다.

2) 점검결과

특별한 특이사항은 확인되지 않았다. (계속)

라. 손상물량

금번 점검에서 조사된 손상 물량과 전차 점검을 비교한 수치는 아래와 같다. 상세현황은 “부록 4. 외관조사망도, 부록6. 현장조사 및 외관조사 사진첩”에 나타내었다.

【표 6-8】 손상물량표

손상현황	단위	2023년	2021년	증감	비 고
균열(CW=0.3mm미만)	m	26.139	66.379	-40.24	감
균열(CW=0.3mm이상)	m	44.269	-	44.27	증
이격	m ²	278.300	-	278.30	증
백태	m ²	273.846	0.420	273.43	증
박락	m ²	0.141	-	0.14	증
재료분리	m ²	9.070	-	9.07	증
철근노출	m ²	8.059	-	8.06	증
파손	m ²	0.570	-	0.57	증
마모	m ²	-	-	-	
배수공 막힘	m ²	0.090	-	0.09	증
씰링재 마모 및 탈락	m ²	-	-	-	
배부름	m ²	57.500	-	57.50	증
기타	m ²	9.000	-	9.00	증

6.3.3 재료시험 및 측정

가. 시험물량 산정

재료시험 및 측정을 위한 기준은 아래 표와 같다.

【표 6-9】 시험·측정 기준

구분		세부지침 기준	산출수량	실시수량
콘크리트 옹벽	구간분할	20m 내외, 신축이음부 - 책임기술자 조정 가능	6구간	3구간
	반발경도시험	총수량 = (총연장 ÷ 50m) 개소	3개소	3개소
	탄산화깊이 측정	- 총연장 100m미만 : 2개소 100m이상 : 최소2개소 + 100m당 1개소 추가 - 책임기술자가 조정 가능	3개소	3개소

* 좌·우측 옹벽의 경우 보호판넬로 덮혀있어 확인이 불가하여 중앙부 옹벽만 대상으로 하였다.

나. 콘크리트 강도시험

금번 점검에서 산정된 콘크리트 압축강도는 아래와 같다. 콘크리트 반발경도 측정치는 “부록 7. 측정, 시험성과표”에 수록하였다.

【표 6-10】 콘크리트 강도 시험 결과

측정 위치 (m)	측정 평균값 (R ₀)	콘크리트 압축강도(MPa)				비고
		일본재료학회	동경건축재료	일본건축학회	평 균	
2	42.20	22.4	19.3	25.2	22.3	
20	42.60	22.7	19.5	25.4	22.5	
39	38.70	19.6	17.1	23.6	20.1	
평 균					21.63	

콘크리트 강도시험 결과 평균값은 21.63Mpa, 최저값은 20.1Mpa로 설계기준강도인 24MPa를 하회하는 것으로 측정되었다.

【표 6-11】 콘크리트 강도 시험 결과 전차보고서 비교

측정위치	콘크리트 압축강도(MPa)			비고
	설계치	2021년	2023년	
옹벽 벽체	24.0	20.13	21.63	

점검 회차별 평균강도가 다소 오르내리는 것은 측정장소와 기후 환경인자의 차이에 기인한 것으로 추정되며 전차점검과 비슷한 강도를 나타내고 있다.

다. 콘크리트 탄산화 깊이 측정

탄산화 잔여 깊이 산정을 위한 금번 점검의 결과는 아래와 같다.

【표 6-12】 콘크리트 탄산화 깊이 측정 결과

측정위치 (m)	실측 탄산화깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	잔여 피복두께 (mm)	상태평가	비 고
2	10.8	59	48.2	a	30mm 이상일 경우 “a”
20	18	55	37.0	a	
39	9.9	28	18.1	b	

콘크리트 탄산화시험 결과 잔여피복두께는 2곳은 30mm 이상, 39m지점은 18.1mm로 B로 확인되었다.

라. 제원 측정

1) 기울기 측정

디지털 경사계를 사용하여 20m 간격으로 경사를 측정하였다. 선행 정밀안전점검에서 확인된 측정값과 비교한 결과는 아래와 같으며, 세부 측정자료는 “부록 7. 측정, 시험성과표”에 나타내었다.

【표 6-13】 옹벽 전면부 기울기

측정위치(m)	2023년 측정값	기준 측정값(설계값)	변화량
지하 10	89.95	90.00	-0.06%
지하 20	90.00	90.00	0.00%
지하 30	89.80	90.00	-0.22%
지하 40	89.75	90.00	-0.28%
옥상 10	89.80	90.00	-0.22%
옥상 20	90.15	90.00	0.17%
옥상 30	90.50	90.00	0.56%
옥상 40	89.80	90.00	-0.22%
옥상 50	89.05	90.00	-1.06%
평균	89.97	90.00	-0.15%

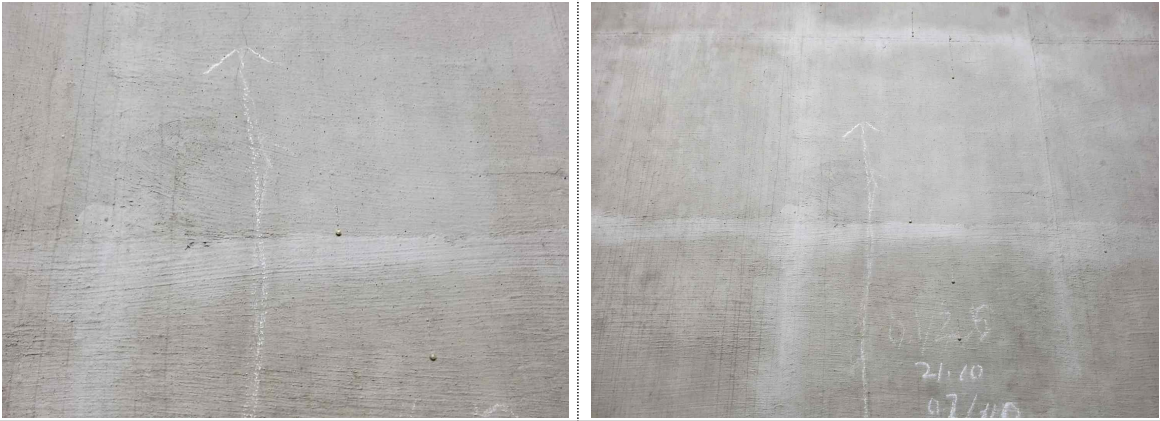
지면으로부터 1.5m 떨어진 곳에서 측정된 기울기(배면기준 벽체 경사)를 비교 검토하였다. 이번 점검과 전차 측정의 기울기 차이는 최대 1.06%로 나타났으며, 평균 0.31%차이로 확인되어, 벽체 기울기의 변화는 없는 것으로 판단된다. 2) 수준측량

옹벽을 광파기를 이용하여 측량을 실시하였으며 그 결과를 바탕으로 외관조사망도를 작성하였다.

6.3.4 선행 안전점검 조치결과

전차 정밀안전점검 이후 결함 개소에 대한 별도 조치사항이 없는 것으로 확인되었다.

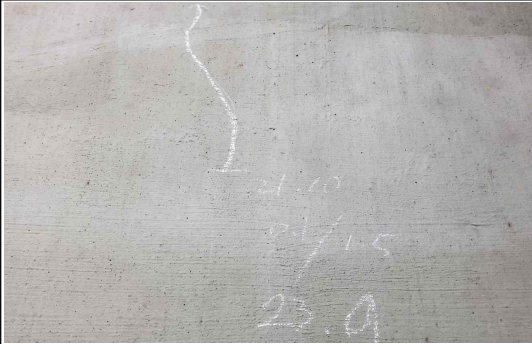
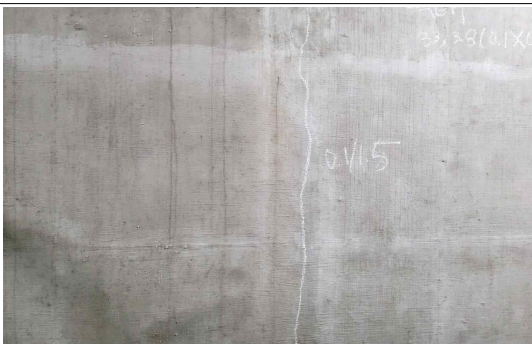
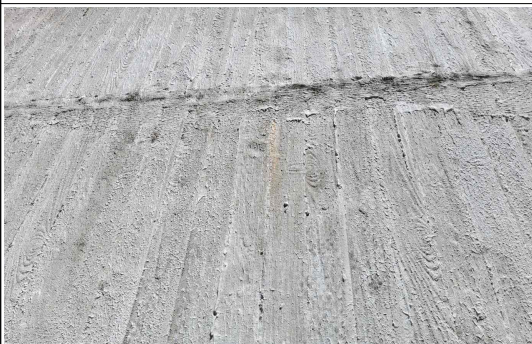
【표 6-14】 선행 정밀안전점검 조치결과

위 치 / 내 용	조치 사항	확인 결과
지하층 19m / 백태	표면처리공법	전차 동일
		
위 치 / 내 용	조치 사항	확인 결과
지하층 38m / 균열	주기적 관찰	전차 동일
		

6.3.5 주요 결함 발생원인 분석

- 전면 벽체에 발생한 균열, 백태는 건조수축에 의한 영향과 노후화에 따른 열화에 의해 발생한 것으로 판단된다. 일반적으로 발생하는 균열로 보이며 구조적인 영향은 크게 심각하지 않으나 구조물의 내구성 저하를 유발 한다. 또한 일부 균열의 경우 누수가 확인 되었다. 이는 균열의 크기를 발달시키며 구조물의 내구성 저하를 일으키므로 주기적인 관측을 통해 그 크기가 일정 수준(0.3mm 이상)으로 발달하였을 경우 지하수위 저감 및 표면처리 등으로 보강·보수가 필요하다.

【사진 6-3】 주요부 현황사진

	
지하층 1.5m / 백태	지하층 3.3m / 균열(0.1mm)
	
옥상층 13.5m / 백태	18m / 균열(0.1mm)
	
지하층 36.5m / 균열(0.1mm)	옥상층 40.5m / 백태

6.4 시설물의 상태평가

6.4.1 개요

서종변전소 RC 옹벽의 상태평가는 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침』을 기준으로 실시하였으며, 평가방법은 신축이음 및 20m 내외를 기준으로 측점을 분할하여 각 구간(Span)별 상태평가를 실시한 뒤, 옹벽 전체에 대한 상태평가 결과를 도출하였다.

6.4.2 상태평가 결과

정밀점검을 통한 서종변전소 RC 옹벽의 상태평가결과는 “B” 등급으로 평가되었다.
결함지수 산출내용은 “부록 5. 상태평가표”에 나타내었다.

【표 6-15】 상태평가 결과표

부재	침하	계획 선형오차	활동	세굴	파손 / 손상 / 재분	균열	마모 / 침식	박리	박락 / 층분리	백태	철근노출	중성화	염화물	배수공	주변영향인자			결함지수	평가결과	
															배수시설	사면조사				
																사면구배	낙석흔적			침출수
1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	12	0	0	0	0	0.283	B
2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	12	0	0	0	0	0.283	B
3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	12	0	0	0	0	0.283	B
계																			0.283	B

Note.

- 구간 분할

구간	단	시점좌표	종점좌표
1	1	0	20
2		20	40
3		40	60

- 외관조사, 기울기 측정, 준측량을 실시하여 세굴, 침하, 활동, 계획선형오차(전도/기울기)를 확인하였다.
- 배수공은 미설치되어 있어 12점 부여

6.5 종합평가 및 안전등급 지정

6.5.1 종합평가 결과

본 과업은 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가만을 수행하였으며, 상태평가 결과와 주요 조사내용을 토대로 하여 종합평가 등급을 산정하였다.

【표 6-16】종합평가 결과표

시설물 종합평가 결과			
시설물명	서중변전소 RC 옹벽		
평가구분	옹벽 결함지수	평가결과	비 고
상태평가	F = 0.283		
안정성평가	—	—	
종합평가	“B” 등급으로 판정함		

6.5.2 안전등급 지정

서중변전소 RC 옹벽의 등급은 “B”로 지정하였다.

6.6 보수·보강 및 유지관리방안

6.6.1 개요

정밀안전점검에서 확인된 결함 및 손상 등에 대하여 구조물의 안전성과 건전성을 유지하기 위한 보수·보강 방법을 제안하고자 한다. 여기에 열거한 보수·보강 방법은 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」에 제시된 일반적인 방법으로 별도 검토가 이루어진 경우 이에 따른다.

6.6.2 보수·보강 방법(안)

서중변전소 RC 옹벽은 2016년 준공 후 운용 중인 시설물로써 전차(2021년)이후 특별한 보수·보강은 실시 되지 않았다. 이번 점검에서 확인된 결함(손상)에 대한 보수·보강 제의의견은 아래와 같다.

- 균열폭 0.3mm 이상 비진행성인 경우 수지주입, 0.3mm 이하 표면처리공법으로 보수
- 백태 발생개소 및 누수등에 의해 오염된 개소는 면정리후 표면처리 공법 처리

조사된 손상 및 결함에 대하여 아래와 같이 주요 보수·보강작업의 우선순위를 선정하였다.

【표 6-17】 주요 보수·보강 우선순위 선정(안)

순위	손상내용	발생부재	보수·보강방안	비고
1	백태	전면부	표면처리공법	
2	균열(누수부위)	전면부	단면복구	

6.7 종합결론

6.7.1 정밀안전점검 실시결과

본 시설물은 준공 후 8년간 공용 중인 옹벽으로 연장 약 110.2m, 최대높이 약 25m의 철근콘크리트 옹벽이다. 이번 정밀점검에서는 구조물에 대한 외관조사, 재료시험과 측정, 주변영향인자 조사 등을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

가. 외관조사

- 기초부 세굴은 콘크리트 포장으로 되어 있어 확인 할 수 없었고, 구조체의 활동, 침하, 선형오차(전도/경사) 등은 확인 되지 않았다.
- 0.3mm 미만의 균열이 14개소, 백태가 11개소 확인 되었으며, 균열의 한 개소에서 누수가 확인되었다. 그 이외 특별한 손상은 확인되지 않았다.
- 전면부 배수공은 설치되어 있지 않았다.

나. 재료시험 및 측정

1) 콘크리트 강도 및 탄산화 깊이

반발경도시험을 통해 추정한 콘크리트 강도는 전차값 보다 크게 조사되었으나, (20.13Mpa → 21.63Mpa) 설계기준강도 24Mpa에는 못 미치는 것으로 확인되었다.

2) 계획선형(전도/기울기), 선형 및 수준측량

전면부 기울기를 측정하여 전차 점검값과 비교한 결과 평균 변화량이 -0.15%으로 확인 되었으며 최대변화값은 -1.06%로 확인되어 계획선형(전도/기울기)은 크게 변동이 없는 것으로 확인되었다.

다. 상태평가 결과

점검 결과를 종합적으로 분석하여 시설물의 상태평가를 실시한 결과 “B”등급으로 산정되었다.

6.7.2 기타사항

가. 정밀안전진단 및 사용제한 필요성 여부

외관조사 및 시험를 통해 확인한 결과 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한을 요구할만한 주요 부재의 중요 손상은 발견되지 않았다.

나. 유지관리 유의사항

구조물 외형에서 구조상에 영향을 미치는 중대한 결함은 조사되지 않았으나, 39m 지점에서 시행한 콘크리트 강도 측정값과 설계강도 값의 차이가 크고 철근피복두께 또한 충분히 확보되지 않은 것으로 확인되어 해당 위치에 주의 깊은 관찰이 필요하다. 향후 점검 시 해당위치(39m 지점)에 대해서는 외형적인 손상이나 변형을 면밀하게 관찰하고 필요에 따라서 추가적인 강도 측정 또는 안정성검토를 시행할 필요가 있다.