

- 79.1 대상 시설물 현황
- 79.2 자료수집 및 분석
- 79.3 현장조사
- 79.4 콘크리트 재료시험 조사
- 79.5 안전성능 평가
- 79.6 내구성능 평가
- 79.7 종합평가
- 79.8 유지관리 전략 제안
- 79.9 종합결론

제79장 패널식 용벽 13

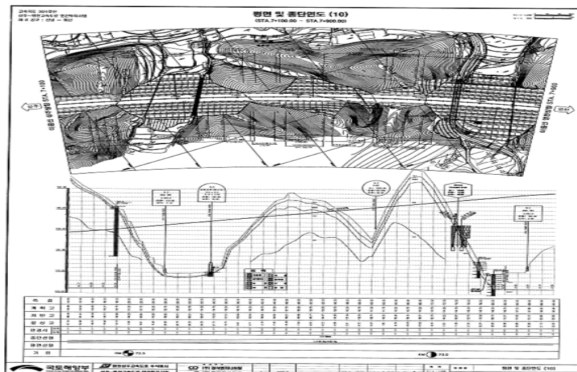
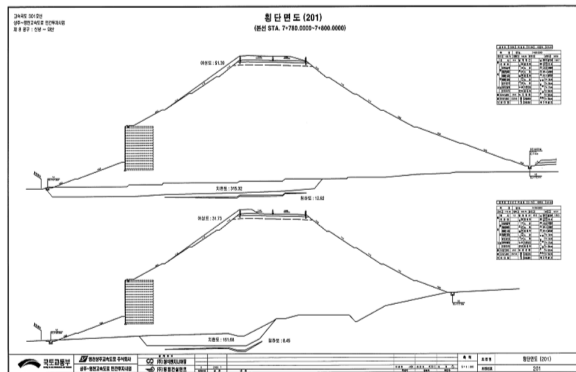
79.1. 시설물 개요

본 시설물은 경상북도 영천시 화산면 화산리(상주영천고속도로 73.125~73.250km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 125.6m, 지면노출높이 13.9m의 패널식 보강토용벽이다.

79.1.1 일반사항

【표 79.1】 용벽 일반사항

시설물명	패널식 옹벽 13		종별구분	2종 시설물
시설물번호	RW2017-0000088		관리번호	SY RW13
시설물위치	행정구역	경상북도 영천시 화산면 화산리		
	위치좌표	시점 : 36° 04'23.0" 128° 86'80.6"		
		종점 : 36° 04'16.8" 128° 86'93.2"		
노선명(이정)	고속국도 301호선 73.125~73.250km			
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	125.6m	지면노출 높 이	13.9m
	보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	농경지		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	(주)대우건설
	부대시설	-		
비 고				

	
위치도	단면도

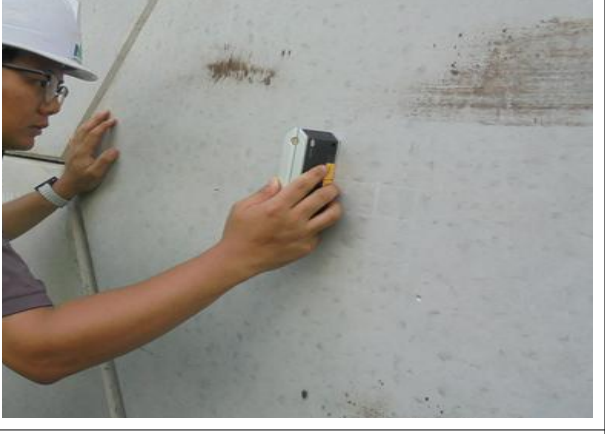
79.1.2 위치도 및 전경사진



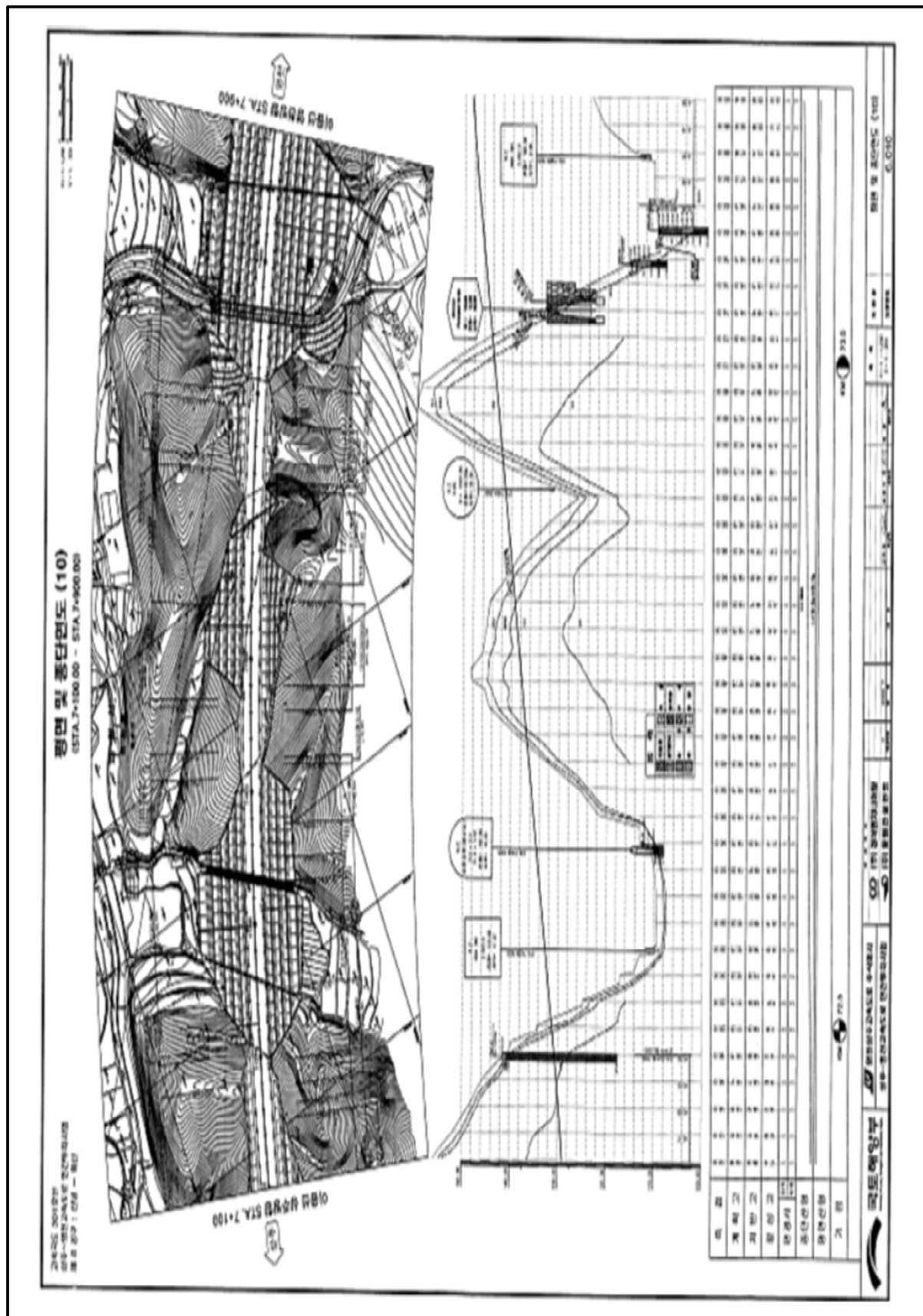
【그림 79.1】 위치도



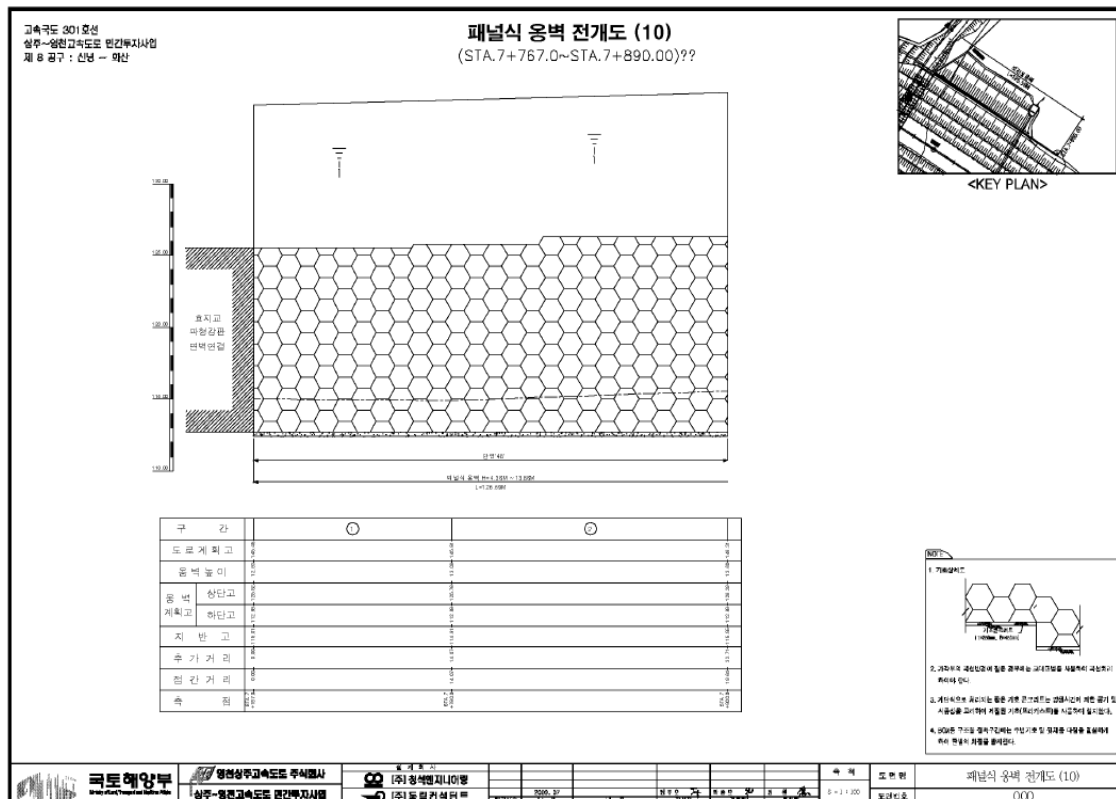
【그림 79.2】 전경사진

	
전면부 전경	배수로 전경
	
하부 전경	상부 전경
	
광파기를 이용한 측량 작업	경사계를 이용한 경사도 측정

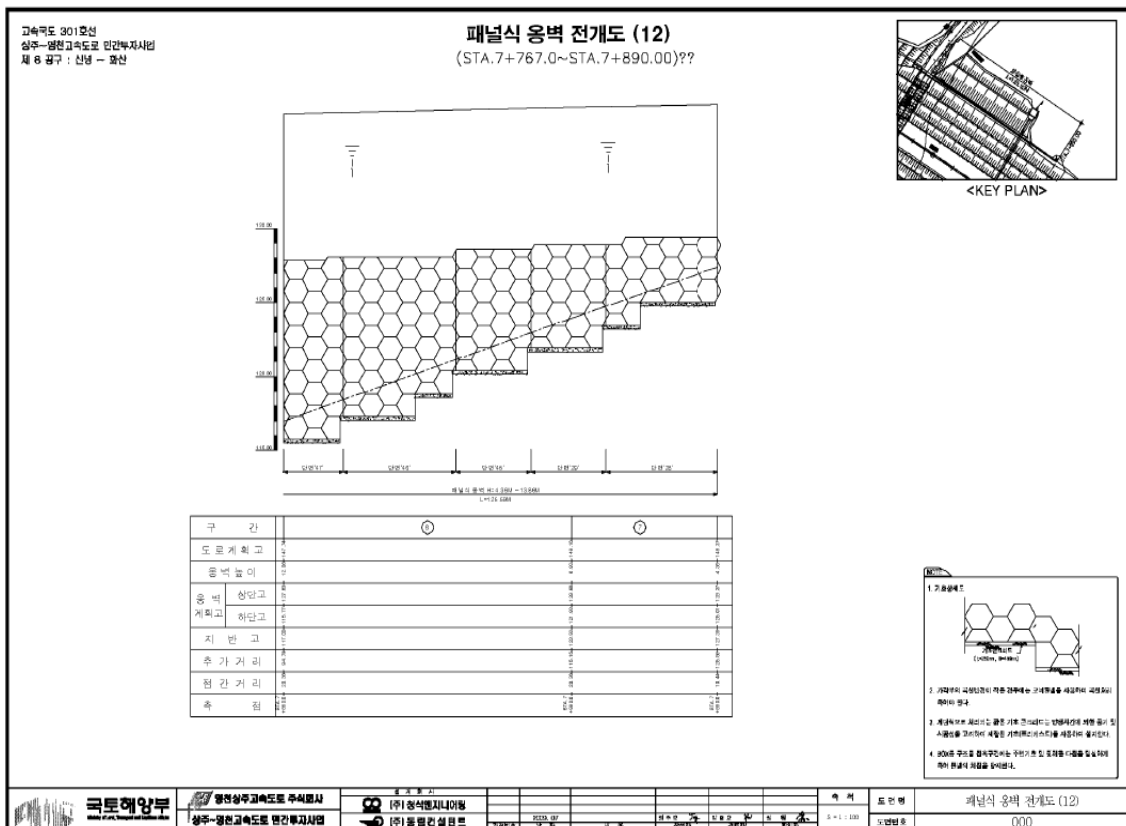
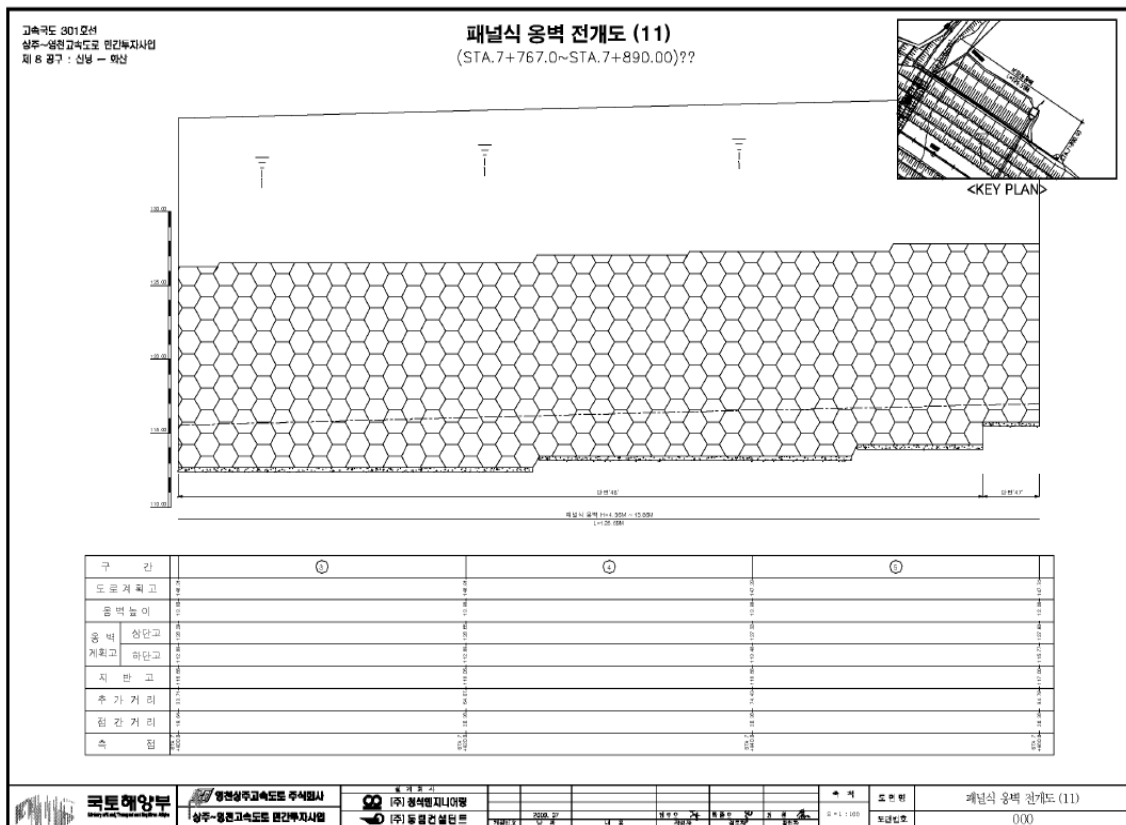
79.1.3 시설물 일반도



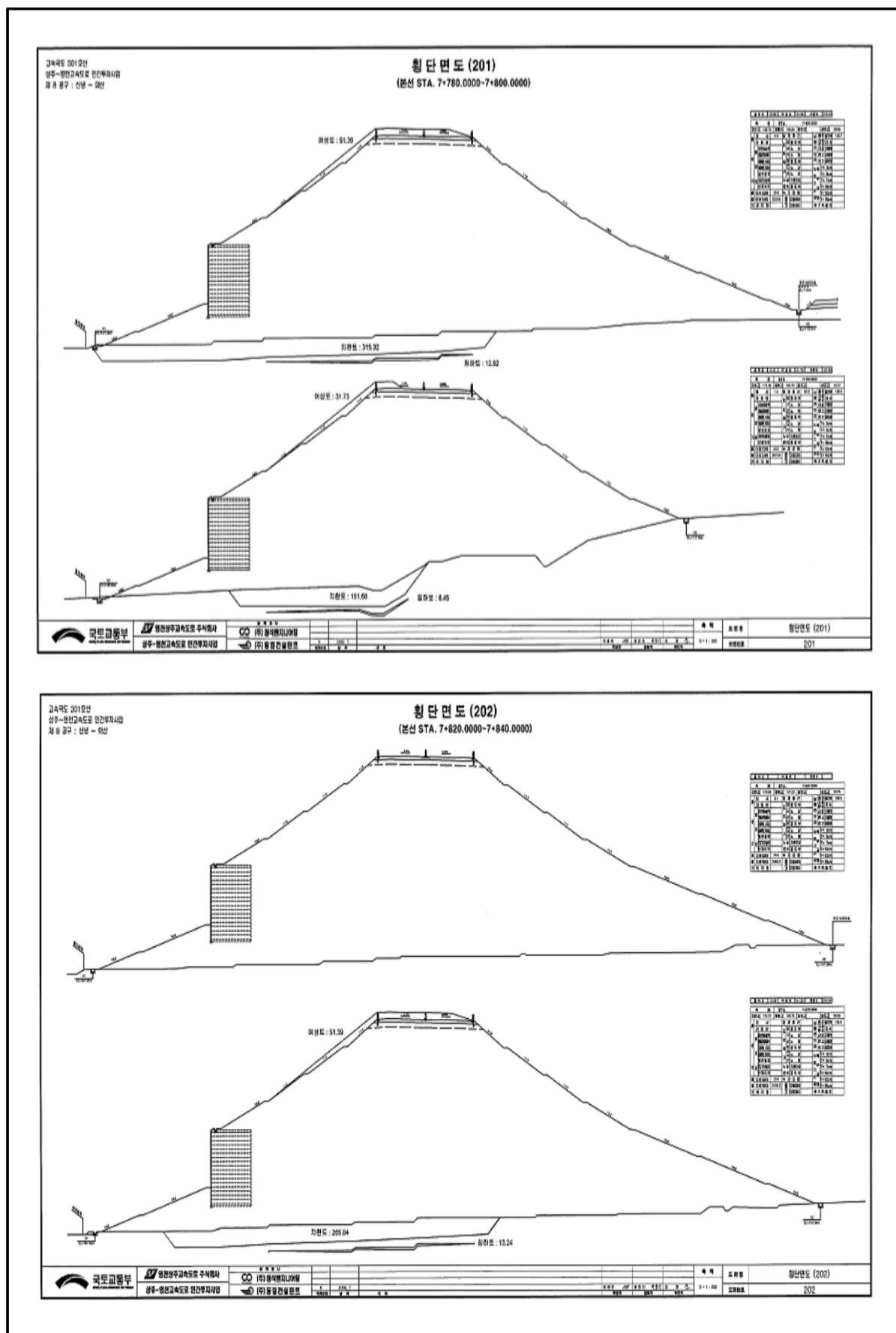
【그림 79.3】 종평면도



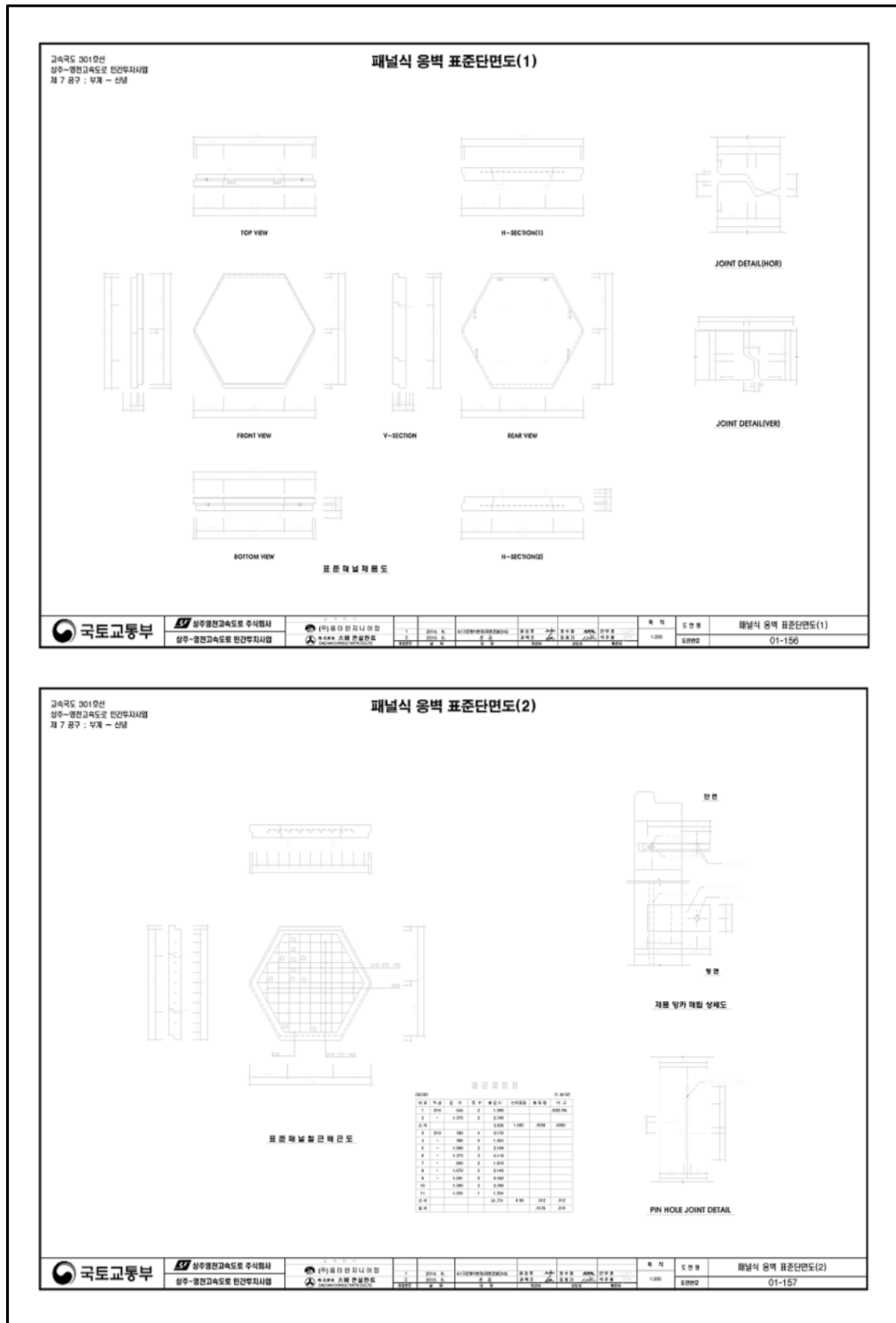
【그림 79.4】 전개도



【그림 13.4】 전개도(계속)



【그림 79.5】 단면도



【그림 13.5】 단면도(계속)

79.2. 자료수집 및 분석

79.2.1 설계자료 검토

본 시설물은 2017년에 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

구조계산서 및 안전검토서

구조계산서 및 안전검토서

MSEW - Mechanically Stabilized Earth Walls
Project Number: No. MSW-2010-001

상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구)
No. 국가지원지방도 제8차 일반회계 예산(국·도·시·군·자치단체별) 제2기 추가예산(국·도·시·군·자치단체별)

AASHTO 98 ASD DESIGN METHOD
상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구)
MSEW(3.0g Update # 11.1)

PROJECT IDENTIFICATION

Title: 상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구)
Project Number: C-001
Designer: Samsil
Station Number: 11+13.86~12.00
Description: 양방향
Company's information:
Name: 프라임엔지니어링
Telephone #: 02-883-7436
Fax #: 02-883-7431
E-Mail: prime@prime.co.kr

Original file path and name: \\server\프라이머\설계\제8공구\JOB-시공 중점 프로젝트\MSW-...
Original date and time of creating this file: 2010.10.13 16:00:22 2010

PROGRAM MODE: ANALYSIS
of a STABLE STRUCTURE
using METAL STRIPS as reinforcing material.

Page 1 of 10
Copyright © 2010 ADAMA Engineering, Inc.

MSEW - Mechanically Stabilized Earth Walls
Project Number: No. MSW-2010-001

상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구)
No. 국가지원지방도 제8차 일반회계 예산(국·도·시·군·자치단체별) 제2기 추가예산(국·도·시·군·자치단체별)

INPUT DATA: Metal strips (Analysis)

D A T A	Metal strip Type #1	Metal strip Type #2	Metal strip Type #3	Metal strip Type #4	Metal strip Type #5
Yield strength of steel, Fy [MPa]	392.0	N/A	N/A	N/A	N/A
Gross width of strip, b [mm]	100.0	N/A	N/A	N/A	N/A
Vertical spacing, Sv [m]	Varies	N/A	N/A	N/A	N/A
Design cross section area, As [mm²]	210.00	N/A	N/A	N/A	N/A
Smooth steel strips					
Friction angle along reinforcement-soil interface, δ°	21.80	N/A	N/A	N/A	N/A
at the top	21.80	N/A	N/A	N/A	N/A
at 6.0 m or below	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
Pullout resistance factor, F*	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
at the top	0.40	N/A	N/A	N/A	N/A
at 6.0 m or below	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A
Scale-effect correction factor, α					

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.70
1 m	1.60
2 m	1.55
3 m	1.50
4 m	1.35
5 m	1.30
6 m	1.20

Page 3 of 10
Copyright © 2010 ADAMA Engineering, Inc.

MSEW - Mechanically Stabilized Earth Walls
Project Number: No. MSW-2010-001

상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구)
No. 국가지원지방도 제8차 일반회계 예산(국·도·시·군·자치단체별) 제2기 추가예산(국·도·시·군·자치단체별)

SOIL DATA

REINFORCED SOIL
Unit weight, γ = 20.0 kN/m³
Design value of internal angle of friction, φ = 35.0 deg.

RETAINED SOIL
Unit weight, γ = 20.0 kN/m³
Design value of internal angle of friction, φ = 35.0 deg.

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)
Equivalent unit weight, γeq = 18.0 kN/m³
Equivalent internal angle of friction, φeq = 29.0 deg.
Equivalent cohesion, c = 0.0 kPa
Water table does not affect bearing capacity

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS
Ka (lateral stability) = 0.244 (eq. 17 is utilized to calculate Ka for all heights)
For lateral stability were specified β = 23.33deg.
Ks (systemic stability) = 0.3747 (if better is less than 0.34g, Ks is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

BEARING CAPACITY
Bearing capacity coefficients (calculated by MSEW): Nq = 27.86 Ny = 19.34

SEISMICITY
Maximum ground acceleration coefficient, A = 0.154
Design acceleration coefficient in lateral stability: Kh = Am = 0.280
Design acceleration coefficient in Frontal Stability: Kf, d = 0.070 → Kh = Am = 0.070
(Kh in Frontal Stability is based on allowable displacement, d = 100 mm, using FHWA-NHI-00-043 equation)
Kar (Kd > 0.1) = 0.4950 Kar (Kd ≤ 0.1) = 0.3747 Δ Kar = 0.1189
Seismic soil-stress slip friction coefficient, β* = 80.0% of its specified static value

Page 2 of 10
Copyright © 2010 ADAMA Engineering, Inc.

MSEW - Mechanically Stabilized Earth Walls
Project Number: No. MSW-2010-001

상주~영천 고속도로 민간투자사업(제8공구)
No. 국가지원지방도 제8차 일반회계 예산(국·도·시·군·자치단체별) 제2기 추가예산(국·도·시·군·자치단체별)

INPUT DATA: Facia and Connection (Analysis)

FACIA type: Segmental precast concrete panels
Depth of panel is 0.18 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.09 m.
Average unit weight of panel is γc = 24.00 kN/m³

Z / H/d	To-tastic / Tmax or To-seismic / Tsd	Z / H/d
0.00	1.00	0.25
0.25	1.00	0.50
0.50	1.00	0.75
0.75	1.00	1.00
1.00	1.00	

Page 4 of 10
Copyright © 2010 ADAMA Engineering, Inc.

MSEW - Mechanically Stabilized Earth Walls

ANALYZED REINFORCEMENT LAYOUT:

SCALE:
0 2 4 6 8 10 [m]

Copyright © 1999-2010 A3S/ASA Engineering, Inc. License number MS19W-31023

MSEW – Mechanically Stabilized Earth Walls

Copyright © 1999-2010 ACS/ASCE Engineering, Inc. Page 7 of 10
License number: 55576-0123

MSEW - Mechanically Stabilized Earth Walls 성주-영천 고속도로 편전차차사업(예80구)
 Project Code: 2018-01-01-01-01-01 18. 국공도공사업-영천고속도로편전차차사업(예80구)의 국공도공사업(예80구)의 국공도공사업(예80구)

#	METAL STRIP		CONNECTION		Foresword [tension hook]	Foresword [tension hook]	Metal strip strength	Pollut resistance	Direct sliding F _s	Security a/f	Product name
	Elvation [m]	Length Type [m]	Elvation [m]	Length Type [m]							
1	0.38	10.00	1	MOA	2.08	2.08	2.676	8.117	1.952	0.3055	1
2	1.13	10.00	1	MOA	1.87	1.87	1.872	3.187	2.076	0.0927	1
3	1.92	10.00	1	MOA	1.97	1.97	1.908	4.058	2.116	0.0802	1
4	2.66	10.00	2	MOA	2.07	2.07	2.732	4.072	2.269	0.0604	2
5	3.46	10.00	1	MOA	2.39	2.39	2.424	4.904	2.269	0.0571	1
6	4.23	10.00	2	MOA	2.32	2.32	3.152	4.924	2.355	0.0442	2
7	5.00	10.00	1	MOA	2.47	2.47	2.474	4.048	2.421	0.0528	1
8	5.77	10.00	1	MOA	2.64	2.64	2.644	3.819	2.504	0.0213	1
9	6.54	10.00	2	MOA	2.84	2.84	2.844	3.819	2.504	0.0102	2
10	7.31	10.00	1	MOA	3.06	3.06	3.063	3.363	2.680	0.0080	1
11	8.08	10.00	1	MOA	3.25	3.25	3.252	3.060	2.709	0.0128	1
12	8.85	10.00	1	MOA	3.40	3.40	3.403	3.923	2.889	0.0342	1
13	9.62	10.00	1	MOA	3.61	3.61	3.609	2.827	3.089	0.0366	1
14	10.39	10.00	1	MOA	3.85	3.85	3.854	2.726	3.117	0.0301	1
15	11.16	10.00	1	MOA	4.14	4.14	4.137	3.222	3.222	0.0603	1
16	11.93	10.00	1	MOA	4.36	4.36	4.364	2.528	3.326	0.0934	1
17	12.70	10.00	1	MOA	4.54	4.54	5.211	3.625	3.398	0.0675	1
18	13.47	10.00	1	MOA	4.68	4.68	6.004	2.436	3.460	0.1396	1

[illegible]

Copyright © 1995-2000 ASM A Engineering, Inc. Page 6 of 10
 Lesson number: MSW-302329

MSEW - Mechanically Stabilized Earth Walls 정주-영민 교수로직 역임권학 박사학위 (제8학부)
Research Interests: Soil Retention, Slope Stability, Earthquake Engineering *8. 교육부연구지원사업(연세대학교연구지원사업)연구책임자 역임(2010.08.01~2012.07.31)

#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	$F_{o-Static}$	$F_{o-Seismic}$	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	10.00	1.952	1.537	1	1
2	1.15	10.00	2.076	1.646	1	1
3	1.92	10.00	2.136	1.706	1	1
4	2.69	10.00	2.201	1.772	1	1
5	3.46	10.00	2.269	1.843	1	1
6	4.23	10.00	2.342	1.920	1	1
7	5.00	10.00	2.421	2.005	1	1
8	5.77	10.00	2.504	2.098	1	1
9	6.54	10.00	2.593	2.206	1	1
10	7.31	10.00	2.688	2.313	1	1
11	8.08	10.00	2.780	2.437	1	1
12	8.85	10.00	2.880	2.572	1	1
13	9.62	10.00	3.003	2.720	1	1
14	10.39	10.00	3.117	2.879	1	1
15	11.16	10.00	3.227	3.044	1	1
16	11.93	10.00	3.326	3.206	1	1
17	12.70	10.00	3.398	3.341	1	1
18	13.47	10.00	3.480	3.480	1	1

At interface with foundation: e/L static = 0.1119, e/L seismic = 0.1921, Overturning: F -static = 2.82, F -seismic = 2.03						
#	Metal strip Elevation [m]	Metal strip Length [m]	e/L Static	e/L Seismic	Metal strip Type #	Product name
1	0.38	10.00	0.1055	0.1816	1	1
2	1.13	10.00	0.0927	0.1609	1	1
3	1.92	10.00	0.0802	0.1409	1	1
4	2.69	10.00	0.0678	0.1215	1	1
5	3.46	10.00	0.0560	0.1028	1	1
6	4.23	10.00	0.0443	0.0847	1	1
7	5.00	10.00	0.0328	0.0677	1	1
8	5.77	10.00	0.0215	0.0505	1	1
9	6.54	10.00	0.0102	0.0342	1	1
10	7.31	10.00	-0.0013	0.0183	1	1
11	8.08	10.00	-0.0125	0.0027	1	1
12	8.85	10.00	-0.0242	-0.0127	1	1
13	9.62	10.00	-0.0366	-0.0283	1	1
14	10.39	10.00	-0.0501	-0.0444	1	1
15	11.16	10.00	-0.0653	-0.0628	1	1
16	11.93	10.00	-0.0834	-0.0836	1	1
17	12.70	10.00	-0.1065	-0.1060	1	1
18	13.47	10.00	-0.1349	-0.1365	1	1

Page 8 of 10
Article number 2020-09344-1, downloaded from:
Access number: 7432362-2407370

MSEW – Mechanically Stabilized Earth Walls

MSEW = Mechanically Stabilized Earth Walls

RESULTS for CONNECTION (static conditions)											
For Load Specified in Loading Times											
#	Midspan displacement [in.]	Coverage ratio [in./in.]	Horizontal span [in.]	Connection span [in.]	Reduction factor for connection [in.]	Longest connection span [in.]	Midspan displacement [in.]	Femoral connection span [in.]	Femoral Midspan displacement [in.]	Product name	
1	0.118	0.222	0.450	68.4	1.00	182.9	182.9	N/A	2.688	2.688	1
2	1.35	0.149	0.670	65.6	1.00	122.9	122.9	N/A	1.87	1.87	2
3	1.92	0.149	0.670	62.4	1.00	122.9	122.9	N/A	1.97	1.97	3
4	2.69	0.149	0.670	59.2	1.00	122.9	122.9	N/A	2.07	2.07	4
5	1.86	0.149	0.670	56.0	1.00	122.9	122.9	N/A	2.17	2.17	5
6	4.23	0.149	0.670	52.9	1.00	122.9	122.9	N/A	2.32	2.32	6
7	5.80	0.149	0.670	49.7	1.00	122.9	122.9	N/A	2.47	2.47	7
8	7.27	0.149	0.670	46.5	1.00	122.9	122.9	N/A	2.64	2.64	8
9	6.54	0.149	0.670	43.3	1.00	122.9	122.9	N/A	2.84	2.84	9
10	7.33	0.149	0.670	40.1	1.00	122.9	122.9	N/A	3.06	3.06	10
11	8.08	0.149	0.670	37.8	1.00	122.9	122.9	N/A	3.23	3.23	11
12	8.85	0.149	0.670	34.2	1.00	122.9	122.9	N/A	3.40	3.40	12
13	9.62	0.149	0.670	31.0	1.00	122.9	122.9	N/A	3.61	3.61	13
14	10.39	0.149	0.670	28.1	1.00	122.9	122.9	N/A	3.83	3.83	14
15	11.16	0.149	0.670	25.9	1.00	122.9	122.9	N/A	3.95	3.95	15
16	11.93	0.149	0.670	23.6	1.00	122.9	122.9	N/A	4.56	4.56	16
17	12.70	0.149	0.670	20.9	1.00	122.9	122.9	N/A	5.21	5.21	17
18	13.47	0.149	0.670	20.1	1.00	122.9	122.9	N/A	5.21	5.21	18

Live Load included in calculating Times

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

RESULTS FOR CONNECTION (seismic conditions)											
Fixed base connection in calculating Time											
#	Midspan drift (%)	Coverage ratio No. Results	Horizontal spacing in mm	Connection Time (hr)	Ratio for connection Time Chk	Longitudinal strength (kN)	Midspan drift (mm)	Force control connection (kN)	Force control strength (kN)	Specified	Actual
1	0.38	0.222	0.430	88.0	1.00	182.9	182.9	N/A	2.08	N/A	2.08
1	1.13	0.149	0.670	84.3	1.00	122.9	122.9	N/A	2.99	N/A	2.99
3	1.92	0.149	0.670	80.2	1.00	122.9	122.9	N/A	1.53	N/A	1.53
4	2.60	0.149	0.670	75.1	1.00	122.9	122.9	N/A	1.62	N/A	1.62
3	3.46	0.149	0.670	72.2	1.00	122.9	122.9	N/A	1.72	N/A	1.72
6	4.23	0.149	0.670	67.8	1.00	122.9	122.9	N/A	1.81	N/A	1.81
5	5.82	0.149	0.670	63.9	1.00	122.9	122.9	N/A	2.06	N/A	2.06
8	5.27	0.149	0.670	59.6	1.00	122.9	122.9	N/A	2.06	N/A	2.06
9	6.54	0.149	0.670	55.5	1.00	122.9	122.9	N/A	2.21	N/A	2.21
10	7.31	0.149	0.670	51.3	1.00	122.9	122.9	N/A	2.39	N/A	2.39
11	8.08	0.149	0.670	46.1	1.00	122.9	122.9	N/A	2.55	N/A	2.55
12	8.85	0.149	0.670	46.5	1.00	122.9	122.9	N/A	2.64	N/A	2.64
13	9.62	0.149	0.670	44.4	1.00	122.9	122.9	N/A	2.77	N/A	2.77
14	10.39	0.149	0.670	42.2	1.00	122.9	122.9	N/A	2.91	N/A	2.91
15	11.16	0.149	0.670	39.9	1.00	122.9	122.9	N/A	3.00	N/A	3.00
16	11.93	0.149	0.670	37.2	1.00	122.9	122.9	N/A	3.30	N/A	3.30
17	12.70	0.149	0.670	35.0	1.00	122.9	122.9	N/A	3.63	N/A	3.63
18	13.47	0.149	0.670	33.1	1.00	122.9	122.9	N/A	3.93	N/A	3.93

지표지질조사

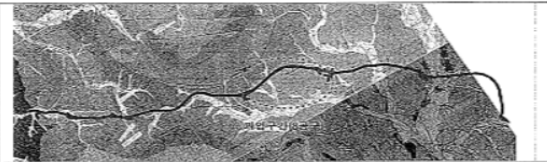
제 4 장 조 사 결 과

4.1 지표 지질 조사

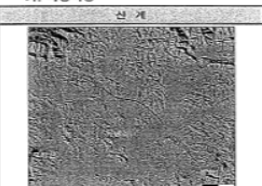
4.1.1 지형 및 지질특성

지질 개요

- 조사지역의 지질은 변성암 상위를 부정합으로 놓인 사암, 석회사암, 석탄, 나질암(세일 및 이암)등으로 이루어지는 중생대 경상누층군의 퇴적암류들이 넓게 분포.
- 조사지역의 구성암석은 중석회암과 호상한강에서 변질되는 양상으로 해당지역에 분포하는 중산층(변이질층)의 경우에는 나질층에 매우 우세한 호상 퇴적암류

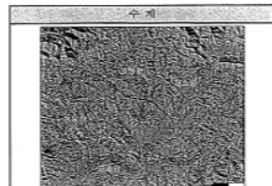


가. 지형특성



과립노선은 높이가 약 50m 내외인 낮은 산과 중석회암 대를 위치함

과립노선의 북쪽으로는 우면지역에 비해 높은 고도를 보이는 일암산이 위치하여 서쪽으로는 낮은 언덕으로 분포하는 팔암산이 자리 잡고 있음



과립노선의 북동쪽과 북서쪽에는 각각 고원지대와 산능선이 위치하고 있으며 남쪽으로는 상용천이 흐르고 있음

신남천은 남동 방향으로 흐르면서 과립노선의 중점부와 교차하고 있음

이들 하천은 많은 자류를 형성하고 있으며 수지상의 특정한 형태를 보임

47

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

나. 본포암층 특성

구분	지질 특성
중산층	• 총 두께는 700m 내외이며 암석 및 자석 이암과 실트암, 암석 세일 및 사암으로 구성된다. 최하부는 2~3m 두께의 구상층을 포함하고, 중부는 기사층 및 함으로 특징 지워진다. 구상층은 주로 화산기원체 장석 및 석영입자와 화산의 기질로 구성되어 있으나, 수류작용을 지시하는 층리 및 모양을 있으며, 식물의 줄기와 잎 화석들이 산출된다(Talsma, 1929)
사각층	• 화강은 전국층의 중회암이 끝나고 자석 이암과 실트암이 합체되기 시작하는 층이며, 상부는 중산층에 최하부인 구상층을 포함하고 있다. 총 두께는 군위에서 2,000m에서 남쪽으로 점차 감소하여 알리에서는 250m에 불과하다. 주요 구성 암석은 자석 이암과 실트암 및 녹회색 실트암 및 녹회색 사암이며, 중부에는 중회색 사암도 합체된다. 자석 이암은 상부에서 우세하며, 석회질 단괴는 거의 발달되지 않으나, 간헐, 연층, 사슬리가 발달되고 석회화석들이 흔하다. 석회 화석으로 <i>Frenalopsis cf. parceramosa</i> Fontaine이 보고되었다(Talsma, 1929).

다. 지질 개요도

지질시대	층명	특성	비고
제4기	충적층(Ka1)	• 하천 및 산록 퇴적물	
	충적층(Ka2)	• 하천 퇴적물	• 전 구간에서 기반암을 관입
	충적층(Ka3)	• 하천 퇴적물	• 3중구 중점부
	충적층(Ka4)	• 하천 퇴적물	• 3중구 중점부
	충적층(Ka5)	• 하천 퇴적물	• 3중구 중점부
	충적층(Ka6)	• 하천 퇴적물	• 3중구 중점부
	충적층(Ka7)	• 하천 퇴적물	• 3중구 중점부
	충적층(Ka8)	• 하천 퇴적물	• 3중구 중점부
	충적층(Ka9)	• 하천 퇴적물	• 3중구 중점부
	충적층(Ka10)	• 하천 퇴적물	• 3중구 중점부

48

제 4 장 조 사 결 과

(4) 지질구조



과립지대는 양산단층의 서부 인입부에 위치

급속한 분지의 형성, 활발한 화산활동, 낮은 퇴적물 성숙도로 보아 경상분지는 서쪽과 동쪽으로는 양산단층으로 경계되고, 북쪽은 수직단층에 의해 경계되었으며, 후자는 후퇴성 단층에 의해 서 그 범위가 점차 확대됨

석탄지역의 하상층군은 하부로부터 일각층, 후퇴층, 점곡층, 사각층 및 중산층으로 구성되며, 양산단층에 가까워지면서 속구 구조에 의해 분도가 반복되고 주황과 경사가 지역에 따라 크게 변화

4.1.2 영상정보를 활용한 선형 구조 분석

가. 항공위성영상 분석

① 육각

과립지대의 광역적인 지형 특성 파악 및 선형구조 발달 상태 파악

지형 및 지질특성(단층, 절리, 암맥 등의 선구조) 파악

과립구간에 대한 지질정보의 단층, 절리 등에 의한 광역적인 선구조 해석

② 필터 및 방법

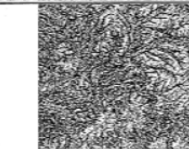
30m를 해상도의 Landsat-7 TM 위성영상에 이용하여 분석 실시

선형 구조를 필터링 분석, 주성분 분석, 엔도메를 분석 등을 통해 광역 선구조 해석에 적용

석영지수, 음영도 분석을 통해 석영 발 도향함량 분석 실시

③ 위성영상결과

선형공간필터링

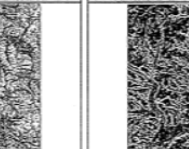


Landsat-7 ETM+ 영상에서 선형인 요소를 강조시키기 위해 고주파 강조 선형 공간필터링을 실시

고주파 강조 선형 공간필터링 Laplacian 필터(Laplacian, 1959)를 적용한 후의 결과

지형적인 선구조 이외에 도로나 향안 시설과 같은 인공적인 선구조가 추출됨

공간필터링(Sobel filtering)



영상 내의 지형 또는 선구조의 방향성에 관계없이 지형 지물의 에지를 검출

선구조 육안 관측에 유용한 자료임

49

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

결과 분석



결과 분석



조사지역에 대한 광역적인 선구조 분석

선형공간필터링과 공간필터링 추출결과를 확인하여 최종 선구조 추출

900m 이상 되는 선구조를 파악

관측결과 총 98개의 대, 소 선구조 파악

주로 선구조의 방향은 N40~50E이며 N50~60E, N40~50W 방향에 그 다음으로 우세하게 관측됨

과립노선에는 10개의 선구조가 관찰됨 것으로 추정됨

나. 음영기복도(DEM)를 이용한 선구조 분석

① 육각

과립지대에 대한 지형적인 선구조 분석

수치지도에 의한 음영기복도 작성으로 선구조의 발달 방향 확인

선구조의 분도 및 선형분석 등을 통한 선구조의 분포특성 파악

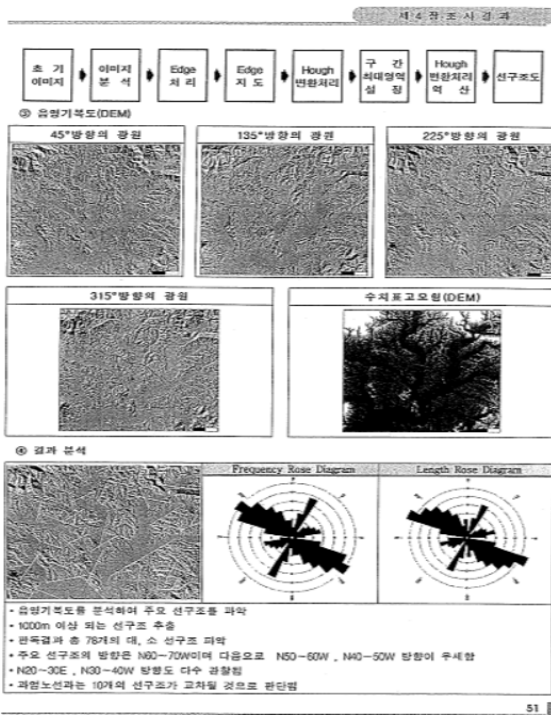
② 분석 방법 및 과정

수치지도로부터 작성된 DEM(Digital Elevation Model) 음영기복도를 이용, 선구조 추출

선형구조의 분도 및 선형에 대한 기중지 분석을 통한 선형구조의 분포특성 파악 및 지질구조와의 연관성 파악

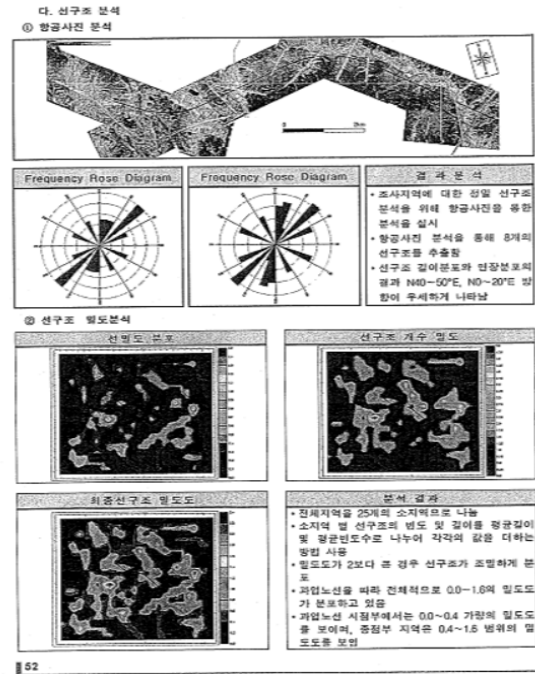
50

지표지질조사



51

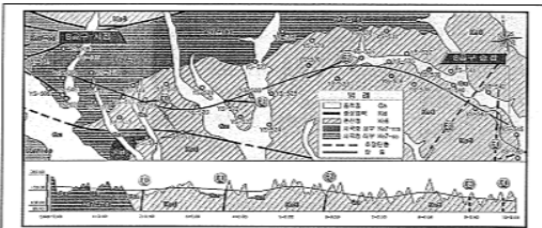
상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획



52

4.1.3 관입구간 지질분포 특성

가. 상세 지표지질조사



① 주요 노두 특성분석

노두 사진	특성
	- 사각층 상부(노두No.YS-2002) - 적색 니질암 - 층리방향 : 22/162 - JH=84208, J2=84058
	- 사각층 하부(노두No.YS-504) - 녹색 및 적색 니질암 - 층리방향 : 32/148, 단층단향 : 66/256 - 단층 미지 5mm, 단층 폭 0.5m - JH=88264, J2=82042, J3=67318
	- 사각층 상부(노두No.YS-505) - 적색 니질암 - 층리방향 : 20/169 - JH=82271, J2=78340
	- 사각층 상부(노두No.YS-506) - 적색 니질암 - 층리방향 : 22/166, 소단층방향 : 87/048 - JH=68348, J2=68340, J3=72110 - 폭 0.5m, 최대대 1m정도, 단층 각력암 존재

53

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

노두 사진	특성
	- 사각층 상부(노두No.YS-507) - 암색 니질암 - 층리방향 : 18/174 - JH=78304, J2=82258, J3=82500 - 석회질 성분 다량 함유
	- 사각층 상부(노두No.YS-508) - 적색 니질암 - 층리방향 : 20/168 - JH=88164, 88170, J2=87266, J3=88212 - 탈리가 뚜렷하게 발달
	- 사각층 상부(노두No.YS-509) - 적색 니질암 - 층리방향 : 22/182 - JH=88260, J2=88048, J3=72550
	- 사각층 상부(노두No.YS-510) - 적색 ~ 암색 니질암 - 층리방향 : 20/171 - JH=72070, J2=87147, J3=80001 - 현상 반응 활발(석회질 성분 포함)
	- 사각층 상부(노두No.YS-511) - 암색 ~ 적색 니질암 - 층리방향 : 21/160 - JH=87012, J2=88052, J3=82310 - 현상 반응
	- 송죽층(노두No.YS-512) - 적색 니질암 - 층리방향 : 22/164 - JH=79022, J2=84304, J3=84261
	- 송죽층(노두No.YS-513) - 암색 ~ 적색 니질암 - 층리방향 : 18/172 - JH=70254, J2=82012
	- 송죽암맥(노두No.YS-514) - 약 30m폭의 중성 암맥 - JH=68308, J2=80190, J3=87054

54

지표지질조사

제 4 장 조 사 결 과

노두 사진	특·성
	• 중산층(노두No.YS-516) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 23/176 • J=83/244, J2=80/14, J3=76/321
	• 중산층(노두No.YS-517) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 19/282 • J=89/198, J2=89/106, J3=48/225
	• 중산층(노두No.YS-522) • 암회색-회색 니질암 • 층리방향 : 18/194 • J=73/287, J2=85/008
	• 중산층(노두No.YS-534) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 17/171 • J=81/082, J2=82/252, J3=82/152
	• 중산층(노두No.YS-529) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 24/189 • J=70/352, J2=74/245, J3=82/264
	• 중산층(노두No.YS-530) • 암회색~회색 니질암 • 층리방향 : 22/179 • J=88/064, J2=88/143, J3=75/346
	• 중산층(노두No.YS-531) • 암회색~회색 니질암 • 하부에 석회질 • 방파석 포함 층이 30cm 정도 존재(점선 방출, 저질) • J=89/193, J2=82/278, J3=70/252
	• 사곡층 상부(노두No.YS-532) • 회색 니질암 • 층리방향 : 19/180 • J=83/064, J2=81/172

55

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

노두 사진	특·성
	• 중산층(노두No.YS-533) • 회색~암회색 니질암 • 층리방향 : 13/206 • 방파석이 풍화된 층이 보임 • J=85/156, J2=89/074, J3=89/124
	• 중산층(노두No.YS-534) • 회색~암회색 니질암 • 층리방향 : 13/174 • J=75/244, 78/272, J2=85/144
	• 중산층(노두No.YS-537) • 회색 니질암 • 층리방향 : 12/170 • J=74/104, J2=77/158, J3=68/254
	• 중산층(노두No.YS-538) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 18/192 • J=83/144, J2=87/104
	• 중산층(노두No.YS-541) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 13/161 • J=83/354, J2=86/258 • 층리를 많이 관찰함
	• 중산층(노두No.YS-543) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 16/230, 16/240, 20/104 • J=81/086, J2=87/344
	• 중산층(노두No.YS-544) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 05/254, 07/214 • J=84/074, J2=88/167
	• 중산층(노두No.YS-545) • 암회색~암회색 니질암 • 층리방향 : 08/106 • J=78/250, J2=81/247, J3=74/154

56

제 4 장 조 사 결 과

노두 사진	특·성
	• 중산층(노두No.YS-545) • 회색, 암회색 니질암 • 층리방향 : 02/082 • J=80/334, J2=82/054
	• 중산층(노두No.YS-547) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 11/094 • J=89/172, J2=80/257
	• 중산층(노두No.YS-549) • 암회색 니질암 • 층리방향 : 12/182 • J=79/154, 88/356, J2=89/274, 78/032, J3=88/243
	• 중산층(노두No.YS-550) • 회색~암회색 니질암 • 층리방향 : 06/054 • J=90/060, J2=81/314

① 앞층별 현미경 관찰 및 Modal 분석 결과

사곡층(사질여말)	사곡층(세립)
- 구성광물은 석영, 밀립리합석, 점토광물로 구성 - 주로 저세 사립과 세립으로 구성 - 방파석과 용기돌도 관찰	- 구성광물은 석영, 방파석, 점토광물로 구성 - 주로 저세 세립으로 구성 - 중산층과 비교하여 석영이 함량이 많고, 암회색 표기 또한 상대적으로 흔 함
중산층(세립)	중산층(중립)
- 구성광물은 석영, 방파석, 점토광물로 구성 - 주로 암회색 내지 회색 세립으로 구성 - 점층(amythritals)이 발달	- 구성광물은 사장석, 각섬석, 녹염석 구성 - 암녹색 내지 회색을 띠며, 사장석의 반명이 10% 이상의 함량을 보임

57

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

4.14 파임구간 지질구조 분석

가. 단층구조

① 단층대 분포 현황

구분	조사 방법				수정/경사	연장 (m)	폭		노선교차점 (STA.)	구분
	지점 조사	지수 조사	선형 조사	봉기 조사			gauge(m)	폭태(m)		
F0	-	●	-	-	N87W/70NE	400내외	0.2	1이내	1+965	소단층
F1	-	●	-	-	N77W/70SW	600내외	-	5이내	3+750	소단층
F2	-	●	-	-	N70E/70NW	900내외	-	4이내	5+913	소단층
F3	-	-	●	-	N00E/수직	2500내외	-	-	9+000	주단층

※ 대단층: 파쇄대 폭 100m 이상 또는 단층점도 100cm 이상

중단층: 파쇄대 폭 100~10m 또는 단층점도 100~10cm

소단층: 파쇄대 폭 10m 이하 또는 단층점도 10cm 이하

② 각 단층 특성분석

F-0 단층			
특성	• 886-23 시추공 전면에 걸쳐 파쇄가 심하고 단층을 따라 방파석역이 출현된 부분적으로 단층점도와 단층각각이 관찰되기도 함		
파임노선에 대한 영향	• 파임 노선 STA. 1+965에서 노선과 교차할 것으로 판단됨		
방향	N87W/70NE	연장	400m내외
파쇄대 폭	1m내외	단층 gouge	0.2m
관련시추공	88623(5.7~9.1m)	신구조	미발달
F-1 단층			
특성	• CBB-15 시추공 전면에 걸쳐 11m의 core loss와 전단면 및 방파석역 발달 공내 정상방향으로 통해 방향성 판단		
파임노선에 대한 영향	• 파임 노선 STA. 3+750에서 노선과 교차할 것으로 판단됨		
방향	N77W/70SW	연장	600m내외
파쇄대 폭	5m내외	단층 gouge	-
관련시추공	CBB-15	신구조	미발달
F-2 단층			
특성	• CBB-27 시추공 전면에 걸쳐 단층운동에 의한 전단면 및 방파석역 발달, 인접에 있는 CBB-24 시추공의 공내 정상방향으로 통해 방향성 판단		
파임노선에 대한 영향	• 파임 노선 STA. 5+913(방기부)에서 노선과 교차할 것으로 판단됨		
방향	N70E/70NW	연장	900m내외
파쇄대 폭	4m내외	단층 gouge	-
관련시추공	CBB-27(11.9~23.5m)	신구조	미발달

58

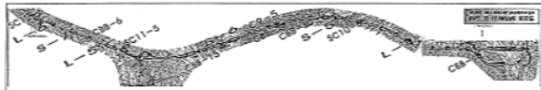
지표지질조사

제74장 조사결과

F-3 단층			
특성	• 거북을 따라 발달하는 선구조를 통해 관찰		
과원노선에 대한 영향	• 과원 노선 중점부 STA. 9+000에서 노선과 교차할 것으로 판단됨		
방향	N44E/수직	현상	2500m내의
파쇄대 폭	-	단층 gouge	-
과원시추공	-	선구조	발달

4.15 과원구간 불연속면 특성 분석

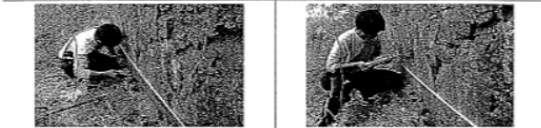
가. 조사위치도



나. 조사결과

▶ Scanline SC8-5의 불연속면 특성			
불연속면	Contour diagram	Rose diagram	기타 특성
Set 1 82172 k=27.28			평균 순산층
Set 2 82172 k=380.29			조사위치 (TM)
Set 3 82172 k=44.68			280.736,895, 189.898,300,
Set 4 82172 k=44.68			

이. 조사 사진



59

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

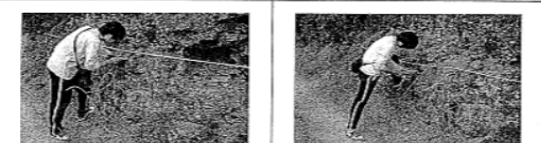
상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획			
구분	Set 1	Set 2	Set 3
평균	m = 15.2333, S = 11.8464	m = 46.8235, S = 27.1883	m = 65.3333, S = 51.3279
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 10.8638, S = 0.6934	m = 39.3638, S = 0.6176	m = 66.3333, S = 0.6151
평균	m = 4.1345, S = 2.9034	m = 6.6111, S = 2.5034	m = 7.1558, S = 2.7131
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 3.3443, S = 0.6360	m = 6.6111, S = 2.5034	m = 6.2214, S = 0.6082
평균	m = 4.8269, S = 1.2204	m = 4.4444, S = 1.1693	m = 5.5385, S = 1.4473
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 4.6438, S = 0.2946	m = 4.2800, S = 0.2843	m = 5.5385, S = 1.4473
평균	m = 959.0961, S = 282.7297	m = 1041.3889, S = 264.7630	m = 1008.1539, S = 199.9469
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 922.3685, S = 0.2591	m = 1041.3889, S = 264.7630	m = 1008.1539, S = 199.9469

60

제74장 조사결과

▶ Scanline SC9-5의 불연속면 특성			
불연속면	Contour diagram	Rose diagram	기타 특성
Set 1 14212 k=14.78			평균 순산층
Set 2 58211 k=129.58			조사위치 (TM)
Set 3 84170 k=35.32			189.861,095, 282.875,139
Set 4 85277 k=57.89			

이. 조사 사진



상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획			
구분	Set 1	Set 2	Set 3
평균	m = 21.2564, S = 17.2563	m = 47.0000, S = 38.1594	m = 43.6111, S = 19.6070
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 2.5000, S = 1.1619	m = 2.2667, S = 0.6799	m = 2.1053, S = 0.5920
평균	m = 2.5000, S = 1.1619	m = 2.2667, S = 0.6799	m = 2.1053, S = 0.5920
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 2.5000, S = 1.1619	m = 2.2667, S = 0.6799	m = 2.1053, S = 0.5920
평균	m = 2.5000, S = 1.1619	m = 2.2667, S = 0.6799	m = 2.1053, S = 0.5920
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 2.5000, S = 1.1619	m = 2.2667, S = 0.6799	m = 2.1053, S = 0.5920

61

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획			
구분	Set 1	Set 2	Set 3
평균	m = 7.7750, S = 1.1065	m = 6.0000, S = 0.7303	m = 6.2105, S = 0.4577
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 7.7750, S = 1.1065	m = 6.0000, S = 0.7303	m = 6.1979, S = 0.9528
평균	m = 528.8000, S = 106.7528	m = 441.8667, S = 61.4956	m = 563.2632, S = 133.1135
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 528.8000, S = 106.7528	m = 441.8667, S = 61.4956	m = 541.6618, S = 0.2860
평균	m = 528.8000, S = 106.7528	m = 441.8667, S = 61.4956	m = 485.2863, S = 0.2310
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 528.8000, S = 106.7528	m = 441.8667, S = 61.4956	m = 485.2863, S = 0.2310

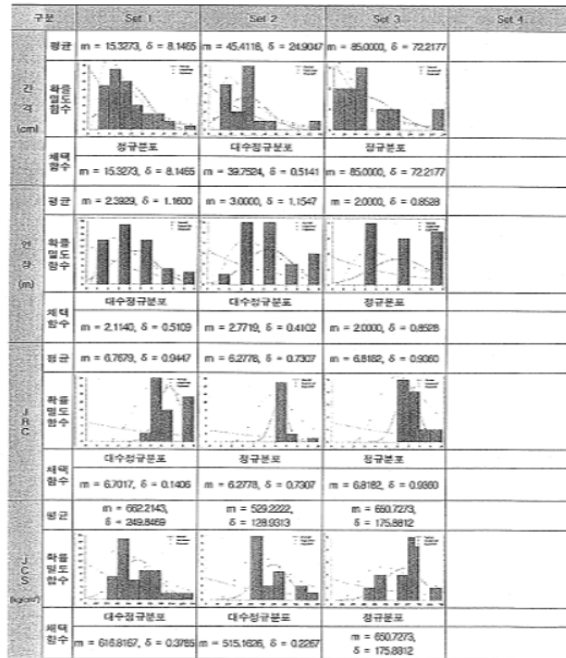
62

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획			
구분	Set 1	Set 2	Set 3
평균	m = 7.7750, S = 1.1065	m = 6.0000, S = 0.7303	m = 6.2105, S = 0.4577
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 7.7750, S = 1.1065	m = 6.0000, S = 0.7303	m = 6.1979, S = 0.9528
평균	m = 528.8000, S = 106.7528	m = 441.8667, S = 61.4956	m = 563.2632, S = 133.1135
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 528.8000, S = 106.7528	m = 441.8667, S = 61.4956	m = 541.6618, S = 0.2860
평균	m = 528.8000, S = 106.7528	m = 441.8667, S = 61.4956	m = 485.2863, S = 0.2310
확률 밀도 함수			
제1 함수	m = 528.8000, S = 106.7528	m = 441.8667, S = 61.4956	m = 485.2863, S = 0.2310

63

지표지질조사

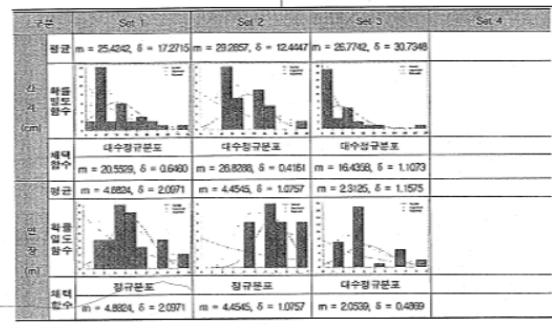
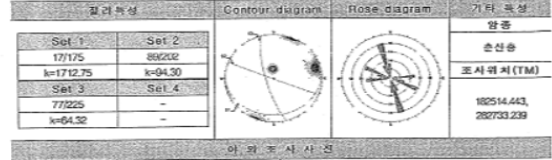
제74장 조 사 결 과



63

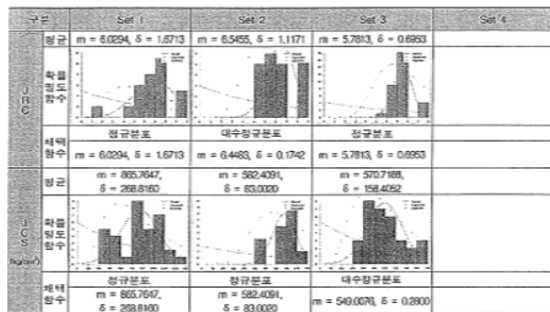
상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

Scantline SC11-5의 불연속면 특성

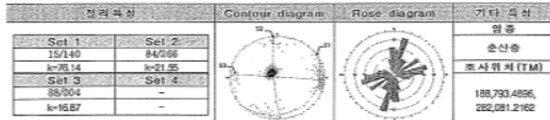


64

제74장 조 사 결 과

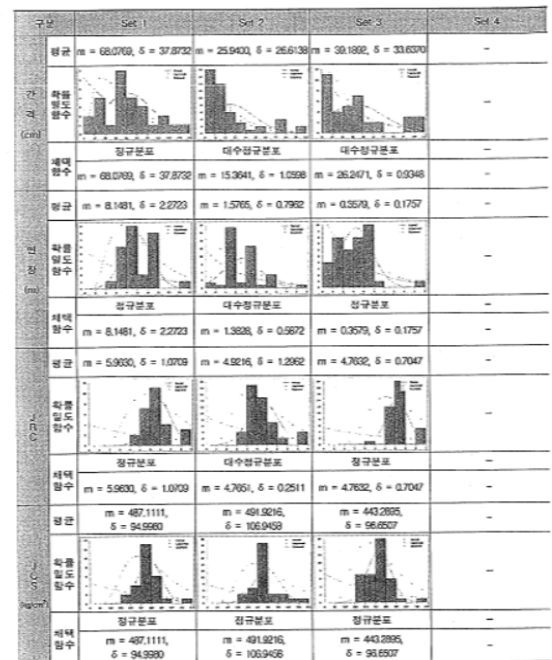


Scantline L-4의 불연속면 특성



65

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획

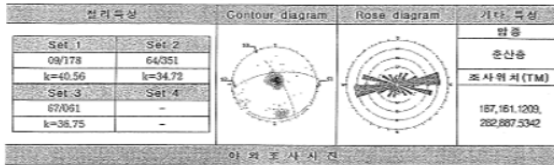


66

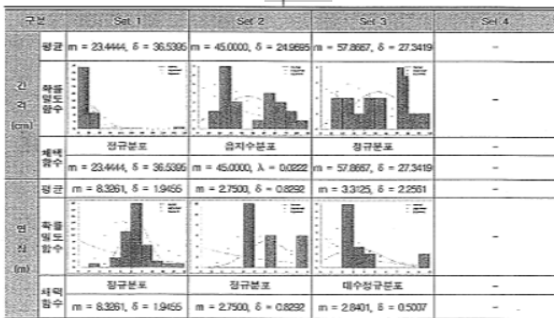
지표지질조사

제 4 장 조 사 결 과

▷ Scanline S-5의 불연속면 특성

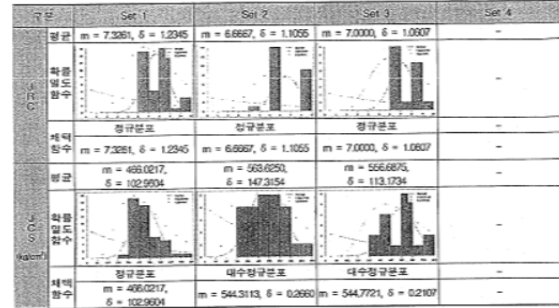


아 의 조 사 사 진



67

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계



▷ Scanline S-6의 불연속면 특성

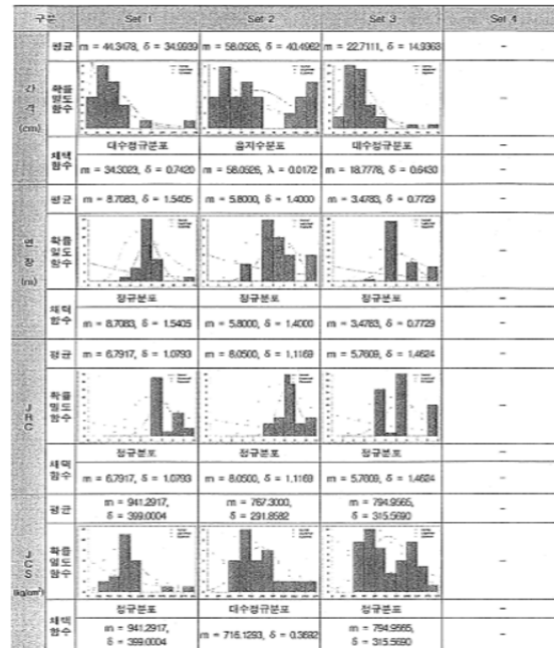


아 의 조 사 사 진



68

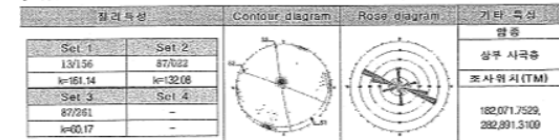
제 4 장 조 사 결 과



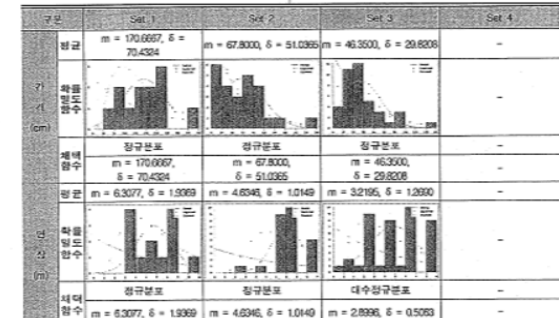
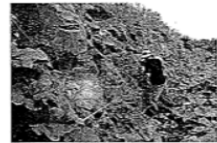
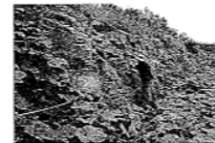
69

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

▷ Scanline L-5의 불연속면 특성



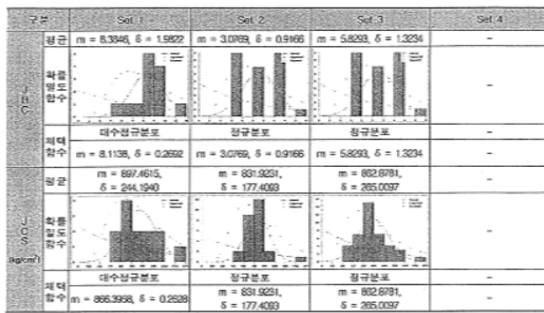
아 의 조 사 사 진



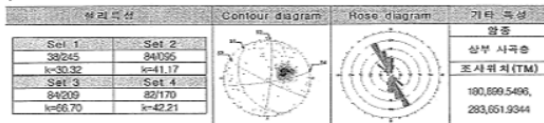
70

지표지질조사

지표지질조사 결과

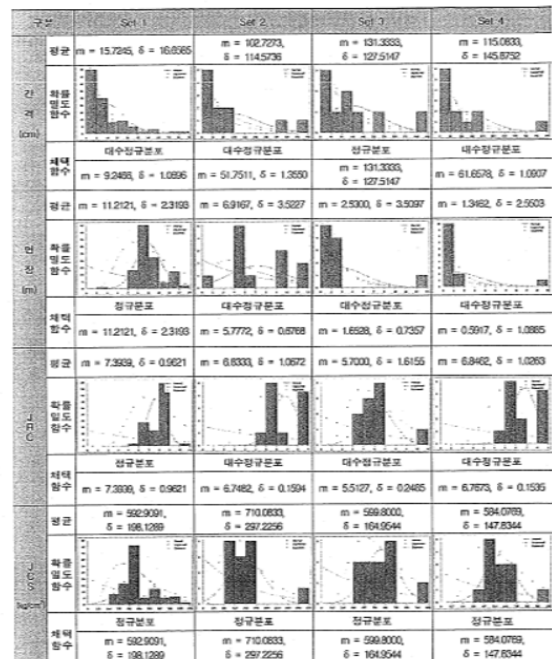


▷ Scanline L-5의 불연속면 특성



71

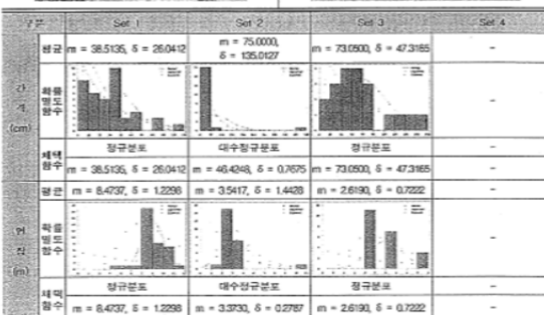
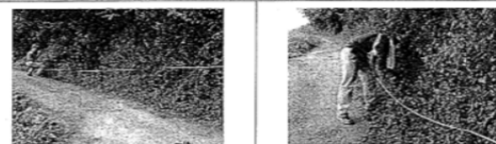
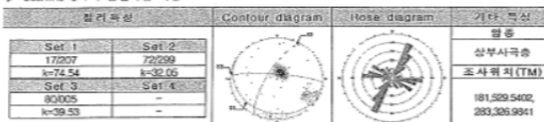
상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획



72

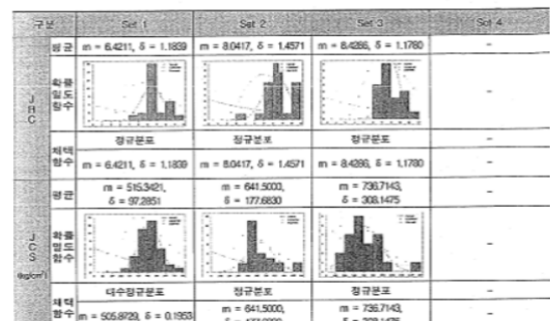
지표지질조사 결과

▷ Scanline S-7의 불연속면 특성



73

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시계획



▷ Scanline SCB-5의 불연속면 종합



74

지표지질조사

제 4 장 조 사 결 과

▷ Scanline SC9-5의 불연속면 종합

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절 리 특 성	14/212 k=414.78	58/211 k=129.58	64/170 k=35.32	85/277 k=57.89
간 격 (cm)	대수층규분포 m = 17.3190, δ = 0.5803	층지수분포 m = 47.0000, λ = 0.0213	대수층규분포 m = 39.4054, δ = 0.4528	정규분포 m = 70.0000, δ = 12.8712
연 장 (m)	정규분포 m = 2.5000, δ = 1.1619	정규분포 m = 2.2667, δ = 0.6798	정규분포 m = 2.1053, δ = 0.5920	정규분포 m = 1.6923, δ = 0.8213
JRC	정규분포 m = 7.7750, δ = 1.1065	정규분포 m = 6.0000, δ = 0.7303	정규분포 m = 6.1979, δ = 0.0028	정규분포 m = 6.7833, δ = 0.1593
JCS (kg/cm ²)	정규분포 m = 528.8000, δ = 106.7528	정규분포 m = 441.8667, δ = 81.4696	대수층규분포 m = 541.4618, δ = 0.2860	대수층규분포 m = 480.0863, δ = 0.2310

▷ Scanline SC10-5의 불연속면 종합

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절 리 특 성	06/003 k=94.62	87/074 k=92.37	82/014 k=37.17	-
간 격 (cm)	정규분포 m = 15.3273, δ = 8.1465	대수층규분포 m = 39.7524, δ = 0.5141	정규분포 m = 85.0000, δ = 72.2177	-
연 장 (m)	대수층규분포 m = 2.1140, δ = 0.5109	대수층규분포 m = 2.7719, δ = 0.4102	정규분포 m = 2.0000, δ = 0.8928	-
JRC	대수층규분포 m = 6.7017, δ = 0.1406	정규분포 m = 6.2778, δ = 0.7307	정규분포 m = 6.8182, δ = 0.9360	-
JCS (kg/cm ²)	대수층규분포 m = 616.8167, δ = 0.5785	대수층규분포 m = 515.1626, δ = 0.2267	정규분포 m = 650.7273, δ = 175.8812	-

75

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

▷ Scanline SC11-5의 불연속면 종합

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절 리 특 성	17/175 k=1712.75	89/202 k=94.30	77/225 k=64.32	-
간 격 (cm)	대수층규분포 m = 20.5529, δ = 0.6460	대수층규분포 m = 26.8288, δ = 0.4161	대수층규분포 m = 16.4358, δ = 1.1073	-
연 장 (m)	정규분포 m = 4.8824, δ = 2.0971	정규분포 m = 4.4545, δ = 1.0757	정규분포 m = 2.0539, δ = 0.4869	-
JRC	정규분포 m = 6.0294, δ = 1.6713	대수층규분포 m = 6.4483, δ = 0.1742	정규분포 m = 5.7813, δ = 0.6953	-
JCS (kg/cm ²)	정규분포 m = 865.7647, δ = 268.8100	정규분포 m = 582.4091, δ = 83.0029	대수층규분포 m = 549.0376, δ = 0.3830	-

▷ Scanline L-4의 불연속면 종합

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절 리 특 성	15/140 k=76.14	84/206 k=21.55	88/004 k=16.87	-
간 격 (cm)	정규분포 m = 68.0769, δ = 37.8732	대수층규분포 m = 15.3641, δ = 1.0598	대수층규분포 m = 26.2471, δ = 0.9348	-
연 장 (m)	정규분포 m = 8.1481, δ = 2.2723	대수층규분포 m = 67.8000, δ = 1.3828	정규분포 m = 0.3679, δ = 0.1757	-
JRC	정규분포 m = 5.9630, δ = 1.0709	대수층규분포 m = 4.7651, δ = 0.2511	정규분포 m = 4.7032, δ = 0.7047	-
JCS (kg/cm ²)	정규분포 m = 487.1111, δ = 94.9880	정규분포 m = 491.9216, δ = 106.9458	정규분포 m = 443.2865, δ = 96.6507	-

76

제 4 장 조 사 결 과

▷ Scanline S-5의 불연속면 종합

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절 리 특 성	09/178 k=40.58	64/351 k=34.72	67/061 k=36.75	-
간 격 (cm)	정규분포 m = 23.4444, δ = 36.5395	층지수분포 m = 45.0000, λ = 0.0222	정규분포 m = 57.8657, δ = 27.3419	-
연 장 (m)	정규분포 m = 6.3261, δ = 1.9455	정규분포 m = 2.7503, δ = 0.8292	대수층규분포 m = 2.8401, δ = 0.5007	-
JRC	정규분포 m = 7.3261, δ = 1.2345	정규분포 m = 6.6667, δ = 1.1056	정규분포 m = 7.0000, δ = 1.0607	-
JCS (kg/cm ²)	정규분포 m = 466.0217, δ = 102.9604	대수층규분포 m = 544.3113, δ = 0.2660	대수층규분포 m = 544.7721, δ = 0.2107	-

▷ Scanline S-6의 불연속면 종합

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절 리 특 성	13/215 k=105.48	67/086 k=27.88	88/011 k=39.47	-
간 격 (cm)	대수층규분포 m = 34.3023, δ = 0.7420	층지수분포 m = 58.0526, λ = 0.0172	대수층규분포 m = 18.7778, δ = 0.6430	-
연 장 (m)	정규분포 m = 6.7083, δ = 1.5405	정규분포 m = 5.8000, δ = 1.4000	정규분포 m = 3.4783, δ = 0.7729	-
JRC	정규분포 m = 6.7917, δ = 1.0793	정규분포 m = 8.0500, δ = 1.1168	정규분포 m = 5.7009, δ = 1.4824	-
JCS (kg/cm ²)	정규분포 m = 941.2917, δ = 399.0004	대수층규분포 m = 716.1293, δ = 0.3692	정규분포 m = 794.9555, δ = 315.5690	-

77

상주-영천 고속도로 민간투자사업 실시설계

▷ Scanline L-5의 불연속면 종합

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절 리 특 성	13/156 k=161.14	87/022 k=132.08	87/061 k=60.17	-
간 격 (cm)	정규분포 m = 170.6957, δ = 70.4324	정규분포 m = 67.8000, δ = 51.0355	정규분포 m = 46.3500, δ = 29.8209	-
연 장 (m)	정규분포 m = 6.3077, δ = 1.9309	정규분포 m = 4.6346, δ = 1.0149	대수층규분포 m = 2.8906, δ = 0.5063	-
JRC	정규분포 m = 8.1138, δ = 0.2692	정규분포 m = 3.0769, δ = 0.9166	정규분포 m = 5.8293, δ = 1.3234	-
JCS (kg/cm ²)	대수층규분포 m = 866.3968, δ = 0.2628	정규분포 m = 631.9231, δ = 177.4293	정규분포 m = 662.8781, δ = 266.0097	-

▷ Scanline L-6의 불연속면 종합

구 분	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
절 리 특 성	38/245 k=30.32	84/095 k=41.17	84/209 k=66.70	82/170 k=42.21
간 격 (cm)	대수층규분포 m = 9.2406, δ = 1.0696	대수층규분포 m = 51.7511, δ = 1.3550	정규분포 m = 131.3333, δ = 127.5147	대수층규분포 m = 61.6578, δ = 1.0907
연 장 (m)	정규분포 m = 11.2121, δ = 2.3193	대수층규분포 m = 5.7772, δ = 0.6768	대수층규분포 m = 1.6828, δ = 0.7357	대수층규분포 m = 0.5917, δ = 1.0695
JRC	정규분포 m = 7.3939, δ = 0.9821	정규분포 m = 6.7482, δ = 0.1594	정규분포 m = 5.5127, δ = 0.2485	정규분포 m = 6.7673, δ = 0.1535
JCS (kg/cm ²)	정규분포 m = 582.9091, δ = 198.1289	정규분포 m = 710.0533, δ = 297.2256	정규분포 m = 599.8000, δ = 164.9544	정규분포 m = 584.0789, δ = 147.8344

78

79.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2종 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검, 정밀안전점검, 성능평가를 지속적으로 실시해 왔으며, 이력사항은 다음과 같다.

【표 79.2】 점검이력사항

번호	기 간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
1	2017.11.13 ~2017.12.28	(주)명성엔 지니어링	인승철	정기안전 점검	패널식용벽13에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
2	2018.05.28 ~2018.06.29	(주)명성엔 지니어링	인승철	정기안전 점검	패널식용벽13에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
3	2018.10.23 ~2018.12.14	(주)명성엔 지니어링	인승철	정기안전 점검	패널식용벽13에 대한 점검결과, 주요 손상으로는 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요하다.	양호
4	2019.03.18 ~2019.05.28	(주)명성엔 지니어링	인승철	정기안전 점검	패널식용벽13에 대한 현장조사 결과, 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상부는 내구성 확보 차원의 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
5	2019.09.16 ~2019.12.27	(주)명성엔 지니어링	장진원	정밀안전 점검	본용벽에대한정밀안전점검결과,문제점이 없는최상의상태인“A”등급의우수한상태로 평가되었다. 패널식용벽13의전면부에판넬파손,배수로 균열및파손이조사되었고,사용성에문제는 없는상태로주기적인점검을통한손상의증가 및확대등에대해확인,조치를실시하는유지 관리가필요하다고판단된다.상부성토부는 침식,유실등의손상이없는상태로서전반적 으로양호한상태를유지하고있는것으로조사 되었다.	A등급

번호	기 간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
6	2020.05.12 ~2020.06.30	(주)명성엔 지니어링	인승철	정기안전 점검	패널식용벽13에 대한 현장조사 결과, 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상부의 경우 용벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
7	2020.08.31 ~2020.12.31	(주)명성엔 지니어링	인승철	2종성능 평가	? 안전성능평가는외관상관찰되는시설물의 결함을중심으로조사·평가하였으며,현장조 사및분석결과중대결함은관찰되지않았고,용 벽의외관에는판넬파손등의손상이조사되었 으나,구조적인결함은아닌것으로판단됨. ? 내구성능평가는시간에따라변화하는안전 성능저하에영향을미치는요소에대한평가로 서본콘크리트용벽의열화진전평가및열화환 경평가를종합하여분석한결과,평가결과“A” 로평가됨. ? 종합평가결과,외관상결함,손상등의요인 에대한문제점이없고내구성능저하가능성이 낮으며외부환경조건변화등을수용할수있는 성능수준인A(우수)등급으로평가됨. ? 본보강토용벽의성능목표등급은세부지침 에의거하여용벽의일반적인성능목표인“B”등 급으로성능목표를설정하였으며,현재성능은 목표성능을상회하여매우만족하는“A”등급 인상태로주기적인점검및관리를통한평가저 해요소에대한관리가이루어진다면시설물의 안전및내구성에는문제가없을것으로판단됨.	A등급
8	2020.08.31 ~2020.12.31	(주)명성엔 지니어링	인승철	정기안전 점검	패널식용벽13에 대한 현장조사 결과, 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상부의 경우 용벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호
9	2021.03.08 ~2021.06.07	(주)명성엔 지니어링	장진원	정기안전 점검	패널식 용벽 13에 대한 현장조사 결과, 패널 전면부 파손, 배수로 균열 및 파손이 국부적으로 발생한 것으로 조사되었다. 기 발생한 손상부의 경우 용벽의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전방지를 위한 보수가 필요할 것으로 판단된다.	양호

번호	기 간	점검진단 기관명	책임 기술자	점검종류	점검 결과	안전 등급
10	2021.08.25 ~2021.12.10	(주)명성엔 지니어링	장진원	정밀안전 점검	-전면부판넬파손 -기초부상태양호 -주변영향인자배수시설균열,파손	A등급
11	2022.05.16 ~2022.06.24	(주)명성엔 지니어링	정지운	정기안전 점검	-패널전면부파손 -배수로균열,파손	양호
12	2022.09.19 ~2022.11.30	(주)명성엔 지니어링	이상훈	정기안전 점검	-패널전면부파손 -배수로균열,파손	양호
13	2023.04.03 ~2023.06.16	(주)명성엔 지니어링	정지운	정기안전 점검	-패널전면부파손 -배수로균열,파손	양호
14	2023.07.03 ~2023.12.08	(주)명성엔 지니어링	이상훈	정밀안전 점검	-전면부판넬파손등 -기초부상태양호 -주변영향인자배수시설균열,파손등	A등급
15	2024.06.10 ~2024.06.28	(주)명성엔 지니어링	정지운	정기안전 점검	-패널전면부파손 -배수로균열,파손	양호
16	2024.09.23 ~2024.12.03	(주)명성엔 지니어링	정지운	정기안전 점검	-패널전면부파손 -배수로균열,파손	양호
17	2025.03.24 ~2025.06.18	(주)명성엔 지니어링	정지운	정기안전 점검	-옹벽패널파손등 -기초지반상태양호 -배수시설균열,파손등 -사면상태양호	양호

79.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과(2023년12월)

구분	정밀안전점검 결과	비고
용역명	상주영천고속도로 시설물 안전·하자점검 및 성능평가 용역(정밀안전점검)	
용역기간	2023-07-03 ~ 2023-12-08(일)	
용역사	(주)명성엔지니어링	
현장조사결과	■ 전면부 패널 파손 등 ■ 기초부 상태양호 ■ 주변영향인자 배수시설 균열, 파손 등	
비파괴조사	■ 금회(2023년) 정밀안전점검을 실시하면서 전면 패널부에 대한 반발경도시험을 실시한 결과, 시험시 전개소에서 설계기준강도 100%이상의 강도비를 보이고 있어 콘크리트 강도는 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 판단된다. 또한 전회(2021년) 정밀안전점검에서 실시한 강도 값과 비교하여 전면 패널의 강도저하 등 별다른 문제점은 없는 것으로 확인되었다.	
안전성평가 (진단시)	■ 해당없음	
상태평가	■ 손상결함도 지수 0.01로 A등급	
보수보강 (진단시)	■ 해당없음	

구분	정밀안전점검 결과	비고
종합의견	■ 패널식 용벽 13의 전면부에는 기존 손상인 외부충격에 의한 판넬 파손이 조사되었으며, 시설물에 영향을 미치는 중대한 손상은 아닌 것으로 보이나 손상의 진전 방지, 내구성 확보를 위한 단면보수 등의 조치가 필요하다. ■ 주변영향인자(사면부, 배수시설)에서는 기존에 조사되었던 건조수축 및 거푸집 조기탈거, 외부충격에 의한 배수로 균열, 배수로 파손 등의 손상이 확인되었으며, 내구성 증진 위한 주입보수, 단면보수 등의 보수가 필요하다고 판단되고, 상부 배수로 설치부에 과도한 식생이 산재하여, 추후 원활한 점검을 위한 정비 등의 조치가 필요하다. 상부 성토부, 상부 도로 포장에도 상부 성토부 침식, 유실 등의 손상이 없는 상태로 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다. ■ 지반, 기초부의 경우 침하, 활동, 전도 등 구조적인 손상결함 및 세굴이 없는 양호한 상태로 조사되었으며, 주기적인 점검을 통하여 지반, 기초부의 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. ■ 금회 조사 시기에는 사용성에 문제는 없는 상태로 판단되나 주기적인 점검을 통한 손상의 증가 및 확대 등에 대해 확인, 조치를 실시하는 유지관리가 필요할 것으로 판단된다. ■ 공중이 이용하는 부위중 도로 포장은 본문의 지반, 기초부, 주변영향인자에 기입된 내용으로 대체하였으며, 도로부 신축이음부, 추락방지시설, 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다. ■ 측량결과, 초기점검 및 설계도서, 전차(2019년) 정밀안전점검과 비교하여 검토한 결과, 미소한 차이가 확인되었으나, 측량시 측량기기 오차, 측량기기의 종류, 현장여건 등에 의해 발생할 수 있는 오차내로서, 침하, 전도, 활동 등이 발생하지 않은 상태로 판단된다. ■ 강도시험결과, 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 확인되었다. ■ 대상 용벽은 평가기준에 따른 결함지수는 0.01, 상태평가결과는 “A”로 산정되었다. ■ 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “A등급 : 문제점이 없는 최상의 상태”으로 지정하였다. ■ 대상 시설물은 금회 점검결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다. ■ 판넬 파손 - 외부충격이 원인인 판넬 파손 발생에 대한 주기적인 점검을 통해 발생규모 및 현황관리를 실시하고, 일정규모 이상 발생할 경우 보수를 통한 관리 필요하다고 판단된다. ■ 배수로 균열(Cw=0.3mm), 배수로 파손 - 건조수축 및 거푸집 조기탈거가 원인으로 유추되는 손상 배수로 파손 발생에 대한 주기적인 점검을 통해 발생규모 및 현황관리를 실시하고, 일정규모 이상 발생할 경우 보수를 통한 관리 필요	

79.2.4 2종 성능평가 실시결과(2020년 12월, (주)명성엔지니어링)

가. 안전성능평가 결과

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식 용벽 13		
평가 구분	결함지수	평가 결과	비 고
상태안전성능	0.01	A	-
구조안전성능	0.14	A	-
안전성능 결과	○ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택. ○ 안전성능평가 결과 : A등급		

나. 내구성능평가 결과

평가항목		등급	등급 점수	비고
열화 진전 평가	탄산화 깊이	-	-	-
	피복(표면부) 콘크리트 품질	A	0.08	-
	염화물 침투량 평가	-	-	-
열화 환경 평가	제설제 염해환경	A	0.08	-
	비래염분 염해환경	A	0.08	-
	동해환경	A	0.08	-
결함도 지수				0.08
등 급				A

다. 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식 용벽 13		분류	상주영천고속도로
평가 구분	성능평가 지수	평가 결과	성능간가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	Ps=0.140	A	0.8	-
내구성능평가	Pd=0.080	A	0.2	-
종합평가 결과	○ 용벽의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간 가중치}(Wn))$ $= (0.140 \times 0.8) + (0.080 \times 0.2) = 0.128$ ○ 종합평가 결과 : A등급			

라. 종합결론

본 용벽의 성능평가 결과, 성능목표인 "B등급" 이상인 "A등급"인 상태로 주기적인 점검 및 관리를 통한 평가저해요소에 대한 관리가 이루어진다면 시설물의 안전 및 내구성에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

79.2.5 시설물 보수 이력

【표 79.3】 보수이력사항

번호	공사명	공사 구분	보수.보강공사 부위	설계자	시공자
	공사기간		공사내역	공사비(천원)	책임기술자
1	-	-	-	-	-
	-		-	-	-

FMS상 이외에 주기적으로 일상적인 보수가 실시되고 있는 것으로 확인되었다.

79.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 79.4】 내진설계 여부 확인

검토대상 부재	설계적용여부	결과	검토결과 요약
해당사항 없음	적용		

79.2.7 시설물의 용도변경 여부 확인

FMS(시설물정보종합관리시스템) 상에 용도변경 이력은 없는 것으로 확인되었다.

79.2.8 주변환경 및 하중변화

패널식 옹벽 13은 경상북도 영천시 화산면 화산리에 위치하고 상주영천고속도로 하부에 시공되어있는 보강토 옹벽이다.

FMS(시설물통합정보관리시스템 fms.or.kr) 및 관리주체인 상주영천고속도로(주)에 보관된 준공관련자료를 검토한 결과 준공시 고려되었던 하중 이외의 추가하중은 없는 상태이며, 향후 본 옹벽 및 옹벽 상부에 부속시설 설치시 그에 따른 구조검토를 실시하여 하중변화에 따른 옹벽의 안정성을 확보하여야 할 것이다.

또한, 준공도면 및 기 실시되었던 점검자료를 검토한 결과 준공시와 점검일현재의 옹벽 주변 현황의 변화는 없는 것으로 검토되었다.

	
상부 상태현황 전경	상부 상태현황 전경
	
기초부 상태현황 전경	기초부 상태현황 전경

79.2.9 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

【표 79.5】 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	수집 자료	자료분석 결과	진단과업 진행방향
건 관 자 설 련 자 료	◇준공도서 - 지반조사보고서 - 각종계산서 - 공사시방서 - 준공내역서 - 준공도면 - 실시설계보고서 - 기타 특이사항 보고서 - 사고기록 등	◇구조계산서 및 준공도면은 설계당시 기준에 준하여 작성된 것으로 확인됨 ◇주요 설계변경 내용 및 시공시 문제점이 없는 것으로 파악됨	◇ 현장조사 시 부재치수를 실측하여 준공도면과 비교·검토함 ⇒ 치수가 상이할 경우 도면을 재작성하며 실측치를 구조계산에 반영(발주처협의) ⇒ 치수가 동일할 경우 준공도면을 기준으로 과업 진행 ◇구조물의 자원변경확인 및 추가손상 발생에 대한 안정성 확보여부 확인
유 관 자 지 리 자 료	◇전차 성능평가 보고서 ◇전차 정밀안전점검 및 안전점검 보고서 ◇사고기록 ◇보수·보강 이력 - 시설물정보관리종합시스템(FMS) 및 전차 점검보고서 - 보수 및 점검이력	◇부재별 중점손상 - 전면부 패널 파손 등 - 기초부 상태양호 - 주변영향인자 배수시설 균열, 파손 등 ◇FMS상 등재된 보수이력 외에 주기적인 보수가 실시되고 있는 것으로 확인됨	◇전회 점검결과와 금회 점검결과를 비교·검토하여 추가 손상 및 진전 여부를 확인하여 대책방안 마련 ◇보수부 상태 확인

79.3. 현장조사

79.3.1 현황 및 구간분할

본 과업대상 시설물은 경상북도 영천시 화산면 화산리에 위치하고 있으며, 옹벽의 상단부는 상주영천고속도로 본선이 있으며, 하부로는 농경지가 접하고 있는 상태이다. 선형은 패널형태 시공의 직선형을 가지며, 높이는 0.5~13.9m를 보이며, 총 연장은 125.6m의 규모를 가지는 보강토 옹벽이다. 현장조사를 위한 실측조사 결과 시설물관리대장상(L=125.6m, L=13.9m)의 제원과 미소한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 대상시설물에 대한 자료수집 및 현장조사결과를 통해 확인된 일반현황 및 특성, 분류 및 구간분할 결과는 다음과 같다.

가. 일반현황 조사결과

【표 79.6】 일반현황 조사결과

조사일자	2025. 08. 25.		조 사 자	정 지 운
일 기	맑음		시설물번호	RW2017-0000088
시설물위치	행정구역	경상북도 영천시 화산면 화산리		
	위치좌표	시점 : 36° 04'23.0" 128° 86'80.6"		
		종점 : 36° 04'16.8" 128° 86'93.2"		
노선명(이정)	고속국도 301호선 73.125~73.250km			
제 원	옹벽형식	보강토	옹벽재료	패널식
	연 장	125.6m	지면노출 높 이	13.9m
	보 강 재 길 이	-	저 판 폭 길 이	-
관리주체	상주영천고속도로(주)		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽상부	상주영천고속도로 본선		
	옹벽하부	농경지, 도로		
시공현황	준공년도	2017년 06월 27일	시 공 자	(주)대우건설
	부대시설	-		
비 고				

나. 용벽 구간분할 결과

금회 2중 성능평가시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 7개 구간(S1~S7)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

【표 79.7】 일반현황 조사결과

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	10.2	5	80.0~100.0m	100.0	13.9
2	20.0~40.0m	40.0	13.8	6	100.0~120.0m	120.0	13.9
3	40.0~60.0m	60.0	13.6	7	120.0~125.6m	125.6	13.7
4	60.0~80.0m	80.0	13.8	-	-	-	

	
측점분할 작업사진	측점분할 작업사진

79.3.2 부재별 현장조사 결과

가. 지반, 기초부

1) 현황

본 옹벽은 비포장 상태로 세굴, 침하, 유실, 옹벽밀림 등에 대해 면밀한 조사를 실시하였고, 주요 손상 및 조사결과는 다음과 같다.



2) 조사결과

- 조사결과, 침하, 활동, 전도 등 구조적인 손상결함 및 세굴이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 79.8】 지반, 기초부 손상현황

구분	상태양호	
S1	-	-
S2	-	-
S3	-	-
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
합계	-	-

			
현 황	· 상태현황	현 황	· 상태현황
원 인	· -	원 인	· -
대 책	· -	대 책	· -

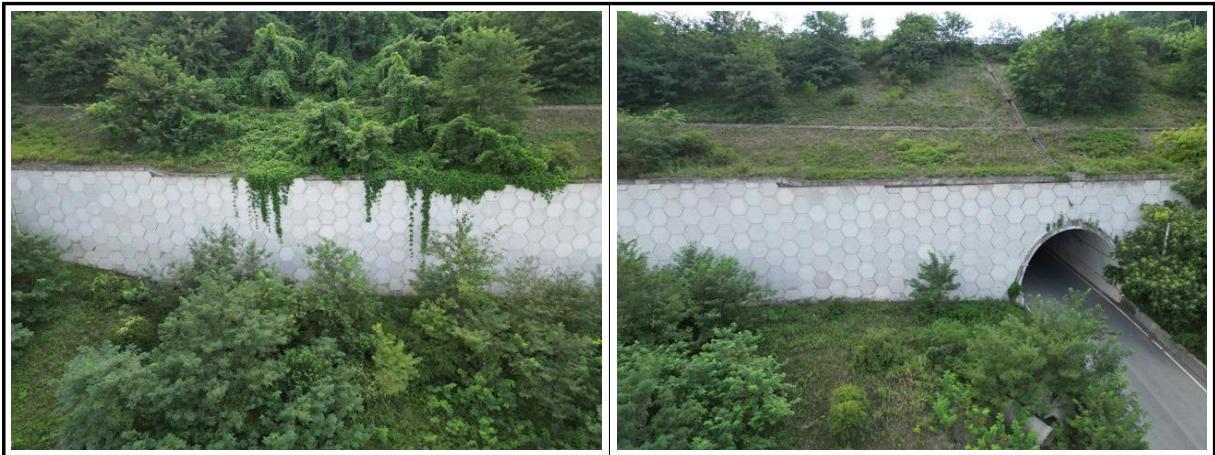
3) 검토의견

- 지반, 기초부에 대한 현장조사 결과, 점검 당시에 침하, 활동, 전도 등 구조적인 손상결함 및 세굴이 없는 양호한 상태로 신규 손상 등은 조사되지 않았으나 주기적인 점검을 통하여 지반, 기초부의 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

나. 전면부

1) 현황

패널식 보강토옹벽으로 패널의 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대해 면밀한 조사를 실시하였다. 보강토 옹벽은 1단으로 구성되어 있고, 시공이음부 및 이질재접합부(콘크리트)는 없는 단일 구조체로 연속화되어 시공되어 있는 상태이며, 주요 손상 및 조사결과는 다음과 같다.

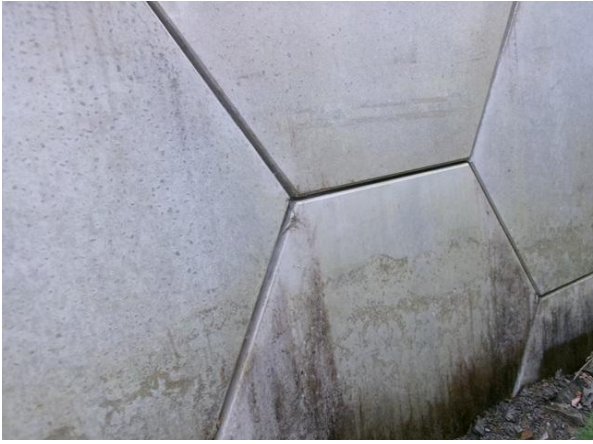


2) 조사결과

- 전면부에 대한 현장조사 결과, S3 구간에 판넬 파손이 조사되었다.

【표 79.9】 전면부 손상현황

구분	판넬 파손 (㎡/개소)	
S1	-	-
S2	-	-
S3	0.04	2
S4	-	-
S5	-	-
S6	-	-
S7	-	-
합계	0.04	2

			
현 황	· S3 패널 파손(0.1x0.1)	현 황	· S3 패널 파손(0.1x0.3)
원 인	· 외부 충격	원 인	· 외부 충격
대 책	· 주의관찰	대 책	· 주의관찰
			
현 황	· 상태현황	현 황	· 상태현황
원 인	· -	원 인	· -
대 책	· -	대 책	· -

3) 검토의견

- 전면부에서 조사된 패널 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 구조물 사용성에 영향을 주는 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하여 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부를 확인하는 유지관리를 실시하고 손상의 진전시 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

다. 주변영향인자(배수시설 및 사면상태)

1) 현황

보강토 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상단부에는 배수로(측구)가 설치되어 있으며, 상단(1단)의 토공 경사면에서 배출되는 지표수 등을 원활하게 배수토록 설치되어 있는 상태이다. 상단의 배수로는 옹벽의 시점 및 종점부의 측구로 시공되어 있는 상태이다. 본 패널식 옹벽 상단부는 토공의 성토사면으로 이루어져 있으며, 급격한 사면구배의 변화 및 사면손상 등은 없는 것으로 조사되었다.



2) 조사결과

- 주변영향인자에 대한 현장조사 결과, 배수시설 상부 배수로 균열(0.3mm미만), 균열(0.3mm이상), 파손이 조사되었다.

【표 79.10】 주변영향인자 손상현황

구분	배수로 균열(0.3mm미만) (m/개소)		배수로 균열(0.3mm이상) (m/개소)		배수로 파손 (m²/개소)	
S1	-	-	1.00	1	0.10	1
S2	-	-	-	-	0.42	4
S3	-	-	-	-	-	-
S4	-	-	-	-	-	-
S5	-	-	-	-	-	-
S6	0.50	1	-	-	-	-
S7	-	-	-	-	-	-
합계	0.50	1	1.00	1	0.52	5

			
현 황	· S1 배수로 균열(0.3mm이상)	현 황	· S1 배수로 파손(0.2x0.5)
원 인	· 건조수축, 공용기간 증가 등	원 인	· 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
대 책	· 주입보수	대 책	· 단면보수
			
현 황	· S2 배수로 파손(0.2x0.5)	현 황	· S2 배수로 파손(0.1x0.2)
원 인	· 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	· 외부충격, 거푸집 조기탈거 등
대 책	· 단면보수	대 책	· 단면보수
			
현 황	· S2 배수로 파손(0.2x1.0)	현 황	· S2 배수로 파손(0.2x0.5)
원 인	· 건조수축, 거푸집 조기탈거 등	원 인	· 건조수축, 거푸집 조기탈거 등
대 책	· 단면보수	대 책	· 단면보수

			
현 황	· 상부 성토부 상태양호	현 황	· 상부 도로 포장 상태현황
원 인	· -	원 인	· -
대 책	· -	대 책	· -

3) 검토의견

- 주변영향인자에서 조사된 배수시설 상부 배수로 균열, 파손의 경우 건조수축 및 거푸집 조기 탈거, 공용기간 증가, 외부충격 등에 의한 손상으로 조사된 손상에 대하여 내구성 확보 차원의 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 상부 성토부, 상부 도로 포장에도 성토부 내의 침식, 유실 등의 손상이 없는 상태로 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었으나 주기적인 점검을 통하여 전면부의 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요하다. 또한 상부 배수로 설치부에 과도한 식생이 산재하여, 추후 원활한 점검을 위한 정비 등의 조치가 필요하다.

라. 응벽 점검시설

1) 부재의 개요

- 패널식 응벽 13에 별도의 점검시설은 시공되어있지 않은 것으로 확인되었다.

마. 공중이 이용하는 부위

공중이 이용하는 부위는 추락방지시설, 도로포장, 도로부 신축이음부, 환기구 등의 덮개가 있다.

1) 추락방지시설

공중이 이용하는 부위 중 추락방지시설은 미설치된 상태이다.

2) 도로포장

공중이 이용하는 부위 중 도로포장은 "현장조사 결과 - 지반, 기초부"에 기입된 사항으로 대체하였다.

3) 도로부 신축이음부

공중이 이용하는 부위 중 도로부 신축이음부는 미설치된 상태이다.

4) 환기구 등의 덮개

공중이 이용하는 부위 중 환기구 등의 덮개는 미설치된 상태이다.

바. 용벽의 공중이용시설 유해·위험요인(10대) 위험요소 점검결과

1) 개요

- 공중이용시설의 중대시민재해 유발 가능성이 높은 유해·위험요소를 선정하여 집중관리 함으로써 국민의 안전을 도모한다.

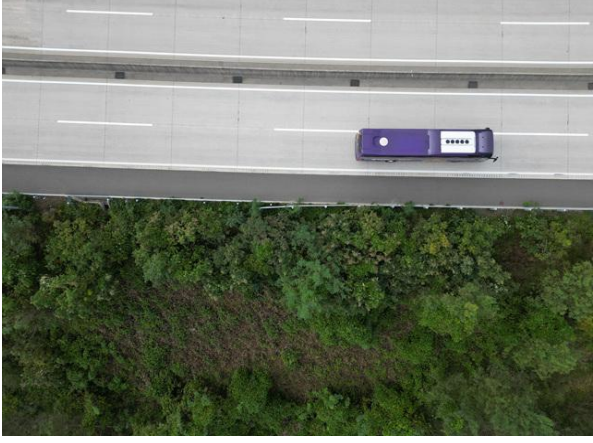
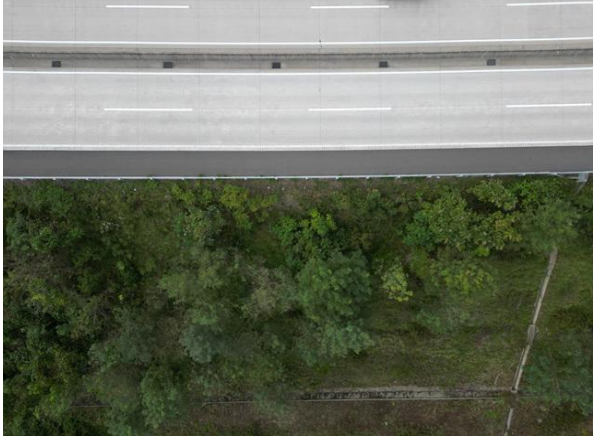
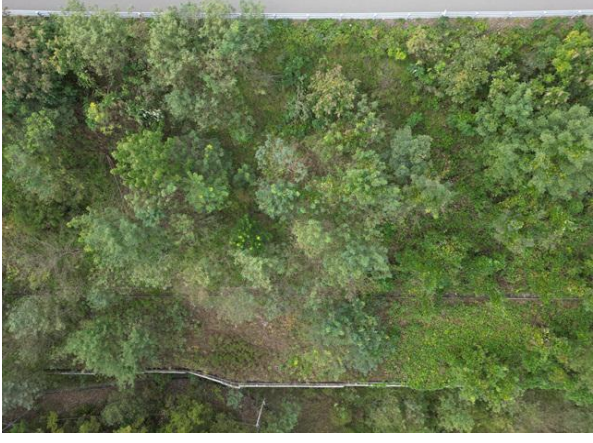
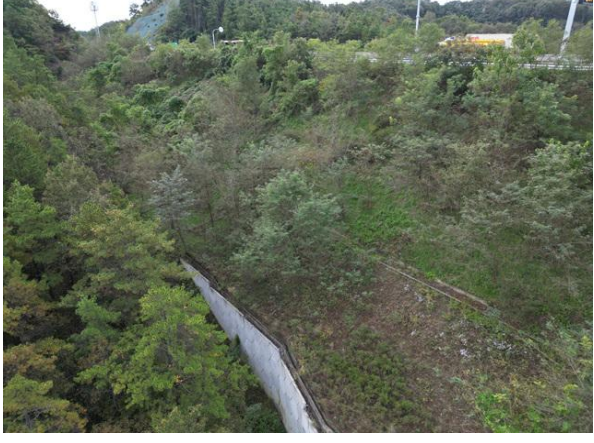
【표 79.11】 공중이용시설 10대 위험요소

구분	유해·위험요인	비고
낙하물	① 교각 코핑 콘크리트 탈락 ② 중분대 하면 콘크리트 낙하 ③ 배수관 낙하사고 ④ 고드름 낙하사고	
화재	⑤ 주유소 및 충전소 화재사고	
교량접속부 파손	⑥ 신축이음장치 솟음(Blow-up)	
포장불량	⑦ 교면포장 부분보수부 파손	
배수시설 기능저하	⑧ 교량 집수구 막힘(미끄럼·결빙)	
사면붕괴	⑨ 절토사면·용벽 표면 손상	
콘크리트 열화	⑩ 터널 배수구 뚜껑파손	

2) 현장조사 결과

- 본 과업대상 패널식 용벽 02는 상주영천고속도로 본선 하부에 시공되어 있는 용벽이다.
- 중대시민재해를 유발할 수 있는 위험요소로 사면붕괴 등 항목이 해당된다.
- 공중이용시설 10대 위험요소 중 용벽에 해당하는 항목에 대한 점검결과, 중대시민재해 사고가 우려되는 이상징후는 발견되지 않아 중대한 결함은 없는 것으로 조사되었으나 전면부 판넬 파손이 확인되었다.
- 점검일 현재는 중대결함이 없는 비교적 양호한 상태이지만 향후, 소형결함으로도 재해 발생 가능성이 있으므로 유해·위험요인이 있는 취약시설물에 대한 중점관리 및 예방 차원의 보수·보강 등의 유지관리가 필요하다.

구분	유해·위험요인	점검결과	내용	보수방안	비고
1	절토사면·용벽 표면 손상	☑유, ☐무	판넬 파손	주의관찰	

	
S3 패널 파손(0.1x0.1)	S3 패널 파손(0.1x0.3)
	
주변영향인자(성토부, 상부 본선) 상태현황	주변영향인자(성토부, 상부 본선) 상태현황
	
주변영향인자(성토부, 상부 본선) 상태현황	주변영향인자(성토부, 상부 본선) 상태현황

79.3.3 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 79.12】 현장조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
전면부	판넬 파손	주의관찰
주변영향인자	배수로 균열(0.3mm미만)	표면처리
	배수로 균열(0.3mm이상)	주입보수
	배수로 파손	단면보수
기초부의 세굴	상태양호	-
결과요약	■ 지반, 기초부에 대한 현장조사 결과, 점검 당시에 침하, 활동, 전도 등 구조적인 손상결함 및 세굴이 없는 양호한 상태로 신규 손상 등은 조사되지 않았으나 주기적인 점검을 통하여 지반, 기초부의 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다. ■ 전면부에서 조사된 판넬 파손의 경우 외부충격에 의한 손상으로 구조물 사용성에 영향을 주는 구조적인 손상은 아닌 것으로 판단되며, 손상의 정도가 경미하여 즉각적인 보수를 실시하기 보다는 주기적인 점검을 통한 손상의 진전여부를 확인하는 유지관리를 실시하고 손상의 진전시 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. ■ 주변영향인자에서 조사된 배수시설 상부 배수로 균열, 파손의 경우 건조수축 및 거푸집 조기탈거, 공용기간 증가, 외부충격 등에 의한 손상으로 조사된 손상에 대하여 내구성 확보 차원의 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 보수를 실시하는 것이 바람직하며, 상부 성토부, 상부 도로 포장에도 성토부 내의 침식, 유실 등의 손상이 없는 상태로 전반적으로 양호한 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었으나 주기적인 점검을 통하여 전면부의 손상발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요하다. 또한 상부 배수로 설치부에 과도한 식생이 산재하여, 추후 원활한 점검을 위한 정비 등의 조치가 필요하다.	

【표 79.13】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
전면부	판넬 파손	m ²	0.04	2	
배수시설	배수로 균열(0.3mm미만)	m	0.50	1	
	배수로 균열(0.3mm이상)	m	1.00	1	
	배수로 파손	m ²	0.52	5	
상부성토부	상태양호	-	-	-	
기초부	상태양호	-	-	-	

79.4. 콘크리트 재료시험 조사

79.4.1 개요

콘크리트 재료시험 조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 [시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편)](이하 '세부지침') 용벽편 10.3.2에 따른 기준수량 및 조사수량에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

79.4.2 조사현황 및 위치도

가. 조사현황

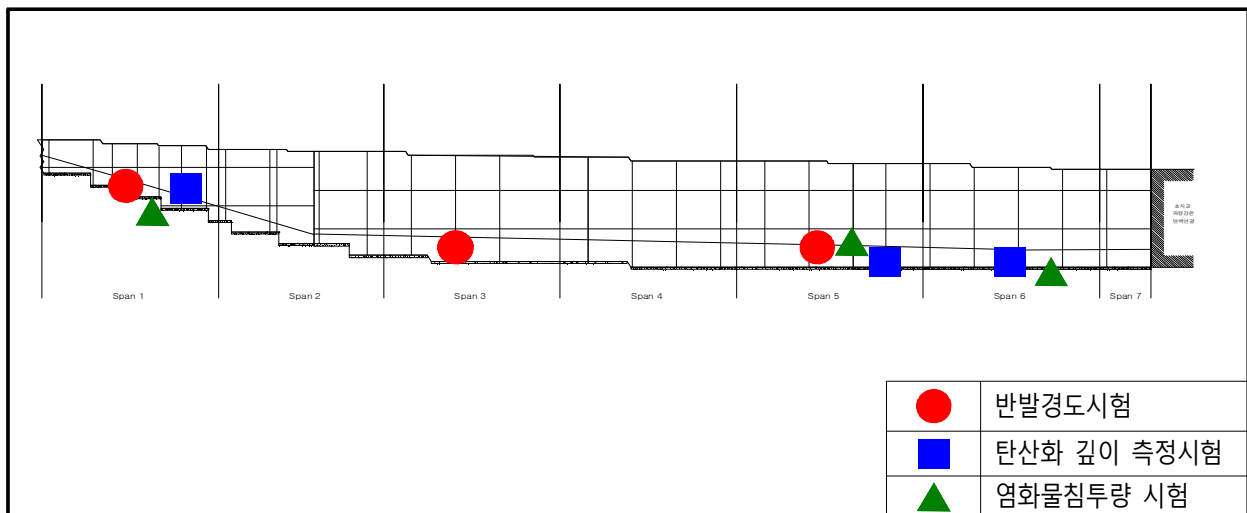
금회 점검에서 대상 구조물에 대한 재료시험 위치선정은 이전 시험과의 정확한 비교를 위해 기존 정밀안전점검 보고서를 참고하여 비교·검토할 수 있도록 하였으며, 콘크리트 강도시험의 경우 건전부와 비건전부의 비교·검토를 위하여 외관상 균열, 박리 등의 유무의 따라 양호한 부위와 불량한 부위를 선정하여 시험을 실시하였다. 본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험), 탄산화깊이 측정 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 79.14】 제2종 성능평가 재료시험 기준수량 및 실시수량 현황

항 목	기준수량	수 량(개소)		비 고
		기준	실시	
측량	◦ 용벽의 선형측량 및 수준측량	-	-	
반발경도시험	◦ 총수량 = (총 연장 ÷ 50m)개소	3	3	
탄산화깊이 측정	<총 연장> ◦ 100m 미만: 2개소 ◦ 100m 이상: 최소 2개소 + 100m 당 1개소 추가	3	3	
염화물 침투량		3	3	



나. 콘크리트 재료시험 조사 위치도



【그림 79.6】 콘크리트 재료시험 조사 위치도

79.4.3 반발경도시험

가. 시험결과

반발경도 측정은 콘크리트 표면의 요철, 부착물에 이물질이 그라인딩으로 제거하고 실시하였으며, 표면에 곰보, 공극, 노출된 자갈이 있는 부위들은 측정위치에서 제외하였고, 반발경도 값은 각 측정 부재에 따라 타격방향, 표면의 건습상태, 재령에 의한 보정을 한 후 콘크리트 강도를 추정하였다.

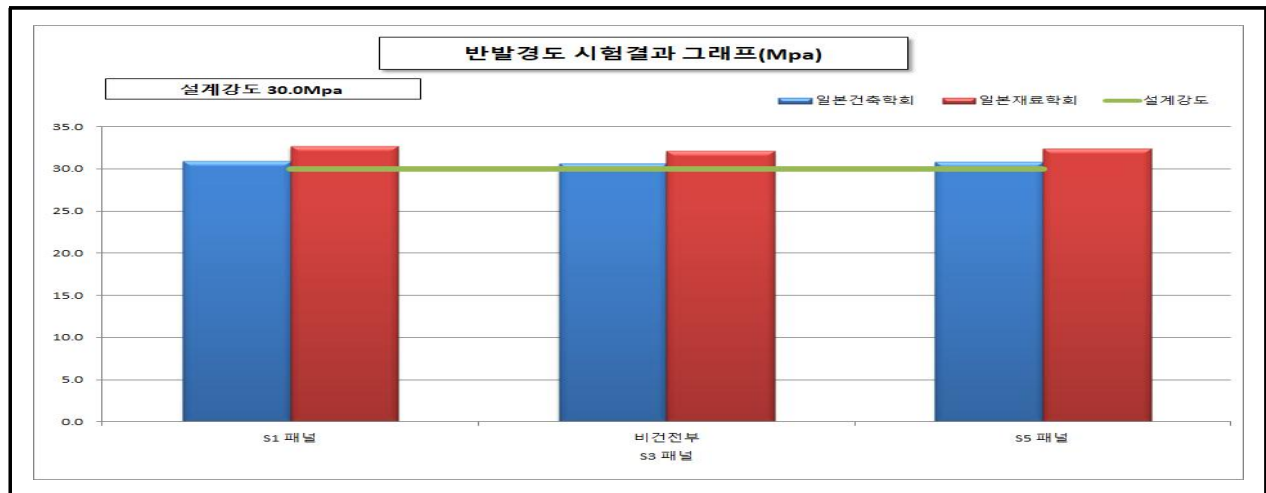
또한, 반발경도에 의한 압축강도 추정은 보통 콘크리트는 일본건축학회식과 일본재료학회식을 사용하였고, 고강도 콘크리트는 과학기술부식과 한국시설 안전공단식을 사용하였으며, 측정결과는 정밀한 결과를 산정하기 위해 2개 이상의 추정식을 통해 추정된 콘크리트 비파괴강도 중 표준편차와 변동계수가 적은 값을 적용하였다. FMS상에 패널식 용벽 13의 안전점검종합보고서 자료에서 설계기준 강도를 확인하여 작성하였다.

【표 79.15】 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치			반발경도법(MPa)			재령계수	설계기준 강도 (MPa)	비고
			반발경도 (R_o)	일본재료학회	일본건축학회			
전 면 부	S1	패널	55.0	32.6	30.9	0.63	30.0	건전부
	S3	패널	54.3	32.1	30.6			건전부
	S5	패널	54.6	32.3	30.8			건전부
평균			-	32.3	30.8	-	-	
표준편차			-	0.20	0.11	-	-	
변동계수			-	0.006	0.004	-	-	
최대값			-	32.6	30.9	-	-	
최소값			-	32.1	30.6	-	-	

【표 79.16】 비파괴강도 시험결과 분석

시험위치	압축강도(MPa) 추정		설계기준강도 (MPa)	평균 추정강도 (MPa)	강도비교 (%)	비고
	일본건축학회					
전면부 패널	30.6	~ 30.9	30.0	30.8	102.0 ~ 103.0	



【그림 79.7】 반발경도시험 측정결과

- 반발경도법에 의한 압축강도 측정결과 30.6~30.9MPa로 측정되었으며, 설계기준압축강도(30.0 MPa)를 100%이상 상회하는 것으로 검토되었고, 전개소에서 설계기준강도를 상회하므로 콘크리트의 내구성능이 양호한 상태인 것으로 판단된다. 따라서, 콘크리트 강도는 공용년수 경과에 따른 강도저하가 없는 것으로 조사되었다.

다. 반발경도 시험 보고서

【표 79.17】 반발경도 시험 보고서

반발경도시험 보고서	
1. 시험조건	
구 분	내 용
시험 일자 및 시간	일자 : 2025. 08. 25. 시간 : 09:00 ~ 17:00
시험 위치	시험 성과표의 위치명 및 재료시험 위치도 참조
시험 대상 구조물	패널식 용벽 13
시험 대상 표본 선정	재료시험 수량에 따라 표본 선정
콘크리트 설계 조건 (강도, MPa)	전면부 패널 : 30.0MPa
시험 위치의 표면 상태	건전부 : 균열, 박리 등이 없는 양호한 부위 대상 표면정리(요철제거) 비건전부 : 균열, 박리 등이 있는 불량한 부위 대상 표면정리(요철제거)
시험시의 온도 및 콘크리트의 재령	30.6℃, 3000일 이상
콘크리트 내부의 함수 상태	기건 상태
2. 시험기기	
구 분	내 용
측정기의 종류	NR-Type(NR-10)
제품번호	28191
시험기기의 교정	한국산업기술시험원 교정(엔빌테스트 : 80±2)
3. 시험 방법	
구 분	내 용
반발경도 타격점 간격 및 수량	4 × 5, 20회 타격(30mm 간격)
반발경도 측정기의 타격방향	시험 성과표 참조
반발경도 유효값 기준	측정 평균치의 ±20% 범위 내
시험 부위별 반발경도의 평균값	시험 성과표 참조
버린 반발경도의 값 및 위치	시험 성과표 참조
4. 시험결과	
시험 성과표 참조	

79.4.4 탄산화 깊이 측정

가. 시험결과

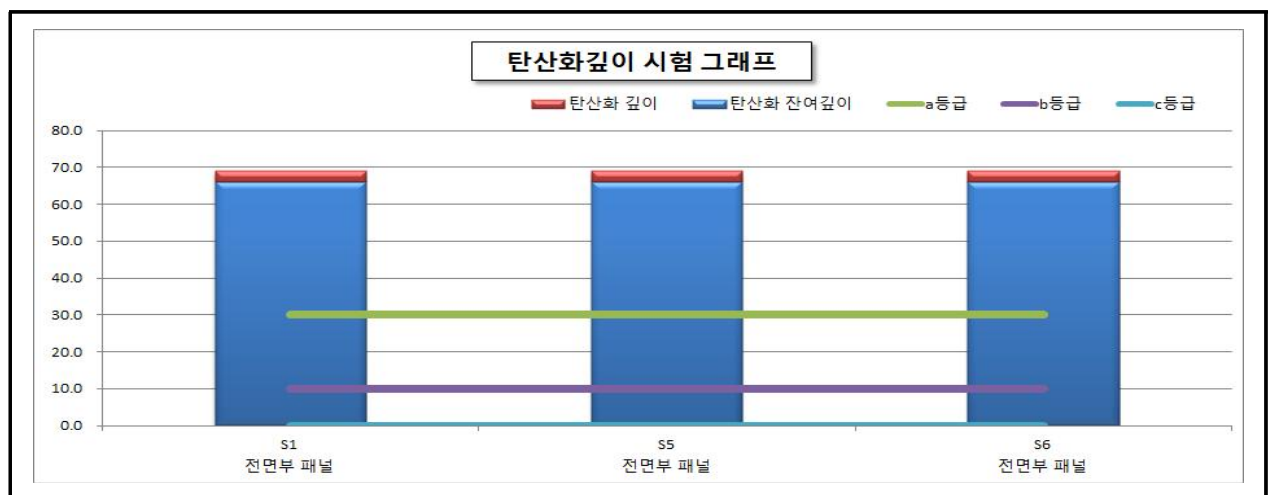
탄산화 깊이 측정은 드릴링을 통한 천공 후 지시약을 사용하여 적색으로 변색되는 시점을 탄산화 깊이로 정하였으며, 버니어캘리퍼스를 이용하여 그 깊이를 측정하였다. 피복두께는 철근탐사기를 이용하여 피복두께를 확인 후, 설계피복과 비교하여 작은 값으로 선정하였다.

【표 79.18】 탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치	탄산화 깊이 (mm)	피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	경과 연수	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 결과	비 고
S1 전면부패널	3.0	69.0	66.0	8	1.06	100년 이상	a등급	
S5 전면부패널	3.0	69.0	66.0	8	1.06	100년 이상	a등급	
S6 전면부패널	3.0	69.0	66.0	8	1.06	100년 이상	a등급	

【표 79.19】 탄산화 시험결과 분석

구 분	탄산화 깊이(mm)	잔여깊이(mm)	비고
전면부 패널	3.0	66.0	



【그림 79.8】 탄산화 깊이 측정결과

- 금회 점검에서 탄산화시험은 총 3개소 시험을 실시하였으며 분석 결과, 전개소 모두“탄산화에 의한 부식발생 우려 없음”인 ‘a’등급으로 평가되었고 100년 이상의 잔존수명을 확보하여 공용상의 문제는 없을 것으로 판단된다.

다. 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

국토안전관리원에서 시행하고있는 시설물 내구성 예측 서비스를 활용하여 공용년수 증가에 따른 탄산화의 향후 추이를 예측해 보았다. 상촌교의 상하부 구조를 대상으로 내구성 예측 서비스를 활용하여 100년 후 탄산화 깊이 및 탄산화 속도계수를 예측하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

【표 79.20】 탄산화 시험에 의한 내구성 예측

전면부 - 패널 S2	
실측 피복두께(mm)	69.0
탄산화 진행깊이(mm)	3.0
잔여깊이(mm)	66.0
탄산화 속도계수	1.06
공용년수	8년
잔존수명	100년 이상
평가	a

탄산화 등급

a
(63)

A (탄산화 속도 계수)
1.06066
(mm/year0.5)

등급 산정 기준

등급	a	b	c	d	e
T	30년 초과	20년 초과 30년 이하	10년 초과 20년 이하	5년 초과 10년 이하	5년 이하

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급

탄산화 등급

a
(63)

A (탄산화 속도 계수)
1.06066
(mm/year0.5)

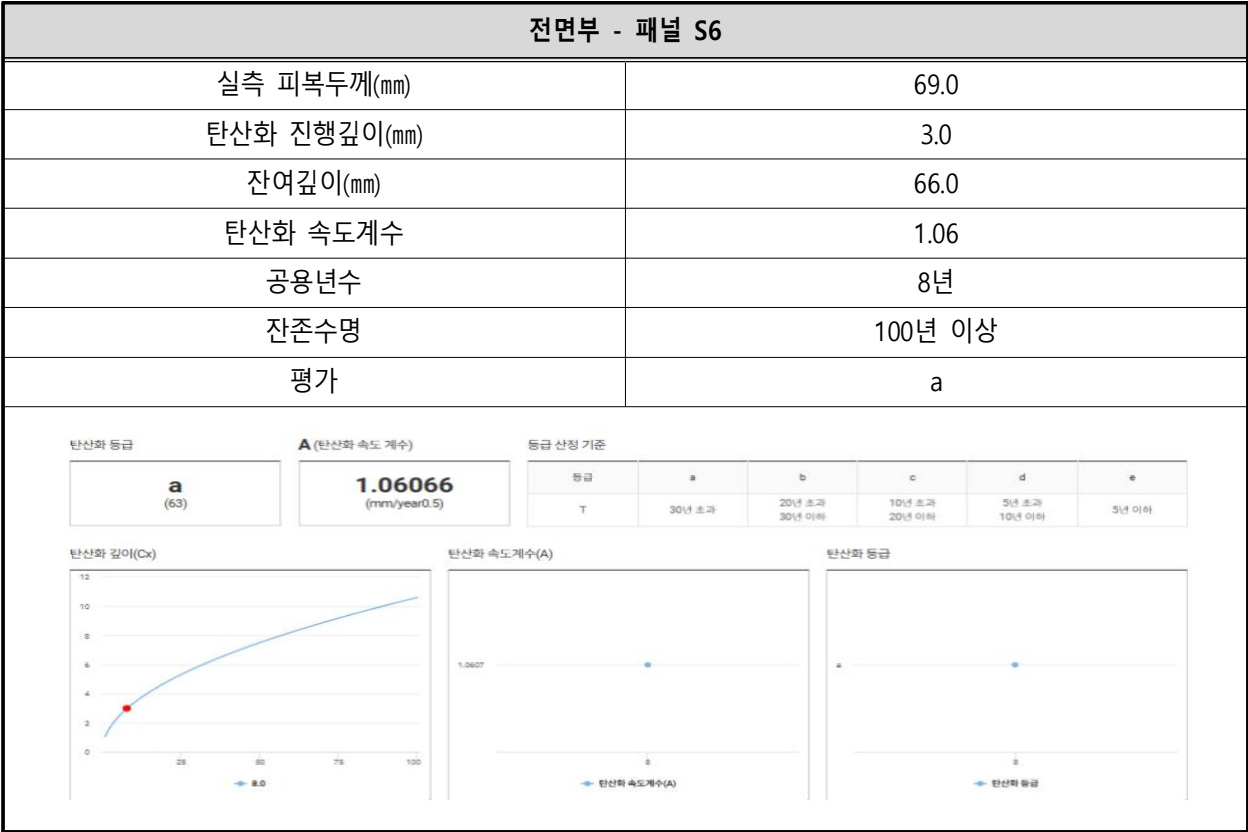
등급 산정 기준

등급	a	b	c	d	e
T	30년 초과	20년 초과 30년 이하	10년 초과 20년 이하	5년 초과 10년 이하	5년 이하

탄산화 깊이(Cx)

탄산화 속도계수(A)

탄산화 등급



다. 탄산화 시험 보고서

【표 79.21】 탄산화 시험 보고서

구 분	내 용
시험일자	2025년 08월 25일
시험시간	09:00 ~ 17:00
시험 영역의 위치	전면부 패널
골재 종류	보통골재(추정)
측정면의 종류	햄머드릴을 이용해 뚫어낸 면
시약	페놀프탈레인 1% 용액
측정 기구	탄산화시험 Set, 버니어 캘리퍼스
시약 분무로부터 탄산화 깊이까지의 시간	즉시
측정결과(측정값, 평균값, 최대값 등)	부록 참조
연한 적자색 변색 유무	유

79.4.5 염화물 침투량 평가

염화물 침투량 시험 결과는 6절 내구성능평가 편에 수록하였다

79.4.6 콘크리트 내구성조사 결과 요약

【표 79.22】 내구성조사 결과요약

시 험 명	시험부위	시험 결과		비 고
		측정결과	설계기준 (평가 등급)	
비파괴 강도 (MPa)	패널(전면부)	30.6 ~ 30.9	30	■ 설계강도 이상(양호)
탄산화 잔여깊이 (mm)	패널(전면부)	66.0	a등급	■ 탄산화 잔존수명 30년 초과 ■ 탄산화에 의한 철근 부식발생 가능성 없음
종합 평가	. 콘크리트 강도는 설계강도 이상으로 양호한 상태로 평가됨 . 탄산화에 의한 철근 부식발생 가능성은 없는 상태임			

79.4.7 측량

가. 개요

금회 2종 성능평가 대상시설물(패널식 용벽 13)은 광파기, 클리노미터, 경사계 등을 이용하여 선형 및 수준측량, 경사도를 측정을 하였으며, 전차 정밀안전점검의 측정된 값과 금회 2종 성능평가의 측정값을 비교 검토하여 침하 및 활동에 대해 검토하였다.



나. 경사도 측정결과

설계도서 및 초기점검과 비교하여 검토한 결과, 측량결과 값에 미소한 차이가 확인되었으며, 이는 측량기기 오차, 측량기기 사용 종류 및 측정위치의 차이와 측량시 발생할 수 있는 오차내로서, 검토한 결과 침하, 전도, 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었고, 전회 점검과의 비교값 또한 측정 위치에 의한 차이는 있지만 사용성에 영향을 미칠만한 차이는 아닌 것으로 확인되었다.

【표 79.23】 경사도 결과

구분	측정위치 (Span)	측정경사량		초기점검 경사량		계획선형오차		안전 등급	설계값 대비
		경사도 (°)	기울기 (%)	경사도 (°)	기울기 (%)	경사도 (°)	기울기 (%)		
1	S1	88.80	2.09	87.10	5.07	1.70	2.97	b	전면
2	S2	87.80	3.84	86.80	5.59	1.00	1.75	a	전면
3	S3	88.80	2.09	87.10	5.07	1.70	2.97	b	전면
4	S4	88.20	3.14	87.30	4.72	0.90	1.57	a	전면
5	S5	88.30	2.97	87.80	3.84	0.50	0.87	a	전면
6	S6	89.20	1.40	88.70	2.27	0.50	0.87	a	전면
7	S7	89.30	1.22	-	-	-	-	-	-

※ 주) 측정값의 (+)부호는 용벽 전면부측 기울기, (-)값은 용벽 배면부측 기울기를 의미함

【표 79.24】 경사도 기 정밀안전점검과의 결과 비교

구 분	측정위치 (Span)	2025년 2중 성능평가 측정경사량		2023년 정밀안전점검 측정경사량		측정결과 비교		안전 등급	전회 점검 대비
		경사도 (°)	기울기 (%)	경사도 (°)	기울기 (%)	경사도 (°)	기울기 (%)		
1	S1	88.80	2.09	90.00	0.00	-1.20	2.09	b	배면
2	S2	87.80	3.84	89.50	0.87	-1.70	2.97	b	배면
3	S3	88.80	2.09	90.00	0.00	-1.20	2.09	b	배면
4	S4	88.20	3.14	89.30	1.22	-1.10	1.92	a	배면
5	S5	88.30	2.97	89.10	1.57	-0.80	1.40	a	배면
6	S6	89.20	1.40	90.00	0.00	-0.80	1.40	a	배면
7	S7	89.20	1.40	89.40	1.05	-0.20	0.35	a	배면

※ 주) 측정값의 (+)부호는 옹벽 전면부측 기울기, (-)값은 옹벽 배면부측 기울기를 의미함

다. 선형 및 수준 측량결과

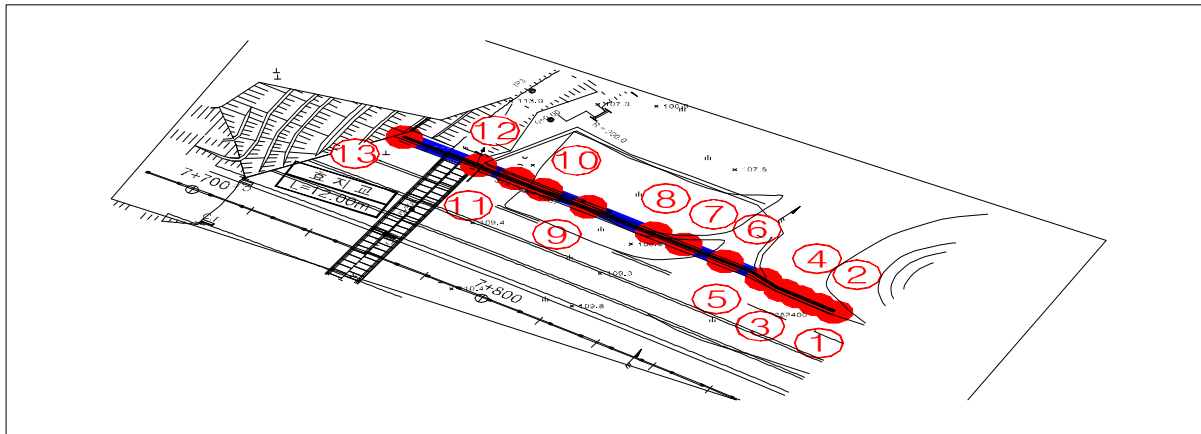
금회 점검에서 측량은 본 옹벽의 상단 및 전면부에 과도한 식생이 산재하여 현장에서 측정이 가능한 위치를 선정하여 선형 및 수준측량을 실시하였고, 설계도서 및 전회 정밀안전점검과 비교하여 검토한 결과, 측량결과 값에 미소한 차이가 확인되었으며, 이는 주변환경, 측량기기 오차, 측량기기 사용 종류의 차이와 측량시 발생할 수 있는 오차내로서, 전회 점검의 선형 측량을 금회 선형측량과 대조하여 검토한 결과 침하, 전도, 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되었다.

【표 79.25】 수준측량(수직변위) 결과

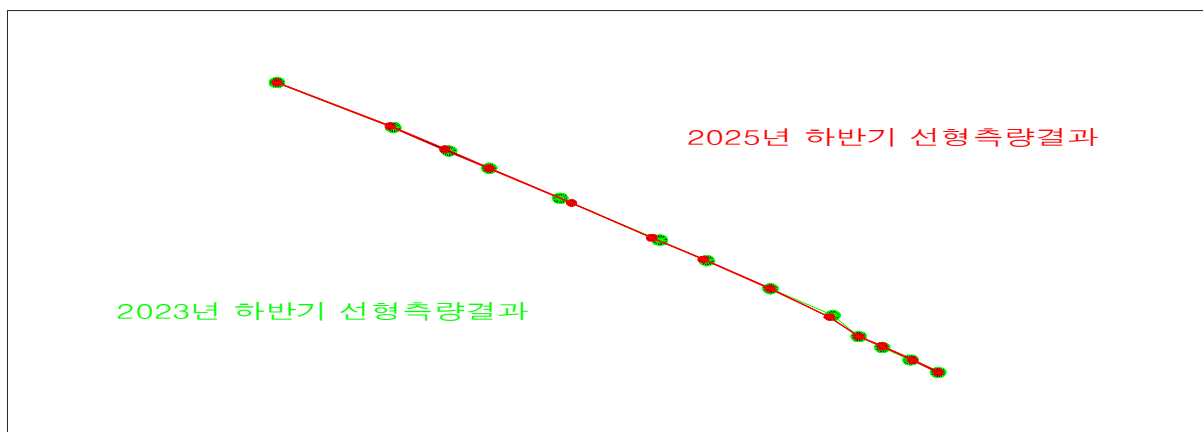
측정위치	기준점 레벨(EL(+).m)		분석 결과 (m)	비고
	설계치	금회 2중 성능평가		
S1(0m)	129.37	129.43	0.06	
S1(10m)	128.86	128.90	0.04	
S2(30m)	127.83	127.93	0.10	
S3(50m)	127.32	127.50	0.18	
S4(70m)	126.55	126.71	0.06	
S5(90m)	126.29	126.29	-	
S6(110m)	125.78	125.80	0.02	
S7(123m)	125.52	125.60	0.08	

【표 79.26】 선형측량 결과

측정위치	X	Y	비고
①	382711.780	188252.563	
②	382715.324	188247.181	
③	382719.363	188241.398	
④	382722.168	188236.882	
⑤	382727.760	188231.326	
⑥	382736.020	188220.021	
⑦	382744.431	188207.244	
⑧	382750.753	188197.411	
⑨	382760.826	188182.116	
⑩	382770.871	188166.365	
⑪	382776.344	188157.903	
⑫	382783.078	188147.452	
⑬	382795.693	188126.355	



[선형측량 결과]



[선형측량 결과 비교]

【그림 79.9】 선형측량 결과 및 비교

79.5. 안전성능 평가

79.5.1 상태안전성능 평가

가. 개요

옹벽의 상태안전성능 평가는 외관조사를 실시하여 결함 및 손상 등을 조사하고, 성능지표별 평가기준에 따라 결함점수 및 결함지수를 산정하는 방식으로 이루어진다.

나. 상태안전성능 평가방법

옹벽분류에 따른 옹벽별 상태안전성능 평가를 위한 결함등급 및 결함점수와 결함지수 산출방법은 다음과 같다.

【표 79.27】 보강토 옹벽 평가기준

결 함 점 수		a	b	c	d	e
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$
침 하		0	0	1	2	3
계획선형오차 (전도/경사)		0	0	1	2	3
활 동		0	2	4	6	8
전면부 진행성 배부름		0	2	5	8	10
파손, 손상 및 균열		0	1	2	4	6
유 실		0	1	2	4	6
이 격		0	1	2	3	4
세 굴		0	2	4	6	8
주변 영향인자	배수 시설	배수시설이 양호할 경우 : 0, 배수시설이 없거나 불량할 때 : 1				
	사면 조사	사면구배	적절	0	부적절	1
		낙석흔적	미발생	0	발생	1
		침출수	무	0	유	1
옹벽 결함지수 (F)		①	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{52}$		②	$\frac{\Sigma \text{결함점수}}{44}$

※ 세굴 발생이 가능한 부위가 불투수 처리(아스콘, 콘크리트 포장)가 되었을 경우 ②번 산정식을 사용함.

※ 전면판에 발생한 균열은 파손으로 처리함.

※ 주변영향인자 평가항목 중 사면조사는 절토사면 및 사면 보호시설물에 해당하여 실시하며, 해당 시설물이 아닌 경우에는 평가식의 분모를 3점 감산하여 계산함.

다. 상태안전성능 평가결과

옹벽 형식별 상태안전성능 평가 결과에 따라 결함지수를 구하고, 아래의 표 산정기준을 적용하여 해당 시설물의 상태안전성능 평가 등급을 도출한다.

【표 79.28】보강토 옹벽 평가기준

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$

【표 79.29】상태안전성능 평가 산정 결과

SPAN NO.	침하	계획 선형 오차	활동	세굴	파손 손상 및 균열	유실	이격	전면부 진행성 배부름	주변영향인자				결함 점수 합계	평가 단위 결함 지수	평가 단위 평가 등급
									배수 시설	사면조사					
										사면 구매	낙석 흔적	침출 수			
S1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	A
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	A
S3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	A
S4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	A
S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	A
S6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.02	A
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	A
평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.57	0.01	
									상태평가 결과					A	

79.5.2 상태평가 결과

상태평가 결과, 평가기준에 따른 결함지수는 0.01로서 평가결과는 "A"로 산정되었다.

79.5.3 공중이 이용하는 부위 상태평가

① 추락방지시설

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

② 도로포장

최상의 상태로 “a” 등급으로 평가됨.

기준	상태기준 설명
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

③ 도로부 신축이음부

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

④ 환기구 등의 덮개

미설치된 상태로 평가불가.

기준	상태기준 설명
a	○환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

79.5.4 구조안전성능 평가

가. 개요

본 검토대상인 옹벽에 대한 구조검토는 설계도서 및 구조계산서를 참고하였다.

나. 보강토 옹벽의 설계

1) 외적 안정성

보강토 옹벽의 외적안정해석은 보강토체를 중력식 옹벽으로 간주하여 다음의 각 항목에 대한 안정해석을 수행한다.

가) 활동에 대한 검토

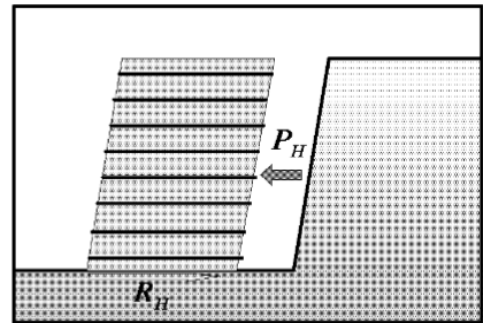
보강토체 배면에 작용하는 활동력에 대한 보강토체 저면의 활동에 대한 저항력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{slid} = \frac{R_H}{P_H} \geq 1.5$$

여기서, FS_{slid} : 활동에 대한 안전율

R_H : 보강토체의 저항력

P_H : 활동력



나) 전도에 대한 검토

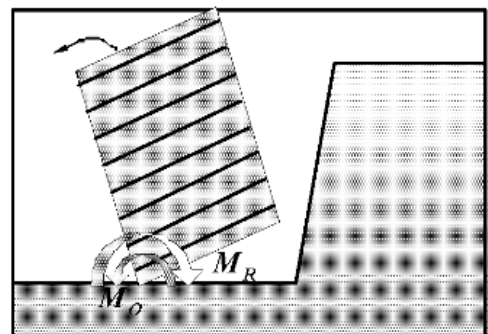
보강토체 선단에 대한 전도모멘트에 대한 저항모멘트의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{over} = \frac{M_R}{M_O} \geq 2.0$$

여기서, FS_{over} : 전도에 대한 안전율

M_R : 저항모멘트

M_O : 전도모멘트



다) 지지력에 대한 검토

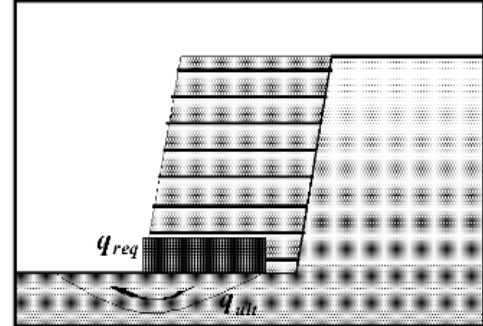
보강토체에 의해 하부지반에 부과되는 소요지지력에 대한 극한지지력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{bear} = \frac{q_{ult}}{q_{req}} \geq 2.5$$

여기서, FS_{bear} : 지지력에 대한 안전율

q_{ult} : 지반의 극한지지력

q_{req} : 소요지지력



라) 지지력에 대한 검토

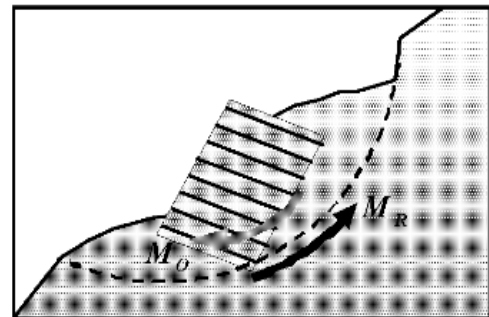
보강토 옹벽을 포함한 전체 사면의 사면활동에 대한 안정성 검토.

$$FS_g = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} \geq 1.5$$

여기서, FS_g : 전반활동에 대한 안전율

ΣM_R : 저항모멘트

ΣM_O : 활동모멘트



2) 내적 안정성

보강토 옹벽의 내적안정해석은 보강토체를 활동영역과 저항영역으로 나누고, 각 각의 보강대 위치에서 발생하는 최대작용하중을 계산한 후 보강재의 인장파괴 또는 보강재가 저항영역으로부터 빠져나오는지의 인발파괴에 대하여 검토한다.

가) 보강재 파단에 대한 검토

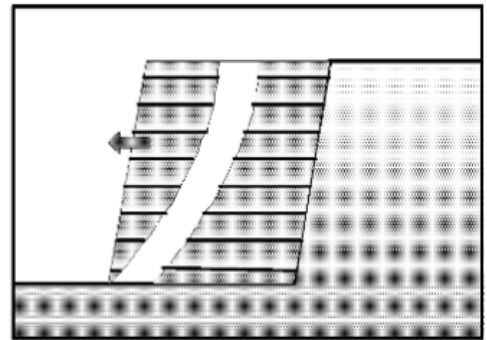
각 층별 보강재의 최대인발하중에 대한 보강재 장기설계인장강도의 비율로서 설계기준 안정율을 만족해야 한다.

$$FS_{to} = \frac{T_l}{T_{\max}} \geq 1.0$$

여기서, FS_{to} : 보강재 파단에 대한 안전율

T_d : 보강재의 장기설계인장강도

$T_{\max}$: 보강재의 최대인발하중



나) 보강재 인발에 대한 검토

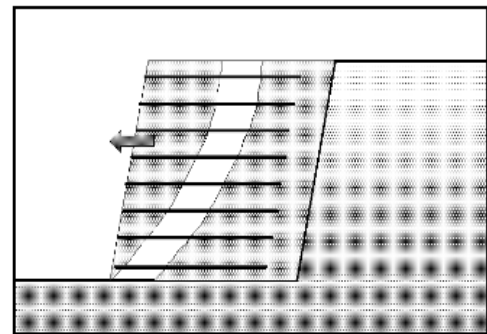
각 층별 보강재의 최대인발하중에 대한 저항영역 내 보강재의 인발저항력의 비율로서 설계기준 안전율을 만족해야 한다.

$$FS_{po} = \frac{T_{po}}{T_{\max}} \geq 1.5$$

여기서, FS_{po} : 보강재 인발에 대한 안전율

T_{po} : 보강재 인발저항력

$T_{\max}$: 보강재의 최대인발하중



다. 설계기준 안전율

국토해양부 제정 건설공사 보강토 옹벽 설계, 시공 및 유지관리 잠정지침(2013.01)에 제시된 보강토 옹벽의 설계안전율에 따라 설계하였다.

【표 79.30】 설계기준 안전율

구분	검토항목	평상시	지진시	비 고
외적 안정	활 동	1.5	1.1	
	전 도	2.0	1.5	
	지지력	2.5	2.0	
	전체 안정성	1.5	1.1	
내적 안정	인발파괴	1.5	1.1	
	보강재 파단	1.0	1.0	

※ 보강재 파단에 대한 안전율을 보강재의 장기설계강도를 적용하므로 1.0으로 한다.

※ 보강재의 불확실성 및 구조물의 중요도를 고려한 안전율 $F_s=1.5$ 를 적용하였다.(섬유)

※ 금속보강재의 장기설계인장강도는 내구연한에 따른 부식두께를 제외한 나머지 두께에 대하여 안전율 $F_s=1.82(1/0.55)$ 를 적용하였다.

라. 설계조건

1) 지반정수

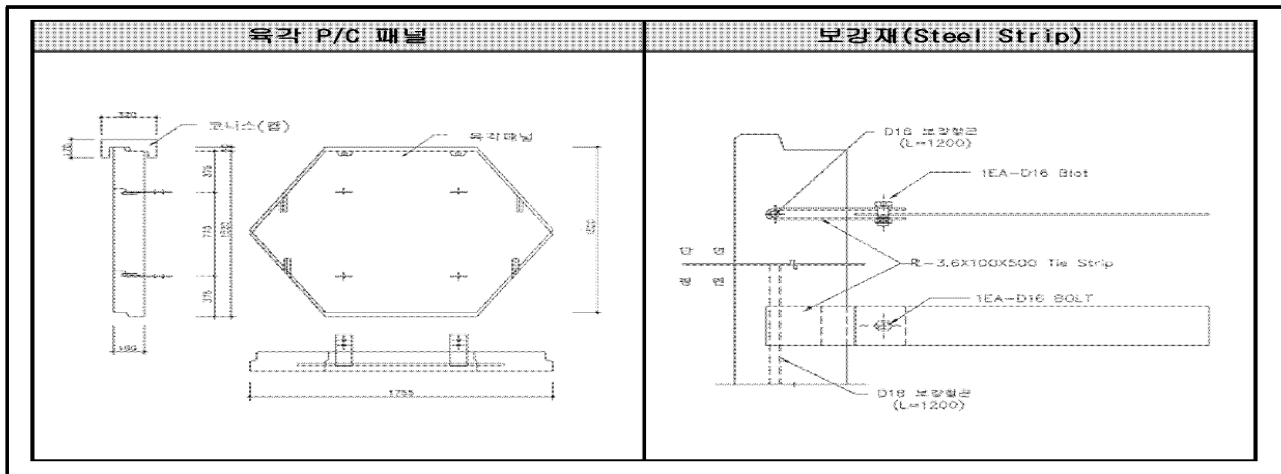
【표 79.31】 적용 지반정수

구분	단위중량 γ_t (t/m ³)	내부마찰각 ϕ (deg)	점착력 C (t/m ²)	비 고
보 강 토 체	2.0	35	0	암버력
	1.9	30	0	토 사
배 면 토	2.0	35	0	암버력
	1.9	30	0	토 사
기 초 지 반	1.8	29	1.6	

※ 암버력 : 지반조사보고서(FMS) 7.5.1 참조

2) 전면판 및 보강재

가) 전면판



【그림 79.10】 사용재료 규격표

다. 구조안전성능 평가 결과

조안전성능 평가 결과, 각 평가항목의 허용안전율 이상을 확보하고 있는 상태로서 구조 안전성능 평가 등급은 "a"로 평가되었다.

【표 79.32】 구조안전성능 평가 결과표

평가항목구분			안전율	평가결과	비 고
외적 안전성 평가	활동	상시	1.811	a	1.5이상
		지진시	1.419	a	1.1이상
	전도	상시	2.820	a	2.0이상
		지진시	2.030	a	1.5이상
	지지력	상시	3.520	a	2.5이상
		지진시	2.350	a	2.0이상
내적 안전성 평가	보강재 파단	상시	1.872	a	1.0이상
		지진시	1.457	a	1.0이상
	보강재 인발	상시	2.440	a	1.5이상
		지진시	1.290	a	1.0이상
구조안전성능 평가 결과	• 구조안전성능 평가 등급 = a • 구조안전성능 평가 결함지수 = 0.14				

79.5.5 안전성능 평가결과

본 콘크리트 옹벽에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능 평가를 실시한 후 각 결함지수를 비교하여 보수적인 값을 최종 안전성능평가 결과로 결정한다.

【표 79.33】 안전성능 평가 결과산정

안전성능 평가 결과 산정표			
시설물명	패널식 옹벽 13		
평가구분	결함지수	평가결과	비 고
상태안전성능 평가	0.01	a	
구조안전성능 평가	0.14	a	
안전성능 평가결과	◦ 상태안전성능과 구조안전성능 등급 중 최소등급 선택 ◦ 안전성능평가 결과 : A등급		

【표 79.34】 안전성능 평가 결과에 따른 시설물 상태 정의

안전등급	평가지수	시설물의 상태
A (우수)	$0.00 \leq P < 0.15$	외관상 결함, 손상 또는 붕괴 등의 요인에 대한 문제점이 없는 성능 수준
B (양호)	$0.15 \leq P < 0.30$	일부 부재에서 경미한 결함이 발생하였으며, 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 성능 수준
C (보통)	$0.30 \leq P < 0.55$	광범위한 부재에서 결함이 발생하였으나, 전체적이 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강이 필요한 성능수준
D (미흡)	$0.55 \leq P < 0.75$	심각한 결함에 대한 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정해야 하는 성능 수준
E (불량)	$0.75 \leq P$	심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축이 필요한 수준

79.6. 내구성능 평가

콘크리트 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분된다. 열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시한다. 대상 시설물의 내구성능 종합 등급에는 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 콘크리트 내구성능 등급 산정에는 활용하지 않으며 기타 구조물의 유지관리 업무에 활용한다.

79.6.1 콘크리트 내구성능 평가항목 및 대상

패널식 보강토 용벽의 전면부 패널에 대해 내구성능 평가를 수행하며, 부재별 가중치를 고려하지 않고 단일 구조물 형식으로 적용한다.

【표 79.35】 내구성능 평가항목 및 대상

구 분		평가항목	평가여부	시험 기준수량	금회 실행수량	비 고
보강토 용벽	열화진전 평가	피복(표면부) 콘크리트 품질	○	3 EA	3 EA	
		탄산화 깊이	○	3 EA	3 EA	
		염화물 침투량	○	3 EA	3 EA	
	열화환경 평가	염해환경	○	-	-	
		동해환경	○	-	-	

가. 열화진전 평가

1) 염화물 침투량

(1) 염화물 침투량 시험결과

【표 79.36】 염화물 침투량 평가

구 분	세부 부재명		깊이별 염화물 침투량 (kg/m ³)			평가등급
			0~20mm	20~40mm	40~60mm	
염화물 침투량	패널	전면부 S1	0.095	0.068	0.041	a
		전면부 S5	0.054	0.052	0.018	a
		전면부 S6	0.063	0.043	0.029	a

【표 79.37】 염화물 확산계수 산출

계산항목	세부 부재명		깊이별 염화물 확산계수 (cm ² /year)		
			0~20mm	20~40mm	40~60mm
염화물 확산계수	패널	전면부 S1	-	-	0.32
		전면부 S5	-	-	0.247
		전면부 S6	-	-	0.286

【표 79.38】 철근부의 전염화물 침투량이 2.5(kg/m³)가 되는 시점 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명		계산결과(year)	평가등급
철근부 전염화물 침투량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	패널	전면부 S1	30년 초과	a
		전면부 S5	30년 초과	a
		전면부 S6	30년 초과	a

【표 79.39】 염화물 침투량 최종 평가등급

세부 부재명		염화물 침투량 평가 결과	철근부 전염화물 침투량 C_r 가 2.5(kg/m ³)가 되는 시점	염화물 침투량 최종 평가 등급
패널	전면부 S1	a	a	a
	전면부 S5	a	a	a
	전면부 S6	a	a	a

(2) 염화물 침투량 시험 보고서

【표 79.40】 염화물 침투량 시험 보고서

구 분		내 용	
시 험 조 건	시험일시	2025년 08월 26일	
	시험시간	09:00 ~ 17:00	
	시험 영역의 위치	패널 전면부	
조 사 수 량		3개소	패널 전면부
구조물 경과연수		경과연수 : 8년	
측정면 종류		기건 상태의 건전한 콘크리트 면 (그라인딩을 통해 요철 제거, 평탄 작업 실시)	
사용 골재의 종류		보통골재(추정)	
시험방법		시험부재의 철근깊이까지 10~20mm 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713의 산-가용성 염화물시험 방법으로 실시	
시험 성과표 참조			

2) 탄산화 깊이

【표 79.41】 탄산화 깊이 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명	탄산화 깊이 (mm)	탄산화 속도계수	잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T(년)	개별 평가등급	평가 등급
탄산화 깊이	S1 전면부패널	3.0	1.06	30년 초과	a	a
	S5 전면부패널	3.0	1.06	30년 초과	a	a
	S6 전면부패널	3.0	1.06	30년 초과	a	a

3) 피복 콘크리트의 품질

【표 79.42】 피복 콘크리트의 품질 평가

열화진전 평가항목	세부 부재명			설계값 대비 강도추정값(%)	비건전부/ 건전부비율(%)	개별 평가등급	평균	평가 등급
피복 콘크리트의 품질	전 면 부	S1	패널	103.1	-	a	0.10	a
		S3	패널	-	98.7	a		
		S5	패널	102.6	-	a		

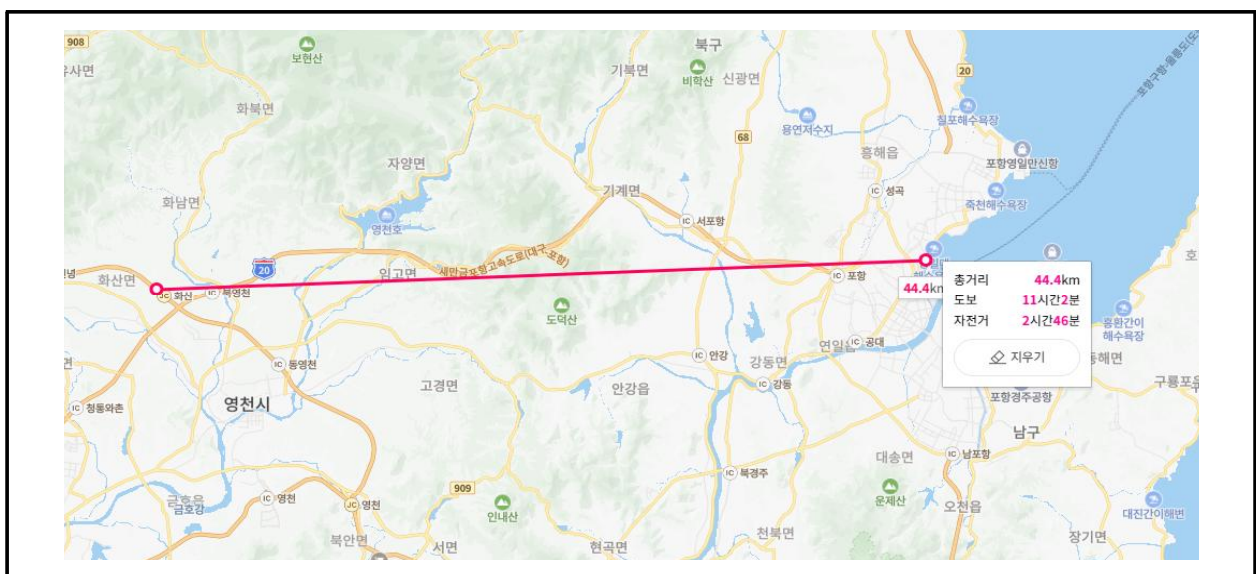
나. 열화환경평가

본 보강토 용역의 열화환경은 동결융해에 대하여 평가를 수행하며, 동결융해 반복지수(X)는 수분과 직접 접촉하지 않는 부재로 평가등급을 산정하였다.

1) 해안거리에 따른 비래염분 염해환경

대상교량은 경상북도 영천시 신녕면 화산리에 위치하며, 동해안으로부터 약 44.4km 떨어진 위치에 시공된 것으로 확인되었다.

해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과, 동해안으로부터 교량까지의 거리가 500m 초과로 평가등급은 A등급으로 분석되었다.



【그림 79.11】 위치도

【표 79.43】 해안거리에 따른 비래염분 염해환경 평가결과

평가항목	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	평가 등급
해안거리에 따른 비래염분 염해환경	동해안	전지역	500 초과	a등급

2) 제설제 염해환경

강설일수는 기상청 기후자료를 참조하였으며, 기상관측소는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 대구 관측소에서 측정된 최근 10년간 데이터를 활용하여 평가하였다. 최근에 측정된 최심신적설 자료 중 2015년부터 2025년까지의 자료를 참조하였으며, 연평균 강설 일수는 1.6일로 확인되었고, 평가등급은 A등급으로 분석되었다.

【표 79.44】제설제 염해환경 평가결과(연평균 강설일수)

해당지역	경상북도 영천시 화산면 화산리				
분석기간	2015년 11월 1일 ~ 2025년 3월 31일 (10년)				
2015.11~2016.3	11일	2019.11~2020.3	3일	2022.11~2023.3	12일
2016.11~2017.3	7일	2020.11~2021.3	11일	2023.11~2024.3	8일
2017.11~2018.3	16일	2021.11~2022.3	8일	2024.11~2025.3	19일
2018.11~2019.3	6일	평균 강설일수			1.6일

주) 강설일수는 최근 10년간 최심신적설이 발생한 일수의 연간 평균값, *참고 : 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr/>)

3) 동해환경

동결융해 반복일수에 따른 동해환경 평가는 대상구조물의 가장 가까운 관측소인 영천 관측소에서 측정된 최근 10년간의 일 최고기온, 일 최저기온, 강수량 데이터를 수집하여 평가하였으며, 동해환경 평가는 다음과 같다.

- 수분과 지속적으로 접촉하지 않는 일반 부재일 경우
{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃} & {강수량 > 0}인 연평균 일수
- 수분과 지속적으로 접촉하는 부재일 경우
{일 최저기온 < -2.2℃} & {일 최고기온 > 0℃}인 연평균 일수

수분과 미접촉하는 부재의 경우 5.3회, 수분과 직접 접촉하는 부재의 경우 67.1회로써 동결융해 환경은 "B"등급으로 평가되며, 수분과 직접 접촉하지 않는 부재의 경우도 동결융해 사이클이 연평균 4.5회로 동결융해의 피해를 입을 수 있음이 확인된다.

【표 79.45】동해환경 평가결과 - 일반부재(수분접촉)

해당지역	경상북도 영천시 화산면 화산리				
분석기간	2015년 11월 1일 ~ 2025년 3월 31일 (10년)				
2015.11~2016.3	62일	2019.11~2020.3	53일	2022.11~2023.3	71일
2016.11~2017.3	67일	2020.11~2021.3	60일	2023.11~2024.3	55일
2017.11~2018.3	80일	2021.11~2022.3	76일	2024.11~2025.3	69일
2018.11~2019.3	78일	동결융해 횟수 (수분접촉)			67.1회

【표 79.46】 동해환경 평가결과 - 일반부재(수분미접촉)

해당지역	경상북도 영천시 화산면 화산리				
분석기간	2015년 11월 1일 ~ 2025년 3월 31일 (10년)				
2015.11~2016.3	7일	2019.11~2020.3	3일	2022.11~2023.3	3일
2016.11~2017.3	10일	2020.11~2021.3	3일	2023.11~2024.3	7일
2017.11~2018.3	3일	2021.11~2022.3	0일	2024.11~2025.3	5일
2018.11~2019.3	4일	동결융해 횟수 (수분미접촉)			4.5회

79.6.2 콘크리트 내구성능 평가결과

본 보강토 옹벽에 대하여 콘크리트 내구성능 평가는 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

【표 79.47】 옹벽의 콘크리트 내구성능 평가

대상 시설물	항목별 평가결과			
	염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트 품질	평가등급
옹벽	a	a	a	a (0.08)
최저등급제				

【표 79.48】 열화환경지표의 평가결과

열화환경지표		평가결과	평가등급
제설제 염해환경		1.6회	A
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	44.4Km	A
동해환경		67.1회	C

79.6.3 강재 내구성능 평가

강재 내구성능 평가의 경우 선택과업으로 본 보강토 옹벽에 대하여 강재 내구성능 평가는 실시하지 않았다.

79.6.4 내구성능 평가결과산정

가. 보강토 옹벽 내구성능 평가결과산정 방법

보강토 옹벽의 보강재에 대한 내구성능 평가를 실시한 경우, 강재에 대한 내구성능 평가 후, 콘크리트 : 강재 = 60 : 40의 가중치를 적용하여 종합 내구성능 평가를 수행한다.

단, 금회 성능평가 과업에서 강재 내구성능 평가는 실시되지 않은 상태로 콘크리트 강재의 가중치를 100으로 적용하여 평가 하였다.

【표 79.49】 보강토 옹벽의 종합 내구성능 평가결과

내구성능 평가결과 산정표			
시설물명 평가항목구분	보강토 옹벽	표번호	비 고
콘크리트 내구성평가	a (0.08)	-	
강재 내구성평가	-	-	
내구성능 평가결과	◦ 내구성능 평가결과 = 0.08 X 1.00 = 0.08 ◦ 내구성능 등급 : a등급		

79.7. 종합평가

79.7.1 종합평가 개요

종합평가의 산정방법은 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때는 안전성능 등급을 종합성능등급으로 선정한다. 이외의 경우에는 안전성능 평가와 내구성능 평가 각 성능항목 별로 부여된 가중치를 고려하여 최종등급을 결정한다.

- 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급일 때
 - 안전성능 평가지수가 종합평가의 대표 지수로 산정
- 안전성능 평가 결과가 가장 낮은 등급이 아닐 경우
 - 안전성능과 내구성능 각 성능항목의 가중치를 고려하여 산정



【그림 79.12】 종합평가 흐름도

79.7.2 종합평가 결과 산정결과

종합평가의 산정방법은 용벽의 안전성능 평가와 내구성능 평가 지수에 대해 각 성능항목에 따라 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다. 단, 안전성능 평가 결과와 내구성능 평가 결과를 비교하여 안전성능 평가 결과가 최저값인 경우에는 가중치를 적용하지 않고 안전성능 평가 결과를 종합평가 결과로 산정한다.

$$\text{용벽의 종합평가지수}(P) = \sum(\text{성능 평가지수}(P_n) \times \text{성능항목 가중치}(W_n))$$

【표 79.50】 콘크리트용벽 성능항목 가중치

구 분		기준 가중치(Wn)		적용 가중치(Wn)	
		안전성능	내구성능	안전성능	내구성능
보강토 용벽	일반 블록 및 패널	0.80	0.20	-	-

【표 79.51】 종합평가 결과

시설물의 종합평가 결과 산정표				
시설물명	패널식 용벽 13			
평가 구분	성능평가지수	평가 결과	성능간 가중치(Wn)	비 고
안전성능평가	0.140	A	0.8	
내구성능평가	0.080	B	0.2	
종합성능 평가결과	○용벽의 종합평가 지수(P) $= \sum(\text{성능평가지수}(pn) \times \text{성능간 가중치}(Wn))$ $= 0.14 \times 0.8 + 0.08 \times 0.2 = 0.128$ ○종합평가 결과 : A			

당해 시설물에 대해 종합적으로 성능평가를 실시한 결과 종합성능 등급은 외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준인 A등급(우수)인 것으로 평가되었다.

【표 79.52】 용벽의 종합평가 결과에 따른 종합성능 등급 기준

평가등급	평가지수	정의
A (우수)	$0.00 \leq P < 0.15$	외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준
B (양호)	$0.15 \leq P < 0.30$	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	$0.30 \leq P < 0.55$	광범위한 부재에서 결함이나 내구성능 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 불편함이 있으나, 전체적인 시설물의 안전성능에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	$0.55 \leq P < 0.75$	시설물의 지속적인 사용이 우려되는 수준으로 긴급한 보수 또는 보강 및 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	$0.75 \leq P$	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전성능에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

79.8. 유지관리 전략 제언

시설물의 성능목표를 설정하기 위해 성능평가 실시결과와 함께 시설물의 사용환경 등을 검토하여 성능목표에 대한 등급을 지정하여야 한다.

79.8.1 성능목표 설정

『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편(2024.01)』에서의 응벽시설물의 성능목표는 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 B등급으로 설정하도록 하였다.

79.8.2 성능목표 등급 산정

【표 79.53】 등급점수 범위 및 대표점수

구분		A	B		C	D	E
			상B	하B			
응벽	점수	0.08	0.23		0.43	0.65	0.88
			0.18	0.27			
	범위	$0 \leq X < 0.15$	$0.15 \leq X < 0.23$	$0.23 \leq X < 0.3$	$0.3 \leq X < 0.55$	$0.55 \leq X < 0.75$	$0.75 \leq X$

【표 79.54】 평가지표별 가중치 및 성능목표 등급산정 방법

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경		지진 구역계수 (4)	공용 연수 (5)
		동해환경 (2)	강설일수 (3)		
가중치	0.8	0.1		0.08	0.02
성능목표 = (1)×0.8 + [(2)+(3)]/2×0.1 + (4)×0.08 + (5)×0.02					

【표 79.55】 사용성 및 기능성 성능목표 선정

구분	항목	내용	평가등급	
			모든 조건 해당	나머지
도로교량	일교통량1)	구간당 일반국도: 10,000대 이상	상B	하B
		구간당 고속국도: 20,000대 이상		
	중차량 통행량	차선당 일반국도: 1,000대 이상		
		차선당 고속국도: 2,000대 이상		
	대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상		
철도교량	일통과량 × 평균속도	6,000 이상	상B	하B
도로터널	일교통량	일반국도: 10,000대 이상	상B	하B
		고속국도: 20,000대 이상		
	대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상		
철도터널	평균속도 × 일 통행횟수	6,000 이상	상B	하B
항만2)	연간 화물량(백만 톤 GT) × 하역능력(천 톤)	10,000 이상	상B	하B
	접안능력	50,000톤(DWT) 이상		
댐	연평균 저수용량	700 백만m3 이상	상B	하B
공항	연간 이용객수	10,000,000명 이상	상B	하B
	연간 항공기 운항편수	90,000대 이상		
하구둑	-	-	B	
수문	-	-	B	
제방	-	-	B	
상수도	가동률3)	75% 이상	상B	하B
옹벽	-	-	B	
절토사면	-	-	B	

【표 79.56】 주변환경 성능목표 선정

구분	평가교량		평가등급	
동해환경	지속적인 수분접촉	67.1일	A	A
	지속적인 수분접촉 없음	4.5일	C	
강설일수	1.6일		C	

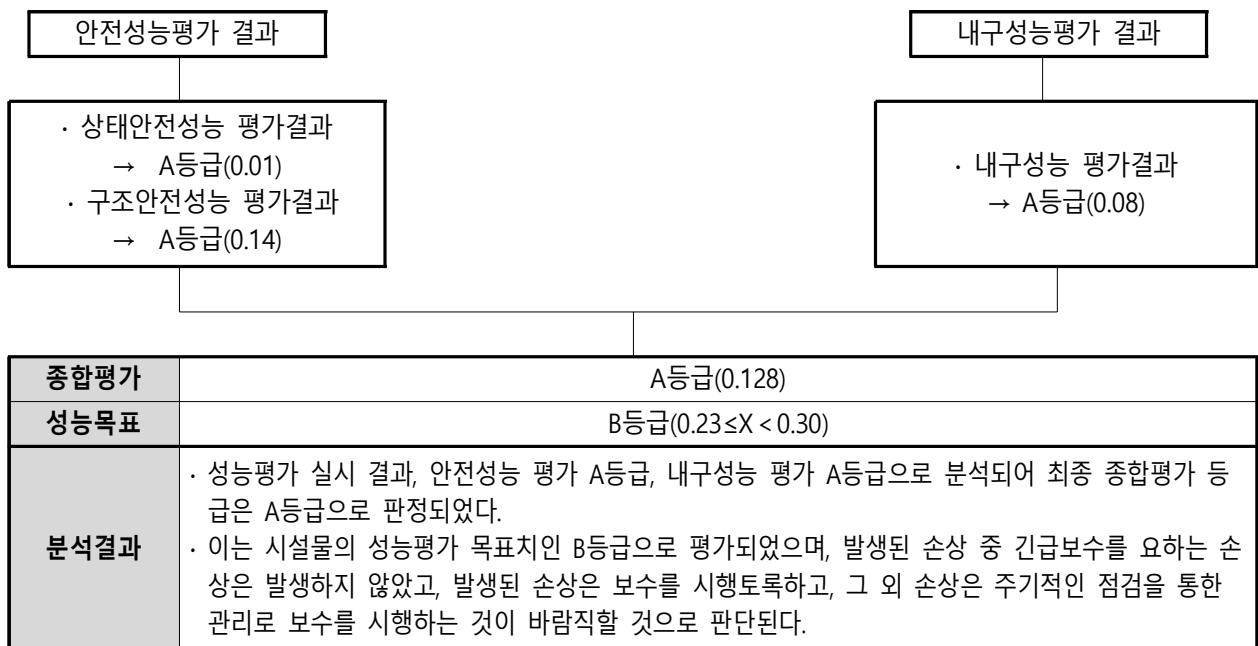
【표 79.57】 지진구역계수 및 공용연수

구분	평가용벽	평가등급
지진구역계수	대구	A
공용연수	약 8년	E

【표 79.58】 성능목표 등급 산정표

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경		지진 구역계수 (4)	공용 연수 (5)
		동해환경 (2)	강설일수 (3)		
평가등급	B	A	C	A	E
평가점수	0.23	0.08	0.43	0.08	0.88
가중치	0.8	0.1		0.08	0.02
성능목표	= 0.23×0.8 + [(0.08+0.43)/2]×0.1 + 0.08×0.08 + 0.88×0.02 = 0.234(하B)				

79.8.3 성능평가 실시결과 검토·분석



79.8.4 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전 성능, 구조안전성능, 내구성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

가. 보수·보강 개략공사비

【표 79.59】 보수·보강 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
전면부	판넬 파손	주의관찰	-	-	-	-	-	-
배수시설	배수로 균열(0.3mm미만)	표면처리	0.50	0.19	m²	250	48	2순위
	배수로 균열(0.3mm이상)	주입보수	1.00	1.50	m	103	155	2순위
	배수로 파손	단면보수	0.52	0.78	m²	960	749	2순위
상부성토부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
기초부	상태양호	-	-	-	-	-	-	-
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	0		952		0		
	재경비 (순공사비의 50%)	0		476		0		
	합계	0		1,428		0		
개략공사비 총계(천원)		1,428						

※ 주의관찰이 필요한 손상은 본 개략공사비 산정에서 제외함.

※ 상기 개략공사비는 실시설계시 공법선정, 단가변동 및 현장여건 상 변동될 수 있음.

나. 보수·보강 우선순위 지수 산출

【표 79.60】 보수·보강 우선순위 지수 산출

구분	손상 물량 (m³)	보수 물량 (m³)	단가 (천 원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순 위
					손상내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
-	-	-	-	-	침하	-	안전 성능	a	0.06	1.00	0.80	0.05	0.00231	8
-	-	-	-	-	계획선형 오차	-	안전 성능	a	0.06	1.00	0.80	0.05	0.00231	8
-	-	-	-	-	활동	-	안전 성능	a	0.15	1.00	0.80	0.05	0.00615	5
-	-	-	-	-	전면부 지행배 매부름	-	안전 성능	a	0.19	1.00	0.80	0.05	0.00769	4
-	-	-	-	-	유실	-	안전 성능	a	0.12	1.00	0.80	0.05	0.00462	6
-	-	-	-	-	이격	-	안전 성능	a	0.08	1.00	0.80	0.05	0.00308	7
-	-	-	-	-	세굴	-	안전 성능	a	0.15	1.00	0.80	0.05	0.00615	5
-	-	-	-	-	배수시설	-	안전 성능	a	0.02	1.00	0.80	0.05	0.00077	10
-	-	-	-	-	사면구배	-	안전 성능	a	0.02	1.00	0.80	0.05	0.00077	10
-	-	-	-	-	낙석흔적	-	안전 성능	a	0.02	1.00	0.80	0.05	0.00077	10
-	-	-	-	-	침출수	-	안전 성능	a	0.02	1.00	0.80	0.05	0.00077	10
-	-	-	-	-	내적안전 성	구조	안전 성능	a	1.00	1.00	0.80	0.05	0.04000	1
-	-	-	-	-	저면활동	구조	안전 성능	a	0.20	1.00	0.80	0.05	0.00800	3

구분	손상 물량 (m ³)	보수 물량 (m ³)	단가 (천원)	비용 Cost (천원)	손상정보				가중치				우선 순위 지수 (PI) EI/Cost	순 위
					손상내용	부재 위치	성능	등급	손상	부재	성능	등급		
-	-	-	-	-	원호활동	구조	안전 성능	a	0.20	1.00	0.80	0.05	0.00800	3
-	-	-	-	-	전도	구조	안전 성능	a	0.20	1.00	0.80	0.05	0.00800	3
-	-	-	-	-	지지력	구조	안전 성능	a	0.20	1.00	0.80	0.05	0.00800	3
-	-	-	-	-	침하	구조	안전 성능	a	0.06	1.00	0.80	0.05	0.00231	8
-	-	-	-	-	상태양호	-	안전 성능	a	0.12	1.00	0.80	0.05	0.00462	6
표면 처리	0.50	0.19	250	48	배수로 균열(0.3 mm미만)	-	안전 성능	b	0.02	1.00	0.80	0.11	0.00169	9
주입 보수	1.00	1.50	103	155	배수로 균열(0.3 mm이상)	-	안전 성능	b	0.02	1.00	0.80	0.11	0.00169	9
단면 보수	0.52	0.78	960	749	배수로 파손	-	안전 성능	b	0.02	1.00	0.80	0.11	0.00169	9
-	-	-	-	-	염화물	전면	내구 성능	a	1.00	1.00	0.20	0.05	0.01000	2
-	-	-	-	-	탄산화	전면	내구 성능	a	1.00	1.00	0.20	0.05	0.01000	2
-	-	-	-	-	피복콘크 리트의 품질	전면	내구 성능	a	1.00	1.00	0.20	0.05	0.01000	2

79.9. 종합결론

본 시설물은 경상북도 영천시 화산면 화산리(상주영천고속도로 73.125~73.250km)에 위치한 2종 시설물로서 연장 125.6m, 지면노출높이 13.9m의 패널식 보강토 옹벽이고, 2017년도에 준공되어 약 8년간 공용중인 옹벽 구조물이며, 시공자료 분석을 포함, 현장조사 및 시험, 안전성능 평가, 내구성능 평가 등을 통한 종합결론을 요약하면 다음과 같다.

본 과업은 "시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법"(이하 "시설물안전법"이라 한다.)에 따른 성능평가를 시행하여 현장조사 및 각종시험에 의해 시설물의 성능을 종합적으로 평가하여 시설물의 객관적인 현재의 상태와 장래의 성능 변화를 파악·예측하고, 이를 통해 관리주체가 보수·개량·교체 등의 최적시기 결정 등 합리적 유지관리 전략을 마련하는 데에 있다.

79.9.1 성능평가 결과 요약

가. 안전성능 평가

안전성능 평가는 외관상 관찰되는 시설물의 결함을 중심으로 조사·평가하였다. 현장조사 및 분석 결과 중대결함은 관찰되지 않았으며, 일부 손상이 조사되었으나 상태안전성능 평가 등급은 "A"로 평가되었고, 구조안전성능 평가 또한 "A"등급으로 검토되어 최종 안전성능 평가 등급은 "A"등급으로 평가되었다.

나. 내구성능 평가

내구성능평가는 시간에 따라 변화하는 안전성능 저하에 영향을 미치는 요소에 대한 평가로서 본 콘크리트 옹벽의 열화진전평가 및 열화환경평가를 종합하여 분석한 결과, 평가결과 "A"로 평가되었다.

다. 성능평가 결과

종합평가결과산정 표					
시설물명	패널식 옹벽 13			표번호	-
평가구분	성능 평가지수	평가결과	성능간 가중치(W_n)	비 고	
안전성능 평가	0.14	a	0.70	근거 표번호	
내구성능 평가	0.08	a	0.30	근거 표번호	
종합평가 결과	○ 옹벽의 종합평가지수(P) $= \sum(\text{성능 평가지수}(p_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n))$ $= 0.14 \times 0.80 + 0.08 \times 0.20 = 0.128$ ○ 옹벽의 종합평가지수 : 0.128 ○ 옹벽의 종합평가결과 : A				

79.9.2 종합결론

- 패널식 용벽 13은 약 8년의 공용기간이 경과한 보강토 용벽 시설물로 현장조사 결과, 점검당시 손상이 없는 대체로 양호한 상태를 유지하고 있는 상태이다.
- 종합성능평가를 실시한 결과, 0.128로 A등급으로 평가되었으며, 성능목표인 B등급($0.23 \leq X < 0.30$)을 상회하여 만족하는 것으로 분석되었다. 따라서, 시설물의 성능유지를 위해 우선순위 산정결과에 따라 순차적으로 보수를 실시한다면 구조물의 사용성을 확보하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

79.9.3 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 지반, 기초부, 전면부, 주변영향인자(사면부, 배수시설)에서 전면부 판넬 파손, 배수시설 배수로 균열, 파손 등의 손상이 조사되었으나, 용벽의 사용성에는 영향을 주지 않는 것으로 판단되므로 내구성 증진을 위한 표면처리, 주입보수, 단면보수 등의 적절한 보수가 필요하다고 판단된다. 또한 상부 성토부 및 전면부에 과도한 식생이 산재하여, 추후 원활한 점검 및 용벽은 안전성을 위한 정비 등의 조치가 필요하다.
- 대상 시설물은 금회 점검 결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

79.9.4 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 전면부 판넬 파손, 배수시설 배수로 균열, 파손의 경우 구조적인 손상은 아니나 부재의 내구성 및 기능성 확보 차원의 보수 및 주기적인 점검을 통한 유지관리를 실시하고 손상의 재발생 여부 확인이 필요하다.

79.9.5 기타 필요한 사항

- 시설물의 안전성 유지는 점검 당시에는 양호한 상태로 존재하여도, 이후의 유지관리 상태 및 예기치 않던 외적요인에 의해 잔존해 있던 위험요소가 일시적으로 노출되어 안전성에 영향을 미칠 수 있으므로 지속적인 점검 등의 유지관리를 통해 기능성과 안전성을 유지하는 것이 바람직하다고 판단된다.