

3. 보강토옹벽

(본선 STA.6+935~7+040)

3.1 시설물 개요

3.2 자료수집 및 분석

3.3 현장조사 및 시험

3.4 상태평가

3.5 종합평가 및 안전등급 지정

3.6 보수·보강 및 유지관리 방안

3.7 종합결론

3. 보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)

3.1 시설물 개요

본 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 267에 위치한 성라산터널(문산방향) 종점부에 있는 터널부 사면에 시공된 2중 옹벽 시설물로서 연장 145.0m, 지면노출높이 24.0m의 패널식 보강토 옹벽이다.

3.1.1 일반사항

【표 3.1.1】 옹벽 일반사항

시설물명	보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)		종별구분	2중 시설물
시설물번호	RW2020-0000128		관리번호	-
시설물위치	행정구역	경기도 고양시 덕양구 성사동 267		
	위치좌표	시점 : 37 ° 38 ' 54 "N 126 ° 50 ' 55 "E		
		종점 : 37 ° 36 ' 51 "N 126 ° 50 ' 53 "E		
노선명	고속국도17호선			
제 원	옹벽형식	패널식	옹벽재료	철근콘크리트
	연 장	145.0m	지면노출 높 이	24.0m
	보 강 재 길 이	-	저 관 폭 길 이	-
관리주체	서울문산고속도로주식회사		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽상부	사면		
	옹벽하부	고속도로 본선		
시공현황	준공년도	2020년 11월 06일	시 공 자	지에스건설(주)
	감 리 자	(주)동일기술공사(김형만)	설 계 자	(주)다산컨설팅트
	부대시설	-		
비 고				

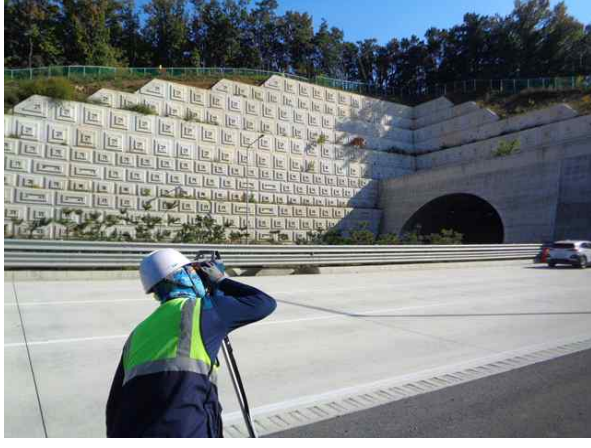
3.1.2 위치도 및 전경사진



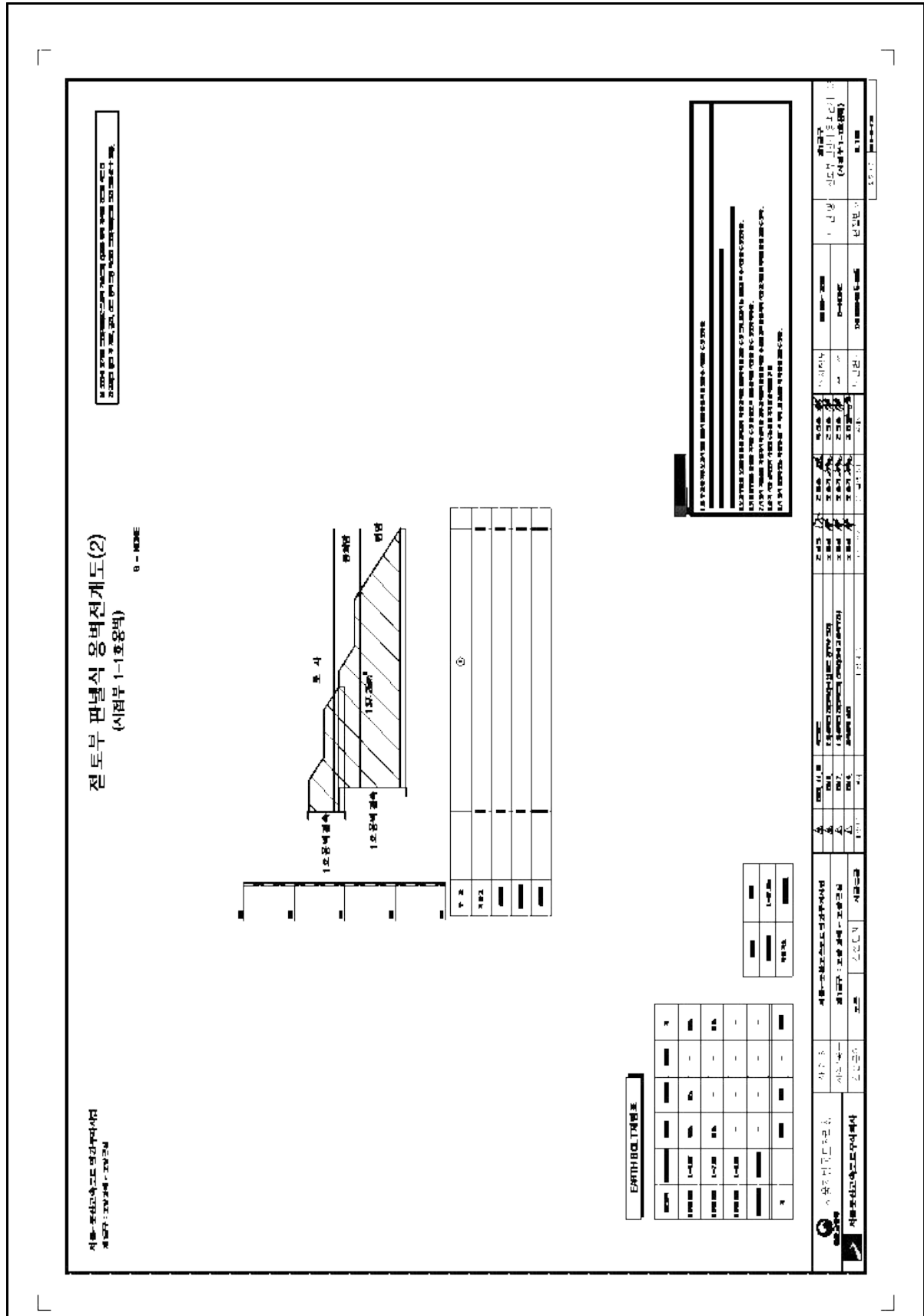
【그림 3.1.1】 위치도



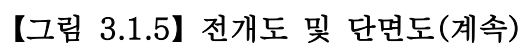
【그림 3.1.2】 전경사진

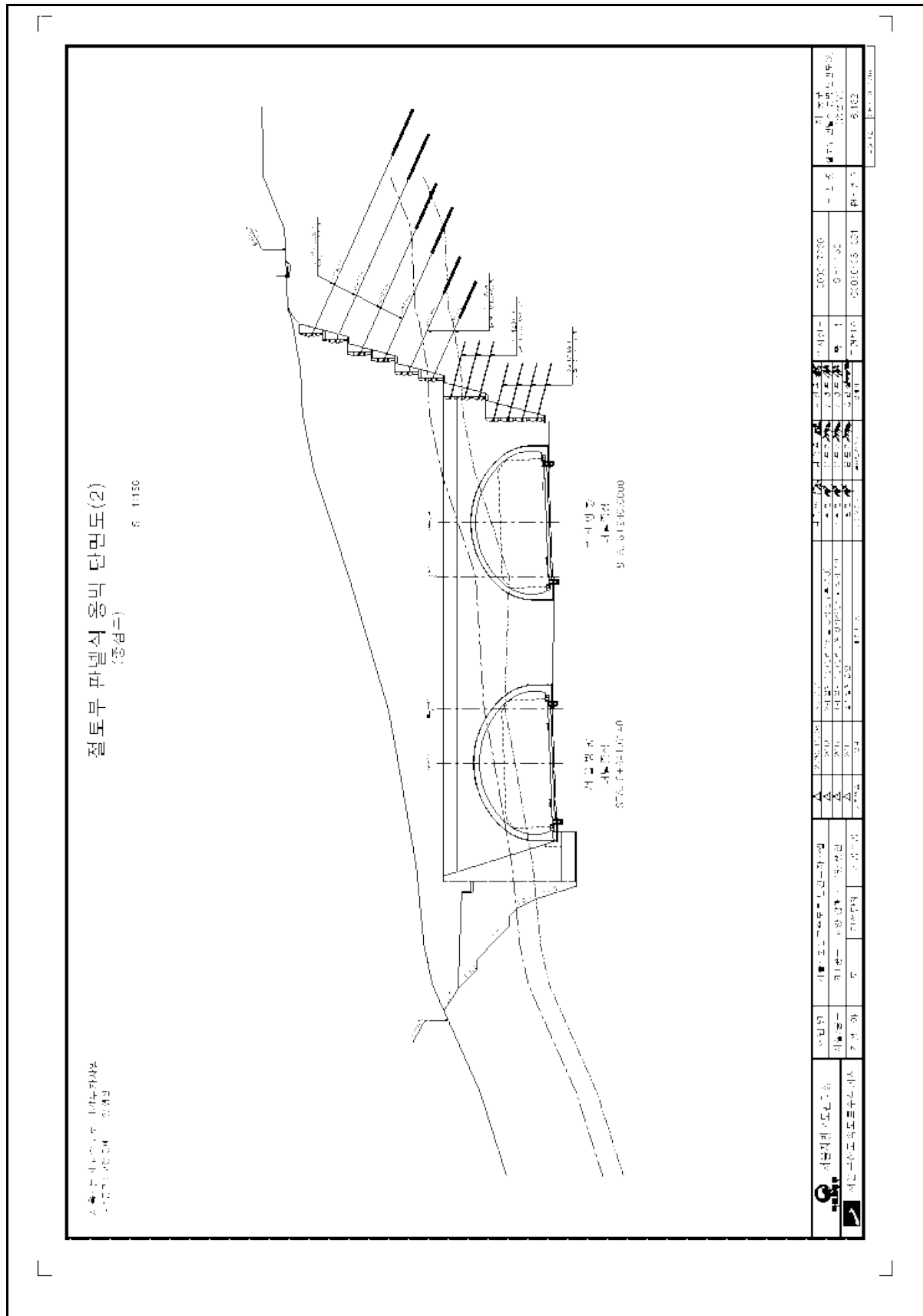
	
전면부 전경	배수로 전경
	
하부 전경	상부 절토부 전경
	
광파기를 이용한 측량 작업	스토퍼를 이용한 구간분할 측정

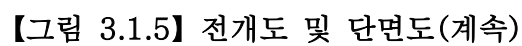
【그림 3.1.3】 부재별 현황 및 작업사진

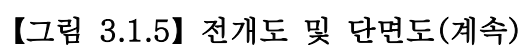


【그림 3.1.5】 전개도 및 단면도(계속)









3.2 자료수집 및 분석

3.2.1 설계자료 검토

본 시설물은 2020년 11월 06일에 준공된 시설물로 설계 및 시공관련 자료 관리 및 보관상태는 대체로 양호한 것으로 조사되었다.

구조계산서 및 안전검토서

내에스지오텍

제1장 과업개요

1.1 과업목적

"서울-문산고속도로 민간투자사업"의 환경훼손 최소화 및 토광량 감소를 위한 방안으로 현장여건에 맞는 용역 계획을 수립하여 합리적인 시공과 영구적인 안정성이 유지되도록 하는 것을 목적으로 한다.

1.2 과업 범위

■ 본 과업을 수행하기 위한 현장 위치는 다음과 같다.

구 분	현 장	높 이	비 고
제 1공구	실라디널 종단	93.8m	1.50m~25.50m
			13단

내에스지오텍

● 랑기 비탈면의 안정해석 시 적용하는 기준안전율(건설공사 비탈면 설계기준, 2011.12)

구 분	기준안전율	비 고
견 기 시	$F_s \geq 1.5$	• 지하수가 없는 것으로 해석
우 기 시	$F_s \geq 1.2$ 또는 $F_s \geq 1.3$	• 관입 및 강입 등으로 구성된 비탈면의 경우, 인장강철 내 지하수 포화 높이나 관입면을 따라 지하수로 포화된 비탈면 높이의 1/2 정도까지 지하수위도 위치시키고 해석을 수행하며 이 경우 $F_s=1.2$ 를 적용 • 동중 및 동하중으로 구성된 비탈면의 안정해석은 지하수위를 설정하여 해석하는 방법 또는 강우의 원부를 고려한 방법 사용가능 • 지하수위를 설정하여 해석하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건 및 배수조건 등을 종합적으로 고려하여 지하수위를 설정하고 안정해석을 수행하며, 지하수위를 설정한 근거를 명확히 기술($F_s=1.3$ 적용) • 강우의 원부를 고려한 해석을 실시하는 경우에는 현장 지반조사 결과, 지형조건, 배수조건과 설계최빈년도에 따른 해당지역의 강우강도, 강우 지속시간 등을 고려하여 안정해석을 실시하며, 해석시 적용한 설계강수와 해석방법을 명확히 기술($F_s=1.3$ 적용)
저 전 시	$F_s \geq 1.1$	• 지진관성력은 과포토체의 중심에 수평방향으로 적용시킴 • 지하수 조건은 장기안정성 검토의 우기시 조건과 동일하게 적용

● 비탈면 안정성 검토 적용 기준안전율

구 분	기준안전율	비 고
견 기 시	$F_s \geq 1.5$	• 지하수가 없는 것으로 해석수행
우 기 시	$F_s \geq 1.3$	• 강우의 원부를 고려한 해석수행
저 전 시	$F_s \geq 1.1$	• 우기시 지하수위 조건과 동일 • 수평 가속도계수 $k_h = 0.077$ 적용

- 3 -

내에스지오텍

제2장 설계기준 및 검토방법

2.1 안전율 적용기준

비탈면의 안정은 안전율 $F_s > 1.0$ 일 경우에 안전된 것으로 해석할 수 있으나 설계시 비탈면의 불확실성으로 인한 여건을 감안하여 허용안전율을 설계에 적용하고 자사의 불확실성의 대비 수단으로 지반정수, 하중, 파괴모델의 불확실성에 대한 보전을 취해져야 한다.

2.1.1 랑기 비탈면 안전율 기준

● 기관별 랑기 비탈면 최소안전율 기준

구 분	최소안전율 (Minimum Safety Factor)
건설교통부	구조물 기준 설계기준 $F_s \geq 1.3$ 원리치시험에 의한 전단강도 $F_s \geq 1.7$ 일축 및 삼축압축시험에 의한 전단강도 $F_s \geq 1.5$
한국도로공사	도로설계요령 (1976년) $F_s \geq 1.3$ 도로설계요령 (2002년) $F_s \geq 1.1$ 견기시 : 지하수위 지표면에 위치
미국해군공병단 NAVFAC	허중이 지속적으로 적용될 경우 $F_s \geq 1.5$ 구조물 기초의 경우 $F_s \geq 2.0$ 임시적인 허중작용 및 시공시 $F_s \geq 1.3 \sim 1.25$
일본 건설성	표준적인 계획 안전율 $F_s \geq 1.1 \sim 1.3$
일본 도로공단	도로설계 요령 $F_s \geq 1.5$

- 2 -

내에스지오텍

2.2 사면의 안정해석 방법

일반적으로 비탈면의 안정성 해석 시 사용되는 해석법은 ① 유한요소법과 같은 수치해석법을 이용하여 지반의 변형을 고려하는 단상 해석과, ② 파괴가 발생되는 임계면에서의 역학적인 평형관계만을 해석하는 관계평형해석법으로 나뉜다. 그러나 유한요소법과 같은 수치해석법은 설계도 사용이 어렵고 안정성을 정량적으로 평가할 수 있는 안전율을 결정하기 어려우며, 해석시간이 많이 소요되므로, 해석이 비교적 용이한 관계평형해석법이 실용적으로 널리 사용되고 있다. 일반적으로 절토부 토사 및 중화암 시면, 실토사면의 안정성 해석 시 캐나다의 GEO-SLOPE사에서 개발한 관계평형 해석방법을 적용하는 SLOPE/W Program을 널리 사용하며 보강설계를 고려 시 Talren Program을 널리 사용하고 있다.

프랑스 Terrasol사에서 개발한 Talren97은 한계평형이론(Limit Equilibrium Method)에 기초하여 수리 및 지반에 대한 자료와 지반에 설치되는 여러 가지 보강재 (Nail, Anchor, Micropile, Sheet pile 등)를 고려하여 계산할 수 있으며, 설계조건의 설계와 지반 및 구조물 사이의 관계에 대한 실험적 연구와 병행하여 되었다.

본 해석에서 적용한 계산방법은 Bishop의 간략법이며, 사용된 전산프로그램은 TALREN97로서 TERRSOL사에서 개발하여 현재 널리 사용되고 있는 프로그램이다. 본 해석에 적용한 Bishop의 간략 해석법의 이론은 다음과 같다.

$$F_s = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum [c b + (W - u b) \tan \alpha] \frac{1}{M_{(a)}}$$

$$M_{(a)} = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \alpha}{F_s} \right)$$

여기서, W : 절면 흙의 전체중량 (=rbb) (t/m²)

a : 경사각 (°)

c : 흙의 점착력 (t/m²)

b : 절면폭 (m)

u : 흙의 내부 마찰각 (°)

비탈면안정 해석방법은 여러 가지가 제시되고 있으나 각 해석방법으로 구한 안전율의 수치적 차이에 관한 연구결과에 따르면 그 차이는 그렇게 크지는 않으며(Fredlund et. al, 1981). 다만 제외로 Fellenius 방법은 다른 방법에 비해 최대 60% 까지 차이가 날 수도 있다고 보고되고 있다. (Whitman & Bailey, 1967)

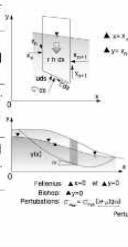
구조제산서 및 안전검토서

위에스지오텍

따라서, 미탈린안정성 해석에서는 해석종류보다는 강도성수의 정확된 산정 및 기하학적 조건이 큰 영향을 미친다고 할 수 있으며, 비탈면의 안정성 해석 시 지반공학적인 면을 고려하여 예상되는 활동면의 상태에 따라 활동과괴시의 안전율을 비교하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

방 법	가 정	한계제형 조건		
		모멘트	수직력	수평력
Fellenius	• 절편력의 작은 각 절편의 바닥 평행	○	×	×
Bishop	• 절편력간 작용력은 수평방향으로 작용	○	○	×
Janbu	• 절편축력은 수평방향	○	○	○
Morgenstern-Price	• $X/B = \lambda(X)$	○	○	○
Spencer 간편법	• X/B 는 모든 자면에 대해 일정	○	○	○

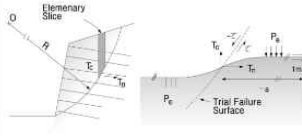
III Talen97 Program의 일반적인 계산

구 분	해석 시 고려가능 변수	개요도
일반이론	• 지반 보강제의 유무에 관계없이 지반안정성 평가 • 지반과피면 사이에 있는 주동토괴의 평형은 Bishop 등 전통적 방법 적용	
기하형상	• 모든 가능한 경사와 지반의 형상은 해석 가능 • 기하형상은 points와 segments, 폐곡선 또는 개곡선 사용하여 정의	
지반과피면	• 어떠한 형상의 원형 및 다각형 등 모든 지면과 피면 형상 해석 가능 • 각 지반과피면은 segments로 이산화	
수리조건	• 수리조건의 전체계 평형에서 파괴면의 끝단에 해당하는 수압과 동일한 수평하중을 고려함으로써, 외부수면을 고려할수 있음	
상제하중	• 수직분포하중 • Bishop 방법시 Moment 추가 • 수평가속도에 의한 하중	

- 5 -

위에스지오텍

III Talen97 Program의 일반적인 계산

부재 검토시 적용 요소	개요도
• Nail, Anchor, Braces 및 Reinforced strip 등의 축압 • 인을 및 전단과 연계되어 작용되는 Nail의 전단력과 점토멘트 • 이러한 힘은 지반과 구조물의 상관관계 (채방량 마찰, 지반과 Nail의 채방량 압력)에 의해 작용되므로 지반의 기계적 성질에 좌우됨	

Talen program은 불안정 토사 비탈면의 보강공법 설계 시 가장 보편적으로 사용되며, 특히 Nail 및 anchor 공법의 설계에 광범위하게 적용되고 있으며, 보강 해석 시 보강부재의 축터 등 특성과 대상지반의 분성 및 지반과피면의 특성 등이 다각적으로 고려되므로 가장 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있으며, 특히 보강부재의 수평배치간격을 고려할 수 있는 장점이 있다.

- 6 -

위에스지오텍

제3장 안정성 검토

3.1 설계지반강도성수

지 중	단위중량 (kN/m³)	점착력 (kN/m²)	내부마찰각 (°)	투수계수 (cm/s)
중화토	17.5	22	28.5	2.4×10^{-4}
중화암	20	30	31	4.5×10^{-5}
연 암	24	800	34	3.9×10^{-6}

3.2 보강재 설치 제한

● 보강재 설치 간격

- 수직간격 : 1.50m~2.50m
- 수평간격 : 2.00m~2.50m

● 강관앵커 제한

- SG30 : $\phi 12.7\text{mm} \times 3\text{가닥}$
- SG50 : $\phi 12.7\text{mm} \times 5\text{가닥}$
- SG60 : $\phi 12.7\text{mm} \times 6\text{가닥}$

● 강관내일 제한

- 보강재 직경 : $\phi 60.5\text{mm}$
- 항복강도(f_y) : 4.273kgf/cm^2
- 단면적(A) : 7.100cm^2
- 설계 인장강도(T_r) : 15.0tf
- $T_r = 0.5f_y \cdot A = 0.5 \times 4.270 \times 7.100 = 15.0\text{tf}$

3.3 그라우팅

● 설계강도

- 배합시 28일 강도 240kgf/cm^2 이상
- 물/시멘트 비(W/C)는 45~55% 범위

● 강관앵커 주입방식

- 중력식 그라우팅

● 강관내일 주입방식

- 주입재 역류방지를 위해 원공을위구로 코팅전시
- 강관에 Packer 설치 후 주입

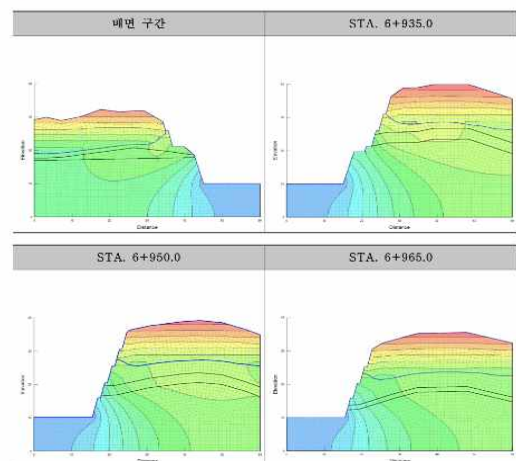
- 7 -

위에스지오텍

3.4 지하수위 적용

3.4.1 침투해석에 의한 지하수위 검토

● 침투해석 결과



강우의 침투를 고려하여 지하수위를 위와 같이 산정하였으며, 산정한 지하수위를 Talen 프로그램에 적용하여 안전해석을 수행하였음.

- 8 -

구조계산서 및 안전검토서

리메스지오텍

3.6 강관앵커 상세검토

3.6.1 강관앵커 제원 선정

비밀된 안전검토서 적용된 앵커의 설계축력에 따라 적용된 앵커의 제원을 선정하였으며, PC 강연선의 제원에 따라 필요한 강연선 개수를 다음과 같이 선정하였다.

● 강연선 제원

강연선은 관련 KS D 규정에 의거하여 극한하중과 항복하중에 따라 허용인장력을 다음과 같이 선정하였다.

■ STRAND 제원 (KS D 7002, KS D 3505)

구분	직경 (mm)	단면적 (mm ²)	극한하중 T _{us} (kN/EA)	항복하중 T _{ys} (kN/EA)	허용인장력	
					0.6T _{us} (kN/EA)	0.75T _{ys} (kN/EA)
STRAND	12.70	98.71	183	156	109.8	117.9

● 앵커의 STRAND 본수 선정

앵커의 설계축력과 강연선의 허용인장력을 통하여 필요한 강연선 개수를 다음과 같이 선정하였다.

$$\text{STRAND 본수}(N) = \frac{T}{T_{ys}}$$

여기서, T : 앵커의 설계축력 (kN)
T_{ys} : 강연선의 허용인장력 (kN)
(0.6T_{us}와 0.75T_{ys} 중 작은값 적용)

설계축력 250~300kN/본 앵커 정착길 선정

$$\text{STRAND 본수}(N) = \frac{T}{T_{ys}} = \frac{300}{109.8} = 2.732 < 3(\text{EA})$$

설계축력 500kN/본 앵커 정착길 선정

$$\text{STRAND 본수}(N) = \frac{T}{T_{ys}} = \frac{500}{109.8} = 4.554 < 5(\text{EA})$$

설계축력 600kN/본 앵커 정착길 선정

$$\text{STRAND 본수}(N) = \frac{T}{T_{ys}} = \frac{600}{109.8} = 5.464 < 6(\text{EA})$$

∴ 설계축력과 허용인장력에 의하여 12.7mm 강선 3EA, 5EA, 6EA 사용

■ 적용 앵커의 제원

구분	단면적 (mm ²)	극한하중 T _{us} (kN)	항복하중 T _{ys} (kN)	허용인장력	
				0.6T _{us} (kN)	0.75T _{ys} (kN)
Φ12.7mm×3EA	296.13	549	468	329.4	351.0
Φ12.7mm×5EA	493.55	915	780	549.0	585.0
Φ12.7mm×6EA	592.26	1,098	936	658.8	702.0

- 13 -

리메스지오텍

설계축력 500kN/본 적용시 앵커 마찰저항길 선정

$$\text{마찰저항길}(L_1) = \frac{T \times F.S}{\pi \times D \times \tau} = \frac{500 \times 3.0}{\pi \times 0.125 \times 800} = 4.775\text{m}$$

설계축력 600kN/본 적용시 앵커 마찰저항길 선정

$$\text{마찰저항길}(L_1) = \frac{T \times F.S}{\pi \times D \times \tau} = \frac{600 \times 3.0}{\pi \times 0.125 \times 800} = 5.730\text{m}$$

● 부착저항길 선정

앵커의 부착저항길은 그라우팅의 강도와 앵커체의 종류에 따라 부착저항을 고려하여 선정하며 본 설계에서는 다음 기준에 준하여 800kN/m²을 적용하였다.

■ 그라우팅의 허용부착응력(그라운드 앵커 설계 시공 유지관리 매뉴얼, 2010 국토교통부)

인장력의 종류		그라우팅 설계압축강도 (kN/m ²)				
		15,000	18,000	24,000	30,000	40,000 이상
가설앵커	PS 강선	800	1,000	1,200	1,350	1,500
	이형 PS 강봉	1,200	1,400	1,600	1,800	2,000
강관앵커	PS 강선	-	-	800	900	1,000
	이형 PS 강봉	-	-	1,600	1,800	2,000

앵커의 부착저항길은 강선의 주변장과 설계축력을 고려하여 다음과 같이 선정한다.

$$\text{부착저항길}(L_2) = \frac{T}{U \times N \times C_0}$$

여기서, T : 앵커 설계축력 (kN), U : 강선의 주변장 (m)

N : 앵커의 강선수, τ : Grout의 허용부착응력 (kN/m²)

설계축력 600kN/본 적용시 앵커 부착저항길 선정 (500, 300kN/본 계산결과 동일)

$$\text{부착저항길}(L_2) = \frac{T}{U \times N \times C_0} = \frac{600}{0.6399 \times 6 \times 800} = 3.13\text{m}$$

설계축력 250kN/본 적용시 앵커 부착저항길 선정

$$\text{부착저항길}(L_2) = \frac{T}{U \times N \times C_0} = \frac{250}{0.6399 \times 3 \times 800} = 2.61\text{m}$$

● 정착길 선정

앵커의 정착길은 마찰저항길과 부착저항길을 산정하여 결정하였으며, 본 설계에서 정착길이 위치하는 구간을 상테를 고려하여 다음과 같이 적용하였다.

- 15 -

리메스지오텍

3.6.2 앵커 정착길 검토

앵커의 정착길은 정착지반의 마찰저항에 따라 산정된 마찰저항길과 그라우팅의 부착력에 따라 산정된 부착저항길을 비교하여 결정하였다.

● 마찰저항길 선정

앵커의 마찰저항길은 지반의 종류에 따라 마찰저항을 고려하여 산정하였으며, 극한주변마찰 저항 값을 다음 기준에 준하여 공회도 350kN/m², 공회항 이상 800kN/m²을 적용하였다.

■ 앵커의 극한주변 마찰저항(그라운드 앵커 설계 시공 유지관리 매뉴얼, 2010 국토교통부)

지반의 종류		극한주변마찰저항 (kN/m ²)	
암 반	경 압	1500 ~ 2500	
	연 압	1000 ~ 1500	
	중 화 암	600 ~ 1000	
	과 석 대	600 ~ 1200	
모 래 자갈	N 값	10	100 ~ 200
		20	170 ~ 250
		30	250 ~ 350
		40	350 ~ 450
		50	450 ~ 700
모 래	N 값	10	100 ~ 140
		20	180 ~ 220
		30	230 ~ 270
		40	290 ~ 350
		50	300 ~ 400
정 성 토		1.0 C (C는 점착력)	

앵커의 마찰저항길은 전장경과 설계축력을 고려하여 다음과 같이 산정한다.

$$\text{마찰저항길}(L_1) = \frac{T \times F.S}{\pi \times D \times \tau}$$

여기서, T : 앵커 설계축력 (kN), F.S : 설계안전율 (2.5)

D : 원공 직경 (m), τ : Grout 와 주변토층 마찰력 (kN/m²)

설계축력 250~300kN/본 적용시 앵커 마찰저항길 선정

$$(\text{공회도 기준}) \text{ 마찰저항길}(L_1) = \frac{T \times F.S}{\pi \times D \times \tau} = \frac{250 \times 3.0}{\pi \times 0.125 \times 350} = 5.457\text{m}$$

$$(\text{중 화암 기준}) \text{ 마찰저항길}(L_1) = \frac{T \times F.S}{\pi \times D \times \tau} = \frac{300 \times 3.0}{\pi \times 0.125 \times 800} = 2.865\text{m}$$

- 14 -

리메스지오텍

■ 앵커의 정착길 선정

구분	설계축력 (kN)	마찰저항		부착저항		설계 정착길 (m)
		극한마찰저항 (kN/m ²)	마찰저항길 (m)	허용부착응력 (kN/m ²)	부착저항길 (m)	
Φ12.7mm×3EA	250	370	5.457	800	2.611	6.0
	300	800	2.865	800	3.133	4.0
Φ12.7mm×5EA	500	800	4.775	800	3.133	5.0
Φ12.7mm×6EA	600	800	5.730	800	3.133	6.0

3.6.3 Jacking Force 선정

앵커의 인장 작업시 Jacking Force는 설계축력과 기본으로 하여 인장작업시 발생하는 손실을 감안하여 결정된다.

인장작업시 발생하는 긴장력과 감소는 정착장치에 의한 감소와 공기적인 앵커체의 변형에 의한 감소(Relaxation)를 의미하며, Jacking Force 선정 시 반영되었다.

● 정착장치에 의한 긴장력 감소

$$\Delta T_{ps} = E_p \times \frac{\Delta L}{L}, \quad \Delta P_1 = \Delta T_{ps} \times A_p$$

여기서, ΔT_{ps} : 정착장치에 의한 인장응력 감소 (kN/m²)

E_p : 강연선의 탄성계수 (kN/m²) (= 2.0×10⁵ kN/m²)

ΔL : 정착장치에 의한 강선의 환등량 (3mm)

L : 자속길의 길이 (m)

ΔP₁ : 정착장치에 의한 긴장력 감소 (kN)

A_p : 앵커체의 총단면적 (m²)

■ 정착장치에 의한 긴장력 감소량 산정결과

앵커길이 (m)		정착길	총길이	ΔT _{ps} (kN/m ²)	앵커체 총단면적 (mm ²)	ΔP ₁ (kN)	설계축력 (kN)	비고
자유장	정착장							
5	6	11	120,000	296.13	296.13	35.54	250	배면
7		13	85,714			25.38		
9		15	66,667			19.74		
7	4	11	85,714			25.38		
9		13	66,667			19.74		
13		17	46,154			13.67		

- 16 -

구조계산서 및 안전검토서

위에스지오텍

앵커길이 (m)	정착장	총길이	$\Delta T_{1/3}$ (kN/m ²)	앵커재 총단면적 (mm ²)	ΔP_r (kN)	설계속력 (kN)	비 고
8	5	13	75,000	493.55	37.02	500	
10		15	80,000		29.61		
12		17	50,000		24.68		
14		19	42,857		21.15		
16		21	37,500		18.51		
18		23	33,333		16.46		
20		25	30,000		14.81		
22		27	27,273		13.46		
26	6	31	23,077	592.26	11.39	600	
11		17	54,545		32.31		
15		21	40,000		23.69		
21		27	28,571		16.92		
25		31	23,077		14.21		

● Relaxation에 의한 감소

$$\Delta P_r = r \times T_{1/3}$$

여기서, ΔP_r : Relaxation에 의한 인장응력 감소 (kN/m²)

r : 강연선의 Relaxation 값 (5%)

$T_{1/3}$: 초기인장응력 (kN/m²) ($0.9T_{ys}$)

설계속력 250~300kN 적용시, $\Delta P_r = r \times T_{1/3} = 0.05 \times 421.2 = 21.06$ kN

$T_{1/3}$: 초기인장응력 (kN/m²) ($0.9T_{ys} = 0.9 \times 468 = 421.2$ kN)

설계속력 500kN 적용시, $\Delta P_r = r \times T_{1/3} = 0.05 \times 702.0 = 35.10$ kN

$T_{1/3}$: 초기인장응력 (kN/m²) ($0.9T_{ys} = 0.9 \times 780 = 702.0$ kN)

설계속력 600kN 적용시, $\Delta P_r = r \times T_{1/3} = 0.05 \times 842.4 = 42.12$ kN

$T_{1/3}$: 초기인장응력 (kN/m²) ($0.9T_{ys} = 0.9 \times 936 = 842.4$ kN)

● Jacking Force 선정

앵커의 인장 작업시 Jacking Force는 설계속력을 기본으로 하여 인장작업시 발생하는 손실을 감안하여 다음과 같이 결정하였다.

- 17 -

위에스지오텍

여기서, D : 앵커의 늘임량 (cm), $J.F$: Jacking Force (kN)

L : 자유장의 길이 (m), A_p : 앵커재의 총단면적 (m²)

E_p : 중립선의 탄성계수 (kN/m²) ($= 2.0 \times 10^8$ kN/m²)

■ 늘임량 선정결과

앵커길이 (m)	정착장	총길이	앵커재 총단면적 (mm ²)	Jack Force (kN)	늘임량 (cm)	비 고
5	6	11	296.13	306.6	2.59	
7		13		296.4	3.50	
9		15		290.8	4.42	
7		11		346.4	4.99	
9	4	13	493.55	340.8	5.18	
13		17		334.7	7.35	
8		11		572.1	4.64	
10		13		564.7	5.72	
12	5	15	592.26	559.8	6.81	
14		17		556.3	7.89	
16		19		553.6	8.97	
18		21		551.6	10.06	
20	6	23	592.26	549.9	11.14	
22		25		548.6	12.23	
26		27		546.5	14.39	
11		17		674.4	6.26	
15	6	21	592.26	665.8	8.43	
21		27		659.0	11.88	
25		31		656.3	13.85	

- 19 -

위에스지오텍

■ Jacking Force 선정결과

앵커길이 (m)	정착장	총길이	설계 속력 (kN)	ΔP_r (kN)	ΔP_r (kN)	Jack Force (kN)	최대 허용인장력 (kN)	판정
5	6	11	250	33.54	21.06	306.6	374	O.K
7		13		25.38		296.4		O.K
9		15		19.74		290.8		O.K
7		11		25.38		346.4		O.K
9	4	13	300	19.74	35.10	340.8	624	O.K
13		17		13.67		334.7		O.K
8		11		37.02		572.1		O.K
10		13		29.61		564.7		O.K
12	5	15	500	24.68	42.12	559.8	748	O.K
14		17		21.15		556.3		O.K
16		19		18.51		553.6		O.K
18		21		16.46		551.6		O.K
20	6	23	600	14.81		549.9		O.K
22		25		13.46		548.6		O.K
26		27		11.39		546.5		O.K
11		17		32.31		674.4		O.K
15	6	21	600	23.69		665.8		O.K
21		27		16.92		659.0		O.K
25		31		14.21		656.3		O.K

-앵커의 최대 허용인장력

① 인장중 0.80Tus와 0.90Tys 중 작은값

② 인장력후 0.70Tus와 0.80Tys 중 작은값

인 장 중				인 장 력 후			
구 분	300kN	500kN	600kN	구 분	300kN	500kN	600kN
0.80Tus	438.2	732.0	878.4	0.70Tus	384.3	640.5	768.6
0.90Tys	421.2	702.0	842.4	0.80Tys	374.4	624.0	748.8

● 늘임량 선정

$$\text{늘임량 (D)} = \frac{J.F \times L}{E_p \times A_p}$$

- 18 -

3.6.4 지압판 검토

● 검토조건

설계에 사용된 지압판 현황은 다음과 같다.

- 솔리브 폭경 (D) : 16.52 cm
- 지압판 폭경 (d) : 8.50 cm
- 콘크리트 설계강도 (σ_c) : 24 MPa
- 콘크리트 허용극부재압경도 (σ_{ca}) : $0.5 \sigma_c = 12$ MPa
- PLATE의 허용 인장응력 : 80 MPa
- PLATE의 허용 휨응력 : 140 MPa
- 지압판크리드의 비율면적 (A_0) : 214.34 cm²

● 검토 결과

지압판 설계결과는 다음과 같다.

-설계속력 250~300kN 적용시

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4} = 214.34 \text{ cm}^2, \quad \sigma_{ca} = \frac{P}{A} = \frac{P}{(A-A_0)}$$

$$A \geq \frac{P}{\sigma_{ca}} + A_0, \quad A \geq \frac{300}{12,000} \times 10,000 + 214.34 = 464.34 \text{ cm}^2$$

$$\text{PLATE 폭경 (D)} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 24.32 \text{ cm} \rightarrow \Phi 25.0 \text{ cm 사용}$$

Plate 두께의 설계는 Anchor Plate를 항방출성의 검토로 생각하면,

$$P_p = P_s = \frac{P}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ kN}$$

모멘트 관직이는

$$e = \frac{D-d}{2} = \frac{16.52-8.5}{2} = 4.01 \text{ cm}$$

휨모멘트는

$$M = \frac{P_p \cdot e}{2} = \frac{150 \times 4.01}{2} = 300.86 \text{ kN} \cdot \text{cm}$$

Plate의 단면계수를 Z로 하면

$$Z = \frac{B \times T^2}{6}, \quad \sigma_{ca} \leq \frac{M}{Z}$$

여기서, T는 Plate 두께(cm) B는 적용 PLATE 폭경(cm)

- 20 -

구조계산서 및 안전검토서

위메스지오택

$$T \geq \sqrt{\frac{6M}{B \cdot \sigma_{ex}}} = \sqrt{\frac{6 \times 300.8}{25 \times 140,000 \times 10^{-4}}} = 2.27\text{cm} \rightarrow 2.5\text{cm} \text{ 사용}$$

-설계축력 500kN 적용시

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4} = 214.34\text{cm}^2, \quad \sigma_{ex} = \frac{P}{A'} = \frac{P}{(A-A_0)}$$

$$A \geq \frac{P}{\sigma_{ex}} + A_0, \quad A \geq \frac{500}{12,000} \times 10,000 + 214.34 = 631.01\text{cm}^2$$

$$\text{PLATE 직경 (D)} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 28.34\text{cm} \rightarrow \Phi 35.0\text{cm} \text{ 사용}$$

Plate 두께의 설계는 Anchor Plate를 양방향성의 눈보로 설계하면,

$$P_s = P_s = \frac{P}{2} = \frac{500}{2} = 250\text{kN}$$

모멘트 관성이는

$$e = \frac{D-d}{2} = \frac{16.52-8.5}{2} = 4.01\text{cm}$$

원모멘트는

$$M = \frac{P_s \cdot e}{2} = \frac{250 \times 4.01}{2} = 501.34\text{kN} \cdot \text{cm}$$

Plate의 단면계수를 Z로 하면

$$Z = \frac{B \times T^2}{6}, \quad \sigma_{ex} \geq \frac{M}{Z}$$

여기서, T는 Plate 두께(cm) B는 적용 PLATE 직경(cm)

$$T \geq \sqrt{\frac{6M}{B \cdot \sigma_{ex}}} = \sqrt{\frac{6 \times 501.3}{35 \times 140,000 \times 10^{-4}}} = 2.48\text{cm} \rightarrow 3.0\text{cm} \text{ 사용}$$

-설계축력 600kN 적용시

$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4} = 214.34\text{cm}^2, \quad \sigma_{ex} = \frac{P}{A'} = \frac{P}{(A-A_0)}$$

$$A \geq \frac{P}{\sigma_{ex}} + A_0, \quad A \geq \frac{600}{12,000} \times 10,000 + 214.34 = 714.34\text{cm}^2$$

$$\text{PLATE 직경 (D)} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 30.16\text{cm} \rightarrow \Phi 35.0\text{cm} \text{ 사용}$$

Plate 두께의 설계는 Anchor Plate를 양방향성의 눈보로 설계하면,

$$P_s = P_s = \frac{P}{2} = \frac{600}{2} = 300\text{kN}$$

모멘트 관성이는

위메스지오택

$$e = \frac{D-d}{2} = \frac{16.52-8.5}{2} = 4.01\text{cm}$$

원모멘트는

$$M = \frac{P_s \cdot e}{2} = \frac{300 \times 4.01}{2} = 601.54\text{kN} \cdot \text{cm}$$

Plate의 단면계수를 Z로 하면

$$Z = \frac{B \times T^2}{6}, \quad \sigma_{ex} \geq \frac{M}{Z}$$

여기서, T는 Plate 두께(cm) B는 적용 PLATE 직경(cm)

$$T \geq \sqrt{\frac{6M}{B \cdot \sigma_{ex}}} = \sqrt{\frac{6 \times 601.5}{35 \times 140,000 \times 10^{-4}}} = 2.71\text{cm} \rightarrow 3.0\text{cm} \text{ 사용}$$

-설계축력 250kN, 300kN 적용시 지압판 규격은 $\Phi 250 \times 25\text{T mm}$ 적용

-설계축력 500kN, 600kN 적용시 지압판 규격은 $\Phi 350 \times 30\text{T mm}$ 적용

- 22 -

위메스지오택

제4장 안정성 검토 결과

4.1 전체 안정성 검토 결과

구 간	건 기 지 (FS>1.5)	우 기 지 (FS>1.3)	저 건 지 (FS>1.1)
배면구간	1.58 O.K	1.45 O.K	1.29 O.K
횡단 STA. 6+935	1.65 O.K	1.39 O.K	1.25 O.K
횡단 STA. 6+950	1.60 O.K	1.37 O.K	1.24 O.K
횡단 STA. 6+965	1.53 O.K	1.32 O.K	1.16 O.K

4.2 안정성 검토 의견

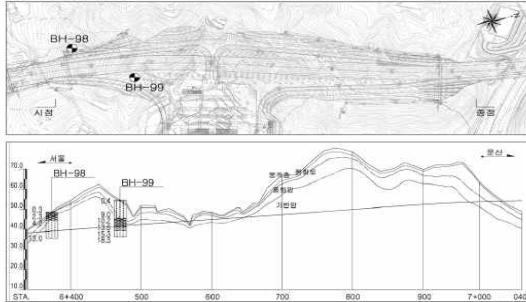
- 대표단면을 선정하여 PSP옹벽 보강에 따른 안정 검토를 실시한 결과 건기지, 우기 지 및 저건지 모두 기준안전율을 만족하는 것으로 나타나 충분한 안정성을 확보하고 있는 것으로 판단된다.
- 강관행키에 대한 상세검토 결과 기준안전율을 만족하여 PSP옹벽 설치 시 충분한 안정성을 확보하고 있는 것으로 판단된다.
- 시공 시 지반조건이 설계와 상이할 경우 감독원과 협의하여 안정성을 확보하도록 한다.
- 공사 중 사면불안정 요소나 절후가 예측될 시에는 공사를 중단하고, 반드시 전문가 순차와 침하를 통해 대책수립 후 공사를 진행하여야 한다.

지반조사 보고서

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

○ 본선 구간 1~2구간(STA.6+340~7+040) : BH-98, 99

■ 조사위치 및 지층단면도



■ 지층상태

구분	출현심도(m)	층 두께(m)	구성성분	N값 TCR/ROD
봉적층	0.0	0.3	실트질 모래	-
중화토	0.4	9.6	실트질 모래	5/30~50/13
중화암	0.3~9.0	1.2~2.0	실트질 모래	50/9~50/3
연암	2.3~10.2	1.9~3.4	편마암	79~100%/13~53%
보통암	13.6	1.7	편마암	100%/52%
경암	4.2~15.3	3.0~9.0	편마암	100%/80~97%

■ 지층개요

구분	지층개요
봉적층	최상부층으로 지표하 0.0m에서 0.3m 층후로 분포하여 실트질 모래로 구성
중화토	기반암의 하부층으로 지표하 0.4m에서 9.6m 층후로 분포하며, 일면적인 실트질 모래로 구성되어 표층관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상태임
중화암	지표하 0.3~9.0m에서 1.2~2.0m 층후로 분포하며, 기반암의 하부층으로 지표하 0.4m에서 9.6m 층후로 분포하며, 일면적인 실트질 모래로 구성되어 표층관입시험 결과 느슨~매우조밀한 상태임
연암	지표하 2.3~10.2m에서 1.9~3.4m 층후로 분포하며, RQD=13~53%로 매우불량~보통양호한 암질상태 분포
보통암	지표하 13.6m에서 1.7m 층후로 분포하며, RQD=52%로 보통양호한 암질상태 분포
경암	지표하 4.2~15.3m에서 3.0~9.0m 층후로 분포하며, RQD=80~97%로 매우양호한 암질상태 분포

국토교통부

136

제4편 상세 및 보완조사

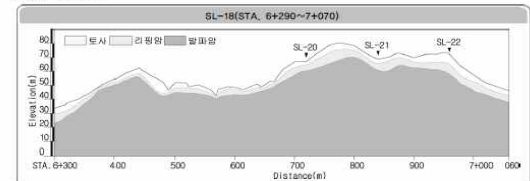
3.1.3 토공구간

○ 본선 구간구간

■ 탐사위치도



■ 종단 탐사결과



구분	탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 두께(m)	평균(m)
토사	700 이하	0.4~9.0	0.4~9.0	3.6
리핑암(중화암)	700~1,200	2.0~14.6	1.0~8.2	4.2
연암	1,200~1,900	4.4~18.0	1.0~3.5	3.2
보통암	1,900~2,900	5.6~19.7	0.9~2.3	1.7
경암	2,900 이상	5.6~19.7 이상	-	-

■ 분석결과

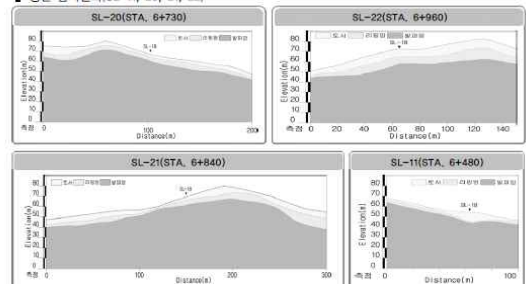
- 제4구간보다 일부 농산부의 저속도층이 두꺼우나, 전체적으로 각 지층의 속도층은 지형과 평행하게 분포하는 양상을 보임
- 토사를 포함하는 중화층(제 1 속도층)의 층후는 0.4~9.0m(평균 3.6m), 중화암층(제 2 속도층)의 층후는 1.0~8.2m(평균 4.2m), 연암 이상의 기반암층(제 3 속도층)의 출현심도는 지표하 4.4m 이상에서 나타남 것으로 예상됨

155

서울문산고속도로주식회사

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

■ 횡단 탐사결과(SL-11, 20, 21, 22)



	구 분	탄성파속도(m/s)	추정심도(m)	층 두께(m)	평균(m)
STA. 6+480	토 사	700 이하	0.0~9.4	0.8~9.0	4.2
	리핑암(중화암)	700~1,200	1.0~8.0	0.3~3.5	2.4
	연 암	1,200~1,900	4.5~10.0	3.7~6.5	2.2
	보통암	1,900~2,900	6.8 이상	-	3.4
STA. 6+730	토 사	700 이하	0.0~8.8	1.7~4.6	3.2
	리핑암(중화암)	700~1,200	1.8~9.6	2.4~6.1	4.8
	연 암	1,200~1,900	4.2~15.0	3.7~6.5	4.5
	보통암	1,900~2,900	7.6 이상	-	3.0
STA. 6+840	토 사	700 이하	0.0~4.6	1.8~4.6	3.2
	리핑암(중화암)	700~1,200	1.8~8.5	2.4~6.4	4.4
	연 암	1,200~1,900	4.2~14.9	3.4~6.6	4.8
	보통암	1,900~2,900	7.9~14.9	1.7~4.9	2.8
STA. 6+960	경 암	2,900 이상	9.6 이상	-	-
	토 사	700 이하	0.0~7.5	1.6~7.5	4.0
	리핑암(중화암)	700~1,200	1.6~15.3	1.1~10.2	4.6
	연 암	1,200~1,900	3.6~17.8	1.4~6.6	4.0
	보통암	1,900~2,900	5.6~20.9	1.6~3.1	1.8
	경 암	2,900 이상	7.3 이상	-	-

■ 분석결과

- 토사층(제 1 속도층) 평균 층후는 3.2~4.0m, 리핑암(제 2 속도층)은 4.4~4.8m, 리핑암은 지표하 3.6~4.2m 이후에 출현
- 종단탐사와 비교하였을 때 전체적으로 속도층 분포는 같은 양상을 보이며 제4구간에 비해 농산부에서 저속도층이 두꺼운 것으로 확인됨

국토교통부

156

SM 서울~문산고속도로 민간투자사업

4.2.3 수압시험

■ 개요

- 타널구간 및 비탈면 구간내에 분포하는 기반암의 투수특성 및 암질상태 파악
- 수리지질학적 특성을 규명하여 시공을 위한 굴착시 지하수의 유출량파악 및 지하수 처리결정

○ 실시절차조사 자료

■ 타널구간

구분	공 변	심 도(m)	지층	ROD(%)	K(cm/sec)	투수계수	Flow Type
간대 타널	BH-29	18.0 ~ 23.0	연 암	40~56	1.74X10 ⁻⁵	1,513	Dilation
	BH-29	23.0 ~ 28.0	연 암	34~38	1.50X10 ⁻⁵	1,178	Dilation
	BH-30	10.0 ~ 15.0	연 암	17~53	2.10X10 ⁻⁵	1,638	Dilation
	BH-30	15.0 ~ 20.0	연 암	12~44	4.03X10 ⁻⁵	3,151	Dilation
	BH-31	19.0 ~ 22.0	보통암	51	2.60X10 ⁻⁵	2,232	Laminar Flow
	BH-31	25.0 ~ 30.0	보통암	77~80	1.65X10 ⁻⁵	1,158	Dilation
	BH-32	14.5 ~ 19.5	연 암	0~6	4.88X10 ⁻⁶	3,778	Laminar Flow
	BH-32	20.0 ~ 25.0	연 암	23~34	2.24X10 ⁻⁵	1,789	Dilation
	BH-33	7.5 ~ 12.5	경 암	78~90	5.75X10 ⁻⁶	0,377	Dilation
	BH-33	20.0 ~ 25.0	경 암	86~100	4.64X10 ⁻⁶	0,389	Dilation
함몰 현상	BH-34	4.5 ~ 9.5	보통암	57~60	7.18X10 ⁻⁶	0,566	Dilation
	BH-34	10.0 ~ 15.0	경 암	77~97	4.11X10 ⁻⁶	0,310	Dilation
	BH-35	5.0 ~ 10.0	경 암	70~93	4.50X10 ⁻⁶	0,371	Dilation
	BH-35	10.0 ~ 13.0	경 암	82~90	5.41X10 ⁻⁶	0,482	Dilation

■ 교량구간

구분	공 변	심 도(m)	지층	ROD(%)	K(cm/sec)	투수계수	Flow Type
현상-현상	BH-329	22.8~25.8	연 암	10	8.07X10 ⁻⁶	7,016	Laminar Flow
	BH-334	22.8~25.8	연 암	7	8.91X10 ⁻⁶	7,974	Dilation
현상-현상	BH-336	25.6~28.6	연 암	10	1.19X10 ⁻⁵	9,593	Wash-Out
	BH-348	39.0 ~ 42.0	보통암	45	5.77X10 ⁻⁶	0,498	Dilation
함몰 현상	BH-362	9.7 ~ 12.7	연 암	24	6.82X10 ⁻⁶	5,850	Laminar Flow

■ 갱기구간

구분	공 변	심 도(m)	지층	ROD(%)	K(cm/sec)	투수계수	Flow Type
현상-현상	BH-37	17.0~22.0	보통암	49~80	2.37X10 ⁻⁵	2,100	Dilation
	BH-98	10.0~13.0	경 암	97	6.54X10 ⁻⁶	0,577	Dilation
	BH-99	10.0~15.9	연암~보통암	13~53	1.07X10 ⁻⁵	5,822	Void Filling

○ 결과분석

구분	연 암	평균 투수계수(cm/sec)	경 암	연 암	평균 투수계수(cm/sec)	경 암
타널구간	2.75X10 ⁻⁵	1.66X10 ⁻⁵	4.88X10 ⁻⁶	2.171	1.391	0.386
교량구간	6.82X10 ⁻⁵	5.77X10 ⁻⁶	-	7.608	0.498	-
갱기구간	1.07X10 ⁻⁴	2.37X10 ⁻⁵	6.54X10 ⁻⁶	5.822	2.100	0.577

국토교통부

158

지반조사 보고서

제 4 편 상세 및 보완조사

■ 얇기구간

구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위	
	GL, -m	EL, m		GL, -m	EL, m		GL, -m	EL, m
BH-37	7.6	54.5	BH-51-1	8.8	25.3	BH-57-1	8.8	28.6
BH-98	6.9	39.6	BH-345	4.6	20.0	-	-	-

■ 쌓기구간

구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위		구 분	지 하 수 위	
	GL, -m	EL, m		GL, -m	EL, m		GL, -m	EL, m
BH-36	1.5	24.7	BH-68-1	1.7	15.6	BH-99-1	2.0	30.1
BH-44	심도이하	-	BH-71	3.0	24.4	BH-344	2.8	5.9
BH-49-1	3.2	5.5	BH-74-2	4.2	10.0	BH-344-1	4.3	4.8
BH-49-2	2.7	6.9	BH-84	7.0	18.1	BH-345-4	2.3	6.8
BH-51	3.2	9.0	BH-85	4.5	25.7	BH-346-1	6.5	1.6
BH-52	0.7	8.9	BH-86	5.0	13.2	BH-347	5.3	1.3
BH-52-1	2.0	10.0	BH-91	3.8	11.4	심도이하	-	-
BH-52-2	1.8	12.3	BH-97	2.3	27.1	-	-	-

○ 결과분석

구 분	지하수위	
	GL, -m	EL, m
터널구간	1.0~18.6	29.2~58.1
교량구간	0.8~11.2	-0.6~40.5
얇기구간	4.6~8.8	20.0~54.5
쌓기구간	0.7~7.0	1.3~30.1

■ 분석결과

- 지하수위 측정결과 터널구간 GL(-) 1.0~18.6m, 교량구간 GL(-) 0.8~11.2m, 얇기구간 : GL(-) 4.6~8.8m, 쌓기구간 : GL(-) 0.7~7.0m범위로 분포
- 구조물 및 위치에 따라 편차가 나타남

165

서울문산고속도로주식회사

제 4 편 상세 및 보완조사

(계속)

구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)	구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BH-99	3.0~4.0	풍화토	30/30	5.61X10 ⁻⁴	BH-339-1	6.0~7.0	매립층(SM)	10/30	2.58X10 ⁻³
BH-104	5.0~6.0	매립층(SM)	7/30	1.86X10 ⁻³	BH-345-3	0.6~1.5	매립층(SM)	5/30	3.59X10 ⁻³
BH-105	5.0~6.0	풍화토	50/24	3.81X10 ⁻⁴	BH-348	8.0~9.0	외적층(ML)	9/30	7.32X10 ⁻³
BH-317-1	10.0~11.0	외적층(SM)	6/30	7.08X10 ⁻⁴	BH-349	12.0~13.0	외적층(SP)	13/30	8.29X10 ⁻⁴
BH-319	14.0~15.0	외적층(SP)	15/30	8.33X10 ⁻⁴	BH-356	8.0~9.0	외적층(SM)	11/30	5.04X10 ⁻⁴
BH-325	3.0~4.0	외적층(SP)	4/30	1.90X10 ⁻³	BH-358	8.0~9.0	외적층(ML)	10/30	8.50X10 ⁻⁴
BH-326	4.0~5.0	외적층(SP)	5/30	1.09X10 ⁻³	BH-359	11.0~12.0	외적층(SP)	35/30	3.69X10 ⁻³
BH-329	4.0~5.0	외적층(SC)	7/30	6.03X10 ⁻⁴	BH-355	14.0~15.0	외적층(SM)	8/30	1.45X10 ⁻³
BH-331	17.0~18.0	외적층(GM)	50/10	2.63X10 ⁻³	BH-360-1	10.0~11.0	외적층(SP)	14/30	2.07X10 ⁻³
BH-332	6.0~7.0	외적층(SC)	8/30	7.61X10 ⁻⁴	BH-361	10.0~11.0	외적층(ML)	6/30	6.98X10 ⁻⁴
BH-333	17.0~18.0	외적층(GM)	50/18	3.32X10 ⁻³	BH-361-2	9.0~10.0	풍화토	38/30	2.28X10 ⁻⁴
BH-334	6.0~7.0	외적층(SP)	5/30	1.21X10 ⁻³	BH-361-3	6.0~7.0	풍화토	28/30	1.31X10 ⁻⁴
BH-336	4.0~5.0	외적층(SC)	7/30	6.47X10 ⁻⁴	BH-362	4.0~5.0	풍화토	34/30	2.02X10 ⁻⁴
BH-339	11.0~12.0	풍화토	24/30	5.91X10 ⁻⁴	-	-	-	-	-

■ 얇기구간

구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)	구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BH-37	3.0~4.0	풍화토	42/30	1.19X10 ⁻⁴	BH-67	12.0~13.0	풍화토	27/30	4.27X10 ⁻⁴
BH-51-1	2.0~3.0	풍화토	13/30	1.11X10 ⁻⁴	BH-345	9.0~10.0	풍화토	50/15	1.76X10 ⁻⁴

■ 쌓기구간

구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)	구 분	심 도 (m)	지 층	N값	투수계수 (cm/sec)
BH-44	10.0~11.0	풍화토	50/25	4.26X10 ⁻⁴	BH-52-2	3.0~4.0	풍화토	15/30	7.51X10 ⁻⁴
BH-49-1	0.5~1.5	매립층(SM)	6/30	4.43X10 ⁻³	BH-68-1	3.0~4.0	풍화토	24/30	2.90X10 ⁻³
BH-49-2	1.5~2.5	외적층(SM)	4/30	8.88X10 ⁻⁴	BH-86	4.0~5.0	풍화토	9/30	1.07X10 ⁻⁴
BH-52	7.0~8.0	외적층(SC)	8/30	9.35X10 ⁻⁴	BH-344-1	2.0~3.0	매립층(SM)	11/30	4.04X10 ⁻³
BH-52-1	4.0~5.0	풍화토	8/30	6.14X10 ⁻⁴	BH-347	15.0~16.0	외적층(SM)	50/5	6.46X10 ⁻⁴

○ 결과분석

구 분	매립층	외적층		풍화토
		점토	모래	
터널구간	2.22X10 ⁻³	8.06X10 ⁻⁵	9.76X10 ⁻⁴	3.41X10 ⁻⁴
교량구간	-	-	-	2.08X10 ⁻³
얇기구간	4.03X10 ⁻³	-	5.43X10 ⁻³	9.59X10 ⁻⁴

167

서울문산고속도로주식회사

3.2.2 시설물 점검이력

대상시설물은 2중 시설물로서 준공이후 기준에 따라 정기안전점검을 지속적으로 실시해 왔으며, 정기안전점검 3회 실시한 것으로 이력사항은 다음과 같다.

【표 3.2.1】 점검이력사항

번호	기 간	구 분	주요 점검 결과	안전 등급
1	2021. 03. 22 ~ 2021. 06. 30	정기안전점검	보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)에 대한 외관조사 결과, 손상이 없는 양호한 상태인 것으로 조사되었다. 해당 구조물의 경우 추후 주기적인 점검을 통한 손상의 발생 여부 파악 등의 유지관리가 필요할 것으로 판단된다.	양호
2	2021. 08. 23 ~ 2021. 11. 24	정기안전점검	보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)에 대한 주요 손상으로, 종점부 배면 토사유실이 조사되었다. 기 발생한 손상은 옹벽의 안정선에 영향을 미칠만한 손상은 아니나, 손상의 진전 방지를 위한 보수가 필요한 것으로 판단된다.	양호
3	2022. 03. 02 ~ 2022. 06. 15	정기안전점검	- 종점부 배면 토사유실	양호

3.2.3 전차 정밀안전점검 실시결과

금회 정밀안전점검은 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

3.2.4 수집자료 검토결과 및 점검방향 설정

구 분	내 용	비고
설계도서	○현장조사 시 부재치수를 실측하여 구조물도와 비교·검토 후 치수가 상이할 경우 설계도서 재작성 하고, 실측치와 동일 시 구조물도를 기준을 과업을 진행토록 함	
시설물관리대장	○관리대장의 내용과 설계도서를 비교 검토한 결과, 상이한 내용은 없으며, 정밀한 현장조사를 실시하여 향후 유지관리를 위한 사항들을 보고서에 수록함	
시공관련자료	○안전, 품질, 공정 및 변경등에 관한 검토를 통해 합당한 공사가 시행 된 것으로 확인되었고, 안전점검 기록 및 현장시험을 통해 품질의 현 상태를 분석하고 확인함	
안전점검 및 정밀안전진단자료	○점검이력을 검토한 결과, 시설물의 손상 및 상태가 확인되었고, 기존 점검 결과를 비교·검토하여 추가 손상 확인, 보수여부 재확인 후 대책방안을 검토함	
보수보강자료	○일괄보수 보다는 하자보수를 통하여 단계적인 예방 보수가 시행되고 있고, 기 보수부 상태를 확인하여 재손상 발생여부를 확인함	
중 점 관리사항	○외관조사결과 전회 정밀안전점검에서 손상이 조사되지 않아, 금회 점검에서 추가적인 신규손상 발생 여부 및 기존손상에 대한 보수여부 확인에 대하여 중점조사 및 점검 방향으로 한다.	
시설물 특이사항	○중대결함 : 없음 ○구조가 변경(하중변화, 단면변화)된 경우 : 없음	
점검주기	○점검일 현재 정기안전점검 총3회를 실시하였으며, 전반적으로 점검 시기는 적절하게 이루어지고 있는 것으로 조사됨.	

3.2.5 시설물 보수 이력

【표 3.2.2】 보수이력사항

NO	보수위치	내용	기간	공사비	시공자	비고
1	—	—	—	—	—	

3.2.6 시설물의 내진설계 여부 확인

【표 3.2.3】 내진설계 여부 확인

내진설계 대상여부	설계적용여부	검토대상 부재	결과	검토결과 요약
대상	Y	해당사항 없음	—	—
• 준공도서 및 FMS상 내진설계는 반영 된 것으로 확인되었고, 내진성능평가는 미실시 된 것으로 확인되었다.				

3.3 현장조사 및 시험

3.3.1 현황 및 구간분할

본 과업대상 시설물은 경기도 고양시 덕양구 성사동 267에 위치하고 있으며, 옹벽의 상단부는 절토사면이 있으며, 하부로는 서울문산고속도로 본선이 접하고 있는 상태이다. 선형은 패널형태 시공의 직선형을 가지며, 높이는 1.5~24.0m를 보이며, 총 연장은 145.0m의 규모를 가지는 보강토 옹벽이다. 현장조사를 위한 실측조사 결과 시설물관리대장상(L=145.0m, L=24.0m)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 3.3.1】 일반현황 조사결과

조사일자	2022. 10. 21.		조 사 자	장 진 원
시설물명	보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)		시설물 종류	2중
일 기	맑음		시설물번호	RW2020-0000128
시설물위치	행정구역	경기도 고양시 덕양구 성사동 267		
	위치좌표	시점 : 37 ° 38 ' 54 "N 126 ° 50 ' 55 "E		
		종점 : 37 ° 36 ' 51 "N 126 ° 50 ' 53 "E		
노선명	고속국도17호선			
제 원	옹벽형식	패널식	옹벽재료	철근콘크리트
	연 장	145.0m	지면노출 높 이	24.0m
	보 강 재 길 이	—	저 판 폭 길 이	—
관리주체	서울문산고속도로주식회사		관리주체구분	민간
주변환경	옹벽상부	절토부 사면		
	옹벽하부	서울문산고속도로 본선		
시공현황	준공년도	2020년 11월 06일	시 공 자	지에스건설(주)
	감 리 자	(주)동일기술공사(김형만)	설 계 자	(주)다산컨설팅트
	부대시설	—		
비 고				

나. 옹벽 구간분할 결과

금회 정밀안전점검시 수행한 현장조사에서 구간분할은 세부지침의 기준으로 20m간격을 두고 구간분할을 실시하였다. 총 8개 구간(S1~S8)으로 구분하고 세부사항은 아래와 같다.

【표 3.3.2】 일반현황 조사결과

Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)	Span	구 간	누계 (m)	최고높이 (m)
1	시점~20.0m	20.0	4.5	5	80.0~100.0m	100.0	24.0
2	20.0~40.0m	40.0	9.0	6	100.0~120.0m	120.0	18.0
3	40.0~60.0m	60.0	16.5	7	120.0~140.0m	140.0	10.0
4	60.0~80.0m	80.0	24.0	8	140.0~145.0m	145.0	2.5

	
측점분할 작업사진	측점분할 작업사진

3.3.2 부재별 외관조사 결과

가. 지반, 기초부

1) 현황

본 옹벽은 포장(콘크리트, 아스콘), 비포장이 혼합된 상태로 세굴, 침하, 유실, 옹벽밀림 등에 대해 면밀한 조사를 실시하였으며, 주요 손상 및 조사결과는 다음과 같다.



【그림 3.3.1】 지반, 기초부 전경

2) 조사결과

- 보강토옹벽에 대한 현장조사 결과, 침하, 활동, 전도 등 구조적인 손상결함 및 세굴이 없는 양호한 상태로 조사되었다.

【표 3.3.3】 지반, 기초부 손상현황

위 치	손상명	폭(mm)	길이(m)	너비(m)	단위	개소	손상 물량	비고
S1	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S2	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S3	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S4	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S5	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S6	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S7	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S8	상태양호	—	—	—	—	—	—	—

			
현 황	• 상태양호	현 황	• 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
대 책	• -	대 책	• -
			
현 황	• 상태양호	현 황	• 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
대 책	• -	대 책	• -

3) 기 정밀안전점검과의 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 보강토옹벽의 현장조사 결과 손상이 없는 상태로 확인되었고, 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

본 구조물은 패널식 보강토옹벽으로 패널의 파손 및 손상, 균열, 유실, 이격 등에 대해 면밀한 조사를 실시하였다. 보강토 옹벽은 5단으로 구성되어 있고, 시공이음부 및 이질재접합부(콘크리트)는 없는 단일구조체로 연속화되어 시공되어 있는 상태이며, 주요 손상 및 조사결과는 다음과 같다.



【그림 3.3.2】 전면부 전경

2) 조사결과

- 보강토옹벽에 대한 현장조사 결과, 구조적인 손상결함 또한 발생하지 않은 것으로 확인되었으나 전면부 패널에서 균열(Cw=0.3mm미만)의 손상이 확인되었다.

【표 3.3.4】 전면부 손상현황

위 치	손상명	폭(mm)	길이(m)	너비(m)	단위	개소	손상 물량	비고
S1	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S2	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S3	균열(0.3mm미만)	0.2	0.70	—	m	2	1.40	—
S4	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S5	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S6	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S7	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S8	상태양호	—	—	—	—	—	—	—

			
현 황	• 균열(Cw=0.3mm미만)	현 황	• 균열(Cw=0.3mm미만)
원 인	• 건조수축, 공용기간 증가 등	원 인	• 건조수축, 공용기간 증가 등
대 책	• 표면처리	대 책	• 표면처리
			
현 황	• 상태양호	현 황	• 상태양호
원 인	• -	원 인	• -
대 책	• -	대 책	• -

3) 기 정밀안전점검과의 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 보강토옹벽의 현장조사 결과, 구조적인 손상결함 또한 발생하지 않은 것으로 조사되었으나 전면부 패널에 건조수축 등의 원인으로 인한 균열(Cw=0.3mm미만)의 손상이 확인되었다, 발생한 손상에 대하여 내구성 확보차원의 표면처리 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손생 발생여부를 파악하는 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

다. 주변영향인자(배수시설 및 사면상태)

1) 현황

패널식 옹벽 내의 배수시설을 확인한 결과, 옹벽 상단부에는 배수로(측구)가 설치되어 있으며, 상단의 토공 경사면에서 배출되는 지표수 등을 원활하게 배수토록 설치되어 있는 상태이다. 상단의 배수로는 옹벽의 시점 및 종점부의 측구로 시공되어 있는 상태이다.



【그림 3.3.3】 주변영향인자 전경

2) 조사결과

- 보강토옹벽에 대한 현장조사 결과, 옹벽 상부 절토부에 배면 토사유실의 손상이 확인되었고, 이외 상부 절토부에 침식 등의 손상은 없는 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

【표 3.3.5】 주변영향인자 손상현황

위 치	손상명	폭(mm)	길이(m)	너비(m)	단위	개소	손상 물량	비고
S1	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S2	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S3	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S4	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S5	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S6	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S7	상태양호	—	—	—	—	—	—	—
S8	배면 토사유실	—	1.00	2.00	m ²	1	2.00	T=100.0cm

			
현 황	• 배면 토사유실(1.0×2.0)	현 황	• 배면 토사유실(1.0×2.0)
원 인	• 시공초기 다짐불량, 외부 우수유입 등	원 인	• 시공초기 다짐불량, 외부 우수유입 등
대 책	• 뒷채움 후 주의관찰	대 책	• 뒷채움 후 주의관찰
			
현 황	• 배면 토사유실(1.0×2.0)	현 황	• 배면 토사유실(1.0×2.0)
원 인	• 시공초기 다짐불량, 외부 우수유입 등	원 인	• 시공초기 다짐불량, 외부 우수유입 등
대 책	• 뒷채움 후 주의관찰	대 책	• 뒷채움 후 주의관찰

3) 기 정밀안전점검과의 결과 비교

- 금회 정밀안전점검은 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

4) 검토의견

- 보강토옹벽의 현장조사 결과, 옹벽 상부 절토부에 시공초기 다짐불량, 우수유입 등의 원인으로 인한 배면 토사유실의 손상이 확인되었으며, 이외 배수시설, 상부 절토부에 침식 등의 손상은 없는 상태를 유지하고 있는 것으로 조사되었다. 조사된 손상에 대하여 추가유실 등의 2차적인 손상진전을 방지하기 위하여 뒷채움 후 주의관찰 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통하여 재손상 발생 여부 확인 등의 유지관리가 필요할 것으로 사료된다.

3.3.3 현장조사 결과 요약

가. 결과요약

【표 3.3.6】 현장조사 결과 요약

구 분	점검 결과	보수·보강 방안
전면부	균열(Cw=0.3mm미만)	표면처리
주변영향인자	배면 토사유실	뒷채움 후 주의관찰
기초부의 세굴	상태양호	—
결과요약	보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)의 현장조사 결과, 기초부, 상부 배수시설에는 구조적인 결함이 없는 양호한 상태로 확인되었으나 전면부에 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 균열(Cw=mm미만), 상부 절토부에 시공초기 다짐불량, 외부 우수유입으로 인한 배면 토사유실 등의 손상이 조사되었다. 사용성에는 문제가 없는 상태이나 손상진전 방지, 내구성 확보 차원의 표면처리, 뒷채움 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재산상의 발생여부 확인, 신규손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 사료된다.	

【표 3.3.7】 손상내용 총괄표

구 분	손상 내용	단위	물량	개소	비고
전면부	균열(Cw=0.3mm미만)	m	1.40	2	
배수시설	상태양호	—	—	—	
상부성토부	배면 토사유실	m ²	2.00	1	
기초부	상태양호	—	—	—	

나. 이전 정밀안전점검과의 비교

금회 정밀안전점검은 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

3.3.4 측량

가. 개요

금회(2022년) 정밀안전점검 대상시설물(본선 STA.6+935~7+040)은 광파기, 클리노미터, 경사계 등을 이용하여 선형 및 수준측량, 경사도를 측정을 하였으며, 금회 점검은 최초의 정밀안전점검으로 설계도서와의 선형 및 수준 비교를 실시하였다. 본 보고서에 기입된 측량 좌표는 기계설치 점을 X:0.000, Y:0.000으로 설정하고 대상시설물에 대한측량을 실시하였다.



【그림 3.3.4】 측량작업 전경

나. 측량결과

설계도서와 비교하여 선형 및 수준측량, 기울기를 검토한 결과, 선형 및 수준측량결과 값에 미소한 차이가 확인되었으며, 이는 측량기기 오차, 측량기기 사용 종류의 차이와 측량시 발생할 수 있는 오차내로서, 침하, 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되어, 주기적인 점검을 통한 침하, 활동 등의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 판단된다. 기울기의 경우 설계도서에 경사도를 포함한 단면도가 확인되지 않아 초기안전점검에서 실시한 경사도 측량값과 비교를 실시하려 하였으나 한개의 단수에 대한 측량자료가 존재하지 않아 금회 점검을 기울기 최초 측정으로 산정하고 측정하였다.

【표 3.3.8】 경사도 결과

구분	측정위치 (m)	측정경사량		설계경사량		계획선형오차		안전 등급	설계값 대비
		경사량 (cm)	기울기 (%)	경사량 (cm)	기울기 (%)	경사량 (cm)	기울기 (%)		
1	11m	0.00	0.01	-	-	0.00	-0.01	a	배면
2	32m	0.00	0.01	-	-	0.00	-0.01	a	배면

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

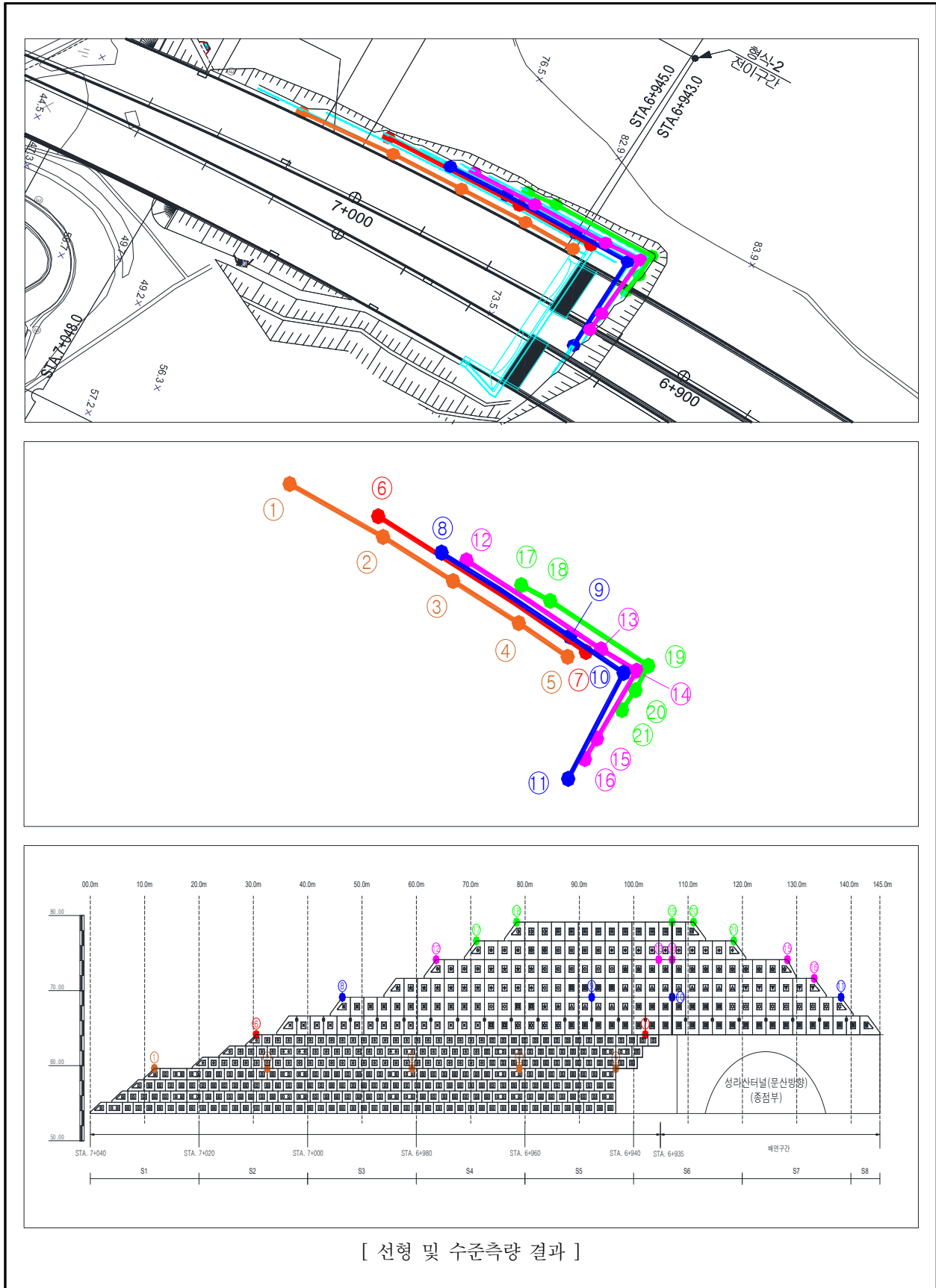
【표 3.3.8】 경사도 결과(계속)

구 분	측정위치 (m)	측정경사량		설계경사량		계획선형오차		안전 등급	설계값 대비
		경사량 (cm)	기울기 (%)	경사량 (cm)	기울기 (%)	경사량 (cm)	기울기 (%)		
3	46m	0.00	0.03	-	-	0.00	-0.03	a	배면
4	79m	0.00	0.03	-	-	0.00	-0.03	a	배면
5	92m	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	a	배면
6	108m	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	a	배면
7	129m	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	a	배면
8	142m	0.00	0.00	-	-	0.00	0.00	a	배면

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

【표 3.3.9】 선형 및 수준측량 결과

측정위치		X	Y	노출 높이 (m)	측정위치		X	Y	노출 높이 (m)
1단	(1)	-15.408	54.338	6.0	4단	(12)	29.617	37.067	20.5
	(2)	8.367	42.379	6.0		(13)	63.871	16.967	10.0
	(3)	26.197	32.398	6.0		(14)	72.946	12.124	10.0
	(4)	42.931	22.887	6.0		(15)	62.840	-3.205	10.0
	(5)	55.377	15.266	6.0		(16)	59.756	-7.839	7.5
2단	(6)	7.146	47.041	10.5	5단	(17)	43.560	31.483	23.0
	(7)	60.037	16.351	10.5		(18)	50.940	27.921	25.5
3단	(8)	23.271	38.831	15.5		(19)	75.922	13.255	15.0
	(9)	55.973	19.844	15.5		(20)	72.629	7.732	15.0
	(10)	69.629	11.635	5.0		(21)	69.200	3.233	12.5
	(11)	55.517	-12.323	5.0		-	-	-	-



【그림 3.3.5】 선형 및 수준측량 결과

3.3.5 콘크리트 강도 시험

가. 재료시험 개요

본 용역에서는 대상 구조물의 구조부재에 대해 콘크리트 압축강도를 파악하기 위하여 반발경도 시험을 수행하여 콘크리트의 품질 및 내구성을 평가하였다.



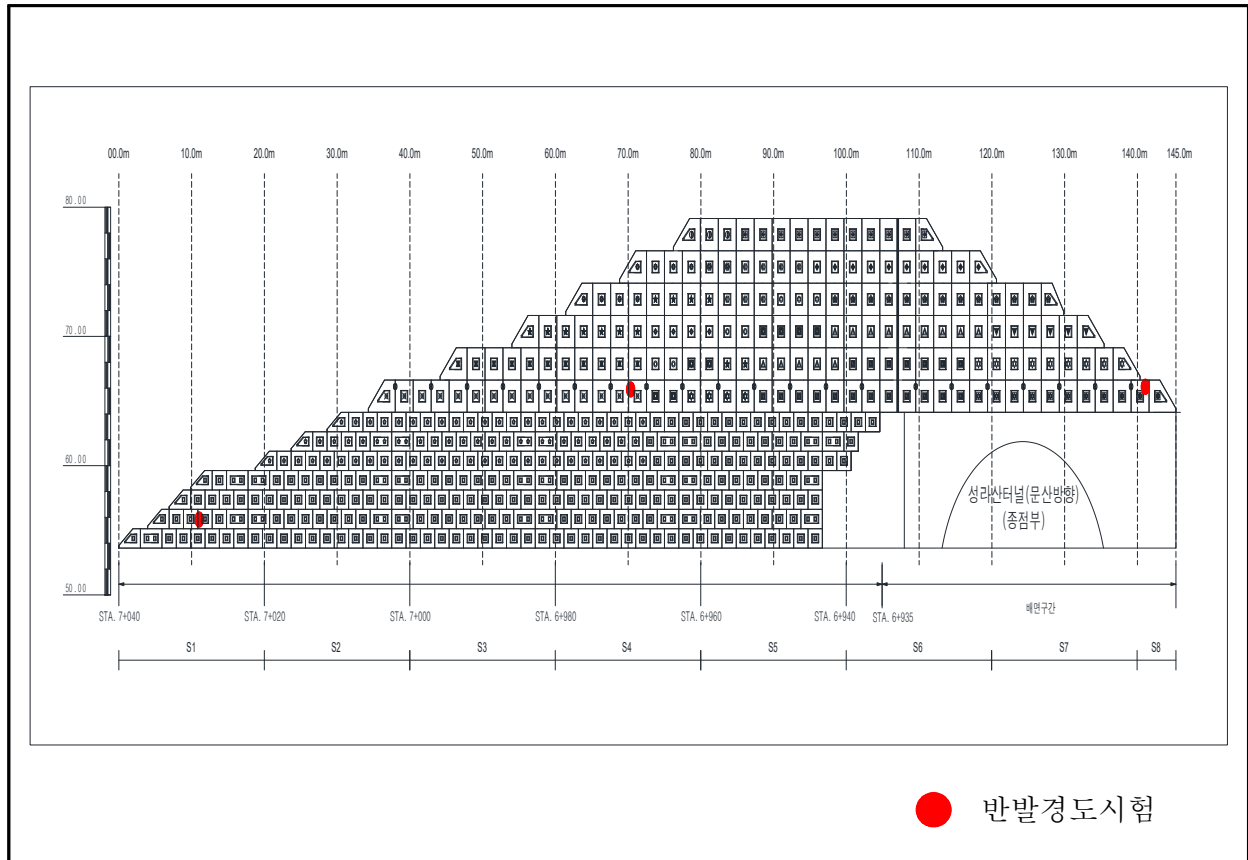
【그림 3.3.6】 슈미트해머를 이용한 반발경도시험 전경

나. 시험결과

본 보강토옹벽은 재료시험으로 전면부 블록에 반발경도를 실시하였으나 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 옹벽편(2021.12, 국토안전관리원)”에 표기된 기준 수량을 적용하여 3개소에서 반발경도시험을 실시하였고, 그 결과값은 다음과 같다.

【표 3.3.10】 반발경도시험 결과

측 정 위 치		반발경도 (Ro)	압축강도(MPa)		재령 계수 (α)	강도비(%)		설계기준 강도(MPa)
			일본 재료학회	일본 건축학회		일본 재료학회	일본 건축학회	
전 면 부	S1	49.8	30.3	30.4	0.67	100.9	101.4	30.0
	S4	49.6	30.1	30.3	0.67	100.3	101.1	
	S8	49.9	30.4	30.5	0.67	101.2	101.5	



【그림 3.3.7】 콘크리트 내구성조사 위치도

다. 기 점검 비교분석

금회 정밀안전점검은 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

3.4 상태평가

3.4.1 구간분할

금회 구간분할을 기준으로 20m를 1구간으로 구분하여 분할하였고, 대상 시설물의 조사결과 및 현황을 토대로 “시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침, 옹벽편(2021.12, 국토안전관리원)”의 기준에 따라 상태평가기준을 적용하였다.

3.4.2 상태평가 결과 산정

【표 3.4.1】 상태평가 결과 산정

SPAN NO.	침하	계획 선형 오차	활동	전면부 진행성 배부름	파손 손상 및 균열	유실	이격	세굴	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	0	0	0	0	0	0.00	a
S2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	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	0	0	0	0	0	0.00	a
S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	a
S8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0.04	a
평균	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.01	
									상태평가 결과					A	

3.4.3 상태평가 결과

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

3.4.4 이전 정밀안전점검과의 비교

금회 정밀안전점검은 준공이후 실시하는 최초의 정밀안전점검이다.

3.5 종합평가 및 안전등급 지정

3.5.1 종합평가 결과

본 과업은 정밀안전점검 과업으로서 안전성평가를 실시하지 않은 관계로 상태평가 결과를 종합평가 결과로 같음하였으며, 그 다음과 같다.

【표 3.5.1】 종합평가 결과

종합평가 결과 산정표				
시설물명	보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)		표 번 호	[표 3.5.1]
평가구분	결합지수	평가결과	비 고	
상태평가	0.01	A	근거표번호	[표 3.4.1]
안전성평가	－	－	－	－
종합평가	0.01	A	최저등급 적용	
종합평가결과	옹벽의 종합평가 결과 : A			

3.5.2 안전등급 지정

종합평가 결과에 따른 본 옹벽의 안전등급은 『문제점이 없는 최상의 상태』인 “A등급” 으로 지정하였다.

【표 3.5.2】 안전등급 기준

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	· 문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	· 경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C (보통)	· 보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장이 없으며, 내구성, 기능성 저하방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	· 손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	· 심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

3.6 보수·보강 및 유지관리방안

3.6.1 보수·보강 방안

대상 시설물의 손상별 보수방안, 개략공사비는 다음과 같다.

【표 3.6.1】 손상별 보수·보강 방안 및 개략공사비

구분	손상내용	보수방안	손상 물량	보수 물량	단위	단가 (천원)	개략공사비 (천원)	우선 순위
전면부	균열(Cw=0.3mm미만)	표면처리	1.40	2.10	m	－	－	하자
배수시설	상태양호	－	－	－	－	－	－	－
상부절토부	배면 토사유실	뒷채움 후 주의관찰	2.00	3.00	m ²	－	－	하자
기초부	상태양호	－	－	－	－	－	－	－
개략공사비 (천원)	구 분	1순위		2순위		3순위		
	순공사비	－		－		－		
	재경비 (순공사비의 50%)	－		－		－		
	합계	－		－		－		
개략공사비 총계(천원)		－						

주1) 보수물량은 손상물량에 50%를 할증하였음.

주2) 0.3mm미만 표면처리는 손상물량(m)×0.25(m)를 하여 면적(m²)으로 산출하였음.

3.6.2 유지관리방안

본 시설물에 대한 정밀안전점검 결과에 따라, 향후 유지관리 시 옹벽의 안전성, 사용성 및 내구성 차원에서 중점적으로 관찰하고 유의하여야 할 중점유지관리 항목을 설정하여 다음 표와 같이 제시하였다.

【표 3.6.2】 중점유지관리 항목

구 분	중점유지관리 사항	현황 사진
전 면 부	• 전면부에 발생한 균열($Cw=0.3\text{mm}$미만)의 경우 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 손상으로 판단되며, 표면처리 등의 보수를 실시하고 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리 필요 • 균열 및 파손, 배부름 발생에 대한 주기적인 점검을 통해 발생규모 및 현황관리를 실시하고, 일정규모 이상 발생할 경우 보수를 통한 관리 필요	
배 수 시 설	• 배수로에 발생하는 토사퇴적의 경우 장기공용, 우수 등에 의한 손상으로 원활한 배수를 위해 주기적인 정비를 통한 관리 필요	
절 토 부	• 옹벽 상부 배면에 배면 토사유실의 경우 시공초기 다침미흡, 외부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 뒷채움을 실시하고 주의관찰 등의 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리 필요 • 우수 및 동결융해에 의한 지하수 침투, 식생유실 발생여부를 주기적인 관찰을 통한 확인필요	
기 초 부	• 우수에 의한 기초부 침식, 세굴 등의 손상 발생여부를 주기적인 관찰을 통한 확인필요	

3.7 종합결론

3.7.1 정밀안전점검 결과 요약

- 보강토옹벽(본선 STA.6+935~7+040)의 현장조사 결과, 기초부, 상부 배수시설에는 구조적인 결함이 없는 양호한 상태로 확인되었으나 전면부에 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 균열($C_w=mm$ 미만), 상부 절토부에 시공초기 다짐불량, 외부 우수유입으로 인한 배면 토사유실 등의 손상이 조사되었다. 사용성에는 문제가 없는 상태이나 손상진전 방지, 내구성 확보 차원의 표면처리, 뒷채움 등의 보수를 실시하고 주기적인 점검을 통한 재손상의 발생여부 확인, 신규손상의 발생 등에 대한 유지관리가 필요하다고 사료된다.
- 설계도서와 비교하여 선형 및 수준측량, 기울기를 검토한 결과, 선형 및 수준측량결과 값에 미소한 차이가 확인되었으며, 이는 측량기기 오차, 측량기기 사용 종류의 차이와 측량시 발생할 수 있는 오차내로서, 침하, 활동에 의한 문제는 없는 것으로 검토되어, 주기적인 점검을 통한 침하, 활동 등의 발생여부를 확인하는 유지관리가 필요하다고 판단된다. 기울기의 경우 설계도서에 경사도를 포함한 단면도가 확인되지 않아 초기안전점검에서 실시한 경사도 측량 값과 비교를 실시하려 하였으나 한개의 단수에 대한 측량자료가 존재하지 않아 금회 점검을 기울기 최초 측정으로 산정하고 측정하였다.
- 강도시험결과, 설계기준강도를 상회하는 양호한 상태로 확인되었다.
- 대상 옹벽은 평가기준에 따른 결함지수는 0.01, 상태평가결과는 “A”로 산정되었다.
- 종합평가 결과, 대상시설물의 안전등급은 “A등급 : 문제점이 없는 최상의 상태”으로 지정하였다.

3.7.2 종합결론, 정밀안전진단 및 사용제한의 필요성 여부

- 대상 시설물에 대한 정밀안전점검 결과, 전면부, 배수시설, 상부성토부, 기초부에는 구조적 결함이 없는 양호한 상태로 조사되었고, 일부 손상이 확인되었으나 사용성에 문제는 없는 상태로 주기적인 점검을 통한 신규손상의 발생 및 손상진전 등에 대한 유지관리가 필요하다고 판단된다.
- 대상 시설물은 금회 점검 결과, 정밀안전진단 및 사용제한이 필요치 않다.

3.7.3 유지관리 시 특별한 관리가 요구되는 사항

- 전면부에 발생한 균열($C_w=0.3mm$ 미만)의 경우 건조수축, 공용기간 증가 등에 의한 손상으로 판단되며, 표면처리 등의 보수를 실시하고 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리 필요하다.
- 옹벽 상부 배면에 배면 토사유실의 경우 시공초기 다짐미흡, 외부 우수유입 등에 의한 손상으로 판단되며, 뒷채움을 실시하고 주의관찰 등의 재손상 발생여부를 확인하는 유지관리 필요하다.

3.7.4 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 바람직할 것으로 판단된다.

