

기 술 검 토 서

NO. 토질 및 기초 — 6

제 목: Soil Nailing 변경설계 적정성 검토

2005. 5

강 원 건 설 사 업 소

춘 천 ~ 동 홍 천 기 술 자 문 단

기술검토건명	Soil Nailing 변경설계 적정성 검토		
공 구	제 3 공구	검 토 구 분	토질 및 기초
검 토 기 간	2005. 5. 16 ~ 2004. 5. 19	검 토 자	오 관 식
		담 당 자	오 성 민
근 거 공 문	업무지시(2005. 5. 10)	회 신 공 문	용마(홍천) 제2005 - 0014호

1. 검토목적

춘천~동홍천간 고속도로 제3공구에 위치하는 절토사면 3개소(깎기2, 3구간 및 북방3터널 시점부 양양방향의 갱구사면)에 사면보강공법으로 적용된 Soil Nailing 공법의 변경설계에 대한 적정성을 검토하고자 함.

2. 검토내용

가. 설계현황

검토구간 절토사면 3개소에 사면보강공법으로 적용된 Soil Nailing공법의 설계현황은 다음 표와 같다.

[표-1] Soil Nailing 설계 현황(설계도 기준)

구 분	지반조건	사면기울기	비 고
깎기2구간 (STA.11+510~11+680)	토사, 리핑	1:0.8~1:1.0	Soil Nailing제원 : D25/SD30 적용
깎기3구간 (STA.12+178~12+345)	토사, 리핑	1:0.8	
북방3터널 시점부 양양방향 갱구사면 (STA.9+710~9+750)	토사	1:1.0	

나. 설계도서 검토

설계도서에 제시된 Soil Nailing제원을 확인한 결과 보고서, 수량산출서, 도면, 단가산출서, 공사시방서가 각각 상이한 상태이며 세부내용은 다음과 같다.

[표-2] 설계도서상의 Nail 제원

설계도서	Soil Nailing 제원
보고서, 수량산출서, 도면	D25/SD30 적용
단가산출서	D29/SD30 적용
공사시방서	D29/SD35 적용

다. 설계사 재검토내용

설계사((주)만영엔지니어링)에서 Nail 제원을 당초 D25/SD30에서 D29/SD35로, Nail 간격을 당초 1.2×1.2에서 1.5×1.5로 변경 검토를 수행하였으며 검토결과는 다음과 같다.

[표-3] Nail 검토 비교표

구 분	제 원	위 치	안 전 율	간격 및 길이
당초설계	D25/SD30	깎기2구간	1.51(O.K)	1.2×1.2 L=10.0m, 6단 L= 8.0m, 12단 L= 6.0m, 5단
		깎기3구간	1.19(O.K)	1.2×1.2 L= 8.0m, 24단 L= 6.0m, 5단
		북방3터널 시점부	1.11(O.K)	1.2×1.2 L=10.0m, 8단 L= 8.0m, 7단
변경검토	D29/SD35	깎기2구간	1.11(O.K)	1.5×1.5 L=10.0m, 5단 L= 8.0m, 10단 L= 6.0m, 4단
		깎기3구간	1.18(O.K)	1.5×1.5 L= 8.0m, 19단 L= 6.0m, 4단
		북방3터널 시점부	1.20(O.K)	1.5×1.5 L=10.0m, 8단 L= 8.0m, 7단

라. 자문단 검토

1) 안정해석방법

- 한계평형해석 프로그램 : Talren 97
- 해석방법 : Bishop's method

2) 검토단면

당초설계 및 변경설계의 단면과 동일한 단면을 이용하여 적정성 여부를 검토함.

- 깎기2구간(STA.11+510~11+680) : STA.11+580
- 깎기3구간(STA.12+178~12+345) : STA.12+324
- 북방3터널 시점부양양방향 갱구사면(STA.9+710~9+750) : STA.9+723

3) 지반강도정수

지반강도정수를 추정하는 방법에는 시험에 의한 방법, 경험에 의한 방법, 역해석에 의한 방법 등이 있으며 이는 검토자에 따라 견해를 달리할 수 있음.

본 사면은 당초 설계사면에 Nail의 제원을 변경하여 안정검토를 수행하므로 원 설계시의 강도정수를 이용하여 검토를 수행하였으며 지층별 강도정수는 다음표와 같다.

[표-4] 지층별 강도정수

구 분	단위중량(γ/m^3)	점착력(γ/m^2)	내부마찰각($^\circ$)	비 고
풍화토층	1.9	1.5	28	
풍화암층	2.0	3.0	30	
암반층	2.3	7.0	34	

주) 토질조사보고서 p185, p190

4) 허용안전율 기준

[표-5] 허용안전율 적용기준

구 분		최소안전율(F_s)	비 고
절토사면	건기시	$F.S > 1.5$	- 도로설계요령 제2권 P130
	우기시	$F.S > 1.1 \sim 1.2$	- 본 검토에서는 우기시 최소안전율을 1.1이상으로 적용

설계사의 Nail 제원의 당초설계(D25/SD30)를 검토한 결과 안정한 것으로 검토되며 검토 결과는 다음표와 같다.

Soil no	1	2
γ	1.9	2
τ_{s1}	1	1
c	1.5	3
τ_c	1	1
ϕ	28	30
τ_ϕ	1	1
qsNail	10	20
Ks.B	3000	3500

Units : Tons meters and degrees
Calculation method : Bishop

Failure Surface Forces (Tons):
 1.78, 71.61, 71.63
 1.69, 72.61, 63.72
 1.69, 73.51, 74.91
 1.69, 61.71, 89.99
 1.69, 64.82, 01.95

F_{min}	1.5
F_{qsNail}	1
F_{pl}	1
F_{sNail}	1
F_{s3}	1

Date : 05-05-24 Time : 오후 2:19:50
Copyright (c) TERRASOL

Scale : 1/330
0 1 10

검토안전율 $F_s = 1.5 > 1.1$ (안정)

Soil no	1	2
γ	1.9	2
τ_{s1}	1	1
c	1.5	3
τ_c	1	1
ϕ	28	30
τ_ϕ	1	1
qsNail	10	20
Ks.B	3000	3500

Units : Tons meters and degrees
Calculation method : Bishop

Failure Surface Forces (Tons):
 2.92, 82.62, 82.66
 2.92, 82.62, 82.8
 3.02, 82.52, 82.97
 3.02, 82.52, 09.06
 2.62, 72.99, 12.99

F_{min}	2.53
F_{qsNail}	1
F_{pl}	1
F_{sNail}	1
F_{s3}	1

Date : 05-05-24 Time : 오후 2:23:58
Copyright (c) TERRASOL

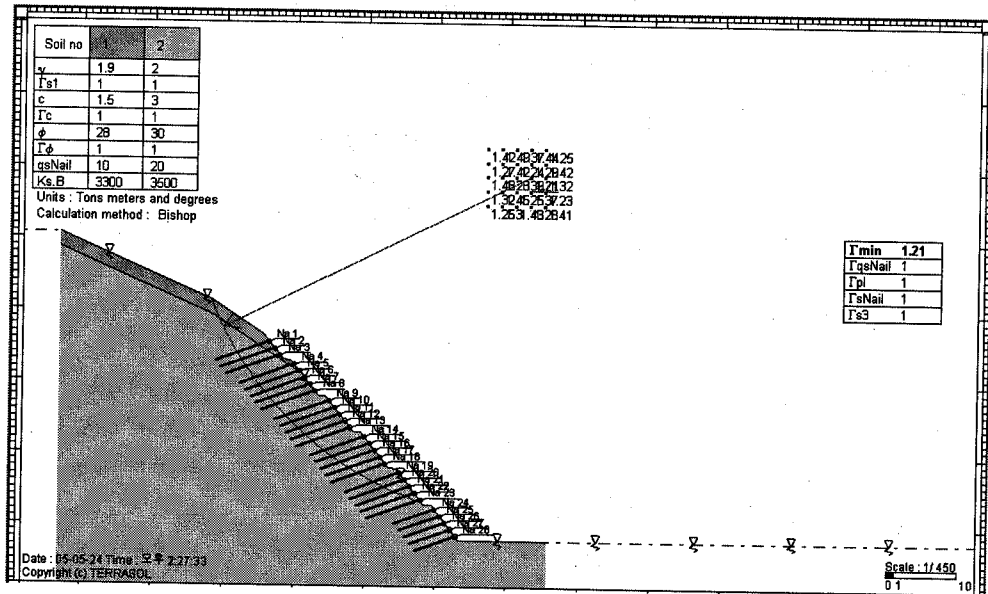
Scale : 1/330
0 1 10

검토안전율 $F_s = 2.53 > 1.5$ (안정)

춘천 ~ 동홍천 기술자문단

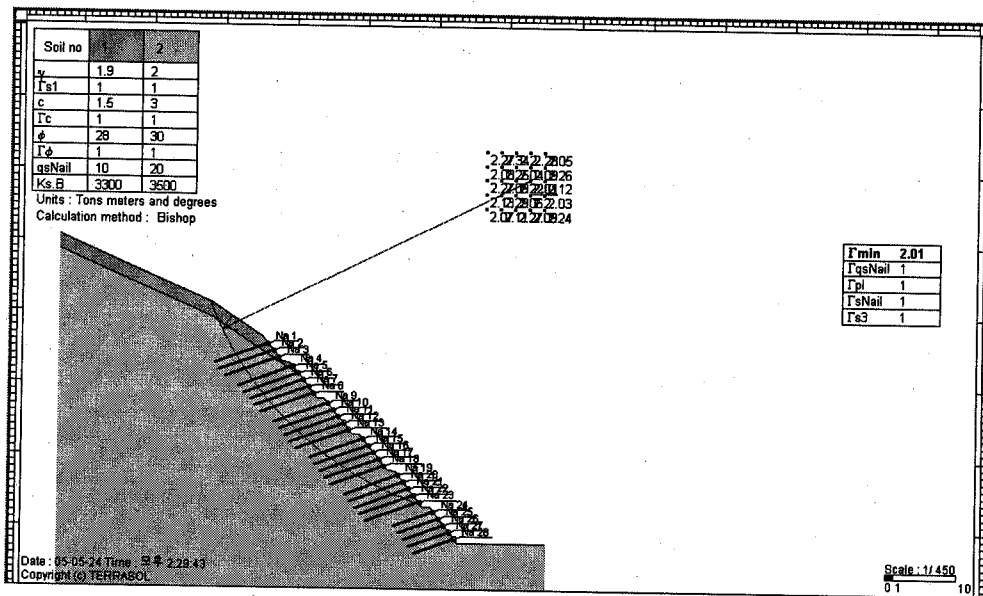
[표-4] 계속

우기시



검토안전율 $F_s = 1.21 > 1.1$ (안정)

건기시

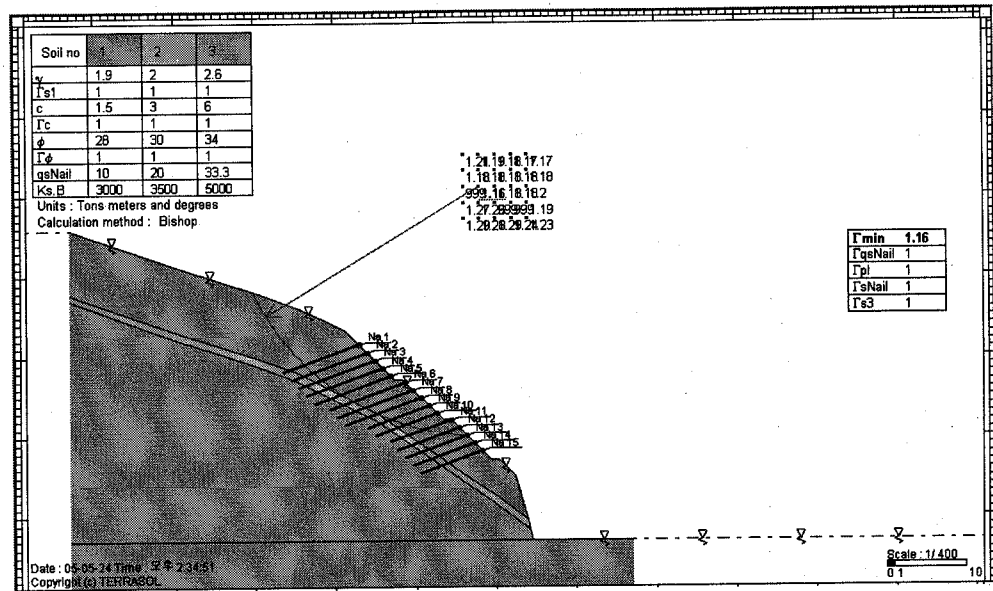


검토안전율 $F_s = 2.01 > 1.5$ (안정)

<깎기3구간(STA.12+178~12+345) : STA.12+324>

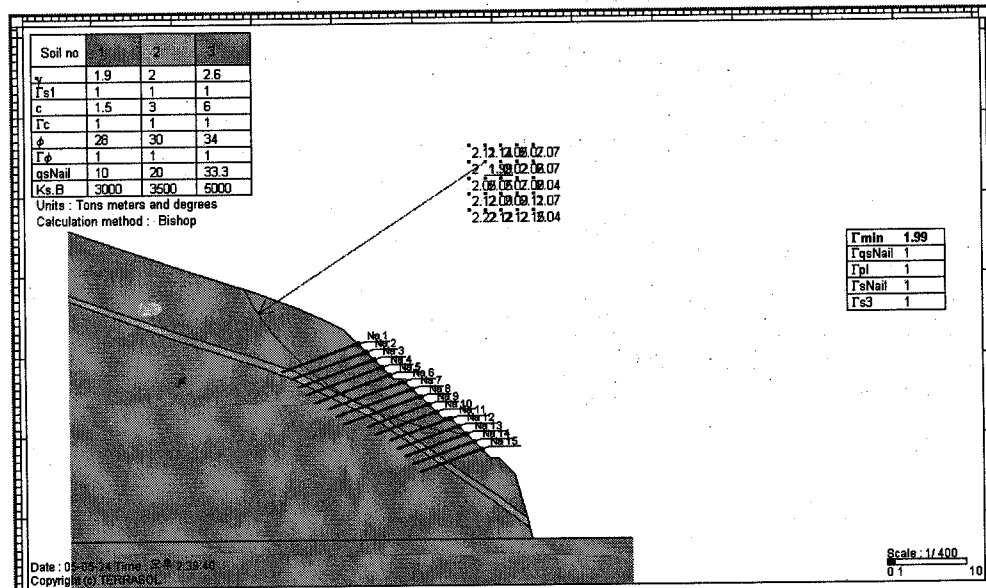
[표-4] 계속

우기시



검토안전율 $F_s = 1.16 > 1.1$ (안정)

건기시



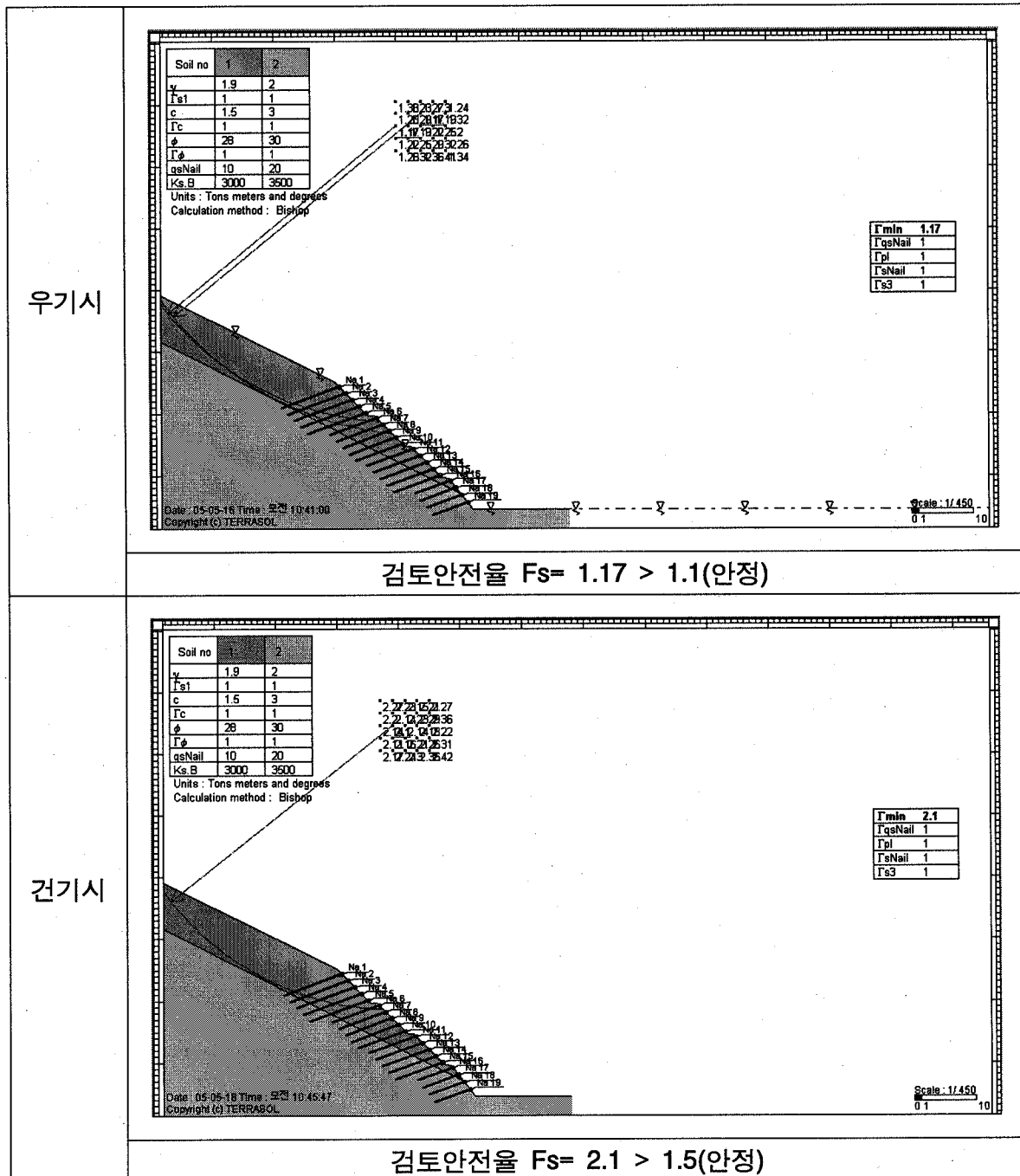
검토안전율 $F_s = 2.36 > 1.5$ (안정)

<북방3터널 시점부양양방향 갱구사면(STA.9+710~9+750) : STA.9+723>

6) 안정성 검토결과

설계사의 Nail 제원의 변경설계(D29/SD35)의 적정성을 검토하였으며 검토결과는 다음표와 같다.

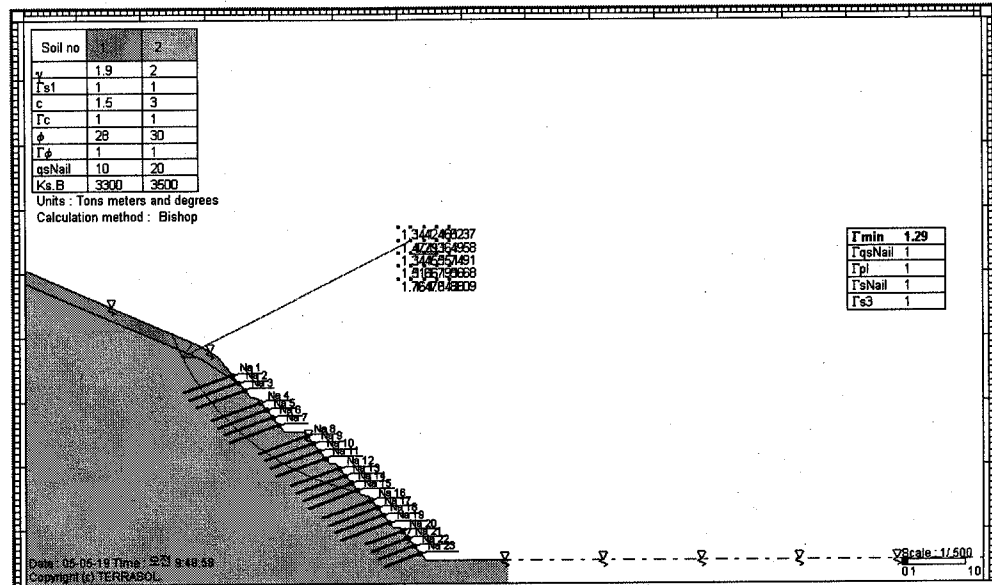
[표-5] 변경설계 검토결과



<깎기2구간(STA.11+510~11+680) : STA.11+580>

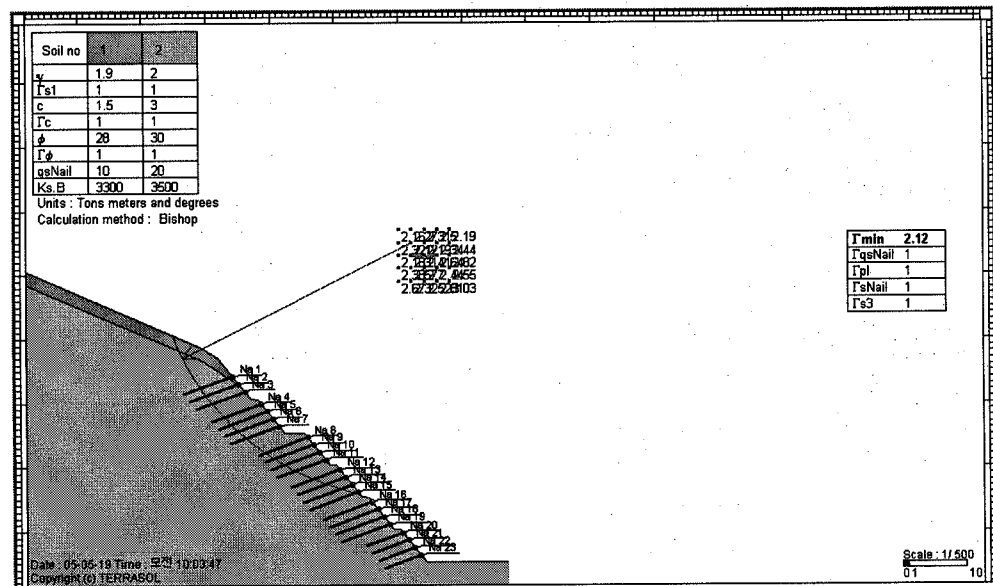
[표-5] 계속

우기시



검토안전율 $F_s = 1.29 > 1.1$ (안정)

건기시

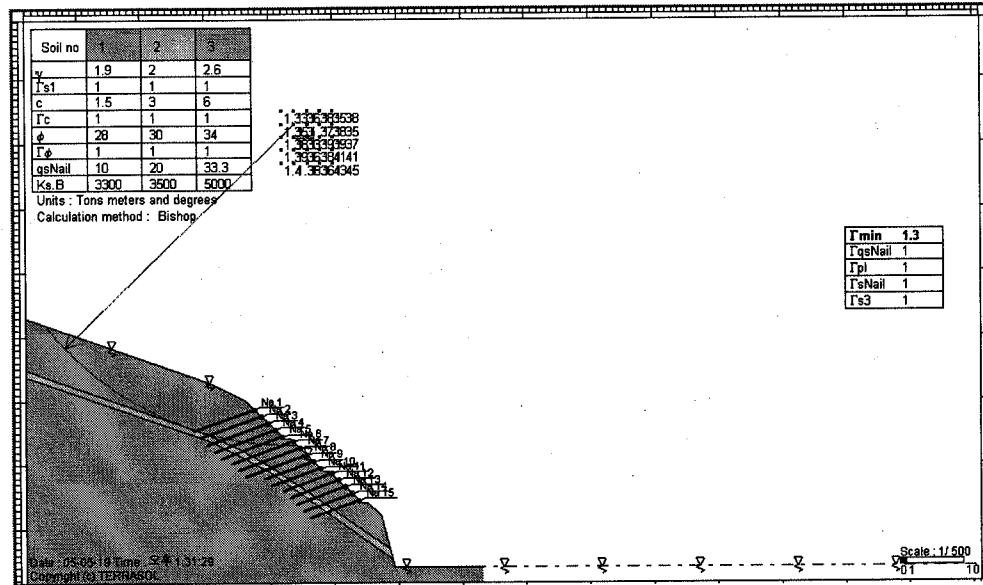


검토안전율 $F_s = 2.12 > 1.5$ (안정)

<꺾기3구간(STA.12+178~12+345) : STA.12+324>

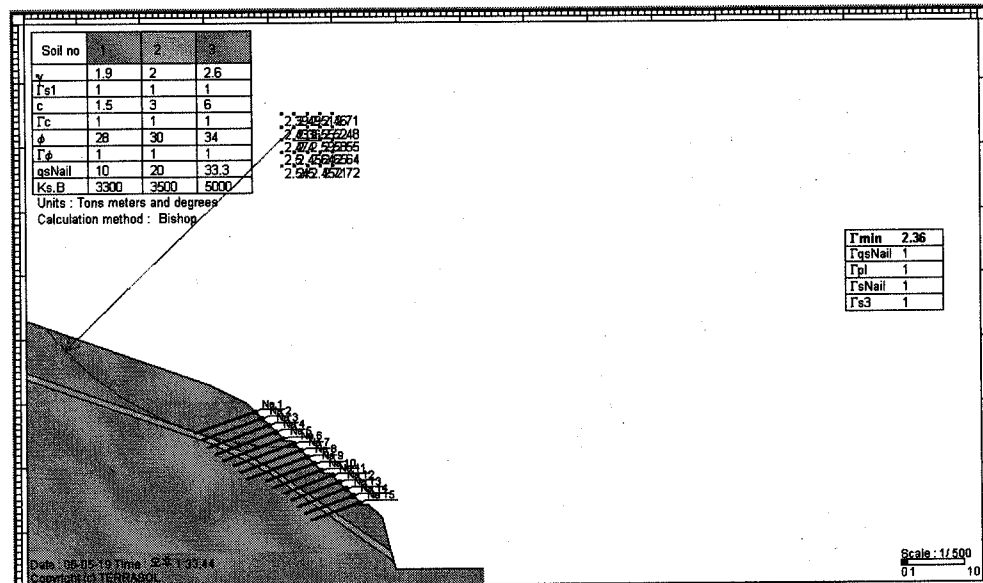
[표-5] 계속

우기시



검토안전율 $F_s = 1.3 > 1.1$ (안정)

건기시



검토안전율 $F_s = 1.99 > 1.5$ (안정)

<북방3터널 시점부양방향 갱구사면(STA.9+710~9+750) : STA.9+723>

7) 검토결과 요약

설계사에서 Nail제원 변경에 의한 변경 설계내용을 검토한 결과 적절한 것으로 검토되었으며 구간별 검토결과는 다음표와 같다.

[표-6] 검토결과 요약

구 분 위 치	당 초 (D25/SD30) C.T.C 1.2m		재설계(설계사) (D29/SD35) C.T.C 1.5m		검토(자문단)				판 정
					당 초 (D25/SD30) C.T.C 1.2m		변 경 (D29/SD35) C.T.C 1.5m		
	우기시	건기시	우기시	건기시	우기시	건기시	우기시	건기시	
짜기2구간 (STA.11+510~11+680)	1.51	-	1.1	-	1.5	2.53	1.17	2.1	O.K
짜기3구간 (STA.12+178~12+345)	1.19	-	1.18	-	1.21	2.01	1.29	2.12	O.K
북방3터널 시점부 양양방향 갱구사면 (STA.9+710~9+750)	1.11	-	1.2	-	1.16	1.99	1.3	2.36	O.K

※현장에서 제출된 자료에는 건기시의 안정검토가 없음.

3. 검토결론

- 1) 금번 검토사면은 대부분이 풍화토와 풍화암으로 구성되어 있으며 사면보강공법으로 Soil Nailing공법이 적용되어 있음.
- 2) Soil Nailing공법 설계시 Nail의 제원에 따라 당초(D25/SD30) 및 변경(D29/SD35) 검토를 수행한 결과 안정한 것으로 검토되므로 현장여건, 시공성, 공사비 등을 감안하여 적용함이 적절한 것으로 판단됨.('라. 자문단 검토' 항 7) 검토결과 요약 참조)
- 3) 네일 설치시는 반드시 낙석방지망을 활용하여 설치하거나 망이 설치되지 않은 구간은 PVC 코팅망(능형망, 필요시 연결철근(D16)사용)과 강결처리하여 네일만이 단독거동을 하지 못하도록 결속처리하고, 표면처리를 조속히 실시하여 우수에 의한 세굴 및 침식 등을 방지하여야 하며, 표면처리공은 암반취부녹화공(설계는 택솔공법이 적용됨)을 적용하는 것이 적절할 것으로 판단됨.
- 3) 수평배수공은 용수가 심한 구간에 집중적으로 설치하고 용수가 발생하지 않는 구간에서는 배수공 설치가 불필요 함.