

기 술 검 토 서

NO. 토질 및 기초 — 18

제 목: 북방2터널 종점부(서울방향)
갱구사면 안정성 검토

2005. 10

강 원 건 설 사 업 소
춘 천 ~ 동 홍 천 기 술 자 문 단

기술검토건명	북방2터널 시점부(서울방향) 갱구사면 안정성 검토		
공 구	제3공구	검 토 구 분	토질 및 기초
검 토 기 간	2005. 10. 10 ~ 2005. 10. 13	검 토 자	오 관 식
		담 당 자	오 성 민
근 거 공 문	구두지시(2005. 10. 10)	회 신 공 문	용마(홍천) 제2005 - 0053호

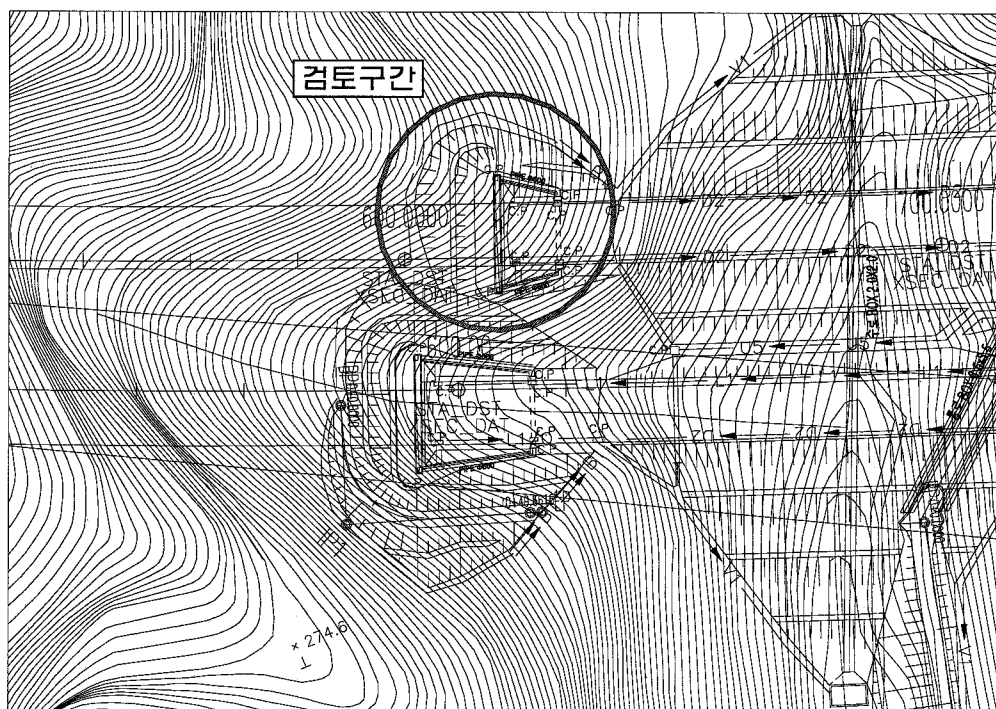
1. 검토목적

고속국도 60호선 춘천~동홍천간 건설공사를 시행함에 있어 북방2터널 시점부(서울방향) 갱구사면이 설계와 상이하여 시공사에서 시공방안을 제안한 바 적정성 및 사면안정성 검토를 실시하고 대책을 강구하여 장기적인 사면안정성을 확보코자 함.

2. 검토내용

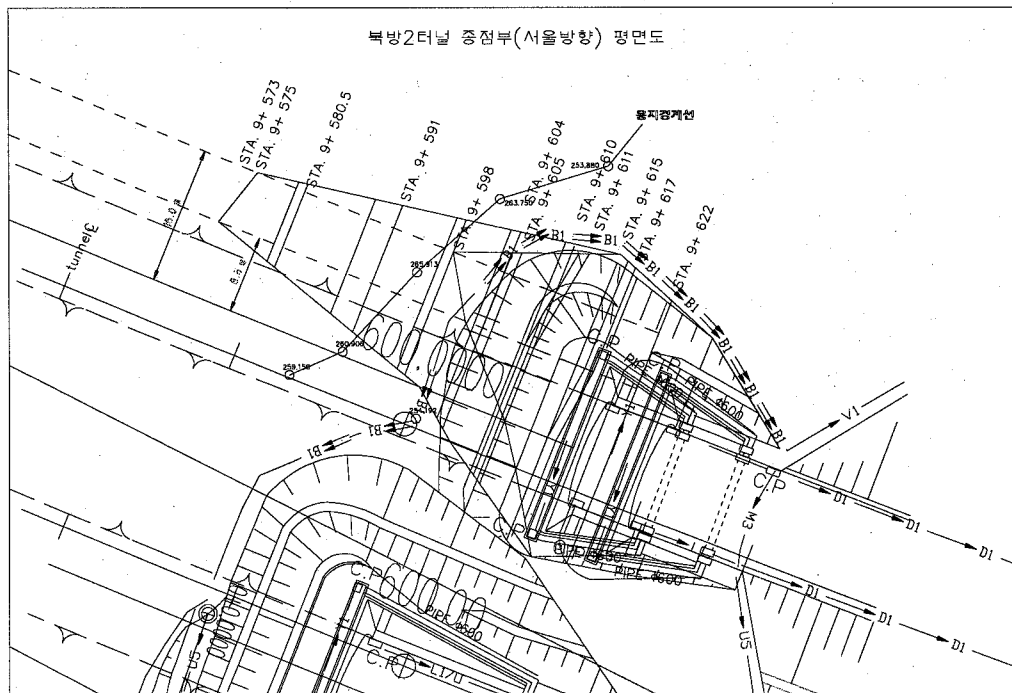
가. 위치 평면도

1) 평면도



[그림-1] 북방2터널 종점부 갱구사면(서울방향) 평면도

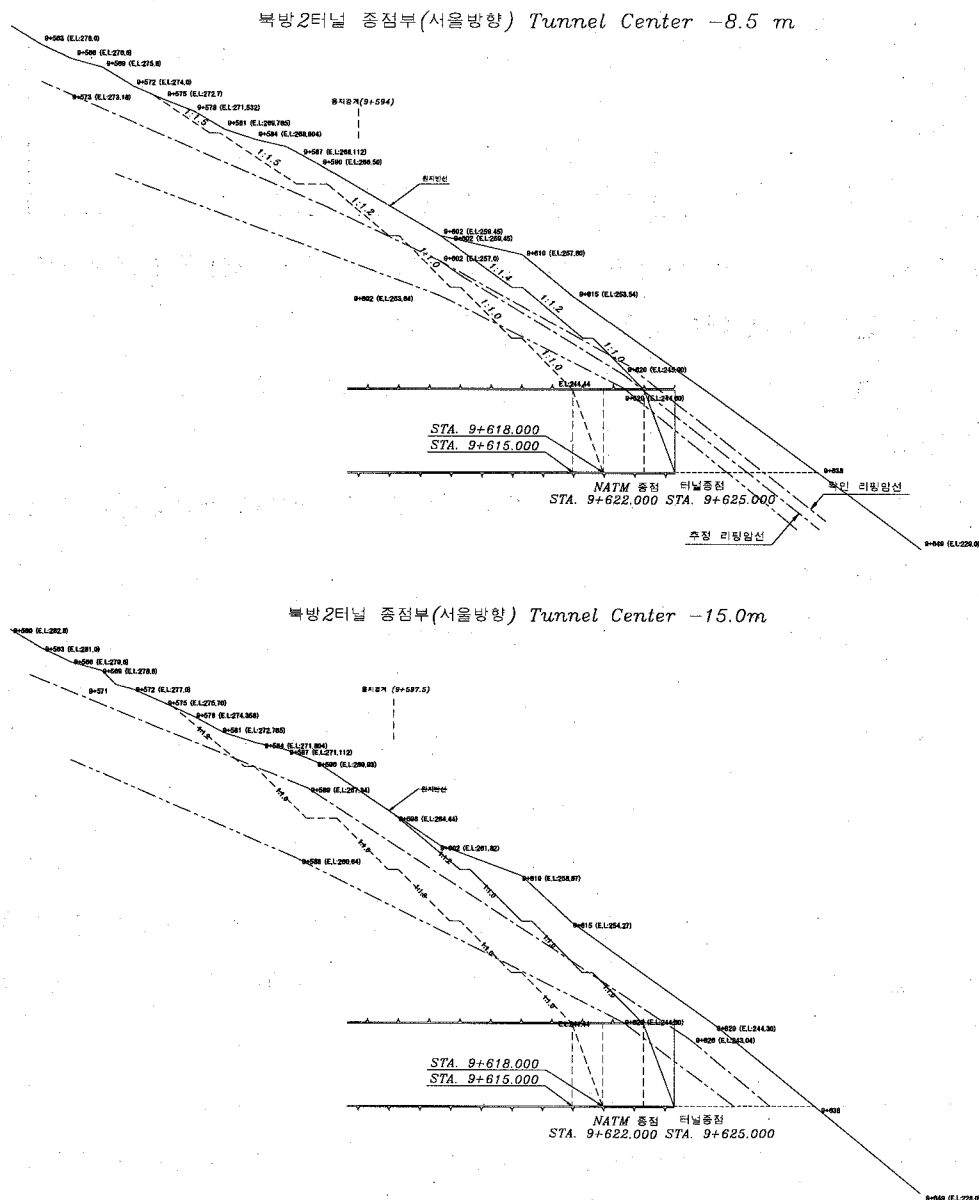
나. 변경내용



상기 그림과 같이 터널 우측 갱구사면은 설계시와의 지형차이에 의해 과다절취가 예상되고 있어 별도의 안정대책이 필요한 실정임.

다. 공구제출안 검토

“ [그림-3] 북방2터널 종점부 갱구사면(서울방향) 절취예상도 ” 와 같이 과다절취에 따른 문제점을 해결하기 위하여 시공사에서는 용지경계내 절취구배를 터널중심 8.5m, 터널중심 15.0m를 기준으로 다음과 같이 결정하였으며 세부내용은 다음과 같다.



[그림-4] 북방2터널 시점부 갱구사면(서울) 절취단면도

[표-1] 공구제출안에 대한 의견

구분	검토의견	비고
절취구배	- 용지경계내의 절취를 위해 절취구배를 조정한 것은 타당한 것으로 판단됨. 토사 : 1:1.0~1.4(표준구배보다 약간 급구배 형성) 리핑 : 1.1(표준구배 형성)	
NATM위치	- 절취를 최소화하기 위해 당초 설계위치를 이동한 것은 타당한 것으로 판단됨. NATM : 9+615→9+622(7m 이동) 터널종점 : 9+618→9+625(7m 이동)	

공구에서 제출된 안을 검토한 결과 NATM위치 및 절취구배는 적절한 것으로 판단되므로 본 검토에서는 절취구배에 대한 안정성 검토가 필요함.

라. 사면안정성 검토

1) 안정해석방법

금번 검토사면은 리핑, 토사층이 혼재되어 있는 상태로 한계평형해석을 실시하여 안정성 및 보강공법을 검토함.

- 한계평형해석 프로그램 : Talren 97(Bishop's method)

2) 검토단면

절취단면 중 절취고가 가장 높고, 급구배가 형성되는 터널중심에서 15m 이격된 지점을 선정하여 검토를 수행함.

3) 지반강도정수

저반강도정수를 추정하는 방법에는 시험에 의한 방법, 경험에 의한 방법, 역해석에 의한 방법, 검토자료를 이용하는 방법 등이 있으며 이는 검토자(설계자)에 따라 견해를 달리 할 수 있음.

본 사면은 터널중심선을 기준으로 우측사면이 설계절취예정선 보다 많은 절취가 필요하여 표준구배를 적용하기에는 현실적으로 문제가 있는 실정임. 이는 설계시의 측량결과와의 차이에 따른 절취구배 결정의 문제이므로 검토시에는 원설계시의 강도정도를 이용하여 사면안정 검토를 실시하였으며, 지층별 강도정수는 다음표와 같다.

〔표-2〕 지층별 강도정수

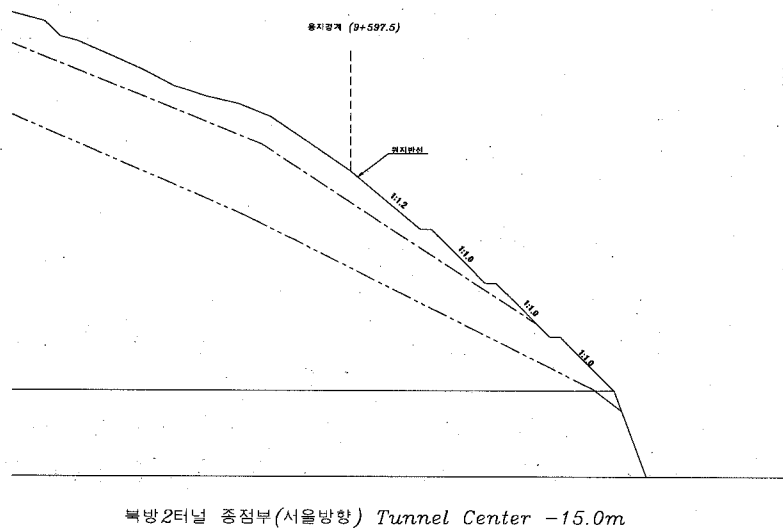
구 분	단위중량(t/m ³)	점착력(t/m ²)	내부마찰각(°)	비 고
풍화토층	1.9	1.5	28	
풍화암	2.0	3.0	30	

4) 허용안전율 기준

〔표-3〕 허용안전을 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
특기사항	· 토층 및 풍화암 : 건기시 - 지하수위 미고려 우기시 - 지하수위는 지표면에 위치 · 암반 : 건기시 - 인장균열이나 활동면을 따라 수압이 작용되지 않음 우기시 - 인장균열이나 활동면을 따라 수압을 $H_w=1/2H$로 가정하여 적용		

5) 안정성 검토단면

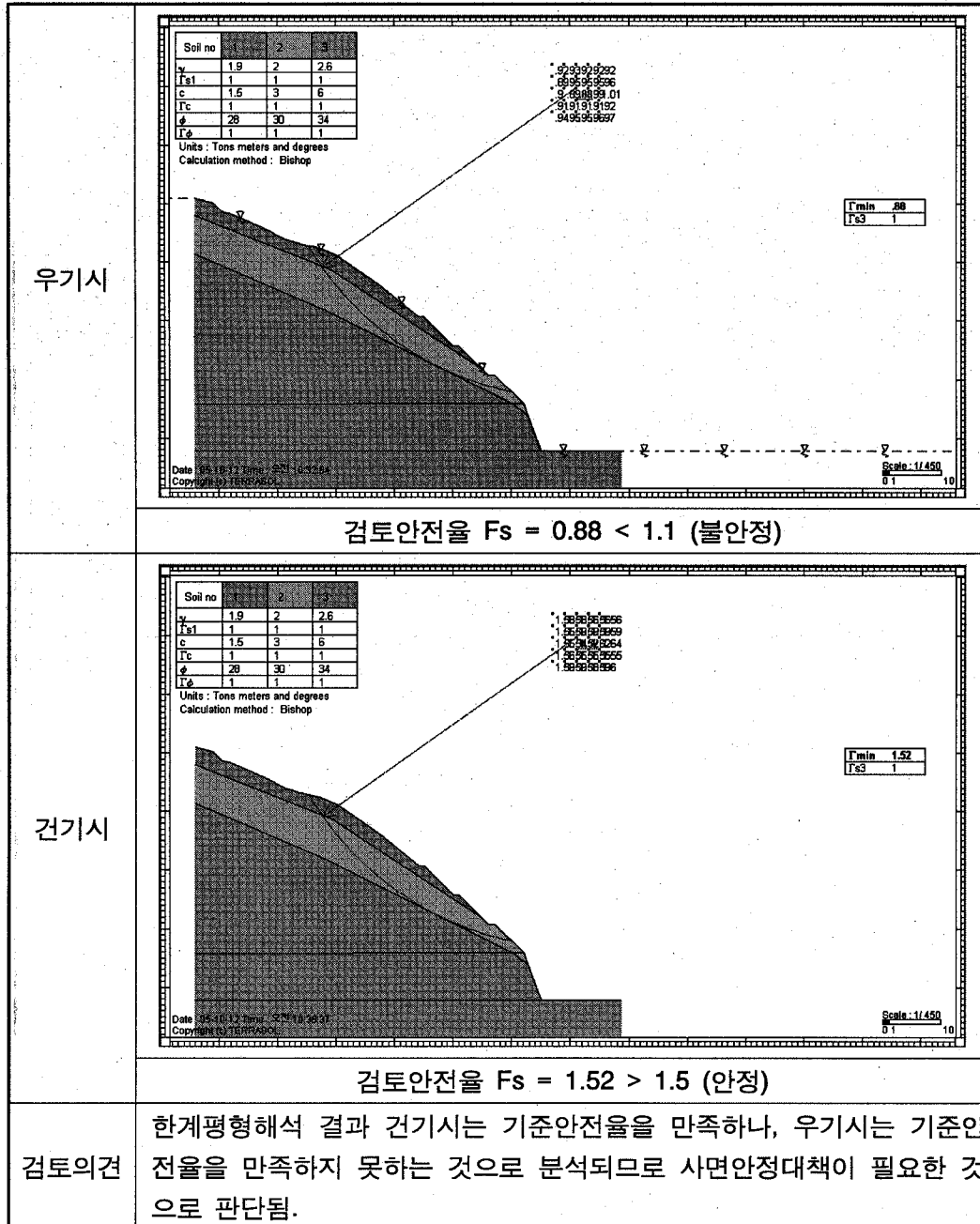


[그림-5] 검토단면도(터널중심 15m 이격단면)

5) 안정성 검토결과(현시공 사면)

- 한계평형해석

[표-4] 한계평형해석 결과



마. 사면안정 대책 검토

1) 사면안정 대책

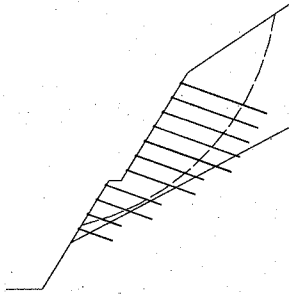
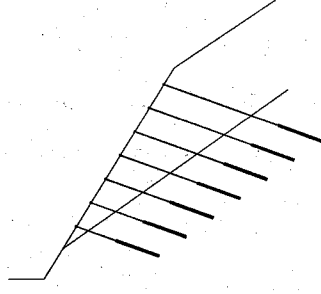
본 검토구간은 당초 설계시 추정된 지형선과 실제 시공지형이 상이한 상태로 설계에서 제안된 절취구배의 적용이 어려운 실정임. 터널중심으로 우측 8.5m, 15.0m이격지점에 대한 시공상세도를 작성한 결과 터널중심 우측 15.0m 이격지점은 상대적으로 많은 절취가 요구됨으로 구배조정을 통한 보강방안이 필요한 것으로 판단됨. 따라서 현장에서 용지경계를 고려한 절취구배를 대상으로 적절한 보강방안을 수립함.

일반적으로 사면의 붕괴가 발생되었거나 불안정한 상태인 사면에 대한 대책으로는

- 사면의 구배를 완화시키는 방안
- Rock Bolt, Earth Anchor, Soil Nailing, FRP보강 그라우팅 등으로 보강하는 방안
- 사면의 선단부에 성토를 하는 방안
- 옹벽 등의 구조물을 설치하는 방안
- 억지말뚝공법 또는 약액주입에 의해 전단강도를 향상시키는 방안 등 다양한 방안이 있다. 대상지역의 공법선정시에는 지형과 지질, 지층분포상태, 현장여건, 시공성, 장기적인 안정성 및 경제성 등을 종합적으로 검토한 후 사면안정 대책공법을 선정하여야 한다. 금번 검토에서는 사면구배를 완화시키는 방안은 과다절취에 따른 환경훼손이 우려되므로 현실적으로 적용하기에는 문제가 있으므로 보강재를 이용하여 보강하는 방안이 대책공법으로 타당할 것으로 판단되며 대책공법별로 비교·검토한 내용은 다음 [표-5]와 같다.

- 제1안 : Soil Nailing 공법
- 제2안 : Anchor공법

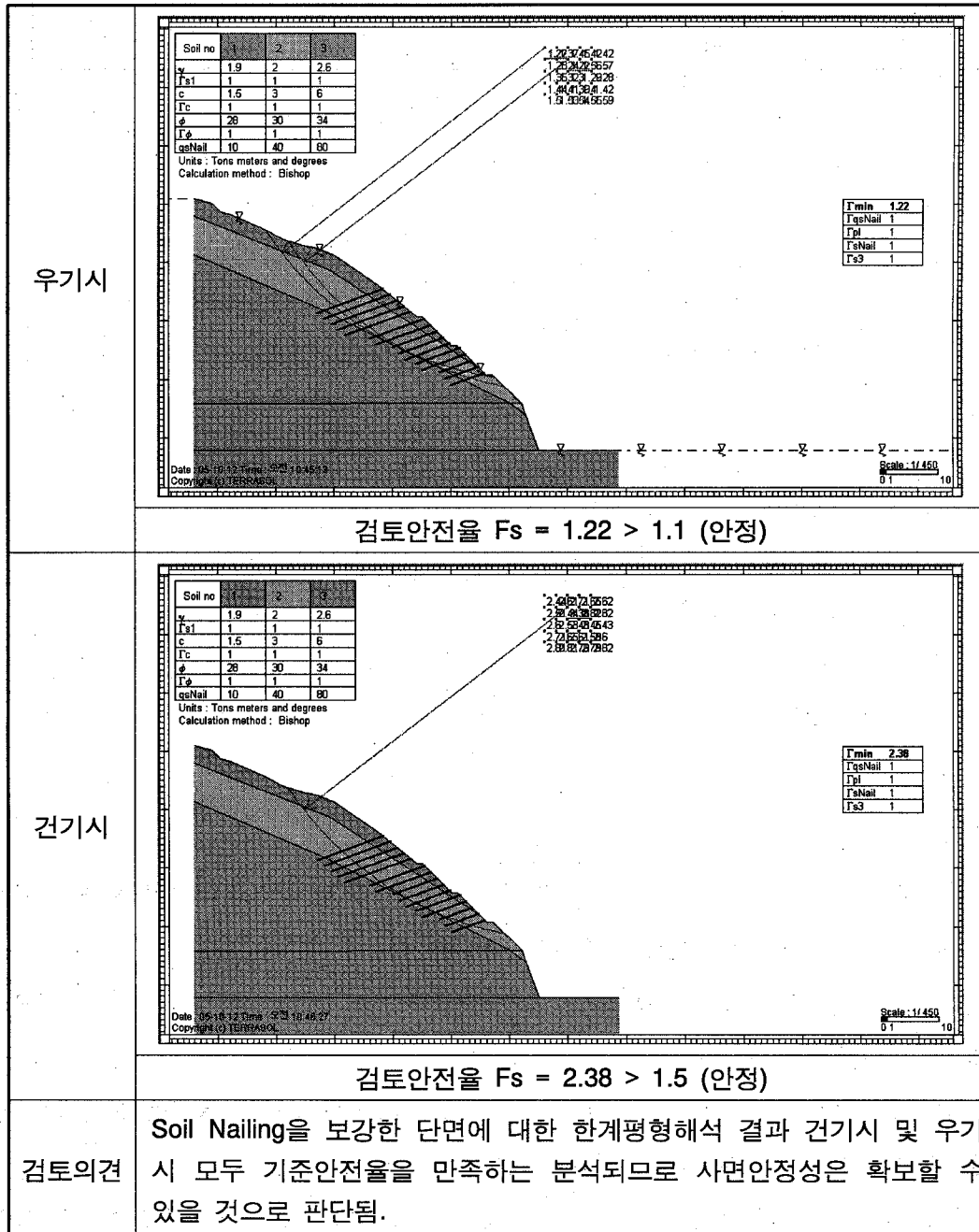
[표-5] 사면안정 대책공법 비교안

구 분	공 법 의 종 류		비 고
	제1안 (Soil Nailing 공법)	제2안 (Anchor공법)	
공법 개요	· 원지반이 갖고 있는 전단강도가 약한 경우 원지반에 보강재(Nail)를 촘촘한 간격으로 삽입 하여 전단 및 활동저 항력을 증가시켜 사면의 안정을 도모 하는 공법	· 원지반을 천공한 후, 고장력에도 견딜 수 있는 PC 강선을 절토사면 예상 활동면보다 깊은 위치에 앵커를 정착 시켜 인장력에 의해 사면을 압축하고, 원지반의 전단저항력을 증가시키는 공법	
개념도			
장 점	· 국부적인 취약지점에 대한 보강이 용이 · 사면안정 효과 양호 · 장비가 소형이므로 시공성 양호 · 한본파손이 전체 안정에 미치는 영향 이 적음	· 예상활동면이 깊은경우에도 적용 가능 · 인장력을 가하므로 활동진행중인 사면 의 안정에 효과적임 · 대단위 파괴가 우려되는 암사면 · 암반의 상태는 양호하나, 불연속면의 연속성으로 사면안정이 필요한 경우	
단 점	· 용수발생부는 Nail의 강도저하 우려됨 · 활동선이 깊을 경우 보강 깊이에 제한 을 받음	· 시간이 경과되면서 인장력이 감소할 수 있음 · 공종이 복잡하며 공기가 길다 · 인장균열부에 위치하는 앵커부위에 대한 부식방지 대책 필요	
검토 의견	본 검토구간은 활동가능영역인 토사, 리핑구간의 층두께가 깊은 조건이 아니므 로 시공성이 유리하고 적용사례가 풍부한 Soil Nailing 공법이 적절한 것으로 사 료됨.		

2) 사면안정 분석

- Soil Nailing공법을 적용하여 안정성 검토를 수행한 결과는 다음과 같다.

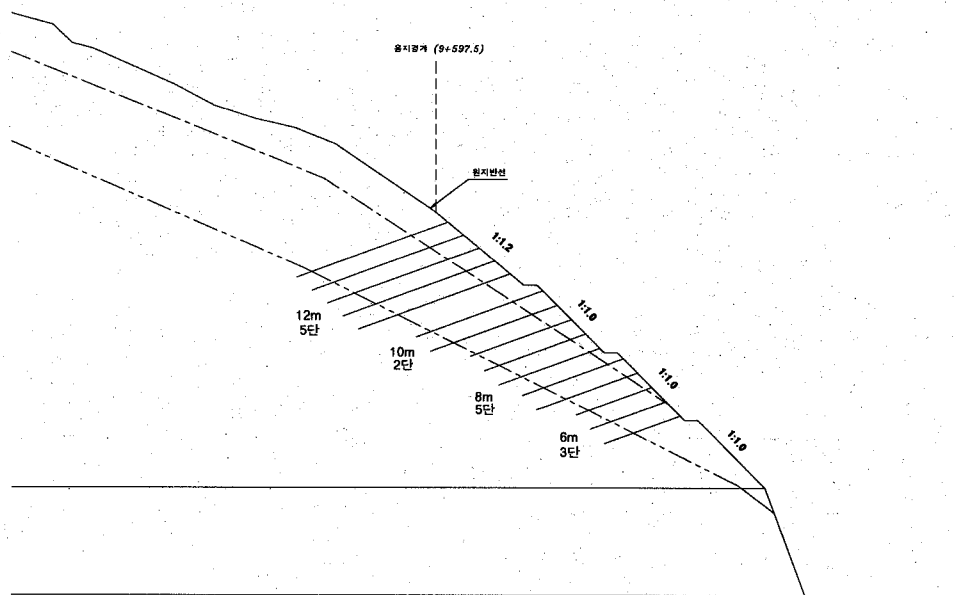
[표-6] 한계평형해석 결과



[표-7] 한계평형해석 결과

보강공법	설치간격(m) C.T.C	설치길이(m)	내일제원	설치각도(°)	설치단수	비고
Soil Nailing	1.5×1.8 (수직×수평)	6~12m	SD35/D29	하향20°	15단	

3) 시공개념도



북방 2터널 종점부 (서울방향) Tunnel Center -15.0m

3. 검토결론

- 1) 검토구간은 설계시와 상이한 지형조건에 의해 표준구배 적용시 과다절취 문제가 발생하므로 적절한 보강방안이 필요한 것으로 판단됨.
- 2) 현장에서 제출된 절취구배 및 NATM위치 이동은 적절한 것으로 판단됨. (“[표-1] 공구제출안에 대한 의견” 참조)
- 3) 용지경계를 감안한 절취구배의 보강방안으로 Soil Nailing공법을 적용하여 안정성을 검토한 결과 안정한 것으로 검토됨. (“마. 사면안정 대책 검토” 참조)
- 4) 본 검토는 현장에서 제출된 자료를 근거로 검토된 결과이므로 시공시 검토조건과 상이할 경우에는 재검토가 필요함.