

기 술 검 토 서

NO. 토질 및 기초 — 1

제 목: 사면보강방안 검토

2005. 3

강 원 건 설 사 업 소

춘 천 ~ 동 흥 천 기 술 자 문 단

기술검토건명	사면보강방안 검토		
공 구	제 4 공구	검 토 구 분	토질 및 기초
검 토 기 간	2005. 3. 18 ~ 2004. 3. 25	검 토 자	오 관 식
		담 당 자	오 성 민
근 거 공 문	춘천동홍천분소-119	회 신 공 문	용마(홍천) 제2005 - 0001호

1. 검토목적

춘천~동홍천간 고속도로 제4공구 송정2터널 종점측 갱구부 확인시추 및 현장굴착결과 지층구성 및 절취형상이 원설계와 상이함에 따라 양양방향은 도로교통연구원에서 적정보강 방안을 제시한 바 서울방향의 적정보강방안을 검토코자 함.

2. 검토내용

가. 원설계 현황

〈표-1〉 설계현황

위 치	절취구배	보강공법	보강현황	비 고
송정2터널 종점 갱구사면	1:0.8	FRP그라우팅	L=10M C.T.C 2.5M	



[사진-1] 갱구부현황

나. 지질 및 지층구성

1) 지질상태

검토지역의 지질은 경기육괴를 형성하는 선캄브리아기의 편마암을 이루어진 지역으로 대상구조가 잘 발달되어 있음. 양양방향의 갱구 사면부에서는 계곡을 형성하는 구간에 봉적층이 존재하고 하부는 풍화암, 파쇄 및 절리가 심한 연암상태로 분포하고, 서울방향의 갱구 사면에서는 봉적층은 분포하지 않고 풍화토, 풍화암, 연암의 층서를 나타내고 있음. 본 사면은 전반적으로 파쇄가 심하고 풍화가 진전된 상태의 암반을 형성하고 있음.

2) 지층상태

- (1) 본 터널이 위치하고 있는 지형은 배사 및 향사구조를 나타내고 있는 지형으로 서울방향 터널이 위치하고 있는 곳은 기반암이 풍화되어 원위치에 잔류된 풍화토 지형이나 양양방향과 터널사이 계곡부는 봉적토층으로 원암반이 풍화잔류되어 느슨한 경향을 보임.
- (2) 자연사면 형성후 느슨하게 형성된 봉적층은 장기적으로 불안정하며 집중호우시 토석류가 발생할 가능성이 크므로 주의하여야 하며, 지반이 포화되고 굴착노출에 따른 이완발생시 전단강도 저하가 매우 큰 지반인 것으로 판단됨.
- (3) 계곡부에 형성된 봉적층인 토사는 흑갈색을 띠고 있으며, 실트섞인 모래와 소규모 전석으로 구성되어 있어 주변지역보다 함수비는 높고 느슨한 지층구성을 나타내고 있다. 봉적층의 단부는 지하수의 유로형성에 의해 사면 불안정 요인이 될 수 있으므로 사면배수가 원활히 될 수 있도록 주의하여야 한다.
- (4) 봉적토층 미형성부 갱구 좌, 우측사면은 편마암을 모암으로 하는 풍화잔류토층과 절리를 포함하고 있으나 일부 견경한 암반이 존재하고 있다.

다. 대책공법 검토

1) 양양방향

도로교통기술원에서 대책공법을 제시하였으며 불안정 요인인 붕적층을 제거후 사면을 보강하는 방안은 적절한 것으로 판단되며, Soil nailing공법과 FRP보강방안을 검토하였으며 검토내용을 정리하면 다음과 같다.

〈표-2〉 보강방안정리

보강공법	설치간격(m) (수직×수평)	보강재길이 (m)	재 원	설치 각도(°)	설치 단수	비고
Soil nailing	1.3×1.3	상부에서 3단 : 12m 4단에서 9단 : 10m 10단 : 7m 11단 : 6m	SD35(D29)	20	11	
FRP	1.3×1.3	상부에서 3단 : 12m 4단에서 9단 : 10m 11단 : 7m	대구경(φ114)	20	10	

2) 서울방향

서울방향의 보강공법 선정시 아래와 같은 사항을 고려하여 결정함.

(1) 지형, 지층 고려

- 양양방향의 경우 느슨하게 쌓인 붕적층이 분포함에 따라 붕적층을 제거 후 Soil nailing공법을 제안(도로교통기술원)함은 적절한 것으로 판단됨.
- 서울방향은 붕적층은 분포하지 않고 비교적 조밀한 풍화토, 풍화암, 연암의 층을 나타내고 있으므로 양양방향과 동일한 Soil nailing공법이 적합한 것으로 판단됨.

(2) 시공성, 경제성 고려

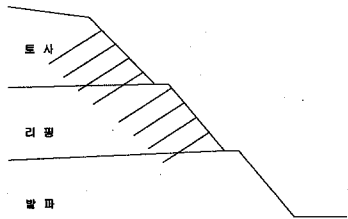
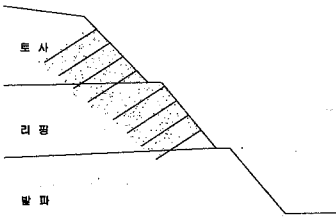
- 시공이 간편하고 경제성 측면에서 유리하며 양양방향의 적용공법을 감안하여 적용 공법을 선정함 적합한 것으로 판단됨.

따라서 본 검토사면의 지형, 지층구성상태, 시공성, 경제성 등을 고려할 때 Soil nailing 공법이 적합한 것으로 판단됨.

3) 사면보강공법의 비교

일반적으로 사면보강공법으로 많이 적용되는 Soil Nailing공법과 그라우팅공법에 대한 특징, 적용범위, 공법결정조건 등에 대해서 비교한 결과는 다음과 같다.

〈표-3〉 사면보강공법 비교

구분	Soil Nailing공법	그라우팅공법
공법 개요	사면내에 보강재를 프리스트레싱 없이 촘촘한 간격으로 원지반에 삽입하여 원지반 자체의 전단강도를 증대시키고 지반의 변위를 억제하는 공법	사면내에 보강재를 적절한 간격으로 배치하고 그라우트재를 압력주입하여 원지반의 전단강도를 증가시키고 보강재의 전단, 휨 및 Nail효과를 동시에 얻는 공법
개요도		
특징	- Nail 1개가 부담하는 안전도가 낮아 부분적으로 문제가 발생되어도 전체안정에 미치는 영향이 적음 - 시공방법이 간단	- 그라우트재의 압력주입으로 주변지반에 대한 보강효과 양호 - 보강간격을 넓힐 수 있음 - 보강재에 대한 부식 우려 없음
적용 범위	- 풍화토(암)층과 같이 지반은 조밀하나 활동이 우려되는 경우 - 그라우팅공법 적용시 보다 공사비가 상대적으로 저렴한 경우 - Soil Nailing의 본당 공사비는 그라우팅공법에 비해 저렴하나 설치간격이 좁아 지므로 인해 전체 공사비 측면에서는 불리해질수 있으므로 충분한 검토 필요	- 지반의 자체강도가 낮거나 이미 이완되어 전단강도 증가가 필요한 사면 - 지하수 배출에 따른 주변지반의 침하가 예상되는 경우 - 점착력이 거의 없는 사질토 지반이나 풍화가 심하게 발달한 지반 - 붕적층과 같이 지층이 아주 느슨한 지반 - 사질토, 풍화암 또는 파쇄암반 등 그라우팅효과가 양호한 지반
비고	-	·FRP그라우팅 ·강관다단그라우팅 ·TAS그라우팅
자문단 의견	그라우팅 공법의 기본 메카니즘은 Soil Nailing에 의한 지반보강공법과 유사하다. 따라서, 공법 선정시 지반상태, 시공성, 경제성을 고려하는 경우가 많으며, 본 사면은 느슨한 붕적층을 제거후 보강하는 경우이므로 상기 조건들을 고려할 때 사면보강방안으로 Soil Nailing공법이 적절한 것으로 판단됨.	

4) 사면보강공법 검토

(1) 지반강도 정수

검토 대상사면에 대한 적용 토질정수는 원설계 토질정수를 검토하고 현장 시추조사 결과를 참조하여 적용하였음.

〈표-3〉 사면보강공법 비교

구 분	단위중량(t/m^3)	점착력(t/m^2)	내부마찰각($^\circ$)	비고
붕적층	1.9	-	30	
풍화토	1.9	1.5	28	
풍화암	2.0	3.0	30	
연암	2.6	6.0	35	

(2) 허용안전율 적용기준

사면의 최소안전율은 지역과 공사내용, 사면의 중요도, 사면파괴시 주변에 미치는 영향 및 경제성에 따라 다르며, 사면안정 해석에 앞서 최소안전율의 선정은 매우 중요하며 최소안전율을 계산함에 있어서 지하수위 흐름과 토질의 물리적, 역학적인 성질(전단강도)을 어떻게 보는가에 따라 안전율은 상당한 차이를 보여준다.

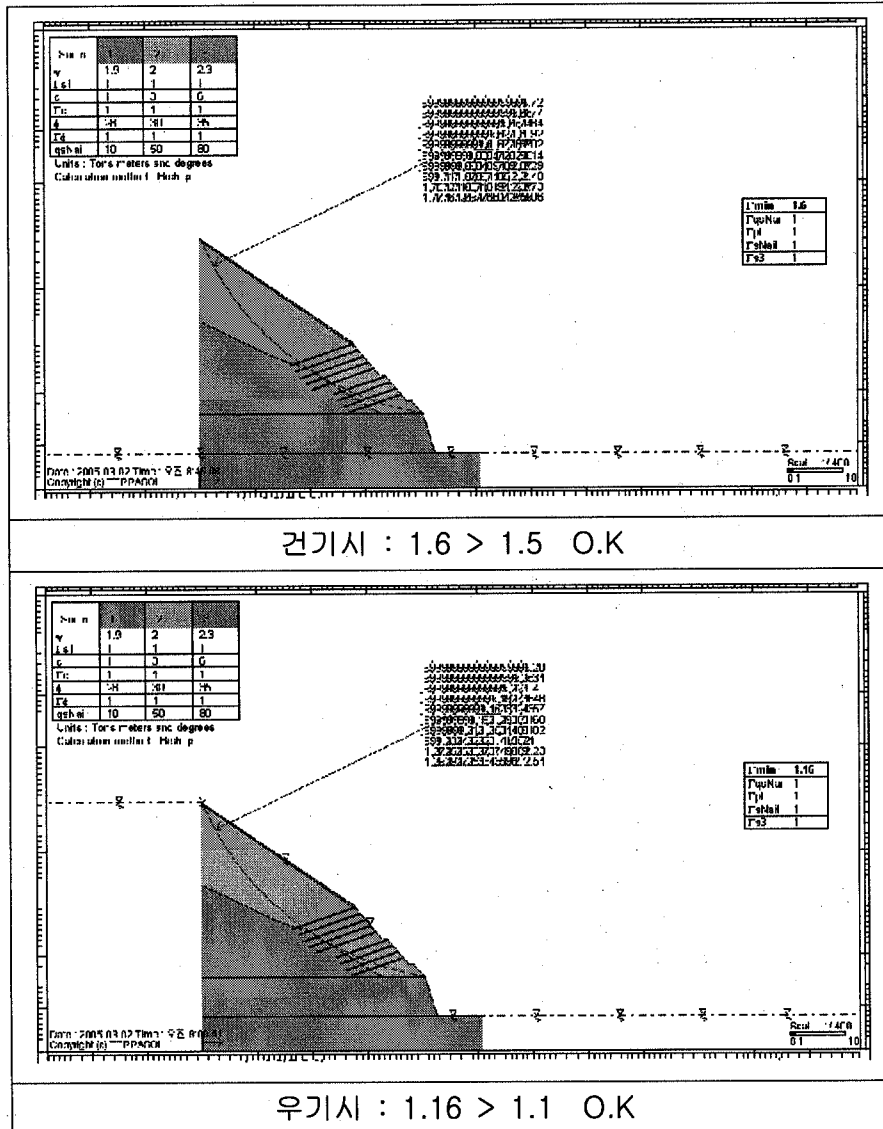
〈표-4〉 허용안전율 적용기준

구 분		최소안전율	참 조
절토부	건기	FS > 1.5	- NAVFAC-DM 7.1~329 : 하중이 오래 작용할 경우 - 일본도로공단 (도로설계 요령) - 한국도로공사 (도로설계요령, 2001.12)
	우기	FS > 1.1~1.2	- 한국도로공사 (도로설계요령, 2001.12) - 영국 National Coal Board

우기시의 안전율 기준은 1.1~1.2이나 본검토에서는 가장 불리한 상태(지하수위 지표면에 위치)의 지하수위 조건이 적용되었으므로 최소안전율(1.1)을 적용하였음.

(3) 안정성 검토결과

Nailing 공법에 대하여 사면안정해석 전용프로그램인 Talren 97을 이용하여 검토한 결과는 다음과 같다.



〈표-5〉 보강방안정리

보강공법	설치간격(m) (수직×수평)	보강재길이 (m)	제 원	설치 각도(°)	설치 단수	비고
Soil nailing	1.5×1.5	상부에서 5단 : 12m 6단에서 9단 : 10m	SD35(D29)	20	9	

3. 검토결론

- 1) 송정2터널 종점부 갱구사면은 확인시추 및 현장굴착결과 지층구성 및 절취형상이 원설계와 상이함에 따라 사면보강방안에 대한 재검토가 필요한 실정임.
- 2) 양양방향은 도로교통기술원에서 대책방안으로 붕적층 제거후 Soil Nailing공법과 FRP공법을 제안하였으며 현장여건, 시공성, 경제성 등을 고려할 때 Soil Nailing공법이 적절한 것으로 판단됨.
- 3) 서울방향은 붕적층은 분포하지 않고 비교적 조밀한 풍화토, 풍화암, 연암의 층을 나타내고 있으므로 시공성 및 경제성을 고려하여 양양방향과 동일한 공법을 적용하여 Soil Nailing공법을 제안하였음.
- 4) 원설계에 반영된 FRP그라우팅공법과 대책공법인 Soil Nailing공법은 기본 메카니즘은 유사한 공법으로 금번 검토사면에 적용은 두 공법 모두 가능하나 공법 선정시 고려사항인 현장여건, 시공성, 경제성을 감안할 때 Soil Nailing공법이 유리할 것으로 판단됨.