

기술검토건명	깎기비탈면(STA. 59+020~59+440구간, 함양방향) 안정성 검토		
공 구 명	대전-서상간 제9공구	검토구분	토 질 및 기초
검 토 기 간	2001. 8. 16. ~ 2001. 8. 20.	검 토 자	백정수, 최우영, 정세훈
근 거 공 문	구두지시(2001.8.16)	최신공문	용마(대전1) 제2001-098호

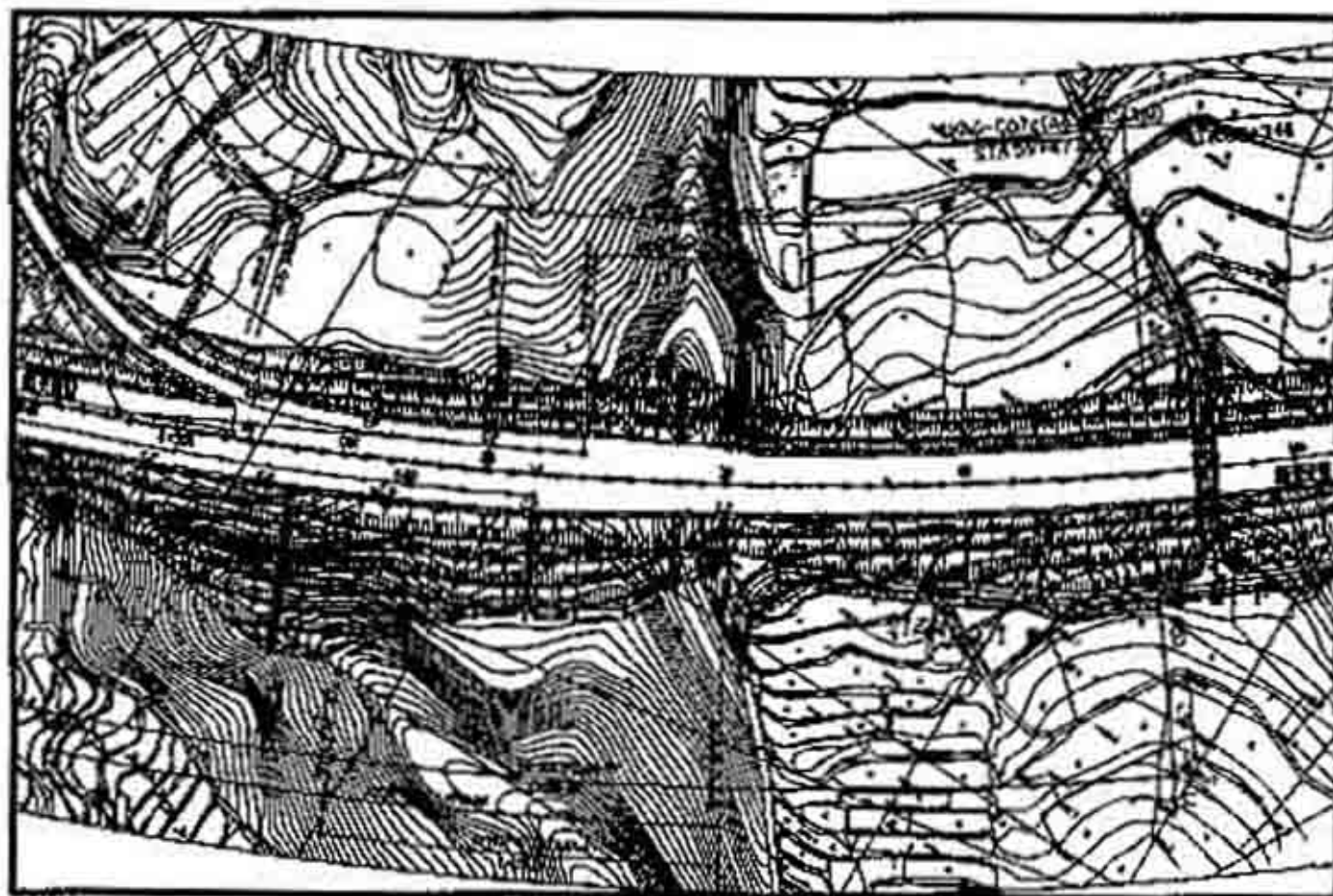
I. 검토목적

대전~통영간 고속도로 대전~서상간 건설공사(제9공구)에서 시공중인 전주선 STA. 59+020~59+440구간(함양방향) 비탈면에서 발생한 활동에 대한 안정을 검토 하고 필요한 대책방안을 수립하여 비탈의 장기적 안정을 도모하고자 함.

II. 검토내용

1. 비탈면 현황

가. 위치평면도



나. 비탈규모

- 평면선형 : R=1,700의 곡선부
- 최대절토교 : 약 53m (STA:59+160지점)
- 시공상태

구 간	높 이	경 사	비 고
도로면-1소단	5m	1 : 1.0	
1소단-2소단	5m	1 : 1.0	
2소단-3소단	5m	1 : 1.2	
3소단 이상	각 5m	1 : 1.5	

2. 지반현황

가. 지층분포상태

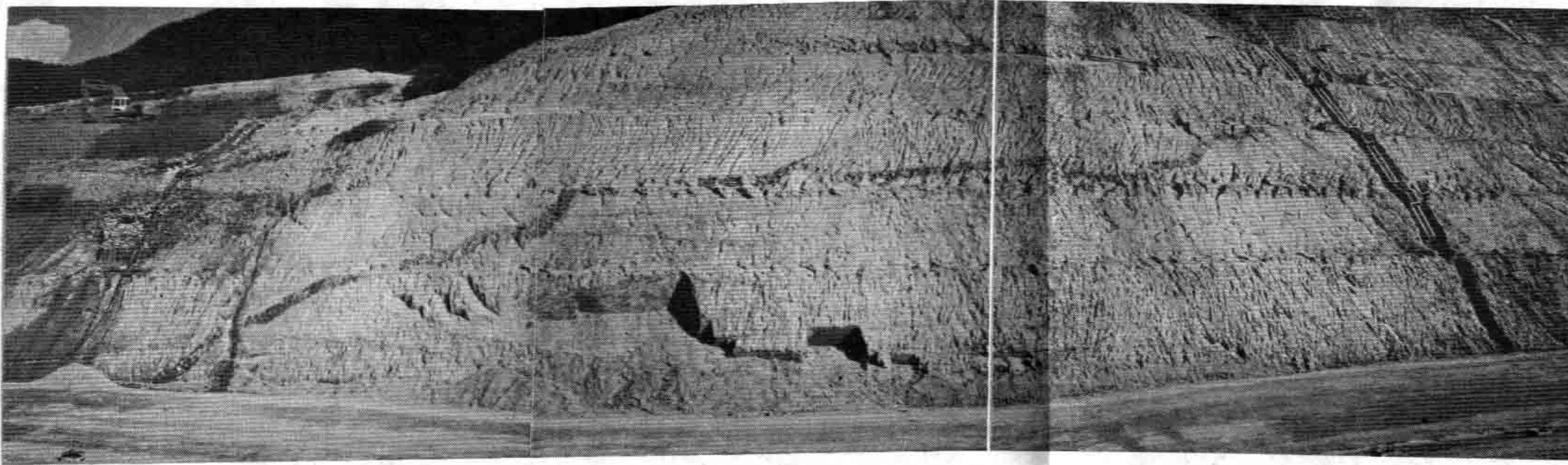
- 본 검토구간에는 화강암류가 기반암으로 폭넓게 분포한다.
- 암반은 심한 풍화작용을 받았으며 비탈면하부로 갈수록 점차 조밀해지고 강도가 증가하는 특성을 나타내나 대체로 CW-HW정도의 풍화상태를 나타낸다.
- 암반은 풍화작용을 받아 입자가 쉽게 부서지며 특히 조립질로 구성되어 유수의 침식, 세굴 작용에 취약한 특성을 나타낸다.
- STA. 59+380부근 지층상부에는 봉적토층이 두께 5~13m정도로 비교적 두텁게 발달되어 있으며 흙의 구성은 실트 및 점토, 모래, 자갈, 호박돌 등이 혼재되어 있는 상태이다. 굵은 입경의 자갈은 보통정도의 둥근형태를 가지고 있어 운반 작용에 의해 퇴적된 것으로 생각된다.

나. 불연속면 발달상태

- 본 검토구간에 발달된 절리는 방향성이 비교적 뚜렷하고 연속성이 뚜렷하다. 절리면은 매끄럽고 국부적으로 소규모의 불특정 파괴가 진행되었으며 추가적인 활동가능성도 잠재해 있다.
- 비탈면내에는 염기성 암맥이 수조 관입되어 있는데 방향성은 불규칙하며 완전풍화된 상태를 나타내나 비탈면 안정에 직접적인 영향은 주지 않을 것으로 판단된다.
- 현장에서 측정된 불연속면의 경사/경사방향은 다음과 같다.
 - 절리군 J1 : 36~50/085~325
 - 절리군 J2 : 70~80/003~018
 - 절리군 J3 : 37~38/158~180

다. 지하수 발달상태

지하수 유출은 STA. 59+180부근 봉적토층에서 많은 양의 지하수가 유출되고 이 지하수로 인해 봉적토층 하부에 분포하고 있는 풍화잔류토층이 심하게 침식, 세굴되고 있어 용출수에 대한 처리대책이 요구된다.



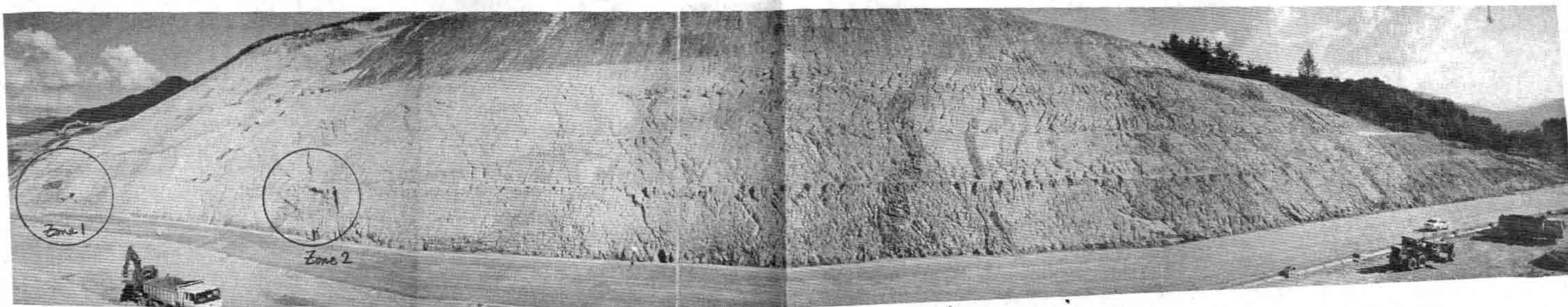
Zone 1 부분 근경사진

- 절리면을 따라 평면파괴 발생. 상부지반으로 확장될 가능성이 매우 높다.

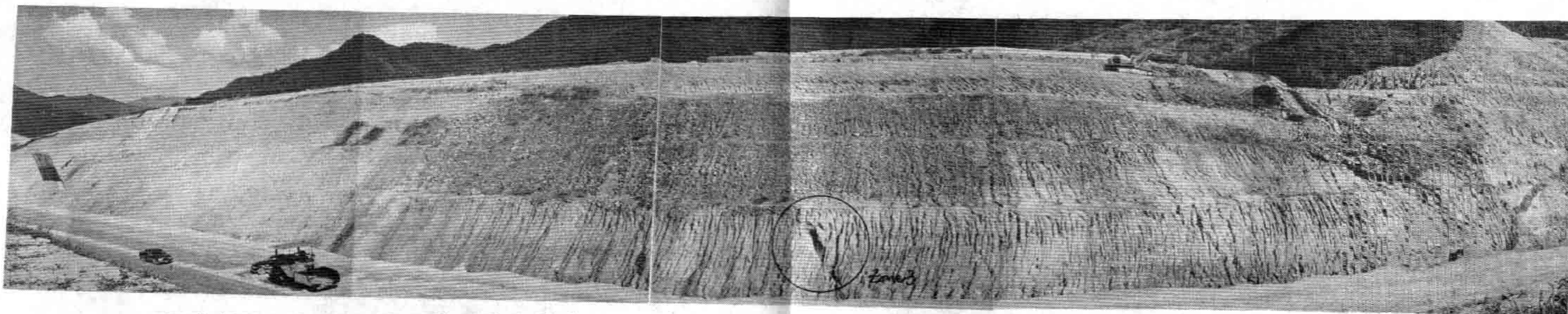


Zone 2 부분 근경사진

- 매우 발달된 절리면을 따라 평면파괴 발생



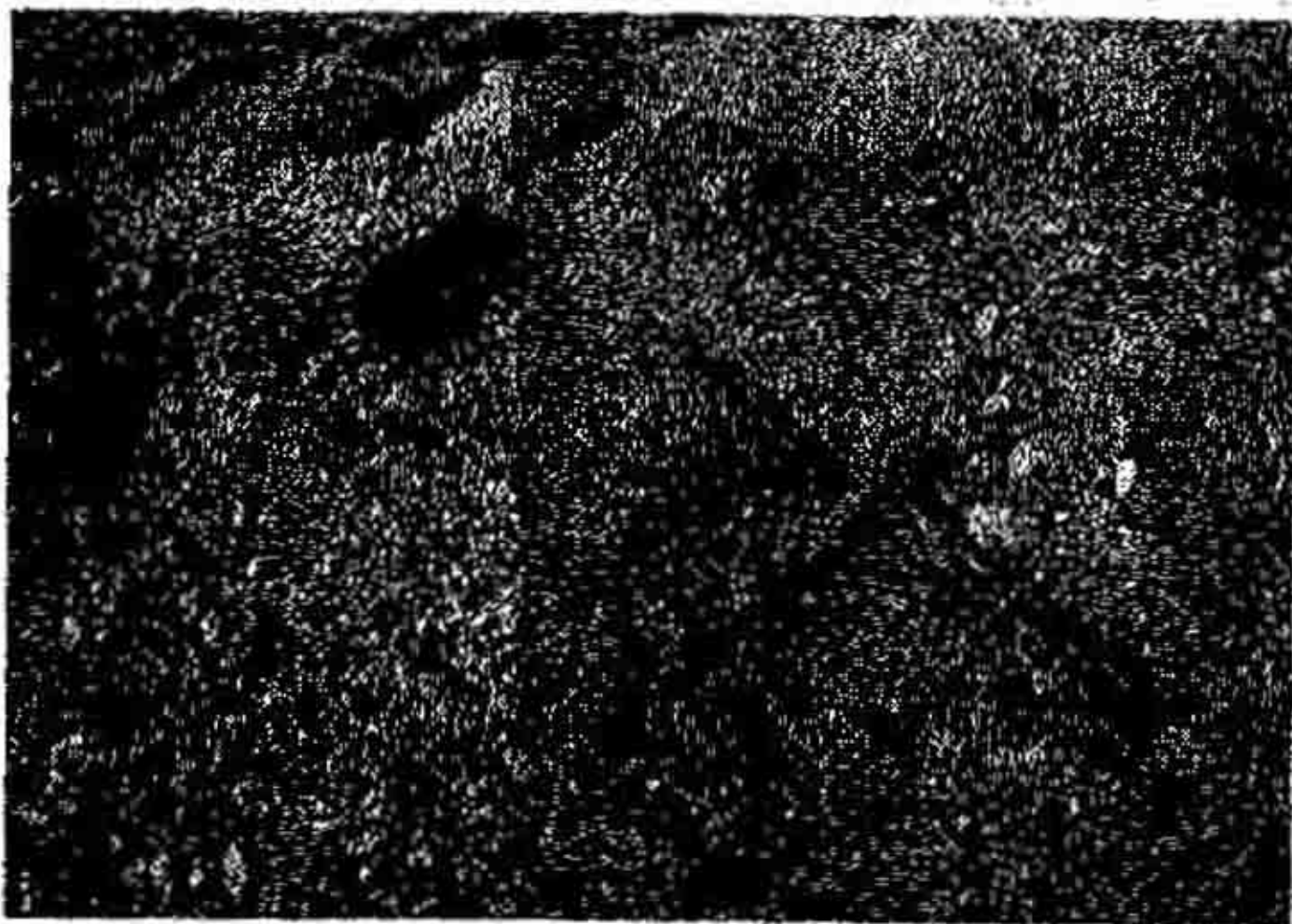
A구간 (STA. 59+020~59+300) 비탈면 전경



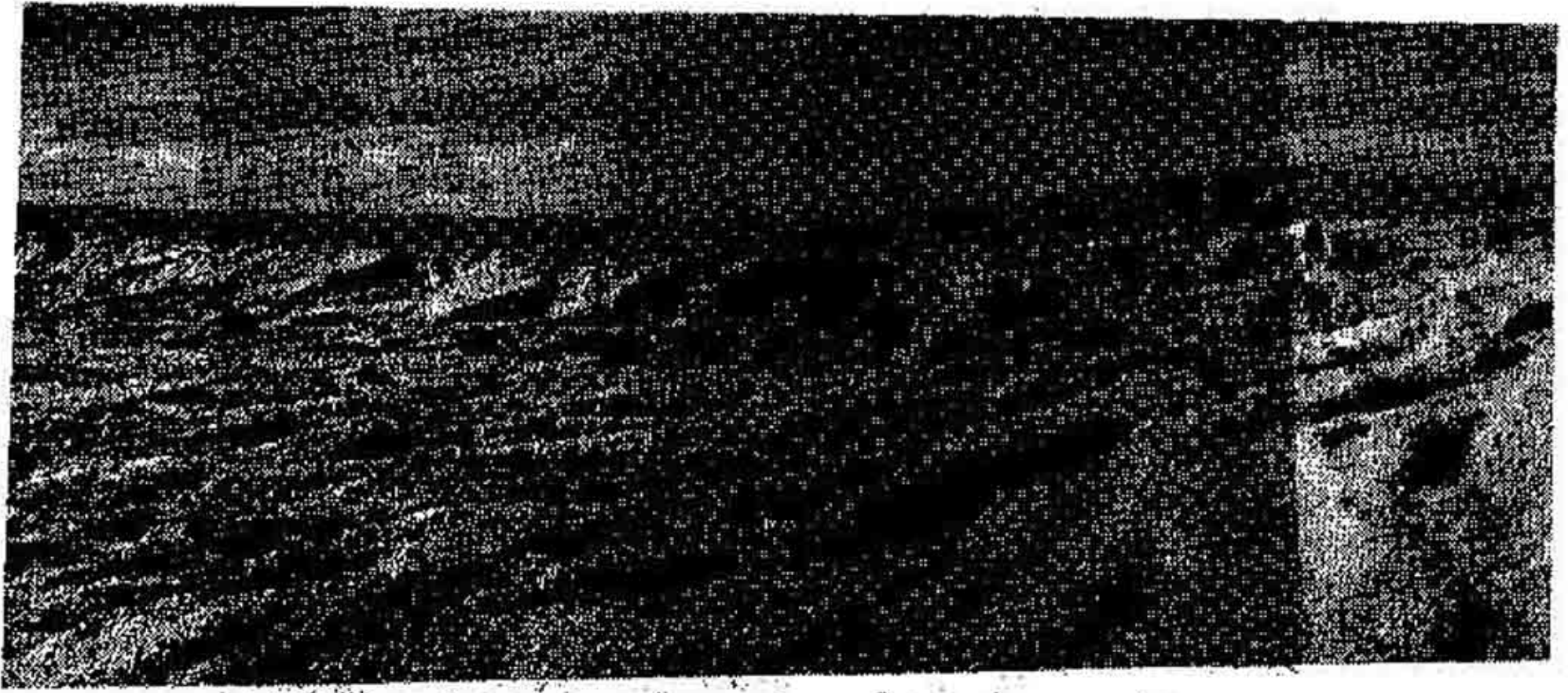
B구간 (STA. 59+300~59+500) 비탈면 전경



Zone 3 (STA.59+360) 비탈면 근경
- 1소단 부위에 인장균열이 발생되어 있음.

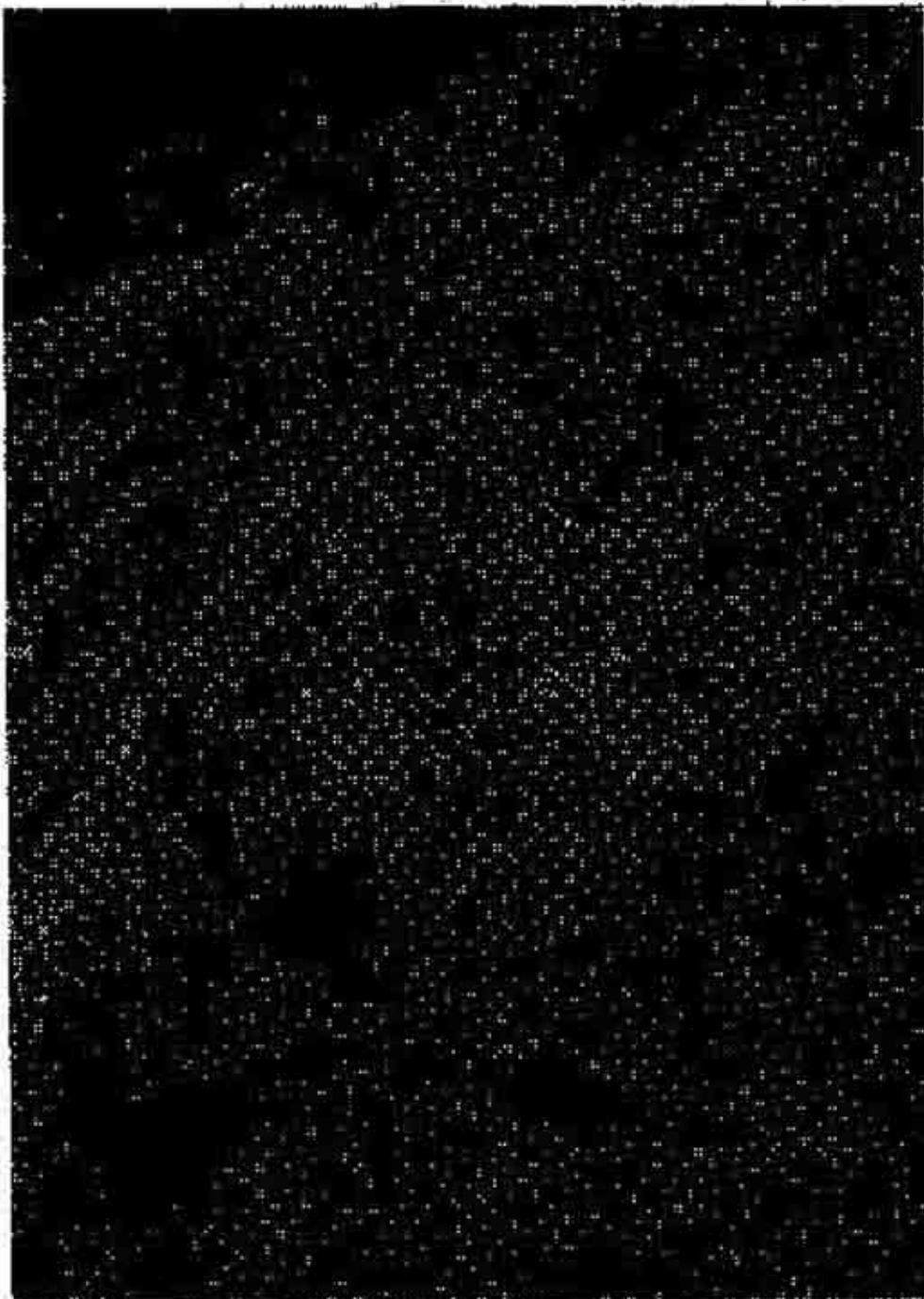


인장균열 근경
폭: 약 1~2cm, 길이: 약 10m

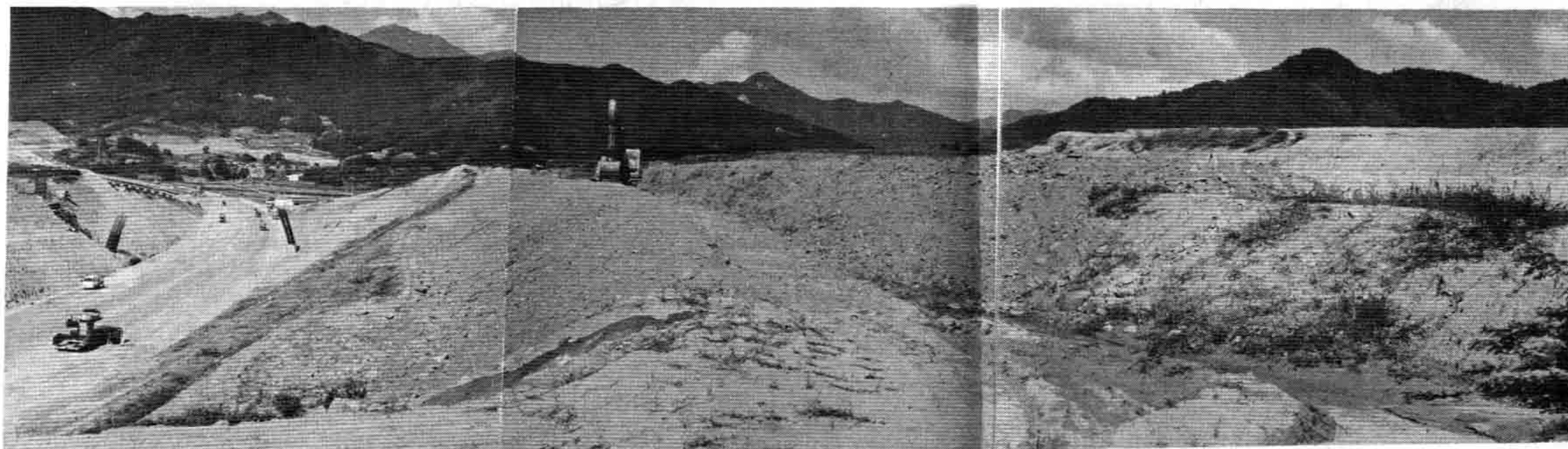


STA.59+240 부근 인장균열 근경

- 우기시 빗물에 의해 심하게 세굴이 발생됨.



비탈면 세굴 근경



STA. 59+300~59+500구간 비탈면 전경

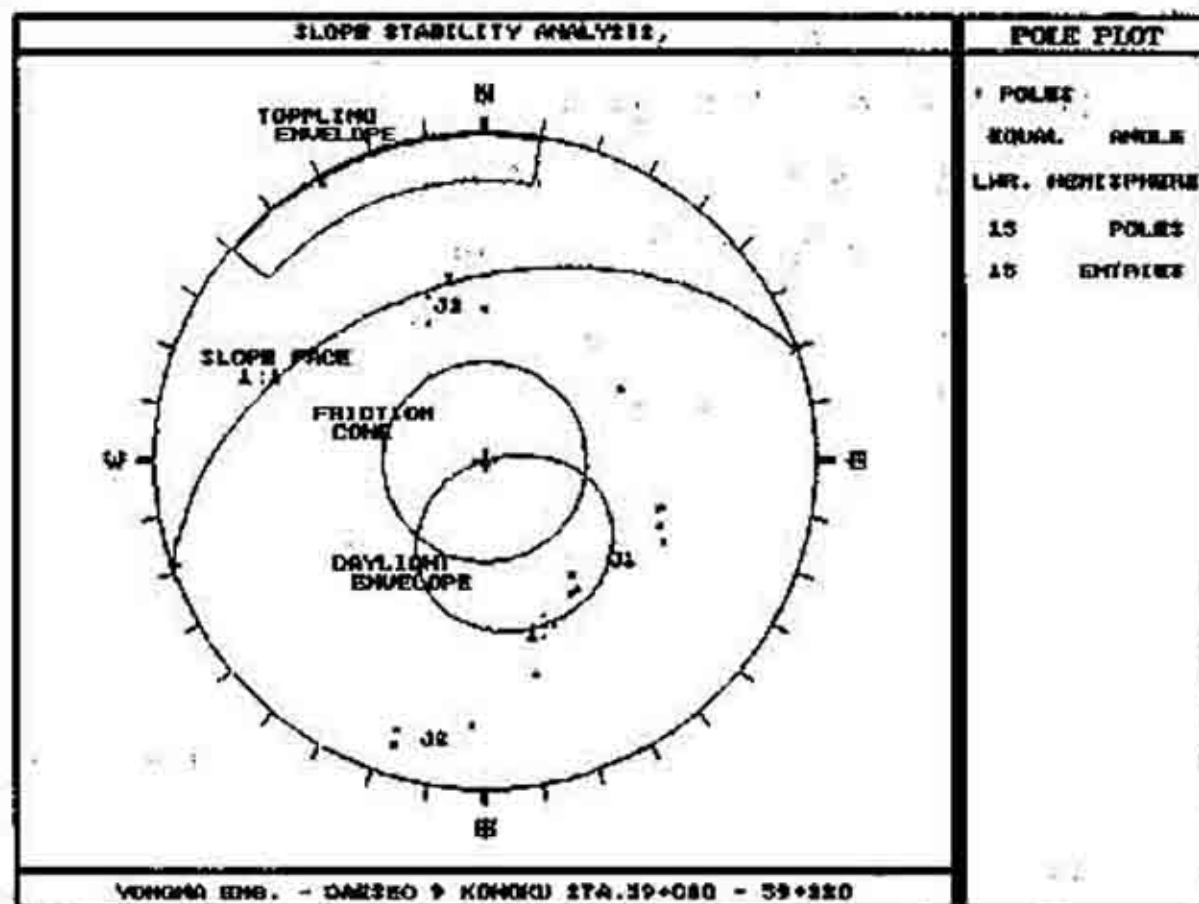
3. 비탈면안정성 분석 및 대책방안 검토

본 검토구간의 비탈면에서 발생된 비탈면 불안정요인은 풍화된 암반내 발달된 절리면이 비탈면내에 나타나고(Daylight) 지표수에 의한 표면침식과 봉적토층을 통하여 지속적으로 용출되는 지하수이며 현장조사결과를 토대로 각 구간별로 안정성을 분석하면 다음과 같다.

가. 안정성분석 결과

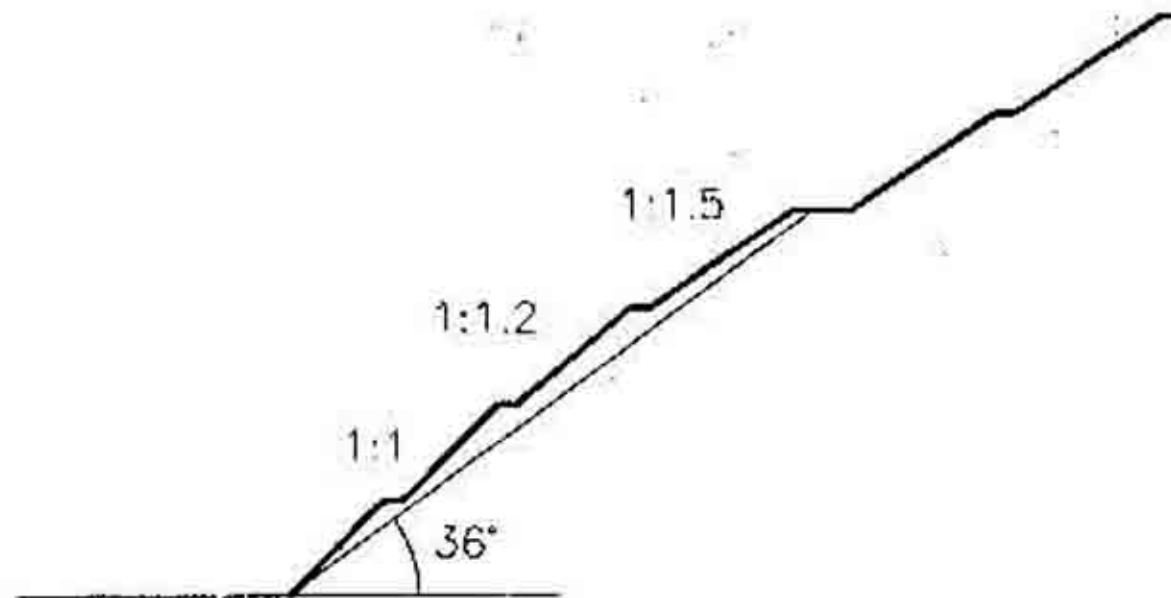
1) A지역 (STA. 59+180지점 부근)

○평사투영결과



- 절리군J1에 의한 평면 또는 쉼기형 파괴가 국부적으로 진행되었으며 추가적인 파괴가능성이 있음.

○ 절리면울 통한 평면파괴에 대한 안정분석결과



(STA. 59+180지점)

$$F = \frac{cA + (W \cos \phi_p - U - V \sin \phi_p) \tan \phi}{W \sin \phi_p + V \cos \phi_p}$$

여기서 c : 점착력 (0.2 t/m^2)

A : 활동면의 면적 (34.0 m^2)

W : 암괴중량 (69.366 Ton)

ϕ_p : 활동면의 경사각 (35°)

ϕ_r : 비탈면의 경사각 (45°)

ϕ : 마찰각(25°)

$$F = \frac{33.296}{39.787} = 0.837$$

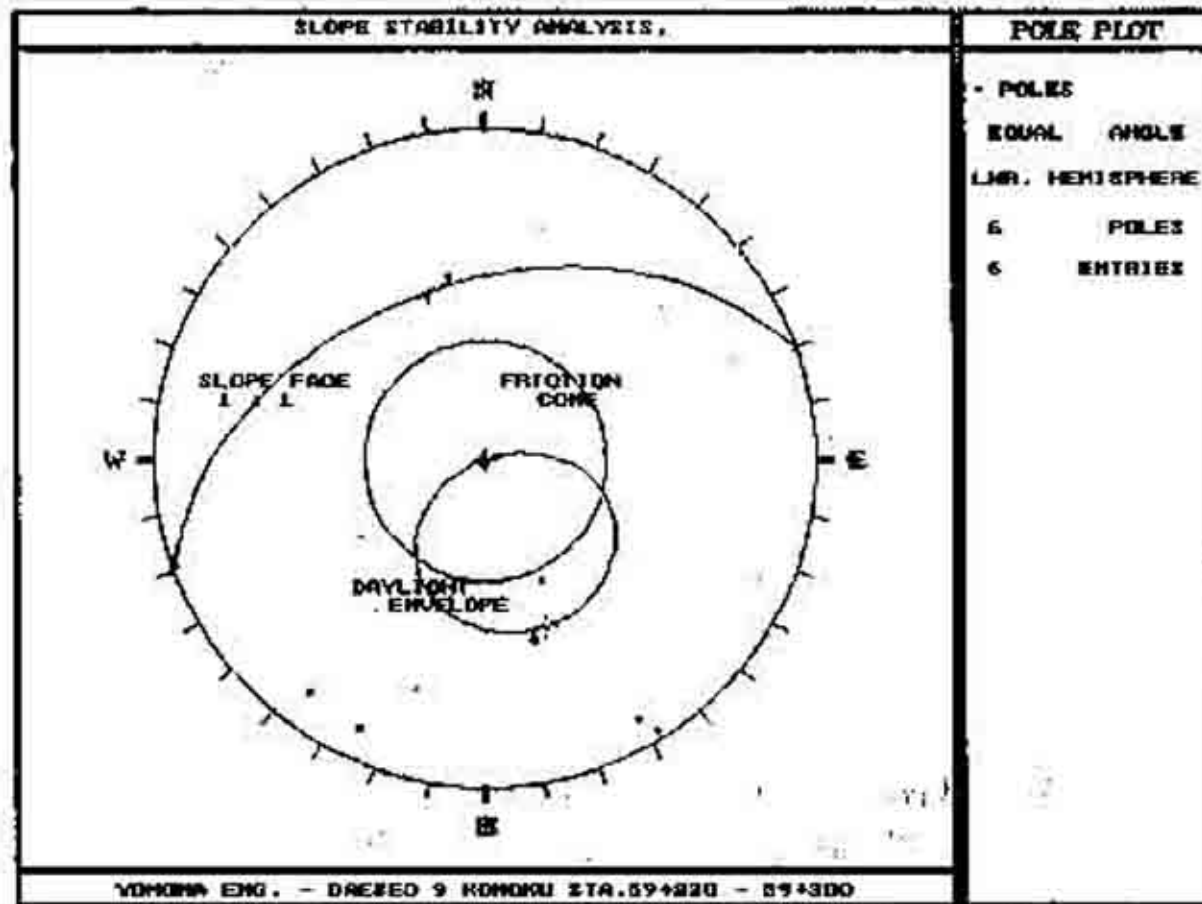
따라서 비탈면의 안정성(안전율 $F_s=1.5$ 이상)을 확보하기 위해서는 다음과 같은 보강력이 필요하다.

$$F_s = \frac{33.296 + P}{39.787} > 1.5$$

$$\therefore P = 27 \text{ t/m}^2$$

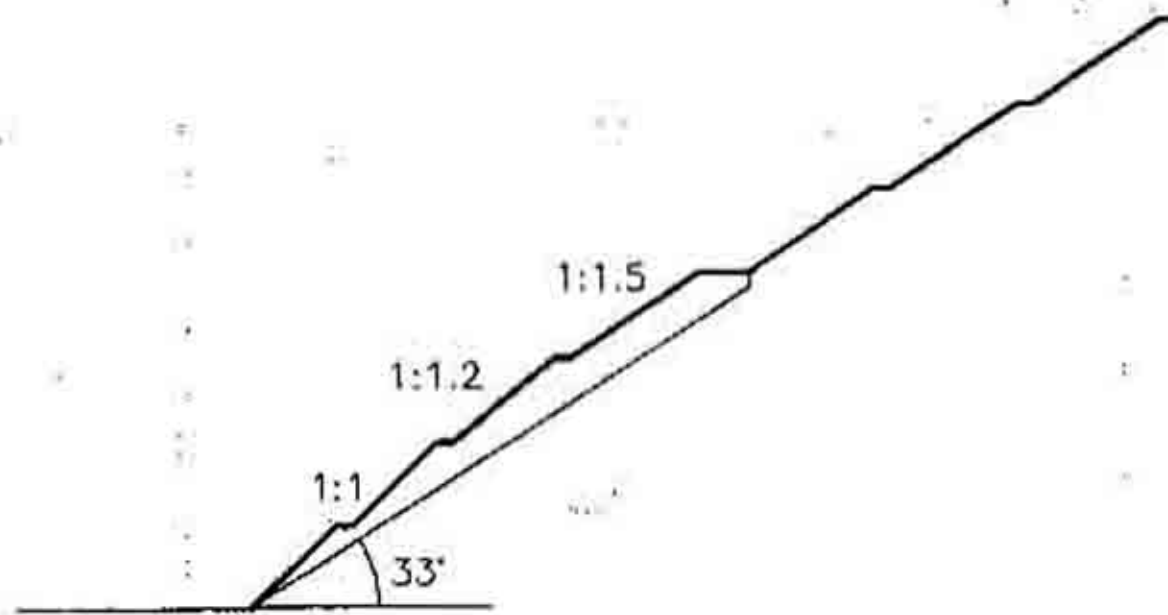
2) B지역 (STA. 59+260지점 부근)

o 평사투영결과



- 절리에 의한 평면파괴가 발생되었으며 추가적인 파괴가능성이 있음.

○ 절리면을 통한 평면파괴에 대한 안정분석결과



(STA. 59+260지점)

$$F = \frac{cA + (W \cos \phi_p - U - V \sin \phi_p) \tan \phi}{W \sin \phi_p + V \cos \phi_p}$$

여기서 c : 점착력 (0.2 t/m^2)

A : 활동면의 면적 (35.0 m^2)

W : 암괴중량 (139.766 Ton)

ϕ_p : 활동면의 경사각 (35°)

ϕ_f : 비탈면의 경사각 (45°)

ϕ : 마찰각 (25°)

$$F = \frac{60.387}{80.166} = 0.753$$

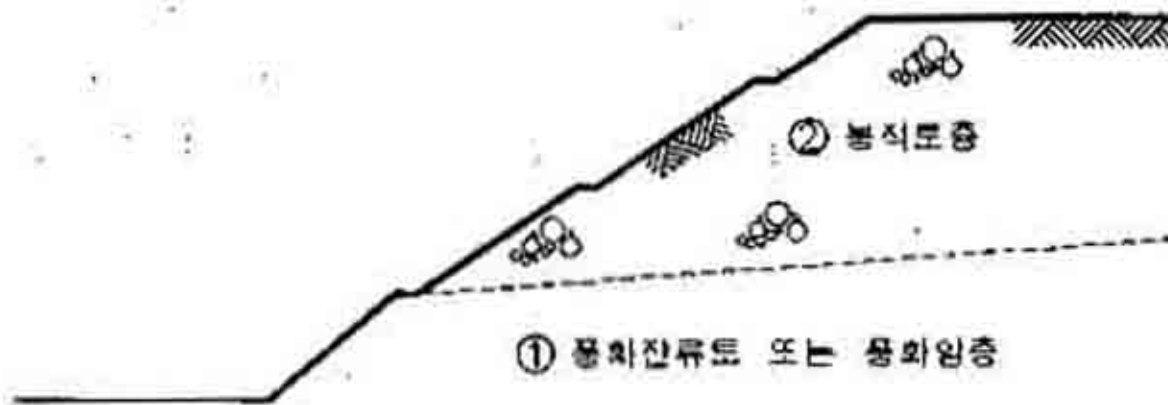
따라서 비탈면의 안정성(안전율 $F_s=1.5$ 이상)을 확보하기 위해서는 다음과 같은 보강력이 필요하다.

$$F_s = \frac{60.387 + P}{80.166} > 1.5$$

$$\therefore P = 60 \text{ t/m}^2$$

3) C지역 (STA. 59+380지점 부근)

○ 본 구간에 예상되는 지층단면은 다음과 같다.



① 풍화잔류토 또는 풍화암층

- 전반적으로 안정상태를 유지하고 있으나 상부 봉적토층을 통하여 유출되는 지하수에 의해 점차 연약화되고 있으며 STA. 59+360부근에는 1소단에 인장균열이 발생되어 불안정할 상태임.
- 봉적토층의 지하수 유출에 의해 하부 풍화잔류토층의 불안정이 예상됨.

② 봉적토층

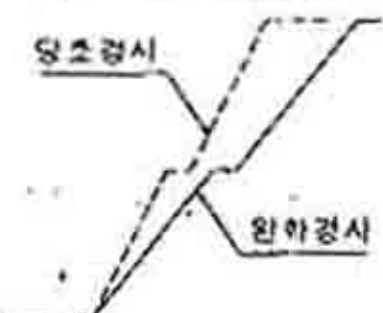
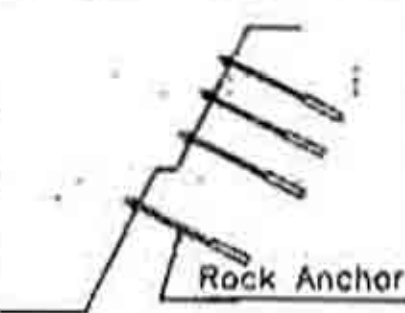
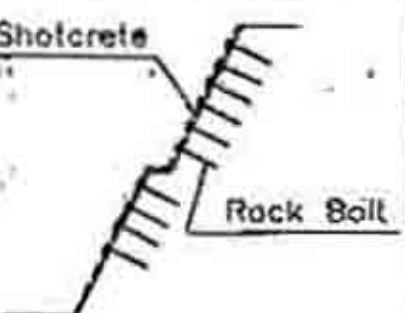
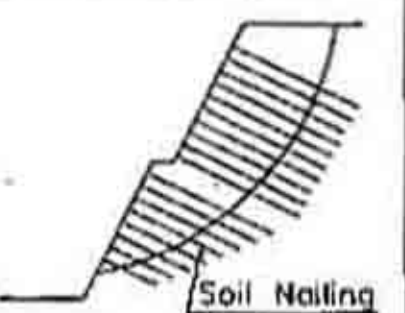
- 봉적토층에서 다량의 지하수가 유출되고 있으며 현재는 비탈(1:1.50)을 유지하고 있으나 지속적으로 지하수가 유출될 경우 토립자가 유실되어 안전율이 저하되어 비탈면의 장기적 안정유지가 어렵게 되고 겨울철 표면수가 동결되며 수압이 증가하여 비탈면활동을 야기할 수 있음.

나. 비탈면 안정대책공법 검토

1) 비탈면 안정대책공법

불안정한 도로 절개면에 대한 안정대책공법은 비탈면의 경사를 완화시키는 방법과 Rock Bolt, Rock Anchor 또는 Soil Nailing 등에 의한 보강방법이 있다. 이러한 대책공법의 개요 및 장·단점은 다음 「표-1」과 같으며 상기 안정성 분석결과를 토대로 본 현장의 지형 및 암반상태 등을 고려한 공법의 적용성을 검토하면 다음과 같다.

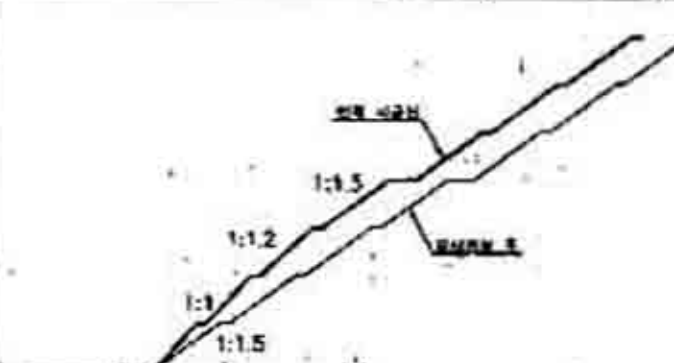
「표-1」 공법의 개요 및 장·단점 비교검토

구분	공 법 의 종 류			
	경사완화 공법	Rock Anchor 공법	Shotcrete+Rock Bolt공법	Soil Nailing 공법
공 법 개 요	깎기면의 경사를 완화시켜 비탈면안정 도모	Rock Anchor에 의하여 전단저항력을 증가시켜 비탈면안정 도모	암반의 이완 및 급속한 풍화작용에 의한 비탈면 불안정 방지	Nail을 Prestress 없이 충출한 간격으로 삽입하여 전체적인 전단저항력을 증가시켜 비탈면안정 도모
				
장 점	- 지층의 종류 및 상태에 관계없이 적용가능 - 시공용이 - 안정감 부여 - 미관양호 - 장래 도로확장시에도 문제점 없음	- 추가 용지구입 불필요 - 예상활동면이 비교적 깊은 심도의 경우에도 적용가능	- 추가 용지구입 불필요 - 예상활동면이 얇은 심도에 분포할 때 적합	- 추가 용지구입 불필요 - 소형기계를 이용하므로 시공성이 우수 - 파괴기구가 비교적 양호 - 비교적 소음, 진동이 적어 도심지 시공에 적합
단 점	- 추가 용지구입 필요 - 자연비탈면의 경사가 급한 경우 적용 곤란 - 이설이 어려운 중요 구조물 위치시 적용 곤란	- 정착부에 비교적 견고한 암반 분포시 적합 - 붕괴부위 및 인장균열에 대한 별도처리 필요 - 집중호우시 대규모 붕괴발생 가능성 - 장기적인 안전관리를 위하여 지속적인 계측관리 필요	- 예상활동면이 깊은 경우 적용 불가 - 붕괴부위 및 인장균열에 대한 별도 처리 필요 - 집중호우시 대규모 붕괴 가능성 - 장기적인 안전관리를 위하여 지속적인 계측관리 필요	- 공법자체의 특성에 기인한 수평 및 수직변위 발생 - 부식성 토양에 시공시 네일의 부식성 및 내구성에 유의 - 쏫크리트를 이용한 전면판 시공시 미관상의 문제발생

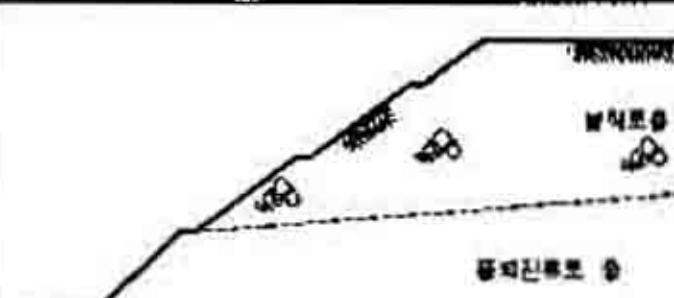
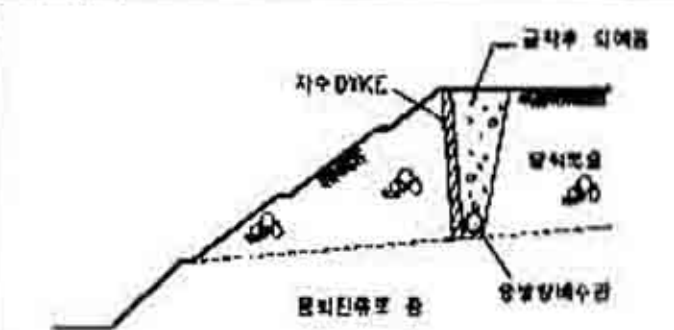
2) 본 검토구간에서의 적용성 검토

안정분석결과를 토대로 본 검토 각구간에 대한 안정대책의 추천안은 다음과 같다.

○ A·B 지역 (STA. 59+020~59+300)

비교안	대책공법	추천안
제1안	Nailing공법 + 비탈면 세굴방지용 녹화공법	- Sliding 발생지역 주변 이완부위에 대한 보강 A지역 : STA.59+170~59+230 B지역 : STA.59+250~59+300 - 비탈면 녹화공법
제2안	경사완화공법	

○ C구간(STA. 59+300~59+440)

비교안	대책공법	추천안
제1안	현장타설 콘크리트 격자볼록 + 비탈유도배수공법	 - 콘크리트 격자볼록 - 현재비탈면 경사에 대한 정밀안정분석 후 소요안전율이 부족한 경우에는 Soil Nailing 등 보강 필요.
제2안	배면유도배수 (L=100m)	 - 침투수를 유도배수하므로써 지하수로 인해 발생하는 문제점을 근본적으로 해소 - 굴착부의 용지사용, 차수층재로 구획 가능성, 잔여공기에 대한 검토가 필요함.

III. 검토결론

현장조사 및 안정성분석결과를 토대로 검토결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 본 검토구간은, 화강암이 기반암으로 분포하며 암반내 발달되어 있는 절리는 연속성이 뚜렷하고 절리면은 매끄러운 상태이다.
2. 비탈면은 식생이 어려운 조립질 토사(마사토)로 구성되어 있어 우기시 빗물에 의해 심하게 세굴되며 특히 절리면을 따라 침식이 발달되어 비탈면의 안전율이 감소하고 있다.

3. 비탈면 안정대책으로는

국부적인 파괴가 발달되어 비탈면전반에 걸쳐 발생 가능성이 있고 활동깊이가 얕은 것으로 예상된다. 안정대책으로 비탈경사조정이 가능하나 용지추가매입, 시공성불량, 잔여공기에 따른 공정 등을 고려할 때 현실성이 결여될 수 있다. 대안으로 Sliding 구간에 대한 보강과 유도배수공을 설치하고 비탈표면에 녹화공법을 병행하고 Sliding 발생 부위는 계단식콘크리트 설계를 고려할 수 있을 것이다.