

보령댐 이설도로 위험사면 안정대책 수립방안 (Stabilization Plan for Dangerous Slope of Relocated Road in Poryong Dam Area)

박 철숙¹⁾, Chal-Sook, Park

요약(Abstract)

보령댐 이설도로는 5개노선, 26.2Km의 연장을 가지고 있으며 보령댐 건설로 수몰되는 기존의 도로를 저수지 외곽으로 이설하여 건설되었다.

연구는 연장 9.5Km인 면리 1 호선의 퇴적암과 변성암(편마암, 편암)으로 구성된 불안정 사면이 강우 또는 풍화에 의해 붕괴된 사면에서 수행되었다.

사면안정 대책을 수립하고자 광역지질구조 해석을 기초로하여 지질도작성, 불연속면 측정, 파괴 매카니즘 유추를 포함하는 지표지질조사를 수행하고 실내에서 DIPS 3.1 프로그램을 활용하여 사면안정 해석을 하였다.

분석결과를 바탕으로하여 시공성, 경제성, 안정성을 고려한 현장여건에 적합한 최적의 방안을 수립, 시공하였다.

The relocated roads in Poryong Dam area consist of five routes, their total extension is 26.2 Km. They were constructed along the periphery of the Poryong Dam reservoir not to be affected by reservoir impounding. The study area(No. 1 route of Meonri) has unstable rock slopes, which consist of Sedimentary & Metamorphic rock such as paragneiss and schist. Surface geological investigation including measurement of Discontinuity plane, and Geological map drawing were done in order to establish stabilization plan. Slope stability analysis was done using the DIPS ver. 3.1 as well. The established stabilization plan is based on the above investigations and analyses taking into the economics and stability. According to the proposed stabilization plan its construction work was successfully completed.

주요어(Keywords)

광역지질구조(Regional geological structure), 파괴 매카니즘 유추(Inference of Rock Failure Mechanism), 지표지질조사(Surface Geological investigation), 지질도작성(Geological map drawing), 불연속면 측정(Measurement of discontinuity plane)

1. 서론

보령댐 이설도로 면리 1호선의 암반절취사면 중 강우 또는 풍화에 의해 붕괴되거나 불안정

1) 한국수자원공사 보령댐수도건설사업단 공사부 대리

Action Sub-Sec. Chief, Construction Sec., Poryong Dam & Water Supply Construction Office, KOWACO)

하게된 사면에 대한 안정대책을 수립하였다.

대책수립의 기초자료로써 광역지질구조조사 및 해석결과 보령댐 일원의 지역은 주향이동단층 운동시 기반암의 기복에 따라 단층, 습곡, 전단대의 변화가 심함을 파악하였다.

조사대상사면에서 지질조사를 수행하여 암질의 특성을 파악, 불연속면의 상호관계에 의한 파괴양상을 유추하여 실내에서 평사투영법으로 분석하였다.

분석결과에 의거하여 현장의 여건에 타당한 사면안정 ecoir을 수립, 시공완료한 현 시점에는 별 문제가 없는 것으로 확인되었다.

2. 광역지질구조

2.1. 연구방법

기존 연구자들은 퇴적암의 층서적 분대 및 퇴적환경에 주안점을 두고서 충남분지의 구조적 해석을 시도하였으나 지질구조를 습곡 또는 단층으로 해석하였으나, 부분적으로 설명되지 못하는 부분이 있다.

금번 연구에서는 본 연구지역에서 발견된 석영이 충전된 Tension gash의 구조지질학적 접근을 시도하였다. Tension gash가 퇴적암 내 특정부분에서만 발견되는 점은 의미가 있으며 Tension gash를 형성시킨 응력장 분석과 퇴적암 내 습곡의 상관관계에 초점을 두고 구조해석을 실시하였고 이를 바탕으로 비록 많은 연구와 검증이 요구되지만 충남분지 전체의 형성 mechanism을 설명할 수 있는 모델을 제시하였다.

2.2. Tension gash의 형성기구

“Such local inversion of the geothermal gradient may result in general metamorphism.

An example of this occurs adjacent to some high level parts of the 'Moine thrust, where such local 'metamorphism' gives rise to the development of quartz depletion zone, adjacent to and immediately below the thrust plane, which is, in turn, underlain by a zone of quartz veins which decrease in importance(i.e. number and thickness of veins) away from the thrust plane(C. Fabry personal communication).”

- Price & Cosgrove,1990, Analysis of geological structure.

본 연구 지역의 퇴적암 내 특정부위에만 분포하는 Tension gash는 물을 다량으로 함유한 Thrust Faulting이 발생할 때 Fig. 1, 2, 3.에서 보는 바와 같이 stress가 집중되는 부위는 단층면 상부이며 그 결과로 Thrust plane상부에서만 Tension gash가 형성되는 것으로 판단된다.

2.3. 연구결과

조사지역 내에 위치한 보령댐 수몰지 상류측 구 도로변에서 연성전단운동을 받은 안구상 편마암이 분포함을 발견하였으며 노두 조사시 좌수향전단운동임이 확인되었다. 이들 연성전단대는 먼리 1호선 6K부근과 보령댐 본댐 좌안사면에서 곰재방향의 능선 및 군도 1호선 1K+650지점에서 발달되어 있으며 위치에 따라 고각도에서 저각도로 전이하는데 변성암의 분포지가 넓은

곳은 고각을 이루는 반면 좁은 지역은 저각을 이루고 있음이 특징이다.

변성암 상부에 부정합면 관계로 피복되는 것으로 추정되는 퇴적암류는 암상의 측방변화가 매우 심하며 군도 1호선 중대교 부근에서 이들의 상호 관계가 Thrust 운동에 의한 단층접촉 관계임을 확인하였다. 또한 습곡축 및 tension gash의 분포양상을 살펴본 결과 기반암인 변성암류와 퇴적암류는 동시기 구조운동을 반영하는 것으로 해석되었다. 즉, 서북서-동남동 방향의 압축력에 기인한 thrust 운동이 있었으며, 부분적으로 이와 수반된 습곡 및 tension gash가 발달한다.

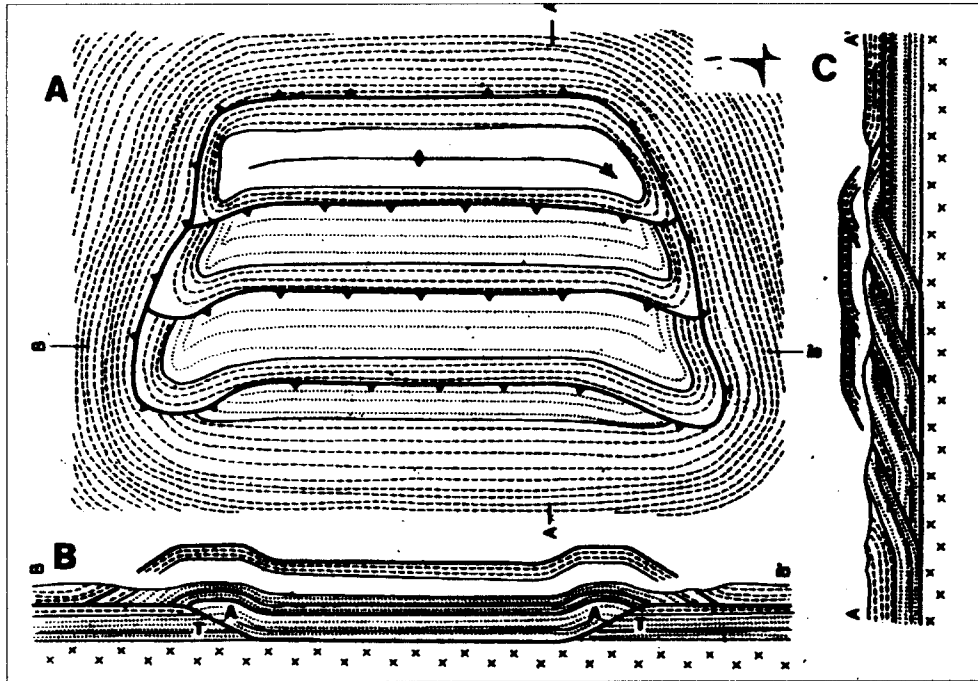


그림 1. General structure of thrust zone
(after Boyer and Elliot, 1982).
A: plane view B, C: cross section profile of A

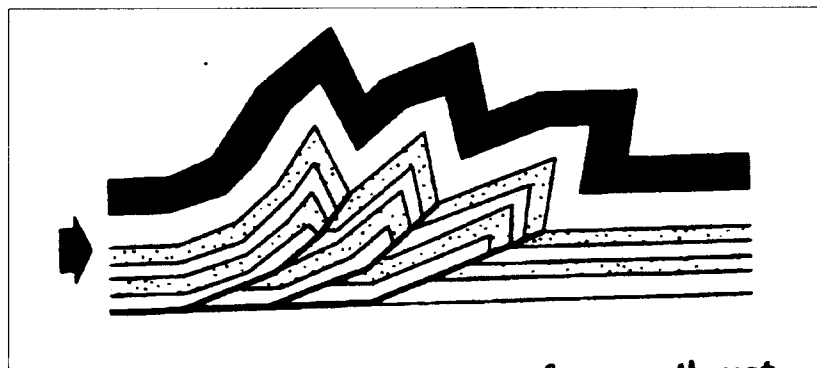


그림 2. Typical geometry of ramp thrust.

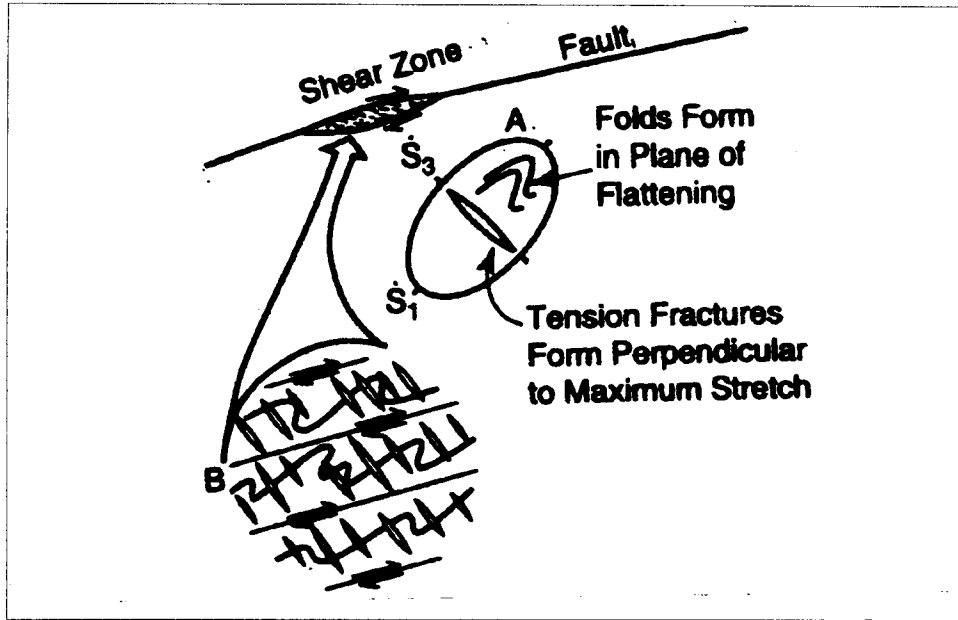


그림 3. The relationships between thrust fault plane and tension gash (after Davis et al., 1991).

조사지역 우측 홍산지역은 기반암의 장애물에 의해 응력장 이완과 회전성분으로 동서-남동 방향의 소습곡이 발달하게 되었다(그림 4). 이는 그림 4의 습곡축과 tension gash를 이용한 주 thrust운동(표 1.)의 축선이며, 변성암과 퇴적암은 thrust 구역내 pop up 양상의 구조를 보임을 의미하는데 tension gash의 경사각 변화를 추적할 때 유추된다.

기존 연구에서 변성암의 시기 및 기원에 대한 논란이 있었으나, 금번 조사결과를 볼 때, 기반암으로서 시대미상의 변성암류(안구상편마암, 운모편암등)가 있었고, 이들 변성암류는 시대미상의 연성전단운동을 받았다.

조사 결과를 종합하여 보면 기존의 연구에서 시대 및 변성기구의 논란이 있었던 변성암류는 시대미상의 기반암으로 생각되고 이들 기반암은 좌수향의 연성전단운동을 받았다. 그 후 퇴적분지가 형성되어 퇴적물이 쌓인 다음 thrust 운동을 받게 되었는데 기반암의 장애작용에 의해 pop-up구조가 형성되었다(그림 5).

마지막으로, 조사결과를 이용하여 충남분지의 분지구조운동사를 설명할 수 있는 몇 가지 모델을 제시하고자 한다. 그러나, 이들 모델은 보다 많은 검증과 야외조사가 필요할 것으로 사려되므로 신중하게 받아들여야 할 바란다.

- 1) strike-slip에 수반된 thrust운동
- 2) Thrust 운동에 기인된 국부적 strike-slip.

3. 사면안정대책

3.1. 면리 1호선 1K+920 ~ 2K+040 구간(북동사면)

3.1.1. 개요

본 조사구간인 면리1호선 1K+920 ~ 2K+040 구간(북동사면)은 사면고 18m에 1:5 ~ 1:1의 변화를 가지는 구배를 보이며 사면의 경사방향은 300도 방향이다.

표 1. 습곡축과 Tension Gash의 방향.

FILE	EIGEN VALUE		K	5% Confidence	MEAN	THRUST DIP(°)	REMARK
T 1	11.9	18.5	18.93	3.52	71.5→192	18	Tenion Gash
	269.1	33.4					
	125.9	50.6					
T 2	8.4	12.8	1.95	15.10	77.2→188	13	Tenion Gash
	184.5	77.1					
	278.2	0.8					
T 3	7.8	9.2	2.19	21.81	80.8→188	09	Tenion Gash
	274.2	21.2					
	120.0	66.8					
T 4	13.8	41.6	3.52	17.80	48.4→194	42	Tenion Gash
	108.8	5.6					
	205.1	47.8					
T 5	338.4	54.8	5.07	17.62	35.2→158	55	Tenion Gash
	219.8	18.7					
	119.1	28.7					
T 6-1	7.1	19.3	2.46	15.25	70.7→187	33	Tenion Gash
	101.7	13.1					
	223.8	66.8					
T 6-2	242.9	34.4	15.57	8.54	56.6→63	19	Tenion Gash
	152.0	1.4					
	59.9	55.5					
T 7	10.3	8.3	1.67	27.08	81.7→190	08	Tenion Gash
	279.7	3.9					
	164.8	80.8					
T 8	8.1	23.2	36.45	-	66.8→188	23	Tenion Gash
	274.4	8.5					
	165.6	65.1					
TH 1	332.2	47.3	3.55	12.46	40.5→129.9	-	Reverse Fault
	229.7	11.3					
	129.9	40.5					

표 1. 습곡축과 Tension Gash의 방향(계속).

FILE	PLUNGE(°)	AZIMUTH(°)	LOCATION	ROCK
D 1	11.9	39.5	군도 1호	퇴적암
D 2	8.0	36.7	군도 1호	퇴적암
D 3	62.3	162.7	군도 1호	퇴적암
D 4	72.4	84.7	군도 1호	퇴적암
D 5	11.5	33.4	군도 1호	퇴적암
D 6	48.8	354.7	군도 1호	퇴적암
D 7	34.4	107.5	군도 1호	퇴적암
D 8	19.7	261.7	군도 1호	퇴적암
D 9	12.1	18.5	면리 1호	변성암
D 10	20.1	35.1	군도 1호	변성암

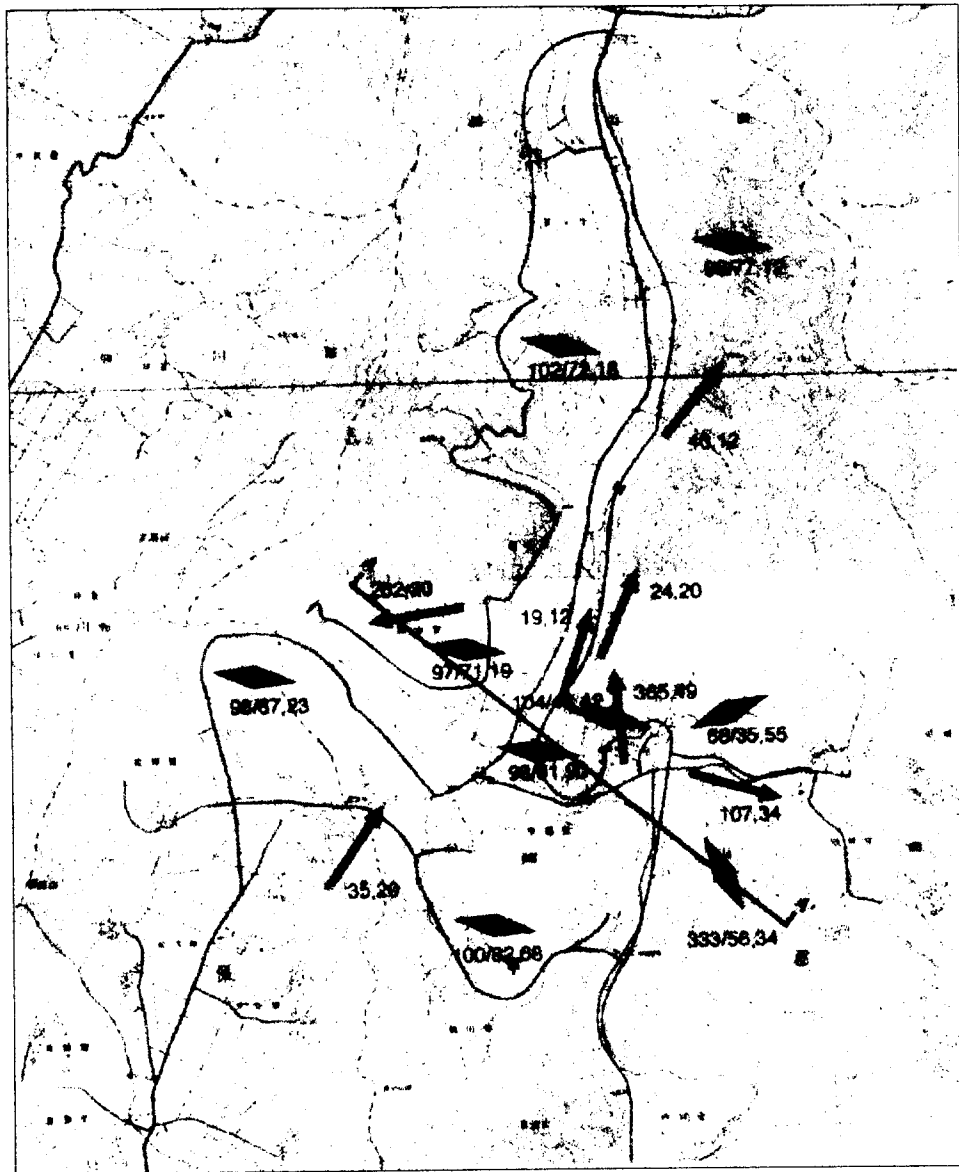


그림 4. 습곡축과 tension gash의 지역별 분포.

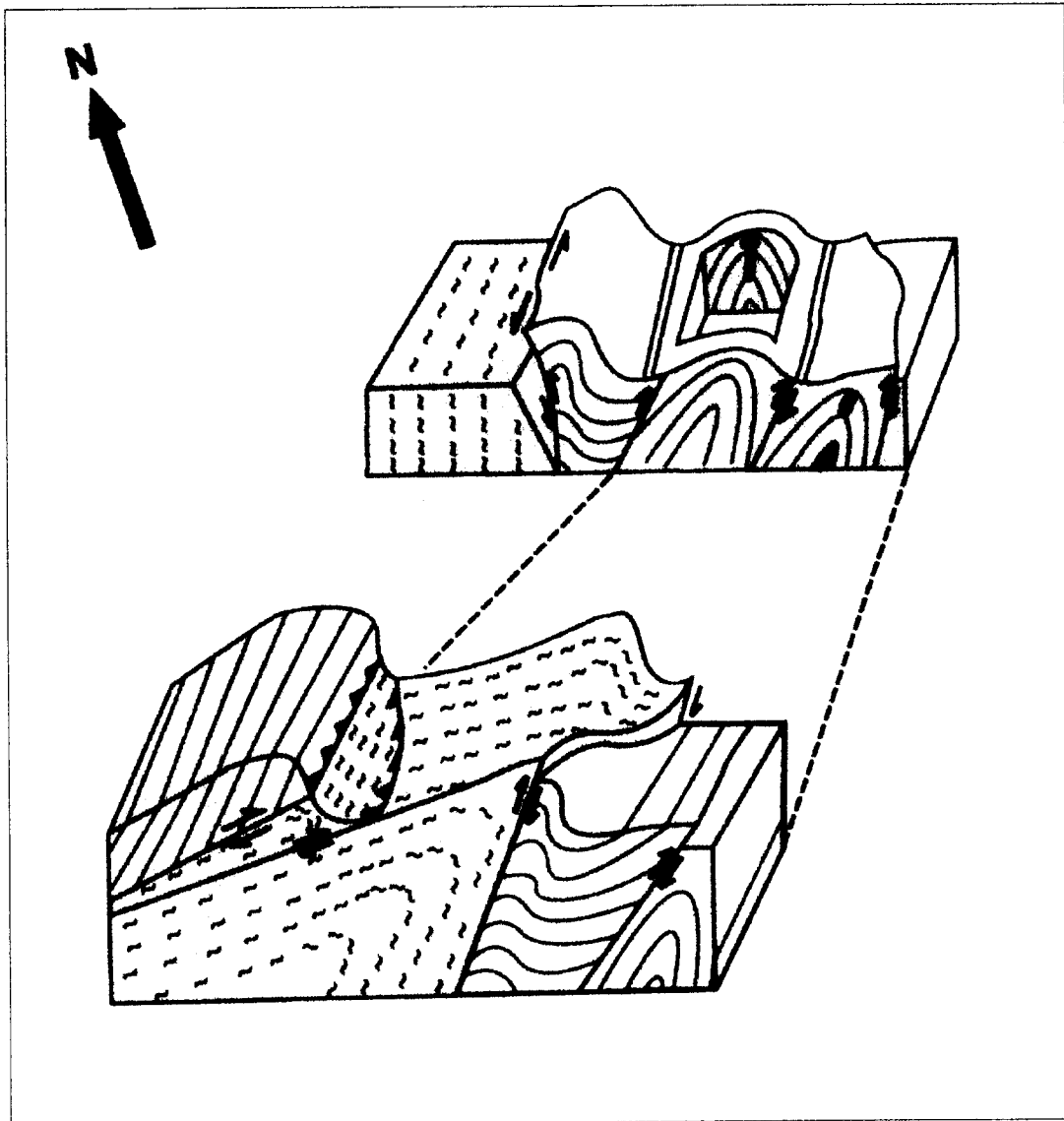


그림 5. 조사지역의 구조형성 모델.

사면을 구성하고 있는 암석은 피상의 사암이 중앙부에 분포하고 그 주변부에는 탄질 Shale이 파쇄대를 이루면서 발달하고 있다(그림 6).

그러나 이들 퇴적암류를 불규칙하게 관입한 안산암질 암맥 및 사면전체에 발달한 단층대, 절리로 인하여 굴착후 지속적인 붕괴가 진행되고 있어 사면의 안정성이 낮은 것으로 판단되었다(그림 7, 8).

사면의 배후에 발달한 안산암질 암맥의 분포양상을 파악하기 위해 야외에서 직접 지질도를(그림 9) 작성하고 측정된 불연속면을 Stereonet상에 투영시켜 불안정요소를 파악한후 적절한 사면안정 대책을 수립하고자 함이다.



그림 6. 사면 중앙부에 발달한 탄질세일 및 사암.

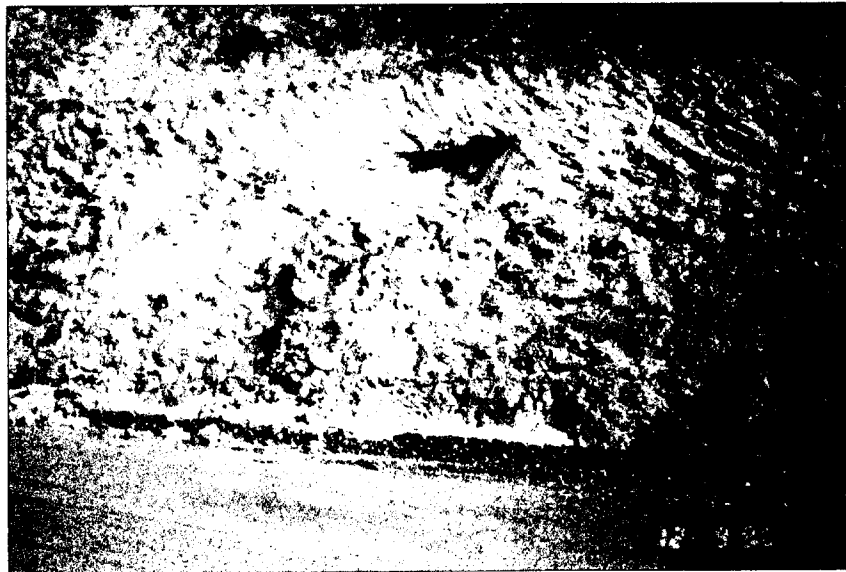


그림 7. 안산암질암맥 부위에서 발생한 소규모 붕괴.



그림 8. 사면의 중앙부에서 발달된 썩기파괴.

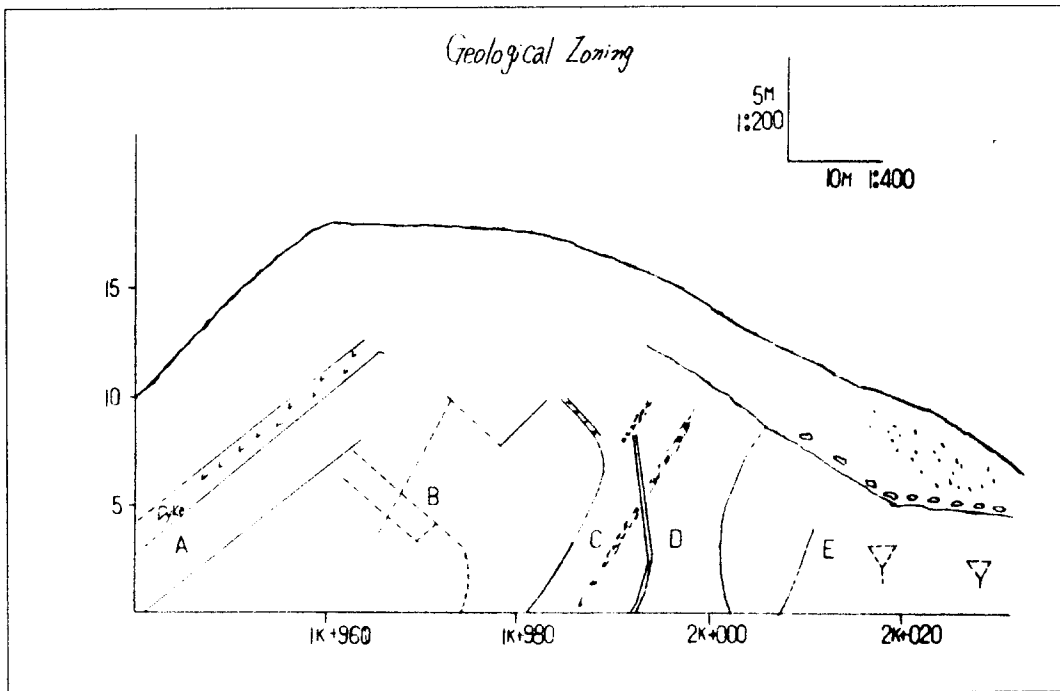


그림 9. 먼리 1K+ 920 ~ 2K+ 040 구간의 지질도.

3.1.2. 야외에서 관찰된 지질상태

본 조사구간은 다양한 암질이 분포하고 좁은 구간에서도 암질의 변화가 심하다.

절취사면의 전체적인 발달상태를 살펴보면 사면 중앙부위 소단상에 절리의 상호교차에 의한 국부적인 썩기파괴가 발달하여 암반이 낙반된 상태이며, 굴착후의 지속적인 강우 및 강설로 인하여 비교적 심한 풍화양상을 보여주는 암석들이 이완되어 파괴가 진행되고 있어, 사면상부의 조사 및 불연속면의 측정은 불가능하였다. 복잡한 암질의 분포로 인한 파괴양상이 상이하므로 야외조사시 암질의 발달에 따라서 분대를 실시하였고 각 분대별 관찰사항은 다음과 같다.

1) A 부분

조사구간의 가장 좌측 부분으로 중립질 사암을 안산암질 암맥이 사면의 배후도 관입한 것으로 판단되나, 전체적인 풍화가 심하여 원지반선 직하부에 분포하는 층적층과의 경계는 불명확하다. 소단상부에서 측정된 암맥은 170/78, 346/72로 비교적 고각도를 보이거나 주향이 상반된 점으로 보아서 불규칙한 형태를 이루고 있는 것으로 추정된다.

2) B 부분

맥암부 우측으로 사면 중앙상단에 발달된 안산암질 암맥에 의하여 구분된다.

좌측은 주로 사암이 우세하고 부분적으로 탄질 Shale이 협재하나 층리면이 명확하지 않으며 절리의 발달이 심하여 파쇄대를 이루고 있다. 우측은 사암이 분포하고 있고 상부에 형성된 소단상부 2개소에서 썩기파괴가 발생하여 부분적인 붕괴가 진행중인 상태이다. 가장 우세한 절리인 J_1 은 184/50이며, 단층면을 이루고 있는 J_2 는 314/64이고, 86/56의 J_3 가 발달하여 있다.

부분적인 붕괴는 220/40의 절리와 314/64의 단층면이 상호교차하여 형성된 것으로 절리면의 상태는 Smooth하다. 야외조사시 J_1 절리에 의한 평면파괴 가능성이 있음을 인지하였고 실제 조사중에도 부분적인 낙반이 진행되고 있었다.

3) C 부분

사면의 중앙부로 314/64의 단층면 우측에 해당하고 2매의 안산암질 암맥이 발달하여 있으며 탄질 Shale이 분포하고 가장 우세한 절리인 J_1 은 250/47이고 J_2 는 286/70, J_3 는 190/56이다.

상부의 안산암질 암맥 부위에서 썩기파괴에 의한 부분적인 붕락이 발달하여 있다. 탄질 Shale이 발달한 하부는 층리면을 인지하기 어렵고 심한 변형과 소규모의 단층이 많이 발달한 파쇄대로 지속적인 파괴가 진행중이다.

4) D 부분

안산암질 암맥 하부와 탄질 Shale이 우세한 파쇄대 사이에 분포하고 중앙부에는 208/74 자세의 단층이 발달한다. 사암이 약간 과상의 상태로 우세하나, 우측과 하부에는 탄질 Shale이 현저하게 발달하고 절리의 방향성이 매우 불규칙하여 측정이 어려운 상태이다.

5) E 부분

사면의 우측부로 사면의 경사가 우측으로 갈수록 낮아지며 5m 지점의 소단 직상부에 층적층의 기저역암이 분포하고 있다. 중립~세립질의 사암과 안산암질 암맥이 혼재되어 있으며 심한 풍화작용으로 인하여 경계를 인지하기는 어려운 상태이다. 단층은 Circular하며 가장 우세한 절리인 J_1 은 80/80에 5~10cm의 Spacing을 보여주고 J_2 는 132/88로 20~30cm, J_3 는 16/70에 1

0~20Cm, J₄는 198/42의 자세에 15Cm 정도의 Spacing을 보여준다. 절리면에는 Silicate 물질이 협재하여 있고 J₃와 J₄는 단층면이다.

절리면의 상태는 대체로 Smooth~Slickenside하며 심한 풍화양상을 보여준다.

2K+018~2K+030 지점에는 두 방향의 단층이 교차하여 썩기파괴가 발달하여 부분적인 붕괴가 되고 있다.

3.1.3. Stereonet 상에서의 분석결과

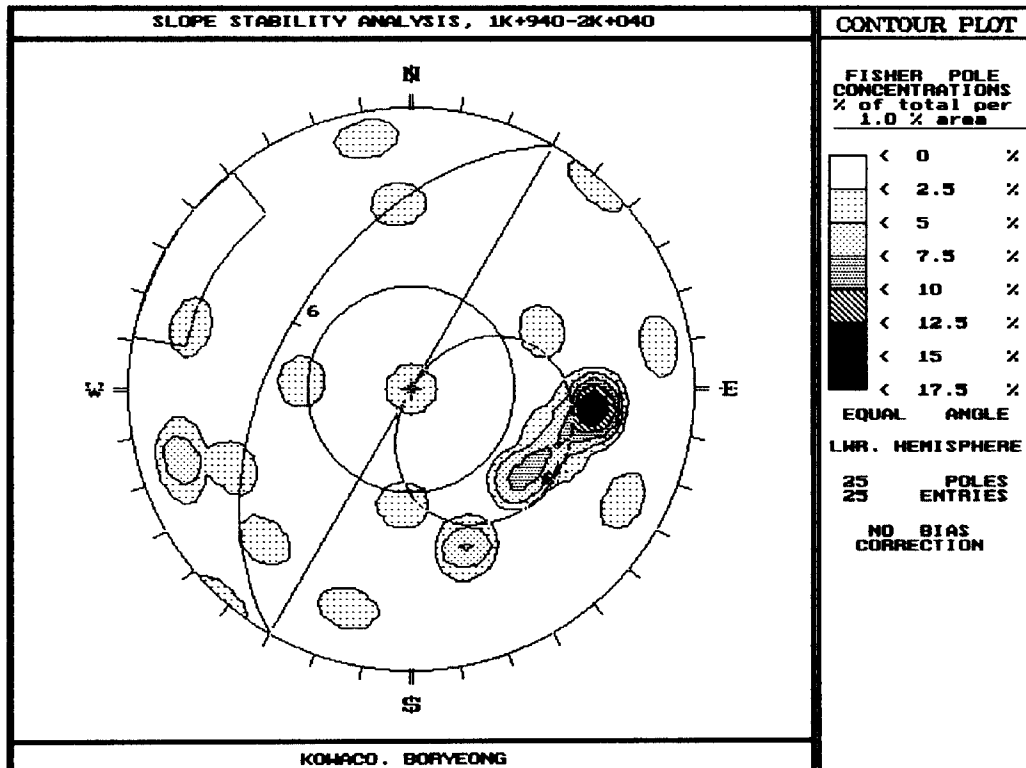


그림 10. 면리1호선 1K+920-2K+040구간(북동사면).

각 분대별 불연속면의 자세를 위와 같이 Stereonet상에 투영시킨 결과 B, C, D, E부분이 가장 위험요소가 발달한 것으로 판단되었다. 층리면의 평면파괴 및 절리와 단층의 교차에 의한 썩기파괴가 우세하게 발달함을 인지하였다. 이는 절취면의 주향과 비슷한 층리 및 절리면 그리고 절취면의 경사보다 저각도의 불연속면에 의한 것으로 특히, 단층운동과 안산암질 암맥의 관입에 기인하는 것으로 판단된다.

3.1.4. 사면안정대책

상기의 조사와 분석을 바탕으로한 사면안정 대책은 다음 표2와 같다.

표 2. 먼리1호선 1K+920 ~ 2K+040 구간 안정대책방안.

사 면 안 정 대 책		
	사면을 저부부터 1:1.4 이하로 완화	사면하부에 중력식 옹벽을 설치하고 상부를 1:1 ~ 1:1.2로 완화
주 안 점	위험요소의 근본적 제거	경제적 시공도모
장 점	- 영구적 안정성 확보	- 공사비 저렴 - 굴착량 감소 - 용지매수 최소 - 사면녹화 비용 저렴
단 점	- 굴착량 과다 - 용지매수 과다 - 부분적 세굴 및 붕락요인 잠재 - 사면녹화 필요 - 미관저해	- 미관저해]
시공방안		○



그림 11. 사면안정대책 시행후 사면.

3.2. 먼리 1호선 4K+285 - 349

3.2.1. 개요

본 절취사면은 230/45의 방향이며 지난 3월 하순의 강우에 의하여 Plane Failure가 발생된 구간이다(그림 12).



그림 12. 먼리 1호선 4K+285-349구간 붕괴전경.

3.2.2. 지질조사 및 분석

구성암석은 Shale과 사암이 교호하여 발달하며 층리면 단층이 존재하고 단층면에 Fault clay가 1-3cm정도 협재하여 있다.

사면붕괴의 원인은 사면의 경사보다 활동면인 층리면단층의 경사보다 저각도이며 협재된 단층점토가 강우에 의해 전단강도가 낮아져서 발생하는 전형적인 Plane Failure이다.

층리면 단층은 220/44의 방향이며 이외에도 67/41 방향과 J₂, 124/82 방향의 J₃ 절리가 발달하여 있다.

Streonet 투영결과 역시 층리면 단층의 Plane Failure을 보여준다.

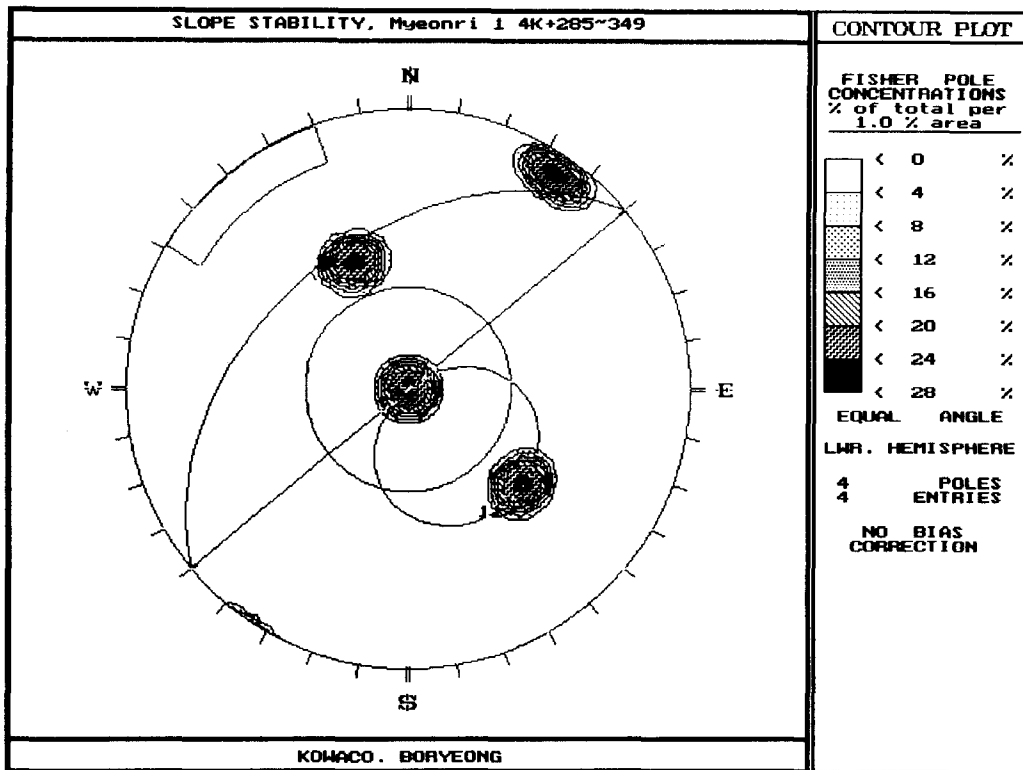


그림 13. 먼리1호선 Sta. 4K+ 285-349구간.

3.2.3. 사면안정대책

표 3. 먼리1호선 4K+285 ~ 349 구간 안정대책방안

	사 면 안 정 대 책					
	사면의 경사를 40도로 완화	사면경사유지 위험층리만 제거	L형옹벽높이를 올리고 뒷채움 실시	중력식 옹벽설치	Rock Anchor 보강	계단식 Facing Con'c타설
주안점	평면파괴 방지	최소안전 개념도입	평면파괴 방지	평면파괴 방지	이완암 보강	평면파괴 방지
장 점	가장 안정적	공사비 최소	굴착 필요 없음	사면굴착 필요없음	-	시공성과 안전성 동시확보
단 점	-민원발생야기 -굴착량 막대 -쇄기파괴 가능성 잠재	추가붕락 가능성잠재	옹벽에 대한 구조검토요	-저폭확보위한 성토 및 암반 굴착으로 파괴유발 가능성 잠재 -운전자의 시거장애유발	시공중 안전사고 우려	미관저해
시 공 방 안						○

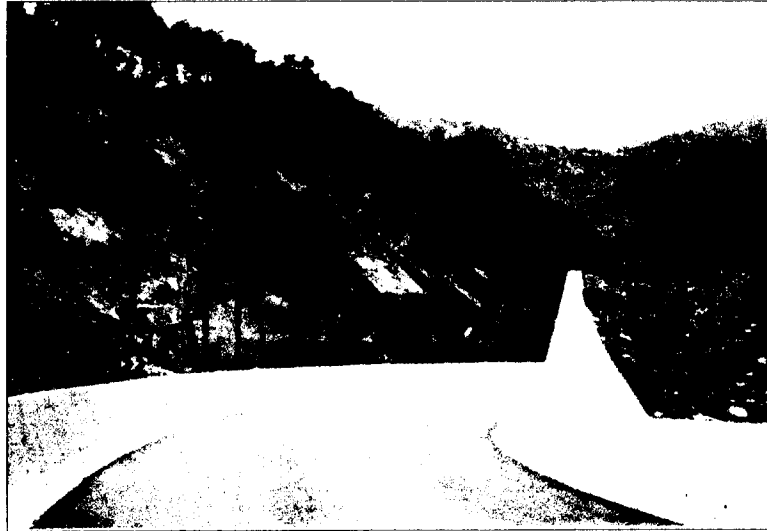


그림 14. 면리1호선 Sta. 4K+ 285-349 구간 사면안정 대책 시행후 전경.

3.3. 면리 1호선 4K + 840 ~ 936

3.3.1. 1차 안정대책

1) 개요

본 절취사면은 0/73 → 30/73 → 50/73으로 도로의 노선이 변하면서 사면고는 최대 23m이며 상부에는 경주이씨 중층분묘가 있다.

사면을 구성하고 있는 암석은 회색을 띄우는 Massive한 사암과 이를 협재하는 검은색의 Shale 내지는 Coaly Shale이 220/41-219/53의 층리면 자세를 가지고 분포한다. 사암과 셰일은 교호하면서 발달하고 층리면 간격은 비교적 좁은(5-10cm)편이다.

사면을 구성하고 있는 암석은 회색을 띄우는 Massive한 사암과 이를 협재하는 검은색의 Shale 내지는 Coaly Shale이 220/41-219/53의 층리면 자세를 가지고 분포한다. 사암과 셰일은 교호하면서 발달하고 층리면 간격은 비교적 좁은(5-10cm)편이다.

절취사면에서 위험한 영역은 30/73의 노선을 가진 돌출부(그림 15.)와 50/73의 노선을 가진 직선구간이다.

2) 지질조사

a. 30/73 노선구간

야외조사에서 관찰된 절리 및 단층면의 발달상태는 다음과 같다.

가장 우세하게 발달된 절리군(J₁)은 87/61, 106/72의 자세를 가지고 3-7cm의 Joint 간격을 보이며 절리면은 약간 풍화되었으며 층리에 의해 연속성이 단절된다. 다음으로 우세한 절리군(J₂)은 53/50의 자세를 보이고 20-25cm의 Joint spacing을 보이며 이 역시 절리면이 약간 풍화되어 있다. 빈약한 절리군(J₃)은 336/66의 자세를 보이며 이들 절리면 방향과 동일한 정단층 운동을 하여 그 변이량이 약 50-70cm 정도를 가짐이 노두상에서 관찰되었다.

Joint spacing은 불규칙하나 평균적으로 15-20cm를 보이고 단층면에서 Slickenside와 단층점토가 인지된다. 불규칙적으로 발달한 절리(R)는 184/47의 자세를 가지며 Joint spacing이 약 50cm 이상이다.

또한 특징적으로 층리면을 가로지르며 J_3 에 평행하게 발달한 단층면이 우측부에서 수매 인지되었다. 이들의 자세는 J_3 와 유사한 346/67의 자세를 보여준다.

가장 중요한 불안정요소는 중앙부 상단에 발달한 Tension crack으로 직접적인 접근이 불가능하나, 맞은편 및 상부에서 관찰한 결과 약 30-50cm정도 open되어 있다.

b. 50/73 노선 구간

30/70 노선과 동일한 암석이 분포하고 절리의 발달 양상 역시 유사하고 노선의 방향이 약간 다르지만 비슷한 파괴 양상을 보인다. 현재 소단 하부가 일부 붕괴되어 있으나 사면의 전체가 비교적 안정된 상태를 보임은 30/73 노선에 비해 사면의 경사와 반대방향을 보이는 층리면의 경사가 보다 급하고, 노선의 방향이 변하여 안정되어 보이는 것으로 추정된다.

분석결과 J_2 Joint, Fault와 J_1 , J_2 의 교차에 의한 Wedge Failure, J_1 과 J_2 의 교차에 의한 Wedge Failure가 불안정요소로 파악되었다.

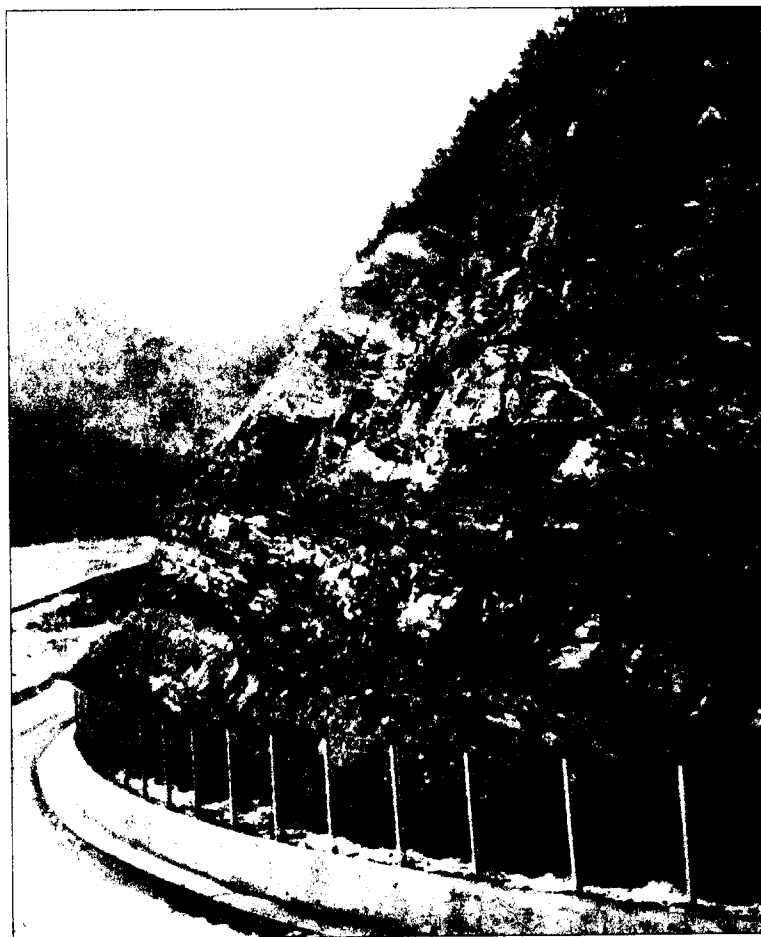


그림 15. 위험사면 측경.



그림 16. 사면붕괴 측정

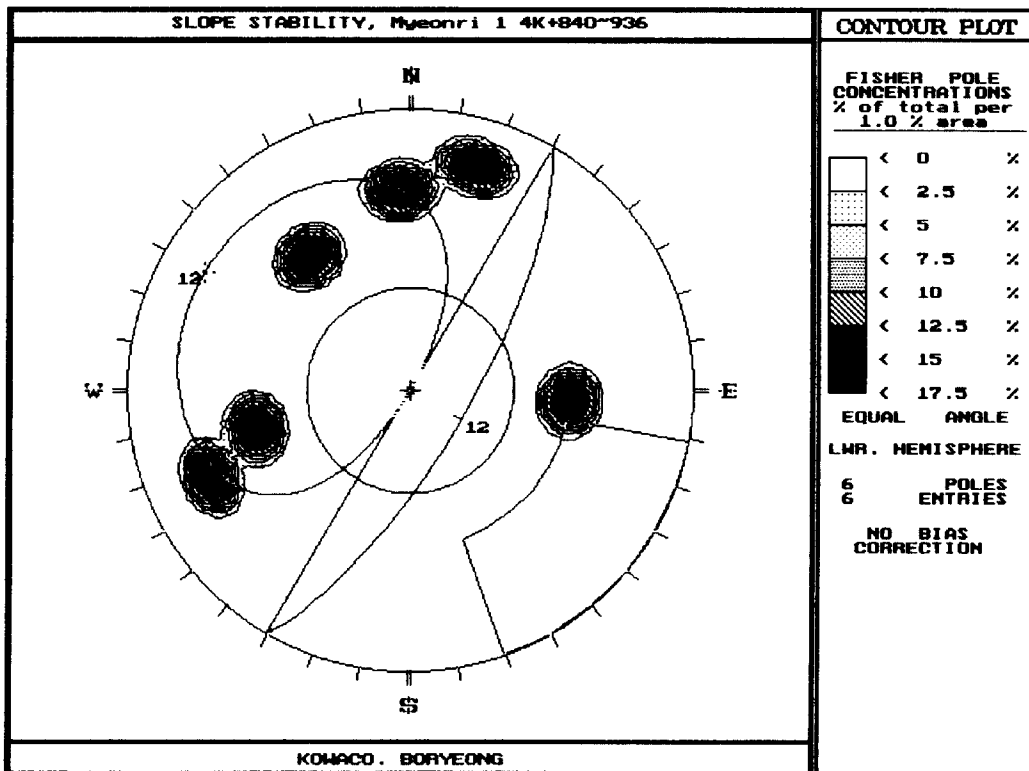


그림 17. 민리1호선 4K+840-936구간의 Streonet투영.

3) 사면 안정대책

표 4. 면리1호선 4K+840 ~ 936 구간 안정대책방안.

	사 면 안 정 대 책				
	사면경사완화 (48도이하)	Shotcrete타설	중력식옹벽 설치	Facing Com'c 타설	녹색토시공
주안점	Stereonet분석을 통한 최대 안정각 확보	표면의 이완암괴를 연결해줌	붕괴방지를 위한 억지력 확보	이완암괴 제거 및 억지력확보	미관고려
장 점	- 가장 안정적	- 최소공사비 - 시공 용이	-	- 저렴한 공사비 - 위험요소 제거	- 친환경적 시공가능
단 점	- 굴착량 막대함 - 분묘이장에 따른 민원제기 우려 - 공기연장 - 용지매수 필요 - 공사비 고가	- 영구적 안정성 확보미흡 - 유도배수공 필요 - 미관저해 - 타설시 낙반발생 가능성으로 인한 사고발생우려	- 운전자의 시거불량 - 저폭확보 불가능 (도로이설이 요구됨) - 공사비 고가 - 미관저해	- 미관저해 - 성토작업이 필요함	- 공사비 고가 - 동절기 미관저해 - 표면만보호 붕괴 가능성 잠재 - 타설시 낙반 가능성 잠재
시 공 방 안				○	

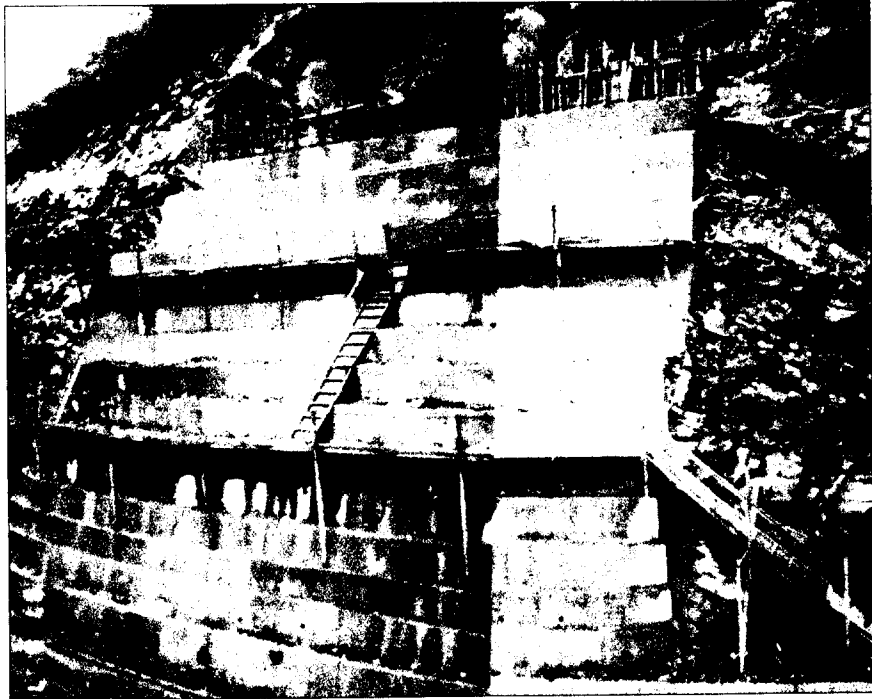


그림 18. Facing Con'c 타설광경.

3.3.2. 2차 안정대책

1) 개요

본 구간은 40~45/73의 절취방향과 최대 23m의 사면고를 가지고 있으며 상부에는 경주이씨 분묘 6기가 존재한다. 사면은 회색 ~ 암회색을 띄우는 괴상의 사암과 흑색 셰일이 교호하고 222/42의 층리면을 가지며 분포한다. 부분적으로 소규모 습곡이 발달된 탄질셰일은 10 Cm 내외의 층후로 협재하며 현재 불안정한 상태를 보여주는 이 구간 우측의 Sta. 4K + 846 ~ 870m 구간은 1996년 5월 지질조사를 시행하고 사면 안정 대책 방안으로 Facing Con'c를 타설하여 안정화시켰으나, 직선구간 굴착사면 하부에서 지속적인 압괴 이탈이 발생해 사면의 안정성이 불안하게 되었다(그림 19).

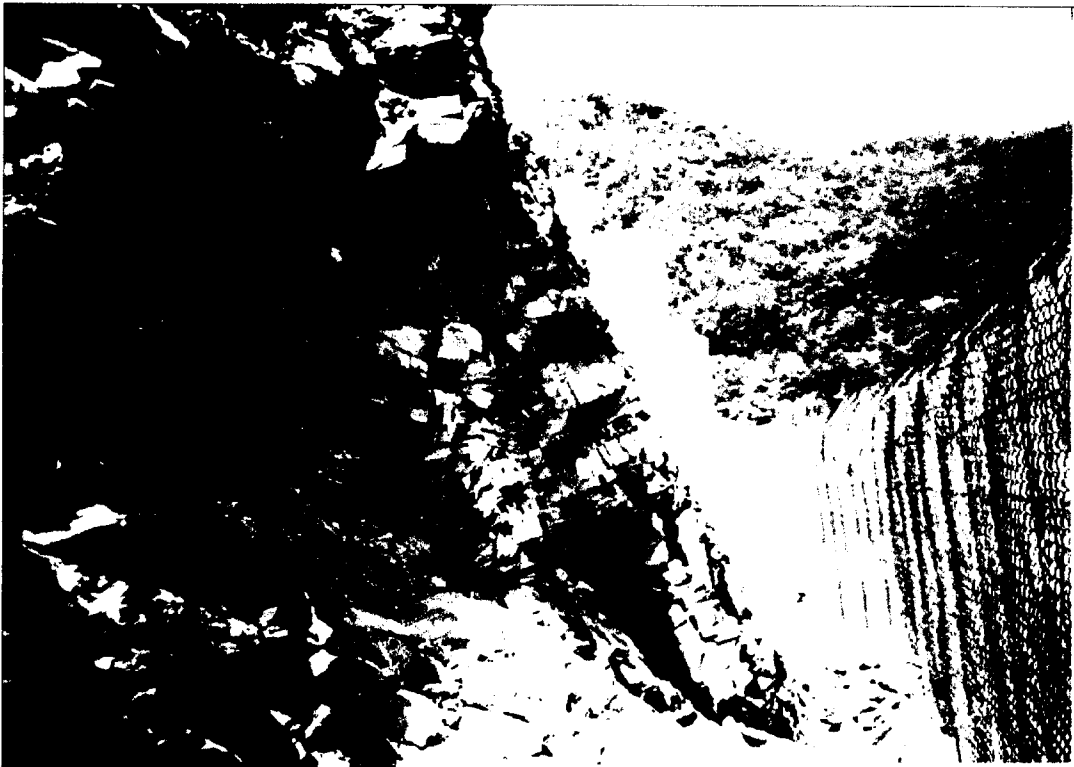


그림 19. 굴착사면 하부암반의 이탈부위 근경.

2) 지질조사 및 분석

야외 조사시 위험 사면으로의 직접적인 접근은 불가능 하였으나 인접된 Facing Con'c 타설 부분을 활용하여 사면에 분포하는 암석 및 불연속면을 기재하였다.

야외에서 측정된 불연속면은 다음과 같다.

층리면으로 가장 우세한 절리군 J₁은 222/42의 방향을 보여주며 사암에서는 7~10 Cm로 간격이 넓으나 셰일은 1Cm 미만으로 매우 좁다. 다음으로 우세한 절리군 J₂는 40~60/48~63의 자세를 보이고 10~15 Cm의 간격을 가지고 있다. J₃는 90~106/59~80의 자세를 가지며 5~7

Cm 간격을 보이고 층리면에 의해 연속성이 단절된다. J₄는 354/61, 320/62의 자세를 가지며 층리면을 가로지르는 단층면과 유사한 방향이며 약 5m 지점에는 30~50 Cm의 변이량을 보이는 정단층 운동으로 인한 단층면이 수매 발달되어 있음을 확인하였다. 그리고 최상부에는 J₃ 방향과 평행한 단층면을 따라서 약 30Cm 정도의 균열이 발달되어 있고 야외 조사시 인지된 위험 요소는 J₂의 평면파괴, J₃ 와 J₄의 교차에 의한 썩기파괴, J₁의 전도파괴이다.

측정된 불연속면을 Stereonet 상에 투영한 결과는 아래 그림 20.과 같다.

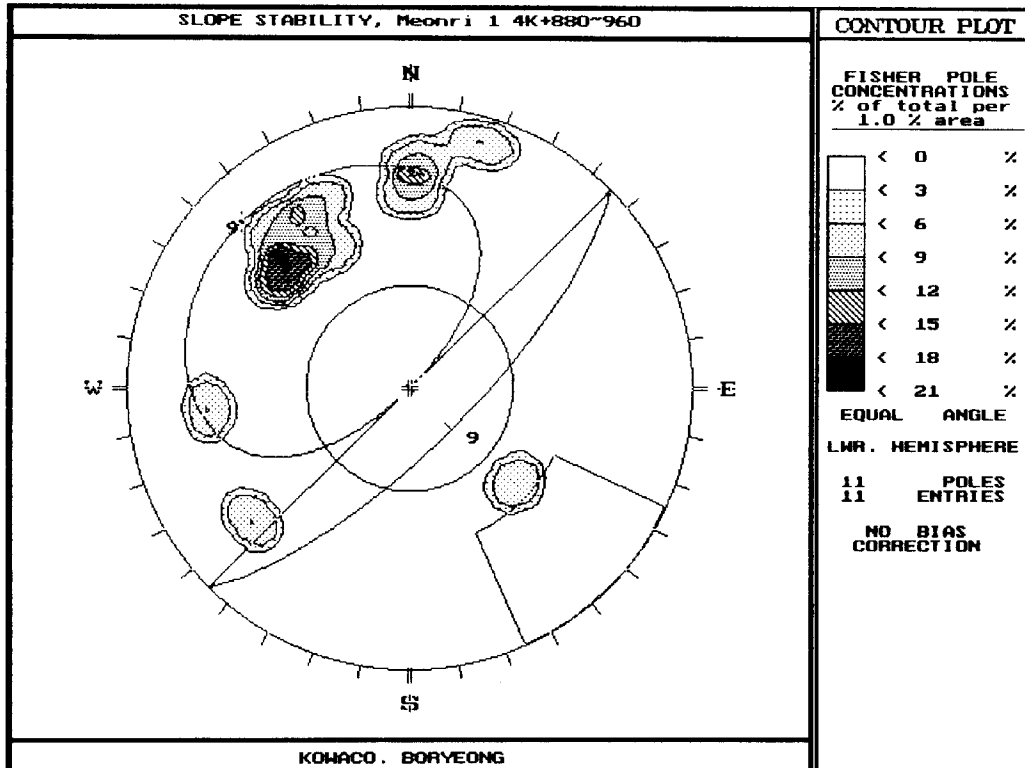


그림 20. 만리 1호선 Sta. 4K + 870 ~ 950.

J₂, J₃, J₄의 평면파괴, J₂ 와 J₃의 교차, J₂ 와 J₄의 교차, J₃ 와 J₄의 교차에 의한 썩기파괴가 위험요소로 판단되었다.

그러나 Stereonet 상의 투영은 사면에 발달한 불연속면을 절취 방향에 따른 기하학적 자세만을 활용한 안정성 판단으로 사면의 파괴형태를 정확하게 이해하기 위해서는 야외조사 결과 및 암질의 특성을 고려할때 본 구간에서의 파괴형태는 다음과 같이 추정된다.

층리면은 사면의 굴착방향과 반대 방향의 경사를 가지고 있어 기하학적으로는 안정된 방향성이나 절취사면 방향과 거의 평행한 주향을 가진 J₂ 절리군의 경사각이 고각도를 이루고 있어 평면파괴 형태로 암괴가 하부로 이동되면서 암괴 자체의 자중을 견디지 못한 흑색 셰일 내지는 탄질 셰일 부분에서 Buckling이 발생하여 J₂ 절리군에 의해 분리되는 층리면의 전도파괴 및 J₃ 와 J₄ 절리군의 교차에 의한 썩기파괴가 하부에서 상부로 전이되어 사면 전체의 안정성이 떨어지고 암괴의 이탈이 진행되는 것으로 판단된다.

3) 사면안정대책

표 6. 먼리1호선 4K+870 ~ 936 구간 안정대책방안.

	사 면 안 정 대 책				
	사면경사를 40도로 완화	노선변경	Anchor Bar 시행 및 관열부 milk채움	Box Tunnel 설치	상부관열부위 제거 및 하부구간 Facing Con'c타설
주안점	위험요소 완전제거	붕괴시 도로에 영향이 없도록함	현굴착 사면유지 및 보강작업	사면붕괴후 자연안정유도	이완부위제거 및 붕괴유발부위 보강
장 점	- 안정성최대		- 공사비최소	- 안전사고 방지가능 - 용지매수 불필요	- 상부분묘에 영향 없음 - 공사비저렴
단 점	- 공사비고가 - 분묘이장, 민원제기우려 - 굴착량과다 - 공기연장	- 계곡부 성토요함 - 한전전주 이설필요 - 공사비고가 - 종·단구배가 급해짐 - 공기연장	- 성토작업 필요 - milk채움 효과판정 곤란 - 유도배수 작업필요	- 별도의 조명시설 필요 - 선형조정필요 - 계곡부 성토요망 - 한전전주 이설 필요 - 공사비 과다	- 미관저해 - 낙석보호망 설치요망
시 공 방 안					○



그림 21. 사면안정대책 시행 후 사면측경.

4. 결론

보령댐 이설도로 사면안정대책 수립 및 시행에 따른 결론은 다음과 같다.

- 1) 사면안정대책을 수립하고자할 때 대상사면에 대한 정밀 지질조사가 반드시 수행되어야 한다.
- 2) 사면안정대책 방안은 현장여건에 합당한 경제성, 시공성, 안정성을 고려하여 결정해야 한다.
- 3) 사면안정대책 시행후 사면안정성에 대한 재평가 작업이 요구된다.
- 4) 광범위한 지역에서의 산재된 사면안정대책을 수립하고자 할 경우에는 광역지질구조 해석이 필요하다.

참고문헌

1. (주) 삼안건설 기술공사, 1997, 보령댐 좌안사면 안정대책 검토보고서, 129p.
2. (주) 동아응용지질 컨설팅, 1974, 충남탄전 지질도 및 정밀지질조사 보고서, 50p
3. 박철숙, 1998, 구조·에너지 지질학 분과위 14차 심포지움 및 학술답사, 대한지질학회, p23-245
4. 서해길, 김동숙, 이창범, 배두중, 조민조, 1982, 충남탄전(Ⅱ) : 웅천, 미산지역 석탄자원조사 보고서 제4호, 한국동력자원연구소, 34p.
5. G. S. Lister & A. W. Snoke, 1984, S-C Mylonite, Journal of Structural Geology, Vol. 6, No. 6, p617-638.
6. N. J. Price & Cosgrave, J. W., 1990, Analysis of geological structures, Cambridge University Press, Cambridge, England, 502p.
7. R. H. Sibson, 1977, Fault Rock and Fault Mechanism, Jl. geol. Soc. Lond. Vol. 133, p191-213.