

기성-원남 간 국도건설공사 내 절토사면 안정성 해석 및 대책안 제시

손영진^{1)*} · 구호본²⁾ · 김승현³⁾ · 김승희⁴⁾

1. 서 론

연구대상 절토사면은 기성-원남 간 국도 7호선 신설도로(우회도로) 건설 중에 발생한 “망양 제1터널”의 주변부 붕괴 또는 지반변위 발생 절토사면으로 총 3개의 사면으로 이루어져 있으며, 붕괴된 망양 제1터널 입출구부의 절토사면의 붕괴원인 분석과 더불어 주변의 열악한 지반 조건에 대한 상세현장조사를 실시하고, 붕괴 절토사면의 붕괴 원인 분석, 안정성 해석을 토대로 현장특성, 시공성, 경제성과 친환경성 등 기타 제반 사항을 모두 고려한 적절한 보강대책(안)을 제시하여 붕괴된 절토사면의 안정성을 확보하며, 추가적으로 올진방향 터널 변위에 대한 과학적인 고찰을 통해 향후 안정적인 터널 굴착 환경이 이루어지도록 방안을 제시하는 데 목적이 있다.

2. 본 론

■ 제1사면 (망양1터널 올진방향 입구부 우측사면)

① 사면의 제원



그림 1. 제1사면 전경

제1사면은 망양1터널(올진 방향)을 바라보면서 우측에 존재하는 사면으로, 총연장 85 m, 최대높이 45 m의 혼합사면이며, 절토사면 방향은 55/075이다. 계곡부를 기준으로 크게 좌우 사면으로 나뉘어지며, 좌측사면은 망양1터널의 올진방향 입구 갱구부 사면을 포함하여 전체적인 사면형상은 역 L자의 형태이다. 대상사면의 경사는 전체적으로는 약 1:0.8 경사도(52°)이며, 상부자연사면의 경사는 좌측사면이 1:1.7 경사도(30°), 우측사면이 1:2.5 경사도(22°)를 유지하고 있다. 올진 방향 터널 갱구부 제1소단 하단부에서 붕괴가 발생되어 지지력이 상실된 상태이며, 법면에서 편리면과 동일방향의 불연속면을 따라 다수의 인장균열이 발생되어 있다. 조사대상 절토사면에는 절취 후 FRP 그라우팅으로 보강 시공되어 있으며, 갱구부 입구 사면은 소일네일링 시공 후 슛크리트를 피복하였다. 보강 조치 후 터널 굴진과 더불어 법면 갱구부 입구 사면 및 상부자연사면에서 약 10 개소의 인장균열이 발달되어 있다. 현장

주요어 : 절토사면, 갱구부, 인장균열

1) 한국건설기술연구원 지반방재팀 연구원 (sonyjin2002@kict.re.kr)

2) 한국건설기술연구원 지반방재팀 수석연구원

3) 한국건설기술연구원 지반방재팀 연구원

4) 한국건설기술연구원 지반방재팀 연구원

상세조사 당시 울진방향 쪽 망양1터널은 약 7 m 정도 굴진 작업을 실시한 상태였다.

② 안정성 해석

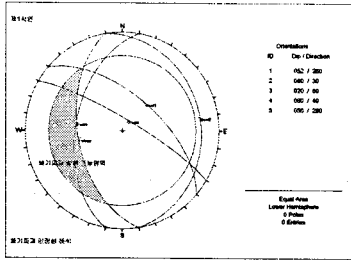


그림 2. 썩기파괴(안정)

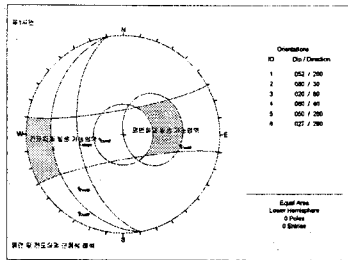


그림 3. 평면파괴(불안정)

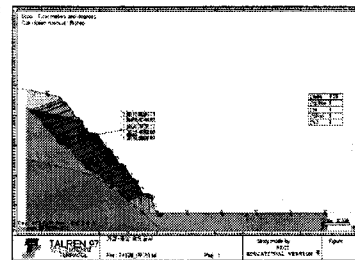


그림 4. 우기시(안전율:OK)

■ 망양1터널 포항방향 출구부 좌측사면



그림 5. 제2사면 전경

조사대상 절토사면은 총연장 60 m, 최대높이 25 m의 규모를 가지는 혼합사면으로 망양1터널 포항 방향 갱구부와 울진 방향 갱구부 사이에 존재한다. 제2사면의 전반적인 경사는 약 1:0.5 경사도(50°) 가량이고, 상부자연사면 구배는 약 1:2.7 경사도(20°)로 이루어져 있으며, 절토사면 방향은 50/255 이다. 조사대상 절토사면에는 총 3개의 소단으로 시공되어 있으며, 법면에 추가적인 보강시공 없는 상태이다. 상부자연사면에서 유입되는 지표수의 침수 지형인 계곡부가 형성되어 있고 지형 특성상 갱구부 정면으로 큰 계곡부가 형성되어 있어 사면 전체의 수리조건은 흐름(flow) 상태에 해당되어 지하수 누수현상이 뚜렷하며, 사면 상단부를 중심으로 심한풍화 상태로 소규모 뜬돌이 많이 분포하고 있다.

② 안정성 해석

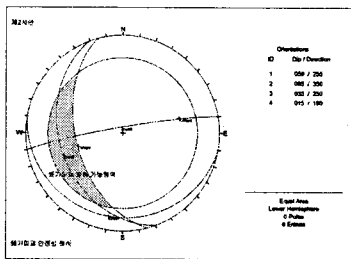


그림 6. 썩기파괴(불안정)

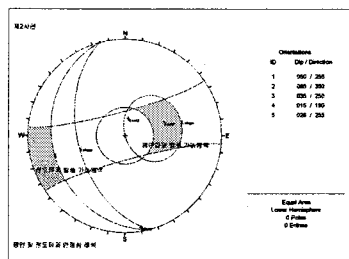


그림 7. 평면파괴(불안정)

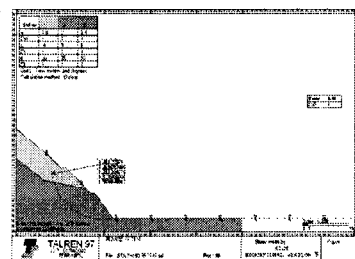


그림 8. 우기시(안전율:NG)

■ 망양1터널 포항방향 출구부 우측사면



그림 9. 제3사면 전경

조사대상 절토사면은 총연장 140 m, 최대높이 40 m의 혼합사면으로 계곡부를 중심으로 크게 좌측사면과 우측사면으로 나뉘어진다. 법면을 이루고 있는 경사도는 약 1:0.7(55°) 가량으로 비교적 급한 상태이며, 상부자연사면 경사도는 약 1:2.1(25°)로 이루어져 있고, 전체적인 절토사면 방향은 55/075이다. 조사대상 절토사면은 현재 전구간에 FRP 그라우팅으로 보강 시공되어 있으며, 일부 구간에서 발생된 붕괴 발생구간에 대하여는 슛크리트로 법면처리 후 추가적으로 FRP 그라우팅을 시공한 상태이다.

② 안정성 해석

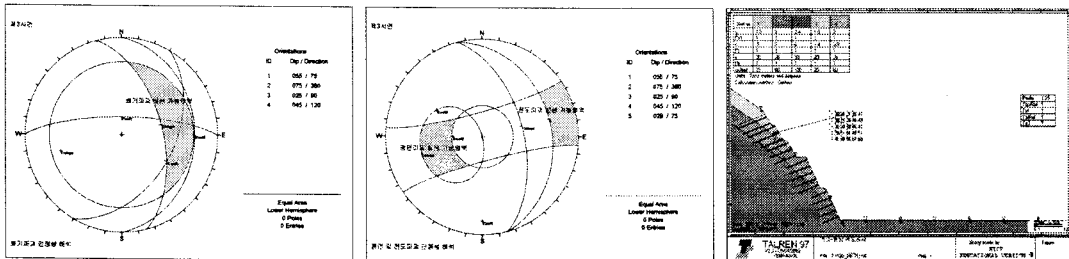


그림 10. 쉐기과괴(불안정) 그림 11. 평면및전도(안정) 그림 12. 우기시(안전율:OK)

3. 결 론

※제1사면 : 부분적으로 반복되어 발달하는 파쇄대의 차별침식 및 침식성세굴에 대비하여 계단식화단옹벽을 전구간에 설치할 필요가 있다. 계단식화단옹벽을 설치함으로써 하단부의 지지력이 확보될 뿐만 아니라 친환경적 사면이 조성될 수 있을 것이다. 또한 법면 내 발견된 인장균열 부위에도 계단식화단옹벽을 설치하여 인장균열의 확대를 미연에 방지할 필요가 있다. 계곡부에 대하여는 사방댐을 설치하고, 계곡부 주변 지반의 지하수 누수 지점에 대하여는 방사상의 수평배수공을 타설함으로써 올바른 배수 처리가 이루어지도록 조치하여야 한다.

※제2사면 : 계단식화단옹벽과 현재 설치된 압성토의 효과를 극대화시킬 수 있는 의지식 옹벽 설치를 함께 실시함으로써 영구적 사면 확보가 가능할 것으로 판단되며, 수평배수공을 적절히 설치하고, 상부 원호과괴 발생부분에 대하여 사방댐을 설치함으로써 배수 효과를 충분히 도모하여야 할 것이다.

※제3사면 : 상단부 풍화에 의한 토사 및 낙석의 발생에 대비하여 낙석방지옹벽 및 낙석 방지울타리를 설치하되, 붕괴구간인 STA.7+050~070 구간에 대하여는 계단식화단옹벽으로 지지력을 확보할 필요가 있다. 또한 계곡부인 STA.7+100 지점 및 STA.7+170 지점에 사방댐을 설치함으로써 토석류의 도로유입을 차단하여야 한다.