

가설 흠막이 구조물 설치시 유의사항 및 대책



하재근 | 우리협회 상근이사
건설안전기술사

I. 개요

수년전 경기도 가평군에 위치한 ○○공사 현장에서는 붕적토 지반에서 흠막이 가시설을 설치하고 지반 굴착을 하던중 Earth Anchor의 대좌가 파손되거나 변형되는등의 사태가 발생되어 더 큰 사고를 예방하기 위한 응급조치를 한 후 정밀 안전진단을 통하여 영구 대책을 마련하였으며, 현재 더 이상의 변위가 발생되지 않고 있다.

상기 현장의 사고 사례를 중심으로 붕적토 지반에서 흠막이 가시설을 설치할 경우 설계와 시공시 특별히 주의하여야 할 사항들을 간추려 보고자 한다.

II. 흠의 기원

붕적토 지반에서의 가시설에 대한 검토를 하기 위하여는 붕적토에 대한 기본적인 이해가 필요하므로 먼저 흠의 기원과 붕적토의 특성 등에 대하여 알아본다.

1. 흠의 기원

흠은 암석으로 만들어진다. 암석은 풍화에 의해 분해되어 토립자로 된다. 흠은 그 지층의 구성상태로 부터 암석의 풍화 생성물인 풍화토와 침식 운반되어 퇴적한 퇴적토로 대별된다.

2. 풍화토(잔적토)

풍화는 지표부근에서 상온 상압에서 물이나 공기의 영향을 받는 새로운 환경 하에서 암석이 세편화 되어가는 현상이다.

이 결과로 만들어진 지표의 풍화토가 침식을 받아 깎이므로 침식이 심한 장소에서는 암석이 노출된다. 침식속도가 풍화속도 보다 작을때 지표부근에는 풍화토층이 생긴다.

3. 퇴적토(운적토)

암괴, 자갈, 모래, 점토, 콜로이드, 용해이온 등 다양한 형태로 분해된 풍화 생성물질은 침식,운반의 작용력에 의해 풍화 생성지점에서 이동하고, 이동이 정지된 장소에 고정되어 퇴적토로 된다.

4. 봉적토

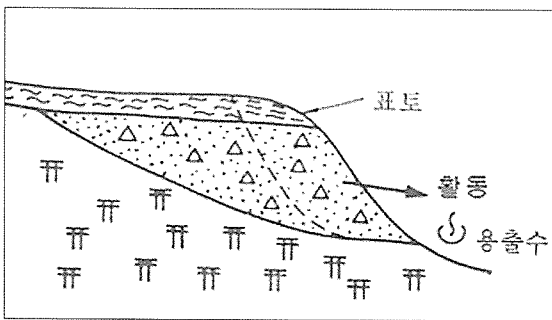
주로 중력의 작용으로 운반된 이동거리가 짧은 산간의 퇴적토를 봉적토라 부른다. 암석이 노출되어 있는 절벽에서는 풍화작용을 받은 크고 작은 여러 가지의 암석 부스러기, 풍화토사가 언덕에 낙하하고 거의 안식각에 가까운 상태로 퇴적해서 애추를 만든다.

산사태나 사면 붕괴에 의해 사면 말단에 밀려나온 산사태 봉토 등도 봉적토이다.

5. 봉적토의 활동

가. 기반과의 경계면에서의 활동

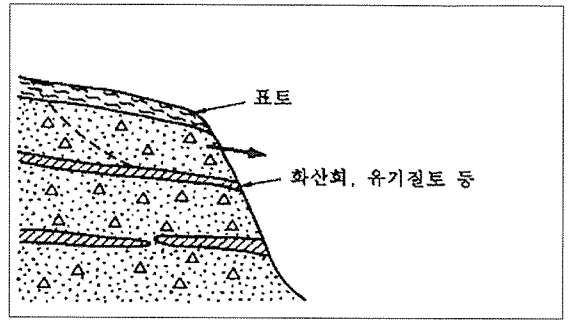
봉적토가 그 하반인 암반 또는 그 풍화대를 경계면으로 하여 활동하는 것인데 소규모의 산사태라고 볼 수 있다. 하반은 층리를 갖는 퇴적암(혈암, 사암, 역암, 편암)인 것이 많고 일반적으로 절벽 전체가 한번 활동하는 경우가 많으며, 절벽 밑에는 용출수를 볼 수 있는 경우가 많다.



〈그림 1〉 암반 또는 풍화대를 경계면으로 한 활동

나. 봉적토 내의 불연속면에서의 활동

봉적토가 생성과정에서 입도가 다르기도 하며, 유기질토가 개재되어 있으며, 이를 경계면으로 하여 활동하는 것이다.



〈그림 2〉 봉적토 내 불연속면에서의 활동

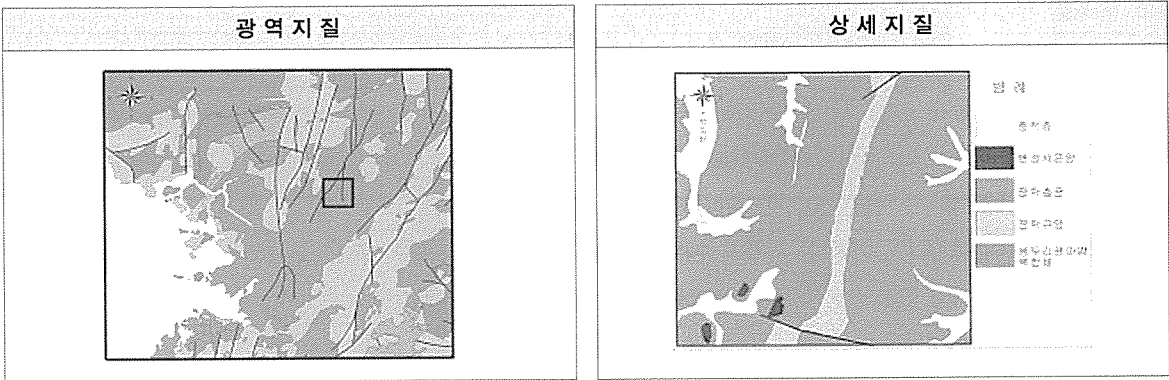
III. ○○ 현장의 사례

1. 지형

○○ 현장은 경기도 가평군에 있는 해발 627 m 의 협준한 ○○산 중턱(해발 200~500 m)에 위치하고 있으며, 현장 주변의 산계를 보면 상부 지역은 경사가 급하고 그 하부는 상부 암체의 풍화 및 파괴를 통하여 형성된 비교적 완만한 봉적층을 형성하고 있다

2. 지질

주 구성암은 선캠브리아기의 변성암류로서 ○○산 호상편마암층에 해당되며, 이를 남북방향으로 ○○산 규암층이 부정합으로 피복되어 있고, 암층 경계부는 단층 파쇄대가 발달하고 있으며, 노두를 통한 지표 지질 조사 결과 봉적층으로 판단되는 지역에서는 규암 및 편마암이 혼재되어 나타나 있다.



〈그림 3〉 경기도 가평군 OO현장 지질상태

3. 흙막이 가시설 설계 및 시공현황

(2) 가시설 형식

- H - Pile + Earth Anchor(10단 가설앵커) + 토류판

가. 설계현황

나. 시공현황

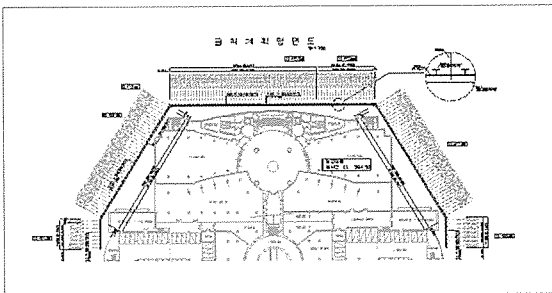
- 문제가 발생된 C - Line 의 E/A 660 공 중 482공 시공

- E/A 10단 중 8 단 완료

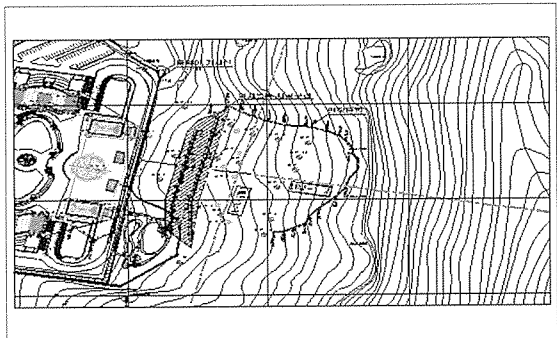
(1) 가시설 설치 평면도 및 단면도

4. 흙막이 가시설 변위 현황

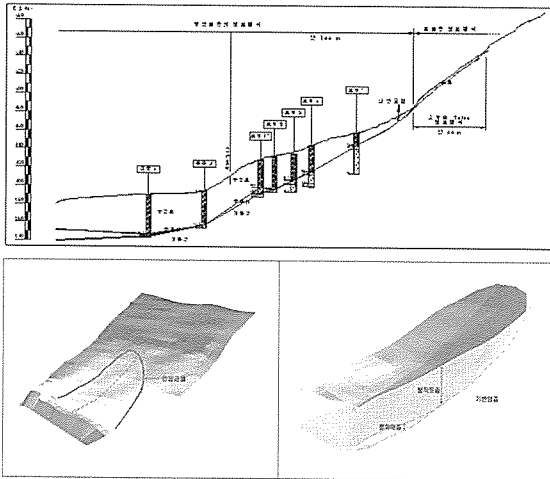
가. 사면 붕괴 현황 평면도



〈그림 4〉 흙막이 가시설 평면도



〈그림 5〉 흙막이 가시설 단면도



〈그림 6〉 경기도 가평군 OO현장 붕괴층 인장균열 발생 및 지반현황

나. 변위현황

6월 하순(우기철) 오후 5시경부터 흠막이 가시설 일 부구간(C - Line)에서 총 32개의 대좌가 파손되거나 변형됨.

5. 대책수립

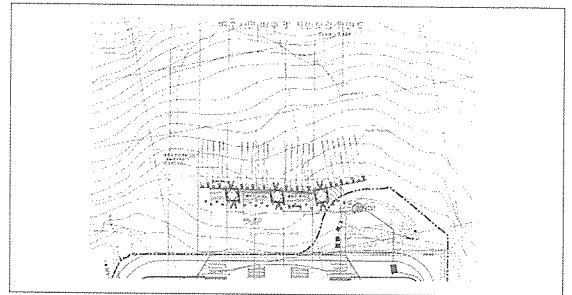
가. 임시대책

- 토류벽 윗 부분의 무게중심을 높이기 위하여 가시설 전면인 굴착부에 토사를 3~4단 까지 되메움.
- 계측기(지중경사계, Load cell)검측 철저
- 토류벽 상부 인장 균열부 비닐덮기
- 토류벽 상부 인장 균열부 균열 진행상태 정밀검측

나. 영구대책

- 합성말뚝 시공
강관 $\phi 1,700\text{m/m} + \phi 1,100\text{m/m} +$ 속채움 콘크

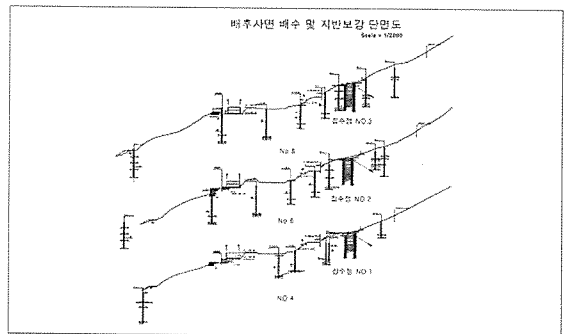
리트 말뚝 + 영구앵커(상부 1열)을 상·하부 2줄로 57개(상부 30개, 하부 27개)를 시공함.



〈그림 7〉 배후사면 합성말뚝(역지말뚝) 및 집수정 보강 평면도

- 집수정 시공

지하수위를 저하시키기 위하여 집수정(가로10m × 세로10m × 깊이 25m - 30m) 3개소를 설치함.



〈그림 8〉 배후사면 집수정 시공 단면도

다. 영구대책 평가

영구대책 공법(역지말뚝 시공)에 의해 사면을 보강후 2년 이상이 경과된 현재까지의 계측 결과에 의하면 주목 할만한 변위는 발생되지 않고 점차 수렴되고 있는 것으로 미루어 사면이 안정된 것으로 추정된다.

1) 지중경사계 : 역지말뚝의 상부 최대변위는 33m/m, 하부최대변위는 18m/m이다.

2) 역지말뚝의 응력 : 상부열 말뚝 30개소 중 1개소에서 관리기준을 상회하는 최대변위(깊이 20m 지점에서 $3 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$)가 발생되었으나, 기타 상부열 말뚝 및 하부열 말뚝의 변위는 관리기준 이내이다.

3) 흙막이 가시설의 응력 : 5개소의 평균응력은 40~50ton 사이로 특별한 변위는 발견되지 않았다.

- 붕적토 하부의 파쇄대 발달 여부
- 지하수 유출 상태, 지하수위 및 수량 검토

나. 강도 정수

- 제반 시험을 통하여 토질 및 암반의 강도정수는 엄격하게(안전율이 높게) 적용

다. E/A 앵커

- E/A 앵커의 정착은 최대한 암반에 하도록 한다.
- E/A의 안전율을 높이기 위하여 가시설이 아닌 영구시설 기준을 적용.

2. 시공시 검토 사항

가. 엄격한 시공관리

- 과굴착 금지(하단 앵커의 시공을 위한 최소 깊이 굴착)
- E/A 시공의 정밀성 확보(정착, 긴장, 용접 및 릴리스등)

나. 정보화 시공

- 지중경사계 와 Load cell 등의 계측기 관리 철저
- 계측자료를 철저히 분석

다. 주변지형 정기 점검

- 현장 주변 정기 점검
- 가시설 배면 상부의 인장 균열 여부 수시 확인
- 우기철 배수 관리 철저

IV. 고찰

상기 현장의 사례에서 살펴본 바와 같이 붕적토 지반에서 흙막이 가시설을 할 경우 붕적토의 특성을 잘 파악하여 설계와 시공을 하여야 하며, 그렇지 않을 경우 공기 지연, 막대한 경제적 손실, 인명피해와 함께 사회적인 문제를 일으킬 수 있으므로 설계와 시공시 특별한 관심을 가지고 주의 깊게 검토 하여야 한다.

1. 설계시 검토사항

가. 지반조사를 철저히 하여야 한다.

- 붕적토 지반 내에서의 활동 가능성 여부
- 붕적토와 암반 경계면에서의 활동 가능성 여부(특히 점토 박층 또는 유기질토 등의 존재여부 확인)