

해빙기 건설현장의 안전관리

1. 개요

해빙기는 겨우내 얼어 붙었던 대지와 산야가 봄 계절의 기온에 의해 녹아서 움직이는 시기이다.

건설공사의 현장 특성으로 보아 3월~5월에는 해빙기 재해의 특별관리를 요하고 있으며, 이 기간 중에는 기초침하, 토사붕괴, 콘크리트 붕괴, 가설 구조물의 침하변형, 건설기계의 전도 등에 기인하여 대형 건설 재해가 발생되고 있다.

이러한 해빙기 재해의 양상과 관련하여 안전대책의 일환으로 해빙기 주요 위험요인별 안전대책을 제시하고 건설재해를 미연에 방지하고자 한다.

2. 해빙기 주요 재해 원인

가. 지하침하 주요 발생원인

해빙기 건설현장은 대기 중 온도가 0℃ 이상 상승하면서 겨울동안 동결되었던 암반, 토사, 절토·성토 부분이 녹아내려 응축되었던 상태에서 용적이 늘어나 팽창, 기존의 정지상태에서 이완상태로 변화된다. 이때 지반의 함수량이 증가하여 지반이 연약해지면서 침하가 발생하고, 지하수맥이 형성되어 토립자 이동이 활발하여 압밀침하가 가속화되면서 지하 침하가 발생한다.

따라서 해빙기 안전관리를 이러한 관점에서 보고 당해 현장내에서 어느 곳이 이에 해당될 것인지를 면밀히 검토하여 그에 합당한 점검이 이루어져야 할 것이다.

나. 사면 붕괴의 원인

절삭된 경사면이 무너지지 않고 안정을 유지하는

것은 토질에 전단 저항력(내부 마찰각, 점착력에 의한)이 작용하고 있기 때문이다. 붕괴는 바로 이 전단응력이 그 흙의 전단강도를 초과할 때 발생한다. 즉, 붕괴는 사면 또는 절취면을 구성하고 있는 내부의 어떤 면에 접하여 생기는 것이 많음을 증명하고 있는 것이다. 이 면을 활동면이라고 하는데 대개는 곡면이지만 복잡한 형을 취하는 경우도 종종 있다.

상기의 전단력 균형이 파괴될 때 붕괴가 발생하며, 그 원인은 다음과 같다

- ① 공사진행에 따라 절취면 구배가 높아지면서 급경사를 이룸.
- ② 사면 또는 절취면의 상부에 공사용 기계나 자재의 적치로 인한 상재하중의 증가
- ③ 물의 흡수로 함수량 증가와 이에 따른 단위체적의 증가
- ④ 점토질의 흡수팽창, 간극수압 증대
- ⑤ 사질토, 유기질토의 건조시 점착력 감소
- ⑥ 수축, 팽창, 인장에 따른 균열 발생
- ⑦ 다짐이 부족한 사질토의 진동, 충격
- ⑧ 동결토 용해

3. 해빙기 재해 사례

가. 절토사면 붕괴 재해

도로개설 현장의 절토사면 하부에 도시가스관을 매설하기 위하여 트렌치 굴착작업에서 측량 및 시공가능 여부를 점검하던 중 절토사면이 붕괴되면서 매몰사망한 재해

(1) 원인

- ① 붕괴위험 방지조치 미실시

해빙으로 붕괴위험이 높은 시기에 토사지반의 절토면(높이 : 약 6m 경사도 : 60~70°) 하부에서 도시가스관 매설을 위한 트렌치 굴착작업(깊이 : 1.8~2.3m 경사도 : 80~90°)을 하면서 안전한 굴착구배를 미준수하였고 흙막이지보공을 미설치한 상태로 작업하다가 사면 붕괴

② 대책

① 흙막이지보공 설치

해빙으로 붕괴위험이 높은 시기에 절토사면 하부에 트렌치 굴착을 할 경우에는 토사가 붕괴되지 않도록 견고한 흙막이지보공을 설치해야 함.

② 굴착구배 기준 준수 및 절토면 보호조치 철저

지반의 붕괴에 의한 위험을 예방하기 위해서는 굴착면의 구배를 아래 기준에 적합토록 유지하여야 하며, 대절토사면의 경우에는 사면안정검토를 하여야 함.

- ③ 절토면은 비물 등이 침투하지 못하도록 비닐 등 보호용 필름을 1:1.5 이하로 씌워야 함.
- 보호용 필름은 1:0.5 이하로 씌워야 함.

나. 토사붕괴 재해

철구조물 접지공사를 위하여 굴착(깊이 약 1.8m) 저면에서 접지봉 타봉 및 접지선 연결작업 중 수직상태로 굴착한 굴착면 토사가 붕괴되면서 매몰 사망한 재해

(1) 원인

① 굴착면의 구배기준 미준수

-지반 굴착작업시에는 굴착면의 붕괴를 방지하기 위하여 굴착구배 기준을 준수하여야 하나 수직으로 굴착하여 붕괴재해 발생

-굴착한 토사를 굴착면의 선단부에 쌓아 놓아 전단 응력을 증가시키는 요인이 되어 붕괴재해 발생

② 대책

① 굴착면의 구배기준 준수 철저

-지반 굴착작업시에는 굴착면의 붕괴를 방지하기 위하여 구배기준 준수 철저

-굴착 구배기준 준수가 곤란한 경우 흙막이지보공

- 설치
- 보호용 필름 1 : 1~1 : 1.5
- 굴착한 토사를 굴착면의 선단으로부터 굴착깊이만큼의 거리를 띄어 놓고 작업하여야 함.

4. 위험요인별 안전대책

가. 흙막이지보공 붕괴재해 예방

<위험요인>

① 굴착배면 지반의 동결 융해시 토압 및 수압증가로 흙막이지보공 붕괴 위험

② 현장주변 지반침하로 인접건물 · 시설물의 손상 또는 지하매설물 파손

<안전대책>

(1) 해빙기 작업재개 전

① 점검반을 구성하여 흙막이지보공 부재의 변형, 부식, 손상 및 탈락의 유무와 상태를 점검하고 이상발견시 즉시 보수 · 보강 실시

② 계측결과 분석을 통한 토압의 증가 또는 이상유무를 확인하고 이상발견시 즉시 조치

③ 흙막이벽에 지중 공극수 동결로 인한 배부름 현상 발생 또는 용수부위 존재여부를 조사하고 대책 수립

④ 굴착작업전 작업장소 및 주변지반에 대하여 균열 · 함수 · 용수 및 동결의 유무 또는 상태 점검

② 해빙기에는 지반이 융해되어 전단강도가 저하되어 있는 상태이므로 굴착토사나 자재 등 중량물을

경사면 및 흙막이 상부주변에 적치 금지

③ 표면수가 지중으로 침투하지 못하도록 굴착배면에 배수로를 설치하거나 콘크리트 타설

나. 절 · 성토사면의 붕괴재해 예방

〈위험요인〉

① 절 · 성토사면 지반내 동결된 공극수의 동결 · 융해의 반복에 따른 부석발생 및 사면붕괴

② 빗물 또는 눈 녹은 물이 사면내부로 침투하여 사면토사 중량과 유동성의 증가 또는 전단강도의 저하로 인한 사면 Sliding

〈안전대책〉

① 해빙기에 사면 또는 사면하부에서 작업을 하는 경우에는 작업전에 사면의 붕괴위험 및 부석 낙하위험 여부 점검 후, 흙막이 지보공의 설치 또는 근로자 출입금지 등의 필요한 조치를 취해야 함.

② 사면 상부에는 하중을 증가시킬 우려가 있는 차량운행 또는 자재 등의 적치 금지

③ 절 · 성토사면 상부에 쌓였던 눈 녹은 물의 유입을 방지하기 위하여 산마루 측구 또는 도수로 등 배수로 정비

④ 사면의 경사도 및 지하수위 측정 등 사면계측을 실시하고 이상 발견시 즉시 조치

⑤ 사면붕괴 위험시 사면안정을 위하여 억제공법과 억지공법을 적절히 시공하여 근본적인 조치를 취함.

⑥ 동절기에 작업을 중단하였던 터널공사의 경우 낙석으로 인한 재해를 방지하기 위하여 암괴의 탈락 여부 점검

⑦ 절토시는 토질의 형상, 지층분포, 불연속면(절리, 단층) 방향 등을 사전검토하여 이에 따른 안전구배를 준수

다. 지반침하로 인한 재해 예방

〈위험요인〉

① 동결지반의 융해에 따른 지반이완 및 침하로 지하매설물(도시가스, 상 · 하수도, 관로 등) 파손

② 동결지반 위에 설치된 비계 등 가설구조물의 붕괴 및 변형

〈안전대책〉

① 현장 주변지반 및 인접건물 등의 침하 · 균열 · 변형 여부를 조사하고 대책 수립 · 시행

② 해빙기에는 최소 1일 1회 이상 순회점검을 실시하여 매설물의 안전상태 등 수시 확인

③ 동결지반이 녹는 경우 함수량 증가에 따른 지반 침하로 비계 또는 지반에 설치한 거푸집동바리, 기타 가설구조물의 붕괴 우려가 있으므로 이에 대한 대비 철저

④ 외부비계의 연결부 · 접속부가 온도변화에 의해 분리 · 변형되거나, 클램프 체결부위가 이완되는 경우가 있으므로 작업전 점검 실시

⑤ 동결지반 위에 크레인 등 양중기, 콘크리트 펌프카, 레미콘 차량 등을 설치하여 사용할 경우에는 사전에 지반의 지지력 확인

⑥ 공사용 차량 및 건설기계 등의 전도 · 전락방지를 위하여 지반의 지지력 확인 및 가설도로 상태 점검

⑦ 지하매설물의 이설 · 위치변경 · 교체 등의 작업시 관계기관과 사전 협의토록 하고 관계기관 담당자 임회하에 작업 실시

라. 거푸집동바리 붕괴재해 예방

〈위험요인〉

① 콘크리트 타설 중 거푸집 동바리 붕괴

② 동절기에 타설된 콘크리트가 동결 등의 원인으로 설계강도 이하의 강도 발현시 붕괴

〈안전대책〉

① 거푸집동바리에 대한 구조검토 실시

② 연직방향 하중에 대한 거푸집동바리 구조검토

여기에서, γ : 철근콘크리트 단위중량(kg/m^3)

t : 슬래브 두께(m)

- 고정하중: 철근콘크리트 중량을 말하며 이외에 기계, 차량 및 도구가 적재되는 경우에는 이러한 하중을 합한 하중을 말함.
- 충격하중: 콘크리트 타설이나 중기작업의 경우에 발생되는 하중으로 고정하중의 50%를 적용
- 작업하중: 작업시의 근로자와 소도구의 하중을 의미하며

W (kg/m^2) 하중 = 충격하중 + 작업하중

$$= \gamma \cdot t + 0.5\gamma t + 150 \text{ kg}/\text{m}^2$$

다만, 충격하중 150(kg/m^2) 작업하중을 합한 값이 250(kg/m^2) 이상되어야 함.

- ② 횡방향 하중에 대한 거푸집동바리 구조검토
 - 고정하중의 2% 이상 또는 동바리 상단의 수평방향 단위 길이당 150(kg/m) 이상 중에서 큰 쪽의 하중이 동바리 머리부분에 수평방향으로 작용하는 것으로 함.
 - 용벽과 같은 거푸집의 경우에는 거푸집 측면에 대하여 50(kg/m^2) 이상의 횡방향 하중이 작용하는 것으로 함.
- ③ 측압, 풍하중, 지진하중 등에 대한 거푸집동바리 구조검토
 - 콘크리트의 측압은 콘크리트의 타설속도, 타설높이, 단위용적중량, 온도, 철근 배근 상태 등을 고려하여 구조검토 실시
 - 풍하중 및 지진하중 등은 지역 · 시공시기 · 설치기간 · 중요도 등에 따라 적용

② 거푸집동바리 설치시 유의사항

① 구조검토 후 조립도 작성 · 준수

- ② 파이프반침의 이음은 4개 이상의 볼트 또는 전용 철물을 사용하고 3분 이상을 이어서 사용금지, 높이 조절용 핀은 전용 철물 사용
- ③ 높이 3.5m 이상은 2m마다 수평연결재를 2방향으로 설치하고 강재를 수평연결재로 사용할 때는 전용연결철물 사용
- ④ 지주는 진동, 충격, 편심 등에 의하여 이탈되지 않도록 상단부에 견고히 고정
- ⑤ 계단 등 경사부 지보공은 지주 단판에 하중이 고무전달될 수 있도록 췌기 등 설치
- ⑥ 층고가 매우 높거나 슬래브의 두께가 두꺼운 중량 구조물인 경우(지하철, 특수구조물 등)에는 시스템 동바리 등 활용
- ⑦ 상재하중이 지반저면까지 축력방향으로 안전하게 전달될 수 있도록 동바리의 수직도 준수
- ⑧ 콘크리트 타설 작업 중에는 거푸집동바리의 변형 · 변위 · 파손유무 등을 감시할 수 있는 감시자를 배치, 이상을 발견한 때에는 즉시 작업을 중지하고 근로자를 대피시키도록 함.