

# 굴착공사시 붕괴재해 및 예방대책

## 1. 서론

최근 해빙기 관련 굴착작업공사시 붕괴재해발생이 많은 시기로서 특히 노천굴착은 전체 건설재해의 25%를 차지하고 있는바 이에 굴착 작업장에 대한 사전점검사항 및 굴착작업종류, 굴착작업의 안전조치사항, 붕괴발생 방지대책, 작업시 안전대책에 대하여 알아보고자 한다.

## 2. 굴착 작업안전

굴착공사는 건설공사에서 가장 기본적인 작업으로 육상굴착(노천굴착과 터널굴착)과 해상굴착(심해굴착과 하천굴착)으로 구분하며, 노천굴착은 기초의 굴착 도로 교량의 구조물굴착 건물의 기초터파기, 지하철 등 그 종류와 규모가 매우 다양하다.

### 가. 굴착 작업장에 대한 사전 점검 사항

굴착공사전 조사는 굴착의 종류 및 규모 또는 대상 지반의 변위여부와 시공 방법에 대하여 첫째 안전하고, 둘째 경제적이고, 셋째 공기를 맞출 수 있는 3가지 조건을 만족시킬 수 있는 방법을 결정하는 것이다.

#### (1) 원지반의 상태 점검

- ① 지형, 지질 및 지층의 상태
- ② 균열, 함수, 지하수위, 지표수위
- ③ 매설물의 유무 또는 상태
- ④ 주변환경 등

#### (2) 지하 매설물 조사

- ① 가스관
- ② 상하수도관
- ③ 통신 케이블
- ④ 전기 케이블
- ⑤ 각종 구조물의 기초
- ⑥ 기타 각종 구조물과의 연관성

#### (3) 지상장애물 조사

- ① 전주
- ② 통신주
- ③ 신호설비, 계기
- ④ 인접지 건물조사 등

### 나. 조사방법

공사종류와 규모에 따라 다르지만 일반적 사항은 다음과 같다.

- 현장부근의 자료수집, 지형, 지질, 기상자료, 기존구조물의 공사기록, 재해발생사항 등을 수집
- 현장답사: 표토, 용수, 하천의 상태, 지형, 지질의 관찰

- 시굴: 지표면에서 2~3m 깊이까지 굴착하여 직접 지층을 관찰
- Sounding Test: 지층에 대한 표준관입시험을 실시하여 지반의 강도를 측정
- Boring Test: 지층의 시료를 채취 정확히 확인한다.
- 탄성파 시험: 지층의 성층상태 암질의 경연 풍화상태를 추정한다.
- 토질시험: 채취한 시료를 이용 실내시험을 실시하여 토질정수(φ)와 전단 시험, 투수시험 기타 역학적 성질을 구하는 시험을 실시한다.

## 3. 굴착작업의 종류

### 가. 인력굴착

간단한 기초, 경계석 설치, 소형의 상·하수도설치, 사면설치 후 부석제거 등 기계작업이 곤란한 경우에 인력으로 굴착한다. 작업현장의 각종여건에 따라 적절한 안전사고 예방조치를 취하면서 작업을 하여야 한다.

### 나. 기계굴착

인력으로 굴착이 곤란한 규모가 큰 굴착작업, 수중굴착 등 기계를 사용하여 굴착하는 작업이다. 따라서 중장비에 대한 안전상의 점검요인을 철저히 점검하여 작업에 임하여야 한다. 작업 전 기계정비상태, 점검, 기록내용은 다음과 같다.

- 낙석, 낙하물 위험예상지역에서는 헤드가이드 설치
- 브레이크 및 클러치의 작동상태
- 타이어 및 궤도 차륜상태
- 정보장치의 작동상태
- 부속장치 상태

### 다. 발파굴착

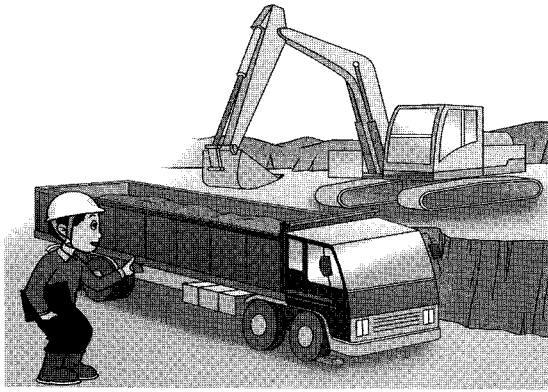
굴착 작업시 암석이 노출되면 화약을 사용하여 굴착하는 방법으로 발파에 대한 제법규나 산업재해예방규칙을 엄수 시행하여야 한다.

## 4. 굴착작업의 안전조치사항

### 가. 굴착공사 일반

- (1) 굴착작업 전 지면에 노출된 모든 위험요소는 제거 또는 이설시켜야 한다.

- (2) 지층이 상이한 토질굴착시 지지층의 사면식각이 그 위 지층의 식각보다 커야한다.
- (3) 암석을 제외한 토질의 굴착시 구조물의 안정성과 작업전의 안전조치가 선행되지 않는 경우는 굴착작업을 중지시켜야한다.
- (4) 굴착구간으로 표면수가 유입되는 것을 방지하고 배수구를 설치하여 굴착작업 부근의 표면수가 원활히 배수되도록 한다.
- (5) 굴착한 토석을 즉시 굴착 부근에서 제거하여야 한다.
- (6) 굴착구간안으로 낙하할 위험이 있는 물질을 완전히 제거하여야 한다.
- (7) 굴착구간 둘레에는 보호난간을 설치하고 조명등 또는 경고판을 설치하며 야간 통행이나 차량의 접근을 통제하여야 한다.
- (8) 굴착구간위로 작업원이나 자재를 운반할 필요가 있을 경우 필히 난간이 부착된 안전통로를 설치한 후 작업한다.



- (9) 굴착 사면은 토질에 따라 사면이 안정이 되도록 정리하여야 한다. 깊이 10.5m이상의 굴착시 계측기기를 설치하여 구조안전을 예측하여야 한다. 계측기기의 종류는 수위계, 경사계, 하중 및 침하계, 응력계 등이 있다.
- (10) 굴착깊이가 깊을 때는 인근 구조물에 대한 진동피해, 지하수, 활수로 인하여 피해가 가지 않도록 조치하여야 한다. 작업전 산소농도를 측정하고 산소량 18%이상 유지하고, 시트파일 설치시 수직도는 1/100이내이어야 한다.
- (11) 굴착전 지하매설물을 사전조사하며 지하매설물 주위는 인력으로 굴착하여 확인하고 보호 조치를 시행한 후 작업하여야 한다. 1일 1회 이상 확인 순회한다.
- (12) 굴착지에 작업원이 출입할 때에는 사다리, 안전통로 또는 작업원 전용 승강기를 설치, 사용한다. 또 굴착깊이가 1.5m이상인 경우는 사다리, 계단 등 승강설비를 설치한다.
- (13) 비 온 후에는 굴착작업 개시전에 필히 가설물을 재점검하여 조치한 후에 작업을 시작하여야 한다.
- (14) 굴착지내의 분진, 산소결핍, 통풍에 대한 대책을 세운 후 굴착하

여야 한다.

- (15) 굴착장 부근의 장비는 움직이지 않도록 조치하여야 한다.
- (16) 갑작스런 기상에 대비한 장구를 준비한다.(양수기, 가마니, 로우프 등)
- (17) 트렌치(trench)굴착시 토질에 따라 트렌치 박스 등 적절한 붕괴 예방시설을 하고 작업하여야 한다. 트렌치 굴착시에는 다음 각 호의 규정을 준수하여야 한다.
  - 통행자가 많은 장소에서 굴착하는 경우 굴착장소에 방호울 등을 사용하여 접근을 금지시키고 위험표지판을 식별이 용이한 장소에 설치하여야 한다.
  - 야간에는 작업장에 충분한 조명시설을 하여야 하며 가시설물은 형광벨트, 형광등 등을 설치하여야 한다.
  - 굴착시는 원칙적으로 흙막이 지보공을 설치하여야 한다.
  - 흙막이 지보공을 설치하지 않는 경우 굴착깊이는 1.5미터 이하로 하여야 한다.
  - 수분을 많이 포함한 지반의 경우나 뒷채움 지반인 경우 또는 차량이 통행 하여 붕괴하기 쉬운 경우에는 반드시 흙막이 지보공을 설치하여야 한다.
  - 굴착폭은 작업 및 대피가 용이하도록 충분한 넓이를 확보하여야 하며 굴착깊이가 2미터 이상일 경우에는 1미터 이상의 폭으로 한다.
  - 흙막이 널판만을 사용할 경우는 널판의 근입장은 널판 길이의 최소한 1/3 이상으로 한다.
  - 용수가 있는 경우는 펌프로 배수하여야 하며, 흙막이 지보공을 설치하여 야 한다.
  - 굴착면 전단부에는 굴착토사와 자재 등의 적재를 금하며 굴착깊이 이상 떨어진 장소에 적재토록 하고, 건설기계가 통행할 가능성이 있는 장소에는 별도의 장비통로를 설치하여야 한다.
  - 브레이커 등을 이용하여 포장부분을 파쇄하거나 또는 견고한 지반을 분쇄 할 경우에는 진동을 방지할 수 있는 장갑을 착용하도록 하여야 한다.
  - 콤퓨레샤는 작업이나 통행에 지장이 없는 장소에 설치하여야 한다.
  - 벨트컨베이어를 이용하여 굴착토를 반출할 경우는 기울기가 완만하도록(표준 30° 이하)한다.

#### 나. 도로공사의 굴착 (토공작업)

- (1) 가설도로 축조시 노선의 커브는 가급적 피한다.
- (2) 언덕이나 산 위에서 작업시 작업장비가 위치할 자리를 미리 조성한다.

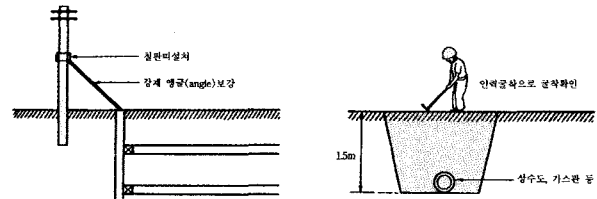
- (3) 가설도로에는 교통표지판이나 신호자를 배치하여야 하며 작업 차량의 속도를 가설도로의 상태에 따라 제한하여야 한다.
- (4) 배수로는 항상 정비하여 강우에 대비하여야 한다.
- (5) 언덕이나 산을 굴착할 때 인근 장애물을 이전시키거나 제거 후 작업하여야 한다.
- (6) 절취 후 법면에 돌출부나 부석 등은 제거한다.
- (7) 작업시 인근농작물, 인가에 피해가 없도록 한다.
- (8) 사면이 우기시 붕괴되지 않도록 유지한다.
- (9) 살수차를 배치하여 분진비산을 방지한다.
- (10) 작업장에는 작업책임자를 배치한다.
- (11) 지상, 지하 지장물을 조사하여 작업전에 조치하여야 한다.
- (12) 장비작업시 작업원의 안전을 고려하여야 한다.
- (13) 하절기장비의 재시동시에 이상 유·무를 확인하여야 한다.
- (14) 구조물 터파기부분 주위에 보호시설을 설치(표지판, 조명등, 울타리 등)하여야 한다.
- (15) 기존도로 확장시 차량통행에 대한 각종 안전설비(유도등, 교통표지판, 신호자, 발파시 일시 교통통제)를 설치하여야 한다.

※ 노천 굴착시 안전상 유의사항

- (1) 적절한 구배를 두고 사면경사 1:10이하로 굴착
- (2) 보링데이터(boring data)와 토질과의 일치여부
- (3) 수직 굴착시 흠막이공의 시행여부
- (4) 굴착 깊이가 깊은 굴착에서 계단식 사면시 공여부, 계단식 굴착시 소단의 폭은 수평거리 2m정도 유지
- (5) 토석의 낙하 위험방지시설 시행여부
- (6) 위험개소 굴착작업시 안전원 배치
- (7) 장비작업시 장비유도원 배치
- (8) 지하 매설물, 지상장애물의 보호설비
- (9) 용수 및 유입수의 배수처리 시설
- (10) 안전통로 울타리, 조명시설설치, 기초굴 착시 스트러트(strut)등 버팀재 위의 통행을 해서는 안되지만 부득이한 경우에는 폭 40cm이상의 안전통로를 설치한다.
- (11) 개인보호장구의 착용여부
- (12) 수직 굴착시 작업원의 승강시설 설치
- (13) 작업지휘자의 배치여부
- (14) 토공작업구간내 배수로 설치
- (15) 표면수 유입방지를 위한 방수턱 설치
- (16) 굴착면 주위의 균열부분발생시 원인조사 및 보강과 균열부의 충전

다. 시가지의 관로매설공사 굴착 및 건축공사의 굴착

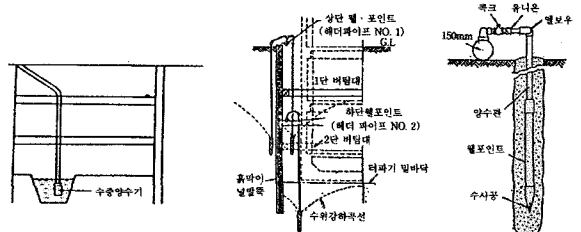
- (1) 지하 매설물의 사전조사(관계부처 방문 등) 및 인력굴착으로 장애물 확인 후 장비굴착작업을 시행한다.
- (2) 지하 매설물(상·하수도관, 가스관, 통신·전기케이블 등)이 확인되면 이설 또는 보호조치 후 굴착한다.
- (3) 연약지반인 경우는 붕괴사고에 대한 예방조치를 미리 시행한 후에 굴착한다.
- (4) 표면수가 유입되지 않도록 조치한다.
- (5) 통행인이나 통행차량에 대한 유도로를 설치한다.
- (6) 굴착구간에는 안전울타리를 설치하고 야간등을 설치하여 통행인이나 차량의 추락을 예방한다.
- (7) 장비운용시는 신호자를 배치한다.
- (8) 굴착시 지하수의 유출로 인한 붕괴사고를 예방한다.
- (9) 매립지의 굴착시는 가스발생 여부를 검토하여 적절한 조치를 취한다.
- (10) 지하흠막이 설치시 파일등의 방법으로 충분한 보강대책을 실시한다.
- (11) 흠막이설비에 외력(자재적치, 가설물 설치 등)을 방지하기 위한 조치를 취한다.
- (12) 전주나 통신주를 보호하는 조치를 취한다.



전주의 보호

지하장애물

- (13) 지하장애물을 확인한 후 시공한다.



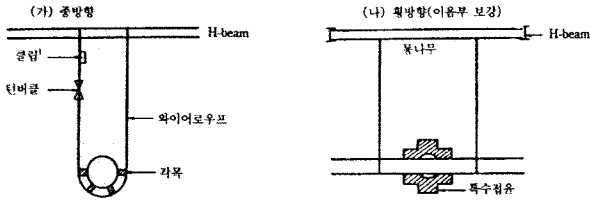
배수원포설시

(a) 웰포인트에 의한 배수계획

(b) 웰포인트배관

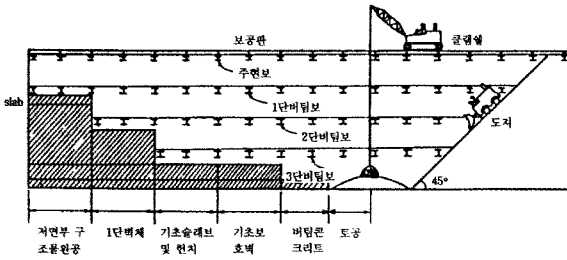
웰포인트공법은 지하수를 흡수하여 수위를 저하시키는 방법으로 장점은 터파기 공사가 쉽게 되고, 지반의 지내력(전단저항)이 강화되며, 흠막이 모양이 결정된다. 단점은 인접지의 침하를 일으키기 쉽다.

- (15) 관로매달기(상수도)



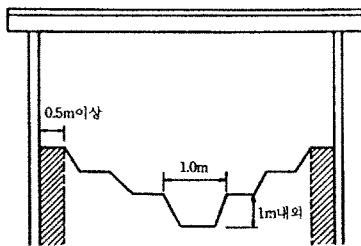
(16) 개착식 굴착의 단계별 시공(계단식)

복공판



※ 굴착작업과 비탈보 설치 작업을 선행하면서 뒤에서 비탈보를 해체하고 단계별로 구조물을 시공하고, 뒤에우기의 작업이 후행작업으로 병행시공됨.

(17) 개착식 굴착의 암석발파굴착



※ 중앙부의 발파는 벤치컷(bench cut)로 V형 터파기  
 ※ 좌우 파일(pile) 집중부분(사선부분)은 착암기로 굴착하거나 유압재, 무전동발파방법 등을 사용하고 파일에 영향을 주지 않도록 시공

(18) 개착식 굴착에서 지하수 유출

라. 붕괴발생 방지대책

토사붕괴를 미연에 방지하는 것이 재해예방의 기본이다. 이를 위해 다음 사항을 검토한다.

(1) 적정한 비탈면 기울기에 관한 계획

계획 및 설계시 충분한 조사와 시험을 실시하여 적정한 기울기를 결정하여야 한다. 과거 재해사례에 의하면 설계상의 기울기와 안전성을 고려하지 않아 발생된 경우가 많았다.

특히, 공사비 절감, 용지 확보의 어려움 등으로 인하여 계획에서부터 붕괴의 위험을 내포한 상태로 시공하는 경향을 볼 수 있어 이 점을 특별히 유의해야 한다.

(2) 비탈면 기울기의 변경

자연지반의 경우 조사를 면밀히 실시하여도 실제와 차이가 발생

하는 경우가 많다. 이런 경우 당초 비탈면 기울기를 재검토하여 필요시는 계획을 변경하여야 한다.

(3) 붕괴방지공법

비탈면붕괴를 방지하려면 시공에 앞서 붕괴방지 대책을 세워야 하는데 그 대책은 다음과 같다.

- 배토공 : 비탈면 상부의 토사를 제거하여 비탈면의 안정을 기한다.
- 압성토공 : 비탈면 하단을 압성토하여 붕괴를 막는다.
- 배수공을 설치하고 지하수위를 내리기 위해 수평공으로 배수한다.
- 구조물의 설치 : 말뚝(철관, H형강, RC)을 타입하여 지반을 강화하는 공법, Anchor, SoilNailing에 의한 방지공법, 옹벽 또는 낙석 방지공을 설치한다.
- 기타 : 식생에 의한 공법으로 페블이거공(평떼, 줄떼), 식생공, 식수공, 파종공 등이 있다.

마. 작업시 안전대책

굴착공사시 재해방지를 위하여 다음의 대책에 준하여 안전대책을 수립하고 작업에 임해야 한다.

(1) 동시작업 금지

- 붕괴 토석의 최대 도달범위내에서 굴착공사, 배수관로의 매설, 철근콘크리트의 작업 등의 경우 동시작업 금지
- 부득이한 경우 적절한 보강대책 강구 후 작업 실시

(2) 대파공간의 확보

- 붕괴속도는 높이에 비례
- 수평방향의 활동에 대비하여 작업장 좌우에 피난통로 확보

(3) 2차 재해방지

- 작은 규모의 붕괴가 발생하여 구조작업 도중에 대형붕괴 발생 방지
- 붕괴면 주변상황을 충분히 확인하고 2중 안전조치 강구 후 복구작업

5. 결론

건설재해의 25%를 차지하는 노천굴착은 재해율이 높을 뿐만 아니라 토사나 암석의 붕괴, 낙석, 건설기계나 비탈면에서 추락 등 다양한 형태의 재해가 발생되고 있는 추세인바, 계획 및 설계단계에서부터 충분한 토질조사와 지상물 조사 및 지하매설물 조사를 실시하여 안전성을 고려한 설계, 그 설계도서에 의한 정밀한 시공을 하여 안전사고를 사전에 예방하여 인명 및 재산상의 피해를 방지하여야 하겠다. ☺