

굴착작업시 안전

계재목차

- I. 굴착작업 안전지침
- II. 굴착시 붕괴요인 및 방지대책
- III. 토사붕괴 방지
- IV. 토석 붕괴 방지
- V. 도랑 굴착작업시 주의사항
- VI. 굴착 토류벽 공사시 주변지반 침하 및 인접 구조물에 미치는 영향
- VI. 굴착토류벽공사시 주변지반의 침하 및 인접 구조물에 미치는 영향

VI. 굴착토류벽공사시 주변지반의 침하 및 인접 구조물에 미치는 영향

이번 호에서는 굴착 작업시 안전의 마지막 순서인 굴착토류벽공사시 주변지반의 침하 및 인접지반에 미치는 영향에 대하여 소개하고자 한다.

지하구조물을 축조하기 위해 실시하는 굴착 토류 공사시 주위에 전혀 영향을 주지 않는 것은 불가능에 가까운 일이며, 그 영향으로서는 소음과 진동으로 정신적 및 육체적 고통은 물론 가옥 등에 실질적인 피해를 주는 침하와 지하수 고갈 등이 있다. 이 중에서도 실제 피해를 제일 많이 주는 것은 침하현상이다.

이 침하현상은 노면의 균열, 구조물의 경사, 지반의 함몰, 지하매설물의 파손, 인근 구조물의 부

등침하와 전도 등을 야기시키므로 경제적인 측면에서는 물론 사회적 및 도덕적인 측면에서도 충분한 주의를 하지않으면 안되는 문제이다.

(1) 주변지반의 침하원인

- ① 주위매설물의 뒤채움 상태가 불량한 곳에 있어서 항타기계 등의 진동에 의한 침하
- ② Sheet Pile등 토류벽 변위에 의한 배면토의 이동에 의한 침하
- ③ 배수시 상부 점성토의 압밀침하
- ④ Heaving에 의한 지반의 침하
- ⑤ 토류판 설치시 뒤채움토의 시공불량에 의한 침하
- ⑥ Sheet Pile등 인발후 처리(채움)불량에 의한 침하
- ⑦ 2차적 현상으로 제 1차 침하에 의해 상·하수도 관거가 파손되어 이곳으로 일시적인 대량의 누수로 인한 토사유출이 야기됨에 따르는 함몰 침하

(2) 인접구조물의 침하원인

- ① 인접구조물의 기초 지반면이 굴착공사의 지반면보다도 높을 경우에는 전술한 지반의 침하원인과 동일하다.
- ② 인접구조물이 Pile 또는 Pier 기초에 의해 견고한 지층에 지지되어 있으며, 이들의 Pile 기초의 지지 지반면이 굴착바닥 지반보다 깊어도 다음과 같은 원인에 의하여 건물

의 부등침하가 예상된다.

- 토류벽의 변위에 따른 배면토의 이동으로 인해 발생하는 Pile이나 Pier 주변의 토사유출에 의한 인접구조물의 침하
- 배수에 따른 Pile이나 Pier 주변 지반이 침하하는 것에 따른 인접 구조물의 침하
- 토류판 뒤채움이나 Sheet Pile 등 인발 후 되메우기 불완전으로 인한 지반의 이완이나 Pile, Pier에 영향을 주는 경우의 인접 구조물의 침하
- 함몰침하 등 급격한 지반의 침하에 의해 인접 구조물이 이끌려 평형에 도달할 때까지의 침하

(3) 침하방지의 기본대책

- ① 토류벽의 종류별로 동일지반 경우 주위지반의 침하에 미치는 영향크기: Slurry Wall < Sheet Pile < H-Pile 및 토류판
- ② 토류벽 동바리의 종류별로 동일지반 경우 주위지반의 침하에 미치는 영향 크기: Tie-Back Anchor(Earth Anchor) < 철근콘크리트재 < 강재 < 목재
- ③ 제 1차 굴착시의 토류벽 붕괴는 예상외로 크다. 이를 방지하는 공법으로는 토류벽 두부에 Tie-Back Anchor(Earth Anchor)의 설치, 철근 콘크리트재에 의한 두부연결, 굴착전에 지표면 부근에 수평 토류벽 동바리를 설치하는 것 등이 아주 효과적이다. 종래 흔히 사용된 Angle 재에 의한 두부의 연결은 약간의 효과가 있을 뿐이다.
- ④ 토류벽 동바리에 Jacking을 가하여도 주위지반의 침하 방지에 효과적이다. 연약지반의 경우 특히 Sheet Pile을 사용한 경우에 Jacking 하중이 크면 그 다음의 굴착개소

부근의 Sheet Pile이 배가 나오는 경우가 많은데 이 때문에 주위 지반의 침하도 많게 된다. 이와 같은 지반조건의 경우에 제1단 Strut에 주는 Jacking 하중은 너무 크거나 또는 적게 되지 않도록 해야한다. 따라서 Jacking 시공시에는 Sheet Pile 두부의 이동량을 계측하여 Jacking 하중을 결정할 필요가 있다.

- ⑤ 토류벽 가까이에서 건설기계에 의한 작업을 하거나 덤프트럭 등 중차량이 빈번히 지나가는 개소는 토류벽 두부의 이동량이 극단적으로 크게된다.

따라서 토류벽 가까이 건설기계나 중차량의 접근을 방지하는 것이 대단히 중요하며, 이것이 가능하지 않은 경우는 이 부근의 토류벽 이동방지책을 강구하는 것이 필요하다.

- ⑥ H-Pile 및 토류판 공법을 사용하는 경우 뒤채움의 상태가 좋고 나쁨이 주위지반의 침하에 영향을 준다. 토공이 적어도 뒤채움 상태가 조잡해지기 쉽고 이 현상에 의한 지반의 침하는 연약지반에 국한되지 않으며 다져진 모래지반의 경우에도 지하수의 배출과 동시에 토사가 유출하여 큰 공동이 생겨 함몰침하를 발생시키므로 주의하지 않으면 안된다. 이 방지대책으로는 토류판 배면에 콘크리트를 뒤채움 재료로서 사용하면 효과적이다.
- ⑦ 수면이하 토류벽으로부터 지하수의 배출에 수반해서 토사가 유출하여 주위지반이 침하되는 것을 주의하지 않으면 안된다.

이 현상은 단순히 H-Pile 및 토류판 공법에만 국한되지 않는다. Sheet Pile 공법 시공시 Section의 가장자리, 주열공법 시공시의 인접한 토류 Pile의 공극이 큰 곳, 지하연속

벽이 함몰된 곳이 있으면 발생하기 쉽다. H-Pile 및 토류관 공법 이외에는 신중한 시공으로 이들의 함몰 개소가 생기지 않도록 하여 이 현상을 방지하지 않으면 안되지만 지중 깊은 개소에 시공 하는 것으로 완전무결한 시공을 늘 기대할 수는 없다. 따라서 토사유출을 확인한 후 아주 빠른 시점에 Grouting 등에 의해서 대형사고에 도달하지 않도록 조치하지 않으면 안된다. 점성토의 경우 Sheet Pile을 뽑은 후 바로 공동 부분의 일부가 메워져 Grout나 물다짐에 의한 모래의 뒤채움에 의해서 지반의 침하를 방지하는 등 적절한 조치를 취하지 않으면 안된다. 점성토의 경우 Sheet Pile을 뽑은 후 바로 공동 부분의 일부가 메워져 Grout에 의한 뒤채움도 효과가 없는 경우가 많으나 Sheet Pile을 뽑자마자 Grout를 하는 이외에 방법이 없다.

- ⑧ 현장주위에 매설관이 있는 도로는 매설관 시공시 뒤채움이 완전히 행해지지 않았거나 Pile 타입시 진동 또는 덤프 등 중차량의 교통량이 많아 매설관 부근의 지표면이 침하되는 경우가 많다. 매설관이 침하하여도 지장이 없는 것이면 지표면을 Asphalt 등으로 포장하면 되겠으나 수도관 및 가스관 등의

경우는 침하에 의한 지장이 나타나기 쉽기 때문에 그다지 굳지 않은 Grout 재료에 의해서 뒤채움이 불충분한 곳을 없애는 것이 좋다.

(4) 계측관리

계측관리는 시공중 발생하는 실제 지반의 거동을 측정하여 당초의 설계와 비교하여 안전하고 경제적인 시공으로 유도하는데 그 목적이 있다.

① 계측의 목적

- 주변지반 거동의 확인
- 각종 지보재의 지보효과 확인
- 구조물의 안전성 확인
- 주변 구조물의 안전확보
- 장래 공사에 대한 자료축적
- 공사의 경제성 도모

② 계측기기의 측정빈도

굴착에 따른 배면지반의 거동은 일일 굴토량과 작업기기의 진동 및 하중 등의 영향을 받으므로 Data의 변화, 측정빈도를 갖추는 것이 변화속도의 파악과 안전의 판단에 도움이 되므로 현장별로 시방에 따른 측정빈도의 설정이 필요하며 아래에 실례를 하나 들어보았다. (표. 계측빈도 (예시))

표. 계측빈도 (예시)

측정 방식	계측 항목	계 측	
		굴착 진행시	굴착 종료시
수동 계측	지중 수평변위 측정기	1회/1주	1회/2주
	지하수위 측정기	1회/1주	1회/2주
	변형율계	1회/1주	1회/2주
	하중계	1회/1주	1회/2주
	건물경사계	1회/1주	1회/2주

③ 계측기기 설치위치 선정기준

지하굴착에 따른 계측기의 계획 및 설치에서 가장 중요한 사항은 커다란 변위의 발생지점과 응력 집중개소에 중점적으로 배치하여 공사의 진행에 따른 변화를 계측 분석한다.

계측기기의 선정은 가능한 동일 단면에 배치되어야 하는데, 동일 단면 배치시의 장점은 상호 연관된 계측자료로 배면지반의 내부 응력 변화와 영향 범위 등을 파악할수 있다.

- 주변 구조물에 영향을 판단하기 위하여 구조물의 인접구간에 집중 배치한다.
- 시공 시점이 빠른 위치를 선정한다.
- 해석상 상호 연관 시킬수 있는 위치를 선정한다.
- 계측수행이 공사의 완료시점까지 가능한 지점을 선정한다.
- 계기의 고장이나 파손시 대체 기기의 선정이 가능한 곳을 선정한다.
- 계기의 배선 및 설치가 용이하여야 한다.
- 공사의 영향이 큰 지점으로 대표단면이어야 한다.

④ 관리 한계치 설정

현장관리, 안전관리를 위한 계측관리 방법으로서 현재 이용되고있는 방법을 대별하면 다음과 같다.

a. 절대치 관리방법

시공전에 설정된 관리기준치와 예측치를 비교 검토하여 그 시점에서의 공사의 안전성을 확인하는 방법

b. 예측 관리방법

예측치와 관리기준치를 비교 검토하여 사전에 공사의 안전성을 확인하거나 현재 시공되고 있는 시공법의 검토를 확인하는 방법이다.

여기서, 예측치란 현재 단계까지의 굴착상태의 실측치에서 기초해서 얻어진 토질성질을 나타내는 제정수와 차단계 굴착이후의 토류 구조물의 거동을 추정한 값이다.

절대치 관리는 계측결과에 대해서 즉시 대응할 수 있다는 점에서 일반적으로 일상의 안전관리에 이용되고 있다. 반면에 예측관리는 조기에 가설 구조물의 거동을 추정할수 있고 대응책도 충분히 검토할 수 있지만 계측 System이 대규모화 함에 따라 경제적인 면에서 부담이 크므로 일반적으로 대규모 굴착공사나 중요한 계측의 경우에 한하여 이용되고 있다.

계산에 의한 지반 및 건물의 침하량은 지반 구성의 복잡성과 압밀이론의 가정 및 시험방법 상의 문제점으로 실제 침하량과는 일치하지 않는 경우가 많을 뿐만 아니라 이론적인 계산에 의한 예측치 보다 현장에서 직접 실측한 값이 더 크게 나타나는 경우가 대부분이다. 따라서 시공중 실시한 실측치에 의한 시공관리가 요구되며, 계산치와 실측치와의 관계 Data를 수집 정리하여 차기 침하 계산시 반영이 필요하다. 그 밖에 시공상의 주의 또는 부주의에 의해서 특히 침하의 차이가 크다는 것을 첨언한다. 