

토목공사 실무자를 위한 제언

김 주 범 | 우리협회 고문
건설안전기술사

1. 가시설 설계

터파기 가시설 설계시 하중조건에서 흔히 상재하중을 $1t/m^2$ 을 계산하는데 실제 현장에서 일부 구간에서는 중장비가 철근 등 여러 가지 자재를 하역·적재하면서 가설구조에 진동 및 과하중을 가함으로서 과도한 변위를 발생시키고 급기야는 붕괴에 이르게 하는 일이 종종 발생하고 있고 때로는 상·하수관에 이상하중이 가하여지면서 관에 파열과 더불어 누출수가 가시설을 붕괴시킨다.

1) 수평버팀재

많은 경우 제 1·2단 수평 버팀재에 힘이 많이 작용하는데 단면부족으로 활처럼 휘는 경우가 보이거나 현장 종사자는 이를 감지 못하는 일이 있다. 이런 일은 초기에 수정하지 않으면 굴착깊이 증가에 따라 그 정도가 심해짐을 명심하여야 한다.

2) 엄지말뚝

엄지 말뚝시공에서 최근에는 타입에 의한 해로움을 없애기 위하여 오거로 먼저 파고 엄지 말뚝을 설치하는 것이 대부분인데 간혹 엄지 말뚝 선단이 지지층에 정착되지 않고 어스앵커를 사용할 경우 하향 분력에 의하여 벽체가 밑으로 떨어지게 되는데 이로 인하여 약 40cm 변위가 발생한 예가 있다.

3) 어스앵커

어스앵커는 흙막이벽의 지지물로는 적합한 공법이나 그 기능을 잘 이해하고 사용하여야 한다. 근래에는 팻가의 기능을 제대로 살려 주입을 하는데 아직도 미숙련된 기능공들은 제대로 주입압을 주지 않거나 자유장까지 함께 정착 주입을 하는데 이러한 것은 잘 감시해야한다.

어스앵커에 인장력을 가할 때 락의 변화가 있는지도 확인할 필요가 있다. 한 예로 앵커력에 의하여 변위가 크게 생겼는데 이를 보강하기위해 앵커를 더 많이 사용하여 크게 문제를 일으킨 일도 있었다. 어스앵커는 연약지반에서는 절대로 사용하여서는 안된다.

4) 보강그라우팅

지하수위가 높거나 수위 변동으로 기존시설물의 해를 최소화하기 위하여 주입을 시행하여 고결 및 지수역활을 하게 하고 지반의 변동을 최대한 억제하여야 한다.

그라우팅은 지반굴착을 하기전에 시행하여야 하며 지반토의 성질에 따라 2열 이상 하는 것이 좋다.

5) 지층의 관찰

지반조사는 성의 있게 상세히 한다 하더라도 파악하기 어렵기 때문에 현장시공에 임하여 터파기 하면서 직접 판단하는 것이 가장 정확하고 그에 따라 바로 대처하는 것이 가장 경제적이다.

6) 지층을 이루는 재료

상부 지층은 많은 경우 매립토층과 잔류토층으로 이루어져 있고 그 하부는 풍화암, 연암 및 경암의 순으로 암에서는 특별한 절리군의 경우를 제외하고는 문제되지 않으나 토층에서는 매립토층에서 흙을 구성하고 있는 입자가 모래이고 지하수가 높을 때는 신중하게 대처하여야 한다. 모래층에서는 일반그라우팅이 어렵고 효율도 나쁘기 때문에 특수그라우팅이 요구된다.

2. 사면

모든 토목공사에서 평지를 제외하고는 높은곳을 깎아 내어 낮은곳을 매우게 됨으로 경사면이 생기게 된다. 설계 기준에 깎기 사면의 구배는 지반의 성질에 의하여 이미 정하여져 있으나 주변 여건이나 환경에 따라서는 기준에 합당하지 않을때도 있게 마련이다.

그리고 깎은 흙을 쌓기 위하여서도 기준이 설정되어 있다.

1) 깎기사면

① 토층

흙사면의 깎기는 대부분 1:1.2가 일반적으로 이용되고 있으나 깎기사면에서 침출수가 나타날때는 별도처리를 하여야 하는데 경부고속도로에서 이런곳에서는 1:1.8까지 시공되어 있다.

② 암층

암층을 이루고 있는 암석은 크게 퇴적암과 화성암으로 이루어져 있고 이들 암석은 오랜 세월 지각운동과 기상변동의 영향으로 균열, 파쇄, 관입 등으로 지표면에서는 약화되어 있어 이런 암층을 절개할 때 화성암에서는 크게 문제가 되지 않으나 퇴적암층에서는 층리나 편리에 따라서 깎기 사면이 기준과 다를수 있어 이러한 것은 현장에서 기술사가 직접 판단하여야 할 사항이다.

2) 흙쌓기

흙쌓기는 대부분 깎아낸 흙을 이용하는 경우가 많은데 흙쌓기 구배는 대체로 1:1.5가 많이 이용된다. 흙쌓기에서 소홀하게 하는 것이 불균등하고 다짐이 되지 않고 있는 것이다. 흔히 이런곳에서 다지라고 하면 도자로 잘 다지고 있다고들 하는데 도자는 다짐장비가 아니라는 것을 알지 못하고들 있다. 도자는 저지압이 0.4~0.6kg/cm²이기 때문이다. 오히려 트럭에 짐을 싣고 다지는 것이 훨씬 효과적이다.

흔히 다지지 않은 흙쌓기인 곳에서는 용지를 유효하게

사용하기 위하여 옹벽을 시설하는데 이때 다짐 불량에 의하여 옹벽이 침하되거나 뒤채움 다짐 불량으로 옹벽이 넘어지는 경우가 많이 나타나고 있다. 이러한 결점을 이용한 것이 요즘 많이 시공하는 보강토 옹벽이라 할수 있다.

3. 연약지반

경제 발전에 힘입어 생활용지나 공장용지가 많이 소요 되는데 이를 충족하기 위하여 버려졌던 갯벌을 제방을 막아 이용하는 일이 많아졌다. 그 대표적인 곳이 안산공단, 대불공단, 목포신시가지, 군장공업단지 등을 들수 있다.

연약지반은 그 표고가 낮은(EL 3.5m이하)곳에 조성되었으며 유수에 의하여 운반되는 토립자가 유속이 적거나 정체되는 곳에 침전 퇴적되어 이루어진 곳으로 입자는 작고 수분이 많은 것이 특징이다. 이런 흩은 역학적 성질이 취약하기 때문에 기초처리에 특단의 노력이 필요하다.

1) 건물기초

많이 이용되는 것이 말뚝이다. 그런데 연약지반에서는 말뚝타입시 타입 진동에 의하여 역학적 성질이 취약한 지반이 더욱 나빠지며 횡방향의 저항력에 문제가 야기 된다. 이는 예민비에 비례하여 약화되므로 이런 경우에는 수직 지지도 중요하지만 수평력에 대한 검토가 대단히 중요하다.

2) 교량

교량기초에서 말뚝시공시 지지층에 적어도 1m이상 근 입이 되어 미끄러짐을 방지하고 말뚝타입시 진동에 의한 원지반의 역학적 성질에 감소와 수평력에 대한 검토가 필요하며 특히나 교대는 뒤채움흙에 의한 횡방향력의 증가로 교대가 말리는 현상이 아직도 수없이 발생하고 있음에 비추어 수평력 저항말뚝을 반드시 설계시공하여야 한다.

3) 흙쌓기

최근에는 시간을 다투는 시대임으로 과거와 같이 완속 시공은 어려움으로 급속시공을 위하여 지중 배수공법의 시공이 발달되었다. 이 공법에는 PBD, 샌드드레인, 팩드레인 및 진공배수 등이 있으나 시공이 편리한 PBD가 많이 사용되고 배수효과도 좋은 것으로 보고되고 있다.

이 공법은 시공장비가 적고 (큰 것도 있음) 연약층 깊이가 적은때는 아주 편리하다. PBD시공후 상재하중을 재하여 짧은 시간내에 소요 침하를 완료하게 할 수 있다.

4) 신·구축조물

토공으로 구축조물에 연결하여 새로이 축조물이 시공 될 때에는 이들 사이에 침하량에 차이가 생길 수 있기 때문에 이를 감안하여야 한다.

수로인 경우 구제방을 이용하여 양측에 뚝을 쌓고 구제방을 수로 바닥으로 할 경우 새로 쌓은 뚝은 침하가 커지면서 불균등 침하 경계선이 생겨 이곳으로 물이 새면서 수로가 붕괴된 사례가 있다. 또한 상재하중이 클때는 재하중의 인근지반이 침하의 영향을 받을 수 있다.

4. 터널

터널은 지반자체의 지지능을 될 수 있는 대로 활용하는 구조물이다. 그래서 설계, 시공을 위하여 지반조건, 환경조건에 적합한 방법을 선정하고, 터널주변의 지반조사 시험을 통하여 지반상태를 정확히 파악하고, 그에 따라 지반을 평가·구분하여 굴착후의 지반의 거동이나 토압특성을 예지할 필요가 있다. 그러나 현실적으로는 지반의 변화성이 많은 곳에서는 실상을 정확히 알기가 어렵다. 그러므로 지반의 거동이나 토압특성은 굴착, 지보공, 복공 등 시공에 따라 크게 좌우될 뿐만 아니라 예상과 실제 시공에 있어서 차이가 나는 경우가 많다.

1) 조사

시공중에는 갱내 지질도 작성에서 암의 절리방향과 암의 경사 등으로 가시적으로 판단되나 미굴착 부위에 대하여서는 그 정보를 알수 없다. 최근에는 시공중 조사로서 막장에서 선진보링을 하여 정보를 미리 알고 그에 적절한 대처방안을 강구한다.

2) 발파

발파는 주위의 여건에 따라 발파진동치를 설정하여 그 값 이내가 되도록 화약량을 조절한다. 이는 화약의 종류에도 관계된다. NATM 공법은 발파 방법중 암반내에 균열을 적게하는 Smooth Brasting으로 하고 있다. 화약도 Finex 1호와 2호를 사용한다.

3) 스케일링

발파후 들뜬돌을 철저히 조사하여 낙석에 의한 사고

를 방지하기 위하여 스케일링을 철저히 하여야 한다.

4) 보강

① 록볼팅

스케일링으로 처리하기 어려운 큰 암괴는 록 볼트를 시공하여 모 암체와 일체가 되게 하고 방법에는 텐션볼트와 스톱볼트가 있으며 주로 스톱볼트를 많이 사용하고 있다.

② 슛크리트

암체가 좋은데는 필요없으나 절리가 많거나 파쇄대가 나타날 때 상태에 따라 그 두께를 가감하고 또는 와이어 메쉬를 병용하는 것이 좋다. 와이어메쉬는 눈금이 클수록 탈락율을 줄일 수 있으며 슛크리트의 두께를 너무 두껍게 할 때는 비경제적이 될 수 있다.

예로 터널폭 18m, 높이 30m인 터널에서 10cm두께까지 한 예가 있는데 이 두께를 유지하려면 세 번을 뽑아야 한다. 최근에 설계를 보면 30cm 두께가 있는데 이것은 다시 생각해 볼 문제다.

③ 그라우팅

선진보링 과정에서 발견된 누수대나 파쇄대는 발파하기 전에 미리 그라우팅을 하여 파쇄대를 고결시키고 누수 부위에 대하여서는 지수효과도 배가 할수 있다.

5) TBM에 의한 시공

최근에 TBM이 많이 도입되어 이것으로 시공하면 완벽한 것처럼 선전되고 있으나 기반암반이 양호한 곳에서는 굴착면이 더 없이 매끈하고 좋으나 암질이 나쁘거

나 이질암의 접촉부 파쇄대에서는 낙반 등의 사고가 발생한 때는 기계자체가 거대함으로 낙석 처리에 상당한 애로가 있다는 것을 알아야 하며 암의 경도가 다를 경우 중심선을 맞추기가 어렵기 때문에 기계 조작에 상당 기술과 숙련이 필요하다.

6) 콘크리트라이닝

콘크리트 라이닝 시공에 있어서 권장하고 싶은 것은 천정부에 종단균열 유도를 위한 줄눈을 미리 만들어 줄 것과 측벽에 여굴이 과다할 때 콘크리트 채움 불균형으로 인해 거푸집의 밀림 현상에 주의하여야 하며 천정부 공간 충전 그라우팅시 압력 조절에 극히 조심하여야 한다.

5. 기타

1) 단위착오

설계계산에서 사용단위를 틀리게 적용함으로써 그 크기는 10배 또는 1/10의 차이를 나타낸다. (예: $1\text{kg}/\text{cm}^2$ 인데 $1\text{t}/\text{cm}^2$ 로 하는 등)

흙에서 습윤단위 중량을 사용하여야 하는데 건조단위 중량을 사용한 예.

연약지반 처리에서 수중단위 중량을 사용할 것을 습윤단위 중량을 사용한 예.

2) 기초밑에 잡석부설

건축에서 기초부에 호박돌이나 잡석을 부설하는데 이것은 돌사이 공극에 물이 모여들어 지반을 연약화 시키면서 점차 침하를 일으키게 하는 요인이 된다. 특히 진동이 연속적으로 발생하는 공장 등에서는 더하다. 그러므

로 될 수 있는대로 버림 콘크리트와 지반과 밀착시키는 것이 더 좋다.

3) 구조체의 부력

지하수위하의 구조물들은 완공후 부력에 의하여 부상하는 경우가 종종 나타나고 있다. 이는 부력에 대한 검토를 소홀히 하였기 때문이다. 어떤 현장에서는 기초 암반위에 잡석을 부설하는 곳이 있는데 기반암과 콘크리트의 부착력은 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상인 것을 감안할 때 기초 콘크리트를 기반암에 밀착하게 하면 부력은 해소할 수 있다.

4) 연약지반조사

연약지반에 대한 조사는 표준관입시험에 의한 것보다는 이중관 원추관입시험으로 하는 것이 지층 분석이 정확하고 대책공법도 경제적이 될 수 있다.