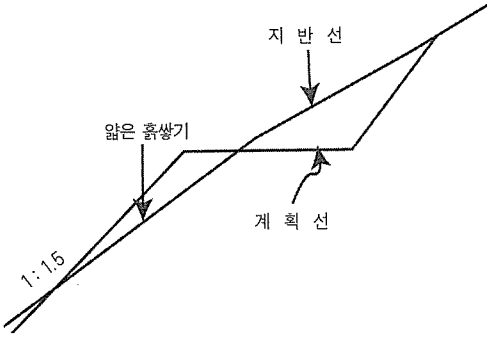
설계서 검토에서 나타난 문제들

김 주 범 / 우리 협회 전문위원
건설안전기술사, 토질 및 기초기술사

다년간 설계성과품인 설계서를 검토할 기회가 많이 있어 그동안 검토하면서 설계가 미비하거나 기능에 맞지 않은 사항들에 대하여 많은 설계자들에게 알려야 되겠다고 마음을 먹었으나 막상 쓰겠다고 펜을 들었다가는 놓고 하기를 여러번 되풀이 하다가 각중에 원고를 써 달라는 부탁에 선뜻 대답은 해놓고나서도 차일피일하다가 용기를 내어 현실적으로 쉽게 일어나는 문제점 10여가지에 대하여 소견을 적어 보았다. 전문분야가 토질이기에 흙에 대한 것만 실제에 부합되도록 기술하였는 바 업무에 참고가 되면 다행이겠다.

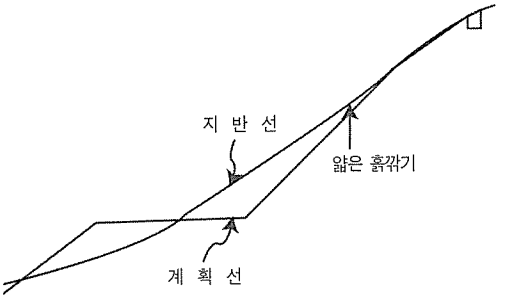
1. 흙쌓기

도로축조에 따른 횡단면도에서 원지반의 비탈면의 기울기가 성토할 기울기와 같을 때 설계 비탈면 기울기에 맞추기 위하여 오랜 기간 동안 식생 등으로 안정된 지표면을 걷어내고 얇게 흙을 덧붙이게 하는 것은 이 흙이 원지반과의 경계면의 침출수면이 되기도 하고 비가 오게 되면 빗물에 침식 및 세굴이 되어 오히려 불안정한 비탈면을 만들 수 있으므로 이러한 곳에서는 비탈 끝부분에 돌쌓기나 돌망태 또는 옹벽 등을 만들어 주어 상기와 같은 피해가 없게 하는 방안이 모색되어야 한다.



2. 흙깎기

산비탈면을 설계에 맞추다 보면 얇게 긴 비탈면을 깎는 경우가 종종 발생하는데 이것도 흙쌓



기 때와 마찬가지로 식생이 잘 되어 안정된 지표면을 깎아냄으로써 우수에 의한 세굴을 야기시키게 되며 때로는 활동까지 일으켜 도로의 기능을 마비시키는 경우가 있다. 이 경우에는 지표면을 최소로 상하게 하는 방법을 찾아 설계하고 시공하여야 한다.

3. 배수구조물 토출구 보호

산계곡부나 도로횡단구배가 급한 곳에 배수구조물로서 흄관 또는 Box 구조로 설계된 토구측에는 유속에 의한 지반 세굴에 대비한 구조가 유세를 감쇄시킬 수 없는 구조로 되어 있는데 이런 곳의 유속계산서를 보면 4m/sec 이상, 또는 8m/sec 이상의 것도 나타나고 있으며 이러한 유속에 대항하려면 정수지나 감쇄 블럭을 설치하는 것이 마땅하리라고 본다.

일면 유사력이 많은 곳에서는 암거 콘크리트 바닥의 마모도 심하게 일어나므로 이에 대한 고려도 필요하리라고 보겠다.

4. 기초잡석 깔기

옹벽이나 배수구조물 또는 건물기초에 대부분 잡석층을 부설하는 설계를 하고 있는데 원지반을 파내고 기초를 하는 곳에서는 거의 잡석을 부설하지 않아도 될만큼 좋은 지반을 이루고 있는데 이러한 지반에 잡석을 부설하게 되면 잡석 사이의 공극에 물이 모이게 되고 이물이 잡석 밑에 지반토를 연약화시키면서 침하를 일으키는 나쁜 영향을 주게 되므로 잡석을 부설한다면 공극 사이를 메워 줄 수 있는 모래를 함께 섞어 부설하여야 제기능을 발휘할 수 있을 것이다. 그러나 이보다는 버림콘크리트를 이용하는 것이 가장 좋은 방법이라 하겠다.

5. 계곡부를 이용한 활주로 성토

부지관계로 비행기 활주로를 산계곡부를 이용하여 설계할 경우에는 활주로 종단 방향으로 볼 때 계곡은 대개 V자형으로 골짝이부는 상당히 깊어 마치 저수지 댐과 같아 다짐도를 상당히 높이지 않으면 부등침하가 많이 발생하여 비행기 이·착륙에 문제가 발생할 것이므로 이에 대한 설계나 시방을 주의깊게 하여야 하며 또한 횡단 방향으로는 계곡 경사에 따라 성토높이의 두께도 경사를 이루어 침하량의 경사가 생길 것을 예상하여 이에 적응한 설계가 요망된다.

6. 높은 성토밑의 배수 흄관

도로 횡단 배수관으로 사용하는 흄관은 토피고가 클 때는 상재토압에 의하여 관에 균열이 발생하게 된다. 그 이유는 흄관은 대개 내압관으로 만들어져 있고 외압관이 아니므로 이를 잘못 적용하는 경우가 상당히 많이 발생하므로 이에 적용을 신중히 하여야 하며 균열하중에 대한 상세는 KSF 4403-91에 표시되어 있으므로 참조하면 좋을 것이다.

7. 교량기초의 매스콘크리트

산간지역에 축조되는 교량 기초설계에서 지반조사 결과의 표준관입시험치 N가 50 이상인 지반인데도 불구하고 매트 기초라 하여 상당한 깊이까지 제거하고 매스콘크리트를 2~3m 두께로 설계하고 그 위에 본 기초 두께 1~2m를 함으로써 엄청난 콘크리트량의 기초가 되는데 이는 하상 구배를 검토하여 세굴이 되는지를 검토하여 세굴깊이에 다소 여유를 두어 정하는 것이 합리적이라 하겠다.

그 이유는 표준관입시험치 N가 50 이상인 지반은 대단히 큰 지지력을 받을 수 있는 지층이기 때문이다.

8. 기초 말뚝의 타입

구조물 기초에서 표준관입시험치 N〉50 이상인 지반인 곳은 사력토, 사질토 또는 잔류토 및 풍화암인 곳이 대부분이며 이런 흙은 N치가 클 뿐만 아니라 그 깊이도 상당히 깊을 때가 많다.

이러한 곳에 교대나 교각 등을 설계할 때 RC 말뚝이나 강관 말뚝 등을 무리하게 5~12m까지 근입하도록 설계되는 것을 종종 볼 수 있는데 이는 현실적으로 큰 N치를 나타내는 지반에 1m 정도 타입하는 것도 어려우려니와 무리하게 타입하게 되면 말뚝선단이 부서지거나 말뚝머리가 파쇄되며 지반이 연약한 곳에서는 측방압이 적어 말뚝 자체의 중간이 부러지는(RC말뚝) 경우도 있으므로 말뚝시공에 있어서 N치가 40 이상인 지반에서는 타입하기가 어렵다는 것을 염두에 두고 근입을 크게 하려면 타입 이외의 공법을 선택하여야 한다.

9. 암석으로 기초부지를 조성

구조물 기능상 주거지와 떨어져 있는 산간에 부지를 조성하는 경우 대가 암석을 절취하게 되고 이 절취된 버럭을 성토재로 하여 만드는데 재료가 암석인 관계로 시방규정에 의하여 잘 다져가며 시공을 한다면 별다른 문제는 없을 것이나 많은 경우 성토재를 불도저 등으로 밀어내리는데 이런 경우 다짐의 부족과 공극 사이의 충진 부족으로 침하가 일어나게 되며 특히 강우시 우수 침투로 인한 석재의 치합력의 재배치로 인한 침하도 일어난다.

일변 돌의 경도에 따라 석재간의 접점이 어떤 과다한 힘을 받을 때 부스러지면서 갑작스런 침하도 생길 수 있다.

이러한 성토지반에서는 상기와 같은 것이 예견되므로 이러한 현상을 미연에 방지하기 위하여 시행하는 공법으로 동적 다짐방법이 있는데 이 공법은 무거운 추를 높은 곳에서 떨어뜨려 지반에 충격력을 주어 다지는데 낙하 높이와 추의 무게에 비례하여 에너지가 커지며 이를 잘 조합하면 10m 이상 깊이까지 무난하게 개량할 수 있는 효과가 확실한 공법으로 이용할 수 있다.

10. 연약지반 개량시 샌드매트내 배수관 설치

연약지반 개량에서 흔히 사용되고 있는 샌드드레인, 페이퍼 드레인 및 팩 드레인 등은 연약지반에 설치하여 흙이 함유하고 있는 과다한 수분을 줄여 주는 기능이며 이들을 통하여 침출되는 물을 샌드매트에 연결 확산되는 기능과 시공장비의 주행을 원활하게 하는 기능을 겸하고 있는데 샌드매트내에 집수관을 부설하는 것은 좀 생각해 볼 문제이다.

왜냐하면 이들 공법이 이용되는 지반에서 투수계수를 시험에 의하여 측정해 보면 투수계수 $k=10^{-6}$cm/sec 이하인 경우가 대부분으로 이런 값으로 배제되는 수량은 극히 적게 나타나기 때문에 별도의 처리 없이도 샌드매트내에서 자연적으로 증발산 및 배출하게 되기 때문이다.

예를 들어 지반침하가 1년에 60cm 되었다고 하면 하루에 약 2mm이므로 이를 물의 높이로 대치하더라도 1일 강우량 2mm로 볼 수 있고 이러한 물은 하루낮에 충분히 증발할 수 있는 양이기도 하려니와 샌드매트의 부설두께를

30cm로 볼 때 이 층에서 생기는 공극율을 30%로 보면 침출수를 포용하기에는 너무나 많은 공극임을 짐작할 수 있음을 알 수 있다.

11. 페이퍼 드레인공

페이퍼 드레인 공법은 연약층의 개량공법으로 흙의 함수비를 저하시키는 공법이므로 페이퍼 드레인을 시공한 연후 지반의 지지력이 허용하는 한도에서 하중을 가하는 데 대략 1단계 성토는 1.5~2.0m가 적정하며 이 높이는 토공시공에서 자동차 하중을 감안할 때이며 자동차 하중을 감안하지 않을 때는 3.5m까지는 무난히 상재할 수 있을 것이다.

페이퍼 드레인의 배수능력은 상재하중에 해당하는 만큼의 침하로 인한 수분배제이며 이 배제속도는 압밀계수와 관계되며 압밀계수에 비례하여 일어나므로 무리하게 하중이 재하되면 과인간극수압의 발생으로 예기치 못한 지반활동이 일어나므로 주의하여야 한다. 이 때 배제되는 침출수는 때로는 염분이 함유되어 인접 농작물에 피해를 주는 경우가 있으므로 조심하여야 한다. 이러한 사항을 고려하여 배수측구를 할 필요가 있다.

12. 연약지반에서 기존축제와 신설축제의 접합부

연약지반상에 축조되어 있는 제방이나 도로에서 이것을 보완 또는 확장하는 경우가 있는데 이럴 때 고려하여야 할 사항은 기축조된 부위의 기초지반은 그 하중에 대하여 오랜시간 개량되어 지반이 안정되어 있는 상태이나 더돋기를 한다든가 확폭을 할 경우에는 예기치 않게 많은 문제를 일으킨다.

기존 축조물에 높이를 더돋기 할 때는 과대하게 높이게 하면 11항에서 언급한 바와 같이 과잉 간극수압이 작용하여 활동을 일으킬 수 있으므로 성토높이 조정에 유의하여야 함은 물론 지반토의 역학적 성질을 잘 파악하여 대처하여야 한다.

도로 등을 확폭하는 경우에는 전혀 새로운 하중이 지반에 작용하므로 침하량이 많아져서 기존 도로와 신설 확폭도로 사이에 부동침하로 인한 단차가 생기며 때로는 이 면을 따라 활동을 일으킬 수도 있다. 그러므로 단계성토를 함과 더불어 완속시공을 하는 데 힘써야 한다.

13. 교대 횡하중

연약지반에서 교량 축조시, 특히 교대에는 횡하중이 작용하는 것은 배면토압에 의하여 크게 작용하는데 흔히 수직하중만 고려하는데 연약지반에 말뚝을 타입하게 되면 연약토에는 타격력 없이도 말뚝 무게로 관입이 되나 지지력을 받는 깊이부터 말뚝을 타입하는데 이 타입진동에 의하여 연약지반이 교란 및 이완되며 일부 실트층에서는 액상화 현상으로 인하여 지반 자체가 말뚝의 횡력을 지지할 수 없게 되며 지나치게 타입에너지를 가하면 말뚝 중간부가 부러지는 경우도 발생한다. 그러므로 이러한 지반에서는 횡하중에 저항할 수 있는 사항이나 지반 자체를 고결하는 방법 등을 고려하여야 한다.