

헥사콘 영구배수공법

Water Distribution Methods of Hexa Tube Connector

이창남 / 센구조 건축사사무소
by Lee Chang-Nam

개발배경

필자가 영구배수공법을 구상하여 건축물에 처음으로 사용한 것은 1978년 서울 남대문에서 남산 방향에 위치한 대한화재빌딩에서였다. 그러나 실은 그보다 앞서 역시 남대문 옆의 대경빌딩(지금 신한은행본점을 짓기 전에 설계했다가 무산된 건물)에 적용하기 위하여 설계에 반영시켰었다.

그 전에는 지하실 깊이가 깊어봐야 지하 3층에 불과하여 굳이 영구배수공법 같은 번거로운 공법을 적용할 이유가 없었다. 지하 외벽과 바닥 내수판을 조금 더 두껍게 하고 그래도 부족하면 2중 슬래브 사이 빈 공간에다 잡석이라도 채우면 지하수 부력에 대해서는 걱정을 하지 않아도 됐었기 때문이다.

하지만 이제는 영구배수공법(De-watering)이라는 용어를 모르는 건축기술자가 없을 정도로 일반화되었으므로 최근에는 바다를 메워 조성한 대지에다 집을 지었기 때문에 지하실 바닥 보다 바닷물 수위가 더 높은 인천국제공항 여객터미널에서까지 성공적으로 적용하기에 이르렀다.

새 공법을 세상에 처음 사용할 때는 의문도 많고 저항도 큰 법이다. 내가 무슨 이유로 처음 하는 일에 시험 대상이 되어야 하느냐? 고 반대하고 나선다. 게다가 필자는 토질기술자가 아니다. 그래서 여러 차례 토질공학을 전문으로 하는 교수가 자문위원으로 참여한 심의 회의를 열었다. 다행히 이론적으로는 틀리는 것이 없으나 현실적으로는 몇 가지 문제점이 있다는 코멘트가 있었다.

첫째, 배수펌프를 작동시킬 전원이 차단되면 어떻게 할 것인가?

— 지하 3층보다 깊거나 영구배수공법을 도입할 만큼 규모가 큰 건물에는 비상 발전기가 필수적이며, 예비 저수조를 마련해 두면 단기간의 단전은 문제가 되지 않는다.

자금은 한전 전기 사정이 안정되어 있어서 정전이 거의 없지만 그 당시만 해도 수시로 정전 사고가 있었으므로 그런 걱정을 하는 것은 당연했었다.

둘째, 배수펌프가 고장이 나면?

— 배수펌프는 반드시 스페어(Back up)펌프를 준비하여 고장 수리하는 동안에도 배수에 차질이 없도록 한다. 만약 배수펌프가 고장났을 때 기계실 근무자가 태만으로 또는 무지로 인하여 그대로 방치할 경우의 사고는 어떤 방법으로 대처할 것인가?

1984년 망원동 일대가 장마 비로 침수된 이유가 빗물 배수펌프장의 펌프 고장이 이유였다고 들었는데 펌프실 근무자가 여러 번 바뀌는 몇 해 동안에 걸쳐서 배수펌프가 한번도 작동하지 않자 이제는 불필요한 것이라는 생각에 정비하는 것을 게을리 했었다고 한다.

당시 한강 상류에는 댐 건설이 잘 되어 있어서 홍수 걱정을 하지 않아도 될 것이라는 막연한 생각을 했었나보다. 그러므로 그런 비상사태에 대비해서 만약 펌프가 고장으로 물이 넘치면 경보음을 발하면서 예비 저수조를 채우고 그래도 모자라면 물이 지하실 바닥을 침수시켜 물바다가 되도록 하는 것이 오히려 구조 안전 상에는 도움이 된다.

고혈압 환자가 쓰러졌을 때 머리에 외상을 입어 피를 흘리면 오히려 내출혈을 면하는 것과 같은 이치라고나 할까?

이 같은 최후 사태에 대비하여 주요 장비는 지하실 바닥에서 조금이나마 높은 레벨에다 설치하도록 기초를 마련하는 것도 바람직하다.

셋째로 유류파동이 나거나 6. 25와 같은 전쟁이 일어나서 전기도 끊기고 비상발전기를 돌릴 수도 없는 최악의 경우는 어떻게 할 것인가?

— 그런 비상 사태에 대비해서 필자는 초기부터 영구배수공법을 적용할 때마다 최하층 지하실 바닥 레벨에서 나오는 물을 전부 배수시키는 대신 그 구조물이 영구배수공법을 적용하지 않아도 견딜 수 있는 최고 수위까지는 물이 차 있어도 안전하도록 하고 지하수위가 그 레벨이상으로 올라가지 못할 만큼만 배수하는 방법을 제시하고 있다(구조물이 자중만으로도 부력에 안전한 경계수위를 사전에 계산하여 적용함).

대부분의 건물 지반은 가뭄에 지하수위가 내려갔다가 장마 때만 일시적으로 상승한다. 또한 건물 설계용 지하수위란 그 건물이 불필요하여 헐어버릴 때까지 즉 앞으로 50년, 100년 간 단 한번이라도 대홍수가 나서 지하수위가 상승할 가능성이 있는 최고수위이기 때문에 평상시에는 배수펌프가 작동하지 않는 것이 조금도 이상한 일이 아니다.

하지만 필자가 제시한 수위 조절형 영구배수공법을 제대로 이해하고 적용하는 현장이 별로 없는 것을 안타깝게 생각하여 기회가 있을 때마다 U자관 원리를 설명하여 수위를 조절하도록 종용하였으나 대부분 솟아나는 물을 전부 퍼버리는 간단한 방식에 만족하고 있는 형편이다.

이는 영구배수공법의 적용 여부를 결정하는 자가 건축구조기술자임에도 불구하고 이를 실제 적용하는데 있어서 토질기술자의 지원을 받아야 하며, U자관 이론이 지극히 간단한 유체의 특성임에도 불구하고 이를 실무에 적용하려면 설비기술자나 배관공의 도움을 받아야 하기 때문인 것 같다.

특히 요즘 들어서 영구배수공법을 적용하는 대부분의 대형 건물 지하실 외벽이 연속벽 공법으로 공사하

여 지하수를 차단하고 기초 바닥레벨이 경질지반이어서 건물 주변에서부터 지하실 바닥으로 스며드는 물의 양이 별로 많지 않다. 따라서 스며 들어오는 물을 전부 퍼낸다 해도 별로 큰 부담이 없기 때문이기도 하다.

하지만 조금씩만 스며 나오는 물이라 해도 펌프가 고장이 나거나 정전이 돼서 퍼내지 못하고 방치하면 언젠가는 지하실을 침수시키는 것이 당연한 일이며, 특히 큰 홍수로 지하수위가 상승하면 잠시나마 퍼내야 할 물의 양이 많아질 수 있으므로 가능하면 평상시에 물을 퍼내지 않거나 조금씩만 퍼도 되는 수위조절형 영구배수공법으로 설계 시공하는 것이 바람직하다.

그러므로 별도로 구조기술자나 토질기술자 및 설비기술자의 도움이 없어도 되는 셋트식 영구배수공법을 연구하여 발표한 것이 핵사튜브코넥터 배수공법이다.

— 현재 특허출원중이며 7월 중 제품이 생산될 예정임.

넷째로 영구배수공법과 락앵커파공법은 각각 어떤 경우에 적용하는 것이 적합한가 하는 질문에 대해 보기로 한다.

— 물을 퍼도 퍼도 한없이 들어오는 특별한 땅이 있다. 개천을 메운 땅이거나 또는 언젠가는 알 수 없어도 옛날 개천이었던 땅 즉 모래자갈 층이 있는 땅은 비록 조사 당시 지하수가 없다고 해도 언젠가는 침수시킬 수 있는 땅이어서 영구배수공법보다 락앵커파공법이 적합하다.

그와는 반대로 암반 등 경질지반이거나, 진흙질 지반일 때는 단위 시간에 많은 양의 물이 통과하지 못할 것이 분명하므로 이런 때는 영구배수공법이 경제적이다. 물론 모래자갈 층이라고 해도 그 층이 두껍지 않아 지하실 깊이의 일부분에만 걸쳐 있을 때는 지하실 외벽 하단을 불투수성 지반에 확실하게 묻어서 지하실 외부의 물이 외벽 하단을 돌아 지하실 바닥까지 스며드는 물의 양이 많지 않도록 하면 이 역시 영구배수공법을 채택하는데 별로 부담이 되지 않는다.

즉 영구배수공법이나 락앵커파 공법의 선정 기준은 기술자 기분 내키는 대로가 아니라 지반 상태에 따라 결정하여야 하는 피동적인 것이다.

다섯째로 실제 영구배수를 위하여 펌프의 용량과 대수 및 배수관의 배열과 직경을 결정하기 위한 배수량을 사전에 계산하여야 한다.

— 토질기술자가 제시하는 투수계수대로라면 항상 과대한 배수시설을 마련하여야 한다. 예를 들어 한 국종합무역센터의 경우 마련하여야 하는 펌프의 대수가 무

려 235대라고 주장해서 애를 먹었으나 마침 터파기 공사 중 수십년만의 장마 비에도 펌프 몇 대만으로 배수한 것이 확인되어 별 탈 없이 공사하여 지금에 이르고 있다.

최근에 준공한 인천국제공항 여객터미널의 영구배수시설을 위한 토질조사보고서에서도 하루 배수하여야 할 물이 무려 8,000톤이라고 했다. 만약 그 계산이 맞다면 영구배수공법 적용을 포기하여야 하나 절대로 그럴 리가 없다는 확신으로 영구배수공법을 강행한 결과 최근 들리는 바에 의하면 하루 배수량이 400톤 정도라고 한다.

그러므로 이제는 토질 단면도만 검토해도 영구배수공법을 도입할 경우 펌프의 대수나 배관하여야 하는 관의 굵기와 간격을 가늠할 수 있게 되었다.

바닥 배수의 번거로움 해결 방안

예로부터 지하실은 물이 새는 것이 당연한 것으로까지 인정하고 있다. 또한 지하수가 새지 않는다 해도 기계실, 지하주차장, 부엌 등에는 내부에서 흘리는 물을 배수하기 위하여 외벽을 따라 도랑(Trench)을 마련하는 것이 일반화되어 있다.

도랑 밑바닥은 집수정(물웅덩이=Sump pit)을 향하여 물매가 있어야 하며, 흘리는 물을 도랑에까지 유도하기 위하여도 바닥 면 자체에도 별도의 물매를 필요로 하기 때문에 무근콘크리트의 두께가 많이 두꺼워져야 한다.

따라서 지하실 층고는 위 무근콘크리트 두께만큼 더 높여야 하며, 최하층 바닥이 아닐 때는 무근콘크리트의 무게만큼 하부 구조의 부담이 커져서 공사비가 증가하는 것도 감수하여야 한다.

지하실 층고가 높아지면 굴토공사비가 증가하는 것도 문제지만 지하실 외벽에 작용하는 토압 수압은 물론 바닥에 작용하는 수압도 늘어나므로 설상가상으로 공사비가 증가하게 된다.

따라서 바닥에 무근콘크리트를 추가하여 도랑을 마련하는 방법을 대신하여 핵사콘넥터 배수공법을 활용할 수 있다.

무근콘크리트의 균열하자 원인

무근콘크리트라고 하면 우선 구조재가 아니어서 강도 확보에 별 신경을 쓰지 않을 뿐만 아니라 최소 온도철근 배근이나 철망 배근공사도 소홀히 하는 경향이 있어

서 지하주차장 등의 바닥 표면은 거칠고 균열 투성이인 경우가 많다.

구체 콘크리트에 도랑을 마련하는 방법

때로는 무근콘크리트를 생략하기 위한 수단으로 외벽에 면해서 보와 슬래브에 단을 주어 시공하는 경우도 있으나 거푸집과 철근 배근이 까다롭고 보나 슬래브의 구조내력 확보가 보장되지 않는 수가 있어서 조심스럽게 적용해야 한다.

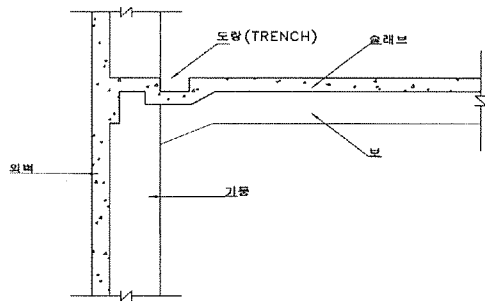


그림 1 구체에 마련한 도랑(TRENCH)

2중슬래브 사이공간을 지하수 저수조 또는 배수로 활용하는 방법

최하층 지하실 바닥구조를 2중 슬래브로 설계하려면 그 건물 기초 중에서 가장 큰 기둥 기초의 두께에 맞춰서 설계하는 것이 일반적이며, 때로는 상하 2중 슬래브 안의 빈 공간에 일꾼이 들어가서 거푸집도 떼어내고 물탱크 청소 등을 할 수 있도록 최소한의 작업공간을 확보하는 설계도 있었다.

옛날에 어떤 공공기관에서는 지하실 바닥에서 물이 새는 것을 막기 위해 반드시 2중 슬래브로 설계하고 빈 공간을 배수로 활용하는 것을 당연한 것으로 취급했으며, 한때 법적으로 민방위용수 저장탱크로 2중 슬래브 빈 공간을 활용하는 설계가 유행했었다.

민방위용수란 비상시에 대비한 것이어서 평상시 물을 쓰지 않고 장기간 방치하면 물이 썩는 문제점이 발생한다.

그러므로 평상시에도 먼저 받아놓은 민방위용수부터 사용하는 방법을 모색해야 한다. 가장 간단한 방법은 2중 슬래브 내의 공간들을 민방위용 저수조로 사용할 때 물이 S자를 그리면서 돌아가도록 지중보 사이에 통수구와 공기구멍을 적절하게 배려하여야 한다.

매트기초의 유형

좁고 답답한 2중 슬래브 안에 들어가서 거꾸집을 뜯어내고 방수 공사를 할 작업원을 구할 수 없게 되자 기초를 아예 한 판(매트)으로 두껍게 시공하는 것이 오늘날 가장 많이 사용하는 구조방식이다. 그러나 사실로 말하면 매트기초로 설계하는 것은 극히 연약한 지반을 제외하면 구조상 가장 비효율적이다. 다시 말하면 매트기초의 콘크리트 단면 중에서 기둥 주변에만 큰 전단응력이 작용하므로 그 부분을 제외하면 다른 용도로 활용하기 위하여 조금 잘라 내거나 구멍을 뚫어도 되는 자유로움이 있다.

매트기초가 재료를 많이 낭비하는 구조임에도 불구하고 이를 선호하는 이유는 단면이 균일하여 땅파는 노력 등이 가장 적게 드는 장점이 있어서인데, 그 밑에다 지하수 배수를 위한 별도의 도랑을 마련하는 것을 좋아할 리가 없다. 그래서 최근에는 별도 도랑 대신 매트기초 하면 전체에 걸쳐 잡석 깔기 등 전면 배수로로 조성하는 방법도 활용하고 있으나, 이 또한 많은 비용을 부담하여야 한다.

헥사튜브코넥터(Hexa tube connector) 영구 배수공법

매트기초가 콘크리트를 지나치게 많이 소비하는 구조방식임은 잘 알려진 사실이다. 또한 매트기초 단면 내에서 구조 응력 상 가장 여유 있는 부위가 단면의 중앙 부리는 것도 잘 알 것이다. 그러므로 그 부분에 파이프를 배관하여 배수로로 활용하자는 것이 기본 착상 즉 "씨"에 해당된다. 이렇게 하면 기초 밑에 구차한 도랑을 마련할 필요가 없으므로 땅 파는 일도 수월해진다.

그림 3은 헥사콘(헥사튜브코넥터)의 모양이며, 그림 4는 헥사콘을 이용하여 영구배수하는 공법을 설명한다.

헥사콘은 배수관을 동서남북 4방향으로 배관하는 +자형 배관 부속품에 상하 방향으로도 배수관을 추가할 수 있는 6방향 배관 부속품이다. 아직 세상 어디에서도 이런 제품을 본 적이 없다.

동서남북 4방향 배관은 지하실 바닥을 바둑무늬처럼 구획하여 구석구석 배수관을 손쉽게 연결할 수 있게 한 것이고, 하향 배관은 매트기초 콘크리트 밑에서 흐르는 지하수를 취수하기 위함이다.

또한 마지막으로 상 방향 배관은 단부를 마개로 막아 두었다가 필요할 때 열어서 배관 내부를 확인하는 점검구 및 청소구 역할을 한다. 매트기초는 일정 두께를 갖고 있으므로 구태여 배관에 물매를 두지 않아도 물이 잘 흐른다.

영구배수공법을 설명할 때마다 느끼는 일이지만 의심도 지나치면 병이 된다는 말이 옳은 것 같다. 지하실에서 가장 크게 발생을 일으키는 것은 물이 새는 것이다. 물은 바늘구멍으로도 스며들기 마련이며, 거대한 철근콘크리트 구조물 어디에도 균열이 발생하지 않도록 시공하는 것은 쉬운 일이 아니므로 지하수에 항상 잠겨있는 지하실이 오래도록 전혀 새지 않는 경우는 별로 많지 않은 것이 현실이다.

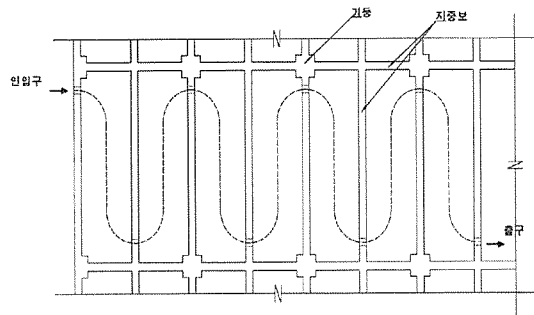
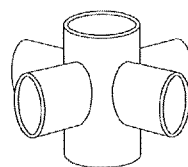


그림 2 S자형 물흐름 경로

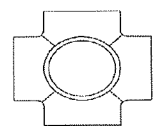
이렇게 작은 균열을 통해 새는 물은 방수공사를 하지 않는 한 저절로 막히는 것을 기대하는 것은 어리석은 일이다.

그럼에도 불구하고 지하수 영구배수를 위하여 바닥에 100mm 직경의 큰 구멍을 여기저기 뚫고 그것이 막힐까봐 토목섬유를 씌워서 보호하는데 그래도 막히면 어떻게 하느냐는 질문에는 입이 다물어지지 않는다. 하지만 걱정하는 것을 나무라기보다는 오히려 그렇게 될 경우에 대비하여 미리 조치를 취해두는 것이 엔지니어의 도리라 생각해서 점검구와 청소구를 마련하게 되었다.

헥사콘과 배수관, 마개 등 모든 배관 자재는 합성수지제여서 접착제를 사용하여 배관하므로 녹이나 스케일이 없는 것이 특징이다.



투시도



평면도

그림 3 헥사튜브코넥터(헥사콘)

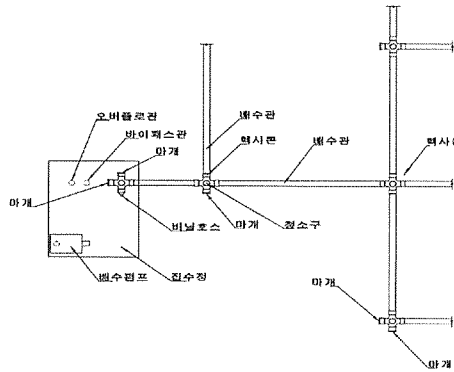
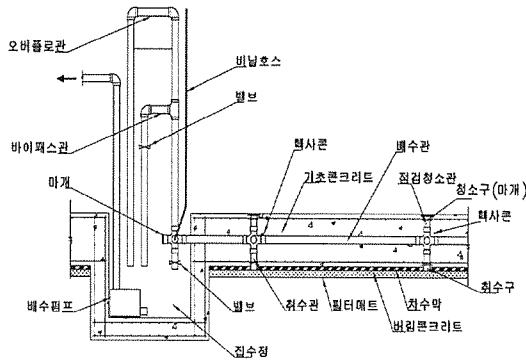


그림 4 핵시튜브코넥터를 이용한 영구배수공법

역 U자관을 이용한 배수수위 조절

우물물이 분수처럼 지상으로 솟아올라 넘쳐 흐르는 경우도 없지는 않지만 대부분의 우물은 고이는 물이 어느 레벨 이상으로는 올라가지 않고 물을 퍼낸 만큼만 보충된다. 그러므로 가끔 우물을 청소할 때는 고여있던 물을 전부 퍼내고 청소하는 동안 솟아나는 물까지 퍼내야 하므로 매우 분주하게 움직여야 한다.

만약 평상시 우물물의 상단 레벨이 바닥에서 5m 아래에 있고 장마 때는 바닥에서 4m까지 올라온다면 그 차이는 1m에 불과하다. 이제 어떤 특별한 이유가 있어서 우물물의 레벨을 항상 바닥에서 5m로 유지하고자 한다면 평상시는 일을 하지 않고 놀다가 장마 때만 1m 만큼 레벨을 낮추는 수고를 하면 된다.

지하실을 설계할 당시 설계용 지하수위를 결정하는 것은 가장 어려운 일 중의 하나다. 아무도 그 정확한 값을 알려주지 않는다. 지반조사보고서에 적혀있는 보링 공내수위(보통 지하수위라고 잘못 기재하고 있음)는 보링 할 당시의 보링 구멍 안의 수위일 뿐이며, 토질 지반이 암반이거나 진 질일 경우는 수위가 높게 표시된다는 것을 누누이 설명하였다.

그러므로 설계용 지하수위를 인공으로 조작하여 그 건물을 헐어버릴 때까지 지하수위가 어떤 경우라도 정해진 수위 이상으로 올라가지 못하도록 하는 것이 수위조절형 영구배수공법이다.

초등학교 때 U자관 현상에 관하여 배웠다. 목수가 비닐호스에 물을 넣고 이리저리 끌고 다니면서 바닥 레벨을 확인하는 것도 보았을 것이다. 즉 지하수가 통하는 땅에다 파이프를 연결하면 파이프 속의 수위는 지하수위와 일치해지는 것을 말한다.

그러므로 건물 바닥 내수판이 부력을 받아 떠오르지도 않고 능히 견딜 수 있는 지하수위를 사전에 계산하여 배수관 끝에다 파이프를 연결하여 그 수위만큼 위로 올려놓으면 지하수위가 정해진 레벨 이상으로 상승할 경우에만 물이 넘치게 되며 넘치는 물만 펌프를 작동시켜 배수하는 것이 합리적이고 경제적이다.

핵시튜브코넥터 바닥배수공법

그림 5에서 취수구를 마개로 막고 청소구에 집수접시를 붙여서 바닥에 흐르는 물을 받아 집수정으로 배수하는 방법이다. 보통 배수공법에서는 도랑 깊이가 얇거나 물매가 제대로 잡혀있지 않으면 물이 잘 빠지지 않거나 부분적으로 고이게 된다.

그러나 배수관이 바닥에서 아래에 위치해 있으면 물매가 없다 해도 그런 걱정이 없다. 또한 도랑에 뚜껑을 덮는다 해도 모양새가 좋지 않을 뿐만 아니라 수시로 청소해야 하는 부담이 있었다. 하지만 배수관을 통해 흐르는 물은 설사 찌꺼기가 있다고 해도 오니관에 저장되어서 필요에 따라 청소하면 된다. 이는 일반 배수관로에서 활용하는 맨홀을 모방한 간이 맨홀에 해당된다.

만약 그림 4와 같은 영구배수공법에서 수위 조절을 포기한 채 나오는 물을 전부 퍼 버리기로 작정한다면 취수구에 막는 마개를 생략하고 청소구의 마개 대신 집수접시를 붙이는 것만으로 영구배수와 바닥배수를 겸할 수도 있다. ㉔

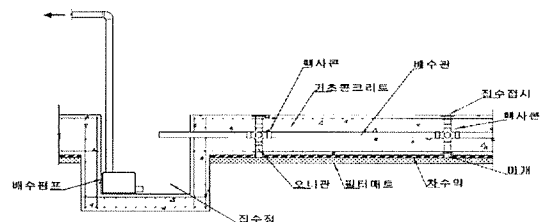


그림 5 핵시튜브코넥터를 이용한 바닥배수공법