

지하층 시공시 부력검토 미흡

1. 개요

지하수위는 그 예측이 어렵고 추정된 지하수위 결과 또한 실제값과 많은 차이를 가질 수 있다. 그 이유는 지하수가 변동하기 때문이다.

지하수 문제에 대하여는 시간적인 변동을 고려하여야 하나 현실적으로 시간적 변동에 의한 해를 구하는 것은 거의 불가능하거나 효용성 면에서 상당히 불리하다. 또한 지하수는 공사대상 영역 내에서만 움직이는 것이 아니라 넓은 주변에 영향을 주고 역으로 주변의 영향을 받는다. 따라서 조사 및 설계 등의 대상영역을 통상 공사부지 내로 한정할 수는 없는 것이다.

이와 같이 지하수는 넓고 완만하게 이동하고 변동하므로 기술적으로 예측이 어렵고 조사나 시공 중에 수정변경을 부득이 해야하는 일도 많다.

이같이 가변성을 갖는 지하수위를 지반조사시 작성한 지질조사서를 토대로 설계수위를 가정하여 지하주차장 등 지하구조물 설계를 진행하게 될 경우 여름철 집중호우 등 예상치 못한 지하수위의 상승으로 외벽, 바닥내수판 등 구조체의 내력 부족 및 부력으로 인한 건물의 부상 또는 구조부재의 균열 등 심각한 문제를 초래할 수도 있게 된다.

특히, 공사중 구조물의 중량이 부력에 비해 현저히 작을 때에는 배수, 양수작업이 충분히 이루어져야 할 것이며 공사완료후의 구조물 안정에 관해서도 충분한 검토가 수행되어야 할 것이다.

2. 현황

현재 지하구조물의 설계 및 시공에 있어 지하수에 대한 대책(부력등)이 명확하게 규정되어 있지 못하고, 통상 지질조사서를 근거로 하여 관련 책임기술자의 판단에 따라 수위를 가정하여 부재설계 및 부력검토 등이 수행되고 있다.

이러한 지하수위는 여름철의 집중호우, 주변환경의 변화로 인한 수위상승등의 영향을 고려치 않음으로써 부재손상 등 심각한 문제를 초래하기도 한다.

이같이 지하수위 상승에 대하여 구조물의 안정성을 확보하기 위해서는 부력에 대한 안정성 및 축벽의 수압에 의한 안정성을 확보하여야 하며 그에 대한 대책으로는 다음과 같은 방법이 사용된다.

1) 사하중에 의한 방법

구조물의 순수자중과 건물외벽에 작용하는 마찰력이 양압력보다 크게 하며, 벽체의 두께를 증가시켜 강성을 증가시킨다. 사하중에 의한 지하수압에 대한 저항성 증대는 지하수위가 낮고, 얇은 굴착을 하는 경우에 장점을 지닌다.

2) 영구앵카에 의한 방법

건물의 순수자중과 건물외벽에 작용하는 마찰력이 양압력보다 작은 경우에 그 차이만큼의 양압력을 기초바닥 아래 암반층에 스트랜드 강선을 설치하여 저항하는 방법이다. 그러나, 영구 앵카설치를 위한 장비동원이 용이하지 않고, 공사비의 부담이 크며, 벽체의 수압에 대하여는 적절한 대책이 될 수 없는 단점이 있다.

3) 배수에 의한 방법

① 외부배수시스템

외부배수시스템은 지하벽체 외부에서 소정의 심도에 배수층을 만들어 유공관을 통하여 집수정으로 지하수를 모은 후 펌핑 처리하여 지하수위를 조절하므로서 지하벽체에 작용하는 수압을 감소시키는 방법이다.

② 기초바닥 영구배수시스템

기초바닥 영구배수시스템은 기초슬래브 아래에 인위적으로 배수층을 만들고 유공관을 통하여 집수정으로 지하수를 모아 펌프에 의한 강제 배수처리를 함으로써 양압력 및 수압을 감소시키는 방법이다.

시공중에는 부력에 대한 대책방안으로 상기 3가지 방법중 배수에 의해 지하수위를 낮추어 부력을 저감시키는 방법이 사용되며, 다음 예는 시공중 부력에 의해 발생한 구조체 피해사례다.

[지하주차장 시공중 부력에 의한 균열 피해사례]

1) 건물개요 : 지하2층 철근콘크리트조

- 지 붕 층 : R.C Rahmen
- 지하 1층 : Flat Slab system
- 기 초 : Mat Foundation

2) 공사진행 상황

- 골조공사 및 지붕 방수층 누름콘크리트 공사완료
- 구조물 주변의 흙 되메움 완료
- 지붕층 상부의 흙 및 포장공사와 내부바닥 마감 미시공

3) 피해현황 : 첨부 도면 참조

- 지하1, 2층의 기둥 및 지하2층 바닥 mat 슬래브에서 집중적인 손상 발생
- 외부열쪽 기둥에 주로 피해가 발생
- 내부기둥은 기둥높이 1/3정도에서 주근이 노출될 정도로 크게 파손

4) 피해원인 분석

- 피해발생당시 건물자중보다 큰 부력이 작용하여 지하주차장 구조물의 가운데 부분이 부상하여 구조물에 피해가 발생한 것으로 판단.
- 설계에 적용된 지하수위는 G.L-4.6m로서 이는 피해당시 구조물 자중에 대해서 부력에 대한 안전을 1.1배를 적용할 경우 실제조사 된 지하수위는 G.L-5.9m로 산정된다.
- 따라서 시공중 지하수위 상승 원인(집중호우, 주변환경)으로 지하수위가 실제조사된 지하수위에 안전을 1.1이 적용된 설계 지하수위보다 더 높아져 (또는 상재하중 미시공이므로 설계 지하수위보다 낮을 수도 있음.) 부력에 의한 저항성을 상실하여 바닥슬래브가 부당한 것으로 추정된다.
- 대상건축물의 경우처럼 지붕층 상단의 포장공사가 미시공된 상태의 구조물인 경우 집중호우시 지하수위 상승속도가 굉장히 빠르기 때문에 이에 대비하여 배수·양수 시설의 정비를 철저히 해두어야 한다.

5) 상황대처 및 보수 보강

① 임시보강

피해가 발생한 기둥으로부터 주변 4방향으로 1.0m 정도의 거리를 두고 큰보 또는 Drop Panel 하부에 Jack Support를 교여 상부하중을 지지.

② 지하수위 강하조치

지하수위를 낮추기 위해 외부벽체 하단에 $\phi 50$ 지하수 유입구를 6m간격으

로 천공하여 건물내부로 지하수를 유입시켜 pumping

천공된 구멍을 통해 구조물 바깥쪽 토사가 유입되어 공동이 발생하지 않도록 filtering 기구 등을 사용한다.

③ 손상된 구조체의 보수보강

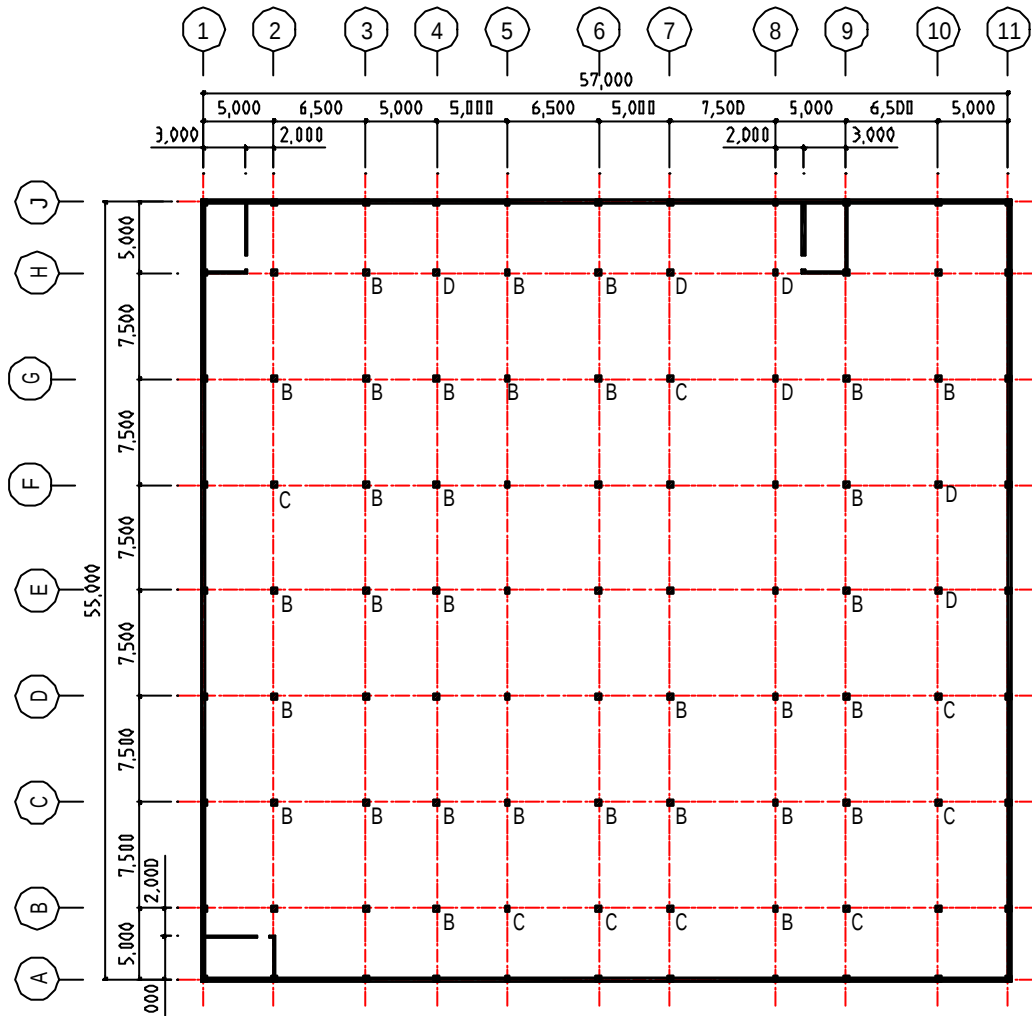
상기의 임시조치를 실시한 상태에서 마감공사가 끝날 때까지 지하수위를 조절하고 지하수위가 설계지하수위 이하에 이르면 구조체를 보수, 보강

▪ 균열의 보수보강

: 콘크리트 표면처리 또는 균열보수재료를 충전 및 주입

▪ 손상된 기둥의 보강

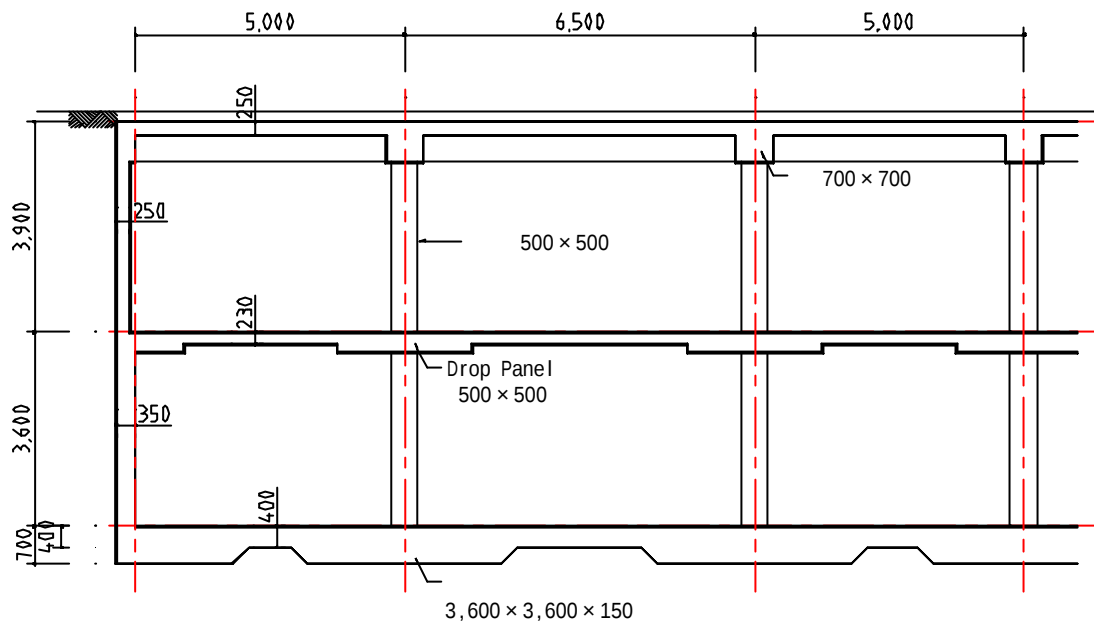
: 피해발생부위를 털어 내고 재시공하거나 피해발생부위를 걷어내고 단면을 증대시킴



* 표기없는 기둥 All "A"

- A : 피해발생 없음
- B : 수평균열 또는 경미한 콘크리트 박리 발생
- C : 콘크리트 박리정도가 크거나 사방향 관통균열 발생
- D : 사방향 관통균열 다수/심각한 손상 발생

지하주차장 2층 평면도



지하주차장 단면도

3. 문제점

- 1) 설계수위가 적정하더라도 지하구조물의 시공중에 배수 및 양수작업이 제대로 이루어지지 않을 경우 피해사례와 같이 구조물에 영향을 미칠 수가 있다.
- 2) 예상치 않은 집중호우 등으로 수위가 상승하게 되어 설계수위를 초과하게 되면 부재내력 뿐만 아니라 구조물의 자중을 상회하는 부력이 작용하게 되어 건물의 가운데 부분은 들리고 주변은 옹벽의 무게 및 옹벽과 흙 사이의 마찰저항력 등으로 지점역할을 하게된다. 이러한 형상으로 수평부재와 수직 부재사이의 변형각의 변화가 큰 외주부분에는 응력이 크게 생겨 주요 구조 부재에 균열이 발생하거나, 심한 경우는 부재파손 등의 심각한 결과를 초래하기도 한다.
- 3) 부력검토시 적용수위를 산정함에 있어 집중호우 등을 고려하여 G.L+0.0m으로 가정하는 경우도 있는 바, 이는 비경제적일 수 있으므로 수위의 시간적 변동을 충분히 고려한 지하수위를 결정하여 부력에 대한 안정성 등이 검토되어야 한다.

4. 대책

- 1) 지하구조물 설계 및 시공시 적용되는 지하수위를 정확하게 조사하여야 한다.

부정확한 지하수위로 설계되는 구조물은 시공시 뿐 만아니라 시공 완료 후에도 부력의 영향을 받을 우려가 있으므로 정확한 지하수위 조사를 위해 지질조사가 제대로 이루어져야 한다.

그러나 현실적으로 전 건축면적에 대한 정확한 지하수위 및 최대 지하수위 예측은 거의 불가능하므로 건축면적 및 지반종류에 따른 최소 지질조사 갯수 및 위치를 정하여 안전율을 적용하는 것이 바람직하다. 최소 지질조사 및 안전율의 산정을 위하여는 시공 및 피해사례를 수집·분석하여야 하므로 이들에 대한 연구가 수행되어야 할것으로 사료된다.

- 2) 특히, 공사중에는 구조물의 중량이 양압에 비해 현저히 작은 경우가 많으므로 배수, 양수작업이 철저히 이루어지도록 하여 수위상승으로 인한 영향이 없도록 하여야 한다.
- 3) 지하수위의 영향을 받는 지하구조물 설계 및 시공에 있어, 지침이 되는 규정이 제도적으로 마련되어, 불합리한 지하수위 설정으로 인한 비경제적인 요소를 없애고 또한 안전성도 확보될 수 있도록 하여야 할 것이다.