

건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템 및 설치공법

박 건 규
코텍엔지니어링(주)

1. 개요

하부천공은 지열을 열원으로 한 건물의 난방, 난방 및 급탕을 행하는 지열히트펌프 시스템의 지열교환기를 건물 하부에 천공 후 설치하는 공법이다.

도심지나 주변에 별도의 천공부지가 없을 경우에도 지열히트펌프 시스템의 설치가 가능하게 하기 위한 건물 하부 천공형 지열히트펌프 시스템으로써 특히 지중열을 이용하여 건물의 냉난방을 할수 있도록 지중에 설치되는 지열교환기에서 건물의 막대한 하중으로 인해 열 교환파이프 및 슬리브와 건물의 기초 사이의 틈새로 지하수가 유입되는 것을 방지하는 건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템 및 그 설치 공법에 관한 것이다.

2. 본론

지중열을 이용하여 건물의 냉·난방 및 급탕을 하고자 할 경우, 천공부지를 확보하기 어려운 도심지, 밀집지역 등에서 지열교환기를 매설할 보어홀(BoreHole)에 대한 천공이 건축물의 하부에 이루어질 경우, 특히 최저층 바닥 슬리브 타설을 먼저 실시한 후 지열시스템을 위한 보어홀(Bore Hole)을 천공함으로써 건축물의 구조(뼈대)공사

와 지열의 천공공사를 동시에 진행하고자 할 경우(건축공정 단축 효과가 큼)에 건물의 막대한 무게에 의해 지하수가 바닥 슬리브 콘크리트를 뚫고 건물 내부로 많이 스며들어 오는 것을 근본적으로 막고자 하는 기술인 건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템 위하여 개발되었다.

2.1 터파기 공법

터파기란 구조물의 일부나 기초를 구축할 경우, 그 부분의 흙을 파내는 것을 말한다.

터파기는 자연상태의 흙을 파 내려가기 때문에 흙의 성질, 형상에 따라서 굴착부위의 붕괴를 방지하기 위한 안전대책을 강구해야 한다.

터파기 할 때는 흙막이보공을 설치하는 것을 원칙으로 하지만 얇게 파는 경우는 적당한 경사면을 주어 팔 수도 있다.

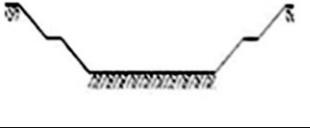
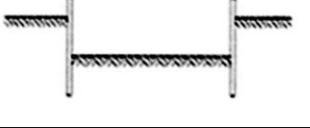
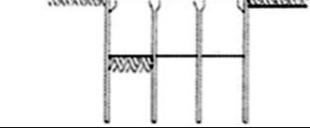
하부천공시 주요 터파기 공법은 표 1과 같다.

2.1 흙막이벽 지지방법

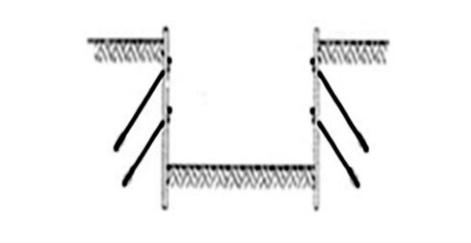
흙막이벽이란 토목 공사 등에서 땅을 돋우거나 굴삭 등을 할 때, 흙이 무너지지 않게 하기 위해서 구축하는 구조물을 말한다.

돌쌓기, 콘크리트 블록 쌓기, 콘크리트 중력실,

<표 1> 주요 터파기 공법

구분	비탈면 오픈컷	흙막이 오픈컷	Top Down(역타)
개요	굴착구역의 주변에 경사면을 취하여 흙막이벽이나 가설구조물이 없이 굴착하는 공법	흙막이벽을 설치하고 흙막이벽을 지지하며, 굴착하는 공법 (스트러트 방식, 어스앵카 방식등)	1층에서부터 터파기를 실시하여 지하구조물의 시공순서를 지상에서 깊은 지하방향으로 진행
단면			

<표 2> 흙막이벽지지 공법

구분	Strut 공법	Earth Anchor 공법
개요	측압을 수평으로 배치한 압축재(Strut)로 지지하는 가장 일반적인 공법	어스앵커로 흙막이벽의 측압을 지탱하며 굴착하는 공법
단면		

철근 콘크리트 등 여러 가지가 있다.
하부천공시 주요 흙막이벽 지지방법은 표 2와 같다.

2.3 하부천공 설계방법

2.3.1 하부천공 설계-1

지열히트펌프 시스템에 있어서 지중열교환기를 매설할 보어홀(Bore Hole)에 대한 천공이 건축물의 하부에 이루어질 경우, 최저층 바닥 슬리브 타설을 먼저 실시한 후 지열시스템을 위한 보어홀(Bore Hole)을 천공해야하는 현장에 있어서 건물 자체의 막대한 무게에 의해 지하수가 건물 내부로 유입되는 것을 방지하는 건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템 및 그 설치 공법에 있어서 건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템은, 지중으로부터 수직하게 설치되어 건물의 바닥 슬리브

콘크리트 상면으로 돌출되게 설치되는 열 교환파이프를 수직으로 설치된 부분에 끼워지고, 외주면에는 지수관이 형성된 슬리브와 열 교환파이프 사이 공간에 충전되는 무수축 모르타르를 포함하여 구성되는 것을 구성적 특징으로 한다.

슬리브의 상·하단 부분의 내주면과, 열 교환파이프의 상하단 부분의 외주면에 각각 부티실이 부착되어 서로 밀착되도록 설치하며, 밀착된 부분이 무수축 모르타르의 상단과 하단에 위치하도록 하며, 슬리브 및 열 교환파이프의 상단부와 하단부에 부티실이 삽입되고, 무수축 모르타르가 부티실 사이에 충전되고, 또한 상단 및 하단에 부착된 부티실의 사이 공간에는 양(yarn)을 충전한다, 상단 및 하단에 부착된 부티실 사이의 공간에는 양과 무수축 모르타르가 순차적으로 충전되고, 슬리브에는 유체 공급 열교환파이프 및 유체 환수 열교환파이프가 삽입된다, 각각의 열 교환파이프

의 상단 부분 외주면에는 지수밴드가 부착되며, 지수 밴드의 상부에는 실란트 코킹이 더 형성되고, 실란트 코킹 하부로는 무수축 모르타르가 충전된다. 또한 지수판은, 슬리브의 외주면 전체에 걸쳐 용접하여 부착 설치되며, 슬리브의 외주면에 수직방향으로 2 내지 3개가 설치되고, 바닥 슬라브 콘크리트 상부에 배수판을 설치하며, 상기 부티실은 방수재 또는 씨일링재의 역할을 하기 위해 부틸러버로 형성된다.

건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템 설치 공법은, 그림1를 참조하여 지중면 상부에 모래 또는 자갈을 타설한 후 다지는 단계를 거쳐, 모래 또는 자갈 위로 버림콘크리트를 타설하는 단계와 지수판이 부착된 슬리브를 바닥 거푸집 또는 철근에 고정시킨 후 상기 버림콘크리트 위로 수직하게 설치하고, 버림콘크리트 위로 바닥 슬라브 콘크리트를 타설하여 바닥 슬라브 콘크리트와 슬리브를 일체화 시키는 단계를 거쳐서 시공하는 것을 특징으로 한다.

또한, 바닥 슬라브 콘크리트와 슬리브를 일체화 시킨 후, 상기 슬리브 내부를 통해 버림콘크리트 및 지중을 동시에 굴착하여 보어홀을 천공하는 단계를 거쳐 보어홀에 열 교환파이프를 삽입하고 그라우트를 하고 열 교환파이프의 상단과 연결되는 트렌치 배관을 설치하는 단계, 트렌치 배관이 포함되게 무근 콘크리트를 타설하는 단계, 무근콘크리트 상부에 배수판을 설치하는 단계, 배수판 위로 무근콘크리트를 한번 더 타설하는 단계를 더 시행하여 지열히트펌프 시스템을 시공하는 것을 특징으로 한다.

2.3.2 하부천공 설계-2

그림 2는 열교환 파이프가 수직 보어홀에 설치되는 슬리브를 통해 바닥 슬라브 및 무근 콘크리트층의 상면으로 돌출되게 설치되어 기계실로 인입되는 건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템으로써, 지중으로부터 수직하게 설치되어 건물의 바닥 슬라브 콘크리트 상면이 돌출되게 설치되는

열 교환파이프의 수직으로 설치된 부분에 끼워지고, 외주면에는 지수판이 형성된 슬리브와 열 교환파이프와 사이 공간에 충전되는 무수축 모르타르를 포함하는데, 이때 슬리브 및 열 교환파이프의 상단부와 하단부에 띠형 부티실 이 삽입된다

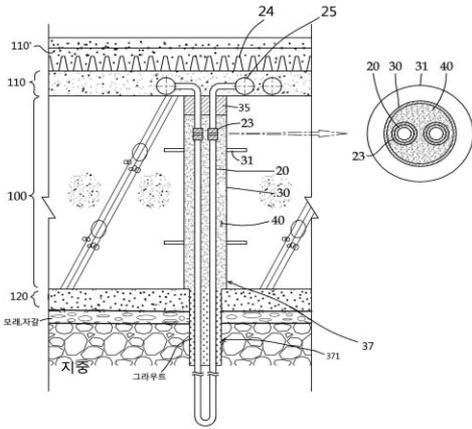
지하수의 유입을 방지하기 위해 띠형 부티실을 슬리브의 상단 및 하단에 충전하고, 상기 상단 띠형 부티실 하부에는 지수제 인 양을 충전하며, 상기 양 하부에는 무수축 모르타르가 더 충전되는데, 상기 무수축 모르타르만으로 양의 하부를 충전할 수도 있으며, 경우에 따라 무수축 모르타르 및 양을 일정비율로 적용하여 순차적으로 충전할 수 있다. 그림 2와 같이, 슬리브의 외주면에는 스틸재인 지수판이 연결되어 있어 슬리브와 바닥 슬라브 사이에 생길 수 있는 틈새로 올라오는 지하수를 건물의 지하층으로 유입되는 것을 효과적으로 차단한다.

또한, 슬리브내의 무수축 모르타르와 열 교환 파이프의 접촉부위, 무수축 모르타르와 슬리브와의 접촉부위에 생길 수 있는 틈새로 지중의 지하수가 건물의 지하층, 특히 기계실로 유입되는 것을 차단하도록 슬리브 내에는 지수제인 양 및 띠형 부티실을 더 삽입하여 지하수의 차단을 효율적으로 할 수 있다.

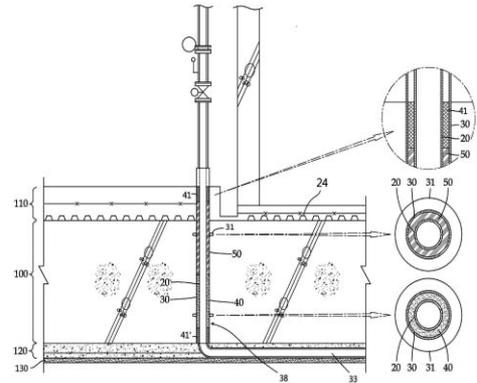
2.3.3 하부천공 설계-3

그림 3은 열교환 파이프가 수직 보어홀에 설치되는 슬리브를 통해 바닥슬라브 및 무근 콘크리트층의 상면으로 돌출되게 설치되어 기계실로 인입되는 건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템으로, 지중으로부터 수직하게 설치되어 건물의 바닥 슬라브 콘크리트 상면으로 돌출되게 설치되는 열 교환파이프의 수직으로 설치된 부분에 끼워지고, 외주면에는 지수판이 형성된 슬리브 상기 열 교환파이프와 슬리브사이 공간에 충전되는 무수축 모르타르를 포함한다.

슬리브의 상하단 부분의 내주면과, 열 교환파이프의 상하단 부분의 외주면에 각각 부티실이 부



[그림 1] 하부천공 설계-1



[그림 2] 하부천공 설계-2

착되어 서로 밀착되도록 설치되며, 밀착된 부분이 상기 무수축 모르타르의 상단과 하단에 위치하게 된다.

즉, 무수축 모르타르는 상단 부분 부티실 및 하단 부분 부티실사이에 충전된다.

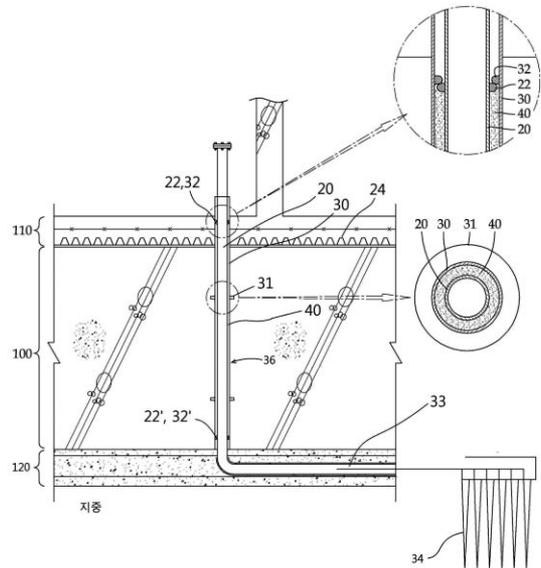
수직 보어홀에 설치되는 슬리브를 통해 바닥 슬라브 및 무근 콘크리트 층의 상면으로 돌출되게 설치되어 기계실로 인입되는 열 교환파이프의 방수 구조에서, 바닥 슬라브 콘크리트 및 무근 콘크리트층을 타설시 슬리브를 설치하는데, 상기 슬리브의 외주면에 대해 수직방향으로 돌출되어 설치된 지수판은, 슬리브와 건조된 후의 바닥 슬라브 콘크리트 사이의 미세한 틈새로 지하수가 올라와서 건물의 지하층 바닥으로 유입되는 것을 방지할 수 있다.

상기 지수판 및 슬리브는 스틸(steel) 재를 사용하며, 지수판은 슬리브의 외주면 전체에 걸쳐 용접 등의 방법으로 부착되며, 슬리브 외주면에 수직방향으로 상부 부분 및 하부 부분에 2 내지 3개를 설치하는 것이 바람직하다.

무수축 모르타르는 슬리브 내로 타설된 후 건조된 후에도 수축이 거의 되지 않아서 슬리브의 내주면 및 열 교환파이프의 외주면과 접촉하는 부위의 틈새가 거의 벌어지지 않으므로, 상기 틈새

를 통해 지중에서 건물의 지하층(기계실)으로 유입될 수 있는 지하수를 차단할 수 있다.

또한, 상기 슬리브의 상하단 부분의 내주면과, 열 교환파이프의 상하단 부분의 외주면에 각각 부착되는 부티실의 단부가 서로 겹치면서 밀착 접촉하는데, 상기 부티실은 부틸러버(butyl rubber)로서 수밀성과 기밀성이 우수하여 방수



[그림 3] 하부천공 설계-3

재 또는 씨일링을 위해 사용하며, 고무밴드와 같이 슬리브 내주면 및 열 교환파이프의 외면을 감싸면서 부착된다.

부티실은 슬리브의 내주면 및 열 교환파이프의 대응하는 외주면을 각각 감싸면서 부착되어 서로 일정부분 밀착하여 겹치게 형성됨으로써, 슬리브 내로 유입될 수 있는 지하수, 특히 무수축 모르타르와 열 교환파이프 및 무수축 모르타르와 슬리브의 접촉부위의 틈새로 유입될 수 있는 지하수를 보다 완전하게 차단할 수 있다.

특히 트렌치 배관 및 슬리브가 연결되는 바닥 슬라브의 하단부분은 지하수 유입에 취약하므로 슬리브의 하단 내주면과 열 교환파이프의 하단 외주면에는 반드시 부티실을 부착한다.

슬리브의 상단부분 내주면과 열 교환파이프의 상단부분 외주면의 부티실은 무근 콘크리트층의 상면에 인접한 지점에, 슬리브의 하단 내주면과 열 교환파이프의 하단 외주면의 부티실은 버림콘크리트 상부면에 인접하여 부착되는 것이 바람직하다.

2.4 하부천공 설계시 주의사항

2.4.1 장비 및 그라우트, 실리카샌드, 슬러지, 잔토 반입/반출 계획이 필요하다.

2.4.2 침출수 처리 관련 계획이 필요하다.

2.4.3. 트렌치 터파기시 암반 터파기의 방법 확인 필요하다. (표1 참조)

2.4.4. 트렌치 되메우기 시 버림콘크리트 사용을 확인한다.

2.4.5. 트렌치배관 형성이 알맞은 레벨로 형성이 되어 있는지 확인한다.

2.4.6. 트렌치 배관 작업 시 보온 유무 확인 한다.

2.4.7. 옥내 인입배관 슬리브 및 방수처리를 확인한다.

2.4.8. 장비 및 자재 반입구를 확보하여야 한다. (Top Down공법-표1참조, Strut 공법-표2참조)

2.4.8. 천공기 작업높이(6m)를 확인한다. (Top Down공법-표 1참조, Strut 공법-표2참조)

2.5 시공사례

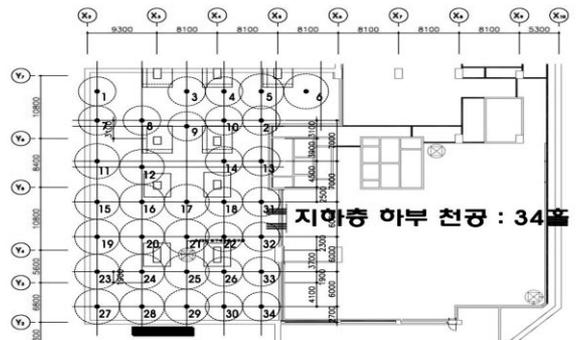
2.5.1 대덕비즈니스허브센터(그림 4~5, 표 3)

2.5.2 명동국립극장(그림 6~7, 표 5)

2.5.3 서울시신청사 건립공사(그림 7~8, 표 6)



[그림 4] 조감도



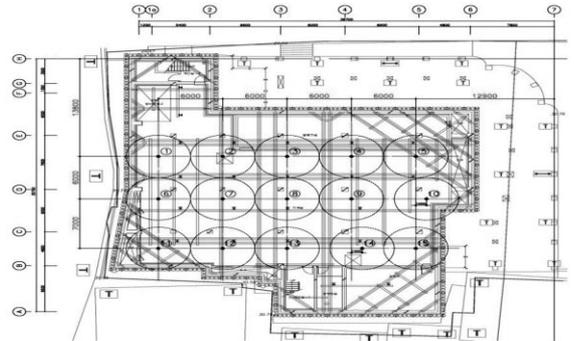
[그림 5] 하부천공 배치도

<표 3> 대덕비즈니스허브센터 주요내용

발주처	대덕특구본부
건설사	대우건설(주)
건물규모	연면적 28,458 m ²
용도	업무시설
공사기간	2008.02~2009.11
시설용량	120 RT
천공수량	180m x 34공
천공위치	지하주차장 하부
천공간격	6 m



[그림 6] 조감도



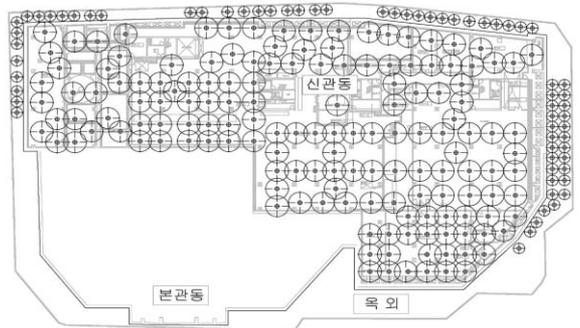
[그림 7] 하부천공 배치도

<표 4> 명동국립극장 주요내용

발주처	문화관광부
건설사	한일건설(주)
건물규모	연면적 4,959 m ²
용도	문화관람시설
공사기간	2006.05~2009.02
시설용량	45RT
천공수량	150 m x 15공
천공위치	지하층 하부
천공간격	6 m



[그림 8] 조감도



[그림 9] 하부천공 배치도

<표 5> 서울시신청사 주용내용

발주처	서울특별시
건설사	삼성물산(주)
건물규모	연면적 90,788㎡
용도	업무시설
공사기간	2009.12~2012.08
시설용량	1,100RT
천공수량	200m x 218공
천공위치	건물하부
천공간격	6m

3. 결론

3.1 보통 기존 기술은 지열공사를 위해 천공 및 트랜치배관 공사를 완전히 완료 후 건축공사를 비로소 진행할 수밖에 없어 건축공사의 공정이 많이 늦어질 수밖에 없었는데, 본 발명의 기술에 따르면, 바닥 슬리브 타설 후 바로 한편으로 건축물의 구조공사를 진행하면서, 동시에 지열공사를 계속 진행해나갈 수 있어(다중 바닥구조 형성) 건축현장의 공정 단축에 막대한 이득이 있다.

3.2 건물하부 천공형 지열히트펌프 시스템 및

그 설치 공법은, 열 교환파이프와 그라우트의 접촉면 사이의 틈새, 그라우트와 슬리브 사이의 틈새, 슬리브와 건물의 기초 사이의 틈새로 지하수가 건물 내부로 흘러 들어오는 것, 특히 히트펌프 장치가 설치되는 기계실로 지하수가 유입되는 것을 방지할 수 있어서 건물 구조의 약화를 방지할 수 있다.

3.3 위의 1번 및 2번과 같이 다중바닥 구성과 다중 방수방식을 특수한 형태로 적용함으로써, 높은 지내력이 필요한 초고층빌딩이라고 하더라도 방수상대가 밀실하게 장기간 유지 가능하다. 