

개방형 지열원시스템의 신뢰성, 친환경성

서운종*, 김도규**

* (주)GK에너지 대표이사, ** (주)GK에너지 과장

1. 서론

우리는 에너지와 환경보호를 위한 보이지 않는 격렬한 전쟁의 시대에 살아가고 있다. 화석연료의 고갈위험으로 인해 치솟는 유가와 CO₂배출 절감을 위해 매년 연구 및 기술개발의 비용이 막대하게 투자되고 있는 실정이다. 또한 지속가능한 에너지(Sustainable Energy)를 확보하기 위해 전세계적으로 자국의 역량을 집중하여 안정적인 에너지원의 확보를 위해 노력 중이다. 본고에서는 2004~2005년 법규 대상건물의 65%가 채택한 지열원 에너지시스템에 대하여 스위스의 Geohil 공법에 대하여 소개하고자 한다.

국내에 지열원을 이용한 히트펌프 시스템은 에너지관리공단에서 2006년 신·재생에너지통계를 기준으로 약 5,100RT에 육박하였다. 지열원 히트펌프시스템이 2000년 국내에 첫 보급된 후 2005년까지 5년간 평균 239% 급격한 성장을 보이고 있다.⁽¹⁾ 이는 정부가 2004년 신·재생에너지 보급확성화 정책의 일환으로 공공의무화사업 시 총건축비의 5%를 신·재생에너지 설비를 필수적으로 설치하도록 의무화 하여 현재 지열원 히트펌프시스템 보급이 활성화 되었다. 그러나 보급초기에는 선진 사례등을 모방하는 수준에서 시작하여 현재에는 국내실정에 맞게 기존의 지열원 히트펌프시스템을 기술개발 등으로 좀더 발전하

여 새로운 기술들이 등장하고 있다. 본론에서 언급하게 될 개방형 시스템의 일종인 Geohil시스템을 소개하고 이 기술이 스위스 바젤시 환경/건축과에서 인증한 신뢰성(효율)과 친환경성을 논하고 현재 국내에 가장 많이 보급되어 있는 수직밀폐형과 대규모 현장에 많은 보급률을 차지하고 있는 개방형의 정확한 이해, 그 보급률 저조의 원인과 대책 방안, 또한 급성장하고 있는 국내,외 지열시장과 대기업 건설회사에서 계획하고 있는 아파트에 관하여 논하고자 한다.

2. 본론

2.1 개요

1) 국내 적용 지열공법의 종류

국내 지열공법의 적용사례로는 밀폐형 방식(Closed type)과 개방형 방식(Open type)으로 구분되어지며, 밀폐형 방식에는 수직형, 수평형, Pond형 등이 있으며, 개방형 방식으로는 지하수 이용방식, 하천수 이용방식(국내에서는 지열분야가 아닌 미활용 에너지분야로 구분되고 있음, 이 또한 재검토의 필요성이 있음), 해수 이용방식 등이 있다.

밀폐형 방식과 개방형 방식의 차이는 용량과 성능에 있다고 할 수 있다. 그 이유는 전체 시스템의 가장 큰 영향을 주는 인자가 EWT(Entering Water Temperature)로 Source 열원 측에서 히

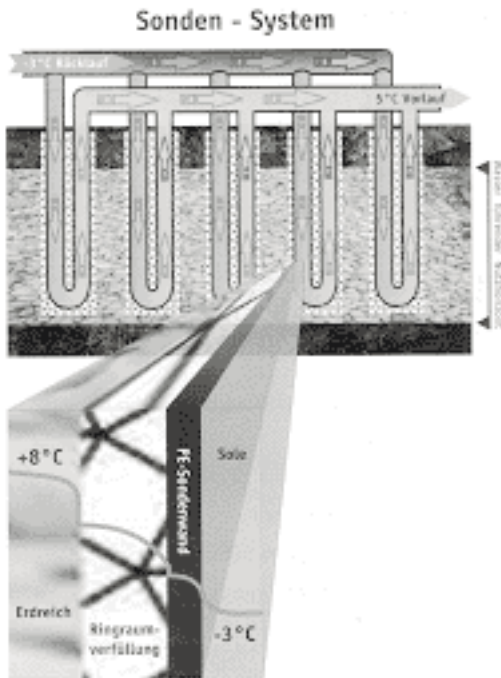
트럼프로 유입되는 유체의 온도가 좌우하게 된다. 밀폐형 방식은 천부지열중에서도 깊이가 낮은 지점에서 열교환이 이루어지며, 열교환의 Mechanism상 PE관내의 전달유체와 지중간의 열전도에 의한 간접적인 열교환이 이루어져 EWT가 개방형에 비해 현저히 낮다고 할 수 있다. 반면 개방형방식은 전달유체가 지하수이므로 전달유체와 지중열교환기 사이에서는 열전도 및 대류현상이 복합적으로 발생하는 직접적인 열교환 형태로 발생하여 지열원을 효과적으로 이용할 수 있으며, 이는 지열원 히트펌프시스템의 전체적인 COP(Coefficient of Performance)의 향상을 이룰 수 있다.

2) 밀폐형과 개방형의 장, 단점

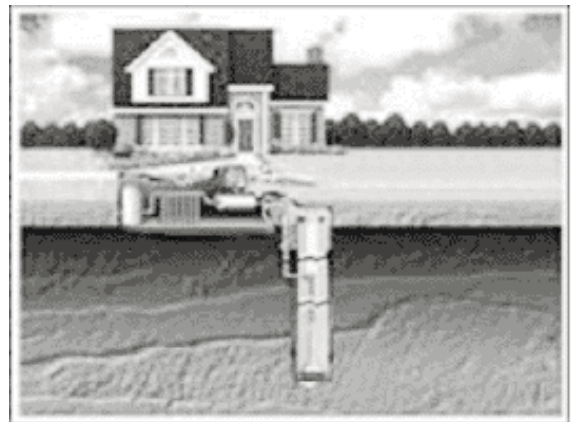
첫째, 국내 지열보급의 초기단계에서는 현장의 규모가 50RT급 이하로 형성이 되어 지열 적용 공법은 수직 밀폐형이 주류를 이루었고, 수직 밀

폐형 이외의 공법은 검토하지 않은 것은 사실이다. 50RT급의 용량이 필요한 현장의 경우에 수직 밀폐형 공법은 천공(Bore hall) 15공, 250m²의 천공부지(Bore Field)가 필요하다. 천공의 부지는 건축물 주변의 화단 및 주차장을 활용하여 공사를 수행하였다. 그러나 2002년부터 지열보급이 점차 확대되면서 현장의 규모는 대략 200RT급 까지 용량의 확대로 이어지고, 도심지 및 건축물 주변의 천공부지로 활용할 면적이 축소되어 대규모 지열현장의 경우에는 수직 밀폐형이 검토 대상에서 제외되면서 적은 천공부지에 대용량의 지열원을 공급할 수 있는 개방형 공법의 검토와 적용이 이루어 졌다.

둘째, 단순한 이런 시장에서의 흐름만 보더라도 밀폐형과 개방형의 차이를 판단할 수 있듯이 하나의 천공당 부하를 감당할 수 있는 용량이 개방형이 밀폐형에 비해 약 6~8배 이상을 보인다. 이렇듯 대규모 현장에서의 지열적용 공법은 개방형을 채택하여 초기투자비용을 절약하여 안정적인 지열원 시스템을 보급하여야 할 것이다. 물론 개방형의 문제점으로 대두되고 있는 환경적인 측면에서 정부나 기타 연구기관에서 Issue화 하고 있는 지하수의 오염, 고갈 등에 대해서는 국내의 연구기관 및 관련업체에서 활발히 연구가 진행되고 있다.



[그림 1] 수직밀폐형



[그림 2] 우물관정형 : 1 Well, SCW

셋째, 국내에 보급된 지열원 시스템은 기술의 도입, Bench marking등에서 모두 미국의 기술, 사례들에 국한이 되어 있으며 정부에서 주도적이지 못하고 있으며, 시장에서 기업들이 이끌고 있는 것이 사실이다. 근래에 대기업에서 지열에 대한 관심도가 극대화 되고 있으나 밀폐형에 집중되고 있어 이 또한 재검토 필요성이 있다.

넷째, 환경적인 측면에서 밀폐형에 사용되고 있는 부동액의 종류도 환경친화적인 부동액을 사용하도록 법적근거를 갖추어야 한다. 유럽에서는 부동액을 사용하는 밀폐형과 지하수를 사용하는 개방형공법의 비교를 통해 지하수를 이용하는 방식이 환경친화적이라는 보고서를 발표하였다.

지중열교환기는 30~50년의 수명을 예상하여 신뢰성 있는 운전이 되어야만 한다. 또한 국내의 실정상은 토지이용 변경 등에 부합하지 못하는 반면 개방형의 형태는 인류가 지금까지 이용해온 지하수중에 그 수량의 사용이 아닌 그 열에너지를 사용하는 방식으로, 물론 SCW(Standing Column Well)의 블리딩(Bleeding)의 사용 또한 강력한 지하수법령에 준해야 하고 철저한 시공 및 감리를 통해 그 유용성을 적극 활용할 수 있다.

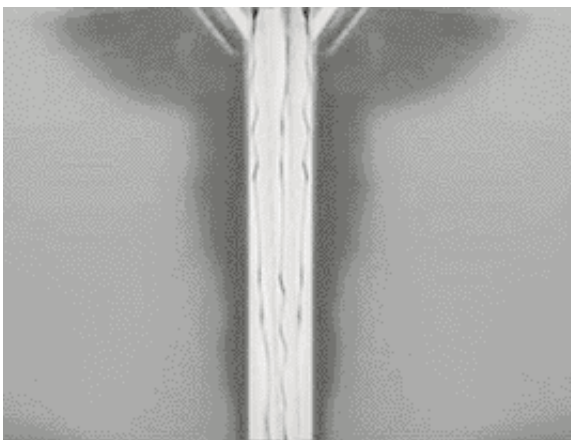
그림 3, 4에서 밀폐형과 개방형 시스템의 시뮬레이션 결과를 나타낸 그림으로 밀폐형 과 개방

형시스템은 지중에서 형성되는 열교환 면적의 형태가 정반대로 나타나고 있다. 이는 밀폐형은 지표에 가까운 영역에서 열교환 활발히 이루어지며, 개방형은 지중 심부로부터 열교환을 행하고 있다고 할 수 있다. 이는 그 용량의 확대를 기대할 수 있다. 국내에 적용된 SCW의 대부분의 깊이는 500M 내외이고 이 또한 초대형 부하에는 다량의 천공수가 필요하게 된다. Geohil 시스템의 경우 실례로 900M 한공으로 마을 전체를 집단에너지 공급시설화 하여 냉난방을 하고 있으며 개방형 시스템 또한 적용 현장에 합리적인 설계 깊이가 적용되어야 한다.

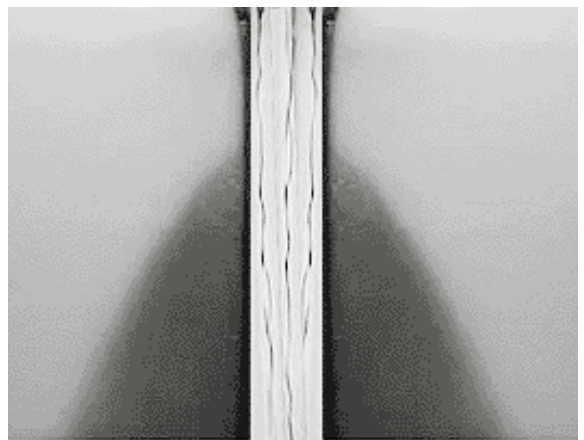
3) 밀폐형과 개방형의 적용

정부에서 주도하고 있는 보급 및 지원사업에 밀폐형과 개방형의 보급률을 초기에 지정하여 운영한다는 아주 아이러니컬한 현상도 일어나는 이 시기에 합리적인 방안을 논하기가 어렵지만, 현장에 따라 최적의 지열원 적용방식을 검토해야 한다는 점에는 이견이 없어야 한다.

앞서 설명하였듯이 각 공법이 가지고 있는 장점 및 단점을 숙지하고 현장의 여건에 맞게 적용해야 하며, 철저한 시공과 철저한 감리를 통해 에너지 절감이라는 목적을 달성해야 한다. 정부에서



[그림 3] 수직밀폐형 시스템



[그림 4] 개방형 시스템

신·재생에너지에 대해 용자, 지원, 보급 등의 사업을 수행하면서 그 동안 설치되어 운전되고 있는 현장들이 설계용량에 충족되고 있는지 지속적인 모니터링을 통해 사후관리를 실시하여야 할 것이다. 또한 지열전문기업들은 지속적인 연구, 개발을 수행하여 원가 절감 방안 및 효율의 극대화 방법 등을 자체적으로 기술개발 하여야 할 것이다.

2.2 Geohil 시스템

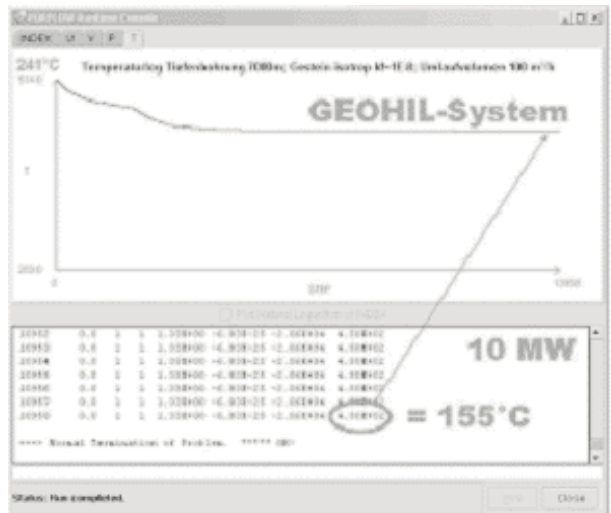
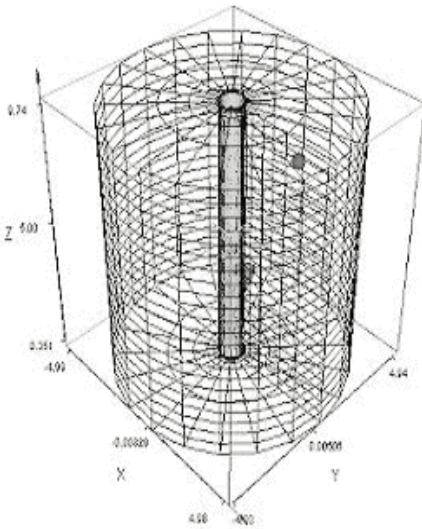
유럽의 지열보급현황은 수직 밀폐형이 주를 이루고 있는 것은 사실이며 그 이유는 국내 실정과는 사 다르다고 할 수 있다. 유럽에서의 지열의 적용은 대부분 주거시설에 적용되고 있다. 이 또한 현장의 규모면에서 수직 밀폐형이 합리성을 갖는다. 하지만 유럽에서도 대규모의 현장에는 지하수, 하천수, 해수를 이용한 냉난방 방식이 주를 이루고 있다 할 수 있다. 스위스는 우리나라와 지열자원의 조건이 비슷하여 우리나라와 같이 심부지열수 등의 지열자원을 이용한 열펌프시스템을 통해 에너지를 이용하고 있다. 2004년말 현재 지열 열펌프의 용량이 525MWt, 연간 에너지 생산

량은 780GWh에 이른다(Rybach and Gorhan, 2005). 이는 면적대비 지열 열펌프 설치건수로는 전세계 1위이며, 2km²당 한대 이상이 설치되어 있다. Geohil시스템은 스위스 및 독일에 450여개의 건축물에 설치되어 있으며, 스위스 바젤시에서 효율과 친환경성을 인증한 공법이다.

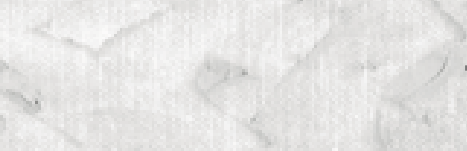
1) 신뢰성, 안정성 측면

Geohil 시스템은 30여년 동안 주거 밀집지역 냉난방, 아파트, 공장, 실버타운, 콘도미니엄, 수영장, 학교, 체육관등을 유럽시장에서 450개 건축물에 적용이 되어 있다. 또한 스위스 및 독일의 지질학적구조는 석회층이 많은 지역으로 알려져 있으며, 기존의 SCW방식으로는 점토층 및 석회층에서의 적용은 불가능 하였으나 Geohil 시스템에서는 가능한 것이다.

개방형시스템은 설계시 공인된 프로그램이나 시뮬레이션 프로그램의 부재로 인해 설계의 적정성을 파악하기가 난해하였으나, Geohil 시스템은 그림 5, 6에서와 같이 지중에서의 열전달의 수치해석 및 열흐름을 분석할 수 있어, 설계단계에서부터 높은 신뢰성을 가지고 있다.



[그림 5] Numerische Wärmetransportsimulation in porösen Medien -다공질 매질에서의 열전달 수치해석



[그림 7] 스위스 바젤시 인증서

2) 효율, 친환경적 측면

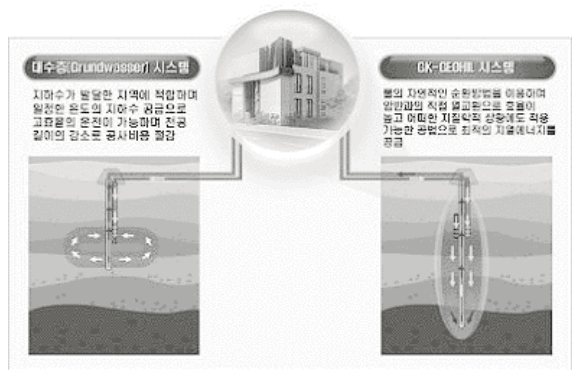
지열원 히트펌프 냉난방 방식을 사용하는 이유 중 하나는 경제적인 운전방식이라는 사실이며 이는 그 효율이 입증하여야 한다.

그림 7에서와 같이 스위스 바젤시에서는 1992년~1996년 단독건물, 다세대 건물 6개를 바젤시의 비용으로 신축하여 각각의 지열 공법을 테스트 하였고 그 결과를 2001년에 발표하였는데 그 내용은 다음과 같다.

“Geohil 시스템이 연간효율 4.0 이상이 확인 되었으며 기타의 공법에 비해 가장 높은 효율을 나타냈다. 또한 부동산을 사용하는 밀폐형에 비해 지하수를 사용하는 Geohil 시스템은 친환경적인 공법이다. - 스위스 바젤시 에너지 환경보호국”

3) 기술의 일반화 측면

기존의 수직 밀폐형과 SCW 공법의 사용에는 적용현장의 조건이 충족되어야 가능성이 있으나



[그림 8] Geohil 시스템 종류 : 대수층, 암반층공법

Geohil 시스템은 중대형, 초대형 건축물에서도 단순한 천공수량의 증가가 아닌 천공 깊이를 계산하여 부하에 대응할 수 있는 시스템이다. 근래의 건축물에 대해서는 용적률을 제한하고 있지만 SCW의 획일적인 설계 용량에 의한 천공수도 대응이 어려워지는 현상이 발생하고 있다.

국내 적용된 수직 밀폐형은 설계시에 사용되는 프로그램이 상용화 되어 있으나 SCW 공법은 이렇다할 설계프로그램과 성능예측 프로그램도 없는 현실이고 Geohil 시스템의 프로그램으로 SCW의 적용도 가능하다.

특히나 국내의 지질학적 구조를 보면 태백산맥 동쪽으로는 대부분 석회암의 형태로 SCW의 적용은 철저한 사전조사를 통해 적당한 암반에만 적용하여야 한다. 실례로 많은 실패 사례를 볼 수 있다. 이러한 개방형의 단점을 보완한 Geohil시스템은 지속적인 기술개발을 통해 2008년 초에는 심부지열을 이용한 지열발전소 건립을 계획하고 있다. 스위스 루체른에 12MW급 Geohil 시스템을 적용하여 약7.5km 1공으로 설계되어 이 공법은 일반적인 지열발전 시스템과는 달리 One-Well 타입이어서 Füdigkeit risk가 없다는 장점이 있다.

3. 결론

본 기술은 우리나라와 지열조건이 가장 비슷한

스위스에 설치된 공법으로 국내적용이 가능한 기술로써, 기존의 개방형공법의 보완하여 프로그램을 이용한 설계 및 시뮬레이션이 가능하여 효율과 신뢰성확보를 할수 있는 지열원 히트펌프 시스템이다. 현재 지열원 히트펌프시스템의 급속한 성장과 보급을 활성화시키기 위해서는 다음과 같은 제안을 하고자 한다.

첫째, 현재까지 국내에 보급되어 있는 기존의 지열원이용 기술에 대하여 기술과 효율에 대한 신뢰성의 저조로 인하여 신·재생에너지 지열원이 활성화되기 어려운 실정이다. 무분별한 전문기업의 난무로 전문성이 결여되었고 결과적으로 정부에서는 공사비 상한가라는 불합리한 카드를 던져 약순환의 고리에 있다고 볼 수 있다. 업체들간의 철저한 책임 시공과 정부 담당부서에서의 철저한 감리를 통하여 새로운 틀을 만들어야 한다.

둘째, 기존에 국내에 설치되어진 현장들의 모니터링을 정부에서 주도하여 보완하여야 할 것이며, 우수 현장 사례 및 부실한 사례를 선별하여 설계

및 시공업체의 Advantage와 Penalty를 적용하여야 한다. 물론 신생업체들의 시장진입을 막는 용도로 사용되어서도 아니 된다.

셋째, Geohil과 같은 이미 Field에서 효율과 친환경성이 확보 된 기술을 국내 실정에 합리적인 적용 방안이 만들어져야 하며, 개방형에 대한 인식의 제고가 필요 하다. 도심부 건축물 밀집지역에서는 Bore Field 면적이 협소하여 일반적인 개방형(SCW)의 적용이 어렵고 장심도 개방형을 적용하여야 한다.

넷째, 연구과제중의 아파트에 적용에 대한 검토가 진행되고 있으나 에너지파일과 같은 밀폐형에만 집중되어 아파트 전체의 지열에너지 적용이라는 커다란 문제를 간과하고 있어 결국 조합형(Hybrid Type)으로 기존의 냉난방 방식과 혼합된 결과를 만들게 될 것이다. 하지만 친환경적 효율을 인증 받은 개방형의 사용으로 장심도 지열원 히트펌프 냉난방 시스템을 적용하게 되면 아파트의 100% 지열 냉·난방을 가능하게 될 것이다. 