

수직 U자 관 지중 열교환기의 열교환 성능

손 병 후, 조 정 식, 신 현 준, 안 형 준*

한국건설기술연구원 화재 및 설비 연구부, *(주) 코오롱건설

Heat Exchange Performance of Vertical U-Tube Ground Heat Exchangers

Byong Hu Sohn, Chung-Sik Cho, Hyun-Jun Shin, Hyung-Jun An*

Fire & Engineering Services Research Department, KICT, Goyang 411-712, Korea

*Kolon Engineering & Construction Co., LTD., Yongin 449-797, Korea

요 약

지열원 열펌프 시스템은 기존 냉난방 설비보다 에너지 소비량이 적고, 공기보다 안정적인 지열을 히트싱크 (heat sink) 및 열원 (heat source)으로 사용하기 때문에 효율이 높은 시스템이다. 또한 이산화탄소와 같은 온실가스의 배출이 타 시스템에 비해 적은 친환경적인 시스템이다. 그러나 지중 열교환기의 매설을 포함한 전체 시스템의 초기 설치비가 기존 냉난방 설비보다 큰 것이 단점이다. 특히, 지중 열교환기 보어홀 (borehole) 천공 및 지중 열교환기 설치비용이 전체 초기 설치비용의 30%~50%를 차지할 만큼 지중 열교환기의 적정 설계 및 시공은 전체 시스템의 성능 및 초기 설치비를 결정하는 중요한 과정이다. 이러한 지중 열교환기를 최적 설계하여 시공하기 위해서는 적용 건물에 대한 정확한 냉난방부하 계산은 물론 지중 열교환기 매설지역의 토양의 성질, 그라우트의 열 물성치, 보어홀 간격 등과 같은 다양한 변수를 고려해야 한다. 실제 지중 열교환기 설계가 어려운 점은 설치하고자 하는 장소의 토양 또는 암반에 대한 열물성을 알고 있어도 이들의 연중 수분함량 변화라든지 지표수 또는 지하수의 보어홀 내로의 유입으로 인한 지중 열교환기 성능변화에 대한 예측이 곤란하다는 것이다.

국내의 지열원 시스템 산업은 초기단계이지만, 최근 들어 대체에너지 이용에 대한 관심이 증가하면서 지열원 시스템의 성능분석 및 요소기술 개발에 대한 관심이 증가하고 있지만 실제 현장에 설치된 지중 열교환기를 이용하여 지중 (토양)과의 열교환 성능을 규명하고 이로부터 주위 토양의 열전도계수를 측정하는 연구는 거의 없다. 이에 본 연구는 직경 150 mm, 깊이 130 m의 보어홀에 설치된 외경 62 mm, 길이 130 m의 고밀도 폴리에틸렌 U자 관 지중 열교환기와 주위 토양간의 열교환 성능에 대한 현장 시험을 통해 토양의 열전도계수를 측정하였다. 또한 실험결과를 상용 소프트웨어를 이용하여 계산한 결과와 비교하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 지중으로의 열전달이 안정화되면서 선형성이 확보되는 5시간 이후의 실험결과에 대해 라인소스 모델을 적용하여 지중 열교환기 주위 토양의 열전도계수를 결정하였으며, 각각 3.54 W/mK과 3.67 W/mK이었다.

(2) 국내 지반의 대부분은 화강암이나 화강편마암이기 때문에 지열원 열펌프 시스템의 지중 열교환기의 크기 등을 설계할 때 본 연구에서 구한 열전도계수를 사용할 수 있을 것이다.

(3) 두 개의 시험용 지중 열교환기에 대해 계산에 의한 평균온도는 실험결과보다 평균 1.68℃와 1.54℃ 정도로 다소 높은 값을 나타냈으며, 표준편차는 각각 4.96%와 4.83%로 나타났다. 또한 계산에 의한 열전도계수는 각각 3.62 W/mK과 3.79 W/mK이었다.

(4) 본 연구는 시험 수행시간을 16~18시간으로 하였지만, 경제성 등을 고려할 때 현장 시험방법 및 시험 수행시간에 대한 체계적인 연구가 필요하다.