

지중 열교환기 보어홀 그라우팅 재료의 유효 열전도도 측정

손 병 후, 신 현 준, 조 정 식

한국건설기술연구원, 화재 및 설비 연구부

Effective Thermal Conductivity Measurement of Grouting Materials for Ground Heat Exchanger Borehole

Byong Hu Sohn, Hyun-Joon Shin, Chung-Sik Cho

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

요 약

근래에 신·재생 에너지 이용에 대한 관심과 요구가 늘면서 지열원 열펌프 시스템에 대한 관심도 증가하고 있다. 이 시스템의 구성요소 중 지중 열교환기(ground heat exchanger)는 전체 시스템의 성능과 초기 설치비를 결정하는 중요 기기이다. 현재, 국내에서 주로 시공되는 수직형 지중 열교환기는 수직으로 천공된 보어홀(borehole)과 U자 형상의 파이프 그리고 보어홀과 파이프 사이의 빈 공간을 채우는 그라우트(grout)로 구성된다.

수직형 지중 열교환기의 성능은 지중 열교환기 파이프 내를 순환하는 유체와 이 파이프 주위 복합매질(그라우트/토양 혼합층) 간의 열전달과 밀접한 관련이 있다. 따라서 지중 열교환기 설계나 성능 향상에 그라우트 자체의 열물성치, 보어홀 열저항 그리고 복합매질의 유효 열전도도 등은 매우 중요한 변수이다. 그라우트/토양 혼합층의 유효 열전도도를 산정하기 위해 현재 주로 적용되는 방법이 현장 열응답 시험⁽¹⁾이다. 또한 현장 시험 데이터를 입력값으로 하여 해석적인 방법과 수치 모델에 의한 방법으로 계산할 수 있다.

열응답 시험에서 중요한 문제는 시험 수행 시간이며, 이와 관련된 다양한 연구결과들이 제시되었다.⁽²⁾ 하지만 지중 특성이 외국과 상이한 국내 조건을 고려하면, 기존 연구결과를 여과 없이 수용하는 것은 다소 무리가 있다. 이에 본 연구는 국내 세 지역(경기도 고양, 용인, 충청남도 천안)에 그라우트를 달리 하여 시험용 지중 열교환기를 설치하고 열응답 시험을 수행하였으며, 시험결과와 계산결과를 비교하였다. 또한 그라우트 종류에 따른 혼합층의 유효 열전도도 변화를 고찰하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 사이트별 그라우트/토양 혼합층의 유효 열전도도는 각각 3.51, 3.16, 2.31, 2.33 W/m²℃이었다.

(2) 라인소스 모델과 수치 모델에 의한 유효 열전도도는 3.03%~4.45 % 절대편차 내에서 열응답 시험에 의한 열전도도와 일치하였다.

(3) 보어홀에 주입된 그라우트의 열전도도가 1.34 W/m²℃에서 1.82 W/m²℃로 증가할 때, 유효 열전도도는 11.1%~51.9 % 증가하였다.

참고문헌

1. Mogensen, P., 1983, Fluid to duct wall heat transfer in duct system storages, Proceedings of the International Conference on Subsurface Heat Storage in Theory and Practice. Swedish Council for Building Research, June 6-8.
2. Bose, J. E., Smith, M. D. and Spitler, J. D., 2002, Advances in ground source heat pump systems: an international overview, Proceedings of the 7th IEA Heat Pump Conference, Vol. 1, pp. 313-324.