

열응답 시험 데이터에 의한 보어홀 유효 열저항 산정

손 병 후^{*}, 임 효 재^{*}, 정 계 훈^{*}

한국건설기술연구원 화재·설비 연구부, ^{*}호서대학교 기계공학과

Evaluation of Borehole Thermal Resistance from Thermal Response Test

Byonghu Sohn^{*}, Hyo-Jae Lim^{*}, Gye-Hoon Jung^{*}

Fire and Engineering Services Research Department, KICT, Hwaseong 445-861, Korea

^{*}Department of Mechanical Engineering, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

요 약

수직형 지중 열교환기를 최적 설계하기 위해, 지중 유효 열전도도와 보어홀 유효 열저항을 정확하게 산정한 후 이 값들을 설계에 적용해야 한다. 지중 유효 열물성을 산정하기 위해 시추(천공) 과정에서 획득한 시료를 실험실에서 측정하거나 현장에서 직접 측정하는 방법을 적용할 수 있다. 시료를 실험실에서 측정할 경우 실제 지중 열교환기가 설치된 상황과 많은 차이가 있기 때문에 이 값을 설계에 적용하는 것은 무리가 있다. 따라서 측정에 상당히 긴 시간이 필요하다는 단점에도 현장에서 직접 측정하는 방법을 주로 채택하고 있으며, 이를 현장 열응답 시험(in-situ thermal response test)이라고 한다.

이러한 열응답 시험에 대한 개념과 구체적인 방법을 Mogensen⁽¹⁾이 처음 제안한 후, 현재까지 지중 열전도도를 산정하기 위해 주로 적용하고 있다. 그라우팅 재료나 열응답 시험 시간 등 다양한 인자들이 지중 유효 열물성에 미치는 영향을 고찰한 연구결과들이 발표되었다. 하지만 국내 지중 특성이 외국과 다르기 때문에 기존 결과를 여과 없이 수용하여 지중 열교환기를 설계하는 것은 다소 무리가 있을 것으로 판단된다.

현장 시험을 통해 지중 열전도도를 산정하고 해석모델(또는 수치모델)을 통해 보어홀 열저항을 계산할 수 있다. 이때 계산에 적용된 보어홀 형상과 실제 형상이 서로 다르기 때문에 열저항 값에 차이가 있을 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 열응답 시험 데이터를 이용하여 지중 열전도도를 결정된 후 이 결과를 단순 선형열원 모델에 대입하여 보어홀 열저항을 산정하였다. 이를 위해 그라우팅 재료를 달리하여 4개의 시험용 지중 열교환기를 설치한 후 열응답 시험을 수행하였다. 아울러 그라우팅 재료가 열전도도와 열저항에 미치는 영향을 고찰하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

(1) 단순 선형열원 모델에 의한 지중 열전도도는 각각 1.947, 2.254, 2.622, 3.043 W/m²였으며, 기준시점(5.6시간)부터 시험 종료까지 0.77~1.57% 절대편차 내에서 일정한 값을 보였다.

(2) 단순 선형열원 모델에 의한 결과와 온도만으로 보어홀 열저항을 산정할 수 있었으며, 각각 0.278, 0.244, 0.216, 0.212 m²°C/W였다. 또한 기준시점부터 시험 종료까지 1.31~2.94% 절대편차 내에서 일정하였다.

(3) 그라우팅 재료의 열전도도를 0.818 W/m²에서 1.104 W/m²로 증가시켰을 때, 지중 열전도도는 15.8~56.3% 증가하였으며 보어홀 열저항은 13.0~31.1% 감소하였다.

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.