

# 보어홀 그라우팅 재료로서 모래/물 혼합물의 열전도도 측정

손 병 후

한국건설기술연구원 화재·설비 연구부

## Thermal Conductivity Measurement of Sand/Water Mixture as a Borehole Grouting Material

Byonghu Sohn

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

### 요 약

지중 토양의 열적 성질, 특히 열전도도는 도로·비행장·건축물·각종 배관 등의 시설뿐만 아니라 지중에 매설되는 동력 케이블·냉온수 수송관·가스 수송관 등을 설치하기 위한 설계 과정에서 중요한 입력 정보다. 예를 들면 지중에 매설된 동력 케이블에서 열이 발생하는 데, 이 열을 빨리 발산시켜야 케이블이 과열되는 것을 방지할 수 있다. 반면, 온수 수송관인 경우에는 관 주변으로 열이 손실되는 것을 최대한 줄여야 한다. 이때 설계에서 중요한 인자 중 하나가 지중 토양의 열전도도다.

또한 지열원 열펌프 시스템의 구성 요소 중, 지중 열교환기는 시스템의 성능과 초기 투자비를 결정하는 중요 기기로서 수직형과 수평형 방식으로 구분된다. 두 방식은 모두 열교환기 순환유체와 열교환기 주위 지중 토양간에 열전달이 원활하게 일어날 때, 최적 성능을 확보할 수 있다. 이 경우에도 지중 열전도도는 매우 중요한 변수며, 이 값에 따라 지중 열교환기의 사양이 결정된다. 따라서 지중 열교환기를 최적 설계하기 위해 지중 열전도도를 정확하게 산정한 후 이 값을 설계에 적용해야 한다.

본 연구에서는 비정상 탐침법을 적용하여 지중 열교환기 보어홀 그라우팅 재료로 사용될 수 있는 모래-물 혼합물에 대해 모래/공기 건조 시료, 모래/물 포화 시료 그리고 모래/공기/물의 불포화 시료로 구분하여 열전도도를 측정하였다. 2성분 시료에 대해서는 간극률이 그리고 불포화 시료인 경우 간극률·수분함량·입자 열전도도가 각 시료의 열전도도에 미치는 영향을 고찰하였다. 아울러 불포화 시료에 대해서는 측정 결과와 기존 상관식에 의한 계산 결과를 비교하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 건조상태와 포화상태에서 시료의 간극률이 감소할수록 2성분 혼합물 시료의 열전도도는 증가하였다.
- (2) 불포화 시료인 경우, 건조밀도와 수분함량이 증가함에 따라 시료의 열전도도는 증가하였다.
- (3) 수분함량과 건조밀도가 동일할 때, 규사 혼합물 시료의 열전도도가 강모래 혼합물 시료의 열전도도보다 컸으며 이는 고체 입자의 열전도도 차이에서 기인한다.
- (4) 기존 모델 중, Kersten<sup>(1)</sup>이 제안한 모델은 열전도도를 낮게 예측하였다. 반면 Johansen<sup>(2)</sup>이 제안한 모델은 Kersten<sup>(1)</sup>의 모델보다 상대적으로 잘 일치하였지만, 포화도가 낮은 영역( $S_r < 0.4$ ) 영역에서는 실험 결과를 다소 크게 예측하였다.

### 참고 문헌

1. Kersten, M. S., 1949, Laboratory research for the determination of the thermal properties of soils, Research Laboratory Investigations, Engineering Experiment Station, Technical Report 23, University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA.
2. Johansen, O., 1975, Thermal Conductivity of Soils, Ph.D. thesis, University of Trondheim, Trondheim, Norway. (CRREL Draft English Translation 637, US Army Corps of Engineers, Hanover, NH, USA.)