

열배관의 부식피로균열 특성 및 수명평가에 대한 연구

최 윤 석, 김 정 구

성균관대학교 신소재공학과

Evaluation of Corrosion Fatigue Properties and Fatigue Lifetime of Thermally Insulated Pipeline

Yoon-Seok Choi, Jung-Gu Kim

Department of Advanced Materials Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

요 약

이중보온 온수배관(이하 열배관)은 이송체인 강관, 단열을 목적으로 발포 성형된 폴리우레탄 폼 과 이를 보호하기 위한 폴리에틸렌 외관으로 구성되어 있으며, 온도 40~120℃의 온수를 공급하는 지역난방 시스템용 매설배관으로 사용되고 있다. 열배관은 일반적으로 방식 및 보온효과가 큰 것으로 알려져 있으나, 외부 충격 등에 의해 폴리에틸렌 외관이 손상되거나, 시공 시에 슬리브 부분의 불완전한 방수처리 등의 원인으로, 지하수나 빗물 등과 같은 수분이 침투하게 되면 단열재인 우레탄 폼을 적시게 되므로 부식환경이 조성되어 강관의 부식이 발생한다. 이러한 상황에서 열배관의 운전온도 변화(40~120℃) 및 계절에 따른 지열의 변화에 의해 발생하는 열응력은 피로응력을 유발하여 부식피로현상이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 열배관에 복합적으로 작용하는 부식피로 특성을 단열재의 존재유무에 따라 부식피로 시험을 통해 정량적으로 평가하고, 이를 통해 잔존수명을 예측하는 것을 목적으로 하였다.

피로 및 부식피로시험은 ASTM E466의 기준에 따라 가공한 시편을 사용하였으며, 실제 열배관의 상황을 모사하기 위해 시편의 표면에 단열재를 물리적으로 부착시킨 경우와 단열재를 부착시키지 않은 경우에 대해 부식환경하에서 부식피로시험을 수행하였다. 온도변화에 따른 열응력을 예측하기 위하여, 열배관이 매설된 4곳에서 1년간 온도측정을 수행하였으며, 온도와 응력간의 관계를 규명하기 위해 가장 취약한 부분인 T형 배관 이음부의 응력 해석 및 용접부 잔류응력 측정을 수행하였다. 이와 같은 과정으로 측정된 인자들을 바탕으로 부식 환경하에서의 열배관 피로 수명을 예측하기 위하여 누적손상계수법으로 열배관의 부식피로 수명을 평가하였다.

피로시험결과, 대기 중에서 이중 보온관은 일반 탄소강의 피로거동과 유사한 결과를 나타내었으며, 부식피로시험 결과, 대기 중에서 보다 피로 수명이 현저히 낮아진 것을 관찰할 수 있었다. 또한 강관에 단열재가 부착되어 있는 경우가 그렇지 않은 경우에 비해 부식피로 수명이 증가한 것을 관찰할 수 있었다. T형 배관 이음부의 응력 해석 결과, 이음부의 목부분에서 가장 높은 주응력을 나타내었으며, 용접에 의한 잔류응력은 용접선을 기준으로 10°이내에 최대 주응력(155MPa)이 존재하고 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 관계를 통해 대표적인 4곳의 열배관에 대해 30년 동안의 수명예측을 행한 결과, 모든 경우에 대해 30년 설계 수명이 보장되었으며, 이는 30년 동안의 응력이 작용하더라도 강관의 수명에는 영향이 없음을 의미한다.

참고문헌

1. S. P. Pednekar and R. H. Pugh, 1995, Innovative Ideas for Controlling the Decaying Infrastructure (eds., V. Chaker), NACE, Houston, TX. pp. 215.