

요 약 문

제목 : 상·하수도 배관재의 환경부실 영향평가 공법개발

· 연구의 목적 및 필요성

상·하수도 배관재의 노후화 및 연결부위 누수로 인해 인체와 안전성에 큰 위협이 되고 있다. 이를 방지하기 위한 기술개발을 위해 각종 조건에서의 부식의 영향 및 인체에 주는 영향에 대한 정립이 필요하다. 그리고 전국 평균 누수율이 18.1%로 연간 약 5000억원의 경제적 손실을 초래하고 있고 정부주도 배관관련 사업으로 약 1조 6천억원에 달하고 있으나 국가적으로 배관설치관련 사용년한 및 수명예측 자료가 없어 이의 기초 수명예측자료를 작성하는데 기여하고자 한다.

· 연구의 내용 및 범위

각종조건[기간별, 두께별, 재료별, 깊이별, 토양별, 음용수별]에 따른 부식생성물의 부식의 무게감량, 전위차 등의 성분조사와 더불어 강도감량에 대한 조사까지 실시하여 부식이 미치는 영향을 평가한다. 이를 정립하여 각종 용접방법, 신소재 개발 및 방식방법의 연구 및 제안의 기본적인 뒷받침 자료로 활용이 되고자 한다.

1. 각 재료별 배관재[동관, 아연도강관, 스테인레스강관]를 토양별[사양토, 양토, 식양토, 점토] 토양에 매설 후 일정기간[5개월, 10개월, 15개월] 후 배관재의 내외부에 부식생성물의 양 및 성분조사, 두께 및 강도감량 조사를 실시한다.
2. 배관재의 매설깊이[50cm, 100cm], 배관두께[15mm, 25mm, 32mm]에 따른 매설 후 부식내용[부식생성물의 양 및 성분, 부식형태] 조사를 실시한다.
3. 각 재료의 배관재 수용액별[지하수, 수돗물, 3.5% NaCl, 3.5% HNO₃, 1% H₂SO₄]에 따른 부식내용 조사를 실시한다.
4. 배관재 연결부위 누수위험 방지를 위해 모재[Base metal]와 각 용접법[FCAW, SMAW, SAW]으로 실시한 배관재의 매설 후 부식내용 실시한다.
5. 배관용 합금재에서의 3.5% NaCl, 10% HNO₃ +3% HF, 6% FeCl₃ 용액에서의 부식내용을 조사를 실시한다.

· 연구결과

1) 각종 배관재를 토양별(사양토, 양토, 식양토, 점토)로 300일 동안 매설 부식한 시험편의 무게감량은 아직 까지 큰 변화가 없었지만 50cm 깊이의 배관재보다 100cm 깊이의 배관재가 수분의 양과 산소농도 등으로 인해 더 많은 부식감소량을 보였다.

토양매설 실험결과 스테인레스강관의 경우 미소한 증감을 보이고는 있지만 부식의 진행이라 보기 힘들며, 동관의 경우 사양토에서 부식무게감소가 많이 되는 특성을 보였다. 아연도강관의 경우 이온화 경향으로 부식이 많이 일어나 가장 큰 무게감량을 보였다. 또한 토양별로는 Clay Loam에서 부식이 가장 많은 변화가 일어났다. 그에 비해 수분함량이 많은 점토의 경우 부식감량이 많을 것으로 예상했던 것과 같이 초기 큰 변화를 보이지 않다가 90일 후 부식이 서서히 변화가 일어나기 시작했다. 그러나 모래가 많은 Sandy Loam과 Loamy의 경우 부식의 변화가 거의 일어나지 않았다.

2) 수용액별(지하수, 수돗물, 3.5% NaCl, 3.5% HNO₃, 1% H₂SO₄) 부식 특성을 살펴보면, 무게 감소량에 있어 3.5% HNO₃수용액에서 아연도강관의 경우 스테인레스강관 비해 20배, 동관에 비해 10배의 감소량을 보였다. 그리고 다른 수용액에서는 스테인레스강관에 비해 8배, 동관에 비해 2배 정도의 아연도강관의 무게감량을 볼 수 있었다. 재료별 무게감소량의 비교에 있어 스테인레스강관의 경우 3.5% HNO₃에서 다른 용액에 비해 2배에서 많게는 7배 이상 높은 감소를 보였고 동관의 경우 인공해수에서 다른 환경에 비해 약 2, 3배의 부식을 3.5% HNO₃에서는 인공해수에 비해 7배 이상의 무게감소를 보였다. 또한 아연도강관의 경우 전체적으로 스테인레스나 동관에 비해 많은 무게감소를 보이고 있고 시간이 경과함에 따라 인공해수의 무게감소가 24 < 36 < 44 < 56.4 < 68.4 < 123으로 다른 용액에 비해 크게 상승하고 있음을 볼 수 있다. 수용액에서의 전위측정 결과 동관의 3.5% NaCl 용액에서 낮은 전위를 보였으며, 아연도강관의 경우는 3.5% HNO₃에서 큰 폭의 변화를 보였고 스테인레스강관의 경우 처음에 낮은 전위에서 점차 일정하게 안정화되어가는 전위차를 보였다.

3) 용접방법에 따른 파괴시험 결과 더 이상 파괴가 일어나지 않는 파괴한도가 모재(152MPa), SMAW(148MPa), FCAW(148MPa), SAW(145MPa)로 모재에 비해 각각 SMAW · FCAW(2.7%), SAW(4.6%) 로 낮은 파괴한도를 나타내었다. 90일간 용접방법에 따른 부식파괴시험 결과 6% FeCl₃에서는 모재·SMAW(133MPa), FCAW(134MPa),

SAW(121MPa)로 모재에 비해 SAW가 약 9% 정도 낮은 수치를 나타내고 있었다. 또한 3.5% NaCl에서는 모재(149MPa), SMAW(145MPa), FCAW(137MPa), SAW(135MPa)로 모재에 비해 SMAW(3%), FCAW(8%), SAW(10%) 낮은 수치를 나타내었다. 180일간 용접방법에 따른 부식파괴시험 결과 6% FeCl₃에서는 모재(120MPa), SMAW(115MPa), FCAW(104MPa), SAW(78MPa)로 모재에 비해 SMAW(4.1%), FCAW(13.3%), SAW(35%) 낮은 수치를 나타내었다. 또한 3.5% NaCl에서는 모재 · SMAW(139MPa), FCAW(138MPa), SAW(117MPa)로 모재에 비해 FCAW, SAW 각각 약 1%, 16% 정도 낮은 수치를 나타내고 있었다.

응력에 따른 파괴수명 비교에 있어 응력이 152.4MPa일 때 모재(2,000,000 cycle), SMAW(1,195,430 cycle), FCAW(854,750 cycle), SAW(280,610 cycle)로 나타났고, 응력이 174.7MPa일 때 역시 모재(300,000 cycle), SMAW(219,214 cycle), FCAW(124,237 cycle), SAW(35,048 cycle)로 나타났다. 응력에 따른 90일간 부식파괴수명 비교에 있어서는 6% FeCl₃수용액의 경우 고응력에서는 모재가 저응력에서 SMAW용접법이 가장 높은 파괴수명을 나타내고 있었고 3.5% NaCl용액에서는 고응력에서는 SMAW용접재가 저응력에서는 모재가 가장 높은 파괴수명을 나타내고 있었다. 응력에 따른 180일간 부식파괴수명 비교에 있어 6% FeCl₃용액과 3.5% NaCl용액에서 141.4MPa일 때와 152.4MPa일 때 모두 모재, SMAW, FCAW, SAW 순으로 나타났다. 따라서 각 응력구간에 따른 비교에 있어서 용접재의 경우 SMAW용접재가 파괴수명이 높은 것을 알 수가 있었다.

이러한 결과는 용접방법에 따른 용접부의 잔류응력 및 열영양부(HAZ)에서 변형과 수축으로 발생한 균열이 용접종단부에서 약간 내부로 크랙이 발생하여 파단되어 셀형 수지상 땀모양의 파단면을 나타내었다.

4) 반복 하중값에 따른 배관재의 수명비교에 있어서는 3.5%NaCl수용액에서 높은 하중값에서는 SMAW용접재가 가장 큰 재료수명을 보였고 낮은 하중값에서는 용접재보다 모재가 높은 재료수명을 나타내었고 6%FeCl₃수용액에서는 높은 하중값은 FCAW가 낮은 하중값에서는 SMAW용접법이 가장 높은 재료수명을 나타내고 있었다.

5) SMAW 용접법이 FCAW, SAW 용접법에 비하여 재료수명이 각 응력비별(R=0.1, 0.3, 0.6) 모두 향상되어 나타났다. 용접별 최소 하중값은 SMAW 용접법이 가장 높고 FCAW, SAW 순으로 나타났다. 따라서 배관재의 연결부위 용접방법에 있어서는 SMAW, FCAW용접법이 가장 높은 강도를 나타내고 있었다.

6) 배관용 합금강의 경우 10% HNO_3 + 3%HF, 3.5% NaCl 수용액보다 6% FeCl_3 수용액에서 높은 무게감소량과 부식이 활성화 된 활성화 방향의 전위를 형성하고 있었다. 또한 10% HNO_3 + 3%HF과 3.5% NaCl 수용액을 비교해 보았을 때 1개월 침지 후에는 3.5% NaCl 수용액이 무게감소량이 많이 나타났지만 10개월 후에는 10% HNO_3 + 3%HF수용액이 더 많은 감소량을 보였다. 그리고 전위차를 살펴보면, 전반적으로 초기에는 RCC시편보다 CIS시편이 비슷한 양상을 나타내고 있었으나 부식물을 제거하고 난 시점 후부터는 RCC가 비한방향으로 이동하는 양상을 나타내고 있다.

· 연구결과의 활용계획

기업의 관점에서는 새로운 설계 자료로 활용, 새로운 기술개발로 연간 재료비 및 보수비용절감, 해양구조물 설치증가추세에 대응하는 기술개발의 축적자료로 활용

대학의 관점에서는 연구비 지원으로 우수학생 지도, 기업과의 연계로 취업연계 및 산학강좌, 세미나 개최, 대학과 지역기업과의 교류 활성화