

74. 해수 중 음극방식전류밀도에 미치는 금속표면상태와 유속의 영향에 관한 연구

재료공학과 임 동 군
지도교수 문 경 만

최근 산업사회의 급격한 발전과 함께 가혹한 부식환경에 노출되어 있는 해양구조물들의 부식 문제는 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 여기에는 부식환경인 해수의 유속과 수온 및 방식대 상인 강파일의 표면 부식정도 등이 변수로 작용하며, 최근 들어 환경공해의 심각성은 각 항만 의 해수도 예외일 수 없기에 해수오염도 역시 중요한 변수로 등장하게 되었다. 따라서 이러한 현실에 접한 선진국들은 해수오염도와 유속 등의 변수를 고려하여 방식전류밀도 등을 부식환경 의 특성에 따라 적절한 값을 빨리 적용하고 있는 실정에 있다.

본 연구에서는 해수 중 피방식체의 표면부식에 따른 전기화학적 거동을 조사하기 위해 유동 에 따른 분극 및 자연전위 변화, 희생양극법에 의한 분극전위 변화 및 양극 소모량 조사, 외부 전위법에 의한 공급전류밀도에 따른 피방식체의 분극전위 변화 및 표면의 방식상태 조사, 정전 위법에 의한 방식전류밀도 등에 대해 실험실 실험과 현장 실험(조도, 해양대 바닷가)으로 구분 하여 연구·고찰하였다. 특히 해상에서는 100일 동안 정전위법에 의해 방식전류밀도를 조사하 였다.

실험에 사용된 음극 시험편은 실험실 실험과 현장 실험용으로 구분하여 제작하였다. 실험실 실험에는 SS400강판, 즉 Fe 시험편을 크기 $10 \times 10 \text{cm}$ 로 절단 후 Sand paper로 #200에서 1000번 까지 순차적으로 Polishing하여 시험편에 동선($\phi 2 \text{mm}$)을 연결 후 노출 면적을 제외한 나머지 부분은 에폭시로 도포하였다. Rusted Fe 시험편은 동일한 강판을 조도(해양대) 바닷가에서 해상 으로부터 10m 이격시켜 대기 중에 노출시킨 상태에서 1개월에 1회 해수를 분사시켜 약 10개월 동안 자연 부식된 시험편을 사용하였다. 현장 실험용 Steel pile 시험편은 강파일 제조 후 표면 에 흑피를 제거하지 않은 상태로 사용하였고, Rusted steel pile 시험편은 기간, 장소, 방법은 Rusted Fe 시험편의 경우와 동일하다. 시험편은 S사의 일반 배관용 흑관(D3507SPP)을 사용하였 고, 크기는 $\phi 22.36 \text{cm}$, 길이 76.3cm 로 외부 표면적이 0.5m^2 가 되도록 하였다. 시험 내부에 두 개(전류공급용, 전위측정용)의 전선(리드선)을 음극방식용 파이프 연결에 널리 사용되고 있는 Clad welding이라고 알려진 Thermite welding을 사용하여 연결 저항이 최소가 되도록 하였다. 전선 연결 이후에 내부는 에폭시 코팅처리를 하였다.

Rusted steel pile 시험편의 부식층 표면의 조사결과 부식층 두께는 평균 $50 \sim 80 \mu\text{m}$ 정도였고, 이 부식층의 XRD분석 결과 주요 부식생성물은 FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 이었다. 그리고 Rusted Fe 시 험편의 부식층 두께는 평균 $50 \sim 70 \mu\text{m}$ 정도였고, 부식생성물 역시 FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 가 혼재된 상태였다.

양극 시험편으로 사용된 불용성양극은 실험실 실험에서는 직경 0.5cm 의 탄소봉을 사용하였고, 현장(해상) 실험에서는 Fe 강판($4 \times 10 \times 2 \text{cm}$)을 사용하였다. 연결부분은 에폭시로 절연시켰다. 희 생양극법에 의한 음극 강파일의 분극거동 및 양극소모율을 고찰하기 위해 Al합금 양극을 사용 하였다.

상기 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Rusted Fe 시험편은 Fe 시험편에 비해서 표면에 산화피막 등 부식생성물 형성에 의해 해수 중 부식전위가 귀한 값을 나타내었다. 따라서 희생양극법에 의한 음극방식시 Al희생양극의 발생전류와 양극소모율은 Rusted Fe(Rusted steel pile)시험편이 Fe(Steel pile) 시험편에 비해서 증가하였다.
2. 각 항구별 해수 중 울산항 제2부두의 해수가 심한 부식특성으로 인해 양극소모율이 가장 컸으며 다음이 광양 코스모스 관리부두이었고, 그리고 부산항 제2부두 가장 양극소모율이 낮았다.
3. 외부전원법에 의해 음극방식 할 경우 Fe 시험편은 해수의 유동이 없는 경우 $100\text{mA}/\text{m}^2$ 이상에서 방식가능하였으나, $3\text{cm}/\text{s}$ 의 유동용액에서는 $250\text{mA}/\text{m}^2$ 의 방식전류밀도가 필요함을 알 수 있었다. Rusted Fe 시험편의 경우 유동이 없을 때, $150\text{mA}/\text{m}^2$ 이상에서 방식 가능하였으나, $3\text{cm}/\text{s}$ 의 유동용액에서는 $250\text{mA}/\text{m}^2$ 이상의 방식전류밀도가 필요하였다.
4. 외부전원법에 의해 음극방식 할 경우 공급전류밀도가 $100\text{mA}/\text{m}^2$ 에서는 음극과 양극의 거리가 30cm , $250\text{mA}/\text{m}^2$ 의 공급전류밀도에서는 50cm 에서 음극 강파일의 각 부위별 및 위치별 변화에 대해 분극전위 변화가 균등한 값을 나타내었다. 희생양극법으로 음극방식 할 경우 양극과 음극의 거리가 30cm 에서 음극 강파일의 분극전위 분포가 균등한 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다.
5. 대형수조 내에서 음극 강파일을 외부전원법으로 음극방식할 경우 양극에서 바라 본 전면부에서는 외관상 방식되었으나, 측면부와 후면부는 방식효과가 떨어지는 경향을 나타내었다. 그리고 음극 강파일의 상부가 하부 보다 방식효과가 떨어지는 경향이 나타났다. 이것은 BEASY P/G을 이용한 대형수조내에서의 전위분포 조사 결과 수조의 크기가 작기 때문에 후면부까지 방식전류가 미치지 못한 것으로 사료된다.
6. 해상에서 정전위법에 의한 100일 동안의 방식전류밀도 조사에서 Rusted steel pile의 경우가 Steel pile에 비해서 방식전류밀도가 약 $80\text{mA}/\text{m}^2$ 정도 높게 나타났다. 따라서 희생양극법에 의한 방식설계시 해수의 유속, 오염도, 피방식체의 표면상태 등의 환경조건에 따라 현재의 방식전류밀도 기준인 $100\text{mA}/\text{m}^2$ 이상의 방식전류가 필요 할 것으로 사료된다.

75. 허니콤 코어로 보강된 항공기용 샌드위치 구조물의 오토클레이브 성형시 발생하는 결함 원인 분석과 그 최소화 방안

재료공학과 권 순 철
지도교수 김 윤 해

항공·우주산업분야의 복합재료로 조립품 형태의 복합재료 중심(또는 중간)에 사용되는 구조재료인 코어재료(core materials)를 일정 두께로 가지는 두 개의 prepreg사이에 삽입한 후 접합시켜 보다 강하고 경량의 특징을 가지는 샌드위치 구조(sandwich structure)로 제조하여 사용하고 있다. 그러나 이러한 샌드위치 복합재료 구조물은 기존의 금속재료 보다 우수한 장점을 가