

음극전류 프로세스에 의해 강관 해중부 및 간만대 부위에 형성된 석회질 피막의 특성 분석

Properties on the Calcareous Deposit Films Formed in Submerged Zone and Tidal Zone of Steel Pipe by Cathodic Current Process

박준무<sup>a\*</sup>, 강제욱<sup>a</sup>, 황성화<sup>a</sup>, 강준<sup>a</sup>, 이명훈<sup>a</sup>,  
<sup>a</sup>\* 한국해양대학교 기관공학부(E-mail: junmu@kmou.ac.kr),

**초 록:** 음극방식법은 피방식체에 외부전원을 인가하거나 보다 활성 금속을 전기적으로 연결하여 피방식체를 일정 전위까지 음극분극 되도록 하여 부식을 억제하는 방법이다. 해수 중 음극방식을 실시할 경우 생성되는 석회질 피막(Calcareous deposit)은 소요전류밀도 감소로 인한 희생양극의 수명연장 및 물리적 방호벽 역할을 한다. 그러나 일반적인 석회질 피막은 세라믹과 같은 화합물로서 밀착력이 매우 약하며, 적지 않은 피막 형성 시간이 소요된다. 따라서 본 연구에서는 해수 중 음극전류 프로세스를 응용하여 실제 강관의 해중부 및 간만대 영역까지 석회질 피막을 균일-치밀하게 형성시키기 위한 최적의 조건을 찾고자 하였다. 각 조건별로 제작된 석회질 피막은 SEM, EDS 및 XRD를 통해 막의 모폴로지, 조성원소 및 결정 구조를 분석하였으며, 이를 바탕으로 희생양극 종류(Al, Zn) 및 1, 3, 5 mA/m<sup>2</sup>의 전류밀도 조건에서 부위-기간별 형성된 석회질 피막의 메커니즘을 해명하였다. 또한 밀착성과 내식특성을 평가하기 위해 테이핑 테스트, 침지-자연전위 거동을 분석 및 평가하였다.

1. 서론

항만 및 해양구조물은 가장 가혹한 해수 환경에서 사용되기 때문에 그 노출된 부위에 따라 해상대기부, 비탈대, 간만대, 해중부, 해저토중부로 세분화되어 부식특성의 차이를 보이며 계속적으로 부식손상을 받는다. 한편, 해양 환경 중 항만, 조선, 해양산업 등에 사용되는 강구조물은 일반적으로 도장 및 음극방식(Cathodic Protection)이 사용되고 있다. 이와 같이 해수 중 음극방식을 실시할 경우, 해수에 용존 하는 많은 이온 성분들 중에서 Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> 이온이 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)이나 수산화마그네슘(Mg(OH)<sub>2</sub>)을 주성분으로 하는 화합물로 형성된다. 이렇게 생성된 석회질 피막(Calcareous deposit)은 소요전류밀도 감소로 인한 희생양극의 수명연장 뿐만아니라 부식방지를 위한 물리적인 방호벽 역할을 하면서 용존산소의 확산 및 이동을 억제 한다.<sup>[1,2]</sup> 따라서 본 연구에서는 해수 중 음극전류 프로세스에 의해 형성되는 석회질 피막을 해중부 뿐만 아니라 간만대 영역 까지 균일하게 형성시키기 위해 생성된 석회질 피막의 부위-기간별 특성 변화를 분석 및 평가하였다.

2. 본론

실험에 사용된 강관(SS400)은 ø42.7 x 1,000 mm x 4.0 t의 형상으로 제작하였고 간만대를 구현하기 위해 12시간 간격으로 강관의 위치를 조정하여 30일 동안 실험을 진행하였다. 희생양극법(Sacrificial Anode Cathodic Protection)은 Al, Zn 합금 양극을 사용하였으며, 외부전원법(Impressed Current Cathodic Protection)의 경우 정류기(Rectifier, xantrex, XDL 35-5T)를 사용하여 1, 3, 5 A/m<sup>2</sup>의 전류밀도 조건으로 실험하였다. 각 조건별로 제작된 석회질 피막은 SEM, EDS 및 XRD를 통해 막의 모폴로지, 조성원소 및 결정구조 분석을 실시하였다. 또한 생성된 석회질 피막의 밀착성을 평가하기 위하여 테이핑 테스트(Taping Test, JIS K 5600-5-6)를 진행하였으며, 침지-자연전위 거동을 측정-분석하여 내식특성을 평가하였다.

3. 결론

표면 모폴로지 관찰 결과 간만대의 경우 Mg(OH)<sub>2</sub>가 완전한 판상형태로 성장하지 못한 상태에서 CaCO<sub>3</sub>가 형성되었으며, 성분분석 결과 Mg 성분은 해중부에서, Ca 성분은 간만대에서 많이 검출되었다. 결정구조분석 결과 해중부에서 Brucite 구조가 Calcite 및 Aragonite 구조에 비해서 상대적으로 많이 나타난 반면 간만대에서는 Aragonite 구조가 많이 검출되었다. 이는 전류분포의 영향으로 상대적으로 전류가 많이 흐르게 되는 해중부는 산소환원 및 수소용출 반응이 활발해져 금속과 해수 계면 사이에 발생된 OH<sup>-</sup> 이온이 해수 중의 Mg<sup>2+</sup> 이온과 우선적으로 결합하였기 때문이라고 사료된다. 해수 중 강관의 침지-자연전위 측정 결과 음극전류 인가로 인해 외부전원법 및 희생양극법 시편에서 방식전위(- 800 mV<sub>SCE</sub>) 이하로 유지되고 있었으며, 밀착성 시험 결과 외부전원법의 경우 전류밀도 1 ≈ 3 > 5 A/m<sup>2</sup> 순으로 밀착성이 우수한 것을 확인하였다.

참고문헌

1. Lee, M. H, "Surface Coating Method of Environment-Friendly Calcareous Deposit formed in Natural Seawater", Fourth International Symposium on Biomimetic Materials Processing, vol. 4, 2004, p.94.  
2. C. Barchiche, C. Deslouis, D. Festy, O. Gil, V.Maillot, S. Touzain, B. Tribollet, "Characterization of Calcareous Deposits in Artificial Sea Water by Impedances Techniques : 3-deposit of CaCO<sub>3</sub> in the Presence Mg<sup>2+</sup>", Electrochimica Acta, 48 (2003), 1645.

- 본 연구는 2015년도 산업통상부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.20143010021820)