

액상 무기계 도료의 제작과 그 적용가능성에 대한 연구 Formation of Liquid-Silicate Paint and Its Application Possibility

백상민*, 양정현*, 문경만**, 이명훈*, 박상순***
한국해양대학교 기관시스템공학부*, 기계소재 공학부**, 비엔티엔지니어링(주)***

초 록 : 현재 널리 적용되고 있는 유기에폭시 도장의 경우에는 부식환경을 차단하는 등의 일반적인 차원에는 상당히 우수하나, 열이나 빛에 의한 열화 및 부식 문제와 환경오염 등의 문제를 가지고 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 순수 무기계의 액상 규산질을 바인더로 사용한 도료의 제작을 시도하였으며, 열화성능평가지험을 통해 그 적용가능성에 대해 검토하였다. 실험결과 환경친화적인 -Si-O-Si- 결합의 1액형 무기 규산질 도료의 제작이 가능하였으며 향후 여러 가지 성능 중 특히 내식성, 내산성 및 광택성 등의 보완연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

1. 서 론

해안가나 다습환경에 놓여 있는 강재시설물의 경우 부식에 대해 장기간 동안 안정적으로 보호하기 위한 목적으로 그 시설물에 용융아연도금이나 유기 에폭시계 도장을 하여 대기 중 부식성 환경물질인 O₂, H₂O, Cl⁻, SO₂, NO_x 및 먼지 등을 차단시켜 방지하는 방법을 주로 사용하고 있다.

그러나 현재 적용되고 있는 유기에폭시 도장의 경우에는 부식환경을 차단하여 방지유지를 하는 등의 일반적인 차원에는 상당히 우수하지만, 빛(자외선)이나 열이 노출되는 환경 하에서는 도막자체의 열화현상에 의해 도막 균열, 들뜸 및 박리 등의 문제로 유지관리에 상당한 어려움을 겪고 있을 뿐만 아니라 이에 대한 거액의 유지보수비용이 주기적으로 소요되고 있는 형편이다. 또한 유지수지도료는 부자재로써 휘발성 유기화합물(VOC)을 필요로 하기 때문에 환경오염이나 공해를 발생시키는 문제를 기본적으로 가지고 있다.

미국, 유럽, 일본 등의 선진국에서는 이러한 유사 환경에 대응하기 위한 방법으로써 유기계 에폭시에 여러 가지 무기질의 세라믹성분을 첨가하여 품질을 개선시키는 '무기질 함유 세라믹 에폭시'의 연구개발을 서두르고 있다. 그러나 이들 세라믹 에폭시계의 경우는 열 또는 빛에 의한 저항 특성 등이 약간 개선된 면은 있으나 유기계 도장이 갖는 첨가 휘발성분 등에 의한 환경오염 문제나 고온열화 그리고 경제적인 문제를 근본적으로 해결하지 못하고 있다.

한편, 규산질 재료를 도막형성 주요소로 하여 도장을 제작하는 경우 -Si-O-Si-결합은 자외선 파장영역이 아닌 지상에 도달하지 않는 270nm의 파장에서 해리되는 특성이 있기 때문에 -C-C-결합력을 갖는 유기합성수지 경우와는 달리 열화현상이 일어나지 않을 것임은 물론 결합제(Binder)가 유기 수지를 포함하지 않기 때문에 용제사용이 필요없게 되므로 환경 공해 물질을 배출하지 않을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 기존 유기계 에폭시도장이 안고 있는 열 빛에 의한 열화나 부식 문제와 환경오염문제를 해결하기 위하여 순수 무기계의 액상 규산질을 바인더로 한 도료의 제작을 시도하였고, 그 도장제에 대한 열화성능평가와 환경 유해성 여부에 대해 조사하여 그 적용가능성에 대해 검토하였다.

2. 본 론

2.1 적용결합제 종류별 도료의 제작

액상 규산질을 이용하여 일반적인 방법으로 도료를 제작하여 작업성, 도막 상태 및 물성 평가를 통해 각 조건에서 제작된 도장제의 기본 특성을 조사하였다. 이 실험을 통해 도장제 제작의 최적배합을 도출하고자 하였으며, 표. 1에서 나타난 바와 같이 하이브리드계 실리케이트 수지의 혼합으로 제작된 일액형의 Test 6의 제작도료에서 작업성이 양호하고 기본물성이 우수한 특성을 얻을 수 있었다.

표. 1 결합제 종류별 제작도료의 물성평가

구 분	Test 1 / 2	Test 3 / 4	Test 5	Test 6
적용 결합제	- 액상 실리케이트계 알카리 실리케이트 - 일액형 수용성	- 액상 실리케이트 - 알킬 실리케이트 - 이액형 용제형	- 무기폴리머계 폴리실라잔 실리케이트 - 일액형 수용성	- 하이브리드계 실리케이트 수지의 혼합 - 일액형 수용성
배 합	물/분산제// 중화제/안료/ 분산제/조정제 /안정제	용제/점중제/ 분산제/안료/ 소포제/착소제/ 촉진제	분산제/안료/ 수지1/수지2/ 소포제/ Thickner	분산제/안료/ 수지1/수지2/ 소포제/ Thickner
평가 결과	○ 작업성 : 도장면 고르지 못함 ○ 도막상태 : 부착력 불량 ○ 도막물성 : Brittle한 특성 ○ 도막표면 : 수지와 반응하여 응집된 입자 생성	○ 부착성, 저장성, 상온 건조성, 작업성 우수 ○ 용제형	○ 자연건조 가능 ○ 작업성 및 기본물성 우수함	○ 스프레이 작업성 대체로 양호 ○ 기본물성 우수

2.2 무기계 도장제의 열화저항 성능평가

무기규산질 도료(Test 6)에 대한 열화저항 성능평가인 기계적물성, 내약품성 및 내식성 평가 등을 실시하였다.

2.2.1 기계적 물성 및 내약품성 평가

무기계 도장제의 기계적 물성 비교평가를 위해 광택시험, 연필경도, 내충격성, 부착강도 및 내마모성 시험 등을 실시하였다. 시험결과 무기계 도료의 광택이 나쁘고 부착강도가 낮았으나, 상대적으로 높은 경도와 양호한 내마모성 및 부착강도를 나타내었다.

내약품성 평가를 위해 내산성, 내수성, 내알칼리성 및 내염수분무 시험 등을 실시하였다. 산성(5% H₂SO₄), 중성수(H₂O) 및 알칼리(5%NaOH) 용액, 염수분무(3% NaCl)을 제작하여 시험편을 침지한 후 시간에 따른 시험편 외관의 변화를 관찰하였다. 내산성과 내알칼리 시험은 240시간, 내수성과 내염수분무 시험은 750시간 동안 실시하였다. 실험결과 표. 2에 나타나는 바와 같이 산성 환경을 제외한 모든 환경에서 양호한 특성을 나타내었다.

표. 2 기계적 물성 및 내약품성 평가결과

기계적 물성평가 결과		내약품성 평가결과		표면상태 ◎ : 이상무 ○ : 표면에 녹은 발생하지 않았고, 변색이 되었음 □ : 표면 일부분의 박리 및 크랙 발생
광택(상도 60°)	17.1	내산성 240hrs	□	
내충격성 (300g×50cm)	이상무	내알칼리성 240hrs	○	
연필경도 (UNI-Pencil)	6H이상	내수성 750hrs	◎	
부착강도 (N/mm ² , Mpa)	4.0	내염수분무 750hrs	◎	
내마모성(상도) (200회, 17번)	71mg (100회)			

2.2.2 난연성 표면시험

개발된 무기계 도장재를 10cm x 10cm 크기의 시험편으로 제작하여 난연성 표면시험 장비인 기재 시험기를 이용하여 발연계수, 온도시간면적, 방화상 해로운 변형 등을 시험하였다. 난연성 시험결과 고온에 취약한 특성을 가지는 유기계 도장재료와는 달리 개발된 무기계 도장재에서는 고온에도 이상이 발생하지 않았다. 시험결과는 표. 3에 나타내고 있다.

표. 3. 난연성 표면시험 결과

시험항목	결과		
	1회	2회	3회
전체두께에 걸친 용융	없음	없음	없음
방화상 해로운 변형	없음	없음	없음
뒷면의 균열(mm)	0.0	0.0	0.0
잔염(초)	0	0	0
발연계수(CA)	1	0	0
온도시간면적(°C · min)	3분이내	0	0
	3분이후	0	0

2.2.3 대기폭로시험을 통한 내식성 평가

제작된 시험편을 부식환경에 대기폭로 함으로써 실제환경에서의 부식경향을 관찰하였다. 본 시험은 바다 한 가운데 실험장을 만들어 놓고 그 위에 제작한 무기계 도장재를 강판 표면에 칠하여 약 150일간 실험을 실시하였다. 시험편은 주기적으로 그 표면상태와 균열상태 등을 점검하였으며 해양성 대기 폭로에 따른 도장재의 성능을 주의 깊게 관찰하였다.

대기폭로 시험결과 전반적으로 깨끗한 시험편 외관을 유지하고 있었으며, 스크래치 부위에서도 부식이 발생하지 않았다. 150일 폭로시험 후 관찰한 시험편 외관을 그림. 1에서 나타내고 있다.

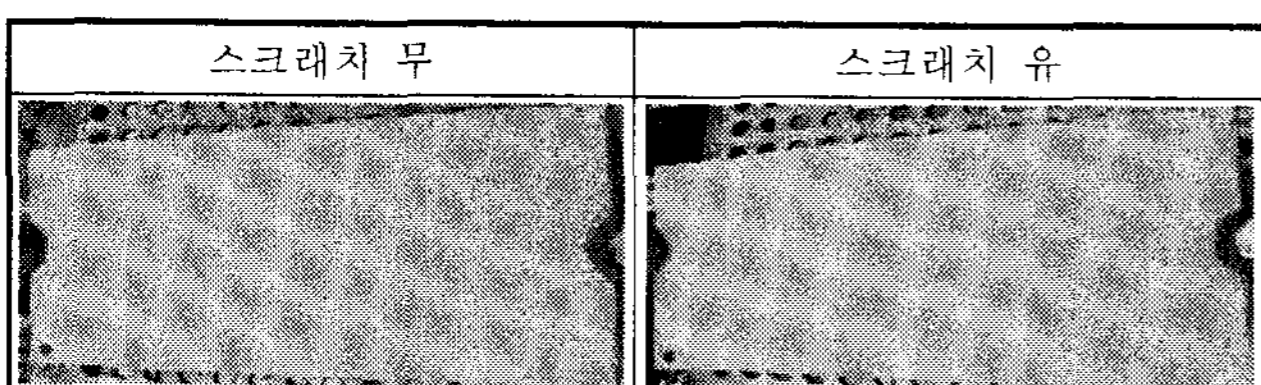


그림 1. 150일 경과 후 시험편의 표면관찰

2.2.4 무기계 도장재의 내흡수성능 및 내투수성능 시험
개발한 무기계 도장재에 대해 내흡수성능 및 내투수성능 시험을 실시하였으며, 시험결과는 표. 4에 나타내었다. 내흡수 성능의 시험결과 0.49, 내투수 성능의 시험결과 0.57로 나타났다.

표. 4. 내흡수성능 및 내투수성능 시험결과

시험항목		시험결과
내흡수성능-물흡수계수비	표준상태	0.49
내투수성능-투수비		0.57

2.2.5 무기계 도장재의 유해성 및 중금속 용출 분석

165 × 165 (mm²) 크기의 유리판에 무기계 도장재를 도장하여 실내공기질 공정시험법에 의해 유해성 분석을 실시하였다. 또한 중금속 용출시험은 무기계 도장재 시료를 유리판에 도포해서 제작한 시험편을 중금속 성분 정량분석(ISO 5960, ASTM E 351, I)을 위한 원자흡광광도계(AAS)를 이용하여 분석하였다. 시험결과 TVOC, HCHO 등의 유해성 물질은 검출되지 않았으며, 인체에 유해한 중금속성분인 Pb, Cr 등이 낮은 수치로 검출되었다.

표. 5 무기계 도장재의 유해성 분석결과

시험항목	시험결과
TVOC (mg/kg)	없음
HCHO (mg/kg)	없음
Pb (mg/kg)	270
Cr (mg/kg)	1175
Ba (mg/kg)	24938

3. 결 론

실리케이트계 각종 무기원료를 여러 가지 첨가조건으로 배합-실험한 결과를 통하여 기계적 물성이 양호하며 환경친화적인 액상 무기 규산질 도료의 제작이 가능하였다. 또한 열화저항 성능평가를 실시함으로써 그 적용가능성을 확인할 수 있었다. 향후 장기간의 대기폭로시험결과를 바탕으로 한 내식성 평가와 내산성 등에 대한 보완연구가 필요하다고 사료된다.

감 사 의 글

본 연구는 산업자원부(R-2005-0-043)의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

- [1] 運輸省港灣技術研究所, (財) 沿岸開發技術研究所 센터, 鋼管杭協會, 鋼管杭의 防蝕法에 關する 研究總括報告書(1995)
- [2] 內山休男; 日本防食技術, Vol.39, 263~270, 1980
- [3] 'UHLIG'S CORROSION HANDBOOK', R. Winston Revie, (John Wiley & Sons Inc.), 2000
- [4] Denny A. Jones. N. Ramachandran Nair, Corrosion NACE, Vol.41[6], 357, 1985
- [5] Corrosion Engineering, Mars G. Fonyana, New York, USA, 153~218, 1986]