

선박용 중방식 수용성 도료의 sagging 결함 원인에 관한 연구

A study on sagging failures of water-borne corrosion-protective marine coatings

김진역*, 천제일, 한명수, 우종식
대우조선해양 중앙연구원 산업기술연구소(E-mail:jineok@dsme.co.kr)

초 록: 환경보호 정책에 대응하고 보건 및 안전의 수준 향상을 위한 수용성 도료의 적용 시, 일부 도장 공정에서 도막 건조의 지연으로 sagging 현상이 발생하였다. 이러한 sagging 현상이 일어난 원인을 실험을 통해 분석한 결과, 도료가 갖는 고유의 yield stress와 더불어 습도 및 통기 상태 등의 시공 환경이 지배적인 영향을 미친다고 파악되었다. Sagging 현상의 재발을 방지하기 위해서는 높은 sagging 저항성을 갖는 도료의 선정뿐만 아니라 도장 공장의 적절한 온/습도 및 환기 제어가 선행되어야 한다.

1. 서론

선체의 방식을 위한 도장 공정에서는 유기 용제형 도료(Solvent-borne paint)가 습식 표면처리법 중 하나인 스프레이 도장을 통해 널리 사용되고 있다. 하지만 용제형 도료에 포함된 VOC(Volatile Organic Compounds) 물질은 인체에 유해하고, 안전사고에 노출되기 쉽다. 또한 VOC는 환경 오염물질로서 각종 규제에 의해 전 세계적으로 그 사용이 제한되고 있는 실정이다. 이와 같은 환경보호 정책에 효과적으로 대응하고 도장 작업자의 보건 및 안전의 수준을 향상시키기 위하여 수용성 도료(Water-borne paints)의 사용이 최적의 방법으로 인식되고 있다.

하지만 일부 수용성 도료 시공 구역에서 도막이 형성된 직후, 건조가 지연되며, 지면과 수직된 피도면에서 도막이 흘러내리는 sagging 현상과 함께 pin point rust가 나타난 사례가 발생하였다. 도장 공정 중 sagging 결함이 발생하게 되면, 해당 도막을 모두 제거한 뒤, 표면 전처리(Abrasive blasting)와 스프레이 도장이 다시 이루어져야 하며, 이는 작업 시수 및 공정 지연을 유발하여 궁극적으로 공정의 생산성 저하를 일으키게 된다.

이에 본 연구에서는 이러한 sagging 현상이 일어난 원인을 실험을 통해 심층적으로 분석하고 그에 따른 해결책을 제시하여 sagging 결함의 재발을 방지하고자 하였다.

2. 본론

본 연구에서는 에폭시계 수용성 도료 3종을 대상으로 ASTM D4400 시험법을 이용하여 sagging point를 측정하였으며, 이 결과를 바탕으로 rheological analysis를 통한 yield stress값을 산출하여 각 도료가 갖는 고유의 sagging 저항성을 정량적으로 평가하였다.

또한, 실제 도장 공정에서 발생할 수 있는 다양한 환경 조건(습도, 통기 상태)을 Fig. 1과 같이 실험실에서 모사하여 각 상황에서의 건조성을 분석하였으며, 이를 통해 수용성 도료의 근본적인 sagging 결함 원인을 찾고자 하였다.

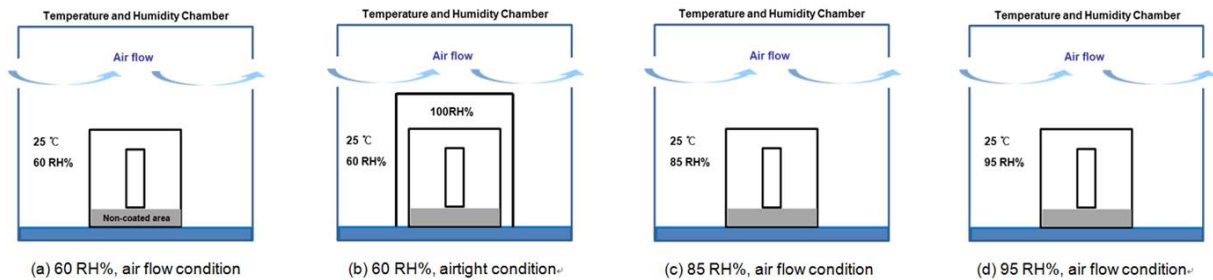


Fig. 1. The method for the test of applying airless spray to T-bar specimens.

3. 결론

1) 수용성 도료의 sagging 결함은 일정 두께로 시공된 도막이 갖는 yield stress가 수직방향으로 도막에 인가되는 응력보다 낮은 경우와 습도 및 통기 상태가 원활하지 않는 부적절한 시공환경의 노출에 의해 도막의 건조가 지연되는 경우 발생

한다는 것이 실험적으로 확인되었다.

2) 중방식 도료의 sagging 저항성은 일반적으로 ASTM D4400 실험법을 통한 육안평가 만으로 이루어지고 있지만, rheology analysis를 통해 계산된 yield stress와 각 도료의 sagging 저항성이 서로 선형 비례관계를 갖는 것을 확인하였고, 이러한 실험법은 도료의 sagging 저항성을 정량적으로 평가하는데 유용하게 활용될 수 있다.

3) 상대습도가 80 ~ 95 %에 도달하는 다습한 환경에서는 본 실험에서 평가된 대부분의 수용성 도료에서 sagging 결함이 발생하였다. 또한, 상대습도가 60 %로 제어가 되고 있다 하더라도 주위에서 통기상태가 원활하지 않다면 수용성 도막에서 증발하는 수분으로 인해 도막 표면의 습도가 급격히 증가하게 되어 rust를 수반한 sagging 결함이 발생하게 된다.

4) 그러므로 수용성 도료의 sagging 결함을 근본적으로 방지하기 위해서는 일정 도막두께를 갖는 도막이 중력에 의해 인가되는 응력보다 우수한 sagging 저항성을 갖는 제품을 적용해야 하고, 더불어 습도 및 통기 상태 등 시공 환경이 도장 공장 내부뿐만 아니라 복잡한 형상을 갖는 조선용 블록 구조물 내부에 적절한 통기 시스템을 이용하여 수용성 도료 시공 후 수분 증발에 의한 상대습도의 급격한 상승이 발생하지 않도록 하는 것이 중요하다고 판단된다.

참고문헌

1. E. Almeida, D. Santos, J. Uruchurtu, "Corrosion performance of waterborne coatings for structural steel," Progress in Organic Coatings, 37 (1999), P. 131.
2. M. Aamodt, "High performance water-borne coatings for heavy duty corrosion protection," CORROSION2004, paper no. 04008.
3. R.E. Van Doren, "Effect of rheological additives on the properties of industrial coatings," Coatings World, (1998), P. 86.
4. L. Snowden-Swan, "Transfer Efficiency and VOC Emissions of Spray Gun and Coating Technologies in Wood finishing," (Pacific Northwest Pollution Prevention Research Center)
5. ASTM Standard D1640-03, "Standard test methods for drying, curing, or film formation of organic coatings at room temperature," 06.01 Chemical & Physical Test, Properties; Appearance (ASTM International: West Conshohocken, PA 19428-2959)
6. J.V. Koleske, Paint and Coating Testing Manual, 13th ed. (Philadelphia, PA: AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1995), p. 439.
7. ASTM Standard D4400-99, "Standard test method for sag resistance of paints using a multinotch applicator," 06.02 Products & Applications; Protective Coatings; Pipeline Coatings (ASTM International: West Conshohocken, PA 19428-2959)
8. H.A. Barnes, J.F. Hutton, K. Walters, An introduction to rheology, 1st ed. (Amsterdam, Elsevier, 1989), p. 102.
9. T.G. Mezger, The Rheology Handbook, 1st ed. (Hannover, Hannoprint, 2002), p. 28.
10. M. Osterhold, "Rheological methods for characterizing modern paint systems," Progress in Organic Coatings, 40 (2000), P. 131.
11. A. Goldschmidt, H.J. Streitberger, BASF HANDBOOK ON Coating Technology 1sted. (Hannover, Primedia, 2003), p. 327.
12. E. Armelin, M. Marti, E. Rude, J. Labanda, J. Liorens, C. Aleman, "A simple model to describe the thixotropic behavior paints," Progress in Organic Coatings, 57 (2006), P. 229.