

강교 보수도장용 Surface-tolerant 도료의 방식 특성

Anti-corrosion Properties of Surface-tolerant Paint for Steel Bridge Maintenance Coating

이찬영* · 장태순** · 김용두***

Lee, Chan-Young · Chang, Tae-Sun · Kim, Yong-Doo

1. 서론

일반적으로 도장의 성능에 영향을 미치는 인자는 표면처리, 도장횟수 또는 도막두께, 도료의 종류 등이 있는데, 그 중 표면처리가 가장 큰 영향을 미친다고 알려져 있다. 대부분의 도장공정을 공장에서 수행하는 신규도장과는 달리 보수도장은 100% 현장도장이므로 표면처리 작업이 완벽하게 이루어지지 않는 경우가 많다. 만일 완벽한 표면처리를 위해 블라스팅을 실시한다면 분진 및 연마제가 주변환경에 악영향을 미치지 않도록 차단 시설을 설치해야 하므로 막대한 비용이 소요된다. 따라서, 대부분의 보수도장은 간단한 동력공구 및 수공구 세정에 의한 표면처리만 실시하는 것이 일반적이며, 이 과정에서 부실한 표면처리에 의해 도장의 성능이 크게 저하되는 사례가 종종 발생하고 있다. 본 연구에서는 표면처리를 완벽히 실시할 수 없는 상황에서 사용할 수 있는 surface-tolerant 도장의 적용성에 대하여 고찰하였다.

2. 고속도로 강교 보수도장 현황

최근 5년간의 보수도장 현황을 조사한 결과 연평균 14건의 보수도장이 시행되었고, 사용예산은 평균 약 5 억원이었다. 최근 전면재도장의 추진 실적이 미흡하고, 주로 부분 재도장 위주로 보수공사가 시행되었기 때문에 과거에 비해 다소 사용예산이 적은 것으로 판단된다.

표 1. 최근 5년간 보수도장 현황

구분		평균	계	2003	2004	2005	2006	2007
계	건수	13.6	68	13	13	10	14	18
	금액(억원)	4.8	24.1	5.4	6.7	4.4	2.4	5.2
자본예산	건수	2.4	12	5	2	3	1	1
	금액(억원)	2.3	11.4	0.8	3.8	2.3	0.8	3.6
수선유지비	건수	11.2	56	8	11	7	13	17
	금액(억원)	2.5	12.7	4.6	2.9	2.1	1.6	1.6

도장을 실시한 해로부터 차기 보수도장을 실시한 해까지를 도장의 수명으로 간주했을 때, 신규도장과 보수도장의 수명 비교 결과를 그림 2.2에 나타내었다. 신규도장 전체 평균수명은 9.75년, 보수도장 전체 평균수명은 7.33년으로 보수도장의 수명이 신규도장 수명의 3/4 수준 정도밖에 되지 않는 것으로 나타났다.

* 한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원 · 공학박사031-371-3355(E-mail:leecy@ex.co.kr)

** 한국도로공사 도로교통연구원 선임연구원 · 공학박사031-371-3494(E-mail:tschang@ex.co.kr)

*** 한국도로공사 도로교통연구원 과장·공학석사 · 031-371-3245(E-mail:dragon68@ex.co.kr)

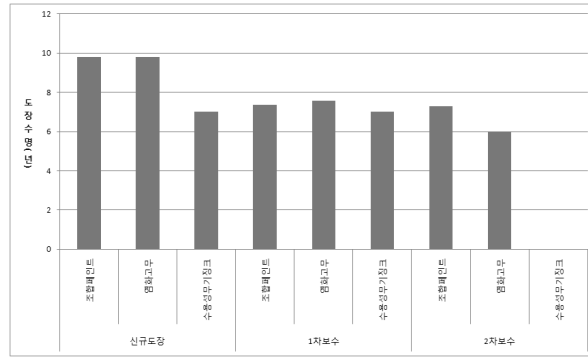


그림 1. 신규도장과 보수도장의 수명 비교

3. 실험방법

3.1 사용재료 및 시편제작

표 2에 나타난 바와 같이 총 5개 사의 도로 샘플에 대하여 방식성능 시험을 실시하였다. 시편제작을 위해 75×150×3mm 크기의 일반적인 탄소강을 표면에 골고루 녹이 발생되도록 일정기간 정치시킨 후 표면처리를 실시하였다. 표면처리는 최악의 현장조건을 모사하기 위해 철솔로 들뜬 녹만을 제거하였으며, 작업 후에는 그림 2와 같이 단단히 형성된 녹이 그대로 남아있는 상태를 확인할 수 있었다. 도장은 좁은 면적에 대한 국부 보수도장 상황을 모사하기 위해 그림 3과 같이 롤러를 이용하여 실시하였다.

표 2. 시험대상 도장계 및 도막두께

시편	MCU1-1	MCU1-2	MCU2-1	MCU2-2	ACR1	ACR2	PE1	PE2	PE3	SiU1	SiU2
도장계	습기경화형 우레탄(1)		습기경화형 우레탄(2)		수용성 아크릴		폴리에틸렌 분체도료			실리케이트-우레탄	
도막두께 (μm)	81	112	231	154	125	89	484	923	961	161	185

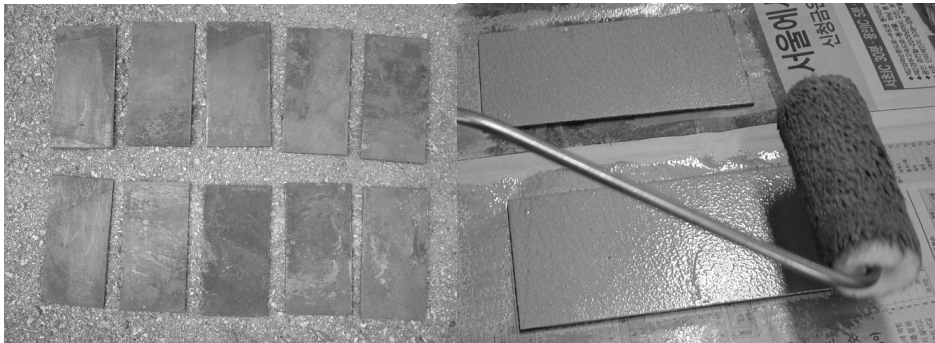


그림 2. 표면처리 후 시편상태

그림 3. 도장작업 장면

3.2 촉진열화 및 성능평가

시험편의 촉진열화를 위하여 ISO 14993¹⁾에 따라 건습 반복 염수분무시험을 실시하였다. 열화 단계는 염수 분무, 건조, 습윤 등 3가지 단계를 반복적으로 순환시켰으며, 세부 시험조건을 표 3에 나타내었다.

방식성능의 평가는 육안평가와 전기화학적 임피던스 분광법(electrochemical impedance spectroscopy, EIS)에 의한 평가를 병행하였다. EIS 측정은 촉진 열화 전 초기 상태와 촉진열화 과정 중에 2회 실시하였다. 측

정 장비는 Solatron사의 FRA (frequency response analyzer, 1252A) 및 dielectric interface (1296)를 조합하여 사용하였다. 임피던스 세부 측정조건과 측정 장면을 표 4 및 그림 4에 나타내었다.

표 3. 건습반복 염수분무시험 조건

염수분무		건조		습윤	
온도(℃)	염수	온도(℃)	상대습도(%)	온도(℃)	상대습도(%)
35±2	50±5g/L NaCl 용액	60±2	30 미만	50±2	95 이상
노출 사이클의 지속시간		염수분무 2시간, 건조 4시간, 습윤 2시간(총 8시간 주기)			

표 4. EIS 측정 조건

Frequency range	300kHz ~ 10mHz
Solution	0.5M NaCl
Electrode	2-electrode method (working and counter electrode)
Electrode area	13.9cm ²
Amplitude	50mV

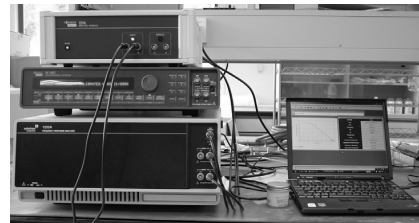


그림 4. EIS 측정 장면

4. 결과 및 고찰

4.1 외관상태 비교

표 5에 촉진열화 과정에 따른 시편의 외관 상태를 나타내었다. 한 종류의 습기경화형 우레탄과 폴리에틸렌 분체도료의 경우 547시간 경과 후에도 상당히 양호한 상태를 유지하였다.

표 5. 촉진열화 과정에 따른 시편의 외관 상태

도장계	습기경화형 우레탄(1)	습기경화형 우레탄(2)	수용성 아크릴	폴리에틸렌 분체도료	실리케이트-우레탄	
외관상태	초기					
	283h					
	547h					

4.2 EIS 측정결과

그림 5에 촉진열화 시간 경과에 따른 저주파수 임피던스 값의 변화를 나타내었다. 한 종류의 습기경화형 우레탄은 547시간 경과 후에도 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 이상의 높은 임피던스 값을 유지하였고, 폴리에틸렌 분체도료의 경우 547시간 후에도 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 이상의 매우 높은 임피던스 값을 나타냈다.

저주파수 임피던스 값으로부터 도막의 성능을 판단하는 기준은 일반적으로 그림 6과 같다고 알려져 있다.²⁾ 즉, 저주파수(10mHz)에서의 임피던스 값이 $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 이상이면 매우 우수, $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 이상이면 우수하다

고 할 수 있으며, 약 $1 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 부근부터 도장의 열화가 시작되어 약 $1 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 이하로 내려가면 도막의 수명이 다 되어 더 이상 방식 성능을 발휘하지 못하는 상태가 된다.

본 실험에서 피도면에 녹이 그대로 남아있는 가장 열악한 상태에서 도장을 실시했다는 점을 감안할 때, 충분히 좋은 성능을 가졌다고 판단된다. 향후 피도면의 조건을 다양하게 조절하여 추가실험을 해볼 필요가 있고, 현장 적용성에 대해서도 면밀히 검토해 볼 필요가 있다.

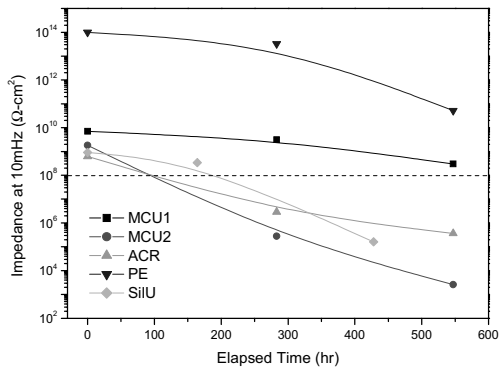


그림 5. 시간에 따른 저주파수 임피던스 값의 변화

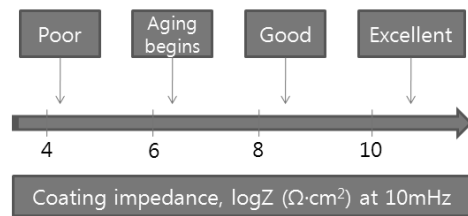


그림 6. 도막의 방식성능에 대한 일반적 판단기준

5. 결론

본 연구에서는 표면처리를 완벽히 실시할 수 없는 상황에서 사용할 수 있는 surface-tolerant 도장의 적용성에 대하여 고찰해본 결과 강교 보수도장에 적용해 볼만한 가치가 충분히 있다고 판단되었다. 도로교 표준시방서 및 고속도로공사 전문시방서에서 강교 보수도장은 원칙적으로 동력공구세정(SSPC-SP3) 이상의 수준으로 표면처리를 실시하도록 되어 있지만 실제로는 현장 여건상 어려운 경우가 많고, 교량받침과 같은 다소 복잡한 형상의 부재나 주변 공간이 협소한 경우 거의 표면처리 없이 도장을 실시하는 경우도 있다. 따라서 이러한 상황에 맞는 다양한 재료를 도입할 필요가 있으며, 녹 제거제와 같은 화학적 표면처리 기법의 도입도 향후에 고려해볼 필요가 있다고 사료된다.

참고 문헌

1. ISO 14993, "Corrosion of Metals and Alloys - Accelerated testing involving cyclic exposure to salt mist, dry and wet conditions", 2001.
2. 이찬영, 이상훈, 박진환, "화상처리 기법과 전기화학적 임피던스 분광법을 이용한 강교 도장용 에폭시 하도재료의 열화 평가", Corrosion Sci. & Tech., Vol. 8, No. 2, 2009, pp. 53~61.