

개선된 에폭시 도료가 적용된 상수도 강관의 성능에 관한 연구

홍걸* · 김범엽** · 이재욱*** · 오주****

*, **주식회사 건일스틸, ***, ****특허청

e-mail:gis8109@nate.com

A Study on the Performance of Water Supply Pipe with Improved Epoxy Paint

Hong, Goul*, Kim, Bum Yub**, Lee, Jae Uk***, Oh, Ju****

*, **GEON IL STEEL Co., LTD, ***, ****Korean Intellectual Property Office

요약

본 연구에서는 상수도용 피복강관에 적용되는 액상 에폭시 도료의 온도환경 조건에 따른 미경화 및 부착불량등 문제에 따라 저온 경화형 도료를 개발하여 종래 액상 에폭시 도료와 저온환경에서의 경화성능 및 부착성을 비교 분석하였다. 그 결과 저온경화형 도료는 액상 에폭시 도료 대비 약 두 배의 부착강도를 나타냈고, 경화건조시간은 온도환경에 따라 최대 네배 이상 빨리 경화되는 것으로 분석되었다.

1. 서론

에폭시 수지는 일반적으로 고 내식성, 고 내화성의 특성을 갖고 있어 수도용 강관의 도료, 중방식 도료 및 산업 전반에 가장 광범위하게 사용되는 수지이다.

수도용 강관 내부도장용으로 사용되는 대표적인 도장재료인 에폭시수지(Epoxy Resin, KS D 8501, KS D 8502)는 아민(Amine)과 비스페놀 A(Bisphenol A) 등의 유해물질의 용출과 도장 시 온·습도환경에 따른 도장부착불량에 따른 냄새 및 공용중 부식발생으로 피복이 박리되는 현상이 발생하게 되는 문제가 있다.

또한, 계절영향에 따라 도복장강관 제작 시 기온이 상온 이하이거나, 긴급제작에 따른 온도환경을 고려하지 못한 작업 환경에서는 도장재의 경화불량이 발생할 가능성이 매우 높아 시공 후 수돗물 냄새 및 공용중 부식발생등 우려가 큰 바, 강관 내부에 적용되는 도료의 경화 및 부착성능의 신뢰성을 향상 시키고, 수도관 용출문제를 동시에 해소시킬 수 있는 도료용 수지의 연구가 시급한 실정이다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 변성 에폭시 수지에 기능성 무기재료와 페날카민(Phenalkamine)을 첨가한 저온경화형(에폭시 수지)도료를 제작하여 일반 에폭시 도료와 저온 부착성 및 온도조건별 경화성능을 비교 분석하였다.

2. 연구방법

2.1 도료의 저온환경 부착성능시험

시험은 「AWWA C 210 - LIQUID EPOXY COATINGS AND LININGS FOR STEEL WATER PIPE AND FITTINGS」 규격에 인용되어 있는 「ASTM D 4541 "standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers"」의 규정을 준용하여 저온환경)하에서 도료의 저온환경 부착성능시험을 실시하였다.

시험방법은 제작된 강재 철판에 액상 에폭시 수지를 스프레이 장비로 균질하게 분사, 도포한 후 온도 $0 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $65 \pm 20\%$ 의 표준상태에서 120시간 이상 양생한다. 그 후 시험편의 도막면에 $\Phi 20\text{mm}$ (강재 철판)의 상부 인장용 지그를 집착제로 문질러 집착시키고, 그 위에 무게 약 1 kg 정도의 추를 올린다. 이때 빠져나온 집착제를 제거하고 24시간 이상 가만히 둔다. 인장용 지그의 부착에 사용하는 집착제는 도막에 침투하기 어려운 고점도의 것 또한 도막과의 양호한 집착성을 유지하는 것을 선택하여야 한다. 추를 제거하고, 지그 측면의 4면을 예리한 칼 또는 그라인더 커터 등으로 도막을 바탕에 도달할 때까지 절단한다. 시험편을 하부 인장용 지그(강철제) 및 강재의 붙임판을 사용하여 시료 면에 대하여 수직 방향으로 $2\text{mm}/\text{min}$ 의 인장 속도로 인장하여 최대 하중을 측정하여 부착 강도를 계산하고, 시험편 3개의 평균값으로 나타낸다.

$$T_t = \frac{T_n}{A}$$

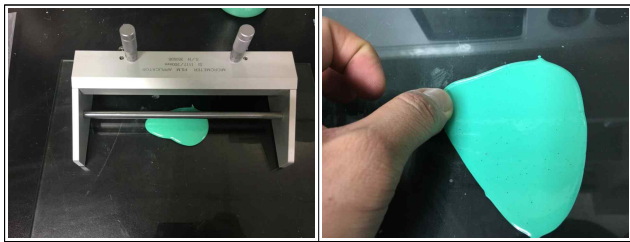
T_t : 부착강도(N/mm²)
 T_n : 최대하중(N)
 A : 시험체의 단면적(mm²)

2.2 도료의 온도조건 별 경화 건조시간 시험

도료의 경화 건조시간 시험은 KS M 5000의 시험방법에 따라 시험(건조시간 48시간 이내)하였다.

도막은 어플리케이터를 사용(그림 1)하여 및 저온경화형 도료 및 일반 에폭시 도료의 도막 두께가 0.038 mm가 되도록 깨끗한 유리판에 칠하여 도장된 시험판을 수평으로 놓고 온도환경을 각각 0℃, 10℃, 20℃ 로 유지한 상태에서 다음과 같이 자연 건조 시켰다.

시험방법은 시험편 끝부분으로부터 1cm 이상 떨어진 지점에서 실시하여, 각 도료의 온도환경하에서 지촉건조 및 고화건조상태를 판단을 실시, 지촉건조(set to touch)는 도막을 손가락으로 가볍게 대었을 때 접촉성은 있으나, 도료가 손가락에 묻지않는 상태를 말하고, 고화건조(dry-hard)는 엄지와 인지 사이에 시험편을 물리되 도막이 엄지쪽으로 가게하여 힘껏 눌렀다가(비틀지 않고) 떼어내어 부드러운 형상으로 가볍게 문질렀을 때 도막에 지문 자국이 없는 상태를 말한다.



[그림 1] 도료의 경화 건조시간 측정 예

3. 분석 및 해석

3.1 도료의 저온환경 부착성능비교

저온경화형 도료 및 일반 에폭시 도료의 저온환경 부착성능시험을 실시하였고, 그 결과를 아래 표 1에 나타내었다.

실험결과 저온경화형 도료는 및 일반 에폭시 도료와 비교하였을 때 저온환경에서의 부착력이 2배 이상 우수한 것을 확인할 수 있다.

[표 1] 도료의 부착강도시험 결과

시험항목	단위	시험결과		
		저온경화	액상	액상/저온경화
부착강도(숫트)	MPa	18	9.5	52.78% ↑
부착강도(로렛)	MPa	18.8	10.1	53.7% ↑

2.2 도료의 온도조건 별 경화 건조시간 비교

저온경화형 도료 및 일반 에폭시 도료의 온도조건별 건조시간을 측정하였고, 그 결과를 아래 표 2에 나타내었다.

판단결과, 저온경화형 도료 및 일반 에폭시 도료 모두에서 지촉건조시간은 저온환경일수록 건조시간이 길어지는 공통적인 특징을 보였으며, 저온경화형 도료의 지촉건조의 경우 각 온도환경(0, 10, 20℃)하에서 일반 에폭시 도료보다 월등히 짧은 건조시간을 보였다.

상온상태(20℃)일 경우 저온경화형 도료의 지촉건조시간은 액상 에폭시 도료의 약 2.3배 정도 빠른 것으로 나타났고, 고화건조시간(완전히 굳은 시간) 또한 저온경화형 도료가 액상 에폭시 도료 대비 모든 온도환경에서 월등히 빠른 도료건조시간을 보였고, 특히, 20℃환경 하에서의 고화건조는 액상 에폭시 도료 대비 약 4.5배 빠른 건조시간을 보여 일반적인 상온환경 하에서 상수도 강관의 긴급 시공 및 복구 등 신속 공사가 필요한 상황에서 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

[표 2] 도료의 경화건조시험 결과

시험항목	단위	시험결과*				
		저온경화형 도료	액상 에폭시 도료	액상/저온경화		
지촉건조 20℃	hr	1.5	3.5	233% ↑		
지촉건조 10℃		3	4.5	150% ↑		
지촉건조 0℃		4	6	150% ↑		
고화건조 20℃		4	적합	18	적합	450% ↑
고화건조 10℃		16	적합	40	적합	250% ↑
고화건조 0℃		28	적합	98	부적합	350% ↑

* 품질기준 : KS M 5000기준 (20±2)℃에서의 건조시간 48시간 이내 적합

4. 결론

본 연구에 따른 저온경화형 도료는 일반 에폭시 도료에 비해 저온환경하에서 부착력이 우수하며, 저온을 포함한 모든 온도 환경에서의 경화성능이 우수하다.

본 연구에 따른 저온경화형 도료를 활용함으로써 일반 에폭시 도료에 비해 작업 시간이 1/2 이상 단축되는 효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] AWWA C210-15 “Liquid-Epoxy Coatings and Linings for Steel Water Pipe and Fittings”
- [2] ASTM D 4541 “standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers”
- [3] KS M 5000 “도료 및 관련 원료의 시험방법”