

해양환경에 3년간 노출시킨 콘크리트 표면도장재료의 내구성 평가

Durability of Protective Surface Coatings Exposed in Marine Environment for 3 Years

정 해 문* 안 태 송** 신 도 철***
Cheong, Haimoon Ahn, Tas-Song Shin, Do-Cheol

ABSTRACT

Protective surface coating for concrete is available for applying to concrete structures for protecting chloride attack. However, the useful data obtained from real marine environment for surface coating materials is not sufficient yet in Korea and thus the engineers face many difficulties to apply the coating method in durability design. Surface-coated concrete specimens were fabricated and installed around the piers of Seohae grand bridge to observe long-term performance in actual marine environment. In this study, the results of durability of surface coatings for 3 years were reported.

1. 서 론

콘크리트 내구성 향상을 위해 최근 표면도장공법이 널리 적용되고 있으나¹⁾, 실제 열화환경에서의 내구성 데이터가 부족하여 내구성 설계나 보수시 도장재 선정에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 저자들은 2001년에 국내 시판 도장재의 품질 수준을 확인하고, 품질규격을 수립하기 위하여 콘크리트 표면도장재에 대한 성능을 검토한 바 있다²⁾. 그러나 당시의 연구는 재료의 스크리닝을 위한 실험항목 및 기준치를 선정하고자 한 것이었고, 내구성 설계나 보수설계시 도장재료에 대한 정량적인 내구성평가 결과가 필요하기 때문에, 실제 사용환경에서 장기간 노출에 의한 내구성을 검토할 필요가 있어 국내 시판 도장재료를 해양환경인 서해대교 교각에 노출시켜 장기간 옥외 노출 시험을 실시하고 있다. 본 연구에서는 실제 해양환경에 노출시킨 후 3년이 경과한 시험체에 대하여 내구성을 검토하였으며 그 결과를 보고하기로 한다.

2. 실험방법

2.1 해양환경 옥외노출 시험 개요

본 연구에서 사용한 도장재료를 표 1에 나타내었다. 도장재의 화학 주성분과 도장사양을 나타내었는

* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
** 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원
*** 정회원, 한국건설품질시험원 이사

데, 코팅형태의 도장재가 6개, 칩투식 도장재가 2개였다. 바탕콘크리트는 240, 350, 450 kg/cm²의 압축강도를 갖는 3가지 종류로 하였고, 15×15×120cm의 콘크리트의 한면에 도장시공한 후 서해대교 해상교각에 해수접촉부위별로 각각 간만대, 비말대, 해상대기부에 노출시켰다. (그림 1)

표 1 노출시험에 사용한 도장재료

구분	화학적분류	도장 사양				도막두께 (μm)	
		프라이머	페티	중도	상도		
PU	코팅식	폴리우레탄	폴리우레탄	시멘트계	폴리우레탄	폴리우레탄	125
AC		아크릴	아크릴, 실레인-실록산	시멘트계	아크릴	아크릴	400
AU		아크릴우레탄	아크릴우레탄	아크릴우레탄	아크릴우레탄	아크릴우레탄	100
AS		아크릴실리콘	에폭시	에폭시	아크릴실리콘	아크릴실리콘	50
EP		수성에폭시	에폭시	에폭시	에폭시	에폭시	250
EF		에폭시-불소수지	에폭시	에폭시	에폭시	불소수지	630
SM	칩투식	SiO ₂ -MgO계	-	-	-	-	칩투깊이 4mm
SI		실란계	-	-	-	-	칩투깊이 4mm

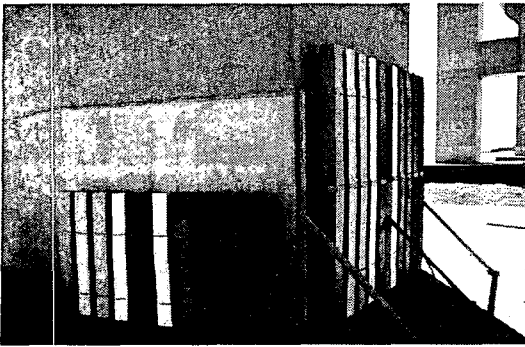


그림 1 노출공시체 모습

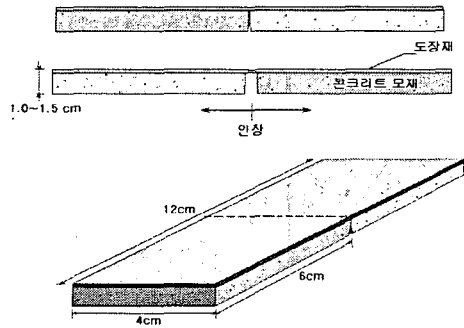


그림 2 균열추종성 시험용 시험편 모식도

2.2 도장재 내구성 평가 실험

도장재에 대한 내구성을 평가하기 위해 투수성 시험, 부착강도 시험, 균열추종성 시험 등을 실시하였다²⁾. 모든 시험에 대하여 투수성 시험을 실시하였으나, 부착강도 시험과 균열추종성 시험은 코팅식 도장재에 대해서만 평가가 가능하므로, 코팅식 도장재에 대해서 실시하였다. 투수성 시험은 시험편으로부터 두께 30mm, 가로 150mm × 세로 150 mm의 공시체를 채취하여 KS F 2451의 투수 시험 장치를 사용하여 0.3N/mm² 수압을 1시간 가하는 조건으로 실시하였다. 부착강도는 4×4cm인 강재 어태치먼트를 이용하여 건연식 직접인장부착강도 시험기를 이용하여 시험을 하였다. 균열추종성 시험은 일본도로공단시험법에 준하여 측정하였는데, 그림 2와 같이 공시체 도장면의 상부면으로부터 120 × 40 × 10 mm의 시험편을 제작하여, 시험편의 중앙부에 깊이 8mm로 절단하여 notch를 만들어 균열을 도막부까지 유도한 다음, 만능인장 시험기로 최대 신장이 일어나는 길이를 측정하여 도막의 신장능력을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 투수성 시험 결과

그림 2에 해수접촉환경별 투수성 시험결과를 나타내었다. 시험결과를 투수비로 나타내었는데, 도장재 도포를 하지 않은 Plain 시편에 대한 투수비율이다. 해양환경에 노출시키기 전에 실험실에서 측정 한 투수성 시험결과는 코팅식 도장재는 모두 투수가 되지 않았고(투수비 0), 침투식 도장재는 투수비가 0.058 정도의 수준이었다. 3년 경과 후 측정 한 투수시험 결과, 코팅식 도장재의 경우에는 아크릴계 열을 제외하고는 약간의 투수량을 보였으나 양호한 상태였고, 침투식 도장재는 투수비가 매우 증가한 것을 알 수 있어, 침투식 도장재의 열화가 더욱 빠르다는 것을 확인할 수 있다. 한편, 해수접촉 부위별로 보았을 때 해수의 접촉이 빈번한 간만대 부위가 해상대기부나 비말대에 비해 투수비가 더 커지는 경향을 보였다.

3.2 부착강도시험 결과

그림 3에 바탕콘크리트 240kg/cm² 공시체에 대한 부착강도 결과를 나타내었다. 도장재의 탄성성질이 우수한 아크릴계를 제외하고는 3년 노출시킨 후에도 품질규격기준인 15kg/cm²이상의 부착강도를 나타내고 있고, 파괴양상도 도장재 상, 하도 계면이나, 콘크리트 구체 표면에서 박리되지 않고 콘크리트 구체를 물고 떨어지는 양호한 결과를 나타내고 있어 부착성능면에서 3년경과시점까지 문제가 없는 것으로 나타났다. 그러나 해양환경 노출에 의해 부착강도가 저하되는 경향을 나타내고 있다. 해수접촉부위별로 보면, 해상대기중이나 비말대, 간만대 등의 해수접촉조건에 따른 부착강도 특성의 차이는 크지 않은 경향을 나타내었다. 해수의 접촉이 가장 빈번한 간만대-하부의 부착강도가 해상대기중에 비해 반드시 낮은 결과를 보여주지 않은 것으로 보아, 도장재의 내수성 저하로 인한 부착강도 저하 문제는 3년 경과 시점까지 나타나지 않은 것으로 보인다.

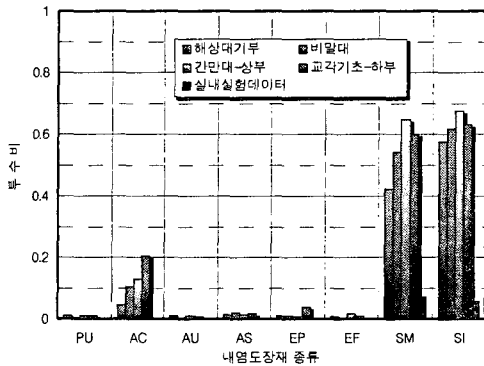


그림 3 투수시험결과

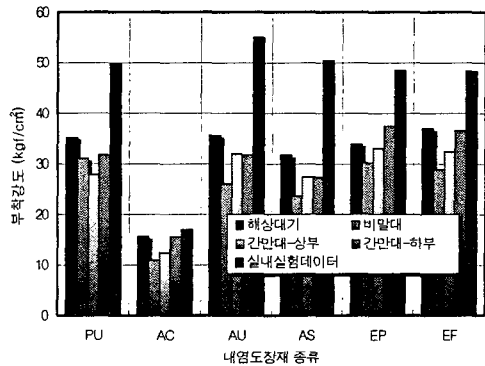


그림 4 부착강도 시험결과

3.3 균열추종성 결과

그림 4에 균열추종성 시험결과를 나타내었다. 탄성이 우수한 아크릴계를 제외하고 나머지 도장재는 모두 균열추종성이 대폭 저하된 결과를 나타내었다. 탄성이 우수하고 도막두께가 두꺼운 아크릴은 노출 후에도 균열추종성이 저하되지 않은 반면, 나머지 도장재중 EF(에폭시-불소수지)계열이 0.2mm정도이고, 나머지는 거

의 신장량이 0에 가까웠다. 보수가 필요한 균열폭을 0.3~0.4mm 정도로 보았을 때 아크릴계를 제외하고는 균열에 대한 추종성은 만족시키지 못하는 결과를 보였다. 노출시키기 이전의 신장결과가 모든 도장재에서 1mm 이상을 보였으나, 3년간 노출 후 균열추종성의 저하가 현저한 것으로 나타났다. 따라서 이와 같이 열화되는 경향을 고려하여 품질규격을 선정할 필요가 있다고 생각된다.

또한 탄성적인 성질을 부여한 도장재와 도막두께가 두꺼운 도장재일수록 균열추종성이 우수한 경향을 보이는 것으로 보여, 투수나 부착성능 등의 물성이 현저하게 저하되지 않는 범위내에서 탄성적인 성질이 부여되는 재료개발을 하도록 하고, 도막두께에 대한 최소 규정도 검토해야 할 필요가 있을 것으로 보인다.

표면도장재의 옥외노출시험 3년 경과 시험체를 추적조사한 결과, 해양대기부에 비해 간만에 놓인 시험체의 열화가 현저한 경향을 나타냈고, 침투식 형태의 도장재가 코팅식 형태보다 열화정도가 더 심한 것으로 나타나, 열화부위에 적당한 도장재를 선택할 필요가 있을 것으로 나타났다.

그리고, 코팅식 도장재 중에서 아크릴계의 경우에는 부착성능 및 투수성능은 떨어지나 균열추종성능이 우수한 반면, 다른 종류의 도장재는 부착성능 및 투수성능은 우수하나 균열추종성능이 저하되었다. 따라서 부착 및 염분 차단 성능과 균열 추종성능의 균형을 맞출 수 있도록 적절한 탄성을 부여하는 재료설계는 물론, 도막두께 등의 시공요인에 대한 보다 깊은 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

4. 결론

콘크리트 내구성 향상을 위해 적용되고 있는 콘크리트 표면도장재를 실제 해양환경에 노출시켰을 때의 내구성을 검토하기 위해 국내 시판 8개 도장재에 대하여 서해대교 교각에 노출시켜 3년이 경과한 시험체의 투수, 부착, 균열추종성능을 평가하였다. 투수성능의 경우 코팅식의 도장재에 비해 침투식 도장재의 성능저하가 큰 것으로 나타났고, 부착성능은 3년간의 노출 후 저하되었으나 아크릴계를 제외하고는 품질규격인 15kg/cm²을 모두 초월하여 만족한 부착성능을 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 균열추종성능은 아크릴계를 제외하고는 3년 경과시점에서 균열추종성능을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

전체적으로 해양대기부에 비해 간만에 및 비말대에 놓인 시험체의 열화가 현저한 경향을 나타냈고, 침투식 형태의 도장재가 코팅식 형태보다 열화정도가 더 심한 것으로 나타나, 해수와의 접촉이 빈번하여 염해의 우려가 큰 부위와 같이 열화정도에 적당한 도장재를 선택할 필요가 있을 것으로 나타났다. 그리고, 부착 및 염분 차단 성능과 균열 추종성능의 균형을 맞출 수 있도록 적절한 탄성을 부여하는 재료설계는 물론, 도막두께 등의 시공요인에 대한 보다 깊은 검토가 있어야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 片脇清士, “最新のコンクリート防食と補修技術”, 山海堂, 2000.
2. 정해문, 유환구, 안태송, “염해방지를 위한 콘크리트 표면도장재료의 성능평가”, 한국도로공사 도로연구소 연구보고서, 2001.

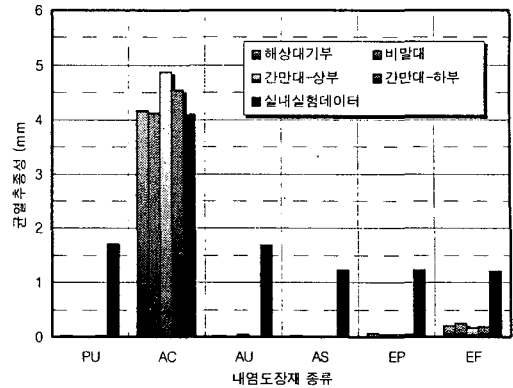


그림 5 균열추종성 시험 결과