

온도조건에 따른 표면보호재의 부착강도 특성 및 변형 특성에 관한 실험적 연구

An experimental study on the Bonding Strength and Strain of Coating Material according to Temperature Condition

배 준 영* 권 인 표* 김 경 덕* 강 석 표* 곽 주 호** 김 정 환***
Bae, Jun Young Kwan, In Pyo Kim, Kyung Deok Kang, Suk Pyo Kawk, Ju Ho Kim, Jung Hwan

ABSTRACT

Normally, using coating material could result in different performance according to the various changes of environments or operation conditions. For these reasons, there are decreasing tendency for the durability, beauty and scenery of structures as the separation or exfoliation occurred after operation. Especially we must find out not only bond strength characteristics of coating material under temperature conditions but also bond strength reduction under heating-cooling repeat test because Korea has four distinct seasons.

In this paper, the deformation and bond strength characteristics of coating material have been investigated, and we suggest some preliminary data of coating material for its best performance under various temperature condition.

1. 서론

표면보호재의 직접적인 의미는 콘크리트구조물의 표면을 보호하는 것이지만 그 목적은 단순히 표면을 보호하는 것만은 아니다. 표면보호에 의하여 그 내부에 있는 콘크리트 또는 철근 등 강재의 열화를 억제함으로써 콘크리트와 강재로 구성되어진 콘크리트 구조물의 성능저하를 억제시켜 콘크리트구조물을 보호하게 된다. 따라서 표면보호는 일본의 경우 콘크리트 표준시방서에서 신설구조물을 대상으로 하는 [시공편] 뿐만 아니라 기존 구조물을 주로 대상으로 하는 [유지관리편]에서도 기술되어져 있다.

표면보호재로 인하여 기대되어지는 콘크리트구조물의 열화억제 성능은 콘크리트와 철근의 열화를 억제하는 것으로부터 안전성능, 사용성능, 미관·경관, 제삼자영향도에 관한 성능, 내구성능 모두에 관계된다. 그러나 특히 내구성능 및 미관·경관의 유지, 회복 또는 향상을 기대하여 이용되어지는 경우가 많다.

그러나 표면보호재 시공의 경우 다양한 환경조건 및 시공조건에 따라서 발현되는 성능이 상이하게 되고 이에 따라서 시공 후에 박리 및 박락현상이 발생되어 콘크리트의 내구성능 및 미관·경관이 저하하게 된다. 특히 우리나라와 같이 사계절이 뚜렷한 기후여건에서는 온도조건에 따른 표면보호재 시공에 의한 부착성능 차이뿐만 아니라 온냉반복에 의한 부착강도 저하현상이 규명되어져야 할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 온도조건에 따라서 도포되어지는 표면보호재의 변형특성 및 부착강도 특성을 검

* 정회원, 한일시멘트(주) 중앙연구소

** 정회원, 성립화학(주) 기술연구소장, 공학박사

*** 정회원, 한일시멘트(주) 중앙연구소장, 공학박사

토함으로서 다양한 온도조건에서 시공되어지는 표면보호재의 성능확보를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 사용재료

온도조건에 따른 표면보호재의 부착강도 특성 및 변형특성을 검토하고자 한 본 연구의 실험계획을 표 1에 나타내었다.

또한 본 연구에서 사용한 바탕콘크리트용 재료 및 콘크리트 배합을 각각 표 2 및 표 3에 나타내었다. 본 연구에 사용한 표면보호재의 사양은 표 4에 나타난 바와 같이 에폭시계, 실란계, 아크릴계, 무기계 4종류의 표면보호재를 선정하였다.

2.2 시험체 제작

바탕 콘크리트 시험체의 경우 콘크리트를 10×10×40cm 강제몰드에 타설하고 1일 경과 후에 탈형하여 28일간 표준수중양생을 실시하였으며, 28일 압축강도는 30.1MPa를 발현하였다.

표면도장재 도포의 경우 28일간 표준 수중양생한 시험체를 상온에서 48시간 건조시킨 후 시멘트계 퍼티재료로서 공극을 제거한 후 표면보호재 각각의 시방지침에 의하여 도료용 롤러로 2회 도포하였다.

2.3 실험방법

온도조건에 따른 표면도장재 변형측정의 경우 표면보호재를 도포하고 7일간 상온에서 양생한 후 10×10×40cm 시험체의 중앙에 스트레인 게이지를 부착하여 -5℃ 및 20℃에서의 변형값을 데이터로그로 저장하였다. 온도조건은 -5℃에서 48시간 방치한 후 24시간동안 20℃로 상승시키고 20℃에서 48시간 방치하였다.

온도조건에 따른 표면도장재의 부착강도의 경우 -5℃, 20℃, 40℃의 온도조건에서 표면보호재를 도포한 후 양생시키면서 측정재형에서 각각의 부착강도를 측정하였다. 또한 저온 및 고온에서의 표면도장재 부착강도 향상을 위한 방안으로서 -5℃ 및 40℃에서는 바탕콘크리트를 48시간 20℃ 항온항습실에 방치한 후 표면도장재를 도포한 후 각각의 온도 챔버에 넣어 양생시키고 측정재형에서 각각의 부착강도를 측정하였다. 부착강도측정은 KS F 4936 「콘크리트 보호용 도막재」의 시험방법에 준하여 측정하였다.

또한 온냉반복 시험에 의한 부착강도 측정은 KS F 4715 「얇은 나무리용 벽 바름재」의 시험방법에 준하여 시험체를 20℃의 물속에 18시간 담가둔 뒤, 즉시 -20℃의 항온 탱크 속에서 3시간 냉각시키고 이어서 50℃의 다른 항온 탱크속에서 3시간 가온하였다. 이 24시간을 1사이클로 하여 5사이클, 10사이클, 15사이클에서의 부착강도를 측정하였다.

표 1. 실험계획

표면보호재	온도조건	측정
<ul style="list-style-type: none"> • 에폭시계 • 실란계 • 아크릴계 • 무기계 	<ul style="list-style-type: none"> • -5℃ • 20℃ • 40℃ 	<ul style="list-style-type: none"> • 부착강도 (1, 3, 7, 28일)
	<ul style="list-style-type: none"> • -20~50℃ (온냉반복) 	<ul style="list-style-type: none"> • 부착강도 (5, 10, 15사이클)
	<ul style="list-style-type: none"> • -5℃, 20℃ 	<ul style="list-style-type: none"> • 변형특성

표 2. 사용재료의 물리적 성질

시멘트	종류: 보통포틀랜드시멘트 비중: 3.15, 분말도: 3,200cm ² /g
굵은 골재	종류: 부순자갈 최대치수: 25mm 비중: 2.62
잔 골재	종류: 강모래 최대치수: 5mm 비중: 2.55

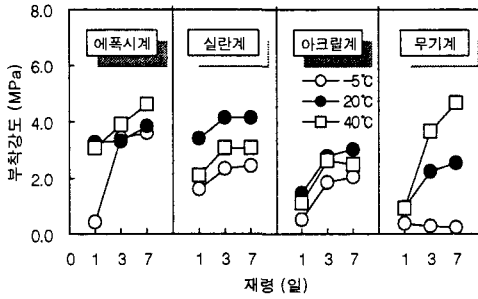
표 3. 콘크리트 배합 및 압축강도

W/C (%)	S/A (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위중량 (kg/m ³)		
			C	S	G
60	48	180	300	849	955

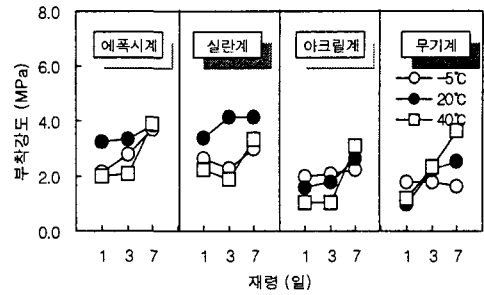
*C: 시멘트, S: 잔골재, G: 굵은골재

표 4. 표면보호재의 사양

표면보호재	도포량 (kg/m ²)	도포횟수 (회)	도막두께 (μm)
에폭시계	0.40	2	300
실란계	0.43	2	300
아크릴계	0.30	2	250
무기계	0.26	2	200



(a) 바탕콘크리트 온도보정 무 (양생온도 시공)



(b) 바탕콘크리트 온도보정 유 (상온시공)

그림 1. 온도조건에 따른 표면보호재의 부착강도 특성

3. 실험결과 및 고찰

3.1 온도조건에 따른 부착강도 특성

그림 1은 온도조건에 따른 표면보호재의 부착강도를 나타내었으며, 20°C에서의 7일 부착강도는 에폭시계 3.8MPa, 실란계 4.1MPa, 아크릴계 2.6MPa, 무기계 2.5MPa를 보이고 있다. 바탕콘크리트의 온도를 보정하지 않은 경우 무기계의 부착강도는 에폭시계, 실란계, 아크릴계와 같은 유기계와 비교하여 상대적으로 온도조건에 따라서 큰 차이를 나타내고 있으며, 특히 -5°C에서 시공되어진 무기계 7일 부착강도는 0.2MPa로서 현저하게 낮은 값을 보였다.

또한 상온에서 방치한 바탕콘크리트에 표면보호재를 도포 한 후 각 온도챔버에 양생시킨 바탕콘크리트의 온도를 보정한 경우 무기계의 부착강도는 에폭시계, 실란계, 아크릴계와 같은 유기계와 비교하여 온도에 따른 부착강도의 차이가 작아진 것으로 나타났다.

그림 2는 바탕콘크리트의 온도보정에 따른 20°C를 기준으로 한 40°C 및 -5°C에서의 7일 부착강도 비율을 나타낸 것으로서 에폭시계, 실란계, 아크릴계와 같은 유기계의 경우 온도조건에 따른 부착강도의 차이는 크지 않은 것으로 나타났으며, 바탕콘크리트의 온도를 보정하더라도 부착강도 측면에서는 큰 변동이 없는 것으로 나타났다. 그러나 무기계의 경우 온도조건에 따른 부착강도는 확연한 차이를 보이고, 온도가 높아질수록 부착강도는 증진하고 있으며, 바탕콘크리트의 온도를 보정한 부착강도의 경우에는 저온에서 상승, 고온에서 하강하는 것으로 나타났다.

3.2 온냉반복에 의한 부착강도 특성

그림 3은 온냉반복에 의한 부착강도 비율을 나타낸 것으로서 에폭시계, 실란계, 아크릴계와 같은 유기계의 경우 온냉반복 전과 비교하여 15사이클 후의 부착강도 비율은 80~85% 수준으로서 유사한 경향을 나타내고 있으나 무기계의 경우 15사이클에서 75% 수준의 부착강도를 보이고 있다. 이는 온냉반복시에 유기계와 비교하여 무기계에서 물흡수율이 크기 때문인 것으로 사료된다.

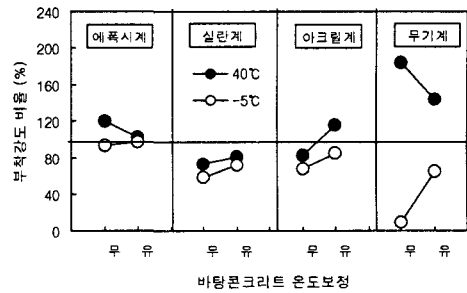


그림 2. 최대하중에서의 수직변위

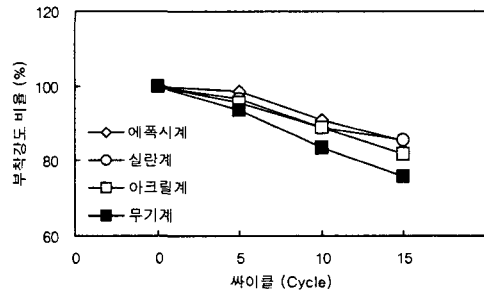


그림 3. 온냉반복에 의한 부착강도 비율

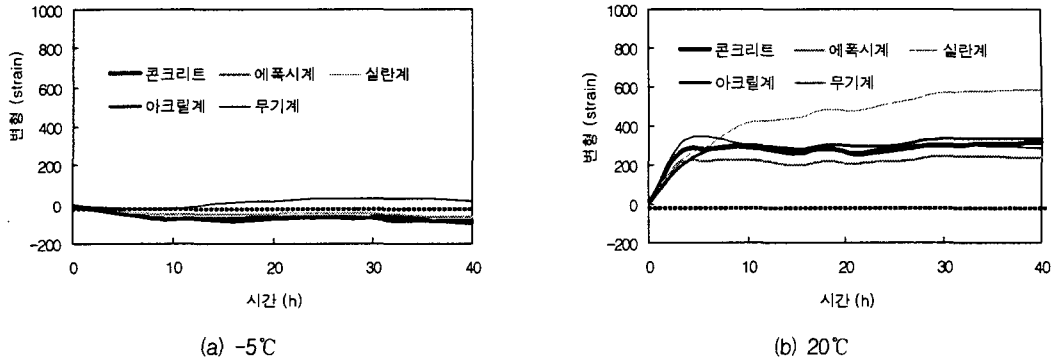


그림 4. 온도조건에 따른 표면보호재의 변형 특성

3.3 온도조건에 따른 표면보호재의 변형특성

그림 4는 온도조건에 따른 표면보호재의 변형특성을 나타낸 것으로서 -5°C 에서의 변형특성은 바탕콘크리트와 비교하여 에폭시계, 실란계, 아크릴계와 같은 유기계는 유사한 변형을 나타내고 있으나 무기계는 다소 변형이 상승하고 있으나 그 차이는 크지 않은 것으로 사료된다.

그러나 20°C 에서의 변형특성은 바탕콘크리트와 비교하여 에폭시계, 아크릴계, 무기계는 유사한 변형을 나타내고 있으나 실란계의 경우 상대적으로 큰 변형을 나타내고 있으며, 측정 40시간 후에서의 변형이 바탕콘크리트와 비교하여 약 2배 높게 나타나고 있다.

4. 결론

온도조건에 따라서 도포되어지는 표면보호재의 변형특성 및 부착강도 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 에폭시계, 실란계, 아크릴계와 같은 유기계의 경우 온도조건에 따른 부착강도의 차이는 크지 않은 것으로 나타났으며, 바탕콘크리트의 온도를 보정하더라도 부착강도 측면에서는 큰 변동은 없는 것으로 나타났지만 무기계의 경우 온도조건에 따른 부착강도는 확연한 차이를 보이고 있어 시공온도에 유의하여야 할 것으로 사료된다.
- 2) 온냉반복 사이클에 따른 부착강도 비율은 유기계의 경우 온냉반복 전과 비교하여 15사이클 후의 부착강도 비율은 80~85% 수준으로서 유사한 경향을 나타내고 있으나 무기계의 경우 15사이클에서 75% 수준의 부착강도를 보이고 있다.
- 3) 온도조건에 따른 표면보호재의 변형특성은 -5°C 의 경우 바탕콘크리트와 비교하여 에폭시계, 실란계, 아크릴계와 같은 유기계는 유사한 변형을 나타내고 있으나 무기계는 다소 변형이 상승하고 있었으며, 20°C 의 경우 바탕콘크리트와 비교하여 에폭시계, 아크릴계, 무기계는 유사한 변형을 나타내고 있으나 실란계의 경우 상대적으로 큰 변형을 나타내고 있었다.

참고문헌

1. 建設省建築研究所, 表面被覆材および浸透性吸水防止材による鉄筋腐食抑制効果に関する研究, 平成8年3月
2. 宮川 豊章, "土木コンクリート構造物の表面保護工に求められる役割-機能と性能", 콘크리트工学, 2003. 9, pp.10~13
3. 本橋 健司, "建築構造物の表面仕上げに求められる役割と性能", 콘크리트工学, 2003. 9, pp.4~9
4. 강석표 외, 함침계 표면보호제에 의한 콘크리트 표면의 세공구조 변화 및 내구성 향상, 콘크리트학회 논문집, 2006. 2, pp.125~134
5. 정해문 외, 염해방지를 위한 콘크리트 표면도장재료의 성능평가, 한국콘크리트학회 봄 학술발표대회 논문집, 2002, pp.749~754