

콘크리트의 내구성 증진을 위한 코팅재의 성능 평가

Evaluation on the Performance of Coating Materials
for Improving the Durability of Concretes

김 성 수* 최 춘 식** 남 용 혁***
Kim, Sung-Soo Choi, Choon-Sik Nam, Yong-Hyuk

Abstract

Normally coating is used a method for protecting reinforced concrete. For this purpose, organic as well as inorganic coatings are used. The advantages of inorganic coatings are lower absorption of UV, non-burning etc. On the other hand, organic coatings have the advantage of low permeability of CO₂, SO₂ and water. Organic coatings provide better protection for reinforced concrete. However, in organic coatings such as epoxy, urethane and acryl, long-term adhesive strength is reduced and the formed membrane of those is blistered by various causes. Also when organic coatings are applied to the wet surface of concrete, they have a problem with adhesion. So, we developed coating material, WGS-Eco which was hybridized with polymer and cement based material to protect concrete structures and solve problems of organic coatings. This study was conducted an comparative evaluation on physical and durable performance of developed coating material and previously used coating materials. As a result, the performance of developed coating material was not inferior to organic coating materials. So, the developed coating material was considered as a suitable coating material which had advantages of inorganic and organic coatings for protecting concrete.

요 지

일반적으로 코팅은 철근 콘크리트를 보호하기 위한 방법으로 사용되어 진다. 이러한 목적으로 사용되어지는 코팅에는 무기계 코팅뿐만 아니라 유기계 코팅이 있다. 무기계 코팅의 장점은 낮은 자외선 투과성과 불연성 등이다. 반면, 유기계 코팅의 장점은 이산화탄소, 이산화황 및 물 등의 낮은 투과성이며 무기계 코팅보다 더 우수한 철근 콘크리트 보호성능을 가지고 있다. 그러나 에폭시, 우레탄 및 아크릴과 같은 유기계 코팅은 여러 가지 원인에 의해 장기 접착강도가 감소되고 형성된 코팅 막의 들뜸이 발생된다. 또한 유기계 코팅이 콘크리트의 습한 표면에 적용될 경우 접착의 문제점을 갖고 있다. 따라서, 콘크리트 구조물을 보호하고 유기계 코팅의 문제점을 해결하기 위해 폴리머와 시멘트계 재료를 합성시킨 코팅재(WGS-Eco)를 개발하였다.

본 연구에서는 개발된 코팅재와 이전에 사용되었던 코팅재의 물리 성능 및 내구 성능을 평가하였으며, 그 결과 개발된 코팅재는 유기계 코팅재에 비해 성능이 뒤떨어지지 않았다. 따라서 개발된 코팅재는 유기계와 무기계 코팅의 장점을 갖추면서 콘크리트를 보호하기 위한 적합한 코팅재라고 판단되었다.

Keywords : inorganic coating, organic coating, hybridize, protecting concrete

* 대전대학교 토목공학과, 조교수, 공학박사, 정희원

** 서울그라우팅연구소 소장, 공학박사, 정희원

*** (주) 우지스 기술연구소 과장

E-mail : yhnam70@hanmail.net 019-372-0543

• 본 논문에 대한 토의를 2003년 9월 30일까지 학회로 보내 주시면 2004년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서론

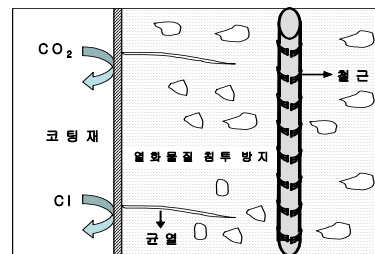
코팅은 철근 콘크리트를 보호하기 위한 방법으로서 널리 사용되고 있으며, 무기계 코팅과 유기계 코팅이 사용되고 있다. 무기계 코팅은 자외선에 거의 영향을 받지 않고 내화성이 우수한 장점이 있는 반면, 유기계 코팅은 CO₂, SO₂ 및 물 등의 침투가 어렵다는 장점이 있으며 이러한 특성은 무기계 코팅보다 더 우수하다(Batis and Pantazopoulou, 2000). 그러나 에폭시, 우레탄 및 아크릴 등과 같은 유기계 코팅은 시공 초기에는 큰 접착강도를 나타내지만 콘크리트와의 열팽창계수, 탄성계수의 차이, 접착면에서의 막 형성 등으로 인해 장기적인 접착성능을 발휘하지 못해 결국 코팅 경계면에서 탈락이 된다. 또한 유기계 코팅은 무기계 코팅에 비해 공극률이 훨씬 적기 때문에 콘크리트 내부에 존재하는 수분이 외부로 증발되기 어려워 구조물의 열화를 가속화시킬 수 있으며, 함수상태에 있는 콘크리트면에 시공할 경우 접착이 잘 이루어지지 않기 때문에 완전히 건조시켜야만 하는 어려움이 있다.

따라서 내·외적 환경조건에 의한 열화현상을 제어하기 위해 고기능성 재료의 개발이 요구되고 있는 실정이며, 고기능성 재료로서 기존의 시멘트계 재료가 갖지 못한 기능을 부여하고자 건설 산업용 신소재로 폴리머에 대한 연구가 시작되었다. 일본의 경우 1970년 JIS규격이 제정되었고 우리나라의 경우 1992년에 “시멘트 혼화용 폴리머 분산제”의 KS 규격이 제정되었다. 또한, 1994년 발행된 주택공사 보고서(대한주택공사, 1997)에 따르면 PCM(Polymer Cement Mortar)의 물성과 경제성이 우수한 것으로 평가되어, 활용 가능한 방안으로 방수분야 등 6개 분야를 소개하였고, PCM의 접합 및 보수재료로서의 기초 물성 및 활용 가능성을 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 외부 환경에 노출된 콘크리트의 노화방지 및 내구성능 유지를 목적으로 하고 기존 무기계 코팅의 장점과 유기계 코팅의 장점을 살리면서 단점은 보완하여 개발된 코팅재료인 WGS-Eco의 성능을 기존의 외국 제품들과 비교평가 하고자 접착, 흡수 및 균열 추종성의 물리 성능과 염소이온 침투저항성, 중성화 저항성 및 동결융해 저항성의 내구성능 평가를 실시하였다.

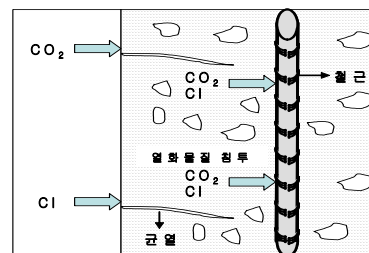
2. 콘크리트 보호용 코팅재료

2.1 콘크리트 보호코팅 메커니즘

콘크리트의 열화는 콘크리트 표면으로부터 대기 중의 CO₂ 가스 및 염화물이 미세 균열을 통하여 내부에 침입하여 철근을 부식시킴으로서 콘크리트 구조물의 성능 저하가 발생된다. 따라서 콘크리트 보호 코팅재료를 사용하여 콘크리트 표면에 차단층을 형성하는 것은 철근의 부식을 방지하는데 유효한 방법일 뿐만 아니라 콘크리트의 수명을 연장하는데 간단하고 유용한 방법이다. 이러한 공법의 장점은 종래의 시공기술을 이용할 수 있으며, 비교적 얇은 막으로 우수한 효과를 얻을 수 있는 점이고 또한 최근 구조물의 미관에 대해서도 관심이 높아지고 있어 색, 모양 및 디자인 등을 고려할 수 있는 점도 장점이다. 콘크리트 표면에 코팅 막이 있는 경우와 코팅 막이 없는 경우의 콘크리트 수명 거동의 차이점은 다음 Fig. 1과 같으며, 코팅 막이 있는 경우 열화 물질 및 미세균열의 확장 발생이 억제된다.



(a) 콘크리트에 코팅을 실시한 경우



(b) 콘크리트에 코팅을 실시하지 않은 경우

Fig. 1 코팅 유무에 따른 열화물질의 거동

이것은 코팅표면이 평활하기 때문에 열화 물질의 집착이 어렵고, 빗물에 의해 세척되어 나가기 쉽기 때문이고, 코팅재의 탄성 성질로 인하여 콘크리트에 미세균열이 발생하여도 코팅재의 막이 파단 되지 않아서 외부의 열화 물질 침투를 방지한다. 또한 코팅 막의 투과성이 극히 작아 열화 물질의 내부 침투가 거의 없기 때문에 열화 물질의 내부 축적이 극히 적은 것이다.

코팅 막이 없는 경우에는 표면이 다공질이고 미세 균열로 인하여 열화 물질의 집착이 많고, 미세 균열에 침투한 열화 물질은 빗물에 의해서도 세척되기 어렵기 때문에 침투하기 쉬운 경향이 있다. 또한 전체적으로는 양질의 콘크리트라도 국부적으로 불균질 하기 때문에 시공이음부 등의 결합부분에서의 미세 균열에 의한 열화 물질의 침투는 급속히 침투하고 열화 물질의 축적량이 증가하여 철근의 부식을 조기에 발생시키는 것이다. 더욱이 콘크리트 표면에 접착한 열화 물질은 상당량 내부로 이동하는 것으로 알려져 있다(日本建設省 土木研究所, 1989 ; 日本コンクリート工學協會, 1983).

피복두께를 어느 정도 확보하는 것으로 철근의 열화 물질 도달 시간을 지연시킬 수 있지만 하수박스 및 지하구조물, 공장지대의 매연이 많은 경우에는 다량의 열화 물질이 비교적 단기간에 내부 깊숙이 침투하게 된다. 이와 같은 경우에는 열화 물질이 콘크리트 표면에서 차단되기 위해서는 콘크리트 보호용 코팅이 필수적이다.

2.2 콘크리트 보호용 코팅재료의 규격

국내에는 아직 콘크리트 보호용 코팅재에 관한 규정이 명확하지 않으나 코팅의 목적이 염화물과 탄산가스의 침투를 억제하여 콘크리트 중의 철근 부식을 방지함으로써 구조물의 내구수명을 증진시키려는 목적으로 행해지기 때문에 일반적으로 도막의 외관, 차염성, 산소투과 저지성, 수증기투과 저지성, 중성화 저지성, 콘크리트와의 접착성 및 균열 추종성 등에 대하여 규격을 정하고 있다.

다음 Table 1은 일본도로공단(산업자원부, 2002)에서 정한 코팅재료의 규격을 나타낸 것이다.

Table 1 코팅재료의 규격 (일본도로공단)

항 목	시험조건	규 격	시험대상 도막타입
코팅 막의 외관	표준양생 후	코팅 막이 균일하여 얼룩, 부풀음 변색이 없는 것	전체 코팅
	촉진내후성시험 후		
	온냉반복시험 후		
	내알카리성시험 후		
차염성	표준양생 후	코팅 막의 염화물이온 투과량이 $5.0 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^2 \cdot \text{day}$ 이하	주재 및 마무리 재료
산소투과 저지성	표준양생 후	코팅 막의 산소투과량이 $5.0 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^2 \cdot \text{day}$ 이하	
수증기투과 저지성	표준양생 후	코팅 막의 수증기투과량이 $5.0 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^2 \cdot \text{day}$ 이하	
중성화 저지성	중성화촉진시험 후	중성화 깊이가 1mm이하일 것	전체 코팅 막
콘크리트 와의 접착성	표준양생 후	코팅 막과 콘크리트와의 접착강도가 10kgf/cm^2 이상일 것	
	촉진내후성시험 후		
	온냉반복시험 후		
	내알카리성시험 후		
균열 추종성	표준양생 후(상온 시)	코팅 막의 신장량이 0.4mm 이상일 것	주재 및 마무리 재료
	표준양생 후(저온 시)	코팅 막의 신장량이 0.2mm 이상일 것	
	촉진내후성(상온 시)		

3. 실험 개요

3.1 사용 재료

3.1.1 콘크리트 보호용 코팅재료

본 연구에 사용된 콘크리트 보호용 코팅재료는 개발된 코팅재인 WGS-Eco (이하 A라 함)와 국내에서 현재 사용되고 있는 것으로서 일부는 외국으로부터 수입 (이하 B, C, D)된 것이며, 주성분 및 물리적 성질은 다음 Table 2와 같다.

3.1.2 시멘트

본 연구에 사용된 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 사용된 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질은 Table 3과 같다.

3.1.3 골재

본 연구에 사용된 골재는 강사를 사용하였으며 굵은 골재는 쇄석을 사용하였다. 잔골재 및 굵은골재의 물리적 성질은 Table 4와 같다.

3.2 물리 성능 평가 방법

3.2.1 접착력 시험

콘크리트의 압축강도가 약 500kg/cm²인 콘크리트로 바탕콘크리트 시험체를 제작하여 콘크리트 보호용 코팅재료를 도포하여 충분히 경화시킨 후 Fig. 2와 같이 4×4cm 크기의 지그(Attachment)를 접착하여 인발 접착강도를 측정하였다. 본 시험방법은 KS F 4715 (한국표준협회, 2001)의 접착력 시험방법에 준하여 측정하였다.

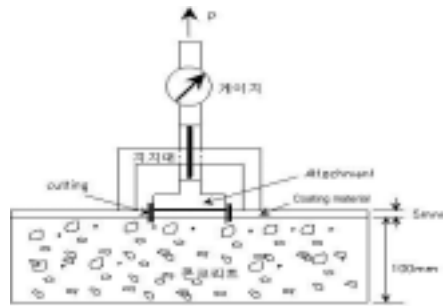


Fig. 2 접착력 시험

Table 2 콘크리트 보호용 코팅재료의 주성분 및 물리적 성질

구분 \ 종류	A	B	C	D	E
주요 구성성분	폴리머 세라믹 합성	아크릴	합성아크릴	아크릴	아크릴 시멘트
액상 고형분 (%)	50	49	63	53	47
제품 외관	액상 & 분말	액상	크립형태 액상	액상	액상
단위용적 중량	2.0	1.3	1.45	1.4	2.31

Table 3 보통포틀랜드 시멘트의 화학적 성질

종류 \ 항목	화학적 성분 (%)						감열감량 (%)	비중	분말도 (cm ³ /g)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃			
보통포틀랜드 시멘트	21.95	6.59	2.81	60.1	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112

Table 4 잔골재와 굵은 골재의 물리적 성질

종류 \ 항목	최대치수 (mm)	비중	흡수율(%)	조립률	유기불순물
잔골재	—	2.55	1.05	2.32	O. K.
굵은골재	25	2.59	1.36	6.87	—

3.2.2 흡수 시험

70×70×20mm의 모르타르 판에 코팅재료를 도포하고 14일 동안 양생한 뒤 4측면을 에폭시수지 도료로 도포한 것을 시험체로 하였다. KS F 4919(한국표준협회, 1998)에 의해서 Fig. 3과 같이 물 속에 24시간 동안 약 15mm 깊이까지 침전시킨 후의 시험체 질량과 초기 시험 전 시험체 질량과의 차를 구하였다.

3.2.3 균열 추중성 시험

미세 균열부위를 통한 열화물질의 침투를 억제하는 방안으로 콘크리트 표면에 코팅재를 도포하는 방안이 가장 효과적이라 할 수 있다. 따라서 콘크리트 보호코팅재료의 성능 중 콘크리트의 균열 확장이 발생하더라도 코팅 막이 파괴되지 않기 위해서 보호코팅재의 균열 추중성능이 요구된다.

콘크리트 보호용 코팅재료의 균열 추중성 시험은 국내에 소개된 시험방법이 없으므로 일본 콘크리트공학협회(日本コンクリート協會, 1993)에서 제안한 방법에 따라 120×40×10mm의 모르타르판을 제작하였으며, 이때 모르타르의 배합은 보통포틀랜드 시멘트 : 모래 : 물 = 1 : 2 : 0.6 배합비로 표준양생 후 콘크리트 보호 코팅재료를 도포하였다. 시험편은 다음 Fig. 4와

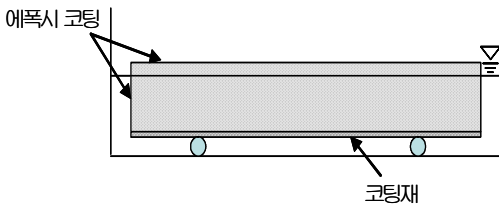


Fig. 3 흡수 시험

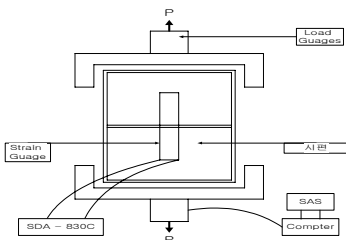


Fig. 4 균열 추중성 시험방법

같이 인장시험기에서 5mm/min의 속도로 시험편을 인장시키고, 인장 시험 시간동안 도막에서 일어나는 변형은 변형 게이지와 데이터 분석기를 이용하여 변형률을 1초에 20개씩 저장하였으며 기계내의 하중 게이지 및 컴퓨터의 통계 프로그램을 이용하여 하중 변화를 측정하였다. 시험체의 측정 조건은 도장재료를 도포한 다음 표준양생 시키고 시험편을 +20℃ 상온 및 -20℃의 저온실에서 30분간 냉각시킨 후 -20℃의 저온에서 시험하였다. 시험 결과에 대한 도장재료의 균열 추중성 규격은 상온시험 시 신장이 0.4mm이며, 저온 시험 시 신장이 0.2mm이상 되어야 한다.

3.3 내구 성능 평가 방법

3.3.1 염소이온 침투저항성 시험

ASTM C 1202(ASTM International, 1997)의 시험방법에 준하여 10×20cm 원주형 물드로 제조한 공시체를 20±1℃의 수중에서 28일 양생한 후에 콘크리트 절단기로 절단한 시편에 콘크리트 보호용 코팅재료를 도포한 후 Fig. 5와 같이 확산셀을 구성하였으며, 확산셀의 상세도는 Fig. 6과 같다. 시험을 실시하는 동안 전해질 용액이 새지 않도록 고무로 된 실란트를 사용하였다.

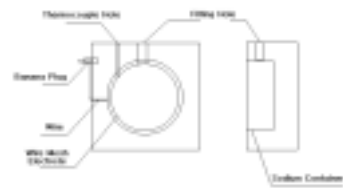
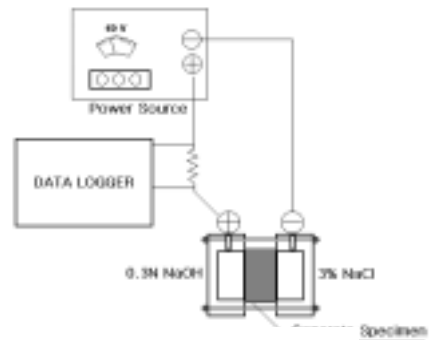


Fig. 6 전압 확산 셀의 상세도

이 회로에서 전원은 60V의 직류를 $\pm 0.1V$ 정도로 안정적으로 공급할 수 있어야 하며, 전류의 측정은 기지(既知)의 저항체를 회로에 연결하여 전압을 측정함으로써 얻을 수 있다. 이 때 콘크리트 시편에 적용되는 전압에 영향이 적도록 하기 위하여 저항기를 사용하는데 가능한 작은 저항을 사용하며, 본 시험에서는 1.0 Ω 을 사용하였다. 확산셀에 들어가는 전해질 용액은 적용된 셀의 (-)전극에 3.0%의 NaCl 용액에 채우고 (+)전극에는 0.3N의 NaOH 용액을 채운다. 시험 중 30분마다 저항에 걸리는 전압을 6시간까지 측정하여 기록을 하는데 이 때 전압은 0.1mV 까지 측정이 가능해야 하고 측정된 전압 값은 다음 식 (1)에 의해 전류값으로 환산하였다.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{1.0} \quad (1)$$

여기서,

I : 전류(A), V : 전압(V), R : 저항(Ω)

측정은 30분 간격으로 6시간 동안 저항 양단에 걸리는 전압을 측정하고 이를 전류로 환산한 후 다음 식 (2)를 이용하여 회로를 통과한 총 전하량을 산정한다.

시험 후 평가는 식 (2)에 의해 얻어진 총 통과전하량을 아래의 Table 5의 방법에 의거하여 평가하였다.

$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{330} + I_{360}) \quad (2)$$

여기서,

Q : 회로를 통과한 전하량(Coulomb)

I_n : 시험 시작 후 n분이 경과하였을 때의 전류(A)

3.3.2 중성화 촉진시험

$\Phi 10 \times 20\text{cm}$ 원주형 몰드로 제조한 콘크리트 공시체를 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 수중에서 28일간 양생한 후 시험편 표면을 그라인더 및 브러쉬를 이용하여 정리한 후 표면에 콘크리트 보호코팅재료로 코팅하여 Fig. 7과 같이 이산화탄소의 농도를 높인 중성화 촉진시험기안에 넣어 중성화촉진 시험을 실시하였다. 촉진시험기 내의 촉진조건은 온도 23°C , 상대습도 65%, CO_2 농도 10%로 하였다. 촉진 시험기에서의 촉진 시험 후 중성화깊이 측정은 촉진개시부터 1주, 2주, 4주로 하여 측정하며, 중성화 평가는 촉진 시험 후의 도장된 공시체를 KS F 2423에 의해 콘크리트 할렬 인장 후에 할렬면에 KS M 0015(한국표준협회, 1993)에 의거하여 1% 페놀프탈레인 용액을 분무해서 미착색 부분을 콘크리트 중성화부분으로 측정한다. 측정 시 공시체의 20곳을 측정하여 평균값을 구하였다.

3.3.3 동결융해 시험

동결융해 시험을 실시하기 위해 $7.5 \times 10 \times 40\text{cm}$ 크기의 각주형 공시체를 제작하였으며, 제작된 공시체에 각각의 재료를 코팅하였다.



Fig. 7 중성화 촉진시험 광경

Table 5 통과전하량에 따른 염소이온 투과성(ASTM International, 1997)

통과전하량 (Coulomb)	염소이온 투과성	비고
4000 이상	높음	
2000~4000	보통	
1000~2000	낮음	
100~1000	매우 낮음	
100 이하	무시 할 만함	

동결융해 내구성을 알아보기 위해 전자동 동결융해 시험기를 사용하였으며, KS F 2456(한국표준협회, 1993)에 따라 공기중 급속동결 수중 급속융해의 방법으로 동결융해 시험을 실시하였다.

동결융해 시험 공시체의 온도는 동결완료 시 -17°C , 융해 완료 시 $+4^{\circ}\text{C}$ 가 되게 하였고, 동결융해 1사이클은 약 2.5시간이 소요되었다. 동결융해 시험은 동탄성계수를 Fig. 8과 같이 초음파속도에 의한 동탄성계수 시험법에 의하였으며, 동결과 융해의 반복 사이클 수가 300에 도달하거나 그 이전에 상대동탄성계수가 60%이하일 때 완료하였다. 콘크리트의 전파속도, 동탄성계수 및 동결융해 내구성 지수는 다음 식 (3), 식 (4) 및 식 (5)에 의해 구하였다.

$$V_l = \frac{l}{t} \quad (3)$$

여기서,

V_l : 전파속도 (km/sec),

l : 공시체 길이 (cm),

t : 전파시간 (sec)

$$E_D = \frac{V_l^2 \times \rho \times 10^7}{g} \quad (4)$$

여기서,

E_D : 동탄성계수 (kgf/cm^2),

ρ : 공시체의 밀도(g/cm^3),

g : 중력가속도 (cm/sec)

$$DF = \frac{P \times N}{M} \quad (5)$$

여기서,

DF : 동탄성 계수 (kgf/cm^2),

N : 동결융해시험을 마친 사이클의 수

P : N사이클에서의 상대동탄성계수,

M : 동결융해시험 목표사이클 수 (300 Cycles)

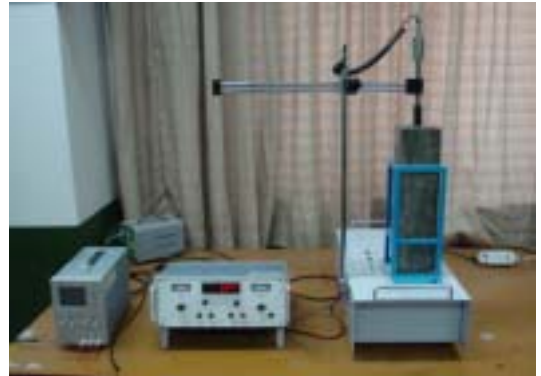


Fig. 8 초음파 속도 측정기

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 콘크리트용 코팅재의 물리성능에 대한 평가

콘크리트 보호용 코팅재료인 A, B, C, D 및 E의 재령 28일 접착강도는 $29.7 \text{ kgf}/\text{cm}^2$, $28.7 \text{ kgf}/\text{cm}^2$, $28.8 \text{ kgf}/\text{cm}^2$, $26.9 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 및 $24.8 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 로 나타나 일본도로공단단의 코팅재료 규격에서 요구하는 접착강도 $10 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 이상을 만족하였으며, A의 접착강도는 시험에 사용된 코팅재료 중 접착력이 가장 우수한 것으로 판단되었다. 다음 Fig. 9는 접착강도 시험결과를 나타낸 것이다.

콘크리트용 코팅재의 방수성능을 알아보기 위해 흡수 시험을 실시한 결과는 Fig. 10과 같으며, A의 경우 흡수량이 0.7 g 으로서 가장 낮게 나타났고 E를 제외하고 모두 기준치 2.0 g 이하로 나타났다. 따라서 A는 수로 구조물이나 정수장, 물탱크 및 지하구조물 등 수밀을 요하는 구조물에 적합한 것으로 판단된다.

콘크리트용 코팅재의 신장량을 측정된 결과 상온에서의 B, C, D의 측정 결과는 현저한 차이를 나타내지 않았다. A와 E의 경우는 낮은 신장량을 보였으나, A의 경우는 일본 도로공단에서 제시하는 규격치 이상의 값인 0.63 mm 로 나타나 코팅재료로서 적합한 것으로 나타났다. 반면 E는 0.17 mm 의 매우 작은 신장량을 보였으며, 바탕 모르타르의 파괴가 발생한 후 바로 취성 파괴되어 균열추종성이 거의 없는 것으로 나타났다.

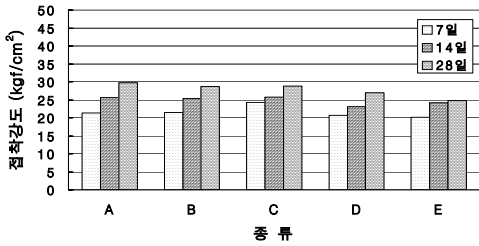


Fig. 9 콘크리트용 코팅재 종류별 접착강도

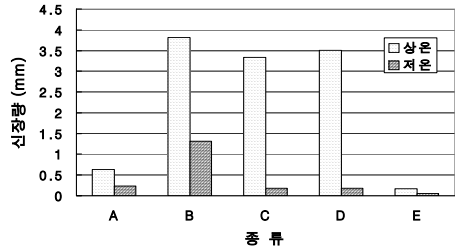


Fig. 11 콘크리트용 코팅재의 온도에 따른 균열 추종성

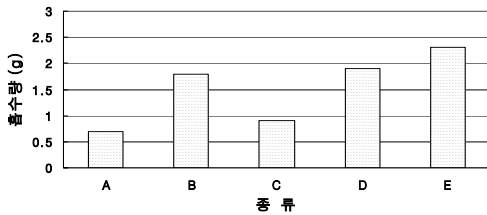


Fig. 10 콘크리트용 코팅재의 흡수량

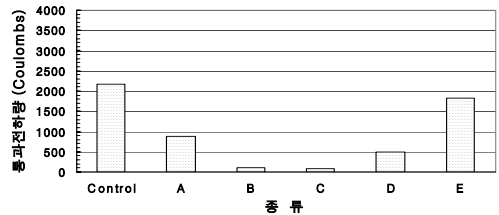


Fig. 12 콘크리트용 코팅재의 염소이온 침투저항성

결국, E를 제외하고 A를 비롯한 B, C, D는 일본도로 공단의 상온에서의 균열 추종성 시험 규격인 0.4mm 만족하는 것으로 나타났다. 저온에서의 A, B, C, D 및 E의 신장량 측정결과는 각각 0.23mm, 1.32mm, 0.18mm, 0.18mm 및 0.05mm로 나타났으며, 이 중 일본 도로공단에서 제시하는 저온에서의 신장량 0.2mm 이상을 만족하는 것은 A와 B이고 나머지는 저온에서의 신장량이 매우 작음을 알 수 있다.

Fig. 11은 코팅재의 신장량을 나타낸 것이다.

4.2 콘크리트용 코팅재의 내구성능에 대한 평가

콘크리트 보호용 코팅재료의 염소이온 침투 저항성 평가를 위해 통과전하량을 측정한 결과 코팅하지 않은 콘크리트의 통과전하량이 2,179Coulomb로 Table 5의 평가기준에 근거하여 보통 영역인 것으로 평가되었으며, A, B, C 및 D의 통과전하량은 1,000Coulomb 이하로 염소이온 침투가 매우 낮은 영역으로 나타났다. 그러나 E의 경우는 1,830Coulomb로 염소이온 투과성이 낮은 영역에 해당되었다. 통과전하량 측정 결과는 Fig. 12에 나타내었다.

콘크리트용 코팅재료의 중성화에 대한 저항성 평가를 위해 각각의 코팅재료를 콘크리트 시편에 코팅하고 중성화 촉진시험기에서 촉진시험 후, 페놀프탈레인 1%용액을 분무하여 중성화 깊이를 측정하였다. 코팅을 하지 않은 콘크리트 시편은 재령 7일에서 12.7mm의 중성화 깊이를 보였으나, 콘크리트 보호용 코팅재료인 A, B, C 및 D로 코팅한 시편체는 거의 중성화가 진행되지 않아 일본도로공단의 규격에 적합한 것으로 나타났다. 이산화탄소의 침투 억제성이 우수함을 알 수 있었다 반면 E의 경우 중성화 촉진 재령 7일에 6.2mm, 재령 28일에 16.5mm로 코팅하지 않은 경우의 약 90%정도로 중성화 억제 성능은 거의 없는 것으로 판단된다. Fig. 13은 콘크리트용 코팅재의 중성화 깊이를 측정한 결과이다.

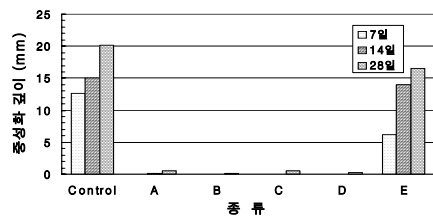


Fig. 13 콘크리트용 코팅재의 재령에 따른 중성화 깊이

공시체에 각각의 코팅재료를 코팅한 후 동결융해 저항성을 알아보기 위해 실시한 동결융해시험 결과 모두 동결융해 300사이클에 도달하여 시험을 종료하였다.

각각의 제품으로 코팅된 공시체의 내구성 지수는 A 및 C가 99.8%로 가장 높게 나타났으며, D가 98.6%, B가 95.5%, E가 87.1%의 순서로 나타났고 코팅하지 않은 공시체의 경우 86.6%로 나타났다.

따라서 A 및 C, D의 경우 콘크리트 구조물이 동결과 융해의 반복 작용을 입을 경우 그에 대한 저항성능이 매우 우수한 것으로 판단되며, 동결융해에 대한 내구 성능 비교는 다음 Fig. 14와 같다.

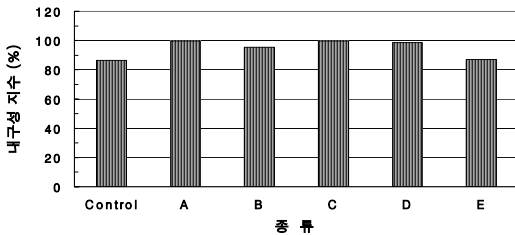


Fig. 14 내구성 지수 비교

5. 결론

본 연구는 콘크리트 구조물을 보호하기 위해 개발된 코팅재와 기존 코팅재의 물리성능 및 내구성능을 비교 평가한 것으로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 콘크리트용 코팅재의 접착강도 측정 결과 모두 24.8 kgf/cm^2 의 높은 접착력을 보였으며, 흡수량 측정결과는 E를 제외하고 모두 2.0g 이하로 나타나 E의 경우는 방수 효과가 매우 낮음을 알 수 있었다. 또한 균열 추종성 시험 결과 일본도로공단에서 제시하는 상은 0.4mm 이상, 저은 0.2mm 이상의 신장량 기준치를 모두 만족하는 것은 개발된 코팅재 A 및 B로 나타났다.
- 2) 콘크리트용 코팅재의 내구성능 평가 결과 염소이온 침투저항성은 E를 제외하고 모두 $1,000 \text{ Coulomb}$ 이하로 나타나 염소이온 투과성이 매우 낮은 영역에 해당되었고, 중성화 촉진 시험결과도 E를 제외하고 모든 코팅재가 우수한 결과를 보였다 동결융해에 대

한 저항성 평가 결과는 모두 우수한 내구성을 보였다.

- 3) 이상의 결과로부터 개발된 코팅재 A는 유기계 코팅재에 비해 콘크리트를 보호하는 성능이 뒤떨어지지 않기 때문에 무기계 코팅의 장점과 유기계 코팅의 장점을 동시에 지닌 콘크리트용 코팅재라고 판단되었다.
- 4) 본 연구에서 사용된 코팅재의 시공성 및 경제성 또한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단되나, 개발된 코팅재 A는 수입제품인 B, C 및 D에 비해서 성능이 뒤떨어지지 않기 때문에 외국 제품의 수입 대체효과가 뛰어나며 추후 보다 더 나은 성능을 가진 코팅재료의 개발이 지속되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 대한주택공사, "시멘트 혼화용 폴리머 분산제의 실용화 방안 연구", 대한주택공사 주택연구소 연구보고서, 1997. 11.
2. 산업자원부, "건설 구조물 보수보강 표준화연구(I)", 2002. 11, p.110.
3. 한국표준협회, "화학분석용 지시약 조제 방법", KS M 0015, 1993.
4. 한국표준협회, "급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법", KS F 2456, 1993.
5. 한국표준협회, "시멘트 혼입 폴리머계 방수재", KS F 4919, 1998.
6. 한국표준협회, "얇은 마무리용 벽바름제", KS F 4715, 2001
7. 日本建設省土木研究所, "コンクリート構造物の電気防蝕に関する共同研究報告書", 1989
8. 日本コンクリート工學協會, "海洋コンクリート構造物の防蝕指針(案), 1983
9. 日本コンクリート工學協會, "コンクリートの炭酸化に関する研究の現状", 炭酸化研究委員會, 1993
10. ASTM International, "Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration", ASTM C 1202, 1997
11. Batis, G. and Pantazopoulou, P., "Advantages of the Simultaneous Use of Corrosion Inhibitors and Corrosion Inorganic Coatings", Cement and Concrete Technology in the 2000s, 2000

(접수일자 : 2003년 5월 28일)