

## 함침계 표면보호제에 의한 콘크리트 표면의 세공구조 변화 및 내구성 향상

강석표<sup>1)\*</sup>·김정환<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>한일시멘트(주) 중앙연구소

(2005년 7월 18일 원고접수, 2005년 12월 30일 심사완료)

### Improvement of Durability and Change of Pore Structure for Concrete Surface by the Penetrative Surface Protection Agent

Suk-Pyo Kang<sup>1)\*</sup> and Jung-Hwan Kim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Hanil Cement Central Research Center, Daejeon 306-800, Korea

(Received July 18, 2005, Accepted December 30, 2005)

#### ABSTRACT

Recently, surface finishing and protection materials were developed to restore performance of the deteriorated concrete and inhibiting corrosion of the reinforcing-bar. For this purpose, surface protection agent as well as coatings are used. Coatings have the advantage of low permeability of CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and water. However, for 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, those have a problem with adhesion. On the other hand, surface protection agent penetrates into pore structure in concrete through capillary and can make a dense micro structure in concrete as a result of filling effect. Furthermore, the chemical reaction between silicate from surface protection agent and cement hydrates can also make a additional hydration product which is ideally compatible with concrete body. The aim of this study is to examine the effect of penetrative surface protection agent(SPA) by evaluating several concrete durability characteristics. The results show that the concrete penetrated surface protection agent exhibited higher durability characteristics for instance, carbonation velocity coefficient, resistance to chemical attack and chloride ion penetration than the plain concrete. These results due to formation of a discontinuous macro-pore system which inhibits deterioration factors of concrete by changed the pore structure (porosity and pore size distributions) of the concrete penetrated surface protection agent.

**Keywords :** penetrative surface protection agent, porosity, pore size distribution, improvement of durability, concrete surface

#### 1. 서 론

20세기는 끊임없는 신재료·신공법을 개발하고 이것을 이용하여 구조물을 신설하는 “개발과 건설의 시대”이었다. 이를 위하여 콘크리트는 시민사회의 다양한 요구에 대응하기 위하여 이용되어졌다. 그러나 21세기는 구조물을 건설할 뿐만 아니라 어떻게 유지하는가에 의하여 현재의 만족도를 보다 충실하게 하는 가능여부가 문제시되는 “지속가능한 발전”이 요구되어지는 시대이다. 말하자면 지어지기만 하면 좋았던 20세기로부터 짓고 올바르게 사용하는 21세기로 탈피, 성장하여야만 한다.

국내의 경우 10년 전인 90년대 중반에 삼풍백화점 및 성수대교가 붕괴되는 등 콘크리트 구조물의 조기열화와 내구

성저하의 사례가 다수 보고되면서 콘크리트 구조물의 유지관리에 대한 국가사회적인 큰 반향을 일으키게 되어 다양한 내구성 향상방안들이 제시되어지고 있다. 그 중에서도 최근 들어 특별한 물리적 방법을 사용하지 않고 내구성이 저하된 콘크리트의 성능을 회복시키는 방법의 일환으로서 콘크리트 표면보호제에 대한 관심이 높아지고 있다<sup>1,2)</sup>.

표면보호는 직접적인 의미로는 콘크리트 구조물의 표면을 보호하는 것이지만 그 목적은 단순히 표면을 보호하는 것만은 아니다. 표면보호에 의하여 중성화에서는 산소, 이산화탄소와 물, 염해에서는 산소, 염화물이온과 물, 알칼리 골재반응에서는 물과 알칼리, 화학적침식에서는 다양한 침식성물질 등 다양한 열화요인의 침투를 억제함으로써 내부의 콘크리트 및 철근의 열화를 억제하여 콘크리트 구조물을 보호하게 된다<sup>3)</sup>.

이와 같은 표면보호제의 종류에는 독립의 피복층을 형성시키는 피복계와 콘크리트에 함침시켜 표면층의 성질을 변

\* Corresponding author

E-mail : ksp0404@empal.com

©2006 by Korea Concrete Institute

화시기는 함침계로 분류한다. 이 중에서 피복계는 도장재에 의하여 피복층을 형성시켜 도막계와 시트상 재료를 콘크리트 표면에 배치하는 것으로서 열화인자의 차단효과는 우수하지만 바탕 콘크리트와의 이질적인 성질로 인하여 장기적인 일체화에 문제점이 제기되고 있다. 이에 반하여 함침계는 콘크리트 표면층의 공극에 충전 혹은 생성물을 석출시켜 치밀한 층으로 하는 충전계와 콘크리트 표면층의 외부 및 내부표면의 성질을 개선하는 표면계로 분류하는 것이 가능하다<sup>4)</sup>.

따라서 본 연구는 규플로르화염을 주성분으로 하는 함침계 표면보호제 도포에 의한 콘크리트 표면의 세공구조의 변화 및 중성화, 염해, 화학적 침식 등의 내구성을 실험·실증적으로 검토함으로써 콘크리트 구조물의 내구성향상 방안을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

## 2. 실험 계획 및 방법

### 2.1 실험 계획

본 연구의 실험 계획은 Table 1에서 보는 바와 같이 W/C 60, 50, 40%의 콘크리트 및 모르타르를 제작하여 28일간 표준 수중양생을 실시한 후 함침계 표면보호제 (surface protection agent, SPA) 0.3kg/m<sup>2</sup>을 2회에 걸쳐 도료작업용 붓으로 도포하였다. 시험 항목은 함침계 표면보호제를 도포하고 온도 20℃, 상대습도 60%의 항온항습실에서 28일간 양생한 후 세공구조의 변화를 포로시메타 및 SEM을 통하여 검토하였으며, 압축강도, 표면경도, 물흡수계수, 촉진 중성화, 5% 황산침지, 염소이온 침투저항성을 측정하였다.

### 2.2 콘크리트 배합 및 사용재료

본 연구에서의 콘크리트 배합은 Table 2에 나타난 바와 같으며, 본 연구에서 사용한 재료의 일반적 성질은 Table 3에 나타내었다.

또한 본 연구에서 사용한 함침계 표면보호제는 규플로르화염(Fluorosilicate)을 주성분으로 하는 무기질계로서 콘크리트 표면에 빠르게 침투하여 수산화칼슘 및 탄산칼슘과 화학적으로 다음과 같이 반응하게 된다.

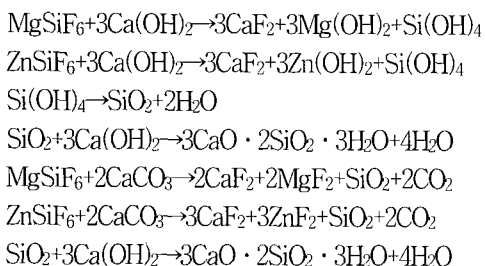


Table 1 Experimental plan

W/C (%)	Surface protection agent (SPA)	Measuring age*
· 60	· Penetration (0.3 kg/m <sup>2</sup> )  · None	· SEM(28days)
· 50		· Pore volume(28days)
· 40		· Compressive strength (before penetration, 28days)
		· Surface hardness (1, 3, 7, 28days)
		· Water absorption coefficient (28days)
		· Carbonation depth (7, 14, 21, 28days)
		· Chloride penetration (28days)
		· Resistance to chemical attack (7, 14, 21, 28, 56, 90days)

\* After penetration of surface protection agent

Table 2 Concrete mix proportions

W/C (%)	S/A (%)	Water (kg/m <sup>3</sup> )	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )		
			C	S	G
40	48	180	300	849	955
50			360	825	929
60			450	789	889

\* C : cement, S : fine aggregates, G : coarse aggregates

Table 3 Physical properties of used materials

Cement	· OPC · Density : 3.15 g/cm <sup>3</sup> · Specific surface : 3,200 cm <sup>2</sup> /g
Coarse aggregates	· Crushed aggregates · Density : 2.62 g/cm <sup>3</sup> · Max size : 25 mm
Fine aggregates	· Natural sand · Density : 2.55 g/cm <sup>3</sup> · Max size : 5mm
Surface protection agent (SPA)	· Inorganic system · Fluorosilicate

콘크리트 내부에 침투된 규플로르화염 함침계 표면보호제는 이와 같은 화학반응에 의하여 표면의 미세기공에 물리·화학적으로 안정한 불용성 화합물을 생성시킴으로써 조직을 치밀하게 하여 외부로부터 침투하여 들어오는 콘크리트 열화인자를 억제시키게 된다.

### 2.3 시험체 제작

본 연구에서의 측정항목에 따른 시험체 종류 및 크기를 Table 4에 나타내었다.

콘크리트 압축강도 시험체는 KS F 2403 에 준하여 제작하였으며, 콘크리트 표면경도 시험체는 콘크리트 비빔직후 굽은골재를 제거한 모르타르를 이용 4×4×4cm의 시험체를 제작하여 28일간 표준 수중양생을 실시하였다.

물흡수계수 측정용 시험체는 28일 양생 종료 후 압축강도 측정용 시험체인  $\phi 10 \times 20$ cm의 원주형 공시체의 일정 부위를 두께 3cm로 절단하여 제작하였으며, 촉진 중성화 시험은 10×10×40cm의 시험체를 제작하여 28일간 표준

**Table 4** Summary of specimen according to measuring item

Measuring items	Specimens	
	Concrete(size)	Mortar(size)
· Compressive strength	O (ø10×20 cm)	O (4×4×4 cm)
· Water absorption coefficient	O (ø10×3 cm)	×
· Surface hardness	×	O (4×4×4 cm)
· Micro-structure observation	×	O
· Pore volume	×	O
· Carbonation depth	O (10×10×40 cm)	×
· Chloride penetration	O (ø10×5 cm)	×
· Resistance to sulphuric acid	O (ø10×20 cm)	×

수중양생을 실시한 후 중성화깊이 측정면을 제외한 나머지 면을 에폭시 코팅하여 축진 중성화 시험시 탄산가스의 영향을 최소화 하였다.

염소이온 투과저항성 시험체는 ø10×20cm의 원주형 공시체의 중앙 부위를 두께 5cm로 절단하여 측정면을 제외한 나머지 면을 에폭시 코팅하였다. 또한 내황산성 시험체는 표준 수중양생을 실시한 ø10×20cm의 원주형 공시체를 사용하였다.

## 2.4 측정방법

### 2.4.1 세공용적

전 세공용적 및 세공경 분포는 표면보호제를 도포 하고 28일 경과된 4×4×4 cm의 모르타르 시험체의 표면 0~5mm 부위에서 시료를 채취하고 아세톤에 침지한 후 D-dry 처리하여 수은 압입식 포로시메타(Micromeritics, AUTOPORE III)를 이용하여 측정하였다.

### 2.4.2 압축강도 및 표면경도

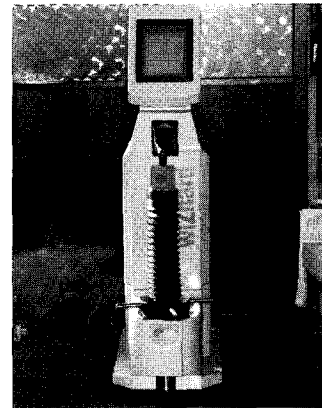
본 연구에서의 콘크리트 및 모르타르 압축강도 시험은 표면보호제를 도포한 후 각 재령에서 KS F 2405 및 KS L 5220에 준하여 측정하였다.

또한 표면경도는 표면보호제 도포하고 Fig. 1에서 보는 바와 같은 로크웰경도기(Akashil, HR-521)의 L스케일을 이용하여 60kgf의 시험하중으로 직경 6.35mm의 압입자를 시험체 표면에 압입한 후 10kgf의 기준하중으로 되돌리면서 시험편의 경도를 각 재령에서 측정하였다.

### 2.4.3 물흡수계수

물흡수계수 시험은 표면보호제 도포 28일 후에 KS F 2609 「건축재료의 물 흡수계수 측정방법」에 준하여 약 20℃의 물에 2~10mm 정도의 깊이로 침지하여 침지시간 10분, 30분, 1시간, 6시간, 24시간에 시험체를 꺼내어 표면에 묻은 물을 젖은 헝겊 등으로 제거한 후 시험체의 무게를 측정하였다.

### 2.4.4 축진 중성화



**Fig. 1** Rockwell surface hardness tester (Akashil, HR-121)

축진 중성화 시험은 표면보호제 도포 28일 후 온도 20℃, 습도 50%, CO<sub>2</sub>농도 5%의 조건의 중성화 챔버에서 축진 중성화시험을 실시하였다. 중성화깊이 측정은 만능재료 시험기를 이용하여 시험체를 소정의 두께로 할렬한 후 1%의 페놀프탈레인 용액을 분무하여 적색으로 착색하지 않는 부분의 표면으로부터의 깊이를 중성화깊이로 하여 측정하였으며, 5부위의 평균값으로 하였다.

### 2.4.5 5% 황산침지

5% 황산침지 시험은 표면보호제 도포 28일 후 5%의 황산용액에 침지하여 침지재령 7일, 14일, 21일, 28일, 56일, 91일에 각각의 중량감소율을 무도포 시험체와 비교·평가하였다. 각 재령마다 황산용액에 침식되어 있는 부분을 솔로 제거하고 물로 씻은 후 표면의 물기를 제거한 다음 중량을 측정하였다.

### 2.4.6 염소이온 투과성

염소이온 투과성 시험은 전기전도도에 의한 콘크리트의 염소이온 침투 저항성 시험방법으로 ASTM 1202<sup>5)</sup> 및 AASHTO T 277-83I<sup>6)</sup> (KS F 2711)에 준하여 Fig. 2에 나타난 장치를 이용하여 실시하였다. 시험편의 윗면과 면하고 있는 시험셀을 3.0% NaCl용액으로 채우고 다른 쪽은 0.3N NaOH용액을 채운 후 6시간동안 30분 간격으로 저항

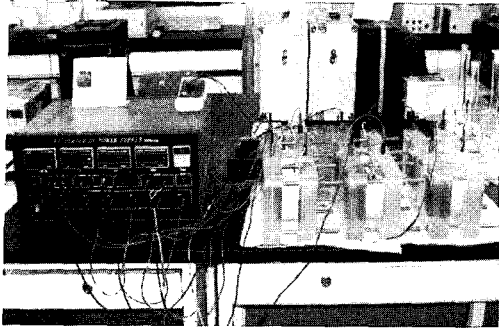


Fig. 2 Apparatus for chloride penetration

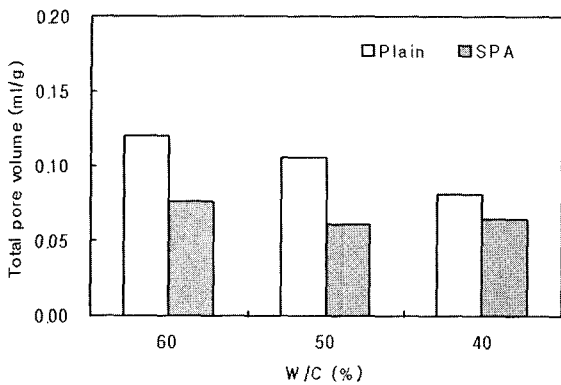


Fig. 3 Total pore volume

0.2 Ω에 걸리는 전압을 측정하였다. 측정된 전압값은 식(1)에 의해 전류값으로 환산하였고 식(2)에 의해 전체 통과 전하량을 산출하였다. 이때 전체 통과 전하량은 식(3)에 의거하여 실험된 공시체의 투과면적으로 보정되었다.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{0.2} \quad (1)$$

$$Q = 900 (I_0 + 2I_{30} + 2I_{60} + \dots + 2I_{300} + 2I_{330} + I_{360}) \quad (2)$$

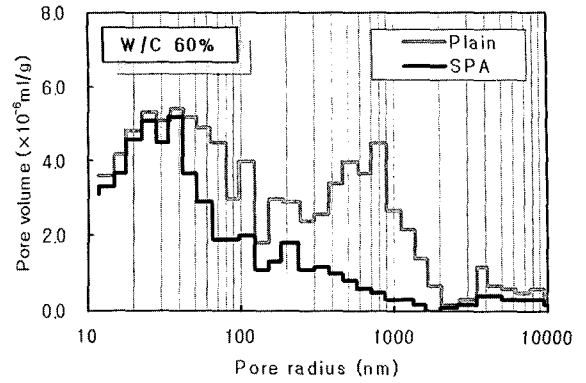
$$Q_s = Q_x \cdot \left(\frac{95}{x}\right)^2 \quad (3)$$

- 여기서, I : 전류(amperes), V : 전압(volts),
- R : 저항(ohms), Q : 통과전하량(coulombs)
- I<sub>0</sub> : 초기 전류값(amperes)
- I<sub>t</sub> : t분 후 전류값(amperes)
- Q<sub>s</sub> : Ø95mm를 통과한 전하량
- Q<sub>x</sub> : ØXmm를 통과한 전하량

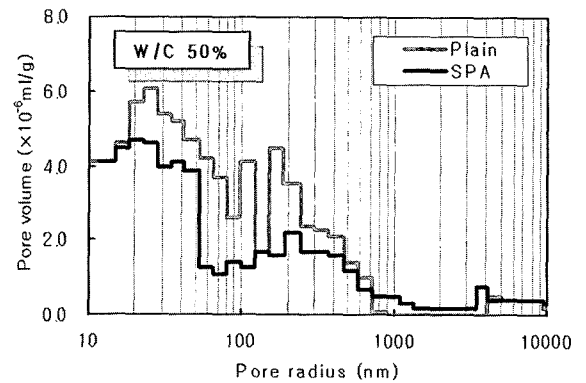
### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 전 세공용적 및 세공경 분포

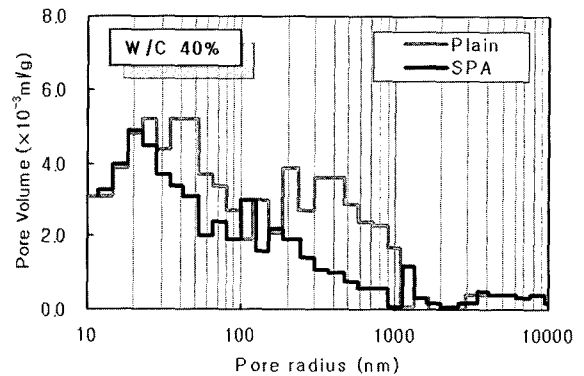
Fig. 3은 표면보호제 도포 28일 후에 측정한 콘크리트 표면의 총 세공용적을 나타낸 것으로 표면보호제를 도포



(a) W/C 60%



(b) W/C 50%

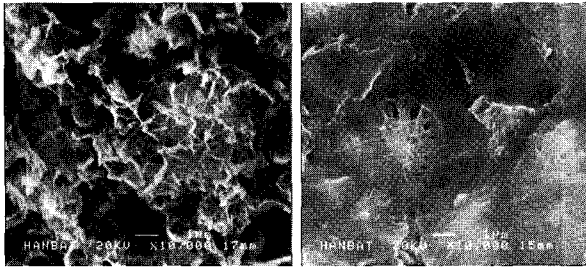


(c) W/C 40%

Fig. 4 Pore size distribution

한 시험체의 총 세공용적은 무도포 시험체와 비교하여 W/C 60 및 50%에서 약 0.04 ml/g, W/C 40%에서 약 0.02 ml/g 정도 감소하는 것으로 나타났으며, 표면보호제 도포에 따른 총 세공용적 감소폭은 W/C가 증가할수록 크게 나타났다.

Fig. 4는 표면보호제 도포 유무에 따른 물시멘트비별 세공경 분포를 나타낸 것으로서 물시멘트비가 커짐에 따라 50nm이상의 큰 공극이 증가하고 있다. 또한 모든 물시멘트비에서 표면보호제를 도포함으로써 도포전과 비교하여 50nm이상의 비교적 큰 세공경인 모세관공극의 용적이 감



(a) Plain (b) SPA

Fig. 5 SEM(W/C 60 %)

소하고 있었으며 W/C 60%에서 감소폭이 특히 큰 것으로 나타났다. 이는 표면보호제를 도포함으로써 중성화속도를 비롯한 내구성 측면에서 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있는 75~7500nm의 세공량이<sup>7,8)</sup> 감소한 것으로 표면보호제 도포에 의하여 총 세공용적 뿐만 아니라 세공분포에 있어서도 콘크리트의 내구성 향상에 기여할 것으로 사료된다.

Fig. 5는 표면보호제 도포 28일 후에 측정된 W/C 60% 모르타르 표면의 SEM 측정결과를 나타낸 것으로서 무도포 시험체에서의 표면 공극이 표면보호제 도포에 의하여 불용성의 불화금속염이 생성됨으로서 표면의 미세공극이 충전된 것을 확인할 수 있었다.

### 3.2 압축강도 및 표면경도

표면보호제 도포 유무에 따른 모르타르 압축강도 결과는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 W/C 60%에서 약 30MPa, W/C 50%에서 약 40MPa, W/C 40%에서 약 50MPa 수준을 보이고 있으며, 표면보호제 도포 유무 및 도포 후 재령에 따른 압축강도 증진은 나타나고 있지 않았다.

또한 콘크리트의 압축강도 결과는 Fig. 7에서 나타낸 바와 같이 모르타르 압축강도와 유사하게 표면보호제 도포 유무 및 도포 후 재령에 따른 압축강도 증진은 나타나고 있지 않으며, 모르타르 압축강도와 비교하여 약 2MPa 정도 낮게 발현하고 있었다.

표면보호제 도포 유무에 따른 로크웰 표면경도 측정결과는 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 표면보호제 도포에 의하여 무도포 시험체와 비교하여 로크웰 표면경도는 증가하는 것으로 나타났다. 도포 후 측정재령 7일까지는 표면보호제 도포에 따른 로크웰 표면경도는 무도포 시험체와 유사한 경향을 보이고 있으나, 측정재령 28일에서는 약 3HRL 정도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 표면보호제의 주성분인 규플로르화염이 콘크리트 내부의 유리석회와 화학반응하여 불용성의 불화금속염을 생성함으로써 콘크리트 표면의 미세공극을 충전하기 위해서는 28일 이상의 수화기간이 필요하기 때문인 것으로 사료된다.

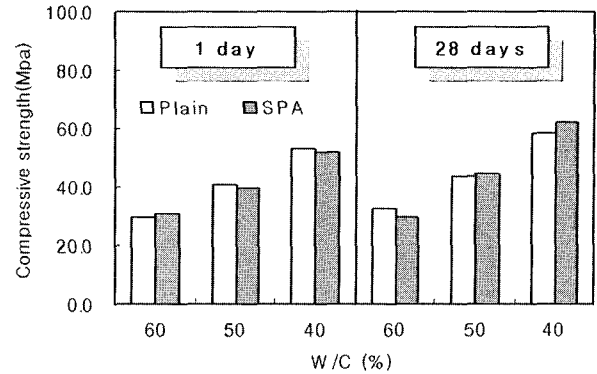


Fig. 6 Compressive strength of mortar specimen

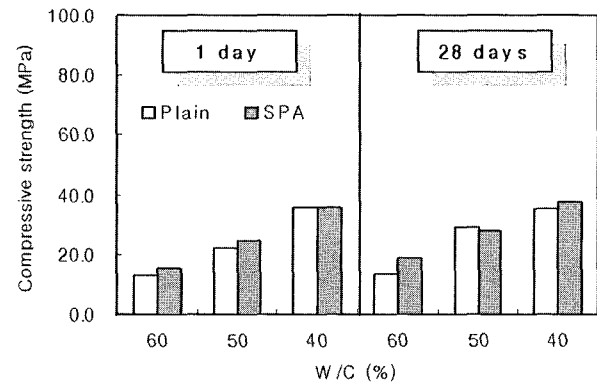


Fig. 7 Compressive strength of concrete specimen

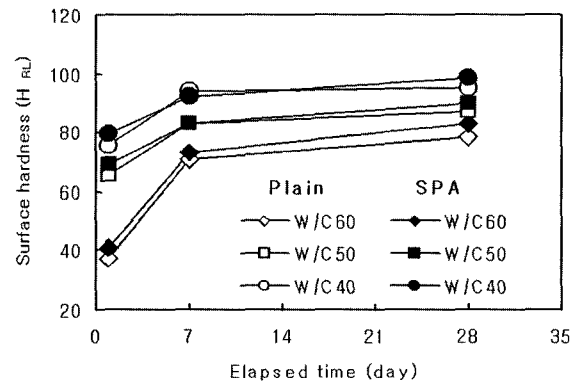


Fig. 8 Surface hardness

### 3.3 물 흡수 시험

Fig. 9는 표면보호제 도포 28일 후에 측정된 물흡수량 측정결과를 나타낸 것으로 표면보호제 도포 시험체의 물흡수량은 무도포 시험체와 비교하여 W/C 60%에서 2.74 kg/m<sup>2</sup>, W/C 50%에서 3.43 kg/m<sup>2</sup>, W/C 40%에서 2.87 kg/m<sup>2</sup> 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 표면보호제에 함유되어 있는 실리콘계 발수성분이 콘크리트 표면에 발수성 피막을 형성시켜 수분의 침투를 억제시킨 것으로 판단된다. 이와 같은 수분침투 억제효과로 인하여 콘크리트

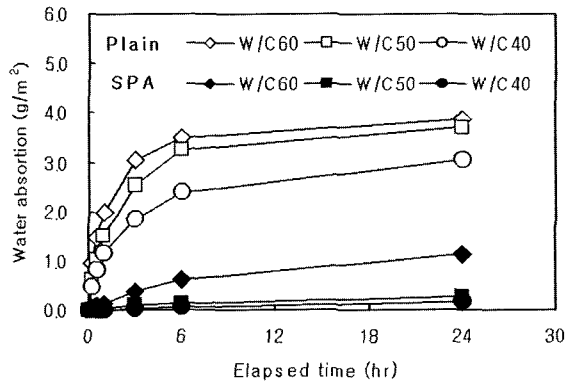
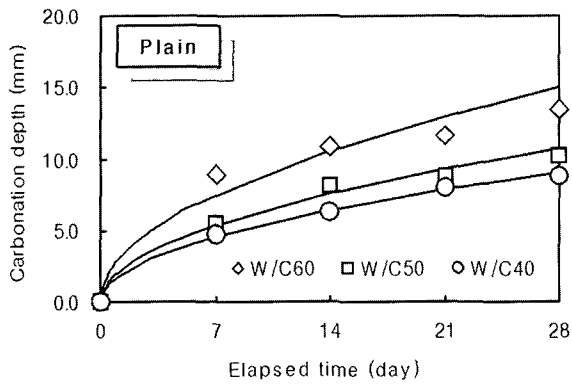
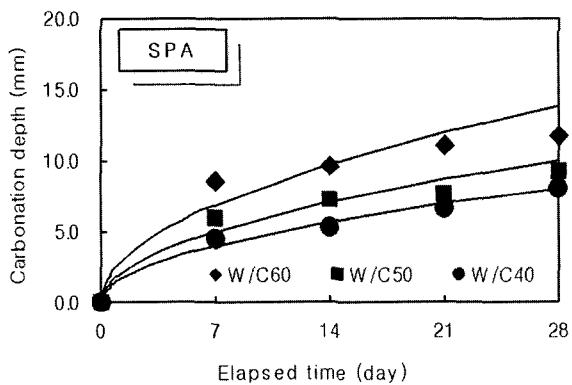


Fig. 9 Amount of water absorption



(a) Plain



(b) SPA

Fig. 10 Carbonation depth

내부로의 열화인자 침투를 억제시킬 뿐만 아니라 철근부식의 억제효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

### 3.4 촉진 중성화 시험

Fig. 10은 표면보호제 도포 28일 후에 측정된 촉진 중성화 시험 측정결과를 나타낸 것으로 표면보호제 도포한 시험체의 중성화깊이는 무도포 시험체와 비교하여 상대적으로 작게 나타나고 있다. 이를 일반적인 중성화속도식인  $C = A\sqrt{t}$  ( $C$ : 중성화깊이,  $A$ : 중성화속도계수,  $t$ : 시간)에 대입

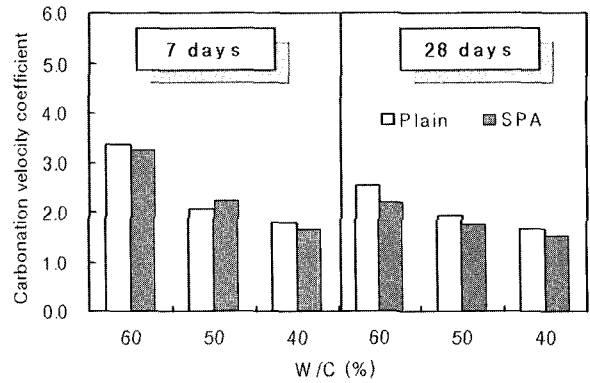


Fig. 11 Carbonation velocity coefficient

하여 중성화속도계수  $A$ 를 산출하면<sup>2,8)</sup> 표면보호제를 도포한 시험체의 평균 중성화속도계수는 약 0.2정도 작아지고 있다. 특히 표면보호제 도포 시험체의 촉진 중성화 재령 28일 중성화속도계수는 무도포 시험체와 비교하여 W/C 40%의 경우 0.16, W/C 50%의 경우 0.50, W/C 60%의 경우 1.05 정도 작은 것으로 나타나고 있어 W/C가 증가할수록 중성화억제 효과가 큰 것으로 사료된다.

Fig. 11은 촉진 중성화 재령 7일 및 28일의 중성화속도계수를 나타낸 것으로서 재령 7일에서는 표면보호제를 도포한 시험체의 중성화속도계수가 무도포 시험체와 비교하여 크지만, 재령 28일에서는 표면보호제를 도포한 시험체의 중성화속도계수는 무도포 시험체와 비교하여 작은 것으로 나타났다. 이는 표면보호제의 주성분인 규플로르화염이 콘크리트표면의 수산화칼슘( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )과 반응하여 불용성 불화금속염을 생성하기 때문에 무도포 시험체와 비교하여 촉진 재령 7일에서는 중성화깊이가 다소 빠르거나 유사하게 나타나고 있으나, 촉진 재령 28일에서는 규플로르화염의 화학반응에 의하여 생성된 불화금속염이 이산화탄소의 침투 및 확산이 비교적 용이한 모세관공극 용적을 감소시킴으로서 중성화속도가 작아진 것으로 사료된다<sup>8)</sup>.

### 3.5 5% 황산침지 시험

Fig. 12는 표면보호제 도포 유무에 따른 5% 황산침지 재령별 중량감소를 측정값을 나타낸 것으로서 W/C가 증가할수록 황산침지 중량감소율은 증가하고 있으며, 침지재령 56일 이후의 중량감소율이 크게 감소하는 것으로 나타났다.

표면보호제 도포 시험체의 침지재령 91일에서의 중량감소율은 무도포 시험체와 비교하여 W/C 60%에서 3.4%, W/C 50%에서 2%, W/C 40%에서 1% 정도 낮게 나타나고 있어 W/C가 증가할수록 표면보호제 도포에 의한 내황산성이 상대적으로 양호하게 나타났다. 이는 표면보호제의 규플로르화염이 콘크리트표면의 수산화칼슘( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )과 화학반응함으로써 콘크리트의 황산침지 경우 황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )과의 반

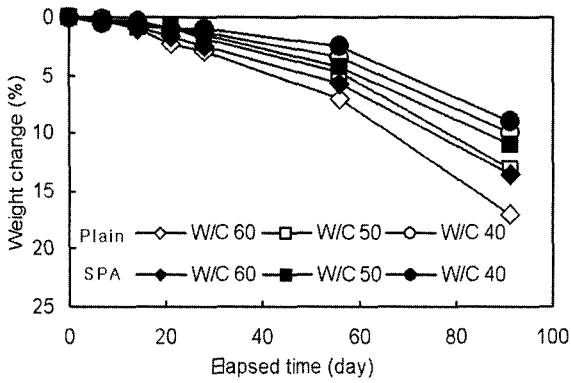


Fig. 12 Weight loss of immersion in a 5% sulphuric acid

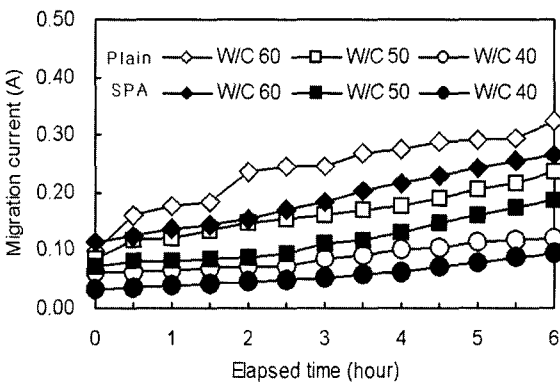


Fig. 13 Migration current

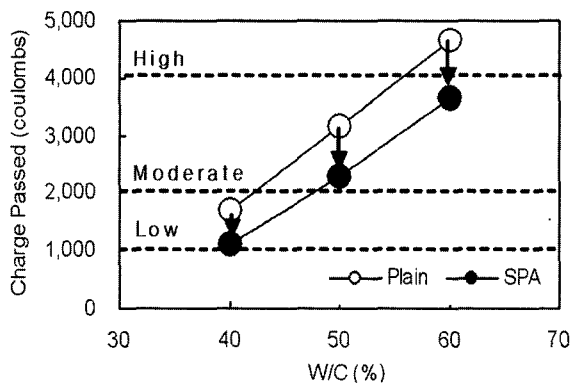


Fig. 14 Charge passed

응에 의하여 황산칼슘( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )을 생성한 후 팽창성 물질인 에트링가이트( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ )를 생성시키게 되는 수산화칼슘 양이 무도포 시험체와 비교하여 상대적으로 감소하였기 때문으로 사료된다<sup>9)</sup>.

### 3.6 염소이온 투과시험

Fig. 13은 측정시간에 따른 W/C별 이동전류값을 나타낸 것으로서 W/C가 클수록 이동전류값이 증가하는 것으로 나타났다.

Fig. 14는 표면보호제 도포 유무에 따른 통과전하량 측정결과를 나타낸 것으로서 표면보호제 도포 시험체의 통과전하량은 무도포 시험체와 비교하여 상대적으로 작은 통과전하량을 나타내고 있다. 무도포 시험체와 비교하여 표면보호제 도포 시험체의 통과전하량 감소량은 W/C 60%에서 1,017 coulombs, W/C 50%에서 894 coulombs, W/C 40%에서 581 coulombs으로서 물시멘트비가 증가할수록 표면보호제 도포에 의한 염소이온투과저항성이 향상되는 것으로 나타났다. 이는 콘크리트 내 세공구조의 변화, 즉 전세공용적의 감소와 침투 및 확산이 비교적 용이한 모세관공극 용적의 큰 감소로 인하여 콘크리트의 염화물이온 투과성이 향상된다는 기존 연구결과<sup>7)</sup>와 유사하게 표면보호제 도포에 의하여 콘크리트 표면의 전세공용적의 감소 및 모세관공극(50 nm 이상) 용적의 감소에 의한 것으로 사료된다. 이로 인하여 KS F 2711에서 제시하고 있는 염소이온침투성 평가기준은 표면보호제 도포에 의하여 W/C 60%의 경우 무도포 시험체의 「높음」에서 「보통」으로, W/C 50% 및 40%의 경우 각각 「보통」 및 「낮음」에서 염소이온투과저항성이 향상되는 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

규플로르화염을 주성분으로 하는 함침계 표면보호제 도포에 의한 콘크리트 표면의 세공구조 변화 및 중성화, 염해, 화학적 침식 등의 내구성 향상을 실험·실증적으로 검토하고자 한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 1) 모든 물시멘트비에서 표면보호제를 도포함으로써 도포전과 비교하여 전세공용적이 감소하고 있으며, 특히 50 nm 이상의 비교적 큰 세공경인 모세관공극의 용적이 감소하고 있어 총 세공용적 뿐만 아니라 세공분포에 있어서도 콘크리트의 내구성 향상에 기여할 것으로 사료된다.
- 2) 규플로르화염을 주성분으로 하는 함침계 표면보호제 도포 시험체는 무도포 시험체와 비교하여 촉진 재령 7 일에서는 중성화깊이가 다소 빠르거나 유사하게 나타나고 있으나, 촉진 재령 28일에서는 이산화탄소의 침투 및 확산이 비교적 용이한 모세관공극 용적이 감소함으로써 중성화속도가 감소하였다.
- 3) 규플로르화염을 주성분으로 하는 함침계 표면보호제 도포 시험체의 5% 황산침지 중량감소율은 재령 91일에서 무도포 시험체와 비교하여 W/C 60%에서 3.4%, W/C 50%에서 2%, W/C 40%에서 1% 정도 낮게 나타나고 있어 W/C가 증가할수록 표면보호제 도포에 의한 내황산성이 상대적으로 양호하게 나타났다.
- 4) 표면보호제 도포에 의하여 콘크리트 표면의 전세공용적의 감소 및 모세관공극(50 nm 이상) 용적의 감소로 인하여 표면보호제 도포 시험체의 통과전하량은 무도포 시험체와 비교하여 상대적으로 작은 통과전하량을 나타내고 있다.

## 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鐵筋腐食抑制効果に関する研究, 1996. 3.
2. 김무한 외, “중성화진행과 철근부식확률에 의한 철근 콘크리트 구조물의 수명예측”, 한국부식방식학회 논문집-부식과 방식, 3권 2호, 2004. 10, pp.69~75.
3. 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.
4. 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.
5. ASTM Standard C 1202, “Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration”, ASTM, 1990.
6. AASTO, “Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing”, Fourteenth Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington D.C., 1986.
7. 소양섭 외, “포졸란재 함유 콘크리트의 세공구조와 염화물이온 침투 저항성”, 콘크리트학회 논문집, 14권 1호, 2002, pp.100~109.
8. 金武漢ほか, “モルタル及びコンクリートの中性化に影響を及ぼす透氣係數に関する實驗的研究”, 日本コンクリート工学年次論文報告集, 2000. 6, pp.193~198.
9. 日本セメント協會, 콘크리트의耐久性, 日本セメント協會, 2003. 8, pp.18~116.

---

## 요 약

최근 들어 특별한 물리적 방법을 사용하지 않고 내구성능이 저하된 콘크리트의 성능을 회복시키는 방법의 일환으로서 콘크리트 표면보호재에 대한 관심이 높아지고 있다. 표면보호는 직접적인 의미로서는 콘크리트 구조물의 표면을 보호하는 것 뿐만아니라 다양한 열화요인의 침투를 억제함으로써 내부의 콘크리트 및 철근의 열화를 억제하여 콘크리트 구조물을 보호하게 된다. 이와 같은 표면보호재 중 함침계 표면보호재는 콘크리트 표면층의 공극에 충전 혹은 생성물을 석출시켜 치밀한 층으로 하는 충전계와 콘크리트 표면층의 외부 및 내부표면의 성질을 개선하는 표면계로 분류하는 것이 가능하다. 따라서 본 연구는 규플로르화염을 주성분으로 하는 표면형 함침계 표면보호재 도포에 의한 콘크리트 표면의 세공구조의 변화 및 중성화, 염해, 화학적 침식 등의 내구성 향상을 실험실증적으로 검토함으로써 콘크리트 구조물의 내구성향상 방안을 제시하고자 한다. 그 결과, 표면보호재를 도포함으로써 모든 물시멘트비에서 도포전과 비교하여 전세공용적이 감소하고 있으며, 특히 50nm이상의 비교적 큰 세공경인 모세관공극의 용적이 감소함으로써 물흡수성, 중성화 저항성, 내황산성, 염소이온침투 저항성 등의 내구성 향상에 기여하는 것으로 나타났으며, 그 효과는 물시멘트비가 클수록 높게 나타났다.

**핵심용어** : 함침계 표면보호재, 세공경, 세공분포, 내구성 향상, 콘크리트 표면

---