



표면 침투제에 따른 콘크리트의 염화물 침투와 동결융해 저항성에 대한 평가

양은익¹⁾·김명유^{1)*}·노병철²⁾·김정훈²⁾

¹⁾강릉대학교 토목공학과 ²⁾상지대학교 건설시스템공학과

(2005년 5월 16일 원고접수, 2005년 12월 30일 심사완료)

Evaluation on Resistance of Chloride Attack and Freezing and Thawing of Concrete with Surface Penetration Sealer

Eun-Ik Yang¹⁾, Myung-Yu Kim^{1)*}, Byeong-Cheol Lho²⁾, and Jeong-Hoon Kim²⁾

¹⁾Dept. of Civil Engineering, Kangnung National University, Gangnung 210-702, Korea

²⁾Dept. of Civil Engineering, Sangji National University, Wonju 220-702, Korea

(Received May 16, 2005, Accepted December 30, 2005)

ABSTRACT

Concrete has a void, which exists as one of defect in concrete. If the porosity of concrete increases, durability of concrete decreases. In this paper, to improve surface void of concrete, surface penetration sealers are applied to specimen. And, it were investigated that the resistances of chloride penetration and freezing and thawing for concrete with surface penetration sealer of two types. According to the results, surface penetration sealer has not show a harmful influence on strength and resistance of freezing and thawing. Surface penetration sealers were effective in the resistance of chloride penetration.

Keywords : void, surface penetration sealer, freezing and thawing, chloride

1. 서 론

콘크리트는 일반적으로 공극구조를 가진 재료로써, 공극은 콘크리트의 결함으로써 존재할 수 있다. 콘크리트 내부에 존재하는 공극율이 높아지면, 콘크리트의 내구성을 저하시킨다¹⁾. 콘크리트에 존재하는 공극은 구조물의 열화를 발생시키는 유해한 이온들의 이동 경로를 제공하게 된다. 다시 말하면, 공극은 탄산화를 일으키는 탄산가스(CO₂)와 콘크리트에 매립된 철근의 부식을 야기하는 염화물 이온(Cl⁻), 산소(O₂), 수분(H₂O)과 콘크리트의 침식의 원인이 되는 산이나 황산등의 침투 통로가 되는 것이다. 따라서, 콘크리트의 공극을 수밀하게 개선하기 위하여 물-시멘트비를 낮춘다거나 광물질 혼화재의 혼입¹⁻³⁾, 방수제의 도포등과 같은 연구가 있어왔다. 그러나, 유해 이온의 침투를 접하게 되는 콘크리트 표면의 공극 개선에 대한 연구⁴⁻⁵⁾는 국내외적으로 적은 편이다.

따라서, 본 연구에서는 콘크리트 표면 공극을 개선하기 위하여 유·무기계(B type)와 무기계(D type) 2가지 타입의 표면 침투제를 사용하여 콘크리트의 공극변화와 염화

물 침투에 대한 저항성을 살펴보았다. 또한, 표면 공극의 변화가 콘크리트의 동결융해 저항성에 미치는 영향에 대하여 연구하고자 하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용재료

본 실험에서 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 굵은골재는 임곡리 부근의 최대 골재 치수 25mm 쇄석골재를 사용하였으며, 잔골재는 연곡 하천의 자연사로 실험하였다.

실험에 사용된 골재의 물리적 특성은 Table 1과 같다. 또한, 본 연구에서는 현재 원자력 구조물에서 사용되는 배합표를 사용하여 두 종류의 강도(21, 38.5 MPa)를 가지는 콘크리트 시험체를 제작하여 실험하였으며, Slump는 10 ± 2 cm, 공기량은 5 ± 1%를 목표로 AE제와 SP제를 사용하여 배합하였다. 사용된 혼화제는 국내 J사의 것을 사용하여 실험하였다. 또한 두 강도 수준 모두 플라이애쉬를 각각 20% 대체 사용하였다.

* Corresponding author

E-mail : riuka@hanmail.net

©2006 by Korea Concrete Institute

Table 1 Physical properties of aggregate

Type	Item	Specific Gravity	Absorption (%)	F.M.
Sand		2.63	0.87	2.95
		2.74	0.62	6.53

Table 2 Mix proportions of concrete

Specimen	W/B (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)				
			C	W	S	G	Fly ash
21 MPa	50	45	280	178	779	960	70
38.5 MPa	45	44	305	169	739	1012	76

Table 3 Properties of surface penetration sealer

Type	Main component	Color	Viscosity (cp)	Surface tension (dyne/cm)	Solvent
B(organic+inorganic)	R ₂ O type (Silicate+ Sodium Alginate+ Solution Polymer)	Blue	4.13	38	Water
D(inorganic)	Silicate	Colorless-ness	3.72	26	Alcohol

Table 4 Test variables

Item	Detail	Content
Chloride penetration resistance	Immersion test	Surface penetration sealer type: (N, B, D) Strength level: (21, 38.5 MPa)
	CTH test	
Freezing-thawing resistance	Weight change	
	Dynamic modulus of elasticity	

2.2 표면 침투제의 물성과 메커니즘

콘크리트의 표면 공극을 개선하고자 사용된 표면 침투제는 무기계 1종과 유기계와 무기계를 혼합한 유·무기계 1종이며 기본 물성은 Table 3과 같다. 표면 침투제의 메커니즘은 실리케이트 성분이 콘크리트에 침투하여 수화물인 수산화칼슘(Ca(OH)₂)과 반응하여 C-S-H 겔을 형성하며, 침투하는 물을 흡수하여 팽창함에 의해 방수효과를 발휘한다. 침투된 실리케이트의 결합에 의해 공극이 밀실해지면서 수밀성 확보하게 되는 원리이다. 식(1)과 (2)는 실험에 사용된 유무기계 혼합형의 B type과 무기계 침투제인 D type의 화학 반응식을 각각 나타낸다.

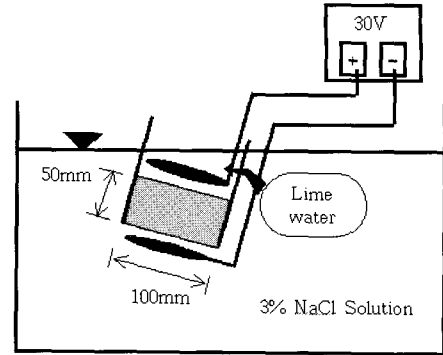
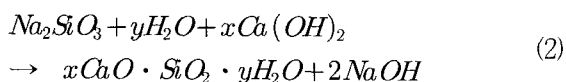
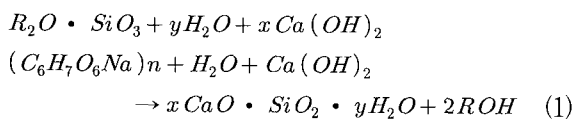


Fig. 1 CTH test

2.3 실험 변수 및 방법

2.3.1 실험 변수

본 연구에서는 크게 침투제에 따른 염화물 침투 저항성과 동결융해 저항성에 대하여 알아보고자 실험이 수행되었다. Table 4는 본 연구에서의 실험 변수를 나타낸다. 염화물 침투 저항성은 전기적인 촉진 실험(CTH)과 침지 실험을 통하여 염화물 침투 깊이와 확산계수를 통하여 평가하고, 동결융해 저항성 실험은 중량변화와 동탄성계수의 측정을 통하여 평가하였다.

침지 실험과 촉진 실험을 통하여 변색법에 의한 염화물 침투 깊이를 측정하여 확산계수를 구하고, 표면으로부터의 거리에 따른 농도프로파일을 얻음으로써 염화물 확산계수를 상호 비교하였다.

2.3.2 표면 침투제 적용 방법

유무기계 2종류의 표면 침투제 적용 방법은 시험체를 표면 침투제에 1시간 동안 완전히 침지시키는데 일정한 침투가 이루어지도록 하기 위해서이다. 침지가 끝나면 5일간 기중에서 자연건조 시킨 후, 3일간 수중 양생하여 표면 침투제를 적용시켰다. 5일간의 자연 건조는 침투제의 침투 후 충분한 반응이 일어나기 위해서는 3일 정도의 시간이 걸리는데, 적용된 침투제의 모든 반응이 종료되었다고 판단되는 5일의 시간을 결정하였다.

2.3.3 염화물 확산 침투 실험 방법

염화물 침투 실험은 침지 실험과 전기적 촉진 실험을 통하여 이루어졌는데, 침지 실험의 경우 자연 해수(농도 약 21 kg/m³)를 이용하여 NordTest NTBuild 443에 따라 농도차에 의한 콘크리트의 미세공극을 통하여 염화물이 확산하도록 실험하였다.

확산 촉진 실험은 Tang & Nilsson⁶⁾이 제안한 비정상 상태의 확산실험 장치를 통하여 실험하였다. Fig. 1은 확산 촉진 실험(CTH)의 전경을 나타내며, 시험은 30V로 8시간 동안 실험하였다.

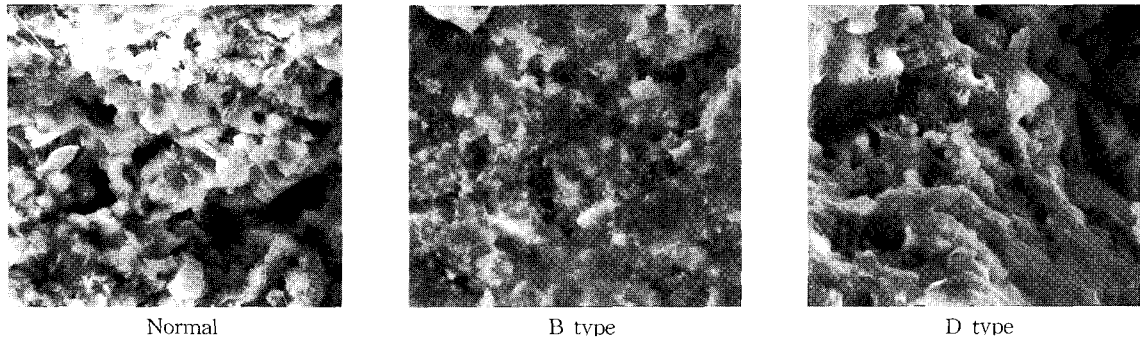


Fig. 2 SEM pictures of concrete with applying penetration sealer($\times 2000$)

2.3.4 공극 특성 측정

침투제 적용에 따른 표면 공극의 상대적인 변화를 알아 보고자 투기 및 투수 계수를 측정하였으며, 투수계수는 KS F 2322에 따라 측정하였다. SEM 사진은 2000배 확대하여 측정되었다.

2.3.5 동결융해 실험 방법

KS F 2456안에 규정되어 있는 콘크리트의 동해 대한 저항성을 판정하는 동결 융해 시험법에는 수중 동결 융해의 A법과 공기 중 동결, 수중 융해의 B법의 2종류가 있다. 두 시험 모두 1일 6-8회 동결 융해를 반복하는 급속법이다. 본 연구에서는 B법의 기중동결 수중 융해법을 사용하였으며, 30사이클마다 동탄성계수와 중량변화를 300사이클까지 측정하였다. 동결 융해에 사용된 시험체는 $100 \times 100 \times 400$ mm의 각주 시험체를 사용하여 20°C 에서 14일 수중 양생 후 실험 하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 침투제의 적용에 따른 콘크리트의 공극특성

콘크리트의 공극은 일반적으로 겔공극과 모세관 공극, 연행공기, 간헐공기로 나뉘어진다. 이러한 공극 중 가장 많은 부분을 차지하는 것은 모세관 공극이다. 이러한 공극은 콘크리트에 결함으로 존재하게 되며, 결함을 줄이기 위한 노력의 일환으로 다양한 연구가 진행되어왔다. 예를 들어, 물-시멘트비의 저감, 광물질 혼화제의 혼입, 팽창재와 구체방수제의 사용 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 콘크리트 표면의 수밀성을 확보하기 위하여 사용된 표면 침투제를 적용한 콘크리트 시료에 대하여 투수계수와 SEM 사진을 분석하였다.

3.1.1 SEM 사진

Fig. 2는 SEM사진 분석결과를 나타내는데, 표면 침투제를 코팅한 B와 D type의 경우 처리하지 않은 시편에 비해 콘크리트의 내부 공극이 상대적으로 수밀함을 보인다. 특

히 유기계 혼합형인 B type이 좀 더 치밀한 조직을 보였다. 이는 침투제의 메커니즘에서 설명한 실리케이트성분이 콘크리트 수화 생성물인 수산화칼슘과 반응하여 C-S-H겔을 형성하였기 때문이다.

3.1.2 투기 및 투수계수

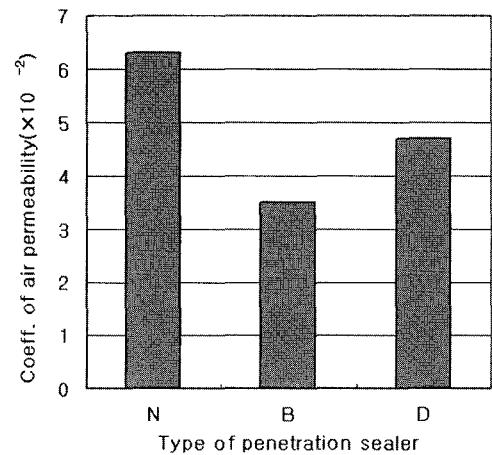


Fig. 3 Coeff. of air permeability with penetration sealer($\times 10^{-2} \text{mm}^2/\text{s}$)

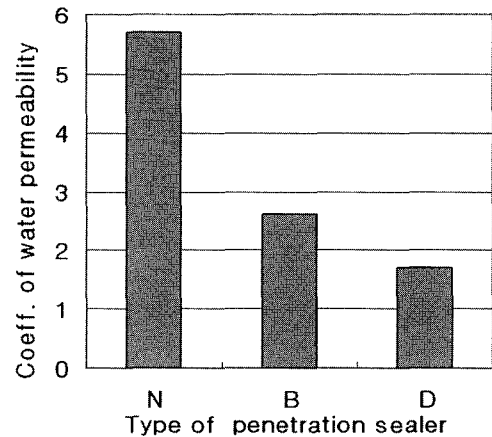


Fig. 4 Coeff. of water permeability with penetration sealer($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)

Figs. 3과 4는 투기 및 투수계수 실험결과를 나타내는데, 표면 침투제를 도포함으로써 표면 공극의 수밀성 향상으로 인하여 투수계수가 적게 나타났다.

본 연구에서 사용된 침투제의 성능이 무기계 포졸란 활성재와 유기계 고분자 화합물의 합성재를 주성분으로 하는 분말형 구체 방수제와 비슷한 성능을 보였다. 분말형 구체 방수제의 메커니즘 또한 칼슘 실리케이트와 칼슘 알루미늄 이트의 수화물이 생성됨으로써 수산화 칼슘의 용출의 방지되고 포졸란 작용의 효과를 얻는 방수제이다⁷⁾.

3.1.3 표면 침투제의 방수층의 침투 깊이

본 연구에서 사용된 표면 침투제는 실험 방법에서 설명한 것처럼 침투 용액에 침지하여 도포하였다. 침지 후 침투제의 침투 깊이를 측정하여 보았다. Fig. 5는 B와 D type의 표면으로부터의 방수층 두께 결과를 나타낸다. 결과는 B type의 경우가 D type에 비해 두꺼운 방수층을 형성하는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 역학적 특성

Fig. 6은 표면 침투제를 적용함에 따른 경화 콘크리트의 압축강도의 결과를 나타낸다. 결과에 따르면, 두 강도수준 모두 표면처리와 무처리 콘크리트의 강도는 5% 내외 정도로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

따라서, 콘크리트 표면에 침투제를 적용하여도 압축강도에는 나쁜 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 이때, 38.5 MPa 콘크리트의 경우, 목표한 강도보다 적게 나타난 것은 플라이애쉬의 혼입으로 인한 초기 강도 발현이 적은데서 기인한 것으로 판단된다.

3.3 동결융해 저항성 결과

본 연구에서는 표면 침투제와 강도수준에 따른 동결융해 저항성을 검토하고자 중량과 동탄성 계수를 측정하였다.

Fig. 7은 21 MPa와 38.5 MPa 두 종류에 대하여 표면처리를 하지 않은 시험체(N type)와 B type과 D type으로 표면 공극을 변화시킨 시험체의 동결융해 실험 동안의 중량 변화의 결과를 나타낸다.

결과를 살펴보면, 중량 변화율에 있어서 21 MPa 수준의 시험체가 38.5 MPa 시험체에 비해 중량 변화가 약간 크게 나타났다. 이는 물-시멘트비가 낮아짐으로 인하여 공극이 수밀해지기 때문에 공극의 자유수가 적음으로 인한 결과이다. 그러나, 표면 침투제의 종류에 따라서 중량 변화의 차이는 거의 없음을 보였다.

Fig. 8은 중량 변화와 함께 측정된 동탄성계수의 변화율을 나타내는데, 중량변화와 동일한 양상의 결과를 보인다. 또한, 표면 침투제에 상관없이 38.5 MPa의 경우는 대략 8

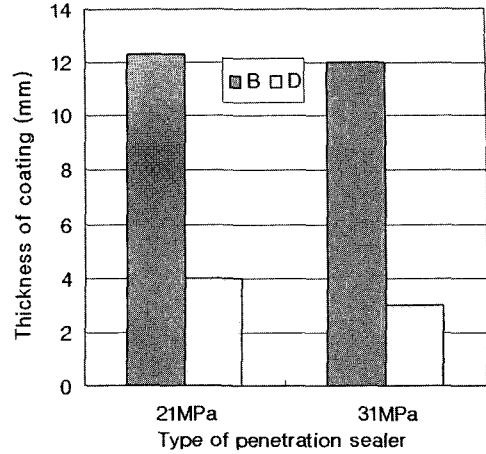


Fig. 5 Thickness of coating material

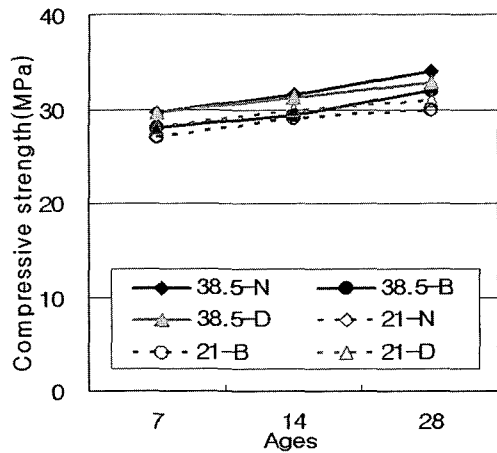


Fig. 6 Comparison on compressive strength

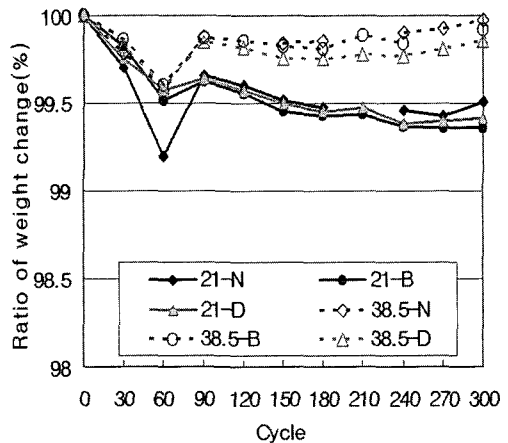


Fig. 7 Weight change

% 감소하였으며, 21 MPa는 약 11%의 감소를 보였다. 실험이 끝난 시험체의 표면을 육안으로 조사하였을 경우, 균열은 관찰되지 않았으며 약간의 스케일링만이 관찰되었다.

이러한 중량변화와 동탄성 계수 결과를 살펴볼 때, 콘크리트 표면에 침투제를 적용하여도 동결 융해 저항성을 감소시키지 않는 것으로 판단된다.

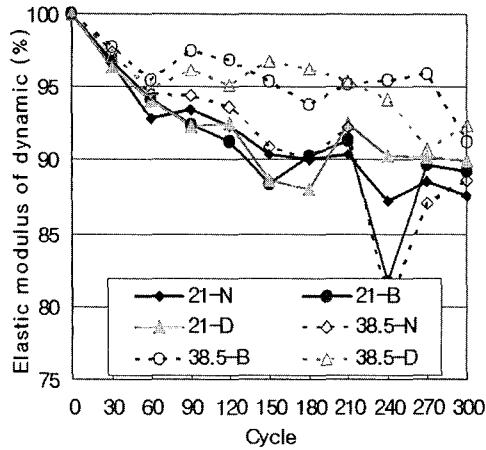


Fig. 8 Dynamic modulus of elastic

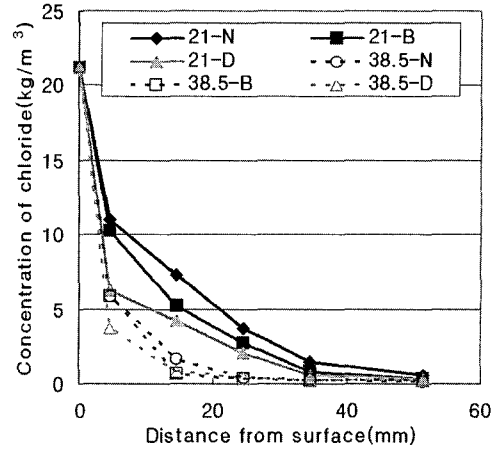


Fig. 11 Concentration profile

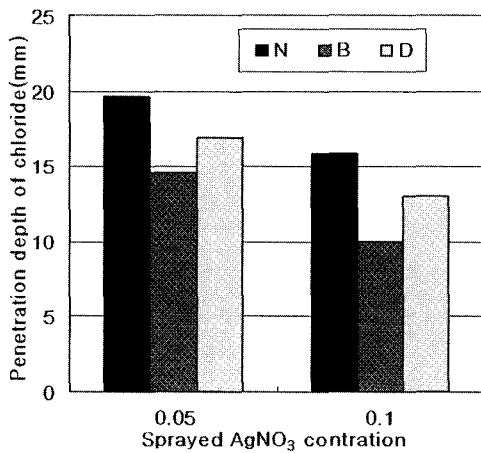


Fig. 9 Penetration depth of chloride(21MPa)

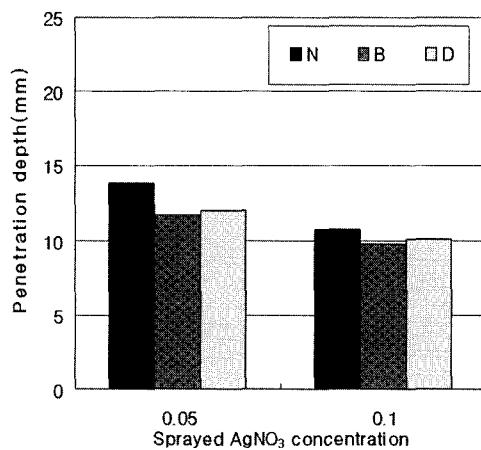


Fig. 10 Penetration depth of chloride(38.5MPa)

3.4 염화물 침투 저항성

3.4.1 염화물 침투 깊이

본 연구에서는 확산계수를 통하여 침투제의 염해에 대한 저항성을 조사하기 위하여 여러 방법 중 대표적인 침지 실험과 촉진실험(CTH)을 비교 실험 하였다.

Fig. 9는 21 MPa 시험체의 해수 침지 3개월 후의 변색법에 의해 측정된 침투 깊이 결과를 나타내며, Fig. 10은 38.5 MPa의 6개월된 시험체의 결과이다.

연구 결과에 따르면, 두 강도 수준 모두 B type의 표면 처리제가 염화물 침투를 억제하는데 있어 가장 좋은 성능을 가지는 것으로 평가되었다. 또한 D type의 경우도 무처리한 경우(N)에 비해 염화물의 침투를 억제하는 성능을 가지고 있는 것으로 판단된다. 또한, 강도 수준이 높을수록 염화물의 침투가 적은 것으로 나타났으며, 표면 침투제 효율도 저하하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 38.5 MPa의 경우 낮은 물-시멘트비에 추가로 플라이애쉬 20%대체함으로써 침투제 적용이 아니더라도 충분히 공극이 수밀함으로 인하여 효율의 감소를 가져온 것으로 판단된다.

3.4.2 깊이별 염화물량

침지 실험에 의하여 얻어지는 농도 프로파일은 염화물 확산계수의 평가에 있어 중요한 의미를 가진다. 본 연구에서는 침투제를 도포한 시험체를 염화물 용액(해수)에 일정 재령을 침지시킨 후, 3mm의 시료를 채취하여 염화물량을 측정하였는데, 측정 포인트는 표면으로부터 평균깊이 5(3.5~6.5), 15(13.5~16.5), 25(23.5~26.5), 35(33.5~36.5), 50(48.5~51.5) mm이다.

Fig. 11은 6(38.5 MPa)~8개월(21 MPa) 침지한 시험체의 깊이별 자유염화물량 결과를 보인다. 결과는 38.5 MPa의 강도수준에서 급격한 농도 프로파일을 보인다. 또한, 표면 침투제를 처리하지 않은 경우의 시험체가 저강도(21 MPa)에서 표면 처리한 시험체에 비해 완만한 농도프로파일을 가진다. 이러한 결과는 저강도의 경우, 침투제를 표면에 도포함으로써 표면 공극의 개선 효과로 인하여 표면에 인접한 거리에서의 침투 염화물량 값이 적기 때문이다. 그러나, 고강도(38.5 MPa)의 경우에는 표면침투제의 효율이 저하하는 것을 보이는데, 38.5 MPa의 경우, 침지 실험에 의한 침투 깊이 결과에서도 동일한 경향을 보인다. 또한, 표면처리

의 종류에 대해서는 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았으며, 뒤이은 확산계수의 결과에서도 동일하게 나타난다. 이러한 염화물량의 경향은 Fick's의 second law의 일반해를 이용하여 확산계수를 결정지을 때 영향을 미치게 되며, 농도프로파일에 있어 급격한 기울기를 보일 경우 확산계수가 작게 평가된다.

3.4.3 표면처리와 평가법에 따른 염화물 확산계수의 비교

확산계수는 염화물 환경에 놓인 RC구조물의 부식 개시시기를 예측할 수 있다는 점에서 중요한 의미를 갖는다. 확산계수 평가를 위하여 본 연구에서는 침지실험과 전기적 촉진 실험을 사용하여 확산계수의 비교분석을 하고자 하였다. 이러한 염화물 침투 실험을 통하여 아래와 같은 식을 이용하여 염화물 확산계수를 평가하였다. 식(3)는 침지실험을 통하여 얻어지는 농도프로파일의 결과로 결정되는 확산계수(D_c)이고, 식(4)와 (5)는 변색법⁸⁾을 통하여 측정되는 염화물 침투 깊이(x_d)의 결과에 의한 확산계수(D_a)를 나타낸다.

$$\frac{C(x, t)}{C_0} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{4Dt}}\right) \quad (3)$$

$$y_d = \operatorname{erfc}^{-1}\left(\frac{c_d - c_i}{c_0 - c_i}\right) \quad (4)$$

$$D_a = \left(\frac{x_d}{y_d \sqrt{4t}}\right)^2 \quad (5)$$

위의 식(3)에서 C_0 는 초기 농도를 말하며, x 는 측정 깊이, t 는 침지 재령을 말한다. 식(4)와 (5)에서 C_i 는 콘크리트 내부의 초기농도로써, 0으로 가정하였다. C_d 는 질산은 분무에 의해 발생하는 변색구간에서의 실제 염화물 농도를 측정하여 반영하였다. x_d 는 질산은 분무에 의해 측정된 염화물 침투 깊이를 말한다. 식(6)과 (7)은 Tang & Nilsson이 제안한 촉진실험에 의한 확산계수에 관한 식을 나타낸다. 아래 식 (6)과 (7)에서 R은 기체상수, T는 절대온도, F는 페러데이 상수, E는 전위차, x_d 는 질산은 분무에 의해 측정된 염화물 침투 깊이를 말한다.

$$D = \frac{RT}{zFE} * \frac{x_f}{t} \quad (6)$$

$$x_f = x_d - 1.061x_d^{0.589} \quad (7)$$

Fig. 12는 전기적인 촉진실험(CTH)에 의한 확산계수를 나타낸다. 결과는 침투깊이와 마찬가지로 공극이 수밀함으로 인하여 강도가 높을수록 확산계수가 적게 나타났다. 표면 처리에 따른 염화물 확산계수는 표면 처리를 함으로써 염화물 이온의 확산을 감소시키는 결과를 보였지만, 표면 처리의 중

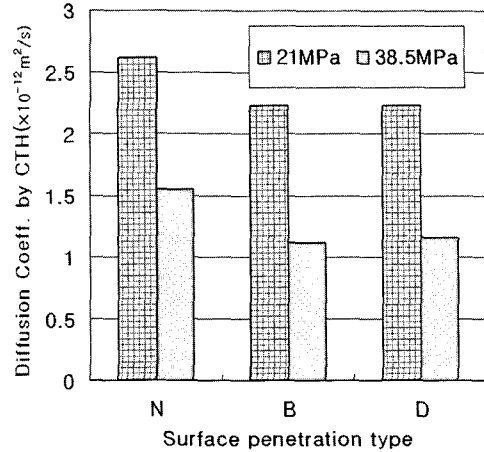


Fig. 12 Diffusion coefficient by CTH

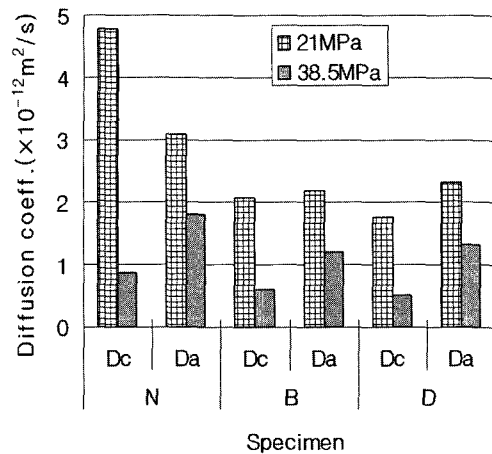


Fig. 13 Diffusion coefficient by immersion test (Da, Dc)

류에 따른 확산계수의 차이는 없는 것으로 나타났다.

Fig. 13은 침지실험에 의해 결정된 두 가지 확산계수 D_a , D_c 를 나타낸다. 결과를 살펴보면, D_a , D_c 모두 침투체의 적용이 확산계수를 저감하는 결과를 보인다. 고강도의 경우는 앞의 결과와 동일한 양상으로 나타났는데, 표면 침투체의 효율이 저강도에 비해 저하하는 것으로 나타났다.

또한, 침지실험에 의한 확산계수의 평가의 경우, 대체적으로 침투깊이에 의한 확산계수(D_a)가 크게 평가되었다. 한편, 21MPa 시험체의 농도프로파일에 의한 확산계수(D_c) 경우 다른 경우에 비해 다소 크게 나타났는데, 이는 농도프로파일 측정시 오차로 사료된다. 그러나, 전반적으로 세 시험법이 모두 비슷한 수준의 염화물 확산계수 결과를 보였다.

이러한 염화물 침투 결과에 따르면, 본 연구에서 적용한 두 가지 타입의 침투체가 염화물 침투에 대하여 우수한 성능을 가지는 것으로 밝혀졌으며, 특히 저강도쪽에서 좀 더 탁월한 성능을 발휘하는 것으로 나타났다. 우수한 염해 저항성은 공극 개선의 효과에 따른 것으로, 투기 및 투수계수에서도 침투체 도포의 경우 계수값이 줄어들음을 보였다.

또한 SEM사진에서도 공극을 밀실하게 하는 것으로 나타났다. 그러므로, 적절한 표면 침투제는 염화물의 확산 속도를 늦춤으로써 부식 개시시기의 연장에 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 결 론

위의 연구 결과를 토대로 다음과 같은 몇 가지 결론을 내릴 수 있다.

- 1) 표면 침투제의 적용은 콘크리트의 강도에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.
- 2) 침투제의 적용에 따른 중량과 동탄성 계수의 변화 결과를 살펴볼 때, 동결 용해 저항성에 영향을 주지 않는다.
- 3) 표면 침투제의 도포가 공극 개선의 효과로 인하여 투기 및 투수계수를 줄이는 것으로 나타났다.
- 4) 침투제의 도포는 두 강도 수준 모두에서 염화물 침투 깊이를 감소시킴으로써 염화물 확산계수를 저감시켰다.
- 5) 적용된 침투제는 공극 개선의 효과를 발휘함으로써, 염화물 침투를 억제하는 것으로 나타났다. 즉, 적절한 표면 침투제의 적용은 콘크리트 표면 공극을 개선함으로써 염화물의 침투를 받는 구조물에 있어 부식 개시시기를 연장할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부 전력산업 연구개발 사업의 지원을 받아 수행되었으며 관계제위에 감사드립니다.

참고문헌

1. 박승범, 김도겸, “콘크리트 중의 염소이온 확산특성에 관한 실험적 연구”, 콘크리트학회 논문집, 12권 1호, 2000. 2, pp.33~44.
2. 문한영, 김홍삼, “고로슬래그미분말 혼합 콘크리트의 공극구조 및 염소이온 확산특성”, 한국콘크리트학회 가을학술논문집, 14권 2호, 2002. 11, pp.365~368.
3. 김명유, 양은익, 민석홍, 심상배, 최중철, 이광교, “광물질 혼화제가 콘크리트의 염화물 확산계수에 미치는 영향”, 한국콘크리트학회 가을학술논문집, 15권 2호, 2003. 11, pp.281~284.
4. 이창수, 성재덕, 윤인석, “콘크리트 구조물용 표면도장 공법의 차염성능의 최적화에 대한 연구”, 한국콘크리트학회 가을학술논문집, 16권 2호, 2004. 11, pp. 233~236
5. 유성원, 서정인, 하헌재, 이상민, 이상근, “고성능 표면 침투제가 도포된 콘크리트의 물리특성”, 한국콘크리트학회, 가을학술논문집, 16권 2호, 2004, pp.809~812.
6. Tang, L. and Nilsson, L.-O., “Rapid Estimation of Chloride Diffusivity in Concrete by Applying an Electrical Field,” *ACI Materials Journal*, Jan-Feb. 1992, pp.49~53.
7. 한국콘크리트학회, “특수콘크리트공학”, 한국콘크리트학회, 2004, pp.357~365.
8. 김명유, 양은익, 이광교, 민석홍, “콘크리트 염화물 침투특성 평가를 위한 변색법의 적용”, 한국콘크리트학회, 봄학술논문집, 16권 2호, 2004. 11, pp.798~801.

요 약

콘크리트는 내부에 결함 중 하나로써 존재하는 공극을 가진 재료이다. 만약 콘크리트의 공극률이 증가하면 콘크리트의 내구성은 감소하게 된다. 본 연구에서는 콘크리트의 표면 공극을 개선하기 위하여 표면 침투제를 시험체에 적용하였다. 그리고, 두 가지 유형의 표면 침투제를 이용하여 콘크리트에 도포함으로써 염화물 침투에 대한 저항성과 동결융해 저항성을 평가하였다. 결과에 따르면, 표면 침투제는 강도와 동결융해 저항성에 악영향을 미치지 않은 것으로 보인다. 염화물 침투 저항성에 있어 표면 침투제가 효과적임을 알 수 있었다.

핵심용어 : 공극, 표면 침투제, 동결융해, 염화물