

알칼리 실리케이트계 침투성 콘크리트 표면보호재의 내구성

Durability of Hydrophilic Alkali Silicate Impregnant of Concrete Structure

송 훈*

Song, Hun

이 종 규**

Lee, Jong-Kyu

추 용 식***

Chu, Yong-Sik

김 영 엽****

Kim, Young-Yup

Abstract

It is essential every concrete structure should continue to perform its intended functions, that is maintain its required strength and durability, during the service life. However, deterioration occurs more progressively from the outside of concrete exposed to severe conditions. Deterioration in the concrete structure is due to carbonation and chloride ion attack. Therefore, concrete structure is needed to surface protection for increase durability using impregnant. Impregnant classify into two large groups in polymeric and silicate materials. Silicate impregnant is included silane and alkali silicate(sodium and lithium silicate). Thus, this study is concerned with carbonation and chloride ion resistance of self cleaning hydrophilic impregnant of concrete structure using lithium and potassium silicate.

From the experimental test result, lithium and potassium silicate have a good properties as a carbonation and chloride ion resistance. Lithium and potassium silicate make good use of hydrophilic impregnant.

키워드 : 표면보호재, 자기세정, 탄산화, 내구성

Keywords : Impregnant, Self cleaning, Carbonation, Durability

1. 서 론

표면보호공법은 콘크리트 구조물 표층부의 내구성 향상 또는 열화진행 억제에의 효과를 목적으로 보호재를 콘크리트 표면으로부터 함침시켜 표층부를 개질하여 내구성능을 향상시킨다. 표면보호공법은 탄산화, 염해, 동해, 알칼리골재반응 등의 콘크리트 구조물의 열화를 억제·방지하는 대책으로서 유효하며 예방 보전을 전제로 하는 신설 구조물의 적용 및 열화가 어느 정도 진행된 기존 구조물의 보수 혹은 기타의 보수공법과 겸용하여 적용하는 것이 가능하다. 시판되는 표면보호재중 범용으로 사용하는 함침재의 주성분은 실란계 및 실리케이트계로 구분할 수 있다. 실란계 및 실리케이트계 표면보호재는 콘크리트표면이나 균열부에 함침하여 표면부터 수 μm 의 범위에 걸쳐 보호층을 형성하여 물 혹은 염화물이온 등의 열화인자 침입을 방지하며 알칼리 실리케이트계를 적용하는 경우는 탄산화된 부위에 알칼리를 공급하여 재알칼리화를 도모한다.

또한, 실리케이트계는 콘크리트에의 침투성을 향상시키기 위한 점도 및 실리카의 함량조절, 콘크리트 중의 수산화칼슘과의 반응을 개선하기 위한 반응촉진제, 경화제 등을 첨가하여 제조된다. 콘크리트구조물 외관의 손상없이 비교적 간편하게 시공할 수 있으며 미세기공을 완전하게 메우지 않으므로 콘크리트 본래의 호흡성을 손상하지 않는 특징을 지닌다⁽¹⁾⁻⁽⁷⁾.

* 요업기술원 시멘트·콘크리트팀, 선임연구원, 공학박사

** 요업기술원 시멘트·콘크리트팀, 책임연구원, 공학박사

*** 요업기술원 시멘트·콘크리트팀, 선임연구원, 공학박사

**** 요업기술원 시멘트·콘크리트팀, 연구원

본 연구에서는 콘크리트 표면보호재로 범용적으로 사용되는 실리케이트계를 사용하여 자기세정에 의한 오염물질 제거를 위해 표층부에 친수성의 기능성을 부여하고자 한다. 또한 시험체의 탄산화 및 염화물이온 침투저항성 등의 내구성능 검토 및 콘크리트 구조물에의 적용을 위한 침투 및 시공방법에 대해 검토하고자 한다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 사용재료 시험체 제작

표면보호재의 원료로는 Y 및 S사의 시판되는 리튬 및 포타슘실리케이트를 사용하였고 증류수를 사용하여 실리카 함량을 조절하였고 물성은 표1과 같다. 자기세정용 친수성 보호재를 제조하기 위한 원료의 배합은 표2와 같다.

바탕 콘크리트 시험체의 물시멘트비는 54.3%이며 단위수량은 157kg/m³이며 표3과 같다. 콘크리트 시험체는 시험체 제작방법에 준하여 제작하였다. 탄산화 및 염화물이온 침투시험은 100×200mm의 원형시험체를 사용하여 측정하였다.

2.2 촉진탄산화 및 염화물이온 침투저항성 시험

촉진 탄산화시험은 20℃, 60%R.H., 10%의 이산화탄소조건인 챔버를 사용하여 실시하였으며, 1% 페놀프탈레인용액을 분무하여 백색을 발하는 부분을 탄산화 깊이로 측정하였다. 또한, 염화물 이온 침투시험은 20℃의 2.5% 용액 중에 4주간 침적한

표1. 실리케이트의 물리·화학적 성질

	Symbol	Color	Silica Content (%)	Li ₂ O Content (%)	K ₂ O Content (%)	Mole Ratio	Density (g/ml)	Viscosity (cps at 20°C)
Lithium Silicate	LS	water-white	21.6	1.37	-	7.93	1.17	27.2
Potassium Silicate	PS	water-white	20.0	-	6.50	4.36	1.20	8.5

표2. 표면보호재의 배합표

단위(wt.%)

Type	SI ₂ Content (%)	Liquid		Hardener (wt.%)
		PS	LS	
Plain	-	-	-	-
HP-P	5	100	-	0.15
	10	100	-	0.15
	20	100	-	0.15
HP-PL	5	75	25	0.15
	10	100	25	0.15
	20	75	25	0.15

표3. 콘크리트 시험체의 배합표

	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)				AE agent (C*%)	Slump (cm)	Air content (%)	Compressive strength (MPa)
			W	C	S	G				
Con	54.3	47.5	157	289	888	989	0.9	11	4.7	24

후, 0.1% 플로르세이나트륨 용액과 0.1N 질산은 용액을 분무하여 형광을 발하는 부분까지를 염화물이온 침투깊이로 산정하였다.

에 적용된 표면보호재의 경우 20cP 이하의 저 점도로 콘크리트 표층부로의 흡수에 의한 효과를 기대할 수 있었다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 침투성 표면보호재의 점도

침투성 표면보호재의 점도를 그림 1, 2에 나타내었다. 표면보호재의 점도는 실리카함량의 증가에 따라 증가하였으며 온도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. 점도는 실리카 함량의 증가에 따라 점도차도 크게 나타났다. 또한, HP-PL20 시험체의 점도가 가장 높게 나타났으며 이는 리튬실리케이트의 점도가 높음에 기인한다. 침투성 표면보호재의 점도는 콘크리트 표층부로의 침투깊이에 영향을 미치며 점도가 작을수록 작업성 및 침투성능이 우수하다.

3.2 탄산화 저항성

탄산화 저항성 시험결과를 그림 3 및 그림 5에 나타내었다. 표면보호재는 일반적으로 나노미터 크기의 입자이므로 콘크리트의 모세관공극을 충전하여 구체강화 및 열화방지의 효과를 발휘한다. 본 실험에서도 콘크리트 표면보호재를 적용한 HP 시험체의 경우 Plain 시험체 보다 탄산화의 진행이 적어 표면보호재의 효과를 확인할 수 있었다. 또한 HP-P 및 HP-PL 시험체 모두 실리카함량이 높을수록 탄산화의 진행정도가 작은 경향을 보였다. 실리카함량이 높을수록 모세관 충전에 의한 효과는 기대할 수 있으나 점도가 증가하는 경우 반대로 콘크리트에의 침투성능이 저하하므로 적절한 점도 유지가 필요하다. 본 시험

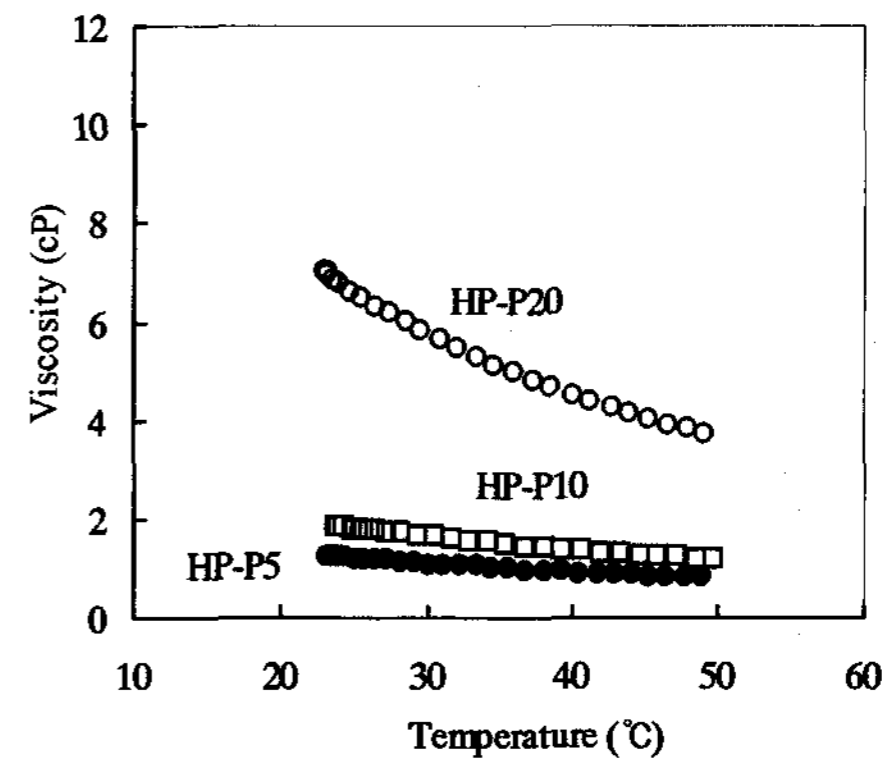


그림 1. HP-P용액의 점도

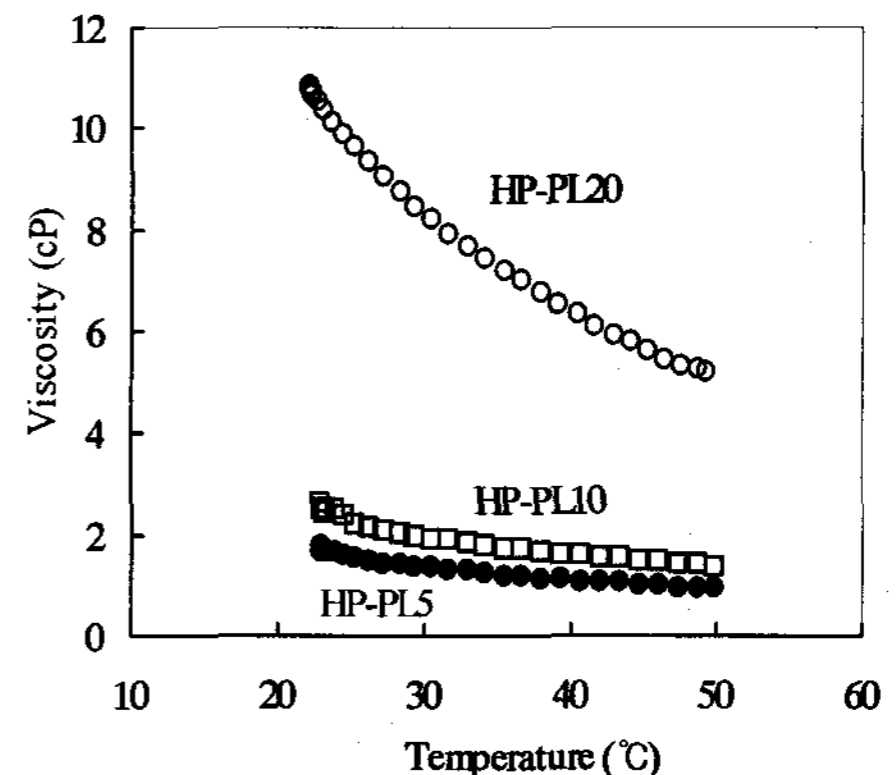


그림 2. HP-PL 용액의 점도

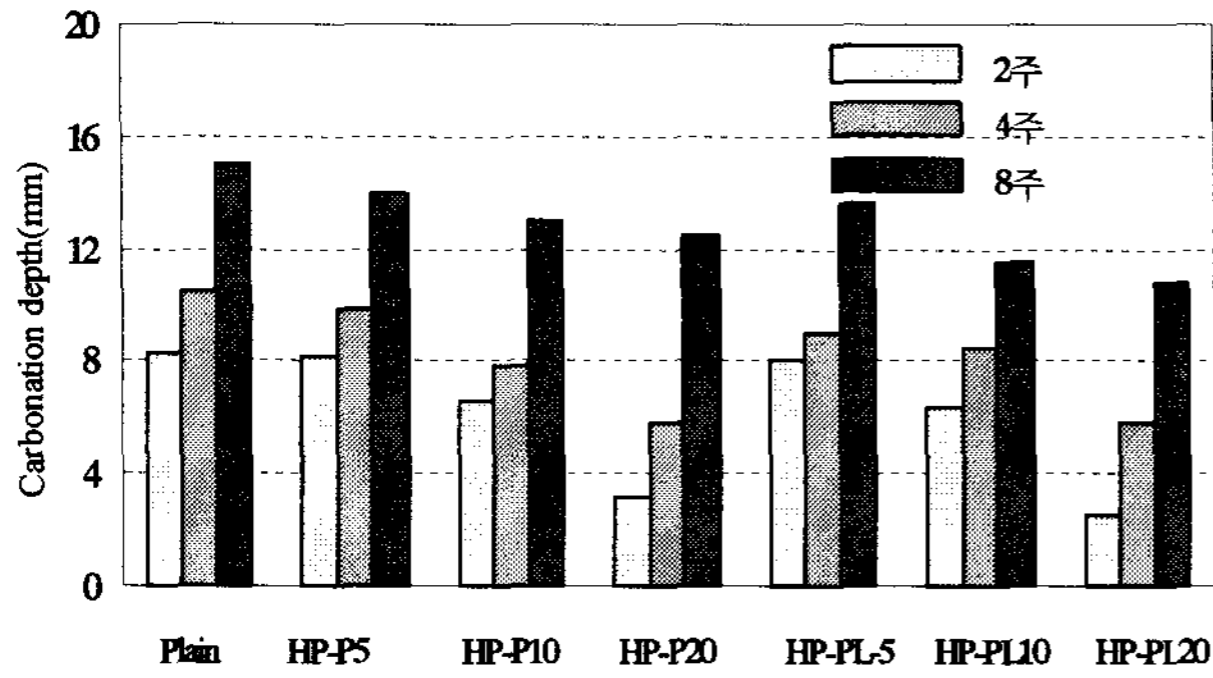


그림 3. 탄산화깊이

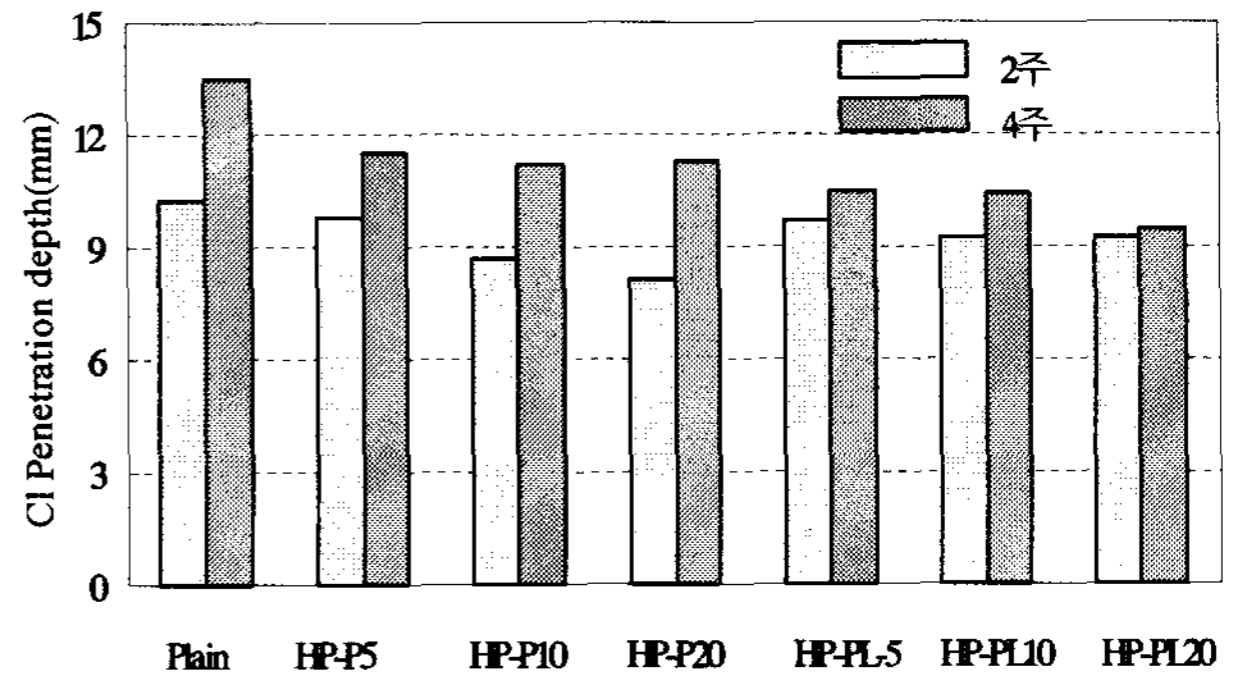


그림 4. 염화물이온 침투깊이

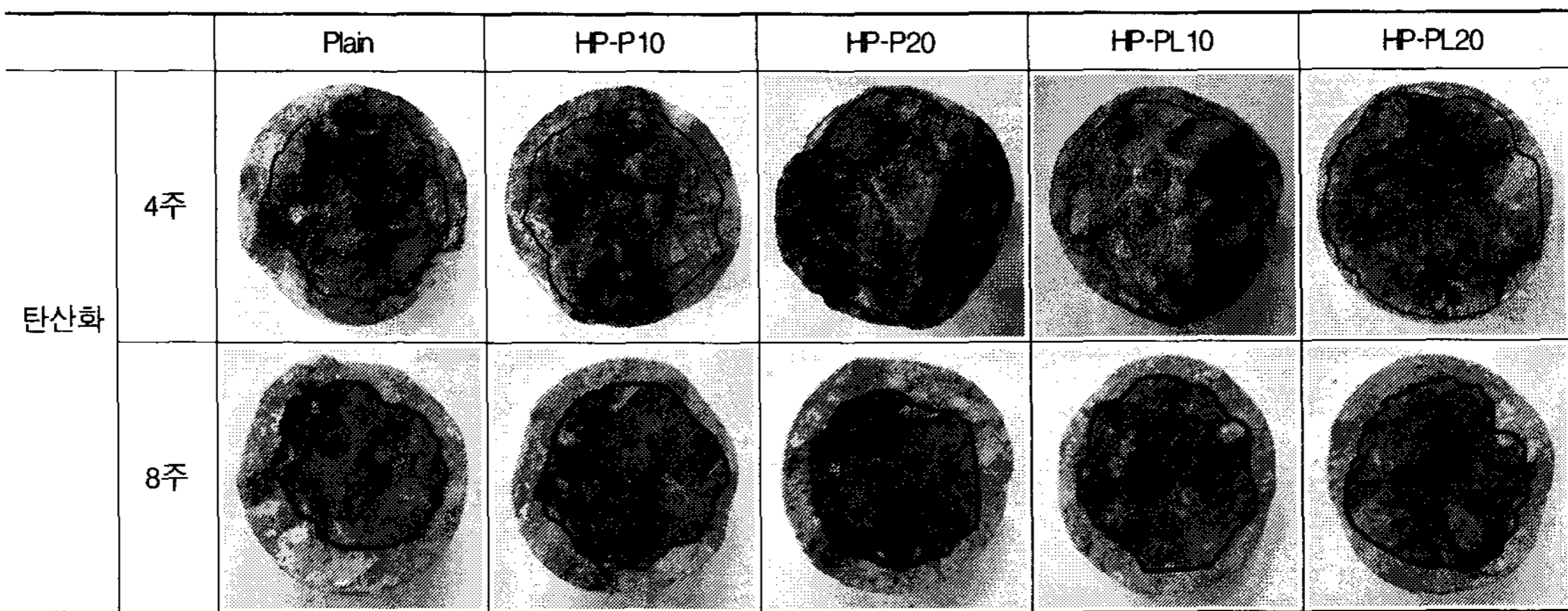


그림 5. 탄산화 저항성 시험결과

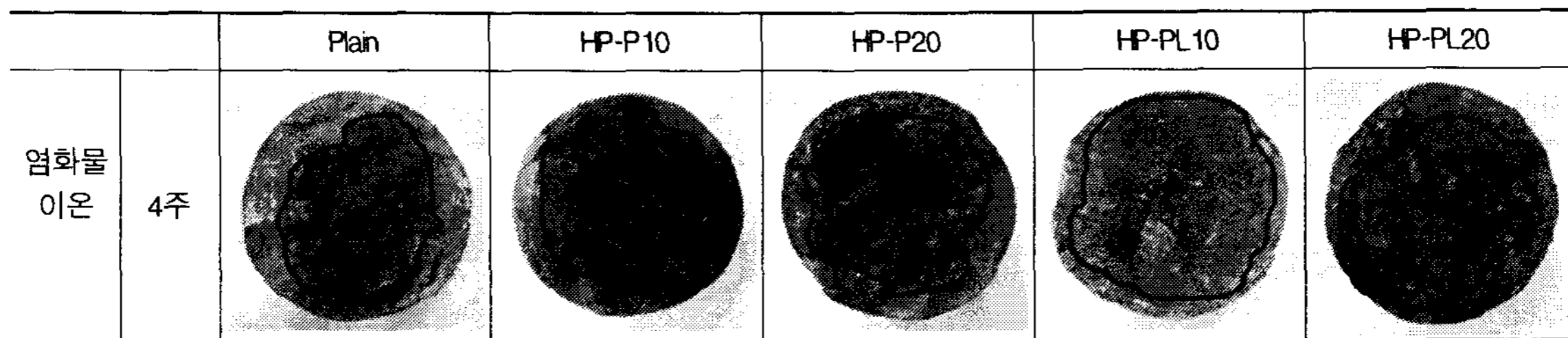


그림 6. 염화물이온 침투저항성 시험결과

적절한 점도 유지가 필요하다. 본 시험에 적용된 표면보호재의 경우 20cP 이하의 저 점도로 콘크리트 표층부로의 흡수에 의한 효과를 기대할 수 있었다.

3.3 염화물이온 침투저항성

염화물이온 침투저항성 시험결과를 그림4 및 그림6에 나타내었다. 염화물이온 침투 깊이는 Plain 시험체에 비해 다소 작았으나 거의 유사한 결과값을 보였다. 염화물이온 침투는 실리카 함량의 정도에 상관없이 보호재의 종류에 따라 다른 결과를 보였으며 HP-PL시험체 보다는 HP-P시험체의 경우가 약간 우수한 성능을 보였다. 이와 같은 결과는 표면보호재의 친수성에 의해 친수기의 소실에 따른 결과와 실리카를 주성분으로 하는 표면보호재의 내수성 저하에서 오는 결과에 기인한다. HP 시험체는 자기세정에 의한 오염원을 제거하기 위하여 기존의 표면침투재에 기능성을 부여한 것으로 자기세정이 가능하지만

지속적인 효과의 지속을 위한 내수성 향상 및 효과를 극대화하기 위한 시공방법의 적용도 필요 불가결하다.

3.4 재알칼리화 깊이

축진탄산화 시험 후의 알칼리 실리케이트 용액의 도포에 따른 재알칼리화 깊이를 그림7 및 그림8에 나타내었다. 실리카 함량이 5%로 점도가 작은 HP-PL5 시험체의 경우 침투깊이는 가장 크게 나타났으며 실리카 함량이 높을수록 침투깊이는 작게 나타났다. 실리케이트계 표면함침재는 약 pH가 13인 강알칼리 용액으로 기 탄산화된 부분에 침투하여 알칼리 부여와 성능회복을 목적으로 주로 이용된다. 일반적으로 침투성을 향상을 위해 실리카 함량 및 점도를 조절하며 반응촉진제나 경화제를 첨가하여 사용한다. 소듐계는 습윤바탕에 적용하는 것이 일반적이며 리튬계는 건조바탕에 도포하여 양생을 실시한다. 콘크리트구조물 외관의 손상없이 비교적 간편하게 시공할 수 있

으며 미세기공을 완전하게 매우지 않으므로 콘크리트 본래의 호흡성을 손상하지 않는다⁽¹⁾⁻⁽³⁾. 본 연구 이후 침투깊이에 따른 구체강화 효과나 알칼리회복 등의 성능항목과 현장 적용성 및 최적 도포방법에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

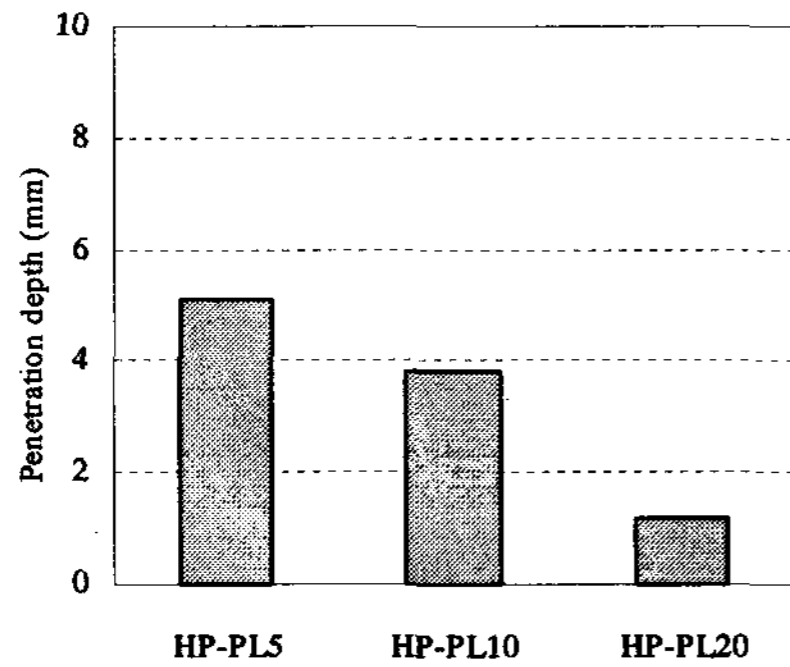


그림 7. 염화물이온 침투깊이

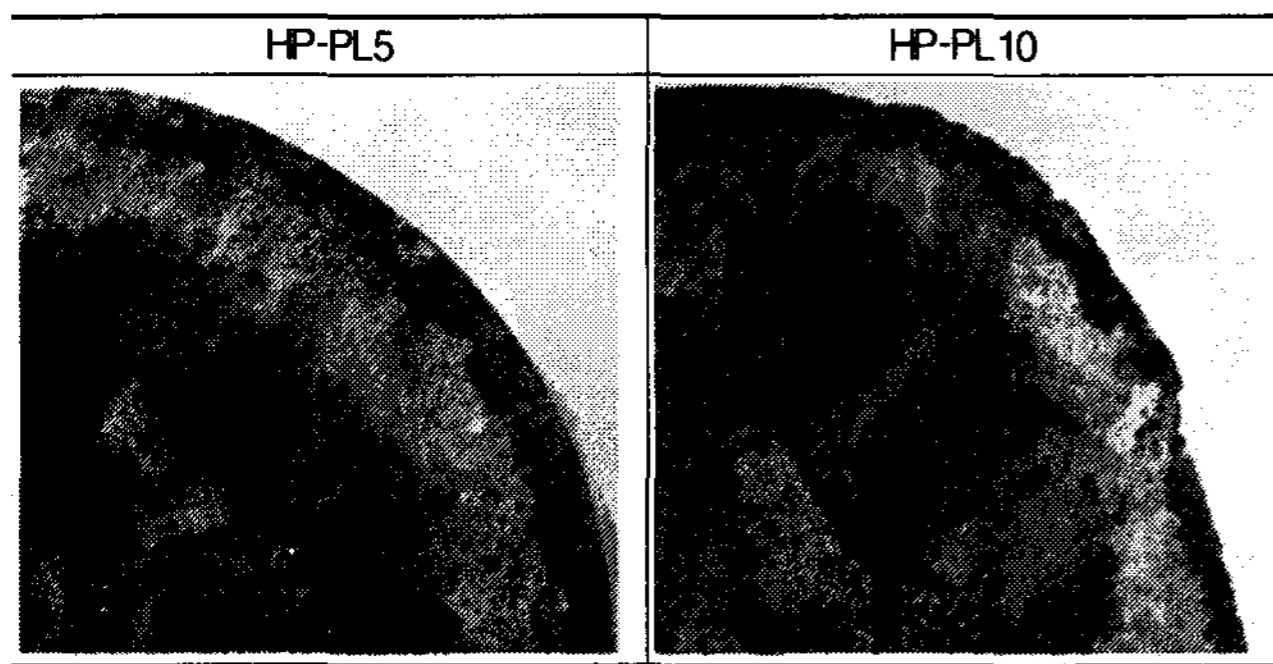


그림 8. 재알칼리화 깊이

3.5 미세조직관찰

FE-SEM에 의한 조직관찰 사진을 그림9에 나타내었다. 조직관찰 결과를 나타낸 것으로 콘크리트 표면층에 친수성 도막이 형성되었음을 알 수 있었다. 또한 10만배 확대한 사진의 경우 나노미터 크기의 실리카 입자를 확인할 수 있었다.

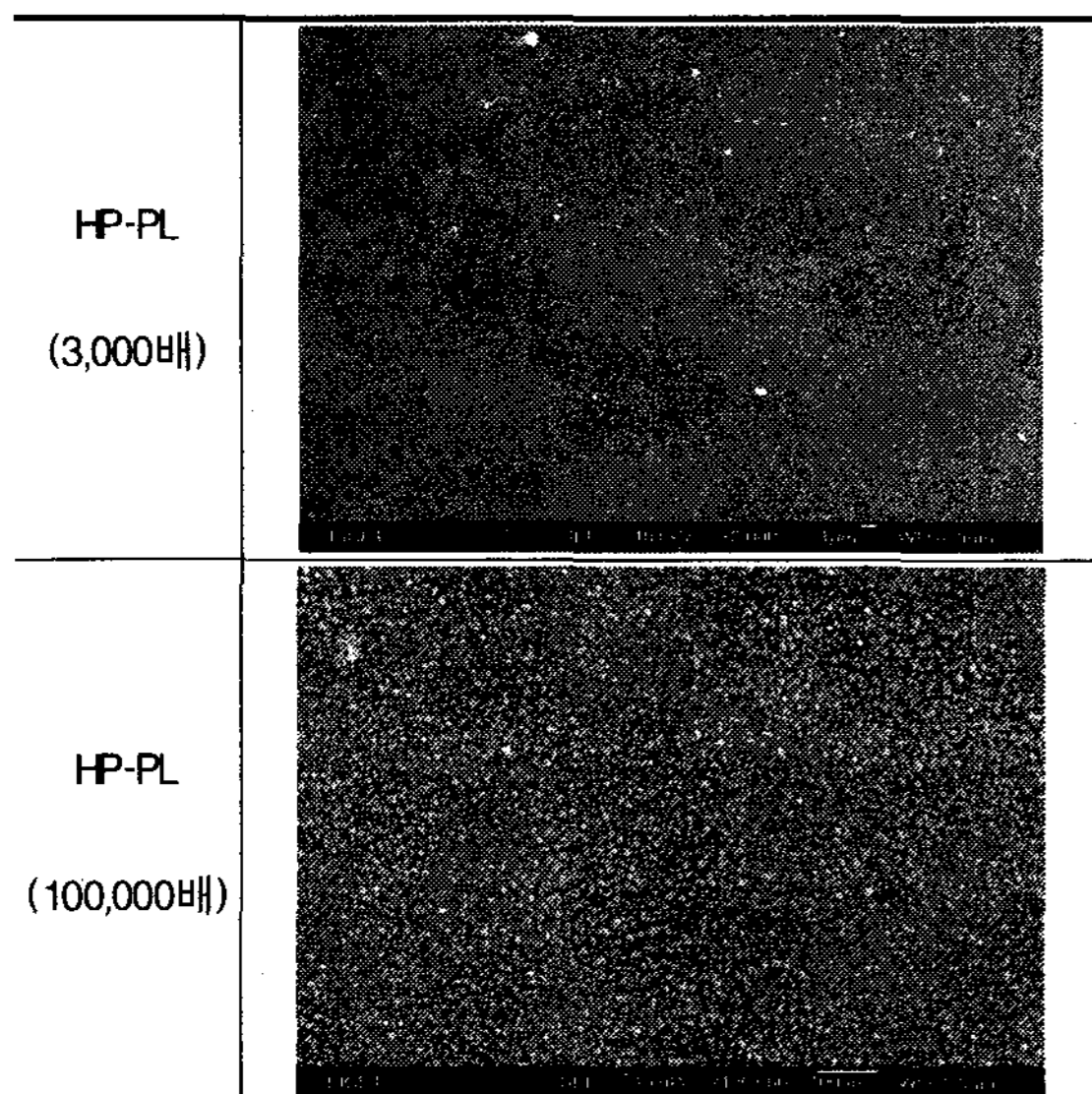


그림 9. FE-SEM에 의한 조직관찰

4. 결 론

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) HP계 표면보호재를 적용한 경우 실리카 함량이 작을수록 점도도 작았으며 침투깊이는 크게 나타났다.
- 2) 표면보호재의 적용에 따라 탄산화 및 염화물이온 침투 저항성이 향상되어 내구성능의 개선에 효과가 크다.
- 3) 실리케이트계 표면보호재의 경우 탄산화된 부위에 도포하여 내구성 향상 및 알칼리를 부여하는 등의 기능성을 부여할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 노출콘크리트 표면마감 및 유지관리, 콘크리트학회지 특집기사 2001년
2. 오상근외 2인, 모세관 코팅형 실란계 침투성 흡수방지재를 이용한 콘크리트 표층부의 내구성능 개선에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), 2001.12
3. 일본건축학회, 건축공사표준사양서 및 해설, JASS 18(도장공사), 1998
4. 일본콘크리트공학협회, 콘크리트 구조물의 보수공법, 위원회보고서, 1996
5. 일본토목학회, 표면보호공법 설계 및 시공지침(안), 2005
6. 환경정화 및 Self Cleaning 기능성 건축자재 개발, 산학연 공동 개발 과제보고서, RIST, 2001년
7. Ralph K. Iler, The Chemistry of Silica, A Wiley-Interscience Publication, 1979