

# 규산염계 무기 재료를 활용한 침투성 보수재의 기초 특성에 관한 실험적 연구

하상우<sup>1</sup>, 오성록<sup>2</sup>, 최연왕<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>서울시립대학교 토목공학과, <sup>2</sup>세명대학교 토목공학과

## An Experimental Study on the Basic Properties of Penetrating repair material using Silicate-based Inorganic Materials

Sang-Woo Ha<sup>1</sup>, Sung-Rok Oh<sup>2</sup>, Yung-Wang Choi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Civil Engineering, University of Seoul

<sup>2</sup>Dept. of Civil Engineering, Semyung University

**요약** 본 연구에서는 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재의 개발을 위한 일련의 기초 연구로써 국내에서 쉽게 입수가 가능한 규산염계 무기재료를 주성분으로 하는 침투성 보수 재를 제조하였다. 또한, 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재는 국외에서 많은 활용사례가 있는 제품군을 선정하여 보수재의 성능을 비교·고찰하고자 하였다. 실험에 사용된 규산염계 무기재료는 Sodium, Potassium 및 Lithium silicate를 주성분으로 하는 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재를 제조하였다. 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재의 성능평가는 내흡수 및 내투수, 압축 및 부착, 급속 염소 이온 침투, 급속 동결 용해, 내약품성 시험을 실시하였다. 실험결과 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재는 모든 부분에서 효과적인 성능을 발휘하는 것으로 나타났다. 이러한 결과의 주요 원인은 모세관을 따라 내부로 침투되어 조직을 치밀하게 하기 때문인 것으로 나타났다. 따라서 본 실험결과를 기반으로 콘크리트의 내구성을 향상시키는 데 다양하게 활용 가능할 것으로 판단된다.

**Abstract** In this study, permeable repair materials mainly composed of silicate - based inorganic materials(SIM), which are easily available domestically, were prepared as a basic study for the development of permeable repair materials using SIM. SIM were compared and examined for their performance as repair materials by selecting a product group which has many cases of use in foreign countries. The SIM used were mainly composed of sodium, potassium and lithium silicate. Performance evaluation of SIM was performed by absorption and penetration, compression and adhesion, rapid chloride ion penetration, rapid freezing and thawing, and chemical resistance test. According to the test results, SIM showed effective performance in all areas, mainly because SIM permeates into the interior of the capillary and has a dense internal microstructure. Therefore, it can be used variously to improve the durability of concrete based on the results of this experiment.

**Keywords** : Durability, Inorganic Material, Repair, Silicate, Penetrating

### 1. 서론

콘크리트는 다공체이며, 수분이나 이온의 침투가 가능하기 때문에 표면으로부터 열화인자의 침입에 대한 고

려가 필요하다.[1-3] 일반적으로 콘크리트 표면으로부터 침투깊이는 10~20 mm 정도가 보통이나 입자의 크기가 작거나 압력이 가해지는 경우 모세관 공극을 통한 침투 뿐만 아니라 겔공극의 흡수에 의한 침투도 가능해 약 50

본 논문은 국토교통부 건설기술연구사업의 연구비지원(17SCIP-B103706-03)에 의하여 수행되었음.

\*Corresponding Author : Yun-Wang Choi(Semyung Univ.)

Tel: +82-43-642-8816 email: crete77@semyung.ac.kr

Received April 26, 2017

Revised (1st June 5, 2017, 2nd June 14, 2017)

Accepted July 7, 2017

Published July 31, 2017

~70 mm 까지도 침투할 수 있다.[1,4,5] 이러한 특성을 이용한 보수 재료의 하나로서 침투성 보수재가 있다. 침투성 보수재는 삼투압 특성을 응용한 것으로 콘크리트 표면의 모세관을 따라 침투하여 콘크리트 내부의 수산화칼슘(Calcium hydroxide)과 반응하여 새로운 수화물을 생성하며 콘크리트 표층부 전체에서 연쇄적인 반응으로 표층부를 강화한다. 이러한 연쇄반응은 콘크리트 표층부를 치밀하게 만들지만 통기, 팽창 및 수축성 등의 성질은 그대로 유지할 수 있다는 장점이 있다.[5]

통상적으로 침투성 보수재는 실란(Silane)계와 규산염(Silicate)계로 구분할 수 있다. 실란계는 방수성 면에서 규산염계에 비하여 우수하나 내구성, 유성오염원에 의한 자기세정, 도포의 편리성, 경제적인 면에서 규산염계에 비하여 불리하다. 규산염계는 Sodium, Potassium 및 Lithium silicate를 주성분으로 하는 수용액 상태의 재료를 사용하며 콘크리트의 침투성 보수재로 활용된다.[5,6] 이러한 규산염계 침투성 보수재는 계면활성제나 콘크리트 중의 수산화칼슘과의 반응을 개선하기 위한 반응 촉진제, 경화제 등을 첨가하여 외부 오염물질을 원천적으로 차단하고 탄산화가 진행된 영역의 알칼리성 부여 및 성능저하가 예상되는 부위의 구체 강화 등 콘크리트 성능 회복에 이용되기도 한다. 규산염계 침투성 보수재의 반응 매커니즘은 콘크리트 표면 내부로 침투하여

유리 알칼리 성분들과 화학적 반응을 일으켜 콘크리트 표층부를 강화한다.[7] 규산염계 재료의 특징은 내구성, 내수성 및 내열성이 뛰어나 콘크리트 표층부를 효과적으로 보호할 수 있으며,[8-10] 특히 콘크리트와 동일한 무기재료이기 때문에 콘크리트와의 계면에서 탈락 및 분리 현상을 최소화 할 수 있어 반영구적인 내구성을 기대할 수 있다. 또한 액상으로 도포되기 때문에 콘크리트 표층부에서부터 시작되는 열린 공극을 최소화할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이와 같은 무기 재료 기반 보수재는 특히 침투성 보수재의 경우 최근 들어 일부 연구기관이나 기업에서 개발되어 사용되고 있으나 선택의 폭이 매우 적고 시장 및 활용실적이 미비한 수준이다. 또한, 국내에서 사용되고 있는 무기 재료 기반 침투성 보수재는 유·무기 재료를 혼합한 하이브리드 형태이거나 대부분 수입에 의존하고 있기 때문에 비경제적이다.

따라서 본 연구에서는 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재의 개발을 위한 일환의 기초 연구로서 국내에서 쉽게 입수가 가능한 규산염계 무기재료를 주성분으로 하는 침투성 보수재를 제조하였다.

또한 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재는 국외에서 많은 활용사례가 있는 제품군을 선정하여 보수재의 성능을 비교·고찰하고자 하였다.

Table 1. Component ratio of the alkali silicate-based materials

Items Types	Specific gravity (20℃)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	Li <sub>2</sub> O (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Mole fraction	Viscosity (cps, 20℃)	Solids content (%)
Potassium silicate	1.27-1.29	10.0-11.0	-	-	21.5-22.5	0.05	3.2-3.5	≤20	20-52
Sodium silicate	≥1.38	-	9.0-10.0	-	28.0-30.0	0.03	3.10-3.30	-	30-56
Lithium silicate	1.15-1.20	-	-	1.0-1.5	18.0-22.0	-	7.5-8.5	-	20-25

Table 2. Chemical components and physical properties of cement

Items Types	CaO (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	L.O.I (%)	Surface area (cm <sup>2</sup> /g)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
OPC	61.40	21.60	3.40	2.50	3.10	2.50	0.03	3,540	3.15

Table 3. Physical properties of aggregates

Items Types	G-max (mm)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Absorption (%)	F.M.	Unit Mass (kg/m <sup>3</sup> )
RS	-	2.65	2.32	2.78	1,619
CC	25	2.68	0.68	6.98	1,602

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 규산염계 무기재료

규산염계 무기재료(Silicate-based Inorganic Materials, 이하 SIM으로 약함)는 pH 11-12인 재료와 기타 첨가물을 1차 증류수와 3종의 규산염계 무기재료를 혼합하여 제조하였으며, 각 규산염계 무기재료의 성분비를 Table 1에 나타내었다.

#### 2.1.2 시멘트 및 잔골재

시험용 시험편을 제조하기 위한 시멘트는 밀도 3.15 g/cm<sup>3</sup> 및 분말도 3,540 cm<sup>2</sup>/g의 보통포틀랜드시멘트(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC로 약함)를 사용하였으며, 잔골재 및 굵은 골재는 낙동강산 강모래(River Sand, 이하 RS로 약함) 및 석회암질 부순 굵은 골재(Crushed Coarse aggregate, 이하 CC로 약함)를 사용하였다. Table 2는 시멘트의 화학 및 물리적 특성을 나타낸 것이며, Table 3은 잔골재 및 굵은 골재의 물리적 특성을 나타낸 것이다.

### 2.2 시험 및 평가방법

#### 2.2.1 시험용 시험편 및 보수재의 도포

시험에 사용된 시험편은 “KS L 5105”에 준하여 모르타르를 제조하여 각 실험에 적합한 형태로 시험편을 제작하였다. 그러나 동결융해 저항성 시험에 사용된 표준시험편은 모르타르로 동결융해 시험용 시험편을 제작하는 것이 시험 목적에 부적합하다고 판단되어, 동결융해 시험용 시험편에 국한하여 보통강도 수준(24 MPa)의 일반적인 콘크리트 배합을 적용하였으며, 동결융해를 보다 촉진시키기 위하여 공기량을 1% 미만으로 설정하여 제조하였다.

SIM은 각 시험방법에 따라 미리 제조된 시험편에 시험 목적에 맞도록 0.4 kg/m<sup>2</sup>의 량을 스프레이를 통하여 분무도포하였으며, 도포하지 않은 기준시험편(이하 Plain으로 약함)과 비교·분석하였다. 또한 비교군(Imported Products, 이하 IP로 약함)으로써 수입에 의존되고 있으며, 반응 매커니즘이 동일한 국외 제품 1종을 선정하여 성능수준을 비교하였다.

#### 2.2.2 미세구조 관찰

SIM이 도포된 시험편은 할렬하여 내부 미세구조를

산업용 화상 비디오 현미경을 사용하여 확대 관찰하였다.

#### 2.2.3 내투수 및 내흡수성 시험

내투수 및 내흡수성 시험은 “KS F 4930”에 준하여 평가하였다.

#### 2.2.4 급속염소이온침투 시험

급속염소이온침투 시험은 “KS F 2711”에 준하여 평가하였다.

#### 2.2.5 압축 및 부착강도 시험

압축강도는 “KS L 5105”에 준하였으며, 부착강도는 “KS F 2761”에 준하여 평가하였다.

#### 2.2.6 급속동결융해촉진 시험

급속동결융해촉진 시험은 “KS F 2456”에 준하여 방법 A법인 수중 급속 동결융해 시험방법에 따라 평가하였다.

#### 2.2.7 내약품성 시험

내약품성 시험은 염산(HCl) 30%, 질산(HNO<sub>3</sub>) 30% 및 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 70%에 7일간 침지하여 시험 전후 질량 변화를 평가하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 미세구조 관찰결과

Fig. 1은 SIM과 IP를 도포한 시험편과 Plain의 내부 조직을 촬영한 결과를 나타낸 것이다. 관찰결과 Plain의 경우 크고 작은 공극을 쉽게 관찰할 수 있었으나 SIM의 경우에는 단면이 치밀해져 관찰되는 공극수가 상당수 줄어든 것으로 나타났다. 이러한 결과는 SIM이 모세관을 따라 내부로 침투되어 내부에 존재하는 시멘트 수화생성물과 화학반응을 일으켜 겔을 형성하고 고착화되었기 때문에 크고 작은 공극을 매워 보다 치밀해진 것으로 판단된다. 또한 IP의 경우 SIM과 동일한 매커니즘을 가지기 때문에 크고 작은 공극이 감소된 것을 확인할 수 있었다.

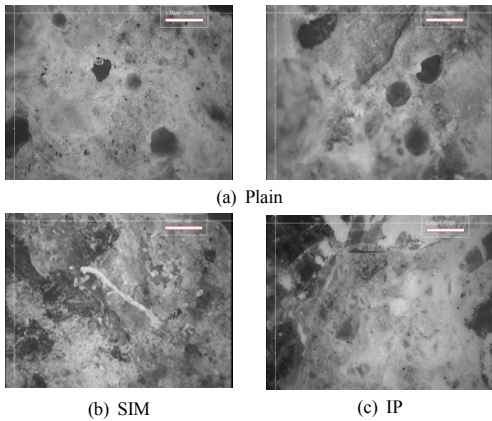


Fig. 1. Observation of internal structure(X300)

### 3.2 내투수 및 내흡수성 실험결과

Fig. 2는 시험편의 투수량 측정결과를 나타낸 것이다. Fig. 2의 결과 SIM의 Plain 대비 투수량은 약 90-92 % 수준으로 감소하는 경향이 나타났으며, IP의 경우 89-91% 수준으로 감소하는 경향이 나타났다. SIM 및 IP 모두 Plain과 비교하여 투수량을 대폭 감소할 수 있는 것으로 나타났으며, 실제 투수량은 미소한 차이이지만 SIM이 IP와 상대적으로 약 18% 내투수성이 큰 경향이 나타났다.

Fig. 3은 시험편의 흡수량 측정결과를 나타낸 것이다. Fig. 3의 결과 SIM의 Plain 대비 흡수량은 약 90-92 % 수준으로 감소하는 경향이 나타났으며, IP의 경우 88-90% 수준으로 감소하였다. SIM 및 IP 모두 Plain과 비교하여 투수 실험결과와 동일하게 흡수량을 크게 감소시킬 수 있는 것으로 판단된다. 또한, 흡수량의 경우에도 실제 흡수량은 미소한 차이이지만 SIM의 내투수성이 IP와 상대적으로 약 36% 큰 경향이 나타났다.

이러한 원인은 3.1절의 미세구조 관찰결과와 동일하게 모세관을 따라 내부로 침투되어 반응하여 내부 조직을 치밀하게 하였기 때문에 물의 침투가 어려운 것으로 판단된다. 이러한 결과를 통하여 SIM은 내투수 및 내흡수 성능이 있는 것으로 판단되며, IP와 동등수준 이상의 성능을 확보할 수 있는 것으로 판단됨에 따라 흡수방지재의 용도로 활용 가능할 것으로 판단된다.

### 3.3 급속염소이온침투 실험결과

Fig. 4는 시험편의 염소이온 침투깊이를 나타낸 것이다. Fig. 4의 결과 SIM의 Plain 대비 염소이온 침투깊이

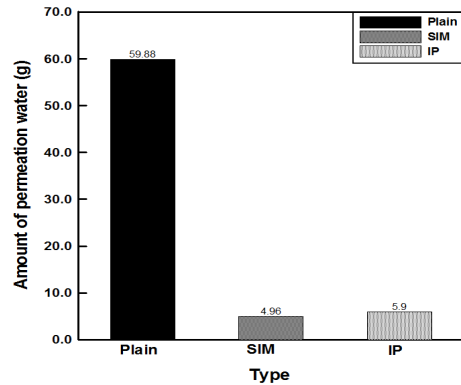


Fig. 2. Amount of permeation water

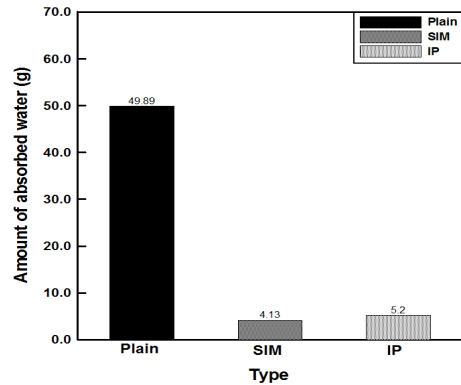


Fig. 3. Amount of absorbed water

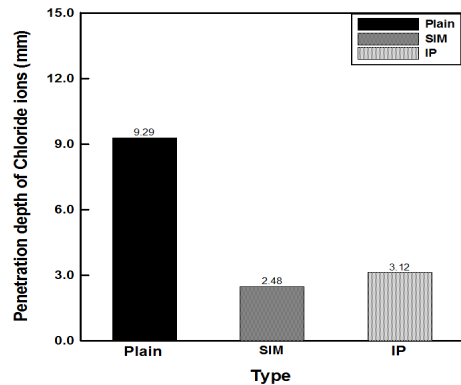


Fig. 4. Penetration depth of chloride ions

는 약 72-74 % 수준으로 감소하는 경향이 나타났으며, IP의 경우 65-57% 수준으로 감소하는 경향이 나타났다. SIM 및 IP 모두 Plain과 비교하여 염소이온의 침투가 크게 감소할 수 있는 것으로 나타났으며, 염소이온 침투깊

이는 투수 및 흡수저항성분석결과와 동일하게 결과 값의 차이가 크지 않은 것으로 나타나 동등 수준인 것으로 판단되지만 SIM 이 IP와 상대적으로 약 26% 염소이온 침투저항성이 큰 경향이 나타났다. 이러한 원인은 3.1절 미세구조 관찰결과와 3.2절 내투수 및 내흡수성 실험결과와 동일한 원인에 기인한 것으로 판단되며, SIM은 IP와 동등수준 이상의 성능을 가진 것으로 판단된다. 또한 SIM은 염해 피해를 받는 콘크리트의 보수재로 활용시 염소이온에 대한 저항성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.4 압축 및 부착강도 실험결과

Fig. 5는 시험체의 압축강도 실험결과를 나타낸 것이다. Fig. 5의 결과 Plain의 경우 31.67 MPa로 측정되었으며, SIM 및 IP의 경우 34.4 MPa 및 34.7 MPa를 상회하는 것으로 측정되어 SIM 및 IP 모두 Plain과 비교하여 약 9-10% 압축강도를 향상시키는 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 압축강도 효과는 시험편의 모든 조직을 향상시키는 것이 아니라 표면으로부터 SIM이 침투한 영역까지 강화된 경우이기 때문에 콘크리트의 표면 강화가 가능할 것으로 판단된다.

Fig. 6은 시험체의 부착강도 실험결과를 나타낸 것이다. Fig. 6의 결과 Plain의 경우 부착력이 없으므로 측정할 수 없는 것으로 나타났으나 SIM의 경우 1.74 MPa로 측정되어 일반적인 보수용 에폭시 접착제 수준의 결과 값을 얻을 수 있었다. 그러나 IP의 경우에는 0.2 MPa로 SIM과 비교하여 88% 작은 결과 값을 얻을 수 있었다. 이러한 원인은 SIM 및 IP의 구체적이고 명확한 데이터 분석을 실시할 필요가 있으나 본 연구에서는 SIM 적용에 따른 현상에 국한하여 기초적 특성을 평가하고자 하였기 때문에 성분분석을 수행하지 않았다. 그러나 SIM의 경우에는 부착성능에 대하여 확보가 가능함을 확인할 수 있었으며, 보다 정밀한 검토가 수반되어야 하지만 유사시 신구조물의 접착제의 용도로 활용 가능할 것으로 판단된다.

### 3.5 급속동결융해 실험결과

Fig. 7은 시험편의 상대동탄성계수를 나타낸 것이다. Fig. 7의 결과 공기량 1% 미만인 Plain 시험편의 경우 SIM 및 IP를 적용한 시험편과 비교하여 동결융해 사이클이 진행됨에 따라 상대동탄성계수가 상대적으로 빠르

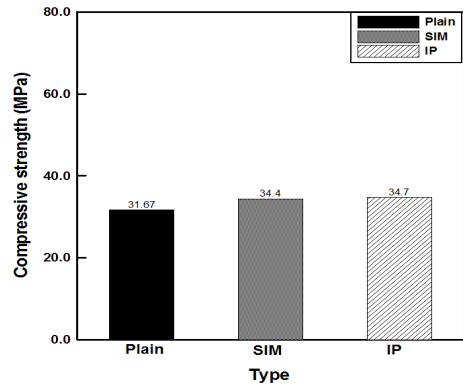


Fig. 5. Test result of compressive strength

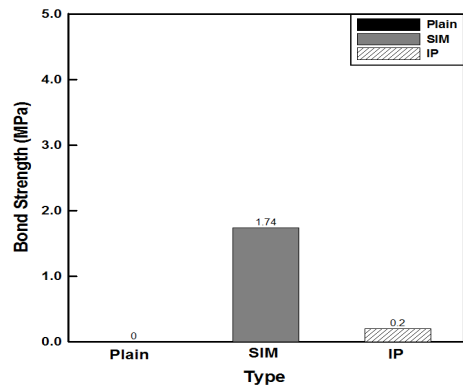


Fig. 6. Test result of bonding strength

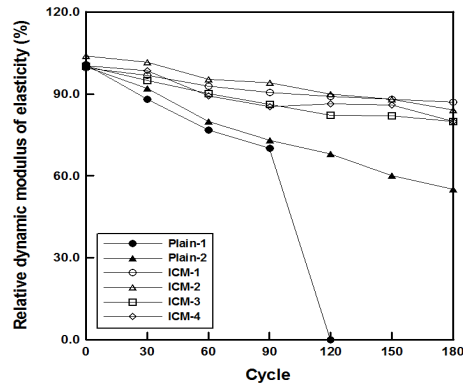
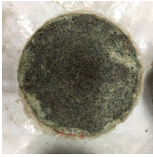

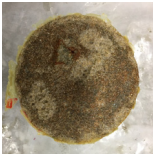
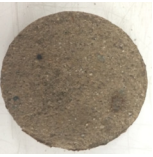




Fig. 7. Relative dynamic modulus of elasticity

게 감소하고 박리·박락 및 표면탈락이 심하게 발생하는 경향이 나타났으며, Plain의 경우 90사이클 도달함에 따라 완전히 파괴되어 측정이 불가능한 것으로 나타남에 따라 콘크리트의 동결융해 이론 중 하나인 공기량이 확

Table 4. The state of the specimen

Types	Plain	SIM
HCl 30%		
HNO <sub>3</sub> 30%		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 70%		

### 3.6 내약품성 실험결과

Table 4 및 Fig. 8은 시험편의 침지시험 후 시험편의 상태 및 질량 감소율을 나타낸 것으로 내약품성 시험의 경우 SIM에만 국한하여 별도로 시험하였다. 내약품성 시험은 일반적으로 각 시약의 5% 수준에서 검토되지만 보다 극한 조건에서의 내약품성을 평가하고자 각 화학시약의 농도조건을 상향하였다. Table 4 및 Fig. 8의 결과 SIM이 적용되지 않은 Plain의 경우 각 적용 약품에 따라 크게 열화되는 화학적 침식현상이 나타났다. 염산의 경우 최대 총 질량의 약 20% 수준까지 질량이 감소하였으며, 질산 약 13% 및 황산 약 3%의 질량 감소를 보였다. 그러나 SIM을 적용한 시험편은 염산 및 질산의 경우 약 1% 미만, 황산의 경우 2% 이하의 결과가 나타남에 따라 통상적인 조건에 대하여 질량변화가 없을 것으로 사료되며, 화학적 침식을 받게 되는 콘크리트에 적용할 경우 화학저항성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

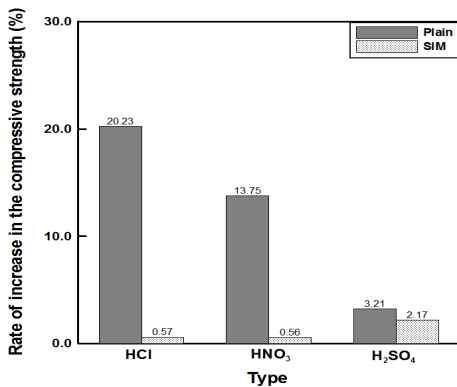


Fig. 8. Test result of chemical water immersion

보이지 않을 경우 동결융해 열화현상이 촉진되는 것을 확인할 수 있었다.[11]

그러나 SIM을 적용한 시험편의 경우에는 180 사이클이 경과된 이후에도 상대동탄성계수는 약 85% 이상으로 동결융해에 대한 저항성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 IP의 경우 180 사이클 경과이후 상대동탄성계수는 약 80% 이상으로 SIM과 비교하여 다소 감소되는 결과가 나타났으나 SIM과 동일하게 동결융해에 대한 저항성을 크게 향상시킬 수 있는 결과인 것으로 판단된다.

### 3. 결론

본 연구에서는 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재의 개발을 위한 일환의 기초 연구로서 국내에서 쉽게 입수가 가능한 규산염계 무기재료를 주성분으로 하는 침투성 보수재를 제조하여 기초적 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재는 성능검토 결과 모세관을 따라 내부로 침투되어 조직을 치밀하게 하기 때문에 콘크리트의 내구성을 향상시키는 데 효과가 클 것으로 판단된다.
2. 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재는 각각의 용처로 사용할 경우 보다 면밀한 성분 분석 및 다양한 변수를 검토하여 용처에 적합한 조건에서 검토가 필요할 것으로 판단된다.
3. 규산염계 무기재료를 활용한 침투성 보수재는 주로 해외 수입에 의존되는 제품군과 동등수준이상의 성능이 나타남에 따라 보완 및 신뢰성 확보를 통한 대체적용이 가능할 것으로 판단된다.

## References

- [1] Korea Concrete Institute, Latest Concrete Engineering, pp. 654-690, Gimundang, 2005.
- [2] Korea Concrete Institute, Concrete Diagnosis and Maintenance, pp. 61-95, Korea Concrete Institute, 2005.
- [3] J. Oh, B. R. Jung, Diagnosis and Maintenance of Concrete Structures, pp. 91-136, Gimundang, 2010.
- [4] J. Y. Lee, Y. J. Park, C. K. Lee, Concrete Structures Maintenance, pp. 9-170, Goomisukyan, 2008.
- [5] Y. W. Choi, Development of Concrete Matrix Combined Waterproofing Agent for Railway Bridge Deck, Small and Medium Business Administration, Joint industry-academia-research technology development, Final Report, pp. 13-48, 2010.
- [6] I. H. Lee,, A Performance Appraisal for Combined Construction Method Applied Repairing Mortar with Water Repellent Agent of Inorganic Polymer Type, pp. 1-13, Seoul National University of Science and Technology, Master's Thesis, 2004.
- [7] Y. W. Choi, S. R. Oh, M. S. Park, B. K. Choi, S. W. Oh, H. J. Kang, "Evaluation of Crack Repair Performance of Liquid Type Crack Repair agent for Concrete using Titanium-based Inorganic Powder according to Re-Spray Time", Proceeding of the Korea Concrete Institute, vol. 26, no. 1, pp. 217-219, 2014.
- [8] Y. W. Choi, S. R. Oh, M. S. Park, K. H. Kim, "A Study on the Penetration Depth Measurement Methods of Inorganic Waterproofing Agent for Concrete", Journal of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, vol. 13, no. 3, pp. 116-124, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.11112/jksmi.2014.18.3.116>
- [9] Y. W. Choi, S. R. Oh, B. K. Choi, C. G. Kim, J. H. Lee, "The Experimental Study on Mechanical Properties of Cementitious Composites Applying Inorganic Liquid type Core Material for Self-Healing Capsule", Proceeding of the Korea Concrete Institute, vol. 28, no. 2, pp. 609-610, 2016.
- [10] Y. W. Choi, S. R. Oh, B. K. Choi, C. G. Kim, "A Fundamental Study on the Influence of Performance of Cementitious Composites of Inorganic Core Material for Self-Healing Capsule of Cracks", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, vol. 21, no. 1, pp. 74-82, 2017.
- [11] Korea Concrete Institute, Concrete Standard Specification, Korea Concrete Institute Korea, 2009.

### 하 상 우(Sang-Woo Ha)

[정회원]



- 2004년 2월 : 한양대학교 토목공학과(공학석사)
- 2008년 2월 : 서울시립대학교 토목공학과 과학기술대학원 토목공학과(박사수료)

<관심분야>

구조재료, 보수재료 및 유지관리 기술

### 오 성 록(Sang-Rok Oh)

[정회원]



- 2012년 2월 : 세명대학교 일반대학원 건설공학부 (공학석사)
- 2015년 2월 : 세명대학교 일반대학원 건설공학부 (박사수료)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 토목공학과 연구원

<관심분야>

자기치유 건설기술 및 미생물 활용기술

### 최 연 왕(Yun-Wang Choi)

[정회원]



- 1990년 8월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 1996년 8월 : 한양대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

청색기술 및 기후변화 대응기술