

콘크리트 구조물의 내구성 증진을 위한 침투성 발수제의 성능평가

Evaluation on Performance of Penetrative Water-repellent for Durability Progress of Concrete Structure

장 석 환* 우 종 태** 남 용 혁*** 김 성 수****
Jang, Suk-Hwan Woo, Jong-Tae Nam, Yong-Hyuk Kim, Seong-Soo

Abstract

The evaluation on performance of gel type penetrative water-repellent for durability progress of concrete structure has carried out in this study. And liquid type waterproof agents have been estimated with same method. Also normal concrete that was not applied water-repellent and waterproof agents have been estimated.

As results, the penetrative depth of gel type water-repellent were deeper than that of liquid type waterproof agents and those were superior to these in physical and durable performance.

Keywords : water-repellent, gel type, penetrative depth, durability

1. 서 론

콘크리트에 있어서 강도는 가장 중요한 요소로서 요구되는 특성이며, 강도의 중요성으로 인해 여러 가지 다른 요소들은 경시되어져 왔다.⁽¹⁾ 그러나 점차 콘크리트의 용도가 다양해지고 사용범위가 넓어지면서 강도 이외에 유동성 및 내구성을 동시에 만족시킬 수 있는 고성능 콘크리트가 많이 요구되고 있다.

특히 내구성 손실로 인한 여러가지 문제들이 자

주 발생하고 시사적 이슈로서 대두되면서 콘크리트 구조물의 품질을 유지해 주는 고내구성 콘크리트의 연구개발에 관한 관심이 증대되고 있다.

콘크리트 구조물의 내구성이 상실되는 원인은 물 및 염수의 동결융해작용, 알칼리-실리카 반응, 중성화 및 염이온으로 인한 철근의 부식 등이 있다.⁽²⁾⁻⁽⁵⁾ 콘크리트의 내구성을 증대시키기 위해서는 밀도를 증가시키는 것이 중요하다. 그러나 요구된 내구성을 부여하기 위해서 콘크리트의 밀도를 고밀도화하는 것만으로는 충분하지 않을 수 있으며, 황산염에 노출되는 콘크리

* 정희원, 대전대학교 토목공학과 교수, 공학박사

** 정희원, 경북대학 토목설계과 교수, 공학박사

*** 정희원, (주)우지스 기술연구소 선임연구원

**** 정희원, 대전대학교 토목공학과 교수, 공학박사

E-mail : jtwoo60@chol.com 016-270-0132

•본 논문에 대한 토의를 2003년 3월 31일까지 학회로 보내 주시면 2003년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

트에 내황산염 시멘트를 사용하고 마모를 입기 쉬운 콘크리트에 경질의 골재를 사용하는 것과 같이 특수한 재료의 사용을 고려해야 할 필요성이 있다. 또한 콘크리트가 노출된 환경이 콘크리트의 밀도증대나 특수 재료의 사용만으로 충분히 내구성을 발휘하지 못하는 매우 가혹한 경우 반응물질이 콘크리트 내부로 침투하지 못하도록 하거나 콘크리트가 반응물질과 직접 접촉하지 않도록 적당한 표면 보호처리를 할 필요가 있다.

콘크리트 구조물의 표면보호 처리방법 중에는 콘크리트 표면을 도장재료로 도장하는 방법과 콘크리트 속으로 재료를 침투시키는 방법이 있다. 이렇게 함으로써 외부의 염소이온이나 수분, 탄산가스 등 콘크리트에 유해한 물질의 침투가 억제되어 콘크리트 구조물의 내구성이 상실되는 원인을 줄여주는 효과가 있다.

침투공법에 사용되어지는 재료는 여러 가지가 있으며, 타입 또한 액체와 겔 등이 있으나 각 재료의 제시된 침투깊이 만큼 확보하기가 어렵고 또한 침투깊이를 확인하기가 어려운 문제점이 있다. 침투공법에 있어서 침투깊이는 콘크리트 구조물의 품질을 판단하는 기준이 되며, 깊이가 클수록 콘크리트의 내구성이 증대되고 이로 인해 구조물의 유지관리 비용이 절감된다. 그러나 콘크리트 표면에 코팅 및 미장하는 방법 또는 단성부재를 도포하는 방법 등은 콘크리트 구조물이 마모를 입기 쉬운 환경에 노출되었을 경우 재료 본래의 효과를 상실할 수 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 선진 외국의 경우 콘크리트 구조물의 표면 보호처리를 침투공법으로 실시하고 있으며, 침투재료를 겔 타입으로 만들어 재료의 손실을 줄이고 깊은 침투깊이를 확보하여 내구성의 증대에 기여하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 콘크리트 구조물의 내구성을 증진시키기 위해 겔 타입의 침투성 발수제를 대상으로 침투깊이 등의 물리적 성능과 다양한 내구성 평가를 하고자 하였으며, 국내에서 사용되고 있는 액체타입의 방수제에도 동일한 방법을 적용시켜 비교분석 하였다.

2. 겔 타입 침투성 발수제의 성능 평가방법

2.1 시험 개요

본 연구에서는 콘크리트 구조물의 표면 보호 처리 방법 중 시공성 면이나 효능성 면에서 다른 공법들에 비해 유리한 침투공법을 실시하여 겔 타입 침투성 발수제인 HG 100, HG 200과 실란계(이하 Se) 및 실리콘계(이하 Sn)의 액체 방수제를 시험실에서 제조한 콘크리트 속으로 침투시켜 다양한 시험을 실시하여 비교 고찰하였다. 또한 HG 100과 HG 200 및 액체 방수제를 침투시키지 않은 보통콘크리트에도 동일한 시험을 실시하여 이와 비교 분석하였다.

2.1.1 사용재료

(1) 사용재료

① 포틀랜드 시멘트

본 연구에 사용된 시멘트는 국내 D사 제품인 1종 보통포틀랜드 시멘트이며, 비중은 3.15, 분말도는 3434cm²/g이다.

② 잔골재 및 굵은골재

잔골재 및 굵은골재는 한강 상류지역에서 채취한 것으로 잔골재의 조립률은 3.22, 굵은 골재의 조립률은 6.60이며 굵은골재 최대치수는 25mm이다.

③ 혼화제

혼화제는 액체상태의 고성능감수제인 나프탈렌 슬폰산염계 (Mighty-150)를 사용하였으며, 비중은 1.20 ± 0.02이다.

④ 겔 타입 침투성 발수제

콘크리트에 침투시킨 겔 타입 발수제 및 액체타입 방수제의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 침투성 발수제의 특성

종 류	성 분	밀도(g/cm ³)	색 상	타 입
HG 100	실란계	0.96	열은 황색	겔 타입
HG 200	실란계	0.96	열은 갈색	
Se	실란계	0.90	유백색	액상 타입
Sn	실란계	0.90	유백색	

2.1.2 콘크리트의 배합

고강도 콘크리트에 대한 침투성 겔 발수제의 침투깊이 및 특성을 알아보기 위해 압축강도 400~500kgf/cm²을 목표로 배합설계를 하였으며, 슬럼프는 10±2cm, 굵은골재 최대치수는 25mm를 사용하였고, 배합설계표 및 압축강도 시험결과는 Table 2와 같다.

2.1.3 시험 및 방법

(1) 겔 타입 침투성 발수제의 침투 깊이 측정

침투제의 품질 판단은 침투깊이로서 판단하는 것이 더 효율적이며 정확한 비교가 가능하다. 본 연구에서 실시한 겔 타입 발수제와 액체 타입 방수제의 침투깊이 측정은 110×20cm의 원주형 공시체를 제작하여 24시간 동안 상온에서 경화시켰으며, 탈형 즉시 수온 23±1℃를 유지시켜 28일 동안 수중양생한 후 겔 발수제를 침투시키고 2주 후 중심부를 절단하여 침투깊이를 측정하였다. 침투깊이는 발수제를 도포한 공시체의 활렬 단면에 물을 뿌려 공시체의 표면에서부터 흡수되지않은 지점까지의 거리로 하였다.

(2) 흡수성 측정

각종 화학물질을 함유하고 있는 물에 대한 흡수성이 클수록 콘크리트 구조물의 내구성은 저하되고 열화된다. 본 연구에서는 겔 타입 침투성 발수제인 HG 100과 HG 200과 액체 타입 침투 방수제인 Se 및 Sn을 재령 28일의 공시체에 0.5mm 두께로 전면 시공한 후 중량을 측정하고, KS F 2451에 따라 24시간 동안 수중에 놓아둔 후 중량을 측정하여 흡수율을 측정하였다.⁽⁶⁾

(3) 투수성 시험

콘크리트를 타설할 때 블리이딩에 의한 물과 공기의

연속 모세관로나 콘크리트의 침강에 의한 골재 및 수평철근 하부에 생기는 공극 또는 콘크리트의 자연 건조수축 등으로 발생된 균열을 통하여 투수가 일어나게 된다.⁽⁷⁾

본 연구에서는 115×30cm의 증공원주형 공시체를 제작하여 재령 28일에서 침투성 겔 발수제를 시공하고 식 1로 투수계수를 구하였다.⁽⁸⁾

$$K = \frac{\rho \cdot \log_e \frac{r_0}{r_i}}{2\pi h \cdot P} \quad (\text{식 1})$$

여기서,

r_0 : 공시체 외경반지름 (cm)

r_i : 공시체 내경반지름 (cm)

(4) 염소이온 침투저항성 시험

바닷물이나 용병제에 노출된 콘크리트 구조물에 염이 침투할 가능성은 높으며, 염은 콘크리트 구조물의 표면에서부터 침투하여 내부로 이동된다.^{(9)~(10)}

콘크리트 구조물 내에 수분과 산소가 존재할 때 염에 의해 철근이 부식되며 녹이 형성되면서 산화물의 팽창으로 인해 콘크리트 구조물에는 균열과 철근과의 부착력 감소가 발생한다.

본 연구에서는 110×2cm로 절단한 콘크리트 공시체에 대해 염소이온 침투성을 알아보기 위해 확산셀을 구성하였으며, 이 회로에서 전원은 1.0 A를 사용하여 60V의 직류를 ±0.1V 정도로 안정적으로 공급할 수 있도록 하였다. 확산셀에 들어가는 전해질 용액은 Applied Voltage의 (-)전극에 3%의 NaCl 용액, (+)전극에는 NaOH 용액을 채웠다. 시험 중 30분마다 저항에 걸리는 전압을 6시간까지 측정하고 0.1mV까지 전압을 측정하여 다음 식 2에 의해 전류값으로 환산한 후 식 3을 이용하여 회로를 통과한 총 전하량을 산정하였다.⁽¹¹⁾

Table 2 배합설계표 및 압축강도 시험결과

G _{max} (mm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	물 - 시멘트비 (%)	잔골재율 (%)	단위량 (kgf/m ³)				혼화제 (kg)	압축강도 (kgf/cm ²)		
					W	C	S	G		f3	f14	f28
500	11	0.9	35	42	182	520	698	1020	3.2	323	450	500

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{1.0} \quad (\text{식 2})$$

여기서

I : 전류,
V : 전압,
R : 저항

$$Q = 900 \times (I_0 + 2I_{30} + \dots + 2I_{330} + I_{360}) \quad (\text{식 3})$$

여기서,

Q : 회로를 통과한 전하량(Coulombs)
L : n 분이 경과하였을 때의 전류

(5) 화학약품에 대한 저항성 시험

콘크리트 구조물이 해양 및 하수나 공장폐수 등의 오염된 환경에 노출되면 화학적 반응에 의해 콘크리트가 침식을 받게되어 구조물에 균열이 발생하거나 내구성이 크게 저하되는 문제점이 발생된다.⁽¹²⁾

본 연구에서는 화학적 침식을 받는 콘크리트에 겔 발수제를 침투시켜 화학적 내구성 저항 성능을 알아보기 위해 $\phi 10 \times 20$ cm의 공시체를 5%의 H₂SO₄, 10%의 MgCl 및 10%의 CaCl₂에 28일까지 침지시켜 식 4에 의해 중량변화를 측정하였다.

$$\Delta W = \frac{W_n}{W_0} \times 100 \quad (\text{식 4})$$

여기서,

ΔW : 중량변화율 (%)
 W_n : 침지 후 중량 (g)
 W_0 : 침지 전 중량 (g)

(6) 동결융해 저항성 시험

T.C, Powe에 의하면 동결융해로 인한 손상은 동결시 콘크리트 공극 내의 물이 얼음으로 변하여 체적 증가로 인한 팽창압이 발생하고, 이로 인해 물이 이 동함으로써 발생하는 수압에 의한 것으로 알려져 왔다.^{(13)~(15)}

본 연구에서는 동결융해 시험용 공시체를 7.5×10×40cm 크기의 각주형 공시체로 제작하였으며, 침투성 겔 발수제인 HG 100 및 HG 200과 S_e, S_n을 0.5mm 두께로 시공한 후 전자동 동결융해시험기를 사용하여 공기중 급속동결 수중 급속융해의 방법으로 동결융해 시험을 실시하였다.^{(16)~(18)}

동결융해 시험 공시체의 온도는 동결완료 시 -17°C, 융해완료 시 +4°C가 되게 하였고 동결융해 1사이클은 약 2.5시간이 소요되었다

본 시험에서는 동탄성계수를 초음파 속도에 의한 동탄성계수 시험법에 의했으며, 동결과 융해의 반복사이클 수가 300에 도달하거나 그 이전에 상대동탄성계수가 60% 이하로 될 때 완료하였다.

콘크리트의 전파속도, 동탄성계수 및 동결융해 내구성 지수는 다음 식 5, 식 6 및 식 7에 의해 구하였다.

$$V_t = \frac{L}{t} \quad (\text{식 5})$$

여기서,

V_t : 전파속도 (km/sec)
L : 공시체 길이 (cm)
t : 전파시간 (sec)

$$E_D = \frac{V_t^2 \times \rho \times 10^7}{g} \quad (\text{식 6})$$

여기서

E_D : 동탄성계수 (kgf/cm²)
 ρ : 공시체의 밀도
g : 중력가속도 (cm/sec²)

$$DF = \frac{P \times N}{M} \quad (\text{식 7})$$

여기서,

DF : 내구성 지수
N : 동결융해시험을 마친 사이클의 수
P : N사이클에서의 상대동탄성계수
M : 동결융해시험 목표 사이클 수

3. 시험결과 및 고찰

3.1 침투깊이

HG 100과 HG 200의 침투깊이를 알아보기 위해 각각 0.25mm, 0.5mm 및 0.75mm의 두께로 시공한 후 공시체의 중심부를 절단하여 관측한 침투깊이 결과는 Fig. 1과 같다.

침투깊이 측정 결과 시공두께가 두꺼울수록 침투깊이가 깊게 나타났으며, 액체 방수제에 비해 겔 타입의 발수제가 더 깊이 침투되었고 HG 100보다 HG 200이 더 깊은 침투를 보였다. 이는 시공두께가 두꺼울수록 그 만큼 침투되는 양도 많아지게 되고 액체 타입의 침투성 방수제에 비해 겔 타입 침투성 발수제의 손실량이 적기 때문에 그 만큼 침투되는 양도 많아져서 침투깊이가 더 깊은 것으로 사료된다.

3.2 흡수성

φ10×20cm의 공시체를 전면 0.5mm 두께로 침투성 겔 발수제 및 침투성 액체 방수제를 시공한 공시체의 흡수량을 측정하여 구한 증량비는 Fig. 2와 같다.

HG 100과 HG 200을 침투시킨 구조물 및 시험체의 증량은 수중에 침지시킨 후의 증량과 거의 같게 나타났으며, 액체 타입의 방수제 및 침투시키지 않은 구조물과 공시체의 증량변화에 비해 낮게 나타났다. 이는 침투된 겔이 콘크리트 내부로 침투, 콘크리트로 하여금 발수성을 갖게 하여 콘크리트 내의 공극 속으로 물이 침투되는 것을 억제 한 것으로 사료된다.

3.3 투수저항성

HG 100 및 HG 200을 0.5mm두께로 시공한 구조물과 공시체를 아웃-풋(Out-Put)방법으로 투수 시험을 실시하고 투수계수를 구한 결과는 Fig. 3과 같다.

투수계수 시험결과, 침투를 하지 않은 실제 구조물

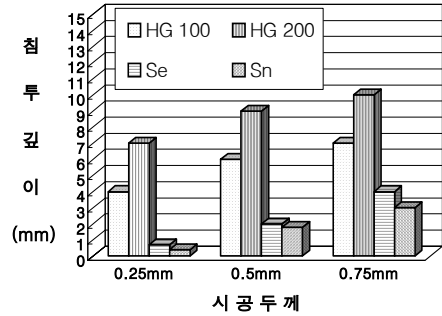


Fig. 1 침투깊이

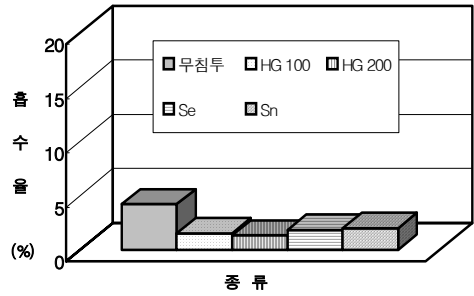


Fig. 2 겔 타입과 액체타입 침투제 시공 후의 증량변화율

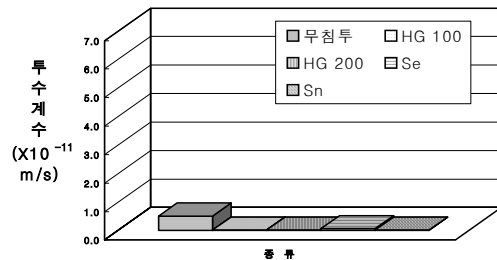


Fig. 3 겔 타입 발수제 및 액체 타입 방수제 침투 후의 투수계수 측정결과

및 시험체의 투수계수보다 침투를 한 후의 투수계수가 더 작게 나타났다. 또한, 겔 타입 침투성 발수제에 비해 액체 타입 침투성 방수제의 투수계수가 더 크게 나왔다. 따라서 본 연구에서 사용된 HG 100과 HG 200은 콘크리트 구조물의 내투수성을 향상시키는데 적합한 것으로 사료된다.

3.4 염소이온 침투저항성

실제 구조물 코어 및 공시체를 2cm 두께로 절단한 시험편으로 확산셀을 구성 한 후 측정된 통과전하량과 ASTM의 규정에 의해 염소이온 투과성 정도를 평가한 결과는 Fig. 4와 같다.

본 시험의 조건에서 겔 타입 방수제를 침투시키지 않은 시험체의 통과전하량은 1013으로 나타나 염소이온 투과성은 낮은 것으로 나타났다. 그러나 겔 타입 방수제인 HG 100 및 HG 200을 침투시킨 시험체에서 각각 12와 8로 나타나 모두 염소이온 투과성이 현저히 감소한 것으로 나타났다. 액체 타입의 방수제의 경우 S_e 가 320, S_n 이 240으로 나타나 매우 낮은 영역에 해당되었다. 따라서 콘크리트 내부의 보강철근을 부식시키는 원인인 염의 침투를 억제하는데 있어서 겔 타입과 액체 타입 모두 우수하나 겔 타입 침투성 방수제가 액체 타입 방수제 보다 효과가 더 크다고 할 수 있다.

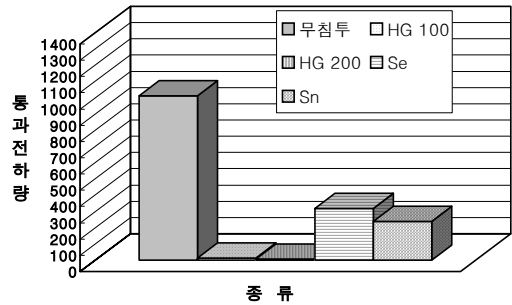


Fig. 4 침투제 시공 후의 염소 이온 투과성

3.5 화학약품에 대한 저항성

3.5.1 5%의 (H₂SO₄)에 침지한 시험체의 중량변화

5%의 H₂SO₄에 28일 침지시켜 각각 7일, 14일, 28일 재령에서 측정된 중량변화는 Fig. 5와 같다. 겔 타입 방수제와 액체 타입 방수제를 침투시킨 시험체는 침투시키지 않은 것보다 중량변화율이 작게 나타났으며 침지 재령 28일에서 HG 100의 98%로 나타났고, HG 200의 경우는 99%로 나타났다. 또한 S_e 의 경우는 97%로 나타났고 S_n 의 경우는 95%로 나타났다. 따라서 겔 타입 및 액체 타입 침투제 모두 H₂SO₄에 의한 열화가 거의 없음을 알 수 있으며, 겔 타입과 액체 타입의 비교 시 겔 타입 침투성 방수제가 액체 타입 방수제에 비해 H₂SO₄에 대한 화학저항성이 더 우수함을 알 수 있다.

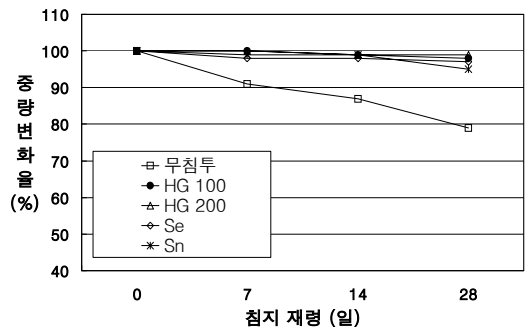


Fig. 5 5%의 (H₂SO₄)에 침지시킨 시험체의 중량변화

3.5.2 10%의 (MgCl)에 침지한 시험체의 중량변화

10%의 MgCl에 28일 침지시켜 각각 재령에서 측정된 중량변화는 Fig. 6과 같다.

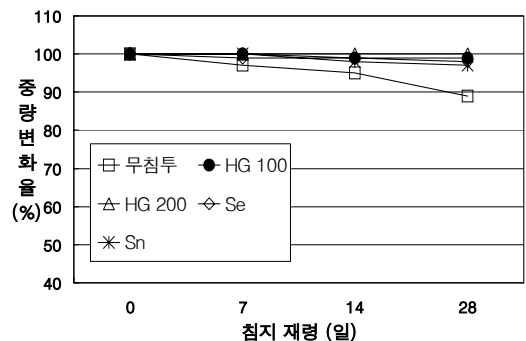


Fig. 6 10%의 (MgCl)에 침지시킨 시험체의 중량변화

10%의 MgCl에 28일 동안 침지시켜 측정된 중량변화는 대체적으로 모두가 작게 나타났으며, 특히 HG 200을 침투시킨 공시체의 경우 중량변화는 없는 것으로 나타났고 외관상으로도 차이가 없는 것으로 나타났다.

3.5.3 10%의 (CaCl₂)에 침지한 시험체의 중량변화
 10%의 CaCl₂에 7일, 14일 및 28일 동안 침지시킨 후 측정된 중량변화는 Fig. 7과 같다.

10%의 CaCl₂에 28일 동안 침지시켜 재령 7일, 14일 및 28일에서 측정된 중량변화에 대한 결과는 대부분 90% 이상이었다. 재령 7일에서 약간의 중량증가를 보였으나 그 이후의 재령에서는 중량이 감소하였는데 이는 공기체 내부로 침투한 약품용액이 시멘트와 화학반응을 일으켜 발생한 것으로 사료된다. HG 100과 HG 200을 침투시킨 시험체의 경우 중량변화는 보이고 있지 않아 겔 타입의 발수성 침투제가 콘크리트 내부로의 화학약품용액 침투를 억제한 것으로 판단된다.

3.6 동결융해에 대한 저항성

HG 100과 HG 200을 침투시킨 콘크리트의 동결융해 저항성을 알아보기 위해 실시한 동결융해시험 결과 상대동탄성계수의 변화과정은 Fig. 8과 같다.

동결융해시험 결과 모두 300사이클에 도달하여 시험이 완료되었다. 침투시키지 않은 시험체의 내구성지수는 83.3%로 양호하게 나왔으며, HG 100과 HG 200이 침투된 시험체의 내구성지수는 각각 98.5 및 99.8%로 나타나 동결융해에 대한 내구성이 우수한 것으로 나타났고 S_e와 S_n을 침투시킨 경우 각각 86.6%, 87.1%로 나타났다. HG 100과 HG 200을 침투시킨 것과 침투시키지 않은 것의 내구성은 겔 타입 침투성 발수제를 침투시킨 것이 동결융해 저항성이 우수한 것으로 나타났으며 Fig. 9는 겔 타입의 발수제를 침투시킨 것과 침투시키지 않은 것의 내구성지수를 나타낸 것이다.

4. 결론

본 연구는 콘크리트 표면 보호처리 방법 중 침투공법을 이용하여 구조물의 내구성을 증대시키기 위해 사용되는 침투성 발수제에 대해 정량적인 평가와 개선효과를 알아보기 위해서 겔 타입 발수제와 액체 타입 방수제를 침투시킨 시험체에 대해 다양한 시험을 해보았다.

겔 타입의 HG 100 및 HG 200과 액체 타입인 실리케 S_e와 실리케 S_n을 콘크리트 속으로 침투시켜

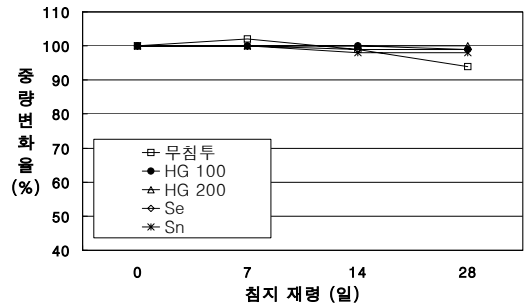


Fig. 7 10%의 (CaCl₂)에 침지시킨 시험체의 중량변화

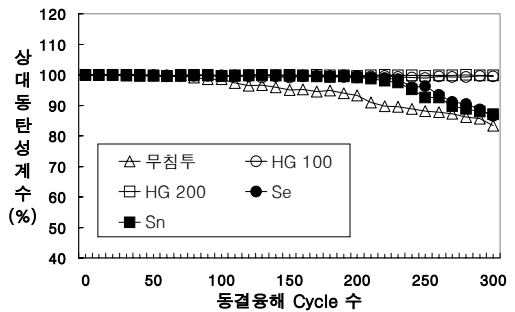


Fig. 8 상대 동탄성계수 변화

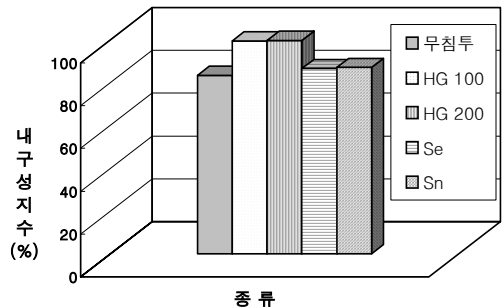


Fig. 9 겔 타입과 액체타입의 내구성 지수 비교

다양한 시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

- 1) 본 시험의 조건에서 겔 타입 침투성 발수제의 침투 깊이는 0.25mm, 0.5mm 및 0.75mm 두께로 시공한 것에 대해서 HG 100이 각각 4mm, 6mm 및 7mm로 측정되었고 HG 200은 각각 7mm, 9mm 및 10mm로 측정되었으며 Se는 0.7mm, 2mm, 4mm, Sn은 0.4mm, 1.8mm, 1.3mm로

측정되어 현재 국내에서 사용되고 있는 액체 타입의 침투제에 비해 침투깊이가 깊은 것으로 나타났다.

- 2) HG 100 및 200을 침투시킨 공시체의 흡수량은 침투된 겔에 의한 콘크리트의 발수성 때문에 물의 침투가 억제되어 낮게 나타났다. 따라서 방수의 효과가 우수한 것으로 나타났으며 액체 타입의 방수제 보다 방수 효과가 더 우수하게 나타났다.
- 3) 겔 타입 침투성 발수제인 HG 100과 HG 200을 침투시킨 시험체의 투수계수는 거의 0에 가깝게 나타났으며, 콘크리트 구조물의 내투수성을 향상시키는 데 적합한 것으로 나타났다
- 4) 염소이온 침투저항성시험에서 시험체에 HG 100 및 HG 200을 침투시킨 경우 모두 무시할 만한 영역에 해당하였고 액체 타입 침투성 방수제인 S_e 와 S_n 은 매우 낮은 영역에 해당되어 겔 타입 침투성 발수제를 침투시킨 것이 염소이온의 침투억제 효과가 큰 것으로 나타났다.
- 5) 화학약품에 대한 저항성을 알아보기 위해서 겔 타입 침투성 방수제인 HG 100과 HG 200을 침투시킨 시험체를 3 종류의 용액 속에 침지시킨 후의 중량변화는 거의 없는 것으로 나타났고 외관상으로도 차이가 없는 것으로 나타나 화학약품에 대한 내구성이 큰 것으로 나타났다.
- 6) 동결융해 시험에 있어서 겔 타입 침투성 방수제의 내구성 지수는 98.5% 이상이며, 액체 타입 방수제의 경우 86.6% 이상으로 나타나 겔 타입 침투성 방수제가 액체타입 방수제에 비해 동결융해 내구성이 더 우수한 것으로 나타났다.
- 7) 보수를 위한 접근이 어려운 구조물이나 해안가에 건설된 구조물 등에는 깊은 침투가 가능한 겔 타입 방수제를 사용함으로써 장기적인 내구성을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.
- 8) 본 연구에서 사용된 겔 타입 재료의 단가가 액상 타입 재료의 단가에 비해 더 높은 것으로 사료되거나 장기 유지관리 측면에서는 더 유리할 것으로 판단되기 때문에 추후 경제성 비교검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. (주) 대우건설 기술연구소, 동양시멘트 (주) 중앙연구소, “초유동콘크리트의 개발 및 실용화 연구“, 1996. 10.
6. 한국표준협회, “고강도콘크리트의 동결융해저항성에 미치는 기포조직의 영향”,
7. 김생빈, “고강도콘크리트의 동결융해저항성에 미치는 기포조직의 영향”, 한국콘크리트학회 논문집, 제4권, 1호, 1992. pp.89-96.
16. 한국표준협회, “급속동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법“, KS F 2456, 1981.
5. 飛坂基夫, “硬化コンクリートの中への鹽素イオンの浸透性に關する2,3の檢討“, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 14, No.1, 1992, pp.959-964.
8. 村田二良, “中空圓筒供試體を用いるコンクリートの透水試驗方法“, 日本土木學會論文集, 製46號, 1957.
9. 日本建設省土木研究所, “コンクリート構造物の電氣防蝕に關する共同研究報告書“, 1989.
10. 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.
2. A. M Neville, “Properties of Concrete“, Great Britan, 1981, p.432.
3. H. F. W Taylor, “Cement Chemistry“, 1990, pp. 383-401.
4. D., Campbell-Allen and H., Roper, “Concrete Structures: Materials and Repair“, Longman Scientific & Technical, 1991.
11. ASTM, Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration (C 1202-91).
12. D.K.B., Thistlethwayte, “Control of Sulphides in Sewerage Systems“, Butterworths, 1972.
13. T. C Power And R. H Helmuth, “Theory of Volume Changes in Hardened Portland Cement Paste During Freezing“, Vol. 32, 1953, pp. 285-297.
14. T. C Power, “Permeability of Portland cement paste“, J. Am. Con'c. Inst. 5, 285, 1954.
15. T. C Power, “The Physical Structure and Engineering properties of Concrete“, Bull. 90, Portland Cement Association, Skokie, IL, 1958.
17. ASTM, Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing (ASTM C 666-80), Annual Book of ASTM Standards, Part 14, 1981, pp.396-402
18. JIS, 콘크리트의凍結融解試驗方法 (JIS A 1127), 1988.

(접수일자 : 2002년 8월 22일)