

시멘트 경화체에 적용되는 알칼리 부여제의 성능회복에 관한 시험적 연구

- 알칼리부여제에 대하여 -

An Experimental Study on Efficiency Recovery Impregnation Alkalization Agent Apply cement pastes - about impregnation alkalization agent-

김 광 기^{*} 조 규 현^{**} 박 선 길^{**} 김 성 식^{***} 송 병 창^{****} 정 상 진^{*****}
Kim, Kwang Ki Cho, Kyu Hyun Park, Sun Gil Kim, Sung Sik Song Byung Chang Jung Sang Jin

ABSTRACT

Carbonation of concrete used impregnation alkalization agent construction reinforcement, recovery of pH, elevation improve, in which efficiency decline internal force of number and durability because of impregnation alkalization agent applyment general standard, used concrete.

Material quality not understanding lack of study and stadard. This study investigate change of pH. recovery depth of impregnation alkalization agent, recovery depth belong a mount of aggregate that comparision, analysis parity

1. 서론

철근콘크리트 구조물의 중성화는 일반 환경하에서도 확실하게 진행되며, 점차 내부 철근주위까지 진행되어 철근부식이 발생하며, 이로 인한 팽창압으로 피복콘크리트의 탈락, 단면결손 등 구조의 외관 손상은 물론, 콘크리트 부재의 내력에도 영향을 미치게 된다.

한편, 최근들어 콘크리트 구조물의 환경에 의한 파괴, 자원의 손실 등의 이유로 기존 구조물의 유지 보전에 대한 관심이 고조되고 있으며, 그 일환으로 중성화된 콘크리트 구조물에 알칼리성을 부여하여 내구수명을 연장시키는 방안이 모색되고 있다. 그 대표적인 처리재로 알칼리성의 규산리튬계 화합물이 잘 알려져 있으며, 국내·외를 통하여 많이 사용되고 있다.

그러나, 이와같은 많은 실적에도 불구하고 현재까지 중성화된 콘크리트의 알칼리부여에 대한 명확한 매카니즘과, 정량적인 평가방법이 정립되지 않아 그 효과를 판단하기 어려운 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 알칼리부여제의 알칼리부여 효과에 대한 메카니즘을 규명하기 위한 기초적

* 정회원, 단국대 대학원 석사과정

** 정회원, 단국대 대학원 박사과정

*** 정회원, 대흥 ENG 전무

**** 정회원, 아키벤 대표이사

***** 정회원, 단국대 건축대학 교수

단계의 실험을 실시하였다.

본 연구에서는 우선 국내에서 널리 사용되고 있으며, 문헌을 통하여 소개되고 있는 다음의 그림 1과, 그림 2에서 나타내는 화학식을 가진 대표적인 알칼리부여제, 즉 해외개발의 규산리튬염 화합물과 실란화합물 등을 혼합하여 개량하고 있는 국내산 알칼리부여제를 대상으로 알칼리부여 효과를 고찰하기로 하였다.

본 연구는 콘크리트 표면에 도포하여 그 효과를 확인할 수 있으며, 또한 기초적 단계의 실험적으로 가능한 범위에서 시험오차를 줄이기 위해 모르터를 사용하였다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에서 사용되는 시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)규격품으로서 S사의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였다.

2.1.2 잔골재

본 실험에서 사용된 잔골재는 북한강산으로 최대치수를 5mm이하로 입도 조정하였다.

2.1.3 알칼리성 부여제

1) 리튬실리케이트

표 1 리튬실리케이트의 특성

항목	점도 (20℃)	비중 (20℃)	pH	빙점	외관
성질	10cP이하	1.1±0.02	11±0.5	0℃	투명 담황색

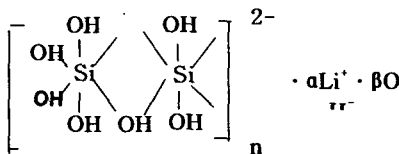


그림 1 리튬실리케이트 화합물의 화학구조식

2) A사의 알칼리성 부여

표 2 알칼리성 부여제의 특성

시험항목	pH	비중	점도(cP)
결과	11.0	1.04	7 (50rpm×스핀들번호1×25℃)
시험방법	KS M 5000		KS M 3825

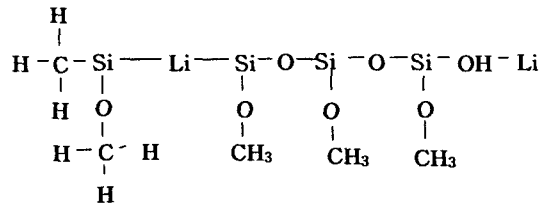


그림 2 알칼리성 부여제의 화학구조식

2.2 실험계획

2.2.1 공시체 제작 및 양생

공시체의 제작은 JIS R 5201(시멘트의 물리적 시험기기 비법에 의한 방법)에 의하여 4×4×16cm 볼드를 사용하여 제작하였으며, 양생은 제작 후 24시간이 지난 뒤 탈형하여 28일간 수증양생(20±3℃)을 하였다. 배합은 표 3과 같다.

표 3 모르타르 배합표

배합비 (C : S)	W/C (%)	중량배합(kg/m ³)		
		W	C	S
1 : 3	60	298	497	1228
1 : 4		263	439	1393
1 : 5		229	383	1520

2.2.2 촉진 중성화

수분에 의한 CO₂의 확산속도의 변화를 방지하기 위해 100℃의 건조실에서 항량이 될 때까지 건조시킨 후 온도 20±3℃, 상대습도 60%, CO₂ 5%±2에 폭로시켜 제작하였다.

2.2.3 알칼리부여재의 도포 및 양생

시방서를 참고로 실제 알칼리부여재의 도포량을 살펴보면 0.3~0.4kg/m²로 하고 있으며, 콘크리트의 표면상태에 따라 그 사용량은 달라진다고 하고 있다. 따라서 이와같은 기준으로 알칼리부여 효과를 정량적으로 다루기에는 많은 문제점이 발생할 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구에서는 가능한 객관적인 평가를 위하여 KS F 2451(건축용 시멘트 방수제 시험방법)에서 정하고 있는 흡수성시험방법에 준하여 표면에 침적하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 공극율의 측정

재령 28일 표준 양생한 모르타르의 시편을 5×5×5mm 또는 3×3×3mm로 파쇄한 뒤 100℃의 건조기에 24시간 동안 항량이 될 때까지 건조시켜 공극율을 분석하였다. 측정은 USA/Micromeritics/Poresizer9320의 Porosimeter로 하였다

2.3.2 페놀프탈레인 용액에 의한 중성화촉진 깊이 시험

중성화 깊이 측정은 실험 시작일로부터 1, 2, 3, 4주 재령의 시험체를 소정의 두께로 할렬하여 파면에 1% 페놀프탈레인 용액을 분무한 후, 적색으로 착색하지 않는 부분의 표면으로부터 중성화 깊이를 측정하였다.

중성화 촉진 조건을 균일하게 하고 시공된 구조물을 고려하여 재령 28일된 공시체를 일정기간 동안 건조시킨 후 그림 3과 같이 한쪽을 제외한 나머지를 실링처리 하였다.

2.3.3 페놀프탈레인법에 의한 알칼리부여 효과

시험체의 치수는 4×4×16cm로 4주간 중성화 촉진시킨 시험체를 알칼리성 부여제(리튬실리케이트, A사의 알칼리성 부여제)에 침지한 시험체 각각 3개로 하였다. 중성화 촉진시킨 시험체를 24시간 동안 그림 4와 같이 침지시킨 후 24시간 동안 대기에 방치하였으며, 회복 성능평가는 페놀프탈레인 용액을 분무하여 알칼리화 되지 않은 부분 즉, 중성화 깊이를 측정하였다.

2.3.4 pH 측정에 의한 알칼리부여 효과

시험체의 치수는 4×4×16cm, 시험체의 갯수는 미 중성화 시험체, 4주간 중성화 촉진시킨 시험체, 중성화 촉진시킨 시험체를 알칼리성 부여제를 침지한 시험체 각각 3개로 하였다. pH 측정 방법은 시편 40g 정도를 파쇄하여 pH5~7의 증류수 200g에 24시간 동안 침지시킨 후 분쇄한 시편과 증류수를 분리하여 증류수의 pH를 측정하였다. 시편은 4×4×16cm 시험체를 0~10mm로 컷팅 하였으며, pH Meter 212를 사용하여 측정하였다.

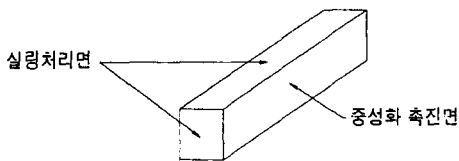


그림 3 중성화 촉진시험 공시체

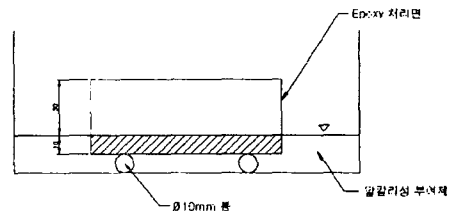


그림 4 흡수시험

3. 결과 및 고찰

3.1 공극을 측정에 대한 고찰

1 : 3에서는 150nm~50nm에서 주로 분포하고 72nm에서 피크를 이루고 있다. 1 : 4 배합은 12nm~3600nm에서 분포하고 있으며 590nm과 30nm에서 세공량이 피크로 되어 있다. 1 : 5 배합은 30nm~150nm 범위에서 60nm와 72nm, 890nm에서 피크를 이루고 있었다.

즉, 1 : 3 비율은 상대적으로 세공경이 비교적 작으면서도 넓게 분포되어 있으며 비록 세공량이 증가되는 부분이 있기는 하지만, 세공경이 작아 조직이 치밀한 것으로 판단된다. 1 : 4 비율은 큰 지름을 갖는 세공경의 범위가 짧으며 범위 내 또는 범위 외에서 모두 세공량의 증감이 확실한 것으로 판단되며 1 : 3, 1 : 4 비율의 배합보다는 포러스한 공극 체계로서 구조물에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 1 : 5 비율은 위에서 말하고 있는 범위 밖을 중심으로 세공량이 증감하고 있어 시멘트 경화체에는 영향이 적으나, 890nm에서 다량의 세공량이 측정되므로 1 : 3 보다는 조직이 밀실하지 않은 것으로 판단된다.

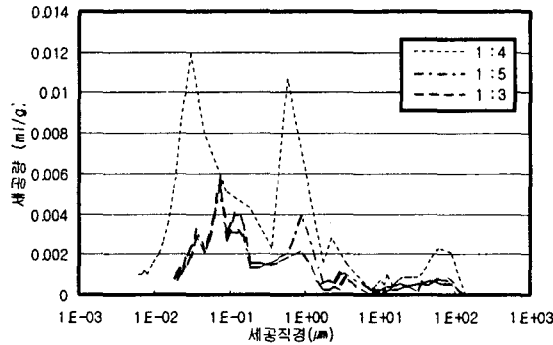


그림 5 모르타르의 세공경 측정 결과

3.2 중성화 축진깊이 시험에 대한 고찰

중성화 축진깊이 시험에서는 사진 2와 그림 6과 같이 일반적으로 C : S의 비율이 커질수록 중성화 깊이가 커지는 것을 볼 수 있으며, 재령 1~3주에서는 깊이가 미비하였으나 4주째에서는 그 깊이가 커지는 것을 볼 수 있다. 또한, 보고되는 문헌에 의하면 공극이 커질수록 보다 다공질한 구조로 탄산가스를 억제하는 치밀한 조직 구성을 갖지 못하여 중성화 깊이가 커지는 것으로 사료되고 있다. 그러나, 본 실험에서는 일반적인 공극에 대한 중성화 깊이가 비례관계를 갖는 것만은 아닌 것으로 판단되어, 1 : 5 보다는 1 : 4 비율의 배합이 포러스한 구조를 갖으면서도 중성화 깊이에 대해서는 낮은 결과치를 볼 수 있다.

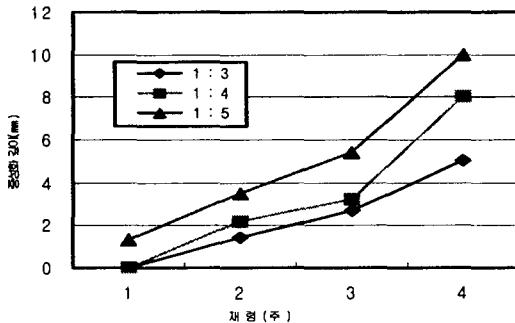


그림 6 중성화 축진 깊이



사진 1 중성화 깊이

3.3 페놀프탈레인법에 의한 알칼리부여 효과 고찰

알칼리성 부여제의 침투깊이 시험에서는 사진 3과 그림 7에서 보는 바와 같이 알칼리부여제(리튬실리케이트, A사의 알칼리성 부여제) 침지 후 중성화 부분을 알칼리성으로 회복시키는 것을 볼 수 있다. 알칼리성 부여제의 회복깊이는 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5 비율의 배합에서 리튬실리케이트 침지시에는 4mm, 6.8mm, 9mm와 A사의 알칼리성 부여제 침지시에는 4.2mm, 7.3mm, 9mm 회복깊이를 보이고 있다.

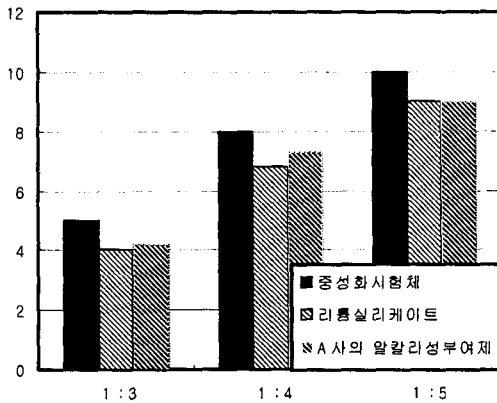


그림 7 알칼리부여제 침지 후 회복깊이

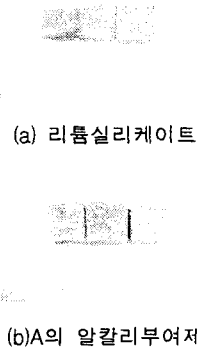


사진 2 알칼리성 부여제 침지 후

3.4 pH 측정에 의한 알칼리부여 효과의 고찰

pH 측정 시험에서는 각 배합별로 미중성화, 촉진 중성화 또는 알칼리성부여제 침지 후 시험체의 pH 변화를 볼 수 있었다. 미중성화시킨 시험체에서는 미세하지만 단위골재량이 많을수록 pH가 저하되는 것을 볼 수 있다. 또한, 중성화시킨 시험체에서는 미중성화 시험체보다 약 0.8~1.9 정도 pH가 저하되었으며, 중성화 시험체에 알칼리성 부여제를 침지한 시험체에서는 각각 약 0.7~0.9, 0.62~0.9 정도 pH가 상승되었다.

이러한 pH 변화는 미중성화 시험체에서는 시멘트의 수화생성물인 수산화칼슘의 양 즉, 단위시멘트량과 비례하고, 중성화 시험체에서는 탄산가스의 흡입으로 인한 중성반응시 세공용액의 높은 pH를 유지하기 위해 세공용액 속으로 수산화칼슘이 용해되어 소실됨으로써 알칼리성을 소실한 것으로 판단된다.

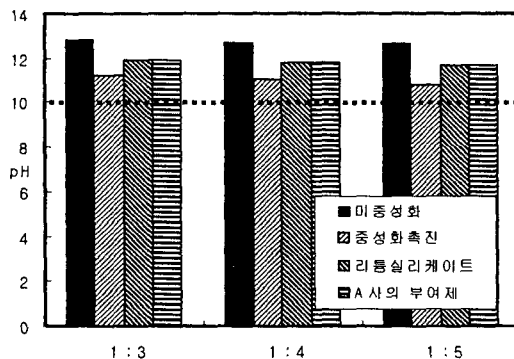


그림 8 pH 변화

4. 결론

알칼리부여제의 알칼리부여 효과에 대한 메카니즘을 규명하기 위한 기초적 단계의 실험을 실시한 본 연구에서는 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1) 페놀프탈레인 법을 사용하여 알칼리부여제 침지에 의한 중성화 영역이 재알칼리화 되어 변색됨으로써 회복 성능을 확인 할 수 있었다.

2) 페놀프탈레인 법에 의한 회복성능 평가는 변색법에 의한 깊이를 육안으로 측정하여 회복 성상에 대한 평가를 정량적으로 평가하기에는 미흡하였으나 시멘트 경화체의 pH를 분석하므로써 소실되었던 알칼리성을 회복시키는 결과치를 정량적으로 평가 할 수 있었다.

3) 중성화 깊이는 일반적으로 단위골재량이 많아질수록 깊이가 커지는 것을 볼 수 있었으나, 공극의 특성에 대한 중성화 깊이를 단언하기에는 미흡한 부분이 많으며 알칼리부여제의 회복성능도 공극 특성에 상당한 영향을 받고 있을 것으로 판단된다.

4) 따라서 알칼리부여제의 회복성능에 대하여 페놀프탈레인 법과 pH측정에 의한 방법이 알칼리 회복의 유무 및 기본적인 성향을 평가하기에는 무리가 없을 것으로 판단되며, 아울러 중성화 깊이, 회복 성상을 정량적으로 평가하기 위해서는 공극에 영향을 미치는 골재량, 골재의 종류 등에서는 다양한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 정상진 외, 건축재료학, 보성각.
2. 김도겸 외 3인, "콘크리트 보수재료로서의 도포형 표면강화물질 검토," 한국콘크리트학회.
3. 안상덕 외 1인, "무기질 침투성 도포방수제가 콘크리트 표층부의 미세조직에 미치는 영향에 관한 연구," 대한건축학회논문집.
4. 정재동, "콘크리트의 배합조건 및 미세구조가 중성화에 미치는 영향, 철근콘크리트 구조물의 내구성향상에 관한 심포지엄," 대한건축학회, 1995.
5. 田代利明 外, "コンクリートの 耐久性と 化學の 基礎," セメント 新聞社, 1992.4.
6. 小林一輔, "コンクリートの 構造物の 診断シリーズ, 콘크리트의 構造物の 早期老化と 耐久性 診断," 森北 出版株式會社, 1991.