

알칼리부여제의 회복에 따른 시멘트 경화체의 충진성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Packing Ability of Hardened Cement Paste According to Penetrate by Alkalinization Agent

김 광 기* 공 민 호* 박 선 길** 김 우 재*** 송 병 창**** 정 상 진*****
Kwang-Ki Kim Min-Ho Gong Sun-Gil Park Woo-Jae Kim Byung-Chang Song Sang-Jin Jung

ABSTRACT

Concrete used up to date semipermanent architecture material but now day concrete early deterioration emboss social issue because of construction structure and enviromental factor. so, many study of deterioration concrete construction improve durability used impregnation alkalinization agent..

Impregnation alkalinization agent deterioration concrete construction spray infiltration or diffusion improve alkali and filler inter minuteness void elaborateness constitution concrete. but many study of harding concrete change inter minuteness void that is insufficiency.

also, To study of method recover shape impregnation alkalinization agent apply deterioration concrete construction. impregnation alkalinization agent infiltration according to test of porosity, premeameter, absorption.

1. 서론

최근 구조물의 안전성에 대한 관심이 사회적으로 부각되면서 콘크리트 구조물에 대한 내구성 문제가 새롭게 인식되어져 보수·보강등을 통한 구조물의 성능을 회복시키고 사용수명을 향상 시키려는 노력이 증대되고 있다. 더욱이 노후화된 경화체에서는 내부 공극이 다공질화 되어 H₂O의 유입, 유해가스의 침투 등으로 인하여 열화 현상을 가속화 시키는 경향이 있다. 이에 본 연구에서는 노후화 시킨 시멘트 경화체에 알칼리부여제를 사용하였을 경우 시멘트경화체 표층부의 공극에 미치는 영향을 세공을 측정과 투수성, 흡수성 실험을 통하여 알칼리부여제에 의한 노후화된 시멘트경화체의 조직 밀실화에 대한 기초 자료를 제시하여 향후 알칼리부여제를 통한 콘크리트 구조물의 내구성 향상을 위한 기

* 정회원, 단국대 대학원 석사과정

** 정회원, 단국대 대학원 박사수료

*** 정회원, 시립인천전문대 겸임교수

**** 정회원, 아키벤 대표이사 공학박사

***** 정회원, 단국대 건축공학과 교수

초적 자료를 제시하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료 및 배합조건

시멘트는 현재 일반적으로 사용되고 있는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)규격품으로서 S사의 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 골재는 북한강산으로 최대치수를 5mm이하로 입도 조정하였다.

알칼리부여제는 규산리튬을 주원료로 하는 리튬실리케이트와 규산리튬에 실란을 첨가한 알칼리부여제 두 종류로 하였다. 알칼리부여제 침지 후 양생은 현재 시공되어지고 있는 양생 방법을 참고로 하여 침지 직후인 1주를 기준으로 2주간 양생하였다.

시험체는 시멘트 경화체에서 가장 많은 영향을 미치는 물시멘트비를 일반적으로 많이 사용되어지는 60%로 고정시켰으며, 그에따른 단위골재량의 증감을 통해 배합비 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5의 3수준으로 선정하여 제작하였다. 본 실험에서 사용된 알칼리부여제의 특성을 <표 1> <표 2>, 화학구조식을 [그림 1] [그림 2]에 나타내었으며 시험체의 배합은 아래 <표 3>에 나타내었다.

표 1. 규산리튬 화합물의 특성

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

표 2. 규산리튬+실란 화합물의 특성

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

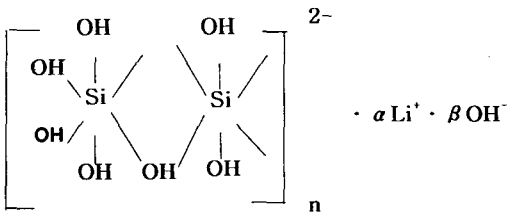


그림 1 규산리튬 화합물의 화학구조식

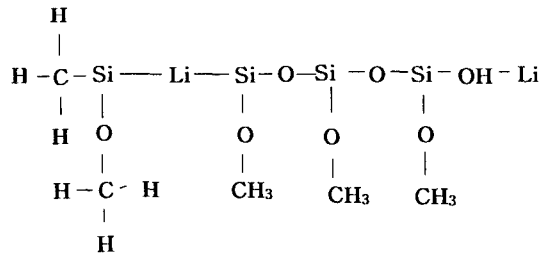


그림 2 규산리튬+실란 화합물의 화학구조식

표 3. 모르타르 배합표

배합비 (C : S)	W/C (%)	중량배합(kg/m³)		
		W	C	S
1 : 3	60	298	497	1228
1 : 4		263	439	1393
1 : 5		229	383	1520

2.2 공시체의 제작 및 양생

공시체의 제작은 JIS R 5201(시멘트의 물리적 시험기기 비법에 의한 방법)에 의하여 4×4×16cm 몰드를 사용하여 제작하였으며, 제작 후 24시간이 지난 뒤 탈형하여 28일간 표준수 중양생(20±3℃)을 하였다.

2.3 중성화 촉진 시험

중성화 촉진 시험의 경우 온도 수분에 의한 CO₂ 확산속도의 변화를 방지하기 위하여 100℃의 건조실에서 항량이 될 때까지 건조시킨 후 온도 20±3℃, 상대습도 60%, CO₂ 10%±2에 폭로 시켜 제작하였다. 시험체의 형상은 아래 <그림 1> 과 같다.

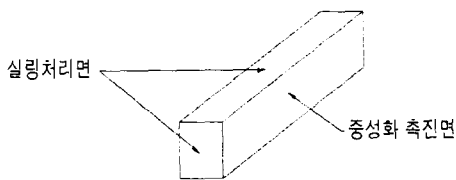


그림 1 중성화 공시체

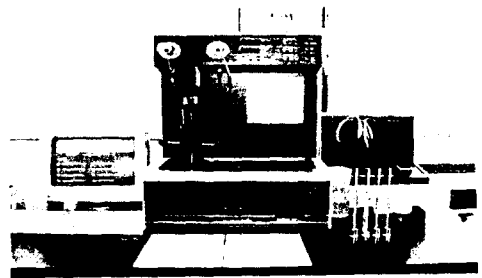


사진 1 Penetrometer9320

2.4 실험방법

1) Porosity

시멘트 경화체의 중성화 또는 알칼리부여제의 회복에 의한 미세공극의 변화를 측정하기 위해 수은 압입식 포로시티 미터 9320을 사용하여 세공을 평가를 하였다. 시험체는 재령 28일 표준 양생한 모르타의 시편을 5×5×5mm 또는 3×3×3mm로 파쇄한 뒤 100℃의 건조기에 24시간동안 항량이 될 때까지 건조시켜 세공율을 분석하였다.

시험체의 갯수는 28일 동안 표준양생 시킨 시험체, 4주간 중성화 촉진 시킨 시험체, 중성화 시킨 시험체를 알칼리부여제에 침지하여 1주간 양생시킨 시험체, 부여제 침지후 10주간 외기에 폭로시킨 시험체 각각 2개로 하였다. 압력의 범위는 30,000psia 까지 평가하였으며 세공을 측정에 사용한 Penetrometer와 포로시티 측정 사진을 <사진 1.> 에 나타내었다.

2) 투수시험 및 흡수시험

시험은 KS F 2451(건축용 시멘트 방수제 시험방법)에 준하여 실행하였으며, 투수 측정용 시험체는 Ø10×3cm, 흡수 측정용 시험체는 4×4×16cm로 하였으며, 시험체의 갯수는 표준양생 후 4주간 중성화촉진 시킨 시험체, 그리고 알칼리부여제를 도포한 후 1주간 양생시킨 시험체로 구분하여 각각 3개로 하였다. 중성화촉진 시험체는 탄산가스가 균일하게 침투할 수 있도록 한 측면을 제외한 면을 실링 처리 하여 소정의 재령에서 투수량 및 투수비의 변화를 측정하였다.

본 실험에서 사용된 투수시험 기기와 흡수시험 방법은 아래 <사진 2.> [그림 2.]과 같다.



사진 2 투수 시험체 및 기기

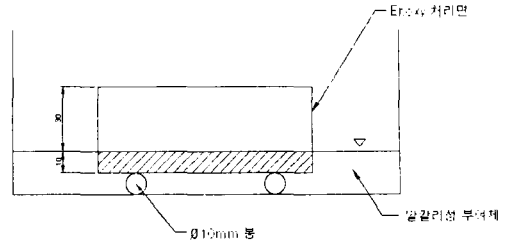


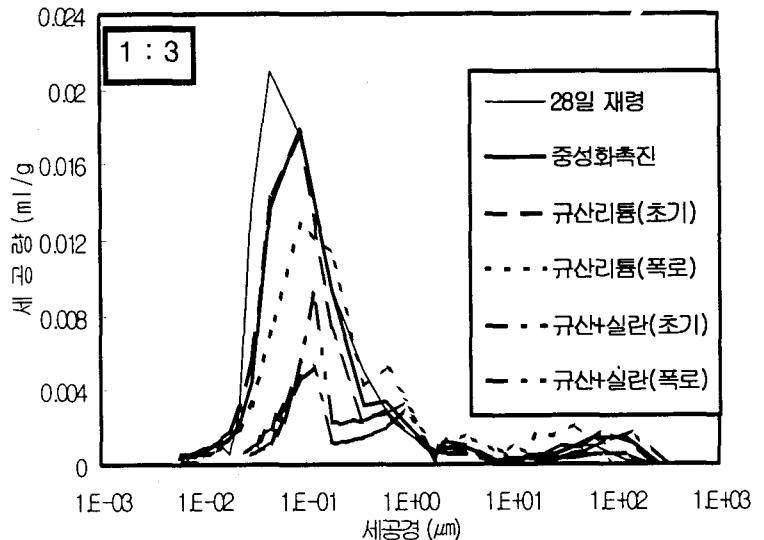
그림 2 흡수시험

3. 시험결과 및 고찰

3.1 Porosity 측정 결과

본 실험에서는 전체적인 배합별로 단위골재량에 따른 세공분포상태의 변화를 [그림 3]에 나타내고 있다. 각 수준별 배합비 모두 콘크리트의 강도 및 투수성 등 기본 물성에 영향을 미치는 3.75~7500nm의 세공경을 중심으로 크고 작은 많은 양의 세공이 집중되어 있는 것을 볼 수 있다. 중성화촉진 전 시험체의 세공분포상태는 1 : 3, 1 : 4 비율의 것은 20~180nm에주로 분포하여 각각 90nm, 45nm 범위에서 피크로되는 뾰족한 삼각형의 형태로 분포되어 있다. 그러나 배합비 1 : 5의 비율에서는 골재의 양이 상당히 커짐으로 인하여 피크가 되는 세공량은 1 : 3, 1 : 4 비율 보다 작아졌지만, 피크를 이루는 세공의 범위가 상대적으로 큰 반경을 갖는 602nm로서 넓어지는 분포를 나타내고 있었다.

또한, 중성화한 후의 배합별 세공분포상태는 위에서 설명한 표준 시험체의 세공분포상태와 비교하여 세공경의 범위에서는 큰 차이점은 찾아 볼 수 없었지만, 피크가 되는 세공량에 있어서 1 : 3, 1 : 4 배합은 약 0.003~0.004ml/g이 감소하는 것을 볼 수 있으며, 1 : 5 배합의 경우 약 0.005ml/g의 세공량이 감소하는 경향을 나타내고 있었다. 이를 전체적으로 보면 중성화전과 같이 단위골재량의 증가와 더불어 시험체에 함유된 총 세공량이 증가된다고 판단된다. 그러나, 배합비 1 : 3, 1 : 4 비율에서는 그다지 큰 차이는 보이지 않으며, 배합비 1 : 5의 시험체에서는 1 : 3, 1 : 4의 시험체 보다 다소 큰 반경을 갖는 90~602nm의 세공들이 넓게 분포하고 있는 것으로 판단되었다. 또한, 중성화에 의해 1 : 3, 1 : 4 배합은 각각 18~45nm, 11~22nm의 세공량이 감소하였고 1 : 5 배합은 10~30nm의 범위의 세공량이 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 보고되고 있는 바와 같이 표준 시험체를 중성화 시킴으로서 반경



3.75~75nm의 세공경이 중성화반응에 의해 생성된 탄산칼슘에 의해 공극이 채워지기 때문에 사료된다. 아울러, 중성화 시험체를 회복 시키기 위하여 알칼리부여제에 침지 후 측정된 세공분포에서는 두 종류의 알칼리부여제 모두 일정량의 이상의 세공량과 작은 반경을 갖는 세공이 점차 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. 회복 초기에 있어서는 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5 배합 모두 3.75~7500nm 범위중 중성화 시험체의 피크를 이루던 세공량과 세공반경이 전체적으로 감소하는 것을 볼 수 있으며, 회복 후 폭로 시험체에 있어서도 전체적으로 회복초기 시험체의 세공분포상태와 비교하여 상대적으로 세공량이 상당히 줄어들었으므로 다소 밀실한 시험체의 조성이 확인 되었다. 그러나, 1 : 5 배합의 경우 비교적 적은 세공량을 갖는 361~906nm 범위와 40~180nm의 범위를 갖는 세공의 범위가 두 부분으로 나누어지는 분포를 나타내고 있으나 이에 대한 추가 실험이 필요할 것으로 사료된다.

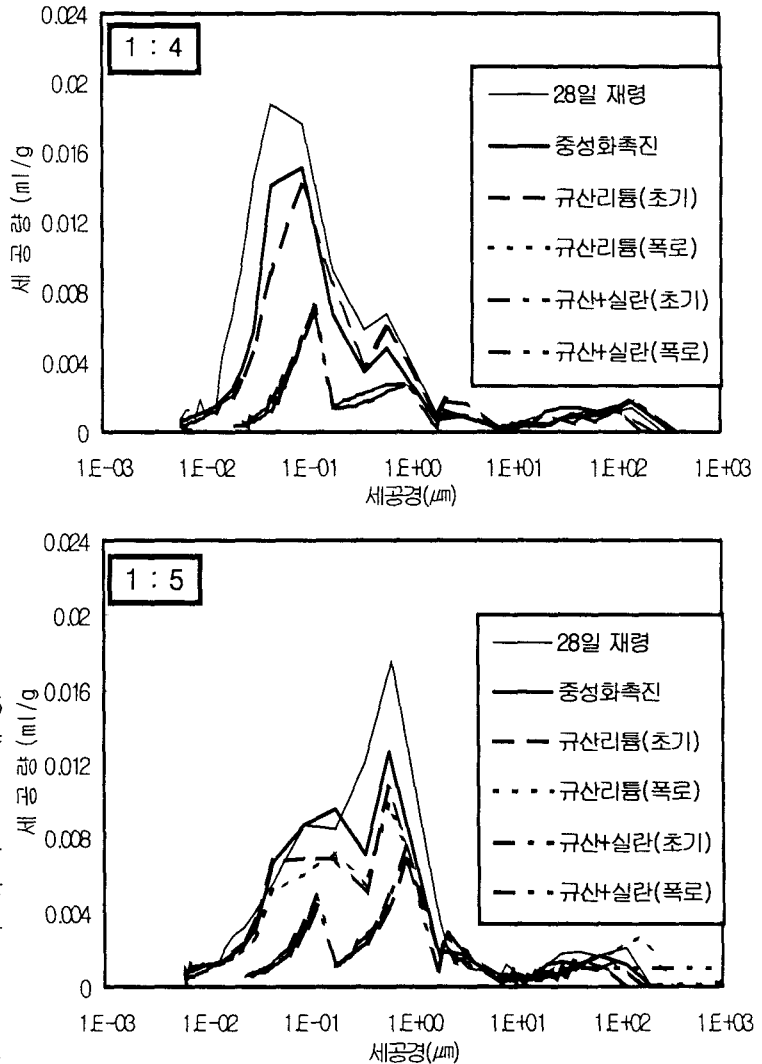


그림 3 배합별 세공량 측정결과

3.2 투수 및 흡수성 시험

알칼리부여제의 도포 및 무도포에 따른 시험체 투수량의 변화를 측정된 결과를 [그림 4]에 나타내었다.

골재 배합비의 증가에 따라 비교적 완만하게 투수량이 증가하고 있으며, 이는 도포 시험체에서도 같은 경향을 보이고 있는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 무도포 시험체의 투수량은 배합 비율별 5.67, 8.21, 13.68이며, 도포 시험체에서는 무도포 시험체와 비교하여 각각의 투수량이 규산리튬을 침지하였을 경우 약 3.44, 4.53, 7.89정도 감소하였으며, 규산리튬+실란을 침지하였을 경우 약 3.55, 3.81, 8.62정도 감소하였다. 이로서 두 종류의 알칼리부여제 모두 시멘트경화체에 대한 수밀성이 향상된 것으로 판단되었으며, 1 : 5 배합의 경우 알칼리부여제 침지에 의한 투수량의 감소가 다른 배합보다 크게 나타난 것은 1 : 3, 1 : 4 배합보다 조직의 치밀성이 떨어져 알칼리부여제의 침투량이 많기 때문으로 사료된다. 아울러 흡수성 시험에서도 투수시험과 마찬가지로 단위골재량이 증가할수록 흡수량이 증가하여 [그림 5]와 같이 각각 배합별 6.1, 6.8, 7.9 정도의 투수량을 보였으나, 알칼리부여제의 침지 후 흡수시

험에서는 규산리튬에 침지한 경우 각각 2.2, 2.55, 2.97정도 감소하였으며, 규산리튬+실란에 침지한 경우에는 약 2.35, 2.44, 2.67정도의 흡수량을 나타내고 있다. 이는 중성화된 시험체의 알칼리부여제에 의한 밀실화로인하여 내부 충전성의 증가때문이라 판단된다.

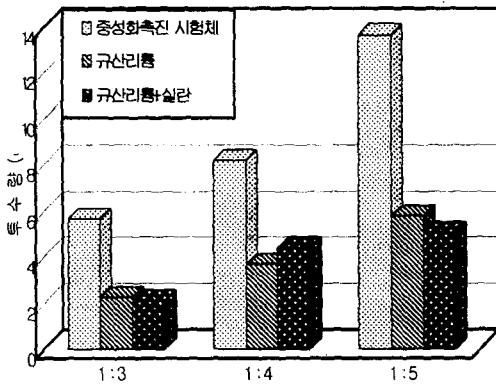


그림 4 투수성 시험 결과

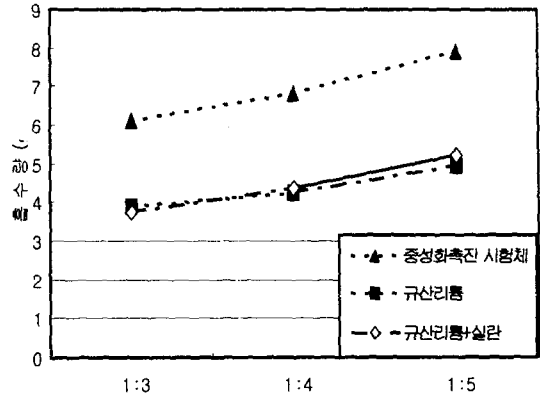


그림 5 흡수율 측정결과

4. 결과

본 연구에서는 알칼리부여제를 사용한 노후화된 시멘트 경화체의 미세 조직에 미치는 영향을 세공률·투수·흡수시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 배합비에 따라 알칼리부여제에 의한 중성화된 시험체의 세공용적이 감소하는 것으로 나타나 노후화된 경화체에 적용시 시멘트경화체 내부 조직이 밀실해지는 것을 알 수 있었으며, 알칼리부여제 침지 후 초기 세공률과 비교하여 일정 세공률을 확보함으로써 폭로 후에도 시멘트경화체 내부의 밀실함을 유지하는 것으로 나타났다.

2. 단위골재량의 증가에 따라 흡수량 및 투수량은 증가하는 것으로 판단되었으며, 본 실험에서는 단위시멘트량이 약 400kg/m³ 이하일 경우 투수량이 급격히 많아지는 것을 알 수 있었다. 또한, 알칼리부여제의 침지에 의하여 투수량이 약 40% 정도 감소하였으며, 흡수시험에서도 수분이 일정량 이상 침투하지 못함으로써 흡수량이 감소하여 알칼리부여제에 의한 내부 미세 조직이 치밀해져 수밀성을 갖는 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 정상진 외, 건축재료학, 보성각.
2. 오상근 외 1인, "무기질 침투성 도포방수제가 콘크리트 표층부의 미세조직에 영향에 관한 연구", 대한건축학회논문집논문 제 13권 4호, 1997.4
3. 권영진, "내구성 향상을 고려한 철근콘크리트 구조물의 보수재료, 공법 및 시공기술", 쌍용안전기술사업단, 1998.
4. 정재동, 콘크리트의 배합조건 및 미세구조가 중성화에 미치는 영향, 철근콘크리트 구조물의 내구성향상에 관한 심포지엄, 대한건축학회, 1995.
5. 防食研究委員會, "中性化したコンクリート 構造物の補修技術-奇術の 現状", 日本コンクリート工學協會, 1989.