

알칼리부여제의 회복성능에 관한 기초적 연구

The experimental study on the recovery faculty for impregnation alkalization agent

○ 김 광 기* 박 선 길** 임 남 기*** 정 재 영**** 송 병 창***** 정 상 진*****
Kim, Kwang-Ki Park, Sun-Gil Lim, Nam-Gi Jung, Jae-Young Song, Byung-Chang Jung, Sang-Jin

Abstract

The present age, it takes an interest in maintenance and preserve of the aged constructive materials cause destruction of environmental reason and a loss of resource.

As answering question given to candidates at a civil examination, it is carbonated concrete construction materials to give alkalization agent to seek the plan to be extended durable life. The representative material, it was known for a chemical compound of alkailzation-Silica acid with Lithium and also used on inside and outside the country.

But, it is so difficult to decide the effect because the work is to be repeated for a processing of construction.

So, in this study, to investigate recovery faculty on a period of incubation that restrain processing of carbonation by impregnation alkalization agent, we were made good progress from basic test through comparative and analysis at laboratory and the spot of construction.

키워드 : 중성화, 알칼리성 부여제, pH

Keywords : carbonation, impregnation alkalization agent, pH

1. 서론

최근 콘크리트 구조물의 환경에 의한 파괴, 자원의 손실 등의 이유로 기존 구조물의 유지보전에 대한 관심이 고조되고 있으며, 그 일환으로 중성화된 콘크리트 구조물에 알칼리성을 부여하여 내구수명을 연장시키는 방안이 모색되고 있다. 그 대표적인 처리제로 알칼리성의 규산리튬계 화합물이 잘 알려져 있으며, 국내·외를 통하여 많이 사용되고 있다. 그러나 많은 실적에도 불구하고 현재까지 중성화된 콘크리트의 알칼리부여에 대한 명확한 메카니즘과, 회복성능이 정립되지 않아 시공과정에서 작업의 중복 등 그 효과를 판단하기 어려운 실정이다.

일반적으로 보수의 경우에는 성능저하 현상을 확인한 후, 그 대책으로서 보수설계가 검토된다. 특히, 가장 중요한 검토사항은 각 단계에 대한 목적의 설정이며, 그것에 따라 재료 선정 및 시공방침이 결정된다.

그러나, 현재 알칼리부여제의 콘크리트에 대한 적용에 있어 일반적으로 침투에 따른 알칼리 부여로 인식되어져 있으며 적정량에 따른 침투깊이에 대한 고찰이 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 알칼리부여제의 적정 사용량을 위한 기초적 단계의 실험을 실시하였다.

2. 연구의 범위

본 연구에서는 문헌에서 보고되고 있는 콘크리트의 노후화 단계를 검토하여 1단계인 잠복기를 대상으로 중성화에 대한 회복 효과를 대상으로 콘크리트 표면에 도포하여 그 효과를 확인할 수 있도록 실험실에서의 알칼리부여제의 침지에 의한 성능회복 효과(이하 I 시리즈)와 알칼리부여제를 실제 현장에 적용하였을 경우의 성능 회복 효과(이하 II 시리즈)를 비교 평가하였다. 콘크리트 구조물에 대한 노후화의 각 단계는 아래와 같다.

표 1. 각종 노후화와 보수방법 선택의 개념

항목	I (잠복기)	II (진전기)	III (가속기)	IV (노후화기)
부식 현상	피복콘크리트 중으로 염분의 침투·축적, 중성화의 진행 등	부식생성물 생성에서 피복콘크리트의 균열까지	부식균열의 진행에서 피복콘크리트의 박리가 발생하기까지	내부철근 단면감소 발생
기능 손상	기본적으로 문제는 없다	미관	인성저하, 제 3자 장애, 수밀성 저하	내하력 저하
기본적 보수 개념	염분침입, 중성화의 진행을 억제 (예방적보수)	염분의 제거 재알칼리화, 산소·물 침투억제	왼쪽의 대책 + 단면복구	왼쪽의 대책 + 보강처치

* 정회원, 단국대학교 건축공학과 석사과정
** 정회원, 단국대학교 건축공학과 박사수료
*** 정회원, 동명정보대학교 건축공학과 교수
**** 정회원, 한남대학교 건축공학과 교수
***** 정회원, 아키벤 대표이사
***** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수

3. 실험 계획 및 방법

3.1 사용재료

1) 시멘트

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

2) 잔골재

본 실험에서 사용된 잔골재는 북한강산으로 최대크기를 5mm이하로 입도 조정하였다.

3) 알칼리성 부여제

(1) A사의 알칼리성 부여제

중성화로 인하여 탈락된 콘크리트 결합부나 중성화가 진행되고 있는 표면부 콘크리트의 알칼리 회복과 표면층의 응집력 강화 및 표면 소수층을 형성시켜 철근 콘크리트 구조물의 내구수명을 연장시켜주는 용도로 사용되는 금속염화합물과 실란화합물로 조성된 제품으로서 화학구조식과 그 특성은 표 2과 그림 1과 같다.

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

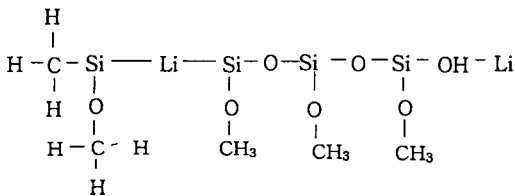


그림 1. 알칼리성 부여제의 화학구조식

(2) 알칼리부여제의 도포 및 양생

I 시리즈에서는 알칼리부여 효과의 평가를 위하여 KS F 2451(건축용 시멘트 방수제 시험방법)에서 정하고 있는 흡수성시험방법에 준하여 침적하였다.

또한, II 시리즈에서는 시방서를 참고로 실제 알칼리부여제의 도포량 0.3~0.4kg/m²를 롤러, 붓, 스프레이 등을 이용하여 시간을 두지 않고 일정량의 알칼리부여제를 2번 도포 하였다. 양생시간은 도포 후 6일(20℃ 기준)을 표준으로 하였다.

3.2 실험계획

I 시리즈에서의 성능 평가는 시멘트 경화체의 기본 물성에 가장 큰 영향을 미치는 W/C를 고정화하여 적용되는 알칼리부여제에 대한 변수를 최소화하고자 하였으며 단위골재량의 증가에 따른 알칼리부여제의 회복 성능을 평가하고자 하였다.

또한, II 시리즈에서는 알칼리부여제의 현장 적용성을

평가하기 위하여 준공된 지 20여 년이 경과된 것으로 내부의 벽에는 많은 오염물질과 유해가스에 노출되어 중성화가 진행되고 있는 것으로 알려져 있는 구조물을 선택하였으며 알칼리부여제의 시방서에 따라 시험 시공하였으며 다소 정량적인 평가를 도출할 수 있도록 여러 위치를 부분 선택하여 코어를 채취·분석하였다.

실험의 플로우는 그림 2와 같다.

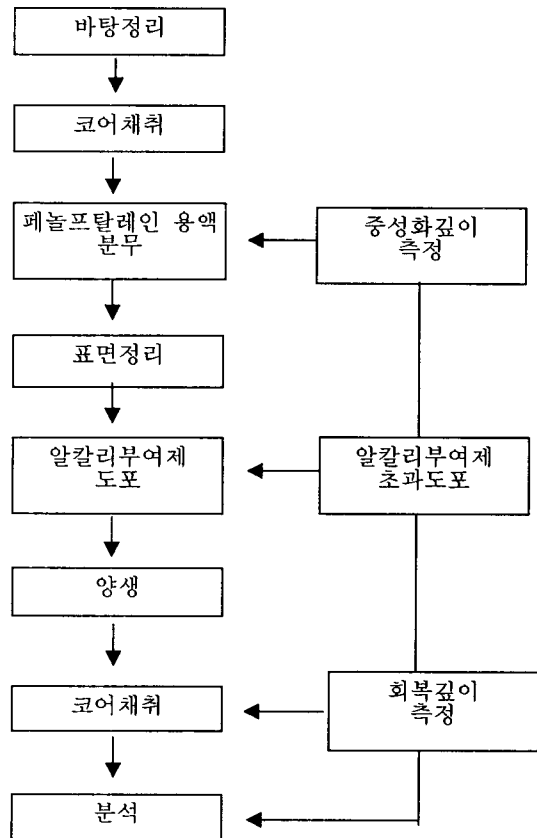


그림 2. 현장 적용 실험의 플로우

1) 공시체 제작 및 양생

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

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) 중성화 촉진

I 시리즈에서의 성능평가 실험을 현장실험과 동일한 조건을 주기 위하여 모르타르 시험체를 4주간 중성화 촉진 시켰다. 또한, 수분에 의한 CO₂의 확산속도의 변화를 방지하기 위해 100℃의 건조실에서 항량이 될 때까지 건조시킨 후 온도 20±3℃, 상대습도 60%, CO₂ 5%±2에 폭로 시켜 제작하였다.

3.3 실험방법

1) 페놀프탈레인 용액에 의한 중성화깊이 시험

I 시리즈의 중성화 깊이 측정은 실험 시작일로부터 1, 2, 3, 4주 재령의 시험체를 대상으로 페놀프탈레인 용액을 이용하여 중성화 깊이를 측정하였으며 중성화 촉진 조건을 균일하게 하고 시공된 구조물을 고려하여 재령 28일된 공시체를 일정기간 동안 건조시킨 후 한쪽을 제외한 나머지를 실링처리 하였다.

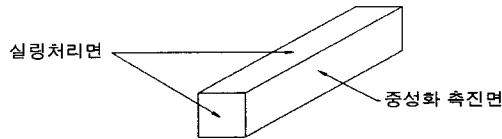


그림 3. 중성화 시험체

II 시리즈에서는 현장 적용 콘크리트 구조물을 대상으로 일정 부분을 임의 선정하여 ø20mm의 코어드릴을 이용하여 각 부분별 4개씩 두 부분을 선정하였다.

또한, 내부 콘크리트 용벽의 중성화 정도를 알아보기 위하여 사진 1과 같이 코어를 채취하였으며, 코어 채취 후 뚫린 부분의 미세 먼지를 제거하여 시험면을 조정한 뒤 페놀프탈레인 용액을 분무하여 변색법에 의하여 중성화 깊이를 측정하였다.

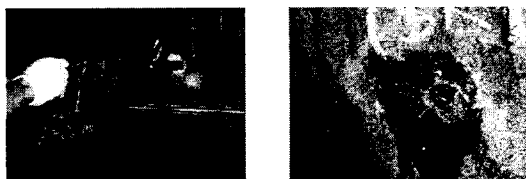


사진 1. 구조물의 코어 채취 및 중성화 시험

2) 페놀프탈레인 용액에 의한 알칼리부여 효과

I 시리즈의 시험체의 치수는 4×4×16cm로 4주간 중성화 촉진시킨 시험체를 알칼리성 부여제에 침지한 시험체 각각 3개로 하였다. 24시간 동안 그림 4와 같이 시험체를 침지시킨 후 24시간 동안 대기에 방치하였다.

II 시리즈에서는 바탕면의 오염물질을 제거하는 공정인 표면정리를 실시하고, 알칼리 부여제를 도포한 후 코어를 채취하여 중성화 깊이를 측정하였다.

회복 성능평가는 페놀프탈레인 용액을 분무하여 알칼리화 되지 않은 부분의 중성화 깊이를 측정하였다.

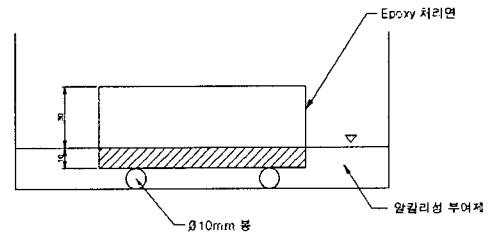


그림 4. 흡수시험

3) pH 측정

I 시리즈 시험체의 치수는 4×4×16cm, 시험체의 갯수는 미 중성화 시험체, 4주간 중성화 촉진시킨 시험체, 중성화 촉진시킨 시험체를 알칼리부여제를 침지한 시험체 각각 3개로 하였다.

II 시리즈에서는 콘크리트 구조물에서 채취한 시편을 사용하였으며 시험체의 갯수는 중성화 된 구조체에서 채취한 시험체, 중성화 된 구조체에 알칼리부여제를 도포한 후의 시험체 각각 3개로 하였다. pH 측정 방법은 시편 40g 정도를 파쇄하여 pH5~7의 증류수 200g에 24시간동안 침지시킨 후 분쇄한 시편과 증류수를 분리하여 증류수의 pH를 측정하였으며 그 측정은 pH Meter 212를 사용하여 측정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 페놀프탈레인 용액에 의한 중성화깊이 분석

I 시리즈 시험체의 경우 각각 5mm, 8mm, 10mm의 깊이로서 단위골재량이 증가할수록 중성화 깊이가 커지는 것을 알 수 있었으며 평균 7.7mm의 중성화 깊이를 보이고 있었다.

또한, II 시리즈 경우 페놀프탈레인 용액을 분무하여 측정된 결과 부위에 따라 약 5~10mm 정도의 깊이로서 평균 8mm 정도의 중성화 현상이 진행되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

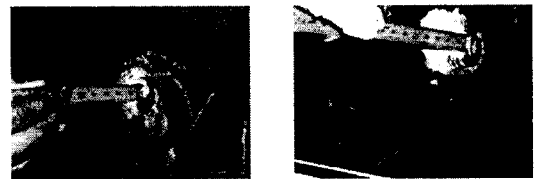


사진 2. 현장 실험시의 중성화 깊이 측정

4.2 페놀프탈레인법에 의한 알칼리부여 효과 분석

I 시리즈의 경우 알칼리부여제를 침지한 후의 중성화 회복깊이는 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5 비율의 배합에서 각각 4.2mm, 7.3mm, 9mm로서 평균 6.8mm의 회복깊이를 보이고 있다. 또한, II 시리즈에서도 콘크리트 구조물의 중성화 부분이 약 6~8mm로서 평균 7mm 정도 재알칼리화 되어 회복되고 있는 것을 볼 수 있었다. 이는 최종적으로 고체상으로 존재하는 수산화칼슘이 모두 소비되어 중성화된 시점에서 알칼리부여제를 침지 or 도포 함으로

써 콘크리트 구조물의 성능(알칼리화)이 회복됨을 알 수 있었다.



사진 3. 알칼리부여제를 통한 회복 성상

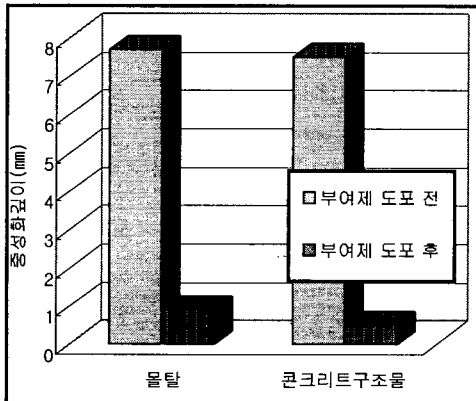


그림 5. 알칼리부여제의 회복깊이 분석

4.3 pH 분석

I 시리즈 모르타르의 경우 4주 중성화 촉진시킨 시험체의 pH는 약 각각 10.7, 11.06, 11.23으로서 평균 11.1 정도의 pH를 보이고 있었으며 알칼리부여제를 도포 한 후의 pH는 11.9, 11.81, 11.68로서 평균 11.8 정도의 pH를 확인할 수 있었다.

II 시리즈 현장 구조물의 경우 중성화된 부위의 pH는 약 10.1~10.2 정도의 값을 나타내고 있다. 또한, 알칼리부여제 도포 후 pH는 11.5~11.8 정도의 측정값을 보이고 있었다. 이는 탄산가스가 침투됨으로써 세공 내부에 탄산칼슘이 성장함으로써 세공주변에 고체상으로 존재하는 수산화칼슘이 용액속으로 용해되어 소실되어 pH가 저하된 것으로 사료된다.

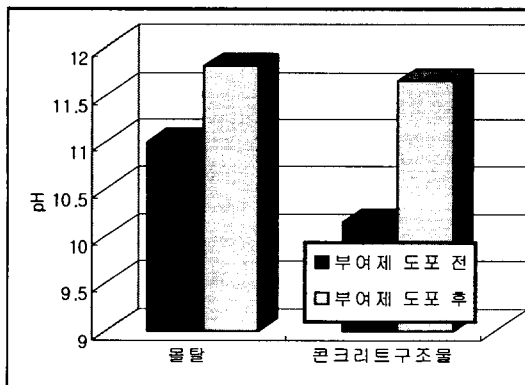


그림 6. pH변화 분석

4. 결론

알칼리부여제를 사용한 실험실에서의 회복성능 평가와 현장 적용실험을 통하여 부여제의 회복성능을 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 알칼리부여제의 중성화 시험체에 대한 회복깊이는 실험실에서의 성능평가에서는 약 6.8mm, 현장실험을 통한 실험에서는 약 7mm 정도의 회복깊이를 확인할 수 있었으며, pH 분석에 있어서는 실험실에서의 모르타르에 대한 실험결과는 약 0.7 정도 상승되었고 현장적용실험에서는 약 1.5 정도 pH가 올라가는 것을 확인할 수 있었다.

2. 알칼리부여제를 통한 회복성능에 있어서 알칼리부여제의 사용량의 증감에 따른 효과의 차이는 없는 것으로 판단되었다.

3. 알칼리부여제의 회복성능 효과에 있어서 사용량과는 무관한 것으로 미루어 반투과막에 의한 OH⁻ 이온의 이동 또는 전기화학적 이온의 교환에 의한 이동 등으로 인하여 콘크리트 구조물에 확산되어 침투되는 것으로 사료되었다.

4. 향후 알칼리부여제의 이동에 대한 메카니즘을 고찰하기 위하여 본 연구를 고려하여 알칼리부여제를 검토해야 할 것으로 판단되었다.

참고 문헌

1. 정상진 외, 건축재료학, 보성각
2. “철근콘크리트조 건축물의 내구성 향상 기술”, 1986. 기보당
3. 김무한 외 1인 “침투성 알칼리성부여제의 개요와 활용기술”, 콘크리트학회지, 1996. 10
4. 정재동, “콘크리트의 배합조건 및 미세구조가 중성화에 미치는 영향”, 철근콘크리트 구조물의 내구성향상에 관한 심포지엄, 대한건축학회, 1995.
5. 여경윤 외 3인, “알칼리성부여제를 사용한 지하구조물의 중성화 회복효과에 관한 실험적 연구”, 한국콘크리트학회 봄 학술발표논문 5권 1호 2001년
6. 田代利明 外, 콘크리트의 耐久性と 化學의 基礎, 세무사 新聞社, 1992.4
7. 小林一輔, 콘크리트의 構造物의 診斷 시리즈, 콘크리트의 構造物의 早期老化和 耐久性 診斷, 森北出版株式會社, 1991