

콘크리트 내부 균열에 대한 보수기법의 기초적 연구

A Fundamental Study on the Method of Repair for Crack in Concrete by Corrosion of Steel Reinforcing

임남기*	백민수**	권영진***	최응규****
Lim, Nam Gi	Paik, Min Su	Kwon, Young Jin	Choi, Eung Kyoo
정란*****	정상진*****	최문식*****	
Chung, Lan	Jung, Sang Jin	Choi, Mun Shik	

Abstract

This experimentation is to appercciation an efficiency of repair for processing crack by corrosion of steel reinforcing. Crack on concrete by corrosion of steel reinforcing is the fact that the first crack appear on the surface of water because of supplying of oxygen and water. The crack processing is on a surface to be contacted by air and to bottom as mainly the vertical direction from a surface of water. The experimentation gives rise to crack in model by electricity. Crack by corrosion of steel reinforcing is more internal crack than external crack. Since it is so, crack by corrosion of steel reinforcing have to attention to repair of internal crack.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

건설된 철근 콘크리트 구조물은 시간의 경과에 따라 시공, 재료, 환경 등의 이유로 각종 열화 현상 및 내구성이 저하되고 구조 내력이 감소하여 주거성의 악화와 안전성이 낮아져 민원 및 사회문제를 일으키는 경우가 증가하고 있다.

그러나 문제를 일으키고 있는 부분 혹은 구조물의 보수, 보강에 대한 사안별 해결방안이라든지 근본

* 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정

** 정회원, 단국대학교 대학원 석사과정

*** 정회원, 쌍용안전기술사업단, 쌍용양회 보수사업팀 과장

**** 정회원, 삼성건설 기술연구소 책임연구원

***** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수

적인 대책에 대한 사안별 해결방안이라든지 근본적인 대책에 대한 연구가 미비한 실정이다.

현재 국내에서 사용되고 있는 보수, 보강 기법은 우리나라 기후의 특성 및 구조재료의 물성이 외국과 다름에도 불구하고 외국자재와 매뉴얼을 그대로 사용하여 온 것이 사실이다. 최근에 들어서야 국내 실정에 적합한 보수, 보강 기술에 대한 연구가 상당수 진행되고 있는 것은 다행한 일이다.

본 실험은 철근 콘크리트 시험체의 철근에 전기를 인위적으로 통전하여, 철근의 발청으로 인한 균열을 촉진시켜 시험체 표면 균열의 형태와 내부균열을 연구하고, 균열부위를 보수하여 보수재료와 보수 방법에 따른 성능을 비교 검토함으로써 발청 균열에 대한 적절한 보수방법을 도출하는데 목적이 있다.

2. 실험

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 실험에서 사용한 시멘트는 KS L 5201에 규정된 국내산 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

2.1.2 골재 및 철근

골재는 남한강산으로 잔골재와 굵은 골재의 최대크기를 각각 5mm, 25mm이하로 조정하여 사용하였으며 물리적 성질을 표 1에 나타내었다. 철근은 SD40의 HD19 이형철근을 사용하였다.

표 1 사용골재의 물리적 성질

	최대치수 (mm)	표건비중	흡수율 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	실적율 (%)	조립율 (F.M)
잔골재	5	2.56	1.02	1,590	61.2	3.87
굵은골재	25	2.61	1.32	1,642	64.2	6.88

2.2 시험체 제작 방법 및 배합조건

발청 균열 보수시험체는 450mm×450mm×150mm의 크기로 제작하였고, 배근은 복배근으로 가로 세로 각 150mm로 하였다. 시험체에 인위적 철근 부식 촉진시험을 실행하기 위하여 배근된 철근중 하나를 외부로 노출 시키고, 시험체 배합시에 시멘트 중량비 1%의 염화나트륨(NaCl)을 물에 용해시켜 첨가하였다. 시험체는 건전 시험체용으로 2개, 보수용 시험체는 충전 보수용, 주입보수용으로 각각 2개씩 총 2개를 제작하였다.

2.3 균열 발생 현황

시험체는 외부에서 직류전류를 공급하여 시험체 내부의 철근의 부식을 촉진시켜 내부의 균열이 유발되도록 하였다. 시험체의 외부 균열은 피복 두께가 얇은 세로 철근 방향으로 주로 발생하였고, 피복 두께가 두꺼운 가로 방향으로는 외부 균열의 발생이 많지 않았다. 철근 부식에 의한 균열은 시험체 외부로의 균열 발생보다 철근 배근 주변의 시험체 내부로 균열이 더 많이 발생하였다.

철근이 부식하여 부피가 팽창되어 발생하는 균열의 형태는 철근의 피복두께가 얇을 경우는 표면으로 균열이 발생하나, 철근의 피복이 두꺼울 경우는 철근 배근면등 내부로 확장되는 균열이 많은 것으로 사료된다.

2.4 시험체의 보수방법

시험체의 보수는 충전법과 주입법 두가지로 행하였다. 충전법은 철근표면까지 U컷팅을 실시후 전동 브러쉬로 철근표면의 녹을 제거하고, 중성화 방지제와 침투 고화제를 컷팅부 표면에 처리후 방청 페이스트를 도포한 후, 보수 몰탈로 컷팅부를 충전한 후 방청 페이스트로 표면을 마무리 하였다.

주입법은 실링제로 균열표면을 메운후 에폭시를 주입하였고, 내부 균열이 예상되는 곳에 깊이 8cm의 구멍을 뚫은 후 인젝터에 의한 주입을 실시하였다.

2.5 시험체 성능 평가 방법

시험체의 성능평가는 보수 28일 후에 실시하였으며, 압축·할열인장·중성화·투수성·충전성 실험을 위하여 지름 10cm의 코어를 채취하였다.

부착 실험은 가로, 세로 5cm의 정사면 부착편을 그라인딩한 시험체 표면에 에폭시로 부착후 2일 경과 후 시험을 실시하였다.

중성화 실험은 채취한 코어 시험체에 한면을 제외한 모든면에 에폭시 코팅을 실시하여 온도 40℃ ± 2, 습도 40~60%, CO₂농도 10±1%에서 28일간 중성화 촉진 후 침투깊이를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도

각 보수방법으로 보수 28일 후 지름10cm의 코어 공시체를 채취하여 측정한 압축강도의 결과를 표 2에 나타내고 있다. 표에 의하면 건전시험체의 경우 274kg/cm², 주입법 267kg/cm², 충전법 239kg/cm²를 나타내고 있다. 충전법에서는 건전 공시체의 약 87.2%의 강도발현이 되었는데 보수적인 측면에서 검토시에 위험할 정도로 강도의 저하가 발생된 것으로 생각되지는 않는다. 주입법에서는 약 97.4%의 건전 시험체와 거의 유사한 강도 발현이 되었다.

시험체의 압축강도가 건전시험체 보다 낮은 것은 시험체 내부에 발생한 미세 균열에 대한 보수가 양호하게 되지 않은 것 때문으로 사료된다.

3.2 할열인장강도

보수 28일 후 측정한 코어 시험체의 할열인장강도의 결과를 표 2에 나타내고 있다. 표에 의하면 건전시험체는 28.7kg/cm², 주입법 33.6kg/cm², 충전법 31.0kg/cm²를 나타내고 있다. 충전법은 건전시험체의 108% 강도발현을 보이고, 주입법은 건전시험체의 117% 강도발현으로 건전 시험체보다 우수한 강도성능을 나타내었다.

3.3 부착강도

보수 표면에 가로·세로 5cm × 5cm의 부착편을 접합하여 실시한 부착강도는 표 2에 나타내었다. 건전시험체의 경우는 24.3

표 2 시험체의 강도 특성

	압축강도 (kg/cm ²)	할열인장강도 (kg/cm ²)	부착강도 (kg/cm ²)	중성화 깊이 (mm)
건전 시험체(A)	274	28.7	24.3	26.5
주 입 법(B)	267	33.6	21.0	11.5
충 전 법(C)	239	31.0	20.5	3.5

kg/cm², 주입법 21.0kg/cm², 충전법 20.5kg/cm²를 나타내고 있다. 충전법, 주입법 모두 건전시험체에 비하여 약 85%의 부착강도를 나타내었다.

3.4 중성화 실험

28일간 중성화 촉진후 측정된 중성화 깊이를 표 2에 나타내었다. 건전시험체는 26.5mm, 주입법은 11.5mm, 충전법은 3.5mm를 나타내고 있다. 두 보수방법 모두 건전시험체보다 양호한 성능을 보여주고 있다. 특히 충전법의 경우 보수재가 밀실하고 균열뿐만 아니라 균열이 있는 주위를 넓게 컷팅하여 보수하였으며 표면을 밀실한 페이스트로 도포하여, 균열에만 보수재를 주입한 주입법보다 더 양호한 성능을 나타내었다.

3.5 투수성 및 충전성

3.5.1 충전성

충전성은 충전법의 경우 보수재와 모재와의 부착은 양호하게 나타났으나 철근 윗면까지 컷팅한 후 보수함으로 인하여 철근 배근면과 하부로 발생한 균열은 보수가 되지 않았다. 주입법의 경우 외부에서 보수재 주입을 실시하여 철근까지 발생한 균열에 대해서는 보수가 양호하게 나타났으나, 충전법과 마찬가지로 철근면 하부의 균열에 대한 보수는 불량한 것으로 판단된다.

3.5.2 투수성

코아 공시체 상단에 하부 지름 9cm의 깔대기에 200ml의 물을 채운후 밀봉하여 7일간 24시간 간격으로 물의 투수량을 측정 하였다. 건전 시험체의 경우 81ml가 흡수되어 약 40.5%의 물이 투수 되었으

표 3 시간경과에 따른 투수량 및 총투수량 (ml)

경과일수	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	합계
건전시험체(A)	32	11	9	9	7	7	6	81
주입법(B)	5	2	0.8	0.6	0.8	0.7	0.6	10.5
충전법(C)	0.2	0.1	0.05	0	0	0	0	0.4

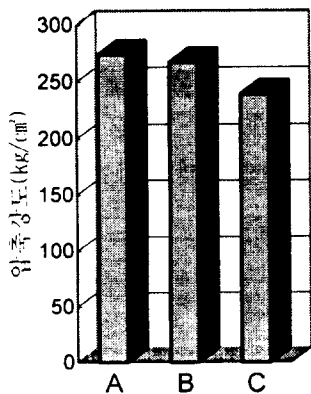


그림 1 압축강도

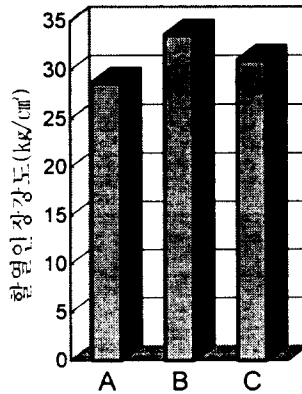


그림 2 화열인장강도

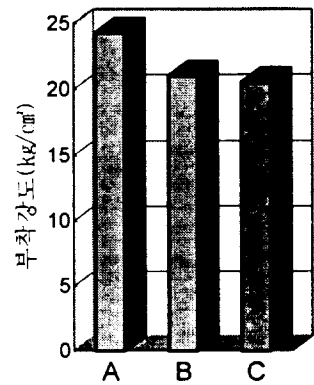


그림 3 부착강도

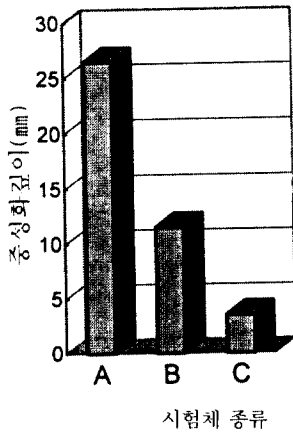


그림 4 중성화 실험

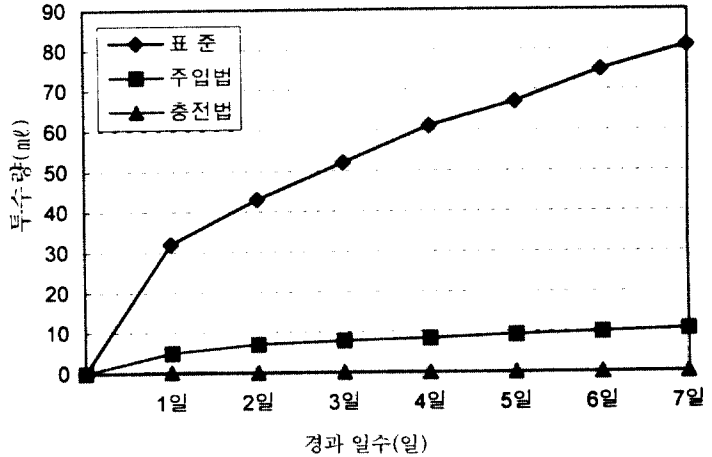


그림 5 시간경과에 따른 적산투수량

며, 주입법은 10.5ml가 투수되어 5.3%, 충전법은 0.4ml 투수되어 1%미만의 물이 투수되었다. 시험체의 경과 시간당 투수량 및 총 적산투수량은 표 3에 나타냈으며, 경과 시간당 적산 투수량은 그림 5에 나타내었다.

투수성은 두가지 보수법 모두 건전시험체 보다 월등히 양호한 성능을 나타냈으며, 특히 충전법이 주입법보다 양호하게 나타나고 있다.

이는 충전법의 경우 밀실한 재료를 사용하여 시험체 표면을 도포하므로 방수 능력이 우수하게 나타나는 것으로 사료된다. 주입법의 경우 보수에 사용한 주입재의 방수성은 우수하나 시험체의 균열에만 주입, 충전되므로 시험체 표면 전체에 대한 방수성은 충전법에 비해 떨어지는 것으로 사료된다.

4. 결 론

철근 부식에 의한 균열에 대한 적절한 보수 방법을 연구하기 위해 인위적으로 철근을 부식시켜 균열을 유발시켜 시험체의 균열의 형태를 조사하고, 균열을 보수한 시험체의 각종 강도를 측정하여 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 보수한 시험체의 경우 건전시험체보다 압축강도 및 부착강도가 건전 시험체의 약 95%~85%의 강도로 미약하게 저하하였다.
- 2) 활열인장강도의 경우 보수시험체가 건전시험체보다 우수한 성능을 나타내었다.
- 3) 중성화와 방수성의 경우 건전 시험체보다 보수 시험체가 우수한 성능을 나타내었으며, 균열만 보수한 주입법보다 균열 주위를 컷팅하여 보수하고 외부에 페이스트를 도포한 충전법이 더 양호한 성능을 나타내었다.
- 4) 발청에 의한 콘크리트의 균열 발생은 철근 피복 두께에 따라 다른 양상을 나타내나, 대체로 콘크리트 외부로의 표출된 균열보다 시험체 내부의 철근 배근면을 따라 확장된 균열이 더 많이 발생되

는 것으로 사료된다.

- 5) 발청에 의한 균열 보수시 피복 두께가 두꺼운 경우 외부 균열보다 내부에 존재하는 균열이 많으므로 외부 균열의 보수뿐만 아니라 내부에 발생한 균열에 대한 조사를 하고 보수를 실시하여야 할 것으로 사료된다.
- 6) 내부 균열을 보수하기 위해서는 커팅에 의한 충전법이 양호할 것으로 사료된다. 균열부위 커팅시 균열은 철근 배근면에 많이 발생하므로 철근이 완전히 노출되게 철근 밑면까지 U커팅을 한 후 철근에 대한 보수후 충전하는 것이 양호한 보수 방법으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 한국 콘크리트 학회. "콘크리트 구조물의 진단, 보강 및 유지관리". 1995. 3. 8.
2. ACI Committee 244. "Control of Cracking in Concrete Structure". ACI Manual. 1988.
3. Neville. A. M. "Properties of Concrete". Pitman Publishing. 1975.
4. 대한 건축학회. "건축물의 안전진단과 보수보강" 세미나. 1993. 10.
5. 일본 건축학회. "철근 콘크리트 조의 균열대책(설계, 시공)지침·동해설". 1990.
6. 추영수 편저. "콘크리트의 균열조사, 보수·보강지침". 건설도서.