

섬유 보강 모르타르를 사용한 보수공법의 내구성능 평가에 관한 연구

A Study on the Evaluation for Durability Performance of the Repair Method Using Fiber Reinforced Mortar

류금성* 고경택** 김방욱** 윤필용*** 김진수****
Ryu, Gum-Sung Koh, Kyung-Taeg Kim, Bang-Wook Yoon, Pil-Yong Kim, Jin-Su

ABSTRACT

In this study, the repair method using PVA fiber reinforced mortar evaluated on durability performance. Test items are compressive strength, flexural strength, carbonation, freezing-thawing. As for the test results, it was found that durability performance of the repair method using PVA fiber mortar showed more better than the existing repair method. Therefore, applying on the repair method using PVA fiber mortar, the repaired concrete structures can be increased to service life.

1. 서론

최근 지하철, 터널, 공동구, 교량, 항만구조물 및 건축구조물 등 주요 콘크리트 구조물에 있어서 설계 및 시공상의 품질오차, 환경의 변화, 하중조건의 변화 등에 의해 시공 중 또는 사용 중에 많은 하자가 발생하여 구조물의 내구수명 및 안전성을 저하시키는 문제가 발생하여 사회적으로 크게 관심을 가지게 되었다. 2000년도 서울시의 전체 건설예산 중 구조물의 유지보수 비용이 차지하는 비율이 약 40%를 넘고 있으며, 이는 서울시뿐만 아니라 국내 모두 시설물에 해당되고, 향후에도 유지보수 비용은 계속하여 증가할 것으로 판단된다. 또한 일본 동경도의 경우 2000년 전체 건설예산 중 신설비용이 53%, 기존구조물의 유지관리 비용이 47%를 차지하고 있으며, 2001년 이후에는 유지보수비용이 신설비용을 초과하는 것으로 알려져 있다.

이런 상황을 대응하기 위해 국내에서도 다양한 보수재료 및 공법을 사용하고 있으나, 보수층의 들뜸 및 균열 등의 하자가 발생하는 등 근본적인 해결방안이 되지 못하고 임시적 조치에 불과한 결과를 초래하고 있으며, 이러한 반복적인 보수공사와 시행착오로 지출되는 사용비용은 엄청나게 증가하고 있는 실정이다.

한편 최근 PVA 섬유 또는 강섬유 등을 다양으로 혼입한 다양한 고인성 섬유복합 모르타르가 개발되어 여러 분야에 적용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 고인성 섬유복합 모르타르는 경제성 저하의 이유로 현장에서 대량으로 타설이 필요한 구조물 본체의 적용보다는 소량으로 대응할 수

* 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

** 정회원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원

*** 정회원, 원하중합건설(주) 과장

**** 정회원, 원하중합건설(주) 전무이사

있고 기존 제품에 대해서도 가격면에서 대항 가능한 단면복구재 등의 보수재료로 적용이 현 시점에서 유망한 것으로 판단된다.

저자 일부들은 PVA 섬유보강 모르타르를 사용한 습식 스프레이 공법을 개발하여 보수공법(이하 FCSM 공법)으로 활용하고자 시도하고 있다. 이 FCSM 공법은 기존의 폴리머 단면복구재, 에폭시계 단면복구재 등과 달리 콘크리트와 열팽창계수 및 탄성계수 등이 유사하여 기존의 콘크리트 부재와 동일한 거동을 하고, 또한 경화 시 및 경화 후에 수축을 일으키지 않아 치수 안정성이 우수하여 기존의 콘크리트 구조물과의 부착강도 증가를 기대할 수 있다. 그리고 PVA 섬유를 혼입함으로써 휨/인장 강도 및 연성이 향상되어 외부로부터의 충격/하중 등에 대한 저항성이 우수하여 내하력 및 장기내구성능이 향상될 것으로 판단된다.

본 연구에서는 FCSM 공법이 보수공법으로서 현장에 안정적으로 활용되기 위해 내구성능에 대해 기존의 보수공법과 비교하였다.

2. 기존 보수공법

현재 보수공법 중에서 단면복구재로 많이 사용되는 것은 일반 시멘트계 모르타르 공법, 에폭시계 모르타르 공법, 폴리머 모르타르 공법 등이 있으나, 이들 공법의 특징을 정리하면 다음과 같다.

• 일반 시멘트계 모르타르 공법

일반 시멘트계 모르타르 공법은 주로 들뜸, 박리, 탈락 등이 발생한 단면 결손부위에 사용하며, 경제적이고 시공성이 양호하여 비교적 많이 적용되고 있다. 그러나 부착강도가 떨어지고 건조수축이 크게 발생하여 균열이 발생되기 쉽고 충격하중 등에 약하여 비교적 내구성능이 저하된다.

• 에폭시계 모르타르 공법

에폭시계 모르타르 공법은 에폭시계 보수재료가 갖는 접착성능 및 강도 등의 장점을 이용한 공법이다. 그러나 신·구 콘크리트 사이에 국부전지가 형성되어 철근의 부식을 촉진시킬 우려가 있으며, 탄성계수와 열팽창계수의 차이로 인해 접착면에서의 피막형성 등으로 인하여 탈락현상이 발생할 수 있다. 또한 통기성이 현저히 작아 내부의 수분이 외부로 통과하지 못하여 철근의 부식과 함께 표면에서의 결로현상 및 계면파괴를 발생하는 경우가 많다.

• 폴리머 모르타르 공법

폴리머 모르타르 공법을 사용한 보수공법은 종류에 따라 습윤면 시공이 가능하며, 비교적 시공성이 우수하고 단기접착성이 뛰어나 최근 가장 많이 사용되는 공법이다. 그러나 유기계와 무기질계 재료의 혼합으로 장기적으로 모체와의 일체화에 문제가 발생할 수 있으며, 계면파괴가 발생할 가능성이 있고, 자외선에 장기간 노출될 경우에는 종류에 따라 경질화되어 보수층이 파손되는 경우가 많다.

3. 사용재료 및 실험방법

3.1 사용재료

본 연구에서 사용한 보수재료의 종류 및 그 특성을 나타내었다. 물-결합재비(W/B)는 0.2로 통일하였고, 제품 A는 일반 단면복구재이고, 제품 R은 천연 셀룰로우스 섬유를 혼입한 것이고, FCSM 공법은 PVA 섬유를 1.5%를 혼입하였다.

3.2 시험방법

압축강도는 50mm 입방 시험체를 사용하여 일반 수중양생을 실시하여 재령 1일, 3일, 7일, 14일, 28일에서 측정하였다. 휨강도는 100×100×400mm 시험체를 사용하여 재령 28일까지 일반 수중양생을 실시한 다음 KS F 2408에 의거하여 실시하였다. 탄산화 시험은 $\phi 100 \times 100$ mm 시편을 사용하여 재령 28일까지 일반 수중양생을 실시한 다음 CO₂ 농도 5%, 온도 30℃, 습도 50% 시험조건에서 노출시킨 다음 일정 재령마다 페놀프탈레인 1% 용액에 의해 탄산화 깊이를 측정하였다. 그리고 동결융해 저항성 시험은 100×100×400mm 시험체를 사용하여 재령 28일까지 일반 수중양생을 실시한 다음 ASTM C 666법의 기중동결 수중융해 방법으로 시험을 실시하였고, 30사이클마다 상대동탄성계수를 30사이클까지 측정하였다. 그리고 동결융해 시험 전과 후에 각각 휨강도를 측정하여 휨내력에 대해서도 평가하였다.

표 1 보수재료의 물성

제품명	특 성
제품 A	W/B=0.2, 프리믹스 타입 효과 : 단면수복, 방청효과, 저투수량
제품 R	W/B=0.2, 천연셀룰로우스 섬유타입 용도 : 노출콘크리트 구조물의 단면복구
FSCM	W/B=0.2, PVA 1.5%, 프리믹스 타입 용도 : 노출콘크리트 구조물의 단면복구

4. 시험결과 및 고찰

4.1 강도

그림 1은 압축강도 발현 결과이다. 제품 R은 강도발현이 상당히 저하되는 것으로 나타나 보수재료 사용할 경우 문제가 발생하는 것으로 나타났다. 그리고 FCMS 공법은 재령 1일에서도 6.5MPa으로 상당히 높고 재령 28일에서 70MPa을 상회하고 있으며, 시험 대상 보수공법 중에서 가장 높게 나타났다.

그림 2는 재령 28일에서 휨강도 시험결과이다. 휨강도 시험결과도 압축강도와 마찬가지로 FCMS공법이 가장 크고, 그 다음으로 제품 A, 제품 R순으로 나타났다. 그러나 압축강도에서 FCMS공법과 제품 A는 큰 차이가 없었으나, 휨강도는 거의 2배 정도로 FCMS공법이 높게 나타났다. 이것은 FCMS공법에는 PVA섬유를 혼입함으로써 섬유의 가교역활로 휨강도가 증가한 것으로 나타났다. 따라서 FCMS 공법은 기존의 보수공법에 비해 하중에 대한 내하력이 향상될 것으로 판단된다. 본 논문에는 나타나지 않았지만 인장강도, 충격강도도 마찬가지로 FCMS 공법이 가장 우수한 것으로 나타났다.

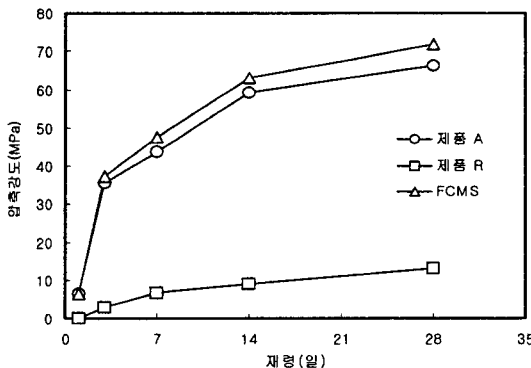


그림 1 압축강도 시험결과

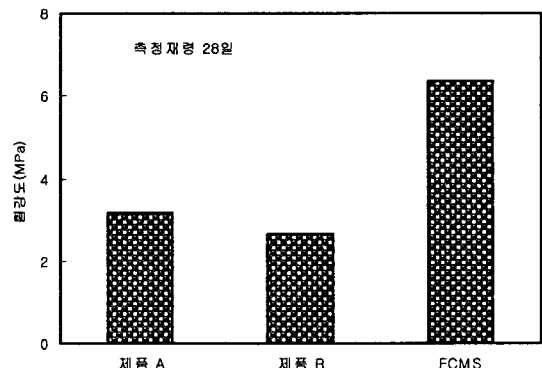


그림 2 휨강도 시험결과

4.2 탄산화

그림 3은 보수공법 종류에 따른 탄산화 깊이 측정결과이다. 제품 R은 탄산화 깊이가 거의 10mm로 대상 보수공법 중에서 가장 탄산화 깊이가 많이 진행되는 것으로 나타났는데, 이것은 강도가 낮게 나타나 이산화탄소가 모르타르 내부로 빨리 진행되었기 때문으로 사료된다. 그리고 FCMS 공법은 PVA 섬유 혼입으로 강도가 높고 경화체 내부 조직이 치밀해져 이산화탄소 침입을 방지해 가장 탄산화에 대해 저항성이 크게 나타났다. 이상과 같이 FCMS공법은 탄산화에 대한 저항성이 커 보수재로 적용할 경우 내구성 향상에 기여할 것으로 판단된다.

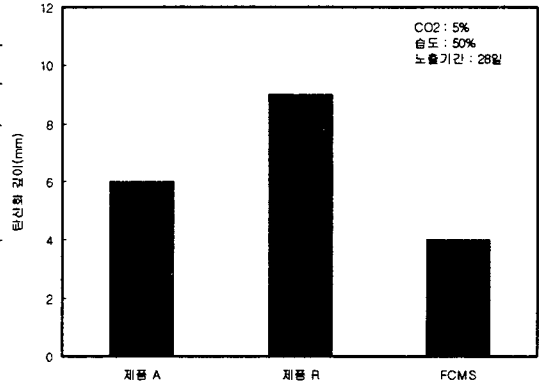


그림 3 탄산화 시험결과

4.3 동결융해 저항성

그림 4는 상대동탄성계수 측정결과이다. 제품 A는 동결융해 사이클이 시작하자마자 상대동탄성계수가 저하되어 동결융해 150 사이클부터 상대동탄성계수가 60% 이하가 되어 내구성이 상당히 저하되는 것으로 나타났다. 제품 A와 FCMS 공법은 동결융해 300 사이클에서도 상대동탄성계수가 90% 이상으로 내구성이 우수한 것으로 나타났다. 그러나 제품 A보다는 FCMS공법이 동결융해 저항성이 우수한 것으로 나타났는데 이것은 PVA섬유를 혼입으로서 인장강도가 높아 동결융해에 의해 발생하는 팽창압에 대해 저항성이 증가할 것으로 판단된다. 그림 5는 동결융해 시작 전과 후에 휨강도를 측정된 결과로서 FCMS 공법은 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

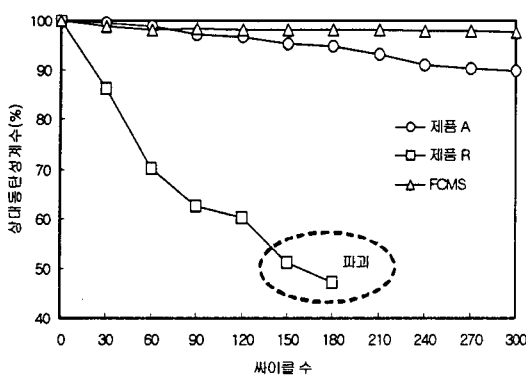


그림 4 상대동탄성계수 측정결과

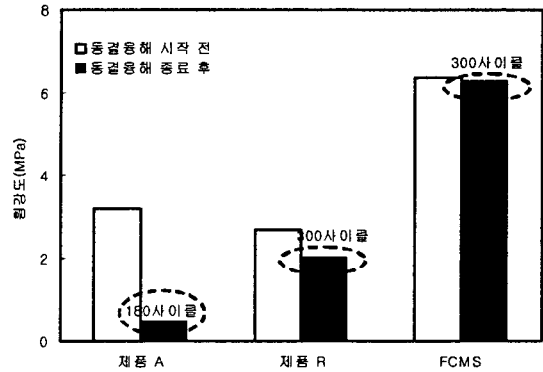


그림 5 동결융해 시험 전후의 휨강도

5. 결론

본 연구에서는 FCMS 공법과 기존의 보수공법에 대해 내구성을 비교한 결과, FCMS 공법은 기존의 보수공법에 비해 강도뿐만 아니라 탄산화, 동결융해 저항성 등 내구성이 우수하여 실제 보수공법으로 사용할 경우 상당히 내구성능이 향상될 것으로 판단된다.