

철근콘크리트 구조물의 보수공법 연구 (I)

— 보수재료 및 공법 —

Studies on Repair of Reinforced Concrete Structures (I)

— Repair Materials and Methods —

연 규석¹⁾, 정 영수²⁾, 한 만엽³⁾, 이 종열⁴⁾, 장 태연⁵⁾, 정 경현⁶⁾
Yeon K. S. Jung Y. S. Han M. Y. Lee J. Y. Jang T. Y. Jung K. H.

Abstract

This study experimentally evaluated the performance of damaged section which was repaired using polymer materials in reinforced flexural members. Six different materials, two types of polymer, two types of polymer - cement and two types of cement, were used by means of injection method on prepacked concrete and spray mortar patching method. As results, the repair works could be done easily and surfaces of the repaired section were smooth.

1. 서 론

우리나라에서는 60년대초부터 시작된 근대화의 붐을 타고 사회간접자본시설을 확충하기 위한 활발한 투자가 시작되었으며, 이에 따라 많은 콘크리트 구조물들이 건설되었다. 그러나 당시에는 기술적으로나 경제적으로 시공이나 품질관리면에서 열악한 상태였으므로 완벽을 기할 수 없는 상황이었다.

그 결과 콘크리트 구조물의 노후화가 촉진되게 되었고, 최근에는 건설산업분야에 있어서 이러한 구조물의 보수보강이 중요한 문제점으로

로 대두되고 있다. 물론 이러한 노후화의 원인은 자재, 공법, 재하하중, 자연환경 등 여러가지를 들 수 있으나, 콘크리트가 주종을 이루는 토목, 건축구조물의 경우는 이러한 노후화로 인한 피해가 크게 나타나고 있는 것이 오늘날의 현실이다.

따라서 본 연구에서는 이와 같이 콘크리트 구조물에 나타나는 여러가지 문제점 중 우선 힘부재에 부분적으로 결손이 있는 경우의 보수방법에 대하여 실험적으로 구명코자 한다.

2. 보수재료

보수재료는 공법에 따라 여러가지가 사용되며, 보수용 재료로서 요구되는 특성에는 약간의 차이가 있지만 공통으로 요구되는 조건은 다음과 같다.

- 1) 강원대 농공학과 교수
- 2) 중앙대 토목공학과 교수
- 3) 아주대 토목공학과 교수
- 4) 쌍용 중앙연구소 실장
- 5) 강원대 대학원 석사과정

- 보수대상인 콘크리트에 강력하게 접착 경화할 것.
- 주입용 재료인 경우 완전주입이 가능할 것.
- 보수 후 콘크리트 성분 중 알칼리성이나 수분에 대한 저항성이 커서 성능 저하 또는 분해하지 않을 것.
- 경화가 신속하며, 경화수축이나 건조수축이 작을 것.
- 주입의 경우에는 충분히 침투, 충전될수 있도록 입자가 작고 점성이 낮을 것.

2.1 보수재료의 선정

보수용 재료는 주입, 함침, 팻칭, 코팅 등 그 공법에 따라 매우 다양하다. 이러한 재료는 크게 유기계와 무기계로 나누어지는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서는 범위를 좁혀 폴리머계, 폴리머 - 시멘트계, 시멘트계로 구분하여 각각 2가지씩 모두 6가지를 선택하여, 주입용으로 4가지, 팻칭용으로 2가지를 적용하였으며, 그 세부적인 사항은 표 1과 같다.

2.2 보수재료의 실험 배합

2.2.1 배합비

본 연구에 사용된 재료는 프리팩트 콘크리트용 (4종) 및 스프레이 모르타르용 (2종)으로서 구체적인 배합비는 표 2와 같다.

2.2.2. 배합방법

(1) TS - Ep

- 사용된 조골재는 화강암 쇄석으로서 골재의 최대 치수는 13mm이다.
- 골재는 $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 조절된 건조기에서 24시간동안 건조시킨다.
- 골재를 다짐봉으로 잘 다져넣는다.
- 골재의 단위용적중량은 1.52 t/m^3 이고, 골재의 실적율은 58%이다.
- 에폭시수지와 경화제를 2 : 1의 중량비로 배합하여 전동식 핸드믹서로 교반한다.
- 골재와 에폭시 수지의 중량비는 골재 76.6 wt.%, 에폭시 수지 23.4 wt.% 였다.
- 주입시 실내온도는 $13 \text{ }^\circ\text{C}$ 이고, 양생온도는 $10 \sim 15 \text{ }^\circ\text{C}$ 범위이다.

(2) AK - Po

- 조골재는 화강암 쇄석으로서 최대치수는 13mm이다.
- $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 조절된 건조기에서 24시간 건조시킨다.
- 골재의 단위용적중량은 1.52 t/m^3 이고, 골재의 실적율은 58%이다.
- 결합재의 배합은 폴리에스터 수지 57.6 wt.%, 수축저감제 19.2 wt.%, 화석제 4.0%, 충전제 19.2 wt.%로 한다.

표 1. 사용된 보수재료

계 열	사 용 재 료	표 시	용 도
폴리머계	TS사 Epoxy	(TS - Ep)	주 입
	AK사 Polyester resin	(AK - Po)	주 입
폴리머 - 시멘트계	SS사 Latex	(SS - La)	주 입
	SI사 Premix	(SI - Pr)	팻 칭
시멘트계	SS사 Grout	(SS - Gr)	주 입
	SS사 Accelerator	(SS - Ac)	팻 칭

표 2. 보수재료의 배합비

계 열	재 료	결합재 배합비 (wt.%)	비 고
폴리머계	TS - Ep	에폭시 수지 66.6, 경화제 33.4	프리팩트 콘크리트 제조용
	AK - Po	폴리에스터 수지 57.6, 수축저감제 19.2, 모노머 4.0, 충전재 19.2	"
폴리머 - 시멘트계	SS - La	시멘트 63.9, 물 26.6, 라텍스 8.0, 감수제 1.3, 응결조절제 0.2	"
	SI - Pr	파우더 (세골재 포함) 89.0, 물 11.0	스프레이 모르타용
시멘트계	SS - Gr	그라우트제 87.7, 물 12.3	프리팩트 콘크리트 제조용
	SS - Ac	시멘트 16.8, 세골재 74.0, 물 8.4, 급결제 0.8	스프레이 모르타용

- 전동식 핸드믹서를 사용하여 약 3분간 혼합한 후, 경화제를 넣고 다시 2분간 혼합한다.
 - 주입시 실내온도는 13 ℃이고, 양생온도는 10 ~ 15 ℃이다.
- (3) SS - La
- 조골재는 화강암 쇄석으로서 최대치수는 13mm이다.
 - 골재는 110 ± 5 ℃ 로 조절된 건조기에서 24시간 건조시킨다.
 - 골재의 단위용적중량은 1.52 t/m³ 이고, 골재의 실적율은 58%이다.
 - 배합비는 시멘트 63.9 wt.%, 물 26.6 wt.%, 라텍스 8.0 wt.%, 감수제 1.3 wt.%, 응결조절제 0.2 wt.%로 한다.
 - 계량된 물 + 감수제 + 응결조절제 + 폴리머를 전동식 핸드믹서로 1차 혼합한다.
 - 그 후 천천히 시멘트를 투입하여 약 3분간 충분히 혼합한다.
- 주입시 실내온도는 12 ℃, 양생온도는 10 ~ 14 ℃이다.
 - 골재와 페이스트의 중량비는 골재 67.8 wt.%, 라텍스 32.2 wt.%이다.
- (4) SI - Pr
- 세골재가 포함된 프리믹스 파우더 89.0 wt.%, 물 11.0 wt.% 로 한다.
 - 혼합시 강제식 믹서로 3분간 혼합한다.
 - 타설시 실내온도는 12 ℃, 양생온도는 10 ~ 14 ℃로 한다.
- 5) SS - Gr
- 조골재를 화강암 쇄석으로 최대치수는 13mm이다.
 - 그라우트제 87.7 wt.%, 물 12.3 wt.%로 한다.
 - 배합은 강제식 믹서로 3분간 혼합한다.
 - 타설시 실내온도는 12 ℃, 양생온도는 10 ~ 14 ℃로 한다.
- (6) SS - Ac
- 모르타의 배합비는 시멘트 28.5 wt.%, 세골재 57.2 wt.%, 물 14.3 wt.% 이며,

- 급결제는 시멘트량의 5 wt.%로 하였다.
- 혼합시 시멘트, 골재 및 급결제를 강제 식 믹서로 충분히 혼합한 다음 물을 부어 약 1~2분간 충분히 혼합한다.
 - 타설시 실내온도는 13℃, 양생온도는 12~15℃ 였다.

2.3 보수재료의 특성

2.3.1 물리적 성질

콘크리트 보수용으로는 페이스트, 모르타, 콘크리트의 형태로 사용되며 대체적인 계열별 보수재료의 물리적 성질은 표 3과 같다.

2.3.2 사용재료의 일반적 특성

(1) TS - Ep

- 비휘발성 고형물을 갖는다.
- 각종 재료와의 부착성이 우수하다.
- 경화시 불순물이 발생치 않는다.
- 경화후의 수축이 작아 치수의 안정성이

높다.

- 가격이 비싸다.

(2) AK - Po

- 경화속도의 조절이 가능하다.
- 내산성 및 내수성이 양호하다.
- 동결융해 저항성이 크다.
- 기계적 강도가 높다.
- 내마모성 및 전기절연성이 양호하다.
- 에폭시 수지보다 가격이 저렴하다.
- 경화수축이 비교적 크다.

(3) SS - La

- 일반 시멘트를 사용한다.
- 단위수량이 적게 든다.
- 마감처리가 쉽다.
- 용결속도가 빠르다.
- 부착성이 비교적 우수하다.
- 내약품성이 양호하다.
- 계량 및 배합에 정확을 요한다.
- 양생은 습윤양생을 한다.

표 3. 콘크리트 보수용 재료의 일반적인 물리적 성질

구 분	폴 리 머 계	폴리머 - 시멘트계	시 멘 트 계
압축강도 (kg/cm ²)	550 ~ 1,100	100 ~ 800	200 ~ 700
탄성계수 (×10 ³ kg/cm ²)	15 ~ 200	10 ~ 300	200 ~ 300
휨강도 (kg/cm ²)	250 ~ 500	60 ~ 150	20 ~ 50
인장강도 (kg/cm ²)	80 ~ 200	20 ~ 80	15 ~ 35
열팽창계수	25 ~ 30 × 10 ⁻⁶	8 ~ 20 × 10 ⁻⁶	7 ~ 12 × 10 ⁻⁶
흡수율 (25℃, 7일간 %)	0 ~ 1	0.1 ~ 0.5	5 ~ 15
강도발현 (20℃)	2 ~ 48 시간	1 ~ 7 주	1 ~ 4 주

(4) SI - Pr

- 실리카흙과 폴리머를 포함하는 표준형 시멘트계 레디믹스 모르타이다.
- 사용이 편리한 1성분형 모르타로서 작업성이 좋고 조기에 강도가 발현된다.
- 시공후 미장 작업이 가능하며, 내동결 융해성이 좋다.
- 낮은 w/c 비 (0.34 ~ 0.38)로 수밀성 및 방수성이 우수하다.
- 황산염에 대한 저항성이 우수하다.

(5) SS - Gr

- 블리이딩율이 낮다.
- 유동성이 오래 지속된다.
- 응결시간을 8 ~ 12시간 정도로 길다.
- 압축강도가 600 kg/cm² 정도로 높다.
- 건조수축이 거의 일어나지 않다.
- 습윤양생을 실시해야 한다.
- 동절기 및 혹서기 시공시에는 주의가 필요하다.

(6) SS - Ac

- 모르타나 콘크리트의 형태로 이용할 수 있다.
- 강도증진보다는 경화시간의 단축을 위해 사용된다.
- 응결 및 경화시간이 15분 정도로 매우 짧다.
- 배합은 일반 시멘트 콘크리트와 동일한 방법으로 한다.

3. 보수방법

콘크리트 구조물의 보수방법은 손상원인, 정도등에 따라 큰 차이가 있다. 본 실험연구는 철근 콘크리트 펌부재에 결손이 생겼을 경우의 보수를 목적으로 한 것으로서 프리팩트 콘크리트 형태로 주입하는 공법과 스프레이 모르타 형태로 팻칭하는 공법을 사용하였으며, 세부적인 사항은 다음과 같다.

3.1 주입공법

(1) 준비작업

- ① 콤프레셔 등으로 공기를 불어넣어 손상된 부분을 청소하고 건조시킨다.
- ② 와이어 브러쉬나 그라인더로 고품질순 물이나 철근의 녹 등을 제거한다.
- ③ 거푸집의 연결부를 실리콘 등으로 충분히 밀폐하여 주입시 결합재가 누출되지 않도록 한다.
- ④ 거푸집을 설치하고 조골재 (13 mm) 를 공간에 충분히 채워 넣는다.

(2) 주입재의 혼합

- ① 배합비를 정확히 해야 하며, 1회 혼합량은 가시시간내에 사용할 수 있는 양으로 하여야 한다.
- ② 혼합용 저속믹서로 2분이상 충분히 해야 하며, 양이 작아 손비빔을 할 때는 비비는 시간을 3배이상 늘려야 한다.
- ③ 기계 교반시 기포가 대량으로 유입되기 때문에 기포를 제거시킨 후 사용하는 것이 바람직하다.

(3) 주입재의 주입

- ① 주입시 외기온은 10 ~ 30 ℃, 콘크리트 표면온도는 10 ℃ 이상으로 한다.
- ② 시공시는 기온에 대한 가시시간을 측정하여 제한된 시간내에 끝나도록 해야 한다.
- ③ 주입펌프를 통해 결합재를 주입하며, 주입된 결합재가 거푸집 상부를 배출되는 것을 확인한 후 주입용 호스를 제거한다.
- ④ 이 때 즉시 초속경시멘트나 파라핀 등으로 구멍을 밀폐시켜 누출을 막아야 한다.

(4) 양생

- ① 결합재의 강도는 양생조건과 밀접한 관계가 있으므로 적합한 온도와 습도를 유지할 수 있도록 한다.

- ② 특히 폴리머계는 온도, 폴리머-시멘트계와 시멘트계는 온도와 습도가 모두 적합한 조건에서 양생시켜야 한다.
- ③ 보수 부위가 작을 때는 인위적으로 온·습도를 조절하여 줄 수가 있으나 면적이 넓을 때는 불가능하므로 적합한 보수시 적합한 조건의 확보가 중요하다.

(5) 마무리 및 검사

- ① 주입된 결합재가 경화 후 불규칙하게 되었을 경우는 그라인더 등으로 갈아내어 표면을 처리한다.
- ② 보수된 부분을 검사하는 것을 매우 어려우므로 구조상 안전한 곳을 택하여 직경 20mm 정도의 코어를 채취하여 검사를 한다.

3.2 팻칭 공법

(1) 준비작업

- ① 보수재료의 부착성을 높이기 위해 콘크리트 표면을 거칠게 한다.
- ② 콘크리트의 파손상태가 심하여 부스러기가 있거나 철근에 부식이 생겼을 경우 이를 제거한다.
- ③ 거푸집을 조립하고 팻칭재가 누출되지 않도록 처리한다.
- ④ 시공면은 습윤상태가 충분히 유지되도록 한다.

(2) 팻칭재의 혼합

- ① 재료를 정확히 계량한다.
- ② 스프레이나 노즐이 장착된 믹서에 투입한 후 2 ~ 3분간 충분히 믹싱한다.
- ③ 1회 혼합량은 가사시간내에 사용할 수 있도록 적당한 양으로 하여야 한다.

(3) 팻칭재 타설

- ① 부착성능을 좋게 하기 위해 프라이머를 도포한 후 팻칭재를 타설한다.
- ② 스프레이 방식으로 타설하여 최종 분사 작업직 후 흠손으로 미장작업을 한다.

(4) 양생

- ① 온도와 습도를 가급적 표준양생 조건에 근접하도록 조절하여 강도발현이 충분히 되도록 한다.
- ② 실제적으로 이러한 조건을 제공하기가 곤란하므로 외부 환경조건을 충분히 검토한 후 시공해야 된다.

(5) 마무리 및 검사

- ① 양생후 거푸집을 제거한 다음 불규칙한 부분이 있으면 그라인더 등으로 처리한다.
- ② 육안으로는 보수의 양·부를 알 수 없으므로 코어채취 등을 통해 검사를 할 필요가 있다.

4. 결 론

이 연구는 결손된 철근 콘크리트 휨부재에 대한 보수재료와 보수공법을 실험적으로 구명한 것으로 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 보수재료는 폴리머계 2종, 폴리머 - 시멘트계 2종, 시멘트계 2종 등 6종을 사용하였던 바, 보수재료로서의 사용에 적합한 것으로 나타났다.
- 2) 보수공법으로는 프리팩트 콘크리트식 주입공법과 스프레이식 모르타 팻칭 공법을 사용하였던 바, 공법의 적용에 무리가 없는 것으로 나타났다.
- 3) 이상의 결과에서 본 연구에서 선택된 보수재료 및 보수공법이 결손된 철근 콘크리트 휨부재의 보수에 충분히 적용 가능함을 확인 할 수 있었다.
- 4) 사용된 보수 재료의 물리적 특성 등은 추후 보고할 예정이며, 이를 적용한 시험체에 대한 역학적 거동은 별도 연구결과에 보고될 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 94년 건설기술 연구 개발사업의 지원과 쌍용양회 공업(주)의 협동으로 수행한 연구임을 밝히며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- 1) 日本コンクリート工學協會編, “콘크리트便覽”, 技報堂出版(株), 1978, pp. 793 ~ 826
- 2) Satish Chandra, Yoshihiko Ohama, “Polymers in Concrete”, CRC, 1994, pp. 111 ~ 146
- 3) 콘크리트構造物の補修ハンドブック 編集委員會編, “콘크리트構造물의補修ハンドブック”, 情報堂出版(株), 1989, pp. 447 ~ 485
- 4) 岡田清 編著, “콘크리트의耐久性”, 朝倉書店, 1986, pp. 141 ~ 183
- 5) ACI, “Polymer Repairs to Concrete : Their Influence on Structural Performance”, SP-22, pp. 477 ~ 489
- 6) Allen R. T. L., Edwards S. C. and Shaw J. D. N., “Their Repair of Concrete Structures”, Blackie Academic & Professional, 1993, pp. 37 ~ 55
- 7) Hiroshi Ive, Katsunori Demura, “Materials and Methods for Repair of Reinforced Concrete Structures”, KCI, 1994, pp. 29 ~ 36
- 8) ACI Committee 546, “Guide for Repair of Concrete Bridge Superstructures”, ACI Compilation, 1980, pp. 51 ~ 68
- 9) Mansur M. A. and Ong K. C. G., “Epoxy Repaired Beams” Concrete International, 1985, Oct., pp. 46 ~ 50
- 10) Lewis W. J. and Lewis G., “The Influence of Polymer Latex Modifiers on the Properties of Concrete”, Construction & Building Materials, 1991, Dec., pp. 201 ~ 207
- 11) McDonald and Logsdon D. L., “Epoxy Injection of a Gate Pier”, 1986, Aug., pp. 34 ~ 43
- 12) Plecnik J. M., Gaul R. W., Pham M., Cousins T. and Howard J., “Epoxy Penetration”, 1986, Feb., pp. 46 ~ 50
- 13) Feldman D., “Polymeric Building Materials”, 1990, Elsevier Applied Science, pp. 113 ~ 137
- 14) ACI, “Repair and Rehabilitation of Concrete Structures”, SCM-16, 1987, p. 295
- 15) ACI, “Repair of Concrete Structures - Assessments, Methods and Risks”, SCM-21, 1989, p. 514