

# 철근콘크리트 구조물의 보수 공법연구(II)

## - 휨 거동 비교 -

### Studies on Repair of Reinforced Concrete Structures(II)

#### - Their Influence on Flexural Performance -

김 병 국\*      신 영 수\*\*      홍 기 섭\*\*\*      이 차 돈\*\*\*\*      최 완 철\*\*\*\*\*

Kim, Byung Guk    Shin, Young Soo    Hong, Gi Suop    Lee, Cha Don    Choi, Oan Chul

#### Abstracts

A series of 15 reinforced concrete beams was tested to explore the effects of polymer repair on damaged beams. The key parameters for this study were the repair materials, repair methods, repair depths and repair locations. The repaired specimens failed by a typical flexural mode, showing minor interface failure.

The results show that epoxy, polyester resins and latex modified cementitious mortars are effective for repairing the concrete beams. The results also show that the depth and the location of the repair do not change significantly the flexural performance of the repaired beams.

#### 제 1 장. 서 론

##### 1.1 연구 배경 및 목적

철근콘크리트 구조물은 재료적, 시공적, 환경적, 구조적 요인에 의해 구조물의 시공 직후 혹은 시간이 경과 하면서 구조내력이 감소하거나 사용성이 저하하여 구조부재의 보수 및 보강을 필요로 하게 된다.

본 연구는 최근 보수재로 사용성이 높아지는 폴리머계, 폴리머-시멘트계, 시멘트계 재료의 기본성능을 파악한다. 보수재의 특성에 따른 올바른 보수재의 선택과 각 보수재에 알맞은 보수방법을 연구하여 오류를 줄이는것이 연구의 목적이라 할 수 있

다.

(본 논문은 철근콘크리트 구조물 보수공법 I, II, III중의 하나로 상세한 보수재료 및 시공법, 피로특성은 논문 I, III을 참고하기바람.)

##### 1.2 연구 내용 및 방법

본 연구는 철근콘크리트 구조체의 보에 있어서 단면손실이 발생한 경우를 가정하여 단면손실이 없는 경우와 단면손실이 있는 경우 폴리머계, 폴리머-시멘트계, 시멘트계로 보수하여 비교하였다.

단면손실은 크게 인장측과 압축측 단면손실로 나누었으며 단면손실체적은 인장측은 150cm x 15cm x 2cm, 150cm x 15cm x 5cm로 나누었으며, 압축측은 30cm x 15cm x 5cm로 하였다. 보수재는 주입법이나 팻칭(PATCHING)법으로 폴리에스터, 에폭시, 라텍스, 그라우트, 급결재를 사용하였다. 팻

\*      정회원, 숭실대학교 대학원 석사과정  
\*\*     정회원, 이화여자대학교 건축학과 교수  
\*\*\*    정회원, 홍익대학교 건축학과 교수  
\*\*\*\*   정회원, 중앙대학교 건축공학과 교수  
\*\*\*\*\* 정회원, 숭실대학교 건축공학과 교수

칭보수한 시험체는 급결제를 사용한것과 premix를 사용한것 두 종류를 실험하였다. 실험은 단순보의 지지조건으로 지간 중간에서 가력하였다.

실험결과는 각각의 실험변수에 대해 정리하여 각 실험변수의 영향에 따른 구조체의 거동과 균열형태등을 연구하였으며, 실험변수에 따른 파괴형상과 하중-치짐, 최대하중을 비교분석하였다.

## 제 2 장. 실험

### 2.1 시험체 제작

보시험체 단면치수는 15cm x 25cm, 유효춤(d=22cm), 인장철근 2-D13, 압축철근 2-D10, 길이 2.4m의 장방형 복근보로 제작하였으며 전단보강근은 D10철근을 10cm간격으로 배근하였다. 거푸집은 13mm합판과 5cm X 5cm각재를 사용하여 제작하였으며, 거푸집과 철근사이의 간격은 3cm 스페이서를 사용하여 확보하였다.

(그림 1. 참조)

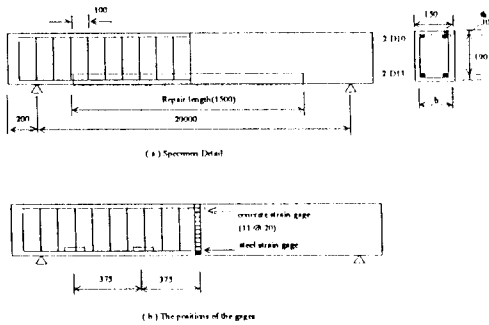


그림 1. 보 시험체

### 2.2 시험 변수

시험체의 보수깊이, 보수폭, 보수제, 보수 위치등의 변수는 표 1과 같다.

표 1. 시험체 변수 및 시험체명

시험변수	시험체명	보수단면 (cm)	비 고	
기본 시험체	control	-	-	
인장축 보수	20mm	t2l	150x15x2*	latex
		t2g		grout
		t2e		epoxy
		t2p		polyester
	50mm	t5l	150x15x5*	latex
		t5g		grout
t5e			epoxy	
t5p			polyester	
인장축 patching 보수	20mm	sh2a	150x15x2*	급결제
		sh2b		premix
	50mm	sh5a	150x15x5*	급결제
		sh5b		premix
압축축 보수	c5l	30x15x5*	latex	
	c5e		epoxy	
	c5p		polyester	

(\*, 보수단면에서 보수깊이는 2cm, 5cm이나 실험에 사용한 시험체는 이 보다는 좀더깊은 3.5cm, 7cm로 보수되어 있음.)

### 2.3 보수제의 특성

보수제의 물성(표 2) 및 보수제의 계열별 구분과 시공방식(표 3)은 다음과 같다.

표 2. 콘크리트 보수용 재료의 물성

구 분	폴리머계	폴리머-시멘트계	시멘트계
압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	550 ~ 1,100	100 ~ 800	200 ~ 700
탄성계수 (x 10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	15 ~ 200	10 ~ 300	200 ~ 300
휨강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	250 ~ 500	60 ~ 150	20 ~ 50
인장강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	80 ~ 200	20 ~ 80	15 ~ 35
열팽창계수 X 10 <sup>-6</sup>	25 ~ 30	8 ~ 20	7 ~ 12
흡수율 (25℃, 1주간 %)	0 ~ 1	0.1 ~ 0.5	5 ~ 15
강도발현 (20℃)	2 ~ 48 시간	1 ~ 7주	1 ~ 4주

표 3. 보수재의 구분 및 시공방식

계 열	상 품 명	시공방식
폴리머계	epoxy(t사)	주 입
	polyester(a사)	주 입
폴리머 - 시멘트계	latex(s사)	주 입
	premix(s사)	patch
시멘트계	grout(s사)	주 입
	급결재(s사)	patch

2.4 보수방법

본 실험에서 사용한 보수방법은 프리팩트 콘크리트 형태로 주입하는 공법과 보수 모르터의 형태로 팻칭(PATCHING)하는 공법을 사용하였다.

**주입법** : 단면손실부분을 깨끗이 청소후 거꾸집을 설치한다. 거꾸집 설치가 끝난후 조골재를 충분히 채우고 적당량의 주입재를 상온상태에서 주입펌프를 통해 주입한 후 주입구를 밀봉하고 적당한 온도와 습기를 유지하여 양생시킨다.

**팻칭법** : 단면손실부분을 깨끗이 청소후 시공면이 충분히 습윤상태를 유지할 수 있도록 한다. 팻칭재를 타설하기 전 프라이머를 도포한후 스프레이방식으로 타설한후 양생한다.

2.5 재하 및 측정방법

철근콘크리트보의 내력평가를 위한 하중 재하는 그림 2와 같은 프레임에서 유압재으로 지점중앙에서 재하하였으며, 재하하중량을 검출하기 위하여 유압재 하부면에 로드셀을 설치하였다. 모시험체의 변위를 측정하기위하여 중앙부에 변위계를 설치하였으며 인장철근의 중앙부에 STRAIN GAUGE를 2개씩 타설전에 설치하였고 보 중앙부에 콘크리트 게이지를 설치하여 내력을 측정하였다. 이와같이 설치한 센서로 부터 나오는 데이터는 TDS301로 받아들여 컴퓨터를 이용하여 데이터를 정리하였다.

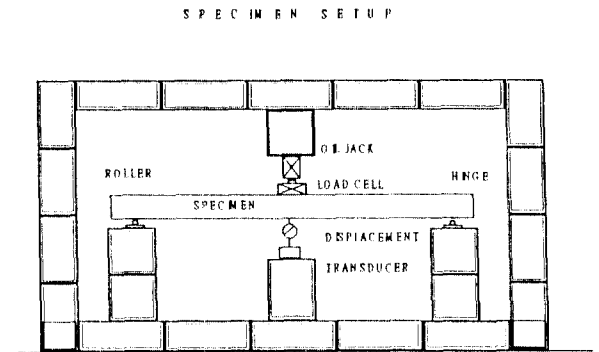


그림 2. 실험장치도

표 4. 모시험체의 최종압축강도 및 파괴형태

Series	Repair Material	Patch Location	Patch Size (Cm)	Fail. Load (Ton)	Failure Load	FAILURE MODE	INTERFACE BOND FAILURE
					Patch Beam		
1	CONTROL	—	—	5.10	1.00	FLEXURE	—
2	EPOXY	TENSION	150 X 2	5.67	1.11	"	—
3	GROUT	"	"	4.77	0.93	"	—
4	LATEX	"	"	4.72	0.92	"	MINOR
5	POLYESTER	"	"	4.67	0.91	"	MINOR
6	EPOXY	TENSION	150 X 5	4.60	0.90	"	—
7	GROUT	"	"	5.22	1.02	"	MINOR
8	LATEX	"	"	4.87	0.95	"	MINOR
9	POLYESTER	"	"	5.92	1.16	"	MINPR
10	EPOXY	COMPR	30 X 5	4.55	0.89	"	—
11	LATEX	"	"	4.75	0.93	"	—
12	POLYESTER	"	"	5.25	1.03	"	—
13	SH 급결재	TENSION	150 X 2	4.87	0.95	"	MINOR
14	SH PREMIX	"	"	4.72	0.92	"	SEVERE
15	SH 급결재	"	150 X 5	4.97	0.97	"	MINOR
16	SH PREMIX	"	"	4.37	0.85	"	—

## 2.6 결과

15개의 보수한 시험체와 1개의 보수 단면이 없는 기본시험체에 대한 하중재하 결과는 표 4와 같다. 최대하중, 기본시험체에 대한 보수시험체의 최대하중비, 파괴형상을 나타내었다.(표 4)

### 제 3 장. 결과분석

#### 3.1 파괴형상

**휨파괴 형상** : 하중재하시 전 지간(200cm)에 걸쳐 휨균열이 고르게 발생하였다. (그림 3) 계열별로 보면은 폴리머-시멘트계와 시멘트계는 보수단면이 없는 기본시험체보와 비교하여 볼때 전형적이고 규칙적인 휨파괴 형상을 나타내고 있다. 폴리머계인 에폭시와 폴리에스터는 보수한 보 시험체가 취성적으로 파괴되어 균열이 중앙부에 집중되어 있는것이 특이할만 하다.

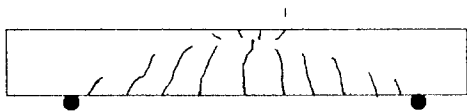


그림 3. 휨파괴 시험체

**계면파괴** : 보수제와 콘크리트 구조체사이의 계면파괴는 주로 에폭시를 제외한 보수제(라텍스, 폴리에스터)에서 주로 인장철근이 항복한 상태에서 미세하게 발생하였다. 그러나, 시멘트의 급결제를 팻칭(PATCHING)한 보 시험체인은 계면의 부착상태가 좋지 않은 이유로 큰 계면파괴가 일어났다. (SH2B)(그림 4)

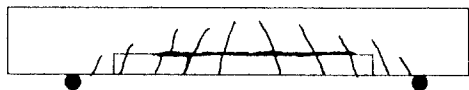


그림 4. 계면파괴 시험체

## 3.2 내력비교

### ① 보수제 계열별

**폴리머계** : 폴리머계인 에폭시와 폴리에스터는 인장축 보수한 경우 보수 단면이 없는 기본시험체와 최대하중이 비슷(91~111%)하게 나타났다. 폴리에스터로 보수한 경우 항복시까지의 내력이 다른 보수제보다 우수한것을 볼 수 있다. 압축축 보수인 경우는 에폭시로 보수한 경우 내력이 다소 떨어지는 것으로 나타났다.

**폴리머-시멘트계** : 폴리머-시멘트계인 경우 라텍스와 premix는 보수단면이 없는 시험체에 비하여 최대하중이 85~95%범위로 약 10%정도 감소된것으로 나타났다.

**시멘트계** : 그라우트나 급결제로 보수한 보는 보수단면이 없는 시험체에 비하여 최대하중이 93~102%범위로 내력이 비슷한 것으로 나타났다.

### ② 보수위치별(인장, 압축)

**인장축** : 폴리머계인 에폭시와 폴리에스터로 보수한 경우 보수단면이 없는 시험체보다 다소 내력이 높았으며, 폴리머-시멘트계와 시멘트계는 보수후 내력이 약간 감소한 것으로 나타났다.

**압축축** : 압축축 보수인 경우는 폴리에스터로 보수한 시험체만 내력이 증가한것으로 나타났다.

### ③ 보수깊이

**20mm** : 보수단면이 없는 시험체와 비교하여 내력이 91~111%범위에 속하므로 비슷한 내력을 보임.

**50mm** : 보수단면이 없는 시험체와 비교하여 내력이 거의 비슷하나 폴리에스터와 그라우트는 내력이 증가함.

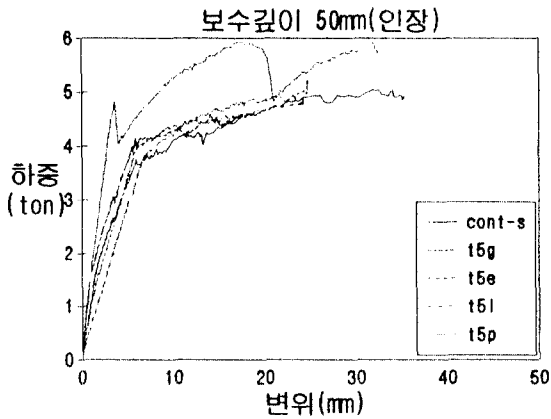
### ④ 보수방법

**주입** : 폴리머계와 라텍스, 그라우트로 보수한 경우 대체적으로 보수단면이 없는 기본시험체와 내력이 비슷한 것으로 나타남.

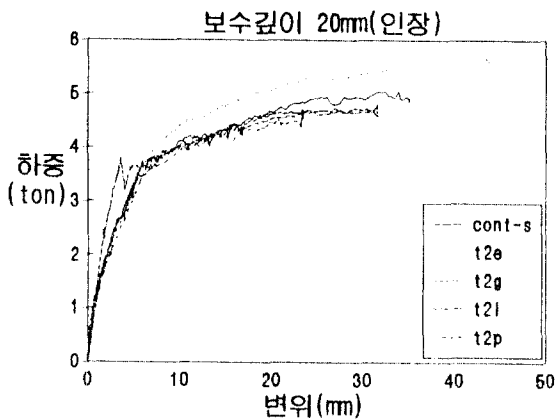
PATCH : 급결제와 premix로 보수한 경우 보수단면이 없는 기본시험체와 비해 내력이 다소 저하함.

### 3.3 하중-변위곡선

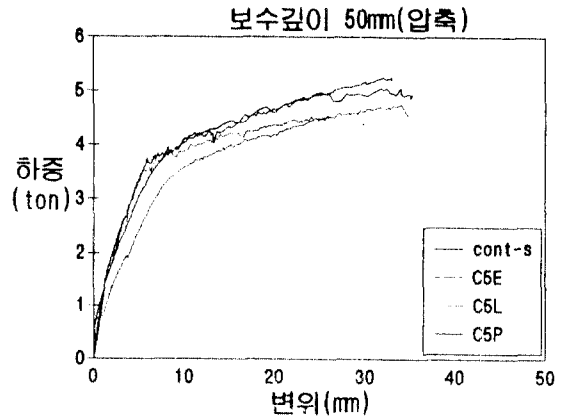
전체적으로 볼때 하중-변위곡선은 비슷한 양상을 보이고 있다. 폴리에스터와 에폭시로 보수한 보는 하중감소를 보이며, 시멘트계에서 대체적으로 강성이 다소 낮게 나타났다. 폴리에스터로 보수한 보에서는 철근이 항복한 이후 급격한 취성과파괴를 볼 수 있다.(그림 5)



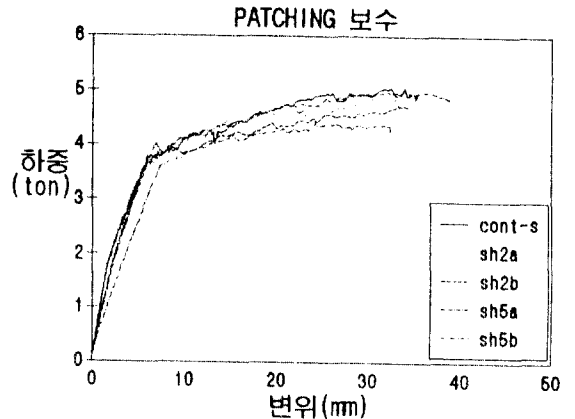
(A) 인장보수 시험체 (보수깊이:50mm)



(B) 인장보수 시험체 (보수깊이:20mm)



(C) 압축보수 시험체



(D) PATCHING 보수 시험체

그림 5. 계열별 하중-변위 곡선(A,B,C,D)

### 3.4 균열크기 분포 및 균열폭

균열크기 및 균열폭은 대체적으로 휨과괴에 의해 전 시험체에 고르게 발생하였다. 라텍스와 그라우트로 보수한 시험체는 보수단면이 없는 기본시험체와 동일한 균열 형태를 보였다. PATCHING법 보수한 보에서는 전체적인 균열은 휨과괴에 의한 것과 동일하지만 계면에서 콘크리트와 보수재사이의 부착부족으로 인한 계면파괴를 볼 수 있었다.(그림 6)

폴리에스터로 보수한 시험체(T5P)는 초기 균열이 발생하지 않다가 철근이 항복한 후 균열이 급진전 되는 것으로 나타났다.

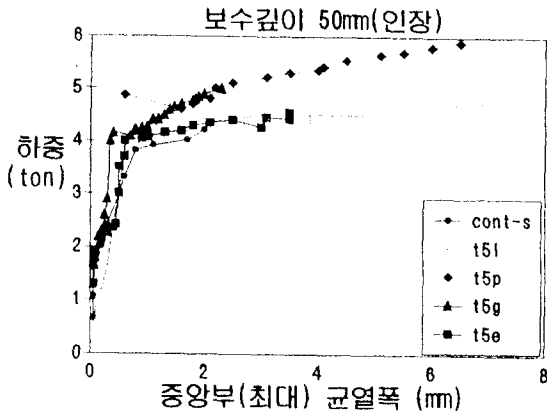


그림 6. 하중-균열폭 곡선

#### 4. 결 론

본 연구는 폴리머계, 폴리머-시멘트계, 시멘트계의 보수재를 사용하여 단면손상이 있는 보의 보수를 실험한 것으로 결론은 다음과 같다.

- 1) 보수재를 폴리머계, 폴리머-시멘트계, 시멘트계를 사용하여 보의 휨내력을 시험한 결과 대체로 보수재료로서 우수한 것으로 나타났다.
- 2) 주입법에 비하여 팻칭법에 의해 보수한 보의 내력이 다소 떨어지는 경향을 보인다.
- 3) 보수된 보의 내력은 보수깊이나 보수위치에는 관계가 없는 것으로 나타났다.
- 4) 보수된 시험체는 대체로 휨균열양상으로 파괴되었으며 일부 접촉계면의 파괴가 보였다.
- 5) 이상에서 본 연구에서 선택된 보수재료 및 보수공법은 철근콘크리트 휨내력을 충분히 발휘하는 것으로 보이며 사용에 합당한 것으로 판단되었다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부, 94년 건설기술연구개발사업 지원과 쌍용양회공업(주)의 협동으로 수행한 연구임을 밝히며 이에 감사의 뜻을 밝힌다.

#### 참고 문헌

- 1) ACI, "Polymer Repairs to Concrete : Their Influence on Structural Performance", SP100-22, pp. 477~489.
- 2) Allen R. T. L., Edwards S. C. and Shaw J. D. N., "Their Repair of Concrete Structures", Blackie Academic & Professional, 1993, pp. 37~55.
- 3) Hiroshi Ike, Katsunori Demura, "Materials and Methods for Repair of Reinforced Concrete Structures", KCI, 1994, pp. 29~38.
- 4) ACI Committee 54, "Guide for Repair of Concrete Bridge Superstructures", ACI Compilation, 1980, pp. 51~68.
- 5) Mansur M. A. and Ong K. C. G., "Epoxy Repaired Beams" Concrete International, 1985, Oct., pp. 46~50.
- 6) Lewis W. J. and Lewis G., "The Influence of Concrete", Construction & Building Materials, 1991, Dec., pp. 201~207.
- 7) McDonal and Logsdon D. L., "Epoxy Injection of a Gate Pier", 1986, Aug., pp. 34~43.
- 8) Plcchnik J. M., Gaul R. W., Pham M., Consins T. and Howard J., "Epoxy Penetration", 1986, Feb., pp. 46~50.
- 9) Feldman D., "Polymeric Building Materials", 1990, Elsevier Applied Science, pp. 113~137.
- 10) ACI, "Repair and Rehabilitation of Concrete Structures", SCM-16, 1987, pp. 295.
- 11) ACI, "Repair of Concrete Structures Assessmints, Methods and Resks", SCM-21, 1989, pp. 514.