

보수·보강 철근콘크리트 보의 휨 성능

Flexural Performance of Strengthened RC Beams After Repair

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 evaluate the flexural performance of the repaired RC beams. The key parameters for this study were the repair materials, polymer/cementitious materials, in addition to the strengthening material, steel plates and carbon fiber sheets. 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. However, the flexural performance of the strengthened beams are varied depending on the repaired material.

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 보수제로 사용성이 높은 폴리머계, 폴리머-시멘트계, 시멘트계 재료의 기본성능을 파악하고, 보강을 추가하였을 때 휨내력을 비교한다. 보수 시험체와 보수·보강 시험체를 가려실험함으로써 보수·보강재의 특성 및 내력을 파악하고 알맞은 보수·보강방법을 연구하여 오류를 줄이는 것이 연구의 목적이라 할 수 있다.

1.2 연구 내용 및 방법

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

보수제는 주입법을 사용하여 폴리에스터, 에폭시, 라텍스, 그라우트를 주입하였다.

시험체는 보수후 다시 탄소섬유쉬트와 상관으로 보강하였다. 실험은 단순보의 지지조건으로 지간 중간에서 가력하였다.

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

제 2 장. 실험

2.1 시험체 제작

모시험체 단면치수는 15cm × 25cm, 유효춤(d=22cm), 인장철근 2-D13, 압축철근 2-D10, 길이 2.4m의 장방형 부근보로 제작하

* 정희원, 숭실대학교 대학원 석사과정
** 정희원, 이화여자대학교 건축학과 교수
*** 정희원, 홍익대학교 건축학과 교수
**** 정희원, 중앙대학교 건축공학과 교수
***** 정희원, 숭실대학교 건축공학과 교수

였으며 전단보강근은 D10철근을 10cm간격으로 배근하였다. 거푸집은 13mm합판과 5cm×5cm각재를 사용하여 제작하였으며, 거푸집과 철근사이의 간격은 3cm 스페이서를 사용하여 확보하였다.(그림 1. 참조)

단면손실은 인장축 150cm×15cm×5cm로 하였다. 탄소섬유쉬트보강은 13cm×190cm의 탄소섬유쉬트 2겹으로 보강하였으며, 강판보강은 13cm×190cm×0.2cm의 강판으로 보강하였다.

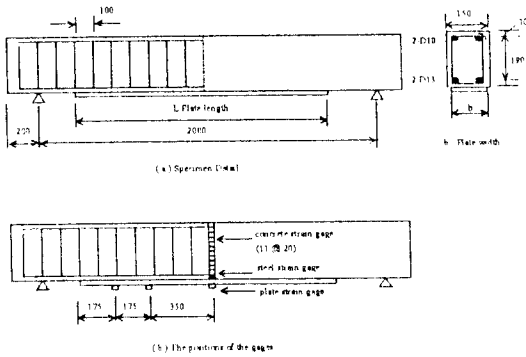


그림 1. 보 시험체

표 1. 시험체 변수 및 시험체명

시험변수	시험체명	보수단면 (cm)	보강단면 (cm)	
기본 시험체	CONTROL	-	-	
보강 시험체	ST2	-	13×190×0.2	
	CF2	-	13×190 (2겹)	
보수 시험체	5E	15×150×5		
	5P			
	5L			
	5G			
인장축 보수·보강 (50mm)	강판	15×150×5	13×190×0.2	
				ST5E
				ST5P
				ST5L
	탄소 섬유 쉬트		ST5G	13×190 (2겹)
			CF5E	
			CF5P	
			CF5L	
	CF5G			

※ST: steel plate, CF: carbon fiber sheet
E : epoxy P : polyester,
L : latex G : grout

2.2 시험 변수

본 연구는 보수 단면이 없는 기본시험체, 2개의 보강한 시험체, 4개의 보수한 시험체, 8개의 보수·보강한 시험체로 구성되어 있다. 보수재, 보강재등의 변수와 시험체명은 표 1과 같다.

2.3 보수·보강재의 특성

보수재의 구분 및 시공방식은 표 2와 같다.

표 2. 보수재의 구분 및 시공방식

계열	상품명	시공방식
폴리머계	epoxy polyester	주입
	latex	주입
시멘트계	grout	주입

보강재인 강판(2.3mm)과 탄소섬유쉬트(0.22mm)의 기계적 성질은 표 3과 같다.

표 3. 보강재의 기계적 성질

	호칭	인장강도 (kg/cm ²)	탄성계수 (kg/cm ²)	단위비중 (g/cm ³)
강판	ss41	6260	5270	-
탄소섬유 쉬트	중탄성 cf	35,500	2.35×10 ⁶	1.62

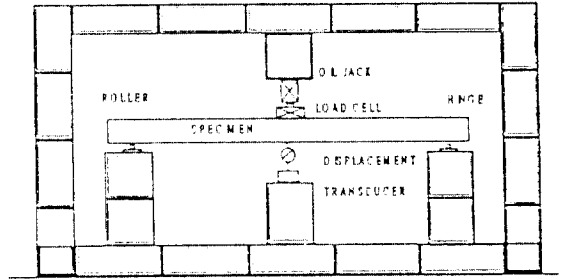
2.4 보수·보강방법

본 실험에서 사용한 보수공법은 프리팩트 콘크리트 형태로 주입하는 공법을 사용하였고 보강공법은 예폭시 판접착공법을 사용하였다.

보수공법 : 단면손실부분을 깨끗이 청소후 거푸집을 설치하고, 조골재를 충분히 채운다. 적당량의 주입재를 상온상태에서 주입 펌프를 통해 주입한후 주입구를 밀봉하고

적당한 온도와 습기를 유지하여 양생시킨다.

보강공법 : 상판보상인 경우 상판과 콘크리트 사이에 에폭시를 주입하여 집착시키는 방법으로 보강하였고, 탄소섬유쉬트보강은 콘크리트 위에 프라이머를 도포하고 탄소섬유쉬트를 부착시킨후 에폭시로 마감하였다.



2.5 재하 및 측정방법

철근콘크리트보의 내력평가를 위한 하중재하는 그림 2와 같은 프레임에서 유압잭으로 지점중앙에서 재하하였으며, 재하하중량을 검출하기 위하여 유압잭 하부면에 로드셀을 설치하였다. 보시험체의 변위를 측정하기 위하여 중앙부에 변위계를 설치하였으며 인장철근의 중앙부에 STRAIN GAGE를 2개씩 타설선에 설치하였고 보 중앙부에 콘크리트 게이지를 설치하여 내력을 측정하였다.(그림2. 참조)

그림 2. 실험장치도

개의 보강한 시험체, 4개의 보수한 시험체, 8개의 보수·보강한 시험체에 대한 하중재하 결과는 표 4와 같다. 최대하중, 기본시험체에 대한 보수시험체의 최대하중비, 파괴형상을 나타내었다.(표 4)

2.6 결과

보수·보강 단면이 없는 기본시험체와 2

제 3 장. 결과분석

3.1 파괴형상

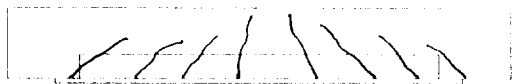
하중재하시 전 지간(200cm)에 걸쳐 휨균열이 고르게 발생하였다. (그림 3) 계열별

표 4. 보시험체의 최종압축강도 및 파괴형태

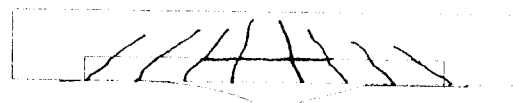
Series	Specimen	Repair Material	Patch Location	Patch Size (cm)	Strengthening Material	Strengthening Size (cm)	Fail. Load (Ton)	Failure Load	INTERFACE BOND FAILURE
								Repaired Beam	
								Failure Load Control Beam	
1	CONTROL		-	-	-	-	5.10	1.00	-
2	ST2		-	-	STEEL	13×190×0.2	10.90	1.98	-
3	CF2		-	-	CARBON	13×190×2pl	8.79	1.72	-
4	5E	EPOXY	TENSION	150×5			4.60	0.90	
5	5P	POLYESTER	"	"			5.92	1.16	MINOR
6	5L	LATEX	"	"			4.87	0.95	MINOR
7	5G	GROUT	"	"			5.22	1.02	MINOR
8	ST5E	EPOXY	TENSION	150×5	STEEL		8.55	1.67	
9	ST5P	POLYESTER	"	"	Plate	13×190×0.2	9.87	1.94	MINOR
10	ST5L	LATEX	"	"	(2.3mm)		8.45	1.65	MINOR
11	ST5G	GROUT	"	"			7.17	1.40	MINOR
12	CF5E	EPOXY	TENSION	150×5	CARBON		8.65	1.69	
13	CF5P	POLYESTER	"	"	FIBER	13×190×2pl	7.77	1.52	
14	CF5L	LATEX	"	"	(0.11mm)		6.67	1.31	
15	CF5G	GROUT	"	"			6.82	1.34	MINOR

로 보면, 폴리머-시멘트계와 시멘트계는 보수단면이 없는 기본시험체 보와 유사하게 전형적이고 규칙적인 휨파괴 형상을 나타내고 있다. 폴리머계인 에폭시와 폴리에스테르는 보수한 보 시험체가 취성적으로 파괴되어 균열이 중앙부에 집중되어 있는 것이 특이할만 하다.

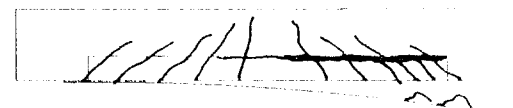
보수·보강시험체에서 강판보강한 라텍스와 그라우트보수 시험체에서 강판이 박리되면서 보수재와 같이 박리되었다. 탄소섬유쉬트보강한 전 시험체가 중앙부에서 탄소섬유쉬트가 파단되면서 취성파괴가 일어났다.



(a) 휨파괴 시험체



(b) 중앙부 파단 시험체



(c) 단부파단 시험체

그림 3. 휨파괴 시험체

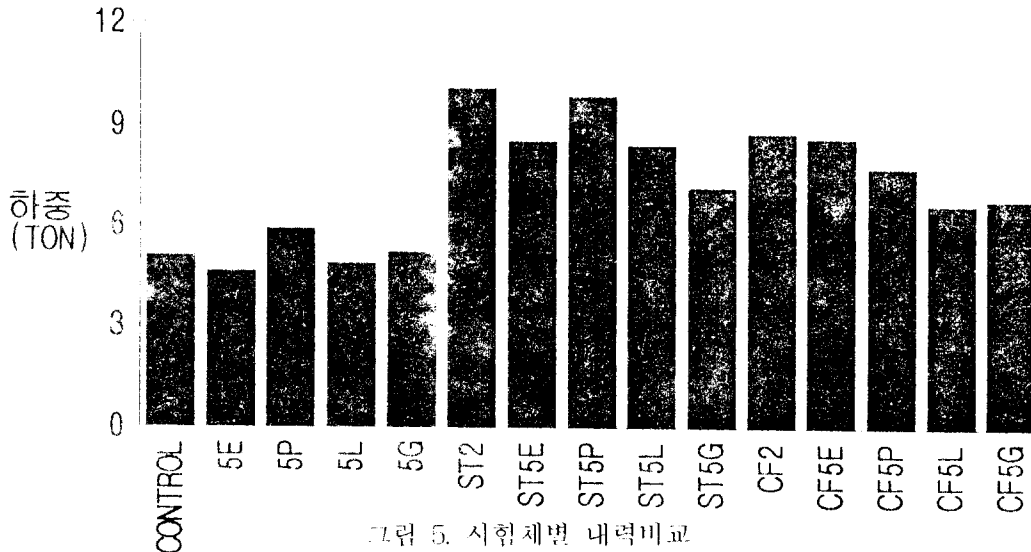


그림 5. 시험체별 내력비교

보수재와 콘크리트 구조체사이의 계면파괴는 주로 에폭시를 제외한 보수재(라텍스, 폴리에스테)에서 주로 인장철근이 항복한 상태에서 미세하게 발생하였다.

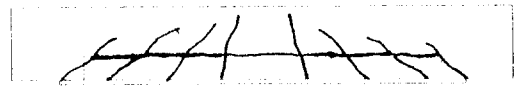


그림 4. 계면파괴 시험체

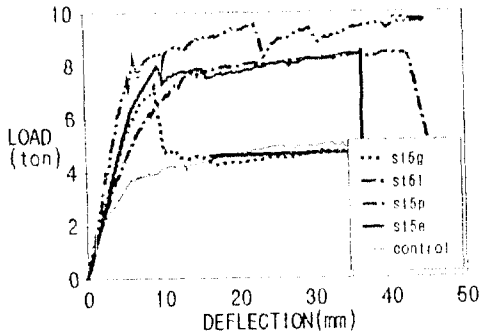
3.2 휨내력비교

보수시험체 : 보수 시험체인 경우 기본 시험체와 비교하여 보수재료에 따라 다소 차이는 있으나 내력이 거의 비슷하였다.

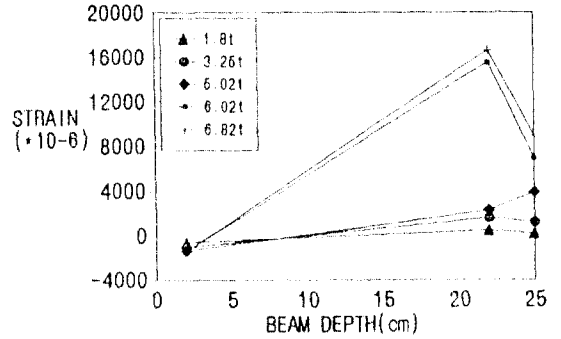
보수후 강판보강 시험체 : 보수후 강판보강 시험체는 강판보강 시험체(ST2)의 내력에 근접하나, 라텍스, 에폭시, 그라우트에서는 내력이 약간 떨어진다.

탄소섬유쉬트보강 시험체 : 탄소섬유쉬트보강 시험체는 탄소섬유쉬트 보강시험체(CF2)의 내력에 근접하나 라텍스와 그라우트에서 내력이 약간 떨어진다. (그림 5. 참조)

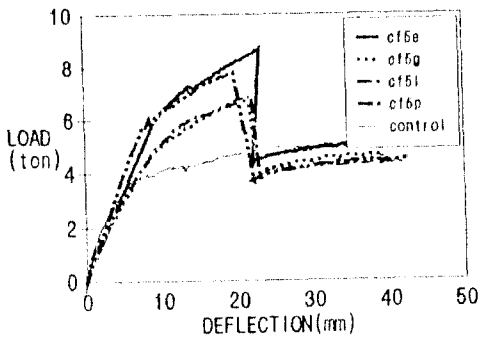
3.3 하중-변위곡선



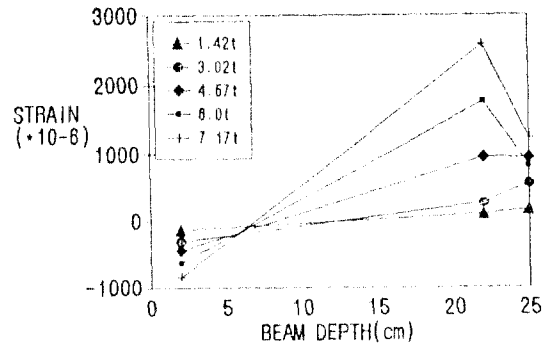
(a) 보수후 강판보강 시험체



(a) CF5G 시험체



(b) 보수후 탄소섬유취트보강 시험체



(b) ST5G 시험체

그림 6. 하중-변위 곡선

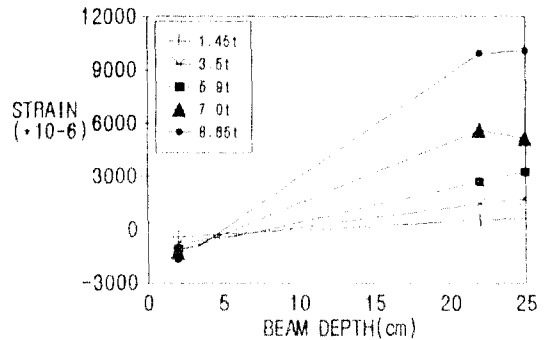
3.4 보 깊이별 변형을 변화

보 깊이별 변형을 변화를 조사하기 위하여 하중증가에 따른 압축측 콘크리트, 인장측 철근과 인장측 강판, 탄소섬유취트의 변형율을 측정하였다.

폴리머계인 에폭시와 폴리에스테르보수 시험체에서는 콘크리트와 보강재가 거의 같은 내력을 분담하고 있어 보수보강의 효과가 잘 나타나고 있다.

그러나, 폴리머-시멘트계인 라텍스와 시멘트계인 그라우트 시험체에서는 콘크리트와 보강재사이의 내력이 콘크리트쪽에 집중되어 나타나 보수보강 효과가 조금 떨어짐을 보이고 있다. 또한, 보 깊이별 변형율 즉 응력은 보강재의 종류에 의한 영향보다 보수재가 큰 것으로 나타났다.

(그림 7. 참조)



(c) CF3E 시험체

그림 7. 보 깊이별 변형율

4. 결론

본 연구에서는 폴리머계, 폴리머-시멘트계, 시멘트계의 보수재와 강판과 탄소섬유취트의 보강재를 사용하여 단면손상이 있는 보의 보수보강 실험하였으며 그 결과는

다음과 같다.

- 1) 폴리머, 폴리머-시멘트, 시멘트계의 보수재를 사용한 결과 대체로 폴리머계 보수효과가 우수한 것으로 나타났다.
- 2) 보수후 보강시험체는 충분히 보강 내력을 확보한다. 그러나 라텍스나 그라우트계의 보수면에 보강한 시험체는 다소 내력이 떨어진다.
- 3) 시험체의 파괴형상은 대체로 휨균열양상이고 다소의 계면파괴가 나타났다.
- 4) 이상에서 본 연구에서 선택된 보수·보강재 및 보수공법은 철근콘크리트 휨내력을 대체로 충분히 발휘하는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부, 95년 건설기술연구개발사업 지원으로 쌍용양회공업(주)의 협동, T.S. BOND 건설공업(주)의 기술협력을 받았으며 이에 감사의 뜻을 밝힌다.

참고 문헌

- 1) 최완철 외 4인, "철근콘크리트 구조물의 보수 공법연구(II)", 한국콘크리트학회, 95년 봄 학술발표회 논문집, 제 7 권 1호, 1995.5, pp.219~224.
- 2) 류해준 외 4인, "탄소섬유쉬트보강 철근콘크리트보의 구조성능에 관한 연구", 대한건축학회, 95년 춘계학술발표대회 논문집, 제 15 권 1호, 1995.4, pp.507~512.
- 3) ACI, "Polymer Repairs to Concrete : Their Influence on Structural Performance", SP100-22, pp. 477~489.
- 4) Allen R. T. L., Edwards S. C. and Shaw J. D. N., "Their Repair of Concrete Structures", Blackie Academic & Professional, 1993, pp. 37~55.
- 5) Hiroshi Ike, Katsunori Demura, "Materials and Methods for Repair of Reinforced Concrete Structures", KCI, 1994, pp. 29~38.
- 6) ACI Committee 54, "Guide for Repair of Concrete Bridge Superstructures", ACI Compilation, 1980, pp. 51~68.
- 7) Mansur M. A. and Ong K. C. G., "Epoxy Repaired Beams" Concrete International, 1985, Oct., pp. 46~50.
- 8) Lewis W. J. and Lewis G., "The Influence of Concrete", Construction & Building Materials, 1991, Dec., pp. 201~207.
- 9) McDonal and Logsdon D. L., "Epoxy Injection of a Gate Pier", 1986, Aug., pp. 34~43.
- 10) Plceniak J. M., Gaul R. W., Pham M., Consins T. and Howard J., "Epoxy Penetration", 1986, Feb., pp. 46~50.
- 11) Feldman D., "Polymeric Building Materials", 1990, Elsevier Applied Science, pp. 113~137.
- 12) ACI, "Repair and Rehabilitation of Concrete Structures", SCM-16, 1987, pp. 295.
- 13) ACI, "Repair of Concrete Structures Assessments, Methods and Risks", SCM-21, 1989, pp. 514.