

# 보수재료의 계면 부착 특성에 따른 RC보의 휨거동 비교 연구

## A Comparative Study on the Flexural Behavior of Repaired RC Beams According to the Interface Bond Characteristic between Concrete and Repair material

심종성*	홍영균**	
Sim, Jongsung	Hong, Yun-Kyun	
김규선***	문도영****	이승원*****
Kim, Gyusun	Moon, Do-Young	Lee, Seung-Won

### ABSTRACT

Recently, the repair materials for defected RC structures are being developed and the performance on repaired RC structures are being studied. This experiment is aimed to evaluate the flexural performance of the RC beams repaired by premix-type materials. The parameters used in this study is the repair materials, the repair length and the treatment of interface. Flexural capacity of repaired RC beams except the polymer-repaired RC beams are similar to that of the control beam. In the flexural capacity, the RC beams treated with chipping show better results than the RC beam without chipping. The various repair lengths of the repaired RC beam are not affected to the flexural capacity

### 1. 서론

콘크리트 구조물은 균열과 노후화, 충격, 동하중, 부적절한 설계 및 시공상의 실수, 건조수축, 크리프, 온도하중 등의 이유로 설계연한에 못미쳐 보수 또는 보강을 해야 하는 경우가 날로 늘어가고 있다.

일반적인 보수 시험체의 균열 양상은 크게 두가지로 나눌수 있다. 첫 번째는 전형적인 휨파괴로써

- 1) \* 정회원, 한양대학교 토목·환경공학과 부교수
- 2) \*\* 정회원, 홍익대학교 건축학과 부교수
- 3) \*\*\* 한양대학교 토목공학과 박사과정
- 4) \*\*\*\* 한양대학교 토목공학과 석사과정
- 4) \*\*\*\*\* 한양대학교 토목·환경공학과 석사과정

보수가 없는 기본시험체와 유사한 전형적이고 규칙적인 휨파괴 양상을 나타내는 경우이고, 두 번째는 보수재와 콘크리트 구조체 사이의 접착이 완전하지 못해서 생기는 계면파괴의 양상의 경우이다. 일반적으로는 재료 자체의 부착강도나 또는 보수공법 차이에 따른 계면의 접착 문제로 인하여 보수 시험체의 성능은 기본시험체 보다 떨어지는 것이 보편적인 결과이나, 최근 보수재료의 물리적 특성과 접착 특성이 향상된 보수재료가 개발되면서 접착계면에서의 파괴보다는 전형적인 휨파괴가 발생하는 것이 지배적이며 성능 또한 향상되고 있다.

구조물의 보수에 사용되는 보수재료로는 폴리머계, 폴리머-시멘트계, 시멘트계로 크게 나눌수 있으며, 시공상의 오류를 최소화 하고 현장 시공이 유리한 premix형 재료가 선호되고 있다. 본 연구에서는 국내에서 시공되고 있는 5종류의 보수재료, 즉 폴리머계 1종, 폴리머 시멘트계 2종, 시멘트계 2종의 premix형 보수 재료를 단면이 결손된 시험체에 적용하여 보수성능을 비교·검토하였으며, 각 변수별 실험결과를 고찰하여 보수 시험체의 부착 및 거동특성을 규명하였다.

## 2. 실험

### 2.1 개요

본 실험에서는 손상된 단면을 가정하여 깊이 8cm 의 결손부위를 발생시키고 이 부분에 premix형 보수재료를 타설한 후에 보수재료와 보수길이 및 면처리 여부를 변수로 선정하여 실험을 수행 하였다. 보수방법은 Type C와 Type D의 경우 팻칭공법을 사용하였으며 나머지 재료들은 주입법을 사용하였다. 표1. 에는 실험변수 및 항복하중을 나타내었다.

표1. Premix형 보수재료로 보수한 휨시험체 변수

변수	보수 재료 및 보강 재료		보수길이비 (L'/L)	면처리 여부*	항복하중 (ton)	보수효과 (%)	시험체명
무보수	-		-	-	5.9	100	R-CON
보수	SS사	시멘트계 (Type A)	0.7	○	6.4	108	RA70-Y
			0.5	○	6.1	10~3	RA50-Y
				×	5.77	97.7	RA50-N
			0.3	○	5.4	91.5	RA30-Y
	SE사	폴리머시멘트계 (Type B)	0.7	×	5.4	91.5	RB70-S
			0.5	×	5.3	89.8	RB50-S
			0.3	×	6.0	102	RB30-S
	SK사	시멘트계(Type C)	0.5	○	5.7	96.6	RC50-S
	RF사	폴리머 시멘트계 (Type D)	0.5	○	5.6	95	RD50-S
	KG사	폴리머(Type E)	0.5	○**	8	135	RE50-S

주) \* 면처리 여부는 콘크리트 면의 취핑(chipping)여부를 나타냄.

\*\* RE50-S를 제외한 모든 시험체는 보수시 프라이머(에폭시계열)를 도포하였음.

## 2.2 사용재료

콘크리트는 설계강도가  $240\text{kg/cm}^2$ 으로 설계된 레미콘제품을 사용하였으며 콘크리트의 압축강도는 측정결과  $347\text{kg/cm}^2$ , 슬럼프는 18cm, 굵은골재 최대치수는 25mm이다. 철근의 항복용력은  $4000\text{kg/cm}^2$ 인 철근을 사용하였으며 인장축에 2D13, 압축부에 2D10을 배근하였다. 보수재료의 역학적 성질은 다음의 표2.에 나타내었다.

표2. 보수재료의 역학적 성질

강도(kg/cm <sup>2</sup> )	시멘트계		폴리머-시멘트계		폴리머계
	Type A	Type C	Type B	Type D	Type E
탄성계수( $\times 10^5$ )	3.9	2.42	2.02	1.44	1.83
압축강도	512	506	343	370	1050
부착강도	35	20~30	22.6	30	225

## 2.3 시험체 제작

철근 콘크리트 보시험체의 단면치수 및 배근상세는 그림.1과 같다. 보의 폭 및 높이는 각각 15cm 및 25cm이며 지간 길이는 200cm, 총길이는 240cm이다. 철근량은 평형철근비의 33%를 배근하였고 시험체의 전단파괴를 막기위하여 D10 스티럽을 10cm 간격으로 설치하였다. 시험체 제작은 먼저 인장부위에 보수길이(L')별로 각각 60cm, 100cm, 140cm, 깊이 8cm를 스티로폴로 채우고 레미콘을 거푸집에 타설하여 인장부위가 결손된 시험체를 제작하였으며 28일 양생후 보수하였다.

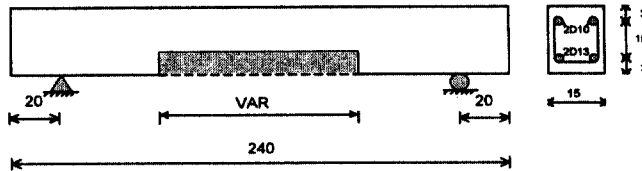


그림1. 시험체 형상 및 제원 (단위:cm)

## 2.4 하중재하 및 측정 방법

본 실험에서는 시험체의 휨성능평가를 위한 하중재하는 200t 규모의 만능시험기를 사용하여 4점 재하를 실시하였으며 재하하중량을 측정하기 위하여 로드셀을 설치하였다. 보시험체의 변위를 측정하기 위하여 중앙부에 변위계를 설치하였으며, 인장철근의 항복여부를 판단하기 위해 중앙부에 strain gage를 주철근에 2개씩 타설전에 설치하였다. 보수재와 콘크리트 사이의 부착특성을 고찰하기 위하여 보시험체 측면에 보의 하부로부터 7cm, 10cm, 16cm, 23cm의 위치에 콘크리트 게이지를 부착하였다. 이와 같이 설치한 센서로부터 나오는 데이터는 TDS601로 받아들여 컴퓨터를 이용하여 정리 하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 파괴형상

##### 3.1.1 보수재료별

보수재료중 폴리머-시멘트계열, 시멘트계열 보수재로 보수된 시험체는 무보수 시험체와 거의 유사한 전형적인 휨파괴의 형태를 보였으나, 폴리머 계열의 Type E의 보수재로 보수된 시험체는 다른 시험체의 파괴 하중에 해당하는 6ton까지 보수재에 균열이 발생하지 않다가 파괴하중에 이르러 큰 주균열(macro crack)이 발생하며 급격히 파괴되는 취성파괴를 보였다.

##### 3.1.2 보수길이별

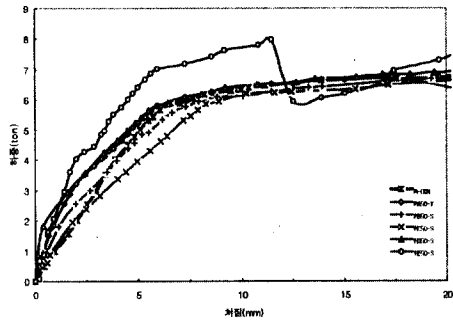
Type A와 Type B의 보수시험체는 보수길이비(L'/L)가 0.3, 0.5 인 보수시험체는 접착계면의 파괴가 조금씩 나타났으며, 0.7인 보수시험체는 접착계면의 균열이 거의 발생하지 않았다. 이는 보수길이비가 0.7인 보수시험체는 보수재의 측면의 접착계면이 휨균열 위치와는 다소 이격되어 있으므로 응력집중이 분산되어 균열이 발생하지 않은 것으로 판단된다.

#### 3.2 하중-변위특성

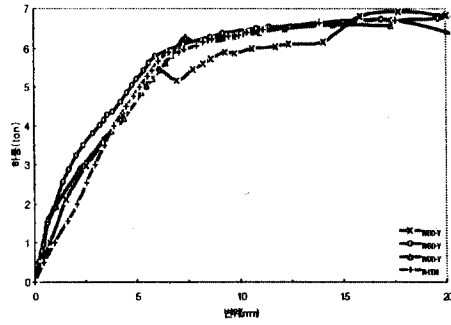
보수시험체의 하중변위곡선은 폴리머계열인 Type E 보수재로 보수한 시험체를 제외하고는 모든 시험체가 거의 유사한 경향을 나타내었다[그림2. 참조]. 강성을 살펴보면 폴리머-시멘트계열인 Type B와 Type D의 경우 기준시험체 보다 다소 크거나 근접하게 나타났으며 시멘트계열인 Type A의 경우 강성이 기준 시험체에 비해 우수하게 나타났으나 Type D의 경우 강성이 크게 떨어지는 것으로 나타났는데 이것은 팻칭공법을 적용하였기 때문에 계면의 부착문제로 인한 합성작용이 떨어지기 때문이라 판단된다. 폴리머계열인 Type E의 경우 다른 보수시험체에 비해 강성은 아주 우수한 것으로 나타났다.

보수길이별 거동을 살펴보면 보수재료의 물성이 뛰어난 Type A의 경우 보수길이가 30에서 70으로 늘어 날수록 우수한 재료물성으로 인하여 보수성능이 향상됨을 알수 있으며, 보수재의 성능이 모체콘크리트와 유사한 Type B의 경우 보수길이가 늘어나더라도 기본시험체와 그 거동이 유사한 것을 알수 있다. 보수면을 쪼아내기(chipping)를 한 경우와 그렇지 않은 경우를 살펴보면 강성면이나 항복하중을 비교해 볼 때 쪼아내기를 한 경우가 보수성능이 더 우수하다는 것을 알수 있다[그림2(d) 참조]. 이 사실은 물론 보수면에 프라이머를 도포하여 부착성능을 향상시켰지만 면처리 여부가 보수재의 계면 부착 성능을 많이 지배한다는 사실을 나타내고 있다.

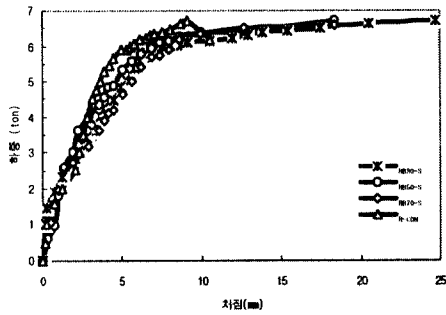
보의 깊이의 변형을 분포를 살펴보면 [그림3.] 보수재료의 물성이 뛰어나수록 중립축 깊이가 밑으로 내려오는 것을 관찰할수 있으며 팻칭공법을 적용한 Type C 보수시험체의 경우 모체콘크리트와 접착계면에서 변형율의 급격한 변화가 있는 것으로 보아 보수재와 모체콘크리트의 합성작용 효과가 떨어지는 것을 알수 있다.



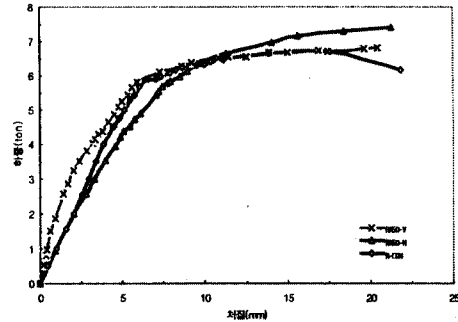
a) 보수재료별



b) 보수깊이별(Type A)



c) 보수깊이별(Type B)

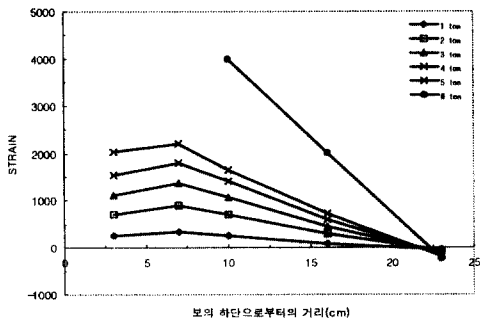


d) 면처리 여부(Type A)

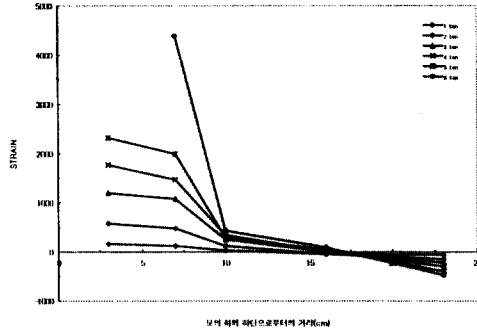
그림2. 보수시험체의 하중-처짐선도

### 3.3 항복하중 비교

보수시험체의 항복하중 실험결과는 표1.에 나타내었으며 항복하중을 근거로 하여 보수성능을 살펴보면 보수 물성이 우수한 Type A 시험체의 경우 기본 시험체와 거의 유사하게 항복하였으며(98~108%) 폴리머 보수재료인 Type E의 경우 항복하중비가 135%로 아주 우수하게 나타났다.

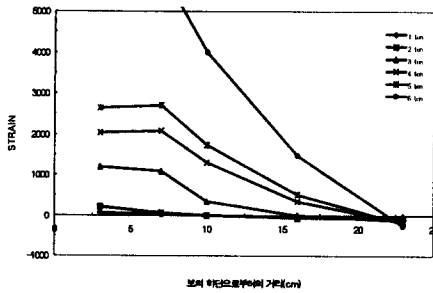


a) R-CON

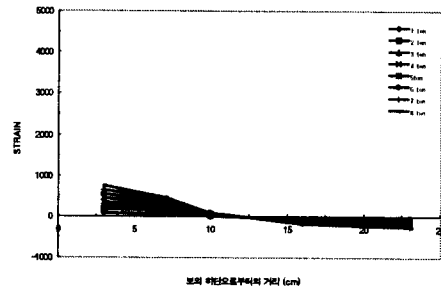


b) RC50-S

그림3. 보의 깊이별 변형을



c) RD50-S



d) RE50-S

그림3. 보의 깊이별 변형률(계속)

나머지 보수재료도 89%~96% 정도로 기본 시험체에 비해 항복하중이 크게 떨어지지 않는 것으로 나타났다. 면처리 여부에 따른 항복하중비의 변화를 살펴보면 98%에서 103%로 향상됨으로써 하중-처짐선도의 경향과 동일함을 알 수 있다.

#### 4. 결론

- 1) 국내에서 사용되고 있는 premix형 재료인 폴리머계, 폴리머 시멘트계, 시멘트계 5종의 보수재료를 사용하여 보수한 철근콘크리트보를 시험한 결과 폴리머 시멘트계, 시멘트계 보수재를 사용한 시험체는 무보수 시험체 내력과 거의 유사한 결과를 보였으며, 폴리머 계열 보수재로 보수한 시험체는 내력이 약 35%정도 향상되지만 급작스런 취성과파괴 하는 문제를 보였다.
- 2) 보수재료 보수길이에 따른 거동은 보수재의 물성이 튀어날 경우 보수길이에 따른 보수 성능이 향상되지만 보수재의 물성이 모체 콘크리트와 유사할 경우 그 영향이 미소한 것으로 나타났다.
- 3) 접착면에 면처리를 한 시험체와 하지 않은 시험체의 경우 다소 보수성능의 차이를 보이며 역학적 거동은 무보수 시험체와 거의 유사하였다.
- 4) 팻칭공법으로 보수를 할 경우 보수면에 접착제를 도포하였지만 합성작용이 다른 공법을 적용한 시험체에 비해 다소 떨어지는 것을 알 수 있었으며 이는 보수공법 적용시 충분히 고려되어야 할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 주관하는 “96 건설기술 연구개발과제”를 수행함으로써 얻어진 결과이며, 저자들은 건설교통부의 후원에 대한 감사의 뜻을 전합니다.

#### 참고문헌

1. Mohamed A. H, H. Schorn, " Strength Evaluation of Shotcrete Repaired Beams", ACI Structural Journal, Vol. 86, No.3, May-June 1989, p.p. 272~276
2. I. A. Basunbul, A. A. Gubati, G. J. Al-Sulaimani, and M. H. Baluch Mohamed, "Repaired Reinforced Concrete Beams", ACI Materials l Journal, Vol. 87, No.4, July-August 1990, p.p.346~354
3. 김병국, 신영수, 홍기섭, 홍영균, 최완철, "폴리머계로 보수한 철근콘크리트 보의 휨성능 평가", 구조물 진단학회 논문집, Vol.1, No.1, 1997. 6, p.p 107~112.