

변성에폭시 모르터 휨인장강도가 단면증대 보에 미치는 영향

Strengthening Effects of Epoxy Mortar Systems on Reinforced Concrete Beams by Flexural Tensile Strength

류 현 희 *
Ryu, Hyun Hee

신 영 수**
Shin, Yeong Soo

정 혜 교***
Chung, Hye Kyo

ABSTRACT

This paper presents an experimental study on flexural behavior of structural members enlarged with epoxy mortar system. The main test variable is flexural tensile strength. A series of 4 test beams was tested to show the corresponding effect of each variables on maximum load capacity, load-deflection and moment-curvature relationship, interface behavior and failure mode.

The results show that the flexural tensile strength of retrofitted materials have no relation load-deflection, but to load-strain, and failure mode .

Key word : flexural tensile strength, epoxy mortar system .

1. 서론

철근 콘크리트 건축물은 여러 가지 요인으로 인하여 구조체에 대한 보수·보강이 이루어지고 있다. 그동안 휨 부재의 보강공법으로 주로 강판, 유리섬유, 탄소 섬유 쉬트 등을 에폭시를 이용해 외부에 접착하는 공법이 널리 사용되고 있으며 이 공법에 대한 연구가 주로 진행되어 왔다. 그러나, 보강 후 전체 철근비가 최대 철근비를 넘거나, 치짐 등 변형을 보완하고자 하는 경우 이 공법을 사용할 수 없으며, 단면을 증대시키는 공법을 선택해야 한다.

단면의 증대에 사용되는 재료는 휨 성능, 접착성능 등 다양한 재료 특성이 우수해야 하고 특히 기존의 콘크리트와의 계면에서 탈락되는 현상이 발생하지 않아야 한다. 단면 증대에 사용하는 재료로 폴리머계, 폴리머-시멘트 계, 시멘트 계 등이 있으나 주로 사용되는 재료로는 변성 에폭시계 재료가 널리 사용되고 있다. 변성 에폭시계 재료는 폴리머계 재료로 경화 수축량을 감소시키고 구조적 성능을 향상시킨 재료이다. 이러한 재료는 생산자에 따라 그 특성이 다르므로 변성에폭시계 재료를 이용하여 단면을 증대시키기 위해서는 먼저 재료적 특성과 휨 부재의 구조적 성능에 대한 연구가 절실하다. 본 연구에서는 특성이 다른 변성 에폭시계 재료로 단면을 증대시키고 보강효과를 분석하고자 한다. 특히, 변성 에폭시 모르터의 인장강도가 크다는 것을 고려하여 휨 인장 강도에 따른 휨 부재의 거동에 대해 실험적으로 연구하여 단면증대 공법의 기초자료를 확보하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

* 이화여대 건축학과 석사과정

** 정회원, 이화여대 건축학과 교수

*** 정회원, 현대건설 건축사업 본부

본 연구를 위하여 단면이 15×25cm, 길이가 280cm인 보 시험체를 제작하여 윗면을 제외한 3면을 4.5cm증대시켜 24×29.5의 보강 시험체를 제작하였으며, 밑면에 2-D13을 배근하였다. 동일한 크기의 철근콘크리트 보를 제작하여 보강 시험체의 성능과 비교하였다. 본 연구에서 변성 에폭시계 재료로 제작한 시험체는 다음 표 1과 같다.

표 1 시험체 구성

구분 (휨인장강도)	시험체의 크기 (cm)	철근	스트립	시험체 수	비고
control	24×29.5×280	상부근 2-D10 하부근 4-D13	D10 @100	1	인장축 2단 배근
HL (291.2kg/cm ²)	15×25×280	상부근 2-D10 하부근 2-D13	D10 @100	1	인장축 1단 배근
ML (250.2kg/cm ²)	15×25×280	상부근 2-D10 하부근 2-D13	D10 @100	1	인장축 1단 배근
LL (220kg/cm ²)	15×25×280	상부근 2-D10 하부근 2-D13	D10 @100	1	인장축 1단 배근

보 시험체는 에폭시의 휨인장강도에 따라 3개로 나누어 시험체를 제작하였고 기본 시험체를 포함하여 총 4개로 구성되어 있다. 제작한 실험체의 상세는 그림2와 같다. 본 연구에서 가력 방법은 단순보 상태에 4점 재하로 가력하였다. 부재의 거동을 평가하기 위하여 시험체의 중앙 및 중앙에서 1/4 지점에 LVDT를 설치하여 수직 처짐을 측정하였으며 부재 내부의 철근의 변형도는 스트레인 게이지를 이용하여 측정하였다. 실험장치는 그림 1과 같다.

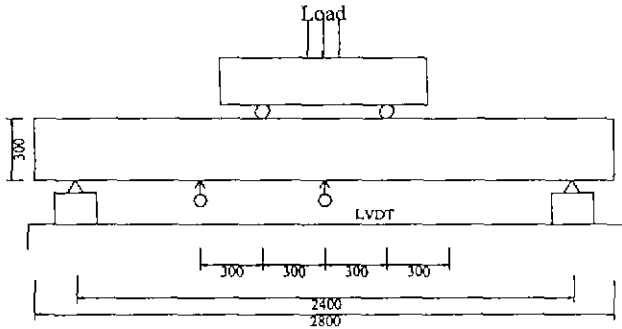


그림 1 실험 장치

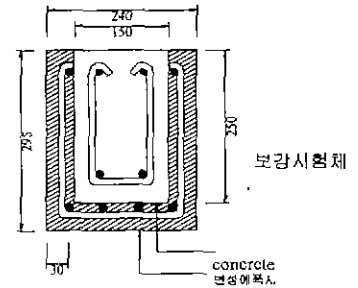


그림 2 제작 시험체

표 2 사용 재료의 물리적 성질

콘크리트		HL 시험체		ML 시험체		LL 시험체	
압축강도 (28일강도)	탄성계수	휨 인장강도	탄성계수	휨 인장강도	탄성계수	휨 인장강도	탄성계수
238kg/cm ²	217,370kg/cm ²	291.2kg/cm ²	240,243kg/cm ²	250.2kg/cm ²	182,407kg/cm ²	220kg/cm ²	152,001kg/cm ²

3. 실험 결과 및 분석

3.1 하중-처짐곡선

하중-처짐곡선은 그림3과 같다. 그림3에서 기존 시험체와 비교하여 보강 시험체 전부가 기존 시험체 보다 큰 내력을 나타내며 강성이 향상되었다. 실험체의 초기 균열 발생시 큰 소음을 발생시켰으며

초기균열은 휨인장강도에 뚜렷한 경향을 보이지 않았으며 휨인장강도가 클수록 최대하중이 감소하는 현상이 나타나지만 큰 차이가 나지는 않았다. 곡선의 형태는 균열이 발생할 때마다 급격히 상하로 움직이는 톱니형태를 보이는데 이는 변성예폭시 모르터의 큰 휨인장 강도로 인한 것으로 균열이 발생하면 균열 사이의 철근이 인장력을 받게 되어 하중이 감소되었다가 증가하는 현상이 균열이 발생할 때마다 반복된다. 기준시험체와 비교하여 강도와 강성이 증가한 것은 보강 시험체가 예폭시 모르터로 단면이 증대되었고 여기에 예폭시 모르터의 인장강도와 철근이 동시에 작용하여 발생한 현상이다. 실험 결과, 초기 균열, 철근 항복시, 최대하중시의 하중, 모멘트, 변형율, 처짐을 측정하여 표3에 나타내었다. 예폭시의 단면증대에 따른 보강의 효과는 나타났지만 인장강도에 따른 뚜렷한 경향은 보이지 않았다.

표 3 실험 결과

구분	초기 균열시				철근 항복시				최대 하중시			
	P_{cr}	M_{cr}	ψ	Δ	P	M	ψ	Δ	P	M	ψ	Δ
control	4.34	3.90	2.22	1.30	13.66	12.29	13.06	7.46	14.88	13.39	32.37	18.94
HL	12.04	10.84	6.29	3.68	20.06	18.00	58.87	34.44	21.15	19.04	122.60	71.72
ML	12.90	11.61	5.68	3.32	18.02	16.218	13.13	7.68	20.07	18.06	36.44	21.32
LL	13.05	17.30	13.06	7.64	19.60	17.64	25.23	14.76	22.31	20.01	82.59	48.32

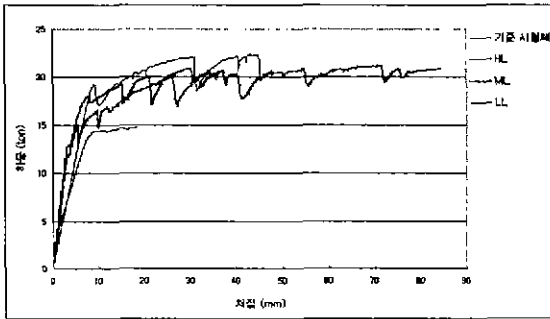


그림 3 시험체의 하중-처짐 곡선

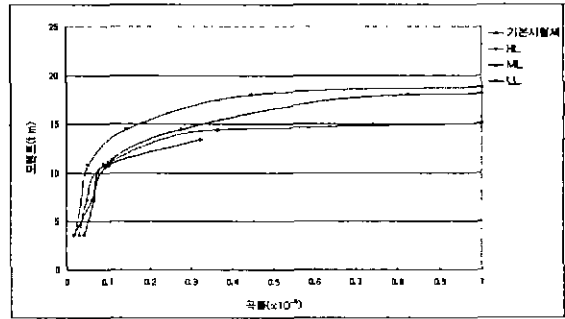


그림 4 모멘트-곡률 관계

3.2 단면 증대보의 EI의 변화

그림 4는 시험체의 모멘트-곡률 곡선을 나타낸 것이다. 곡률은 모멘트에 비례하고 EI에 반비례하므로 강성의 변화는 그림4에서 초기에 하중이 증가함에 따라 직선적으로 EI값이 감소하다가 주철근의 항복점 주위에서 감소율이 저하되는 것으로 나타났다. 기본 시험체는 초기 EI값의 44% 정도에서 보강 시험체는 약 26~27%정도에서 일정하게 변화하는 것으로 나타나 보강시험체의 EI값의 변화가 더 크며 급격히 변화한다. 또한, 그림3에서 시험체의 강성을 초기 직선 구간의 기울기로 평가하면, 인장강도의 크기에 따른 강성 변화의 경향성은 없으나 휨 인장 강도가 낮을수록 기준 시험체와 유사해진다.

표 4 하중 처짐 곡선의 기울기

구분	기본시험체	HL	ML	LL
초기점선 기울기	1.79	4.15	4.36	2.095
기준 시험체에 대한 기울기 비	1	2.32	2.44	1.17

하중-변형을 그래프에서 콘크리트부분과 예폭시 모르터부분은 거의 유사한 형태를 보인다. 인장강도가 높을수록 같은 하중에서 변형이 적게 발생하는 것을 알 수 있다. 또 콘크리트 부분은 예폭시 모르터 부분에 비하여 상대적으로 중립축에 가까워서 콘크리트 부분은 변형률이 작고 예폭시 모르터 부분의 변형률은 크다. 예폭시 모르터의 강한 인장강도가 인장응력에 저항하여 철근의 응력변형도를 감소 시

킨다.

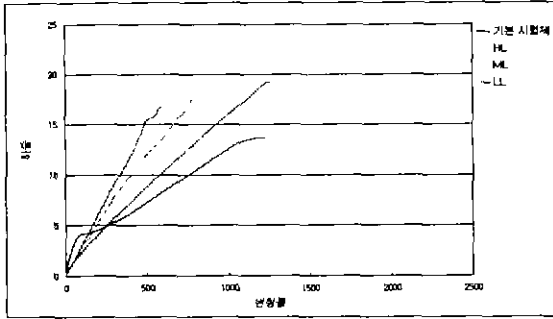


그림 5 콘크리트 부분의 철근 변형률

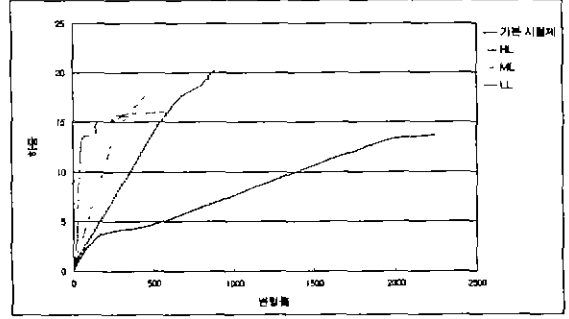


그림 6 에폭시 모르타 부분의 철근 변형률

3.3 균열 발생 및 파괴양상

그림 7은 균열양상을 나타낸 것이다. 기본 시험체는 등간격으로 여러개의 실 균열이 분포되며 폭과 길이가 증가하였고 뚜렷한 항복점을 보이지는 않았다. 그러나 보강시험체는 모두 취성적인 거동을 보였으며 이들 모두 항복하중에 도달할 때까지, 직선에 가까운 초기 강성을 유지하고 탄성거동을 하며 전혀 균열의 조짐을 나타내지 않았다. 항복하중에 도달 한 후, 큰 소음과 함께 중앙부 주위 1개의 균열이 발생하며 항복을 시작하였다. HL제품, ML제품의 경우는 중앙부의 큰 균열이 집중되는 파괴양상을 띄며 균열 확산능력이 크다. LL 제품으로 보강한 시험체의 경우는 5~6개의 큰 균열들만 분포되었다.

실험 종료후의 보강 시험체들은 몇개의 큰 균열들 만을 나타냈으며 콘크리트 기준 시험체와 비교하여 균열의 폭이 상대적으로 큰 양상을 나타내었다. 그러나 콘크리트와 변성 에폭시로 보강된 계면에서는 탈락이나 박리의 징후를 보이지 않았으며, 보강 시험체들 모두 일체화된 거동을 보였다



그림 7 시험체 균열도

4. 결론

변성 에폭시 모르타로 단면증대된 보의 휨거동에 대한 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 보강에 따른 부재의 휨내력은 동일한 기본 시험체와 비교해보면 인장강도에 따라 뚜렷한 경향을 띄지는 않았고 휨인장강도는 하중-처짐 곡선에 영향을 주지 않는다.
- 2) 하중-변형률 곡선에서는 휨인장강도가 철근에 영향이 크다.
- 3) 보강재와의 콘크리트 계면 파괴의 발생없이 일체화 거동을 하였다.
- 4) 보강 시험체는 기본 시험체와는 달리 일정한 기울기로 하중과 처짐이 증가하다가 큰 소음을 내며 취성 파괴를 보이고 5~6개의 큰 균열만이 분포되는 양상을 보였다

참고문헌

- 1) 홍건호, 조하나, 신영수, 정혜교, ' 변성에폭시계 재료를 사용한 하부증대 보의 구조적 성능', 한국 콘크리트학회 학술발표논문집, 제 10권 2호, 1998.11
- 2) 조하나, 신영수, 홍건호, 정혜교, '에폭시 모르타로 보수한 손상을 입은 RC 보의 휨거동', 한국 콘크리트학회 학술발표논문집, 제 11권 1호, 1999.5
- 3) Ajiboye F.Oluokun , Abdol R.Haghayeghi, ' Flexural behavior of Reinforced Concrete Beams Retrofitted or repaired with Slurry infiltrated Mat Concrete', ACI structural journal, 1998,11-12