

## 폴리머 모르타르로 단면을 복구한 철근콘크리트 보의 휨 거동

홍건호<sup>1)</sup> · 최은규<sup>2)</sup> · 이수진<sup>2)</sup> · 신영수<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup> 호서대학교 건축공학과 <sup>2)</sup> 이화여자대학교 건축학과

(2003년 9월 5일 원고접수, 2003년 12월 31일 심사완료)

### Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Retrofitted with Modified Polymer Mortar System

Geon-Ho Hong<sup>1)</sup>, Eun-Gyu Choi<sup>2)</sup>, Su-Jin Lee<sup>2)</sup>, and Yeong-Soo Shin<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup> Dept. of Architectural Engineering, Hoseo University, Asan-city, ChungNam-do, 336-795, Korea

<sup>2)</sup> Dept. of Architecture, Ewha Womans University, Seoul, 120-750, Korea

(Received September 5, 2003, Accepted December 31, 2003)

#### ABSTRACT

This study shows the test results of seven RC beams retrofitted with modified polymer system and parametric study about the effects of tensile strength of retrofitting materials by analytical method on the flexural behavior. The main parameters are the retrofitted depth and length. The beams are loaded to the failure by four-point loading. Test results show that the effect of the retrofitted length on the structural behavior is more significant than that of depth. As the retrofitted depth is increased, the beams represents the brittle failure mode. The non-linear analysis is carried out to grasp the effect of the tensile strength of retrofitting material on the structural behavior. As the retrofitted depth and length are increased, the tensile strength becomes more effective, so these parameters should be considered to determine the retrofitted area. The analytical results show that failure strength is less than that of experimental results, but the stiffness is vice versa.

**Keywords :** retrofitting, modified polymer mortar, flexural behavior

#### 1. 서 론

철근 콘크리트 구조물은 사용기간 동안 여러 가지 이유로 보수·보강하는 경우가 많이 발생하게 된다. 보수·보강한 구조체의 성능은 사용 재료와 공법에 따라 달라지며, 이에 따라 다양한 재료와 공법으로 보수·보강한 구조체의 거동에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. 구조물의 보강공법에 대한 연구는 특히 에폭시를 사용하여 콘크리트 표면에 강관, 탄소섬유, 유리섬유, 아라미드섬유 등의 고인장 보강재를 외부에 접착하여 보강하는 부착식 보강공법에 대한 연구가 주로 진행되어 왔으나, 재료의 성능저하나 국부적 손상이 발생한 부재를 보수한 경우의 거동에 대한 연구는 크게 부족한 편이다. 콘크리트 구조물의 보수에 주로 사용하는 재료에는 폴리머계, 폴리머-시멘트계, 시멘트계 재료를 주로 사용하고 있다<sup>1)</sup>. 이중 폴리머계를 제외한 다른 재료로 보수한 시험체는 보수계면에서 파괴가 발생하였고, 폴리머계 재료를 사용하는 경우는 계면에서 파

괴되지는 않으나 중앙부에 큰 균열이 집중적으로 발생하거나 다소 취성적으로 거동하는 것으로 나타났다<sup>2)</sup>. 또한, 기존의 연구결과를 살펴볼 때 폴리머-시멘트계와 시멘트계 재료로 보수한 부재는 손상이 없는 보와 유사한 내력을 나타내나 폴리머계 재료로 보수한 보의 내력이 약 35% 정도 향상되는 것으로 나타나고 있다<sup>3,4)</sup>. 따라서, 보수한 보의 구조적 성능이 보수 재료의 성능에 따라 변화되는 것을 규명하기 위해서는 다양한 제조사에서 생산되는 보수 재료로 휨부재를 보수하여 이를 실험적으로 연구할 필요가 있다.

본 연구에서는 우리나라에서 생산되는 다양한 변성 폴리머계 제품 중 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 가장 유사한 제품 중 접착강도, 인장강도가 우수한 제품을 선택하여 시험체의 보수에 적용하였으며, 이 재료를 이용하여 보수한 보에 구조적 성능을 평가하였다. 보수방법으로는 실제 구조물에서 노출된 보 하부에 보수 공사가 많이 이루어지는 점을 고려하여, 보의 인장측인 밑면을 보수하고 보수깊이, 보수길이 등에 따른 구조적 거동에 대해 연구하였다. 즉, 보수에 사용되는 폴리머계 재료의 특성이 보수깊이, 보수길이에 따라 구조적 거동에 미치는 영향에 대한

\* Corresponding author

Tel : 02-3277-2396 Fax : 02-3277-2396

E-mail : shinys@ewha.ac.kr

여 실험적으로 연구하고, 이에 근거하여 해석적으로 폴리머계 재료의 인장강도에 따른 구조거동을 분석함으로써, 보수에 적절한 인장강도를 파악하고자 하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험체 제작

본 연구를 위하여 보수 전 철근콘크리트 보의 단면은 150×250 mm, 길이 2,800 mm인 시험체의 제작과정에서 인장 측에 인위적으로 손상 부위를 만들었다. 단면 손상의 크기는 실험장치의 모멘트 구간을 고려하여 순경간의 1/4, 2/4, 3/4에 해당하는 600 mm, 1,200 mm, 1,800 mm 등 3종류를 설정하였고, 보수깊이는 피복이 손상을 입은 경우와 피복의 2배 깊이까지 손상을 입은 경우로써 각각 30 mm, 60 mm로 하였다. 이러한 실험 계획에 따라 시험체는 보수깊이와 깊이에 따른 시험체 6개와 기본 시험체를 포함하여 총 7개로 구성하였으며, 각 시험체의 상세 및 내용은 Fig. 1 및 Table 1과 같다.

제작된 철근콘크리트 부재는 28일간 양생 후, 보수성능을 향상시키기 위해 실제 보수공사에서의 동일하게 손상 부위의 면을 쪼아내고(chipping) 거푸집을 제작한 후 변형에폭시계 모르타르를 타설하도록 하였다. 보수에 사용한 재료는 에폭시 레진, 경화제, 골재로 이루어진 국내 E사의 수입제품인 변형 에폭시계 폴리머 모르타르를 사용하였다. 실험에 사용된 각 재료의 물성은 Table 2와 같다.

### 2.2 실험방법

본 연구에서 하중은 단순보의 순경간 2,400 mm를 3등분하여 4점 재하 방식으로 가력하였다. 부재의 사용성 및 강성의 변화를 측정하기 위해 시험체의 중앙 및 1/4 지점

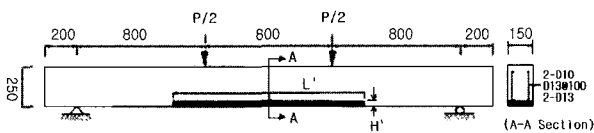


Fig. 1 Geometric dimensions, reinforcement (mm)

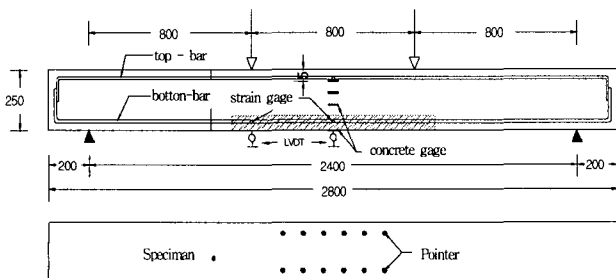


Fig. 2 Test setup and instrumentation (mm)

폴리머 모르타르로 단면을 복구한 철근콘크리트 보의 휨 거동

Table 1 The detail of specimens (mm)

Specimen	Dimension (mm)	Repair length × depth (mm × mm)	Length ratio (L'/L)	Depth ratio (H'/H)
Control	150 × 250 × 2800	-	-	-
D3-6	150 × 250 × 2800	600 × 30	0.25	0.12
D3-12	150 × 250 × 2800	1200 × 30	0.50	0.12
D3-18	150 × 250 × 2800	1800 × 30	0.75	0.12
D6-6	150 × 250 × 2800	600 × 60	0.25	0.24
D6-12	150 × 250 × 2800	1200 × 60	0.50	0.24
D6-12	150 × 250 × 2800	1800 × 60	0.75	0.24

Table 2 Mechanical properties of materials (kPa)

Description	Concrete	Re-bar	Modified polymer mortar
Compressive strength	18,338	-	92,967
Flexural tensile strength	2,648	415,410	15,691
E-modulus	1.91 × 10 <sup>7</sup>	1.84 × 10 <sup>8</sup>	2.13 × 10 <sup>7</sup>

에 LVDT를 설치하여 수직 처짐을 측정하도록 하였으며, 부재 내부의 철근과 콘크리트 표면의 변형률은 전기적 변형률 게이지를 이용하여 측정하였다. 또한 모멘트가 일정한 부재의 중앙부에 균열 측정용 포인트를 부착하여 하중 단계별 길이 변화량을 측정함으로써, 균열에 의해 스트레인 게이지가 파단된 후에도 기계적 측정방법에 의해 부재의 곡률 변화를 관찰할 수 있도록 하였다. LVDT와 전기적 변형률 게이지 및 포인트의 위치는 Fig. 2에 나타내었다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 단면 보수에 따른 내력 증가

본 연구에서 수행한 보수 후 시험체의 휨 내력 실험 결과는 Table 3과 같다. 실험 결과 D6-12와 D6-18을 제외한 시험체는 변수에 관계없이 기본 시험체의 파괴 모멘트와 거의 동일한 휨 내력을 나타내었다. 즉, 보수두께가 얇은 경우에는 보수깊이에 관계없이 휨 내력의 증가는 매우 작으며, 보수깊이가 두껍고 보수깊이가 짧은 경우 휨 내력의 변화는 없으나, 길이가 증가될 경우에는 보수재료의 인장강도가 증가하여 최대 모멘트와 균열 모멘트가 증가하는 것으로 나타났다.

한편 D6-12와 D6-18의 휨 내력은 각각 기본 시험체의 1.36, 1.40배로 약 40%의 휨 내력 증가를 보이는데 이는 보수 깊이가 깊어 인장철근과의 부착 상태가 우수하고 보

Table 3 Experimental results (kN · m)

구분	Maximum moment (kN · m)			Cracking moment $M_{cr}$ (kN · m)					
	① Mn (calculated)	② Failure moment (Exp. results)	Ratio (②/①)	③ Exp. results	④ Calculated	⑤ Calculated (with retrofitting material)	Ratio (③/④)	Ratio (③/⑤)	Ratio (③/②)
Control	19.81	18.83	0.95	3.43	3.92	-	0.88	-	0.18
D3-6	"	19.61	0.99	4.31	"	16.38	1.10	0.26	0.22
D3-12	"	18.53	0.94	5.10	"	"	1.30	0.31	0.28
D3-18	"	18.93	0.96	9.41	"	"	2.40	0.57	0.50
D6-6	"	19.42	0.98	4.31	"	"	1.10	0.26	0.22
D6-12	"	25.69	1.30	8.04	"	"	2.05	0.49	0.31
D6-18	"	26.38	1.33	18.24	"	"	4.65	1.11	0.69

수재료의 인장강도가 크기 때문에 발생한 현상으로 판단된다. 따라서 보수 두께가 피복 정도인 경우에는 기존의 국내 콘크리트 구조설계 기준<sup>6)</sup>에 의한 공칭 모멘트 계산식을 이용할 수 있으나, 보수두께가 증가하고 보수길이가 경간의 50%보다 클 경우 균열 모멘트와 최대 모멘트의 계산에 보수재료의 인장강도를 고려하여야 한다.

특히, 보수 구간이 길고 깊이가 깊은 경우에는 Fig. 3에서와 같이 최대 모멘트 이후 내력이 급격히 감소하는 취성적인 파괴양상을 나타내므로, 보수 부분의 철근비에 유의할 필요가 있다. 즉, 단면 깊이의 10% 정도 보수한 경우 보수 부분이 전체 부재의 강도에 미치는 영향은 무시할 정도이나, 20% 정도 깊이를 보수할 경우에는 부재의 취성적인 거동을 고려하여 철근비를 증가시킬 필요가 있다.

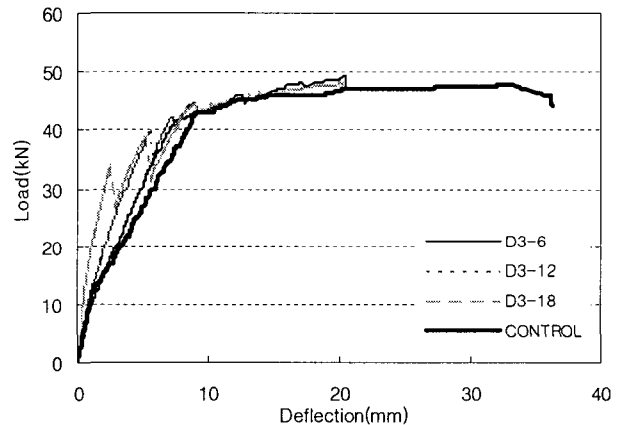
### 3.2 하중-처짐 관계 및 보수 후 부재 강성의 변화

Fig. 3과 Table 4는 본 연구에서 수행한 보수 시험체의 하중-처짐 관계와 하중-처짐 곡선의 초기 직선 구간의 기울기를 정리한 것이다. Fig. 3(a)에서 보수두께가 30mm인 시험체는 초기 강성이 증가하다가 균열이 발생할 때마다 톱니모양으로 하중이 감소하고 다시 증가되는 현상이 반복되어 다소 취성적인 면과 소음을 발생시키지만, 전체적인 형태는 기본 시험체의 하중-처짐곡선과 유사하다.

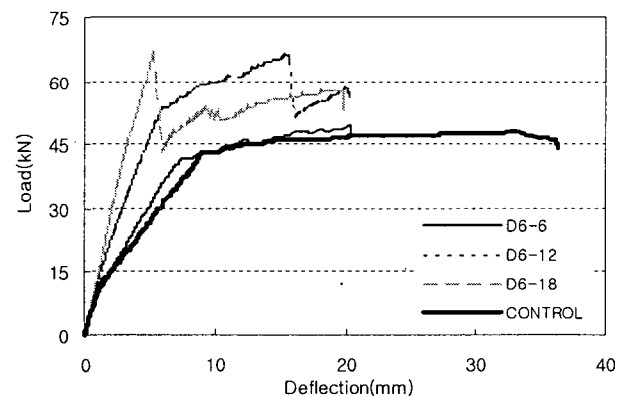
또한, 보수길이가 600mm인 시험체는 보수깊이에 관계없이 기본 시험체의 거동과 큰 차이가 없는데, 이는 보수 길이가 짧은 경우 휨에 의한 응력이 중앙부에 발생하더라도 응력이 인장강도가 큰 보수구간에만 집중되지 않고, 인근의 보수되지 않은 부분과 같이 하중에 저항하기 때문인 것으로 보인다. Fig. 3(b)에서 보수두께와 길이가 커지는 경우 하중-처짐곡선의 양상이 기본 시험체의 경우와 다르게 나타나는 것은 보수재료가 휨에 의한 인장응력을 분담하여 최대 하중의 크기가 현저히 증가하고, 인장응력을 분담하던 보수재료의 균열 이후에 내력이 급격히 감소하는 것을 알 수 있다.

Table 4 Load-deflection curve

	Control	D3-12	D3-18	D6-6	D6-12	D6-18
Initial tangential stiffness	472	1197	2522	760	1201	4082
Relative stiffness ratio	1	2.54	5.34	1.61	2.54	8.65



(a) D3 series



(b) D6 series

Fig. 3 Load-deflection curves

또한, Fig. 3과 Table 4로부터, 보수두께가 피복 정도인 30mm인 경우 부재의 강성은 기본 시험체에 비하여 2.54 ~ 5.34배 정도이며, 보수깊이가 두껍고 보수 길이가 길어지면 8.65배까지 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 시험체 스펠의 50% 정도까지 에폭시 모르타르로 보수하게 되면 부재의 강성이 약 2.54배 정도까지 증가하나, 보수 길이가 증가하여 실험체 스펠의 75%에 이르면 보수깊이에 따라 각각 5.34, 8.65배까지 강성이 증가하는 현상을 보인다. 이러한 강성의 증가는 보수재료의 부착능력과 인장강도가 기존의 콘크리트보다 우수하여 발생하는 현상이다.

### 3.3 균열 발생 및 파괴 양상

Table 3과 Fig. 4로부터 기본 시험체의 경우 초기균열은 최대 하중의 약 20% 내외에서 발생하고, 하중이 증가하면 균열의 폭과 길이가 증가하며 중앙부로부터 외부로 균열이 고르게 분산되는 경향을 보인다. 이외는 달리 보수 시험체는 보수 정도에 따라 초기균열 발생 하중 및 균열 이후 부재의 파괴양상이 다르게 나타나는데, 보수깊이가 1,200mm 이하인 경우 보수깊이에 관계없이, 인장강도가 큰 보수 구간에서 균열이 발생하지 않고 보수구간의 단부 콘크리트에서 먼저 균열이 발생하므로, 구간의 크기에 따라 최대 하중의 20~30%에서 초기 균열이 발생하며 초기 균열시 처짐의 크기도 비슷하다.

Table 3에서 실험에 의한 초기 균열 모멘트와 기준<sup>6)</sup>에 의한 계산치를 비교하면, 보수깊이가 600mm인 경우 계산치와 실험치는 비슷한 값을 보이지만 보수깊이가 길어질수록 계산치보다 2~4배 큰 값에서 초기 균열이 발생하게 된다. 이는 보수 길이 600mm 구간에서는 초기 균열이 보수 두께와 상관없이 인장강도가 큰 보수 구간에서는 발생하지 않고 보수 구간의 단부 콘크리트에서 먼저 균열이 생성되므로 발생하는 현상이다.

보수깊이가 1,800mm인 D3-18과 D6-18 시험체는 각각 초기 균열하중이 최대하중의 50%, 70% 정도에서 발생한

다. 이러한 현상은 해석적 연구 결과 D3-18의 경우 보수 구간에서 초기균열이 발생하지 않고 보수한 계면의 콘크리트에서 먼저 초기균열이 생성되어 하중이 증가함에 따라 보수재료로 전달되는 현상이 발생하지만, D6-18의 경우에는 보수재료에서부터 초기균열이 발생함으로 초기균열하중이 다르게 발생하는 것으로 판단된다.

또한, D3-18과 D6-18은 균열 발생 전에는 처짐량이 다른 시험체와 비교하여 적게 발생하다가, 초기균열 발생 후 다른 시험체와 유사한 형태의 하중-처짐 곡선을 나타내게 되는데, 이는 보수재료의 강성이 부재 전체의 강성에 미치는 영향이 크기 때문인 것으로 분석된다.

Fig. 4에서 부재의 전체적인 균열 형태는 하중이 증가함에 따라 보 스펠 내에서 일정한 간격으로 균등하게 분포하면서 진전되는 기본 시험체의 균열과 달리 D3-6과 D6-6 시험체는 보수구간과 인접한 콘크리트에서 먼저 균열이 발생하여 점차 지점 근처로 진전되며 파괴되는 양상을 나타내고 보수구간에서는 균열이 발생하지 않았다.

또한, D3-12와 D6-12 시험체는 초기에는 D3-6과 D6-6 시험체와 유사하게 보수계면과 인접한 콘크리트에서 초기 균열이 발생하지만, 하중이 증가함에 따라 균열이 가력점으로 분포, 진전되면서 파괴된다. 그러나, D3-12나 D6-12에서 발생하는 균열의 갯수는 D3-6과 D6-6에 비하여 적고 집중되게 나타나며 폭이 큰 특징을 보여 준다. 이러한 현상은 D3-18과 D6-18에서도 동일하지만 부위가 더욱 집중되는 현상을 나타낸다. 이는 보수재료의 고인장강도와 계면에서의 부착 강도 등으로 인하여 파괴가 보수재료에서 먼저 발생하지 않고 상대적으로 인장강도가 작은 콘크리트에서 균열이 발생·진전되거나, 보수 재료로 균열이 확산되더라도 재료의 특성상 균열이 일부 부위에서 집중되기 때문인 것으로 판단된다.

이상에서, 고인장강도의 보수재료를 사용하여 단면깊이의 20% 이상을 보수하거나 경간의 50% 이상을 보수할 경우에는, 균열의 집중과 초기균열 발생 후 급작스런 균열의 진전을 방지하기 위해서 보수 부위에 보수재료의 인장

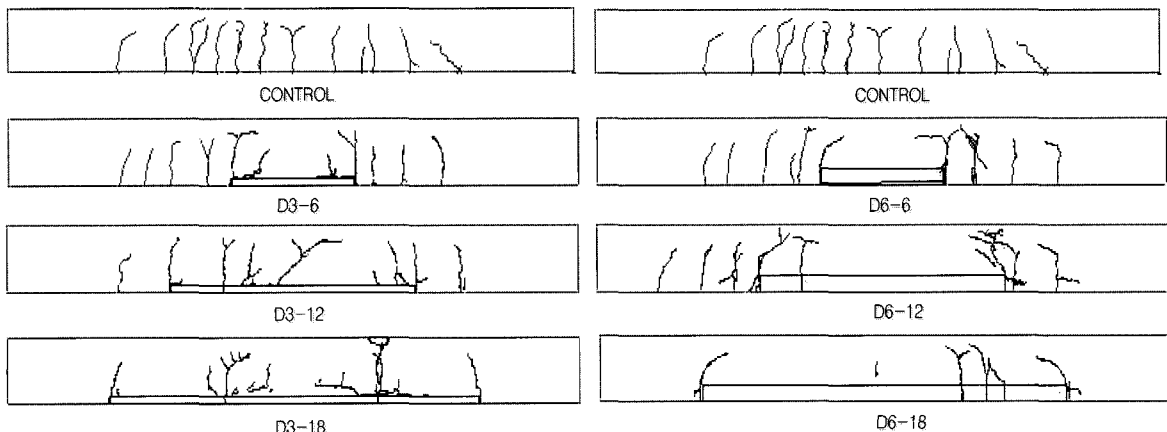


Fig. 4 The figure of crack

인장강도를 고려한 추가 철근의 배근이 필요한 것으로 판단된다.

### 3.4 보수계면의 거동

육안 관찰 및 하중-곡률 변화의 측정을 통해 보수계면의 일체성 거동을 분석하였다. 육안으로 단면 손상을 입은 부재의 보수계면을 관찰한 결과, 시험체가 파괴할 때까지 계면에서의 파괴는 발생하지 않았다.

Fig. 5는 하중 단계별로 측정된 시험체의 곡률 변화를 나타낸 것이다. Fig. 5로부터 거의 모든 시험체에서 설계 하중( $\Phi M_n$ )에 도달할 때까지 상, 하단의 응력 분포가 선형을 이루는 것을 알 수 있으며, 이는 계면에서의 슬립이나 탈락 현상이 발생하지 않고 일체로 거동하고 있음을 보여준다.

## 4. 유한요소 해석결과

### 4.1 유한요소해석 모델

본 연구에서는 비선형유한요소 해석 프로그램인 DIANA를 이용하여 보수된 부재의 구조적 거동을 파악하였다. 콘크리트의 해석 모델은 4절점 2차 등 매개 변수 평면요소를 사용하였고, 콘크리트와 철근의 재료모델은 Fig. 6과 같으며, 콘크리트의 항복기준은 Drucker-Prager 모델을 적용하였다. 또한, 보수재료와 콘크리트 사이의 계면은 완전히 접착된 것으로 가정하였다<sup>5)</sup>. 해석을 통하여 보수재료의 인장강도가 보수 이후 부재의 구조거동과 파괴모드에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

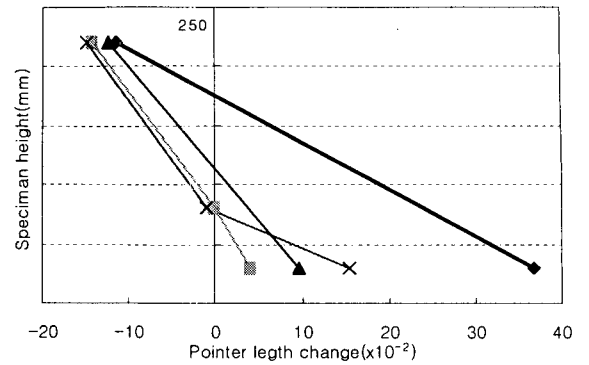
### 4.2 인장강도가 구조거동에 미치는 영향

본 연구에서 사용한 재료의 휨 인장강도 실험결과에 따르면 보수재료의 인장강도는 콘크리트의 약 6배에 해당하므로, 보수재료의 인장강도를 콘크리트의 3, 4, 5, 6배로 변화시켜 단면을 복구한 시험체의 구조적 거동을 해석적으로 연구하여, 보수재료의 인장강도가 보수 이후 부재의 거동에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

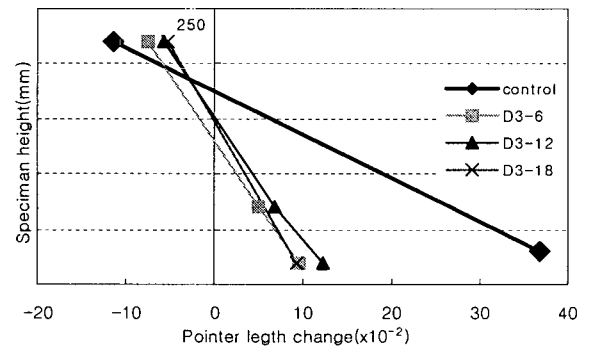
각 보수재료의 인장강도에 따른(Table 5) 해석결과를 해석 1, 2, 3, 4로 지칭하여 Fig. 7에 나타내었다. 본 연구

Table 5 Tensile strength of retrofitted materials (kPa)

	Concrete	1	2	3	4
Tensile strength	2,648	7,943	10,591	13,239	15,690
Relative ratio	1	3	4	5	6

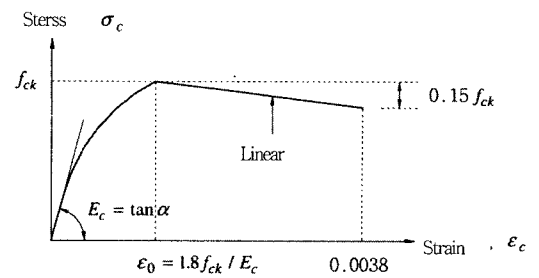


(a) D3 Series

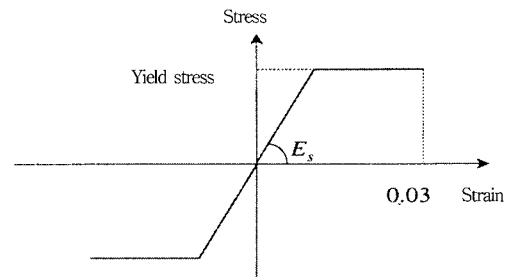


(b) D6 Series

Fig. 5 The length change in the center of specimens under loading of  $\Phi M_n$



(a) Concrete



(b) Steel rebar

Fig. 6 Material model of concrete and steel rebar

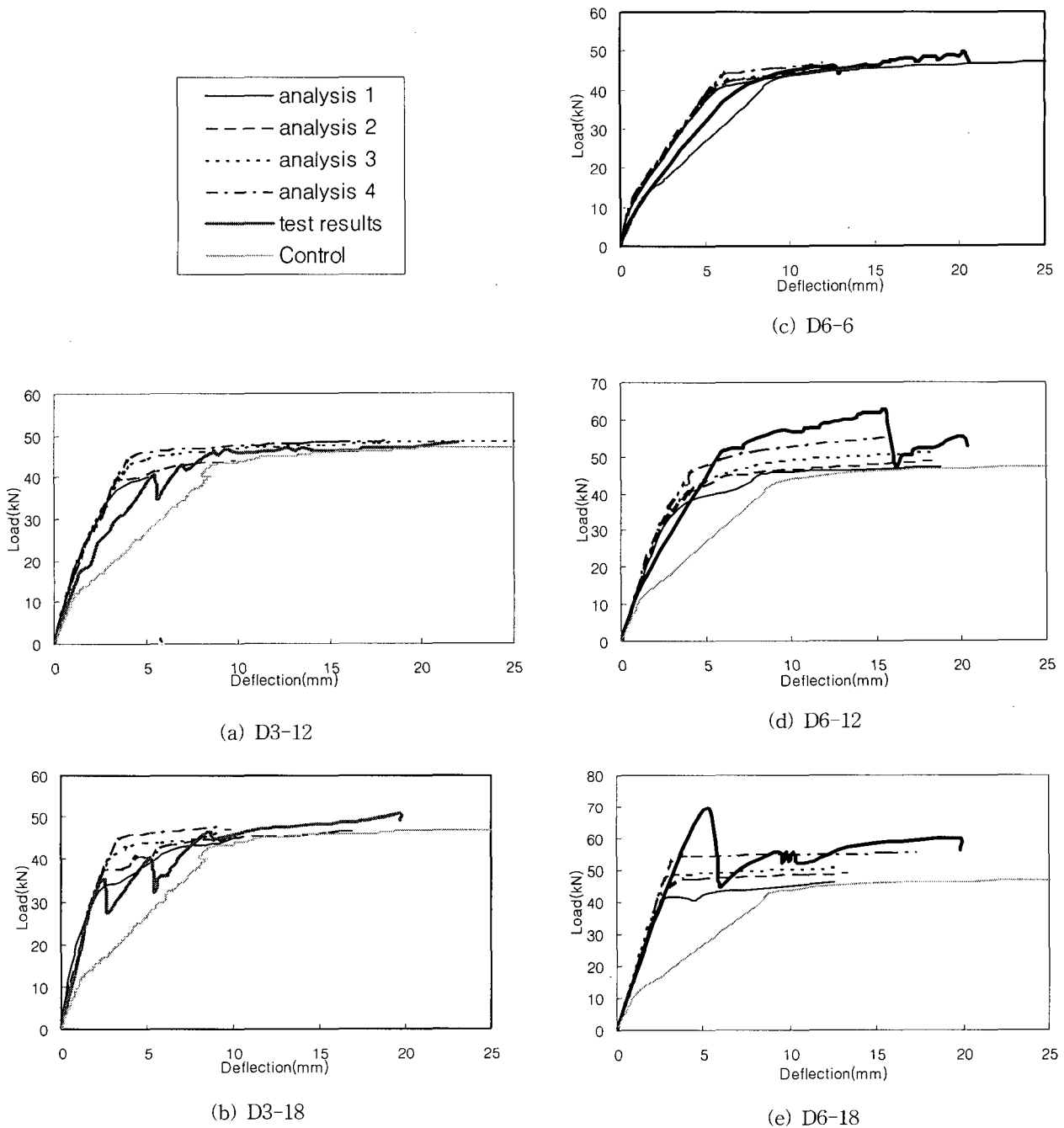


Fig. 7 Load deflection curves obtained by numerical analysis

의 실험에서 사용한 보수재료의 인장강도와 동일하게 적용한 해석4의 하중-처짐 곡선을 살펴보면, 해석에 의한 부재의 강성이 실험결과보다 약간 크게 나타났으나 대체적으로 유사한 경향을 보여 주고 있다. 또한, 보수길이가 길어질수록 실험값과의 차이는 감소하며, 항복하중은 실험 결과보다 약간 작거나 유사한 값을 보여준다.

Fig. 7에서 해석 1, 2, 3, 4의 결과를 비교해 보면, 모든 경우 보수재료의 인장강도가 증가하면 항복하중은 커지지만 강성은 동일하게 나타났다. 해석결과에서도 동일한 보수길이의 경우 보수두께가 두꺼울수록 최대강도가 크게

나타나는데, 이는 휨에 의한 인장 응력을 분담하는 면적이 증가하여 큰 하중을 지지하여 발생한 현상이다. 이상의 결과로부터 보수재료의 인장강도가 부재의 항복강도에 미치는 영향이 크게 작용하는 것을 알 수 있다.

### 4.3 균열발생 및 파괴양상

보수재료의 인장강도에 따른 균열 양상에 대한 해석결과를 Fig. 8에 나타내었다. 균열의 발생 및 진전에 대한 해석 결과, 하중이 증가함에 따라 균열은 부재의 하부 보

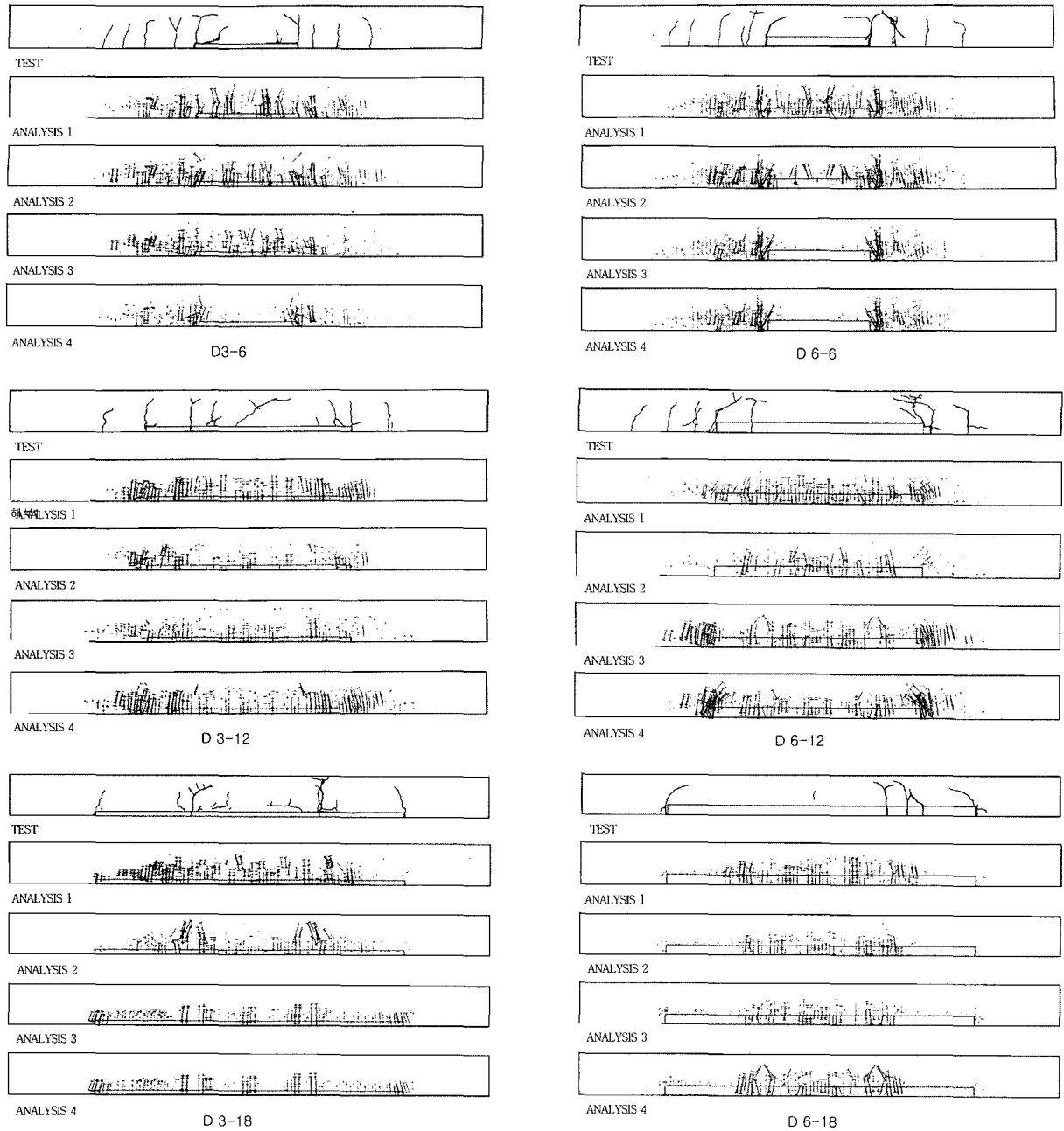


Fig. 8 The figure of cracks by analytical results

수 면에서 발생하지 않고 상대적으로 인장강도가 약한 콘크리트 모재에서부터 발생하게 되는 것을 알 수 있다. 즉, 초기 균열은 보수길이 단부의 계면 근처나 보수길이 짧을 경우 가력점 하부의 인장측 콘크리트에서부터 발생하고, 하중이 증가함에 따라 보수재료로 확산되는 파괴양상을 보여주고 있다. 이러한 현상은 보수두께가 두꺼울수록 현저하게 나타난다.

Fig. 8에서 보수재료의 인장강도가 콘크리트의 3배인 해석1과 콘크리트의 4배인 해석2의 균열은 기본 실험체와 유사하게 전 단면에 걸쳐 분포되는 것으로 나타났으나, 보수재료의 인장강도가 이보다 커질 경우에는 균열의 분포

가 일부 부분에 집중되어 나타나는 현상을 보여준다.

이때 유한요소 해석의 응력분석 결과를 종합해 보면, 균열 발생 후 균열이 발생한 요소의 인접 요소에 응력이 집중되는 현상을 보여 주는데, 이러한 응력집중이 실험에서 균열의 폭을 증가시키는 현상으로 나타나는 것으로 분석된다.

또한, 보수길이 짧은 경우에는 응력이 보수 부분에 고르게 전달되다가 인장강도가 약한 보수길이 단부의 콘크리트와의 계면에서 균열이 먼저 발생한 후, 균열이 주변 콘크리트 부분으로 분포되는 양상으로 나타나, 실험 연구의 결과와 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 이상의 결과로부터, 균열이 일부 부분에 집중되는 취성적인 파괴양상을

방지하기 위해서는 인장강도가 모재 콘크리트의 4배 이하인 재료를 사용하는 것이 적절하다고 보인다.

## 5. 결 론

에폭시 모르타르로 단면을 복구한 철근콘크리트 보의 휨 거동에 대한 연구 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 보수두께가 전체 깊이의 10% 이하인 경우 보수깊이에 관계없이 휨 내력의 증가는 없으나, 보수깊이가 전체 깊이의 20% 이상이고 보수깊이가 50% 이상인 경우에는 부재의 휨강도와 강성이 크게 증가하였다.
- 2) 보수재료의 고인장강도와 보수계면에서의 부착강도 등의 영향으로, 부재의 파괴는 보수재료에서 먼저 발생하지 않고 상대적으로 인장강도가 작은 콘크리트에서 균열이 발생·진전되거나 보수재료로 확산되는 경향을 보인다.
- 3) 보수깊이와 보수깊이가 증가하면 보수재료의 인장강도가 보수 후 부재의 구조적 거동에 미치는 영향이 크므로, 연성적 거동을 확보하기 위해 보수재료의 인장강도를 고려한 추가 철근의 배근을 고려하여야 한다.
- 4) 유한요소 해석결과, 균열이 고르게 분포되지 않고 일부 부분에 집중되는 현상을 방지하기 위해서는 보수 재료의 인장강도가 콘크리트의 4배 이하인 재료를 사용하는 것이 적절하다.

## 참고문헌

1. 건설교통부, "Premix형 보수재료를 적용한 R/C 구조물의 보수 및 섬유보강공법 개발", 96 연구개발사업 연차 보고서, 건설교통부, 1997. 11, pp.37~47.
2. 정란, 이영재, 문희중, 이경언, 정상진, "재하상태에서 보강된 철근 콘크리트 보의 보강 재료에 따른 구조적 거동", 콘크리트학회지, 제11권 1호, 1999. 2, pp.201~208.
3. 홍건호, 조하나, 신영수, 정혜교, "변형에폭시계 재료를 사용한 하부층대 보의 구조적 성능", 한국콘크리트학회 가을학술발표대회 논문집, 제10권 2호, 1998. 11, pp.833~838.
4. 김병국, 신영수, 홍기섭, 홍영균, 최완철. "폴리머계로 보수한 철근콘크리트보의 휨성능 평가", 한국구조물진단학회, 제1권 1호, 1997. 6, pp.107~112.
5. 김민경, 이차돈, "비선형 유한요소법에 의한 보강된 철근콘크리트보의 휨모델", 대한건축학회 학술발표논문집, 1999. 4, pp.195~200.
6. 건설교통부, "콘크리트구조설계기준", 한국콘크리트학회, 1999, pp.107~126.

## 요 약

본 연구에서는 인장축 단면이 손상된 철근 콘크리트 보를 변형 에폭시계 모르타르를 사용하여 보수한 후의 휨 거동 특성의 변화 및 파괴형태, 내력 보강 효과 등에 대해 실험적 연구를 수행함으로써 보수 방법에 대한 기초 자료를 확보하고자 하였다. 이를 위해 실험의 주 변수로 손상깊이 2종류, 보수깊이 3종류에 대하여 각각 실험변수에 적합한 시험체를 제작하였으며, 기본 시험체를 포함하여 총 7개의 시험체를 제작·실험하였다. 실험 방법은 4점 가력 방법으로 파괴시까지 가력하였으며, 실험결과로 극한하중, 하중-처짐 관계 및 파괴모드에서의 변수의 영향에 따른 시험체의 휨거동에 대해 분석하였다. 또한, 실험연구의 결과를 바탕으로 비선형 해석을 통하여 보수재료의 인장 강도에 따른 보수 후 부재의 구조 거동에 대한 연구를 수행하였다. 연구 결과, 보수 길이와 깊이가 증가하면 보수재료의 인장강도가 부재의 구조 거동에 미치는 영향이 크므로 보수 설계 단계에서 보수 면적을 결정할 때 이를 고려해야 하는 것으로 나타났다. 또한, 해석결과로부터 부재의 취성적인 파괴를 방지하기 위해서는 보수재료의 인장강도가 콘크리트의 4배 이하인 재료를 사용하는 것이 적절한 것으로 판명되었다.

**핵심용어** : 보수, 변성폴리머 모르타르, 휨거동