

재하상태에 따른 강판보강공법의 휨 보강효과

Flexural Rehabilitation Effect of Pre-loaded RC Beams Strengthened by Steel Plate

한복규* 홍건호** 신영수*** 조하나****
Han, Bok kyu Hong, Geon Ho Shin, Yeong Soo Cho, Ha na

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effectiveness of the flexural rehabilitation of the pre-loaded reinforced concrete beams strengthened by the steel plate. Main test parameters were the existence and the magnitude of the pre-loading at the flexural of rehabilitation and the tensile reinforcement ratio of the specimens. Seven beam specimens were tested to investigate the effectiveness of the rehabilitation method.

Test results showed that the ultimate load capacities of the pre-loaded specimens were higher than not-pre-loaded specimens at the rehabilitation. The cause of the parameter was analyzed if is suggested that the bond failure between the concrete and the strengthening steel plate occurred prior to the yielding of the tension reinforcement. The member flexural stiffnesses, were similar regardless of the load conditions at retrofit and failure modes showed brittle aspect caused by rip-off failure.

Key word : rehabilitation, pre-loading, steel plate

1. 서론

철근콘크리트 구조물은 시공불량, 유지관리 소홀 등에 의해서 구조물의 내구성, 안전성 등이 저하되어 보수 및 보강을 필요로 하는 경우가 많다. 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 휨 보강공법중의 하나인 강판보강공법은 재료구입의 용이성, 보강효과의 신뢰성 등에 의해서 그 사용빈도가 증가하고 있는 실정이며, 이에 따른 연구가 활발하게 이루어지고 있다.²⁾ 그러나, 휨 보강된 부재는 보강시기와 보강시의 하중크기에 따라 내력뿐만 아니라 부재의 휨 거동 특성에 변화를 가져올 수 있다. 특히 실 구조물에서는 강판 보강시 구조물과 보강재료 사이에 초기 변형률의 차이가 발생하게 되며, 이러한 변형률의 차이를 고려하지 않았을 경우 보강 후 구조물의 안전성에 심각한 문제점을 야기할 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 강판으로 보강된 RC보에 대하여 보강시의 하중재하유무 및 하중크기 효과를 고려한 실험적 연구를 실시하였다.

2. 실험계획 및 방법

* 정회원, 호서대학교 건축학부 석사과정
** 정회원, 호서대학교 건축학부 교수

*** 정회원, 이화여대 건축학과 교수
**** 이화여대 건축학과 석사과정

2.1 시험체 계획

보강시점에서의 하중크기에 따른 휨 보강효과를 분석하기 위하여 기본시험체에 재하전 강판 보강한 시험체와 재하중 보강한 시험체로 구분하였으며, 재하중 보강한 시험체는 하중크기를 $0.5\phi M_n$, $0.7\phi M_n$ 의 2단계로 구분하여 총 7개의 시험체에 대한 보 실험을 수행하였다. 실험의 주요 변수는 보강시 재하유무 및 하중의 크기, 철근비 등이었으며, 그 내용은 다음의 표 1과 같다.

2.2 실험 방법

시험체의 크기는 폭 15cm, 높이 25cm, 길이 280cm로 제작하여 실내에서 타설 및 양생하였으며, 시간거리 240cm의 단순보에 3등분점 재하를 실시하였다. 보강시 재하 하중의 유지를 위하여 하중 잠금장치(safety nut)가 설치된 가력장치를 사용하였으며, 시험체의 사용성 평가를 위해 부재의 중앙점과 1/4지점에 변위계를 설치하였다. 또한 하중증가에 따른 부재의 응력 및 변형을 관찰하기 위해서 그림 1에 나타난 바와 같이 철근 및 보강강판, 콘크리트 표면에 스트레인게이지를 설치하였다. 실험에 사용된 장치는 그림 1과 같다.

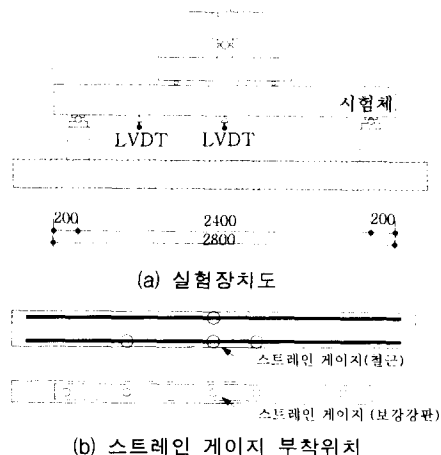
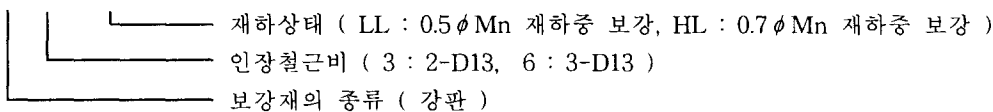


그림 1. 실험장치 구성도

표 1. 시험체의 구성

구분	시험체치수	보강재료	인장철근	보강시재하응력	보강시재하유무
CONTROL	15×25×280		2-D13		기본시험체
SP3-CON	15×25×280	강판 (3 mm)	2-D13		무재하상태보강
SP6-CON	15×25×280	강판 (3 mm)	3-D13		무재하상태보강
SP3-LL	15×25×280	강판 (3 mm)	2-D13	$0.5\phi M_n$	재하중 보강
SP3-HL	15×25×280	강판 (3 mm)	2-D13	$0.7\phi M_n$	재하중 보강
SP6-LL	15×25×280	강판 (3 mm)	3-D13	$0.5\phi M_n$	재하중 보강
SP6-HL	15×25×280	강판 (3 mm)	3-D13	$0.7\phi M_n$	재하중 보강

SP 3 - HL



3. 실험결과 및 분석

3.1 강판보강효과

재하상태에 따른 강판 휨 보강된 시험체의 실험결과는 다음의 표 2와 같다. 하중을 가력하지 않은 상태에서 보강한 시험체(SP3-CON)와 재하중 보강한 SP3-LL, SP3-HL 시험체의 최대모멘트를 비교하였을 때 각각 1.08, 1.14배의 값을 나타내어 재하상태에 따라 내력변화의 차이를 갖는 것으로 나타났다. 이때 시험체의 최대모멘트는 강판과 콘크리트 사이에 박리가 발생한 시점에서 나타났으며, 이와 같은 현상은 SP6계열의 시험체에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 여기서 재하상태에 따른 탄소섬유 휨 보강 시험체¹⁾와 비교해 보면 탄소섬유 보강 시험체의 경우 보강시점에서의 하중크기가 증가할수록 초기변형률의 차이로 인하여 시험

체 내력이 낮게 나타난 반면 강판 보강 시험체인 경우에는 오히려 내력이 증가하는 현상이 나타났다. 이와 같은 결과는 탄소섬유로 보강된 시험체의 경우에는 주근의 항복 시까지 탄소섬유의 부착효과가 발생하지 않은 반면, 본 연구의 시험체에서는 철근 및 강판이 항복상태에 도달하기 전에 강판의 박리현상이 발생함으로써 시험체 내력에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 표 3 시험체 최대모멘트에서의 철근과 강판의 변형도 분석으로부터 알 수 있다. 즉, 시험체의 인장철근이 항복하지 않은 상태에서 강판이 항복됨에 따라 강판의 변형은 급격히 증가하였지만 철근에 의한 시험체의 변형은 구속됨에 따라 두 재료(강판, 철근)의 변형도 차에 의해서 발생한 전단응력이 강판의 박락을 유발한 것으로 판단된다. 재하하중의 크기가 커질수록 그 내력이 증가한 원인은 하중크기가 증가할수록 균열의 폭이 증가하게 되고, 이 균열의 내부에 접착용 에폭시의 유입 현상이 발생함으로써 강판과 콘크리트 사이의 부착기구가 보강되어 강판 박리 현상을 억제한 결과로 판단이 되며, 그 결과 시험체 최대내력이 증가하는 양상을 가진 것으로 분석되었다.

표 2. 실험결과 요약

구 분	① Mn	②최대모멘트 (실험)	③ 비율 (②/①)	비율 (/SP-CON)
CONTROL	1.95	1.92	0.98	-
SP3-CON	3.77	3.37	0.89	1
SP3-LL	3.77	3.65	0.97	1.08
SP3-HL	3.77	3.85	1.02	1.14
SP6-CON	4.51	4.16	0.92	1
SP6-LL	4.51	4.04	0.90	0.97
SP6-HL	4.51	4.36	0.97	1.05

표 3. 최대내력시 철근 및 강판의 변형도 분석

구 분	철 근	강 판
CONTROL	○(0.0019)	-
SP3-CON	×(0.0005)	○(0.0015)
SP3-LL	×(0.0012)	×(0.0007)
SP3-HL	○(0.0023)	×(0.0011)
SP6-CON	×(0.0011)	○(0.0033)
SP6-LL	×(0.0012)	○(0.0022)
SP6-HL	×(0.0011)	○(0.0014)

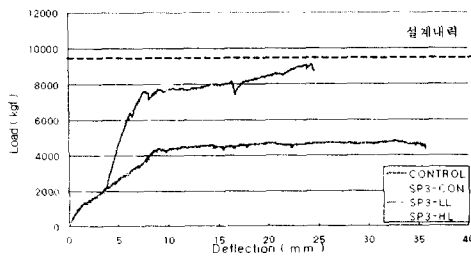
○ : 항복, × : 항복하지 않음
항복변형도 : 철근(0.0019), 강판(0.0013)

3.2 강판보강에 따른 강성 변화

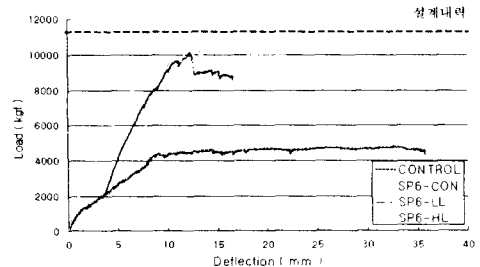
강판 보강에 따른 부재의 하중-처짐 곡선은 다음의 그림 2와 같으며, 곡선의 기울기는 표 4와 같다. 그림 2에서 보는바와 같이 강판으로 보강한 시험체의 하중-처짐 곡선을 살펴보면 부재의 설계내력 이전에 강판의 박락에 의한 급격한 내력감소 현상이 나타났다. 여기서, 초기 접선기울기의 변화를 보면 강판의 부분 박리가 발생한 SP3-LL 시험체를 제외한 모든 시험체에서 유사한 결과를 가졌다. 위의 실험결과 보강시 재하하중의 크기변화는 부재의 강성에 큰 영향이 없는 것으로 나타났다.

표 4. 하중-처짐 곡선의 기울기

구 분	CONTROL	SP3-CON	SP3-LL	SP3-HL	SP6-CON	SP6-LL	SP6-HL
접선기울기	398	1030	1612	1069	1158	1118	1294
기울기비(/Con)	1	2.59	4.05	2.68	2.90	2.81	3.25
비교(/SP-CON)	-	1	1.56	1.04	1	0.96	1.12



(a) 하중-처짐 곡선(SP 3계열)



(b) 하중-처짐 곡선(SP 6계열)

그림 2. 시험체의 하중-처짐곡선

3.3 파괴형태

보강 시험체의 파괴양상은 부재의 설계내력 이전에 접착강판의 단부가 시험체로부터 박락되면서 파괴되는 취성적인 부착파괴 양상을 보였다. 파괴시 시험체에 발생한 균열의 양상은 그림 3과 같다. 하중 초기에는 강판과 시험체가 일체로 거동하여 전형적인 휨 균열의 진전 양상을 나타내고 있었으나, 하중이 증가함에 따라 보강된 강판 단부에 균열이 집중적으로 발생하는 양상을 보였다. 강판 단부에 발생한 균열은 압축측 단면까지 균열이 진전되는 양상을 보이다가 강판과 콘크리트 사이에 박리현상이 발생하였다. 강판의 탈락은 시험체의 내력에 직접적인 영향을 주어 부재의 내력이 급격하게 저하되며 파괴되었다. 이와 같은 시험체의 파괴 양상을 분석하여 볼 때 보강된 시험체는 그 설계내력 이전에 부착강판과 시험체와의 부착파괴가 발생하였다. 따라서 강판을 사용한 부재의 보강설계시에는 이와 같은 부착파괴를 방지할 수 있는 보강책에 관한 연구가 필요하다고 판단된다.

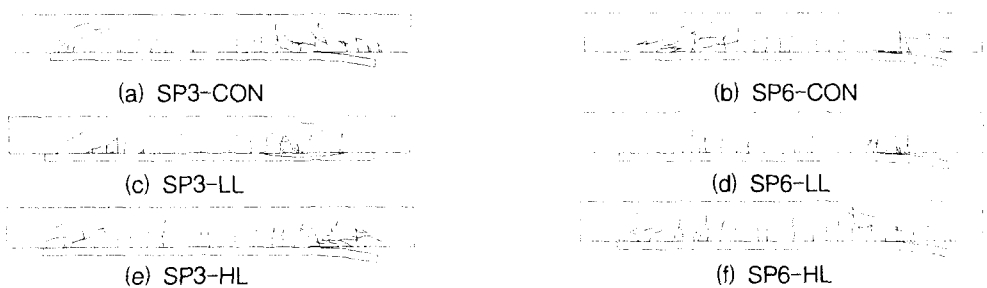


그림 3. 시험체의 균열

4. 결 론

본 연구의 실험결과에 따라 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 강판보강에 따른 내력의 변화는 재하전 보강한 시험체보다 재하중 보강한 시험체의 내력이 높게 나타났으며, 이와 같은 현상은 부재의 극한내력 이전에 강판의 박리현상이 먼저 발생했기 때문인 것으로 분석되었다.
- 2) 강판보강에 따른 시험체 강성의 변화는 재하전 보강한 시험체와 재하중 보강한 시험체가 유사한 것으로 나타났다.
- 3) 강판 보강한 시험체의 파괴양상은 초기하중시에는 시험체의 전 부분에서 휨 균열이 발생·진행하였으나 일정하중 이후 부재의 설계내력 이전에 부착강판의 단부로부터 시험체에서 박락되는 취성적인 파괴양상을 나타내었다. 따라서 강판을 사용한 부재의 보강설계시에는 부재의 설계내력시까지 강판의 박리를 방지할 수 있는 보강책에 관한 연구가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원과 (주) 태창 S.M.S의 시험체 보강지원에 의하여 이루어 졌음을 밝히며, 관계자 여러분의 도움에 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 한복규, 홍건호, 신영수, 조하나, 정혜교, “재하상태에 따른 탄소섬유보강공법의 휨 보강효과”, 한국 콘크리트학회 99 봄학술발표회 논문집, 제 11권 1호, 1999. 5, pp 691~696
- 2) 홍기섭, 신영수, 홍영균, 류해준, 최완철, “강판접착으로 인장보강된 철근콘크리트보의 거동”, 대한건축학회논문집, 제 11권 8호, 1995. 8, pp 219~226