고강도 강봉을 이용한 철근 콘크리트 보의 보강에 관한 연구

Rehabilitation of RC Beams with High Tension Steel Bars

양 재 연 [1] 박 순 규 [2]

Yang, Jae Yeon Park, Soon kyu

ABSTRACT

This paper presents the results of the experimental study on the performances of reinforced concrete beams rehabilitated by external unbonded high tension steel-bar. Design variables for the experiment in this study includes the position of anchorage zone of the high tension steel bar, the anchorage length of the reinforcing steel bar and the types of the shear strengthening measures. 5 specimens were tested with one point monotonically increased loads and structural performances such as strength capacities, ductility capacities and failure modes were analysed. It is found that the structural performance of the rehabilitated beams are strongly depended on the location of anchorage zone of the high tension steel-bars. In the case that anchorage zone is located near the critical shear zone, it is observed that the rehabilitated beam is failed in brittle failure mode and the additional shear strengthening is necessitated. But if anchorage zone is properly located or additional shear strengthening device is provided properly, it is also observed that the strength capacity of the rehabilitated beams could be increased more than 200% by the proposed method.

1.서론

우리나라의 경우 급속한 산업화와 경제성장으로 인해 구조물들이 급격히 시공되었고, 이로 인해 설계의 오류, 부실시공 및 유지보수의 결여 등에 의한 노후 및 하자의 발생이 점점 증가하여 근래에는 기존 구조물의 유지관리 및 리해빌리테이션에 대한 관심과 신공법 연구 개발이 활발하게 진행되고 있다. 특히 최근 리모델링과 재건축 등이 활발히 진행되면서 신축공사보다 공사기간이 짧고 시공이 용이하며, 경제적인 공법의 연구개발의 필요성이 매우 높다 그러나 아직까지는 리해빌리테이션에 관한 기술이 체계화 되어있지 않을 뿐 아니라, 자체적으로 축적된 기술과 경험도 충분하지 않아 국외의 기술들을 비싼 대가를 지불하면서 사용하고 있는 상태이다.

본 연구에서는 고강도 강봉(High Tension Steel-Bar)을 보강재로 활용하여 철근 콘크리트 보의 구조성능을 개선 할 수 있는 철근 콘크리트 보의 리해빌리테이션 공법으로 개발하고자 한다.

1) 정회원, 울산대 건축학과 석사과정

2) 정회원, 울산대 건축학부 교수, 공학박사

2.실험계획 및 방법

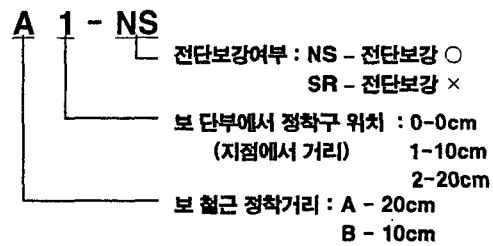
2.1 시험체 계획 및 변수

시험체는 ACI 318-99 규준을 준용하여 설계되었다. 철근 콘크리트 보는 단면치수 20×30cm, 총길이 240cm인 직사각형 복근 철근보로 제작되었다. 휨 철근 보강은 휨 부재에 요구되는 최소인장 철근량을 만족시키도록 철근 2-HD10을 하단에 배근하였으며, 콘크리트의 압축파괴를 방지하기 위하여 압축철근 2-HD16을 상단에 배근하였다. 또한 전단에 의한 파괴를 방지하기 위하여 철근 HD10를 150mm간격으로 늑근을 보강하였다. 콘크리트는 공칭압축강도 240kg/cm^{2}를 계획하여 제작하였고, 철근은 SD40을 사용하였다. 보강재는 고강도 강봉과 클레비스 및 턴버클, 러그 플레이트로 구성되어 있는데, 러그 플레이트는 SS400으로 제작되었고 그 외에는 모두 SM460 강재로 제작되었으며, 실험체 설치시 콘크리트 보에 보강재인 고강도 강봉을 설치하여 강봉의 항복강도 10%정도를 초기 긴장력으로 주어 철근콘크리트와 보 중앙하부의 받침 플레이트가 박리되어있지 않고 하중 가력시 초기부터 같이 거동을 할 수 있게 하였다.

본 연구에서의 변수는 세가지로 두었으며, 첫 번째는 철근 콘크리트 보 단부에 보강재의 정착구 위치로 지점에서 떨어진 거리가 각각 0cm, 10cm, 20cm 위치에 철근콘크리트 보 제작시 ϕ60.5×2.3T의 파이프를 슬리브로 설치하였고, 두 번째는 전단보강판의 설치여부를 변수로 주었다. 그리고 세 번째 변수는 단부에서 보 내부의 철근 정착거리를 10cm와 20cm로 하여 실험하였다.

표 1 시험체명

NO.	시험체명	단부에서 보강재 정착구위치	전단보강 여부	보내부 철근정착거리
1	CB	무보강	×	10cm
2	A1-NS	10cm	×	20cm
3	B0-NS	0cm	×	10cm
4	B2-NS	20cm	×	10cm
5	B2-SR	20cm	○	10cm



2.2 가력 및 측정방법

본 연구에서는 철근 콘크리트 보강된 보의 성능실험을 하기 위해 시험체는 양단부를 핀으로 지지하고 중앙에서 집중하중을 가하였다.

시험체의 변형특성을 파악하기 위해 철근 콘크리트 보 제작시 중앙부 인장철근 및 압축철근과 단부 전단보강 철근에 스트레인게이지를 부착하였고, 시험체 설치시 콘크리트면의 인장과 압축부분, 전단부분과 보강재인 고강도 강봉에 스트레인 게이지를 부착하였다. 하중에 의하여 발생하는 처짐은 중앙부에 설치한 100mm 변위계를 통하여 측정하였다.

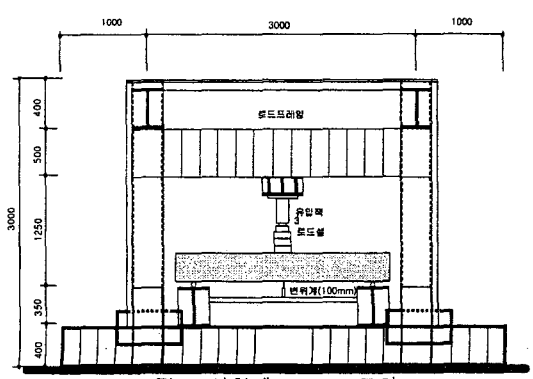
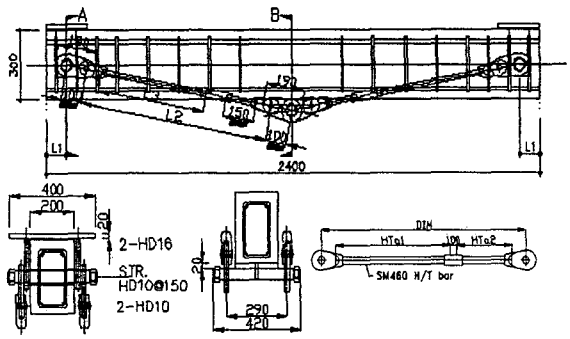


그림 1 시험체 set-up 도면



(a) Section-A (b) Section-B (c) 보강재(강봉) 상세도

그림 2 시험체 형상

2.3 소재의 성능 실험

철근의 재질은 SD40으로 KS D 3504에 의거하여 각각 3개씩 시편을 제작하여 실험을 하였고, 콘크리트는 KS F 2404에 의거하여 Φ10x20cm의 실린더형 공시체를 5개를 제작하고 실험하여 최대값과 최소값을 제외한 나머지 세 개의 시험체로 평균값을 계산하였으나, 제작시 동절기였으며 외기에 직접 노출 양생하여 실제 계획되었던 강도240kg/cm^{2}에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 보강재인 고강도 강봉은 제작사의 실험 결과서를 참고하였다.

표 2 소재의 성능 실험 결과

시험편		항복강도 (kgf/cm^2)	인장강도 (kgf/cm^2)	시험방법
철근	HD10	4120	5595	KS B 0802
	HD16	4200	4666	KS B 0802
SM460 Φ22		4890	7940	KS B 0802
콘크리트		195		KS F 2405

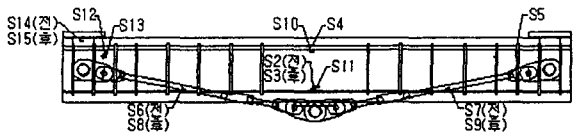


그림 3 변형률 측정위치

3. 실험결과 및 분석

3.1 파괴양상

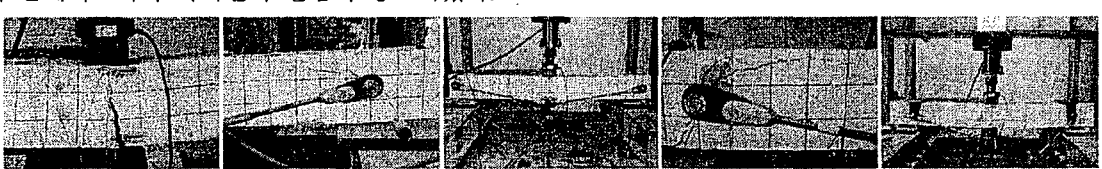
- 무보강 시험체인 CB시험체는 가력하중이 2.17t에서 중앙부 하부에 미세한 휨 균열이 발생하기 시작하여 균열이 계속 증가하였고, 3.0t에서 인장철근이 항복하였다.

- A1-NS 시험체는 가력하중이 7.67t에서 보강재의 정착구 부분에서 보의 미세균열이 시작되었고, 11.0t에서는 정착구 부분에 균열이 커지고 박피현상도 보였으며 중앙부 휨 균열도 미세하게 시작되었다. 이 시험체에서는 하중이 15.2t에서 스트레인미터의 오류로 인해 하중이 더 이상 기록되지는 않았으나 계속 하중이 증가한 것으로 판단되며, 보의 처짐변위가 15.0mm에서 보강재 정착구 부분에 균열이 점점 커져 23.0mm에서 실험이 종료되었으며 파괴양상은 전단-압축로 판단된다.

- 지점과 보강재 정착구의 수평거리가 0cm인 B0-NS 시험체는 하중이 5.72t에서 처음으로 보의 중앙부 하부에서 미세 균열이 처음으로 발생되었으며, 8.0t까지도 미세균열만 보이다가 하중이 15.0t에서 지점부분에 균열이 커지기 시작했으며, 28.78t에서 결국 강봉의 볼트산부분이 일그러지면서 클레비스에서 빠져 실험이 종료되었고, 이때 충격하중에 의해 보의 지점 부근 콘크리트가 크게 파괴되었다.

- B2-NS 시험체는 5.33t에서 정착구부분에 미세한 균열이 시작되었고 지점부분에 박피 현상이 보였으며, 10.0t에서는 보의 중앙부 하부에 휨균열이 발생하기 시작하였다. 하중이 증가할수록 정착구부분에 균열이 두드러지게 커지면서 14.8t에서 실험이 종료되었으며, 인장철근 단부에서 항복에 의한 파괴양상을 보였다.

- B2-SR 시험체는 5.68t에서 중앙부 하부에 미세균열이 시작되었고 10.0t에서는 정착구 부분에도 균열이 발생하였다. 하중이 증가함에 따라 균열은 계속되었지만 정착구 부분에 전단판이 보강되지 않은 B2-NS 시험체에 비해 눈에 띄게 적은 균열 양상을 보였으며, 19.34t에서 강봉의 나사산이 일그러져 클레비스에서 빠지면서 실험이 종료되었다.



(a) CB (b) A1-NS (c) B0-NS (d) B2-NS (e) B2-SR

그림 4 시험체 파괴양상

3.2 결과 분석

각 시험체의 보강에 의한 강도를 비교해보면 그림 6과 같다. 무보강 CB시험체를 제외한 고강도 강봉을 보강재로 사용한 모든 시험체는 균열하중, 항복하중, 극한하중이 모두 증가하였으며, 특히 보강재 정착구 위치가 지점과 같은 B0-NS 시험체는 전단이나 인장파괴 없이 보강재의 나사산이 20.78t에서 깨어져 보강 효과가 상당히 큰 것으로 분석되었다. 전단보강판을 설치하여 실험을 실시한 B2-SR 시험체는 B2-NS에 비해 균열하중 7%, 항복하중 24%, 극한하중 29%가 증가하였으며 B2-NS 시험체에서 발생한 전단-압축파괴양상도 방지할 수 있었다.

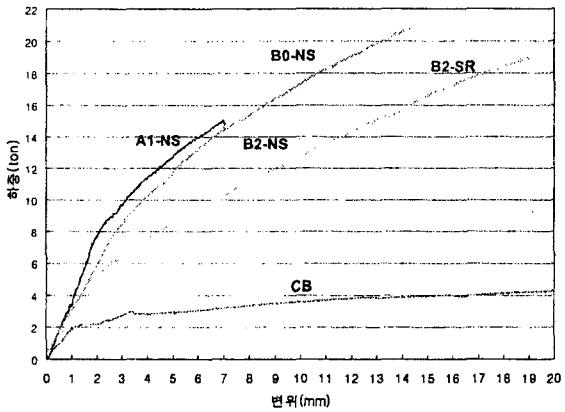


그림 5 하중 - 변위 곡선

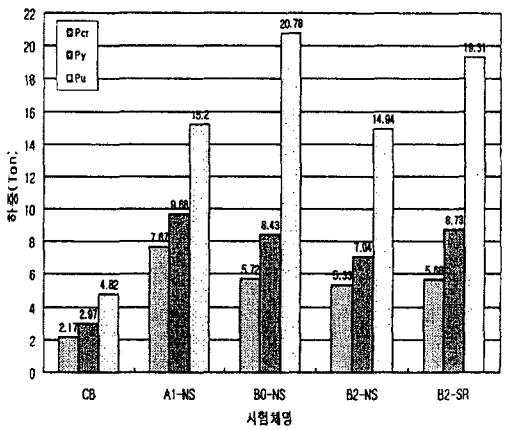


그림 6 시험체 별 강도 비교

4. 결론

이상의 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 외부 비부착 고강도 강봉을 이용한 철근콘크리트 보의 휨 강도성능은 무보강에 비해 최소 1.0-2.4로 개선되었다.

(2) 교량과 같이 정착구의 위치가 지점과 같을 수 있는 보에서는 휨보강만으로도 충분히 보강재의 역할을 할 수 있는 것으로 나타났다.

(3) 건축 구조물과 같이 보강재의 정착구 위치가 지점과 이격거리가 발생하는 철근 콘크리트 보에서는 보강재인 강봉의 정착구 부분에서 전단-압축 파괴 및 아치작용에 의한 인장주근의 파괴가 일어나므로, 고강도 강봉이 건축 구조물에서 철근 콘크리트 보의 보강재로 사용되기 위해서는 우선 강봉의 정착구 부분에서 보의 충분한 전단내력이 필요한 것으로 보인다. 본 연구에서 실험한 전단보강판을 설치한 시험체 B2-SR은 전단성능을 높여 전단파괴를 방지하였으며, 실제 건축구조물의 보에서는 강봉으로 전단보강도 가능하리라 판단된다.

참고문헌

1. 이상윤(2002), 외부 비부착 Fiber Rope 긴장재로 보강된 RC보의 휨거동, 석사학위 논문, 울산대학교 건축학과
2. 홍상균(1996), 보강재를 사용한 철근 콘크리트 보의 휨 내력보강에 관한 실험적 연구, 대한건축학회,제16권2호
3. 박상렬(2002), 외부보강 콘크리트 보에서 프리스트레싱 강재의 극한응력, 제주대 해양과학환경논문집,
4. M.P.Collins.(1991), Prestressed Concrete Structures, Prentice-Hall
5. Naaman,A.E(2002), Stresses in Unbonded Prestressing Tendons at Ultimate, ACI Structural Journal, V99,No.4,pp513-529