

고강도 전단 보강근과 비폐쇄형 보강근의 혼용에 의한 RC보의 보강 효과

U-shaped reinforcement for bond splitting prevention in RC beams

곽 성 근* 이 현 아* 윤 혜 선* 김 길 희**
Kwak, Sung Guen Lee, Hyun A Yoon, Hye sun Kim, Kil Hee

ABSTRACT

The shear resistance of RC beams is subject to the amount of shear-reinforcing bars (p_w) and yield strength (f_{wy}) as well as their interactive influence ($p_w f_{wy}$). Thus, it is reasonably expected that high-strength steel bars can greatly reduce the necessary amount of shear-reinforcing bars. On the other hand, although the bond strength is influenced by the amount of shear reinforcing bars, it is not affected by the yield strength. Thus, there is often an issue that bond failure occurs before shear failure depending on the arrangement of shear reinforcing bars. It is a common practice to set sub-ties for the transverse confinement of the main re-bars as a method to prevent the bond failure. However, it can also become a factor in decreased work efficiency due to the complexity of the construction. This study experimented with simultaneous use of high-strength transverse reinforcing bars ($f_{wy}=800\text{MPa}$) and U-shaped transverse reinforcing bars of regular strength ($f_{wy}=300\text{MPa}$) in an attempt to decrease the necessary quantity of shear reinforcing bars. The effect of this attempt was investigated through fundamental experimental research in terms of the improvement in shear resistance and bond strength as well as the ease of construction.

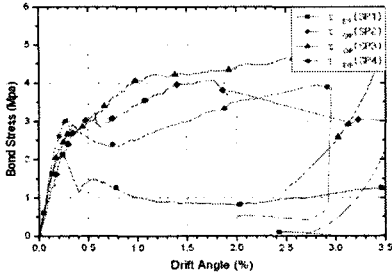
1. 서론

RC 보의 전단내력은 전단 보강근의 양(p_w), 항복강도(f_{wy})에 지배적인 영향($p_w f_{wy}$)을 받는다. 따라서 전단 보강근으로 고강도의 강재를 사용하는 것으로 전단 보강근의 양을 저감시키는 효과가 있을 것으로 판단된다¹⁾. 그러나 부착내력은 횡 보강근의 양에는 영향을 받지만 강재의 항복강도에는 비교적 둔감한 것으로 알려져 있다²⁾. 따라서 횡 보강근의 배근상황에 따라 전단파괴보다 부착파괴가 선행하는 가능성이 충분하다. 이러한 부착파괴를 방지하는 방법으로 가운데 주근을 횡 구속하기 위해 보조근(sub-tie)을 두는 경우가 일반적이지만, 시공의 번잡함으로 인해 시공능률을 저하시키는 요인이 된다.

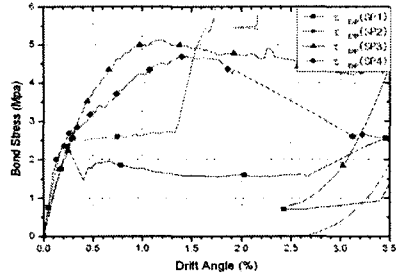
본 연구에서는 고강도 횡 보강근($f_{wy}=800\text{MPa}$)과 보통강도($f_{wy}=300\text{MPa}$) 비 폐쇄형 횡 보강근의 혼용으로 전단 보강근의 양을 줄이면서 전단내력과 부착내력의 증대를 통해 부재내력 향상은 물론 시공

* 정회원, 공주대학교 건축공학부 대학원생

** 정회원, 공주대학교 건축공학부 조교수



(a) 내측 주철근



(b) 외측 주철근

그림 5 평균 부착응력-변형각 관계

3. 실험결과 및 고찰

표 1과 그림 3에 실험결과를 나타내었다. 모든 시험체에서 부착 할렬과파괴가 발생하였으며 SP4 시험체의 경우 부착할렬과파괴의 진행과 동시에 고강도 전단보강근의 용접부위의 파단으로 인한 급작스러운 전단과파괴가 발생하였다. 표1에 보이는 것처럼 한국콘크리트 학회 기준식은 전단보강근의 양이 증가할수록 실험결과를 과소평가하는 경향이 뚜렷하며 일본 건축학회식의 경우 전단보강량이 증대할수록 부재내력의 증가를 과대평가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 본 실험에서 의도하는 주철근의 부착성상에 따른 부재내력 변동요인을 두 기준식이 바르게 평가하지 못하는데 기인한다고 볼 수 있다.

그림 3은 전단력과 부재 변형각과의 관계를 나타낸다. 그림에 보이는 것처럼 전단 보강량($p_w f_{wy}$)이 증대 될수록 부재내력이 증가하는 경향을 나타내지만, 전단보강량($p_w f_{wy} = 6.05\text{MPa}$)이 동일하다 하더라도(SP2, SP3 시험체) 보강근의 주철근 구속정도에 따라 부재내력이 20%이상 증대됨을 확인할 수 있다. 고강도의 전단보강근을 외주 전단보강근으로 하여 전단보강량을 SP2 시험체와 동일하게 확보하고 U자형의 비폐쇄형 보강근으로 내부 주철근을 구속한 SP4 시험체의 경우 SP3 시험체 만큼 부재내력의 증대효과는 나타나지 않았으나 SP2 시험체에 비해 10% 이상의 내력효과 증대가 나타나 본 연구에서 의도한 비폐쇄형 보강근에 의해 주철근 구속에 의한 부재내력의 증대효과를 확인할 수 있었다.

그림 4는 시험에 의한 균열발생상황을 나타내고 있다. 부착과파괴한 SP1, 2, 3 시험체에 있어서 인장력 이동(Tension shift)이 발생하는 영역 밖에서 부착열화가 발생하여 주철근을 따라 부착균열이 발생하여 최대내력에 이르는 파괴양상을 나타내었다. 그러나 부착균열의 발생 후 피복콘크리트의 박리는 확인되지 않았으며 그림 3에 보이는 것처럼 주철근의 미끄러짐 파괴(slip failure)에 의한 급작스런 내력저하가 아닌 인성적인 거동으로 이어지는 결과로 나타났다. SP4 시험체의 경우 부착할렬 균열도 나타나지만 시험체 중앙부에서의 전단보강근 용접부위의 파단으로 인해 전단균열 폭이 급격히 증대하여 파괴하는 양상을 나타내었다. 이 사실로부터 용접부위 파단이 없었다면 보다 부재는 인성적인 저항능력을 발휘하였을 것으로 사료되며 고강도 강재를 전단보강근으로 사용 할 경우 새로운 방법의 전단보강근 제작의 필요성을 알려주는 단서를 제공한다 할 수 있다. 그림5는 WSG에 의해 구한 인장력 이동이 발생한 영역 바깥의 시험구간에서 구한 평균부착응력-부재 변형각 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 우선 내측 주철근의 부착응력이 한계치에 이른 후 외측 주철근의 부착응력이 열화하는 것을 알 수 있다. 이는 내부 철근의 경우 링텐션(ring tension) 영역의 겹침으로 인해 외부 주철근에 비해 부착균열이 발생하기 쉬운 구조이기 때문으로 사료된다. 또한 같은 전단보강근 양($p_w = 0.76\%$)라 하여도 고강도 강재를 사용할 경우 부착균열의 확대를 억제하여 부착응력의 증대를 가져온 것을 확인할 수 있다(SP1, SP2). 모든 주철근을 구속하고 있는 SP3 시험체의 경우 내측, 외측 철근 위치에 무관계하게 변형각 2%

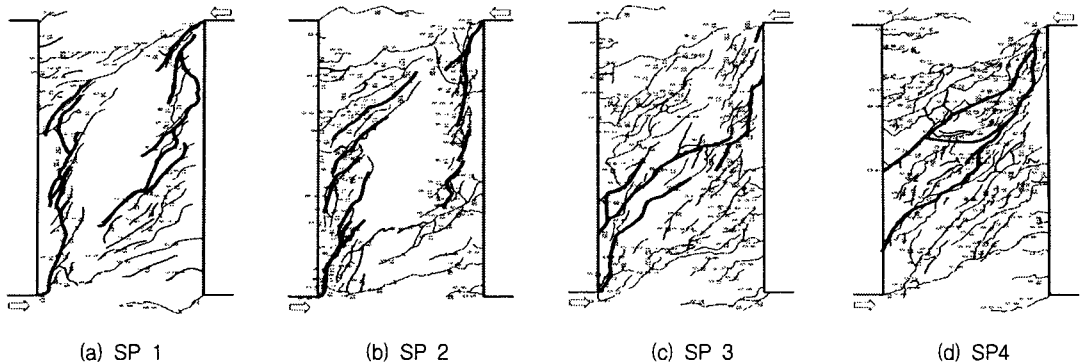


그림 4 균열발생 상황

까지 부착응력을 꾸준히 유지하고 있음을 알 수 있다. 또한 비폐쇄형 보강근으로 내부 주철근을 구속한 SP4 시험체도 SP3 시험체와 유사한 거동을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 주철근의 구속정도에 따라 부착응력이 결정됨을 알 수 있으며 정착길이가 확보된 비폐쇄형 보강근을 사용하여 주철근을 구속하는 것으로 주철근의 부착응력 증대를 도모할 수 있다는 것을 의미한다.

4. 결론

역 대칭 휨모멘트와 전단력을 받는 보 부재의 실험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 전단보강근의 양($p_w f_{wy}$)을 증대될수록 부재내력이 증가함을 확인하였다.
- 2) 전단보강근의 양($p_w f_{wy}$)이 같더라도 전단보강근의 강도(f_{wy})보다 전단 보강근 비(p_w)가 부재내력 증대에 효과적인 것을 확인하였다.
- 3) 외부 주철근 만이 아닌 내부 주철근도 보강근에 의해 구속하는 것이 부착응력 향상에 효과적으로 기여함을 확인하였으며 내부 주철근의 경우 비폐쇄형 보강근으로 구속하여도 부착에 대한 보강효과는 우수한 것을 확인하였다.

이상으로 결과로 외주 전단보강근을 고강도 강재를 사용하여 부재의 전단강도를 확보하면 비폐쇄형 보강근에 의해 주철근을 구속함으로써 부재의 부착내력을 향상시켜 전단저인 부재의 저항능력을 향상시키는 것을 확인하였다. 그러나 본 연구에서는 단조재하에 의한 결과로 향후 반복하중에 의한 양 단부에 힌지가 형성될 경우의 보강효과에 대한 보다 깊이 있는 추기연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 2단계 BK21 사업 및 산자부 지정 공주대학교 자원재활용 신소재 연구센터의 지원(과제번호 06B1602)에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kim, K H and Sato, Y, "Bond-strengthening Hooks for RC Members with High Strength spirals", Journal of KCI, Vol. 17 No. 5, pp.835~842, October, 2005.
2. AIJ, *design Guidelines for Earthquake Resistant Reinforced Concrete Buildings Based on Inelastic Displacement Concept*, AIJ, 1999, pp.138~192.