

고강도 횡 보강근을 적용한 RC보의 정량적인 부착 강도 평가

Bond Capacity of U-shaped reinforcement for bond splitting prevention in RC beams

윤 혜 선* 김 영 식* 양 완 수** 백 승철*** 김 길 희****
Yoon, Hye-Sun Km, Young-Sik Yang, Wan-Su Beak, Sung-Cheol Kim, Kil-Hee

ABSTRACT

Although the research of high strength materials is in process briskly in the inside and outside of the country, in south korea, the research of high strength materials is insufficiency. Generally shear resistance of RC beam is influenced dominantly by amount of shear-reinforcing bars(p_w) and yied strength(f_{wy}). Therefore, I come to the conclusion that if use shear reinforced bar with shear reinforced bar, it leads to decrease of the quantity of shear reinforced bar and effects on the security of shear-restraint force of member. This study experimented with not only the mixture of high strength-reinforced bar and U-shaped reinforcement normal strength -reinforced bar devises efficient improvement, but also it incites improvement of bond capacity and carries out an experimental study for improvement of member resisting force, finally it evaluates bond capacity quantitatively on the lines of main reinforcement the restraint method.

요 약

국외적으로 고강도 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 반면 국내에서는 고강도 재료에 대한 연구가 미비한 실정이다.

일반적으로 RC 보의 전단 저항은 보강근의 전단 저항 보강근의 양(p_w), 항복 강도(f_{wy})에 지배적인 영향($p_w f_{wy}$)을 받는다. 따라서 고강도 전단 보강을 사용하는 것으로 전단 보강근의 양을 저감시키는 효과가 있을 것으로 판단된다.

이에 본 연구는 고강도 보강근과 보통 강도 비 폐쇄형 횡 보강근의 혼용을 통한 전단 보강근의 양을 줄여 시공 능률향상과 부착성능 향상을 유도하여 부재내력을 증진하기 위한 실험적 연구를 수행하였다.

* 정회원, 공주대학교 건축공학과 석사 과정
** 준회원, 공주대학교 건축공학과 학부생
*** 정회원, (주) 고려 열연
**** 정회원, 공주대학교 건축 공학과 교수

1. 서론

최근 국외적으로는 고강도 재료에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있는 반면 국내에서는 고강도 콘크리트에 대한 연구는 활발하나 고강도 강재에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 고강도 강재 중에서도 전단 보강근의 고강도화에 초점을 맞추어 실험적 연구를 실시하였다.

RC보의 전단내력은 전단 보강근의 양(p_w), 항복강도(f_{wy})에 지배적인 영향($p_w f_{wy}$)을 받기 때문에 고강도 강재를 전단 보강근에 사용하는 것으로 전단 보강근의 양을 저감시키는 효과가 있을 것으로 판단된다. 그러나 부착 내력은 횡 보강근 양에는 민감하지만 강재의 항복 강도에는 둔감한 것으로 알려져 있으므로 횡 보강근의 배근상황에 따라 전단파괴보다 부착파괴가 선행할 가능성이 충분하다. 이를 방지하기 위해 일반적으로 주근을 횡 구속하는 보조근(sub-tie)을 설치하지만 시공의 번잡함으로 인해 시공능률을 저하시키는 요인이 된다.¹⁾²⁾

본 연구에서는 고강도 보강근과 보통강도 비폐쇄형 보강근의 혼용을 통해 전단 보강근의 양을 줄여 시공능률 향상을 도모하고 부착성능 향상을 통한 부재내력을 증진하기 위한 실험적 연구를 수행하였다.

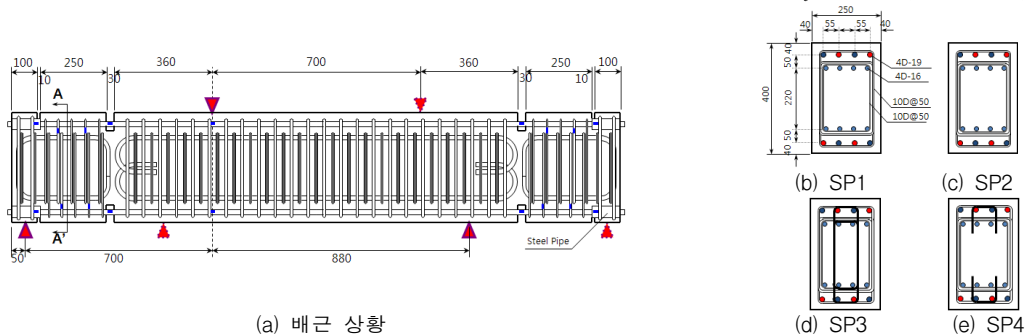
2. 실험 계획

그림 1과 같이 시험체를 제작하였으며 그 특성을 표1에 나타내었다. 전단 보강근의 강도(f_{wy})가 400MPa이며 전단 보강근 비(p_w)가 1.14%인 SP1을 기본시험체로 SP1과 전단 보강근비는 동일하나 전단 보강근의 강도를 2배 높게 한 SP2 시험체, SP2와 전단 보강량($p_w f_{wy}$)은 같으나 그림 1과 같이

표 1. 시험체 특성 및 실험결과

Specimen	Concrete (MPa)	Shear reinforcement (D10@50)(MPa)		Longitudinal reinforcement (4D-19)	U-shaped bond reinforcement (D10@50)	τ_{exp} (MPa)	τ_{bu}^* (MPa)
		f_{wy}	$p_w f_{wy}$				
SP1	$f_{ck}=23$	400	4.56	$f_y=400(\text{MPa})$	-	4.6	3.61
SP2	$f_{ck}=35$	796	9.08		-	3.13	4.53
SP3		400	9.12		-	5.81	4.53
SP4		796	9.08		$f_{wy}=400\text{MPa}$	4.85	4.53

* Fujii-Morita 식에 의한 부착 강도



(a) 배근 상황

그림 1. 시험체 상세

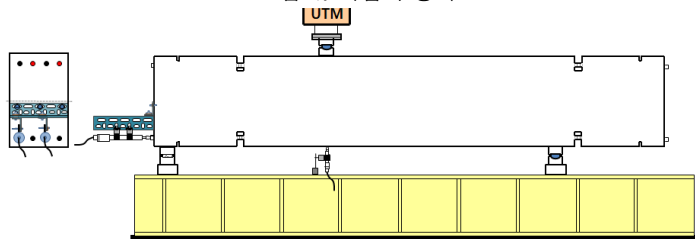


그림 2. 가력 방법

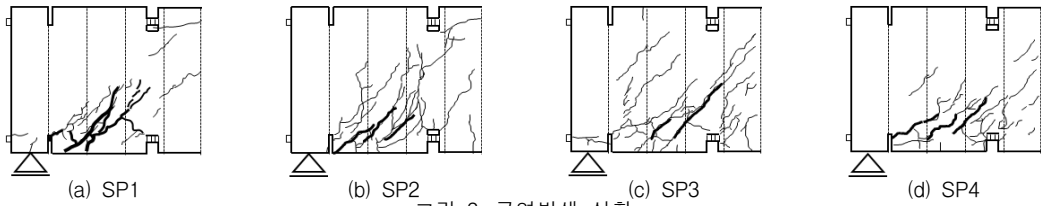
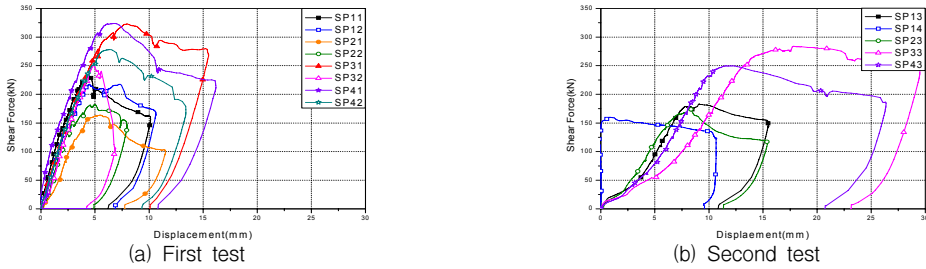


그림 3. 균열발생 상황



SP□○ : □-시험체 번호 ○-시험 구간

그림 4. Shear Force - Displacement

내측 주근을 구속한 SP3 시험체, SP2와 동일조건이지만 U자 비 폐쇄형 보강근을 사용하여 내측 주근을 구속한 SP4 시험체를 제작하였다. 가력은 그림2에 보이는 것처럼 Inchinose식 단순보형 실험방법을 채용하여 실험을 실시하였다. 시험체의 처짐은 가력지점 위치에 LVDT를 설치하여 평균 변형을 측정하였고, 철근의 Slip량은 그림2에 보이는 것처럼 철근 단부에 LVDT를 설치하였다. 와이어 스트레인 게이지(WSG)를 주근과 보강근에 붙여 주근의 부착응력과 보강근의 응력 상태를 측정하였다.

3. 실험 결과

모든 실험체에서 그림3과 같이 시험구간 내에 설치한 균열 유도 홈에서 휨균열이 발생하고 그 이후 전단균열의 증가와 더불어 시험구간 내의 주근을 따라 부착 균열이 발생하여 주근의 slip이 급격히 증대되어 최대내력에 이르렀다. 그림4는 실험체의 전단력-처짐 관계를 나타낸다. 전단 보강근의 양 ($p_w = A_{sw}/bs$)은 같지만 강도가 다른 SP1, SP2 시험체의 경우 최대내력을 포함한 전체 거동이 유사하지만 보통 강도 철근으로 내·외측 주근을 구속한 SP3 시험체와 고강도 철근으로 외측 주근을 구속하고 U자 비 폐쇄형 보강근으로 내측 주근을 구속한 SP4 시험체의 경우 상당한 내력 증대 효과를 확인 할 수 있었다. 이는 본 연구에서 제안한 U자 비 폐쇄형 보강근이 RC 부재의 내력 증진에 좋은 효과를 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 부착 응력 - 미끄러짐 사이의 관계

콘크리트와 철근 사이의 미끄러짐(slip)량은 식1과 같이 시험체 단부에 설치한 LVDT와 주철근에 붙인 WSG를 이용하여 구하였다.

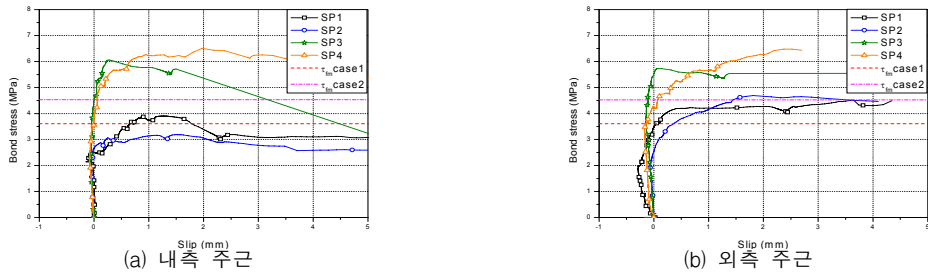
$$slip = LVDT - ((\epsilon_1 + \epsilon_2)/2) \cdot l \quad (1)$$

여기서, 시험 구간에서는 평균 부착응력의 개념을 적용하였으며, ϵ_1 와 ϵ_2 의 평균 변형률을 이용하였다. 이에 상응하는 부착 응력은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\tau_{bond} = ((\epsilon_2 - \epsilon_1) \cdot E_s \cdot A_{st}) / (\Sigma\psi \cdot l) \quad (2)$$

ϵ_1 : 인장단부의 주철근 변형률 (μ) ϵ_2 : 인장단부에서 250mm위치의 주철근 변형률 (μ)
 E_s : 철근의 탄성계수 (MPa) $\Sigma\psi$: 주철근 주장(周長)의합

그림 5는 부착 응력과 미끄러짐 관계를 나타내었으며, 각 case에 대한 Fuji-Morita³⁾에 의한 부착



τ_{fm} case 1 : f_{ck} =23일 때의Fuji-Morita 식에 의한 부착 강도 (SP1)
 τ_{fm} case 2 : f_{ck} =35일 때의 Fuji-Morita 식에 의한 부착 강도(SP2, 3, 4)

그림 5. Bond stress - Slip 관계

강도를 산정하여 함께 나타내었다. 모든 실험체의 내측 주근이 외측 주근의 경우보다 다소 낮은 부착 강도를 보이고 있는데 이는 링텐션 작용에 의해 상대적으로 외측 주근이 부착 할릴 균열 발생하기 쉬운 구조이기 때문이라고 사료된다. 또한 외측 주근만 구속한 SP1과 SP2, 내·외측 주근을 모두 구속한 SP3와 SP4가 각각 유사한 Bond-Slip 특성을 나타냄을 확인 할 수 있다. 이는 부착 특성은 보강근의 강도에는 둔감하지만 보강근의 양(주근 구속정도)에는 민감하기 때문이라고 사료된다.

주근의 부착 성능 향상을 위해서는 그림5에서 알 수 있듯이 주근의 구속 정도가 중요한 요인으로서 SP3,SP4와 같이 내·외측 주근을 모두 구속할수록 부착 내력이 향상됨을 알 수 있다.

또한, 부재 내력 증진을 위해서는 고강도 보강근으로 외측 주근을 보강하고 본 연구에서 개발한 보통강도 비폐쇄형 보강근으로 내측 주근을 구속한 경우 부착 내력 증진에 매우 효과적임을 알 수 있다.

5. 결론

보통 강도 강재와 고강도 강재의 혼용에 의한 부재의 부착 성능을 정량적으로 평가하였다.

1) 부착 성능이 보강근의 강도(f_{wy})에는 둔감하지만 보강근에 의한 주철근 구속 정도($p_w f_{wy}$)에는 민감함을 확인 하였다.

2) 고강도 보강근과 보통 강도 U자 비 폐쇄형 보강근을 혼용하는 경우에는 고강도 횡 보강근이 전 단력을 부담하고 보통 강도 U자 비폐쇄형 보강근이 주근을 구속하여 부착 성능 향상에 효과적으로 기여함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 공주대학교 자원재활용소재 연구센터(RIC/NMR)와 (주)고려열연 공동으로 수행한 연구의 일부이며 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 제2단계 BK21 사업단의 지원비를 받은 것으로 관계 기관에 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

1. Kim, K H and Sato, Y. "Bond-strengthening Hooks for RC Members with High Strength spirals" Tournal of KCI, Vol. 17 No. 5, pp835~842, October, 2005
2. 박성근, 김길희, "고강도 횡 보강근을 적용한 RC보의 부착 강도 증진을 위한 실험적 연구". 대한 건축학회 논문집 구조 제 23권 제 8호 pp35~42, 2007년 8월,
3. S. Fujii et al, Effect of Transverse Reinforcement on Splitting Bond Strength, Transactions of the Japan Concrete Institute, Vol.3, 1981, pp.237~244.