

원자재 절감을 고려한 고강도 강재의 횡구속 효과

Confined Effect of High-Strength Reinforcement Considering Reduction of Raw Materials

김민준 김도진 김영식 김상우 백승철 김길희
 Kim, Min-Jun Kim, Do-Jin Kim, Young-Sik Kim, Sang-Woo Baek, Seung-Cheol Kim, Kil-Hee

공주대학교 건축학부
 고려열연(주)

ABSTRACT

강재의 고강도화는 원자재 부족을 해결할 수 있는 방안으로 친환경적이며 인간의 문명을 지속가능하게 하는 방법으로 인식 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 고강도 강재의 횡구속 능력을 평가하기 위해 나선철근을 사용한 횡구속실험을 수행하였다. 실험의 주변수는 단면형상, 철근비로 하고 콘크리트의 강도는 25MPa로 계획하였다. 실험 결과, 단면형상에 따라 원형 실험체가 각형 실험체보다 우수한 횡구속 효과를 나타내는 것을 확인하였다. 또한 횡보강근의 철근비가 증가할수록 횡구속 효과가 증가하는 경향을 나타내었다.

Keyword: '고강도강재, 횡구속 콘크리트, 단면형상, 나선철근, 철근비'

1. 서론

공업화로 인한 인구의 과밀화, 급격한 도시화로 인해 건축물은 초고층화, 대형화, 장스팬화를 필요로 하고있다. 이러한 요구에 부응하기 위해 재료의 고강도화를 추구하고 있으며 특히 고강도 강재는 재료의 사용량을 줄임으로써 자원의 고갈로 인한 문제, 경제적인 측면에서 이득을 취할수 있다. 또한 재료의 고강도화를 통해 사용강재의 양을 줄임으로써 원자재 부족문제를 해결하고 지구 환경보전에도 효과적이라 할수있다. 그러나 고강도 강재의 사용은 해석 및 실험적 연구의 부족으로 철근콘크리트 구조물의 안전성 확보 측면에

서 많은 제한을 두고 있다. 이에 본 연구에서는 철근콘크리트 기둥의 횡보강근에 대한 고강도 강재의 적용성을 검토하기 위하여 고강도 원형 나선철근의 횡구속 능력을 단면형상에 따라 원형과 각형으로 나누어 실험적으로 평가하였다.

2. 실험 계획

실험체는 표1에 나타난것과 같이 횡보강근비와 단면형상을 주변수로 하였으며, 동일실험체에 대하여 3개씩 총 30체의 실험체를 제작하여 실험을 수행하였다. 원형실험체는 직경이 150mm이고 높이가 300mm로 계획하였으며 각형 실험체는

단면적이 동일하도록 정방형으로 하고 높이가 원형실험체와 동일하게 133×133×266mm 로 제작하였다. 실험체와 횡구속 철근의 변형을 계측하기 위해 그림1에 나타낸것과 같이 원형은 120도, 각형은 90도 간격으로 LVDT와 스트레인 게이지를 장착 하였다. 나선철근의 직경은 4.5mm 이고 간격은 원형과 각형 실험체의 철근비가 1.75%일 때 25mm와 28.3mm, 1.00%일 때 45mm와 49.5mm 로 하였다. 나선철근의 강도는 각각 472 MPa, 880 MPa, 1430 MPa 를 사용하였다.

[표 1 실험체 일람표]

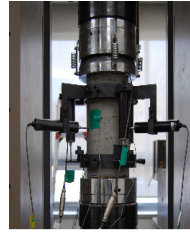
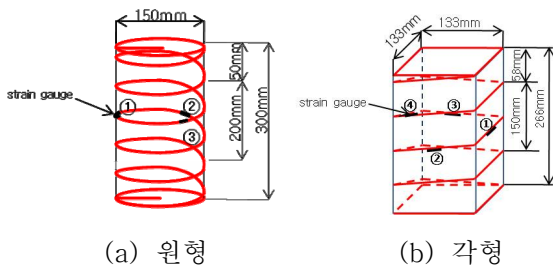
NO.	실험체명	f'_{co} (MPa)	f_{yh} (MPa)	S_h (mm)	ρ_s (%)
1	C-P25	25	-	-	-
2	C-NS25	25	472	25.0	1.75
3	C-HM25	25	880	43.4	1.00
4	C-HS25	25	880	25.0	1.75
5	C-US25	25	1430	25.0	1.75
6	R-P25	25	-	-	-
7	R-NS25	25	472	28.3	1.75
8	R-HM25	25	880	49.5	1.00
9	R-HS25	25	880	28.3	1.75
10	R-US25	25	1430	28.3	1.75

f'_{co} = 무근 콘크리트의 압축강도

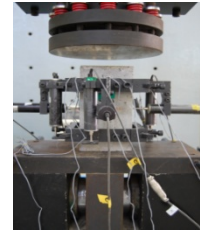
S_h = 횡보강근의 간격

f_{yh} = 횡보강근의 항복강도

ρ_s = 횡보강근 비



(a) 원형



(b) 각형

[그림 1 실험체 상세 및 세팅현황]

3. 실험 결과

3.1. 원형 시리즈 실험결과

원형 시리즈 실험결과를 표2에 나타내었다. 콘크리트 압축강도가 28MPa인 C-25시리즈의 경우, 나선철근의 철근비가 1.75%인 NS 실험체 ($f_{yh} = 472\text{MPa}$)는 무근콘크리트 실험체보다 약 45%의 강도증진효과를 나타내었다. 초고강도 철근 ($f_{yh} = 1,430\text{MPa}$)으로 횡구속한 US 실험체는 무근콘크리트 압축강도보다 약 200%의 강도증진효과를 보여 전체 실험체 중 가장 높은 횡구속 효과를 보인 반면, 나선철근의 철근비가 1.00%인 HM 실험체는 30%의 응력증진율을 나타내어 상대적으로 낮은 강도 증진율을 보였다.

[표 2 원형 실험체 실험결과]

No.	실험체명	f'_{co} (MPa)	f_{yh} (MPa)	S_h (mm)	실험결과		응력증진율
					최대응력 (MPa)	최대하중 (kN)	
1	C-P25	28	-	-	28.05	495.2	-
2	C-NS25	28	472	25	40.43	714.0	1.44
3	C-HM25	28	880	45	36.40	643.0	1.30
4	C-HS25	28	880	25	49.50	874.9	1.78
5	C-US25	28	1430	25	54.90	969.6	1.96

3.2. 각형 시리즈 실험결과

각형 시리즈 실험결과를 표 3에 나타내었다. 콘크리트 압축강도가 31MPa 인 R-25 시리즈의 경우, 나선철근의 철근비가 1.75%인 NS 실험체

($f_{yh} = 472\text{MPa}$)는 무근콘크리트 실험체에 비해 약 10%의 강도증진효과를 나타내었다. 초고강도 철근($f_{yh} = 1,430\text{MPa}$)으로 황구속한 US 실험체는 무근콘크리트 압축강도에 비하여 약 17%의 강도증진효과를 보여 전체 실험체 중 가장 높은 황구속 효과를 보였다. 반면, 나선철근의 철근비가 1.00%인 HM 실험체에서는 약 1%의 낮은 강도증진을 나타내어 황구속효과가 없음을 알 수 있다.

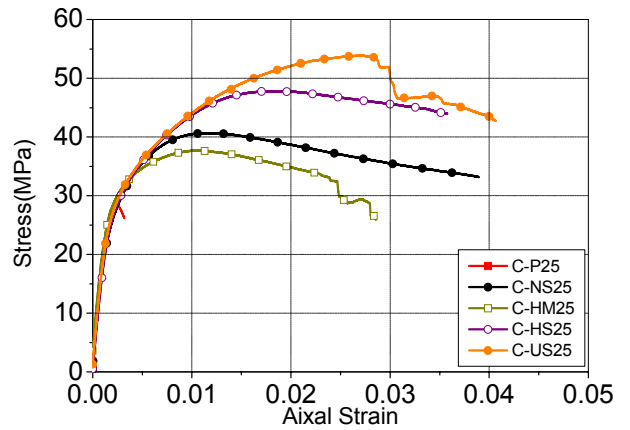
[표 3 각형 실험체 실험결과]

No.	실험체	f'_{co} (MPa)	f_{yh} (MPa)	S_h (mm)	실험결과		응력증진율
					최대응력 (MPa)	최대하중 (kN)	
1	R-P25	32	-	-	33.14	586.1	-
2	R-NS25	32	472	28.3	36.58	607.6	1.10
3	R-HS25	32	880	28.3	37.55	612.6	1.14
4	R-HM25	32	880	49.5	33.16	541.0	1.00
5	R-US25	32	1430	28.3	38.67	630.8	1.17

4. 실험결과 분석

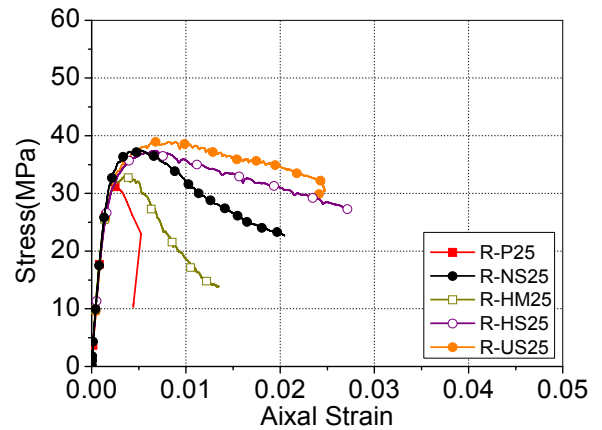
4.1. 단면 형상에 따른 강도 영향

단면 형상에 따른 응력-축변형률 관계를 그림 3에 나타내었다. 단면 형상에 따른 응력증진을 살펴보면 원형 시리즈가 각형 시리즈보다 강도 증진이 크게 나타남을 알 수 있다. 이는 각형에서는 원형 보다 유효 황구속 면적이 적기 때문인 것으로 판단된다.



(a) 원형

시리즈

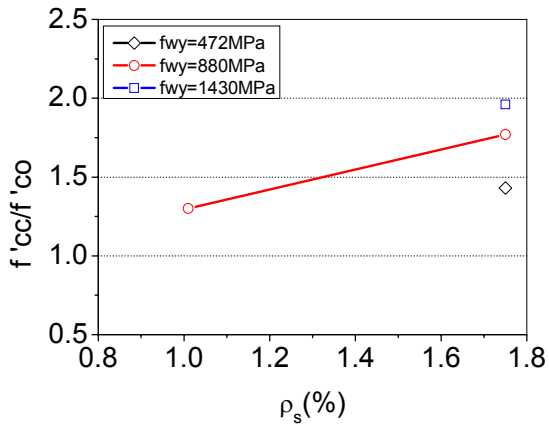


(b) 각형 시리즈

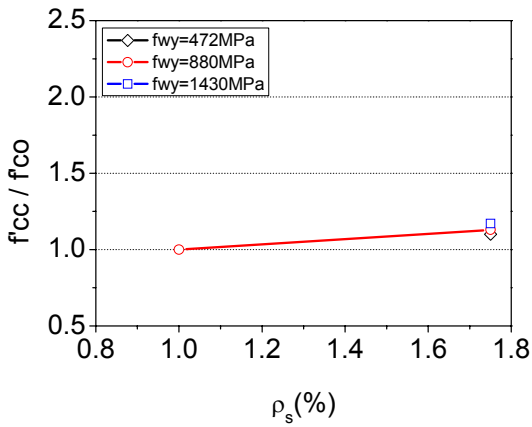
[그림 3 단면형상에 따른 응력-축변형률 관계]

4.2. 황구속 효과에 대한 철근비의 영향

철근비에 따른 황구속 증진효과를 그림 4에 나타내었다. 원형 시리즈는 철근비 1.75%로 황구속을 하였을 경우 약 1.5~2배의 응력증진을 나타낸 반면, 철근비가 1%일 경우 황구속 효과는 약 25~70% 감소하는 것으로 나타났다. 각형 시리즈는 철근비 1.75%로 황구속을 하였을 경우 약 1.0~1.1배의 응력증진을 나타낸 반면 철근비가 1%인 경우 황구속 효과는 없는 것으로 나타났다.



(a) 원형 시리즈



(b) 각형 시리즈

[그림 4 철근비에 따른 횡구속 증진효과]

5. 결론

본 연구에서는 단면형상에 대한 고강도 나선 철근의 횡구속 능력을 실험하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 본 실험결과, 각형 실험체보다 원형 실험체에 서 횡구속 효과가 더 크게 나타났다. 이는 횡구속 유효 단면적이 각형 보다 원형 실험체가 더 크기 때문으로 판단된다.
- (2) 본 실험결과, 원형과 각형 실험체 모두 철근 비가 증가할수록 횡구속 효과는 크게 나타남을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받은 대학중점연구소 지원사업(2009-0093825) 및 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고문헌

- [1]. J. B. Mander, M. J. N. Priestley, and R. Park, "Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete," *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol.114, No.8, Aug. 1988, pp.1804-1826.