

콘크리트 압축강도에 따른 고강도 나선철근의 횡구속 효과

Confinement Effect of High-Strength Steel Spirals According to Compressive Strength of Concrete

김 상 우¹⁾ 김 영 식²⁾ 윤 군 진³⁾ 이 정 윤⁴⁾ 김 길 희^{5)*}
Kim, Sang Woo Kim, Young Seek Yun, Gun Jin Lee, Jung Yoon Kim, Kil Hee

Abstract

This study estimates the performance of steel spirals according to the compressive strength of the concrete. A total of 24 confined concrete cylinders (150×300mm) were cast and tested under monotonic concentric compression. The main test parameters were the yield strength of spiral reinforcements and the compressive strength of the concrete. To effectively evaluate the confinement effect according to the yield strength of steel spirals, the external diameter of steel spirals was designed to be same as the diameter of specimen. The experimental results indicated that the performance of confinement of steel spirals increased as the yield strength of spiral reinforcement increased and the compressive strength of the concrete decreased. Furthermore, existing analytical models were used for predicting the stress versus axial strain relationships of specimens tested in this study. It can be concluded that the accuracy of the analytical models deteriorated as the yield strength of steel spirals and the compressive strength of the concrete increased.

Keywords : Confinement, Confined concrete, High-strength reinforcement, Steel spiral

1. 서 론

현대사회로 접어들면서 시설물의 집중화 현상, 인구의 과밀화 현상 및 구조물 사용자의 고급화 경향에 의하여 현대 구조물은 초고층화, 대형화 및 장스팬화 되고 있다. 철근콘크리트 재료를 이러한 구조물에 적용할 경우 부재 단면 치수와 자중의 증대라는 문제점을 가지게 된다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 고강도 재료에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다(임보람, 2008).

고강도 철근은 외력에 의한 높은 휨모멘트와 전단에 저항하기 위하여 주로 연구되어 왔다. 미국은 주철근의 고강도화에 초점을 맞춰 연구를 진행 중이며, 일본은 1980년대부터 시작한 New RC 프로젝트(일본국토개발기술센터, 1988~1992)를 통하여 높은 지진하중에 의한 외부 전단력을 부담할 수 있도록 구조부재의 전단보강근을 중심으로 연구를 진행하여 왔다.

최근 국내외에서는 원자재 가격의 폭등과 지구온난화에 의하여 자원 절감과 에너지 저감에 대한 중요성이 높아지면서 고강도 철근에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 고강도 횡보강근을 철근콘크리트 구조 부재에 적용할 경우 철근량 감소와 함께 과밀한 철근 배근을 해소할 수 있어 시공성 향상을 기대할 수 있다(김상우 등, 2010). 이러한 이유로 우리나라의 콘크리트 구조설계기준(한국콘크리트학회, 2007)에서는 나선철근의 경우 항복강도를 700MPa로 상향조정하였다. 그렇지만 700MPa 이상의 고강도 철근에 대해서는 연구자료의 부족과 적용실례의 부족으로 여전히 적용의 한계를 가지고 있다.

이 연구에서는 고강도 철근의 적용성에 대한 기초적인 연구자료를 제공하기 위하여 고강도 나선철근으로 횡구속된 콘크리트의 거동을 평가하였다. 실험변수는 콘크리트의 압축강도와 나선철근의 항복강도로 하였으며, 실험으로부터 얻은 결과는 기존 제안식과 비교·검토를 통하

1) 정회원, 공주대학교 건축공학과 연구교수
2) 정회원, 공주대학교 건축공학과 박사과정
3) 정회원, The University of Akron, Assistant Professor
4) 정회원, 성균관대학교 건축공학과 교수
5) 정회원, 공주대학교 건축공학과 부교수, 교신저자

* Corresponding author : kimkh@kongju.ac.kr 041-521-9335
• 본 논문에 대한 토의를 2012년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2012년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

Table 1 Mix design of concrete

Design strength (MPa)	G_{max} (mm)	W/B (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)							
				W	C	FA	SP	SF	S	G	AD
25	25	60.0	50.0	177	265	30	–	–	900	907	1.48
70	20	26.8	44.0	165	320	–	246	49	802	872	6.15

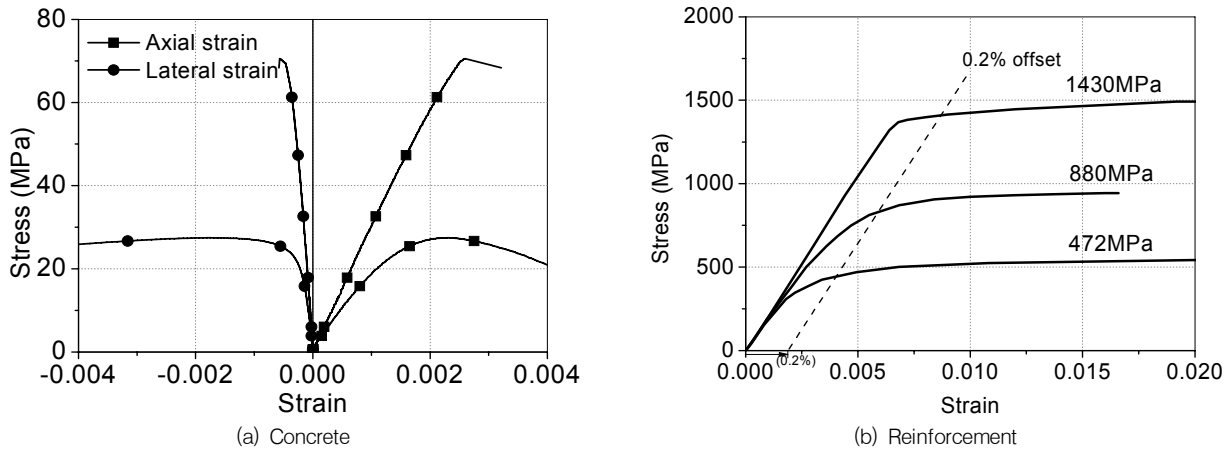


Fig. 1 Stress-strain relationship of materials

여 RC부재 적용성을 검토하였다.

2. 실험계획

2.1 사용 재료

2.1.1 콘크리트

이 연구에서는 Table 1과 같이 배합강도가 25MPa과 70MPa인 콘크리트를 사용하였다. 배합강도 25MPa의 콘크리트는 굵은 골재 최대치수가 25mm, 물결합재비는 60%로 배합하였으며 슬럼프는 185mm이었다. 배합강도 70MPa의 콘크리트는 최대치수가 20mm인 굵은 골재를 사용하였으며, 물결합재비는 26.8%, 슬럼프플로우는 630mm이었다. 총 24개의 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 실린더형 공시체를 제작하여 실험체 파괴 일에 압축강도를 시험한 결과, 보통강도와 고강도 콘크리트의 압축강도는 각각 28.0MPa과 71.7MPa로 측정되었다. 콘크리트의 응력-변형률 곡선은 Fig. 1(a)에 나타내었다.

2.1.2 나선철근

이 연구에서는 항복강도가 보통강도, 고강도 및 초고강도인 $\phi 4.5\text{mm}$ 원형 나선철근을 사용하였다. KS B 0802

Table 2 Mechanical properties of steel bars

Type	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elastic modulus (GPa)
$\phi 4.5$	472	553	197
$\phi 4.5$	880	952	200
$\phi 4.5$	1430	1522	199

(한국표준협회, 2003)에 준하여 철근인장시험을 수행하였으며, 그 결과 Fig. 1(b)와 같은 응력-변형률 관계를 얻을 수 있었다. 0.2% 오프셋법을 이용하여 철근의 항복강도를 산정한 결과 각각 472MPa, 880MPa, 1430MPa를 얻을 수 있다. 나선철근의 인장강도, 탄성계수 및 항복변형률은 Table 2에 나타난 것과 같다.

2.2 실험체 상세

이 연구에서는 고강도 나선철근의 황구속 효과를 평가하기 위하여 Fig. 2와 같이 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 원형 실린더 실험체를 제작하였다. 실험변수는 나선철근의 항복강도($f_y = 472\text{MPa}, 880\text{MPa}, 1430\text{MPa}$)와 콘크리트 압축강도($f'_c = 25\text{MPa}, 70\text{MPa}$)로 하였으며, 철근비는 1.75%로 동일하게 계획하였다.

실험체는 Table 3에 나타난 바와 같이 무근콘크리트를

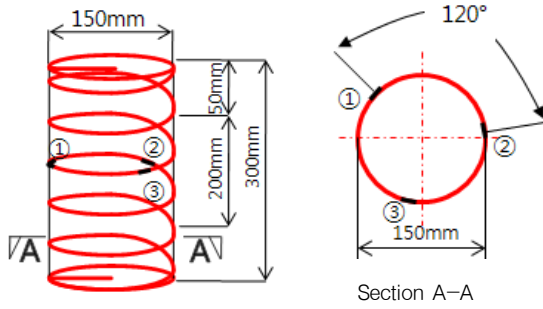


Fig. 2 Details of specimens

포함하여 총 8개 시리즈로 계획하였으며, 시리즈별로 3개씩 총 24개를 제작하였다. 실험체는 나선철근만에 의한 횡구속 효과에 미치는 영향을 평가하기 위하여 콘크리트의 피복이 없도록 나선철근의 외경과 실험체의 크기를 동일하게 제작하였다. 나선철근의 횡구속에 의한 변형을 평가하기 위하여 Fig. 2에서와 같이 실험체 중앙부에 120° 간격으로 스트레인 게이지를 부착하였다.

2.3 가력 및 측정 방법

실험체의 축방향과 횡방향 변형을 측정하기 위하여 Fig. 3과 같이 LVDT를 120°방향으로 설치하였다. 축방향 LVDT는 실험구간이 200mm가 되도록 중심이 상·하부면에서 50mm 떨어진 위치에 고정된 철제 환봉에 장착하였으며, 횡방향 LVDT는 실험체 중앙에서의 횡팽창을 측정하기 위하여 상부 철제 환봉에 고정하였다. LVDT 설치현황은 Fig. 3에 나타내었다. 실험은 4500kN 용량의 UTM을 이용하여 변위제어법으로 실시하였다.

3. 실험결과

실험에서 측정된 실험체의 응력-변형률 관계는 Fig. 4에 나타내었다. Table 3은 각 시리즈별 실험결과를 평균하여 나타낸 결과이다. Fig. 4에서 나선철근으로 횡보강된 실험체의 횡변형률은 나선철근에 부착한 게이지 값으

Table 3 Details of specimens and experimental results

No.	Specimens	f'_{co} (MPa)	f_{wy} (MPa)	s (mm)	ρ_s (%)	Experimental results				$\frac{f'_{cc}}{f'_{co}}$	Yield*
						Peak stress (MPa)	Peak load (kN)	Axial strain at peak load	Lateral strain at peak load		
1	P25	25	-	-	-	28.0	495.2	0.0023	0.0017	-	-
2	NS25		472	25	1.75	40.1	713.9	0.0116	0.0077	1.43	○
3	HS25		880			49.5	869.7	0.0190	0.0112	1.77	○
4	US25		1430			54.8	978.2	0.0329	-	1.96	○
5	P70	-	-			-	71.7	1265.9	0.0027	0.0008	-
6	NS70	70	472	25	1.75	80.7	1425.2	0.0039	0.0017	1.13	×
7	HS70		880			82.0	1449.0	0.0039	0.0022	1.14	×
8	US70		1430			82.8	1462.6	0.0040	0.0020	1.15	×

* f'_{co} : strength of unconfined concrete, f'_{cc} : strength of confined concrete, f_{wy} : yield strength of spirals

○: yield before peak load, ×: not yield before peak load

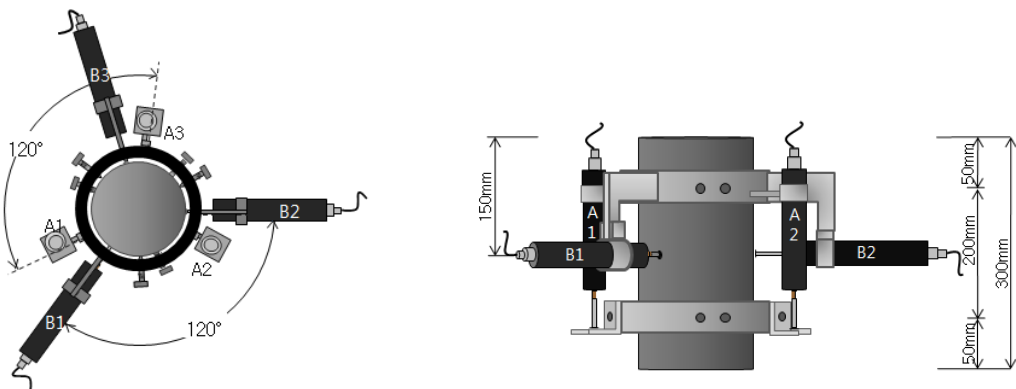
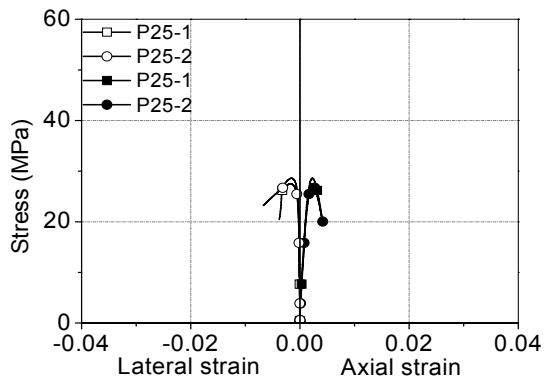
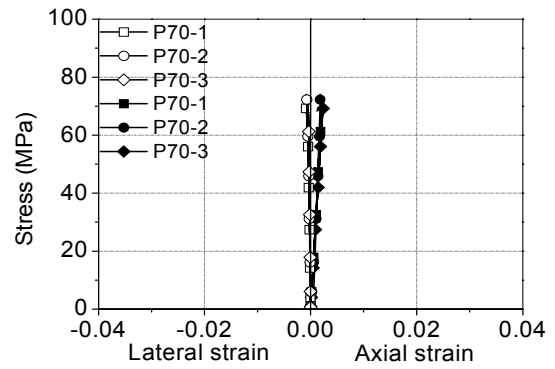


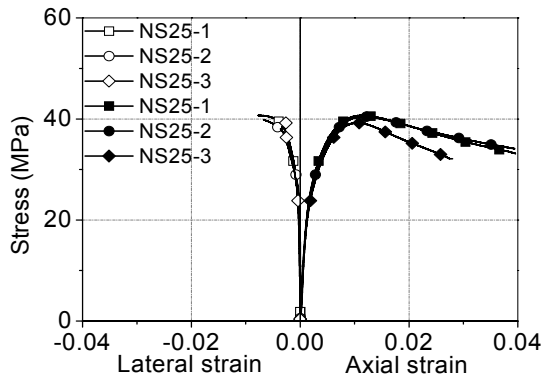
Fig. 3 Test setup of specimen



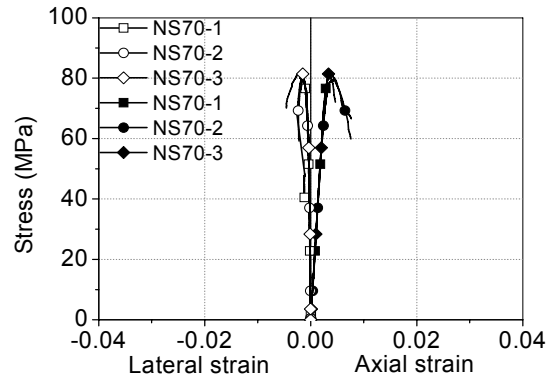
(a) P25



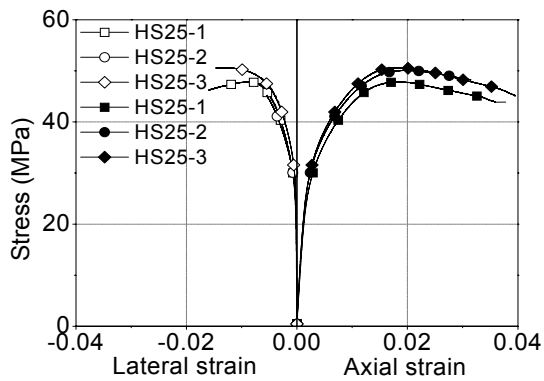
(b) P70



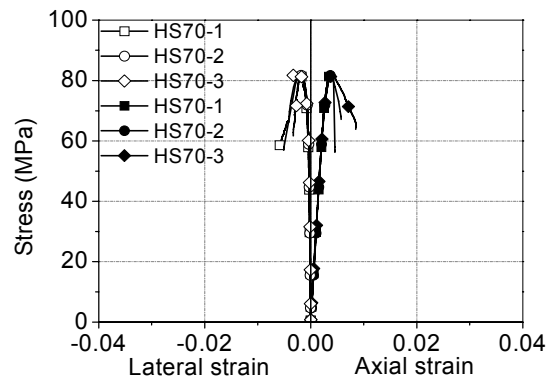
(c) NS25



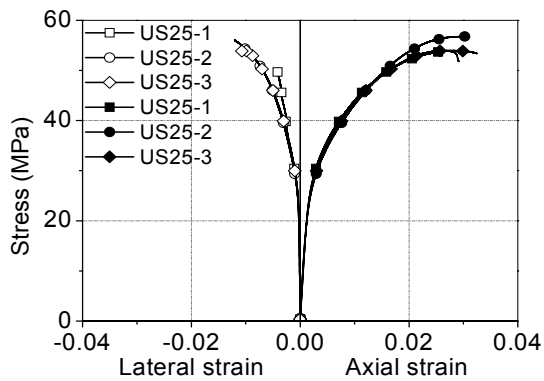
(d) NS70



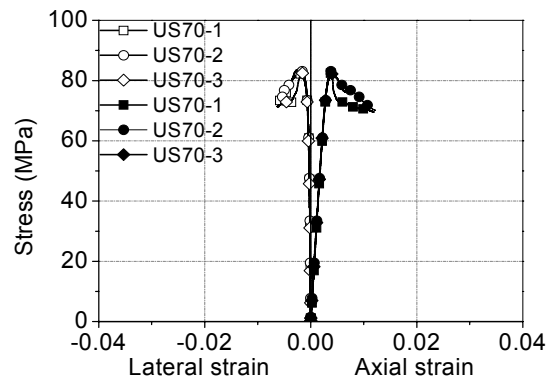
(e) HS25



(f) HS70



(g) US25



(h) US70

Fig. 4 Stress-strain relationships of tested specimens

로 하였다.

콘크리트 압축강도가 보통강도인 25시리즈의 경우, Fig. 4와 Table 3에서 보는 바와 같이 나선철근의 항복강도가 증가할수록 최대응력과 최대응력시 나선철근의 변형률 또한 크게 증가하는 연성적인 거동을 보였다. 보통강도 나선철근을 사용한 NS25 실험체($f_{wy}=472\text{MPa}$)는 무근실험체에 비하여 약 44%의 강도증진을 나타내었으며, 초고강도 나선철근을 사용한 US25 실험체($f_{wy}=1430\text{MPa}$)는 약 98%의 강도증진을 나타내었다.

고강도 콘크리트를 사용한 70시리즈의 경우, Fig. 4와 Table 3에 나타낸 것과 같이 항복강도가 증가하여도 최대응력과 최대응력시 축변형률 및 나선철근 변형률의 변화를 거의 관찰할 수 없었다. 즉, 나선철근을 사용한 NS70 실험체는 무근실험체에 비하여 13%의 강도증진을 나타내었으며, 초고강도 나선철근을 사용한 US70 실험체 또한 15%의 강도증진만을 나타내었다.

보통강도 콘크리트를 사용한 25시리즈 실험체는 Table 3에 나타낸 바와 같이 모든 나선철근이 최대응력 이전에 항복하였다. 여기서 US25 실험체의 경우 최대응력 이전에 게이지 탈락이 있었지만 Fig. 4에서 보는 바와 같이 초고강도 나선철근이 항복하였음을 알 수 있다. 반면에 고강도 콘크리트를 사용한 70시리즈 실험체에서는 모든 나선철근이 최대하중 이전에 항복하지 않았음을 실험결과 확인할 수 있었다.

3.1 실험체 파괴양상

실험체 파괴 후 균열 양상은 Photo 1에 나타내었다. 무근실험체는 실험체 파괴 후 주압축 응력 방향인 축방향으로 균열이 크게 발생하였다. 반면에 나선철근으로 횡구속된 실험체는 나선철근으로 횡구속되지 않은 부분에서만 콘크리트의 탈락현상이 나타나 나선철근에 의한 횡구속이 이루어졌음을 확인할 수 있었다.

25시리즈 실험체의 경우 보통강도 나선철근으로 횡구속된 NS25 실험체에 비하여 고강도와 초고강도 나선철근으로 횡구속된 HS25 및 US25 실험체에서 콘크리트 박리 현상이 두드러지게 나타났음을 Photo 1에서 확인할 수 있다. 이는 나선철근의 항복강도가 높을수록 횡구속 효과가 증대되어 높은 횡변형률에서 실험체의 파괴가 이루어지기 때문으로 판단된다.

고강도 콘크리트를 사용한 70시리즈 실험체의 경우, 콘

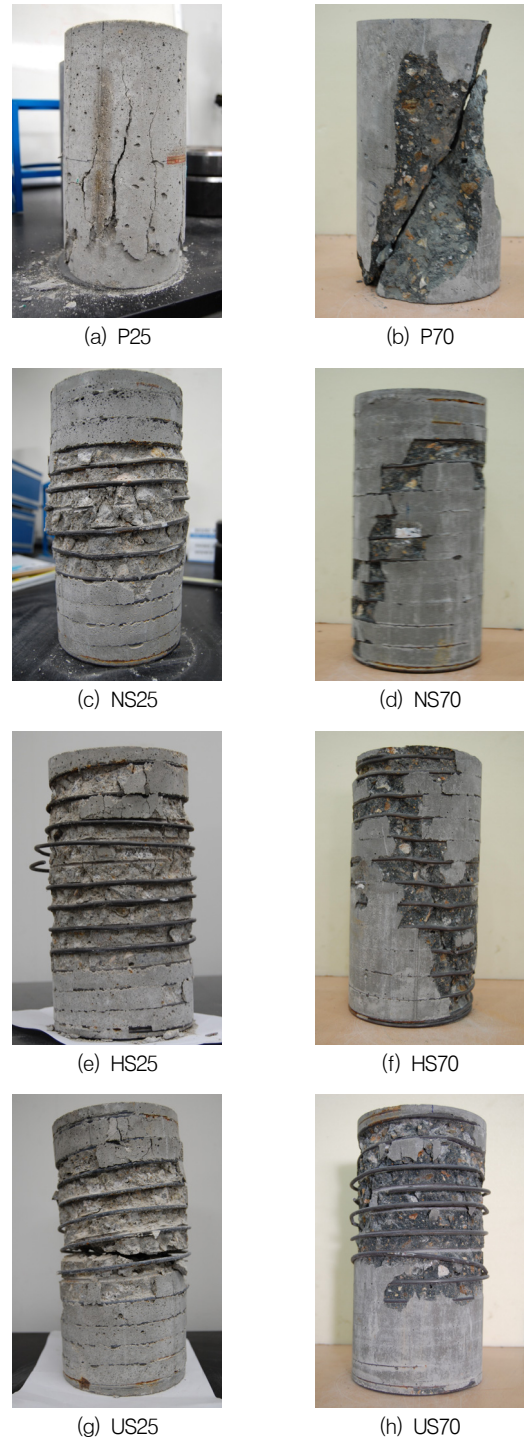


Photo 1 Crack patterns of specimens after failure

크리트 박리현상이 보통강도 콘크리트인 25시리즈에 비하여 작게 나타났다. 이는 콘크리트의 압축강도가 증가할수록 콘크리트의 횡팽창율이 줄어드는 특성에 의하여 최종 파괴시 실험체의 횡변형률이 작았기 때문으로 판단된다.

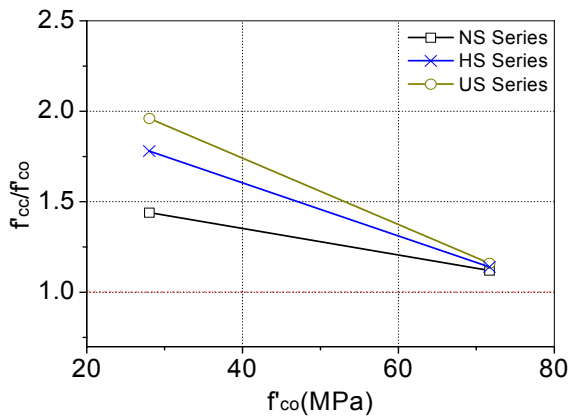


Fig. 5 Strength enhancement of tested specimens according to compressive strength of concrete

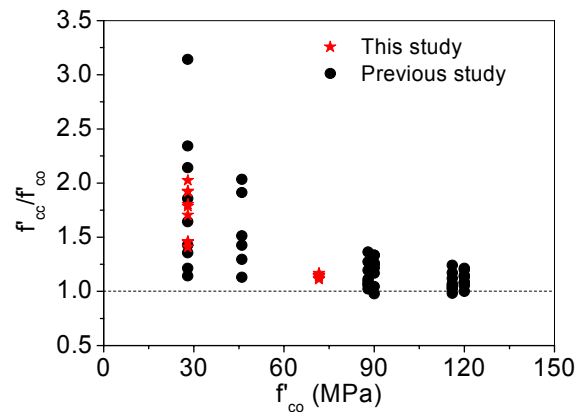


Fig. 6 Effect of compressive strength of concrete for strength enhancement

4. 실험결과 분석

4.1 콘크리트 압축강도의 영향

콘크리트 압축강도에 따른 실험체의 강도증진효과를 Fig. 5에 나타내었다. 콘크리트 압축강도가 보통강도인 25시리즈 실험체의 경우 나선철근의 항복강도가 증가할수록 강도증진효과가 증가하는 양상을 나타내었다. 반면에 고강도 콘크리트를 사용한 70시리즈 실험체의 경우 나선철근의 항복강도에 관계없이 강도증진효과는 미미하게 나타났다. 이는 콘크리트 압축강도가 증가할수록 횡팽창율이 감소하여 나선철근에 미치는 영향 또한 감소하기 때문으로, Li-Bing 등(2001)이 보고한 내용과 일치한다.

Fig. 6은 New RC 프로젝트(일본국토개발기술센터, 1988~1992)의 실험결과를 본 실험결과와 함께 나타낸 것이다. 실험결과는 총 50개의 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 실린더형 실험체로 콘크리트 압축강도는 28~120MPa, 횡보강근의 항복강도는 280~1330MPa, 횡보강근비는 0.58~2.33%인 것을 참고하여 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 콘크리트 압축강도가 증가할수록 나선철근의 횡구속에 의한 강도증진은 감소함을 알 수 있다. 특히 콘크리트 압축강도가 약 70MPa 이상인 경우 나선철근의 항복강도 증가에 따른 강도 증진은 현저히 감소하여 강도증진효과가 없음을 알 수 있다.

4.2 나선철근 항복강도의 영향

나선철근의 항복강도에 따른 실린더 실험체의 강도증진효과를 Fig. 7에 나타내었다. 보통강도 콘크리트를 사

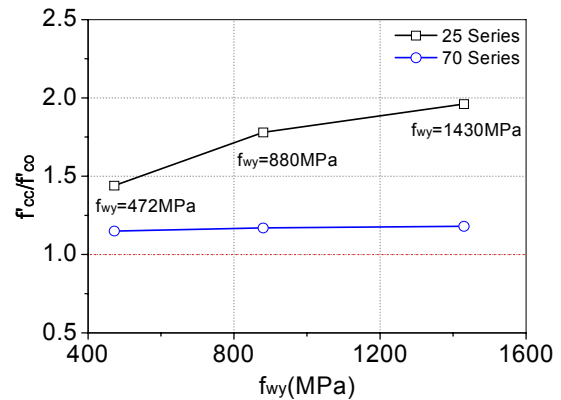


Fig. 7 Strength enhancement of tested specimens according to yield strength of steel spirals

용한 25시리즈의 경우 나선철근의 항복강도가 472MPa인 NS25 실험체는 무근실험체에 비하여 약 45%의 강도가 증진되었으며, 나선철근의 항복강도가 880MPa인 HS25 실험체는 약 75%의 강도증진효과를 나타내었다. 또한 나선철근의 항복강도가 1430MPa인 US25 실험체는 무근 실험체에 비하여 약 95%의 강도 증진을 보였다. 나선철근의 항복강도가 증가할수록 강도증진율의 상승폭은 다소 감소하였지만 보통강도 콘크리트에서 나선철근의 항복강도 증가가 강도 증진에 미치는 영향이 지배적 인자임을 알 수 있다.

4.1절에서 기술한 바와 같이 나선철근의 항복강도에 따른 횡구속 효과는 콘크리트의 압축강도가 높아질수록 감소하는 양상을 나타내었다. 즉, Fig. 7에서 보는 바와 같이 고강도 콘크리트를 사용한 70시리즈의 경우 강도증진율이 나선철근 항복강도에 관계없이 약 15%로 나타나 보통 강도 콘크리트를 사용한 25시리즈에 비하여 강도증진

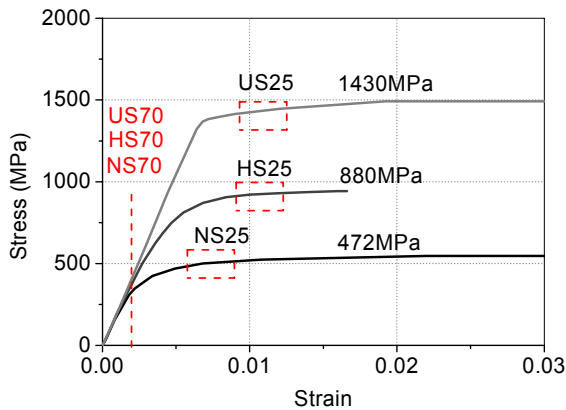


Fig. 8 Lateral strain of steel spirals of tested specimens at peak load

효과가 크게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는 최대응력시 나선철근의 변형 상태를 나타낸 Fig. 8에서 그 원인을 찾을 수 있다. 즉, 25시리즈 실험체는 최대하중 이전에 나선철근이 항복에 도달하여 충분한 횡구속 효과를 나타낸 반면, 70시리즈 실험체는 고강도 콘크리트의 낮은 횡팽창 성질에 의하여 나선철근이 항복에 도달하지 못하고 서로 유사한 변형률에서 최대응력에 도달하였기 때문이다.

5. 기존 제안식 고찰

이 장에서는 고강도 나선철근을 사용한 실험체의 횡구속 거동을 예측하기 위하여 Mander 등(1988)과 El-Dash와 Ahmad(1995)가 제안한 식을 이용하여 해석을 수행하고 그 결과를 분석하였다.

5.1 기존 제안식

5.1.1 Mander 등

Mander 등(1988)이 제안한 나선철근으로 횡구속된 콘크리트의 응력-변형률 관계식은 1973년 Popovics가 제안한 응력-변형률 관계식에 기초하고 있다. 이 식의 기본 식은 다음과 같다.

$$f_c = \frac{f'_{cc}xr}{r-1+x^r} \quad (1)$$

여기서 f_c 와 f'_{cc} 는 각각 횡구속된 콘크리트의 응력과 최대응력, x 와 r 는 각각 변형률과 기울기에 대한 계수를 뜻한다. Mander 등은 최대응력과 그 때의 축변형률(이하

최대축변형률)을 다음과 같이 제안하였다.

$$f'_{\alpha} = f'_{\omega} \left(-1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94f'_{\ell}}{f'_{\omega}} - 2 \frac{f'_{\ell}}{f'_{\omega}}} \right) \quad (2)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left[1 + 5 \left(\frac{f'_{cc}}{f'_{co}} - 1 \right) \right] \quad (3)$$

여기서 f'_{ℓ} 은 유효 횡구속 응력을 뜻하며 다음과 같다.

$$f'_{\ell} = \frac{1}{2} k_e \rho_s f_{yh} \quad (4)$$

여기서 k_e 는 유효 횡구속 계수, ρ_s 는 나선철근비, f_{yh} 는 나선철근의 항복강도를 의미한다.

5.1.2 El-Dash와 Ahmad

El-Dash와 Ahmad(1995)는 나선철근으로 횡구속된 콘크리트의 응력-변형률 관계를 다음과 같이 제안하였다.

$$y = \frac{Ax + (B-1)x^2}{1 + (A-2)x + Bx^2} \quad (5)$$

여기서 계수 A와 B는 각각 상승곡선과 하강곡선의 기울기를 결정하며, 최대응력과 최대축변형률은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$f'_{cc} = f'_{co} + k_1 f_{\ell} \quad (6)$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} + k_2 \frac{f_{\ell}}{f'_{co}} \quad (7)$$

여기서 k_1 과 k_2 는 각각 횡구속에 의한 응력과 변형률의 증진과 관련된 계수이며, f_{ℓ} 은 횡구속 응력으로 다음과 같다.

$$f_{\ell} = \frac{1}{2} \rho_s f_{yh} \left(1 - \sqrt{\frac{s}{1.25D_c}} \right) \quad (8)$$

여기서 s 는 나선철근의 간격, D_c 는 콘크리트 코어 직경으로 나선철근의 중심간 간격이다.

5.2 실험결과와 해석결과 비교

기존 제안식에 의한 해석결과는 Table 4와 Fig. 9에서 실험결과와 비교 분석하였다. Fig. 9에서 보는 바와 같이,

Table 4 Comparison of experimental and analytical results for strength enhancement of tested specimens

Specimens	Experimental result			Mander et al.				El-Dash and Ahmad			
	f'_{co}	$f'_{cc,exp}$	$f'_{cc,exp} - f'_{co}$ (①)	$f'_{cc,ana}$	$\frac{f'_{cc,ana}}{f'_{cc,exp}}$	$f'_{cc,ana} - f'_{co}$ (②)	② / ①	$f'_{cc,ana}$	$\frac{f'_{cc,ana}}{f'_{cc,exp}}$	$f'_{cc,ana} - f'_{co}$ (③)	③ / ①
NS25	28.0	40.4	12.4	49.6	1.23	21.6	1.74	40.9	1.01	12.9	1.04
HS25		49.2	21.2	62.0	1.26	34.0	1.60	45.6	0.93	17.6	0.83
US25		55.4	27.4	74.4	1.34	46.4	1.69	50.5	0.91	22.5	0.82
NS70	71.7	80.7	9.0	96.9	1.20	25.2	2.83	92.3	1.14	20.6	2.29
HS70		82.0	10.3	114.6	1.40	42.9	4.17	99.9	1.22	28.2	2.74
US70		82.8	11.1	134.6	1.63	62.9	5.67	107.7	1.30	36.0	3.24
				Mean	1.34	-	2.95	-	1.09	-	1.83
				COV	11.8%	-	56.3%	-	14.7%	-	58.3%

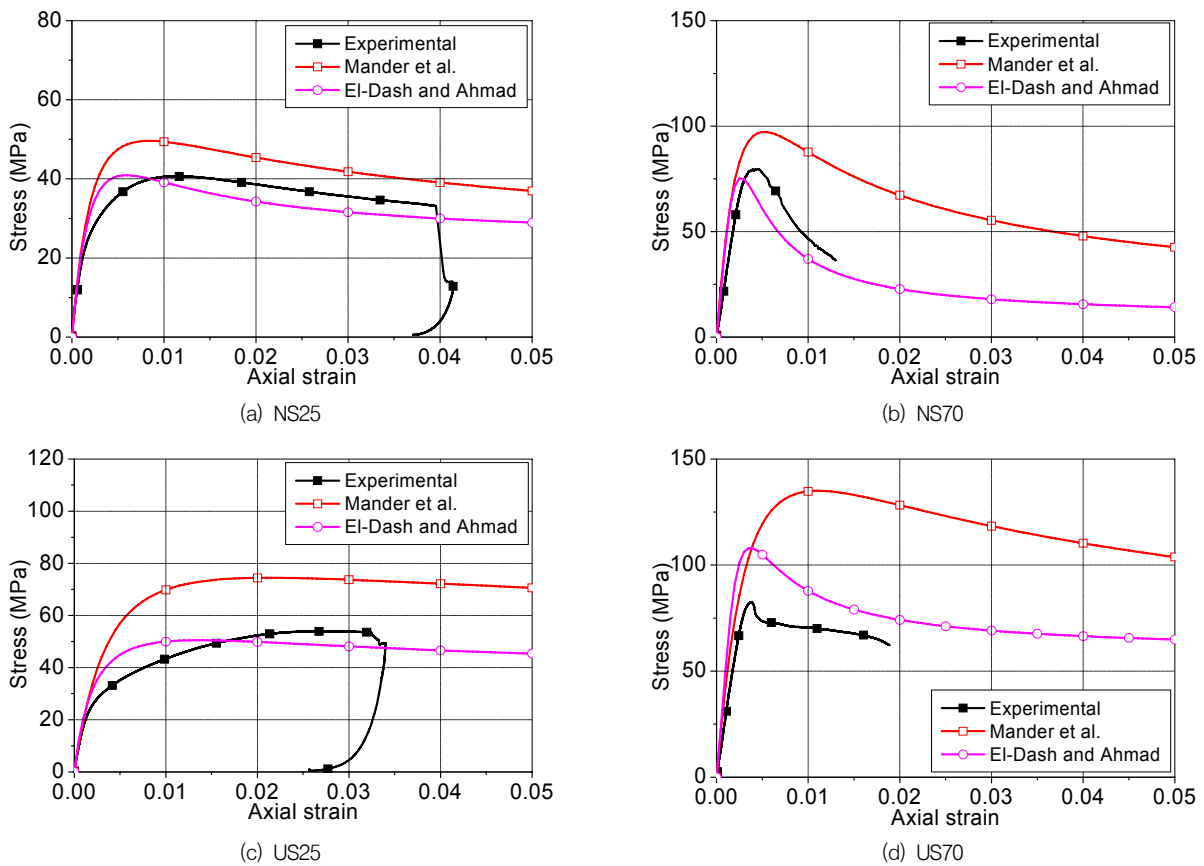


Fig. 9 Comparison of experimental and theoretical results obtained from existing analytical models

Mander 등의 제안식은 응력-축변형률 관계를 본 실험결과와 비교적 유사하게 예측하였으나 나선철근의 항복강도와 콘크리트 압축강도가 증가할수록 오차는 증가하는 경향을 나타내었다.

Mander 등의 제안식은 Table 4에 나타낸 바와 같이 실험체의 최대응력을 25시리즈에서 약 34% 과대평가하였으며, 70시리즈에서는 약 60%까지 과대평가하였다.

이러한 과대평가는 횡구속에 의하여 무근실험체보다 증분되는 응력에 대한 실험결과와 해석결과 비(이하, 순응력증진비)를 살펴보면 더욱 명확해진다. Table 4로부터 나선철근 횡구속에 따른 순응력증진비는 25시리즈에서 평균 1.68배, 70시리즈에서 최대 5.67배까지 과대평가하고 있음을 알 수 있다. 이는 기존 연구결과가 모두 식 (4)에서 횡구속압 산정시 나선철근이 모두 항복한다고 가정

하였을 뿐만 아니라, 콘크리트 압축강도와 나선철근 항복강도가 보통강도인 실험결과에 바탕을 두었기 때문에 판단된다.

EI-Dash와 Ahmad의 제안식은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 실험체의 응력-축변형률 관계를 비교적 잘 예측하였으며, 최대하중시 응력 또한 평균 1.09와 변동계수 14.7%로 비교적 잘 예측하였다. 그렇지만 나선철근의 항복강도가 증가할수록 최대축변형률과 강도 측면에서 오차가 증가함을 Fig. 9로부터 알 수 있다.

Table 4의 순응력증진비에서 EI-Dash와 Ahmad의 제안식은 NS25인 경우 1.04로 매우 정확히 예측하였다. 반면에 나선철근 항복강도가 증가할수록 25시리즈에서 0.82, 70시리즈에서 최대 3.24로 오차는 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 EI-Dash와 Ahmad의 제안식이 나선철근의 항복강도가 약 400MPa 이하인 실험결과에 바탕을 두고 있을 뿐만 아니라, 식 (8)에서 나타낸 바와 같이 횡보강근이 모두 항복한다고 가정하였기 때문에 판단된다.

6. 결론

이 연구에서는 콘크리트의 압축강도에 따른 고강도 나선철근의 횡구속 효과를 실험하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 콘크리트의 압축강도가 증가할수록 나선철근의 횡구속 효과는 감소하였으며, 이는 콘크리트 압축강도가 증가할수록 횡팽창률이 감소하기 때문인 것으로 판단된다.
- (2) 나선철근의 항복강도가 증가할수록 나선철근의 횡구속 효과는 증가하였으나, 콘크리트의 압축강도가 증가함에 따라 그 효과는 감소하였다.
- (3) 보통강도 콘크리트를 사용한 실험체는 횡구속된 나선철근이 최대응력 이전에 모두 항복하였으나, 고강도 콘크리트를 사용한 실험체는 횡구속된 나선철근이 최대응력 이전에 항복하지 않음을 실험결과 확인할 수 있었다.
- (4) 기존 제안식에 의한 해석결과와 실험결과를 비교 분석한 결과, 콘크리트 압축강도와 나선철근의 항

복강도가 증가할수록 정확성이 떨어지는 것으로 확인되었다. 이는 콘크리트 압축강도에 관계없이 나선철근이 항복한다고 가정하였기 때문에 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구(2011-0022977)입니다. 또한, 공주대학교 연구년 사업에 의하여 연구되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김상우, 김도진, 윤혜선, 백승철, 김길희, "고강도 전단철근을 사용한 철근콘크리트 보의 부착성능 향상에 관한 실험적 연구", 콘크리트학회 논문집, 제22권 4호, 2010. 8, pp.527-534.
2. 임보람, "현대 초고층 건축물의 형태적 경향에 관한 연구", 대한 건축학회 논문집, 제24권 12호, 2008, pp.279-286.
3. 한국콘크리트학회, "콘크리트구조설계기준", 한국콘크리트학회, 2007, p.100.
4. 한국표준협회, KS B 0802, 금속 재료 인장시험 방법, 2003.
5. 한국표준협회, KS F 2405, 콘크리트 압축시험 방법, 2010.
6. (財) 日本国土開発技術センター, New RC 究開発概要報告書, 1988~1992.
7. Beni Assa, Minehiro Nishiyama, and Fumio Watanabe, "New Approach for Modeling Confined Concrete", Journal of Structural Engineering, July 2001, vol. 127, No. 7, pp.743-750.
8. 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, August 1988, pp.1804-1826.
9. K. M. El-Dash and S. H. Ahmad, "A Model for Stress-Strain Relationships of Spirally Confined Normal and High-Strength Concrete Columns", Magazine of Concrete Research, vol. 47, No. 171, June 1995, pp.171-184.
10. K.-H. Kim and Y. Sato, "Bond-strengthening Hooks for RC Members with High Strength Spirals", Journal of KCI, vol. 17, No. 5, October 2005, pp.835-842.
11. Li Bing, R. Park and H. Tanaka, "Stress-Strain Behavior of High-Strength Concrete Confined by Ultra-High-and Normal-Strength Transverse Reinforcements", ACI Structural Journal, vol. 98, No. 3, May-June 2001, pp.395-406.

(접수일자 : 2012년 3월 28일)

(수정일자 : 2012년 5월 31일)

(심사완료일자 : 2012년 6월 4일)

요 지

이 연구에서는 콘크리트 압축강도에 따른 고강도 나선철근의 횡구속 성능을 평가하고자 하였다. 총 24체의 실린더형 콘크리트 실험체(150×300mm)를 제작하고 단조 압축하중 실험을 수행하였다. 주요 실험변수는 나선철근의 항복강도와 콘크리트 압축강도로 계획하였다. 나선철근의 항복강도에 따른 횡구속 효과를 효과적으로 평가하기 위하여 나선철근의 외경을 실험체 직경과 동일하게 계획하였다. 실험결과, 나선철근의 횡구속 성능은 나선철근의 항복강도가 증가할수록 그리고 콘크리트 압축강도가 낮아질수록 증가하였다. 또한 기존 해석모델을 이용하여 실험체의 응력-축변형률 관계를 예측한 결과, 해석결과는 나선철근의 항복강도와 콘크리트 압축강도가 증가할수록 정확성이 떨어지는 것으로 확인되었다.

핵심 용어 : 횡구속, 구속 콘크리트, 고강도 철근, 나선철근
