

나선철근으로 횡구속된 순환골재 콘크리트의 구조적 성능에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Structural Performance of Recycled Coarse Aggregate Concrete Confined by Steel Spirals

김 상 우¹⁾ 정 창 교²⁾ 이 선 희³⁾ 김 길 희^{4)*}
Kim, Sang Woo Jung, Chang Kyo Lee, Sun Hee Kim, Kil Hee

Abstract

This paper estimated the structural behavior of recycled aggregate concrete confined with spiral reinforcement. The main test parameter was designed to be the type of aggregates and the steel ratio of spirals. A total of 18 specimens were cast and tested in this study. All the specimens had a diameter of 150mm and a height of 300mm. The specimens can be divided into two groups, based on the type of coarse aggregate used. The ratio of spiral reinforcement was varied from 0 % to 1.75%. To measure the axial and lateral deformations of the specimens, a total of six linear variation displacement transducers (LVDTs) were installed at each specimen. Furthermore strain gauges were also attached to the steel spirals to obtain the strain of spiral reinforcements. From the experimental results, the structural performance of recycled aggregate concrete specimens confined by steel spirals was similar to that of natural aggregate concrete specimens regardless of the ratio of spiral reinforcement.

Keywords : Recycled aggregate, Confined concrete, Spiral reinforcement, Stress-strain relationship, Strength enhancement

1. 서 론

우리나라의 골재의 수요량은 매년 증가하고 있으나 천연골재의 채취는 환경문제를 야기하는 등 사회적인 문제로 인식되어 건설교통부에서 제정한 ‘골재채취법’에 의하여 크게 제한되고 있는 실정이다(건설교통부, 2002). 이러한 천연골재의 고갈과 규제에 인하여 약 2020년에는 천연골재의 공급이 한계 골재 수요량에 거의 도달할 것으로 예상된다(건설교통부, 2005).

2006년 기준 건설폐기물은 Fig. 1(환경부, 2006)에서 나타낸 바와 같이 우리나라에서 발생하는 전체 폐기물의 약 50%를 차지하며 이 중 약 60% 이상을 폐콘크리트가 차지하고 있다. 폐콘크리트의 발생량은 매년 증가하여 2020년에 약 1억 톤 이상이 될 것으로 추정된다.

천연골재의 고갈현상과 환경문제를 해결할 수 있는 방법으로 최근 폐콘크리트를 재활용한 순환골재에 대한 연구가 진행되고 있다(이현아, 2009). 순환골재는 폐콘크

리트를 재활용하기 때문에 친환경적인 동시에 개발 가능량 측면에서 천연골재를 대체할 수 있는 대체골재자원으로 개발 가치를 충분히 가진다.

순환골재의 부가가치를 높이고 대체골재자원으로 적극 활용하기 위하여 최근 순환골재의 의무 사용을 권장하는 법률(환경부, 2009)이 제정되고 순환골재의 품질기준 또한 엄격해졌다(지상규 등, 2008). 이로 인하여 순환골재의 품질수준이 크게 향상되었으며 더욱 다양한 용도로 순환골재를 적용할 수 있게 되었다. 그렇지만 현재 순환골재는 부정적인 인식으로 인하여 매립공사용으로 사용되거나 일정수준으로 단순 파쇄하여 성토용 및 도로기층용과 같은 저부가가치적인 용도로만 사용되고 있다.

순환골재를 구조용 콘크리트 골재로 재활용하는 경우 천연골재를 대체하면서도 고부가가치적인 효과를 기대할 수 있다. 순환골재를 구조용 콘크리트 골재로 사용하기 위해서는 철근콘크리트 구조부재에 대한 적용 가능성을 실험적으로 반드시 검증하여야 하지만, 순환골재 콘크리

1) 정회원, 공주대 건축공학과 연구교수
2) 정회원, 공주대 대학원 석사과정
3) 정회원, 공간 건축사 사무소
4) 정회원, 공주대 건축공학과 부교수

* Corresponding author : kimkh@kongju.ac.kr 041-521-9335

• 본 논문에 대한 토의를 2011년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 2011년 3월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

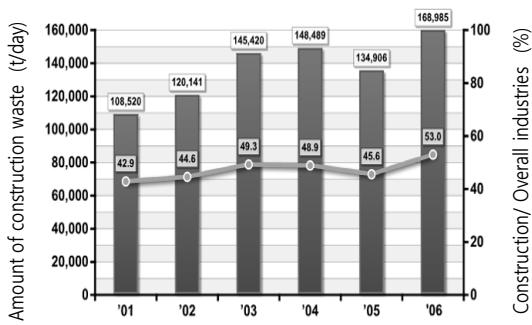


Fig. 1 Amount of construction waste(환경부, 2006)

Table 1 Physical properties of aggregates

Aggregate		Water absorption (%)	Density (g/cm ³)	Fineness modulus (%)	a_{max} (mm)
Coarse	Natural	0.68	2.61	6.60	25
	Recycled	2.55	2.53	6.58	25
Fine	Natural	0.64	2.59	2.94	5

트를 기둥 부재에 적용하기 위한 연구는 아직 미진한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 고품질 순환골재의 철근콘크리트 구조 부재 적용 가능성을 검토하기 위하여 나선철근으로 횡보강된 순환골재 콘크리트의 횡구속 특성에 대하여 고찰하였다.

2. 실험 계획

2.1 재료

2.1.1 콘크리트

이 연구에서는 Table 1에서 나타난 바와 같이 천연골재와 물리적 성질이 유사한 순환골재를 사용하였다. 순환골재의 흡수율은 2008년 개정하여 시행중인 순환골재 품질기준에 만족하도록 3.0% 이하인 것을 사용하였다. 순환골재의 밀도는 KS F 2526(콘크리트용 골재) (한국표준협회, 2007)과 동일한 수준으로 2.5g/cm³ 이상으로 하였다. 조립율과 굵은 골재의 최대치수는 천연골재와 순환골재 모두 각각 약 6.6%와 25mm로 하였다.

잔골재는 천연 굵은 골재와 순환 굵은 골재가 콘크리트의 횡구속 거동에 미치는 영향을 파악하기 위하여 천연 잔골재만을 사용하였다. 천연 잔골재는 세척사로 최대치수는 5mm, 조립율은 2.94이었다.

Table 2는 천연골재와 순환골재를 사용한 콘크리트의 배합설계표를 나타내었다. 천연 및 순환골재를 사용한 콘

Table 2 Mix design of concrete

	f_{ck} (MPa)	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)					Slump (mm)	Air (%)
				W	C	S	G	AD		
NA	25	61.9	50.0	177	257	891	898	2.00	170	5.8
RH	25	60.2	50.0	177	265	888	895	1.91	160	5.8

Table 3 Physical properties of spiral reinforcement

Steel bar	A_s (mm ²)	f_y (MPa)	f_u (MPa)	E_s (MPa)
$\phi 4.5$	15.9	472	553	1.7×10^5

크리트의 설계강도는 순환골재를 사용한 콘크리트의 최대 설계기준강도(국토해양부, 2008)인 27MPa를 준수하여 25MPa로 동일하게 설계하였다.

콘크리트의 슬럼프는 천연골재를 사용한 경우 170mm, 순환골재를 사용한 경우 160mm로 측정되었다. 공기량은 천연골재와 순환골재 모두 5.8%로 나타났으며 이는 순환골재 품질기준(국토해양부, 2008)에 명시되어있는 순환골재에 대하여 규정하는 공기량인 5.0±1.5% 만족하는 수치이다.

2.1.2 철근

Table 3은 이 연구에서 사용된 나선철근의 물리적 특성을 나타낸다. 콘크리트의 횡보강을 위하여 사용된 나선철근은 직경이 4.5mm인 원형철근을 사용하였으며, 항복강도와 인장강도는 인장시험결과 각각 472MPa과 553MPa로 나타났다.

2.2 실험체

2.2.1 실험체 계획

이 연구에서는 천연골재와 순환골재를 사용한 콘크리트의 횡구속 거동에 대한 특성을 비교하기 위하여 Table 4와 같이 골재 종류와 나선철근의 철근비를 실험변수로 하였다. 실험체는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 단면의 직경이 150mm이며 높이가 300mm인 실린더형으로 계획하였다. 실험체는 실험결과와 신뢰도를 높이기 위하여 동일한 실험체를 3체씩, 6시리즈인 총 18체를 제작하였다.

실험체는 천연골재만을 사용한 NA 실험체와 순환골재를 50% 치환한 RH 실험체로 크게 구분할 수 있으며 각 시리즈별로 횡보강근비 1%(43.3mm 간격)와 1.75%(25mm 간격)를 가지도록 계획하였다. 실험체명에서 P는 무근콘크

Table 4 Properties of specimens

No.	Specimens	Coarse aggregate	Fine aggregate	f'_{co} (MPa)	ρ_s (%)	f_{wy} (MPa)
1	NA-P	Natural	Natural	25.2	-	-
2	NA-M				1.00	472
3	NA-S				1.75	472
4	RH-P	Recycled (50%)	Natural	25.6	-	-
5	RH-M				1.00	472
6	RH-S				1.75	472

리트를 뜻하며 나선철근의 철근비가 1.0%인 경우 M, 1.75%인 경우 S로 나타내었다. 실험체에서 황구속에 대한 나선철근의 영향만을 고려하기 위하여 주철근은 배근하지 않았다. 또한 코어콘크리트만의 거동을 평가하기 위하여 나선철근의 외경은 실험체 직경과 동일하게 계획하였다.

2.2.2 실험체 설치현황 및 가력방법

나선철근의 변형률을 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 실험체의 중앙부 나선철근을 기준으로 120° 간격으로 스트레인 게이지를 부착하였다. 콘크리트의 변형률을 측정하기 위하여 Fig. 3과 Fig. 4와 같이 스트레인 게이지와 LVDT를 이용하였다. 스트레인 게이지는 실험체의 중앙부에 종방향과 횡방향으로 각각 120도가 되도록 부착하였다.

LVDT는 실험체의 종방향 및 횡방향 변형을 측정하기 위하여 Fig. 3과 같이 실험체의 상하단 50mm 위치에 설치된 철제 프레임에 각각 3대씩 120도 간격으로 설치하였다. 종방향 LVDT는 실험체 중앙부 200mm 구간의 변형을 측정할 수 있도록 계획하였으며, 횡방향 LVDT는 실험체 중앙부에서의 팽창에 의한 변형을 측정할 수 있도록 계획하였다. 하중은 2000kN 용량의 만능시험기(UTM)를 이용하여 0.006 mm/sec의 변형이 가해지도록 가력하였으며 실험체 설치 전경은 Fig. 4에 나타난 것과 같다.

3. 실험 결과

3.1 응력-변형률 관계

Fig. 5는 실험에 의해 측정된 실험체의 응력-변형률 관계를 나타낸다. 실험결과를 나타낸 Table 5와 Fig. 5(a), (b)에서 보는 바와 같이 천연골재와 순환골재를 사용한 무보강 실험체의 경우 종방향변형률이 약 0.0022에서 최대응력인 평균 26.9MPa과 28.4MPa에 각각 도달한 후 파괴되었다. 여기서 종변형률은 LVDT로 측정한

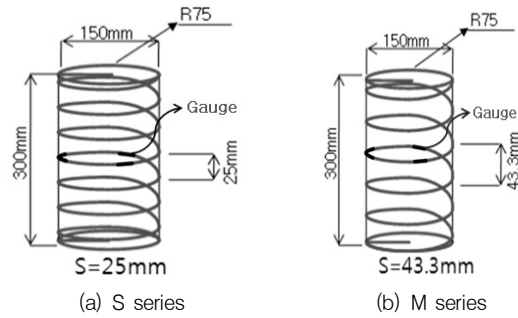


Fig. 2 Details of specimens

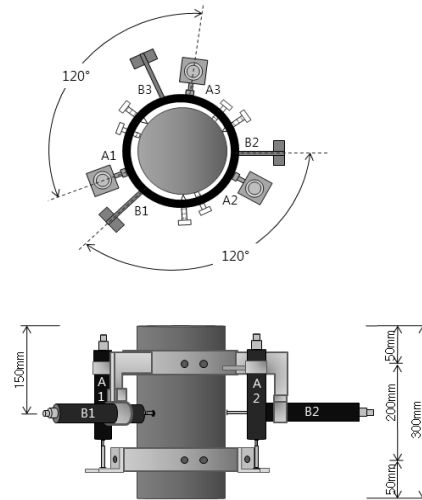


Fig. 3 Test setup of specimen

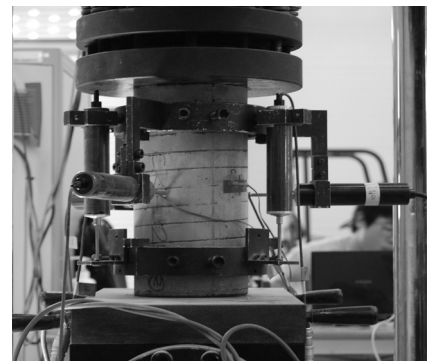
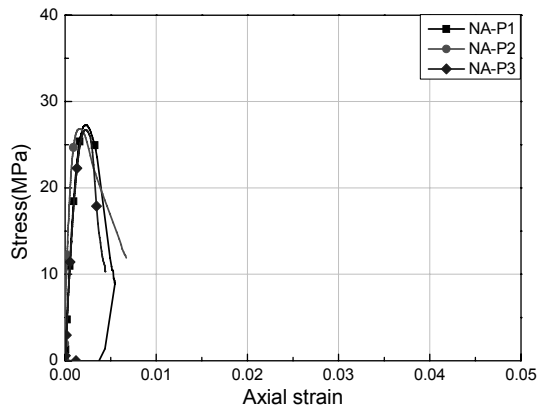


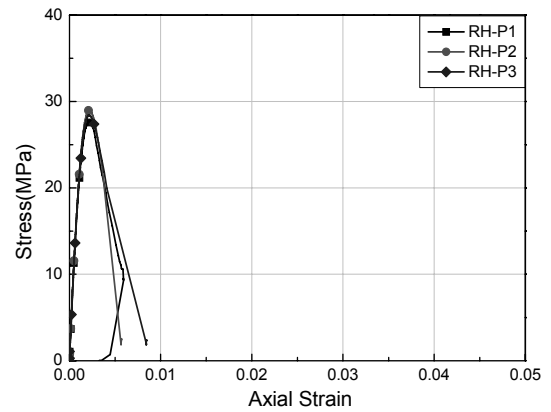
Photo 1 View of test setup

결과를 사용하였으며 횡방향변형률은 무근콘크리트의 경우 LVDT, 나선철근으로 보강된 경우 철근에 부착된 스트레인 게이지로 측정한 결과를 사용하였다.

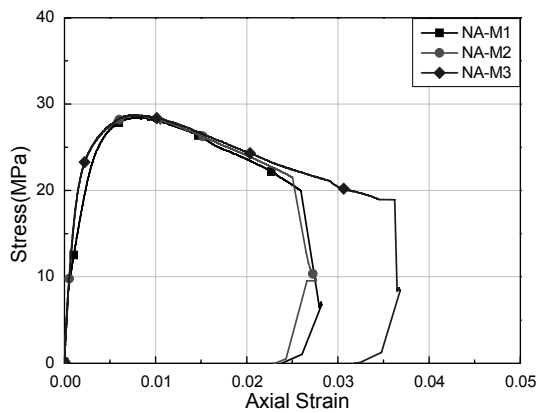
나선철근으로 확보강된 NA 시리즈와 RH 시리즈 실험체는 Table 5에 나타난 것처럼 모두 최대응력 이전에 나선철근이 항복한 후 최종파괴에 이르렀으며, 이때 파괴는 Fig. 5(c)와 (d)에서 보는 바와 같이 무보강 실험체에 비해 연성적 거동을 나타내었다. 나선철근의 철근비가



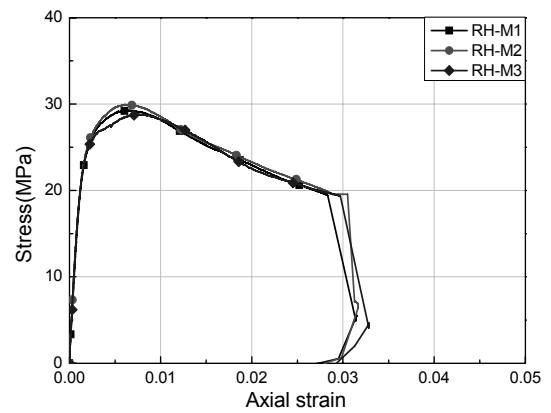
(a) NA-P



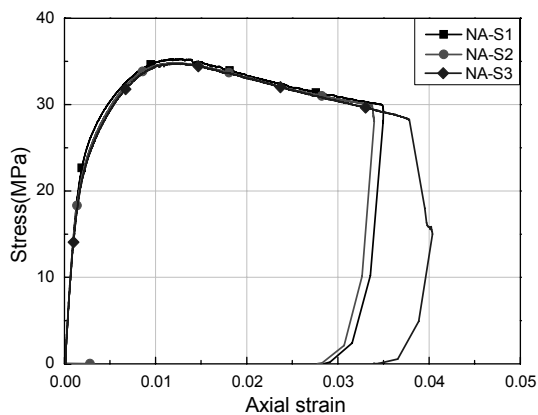
(b) RH-P



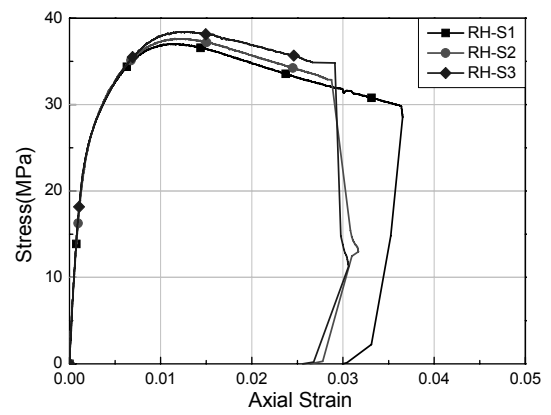
(c) NA-M



(d) RH-M



(e) NA-S



(f) RH-S

Fig. 4 Stress versus axial strain relationships

1.0%인 M 시리즈의 경우 NA-M과 RH-M 실험체는 무보강 실험체(NA-P, RH-P)와 유사한 최대응력을 나타내었으나 최대내력 이후 연성적인 거동으로 최대응력시 변형률(이하 최대변형률)은 각각 평균 0.0078과 0.0068로 크게 증가하였다.

나선철근의 철근비가 1.75%인 NA-S 실험체와 RH-S 실험체는 최대 하중일 때 각각 평균 34.9MPa과

37.7MPa이고 최대변형률이 0.0118로 나타나 강도 및 연성이 크게 증진되었음을 알 수 있다.

3.2 파괴 후 균열 양상

Fig. 6은 실험체의 파괴 후 균열양상을 나타낸다. NA-P와 RH-P 실험체는 Fig. 6(a)와 (d)와 같이 외견상

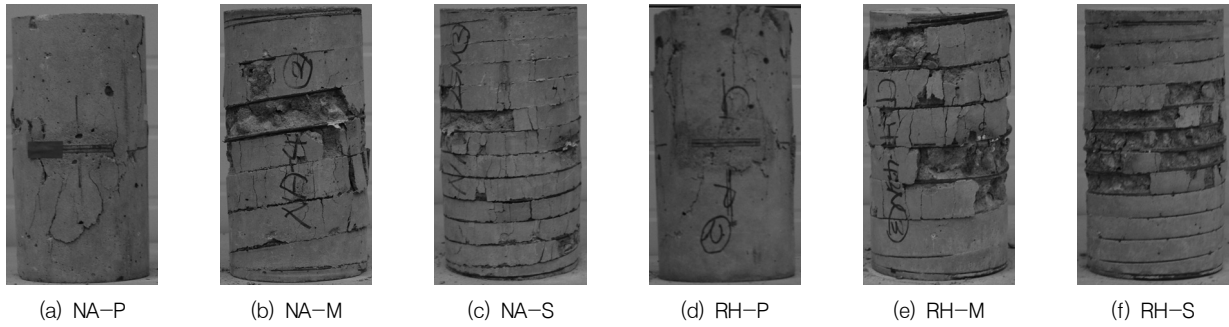


Photo 2 Crack patterns of specimens

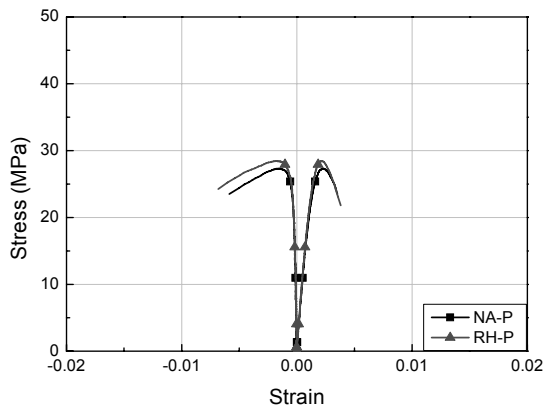
균열의 형태는 서로 유사하게 나타났으나 순환골재를 사용한 RH-P 실험체의 경우 파단된 면에서 골재의 파단이 일부 관찰되었다. 이는 페콘크리트를 파쇄하고 마모하는 과정에서 골재 자체의 내구성이 다소 저하되었기 때문에 판단된다. 그러나 일부 골재에서의 내구성 저하가 보통강도 콘크리트인 본 실험체의 거동에 미치는 영향은 거의 확인할 수 없었다. 이에 대한 설명은 4.1절에서 상세히 기술하였다.

Fig. 6(b)와 (e)는 나선철근비가 1.0%인 M 시리즈 실험체를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 나선철근과 나선철근 사이에 구속되지 않은 콘크리트는 축압축력에 의하여 횡방향으로 팽창하여 콘크리트의 박리가 현저하게 발생하였음을 확인할 수 있다. 이러한 균열 형상은 천연과 순환 골재를 사용한 실험체 모두 유사하게 나타났다. 반면에 나선철근의 철근비가 1.75%인 S 시리즈 실험체는 Fig. 6(c)와 (f)에서와 같이 나선철근에 의한 효과적인 횡구속

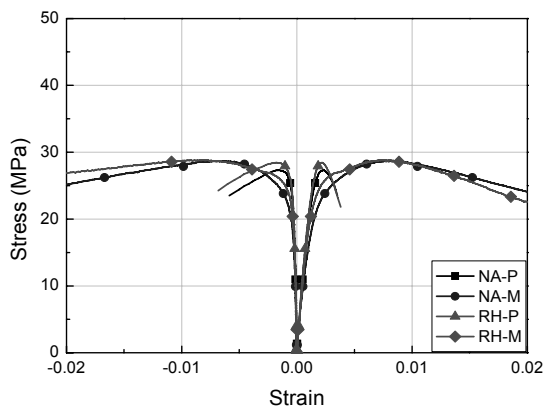
Table 5 Experimental and analytical results of tested specimens

Specimens	f_{yh} (MPa)	s_h (mm)	Experimental results					Analytical results (Mander <i>et al.</i>)			
			Peak stress (MPa)	Axial strain at peak load	Lateral strain at peak load	Yielding of steel spiral	$\frac{f'_{cc}}{f'_{co}}$	Peak stress (MPa)	$\frac{Ana.}{Exp.}$	Axial strain at peak load	$\frac{Ana.}{Exp.}$
NA-P(1)	-	-	27.3	0.0023	0.0015	-	-	26.9	0.99	0.0026	1.13
NA-P(2)			26.8	-	-	-	-	26.9	1.00	0.0026	-
NA-P(3)			26.7	0.0023	0.0014	-	-	26.9	1.01	0.0026	1.13
NA-M(1)	472	43.3	28.4	0.0078	0.0065	Y	1.06	39.1	1.38	0.0083	1.06
NA-M(2)			28.7	0.0084	0.0081	Y	1.06	39.1	1.36	0.0083	0.99
NA-M(3)			28.7	0.0073	0.0038	Y	1.07	39.1	1.36	0.0083	1.14
NA-S(1)	472	25	35.3	0.0116	0.0076	Y	1.31	47.1	1.33	0.0122	1.05
NA-S(2)			34.8	0.0118	0.0105	Y	1.29	47.1	1.35	0.0122	1.03
NA-S(3)			34.7	0.0120	0.0054	Y	1.29	47.1	1.36	0.0122	1.02
RH-P(1)	-	-	27.6	0.0023	0.0012	-	-	28.4	1.03	0.0025	1.09
RH-P(2)			29.0	0.0021	0.0008	-	-	28.4	0.98	0.0025	1.19
RH-P(3)			28.5	0.0022	0.0012	-	-	28.4	0.99	0.0025	1.14
RH-M(1)	472	43.3	29.3	0.0064	0.0050	Y	1.03	40.7	1.39	0.0081	1.27
RH-M(2)			29.9	0.0061	0.0041	Y	1.06	40.7	1.36	0.0081	1.33
RH-M(3)			28.8	0.0080	0.0062	Y	1.02	40.7	1.41	0.0081	1.01
RH-S(1)	472	25	37.0	0.0108	0.0111	Y	1.31	48.9	1.32	0.0117	1.08
RH-S(2)			37.6	0.0116	0.0103	Y	1.33	48.9	1.30	0.0117	1.01
RH-S(3)			38.5	0.0129	0.0106	Y	1.36	48.9	1.27	0.0117	0.91
							Mean	-	1.23	-	1.09
							COV(%)	-	14.0	-	9.5

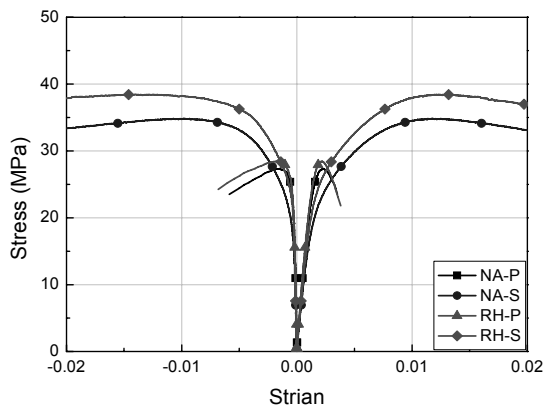
Y : yielding of spiral reinforcement before peak load; f'_{cc} : compressive strength of plain concrete; and f'_{co} : compressive strength of concrete confined by spiral reinforcement. COV: coefficient of variation



(a) P Series



(b) M Series



(c) S Series

Fig. 5 Stress versus strain relationships according to type of aggregate

으로 유효횡구속 면적이 증가한 것을 확인할 수 있다.

4. 실험 결과 분석

4.1 골재 종류의 영향

Fig. 7은 골재 특성 차이에 따른 횡구속 거동의 차이를

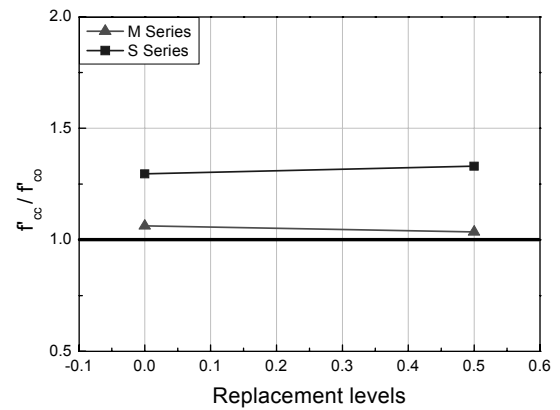


Fig. 6 Strength enhancement of specimens according to replacement ratio of recycled aggregate

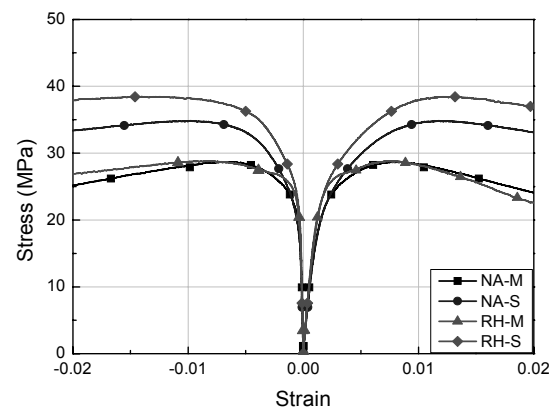


Fig. 7 Stress Versus strain relationships according to ratio of spiral reinforcement

알아보기 위하여 천연골재를 사용한 NA 시리즈 실험체와 순환골재를 50% 치환하여 사용한 RH 시리즈 실험체의 응력-변형률 관계를 나타낸 것이다. 그림에 사용된 데이터는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 각 3개의 동일한 실험체의 거동이 거의 유사하므로 대표 실험체 하나의 응력-변형률 곡선을 사용하였다.

Fig. 7(a)는 NA-P와 RH-P 실험체의 응력-변형률 관계를 비교한 것이다. 그림으로부터 두 실험체의 초기 강성과 최대하중시 중 및 횡변형률이 거의 동일함을 알 수 있다. 3.2절에서 설명한 바와 같이, 순환골재를 50% 사용한 RH-P 실험체의 파단면에서 일부 골재의 파단이 관찰되었지만 순환골재의 내구성이 압축을 받는 보통강도 콘크리트의 구조적인 거동에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

Fig. 7(b)는 나선철근의 철근비가 1.0%인 NA-M과 RH-M 실험체의 응력-변형률 관계를 나타낸다. 그림에서 골재종류에 관계없이 횡보강에 의한 응력증진은 미미

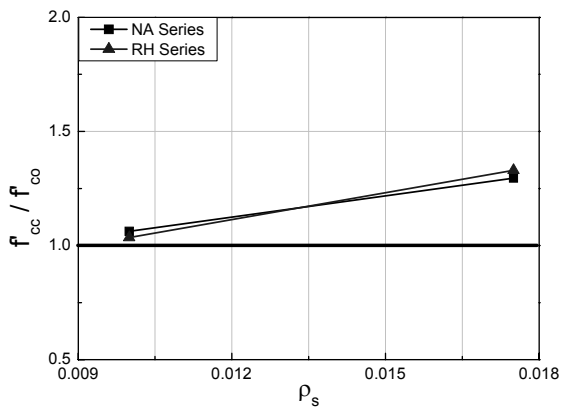


Fig. 8 Strength enhancement of specimens according to ratio of spiral reinforcement

하지만 매우 큰 연성증진을 확인할 수 있다. 나선철근의 철근비가 1.75%인 S 시리즈의 경우 Fig. 7의(c)와 같이 NA 실험체와 RH 실험체 모두 응력증진과 함께 연성증진을 확인할 수 있으나 골재의 종류에 따른 횡구속 거동은 거의 유사함을 알 수 있다.

4.2 골재 치환율의 영향

Fig. 8은 순환골재 치환율에 따른 강도증진 효과를 나타낸다. 천연골재만을 사용한 NA-S 실험체의 무근 콘크리트(NA-P)에 대한 강도 증진은 약 30%이며 RH-S 실험체의 경우 약 40%의 강도 증진을 보였다. 또한 NA-M과 RH-M 실험체는 무근 콘크리트 실험체에 대하여 각각 약 6%와 약 9%의 강도 증진을 나타내어 순환골재를 50% 치환한 경우 횡구속에 따른 강도 증진에 있어서 천연골재를 사용한 실험체와 동등 이상의 성능을 발휘하고 있음을 알 수 있다.

4.3 나선철근비의 영향

Fig. 9와 Fig. 10은 각각 나선철근비에 따른 응력-변형률 관계와 강도 증진률을 나타낸다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 나선철근에 의한 횡보강비가 높아질수록 NA 및 RH 시리즈 실험체의 강도와 연성은 모두 향상되었다.

횡보강비에 따른 강도 증진율은 Fig. 10에서 보는 바와 같이 횡보강근비가 1.0%에서 1.75%로 증가함에 따라 천연골재를 사용한 NA 시리즈 실험체는 약 6%에서 약 30%로 증가하였으며, 순환골재를 사용한 RH 시리즈 실험체는 약 3.5%에서 약 33%로 증가하였다. 이로부터 순환골재

50%를 사용한 RH 시리즈 실험체의 횡구속 정도에 따른 강도 증진은 천연골재만을 사용한 NA 시리즈 실험체와 거의 유사한 횡구속 성능을 발휘하였음을 알 수 있다.

M 시리즈에서 S 시리즈로 나선철근비가 증가하는 경우 각 실험체별 최대하중 이후 연성능력을 비교하여 보면, NA와 RH 실험체의 경우 각각 연성비가 2.47에서 2.88, 2.44에서 2.63으로 증가하였다. 여기서 각 실험체별 연성비는 실험체의 내력이 최대하중의 85%까지 감소되었을 때의 변형률을 최대하중시 변형률로 나눈 값을 의미한다. 이상의 결과로부터 NA 실험체와 RH 실험체의 나선철근비에 따른 연성 증진율은 거의 유사함을 확인할 수 있었다.

4.4 기존 제안식과의 비교

실험결과를 해석적으로 예측하기 위하여 Mander 등 (1988)이 제안한 응력-변형률 관계식을 사용하였다. Mander 등은 1973년에 Popovics가 제안한 응력-변형률 관계식을 근거로 나선철근으로 횡구속된 콘크리트의 단조하중에 대한 거동을 아래와 같이 제안하였다.

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

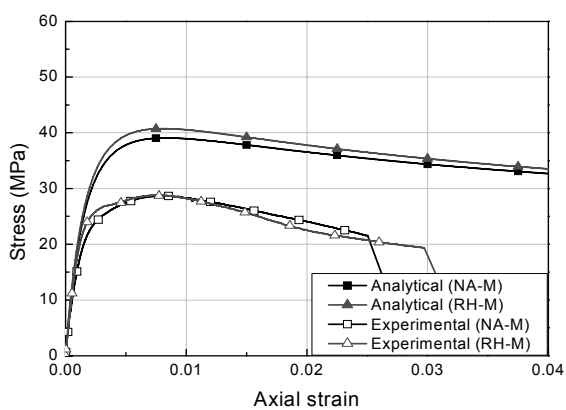
여기서 f_c 는 콘크리트의 축압축응력이며, 횡구속된 콘크리트의 압축강도 f'_{cc} 와 x 및 r 은 각각 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f'_{cc} = f'_{co} \left[2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_l}{f'_{co}}} - \frac{2 f'_l}{f'_{co}} - 1.254 \right] \quad (2)$$

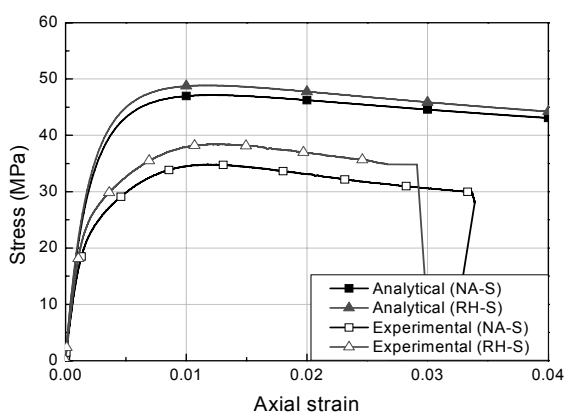
$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad (3)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (4)$$

여기서 ϵ_c 는 콘크리트의 축변형률, ϵ_{cc} 는 횡구속 콘크리트의 최대하중시 변형률, E_c 는 콘크리트의 탄성계수 ($= 5,000 \sqrt{f'_{co}}$), E_{sec} 는 콘크리트의 활산탄성계수



(a) M Series



(b) S Series

Fig. 9 Comparison of analytical and experimental results

($= f'_{cc} / \epsilon_{cc}$), f'_l 은 유효 횡구속 응력으로 다음 식과 같다.

$$f'_l = \frac{1}{2} k_e \rho_s f_{yh} \quad (5)$$

여기서 ρ_s 는 코어콘크리트 부피에 대한 나선철근의 비, f_{yh} 는 나선철근의 항복강도, k_e 는 나선철근에 의한 유효 구속 계수를 뜻하며 아래 식과 같이 계산할 수 있다. 여기서 s' 는 나선철근의 순 수직간격, d_s 는 나선철근 중심간 지름, ρ_{cc} 는 코어면적에 대한 축방향 철근단면적의 비를 뜻한다.

$$k_e = \frac{1 - \frac{s'}{2d_s}}{1 - \rho_{cc}} \quad (6)$$

실험체의 최대응력 및 최대응력시 변형률에 대하여

Mander 등의 제안식으로부터 계산된 결과를 Table 5에 나타내었다. Table 5에서 나타난 것처럼 Mander 등이 제안한 식으로부터 계산된 해석결과는 본 실험결과를 최대응력에 대하여 평균 1.23과 변동계수 14.0%로 크게 과대평가 하고 있음을 알 수 있다. 특히 나선철근으로 횡구속된 경우에는 실험결과를 약 30~40% 과대평가 하고 있음을 횡구속 콘크리트의 응력-종변형률 관계를 나타낸 Fig. 11로부터 확인할 수 있다.

최대응력시 종방향 변형률에 대한 Mander 등의 제안식의 해석결과는 평균 1.09와 변동계수 9.5%로 실험결과를 비교적 잘 예측하였다. 특히 Fig. 11로부터 전체 하중 이력에 대한 횡구속 콘크리트의 거동 측면에서 해석결과와 실험결과가 매우 유사함을 확인할 수 있었다.

5. 결론

이 연구에서는 순환골재를 사용한 콘크리트에 대한 나선철근의 횡구속 거동 및 성능을 실험적으로 평가하였으며, 다음과 같은 사실을 확인할 수 있었다.

- 1) 이 실험에서 흡수율 3%의 순환 굵은골재를 50% 사용한 콘크리트의 횡구속 특성을 평가한 결과, 순환골재 콘크리트 실험체의 강도 및 연성은 천연골재만을 사용한 실험체와 거의 유사함을 확인할 수 있었다.
- 2) 나선철근비가 1.0%에서 1.75%로 증가함에 따라 순환골재와 천연골재 콘크리트 실험체의 강도 및 연성은 골재 종류에 관계없이 서로 유사하게 증가하였다. 특히 순환 굵은 골재 치환율이 50%인 점을 감안할 때 이러한 거동 특성은 순환골재의 구조부재 적용을 위한 기초적인 자료로 이용 가치가 높을 것으로 판단된다.
- 3) 순환골재를 사용한 콘크리트 실험체는 파괴면을 따라 일부 골재가 파단된 것을 확인할 수 있었다. 이는 순환골재가 생산과정에서 파쇄 및 마쇄 공정을 거치면서 내구성이 다소 저하되었기 때문으로 판단된다. 그러나 일부 골재에서의 내구성 저하가 순환골재 보통강도 콘크리트 실험체의 횡구속 거동에 미치는 영향은 거의 확인할 수 없었다.

감사의 글

이 연구는 2010년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구입니다(지역거점연구단육성사업/에너지자립형 그린빌리지 핵심기술 사업단). 또한 교육과학기술부와 한국산업 산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 골재 채취법, 2002, pp.1-3.
2. 건설교통부·한국건설교통기술평가원, 대체골재를 사용한 콘크리트의 고품질화 기술 개발, 2005, pp.27-41.
3. 국토해양부, 순환골재 품질기준, 2008, pp.25-27.

4. 이현아, 순환굵은골재 흡수율 차이에 따른 RC보의 부착과괴와 휨성능 평가, 석사학위논문, 공주대학교, 2009, pp.1-4.
5. 지상규, 윤현도, 김선우, 이연영, “순환골재를 사용한 철근콘크리트 보의 장기 처짐 특성 및 평가”, 한국콘크리트학회논문집 제20권 1호, 2008, pp.43-50.
6. 한국표준협회, KS F 2526, 콘크리트용 골재, 2007.
7. 환경부, 전국폐기물발생현황, 2006.
8. 환경부, 건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률, 2009.
9. Mander, J. B., Priestley, M. J. N. and Park, R., “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, Journal of Structural Engineering, 1988, Vol.114, No.8, pp.1804-1826.

(접수일자 : 2010년 5월 17일)

(수정일자 : 2010년 8월 6일)

(심사완료일자 : 2010년 9월 10일)

요 지

이 연구에서는 나선철근으로 황구속된 순환골재 콘크리트의 구조적 거동을 평가하였다. 주요 실험변수는 골재의 종류와 나선철근의 철근비로 계획하였다. 총 18체의 실험체를 제작하였으며, 실험체의 직경과 높이는 각각 150mm와 300mm이었다. 실험체는 사용된 굵은 골재의 종류에 따라 2가지로 구분할 수 있으며, 나선철근의 철근비는 0%에서 1.75%까지 변화하도록 계획하였다. 실험체의 축방향 및 횡방향 변형을 측정하기 위하여, 6개의 LVDT를 실험체에 부착하였다. 또한 나선철근의 변형률을 측정하기 위하여 스트레인 게이지를 120도 간격으로 나선철근에 부착하였다. 실험결과로부터, 나선철근으로 황구속된 순환골재 콘크리트의 구조 성능은 나선철근의 철근비와 관계없이 천연골재 콘크리트와 서로 유사함을 확인하였다.

핵심 용어 : 순환골재, 황구속 콘크리트, 나선철근, 응력-변형률 관계, 강도증진