



전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 횡 구속 거동에 관한 실험적 연구

김상우¹⁾ · 이정미²⁾ · 이용준¹⁾ · 정유진¹⁾ · 김길희^{1)*}

¹⁾공주대학교 건축공학과 ²⁾(주)MAC. ENG

Experimental Study on Behavior of Confined Concrete with Electric Arc Furnace Oxidizing Slag Aggregates

Sang-Woo Kim,¹⁾ Jung-Mi Lee,²⁾ Yong-Jun Lee,¹⁾ You-Jin Jung,¹⁾ and Kil-Hee Kim^{1)*}

¹⁾Dept. of Architectural Engineering, Kongju National University, Cheonan 330-717, Korea

²⁾MAC. ENG, Seoul 135-884, Korea

ABSTRACT This paper estimates the structural performance of spirally confined concrete having electric arc furnace (EAF) oxidizing slag aggregates. The EAF oxidizing slag is a by-product generated from iron and steel industry. The EAF oxidizing slag have been largely put to low-value-added uses due to its expansive properties of the free-CaO and free-MgO. Recently, this problem has been solved by the advances in steelmaking technology and thereby stabilizing EAF oxidizing slag aggregate. To verify the application of the EAF oxidizing slag aggregate to the structural concrete usage, a total of 27 cylindrical specimens with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm were cast and tested. The test parameters were aggregate type and spiral reinforcement yield strength. Experimental results showed that the structural performance of specimens with EAF oxidizing slag aggregates was equivalent to that of confined concrete with natural aggregates.

Keywords : electric arc furnace oxidizing slag aggregates, confined concrete, spiral reinforcement, stress-strain relationship

1. 서 론

현대 산업의 발달과 함께 삶의 질이 향상됨에 따라 신도시 개발과 노후한 건축물의 재건축 등으로 인하여 골재 소비는 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 자원 고갈 및 자연 환경보호 측면에서 골재 자원의 채취가 매우 제한적으로 이루어지고 있을 뿐만 아니라, 천연골재의 부존량 또한 줄어들고 있어 천연골재의 대체 자원에 관한 연구가 시급한 실정이다.

전기로 슬래그는 철강 생산 공정에서 발생하는 부산물로서 철강 생산량의 증가와 함께 많은 양이 발생되고 있다. Fig. 1에서 보는 것과 같이 조강 생산량은 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있으며, 그에 따라 발생하는 부산물 또한 증가되고 있어 효율적인 재활용 방안이 요구되고 있다.¹⁾ 따라서 전기로 슬래그를 콘크리트용 골재로 활용한다면 부족한 골재자원을 대체하기 위한 대안으로서 중요한 연구가 될 것이라 판단된다.

철강 슬래그는 고로 슬래그와 제강 슬래그로 나눌 수 있으며 제강 슬래그는 전로 슬래그와 전기로 슬래그로 구분할 수 있다. 철강 슬래그 중 고로 슬래그는 그동안 많은 연구가 이루어져 콘크리트용 조골재, 시멘트 원료 등 비교적 고부가가치 용도로 이용되고 있다. 그러나 전로 및 전기로 슬래그는 재활용이 가능한 유효한 자원임에도 불구하고 슬래그에 포함된 유리석회(free-CaO)와 유리마그네시아(free-MgO)의 팽창에 의한 불안정성 때문에 대부분 노반재와 성토용으로 사용되는 등 저부가가치적인 용도로만 이용되고 있다.

최근 제강 기술의 발달로 전기로 제강법의 공정이 분화되면서 골재로의 사용이 가능한 산화 슬래그만을 분리하는 것이 가능하게 되었다.¹⁾ 전기로는 산화 정련 공정과 환원 정련 공정에서 각각 산화 슬래그와 환원 슬래그를 발생시킨다. 여기서 전기로 환원 슬래그는 팽창 붕괴성을 가지는 반면, 산화 슬래그는 에이징 등과 같은 처리를 통하여 팽창성을 안정화시킬 수 있다.

전기로 산화 슬래그의 주성분은 석회(CaO)와 실리카(SiO₂)로 구성되어 보통의 암석·광물 등의 화학적 조성 과 일치하며, 화학적으로도 일반 포틀랜드 시멘트나 콘크리트와 동일한 알칼리성을 나타내고 있기 때문에 콘크

*Corresponding author E-mail: kimkh@kongju.ac.kr

Received November 1, 2010, Revised January 10, 2011,

Accepted January 21, 2011

©2011 by Korea Concrete Institute

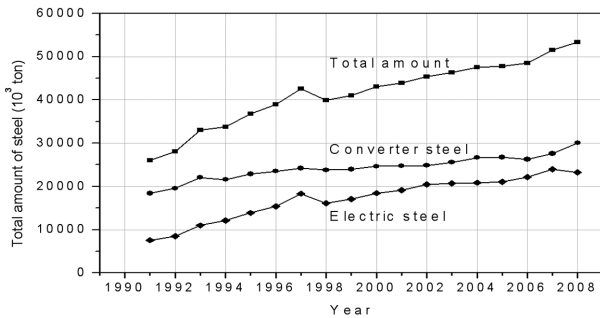


Fig. 1 Production of crude steel

리트용 골재로의 활용 가능성이 높다.²⁾ 특히, 전기로 산화 슬래그 골재는 평균 절건 밀도가 3.6 g/cm^3 정도로 천연골재에 비하여 단위 용적 질량과 강도가 높은 특징을 가지고 있다. 이러한 밀도와 강도가 높은 특징은 지하구조물이나 옹벽 및 댐과 같이 중량 콘크리트를 필요로 하는 구조체에 대한 적용 가능성을 나타낸다.

전기로 슬래그에 관한 연구는 일본과 우리나라를 중심으로 활발히 이루어지고 있으나, 그 범위는 대부분 재료의 기초적인 물성에 그치고 있다. 이에 선행 연구에서는 전기로 산화 슬래그를 콘크리트용 골재로 활용하기 위하여 철근콘크리트 보 부재의 부착 및 휨 성능에 관한 연구³⁻⁵⁾를 진행하여 전기로 산화 슬래그 골재에 대한 기초적인 자료를 제시하였다. 이 연구에서는 압축력을 받는 기둥 부재에 대한 전기로 산화 슬래그 골재의 적용성을 평가하기 위한 첫 번째 단계로 나선 철근으로 횡 구속된 전기로 산화 슬래그 골재 콘크리트의 횡 구속 실험을 수행하였다.

2. 실험 계획

2.1 사용 재료

전기로 산화 슬래그의 화학 성분은 철 스크랩의 용해·산화 정련 과정에 따라 발생하는 산화철(Fe_2O_3), 산화망간(MnO), 이산화규소(SiO_2), 산화알루미늄(Al_2O_3) 등의 성분을 포함하고 있으며, 이러한 전기로 산화 슬래그의 화학적 조성은 Table 1에 나타내었다.

전기로 산화 슬래그 골재에 대한 품질 기준^{6,7)}과 이 연구에서 사용된 골재의 물리적 특성은 Table 2에 나타내

Table 1 Chemical composition of EAF oxidizing slag (unit:%)

Classification	Fe_2O_3	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	MnO
Electric arc furnace slag	21.2	26.7	17.7	5.3	12.2	7.9

Table 3 Concrete mix proportions

Specimens	Design strength (MPa)	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m^3)				
				W	C	S	G	AD
AN40 series	40	40.5	47.0	170	357	801	920	2.52
AN60 series	60	33.3	46.0	170	433	748	884	3.57
AS60 series	60	50.0	48.5	175	297	1,237	1,317	1.75

Table 2 Physical characteristics of EAF oxidizing slag

Test item	EAF slag aggregate			
	Coarse aggregate		Fine aggregate	
	Standard	Test result	Standard	Test result
Unit volume weight (kg/l)	≥ 1.6	2.20	≥ 1.8	2.66
Oven density (g/cm^3)	3.1~4.0	3.78	3.1~4.0	3.77
Absorption ratio (%)	≤ 2.0	0.70	≤ 2.0	0.20
Percentage of solid volume (%)	-	58.8	-	68.4
FM	-	7.00	-	2.92

었다. 전기로 산화 슬래그에 대한 품질 기준은 콘크리트용 골재로서 사용하는데 문제가 발생하지 않도록 절건밀도가 $3.1\sim 4.0 \text{ g/cm}^3$, 흡수율이 2.0% 이하가 되도록 규정하고 있다. 실험에 사용된 전기로 산화 슬래그 골재의 절건밀도는 굵은골재의 경우 3.78 g/cm^3 , 잔골재의 경우 3.77 g/cm^3 , 흡수율은 굵은골재와 잔골재가 각각 0.7%와 0.2%로 품질 기준을 모두 만족하였다. 또한 유리석회 함유량은 0.15%이고 염기도는 1.51로 팽창 붕괴 위험성은 없다.

실험에 사용된 콘크리트의 상세 배합표는 Table 3에 나타내었다. 실험체 제작에 사용된 콘크리트는 배합 강도 50 MPa로 계획하였으나, 실험 결과 천연골재를 사용한 경우 콘크리트 압축강도가 44.4 MPa로 다소 낮게 나타난 반면 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 콘크리트는 61.3 MPa로 높게 나타났다. 이에 배합강도가 60 MPa인 천연골재 실험체를 추가로 계획하였으며, 파괴시 콘크리트 압축강도는 68.5 MPa를 얻었다.

실험체의 횡 보강을 위하여 지름 4.5 mm의 원형 나선 철근을 사용하였다. 나선 철근의 종류는 항복 강도가 472 MPa인 보통 강도와 1,430 MPa인 초고강도이며, 인장 강도는 각각 553 MPa와 1,522 MPa이었다.

2.2 실험체 계획

이 연구에서는 천연골재와 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 횡 구속 거동 특성을 비교하기 위하여 골재 종류와 나선 철근의 항복 강도를 변수로 실험을 계획하였으며, 실험 결과의 신뢰도를 높이기 위하여 Table 4와 같이 각 실험체별로 3개씩 총 27개의 실린더형 실험체를 제작하였다. 실험체의 직경과 높이는 Fig. 2와

Table 4 Properties of specimens

Specimen	Aggregate		f'_{co} (MPa)	f_y (MPa)	s (mm)
	Coarse	Fine			
AN40-P			44.4	-	-
AN40-N	Natural	Natural	44.4	472	25
AN40-U			44.4	1,430	25
AN60-P			68.5	-	-
AN60-N	Natural	Natural	68.5	472	25
AN60-U			68.5	1,430	25
AS60-P			61.3	-	-
AS60-N	Slag	Slag	61.3	472	25
AS60-U			61.3	1,430	25

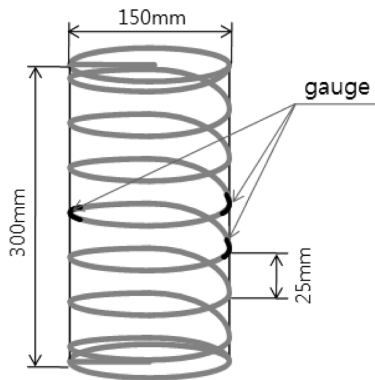


Fig. 2 Details of specimens

같이 150 mm와 300 mm이며, 나선 철근으로 횡 구속된 콘크리트의 순수한 거동을 평가하기 위하여 나선 철근의 외경은 실험체와 동일하게 계획하였다.

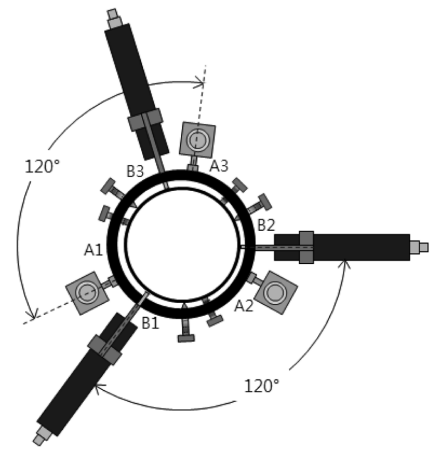
실험체명은 천연 굽은골재와 천연 잔골재를 사용한 AN 실험체와 전기로 산화 슬래그 굽은골재와 전기로 산화 슬래그 잔골재를 사용한 AS 실험체로 구분하였다. 실험체 명에서 40과 60은 콘크리트 압축강도 등급을 의미한다. 그리고 P는 무근 콘크리트, N은 항복 강도가 472 MPa인 보통 강도의 나선 철근, U는 항복 강도가 1,430 MPa인 초고강도의 나선 철근을 나타낸다.

실험체의 종방향 및 횡 방향 변형률을 계측하기 위하여 Fig. 3과 같이 실험체 중앙부 200 mm 구간에 변위 변환기(LVDT)를 120° 간격으로 종방향과 횡 방향으로 각각 3개씩 설치하였다. 가력은 만능시험기(UTM)를 이용하여 초당 0.2~0.3 MPa의 하중이 가해지도록 하였다.

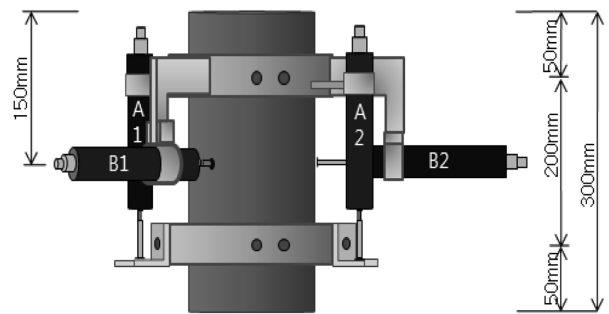
3. 실험 결과

3.1 응력-변형률 관계

실험에서 계측한 원형 실험체의 응력-변형률 관계는 Fig. 4에 나타내었으며, 최대 하중일 때의 응력과 변형률에 대한 실험 결과는 Table 5에 나타내었다. 여기서 Table 5의 실험 결과는 동일한 3개 실험체의 평균을 이용하여



(a) Top view



(b) Side view

Fig. 3 Test setup

나타낸 것이다. 이 연구에서 나선 철근으로 횡 보강된 실험체의 횡 변형률을 제외한 모든 변형률은 실험체에 부착된 LVDT에서 계측된 값을 사용하였다. 나선 철근으로 횡 보강된 실험체의 횡 변형률은 최대 하중 이후까지 보다 안정적인 결과를 나타낸 나선 철근에 부착된 변형률 게이지의 값을 이용하여 산정하였다. Fig. 4에서 보는 바와 같이, 모든 실험체의 최대 응력과 연성 능력은 나선 철근의 항복 강도가 높아질수록 증가하였다. Table 5에서 보는 바와 같이 천연골재만을 사용한 AN40-P는 종방향 변형률이 약 0.0026에서 최대 응력 44.4 MPa에 도달한 후 파괴되었으며, AN60-P는 종방향 변형률이 약 0.003에서 최대 응력 68.5 MPa에 도달한 후 파괴되었다. 전기로 산화 슬래그 골재만을 사용한 AS60-P의 경우, 변형률은 0.0026으로 천연골재만을 사용한 AN40-P와 유사한 변형률을 나타냈지만 최대 응력은 AN40-P보다 38% 높은 61.3 MPa에 도달한 후 파괴되었다.

보통 강도 나선 철근($f_{yh} = 472$ MPa)으로 횡 보강한 경우, AN40-N과 AN60-N 실험체는 Table 5에서 보는 바와 같이 무근 실험체에 비하여 각각 19%와 17%의 강도 증진을 나타내었으며, 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 AS60-N 실험체는 12%로 AN60-NS 실험체와 유사한 경향을 보였다.

보통 강도 나선 철근으로 횡 보강한 N시리즈 실험체는 Fig. 4(c), (d)에서 보는 바와 같이 나선 철근의 횡 보강으로 인하여 AN 실험체와 AS 실험체 모두 무보강 실험체보

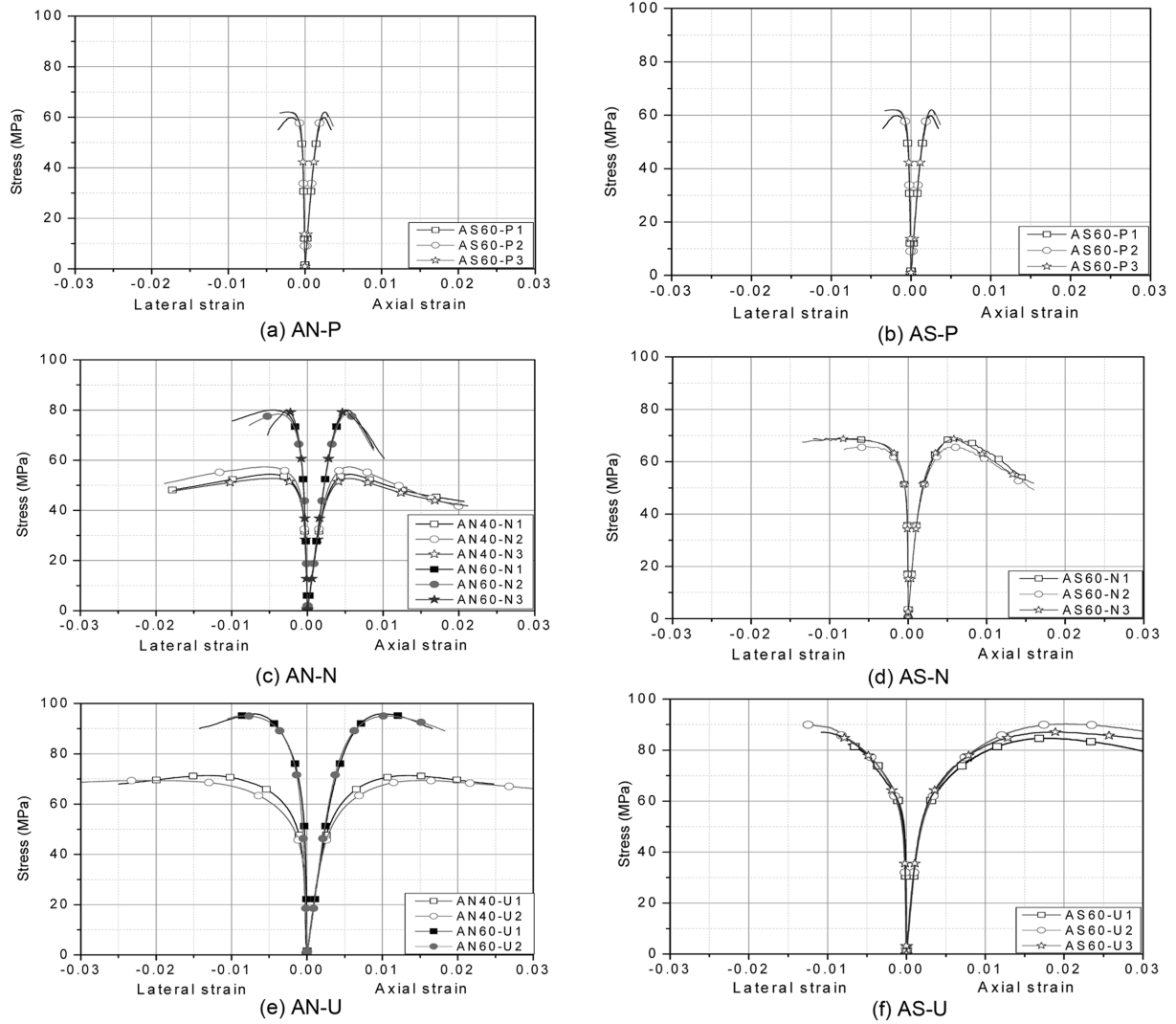


Fig. 4 Axial stress versus strain relationships of tested specimens

Table 5 Experimental results of tested specimens

No.	Specimen	f_y (MPa)	s (mm)	Experimental results				
				f'_{co} (MPa)	f'_{cc} (MPa)	f'_{cc}/f'_{co}	ϵ'_{cc}	$\epsilon'_{t, peak}$
1	AN40-P	-	-	44.4	-	-	0.0026	0.0017
2	AN40-N	472	25	44.4	52.8	1.19	0.0055	0.0041
3	AN40-U	1,430	25	44.4	66.7	1.50	0.0128	0.0083
4	AN60-P	-	-	68.5	-	-	0.0030	0.0012
5	AN60-N	472	25	68.5	80.2	1.17	0.0054	0.0044
6	AN60-U	1,430	25	68.5	96.0	1.40	0.0102	0.0071
7	AS60-P	-	-	61.3	-	-	0.0026	0.0020
8	AS60-N	472	25	61.3	68.9	1.12	0.0067	0.0091
9	AS60-U	1,430	25	61.3	90.3	1.47	0.0191	0.0129

다 연성적인 거동을 나타내었다. Table 5에 나타낸 것과 같이 AN40-N과 AN60-N의 최대 응력일 때의 종 변형률 (이하 최대 종 변형률)은 무보강 실험체에 비하여 약 2 배에 가까운 변형률 증진을 나타내었다. 또한 AS60-N의 종 변형률은 0.0067로 크게 증가하였다.

Table 5에서 나타낸 바와 같이, 초고강도 나선 철근 ($f_{yh} = 1,430$ MPa)으로 횡 보강한 AN40-U와 AN60-U 실험체는 무근 실험체의 강도보다 각각 1.5배와 1.4배, 그리고 AS60-U 실험체는 1.47배 높은 강도를 보였다. 이러한 유사한 강도증진은 보통 강도 나선 철근으로 횡 보강한 경우와 동일한 것이다. Fig. 4(e), (f)에서와 같이 천연 및 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 U시리즈 실험체는 무보강 및 N시리즈 실험체 보다 연성적인 거동을 나타내었다. Table 5로부터, 초고강도 나선 철근을 사용한 AN40-U, AN60-U 및 AS60-U 실험체의 최대 종 변형률은 각각 0.0128, 0.0102, 0.0191로 나타났으며, 이는 무근 및 보통 강도 나선 철근을 사용한 실험체에 비하여 각각 4.9배와 2.3배, 3.4배와 1.9배, 7.3배와 2.9배 높은 결과이다.

3.2 실험체 파괴 양상

실험체 파괴 후 균열 양상은 Fig. 5에 나타내었다. 모든 실험체는 골재의 종류에 관계없이 유사한 파괴 양상을 나타내었다. 무보강 실험체의 파괴 양상은 일반적인 콘 모양의 형태를 보였다. 콘크리트 압축강도가 높은

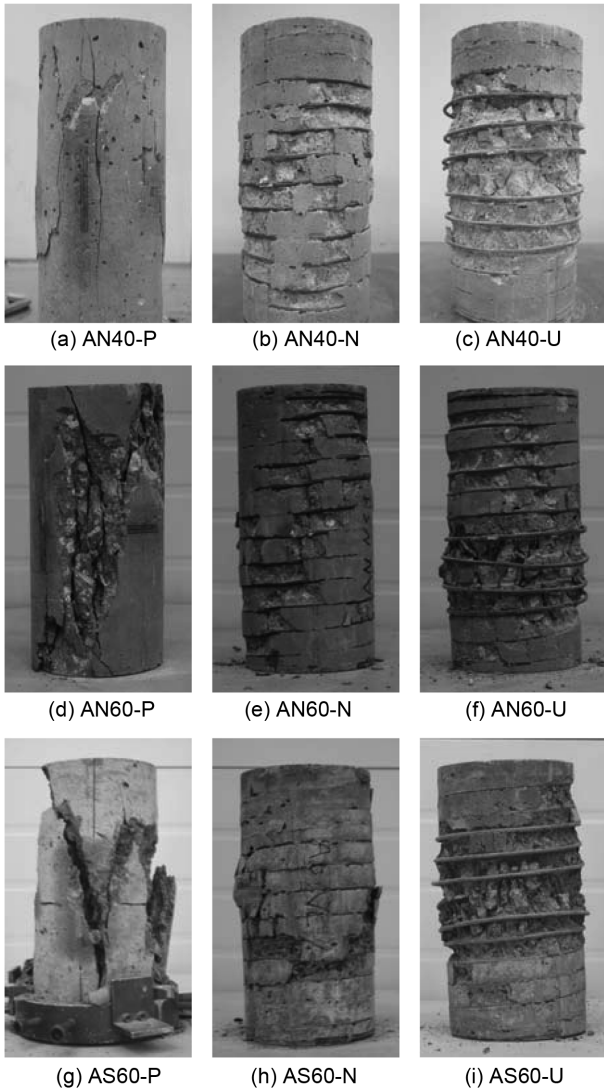


Fig. 5 Crack patterns of specimens

AN60-P와 AS60-P 실험체의 균열은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 콘크리트 압축강도가 44.4 MPa인 AN40-P 실험체의 균열보다 더 취성적인 형태를 나타내었다. 나선 철근의 항복 강도가 높아질수록 나선 철근 사이에 위치한 콘크리트의 박리는 높은 횡 팽창으로 인하여 증가하였으나, 골재 종류에 따른 파괴 형태의 차이는 크게 두드러지지 않았다.

4. 실험 결과 분석

4.1 골재 종류에 따른 응력-변형률 관계

골재 종류에 따른 응력-변형률 관계는 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6(a)는 P시리즈와 N시리즈를 비교하여 나타내었으며, Fig. 6(b)는 P시리즈와 U시리즈를 비교하여 나타내었다. 무근 실험체의 경우 골재의 종류에 관계없이 콘크리트 압축강도가 높을수록 최대 하중 이후 취성적인 파괴를 보였다.

Fig. 6(a)에서 보는 바와 같이 보통 강도 나선 철근으로 횡 구속된 N시리즈 실험체의 경우에도 콘크리트 압

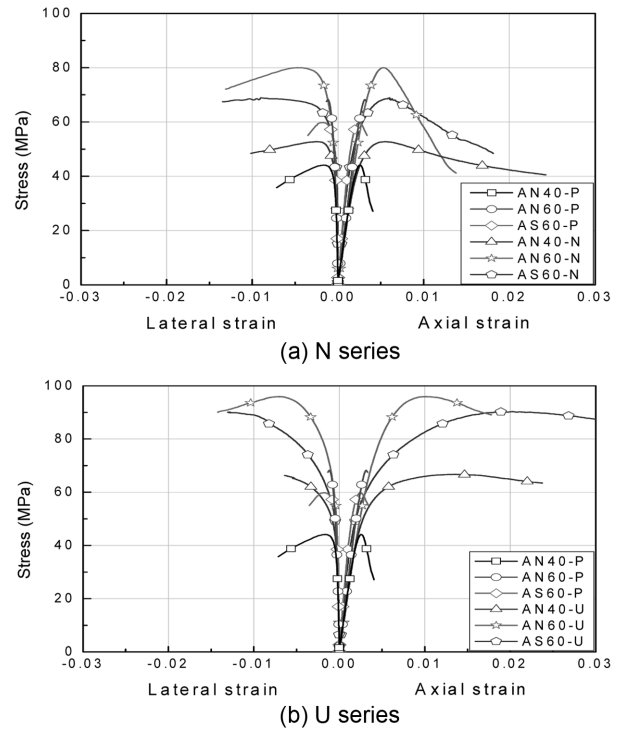


Fig. 6 Stress-strain relationships of tested specimens

축강도가 증가함에 따라 최대 하중 이후 취성적인 거동을 보였다. 전기로 산화 슬래그를 사용한 AS60-N 실험체의 최대 하중시 종 변형률은 0.0067로 AN40-N 및 AN60-N과 큰 차이를 보이지 않았다. 반면에 Fig. 6(b)에서 보는 바와 같이 초고강도 나선 철근으로 횡 구속된 U시리즈 실험체의 경우에는 AS60-U 실험체의 최대 종 변형률이 0.00191로 나타났으며, 이는 AN40-U와 AN60-U 실험체의 약 1.5배와 1.9배에 해당한다. 따라서 초고강도 나선 철근으로 횡 구속하는 경우 전기로 산화 슬래그 골재를 이용한 실험체가 천연골재를 사용한 실험체보다 더 연성적인 특성을 나타내는 것으로 판단된다.

4.2 포아송비-종 변형률 관계

Fig. 7은 골재 종류별 포아송비와 종 변형률 관계를 나타내고 있다. 포아송비는 LVDT로 측정된 종방향 변형률에 대하여 나선 철근에 부착된 게이지로 측정된 횡 방향 변형률의 비로 계산하였다. Fig. 7(a)는 횡 보강하지 않은 P시리즈 실험체의 포아송비-종 변형률 곡선을 나타내고 있다. P시리즈의 경우 포아송비가 탄성 구간에서 일정한 값으로 유지되다가 최대 하중의 약 75% 정도부터 기울기가 급격히 증가하였다. 이는 콘크리트의 응력이 압축강도의 약 75%에 도달할 때부터 콘크리트에 내부 균열이 급격히 진전하면서 횡 팽창되는 성질 때문이라 판단된다.

Fig. 7(b)는 N시리즈 실험체의 포아송비-종 변형률 관계를 나타낸 것이다. 그림으로부터 보통 강도 나선 철근으로 횡 구속된 N시리즈 실험체는 무근 실험체인 P시리즈 실험체에 비해 포아송비-종 변형률 곡선의 기울기가

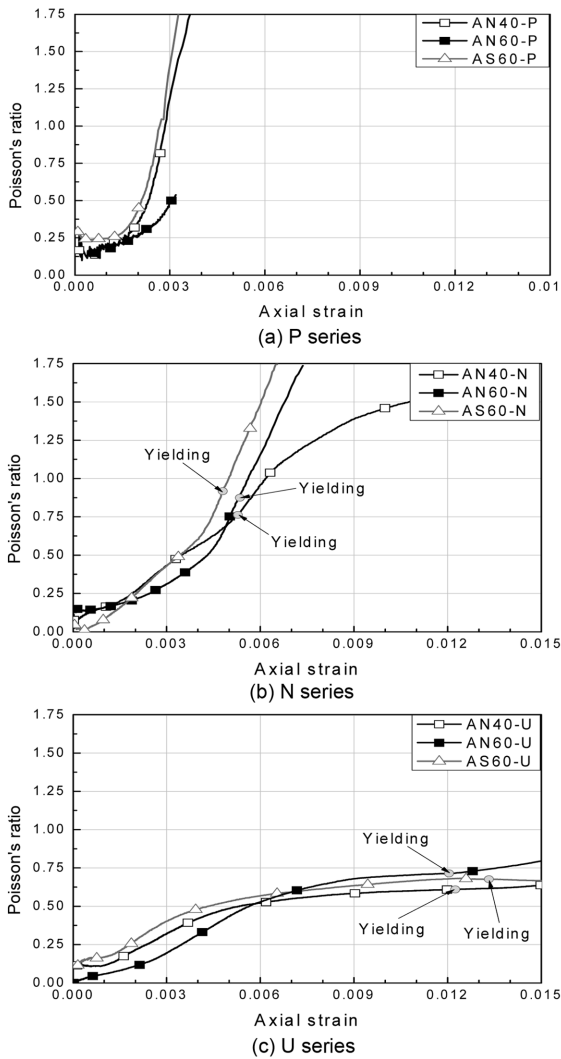


Fig. 7 Stress-strain relationships of tested specimens

완만한 것을 알 수 있다. 이는 나선 철근으로 인한 횡 구속이 콘크리트 실험체의 횡 변형을 지연시켰음을 의미한다. 또한 콘크리트 압축강도가 44.4 MPa인 AN40-N 실험체의 횡 구속 능력이 60 MPa 등급인 AN60-N과 AS60-N 실험체보다 우수함을 실험 결과로부터 확인할 수 있었다. 이것은 앞 절에서 설명한 바와 같이 콘크리트 압축강도가 낮을수록 나선 철근에 의한 횡 구속 효과가 증가하기 때문이다. Fig. 7(b)에서 보는 바와 같이 콘크리트 압축강도가 60 MPa 등급인 천연골재 실험체(AN60-N)와 전기로 산화 슬래그 골재 실험체(AS60-N)의 포아송비-중 변형을 관계는 서로 유사하였다.

초고강도 나선 철근으로 횡 구속된 U시리즈 실험체의 포아송비-중 변형을 관계는 Fig. 7(c)에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 나선 철근의 항복 강도가 높은 U시리즈 실험체의 포아송비-중 변형을 곡선의 기울기가 N시리즈 실험체보다 낮았다. 이는 이 연구에서 실험한 콘크리트 압축강도 범위에서 초고강도 나선 철근을 사용하는 경우 횡 구속 효과가 증대됨을 의미하며, 전기로 산화 슬래그 골재와 천연골재에 관계없이 이러한 경향은 실험 결과에서 뚜렷이 나타났다. 콘크리트 압축강도가 상

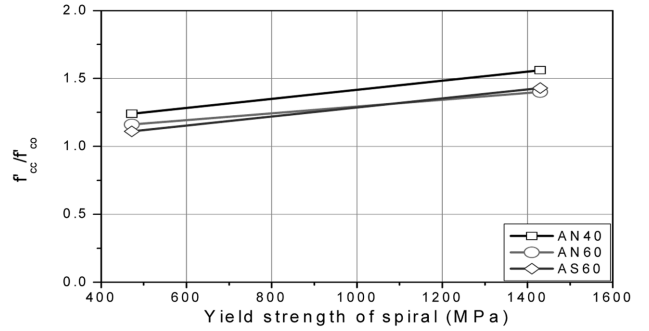


Fig. 8 Effect of confinement according to yield strength of spirals

대적으로 낮은 AN40-U 실험체의 포아송비는 AN60-U 실험체와 AS60-U 실험체보다 낮았으며, 이는 N시리즈 실험체의 실험 결과와 유사하지만 그 차이는 감소하였다.

4.3 나선 철근의 항복 강도에 따른 횡 구속 효과

천연 및 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 실험체의 횡 구속 효과에 대한 나선 철근 항복 강도의 영향은 Fig. 8에 나타내었다. 여기서 횡 구속 효과는 무보강 실험체에 대한 구속 콘크리트의 압축강도를 비율로 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, 나선 철근의 항복 강도가 472 MPa에서 1,430 MPa로 높아짐에 따라 횡 구속 효과는 천연골재를 사용한 AN40과 AN60 실험체의 경우 각각 26%와 20% 증진되었으며, 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 AS60 실험체는 31%의 응력 증진을 보여 천연골재 실험체보다 동등 이상의 횡 구속 성능을 나타내었다.

5. 결 론

전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 횡 구속 거동에 관한 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 나선 철근으로 횡 구속된 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 최대 응력과 최대 변형률은 천연 골재를 사용한 콘크리트와 유사하게 나선 철근의 항복강도가 증가할수록 증가하였다. 특히, 보통 강도보다 초고강도 나선 철근으로 횡 구속된 경우 전기로 산화 슬래그를 사용한 콘크리트 실험체의 연성적인 거동은 천연골재를 사용한 콘크리트 실험체보다 두드러졌다.
- 2) 나선 철근의 항복 강도가 동일한 경우, 나선 철근으로 횡 구속된 실험체의 포아송비-중 변형을 관계는 콘크리트 압축강도에는 영향을 받지 않지만 전기로 산화 슬래그 골재와 천연 골재와 같은 골재 종류에 대한 영향은 거의 없는 것으로 실험 결과 확인 되었다.
- 3) 나선 철근의 항복 강도가 증가할 때 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 강도 증진 효과는 천연골재 콘크리트와 비교하여 동등 이상인 것으로 실험 결과 확인되었다.

감사의 글

이 연구는 2010년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구(지역거점연구단육성사업/에너지자립형 그린빌리지 핵심기술 사업단) 및 중소기업청에서 지원하는 2010년도 산학연공동기술개발사업(00044059)의 연구수행으로 인한 결과물입니다.

참고문헌

1. 김길희, 임지영, 류득현, 최성우, “전기로 산화 슬래그의 국내외 이용 사례,” 콘크리트학회지, 19권, 6호, 2007, pp. 51~57.
2. 조성현, “급냉 제강 슬래그 잔골재를 사용한 특수 모르타르 및 콘크리트의 개발과 실용화 방안,” 충남대학교 박사학위논문, 2005, 213 pp.
3. 류득현, 임지영, 이용준, 김상우, 김길희, “콘크리트용 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 RC 보의 부착 성능에 관한 실험적 연구,” 콘크리트학회 논문집, 21권, 5호, 2009, pp. 581~588.
4. 류득현, 임지영, 이용준, 이정미, 김상우, 김길희, “전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 RC 보의 휨 거동에 관한 실험적 연구,” 대한건축학회 논문집(구조계), 25권, 10호, 2009, pp. 27~34.
5. 류득현, “전기로 산화 슬래그 골재를 활용한 콘크리트의 재료 및 구조 성능 평가,” 공주대학교 박사학위논문, 2010, 131 pp.
6. 한국표준협회, “KS F 4571 콘크리트용 전기로 산화 슬래그 잔골재,” 2007, 22 pp.
7. 日本建築學會, “電氣爐酸化スラグ細骨材を用いるコンクリートの設計施工指針(案)・同解説,” 日本建築學會, 2005, 122 pp.

요약 이 연구에서는 나선 철근으로 횡 구속된 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 구조적 성능을 평가한다. 전기로 산화 슬래그는 철강 산업의 부산물로서, 그동안 유리석회와 유리마그네슘의 팽창성질 때문에 저부가가치적인 용도로만 이용되어 왔지만 최근 제강 기술의 발달에 힘입어 안정화된 전기로 산화 슬래그 골재의 생산이 가능하여 졌다. 구조용 콘크리트에 대한 전기로 산화 슬래그 골재의 적용성을 검증하기 위하여, 직경이 150 mm이고 높이가 300 mm인 실린더형 실험체를 총 27개 제작하고 횡 구속 실험을 수행하였다. 실험 변수는 골재의 종류와 나선 철근의 항복 강도로 하였다. 실험 결과, 전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 실험체의 구조적 성능이 천연골재를 사용한 횡 구속된 콘크리트와 비교하여 동등 이상인 것을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 전기로 산화 슬래그 골재, 횡 구속 콘크리트, 나선 철근, 응력-변형률 관계