



전기로 산화슬래그 골재를 사용한 철근콘크리트 기둥의 휨 거동

정유진¹⁾ · 이영현²⁾ · 김상우²⁾ · 김길희^{2)*}

¹⁾(주)도화구조 엔지니어링 ²⁾공주대학교 건축공학과

Flexural Behavior of Reinforced Concrete Columns Using Electric Arc Furnace Oxidizing Slag Aggregates

You-Jin Jung,¹⁾ Young-Hyun Lee,²⁾ Sang-Woo Kim,²⁾ and Kil-Hee Kim^{2)*}

¹⁾Dohwa Structural Engineers Co., Ltd., Seoul 135-080, Korea

²⁾Dept. of Architectural Engineering, Kongju National University, Cheonan 330-717, Korea

ABSTRACT This study is performed to evaluate the flexural performance of reinforced concrete columns with electric arc furnace oxidizing slag aggregates. Electric arc furnace slag is a by-product obtained from the process of refining scrap steel. The electric arc furnace slag can be used as a concrete aggregate, because it mainly consists of CaO and SiO₂, similar to natural rocks and minerals. Three rectangular columns with various types of aggregate were cast to test in flexure. All of the test specimens had a cross-section of 250 × 250 mm and a height of 1,500 mm in test region. The specimens were designed to apply reversed cyclic anti-symmetric moment and constant axial force. The experimental results showed that the specimens with electric arc furnace oxidizing slag aggregates had superior flexural performance than the specimen with natural aggregates.

Keywords : electric arc furnace, oxidizing slag aggregate, RC columns, flexural behavior, ductility

1. 서 론

우리나라는 급속한 경제성장과 함께 신도시 개발 및 대규모 토목공사 등으로 골재의 소비가 지속적으로 증가하는 추세에 있다. 이로 인하여 골재자원 고갈 문제 및 골재 수급불균형 문제로 골재채취가 제한적으로 이루어지고 있다. 이에 천연골재를 대신할 대체자원에 관한 연구가 국내외에서 활발하게 이루어지고 있으며, 그 중 산부산물인 철강슬래그에 대한 연구가 진행되어 왔다.

철의 제조과정 중 발생하는 철강 슬래그는 크게 2가지로 구분할 수 있는데 제선 공정시 발생하는 제강슬래그와 고로슬래그로 나눌 수 있으며 그 중에서 제강슬래그는 전기로슬래그와 전로슬래그로 나눌 수 있다. 고로슬래그 미분말은 시멘트의 대체재료 등 비교적 고부가가치적으로 사용되고 있으며 국내외로 연구가 많이 진행되고 있는 반면, 제강슬래그에 대한 국내외 연구는 미미한 실정이며 대부분 저부가가치적인 노반재 및 지반 개량재, 성토용 등으로 이용되고 있다. 제강슬래그가 고로슬래그

와 달리 대부분 노반재나 성토용 등 저부가가치적인 용도로만 사용되었던 이유는 과거의 철강 정련과정 중 산화 정련공정과 환원 정련공정이 동시에 이루어지면서 환원 슬래그에 포함된 유리마그네슘(free-MgO) 및 유리석회(free-CaO)에 의한 팽창성 때문이었다. 그러나 최근에는 제강 기술의 발달로 산화환원 정련공정을 세분화 할 수 있는 기술이 확보되어 유리마그네슘 및 유리석회의 함유량이 매우 낮은 산화슬래그를 생산할 수 있게 되었다.^{1,2)}

일본의 경우 전기로 산화슬래그를 콘크리트용 골재로 사용하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔으며 현재는 공정 관리를 통한 골재의 체적 안정성을 확보하여 콘크리트용 골재로 유효하게 사용하고 있다.³⁾ 국내의 경우 2011년에 전기로 산화슬래그 골재에 대한 산업규정(KS F 4571)⁴⁾이 개정되면서 콘크리트용 골재로서 사용할 수 있는 기반이 마련되었다. 그러나 국내의 경우 제강슬래그를 활용한 콘크리트용 골재에 대한 연구가 미미할 뿐만 아니라 대부분 골재의 안정화 처리 방법에 관한 것이 주를 이루고 있어 구조부재 적용을 위한 연구는 미진한 상태이다.

전기로 산화슬래그는 평균 절건밀도가 3.6 g/cm³ 정도로 일반골재에 비하여 단위용적중량과 골재의 강도가 높

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

Received December 12, 2011, Revised March 19, 2012,

Accepted March 28, 2012

©2012 by Korea Concrete Institute

은 특징을 가지고 있다.²⁾ 따라서 이러한 중량의 특징을 적극 고려하여 전기로 산화슬래그 골재는 지하 구조물이나 옹벽, 댐과 같이 중량을 요하는 구조물에 적용가능성이 크다고 할 수 있다.

선행연구에서는 전기로 산화슬래그를 구조용 콘크리트 골재로 활용하기 위한 성능평가를 지속적으로 진행하여 왔다. 류득현 등^{2,5)}은 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 보통강도 철근콘크리트 보의 휨 및 부착 성능을 평가하였으며 그 결과 천연골재를 사용한 실험체와 동등 이상의 휨 및 부착 성능을 확인하였다. 김상우 등¹⁾은 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 고강도 콘크리트의 횡구속 거동을 평가하기 위하여 단면이 150 mm이고 높이가 300 mm인 원형 실린더 실험체를 제작하고 실험을 수행하였다. 실험 결과, 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 실험체는 천연골재 실험체와 동등 이상의 횡구속 효과를 발휘함을 확인할 수 있었다. 이 연구에서는 전기로 산화슬래그 골재의 철근콘크리트 구조부재 적용성을 평가하기 위하여 반복 횡하중을 받는 철근콘크리트 기둥의 휨 성능 실험을 수행하고 그 결과를 비교검토하였다.

2. 실험 계획

2.1 사용 재료

실험에 사용된 전기로 산화슬래그 골재의 화학적 조성 및 품질기준을 Tables 1과 2에 나타내었다. 전기로 산화슬래그의 화학성분은 산화용해 정련과정에서 생성되는 산화철(FeO), 산화망간(MnO), 이산화규소(SiO₂), 산화알루미늄(Al₂O₃)과 정련과정을 위하여 추가되는 유리석회 성분을 포함하고 있다.³⁾ 이러한 성분들은 천연골재의 조성구와 유사하며, 포틀랜드 시멘트와 동일한 알칼리성을 나타낸다.

전기로 산화슬래그의 품질기준^{4,6)}은 구조용 골재로서 사용하는데 문제가 발생하지 않도록 흡수율이 2.0% 이하, 절건밀도가 3.1~4.0 g/cm³ 이하가 되도록 규정하고 있

으며 실험에 사용된 전기로 산화슬래그 골재의 절건밀도 및 흡수율 모두 품질기준에 만족하는 일본의 H사 전기로 산화슬래그 골재를 사용하였다. 또한 유리석회 함유량은 0.15%, 염기도는 1.15로 나타나 관련규준⁴⁾을 모두 만족하였다. 이 연구에서 사용된 천연 굵은 골재와 천연 잔골재는 절건밀도가 각각 2.59과 2.54 g/cm³, 흡수율이 각각 0.80%과 0.88%, 조립률이 각각 6.55와 2.80, 단위용적중량이 각각 1.54와 1.61 kg/l이었다.

실험에 사용된 철근의 응력-변형률 곡선은 Fig. 1(a)에 나타내었으며, 철근의 기계적 성질은 Table 3에 나타내었다. 주철근은 항복강도가 300.4 MPa, 탄성계수가 167 GPa, 항복변형률이 0.0018인 D10 철근을 사용하였으며, 횡보강근은 항복강도가 453.0 MPa, 탄성계수가 196 GPa, 항복변형률이 0.0042인 D6 철근을 사용하였다.

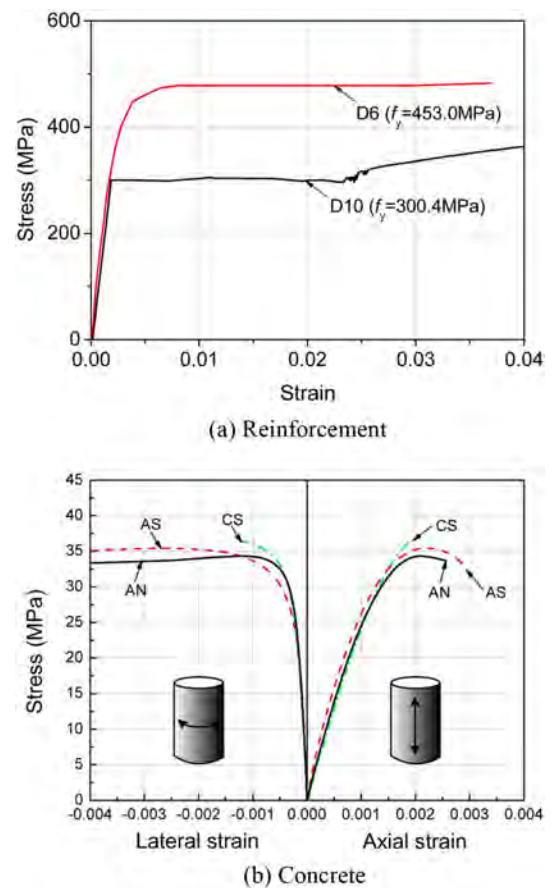


Fig. 1 Stress versus strain relationship of materials

Table 1 Chemical composition of EAF oxidizing slag

Composition	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	MnO
Content (%)	21.2	26.7	17.7	5.3	12.2	7.9

Table 2 Physical characteristics of EAF oxidizing slag

Test item	EAF oxidizing slag aggregate			
	Coarse aggregate		Fine aggregate	
	KS F 4571 ⁴⁾	Test result	KS F 4571 ⁴⁾	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

Table 3 Physical properties of reinforcement

Steel bars	A_s (mm ²)	f_y (MPa)	f_u (MPa)	E_s (GPa)
D10	71.3	300.4	395.3	167
D6	28.3	453.0	456.0	196

Table 4 Concrete mix properties

Specimens	Design strength (MPa)	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AD
CF-AN	30	41.2	45.5	180	383	750	905	3.06
CF-AS	30	45.2	47.0	175	341	1141	1251	2.71
CF-CS	30	42.7	46.5	175	361	784	1248	2.87

실험체 제작에 사용된 콘크리트 배합강도는 Table 4에서 보는 바와 같이 30 MPa로 계획하였으며, 100 × 200 (mm) 실린더형 공시체를 각 실험체별로 3체씩 제작하여 콘크리트의 압축강도를 실험체 파괴일에 맞추어 시험하였다. 그 결과 Table 5에서와 같이 각 실험체의 평균값은 AN, AS 및 CS 실험체에서 각각 34.9, 32.1, 35.3 MPa로 나타났다. 여기서 AN은 굵은 골재와 잔골재 모두 천연골재를 사용한 실험체, AS는 굵은 골재와 잔골재 모두 전기로 산화슬래그를 사용한 실험체, CS는 전기로 산화슬래그 굵은 골재와 천연잔골재를 사용한 실험체를 의미한다. 실험에 사용된 콘크리트의 응력-변형률 곡선은 Fig. 1(b)에 나타내었다.

2.2 실험체 계획

이 연구에서는 천연골재와 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 기둥의 거동특성을 평가하기 위하여 Table 5에 나타낸 바와 같이 골재 종류를 변수로 총 3체의 실험체를 계획하였다. 실험체는 전단파괴를 방지하고 휨 파괴를 유도하기 위하여 전단경간비를 3으로 계획하였으며, 주철근은 항복강도가 300.4 MPa인 D10 철근을 총 12개 배근하였다. 횡보강근은 철근비가 1.2%인 D6 철근을 63.3 mm 간격으로 실험구간 전체에 배근하였다.

실험체의 배근상세 및 변형률 게이지의 부착위치를 Fig. 2에 나타내었다. 실험체의 총 길이는 2,700 mm, 단면은 250 × 250 (mm)이다. 실험구간은 1,500 mm로 계획하였으며, 실험체의 상부 스테브는 900 × 400 × 600 (mm), 하부 스테브는 1,200 × 400 × 600 (mm)로 제작하였다. 횡보강근의 배근형태는 내외부 띠철근이 있는 일반적인 배근형태

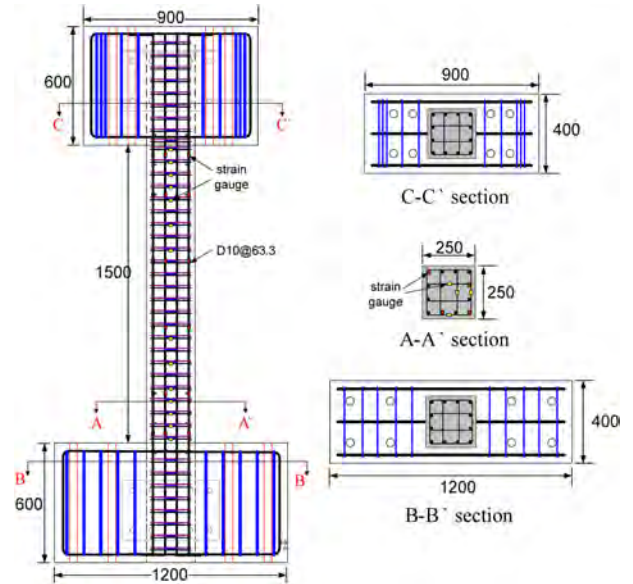


Fig. 2 Details of specimens (unit: mm)



Fig. 3 Test setup of specimens

로 계획하였다. 주근 및 횡보강근의 변형률을 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 실험구간에 있는 주철근과 횡보강근에 일정한 간격으로 변형률 게이지를 부착하였다.

가력방법은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 1,000 kN 용량의 액추에이터(actuator)를 사용하여 일정한 축력을 가력

Table 5 Properties of specimens

Specimens	Aggregate		f_{ck} (MPa)	Reinforcement		ρ_s	$\frac{N}{bdf_{ck}}$	a/d
	Coarse aggregate	Fine aggregate		Longitudinal	Transverse			
CF-AN	Natural	Natural	34.9	12-D10 $f_y = 300.4$ MPa	D6@63.3 mm $f_y = 453.0$ MPa	1.2%	20%	3.0
CF-AS	Slag	Slag	32.1					
CF-CS	Slag	Natural	35.3					

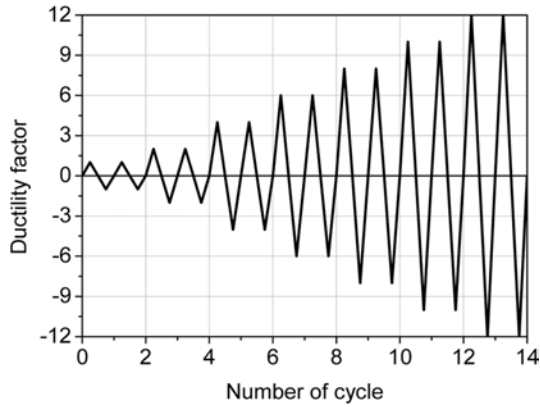


Fig. 4 Reversed cyclic loading history

한 후, 500 kN 용량의 액추에이터를 사용하여 반복 횡하중을 가력하였다. 또한 횡하중 가력시 수평유지와 편심을 방지하기 위하여 Fig. 3과 같이 프레임에 수평 유지장치를 설치하였다. 하중재하 방법은 Fig. 4에 나타난 것과 같이 일정한 축력을 가력한 상태에서 횡하중을 주철근의 항복시 변위를 기준으로 증가시키되 각 하중 단계 별로 2회 반복(cycle)하였다.

3. 실험 결과

3.1 하중-변위 관계

실험에서 측정한 하중-변위 관계는 Fig. 5에 나타내었으며, Table 6은 각 실험체의 최대하중과 항복모멘트 및 최대모멘트에 대한 실험 결과와 해석 결과를 나타낸 것이다. 모든 실험체는 주철근의 항복이 선행한 후 단부에서 압축 파괴하는 전형적인 휨파괴 양상을 나타내었다. Fig. 5와 Table 6에 나타난 Δ_y 는 4.1절에서 정의하고 있는 연성의 정의에 의하여 산정한 항복변위를 의미한다.

Table 6에서 보는 바와 같이 천연골재만을 사용한 CF-AN 실험체는 정방향의 최대하중이 100.6 kN으로 실험체 중에서 가장 높은 내력을 나타내었으며, Δ_y 는 8.1 mm로 나타났다. 반면, 전기로 산화슬래그 골재만을 사용한 CF-AS 실험체의 경우 정방향의 최대하중은 88.9 kN으로 천연골재만을 사용한 CF-AN 실험체보다 다소 낮게 나타났으나, 부방향에서는 최대하중이 101.9 kN으로 CF-AN 실험체보다 높은 내력을 나타내었다. 또한 전기로 산화슬래그 골재만을 사용한 CF-AS 실험체의 Δ_y 는 정방향일

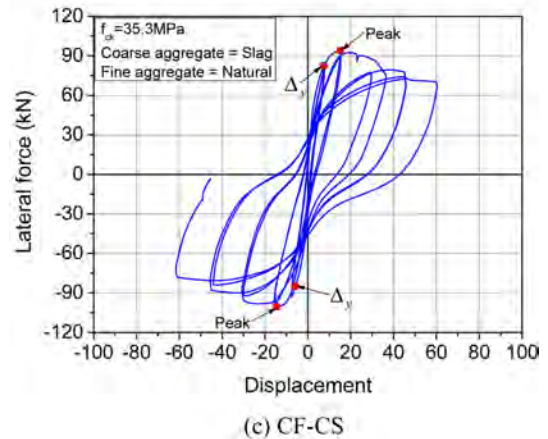
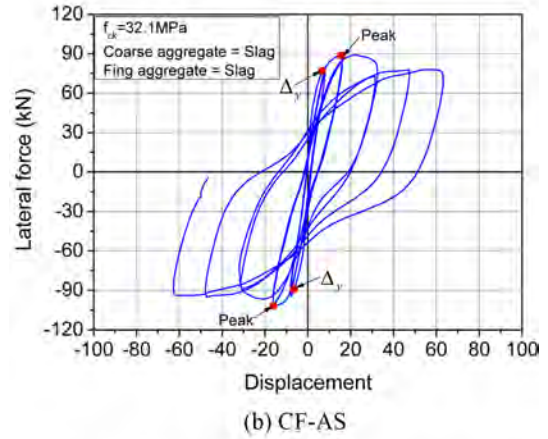
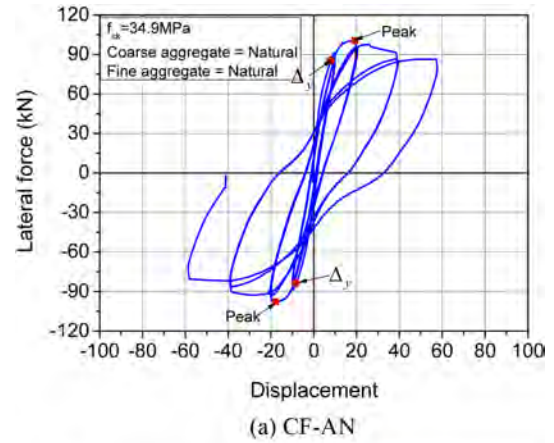


Fig. 5 Lateral force versus displacement relationships

때 7.3 mm로 천연골재만을 사용한 CF-AN 실험체의 Δ_y 에 비하여 이르게 나타났다. 전기로 산화슬래그 굵은 골재만을 사용한 CF-CS 실험체는 정방향에서 최대하중이

Table 6 Experimental and analytical results

Specimens	f_{ck} (MPa)	f_y (MPa)	Axial load ratio (%)	ρ_s (%)	Δ_y (mm)		Peak load (kN)		$M_{y \cdot exp}$ (kN·m)		$M_{u \cdot exp}$ (kN·m)		$\frac{M_{y \cdot exp}}{M_{y \cdot ana}}$		$\frac{M_{u \cdot exp}}{M_{u \cdot ana}}$	
					+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
CF-AN	34.9	300.4	20	1.2	8.1	8.0	100.6	97.9	68.6	66.6	75.5	73.4	1.22	1.18	1.22	1.18
CF-AS	32.1				7.3	6.6	88.9	101.9	59.9	70.7	66.7	76.5	1.06	1.25	1.07	1.23
CF-CS	35.3				7.5	6.0	90.4	101.0	62.3	69.6	67.8	75.8	1.10	1.23	1.09	1.22
Mean													1.13	1.22	1.13	1.22

90.4 kN으로 CF-AN 실험체보다 다소 낮게 나타났지만, 정방향일 때 Δ_y 는 7.5 mm를 나타내어 CF-AS 실험체와 마찬가지로 천연골재를 사용한 CF-AN 실험체보다 이른 항복을 보였다.

실험체의 항복 및 극한모멘트에 대한 실험 결과와 해석 결과를 Table 6에 나타내었다. 여기서 항복모멘트는 탄성해석을 이용하여 산정하였으며, 극한모멘트는 콘크리트구조 설계기준⁷⁾에 근거하여 해석을 수행하였다. Table 6에서 보는 바와 같이 항복모멘트에 대한 실험 결과와 해석 결과의 비는 정방향일 때 CF-AS 실험체가 1.06, CF-CS 실험체가 1.10으로 나타났다. CF-AN 실험체는 1.22로 다른 실험체들에 비하여 다소 높게 나타났다.

최대모멘트에 대한 실험 결과와 해석 결과의 비는 정방향일 때 CF-AN 실험체가 1.22로 나타났으며 부방향일 때는 1.18로 정방향과 유사하게 나타났다. CF-AS 실험체는 정방향일 때 1.07, 부방향일 때 1.23으로 예측되었으며, CF-CS 실험체는 정방향일 때 1.09, 부방향일 때 1.22로 나타났다. 이상의 결과로부터 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 철근콘크리트 기둥은 콘크리트구조설계기준⁴⁾에서 권고하는 소요 휨강도를 만족하는 것으로 확인되었다. 또한 기존 휨이론을 이용하여 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 철근콘크리트 기둥의 항복모멘트와 최대모멘트를 타당하게 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 주철근 및 횡보강근의 변형률

실험구간에 부착한 주철근의 변형률 게이지 값을 이용

하여 하중단계에 따른 주철근과 횡보강근의 변형률 관계를 구하였으며, 이를 각각 Figs. 6과 7에 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 대부분의 실험체는 양단부에서 약 d만큼 떨어진 위치까지 주철근 변형률이 크게 나타나는 인장이동(tension-shift)이 관찰되었으나 전기로 산화슬래그 골재만을 사용한 CF-AS 실험체에서는 파괴가 발생한 실험체 하단부에서 인장력 이동이 발생하지 않았음을 알 수 있다. 또한 주철근이 항복변형률을 상회하는 것으로부터 철근의 항복에 의한 휨파괴가 발생하였음을 확인할 수 있다.

천연골재만을 사용한 CF-AN 실험체에서는 단부에서 중앙부까지 전체적으로 넓은 영역에서 철근의 변형률이 고르게 분포되어있는 것을 Fig. 6을 보아 알 수 있다. 이에 비하여 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 CF-AS 실험체와 CF-CS 실험체의 경우 인장 및 압축 단부에서만 변형률이 크게 나타났다.

Fig. 7은 실험구간에 배근된 횡보강근의 각 하중 단계별 변형률 분포를 나타내고 있다. 그림에서 모든 실험체의 횡보강근 변형률이 항복변형률을 하회하고 있어 전단 파괴가 발생하지 않았음을 알 수 있다. 또한 골재의 종류와는 무관하게 횡보강근의 변형률 분포는 모든 실험체에서 양단부의 횡보강근 변형률만이 크게 나타났다.

3.3 균열 및 파괴 양상

최대하중일 때의 실험체 균열양상은 Fig. 8에 나타내었다. 모든 실험체는 골재 종류에 관계없이 양단부에 휨 균열이 발생한 후 하중의 증가와 함께 주철근이 항복하

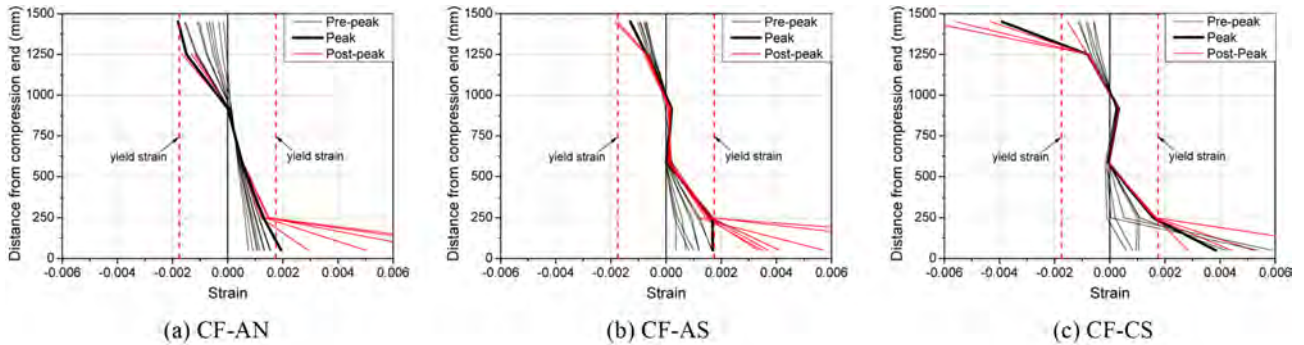


Fig. 6 Strain distributions of longitudinal reinforcement

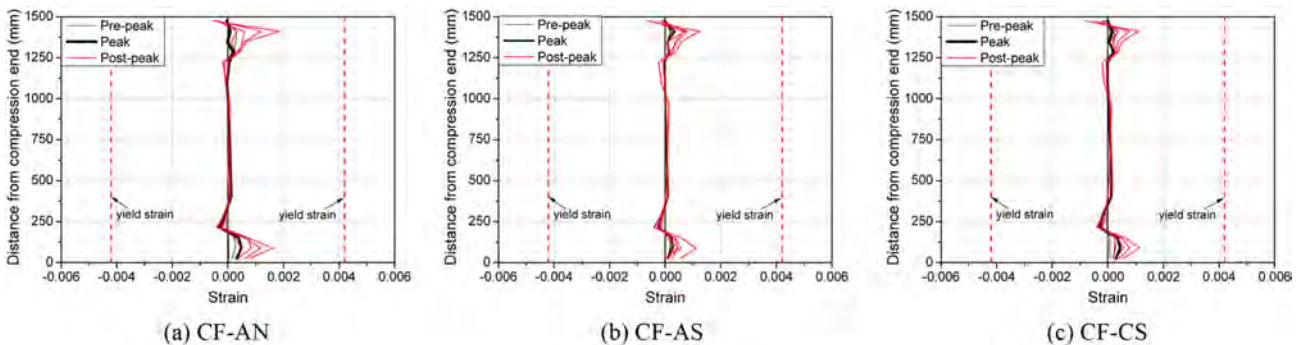


Fig. 7 Strain distributions of transverse reinforcement

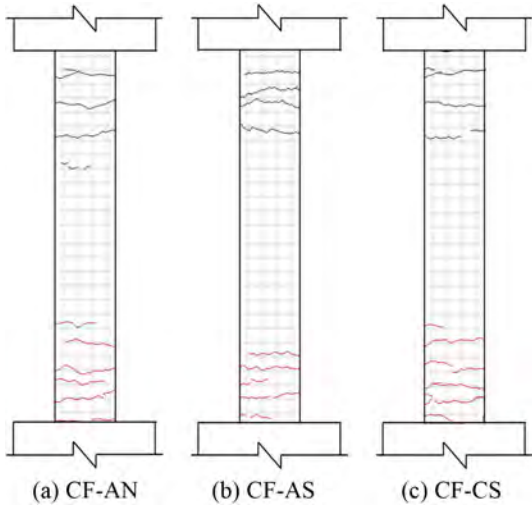


Fig. 8 Crack patterns of specimens at peak load

였다. 휨 균열은 하중이 증가함에 따라 기둥 단부에서 중앙부로 진전되면서 경사균열로 발전하였다. 이후 단부 콘크리트의 압괴와 더불어 주철근의 좌굴현상이 발견되었다.

실험 종료 후 CF-AN 실험체는 다른 실험체에 비하여 콘크리트의 박리가 크게 발생하였고 실험구간 하단부의 압괴와 함께 주철근의 좌굴이 관찰되었다. 또한 다른 실험체에 비하여 균열이 기둥 중앙부로 많이 진전되는 양상을 보였다. CF-AS 실험체는 CF-AN 실험체 보다 균열수와 콘크리트의 박리가 적게 나타났으며, CF-CS 실험체는 CF-AS 실험체와 유사한 균열양상을 나타내었다.

4. 실험 결과 분석

4.1 연성률

부재의 연성은 부재내력의 큰 저하 없이 변형할 수 있는 능력을 의미한다. 이 논문에서 연성의 정의는 여러 연구자들에 의하여 사용되어온 다음 식을 사용하였다.⁸⁾

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (1)$$

여기서, Δ_u 는 Fig. 9에 나타난 바와 같이 하중-변위 이력 곡선에서 최대하중 이후 최대하중의 85%에 해당하는 변위이며, Δ_y 는 최대하중의 75% 지점의 접선과 최대하중이 교차하는 지점에 해당하는 항복변위로 정의하였다.⁸⁾

Fig. 10은 앞에서 언급한 연성의 정의를 통하여 산정한 연성률을 골재의 종류에 따라 비교하여 나타난 그래프이다. Fig. 10에서 보는 바와 같이 천연골재만을 사용한 CF-AN 실험체의 연성지수는 정방향과 부방향에서 각각 7.0과 6.6으로 평균 6.8의 변위연성능력을 나타내었다. 전기로 산화슬래그 굵은 골재만을 사용한 CF-CS 실험체는 정방향과 부방향의 연성지수가 각각 6.7과 7.9로 평균 7.3의 연성지수를 나타내어 CF-AN 실험체와 유사한 연성능력을 보였다. 전기로 산화슬래그만을 사용한 CF-

AS 실험체는 정방향과 부방향에서 각각 8.5와 9.4로 다른 실험체보다 높은 연성지수를 나타내었다. 이는 앞서 Fig. 6에서 설명한 바와 같이 전기로 산화슬래그 골재만을 사용한 CF-AS 실험체에서는 주철근의 인장력 이동이 발생하지 않아 주철근의 부착응력이 천연골재 실험체와 달리 전 영역에 걸쳐 고르게 발휘되었기 때문으로 판단된다. 철근콘크리트 기둥의 연성능력에는 콘크리트 압축강도, 주철근비와 항복강도 등 많은 변수에 영향을 받는 만큼 이에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4.2 에너지 소산능력

실험에서 계측된 하중-변위 곡선을 이용하여 각 하중 단계별 에너지 소산능력을 Fig. 11에 나타내었다. 여기서 에너지 소산능력은 하중-변위 곡선에서 각 하중단계별 1 사이클에 해당하는 면적으로 산정하였다.

Fig. 11에 나타낸 바와 같이, 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 CF-AS와 CF-CS 실험체가 천연골재 실험체인 CF-AN 실험체보다 높은 에너지 소산 능력을 나타내었다. 특히, 천연골재만을 사용한 CF-AN 실험체의 경우 $6\Delta_y$ 이후 하중지지 능력을 상실한 반면, 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 CF-AS 실험체와 CF-CS 실험체는 $8\Delta_y$ 까지 하중지지 능력을 유지하였다. 따라서 실험 종료 시점에서의 에너지 소산 면적의 총합을 비교하여 보면 CF-AS 실험체와 CF-CS 실험체의 누적에너지 소산면적

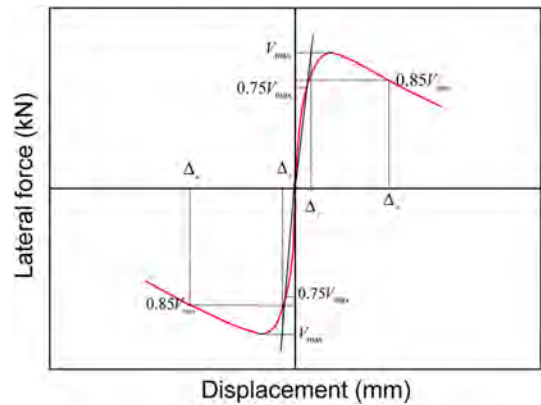


Fig. 9 Definition of ductility

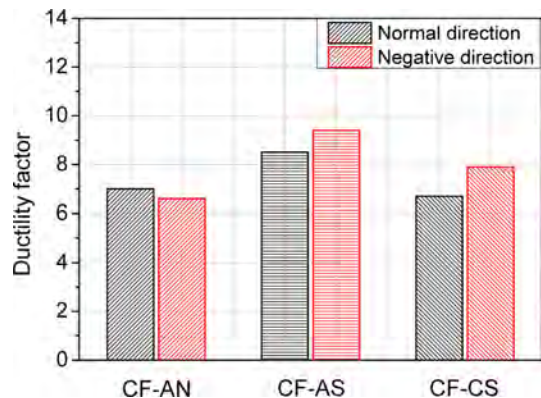


Fig. 10 Ductility factor according to aggregate types

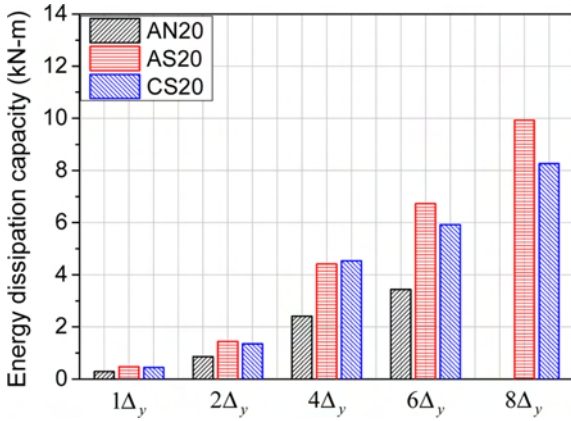


Fig. 11 Energy dissipation capacity according to aggregate types

이 CF-AN 실험체보다 각각 약 3.5배와 3배 더 높다는 것으로 확인할 수 있었다. 이는 4.1절의 연성능력에서와 마찬가지로 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 실험체가 천연골재를 사용한 실험체보다 에너지 소산 능력이 우수함을 의미한다.

5. 결 론

이 연구에서는 반복하중을 받는 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 철근콘크리트 기둥의 휨 성능을 실험적으로 평가하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 실험체는 천연골재를 사용한 실험체와 유사한 휨강도를 발휘하였으며, 콘크리트구조설계기준에서 권고하는 소요 휨강도를 만족하는 것으로 실험 결과 확인할 수 있었다.
- 2) 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 실험체는 천연골재를 사용한 실험체보다 동등 이상의 연성능력을 발휘하였다. 특히 전기로 산화슬래그만을 사용한 CF-AS 실험체는 천연골재만을 사용한 CF-AN 실험체보다 약 1.3배 높은 변위연성지수를 나타내었다.
- 3) 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 실험체는 에너지 소산 능력에서 천연골재를 사용한 실험체보다 동등 이상의 성능을 발휘함을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

요 약 이 연구에서는 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 철근콘크리트 기둥의 휨 성능을 평가하고자 한다. 전기로 산화슬래그는 철 스크랩을 제련하는 과정에서 얻어지는 부산물이다. 전기로 산화슬래그는 천연 광물과 유사한 석회(CaO)와 실리카(SiO₂)가 주성분이기 때문에 콘크리트용 골재로 이용 가능하다. 이 연구에서는 골재종류를 실험변수로 총 3체의 직사각형 기둥 실험체를 제작하고 휨 실험을 수행하였다. 모든 실험체는 실험구간에서 250 × 250 (mm)의 단면과 1,500 mm의 높이를 가지며, 반복 역대칭 모멘트와 일정한 축력을 받도록 계획하였다. 실험 결과 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 실험체가 천연골재를 사용한 실험체보다 동등 이상의 휨 성능을 가짐을 알 수 있었다.

핵심용어 : 전기로, 산화슬래그 골재, RC 기둥, 휨거동, 연성

철근콘크리트 기둥의 휨 성능에는 콘크리트 압축강도, 주철근비와 항복강도 등 다양한 변수가 영향을 미치는 만큼, 전기로 산화슬래그 골재를 구조부재에 적용하기 위해서는 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구입니다(2011-0022977). 또한 이 연구는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(00044059)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

1. 김상우, 이정미, 이용준, 정유진, 김길희, “전기로 산화슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 횡구속 거동에 관한 실험적 연구,” 콘크리트학회 논문집, 23권, 2호, 2011, pp. 195~201.
2. 류득현, 임지영, 이용준, 김상우, 김길희, “콘크리트용 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 RC보의 부착성능에 관한 실험적 연구,” 콘크리트학회 논문집, 21권, 5호, 2009, pp. 581~588.
3. 김길희, 임지영, 류득현, 최성우, “전기로 산화슬래그의 국내의 이용 사례,” 콘크리트학회지, 19권, 6호, 2007, pp. 51~52.
4. 한국표준협회, “콘크리트용 전기로 산화슬래그 골재(KS F 4571),” 한국표준협회, 2011, 25 pp.
5. 류득현, 임지영, 이용준, 김상우, 김길희, “전기로 산화슬래그 골재를 사용한 RC 보의 휨 거동에 관한 실험적 연구,” 대한건축학회 논문집, 25권, 10호, 2009, pp. 27~34.
6. 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)・解説,” 日本建築學會, 2005, 122 pp.
7. 한국콘크리트학회, “건설교통부 제정 콘크리트구조설계기준,” 한국콘크리트학회, 2007, 327 pp.
8. 김종근, 한범석, 신성우, “축력비와 횡보강근 형상을 고려한 초고강도 RC 띠철근 기둥의 연성능력평가,” 대한건축학회 논문집, 25권, 1호, 2009, 311 pp.