

전기로 산화 슬래그 골재를 사용한 친환경 콘크리트의 횡구속 효과

Confinement Effect of Eco-Friendly Concrete with Electric Arc Furnace Oxidizing Slag Aggregates

정유진 조희관 이용준 이정미 김상우 김길희
 Jung, You-Jin Joe, Hee-kwan Lee, Yong-Jun Lee, Jung-Mi Kim, Sang-Woo Kim, Kil-Hee

공주대학교 건축학부

ABSTRACT

전기로 산화 슬래그 골재는 철강산업의 부산물을 재활용한다는 측면에서 친환경적일 뿐만 아니라 고갈되고 있는 골재자원을 대체할 수 있다는 측면에서 중요한 가치를 지닌다. 본 연구에서는 다량의 철 성분을 함유하고 있어 높은 밀도를 나타내는 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 친환경 콘크리트의 횡구속 성능에 관하여 검토하였다. 이 실험에서는 전기로 산화슬래그 굵은 골재 및 잔골재를 적용한 콘크리트 공시체를 제작하여 천연 굵은 골재와 잔골재를 적용한 콘크리트의 횡구속 거동을 파악하였다. 실험변수는 콘크리트 제작에 사용한 골재의 종류, 횡보강에 사용한 나선 철근의 항복강도로 하였다. 실험결과 전기로 산화슬래그 골재를 사용하였을 경우 천연골재를 사용한 실험체와 유사한 횡구속 효과를 보였다.

Keyword: '전기로 산화슬래그 골재, 횡구속 콘크리트, 나선철근, 응력 변형을 관계'

1. 서론

철강 산업에서는 철근 생산량 증가에 비례하여 부산물이 폐기물이 다량으로 발생되고 있다. 이때 발생하는 부산물이 슬래그로 제선 공정 시 발생하는 고로 슬래그, 제강 공정 시 발생하는 전로 슬래그, 전기로 슬래그 세 가지로 구분된다.

고로 슬래그는 시멘트 원료와 같은 고부가가치를 얻을 수 있는 용도로 재사용되고 있지만, 전로 슬래그와 전기로 슬래그는 유리석회(Free CaO), 유리마그네시아(Free MgO)에 의한 팽창

붕괴의 불안정성 때문에 콘크리트용 골재로 사용하지 못할 뿐만 아니라 성토한 경우에도 안정한 지반을 형성하지 못하여 재활용에 어려움이 있다. 하지만 현대의 제강공정의 발달로 전기로 슬래그 중 산화 슬래그는 체적 안정성 기술을 확보하여 콘크리트용 골재로 사용이 가능하게 되었다. 이에 전기로 산화슬래그 골재를 콘크리트 구조물에 적용하기 위한 기초연구로 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 콘크리트의 횡구속 성능을 평가하였으며 이를 통해 건설재료의 친환경화를 추구하려 한다.

2. 실험계획

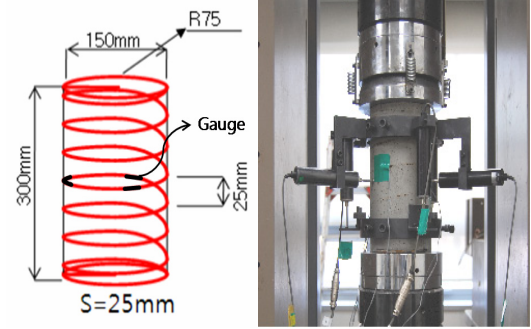
실험체는 표 1과 같이 계획하였다. 실험체명은 사용된 골재의 종류에 따라 잔골재 및 굵은 골재를 천연골재로만 사용한 AN실험체, 전기로 산화슬래그 골재만을 사용한 AS실험체, 전기로 산화슬래그 굵은 골재와 천연 잔골재를 사용한 CS 실험체, 전기로 산화슬래그 잔골재와 천연 굵은 골재를 사용한 FS실험체로 하였다.

횡보강을 위한 나선철근은 직경 4.5mm의 항복강도 472MPa과 1430MPa를 사용하였다. 그림 1에 실험체 상세 및 가력방법을 나타내었다. 실험체는 지름이 150mm이고 높이가 300mm인 원형 실린더로 하였으며, 나선철근의 간격은 25mm로 하였다.

실험체의 종방향 및 횡방향 변형 상태를 알아보기 위하여 그림 1과 같이 3곳에 와이어 스트레인 게이지를 부착하였으며, 실험구간(200mm) 중앙부에는 120° 간격으로 종방향과 횡방향으로 3곳에 LVDT를 설치하였다.

[표 1 실험체 일람표]

실험체명	골재종류		콘크리트 압축강도 (MPa)	나선철근 항복강도 (MPa)
	굵은골재	잔골재		
1 ANNS	천연골재	천연골재	50	472
2 ANUS				1430
3 ASNS	전기로 산화슬래그골재	전기로 산화슬래그골재		472
4 ASUS	전기로 산화슬래그골재	천연골재		1430
5 CSNS	천연골재	전기로 산화슬래그골재		472
6 CSUS	천연골재	전기로 산화슬래그골재		1430
7 FSNS	천연골재	전기로 산화슬래그골재		472
8 FSUS	천연골재	전기로 산화슬래그골재		1430



(a) 실험체 상세 (b) 세팅현황

[그림 1. 실험체 상세 및 세팅현황]

3. 실험결과

각 실험체의 실험 결과를 표 2에 나타내었다. AN시리즈의 경우, 초고강도 철근($f_y=1,430\text{MPa}$)으로 횡구속한 US실험체가 무근콘크리트 압축강도에 비해 약 56%의 강도증진효과를 보여 전체 실험체 중 가장 높은 횡구속 효과를 보였다.

AS시리즈의 경우, US실험체가 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 실험체 시리즈 중 가장 높은 강도증진효과(약 43%)를 나타내었고, NS실험체도 무근콘크리트에 비하여 약 11%의 강도증진효과를 나타내었다.

CS시리즈는 US실험체가 강도증진효과(약 33%)를 나타내었고, NS실험체는 무근콘크리트에 비하여 약 10%의 강도증진효과를 나타내었다. FS시리즈 실험체의 경우, 초고강도 철근으로 횡구속한 US실험체는 무근콘크리트 압축강도보다 약 30%의 강도증진효과를 나타내었다.

나선철근의 횡구속으로 인한 강도 증진효과는 나선 철근 강도가 증가함에 따라 횡구속 효과도 증진하였으며, 전기로 산화 슬래그 골재의 종류에 따른 횡구속 효과는 유사함을 확인하였다.

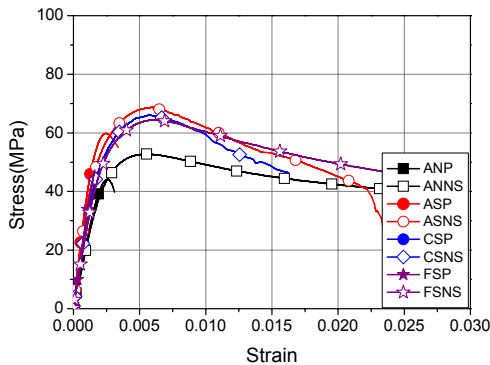
[표 2 실험결과]

실험체명	최대응력 (MPa)	최대응력시변형율	강도증진율
1 ANP	44.4	0.0026	-
2 ANNS	54.9	0.0055	1.24

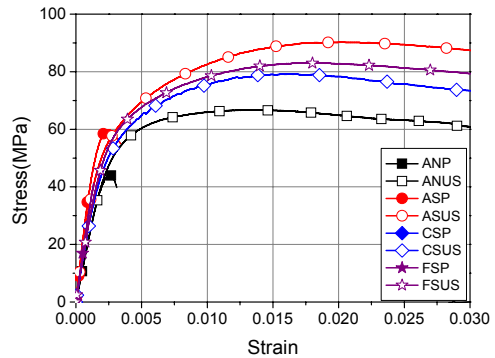
3	ANUS	69.2	0.0074	1.56
4	ASP	61.3	0.0023	-
5	ASNS	67.8	0.0060	1.11
6	ASUS	87.4	0.0192	1.43
7	CSP	60.0	0.0024	-
8	CSNS	66.1	0.0055	1.10
9	CSUS	80.0	0.0158	1.33
10	FSP	63.6	0.0029	-
11	FSNS	67.2	0.0068	1.06
12	FSUS	82.3	0.0156	1.30

3.1 골재종류에 따른 응력-중방향 변형률 관계

그림 2는 골재 종류에 따른 응력-변형률 관계에 대한 실험결과를 나타낸다. 그림 2에서 천연 골재를 사용한 실험체와 전기로 슬래그를 사용한 실험체는 전반적으로 응력증진효과와 거동이 유사하게 나타남을 알 수 있다. CS, FS, AS 실험체의 경우 횡보강근의 간격이 25mm (NS, US)일 때, 횡보강근의 항복강도가 높아질수록 강도증진효과 우수하며 연성적인 거동을 나타내었다.



(a) NS 시리즈 ($f_y=472\text{MPa}$)

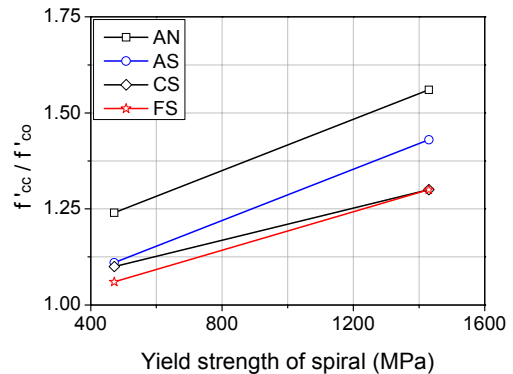


(b) US 시리즈 ($f_y=1,430\text{MPa}$)

[그림 2. 골재종류에 따른 응력-중방향 변형률 관계]

3.2 나선철근의 강도에 따른 강도 증진 효과

그림 3은 나선철근의 항복강도가 472MPa, 1430MPa일 때 철근의 항복강도에 따른 강도 증진 효과를 나타내고 있다. 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 AS, CS, FS 실험체 모두 철근의 항복강도가 증가함에 따라 횡구속 효과도 증가하는 것을 확인하였다.



[그림 3. 나선철근의 강도에 따른 강도 증진 효과]

4. 결론

이 연구에서는 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 콘크리트와 초고강도 나선철근의 횡구속 능력을 실험하였으며 다음과 같은 결과를 얻을 수

있었다.

- (1) 전기로 산화슬래그 골재를 사용한 실험체는 천연 골재를 사용한 실험체와 유사한 응력증진 및 연성거동을 나타내었다.
- (2) 횡구속 효과는 골재의 종류에 관계없이 횡구속 철근의 강도가 증가할수록 증대됨을 확인할 수 있었다.

감사의 글

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

참고문헌

- (1) 김길희, 임지영, 류득현, 최성우, “전기로 산화 슬래그의 국내외 이용 사례”, 콘크리트학회지, Vol.19, No.6, 2007. 11, pp.51-57.
- (2) J. B. Mander, M. J. N Priestly, R and Park, “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete”, Journal of Structural Engineering, ASCE, 114, No. 8, 1988, pp.1804-1826.