

레미콘 슬러지 고형분을 주재료로 한 자원순환형 콘크리트의 초임계 CO₂ 양생에 관한 기초적 연구

A Fundamental Study on Supercritical CO₂ Curing of Resource-Recycling Concrete Containing Concrete Sludge Waste as Main Materials

심상락¹ · 이영도² · 류동우^{3*}

Sim, Sang-Rak¹ · Lee, Young-Do² · Ryu, Dong-Woo^{3*}

Abstract : In this study, the mechanical properties of resource-recycling concrete containing concrete sludge waste as main materials was compared depending on whether supercritical CO₂ curing was applied for the realization of CCU technology. After supercritical CO₂ curing, the compressive strength of the steam-cured specimen was lowered, but it was confirmed that the compressive strength of the underwater-cured specimen was improved.

키워드 : 레미콘 슬러지 고형분, 초임계 CO₂ 양생, 자원순환형 콘크리트

Keywords : concrete sludge waste, supercritical CO₂ curing, resource-recycling concrete

1. 서론

1.1 연구의 목적

시멘트 산업에서는 2050 탄소중립을 실현하기 위하여 혼합시멘트 사용의 확대, 길든의 열효율 증대를 위한 연료전환 등 다양한 노력을 실시하고 있다. 그러나 2050 탄소중립을 실현하기 위해서는 보다 혁신적인 CO₂ 감축 대책 마련이 필수적이며, 그 대책의 일환으로써 CCUS(Carbon Capture Utilization & Storage) 기술 개발이 필수적이라고 보고하고 있다[1].

한편 레미콘 제조 시 반송·잉여 콘크리트 혹은 트럭 애지테이터, 배치플랜트의 믹서 등에 부착된 콘크리트의 세척 등으로 인해 레미콘 회수수가 발생하게 된다[2]. 선행연구[3]에서는 고내구성 자원순환형 시멘트 2차 제품 개발을 목적으로 레미콘 슬러지 고형분(Concrete Sludge Waste, 이하 CSW)을 주재료로 한 자원순환형 모르타르 및 초임계 CO₂ 양생에 의한 내구성 증진에 관한 연구를 진행하였다. 연구결과 초임계 CO₂ 양생(35℃-80bar-1min)을 진행한 자원순환형 모르타르의 경우 압축강도 증진 및 염해저항성이 증가한 것을 확인할 수 있었다.

이에 본 연구에서는 자원순환형 모르타르 2차 제품 뿐만 아니라 콘크리트 2차 제품을 개발하기 위하여 CSW를 주재료로 한 자원순환형 콘크리트를 제조하였으며, 초임계 CO₂ 양생 실시 전·후 역학적 특성을 비교·평가하였다.

2. 실험 방법

2.1 사용재료 및 배합

본 연구에서는 CSW를 주재료로 한 콘크리트 시험체 제작을 위하여 국내 Y사 레미콘 공장에서 당일 생산된 레미콘 회수수를 가압 탈수하여 채취한 CSW(함수율 40%, 비중 2.69)를 주재료로 사용하였으며, 굵은골재 및 잔골재는 회수골재, 배합수는 상징수를 사용하였다. 자원순환형 콘크리트의 목표강도는 27MPa로 설정하였으며, OPC 대비 강도발현이 저하할 수 있어 설계기준 압축강도 30MPa 배합의 주결합재 사용량을 CSW로 변경하여 실험을 진행하였다. 본 연구의 콘크리트 배합표를 표 1에 나타내었다.

2.2 실험방법

콘크리트 제조 시 목표 슬럼프는 150mm로 설정하였으며, 목표 슬럼프를 만족시키기 위하여 준PC계 혼화제를 사용하여 배합을 실시하였다. 또한 시험체는 $\phi 100 \times 200$ mm의 원주형 공시체로 제작하였으며 수중양생(재령 7, 28일) 및 증기양생(재령 1일 증기양생 후 7일까지 기중양생)을 실시하였다. 초임계 CO₂ 양생의 경우 35℃-80bar의 조건에서 1분간 실시하였으며, 초임계 CO₂ 양생 전·후 압축

1) 대전대학교, 박사과정

2) 경동대학교, 교수

3) 대전대학교, 교수, 교신저자(dwryu@daejin.ac.kr)

강도를 비교·평가하였다.

표 1. 자원순환형 콘크리트 배합

Specimens	W/B	S/a	Unit Weight(kg/m ³)				SP(%)	
			W	CSW	BS	S		G
CSW	42,3	47,9	168	397	0	716,7	876,2	2,25
BS20			168	317,6	79,4	719,1	879,1	1,75
BS40			168	238,2	158,8	721,5	882,0	1,5

3. 실험 결과

3.1 압축강도 측정결과

초임계 CO₂ 양생 실시 전·후 자원순환형 콘크리트 시험체의 압축강도 측정결과는 그림 1과 같다. 증기양생을 실시한 CSW 시험체의 경우 양생 직후 16.3MPa로 측정되었으며, BS20 및 BS40 배합의 압축강도는 각각 28.4, 23.0MPa로 측정되었다. 증기양생 후 재령 7일까지 기중양생을 실시한 시험체의 압축강도는 CSW, BS20 및 BS40 순으로 각각 25.9, 33.9, 28.4MPa로 압축강도가 증진된 것을 확인할 수 있었다.

수중양생을 실시한 시험체의 경우 재령 7일에서 CSW, BS20 및 BS40 순으로 각각 29.0, 34.8, 31.5MPa였으며, 재령 28일에서는 42.2, 49.9, 42.6MPa로 증기양생 대비 압축강도 발현률이 높게 나타났다.

초임계 CO₂ 양생을 실시한 이후 증기양생 시험체의 압축강도는 CSW, BS20 및 BS40 순으로 각각 24.81, 30.22, 24.33MPa, 수중양생은 43.1, 53.3, 44.6MPa로 측정되었다. 증기양생 시험체는 초임계 CO₂ 양생을 실시하기 전보다 약 1~3MPa 감소하였으나, 수중양생을 실시한 시험체는 약 1~3MPa 증가한 것을 확인할 수 있었다.

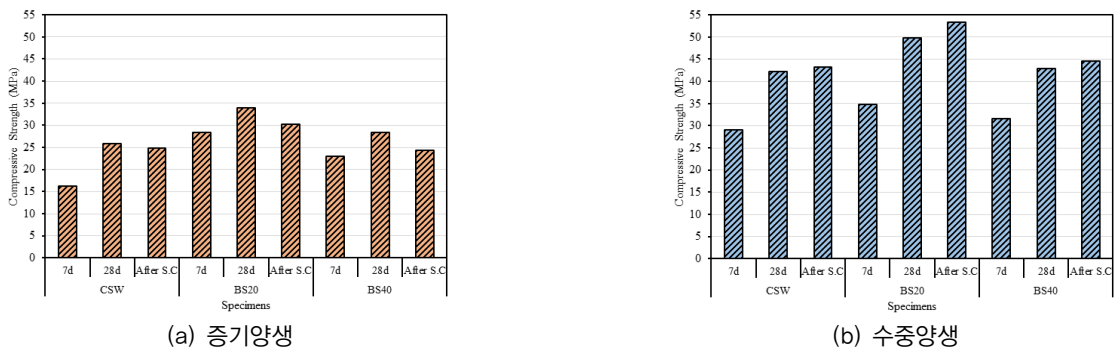


그림 1. 압축강도 측정결과

4. 결론

레미콘 슬러지 고품분을 주재료로 한 자원순환형 콘크리트의 초임계 CO₂ 양생 전·후 역학적 특성을 비교·평가하였다. 초임계 CO₂ 양생 후 증기양생 시험체의 경우 압축강도가 저하하였으나, 수중양생 시험체는 압축강도가 증진된 것을 확인하였다. 이는 수중양생과 달리 증기양생은 조직구조가 밀실하지 않아 초임계 CO₂ 양생시 고압의 CO₂가 심부까지 신속하게 침투하여 완전탄산화가 이루어진 결과로 인해 강도가 저하한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2022년 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업(과제번호: 22CTAP-C164096-02)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. CEMBUREAU The European Cement Association. Cementing the European Green Deal.
2. Iizuka A et al. Pilot operation of a concrete sludge recycling plant and simultaneous production of calcium carbonate. Chemical Engineering Communications. 2017. 207.
3. Kim, MS et al. Supercritical CO₂ Curing of Resource-Recycling Secondary Cement Products Containing Concrete Sludge Waste as Main Materials. Materials. 2022. 15(13). p. 4581.