

폐콘크리트 미분말을 활용한 이산화탄소 반응경화 시멘트 제조

Manufacture of CO₂ Reactive Hardening Cement Using Waste Concrete Powder

이향선¹ · 송훈^{2*}

Lee, hyang-Sun¹ · Song, Hun^{2*}

Abstract : In the cement industry, various research initiatives are underway to achieve carbon neutrality. Mineral carbonation is a technology that converts carbon dioxide into minerals for storage, and CO₂ reactive hardening cement is a type of cement that incorporates mineral carbonation technology. In this study, we aimed to manufacture CO₂ reactive hardening cement for reducing carbon emissions in the cement industry by utilizing waste concrete powder generated in the construction sector.

Keywords : 이산화탄소 반응경화 시멘트, 클링커, 폐콘크리트 미분말, 탄산화 양생

Keywords : CO₂ reactive hardening cement, clinker, waste concrete powder, carbonation curing

1. 서론

최근 시멘트 산업에서는 탄소중립을 위해 온실가스 배출량 저감을 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 광물 탄산화는 산업시설에서 배출되는 이산화탄소를 포집 및 이를 광물화를 통해 저장하는 기술로 칼륨 또는 마그네슘과 같은 금속 산화물을 이용하여 이산화탄소와 반응하여 탄산염 광물로 저장할 수 있다[1]. 한편, 이산화탄소 반응경화 시멘트는 기존 보통 포틀랜드 시멘트와 달리 비수경성으로 탄산화 양생을 통해 경화하는 시멘트이다. 이산화탄소 반응경화 시멘트의 주요 광물로 규회석(Wollastonite, CaSiO₃)과 랭킨아이트(Rankinite, Ca₃Si₂O₇)로 선정하고 있으나, 이외에도 CO₂와 반응하여 경화하는 광물일 경우 이산화탄소 반응경화 시멘트의 광물로 구성할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 온실가스 배출량 저감을 위해 포집한 이산화탄소를 활용할 수 있는 이산화탄소 반응경화 시멘트 제조 개발 및 시멘트 산업의 친환경적 요소로 산업폐기물을 활용하는데 목적을 두었다.

2. 실험 방법 및 실험 결과

2.1 실험 방법

본 연구에서는 폐콘크리트 미분말 치환율 및 SiO₂/(CaO+SiO₂) 몰비에 따라 이산화탄소 반응경화 시멘트 클링커를 제조하였다. 사용한 폐콘크리트 미분말의 사진과 입도분석, 화학조성은 그림 1과 표 1에 나타내었으며, 이산화탄소 반응경화 시멘트 클링커 제조 실험 계획은 표 2에 나타내었다. 클링커 제조 시 폐콘크리트 미분말 외에 D사의 CaCO₃, Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃ 시약을 사용하였다. 폐콘크리트 미분말은 CaCO₃ 중량 대비 5, 10, 20, 50%를 치환하였으며, SiO₂/(CaO+SiO₂) 몰비는 주요 광물상인 Wollastonite와 Rankinite가 생성되는 범위 내인 0.35, 0.40, 0.45에 맞게 배합 설계하였다.

표 1. 폐콘크리트 미분말 화학조성

	Chemical composition (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	lg.loss
Waste concrete powder	49.00	10.92	4.82	16.20	1.99	2.30	2.62	0.50	10.48

표 2. 폐콘크리트 미분말을 활용한 이산화탄소 반응경화 시멘트 실험계획

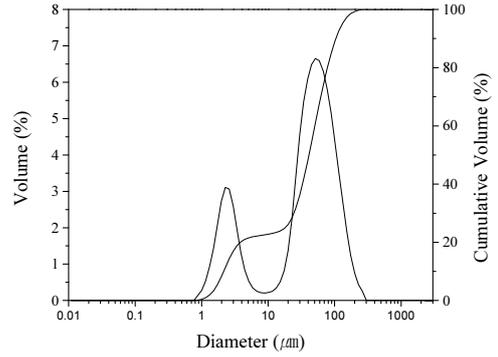
Type	Replacement rate of CaCO ₃ (%)	Mole $\frac{SiO_2}{CaO+SiO_2}$	Test
Clinker	Waste concrete powder	5, 10, 20, 50%	0.35, 0.40, 0.45
			XRD(Rievelde)

1) 한국세라믹기술원, 탄소중립소재센터, 학생연구원 박사과정

2) 한국세라믹기술원, 탄소중립소재센터, 수석연구원, 교신저자(songhun@kicet.re.kr)



(a) 페콘크리트 미분말



(b) 페콘크리트 미분말 입도분석

그림 1. 페콘크리트 미분말

2.2 실험 결과

페콘크리트 미분말 치환율 및 $\text{SiO}_2/(\text{CaO}+\text{SiO}_2)$ 몰비에 따른 이산화탄소 반응경화 시멘트의 XRD 정량화 분석을 그림 2에 나타내었다. 분석 결과, 이산화탄소 반응경화 시멘트의 주요 광물인 Wollastonite와 Rankinite를 확인할 수 있었으며, 이 외에 Ca-산화물인 겔레나이트(Gehlenite, $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$)가 생성됨을 확인할 수 있었다. 또한 페콘크리트 미분말 치환율과 $\text{SiO}_2/(\text{CaO}+\text{SiO}_2)$ 몰비가 증가할수록 Belite와 γ -belite가 감소하고 Wollastonite와 Rankinite, Grhlenite가 증가하는 경향을 알 수 있다.

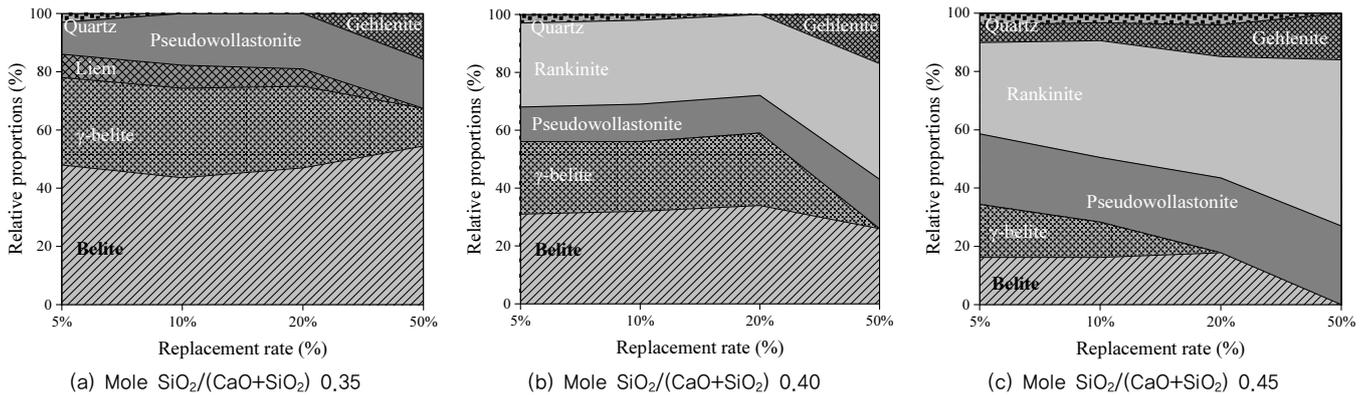


그림 2. 페콘크리트 미분말 치환율에 따른 이산화탄소 반응경화 시멘트 XRD 정량화 분석 결과

3. 결론

본 연구에서는 페콘크리트 미분말을 활용하여 이산화탄소 반응경화 시멘트를 제조하였다. $\text{SiO}_2/(\text{CaO}+\text{SiO}_2)$ 몰비 0.35, 0.40, 0.45 수준에서 페콘크리트 미분말을 5~50% 치환 시 이산화탄소 반응경화 시멘트의 주요 광물인 Wollastonite와 Rankinite가 생성됨을 확인할 수 있었으며, 페콘크리트 미분말 치환율 50%와 $\text{SiO}_2/(\text{CaO}+\text{SiO}_2)$ 몰비 0.45에서 Wollastonite와 Rankinite 외에 Gehlenite가 생성됨을 확인할 수 있었다. 이는 페콘크리트 미분말에 포함되어 있는 Al_2O_3 에 의해 합성된 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2023년도 산업통상자원부의 이산화탄소반응경화시멘트제조기술사업(과제번호 : RS-2022-00155521)의 일회환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Abdulaziz Alturki, The Global Carbon Footprint and How New Carbon Mineralization Technologies Can Be Used to Reduce CO_2 Emissions. ChemEngineering. 2022. Vol.6, No.3. 44 p.