

광물탄산화를 거친 폐콘크리트 미분말을 실리카 원료로 활용한 압축성형패널의 특성

Properties of Extruding Panel using Waste Concrete Powder with Mineral Carbonation as Silica Source

최 홍 범* 김 진 만** 유 재 성*
Choi, Hong-Beom Kim, Kin-Man Yu, Jae-Seong

Abstract

In this paper, research for use possibility as silica source of waste concrete powder discharged from direct and indirect carbonation has progressed. For the research, properties on the extruding panel using waste concrete powder with high silica content is evaluated. As the results, compressive strength of specimen is increased 24% compared to control specimen when waste concrete powder replaced 50%, that is discharged from carbonation process, as silica source.

키 워 드 : 실리카 원료, 폐콘크리트 미분말, 광물탄산화, 압축성형패널
Keywords : silica source, waste concrete powder, mineral carbonation, extruding panel

1. 서 론

CO₂는 지구온난화의 주요인자로 추정되고 있으며, 이를 제거하기 위해 산업부산물을 이용한 광물탄산화를 연구가 활용하게 이루어지고 있다. 건설산업 부산물인 폐콘크리트 미분말은 CaO 함량이 발생 공정에 따라 20~40%로 보고되고 있으며, CO₂를 포집하기 위한 접합한 재료로서 광물탄산화 연구의 대상물질로 활용되고 있다. 그러나 대부분의 광물탄산화 연구는 CO₂ 제거 효율 중심의 연구이며, 광물탄산화 후에 발생되는 반응 잔재물을 2차 부산물로 배출하는 환경문제를 야기하고 있어 이를 활용하기 위한 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 직접, 간접 탄산화 공정에서 배출되는 폐콘크리트 미분말의 실리카 원료로서 활용 가능성을 평가하기 위한 연구로서, 높은 실리카 함량을 가진 폐콘크리트 미분말의 광물탄산화 공정에 따른 압축성형패널에 적용한 특성을 검토하고자 한다.

2. 계획계획 및 방법

본 실험의 기준 배합은 시멘트와 실리카 파우더의 비율을 50 : 50wt%로 설정하였고, 그 중 실리카 파우더에 대해 폐콘크리트 미분말 원시료, 직접·간접 탄산화를 거친 폐콘크리트 미분말 3가지 종류를 각각 0, 25, 50wt% 대체하여 압축성형 시멘트패널을 제작하였다. 배합에 사용된 실리카 원료의 산화물 조성은 Table 1.에 나타난 바와 같으며, 폐콘크리트 원시료의 경우 CaO함량 평균인 30%보다 다소 낮은 22%로 나타나고 있다. 압축성형 패널의 양생 방법은 기건 양생한 시편과 스팀양생과 오토클레이브 양생한 시편으로 나누었으며, 일반적인 수화 상태에서의 수열합성에 의한 강도 발현 특성을 평가하였다.

표 1. Chemical composition of silica source

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	Cl	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	F	etc.	Toal
Silica powder	87.9	4.9	1.3	1.9	0.98	0.11	2.4	-	0.28	-	-	-	0.28	100
Raw WCP	50.5	12.4	3.7	4.7	22.5	1.4	2.5	0.07	0.56	0.98	0.18	0.06	0.47	100
DC WCP	56	12.2	3.7	4.2	18.1	1.3	2.4	0.06	0.55	0.75	0.18	0.13	0.57	100
IDC WCP	68.3	14.6	4.7	3.4	3.0	2.3	1.7	0.71	0.60	0.19	0.13	0.12	0.36	100

* WCP : Waste concrete powder, DC : Direct Carbonation, IDC : Indirect carbonation

* 공주대학교 건축공학과 박사과정

** 공주대학교 건축공학과 교수, 교신저자(jmkim@kongju.ac.kr)

3. 실험결과

광물탄산화를 거친 페콘크리트를 실리카 원료로 사용하여 압축성형패널을 제작시의 기준으로 4kN의 관입저항으로 설정하였으며, 이때의 물/결합재비를 측정하였다. 각 배합의 물/결합재비는 24~26%로 유사하게 나타났으며, 페콘크리트 대체율 및 탄산화 여부에 관계없이 유사하게 나타났다. 기존의 페콘크리트 미분말을 사용한 배합의 경우 실리카 파우더 등의 다른 분말계 재료의 비례 물/결합재비가 상승하는 경향을 나타내는 경향을 보이지만, 본 실험에서 사용된 페콘크리트 미분말의 경우 기존에 알려진 페콘크리트 미분말에 비해 낮은 CaO 함량을 가지는 특성을 보이고 있다. 이는 기존의 페콘크리트 미분말에 비해 시멘트 페이스트 부분이 적게 포함하고 있는 것을 추측할 수 있으며, 이에 페콘크리트 미분말 사용시의 물/결합재비 상승시키는 문제점이 나타나지 않는 것으로 판단된다.

페콘크리트 미분말 원시료와 광물탄산화를 거친 페콘크리트를 실리카 원료로 사용한 압축성형패널의 압축강도 측정 결과, 기건 양생을 한 시편의 경우 페콘크리트 미분말의 대체율과 탄산화 여부에 관계없이 3일 재령에서 16~19MPa 범위로 유사한 압축강도를 나타내었으며, 다만 직접·간접 탄산화를 거친 페콘크리트 미분말을 대체한 시편에서 2MPa의 강도 상승을 보였다. 스팀과 오토클레이트 양생을 한 시편의 경우 실리카 파우더만을 실리카 원료로 사용한 기준 배합의 경우 32.2MPa로 기건 양생한 시편에 비해 96% 강도 증진을 보였으며, 페콘크리트 미분말 원시료를 25% 사용한 시편의 경우 36.0MPa로 기건 양생과 비교하여 124%의 강도 증진율을 보였다. 이는 기준 배합에서의 C/S mole비가 0.68인것에 비해 페콘크리트 미분말 원시료를 25% 대체한 배합의 C/S mole비는 0.83로 증가하였으며, 기존의 연구를 통해 알려진 최적 C/S mole비 0.85~1.0에 근접함에 따른 강도 증진으로 판단된다.

직접 탄산화를 거친 페콘크리트 미분말을 25, 50% 대체한 시편의 압축강도가 각각 39.9MPa, 39.4MPa로 기준 배합 대비 25% 증가한 높은 강도를 보였으며, 기건 양생과 비교한 강도 증진율은 각각 107%와 129%로 높게 나타났다. 이는 직접 탄산화를 거친 페콘크리트 미분말을 25, 50% 대체한 배합의 C/S mole비는 각각 0.78, 0.90으로 최적 C/S mole비 범위에 근접하거나 범위 내에 포함되어 수열합성 조건에서 유리한 강도 발현 조건을 가지고 있기 때문으로 판단되며, 직접 탄산화를 거침에 따라 평균 3 μ m미만의 미세한 입자로 생성된 CaCO₃가 공극을 메우는 충전재로 작용하였기 때문으로 판단된다. 간접 탄산화를 거친 페콘크리트 미분말을 25, 50% 대체한 시편의 압축강도는 각각 39.4MPa와 39.7MPa로 높게 나타났으며, 기건 양생에 비해 각각 115%, 105%의 강도 증진율을 보였다. 이때의 C/S mole비는 각각 0.81, 0.86으로 직접 탄산화를 거친 페콘크리트 미분말에 비해 낮지만 최적 C/S mole비 범위에 근접하게 나타나 높은 강도 증진율을 보이는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서 페콘크리트 미분말 원시료와 광물탄산화를 거친 페콘크리트 미분말을 실리카 원료로 사용한 압축패널을 특성을 분석한 결과, 실리카 파우더에 페콘크리트 미분말 원시료 25wt%를 대체한 경우 강도 증진을 보였으며, 탄산화를 거친 페콘크리트 미분말을 대체한 시편의 경우 50wt% 대체한 경우 기준 배합대비 24%의 강도 증진을 보였다. 이를 통해 탄산화를 거친 페콘크리트 미분말을 실리카 원료로 일부 대체할 경우 강도 증진하는 것을 확인할 수 있었으며, 추후 페콘크리트 미분말의 탄산화의 정도에 따른 압축패널의 강도 및 미세구조에 미치는 영향을 분석이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2015년도 미래창조과학부의 재원으로 과학벨트기능지구지원사업(2015K000281)과 한국지역난방공사로부터 수탁받은 “광물탄산화 기술을 통한 배가스 내 CO₂ 제거 및 부산물 활용방안 연구”(과제번호 : 100354-2015-S-026)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김진만, 시멘트 압축패널의 규사분말 대체재로서 페콘크리트 미립분의 활용, 한국건설순환자원학회논문집, 제6권 제1호, pp.88~94, 2011