

석회석 미분말을 사용한 시멘트 모르타르의 기초특성에 관한 연구

A Study on the Basic Properties of Cement Mortar Using Limestone Powder

강인규¹ · 라정민² · 김진만^{3*}

Kang, In-Gyu¹ · La, Jung-Min² · Kim, Jin-Man^{3*}

Abstract

Portland Limestone Cement (PLC) is a blended cement using limestone powder as SCMs (Supplementary Cementitious Materials), and is currently regarded as an essential means for achieving carbon neutral in the cement industry. This study was performed to investigate the fresh and hardened properties of cement mortar according to the fineness and replacement ratio of limestone powder. As a result, the compressive strength of mortar used high blaine limestone powder were equivalent level of that of OPC.

키 워 드 : 석회석 미분말, 시멘트 모르타르, 시멘트 대체 재료, 탄소중립, 혼합시멘트

Keywords : limestone powder, cement mortar, supplementary cementitious materials, carbon neutral, blended cement

1. 서 론

포틀랜드 라임스톤 시멘트(PLC, Portland Limestone Cement)는 석회석 미분말을 SCMs(Supplementary Cementitious Materials)로 사용한 클링커 계수가 낮은 혼합시멘트로서, 현재 고로슬래그 및 플라이애시와 함께 시멘트 업계에서 탄소중립 달성을 위한 필수 수단으로 여겨지고 있다. PLC의 원료인 석회석 미분말(LSP, Limestone powder)은 반응성이 거의 없으며 일반적으로 non-hydraulic filler에 속한다고 알려져 있다. 하지만 최근의 연구동향에 의하면, C3S의 초기 수화를 촉진하고 nucleation effect를 통해 초기 재령에서 시멘트 클링커의 수화를 촉진시킬 수 있다는 점과 석회석 미분말을 시멘트에 대해 15%까지 치환하여 사용해도 OPC 대비 동등한 성능을 갖는다는 다수의 연구가 보고되고 있다. 이에 본 연구에서는 석회석 미분말의 분말도 및 치환율에 따른 시멘트 모르타르의 경화 전·후 특성을 검토하였다.

2. 실험 계획

본 연구의 실험 계획은 Table 1과 같다. 석회석 미분말을 사용한 모르타르의 기초 특성 분석을 위하여 석회석 미분말의 분말도와 치환율을 실험 인자로 설정하였으며, 각각의 수준과 사용 비율을 조절하여 실험을 계획하였다. 측정항목은 경화 전·후 특성으로 나누어 평가하였으며, KS L ISO 679의 시험방법에 따라 모르타르 제조 후 KS 및 ASTM 시험 방법에 준하여 측정하였다.

표 1. Overview of limestone powder blended cement mortar experiments

Experimental factor	Experimental level	Test item	
Limestone powder fineness (cm ² /g)	LC1(13,390), LC2(6,640), LC3(3,440), LC4(2,740)	Fresh state	Flow Hydration heat Setting time
Replacement (%)	0, 10, 15, 20, 30		
W/B (%)	50	Hardened state	Flex. strength Comp. strength Drying shrinkage

1) 공주대학교, 학·석사 연계과정

2) 공주대학교, 친환경 콘크리트 연구소 선임 연구원

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

3. 실험 결과 및 분석

3.1 경화 전 모르타르의 특성

플로우 실험 결과, 고분말도의 LSP를 사용한 배합에서는 OPC 대비 동등한 유동성을 나타낸 반면, 저분말도의 LSP를 사용한 배합에서는 낮은 유동성을 나타내었다. 간이단열박스를 사용한 수화열 측정 결과, OPC 대비 모든 배합에서 LSP의 치환율이 증가함에 따라 최고온도가 감소하는 경향을 나타냈으며, 이는 LSP 치환율 증가에 따른 dilution effect로 인해 수화열이 감소하는 것으로 판단된다. 관입 저항침에 의한 응결 시간 측정 결과, 모든 배합에서 약 8.5~9.5시간에 종결을 나타내었고, LSP의 치환율이 증가함에 따라 응결 시간이 단축되는 것을 확인하였다.

3.2 경화 후 모르타르의 특성

Figure 1은 시멘트 모르타르의 압축강도 측정 결과를 나타낸 것이다. 실험 결과, 모든 배합 및 재령에서 LSP의 치환율이 증가함에 따라 압축강도가 감소하는 경향을 보였지만, 고분말도의 LSP를 10% 치환한 배합의 경우 재령 28일 기준 OPC와 동등한 수준의 강도를 발현하였다. 휨강도 실험 결과 또한 압축강도 실험 결과와 유사한 경향으로 나타났다. ASTM C596 시험방법에 따른 건조 수축 실험 결과, 동일한 분말도 조건에서 LSP의 치환율이 증가함에 따라 건조수축은 작아지는 경향을 나타냈다.

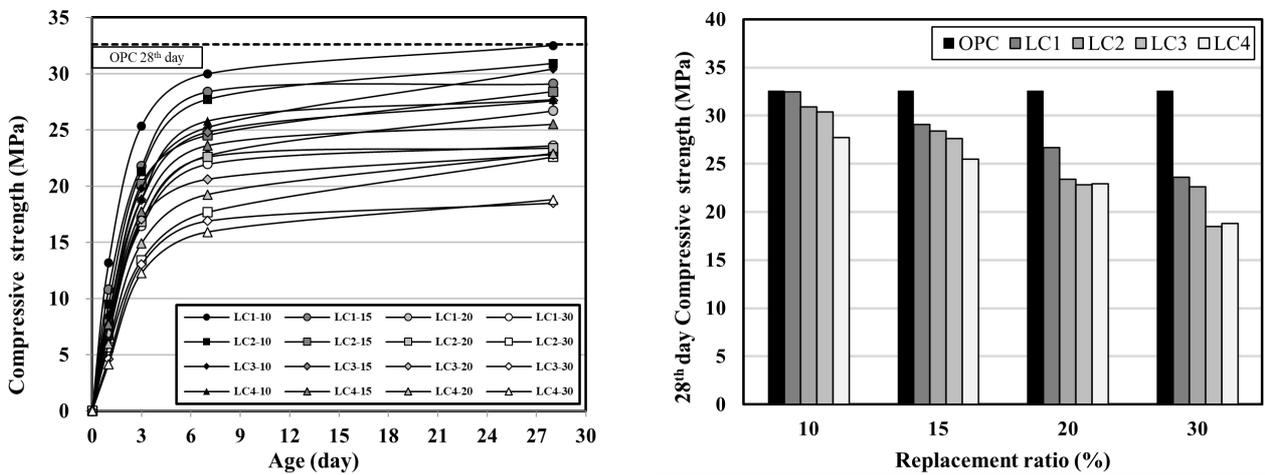


그림 1. Compressive strength of mortar blended using limestone powder

4. 결 론

석회석 미분말의 분말도 및 치환율에 따른 시멘트 모르타르의 경화 전·후 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 석회석 미분말을 SCMs로 사용할 경우 경화 전 성상에서 OPC 대비 수화열 감소 및 응결 시간 단축 효과를 확인하였으며, 경화 성상에서는 고분말도의 석회석 미분말을 사용할 경우 장기 재령에서 OPC와 동등한 수준의 강도를 발현하는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 일반적으로 통용되는 OPC에 석회석 미분말을 치환하여 특성을 검토하였다. 하지만 기존 OPC의 경우 5% 이내에서 석회석을 첨가하여 생산하고 있기 때문에 이러한 점을 고려하여 추후 연구를 통해 석회석 미분말이 시멘트에 미치는 다양한 특성을 검토한다면 향후 시멘트 산업의 탄소중립 달성을 위한 혼합시멘트로서의 중요한 역할을 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 이공분야기초연구사업중 중견연구자지원사업의 지원(과제번호 2020R1A2C2013161)을 받아 수행한 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. R. D. Hooton et al. Portland limestone cement: State of the Art Report and Gap Analysis For CSA A 3000. Cement Association of Canada. 2007