

고로슬래그 미분말과 플라이애시를 사용한 비소성 시멘트 모르타르의 촉진 탄산화에 따른 압축 강도 특성

Properties of Compressive Strength after Accelerated Carbonation of Non-Sintered Cement Mortar Using Blast Furnace Slag and Fly Ash

류지수¹ · 나형원² · 형원길^{3*}

Ryu, Ji-Su¹ · Na, Hyeong-Won² · Hyung, Won-Gil^{3*}

Abstract : In the concrete industry, efforts are being made to reduce CO₂ emissions, and technologies that collect, store, and utilize CO₂ have recently been studied. This study analyzed the change in compressive strength after the accelerated carbonation test of Non-Sintered Cement(NSC) mortar. Type C Fly Ash and Type F Fly Ash were mixed in a 1:1 ratio and then mixed with Blast Furnace Slag fine powder to produce NSC. The mortar produced was cured underwater until the target age. In addition, an accelerated carbonation test was conducted under the condition of a concentration of 5 (±1.0%) of CO₂ gas for 14 days. The mortar compressive strength was measured before and after 14 days of accelerated carbonation test based on the 7th and 28th days of age. As a result of the experiment, the compressive strength was improved in all binder. In general, the compressive strength of NSC mortar subjected to the accelerated carbonation test was similar to that of Ordinary Portland Cement(OPC) mortar not subjected to the accelerated carbonation test.

키워드 : 탄산화, 고로슬래그, 플라이애시, 비소성 시멘트, 이산화탄소

Keywords : carbonation, blast furnace slag, fly ash, non-sintered cement, carbon dioxide

1. 서론

콘크리트 산업에서는 소성 과정을 거쳐야 하는 클링커를 대체하기 위해 산업부산물을 재활용하거나 무시멘트 모르타르 및 콘크리트를 개발하는 등 제조 공정에서 발생하는 이산화탄소 배출량을 저감하기 위해 노력하고 있으며, 최근에는 이산화탄소를 포집·저장·활용하는 기술들이 연구되고 있다. 본 연구는 포집된 이산화탄소를 활용하기 위한 연구로서 비소성 시멘트(Non-Sintered Cement, 이하 NSC)로 제작된 모르타르에 촉진 탄산화 시험을 진행했을 때 변화하는 압축 강도 특성에 대해 분석하였다.

2. 실험 재료 및 실험 방법

본 연구의 결합재는 고로슬래그 미분말(Ground Granulated Blast Furnace Slag, 이하 BFS)과 2종의 플라이애시를 혼합하여 제조하였다. 플라이애시는 BFS의 수화반응을 촉진하기 위해 순환유동층 플라이애시(Type C Fly Ash, 이하 CFA)를 사용하였으며, 반응성이 큰 CFA의 안정성을 보완하기 위해 미분탄 플라이애시(Type F Fly Ash, 이하 FFA)와 1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 비교 군으로 1종 보통 포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement, 이하 OPC)를 사용하였으며, 잔골재는 표준 모래를 사용하였다.

실험에 사용된 배합은 표 1과 같다. W/B는 0.4로 고정하였으며 결합재와 잔골재의 중량비(B:S)는 1:3으로 설정하였다. 모르타르 배합 후 40×40×160mm 강제식 3연 몰드를 사용하여 강도 측정용 시험체를 제작하였다. 양생 방법은 표 2와 같다. 타설 후 24시간 습윤 양생 후 탈형하여 20±2°C 조건에서 수중 양생을 실시하였으며, 목표 재령 이후 14일간 CO₂가스 농도 5(±1.0)% 조건에서 탄산화를 실시하였다. 「KS L ISO 679 시멘트의 강도 시험 방법」 규격에 따라 재령 7, 28일을 기준으로 14일 간의 촉진 탄산화 시험 전, 후 압축 강도를 측정하였다.

1) 영남대학교 대학원, 건축공학전공, 석사과정

2) 해원, 대표이사, 공학박사

3) 영남대학교 건축학부, 교수, 교신저자(beda@yu.ac.kr)

표 1. 모르타르 배합표

Type	Ratio (%)					B:S
	W	Binder				
		OPC	BFS	CFA	FFA	
Plain	40	100	0	0	0	1:3
B20-F80		0	20	40	40	
B50-F50		0	50	25	25	
B80-F20		0	80	10	10	

표 2. 양생 방법

Pre-curing	Main curing	Carbonation
24-hour	until 7, 28 days	for an additional 14 days
Moist curing ⇒	Water curing ⇒	Place in the with 5(±1.0)% CO ₂

3. 실험 결과

그림 1, 2는 재령 7, 28일을 기준으로 14일 간의 촉진 탄산화 시험 전, 후 압축 강도 결과를 나타낸 그래프이다. 촉진 탄산화 시험을 진행했을 때 모든 경우에서 압축 강도가 증진하였으며, 재령 7일, 28일 압축 강도 증가율은 B20-F80이 약 144%, 92%이며 B50-F50이 약 113%, 94%로 Plain의 약 54%, 35%보다 강도 증진 효과가 우수한 것으로 나타났다. 이는 CFA 함유량에 따라 다량의 CaO 성분과 탄산화에 의해 CaCO₃ 생성량이 증가하고 공극이 채워지면서 압축 강도가 증가한 것으로 판단된다. B80-F20의 경우 약 34%, 17%로 압축 강도 증가율은 가장 작으나, 재령 7일 기준으로 촉진 탄산화 시험 후 압축강도는 17.1Mpa로 동일 재령 촉진 탄산화 시험 전 Plain의 압축 강도 16.9Mpa와 비슷한 수준의 값으로 나타났다. 재령 28일 기준으로는 B50-F50의 촉진 탄산화 시험 후 압축 강도가 20.9Mpa로 동일 재령 촉진 탄산화 시험 전 Plain의 압축 강도 20.2Mpa보다 동등이상의 값으로 나타났다. 이 외에도 NSC 모르타르의 경우 탄산화를 가했을 때 탄산화 전 Plain 압축 강도와 유사한 강도 발현이 나타났다.

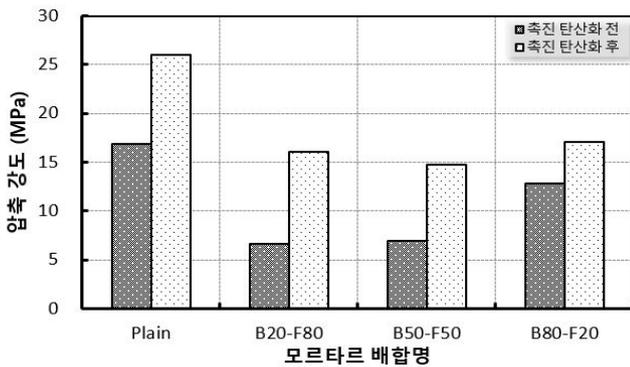


그림 1. 재령 7일 기준 촉진 탄산화 전후 압축 강도

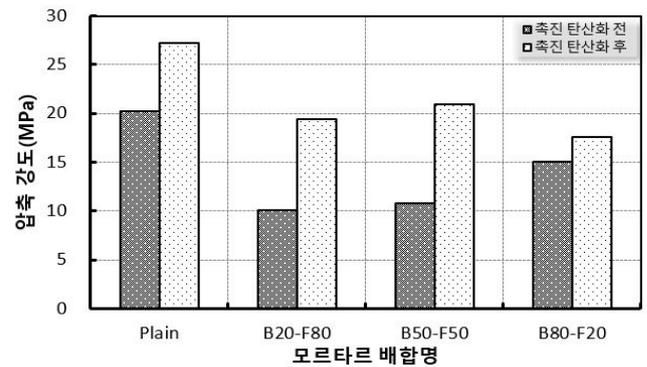


그림 2. 재령 28일 기준 촉진 탄산화 전후 압축 강도

4. 결론

본 연구에서는 촉진 탄산화 시험을 통해 변화한 NSC 모르타르의 압축 강도 시험을 진행 한 결과, 촉진 탄산화 시험을 통해 증진된 NSC 모르타르 배합의 압축 강도는 촉진 탄산화 시험 전 Plain의 압축 강도와 비교했을 때 유사한 강도를 발현하였으며 B50-F50이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 본 연구를 통해 NSC 모르타르가 탄산화를 통해 OPC를 대체 적용할 가능성이 높은 것으로 판단 된다.

감사의 글

본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(과제번호: 2023R1A2C2003956)의 지원을 받아 수행한 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 장정국, 김광목, 박솔피, 이행기. 시멘트계 재료의 탄산화 양생을 이용한 이산화탄소의 활용 및 격리. 한국콘크리트학회지. 2016. 제 28권 4호. pp. 40-45.