

고온이 순환유리미분말을 혼입한 고강도 시멘트 복합체의 역학적 특성에 미치는 영향

The Effect of High Temperature on the Mechanical Properties of High Strength Cement Composites Mixed with Recycled Glass Powder

박준영¹ · 김규용^{2*} · 유하민³ · 최윤성⁴ · 지성준¹ · 남정수²

Park, Jun-Young¹ · Kim, Gyu-Yong^{2*} · Eu, Ha-Min³ · Choi, Youn-Sung⁴ · Ji, Sung-Jun¹ · Nam, Jeong-Soo²

Abstract : In this study, mechanical properties of high strength cement composites (HSC) containing recycled glass powder (GP) after heating were investigated. As a result, at 100Mpa, as the heating temperature increased, the compressive strength increased while the elastic modulus decreased . At 140Mpa, after heating at 300°C, the spalling occurred excluding GP0, and it is believed to be due to the high density of HSC.

키워드 : 순환유리미분말, 시멘트 복합체, 고온, 역학적 특성

Keywords : recycled glass powder, cement composite, high temperature, mechanical properties

1. 서론

순환유리를 잔골재로 활용하려는 연구가 다수 진행되었지만, 순환유리 잔골재를 시멘트 기반 복합재료에 사용할 경우, 매끄러운 표면으로 인한 시멘트 매트릭스와의 부착력 저하와 비정질 실리카로 인한 알칼리-실리카 반응(ASR)이 발생하는 것으로 보고되었다 [1]. 그러나, 순환유리 잔골재의 입도가 작아질 경우, ASR이 개선되는 것으로 보고되어, 이러한 반응성으로 포졸란 물질로써 사용이 주목받고 있다[2]. 본 연구에서는 0.3mm 이하로 파쇄된 순환유리미분말(GP)이 잔골재로 혼입된 고강도 시멘트 복합체(HSC)의 고온 노출시 역학적 특성을 평가하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 실험에서는 HSC의 설계강도를 100, 140MPa로 설정하였고, GP의 치환율을 각각 0, 15, 30%로 설정하였으며, 흰색, 녹색, 갈색의 순환유리를 파쇄한 후, 입도가 0.3mm 이하인 것을 동일한 비율로 혼입하였다. 각 시험체의 배합은 표 1에 나타내었다. 압축강도와 변형률을 측정하여 응력-변형률 곡선과 탄성계수를 도출하였다. 각각의 시험체를 1°C/min의 가열속도로 100, 200, 300, 500°C까지 가열하여 가열 전후의 압축강도, 탄성계수, 함수율과 무게의 항목을 측정하여 비교·분석하였다.

표 1. 배합표 및 평가항목

No	Type	Unit weight (kg/m ³)*							AD	평가항목	
		Water	Binder				Fine aggregate				
			OPC	BS	SF	SP	SS	GP			
1	100F_GP0	13.8	42.3	8.5	4.2	12.7	46.50	-	0.85	압축강도 탄성계수 질량 변화 함수율 변화	
2	100F_GP15						39.53	6.97			0.80
3	100F_GP30						32.55	13.95			
4	140F_GP0	11.0	44.0	-	11.0	13.2	48.40	-	1.40		
5	140F_GP15						41.14	7.26			
6	140F_GP30						33.88	14.52			

*BS : 고로슬래그 미분말, SF : 실리카흄, SP : 실리카파우더, SS : 규사, GP : 순환유리미분말, AD : 고성능 감수제 (wt.% of binder)

- 1) 충남대학교 건축공학과, 석사과정
- 2) 충남대학교 스마트시티건축공학과, 교수, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)
- 3) 충남대학교 건축공학과, 박사과정
- 4) 충남대학교 건축공학과, 학·석사과정

고온이 순환유리미분말을 혼입한 고강도 시멘트 복합체의 역학적 특성에 미치는 영향

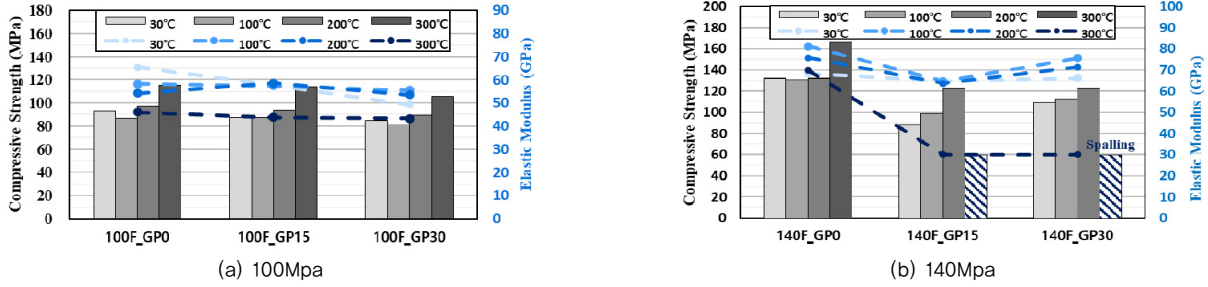


그림 1. 가열 온도에 따른 압축강도 및 탄성계수

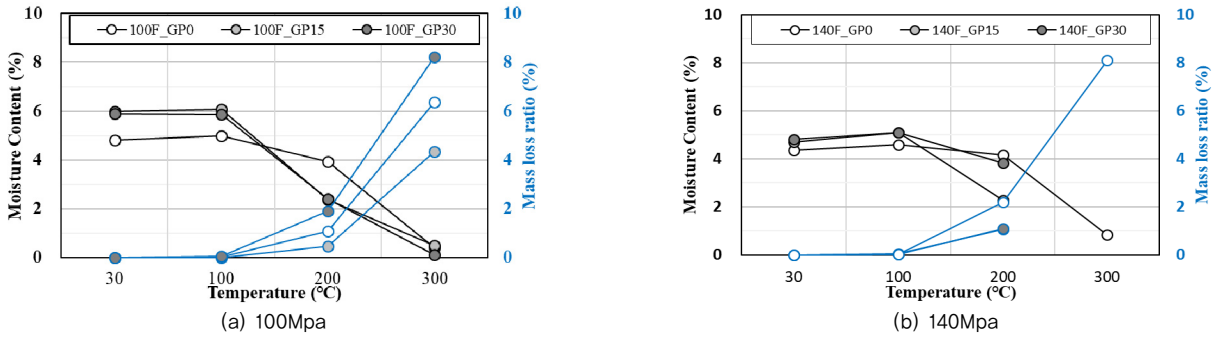


그림 2. 가열 온도에 따른 함수율 및 질량손실을 변화

3. 실험 결과

100Mpa HSC의 경우, 그림 1(a)와 같이 GP 치환율이 증가할수록 압축강도는 약 5-10Mpa 정도 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 GP의 매끄러운 표면으로 인해 시멘트 매트릭스와의 부착력이 저하되었기 때문이라고 판단된다. 한편, 300°C 가열 이후 HSC는 GP 치환율과 관계없이 압축강도가 증가하고 탄성계수는 반대로 감소하는 현상이 발생하였다. 이는 각각 HSC에 혼입된 포졸란 물질의 반응 촉진으로 인한 결정 수화물이 생성과 함수율의 감소로 인한 것으로 판단된다. 500°C 가열 이후, 모든 시험수준에서 폭발현상이 발생하였으며, 표면 탈락이 아닌 폭발로 이는 HSC 매트릭스의 높은 밀실도로 인한 것으로 판단된다.

140Mpa의 HSC는 그림 1(b)와 같이, GP 치환율이 증가할수록 압축강도가 대폭 감소하였다. 이는 고강도일수록 재료의 일체화가 중요하지만, GP의 혼입으로 일체화가 저하되었기 때문이라고 판단된다. 한편, 140F_GP0은 300°C 가열 이후 강도가 대폭 증가하였지만, 140F_GP15와 GP30은 300°C 가열 이후 폭발현상이 발생하였으며, 이는 GP 혼입에 따른 자유수 배출 속도와 유리와의 팽창률 차이로 인한 응력 발생과 관련이 있을 것으로 판단된다. 폭발현상이 발생하기 전까지 가열 온도가 증가할수록 압축강도는 증가하지만, 탄성계수는 소폭 증가하여 이러한 현상의 추가 분석이 필요하다고 사료된다.

4. 결론

100 및 140Mpa HSC 내 GP 치환율이 증가할수록 역학적 특성이 저하하며, 특히 140Mpa HSC에서는 GP의 혼입이 오히려 내화성능을 저하하였다. 이는 GP 혼입에 따른 자유수 배출 속도와 열 팽창률 차이로 인한 것으로 판단된다. 또한, 500°C 이상 가열 이후에도 폭발현상이 발생하지 않는 GP혼입 HSC 시험체를 제작하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2019R1A2C2085867).

참고문헌

1. A.Khmiri, M.Chaabouni, B.Samet. Chemical behaviour of ground waste glass when used as partial cement replacement in mortar, Construction and Building Materials, elsevier. pp. 74-80.
2. Caijun Shi, Keren Zheng. A review on the use of waste glasses in the production of cement and concrete, Resources, Conservation & Recycling, elsevier. 2007. pp. 234-347.