

혼화재를 혼입한 순환유리잔골재 모르타르의 역학적 특성과 ASR 거동

Mechanical Properties and ASR Behavior of Recycled Glass Fine Aggregate Mortar Mixed with Mineral Admixture

유하민¹ · 김규용^{2*} · 박준영³ · 사수이⁴ · 최병철¹ · 남정수⁵

Eu, Ha-Min¹ · Kim, Guy-Yong^{2*} · Park, Jun-Young³ · Sasui, Sasui⁴ · Choi, Byung-Cheol¹ · Nam, Jeong-Soo⁵

Abstract : In this study, the mechanical properties, alkali-silica reaction(ASR) expansion and residual mechanical properties after ASR of waste glass fine aggregate(GS) mortar according to mineral mixture were evaluated. As a result, it was found that the mineral mixture reduces the ASR expansion. However, mechanical properties and residual mechanical properties have decreased.

키워드 : 순환 유리 잔골재, 모르타르, 혼화재, 역학적 특성, 알칼리-실리카 반응

Keywords : recycled glass fine aggregate, mortar, mineral admixture, mechanical properties, alkali-silica reaction

1. 서론

건설 산업에서의 탄소 중립을 달성하기 위하여 생활 폐기물의 재활용을 통한 자원 순환에 관한 연구가 진행되었다. 이에 따라 분리 배출되지 못하고 매립되어 환경 파괴를 일으키는 폐유리병을 파쇄한 순환유리잔골재(GS)가 개발되었다. 하지만, GS는 시멘트계의 콘크리트와 모르타르의 잔골재로 사용될 경우, 역학적 특성 저하와 알칼리-실리카 반응(ASR)을 일으킨다. 이에 다양한 연구자들은 GS의 ASR을 줄이기 위해 플라이애쉬(FA), 고로슬래그(BS), 실리카흙(SF)와 같은 광물성 혼화재(Mineral admixture)를 사용하는 연구가 수행되었다. 이러한 혼화재는 GS의 ASR 팽창을 감소시킬 수 있는 것으로 보고되었다. 하지만, 혼화재의 혼입은 시멘트 희석효과로 인해 역학적 특성을 저하가 우려된다. 따라서, 본 연구에서는 GS를 혼입한 모르타르에서 광물성 혼화재의 혼입에 따른 역학적 특성과 ASR 거동을 평가하였다. 또한, 혼화재 혼입에 따른 ASR 팽창 저감이 ASR로 인한 모르타르의 성능 저하 개선 효과를 확인하기 위하여 ASR 후, 잔류 역학적 특성도 평가하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구에서는 투명, 녹색, 갈색이 동일한 비율로 혼합된 잔골재 표준 입도 분포를 만족하는 GS를 사용하였다. 본 실험의 배합표는 표 1과 같다. 모르타르의 물/결합재비(W/B)는 0.5, 잔골재/결합재비(S/B)는 3으로 설정하였다. 광물성 혼화재는 플라이애쉬(FA), 실리카흙(SF), 고로슬래그(BS)를 사용하였으며, 각각 치환율은 20, 10, 40% 중량 비율로 치환되었다. 모르타르의 역학적 특성과 ASR 팽창, 잔류 역학적 특성이 평가되었으며, ASR 측진을 위해서 80°C의 1N NaOH 용액에 침지하는 ASTM C 1260의 방법을 사용하였다.

표 1. 배합표

Specimen ID	Mix ratio		Water	Unit weight						Evaluation contents
	W/B	S/B		Binder				Fine aggregate		
				Cement	FA	SF	BS	NS	GS	
OPC_NS	0.5	3	256	512	-	-	-	-	1536	<ul style="list-style-type: none"> Mechanical properties ASR Residual mechanical properties after ASR
OPC_GS				512	-	-	-			
FA_GS				409.6	102.4	-	-			
SF_GS				460.8	-	51.2	-			
BS_GS				307.2	-	-	204.8			

1) 충남대학교 건축공학과, 박사과정
 2) 충남대학교 스마트시티건축공학과, 교수, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)
 3) 충남대학교 건축공학과, 석사과정
 4) 충남대학교 건축공학과, 사회기반시설연구소, 박사후연구원
 5) 충남대학교 스마트시티건축공학과, 교수

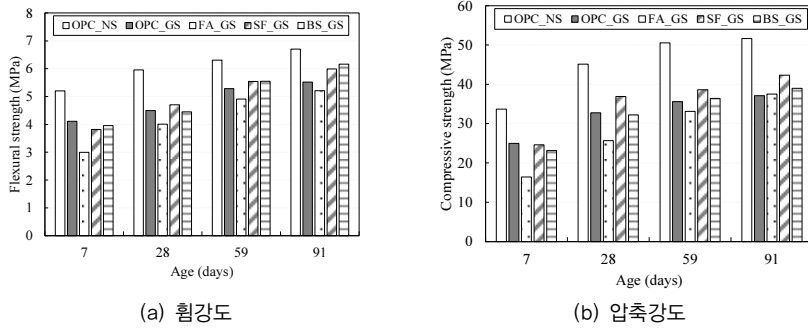


그림 1. 혼화재 혼입과 재령에 따른 모르타르의 강도

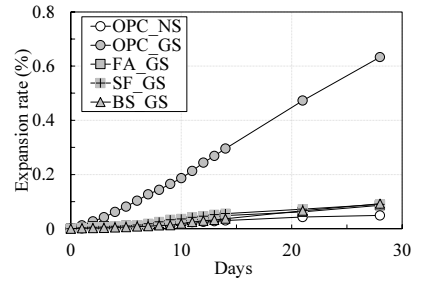


그림 2. 혼화재 혼입과 재령에 따른 모르타르의 ASR 팽창량

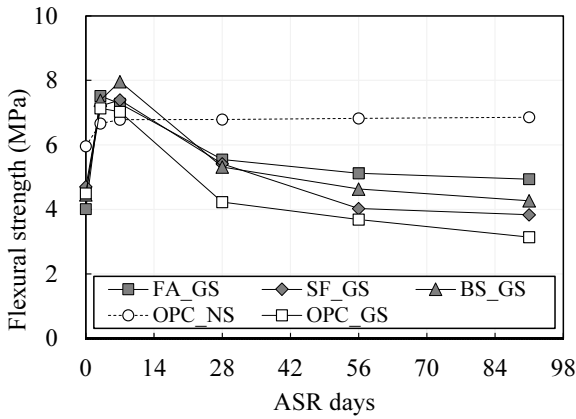


그림 3. ASR에 의한 모르타르의 잔류 휨강도

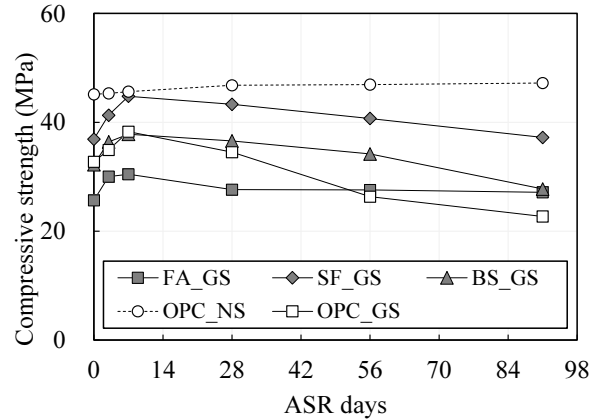


그림 4. ASR에 의한 모르타르의 잔류 압축강도

3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 혼화재 혼입과 재령에 따른 GS 모르타르의 역학적 특성을 나타내었다. 혼화재의 혼입은 GS 모르타르의 휨, 압축 강도를 저하시키는 것으로 확인되었으며, 특히 FA가 가장 큰 역학적 성능 저하를 일으켰다. SF_GS 시험체의 경우, 비교적 빠른 반응성과 충전효과로 인해 OPC_GS보다 압축, 휨 강도가 큰 것으로 나타났다. 그림 2은 혼화재를 혼입한 GS 모르타르의 ASR 팽창 결과를 나타내었다. 혼화재를 혼입하지 않은 OPC_GS 시험체는 매우 큰 ASR 팽창량을 나타내었다. 하지만, 혼화재를 혼입한 시험체는 ASR 팽창이 크게 개선된 것으로 나타났다. 이를 통해, 혼화재의 혼입은 GS 모르타르의 ASR 팽창은 저감하지만, 시멘트 희석 효과로 인해 역학적 성능을 크게 향상시키지 못하는 것으로 나타났다. 그림 3과 4는 GS 모르타르의 ASR 촉진 일수에 따른 잔류 역학적 특성 결과이다. ASR 촉진에 따라 GS가 혼입된 모르타르는 혼화재가 혼입 여부에 상관없이 잔류 역학적 특성이 일시적으로 증가하였다 감소하는 경향이 나타났다. 강도가 일시적으로 증가하는 현상의 원인은 고온과 고알칼리 용액에 의한 수화반응 및 포졸란 반응 촉진으로 인한 것으로 판단된다. 이러한 ASR 촉진 환경은 GS에 ASR을 발생시키며, ASR은 GS 골재의 파괴를 일으켜 역학적 특성을 저하시키는 것으로 판단된다.

4. 결론

순환유리잔골재의 ASR 팽창을 저감하기 위하여 광물성 혼화재를 사용하면 모르타르의 역학적 성능이 저하될 수 있을 것으로 판단된다. 또한, ASR 팽창량은 저감하지만, 장기적인 역학적 성능 저하가 발생하는 것으로 나타났다. 이를 통해, GS의 안전한 사용을 위해서는 단순 혼화재 사용이 아닌 강도를 확보할 수 있는 적절한 배합 설계 도출과 장기적인 성능 평가 실험이 필요하며, GS의 표면 개질 등 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

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