

폐유리 잔골재 대체율이 물시멘트비가 다른 모르타르의 역학적 특성 및 알칼리-실리카 반응에 미치는 영향 -

Effect of the replacement rates of Waste Glass Fine Aggregate on the Mechanical Properties and Alkali

- Silica Reaction of Mortars with different W/C Ratio -

유 하 민* 김 규 용** 남 정 수*** 손 민 재**** 사 수 이**** 이 예 찬*

Eu, Ha-Min Kim, Gyu-Yong Nam, Jeong-Soo Son, Min-Jae Sasui, Sasui Lee, Yae-Chan

Abstract

This study evaluated the mechanical properties and alkali silica reaction of mortar according to the mixing ratio of waste glass. As a result, as the mixing ratio of the waste glass increased, the compressive and flexible strength of the mortar decreased due to the slip of aggregate, and the alkali-silica reaction(ASR) increased. So, it is considered that research is needed to prevent slip and ASR of the waste glass aggregate in order to use the waste glass as a fine aggregate for concrete.

키 워 드 : 폐유리 잔골재, 모르타르, 압축강도, 휨강도, 알칼리-실리카 반응(ASR)
 Keywords : waste glass fine aggregate, mortar, compressive strength, flexible strength, alkali-silica reactivity(ASR)

1. 서 론

최근 환경 보호 규제로 인한 콘크리트 골재 수급 문제와 폐유리로 인한 환경문제의 심각성이 대두됨에 따라 국내외에서는 폐유리를 콘크리트용 잔골재로 사용하려는 연구가 많이 진행되고 있다.¹⁾ 하지만, 폐유리 잔골재는 콘크리트의 역학적 특성 및 내구성을 저하시킨다고 알려져 있으며 다양한 물시멘트비와 폐유리 잔골재의 혼입률에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 다양한 물/시멘트비에서 폐유리 잔골재의 대체율이 다른 모르타르의 역학적 특성과 알칼리-실리카 반응(ASR)을 평가하였다.

2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1에 나타내었다. 폐유리를 혼입한 모르타르의 역학적 특성 및 내구성을 평가하기 위해, KS L ISO679에 따라 압축, 휨 강도를 ASTM C1260에 따라 ASR을 측정하였다. 본 연구에서 사용된 폐유리 잔골재와 천연 잔골재는 잔골재 표준 입도 분포를 만족하며, 폐유리 잔골재는 백색, 녹색, 갈색의 Soda-lime 계열의 폐유리를 같은 비율로 혼합된 것을 사용하였다. 그림 1에서는 본 실험에서 사용한 잔골재의 전반적인 사진과 입자 확대 사진을 나타내었다. 그림 1-(c),(d)에서 볼 수 있듯이 폐유리 잔골재는 천연 잔골재와 달리 각지고 매끄러운 표면을 가진 것을 확인하였다.

표 1. 실험계획

실험요인	압축, 휨강도 (KS L ISO 679)	알칼리 실리카 반응 (ASTM C 1260)
W/C	0.2, 0.3, 0.4, 0.5	0.47
시멘트/잔골재	1 : 3	1 : 2.25
폐유리 잔골재 대체율(wt.%)	0, 25, 50, 75, 100	

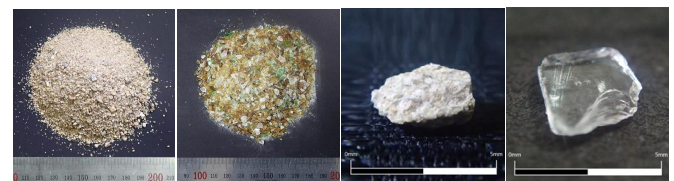


그림 1. 천연잔골재와 폐유리 잔골재

* 충남대학교 건축공학과 석사과정
 ** 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)
 *** 충남대학교 건축공학과 조교수·공학박사
 **** 충남대학교 건축공학과 박사과정

3. 결과 및 분석

그림 2와 3은 폐유리 잔골재 대체율에 따른 재령 28일의 모르타르 압축, 휨강도 결과를 나타내었다. 폐유리 대체율이 높아질수록 압축강도와 휨강도 모두 대체로 감소하는 경향이 나타났다. 특히, 이러한 강도 저하 현상은 낮은 W/C에서 크게 발생하였다. W/C 0.2에서는 압축강도가 최대 약 20MPa 감소한 반면, W/C 0.5에서는 압축강도가 약 12MPa 감소하였다. 이는 고강도 모르타르일수록, 골재와 시멘트 매트릭스 간의 접착력이 강도 발현에 있어 중요하지만, 폐유리 잔골재가 매끄러운 표면을 가지고 있어 시멘트 매트릭스와의 충분한 접착력을 갖지 못하기 때문인 것으로 판단된다. 그림 4에서 확인할 수 있듯이, 폐유리 잔골재와 시멘트 매트릭스 사이에 미끄러짐(Slip) 현상이 발생하는 것이 관찰되었다.

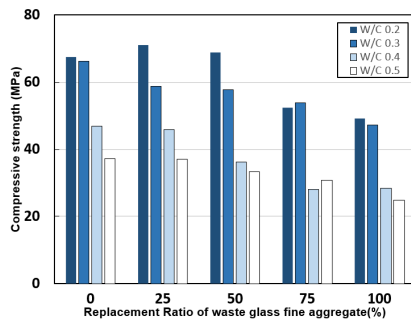


그림 2. 재령 28일 압축강도

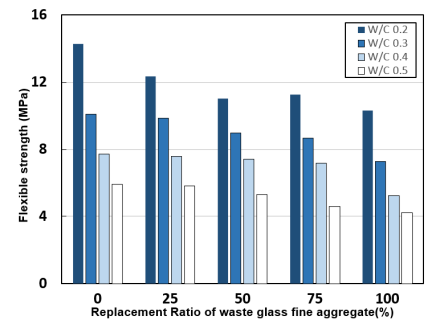


그림 3. 재령 28일 휨강도

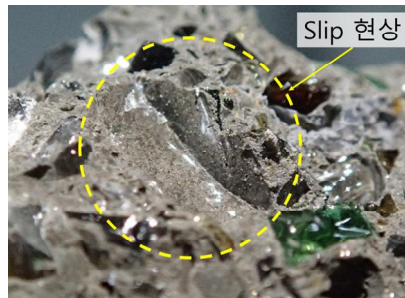


그림 4. Slip 현상

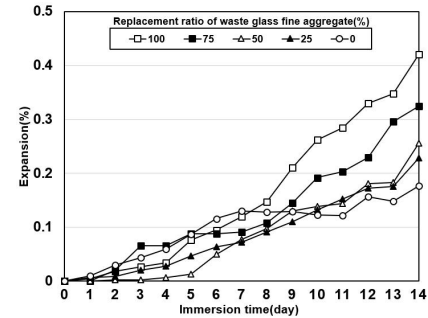


그림 5. ASR

이러한 Slip 현상으로 인해 W/C가 낮아질수록, 압축, 휨강도가 현저하게 저하되는 것으로 판단된다. 하지만, 그림 2에서 확인할 수 있듯이, W/C 0.2에서 폐유리 잔골재를 25, 50% 대체하였을 때 오히려 압축강도가 증가하였다. 폐유리 잔골재의 혼입으로 인한 압축강도 증가 현상은 기존 연구들에서도 보고되었으나 본 실험에서 관찰된 강도 증가 현상은 미세구조 분석 등 추가 연구를 통해 원인을 명확하게 규명할 필요가 있다.

그림 5는 폐유리 잔골재의 대체율에 따른 ASR을 측정하는 결과이다. 폐유리 잔골재의 대체율이 높아질수록 ASR이 높아지는 경향이 나타났다. 폐유리를 100% 대체한 시험체는 폐유리를 대체하지 않은 시험체에 비해 약 2배 이상 팽창하였다. 이는 폐유리 잔골재의 경우, 반응성 실리카 성분으로 이루어져 있어 시멘트 매트릭스 내부의 알칼리 성분과 반응하기 때문이라 판단된다. 이러한 반응으로 인해 폐유리 골재 표면에 알칼리 실리케이트 겔이 형성되고 매트릭스 내의 수분을 흡수하여 부피 팽창이 발생한다. 그 결과, 모르타르 내부의 팽창 응력이 증가해 골재와 시멘트 매트릭스 간의 팽창 균열이 발생하고, 이러한 균열은 모르타르의 압축, 휨 성능과 내구성을 저하시킬 것으로 사료된다. 따라서, 폐유리를 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위해서는 Slip 현상과 ASR을 억제하기 위한 폐유리 표면 개질 또는 코팅 등 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

4. 결 론

폐유리 잔골재의 대체율이 높아질수록, 폐유리 잔골재의 매끄러운 표면으로 인해 모르타르의 압축, 휨성능이 저하되며 W/C가 낮은 모르타르일수록 강도 저하 현상이 크게 발생한다. 또한, 폐유리 잔골재는 모르타르 내에서 알칼리-실리카 반응(ASR)을 일으키며 이는 모르타르에 유해한 팽창 균열을 발생시킨다. 따라서, 폐유리를 콘크리트용 잔골재로 사용하기 위해서는 폐유리 표면의 개질 또는 코팅 등을 통해 Slip 현상과 ASR을 억제할 수 있는 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1A5A1037548)

참 고 문 헌

1. 박승범, 조청휘, 김정환, 잔골재로 폐유리를 혼입한 콘크리트의 물리·역학적 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 학회지, 제13권 제2호, pp.184~191, 2001