

혼화재로서 폐유리 미분말을 사용한 콘크리트의 특성 평가

The Properties of Concrete containing Waste-glass Powder

최 성 우*
Choi, Sung-Woo

류 득 현*
Ryu, Deug-Hyun

김 준 형**
Kim, Jun-Hyoung

Abstract

In the automotive industry, such as scrap metal and plastic scrap process is being recycled. Although the glass beads are used as road paving or other additives and processing crushing, recycling is known that there are limits. The utilization of waste glass was evaluated as a concrete admixture by using powder characteristics and chemical composition of the glass. As a result of using waste-glass powder as an admixture, it is difficult to expect the pozzolanic effect, but it is found that it can increase the fluidity of concrete and ensure the durability performance in the appropriate amount range.

키 워 드 : 폐유리 미분말, 혼화재, 내구성, 염해, 탄산화

Keywords : waste-glass powder, mineral admixture, durability, chloride penetration, carbonation

1. 서 론

자동차 산업에서 폐차 과정에 다량의 부산물이 발생되며, 특히 시야 확보를 위해 사용되는 차량용 유리의 폐기량도 증가하고 있는 추세이다. 폐차시 발생하는 차량용 유리의 경우, 폐차과정에서 먼저 유리면에 부착된 코팅필름을 제거한 후 파쇄과정에 들어가는데, 파쇄과정에서 잔골재와 같은 작은 입자 형태로 가공하여 도로포장용 비드 등으로 활용하거나, 일부는 유리의 원료로 재활용되고 있다. 그러나 자동차 산업의 발달과 더불어 폐기물의 발생량도 증가하고 있어서, 자동차의 폐기처리 과정에서 발생하는 부산물의 재활용에 대한 다양한 활용 방안이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 폐유리의 활용 방안 확대를 목적으로, 유리의 주 성분인 SiO₂에 대해 포졸란 재료로서의 활용 가능성을 고려하여, 콘크리트용 혼화재로서 폐유리 미분말의 활용시 콘크리트의 기초물성 및 내구성능의 변화를 검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

실험계획을 표 1에 나타내었다. 폐유리 미분말의 콘크리트용 혼화재로서 사용 가능성을 평가하고자, 폐유리 미분말의 사용량을 결합재의 중량비 대체로 최대 20% 수준까지 5수준을 설정하였으며, 폐유리 미분말의 대체율에 따른 슬럼프, 압축강도 및 내구성능으로서 염화물 침투 저항성, 동결융해저항성을 평가하였다.

사용된 콘크리트의 배합을 표 2에, 결합재의 품질 특성을 표 3에 나타내었다.

사용된 결합재의 경우 시멘트는 CaO 함량이 가장 높고 SiO₂, Al₂O₃ 순으로 함유량이 높는데 비해, 폐유리 미분말은 SiO₂ 함유량이 72% 내외로서 가장 높는데, 포졸란 재료인 플라이애시에 비해서도 매우 높은 함유량을 나타내고 있다. 또한 폐유리 미분말은 SiO₂와 CaO가 전체의 85% 이상을 차지하고 있다.

표 1. 실험 계획 및 방법

요인	시험 방법
폐유리 미분말	- 대체율 : 0, 5, 10, 15, 20% (결합재 중량비)
콘크리트	- 기초물성 : 슬럼프, 공기량, 경과시간 유지성능, 압축강도 - 내구성능 : 염화물 침투 저항성 (NT-Build) 급속 동결 융해 저항성 (KS F 2456)

표 2. 콘크리트 배합

W/C (%)	S/a (%)	단위 중량 (kg/m ³)				AD (%)
		W	결합재 (OPC+WG)	잔골재	굵은골재	
50.0	47.5	170	340	855	949	0.70

* 유진기업(주) 기술연구소(friendpo@daum.net)

** 현대건설 연구개발본부 첨단재료연구팀

3. 실험결과

폐유리 미분말 대체율에 따른 콘크리트의 기초물성을 그림 1에 나타내었다.

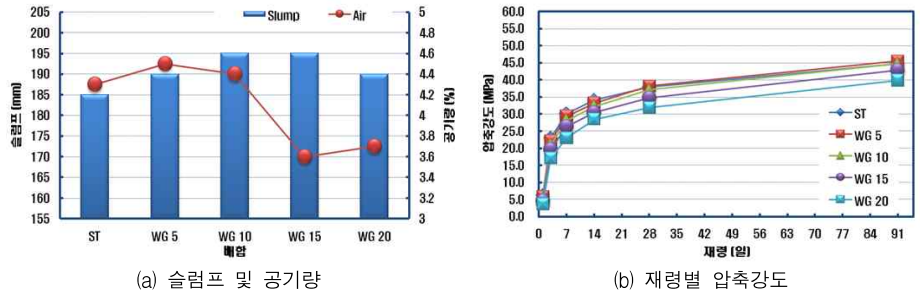
폐유리 미분말의 대체율이 증가할수록 슬럼프는 증가하는 경향이지만, 강도 발현성에 있어서는 강도 저하가 나타나고 있으며, 다만 대체율 10% 이내의 범위에서는 기준 배합과 동등한 수준의 성능을 발현하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 폐유리 미분말의 SiO₂에 의한 포졸란 반응을 기대하기는 곤란하지만, 입자 특성에 기인한 유동성 증진 효과는 기대할 수 있는 것으로 판단된다.

그림 2에 염화물 침투 저항성 평가 결과를, 그림 3에 급속동결융해시험 결과를 나타내었다.

폐유리 미분말 대체율이 증가할수록 초기 재령에서 염화물 침투 깊이는 증가하지만 장기재령에서는 거의 유사한 수준을 나타내고 있으며, 동결융해저항성에 있어서는 대체율에 따른 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

표 3. 사용 결합재 품질 특성

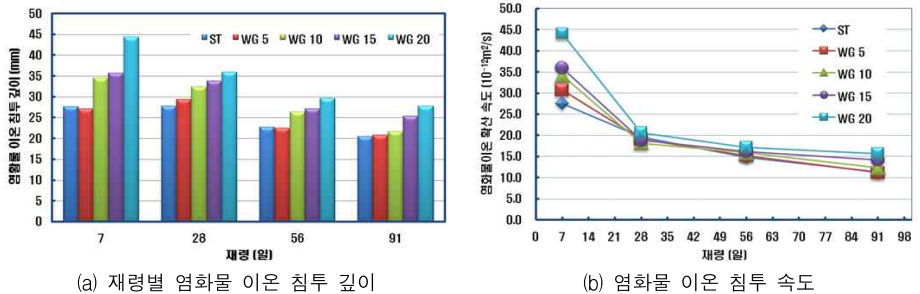
	물리적 특성		화학 조성 (%)						
	분말도	밀도	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Loss
보통포틀랜드시멘트	3,346	3.14	21.62	5.55	3.83	60.75	2.07	2.35	2.17
폐유리 미분말	2,516	2.56	72.42	1.44	0.07	13.60	0.00	0.21	0.82



(a) 슬럼프 및 공기량

(b) 재령별 압축강도

그림 1. 폐유리 미분말 대체율에 따른 콘크리트의 기초물성 변화



(a) 재령별 염화물 이온 침투 깊이

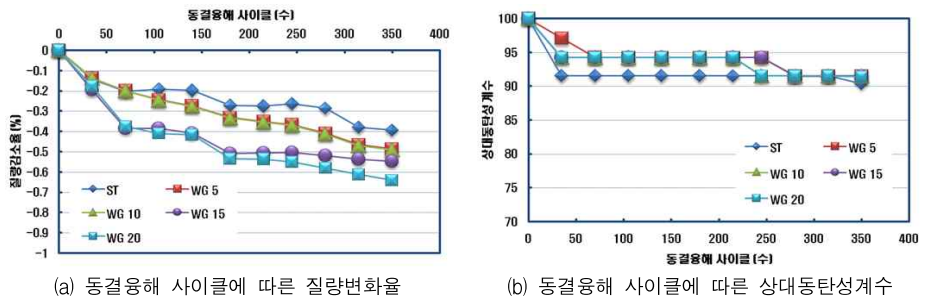
(b) 염화물 이온 침투 속도

그림 2. 염화물 침투 저항성 시험 결과

4. 결론

폐유리 미분말의 콘크리트용 혼화재로서 사용 가능성을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 폐유리 미분말은 입자 특성에 기인하여 적정 사용량 범위에서는 콘크리트의 유동성을 증대시키는 것으로 나타났다.
- 2) 폐유리 미분말은 대체율이 증가할수록 강도 발현성은 저하하며, 포졸란 반응을 기대하기 어려운 것으로 나타났다.
- 3) 염화물 이온 침투 저항성의 경우 폐유리 미분말 대체율이 증가할수록 초기 재령에서는 성능 저하가 나타나지만 장기재령에서는 대체율에 따른 성능차이가 감소하는 것으로 나타났다.
- 4) 동결융해 저항성의 경우 폐유리 미분말 대체율에 따른 성능차이가 거의 없는 것으로 나타났다.



(a) 동결융해 사이클에 따른 질량변화율

(b) 동결융해 사이클에 따른 상대동탄성계수

그림 3. 급속 동결융해 저항성 시험 결과

참고 문헌

1. 유일환, 폐유리 혼입 콘크리트의 내구성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 봄학술대회 논문집, 제26권 제1호, pp.179~180, 2014.5
2. 이현기, 폐유리 미분말을 혼입한 포장용 콘크리트의 강도 특성에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회 가을학술대회 논문집, 제26권 제2호, pp.427~428, 2014.11