

폐유리 미분말을 보수모르타르의 혼화재료로 활용하기 위한 기초적 연구

A Fundamental Study in order to Utilize Waste Glasses Powder as Admixtures of Repair Mortar

최연왕* 정문영** 강현진*** 정우용***
Choi, Yun Wang Jung, Moon Yung Kang, Hyun Jin Jung, Woo Young

ABSTRACT

The waste glasses among plenty of wastes put out lately is limited in recycling and reusing, and the phenomenon hasn't been improved quite much. And besides, the recycling rate shows the 70.1%, relatively low. These waste glasses is currently used for road pavement materials, interior and exterior decorating materials in architecture, road painting materials, auxiliary lagging materials for heat-retaining, coldness-retaining and soundproofing, and glass bottles. 30% of waste glasses powder is, however, not reused practically.

Therefore, in this research, we operated some tests including flow of mortar mixed with waste glasses powder, setting time, rheology and compressive strength to utilize waste glasses powder put out in the process of recycling for admixture for repair mortar. As a result, we've found out that we can utilize waste glasses powder for admixture for repair mortar.

1. 서론

최근 산업의 급격한 발달로 인하여 다량의 산업 폐기물이 발생되고 있으며, 이러한 폐기물의 처리 방법은 대부분 매립에 의존하고 있는 실정이다. 매립에 의한 처리방법은 2차적인 환경문제를 발생시키는 데 따라 산업폐기물을 재활용하기 위한 연구가 사회적으로 큰 관심을 일으키고 있다. 국내 폐유리병 발생현황은 한국유리공업협동조합의 통계연감 2003년 기준으로 약 756,000톤/년 정도 발생하는 것으로 집계되었으며, 이러한 폐유리의 재활용율은 일본의 90.3%에 비교하여 국내의 경우 70.1%로 낮은 실정이다. 현재 재활용 공정을 통하여 분류된 폐유리는 도로포장재, 건축 내·외장재, 도로노면 페인팅, 보온·보냉·방음용 골재, 유리병등으로 재활용 되고 있으나 30%의 폐유리를 재활용하지 못하고 있다.^{1),2)}

* 정회원, 세명대학교 토목공학과 교수
** 정회원, 세명대학교 자원환경공학과 교수
*** 정회원, 세명대학교 건설공학과 석사과정

본 연구에서는 폐유리를 재활용하는 공정에서 발생하는 폐유리 미분말을 보수모르타르용 혼화재료로 활용하기 위한 연구의 일환으로 폐유리를 혼합한 모르타르 및 페이스트의 플로우, 응결특성, 레올로지 및 압축강도 특성을 검토하였다.

2. 실험개요

2.1 실험계획

폐유리 미분말의 혼합률에 따른 보수용 모르타르의 물리적 특성을 조사하기 위하여 4수준(0, 5, 10 및 15%)의 혼합률로 실험을 실시하였으며, 그 실험 계획은 표 1과 같다.

표 1. 실험계획

		내 용
혼화재 종류		폐유리 미분말
W/P		1.04
혼합률		0, 5, 10, 15%
고성능감수제		나프탈렌계
측정 항목	굳지않은 모르타르	플로우(무진동, 무다짐), 유변학적특성, 응결시험
	경화한 모르타르	1, 3, 7, 28일 압축강도

2.2 사용재료 및 배합

2.2.1 사용재료

시멘트는 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC라 약함)를 사용하였고, 혼화재로 폐유리 미분말(이하 WG라 약함)을 사용하였으며, OPC 및 WG의 화학성분 및 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 시멘트 및 폐유리 미분말의 화학성분 및 물리적 성질

Items Types	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	L.O.I	Surface area (cm ² /g)	Density (g/cm ³)
OPC	21.60	6.00	3.10	61.40	0.26	-	3.40	2.50	0.03	3,539	3.15
WG	71.31	2.08	0.60	14.39	4.73	2.07	1.05	0.19	-	2,954	2.53

2.2.2 배합

모르타르의 배합은 예비실험을 통하여 결합재와 잔골재의 용적비를 1 : 1.40, 물-결합재 용적비를 1.04로 하였으며, WG의 혼합률은 시멘트 용적에 대하여 0, 5, 10 및 15%로 혼합하였다. 또한, 고성능감수제는 H사의 나프탈렌계 혼화제를 사용하였다.

2.3 실험방법

모르타르 플로우는 모르타르를 몰드에 채운 후 다짐 및 타격을 하지않고 몰드를 그대로 들어 올린 후 흐름값을 3회 측정하여 평균값을 얻었다. 압축강도는 5×5×5cm의 공시체를 제작한 후 KS F 2405에 준하여 재령 1, 3, 7 및 28일 측정하였으며, 강도용 공시체는 소요재령까지 20±3℃의 수중에서 양생하였다. 모르타르의 응결시험은 KS F 2436에 따라 초결 시간은 관입저항이 3.5MPa, 종결시간의 관입저항이 28MPa이 될 때까지의 시간을 측정하였다. 모르타르의 평균소성점도는 실린더형 스피들을 사용한 Brookfield viscometer(Model LVDV-II+)를 이용하여 측정하였으며, 측정값의 이력현상을 피하기 위하여 200, 160, 120, 90, 70, 50, 30 및 10rpm의 하강계단식으로 회전속도를 변화시켜 산출된 shear stress를 직선회귀하여 빙함유체로 해석하여 평균점도를 측정하였다.³⁾

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 폐유리 미분말의 품질 특성

WG의 미세 구조 분석은 주사형전자현미경(SEM)을 이용하여 WG의 분말을 500 및 3,000배 확대 촬영한 것이 그림 1이다. 그림 1의 (a) 결과 WG의 입형은 재활용 공정에서 파쇄 및 분쇄됨에 따라 대부분이 모서리가 각이진 판상 및 침상 구조의 형태로 존재하였으며, 입자 표면을 확대 촬영한 그림 1(b)의 분석결과 유리질의 특성상 표면은 매끈하였다. 또한, 시멘트와 폐유리 미분말의 누적 입도분포 곡선을 나타낸 것이 그림 2이다. 그림 2의 결과 WG는 OPC의 입도분포와 비슷한 것으로 나타났으며, 평균입경(D_{50})은 각각 OPC $14\mu\text{m}$ 및 WG $16\mu\text{m}$ 로 나타났다.

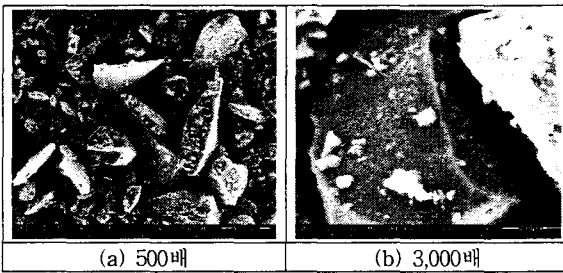


그림 1 WG의 SEM사진

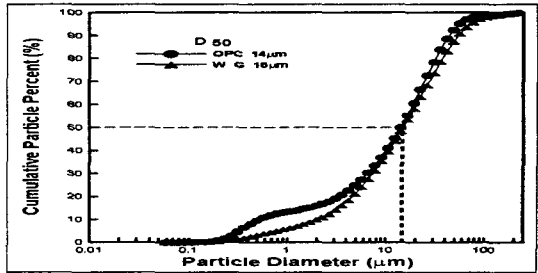


그림 2 OPC, WG의 누적 입도분포 곡선

3.2 폐유리 미분말을 혼합한 보수모르타르의 품질 특성

3.2.1 굳지 않은 모르타르의 특성

(1) 유동특성

폐유리 미분말을 혼합률 0, 5, 10 및 15%로 혼합한 모르타르의 플로우 값을 측정된 것이 그림 3이다. 그림 3의 결과 WG의 혼합율이 5% 증가함에 따라 평균 1.5%의 플로우가 감소되었으며, 최대 15% 혼합한 경우 약 4.6% 감소하였다. 그러나 15%를 제외한 10% 미만의 혼합률에서 목표 플로우 $250\pm 10\text{mm}$ 를 모두 만족하였으며, 이러한 원인은 WG의 입형이 모서리가 각이진 판상 및 침상의 형태로 구성되어 유동이 하락하는 것으로 판단된다.

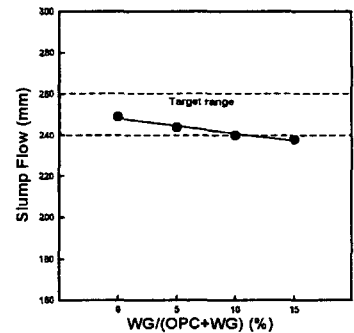


그림 3 WG의 혼합률에 따른 모르타르의 플로우

(2) 응결특성

WG를 OPC에 대하여 4수준으로 혼합하여 제조한 모르타르의 응결시간을 나타낸 것이 그림 4이다. 그림 4의 결과 WG의 혼합률이 증가함에 따라 초결 및 종결 시간이 비례적으로 지연되었으며, WG를 최대 15% 혼합한 경우 초결은 최대 12%, 종결은 최대 15%의 응결지연 현상이 나타났다. 이러한 원인은 WG가 무반응성 분체로서 혼합률이 증가함에 따라 시멘트 페이스트의 양이 감소되어 발생한 것으로 판단된다.

(3) 유연학적 특성

WG의 혼합률에 따른 평균점도를 측정하여 정리한 것이 그림 5이다. 그림 5의 결과 WG의 혼합률이 증가할수록 평균점도가 비례적으로 낮아졌다. 이러한 원인은 WG의 입자 표면이 유리질의 특성상 표면이 매끈한 것이 원인이라 판단되며, 각이진 판상 및 침상구조로 이루어져 페이스트의 유동성 및 점성이 감소된 것으로 판단된다. WG의 분말도가 OPC보다 작아 평균점도가 낮아진 것으로 판단된다.

3.2.2 경화한 모르타르의 압축강도 특성

WG의 혼합률에 따른 모르타르의 압축강도를 나타낸 것이 그림 6이다. 그림 6의 결과 기준모르타르와 비교하여 WG를 5% 혼합한 경우 11%의 강도 감소가 나타났으며, 10%혼합한 경우 16%, 15%혼합한 경우 18.5%의 강도 감소가 나타났다. 이러한 결과로 WG는 강도증가에 영향을 미치지 못하는 무반응성 분체로 판단된다. 또한 WG의 혼합률이 5% 증가함에 따라 평균 약 6% 정도 비례적으로 감소하였으며, 최대 15% 혼합한 경우 18.5%의 강도 감소가 나타났다.

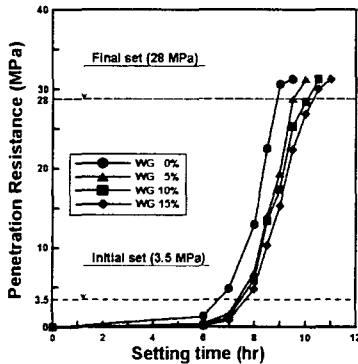


그림 4 WG의 혼합률에 따른 모르타르의 응결특성

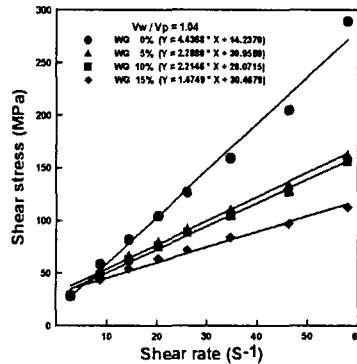


그림 5 WG의 혼합률에 따른 모르타르의 평균점도

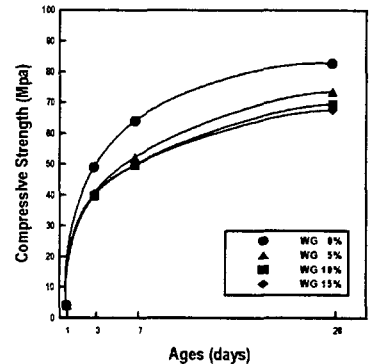


그림 6 WG의 혼합률에 따른 모르타르의 압축강도

4. 결론

- (1) WG를 혼합한 보수모르타르의 플로우는 혼합률이 5% 증가함에 따라 평균 1.5% 플로우가 감소되었으며, 10%이하 혼합한 경우 목표 플로우를 만족하였다.
- (2) WG의 혼합률이 증가함에 따라 초결 및 종결 시간이 비례적으로 지연되며, WG를 최대 15% 혼합한 경우 초결은 최대 12%, 종결은 최대 15%의 응결지연 현상이 나타났다.
- (3) WG의 혼합률이 증가함에 따라 평균점도는 비례적으로 낮아졌으며, 혼합률이 5% 증가함에 따라 평균 22.3% 감소되었으며, 최대 15% 혼합할 경우 66.8% 낮아졌다.
- (4) 압축강도는 혼합률이 증가함에 따라 비례적으로 낮아지는 경향을 보이고 있으며, WG의 혼합률이 5% 증가함에 따라 평균 약 6% 정도 비례적으로 감소하였으며, 최대 15% 혼합한 경우 18.5%의 강도 감소가 나타났다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 과제 『지역혁신특성화 사업』의 「친환경 에너지 및 Eco 소재개발·활용 시스템 혁신사업」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국유리공업협동조합, 통계연감, 2003.
2. Shao, Y. X., et. al., "Studies on Concrete Containing Ground Waste Glass," Cement and Concrete Research, Vol. 30, 2000, pp.91~100.
3. 최연왕, 정문영, 정명채, 구기정 "상동광산 광미를 혼합한 시멘트 페이스트의 레올로지 특성" 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 제 16권 2호, 2004, 11, pp.616~619.