

## 폐유리 미분말의 분말도가 모르타르 성능에 미치는 영향

## The Effect of the fineness of Waste Glass Powder on Propertis of Mortars

유일환\* · 심재원\*\* · 장태순\*\*\* · 황상수\*\*\*\* · 지광습\*\*\*\*\*

You, Il Hwan · Sim, Jae Won · Jang, Tae Soon, · Hwang, Sang Soo, · Zi Goangseup

## 1. 서론

환경부 통계자료에 의하면 국내 폐유리의 발생량은 유리 및 도자기 편류로 분류되어 하루 1980.4 톤이 발생하고 있다. 이 중 재활용되지 못하는 양은 하루 196.4 톤으로[1], 이는 소각 및 매립 등의 방법으로 처리하고 있으며, 이로 인해 환경문제를 유발하고 있다.

이 때문에 폐유리의 건설재료로의 재활용에 대해 최근 국·내외 연구들이 수행되고 있다. 1.5 mm 보다 큰 입도를 가진 폐유리 골재의 경우 알칼리-실리카반응을 유발하여 콘크리트에 악영향을 미치는 것으로 확인되었다[2, 3]. 반면 폐유리를 63  $\mu\text{m}$  이하로 분쇄하여 시멘트를 대체하였을 경우에는 알칼리-실리카 반응 및 콘크리트 강도 증진에 좋은 영향을 주는 것으로 확인되었다[4].

기존 연구들 보다 더 작은 입경(평균입경 5.5, 12.57 $\mu\text{m}$ )을 가진 폐유리 미분말(WG)을 사용함과 동시에 분말도가 모르타르 성능에 미치는 영향을 파악하기 위해 압축강도 및 알칼리-실리카 반응성 시험을 수행하였다. 이를 통해 폐유리 미분말의 건설 재료로서의 활용에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

## 2. 재료 및 시험

본 연구에서 사용된 폐유리 및 파유리를 공수하여, 폐유리의 분말도가 가지는 영향을 파악하기 위해 평균 입경을 2가지를 고려하여 다음과 같이 분쇄를 수행하였다.

- Small particle size(S) : 평균입경 5.5  $\mu\text{m}$
- Large particle size(L) : 평균입경 12.57 $\mu\text{m}$

폐유리 미분말(WG)은 ASTM C 618 포졸란 재료의 화학적 조성 기준( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 70\%$ )에 만족였으며, 폐유리 미분말의 결정구조는 그림 1과 같이 비정질 재료의 XRD 패턴을 보인다. 그 외 시멘트, 플라이애쉬, 폐유리 미분말의 기초 물성은 다음 표 1과 같다.

---

\* 학생회원 · 고려대학교 건축사회환경공학부 석사과정 · E-mail : [ih-you@korea.ac.kr](mailto:ih-you@korea.ac.kr) - 발표자  
 \*\* 정회원 · 도로교통연구원 건설환경연구실 책임연구원 · 공학박사 · E-mail: [this2pass@ex.co.kr](mailto:this2pass@ex.co.kr)  
 \*\*\* 정회원 · 도로교통연구원 건설환경연구실 선임연구원 · 공학박사 · E-mail : [aaa@hankuk.com](mailto:aaa@hankuk.com)  
 \*\*\*\* 정회원 · 도로교통연구원 건설환경연구실 연구원 · 공학석사 · E-mail : [audt1932@ex.ac.kr](mailto:audt1932@ex.ac.kr)  
 \*\*\*\*\* 정회원 고려대학교 건축사회환경공학부 정교수 · 공학박사 · E-mail : [g-zi@korea.ac.kr](mailto:g-zi@korea.ac.kr)

표 1. 사용재료의 기초 물성

구분 [%]	시멘트	플라이애쉬	폐유리분말	
			S	L
SiO <sub>2</sub>	20.1	58.5	66.8	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.64	22.5	10.1	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.76	7.30	0.572	
CaO	64.2	4.37	10.8	
MgO	2.05	1.49	1.49	
Na <sub>2</sub> O	0.107	0.436	8.43	
K <sub>2</sub> O	1.04	1.71	0.858	
Blaine [cm <sup>2</sup> /g]	3370	3380	7980	5430
L.O.I	2.	2.9	2.6	1.9

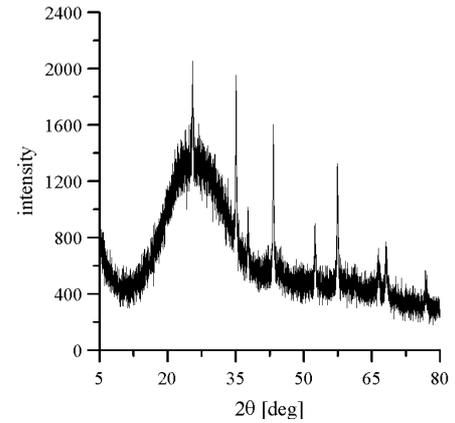


그림 1. 폐유리 XRD 패턴

본 연구에서 수행된 모르타르 시험체는 표 2와 같이 제작 하였다. 첫째로 폐유리의 분말도가 미치는 영향을 파악하기 위해 폐유리 변수를 두가지로 설정하였다. 그리고 폐유리의 혼입량에 대한 변수로 시멘트 중량비 치환 5, 10, 20%를 고려하였으며, 플라이애쉬와의 비교를 위해 시멘트 중량비 치환 20%를 제작하였다.

표 2. 결합재의 배합요약

구분	시멘트 [%]	플라이애쉬 [%]	폐유리 미분말 [%]	
			S	L
OPC	100	0	0	0
FA20	80	20	0	0
S_WG5	95	0	5	0
S_WG10	90	0	10	0
S_WG20	80	0	20	0
L_WG5	95	0	0	5
L_WG10	90	0	0	10
L_WG20	80	0	0	20

KS L 5105 규격에 의거하여, 시험을 수행하였으며, 재령 7, 14, 28일 마다 시험체는 4개의 시험값을 평균으로 산출하였다.

폐유리 미분말의 알칼리-실리카 반응 저항성을 확인하기 위해 ASTM C 1260 규격에 의거하여 시험을 수행하였다. 시험체는 3개의 시험값을 평균으로 산출하였으며, 재령 28일 까지 3 혹은 4일 간격으로 측정하였다.

### 3. 결과

#### 3.1 모르타르 압축강도

모르타르 압축강도의 경우(그림 2), 재령 7일에서 분말도가 높은(이하 S) 폐유리분말을 20% 치환했을 경우, 분말도가 낮은(이하 L) 폐유리를 치환했을 때보다 12.7% 강도가 높았으며, 기타 다른 시험체들도 같은 혼입비율을 고려했을 때 0.2-10%의 강도증진효과가 있었다. 그리고 폐유리의 혼입량이 증가할수록 강도는 저하되는 것으로 확인되었다. 폐유리(S, L)를 20% 혼입했을 경우, 플라이애쉬 20% 혼입하였을 때 보다 재령 7, 14, 28일등 모든 재령에서 높은 강도를 보였으며, 재령 28일에서 폐유리 미분말 S를 5% 혼입시 일반 모르타르 강도에 비해 4%증가 하였으며, L을 5% 혼입시 일반모르타르와 유사한 강도를 확인하였다.

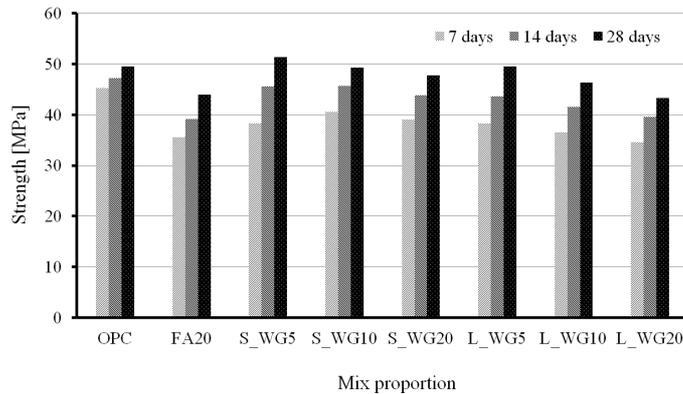


그림 2. 페유리 혼입 모르타르 압축강도

### 3.2 알칼리-실리카 반응성 시험

재령 28일까지 본 연구에서 선정된 분말도의 경우, 분말도가 가지는 효과를 확인할 수 없었다(그림 1, 2, 3). 오히려 L을 혼입한 시편들이 대체적으로 팽창저감 효과를 보였다. 페유리 미분말의 혼입량이 증가 할수록 팽창저감효과를 확인 하였으며, 이는 포졸란 효과 및 시멘트 량의 축소로 인해 팽창이 저감되는 것으로 판단되며, 페유리 미분말을 5 %치환시 일반 모르타르 팽창률 보다 높은 팽창률이 측정되었으며, 이는 추후 연구가 필요하다.

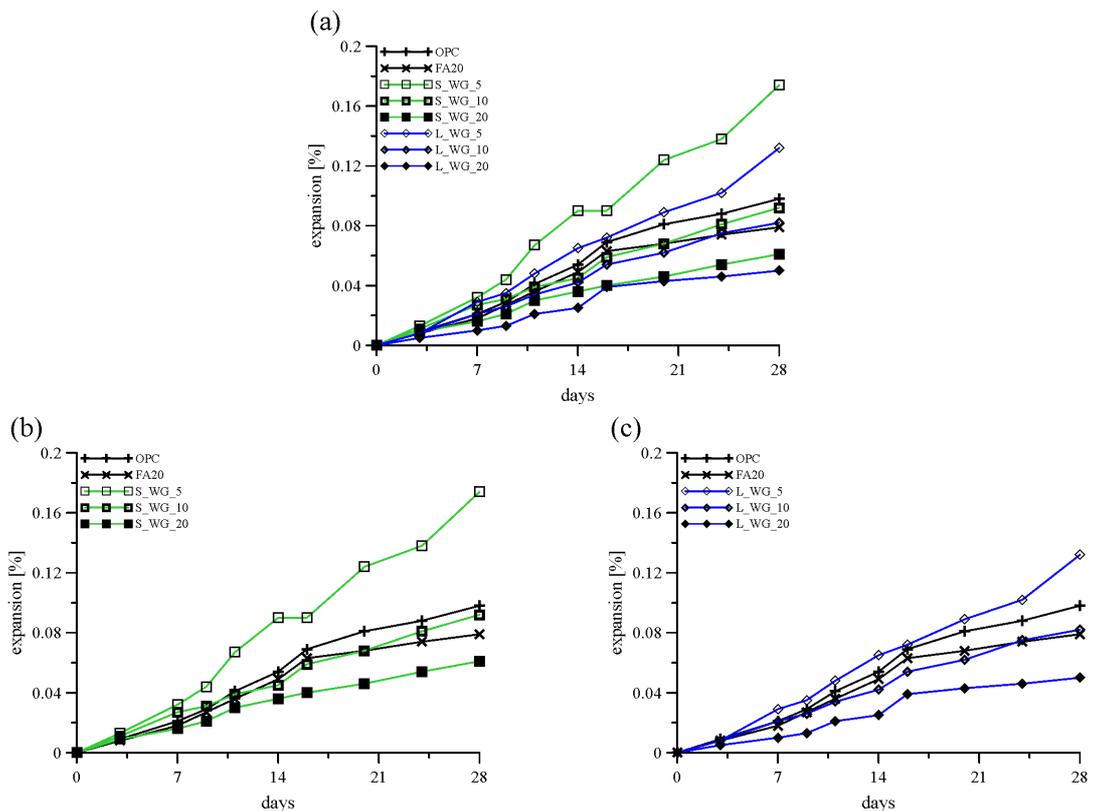


그림 3. 페유리 혼입 모르타르 알칼리-실리카 반응성 시험

(a) 총괄, (b) 페유리 S 시험군, (c) 페유리 L 시험군

#### 4. 결 론

본 연구는 폐유리 미분말의 분말도가 모르타르 성능에 미치는 영향을 파악하기 위해 모르타르 압축강도 및 알칼리-실리카 저항성 시험을 수행하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 모르타르 압축강도의 경우, 폐유리의 분말도가 미치는 영향이 확인 되었다. 그리고 폐유리의 혼입량이 증가할수록 강도는 저하되는 것으로 확인되었다. 폐유리를 혼입한 모든 시편은 플라이애쉬 20% 혼입하였을 때보다 높은 강도를 보였으며, 재령 28일에서 폐유리 미분말 S를 5% 혼입시 일반모르타르 강도에 비해 4%증가 하였으며, L을 5% 혼입시 일반모르타르와 유사한 강도를 확인하였다.
2. 알칼리-실리카 저항성 시험의 경우, 본 연구에서 사용된 분말도 변수로는 효과를 확인 할 수 없었다. 폐유리 미분말의 혼입량이 증가 할수록 팽창저감효과를 확인 하였으며, 폐유리 미분말을 5 %치환시 일반 모르타르 팽창률 보다 높은 팽창률이 측정되었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2013년 한국도로공사 도로교통연구원의 연구비 지원과 국토해양부 산하 한국해양과학기술진흥원의 첨단항만건설기술개발사업 연구비 지원(과제명:해상풍력 지지구조 설계기준 및 콘크리트 지지구조물 기술 개발/20120093)을 받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 환경부, 2012, “2011, 전국 폐기물 발생 및 처리현황”, 환경부, 한국환경공단, p.66
2. Jin W, Meyer C, Baxter S. Glascrete - concrete with glass aggregates. ACI Mater J 2000;97(2):208-13.3.
3. Bazant ZP, Zi G, Meyer C. Fracture mechanics of ASR in concretes with waste glass particles of different sizes. ASCE J Eng Mech 2000;126(3):226-32.
4. Ravindra K. Dhir, T. D. Dyer, M. C. Tang, 2009, “Alkali-silica reaction in concrete containing glass”, Materials and Structures, 42(10), 1451-1462.