

# 폐유리를 골재로 사용한 불포화폴리에스테르 모르타르의 내산성에 관한 연구

## Acid Resistance of Unsaturated Polyester Mortar Using Crushed Waste Glass

한창호\*      최길섭\*      김완기\*\*      조영국\*\*\*      소양섭\*\*\*\*  
Han, Chang Ho      Choi, Gil Seob      Kim, Wan Ki      Jo, Young kug      Soh, Yang Seob

### ABSTRACT

Recently, the importance of the countermeasures for waste materials has been pointed out. Waste glass is also one of the waste materials used for the recycling in construction sites. The crushed waste glass has been used to make a glass polymer composite that can be applied for sewer, storm drain pipe and interlocking block, etc. In this study, the crushed waste glass is explored with the possibility of recycling it, as a substitute for fine aggregates.

The purpose of this investigation is to improve the strengths and acid resistance of the UP mortars using crushed waste glass. The UP mortars are prepared with blast furnace slag and fly ash as filler. The UP-fine aggregate ratios, the crushed waste glass replacements for fine aggregate are tested for strengths before and after immersion( $H_2SO_4$  10%), weight change and acid resistance are also tested.

From the test results, the relative strength of UP mortars using fly ash as filler are found to be somewhat superior to that of the UP mortars using blast furnace as filler. And, a UP mortar with fly ash as a filler, a UP-fine aggregate ratio of 15% and a waste glass replacement of 50% for fine aggregate is recommended as a optimal mix proportion of UP mortar using crushed waste glass. Accordingly, it is enough to assure the use of the crushed waste glass as an aggregate for the production of UP mortar.

### 1 서론

건설폐기물로 발생하는 폐유리는 기타 폐기물과 혼재되어 배출되고 있으며, 보다 더 체계적인 수거와 분리가 이루어진다면 생활폐기물로 발생하는 폐유리와 마찬가지로 재활용율이 높아 질 것이다. 건설폐기물인 폐유리는 흙관, 도로포장, 각종 보도블럭 제작, 발포경량골재등을 생산하는데 재활용 될 수 있다.<sup>1)</sup> 본 연구는 폐유리를 이용한 흙관, 보도블럭 등의 2차 제품의 제작을 위한 평가 실험의 일환으로서, 폐유리를 골재로 사용한 불포화 폴리에스테르 모르타르에 대하여 폐유리 혼입율과 충전재가 내산성에 미치는 영향을 평가할 것이다.

\* 경희원, 전북대학교 건축공학과 석사과정

\*\* 경희원, 전북대학교 건축공학과 강사, 공박, 공업기술연구소

\*\*\*- 경희원, 청운대학교 건축공학과 교수

\*\*\*\*- 경희원, 전북대학교 건축·도시공학부 교수

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1. 사용재료

#### 2.1.1. 결합재 및 촉매

결합재는 일반성형용 오르토프탈산염계(Orthophthalate Type) 불포화 폴리에스테르(Unsaturated Polyester :UP) 수지를 사용하였으며 그 성질은 Table 1과 같다 촉매는 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드(Methyl Ethyl Keton Peroxide : MEKPO)를 사용하였다.

Table 1. Properties of unsaturated polyester resin

Acid value	Specific gravity (20°C)	Viscosity (20°C, mPa · s)	Styrene content (%)
23.0	1.12	125	40

#### 2.1.2. 골재 및 페유리

골재는 주문진산 표준사(Standard Sand)를 사용하였다. 유리는 국내 D사의 입경 5mm이하의 파쇄유리를 사용하였으며 파쇄유리 조립율은 3.76을 나타내었다.

#### 2.1.3. 충전재

충전재는 고로슬래그와 플라야시를 사용하였다. Table 2는 파쇄유리와 충전재의 물리적 특성과 화학성분을 나타낸 것이다.

Table 2. Physical properties and chemical composite of waste crushed glass and filler

Type of filler and crushed glass	Specific gravity (20°C)	Specific surface area (cm <sup>2</sup> /g)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Crushed Waste glass	3.38	-	71	1.47	0.07	8.91	4.04	0.24	13.10	0.83
Blast furnace slag	2.90	4.647	33.1	13.8	-	42.4	6.1	-	0.23	0.31
Fly-ash	2.22	3,613	52.6	33.4	4.60	0.7	0.7	0.3	0.6	4.5

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1. 공시체의 제작 및 양생방법

본 연구에서 불포화 폴리에스테르 모르타르의 배합은 Table 3과 같이 골재에 대한 결합재비는 13, 14, 15%, 충전재비를 결합재의 100%, 그리고 골재 중 페유리비는 0, 10, 20, 50%로 하였다. 압축강도 및 휨강도시험은 40×40×160mm 몰드를 사용하였으며 공시체 제작 후 소정의 기간동안 기중양생(3-day-20°C-50% R.H.)을 실시하였다.

Table 3. Mix proportions of unsaturated polyester mortars using crushed waste glass

UP/Fine aggregate UP/FA(%)	Crushed waste glass/Fine aggregate WG/FA(%)	Filler*/Binder	MEKPO/UP (%)
13	0	1	1
14	10		
15	20		

\*Filler : blast furnace slag and fly ash

### 2.2.2. 휨 및 압축강도 시험

휨강도 시험은 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법), 압축강도 시험은 KS F2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 실시하였으며, 압축강도 시험은 휨강도 시험 후 절편을 사용하였다.

### 2.2.3. 내산성 시험

내산성 시험은 ASTM C 257에 준하여 중량변화율과 상대강도를 10% 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)용액에 침지한 경우와 침적하지 않은 경우에 대하여 각각 시험을 실시하고, 그 결과를 검토하였다.

### 3 실험 결과 및 고찰

#### 3.1.1. UP-폐유리 치환율에 따른 강도발현

본 실험의 일부 배합 즉 UP/골재량이 13%, 파쇄유리 치환율이 0%일 때 결합재 부족으로 인하여 강도발현이 되지 않거나, 아주 낮은 강도가 발현되었다. 본 실험에서 사용한 폐유리는 입경 1~5mm사이에서 중량의 약 70%이상을 차지하는 5mm이하의 파쇄유리로서 비표면적이 일반골재 보다 적기 때문에 골재에 대한 파쇄유리 치환율이 높을 수록 적은 결합재로도 강도가 발현됨을 알 수 있었다.

#### 3.1.2. 휨 및 압축 강도

Fig. 1과 Fig. 2는 파쇄유리를 모르타르 골재로서 치환한 UP 모르타르의 압축강도와 휨강도를 충전재의 종류에 따라 나타낸 것이다. 파쇄유리를 골재로 사용한 시멘트 모르타르의 경우에는 강도가 저하되는<sup>2)</sup> 반면, UP를 결합재로 사용한 경우에는 같은 UP량에서 충전재 종류에 관계없이 파쇄유리 치환율이 증가할수록 압축강도와 휨강도가 모두 증가하였다. 또한 파쇄유리 치환율이 20%까지는 급격한 강도 상승을 보이고 있다. 이것은 UP가 골재나 충전재와 물리적 결합 즉 수지나 모노머의 중합 혹은 공중합반응을 통한 견고한 결합을 하기 때문에 많은 예각을 가진 파쇄유리를 사용한 경우 일반 골재보다 골재계면의 접착력이 증가하기 때문이다. 또한 일반 폴리머 모르타르와 같이 결합재인 UP량이 증가할수록 압축·휨강도가 증가하였다.<sup>3)</sup> 또한 충전재에 따른 강도변화는 거의 유사한 경향을 보이고 있으나<sup>4)</sup> 고로슬래그를 충전재로 사용한 경우보다 플라이애쉬를 충전재로 사용한 경우, 같은 수지량에서 5~25%정도 높은 강도가 나타났다. 이것은 플라이애쉬의 입도와 입형이 고로슬래그보다 미세하고 구형에 더 가깝기 때문에 양호한 시공성에 의해서 밀실 충전이 가능하였기 때문으로 생각된다<sup>5)</sup>.

#### 3.1.3. 내산성시험

Fig. 3과 Fig. 4는 황산 10% 수용액에 침적시킨 후 질량변화를 측정한 것이다. 파쇄유리를 혼입한 UP모르타르는 황산 10% 수용액에 의한 침식에 의한 질량감소가 없었다. 질량은 UP량이 증가할수록, 파쇄유리 치환율이 증가할수록 후수량이 적어져 질량증가가 적음을 알 수 있었다. 특히 충전재가 고로슬래그인 경우에 비해 플라이애쉬를 충전재로 사용한 경우 질량증가가 현저히 적었는데 그것은 UP모르타르의 강도특성에서 나타난 것처럼 플라이애쉬의 우수한 충전효과 때문인 것으로 생각된다. 즉 충전재를 플라이애쉬로 사용한 경우, UP량이 증가할수록, 파쇄유리 치환율이 증가할수록 내부공극이 적어 보다 내구적인 특성을 지녔음을 유추할 수 있다.

Fig. 5와 Fig. 6은 황산 10% 수용액에 침적시킨 후 침적 재령 28일의 압축강도와 휨강도를 침적 재령 0일과 비교

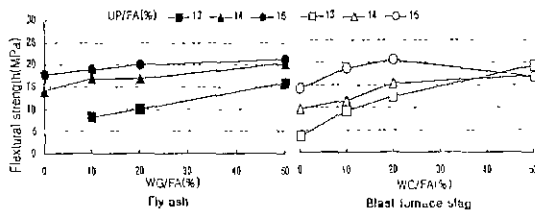


Fig 1 Flexural strength of UP mortars with Crushed waste glass

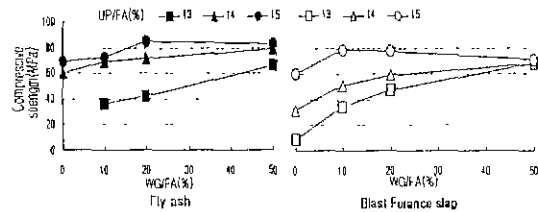


Fig 2 Compressive strength of UP mortars with Crushed waste glass

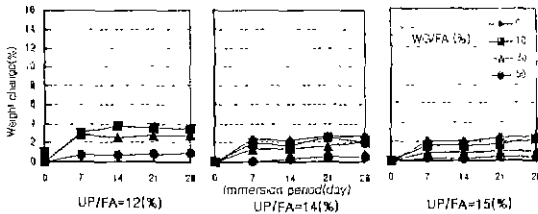


Fig3 Weight change of UP mortars with crushed waste glass immersed in 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Filler is fly ash)

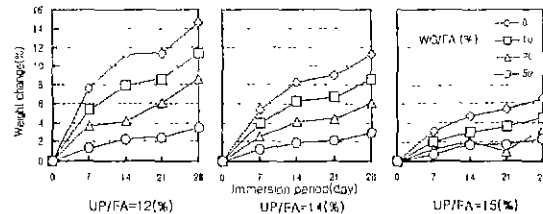


Fig.4 Weight change of UP mortars with crushed waste glass immersed in 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Filler is blast furnace slag)

하여 상대강도로 나타낸 것이다. 충전재와 UP/골재량이 관계없이 파쇄유리 치환율이 높아질수록 상대강도비가 증가하였다. 이것은 유리의 주성분이 결정성  $SiO_2$ 이어서, 상온에서 안정된 결정구조를 유지하고, 반응성이 적어 산 및 알칼리에 침식되지 않는 성질을 지니고 있기 때문이다.<sup>6)</sup> 그리고 일반 폴리머 모르타르와 같이 UP/골재량이 증가할수록 상대강도저감비가 현저히 줄어들었다. 플라이애쉬를 충전재로 사용한 UP모르타르가 고로슬래그를 충전재로 사용한 UP모르타르 보다 우수한 내산성을 나타내고 있었다. 이것은 고로슬래그와 플라이애쉬의 성분차이 즉 산에 쉽게 침식될 수 있는 CaO 성분이 고로슬래그는 44%를 차지하는 반면 플라이애쉬는 1%미만을 차지하고 있기 때문으로 사료된다. 결과적으로 황산 10% 수용액에 28일 침적 후, 충전재를 플라이애쉬로 사용하고 UP/골재=14·15%, 파쇄유리 치환율이 50%일 때 의 강도가 침적전의 강도와 비교해 강도저감율이 10%미만의 우수한 내산성을 나타내고 있었다.

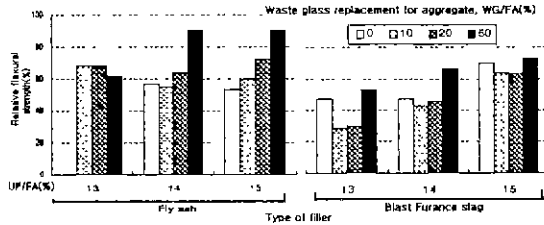


Fig.5 Relative flexural strength of UP mortars with crushed waste glass immersed in 10%  $H_2SO_4$  for 28 days

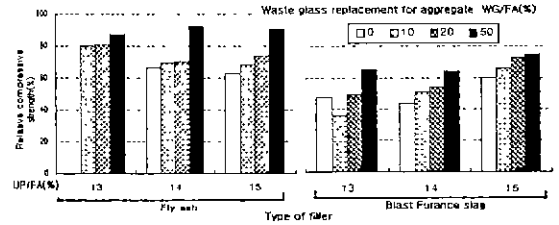


Fig.6 Relative compressive strength of UP mortars with crushed waste glass immersed in 10%  $H_2SO_4$  for 28 days

### 3. 결론

폐유리의 재활용 일환으로서 폐유리를 골재로 사용한 UP모르타르의 내산성 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 폐유리를 골재로 사용한 불포화폴리에스테르 모르타르의 압축 및 휨강도는 파쇄유리/골재율이 증가할수록, UP/골재량이 증가할수록 증가를 하였으며, 충전재를 플라이 애쉬를 사용한 경우가 강도증진에 효과적이었다.
- (2) 불포화 폴리에스테르 모르타르를 황산 10% 수용액에 침적 하였을 경우 침식으로 인한 질량감소는 전혀 없었으며, 플라이애쉬를 충전재로 사용한 경우, 고로슬래그를 충전재로 사용한 경우에 비해 질량변화율이 매우 적었다.
- (3) 불포화 폴리에스테르의 내산성은 파쇄유리 치환율이 증가할수록, UP/골재량이 증가할수록 향상하였으며, 충전재로서 플라이애쉬를 사용한 경우 우수하게 나타났다.

### 참고문헌

- 1) Fontana, Jack J., "Waste Encapsulation and/or Solidification in Polymer Concretes," ICPIC Working Papers, September 1991, san Francisco
- 2) 정영수 외 2인 "재생유리를 혼입한 모르타르의 특성에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 제10권 2호, 1998, 11, pp.36~41
- 3) Satish Chandra, Dr.Ing., and Youshihiko Ohama, Ph.D., "Polymers in Concrete" 1994, pp.135~146
- 4) Y.S. Soh, "Effect of Filler on The Mechanical Properties of unsaturated Polyester resin Mortar" EASPIC, 1997, pp.67~74
- 5) 出村克宣 ' 建築用レジンコンクリートの開発に関する研究, 博士学位論文, 日本大学 工学部, 1982, p.39~42
- 6) 부척량, 윤보현, "콘크리트의 내화특성에 관한 실험적 연구. 콘크리트학회 논문집 제 13권 1호. 동권 제99호, 1997.1, pp.193~202