

충전재에 따른 폴리에스테르 모르타르의 특성

The Properties of Polyester Mortars with Various Fillers

김성범* 윤성진** 최낙운*** 소승영**** 소양섭****
Kim, Sung Bum Yoon, Seong Jin Choi, Nak Woon Soh, Seung Young Soh, Yang Seob

ABSTRACT

The objective of this study is to investigate the basic properties of polyester mortars using ground calcium carbonate(GCC), blast furance slag(BFS), fly ash(FA), ordinary portland cement(OPC) as fillers. Particle size distribution, particle shape and resin absorption of GCC, BFS, FA and OPC are checked. Polyester mortars with GCC, BFS, FA and OPC are prepared with various MEKPO content and tested for working life. The flexural and compressive strengths of the polyester mortars with MEKPO content of 0.5phr are evaluated. As a test result, the average sizes of GCC, BFS, FA and OPC are $9.7\mu\text{m}$, $11.6\mu\text{m}$, $21.2\mu\text{m}$, $29.9\mu\text{m}$. Resin absorption of FA is 1.5times larger than other fillers. The polyester mortar with FA at a MEKPO content of 0.5phr has the longest working life and the maximum flexural and compressive strengths.

1. 서론

폴리머 모르타르 및 콘크리트는 바닥재, 포장 보수재, 접착제, 프리캐스트 제품 등 고기능성 건설재료로서 사용되고 있으며¹⁾ 우리나라에서도 그 보급의 확대가 추진되고 있다. 폴리머 모르타르 및 콘크리트가 시멘트 모르타르 및 콘크리트의 대체 재료로써 이용되는 것은 기계적 강도, 조강성, 내마모성, 내산성, 불투수성, 전기절연성 등과 같은 물리적 성질이 우수하기 때문이다. 폴리머 모르타르의 결합재로서는 불포화 폴리에스테르 수지가 가장 일반적으로 사용된다.

충전재는 수지의 점도를 적당히 유지시켜 폴리머 모르타르의 성형성을 개선하고 골재의 공극을 채워주는 역할을 하는 한편 수축저감, 내마모성 및 내열성의 향상 등의 기능을 하는 것으로 알려져 있으며 일반적으로 중질탄산칼슘이 사용되고 있다. 폴리머 모르타르의 원가절감, 성능향상 등을 목적으로 각종 부산물이나 기능성 충전재의 이용이 검토되고 있으나 그 연구들이 산발적으로 이루어지고 있어 상대적 비교를 할 수 있는 체계적 자료 보고가 부족하다. 본 연구에서는 중질탄산칼슘과 고로슬래그, 플라이애쉬, 보통포틀랜드시멘트 등의 폴리에스테르 모르타르용 충전재로서의 분체특성을 분석하고 또한 이것을 이용한 폴리에스테르 모르타르를 제조하여 그 기초적 성질을 검토하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

- (1) 불포화 폴리에스테르 수지 : Orthophtalate Type Unsaturated Polyester Resin
(점도: 250 mPa · s, Styrene량: 38%, 이하 UP라 함)
 - (2) 개시제 : Methyl Ethyl Keton Peroxide(MEKPO)
 - (3) 촉진제 : Cobalt Octoate(CoOc)
 - (4) 충전재 : 중질탄산칼슘(Ground Calcium Carbonate, 밀도:2.70g/cm³, 이하 GCC라 함),
고로슬래그(Blast Furance Slag, 밀도:2.92g/cm³, 이하 BFS라 함),
서천산(무연탄계) 비정제 플라이애쉬(Fly Ash, 밀도:2.22g/cm³, 이하 FA라 함),
1종 보통 포틀랜드 시멘트(Ordinary Portland Cement, 밀도:3.15,이하 OPC라 함)
- 각종 충전재의 화학적 조성을 Table 1에 나타낸다.

* 정회원, 전북대학교 대학원 석사과정

** 정회원, 전북대학교 대학원 박사과정

*** 정회원, 전북대학교 공업기술연구센터 포스터닥터, 공학박사

**** 정회원, 전북대학교 건축·도시 공학부 교수, 공학박사

Table 1 Chemical compositions of various fillers.

Item Type	Chemical compositions(%)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	lg. loss
GCC	-	-	0.1	56.5	-	0.1	43.0
BFS	34.5	17.0	0.3	42.7	6.9	0.1	0.3
FA	77.8	7.2	2.5	5.1	0.3	0.9	4.7
OPC	21.3	5.7	3.6	66.4	1.6	0.5	0.7

(5) 잔골재 : 5호 및 6호 규사

충전재와 골재는 함수율 0.1%이하로 건조시켜 사용하였다.

(6) 수축저감제 : 발포 폴리스티렌(Expanded Polystyrene, 밀도:15kg/m³, 이하 EPS라 함)의 스티렌(Styrene, 이하 ST라 함)용액

2.2. 실험방법

2.2.1. 충전재의 분석

Microtrac UPA150을 이용하여 GCC, BFS, FA, OPC의 입도분포 및 평균입경을 측정하였고, 주사형 전자현미경(SEM)으로 각 충전재의 표면 구조 및 입형을 관찰하였다.

2.2.2. 흡수지량

흡수지량을 측정하기 위하여 100g의 충전재에 수지를 조금씩 첨가해가면서 비벼 putty 상태가 되었을 때의 수지량을 측정하여 다음 식(1)에 의해 산출하였다³⁾.

$$\text{흡수지량}(ml/g) = \frac{\text{흡수한수지의용적}(ml)}{\text{충전재시료의중량}(g)} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

2.2.3. 결합재의 제조

결합재의 배합은 Table 2와 같다. 충전재의 종류에 따른 사용가능시간의 변화는 Table 2의 전 배합에 대해 검토하였고, 폴리에스테르 모르타르의 휨 및 압축강도는 Mix No.1에 한하여 검토하였다.

Table 2 Binder formulations for polyester mortars.

Mix No.	Formulations(%)				
	UP*	ST	EPS	OcCo(phr**)	MEKPO(phr**)
1	47.6	47.6	4.8	0.5	0.5
2					1.0
3					1.5
4					2.0

Note, * UP : the amount of UP excluding ST in commercial UP resin

** phr : parts per hundred parts of resin(UP+ST+EPS)

2.2.4. 사용가능시간

KS F 2484(폴리에스테르 레진 콘크리트의 사용가능시간 측정 방법)의 감축법에 의거하여 폴리에스테르 모르타르의 가사시간을 측정하였다.

2.2.5. 폴리에스테르 모르타르의 제조 및 시험

KS F 2419(폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법)에 의거하여 Table 3의 폴리에스테르 모르타르를 배합하여 40×40×160mm의 공시체를 3개씩 제조하였다. KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법) 및 KS F 2483(보의 절편에 의한 폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 의거하여 20±2℃, 60%(RH)에서 3일간 양생한 공시체의 강도를 측정하였다.

Table 3 Mix proportions of polyester mortars.

Mix Proportions(%)			
Binder	Filler	Fine aggregate	
		No.5	No.6
20	20	24	36

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 충전재의 분체특성

Fig. 1은 각 충전재의 입도 분석 그래프로 GCC와 BFS, FA와 OPC가 서로 비슷한 입도분포를 이루고 있었으며 GCC, BFS, FA와 OPC의 평균입경은 각각 $9.7\mu\text{m}$, $11.6\mu\text{m}$, $21.2\mu\text{m}$, $29.9\mu\text{m}$ 이었다. Photo 1은 각 충전재의 SEM에 의한 미세구조이다. GCC, BFS와 OPC는 각이 많은 부정형의 입형을 취하고 있었으나, FA는 구형의 입형을 띄고 있었다.

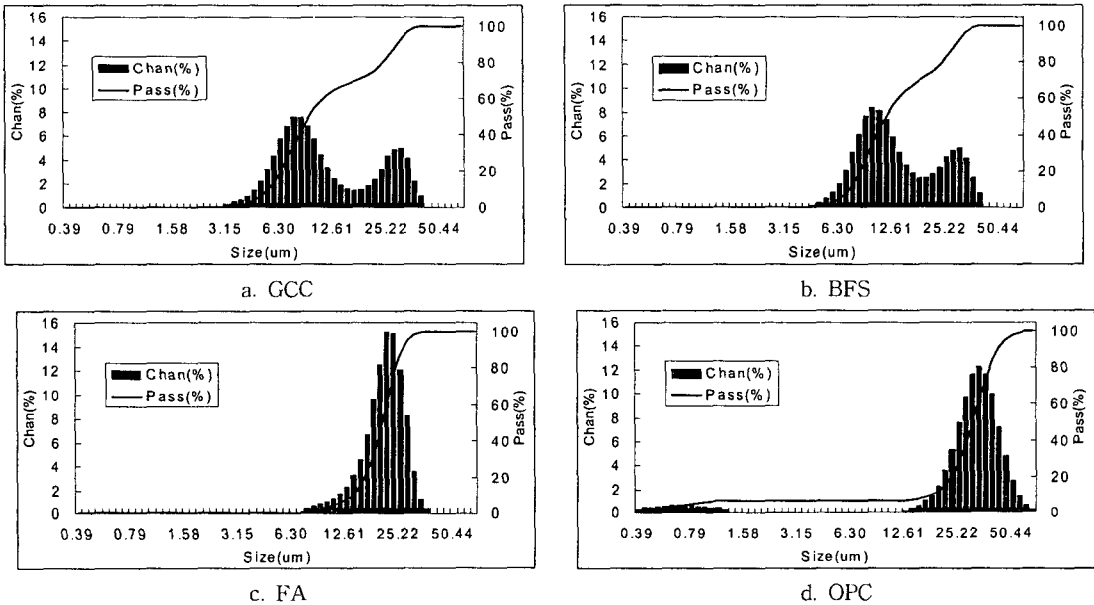


Fig. 1 Particle size distribution curves for various fillers.

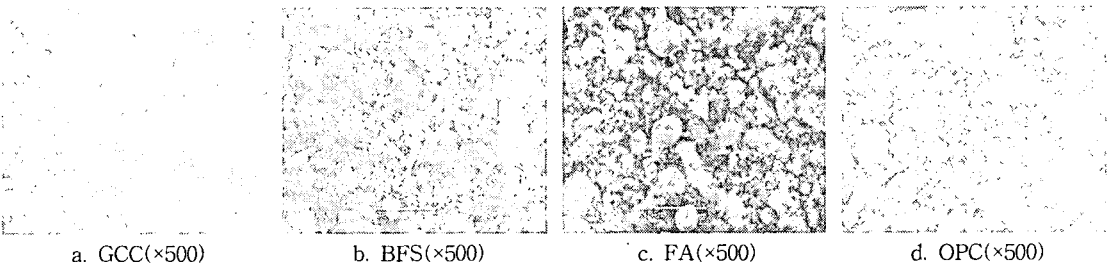


Photo. 1 SEM images of various fillers.

3.2. 흡수지량

Fig. 2는 각 충전재의 흡수지량을 측정한 결과를 비교하여 나타낸 것이다. GCC, BFS, OPC의 흡수지량은 30정도에서 비슷하게 측정되었으나, FA는 45정도로 다른 충전재에 비하여 높은 값을 나타내었다. 이는 FA의 표면특성 때문일 수도 있으나 입자가 구형의 입형을 띄고 있어 상대적으로 큰 비표면적을 갖기 때문으로 판단된다.

3.2. 사용가능시간

Fig. 3은 MEKPO첨가량에 따른 폴리에스테르 모르타르의 사용가능시간을 측정한 결과이다. 폴리에스테르 모르타르의 사용가능시간은 충전재의 종류에 상관없이 MEKPO첨가량이 증가할수록 짧아지는데 MEKPO첨가량이 1.5이상에서는 MEKPO첨가량 증가에 의한 사용가능시간 단축효과는 미미한 것으로 판단되었다. MEKPO함량이 0.5인 경우를 보면 FA를 사용한 모르타르의 사용가능시간이 가장 길었으며 BFS, GCC, OPC순으로 나타났다. FA의 사용가능시간이 긴 이유는 흡수지량이 커서 충전재량

이 값을 경우 상대적으로 충전재에 의한 경화반응열의 흡수작용이 커지게 되어 결합재의 경화속도를 지연시키기 때문으로 판단된다⁴⁾.

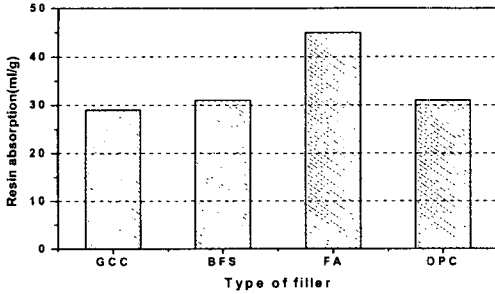


Fig. 2 Resin absorption of various fillers.

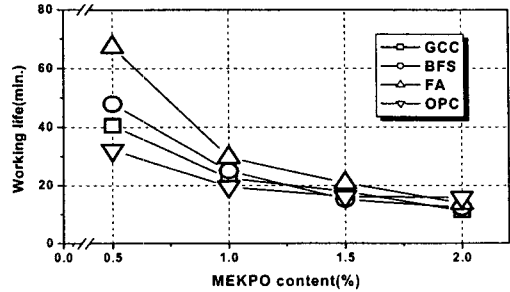


Fig. 3 MEKPO content vs. working life of polyester mortars with various fillers.

3.3. 강도특성

Fig. 4와 5는 폴리에스테르 모르타르의 압축강도와 휨강도를 나타내고 있다. FA를 이용한 폴리에스테르 모르타르의 압축강도와 휨강도가 가장 높게 나타났고 OPC를 이용한 경우의 것이 가장 낮게 나타났다. FA의 강도가 가장 높게 나타난 것은 FA의 높은 흡수지량에 기인하는 것으로 생각된다. 충전재의 흡수지량은 수지의 사용량 및 수지와 충전재 계면의 접착력에 큰 영향을 미치는데 흡수지량이 적을수록 수지량을 줄일 수 있어 경제적인 반면 적당한 흡수지량은 계면 접착력을 증가시켜 강도발현에 도움을 주게 된다. 본 연구에서는 결합재량 20%의 폴리에스테르 모르타르를 설계하였는데 충전재의 흡수지량에 따른 강도성상을 폭 넓게 파악하기 위해서는 결합재의 비율을 달리한 실험이 이루어져야 하겠다.

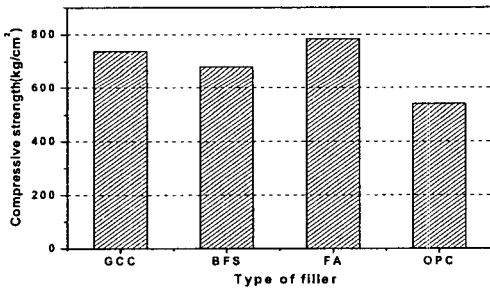


Fig. 4 Compressive strength of polyester mortars with various fillers.

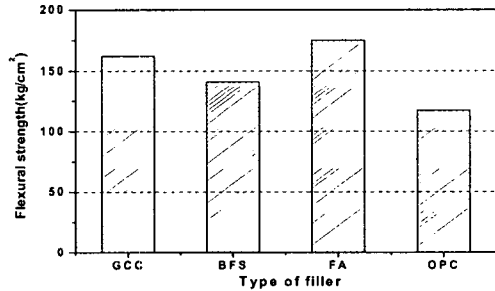


Fig. 5 Flexural strength of polyester mortars with various fillers.

4. 결론

- (1) GCC, BFS, FA와 OPC의 평균입경은 각각 $9.7\mu\text{m}$, $11.6\mu\text{m}$, $21.2\mu\text{m}$, $29.9\mu\text{m}$ 이었고, GCC, BFS와 OPC는 각이 많은 부정형의 입형을 취하고 있었으나, FA는 구형의 입형을 띄고 있었다
- (2) FA의 흡수지량이 다른 충전재와 비교하여 약 1.5배 정도 높은 값을 나타내고 있었다.
- (3) MEKPO첨가량 0.5의 폴리에스테르 모르타르의 사용가능시간은 FA의 경우가 가장 길었으며 BFS, GCC, OPC순으로 나타났다.
- (4) 충전재로 FA를 사용하였을 경우 가장 높은 압축강도 및 휨강도를 나타내었다.

참고문헌

1. Chandra, S., and Ohama, Y., "Polymer in Concrete", CRC Press, Tokyo, 1994, pp.187~193.
2. Y. Ohama, K. Demura and T. Kobayashi, "Mix Proportioning and Mechanical Properties of Polymethyl Methacrylate Resin Concrete", Transaction of the Japan Concrete Institute, Vol.3, 1981, pp.97~104
3. 清水茂夫: 實用コンクリート, 山海堂(1979)
4. 최낙운, 오하마 요시히코, 소양섭, 김완영, "폴리스티렌 모르타르의 경화특성", 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, Vol. 23, No. 1, 2003, pp.793~798