

# MMA/BA 합성 라텍스 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 세공성상

## Porosity of Polymer-Modified Mortars Using Methylmethacrylate-Butyl Acrylate Latexes with Various Monomer Ratios

형 원 길*	송 해 룡**	김 완 기***	소 양 섭****
Hyung, Won-Gil	Song, Hae-Ryong	Kim, Wan-Ki	Soh, Yang-Seob

### ABSTRACT

At present, the polymer-modified mortars are used as high-performance as well as multi-functional materials in the construction industry. The purpose of this study is to synthesize polymer to modify in cement mortars and make test samples to understand pore size distribution. This paper deals with the effect of monomer ratio on the typical properties of polymer-modified mortars using Methylmethacrylate-Butyl Acrylate(MMA/BA) latexes synthesized through emulsion polymerization.

From the results, we knew that the pore volume of polymer-modified mortars using Methylmethacrylate-Butyl Acrylate latexes at bound MMA contents of 70 and 60 percent is 7.5~75cm<sup>3</sup>/g and the fine pore volume is increased with an increase in the polymer-cement ratio. The total pore volume of polymer-modified mortars using MMA/BA latexes is linearly reduced with an increase in the bound MMA content and increased in the polymer-cement ratio.

### 1. 서 론

고성능이 요구되는 건물의 외장재, 바닥마감재, 포장재, 방수재, 장식 코팅재, 보수재 등의 용도로 많이 사용되어지고 있는 폴리머 시멘트 모르타르의 강도, 부착성, 내구성 등을 개선시키는데 매우 뛰어난 효과가 있어 그 사용범위가 매우 광범위해졌다. 폴리머는 천연재료를 제외하고는 주로 화학적 합성을 통해 제조되고 있으며, 그 성질은 합성배합 조건, 즉 모노머, 유화제, 개시제 등과 같은 성분들에 의해서 결정되며,<sup>1)2)3)</sup> 폴리머 시멘트 모르타르의 성질에 많은 영향을 미치게 된다. 폴리머 시멘트 모르타르의 여러 성질 중에서 공극구조는 불투과성이나 내구성에 상당한 영향을 미치고 있으며, 주로 폴리머의 종류와 폴리머 시멘트 비에 의해 많은 영향을 받는다.<sup>4)</sup>

따라서 본 연구에서는 MMA(methylmethacrylate)와 BA(butylacrylate)를 모노머로 이용하여 MMA/BA의 모노머비에 따라 시멘트 혼화용 폴리머를 합성하고, 합성을 통해 제조된 폴리머를 시멘트 모르타르에 혼입하여 각각의 모노머비와 폴리머 시멘트 비에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포를 파악하고자 하였다.

\* 정회원, 전북대학교 대학원 박사과정

\*\* 정회원, 전북대학교 대학원 석사과정

\*\*\* 정회원, 협성대학교 도시·건축공학부 교수

\*\*\*\* 정회원, 전북대학교 건축·도시공학부 교수, 공업기술연구소

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1. 사용재료

#### 2.1.1 시멘트 및 잔골재

본 실험에서 사용된 시멘트는 KS L 5201에 규정된 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔 골재는 규사(크기 : 0.25~0.6mm)를 사용하였다.

#### 2.1.2 시멘트 혼화용 폴리머

시멘트 혼화용 폴리머는 MMA와 BA의 모노머비를 50:50, 60:40, 70:30, 그리고 80:20으로 합성시킨 에멀전을 사용하였으며, 그 배합 및 성질은 Table 1과 같다.

Table 1 Properties of polymer dispersions for cement modifiers

Type of polymer	Monomer ratio (MMA/BA), by weight	Specific gravity (20°C)	pH (20°C)	Total solids (%)
MMA50	50:50	1.03	7.0	40
MMA60	60:40	1.03	7.0	40
MMA70	70:30	1.03	7.0	40
MMA80	80:20	1.03	7.0	40

#### 2.1.3. 소포제

본 실험에서 사용된 소포제는 실리콘계 에멀전(고형분, 30%)을 사용하였으며, 폴리머의 전 고형분에 대하여 0.7%를 첨가하였다.

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1 폴리머의 제조

본 실험에서 사용된 폴리머를 제조하기 위하여 폴리머 합성 방법 중 하나인 유화(에멀전)중합법을 이용하였으며, MMA와 BA의 모노머(monomer)비를 달리하여 제조하였다. 제조방법은 유화제(emulsifier)와 개시제(initiator)를 증류수에 용해시킨 후 반응조에 넣고 반응조 안의 임펠러를 회전시키면서 온도를 80°C까지 상승시킨 후, 모노머를 초당 한 방울씩 첨가하면서 12~24시간동안 지속적으로 반응시켜 폴리머를 제조하였다.

### 2.2.2 공시체 제작

폴리머 시멘트 모르타르는 KS F 2476(실험실에서 폴리머 시멘트 모르타르를 만드는 방법)에 따라 시멘트 : 잔골재 = 1 : 2.45(질량비), 폴리머 시멘트 비(P/C)를 0, 5, 10, 15 및 20%, 시멘트 혼화용 폴리머의 고형분에 대해 소포제를 0.7%로 첨가하여 배합하고, 40×40×160mm의 몰드로 모든 공시체를 성형한 후, 2일간 습윤양생(20°C, 80%R.H.)을 실시하고, 5일간 수증양생(20°C), 그리고 21일간 기증양생(20°C, 65%R.H.)을 실시하여 공시체를 제작하였다. 이 때의 물 시멘트 비는 MMA50을 기준으로 플로우가 170±5mm의 범위가 되도록 결정하였으며, 모노머비에 관계없이 MMA50의 물 시멘트 비를 적용하였다. 폴리머 시멘트 모르타르의 배합표는 Table 2와 같다.

### 2.2.3 세공용적의 측정

세공구조 측정용 시편은 치수 40×40×160mm의 공시체 내부에서 시료를 채취하여 아세톤으로 세정한 후 D-dry 처리를 하여 준비하였으며, 수은압입식 포로시메타를 이용하여 세공용적을 측정하고 전 세공용적을 구하였다.

Table 2 Mix proportions of MMA/BA-modified mortars

Type of Mortar	Cement : Sand, by weight	Polymer-Cement Ratio (%)	Water-Cement Ratio (%)	Air Content (%)	Flow (mm)
Unmodified	1 : 2.45	0	62	4.7	168
MMA50 -modified	1 : 2.45	5	54	13.6	167
		10	49	12.4	167
		15	45	10.3	171
		20	41	9.8	175
MMA60 -modified	1 : 2.45	5	54	12.7	185
		10	49	9.9	181
		15	45	8.7	189
		20	41	7.4	186
MMA70 -modified	1 : 2.45	5	54	11.4	188
		10	49	8.2	184
		15	45	7.1	184
		20	41	6.8	180
MMA80 -modified	1 : 2.45	5	54	14.8	198
		10	49	13.8	193
		15	45	11.9	196
		20	41	12.0	187

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1. MMA50을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포

Fig.1은 MMA50을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포를 폴리머 시멘트 비에 따라 나타낸 그래프이다. MMA50 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포는 폴리머를 혼입하지 않은 시멘트 모르타르의 세공경분포와 전 세공용적이 비슷한 경향을 보이고 있으며, 폴리머 시멘트 비의 증가에 따라서도 세공경분포에 많은 영향을 미치지 못하고 있음을 알 수 있다. 이는 MMA50의 합성 폴리머가 시멘트 모르타르내에서 불투기성 폴리머 필름을 충분히 형성하지 못하고 있음을 알 수 있다.<sup>5)</sup>

#### 3.2 MMA60을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포

Fig.2는 MMA60을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포를 폴리머 시멘트 비에 따라 나타낸 그래프이다. 폴리머 시멘트 비가 5%일 때는 폴리머를 혼입하지 않은 시멘트 모르타르와 거의 비슷한 공극구조를 나타내고 있지만 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 미세 공극(75nm 이하)은 증가하고 큰 공극(75nm 이상)은 감소하는 경향을 보이고 있다. 전세공 용적도 폴리머 시멘트 비가 증가함에 따라 감소하였으며, 폴리머 시멘트 비가 15%일 때 시료에 대한 공극량이 7.72%로써 가장 작게 나타나고 있다.

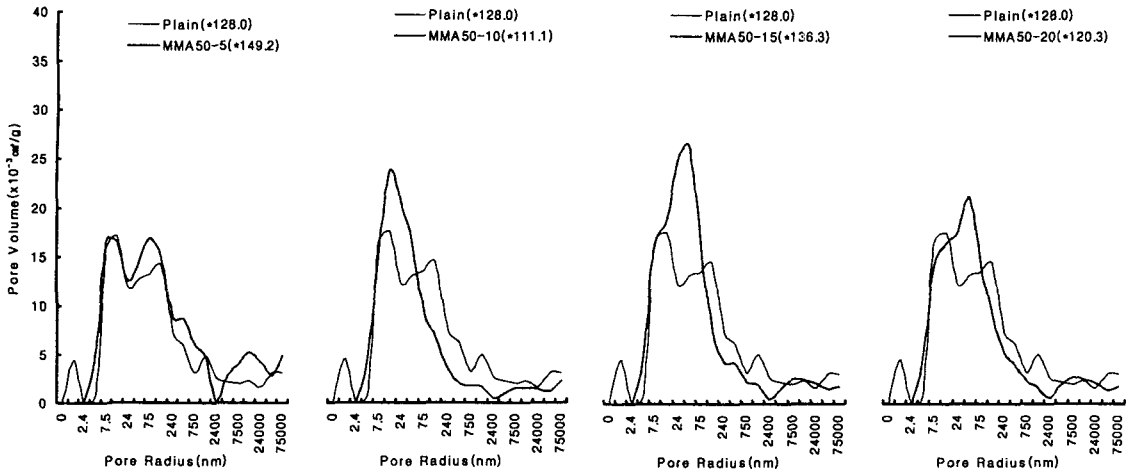


Fig.1 Pore Size Distribution of MMA50-Modified Mortars(\*Total Pore Volume( $\times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{g}$ ))

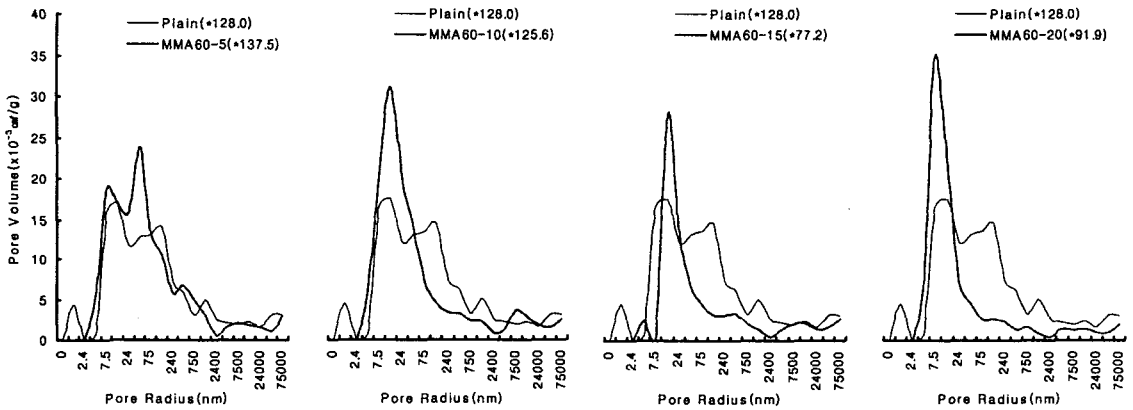


Fig.2 Pore Size Distribution of MMA60-Modified Mortars(\*Total Pore Volume( $\times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{g}$ ))

### 3.3 MMA70을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포

Fig.3은 MMA70을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포를 폴리머 시멘트 비에 따라 나타낸 그래프이다. MMA70을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르는 MMA60을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르와 비슷한 경향을 보이고 있다. MMA60을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 경우처럼 폴리머 시멘트 비가 5%일 때는 폴리머를 혼입하지 않은 모르타르와 거의 비슷한 세공경분포를 가지고 있으며 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 미세공극은 증가하고 큰 공극은 감소하고 있다. 폴리머 시멘트 비가 20%일 때 전 세공용적이 가장 작게 나타나고 있으며 미세공극의 양이 가장 많게 나타나고 있다.

### 3.4 MMA80을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포

Fig.4는 MMA80을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포를 폴리머 시멘트 비에 따라 나타낸 그래프이다. MMA80을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르는 폴리머 시멘트 비가 증가함에 따라 미세

공극이 증가하고 큰 공극이 감소하기는 하지만 폴리머를 혼입하지 않은 시멘트 모르타르에 비해서 많은 차이는 나타나지 않았다. 특히 폴리머 시멘트 비가 5%, 10%일 때는 큰 공극이 많이 나타나고 있으며, 전 세공용적도 높게 나타나고 있어, 시멘트 경화체 내에서의 폴리머 혼입 효과가 매우 미미함을 알 수 있다. 전 세공용적도 폴리머 시멘트 비가 증가하면서 전체적으로 감소하기는 하지만 폴리머를 혼입하지 않은 시멘트 모르타르와 비교하여 많은 차이는 나타나고 있지 않다.

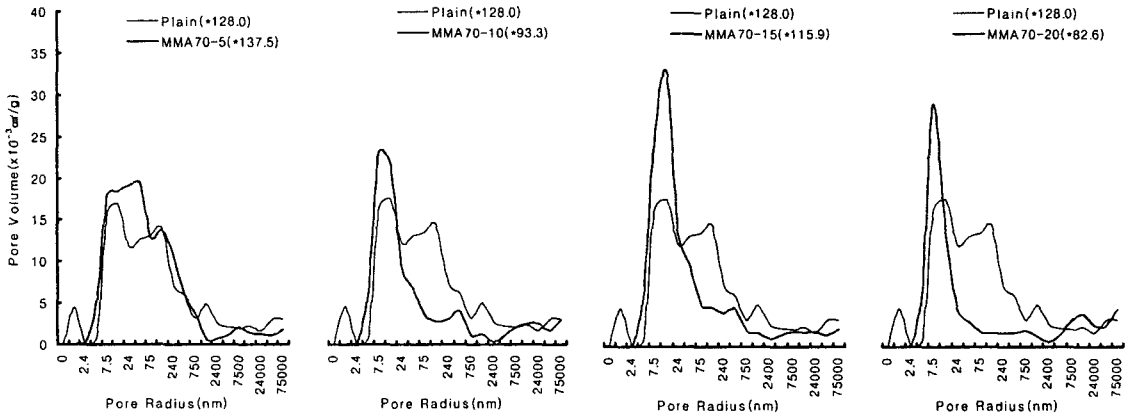


Fig.3 Pore Size Distribution of MMA70-Modified Mortars(\*Total Pore Volume( $\times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/g))

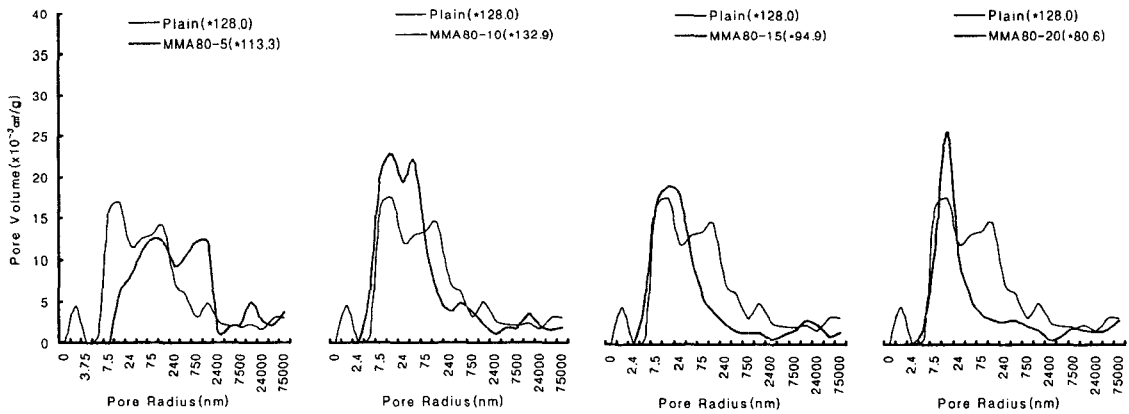


Fig.4 Pore Size Distribution of MMA80-Modified Mortars(\*Total Pore Volume( $\times 10^{-3}$  cm<sup>3</sup>/g))

이상의 연구결과로부터 MMA/BA의 모노머비가 60:40, 70:30일 경우의 MMA/BA 합성 라텍스 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경 분포의 피크는 모노머비에 관계없이 폴리머 시멘트 비의 증가와 함께 세공반경이 작은 쪽으로 이행하여 겔공극이 증가하는 경향이며, 전 세공용적 또한 감소하고 있다. 이에 따라 MMA/BA 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 염화물이온 침투 및 중성화에 대한 저항성이 상당히 개선되리라 판단된다. 그리고, 鎌田<sup>6)</sup>는 콘크리트의 동해는 세공반경 75-750nm의 세공용적과 밀접한 관계가 있고, 이 범위의 세공용적이 큰 콘크리트일수록 동해를 받기 쉽다는 연구보고가 있다.

본 합성 폴리머 또한 폴리머 시멘트 비의 증가와 함께 세공반경 75-750nm의 세공용적이 작은 쪽으로 변화하여 겔공극이 증가하는 것으로 보아 내동해성 또한 보통 시멘트 모르타르에 비해 상당히 우수하리라 판단된다<sup>5)</sup>.

#### 4. 결론

MMA/BA 합성 라텍스 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포에 대한 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) MMA/BA의 모노머비가 50:50일 경우, MMA/BA 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경 분포는 폴리머를 혼입하지 않은 시멘트 모르타르와 비슷한 경향을 나타내고 있어 시멘트 모르타르내에서 폴리머 필름을 형성하지 못한 것으로 판단되어 폴리머의 혼입 효과를 기대할 수 없었다.
- (2) 세공경분포와 전 세공용적을 보면 MMA/BA 모노머비 60:40 및 70:30을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르에서는 세공구조가 치밀해지고 폴리머 시멘트 비의 증가와 함께 그 효과는 더욱 커지는 것으로 나타났다.
- (3) MMA/BA의 모노머비가 80:20일 경우에는 폴리머 시멘트 비가 증가할수록 미세공극은 증가하고 전 세공용적은 감소하지만, 폴리머 시멘트 비가 5%, 10%일 때는 오히려 전 세공용적이 더 증가하는 것으로 나타났으며, 상대적으로 큰 공극들이 많아 폴리머 시멘트 모르타르의 불투과성이나 내구성 등에는 많은 영향을 주지 못하는 것으로 판단된다.
- (4) 이상의 연구결과로부터 MMA/BA 합성 라텍스 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포는 MMA와 BA의 모노머비 및 폴리머 시멘트 비에 크게 좌우됨을 알 수 있었다. 특히 MMA/BA의 모노머비가 60:40, 70:30일 때 폴리머 시멘트 모르타르의 세공경분포 피크는 폴리머 시멘트 비의 증가와 함께 세공반경이 작은 쪽으로 이동하며 전 세공용적 또한 감소하고 있어, 향후 염화물이온 침투저항성, 중성화에 대한 저항성, 내동해성 등에 있어서 보통 시멘트 모르타르보다 우수할 것으로 판단되며 기존 시멘트 혼화용 폴리머 제품과 동등한 성능을 발휘할 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2000-00358) 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

#### 참고문헌

1. Ohama Y., Demura K., Hamatsu M., and Kakegawa M., "Properties of Polymer-Modified Mortars Using Styrene-Butyl Acrylate Latexes with Various Monomer Ratios," ACI Materials Journal, V.88, No.1, January-February 1991. pp.56-61.
2. 소형석, 소승영, 박홍신, 유명선, 소양섭, "합성 아크릴계 폴리머의 시멘트 모르타르 혼화 적합성에 관한 연구," 대한건축학회 논문집, 10권 2호, 1994, p.183-190.
3. 김영백, 이후성, "고분자 화학," 회중당, 1996, pp.384-389.
4. Yoshihiko Ohama, "Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars," Noyes Publication, New Jersey, U.S.A., 1995.
5. 金完其, "再乳化石粉末樹脂混入ポリマーセメントモルタルの開発," 日本大学大学院, 1998.
6. 鎌田英治, 洪悦郎, "各種セメントを用いた硬化セメントペーストの耐凍害性と内部細孔構造," 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), 構造, Nov.1971, pp.119-120.