

PMMA 모르타르의 성질에 미치는 불포화 폴리에스테르 수지 첨가율의 영향

Effect of Unsaturated Polyester Resin Content on Properties of PMMA Mortars

최낙운* 이철웅** 김완영*** 소양섭****
Choi, Nak Woon Lee, Chol Woong Kim, Wan Young So, Yang Seob

ABSTRACT

Polymethyl Methacrylate(PMMA) mortars using EPS solution-based binders are prepared with various unsaturated polyester resin(UP) contents of binder, and tested for working life, heat exotherm temperature, length change, compressive strength and temperature dependence of compressive strength. As a result, the working life of PMMA mortar is lengthened with raising UP content of binder. Length change of the mortar was condensed from expansion to shrinkage with increasing UP content, and non shrinkage of the mortar is obtained at about UP content of 2.5%. The compressive strength of the mortar is increased with an increase in the UP content and reach maximum at UP content of 5%. However thermal resistance improvement of the mortar by increasing UP content was not recognized. UP resin was recommended as an effective agent for shrinkage control and strength development of PMMA mortar.

1. 서 론

메타크릴산메틸 모노머를 결합제로 한 폴리메타크릴산메틸(이하, PMMA) 모르타르 및 콘크리트는 일반적인 폴리머 모르타르 및 콘크리트의 특성 이외에도 속경성, 저온경화특성, 내약품성 등이 뛰어나기 때문에 외국에서는 PMMA 모르타르 및 콘크리트가 바닥재, 보수재, 프리캐스트제품으로서 널리 이용되고 있다¹⁾. 그러나 국내에서는 이에 관한 연구개발 및 적용실적이 극히 미흡한 실정에 있어 앞으로 고기능성 건설재료로서의 국내보급이 예상된다. 저자들은 폐 발포폴리스티렌을 건설재료로서 재 활용하기 위한 기술개발을 목적으로 폐 발포폴리스티렌(EPS)을 MMA에 용해하여 그 용액을 결합제로 이용한 PMMA 모르타르의 연구개발을 진행하고 있으며, 가교제 무첨가 EPS 혼입 PMMA 모르타르의 사용가능시간은 EPS의 '자기촉진효과'에 의해 짧아지고, 그 강도는 EPS 혼입율에 크게 영향을 받지 않는다는 연구결과를 보고한 바 있다^{2,3)}. 또한 PMMA 모르타르의 작업성을 고려할 때 결합재중의 EPS 혼입율은 10-30% 범위로 하는 것이 바람직하다고 추천하였는데 이 범위의 혼입율에서는

* 전북대학교 공업기술연구센터 포스트 닥터, 공박

** 전북대학교 건축공학과 박사과정

*** 전북대학교 환경화학공학부 교수, 공박

**** 전북대학교 건축·도시 공학부 교수, 공박

PMMA 모르타르의 경화도중에 발생하는 과도한 팽창을 일으키기 때문에 이를 개선할 필요성을 느끼게 되었다. 본 연구에서는 EPS 혼입 PMMA 모르타르의 무수축 배합 도출을 목적으로, EPS 혼입 PMMA 모르타르의 발열온도, 길이변화 등의 초기성상에 미치는 불포화 폴리에스테르 수지 첨가율의 영향을 검토하고 있다.

2. 사용재료

2.1 결합재용 재료

페 발포폴리스티렌(EPS)은 비즈법 발포폴리스티렌(M_w :약30만, 밀도:15kg/m³)을 60℃에서 48h 동안 건조해 그 함유율을 0.1%이하로 해서 사용하였다. MMA 모노머는 공업용 MMA 모노머, 개시제는 과산화벤조일(BPO, 가스제30%)을, 촉진제는 N,N-디메틸아닐린(DMA)를 사용하였다.

2.2 충전재 및 잔골재

충전재는 중질탄산칼슘(밀도:2.70g/cm³, Size:<2.5μm)을, 잔골재는 5호 및 6호 규사를 사용하였다. 이때 충전재 및 잔골재는 105℃에서 48h 동안 건조해 함유율을 모두 0.1% 이하로 해서 사용하였다.

3. 시험방법

EPS 혼입율이 25%가 되도록 EPS를 MMA 모노머에 상온(25℃)에서 용해하여 EPS용액을 제조하였다. 각 농도의 EPS 용액에 UP를 0, 3, 5 및 10% 첨가한 액상레진에 대해 개시제 및 촉진제를 각각 2.0 및 1.0phr 첨가하고 잘 혼합해서 결합재를 제조하였다. KS F 2419 (폴리에스테르 레진콘크리트의 강도시험용 공시체 제작 방법)에 준해서 결합재:충전재:5호 규사:6호 규사=1:1:1.2:1.8의 배합으로 PMMA 모르타르를 비빔하였다. KS M 3705(접착제의 일반 시험방법)에 준하여 결합재의 사용가능시간을, KS F 2484(폴리에스테르 레진콘크리트의 사용가능시간 측정방법)의 측정법에 따라서 폴리머 모르타르의 사용가능시간을 20℃, 60%(RH)의 조건하에서 측정하였다. PMMA 모르타르를 70×100×300mm 몰드에 타설하고 전동계이저를 이용하여 경화에 따른 건조양생 재령별 길이변화를 측정하였으며 동시에 피복열전대를 이용한 발열온도를 측정을 실시하였다. KS F 2419에 준하여 PMMA 모르타르를 몰드(4×4×16cm)에 타설하여 24h 건조(20℃, 60%(RH))+15h 가열(70℃)양생을 행하여 공시체를 제작하였으며, KS F 2483(보의 절편에 의한 폴리에스테르 레진콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 PMMA 모르타르의 압축강도 시험을 행하였다. 이때 PMMA 모르타르의 압축강도 온도의존성을 파악하기 위해 공시체를 20, 30 및 50℃환경에 3시간 동안 정치한 후 각각의 온도환경에서 압축강도 시험을 실시하였다.

4. 실험결과 및 고찰

그림 1은 PMMA 모르타르용 결합재 및 PMMA 모르타르의 사용가능시간과 UP첨가율의 관계를 나타낸다. 결합재 및 PMMA 모르타르의 사용가능시간은 UP 첨가량의 증가에 따라 길어지며 UP첨가율 5% 이후에서는 사용가능시간의 지연이 완만해지는 경향을 갖는다. 모르타르의 사용가능시간은 결합재의 가사시간에 비해 12-20분 정도 길게 나타났다.

그림 2는 PMMA 모르타르의 건조양생재령에 따른 발열온도를 나타낸다. PMMA 모르타르는 UP첨가율에 관계없이 초기 20-30분 정도의 유도기를 가진 후 약 50-80분 사이에서 발열온도가 급격히 상승하여 곧바로 83-87℃의 최고발열온도를 나타낸다. UP첨가율의 증가에 따라 PMMA 모르타르의 최

고발열온도는 약간씩 낮아지며 최고발열온도에 달하는 시간은 길어진다.

그림 3은 PMMA 모르타르의 건조양생재령에 따른 길이변화를 나타낸다. PMMA 모르타르의 길이 변화는 UP첨가율에 관계없이 20-30분 정도의 건조양생재령에서 급격한 팽창이 일어나며 Fig. 2의 최고발열온도 지점 이후에서 발열온도의 하강과 함께 큰 수축이 일어나는 경향을 보이며, UP첨가율이 클수록 팽창에서 수축으로 전환하는 시점은 늦어지나 수축의 진행속도는 빨라진다. PMMA 모르타르의 길이변화는 약 400분 후에 거의 멈추는 것으로 나타났다. PMMA 모르타르의 초기의 팽창은 결합재중의 EPS의 팽창에 기인하며 최고발열온도 시점 이후의 수축은 모르타르의 온도하강에 따른 냉각 수축으로 사료된다. 이때 UP첨가율이 증가할수록 수축이 커지는 것은 UP의 가교에 의한 체적수축의 가속화에 따른 것으로 판단된다. PMMA 모르타르의 10-h 후의 최종길이변화는 그림 4에 나타내듯이 UP첨가율의 증가에 따라 수축이 직선적으로 증가하는 경향을 보이는데 그 관계식을 그림 4에 나타내었다. 폴리머 모르타르 및 콘크리트의 프리캐스트 제품화를 고려할 경우 거푸집의 탈형이나 강도발현의 면에서는 팽창보다는 무수축 혹은 극소 수축형으로 설계하는 것이 바람직하다. 본 실험을 통해 EPS 혼입율 25%의 PMMA 모르타르의 경우 UP를 2-5% 첨가함으로써 무수축 혹은 저수축을 달성할 수 있음을 확인하였다.

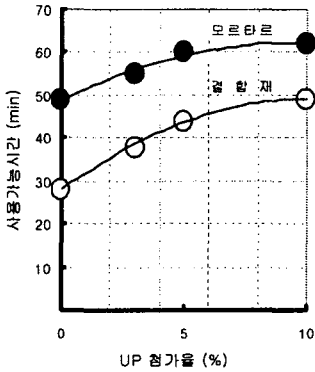


그림 1 UP첨가율에 따른 결합재 및 PMMA 모르타르의 사용가능시간

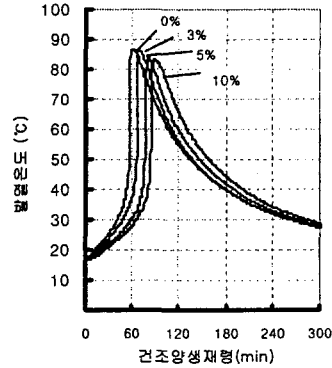


그림 2 건조양생재령에 따른 PMMA 모르타르의 발열온도곡선

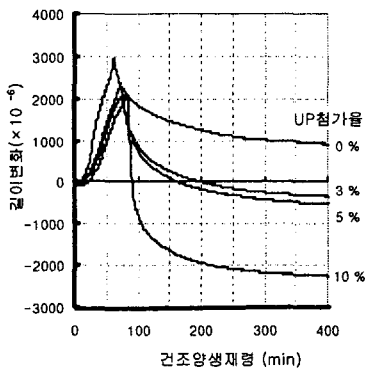


그림 3 건조양생재령에 따른 PMMA 모르타르의 길이변화

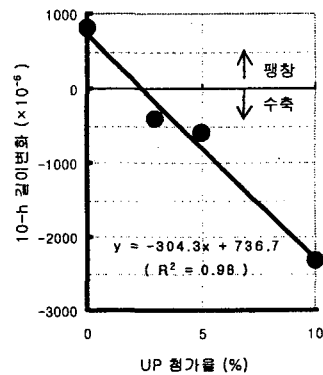


그림 4 건조양생재령 10-h 후의 PMMA 모르타르의 길이변화

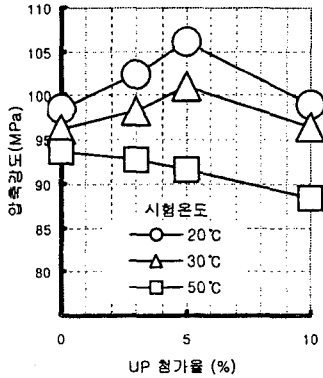


그림 5 UP 첨가율에 따른 PMMA 모르타르의 압축강도

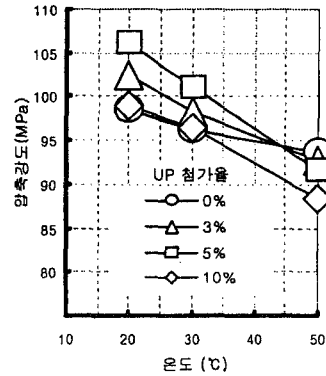


그림 6 파괴시험온도에 따른 PMMA 모르타르의 압축강도

그림 5는 파괴시험온도를 달리한 PMMA 모르타르의 압축강도에 미치는 UP첨가율의 영향을 나타낸다. 시험온도 20 및 30°C에서의 PMMA 모르타르의 압축강도는 UP첨가율의 증가에 따라 증가하며 UP첨가율 5%에서 최대치에 달한다. UP첨가율 10%의 PMMA 모르타르의 압축강도는 UP첨가율의 증가에 따라 소폭으로 감소한다.

그림 6은 UP첨가율을 달리한 PMMA 모르타르의 압축강도에 미치는 시험온도의 영향을 나타낸다. UP첨가율에 관계없이 PMMA 모르타르의 압축강도는 시험온도의 상승에 따라 직선적으로 감소하는 온도의존성을 보인다. UP를 첨가함으로써 가교밀도의 상승에 의한 PMMA 모르타르의 내열성 증진을 기대하였으나 큰 효과를 보지는 못하였다.

5. 결론

EPS 혼입율 25%의 PMMA 모르타르의 경우 UP를 2-5% 첨가함으로써 무수축 혹은 저수축을 달성할 수 있으며 강도발현 면에서도 이는 매우 유리한 것으로 나타났으나 가교밀도 증가에 따른 내열성의 개선효과는 나타나지 않았다. 향후 다양한 EPS 혼입율과, 개시제-촉진제 시스템을 갖는 EPS 혼입 PMMA 모르타르의 성질에 미치는 UP첨가량의 영향을 검토하는 것이 요구된다.

참고문헌

1. Ohama, Y., Demura, K., and Kobayashi, T., "Mix Proportioning and Mechanical Properties of Polymethyl Methacrylate Resin Concrete," Transactions of the Japan Concrete Institute, V.3, Dec. 1981, pp.97-104
2. 최낙운, 김완영, 소양섭. 「가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 역학적 특성」 한국콘크리트학회발표 논문집, Vol. 15, No.2, Nov. 2003, pp.425-428
3. Choi, N.W., Moroka, A. and Ohama, Y., "Properties of Polymer Mortars Using Methyl Methacrylate Solutions of Waste Expanded Polystyrene", Proceedings of the Fourth ASPIC, Chuncheon, Korea, May 2003, pp.105-113