

가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 역학적 특성

Mechanical Properties of PMMA Mortars without Crosslinking Agent

최 낙 운* 김 완 영** 소 양 섭***
Choi, Nak Woon Kim, Wan Young So, Yang Seob

ABSTRACT

This study deals with the mechanical properties of polymethyl methacrylate(PMMA) mortars without crosslinking agent. Waste expanded polystyrene(EPS) is used as a multifunctional admixture such as a thickener, a extender, a shrinkage reducing agent, a assistant to polymerization. PMMA mortars are prepared with various EPS contents of binder and subjected to a dry and a dry/heat combined curing, and tested for working life, flexural and compressive strengths. From the test results, the working life of PMMA mortars without crosslinking agent is shortened with raising EPS content of binder. The flexural and compressive strengths of the PMMA Mortars are decreased somewhat with increase in the EPS content. PMMA mortars with good mechanical properties could be manufactured without any crosslinking agent and their properties would be controlled by adjusting EPS content of binder.

1. 서 론

폴리머 모르타르 및 콘크리트는 고강도이며 내마모성, 내동결융해성, 내약품성 등이 우수하여 특수 모르타르 및 콘크리트로서 그 사용이 확대되는 추세에 있으며 현재 국내에서는 염가의 불포화폴리에스테르 수지가 폴리머 모르타르 및 콘크리트용 결합재로서 많이 사용되고 있다. 한편, 메타크릴산메틸 모노머를 결합재로 한 폴리메타크릴산메틸(이하, PMMA) 모르타르 및 콘크리트는 일반적인 폴리머 모르타르 및 콘크리트의 특성 이외에도 저온경화특성, 수중경화특성이 있으며 뛰어난 내후성을 발휘하기 때문에 외국의 경우 PMMA 모르타르 및 콘크리트가 보수재료나 프리캐스트제품으로서 널리 이용되고 있다¹⁾. 그러나 국내에서는 이에 관한 연구개발 및 적용실적이 극히 미흡한 실정에 있어 앞으로 고기능성 건설재료로서의 국내보급이 예상된다. 일반적으로 PMMA 모르타르용 결합재인 메타크릴산메틸(이하, MMA) 모노머에는 모르타르의 강도증진, 가사시간 단축, 내열성 증진 등을 목적으로 TMPTMA(trimethylolpropane trimethacrylate), GM(glycerol methacrylate), UP(Unsaturated Polyester) 등을 가교제로서 첨가하고, 모노머의 증발저감, 수지의 증점, 수축저감 등을 목적으로 열가

* 정회원, 전북대학교 공업기술연구센터 포스트 닥터, 공박

** 비회원, 전북대학교 환경화학공학부 교수, 공박

*** 정회원, 전북대학교 건축·도시 공학부 교수, 공박

소성수지를 첨가하여 사용하기도 한다. 본 연구는 가교제를 첨가하지 않고 폐 발포폴리스티렌을 수지의 증량, 증점, 수축저감 및 경화촉진의 다기능성 혼화제(혼화제)로 사용한 PMMA 모르타르에 관한 것으로서 폐 발포폴리스티렌 혼입율의 변화에 따른 PMMA 모르타르의 역학적 성질의 변화를 검토하고자 하였다. 본 연구는 또한 폐 발포폴리스티렌을 건설재료로서 재활용하기 위한 용도개발에도 그 목적을 두고 있다.

2. 사용재료

2.1 결합재용 재료

- (1) 폐 발포폴리스티렌(이하, EPS): 비즈법 발포폴리스티렌(M_w :약30만, 밀도:15kg/m³)
이때 EPS는 60℃에서 48h 동안 건조해 그 함수율을 0.1%이하로 해서 사용하였다.
- (2) MMA 모노머: 공업용 MMA 모노머
- (3) 개시제: 과산화벤조일(이하 BPO)
- (4) 촉진제: N,N-디메틸아닐린(이하 DMA)

2.2 충전재 및 잔골재

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

3. 시험방법

3.1 결합재의 제조

EPS 혼입율이 0, 10, 20, 30 및 40%가 되도록 EPS를 MMA 모노머에 상온(25℃)에서 용해하여 EPS용액을 제조하였으며 각 용액의 점도를 브룩필드형 점도계를 이용하여 상온(25℃)에서 측정하였다. 각 농도의 EPS 용액에 개시제 및 촉진제를 각각 1.5 및 0.75phr 첨가하고 잘 혼합해서 결합재를 제조하였다.

3.2 폴리머 모르타르의 제조

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.

3.3 사용가능시간

KS F 2484(폴리에스테르 레진콘크리트의 사용가능시간 측정방법)의 촉감법에 따라서 폴리머 모르타르의 사용가능시간을 20℃, 60%(RH)의 조건하에서 측정하였다.

3.4 공시체의 제작 및 강도시험

KS F 2419에 준하여 폴리에스테르 모르타르를 몰드(4×4×16cm)에 타설하여 72h 건조(20℃, 60%(RH))양생 및 24h 건조(20℃, 60%(RH))+15h 가열(70℃)양생을 행하여 공시체를 제작하였다. KS F 2482(폴리에스테르 레진콘크리트의 휨강도 시험방법) 및 KS F 2483(보의 절편에 의한 폴리에스테르 레진콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 PMMA 모르타르의 휨 및 압축강도 시험을 행하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 결합재 점도

Fig.1은 EPS 혼입율에 따른 PMMA 모르타르용 결합재의 점도변화를 나타낸다. 결합재의 점도는 EPS 혼입율의 증가에 따라 상승하며 특히 EPS 혼입율 30%이상에서 급격한 점도상승을 보인다. 일반적으로 고분자용액의 점도는 고분자의 분자량 및 혼입율(용액농도)에 크게 영향을 받으며 너무 낮은 점도는 재료분리나 거꾸집으로부터의 누액현상을 일으키며 너무 높은 점도는 폴리머 모르타르 및 콘크리트의 작업성에 악영향을 미치기 때문에 폴리머 모르타르 및 콘크리트에는 점도 약 100-3000(mPa·s)범위의 결합재가 사용되어진다. 본 연구에서는 PMMA 모르타르의 작업성을 고려할 때 결합재중의 EPS 혼입율은 10-30% 범위로 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

4.2 사용가능시간

Fig.2는 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 사용가능시간에 미치는 EPS 혼입량의 영향을 나타낸다. 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 사용가능시간은 EPS 혼입율의 증가에 따라서 짧아지는 경향에 있다. 모노머나 고분자용액계의 괴상중합에 있어서는 반응이 진행됨에 따라서 중합속도가 증가하는 소위 "자기촉진효과(autoacceleration effect)"가 일어난다¹⁾. 중합률이 증가함에 따라 반응계의 점도가 상승하고 성장 중의 폴리머 라디칼(radical)의 확산속도가 저하하며 모노머의 전중합속도(overall polymerization rate)는 증대하게 되는 것이다. 한편 성장 폴리머 라디칼의 점도의존성으로 인해 계의 점도를 증가시키는 불활성 물질이나 고분자량 폴리머의 존재는 중합반응의 보다 초기단계에서 자기촉진효과(혹은 겔효과)를 현저케 한다는 보고도 있는데 이 때문에 PMMA 모르타르의 사용가능시간이 짧아지는 것으로 생각된다. 한편 여기서는 개시제 및 촉진제의 첨가율을 액상 레진에 대해서 일정하게 하고 있으나 개시제 및 촉진제의 첨가율이나 그 종류를 변화시킴으로써 넓은 범위의 사용가능시간 조절이 가능하다.

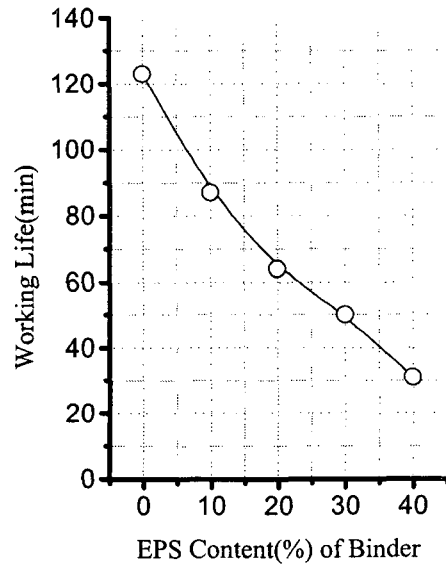
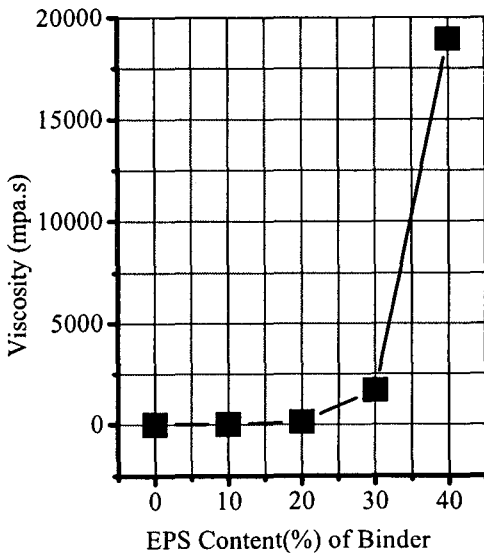


Fig.1 EPS Content vs. Viscosity of of Binder

Fig. 2 EPS Content vs. Working Life of PMMA Mortars.

4.3 휨강도

Fig.3은 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 휨강도에 미치는 EPS 혼입량의 영향을 나타낸다. 건조양생한 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 휨강도는 EPS 10-20% 혼입에 의해 약 5-10%의 휨강도 감

소를 보이거나 EPS 혼입량이 그 이상으로 증가하여도 더 이상의 휨강도 감소는 일어나지 않았다. 결합재중의 EPS는 단순한 분산질로서 혼재하는 것이 아니라 강력한 결합력을 갖는 증량제로서의 기능을 발휘하는 것으로 판단된다. 가교제 무첨가 PMMA 모르타르는 후가열양생을 실시함으로써 약 12-20%의 휨강도 증가를 보여 후가열양생은 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 강도증진에 효과적임을 확인하였다.

4.4 압축강도

Fig.4에는 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 압축강도에 미치는 EPS 혼입율의 영향을 나타낸다. 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 압축강도는 양생조건에 관계없이 EPS 혼입율의 증가에 따라서 감소해 EPS 혼입율 10%에서 최소치를 보이고 그 이후에는 EPS 혼입율의 증가에 따라서 증가하는 경향이 있다. 후가열양생에 의해 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 압축강도는 약 14-17% 증가하였다.

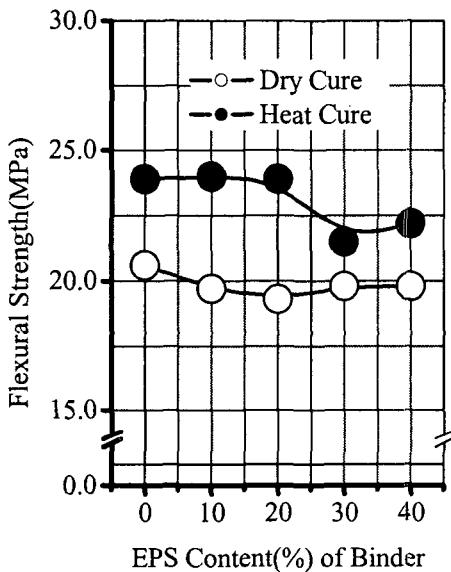


Fig.3 EPS Content of Binder vs. Flexural Strength of PMMA Mortars.

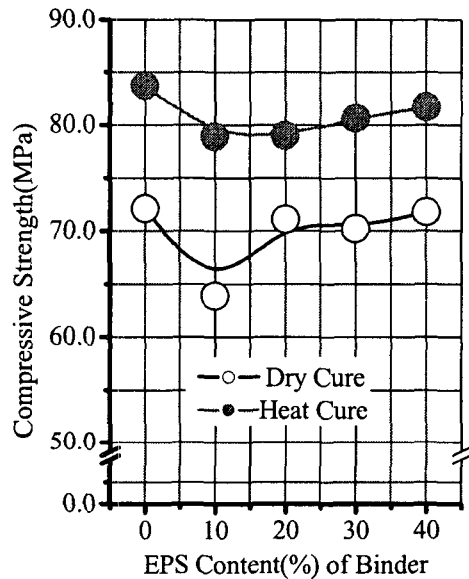


Fig.4 EPS Content of Binder vs. Compressive Strength of PMMA Mortars.

5. 결론

본 실험을 통하여 가교제를 첨가하지 않고도 뛰어난 역학적 성질을 갖는 PMMA 모르타르의 제조가 가능하며 가교제 무첨가 PMMA 모르타르의 중점, 중량 및 사용가능시간 단축에 EPS의 혼입이 매우 효과적임을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 전북대학교 포스트 닥터 프로그램(2003)의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Kukacka, L.E., Fontana, J. and Steinberg, M., "Polymer Concrete for Repairing Deteriorated Bridge Decks," Transportation Research Record 542, Polymer Concrete, Dec.1975, pp.20-28.