

수축저감제로서 발포 폴리스티렌 폐기물을 이용한 폴리머 모르타의 기초적 성질에 관한 연구

A Study on the Properties of Polymer Mortar Using Waste Expanded Polystyrene as a Shrinkage-Reducing Agent

최낙운*	김완기**	조영국***	소승영****	소양섭****
Choi, Nag Un	Kim, Wan Ki	Jo, Young Kug	So, Seoung young	Soh, Yang Seob

Abstract

The purpose of this study is to examine the influences of polystyrene content and St/UP on the setting shrinkage and strengths of polymer mortar with waste expanded polystyrene resin as a shrinkage-reducing agent, and to recommend the optimum binder formulations for product of low-shrinkage polymer mortar. In this paper, polymer mortar is prepared with waste expanded polystyrene content and St/UP, and tested for setting shrinkage, flexural and compressive strengths. From the test results, irrespective of increasing of waste expanded polystyrene resin, the strengths reduction of polymer mortar with waste expanded polystyrene(EPS) resin is not recognized. And the setting shrinkage is reduced with EPS resin content. The waste expanded polystyrene resin as a shrinkage-reducing agent can be used in the same manner as commercial polystyrene resin. In this study, we can obtain the optimum mix proportions of polymer mortar using EPS resin.

1. 서론

흔히 스티로폼(Styropor)이라고 부르는 발포 폴리스티렌(Expanded Styropor)은 연간 약 21만톤이 생산될 정도로 많은 양이 사용되어지고 있으며¹⁾ 반면 많은 양이 건설폐기물로 발생되어지고 있다. 이러한 스티로폼의 재활용 방법중의 하나로서 폴리머 모르타 및 콘크리트의 수축저감제로 사용하는 방법이 모색되고 있다. 한편 폴리머 모르타의 경화수축은 매트릭스 내부에 균열이나 내부응력을 발생시켜 접착불량이나 치수 불안정과 같은 문제점을 야기 할 수 있다. 특히, 보강재와 복합체를 이루고 있는 경우에는 균열하중의 저하를 일으키는 원인이 되기도 하여 폴리머 모르타의 경화 수축을 방지하기 위한 수단이 연구되어지고 있다. 폴리머 모르타에서 경화수축거동은 수지의 종류와 사용량, 회석제나 경화제 및 촉매 등의 첨가제 량, 골재의 조립정도, 양생조건에 따라 크게

*. 전북대학교 대학원 석사과정

*. 정희원, 전북대학교 건축공학과 강사

**. 정희원, 청운대학교 건축공학과 교수

***. 정희원, 전남도립 담양대학 건축학과 교수

****. 정희원, 전북대학교 건축공학과 교수

변화된다^{2),3)}.

본 연구에서는 폐기물로서 발생하는 스티로폴을 스티렌 모노머로 액화(이하PS)하여 폴리머 모르타의 경화수축저감제로서 사용한 실험적 연구로서, 수축저감제의 혼입량과 스티로폴의 첨가량에 따른 경화수축 및 역학적 성질을 검토하였다. 또한 페 스티로폴의 경화수축저감제로의 사용가능성 여부를 고찰하여 건설폐기물로 발생하는 페스티로폴 재활용의 한 방안을 제시하는데 기초적 자료를 제공하고자 한다.

2. 사용재료

2.1 결합재

결합재는 오르토포탈산염계(Orthophthalate Type) 불포화 폴리에스테르(Unsaturated Polyester:UP) 수지를 사용하였으며 그 성질은 표 1과 같다.

표 1 불포화 폴리에스테르수지의 성질

비중(20℃)	산도	점도 (mPa·s)	겔시간 (min.)
1.12±0.02	23±4	250	12.4

2.2 용제

용제로서는 99.0%의 스티렌 모노머(Styrene Monomer:SM, 비중 0,906)를 사용하여 스티로폴을 용해 시켰다.

2.3 촉매

촉매는 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드(Methyl Ethyl Keton Peroxide : MEKPO)를 사용하였다.

2.4 충전재 및 골재

충전재로서는 중질탄산칼슘(CaCO₃)을, 골재로는 주문진산 표준사(Standard Sand)를 사용하였다. 표 2는 중질탄산칼슘의 일반적인 성질을 나타냈다.

표 2 중질탄산칼슘의 성질

비중	단위중량 (t/m ³)	브레인 비표면적 (cm ² /g)	합수율 (%)
2.7	0.984	2.500	≤0.1

2.5 페 스티로폴

페 스티로폴(Expanded Polystyrene: EPS, 밀도:15kg/m³)은 건설폐기물로 발생하는 건축용 단열재를 사용하였다.

3 실험방법

3.1 공시체의 제작 및 양생방법

일반적으로 폴리머 모르터 및 콘크리트에서 수지는 전체 재료 중량에 대해서 각각 10%~15%, 충전제의 첨가량은 수지사용량의 100~150%로 사용되고 있다. 폴리머 모르터의 최적 배합비는 요구성능이나 첨가제의 조건, 골재의 조건에 따라서 다르게 되며 시판되고 있는 불포화 폴리에스테르 수지에는 스티렌 모노머가 함유되어 있으며 그 함량은 전체중량의 30~40%정도이다. 이 양은 사용용도에 따라 가감할 수 있게 되어 있다. 본 연구에서는 PS를 첨가한 불포화 폴리에스테르 폴리머 모르터의 경화수축 거동과 그에 따른 강도특성의 변화를 알아보기 위하여 표 5의 배합표와 같이 불포화 폴리에스테르 수지, 충전재 및 골재의 양을 고정하고 EPS/SM는 0, 5, 10, 15, 20, 30 및 50%로, 그리고 PS/UP를 10% 및 20%로 변화시켜 75×100×400mm(경화수축 시험용) 및 40×40×160mm(휨 및 압축강도 시험용)의 공시체를 사용하여 폴리머 모르터를 제작하였다. 제작 후 소정의 양생일까지 기중양생(20℃, 50R.H.)을 실시하였다. 여기에서 촉매의 양은 결합재의 1%를 사용하였다.

표 5 불포화 폴리에스테르 폴리머 모르터의 배합표

[PS/UP] (%)	[EPS/SM]] (%)	결합재				결합재 (wt,%)	충전재 (wt,%)	골재 (wt,%)
		중량비(%)						
		UP	PS (EPS+SM)	MEKPO	total			
10	0	90	9	1.0	100	16	16	68
	5							
	10							
	15							
	20							
	30							
	50							
20	0	79.2	19.8	1.0	100	17	17	66
	5							
	10							
	15							
	20							
	30							
	50							

3.2 슬럼프-플로우 시험

슬럼프 시험은 KS F 2474(폴리머 시멘트 모르터의 슬럼프 시험방법)에 준하여 실시하였고, 동시에 플로우 값도 측정하였다.

3.3 경화수축 실험

공시체의 경화에 의한 수축율은 75×100×400mm의 공시체의 양단 중앙부에서 다이얼게이지를 사용하여 측정하였다. 경화수축율은 촉매(MEKPO)를 결합재에 혼입시 부터 측정하여 경화에 의한 수축의

변화가 거의 없는 40시간까지 매시간 측정하였다.

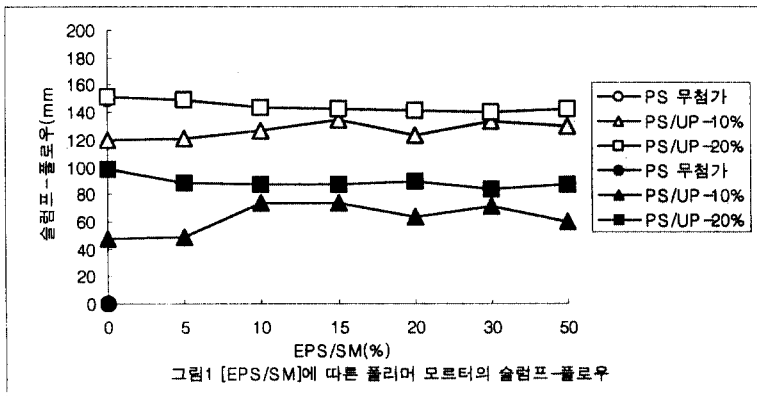
3.4 휨 및 압축강도 시험

휨강도 시험은 KS F 2482(폴리에스테르 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법), 압축강도 시험은 KS F 2481(폴리에스테르 레진 콘크리트의 압축강도 시험방법)에 준하여 실시하였으며, 압축강도 시험은 휨강도 시험 후 절편을 사용하였다

4. 실험결과 및 고찰

4.1 슬럼프-플로우 특성

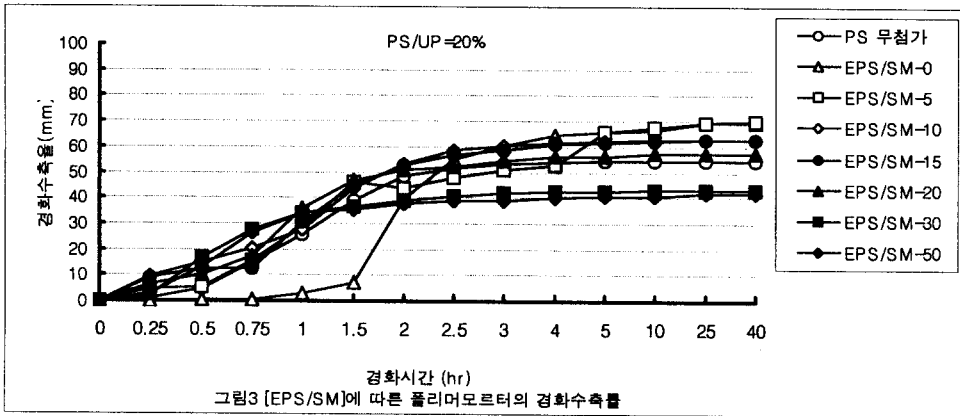
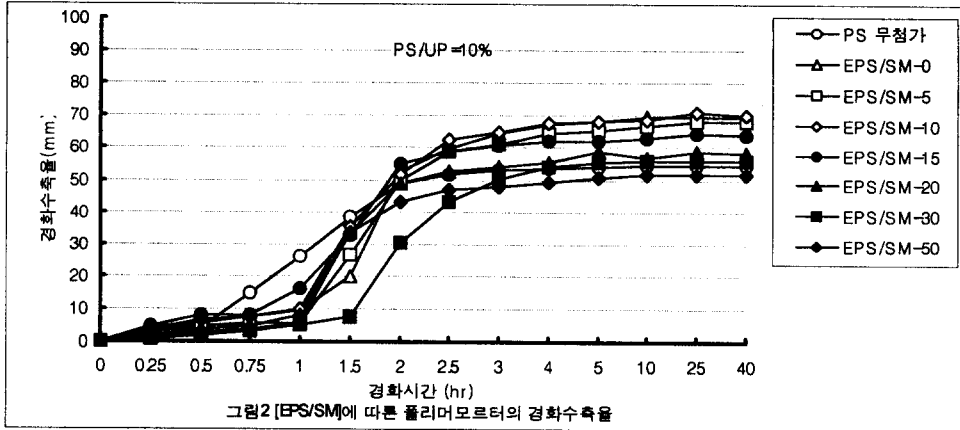
폴리머 모르타의 슬럼프-플로우 값은 시공성을 측정하는 중요한 인자로서 촉매, 촉진제, 회석제 및 결합재량에 따라 큰 영향을 미친다. 그림 1은 EPS/SM량에 따른 폴리머 모르타의 슬럼프-플로우의 측정결과를 나타내고 있다. EPS/SM량의 증가가 폴리머 모르타의 플로우에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 나타났으며, 슬럼프에 미치는 영향은 PS/UP량이 20%일 때 약간 증가하는 경향을 보였으며, PS/UP량의 증가에 따라 슬럼프-플로우가 증가하였다.



4.2 폴리머 모르타의 경화수축율

그림 2와 그림 3은 폴리머 모르타의 경화시간과 경화수축율과의 관계를 나타낸 것이다. 폴리머 모르타의 경화수축율은 전반적으로 경화시간 1~3시간 사이에서 급격히 증가하였으며, 그 이후에는 완만하게 증가하여 25시간 이후에는 경화수축변화가 거의 없었다. PS/UP량에 따른 경화수축거동은 10% 일 때 보다 20%일 때 경화수축변화율의 증가가 완만하게 진행되었고 40시간 후의 최종 수축감소효과는 10%일 때 보다 20%일 때가 큰 것으로 나타났다. EPS/SM량에 따른 경화수축거동은 20%까지는 PS를 넣지 않을 때 보다 경화수축율이 컸으나, 30% 및 50%로 증가되면 경화수축율이 PS를 넣지 않았을 때 보다 점점 감소되었다. 특히 PS/UP량이 20%, EPS/SM량이 30% 및 50% 일때는 PS 첨가에 의한 경화수축율의 감소가 뚜렷하게 나타났다. 일반적으로 폴리머 모르타의 경화수축율은 수지사용량이 증가할수록 수축량이 점차 큰 폭으로 증가하고 스티렌 모노머비(SM/UP)가 증가함에 따라 경화수축율이 점차 감소한다. EPS/SM량과 PS/UP량의 증가에 따른 경화수축율의 감소와 완만한 증가는 열가소성

수지인 폴리스티렌이 경화시 팽창하고 스티렌 모노머의 증기압이 이팽창을 도와 경화에 수반한 수축을 보완하기 때문이라 사료된다.



4.3 폴리머 모르터의 휨, 압축강도

그림 4와 그림 5는 EPS/SM량에 따른 폴리머 모르터의 휨 및 압축강도 특성을 나타낸 것이다. 그림 3에서 EPS/SM량의 증가에 따라 휨강도는 약간 감소하였으나, PS/UP량의 증가에 따라서는 휨강도가 약간씩 증가하는 경향을 보였다. 그림 5에서 알 수 있는 바와 같이 EPS/SM량의 증가에 따라 압축강도가 약간 증가하였으며, PS/UP량의 증가에 따라서도 소폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 PS의 첨가에 의한 폴리머 모르터의 휨 및 압축강도는 감소되지 않았다.

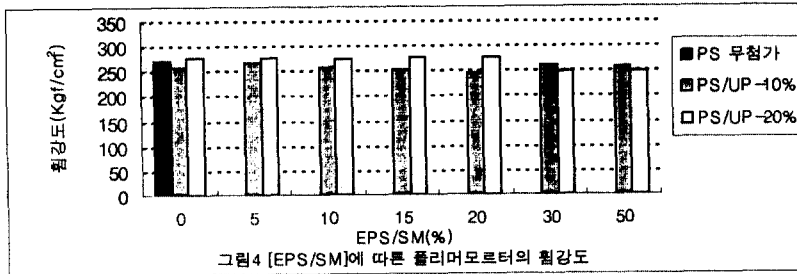


그림4 [EPS/SM]에 따른 폴리머모르터의 휨강도

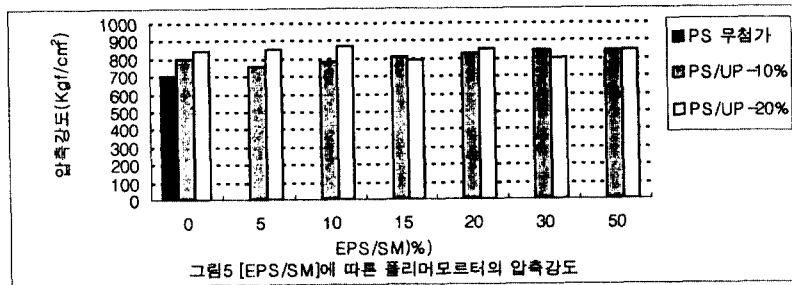


그림5 [EPS/SM]에 따른 폴리머모르터의 압축강도

5. 결론

폴리머 모르터의 경화수축을 제어할 목적으로 페스티로폴을 스티렌 모노머로 용해시켜 이것을 수축 저감제로서 사용한 본 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 스티로폴(EPS)을 스티렌 모노머(SM)에 용해시킨 PS가 불포화 폴리에스테르 폴리머 모르터의 경화수축에 미치는 영향을 살펴본 결과 EPS/SM량이 30%이하 일 때는 수축저감의 효과가 없으나, 30%이상일 때는 경화수축의 감소효과를 보였다. 특히 PS/UP량이 증가할수록 경화수축 감소 효과는 커졌다.
- 2) EPS/SM량의 증가가 휨 및 압축강도에 미치는 영향은 거의 없었으며, PS/UP량이 증가할수록 휨강도 및 압축강도가 증가하였다.
- 3) PS의 첨가에 의해 폴리머 모르터의 슬럼프-플로우는 개선되어 우수한 시공성을 나타냈다.
- 4) 이후의 실험에서 [PS/UP], [EPS/SM], [SM /UP]량이 불포화 폴리에스테르 폴리머 모르터의 경화수축과 강도특성에 미치는 영향을 평가하여 최적배합비를 도출할 필요가 있다.

참고문헌

1. 최주섭, 스티로폴의 회수·재활용 현황, 첨단환경기술, 1997년 9, pp.2-6.
2. 出村克宜, 建築用レジコンクリートの開発に関する研究, 日本大學工學部. 博士學位論文, 1982, pp.51-54. pp.19-29.
3. 박홍신, 레진콘크리트의 개발에 관한 연구, 박사학위 논문, 1995, 2, 131p