

폴리머 분산계 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 강도에 대한 유리전이온도의 효과

Effect of Glass Transition Temperature on Strength Properties of Polymer-Modified Mortar Using Polymer Dispersion

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

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out the effect of polymer glass transition temperature on mechanical properties of polymer latex-modified mortars in comparison with ordinary cement mortar. The Polymer latex-modified mortars are prepared with 5, 10, 15 and 20% of polymer cement ratio respectively, and properties of modified mortars such as air content, compressive, flexural and tensile strengths are tested.

The test results indicate that the types of polymer dispersion and the polymer-cement ratio are very important factors to characterize the properties of polymer-modified mortars, and also the glass transition temperature of polymer dispersions has an important effect on the performance of polymer-modified mortars. The modifying effects of two kinds of polymer dispersion, St/BA-1 and SBR, are evaluated.

1. 서 론

현재 시멘트 모르타르 및 콘크리트는 주요한 건설재료로서 폭넓게 사용되어져 왔으나 결합재로서의 시멘트 수화물의 성질에 기인하여 인장강도, 접착강도, 내약품성, 기체나 액체의 투과에 대한 저항성 등이 떨어지는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해 개발된 신재료 중 하나로 폴리머 시멘트 모르타르를 들 수 있다¹⁾²⁾. 폴리머 시멘트 모르타르에 대해 선진외국에서는 그 동안 많은 연구를 통하여 시험규준이 설정되어 있으며, 국내에서도 동 분야에 대한 연구보고가 점점 증가추세에 있으며 그 내용 또한 다양하다³⁾⁴⁾⁵⁾. 그러나 양생조건으로써 일반양생을 하였을 때의 강도 특성과 강도에 영향을 미치는 유리전이온도의 효과에 대한 연구보고는 거의 없는 실정이다.

본 연구는 현재 시멘트 혼화용 폴리머로서 국내에서 사용되고 있는 두 종류의 St/BA 에멀전과 SBR 라텍스를 사용하고 폴리머 시멘트 비율 변화시켜 제작한 폴리머 시멘트 모르타르에 대하여 휨강도, 압축강도 및 인장강도 시험을 실시하여 강도특성을 파악하고, 사용한 폴리머 분산계의 유리전이온도를 측정하여 폴리머 시멘트 모르타르의 강도성상에 영향을 미치는 유리전이온도의 효과를 고찰하고자 한다.

*정회원, 전북대학교 대학원 석사과정
**정회원, 전북대학교 대학원 박사과정
***정회원, 전북대학교 건축학부 강사, 공·박
****정회원, 전북대학교 건축학부 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 분산계

시멘트 혼화용 폴리머 분산계는 두 종류의 스티렌·아크릴산 부틸(St/BA) 에멀전과 스티렌·부타디엔 고무(SBR) 라텍스를 사용하였으며 그 성질은 Table 1과 같다.

Table 1 Properties of polymer dispersions for cement modifiers

Type of polymer	Specific gravity (20℃)	pH (20℃)	Viscosity (20℃, mPa·s)	Tg(℃)	Total solids (%)
St/BA-1	1.04	7.5	2470	-16.1	56
St/BA-2	1.04	6.8	146	-32.5	57
SBR	1.01	7.8	82	-9.8	48

2.1.3. 소포제

본 실험에서 사용된 소포제는 실리콘계 에멀전(고형분, 30%)을 사용하였으며, 폴리머 분산계의 전고형분에 대하여 0.7%를 첨가하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 공시체 제작

폴리머 시멘트 모르타르는 KS F 2476(시험실에서 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 폴리머에 대하여 소포제 첨가율을 0.7%로 한 배합의 모르타르를 플로우 범위가 165~170mm로 일정하게 되도록 물 시멘트 비를 조정하여 비빔을 실시하였다. 그리고 휨 및 압축강도용 공시체는 40×40×160mm의 몰드를, 인장강도시험용 공시체는 브리켓형 몰드를 사용하여 공시체를 성형한 후, 2일간 습윤양생(20℃, 80%R.H)을 실시하고, 5일간 수중양생(20℃), 그리고 21일간 기중양생(20℃, 65%R.H.)을 실시하여 공시체를 제작하였다. St/BA 및 SBR을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 배합을 Table 2에 나타냈다.

2.2.2. 유리전이온도 측정

유리전이온도는 DSC(TA2910)를 이용하여 10℃/min로 -100℃~150℃ 범위까지 스캔하여 측정하였다.

Table 2 Mix proportions of polymer-modified mortars

Type of Mortar	Cement : Sand	Polymer-Cement Ratio(%)	Water-Cement Ratio (%)	Air Content (%)	Flow
Unmodified	1 : 2.45	0	65	3.3	168
St/BA-1-Modified		5	50	14.1	165
		10	46	13.5	165
		15	45	10.4	165
		20	45	7.5	170
		5	104	7.2	165
St/BA-2-Modified		10	81	6.8	165
		15	78	4.7	166
		20	74	3.9	170
SBR-Modified		5	55	8.6	165
		10	52	7.6	166
		15	52	4.8	165
		20	54	2.0	168

2.2.3 폴리머 필름 인장강도 시험

폴리머 분산계를 40℃의 건조로에서 절대 건조시켜 제작한 폴리머 필름을 이용하여 KS F 2241(유리섬유 강화플라스틱의 인장 시험 방법)에 따라 폴리머 필름의 인장강도 시험을 실시하였다.

2.2.4 공기량 시험

폴리머 시멘트 모르타르의 공기량 시험은 KS F 2409 [굳지 않은 콘크리트의 단위용적 중량 및 공기량 시험방법(중량법)] 에 준하여 실시하였다.

2.2.5 휨 강도, 압축강도 및 인장강도 시험

폴리머 시멘트 모르타르의 휨 및 압축강도시험은 KS F 2477(폴리머 시멘트 모르타르의 강도 시험 방법), 그리고 폴리머 시멘트 모르타르의 인장강도는 JCI(일본 콘크리트 공학 협회, 폴리머 시멘트 모르타르의 인장강도 시험방법(안))에 준하여 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 공기량

Fig. 1은 폴리머 분산계를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트 비에 따른 공기량의 변화를 나타낸 그래프이다. 폴리머 분산계의 종류에 관계없이 폴리머 시멘트 비가 증가함에 따라 폴리머 시멘트 모르타르의 공기량은 현저히 감소하였다. 폴리머 분산계의 종류별로는 St/BA-1 혼입 폴리머 시멘트 모르타르가 상대적으로 높게 나타났으며, St/BA-2 및 SBR 혼입 폴리머 시멘트 모르타르는 10%이하로 거의 유사한 경향을 나타냈다.

3.2 폴리머 필름의 인장강도

Fig. 2에서는 폴리머 분산계를 건조시켜 제작한 폴리머 필름의 인장응력과 신장률의 관계를 나타낸 것이다. St/BA 에멀전 필름은 낮은 인장응력을 보이고 있는 반면에 매우 뛰어난 신장률을 나타내고

있으며, SBR 폴리머 필름에서는 신장률은 St/BA의 것보다 작게 나타났으나 인장응력이 매우 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이것은 폴리머 시멘트 모르타르의 휨, 압축강도, 그리고 인장강도에 많은 영향을 미치고 있다.

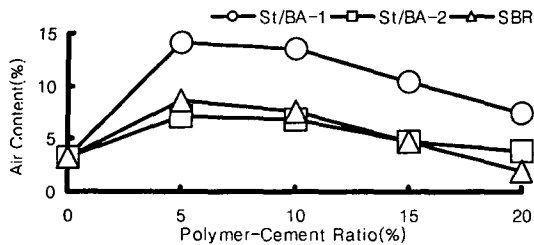


Fig.1 Air content vs. polymer-cement ratios of polymer-modified mortars

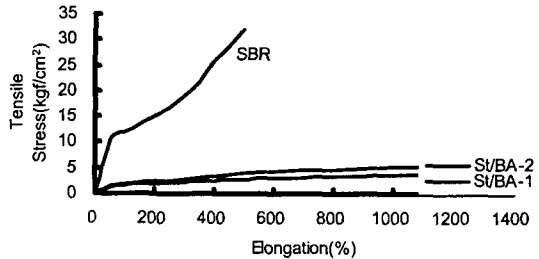


Fig.2 Tensile strength vs. elongation of polymer film

3.3. 휨강도

Fig. 3은 폴리머 분산계를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트 비에 따른 휨강도를 나타낸 그래프이다. 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도는 폴리머 시멘트 비의 증가에 따라 증진되었으며 폴리머 시멘트 비 15%에서 최대값을 나타냈다. 폴리머 분산계의 종류별로 보면, St/BA-1을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도가 가장 우수한 강도를 보이고 있으며, SBR 및 St/BA-2를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 순으로 나타났다. St/BA-2 혼입 폴리머 시멘트 모르타르의 경우에는 제품의 특성으로 인해 물 시멘트 비가 증가하여 낮은 휨강도를 보이고 있다.

3.4. 압축강도

Fig. 4는 폴리머 분산계를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트 비에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다. 폴리머 분산계와 폴리머 시멘트 비에 따른 폴리머 시멘트 모르타르의 압축강도 개선 효과는 크게 나타나지 않았으며 보통 시멘트 모르타르 보다 작게 나타났다. 이는 제품자체의 영향과 폴리머 필름을 형성하기 위한 이상양생조건⁶⁾, 즉 수중양생 후 건조양생(상대습도 50%)으로 하지 않고 수중양생 후 일반 기중양생(상대습도 65%)으로 하여 시멘트 수화물과 폴리머 필름이 일체화 된 완전한 결합재 조직(Co-matrix)을 형성하지 못했기 때문이라 판단된다. 폴리머 분산계의 종류별로 보면 휨강도와는 달리 SBR을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르가 St/BA-1 및 St/BA-2를 혼입한 것보다 압축강도가 높게 나타났다. St/BA-2를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 경우에는 휨강도에서와 마찬가지로 다른 폴리머 분산계보다 물 시멘트 비의 현저한 증가로 인해 강도발현이 되지 않았다.

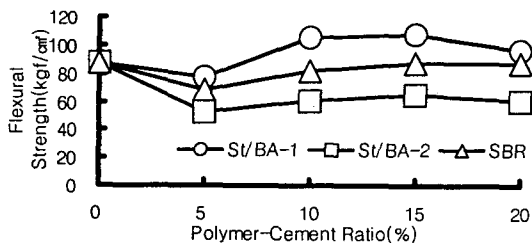


Fig.3 Flexural strength vs. polymer-cement ratios of polymer-modified mortars

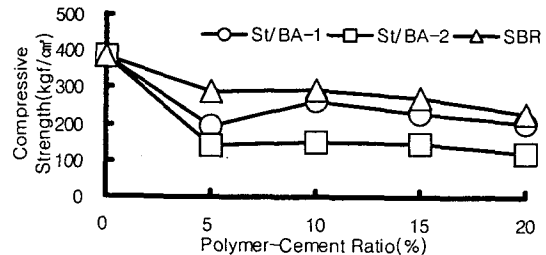


Fig.4 Compressive strength vs. polymer-cement ratios of polymer-modified mortars

3.5 인장강도

Fig. 5는 폴리머 분산제를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 폴리머 시멘트 비에 따른 인장강도를 나타낸 그래프이다. SBR을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르가 가장 좋은 인장강도를 나타내고 있으며 폴리머 시멘트 비가 15%일 때 가장 좋은 결과를 나타내고 있다. St/BA-1을 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 경우에는 폴리머 시멘트 비가 10%일 때 가장 좋은 인장강도를 나타내고 있으며 15%와 20%에서는 인장강도의 증진효과를 기대할 수 없었다. St/BA-2를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 인장강도는 휨, 압축강도와 마찬가지로 개선되지 않았다.

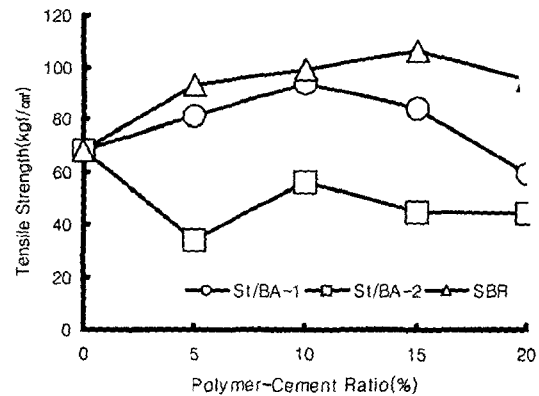


Fig.5 Tensile strength vs. polymer-cement ratios of polymer-modified mortars

3.6 유리전이온도 효과

Fig. 6은 폴리머 시멘트 비 5, 10, 15, 20%에서의 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도, 압축강도 및 인장강도에 영향을 미치는 폴리머의 유리전이온도 효과를 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용한 폴리머 분산제의 유리전이온도는 -16.1(St/BA-1 에멀전), -32.5(St/BA 에멀전) 및 -9.8 (SBR 라텍스)로 측정되었다. 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도, 압축강도, 인장강도는 유리전이온도가 높아질수록 현저하게 증가하였으며, 폴리머 시멘트 모르타르의 강도에 대한 유리전이온도의 영향이 매우 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

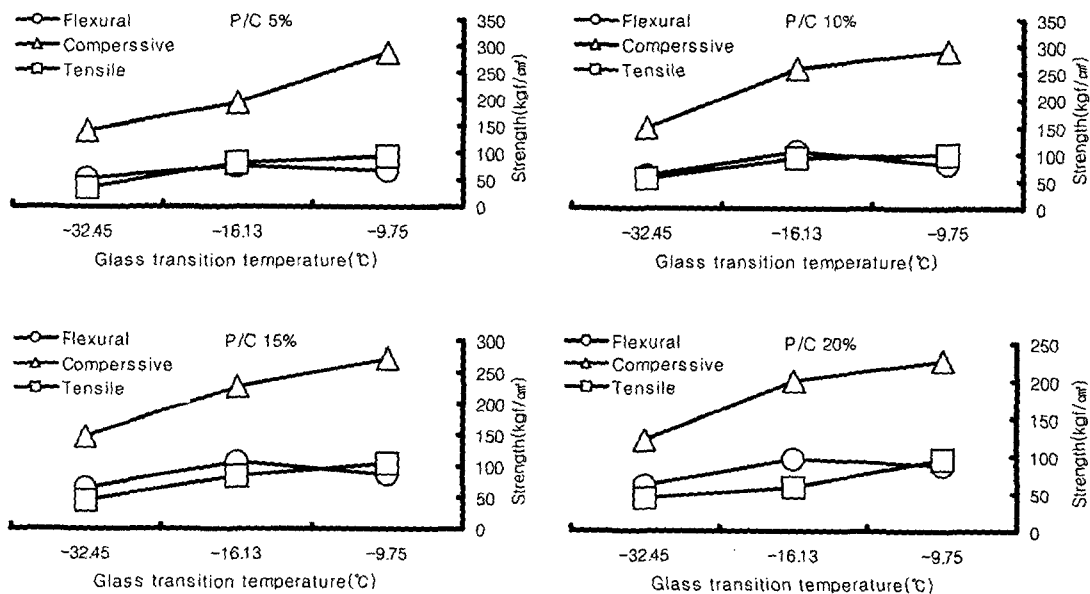


Fig.6 Effect of Glass Transition Temperature of Polymer Dispersions on Strengths of Polymer-Modified Mortars

4. 결론

폴리머 분산계를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 강도특성을 파악하고 강도에 대한 유리전이온도 효과에 대한 본 연구결과는 다음과 같다.

- (1) 폴리머 필름 인장강도 시험 결과, 폴리머 필름의 강도면에서는 SBR 라텍스가 높게 나타났으며, 신장률면에서는 St/BA 에멀전이 매우 크게 나타났다.
- (2) 폴리머 분산계를 혼입한 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도 및 인장강도는 폴리머 시멘트 비의 증가에 따라 강도가 증진되었으며, 폴리머 시멘트 비 10% 또는 15%에서 최대값을 나타냈다. 그러나 압축강도에서는 강도개선효과가 크게 나타나지 않았다.
- (3) 폴리머 시멘트 모르타르의 강도특성을 검토한 결과 폴리머 필름의 강도가 상대적으로 높은 SBR 라텍스가 전반적으로 우수한 강도를 발현하였다. 그러나 St/BA-2 에멀전을 이용한 모르타르에 있어서는 높은 물 시멘트 비로 인해 그 성능이 저조하게 나타났다.
- (4) 폴리머 시멘트 모르타르의 휨강도, 압축강도 및 인장강도는 폴리머 분산계의 유리전이온도가 높을수록 우수하게 나타나 폴리머 시멘트 모르타르의 강도와 폴리머 분산계의 유리전이온도 사이에 아주 높은 상관관계가 있음을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2001-1-3100-004-3) 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Lefebure, V., British Patent 217, 279, June 5, 1924
2. Ohama, Y. and Demura, K., "Mix Design System for Polymer-Modified Mortars", Second Australian Conference on Engineering Materials, The University of New South Wales, Sydney, July 1981, pp.163-172
3. 소양섭, 박홍신, 조영국, 이제방, "폴리머 시멘트 모르타르의 개발에 관한 기초적 연구", 대한건축학회논문집, 7권 5호, 1991, p.353-363
4. 김선원, 정상진, 최문식, "폴리머를 이용한 폴리머 시멘트 모르타르의 성능에 관한 실험적 연구", 대한건축학회학술발표논문집, 12권 1호, 1992, p.397-400
5. 소양섭외 "합성 아크릴계 폴리머 시멘트 모르타르의 내산성능 평가에 관한 연구", 대한건축학회학술발표논문집, 제.14권 1호, 1994. p.603-608
6. 橋本 寛, 大浜喜彦, "ポリマーセメントコンクリートの強度に及ぼす養生法の影響", 日本大学工学部紀要, V.19, Mar.1978, pp.113-119