

콘크리트 보수용 폴리머 복합재료의 접착강도 특성

Adhesion Properties of Polymer Composite Materials for Concrete Repair

지 경 용* 연 규 석** 이 윤 수***

Ji, Kyung yong Yeon, Kyu Seok Lee, Youn Su

ABSTRACT

This research was conducted to evaluate the adhesion in tension of the polymer mortars for cement concrete repair. Various polymer types, binder ratios, and wet/dry conditions of the surface were considered in this study.

Styrene-butadiene rubber (SBR) and ethylen vinyl acetate (EVA) used for polymer cement mortars.

Epoxy resin (EP), and unsaturated polyester resin (UP) were used for polymer mertars.

Adhesion in tension for the dry condition of the substrate surface was higher than that for the wet condition of the substrate surface under the same binder ratio.

Therefore, in repairing concrete, the dry surface condition was effective on adhesion.

1. 서 론

근년에 이르러 우리나라에서도 피로하중, 산성비, 염해, 동결융해 작용 등의 각종원인에 의한 시멘트 콘크리트 구조물의 성능 저하는 건설산업분야에서 커다란 문제점으로 대두되고 있다. 이와 같이 성능이 저하된 콘크리트 구조물의 보수재로서 폴리머 복합재료가 널리 사용되고 있다. 그러나 콘크리트 구조물의 보수재로서 요구되는 조건은 다양하며 이 가운데서 중요한 요소 중의 하나가 접착성능이다.

따라서 본 연구에서는 기존 콘크리트 구조물에 대한 폴리머 복합재료의 접착성능을 실험적으로 구명코저 한다. 사용된 폴리머 종류는 폴리머 파우더계로서 SBR와 EVA, 수지계로서 불포화 폴리에스터와 에폭시이다. 이들을 사용하여 제조된 폴리머 모르타르는 모재인 시멘트 콘크리트를 건조 및 습윤 상태로 하여 타설 하였으며, 접착성능은 인장접착시험을 통해 평가하였다.

* 강원대학교 대학원 농공학과 석사과정

** 정희원, 강원대학교 농공학과 교수

*** 정희원, 강원대학교 농공학과 강사

2. 재료 및 방법

2.1 사용 재료

2.1.1 보수용 모르터

폴리머 시멘트 모르터용 재료는 결합재로서 1종 보통 포틀랜드 시멘트, 골재로서 규사(Sizes : 0.230 ~ 0.260 mm), 혼화제로서 파우더계인 SBR(Styrene Butadiene Rubber), EVA(Ethylene Vinyl Acetate)가 각각 사용되었다. 그리고 폴리머 모르터 재료는 골재로서 규사, 결합재로서 수지계인 불포화 폴리에스터(UP)와 에폭시(EP)가 각각 사용되었다.

폴리머 파우더계 및 폴리머 수지계 재료의 물리적 성질은 Table 1 및 Table 2와 같다.

Table 1. Physical properties of polymer powder

Type of polymer	Average particle size (μm)	Glass transition point ($^{\circ}\text{C}$)	Phase	Color
SBR	400	0	Powder	White
EVA	400	0	Powder	White

Table 2. Physical properties of polymer resin

Type of polymer	Specific gravity (25 $^{\circ}\text{C}$)	Viscosity (25 $^{\circ}\text{C}$, mPa \cdot s)	Phase	Color
Unsaturated polyester	1.14	300	Liquid	Colorless
Epoxy	1.15	280	Liquid	Colorless

2.1.2 시멘트 콘크리트 모재

모재용 시멘트 콘크리트 재료로서는 1종 보통 포틀랜드 시멘트, 강모래 ($\leq 2.5\text{mm}$)와 부순돌(5~19mm)이 사용되었으며, 그 배합비는 Table 3과 같다.

Table 3. Mix proportion of concrete substrate

Water-cement ratio (%)	Sand-aggregate ratio (%)	Mix proportion by weight (kg/cm^3)				Slump (cm)	Air content (%)
		Cement	Water	Sand	Gravel		
53	35	279	148	745	1,388	8.8	2.5

2.2 시험체 제작

모재인 시멘트 콘크리트는 28일 양생 후 $105\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 오븐건조(건조상태) 시킨 경우와 $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 수중침적(습윤상태)시킨 경우 등 2가지 조건으로 하였다.

폴리머 시멘트 모르터는 KS F 2476(시험실에서 폴리머 시멘트 모르타르를 만드는 방법)에 따라 제조하였으며, 그 배합비는 Table 4와 같다. 양생은 온도 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 50%에서 1일 기건양생 후 탈형하여 동일한 조건에서 27일간 실시하였다.

또한 폴리머 모르터는 KS F 2419(폴리에스테르 레진 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법)에 따라 제조하였으며, 그 배합비는 Table 5와 같다. 양생은 온도 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 50%에서 1일 기건양생 후 탈형하여 동일한 조건에서 6일간 실시하였다. 제작된 인장접착 시험용 시험체의 형상은 Fig. 1과 같다.

Table 4. Mix proportions of polymer-cement mortars

Type of mortar	Cement : Sand (by Weight)	Polymer - cement ratio (%)	Water - cement ratio (%)	Flow
SBR	1 : 3	0	85	169
		5	70	172
		10	65	174
		20	60	171
EVA	1 : 3	0	85	169
		5	67	170
		15	65	173
		20	60	171

Table 5. Mix proportions of polymer mortars

Type of mortar	Binder (wt%)	Filler (wt%)	Sand (wt%)	Hardener (phr)*	Flow
Unsaturated polyester	15.0	15	70	1	101
	17.5		65		110
	20.0		55		138
Epoxy	15.0	15	70	40	122
	17.5		65		162
	20.0		55		193

*phr : Parts per hundred parts of resin.

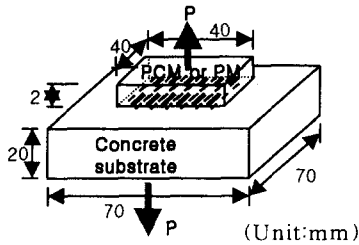


Fig. 1 Specimen for tensile adhesion test

2.3 시험방법

시험은 KS F 4716(시멘트계 바탕 바름재)에 규정된 방법에 의해 INSTRON 만능시험기(50t)를 이용하여 인장접착강도를 측정하였다. 실험결과는 시험 후 시험체의 파괴형태를 Fig. 2와 같이 M(보수용 모르터의 파괴), A(접착면 파괴), S(모재의 파괴) 3종류로 나누어 10점법으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 작업성

Table 4에서 보인바와 같이 폴리머 시멘트 모르터의 Flow값은 170 ± 5 mm을 기준으로 할 때 폴리머의 혼입량이 증가할수록 단위수량이 감소하는 경향을 보여 SBR과 EVA의 혼입량이 증가할수록 작업성이 향상됨을 알 수 있었다. 한편 Table 5에서 볼 때 폴리머 모르터는 에폭시를 결합재로 사용한 경우가 불포화폴리에스터를 사용한 것보 Flow값이 컸는데, 이는 저점도 에폭시를 사용하였기 때문이다.

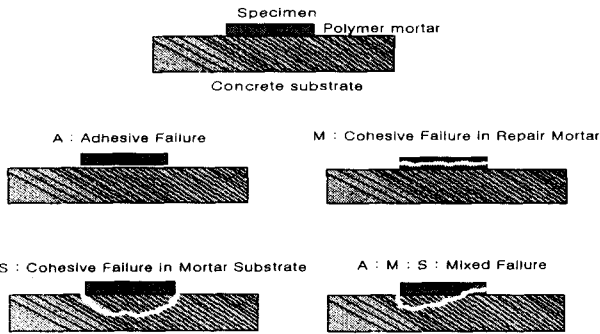


Fig. 2 Types of failure mode of tensile adhesion test

3.2 폴리머 시멘트 모르터의 인장접착강도

Fig. 3과 4는 모재의 건조에 따른 폴리머 시멘트 모르터의 인장접착강도와 폴리머 혼입량과의 관계를 나타낸 것이다. 모재의 건조에 관계없이 폴리머 시멘트 모르터의 인장 접착강도는 폴리머의 혼입량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나, 건조상태인 경우가 습윤상태인 경우에 비해 약2배 정도 높은 접착강도를 나타냈다.

이것은 모재가 습윤상태일 때 폴리머 시멘트 모르터를 부착할 경우 모재내의 물이 표면으로 상승하여 접착면의 폴리머 시멘트에 대한 물-시멘트비를 증가시켜 접착강도의 저하를 가져왔기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 폴리머 시멘트 모르터를 보수재로 사용할 경우 접착면을 건조시킨 후 타설하는 것이 유리함을 알 수 있다.

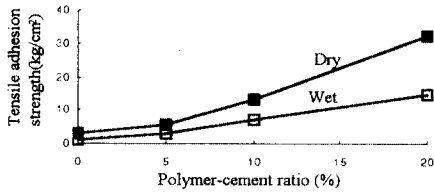


Fig. 3 Polymer-cement ratio vs. tensile adhesion strength of SBR polymer cement mortars

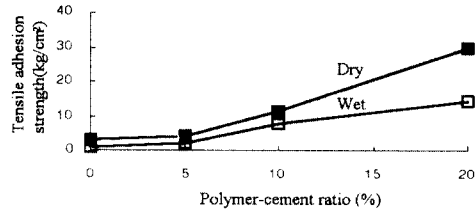


Fig. 4 Polymer-cement ratio vs. tensile adhesion strength of EVA polymer cement mortars

또한 모재 건습에 따른 SBR과 EVA혼입 폴리머 시멘트 모르터에 대한 폴리머 혼입량과 인장접착강도의 상관관계를 분석하여 보았던 바, Fig. 5와 6와 같이 지수함수식으로 유도가 가능하였으며, 상관계수도 높게 나타났다.

이들 SBR과 EVA혼입 폴리머 시멘트 모르터에 대한 인장접착강도의 추정식은 다음과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$P = a \cdot e^{bx}$$

여기서 P : 인장 접착강도(kg/cm^2)

x : 폴리머-시멘트 비 (%)

a, b : 실험상수

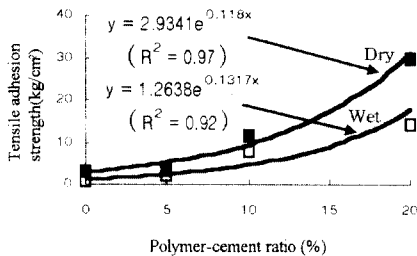


Fig. 5 Correlation polymer-cement ratio and tensile adhesion strength of SBR polymer cement mortars

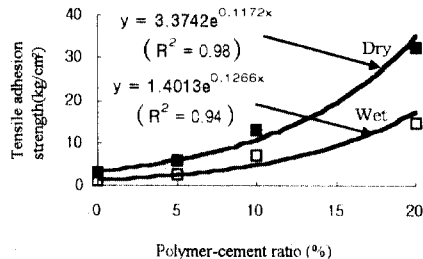


Fig. 6 Correlation polymer-cement ratio and tensile adhesion strength of EVA polymer cement mortars

3.3 폴리머 모르터의 인장접착강도

Fig. 7과 Fig. 8은 모재의 건습에 따른 폴리머 모르터의 인장접착강도와 결합재량의 관계를 나타낸 것이다. 모재의 건습에 관계없이 폴리머 모르터의 인장접착강도는 결합재량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으나, 모재의 표면이 건조상태인 경우가 습윤상태인 경우에 비해 약3배 정도 높은 접착강도를 나타냈다.

결합재로서 불포화폴리에스터 수지를 사용한 폴리머 모르터의 경우 모재가 건조상태일 때 결합재량이 15%에서 17.5%로 증가함에 따라 115%의 매우 높은 접착강도 증가를 보였으나 17.5%에서 20%로 증가할 때는 5%정도만 증가하였다. 또한 모재가 습윤상태인 경우는 폴리머량이 15%인 경우 접착이 이루어지지 않았으며, 17.5에서 20%로 증가함에 따라 강도가 106%의 증가를 나타냈으나 강도증가는 건조상태 보다 매우 작은 것으로 나타나 불포화 폴리에스터 수지를 사용한 폴리머 모르터의 접착강도는 모재의 건습상태

에 매우 크게 영향을 받음을 알 수 있다.

또한 에폭시수지를 결합재로 사용한 폴리머 모르터의 경우에 있어서도 모재의 건조상태가 인장접착강도에 영향이 크게 미치는 것으로 나타났으며, 불포화 폴리에스터 수지를 사용한 경우와 같이 모재가 건조상태인 경우가 습윤상태인 경우보다 큰 폭의 강도 증가를 나타냈다.

이러한 결과들로부터 폴리머 모르터를 사용할 경우 시멘트 콘크리트 모재가 습윤상태일 경우 접착강도도 급격히 저하되므로 소정의 접착강도를 얻기 위해서는 건조상태에서 폴리머 모르터를 타설해야 함을 알 수 있다.

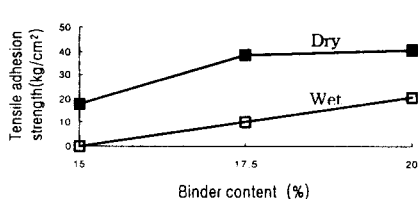


Fig. 7 Binder content vs. tensile adhesion strength of unsaturated polyester polymer mortars

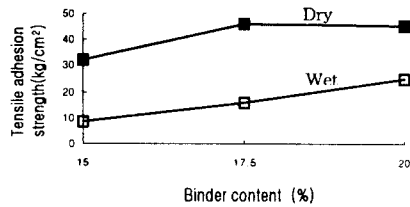


Fig. 8 Binder content vs. tensile adhesion strength of epoxy polymer mortars

3.4 인장접착강도 시험시의 파괴형태

Fig. 9는 폴리머 시멘트 모르터 및 폴리머 모르터의 인장접착강도 시험시의 파괴 양상을 나타낸 것이다. 폴리머 시멘트 모르터에 있어서 모재의 표면이 습윤상태일 때는 주로 접착면에서 파괴되었으며, 건조

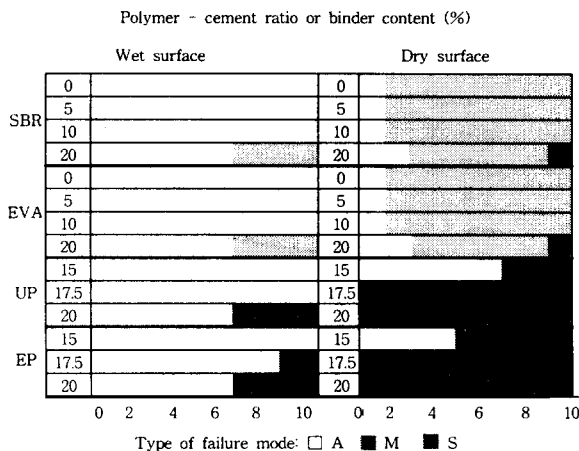


Fig. 9 Failure mode distribution of bonded mortar to polymer cement mortar and polymer mortar

상태일 때는 보수용 모르터가 파괴되는 양상을 보였다. 이와 같이 모재의 건조상태에 따라 파괴양상의 차이가 큰 것은 접착면의 물-시멘트비가 모재의 표면상태에 따라 크게 달라져 보수용 모르터의 강도에 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

또한 폴리머 모르터의 모재가 습윤상태인 경우 접착불량으로 접착면에 파괴가 대부분 일어났으며, 건조상태 경우 모재에서 파괴가 나타났다. 이러한 결과로부터 액상 수지를 결합재로 사용하는 폴리머 모르터를 보수용 재료로서 사용할 경우 접착면을 충분히 건조시켜야 충분한 접착강도를 얻을 수 있을 것으로 사료되며, 결합재의 첨가량은 17.5wt.%

정도가 적당할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 손상된 콘크리트 구조물에 대한 보수용 폴리머 복합재료의 접착성능을 실험적으로 구명

한 것으로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 폴리머 시멘트 모르타의 경우 모재의 건습에 관계없이 폴리머의 혼입량이 증가할수록 인장접착강도는 증가하는 경향을 보였으나, 모재가 건조상태인 경우가 습윤상태인 경우에 비해 약2배 정도 높은 접착강도를 나타내었다.

2. 폴리머 시멘트 모르타에 대한 폴리머 혼입량과 인장접착강도 사이의 관계는 다음과 같은 지수함수식으로 나타낼 수 있으며, 그 상관계수는 매우 높게 나타났다.

$$P = a \cdot e^{bx}$$

여기서 P : 인장 접착강도(kg/cm²)

x : 폴리머-시멘트 비(%)

a, b : 실험상수

3. 폴리머 모르타의 경우 모재의 건습에 관계없이 결합재량이 증가할수록 인장접착강도는 증가하였으나, 모재가 건조상태일 때가 습윤상태일 경우에 비해 약 3배 정도 높은 접착강도를 나타냈다. 이러한 결과로부터 폴리머 모르타를 보수재로 사용할 경우는 모재의 표면부를 건조상태로 하는 것이 주요함을 알 수 있었다.

4. 본 연구는 폴리머의 종류별 혼입량과 모재의 건습상태를 변화시켜 인장접착강도에 미치는 영향을 구명키 위해 수행된 연구로서, 범용화를 위해서는 재료의 시험방법에 따른 접착강도 특성, 장기적 거동 특성, 경화수축 및 열팽창 특성 등에 대한 연구가 계속적으로 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 강원대학교 석재복합신소재제품연구센터의 연구비 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 주명기, "콘크리트 보수용 폴리머 시멘트 모르타의 기초적 성질에 관한 실험적 연구", 강원대학교석사학위논문. pp.12~14, 1998
2. Ohama, Y., Demura, K., Pareek, S. N., "Improvement in Adhesion of Polymethyl Methacrylate Mortar to Wet Ordinary Cement Concrete", Transactions of The Japan Concrete Institute, pp. 77~81, 1988
3. 金完基, "再乳化形粉末樹脂混入ポリマーセメントモルタルの開発", 日本大學博士學位論文, pp.65~71, 1997