



화학적 친수성 처리물에 따른 재생 PET 섬유와 시멘트 복합재료와의 계면 인발 특성

원종필^{1)*} · 박찬기¹⁾ · 김윤정¹⁾ · 박경훈¹⁾

¹⁾건국대학교 사회환경시스템공학과

Interfacial Pullout Characteristics of Recycled PET Fiber With Hydrophilic Chemical Treatments in Cement Based Composites

Jong-Pil Won^{1)*}, Chan-Gi Park¹⁾, Yoon-Jeong Kim¹⁾, and Kyung-Hoon Park¹⁾

¹⁾Dept. of Civil & Environmental System Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT The purpose of this study was to enhance bond performance between recycled PET (polyethylene terephthalate) fiber and cement composites through hydrophilic treatment using maleic anhydride grafted polypropylene(mPP). The mPP with various concentration of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% to determine effect on bond behavior of recycled PET fiber were applied as experimental variables. Dog bone shaped specimens according to JCI SF-8 was applied to evaluate the bond strength and pullout energy. The results showed increased bond strength and pullout energy as concentration of mPP. Concentration of 15% mPP showed the most effective results while 20% showed reduced performance results. Because 15% mPP ensures perfect coating while 20% makes thick coating area that resulted in crack propagation and consequent separation of PET fiber and coated area during pullout load occurred. Enhancement mechanism of bond performance of recycled PET fiber and cement composites with each concentration of mPP could be conformed through investigation of microstructure of fiber surface.

Keywords : bond behavior, cement based composites, maleic anhydride grafted polypropylene(mPP), pullout energy

1. 서 론

콘크리트 및 모르타르 등을 포함하는 시멘트 복합재료의 성능은 각 구성 재료의 재료적 특성 및 각 재료의 접합 특성에 영향을 받는다. 특히 각 재료의 접합 계면에서의 특성은 시멘트 복합재료의 최종 성능을 결정하는 중요한 인자이다¹⁾. 섬유보강 시멘트 복합재료는 시멘트 복합재료의 연성을 확보하기 위하여 널리 사용되는 재료로 보강 섬유와 시멘트 복합재료와의 접착 계면 특성은 보강 섬유의 효과를 극대화하는데 영향을 미친다²⁾. 현재 시멘트 복합재료에 적용되고 있는 보강 섬유로는 강섬유, 합성섬유 및 천연섬유 등이 있다³⁾. 특히 합성섬유는 시멘트 복합재료의 균열제어 및 휨 성능 향상 등 다양한 목적을 달성하기 위하여 널리 사용되고 있다⁴⁾. 그러나 현재 콘크리트 보강용으로 널리 사용되고 있는 폴리프로필렌섬유를 비롯한 표면이 소수성의 특성을 가지고 있는 합성섬유는 시멘트 복합재료에 첨가되어 시멘트 매트릭스와의 부착강도가 떨어져 섬유보강 복합재료에서 섬유

의 중요한 거동 중 하나인 섬유의 인발 과정에서 충분한 마찰저항력을 확보하지 못한다^{5,6)}. 이는 시멘트 복합재료의 휨 거동 중 보강 섬유에 의해서 지배되는 균열 발생 후 거동에서도 충분한 성과를 얻지 못하는 결과를 초래하고 있다^{7,8)}. 따라서 큰 에너지 흡수 능력의 확보를 필수로 하는 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료 등에 합성섬유의 적용에 제한을 받는 이유가 되었다⁷⁾. 따라서 합성섬유를 시멘트 복합재료의 보강 재료로 적용하기 위해서는 시멘트 복합재료와 보강 섬유 사이의 계면 부착 특성을 강화할 필요가 있다^{7,8)}.

PET는 일반적으로 플라스틱으로 알려진 재료로서 음료수 용기 등 다양한 제품으로 활용되고 있다. 그러나 현재 사용하고 버려지는 PET병은 상당히 많아 환경적 측면에서 큰 문제점으로 대두되고 있으며 PET병의 재활용에 대한 연구는 중요한 환경적 문제와 경제적 문제를 내포하고 있다⁹⁾. 따라서 본 연구에서는 폐 PET병을 시멘트 복합재료의 보강 섬유로 재활용하는 방안을 다루고자 한다. 그러나 폐 PET병을 시멘트 복합재료용 보강 섬유로 재활용하는데 있어 문제점은 상기에서 제시한 소수성의 합성섬유로 시멘트 복합재료와의 계면 부착 성능이 감소한다는 것이다. 그러므로 시멘트 복합재료와 부착 계

*Corresponding author E-mail : jpwon@konkuk.ac.kr
Received December 26, 2006, Accepted April 23, 2007
©2007 by Korea Concrete Institute

면을 증가시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다. 시멘트 복합재료와 보강 섬유의 부착 계면을 증가시키기 위한 방법은 현재까지 다양하게 알려져 왔다¹⁰⁻¹². 합성섬유의 표면을 친수화처리하는 방법에 대한 연구는 플라즈마를 이용한 처리 방법에 대한 연구가 Li 등⁶에 의해서 실시된 바 있다. 플라즈마 처리 방법은 합성섬유 backbone 으로부터 수소원자를 제거하고 polar 그룹으로 치환한다. Polar functional chemical group은 합성섬유 표면에서 반응성을 강화하여 섬유와 시멘트 복합재료와의 부착력을 향상시킨다⁶. 그러나 플라즈마 처리법은 공정이 복잡하고 처리 비용이 고가이며, 다량의 친수화 처리가 어렵다는 단점을 가지고 있다¹³. 합성섬유의 표면을 친수성 물질로 코팅하는 화학적 방법에 대한 연구로는 에폭시와 PMMA (poly methylmethacrylate)를 이용하여 폴리에틸렌 섬유의 표면을 처리한 연구가 있다⁶. 이 밖에도 폴리에틸렌, 탄소 및 아라미드 섬유를 에폭시 등을 이용하여 친수성 처리한 연구가 있었으며 친수성 처리의 효과는 시멘트 복합재료와 섬유 사이의 부착계면의 강화를 통한 성능의 향상을 달성할 수 있었다⁶. 상기와 같은 친수성 처리 방법의 주요 관점은 섬유의 표면에 화학적 산화처리, 고로나처리, 플라즈마에 의한 산화처리와 친수성 물질의 도입을 통한 OH, COOH 또는 무수기를 도입하는 것이다^{6,13}. 이와 같은 모든 친수화 처리 기술은 직접적으로 시멘트 복합재료와 보강 섬유 사이의 부착 성능을 향상시킬 수 있는 방법이다^{6,13}. 본 연구에서는 화학적 처리 방법을 적용하기로 하였다. 화학적 처리 방법은 보강 섬유의 표면에 친수성 물질을 코팅하는 방법이다. 재생 PET 섬유의 친수성 처리에 무수말레인산이 그라프트된 폴리프로필렌 (maleic anhydride grafted polypropylene, mPP)을 이용하여 무수기를 도입하였다. 특히, 폴리프로필렌은 화학적 안전성과 인장강도 및 충격 강도 등의 강도 특성이 매우 뛰어난 화합물인 동시에 알칼리 저항성이 매우 뛰어난 재료이다¹⁴. 따라서 재생 PET 섬유의 표면을 코팅하면 알칼리저항성을 향상시킬 수 있다¹⁴. mPP는 일반 폴리프로필렌 분자량에 1/100~1/1,000 정도의 미세한 분자상 폴리프로필렌으로 일반 폴리프로필렌과 동일한 분자구조를 가지고 있는 동시에 친수성의 재료 특성을 가지고 있다^{15,16}. 본 연구에서는 재생 PET 섬유의 친수화 처리에 따른 시멘트 복합재료와의 부착 특성을 평가하였다. 실험 변수로는 mPP의 농도 (중량 비: 0%, 5%, 10%, 15% 및 20%)에 따른 영향을 평가하였다.

2. 실험 계획

2.1 재생 PET 섬유

본 연구에서는 폐 PET병을 이용하여 제조된 섬유는 straight type이며 섬유의 특성은 한국원사직물시험연구원에 의뢰하였으며 결과는 Table 1과 같다. 섬유의 길이는 50 mm이며, 섬유의 치수는 두께 0.5 mm, 폭 1 mm이다.

Table 1 Properties of recycled PET fiber

Property	Recycled fiber
Elastic modulus (MPa)	3,102.6
Specific gravity	1.37
Fiber length (mm)	50
Tensile strength (MPa)	71.7
Ultimate elongation (%)	2.31
Water absorption	0
Melting temperature	253.2
Electrical conductivity	Very low

2.2 재생 PET 섬유의 친수성 처리

재생 PET 섬유의 친수성 처리를 하기 위하여 mPP를 톨루엔용액을 사용하여 용해하였다. 무수말레인산이 그라프트된 폴리프로필렌과 톨루엔 용액의 중량비를 각각 5%, 10%, 15%, 20%로 하여 80의 온도에서 mPP를 완전 용해한 다음 재생 PET 섬유를 침지하여 재생 PET 섬유의 표면을 코팅하였다. Fig. 1은 mPP의 농도에 따른 표면 사진을 보여준다. Fig. 1(a)는 코팅하지 않은 표면을 보여준다. Fig. 1(b)의 5% 처리한 경우 표면이 전체적으로 코팅 처리되지 않고 약간의 코팅 처리되지 않은 부분이 보이고 있다. 또한 10% 처리한 Fig. 1(c)의 경우 표면이 거의 완벽하게 코팅되었으나 약간 얇게 코팅된 것을 알 수 있다. 15% 처리한 Fig. 1(d)의 경우 전체적으로 코팅이 거의 완벽하게 되었음을 알 수 있으며, 20% 처리한 Fig. 1(e) 경우 거의 100% 코팅되었으나 두께가 전체적으로 두껍고 코팅된 표면에 부분적으로 균열 등이 발생하고 있음을 알 수 있다.

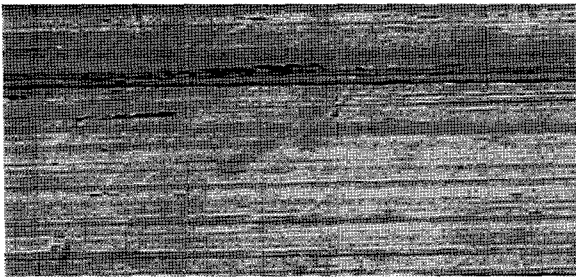
2.3 단일 섬유 인발시험

재생 PET 섬유의 인발 특성 평가는 Fig. 2와 같은 dog bone shape 공시체를 사용하였으며 섬유의 정착길이는 15 mm이다. 부착 실험을 위한 모르타르 배합은 Table 2와 같다. 공시체는 제작 후 24시간 동안 23±2°C 및 상대 습도 50±2%의 범위에서 초기 양생을 실시 한 후 탈형하여 23±2°C의 물속에서 실험 전까지 습윤양생을 실시한 후 재령 1일, 7일 및 28일에 각각 변위 제어 방식의 UTM (Instron model No. 3369)에 설치 한 후 0.5 mm/min의 하중재하속도로 실험을 실시하였다.

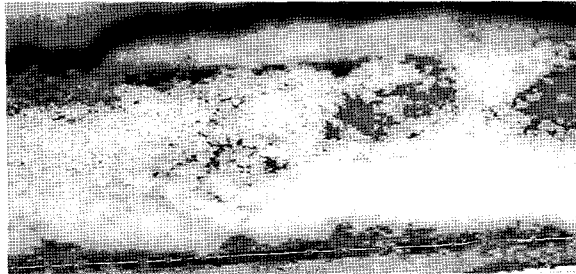
본 연구에서는 부착 시험용 공시체를 6개씩 제작하여 실험하여 평균값으로 부착강도를 결정하였으며 부착강도는 식 (1)로 계산하였다.

$$\tau_{\max} = \frac{P_{\max}}{2(b+h)l} \quad (1)$$

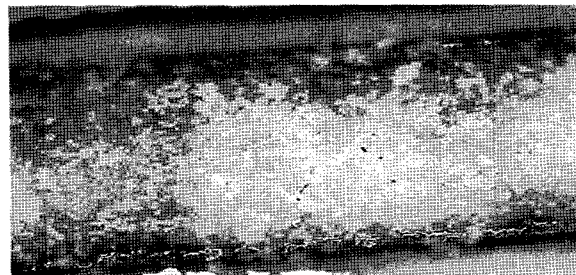
여기서, τ_{\max} : 최대 부착강도이고, P_{\max} : 최대 부착하중, b : 섬유의 폭, h : 섬유의 두께이다. 본 연구에서는 정착된 섬유의 수를 중앙에 1개 정착하였으며 길이 15 mm로 하



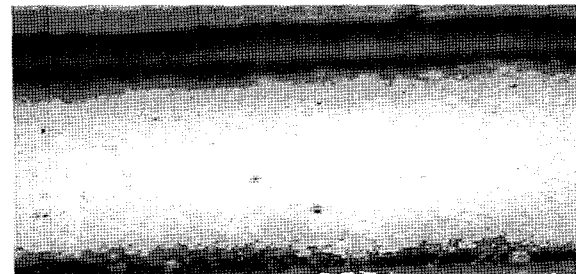
(a) Control



(b) 5%



(c) 10%



(d) 15%



(e) 20%

Fig. 1 Photo of recycled PET fiber surface with hydrophilic treatment ratio

여 설치하였다. 사용된 PET 섬유는 두께 0.5 mm, 폭 1 mm이다.

3. 실험 결과

3.1 인발 하중과 슬립과의 관계 거동

재생 PET 섬유의 친수성 처리에 따른 인발 거동은 Fig. 3

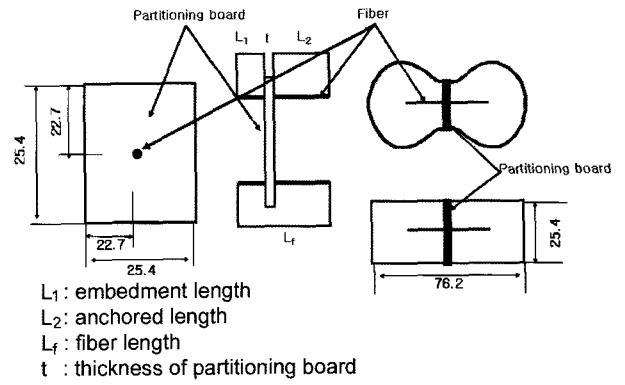


Fig. 2 Arrangement of the partitioning board and fibers, and setting in the mold (unit: mm)

Table 2 Mix ratio of mortar (wt.)

Water-cement ratio	Cement-sand ratio
0.55	1:1.2

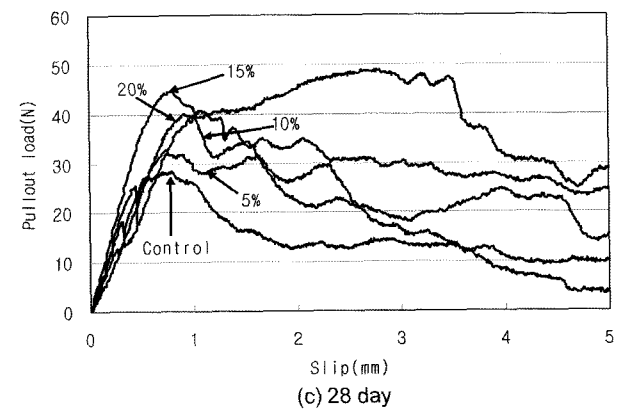
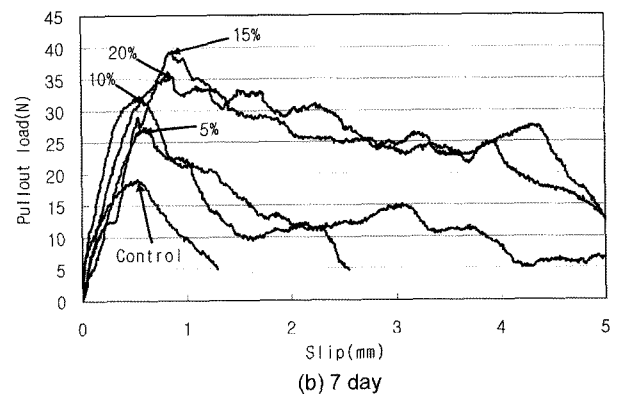
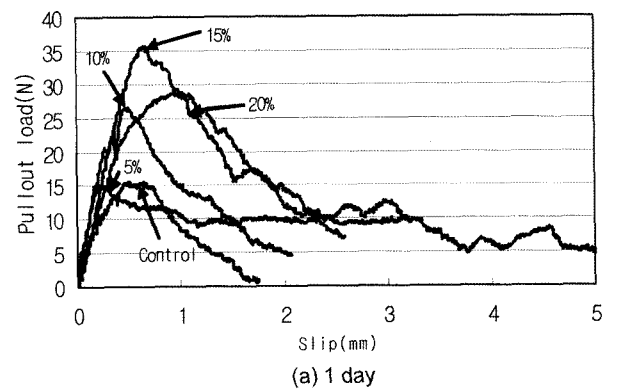


Fig. 3 Pullout behavior of recycled PET fiber with surface treatment ratio

과 같다. 최고 인발 하중에 도달하기 전까지 거동인 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 미소 슬립 발생 단계와 섬유와 시멘트 매트릭스 간 계면에 미소 균열이 발생하는 단계에서는 섬유 표면의 친수성 코팅으로 인하여 미소 슬립 및 미소 균열의 발생 시기가 늦어짐을 알 수 있다. 특히 섬유와 시멘트 매트릭스 계면의 미소 균열은 섬유의 친수성 처리에 영향을 받아 강한 일체성을 나타냄으로써 친수성 코팅을 하지 않은 경우와 비교하여 발생 속도가 상당히 늦어지는 것으로 나타났다. 특히 15% 농도의 mPP를 코팅한 경우 가장 우수한 거동을 나타내고 있는데 이는 Fig. 1에서 볼 수 있었던 것과 같이 15% 농도의 mPP를 코팅하였을 때가 가장 우수한 처리 효과를 보여주었기 때문이다. 또한 친수성 처리에 따른 효과 중 가장 주요한 거동 중 하나인 계면 인성을 결정하는 최고 인발 하중에 도달한 후 발생하는 인발 거동은 친수성 처리 효과에 크게 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 섬유 표면에 친수성 처리율이 증가할수록 최고 인발 하중에 도달한 후 섬유가 인발 하중에 지속적으로 저항하기 때문에 하중의 감소가 급격하게 일어나지 않고 점차적으로 서서히 감소함을 알 수 있다. 이와 같은 거동은 시멘트 복합재료에 첨가된 보강 섬유의 중요 적용 목적으로 균열이 발생한 후 급격한 취성파괴를 방지하고 에너지 흡수 능력을 증가시켜 연성파괴를 유도하기 때문이다. 또한 모든 mPP 농도에서 재령이 증가할수록 인발 거동은 우수하게 나타났다. 특히 양생 재령이 증가할수록 최고 인발 하중에 도달하기 전까지의 거동 뿐만 아니라 계면 인성에 중요한 영향을 미치는 최고 인발 하중에 도달한 후의 거동에 있어서 섬유가 지속적으로 하중에 저항함으로써 급격한 하중의 감소가 발생하지 않는 경향을 보여주었다. 이는 양생 재령이 증가할수록 시멘트 매트릭스의 강도가 증가함으로써 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 접촉계면을 강화하기 때문에 나타난 결과이다.

3.2 부착강도

Table 3 및 Fig. 4는 표면처리율에 따른 재생 PET 섬유의 부착강도 실험 결과를 나타내고 있다. 표면처리율이 증가할수록 부착강도는 증가하고 있다. 이는 mPP가 재생 PET 섬유의 친수화 처리에 효과적임을 보여주는 것으로 특히 15% 농도에서 가장 우수한 효과를 발휘하고 있음을 알 수 있다. 또한 양생 재령이 증가할수록 모든 mPP 농도에서 부착강도는 증가하고 있다. 이는 양생 재령이 증가할수록 시멘트 매트릭스 강도 증가를 달성할 수 있어 재생 PET 섬유와 시멘트 매트릭스 접촉 표면의 강화를 도모할 수 있기 때문이다. Control 공시체와 비교하여 재령 1일에서 mPP 농도가 5%, 10%, 15% 및 20%로 증가함에 따라 부착강도는 각각 1.34, 1.56, 2.06 및 1.75배로 증가하였으며 재령 7일에서는 1.13, 1.41, 1.59 및 1.48배를 보여주었다. 또한 재령 28일에서는 1.34, 1.42, 1.78 및 1.45배를 보여주는데 모두 mPP 농도 15%에서

Table 3 Bond test results of recycled PET fiber in cement based composite

	Curing age (days)	Surface treatment rate (%)				
		0	5	10	15	20
Pullout load (N)	1	14.36	19.41	22.68	29.66	25.33
	7	24.27	27.63	34.05	38.54	35.79
	28	29.82	38.81	41.10	51.47	41.84
Bond strength (MPa)	1	0.32	0.43	0.50	0.66	0.56
	7	0.54	0.61	0.76	0.86	0.80
	28	0.64	0.86	0.91	1.14	0.93
Pullout energy (N-mm)	1	20.34	24.57	33.69	45.92	38.32
	7	34.86	38.71	58.76	67.83	60.59
	28	49.00	53.32	75.31	85.47	69.38

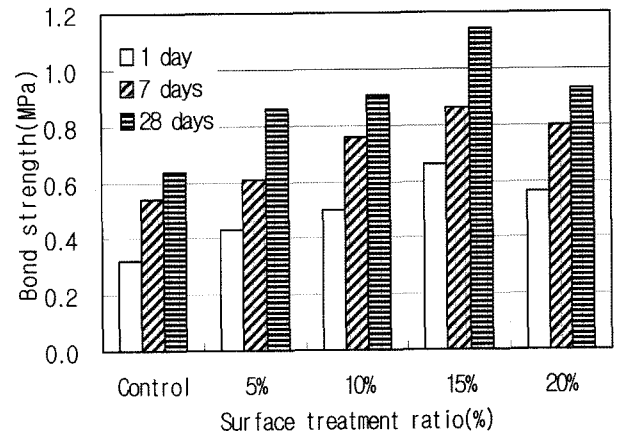


Fig. 4 Bond strength of recycled PET fiber with surface treatment rate

가장 우수한 효과를 발휘하였다. 이는 mPP 농도에 따른 표면처리율이 15%에서 가장 우수하게 처리되었기 때문이며 이는 Fig. 1을 통하여도 확인할 수 있었다. 즉 mPP의 농도가 10%이상만 되면 거의 100% 친수화 처리가 가능하나 10%일 때는 너무 얇게 코팅되고 20%일 때는 너무 두껍게 코팅되어 부분적으로 균열이 생기는 등의 문제가 발생하여 충분한 친수화 효과를 발휘하지 못하는 것으로 보인다. 그러나 mPP 농도 15%에서는 가장 효과적으로 마찰 저항력을 확보할 수 있어 다른 농도에서 보다 우수한 부착강도를 확보할 수 있었다.

3.3 인발 에너지

Table 3, Fig. 5는 인발 에너지 측정 결과를 보여준다. mPP의 농도가 증가할수록 인발 에너지가 증가하였다. control 공시체와 비교하여 mPP의 농도에 따른 인발 에너지의 증가비는 농도가 5%, 10%, 15% 및 20%로 증가함에 따라 재령 1일에서는 1.21, 1.66, 2.26 및 1.88배 증가하였으며 재령 7일에서는 1.11, 1.69, 1.95 및 1.74배 증가하였다. 또한 재령 28일에서는 1.09, 1.4, 1.74 및 1.42배 증가를 나타내어 재령에 관계없이 mPP 농도 15%에서 가장 우수한 결과를 보여주었다. 이는 mPP 농도가

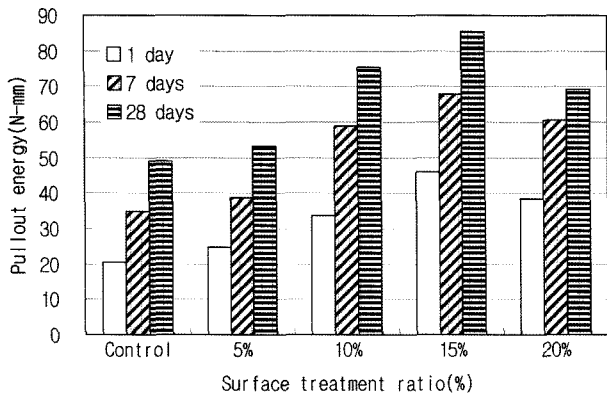


Table 5 Pullout energy of recycled PET fiber with surface treatment ratio

15%일 때는 전체적으로 코팅이 완벽하였으며, 20%일 때는 코팅 두께가 두꺼워져 부분적으로 코팅시 균열이 발생하며 균열을 통하여 부착하중의 발생시 PET 섬유와 코팅 부분의 분리가 발생하여 계면 인성이 감소하는 결과를 초래하였기 때문이다. mPP로 폴리프로필렌섬유를 코팅하여 친수성 처리한 기존 연구 결과를 살펴보면 소수성의 폴리프로필렌섬유를 친수화 처리하기 위하여 동질의 친수성 재료인 mPP를 약 농도 8%로 코팅하였을 때 분산성 및 역학적 특성이 가장 우수하다는 결과를 제시하고 있다. 그러나 농도가 8% 이상이 되면 성능이 증가하지 않으며 오히려 분산성 및 역학적 성능이 감소한

다는 것이다¹⁴⁾. 그러나 이에 대한 명확한 분석은 하지 않고 있다. 본 연구에서는 부착 시험 후 표면 관찰 등을 분석한 결과 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 부착 계면에서 인발되기 전에 농도 20%에서는 섬유와 mPP의 부착 계면에서 분리에 의한 파괴가 발생하였다. 기존 연구의 폴리프로필렌섬유를 친수성 처리하였을 때 보다 농도가 증가한 것은 mPP와 폴리프로필렌섬유는 동질의 재료이지만 PET 섬유는 이질의 재료이기 때문에 친수화 효과를 얻는데 더 높은 농도의 mPP가 필요하였기 때문이다.

3.4 인발시험 후 표면 관찰

부착 시험 후 표면 관찰 결과는 Figs. 6~10과 같다. 양생 재령이 증가할수록 mPP 농도에 관계없이 표면에 굽힘 현상이 증가하고 있음을 관찰 할 수 있다. 이는 양생 재령이 증가할수록 시멘트 매트릭스와 섬유 사이 접촉 계면의 부착력 향상으로 마찰력이 증가하기 때문이다. 시멘트 매트릭스의 강도가 증가할수록 섬유와 시멘트 복합 재료 계면의 강도가 증가한다는 것을 의미한다. mPP의 농도에 따른 섬유 표면의 관찰 결과는 섬유의 농도가 증가할수록 굽힘 현상이 크게 발생하고 있는데 이는 mPP를 이용하여 친수성 처리를 하면 시멘트 매트릭스와 섬유의 접촉 계면에서 강한 부착력을 발휘하여 마찰저항력이 증가하기 때문이다. 특히 mPP 농도 15%에서 다른 농

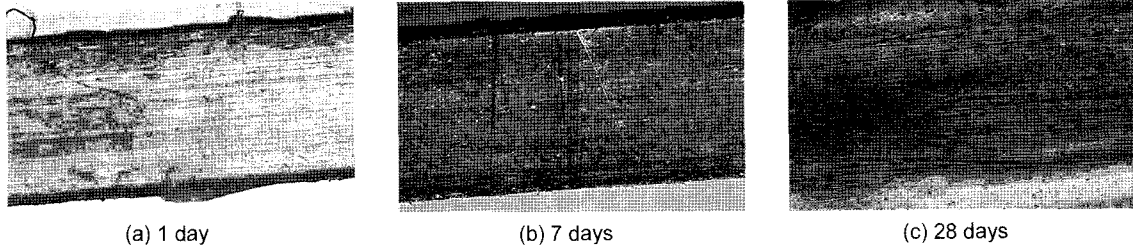


Fig. 6 Surface investigation of recycled PET fiber after pullout test, control

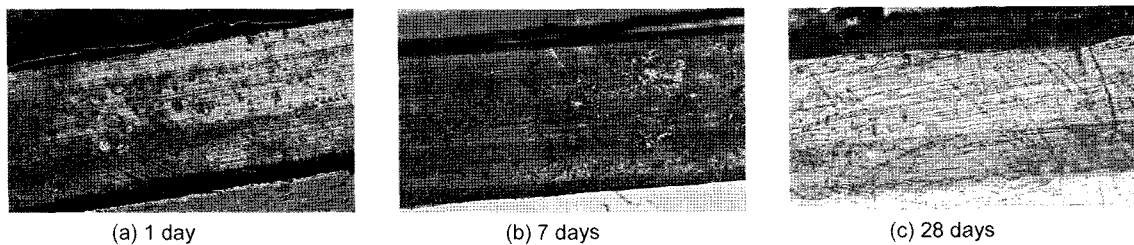


Fig. 7 Surface investigation of recycled PET fiber after pullout test, 5% coating

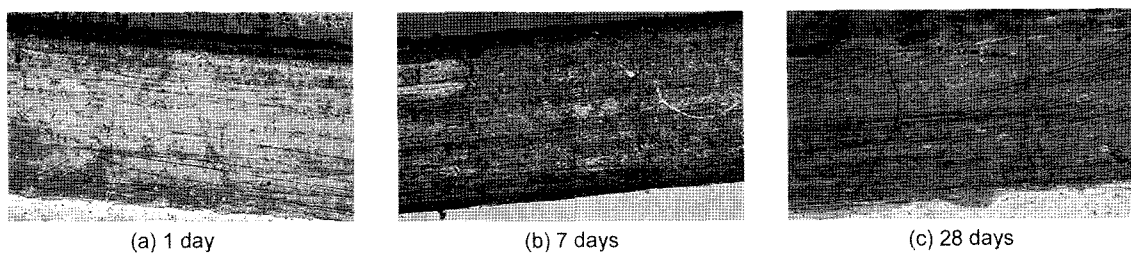


Fig. 8 Surface investigation of recycled PET fiber after pullout test, 10% coating

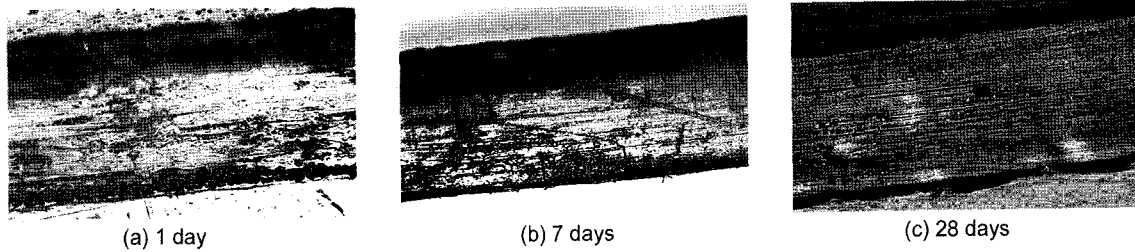


Fig. 9 Surface investigation of recycled PET fiber after pullout test, 15% coating

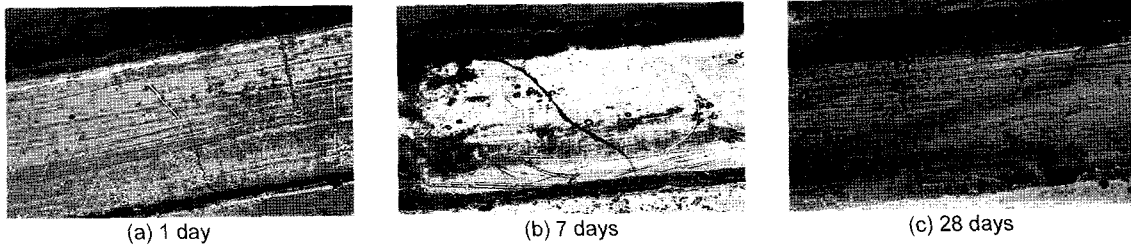


Fig. 10 Surface investigation of recycled PET fiber after pullout test, 20% coating

도보다 현저하게 마찰력이 발휘되었음을 알려주는 섬유
의 굽힘 현상이 극대화되어 관찰되었다. 따라서 이는 3.2
와 3.3절의 부착강도 및 계면 인성 결과를 증명하는 것
으로 mPP 농도 15%를 코팅하는 것이 가장 효과적임을
알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 재생 PET 섬유와 시멘트 복합재료와의
부착 성능을 향상시키기 위하여 화학적 친수화 처리에
따른 효과를 평가하였다. 재생 PET 섬유는 mPP의 농도
를 중량비로 0%, 5%, 10%, 15% 및 20%로 변화시켜
dog bone 공시체를 이용한 부착 시험을 실시하였으며 실
험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 재생 PET 섬유의 표면을 mPP로 코팅한 결과 농도
15%와 20%에서 재생 PET 섬유의 표면 코팅율이
약 100%에 도달하였으나 20%에서는 코팅된 부분
에 부분적으로 균열이 발생하였다.
- 2) mPP의 농도에 따른 재생 PET 섬유의 부착 거동은
mPP의 농도가 증가할수록 최고 인발 하중에 도달
한 후 급속한 하중의 감소가 발생하지 않고 섬유가
강한 마찰력으로 저항하기 때문에 하중의 감소가
서서히 발생하였다. 이와 같은 현상은 양생 재령이
증가할수록 현저하게 나타났으며 모든 재령에서 mPP
농도 15%가 가장 효과적이었다.
- 3) mPP 농도에 따른 부착강도 및 인발 에너지 측정 결
과 mPP 농도 15%에서 양생 재령에 상관없이 가장
우수한 결과를 보여주었다. 이는 mPP 농도 15%를
코팅하였을 경우 친수화 처리가 가장 완벽하게 되
어 다른 시멘트 매트릭스와 섬유의 접착 표면에서
가장 효과적인 부착을 달성할 수 있기 때문이다.

- 4) 인발시험 후 섬유의 표면 관찰 결과 양생 재령 및
mPP 농도가 증가할수록 표면에 시멘트 매트릭스와
섬유의 마찰력에 의한 굽힘과 찢겨짐 현상이 크게
발생하였는데 특히 mPP 농도 15%에서 가장 크게
발생하였다. 섬유의 표면 관찰을 통하여 mPP 농도
에 따른 친수화 효과와 mPP를 이용하여 재생 PET
섬유의 친수화 처리가 가능하다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 특정기초연구사업(R01-2005-000-
10794-0(2005))의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Mobasher, B. and Li, C. Y., "Effect of Interfacial Properties
on the Crack Propagation in Cementitious Composites",
Advanced Cement Based Materials, No.4, 1996, pp.93~105.
2. Li, C. Y., Wang, Y., and Backer, S., "Effect of Fiber-Matrix
Bond Strength on the Crack Resistance of Synthetic Fiber Rein-
forced Cementitious Composites", *Materials Research and Soci-
ety Symposium, Proceeding*, No.114, 1988, pp.167~173.
3. Bentur, A. and Mindess, S., *Fibre Reinforced Cementitious
Composites*, Elsevier Applied Science, London, 1990, pp.1~11.
4. Shannag, M. J., Brinker, R., and Hansen, W., "Pullout Behav-
ior of Steel Fibers from Cement-Based Composites", *Cement
and Concrete Research*, Vol.27, No.6, 1997, pp.925~936.
5. Li, V. C. and Stang, H., "Interface Property Characterization
and Strengthening Mechanisms in Fiber Reinforced Cement
Based Composites", *Advanced Cement Based Materials*,
No.6, 1997, pp.1~20.
6. Wu, H. C. and Li, V. C., "Fiber Cement Interface Tailoring
with Plasma Treatment", *Cement and Concrete Composites*,
No.21, 1999, pp.205~212.

7. Li, V. C., Chan, Y. W., and Wu, H. C., "Interface Strengthening Mechanisms in Polymeric Fiber Reinforced Cementitious Composites", *Proceeding of International Symposium of Brittle Matrix Composites*, Warsaw, September 13~15, 1994, IKE and Woodhead Publish., Warsaw, 1994, pp.7~16.
8. Sehaj Singha, Arun Shuklaa, and Richard Brown, "Pullout Behavior of Polypropylene Fibers from Cementitious Matrix", *Cement and Concrete Research*. No.34, 2004, pp.1919~1925.
9. Choi, Y. W., Moon, D. J., Chung, J. S., and Chod, S. K., "Effects of Waste PET Bottles Aggregate on the Properties of Concrete", *Cement and Concrete Research*, No.35, 2005, pp.776~781.
10. Chan, Y. W and Chu, S. H., "Effect of Silica Fume on Steel Fiber Bond Characteristics in Reactive Powder Concrete", *Cement and Concrete Research*. No.34, 2004, pp.1167~1172.
11. Banthia, N., *Metal Fibre with Optimizes Geometry for Reinforcing Cement-Based Materials*, United States Patent, Patent Number : 5,443,918, Aug. 22, 1995, pp.1~13.
12. Won, J. P., Lim, D. H., Park, C. G., and Park, H. G., "Bond Behavior and Flexural Performance of Structural Synthetic Fibre Reinforced Concrete", *Magazine of Concrete Research*, Vol.28, No.6, 2006, pp.401~410.
13. Narkaki, M., Katsutoshi T., Satoshi, S., Masato, K., and Seichi Goto, "Analysis of Hydrophile Process of a Polymer Surface with an Inverter Plasma", *Surface and Coating Technology*, Vol.136, pp.265~268.
14. Ha, T. W. and Yang, H. S., "Development of Polypropylene Fiber for Shotcrete, Journal of Korean Society for Rock Mechanics", *Tunnel & Underground Space*, Vol.14, No.4, 2004, pp.241~247.
15. Yoon, K. W., Park, O. O, and Lee, H. W., "Poly (Ethylene Terephthalate)/Maleic Anhydride - Grafted PP/Poly (Styrene-Co-Maleic Anhydride)", *Polymer, The Polymer Society of Korea*, 2001, Vol.25, No.2, pp.226~232.
16. Moon, H. S., *Anhydride Grafted Polypropylene on the Microstructures of Polypropylene/Nylon Blends*, MS thesis, Department of Chemical Engineering, 1994, Korea Advanced Institute of Technology, Daejeon, Korea, pp.23~35.

요 약 본 논문은 재생 PET 섬유와 시멘트 복합재료와의 부착 성능을 향상시키고자 친수성 물질인 무수말레인산이 그래프트된 폴리프로필렌을 이용하여 친수성 처리 효과를 평가하였다. 실험 변수는 무수말레인산이 그래프트된 폴리프로필렌의 농도 0%, 5%, 10%, 15% 및 20%를 고려하였다. 부착 실험은 JCI SF-8에 따라 dog bone 공시체를 이용하였으며 부착강도 및 인발 에너지를 평가하였다. 실험 결과 부착 거동, 부착강도 및 계면 인성은 무수말레인산의 농도가 증가할수록 증가하는 효과를 보여주었다. 특히 15%에서 가장 큰 효과를 발휘하였으며 농도가 20%가 되면 오히려 부착 성능이 감소하였다. 이는 재생 PET 섬유의 표면은 무수말레인산이 그래프트된 폴리프로필렌의 농도가 15% 이상이 되면 전체적으로 완벽하게 코팅이 가능하나 20% 코팅시에는 코팅 부분에서 부분적으로 균열이 발생하여 이를 통하여 부착하중 작용시 균열 부분을 통한 파괴가 발생하기 때문이다. 섬유 표면의 미소 구조 관찰에서 무수말레인산의 농도에 따른 재생 PET 섬유와 시멘트 복합재료와의 부착력 향상 메커니즘을 확인할 수 있다.

핵심용어 : 부착 거동, 시멘트 복합재료, 인발 에너지, 무수말레인산이 그래프트된 폴리프로필렌