



재생 PET 섬유의 형상 및 길이가 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열에 미치는 영향

원종필^{1)*} · 박찬기¹⁾ · 김황희¹⁾ · 이상우¹⁾

¹⁾건국대학교 사회환경시스템공학과

Effect of Recycled PET Fiber Geometry and Length on the Plastic Shrinkage Cracking of Cement Based Composites

Jong-Pil Won^{1)*}, Chan-Gi Park¹⁾, Hwang-Hee Kim¹⁾, and Sang-Woo Lee¹⁾

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

ABSTRACT The main objective of this study was to evaluate the effect of recycled PET fiber made from waste PET bottle on the control of plastic shrinkage cracking of cement based composites. PET is known as a plastic material and used in a variety products such as a beverage bottle. However, waste PET bottles are thrown after the usage, raising huge problems in terms of the environment. Thus, the research on the method to recycle the PET bottles indicates important aspects in environment and economy. The method to recycle waste PET bottles as a reinforcing fiber for cement based composites is one of effective methods in terms of the recycle of waste PET bottles. In this research, the effect of recycled PET fiber geometry and length on the control of plastic shrinkage was examined through thin slab tests. A test program was carried out to understand the influence of fiber geometry, length and fiber volume fraction. Three type of recycled PET fibers including straight, twist, crimped and embossed type. Three volume fraction and two fiber length were investigated for each of the three fiber geometry. Test results indicated that recycled PET fibers are effective in controlling plastic shrinkage cracking in cement based composites. In respect to effect of length of fiber, longer fiber was observed to have efficient cracking controlling with low volume fraction in same fiber geometry while shorter fiber controled plastic shrinkage cracking efficiently as addition rate increase. Also, embossed type fibers were more effective in controlling plastic shrinkage cracking than other geometry fiber at low volume fraction. But, for high volume fraction, straight type fibers were most effective in plastic shrinkage cracking controlling in cement based composites.

Keyword fiber geometry, fiber volume fraction, plastic shrinkage cracking, recycled PET fiber

1. 서 론

시멘트 복합 재료에 발생하는 소성 수축 균열을 방지하는 방법으로는 초기 재령에서 수분 손실을 방지할 수 있는 양생 방법을 도입하는 것이다¹⁻⁴⁾. 그러나 양생 방법 한 가지만을 적용하여 소성 수축 균열을 억제하는 것은 매우 어려우며 추가적으로 온도 조절, 바람으로 시멘트 복합 재료의 노출 방지, 블리딩을 방지하는 화학 혼화제의 사용량 감소 및 팽창제 등 수축 감소제를 사용하는 방법을 도입하여야 한다^{5,6)}. 상기와 같은 방법 이외에 소성 수축 균열 제어에 가장 효과적인 방법 중의 하나가 균열 제어용으로 보강 섬유를 적용하는 방법이다⁷⁻⁹⁾. 시멘트 복합 재료에 골고루 분산된 합성 섬유, 금속 섬유 및 천연 섬유

등은 시멘트 복합재료 내에서 균열을 가로지르는 가교 작용(bridging effect)으로 인하여 소성 수축 균열의 성장을 억제한다¹⁰⁻¹²⁾. 현재 이와 같은 균열 제어용 섬유로 가장 널리 사용되고 있는 섬유는 합성 섬유이다¹¹⁾. 본 연구에서는 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열의 제어를 위하여 폐 PET 병을 이용하여 제조한 재생 PET 섬유의 소성 수축 균열 제어 성능을 평가하였다. PET는 일반적으로 플라스틱으로 알려진 재료로서 음료수 용기 등 다양한 제품으로 활용되고 있다¹³⁾. 그러나 현재 사용하고 버려지는 PET 병은 상당히 많아 환경적 측면에서 큰 문제점으로 대두되고 있으며 PET 병의 재활용에 대한 연구는 중요한 환경적 문제와 경제적 문제를 내포하고 있다¹³⁾. 따라서 폐 PET 병을 시멘트 복합 재료의 보강섬유로 재활용하여 사용하는 방법은 폐 PET 병의 재활용 측면에서 효과적인 방법 중에 하나가 될 수 있다. 구속에 의하여 발생하는 소성 수축 균열을 측정하기 위한 방법에는 몇 가지 시스템

*Corresponding author E-mail : jpwon@konkuk.ac.kr
Received November 22, 2006, Accepted March 5, 2007
©2007 by Korea Concrete Institute

이 있다. 이와 같은 시스템에는 Kraai 등이 제안한 얇은 슬래브 공시체가 있다. 판형 슬래브 공시체는 양측 방향에서 응력을 유도하기 위하여 구속용 섬유를 양방향으로 설치한다¹⁴⁾. 링형의 구속된 수축 실험은 Carlson과 Reading 및 Weiss 등에 의해서 제안되었다^{7,15)}. 그들은 강재링을 사용하여 구속을 제공하여 건조수축을 유도하였다^{7,15)}. Banthia 등, Banthia와 Yan, Naaman 등은 서로 다른 응력 발생 장치를 이용한 단면적(70×100 mm)이 작고 길이(1,500 mm)가 긴 공시체를 사용하였다^{1,11,12)}. 서로 다른 응력 발생 장치는 콘크리트, 강과 같은 서로 다른 재료를 이용하였으며 서로 다른 구속률을 제공하였다. 상기와 같은 방법 중에 실험실에서 소성 수축 균열을 유도하는데 가장 효과적인 방법은 판형 슬래브 공시체를 사용하는 방법이다. 특히 시멘트 복합재료에 사용되는 재료의 특성을 가장 쉽게 평가할 수 있는 방법이기도 하다¹⁶⁾. 따라서 본 연구에서는 얇은 슬래브 공시체를 이용하여 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열을 유도하였다. 본 연구에서는 얇은 슬래브 공시체 시험 방법으로 재생 PET 섬유의 형상, 길이 및 혼입률에 따른 시멘트 복합 재료 내에서 소성 수축 균열 제어 특성을 평가하였다. 시멘트 복합 재료 내에서 보강섬유의 소성 수축 균열 제어 성능은 섬유의 형상, 길이 및 혼입률에 영향을 받을 수 있다. 특히, 섬유 형상의 경우 시멘트 복합 재료와 섬유간의 부착 성능을 결정하는 중요한 인자로 소성 수축 균열의 성장을 억제하는데 중요한 역할을 한다¹⁷⁾. 또한 섬유의 길이 및 혼입률은 시멘트 복합 재료의 체적에 포함되는 섬유의 수를 결정하여 시멘트 복합 재료의 미세 구조에 영향을 미치는 동시에 분산성에도 영향을 미쳐 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열에 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 재생 PET 섬유의 혼입률, 길이 및 형상에 따른 소성 수축 균열 제어 특성을 평가하였다.

2. 실험 계획

2.1 재생 PET 섬유

시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열 제어 특성을 평가하기 위하여 본 연구에서는 현재 시멘트 복합 재료의 보강 섬유로서 가장 널리 사용되고 있는 3가지의 형상 (straight, crimped, embossed type)과 2가지의 길이(25 mm

and 50 mm) 총 6가지 형상에 대하여 실험을 실시하였다. 본 연구에서 사용한 섬유의 특성 및 형상은 Table 1과 같다.

2.2 소성 수축 균열 실험

본 연구에서는 판형 슬래브 공시체를 이용하여 재생 PET 섬유의 형상, 길이 및 혼입률에 따른 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열 제어 특성을 평가하기 위하여 Fig. 1과 같은 얇은 슬래브 공시체를 이용하였다. 얇은 슬래브 공시체의 치수는 900×600×150 mm로 공시체의 외부 둘레에 인장응력을 발생시킬 수 있는 구속 섬유를 100 mm 간격으로 설치하였다. 또한 소성 수축 균열을 유도하기 위하여 사용된 시멘트 복합 재료의 배합비는 시멘트:잔 골재 비를 1:1.2로 하고 물/시멘트비는 0.55%로 결정하였으며 항온항습실의 환경 조건은 온도 28~32°C, 습도는 37~40%, 풍속은 6 m/sec로 유지하도록 하여 실험실환경에서 control 시험체의 소성 수축 균열의 발생 가능성을 극대화하였다. 이와 같은 조건에서 수분 증발률은 약 0.83 kg/m²/hr 정도이다. 재생 PET 섬유의 혼입률은 0.00%, 0.50%, 0.75% 및 1.00%로 증가시켜 실험을 실시하였다. 실험은 Fig. 1과 같은 슬래브 공시체를 항온항습실에 설

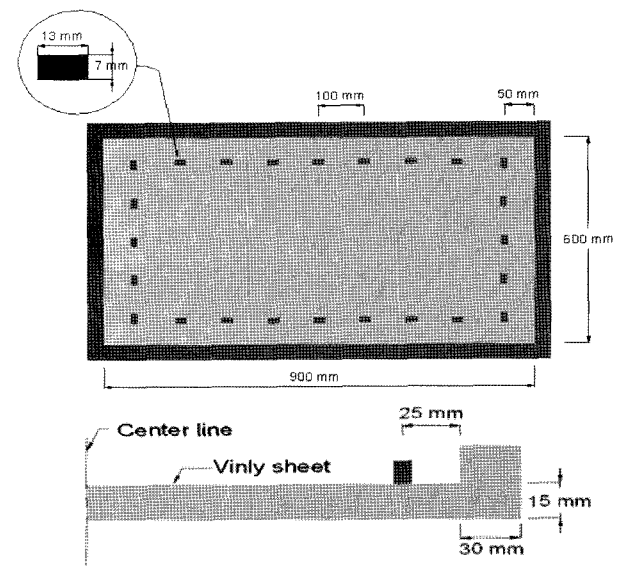





Fig. 1 Test slab for plastic shrinkage cracking^{14,17)}

Table 1 Properties of recycled PET fiber

Fiber type	Dimension (mm)	Length (mm)	Density (kg/m ³)	Elastic modulus (MPa)	Tensile strength (MPa)	Ultimate elongation(%)	Bond strength (MPa)	
	Straight	0.5×1.0	25, 50	1.38	10,175.4	420.7	11.2	0.64
	Crimped	0.3×1.2						1.99
	Embossed	0.2×1.3						2.54

치하고, 시멘트 복합체를 배합 후 슬래브 공시체에 타설한 후 trowel을 이용하여 표면을 마감하였다. 그 후 소성 수축 균열 실험 결과 측정은 시멘트 복합재료 타설 후 24시간 후에 0.01 mm의 정밀도를 가진 균열계이치를 이용하여 실시하였다. 시멘트 복합체에서 발생한 소성수축 균열 폭은 발생한 균열의 길이에서 최소 3개의 측정점을 선정 평균값으로 하였다. 이와 같은 방법으로 균열의 길이와 폭을 측정한 후 총 균열 면적(균열 길이×균열 폭)을 결정하였다. 최대 균열폭은 측정된 균열폭 중 가장 큰 폭으로 결정하였다. Fig. 2는 소성 수축 균열 실험 전후의 얇은 슬래브 공시체의 형상을 보여주고 있다.

3. 실험 결과

재생 PET 섬유 형상, 길이 및 혼입률에 따른 소성 수축 균열 제어 특성 실험 결과는 Table 2와 같다.

실험 결과는 재생 PET 섬유를 첨가한 시멘트 복합 재료 시편은 2개, 재생 PET 섬유가 첨가되지 않은 control 시편체는 3개 시편의 평균값을 제시한 것이다. 실험 결

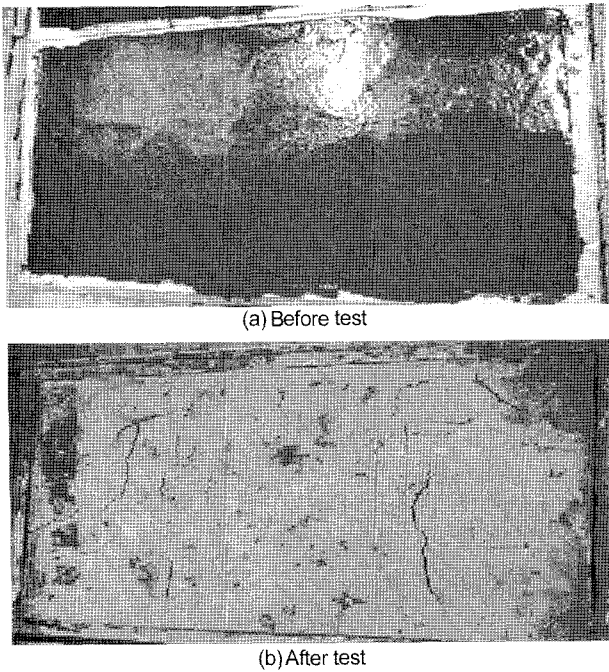


Fig. 2 Photo of thin slab specimen

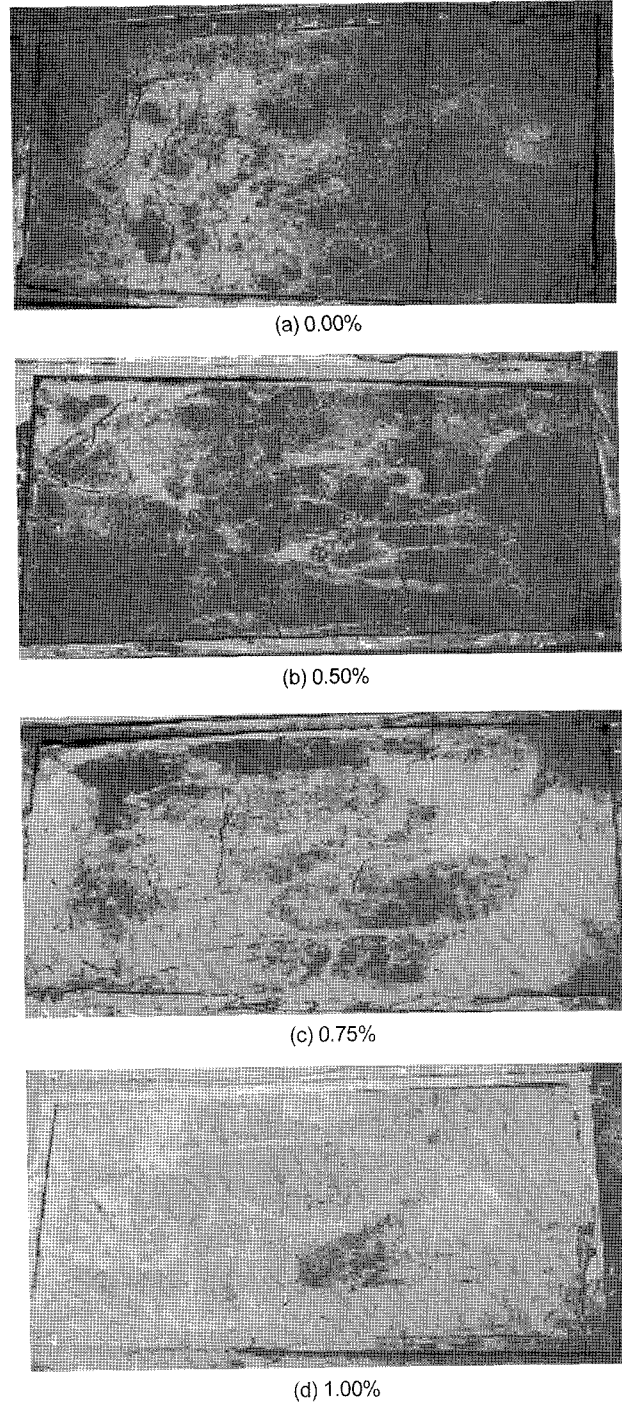


Fig. 3 Plastic shrinkage cracking pattern: embossed type, 25 mm

Table 2 Plastic shrinkage test results

Fiber type	Fiber length	Total crack area(mm ²)				Maximum crack width (mm)			
		Fiber volume fraction				Fiber volume fraction			
		0%	0.50%	0.75%	1.00%	0%	0.50%	0.75%	1.00%
Control	-	5,230.00	-	-	-	3.22	-	-	-
Straight	25 mm	-	3,598.60	984.60	339.50	-	2.83	1.98	1.00
	50 mm	-	3,314.40	882.40	495.80	-	2.95	1.35	1.02
Crimped	25 mm	-	3,415.34	1,274.50	520.00	-	2.10	1.78	1.15
	50 mm	-	3,603.20	1,336.90	606.04	-	2.57	2.48	1.59
Embossed	25 mm	-	3,263.50	1,021.20	391.00	-	2.53	1.73	1.30
	50 mm	-	3,065.40	1,099.50	506.00	-	2.52	2.47	1.70

과 섬유 혼입률이 증가할수록 섬유의 형상, 길이에 관계없이 소성 수축 균열이 감소하는 것을 알 수 있다. Fig. 3은 25 mm embossed type 섬유의 소성 수축 균열 경향을 보여주고 있다. 섬유의 혼입률이 증가할수록 소성 수축 균열이 감소하고 있음을 확인할 수 있다. 섬유의 길이에 따른 총 균열 면적 및 최대 균열폭에 대한 영향은 Figs. 4 및 5와 같다. 실험 결과 균열 면적은 섬유의 혼입률이 적을 때는 길이가 긴 섬유가 균열 제어 효과가 우수하나 섬유의 혼입률이 증가하면 짧은 길이의 섬유가 균열 제어 효과가 우수하게 나타났다. 즉 Straight type의 경우 섬유의 혼입률이 0.75%까지는 50 mm 섬유가 우수한 결과를 보여주나 1.00%에서는 25 mm 섬유가 균열 제어 성능이 우수하였다. 또한 crimped type의 경우 모든 섬유의 혼입률에서 25 mm 길이의 섬유가 가장 우수한 결과를 보여주었으며, embossed type의 경우 혼입률 0.50%에서는 길이 50 mm의 섬유가 우수한 결과를 보여주었으나 0.75% 이상에서는 25 mm 길이의 섬유의 소성 수축 균열 면적이 더 작게 나타났다. 일반적으로 섬유의 길이가 길어지면 부착 성능이 우수한 것으로 알려져 있다. 특히 합성 섬유의 경우 섬유와 시멘트 매트릭스 사이의 부착 성능이 낮기 때문에 섬유의 길이를 길게하여 정착 길이를 길게 확보한다. 정착 길이가 길어지면 섬유

가 전체적으로 인발되는데 필요한 기간이 길어지기 때문에 인장응력의 전달 기간을 길게 하여 균열의 성장을 억제할 수 있다¹⁷⁾. 그러나 이와 같은 결과도 섬유의 분산성에 영향을 받는다. 즉 섬유의 길이가 길어지거나 혼입률이 증가하면 분산성이 나빠지기 때문에 균열 제어 성능이 감소할 수 있다. 따라서 폴리프로필렌섬유의 경우 섬유의 길이가 길어지면 단사형 섬유보다는 망사형 섬유를 사용하여 분산성을 향상시킴으로써 균열 제어 성능을 향상시키고 있다¹⁷⁾. 즉 본 연구의 결과에서 재생 PET 섬유의 길이가 25 mm에서 50 mm로 증가하고 섬유의 혼입률이 0.5%에서 0.75% 및 1.00%로 증가하면 분산성이 나빠지기 때문에 균열 제어 효과가 감소하는 결과를 초래한다. 또한 소성 수축 균열은 섬유의 형상에 영향을 받는다. 즉 섬유의 형상이 시멘트 매트릭스와의 부착 성능에 영향을 미치게 된다. 섬유와 시멘트 매트릭스와의 부착 성능의 증가는 균열이 발생하였을 때 하중에 저항하면서 지속적으로 인장응력을 전달하기 때문에 균열의 성장을 억제할 수 있다. 그러나 섬유의 형상 변화는 섬유끼리 엉겨 시멘트 복합 재료에 첨가되었을 때 섬유 뭉침 현상의 발생 가능성을 높이게 된다. Straight type 섬유의 경우 섬유의 표면 형상이 미끈하게 되어 있어 섬유끼리 엉키는 섬유 뭉침 현상이 발생할 가능성이 적다. 따라서

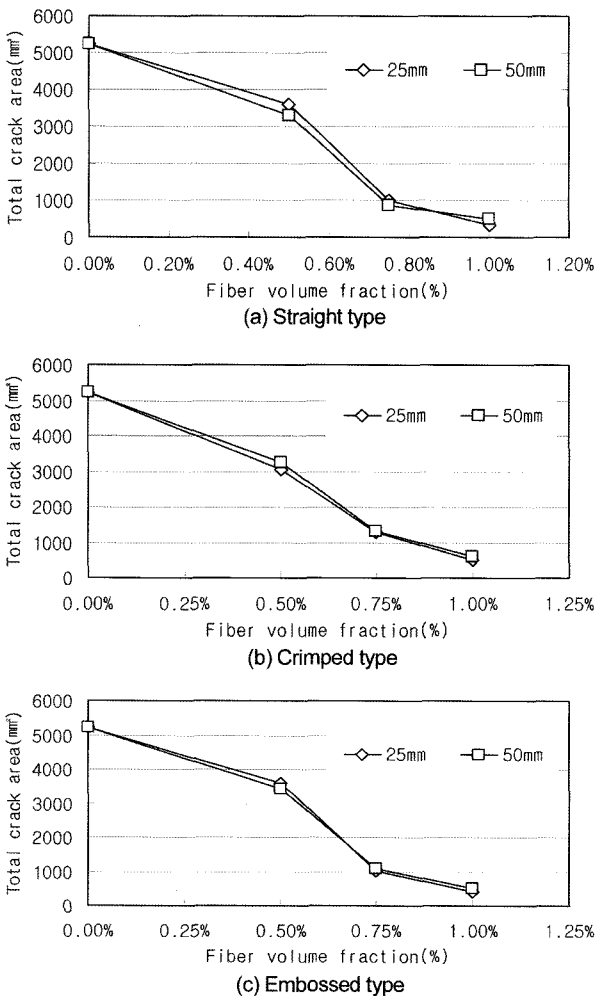


Fig. 4 Total crack area with fiber length

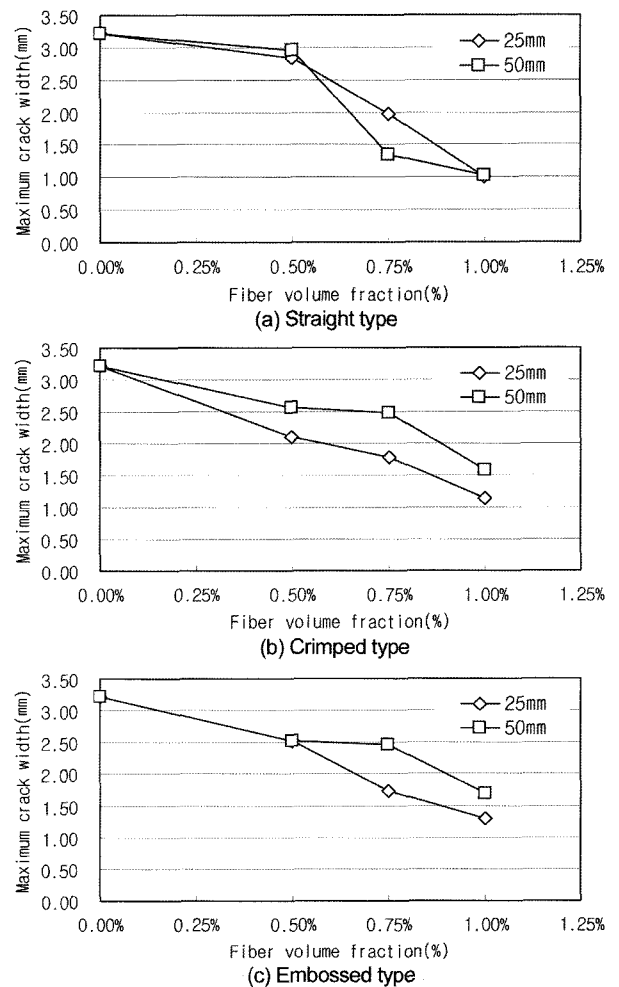
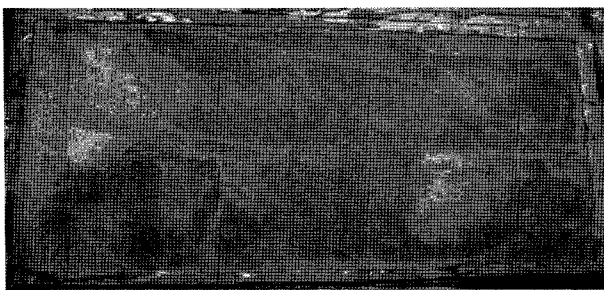


Fig. 5 Maximum crack with fiber length

0.50% 및 0.75%에서는 섬유가 시멘트 복합재료 내에서 분산이 우수하여 길이가 50 mm인 섬유가 상대적으로 25 mm 섬유와 비교하여 정착 길이가 길기 때문에 균열 제어 성능이 우수하였다.

그러나 1.00%에서는 섬유의 혼입률이 상대적으로 많아져 섬유 뭉침 현상이 발생하여 25 mm 길이의 섬유가 좋은 균열 제어 성능을 발휘하였다. Crimped type 섬유의 경우 섬유의 형상이 상대적으로 섬유 뭉침 발생을 유도할 수 있는 형상으로 혼입률 0.50%에서도 상대적으로 섬유 뭉침 현상이 발생하여 50 mm 길이 보다는 25 mm 길이에서 균열 제어 성능이 우수하게 나타났다. Embossed type의 경우 0.50%에서는 섬유 뭉침 현상이 크게 일어나지 않아 부착 성능이 우수한 50 mm 길이의 섬유가 25 mm 길이의 섬유보다 소성 수축 균열 발생 면적이 적었다. 그러나 섬유의 혼입률이 0.75% 및 1.00%에서는 섬유 뭉침 현상으로 시멘트 복합재료 내에서 섬유가 골고루 분산되지 않아 균열 발생면적이 25 mm 길이 섬유에서 우수하게 나타났다. 이와 같은 결과로부터 재생 PET 섬유가 시멘트 복합 재료에 첨가되었을 때 소성 수축 균열 제어 성능은 부착 성능이 우수한 길이가 긴 섬유가 유리하지만 섬유의 혼입률이 증가되면 섬유 뭉침 현상이 발생하기 때문에 분산성이 우수한 길이가 짧은 섬유가 우수하다는 것을 알 수 있다. 즉 섬유의 길이가 긴 섬유는 분산성의 향상을 위해서는 폴리프로필렌 섬유와 같이 망사형 등으로 사용하거나, 강섬유와 같이 번들형 등으로 사용하는 것이 바람직하다. Fig. 6은 crimped type 1.00%를 혼입한 섬유의 균열 형상을 보여준다. 50 mm 섬유를 사용한 경우가 25 mm 섬유보다 소성 수축 균열이 더 많이 발생한 것을 보여주고 있다. Figs. 7~8은 재생 PET 섬유 형상에 따른 소성 수축 균열 제어 실험 결과를 보여주고 있다.

실험 결과 섬유의 혼입률 0.5%의 경우 25mm 및 50 mm



(a) 25mm



(b) 50mm

Fig. 6 Plastic shrinkage cracking pattern: crimped type, 1.00%

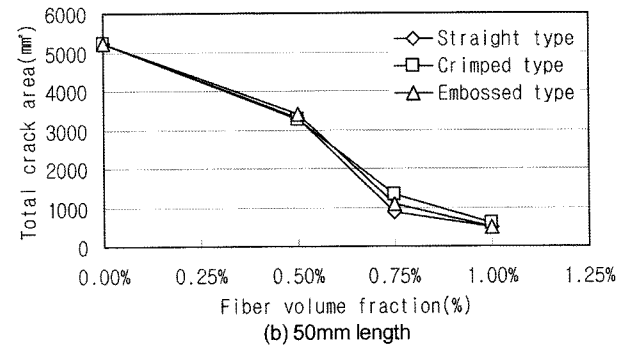
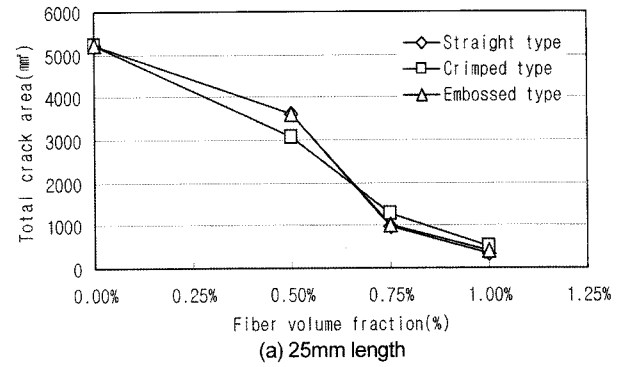


Fig. 7 Total crack area with fiber geometry.

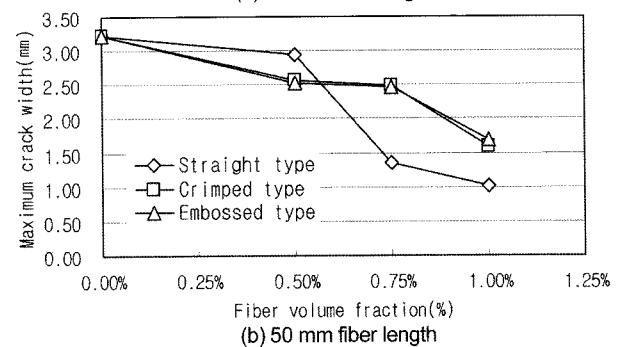
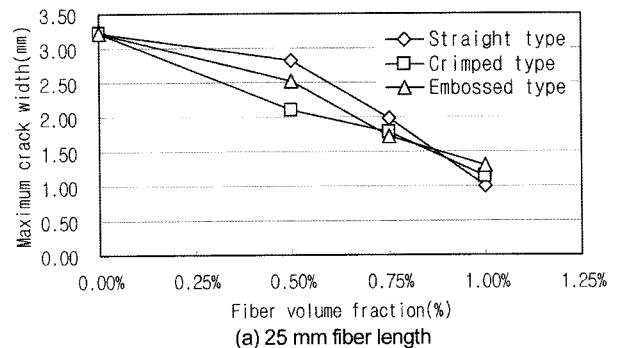


Fig. 8 Maximum crack width with fiber geometry

모두 부착 성능이 가장 좋은 embossed type의 섬유가 가장 우수한 결과를 보여주었다. 그러나 crimped type의 경우 straight type과 비교하여 25 mm에서는 우수한 성능을 보여주었으나 50 mm에서는 더 많은 소성 수축 균열이 발생하였다. 즉 embossed 및 straight type의 경우 섬유 혼입률 0.50%에서는 섬유 뭉침 현상이 발생하지 않아 균열 제어 성능은 50 mm 길이의 섬유가 우수하였다. 반면 crimped type의 경우 50 mm 길이의 섬유에서는 분산성이 좋지 않아 부착 성능이 우수함에도 25 mm 길이의 섬유보

다 균열 제어 성능이 감소하였다. 섬유 혼입률 0.75% 및 1.00%에서는 25 mm 및 50 mm 섬유 모두 부착 성능이 가장 낮은 straight type의 섬유가 가장 우수한 소성 수축 균열 제어 성능을 보여주었으며 embossed type, crimped type 순으로 소성 수축 균열이 많이 발생하였다. 이와 같은 결과는 섬유의 혼입률이 0.75%가 되면 embossed type과 crimped type의 섬유에 섬유 뭉침 현상이 증가하여 소성 수축 균열 제어 성능에 영향을 미치게 되기 때문에 나타난 현상이다. Figs. 9 및 10은 재생 PET 섬유의 형상에 따른 소성 수축 균열 발생 경향을 보여주고 있다. Fig. 9는 50 mm 섬유 길이 혼입률 0.50%에서 소성 수축 균열 발생 경향으로 embossed type, straight type, crimped type 순으로 균열이 많았고, Fig. 10은 50 mm 섬유 길이 혼입률 0.75%에서 소성 수축 균열 발생 형상으로 straight type, embossed type, crimped type 순으로 균열이 많음을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 연구는 재생 PET 병을 콘크리트의 균열 제어용 보강섬유로서의 성능을 평가하기 위하여 섬유의 형상, 길이에 따른 소성 수축 균열 제어 성능을 평가하였다. 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 섬유의 길이에 따른 소성 수축 균열 제어 특성은

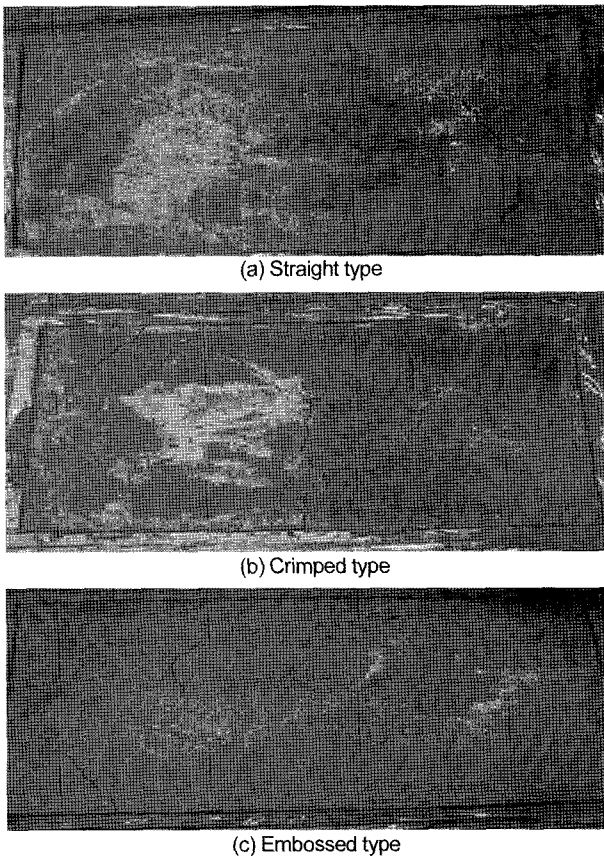


Fig. 9 Plastic shrinkage cracking pattern with fiber geometry: 50 mm, 0.50%

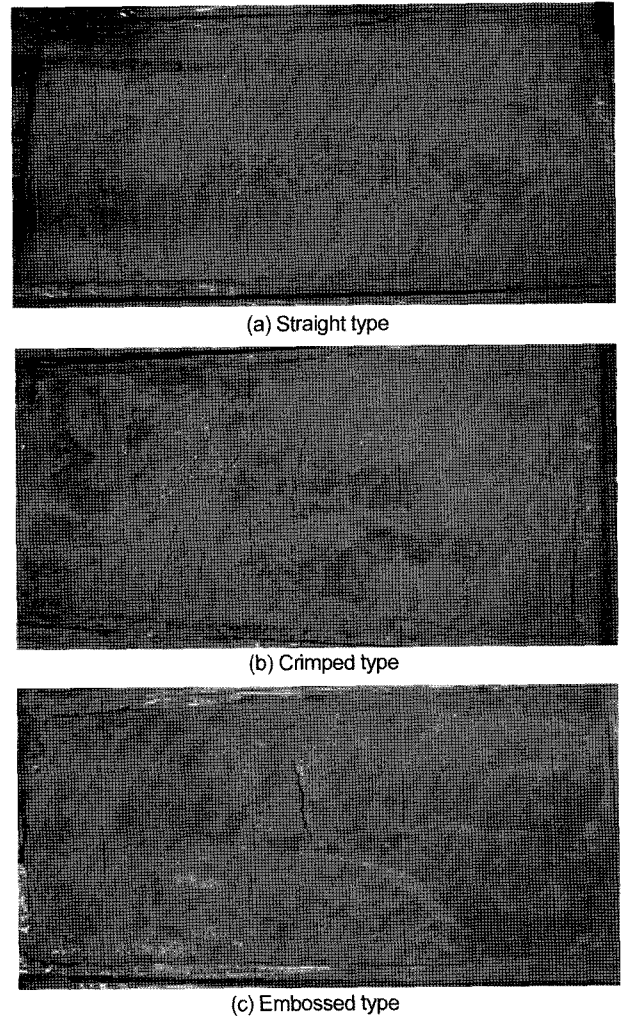


Fig. 10 Plastic shrinkage cracking pattern with fiber geometry: 50 mm, 0.75%

섬유의 혼입률에 영향을 받았다. 즉, 섬유의 혼입률이 적은 경우에는 시멘트 복합 재료 내에서 정착 길이가 길어 인장응력의 전달을 효과적으로 할 수 있는 50 mm 길이의 섬유가 총 균열 면적 발생을 감소시켰다. 그러나 섬유의 혼입률이 증가하면 섬유의 뭉침 현상으로 인하여 길이가 짧은 25 mm 길이의 섬유가 총 균열 면적을 감소시키는 결과를 나타내었다. 이와 같은 결과는 섬유의 형상에 따라 차이는 있으나 결과적으로는 섬유의 혼입률이 1%까지 증가하면 모든 섬유의 형상에서 25 mm 길이의 섬유가 50 mm 길이의 섬유보다 총 균열 면적을 감소시키는 효과를 보여주었다.

2) 섬유의 형상에 따른 소성 수축 균열 제어 성능은 섬유의 혼입률이 적을 때는 부착 성능이 가장 우수한 embossed type의 섬유가 가장 우수하였다. 그러나 섬유의 혼입률이 증가할수록 부착 성능이 가장 낮은 straight type의 섬유가 균열 제어 성능이 우수하게 나타났다. 이는 섬유의 혼입률이 증가하면 부착 성능 향상을 위하여 형상을 변화시킨 crimped type 및 embossed type의 섬유가 서로 영키는 현상이 발생하여 섬유 뭉침 현상이 발생하기 때문이다. 이와

같은 결과는 섬유 혼입률에 영향을 받았으나 0.5% 혼입률에서는 부착 성능이 가장 우수한 embossed type의 섬유가 균열 제어 성능이 우수하였고, 1.0%에서는 부착 성능이 가장 작은 straight type의 섬유가 가장 우수한 결과를 보여주었다.

- 3) 본 연구의 실험 결과 가장 우수한 소성 수축 균열 제어 성능을 나타낸 섬유의 형상 및 혼입률은 25 mm straight type 섬유의 혼입률 1.00%일 때 이다. 그러나 섬유 뭉침 현상을 해결할 수 있는 기술을 도입하면 시멘트 복합 재료에서 부착 성능이 우수한 50 mm 길이의 embossed 및 crimped type의 섬유가 균열을 통과하는 인장응력의 전달을 효과적으로 달성하여 균열 성장의 억제에 더 유리할 것으로 보인다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Naaman, A. E., *New Fiber Technology, Concrete International, USA*, Vol.20, No.7, 1998, pp.57~62.
2. Wang, K., Surendra, P. Shah, and Pariya Puaksuk, "Plastic Shrinkage Cracking in Concrete Materials Influence of Fly Ash and Fibers", *ACI Materials Journal*, Vol.98, M49, 2001, pp.458~464.
3. Balaguru, P. N. and Shah, S. P., *Fiber Reinforced Cement Composites*, McGraw-Hill International Editions, 1992, pp.1~22.
4. Bentur, A. and Mindess, S., *Fibre Reinforced Cementitious Composites*, Elsevier Applied Science, London, 1990, pp.1~11.
5. Balaguru, P., "Contribution of Fibers to Crack Reduction of Cement Composites the Initial and Final Setting Period", *ACI Materials Journal*, Vol.91, M27, 1994, pp.280~288.
6. S. Mindess, J. and Francis, D. Darwin, *Concree*, 2nd edition, Pentis Hall, NJ, USA, 2003, pp.1~8.
7. Qi, C., Weiss, W. J., and Olek, J., "Characterization of Plastic Shrinkage Cracking in Fiber Reinforced Concrete Using Semi-Automate Image Analysis", *Concrete Science and Engineering*, Vol.36, No.260, 2003, pp.386~395.
8. Najm, H. and Balaguru, P., "Effect of Large-Diameter Polymeric Fibers on Shrinkage Cracking of Cement Composites", *ACI Materials Journal*, Vol.99, No.4, 2002. pp.345~351.
9. Naaman, A. E., Xia, Z., Hikasa, J.I., and Saito, T., "Control of Plastic Shrinkage Cracking of Concrete with PVA Fibers", *Proceedings of International Symposium on Infrastructure Regeneration and Rehabilitation*, University of Sheffield, U.K., June 28-July 2, 1999, pp.371~385.
10. Grzybowshi, M. and Shah, S.P., "Shrinkage Cracking of Fiber Reinforced Concrete", *ACI Materials Journal*, Vol.87, M16, 1991, pp.138~148.
11. Banthia, N. and Yan, C., "Shrinkage Cracking in Polyolefin Fiber Reinforced Concrete", *ACI Materials Journal*, Vol.97, No.4, 2000, pp.432~437.
12. Banthia, N., Yan, C., and Mindess, S., "Restrained Shrinkage Cracking in Fiber Reinforced Concrete: A Novel Test Technique", *Cement and Concrete Research*, Vol.26, No.1, 1996, pp.9~15.
13. 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, 1985, pp.776~781.
14. Kraai, Paul P., "A Proposed Test to Determine the Cracking Potential due to Drying Shrinkage of Cracking", *Concrete Construction*, Vol.30, No.9, 1985, pp.775~778.
15. Carlson, R. and Reading, T. J., "Model of Studying Shrinkage Cracking in Concrete Building Walls", *ACI Structural Journal*, Vol.85, No.4, 1988, pp.395~404.
16. 원종필, 박찬기, "폴리프로필렌 섬유 보강 콘크리트의 소성수축균열 및 내구 특성", *대한토목학회논문집*, 15권 5호, 1990, pp.783~790.
17. Banthia, N. and Gupta, R., "Influence of Polypropylene Fiber Geometry on Plastic Shrinkage Cracking in Concrete", *Cement and Concrete Research*, No.36, pp.1263~1267.

요약 본 연구의 주요 목적은 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열 제어에 폐 PET 병으로부터 만들어진 재생 PET 섬유의 효과를 평가하는 것이다. PET은 플라스틱 재료라 알려진 재료로 음료수 병 등에 다양하게 적용되어 왔다. 그렇지만 폐 PET 병은 사용 후에 환경적 측면에서 큰 문제점으로 부각되고 있다. 따라서 폐 PET 병을 재활용하는 방법에 대한 연구는 환경 및 경제적 측면에서 중요하게 되었다. 폐 PET 병을 재활용하는 방법 중 시멘트 복합 재료의 보강 섬유로 사용하는 방법은 효과적인 방법 중에 하나이다. 본 연구에서는 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열에 재생 PET 섬유의 형상 및 길이의 효과를 얇은 슬래브 실험을 통해서 조사하였다. 실험 계획은 섬유의 형상, 길이 및 혼입률의 영향을 이해하기 위하여 수행하였다. 재생 PET 섬유의 형상은 straight, crimped 및 embossed type의 3가지 형상을 포함하며, 각 3가지 섬유형상마다 3가지 수준의 섬유 혼입률 및 2가지 종류의 섬유 길이에 대해서 조사하였다. 실험 결과 재생 PET 섬유는 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열에 효과적이었다. 섬유의 길이의 관점에서 길이가 긴 섬유는 섬유의 형상이 동일할 때 섬유체적비가 적을 때 효과적이며, 섬유체적비가 증가하면 길이가 짧은 섬유가 더욱더 효과적이었다. 또한 embossed type의 섬유는 적은 섬유 혼입률에서 다른 형상의 섬유보다 소성 수축 균열 제어 효과가 우수하였으며, 높은 섬유 혼입률에서는 straight type의 섬유가 다른 형상의 섬유보다 시멘트 복합 재료의 소성 수축 균열 제어에 가장 효과적이었다.

핵심용어 : 섬유 영상, 섬유 혼입률, 소성수축균열, 재생 PET 섬유