

# 콘크리트의 휨성능 증진 및 균열제어에 대한 특수 가공된 셀룰로오스섬유의 효과

Effects of Specialty Cellulose Fibers on Improvement of Flexural Performance and Control of Cracking of Concrete



원종필\*  
Won, Jong-Pil



박찬기\*\*  
Park, Chan-Gi

## ABSTRACT

The mechanical properties of specialty cellulose fiber reinforced concrete and the contribution of specialty cellulose fiber to drying shrinkage crack reduction potential of concrete and their evaluation are presented in this paper. The effects of differing fiber volume fraction(0.03%, 0.06%, 0.08%, 0.1%, 0.15%, 0.2%) were studied. The results of tests of the specialty cellulose fiber reinforced concrete were compared with plain and polypropylene fiber reinforced concrete. Flexural performance(flexural strength and flexural toughness) test results indicated that specialty cellulose fiber reinforcement showed an ability to increase the flexural performance of normal- and high- strength concrete(as compared to plain and polypropylene fiber reinforced concrete). Optimum specialty cellulose fiber reinforced concrete were obtained using 0.08% fiber volume fraction. Drying shrinkage cracking test results confirmed specialty cellulose fibers are effective in reducing the drying shrinkage cracking of normal and high-strength concrete(as compared to polypropylene fiber reinforced concrete).

Keywords : drying shrinkage, flexural performance, mechanical properties, polypropylene fiber, specialty cellulose fiber

\* 정회원, 건국대학교 농공학과 교수

\*\* 정회원, 건국대학교 농공학과 박사과정

· 본 논문에 대한 토의를 2000년 8월 31일까지 학회로 보내 주시면 2000년 10월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서 론

콘크리트는 압축에는 강하나 인장에 약한 취성적 성질을 가지고 있어 이를 개선 및 보강하는 방법이 다양하게 연구되고 있다. 콘크리트의 약한 인장강도를 개선 및 보강하는 방법 중의 하나로 섬유를 콘크리트의 보강재료로 사용하는 방법이 있는데 섬유를 콘크리트의 보강재료로 사용하는 방법은 섬유가 콘크리트의 단점 중에 하나인 균열의 발생 및 성장을 제어하며 콘크리트의 인장강도를 증가시킨다고 알려져 있어 그 사용이 증가되고 있는 실정이다.<sup>(1,2,3,4)</sup>

콘크리트 보강재료로 현재 사용되고 있는 섬유에는 유리섬유, 강섬유, 탄소섬유, 자연섬유, 합성섬유 등이 있다. 이와 같은 콘크리트 보강용 섬유는 콘크리트의 역학적 성질 및 균열을 제어하는데 효과적인 작용을 하지만 유리섬유의 경우 알칼리 환경에 약한 단점을 가지고 있어 이를 해결하기 위한 방법으로 알칼리저항 유리섬유의 개발 및 유리섬유의 표면을 코팅하여 사용하고 있다.<sup>(6,7)</sup> 그러나 이러한 방법은 섬유보강 콘크리트의 제조 및 사용에 특별한 방법 및 기술을 필요하게 하였다. 또한 강섬유 및 탄소섬유는 단위체적당 비교적 많은 양을 사용함으로써 굳지 않은 콘크리트의 특성 및 경제성에 영향을 미치며 시멘트 매트릭스와의 부착성에 문제점을 발생시켰다.<sup>(5,12,13)</sup> 현재 콘크리트 보강섬유로서 경제성 및 사용성을 고려하여 국내·외에서 널리 사용되고 있는 섬유는 폴리프로필렌섬유로서 콘크리트의 구조적 성능을 증가시키는 효과는 크지 않지만 콘크리트에 발생하는 초기 균열 제어와 같은 2차보강의 효과가 있는 것으로 알려져 있다.<sup>(1,2,7)</sup>

그러나 콘크리트에 폴리프로필렌섬유를 적용할 경우 초기에는 폭이 큰 균열의 발생을 억제함으로써 그 성능이 우수하다고 판단되지만 섬유표면에 친수성이 없어 분산성의 문제와 타설 초기 콘크리트와 낮은 부착성 때문에 시멘트 모체와 완전한 부착을 이루지 못해 콘크리트의 인장보강효과는 크지 않으며 다수의 미세균열을 발생시켜 장기적으로는 수분이 통과할 수 있는 통로를 만

들어 수분이 콘크리트 구조물로 흘러들어 갈 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 이러한 경우 콘크리트 구조물은 내구성이 약하게 되어 전면적인 보수가 필요하게 되며 이로 인한 경제적 손실, 구조물의 안정성 및 사회적인 신뢰성에 큰 타격을 입을 수 있다.

콘크리트 보강재료로서 특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유(이하 특수 셀룰로오스섬유라 칭함)는 단위체적당 적은 양을 사용함으로써 콘크리트의 굳지 않은 특성에 영향을 미치지 않으며 알칼리 환경 등 환경적 조건에 저항성이 높고 사용에 특별한 방법 및 기술을 필요로 하지 않는다. 또한 비교적 높은 탄성계수와 시멘트풀과의 높은 부착강도를 가지고 있으며 섬유의 유효직경이 시멘트 입자 크기에 비해 작아 콘크리트 내에서 발생하는 미세균열을 억제하고 안정화하여 콘크리트의 역학적 성질을 증대시킨다.

본 연구에서는 콘크리트 보강재료로서 특수 셀룰로오스섬유를 사용하였을 때 보통강도 및 고강도 콘크리트의 압축강도 및 휨성능 특성을 통계적 방법을 사용하여 분석·평가하여 특수 셀룰로오스의 최적 섬유혼입률을 결정하였으며 최적 섬유혼입률에 따른 건조수축균열제어 능력을 평가하였다.

## 2. 사용재료 및 실험변수

### 2.1 폴리프로필렌섬유/특수 셀룰로오스섬유

폴리프로필렌 섬유는 낮은 비중을 가지고 있으나, 콘크리트의 인장강도 및 내구성능 증진 등의 우수한 장점을 많이 가지고 있어 현재 콘크리트 보강섬유로 널리 사용되고 있다. 본 연구에서 사용된 폴리프로필렌섬유는 국내 S사에서 생산된 제품으로 망사형 섬유이다.

콘크리트 보강섬유로 사용할 수 있게 특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유는 식물 등으로부터 추출한 것이며 배합시 분산이 잘되고 콘크리트 성능향상에 기여할 수 있도록 가공 처리한 것으로 국내 S사의 제품이다.

Table 1 Properties of specialty cellulose fiber versus polypropylene fiber

Property	Fiber Type	
	Specialty Cellulose Fiber	Polypropylene Fiber
Elastic Modulus (kgf/cm <sup>2</sup> )	61 × 10 <sup>4</sup>	3.5 × 10 <sup>4</sup>
Bond Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	15.3	4.1
Effective Diameter (mm)	0.015	0.1
Fiber Length(mm) *	3	19
Length-to-Diameter Ratio	200	190
Tensile Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	5100	6120
No. of Fibers per Gram	1,100,000	12,000
Fiber Count (1/cm)*	1430	0.6
Specific Surface (1/cm)*	0.13	0.033

\* Fiber Volume Fraction(0.08%)

본 연구에서 사용된 폴리프로필렌섬유와 특수 셀룰로오스섬유의 특성은 Table 1과 같다.

## 2.2 시멘트 및 골재

본 연구에서는 보통 포틀랜드시멘트(Type I)가 사용되었고, 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 작업성과 공기량을 확보하기 위하여 리그닌 설포산염이 주성분인 국내 E사의 표준형 AE 감수제를 사용하였다.

잔골재는 강모래가 사용되었으며, 굵은골재는 최대 치수 25 mm의 부순골재가 사용되었다. 사용된 시멘트 및 골재의 물리적 특성은 Table 2, Table 3과 같다.

Table 2 Physical properties of cement

Fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Specific gravity	Stability (%)	Compressive strength(kgf/cm <sup>2</sup> )		
			3days	7days	28days
3,488	3.15	0.08	224	308	404

Table 3 Physical properties of fine and coarse aggregate

	Specific Gravity (SSD)	Absorption (%)	F.M
Fine Agg.	2.60	0.67	2.99
Coarse Agg.	2.62	0.35	-

## 2.3 배합설계

본 연구에서는 특수 셀룰로오스섬유 혼입률에 따른 특성을 평가하기 위해서 보통 강도 및 고강도 콘크리트에서 섬유 혼입률을 변화시켰으며, 실험 결과를 보통 콘크리트와 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트에서 적정 섬유혼입률이라고 알려진 0.1%를 사용한 콘크리트의 결과와 비교하였다.

본 연구에서 사용된 배합설계는 Table 4와 같다.

## 3. 실험방법

콘크리트의 배합은 먼저 시멘트와 잔골재, 굵은골재를 혼합하여 30초간 건비빔을 실시한 후, 배합수를 첨가하고 1분 30초간 혼합을 실시하였으며, 마지막으로 섬유를 첨가한 후 3분간 혼합을 실시하였다.

### 3.1 압축강도

특수 셀룰로오스섬유의 혼입률 변화에 따른 압축강도 특성을 알아보기 위하여 KSF 2405에 따라 보통강도 및 고강도 콘크리트에 대하여 압축강도 실험을 실시하였다. 실험 공시체의 제작은  $\phi 10 \times 20$  cm의 실린더 공시체를 각 변수에 대하여 9개씩 제작하여 7일, 14일, 28일 재령에서 각각 3개씩 실험을 실시하였으며, 2회 반복 실시하였다.

Table 4 Mix proportions

Type of concrete		W/C (%)	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	Water (kg/m <sup>3</sup> )	s/a (%)	Coarse Agg. (kg/m <sup>3</sup> )	Fine Agg. (kg/m <sup>3</sup> )	Fiber Volume Fraction (%)
Normal-strength concrete	Plain	55	321.1	176.5	40.9	1047.4	712.3	-
	Polypropylene							0.10
	Specialty cellulose							0.03
								0.06
								0.08
								0.10
								0.15
0.20								
High-strength concrete	Plain	40	462.5	180	42	950	690	-
	Polypropylene							0.10
	Specialty cellulose							0.03
								0.06
								0.08
								0.10
								0.15
0.20								

### 3.2 휨성능

특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유 혼입률 변화에 따른 휨성능을 알아보기 위하여 JCI-SF4(Method of Tests for Flexural Strength and Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete)<sup>(7)</sup>에 의한 휨실험을 보통강도 및 고강도 콘크리트에 대하여 실시하였다. 실험은 15×15×55 cm의 공시체를 각 변수에 대하여 6개씩 제작하여 24시간의 초기 양생 후, 7일, 14일, 28일 재령에서 변위제어(0.6 mm/min)방법으로 재령별로 각각 2개씩 2회 반복 실시 하였다. Fig. 1은 본 연구에서 사용한 실험 장치이다. 휨인성은 콘크리트의 에너지 흡수능력으로서 하중-변위곡선 아래의 면적으로 나타낸다. 본 연구에서의 휨인성 값

은 공시체의 변위가 3 mm일 때까지의 하중-변위곡선 아래의 면적으로 계산하였다.

### 3.3 건조수축균열

콘크리트의 건조수축균열에 대한 특수 셀룰로오스섬유 혼입에 따른 저항성 평가를 위해 국내·외 많은 연구자들이<sup>(1,8)</sup> 섬유보강 콘크리트의 건조수축 균열저항성 평가에 사용하였던 Fig. 2와 같은 실험 시편을 제작하여 콘크리트 타설 후 42일간 균열의 발생과 균열 폭의 성장을 관찰하였으며 2회 반복 실시하였다.

## 4. 실험결과

### 4.1 압축강도

특수 셀룰로오스섬유보강 콘크리트의 압축강도 실험결과는 Fig. 3과 같다. 국·내외 많은 연구자들의 연구에 의하면 섬유보강 콘크리트의 압축강도는 초기 재령에서는 보통 콘크리트 보다 감소하나 28일 재령에서는 보통 콘크리트와 거의 동일하거나 약간 크게 나타나는데,<sup>(2,3,4)</sup> 본 연구에서도 이와 유사한 경향을 보여주었다. 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률에 따른 압축강도의 영향

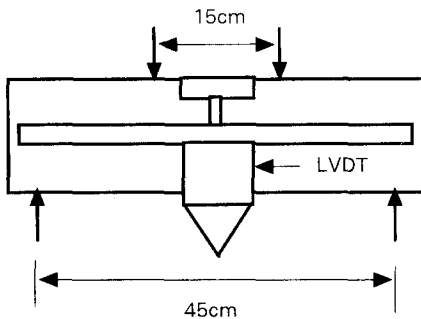


Fig. 1 Flexural test set-up(JCI-SF4)<sup>(7)</sup>

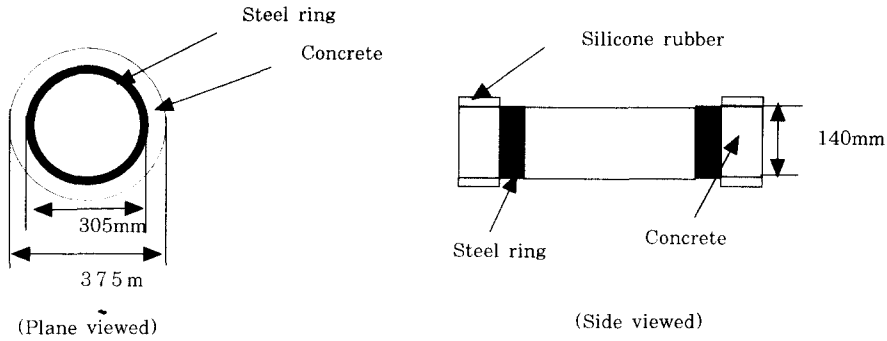
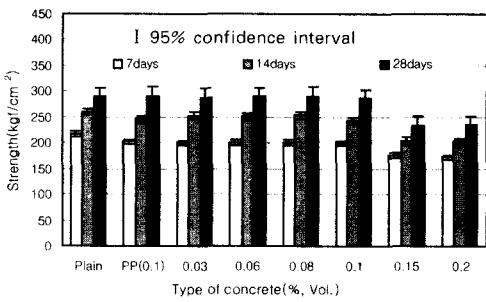
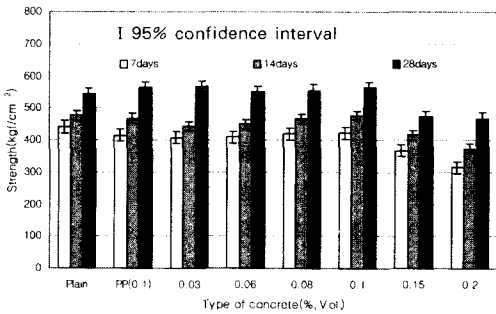


Fig. 2 Restrained drying shrinkage test set-up<sup>(1,8)</sup>



(a) Normal-strength concrete



(b) High-strength concrete

Fig. 3 Compressive strength

을 통계적으로 분석하기 위하여 재령 28일에서 보통콘크리트의 압축강도와 특수 셀룰로오스섬유 보강 콘크리트의 압축강도를 상대 비교하는 쌍별 비교분석(paired comparison analysis)을 실시하였다. 분석결과 보통강도 및 고강도 콘크리트 모두 섬유혼입률 0.1%까지는 특수 셀룰로오스섬유 보강 콘크리트의 압축강도가 보통 콘크리트의

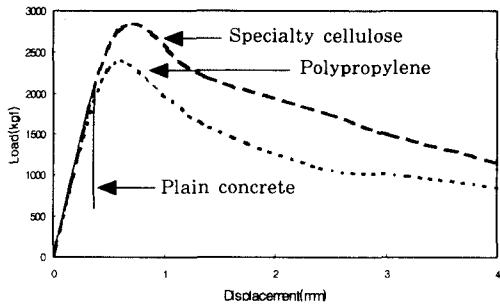
압축강도와 비교하여 통계적으로 95%의 신뢰수준에서 유의한 영향이 없었다. 그러나 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률 0.15%, 0.2%에서는 보통 콘크리트의 압축강도와 비교하여 압축강도의 감소에 유의한 영향을 미쳤다. 이와 같이 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률이 0.15% 이상이 되면 시멘트 매트릭스와 섬유사이의 부착 표면에 공극의 증가로 인한 공기량의 증가와 다짐성 및 분산성이 악화되어 압축강도는 감소하는 것으로 사료된다.

#### 4.2 휨성능

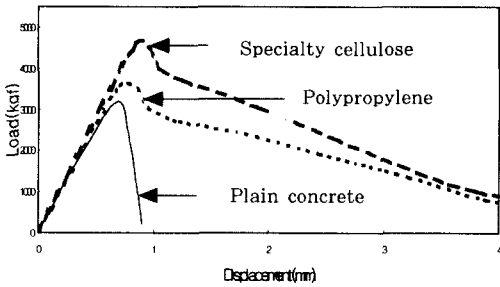
특수 셀룰로오스섬유의 혼입률 변화에 따른 휨성능 실험결과는 Fig. 4, Fig. 5와 같다.

특수 셀룰로오스섬유의 혼입률 변화에 따른 휨성능의 영향을 평가하기 위하여 보통 콘크리트 및 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 휨성능을 상대 비교하는 쌍별비교분석을 실시하였다. 분석결과 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 특수 셀룰로오스섬유의 모든 혼입률에서 보통 콘크리트의 휨강도와 비교하여 통계적으로 95% 신뢰수준에서 휨강도 증가에 유의한 영향을 미쳤다. 이와 같은 결과는 콘크리트의 파괴과정에서 섬유가 섬유의 파괴(fracture), 가교(bridging)작용 및 섬유와 매트릭스의 분리(debonding)등의 작용을 효과적으로 함으로써 콘크리트의 휨성능을 증대시켰기 때문인 것으로 사료된다.

폴리프로필렌섬유보강 콘크리트와 특수 셀룰로

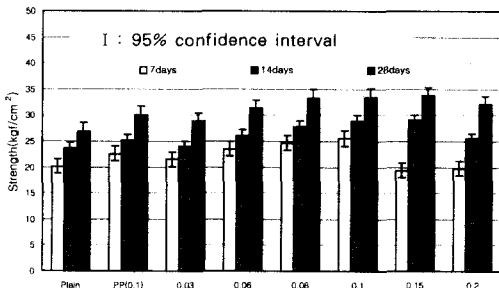


(a) Normal-strength concrete

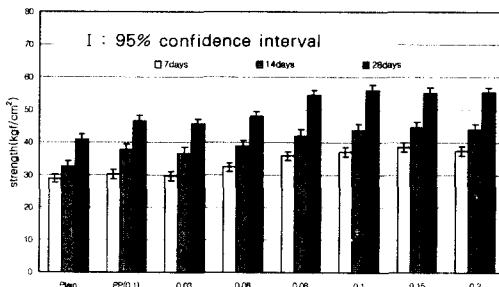


(b) High-strength concrete

Fig. 4 Typical load-displacement curves : (a) Normal-strength concrete (b) High-strength concrete



(a) Normal-strength concrete



(b) High-strength concrete

Fig. 5 Flexural strength

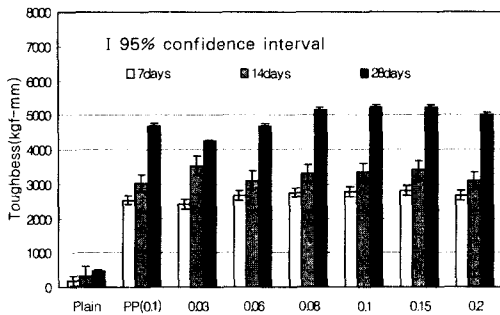
오스섬유보강 콘크리트의 섬유혼입률 변화에 따른 휨강도를 상대 비교 분석한 결과 보통 및 고강도 콘크리트 모두 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률이 0.03%, 0.06%에서 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 휨강도와 비교하여 통계적으로 95% 신뢰수준에서 유의한 영향이 없었으며, 섬유의 혼입률이 0.08%~0.2%에서는 휨강도 증가에 유의한 영향을 미쳤다. 일반적으로 섬유보강 콘크리트의 휨강도는 섬유의 길이가 길고 단위면적당 차지하는 섬유의 수가 많을수록 크다는 연구결과가 지배적이지만 본 연구에서의 결과는 섬유의 길이는 짧지만 단위면적당 차지하는 섬유수가 많고 시멘트 매트릭스와 부착능력이 우수한 특수 셀룰로오스섬유보강 콘크리트가 상대적으로 섬유의 길이는 길지만 부착능력이 작은 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트보다 휨강도가 크게 나타났다.

특수 셀룰로오스섬유 혼입률 차이에 따른 휨강도를 상대 비교하는 쌍별비교분석을 실시하였다. 분석결과 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 섬유혼입률이 0.03%에서 0.08%까지 증가할수록 통계적으로 95% 신뢰수준에서 휨강도 증가에 유의한 영향을 미쳤다. 그러나 섬유혼입률이 0.1% 이상이 되면 혼입률 0.08%인 특수 셀룰로오스섬유보강 콘크리트와 비교하여 유의한 영향이 없었다. 오히려 섬유혼입률 0.2%에서는 혼입률 0.08%인 특수 셀룰로오스섬유보강 콘크리트와 비교하여 휨강도 감소에 유의한 영향을 미쳤다. 이와 같은 결과는 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률이 증가할수록 단위면적당 차지하는 섬유의 수가 증가하여 콘크리트의 휨강도를 증가시키지만, 섬유혼입률이 0.08% 이상이 되면 콘크리트 내에서 섬유의 분산성 등이 악화되어 휨강도 증가에 크게 기여하지 못하기 때문인 것으로 보인다.

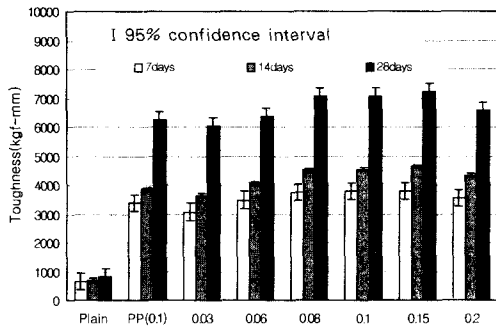
특수 셀룰로오스섬유보강 콘크리트의 섬유 혼입률 변화에 따른 휨 인성실험 결과는 Fig. 6과 같다. 특수 셀룰로오스섬유 혼입률 변화에 따른 휨인성 특성을 파악하기 위하여 보통 콘크리트 및 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 휨인성과 상대 비교하는 쌍별비교분석을 실시하였으며 그

결과는 다음과 같다. 보통 콘크리트의 휨인성과 섬유혼입률 변화에 따르는 특수 셀룰로오스섬유 보강 콘크리트의 휨인성을 상대 비교한 결과 특수 셀룰로오스섬유의 혼입은 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 보통 콘크리트와 비교하여 통계적으로 95%의 신뢰수준에서 휨인성의 증가에 유의한 영향을 미쳤다. 이와 같은 결과는 특수 셀룰로오스섬유가 콘크리트의 취성 파괴를 방지하고 연성파괴를 유도하며 에너지 흡수능력을 증가시켰기 때문이라 사료된다.

폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 휨인성과 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률 변화에 따른 휨인성 결과를 상대 비교한 분석결과 보통강도 콘크리트에서는 특수 셀룰로오스섬유 혼입률 0.03%에서 통계적으로 95% 신뢰수준에서 휨인성의 감소에 유의한 영향을 미쳤으며, 섬유 혼입률이 0.06%에서는 휨인성에 유의한 영향이 없었다. 그러나 섬유혼입률이 0.08% 이상이 되면 휨인성의 증가에 유의한 영향을 미쳤다.



(a) Normal-strength concrete



(b) High-strength concrete

Fig. 6 Flexural toughness

고강도 콘크리트의 비교분석결과 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률이 0.03%에서는 폴리프로필렌 섬유보강 콘크리트와 비교하여 통계적으로 95% 신뢰수준에서 휨인성에 유의한 영향이 없었지만 섬유혼입률이 0.06% 이상이 되면 휨인성 증가에 유의한 영향을 미쳤다. 이와 같은 결과는 폴리프로필렌섬유 보다 특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유가 시멘트 매트릭스와의 부착능력이 우수하고 단위면적당 차지하는 섬유의 수가 많아 폴리프로필렌섬유보다 콘크리트의 파괴에 대한 저항성이 더 우수하기 때문이라 사료된다.

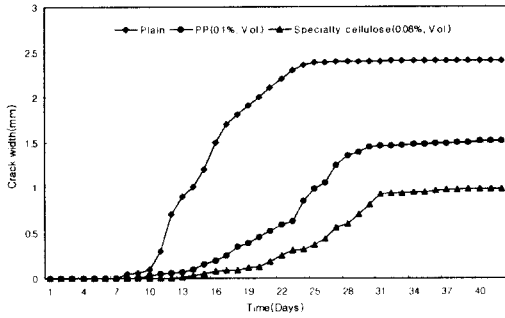
특수 셀룰로오스섬유의 혼입률 차이에 따른 휨인성을 상대 비교하는 쌍별비교분석을 실시하였다. 분석결과 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 특수 셀룰로오스섬유 혼입률이 0.08%까지는 통계적으로 95%의 신뢰수준에서 휨인성 증가에 유의한 영향을 미쳤지만, 섬유혼입률이 0.1% 이상이 되면 섬유혼입률 0.08%의 특수 셀룰로오스섬유보강 콘크리트의 휨인성과 비교하여 유의한 영향이 없었다. 오히려 섬유혼입률 0.2%에서는 휨인성의 감소에 유의한 영향을 미쳤다. 이와 같은 결과는 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률이 증가할수록 휨인성은 증가하지만 섬유의 혼입률이 0.08% 이상이 되면 휨인성의 증가에 특수 셀룰로오스섬유가 크게 기여하지 못하며, 섬유혼입률 0.2%에서는 시멘트 매트릭스와 섬유사이의 미세공극의 증가로 휨인성은 감소한다고 할 수 있다.

이와 같은 역학적 특성 실험결과로 보아 콘크리트의 압축강도에 영향을 미치지 않으면서 가장 우수한 휨성능을 얻을 수 있는 특수 셀룰로오스섬유의 최적 섬유 혼입률은 보통 및 고강도 콘크리트에서 모두 0.08%임을 알 수 있었다.

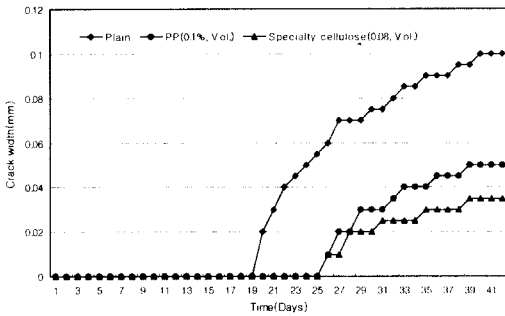
### 4.3 건조수축균열제어

역학적 특성 실험결과로 결정된 최적 섬유혼입률 0.08%를 적용한 보통 및 고강도 콘크리트의 건조수축균열제어 능력을 평가하였다. 실험결과 보통강도 콘크리트에서 특수 셀룰로오스섬유 혼

입에 따른 구속된 건조수축균열제어 특성은 Table 5 및 Fig. 7(a)와 같이 특수 셀룰로오스



(a) Normal-strength concrete



(b) High-strength concrete

Fig. 7 Results of Restrained drying shrinkage test

섬유보강 콘크리트의 최대 균열폭은 1.40 mm. 서 보통 콘크리트의 최대 균열폭 2.90 mm, 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 1.96 mm와 비교하여 각각 약 52%, 29%정도 감소하였다. 고강도 콘크리트에서도 Table 5, Fig. 7(b)와 같이 특수 셀룰로오스섬유에서 최대 균열폭이 0.03 mm로서 보통 콘크리트의 0.10 mm, 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 0.05 mm와 비교하여 각각 약 70%, 40%정도 감소하는 결과를 보여주었다. 이와 같은 결과는 특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유보강 콘크리트가 시멘트 매트릭스와 부착능력이 우수하고 콘크리트 내에서 단위면적당 차지하는 섬유수가 많아, 섬유의 가교(bridging) 작용을 통해 콘크리트에서 발생하는 균열제어 효과가 우수하기 때문이라 판단된다.

## 5. 결론

본 연구는 콘크리트의 가장 큰 문제점 중에 하나인 건조수축으로 인한 균열의 제어와 역학적 특성을 향상시키기 위하여 콘크리트 보강재료로 특수 가공한 셀룰로오스섬유의 적용성을 평가하기 위하여 실시하였다. 실험결과를 통계적 방법을

Table 5 Results of restrained drying shrinkage test

Type of concrete		No. of Exp.	Number of Visible Crack	Maximum Crack Width(mm)
Normal-strength concrete	Plain	1	1.0	3.00
		2	1.0	2.80
		<b>Mean</b>	<b>1.0</b>	<b>2.90</b>
	Polypropylene (0.1%, Vol.)	1	2.0	2.08
		2	4.0	1.84
		<b>Mean</b>	<b>3.0</b>	<b>1.96</b>
	Specialty cellulose (0.08%, Vol.)	1	2.0	1.50
		2	2.0	1.35
		<b>Mean</b>	<b>2.0</b>	<b>1.43</b>
High-strength concrete	Plain	1	1.0	0.100
		2	1.0	0.100
		<b>Mean</b>	<b>1.0</b>	<b>0.100</b>
	Polypropylene (0.1%, Vol.)	1	1.0	0.048
		2	2.0	0.052
		<b>Mean</b>	<b>1.5</b>	<b>0.050</b>
	Specialty cellulose (0.08%, Vol.)	1	1.0	0.037
		2	2.0	0.033
		<b>Mean</b>	<b>1.5</b>	<b>0.035</b>



사용하여 분석, 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 최적 섬유혼입률을 결정하였고 건조수축균열제어 특성을 평가하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 압축강도 실험결과 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 특수 셀룰로오스섬유 혼입률이 0.1%이하 일 때 보통 콘크리트와 비교하여 통계적으로 95%의 신뢰수준에서 유의한 영향이 없었다. 이와 같은 결과로 부터 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률은 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 0.1%이하로 결정하여야 한다.
- 2) 특수 셀룰로오스섬유 혼입률의 변화에 따른 휨성능(휨강도 및 휨인성) 실험결과 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 특수 셀룰로오스섬유의 혼입률이 0.08%일 때 통계적으로 95%의 신뢰수준에서 가장 우수한 성능을 보여 주었다.
- 3) 특수 셀룰로오스섬유보강 콘크리트의 역학적 특성 실험결과 보통 콘크리트의 압축강도에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않으면서 최대의 휨성능 효과를 얻을 수 있는 특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유 혼입률은 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 0.08%임을 알 수 있었다.
- 4) 콘크리트 보강재료로서 특수 셀룰로오스섬유는 뛰어난 건조수축균열제어 특성을 보여주었다. 이와 같은 결과는 특수 셀룰로오스섬유의 표면이 수산기로서 시멘트 매트릭스와의 뛰어난 부착능력을 가지고 있으며 섬유의 유효직경이 작고, 단위면적당 차지하는 섬유수가 많아 미세균열의 발생과 성장을 효과적으로 제어하기 때문이라 사료된다.

## 감사의 글

본 논문에 사용된 폴리프로필렌섬유와 특수 가공된 셀룰로오스섬유를 제공해주신 (주)에스에스 산업에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. 원종필, 박찬기, 안태송, 셀룰로오스섬유보강 콘크리트의 수축균열제어 특성, 대한토목학회 학술 발표논문집, 1999, pp. 293-296.
2. 원종필, 박찬기, 특수 가공된 셀룰로오스섬유보강 콘크리트의 역학적 특성, 한국농공학회 학술 발표회 발표논문집, 1999, pp. 307-312.
3. Arshad. Khan, William D. Cook, and Denis Mitchell, Creep, Shrinkage, and Thermal Strains in Normal, Medium, High Strength Concrete during Hydration, ACI Materials Journal, March/April 1997, pp. 156-163.
4. ACI, State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced concrete, ACI Committee 544, 1986.
5. Balaguru, P, Ramesh, and Mahendra Patel, Flexural Toughness of Steel Fiber Reinforced Concrete, ACI Materials Journal Nov.-Dec., 1992, pp.541-546.
6. Bentur, A. & Diamond, S., Effect of ageing of an advancing crack on interesting a glass fibre strand. Int. J. Cem. Com. & Ltwt. Concr., 1986, pp 165-170.
7. JCI-SF4, Method of Tests for Flexural Strength and Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete.
8. Karl Wiegink, Shashidhara Marikunte, and Surendra P. Shah, Shrinkage Cracking of High Strengths Concrete, ACI Materials Journal May-June,1999, pp. 409-415.
9. Majumdar, A. J. & Nurse, R. W., Glass fibre reinforced cement, Building Research Establishment Current Paper, CP79/74, Building Research Establishment, England 1974.
10. Miroslaw Grzybowski and Surrendra P. Shah, Shrinkage Cracking of Fiber Reinforced Concrete, ACI Materials Journal, 1990, pp.138-148.
11. M. Sarigaphuti,S.P. Shah,and K.D.Vinson, Shrinkage Cracking and Durability Characteristics of Cellulose Fiber Reinforced Concrete, ACI Materials Journal/July-August, 1993, pp.309-318.

12. Parviz Soroushian, Shashidhara Marikunte, and Jong-Pil Won, Statistical Evaluation of Mechanical and Physical Properties of Cellulose Fiber Reinforced Cement Composites, ACI Materials Journal, March-April, 1995, pp.172-180.
13. S. P. Shah, Fibre reinforced concrete, In Handbook of Structural Concrete, ed. F. K. Kong., R. H. Evans, E. Cohen & F. Roll. Pitman Books, London, pp. 611-614.
14. S. P. Shah & Rangan, V. B., Fibre Reinforced Concrete properties, American Concrete Institute, 1971, pp. 126-135.

## 요 약

특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유보강 콘크리트의 역학적 특성과 건조수축균열제어 능력을 평가하였으며 그 결과를 제시하였다. 본 연구는 섬유혼입률을 변화시키면서 실시하였으며 실험결과는 보통 및 폴리프로필렌섬유와 비교하였다. 휨성능 실험결과 특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유의 보강은 보통 및 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트와 비교하여 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 휨성능의 향상을 보여주었다. 본 연구에서 획득된 최적 섬유혼입률은 보통 강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 0.08%였다.

특수 가공 처리된 셀룰로오스섬유보강 콘크리트의 건조수축균열제어 실험결과 보통강도 및 고강도 콘크리트에서 모두 보통 및 폴리프로필렌섬유보강 콘크리트의 실험결과와 비교하여 건조수축균열제어에 효과적인 작용을 함을 알 수 있었다.

(접수일자 : 1999. 12. 23)