

나일론 섬유보강 콘크리트의 물리적 특성 및 모르타르 소성수축균열 제어성능 평가

Evaluation of the Properties of Nylon Fiber Reinforced Concrete and the Performance in Plastic Shrinkage Cracking Reduction

김광련* 권용주* 백인상* 김용태* 김병기**
Kim, Kwang-Ryeon Kwon, Yong-Joo Baek, In-Sang Kim, Yong-Tae Kim, Byung-Gi

ABSTRACT

Recently, various concrete reinforcing fibers have been used to reduce the plastic shrinkage cracking which occurs before the concrete hardens. In this study, the physical properties of nylon fiber reinforced concrete such as slump, air content, compressive strength and tensile strength were investigated. In addition, the performance of nylon fiber in the plastic shrinkage cracking reduction of mortar has been estimated in comparison with polypropylene fiber and cellulose fiber. Nylon fiber showed considerable advantages in terms of the workability of concrete and the plastic shrinkage cracking reduction of mortar compared with polypropylene fiber and cellulose fiber.

1. 서론

콘크리트는 토목 및 건축 재료로 가장 널리 사용되고 있는 재료로서 경제성, 시공성 등 여러 가지 장점을 가지고 있으나, 비중이 높고 강도의 발현에 시간이 소요되며, 소성수축균열 및 건조수축균열과 같은 여러 종류의 균열이 발생하는 단점을 지니고 있다. 최근 국내에서는 특히 콘크리트 타설 초기에 발생하는 소성수축균열을 제어하기 위한 목적으로 콘크리트 보강섬유를 사용하는 것이 보편화되고 있는 추세에 있다. 본 연구에서는 기존의 콘크리트 보강섬유인 폴리프로필렌 섬유(이하 PP 섬유로 표기) 및 셀룰로오스 섬유(이하 Cel 섬유로 표기)와 함께 최근에 도입된 나일론 섬유를 사용하여 콘크리트의 물리적 특성 및 모르타르 소성수축균열 저감 성능을 상호 비교 평가하였으며, 또한 섬유보강 콘크리트의 품질 향상을 위한 기초적인 연구를 수행하고자 하였다.

2. 나일론 섬유의 특성

나일론 섬유는 나일론 6을 원료로 만든 콘크리트용 보강섬유로서, 소성수축균열 저감뿐만 아니라 콘크리트의 물성 및 내구성을 증진시키는 것으로 알려져 있다. 또한 친수성을 지니고 있어 페이스트와의 부착력이 우수하며, 표면 마찰력 및 분산력이 우수한 특성을 지니고 있다.

나일론 섬유는 그림 1에서 보여 지는 것과 같이 분자 내에 N이나 O에 부분적인 (-) 전하를 갖고 있으므로, 부분적인 (+) 전하를 갖고 있는 물 분자의 H와 상호 정전기적인 작용을 하며, 이로 인해 시멘트 페이스트와의 결합력 강화 등 많은 장점을 지니고 있다¹⁾.

*정희원, KG케미칼(주) 건설소재사업본부 건설소재연구소

**정희원, KG케미칼(주) 건설소재사업본부장, 건설소재연구소장

4. 실험결과 및 고찰

4. 1. 물리적 실험결과

각 섬유를 혼입한 콘크리트의 물리적 특성을 표 2에 나타내었다.

표 2. 각 콘크리트 보강섬유의 물리적 실험 결과

구분	슬럼프(cm)		공기량(%)		압축강도(MPa)			인장강도(MPa)		
	초기	60분	초기	60분	3일	7일	28일	3일	7일	28일
Plain	18	14	5.8	5.2	21.6	28.2	31.7	2.06	2.13	2.30
나일론	17	12	5.2	5.0	22.8	28.7	35.2	2.24	2.34	2.70
PP	14	10	5.2	5.0	23.5	29.0	35.0	2.23	2.40	2.70
Cel	14	10	5.5	5.1	21.9	28.9	32.7	2.19	2.35	2.55

실험결과 공기량에 있어서는 보강섬유를 혼입하지 않은 경우와 보강섬유를 혼입한 경우의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 압축강도 및 인장강도에 있어서는 실험에 사용한 콘크리트 보강섬유 모두 재령별 측정값이 plain 콘크리트에 비해 높은 수치를 나타냄에 따라 콘크리트 보강섬유의 기본적인 요건을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 작업성에 있어서는 보강섬유를 혼입한 경우에 슬럼프가 감소하는 경향을 보이고 있으나, 나일론 섬유 사용 시에는 plain 콘크리트에 비해 슬럼프의 저하 폭이 상대적으로 적은 것으로 나타났다. PP 섬유 및 Cel 섬유 사용 시에는 작업성이 비교적 큰 폭으로 저하하는 것으로 나타남에 따라 배합 상의 고려가 필요할 것으로 판단된다. 나일론 섬유를 혼입한 경우에 작업성이 상대적으로 높은 것은 적은 혼입량 및 나일론 섬유의 구조적인 특성과 우수한 분산성에서 기인한 것으로 사료된다.

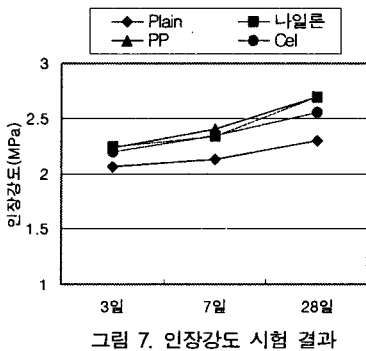
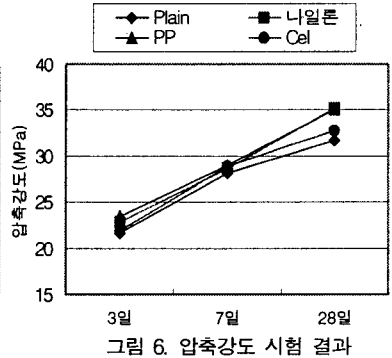
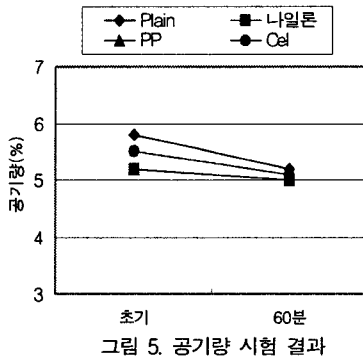
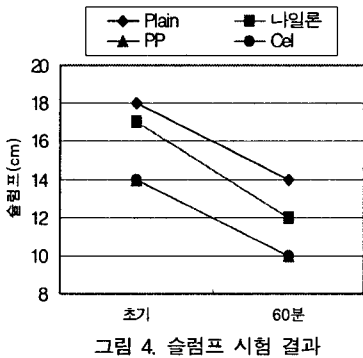


표 3. 소성수축균열 시험 결과

구분	균열 길이 (mm)	최대 폭 (mm)	최소 폭 (mm)	면적 (cm ²)	균열 면적비 (%)
Plain	5370	3.0	0.01	80.8	100
나일론	980	1.6	0.01	7.9	9.8
PP	1770	1.6	0.01	14.2	17.6
Cel	3540	3.2	0.01	56.8	70.3

4. 2 소성수축균열 시험 결과

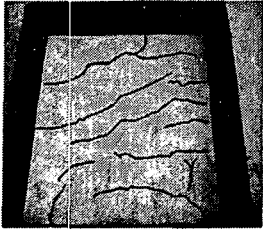


그림 8. Plain 시험체

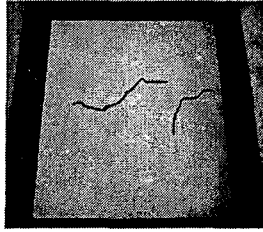


그림 9. 나일론 섬유 시험체

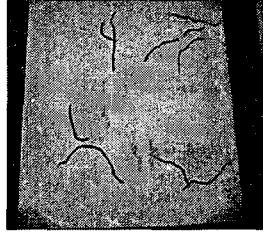


그림 10. PP 섬유 시험체



그림 11. Cel 섬유 시험체

콘크리트 보강섬유 종류별 소성수축균열 발생 현황은 그림 8에서 그림 11과 같으며, 이를 표 3에 수치적으로 나타내었다. 모르타르 소성수축균열 저감 성능에 있어서 나일론 섬유는 Plain에 비하여 균열을 약 90% 저감하였으나, PP 섬유의 경우 균열을 약 82% 저감하였으며, 특히 표면 마감성이 좋지 않은 것으로 나타났다. Cel 섬유의 경우에는 균열 저감율이 약 30%로 나타나 나일론 섬유 및 PP 섬유에 비하여 균열 저감 효과가 상대적으로 떨어지는 것으로 나타났다. 콘크리트 보강섬유의 소성수축균열 저감 효과는 콘크리트의 균일성 개선(블리딩 저감), 미세 균열 성장의 제어에 의한 것으로 받아들여지고 있으나, 향후 보강

섬유의 화학적 성질 및 물리적 성질(길이, 두께)의 영향 등 다양한 변수에 대한 추가적인 고찰이 필요하다.

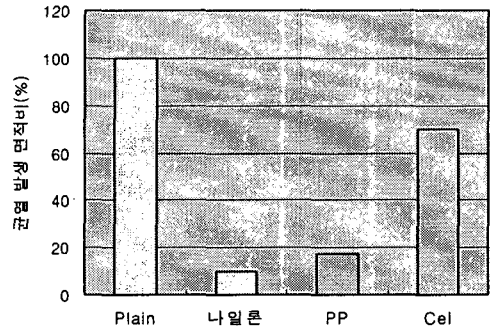


그림 12 보강섬유 종류별 균열 발생 면적비(%)

5. 결론

콘크리트 보강섬유로 사용되는 나일론 섬유, PP 섬유 및 Cel 섬유를 혼입한 콘크리트의 물성 및 모르타르 소성수축균열 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 세 종류의 콘크리트 보강섬유가 공기량, 압축강도, 인장강도 등 콘크리트의 물성에 미치는 영향은 유사한 것으로 나타났다. 보강섬유를 혼입하였을 때 압축강도 및 인장강도는 다소 증진하는 결과를 나타내었다.
- 2) 콘크리트 보강섬유를 첨가한 경우 콘크리트의 슬럼프 값이 떨어지는 경향이 있으나, 나일론 섬유를 혼입한 경우에는 혼입하지 않은 경우에 비하여 슬럼프 저하 폭이 가장 적은 것으로 나타났다. PP 섬유 및 Cel 섬유의 경우에는 작업성이 상대적으로 크게 떨어지는 것으로 나타났다.
- 3) 나일론 섬유를 사용한 경우 모르타르 소성수축균열 저감에 가장 우수한 효과를 나타내었으며, 작업성 및 표면 마감성에서도 그 성능이 뛰어난 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김병기, 김용태, 안태호, 김광련, "섬유보강 콘크리트에서 나일론 섬유의 응용가능성" 콘크리트 학회지, 제 16권 6호, 2004년 11월, pp. 65-73.
2. 한천구 외 4명, "폴리프로필렌 섬유의 혼입률 및 부재크기 변화에 따른 고성능 콘크리트의 내화 특성", 콘크리트 학회지, 제 14권 4호, 2002년 8월, pp. 449-456.
3. 오병환, 백상현, "폴리프로필렌 합성섬유보강 콘크리트의 강도 특성 및 건조수축균열제어 특성에 관한 연구", 한국콘크리트학회 1996년도 봄 학술발표회 논문집, Vol. 8 No. 1, pp. 146 - 152.