

소성수축균열 저감을 위한 나일론 섬유보강 콘크리트의 현장적용에 관한 연구

Stydy for Field Application of Nylon Fiber Reinforced Concrete for Plastic Shringage Crack Reduction.

권 용 주*
Kwon, Yong-Joo

김 광 련**
Kim, Kwang-Ryeon

강 동 수**
Kang, Dong-Soo

박 성 우***
Park, Sung-Woo

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 concrete has been estimated in comparison with polypropylene, poly vinyl alcohol fiber and cellulose fiber. Nylon fiber showed considerable advantages in terms of the workability of concrete and the plastic shrinkage cracking reduction of concrete compared with polypropylene fiber and cellulose fiber.

1. 서론

토목 및 건축 재료로 가장 널리 사용되고 있는 콘크리트는 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. 콘크리트 구조물에서 소성 및 건조수축은 콘크리트가 경화하면서 발생하는 지속적인 수분의 증발로 인한 균열이며, 이러한 균열은 콘크리트에 있어서 투수성을 증가시켜 다양한 형태의 파괴를 유발시키고 또한 미관상으로도 좋지 않다. 이에 최근 국내에서는 콘크리트 타설 초기에 발생하는 소성수축균열을 제어하기 위한 목적으로 콘크리트 조성물에 첨가재료로써 보강섬유를 사용하는 것이 보편화되고 있는 추세에 있으며 이러한 현상은 현장에서의 시공성, 경제성, 하자발생저감 등의 관점에서 무관하지 않을 것이라 판단된다.

따라서 본 연구에서는 현재 국내에서 보편적으로 알려져 있는 섬유보강재인 폴리프로필렌섬유(이하 PP), 폴리비닐알콜섬유(이하 PVA), 셀룰로스섬유(이하 CELL), 나일론섬유(이하 NY)의 기초물성을 실험적으로 확인하고 이를 기초로 현장에 적용하여 현장품질개선 및 하자발생저감 등을 목표로 수행하였으며 최종결론은 현장에서의 시공성, 경제성, 균열제어성능 등을 종합하여 정리 하였다.

-
- * KG케미칼(주)건설소재사업본부 혼화제사업부
 - ** KG케미칼(주)건설소재사업본부 혼화제사업부 대리
 - *** 삼성물산(주)건설부문 기술연구소 연구원
 - **** 삼성물산(주)건설부문 기술연구소 수석연구원

2. 기본물성 평가

2. 1. 실험계획 및 방법

본 실험에서는 H사 1종 보통 포틀랜드 시멘트, 쇄석(비중 : 2.66, FM : 6.49) 및 강사(비중 : 2.58, FM : 2.8)를 사용하였다. 콘크리트 보강섬유는 A사의 단사형 NY 와 망사형 PP, B사의 CELL 와 단사형 PVA를 사용하였고, 혼화제는 표준형 AE 감수제를 각 배합에 동일하게 0.5 %를 첨가하였으며, 섬유 첨가량은 각 제조사별로 권장하고 있는 적정 혼입량(NY : 0.6 kg/m³, PP, PVA : 0.9 kg/m³, CELL : 1.2 kg/m³)을 적용하였다.

표 1. 콘크리트 배합 및 실험 사항

W/C 51 % S/A 48 % C 325 kg/m ³ AD 0.5 %	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	섬유 종류	섬유 길이 (mm)	섬유 직경 (μ m)	섬유 혼입량 (kg/m ³)	비중	실험사항	
								경화 전 콘크리트	경화 후 콘크리트
	18 \pm 1	4.5 \pm 1.5	Plain	-	-	-	-	슬럼프 공기량 균열실험	압축강도 인장강도 충격강도
			NY	19	23	0.6	1.16		
			PP	19	-	0.9	0.91		
			PVA	12	16	0.9	1.26		
			CELL	2.92	15	1.2	1.50		

2. 2. 경화 전 콘크리트 실험결과

경화 전 콘크리트의 물리특성 평가 실험은 KS F 2402(슬럼프), KS F 2421(공기량)의 규정에 따라 진행하였으며 소성수축균열 실험의 경우 90*90*15cm의 강철거푸집에 높이 10cm로 각 시료를 타설한 다음 온도 28 \pm 2 $^{\circ}$ C, 상대습도 50 \pm 5%, 풍속 4~5m/sec의 조건을 동일하게 조성하고 타설 후 12시간이 경과한 다음 균열의 길이 및 폭을 측정하여 면적으로 환산하였다.

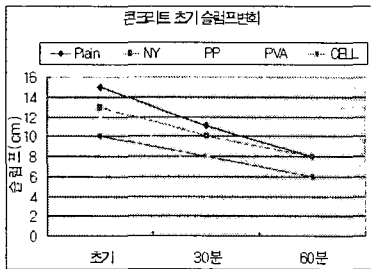


그림 1. 슬럼프 시험 결과

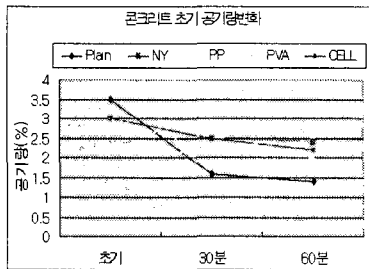


그림 2. 공기량 시험 결과

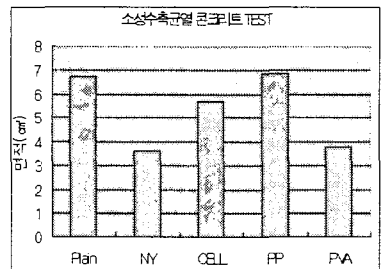


그림 3. 소성수축균열 실험결과

위의 그래프에서 보여지듯이 섬유보강재를 혼입한 경화 전 콘크리트의 슬럼프 및 공기량은 Plain 콘크리트와 비교하여 볼 때 초기값은 저하하는 경향을 나타내었으나, 경시변화에서 저하곡선이 완만하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이는 콘크리트 조성물에 고루 분포된 섬유가 수분 및 공기량을 구속하는 효과인 것으로 판단되며, 소성수축균열실험에서는 PP섬유의 경우 콘크리트 표면에 Hair현상이 많이 발생하여 마감면이 상당히 좋지 않은 결과를 나타내었고 CELL섬유보다는 NY, PVA 섬유의 균열제어성능이 상대적으로 우수한 것으로 나타났다.

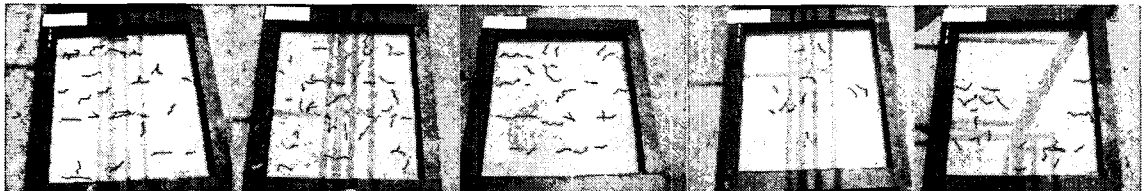


그림 4. Plain균열전경

그림 5. PP균열전경

그림 6. CELL균열전경

그림 7. NY균열전경

그림 8. PVA균열전경

2. 3. 경화 후 콘크리트 실험결과

경화 후 콘크리트물리적 평가 실험은 KS F 2403(압축강도), KS F 2423(인장강도)에 따라 진행하였으며 각각 재령 3일, 7일, 28일에서 강도를 평가하였다.

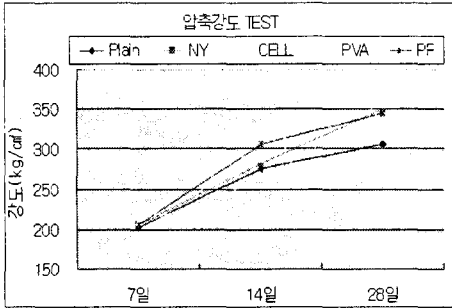


그림 9. 압축강도 결과

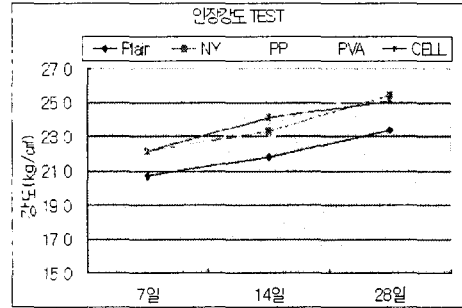


그림 10. 인장강도 결과

압축 및 인장강도의 평가 결과 섬유를 혼입한 콘크리트의 강도가 대부분 Plain 콘크리트보다 양호하게 나타났으며 이는 섬유보강재의 혼입에 의한 강도저하 등의 우려가 없다는 것을 나타냄을 알 수 있었다.

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	15	8	3.5	1.4	20.2	27.6	30.7	2.07	2.18	2.34
NY	13	8	3	2.4	20.5	28.1	35.1	2.21	2.33	2.54
PP	12	7	3	2	20.5	30.7	34.5	2.23	2.29	2.43
PVA	11	6	3	1.6	20.7	26.1	35.1	2.18	2.37	2.59
CELL	10	6	3	2.2	21.0	28.8	35.6	2.21	2.41	2.51

3. 현장적용

3. 1. 지상1층 누름 CON'C부위 적용

수원시에 위치한 00 현장의 지하주차장 상부 누름 CON'C 부위에 당초 설계인 Wiremesh를 대체하여 CELL, NY 섬유를 타설하였으며 타설 후 10일이 경과한 다음 마감면 상부의 균열을 비교하여 균열저감 성능을 비교하였다.

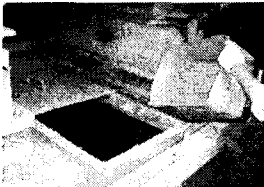


그림 15. CELL 섬유투입



그림 16. NY 섬유투입



그림 17. CELL 섬유 타설면



그림 18. NY 섬유 타설면

현장적용결과 섬유보강 콘크리트가 종래에 시공하던 Wiremesh보다 시공성 및 경제성 확보에 유리함을 확인할 수 있었으며 균열제어성능 효과는 CELL 섬유보다 NY 섬유가 좋을 수 있었다.

3. 2. 공장동 바닥 무근 CON'C부위 적용

수원시에 위치한 00현장의 FAB동 바닥부위에 적용하였으며 당초 설계는 Wiremesh설치부위에 콘크리트를 타설

하고 타설 후 3m 간격으로 신축줄눈(건식cutting)을 적용할 예정이었으나, 설계변경 후 시공방법은 먼저 Treeform + 신축재를 30×30m간격으로 설치한 다음 CELL, NY 섬유 혼입 콘크리트를 타설하는 방법으로 시공하였고, 타설 후 5~10일이 경과한 다음 마감면 상부를 관찰하여 균열저감 성능을 비교하였다.

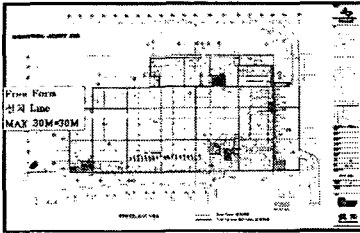


그림 11. 시공도면

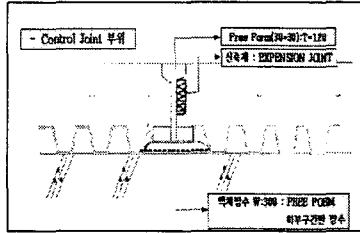


그림 12. Treeform 상세도면

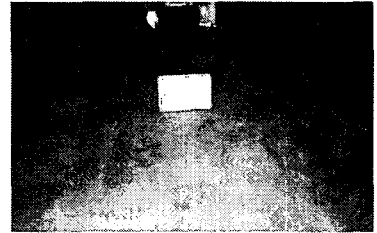


그림 13. CONC 타설 후 전경

현장시공 후의 적용효과분석에서는 Wiremesh를 사용하였을 때보다 보강섬유를 혼입한 콘크리트를 타설하였을 때가 경제성 확보(약 25~40%절감효과)가 될 수 있는 것을 확인하였으며, 균열제어성능은 Wiremesh 시공 후 신축줄눈을 적용하였을 때보다 Treeform 설치 후 보강섬유(NY, CELL)혼입 콘크리트를 타설하였을 때 균열발생이 현저하게 줄어드는 것을 확인할 수가 있었다.

5. 결론

최근 들어서 사용이 보편화 되고 있는 콘크리트 보강섬유의 기초물성과 균열제어성능을 실험적으로 비교하여 이를 토대로 현장에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 실험결과 콘크리트 보강섬유의 혼입이 초기 공기량 및 슬럼프에 미치는 영향은 오차범위 이내에서 저하하는 값의 경우 기초물성에 크게 영향을 미치지 않으나 저하폭이 오차범위를 벗어날 경우 배합상의 고려가 필요한 것으로 판단된다.
- 2) 실험결과 콘크리트 보강섬유의 혼입에 의한 압축 및 인장강도에 미치는 영향은 대부분 Plain 콘크리트보다 상회하는 결과를 나타내었으며 이는 콘크리트 보강섬유 혼입으로 인한 강도저하의 우려가 없다는 것을 알 수 있었다.
- 3) 소성수축균열 제어성능의 경우 모든 섬유에서 균열제어성능이 발현되는 것을 확인할 수 있었으며 그중 NY, PVA섬유의 균열제어성능이 가장 우수 하였다.
- 4) 현장적용부분에서는 종래에 많이 쓰이던 Wiremesh를 대체하여 보강섬유를 투입하여 균열제어성능을 비교하였으며, 적용결과 경제성확보(약 25~40%절감효과) 및 균열제어성능 부분에서 우수함을 알 수 있었다. 또한 균열제어의 목적으로 섬유보강재를 사용할 경우 Joint(Treeform)계획을 병행하여 시공할 경우 균열저감효과에 좋은 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 박성우, 김규용, 윤성훈, 권용주 “셀룰로스섬유의 소성수축균열 저항성과 현장적용에 관한 연구”, 한국콘크리트 학회 2004년도 가을 학술발표회 논문집, Vol, 16 No. 2 pp. 699-702
2. 김병기, 김용태, 안태호, 김광련, “섬유보강 콘크리트에서 나일론 섬유의 응용가능성” 콘크리트 학회지, 제 16권 6호, 2004년 11월, pp. 65-73.
3. 한천구 외 4명, “폴리프로필렌 섬유의 혼입률 및 부재크기 변화에 따른 고성능 콘크리트의 내화 특성”, 콘크리트 학회지, 제 14권 4호, 2002년 8월, pp. 449-456.
4. 오병환, 백상현, “폴리프로필렌 합성섬유보강 콘크리트의 강도 특성 및 건조수축균열제어 특성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 1996년도 봄 학술발표회 논문집, Vol. 8 No. 1, pp. 146 - 152.
5. 오병환, 이형준, 강영진, “섬유 콘크리트의 강도 및 역학적 특성에 관한 연구”, 대한토목학회논문집, 제 9권 제3호, 1989년 9월, pp.49-56.