

섬유종류 변화에 따른 콘크리트의 역학적 특성에 관한 연구

A study on the Mechanical Properties of Concrete Corresponding to Various Fibers

유 승 엽* 이 상 래** 강 석 화*** 송 영 찬**** 김 용 로***** 정 양 희*****
Yoo, Seung Yeup Lee, Sang Rae Kang, Suck Hwa Song, Young Chan Kim, Yong Ro Jung, Yang Hee

ABSTRACT

This study investigated mechanical properties of the concrete using standard contents which was existent fibers in Korea to apply the method for reducing crack of the non-reinforced concrete for the public space of an apartment with a fiber reinforcement. Results were summarized as following. The slump was slightly declined corresponding to the increase of the surface area and bridge effect of the fibers. For properties of the hardened concrete, the compressive strength was slightly reduced caused by the decrease of bonding strength between fiber and cement paste. The tensile strength was little increased according to bridge effect of the fibers, and the flexible strength and length change due to the drying shrinkage did not showed remarkable tendency.

요 약

본 연구는 섬유보강 콘크리트를 사용한 APT 공용부 무근 콘크리트 균열저감공법의 적용을 위하여 국내에서 판매되는 섬유 종류별 표준사용량을 사용한 콘크리트의 역학적 특성을 분석한 것으로, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프는 섬유 혼입 시 약간 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 섬유의 표면적 증가 및 섬유의 가교작용에 기인한 결과로 분석된다. 경화 콘크리트의 특성으로 섬유 혼합 시 압축강도는 섬유와 시멘트 페이스트와의 부착력 저하에 의해 약간 감소하는 것으로 나타났고, 인장강도는 섬유의 가교작용에 의해 약간 증가하는 것으로 나타났으며, 휨강도 및 건조수축 길이변화는 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

* 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 연구원

** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 주임연구원

*** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 소장, 공학박사

**** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 연구원

***** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 주임연구원, 공학박사

***** 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 주임연구원

1. 서 론

콘크리트는 물, 시멘트, 잔골재 및 굵은 골재가 혼합된 복합체의 일종으로 수화반응을 거쳐 경화하는데, 이때 콘크리트는 건조한 외기에 의한 수분 증발로 수축이 일어나고, 건조되지 않는 내부 콘크리트에 의한 구속으로 외부 콘크리트에 인장응력이 작용하여 소성 및 건조수축균열이 발생하게 된다.

최근에 이러한 균열을 방지하기 위해 보강재로 섬유 사용이 증가하고 있는 추세인데, 섬유종류에 따라 슬럼프, 공기량, 균열저감 및 강도발현성에 큰 차이가 있어, 실무적용 시 적합한 섬유의 선택이 무엇보다 중요하다.

따라서 본 연구에서는 표면적이 넓은 구조물에 사용되는 무근 콘크리트의 균열 제어를 목적으로 국내에서 판매되는 섬유 종류별 표준사용량을 사용한 콘크리트의 역학적 특성을 분석함으로써, 섬유보강 콘크리트를 사용한 APT 공용부 무근 콘크리트 균열저감공법의 적용을 위한 참고 자료로 제시하고자 한다.

표 1. 실험계획

배합사항				실험사항	
W/B (%)	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	섬유종류	굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
58.4	180±25	4.5±1.5	Ny PP PVA Cel-1 Cel-2	슬럼프 (0, 60분) 공기량 (0, 60분)	압축강도 (3, 7, 28일) 인장강도(28일) 휨강도(28일) 건조수축 (1~28일)

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획 및 콘크리트 배합은 표 1 및 2와 같다.

설계기준강도 18MPa를 가정한 W/B 58.4% 1수준에 대하여 섬유를 혼입하지 않은 배합을 플레인 배합으로 정하고, 섬유의 종류를 나일론 섬유(이하 Ny), 폴리프로필렌 섬유(이하 PP), 폴리비닐알콜 섬유(이하 PVA), 셀룰로오스 섬유(이하 Cel-1, 2) 2수준 총 6배치의 실험을 계획하였다.

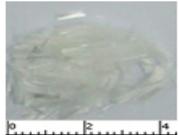
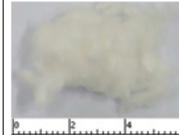
이때 배합사항으로, 플레인 콘크리트는 목표 슬럼프 180±25mm, 목표 공기량 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계 하였고, 섬유종류에 따라서 플레인 콘크리트와 동일 물성을 만족하도록 배합설계 하였다.

실험사항으로, 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프, 공기량을 측정하였고, 경화 콘크리트에서 압축강도,

표 2. 콘크리트 배합

구분	W	SP/C (%)	AE/SP (%)	질량배합(kg/m ³)					
				C	FA	BS	S ₁	S ₂	G
Plain	173	0.8	0.60	207	30	59	438	440	972
Ny		0.8	0.60						
PP		0.9	0.53						
PVA		1.0	0.60						
Cel-1		1.0	0.60						
Cel-2		0.8	0.60						

표 3. 섬유 종류별 특성

구분	Ny	PP	PVA	Cel-1	Cel-2
종류	합성섬유			천연섬유	
형상					
밀도	1.15	0.91	1.3	1.5	1.10
섬유길이(적용)	3~19mm(6mm)	12~25mm(9mm)	6mm(8mm)	3mm(3mm)	1.9~2.3mm(2mm)
1m ³ 당 섬유수	46×106	32×106	29×106	1,100×106	1,431×106
표준사용량	0.6kg/m ³	0.9kg/m ³	0.9kg/m ³	1.2kg/m ³	0.6kg/m ³
특성	친수성 내화학성	내약품성	친수성 내알칼리성	친수성	친수성

인장강도, 휨강도 및 건조수축 길이변화를 표 1의 재령에 측정하였다.

2.2 사용재료

사용재료로 시멘트는 국내산 T사의 보통 포틀랜드 시멘트(밀도:3.14g/cm³, 분말도:3397cm²/g)를 사용하였고, 골재로써 잔골재는 충북 진천산 개답사(밀도:2.59g/cm³) 및 인천산 세척사(밀도:2.60g/cm³)를 5:5의 비율로 혼합하여 사용하였으며, 굵은 골재는 충북 진천산 25mm 부순 굵은 골재(밀도:2.70g/cm³)를 사용하였다. 혼화재료로써 혼화제는 전남 광양산 고로슬래그 미분말(3종, 밀도:2.90g/cm³, 분말도:4,626cm²/g) 및 경남 하동산 플라이 애쉬(2종, 밀도:2.20 g/cm³, 분말도:4,045cm²/g)를 사용하였고, 혼화제는 국내산 T사의 폴리칼본산계 고성능 감수제를 사용하였으며, 섬유는 국내산을 사용하였는데, 그 종류 및 특성은 표 3과 같다.

2.3 실험방법

실험방법으로 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프 및 공기량은 KS F 2402 및 KS F 2421의 규정에 의거 실시하였고, 경화 콘크리트에서 압축강도, 인장강도 및 휨강도는 KS F 2405, KS F 2423 및 KS F 2408규정에 의거 측정하였고, 건조수축 길이변화는 시험체에 게이지를 매설한 후 데이터로거를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

그림 1은 섬유 종류에 따른 굳지않은 콘크리트의 특성을 나타낸 것이다.

섬유종류에 따른 슬럼프는 모두 목표 슬럼프를 만족하는 것으로 나타났다.

고성능감수제의 사용량은 PP, PVA 및 Cel-1을 사용한 경우 초기 유동성 저감으로 여타 배합에 비해 0.1~0.2% 사용량이 증가하였는데, 이는 PP, PVA 및 Cel-1의 단위체적당 표준사용량이 여타 배합보다 높아 시멘트 페이스트와 접하는 섬유의 표면적 증가 및 섬유의 가교작용으로 인해 시멘트 매트릭스간의 네트워크 형성이 치밀해진 것에 기인하여 유동성이 감소하였기 때문인 것으로 분석된다.

섬유종류에 따른 공기량은 Ny 및 PVA를 제외하고 목표 공기량을 만족하는 것으로 나타났는데, Ny 및 PVA 사용 시 PP와 마찬가지로 AE제 사용량을 줄여야 할

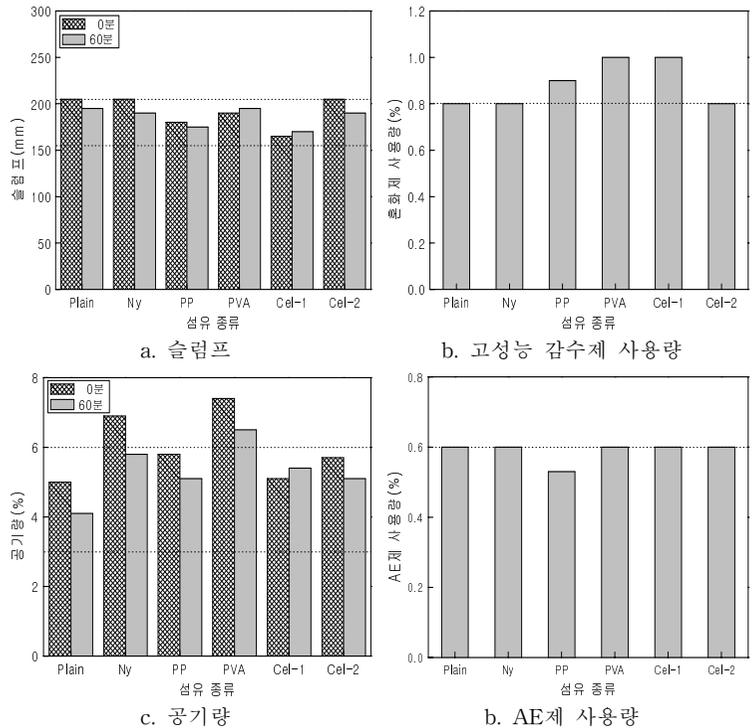


그림 1. 굳지않은 콘크리트 특성

것으로 판단된다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

그림 2는 섬유 종류에 따른 재령별 압축강도를 나타낸 것이다.

재령별 압축강도는 섬유종류에 관계없이 섬유 혼입 시 약간 감소하는 경향을 보였는데, 이는 섬유와 시멘트 페이스트간의 부착력 저하에 기인한 결과로 분석되어지나, 재령 28일 압축강도는 공히 설계기준강도 이상을 발현하여, 섬유 종류별 압축강도의 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

그림 3 및 4는 섬유 종류에 따른 28일 재령의 인장강도 및 휨강도를 나타낸 것이다.

인장강도는 Ny를 제외한 모든 섬유에서 Plain 이상 발현하는 것으로 나타났는데, 이는 섬유의 가교작용으로 인해 시멘트 매트릭스간의 네트워크 형성이 치밀해진 것에 기인한 결과로 분석된다. 휨강도는 섬유종류에 따라 약간의 차이가 있으나, 큰 차이는 아닌 것으로 사료된다.

그림 5는 섬유 종류에 따른 건조수축 길이변화를 나타낸 것이다. 건조수축 길이변화는 Ny 및 PP가 Plain에 비해 작은 것으로 나타났는데, 전반적으로 섬유 종류에 따른 건조수축의 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 섬유보강 콘크리트를 사용한 APT 공용부 무근 콘크리트 균열저감공법의 적용을 위하여 국내에서 판매되는 섬유 종류별 표준사용량을 사용한 콘크리트의 역학적 특성을 분석한 것으로써, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 굳지않은 콘크리트의 특성으로 슬럼프는 섬유 혼입 시 약간 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 섬유의 표면적 증가 및 섬유의 가교작용에 기인한 결과로 분석된다.

2) 경화 콘크리트의 특성으로 섬유 혼합 시 압축강도는 섬유와 시멘트 페이스트와의 부착력 저하에 의해 약간 감소하는 것으로 나타났고, 인장강도는 섬유의 가교작용에 의해 약간 증가하는 것으로 나타났으며, 휨강도 및 건조수축 길이변화는 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한천구, 윤기원, 한민철, 신현섭, “나일론 섬유보강 콘크리트의 특성에 관한 기초적 연구”, 대한건축학회논문집 구조계, 23권 4호, pp.95~102, 2007.

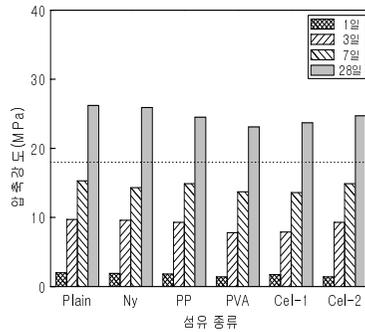


그림 2. 섬유종류별 압축강도

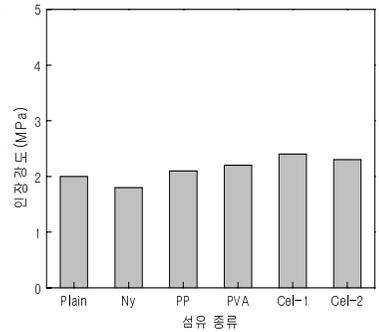


그림 3. 섬유종류별 인장강도

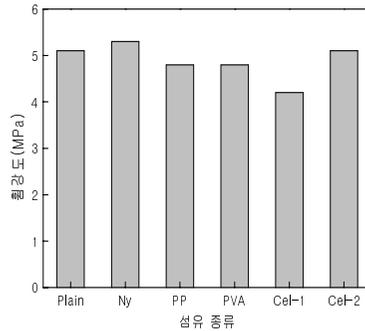


그림 4. 섬유종류별 휨강도

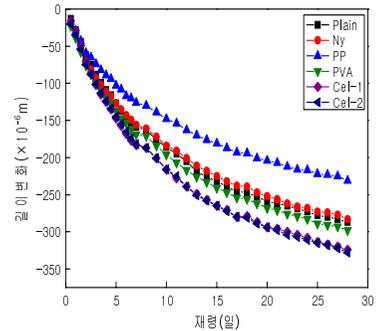


그림 5. 섬유종류별 건조수축 길이변화