

섬유 혼입 비율에 따른 섬유보강 콘크리트의 재료특성.

Material property of fiber reinforced concrete according to the fiber blended ratio.

박 춘 근^{*} 김 남 호^{**} 이 종 필^{***} 김 학 연^{****}
Park, Choon Gun Kim,, Nam Hol Lee, Jong Pil Kim, Hag Youn

ABSTRACT

In this paper, material property of fiber reinforced concrete(FRC) according to the steel fiber, glass fiber and carbon fiber blended ratio. The fiber reinforced concretes are increased mechanical strength, because the fibers are dispersed with randomly direction and disturb crack progression in concretes. Adhesive fracture is occurred slowly at interface between fiber and concrete, and the fracture energy is absorbed due to softening phenomenon.

1. 서론

콘크리트는 압축강도 강성능이 우수하여 건축 재료로써 널리 사용되어 왔으나 인장강도가 낮으며 또한 응력을 받을 때 취성적인 파괴성향을 갖고 균열을 발생 시키는 본질적인 단점을 가지고 있다.

이러한 일반적인 콘크리트의 단점을 보완하고자 섬유로써 보강된 섬유보강 콘크리트의 경우에는 콘크리트 내 섬유의 균열제어 작용에 의하여 강도와 특히 섬유가 콘크리트 사이에서 부착파괴가 서서히 일어나며 이들 계면에서 연화현상이 일어남으로써 큰 에너지를 흡수하여 연성이 증가하게 되며 충격강도의 증가 및 열에 의한 균열을 감소시킬 수 있다.

본 실험에서는 섬유보강 콘크리트의 재료특성을 알아보기 위해 섬유 종류 및 혼입율의 변수에 따른 섬유보강콘크리트의 재료적 특성을 실험하고 이를 분석함으로써 섬유보강 콘크리트에 대한 기초 실험을 수행하였다.

* 정회원, 한국생산기술연구원 수석 연구원, 공학박사

** 정회원, 한국기술교육대학교 조교수, 공학박사

*** 정회원, 한국생산기술연구원 선임 연구원

**** 정회원, 한국기술교육대학교 석사과정

2. 실험 개요

표1. 골재의 물리적 성질

종류 \ 항목	G _{max} (mm)	비중	흡수율 (%)	조립율 (F.M)
골재	13	2.64	1.40	6.75
모래	-	2.59	1.35	2.21

2.1 사용재료의 종류 및 특성

본 실험에서 사용된 재료로 1종 보통 포틀랜드시멘트와 혼합재로 분말도 4,500cm²/g (Blaine Specific Surface Area)의 BFS, 분말도 20,000cm²/g의 Silica Fume를 사용했고, 고성능 혼화제, 최대 치수 13mm의 골재와 비중 2.59의 자연모래를 사용하였다.

보강재로 사용된 섬유는 물리적 성질은 표 2에 정리하였다.

표2. 섬유의 물리적 성질

종류 \ 항목	인장강도 (kg/cm ²)	비중	길이 (mm)	Aspect ratio
강섬유	7,000	7.86	30	60
탄소섬유	17,500	1.9	10	20
유리섬유	25,000	2.78	19	80

2.2 배합 설계

본 실험에서 강섬유를 전체 용적배합 볼륨의 1.5%를 첨가했을 때 목표 슬럼프를 18cm로 잡았다. 섬유의 종류와 혼입율에 따른 배합특성을 알아보기 위해 섬유의 혼입율과 혼화제의 첨가량을 제외한 모든 조건을 고정시켰다.

표3. 실험 배합비(강섬유 1.5%첨가, Batch량 40l 기준)

W/B	잔골재율 (%)	섬유 (kg)	단위량 (kg)						혼화제 (g)
			물	시멘트	BFS	Silica Fume	모래	골재	
26	46	4.8	6.8	19.6	5.23	1.31	27.13	32.46	392

표4. 섬유 종류에 따른 혼입율(단위: %)

시험체명	강섬유	탄소섬유	유리섬유	혼화제 첨가량	시험체명	강섬유	탄소섬유	유리섬유	혼화제 첨가량
NF	0.0	0.0	0.0	2.0	MGF025	0.0	0.0	0.25	2.0
MSF150	1.5	0.0	0.0	2.0	MGF050	0.0	0.0	0.5	2.0
MSF175	1.75	0.0	0.0	2.0	HSC175	1.5	0.25	0.0	2.5
MSF200	2.0	0.0	0.0	2.0	HSC200	1.5	0.5	0.0	2.5
MCF025	0.0	0.25	0.0	2.0	HSG175	1.5	0.25	0.0	2.5
MCF050	0.0	0.5	0.0	2.0	HSG200	1.5	0.5	0.0	2.5

2.3 실험 방법

본 실험에서 콘크리트의 배합은 표3, 표4의 배합비에 따라 총 12배합을 실시하였고, KS F2402에 의거 슬럼프 테스트, KS F 2405에 의거 압축강도 시험, KS F 2423에 의거 할렬 인장강도 시험, KS F 2408에 의거 휨강도 실험을 실시하였고 7일, 28일 강도를 측정하였다.

3. 실험결과 분석

3.1 섬유보강 콘크리트의 압축강도 특성

섬유보강 콘크리트의 압축강도는 배합비의 W/B가 26%이고 혼합재인 Silica Fume의 영향으로 보통 콘크리트강도 24MPa보다 높게 측정되었다. 혼입된 섬유의 종류를 살펴보면 섬유가 혼입되지 않은 NF배합보다 섬유가 혼입된 배합의 강도가 높게 측정되었고, 강섬유가 혼입된 배합의 강도가 대체적으

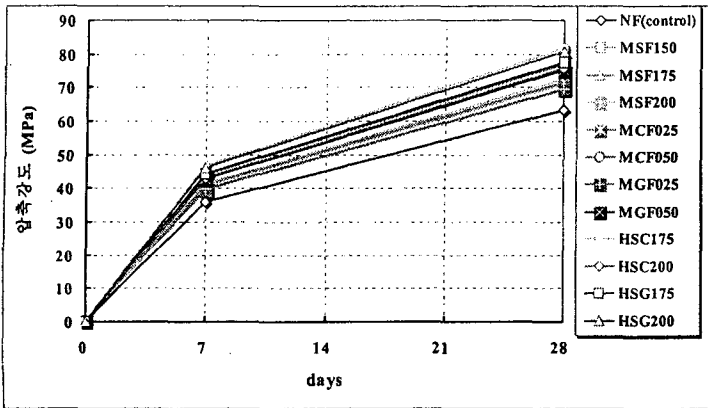


그림 1 섬유보강 콘크리트의 압축강도 결과
적기 크기 때문에 배합시 일정하게 분산되지 않은 결과라 사료된다. 유리섬유의 경우 혼입량이 많을수록 강도가 증가하는 것으로 나타났다.

3.2 섬유보강 콘크리트의 할렬 인장강도

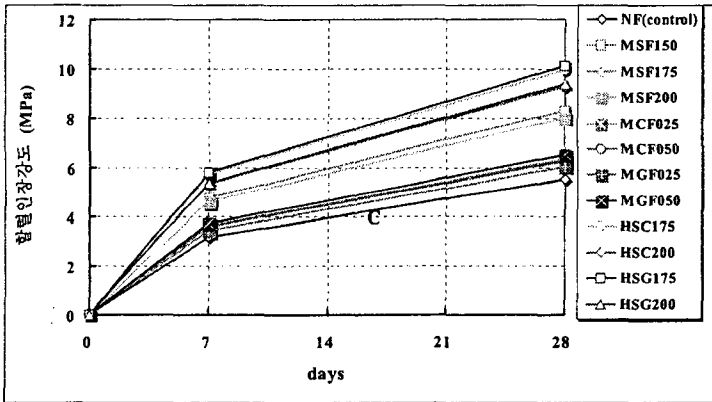


그림 2 섬유보강 콘크리트 할렬 인장강도 결과
리섬유가 더 효과적인 것으로 판단된다.

3.3 섬유보강 콘크리트의 휨강도

섬유보강 콘크리트의 휨강도는 강섬유의 혼입량이 많을수록 파괴에너지의 양이 증가하고 휨강도도 증가하는 것으로 나타났다. 단일 배합의 경우 섬유의 혼입량이 적어 항복시 섬유가 파괴에너지를 흡수하지 못하고 NF배합과 동일한 파괴경향을 나타내고 있다.

강섬유 배합과 하이브리드 배합의 파괴 경향에 있어서 콘크리트가 항복점에 도달하고 갑자기 취성 파괴가 일어나는 것은 Silica Fume의 영향으로 인해 취성파괴가 일어나고 섬유가 콘크리트 사이에서 부착파괴가 서서히 일어나며 이를 계면에서 연화현상이 일어남으로써 큰 에너지를 흡수하는 것으로 판단된다.

하이브리드 배합에서 탄소섬유보다 유리섬유의 휨강도가 높게 나타난 것은 탄소섬유의 길이가 인장 응력을 전이할 만큼 충분하지 않고 배합에 있어서 콘크리트 믹싱기기의 한계로 인해 섬유가 일정하게 분산되지 않아 강섬유를 혼입한 배합과 별다른 차이를 보이지 않는 것으로 사료된다.

로 높게 측정되었다.

이는 섬유가 콘크리트 내에 임의의 방향으로 분산되어 보강됨으로써 콘크리트를 구속하는 효과를 가져 오며 압축 응력을 받을 때 압축응력에 의한 균열의 진행을 제어하기 때문으로 사료된다.

하이브리드 배합의 경우 혼입량이 많은 강섬유의 영향이 지배적이고, 탄소섬유의 혼입량이 낮은 HSC175배합의 강도가 HSC200보다 가장 높게 측정되었는데 이는 탄소섬유의 표면

적이 크기 때문에 배합시 일정하게 분산되지 않은 결과라 사료된다. 유리섬유의 경우 혼입량이 많을수록 강도가 증가하는 것으로 나타났다.

섬유보강 콘크리트의 할렬 인장강도는 NF, MCF025, MCF050, MGF025, MGF050의 강도가 낮게 측정되었는데 이는 섬유의 혼입량이 적어 항복이후 에너지를 흡수하지 못해 배합에 영향을 주지 못한 것이라 사료되고, 하이브리드 배합의 경우 배합시 섬유가 일정하게 분산되지 않아 섬유 혼입량이 낮은 배합의 강도가 높게 측정되었다. 또한 유리섬유와 탄소 섬유의 강도차이는 크지 않지만 콘크리트 믹싱이나 실용성 면에서 유

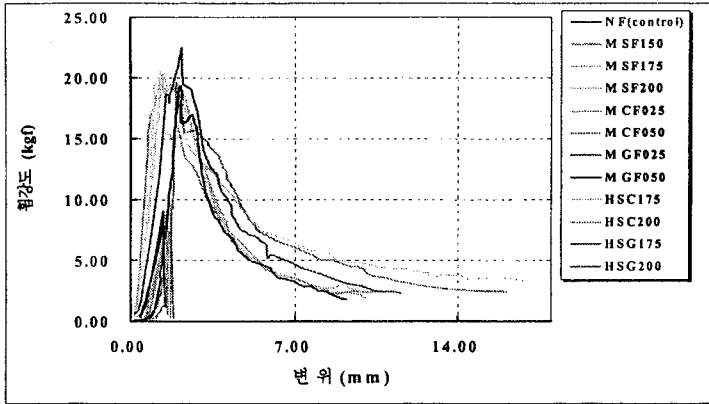


그림 3 섬유보강 콘크리트의 휨강도 결과

에 고에너지의 플렉서블 베이스 타입의 믹서기로 배합 하는 게 필요하다고 생각된다.

3) 섬유의 길이가 인장응력을 충분히 전달할 만큼의 Aspect ratio를 확보해야 하고, 또한 하이브리드 배합의 경우 유리섬유와 탄소 섬유의 강도차이는 크지 않지만 콘크리트 믹싱이나 실용성 면에서 유리섬유가 더 효과적인 것으로 판단된다.

4) 콘크리트가 항복점에 도달하고 갑자기 취성파괴가 일어나는 것은 Silica Fume의 영향으로 인해 취성파괴가 일어나고 섬유가 콘크리트 사이에서 부착파괴가 서서히 일어나며 이들 계면에서 연화현상이 일어남으로써 큰 에너지를 흡수하는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. H.W.Reinhardt and A.E.Naaman, High Performance Fiber Reinforced Cement Composites
2. 철근콘크리트분과위원회, 섬유보강 콘크리트 기술보고서

4. 결론 및 고찰

1) 섬유가 콘크리트 내에 임의의 방향으로 분산되어 보강됨으로써 콘크리트를 구속하는 효과를 가져 오며 응력을 받을 때 응력에 의한 균열의 진행을 제어하여 강도 증진 효과를 가져 온다.

2) 섬유의 혼입량이 적으면 항복시 섬유가 파괴에너지를 흡수하지 못하기 때문에 섬유의 비율을 늘릴 필요가 있지만, 기존의 회전식 믹싱 방법으로는 배합이 이루어지지 않기 때문