

반복전단응력에 의한 강섬유 2경간 연속보의 실험적 연구

A Study on Experimental of Two-spans Beam with Steel Fiber According to Repetitive Shear Stress

곽계환 · 석인수 · 조선정(원광대) · *박종건(농업기반공사)
Kwak, Kae Hwan · Suk, In Soo · Cho, Sun Jung, *Park Jong Gun

Abstract

In this research, a basis test on steel fiber concrete's material property was carried out and optimum design as well as material property was examined. In corroboration of it, the compressive strength was compared with the tensile strength and this paper tried to get the initial load of flexural cracking and the ultimate load in the positive-negative moment section through the static test of beam.

The addition rate of the steel fiber, 0.75 SFRC specimen was failed at 65~75% of the static ultimate strength and it could be concluded that fatigue strength to two million cycle was around 75.2%.

I. 서론

강섬유 보강콘크리트는 보통콘크리트에 비하여 충격강도가 매우 크고 휨강도, 피로강도 및 파괴에 대한 저항능력이 증가하는 등 많은 장점이 있으나 시공성이 저하되고 재료의 분리가 생길 위험성이 크며 실제 시공시에는 어려움도 있다. 강섬유 보강 콘크리트의 제특성은 사용하는 강섬유의 형상 및 치수, 재질 등 강섬유 자체의 특성과 골재의 종류 및 크기, 물시멘트비, 세골재 및 혼화재료 등에 의해서 지배되나 이 경우 강섬유가 콘크리트 매트릭스 중에 균일하게 분산되는 것이 전제조건으로 요구된다.

따라서 본 연구에서는 교량의 실제 모형에 준하는 실험을 위해서 2경간 연속보를 실험하게 되었으며 강섬유의 균등분산, 적절한 워커빌리티 및 요구 성능의 확보등 3가지 점을 고려하여 강섬유를 0.75% 혼입한 2경간 연속보에 대한 시험을 실시하고자 한다. 첫째, 강섬유 콘크리트의 재료특성에 대한 기본 실험을 실시하여 최적배합설계 및 재료적 특성을 파악한다. 둘째, 강섬유를 혼입한 2경간 연속보의 정적시험을 통하여 극한강도를 파악한다. 셋째, 반복횟수와 변형률관계, 반복횟수와 중앙처짐관계, 반복횟수에 따른 균열성장과 파괴양상 및 피로수명등을 파악하여 피로특성을 규명한다.

II. 재료 및 방법

1. 사용재료

가. 시멘트

본 실험에서는 S 주식회사의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

나. 골재

본 실험에 사용된 잔골재는 충남 부여 백마강 강모래로써 비중은 2.62, 조립율은 2.72를 나타냈다. 굵은 골재는 전북 익산 낭산 화강암 쇄석 골재를 사용하였다.

다. 철근

본 시편제작에 사용된 주철근(압축·인장)은 직경 19mm, 전단보강 철근은 직경 10mm를 사용하였다.

라. 고성능감수제

고성능 감수제는 일반적으로 같은 슬럼프의 콘크리트를 만드는데 대략 12~25%정도의 수량을 감소시킨다. 본 실험에서 사용한 고성능 감수제는 감수효과가 크고 공기량의 변화가 거의 없는 00화학의 EG콘을 사용하였다.

마. 강섬유

본 시편제작에 사용된 강섬유는 벨기에 D사 제품으로 형상비 80(=60/0.75)이고, 길이 60mm, 직경 0.75mm 이었다. 이것의 특징으로는 콘크리트와의 접착성이 매우 강하며, 휨 강도, 휨 인성, 유연성, 충격저항 및 인성강도가 대단히 높다.

2. 강섬유를 혼입한 콘크리트의 제조

본 실험에 사용될 강섬유 혼입 0.75% 시편 호칭강도 $f_{ck}=270\text{kgf/cm}^2$ 의 배합설계는 Table 1과 같다. 혼화제의 양은 시험배합을 통하여 콘크리트가 충분한 Workability를 가질수 있도록 가감하였다.

Table 1. 강섬유 혼입 콘크리트의 배합설계

굵은골재최대치수	호칭강도	슬럼프	공기량	물시멘트비(W/C)	잔골재율(S/a)	단위수량(W)	단위시멘트량(C)	잔골재(S)	굵은골재(G)	강섬유(0.75)	혼화제(0.4%)
25 mm	270 kgf/cm ²	6 cm	2.6 %	42.5 %	45.7 %	156.24 kg/m ³	433 kg/m ³	711.24 kg/m ³	951.83 kg/m ³	58.88 kg/m ³	1732 g/m ³

3. 실험방법 및 측정

가. 공시체 제작 및 실험방법

공시체는 압축강도와 쪼갬인장강도용으로 재령별로 각각 5개씩 총 20개를 제작하였다. 23℃ 상온에서 표준수중양생을 실시하였으며, 7일, 28일에서의 압축강도와 쪼갬인장강도를 측정하였다. 콘크리트 공시체의 압축강도, 쪼갬인장강도는 습윤양생한 공시체를 꺼내어 표면의 물기를 닦고 200ton 용량의 만능시험기에 장치한 후 KS F 2405, KS F 2423의 규정에 의해 하중을 매초 2.5kgf/cm²의 일정한 속도로 재하하여 실험을 실시하였다.

나. 시편 제작

본 연구에서 제작된 시편은 단면이 22×30×360cm, 지간의 길이는 170cm로 일정하게

하였으며, 전단 보강철근은 100% 보강하였다. 각 시편의 하중에 따른 철근의 변형율을 측정하기 위하여 인장철근, 압축철근 및 전단 보강철근에 스트레인 게이지를 부착하였다. Table 2는 제작된 실험부재의 제원을 나타내었다.

Table 2. 시편의 제원 및 명칭

부재명칭	부재의 크기 (cm)	압축철근 (mm)	인장철근 (mm)	스터럽 (mm)	전단지간 깊이비 (a/d)
SFRC 1-1 ~ 1-5	22×30×360	φ 19	φ 19	φ 10	3.3

※ SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete)1-1, 1-3 : 정적실험용 시편

SFRC 1-2, 1-4, 1-5 : 피로실험용 시편

III. 결과 및 고찰

1. 강도특성

강섬유 혼입 0.75% 콘크리트 압축강도와 쪼갬인장강도 실험결과는 Table3과 같다.

Table 3. 압축강도 및 쪼갬인장강도 실험 결과

압축강도(f_c) kgf/cm ²		쪼갬인장강도(f_{sp}) kgf/cm ²		f_c/f_{sp}
7일	28일	7일	28일	
276	431	34.1	50.61	8.52

2. 정적실험 결과

본 실험에서는 시편에 대하여 휨 균열이 최초로 발생하였을 때, 정·부 모멘트에서의 초기 휨 균열 하중과 철근의 극한하중을 관찰하였으며, 시편의 파괴양상은 전단보강 철근의 영향으로 휨 파괴가 유발되었다. 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. 정적실험 결과

시편명	실험장비	압축강도 f_{ck} (kgf/cm ²)	정 모멘트 초기균열(tf)	부 모멘트 초기균열(tf)	극한하중 (tf)	파괴양상
SFRC 1-1	MTS	431	4.1	10.5	24.5	휨파괴
SFRC 1-3	MTS		11	10	25.5	휨파괴

3. 피로실험 결과

정적실험을 통해 얻은 철근의 극한강도에 대하여 응력수준을 일정하게 하여 실험을 실시하였으며, 이에 따른 피로실험 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. 피로실험 결과

시편명	재하 속도 (Hz)	최대 하중 (tf)	최소 하중 (tf)	하중 범위 (%)	응력비 (R)	반복횟수 (N_u)	파괴양상
SFRC 1-2	5	18.8	1.9	75	0.1	2,148,500회	휨파괴(철근파단)
SFRC 1-4	5	17.5	1.8	70	0.1	2,577,000회	휨파괴(철근파단)
SFRC 1-5	5	16.3	1.6	65	0.1	2,639,000회	휨파괴(철근파단)

4. 반복횟수에 따른 균열성장과 파괴양상

Fig.1에서는 시편의 반복횟수 증가에 따른 균열성장과 파괴양상을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 피로실험 초기에 5회의 정적하중을 가력하였을 때 정·부 모멘트 부의 순수 휨 구간에서 휨 균열이 발생하였으며, 강섬유 혼입과 전단보강 철근의 영향으로 사인장 균열은 거의 발생하지 않았다.

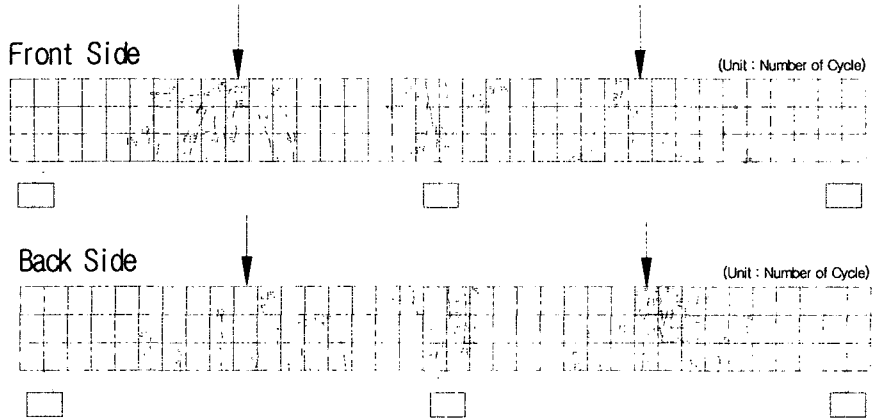


Fig. 1 SFRC 1-2 균열진전

IV. 결 론

본 연구는 강섬유를 혼입한 2경간 연속보의 피로실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 시편의 파괴양상은 전단보강 철근과 강섬유의 영향으로 휨 파괴가 유발되었다.
2. 최대처짐의 증가와 철근 변형율의 항복점까지 변화를 나타내는 것으로 보아 콘크리트 내에 혼입된 강섬유는 취성적 성질의 콘크리트를 연성화시킨다고 사료된다.
3. 시편에 혼입된 강섬유의 뿔힘 저항력으로 균열을 억제 즉, 응력의 교량역할 (Bridging Action)을 하고 있음을 확인 할 수 있었다.
4. 강섬유 혼입율 0.75% SFRC 시편은 정적극한강도의 65~75%에서 파괴되었고 반복횟수 200만회에 대한 피로강도는 78.2% 전후라고 판단된다.

참 고 문 헌

1. ACI Committee 215, "Considerations for Design of Concrete Structures Subjected to Fatigue Loading", ACI Journal, ACI 215R-74, Vol.71, No.3, March 1974. pp97~121
2. Batson, G. B., Ball, C., Bailey, L., Landers, E., and Hook, J., "Flexural Fatigue Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams,". Journal of ACI, Proceedings Vol. 69, No. 11, 1972, pp.673~677
3. K.H. Kwak, J. Suh and C.T.T. Hsu, "Fatigue Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams",second CANMET/ACI International Concrete on Durability of Concrete, Montreal Canada, 1991, pp369~384