

강섬유를 혼입한 철근콘크리트 보의 전단거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Shear Behavior of Reinforced Concrete Beams With Steel Fibrous

배 주 성^{*} 김 경 수^{**} 김 재 욱^{***} 최 일^{****}
BAE, Ju Seong Kim, Kyoung Soo Kim, Jae Wook Cui Yi

ABSTRACT

In civil engineering and construction field, recently the great enhancement of new material and building technique have been made by many studies and reports. These studies have attracted many countries. since 1980's those study on reinforcement with steel fiber have been done by America, Japan and the other countries. Designs and proposals on building method have been applied, several universities and laboratory centers in our country have been studied, but the study on field application is short. Also a part of study on the shear behavior of reinforced concrete beams with steel fiber has accomplished. but up to this time, reliable establishment is undone.

Therefore, this study is performed the static loading test to analysis shear failure behavior in reinforced concrete beams with steel fiber. we have observed the limit load of shear force, primary bending crack load, primary diagonal crack load, evaluating relative of load and steel, crack increase and failure shape according to increase of load.

Through the exam and the observation of output, we estimate the shear failure behavior of SFRC beams according to fiber mixing amount.

1. 서론

최근 토목, 건축분야의 건설재료로 광범위하게 사용하고 있는 콘크리트는 신소재 개발 및 시공기술 등의 향상에 힘입어 강섬유를 혼입한 콘크리트에 대한 연구는 1980년부터 미국, 일본 등 선진국을 중심으로 이루어져 구조물의 설계 및 다각적인 실용화 방안제시로 실제 시공상에서 많이 적용되었으나 국내에서는 일부 대학과 기업체의 연구소 등에서 연구를 진행되어 왔다. 그러나 실제 시공을 위한 연구는 부족하다. 또한 강섬유를 혼입한 철근콘크리트는 보의 전단거동에 대하여 일부 연구가 이루어져 왔으나 아직도 명확한 정립이 이루어지지 못하고 있는 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 강섬유를

* 정회원, 전북대학교 토목공학과 교수 · 전북대학교 공업기술연구소

** 정회원, 전북대학교 토목공학과 박사과정

*** 정회원, 전북대학교 토목공학과 박사과정

**** 정회원, 전북대학교 토목공학과 박사과정

혼입한 정적실험을 통해 전단내력에 영향을 미치는 극한 하중, 초기 휨균열하중, 초기 사인장균열하중 등을 관찰하고, 하중과 철근의 변형율관계, 하중과 중앙처짐관계, 하중증가에 따른 균열성장과 파괴양상 등을 분석하여 이를 바탕으로 종합적인 평가를 실시하여 강섬유 혼입량에 따른 SFRC 보의 전단파괴거동을 파악하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표1과 같다.

표 1 Table 1 Details of Test beams

시험체명	혼입율 (%)	스팬비	Stirrup	Steel	압축강도 (kg/cm ²)
SF00SR15-1	0	1.5	2 ϕ 10	2 ϕ 22	210
SF00SR15-2	0	1.5	2 ϕ 10	2 ϕ 22	210
SF05SR15-1	0.5	1.5	2 ϕ 10	2 ϕ 22	210
SF05SR15-2	0.5	1.5	2 ϕ 10	2 ϕ 22	210
SF10SR15-1	1.0	1.5	2 ϕ 10	2 ϕ 22	210
SF10SR15-2	1.0	1.5	2 ϕ 10	2 ϕ 22	210
SF15SR15-1	1.5	1.5	2 ϕ 10	2 ϕ 22	210
SF15SR15-2	1.5	1.5	2 ϕ 10	2 ϕ 22	210

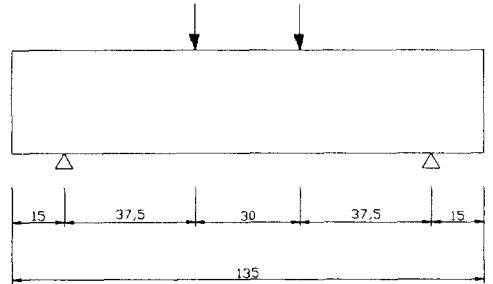


그림 1 Test set-up and specimen instrumentation for beams

2.2 실험방법

보의 전단거동을 파악하기 위하여 4점재하를 실시하였으며 시험체의 크기와 재하위치는 그림 1과 같다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 하중과 인장철근 변형을 관계

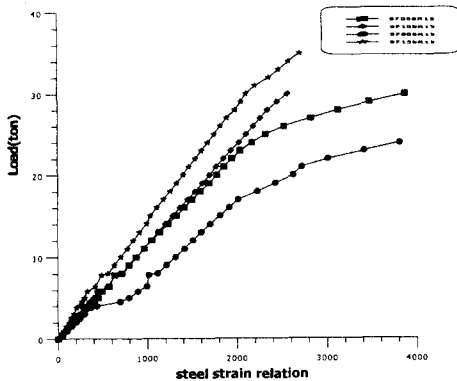


그림 2 Load - Steel strain relation

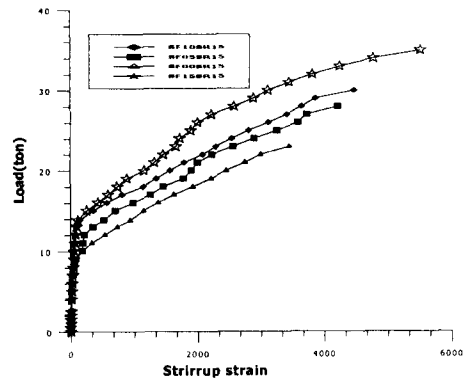


그림 3 Load-stirrup strain relation

그림 2에서 알 수 있듯이 강섬유를 혼입한 콘크리트 보는 극한하중이 강섬유를 혼입하지 않은 콘크리트 보에 비하여 더 크다. 뿐만 아니라 하중이 증가할 때마다 늘어나는 변형율의 크기는 강섬유 혼입율이 증가함에 따라 작아진다. 강섬유의 혼입율이 실험범위내에서 많으면 많을수록 강섬유의 외력에 대한 저항이 더욱 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 콘크리트 보에서 강섬유로 인한 내부의 응력재분배 효과가 일어난다고 볼 수 있다.

3.2 하중-스트립 변형을 관계

그림 3에서 알 수 있듯이 초기에 사균열이 발생하기 전까지는 스트립은 거의 전단응력을 부담하지 않으나 사인장균열이 발생한 후 스트립의 변형율의 기울기는 갑자기 작아지면서 콘크리트와 함께 외력에 저항한다. 그러나 강섬유의 혼입율이 증가함에 따라 인장철근의 변형율과 마찬가지로 하중-변형율곡선의 기울기가 작아지는 것을 볼 수 있는 데 이것으로 보아 강섬유도 전단응력을 부담하고 있다고 판단된다.

3.3 하중

본 연구에서는 실험한 결과 강섬유는 초기 휨균열하중에는 크게 영향을 미치지 않았다. 이것은 강섬유가 균열이 발생한 후 외력에 대한 저항능력이 크다고 볼 수 있다. 사균열하중은 강섬유의 혼입율에 따라 커지는 경향이 있다. 표 2에서 알 수 있듯이 강섬유 혼입율을 ACI식에 따라 설계하여 실험값과 비교하면 실험값이 더 크다는 것을 알 수 있다. 각각의 강섬유가 가지는 효과는 측정하기가 곤란하지만 강섬유의 혼입율에 따른 전단능력을 측정할 수 있으므로 일정한 범위의 강섬유의 혼입율을 가진 콘크리트 보의 실제거동을 예측할 수 있다고 판단된다.

표 2 Test result

시험체명	$p_{fc}(t)$	$p_{cr}(t)$	$p_u(t)$	ACI $\tau_{cr}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	Test $\tau_{cr}(\text{kg}/\text{cm}^2)$
SF00SR15-1	2.5	10.6	26.6	5.76	14.13
SF00SR15-2	2.8	10.8	25.4	5.76	14.4
SF05SR15-1	3.2	10.4	27.6	5.76	13.86
SF05SR15-2	2.6	11.2	28.2	5.76	14.93
SF10SR15-1	3.8	11.6	29.2	5.76	15.46
SF10SR15-2	3.4	12.2	30.8	5.76	16.26
SF15SR15-1	3.7	13.8	34.2	5.76	18.4
SF15SR15-2	3.4	14.3	33.6	5.76	19.06

표 2에서 알 수 있듯이 강섬유의 혼입율을 살펴본다면 강섬유혼입율이 증가할수록 극한 전단강도가 증가하는 추세를 나타내고 있다. 앞에서 언급한 바와 같이 강섬유는 결코 자체의 파괴인 것이 아니라 콘크리트와의 부착과피로 외력에 저항한다고 볼 수 있다. 따라서 강섬유가 콘크리트 보와 부착거동을 함으로써 외력에 저항하기 때문에 ACI 모델을 이용하여 다음과 같은 식으로 사균열전단강도와 극한 전단강도를 계산할 수 있다고 판단된다.

$$\tau_{cr} = \tau_c + a_1 p$$

여기서, $\tau_c = a_1 \sqrt{\sigma_{ck}}$

p : 강섬유 혼입율

a_1 : 강섬유혼입율에 따른 영향계수

τ_{cr} : 콘크리트 보의 사균열전단강도

$$\tau_u = a_2 \tau_{cr} + \frac{A_s f_y}{bs}$$

여기서, τ_u : 콘크리트 보의 극한전단강도

b : 콘크리트 보의 단면 폭

s : 스테럽의 간격

a_2 : 강섬유혼입율에 따른 영향계수

4. 결론

- 1) 강섬유의 혼입율이 실험범위내에서 많으면 많을수록 강섬유의 외력에 대한 저항이 더욱 크다는 것을 알 수 있었으며 따라서 콘크리트 보에서 강섬유로 인한 내부의 응력재분배 효과가 일어난다고 볼 수 있다.
- 2) 강섬유의 혼입율이 증가함에 따라 인장철근의 변형율과 마찬가지로 하중-변형율곡선의 기울기가 작아지는 것을 볼 수 있는 데 이것으로 보아 강섬유도 전단응력을 부담하고 있다고 판단된다.
- 3) 각각의 강섬유가 가지는 효과는 측정하기가 곤란하지만 강섬유의 혼입율에 따른 전단능력을 측정할 수 있으므로 실험값을 토대로 일정한 범위의 강섬유의 혼입율을 가진 콘크리트 보의 실제거동을 예측할 수 있다고 판단된다.
- 4) 강섬유가 콘크리트 보와 부착거동을 함으로써 외력에 저항하기 때문에 ACI 모델을 이용하여 다음과 같은 식으로 사균열전단강도와 극한 전단강도를 계산할 수 있다고 판단된다.

$$\tau_{cr} = 0.94\sqrt{\sigma_{ck}} + 297\mu$$

$$\tau_u = 1.55t_{cr} + \frac{A_s f_y}{bs}$$

참고문헌

- 1, 오병환 “ 섬유보강 콘크리트의 전망 및 필요성 ” 콘크리트학회지 제8권 4호 1996.8
- 2, K.H.Kwak, J. Sun and C.T.T Hsu, “ Shear-Faigue Bavior of Steel Fiber Reinforced Concrete”, ACI Strctural Journal, Vol. 88,No.2 November-December 1992, pp.658-664
3. 심종성, 이차돈, “ 강섬유보강 콘크리트의 기계적 성질 및 구조체 적용을 위한 연구 동향 ” 콘크리트학회지 제8권 r호 1996.8