

# 강섬유 보강계수를 고려한 전단보강 되지 않은 SFRC 보의 전단내력 평가

Evaluation of Shear Strength in SFRC Beam without Stirrups  
Considering Steel Fiber Strengthening Factor

이 현 호\*

Lee, Hyun-Ho

## Abstract

The purpose of this study is to evaluate the shear strength of SFRC beam that has no stirrups by steel fiber strengthening factor. To achieve the goal of this study, two stage investigation, which is material and member level, is studied with literature and experimental side. From the reviewing of previous researches and analyzing of material and member test results, strengthening parameter of SFRC is defined as steel fiber coefficient. Based on above results, steel fiber strengthening factor is proposed. And by reviewing the proposed equation of shear strength estimation, equation of Shin was well estimated the shear strength of SFRC beams. Therefore, shear strength equation of SFRC, which is composed by Shin's Eq. and steel fiber strengthening factor, is proposed by regression analysis of test results.

## 요 지

본 연구의 목적은 전단 보강근이 없는 강섬유 보강 콘크리트 보의 전단내력을 강섬유 계수를 이용하여 평가하기 위한 것이다. 이를 위하여 재료 및 부재 수준의 2단계 연구를 수행하였다. 기존 및 본 연구 결과에 의하면, 강섬유 보강 콘크리트의 주요 요인은 강섬유 계수로 평가되었으며, 이를 근거로 한 강섬유 보강계수가 제안되었다. 또한 기 제안된 전단내력식을 평가한 결과, 신성우 제안식이 강섬유 비보강 보의 내력을 적절히 평가하는 것으로 나타났다. 따라서 신성우 제안식에 강섬유 계수를 곱한 강섬유 보강 콘크리트의 전단내력식이 회귀분석에 의하여 제안되었다.

**Keywords** : Steel Fiber, Steel Fiber Strengthening Factor, Volume Fraction

**핵심 용어** : 강섬유, 강섬유 보강계수, 체적비

\* 동양대학교 건축학부 교수

E-mail : hhlee@phenix.dyu.ac.kr 054-630-1165

• 본 논문에 대한 토의를 2004년 3월 31일까지 학회로 보내주시면 2004년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

## 1. 서론

우리나라의 경우 80년 후반부터 90년 초반까지 강섬유 재료특성에 대한 연구가 일부 진행되었으며, 90년대 후반부터 강섬유 보강 콘크리트(SFRC)의 재료 특성 및 부재특성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이렇게 90년 후반부터 강섬유에 대한 연구가 다시 시작된 것은 고급합성재료로서의 강섬유 역할 및 관련 규정의 제정 등에 기인한 것으로 판단된다. 2003년에 발표된 기존 연구(2003)<sup>(1)</sup>에 의하면 구조제에 강섬유가 미치는 보강효과는 강섬유 계수(steel fiber coefficient, F) 및 강섬유 혼입률(steel fiber volume fraction %,  $V_f$ )이 주요한 평가 요소가 될 수 있다고 보고하고 있다.

본 연구에서는 전단보강되지 않은 SFRC 보의 전단 능력에 강섬유 계수 및 혼입률이 미치는 영향을 실험 결과 및 내력식에 대하여 평가하고자 한다. 이를 위하여 SFRC의 재료강도 및 부재강도 특성을 강섬유 계수 및 강섬유 보강량의 수준에서 평가하며, 이를 바탕으로 한 전단내력식을 평가 및 제안한다.

## 2. SFRC 보에 대한 예비 연구<sup>(2)</sup>

SFRC 보는 일반 콘크리트 보에 비하여 초기 균열 전단강도 및 최대 전단강도가 증가하며, 특히 스티럽과 강섬유를 동시에 보강했을 경우에 훨씬 효과적이라고 보고되고 있다. 또한 일부 연구 결과는 강섬유 혼입량으로 부재체적의 1%를 추천하고 있으며 주요한 연구결과는 다음과 같다.

Batson 등(1972)이 100×150×2000 mm 크기의 SFRC 보를 사용하여 파괴시의 전단강도 효과가 강섬유를 혼입하지 않은 경우에 비해 최고 27% 증가한다고 발표한 이후, Williamson(1978)는 강섬유가 사인장 파괴를 휨 파괴로 전환시킬 수 있을 만큼의 전단강도를 증진시킬 수 있으므로 스티럽의 경제적인 대안으로 강섬유를 제시하였다. Sharma(1986)는 SFRC 보의 예상평균전단응력  $\nu_{cf}$ 를 제안했으며, Narayanan(1987)은 자신들의 실험성과와 다른 연구들에서의 실험자료를 회귀분석해 SFRC 보의 균열전단강도와 최

대전단강도 추정식을 제안했다. 또한, Samir(1992)는 전단보강근이 없는 고강도 SFRC 보의 예상전단강도를 제안했다.

이상의 총 119개의 SFRC 보 전단보강 효과를 평가한 결과 다음과 같은 경향을 확인할 수 있었다.

- ① SFRC 보의 전단저항 능력은 전단스팬비( $a/d$ )에 큰 영향을 받는 것으로 나타났으며, 강섬유 혼입률이 증가할수록 전단저항능력이 우수한 것으로 나타났다. 이때의 강섬유 혼입률( $V_f$ )은 1.0%~1.5%가 적절한 것으로 평가되었다.
- ② 전단스팬비( $a/d$ )가 1.5~2.5일 때 전단저항효과가 우수한 것으로 나타났다.
- ③ 향후 강섬유 혼입률에 대한 최대 혼입량 및 강섬유 계수가 전단에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 SFRC 보 부재의 전단능력 평가와 아울러 재료적인 특성에 대한 보완평가가 필요한 것으로 판단된다.

## 3. SFRC 보의 성능 평가

### 3.1 성능실험 결과

전단보강근이 없는 경우의 SFRC 보의 전단내력식을 제안한 4편의 기존논문 및 본 연구에 의한 연구결과를 Table 1에 나타내었다. SFRC 보 전단실험의 주요변수는 전단스팬비, 강섬유 계수, 강섬유 혼입률 등이다. Fig. 1에 본 연구에서 수행된, 전단스팬비 2인 SFRC 보의 파괴향상을 강섬유 보강량으로 구분하여 나타내었다. 이에 의하면 강섬유 보강량이 증가할수록 전단내력의 증진뿐만 아니라, 파괴양상도 취성적인 전단파괴에서 휨파괴로 전이되는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.2 강섬유 계수 평가

강섬유 계수(F)가 압축강도, 활렬인장강도 및 휨강도에 미치는 영향을 평가하고자, 식 (1)과 같은 강섬유 계수를 사용하였다. 여기서 식 (1)은 강섬유의 형상비, 혼입비, 형상에 따른 부차계수로 구성되어 있다.

$$F = L_f / D_f \times \rho_f \times d_f$$

(1)

$\rho_f$  : 강섬유 혼입비(ratio)

$d_f$  : 강섬유 부착계수

여기서  $L_f/D_f$  : 강섬유의 형상계수

(직선형 0.5, 후크형 0.75, 톱니형 1.0)

Table 1 전단보강근이 없는 SFRC보의 실험 결과

저자	실험체 제원				강섬유 제원						재료 특성		보전단 능력
	b(mm)	d(mm)	a/d	$\rho_f$ (%)	$L_f$ (mm)	$d_f$	AR	$\bar{\rho}_f$	$V_f$ (%)	F	$f_{ck}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{sp}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
이현호	125	215	1.5	0.0095	-	0	0	0.0000	0	0	208.90	29.90	42.42
	125	215	1.5	0.0095	60	0.75	67	0.0100	1	0.5	261.90	33.80	47.63
	125	215	1.5	0.0095	60	0.75	67	0.0150	1.5	0.75	277.90	43.50	57.67
	125	215	1.5	0.0095	60	0.75	67	0.0200	2	1	295.00	57.40	55.44
	125	215	2.5	0.0095	-	0	0	0.0000	0	0	208.90	29.90	22.05
	125	215	2.5	0.0095	60	0.75	67	0.0100	1	0.5	261.90	33.80	27.98
	125	215	2.5	0.0095	60	0.75	67	0.0150	1.5	0.75	277.90	43.50	33.66
곽윤근 <sup>(3)</sup>	125	212	2	0.015	-	0	0	0.0000	0	0	638.00	44.00	30.75
	125	212	2	0.015	50	0.75	62.5	0.0500	0.5	0.23	650.00	60.00	51.89
	125	212	2	0.015	50	0.75	62.5	0.0075	0.75	0.35	699.00	62.00	55.47
	125	212	3	0.015	-	0	0	0.0000	0	0	638.00	44.00	25.81
	125	212	3	0.015	50	0.75	62.5	0.0050	0.5	0.23	650.00	60.00	31.51
	125	212	3	0.015	50	0.75	62.5	0.0075	0.75	0.35	699.00	62.00	34.64
	125	212	4	0.015	-	0	0	0.0000	0	0	638.00	44.00	20.19
	125	212	4	0.015	50	0.75	62.5	0.0050	0.5	0.23	650.00	60.00	24.53
	125	212	4	0.015	50	0.75	62.5	0.0075	0.75	0.35	699.00	62.00	27.92
	125	212	2	0.015	50	0.75	62.5	0.0050	0.75	0.23	314.00	39.00	41.17
	125	212	3	0.015	50	0.75	62.5	0.0050	0.75	0.23	314.00	39.00	26.04
	125	212	4	0.015	50	0.75	62.5	0.0050	0.75	0.23	314.00	39.00	20.38
신성우 <sup>(4)</sup>	100	175	2	0.0332	-	0	0	0.0000	0	0	800.00	65.00	61.25
	100	175	2	0.0332	40	0.5	100	0.0050	0.5	0.25	840.00	102.00	67.00
	100	175	2	0.0332	40	0.5	100	0.0100	1	0.5	890.00	125.00	72.50
	100	175	3	0.0332	-	0	0	0.0000	0	0	800.00	65.00	28.17
	100	175	3	0.0332	40	0.5	100	0.0050	0.5	0.25	840.00	102.00	31.25
	100	175	3	0.0332	40	0.5	100	0.0100	1	0.5	890.00	125.00	40.16
	100	175	4.5	0.0332	-	0	0	0.0000	0	0	800.00	65.00	25.43
	100	175	4.5	0.0332	40	0.5	100	0.0050	0.5	0.25	840.00	102.00	27.75
	100	175	4.5	0.0332	40	0.5	100	0.0100	1	0.5	890.00	125.00	33.75
Naraayan <sup>(5)</sup>	85	-	3	0.02	-	0.75	133	0.0050	0.5	0.5	619.78	48.83	32.93
	85	-	3	0.02	-	0.75	133	0.0100	1	1	670.74	61.26	37.31
	85	-	3	0.02	-	0.75	133	0.0050	0.5	0.5	366.97	33.33	20.08
	85	-	2	0.02	-	0.75	133	0.0050	0.5	0.5	619.78	48.83	47.09
	85	-	2.5	0.02	-	0.75	133	0.0050	0.5	0.5	619.78	48.83	37.61
	85	-	2	0.02	-	0.75	133	0.0100	1	1	584.10	63.51	56.78
	85	-	2.5	0.02	-	0.75	133	0.0100	1	1	584.10	63.51	45.06
	85	-	3	0.0369	-	0.75	133	0.0050	0.5	0.5	499.49	45.46	30.17
	85	-	3.1	0.0572	-	0.75	133	0.0050	0.5	0.5	499.49	45.46	36.19
	85	-	3	0.0369	-	0.75	133	0.0050	0.5	0.5	366.97	33.33	22.83
	85	-	3.1	0.0572	-	0.75	133	0.0050	0.5	0.5	366.97	33.33	23.75
	85	-	3	0.0369	-	0.75	133	0.0100	1	1	585.12	61.47	44.55
85	-	3.1	0.0572	-	0.75	133	0.0100	1	1	585.12	61.47	50.97	
Sharma <sup>(6)</sup>	150	-	1.9	0.0133	-	0	0	0.0000	0	0	440.37	35.68	28.76
	150	-	1.9	0.0133	50	0.75	83.33	0.0096	0.96	0.6	495.41	66.26	30.91

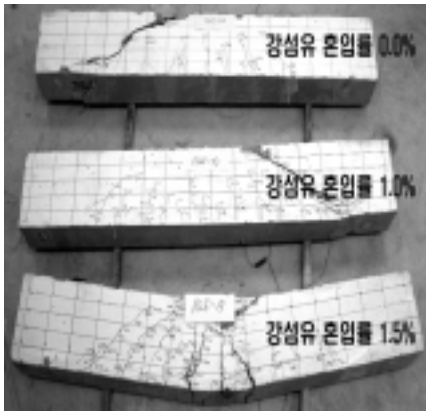
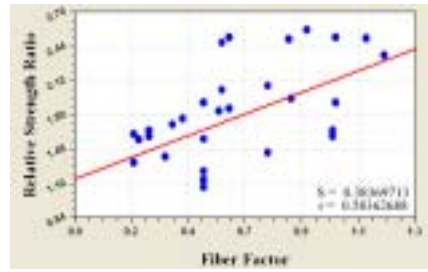
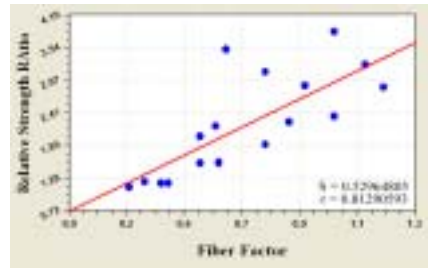


Fig. 1 SFRC 보의 파괴 상황

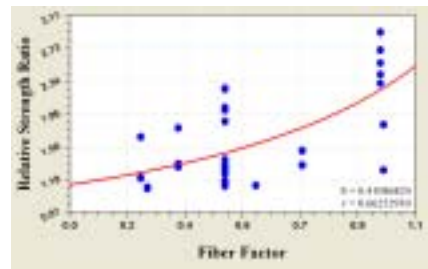
Table 1의 연구결과에 강섬유 계수가 미치는 영향을 평가하기 위하여 이를 최적 회귀분석한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 (a), (b), (c)는 재료 시험에 의한 압축강도( $f_{ck}$ ), 활렬인장강도( $f_{sp}$ ) 및 휨강도( $f_b$ )를 강섬유 비보강 대 보강의 상대강도비로 정리하여 나타낸 것이다. 또한 Fig. 2(d)는 보실험체의 전단내력( $Q_u$ )을 비보강 실험체에 대한 보강 실험체의 상대비로 정리하여 나타낸 것이다. Fig. 2(a) 압축강도의 경우, 강섬유 계수 1을 넘으면 압축강도가 떨어지는 것으로 나타났으며, 활렬인장강도 및 휨강도는 선형적으로 강도 능력이 증진되는 것으로 평가되었다. 또한 Fig. 2(d)에 나타낸 부재실험체의 전단내력은 2차 곡선 형태로 나타나, 재료 특성이 부재의 전단내력에 미치는 영향을 명확히 평가하고자 Fig. 2(e)에 4개의 강도특성을 한꺼번에 나타내었다.



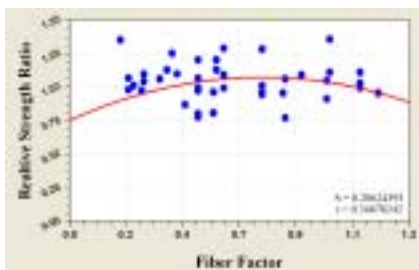
(b) 활렬인장강도( $f_{sp}$ )



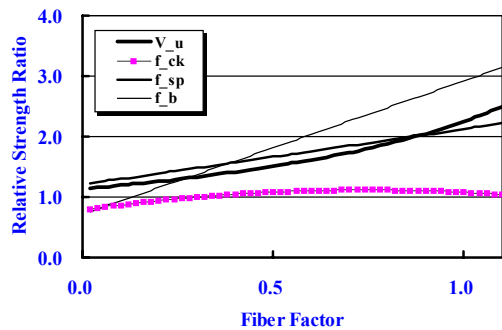
(c) 휨강도( $f_b$ )



(d) 보전단 능력( $Q_u$ )



(a) 압축강도( $f_{ck}$ )



(e) 강섬유 계수에 의한 상대강도비 비교

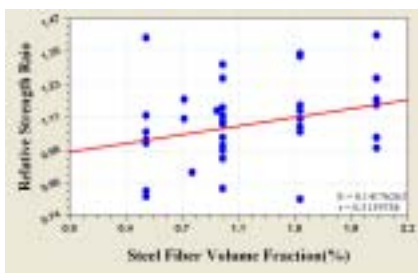
Fig. 2 강섬유 계수 평가

이에 의하면 강섬유 계수에 의한 활렬인장강도의 증분이 전단내력의 증분과 거의 유사한 것으로 평가되었다.

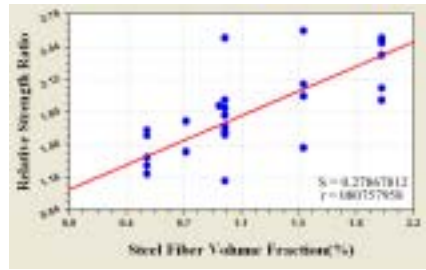
### 3.3 강섬유 혼입률 평가

강섬유 계수에 대한 평가와 마찬가지로 Table 1의 연구결과를 강섬유 혼입률에 대하여 최적 회귀분석 그래프를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3(a), (b), (c)는 재료 시험에 의한 압축강도, 활렬인장강도 및 휨강도에 대한 상대강도비를 나타낸 것이며, Fig. 3(d)는 보실험체의 전단내력을 비보강 실험체에 대한 상대비로 나타낸 것이다. 이에 의하면 압축강도, 활렬인장강도, 휨강도는 강섬유 보강량이 2%까지 증가할수록 능력이 증진하는 것으로 나타났다. 그러나 Fig. 3(d)의 최대전단내력은 강섬유 혼입률 약 1.2%까지 증가하다가 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 부재에 적용되는 강섬유가 약 1.5%를 초과하게 되면 섬유뭉침현상이 발생되어 전단내력이 저하되는 것으로 판단된다.

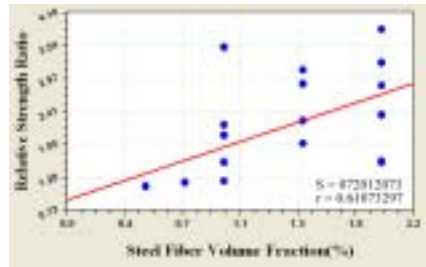
즉 Fig. 3(d)의 강섬유 혼입률 1.2% 이후는 Narayanan의 실험결과<sup>(5)</sup>인데, 제작 연도가 1987년 인 점을 고려할 때 섬유뭉침에 의해 전단내력이 저하되는 것으로 추정할 수 있다. Fig. 5(e)에 강섬유 혼입률에 대한 재료강도특성을 보실험체의 전단내력과 같이 나타내었다. 이에 의하면 활렬인장강도의 경우, 강섬유 계수 평가시와는 달리 강섬유 혼입률 약 1.2% 이후에는 전단내력을 예측하기 어려운 것으로 평가되었다.



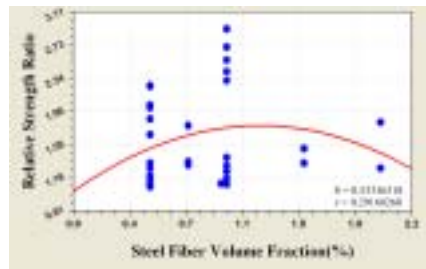
(a) 압축강도( $f_{ck}$ )



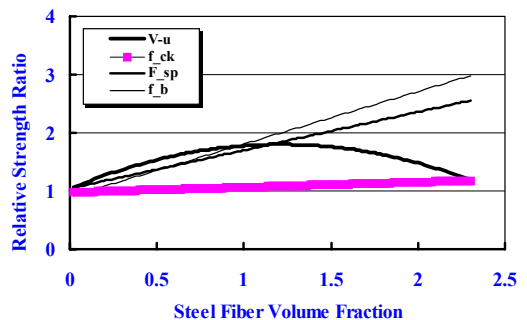
(b) 활렬인장강도( $f_{sp}$ )



(c) 휨강도( $f_b$ )



(d) 보전단 능력( $V_u$ )



(e) 강섬유 혼입률에 의한 상대강도비 비교

Fig. 3 강섬유 혼입률 평가

### 3.4 강섬유 보강계수 제안

이상의 재료 수준 및 보 수준에 대한 강섬유 보강효과를 평가한 결과, 활렬인장강도( $f_{sp}$ )와 강섬유 계수(F)로 SFRC 보의 전단보강 효과(비보강에 대한)를 예측할 수 있는 것으로 판단되었다. 따라서 식 (2)와 같이, 강섬유 계수를 이용한 강섬유 보강계수( $\alpha_f$ )를 회귀분석을 통하여 제안하였다. 여기서 식 (2)는 강섬유 비보강 실험체에 대한 보강 실험체의 상대비를 의미한다.

$$\alpha_f = 1.2 + 0.92F \quad (2)$$

여기서  $\alpha_f$  = 강섬유 보강계수  
F = 강섬유 계수

## 4. 전단내력식 평가 및 제안

### 4.1 강섬유 비보강 실험체의 내력 산정

강섬유가 보강되지 않은 일반 콘크리트에 대한 적정 내력식을 평가하고자, 다음의 2가지 경우에 대한 전단내력식을 검토하였다. 여기서 모든 식의 단위는  $kg/cm^2$ 로 통일되었으며, 기호도 통일되었다.

① 콘크리트 압축강도 및 인장철근비로 전단내력을 산정하는 경우

• ACI

$$v_u = 0.5\sqrt{f_{ck}} + 176 \cdot \rho_w \cdot (d/a) \quad (3)$$

• Zsutty(1971)

$a/d \leq 2.5$

$$v_u = 10.02 \cdot [f_{ck} \cdot \rho_t \cdot (d/a)]^{(1/3)} \cdot [2.5 \cdot (d/a)] \quad (4)$$

$a/d > 2.5$

$$v_u = 10.02 \cdot [f_{ck} \cdot \rho_t \cdot (d/a)]^{(1/3)} \quad (5)$$

② 콘크리트 활렬인장강도 및 인장철근비로 전단내력을 산정하는 경우

• Narayanan & Darwich (1987)

$$v_u = e \cdot [0.24 \cdot f_{sp} + 816 \cdot \rho_t \cdot (d/a)] + v_b \quad (6)$$

• 신성우 & 오정근 (Shin, 1991)

$a/d < 3$

$$v_u = 0.22 \cdot f_{sp} + 2217 \cdot \rho_t \cdot (d/a) + 0.834 \cdot v_b \quad (7)$$

$a/d \geq 3$

$$v_u = 0.19 \cdot f_{sp} + 951 \cdot \rho_t \cdot (d/a) + 0.834 \cdot v_b \quad (8)$$

• 광윤근 (Kwak, 2002)

$a/d < 2.5$

$$v_u = [2.5 \cdot (d/a)] \cdot [28.2 \cdot [f_{sp} \cdot \rho_t \cdot (d/a)]^{(1/3)} + 0.95 \cdot v_b] \quad (9)$$

$a/d \geq 2.5$

$$v_u = 28.2 \cdot [f_{sp} \cdot \rho_t \cdot (d/a)]^{(1/3)} + 0.95 \cdot v_b \quad (10)$$

여기서

$\alpha_u$  = 전단내력 ( $kg/cm^2$ )

$f_{ck}$  = 압축강도 ( $kg/cm^2$ )

$\rho_t$  = 인장철근비

P = 인장철근비 (신성우식의 원기호)

$a/d$  = 전단스팬비

$e=1$  if  $a/d > 2.8$ ,  $e=2.8(d/a)$  if  $a/d \leq 2.8$

$f_{sp}$  = 활렬인장강도 ( $kg/cm^2$ )

$f_{spc}$  = 활렬인장강도 (신성우식의 원기호)

$v_b$  = 강섬유 인발 응력 =  $0.41 \cdot \tau \cdot F$  ( $kg/cm^2$ )

$V_{fp}$  = 강섬유 인발 응력 (신성우식의 원기호)

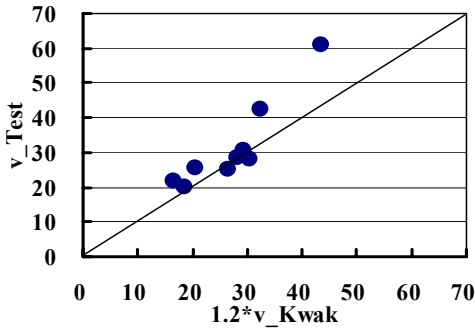
$\tau = 42.34$   $kg/cm^2$  (강섬유 부착응력)

F = 강섬유계수 (식 (1) 참조)

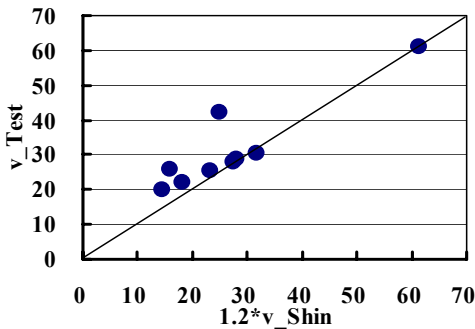
이상의 전단내력식에 Table 1의 실험결과중 강섬유가 보강되지 않은 9개의 실험결과를 적용하여, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2는 실험결과( $U_{test}$ ) 대 전단내력식( $U_{ACI}$  et al.) 상대비를 각 실험체별로 정리하여, 그 평균 및 표준편차를 나타낸 것이다.

Table 2 강섬유 비보강 실험체에 대한 제안식 적용

	$U_{test}/U_{ACI}$	$U_{test}/U_{Zsutty}$	$U_{test}/U_{Narayanan}$
평균	2.55	1.75	1.50
표준편차	1.15	0.40	0.28
	$U_{test}/U_{Shin}$	$U_{test}/U_{Kwak}$	$U_{test}/1.2U_{Shin}$
1.48	1.38	1.23	1.15
0.34	0.22	0.29	0.29



(a) 박윤근



(b) 신성우

Fig. 4 신성우 & 박윤근 제안식에 1.2배할증 결과

이에 의하면 실제 실험결과의 평균에 가장 근접하는 것은 신성우 및 박윤근의 제안식으로 평가되었으나, 실험결과 대 계산결과 비가 각각 1.48배, 1.38배 큰 것으로 나타났다. 이러한 수치들은 제안식의 안전율을 고려하더라도 다소 큰 값을 가진 것으로 판단된다. 따라서 강섬유 보강효과를 적용하기 위하여 본 연구에서 제안한 식 (2)에 의하면 비보강 실험체의 경우라도 1.2의 할증계수가 적용될 수 있는바, 신성우 및 박윤근의 제안식에 의한 결과를 1.2배 할증하여 검토할 필요가 있다. 이를 근거로 신성우 및 박윤근의 제안식에 1.2배 한 결과( $1.2v_{Shin}$ ,  $1.2v_{Kwak}$ )를 Table 2에 기존 결과와 같이 나타내었다. 그 결과, 실험결과대 계산결과의 비가 신성우 제안식의 경우 약 1.23배, 박윤근의 제안식은 약 1.15배로 평가되었다. 따라서 전단에 대

한 안전율( $\phi=0.85$ )을 고려할 경우, 신성우 및 박윤근의 제안식에 1.2배를 하여 비보강 실험체의 전단내력을 산정할 수 있는 것으로 판단되었다. Fig. 4에 실험결과 및 신성우, 박윤근의 제안식에 1.2배 할증 적용한 결과를 실험결과 대 이론식에 의한 결과로 구분하여 나타내었는데, 제안 방법이 실험결과를 적절히 예측할 수 있는 것으로 평가되었다.

## 4.2 강섬유 보강 실험체의 내력 산정

SFRC 보의 전단내력을 평가하기 위하여 4.1절의 결과로부터 강섬유 보강효과를 고려할 수 있도록 수정된 신성우 및 박윤근의 제안식에 식 (2)의 강섬유 보강효과가 곱하여 계산한 결과 및 강섬유 보강효과가 고려된 기존 식 (7)~(10)을 검토하였다. 따라서 Table 1의 실험결과를 제안 내력식에 적용한 결과를 Table 3에 평균 및 표준편차로 정리하였다. 그 결과 본 연구의 강섬유 보강효과(식 (2))가 반영되어 수정된 박윤근의 제안식( $1.2v_{Kwak}$ )은 부재의 전단내력을 과소평가하여, 최초로 박윤근이 제안한 결과( $v_{Kwak}$ )보다 나쁜 결과를 나타내었다. 이에 반하여 강섬유 보강계수가 적용되어 수정된 신성우 제안식( $1.2v_{Shin}$ )은 원식( $1.2v_{Shin}$ )보다 우수한 전단능력 예측결과를 나타내는 것으로 평가되었다.

## 4.3 강섬유 보강 실험체의 내력식 제안

이상으로부터 강섬유 보강되지 않은 실험결과 및 강섬유 보강된 실험결과에 기준식 및 제안식을 적용한 결과, 식 (7), (8)의 신성우 제안식에 식 (2)의 강섬유 보강계수를 곱한 다음 식 (11) 및 (12)와 같은 전단보강근이 없는 SFRC 보의 전단내력식을 제안한다.

Table 3 강섬유 보강 실험체에 대한 제안식 적용

	$\frac{v_{test}}{1.2v_{Kwak}}$	$\frac{v_{test}}{1.2v_{Shin}}$	$\frac{v_{test}}{v_{Kwak}}$	$\frac{v_{test}}{v_{Shin}}$
평균	1.28	1.03	1.19	1.27
표준편차	0.27	0.28	0.24	0.29

$$a/d < 3 \quad (11)$$

$$v_u = 1.2 \times (0.22 \cdot f_{sp} + 2217 \cdot \rho_t \cdot (d/a)) + 0.92F$$

$$a/d \geq 3, \quad (12)$$

$$v_u = 1.2 \times (0.19 \cdot f_{sp} + 951 \cdot \rho_t \cdot (d/a)) + 0.92F$$

## 5. 결 론

본 연구에서는 SFRC 보의 전단능력을 평가하고자, SFRC 보의 재료강도 특성을 강섬유 계수 및 보강량의 수준에서 평가하였으며, 이를 바탕으로 한 SFRC 보의 내력식을 평가 및 제안하였다. 주요한 연구내용은 다음과 같다.

- 1) 전단보강근이 없는 SFRC 보의 재료 및 부재 실험 결과를 강섬유 계수 및 강섬유 혼입률에 대하여 평가한 결과, 활렬인장강도( $f_{sp}$ )와 강섬유 계수(F)로 SFRC 보의 전단보강 효과(비보강에 대한)를 예측할 수 있는 것으로 평가되었다. 따라서 본문의 식(2)와 같이 강섬유 보강계수( $\mu_f$ )를 회귀분석을 통하여 제안하였다.
- 2) 강섬유 비보강 실험체의 경우, 보강효과가 고려된 신성우 및 곽윤근의 제안식에 의한 결과를 1.2배 할증하여 실험결과 대 계산결과에 대하여 평가하였다. 그 결과, 수정된 신성우 제안식의 경우 약 1.23배, 곽윤근의 제안식은 약 1.15배로 평가되어, 적용 가능성이 확인되었다.

- 3) 강섬유 보강 실험체의 경우, 신성우의 제안식에 식(2)의 강섬유 보강계수를 적용한 결과, 실험결과 대 계산결과와의 비가 1.03로 평가되었다. 이는 매우 우수한 강도 예측결과를 보여주는 것으로, 이를 근거로 신성우의 제안식에 본 연구에 의한 강섬유 보강계수를 적용한 SFRC 보의 전단내력 예측식을 제안하였다.

## 참고문헌

1. 이현호, 권영호, 허무원, 천영수, “전단보강되지 않은 강섬유보강 콘크리트보의 재료 및 부재 강도 특성을 고려한 전단능력 평가”, 한국구조물 진단학회 가을학술 발표회 논문집, 제7권 2호, 2003, pp. 245~250.
2. 장극관, 이현호, 양승호, “강섬유콘크리트의 전단보강 효과에 대한 고찰”, 한국구조물 진단학회 봄학술발표회 논문집, 제4권 1호, 2000, pp. 323~330.
3. 구성도, 이정석, 김우석, 백승민, 곽윤근, “전단보강이 없는 강섬유보강 고강도콘크리트보의 전단내력에 관한 연구”, 대한건축학회논문집(구조계), 제17권 7호, 2001, pp. 19~26.
4. 오정근, 이광수, 신성우, “전단 보강이 없는 강섬유보강 고강도 철근 콘크리트보의 전단 거동에 관한 연구”. 콘크리트학회 논문집. 제3권 3호, 1991, pp.141~148.
5. Narayanan R. and Darwish Y.S., “Use of Steel Fibers as Shear Reinforcement”, ACI Structural Journal, 1987, May-June, pp. 216~227.
6. Sharma A.K., “Shear Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams”, ACI Journal, 1986, July-August, pp. 624~628.

(접수일자 : 2003년 10월 13일)