

# 강섬유보강 콘크리트 패널에 대한 실험연구

## Experimental Study of Steel Fiber Concrete Panel

박 홍 용\*                      임 상 훈\*\*

Park, Hong Yong              Lim, Sang Hoon

---

### ABSTRACT

In this panel test, the toughness and post-cracking tensile strength of SFRC(Steel Fiber Reinforced Concrete) measured on 24 panels(size; 60cm x 60cm x 10cm) which are the basic characteristics that can determine the load bearing capacity of SFRC are investigated. Those values are calculated using load-deflection curves and load-absorbed energy curves. Post-cracking tensile strength of SFRC in this study are determined by yield line theory. From the test results, it is seen that the higher the volume of steel fiber is, the higher the absorbed energy is.

---

#### 1. 서론

이 실험 연구는 강섬유 함량과 강섬유의 형상비를 달리하여 제작된 60cm x 60cm x 10cm 크기의 총 24 개의 강섬유콘크리트 패널에 재하 실험을 수행하여 강섬유콘크리트의 내하거동을 결정지을 수 있는 강섬유콘크리트의 인성 특성과 균열 후 인장거동을 조사한 것이다. 또한, 판이론과 슬래브의 항복선이론을 적용하여 탄성영역과 소성영역에서 각각 SFRC 시험 패널의 초기 균열강도와 균열 후 인장강도를 계산하여 강섬유의 형상비 및 함량에 따른 특성치의 변화를 검토하였다.

#### 2. 실험 개요

본 실험에서 사용한 콘크리트는 압축강도 및 인장강도는 따로 제작된  $\phi 15 \times 30$  cm 원주형 광시체와 15cm x 15cm x 53cm 보 공시체로부터 각각 측정되었다. 압축강도는 24 kN/mm<sup>2</sup>이며, 인장강도는 3.6 kN/mm<sup>2</sup>이다. 실험변수는 강섬유의 형상비(=길이/직경), 체적당 혼입량이다. 강섬유의 인장강도는 820 N/mm<sup>2</sup>이다.

4변이 단순지지된 시험체에 유압식 가력기를 이용하여, 0.1mm/s의 속도로 변위계(LVDT)

---

\* 명지대학교 SOC 공학부 토목·환경공학과 교수

\*\* 명지대학교 SOC 공학부 토목·환경공학과 석사과정

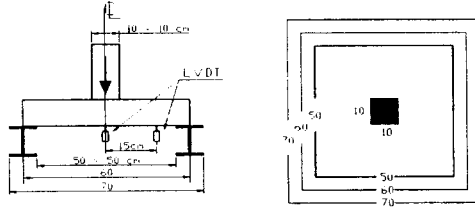


그림 1 시험체의 재하도

의 측정값이 25mm가 될 때까지 재하하였다. 그림 1은 시험체의 형상 및 제원과 시험체의 변위 측정을 위한 변위계의 설치 위치를 나타낸 것이다.

### 3. 이론적 해석 및 실험결과

#### 3.1 이론적 해석

· 초기 균열강도 : 강섬유보강 콘크리트 패널의 초기균열강도는 고전 판이론에 근거하여 계산하였다. 양 변의 길이가 a, b인 4변 단순 지지된 패널의 균열모멘트  $M_{cr}$ 은 식(1)과 같다. 식(1)에서 a=b이고  $M_{cr}$ 일 때 최대 응력이 균열강도  $f_{cr}$ 임을 고려하면 식(2)와 같이 초기 균열강도를 계산할 수 있다.

$$M_{cr} = \frac{P_{cr} \cdot \left[ \left( \frac{\pi}{a} \right)^2 + \nu \cdot \left( \frac{\pi}{b} \right)^2 \right]}{\pi^4 \cdot \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)} \cdot \sin \frac{\pi \cdot x}{a} \cdot \sin \frac{\pi \cdot y}{b} \quad (1)$$

$$f_{cr} = 6 \frac{M_{cr}}{h^2} \quad (2)$$

· 균열 후 인장강도 : 강섬유보강 콘크리트 패널 인장면의 균열 후에 인장강도는 항복선이론을 기초로 하여 계산하였다. 항복선은 그림 5에 보인 바와 같이 패널의 균열형상이 대각선과 십자형의 혼합형태이다. 여기서는 두 가지 경우에 대해서 균열 후 인장강도를 검토하였다. 단면의 응력 분포는 그림 2에 보인 바와 같이 인장측과 압축측에서 직사각형 분포인 것으로 가정하였다.

4변 단순지지된 정사각형 패널에서 항복선 이론에 의하여 대각선형 항복선인 경우의 휨모멘트는  $P_u / 8$ 이고, 십자형 항복선인 경우에는  $P_u / 4$  이다.

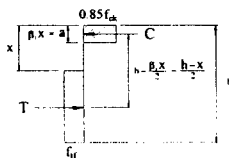


그림 2 단면의 응력 분포도

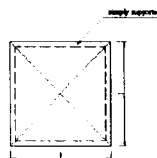


그림 3 대각선형 항복선

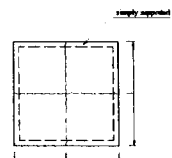


그림 4 십자형 항복선

또한 그림 2에서 패널의 단면에 대한 압축력 C와 인장력 T는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot \beta \cdot x \cdot l, \quad T = f_{tf} \cdot (h - x) \quad (3)$$

이 때의 단위 폭에 대한 저항모멘트  $m_u$ 는 다음과 같다.

$$m_u = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot \beta_1 \cdot x \cdot l \cdot \left( h - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} - \frac{h - x}{2} \right) \quad (4)$$

식 (4)에 의한  $m_u$ 와 항복선을 고려하여 계산된 휨모멘트 값을 등치시키고, 평형조건  $C=T$ 임을 고려하여 식(5)의 압축측의 높이  $x$ 를 구하면 균열 후 인장강도  $f_{tf}$ 를 구할 수 있다.

$$0.85 \cdot f_{ck} \cdot \beta_1 \cdot x \cdot l = f_{tf} \cdot (h - x) \cdot l \quad (5)$$

$$f_{tf} = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot \beta_1 \cdot \frac{x}{h - x} \quad (6)$$

### 3.2 실험결과

표 2는 각 시험체의 실험결과로서 고전 판이론과 항복선 이론을 적용하여 계산된 균열강도와 인장강도를 나타낸 것이다.

표 1 슬래브 시험체의 실험결과

배합번호	혼입률 (vol.%)	초기 균열하중 (kN)	최대하중 (kN)	25mm 흡수에너지 (J)	균열강도 $\sigma_w$ (N/cm <sup>2</sup> )	인장강도I $\sigma_t$ (N/cm <sup>2</sup> )	인장강도II $\sigma_t$ (N/cm <sup>2</sup> )
A 60/0.8 20	0.25	38.86	46.33	1016.11	3.40	0.97	1.94
A 60/1.0 20	0.25	47.43	55.90	973.78	4.15	1.07	2.14
A 60/0.8 30	0.38	63.42	72.68	1222.40	5.55	1.21	2.42
A 60/1.0 30	0.38	52.63	59.23	1003.79	4.60	1.10	2.20
A 60/0.8 40	0.50	41.32	48.62	754.83	3.61	0.82	1.64
A 60/1.0 40	0.50	25.71	62.49	1154.35	2.25	1.28	2.56
A 30/0.5 40	0.50	49.42	67.43	1239.18	4.32	1.37	2.74
A35/0.55 40	0.50	41.12	62.44	1077.08	3.60	1.19	2.38
B 60/0.8 20	0.25	57.72	63.96	1146.76	5.05	1.13	2.26
B 60/1.0 20	0.25	52.89	63.99	935.32	4.63	1.07	2.14
B 60/0.8 30	0.38	65.36	80.84	1745.70	5.72	1.73	3.46
B 60/1.0 30	0.38	60.96	70.38	973.88	5.33	0.91	1.82
B 30/0.5 40	0.50	41.90	58.02	822.37	3.66	0.89	1.78
B 30/0.6 40	0.50	52.93	60.41	882.14	4.63	0.81	1.62
B 30/1.0 40	0.50	41.38	45.67	361.09	3.62	0.38	0.76
B 35/0.6 40	0.50	52.67	64.47	996.26	4.61	1.09	2.18
B 35/0.7 40	0.50	57.93	72.02	1066.86	5.07	1.17	2.34
B 35/0.8 40	0.50	60.42	76.63	1008.05	5.28	1.09	2.18
B 50/0.7 40	0.50	52.32	70.84	1035.76	4.58	1.14	2.28
B 50/0.8 40	0.50	55.21	71.91	1439.82	4.83	1.45	2.90
B 50/0.9 40	0.50	52.98	59.06	899.06	4.63	0.98	1.96
B 50/1.0 40	0.50	48.89	56.10	810.69	4.28	0.88	1.76
B 60/0.8 40	0.50	55.75	68.41	1313.90	4.88	1.46	2.92
B 60/1.0 40	0.50	67.52	74.19	1463.72	5.91	1.47	2.94

아래의 그림 2, 그림 3, 그림 4는 혼입율( $V_f$ )에 따른 각 시험체의 하중-처짐 곡선과 에너지-처짐 곡선을 나타낸 것이며, 그림 5는 시험체 인장면의 파괴형상을 나타낸 것이다.

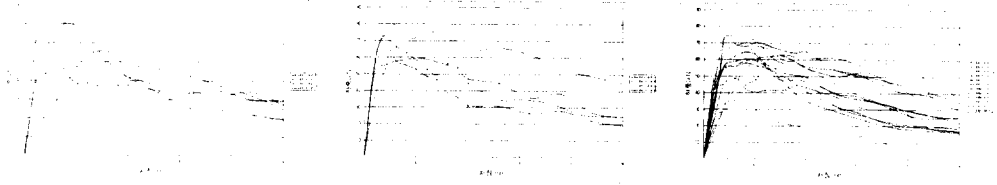


그림 2-a 하중-처짐 곡선(0.25%)    그림 3-a 하중-처짐 곡선(0.38%)    그림 4-a 하중-처짐 곡선(0.5%)

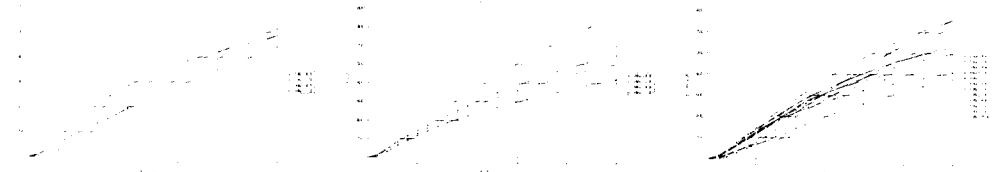
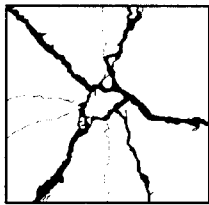
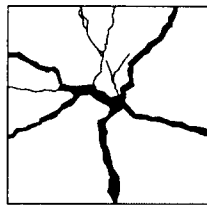


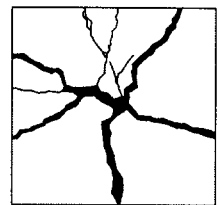
그림2-b 에너지-처짐곡선(0.25%)    그림3-b 에너지-처짐곡선(0.38%)    그림4-b 에너지-처짐곡선(0.5%)



B 50 - 07 - 40



B 60 - 08 - 20



B 60 - 10 - 40

그림 5 시험체 인장면의 파괴형상

#### 4. 결론

- 1) 강섬유의 혼입율이 높을수록 패널의 균열저항능력 및 균열하중이후 휨 내하력이 증가하였다.
- 2) 강섬유의 혼입율이 높고 형상비가 클수록 인장면의 균열 이후 소성구간에서의 에너지 흡수능력이 큰 것으로 나타났다.
- 3) 인장면 균열이후의 인장강도 계산은 시험체의 항복선 형상이 실험에서는 대각선형과 십자형의 혼합형태로 나타남에 따라 균열 후의 인장강도는 두 형태의 인장강도 값의 평균값으로 생각 할 수 있다.

#### 참고문헌

1. Bernhard R. Maidl, "Steel Fiber Reinforced Concrete", Ernst & Sohn.
2. Stephen P. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger, "Theory of Plates and Shell s", McGraw-Hill Book Company , pp.105 ~ 141
3. R. Park and W.L. Gamble, "Reinforced Concrete Slabs", John Wiley & Sons.