

# 강섬유보강 콘크리트의 균열 후 등가인장강도에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on Post-Crack Equivalent Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete

박 홍 용\*  
Park, Hong Yong

안 영 진\*\*  
An, Young Jin

---

### ABSTRACT

This experimental were carried out in order to investigate the equivalent strength of SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete). Two hundred and ten SFRC beam(size: 150×150×550) were used in the tests the relationships between loading and mid-point deflections of the beams were observed four point bending loading.

From the test results, prediction formulas for the equivalent strength of SFRC beams are suggested.

---

### 1. 서론

강섬유보강 콘크리트라는 콘크리트의 취성적 성질을 보완하기 위해서 콘크리트에 섬유를 첨가하는 방법은 콘크리트의 개발과 함께 오래 전부터 이용되어 왔다. 우리나라에서 강섬유보강 콘크리트에 대한 연구 성과는 초보적인 수준에 머물러 있다. 또한 강섬유보강 콘크리트의 활용도 지극히 미비한 실정이다. 현재 우리나라는 고속도로, 고속전철, 터널 등 주요 기간 사회간접시설에 대한 투자가 요구되고 있다. 이러한 시설의 건설에 절대적으로 많이 소요되는 재료는 콘크리트이다. 그러므로 강섬유보강 콘크리트의 배합, 타설, 양생 등 시공에 관한 기술뿐만 아니라 이를 사용한 구조물의 설계방법, 강섬유보강 콘크리트의 역학적 거동에 관한 체계적이고 종합적인 연구가 필요하다.

본 연구에서는 강섬유보강 콘크리트의 휨강도 실험을 통하여 얻은 결과로부터 강섬유보강 콘크리트의 등가인장강도를 예측할 수 있는 공식을 제안하였다.

### 2. 실험 개요

---

\* 정희원, 명지대학교 SOC 공학부 토목·환경공학과 교수

\*\* 정희원, 명지대학교 SOC 공학부 토목·환경공학과 석사과정

## 2.1 사용 재료

본 실험에서 사용한 시멘트는 비중이 3.14인 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 잔골재는 비중이 2.70이고 조립률이 2.72인 원주산 강모래와 굵은 골재로는 비중이 2.65인 원주산 강자갈을 사용하였다. 섬유의 형상이나 길이에 상관없이 굵은골재 최대치수 19 mm인 골재를 사용하였다.

모든 시험체에 사용한 강섬유는 양단 Hook형태의 한국 청조화성(주)의 Hook Fiber를 사용하였으며, 강섬유의 인장강도는  $11,000 \text{ kgf/cm}^2$  이고 탄성계수는  $2.38 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^3$  이다. 표 1은 실험에 사용한 강섬유의 재료 특성을 나타낸 것이다.

표 1. 강섬유의 재료 특성

강섬유의 종류	인장강도 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	탄성계수 ( $\text{kgf/cm}^2$ )
Hooked-collated	11,000	$2.1 \times 10^5$

## 2.2 시험체의 제작

본 실험에서 시험체의 배합강도는 모두  $300 \text{ kg/cm}^2$  이다. 시험체는 총 210개를 제작하였으며, 길이 550 mm, 지간 450 mm, 폭 150 mm 높이 150 mm로 제작하였다. 섬유길이와 혼입량에 관계없이 동일한 배합으로 설계하였다. 콘크리트의 배합을 위하여 60 ℓ 용량의 강제식 믹서를 사용하였고, 혼합순서는 먼저 잔골재와 굵은 골재를 혼합한후 시멘트, 강섬유의 순서로 혼합하였다. 표 2는 콘크리트의 배합을 나타낸 것이다.

본 실험에서 실험변수는 강섬유의 형상비, 혼입량이며 표 3은 각 시험체의 형상비와 혼입량을 나타낸 것이다.

표 2 콘크리트의 배합

굵은 골재의 최대치수 (mm)	W/C (%)	슬럼프의 범위 (cm)	잔골재율 S/a (%)	단위량 ( $\text{kgf/m}^3$ )			
				시멘트	물	잔골재	굵은골재
19	46.8	8	41	377	176	697	1,035

표3 시험체의 형상비와 혼입량

시험체명	강섬유 형상비 (L/D)	강섬유 혼입량 ( $\text{kgf/m}^3$ )	시험체 갯수	시험체명	강섬유 형상비 (L/D)	강섬유 혼입량 ( $\text{kgf/m}^3$ )	시험체 갯수
H30-0.5-40*	60	40	15	H35-0.5-60	70	60	10
H30-0.5-50	60	50	15	H35-0.55-40	64	40	15
H30-0.5-60	60	60	15	H35-0.6-40	58	40	10
H30-0.6-40	50	40	15	H35-0.6-50	58	50	10
H30-0.6-50	50	50	15	H35-0.6-60	58	60	10
H30-0.6-60	50	60	15	H60-0.75-40	80	40	15
H35-0.5-40	70	40	10	H60-0.75-40	80	50	15
H35-0.5-50	70	50	10	H60-0.75-40	80	60	15

\* H30-0.5-40 H : Hook type, 30: L=30mm, 40 혼입량  $\text{kgf/m}^3$

### 2.3 재하방법 및 측정방법

본 실험에서 강섬유보강 콘크리트 보 시험체의 중앙처짐의 변화 및 파괴하중을 측정하기 위하여 KS F 2408 의 방법에 따라 4 점 휨시험을 하였으며, 100 ton용량의 만능시험기를 사용하여 시험체가 파괴 할 때까지 하중을 0.1~0.3 mm/min 속도로 일정하게 재하하였다. 처짐 LVDT를 사용하여 중앙점의 처짐이 6 mm가 될 때까지 측정하였다. 그림 1은 시험체의 형상 및 시험체의 변위측정을 위한 변위계의 설치 위치를 나타낸 것이다.

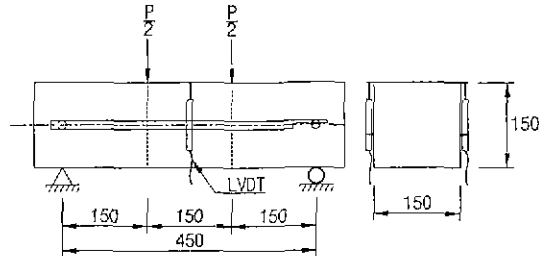


그림 1 시험체의 형상 및 재하도

### 3. 실험결과 및 고찰

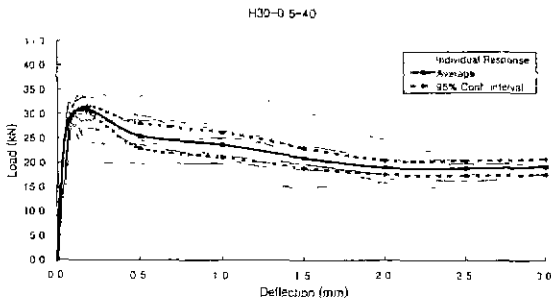


그림 2 H30-0.5-40 하중-처짐 곡선

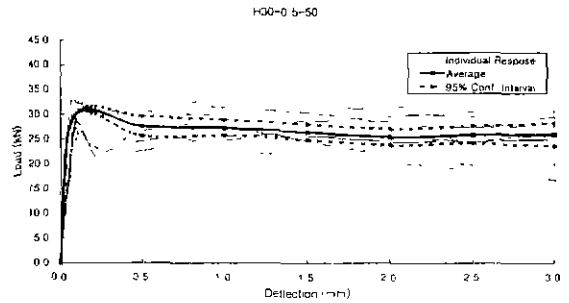


그림 3 H30-0.5-50 하중-처짐 곡선

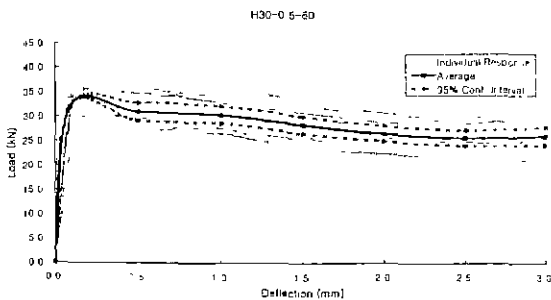


그림 4 H30-0.5-60 하중-처짐 곡선

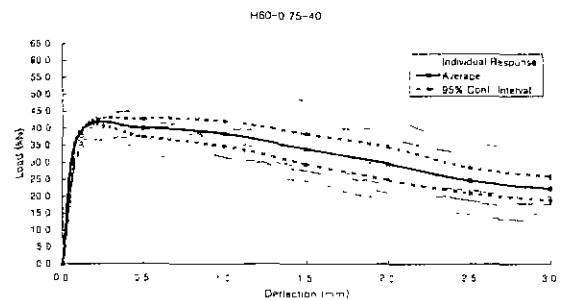


그림 5 H60-0.75-40 하중-처짐 곡선

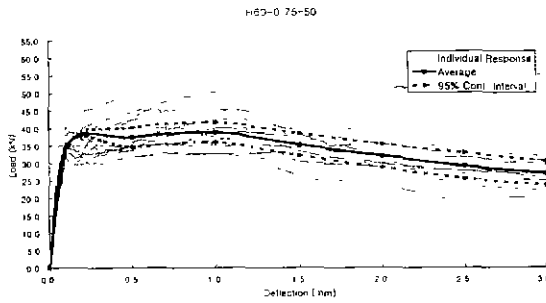


그림 6 H60-0.75-50 하중-처짐 곡선

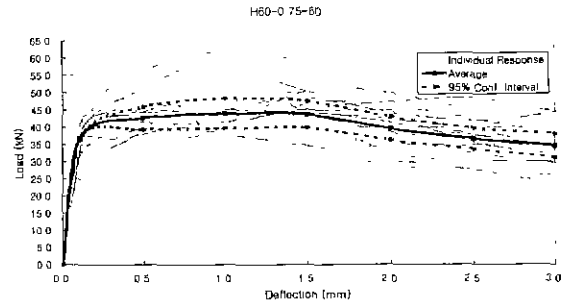


그림 7 H60-0.75-60 하중-처짐 곡선

### 3.1 등가인장강도

본 연구에서는 등가인장강도를 계산하는 식을 제안하기 위하여 우선 같은 종류의 형상비와 함량을 갖는 시편을 동일한 처짐에서 하중을 정규분포로 가정하였다. 정규분포 곡선에서 95%의 신뢰도를 갖는 값을 구하고 강섬유 혼입량과 형상비의 변화에 따른 강섬유 보강 콘크리트의 균열후 등가인장강도를 다음과 같은 식으로 제안하였다. 표 4는 본 연구에서 제안한 식과 독일콘크리트위원회(DBV)에서 제시한 식으로 계산한 등가인장강도의 비교이다.

$$f_{te} = \frac{L}{bh^2} \times (0.3C + \alpha P_u - 12) \quad (\text{kN/mm}^2)$$

여기서,  $f_{te}$  : 등가인장강도

$C$  : 함량 ( $\text{kg/m}^3$ )

$\alpha$  : 형상계수

$P_u$  : 극한강도 (kN)

표 4 등가인장강도의 비교

	H30-0.5-40	H30-0.5-50	H30-0.5-60	H60-0.75-40	H60-0.75-50	H60-0.75-60
DBV ( $\text{N/mm}^2$ )	2.784	3.197	3.799	4.165	4.343	5.465
제안식 ( $\text{N/mm}^2$ )	2.654	3.008	3.647	4.120	4.168	4.709

### 4. 결론

1. 강섬유보강 콘크리트 시험체의 극한하중은 강섬유의 함량에 관계가 없다는 것을 알 수 있다.
2. 강섬유보강 콘크리트의 뽐힘을 방지하기 위해서는 굵은 골재 최대치수를 제한할 필요가 있다.
3. 강섬유의 뽐힘 현상을 고려한 계수  $\alpha$  를 결정하는 방법에 대해서는 좀더 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 청조화성(주)의 공동연구의 일부이며, 청조화성(주)에 깊은 감사를 드립니다.

#### 참고 문헌

1. Bernhard R Maudl, "Steel Fibre Reinforced Concrete", 1995