

# [130] 鋼繊維補強鉄筋コンクリート (SFRC) 短柱のせん断破壊性状に関する実験研究

正会員 田 中 彌寿雄 (早稲田大学理工学部)  
 正会員 金 子 雄太郎 (西武建設 開発部)  
 正会員 矢 代 晴 実 (早稲田大学大学院)  
 正会員○福 島 誠一郎 (日本鋼管)

## 1. まえがき

筆者らはこれまで鉄筋コンクリート (RC) 短柱のせん断破壊性状において、コア部分の破壊に関与する要因として、Mattockらの実験<sup>1)</sup>に見られるすべり破壊が重要な影響を有していると考え、シアスパン比1.0のRC短柱に見られる対角ひび割れ<sup>2)</sup>によるせん断破壊機構を解明するとともに、この種の破壊に対する鋼繊維補強の効果を、実験研究に基づいて検討してきた<sup>3)</sup>。この結果、鋼繊維はすべり破壊に対し効果があり対角ひび割れを回避するが、繰り返し加力を受けた場合、引張りに対する補強効果は少く、図1に示すように亀甲型のひび割れを生じて耐力が低下することを指摘し、鋼繊維補強と帯筋補強を併用することが重要であることを強調した。



図-1 シアスパン比1.0の短柱の破壊パターン

シアスパン比が1.5~2.0のRC短柱は繰り返し加力により、曲げせん断、または付着割裂破壊によって終局状況に至ることが知られており、吉岡<sup>4)</sup>は複合トラスアナロジーにより、渡辺は付着弛緩に基く扇状トラスアナロジーにより、これらの破壊性状についての解明を試みている。筆者ら<sup>5)</sup>はシアスパン比1.5のRC短柱供試体を用いた実験研究において、図2に示すような部材端部に形成されるトラスを想定して、上述の二種類の破壊を説明するとともに、すべり破壊条件に基き、曲げせん断破壊、または付着割裂破壊が選択される条件を求めた。

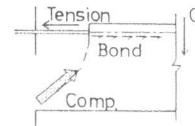


図-2 トラス機構

本研究は、これらの破壊条件に対する鋼繊維の補強効果を解明することを目的として行なったもので、総計8体のSFRC短柱供試体による実験結果を示し、RC短柱の破壊性状と比較することにより、上述の二種類の破壊に対する鋼繊維の補強効果について考察した。

## 2. 実験概要

実験供試体を図-3に示す。断面25cm×25cm、内法高さ75cm (シアスパン比1.5)、主筋6-D16 (Pt = 0.96%) のもの12体であり、実験変数として鋼繊維混入率 (0.0%、1.0%、2.0%)、帯筋比 (0.00%、0.56%、0.85%) 及び軸力載荷量 (3.0t、4.5t) を考慮した。供試体番号は実験変数を基に [鋼繊維混入率] - [帯筋比] - [軸力載荷量] で与えた。用いた鋼繊維の形状は0.5mm×0.5mm×30mm (アスペクト比60) で引張強度は32kg/mm<sup>2</sup> である。載荷装置を図-4に示す。載荷方法は先ず上部のジャッキにより所定の軸力を加えた後、せん断繰り返し加力を行なった。せん断加力は、荷重制御により行ない、初期曲げひび割れ荷重、初期せん断ひび割れ荷重を求めた。その後、変位制御により、±7.5mm (部材角1/100) を3サイクル (SFRC供試体の場合は2サイクル)、±15.0mm (部材角2/100)、±22.5mm (部材角3/100) を各3サイクル行なった。さらに、SFRC供試体に限り±30.0mm (部材角4/100) を2サイクル行なった。

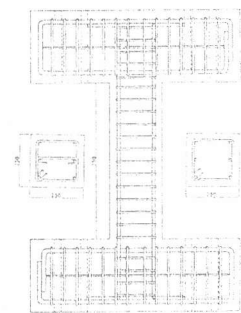


図-3 供試体

計測は、ダイヤルゲージにより鉛直変位、水平変位を、ワイヤーストレインゲ-

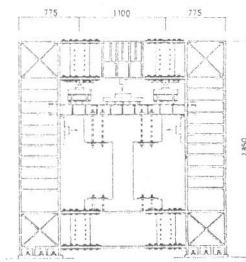


図-4 実験装置

ジにより主筋、帯筋の歪を測定した。  
また、各荷重段階でのひび割れ発生  
の状況を観察した。

### 3. 実験結果

表-1に実験結果を、表-2に鉄筋  
の引張り試験結果を示す。図-5に荷  
重-変位曲線を示す。

表-2 鉄筋の引張試験

	最大引張強度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	降伏点 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
S 9	4824.2	8678.1
D 16	5868.7	8845.4

表-1 実験結果

試 験 体	コンクリートの 圧縮強度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	コンクリートの 引張強度 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	せん断力 (t)						
			初 期 曲 げ ひび割れ	初 期 せん断 ひび割れ	試 験 角				
					1/100	2/100	3/100	4/100	
0.0-0.00-30	229.3	25.6	14.0 -14.0	18.0 -17.0	16.0 -20.0	18.0 -11.5	7.0 -8.0	---	
0.0-0.56-30	292.4	23.1	14.2 -13.0	20.5 -22.0	22.0 -25.0	20.0 -18.0	14.0 -13.5	---	
0.0-0.85-30	197.2	12.4	6.0 -8.0	10.5 -17.0	11.0 -14.0	18.0 -20.5	25.0 -24.5	---	
0.0-0.85-45	229.3	25.6	---	---	---	14.0 -16.5	13.5 -11.0	---	
SF1.0-0.00-30	347.0	32.3	15.0 -14.0	23.0 -21.0	18.0 -21.5	14.0 -19.0	---	---	
SF1.0-0.56-30	287.8	37.4	10.0 -11.0	25.0 -24.0	17.0 -17.0	26.0 -25.0	22.0 -19.5	15.0 -12.5	
SF1.0-0.85-30	276.9	28.8	10.0 -11.0	17.0 -18.0	11.5 -12.5	18.0 -20.0	20.0 -20.0	16.0 -14.5	
SF1.0-0.85-45	189.7	28.6	19.0 -17.0	23.0 ---	16.5 -14.0	25.0 -25.0	26.0 -24.0	21.0 -19.0	
SF2.0-0.00-30	323.4	45.8	11.0 -12.0	---	18.0 -18.0	6.5 -8.0	---	---	
SF2.0-0.56-30	289.7	40.4	12.0 -12.0	23.0 -21.0	18.0 -16.0	25.0 -24.0	24.0 -23.0	17.0 -16.0	
SF2.0-0.85-30	284.1	36.9	13.0 -13.0	18.0 -22.0	13.0 -15.0	21.0 -22.0	23.0 -24.0	18.5 -20.0	
SF2.0-0.85-45	396.9	35.7	18.0 ---	26.0 ---	17.0 -15.0	28.0 -25.5	26.5 -24.5	18.0 -17.5	

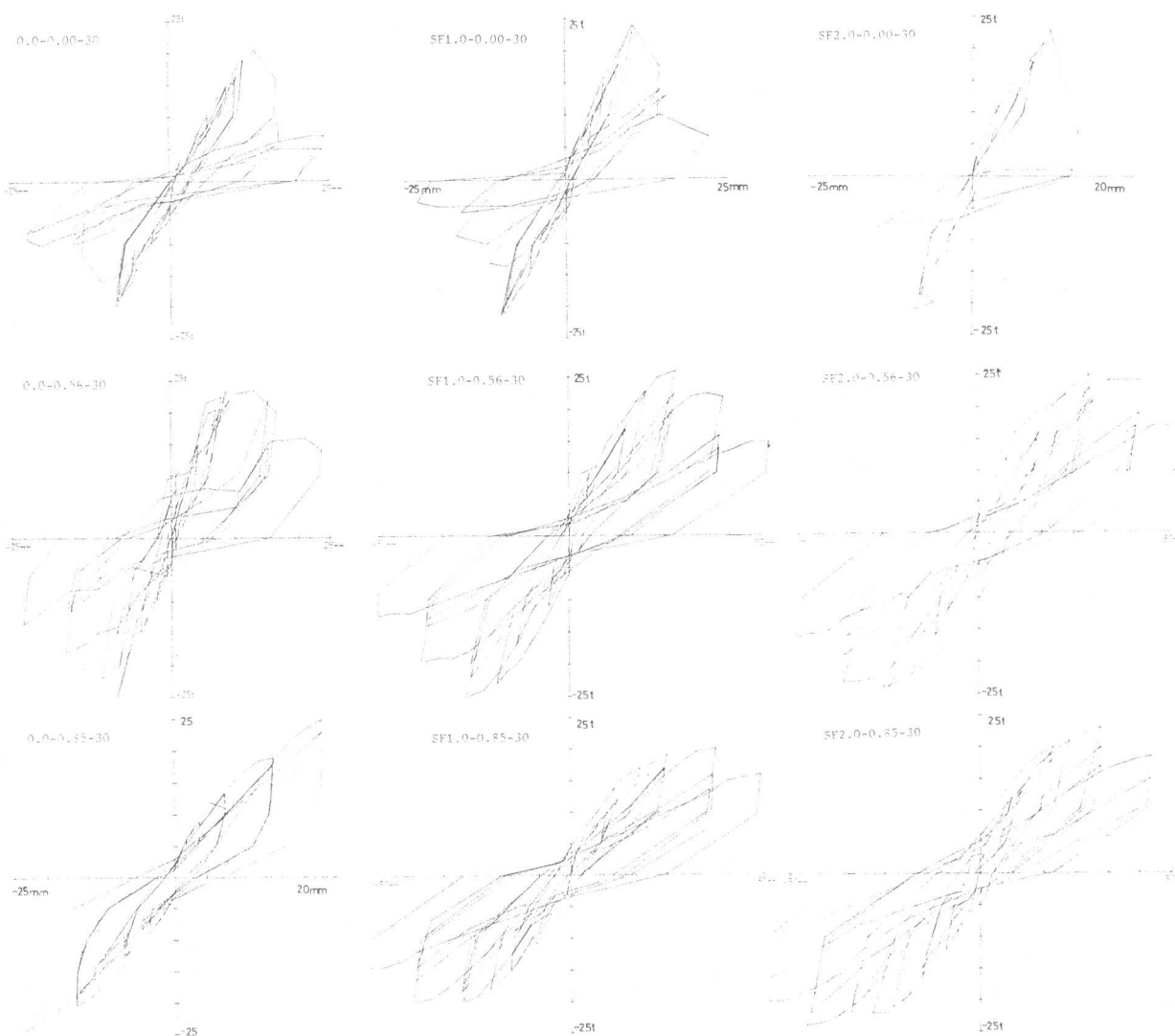


図-5 (a) 荷重-変位曲線

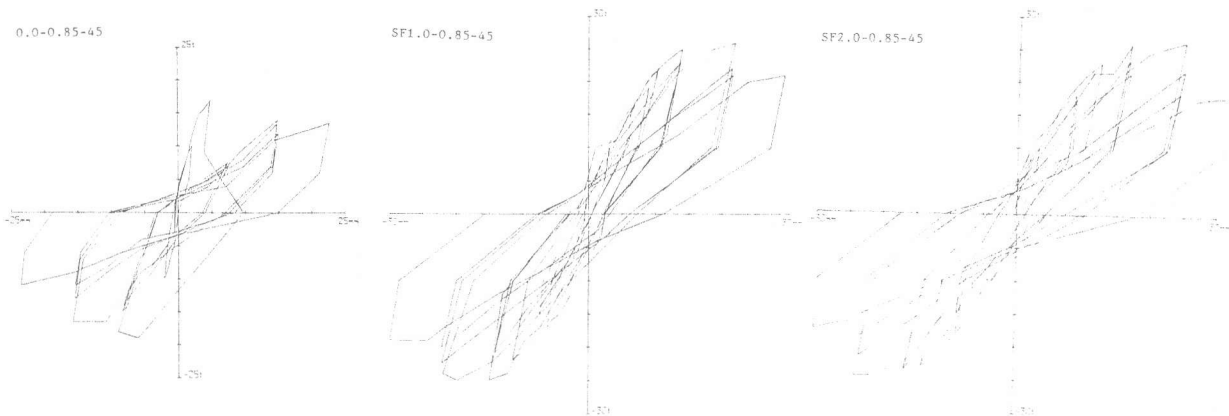


図-5 (b) 荷重-変位曲線

SFRCの供試体は、RCの供試体に比べて最大耐力が高く、靱性に優れている。しかし鋼繊維混入率が1%のものと2%のものには明確な差は見られない。これは、鋼繊維補強が1%で十分であり、主筋降伏、またはコンクリートの圧壊で、柱の耐力が決まるためと考えられる。

図-6に、7.5mm変位時(部材角 $1/100$ )と15.0mm変位時(部材角 $2/100$ )のひび割れ状況を示す。

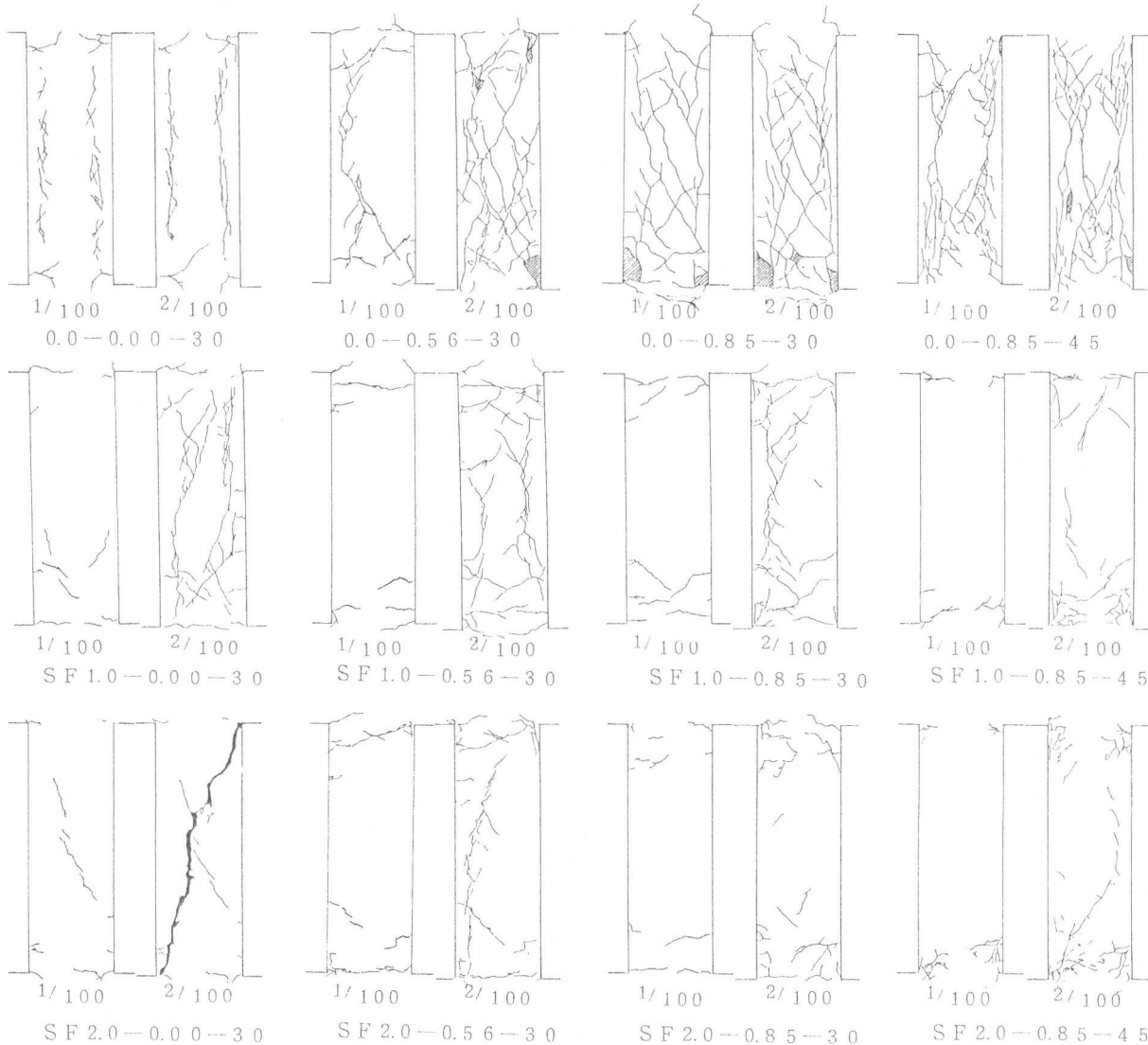


図-6 ひび割れ図

RC短柱とSFRC短柱の7.5mm変位までのひび割れを比べると、RC短柱に比べSFRC短柱は著しくひび割れが少く、通常の破壊に対し鋼繊維補強は十分に有効であると思われる。さらに変位を増加させると、次のような傾向が現われる。

RC短柱で曲げせん断ひび割れが顕著なものに鋼繊維を1%混入すると、付着割裂ひび割れが顕著となり、2%混入すると、斜張力破壊型のひび割れを示す。またRC短柱で付着割裂ひび割れが顕著なものに鋼繊維を1%混入すると、曲げせん断ひび割れが見られるようになり、さらに2%混入するとその傾向が強くなる。

このように鋼繊維を混入すると、そのひび割れ拘束能力により破壊モードに違いを生じる。この場合、軸力、帯筋比等の影響はかなり大きいと判断される。

#### 4. 結 論

せん断繰り返し加力により、図一6に示したようにSFRC短柱においても通常のRC短柱と同様に、多様な破壊状況に至ることが確認された。ただし破壊の主因となるひび割れは、変形がかなり増加した状態で現われたものであり、この状況までの載荷過程においては、部材端における曲げひび割れを除き、顕著でない。

筆者らは、シアスパン比1.5～2.0のRC短柱のせん断破壊機構を検討し、部材端部に構成されるトラス機構の破壊条件の一つとしてすべり破壊による曲げせん断破壊についての考察を報告したが、今回の実験では、通常のRC短柱に見られる曲げせん断ひび割れが回避されており、したがってSFRCによりすべり破壊に対する補強が効果的であったと思われる。また1/100程度の変位では付着割裂ひび割れも顕著でなく、SFRCは主筋の付着強度を高めるうえでも効果があると考えられる。

変形の増加にともなって、曲げせん断ひび割れ、及び付着割裂ひび割れを生じたが、これらの破壊は、RC短柱の実験と同様に、軸力、帯筋比、鋼繊維混入率等の影響が強いと判断される。また $P_w = 0.00\%$ の供試体の破壊性状が脆性的であったことから、シアスパン比1.0の短柱と同様、シアスパン比1.5のSFRC短柱においても、帯筋補強は重要であると言える。

#### 謝 辞

本研究を進めるにあたり、早稲田大学大学院、畠山博章君、小沢潤治君、同学部4年生、中島一裕君、及び日本鋼管(株)の協力を得ました。ここに謝意を表わします。

#### 参考文献

- 1) Aln H. Mattock, et al; "Shear Transfer in Reinforced Concrete" ACI, Journal, Proceedings, Vol.61, No.2, Feb. 1964
- 2) 金子雄太郎; 「鉄筋コンクリート短柱のせん断破壊機構に関する研究」早稲田大学学位論文, 1979年2月
- 3) 田中彌寿雄、金子雄太郎、瀬川義治、高村豊、宇野秀海; 「鋼繊維補強コンクリート短柱のせん断耐力に関する研究」日本建築学会、関東支部報告集 昭和53年
- 4) 吉岡研三、武田寿一、岡田恒男; 「鉄筋コンクリート柱の変形性能向上に関する研究(第2報 破壊機構並びに補強筋の歪分布について)」日本建築学会論文報告集, 第280号, 昭和54年8月
- 5) 田中彌寿雄、金子雄太郎、矢代晴実; 「鉄筋コンクリート短柱のせん断破壊機構に関する考察」第2回RC構造のせん断問題に関するコロキウム論文集, 1983年10月