

住友金属 正会員 山川 純雄
同 同 白川 潔
同 同 ○ 小山 清一

1 緒 言

スチールファイバーコンクリート (SFR C) の優れた性能を生かした用途の一つに RC 梁のせん断補強が考えられる。この点に関し、スチールファイバー (以下、SF と略称) はスターラップと同程度のせん断補強効果が得られるとするものや、これとは逆に斜引張破壊を生じてスターラップの代替とはなり得ないとするものなど評価が異なっている。

ここでは、SF による RC 梁のせん断補強が実用上どの程度まで可能かを明らかにするため、断面形状が相似な大小 3 種類の SF 入り RC 梁の斜めひび割れ発生荷重、せん断耐力及び破壊挙動を曲げせん断実験により調査し、スターラップ補強及び無補強の場合と比較検討したので、その結果につき報告する。

2 実験概要

本実験では、梁の断面寸法が SF のせん断補強効果に及ぼす影響を明らかにするため、梁高さを 10, 20, 30 cm の 3 種類とした。SF の混入率は 1.5 vol % と一定とし、比較として SF と同一鋼材量のスターラップ (梁高さ 10 cm の場合 4φ @ 50, 30 cm の場合 12φ @ 150) で補強したもの、お (1) 早強セメント (2) 形状寸法 $0.25^t \times 0.55^w \times 25^l$ (mm), 全面波形加工および無補強のものも供試した。各供試体の形状寸法、主鉄筋、主鉄筋比を表 3 に示す。主鉄筋には SD 35 (降伏点 35 ~ 40 % σ_{ts}) の異形棒鋼を用いた。コンクリートの配合は表 1 に示すとおりで、ブレンコンクリートは SFR C の配合から SF を除いた配合比率と同一にした。試験時 (材令 28 日) におけるコンクリートの各種強度を表 2 に示す。

試験方法は図 1 に示す 2 点集中載荷で行ない、せん断スパン比 a/d を 1.5, 2.0 の 2 種類とした。試験時には各荷重段階でのたわみ、鉄筋ひずみ、ひび割れ進展状況を測定するとともに、斜めひび割れ発生と破壊荷重、および破壊形式を調べた。

3 実験結果とその考察

3.1 斜めひび割れ発生応力

図 2 は斜めひび割れ発生応力 $\tau_s = Q/b \cdot z$ と梁高さ h との関係を示したもので、SF 補強梁の τ_s は梁高さ h に関係なくスターラップ (以下 ST と略称) および無補強の場合より大きく、無補強の約 1.5 倍高くなっている。これは、斜めひび割れは梁の中立軸での引張主応力がコンクリートの引張強度 σ_t に達したとき生じるため、SFR C の引張強度がブレンコンクリートの約 1.5 倍であることに対応している。

しかしながら、補強の種類にかかわらず τ_s は梁高さ h が大きくなるにともなって減少しており、RC 梁の斜めひび割れ発生応力 τ_s には寸法効果が存在するという既往の研究結果と同じ傾向が認められた。

3.2 梁の強度と破壊形式

表 1 コンクリートの配合と強度

コンクリートの種類	粗骨材最大寸法 (mm)	スラップ (実測) (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg)				
					W	C ⁽¹⁾	S	G	SF ⁽²⁾
SFR C	15	4~5	55	70	220	398	1,130	497	118
ブレン	15	11~13	55	70	223	404	1,147	505	0

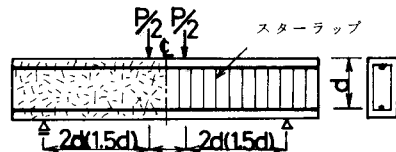


図 1. 試験方法

表 2 コンクリートの強度 (材令 28 日) (% σ_c)

種 類	圧 縮	引 張	曲 げ
SFR C	46.1	57.0	83.4
ブレン	45.2	40.8	54.9

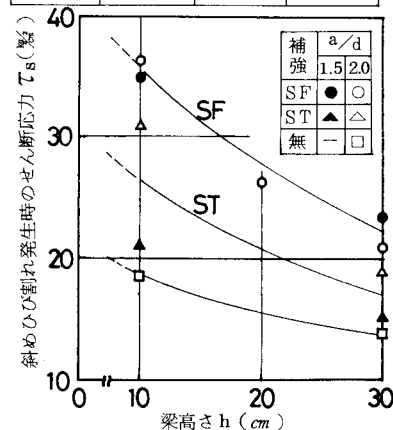


図 2 斜めひび割れ発生時のせん断応力 τ_s と梁高さ h

表3 供試体の種類と実験結果

補強の種類	梁の断面 (mm)			使用鉄筋	主鉄筋比P(%)	せん断スパン比a/d	斜めひび割れ発生		破壊		破壊形式
	幅 (b)	厚さ (h)	有効高さ (d)				荷重 P_s (ton)	せん断力 V_s (ton)	荷重 P_u (ton)	モーメント M_u (t·m)	
SF	50	100	85	D10	1.68	2.0	2.6	3.50	3.3	0.28	曲げ
"	"	"	"	"	"	"	2.8	3.76	3.5	0.30	曲げ
"	"	"	"	"	"	1.5	3.4	4.57	4.4	0.28	曲げ
"	"	"	"	"	"	"	1.8	2.42	4.7	0.30	曲げ
"	"	"	"	D13	2.98	2.0	3.0	4.03	4.8	0.31	斜引張
ST	"	"	"	D10	1.68	"	2.4	3.23	3.5	0.30	曲げ
"	"	"	"	"	"	1.5	1.6	2.15	4.3	0.27	曲げ
無	"	"	"	"	"	2.0	1.4	1.88	2.8	0.24	せん断圧縮
SF	100	200	175	D19	1.64	2.0	8.0	2.61	11.0	1.93	曲げ
"	"	"	"	"	"	"	8.0	2.61	10.8	1.89	曲げ
"	150	300	250	D32	2.12	"	10.0	1.52	24.1	6.03	斜引張
"	"	"	"	"	"	"	17.5	2.67	21.0	5.25	斜引張
"	"	"	"	"	"	"	1.5	1.75	2.67	3.46	斜引張
"	"	"	"	"	"	"	1.30	1.98	3.90	7.31	斜引張
"	"	"	"	D25	1.35	2.0	18.0	2.74	20.0	5.00	曲げ
高強度*	"	"	"	D32	2.12	"	10.7	1.62	19.0	4.75	斜引張
ST	"	"	"	"	"	1.5	1.00	1.52	3.90	7.31	曲げ
無	"	"	"	"	"	2.0	9.0	1.37	14.5	3.63	斜引張

し、 $h=30\text{cm}$ ではSF補強 (但し) $\tau_s = \frac{P_s}{2} / b \cdot Z$ ここに Z : 抵抗偶力のアーム * $\sigma_c = 65.6 \text{ 兆}$
 $\sigma_t = 41.0 \text{ 兆}$

強の場合斜め引張破壊を生じた。これは τ_s の場合と同様、 M_u にも寸法効果があるためと考えられる。すなわち、 M_u は $\Delta x/y$ (Δx : 曲げひび割れ間隔、 y : 曲げひび割れ長さ) に比例するというKaniの理論とほぼ同じ

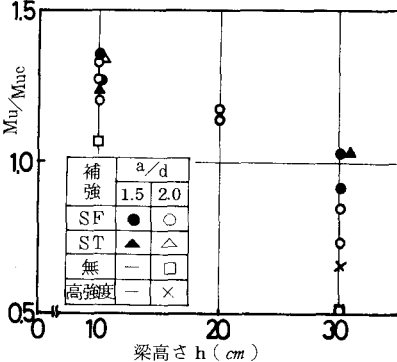


図3. M_u/M_{uc} と梁高さ h との関係

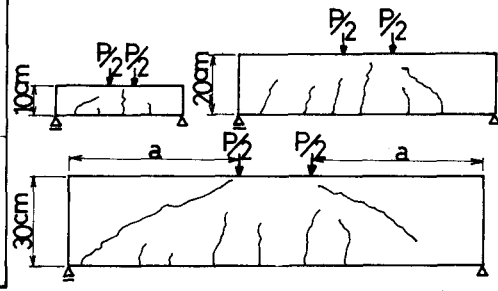


図4. ひび割れ発生状況 (SF補強の場合)

3.3 RC梁のせん断補強に対するSFの適用限界

スターラップの無いRC梁の破壊はコンクリートにより定まる斜めひび割れ耐力 $Q_u = \sigma_t \cdot b \cdot Z$ と鉄筋の降伏による終局曲げモーメント M_{uc} の二つが考えられる。今、SF補強RC梁の実験結果を $M_{uc}/Q_u \cdot a$ と梁高さ h との関係で示したのが図5である。一般に、 $M_{uc}/Q_u \cdot a < 1$ のとき曲げ破壊が生じるが、SF補強の場合、この境界が h とともに変化し、 $h=30\text{cm}$ では $M_{uc}/Q_u \cdot a = 0.6$ が境界となっている。したがって、梁の主鉄筋量および高さ h を適当に選定することにより、せん断破壊の生じないSF入りRC梁を設計することが出来る。

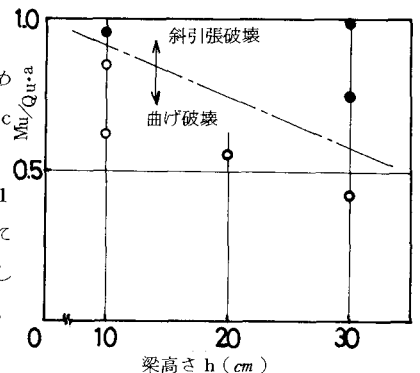


図5. $M_u/Q_u \cdot a$ と梁高さ h との関係 (SF補強の場合)