

各種補強材を用いた短繊維補強RCはりの破壊性状に関する研究

岐阜大学 学生員 ○荒川 健・伊藤 朋紀

岐阜大学 正会員 栗原 哲彦・六郷 恵哲

1.はじめに

コンクリートを高靱性化する方法として、鋼繊維やアラミド繊維などを混入する方法がある。また、コンクリート用の鉄筋やPC鋼棒の代替として、軽量で強度が高く、かつ耐腐食性に優れた連続繊維補強材が利用され始めている。本研究では、鋼繊維補強コンクリートやアラミド短繊維補強モルタルを使用し、補強材に通常の鉄筋のほか、降伏現象のない連続繊維補強材や、引張試験機によりいったん降伏させた後取り出した、降伏棚のない鉄筋を補強材としたRCはりを作製し、その破壊性状の比較検討を行い、短繊維補強コンクリートの補強に適した補強材の性能について検討した。

2.実験概要

鋼繊維補強コンクリート、アラミド短繊維補強モルタル、鉄筋および連続繊維補強材を用いて表-1に示すような5種類のはり供試体（各2体）を作製した。コンクリートの配合を表-2に、強度試験結果を表-3に示す。短繊維にはインデント付ストレーン鋼繊維（ $\phi 0.6 \times 30\text{mm}$ 、引張強度 $1.1 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ ）および、アラミド繊維（ $\phi 0.4 \times 30\text{mm}$ 、引張強度 $3.0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ 、比重1.39）を用い、補強材には通常の異形鉄筋D10（SD295）のほか、この鉄筋を引張試験機によりいったん降伏させた後取り出した図-1に示すような降伏棚のない鉄筋（図-2）や、表-4に示すような格子状連続繊維補強材（N社製、ガラス繊維）を使用した。鉄筋を使用したSFシリーズ、SFBシリーズ、YSFシリーズはかぶりを2cmとし、連続繊維補強材を使用したPSFシリーズ、PAFシリーズではかぶりを1cmとした。載荷方法は、モーメントスパン50cm、せん断スパン50cmの3等分点載荷とし、荷重および載荷点変位を計測した。

3.実験結果と考察

実験により得られたはりの荷重-変位曲線を図-3に、実験結果（供試体2体の平均）を表-1に示す。

鋼繊維補強コンクリートと通常の鉄筋を使用したSFシリーズ、SFBシリーズの場合、荷重-変位曲線は最大荷重に達した後急激に荷重が低下しており、はり高さが高いほどつまり引張鉄筋比が小さいほど、荷重の低下の割合が著しい。これは最大荷重時に鉄筋が降伏し、それまでに発生していた複数ひびわれのうち、1本のひびわれに破壊が集中するためと考えられる。降伏棚のない鉄筋を使用したYSFシリーズでは、鉄筋降伏による急激なひびわれ幅の拡大がなく、鋼繊維補強コンクリートの受け持っている引張力の急激な低下が遅れるため、同じはり高さのSFシリーズのりと比べ、最終変位（鉄筋破断時の変位）は減少するが、最大荷重は1割ほど増加した。荷重-変位曲線下の面積は、大部分が鉄筋の破断時に消費されるエネルギーに関係づけられるものであり、同じはり高さの場合には、SFシリーズとYSFシリーズで同程度となった。またSFBシリーズでは、SFB8（引張鉄筋比 $p=1.72$ ）、SFB10（ $p=1.37$ ）の場合には、SFシリーズ、YSFシリーズで見られた急激な荷重の低下はみられず、特にSF B8の場合、変位は100mm以上と大きくなった。したがって、最大荷重直後の急激な荷重の低下を防ぎ、大きな変形を得るためには、引張鉄筋比を約1%より大きくする必要があると考えられる。

表-2 コンクリートの示方配合表

供試体 シリーズ	単位量(kgf/m ³)					
	W	C	S	G	繊維	Ad.
SF、SFB YSF、PSF	137	492	874	761	156	14.8
PAF	183	652	1304	—	27.0	26.0

Ad.：高性能AE減水剤

表-3 コンクリートの強度試験結果

供試体 シリーズ	強度(kgf/cm ²)			弾性係数 (kgf/cm ²)	材齢 (日)
	圧縮	引張	曲げ		
SF	888	89.6	119	4.05×10^5	22
SFB	875	86.7	131	3.92×10^5	23
SFB8	863	90.4	114	3.98×10^5	14
YSF、PSF	975	93.3	124	4.30×10^5	18
PAF	801	103	156	3.36×10^5	23

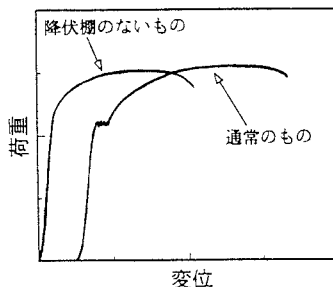


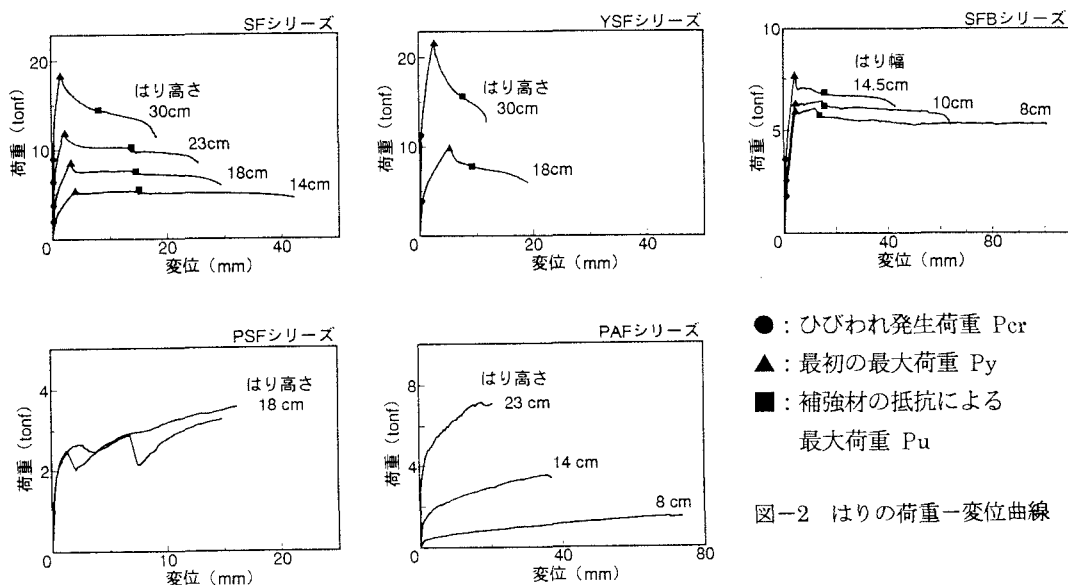
図-1 鉄筋の荷重-変位曲線

表-4 連続繊維補強材の物性値

筋番	引張強度 (kgf/cm ²)	引張弾性 係数 (kgf/cm ²)	最大 荷重 (tonf)	格子 間隔 (cm)
G6	6000	3.0×10^5	2.10	5

表-1 はりの実験結果

供試体 シリーズ	コンクリート の種類	補強材 の種類	供試体寸法 (cm)			引張鉄筋		ひびわれ 発生荷重 P _{cr} (tonf)	最初の 最大荷重 P _y (tonf)	補強材の 抵抗による 最大荷重 P _u (tonf)	補強材
			幅	載荷スパン [モーメントスパン]	高さ	量	比 (%)				
SF14 SF18 SF23 SF30	鋼繊維 補強	通常の 鉄筋	20	150 [50]	14 18 23 30	3D10	0.92 0.98 0.91 0.38	1.96 2.82 3.27 9.36	5.76 8.17 11.7 19.0	5.51 7.53 9.84 14.5	— 破断 破断 —
SFB8 SFB10 SFB14.5			8 10 14.5	150 [50]	18	3D10	1.72 1.37 0.94	1.62 2.84 3.21	5.90 6.51 7.54	5.70 6.49 6.99	— 破断 破断
YSF18 YSF30		降伏棚の ない鉄筋	20	150 [50]	18 30	3D10	0.68 0.38	3.71 11.7	9.70 21.4	7.89 15.0	破断 破断
PSF18		連続繊維	10	150 [50]	18	—	—	1.61	—	3.43	破断
PAF8 PAF14 PAF23		アラミド 繊維補強	10	150 [50]	8 14 23	—	—	0.40 1.20 2.87	— — —	1.51 3.50 6.33	破断 破断 —



● : ひびわれ発生荷重 P_{cr}
 ▲ : 最初の最大荷重 P_y
 ■ : 補強材の抵抗による
 最大荷重 P_u

図-2 はりの荷重-変位曲線

鋼繊維補強コンクリートと連続繊維補強材を使用したPSFシリーズでは、通常の鉄筋に比べ連続繊維補強材は弾性係数が小さく、格子部以外の部分の付着が弱いため、ひびわれが進展するたびに荷重が急激に低下した。アラミド短繊維補強モルタルと連続繊維補強材を使用したPAFシリーズの場合、荷重-変位曲線は、PSFシリーズのような荷重の低下はみられず、最大荷重に至るまで荷重が単調増加し、多数のひびわれが発生した。そのため、PAFシリーズとPSFシリーズの比較から、連続繊維補強材を補強材としたRCはりとしては、鋼繊維補強コンクリートよりもアラミド短繊維補強モルタルを用いた方が良好な曲げ破壊性状を示した。

4.まとめ

鋼繊維補強コンクリートならびにアラミド短繊維補強モルタルを、通常の鉄筋、降伏棚のない鉄筋、連続繊維補強材で補強したはり供試体を作製し、それらの曲げ破壊性状について検討した。

鋼繊維補強コンクリートを鉄筋で補強したはりで、最大荷重直後の急激な荷重の低下を防ぎ、大きな変形を得るには、引張鉄筋比を約1%より大きくする必要があった。また、降伏棚のない鉄筋を用いた場合は、降伏棚のない場合に比べ、最終変位は減少するが最大荷重は1割ほど増加し、荷重-変位曲線下の面積は一定となる傾向にあった。

補強材に連続繊維補強材を用いた場合、鋼繊維補強コンクリートを用いた場合にみられたひびわれの進展に伴う急激な荷重の低下が、アラミド短繊維補強モルタルを用いた場合にはみられず、荷重、変位ともに増大し、より望ましい破壊性状を示した。