

# 鋼繊維を用いた鉄筋コンクリート梁のせん断耐力

The Shear Strength of Concrete Beams Reinforced with Randomly Distributed Steel Fibres.

山王博之\*・小林一輔\*

Hiroyuki SANNO and Kazusuke KOBAYASHI

## 1. はしがき

鋼繊維によって補強されたコンクリートは、引張強度、ひび割れ強度、せん断強度、伸び能力、タフネス、動的強度、ならびに疲労強度などが著しくすぐれている点で、最近とみに注目を集めつつある。これらのすぐれた特性を活用して、種々の構造部材へ適用しようとする試みも検討されている。

鋼繊維補強コンクリートの上記の特性のうち、引張強度やタフネスに関しては大抵の実験研究がこれを調べているので資料も豊富であり、構造部材に対する適用もこれに基づいて1部では行なわれているが、せん断強度に関してはこれを取扱った研究報告が非常に少ない。

コンクリートに鋼繊維を混入することにより強度の改善は、図3および図4を対比することによって明らかのように、引張強度におけるよりもせん断強度の場合には顕著である。

本研究は、鋼繊維補強コンクリートの以上のような特性を活用する目的で、鋼繊維を鉄筋コンクリート梁のせん断補強材として従来のスターラップにおきかえることを試みたものである。ここでは、主として移動荷重下において鋼繊維混入率、鋼繊維のアスペクト比などが鋼繊維補強コンクリートを用いた鉄筋コンクリート梁のせん断補強効果に及ぼす影響について実験的に検討を行なった結果を示す。

## 2. 使用材料及びコンクリートの配合

鋼繊維は冷延鋼板をせん断して製造したもので、表1に示すような寸法のものを使用した。

鉄筋は引張主鉄筋に直径13mmでS D 40のものを用い、スターラップに直径6mm(降伏点: 70kg/mm<sup>2</sup>)を使用した。コンクリート材料の諸元は以下の通りである。

セメント: 早強ポルトランドセメント

粗骨材: 最大寸法が10mmの碎石(表乾比重 2.66, 吸水量 1.3%)

細骨材: 川砂(表乾比重 2.63, 吸水量 2.0%, F M

表1 使用した鋼繊維の寸法

種別	換算径(D)	長さ(L)	アスペクト比(L/D)
A	0.39mm	14mm	36
B	"	24	62
C	"	34	87
D	0.5	37	74

表2 プレーンコンクリートの配合

粗骨材の最大寸法(mm)	スランブ(cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				減水剤 C <sub>x</sub> (%)
				W	C	S	G	
10	8	55	50	194	345	917	920	0.2

## 3.00)

プレーンコンクリートの配合を表2に示す。繊維補強コンクリートは表2の配合に対して、それぞれ鋼繊維を外割りで0.2~2.5%(容積百分率)混入して製作した。

## 3. 鋼繊維補強コンクリートの製造方法

鋼繊維の混入方法には種々の方法があるが、この実験では初めにコンクリートのみを練り混ぜ、ついで攪拌中のコンクリートに鋼繊維を少量ずつ添加する方法で行なった。

締固めは、全て振動台(振動数 9,000rpm)による振動締固めを行なった。成型後は材令2週まで湿潤養生を行なったのちに載荷試験を行なった。

## 4. 梁供試体の形状寸法と載荷試験方法

供試体の外形寸法及び配筋を図1に示す。引張主鉄筋比はすべて2.11%とした。供試体は、主鉄筋のみを用いたもの(図1(A))、これにせん断補強材としてスターラップ(腹鉄筋比0.47%)を配置したものの(図1(B))、並びに主鉄筋のみを用いたものにせん断補強材として鋼繊維を混入したものの(図1(C))の3種を製作した。

載荷方法は、図1(D)に示すようにせん断スパン比 a/d (a: 支点から載荷点までの距離, d: 梁の有効高さ)をそれぞれ1.25, 2.5, 3.75, 並びに5.0に変化さ

\*東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

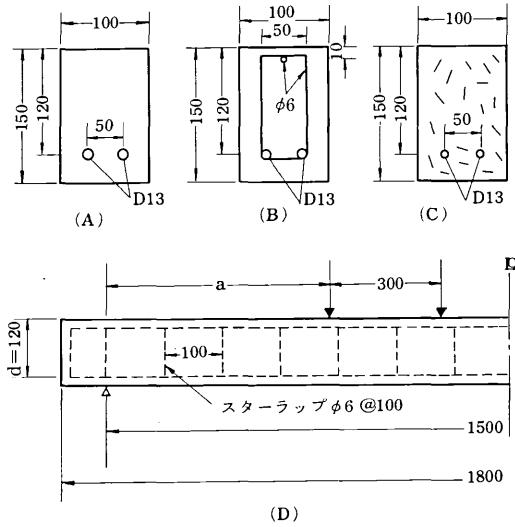


図1 供試体の形状寸法と載荷方法

せた移動2点載荷とした。

5. 鋼繊維補強コンクリートの圧縮、引張ならびにせん断強度

本実験で使用した鋼繊維補強コンクリートの圧縮強度、引張強度(割裂方法),並びに直接せん断強度(二面せん断試験)についての実験結果をそれぞれ図2, 図3, ならびに図4に示す。これらの図より直接せん断強度は、圧縮強度や引張強度に比べて比較的少量の

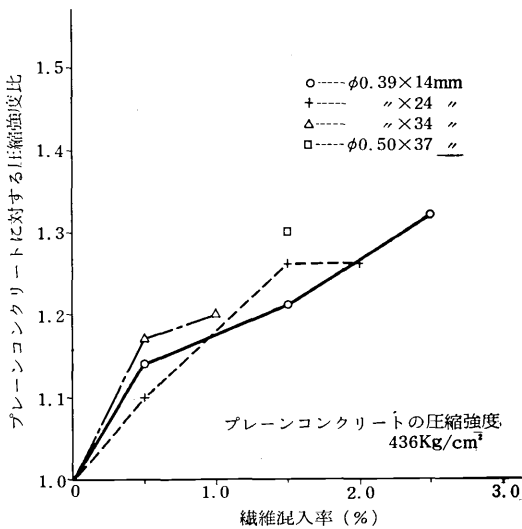


図2 圧縮強度と繊維混入率

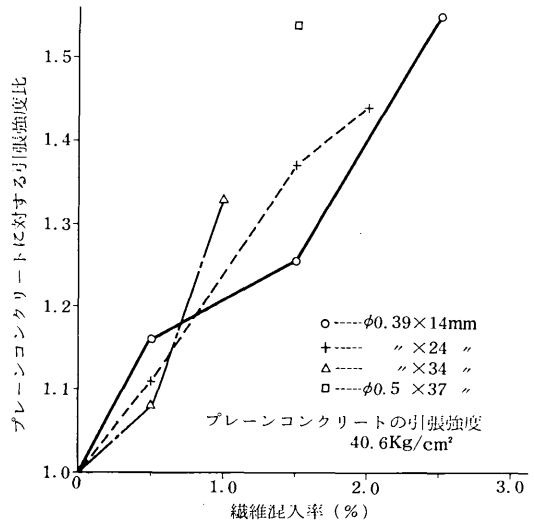


図3 引張強度と繊維混入率

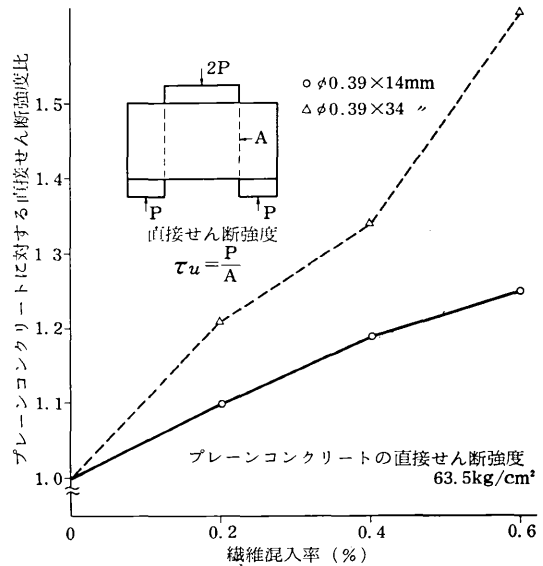


図4 直接せん断強度と繊維混入率

繊維を混入することにより高い強度比が得られること、繊維のアスペクト比に対する依存性が著しいことがわかる。このように、直接せん断強度が著しく高い値を示す原因については、せん断力の作用面に存在する鋼繊維の、その面に直角方向の成分とせん断力によって生ずるダウエル現象によるものと思われる。

6. 実験結果と考察

図5はスターラップの代りに2種の鋼繊維をそれぞれ1.5%混入した鉄筋コンクリート梁と、スターラップによるせん断補強を行なった梁およびせん断補強を全く行なわない梁について、破壊曲げモーメントとせん断スパン比 (a/d) との関係を示したものである。こ

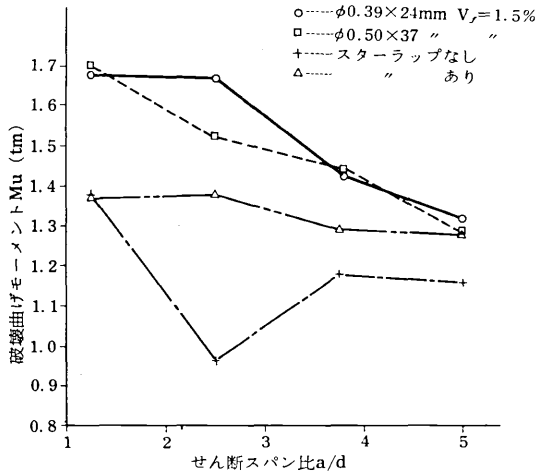


図5 破壊曲げモーメントとせん断スパン比 a/d との関係

の図からせん断補強材のない梁は、a/d=2.5附近で破壊曲げモーメントが最も小さい値をとることがわかる。この場合の破壊形式は典型的なせん断付着破壊であったが、せん断補強を行なった梁の破壊形式はすべてせん断圧縮破壊であった。この図から、鋼繊維を1.5%混入した鉄筋コンクリート梁は、スターラップ（腹鉄筋比0.47%）を使用したものよりも全般的に大きいせん断耐力を示すことがわかる。

一方、図6は鋼繊維を混入した鉄筋コンクリート梁における中立軸における斜め引張ひびわれ時ならびに破壊時の見掛けのせん断応力度と繊維混入率との関係を示したものである。但し、上記のせん断応力度は次式で計算した値である。

$$\tau_u = V / (ZB) \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

ここで、V、Z、並びにbはそれぞれせん断力、抵抗偶力のアーム長さ、並びに梁の幅である。図6から鉄筋コンクリート梁（以下 RC梁）の場合、せん断補強材として鋼繊維 (phi 0.39 x 14mm) 約0.3%/vol 混入することにより本実験で用いたスターラップと同程度のせん断補強効果が得られることがわかる。この結果はこの分野における唯一の既往の研究結果とはほぼ一致する。

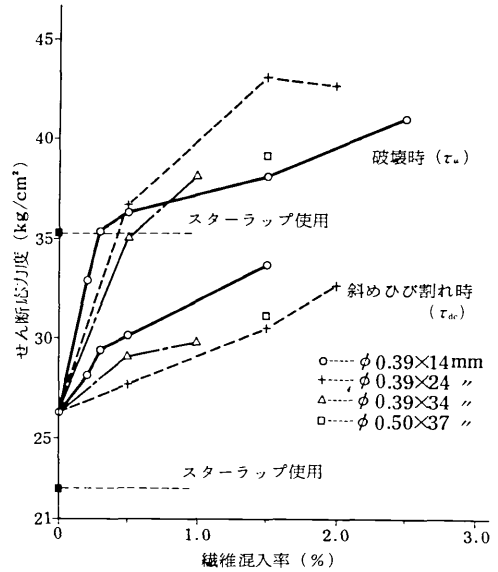


図6 中立軸での見掛けのせん断応力度 (a/d=2.5)

斜めひび割れが生じてから破壊までのせん断補強能力と繊維混入率との関係を図7に示す。せん断補強能力とは、a/d=2.5、中立軸での斜めひび割れ時の見掛けのせん断応力度に対する破壊時の見掛けのせん断応力度の強度比 (tau\_u / tau\_dc) と定義する。この図において最大のせん断補強能力を与える繊維混入量はアスペクト比が、62の鋼繊維によって得られ、その値は約1.5

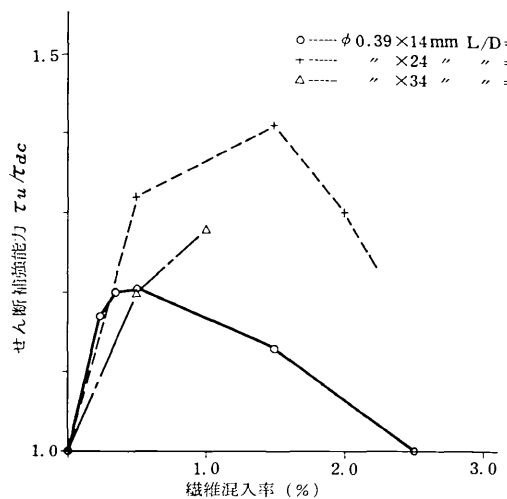


図7 中立軸における tau\_u / tau\_dc (a/d=2.5) と繊維混入率との関係

研究速報

であることがわかる。図8はせん断補強能力とアスペクト比との関係を示したものであるが、この図からも本実験で用いた鋼繊維の中でせん断補強能力が最もすぐれているのは、アスペクト比が62の鋼繊維であることがわかる。

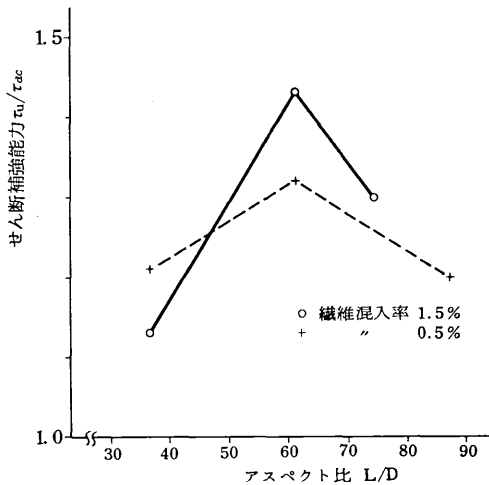


図8 中立軸における $\tau_u/\tau_{dc}$  ( $a/d=2.5$ ) アスペクト比 ( $L/D$ ) との関係

スターラップを有しない鉄筋コンクリート梁に鋼繊維を混入することによりせん断補強効果を生ずる理由について考察を加えると以下ようになる。

一般にスターラップを有しない鉄筋コンクリート梁のせん断破壊は、斜め引張りひびわれが成長して鉄筋部分にまで達し、最終的には鉄筋の付着破壊によって決まる。一方、鋼繊維を混入した RC 梁の場合には、コンクリート中における鋼繊維のひび割れ拘束作用によって、鉄筋の付着強度が改善されるので、梁内部にアーチを考える時に、鉄筋が降伏しない限り斜めひび割れが発生した後もコンクリートと鉄筋との一体化が保たれ力が外部支承に伝達される。このことは、最終的に、耐力が圧縮例のコンクリートの圧縮破壊に依存することを意味する。すなわち、鋼繊維を混入することにより鉄筋コンクリート梁のせん断補強効果が改善されるゆえんである。

図9は鋼繊維の混入により鉄筋の付着強度がどの程度改善されるかを引抜き試験によって確認した結果である。この図から、鋼繊維 ( $\phi 0.39 \times 14\text{mm}$ ) を 0.4% 混入した鉄筋の自由端におけるすべり量が 10/1,000 mm における鉄筋の付着応力度は、プレーンコンクリー

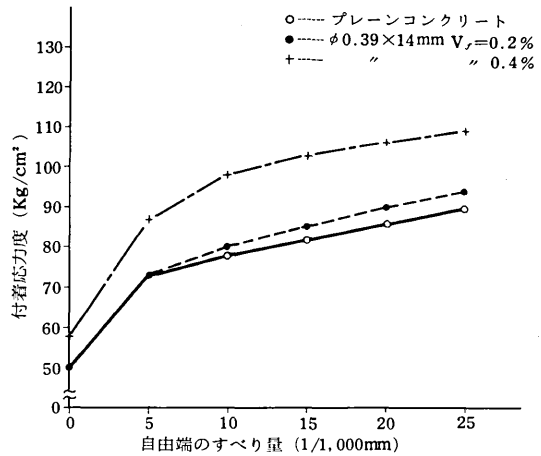


図9 鉄筋の付着応力度と鉄筋の自由端におけるすべり量との関係

トの約1.26倍に改善されることがわかる。また、鋼繊維をわずかな量だけ混入して鉄筋の付着強度を向上させることができることを確認した。このことは、 $\phi 0.39 \times 14\text{mm}$  の鋼繊維を約0.3%入れた RC 梁のせん断補強効果発現を裏付けていると思われる。

7. ま と め

本実験の結果を要約すると

- 1) 鉄筋コンクリート梁に、鋼繊維 ( $\phi 0.39 \times 14\text{mm}$ ) を約0.3%混入したコンクリートを使用すれば、スターラップと同程度のせん断補強効果が得られる。
- 2) 本実験で用いた鋼繊維のうちではアスペクト比62のものが最も高いせん断補強能力を示した。

ようになる。

最後に、本研究を実施するに当たり、鋼繊維試料に関して多大の御協力を頂いた(株)サンゴに深謝します。また、実験の遂行に御協力された日本大学生産工学部の峰松、森谷、渡辺、木村の諸氏ならびに小林研究室の職員各位に心から謝意を表します。

(1975年9月1日受理)

参考文献

- 1) Batson, G., Jenkins, E. and Spatney, R., "Steel Fibers as Shear Reinforcement in Beams," ACI Jour., Proc. Vol. 49, No. 10, Oct. 1972.