

# 繊維補強鉄筋コンクリート構造部材に関する研究(4)

## —鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断特性—

Study on Reinforced Concrete Members Using Fiber Reinforced Concrete(4)

魚本 健人\*・西村 次男\*・ランジャン. K. ウィーララタナ\*

Taketo UOMOTO, Tsugio NISHIMURA and Ranjan Kumarasiri WEERARATNE

### 1. はし が き

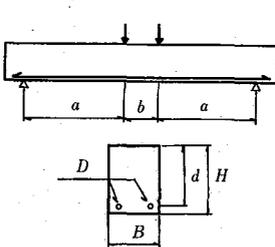
前報<sup>1)~3)</sup>までは、引張応力下における鋼繊維補強コンクリートの応力-変形モデルについて検討し、曲げを受ける鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁および床版の特性について検討を行った。

本報告は、鋼繊維補強コンクリートが普通コンクリートに比べせん断耐力が大きい<sup>4)</sup>ことに着目し、スタースラップを用いない鉄筋コンクリート梁を使用して、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断特性について実験的に検討した結果をまとめたものである。

### 2. 実験概要

実験は、次の2シリーズに分けて行った。

- 1) 繊維混入率 ( $V_f$ ) を変化させた鋼繊維補強コンクリートの圧縮およびせん断強度に関する検討
- 2) 鉄筋比 ( $p$ )、せん断スパン比 ( $a/d$ )、有効高さ ( $d$ ) を変化させた鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断特性



Type	A	B	C
H (cm)	10	10	20
B, b (cm)	10	10	10
d (cm)	8.5	8.0	18.2
D (mm)	10	19	16
$\sigma_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	3550	3860	3760
p (%)	1.85	3.54	2.21
a/d	1.2 5.8	1.5 5.0	1.0 5.0

$\sigma_y$ : 鉄筋の降伏応力度 p: 鉄筋比

図-1 鉄筋コンクリート梁試験体

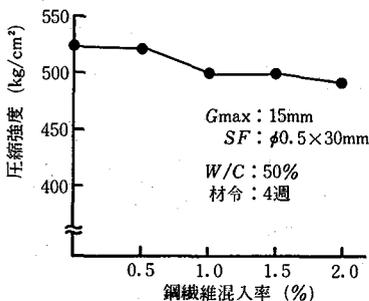


図-2 鋼繊維混入率と圧縮強度との関係

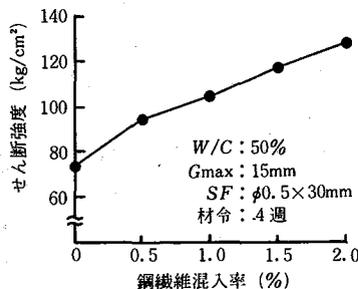


図-3 鋼繊維混入率とせん断強度との関係

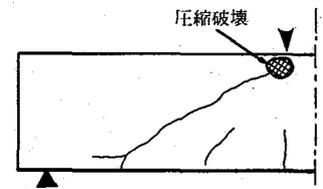


図-4 鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断破壊状況

### に関する検討

実験に使用した鋼繊維は、 $\phi 0.5 \times 30$  mm の異形カットワイヤーで、鉄筋はすべて SD 30 である。実験に用いた鉄筋コンクリート梁は、図1に示す寸法および形状で、コンクリートの配合は繊維混入率 0% と 1.5% の2種類とし、水セメント比 50%、スランプは  $10 \pm 1$  cm となるように定めた。供試体の養生はすべて湿気養生 (室温) とし、梁の荷重時材令 (約 5 週) における圧縮強度は  $500 \pm 20$  kg/cm<sup>2</sup> であった。なお、骨材の最大寸法は 15 mm で、図-1に示す鉄筋の降伏応力は実測値である。

### 3. 圧縮強度およびせん断強度

鋼繊維補強コンクリートの強度特性に関しては、すでに多くの研究結果が発表されているが、<sup>4)</sup>本研究で用いた鋼繊維を使用した場合の圧縮強度およびせん断強度と繊維混入率との関係を、図-2 および図-3 に示す。

図-2 から明らかなように繊維混入率の増大に伴い若干圧縮強度は低下するが、ほぼ同じ圧縮強度となっている。すなわち、鋼繊維補強コンクリートでは、繊維混入率を高めても圧縮強度の増大は認められない。

一方、図-3 に示したせん断強度は、改良型 2 面せん断試験方法<sup>5)</sup>で求められたもので圧縮強度の場合と異なり、繊維混入率が増加するにつれて増大する。また繊維混入率が 2% の場合には普通コンクリートの約 2 倍の強度となっている。この結果からも明らかなように、鋼繊維補強コンクリートの繊維混入率を高めることは、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断耐力を増大させるうえで非常に有効であると考えられる。なお、すでに明ら

\* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

研究速報

鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁

普通鉄筋コンクリート梁

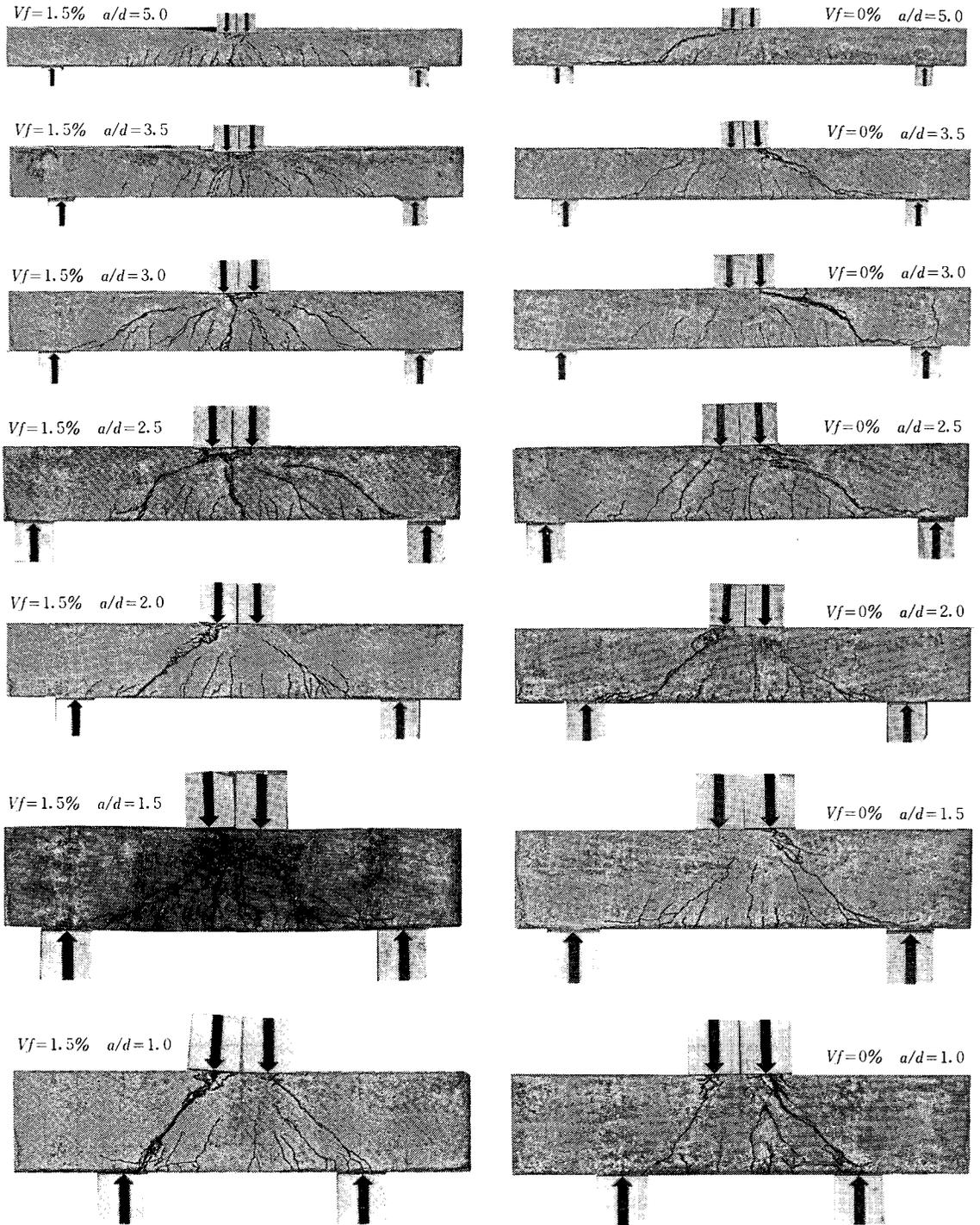


写真-1 鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁および普通鉄筋コンクリート梁の破壊性状 ( $d : 18.2 \text{ cm}$ )

かにされているように、鋼繊維補強コンクリートの場合にはせん断ひびわれを生じても急激な耐力低下を起さず、ある程度の変形を生ずるまでは十分なせん断耐力を示すことも重要な因子であると考えられる。

4. 鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断特性

鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断特性を調べるため、図-1 に示した梁の載荷試験を行い、その結果を普通鉄筋コンクリート梁と比較した。

4.1 破壊性状

せん断スパン比 ( $a/d$ ) を変化させた鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁と普通鉄筋コンクリート梁 (鉄筋比  $p$ : 1.82%, 有効高さ  $d$ : 18.2 cm) の破壊性状の 1 例を写真-1 に示す。

この写真から明らかなように、普通鉄筋コンクリート梁では  $a/d$  が 1.0 から 5.0 までのいずれの場合にもせん断破壊を起こしている。しかし、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の場合には斜め引張ひびわれの発生は認められるものの、 $a/d$  が 1.0 および 2.0 の場合をのぞき、せん断破壊を起こしていない。

この写真には示していないが、鉄筋比を 3.54% に増加させた梁の場合にも  $a/d$  が 1.5 以下の場合にしかせん断破壊を示さなかったが、これらの破壊形式はいずれもせん断圧縮破壊型であった。すなわち、図-4 に示すように、載荷荷重を増加させるにつれ、曲げひびわれが発生し、斜め引張ひびわれへと変化し、そのひびわれが荷重点近くまで成長するとそこで圧縮破壊を起こしている。引張縁近傍のひびわれに関しては、斜め引張りひびわれから支点へとひびわれがのび、鉄筋にそった付着ひびわれが生ずることもあるが、鋼繊維による拘束効果のためこのひびわれはほとんど拡大しなかった。

このような現象が生じた原因は、3 で述べたように鋼繊維補強コンクリートではせん断強度や引張強度は繊維混入率を増加させるにつれて増大するが、圧縮強度は増

大せずほぼ一定であるためであると考えられる。

4.2 荷重-鉄筋ひずみ曲線

有効高さが一定で、せん断スパン比を変化させた鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁および、鉄筋比がほぼ 2% で鉄筋の有効高さを変化させた鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の荷重-鉄筋ひずみ曲線を図-5 および図-6 に示す。

図-5 から明らかなように、 $a/d$  を変化させると  $a/d$  が 1.5 以下の場合には鉄筋が降伏する前に梁が破壊しているが、 $a/d$  が 2.5 以上の場合には鉄筋が完全に降伏しており、曲げ破壊を起こしている。この図に示した梁は、鉄筋比 3.54% のものであるが、ほかの梁の場合にも同様な傾向が認められる。

図-6 から明らかなように、同じ  $a/d$  でほぼ等しい鉄筋比 (1.85% および 2.21%) の梁であっても、有効高さが 8.5 cm の場合と 18.2 cm の場合とは異なった性状を示している。すなわち、有効高さが小さい場合には曲げ破壊となっているが、有効高さが大きな場合には鉄筋降伏と同時にせん断破壊を起こしている。この梁は、写真-1 に示したものと同一梁であり、破壊性状とも一致する。このような現象は普通鉄筋コンクリート梁の場合にも認められるものであるが、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の場合には繊維の配向や分散とも関係が深いと予想されることから、さらに検討が必要であると考えられる。

4.3 最大抵抗モーメント

本研究で行った梁のうち、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁はほとんどせん断破壊を起こさなかったことから、普通鉄筋コンクリート梁との違いを明らかにする目的で、Kani の方法<sup>9)</sup> を用いて整理することにした。すなわち、最大抵抗モーメントと  $a/d$  との関係が、繊維混入率、鉄筋比、有効高さによってどのように変化するかを調べることにし、図-7 に有効高さ 8 cm および 8.5 cm の場合を、また、図-8 に有効高さ 18.2 cm の場合を示す。

これらの図を比較すると、次のことが明らかである。

1) 普通鉄筋コンクリート梁の場合には、有効高さ  $d$  が 8.5 cm および 18.2 cm のいずれの場合にもせん断破

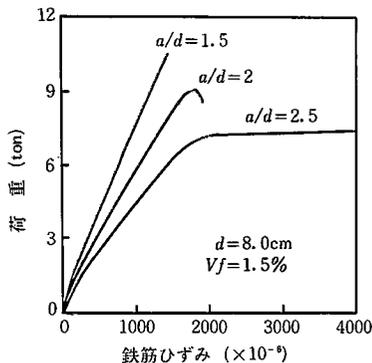


図-5 せん断スパン比 ( $a/d$ ) の異なる鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の荷重-鉄筋ひずみ (中央点) 曲線

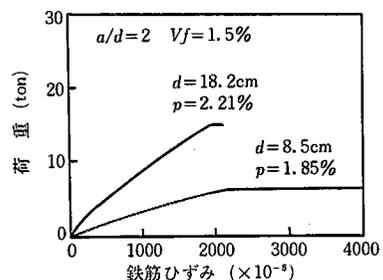


図-6 有効高さ ( $d$ ) の異なる鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の荷重-鉄筋ひずみ (中央点) 曲線

研究速報

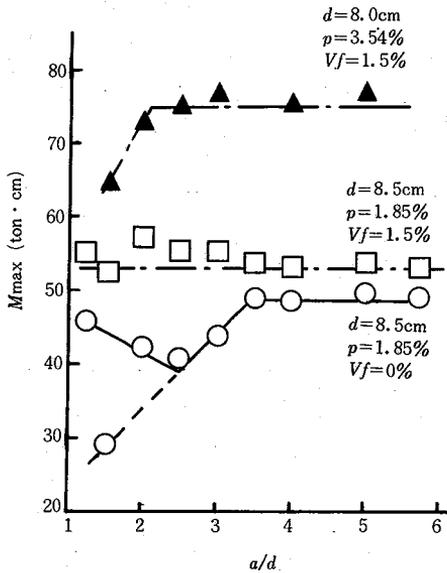


図-7 せん断スパン比 ( $a/d$ ) と最大抵抗モーメントとの関係 (有効高さ 8.0 cm および 8.5 cm)

壊による影響が明瞭に表れている。しかし、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の場合には  $a/d$  が小さな場合にのみせん断破壊による影響が認められる。

2) 有効高さが 8 cm および 8.5 cm の場合、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁は鉄筋比 1.85% ではせん断破壊を生じていないが、鉄筋比 3.54% では  $a/d$  が 2.0 未満の場合にせん断破壊による影響が認められる。

3) 有効高さが 18.2 cm の場合、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の最大曲げモーメントは  $a/d$  が 1.0 の場合にのみ低下しているが、せん断破壊を起こした  $a/d$  が 2.0 の場合については、鉄筋の降伏とせん断破壊がほぼ同時であったため(図-6 参照)、耐力低下が認められなかったものと考えられる。

これらの結果から、本実験で検討した範囲内では、繊維混入率 1.5% の鋼繊維補強コンクリートを用いると、鉄筋コンクリート梁のせん断耐力は普通鉄筋コンクリート梁に比べ著しく増加すると言えよう。しかし、本実験では有効高さが 18.2 cm までの梁で行った結果であることから、どの程度の寸法の梁にまで適用できるかはさらに検討を必要としよう。

5. 鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断特性

本研究で行った実験結果を考慮して、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断特性について普通鉄筋コンクリート梁と比較して検討すると、次のことが言えると思われる。

1) 鋼繊維補強コンクリートを用いると、梁のせん断耐力は著しく増大する。このため、普通鉄筋コンクリート

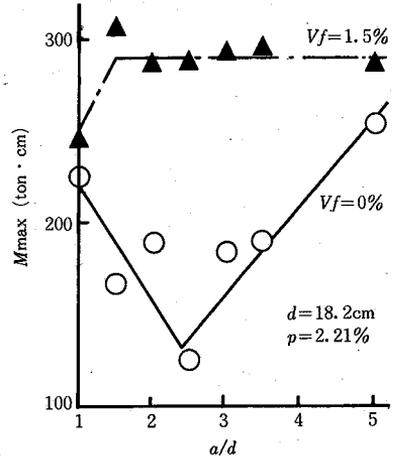


図-8 せん断スパン比 ( $a/d$ ) と最大抵抗モーメントとの関係 (有効高さ 18.2 cm)

梁の場合には  $a/d$  が 2.5 程度のときに最大抵抗モーメントは最小となるといわれているが、鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の場合にはこの現象が認められない。

2) 鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁でせん断破壊を起こしたものは  $a/d$  が 2 以下であり、いずれもせん断圧縮破壊である。これは、鋼繊維補強コンクリートは高いせん断強度を有していても、圧縮強度は普通コンクリートと変わらないためであると考えられる。

3) 本実験で用いた梁のせん断耐力から公称せん断応力度 ( $\tau_u$ ) を求めると、普通鉄筋コンクリートの場合には 14~22 kg/cm<sup>2</sup> であるのに対し、鋼繊維補強鉄筋コンクリートの場合には 86~114 kg/cm<sup>2</sup> となり、約 5~6 倍の耐力を有している。

しかし、これらの特性は限られた実験結果に基づいていることから、今後さらに繊維の配向と分散、有効高さ等の影響について検討を進める必要がある。なお、本研究では 1 種類の鋼繊維のみを使用したのが、繊維種類の違いについても検討することが重要であると思われる。

6. あとがき

本研究で鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁のせん断特性の一端が明らかとなったが、さらにその特性について実験的に検討すると同時に、解析的にも検討する予定である。

(1984年1月30日受理)

参考文献

- 1) 小林, 魚本, 古越: 生産研究 Vol. 35, No. 10, 1983, 10
- 2) 小林, 魚本, 西村: 生産研究 Vol. 35, No. 11, 1983, 11
- 3) 魚本, 西村, ウィーラタナ: 生産研究 Vol. 36, No. 1, 1984, 1
- 4) 小林: 繊維補強コンクリート, オーム社, 1981
- 5) 魚本, 峰松: コンクリート工学, Vol. 19, No. 4, 1981, 4
- 6) G.N.J. Kani: A.C.I. Journal, Vol. 61, No. 4, 1964, 4