

鉄筋コンクリート梁の鋼繊維によるせん断補強

日本大学 正員 原 忠 晴

1. はじめに

近年、コンクリート中に短繊維をランダムに混入せよと種々の機械的性質が改善される事に着目し、鉄筋コンクリート部材のせん断補強を試みようとする報告がなされている^{1)~3)}。ここでは、鉄筋コンクリート梁の鋼繊維によるせん断補強効果について若干の検討を試みる。

2. 鉄筋コンクリート梁のせん断補強因子

鉄筋コンクリート梁のせん断補強方法をMazum のラプラス理論に基づくもので、適用方法は、1) 全てのせん断力を腹鉄筋に分担せよ⁴⁾、2) せん断力の一部をコンクリートに負担せよ、残りを腹鉄筋に分担せよ⁵⁾、に大別する事が出来る。このせん断補強前には、従来の、スターラップ並びに折り曲げ鉄筋があり、腹鉄筋の初果について比較的研究がなされている⁶⁾。

さて、ランダムに配向せよ鋼繊維による補強因子を知る手掛りとして、これから⁷⁾を指標とした。

2-1. せん断モメント理論⁷⁾による場合

Laupa et al (1955)⁷⁾は、腹鉄筋の初果を求めるために、17の個の試験体について検討した結果、次式で表わされる⁸⁾とした。

$$M_{sw}/M_s = f(P_0 \sigma_{sw}) \quad (1)$$

Egn (1) の因子を鋼繊維の場合にも適用出来るものとする。腹鉄筋比 P_0 に対応するものは、鋼繊維混入率 V_f であるから

$$P_0 = A_{sw}/b_s \propto V_f \quad (2)$$

また、配向性を無視し、付着力を T_f 、付着長さを l_0 とすれば、斜め引張りに対する鋼繊維の抵抗力は、

$$T_{df} = a_f \sigma_{sf} = T_f \cdot \pi d_f l_0 \quad (3)$$

$$\text{よって、} \sigma_{sf} = 2K T_f \cdot l_0 / d_f \quad (l_0 = K l_0 / 2, K: \text{有効付着長さ係数}) \quad (4)$$

さて、鋼繊維による補強因子は、

$$M_{sw}/M_s = f(P_0 \sigma_{sw}) \approx f(V_f \cdot l / d_f) \quad (5)$$

となり、鋼繊維混入率 V_f とアスペクト比 l/d_f の積で表わされる。

2-2. せん断力の分担による場合

斜め引張れに沿う断面に作用するせん断力は、圧縮部コンクリート、主鉄筋、及び腹鉄筋が分担する。

$$S = S_c + S_{sf} + S_d \quad (6)$$

ここで、通常の腹鉄筋を有しない梁のせん断力は既知であるとする、上式は $S - (S_c + S_d) = S_{sf} = A_{sf} \sigma_{sf}$ で、斜め引張れと横切の繊維の本数を N とすると、 $A_{sf} = N \cdot a_f$ (7) となる。また、この時の応力 σ_{sf} は、

$$\sigma_{sf} = T_f \cos \theta \cdot N = \frac{F_y}{\pi d_f l_0} \cos \theta \cdot N \quad (8)$$

$$\text{よって、} A_{sf} \sigma_{sf} = F_y \cos \theta \cdot N^2 d_f / a_l \approx f(N^2 d_f) \quad (9)$$

で、せん断力の分担を考慮した場合、Egn (9) の因子で表わされる。

3. 実験結果⁹⁾との検討

終局強度理論による係数⁹⁾を用いてつり合鉄筋比で設計した鉄筋コンクリート梁で、 V_f 、 l/d_f 、及び a/d を変化させた場合の結果を引用して検討を行った。

まず、終局せん断力 S_u と a/d については図-1に示す如くで、 $V_f = 0.5 \text{ vol } \%$ の場合、ショート・ビームの領域¹⁰⁾ ($1.0 < a/d \leq 2.5$) ではアスペクト比が大きくなるに従ってせん断耐力も増加している。しかし、 $V_f = 1.0 \text{ vol } \%$ の場合、単にアスペクト比、及び鋼繊維混入率の増加だけでは耐力も増加しないように思われる。

このようであるが、鋼繊維によるせん断補強効果が Batson 氏¹⁾の如く、繊維間隔によるものでなければならぬと思われる。また、せん断モメント理論⁷⁾による場合は図-3に示す通りで、 V_f 内は l/d の組合せによって、 $a/d \geq 3.5$ までのせん断耐力を期待出来る。そこで、この因子を $V_f \cdot l/d > 0.8$ とすれば、せん断耐力の最小値を示すといわれている $a/d = 2.5$ をせん断耐力に示すように思われる。

せん断力の伝達を考慮して Eqn (9) の関係は図-4 の通りで、定性的には傾向を示すものの、破壊形式の区別は出来ない。

参考文献

- 1) G. Batson et al, "Steel Fibers as Shear Reinforcement in Beams", Journ. of ACI, Vol. 69, No. 10, Oct., 1972, pp 640-644
- 2) 山王, 小林, "鋼繊維を用いた鉄筋コンクリート梁のせん断耐力", 生産研究, 第27巻, 11号, Nov., 1975, pp 31-34
- 3) G.R. Williamson et al, RILEM Sym., 1975, pp 209
- 4) CEB-FIP 1970, R43, 鹿島出版会
- 5) BSI CP-110, Part 1, 1972
- 6) ACI Committee 318, ACI 318-71, 1971
- 7) A. Laupa et al, Univ. of Illinois Bulletin No. 428, 1955, 73 pp.
- 8) 原, 北田, 日本コンクリート工学協会, 鋼繊維補強コンクリートに関するシンポジウム報告集, 1977, pp 89-92
- 9) D.C. Mackee, PhD. Thesis, Univ. of Illinois, 1969

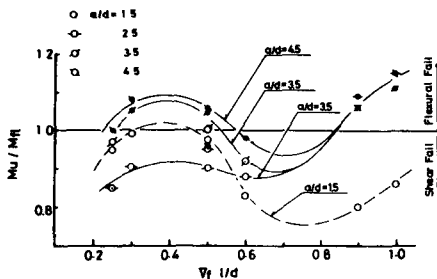


Figure-3 Relations between M_u/M_k and $V_f \cdot l/d$ by Shear Moment Theory⁷⁾

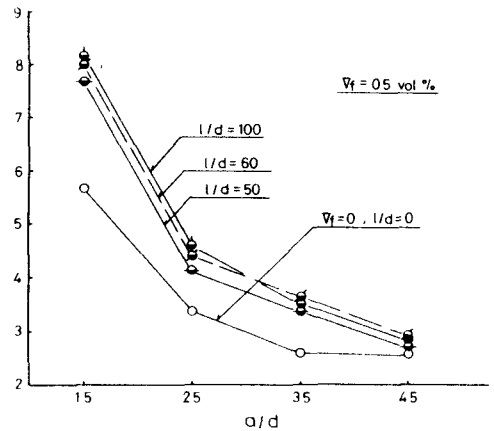


Figure-1 Test Results for Ultimate Shear Force S_u and a/d Ratios

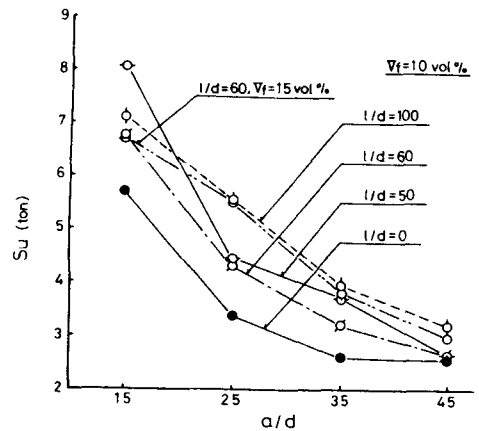


Figure-2 Test Results for Ultimate Shear Force S_u and a/d Ratios

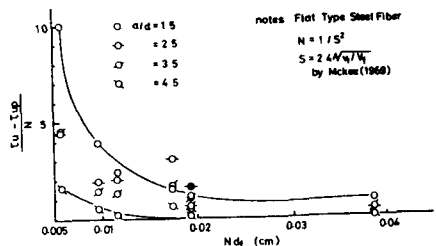


Figure-4 Steel Fiber as Shear Reinforcement Effect affected by Contribution of Shear Forces (Fiber Spacing by Mackee⁹⁾)