

徳島大学 正員 水口 裕之
徳島大学 大学院 学生員 ○中村 定明
富士ビル・コンクリート株式会社 多田 育修

1. まえがき

鋼繊維補強コンクリート（以下SFRCと書く）をRC構造物のせん断補強に利用するには、使用するSFRCを用いたRC構造物のせん断特性を明らかにしなければならない。しかし、鋼繊維のせん断補強効果については部材の寸法による影響があるといわれているが、大型の供試体を用いた研究は、ほとんど行われておらず、実用RC構造物に適用するためには大寸法の供試体での検討やその寸法効果についての研究が必要である。

そこで本研究では、比較的大型のはり供試体を用いたSFRC鉄筋コンクリートはりを用いて、破壊形状および終局強度に及ぼす部材寸法の影響について検討を行った。

2. 実験の概要

実験要因の組合せを表1に示す。使用した鋼繊維は、 $\phi 0.6 \times 40\text{mm}$ のインデント加工した異形カットワイヤーとし、主鉄筋はSD35で、それぞれ表2に示す呼び名のものを2～8本使用した。配合は、スランプ $12 \pm 2\text{cm}$ 、空気量 $6 \pm 1\%$ 、水セメント比55%、粗骨材の最大寸法20mmで、繊維混入率 V_f は体積百分率で1.5%の同一とした。

はり供試体は、図1に示すような長方形鉄筋コンクリートはりとした。供試体は湿布養生し、実験材令は28日とした。鉄筋比は表2に示すように2.0-2.1程度とし、せん断スパン比2.0の対称二点荷重で行った。ひび割れの発生および進展は目視で観察し、その発生荷重および進展状況を求めた。

3. 実験結果および考察

実験結果を表2に示す。なお、使用したコンクリートの圧縮強度 $f_{c'}$ は36.9MPa、引張強度 f_t は5.26MPaであった。

3.1 破壊形状

表2に見られるように、5および6番以外のはり供試体はすべて曲げ破壊を起こし、繊維混入率1.5%では、十分なせん断補強効果が期待できることが示されている。一方、曲げ破壊したはりのうち3, 7, 8, 10番のはりでは、最終的にはせん断破壊の原因となる斜めひび割れが、はりのほぼ上縁に達していた。これに対して、1, 2, 4および9番のはりでは、斜めひび割れの発達は少なかった。このように、破壊特性は異なり、部材寸法による影響があると考えられる。

3.2 終局強度に及ぼす有効高さの影響

図2に本実験結果で得られた有効高さ d と終局強度との関係

表1 実験要因とその組合せ

断面幅 b, mm	有効高さ d, mm						
	70	120	200	230	250	300	400
100	①	②			③		
150		④			⑤		⑥
200				⑦		⑧	
250			⑨			⑩	

注) ○印は、実験を行った組合せ。
また、○印の中の数字は、試験体番号を示す。

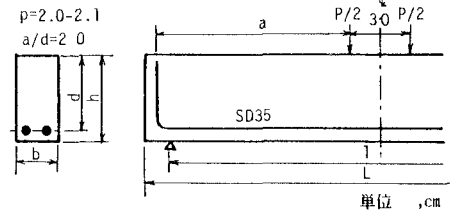


図1 断面寸法および荷重方法

表1 はりの種類および試験結果

試験体名	鉄筋		斜めひび割れ発生荷重 P_{cr}, kN	終局		破壊形状
	鉄筋比 $p, \%$	呼び名 X 本数		耐力 V_u, kN	強度 $V_u/bd, \text{MPa}$	
1-1 2	2.04	D10 X 2	— 57.9	29.3 29.2	4.19 4.16	曲げ 曲げ
2-1 2	2.11	D13 X 2	70.6 73.6	53.6 56.4	4.47 4.67	曲げ 曲げ
3-1 2	2.03	D13 X 4	142.2 147.2	113.9 108.3	4.56 4.33	曲げ 曲げ
4-1 2	2.11	D13 X 3	137.3 147.2	80.5 80.8	4.47 4.49	曲げ 曲げ
5-1 2	2.06	D22 X 2	206.0 206.0	154.0 152.1	4.11 4.06	曲げ せん断
6-1 2	1.94	D22 X 3	269.8 235.4	230.6 245.3	3.45 4.09	せん断 せん断
7-1 2	2.16	D16 X 5	234.3 234.3	229.4 226.7	4.99 4.93	曲げ 曲げ
8-1 2	1.99	D16 X 6	304.1 313.9	256.9 242.3	4.28 4.04	曲げ 曲げ
9-1 2	2.03	D13 X 8	313.9 240.3	209.5 229.1	4.19 4.58	曲げ 曲げ
10-1 2	2.12	D16 X 8	392.4 377.7	339.5 333.6	4.53 4.45	曲げ 曲げ

を示す。なお、終局強度は、 V_u/bd (V_u :終局耐力)で求めたものであり、本実験結果ではせん断破壊をしめすものとせん断破壊は生じていないものの有効高さ20cmをこえるものではひび割れが大きく発達しているのをこれを便宜上せん断強度と扱って検討する。図中の実線は、せん断補強していない鉄筋コンクリートはりの部材寸法効果を表した既報の結果³⁾を示したものである。図からわかるように有効高さが20cm以上のはりでは、一定値よりは実線と同じような傾きを示している。これは、終局強度に部材寸法効果の影響が表れているためと考えられる。

3.2 せん断強度式推定

せん断補強していない鉄筋コンクリートはりのせん断強度式としては、次式がある。

(1) Bažantの式¹⁾

$$\tau_c = 10^{-3} \sqrt{p} [\sqrt{f_c'} + 3000 \sqrt{(p/(a/d)^5)}] / \sqrt{(1+d/25da)} \quad \text{--(1)}$$

(2) 土木学会限界状態設計法指針(案)の式²⁾

$$\tau_c = 0.25 f_c'^{2/3} (1 + \sqrt{p}) (1 + 3.33r/d) / [1 + (a/d)^2] \quad \text{--(2)}$$

(3) 塩屋らによる研究³⁾

$$\tau_c = F(d^{-1/4}) \quad \text{--(3)}$$

図3に、本実験結果と(1)式、(2)式および(3)式を示す。(1)式および(2)式では、全体的に実験値より低い値となっている。これは、繊維の混入によってコンクリートの引張強度が増大したためと考えられる。そこで繊維混入率1.5%、せん断スパン比2.0のはりでは終局耐力は、せん断補強していないはりの約1.8倍であるとする既報結果⁴⁾を用いて(1)式および(2)式を補正すると図4のようになる。図からわかるように、(1)式の傾きが最も近いものになっている。しかし、有効高さが小さい範囲では、曲げ破壊となっているのでせん断強度は本実験値より大きいと思われる。

4. まとめ

鉄筋コンクリートはりに、繊維混入率1.5%の鋼繊維補強コンクリートを用いた場合、比較的大きな断面でも十分なせん断補強効果が期待できる。また、終局強度に及ぼす有効高さの影響は、ほぼ有効高さの4乗根に反比例して減少するという結果が得られた。

参考文献

- 1) Bažant, Z.P. et al.; Journal of ACI, 1984, pp.456-468.
- 2) 土木学会:コンクリート構造の限界状態設計法指針(案), 1983, pp.240-250.
- 3) 塩屋, 他:清水建設研究報告, 1983, pp.39-45.
- 4) 中村, 他:第37回土木学会中四国支部研究発表会講演概要集, 1984, pp.395-396.

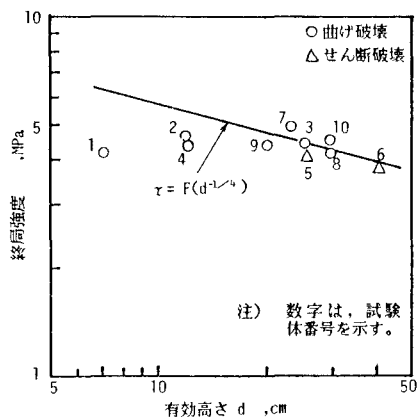


図2 有効高さと終局強度との関係

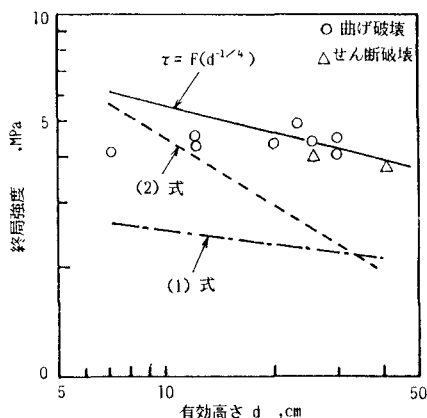


図3 せん断強度推定式と実験値との関係

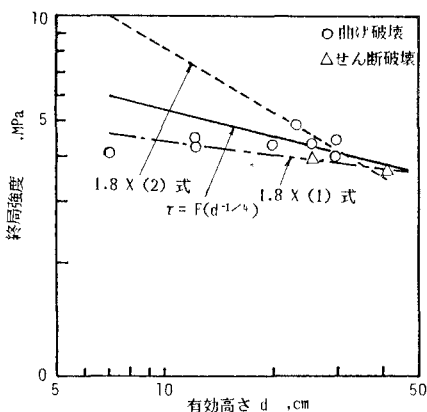


図4 補正式と実験値との関係