

(株)大林組技術研究所

正会員

岡野素之

(株)大林組技術研究所

山田 守

(株)住友建設技術研究所

正会員

中井裕司

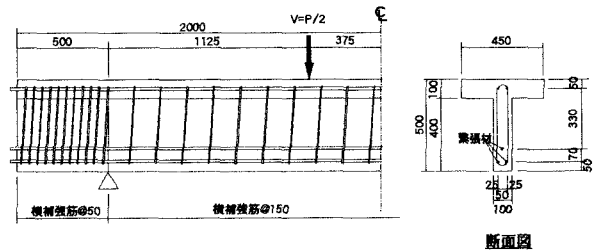
**1. はじめに** 連続繊維棒材は鋼材に比べて塑性領域が少なく、しかも剛性が小さいため、これらを用いたコンクリート構造物の力学的挙動は鋼材を補強材とした従来のコンクリート構造物とは異なる場合があり、連続繊維棒材の適用範囲の確認、設計法の確立が必要となっている。本研究では、連続繊維棒材の緊張材及び横補強筋としての適用性を検討し連続繊維補強コンクリート部材の設計法確立に資することを目的として、T型断面単純ばりのせん断実験を行なった。

**2. 実験概要** 本実験に用いた試験体の一例を図1に示す。試験体はプレテンション方式で製作した $a/c=2.5$ のT型断面単純ばりである。試験体の一覧を表1に示す。実験パラメータは緊張力、緊張材の種類、横補強筋の種類及び量である。本実験で使用した緊張材および横補強筋の性質を表2に、表3に示す。緊張材に使用したアラミド繊維棒材は、 $\phi 6$ の異形アラミドFRPロッド4本を平行に束ねたものである。異形鉄筋の横補強筋は閉鎖型、その他の連続繊維棒材横補強筋はスパイラルである。

**3. 実験結果および考察** 実験結果の一覧を表4に示す。曲げひびわれ荷重の計算値は、梁中央部下縁の応力がコンクリートの引張強度に達する時の荷重として弾性計算で求めた。せん断耐力の計算値は緊張力の効果を $V_p=2M_o/a$  ( $M_o$ : デコンプレッションモーメント) とする佐藤等の式<sup>1)</sup>で、曲げ耐力の計算値はe関数法で求めた値である。横補強筋の多いA04A7.5、横補強筋に異形鉄筋を用いたA04S15、S04S15の3体が曲げ破壊を生じ、その他の試験体は横補強筋が破断してせん断破壊を生じた。せん断破壊を生じた試験体は、横補強筋が曲げ加工部で破断したのではなく、斜めひびわれが横切る位置で破断していた。

**3. 1. 荷重-変位関係** 図2に各試験体の荷重と変位の包絡線を示す。曲げひびわれ発生までの弾性剛性はいずれの試験体でもほぼ同じであるが、せん断ひびわれ発生後の剛性は横補強筋の種類によって異なっている。主筋がアラミドで緊張力が同じ(29tonf)試験体-A04S15、A04C15、A04A15、A04V15-4体で比較すると、最も大きい剛性を示すのは異形鉄筋を用いたA04S15試験体で、次ぎに炭素(A04C15)とアラミド(A04A15)がほぼ同じ、そしてビニロン(A04V15)が最も小さい剛性を示しており、表3に示す弾性係数の大きさの順に一致している。横補強筋の種類、量が同じで緊張量だけが異なるA04A15、A02A15、A00A15のせん断ひびわれ発生後の剛性はほぼ同じである。

**3. 2. 緊張力とせん断耐力の関係** 図3に、緊張材としてアラミドを用いた試験体の緊張力とせん断耐力の関係を示す。図中には、実線で横補強筋比 $p_w=0.094\%$ の実験値を示し、点線で著者等の横補強筋の無い試験体



試験体配筋図

図1 試験体

表1 試験体一覧

| パラメータ<br>試験体 | 主筋  |    | 緊張力<br>(tonf) |    |    | 横補強筋 |    |    |    | 横補強筋<br>間隔(cm) |     |
|--------------|-----|----|---------------|----|----|------|----|----|----|----------------|-----|
|              | PC鋼 | AF | 0             | 14 | 29 | SD   | AF | VF | CF | 15             | 7.5 |
| A04A15       |     | ○  |               |    | ○  |      | ○  |    |    | ○              |     |
| A04A7.5      |     | ○  |               |    | ○  |      | ○  |    |    |                | ○   |
| A02A15       |     | ○  |               | ○  |    |      | ○  |    |    |                | ○   |
| A00A15       |     | ○  | ○             |    |    |      | ○  |    |    |                | ○   |
| A04S15       |     | ○  |               |    | ○  | ○    |    |    |    |                | ○   |
| A04V15       |     | ○  |               |    | ○  |      |    | ○  |    |                | ○   |
| A04C15       |     | ○  |               |    | ○  |      |    |    | ○  |                | ○   |
| S04S15       | ○   |    |               |    | ○  | ○    |    |    |    |                | ○   |

表2 緊張材の性質

| 緊張材    | 外径<br>(mm)  | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 表面形状  | 規格引張強度<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) | 平均引張強度<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------------|---------------------------|-------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| AFRP   | 4× $\phi 6$ | 113.2                     | 異形    | 180                              | 220                              | 5400                           |
| PC鋼より線 | 12.7        | 98.7                      | ストランド | 189                              | 197                              | 193400                         |

表3 横補強筋の性質

| せん断補強筋 | 外径<br>(mm) | 表面形状 | 引張強度<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) | 弾性係数<br>(kgf/mm <sup>2</sup> ) |
|--------|------------|------|--------------------------------|--------------------------------|
| AFRP   | $\phi 3$   | 異形   | 180                            | 5580                           |
| CFRP   | $\phi 3$   | 異形   | 179                            | 14000                          |
| VFRP   | $\phi 3$   | 異形   | 70                             | 2230                           |
| 鉄筋     | D6         | 異形   | 44                             | 21000                          |

の実験値<sup>2)</sup>、細線で佐藤等の式による計算値を示している。この図より、横補強筋の無い試験体と有る試験体のせん断耐力の差は緊張力の大きさに依存せず、どの緊張力のレベルでも横補強筋の効果がほぼ等量期待できることがわかる。また、佐藤等の式で緊張力の効果 $V_p$ はほぼ推定できているが、実験では横補強筋の有る試験体、無い試験体とも緊張力レベルが大きくなるにしたがい、せん断耐力増加の傾向が鈍る傾向が見られる。これは、導入した緊張力が大きくなるほど腹部のコンクリート圧縮束が負担しうるせん断応力が小さくなり、コンクリートが負担するせん断力 $V_c$ が減少するためと考えられる。

3. 3. 計算値と実験値の比較 図4にせん断耐力計算値と実験値の比較を示す。(a)はRC示方書式<sup>3)</sup>、(b)は佐藤等の式、(c)は横補強筋一軸引張強度を斜引張り角度の影響を考慮して低減し佐藤等の式で計算したものである。斜引張り角度の影響を考慮する係数 $f_{su}/f_u$ は、著者等<sup>2)</sup>の実験結果を基に、せん断ひびわれ角度を45度に仮定し、アラミド繊維棒材で $f_{su}/f_u=0.75$ 、ビニロン繊維棒材で $f_{su}/f_u=0.65$ 、炭素繊維棒材で $f_{su}/f_u=0.50$ とした。これらの図より、RC示方書のせん断耐力式ではかなり安全側に過ぎる評価となるが、佐藤等の式による計算値は実験値に比較的良く一致していることが分かる。また、横補強筋の斜引張り角度の影響を考慮すれば、佐藤等の式に比べより安全側の結果が得られている。

4. まとめ 連続繊維補強材を緊張材及び横補強筋に用いたプレストレスT型断面単純ばりのせん断実験より、以下に示す知見が得られた。(1)横補強筋がせん断耐力に及ぼす効果は、緊張力の大きさに依存せず、横補強筋量によって決まる。(2)緊張力がせん断耐力に及ぼす効果 $V_p$ は $2M_o/a$ ではほぼ推定できるが、緊張力レベルが大きい場合はコンクリートの負担せん断力 $V_c$ を減ずる必要がある。(3)実験値は佐藤等の式に比較的良く一致した。RC示方書式では、かなり安全側の計算値となる。以上より、連続繊維補強材はPC梁の横補強筋として利用し得ると考えられる。

【参考文献】1) 佐藤他：プレストレスとコンクリートはりのせん断強度、鉄道総研報告、Vol.2, No.8, 1988.8 2) 中井他：連続繊維を用いたPC梁のせん断特性、JCI年次論文報告集、1993 3) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編 4) 岡野他：連続繊維補強材のせん断補強筋への適用性に関する研究、連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用に関するシンポジウム講演論文報告集、1992.4

表4 実験結果一覧

|         | コンクリート強度                     |                              | 曲げひびわれ        |               |              | せん断<br>ひびわれ   | 最大耐力                   |                       |                       |           |              |
|---------|------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|--------------|---------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|--------------|
| 試験体     | fc<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | ft<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 計算値<br>(tonf) | 実験値<br>(tonf) | Exp/<br>Calc | 実験値<br>(tonf) | せん断耐<br>力計算値<br>(tonf) | 曲げ耐力<br>計算値<br>(tonf) | 最大耐力<br>実験値<br>(tonf) | 破壊<br>モード | Exp/<br>Calc |
| A04A15  | 604                          | 39                           | 17.2          | 19.0          | 1.10         | 25.0          | 50.3                   | 49.2                  | 45.4                  | S         | 0.90         |
| A04A7.5 | 647                          | 40                           | 17.6          | 17.5          | 0.99         | 25.0          | 63.9                   | 49.6                  | 50.5                  | B         | 1.02         |
| A02A15  | 606                          | 43                           | 11.4          | 8.5           | 0.75         | 15.0          | 36.6                   | 46.6                  | 38.4                  | S         | 1.05         |
| A00A15  | 599                          | 46                           | 4.6           | 4.9           | 1.07         | 9.0           | 23.6                   | 42.8                  | 28.3                  | S         | 1.20         |
| A04S15  | 660                          | 46                           | 18.0          | 19.0          | 1.06         | 24.5          | 47.7                   | 49.8                  | 51.1                  | B         | 1.03         |
| A04V15  | 638                          | 41                           | 17.6          | 19.5          | 1.11         | 25.0          | 42.4                   | 49.6                  | 43.6                  | S         | 1.03         |
| A04C15  | 644                          | 44                           | 18.0          | 18.0          | 1.0          | 18.0          | 50.6                   | 49.6                  | 42.7                  | S         | 0.84         |
| S04S15  | 607                          | 41                           | 19.6          | 17.5          | 0.89         | 17.5          | 49.6                   | 49.2                  | 43.2                  | B         | 0.87         |

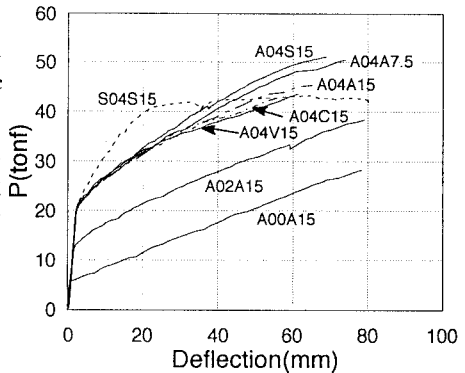


図2 荷重-変位包絡線

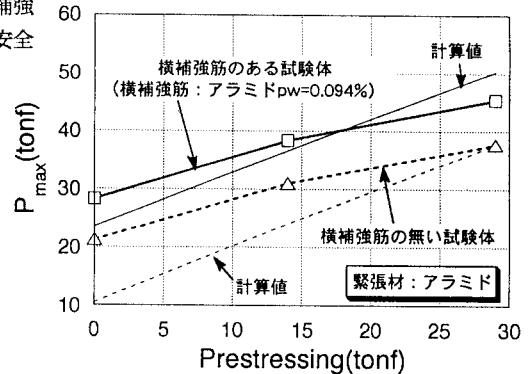


図3 最大耐力-緊張力

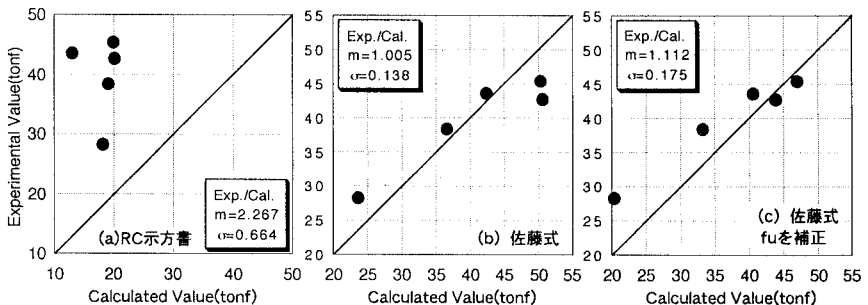


図4 実験値と計算