

V-10

せん断補強筋として連続繊維フレキシブル筋を用いた
コンクリート部材のせん断性状

北海道大学大学院	学生員	富田 早季
東 燃	正会員	小林 朗
北海道大学	正会員	木村 勉
北海道大学大学院	正会員	佐藤 靖彦
北海道大学大学院	フェロー	角田與史雄

1. はじめに

現在、コンクリート橋脚の耐震性能の向上を目指した研究が精力的になされており、その多くは、新設コンクリート構造物に対しては、帯鉄筋や中間帯鉄筋を密に配置することによりじん性を付与し、既設コンクリート構造物に対しては、鋼板や連続繊維シートを巻き立てることによりじん性を付与することを目的としている。しかし、前者の場合、密に帯鉄筋を配置し、その中にさらに中間帯鉄筋を内部コンクリートに確実に定着させることは施工上難しく、設計時の仮定と大きなギャップを生ずることが懸念される。

著者らは、この施工性の向上を目的として、新しい連続繊維補強材を開発した。その連続繊維補強材は、プラスチックチューブに入った連続繊維を現場で巻き付け、その後チューブに樹脂を注入し硬化させるもの（以下「フレキシブル筋」）であり、施工のし易さが大きなメリットである。

著者らは、今後この新しい補強材を用いたコンクリート構造物の力学特性を明らかにしていくことを予定しており、まず第一報として、本論文は、フレキシブル筋のみをせん断補強筋として用いたコンクリートはり部材のせん断性状について報告するものである。

2. 実験供試体

本研究では断面高さ 300mm、有効高さ 260mm、せん断スパン比 $a/d=2.4$ 、主筋比 3.04% のはり部材を 2 体用意し、一方にはせん断補強筋を全く用いず、他方にはせん断補強筋としてフレキシブル筋を用いた。後者の供試体の形状寸法を図-1 に示す。本研究で用いたフレキシブル筋（図-2・写真-1 参照）は、繊維の直径が 3.28mm、チューブ厚が 2.83mm で、引張強度 3920MPa、ヤング係数 230GPa の炭素繊維であり、せん断補強筋として 150mm 間隔（せん断補強筋比 0.018%）で巻き付けた後樹脂を注入し 48 時間養生してから打設を行った。フレキシブル筋には樹脂注入後 24 時間養生した時点でチューブを削り炭素繊維にひずみゲージを貼った（図-3 参照）。フレキシブル筋は試体の両端で張り出し部の主鉄筋に十分巻き付けて定着を確保した。

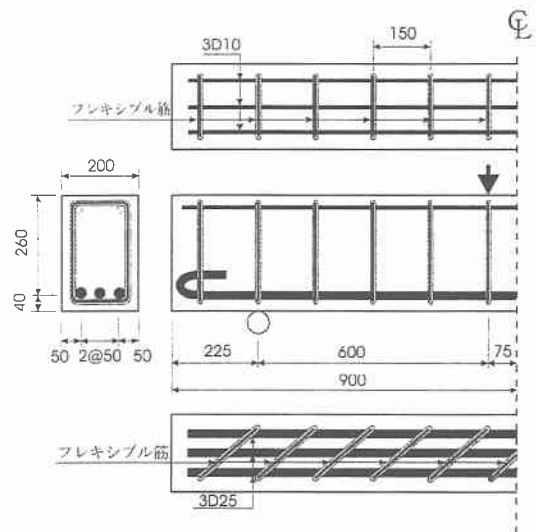
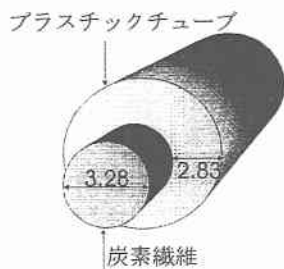


図-1 供試体の形状寸法

Shear characteristic of concrete member with continuous fiber flexible reinforcement as shear reinforcement
by Saki TOMITA, Akira KOBAYASHI, Tsutomu KIMURA, Yasuhiko SAITO and Yosio KAKUTA



図ー２ フレキシブル筋の断面図

なお、コンクリートには早強ポルランドセメント、海砂利および川砂利を使用し、目標圧縮強度は29.4MPaとして、材令7日で実験を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 ひび割れ性状および破壊性状

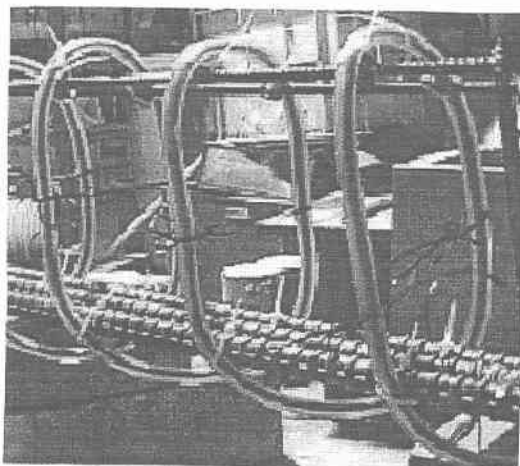
無補強、せん断補強の両供試体とも斜めひび割れ発生後載荷点付近での圧壊によるせん断圧縮破壊であった。せん断補強供試体のひび割れ性状を写真ー2に示す。

3.2 荷重－変位特性

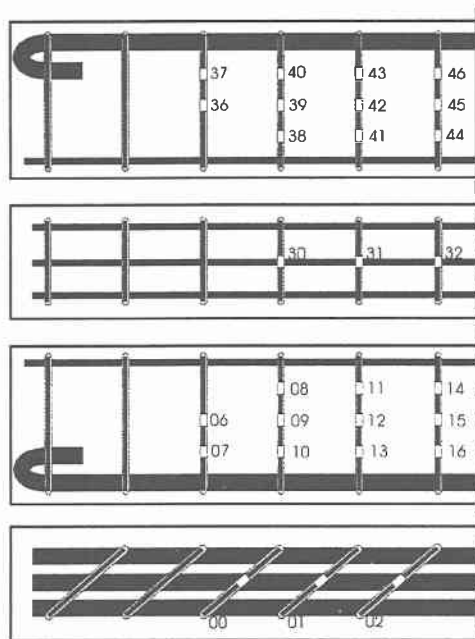
両供試体の荷重－変位曲線を図ー4に示す。両供試体とも荷重がピークに達するまでは類似した変形をしているが、破壊後、無補強の供試体は荷重が急激に低下しているのに対し、フレキシブル筋を有する供試体は、斜めひび割れ発生荷重程度の作用荷重を支えることができている点が大きく異なる。

3.3 フレキシブル筋のひずみ性状

斜めひび割れを跨ぐ位置でのフレキシブル筋の荷重－ひずみ曲線を図ー5に、フレキシブル筋の高さ方向のひずみ分布を図ー6に示す。図ー5より最大荷重時のひずみは 2000μ 程度と小さい。



写真ー１ 施工途中のフレキシブル筋



図ー３ ひずみゲージの位置

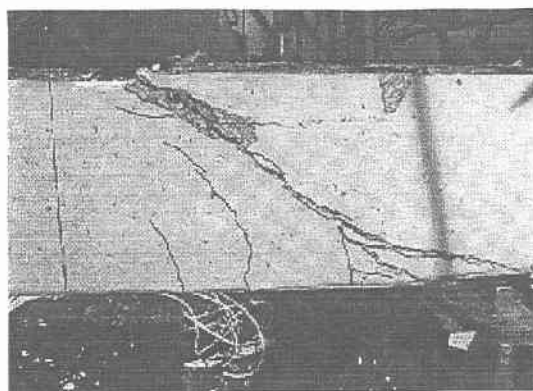


写真-2 ひび割れ性状

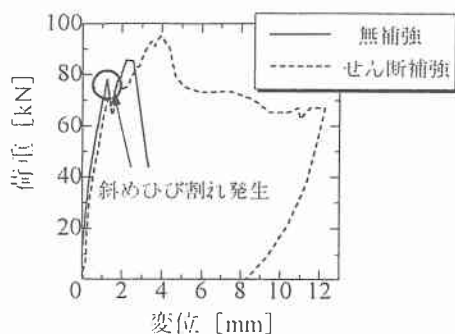


図-4 荷重-変位曲線

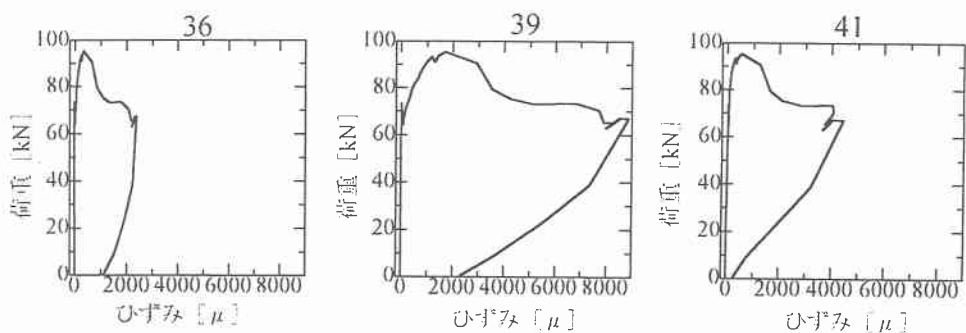


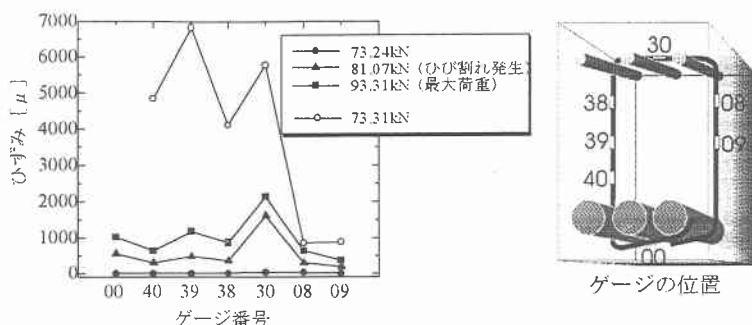
図-5 ひび割れを跨ぐ位置のひずみ

さらに図-6より供試体の高さ方向、ならびに、圧縮鉄筋および引張鉄筋に巻き付けている位置において、ほぼ一定のひずみが観察されている。これは、チューブとその内部の炭素繊維補強材との表面には付着が無く、曲げ加工部でも主筋や圧縮筋との定着が十分とれず、はり内でフレキシブル筋が一樣に伸びたためであり、大きな補強効果が得られなかった理由と考えられる。また、破壊後もある程度荷重を支えることができたのは、フレキシブル筋が一樣にのびることにより、付着がある場合に比べ、ひび割れ部や曲げ加工部での応力集中が起こりづらく、破断を起こさなかったことによるものと考えられる。

今後は、帯鉄筋として鉄筋を用い中間帯鉄筋としてこのフレキシブル筋を用いるなど、鉄筋とフレキシブル筋を併用した補強方法を考えていく必要がある。

3.4 せん断耐力

本実験のせん断耐力と圧縮強度、通常の連続繊維補強材（以下「FRP」）を用いた場合に適用できるせん断耐力式（佐藤・上田式⁹⁾）による計算値を表-1に示す。両供試体のせん断耐力にはあまり差が無く、せん断補強筋を有する供試体の耐力は佐藤・上田式の計算値よりかなり低い。原因はいくつか考えられるが、まず先に述べたように、付着・定着の問題が考えられる。通常のFRPの表面は、付着加工がされているがこのフレキシブル筋は内部の炭素繊維とチューブの間に全く付着がない。また、供試体の両端においてフレ



図ー6 ひずみ分布

キシブル筋の定着がとれていない可能性も考えられる（本実験では端部のフレキシブル筋にひずみゲージを貼り付けていない）。次に考えられるのは、せん断補強筋比の大きさである。佐藤・上田式は本実験供試体のような

極端に小さなせん断補強筋比を持つものに適用できるものではなく、十分にフレキシブル筋の効果が現れる前にコンクリートが破壊してしまった可能性が考えられる。補強筋の間隔を狭くするなど、補強筋比を大きくした場合との比較が必要である。

表ー1 せん断耐力

供試体	圧縮強度 [MPa]	せん断耐力 [kN]	佐藤・上田式 による計算値 [kN]
無補強	28.1	87.7	—
せん断補強	24.3	95.3	135.9

4. まとめ

本研究の範囲で得られた結論を以下に示す。

- 1)せん断補強筋としてフレキシブル筋を用いた場合、本供試体のようにせん断補強筋比が極端に小さい場合（0.018%）では大きなせん断補強効果を期待できない。
- 2)しかし、最大耐力後の変形状は無補強供試体と大きく異なり、フレキシブル筋を用いた場合には、急激な荷重低下を抑え、大きな変形能を示す。

5. 今後の課題

- 1)今回用いたフレキシブル筋のチューブの表面には付着がないため、これらの性状を明らかにし新たな定着方法や定着長に関する検討が必要である。
- 2)本研究では曲げ加工部での強度低下については考慮していないが、通常のFRPと異なった施工を行うフレキシブル筋の場合、曲げ加工部での強度低下がどの程度になるかは全く判っていないためこの件についての検討も必要である。

謝辞：供試体の作製にあたり、東燃株式会社の杉山哲也氏にご多大な助力を得ました。ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1)佐藤靖彦・上田多門・角田與史雄：せん断補強筋を有するコンクリート及びプレストレストコンクリートのせん断耐力、土木学会論文集 No.544/V-32,43-52、1996