

長岡技術科学大学大学院 学生員 趙 唯堅

長岡技術科学大学工学部 正会員 丸山 久一

長岡技術科学大学工学部 正会員 清水 敬二

1. はじめに

FRPロッドは鋼材と比較して軽くて強くて錆びないなど数々の利点があり、コンクリートの補強材として注目を浴び、現在多分野で研究が進められ、基本的性状の把握から実用的な開発研究の段階に入りつつある。しかし、全体の傾向としては、主要構造部材への適用例はまだ少なく、特に、はり部材への適用はほとんどP C部材に限っている。これは、FRPロッドのヤング係数が小さく、はりの主筋として用いた場合、使用荷重下のひびわれ幅とたわみがかなり厳しい状況にあるためである。このようなFRPロッドをコンクリート補強材として有効に使うためには、FRPが持つ材料特性の有利な点を活かし、その欠点を何らかの方法で補うような使い方が望ましい。

そこで、本研究では、主筋としてFRPロッドと鉄筋の混合配筋法を提案するとともに、混合配筋を有するRCはりの曲げ耐荷性状を実験的に検討することを目的とした。

2. 実験概要

本実験では、炭素繊維を用いた2次元格子状FRPロッドを使用した。格子間隔は20cm、メーカー保証の引張強度は13080kgf/cm²、ヤング係数は 0.94×10^6 kgf/cm²、破断ひずみは1.4%である。鉄筋はSD345の異形鉄筋を使用した。

供試体の断面寸法および配筋状態を図1に示す。FRPロッドに格子筋が存在するため、多段配筋とならざるを得ないが、鉄筋腐食の観点から、FRPロッドを外側（下側）に、鉄筋を内側（上側）

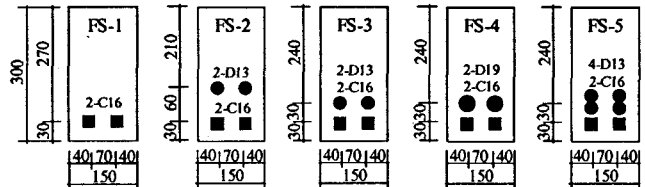


図1 供試体の断面寸法および配筋状態

に配置することとした。また、ひ

びわれ間隔に及ぼす上段鉄筋の影響を見るために、1段目FRPロッドのかぶり厚さ、径、本数をすべて同一にし、上段鉄筋の縦間隔、径、本数を変えた。

試験は単純ばりの対称2点集中載荷とし、はりスパンは3メートル、等曲げ区間は1.5メートルである。測定項目は主筋と圧縮域コンクリートのひずみ、等曲げ区間のひびわれ間隔、幅およびはりのたわみとした。

3. 実験結果および考察

3.1 荷重-変位挙動

各供試体の荷重-変位（中央）曲線を図2に示し、混合配筋のいくつかの特徴がみられる。まず、鉄筋とFRPロッドを混合配置したFS-2, 3, 4, 5はFRPのみを配置したFS-1に比べ、ひびわれ発生後の曲げ剛性がかなり改善された。また、コンクリートが圧壊する前に鉄筋降伏が先行するため、ひびわれとたわみの急増点があり、靱性的破壊となっている。さらに、鉄筋が降伏しても、コンクリート圧壊前に除荷されると、FRPロッドの弾性挙動のため、部材の変形はかなり回復できると予測され、耐震構造に対して非常に有利と考えられる。また、鉄筋降伏後の曲げ剛性はFRPロッドの主筋比で決まることが図からも分かる。

3.2 ひずみ性状

図3に各供試体の荷重と1段目主筋ひずみの関係を示す。ひずみゲージの位置とひびわれ位置は必ずしも

合致していないが、引張コンクリートを無視した断面解析で求めた値とほぼ一致することが分かる。図4はFS-2を例に1段目FRPロッドと2段目鉄筋のひずみを示すものである。平面保持と仮定した解析値は実験値とよく一致しており、付着性状の違いによるひずみの再分配が見られなかった。また、図5から、ほぼ終局まで断面ひずみの平面性が保たれていることが分かる。

3. 3 ひびわれ性状

図6に定常状態になった後の各供試体の曲げひびわれ間隔実測値および土木学会コンクリート標準示方書の曲げひびわれ幅算定式による算定値との比較を示す。実測値では、FRPのみを配置したFS-1に比べ、混合配筋の供試体のひびわれ間隔がかなり小さく、上段鉄筋の影響が顕著に現れて

いた。また、多段配筋の供試体では、2段目鉄筋の縦間隔および鉄筋径の影響が認められた。なお、混合配筋の供試体では、最大ひびわれ間隔が格子間隔より小さく、格子筋の影響は特に認められなかった。しかし、学会式算定値では、1段目FRPロッド（丸鋼の値を参考に k_1 を1.3に取った）を対象としても、2段目鉄筋（ $k_1=1.0$ ）を対象としても、実測値に合っていない。このことから、混合配筋のひびわれについて、学会式を拡張するかあるいは新たな算定式をつくる必要がある。

図7に1段目主筋ひずみとその位置のひびわれ幅の関係を示す。たわみと同じように、FRPのみに比べ鉄筋とFRPを併用した場合のひびわれ幅もかなり抑制された。また、鉄筋を内側に配置されているので、その位置のひびわれ幅はさらに小さくなり、鉄筋の腐食が緩和され、耐久性は向上できると考えられる。

4. まとめ

本研究で提案したFRPロッドと鉄筋の混合配筋法では、曲げ剛性、破壊靱性および耐久性など必要とされる性能を確保でき、RC部材に実際適用可能と考えられる。

謝辞：なお、本研究の一部は文部省科学研究費補助金（課題番号04302040、代表：角田與史雄 北海道大学教授）を受けて行ったものである。ここに御礼を申し上げる。

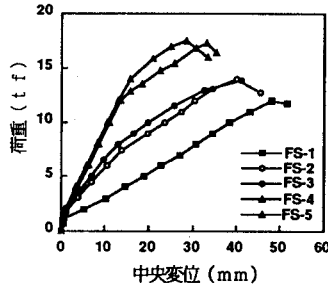


図2 荷重－変位関係

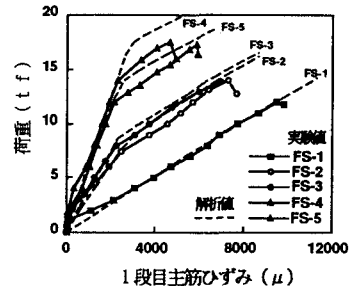


図3 荷重－主筋ひずみ関係

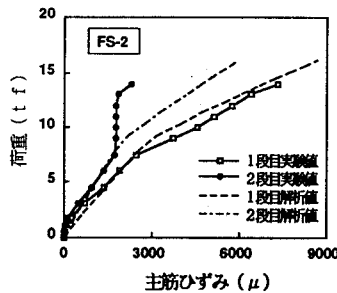


図4 下段と上段主筋ひずみ

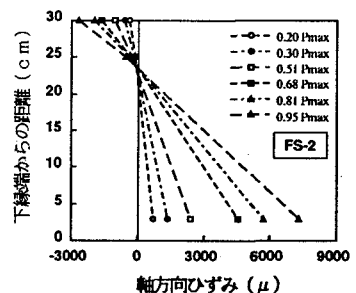


図5 断面ひずみ分布

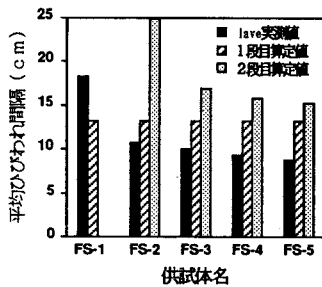


図6 ひびわれ間隔の比較

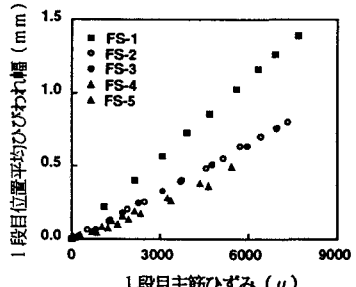


図7 ひびわれ幅－主筋歪関係