

# FRP 補強筋を用いた幅の広い RC はりのせん断耐力に関する実験的検討

早稲田大学 学生会員 ○加藤 涼大  
 早稲田大学 正会員 佐藤 靖彦  
 西日本高速道路 (株) 正会員 福田 雅人  
 西日本高速道路 (株) 正会員 高橋 章

## 1. はじめに

FRP とは、樹脂を繊維で補強することによって非常に強固な剛性を実現させた非金属合成素材である。鉄筋などの鋼材と比較した際の FRP の特徴として、軽量、高強度、腐食耐性を有する点が挙げられる。これまで、FRP 補強筋を用いた RC はりのせん断耐力に関する検討が国内外において行われてきた。しかし、未だ検討されていないパラメータがある。本研究では、FRP 補強筋の形状および幅方向の配筋間隔が、せん断耐荷機構およびせん断耐力に与える影響を実験的に検討する。

## 2. 実験概要

本研究では、4 体の供試体を用意した。供試体形状を図 1 に示す。供試体 No.3 の引張補強材のみ鉄筋であり、それ以外は、引張補強材もせん断補強材も FRP 補強筋 (以下「FRP」) を用いている。使用した補強材の力学的特性値を表 1 に示す。

供試体 No.1 のせん断補強筋の形状はフック定着型であり補強筋の角度は90°である。供試体 No.2 と No.3 のせん断補強筋の形状はスパイラル型であり補強筋の角度は85°である。供試体 No.4 は補強筋の角度が90°となるように配慮されたスパイラル型とし、インターロッキング構造とすることで断面方向の配筋間隔を狭めている。なお、せん断補強筋比は、供試体 No.1 から No.3 が 0.35%、供試体 No.4 が 0.49%である。

供試体には 2 点集中荷重を与えた。また、常時、L1 地震時、L2 地震時に相当する荷重の順でそれぞれ 3 回ずつ行い、最終的に単調に増加させ破壊に至らした。

表 1 補強材の力学的特性

補強筋の種類	呼び径 [mm]	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	引張強度 [N/mm <sup>2</sup> ]	弾性係数 [GPa]
CFCC	9.2	41.7	1770	150
ラージトゥ (FRP)	15.9	125.0	1770	150
	26.8	354.2	1770	150
総ネジ PC 鋼棒	26.0	530.9	1080	200

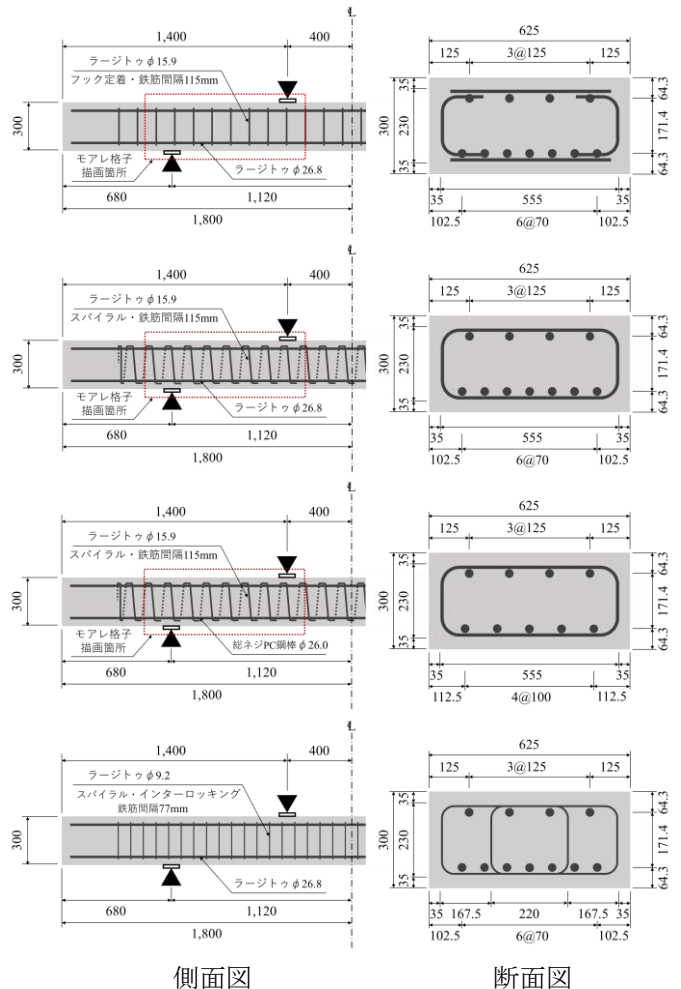


図 1 各供試体形状(上から供試体 No.1,2,3,4)

## 3. 実験結果および考察

### (1) 実験結果

せん断力とスパン中央変位との関係を図 2 に示す。また、実験で得られたせん断耐力を佐藤・上田式<sup>1)</sup>による計算値とともに表 2 に示す。

表 2 実験結果

供試体	実験値[kN]	計算値[kN]	実験値/計算値
No.1	335	518	0.65
No.2	291	518	0.56
No.3	405	537	0.75
No.4	526	550	0.96

キーワード FRP, RC はり, せん断補強, モアレ解析, ひび割れ

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3 丁目 4-1 TEL 03-5286-3852

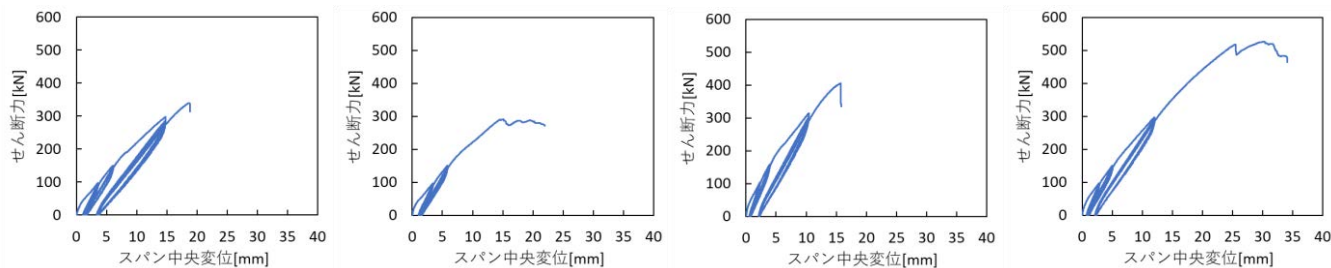


図2 せん断力とスパン中央変位との関係(左から供試体 No.1,2,3,4)

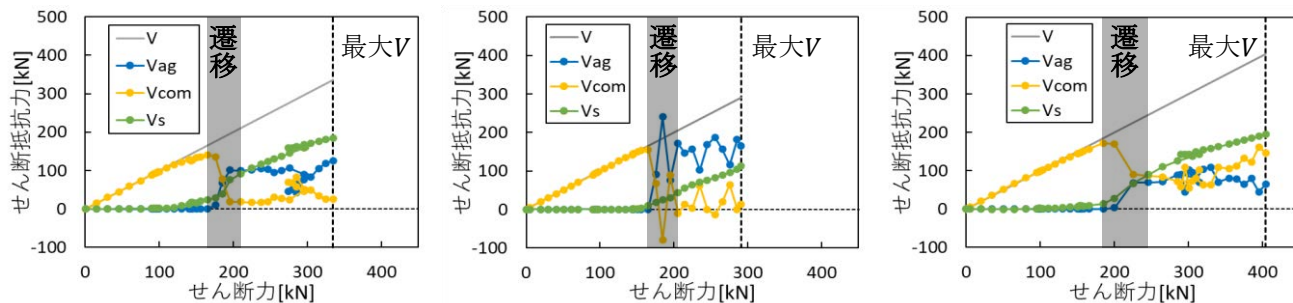


図3 せん断抵抗力の変化(左から供試体 No.1,2,3)

## (2)せん断力耐力の考察

供試体 No.1~No.3 のせん断耐力は、供試体 No.4 に比べかなり小さい。計算値との比較では、供試体 No.4 は概ね一致しているが、供試体 No.1~No.3 では、実験値が計算値を大きく下回っている。供試体 No.1~No.3 は、供試体 No.1 に比べ、3 割ほどせん断補強筋量が少ないことに加え、せん断補強筋の断面方向の配筋間隔が広い。せん断補強筋の幅方向の間隔が広すぎると、期待するせん断補強効果が得られない可能性がある。

## (3)せん断抵抗機構の考察

供試体 No.1~No.3 の斜めひび割れ発生想定箇所にもアレ格子を描画し、サンプリングモアレ解析を行った。具体的には、斜めひび割れに対して3箇所平均変位データを用いて幾何学的計算によってひび割れ幅とずれを求めた。ひび割れ幅とずれを Bujadham らのモデル<sup>2)</sup>を代入することでせん断伝達応力を計算し、骨材の噛み合わせによるせん断抵抗力 $V_{ag}$ を求めた。また、せん断補強筋のひずみを用いてせん断補強筋による抵抗力 $V_s$ を求めた。そして、作用せん断力から $V_{ag}$ と $V_s$ を差し引いた値を、コンクリート圧縮部のせん断抵抗力 $V_{com}$ とした。各せん断抵抗力の変化を図3に示す。

軸方向筋とせん断補強筋に FRP を用いた供試体 No.1 と No.2 を比較すると、供試体 No.2 の方が、 $V_{ag}$ が大きく $V_s$ が小さい。これは、供試体 No.2 において、スパイラル筋の幅方向の直線部の伸びが曲げ成形部を超えることで斜めひび割れ幅が拡大したためだと考えられる。

すなわち、力学的に解釈すれば、付着の低下に起因し、せん断補強筋のひずみが小さくなるために $V_s$ が低下し、斜めひび割れの成長は $V_{ag}$ を大きくするものの、斜めひび割れの成長に起因するせん断変形の増加がコンクリート圧縮部の破壊を早めるものと考えられる。それゆえ、軸方向筋に FRP よりも剛性の高い P C 鋼材を用いた供試体 No.3 では、斜めひび割れの拡大を抑制するために、せん断補強筋にスパイラル筋を用いた場合であっても、ある程度のせん断補強効果を発揮できたものと思われる。せん断耐力を考える上で、 $V_{ag}$ と $V_s$ をバランスよく制御することが重要である。

## 4. まとめ

- せん断補強筋の幅方向の配筋間隔が大きい場合、期待されるせん断補強効果が得られない可能性がある。本実験では、有効高さ以内の間隔とすることで期待するせん断耐力を確保することができた。
- 幅の広いはりのせん断補強筋としてスパイラル型 FRP を用いると、幅方向の FRP 直線部の伸びが曲げ成形部を超えることで斜めひび割れ幅を増大させ、せん断耐力を低下させる可能性がある。

## 参考文献

- 佐藤靖彦, 上田多門, 角田與史雄: せん断補強筋を有する連続繊維補強コンクリートはりのせん断耐力の定量的評価, 土木学会論文集, No. 520/V-28, pp.157-169, 1995. 8.
- Bujadham, B. and Maekawa, K. : The universal model for stress transfer across cracks in concrete, Proc. of JSCE, No.451/V-17, pp.277-287, 1992