

V-158 FRPスターラップで補強したコンクリート部材のせん断特性に関する研究

（株）熊谷組 正会員 本田 勉
 （株）熊谷組 正会員 池田 弘
 （株）熊谷組 正会員 橘田敏之

1. はじめに

FRPロッドをスターラップとしてせん断補強筋に適用する場合、FRPの弾性係数が小さいことが起因して、拘束効果（せん断補強効果）が十分に得られないことが懸念される。そこで本研究では、FRPスターラップで補強したコンクリートはり供試体の載荷試験を行い、部材におけるせん断補強効果を検討した。

2. 試験方法

試験に用いたFRPロッドおよび鉄筋の特性を表1に、またコンクリートの特性を表2に示す。

供試体は①主筋の種類、

表1 補強筋の特性

用途	種類	形状	引張強度 (kgf/mm ²) (降伏点) (曲げ加工部)	弾性係数 (kgf/mm ²)	伸び (%)
主筋	CFRP φ6	異形（らせん巻）	158 (—)	12,200	1.3
	鉄筋 D13	異形	52.1 (36.7)	19,100	18.5
スターラップ	GFRP φ6	閉合型（FW法）	123 (52.0)	4,050	3.3
	CFRP φ6	閉合型（FW法）	165 (60.7)	11,800	1.4
	鉄筋 φ6	重ね継手型	44.0 (33.6)	19,200	28.4

でそれぞれの強度に差があるが、FRPの曲げ加工部の強度低下¹⁾を考慮

表2 コンクリートの特性

するとその差は小さくなる。供試体の配筋は図1に示すとおりで、シア

圧縮強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)
457	40.9	2.29×10^5

3. 試験結果

供試体の種類と試験結果を計算値と比較して表3に示す。

計算値は、曲げ破壊の場合にはコンクリートの上縁側のひずみが0.35%となるつりあい状態を等価応力ブロックにより求めた。またせん断破壊の場合には、次式により耐力を計算した^{2) 3) 4)}。

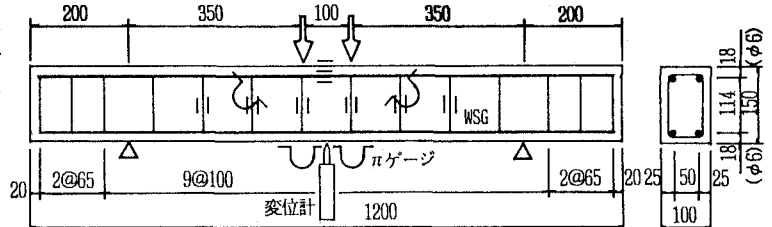


図1 供試体の配筋

$$V_s = \alpha A_w f_w d / (1.15s) \dots (1)$$

$$V_c = 0.94 (0.75 + 1.4(d/a)) \sqrt{f'_c} \sqrt{100A_s(E_w/E_s)/(bd)} \sqrt{100/d} \dots (2)$$

表3 供試体の種類と試験結果

記号	主筋	スターラップ	曲げひびわれ荷重 (kgf)	せん断ひびわれ荷重 (kgf)	最大荷重 (kgf)	破壊形式	せん断耐力計算値 (kgf)	曲げ耐力計算値 (kgf)	試験値 — 計算値
CN	CF φ6	なし	800	1,800	2,800	斜引張	2,520	6,180	1.11
CG	"	GF φ6	720	2,200	5,040	せん断圧縮	5,690	6,180	0.89
CC	"	CF φ6	590	2,300	6,560	"	6,800	6,180	0.96
CS	"	鉄筋 φ6	680	2,200	5,750	"	6,870	6,180	0.84
SN	鉄筋 D13	なし	1,300	4,000	4,600	斜引張	4,760	6,220	0.97
SG	"	GF φ6	700	4,210	8,110	曲げ圧縮	7,880	6,220	1.30
SC	"	CF φ6	800	4,100	8,050	"	8,940	6,220	1.29
SS	"	鉄筋 φ6	950	4,410	7,980	"	9,010	6,220	1.28

ここにd:有効高、a:シアスパン、b:供試体幅、As, Aw:引張主筋、区間sのスターラップの断面積、(Ew/Es): FRPと鉄筋の弾性係数比、fw: スターラップの（降伏）強度である。また α は補正係数で鉄筋のとき1.0, FRPのとき0.2を用いた。

この補正により、表3ではいずれの破壊形式においても計算値は試験結果と良い対応を示している。

図2の荷重～たわみ関係では、主筋が同一でもFRPスターラップの方がたわみが大きくなっており、スターラップの弾性係数の影響と考えられる。この影響は図3の荷重～スターラップひずみ関係により明確に現れている。図3にはトラス理論（式(1)で $\alpha=1.0$ ）から計算されるスターラップひずみの増加勾配 P/ϵ_w を試験結果と比較して示したが、両者は良い一致を見せており、FRPスターラップもトラス理論に適合することが確認できる。

しかし、せん断耐力の評価式(1)においては補正係数 α を導入しないと試験結果とは合致せず、これは部材の終局時のスターラップひずみ ϵ_w がFRPの最大ひずみ ϵ_u にまで到達できないことを示している。したがって、補正係数 α としてスターラップひずみと最大ひずみの比（ ϵ_w/ϵ_u ）を考えてみた。

図4では α と弾性係数の関連性に着目し、(Ew/Es)との関係をプロットした。これは $\alpha=(Ew/Es)$ となることを期待したものであるが⁴⁾、CFの場合にはスターラップひずみが期待値ほど大きくない。ところが、ひずみ計測した6組当たりのスターラップ負担荷重 ΣF （載荷重Pで無次元化）を見ると、図5に示すようにCFの方が鉄筋よりも大きくなっており、メカニズムとしてこれ以上の荷重負担ができなくなっているものと考えられる。したがって α は(Ew/Es)の関数として与えられると考えるべきであるが、本実験の範囲ではFRPにおいて $\alpha=0.2$ が試験結果を良く近似した。

なお、この結果補正係数 α は、FRPスターラップ曲げ加工部の強度低下率よりもさらに小さいため、曲げ加工による強度低下は、せん断補強効果においては必ずしも問題とならなくなる。

4. まとめ

- (1) FRPスターラップによるせん断補強効果はトラス理論により算定できる。ただし耐力Vsの評価式においては補正係数 α の導入が必要で、本実験の範囲では $\alpha=0.2$ が良い近似を与えた。
 - (2) スターラップの荷重負担に着目すると、CFの場合には鉄筋と同等の荷重を負担している。
 - (3) FRPスターラップの曲げ加工による強度低下の影響は α の影響より小さく、必ずしも問題とならない。
- 以上からFRPスターラップはせん断補強筋として適用可能と判断される。

（参考文献） 1) 本田ら:FRPスターラップの曲げ加工部の引張強度に関する研究、45回土木学会年講、1990（投稿中）

2) 辻ら:FRPで補強したコンクリートはりの曲げおよびせん断性状、10回 JCI年講、1988

3) 涌井ら:FRP棒材を緊張材ならびに螺旋状せん断補強筋として用いたはりのせん断試験、11回 JCI年講1989

4) 橘田ら:FRPロッドで補強したコンクリート部材特性の改善方法の提案、12回 JCI年講、1990（投稿中）

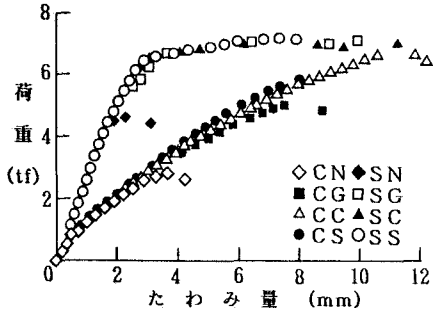


図2 荷重～たわみ関係

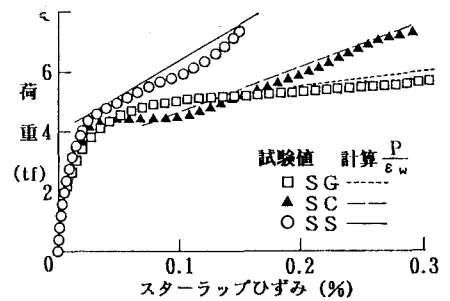


図3 荷重～スターラップひずみ関係

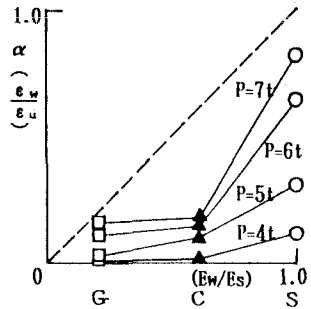


図4 補正係数 α ～弾性係数比(Ew/Es)関係

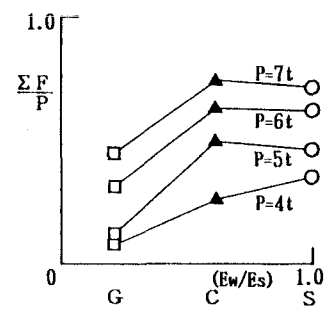


図5 スターラップの負担荷重～弾性係数比(Ew/Es)関係