

V-130

組紐状FRPロッドによるスパイラル筋のせん断補強効果について

三井建設 正会員 三上 浩

三井建設 正会員 加藤正利

三井建設 正会員 田村富雄

1. はじめに

近年、高強度で軽量かつ耐食性や非帯磁性を有する各種の新素材繊維を用いたFRPロッドをRCやPC構造物の補強に用いる研究が盛んに行われている。本研究はアラミド繊維や炭素繊維製の組紐状FRPロッドをスパイラル状に成形したせん断補強筋をRC梁に適用した時の補強効果を実験的に検討したものである。この際、FRPロッドによるスパイラル筋のせん断補強効果をより明瞭に把握するため、曲げ補強筋には異形鉄筋を用いた。この種のFRPロッドをせん断補強筋として用いる場合には以下の3つの留意点があると思われる。1つはFRPロッドの弾性係数が鋼材の1/2~1/3程度であること、次にコンクリートとの付着追随性が従来の異形鉄筋と異なること、さらにせん断補強筋の量産化や現場での施工性を考慮すると形状はスパイラル状が適しており、従来のスターラップ筋と異なる点が挙げられる。以上から本研究では、せん断補強筋の材質とロッドの表面処理状態や形状に着目した6供試体で静的な実験を行い、組紐状FRPロッドによるスパイラル筋のせん断補強効果を検討した。

表-1 供試体の種類

2. 供試体の種類および形状寸法

供試体の種類を表-1に示す。スパイラル筋の内のり寸法は200×250mmで、ロッド表面に5号珪砂を接着させたものと無処理のものがある。なお、強度と弾性係数は試験片3本での平均値である。曲げ補強筋にはすべてD22を3本使用した。降伏点は3470.2、引張強度は5403.4、弾性係数は 1.93×10^5 (kgf/cm²)である。また、コンクリートは粗骨材の最大寸法が10mmで圧縮強度と弾性係数は材令7~10日で各々179.7~199.0と $1.79 \times 10^5 \sim 1.88 \times 10^5$ (kgf/cm²)である。図-1に供試体の形状寸法と載荷点の位置を示す。載荷は純スパンを3等分する位置での2点載荷で、一方向単調載荷とした。

供試体の呼称	補強筋の材質	表面処理状態	補強筋の形状	補強筋の径	断面積 (cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)
K	アラミド	砂無し	スパイ	6.25cm	0.1797	14835.5	0.72×10^5
KS	アラミド	砂付き	同上	同上	同上	同上	同上
C	炭素繊維	砂無し	同上	同上	0.1707	14821.3	1.10×10^5
CS	炭素繊維	砂付き	スパイ	6.25cm	同上	同上	同上
D	D6(SD30)	—	スターラ	6.25cm	0.3167	5920.4	2.02×10^5
N	無補強	—	—	—	—	—	—

弾性係数は 1.93×10^5 (kgf/cm²)である。また、コンクリートは粗骨材の最大寸法が10mmで圧縮強度と弾性係数は材令7~10日で各々179.7~199.0と $1.79 \times 10^5 \sim 1.88 \times 10^5$ (kgf/cm²)である。図-1に供試体の形状寸法と載荷点の位置を示す。載荷は純スパンを3等分する位置での2点載荷で、一方向単調載荷とした。

3. 実験結果および考察

3.1 部材破壊時の各種実験量と破壊形式

表-2に部材破壊時の各種実験量と破壊形式を示す。KSおよびN供試体でせん断破壊したが他の供試体は曲げ破壊であった。なお、曲げ破壊した供試体について、土木学会の標準施工方に準拠してコンクリートの圧縮強度と鉄筋の降伏点に実験値を用い、すべての安全係数を1.0とした時の終局曲げ耐力の計算値と実測値の比率は1.21~1.24となり、FRP筋使用時もスターラップ使用時とほぼ同様な安全率を有していた。

3.2 せん断補強筋のひずみ分布

図-2にせん断補強筋のひずみ分布を示す。

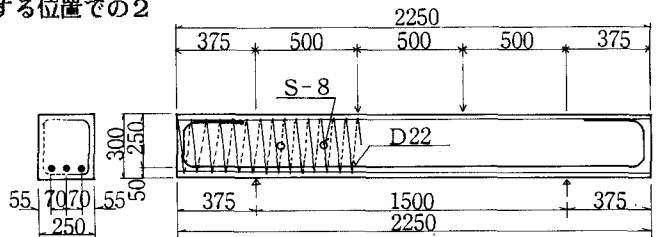


図-1 供試体の形状寸法

表-2 部材破壊時の各種実験量と破壊形式

供試体の呼称	K	KS	C	CS	D	N
終局荷重 (ton)	39.4	34.7	39.4	38.9	39.9	26.1
中央部変位量 (mm)	10.1	7.4	11.0	8.7	10.4	5.0
中央部曲げ補強筋ひずみ (X10 ⁻⁶)	>3000	1803	1888	>3000	>3000	1261
コンクリート圧縮ひずみ (X10 ⁻⁶)	3954	2052	3253	3242	4106	1275
せん断補強筋ひずみ (X10 ⁻⁶)	8027	17899	6019	8620	4307	—
せん断ひび割れ幅 (mm)	1.4	2.0	1.9	1.2	0.5	1.4
破壊形式	曲げ	せん断	曲げ	曲げ	曲げ	せん断
終局曲げ耐力の計算値	31.9	—	32.6	31.9	32.2	—
実測値 / 計算値	1.24	—	1.21	1.22	1.24	—

この図から、梁の前側面と後側面でのひずみ差はアラミド繊維を使用した時に比較的大きくなり、KS、CSでは局部的にひずみが集中していることが判る。しかし、砂無しのロッドを用いたK、C供試体ではひずみの局部的な集中は見受けられず、隣接する測点間のひずみ差もKSに比べ小さかった。以上から、表面処理状態や弾性係数の大きさ等によって補強筋のひずみ分布傾向が異なることが予想される。

3.3 セン断ひび割れ幅

図-3に荷重とセン断ひび割れ幅の関係を示した。この図から、FRP筋使用時のセン断ひび割れ幅はD6スターラップ使用時に比べて2～4倍大きいことが判る。これはスパイラル筋の弾性係数が鋼材の約1/2～1/3であることに起因すると考えられる。

4. セン断補強効果の検討

荷重強度が34tf時の、セン断力一定区間におけるセン断補強筋の平均ひずみと曲げ補強筋のひずみ差に基づいて、セン断補強筋の効果をトラス理論を用いて検討した結果を表-3に示す。ここで、 E_{FRP}/E_s はセン断補強筋の弾性係数比であり、セン断補強筋の実測平均ひずみ①に、この比率を乗じた値②はD供試体の値に比較的良く合致している。これは各セン断補強筋がセン断スパン内で補強筋の断面積の大小にかかわらずほぼ同様な応力状態にあることを示している。

次に、斜め引張力の水平成分を曲げ補強筋のひずみ差とトラス理論に基づいてセン断補強筋の平均ひずみから求めたもので比較すると(⑤/④)、FRPを用いた場合には0.9程度のほぼ一定値を示すことが判る。これに対して、スターラップを用いた時に比率が大きいのは、FRPスパイラル筋よりも斜め引張力を負担する割合が大きいためと

思われ、セン断ひび割れ幅がスパイラル筋使用時に比べてかなり小さいことに関連していると考えられる。また、スターラップの比率1.35を基準とするとFRP筋使用時は平均的に0.66程度となりこれはFRPスパイラル筋のD6スターラップに対する概略の補強効率を示すものと考えられる。

5. 結論

- (1) スパイラル筋のセン断補強効率は鉄筋の0.66程度であり、セン断補強筋として使用可能と考えられる。
- (2) 組紐状FRPスパイラル筋の弾性係数はセン断ひび割れ幅の進展に大きな影響を与える。
- (3) 組紐状FRPスパイラル筋に砂を接着する方法は必ずしも効果が期待できない。
- (4) スパイラル形状によって、セン断補強筋のひずみが梁の前・後側面で異なることもある。

今後は、砂付きロッドの応力集中の原因の解明とセン断補強筋量（補強材断面積およびピッチ）を変化させた状態や繰り返し疲労状態におけるセン断補強筋の補強効果を確認する必要があると思われる。

6. 参考文献

- 1) 三上浩, 林寿夫, 田村富雄: 組紐状AFRPロッドのPCプレテンション部材への適用に関する基礎的研究, プレストレストコンクリートVOL.30, NO.5, Sept, 1988, pp35~40
- 2) 三上浩, 林寿夫, 加藤正利, 田村富雄: アラミド繊維による組紐状棒材を用いたPCばりの静的耐荷挙動, コンクリート工学年次論文報告集10-2, 1988, pp665~670

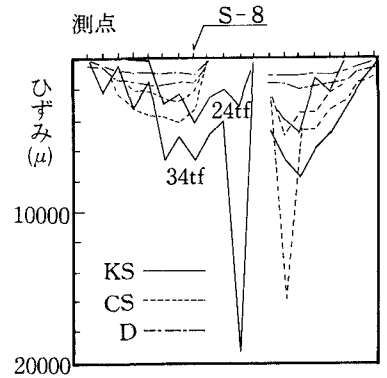


図-2 セン断補強筋のひずみ分布

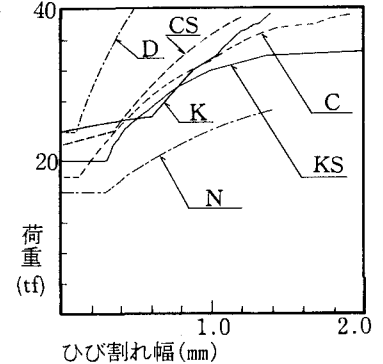


図-3 セン断ひび割れ幅

表-3 セン断補強効果

供試体の呼称	K	KS	C	CS	D
セン断補強筋のひずみ ($\times 10^{-6}$) ①	3868	3208	2277	2582	1257
① $\times E_{FRP}/E_s$ ($\times 10^{-6}$) ②	1377	1142	1238	1403	1257
曲げ補強筋のひずみ差 ($\times 10^{-6}$) ③	738	799	686	766	851
③を基にした引張力 (ton) ④	18.5	17.9	15.4	17.2	19.1
③を基にした引張力 (ton) ⑤	18.1	13.4	13.8	15.6	25.7
⑤ / ④	0.98	0.75	0.90	0.91	1.35
FRP筋のセン断補強効率	0.73	0.56	0.67	0.67	1.00