

CFRP スtrandシートによる RC 梁のせん断補強に関する実験的研究

日鉄コンポジット 正会員 ○小林 朗, 立石 晶洋

北海学園大学 正会員 高橋 義裕

北海道大学大学院 正会員 佐藤 靖彦

1. はじめに

近年、既設コンクリート構造物の補強に広く用いられている連続繊維シートの施工性を改良したストランド状 FRP シート（以下、ストランドシート）が開発され¹⁾、コンクリート桁やコンクリート床版の曲げ補強に利用されている。ストランドシートは、工場で炭素繊維ストランド1本ずつに樹脂を含浸して硬化させた線材をすだれ状にシート化した連続繊維補強材であり、既設コンクリート表面に塗布したペースト状の樹脂で容易に貼り付けることが可能で、現場含浸作業が不要であるので含浸不良や浮き膨れなどの発生の恐れが少ない、シートの繊維目付け量が大きくできるため積層数を低減できるなどの利点が考えられる。ストランドシートで矩形断面の棒部材のせん断補強を行う場合は、ストランドシートを現場で折り曲げて部材角部に接着することができないため、連続繊維シートやあらかじめ工場で L 字型に曲げ成形加工したストランドシート（以下、L 形ストランドシート）を角部に配置して側面に接着したストランドシートと重ね継手で接続して補強する方法を考案した。本研究では、RC 梁側面にストランドシートを接着し、梁の角部を連続繊維シートや L 形ストランドシートで補強した供試体の載荷実験を行い、ストランドシートによるコンクリート梁のせん断補強効果について確認した。また、ストランドシートの外側に破断ひずみの大きいポリプロピレン繊維シート（以下、PP 繊維シート）を巻き立てた場合についても検討した。

2. 補強方法および実験概要

実験は、図-1に示す RC 梁供試体を用い 3 点曲げにて破壊まで単調載荷した。梁の一方のせん断スパンにはせん断補強鉄筋を配置せず FRP シートによりせん断補強を行った。もう一方のせん断スパンには十分な量のせん断補強鉄筋を配置してせん断破壊を防止した。表-1 に材料特性を示す繊維目付け量 600g/m^2 の高強度型炭素繊維の炭素繊維シートと CFRP スtrandシートおよび繊維目付け量 120g/m^2 の PP 繊維シートをそれぞれ 50mm 幅の帯状に 100mm の間隔で接着した。C1 供試体は、炭素繊維シート 1 層を巻き立てて梁上面で 200mm のラップ長の重ね継手で接続した。C2, C3 供試体は、梁側面にストランドシートを 1 層接着し、梁上下面から角部にそれぞれ炭素繊維シート、L 形ストランドシートを接着し、梁側面でストランドシートとラップ長 100mm の重ね継手で接続した。C4 供試体は、梁側面にストランドシートを 1 層接着した上に PP 繊維シートを 12 層巻き立てて補強した。

表-1 連続繊維シートの材料特性

材料	設計 厚さ mm	引張 強度 MPa	ヤング 係数 GPa	破断 ひずみ %
炭素繊維シート	0.333	4402	259	1.7
CFRP スtrandシート	0.333	4330	259	1.7
PP 繊維シート	0.141	630	26.3	4.3

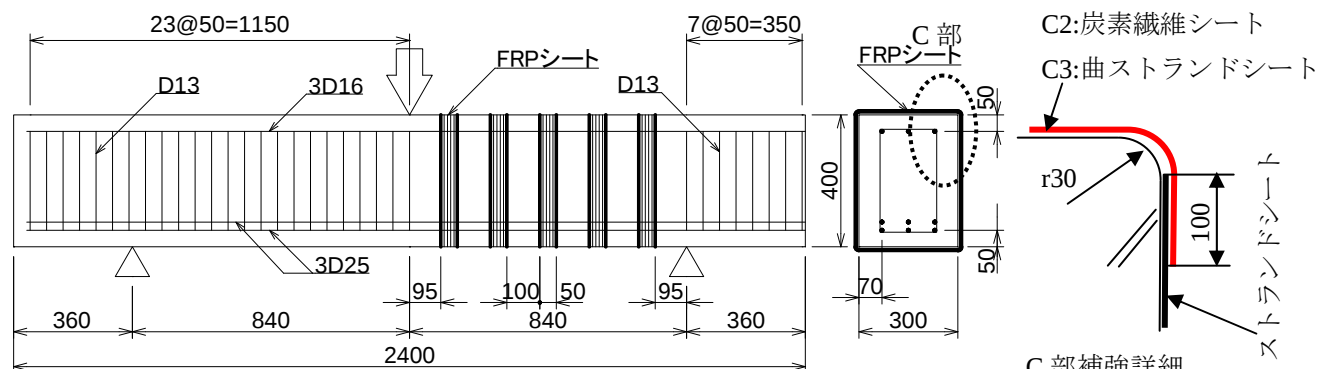


図-1 実験供試体

キーワード FRP スtrandシート, 炭素繊維シート, せん断補強, 補修・補強

連絡先 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-8 日鉄コンポジット(株) TEL 03-5623-5558

表-2 供試体一覧および各供試体のせん断耐力

No.	補強材	梁角部の補強方法	実験値					計算値		
			コンクリート強度 f_c (MPa)	最大荷重 P_{max} (kN)	せん断耐力 V_{exp} (kN)	FRPの負担せん断力 V_{fe} (kN)	せん断補強効率 K_e	コンクリート負担せん断力 V_{cc} (kN)	せん断補強効率 K_c	FRPの負担せん断力 V_{fc} (kN)
C0	無補強		51.7	498.2	249.1			127.1		
C1	炭素繊維シート	閉鎖巻立	50.9	643.3	321.7	195.2	0.57	126.5	0.85	291.6
C2	ストランドシート	炭素繊維シート	47.7	673.7	336.9	213.1	0.63	123.8	0.84	283.8
C3	ストランドシート	L形ストランドシート	47.8	691.4	345.7	221.8	0.66	123.9	0.84	284.0
C4	ストランドシート	PP繊維シート巻立	51.9	805.1	402.6	275.2	0.82	127.3	0.87	291.6

3. 実験結果と考察

表-2 に実験結果の一覧を、図-2 に載荷荷重と供試体中央の変位の関係を示す。無補強供試体 C0 は、310kN で斜めひび割れが発生した後 498kN でせん断圧縮破壊した。炭素繊維シートを閉鎖型に巻き立てて補強した C1 は、斜めひび割れ発生後荷重が増加し 643kN で載荷点近傍のコンクリートの圧縮破壊とともに破壊した。側面にストランドシートを接着し、角部を炭素繊維シートで接続した C2 および L 形ストランドシートで接続した C3 も同様に斜めひび割れ発生後、それぞれ 673kN、691 kN で載荷点近傍のコンクリートの圧壊を伴って破壊した。C2 では上縁コンクリートが圧壊した角部で炭素繊維シートの破断、下側で炭素繊維シートとストランドシートの剥離が見られた。C3 では上縁角部で L 形ストランドシートの破断および L 形ストランドシートと側面に接着したストランドシートの継手部の剥離が見られた（写真-1）。側面にストランドシートを接着した上に PP 繊維シートを巻き立てた C4 は斜めひび割れ発生後、最大荷重 805kN で載荷点近傍のコンクリートの圧壊が生じ荷重が低下したが、その後も 400kN 以上の荷重を保持して変形が進行した。ストランドシートと PP 繊維シートは破断しなかった。

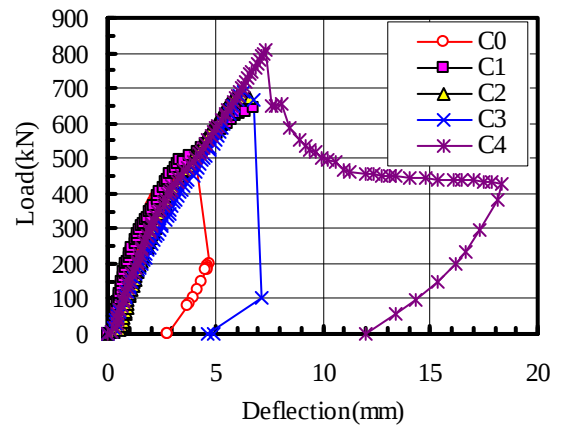


図-2 荷重と変位の関係

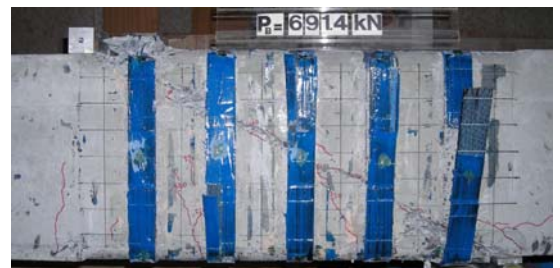


写真-1 C3 供試体の破壊状況

表-2 の FRP シートの負担せん断力の実験値は、コンクリート標準示方書に基づいて全ての安全率を 1 としてコンクリートの負担せん断力を算定し、その値を最大せん断力から減じた値である。計算値は、文献 2 のせん断耐力の算定式を用いて全ての安全率を 1 として算定した。ストランドシートを側面に接着した C2、C3 と炭素繊維シートで補強した C1 とでは FRP シートの負担せん断力に大きな差は無く、角部に炭素繊維シートおよび L 形ストランドシートいずれを用いた場合でも炭素繊維シート巻立てと同等の補強効果があった。外側に PP 繊維シートを巻き立てた C4 が最も FRP の負担せん断力が大きかった。せん断補強効率の実験値と計算値を比較すると C1～C3 供試体では計算値が 0.84～0.85 であるのに対して実験値は 0.57～0.66 と低い値となったが、これは炭素繊維の破断前に載荷点近くでコンクリートの圧壊が生じたことが影響していると考えられる。C4 の実験値は 0.82 と計算値 0.87 と近く最も大きかったが、これは PP 繊維シートによる圧縮側コンクリートの拘束効果によるものと考えられる。

4. まとめ

- ・ストランドシートを側面に接着し梁の角部で炭素繊維シートまたは L 形ストランドシートで接続して補強したコンクリート梁のせん断耐力は、炭素繊維シート巻立てと同等となった。
- ・ストランドシートの外側に PP 繊維シートを巻き立てて補強したコンクリート梁は CFRP シートのみで補強した場合よりせん断耐力が増加し、最大荷重後も脆性的に耐荷力を失わず変形性能が高かった。

参考文献

- 1) 小林, 佐藤, 高橋, 立石 : FRP ストランドシートの材料特性と RC 梁の曲げ補強効果に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 3, pp. 1561-1565, 2008. 7
- 2) 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, 土木学会, pp23-24, 2000. 3