

多軸繊維シートで補強した円柱供試体の1軸圧縮試験による応力-ひずみ関係

倉敷紡績(株)技術研究所 正会員 ○堀本 歴
金沢工業大学 学生会員 村崎 通彦
金沢工業大学 正会員 宮里 心一
弘前大学 正会員 上原子 晶久

1. はじめに

筆者らはこれまで、多軸繊維シートによる鉄筋コンクリート部材の補強性能評価として、小型 RC 梁部材のせん断試験などを行ってきた。本研究では、多軸繊維シートによる横拘束補強を施した円柱供試体の1軸圧縮試験を行い、その応力-ひずみ関係について検討した。

2. 実験概要

本研究では、通常の圧縮試験に用いる、直径 150mm、高さ 300mm の円柱供試体を使用した。繊維シートの貼付けは、貼付け面の表面処理、エポキシプライマーの塗布、エポキシ樹脂による含浸接着による工程で行ない、繊維シートのラップ長は 100mm とした。また、圧縮载荷に際して、台座及び載荷板との摩擦による影響を低減させるため、供試体端面との間に潤滑剤を塗布した。軸方向ひずみは、2 箇所を設置した変位計によるデータを平均化し、供試体高さで除した値とした。一方、横方向ひずみについては、高さ方向中央部分の周方向 4 等分となる位置にひずみゲージを貼付けてモ

ニタリングし、最も破壊の激しい位置のひずみゲージから得られたデータを採用した。

多軸繊維シートは、シート長さ方向に対して斜め方向にも繊維を配列できることを特徴とする(図-1)。表-1 に実験ケースを示す。繊維は炭素繊維(CF)、高強度ポリエチレン繊維(PeF)の2種類であり、例えば CF90/PeF±45 は、内層に軸直交方向 CF、外層に+45°および-45°方向の PeF 層を2層編成したシートであることを示す。なお、ここでは、供試体周方向を 90°方向とする。各繊維シートの引張弾性係数および引張強さは、製作した FRP 材料の引張試験により求めた。ただし、2 方向および 3 方向タイプの応力-ひずみ関係は非線形となるため、同関係の弾性範囲となる低ひずみ領域での弾性率とした。また、補強繊維量(ρ_f)

は次式により算出した。なお、 t_f は繊維シートの厚さ、 d は供試体の直径である。

$$\rho_f = \frac{4 \times t_f}{d} \quad (1)$$

3. 実験結果

実験結果として、各ケースの圧縮強度と横方向ひずみについて図-2 に示す。斜め編成および PeF 編成シリーズでは、CF90 シリーズと比較して、編成上、繊維

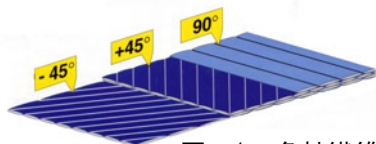


図-1 多軸繊維シート概要図

表-1 実験ケース

シリーズ	供試体名	シート厚さ (mm)	弾性率 (kN/mm ²)	強さ (N/mm ²)	補強繊維量 (%)
CF シリーズ	CF90-1	0.061	226.6	4,188	0.163
	CF90-2	0.121	226.6	4,188	0.322
	CF90-3	0.181	226.6	4,188	0.484
	CF±45-1	0.121	18.1	178	0.322
	CF±45-2	0.242	18.1	178	0.645
	CF90 / CF±45 -1	0.181	90.8	1,551	0.484
	CF±45 / CF90 -1	0.181	90.8	1,551	0.484
	CF90 / CF±45 -2	0.363	90.8	1,551	0.967
	CF±45 / CF90 -2	0.363	90.8	1,551	0.967
PeF シリーズ	PeF90	0.149	104.0	1,798	0.399
	PeF±45	0.299	12.5	131	0.797
ハイブリッド シリーズ	CF90 / PeF±45	0.420	70.9	960	1.120
	PeF±45 / CF90	0.420	70.9	960	1.120
	PeF90 / CF±45	0.391	43.0	960	1.043
	CF±45 / PeF90	0.391	43.0	960	1.043

公称値 CF: 引張弾性率 240 kN/mm² , 引張強さ 4,900 N/mm²
PeF: 引張弾性率 88 kN/mm² , 引張強さ 2,700 N/mm²

キーワード 多軸繊維シート, 圧縮試験, 拘束効果, 応力-ひずみ関係

連絡先 〒572-0823 大阪府寝屋川市下木田町 14-5 倉敷紡績(株) 技術研究所 TEL 072-823-8145

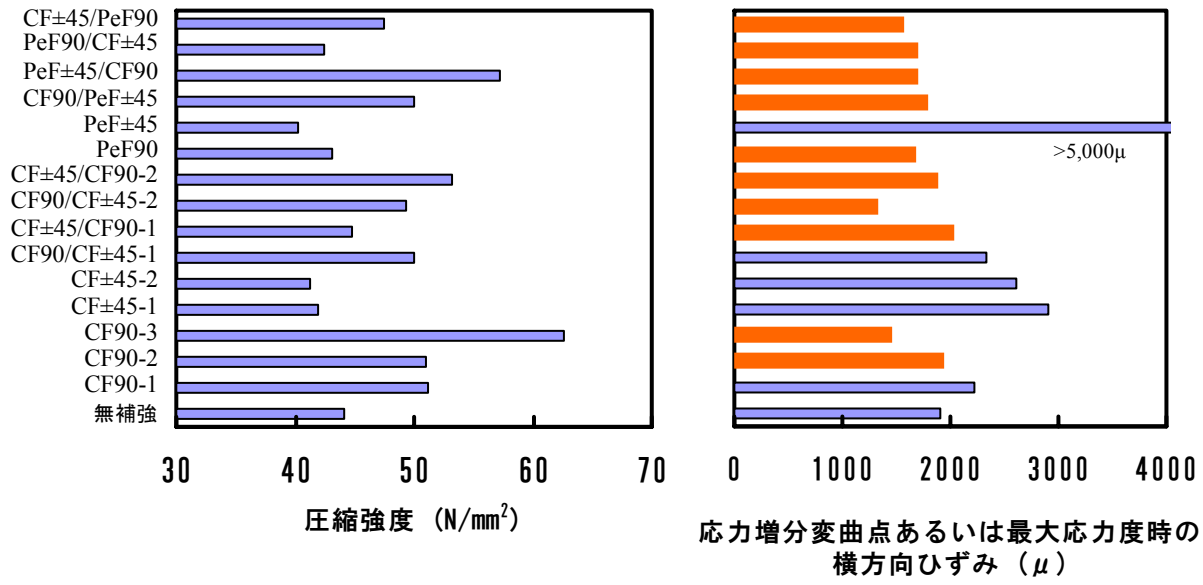


図-2 実験結果 (圧縮強度と横方向ひずみ)

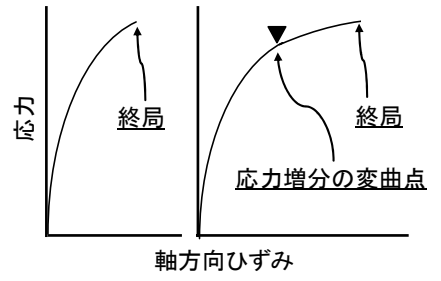


図-3 応力 - ひずみ関係模式図

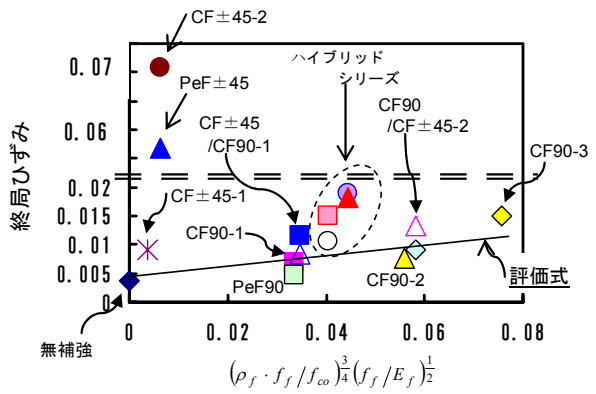


図-4 終局時軸方向ひずみの評価

そのものの特性によりシート弾性率が小さく、そのため圧縮耐力の向上は期待できない結果であった。

ここで、圧縮試験による応力 - 軸方向ひずみ関係をみると、図-3のように、ひずみ量の増加に対して応力の増加割合が明らかに低下した後に最大応力に達するケースと、応力の増加割合が低下しない状態で最大応力度を記録するケースが見られた。図-2の横ひずみをプロットしたグラフのうち、橙色網掛けは応力増分の変曲点のあるケースであり、青色網掛けは変曲点のないケースである。無補強供試体では、横ひずみが約1900μで終局に至っている。ほとんどのケースにおいて、応力増分の変曲点あるいは最大応力に達する時点での横方向ひずみが1500~2000μであり、同時点で供試体コンクリートにひび割れが発生していると考えられる。一方、2000μを大きく越えるケースについては、内部コンクリートのひび割れが繊維シートを通して測定できておらず、見かけ上ひび割れ発生ひずみが大きくなっているように見える。

4. 終局ひずみの評価

繊維シートが破断して、供試体が終局状態となる時点での軸方向ひずみ (ϵ_u) の評価を、既報¹⁾の評価式(2)を用いて行なった。

$$\epsilon_u = 0.00383 + 0.1014 \left(\frac{\rho_f \cdot f_f}{f_{co}} \right)^{\frac{3}{4}} \left(\frac{f_f}{E_f} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

E_f は繊維シートの引張弾性率、 f_f は引張強さ、 f_{co} は無補強供試体の圧縮強さである。

評価式と実験結果との関係を図-4に示す。この図より、無補強供試体の終局ひずみが式(2)と合致していることがわかる。さらに、既報と同様のCF90シリーズでは補強繊維量が多くなるにつれて終局ひずみが大きくなるなど、式(2)に比較的良く一致する結果となった。一方、ハイブリッドシリーズについては、評価式に比較して終局ひずみが大きくなっている。以上より、CF90/PeF±45ではCFによる耐力の向上に加えて、靱性的な挙動を付加できるものと期待できる。なお、終局ひずみが際立って大きくなったCF±45-2、PeF±45についてはさらなる検証が必要と考えている。

参考文献

1) 細谷学, 川島一彦ら: 炭素繊維シートで横拘束したコンクリート柱の応力度 - ひずみ関係の定式化, 土木学会論文集, No. 592/V-39, pp. 37-52, 1998.