

ハイブリッド多軸繊維シートで補強されたコンクリートの圧縮破壊性状

金沢工業大学大学院 学生会員 保倉 篤
 金沢工業大学 正会員 宮里心一
 倉敷紡績（株） 正会員 堀本 歴

1. はじめに

各種の連続繊維シート（FRPシート）による既存鉄筋コンクリート構造物への補強が、近年注目されている。連続繊維シートの特長は、施工が容易で、工期および工費を短縮できることである。しかしながら、繊維シートによる補強を行う際、一方向シートを複数層貼付ける場合には工数が増えるなどの短所が考えられる。そこで、著者らはこれまで、“多軸繊維シート”（図-1参照）の特徴である斜め方向の繊維の効果などを確認してきた¹⁾。その結果、炭素繊維シートによる補強では、強度に著しい増加が見られ、一方ポリエチレン繊維シートによる補強では、ひずみに著しい増加が見られることを明らかにした。この知見により、炭素繊維とポリエチレン繊維を組み合わせることで、両者の特徴を併せ持つ補強用繊維シートとすることが可能と考えられた。本研究では、両繊維を複合した“ハイブリッド多軸繊維シート”による圧縮耐荷性能評価を行い、破壊性状、応力-ひずみ特性を比較した。

2. 実験概要

コンクリートの示方配合を表-1に示す。スランプは3.5cmおよび空気量は2.0%であった。28日間の初期養生後、グラインダーにてケレン処理をし、プライマーを塗り、含浸接着樹脂として、普通または柔軟エポキシ樹脂を用いて繊維シートを貼付けた。ここで、繊維シートを巻く際、始めと終わりの端部を約10cm重ねて貼付けた。なお、繊維シートの端部からの剥離破壊は生じなかった。実験ケースを表-2に示す。また、シート材料となる各種繊維の特性を表-3に示す。圧縮試験は、供試体中央部において縦方向および横方向にひずみゲージを貼付け、JIS A 1108に準じて行った。

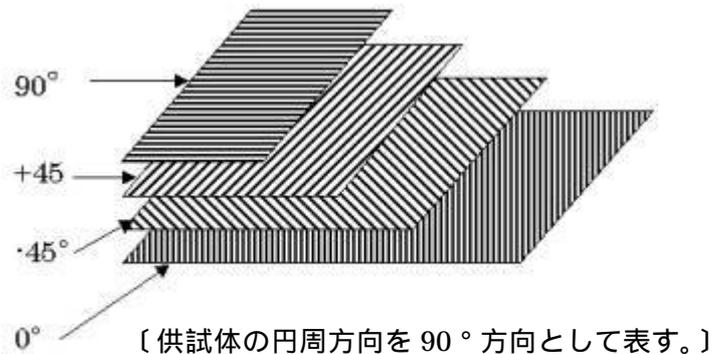


図-1 多軸繊維シート概念図

表-1 コンクリートの示方配合

Gmax (mm)	W/C (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)			
			W	C	S	G
20	50	44.85	180	360	782	970

表-2 実験ケース

No.	シート材料	含浸接着樹脂	軸	シート貼付方向	目付量 (g/m ²)
	炭素繊維	普通エポキシ樹脂	1	90°	220.5
	炭素繊維	普通エポキシ樹脂	2	+45°	222.7
				-45°	222.7
	炭素繊維	普通エポキシ樹脂	3	+45°	111.4
				90°	220.5
				-45°	111.4
	炭素繊維	普通エポキシ樹脂	1	90°	219.9
	ポリエチレン繊維	普通エポキシ樹脂	1	90°	73.3
	炭素繊維	普通エポキシ樹脂	3	90°	220.5
	ポリエチレン繊維	普通エポキシ樹脂	3	+45°	147.0
	ポリエチレン繊維	普通エポキシ樹脂	3	-45°	147.0
	ポリエチレン繊維	普通エポキシ樹脂	3	+45°	147.0
	ポリエチレン繊維	普通エポキシ樹脂	3	-45°	147.0
	炭素繊維	普通エポキシ樹脂	3	90°	220.5
	炭素繊維	普通エポキシ樹脂	3	+45°	222.7
	炭素繊維	普通エポキシ樹脂	3	-45°	222.7
	ポリエチレン繊維	普通エポキシ樹脂	3	90°	145.5
	炭素繊維	柔軟エポキシ樹脂	2	+45°	222.7
				-45°	222.7
	炭素繊維	柔軟エポキシ樹脂	3	+45°	111.4
				90°	220.5
				-45°	111.4
	なし				

：シートは、上段が内側で下段が外側になる様に、貼付けられた。

表-3 シート材料の特性

	密度 (g/cm ³)	引張強度 (GPa)	引張弾性率 (GPa)	破断伸度 (%)
炭素繊維	1.82	4.90	240.0	2.0
ポリエチレン繊維	0.97	2.70	88.2	4.0

3. 実験結果と考察

圧縮試験後のコンクリートの破壊状態を写真-1に示す。繊維の破断に注目すると、ケース 1では真

キーワード：繊維補強、ハイブリッド多軸繊維シート、圧縮破壊、エポキシ樹脂

連絡先：〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘7-1 TEL076-248-1305 FAX076-294-6713

横、ケース では斜め 45° から生じ、爆裂破壊を伴った。一方、ケース およびケース では繊維が破断せず、破片の飛散を伴うような爆裂破壊は生じなかった。これは、表 - 3 に示すとおり炭素繊維のみでは破断伸度が低いため爆裂を伴うが、破断伸度の高いポリエチレン繊維も組み合わせることによって、急激な破壊が防がれたためと考えられる。

図 - 2 に、応力 - ひずみ曲線を示す。

(a) では、各 3 軸シートの結果を比較する。これによれば、破壊時の応力は、全てのケースにおいてほぼ同等の結果となった。このことから、炭素繊維のみの多軸シートと、炭素繊維およびポリエチレン繊維を組み合わせたハイブリッド多軸シートでは、同等の補強効果を得られることが確認された。円周方向のひずみ量（横ひずみ）は、ケース で最も大きい結果となった。これは、前述のように、ポリエチレン繊維の伸び特性に起因していると考えられる。ケース はポリエチレン繊維を最外層に貼り付けたタイプであるが、反対に炭素繊維層を最外層に貼り付けたケース ではひずみ量が小さくなっており、ケース と比較するとポリエチレン繊維の特性を十分に活かすことができない結果となった。

(b) では、各 1 軸シートの結果を比較する。これによれば、破壊時の応力および横ひずみは、ケース と比較して、ケース において高くなった。この理由について、炭素繊維およびポリエチレン繊維がともに円周方向に補強していることから、ケース では応力が高くなったと考えられる。このケース では炭素繊維とポリエチレン繊維を同一層に交互になるように編成しているため、ケース と比べると変位量は小さくなっている。

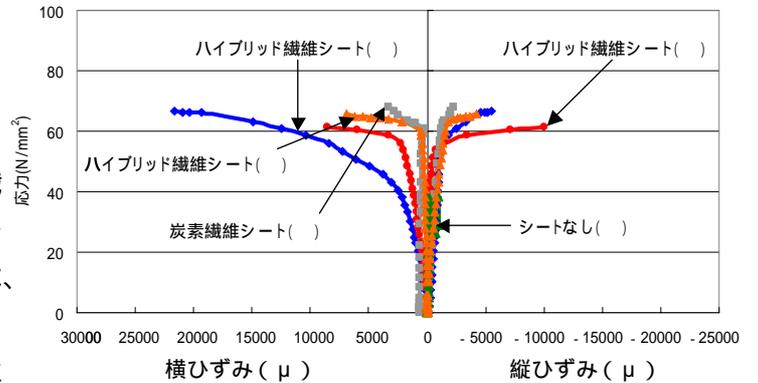
(c) では、炭素繊維シートを貼付ける際に使用する、含浸接着樹脂の効果と比較する。これによれば、普通エポキシ樹脂と柔軟エポキシ樹脂では、応力およびひずみはほぼ同等の結果となった。

4. 結論

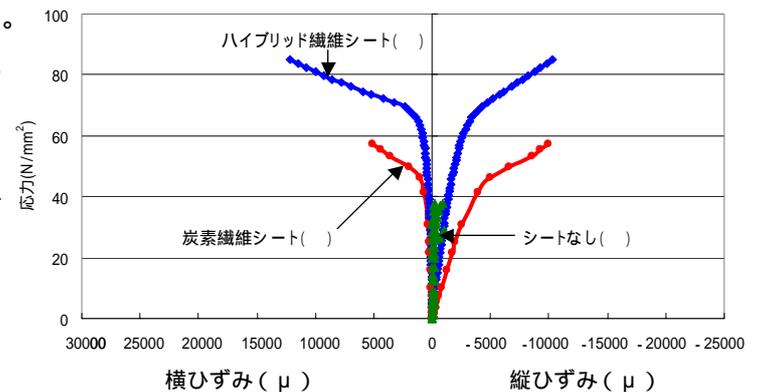
“ハイブリッド多軸繊維シート”で補強したコンクリートの圧縮試験を行い、応力およびひずみの特性を評価できた。すなわち、ハイブリッド多軸繊維シートにおいて、圧縮破壊時における急激な破壊が防がれ、最大応力は炭素繊維シートのみのものと同様となり、横ひずみが増加することが確認できた。



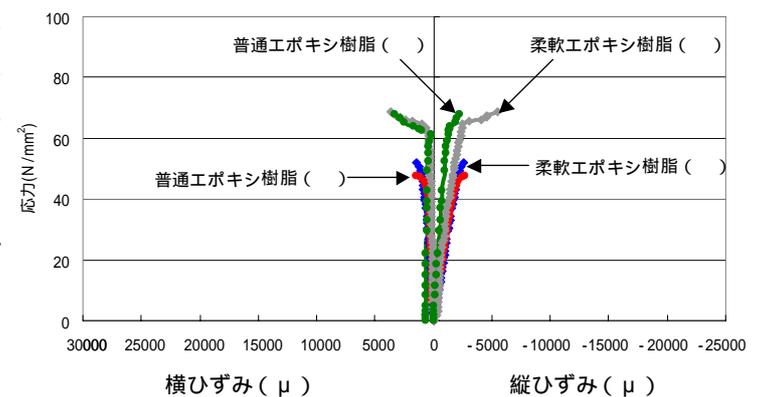
(a) ケース (b) ケース (c) ケース (d) ケース
写真 - 1 供試体の破壊状態



(a) 3軸シートの比較



(b) 1軸シートの比較



(c) エポキシ樹脂の種類の比較

図 - 2 応力 - ひずみ曲線の関係

参考文献

- 1) 保倉篤、宮里心一、堀本歴：多軸繊維シートで補強されたコンクリートの圧縮破壊性状、土木学会中部支部研究発表会講演概要集、pp.555-556、2005。