

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
金沢工業大学
倉敷紡績（株）

学生会員
正会員
非会員

○保倉 篤
宮里 心一
堀本 歴

1. はじめに

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、織物の場合には繊維の方向が限定される。そこで、繊維の方向をある程度任意に設定でき、最大4方向（4層）に連続繊維を積層可能な“多軸繊維シート”を採用した場合、梁のせん断補強や床版の押し抜き補強などに対して、利点が期待できる。本研究では、多軸繊維シートの基礎的な補強効果を評価するため、圧縮試験を行い応力-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。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、エポキシ樹脂を用いて繊維シートを貼付けた。ここで、多軸繊維シート の概念図を図-1に示す。実験ケースを表-2に示す。炭素繊維では、“多軸”の特長を検討するケースを設定し、有機繊維では各繊維の特長の把握を主な目的としている。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。

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

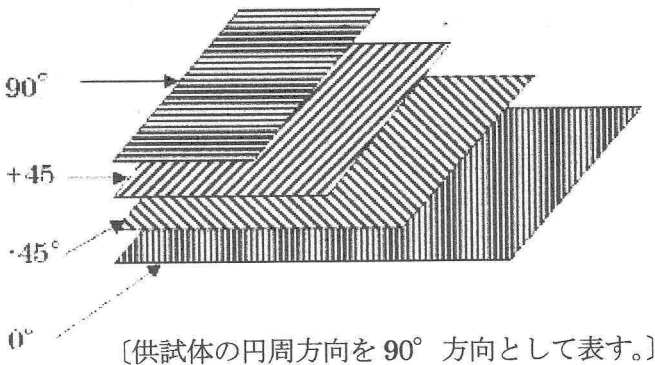


図-1 多軸繊維シート概念図

表-2 実験ケース

No.	シート材料	軸	シート貼付方向	目付量(g/m ²)	シート層数
①	炭素繊維	1	90°	220.5	1
②		1	90°	220.5	2
③		2	+45°	222.7	1
			-45°	222.7	
④		3	+45°	111.4	1
			90°	220.5	
			-45°	111.4	
⑤		3	+45°	111.4	2
			90°	220.5	
			-45°	111.4	
⑥		1	0°	220.5	1
⑦		ビニロン繊維	1	90°	110.2
⑧	アラミド繊維	1	90°	92.0	1
⑨	ポリエチレン繊維	1	90°	145.5	1
⑩	なし	—	—	—	—

表-3 シート材料の特性

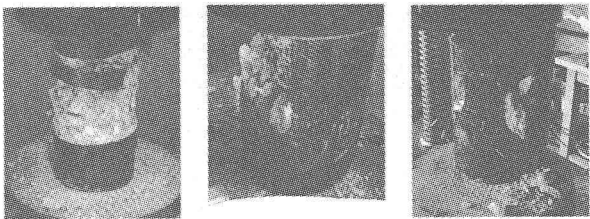
繊維	引張強度 (GPa)	引張弾性率 (GPa)	破断伸度 (%)	シート強度 (kN/m)
炭素繊維	4.90	240.0	2.0	496
ビニロン繊維	1.26	25.8	6.5	106
アラミド繊維	3.43	72.5	4.6	224
ポリエチレン繊維	2.70	88.2	4.0	417

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、①の供試体では真横、③および④供試体では斜め 45° から破壊していることが認められた。内部のコンクリートは何れもせん断破壊しており、繊維シートの破断は繊維の方向に依存することが確認された。

図-2 に、圧縮試験により得られた応力-ひずみ曲線を示す。

図-2 (a) では、シートなしおよび炭素繊維シート1層貼りの結果を比較する。これによれば、破壊時の応力は、④の供試体において最高となり、①、③、



(a) 1 軸(ケース①) (b) 2 軸(ケース③) (c) 3 軸(ケース④)

写真-1 供試体の破壊状態(炭素繊維シート)

⑥および⑩の供試体の順に低下した。ここで、表-4に、複合材料の網目理論に基づいた円周方向の拘束力の関係を示す。ケース①とケース③を比較すると、理論値では同等の拘束力になるが、実験値では未補強からの応力増分に差が生じた。これは、コンクリートの圧縮では、横方向の膨張に加え、せん断力による斜めひび割れが発生することによると考えられる。一方、ケース④の3方向のシート貼付けでは、予想よりも高い応力となった。これは、円周方向と斜め方向の繊維の相乗効果によるものと推測できる。

図-2 (b) および (c) では、炭素繊維の1層貼りおよび2層貼りの結果を比較する。これらよれば、1層貼りと比べ、2層貼りの応力が高くなった。

図-2 (d) では、炭素繊維、ビニロン繊維、アラミド繊維およびポリエチレン繊維の結果を比較する。これによれば、破壊時の応力は、炭素繊維が最高となり、その他の繊維はほぼ同等の結果となった。この理由については表-3に示すとおり、炭素繊維の強度は他の繊維に比べて高いためと考えられる。一方、横ひずみは、ポリエチレン繊維が最高となり、アラミド繊維、炭素繊維、ビニロン繊維の順に低下した。ビニロン繊維は高伸度であるがシート自身の強度が弱いためにひずみ量が乏しく、ポリエチレン繊維はシート強度が高い上に伸度もあることから、このような挙動を示したと考えられる。

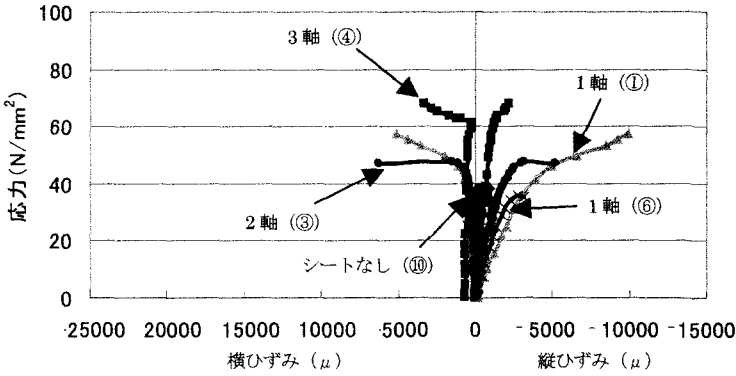
4. 結論

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、“多軸”の特徴である斜め方向の繊維の効果を把握した。また、1軸、3軸繊維シートにおける、1層と2層貼りの圧縮破壊性状を比較できた。さらに、有機系繊維について、圧縮破壊性状における各種繊維の特長を確認した。

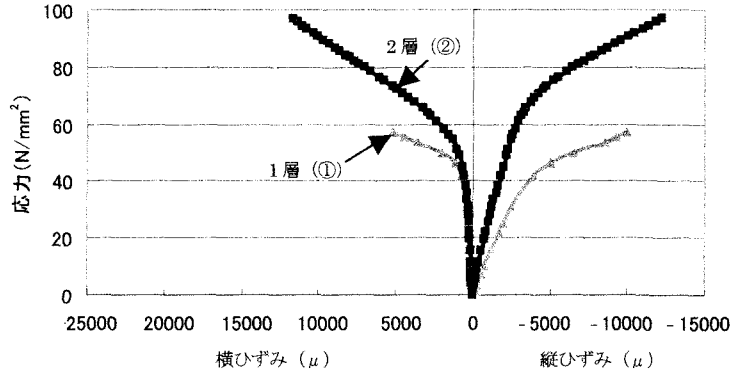
表-4 円周方向の拘束力（理論値）と実験値

	繊維方向および繊維量※	拘束力※※	応力の最大値 (N/mm ²)	未補強からの応力増分 (N/mm ²)
①	2 	2	57.3	20.5
③	2 	2 (1+1)	47.5	10.7
④	1 	3 (0.5+2+0.5)	68.0	31.2
⑩	未補強	—	36.8	—

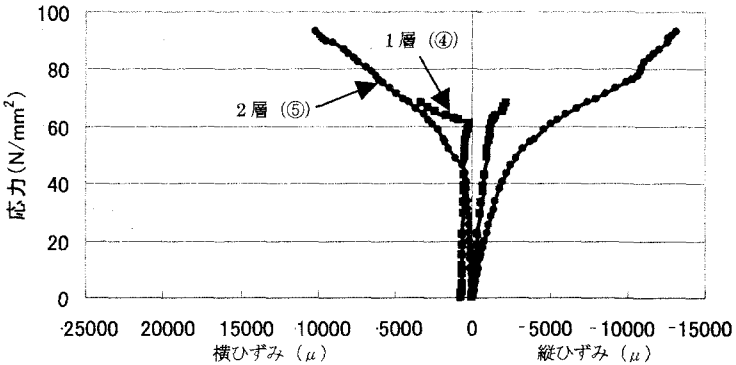
※：繊維量の基準…110.0(g/m²)と1
※※：円筒形材料の網目理論による。



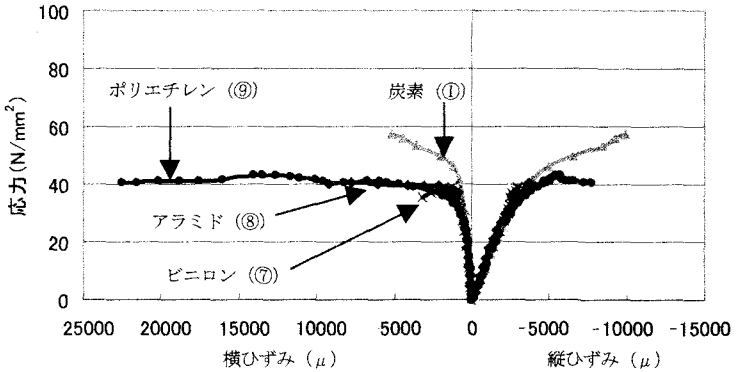
(a) シートなし (⑩) およびCFシート1層貼り (①、③、④、⑥)



(b) CFシート90° 方向に1軸の1層 (①) および2層 (②)



(c) CFシート45°、90°、-45° 方向に3軸の1層 (④) および2層 (⑤)



(d) 各種繊維シート90° 方向に1層 (①、⑦、⑧、⑨)

図-2 軸応力-軸ひずみ曲線の関係