

多軸繊維シートとコンクリートの付着性状の定量評価

金沢工業大学大学院 学生会員 ○村崎 通彦
 金沢工業大学 正会員 宮里 心一
 倉敷紡績 正会員 堀本 歴
 弘前大学 正会員 上原子 晶久

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の補強方法の一つとして、連続繊維シート接着工法がある。この工法の特長は、施工が容易で、工費および工期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、1方向シートを複数層貼り付ける場合には、工数が増えるという短所が挙げられる。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開発して、その補強効果を明らかにしてきた¹⁾。一方で、土木学会の指針によれば、シートの補強効果は、付着性状の影響を大きく受けることが知られている。しかしながら、従来の式²⁾は多軸繊維シートに対応していないと考えられる。

以上の背景を踏まえて、多軸繊維シートとコンクリートの付着性状を定量評価することを本研究の目的とした。特に本稿では、付着性状や界面剥離破壊エネルギーを実験により求めた。

2. 実験手順

2.1 供試体概要

供試体概要を図1に示した。2体の200×400×50mmのコンクリートブロックをアルミテープにより突き合わせ、400×400×50mmの平板とした。その後、200×400×50mmの一面をグラインダーにより表面処理し、エポキシ樹脂プライマーおよび接着含浸用エポキシ樹脂を用いて幅150mmの繊維シートを貼り付けた。また、コンクリートブロック片側において、繊維シートを巻き付けて、定着とした。シート貼り付けから1週間の養生の後、測定を行った。繊維シートの特性を表1に示した。

2.2 使用材料

シート材料として、炭素繊維(以下「CF」と称す。)、ポリエチレン繊維(以下「PeF」と称す。)、およびそれらを組み合わせたハイブリッド繊維(以下組み合わせ

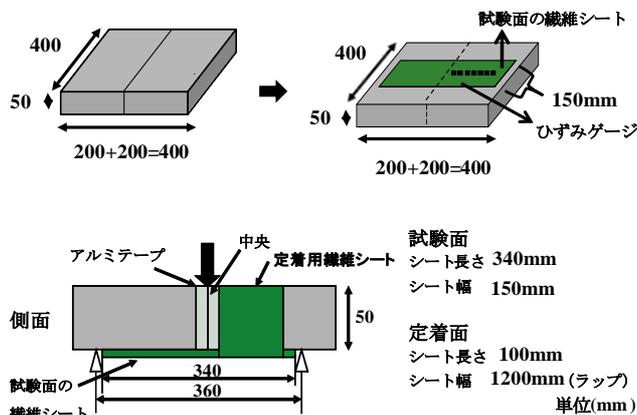


図1. 供試体概要

表1. 繊維シート諸元

繊維の種類	弾性率(GPa)	強度(MPa)	密度(g/cm ³)	目付量(g/m ²)	厚さ(mm)
CF	240	4,900	1.82	220	0.121
PeF	88	2,700	0.97	145	0.149

表2. 実験ケース

No.	繊維種類	軸数	編成状況()内は目付量
1	CF	1軸	CF0°(220)
2		2軸	CF±45°(各220)
3		3軸	CF0°/±45°(各110)
4			CF0°(220)/CF±45°(各110)
5	PeF	1軸	PeF0°(145)
6		2軸	PeF±45°(各145)
7	CF/PeF	3軸	CF0°(220)/PeF±45°(各145)
8			CF0°(220)/PeF±45°(各75)
9			CF0°(330)/PeF±45°(各75)
10	PeF/CF	3軸	PeF0°(145)/CF±45°(各220)
11			PeF0°(75)/CF±45°(各220)

方により、「CF/PeF」、「PeF/CF」の2種類であり、「内側/外側」の順に表記する。)を使用した。表2に実験ケースを示した。

2.3 測定方法

3点曲げ試験を行い、最大荷重を測定した。得られた最大荷重から、シートが負担する引張力を算出し、付着面積で除して付着強度を算定した。ここで、付着面積は、供試体中央を通過する繊維が試験面に接着している面積と定義した。また、破壊形態を観察し、図2に示す通り

キーワード：多軸繊維シート、付着強度、相対変位、付着応力、界面剥離破壊エネルギー

連絡先：〒924-0838 石川県白山市八東穂3-1 地域防災環境科学研究所 TEL076-248-1305 FAX076-294-6713

4 つに区別した. さらに, 供試体中央から試験面のシート附着端部まで7箇所にて20mm 間隔でひずみゲージを貼り, 終局時までのひずみを測定した. 得られたひずみ分布から, 相対変位と附着応力を算出した. 相対変位は繊維シートの端部から該当点までのひずみ分布を積分することにより求めた. 得られたひずみをあらかじめFRP 試験で求めた材料特性の応力 - ひずみ曲線に当てはめた. 求めた応力から (1) 式を用いて附着応力 τ を求めた. 相対変位 - 附着応力曲線で囲まれた面積が界面剥離破壊エネルギーに相当する.

$$\tau = \frac{1}{2} \cdot t_f \cdot \left\{ \frac{\sigma_f(x_{n+1}) - \sigma_f(x)}{\Delta x} + \frac{\sigma_f(x_n) - \sigma_f(x_{n-1})}{\Delta x} \right\} \quad (1)$$

ここに, t_f は繊維シートの厚さ, σ_f は繊維シートの応力, Δx はひずみゲージの貼付け間隔である.

3. 実験結果および考察

表3に破壊形態を示した. これによれば, シートの種類や編成状況によって破壊形態は異なった. 例えば, CF $\pm 45^\circ$ [No.2]とPeF $\pm 45^\circ$ [No.6]を比較すると, 同じ2軸でも破壊形態は異なることが認められた.

図3に附着強度を示した. また, x軸において丸で囲まれた実験ケースは, 母材破壊だけを起こしたケース(表3の④)である. これによれば, 繊維の種類により附着強度が異なった. また, CF 0° (220)/PeF $\pm 45^\circ$ (各145) [No.7]とPeF 0° (145)/CF $\pm 45^\circ$ (各220) [No.10]の同じハイブリット多軸繊維シートの編成状況でも異なる結果となった. 一方, 破壊形態で比較すると, 附着強度の高いケースで母材破壊を起こしやすい傾向にある.

図4に荷重ステップごとの相対変位-附着応力の関係の一例を示した. 今回の実験では弾性域と軟化域が得られたことから, 既往の研究³⁾と同様の傾向を示しているといえる.

図5に界面剥離破壊エネルギーを示した. これによれば, $\pm 45^\circ$ の2軸の編成ケース[No.2, 6]では, 繊維の種類に拘わらず界面剥離破壊エネルギーは低いことが認められる. また, ハイブリット多軸繊維シートを附着したケース[No.7~11]では, 概ね同等の値となった.

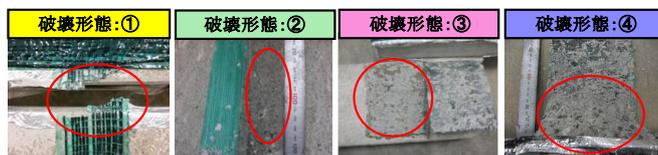


図2. 破壊形態の区分

表3. 破壊形態

No.	編成状況 (内は目付量)	破壊形態
1	CF 0° (220)	②、④
2	CF $\pm 45^\circ$ (各220)	④
3	CF $0^\circ/\pm 45^\circ$ (各110)	③
4	CF 0° (220)/CF $\pm 45^\circ$ (各110)	④
5	PeF 0° (145)	②、③
6	PeF $\pm 45^\circ$ (各145)	②、③
7	CF 0° (220)/PeF $\pm 45^\circ$ (各145)	④
8	CF 0° (220)/PeF $\pm 45^\circ$ (各75)	②、③
9	CF 0° (330)/PeF $\pm 45^\circ$ (各75)	④
10	PeF 0° (145)/CF $\pm 45^\circ$ (各220)	④
11	PeF 0° (75)/CF $\pm 45^\circ$ (各220)	②、③

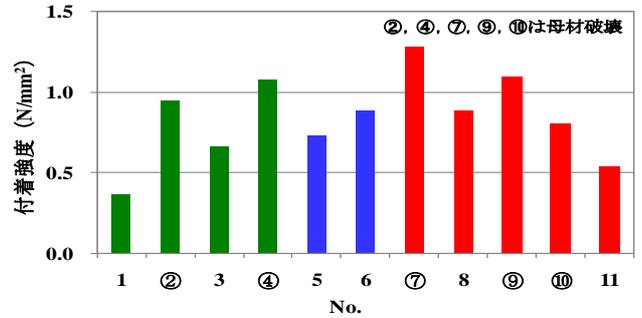


図3. 附着強度

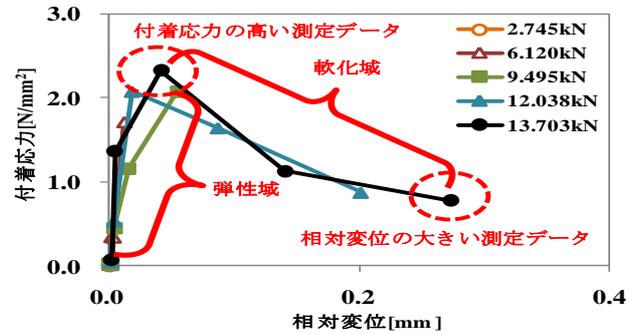


図4. 相対変位と附着応力の関係 (No.11)

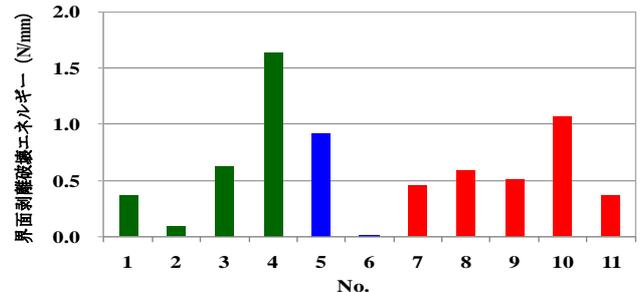


図5. 界面剥離破壊エネルギー

参考文献

- 1) 村崎通彦, 宮里心一, 堀本歴, 上原子晶久: 多軸繊維シートとコンクリートの附着試験方法の開発, 土木学会第65回年次学術講演会講演概要集, Vol.5, pp.1101~1102, 2010.
- 2) 土木学会: 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, コンクリートライブラリー101, 2000.
- 3) 上原子晶久, 下村匠, 丸山久一, 西田浩之: 連続繊維シートとコンクリートの附着・剥離挙動の解析, 土木学会論文集, No.634, V-45, pp.197~208, 2000.