

ポリオレフィン系合成繊維とセメント系複合材料の付着性状に関する基礎研究

グレースケミカルズ(株) (正) ○ 董 賀祥
グレースケミカルズ(株) (正) 西村 正

1. はじめに

周知のように、繊維補強コンクリートとは補強繊維とコンクリートマトリックス（マトリックス）により構成された複合材料であり、繊維とマトリックスの界面付着性状はその補強効果に著しい影響を及ぼす。繊維の付着性状を支配する要因はまずその寸法状¹⁾および表面性状を挙げられる。一方、繊維補強コンクリートに関する既往の研究は主に鋼繊維に関するものが大半であり、特に合成繊維とマトリックスの付着特性に関するものが少ない。そこで、本研究は、ポリエチレン・ポリプロピレン製ポリオレフィン系合成繊維（略称 PE&PP 系繊維）を用い、JCI-SF8「繊維の付着試験方法」²⁾に従った付着試験を通じて、繊維の埋込み長さおよび表面性状がその付着特性に与える影響を検討したものである。

2. 試験概要

2. 1. 使用材料および試験内容

試験に使用した PE&PP 系繊維の物性値とモルタル配合をそれぞれ表-1と表-2に示し、付着試験を写真-1に示す。

本研究に用いた PE&PP 系繊維は練混ぜで表面性状が顕著に変化するため、あらかじめコンクリートに混入し練混ぜを行い、洗出して乾燥したものと、練混ぜ前のものを付着試験に使用した。

コンクリートの練混ぜは強制二軸ミキサを使用、繊維混入後の追加練混ぜ時間を 45 秒とした。なお、PE&PP 系繊維の練混ぜ前後の表面性状を写真-2〜3に示す。

2. 2. 試験方法

供試体は写真-4に示すような形状であり、長さは240mm、中央部の矩形断面寸法は24×26mmである。中央部はあらかじめ1mm厚さのプラスチック製仕切り板（繊維配置用）を据付け、5本繊維の中の4本繊維を矩形頂点近辺に、残り1本を矩形の中心に仕切り板を通して所定の埋込み長さで配置した。モルタルは2層に分けて打設した。

繊維の付着試験は電子万能試験機 CMT5105 を用いて直接引張試験によって行った。引抜き荷重と繊維のすべり量（クロスヘッドの変位量）を 8 個／秒の頻度で同時に読み込み、載荷速度はすべり量として 0.4～0.5mm／分とした。

繊維の付着応力（ τ ）は以下の式で求められる¹⁾。

$$\tau = \frac{P}{n \times S_s} \quad (1)$$

ここに、 P は引抜き荷重（N）、 n は繊維の本数、 S_s は繊維の付着面積（mm²）である。

また、繊維の引抜き荷重とすべり量曲線下の面積は引抜き過程における吸収エネルギーとなり、この面積を“曲げじん性”と同様に“付着じん性”と定義することとした。

表-1 PE&PP合成繊維の物性

項目 繊維材質	引張強度 (MPa)	ヤング率 (GPa)	密度 (g/cm ³)	長さ (mm)	断面寸法 (mm)
PE&PP	540	9.5	0.92	50	1.4×0.11

表-2 付着試験用モルタル配合

圧縮強度 (MPa)	W/C (%)	C:S	セメント 種類	砂 種類
36	45.0	1:2	N	標準

注：砂は標準砂、セメントは普通ポルトランドセメント



写真-1 繊維の付着試験



写真-2 PE&PP繊維の練混ぜ前後の表面性状

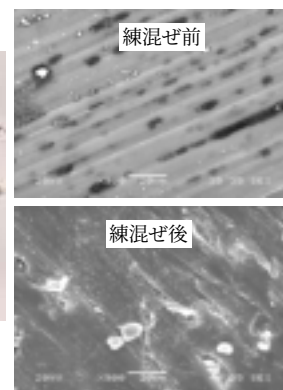


写真-3 PE&PP 繊維の表面性状変化 900倍率 ×25KV

3. 試験結果および考察

3. 1. PE&PP系繊維の埋込み長さと呼着特性の関係

図-1に異なる埋込み長さにおけるPE&PP系繊維の引抜き荷重・すべり量曲線を、図-3～4に埋込み長さと呼着じん性および呼着強度の関係を示す。これらの結果によると、

- 1) 埋込み長さの増大に伴い、同じすべり量における引抜き荷重（および最大引抜き荷重）が高くなり、引抜き荷重・すべり量曲線の面積で表されるエネルギー吸収能力も大きく、その結果、呼着じん性も増大する。これは、PE&PP繊維とマトリクスとの界面呼着が摩擦抵抗に基づくものであり、埋込み長さの大きいほど、呼着面積が大きくなり、摩擦抵抗力が高くなるためと考えられる。
- 2) 一方、図-4に示す通り、埋込み長さを変化させても、呼着強度はあまり変わらなかった。これは繊維の呼着強度が単位呼着面積における摩擦抵抗力であり、繊維の固有の呼着特性であると考えられる。

3. 2. PE&PP系繊維の表面性状と呼着特性の関係

PE&PP系繊維の練混ぜ前後における表面性状の変化を写真-2～3に示した。

図-2に練混ぜにより表面性状が変化するPE&PP系繊維の引抜き荷重・すべり量曲線、また図-3～4に埋込み長さと呼着じん性および呼着強度の関係を示した。これらの結果によると、

- 1) 練混ぜを通じて、PE&PP系繊維とマトリクスとの呼着が強化されたため、同じすべり量における引抜き荷重（および最大引抜き荷重）が高くなりエネルギー吸収能力および呼着じん性が著しく向上する。
- 2) また、図-4に示すように、練混ぜを通じて、PE&PP系繊維のマトリクスとの呼着が強化されたため、呼着強度は高くなる結果を得た。

これは、PE&PP系繊維がコンクリートの練混ぜ中に、骨材による磨耗により、微視的な表面凹凸を形成し³⁾、繊維の引抜きに対する摩擦抵抗力が向上したためと考えられる。

4. まとめ

- 1) PE&PP系繊維の埋込み長さの大きいほど、エネルギー吸収能力および呼着じん性は高くなるが、呼着強度はほぼ一定であった。
- 2) 練混ぜを通じ、本研究に用いたPE&PP系繊維はコンクリートの練混ぜ中に、その表面に微視的な凹凸を形成し、呼着じん性および呼着強度が著しく向上する。

参考文献

- 1) 小林一輔：繊維補強コンクリートの特性と応用，オーム社，1981。
- 2) 社団法人 日本コンクリート工学協会，JCI-SF 繊維補強コンクリートの試験方法に関する基準，1984。
- 3) Linfa, Yan., R.L, Pendleton., and C, H.M, Jenkins. :Interface morphologies in polyolefin fiber reinforced concrete composites, *Composites Part A*, pp. 643-650, 29A, 1998



写真-4 繊維の呼着試験用供試体

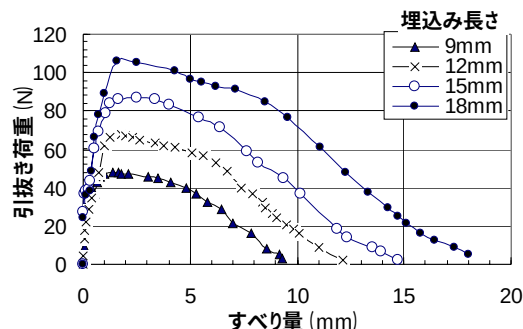


図-1 練混ぜ後の繊維の埋込み長さと呼着特性

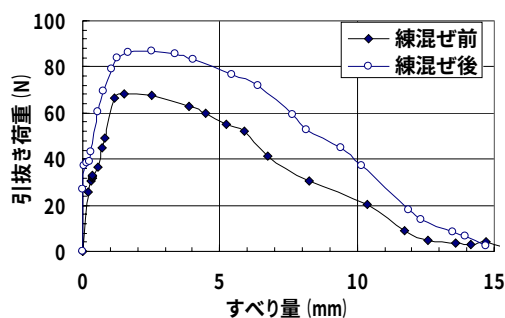


図-2 繊維の表面性状が異なる場合の呼着特性

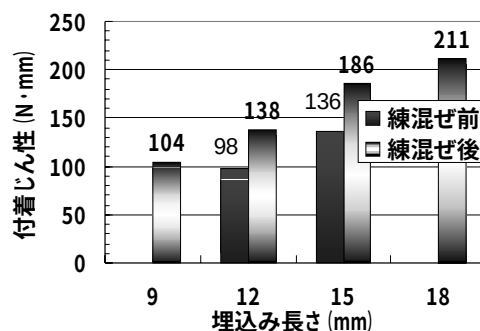


図-3 埋込み長さと呼着じん性の関係

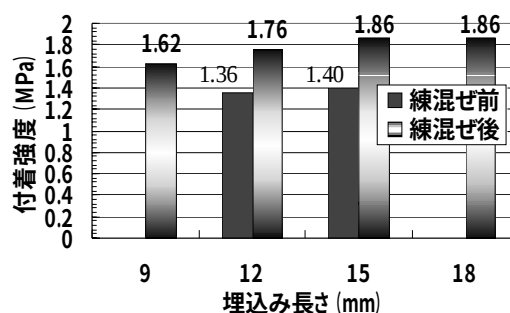


図-4 埋込み長さと呼着強度の関係