

U.D.C 666. 971. 4

有機短繊維を使用した湿式吹付け用高靱性ポリマー セメントモルタルの基礎性状

早川 健司* 伊藤 正憲*

要 約： 高度成長期に建設されたコンクリート構造物の合理的な維持管理が必要となっており、新しい補修材料や補修方法が開発され、供用中のコンクリート構造物の場合、施工性や経済性の面から、吹付け補修工法が注目されている。一方、短繊維混入により擬似ひずみ硬化特性を有する複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料があり、土木学会より指針が平成 19 年 3 月に刊行された。本研究では、これまで開発してきた湿式吹付け断面修復技術をベースとし、比較的多い有機短繊維を混入して高靱性化することを想定して実験的検討を行った。本論では、複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料としての一軸引張特性を満たすための配合条件、繊維種類と添加量などの検討結果を示すとともに、本湿式吹付け用ポリマーセメントモルタルの基礎性状について述べる。

キーワード： かぶりコンクリート、透気係数、中性化、構造体コンクリート、耐久性

| | | |
|-------------|---------|--------------|
| 目 次： | 1. はじめに | 3. 実験結果および考察 |
| | 2. 実験概要 | 4. まとめ |

1. はじめに

高度成長期に建設されたコンクリート構造物の合理的な維持管理が必要となっており、新しい補修材料や補修方法が開発されているが、供用中のコンクリート構造物の場合、施工性や経済性の面から、吹付け補修工法が注目されている。一方、短繊維混入により擬似ひずみ硬化特性を有する複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料があり、土木学会より複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針(案) (以下 HPFRCC 指針と称す) が平成 19 年 3 月に刊行された¹⁾。この材料は多量の有機短繊維を添加することで、引張力を分担でき、ひび割れ幅を微細に抑え大きな引張変形と靱性を示すため、今後の適用拡大が期待できる。

本研究は、これまで開発してきた湿式吹付け断面修復技術²⁾をベースとし、比較的多い有機短繊維を混入する場合について検討したものである。具体的には、HPFRCC 指針で示されている引張特性を満足させるための配合条件や繊維の種類について、HPFRCC 指針で示された一軸直接引張試験によって実験的に検討した。本報告では、その湿式吹付け用ポリマーセメントモルタルの引張特性に加え、フレッシュ性状や圧縮強さ、付着強さ等の基礎性状について述べる。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

表 1 に使用材料、表 2 に配合条件を示す。施工時の品質管理の簡便性を考慮して水と有機短繊維以外はプレミックス化することを想定し、混和剤、再乳化型粉末樹脂等は粉体材料を用いた。有機短繊維にはポリプロピレン (PP) 繊維を用いることを基本とし、比較のため PVA 繊維を使用した。モルタルのワーカビリティはポンプ圧送性、吹付け後の付着性等を考慮し、試験練り・試験吹き等の事前検討を実施し、PP 繊維を用いた条件下で 15 打フロー値 170m±10mm を目標値として設定した。本検討に用いたモルタルの配合は、W/C=38%、P/C=5.2%の一定条件とし、S/C を 1.0, 1.4, 1.8 に変化させた。図 1 にモルタル製造および吹付けシステムの概要を示す。モルタルの練混ぜにはバン型強制練りミキサ (200 V, 容量 50 リットル) を用い、粉体材料に水を加えた状態で 3 分間、その後有機短繊維を投入して 3 分間の計 6 分の練混ぜを行った。

2.2 試験体の作製および試験方法

フレッシュ試験としてフロー試験 (JIS R 5201) および単位容積質量の測定 (JIS A 1171) を実施し、単位容積質量については練混ぜ直後に加えて吹付け後の試料について試験した。製造したモルタルは図 1 に示すシステ

*土木総本部 土木技術部

表1 使用材料

| 種類 | 構成材料 |
|------|----------------------------------|
| 粉体材料 | ポルトランドセメント、混和材、乾燥珪砂、再乳化型粉末樹脂 etc |
| 短繊維 | ポリプロピレン (PP) 繊維 13dtex、12mm |
| | PVA 繊維 15dtex、12mm |

表2 配合条件

| No. | W/C (%) | P/C (%) | S/C | 有機短繊維 | | |
|-----|---------|---------|-----|-------|-------------|-----|
| | | | | 種類 | 混入率 (vol.%) | |
| 1 | 38.0 | 5.0 | 1.0 | PP | 2.5 | |
| 2 | | | 1.4 | | | |
| 3 | | | 1.8 | | | |
| 4 | | | 1.0 | PVA | | 2.0 |
| 5 | | | 1.8 | | | |

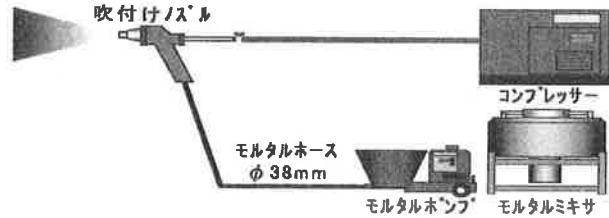


図1 吹付けシステム

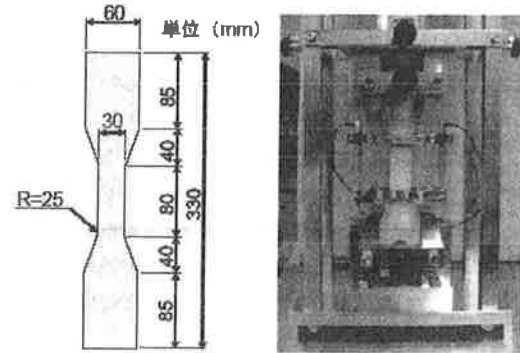


図2 一軸直接引張試験体の形状と試験状況

ムを用いて吹付け試験を行い、圧送性や模擬型枠への吹付け状態を確認した。

硬化物性の試験としては圧縮、曲げ、付着強さ、ならびに HPRCC 指針に示されている一軸直接引張試験を実施した。圧縮、曲げ強さ試験は JIS A 1171 に準拠、付着強さ試験はコンクリート平版 (300×300×60mm) に厚さ 10mm で吹付け施工した試験体を作製し建研式引張試験器を用いて行った。圧縮・曲げ強さ用の試験体は、容器に吹付け採取した試料を用いて作製した。一軸直接引張試験用の試験体は図2に示す幅30mm、厚さ13mmのダンベル型とし、容器に吹付け採取した試料を充填したものと直接吹付けた2ケースを作製した。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状および吹付け性

図3にフロー値および単位容積質量の試験結果を示す。フロー値は138~178mmの範囲であり、S/Cが大きくなるにしたがい若干フローは低下する傾向にあり、またS/C=1.8でPVA繊維を使用したNo.5は目標値を満足できなかったが、ファイバーボール等はなく練混ぜ状態は良好であった。各モルタルを対象として吹付け試験を行った結果、圧送ホースの脈動あるいは閉塞はなく、ポンプ圧送性、また模擬型枠へ吹付けた状態でダレ等の発生はなく、本検討に用いたモルタルの吹付け施工性は良好であることが確認された。

単位容積質量は練混ぜ後で1.25~1.50t/m³であるのに対し、吹付け後では1.84~1.89t/m³程度となった。空気量を0%とした場合の配合上の単位容積質量と比較すると、練混ぜ後のモルタルには20~33%程度の空気が混

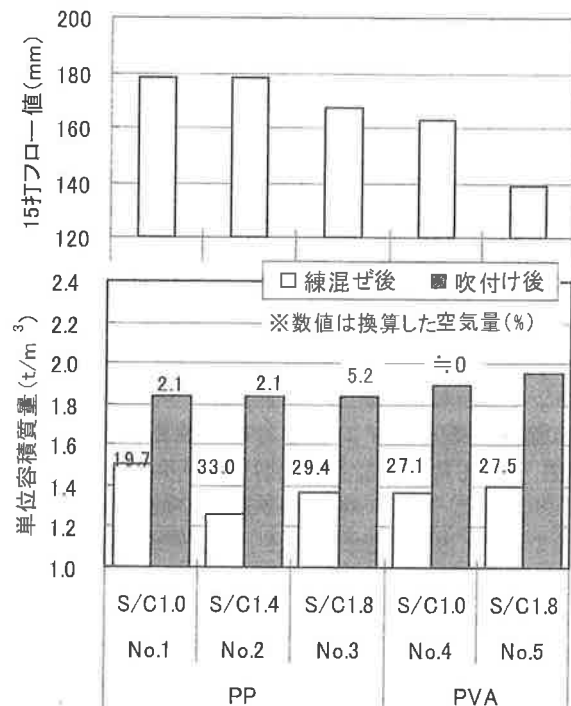


図3 フロー値および単位容積質量の試験結果

入した状態であり、吹付け後の空気量は0~5%程度である。ここで、練混ぜ直後の空気量は繊維の分散性向上や流動性に必要であり、吹付け後の空気量は硬化物性に影響を与えるため、配合に応じて安定した値となるように留意する必要がある。

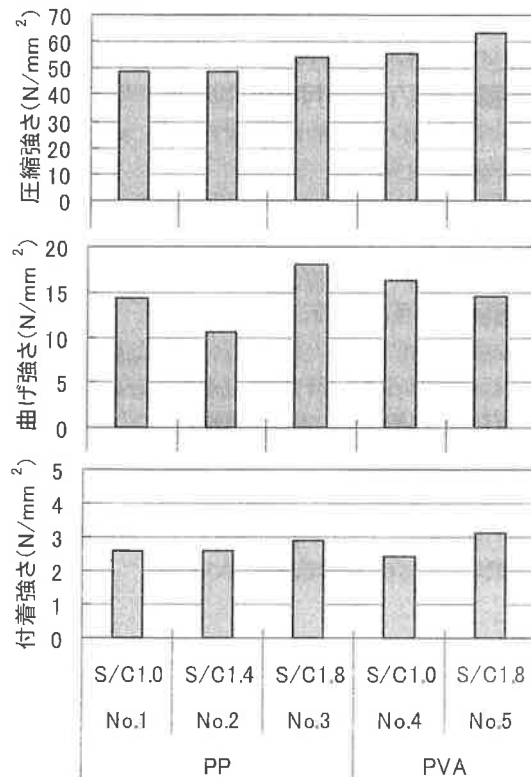


図4 圧縮・曲げ・付着強さ試験結果

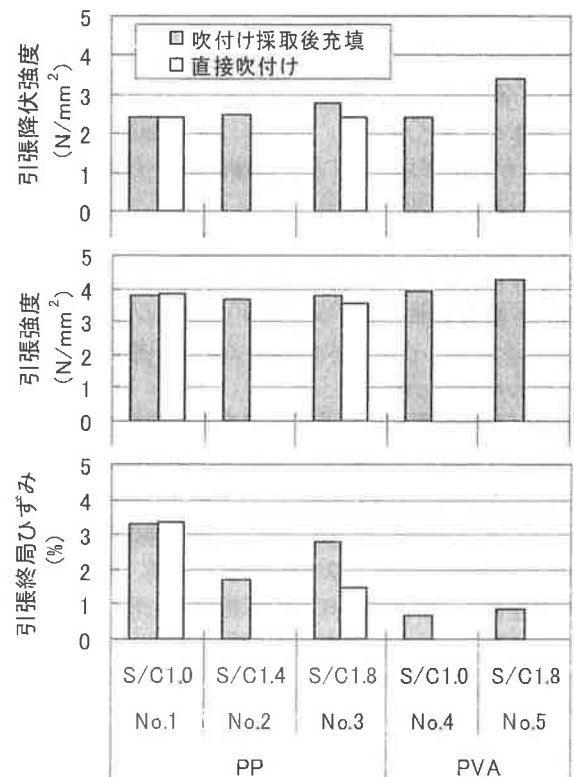


図5 一軸直接引張試験結果

3.2 圧縮, 曲げ, 付着強さ

図4に圧縮強さ, 曲げ強さ, および付着強さの試験結果を示す。圧縮強さは $48 \sim 56 \text{ N/mm}^2$ であり, S/C が大きくなると圧縮強さは概ね大きくなる傾向を示した。この原因としては, 乾燥した骨材の吸水の影響により S/C が大きいほうが強度発現に有効な水セメント比が小さくなっている可能性があること, 骨材量がセメントの分散等の練混ぜ効率に影響している可能性があること, また空気量の影響等によるものと考えられる。また, 有機短繊維の種類による圧縮強さへの影響を同一の S/C で比較すると, PP 繊維より PVA 繊維の方が $15\% \sim 20\%$ 程度増加した。この原因としては, 吹付け後の空気量の相違, また PP 繊維より PVA 繊維の方が高弾性で, かつ, セメントマトリックスとの付着力が高いことによる拘束効果が考えられる。

曲げ強さは $11 \sim 18 \text{ N/mm}^2$ であり, 本試験の S/C や繊維の種類による傾向は特に認められなかった。

付着強さは $2.4 \sim 2.9 \text{ N/mm}^2$ であり, 配合条件や繊維種類の影響は小さい結果となった。補修・補強用吹付けモルタルには, 既設コンクリートとの一体性が要求されるため, 付着強度は最も重要な要求性能の一つである。一般に, 既設コンクリートとの一体性を確保するための付着強度は 1.0 N/mm^2 とされているが, 本検討に用いたモルタルでは十分な付着強度が得られていることが確認された。

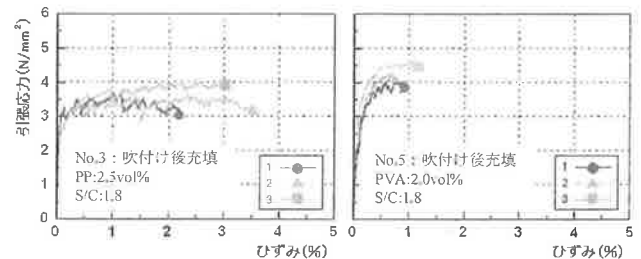


図6 引張応力-ひずみ曲線



写真2 試験後の一軸直接引張試験体

3.3 一軸直接引張試験結果

図5に一軸直接引張試験結果である引張降伏強度, 引張強度, 引張終局ひずみをそれぞれ示す。また, 図6, 写真2に, No.3 および No.5 試験体の引張応力-ひずみ曲線, 試験後の試験体状況を示す。引張降伏強度, 引張強度ともに, S/C=1.8 で PVA 繊維を用いた No.5 は高い傾向を示した。これは圧縮強さと同じ傾向であり, マトリックス強度の差に起因するものと思われる。一方, PP 繊維の引張終局ひずみは, 総じて PVA 繊維より大きく

なり、写真 2 に示すようにひび割れも分散した。PP 繊維の引張強度は、PVA 繊維より低いものの、ひずみ硬化領域（降伏点と軟化開始点との間）が大きく、その結果、靱性も大きくなった。これは、PP 繊維の方が PVA 繊維より伸びが大きいこと、実験に用いた配合の圧縮強さは比較的高強度であり、PVA 繊維とマトリックスとの付着力が大きく、この結果として繊維が破断している可能性があることなどが原因と思われる。一方、実験に用いた配合条件のポリマーセメントモルタルに、PVA 繊維を添加しても、大きな伸び能力が得られないことが明らかとなった。

容器に吹付け採取し、その後充填する方法では、実施工における繊維の配向状態と異なる可能性が有るため、一部の配合条件では直接吹付けて作製した試験体を用いて比較した。この結果、S/C=1.8 で PP 繊維を使用した No.3 で引張終局ひずみが小さくなったが、そのほかの引張特性値は大きな差異はない結果であった。したがって、本試験で得られた引張特性は実施工においても担保できるものと考えられる。

謝 辞

本研究は、(財)鉄道総合技術研究所、(株)大林組、昭栄薬品(株)、日本化成(株)と共同で実施したものであり、参考文献 3)4)に若干の考察を加え再構成したものです。末筆ながら、関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案），コンクリートライブラリー，No.127，2007.3
- 2) 伊藤正憲・青木茂・平田隆祥・早川健司・阿部宏・鳥取誠一：液体急結剤を使用した高品質ポリマーセメント系断面修復工法の開発，土木学会論文集 Vol.62，No.3 pp.459-472，2006
- 3) 伊藤正憲，早川健司，他 2 名：有機短繊維を使用した湿式吹付けポリマーセメントモルタルの基礎性状，土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集，V-351，2008.9
- 4) 平田 隆祥，鳥取誠一，他 2 名：有機短繊維を使用した湿式吹付けポリマーセメントモルタルの引張特性，土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集，V-350，2008.9

A FUNDAMENTAL PROPERTY OF FIBER REINFORCED POLYMER MODIFIED MORTAR FOR WET SPRAYING

K.Hayakawa, and M.Ito

This study examined dynamic characteristic of fiber reinforced polymer modified mortar used wet spraying method. As a result of having performed one axis direct pulling examination shown in the Japan Society of Civil Engineers, Mix proportion used polypropylene fiber showed the pulling characteristic that is necessary for high performance fiber reinforced cement composite. This polymer modified mortar is production, spraying possibility with a general-purpose machine, and develops the adhesion characteristic that is necessary for section restoration materials.