

高強度有機繊維補強モルタルの引張強度に及ぼす膨張材添加量の影響

(一社) 施工技術総合研究所 正会員 ○金城 瑞樹, 正会員 渡邊 晋也, 正会員 菊地 新平
住友大阪セメント㈱ 川上 明大, 小堀 規行

1. 目的

近年、道路構造物の長寿命化に向け、道路橋床版の補修・補強に耐久性に優れる超高強度繊維補強コンクリートや超高性能繊維補強セメント系複合材料（以下、UHPFRC と称す）の適用が増加している。これら材料の多くは、直径200μm程度の鋼繊維を混入し、100N/mm²以上の高い圧縮強度特性、物質移動抵抗性を有している。UHPFRC は練混ぜに特殊ミキサが必要、練混ぜ時間が長いなど課題がある。また、鋼繊維を用いることで身体に刺さるなどの危険性と補修・補強後の経過観察に電磁波レーダが適用できないことが考えられる。そこで筆者らは汎用的なミキサが使用可能で、練混ぜ時間も短いポリビニルアルコール繊維（以下、PVA 繊維と称す）を含んだ高強度有機繊維補強モルタル（以下、HOFM と称す）の検討を行ってきた。今回、HOFM の引張強度の経時的な挙動に着目し検討を行い、本報では、直接引張強度に及ぼす収縮の影響を確認することを目的とし、膨張材添加量を変動させた場合の引張強度への影響を経時的に確認した結果について報告する。

2. 試験方法

2.1 HOFM の概要

本検討に用いた HOFM の示方配合を表-1 に示す。プレミクス粉体は、ポルトランドセメント、膨張材、粒度調整した乾燥珪砂、各種混和材などを所定の割合で混合した材料を使用した。膨張材添加量は 0, 30, 60, 90, 120kg/m³ の 5 水準とした。膨張材は、プレミクス粉体の総量を 1983kg/m³ と一定とし、内割りでポルトランドセメントと質量置換し調整した。繊維は PVA 繊維を使用した。また、減水剤は JIS A 6204 に規定された液体のポリカルボン酸系のものを使用した。

2.2 HOFM の練混ぜ手順

練混ぜには、一般的なプレミクス断面修復材が混練り可能な汎用的なパン型ミキサを用いた。練混ぜ手順は、粉体をミキサに投入後、予め所定量の水に高性能減

表-1 HOFM の示方配合

示方配合 (kg/m ³)				Vf (vol%)
プレミクス粉体	水	高性能減水剤	有機繊維	
1983※	238	17	53	4.0

※膨張材として 0～120kg/m³ 含む

水剤を混合したものを投入し、回転数 50rpm で 2 分、その後、PVA 繊維を投入し、回転数 50rpm でさらに 2 分の計 4 分間とした。また、1 バッチ当たりの練上がり量は約 25ℓである。

2.3 HOFM の試験項目

フレッシュ性状は、練上り温度、フロー値、空気量、単位容積質量を測定した。硬化性状は、圧縮強度、直接引張強度、長さ変化率および質量変化率を測定した。各試験は、材齢 7 日、28 日、56 日および 91 日で実施した。各種試験体は、室温 21.5℃、湿度 55%の恒温室において所定の試験材齢まで気中養生を行った。

3. 実験結果

3.1 フレッシュ性状

フレッシュ性状の結果を表-2 に示す。各膨張材量において、JIS フロー（0 打）は 140～160mm 程度、空気量は 2.5～2.9%、単位容積質量は 2.29～2.31g/cm³ であり、膨張材添加量の増減によるフレッシュ性状への影響は小さいことが確認された。

3.2 硬化性状

(1) 圧縮強度

圧縮強度の結果（各 3 体の平均値）を図-1 に示す。圧縮強度は、材齢 7 日においては膨張材添加量が多いほど高くなる傾向を示した。その後、材齢 28 日から 91 日

表-2 HOFM のフレッシュ性状一覧

膨張材添加量 (kg/m ³)	練上り温度 (℃)	JIS フロー 0 打 (mm)	空気量(%)	単位容積質量(g/cm ³)
0	29.5	159	2.9	2.30
30	30.8	140	2.5	2.31
60	30.6	160	2.9	2.29
90	30.1	139	2.8	2.30
120	31.1	141	2.8	2.30

キーワード 道路橋床版, 補修, 補強, 高強度有機繊維補強モルタル, 膨張材, 引張強度

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 (一社) 施工技術総合研究所 TEL 0545-35-0212

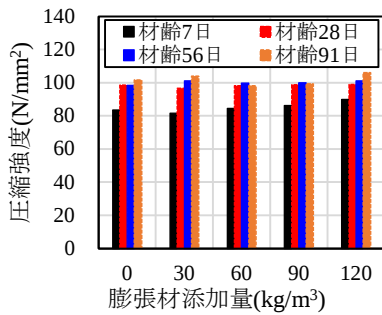


図-1 HOFMの圧縮強度

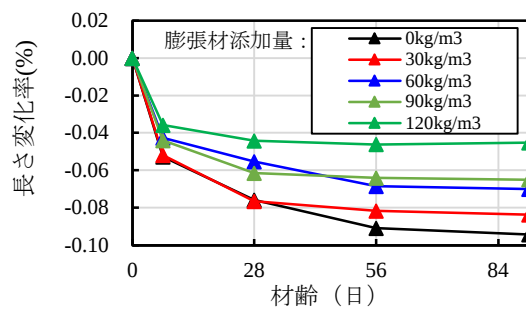


図-2 HOFMの長さ変化率

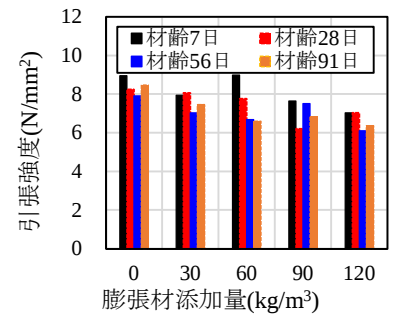


図-3 HOFMの引張強度

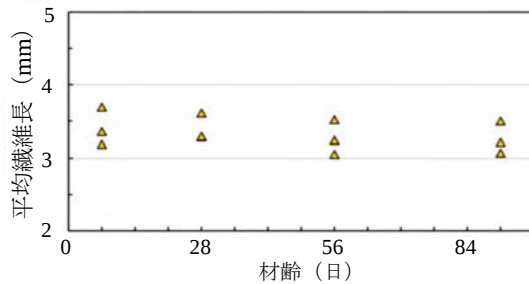


図-4 破断面の露出した繊維長比較

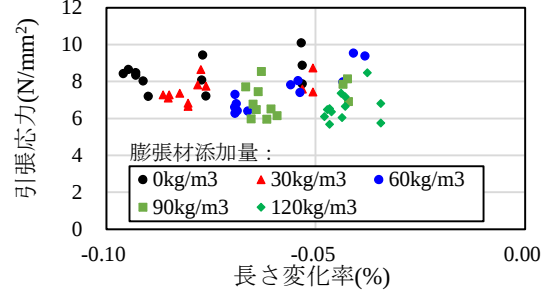


図-5 引張強度と長さ変化率の関係

では、いずれの膨張材添加量でも圧縮強度は不変もしくは微増する傾向にあり、材齢 91 日では 100N/mm^2 程度の値を示した。

(2) 長さ変化率

ドッグボーン型試験体を用いて長さ変化率を測定した結果を図-2 に示す。各配合の膨張材量による長さ変化率は、材齢 91 日において $0.01\sim 0.02\%$ 程度の違いであった。ただし、 120kg/m^3 の場合、材齢 56 日から 91 日にかけて膨張側に転じ、遅れ膨張の可能性が推測された。

(3) 引張強度

長さ変化率を測定後のドッグボーン型試験体を用いた直接引張試験の結果（各 3 体の平均値）を図-3 に示す。引張強度の平均値は、いずれの膨張材添加量においても、増減はあるものの材齢経過に伴ない総じて若干低下する傾向もうかがえた。繊維種、配合等は異なるが類似の傾向を確認した既往の研究では、材齢 28 日と材齢 91 日の引張強度（平均値）はやや大きくなるが、引張強度時のひずみは低下する傾向が示されている²⁾。本検討では PVA 繊維を使用した点から、材齢経過にともなう繊維とマトリクスの付着力の変化による影響も考えられた。そこで、引張強度試験後の破断面中央部（20mm）の露出した繊維を顕微鏡により観察した。各材齢で試験後破断面に露出した繊維長の測定結果を図-4 に示す。その結果、材齢経過に伴ない PVA 繊維の露出繊維長さが若干短くなっており、PVA 繊維とマトリクスの付着力が向上し、繊維の破断割合が増加した可

能性が推測された。また、付着力の強い有機繊維について、混和材の組み合わせによっては繊維の破断を生じる可能性が示されている³⁾。そのため、混和材を調整することで繊維の破断を抑制し、引張強度の増進が見込めるか、今後の検討課題としたい。

(4) 引張強度と長さ変化率の関係

ドッグボーン型試験体を用いた引張強度と長さ変化率の関係を図-5 に示す。本試験結果から、両者間の相関性は低いことが考えられる。そのため、引張強度に影響を及ぼす要因は、他にあることが考えられ、今後の検討課題としたい。

4. まとめ

- (1) フレッシュ性状への膨張材添加量の影響は小さい。
- (2) 圧縮強度への膨張材添加量の影響は比較的小さい。
- (3) 引張強度への膨張材添加量の影響は、材齢経過に伴ない若干の低下が見られた。
- (4) 破断面観察の結果から、材齢経過に伴ない PVA 繊維の破断割合が増加していることが推測された。
- (5) 今回の試験からは、引張強度と長さ変化率の相関性は低い結果となったが、継続的な検討課題とする。

参考文献

- 1) 渡邉ら：有機繊維を用いた高強度モルタルの材料物性および自己治癒効果に関する研究，コンクリート構造物のアップグレード論文報告集，Vol.22，1107，2022.10
- 2) 国枝ら：超高強度ひずみ硬化型モルタルの基本物性と補修材料としての利用法，土木学会論文集 E2，Vol.67，No.4，pp.508-521，2011
- 3) 菊田ら：繊維補強コンクリートの構成要素と材料の基本的性能，コンクリート工学 50 巻 5 号，pp.414-417，2012