

構造物の外殻形成を目的とした吹付け用繊維補強モルタルの検討

鹿島建設(株) 正会員 ○吉田祐麻 小林 聖 中村真人 松田有加 Devin GUNAWAN 曾我部直樹

1. はじめに

鉄筋、型枠の組立てやコンクリートの打込みなどの作業を人力で施工する RC 躯体構築現場では、少子高齢化に伴う担い手不足が強く懸念されている。特に、型枠工は様々な形状の型枠を現場の状況に応じて加工して組み立てる必要があり、歩掛りや出来形が作業員の経験や能力に影響されやすく、今後の型枠大工の減少により生産性および構造物としての品質が低下することが問題視されている。これに対して、筆者らは RC 躯体の型枠工を省力化できる構造・施工技術として、吹付け可能な高強度繊維補強モルタル(以下、FRM) による外殻形成について検討を行っている¹⁾。柱部材に対する具体的なコンセプトを図-1 に示す。事前に設置した芯材に対して FRM を吹き付け、硬化後に芯材を撤去して構造物の外殻を形成する。この外殻内部に配筋し、コンクリートを打ち込むことで鉄筋コンクリート部材を構築するものである。FRM は高い引張強度および曲げ強度を有しているため、コンクリート打込み時の側圧に耐えることができる。本論文では、吹付け可能な FRM の配合の最適化を行ったので、その結果について報告する。

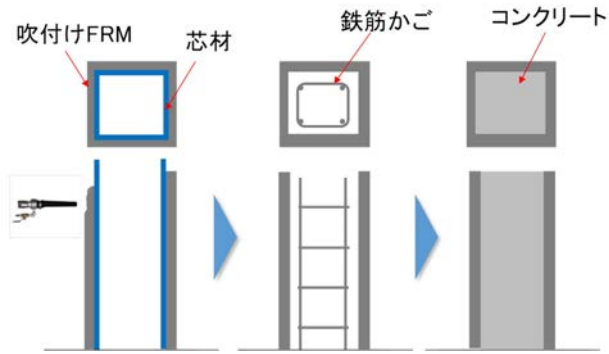


図-1 柱部材に対する施工コンセプト

表-1 既往の FRM 配合

水結合材比 (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)			高性能減水剤 (B×%)	繊維長 (mm)	繊維量 (vol%)
		水 W	結合材 B	細骨材 S			
16.2	2.0	205	1262	912	3.2	10	2.5

結合材：密度 2.98g/cm³，細骨材：表乾密度 2.66g/cm³



写真-1 吹付け後の仕上がり面

2. 既往の配合の課題とその対策案について

これまでに筆者らが開発した FRM の配合を表-1 に示す。水結合材比が低く粘性が高いため、良好な圧送性を付与するためにモルタルフロー（打撃無し）で 280mm 程度と流動性に富む配合としている。鉛直面への自立性については硬化促進剤をノズル先で添加することで鉛直面にも約 30mm を 1 層とし、3 層程度で厚さ 100mm まで付着できることをこれまでの吹付け実験により確認している¹⁾。しかし、吹付け後の仕上がり面は写真-1 のとおり凹凸が著しく、さらに硬化促進剤を用いていることから吹付け完了後にこて仕上げが困難であることが課題であった。さらに、吹付け直後に硬化が開始するため、層境に未充填を伴う状態で硬化してしまう状況が発生し、本来発揮されるべき硬化物性を確保できていないことも課題であった。以上の 2 つの課題を解決するためには、硬化促進剤を使用することなく鉛直面に吹き付けられる自立可能な配合を選定する必要がある。そうすることで、吹付け後にこて仕上げも可能となり、硬化促進剤を使用しないことで吹付け時に躯体に未充填部が生じることなく、密実な構造体が形成されると考えられる。そこで、硬練りに着目し、自立性を有する配合について検討を行った。

3. 自立性を確保するための硬練り FRM の配合検討

自立性を確保するためには、流動性を低減する必要がある。上述のとおり、表-1 に示した従来の FRM は良好な圧送性を付与するために高性能減水剤の添加量を多くしているが、ここでは自立性の付与に着目することとし、高性能減水剤の添加量を練混ぜが可能な下限値として 1.0%まで低減した。自立性の指標として、モルタルフロー試験

キーワード： 型枠，繊維補強モルタル，吹付け，自立性

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8023

(打撃無し)で 105±5mm を目標値とした。水結合材比を 16%, 18%, 20%と設定し、表-2 に示すように自立性および流動性の調整は単位水量の増減により行った。モルタルフロー (打撃無し)の結果を表-3 に示す。単位水量を適切に調整することで所定のモルタルフローが得られ、自立性が付与された。

3. 硬練り配合の圧送性の確認

上記により検討した配合の圧送性を確認するために、一般的なスクイーズ式のモルタルポンプ (200V, 最大吐出量 100ℓ/分, 最大吐出圧 2MPa) を用いて圧送試験を行った。モルタルホースは内径 40mm, 長さ 9m とし、吐出圧が 2.5MPa 以下となるように吐出量を調整した。その結果、全ての配合で閉塞して圧送が困難であることが確認された。そこで、圧送性を改善するために、輸送管等で土砂搬送する際に使用される界面活性剤系の圧送改善剤を結合材に対して 0.04%添加した。その結果、モルタルフローは添加前とほとんど変わらないものの、上述した仕様のモルタルポンプで圧送できることを確認した。

4. 吹付け実験による硬化物性の確認

選定した FRM の吹付け後の硬化物性を確認するために、500×500mm の平板に 100mm の厚さで FRM を吹き付けた。いずれの配合においても硬化促進剤を使用せずに鉛直面に自立可能であり、100mm の厚付けも可能であった。吹付け後の仕上げ状況を写真-2 に示すが、1 時間後でもこて仕上げが可能であり、型枠なしで外殻 (かぶり) を構築することが可能であることが確認された。吹付け後は 20℃の室内にて封緘養生し、材齢 7 日以降に平板から圧縮試験用の φ50×100mm の供試体と曲げ試験用の 40×40×160mm の供試体を切り出し、材齢 28 日で所定の試験を行った。切り出し方法について図-2 に、硬化物性の結果を表-4 に示す。既往の配合の圧縮強度は 100N/mm² 程度であったが、今回選定した配合は硬化促進剤を使用していないため密実な構造体が形成され、圧縮強度は 150N/mm² 以上となり、曲げ強度も 15N/mm² 以上を確保できた。

5. まとめ

本実験により、硬化促進剤を使用せずに鉛直面に自立可能な FRM の配合を選定することができた。さらに、吹付け後はこて仕上げが可能であり、硬化物性も圧縮強度 150N/mm² 以上、曲げ強度 15N/mm² 以上という高い性能を有することを確認した。

参考文献

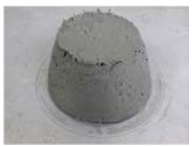
1) 横田ら：吹付け可能な鋼繊維補強コンクリートによる外殻を有する RC 梁部材の曲げ実験，土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集，V-388，2019。

表-2 今回選定した FRM 配合

水結合材比 (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)			高性能減水剤 (B×%)	繊維長 (mm)	繊維量 (vol%)
		水 W	結合材 B	細骨材 S			
16.0	2.0	230	1438	710	1.0	10	2.5
18.0	2.0	208	1156	1021	1.0	10	2.5
20.0	2.0	204	1020	1154	1.0	10	2.5

結合材：密度 2.98g/cm³，細骨材：表乾密度 2.66g/cm³

表-3 モルタルフロー試験の結果

水結合材比(%)		
16.0	18.0	20.0
		
103mm	107mm	109mm

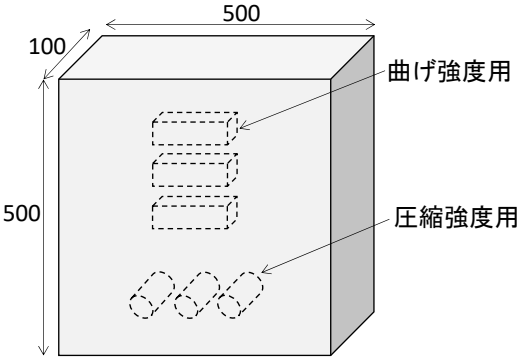


図-2 供試体の切り出し方法

表-4 硬化物性の結果

水結合材比 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げひび割れ発生強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
16.2 (既往)	105	9.43	11.4	34.7
16.0	179	15.2	18.5	36.5
18.0	167	13.0	15.2	36.7
20.0	150	14.5	18.2	33.6



写真-2 選定した配合による吹付け後の仕上げ状況