

吹付けによる外殻形成を目的とした高強度モルタルの配合検討

鹿島建設(株) 正会員 ○中村真人 小林 聖 Devin GUNAWAN 曾我部直樹 坂井吾郎

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高強度モルタルを吹き付けて外殻を形成し、外殻内部に配筋して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。一般構造物に広く適用するためには高強度モルタルは比較的容易に入手可能な材料を使用することが重要であるため、ここでは汎用的な材料を用いて吹付け高強度モルタルの配合を検討した。

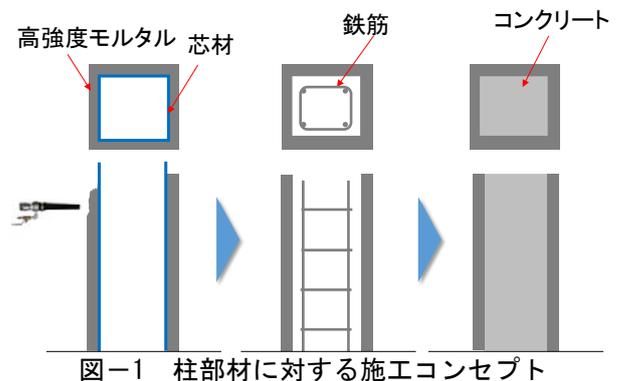


表-1 高強度モルタルの検討配合

W/C (%)	S/C	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)			高性能減水剤 (C×%)
			水 W	セメント C	細骨材 S	
20	1.2	2.0	204	1020	1176	1.0
20	1.3	2.0	190	950	1272	1.0
20	1.6	2.0	175	875	1376	1.0
20	2.0	2.0	155	775	1513	1.0
16	1.2	2.0	170	1063	1228	1.0
14	0.8	2.0	180	1286	1008	1.0

セメント：シリカフェュームセメント，密度 3.08g/cm³
 細骨材：砕砂，表乾密度 2.64g/cm³

2. 自立性を確保するための高強度モルタルの配合検討

これまでに筆者らは吹付け可能な高強度繊維補強モルタルによる外殻形成について検討を行っており、硬練りのモルタルを吹き付けることで自立性が付与できることを明らかにしている²⁾。また、硬化促進剤を使用せずに鉛直面に自立させることができ、こて仕上げが可能である。しかし、上記配合は特殊な結合材と細骨材を使用している汎用的では無いため、一般構造物に容易に適用することは困難であると考えられる。そこで、広く一般構造物に適用することを目指して汎用的な材料を使用することとした。結合材に

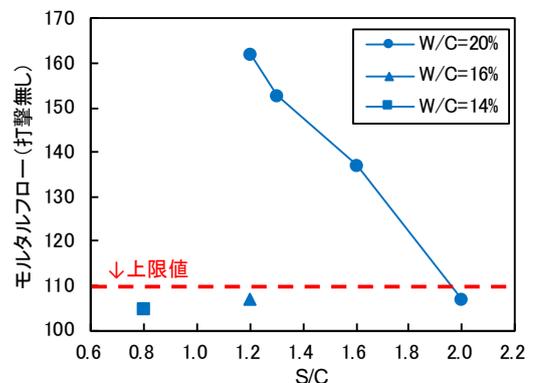


図-2 S/C とモルタルフローの関係

シリカフェュームセメント、細骨材に一般的な物性を有する JIS 規格品を用いることとした。また、ここでも硬練りとすることを目指し、高性能減水剤にはポリカルボン酸系を用い、その添加量を練混ぜが可能な下限値の 1.0% まで低減した。水セメント比は 20%、16%、14% の 3 水準とし、細骨材/セメント比 (以後、S/C) をパラメータとすることで単位水量を調整して自立性が確保できる S/C の検討を行った。なお、自立性の指標としてモルタルフロー試験 (打撃無し) で 105±5mm を目標値とした。選定した配合にてφ50×100mm の供試体を作製して JIS A 1108 に準じて圧縮強度を確認し、40×40×160mm の供試体を作製して JIS A 1106 に準じて曲げ強度を確認した。供試体を作製した翌日に脱型して 20℃にて封緘養生し、材齢 28 日に試験を行った。検討配合を表-1 に、S/C とモルタルフロー (打撃無し) の関係を図-2 に示す。S/C を増加させることで単位水量が減少し、W/C=20%において、S/C を 2.0 にすることで目標モルタルフローとなることが確認された。さらに、水セメント比 16%は 1.2, 水セメント比 14%は

キーワード： 型枠，高強度モルタル，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

0.8 とすることで目標モルタルフローとなった。強度試験の結果を表-2 に示す。圧縮強度は 100N/mm^2 以上、曲げ強度は 10N/mm^2 以上となった。

3. 高強度モルタルの圧送性の確認

上記により検討した配合の圧送性を確認するために、一般的なスクイズ式のモルタルポンプ（200V，最大吐出量 100l/分 ，最大吐出圧 2.5MPa ）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，既往の研究を参考に，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% の添加率でモルタルに添加した²⁾。吐出量と吐出圧の関係を図-3 に示す。いずれの配合においても使用したモルタルポンプの最大吐出圧内で圧送可能であり，一般的な吹付けモルタルの吐出量とされる $0.5\text{m}^3/\text{h}$ を満足することができた。さらに，水セメント比 20% および 16% においては吐出量 $1.0\text{m}^3/\text{h}$ 以上を確保することができた。

4. 高強度モルタルの吹付け実験

水セメント比 16% の配合を用いて吹付け実験を行い，吹付け後の硬化物性を確認した。吹付けにより $500 \times 500 \times$ 厚さ 100mm の平板を作製し，硬化後に供試体を切り出した。吹き付けた高強度モルタルを付着させる芯材の適用性を確認するために，平板の吹付け面を合板にしたものに加え，エキスパンドメタルとエアチューブに変更したケースも実施した。芯材の設置状況を写真-1 に示す。吹付け後は 20°C の室内で封緘養生し，材齢 7 日以降に平板から圧縮試験用の $\phi 50 \times 100\text{mm}$ の供試体と曲げ試験用の $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の供試体を切り出し，材齢 28 日で試験を行った。供試体の切り出し位置を図-4 に，切り出した供試体の硬化物性を表-3 に示す。その結果，吹付け面が合板の場合，圧縮強度は 126N/mm^2 ，曲げ強度は 12.3N/mm^2 であった。吹付け面をエキスパンドメタルに変更した場合も圧縮強度および曲げ強度は吹付け面が合板の場合とほぼ同等の値であり，芯材が強度に及ぼす影響はほとんど無いことが確認された。また，いずれも室内で採取した供試体と同等の値（表-2 の水セメント比 16% の結果）となり，吹付け後も所定の硬化物性を確保できた。

5. まとめ

汎用的な材料で構造物の外殻形成を可能とする高強度モルタルの配合を選定した。今後は構造的な検討を進め，実施工に適用していきたいと考えている。

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。
- 2) 小林ら：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，土木学会第 76 回年次学術講演会講演概要集，2021。

表-2 供試体の硬化物性

水セメント比 (%)	圧縮強度 (N/mm^2)	弾性係数 (kN/mm^2)	曲げ強度 (N/mm^2)
20	110	42.3	12.0
16	122	43.1	13.2
14	141	44.0	11.0

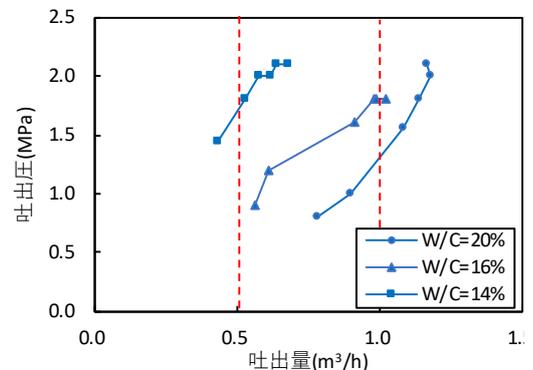


図-3 吐出量と吐出圧の関係

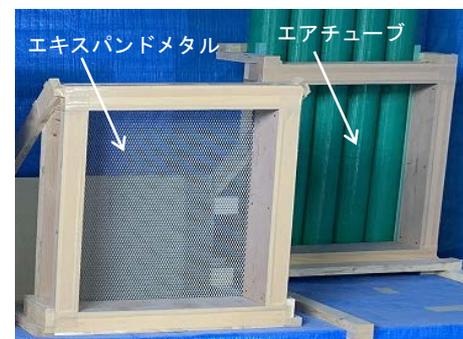


写真-1 芯材の設置状況

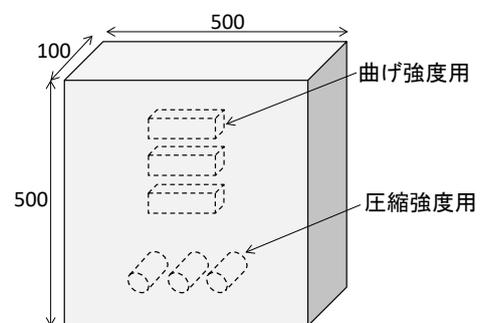


図-4 供試体の切り出し位置

表-3 切り出した供試体の硬化物性

吹付け面	圧縮強度 (N/mm^2)	弾性係数 (kN/mm^2)	曲げ強度 (N/mm^2)
合板	126	42.4	12.3
エキスパンドメタル	121	43.1	12.8
エアチューブ	133	43.2	12.8