

繊維補強モルタル吹付に適したポンプ圧送エア併用吹付システムの改良検討

日特建設株式会社 正会員 ○窪塚 大輔
日特建設株式会社 正会員 池田 淳

1. はじめに

モルタルに短繊維を混入した繊維補強モルタルは、通常のモルタルに比べ曲げ強度や曲げ靱性が向上することが知られている。その材料特性を活用するために土木・建築分野の構造物において広く適用されている。近年では、吹付分野においても施工が可能となった短繊維（鋼製、ビニロン製、ポリプロピレン製）が開発され、盛んに法面吹付や構造物補修吹付において短繊維を混入した吹付が適用されつつある¹⁾。

従来の吹付分野における一般的な吹付方式は湿式吹付である。湿式吹付の適用範囲は、その施工システムの特徴からプラントから吹付位置までの距離（配管延長）で 100m 以内、高低差で 45m 以内とされ²⁾、また、適用できる繊維の種類や混入量は限られていた。そこで繊維補強モルタル吹付の適用範囲の拡大を図るため、ポンプ圧送エア併用吹付方式が開発された。しかしながら、その施工システムには、吹付における実稼働量の低下に繋がる課題があった。そこで、既往技術であるポンプ圧送エア併用吹付方式の課題を解決するため施工システムの改良の検討を行った。

本稿では、従来のポンプ圧送エア併用方式の施工システムの課題を解決した施工システムを報告する。

2. 従来のポンプ圧送吹付エア併用吹付の課題

図-1 に改良前後のポンプ圧送エア併用吹付方式の施工システムの概要を示す。

改良前の施工システムは、スランプ 18cm 程度の流動性の高い繊維補強モルタルをポンプにより吹付地点から手前約 20m まで圧送し、その地点で圧縮空気を混合し、それ以降は圧縮空気によりモルタルを搬送し、ノズル先端付近で急結剤を添加し吹付を行うものである（図-1①参照）。なお、ポンプで圧送する配管は 3 吋のコンクリート圧送管、圧縮空気で搬送する配管は 2 吋の吹付ゴムホースを用いる。

改良前の施工システムでは、流動性の高いモルタルを圧縮空気によりゴムホース内を搬送するため、ホース内で材料分離が発生しホース内の閉塞、またホースの脈動が大きくなるなど施工上の課題あった。これらを回避するためホース延長を短くする必要があり、それに伴い施工範囲が広くなると配管の延伸作業が増え、最終的に施工性の低下に繋がる傾向にあった。

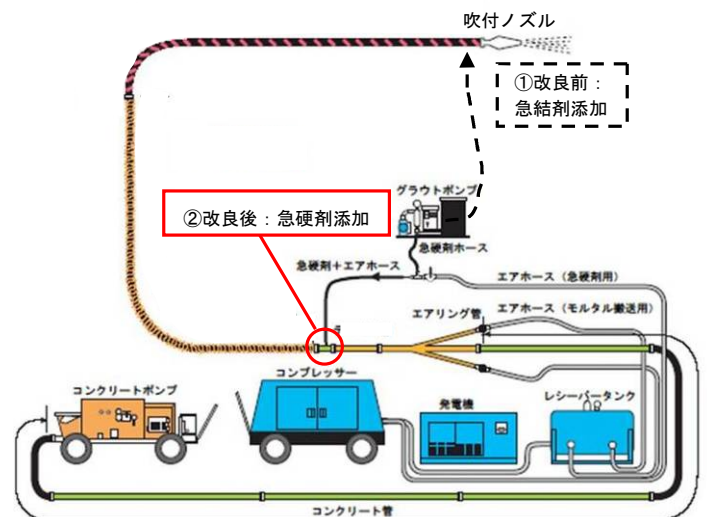


図-1 施工システム概要

3. 施工システム改良の検討

材料分離が発生した際に、ホース先端から吐出されるモルタル状況を確認したところ、材料分離はモルタルと繊維の分離により発生していることが多かった。この材料分離は、粘性の高いモルタルがホース内面に付着し、ホースの中央付近を繊維が搬送されるため発生しているものと推定された。なお、モルタルの粘性は、ポンプ圧送時のモルタルの材料不分離抵抗を上げるためのために高くしている。

ホース内面へのモルタルの付着を低減するためには、圧縮空気搬送する区間では、モルタルの流動性を低

キーワード ポンプ圧送エア併用吹付, 繊維補強モルタル, 短繊維, 急硬剤, 高性能 AE 減水剤

連絡先 〒104-0044 東京都中央区明石町 13-18 日特建設株式会社 TEL 03-3542-9299

下させる必要がある。そのため圧縮空気を混合させる地点で、流動性を低下し搬送できる施工システムの検討を行った。なお、モルタルの配合は、ポンプ圧送時の細骨材とセメントペーストとの材料不分離抵抗を確保している配合のため、セメント量やW/Cの基本配合は既往のものとし検討を行った。

まず流動性を低下させる方法として急結剤の使用を検討した。しかし急結剤は凝結性能が高いため、圧縮空気による搬送時、ホースと材料との摩擦熱によって凝結作用が促進されホースが早期に閉塞する可能性が高いという問題があった。

そこで急結剤より凝結性能が低い急硬剤（特殊シリケート系）の使用を検討した。急硬剤は減水剤の種類により反応性が異なる。そのため使用実績からポンプ圧送性に適した3種類の減水剤を用い、1) 時間経過に伴うスランプの低下推移、2) 急硬剤の添加量に応じたスランプの低下推移について評価を行った。1) の試験結果を図-2 に、2) の試験結果を図-3 に示す。両試験結果より No. ② の高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸エーテル系）が急硬剤に適する反応性を示すことが確認できた。また、圧縮空気による搬送に適したモルタルのスランプが5cm程度となる急硬剤の添加量はC×3%であることを確認した。

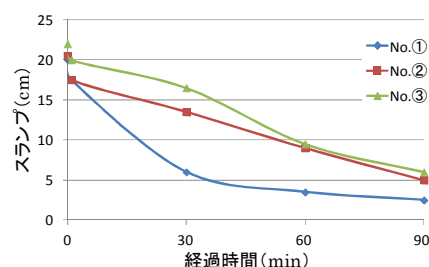


図-2 時間-低下推移

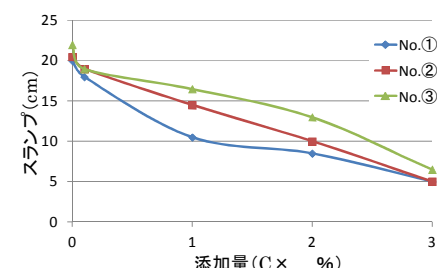


図-3 添加量-低下推移

急硬剤の添加方法は実機試験により、モルタルが圧縮空気と混合する付近で急硬剤を圧縮空気と混合させものを噴射する方法が、流動性を低下させるのに適していることが確認された（図-1②を参照）。また、ホース延長は、急硬剤の性能や添加方法から、40m 程度まで延長することが可能であるとことが確認できた。ポンプ圧送エア併用吹付の標準配合を表-1 に示す。

表-1 標準配合

材料名	W/C (%)	セメント C (kg)	細骨材 S (kg)	繊維 F ※1 (vol%)	混和剤 高性能 AE (kg)	1m ³ 当り 急硬剤 ※2 (kg)
配合	45~55	480	1440 程度	1.0	2.4	14.4

※1: 鋼繊維 80kg, ピニロン繊維 13.0kg, ポリプロピレン繊維 9.1kg ※2: 急硬剤は、外割り配合。

表-2 施工事例

繊維種類	配管長:m (繊維混入量)	垂直高さ:m (繊維混入量)
鋼繊維	200(1.0)	80(1.0)
ピニロン繊維	200(1.0)	50(1.0)
ポリプロピレン繊維	150(1.0) 270(0.75)	110(1.0)

4. 改良した施工システムによる施工事例

改良した施工システムで繊維補強モルタル吹付を施工した実績の中で、繊維の種類別における最大の適用範囲（配管長、垂直高さ）を表-2 に示す。なお、表-2 に示す配管長、垂直高さは同一現場のものではない。

繊維毎の最大の垂直高さにおける施工時のポンプ吐出圧力は、ポンプ吐出最大能力の約 75%であった。

5. まとめ

既往技術のポンプエア併用吹付方式を、より繊維補強モルタル吹付に適した施工システムへと改良することができた。また、実現場において改良した施工システムの施工性が、従来技術より向上したことも確認できた。

今後、さらにポンプ圧送性に適した繊維補強モルタルの配合検討を行い、ポンプ圧送区間を延伸することで、繊維補強モルタルの適用範囲が拡大できるよう技術の改良を行っていく所存である。

参考文献

- 1) 池田淳ほか: 各種繊維を用いた補強モルタル吹付厚さに関する基礎実験, 土木学会第 65 回年次学術講演会概要集, pp. 1039-1040, 2010
- 2) 社団法人全国特定法面保護協会: のり枠工の設計・施工指針（改定版）, p. 65, 2006