

乾式吹付け工法による短繊維補強モルタルの力学的性能に関する実験的研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○湯地 輝
 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司

鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸
 (株)久永コンサルタント 非会員 下野 将史

1. 目的

近年、既存コンクリート構造物の長寿命化や高機能化を目的とした補修補強工事において、断面修復工法としての吹付けコンクリートの適用事例が増加している。吹付けコンクリートには湿式と乾式の2種類あり、一般的には比較的品质管理が容易な湿式吹付け工法が用いられることが多かったが、最近ではポリマーセメント材料や乾式吹付け機器の性能向上により、圧入距離が長く大規模補修に適した乾式吹付け工法が広く活用され始めている。ただし、品質管理の観点や、耐震補強用としての性能など、さらに検討あるいは改善すべき課題が残されている。そこで本研究では、乾式吹付け用ポリマーセメントモルタルに玄武岩繊維を混入することによる補強効果向上の可能性^{1), 2)}、ならびに乾式吹付け工法における問題点である品質のばらつきとその改善手法についての実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1 補強効果の検討

本検討では表-1に示すように、材料要因として「骨材がプレミックスされたポリマーセメント材料（以下 PCM）」と「速硬セメント（以下、速硬）の2種類にバサルト繊維混入の「有」「無」を加えた4種類、さらに製造方法の影響として「ミキサー練混ぜによる通常打設（以下、練混ぜ）」と「乾式吹付け工法（以下、吹付け）」の2種類の計8種類の組み合わせで検討した。

水量については PCM の吹付け時にダレが生じない状態での標準加水量が W/C40%相当とされていることから、吹付けの場合にはその状態となるようノズル先で調整し、練混ぜの場合には W/C=40%となるよう練混ぜ水を加えた。ただし速硬セメントを用いる場合には、富士川産川砂を用いて S/C=2.0 となるよう配合した。また圧縮強度用試験体には、吹付けの場合は JSCE-F561-2005 に準じて 15×30×30cm の型枠に吹付けた後に採取した Φ5×10cm のコア供試体を用い、練混ぜの場合は JIS R5201 に準じてテーブルバイブレーターを用いて打設した 4×4×16cm のモルタルバーを用いた。なお、曲げ強度およびタフネス試験用供試体は、いずれも 10×10×40 cm の型枠に、直接吹付け、あるいはテーブルバイブレーターによる締固めにより作製した。また補強用短繊維には、玄武岩を溶融紡糸とした短繊維を用いた。引張り強度 2800N/mm²、弾性係数 91kN/mm² の物理特性を有している。

2.2 水量の変化による品質のばらつき

吹付け水量のばらつきが品質に与える影響を検討するために、ノズルマンの感覚による判断で、①適量、②やや多い、③過多、の3水準の水量で速硬セメントモルタルを吹付けた試験体を作製した。その際、施工中の実際の加水量を確認するために、高感度の電磁式水速度計を送水管に取り付け、1秒毎の送水速度を連続モニタリングした。

表-1 供試体の要因と水準

	セメント	骨材	繊維	作製方法
PCM(練混ぜ)	ポリマーセメント (プレミックス材)		無 有 (1%)	練混ぜ
PCM(吹付け)				吹付け
速硬(練混ぜ)	速硬セメント	川砂 (S/C=2)		練混ぜ
速硬(吹付け)				吹付け

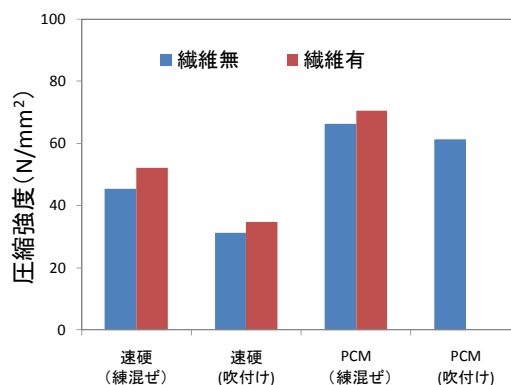


図-1 圧縮試験結果

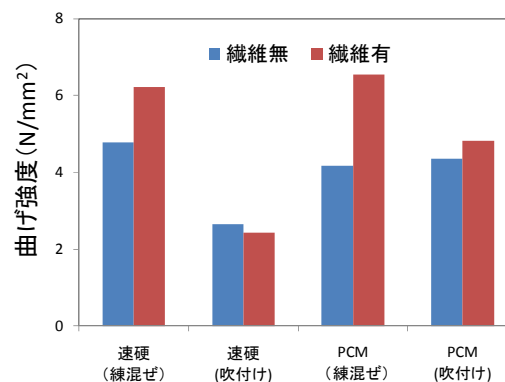


図-2 曲げ試験結果

キーワード 乾式吹付け、ポリマーセメント、玄武岩繊維、タフネス試験

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL099-285-8480

3. 実験結果および考察

3.1 補強効果の検討

図-1 に各供試体の材齢 28 日における圧縮強度を示す。なお以下を含め試験結果は、同一条件における供試体 3 体の平均値である。図のようにいずれの施工方法の場合でも、速硬セメントと比較して PCM が高い圧縮強度を有していることが確認できた。また、速硬セメントの場合は吹付け試験での圧縮強度が練混ぜ試験に比較してかなり強度が低下したのに対し、PCM の場合はその傾向はほとんど認められなかった。ただし、繊維混入の効果はいずれの供試体の場合でも若干の強度向上に留まっていた。一方、図-2 に示す曲げ強度試験の結果からは、特に練混ぜの場合に繊維混入の効果が顕著となり、さらに図-3 のタフネス試験結果では、吹付けによってもその効果が明確に現れる結果となった。つまり、乾式吹付けに玄武岩繊維を混入することにより、特に耐震補強の重要なポイントであるじん性の向上が期待できるといえる。ただし、吹付けの場合に練混ぜの場合よりも性能が低下するのはいずれの結果も同様であり、この点においては次節において、乾式吹付けの問題点である施工時の水量のばらつきの影響として検討した。

3.2 水量変化による品質のばらつき

速硬セメントモルタル吹付け時の水量のモニタリング結果を図-4 に示す。また、ノズルマンの判断による①適量、②やや多い、③過多、の 3 水準で供試体を作製し、材齢 28 日における圧縮および曲げ強度試験を行った結果を図-5 に示す。強度試験結果からは、圧縮強度・曲げ強度いずれの場合も②やや多いと判断された水量での施工が優れている結果となり、またその際の強度は図-1、2 に示される練混ぜ試験結果と同等かそれ以上の結果を示した。表-3 には、モニタリングによる水量測定結果から、吹付けコンクリートの配合を推定した結果を示す。最適と判断された水量は、実際には W/C20%程度となっており、水量が大きく不足していたと考えられる。これらの結果は、乾式吹付け施工における実際の最適な単位水量は、必ずしもノズルマンが施工しやすいと感じる施工状態での水量とは一致しないことを示している。したがって、乾式吹付けコンクリートの品質を担保するためには、使用材料や配合に対する最適水量で施工した場合の実際の状況をノズルマンが事前に十分に確認しておくことはもちろん、水速度計等を用いて吹付け施工中におけるリアルタイムの水量管理を図ることが重要と考えられる。

4. まとめ

PCM を用いた乾式吹付けコンクリートは基本性能に優れ、短繊維を混入することにより特にじん性の向上が期待できることが確認出来た。また、吹付け水量のモニタリング結果を適切に活用することにより、乾式吹付けコンクリートの品質管理が十分に可能であることが示された。

謝辞：本研究は熊本大学、国際コンクリート補修工学協会日本支部との共同研究の成果の一部である。

〔参考文献〕1)湯地輝，山口明伸，武若耕司：吹付け用繊維補強ポリマーセメントモルタルの補強効果に関する研究，第 64 回年次学術講演会概要集，Vol. 31，No1，pp. 639-640，2009

2) 湯地輝ほか：吹付け用繊維補強ポリマーセメントモルタルの補強効果に関する研究，土木学会西部支部研究発表会，V-5，pp. 779-780，2010

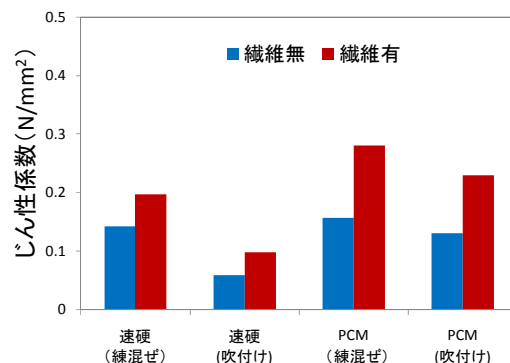


図-3 タフネス試験結果

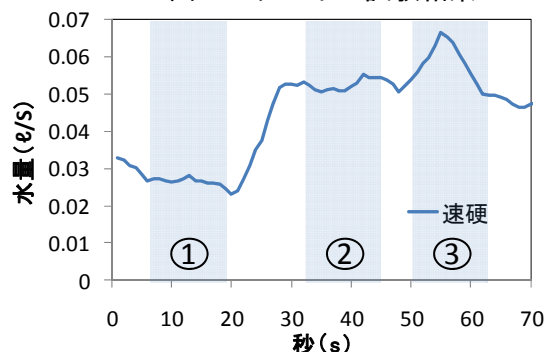


図-4 水量のモニタリング結果

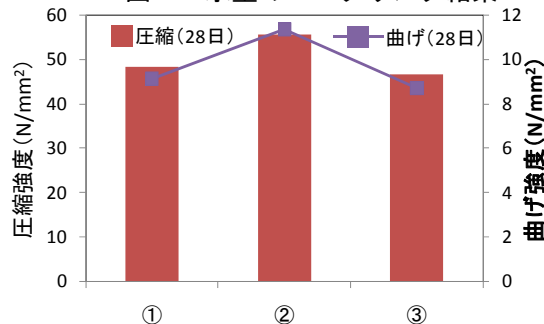


図-5 強度試験結果

表-3 吹付け推定配合表

水量 測定箇所	単位量(kg/m ³)			W/C(%)
	水	セメント	川砂	
①	156	781	1562	20
②	270	676	1351	40
③	316	633	1266	50