

乾式吹付け施工時の材料量のばらつきが強度特性に与える影響に関する基礎的研究

鹿児島大学大学院
鹿児島大学大学院

学生会員
正会員

○湯地 輝
武若 耕司

鹿児島大学大学院
鹿児島大学

正会員
学生会員

山口 明伸
原田 泰典

1. はじめに

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ての吹付けコンクリートの適用事例が増加している。一般的には比較的品质管理の容易な湿式吹付け工法が用いられることが多いが、近年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、圧送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、乾式吹付けコンクリートを構造体として扱うには、施工時の品質の向上やばらつきの影響など、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を用いた吹付け施工によって生じる品質の低下とばらつきの原因把握のための基礎的検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、骨材とセメントのプレミックスされていた乾式吹付け用材料（以下、プレミックス材料）に、ポリマーエマルジョンタイプの混練水（以下、混練水）を混合して製造する、ポリマー吹付けコンクリートを対象としている。検討項目は、①施工方法が硬化後の品質に与える影響、②吹付け施工中の材料圧送量の変動、③材料圧送量の変動が品質に与える影響、の3点である。それぞれの実験要因は表-1に示す通りである。

検討項目①では、施工方法の影響を検討するため、プレミックス材料と混練水を吹付けノズル部で混合する「乾式吹付け工法（以下、吹付け）」と、ミキサーで両者を十分に混合した後に打設と締め固めを行う「ミキサー練混ぜ（以下、練混ぜ）」の二種類の施工方法を実施し、施工方法が硬化後の材料品質に与える影響を検討した。ただし「吹付け」の場合は、カタログ値より、ダレの生じない状態で吹付けた場合の標準加水量で $W/C=26\%$ に相当すると仮定し、「練混ぜ」の場合の W/C も 26% に設定した。また「吹付け」の場合は、表-2に示すように、コンプレッサーの周波数および圧送距離の影響についても併せて確認した。

検討項目②では「吹付け」の際に生じる材料圧送量の変動を材料別に計測し、その程度を検討した。混練水量に関しては、電磁式流量計を用いて吹付け施工中の混練水の変動量をリアルタイムでモニタリングした。一方、プレミックス材料は、混練水を加えずにプレミックス材料のみで吹付けを行い、1分間の吐出量から圧送量を算定した。併せてコンプレッサーの周波数を30、35、40Hzの3条件に変化させた場合の変動も確認した。

検討項目③では、吹付け時における混練水量とプレミックス材料量の変動が品質に与える影響を模擬するため、 $W/C=26\%$ の標準配合に、混練水とプレミックス材料の混入量を $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ とそれぞれ変動させた上で「練混ぜ」によって供試体を作製した。これは混練水量と、プレミックス材料の圧送量のいずれかが単独で変化した場合を想定している。

なお、検討項目①と③で実施した圧縮強度試験では、「吹付け」の場合では JSCE-F561-2005 に準じて $15\times 30\times 30\text{cm}$ の型枠に吹付けた後に採取した $\phi 5\times 10\text{cm}$ のコア供試体を用い、「練混ぜ」の場合では JIS R 15201 に準じてモルタルミキサーで練混ぜ $4\times 4\times$

表-1 実験要因

	施工方法	条件	測定項目
①	練混ぜ吹付け	$W/C26\%$	圧縮強度、曲げ強度
②	吹付け	吹付け施工中 プレミックス材料のみ吹付け	混練水の変動 材料圧送量の変動
③	練混ぜ	$W/C26\%$ を基準とし②で得られた配合変動を模擬	圧縮強度

表-2 供試体の要因と水準

	施工方法	コンプレッサーの周波数(Hz)	ホース長さ(m)
M-1	練混ぜ		
S-1	吹付け	40	30
S-2			45
S-3		25~35	30
S-4		35	30

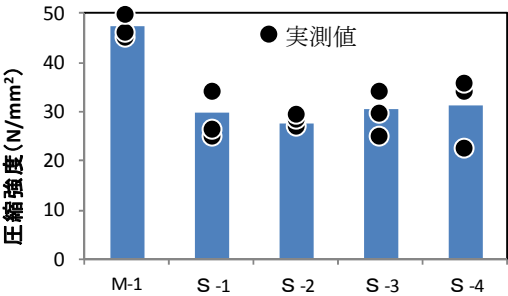


図-1 圧縮強度試験結果 (材齢 28 日)

16 cmの型枠打設し、テーブルバイブレーターで締固めを行ったものを用いた。

3. 結果と考察

3.1 施工方法の違いによる影響

図-1 にそれぞれの施工方法で作製した試験体の材齢 28 日の圧縮強度試験結果を示す。なお、これらを含め以下の試験結果は、すべて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「練混ぜ」に比べ、「吹付け」では圧縮強度が大きく低下する結果となり、施工方法による影響が顕著に表れる結果となった。また、「吹付け」において、圧送距離が長くなった場合には、強度のばらつきが小さくなる傾向が認められ、距離を長くすることで圧送量を安定させる効果が得られることが推察される。なお、コンプレッサーの周波数については、今回の検討範囲では明確な影響は認められなかった。

3.2 吹付け施工中の材料圧送量の変動

「練混ぜ」と「吹付け」で大きく強度が異なった原因として、「吹付け」時の材料圧送量（混練水量、プレミックス材料量）の変動ばらつきが考えられる。図-2 に実際の吹付け施工時の混練水量の経時変化を測定した結果を示す。吹付け中の混練水量は、ノズル部分での圧送状況により細かく変動している上に、ノズルマンの状況判断による調整が適宜行われており、その変動範囲は比較的大きいことが分かる。今回の計測における混練水量の変動範囲は、平均値に対して-17%~+20%程度であった。一方、プレミックス材料圧送量の変動の測定結果を図-3 に示す。使用した吹付け機の標準設定である 35Hz において-6%~+9%程度の変動が確認され、変動割合としては混練水量の変動よりも小さいことが分かる。コンプレッサーの周波数については前節同様大きな影響は認められなかった。

以上の結果から、混練水とプレミックス材料量のそれぞれの平均値から W/C を算出すると 23%程度となり想定していた W/C よりも 3%低い程度であるが、実際には両者の変動によって局部的には W/C20~33%程度の範囲で変動している可能性がある。

3.3 材料圧送量の変動が品質に与える影響

前節のように、「吹付け」中には各材料の圧送量の変動することを踏まえ、その変動がコンクリートの強度に与える影響を「練混ぜ」によって模擬的に検証した。すなわち、基準配合の混練水量とプレミックス材料量をそれぞれ 10 および 20%増減させたコンクリート試験体を作製し、その圧縮強度を測定した。その結果を図-4 および図-5 に示す。また、これらのデータの内、28 日強度と W/C の関係を整理したものを図-6 に示す。

いずれの場合も、量の変動が大きくなると強度が低下する傾向が認められる。ただし、図-1 に示した「吹付け」の強度と比較すると、いずれも高い強度を保持しており、材料の変動のみでは「吹付け」による強度低下を再現することができなかった。これは、「吹付け」の品質のばらつきが、材料量の変動よりもノズル先での練混ぜ効果や不均一性に起因していることを示唆するものと考えられる。

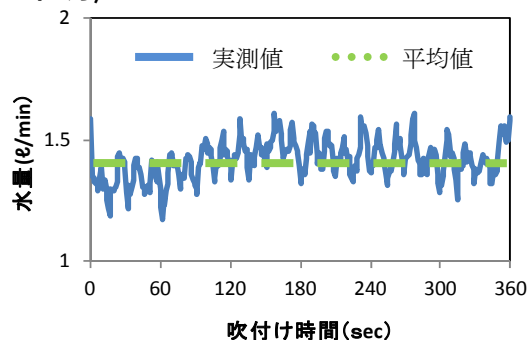


図-2 吹付け施工時の水量測定結果

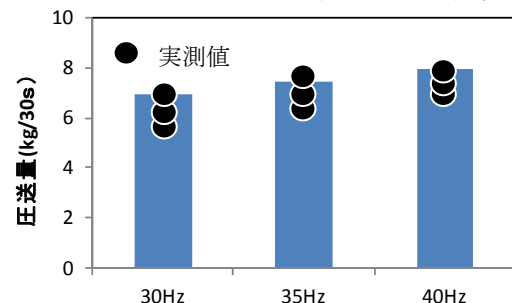


図-3 回転数の違いによる圧送量変動

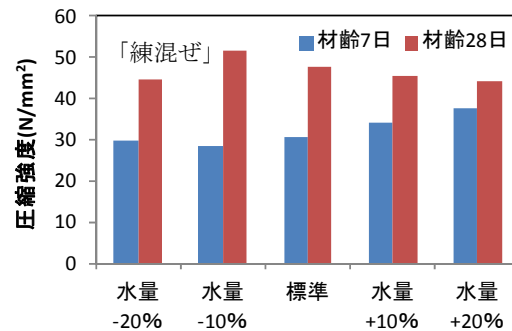


図-4 水量変化による圧縮強度試験結果

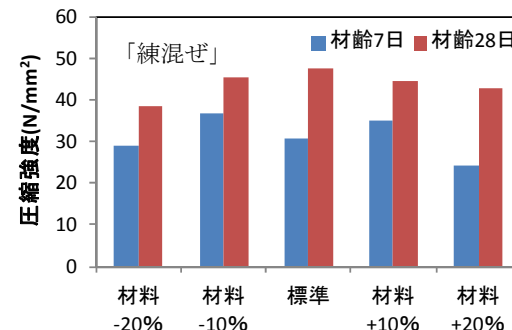


図-5 吐出量変化による圧縮強度試験結果

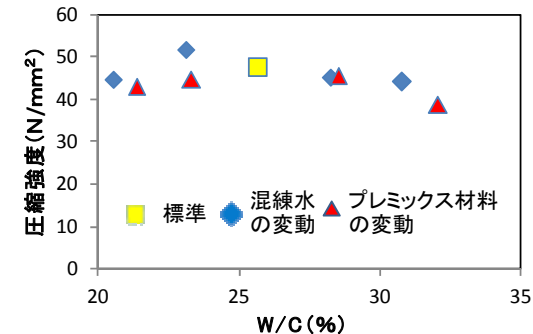


図-6 W/C と圧縮強度の関係 (材齢 28 日)