

# 乾式吹付けコンクリートの配合推定手法に関する基礎的研究

鹿児島大学 学生会員 ○松木 雄志 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸  
 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司 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 山本 誠 鹿児島大学大学院 学生会員 小倉 隆伸

## 1. はじめに

吹付けコンクリートには、予め練混ぜたフレッシュコンクリートを吹付ける湿式吹付けと、ドライミックス材料と混練水を別々に圧送しノズル先で混合して吹付ける乾式吹付けの2種類があり、一般的には、品質管理が容易な湿式吹付け工法が多く用いられている<sup>1)</sup>。一方、乾式吹付け工法は、長距離圧送性や厚付け性に優れており大規模な補修工事に適しているものの、リバウンドが多いことや品質管理が困難とされることなどから、適用範囲もトンネルのライニングやのり面など限られた範囲への利用に留まっていた。しかしながら近年の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、乾式吹付け工法が各種コンクリート構造物の補修、補強においても活用が検討され始めている<sup>2)</sup>。ただし、その品質評価手法に関しては依然として課題を残しているのが現状である。そこで本研究では、乾式吹付けコンクリートの品質評価を、施工中における簡易な配合推定手法により実施することを試みた。

## 2. 実験概要

本実験の要因と水準を表-1、使用した乾式吹付けシステムを図-1に示す。施工方法には、乾式吹付け試験(以下、「吹付け」と)と、モルタルミキサーおよびテーブルバイブレーターを用いた室内打設試験(以下、「練混ぜ」)の2種類を用いた。使用材料は、いずれの施工方法の場合も、エマルジョンポリマーおよび早強セメントと骨材のプレミックス材料を用いた。練混ぜ水量は、「練混ぜ」の場合には、プレミックス材料の標準配合である $W/B=32\%$ となるよう設定した。一方、「吹付け」の場合には、予め使用する吹付け機器を用いて確認したプレミックス材料のみの圧送量に合わせて $W/B=32\%$ となるように目標水量を設定し、電磁式電流計を用いたリアルタイムでのモニタリングにより施工中の水量を調整した。なお「吹付け」の場合には、施工による品質の違いを生じさせるため、吹付け距離0.5、1、1.5mの3水準で施工している。リバウンド率は、JSCE-F 563-2005に準じて測定し、骨材の粒度分布は、「吹付け」を行った直後の吹付けコンクリートを採取し、洗い試験でセメントペーストを除去した後、絶乾にしてふるい分け試験により算出した。圧縮強度試験には、 $40\times 45\times 20\text{cm}$ の型枠に「吹付け」を行い硬化後にコア採取した $\phi 5\text{cm}\times 10\text{cm}$ の試験体を用いた。

## 3. 配合推定手法の妥当性確認

本研究で実施した乾式吹付け施工時の配合推定手法の概要を図-2に示す。まず、「吹付け」を行った直後の吹付けコンクリートから試料を採取し、体積置換法により吹付けコンクリート中の「空気量」を測定、加熱式水分計によって含水率を測定することにより「混練水」を算出する。なおポリマー量は、算出された「混練水」から実際の混合比率に基づいて算出する。次に、含水率測定後の乾燥試料を希塩酸(濃度10%)で攪拌・ろ過し、溶解による重量減少率から「セメント量」を算出する。最後に、元の重量と「混練水」・「セメント量」の差から「骨材量」を算出する。

表-1 要因と水準

| 施工方法  | 吹付け                               |      |      | 練混ぜ |
|-------|-----------------------------------|------|------|-----|
| 吹付け距離 | 0.5m                              | 1.0m | 1.5m |     |
| 測定項目  | ・空気量 ・含水率 ・セメント量<br>・リバウンド率 ・粒度分布 |      |      |     |

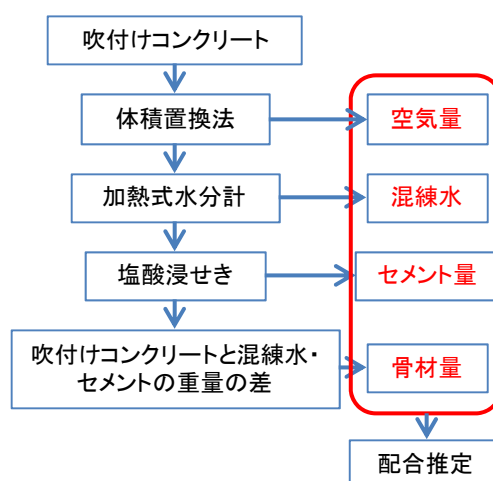
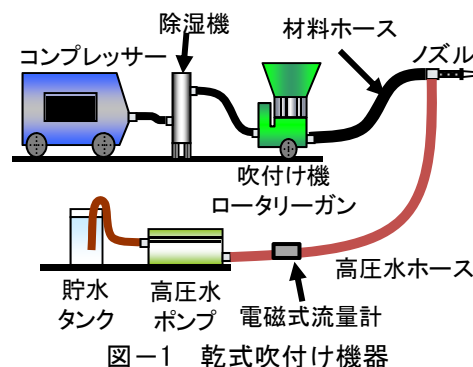


図-2 配合推定概要

上記の配合推定手法の妥当性を確認するため、計量によって配合が確認可能な「練混ぜ」のモルタル試料を用いて、配合推定を実施した。その結果を図-3に示す。なお、配合推定の際には、セメントにシリカ分等の希塩酸に溶解しない成分が含まれることに配慮し、事前に希塩酸に対する溶解率を測定し、セメント量算出の際にその分を補正している。図のように、推定配合は、実際の標準配合をほぼ再現しており、本手法により吹付けコンクリートの試料配合を推定することが可能であると判断した。

#### 4. 吹付けコンクリートの配合推定

吹付け距離を0.5、1、1.5mと変化させて吹付けを行った場合の圧縮強度試験およびリバウンド率の測定結果を図-4に示す。図のように、吹付けコンクリートの圧縮強度は吹付け距離に応じて変動しており、本検討の材料および施工条件においては、吹付け距離が1mの時に最も圧縮強度が高くなり、リバウンド率も1mで最も小さくなっている。このときの各吹付けコンクリートの配合を推定した結果が図-5、骨材の粒度分布測定結果が図-6である。圧縮強度と同様にコンクリート配合も吹付け距離に応じて変動し、距離1mで最も空気量が少なく、W/Bも標準配合に近い状態であることが分かる。また、推定配合と骨材の粒度分布を総合すると、吹付け距離が近すぎる場合には骨材における微粒分の一部が失われたことが、吹付け距離が遠すぎる場合にはセメントの一部が失われたことが、それぞれ吹付けコンクリートの水量減少と空気量の増加の起因となった可能性が示唆される。

#### 5. まとめ

体積置換法・加熱式水分計・希塩酸を用いることにより乾式吹付けコンクリートの配合を現場で簡易に推定できることが確認された。また、吹付け距離に応じたリバウンド量や圧縮強度等の吹付けコンクリートの品質変化を、推定配合および骨材分布の状況等を把握することによって評価できる可能性があることが確認された。

**謝辞：**本研究を実施するにあたって住友大阪セメント株式会社、東和耐火工業株式会社、永代建設株式会社に多大なるご協力を頂いた。関係者各位に心より感謝する。

#### 参考文献

- 1) コンクリートライブラリー123, 吹付けコンクリート指針 (案) [補修・補強編], 2005, 土木学会
- 2) 湯地輝ほか：乾式吹付け施工時の品質管理に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.1315-1320, 2013

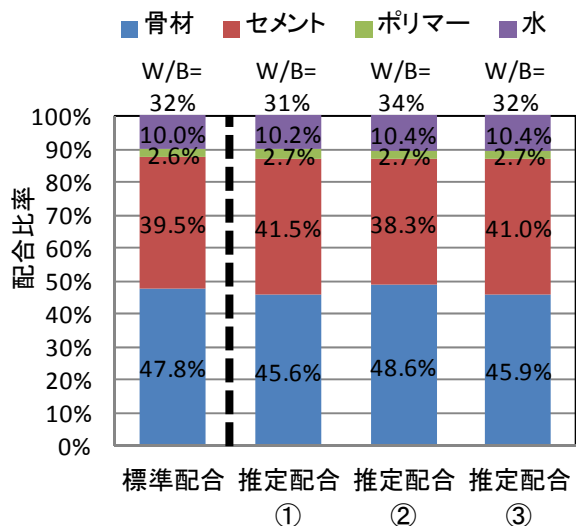


図-3 補正後の配合算出結果

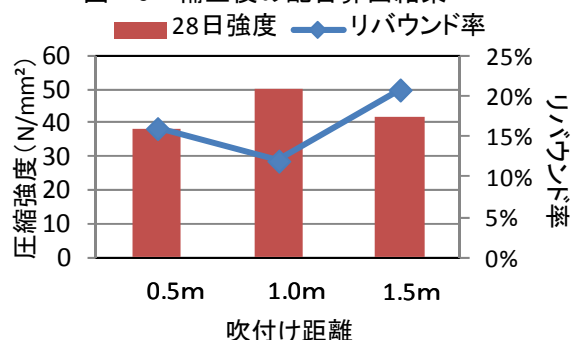


図-4 圧縮強度とリバウンド率

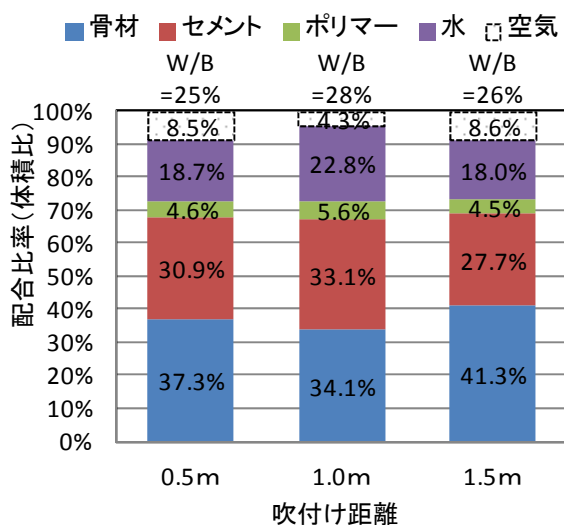


図-5 配合算出結果 (吹付け)

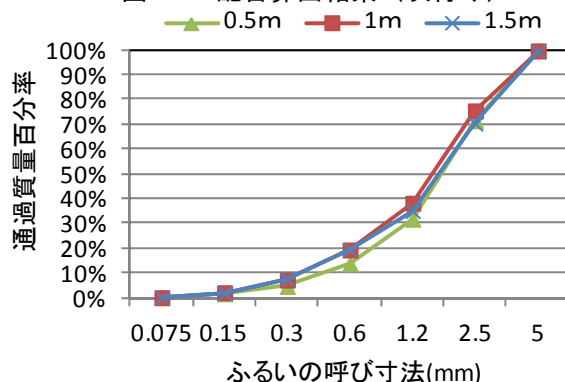


図-6 吹付け距離ごとの粒度分布