

新設コンクリート構造物の表層品質の簡易な評価手法に関する研究

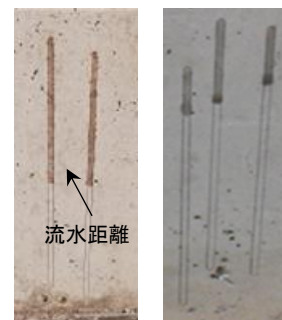
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○鈴木 直人
 東京大学生産技術研究所 フェロー会員 岸 利治
 東京大学生産技術研究所 正会員 鎌田 知久

1 はじめに

コンクリート構造物の劣化現象は、二酸化炭素などの劣化因子が内部に侵入することで進行するため、耐久性を確保するためにはコンクリートの表面の組織の緻密さ、いわゆる表層品質が重要となる。そのためコンクリート新設時により良好な表層品質を確保することが出来れば、現在の要求レベルのコンクリートと比較して、更なる長寿命化が実現できる可能性がある。しかしながら現地にコンクリートが完成した際に、全数量に対して表層品質試験を精度高く実施することは現実的ではない。そのため一次スクリーニングとして簡易な検査を実施し、不合格となった場合には二次スクリーニングとして精度の高い検査を実施することが、効果的な検査方法になり得ると考えられる。本研究では一次スクリーニングとして活用可能な簡易検査として「流水試験」に着目し、時間と手間をかけず表層品質を判別する方法を提案することを目的とした。実験室にて一般的な品質と低品質のコンクリートを再現した試験体を作成し、流水試験で品質の良否を判別する効果的な方法の検証を行った。

2 流水試験

流水試験とは鉛直なコンクリート表面に水滴を垂らし、その流下距離を測定することでコンクリートの緻密さを評価しようとする試験手法である¹⁾。流下距離が長いほどコンクリートへの吸水が少なかったものとみなし、緻密で表層品質に優れるコンクリートという評価となる(図1)。この試験方法は特別な装置が不要であり、1箇所2~3分程度の短時間で測定が出来る点が最大の特徴である。一方で試験自体が規格化されていないために、明確な試験方法や品質判定基準が定められていないという課題もある。本研究における測定方法は、ピペットで水(0.1ml)をコンクリート表面に滴下させ、これを3回場所を変えて繰り返し行い、流下距離の平均値を測定値とする方法を採用した。



表層品質 良 表層品質 悪

図1 表層品質の良否による流下距離の差

3 試験体の作成

実験では一般的な品質のコンクリートと低品質のコンクリートを再現するために、3つの異なる施工方法で試験体を作成した。一つ目の試験体は、一般的な品質を想定したもので、標準的な施工で作成した試験体である。水セメント比は55%で脱型は5日とした。二つ目の試験体は、低品質を再現したもので、脱型を通常よりも早い1日として、早期に乾燥を与えた試験体である。三つ目の試験体も低品質を再現したもので、不当な加水を想定して、水セメント比を75%とした試験体である。以上3種類を、それぞれ「標準」「早期脱型」「加水配合」と称する(表1)。鉄筋のかぶり厚については、5mm、10mm、20mm、30mm、無筋の5パターン(加水配合のみ無筋を除く4パターン)とし、試験体毎に4本の鉄筋(D16)を配筋したうえで、試験体のサイズは300mm×100mm×100mmとした(図2)。使用材料は、水道水、普通ポルトランドセメント、砕砂、粗骨材、および混和剤を使用して作成した。配合を表2に示す。

表1 試験体の種類

名称	標準	早期脱型	加水配合
品質	一般的な品質	低品質	低品質
水セメント比	55%	55%	75%
脱型日数	5日	1日	5日
鉄筋かぶり	5mm, 10mm, 20mm, 30mm, 無筋	5mm, 10mm, 20mm, 30mm, 無筋	5mm, 10mm, 20mm, 30mm

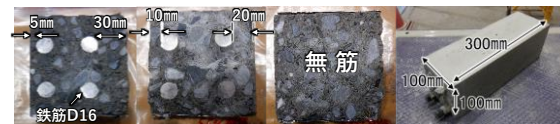


図2 鉄筋かぶり厚と試験体の寸法

表2 試験体コンクリートの配合

タイプ	圧縮強度(N/mm ²)	粗骨材の最大寸法(mm)	スラング(cm)	空気量(%)	単用量(kg/m ³)					
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤 AE減水剤 AE剤	
標準 早期脱型	23.2	20	10	55.0	165	300	820	1018	0.9	0.6
加水配合	14.2	20	21.5	75.0	239	318	732	908	0.6	

キーワード 新設コンクリート構造物, 表層品質, 流水試験, 表層透気試験

連絡先 〒221-0044 神奈川県横浜市神奈川区東神奈川1-29-56 東日本旅客鉄道株式会社 横浜土木技術センター TEL045-565-5262

4 表層透気試験 (Torrent 法) による試験体の品質確認

打設後 28 日時点において、試験体の表層品質の確認を表層透気試験にて行った結果を図 3 に示す。事前の計画どおり、表層品質の良否を表現した試験体を作成することが出来た。標準施工タイプでは、かぶり厚 20 mm 以上で透気係数が $1.0 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 未満となり一般品質と評価され、早期脱型・加水配合タイプは、かぶり厚によらず透気係数が $10.0 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以上となり、全て低品質と評価された。

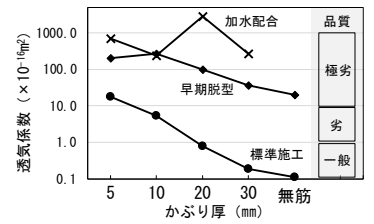


図 3 表層透気試験結果

5 流水試験による表層品質判定の結果と考察

試験体に対して行った流水試験の結果を図 4 に示す。流水距離は、標準タイプは平均 162mm、早期脱型タイプは平均 116 mm、加水配合タイプは平均 103 mm となり流水距離の差、つまり品質の差を捉えられた。しかし測定値のバラつきが前後 20 mm 程度あり、明確な差として捉えにくい結果となった。これより品質の差をより明確に捉えるため、流水試験の試験方法の改良を検討することとした。

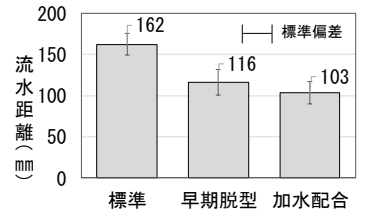


図 4 流水試験の結果

6 流水試験の試験方法の改良案の検討

試験を改良する上では、流水の過程でコンクリート内部に浸透する水の量を、現状よりも増やすことが出来れば、低品質では浸透する水量が一般品質よりも増え、流水距離が短くなると想定した。コンクリート内部に水を多く浸透させる手段としては、単位時間あたりの流下距離を短くする方法、および水の表面張力を小さくして浸透速度を速くする方法を検討することとした。実験に用いた 3 つの改良案「斜め流水」「温水」「エタノール水溶液」の試験内容を図 5 に示す。

試験名称	斜め流水	温水	エタノール水溶液
検討項目	時間	表面張力	
写真			
試験内容	チョークで斜めにガイド線を引き、その撥水性を活かして水を斜めに流下	水温 60°C ~ 70°C の水を流下	エタノール 60% : 水 40% の水溶液を流下
効果	垂直方向に水を流すよりも流下時間が長くなる	表面張力を 10% 程度低減 (水温 10°C と比較)	・表面張力を 70% 程度低減 ・性状が水とは異なる

図 5 流水試験の 3 つの改良案

改良案による流水試験の結果を図 6 に示す。(標準タイプの流水距離を 100% とし、他を割合で比較。)一つ目の斜め流水については、他の 2 種類と比較して、品質の差が最も明確にみられる結果となった。早期脱型タイプに対しては流水距離を 67%、加水配合タイプに対しては 46% まで抑えることが出来た。二つ目の温水については、加水配合タイプに対して、やや品質の差を捉えやすくなった。しかし、測定中の温度管理が難しく、測定値のバラつきが大きくなる結果となった。三つ目のエタノール溶液については、通常(水)と比較して結果の改善は見られなかった。以上の結果から、単位時間あたりの流下距離を短くする方法である「斜め流水試験」が、表層品質を捉えるうえで、効果的な試験方法と評価された。

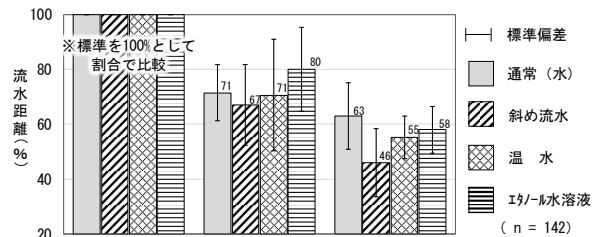


図 6 各改良案の流水試験結果

7 斜め流水試験の提案

試験の結果から新たな流水試験の手順を提案する。(1) チョークで角度 30° のガイド線を 20cm 引く。これを 3 回、場所を変え行う。(2) ピペットで 0.1ml の水を滴下する。流下が完了したら距離を測定して記録する。(3) 3 回の流水距離が 1 本も 150 mm を超えなかった場合には品質不良と判定する。判定基準 150 mm は、各試験体から得た流水距離の統計値と偏差に基づき設定した。試験の実施状況を図 7 に示す。この試験に要する時間は 1 回あたり 2 分程度であり、表層品質検査の一次試験として効果的に活用可能な試験になり得ると考える。

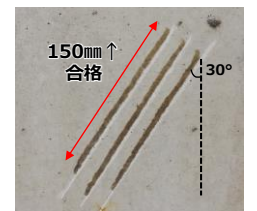


図 7 斜め流水試験

8 まとめ

本研究では流水試験を用いて低品質コンクリートを判別するための検証を行い、コンクリート表面の単位時間あたりの流下距離を短くすることで、評価精度が向上することを明らかにし、新たな試験方法の提案を行った。

参考文献)

1) 家辺ほか：水の流下試験によるコンクリート表層の品質評価に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 34，2012