

## 道路政策の質の向上に資する技術研究開発

## 【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）	所属		役職
	（なからい けんいちろう） 半井 健一郎	広島大学大学院 工学研究院		准教授
②研究 テーマ	名称	新設コンクリート構造物における表層品質検査手法の確立		
	政策 領域	[主領域] 領域4：コスト構造改革 [副領域] 領域8：道路資産の保全	公募 タイプ	II
③研究経費（単位：万円）	平成28年度	平成29年度	平成30年度	総合計
	1,799	2,111	550	4,460
※H28は受託額、H29以降は計画額を記入。端数切捨。				
④研究者氏名				
氏名		所属・役職		
西尾壮平		鉄道総合技術研究所・主任研究員		
舌間孝一郎		前橋工科大学・准教授		
酒井雄也		東京大学生産技術研究所・助教		
⑤研究の目的・目標（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）				
<p>本研究では、非破壊試験を用いた新設コンクリート構造物の表層品質検査システムを実務に展開し、道路ストックの長寿命化に資することを目的とする。その実現のため、複数の試験手法の長所を組み合わせることによって簡便性と正確性を両立させた新たな検査システムを提案する。具体的には、流水試験や散水試験などの簡易法を1次検査、表層透気試験や表面吸水試験などの詳細法を2次検査、採取コアによる吸水試験を最終の3次検査とする、3段階システムを提案する。研究期間においては、室内試験および実構造物調査を通して試験手法の有効性の実証および改良を行ったうえで検査指針（案）を整備し、現場に実装可能な検査手法を確立させることを目標とする。</p>				

## ⑥これまでの研究経過

### (1)詳細法の検討

まず、詳細法に関する日本版検査指針案の作成と検証にむけた基礎的検討として、表層透気試験(トレント法)を用いた室内試験および実構造物の測定により、適切な検査時期の検討のほか、実現場での有効性の検証を行った。室内試験では、部材厚さや養生(脱型材齢)、セメント種類、骨材種類をパラメータとした試験体を作製して、材齢による測定値(透気係数や表面含水率など)の変化の経時的に計測し、後述する散水試験結果との比較分析を行った。また、実構造物の測定では、群馬県において新設されたコンクリート構造物の表層品質を調査するとともに、工事関係者に施工状況のヒアリングを行った。U型擁壁の建設現場では、施工者の評価において見栄えの良い個所と悪い個所で非破壊試験をした結果、見栄えの評価とは優劣が逆の結果となった現場もあり、表層品質に関する試験実施の必要性があらためて確認された。また、FS研究から測定を開始した附属試験体の材齢2年での計測を行い、表面水率の低下(図1)に伴う透気係数の経時変化(図2)を追跡し、同時に実施した中性化深さとの関係から、スイス規格で推奨されている材齢3カ月以内の測定では、丁寧な養生を行っている場合には乾燥が進んでおらず、品質差を過大に評価することを明らかにした。材齢とともに変化する非破壊試験結果の妥当性を検証し、適切な検査時期の判断材料とした。

なお、予算削減のため、当初提案をしていた附属試験体の新規作製や中性化深さ試験を取りやめるとともに、現場調査数を減らすなどの措置を講じた。

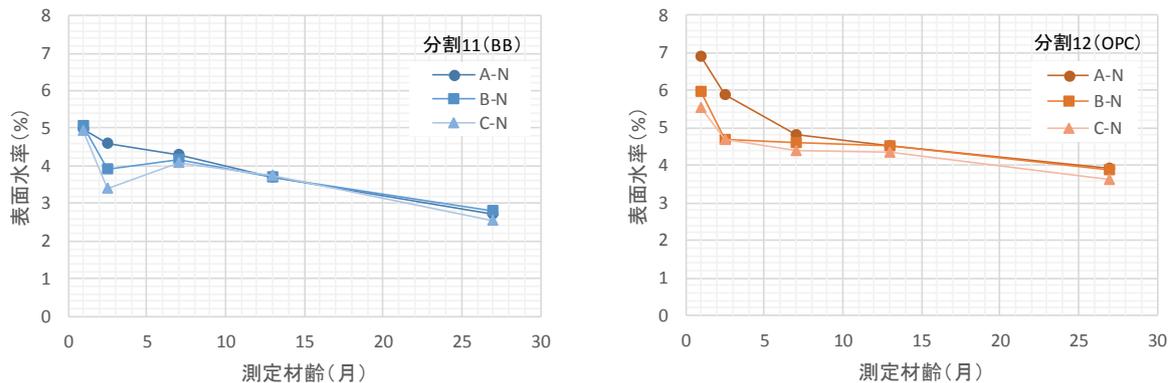


図1 附属試験体における表面吸水率の経時変化  
(A: 丁寧な養生, B: 標準的な養生, C: 不十分な養生)

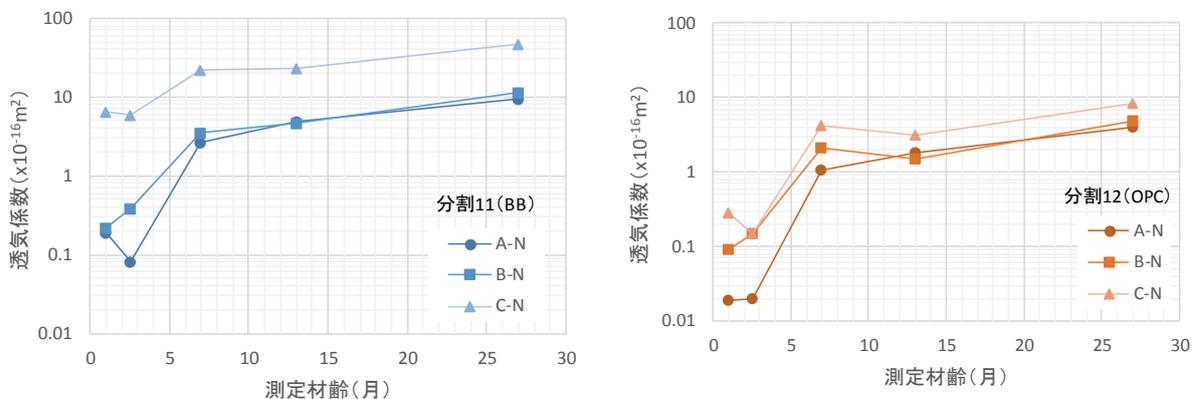


図2 附属試験体における表層透気係数の経時変化  
(A: 丁寧な養生, B: 標準的な養生, C: 不十分な養生)

## (2)簡易法の検討

次に、簡易法の活用法の提案と検査指針案の作成・検証にむけた基礎的検討として、散水試験を用い、室内試験や実構造物測定を行った詳細法との比較を行った。

部材厚さや脱型材齢を変化させた室内試験体の経時計測からは、脱型後1週間程度での計測によって養生の良否を迅速かつ適切に評価できる可能性が示された(図3)。これは、散水試験の測定領域が表面から数mmと浅く、乾燥の影響を早期に受けやすいためであり、逆に、養生が十分ではなく、ごく表層部の乾燥が急激に進むコンクリートを迅速に検知可能になることを意味すると考えられる。現在、セメント種類や骨材種類の影響の検討も進めており、経時変化の影響を整理し、養生終了後1週間での測定の妥当性を検証する。

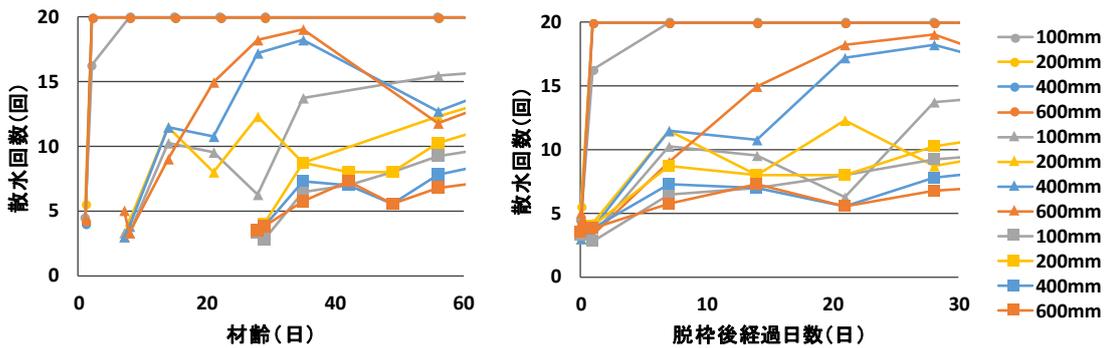


図3 散水回数(回)の経時変化(部材厚さおよび脱型材齢を変化させた試験体での計測)

散水試験と表層透気試験の関係について、材齢3カ月でのデータを蓄積し、室内試験によって影響要因の分析を進めた。図4に示すように、表層透気係数の増加とともに散水回数も増加する傾向を示した一方で、表層透気係数が同程度であっても、散水回数が大きく変化するものがあった。特に、試験体の測定高さで変化が大きい場合があった。コンクリート温度や締固め時間、測定高さや散水試験結果の関係からは、ブリーディングが影響している可能性が示唆された。すなわち、ブリーディングが多い場合には、型枠面をつたってブリーディング水が上昇し、表面付近の品質が変動・低下し、表面から数mm程度が測定領域と考えられる散水試験の結果を大きく変動させた一方で、表層透気試験の測定領域である数cm程度の範囲での影響は大きくなかったものと考えられる。したがって、散水試験では、散水回数が少ない場合には良好な表層品質であることを迅速判定できるが、散水回数が多い場合には、詳細法による2次評価が重要であることが再確認された。

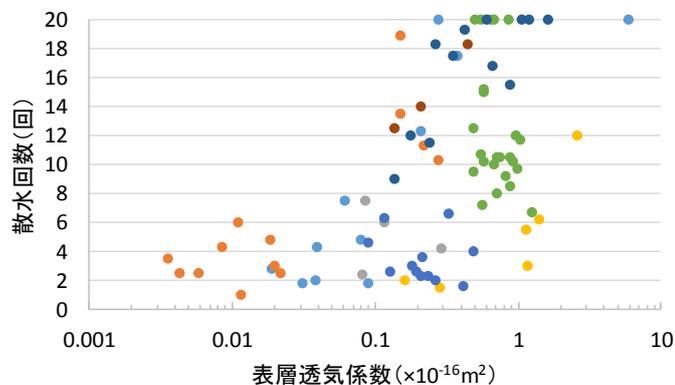


図4 散水回数と表層透気係数の関係(材齢3カ月)

室内試験とともに、群馬県内の新設コンクリートの建設現場に散水試験装置を配布し、発注者である県の監督員あるいは施工者に測定を依頼し、実務者からの課題やニーズを収集した。その結果、測定者の習熟度によって測定結果にばらつきが生じることなどの課題が明らかになった。また、養生剤を塗布した場合において品質が過剰に評価されることも明らかになり、散水回数が1回と極端に小さい場合には、結果の評価に注意が必要であることも明らかになった。測定時期の妥当性は、現場における継続測定によって検証中である。

### (3)採取コア試験の検討

採取コアを用いた吸水試験方法の確立と検査指針案の作成・検証にむけた基礎的検討として、試験室において円柱試験体を作製し、飽水処理の省略や適切な乾燥時間の設定、必要試験本数の決定などについての検討を行った。また、表層透気試験と散水試験の関係、ならびにこれらの非破壊試験とコアの吸水試験結果の関係を詳細に分析するために、表面を研磨して吸水体であるペーストと非吸水体である骨材の影響を分析した。図5にはASTM規格に定められた標準サイズ(φ10cm×5cm)の円柱試験体を用いた測定結果を示す。高炉セメントB種セメントを用いたコンクリートを水中養生によって水和が十分に進んだ試料を用いたところ、吸水量が少なく、研磨による骨材露出の影響を抽出することができず、当初予定の議論が十分にはできなかった。そのため、配合および養生を変化させた試験体を用いた再試験を実施中である。

次に、小径コアを用いた吸水試験における必要試験体数を検討するため、壁状試験体から多数のコアを採取して試験を行い、標準コアとの比較から、結果のばらつきを検討した(写真1)。小径コアの質量変化から得られた吸水速度係数は、図6に示すように、大きくばらついた。粗骨材の影響によ

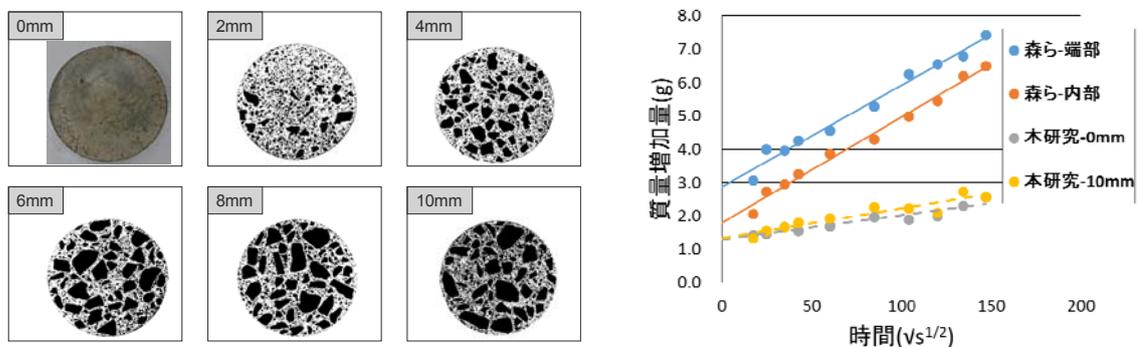


図5 吸水面における骨材の露出(左)と吸水試験結果の例(右)



写真1 小径コアを用いた吸水試験の実施状況(左)と標準コアとの比較(右)

って吸水が阻害されたものや側面のシールが不十分で吸水量が増加したものが含まれている可能性が示唆された。特に側面シールの精度について改善を進めている。

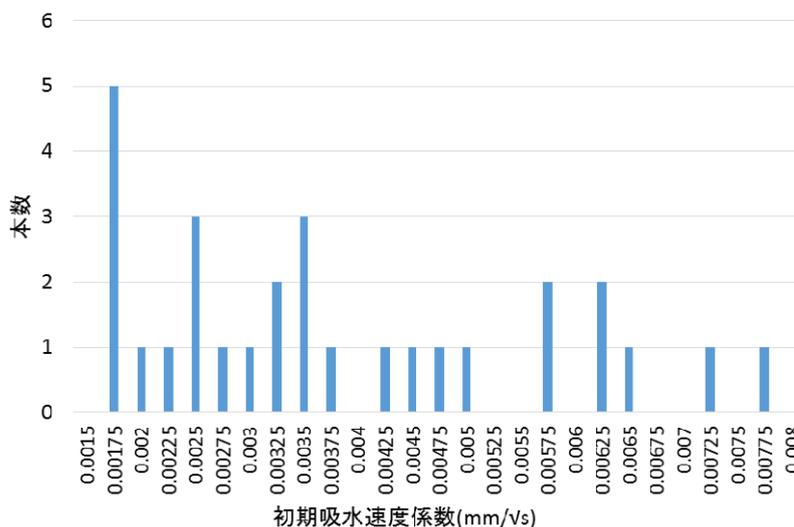


図6 小径コアを用いた吸水試験の個別データ

## ⑦特記事項

スイスにて、表層透気試験（トレント法）の開発者であるR.Torrent博士らとともにミニワークショップを開催し、スイスや日本の実務者や研究者の参加を得て、討議を行った。散水試験による簡易な一次診断と組み合わせた表層品質検査システムの提案は非常に好評で、簡易試験についての問い合わせが相次いだ。一方、スイスでは、付属ブロックから採取した小径コアの中性化試験や塩分拡散試験による耐久性評価の検討も積極的に行っており、本提案手法における最終検査としても、採取コアの吸水試験に限定せずにより多角的な検討が望まれると考えた。

群馬県では、品質確保の試行工事が本格化し、今年度は62現場が対象工事に指定され、施工状況把握チェックシートを用いた施工状況の点検が行われるとともに、コンクリートに関する基本データの蓄積が進められている。本研究では、FS審査時のコメントを踏まえて施工の改善は研究計画から削除したが、試行対象工事の現場において表層品質の測定を実施することで、現場での取り組みとの連携を図り、非破壊試験の有効性やニーズを検証している。また、中国地方の民間事業者からの問い合わせを受け、本手法を道路構造物の維持管理業務の効率化のために応用するための議論を開始した。このように、本研究で設定した課題を実行しつつも、同時に、応用展開を進めている。

現場での試行的な計測によって、各試験手法の特長と課題を抽出するとともに、効果的な運用方法についての論点整理を進めることができ、初年度の研究目的はおおむね達成された。現場での付属試験体の作製による詳細な試験の実施を含め、さらにデータを蓄積することによって、現場における様々な要因の理由を分析し、手法の有効性を確実に検証することが可能になると考えられた。