

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成28年度採択)
研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No.28-6	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	広島大学 教授 半井健一郎

本研究は、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し、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研究開発。

1. 研究の背景・目的

道路の主要構造物であるコンクリート構造物の表層品質(特に物質移動抵抗性)は、構造物の耐久性を支配する極めて重要な品質であるにもかかわらず、間接的なプロセス検査のみでしか評価されず、有効な品質検査が行われてこなかった。これに対して申請者らは、土木学会の研究小委員会や本 FS などにおいて、新たな品質検査制度の確立に向けた課題の分析と将来像の提案、手法の実務への適用可能性の検討を行ってきた。表層透気試験などの新たな非破壊試験が実務で活用可能なレベルとなりつつあり、コンクリート構造物の耐久性を定量的に評価可能であることをもとに明らかにしてきた一方、試験の効率化に関しては、簡易法との組み合わせることによって飛躍的な改善が見込まれた。

そこで本研究では、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した。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。

2. 研究内容

1次検査とする非破壊試験(簡易法)、2次検査とする非破壊試験(詳細法)、最終検査とする採取コアによる吸水試験について、それぞれの試験手法の有効性や課題を室内試験や実構造物での測定を通して検討し、各手法の効果的な活用方法を検討するとともに、散水試験や表層透気試験に関しては検査指針(案)としての実施要領案を整備した。

具体的には、室内試験として、材料(セメント種)や配合(水セメント比)、施工方法(養生)を変化させたコンクリート試験体を作製し、各種試験によって表層品質を測定し、試験の適用性や測定値の変化、試験ごとの値の相関などを分析した。現場試験としては、群馬県や山口県、国土交通省中国地整などの協力を得て、新設コンクリート構造物の調査を行い、表層品質に関する各種非破壊試験の適用性を検討した。

測定要領案の作成に当たっては、研究担当で試行を行って内容を検討したほか、散水試験に関しては実務技術者の協力を得て一斉試験を行い、測定精度向上に寄与することを確認した。

3. 研究成果

1次検査として活用する散水試験に関して表層透気試験との相関から適用性を検証するとともに、実務での活用のため、散水試験装置の個体差や試験実施者による結果のばらつきを軽減するための方策として、これまでの散水回数ではなく、総噴霧量で評価する新たな手法を提案した。また、脱型直後の早期判定に活用できることを示すとともに、噴霧量によって簡易なキャリブレーションを行う手順を整備し、測定要領案を作成・公開した。

2次検査として活用する表層透気試験については、スイスの規格を基礎としたうえで、経時的な測定を様々な条件で行うことによって、長期養生を行うことが多い日本国内の建設事情を踏まえた適切な測定時期についての検討を行った。得られたデータを踏まえ、スイス規格である

SIA262/1:2013 を準用するとともに、長期材齢での測定の有用性や降雨の影響を避ける必要があることの加筆を提案した。

3次検査として活用するコアの吸水試験については、ASTM規格を基礎とした検討を進めたがコアへの適用についての課題が明らかとなったため、新たな評価指標の提案を行うとともに、散水試験や表層透気試験、さらにはスケーリング試験や急速塩分浸透試験との比較を行った。

4. 主な発表論文

1. Nakarai, K., Shitama, K., Nishio, S., Sakai, Y., Ueda, H., and Kishi, T., Long-term permeability measurements on site-cast concrete box culverts. Construction and Building Materials, Vol.198, pp. 777-785, 2019.
2. Nguyen, M.H., Nakarai, K. Kubori, Y. and Nishio, S., Validation of simple nondestructive method for evaluation of cover concrete quality, Construction and Building Materials, Vol.201, pp.430-438, 2019.
3. Nguyen, M.H., Nakarai, K. and Nishio, S., Durability index for quality classification of cover concrete based on water intentional spraying tests. Cement and Concrete Composites, Vol.104, 2019.
4. 横山勇氣, 酒井雄也, 岸利治: 屋外暴露された中規模柱試験体を対象とした表層品質の継続的計測および空隙構造分析による養生効果の検証, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.617-622, 2019.

5. 今後の展望

簡易法である散水試験の測定要領案などが整備されたことから、実務で表層品質評価を活用するための準備が整った。今後は、新設コンクリート構造物におけるデータを蓄積するとともに、初期品質を維持管理に活用することによって、建設から維持管理までのPDCAサイクルの構築を推進する。また、すでに建設後数十年が経過して劣化が顕在化した構造物への非破壊試験手法の適用も見込まれる。

一方、課題として残った雨水の影響を受ける屋外の構造物の表層品質評価に関しては、①含水率の影響を踏まえて表層品質を的確に測定すること、②雨水の影響によって品質自体が施工直後から変化すること、③劣化の進行は含水率の影響を大きく受けること（たとえば雨水によって中性化の進行は遅くなるが鋼材の腐食リスクは高まること）などを踏まえて、検査の目的やタイミングを整理する必要がある。実際の構造物においては部位によっても雨水の影響は異なることから、測定データの蓄積を進めることで、より合理的な非破壊試験の活用法を確立する。

現場打ちのコンクリートに対し、工場で製作されるコンクリートにおいては、水和を促進するために含水状態についても早期の安定が見込まれ、出荷時の品質管理として本研究の成果を活用することが可能と考えられる。

6. 道路政策の質の向上への寄与

国内においては、群馬県のコンクリート構造物品質確保ガイドラインに表層透気試験や散水試験の活用の考え方や散水試験の測定要領案が記載されたことから、今年度からのガイドラインの本格運用において、品質確保の重要性と散水試験等の有効な活用方法に関する情報提供を継続的に行い、研究成果を道路行政へ反映させる。あわせて、現場から取得されるデータを分析することで、実務で広く活用され、新設コンクリート構造物の耐久性向上が確実に実現するように、研究をさらに発展させる。また、群馬県以外の自治体や国交省の地方整備局とも連携し、構造物の重要度や規模、供用環境などに応じた適切な品質確保や検査、維持管理の在り方を提言し、研究成果の活用につなげる。

海外展開としては、ベトナムの交通技術大学（University of Transport Technology, UTT）や運輸交通大学（University of Transport and Communications, UTC）と連携し、途上国であるベトナムでの適用を検討する。

7. ホームページ等

2019年3月末に群馬県建設企画課技術調査係より「群馬県コンクリート構造物品質確保ガイドライン」が公開され、本編に表層品質確保の重要性とともに表層透気試験や散水試験の活用法が示され、また、資料編に散水試験の実施要領案が掲載された。いずれも群馬県のホームページにてダウンロード可能である。