

一般財団法人新潟県建設技術センター

平成 31 年度（令和元年度）研究助成事業報告書

新潟県におけるコンクリート構造物の品質確保と技術伝承を目的とした
施工プロセスの実験的検討および P D C A サイクル構築を推進する事業

令和 2 年 3 月

一般社団法人新潟県コンクリートメンテナンス研究会 幹事 吉原 敬（代表者）
長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 陽田 修（構成員）
長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 井林 康（構成員）
長岡工業高等専門学校 環境都市工学科 村上 祐貴（構成員）
一般社団法人新潟県コンクリートメンテナンス研究会 幹事 田中 興次（構成員）

新潟県におけるコンクリート構造物の品質確保と技術伝承を目的とした施工プロセスの実験的検討およびP D C Aサイクル構築を推進する事業

コンクリート構造物は、コンクリートの打込みから養生までの施工プロセスが早期劣化の要因となる。コンクリート構造物の品質を確保し耐久性を向上するためには、施工プロセスにおいて作業手順の基本事項を遵守することが重要となる。しかし、基本事項とされる作業は、熟練技能者の経験に依存してきた部分が多く、将来、担い手不足による品質低下が懸念される。

本事業では、基本事項の一つであるコンクリート締固め作業の適否を判断する目安として、ブリーディングと再振動のタイミングに着目し実験による検討を行った。また、実工事において、チェックシートによる基本事項遵守の実践と目視評価手法による品質評価を実施し、品質確保のP D C Aサイクル構築を推進することで、新潟県内の施工関係者へ施工技術の伝承を図る活動を実践した。

ブリーディングと再振動に着目した実験

1. はじめに

コンクリート構造物は、適切な締固め作業を行うことで密実となり劣化の原因となる環境因子の侵入を防ぎ、耐久性を向上させる。しかし、コンクリート構造物の上層部は、下層部に比べ打ち重ねコンクリートの荷重が作用しないため、密実性の低い層が形成される。この問題の解決策として、再振動締固め作業を行うことが考えられるが、コンクリート標準示方書では、再振動を行うタイミングに関して明確な見解が示されていない。¹⁾

また、既往の研究²⁾では、普通コンクリートにおける再振動締固めの最適な時期は、ブリーディング終了時とされている。

そこで本研究は、ブリーディング終了時までコンクリートの密実性を向上させるタイミングがあると仮定し、適切な再振動のタイミングをブリーディング水発生量の変化から調べることを目的とした。また、評価方法として材齢 28 日経過後、超音波法とコアの密度から密実性を、表層透気試験による表層部の物質移動抵抗性と表層部のコア密度から表層品質の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 実験パラメータ

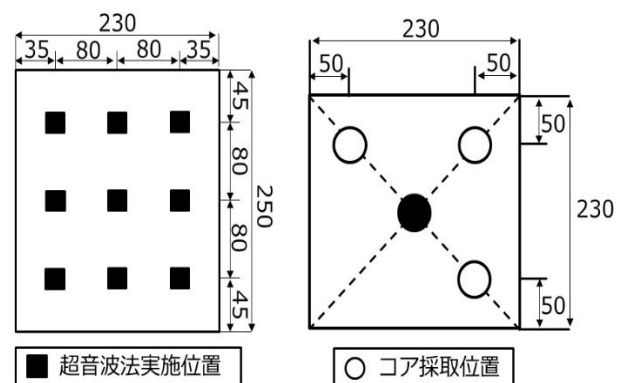


図-1 実験概要図

本研究の試験体を図-1に示す。左図は立面図、右図は平面図である。試験体は幅 230mm×230mm、高さ 250mm の型枠に、スランプ 12cm のコンクリートを打ち込み、1 回目の締固めを行った後、再振動を行った。実験パラメータとして、再振動を行うタイミングは、表-1 に示す、初期締固めから 30 分経過、60 分経過、ブリーディングが認められないタイミングとした。なお、本研究では 150 分経過でブリーディングが認められなくなった。試験体は、再振動を行う 3 体の試験体 A、B、C と再振動を行わない 1 体の試験体 D の計 4 体とした。

2.2 実験方法

コンクリートを型枠内に投入した後、型枠の中央にバイブレータを挿入し 1 回目の締固めを行った。

表-1 実験パラメータ

試験体 番号	～	30分 経過後	～	60分 経過後	～	150分 経過後	～
A	←→	⊙	←→				
B	←→			⊙	←→		
C	←→					⊙	←→
D	←→						

⊙ 再振動締固めを行うタイミング
←→ ブリーディング水の測定

その後、手で押し込まないように、コンクリートの表層にキッチンペーパーをあててブリーディング水量の測定を開始した。キッチンペーパーは試験体の幅に近い230mm×208mmとし、厚さはおよそ0.28mm～0.35mm、表面はエンボス加工、材質はパルプ100%である。記録した最初の時刻から105分の間は15分ごとに、その後ブリーディング水の発生量が減少したため、ブリーディングが認められなくなるまで30分ごとに測定した。

1回目の締固めから実験パラメータに示す時間経過後、同じ位置で再振動締固めを行った。

材齢28日経過後、超音波法にて、試験体の側面を透過する超音波伝播時間を測定した。超音波伝搬速度は緻密性が高いほど速度が速く、緻密性の評価試験方法として提案されている。測定した超音波伝播時間と透過した試験体の幅から、超音波伝播速度を算出した。また、図-1に示す位置でコアを採取し密度試験を行った。密度試験は、試験体を深さ方向に貫通させるようにコアを切り出し、試験体の上部、中部、下部それぞれの密実性、表層品質を評価するため、採取したコアを3等分にして水中に2日間浸漬させた。湿潤状態のコアの体積を測定し、その後、2日間炉乾燥(105℃±5℃)を行い乾燥状態の質量測定を行い、コアの密度を求めた。また、表層透気試験(トレント法)を行った。表層透気試験は、コンクリート表層を真空状態にし、気圧が回復する時間から表層品質(物質移動抵抗性)を評価する試験である。得られた表層透気係数 kT 値が小さいほど表層が密実であることを意味する。今回は試験体の側面の中心4箇所で行った。

3. 実験結果

3.1 ブリーディング水量の変化

本研究では、再振動時のブリーディング水量の変

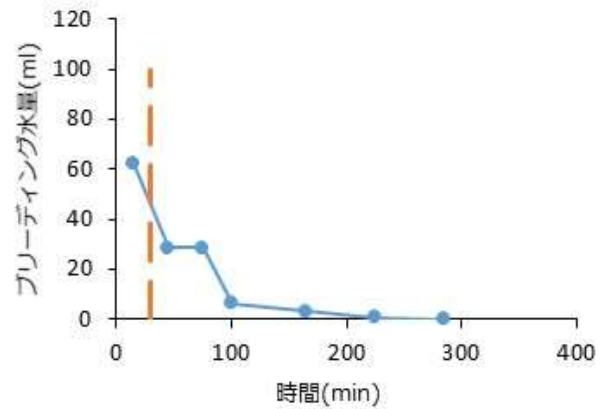


図-2 試験体 A におけるブリーディング水量の変化

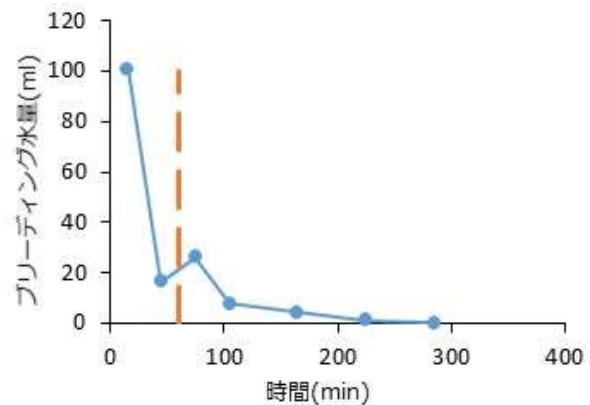


図-3 試験体 B におけるブリーディング水量の変化

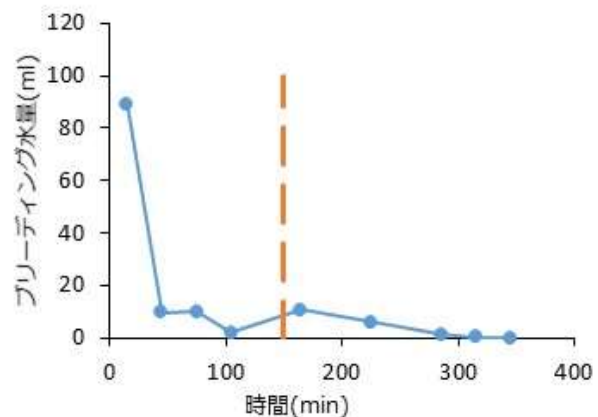


図-4 試験体 C におけるブリーディング水量の変化

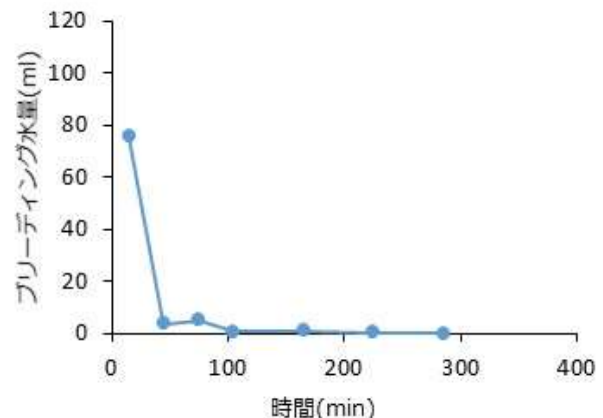


図-5 試験体 D におけるブリーディング水量の変化

化に着目し考察を行った。

図-2 に示すように、30 分経過後に再振動を行った試験体 A では、再振動時においてブリーディング水量に変化が見られなかった。この原因としては、再振動を行うタイミングが早く、コンクリート内の状態が初期締固め時の状態と変わらなかったためと考えられる。

図-3 に示すように、60 分経過後に再振動を行った試験体 B では、再振動後にブリーディング水量が増加した。これは、初期締固めで発生させたブリーディング水に加えて、さらにブリーディング水が発生し、コンクリート内の余分な水が取り除かれたためと考えられる。

図-4 に示すように、ブリーディング終了時に再振動を行った試験体 C では、試験体 B に比べ、再振動後のブリーディング水の増加量が少なかった。これは、凝結が始まっていたことで流動性が低下し、ブリーディングが抑制されていたことが影響していると思われる。

また、図-5 に示すように、再振動を行わなかった試験体 D では、初めにブリーディング水量が急激に減少し、その後も増加することなく減少し続け、ブリーディングが確認できなくなった。再振動を行わないことで、初期締固め以外にブリーディングに影響する要因がなく、ブリーディング水量が抑えられ、凝結の進行とともにブリーディング水が減少したものと考えられる。

3.2 コア密度と超音波法による密実性の評価

採取したコアから試験体の深さ方向の密実性について評価を行った。図-6 に示すように、試験体 B では上・中・下の密度がほぼ一定に上昇していることが確認できた。一方で、試験体 D では上部の密度が大きく、下部の密度が小さいことが確認できた。これは下部にコンクリート構成材料を充填しきれなかったと思われ、初期締固めだけでは、締固めが不十分であることが示唆される。

超音波法において試験体ごとに結果を比較すると、図-7 に示すように、試験体 B、C、D の密実性に大きな違いが見られなかった。その試験体の中でも特に、試験体 B は上・中・下において比較的密実性が高い傾向が見られた。

3.3 表層透気試験による表層品質の評価

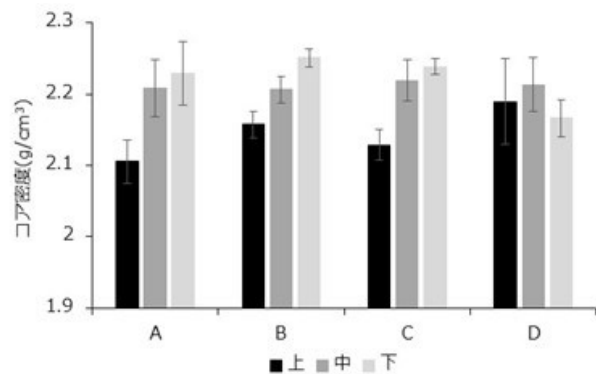


図-6 コア密度

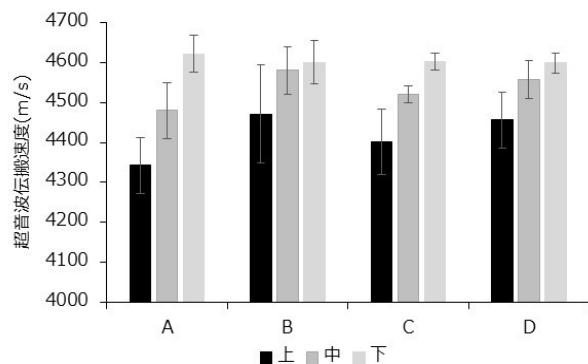


図-7 超音波伝播速度

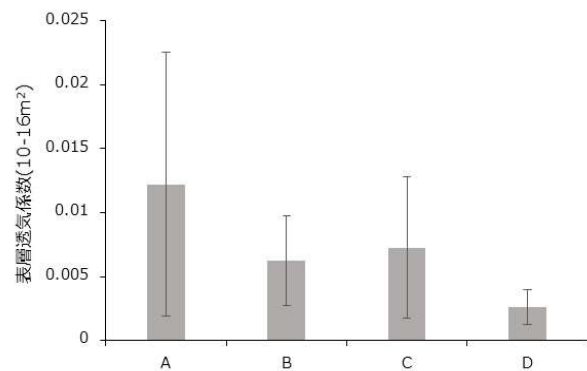


図-8 表層透気係数

表層透気試験の結果から、図-8 に示すように、再振動を行った試験体 A、B、C において、試験体 B が最も透気係数 kT 値が小さく密実性の評価との関係性が見られた。また、試験体 D において他の試験体と比べると透気係数 kT 値が小さかった。しかし、表層透気試験は、表面気泡の影響を受けるため、A,B,C 試験体は再振動によって内部から表面に気泡が出てきた可能性がある。試験体寸法が小さいことから、表面気泡の影響を受ける表層透気係数による評価は今後の検討課題としたい。

4. まとめ

再振動のタイミングを変化させることで、再振動後のブリーディング水発生量が変化する傾向が見られた。ブリーディング水量の変化と各試験の結果を比較すると、再振動時のブリーディング水の増加量が多いとコンクリートの密実性が高くなることが確認できた。また、試験体 C は再振動を行うタイミングが遅く、既にコンクリートが固まり始めていたと想定すると、コンクリートの性質が時間経過によって変化すると考えられる。これらのことから本研究の実験パラメータにおいて、最も密実性が高くなる再振動締固めは初期締固めから 60 分経過後であると思われる。しかし、実際の現場では、今回の実験パラメータと異なる様々な条件下で再振動締固めを行うことが想定される。今後の課題は、今回の実験と異なる試験体寸法、配合、打ち込み時の気温などにおいても同様な傾向が見られるか検討を行う。

参考文献

- 1) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書[施工編]，pp121-122，2017.
- 2) 竹村和夫，安部康俱：再振動締固めによる強度の増進効果について，セメント技術年報，Vol. 39，pp. 249-252，1985

実工事における品質確保の実践活動

1. 概要

新潟県土木部発注のボックスカルバート工事において、コンクリートの品質確保を目的とした実践活動を行った。

コンクリート工の基本事項を遵守することで、施工由来のひび割れを防止することを目的として開発された「施工状況把握チェックシート」の実習を行った。また、施工済みのボックスカルバートを対象に、「目視評価」による品質評価の実習を行った。実際のコンクリート打ち込み作業を対象とした「施工状況把握チェックシート」の実習を 2 回、施工済みのコンクリート構造物を対象とした「目視



図－9 施工状況把握チェックシートの実習状況



図－10 目視評価の実習状況



図－11 実習後の振り返り活動

評価」の実習を 2 回、延べ 55 人の技術者が参加し品質確保の実践活動を行った。

2. 実践活動の効果

コンクリート打ち込み状況をチェックした実習では、基本事項の項目を再確認するとともに、構造物

表-2 目視評価項目

1	2	3	4	5	6
沈みひび割れ	表面気泡	打重ね線	型枠継ぎ目の ノロ漏れ	砂すじ	面的な微細な ひび割れ

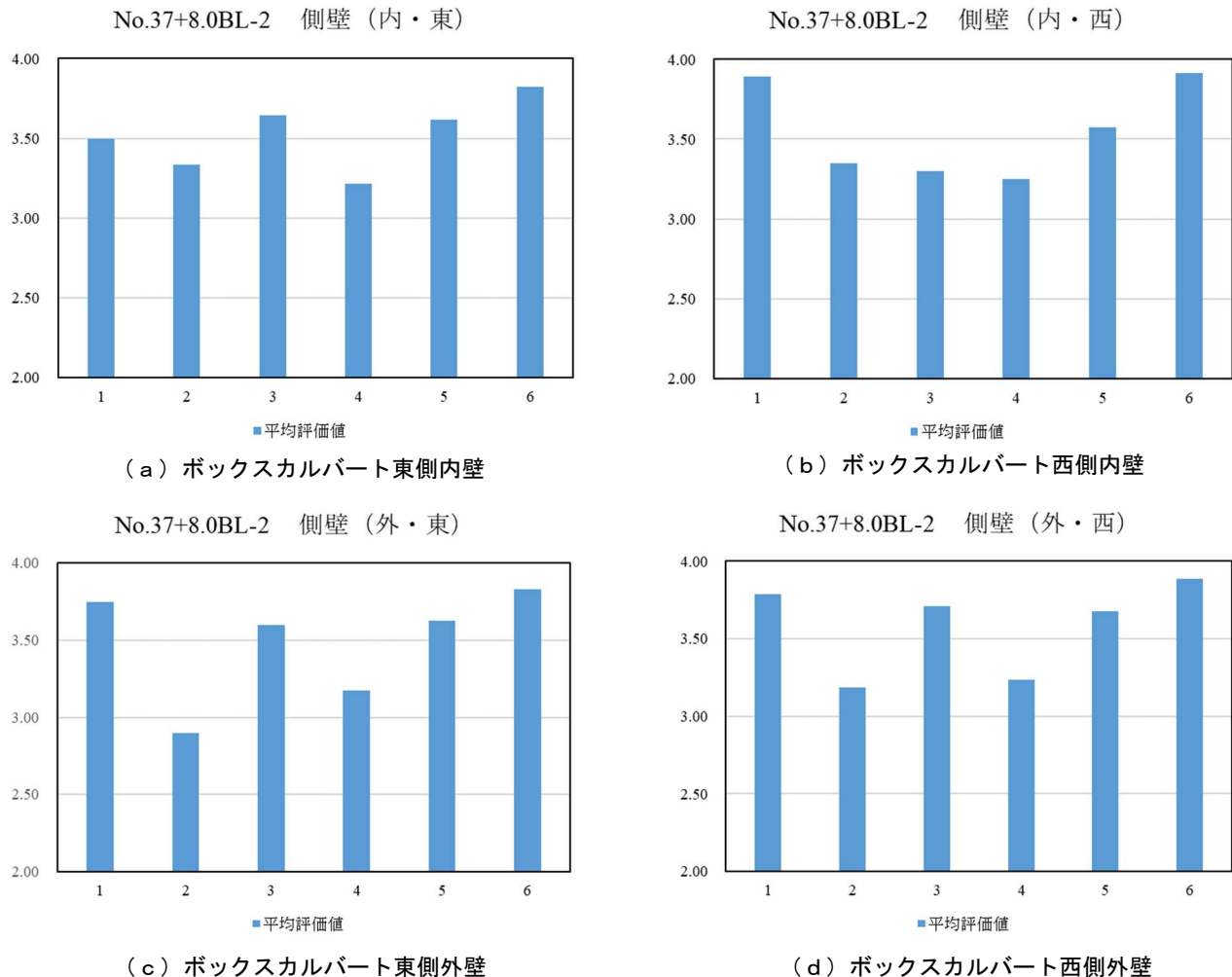


図-12 目視評価結果

の形状など、施工条件によって遵守状況の判定に迷う場面が見られた。これらは、実習後の振り返りの場で議論された。これまで見逃していた項目を、チェック「できる」、「できない」の観点から施工上の問題を抽出し、品質向上を目的とした議論を行うことができた。

また、「目視評価」の実習結果を図-12に示す。参加者のほとんどが「目視評価」による品質評価は初めてであったが、評価者による大きな差異が無い結果であった。また、表層品質に対する着目点が共通しており、評価結果をコンクリート施工に反映するPDCAサイクルの構築が可能であると考えられた。

3. まとめ

実際のコンクリート工事を対象とした実践活動により、コンクリートの品質向上を目的とした意識を向上することができたと考える。しかし、今回の振り返りでは、実際の工事担当者が臨場した振り返りを実践することができなかったことが残念である。

工事単位、構造物単位のPDCAサイクルの実践から、企業単位、地区単位、発注者単位など大きなPDCAサイクルを構築することで、コンクリート構造物の品質確保を確立できると考える。本事業の実践活動をキッカケとした品質向上への取組を継続していきたいと考える。