

一般財団法人新潟県建設技術センター

令和2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を目的とした施工方法の
実験的検討および実務者のリカレント教育を推進する事業

令和3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 田中 興次（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）
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（構成員）

新潟県におけるコンクリート構造物の品質確保を目的とした施工方法の 実験的検討および実務者のリカレント教育を推進する事業

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、担い手不足による品質低下が懸念される。本事業は、基本事項の一つであるコンクリート締固め作業について実験的に検討した。また、実現場において基本事項遵守の実践と品質評価を実施する学びの場を設けることを目的に、あえて基本事項を遵守しない、欠陥を有するコンクリート構造物を作り、施工プロセスと品質の相関をあきらかにし、社会人実務者のリカレント教育用教材とした。

本報告は、第1章として、コンクリート作業手順の一つであるコンクリート締固め作業において、再振動締固め作業の実施時期の判断指標確立を目指して行った実験の結果を報告する。次に、第2章として、実験結果を含めコンクリート作業手順の基本事項が品質に及ぼす影響を実務者が学ぶことができるコンクリート教材の作成について報告する。

第1章 表層品質に着目したコンクリートの締固め 判断指標の検討

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、締固め作業は作業者の経験値に依存している部分が多く、熟練技能者が不足する現状では、将来的な技量不足による品質低下が懸念される。加えて、コンクリート標準示方書²⁾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など多くの問題点が存在する。

また、既往の研究³⁾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。

このような背景から、昨年稲田らが行った研究³⁾では、ブリーディング終了時までに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評価することを試みている。その結果、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増加する傾向が見られ、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。

そこで本研究では、他の配合や打ち込み時でも適用可能となる定量的な再振動実施時期の判断指標の確立を目的とし、昨年の実験結果をもとに締固め作業完了の判断指標を、コンクリートの凝結状態から推定可能であると仮定した。凝結状態の推定方法としてN式貫

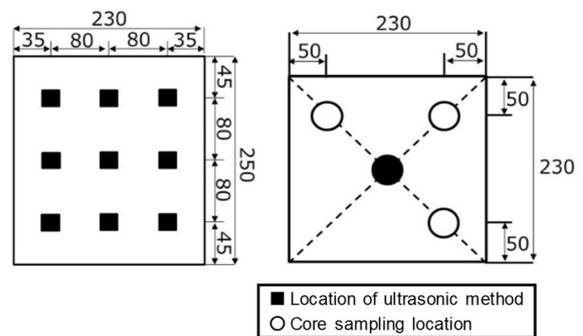


Fig.1 Test body

入試験を採用し、貫入割合より適切な再振動実施時期を定量的に示すことで検討を行った。また、間隙水圧計を用いてコンクリート内部の凝結状態の推測を行い、コンクリート硬化後に表層透気試験より表層品質を、採取したコアの密度測定と超音波法より密実性を評価した。

2. 先行研究

先行研究では、再振動時のブリーディング水量の変化に着目し、適切な再振動実施時期の考察を行った。以下に先行研究で行った実験概要および試験方法を示す。

2.1 試験体概要及び実験方法

昨年の研究で作成した試験体を Fig.1 に示す。左図は立面図、右図は平面図である。試験体は横 230mm×縦 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、試験体中心にバイブレータを挿入し 3 秒間初期締固めを行った後、設定した時間経過後に 10 秒間再振動を行った。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 ブリーディング試験

初期締固めを行った後、手で押し込まないよう、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、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。ブリーディング水の測定は最初の測定から 15 分ごとに行った。また、再振動を実施した後、5 分後にブリーディング水の測定を行い再振動直後のブリーディング発生量を測定した。

2.3 表層透気試験

材齢 28 日経過後、コンクリート硬化後に表層透気試験（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 箇所を測定を行った。

2.4 コア密度

Fig.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°C±5°C）を行い乾燥状態の質量測定を行い、コアの密度を求めた。

2.5 超音波法

Fig.1 に示す位置で超音波法にて、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。⁴⁾透過した試験体を測定した超音波伝播時間で除することで、超音波伝播速度を算出した。

2.6 得られた知見

昨年行った実験結果では、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増える傾向が見られ、初期締固め後 60 分経過後に再振動を行うことでブリーディング水発生量が最も多いことが確認できた。また、表層透気試験、超音波法、コア密度より最も密実性が高くなる再振動実施時期は初期締固め後 60 分経過後であり、再振動直後のブリーディング水発生量と硬化後のコンクリート品質には

関係性があると考えられる。

しかし、先行研究では一種の配合のみで検討されており、他の配合において再振動実施時期を時間的に決定することは困難である。よって、他の配合において同様の傾向がみられるか検討が必要である。

3. 実験概要

試験体及び各種試験は、先行研究と同様の条件で行う。また、昨年の研究で得られた結果より、60 分経過後のコンクリート性状で再振動を行うことで最もコンクリートの品質を向上させると仮定した。そこで本研究では、まず、N 式貫入試験を用いて、仮定した適切な再振動実施時期のコンクリート性状を定量的に示し、再振動実施の目安を設定する。次に、他の配合でも同様のコンクリート性状で再振動を行うことで、先行研究と同様の傾向がみられるか検討を行った。

本研究で新たに行う試験について以下に詳細を示す。

3.1 先行研究との違い

先行研究で得られた実験結果は、単一配合のみ結果であり、他の配合において再振動実施時期を時間的に決定することは困難である。本研究では、他の配合でも適用可能な再振動締固めの判断指標を定量的に示すため、コンクリートの凝結状態に着目し、N 式貫入試験を用いた判断指標の確立を目指す。また、間隙水圧計を用いてコンクリート内部の凝結状態の推測が可能か検討を行った。

3.2 N 式貫入試験及び貫入割合

N 式貫入試験とは、突き棒を落下させたときの貫入深さからコンクリート内部の凝結状態を簡易的に判定できる試験として提案されている。本研究では、再振動実施時期決定の指標として採用した。試験方法は既往の試験⁵⁾に準拠し、試験体内のコンクリート打ち上がり面（初期振動後）に対し、塩ビ管を鉛直に立て、これをサヤ管としてスランプ試験に使用する突き棒を鉛直方向に 1000mm 自由落下させ、コンクリートへの突き棒の貫入深さの測定を行った。

本研究では、コンクリート打ち込み時の貫入深さを最大貫入量とし、各時間経過後の貫入深さを測定し、最大貫入量における割合を算出した。（以後、貫入割合と称する）

試験実施時期は 10 分以上の間隔を空け、貫入位置をずらし 3 点を測定し貫入深さの平均値を算出した。

3.3 N式貫入試験を用いた再振動実施時期の設定

先行研究と同様の試験体を2体製作し、前述で仮定した適切な再振動実施時期である60分経過後の貫入割合の測定を行った。実験結果をTable 1に示す。また、経過時間と貫入割合の推移をFig.2に示す。

60分経過後の貫入割合の平均値を算出した結果、約46%であった。

よって本研究では、適切な再振動実施時期が貫入割合46%±5%であると仮定し、他の配合での再振動実施の目安とした。同時に、貫入割合70%±5%、30%±5%を再振動実施時期とした試験体と再振動を行わない試験体を作成し、各試験体に生じる傾向に違いがあるか検討を行った。

3.4 実験パラメータ

本研究では、先行研究で得られた結果の再現性を確認するため実験パラメータとして水セメント比45%、50%の2種類の配合を設定した。試験体の計画配合はTable 2に示す。

試験体名と各種試験体の再振動実施目安をTable 3に示す。

3.5 間隙水圧の測定

間隙水圧計の設置位置は、型枠内面から50mm、深さ150mmに1か所設置した。

間隙水圧は、コンクリート内部に存在する間隙水に骨材などからの圧密で発生する水圧であり、締め固めによるコンクリート内部の密実性の変化などを測定可能である。本研究では、間隙水圧の変化を測定し、再振動時の試験体内部の凝結状態の考察を行った。

4. 実験結果

4.1 各種試験体のN式貫入試験結果

Table 4に、各種試験体の再振動を実施した際の初期締め固めからの経過時間と貫入割合を示す。また、すべての試験体において、再振動実施時期の目安とした貫入割合±5%以内に収まった。したがって、本研究では、各種試験体は設定した凝結状態で再振動を実施したものとして考察を行う。

4.2 ブリーディング水量の変化

Fig.3に、初期締め固め後からブリーディング終了までのブリーディング水の発生量の推移の一例を示す。また、グラフ内に点線で示されている部分が再振動を実施したタイミングとなっている。

本研究では、再振動直後のブリーディング水の発生量に着目して考察を行った。

45-Aおよび50-A（以後、A群と称す）、45-Bおよび50-B（以後、B群と称す）では、ブリーディング水が増加する傾向がみられ、45-Cおよび50-C（以後、C群と称

Table 1 penetration rate index

No	Indicator A				
Elapsed time(min)	0	15	30	60	100
penetration(mm)	86	75	47	43.5	27
Penetration ratio(%)	100	87.2	54.7	50.6	31.4

No	Indicator B				
Elapsed time(min)	0	15	30	60	100
penetration(mm)	129	105	71	54.5	50
Penetration ratio(%)	100	81.4	55.0	42.2	38.8

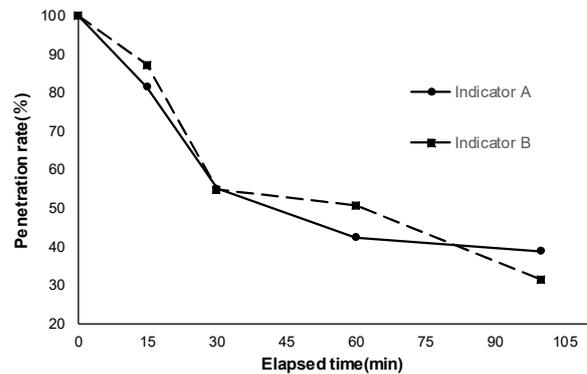


Fig.2 Changes in penetration rate

Table 2 Plan formulation

(a) W/C 45%

slump (cm)	W/C (%)	air (%)	s/a (%)	Unit Weight (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE
12	45	4.5	40	168	373	704	1063	3.73

(b) W/C 50%

slump (cm)	W/C (%)	air (%)	s/a (%)	Unit Weight (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE
12	50	4.5	40	170	336	711	1082	3.36

Table 3 Re-vibration guidelines

W/C(%)	No	penetration rate(%)
45	45-A	70 ±5
	45-B	46 ±5
	45-C	30 ±5
	45-D	
50	50-A	70 ±5
	50-B	46 ±5
	50-C	30 ±5
	50-D	

Table 4 Elapsed time and penetration rate

No	45-A	45-B	45-C	45-D
Elapsed time(min)	30	55	130	
Penetration rate(%)	73.7	49.5	32.4	

No	50-A	50-B	50-C	50-D
Elapsed time(min)	40	95	195	
Penetration rate(%)	65.4	48.8	29.3	

す)では、変化しないまたは僅かに増加などブリーディング水の発生量の変化が小さい傾向がみられた。

この理由としては、A群では再振動を行うタイミングが早く、コンクリート内の流動性が高い状態であったため、コンクリート内部の構成材料の移動によって水が浮き出たと考えられる。

B群では、コンクリート内部の凝結進行によって、構成材料が適度に固定されはじめ空隙が生じ、再振動により空隙内の余剰水分を排出するよう働いたためと考えられる。

C群では、さらに凝結が進行しており、コンクリート内部の流動性が大きく低下している状態であると考えられる。そのため再振動によるブリーディングの発生を抑制したと考えられる。また、再振動を行っていない45-Dおよび50-Dと45-Cおよび50-Cを比較すると、ブリーディング水の発生量の推移に同様な傾向がみられた。このことよりC群は、凝結の進行により再振動の影響を受けづらい状態であったと考えられる。

45-Aと45-B、50-Aと50-Bを比較すると、B群のブリーディング水の増加量が大きい傾向がみられた。これは、先行研究で得られた結果である適切な再振動実施時期での締め固めがブリーディング水の発生量を大きくするという結果と同様であった。

4.3 間隙水圧の変化

コンクリート打ち込み時からブリーディング終了まで間隙水圧の測定を行ったが、本研究では再振動時における間隙水圧の変化に着目し、再振動時の試験体内部の凝結状態の考察を行う。

一例として、45-Aと45-Cの間隙水圧の変化を測定した結果をFig.4に示す。点線で囲まれた範囲が再振動時の間隙水圧の変化を示している。再振動を行うことで、間隙水圧が増加および低下する傾向がみられた。以後本論文では、間隙水圧が増加する現象を正圧、低下する現象を負圧と称する。

正圧の発生原因としては、構成材料が締め固まり密実になることや、凝結が進行し流動性が低い状態で振動を与えることで、空隙内の余剰水が排出されようとする際に、周りの構成材料から負荷がかかり、センサーに水圧がかかる場合などが考えられる。負圧の発生原因としては、流動性の高いコンクリートへの振動による構成材料の沈降や、流動性を適度に保った状態で振動を受けた際に、空隙内の余剰水が構成材料からの負荷を受けずに排出されるなどして、センサーに表面張力が生じるためと考えられる。

C群において、比較的的正圧が生じやすい傾向がられたが、その他の試験体では共通する傾向は見られなかった。

次に、各試験体の再振動時の正圧および負圧の最大値を算出した。Table 5に算出結果を示す。

A群およびB群では、正圧より負圧が大きい傾向が

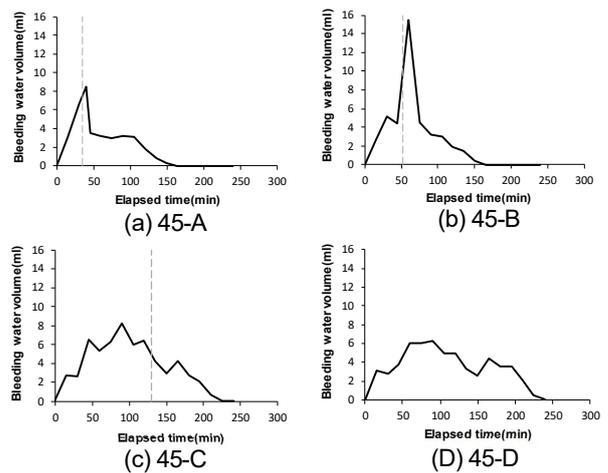


Fig.3 Change in bleeding water

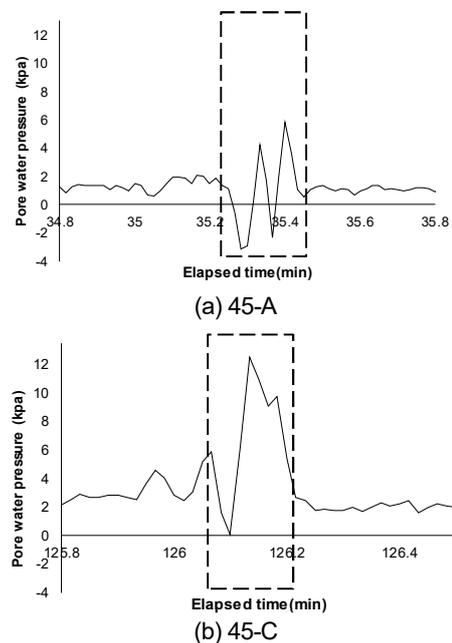


Fig.4 Change in pore water pressure

Table 5 Maximum value of pore water pressure

No	45-A	45-B	45-C
positive pressure(kpa)	4.94	6.29	12.48
negative pressure(kpa)	-5.13	-7.27	-4.28

No	50-A	50-B	50-C
positive pressure(kpa)	6.24	2.03	7.87
negative pressure(kpa)	-11.40	-4.60	-6.10

みられた。これは、試験体Aでは先述した構成材料の沈降によるもの、試験体Bでは余剰水のスムーズな排出が理由として考えられる。一方で、C群では正圧が負圧より大きくなる傾向がみられた。これは、凝結が進行しており、空隙内の余剰水が排出されようとする際の構成材料からの負荷が影響していると考えられる。

間隙水圧の測定結果より、B群ではブリーディング水の排出が可能なコンクリート性状を保っていると考えられる。一方で、C群ではブリーディング水が抑制

されるような状態であると考えられる。このことから、4.2 の再振動時のブリーディング水の発生傾向とコンクリート内部の凝結状態には関係性があるのではないかと思われる。

4.4 表層透気試験による物質移動抵抗性の評価

各種試験体の表層透気試験の結果を Fig.5 に示す。図中の値は、試験体側面の中心 4 箇所測定した平均値を示す。表層透気係数は値が低いほど物質移動抵抗性の高く表層が緻密であることを意味する。

各試験体を比較すると、B 群が最も表層透気係数が低い値を示した。一方で、再振動を行っていない D 群では表層透気係数 kT が高くなる傾向がみられた。このことから、ブリーディング終了以前の再振動締固めには、一定の効果があり、特に仮定した適切な再振動実施時期で締固めを行うことで、最も表層部の密実性を向上させることができたと考えられる。

4.5 コア密度と超音波法による密実性の評価

コンクリート硬化後、試験体を上部、中部、下部に分け、深さ方向の密実性の評価を行った。各種試験体から採取したコアの密度測定結果を Fig.6 に示す。

採取したコアを 3 分割し、それぞれ密度を比較すると、B 群で比較的密度が大きい傾向がみられた。また、再振動を行っていない D 群においてコア上部から下部にかけて密度差が大きい傾向がみられた。これは、初期締固めだけでは締固め不十分でコンクリート構成材料が均一に行き渡らなかったためと考えられる。

次に、超音波法による超音波伝播速度の測定結果の一例を Fig.7 に示す。本研究では、各試験体で測定した超音波伝播速度に大きな違いは見られなかった。

4.6 実構造物による実証実験

2020 年 12 月 2 日に、実構造物を想定した実証実験を行った。試験体は、幅 900mm×250mm、高さ 1500mm の型枠を作成し、4 層に分け打ち重ね、試験体上層部で再振動の有無による表層品質評価を行った。

試験体半面で貫入割合 45%を目安に再振動を行い、もう半面を再振動なしとした。また、初期締固めから再振動実施までの経過時間は 130 分であった。以後、再振動を実施した面を A 面、再振動を行わなかった面を B 面と称す。

型枠解体後の試験体の様子を Fig.8 に示す。

コンクリート硬化後材齢 28 日を目安に表層透気試験を実施予定であったが、冬季に作成した試験体であったため表層透気試験を実施可能な含水率に達せず、測定不可能であった。したがって、表層部の密実性の簡易的な評価方法として表面含水率の測定と目視による表層部の考察を行った。

Fig.8 に示す A1 および A2, B1 および B2 で表面含水率を測定した。また測定は、試験体をテントで覆

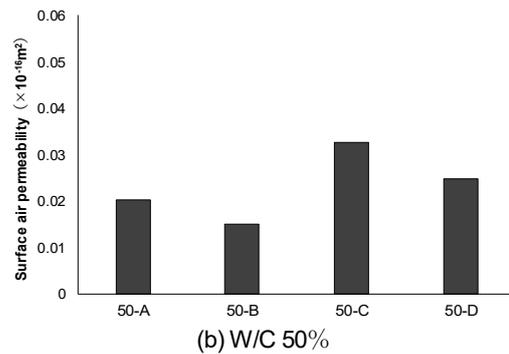
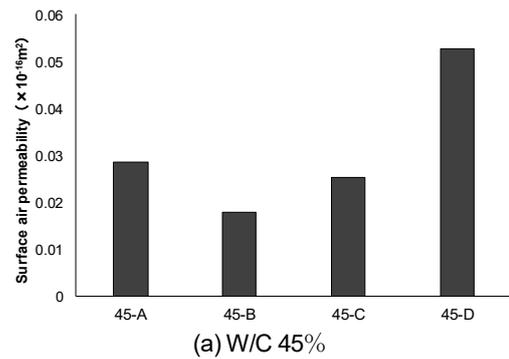


Fig.5 Surface air permeability

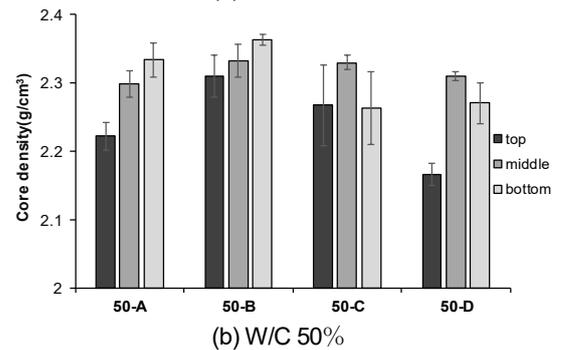
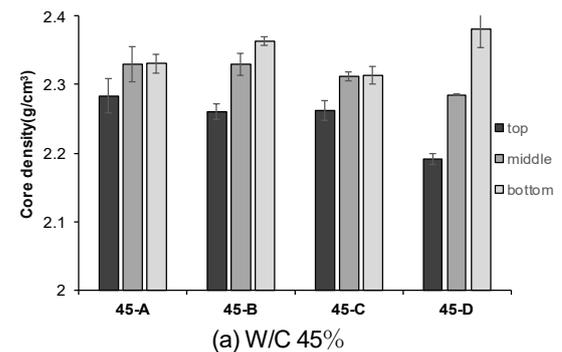


Fig.6 Core density

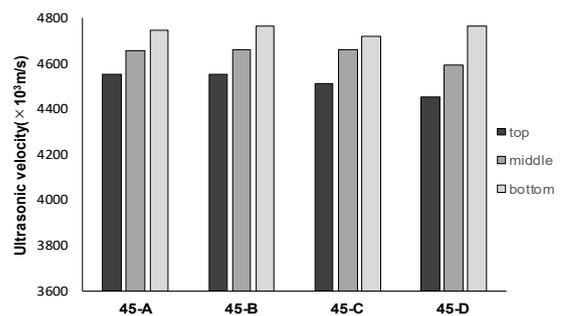


Fig.7 Ultrasonic velocity

い、雨がかけられないような環境に2日間おき、A面、B面ともに同じ乾燥状態で行った。表面含水率の測定結果をTable 6に示す。

測定結果より、B面の含水率がA面に比べ大きい傾向がみられた。これは、再振動を行わなかったことで表層部に空隙が残り、外部からの水分をより吸水してしまうことが原因であると考えられる。既往の研究⁹⁾では、密実なコンクリート表層であるほど、表面水分が早く減少し、表面が比較的早期に乾燥する傾向が報告されており、本実験でも同様の傾向がみられたと考えられる。

次に、A面およびB面の表面の様子をFig.9に示す。実線で囲まれ範囲が、打ち重ねの上層部となっている。

仕上がった表層に着目すると、A面はムラがなく均一に表層が仕上がっているように見える。一方で、B面では、全体的に白いシミのようなものが浮き出ているように見える。これは、表層部に石灰分などが浮き出て形成される白華現象が原因であると考えられる。また、B面では、表面気泡や微細なひび割れなどが多くみられた。

このように、本実験からもブリーディング終了以前に再振動を行うことで、表層品質の向上に期待できると思われる。しかし、現状では表層品質の定量的な評価を行っていない。よって、今後、表層部の密実性を評価する表層透気試験などの実施を検討している。

4. まとめ

本研究で得られた知見は以下に示すとおりである。

- (1) 先行研究に引き続き、再振動実施時期とブリーディング水の発生量の変化傾向に関係がみられた。また、間隙水圧の測定結果より、ブリーディング水の発生傾向と凝結の関係性について考察を行うことができた。
- (2) N式貫入試験を用いることで、時間的に設定できなかった再振動実施時期を定量的に示すことができた。また、表層品質評価試験より、貫入割合46%での再振動が最も密実性を向上させた。
- (3) 実構造物による実証実験より、スケールの異なるコンクリートでも一定の効果が得られる見込みが示唆された。ただし、表層品質を評価するには根拠不足であるため、表層透気試験や超音波法など表層評価試験の実施や長期的にみた表層品質への影響調査など今後さらなる検証が必要である。



Fig.8 View of the test body

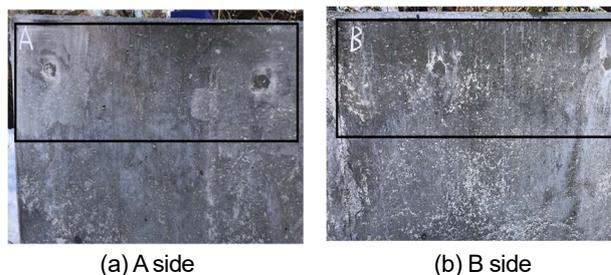


Fig.9 Test Body Surface

Table 6 Surface moisture content

No	Surface moisture content (%)
A1	6.03
A2	5.73
B1	6.80
B2	6.90

引用文献

- 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
- 3) 稲田晃大：密実性に着目したコンクリートの締固め判断指標の検討，2019
- 4) 非破壊・微破壊試験によるコンクリート構造物の検査・点検マニュアル：独立行政法人土木研究所・社団法人日本非破壊検査協会，pp165-168
- 5) 山田浩嗣，樋原弘貴，添田政司，阿部稜：各種コンクリートにおける再振動がブリーディング及び硬化後品質に及ぼす影響，Cement Science and Concrete Technology，Vol.71，pp. 682-688，2018
- 6) 中澤文香，村上祐貴，上村健二，井林康：吸水させたコンクリート表面の輝度の時間変化に基づく表層品質評価に及ぼす風速の影響，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会，V-563，2019

第2章 実務者のリカレント教育用教材の作成

1. 教材の概要

山口県において先進的に進められているコンクリート構造物の品質確保に関する取り組みは、国土交通省東北地方整備局における復興道路建設に波及し、新潟県においてもデータベース構築とガイドラインの整備が進められている。この取り組みでは、コンクリート打込み作業時に、基本事項の遵守を確認するツールとして「施工状況把握チェックシート」(図-1)が使用されている。このシートは、コンクリート標準示方書及び各発注機関の工事共通仕様書に示される事項をA4サイズ用の紙1枚に集約したものである。チェック項目は、コンクリート構造物の品質を確保するために必要な施工上の留意事項であり、施工者と監督者の双方が遵守状況を把握することで、適切な施工管理が行われたことを証明する品質管理資料にもなる。

本事業では、上記のチェックシートを使わずとも経験からコンクリート打込み作業の適否を判断してきた熟練技能者あるいは熟練技術者の不足を補うために、経験の浅い技術者への教育を目的とした教材を作成した。

教材は、チェックシートに示される基本事項をあえて遵守しない、欠陥を有するコンクリート構造物を作り、施工プロセスと品質の相関をあきらかにし、基本事項遵守の必要性を学ぶものである。

1.1 教材の構造と打込み方法

教材は、高さ1500mm、幅900mm及び1800mm、厚さ250mmとし、シングルまたはダブル配筋の鉄筋コンクリート構造である。鉄筋の配置は教材によって異なり、1教材で配筋間隔が変化する教材も作成した。これは、電磁波レーダーを使用した非破壊による鉄筋探査の教育に活用する目的がある。

コンクリートの配合種別を表-1に示す。

コンクリート打込み作業は、クレーン及びコンクリートホッパーにより行った。また、締固め作業は高周波バイブレーター(フレキ直径30mm、周波数200/240Hz)を使用した。

1.2 教材の構成

教材は、図-3、図-4、図-5に示す3体を作成した。各教材の不良点とあえて遵守しない基本事項の項目をそれぞれ、表-1、表-2、表-3に示す。

尚、各教材の不良点は、コンクリート構造物の表層品質を評価する手法として開発され東北地方整備局で活用されている「目視評価」(図-2)の5つの評価項目と締固め不良で生じる「豆板」の計6項目である。

【施工状況把握チェックシート(コンクリート打込み時)】

事務所名	工事名		工区			
構造物名	部位		リフト			
受注者	確認者					
配合	確認日時					
打込み開始時刻	予定	実績	打込み開始時気温	天候		
打込み終了時刻	予定	実績	打込み量(m ³)	リフト高(m)		
施工段階	チェック項目			メモ	記述	確認
準備	運搬装置・打込み設備は汚れていないか。					-
	型枠面は濡らせているか。					-
	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はないか。					-
	かぶり内に結束線はないか。					-
	硬化したコンクリートの表面のレイタンス等を取り除き、ぬらしているか。					-
運搬	コンクリート打込み作業員 ⁽⁹⁾ に余粉を持たせているか。					-
	予備のバイブレータを準備しているか。					-
	発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしているか。					-
	練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。					-
	ポンプ配管内部の潤滑性を確保するため、先送りモルタルの圧送等の処置を施しているか。					-
打込み	鉄筋や型枠は乱れていないか。					-
	横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを垂直に降ろしているか。					-
	コンクリートは、打込みが完了するまで連続して打ち込んでいるか。					-
	コンクリートの表面が水平になるように打ち込んでいるか。					-
	一層の高さは、50cm以下としているか。					-
	2層以上に分けて打ち込む場合は、上層のコンクリートの打込みは、下層のコンクリートが固まり始める前に行っているか。					-
	ポンプ配管等の吐出口から打込み面までの高さは、1.5m以下としているか。					-
	表面にブリーディング水がある場合には、これを取り除いてからコンクリートを打ち込んでいるか。					-
	バイブレータを下層のコンクリートに10cm程度挿入しているか。					-
	バイブレータを鉛直に挿入し、挿入間隔は50cm以下としているか。					-
締固め	バイブレータの振動時間は15~15秒としているか。					-
	締固め作業中に、バイブレータを鉄筋等に接触させていないか。					-
	バイブレータでコンクリートを横移動させていないか。					-
	バイブレータは、穴が残らないように徐々に引き抜いているか。					-
養生	硬化を始めるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか。					-
	コンクリートの露出面を保湿状態に保っているか。					-
変更事項等	保湿状態を保つ期間は適切であるか。					-
	型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度に達した後であるか。					-

図-1 施工状況把握チェックシート

評価基準	一般用目視とされる範囲				不適合
	4点	3点	2点	1点	
① 洗みひび割れ					構造物のオナナから不良点と判定される状況で撮影を要するもの
② 表面気泡					
③ 打重線					
④ 型枠破れ					
⑤ 砂すじ					

図-2 目視評価シート

表-1 配合種別

呼び強度(N)	スランプ(cm)	最大骨材寸法(mm)
24	5, 8	25

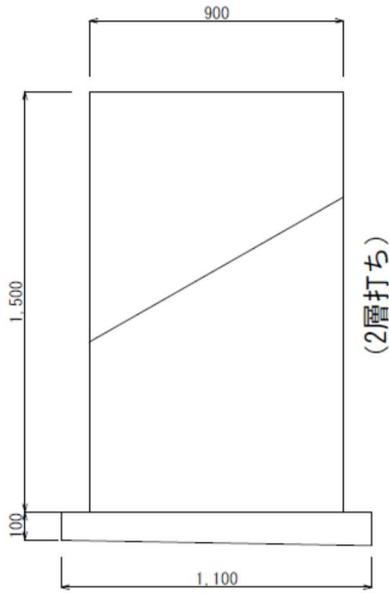


図-3 教材 (1)

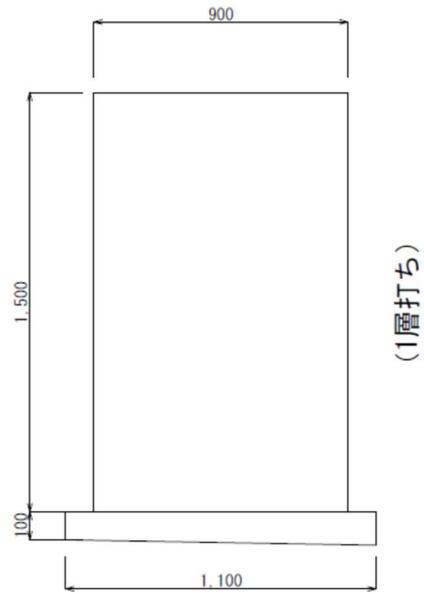


図-4 教材 (2)

表-2 教材 (1) 不良点及び非遵守事項

品質不良点	遵守しない事項
豆板	<ul style="list-style-type: none"> 吐出口から打込み面までの高さを 1.5m以下としない バイブレーターを挿入しない
斜めの打ち重ね線	<ul style="list-style-type: none"> 表面が水平になるように打込まない 打込み完了まで連続して打込まない (打込み時間間隔を超過)

表-3 教材 (2) 不良点及び非遵守事項

品質不良点	遵守しない事項
沈みひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> 一層の打込み高さを 50cm 以下としない (1.5m 一気に打込み)
砂すじ (面的な砂すじ)	<ul style="list-style-type: none"> バイブレーターの振動時間は 5~15 秒としない (振動時間超過) 加水によるブリーディング水の増加

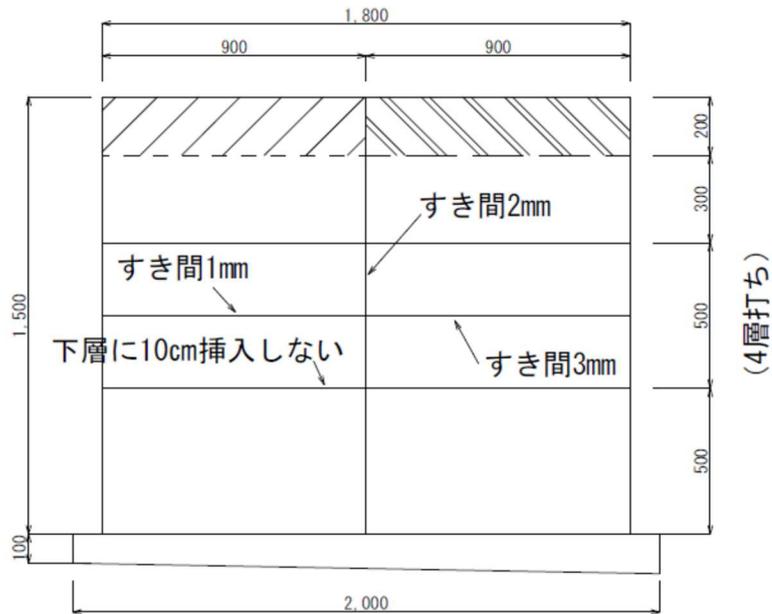


図-5 教材 (3)

表-4 教材（3）不良点及び非遵守事項

品質不良点	遵守しない事項
打ち重ね線 (時間間隔)	<ul style="list-style-type: none"> ・打込み完了まで連続して打込まない(打込み時間間隔を超過) ・ブリーディング水を取り除かない ・バイブレーターを下層のコンクリートに 10cm 程度挿入しない
型枠継ぎ目のノロ漏れ	<ul style="list-style-type: none"> ・型枠の継ぎ目にすき間を空ける <p>1mm, 2mm, 3mm</p>



図-6 コンクリート打込み状況

また、教材（3）については、最上層（20cm）を2分割し、半分は打込み後再振動を行い、半分は再振動を行わない範囲を作った。第1章にて、打込みから再振動締固めまでの経過時間とその判定経過を示している。

2. 教材の品質評価

第1章では、材齢28日経過後の表層品質について表面含水率から考察を行った。その後、材齢91日を経過した時点で表層透気係数を測定した。しかし、打込みが12月2日であったことから、材齢91日経過後も表面含水率が高く、表層透気係数により表層品質を比較することはできなかった。これは、表層透気係数の測定値はコンクリートの含水率に依存するためである。

今後、コンクリート表面の乾燥が進行するため、更に材齢が経過した時点であらためて測定し品質評価を行う。

尚、実務者を対象として、この教材を活用した技術講習会を令和3年6月に開催する予定であり、その際

に品質評価手法の解説とともに測定結果の考察を解説し、施工プロセスと品質との関係について学んでもらう計画である。



図-7 教材（1）



図-8 表層透気試験実施状況