# 一般財団法人新潟県建設技術センター 平成 28 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表層品質向上を目的とした 施工方法及び評価手法の検討に関する事業」

平成 29 年 3 月

研究代表者

一般社団法人新潟県コンクリートメンテナンス研究会

陽田修

## 新潟県におけるコンクリート構造物の表層品質向上を目的とした 施工方法及び評価手法の検討に関する事業

陽田 修<sup>1</sup>·井林 康<sup>2</sup>·田中 泰司<sup>3</sup>·村上 祐貴<sup>4</sup>

- 1 (一社) 新潟県コンクリートメンテナンス研究会 幹事
  - 2 長岡工業高等専門学校環境都市工学科 准教授
    - 3 東京大学生産技術研究所 特任准教授
  - 4 長岡工業高等専門学校環境都市工学科 准教授

#### 1. はじめに

コンクリート構造物の劣化は、コンクリート表面 から内部に劣化因子が侵入することで内部の鋼材腐食 やコンクリート自体に変質が生じ、コンクリート構造 物の機能が低下していく現象である. 特に新潟県内の コンクリート構造物は、海岸沿岸部、寒冷地の山間部 など、厳しい環境条件に曝され、塩害、凍害などによ る劣化が顕著である.

これまで著者らは、「目視評価手法」による表層品質判定を長岡市及び糸魚川市の既設構造物を対象に行った.

この結果から、コンクリートの表層品質は、生コンクリート中の水分が影響していると考えた.

本研究では、配合、型枠材料、打込み方法の違いによる 水の作用を透明型枠の試験体で観察し、従来の施工方法を 検証し、表層品質向上につながる新たな施工方法を検討す ることを目的とした.

また、表層品質を評価する簡易な手法として提案されている目視評価手法と表面吸水試験及び表面透気試験を用いて、試験体の初期材齢における表層品質評価を行った.

## 2. 既設構造物で行った目視評価結果

#### 2.1 目視評価手法

目視評価手法は、コンクリート構造物の表面の目視評価によるPDCAで品質向上につなげる品質管理手法として提案されている評価方法である<sup>1)</sup>. 参考文献に示されている評価項目は図-1の5項目であるが、著者らが長岡市及び糸魚川市の既設構造物を対象に行った目視評価では、図-2及び図-3に示す、⑥微細な収縮ひび割れ、⑦豆板の2項目を加えた7項目で評価した.



図-1 目視評価の項目と判定基準

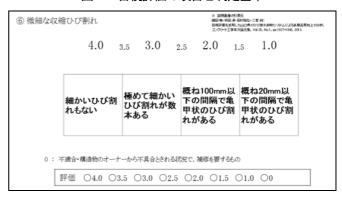


図-2 微細な収縮ひび割れの判定基準

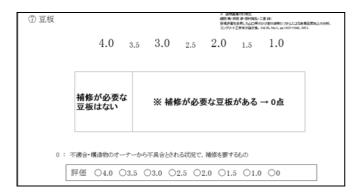


図-3 豆板の判定基準

図-1に示されるように、各評価項目の評価基準を4 段階に分け、それぞれを4、3、2、1点とした. ただし、 図-2及び図-3に示すように、判断に迷った場合、中間 の1.5、2.5、3.5点の評価も可能とした.

## 2.2 既設構造物で行った評価結果

長岡市内の既設構造物は、ボックスカルバート×1、橋梁下部工×4の構造物5基を対象とした。ボックスカルバートは内側の右壁、左壁で区分し、橋梁下部工は地上で目視できる高さの打設リフトを評価対象に区分した。評価は、16名の評価者で行った。



図-4 長岡市内における目視評価状況

糸魚川市内の既設構造物は、ボックスカルバート×4、橋梁下部工×4、擁壁×1の構造物9基を対象とした。ボックスカルバートは内側の壁1面、橋梁下部工及び擁壁は地上で目視できる高さの打設リフトを評価対象に区分した。評価は、10名の評価者で行った。

2.1で前述したように、目視評価はPDCAで品質向上につなげることを目的に提案されたものであり、評価点で施工の優劣を評価するものではないが、本研究では、表層品質

に影響する要因を抽出し、従来の施工方法を改善することを目的とするため、評価点(評価者の平均)3.0点未満となる評価項目に着目した.

これは、東北地方整備局の手引き2 に記される、

「2点」: 明らかに改善の余地がある状態

「1点」:「2点」より劣る状態

の評価指標を参考とした. ちなみに, 手引きでは, 「2点」 以下であっても, 従来は竣工検査を合格したものが大半で あり, 構造物の耐久性確保の流れの中で品質向上につなげ るための評価とされている.



図-5 糸魚川市内における目視評価状況

表-1に長岡市内の既設構造物目視評価において、評価点3 点未満となった構造物及び評価項目を示す.

表-1 長岡市内の既設構造物目視評価結果

構造物種別	вох		橋台		橋脚(1)		橋脚
評価項目	右壁	左壁	1リフト	2リフト	1リフト	2リフト	(2)
②表面気泡			2. 78				
③打重ね線	2. 54	2. 85	2. 56				
④型枠継ぎ目の砂すじ	2. 65		2. 56				
⑤面的な砂すじ							2.80
⑥微細な収縮ひび割れ			2. 38	2. 94	2. 59	2. 97	2. 70

表-2に糸魚川市内の既設構造物目視評価において、評価 点3点未満となった構造物及び評価項目を示す.

表-2 糸魚川市内の既設構造物目視評価結果

構造物種別評価項目	B0X (1)	B0X (2)	B0X (3)	橋台	橋脚 (1)	橋脚 (2)	橋脚 (3)
②表面気泡		2. 89					2. 95
③打重ね線	2. 70	2. 44		2. 95			2. 90
④型枠継ぎ目の砂すじ							
⑤面的な砂すじ							
⑥微細な収縮ひび割れ			2. 39		1. 85	2. 44	2. 30

両地区とも,橋台及び橋脚において「⑥微細な収縮ひび割れ」が多く見られた.これらの目視評価平均点は構造物単位で1.85~2.59と低く,評価者によって若干のバラツキはあるが,他の評価項目に比べて低い評価結果となった.尚,表-2の糸魚川市内BOX(3)は2.39点と評価されているが,これは盛土工前のBOX外面で評価を行っている.これら構造物の施工業者によると,竣工検査の段階で「微細なひび割れ」は確認されなかったようである.よって,日射及び風,雨,雪などに曝された環境で時間の経過とともに生じたものと推測した.

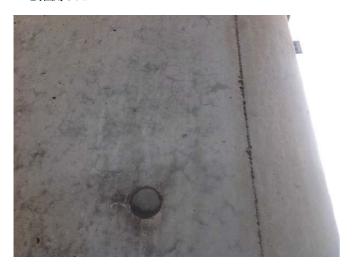


図-6 橋脚に見られる微細な収縮ひび割れ

「③打重ね線」は、両地区のBOX内面で見られた。また、 長岡市内のBOX右壁では、打重ね線の色むらに沿った微細なひび割れが確認された。



図-7 ボックスカルバート内面に見られる打重ね線

糸魚川市内の橋台,橋脚で僅かに3点を下回る「打重ね線」が見られたが、これらは、日射及び風、雨、雪などに曝されない箇所であり、逆にその他の橋台、橋脚は日射や

風に曝されることで、コンクリート表面が乾燥し色が白くなり、打重ね線の色むらが見えなくなったため評価点が良いと推測した.

「②表面気泡」,「④型枠継ぎ目の砂すじ」,「⑤面的な砂すじ」は,構造物や部位に規則性が無く生じている.



図-8 表面気泡及び型枠継ぎ目の砂すじ



図-9 面的な砂すじ

## 2.3 目視評価結果から抽出した課題

表-3に、目視評価結果から得られた表層品質の問題点 (評価点が低い状況)と考えられる原因を推測し、品質向 上への課題を抽出した.課題は、施工上の分類として「配 合」、「型枠」、「打込み」、「養生」に分類した.

「配合」: ブリーディング水(多少), 材料分離

「型枠」: 材質の違いと継ぎ目の隙間

「打込み」: 締固め時間, 打重ね間隔(時間)

ブリーディング水(処理),施工の基本事項遵守(材

料分離防止,再振動)

「養生」: 脱型時期と早期の乾燥 これら4分類を課題として抽出した.

表-3 目視評価結果から抽出した品質向上の課題

	目視評価で見ら	れた表層品質の問題点		考えられる原因	課題抽出	分類								
2	表面気泡	・不規則, 発生箇所を特定できない ・大小様々 ・上層部で顕著	- 振動(締固め)の時間 - 振動(締固め)の範囲 (バイブレータ挿入間隔) - 上層部は気泡が抜けない	・締固め時間5~15秒の目安があいまい (コンクリート標準示方書) ・挿入間隔をマークしても条件が異なる (生コンの量、投入量、横流し、締固め時間) ・圧密が上層部はかからない ・締固め作業が上層部だけ1回 (下層との再振動がかからない)	- 締固め時間5~15秒のあいまいさを解消 (スランプ、対象ボリューム) - ある程度均一な投入量 - バイブレーケ挿入位置 (壁の中央、壁際) - 上層部で気泡を抜く - 再振動、型枠全体の振動	打込み								
					・型枠の違い	型枠								
	打重ね線	<ul><li>・水平な色むら線</li><li>水平な打ち重ねはされている</li></ul>	・打重ね間隔(時間) ・ブリーディング水と型枠	・打重ね間隔が長い。	・ブリーディング水	配合								
(3)	(色むら)	・各リフトの上が黒っぽい	型枠接触面で何か?	<ul><li>・型枠面にブリーディング水が集まる</li></ul>	・打重ね間隔(時間)の違い ・ブリーディング水	打込み								
3	打重ね線に沿った 微細なひび割れ	<ul><li>色むらに沿ったひび割れ</li><li>時間の経過とともに発生</li></ul>			・バイブレーターの挿入(下層へ10cm以上)不足? 一下層への挿入だけでは防げないかも? ・打ち重ね間隔(時間)が長すぎる? 一適当な時間は? 表面の状態で判断できないか?	打込み								
			・型枠の目違い、すき間	・型枠精度,組み立て精度 → 技量不足	・くぎ以外で型枠を締め付け ・すき間テープ	型枠								
(4) (5)	<ul><li>型枠継ぎ目の砂すじ</li><li>面的な砂すじ</li></ul>	<ul><li>・型枠の継ぎ目に沿った砂すじ</li><li>・継ぎ目に関係無い表面の砂すじ</li></ul>	→ノロ漏れ ・バイブレーターのかけ過ぎ							→ノロ漏れ ・バイブレーターのかけ過ぎ		・締固め時間5~15秒の目安があいまい	・配合(ブリーディング)	配合
			・生コンの分離	・ブリーディング水 ・横流し	・締固め時間5~15秒のあいまいさを解消 ・施工の基本事項遵守	打込み								
					・型枠の早期脱型 ・給熱養生による養生中の乾燥	養生								
		・完成時には見られなかった	46.47.45.44	・表層部の乾燥	・ブリーディングが多い ・生コンが分離し易い	配合								
6	⑥ 微細なひび割れ		・乾燥収縮 ・表層部の強度が低い	- ブリーディング水が表面に集まる - セメントベーストが表面に集まる	<ul> <li>・バイブレーターの振動かけ過ぎ(表層部で)</li> <li>・バイブレーターの振動不足 豆板ではないので横流しの水?</li> <li>・ブリーディング水が多い</li> <li>・生コンが分離し易い</li> </ul>	打込み								

これら抽出された課題から、コンクリートの表層品質は、

- ①生コンクリート中の水
- ②生コンクリート中の水と接する型枠面での作用
- ③打込み方法及び打込み手順
- ④型枠解体後の乾燥

## が影響していると考えた.

表層品質を向上するための課題を解決するため、本研究では、透明型枠の試験体を製作し、配合、型枠材料の違いによる水の作用を「まだ固まらないコンクリート」の状態で観察した。また、型枠解体後の初期材齢で、目視評価手法、表面吸水試験、表面透気試験により表層品質を評価した。

## 3. 透明型枠試験体による試験施工

試験施工は、糸魚川市内(図-9)で行った。また、生コンクリートは、試験施工会場までの運搬距離約10km、運搬時間約20分のレディーミクストコンクリート工場で製造・出荷した生コンクリートを使用した。

## 3.1 コンクリート配合

「まだ固まらないコンクリート」の水の作用として,ブリーディング水の多少に着目した.ブリーディング水の多少に着て変化する.

また、打込み中に分離することでブリーディング 水が多く発生する.



図-10 試験施工位置図

試験施工は、コンクリート配合の細骨材率 (s/a) を変化することで、ブリーディング水発生量の違いと 材料分離抵抗の違いを確認した. 表-4 にコンクリート配合を示す.

表-4 コンクリート配合

区分	1号試験体	2号試験体	3号試験体				
	24-8-25 BB						
	細骨材率s/a=53.4%	細骨材率s/a=40.0%	細骨材率s/a=46.7%				
	規格外	規格外	JIS規格品				
配合	細骨材①(川砂)=491kg	細骨材①(川砂)=365kg	細骨材①(川砂)=428kg				
	細骨材②(山砂)=479kg	細骨材②(山砂)=361kg	細骨材②(山砂)=420kg				
	粗骨材(川砂利)=876kg	粗骨材(川砂利)=1127kg	粗骨材(川砂利)=1001kg				
	W/C=53.5%, セメント=292kg, 水=156kg						

#### 3.2 試験体の製作

試験体を 3 体製作した. 2 体は, 高さ 1.8m, 幅 3.6m, 厚さ 0.6m の垂直壁形状とした(図-11). 1 体は, 片面が 1:0.5 で傾斜した形状とし, 傾斜面に表面気泡が多く発生するとされる重力式擁壁を模した形状とした(図-12).

3 体とも、正面は透明型枠を使用し、側面及び背面は普通合板(パネコート)を使用した.

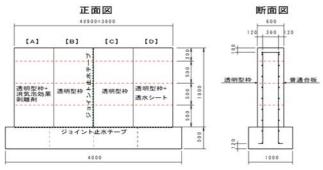




図-11 垂直壁構造の試験体×2体

#### 3.3 水と接する型枠面の条件

「まだ固まらないコンクリート」の水が接し、コンクリートの表層部となる型枠面の条件を変えて試験体を製作した. 図-11 及び図-12 に示すように、試験体の正面及び背面の幅 3.6m を 0.9m で 4 区分し、

【A】:型枠に消気泡型剥離剤を塗布

【B】, 【C】:対策なし

【D】:型枠に透水シートを貼付

の条件で試験体を製作した.

【A】の消気泡型剥離剤は、表面気泡対策に有効 か検証する目的とした. 【D】の透水シートは、型枠 面に集まる水、下層から上昇するブリーディング水を 排水することで、表層部の緻密化と表面気泡対策に有 効か検証する目的とした.

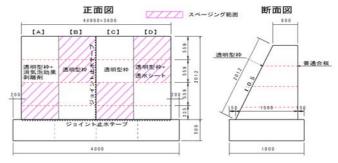




図-12 傾斜面のある構造の試験体×1体

型枠継ぎ目の砂すじ対策として,正面及び背面中央の型枠継ぎ目に止水テープを設置した.また,底版と側壁型枠が接する箇所にノロ漏れ防止対策として止水テープを設置した.止水テープは,吸水性高分子樹脂層を含む厚さ 0.3 mm,幅 30 mmのテープを使用した.

図-12 に示す試験体の傾斜面は、気泡を抜く対策として「くし形」のスページングを使用してコンクリート打込み中に気泡抜きを行うこととした. スページングの範囲は、図-12 のハッチング部とした.

## 3.4 打込み方法 (締固め) の設定

打込み作業の締固め時間は、コンクリート標準示方書 3) で 5~15 秒を目安とするとされているが、打込み作業における締固め時間の測定は通常行われていない.本研究では、表層品質に影響する要因としてブリーディング水を取り上げていることから、締固め時間によるブリーディング量の違いを測定し、締固め時間設定の検討を行った.

ブリーディング試験は、キッチンペーパーを用いた測定方法 4)を参考にして、試験体の底版コンクリート打込み時に行った。コンクリート配合が異なる3試験体(表-4)の底版型枠に仕切り壁を入れて4分割し、

それぞれで締固め時間を変えて打込みを行った.**表-5**に締固め時間の設定を示す.

丰_5	締固め時間の設定
<i>π</i> ⊽−:0	がかけい カナーロン・ラマ オー

締固め区分 試験体No.	Α	В	С	D
1号試験体	5秒	0秒	10秒	15秒
2号試験体	5秒	0秒	10秒	15秒
3号試験体	5秒	0秒	10秒	15秒

表-5 に示す時間でそれぞれの仕切り範囲を締固め、完了後「木ごて」で表面の粗仕上げを行う. その 30 分後にキッチンペーパーを全面に載せ、3 分後の重量変化分をブリーディング量とした. その後、30 分後(粗仕上げ後 60 分),60 分後(粗仕上げ後 120 分),120 分後(粗仕上げ後 180 分),同様にブリーディング量を測定した. 使用したキッチンペーパーは表面をエンボス加工したものであり、厚さ 0.28~0.35 mm,材質はパルプ 100%である.



図-13 締固め時間の測定状況



図-14 キッチンペーパー設置状況

締固め時間と測定した累計ブリーディング量の結果を図-15に示す.

単位水量及び単位セメント量が同じであるため,ブリーディング量は,細骨材率(s/a)が低いほど多くなると予想していた.また,締固め時間が長いほど密度が大きい骨材は沈降するため,ブリーディング量が多くなると予想していたが,それぞれの測定結果に明確な傾向が見られなかった.

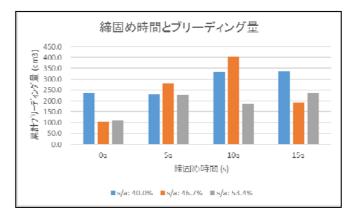


図-15 締固め時間とブリーディング量の結果

これは、試験日が 10 月 14 日の午後となったこと、 試験体によって打込み開始時刻が異なり試験体の日照 条件も異なっていたため、打込み開始時刻が最後となった 2 号試験体(s/a=40.0%)と、建物の日陰となった 3 号試験体(s/a=46.7%)では、同じ試験体でも日 照条件が異なり予想外の結果になったと推測する.

ブリーディング量測定から、明確な締固め時間を設定することはできなかったが、目視による締固め度(表面に浮き上がるセメントペーストの状態)や充填性(型枠及び鉄筋周囲の状態)、通常の施工で行われる締固め時間の目安から、試験施工における締固め時間を15秒で統一した。また、締固めは、コンクリート投入時の一次締固めと後追い仕上げの二次締固め2回とし、いずれも締固め時間を15秒と計画した。バイブレーターは、振動部の公称径が 40mmの高周波バイブレーターを使用し、締固めは、バイブレーター挿入間隔を50cm以下とし、型枠上に挿入位置の目安としてマーキングを行った。

#### 3.5 打込み方法(打重ね)の設定

打重ね線(色むら)及び打重ね線に沿った微細な ひび割れは、型枠の違い、打重ね間隔(時間),打重 ね線に生じたブリーディング水、バイブレーターの挿 入不足(下層へ 10cm 以上)によるものと,課題を抽出した.それぞれの課題解決を目的として,試験施工では,図-16に示す打重ね間隔(時間)を設定した.

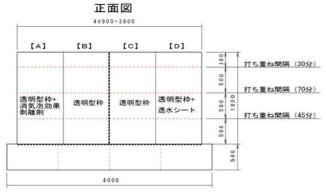


図-16 1号試験体及び2号試験体の打重ね間隔

#### 3.6 養生方法の設定

目視評価で抽出された問題点のうち、⑥微細なひび割れは、施工者への聞き取りから、完成検査時(コンクリート打込み後半年程度の時点)には確認されていない.

コンクリート表面の微細なひび割れは、型枠の早期脱型や養生方法に起因するものと課題を抽出した.

試験施工では、養生方法の違いと乾燥開始材齢の 違いによる表層品質への影響を確認するため、表-6 に示す養生方法と養生期間を計画した.

	型枠解体	ラッピン	<b>ノグ養生</b>
試験体部位	材齢 (日)	開始材齢 (日)	終了材齢 (日)
正面 (下)	5	5	30
正面 (上)	5	5	14
背面 (下)	12	12	30
背面 (上)	12	12	14

表-6 養生方法及び養生期間の設定

尚,型枠解体まで,露出面に養生マットを敷設して散水し,露出面及び型枠を湿潤状態に保った.また,型枠解体後,直ちに農業用ビニールシート(幅 95 cm,厚さ 0.02 mm)でラッピングし急激な乾燥を防止した.

ラッピング養生材齢の経過後は、雨がかり、風向き の条件を統一する目的で、それぞれをシートで覆った 状態で試験体を暴露する計画とした。尚、シートはコ ンクリート表面に桟木で通気層を設けることで、乾燥 状態とする計画とした。

## 4. 試験施工の実施結果

試験施工は、平成28年11月4日に公開試験施工と して行った.

当日は、新潟県及び糸魚川市の行政職員、民間企業から糸魚川、長岡、魚沼の生コン製造業者、設計コンサルタント、コンクリート試験機関、調査会社、上中下越地区の施工業者からコンクリートに関わる技術者が参加し、大学及び高専から研究者と学生が参加し、参加者は約60名となった。



図-17 公開試験施工参加者の様子

試験体へのコンクリート打込みは、打重ね間隔(時間)を考慮したタイムスケジュールに基づき行った.



図-18 コンクリート打込み状況

コンクリートの投入作業は、ラフテレーンクレーン (13t 吊) によるコンクリートホッパー (容量 0.3m3) 打ちとした.

ホッパーから試験体に設置した縦シュートへコン クリートを吐出し、縦シュートのサニーホース(8 イ ンチ)の長さを調整することで投入高さを 1.0m 以内に抑え、投入時の材料分離を防止した.



図-19 縦シュートによるコンクリート投入状況



図-20 打込みの様子(透明型枠)

## 4.1 材料分離と締固めの状況

コンクリートは、バイブレーターによる横流しを 行わず、振動によって 1 層の打込み高さ (50cm 程 度) となる間隔に投入した.

配合毎に投入されたコンクリートの状況は異なり、細骨材率が最も低い(s/a =40.0%)配合では、投入時に水が先に流れるような材料分離が見られた.細骨材率が最も高い(s/a =53.4%)配合では、流動性が低く、投入時に骨材がバラバラと落ちるような材料分離が見られた.

一次締固め(締固め時間 15 秒で統一)では、配合 (細骨材率:s/a が異なる)に関わらず、型枠表面に 空隙や気泡が多く残り、二次締固めが必要な状態であった.

二次締固め (締固め時間 15 秒で統一) により,型

枠面で目視できる空隙や気泡が無くなり、打重ねとなる面にセメントペーストが浮き上がり、艶のある状況が確認できた.

二次締固めは、細骨材率が最も低い (s/a =40.0%) 配合で、15 秒の締固め時間は掛け過ぎでないかと思える状態が見られた.これは、締固め時間 15 秒の早い段階で気泡が無くなり、その後 15 秒経過までの振動でコンクリートが分離し、水が型枠面に集まってくるように見られたためである.

#### 4.2 型枠面に接するコンクリートと水の動き

透明型枠の観察から、バイブレーターの振動により、コンクリート中の空隙が無くなり、モルタル分がコンクリートの表層部に集まる状況が確認できた.また、コンクリート中の水分が型枠に接して上昇する状況が確認できた.

#### 4.3 型枠面の条件による効果

「消気泡効果剥離剤」を塗布した型枠面は、二次締 固めで型枠表面の気泡が見られなくなるが、締固め後、 暫くして気泡が再び発生する状況が見られた.

「透水シート」を貼付けた型枠では、型枠面に集まった水が、透水シートを通して排水される状況が確認できた.



図-21 透水シートから排水される様子

型枠継ぎ目の砂すじ対策として止水テープを設置したが、正面及び背面中央の型枠継ぎ目、底版と側壁型枠が接する箇所ともにノロ漏れが見られ、効果を確認できなかった。底版上は、コンクリート表面の凹凸が

大きく、型枠継ぎ目は側圧が大きい下側にノロ漏れが 生じているため、メーカーの手順書にある 3~4 mm以 下に納まらない隙間が生じたものと推測する.



図-22 型枠継ぎ目のノロ漏れ状況

傾斜面の気泡を抜く対策として「くし形」のスページングを使用しコンクリート打込み中に気泡抜きを行った.

## 4.5 打重ね部に見られる水の状況

打重ね間隔(時間)を変化することにより,打重ね 部に生じるブリーディング水の作用が確認できた.

ボックスカルバートの施工等で通常想定される打重 ね時間(45分)を設定した打重ね部では、型枠に接 する面に明確な打重ね線は見られなかった.



図-23 打重ね間隔 (時間) 45 分の打重ね部

打重ね時間を 70 分に設定した打重ね部では、吸水処理を行うほどのブリーディング水が生じていないが、打重ね部に明確な打重ね線が見られた.これは、下層に 10cm 以上バイブレーターを挿入した再振動を行っても解消されなかった.



図-24 打重ね間隔 (時間) 70分の打重ね部

#### 4.6 打込み完了後の養生

打込み完了後,計画した型枠解体の材齢まで湿潤養 生を行った.

養生計画に基づく材齢期間で型枠を解体し、農業 用ビニールシートによるラッピングで追加養生を行っ た。

農業用ビニールシートによる追加養生の後、雨がかり、風向きの条件を統一する目的で、それぞれをシートで覆った状態で試験体を暴露した。尚、シートは、コンクリート表面に桟木で通気層を設けて覆うことで、コンクリート表面が乾燥する状態とした。



図-25 打込み完了後の湿潤養生



図-26 農業用ビニールシートによる追加養生



図-27 試験体の暴露状況



図-28 試験体の通気性確保

## 5. 表層品質評価の結果

材齢 116 日目(打込み後約 4 ヶ月経過)の平成 29 年 3 月 16 日に,第1回目の表層品質評価を行った. 試験は,目視評価,表面透気試験(トレント法), 表面吸水試験 (SWAT) を行った.

## 5.1 目視評価の結果

目視評価を 5 名の評価者で行った. 目視評価の対象区分は,水と接する型枠面の条件で区分(図-10 のA, B及び C, Dの3区分)した. また,試験体の正面と背面で区分し,3号試験体は,垂直面の背面のみを評価した.



図-29 目視評価実施状況

表-7 に 1 号試験体,表-8 に 2 号試験体,表-9 に 3 号試験体の目視評価結果を示す.尚,評価の値は,評価者 5 名の平均値を表記した.

表-7 1号試験体の目視評価結果

部位·区分		正面			背面		
評価項目	Α	в∙с	D	Α	в∙с	D	
①沈みひび割れ	4.0	4. 0	4. 0	3. 9	3. 9	4. 0	
②表面気泡	2. 2	2. 0	3. 3	1.9	2. 5	3. 7	
③打重ね線	3.5	2. 8	3. 2	3. 5	2. 6	3. 4	
④型枠継ぎ目の砂すじ	2.8	2. 8	2. 9	3.0	3. 3	3.8	
⑤面的な砂すじ	3.7	3. 3	3.8	3.8	3. 4	4. 0	
⑥微細な収縮ひび割れ	3.6	3. 4	4. 0	4. 0	3. 4	3. 9	
⑦豆板	3.9	3. 4	3. 9	3.8	3.8	4. 0	
合計	23.7	21.7	25. 1	23. 9	22. 9	26.8	

表-8 2号試験体の目視評価結果

部位·区分		正面			背面		
評価項目	Α	в.с	D	Α	в.с	D	
①沈みひび割れ	3.9	4. 0	4. 0	4. 0	3. 9	4. 0	
②表面気泡	2.7	3. 3	3. 9	3. 1	3. 1	3.8	
③打重ね線	3.6	3. 5	3.4	3.7	3. 1	3. 1	
④型枠継ぎ目の砂すじ	3.4	3. 3	4. 0	3.8	3.5	3.8	
⑤面的な砂すじ	3. 2	3. 9	4. 0	3.7	3.5	4. 0	
⑥微細な収縮ひび割れ	3.9	3. 7	4.0	3. 9	3.6	4. 0	
⑦豆板	3.9	4. 0	4. 0	3. 9	3. 9	4. 0	
合計	24.6	25. 7	27. 3	26. 1	24. 6	26. 7	

表-9 3号試験体の目視評価結果

如从,反众	正面			背面		
部位 · 区分 評価項目	<b>—</b>		_			_
пшяп	Α	В·С	D	Α	В·С	D
①沈みひび割れ				3. 1	3.0	4. 0
②表面気泡				2. 4	2. 4	3. 9
③打重ね線				3. 7	3. 1	3.4
④型枠継ぎ目の砂すじ				3. 4	3. 1	3.7
⑤面的な砂すじ				3. 7	3.8	4. 0
⑥微細な収縮ひび割れ				3. 3	3.0	4. 0
⑦豆板				3. 7	3. 7	4. 0
合計				23. 3	22. 1	27. 0

目視評価結果は、型枠に透水シートを貼付けたD区 分において、全ての評価項目が高評価点となった。ま た、異なるコンクリート配合で目立った差異は見られ ない。

1 号試験体(細骨材率: s/a =53.4%)の評価項目② 表面気泡の評価点が正面及び背面の A・B・C 区分で 低い評価点となった.これは、細骨材率が高いことか らワーカビリティーが悪く、振動締固めによる気泡抜 きが不十分だったためと推測する.

また、消気泡効果型剥離剤を塗布した A 区分は、配合の違いを問わず、表面気泡の評価点が低い結果となり、消気泡の効果は確認できなかった.

1 号試験体 (細骨材率: s/a =53.4%) で打重ね線に沿った微細なひび割れが確認できた. ひび割れ幅は,最大で 0.05 mm程度の微細なひび割れである. 同様のひび割れは,他の試験体の打重ね部に見られないため,表面気泡と同様に,ワーカビリティーに対して振動締固め (打重ね下層への振動締固め) が不十分であったと推測する. ただし,透水シートを使用した D 区分の打重ね線には,微細なひび割れは見られない.

今回の目視評価で対象としなかった,3号試験体正面の傾斜面(1:0.5)で型枠条件の効果を確認した.透水シートを使用した型枠面は,気泡が見られず効果が確認できた.また,スページングの効果は,気泡抜きを行った面で効果を確認できた.ただし,コンクリート表面にスページング跡が残る結果となった.これは,コンクリートの硬化とスページング作業開始のタイミングによるものと考える.

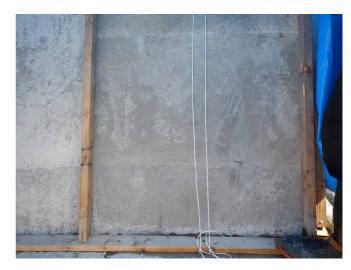


図-30 透水シートによる傾斜面気泡抜きの効果



図-31 スページングによる傾斜面気泡抜きの効果

## 5.2 表面透気試験(トレント法)の結果

表面透気試験(トレント法)の対象区分は、試験体毎に型枠条件で区分した.型枠条件として、消気泡効果型剥離剤を使用した A 区分は、消気泡効果を確認できなかったため、試験体の正面と背面で A·B·C と D の 2 区分とした.また、養生条件の異なる上下を区分した.

表-10 に試験結果を示す.

表-10 表面透気試験(トレント法)試験結果

表面透気試験(トレント法)

诱气係数 (KT)

衣田匹丸武嶽 (ドレンド法) 近丸床数 (N1							
部位·区分	部位·区分 A·B·C			D			
構造物区分	ᅬ	下	ᅬ	下			
1号試験体 正面	0. 170	0.600	0. 010	0. 018			
1号試験体 背面	0. 120	0. 150	0. 041	0.019			
2号試験体 正面	0. 470	0.098	0. 023	0. 027			
2号試験体 背面	0. 350	0.500	0. 041	0. 210			
3号試験体 背面	0. 980	0. 120	0. 085	0.047			



図-32 表面透気試験 (トレント法) 実施状況

試験結果の透気係数を Torrent らによって提案された表-11 の基準 がに従って評価すると、透水シートを使用した D 区分の透気係数が、ほぼ全ての試験体で「良」となった。また、一般的な型枠条件でも「一般」となった。

表-11 Torrent 法による透気係数の評価基準

	優	良	一般	劣	極劣
透気係数	0.001	0.01	0.1	1.0	10
(10 <sup>-16</sup> m²)	~	~	~	~	~
(10)	0.01	0.1	1.0	10	100

## 5.3 表面透水試験 (SWAT) の結果

表面透水試験 (SWAT) の対象区分は、表面透気試験と同様に、試験体の正面と背面で A·B·C と D の 2 区分とした. また、養生条件の異なる上下を区分した.



図-33 表面吸水試験(SWAT)実施状況 表-12 に試験結果を示す.

#### 表-12 表面透水試験(SWAT)試験結果

表面吸水試験(SWAT)

表面吸水速度 (ml/m²/s)

部位·区分	A · B · C		D	
構造物区分	上	下	上	下
1号試験体 正面	0. 361	0. 159	0.000	0.004
1号試験体 背面	0. 133	0. 935	0.000	0.000
2号試験体 正面	0. 421	0. 141	0. 163	0.010
2号試験体 背面	0.340	0. 254	0.000	0.000
3号試験体 背面	0.398	0.169	0. 111	0.046

表-13 表面透水試験の評価基準

	良好	標準	不良
コンクリート		0.25	
吸水抵抗性	< 0.25	~	0.5 <
(ml/m²/s)		0.5	

試験結果のコンクリート吸水抵抗性を既往の研究ので提案されている表-13 のしきい値で評価すると,透水シートを使用した D 区分の結果が,全ての試験体で「良好」となった.また,一般的な型枠条件でも試験体の「下」側でほぼ全ての試験体が「良好」となった.1 号試験体背面の「下」で不良となった結果は,打重ね線に近く「砂すじ」が生じている箇所を選定したことによるものである.

#### 6. まとめ

## 6.1 コンクリート配合と表層品質

試験施工に使用した糸魚川市の生コンクリートでは、細骨材率の違いによるブリーディング水発生量の違いを明確に確認することはできなかった.しかし、細骨材率の違いにより材料分離抵抗が異なり、型枠面にコンクリート中の水分が集まる状況を目視で確認できた.

打重ね線は、配合の違いに関わらず見られる. しかし、細骨材率が高い配合で、打重ね線に沿った微細なひび割れが早期に発生している. これは、材料分離や流動性が悪いことによる締固め不良と推測する. また、細骨材率が高い配合では、流動性に起因して表面気泡が多く発生した.

表面透気試験及び表面透水試験について,材令約4 カ月の今回の試験結果では,配合条件による違いは見られなかった.

#### 6.2 型枠条件と表層品質

透水シートを使用した型枠面で,表層品質の違いが

明確に確認できた.表面気泡抜きの効果があり、1: 0.5 の傾斜面でも効果を確認できた.打重ね線が見られるが、他の型枠と比較して色むらが少ない.表面透気試験及び表面透水試験の結果も良好な結果となった.ただし、打重ね部などに関係なく色むらが発生している.これは、排水条件によるものと推測するが今後の課題としたい.

消気泡型剥離剤の気泡抜き効果は確認できなかった. ただし、打重ね部の色むらが少なく、剥離剤と色むら 発生に関係があるか今後の課題としたい.

ジョイント止水テープによる型枠継ぎ目の砂すじ対策は、一定の効果はあったが、型枠組立精度や先行したコンクリートの表面仕上げなど、総合的な配慮が必要であると考える.

スページングによる傾斜面の気泡抜き対策は、スページングの効果を確認できた。ただし、硬化後の表面にスページング跡が残り、作業を行うタイミングが課題と考える。

#### 6.3 打込み条件と表層品質

打重ね間隔(時間)に関係なく、打重ね線の色むらが生じている。打ち込み中、透明型枠による観察では、明確な打重ね線が見られなかったが、硬化後の表面に色むらが見られる。目視で確認できないコンクリート中の水の影響があると推測する。

#### 6.4 養生条件と表層品質

型枠解体時期,ラッピングによる追加養生期間の条件による表層品質の違いは.今回の表面透気試験及び表面透水試験の結果では確認できなかった.

#### 6.5 今後の材令経過による表層品質の評価

試験施工の諸条件に対して、今後の材令経過により表層品質の評価を行う.また、既設構造物において、完成後1年以上経過した段階で確認された、コンクリート表面の微細なひび割れ発生について観察を行っていく.

#### 参考文献

- 1) 細田 暁,坂田 昇,田村隆弘,二宮 純:目視評価を活用した山口県のひび割れ抑制システムによる表層品質向上の分析,コンクリート工学年次論文集,Vol.35,No.1,pp.1837-1842,2013.
- 2) 国土交通省東北地方整備局:コンクリート構造物 の品質確保の手引き(案)(橋脚,橋台,函渠, 擁壁編),平成27年12月
- 3) 土木学会: 2012 年制定コンクリート標準示方書 【施工編】, p118
- 4) 小林 聖, 渡邉賢三, 坂田 昇, 細田 暁: ブリーディング抑制型 AE 減水剤によるコンクリートの表層品質の向上効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.1576-1581, 2014.
- R.J.Torrent: A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site, Material and Structures, 25, pp.358-365, 1992
- 6) 林 和彦, 細田 暁:表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構造), Vol.69, No.1, pp.82-97, 2013.