

打継目処理剤としての「レイニーコート®」の性能検討と実現場への適用

井 上 裕 太 伊佐治 優
田 中 基 桜 井 邦 昭Performance Study of “Rainy-Coat®” as Joint Treatment Agents
and Application to Construction SitesYuta Inoue Yu Isaji
Motoki Tanaka Kuniaki Sakurai

Abstract

This paper proposes a new surface retarder composed of a sodium alginate solution and retarding agents. The proposed surface retarder generates an insoluble gel applied to the concrete surface, enabling the production of construction joints in the event of water inflow from rainwater and ponding curing. This study confirmed that this surface retarder could remove any laitance even 72 h later under conditions where water continues to act immediately after finishing, and the construction joint had sufficient strength. Additionally, when this surface retarder was applied to create joints in an actual construction project, it was found that spraying the surface retarder and removing the layers could be efficiently conducted, resulting in construction joints with appropriate performance.

概 要

凝結遅延成分を混和したアルギン酸ナトリウム水溶液をコンクリート表面に散布して不溶性ゲルを生成することで、コンクリートの打込み完了から翌日以降に打継処理を行うまでの間に、降雨や湛水養生により水が流入した場合でも、凝結遅延成分の流出を防止し、良好な打継処理を行える新しい打継目処理剤「レイニーコート®」を開発した。試験体を用いた実験により、仕上げ直後から水が作用し続ける条件で、かつ散布から72時間後でも良好に打継処理が行えるとともに、打継部は十分な一体性を有していることを検証した。また、この打継目処理剤を浄水場施設構築工事における底版と側壁との打継部に適用し、容易に散布や打継処理を行うことができ、良好な打継目の処理が行えることを示した。

1. はじめに

コンクリート構造物の構築では、打継目を設けることが多い。打継目は構造物の弱点となりやすく、適切な処理が行われていない場合には、力学性能や耐久性の低下を招く恐れがある。そのため、コンクリート標準示方書【施工編】、建築工事標準仕様書・同解説JASS5鉄筋コンクリート工事では、下層のコンクリートのレイタンスや緩んだ骨材等は取り除く必要があるとしている。

コンクリートの打継処理の方法として、凝結遅延成分から成る打継目処理剤を散布し、表層の硬化を意図的に遅らせ、打込み翌日以降に高圧洗浄機等で粗骨材を露出させる方法（以下、洗出しという）が広く用いられている。さらに、昨今の働き方改革の推進に伴い、土日閉所を実践している施工現場も多いため、土日を含んでも洗出しが行えるように、凝結遅延効果を高めた打継目処理剤¹⁾も検討されている。

しかし、市販されている打継目処理剤は液状のため、散布後に降雨等による水の流入があると流出してしまい、凝結遅延効果を十分に発揮できなくなる課題がある。

一方で、著者らはアルギン酸ナトリウム水溶液をコン

クリート表面に散布して、不溶性ゲルを生成させることで、打込み面を降雨から保護できる対策工法「レイニーコート®」を開発している^{2)~4)}。これは、アルギン酸ナトリウムが、コンクリート中のカルシウムイオンと反応し、Photo 1に示す不溶性ゲル（アルギン酸カルシウム）を生成する特性を利用したものである。

今回、凝結遅延成分を混和したアルギン酸ナトリウム水溶液を散布することで、コンクリートの打込み完了から洗出し作業を行うまでの間に降雨等により水が流入した場合でも凝結遅延成分の流出を防止できる新しい打継目処理剤（以下、新規打継目処理剤という）を開発した。

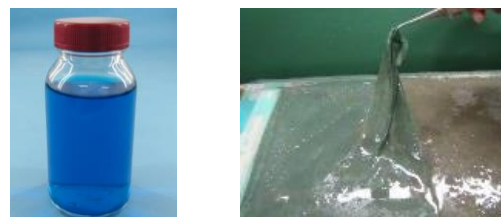
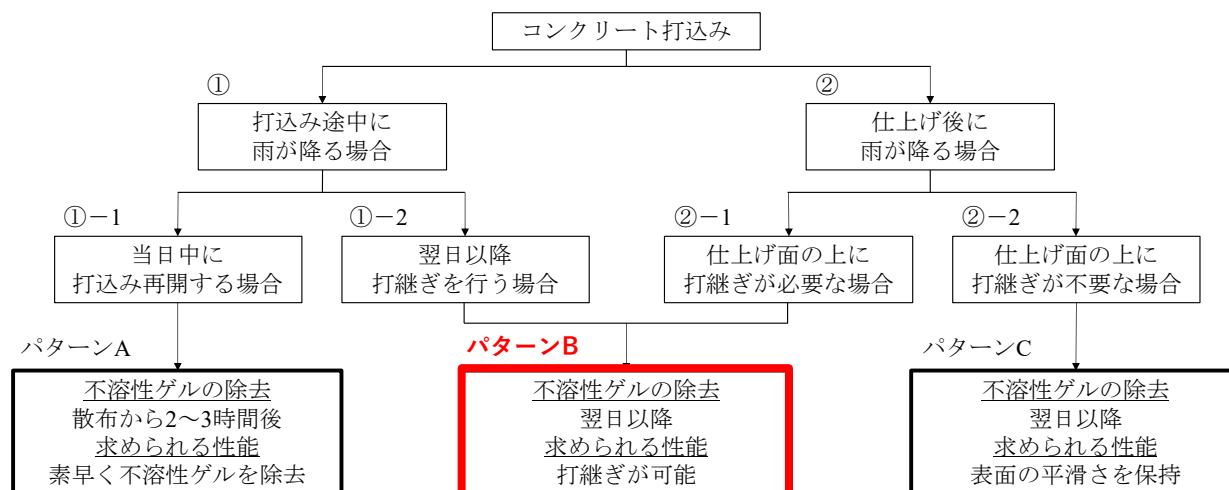


Photo 1 アルギン酸ナトリウム水溶液（左）
と不溶性ゲルの外観（右）

Appearance of Sodium Alginate Solution and Insoluble Gel

Fig. 1 レイニーコートの適用が想定される状況⁴⁾

Situations in which “Rainy-Coat” is Expected to be Applied

レイニーコートの適用が想定される状況をFig. 1⁴⁾に示す。本技術は、図中のパターンBに位置するものである。

本稿では、新規打継目処理剤としてのレイニーコートが降雨等により水が流入した場合でも凝結遅延成分の流出を防止できること、洗い出した打継目の一体性が従来の打継目処理剤を用いた場合と同等以上であること、施工現場において容易に散布および洗出しが行えることを検証した結果を示す。

2. 凝結遅延成分の流出防止効果の検証

2.1 実験の目的

新規打継目処理剤が、降雨等の水の流入による凝結遅延成分の流出防止効果を有することを検証するため、小型の試験体による室内実験を行った。

2.2 実験概要

2.2.1 試験体の作製 検討ケースをTable 1に示す。実験では、アルギン酸ナトリウム濃度を質量比で2%および凝結遅延成分を濃度1%で混合した新規打継目処理剤と市販の打継目処理剤の2種類を使用した。散布量は、市販の打継目処理剤では標準量の300g/m²、新規打継目処理剤は750g/m²とした。市販の打継目処理剤では、降雨の作用がある場合とない場合の2通り(No.2, 3)とし、新規打継目処理剤では、降雨の作用がある場合の1通り(No.4)とした。また、比較用として、打継目処理剤の散布を行わず降雨を作用させた場合(No.1)も併せて実施した。

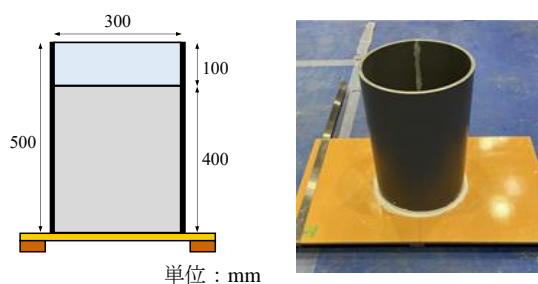
試験体の概要をFig. 2に示す。試験体の作製には、塩ビパイプ（直径300mm、高さ500mm）の底部に化粧合板を取り付けた型枠を使用した。試験体は、高さ400mmの位置までコンクリートを打ち込み、突き棒と木槌で締め固めた後、表面が平坦になる程度に表面を均した。

コンクリートの使用材料をTable 2、配合をTable 3に示す。一般的な土木工事で用いるコンクリートを想定し、W/Cは55%、スランプは12cmとし、セメントは高炉セメ

Table 1 検討ケース（流出防止効果の検証）

Study Case (Verification of Spill Prevention Effects)

No.	打継目処理剤		降雨の作用の有無
	種類	散布量	
1	散布なし		あり
2	市販の打継目処理剤	300g/m ²	なし
3			あり
4	新規打継目処理剤	750g/m ²	あり



単位：mm

Fig. 2 試験体の概要

Overview of the Test Specimen

ントB種を用いた。練混ぜには強制二軸練りミキサを使用し、練上がりから5分後にスランプおよび空気量試験を行い、Table 3に示す目標範囲内であることを確認した後、打込みを行った。

2.2.2 実験方法 いずれの打継目処理剤とも打込み完了から15分後に所定量を散布した。散布完了4時間後から洗出しを行う直前までPhoto 2に示すように、降雨を模擬した流水をコンクリート表面に流量約1.0L/minで作用し続けた。洗出しは、働き方改革における土日閉所を想定し、打込み完了から72時間後に行った。洗出しには、Photo 3に示すように水圧5.0MPaの高圧洗浄機を用いた。洗出し後、コンクリート表面の任意に定めた25点において、洗出し前後のコンクリート表面の高さの差（モルタル分が削り出された深さ）を測定し、その平均を洗出し深さとした。なお、既往の検討^{1), 5)}では、良好な洗出し深

さは2～5mm程度と報告されている。本実験でもこの基準に従って洗出し深さから打継性能を評価した。

2.3 実験結果および考察

72時間後に行った洗出し前後のコンクリート表面の状況と洗出し深さをTable 4に示す。

市販の打継目処理剤を散布し降雨を作用させなかった試験体(No.2)では、72時間後において表面に打継目処理剤の白色の模様が確認できた。洗出しを行ったところ、全面にわたって良好に粗骨材を露出することができていた。洗出し深さは4.07mmであった。この結果から、水の流入の影響がなければ、市販の打継目処理剤を用いても、72時間後に洗出しを行うことは可能と考えられる。

一方で、市販の打継目処理剤を散布し降雨を作用させた試験体(No.3)では、コンクリート表面に打継目処理剤の存在は確認できなかった。その後の洗出しでは、薄層のセメントペーストは除去できたが、粗骨材を露出させることはできなかった。洗出し深さは0.34mmと浅く、打継目処理剤を散布しなかった試験体(No.1)の洗出し深さと同程度であった。散布後に水が流入したことで打継目処理剤が流出し、十分に凝結遅延効果を得られなくなったためと考えられる。

これに対して、新規打継目処理剤を散布し降雨を作用させた試験体(No.4)では、72時間後においても表面に不溶性ゲルの膜が残存していた。その後の洗出しにおいても、良好に粗骨材を露出することができ、洗出し深さは3.69mmで、降雨を作用させていない市販の打継目処理剤と概ね同等であった。

以上より、新規打継目処理剤は、降雨等を想定した水が作用する環境においても、打継目処理剤の流出を防ぎ、打込みから72時間経過した後も問題なく洗出しを行うことができると考えられる。

3. 新規打継目処理剤で処理した打継目の一体化の検証

3.1 実験の目的

新規打継目処理剤で処理した打継目の一体性について、コンクリートダムで使用するコンクリートを対象に検証を行った。コンクリートダムの施工では、打込み完了から数時間後に湛水養生を行うことが一般的である。その

Table 2 使用材料
Material Properties Used for Concrete

種類	記号	備考
セメント	C	高炉セメントB種，密度3.04g/cm ³
水	W	上水道水，密度1.0g/cm ³
細骨材	S	陸砂，表乾密度2.60g/cm ³ ，吸水率2.35%，粗粒率2.58
粗骨材	G	砕石2005，表乾密度2.72g/cm ³ ，吸水率0.6%，実積率58.8%
混和剤	HWR	AE減水剤（高機能タイプ）
	AE	空気連行剤（100倍希釈で使用）

Table 3 コンクリートの配合
Mix Proportion of Concrete

目標 スランブ (cm)	目標 空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (C×%)	
				W	C	S	G	HWR	AE
12±2.5	4.5±1.5	55.0	47.1	160	291	856	1006	0.002	0.067

※W/C：水セメント比，s/a：細骨材率

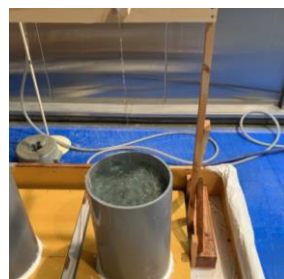


Photo 2 流水の作用状況
Action of Running Water



Photo 3 洗出しの状況
Exposing Aggregate

Table 4 洗出し前後の状況と洗出し深さ

Situation before and after Joint Treatment and Depth of Aggregates Expose

試験体 種別	No.1 散布なし	No.2 市販品 (降雨の影響なし)	No.3 市販品 (降雨の影響あり)	No.4 新規打継目処理剤 (降雨の影響あり)
処理前				
処理後				
	洗出し深さ：0.25mm	洗出し深さ：4.07mm	洗出し深さ：0.34mm	洗出し深さ：3.69mm

ため、散布した打継目処理剤が湛水養生によって流出してしまい、十分な効果が得られないことが懸念される。前章の結果より、新規打継目処理剤は、打込み後すぐに湛水養生を行う場合においても、良好な洗出しが可能となると期待できることから、洗出しの可否と洗出し後の打継目の一体性について評価を行った。

3.2 実験概要

3.2.1 試験体の作製 実験で使用した使用材料をTable 5、配合をTable 6に示す。コンクリートダムの堤体構築において内部コンクリートとして用いられる配合である。検討ケースをTable 7に示す。前章の実験と同様の市販の打継目処理剤と新規打継目処理剤を使用した。市販の打継目処理剤を使用したケースは、湛水養生を行わない場合と行う場合の2通り(No.3, 4)とし、新規打継目処理剤を使用したケースは湛水養生を行う場合の1通り(No.5)とした。また、比較のため打継目を設けなくて一体で作製したケース(No.1)と下層のコンクリートに洗出しを行わないで上層のコンクリートを打ち込んだケース(No.2)も併せて実施した。

試験体の概要をFig. 3に示す。試験体寸法が直径200mmで高さ200mmの円柱試験体である。試験体作製に用いた鋼製型枠は高さ100mmで分割できる構造とした。初めに高さ100mmの位置まで下層のコンクリートを打ち込み、表面を均した後に、Table 7の各種打継目処理剤を散布した。その後、型枠の周囲を10mmかさ上げし、打込み完了から4時間後に、コンクリート表面へ約1.0L/minの流量で常時注水し、湛水養生を行った。72時間後に湛水養生を終了し、5.0MPaの高圧洗浄機を使用して洗出しを行った。その後、試験体上部に型枠を設置し、上層のコンクリートの打込みを行った。各種試験体は翌日まで温度20℃の室内にて保管し、脱型後は20℃の水中で養生した。

3.2.2 実験方法

(1) 洗出し後の打継目の評価 洗出しを行った下層のコンクリート表面の打継性能を評価するため、2章と同様に洗出し深さを測定した。さらに、コンクリート表面の写真を撮影し、画像処理によって粗骨材が露出した部分と露出していない部分で二値化処理することで、粗骨材の露出面積率を算出した。

(2) 簡易一面せん断試験 打継目の一体性は、簡易一面せん断試験⁶⁾により評価した。試験方法の概要をFig. 4に示す。簡易一面せん断試験で使用する試験装置は鋼製で、载荷方向とせん断破壊面との傾斜角を20～40°の範囲で5°刻みで可変できる。今回の実験では打継目の一体性の検証が目的であるため、傾斜角30°の時のせん断応力度により評価した。また、载荷速度はせん断面に作用するせん断応力度で0.4～0.5N/mm²/minとなるように設定し、せん断面の中心に打継目が位置するように载荷した。なお、簡易一面せん断試験は下層のコンクリートの材齢28日で実施した。

3.3 実験結果および考察

3.3.1 洗出し後の打継目の評価 洗出しを行った

Table 5 使用材料 (ダムコンクリート)

Material Properties Used for Concrete (for Dams)

種類	記号	備考
セメント	C	中庸熟ポルトランドセメント、密度3.22g/cm ³
フライアッシュ	FA	フライアッシュⅡ種相当品、密度2.37g/cm ³
水	W	上水道水、密度1.0g/cm ³
細骨材	S	陸砂、表乾密度2.60g/cm ³ 、吸水率2.35%、粗粒率2.58
粗骨材	G1	砕石4020、表乾密度2.72g/cm ³ 、吸水率0.6%、実積率59.2%
	G2	砕石2005、表乾密度2.72g/cm ³ 、吸水率0.60%、実積率58.8%
混和剤	WR	AE減水剤
	AE	空気連行剤 (100倍希釈で使用)

Table 6 コンクリートの配合

Mix Proportion of Concrete (for Dams)

目標 スランブ (cm)	目標 空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤 (C×%)	
				W	B		S	G1	G2	WR	AE
					C	FA					
3.0±1.0	3.0±1.0	65.5	40.1	138	144	67	794	618	618	0.25	0.003

※W/C：水セメント比、s/a：細骨材率

Table 7 検討ケースの一覧 (一体性の検証)

Study Case (Verification of Unity)

No.	打継目処理剤の条件		湛水養生 の有無	洗出し の有無
	種類	散布量		
1	一体で作製 (打継目無し)			
2	散布なし		なし	なし
3	市販の打継目処理剤	300g/m ²	なし	あり
4			あり	あり
5	新規打継目処理剤	750g/m ²	あり	あり

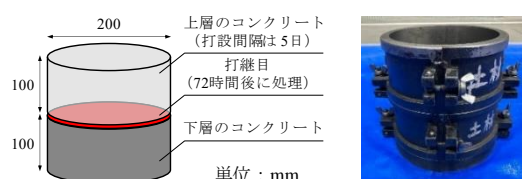


Fig. 3 簡易一面せん断試験体の概要
Overview of Simplified One-Surface Shear Specimen

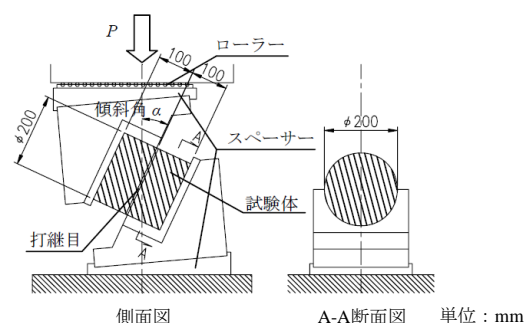


Fig. 4 簡易一面せん断試験の概要
Overview of Simplified One-Surface Shear Tests

下層のコンクリートの洗出し深さと粗骨材の露出面積率をTable 8に示す。湛水養生を行っていない市販の打継目処理剤を使用したケース(No.3)では、洗出し深さは3.05mm、粗骨材の露出面積は32.20%であり、72時間後でも良好にレイトランスを除去できた。

一方で、市販の打継目処理剤の散布後に湛水養生を行ったケース(No.4)では、洗出し深さが0.67mmと小さい値であった。また、粗骨材の露出面積も11.98%と湛水養生を行わなかった場合と比べて半分以下であった。一部で表層のレイトランスが除去できたものの、図中の赤色の部分ではレイトランスの除去が困難であった。

これに対して、新規打継目処理剤の散布後に湛水養生を行ったケース(No.5)では、洗出し深さは2.44mm、粗骨材の露出面積は30.90%で、湛水養生を行っていない市販の打継目処理剤と同程度であった。また、湛水養生から72時間経過した後でも良好に洗出しを行うことができた。

3.3.2 簡易一面せん断試験 簡易一面せん断試験より得られたせん断応力度をFig. 5に示す。打継目を設けずに一体で作製した試験体に対する各ケースのせん断応力度の比率も併せて示す。なお、材齢28日（標準養生）における圧縮強度は12.1N/mm²、割裂引張強度は2.15N/mm²であった。

試験結果より、洗出しを行っていない試験体(No.2)では、一体で作製した試験体に対して、せん断応力度は30%程度となり、大きく低下した。

これに対して、市販の打継目処理剤を用いて湛水養生を行わなかった試験体(No.3)と新規打継目処理剤を用いて湛水養生を行った試験体(No.5)では、一体で作製した試験体よりも110%以上の高いせん断応力度が得られた。既往の検討⁶⁾においても、洗出しを行った場合の方が、一体で作製した場合よりも高いせん断応力が得られており、洗出しによる脆弱な層の除去や粗面の形成による粗骨材同士のかみ合わせが影響すると考えられる。

一方で、市販の打継目処理剤を用いて湛水養生を行った試験体(No.4)は、一体で作製した試験体に対して、せん断応力度は76%程度となった。洗出しが不十分で、打継目に残ったレイトランスの存在等により、せん断応力度が低下したと考えられる。





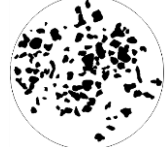
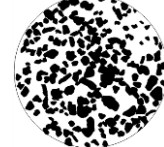
今回の結果より、新規打継目処理剤を用いることで、降雨や湛水養生の影響を受ける場合においても、これらの影響を受けない市販の打継目処理剤と同等の一体性を確保可能であることが確認できた。一方で、コンクリートの打継目のせん断強度特性の把握には、洗出し深さ、粗骨材露出面積、コンクリート種類およびせん断破壊面の角度等の各種要因が影響することから、今後更にデータの蓄積が必要と考えられる。

4. 模擬試験体による新規打継目処理剤の検証

新規打継目処理剤を実施工へ適用するにあたり、模擬試験体を用いて施工実験を行った。実験は、次章に示す

Table 8 洗出し後の洗出し深さおよび粗骨材の露出面積の算出結果

Depth of Aggregates Expose after Joint Treatment and Calculation Results of Coarse Aggregates Exposed Area

No.3 市販品 湛水養生なし	No.4 市販品 湛水養生あり	No.5 新規打継目処理剤 湛水養生あり
		
洗出し深さ：3.05mm	洗出し深さ：0.67mm	洗出し深さ：2.44mm
		
露出面積率：32.20%	露出面積率：11.98%	露出面積率：30.90%

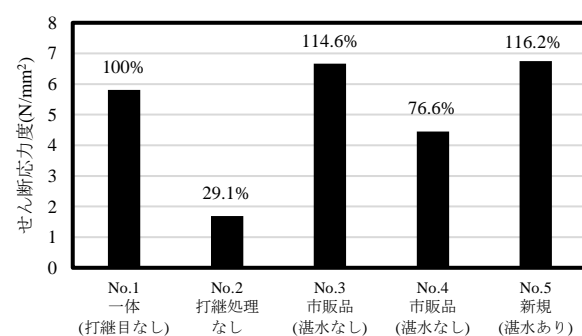


Fig. 5 簡易一面せん断試験によるせん断応力度
Shear Stress from Simplified One-Surface Shear Tests

浄水場施設構築工事の施工ヤードにて2024年12月上旬に実施した。実験に用いたコンクリートは、実際の工事で使用する27-15-20Mとした。試験体の作製には、縦1m×横1m×高さ0.3mの木製型枠を使用した。ポンプ車を用いて型枠にコンクリートを打ち込み、表面が概ね平坦となるように木ゴテで均した。新規打継目処理剤として、アルギン酸ナトリウム濃度を質量比で2%および凝結遅延成分を濃度1%で混合した水溶液を使用し、散布量は750g/m²とした。打込み完了から15分後に新規打継目処理剤を散布した。打込み完了から24時間後および働き方改革推進による土日閉所を想定した72時間後に最大圧力5.0MPaの高圧洗浄機を用いて半面ずつ洗出しを行った。なお、散布から洗出しまでの外気温は約9～12℃で、この期間に降雨はなかった。

洗出し後の打継目の状況をPhoto 4に示す。洗出しまでの養生期間が24時間および72時間のいずれにおいても洗出し深さは約3～5mm程度であり、良好に洗出しを行うことができた。今回の施工実験では、降雨の影響は検証できていないものの、実際の施工環境においても、打込みから72時間経過した後に、新規打継目処理剤による洗出しが可能であることを確認できた。

5. 実施工への適用

浄水場施設構築工事における底版と側壁（厚さ500mm）との打継部に新規打継目処理剤を適用した。適用した側壁の全長は約62m、散布面積は約31m²であった。新規打継目処理剤の散布は、コンクリートの打込みが完了してから約1時間後に行った。洗出し作業は、打込みの翌日（約20～24時間後）に5.0MPaの高圧洗浄機を用いて行った。施工は2025年2月中旬に行い、打込み当日から洗出しまでの外気温は約6～8℃であった。

新規打継目処理剤の散布状況および散布後の不溶性ゲルの生成状況をPhoto 5に示す。側壁の鉄筋が密に配置されている箇所においても、良好に散布できた。また、新規打継目処理剤は青色の染料で着色していることから、散布状況や不溶性ゲルの生成状況の目視確認が容易であり施工管理に有効であった。

洗出し状況および洗出し後の打継目の状況をPhoto 6に示す。高圧洗浄機によって容易に洗出し作業を行うことができた。洗出し後の打継目を観察すると、全面にわたってレイタンスを除去し、粗骨材を露出できていた。また、コンクリート表面の不溶性ゲルの有無を確認することで、洗出しが不十分な箇所や未実施の箇所を容易に判別することができ、洗出し作業の品質管理の観点からも有効であった。

6. まとめ

アルギン酸ナトリウム水溶液に凝結遅延成分を含有させた新しい打継目処理剤「レイニーコート」を開発し、その性能を実験により確認するとともに、実工事へ適用した。本稿の範囲で得られた知見を以下に示す。

- 1) 新規打継目処理剤を散布したコンクリートの打継目では、降雨や湛水養生等により大量の水が流入しても凝結遅延成分の流出を防ぎ、打込み完了から72時間後においても良好に洗出しを行うことができる。
- 2) このように洗い出した打継目は、水の流入がない環境（晴天時）で実績のある市販の打継目処理剤と同等の一体性を有しており、天候や養生条件に左右されない点で新規打継目処理剤に優位性がある。
- 3) 新規打継目処理剤の施工性について、鉄筋が配置された実施工環境においても散布や洗出し作業を容易に行うことができる。

参考文献

- 1) 根本浩史，尾田健太，御領園悠司，幸田圭司：品質と生産性の向上を目的とした打継目処理剤の開発，コンクリート工学，第 61 巻，8 号，pp. 673-681，2023
- 2) 桜井邦昭，伊佐治優，田中将希，阿合延明：アルギン酸ナトリウムの散布によるコンクリート施工時の降雨対策に関する検討，コンクリート工学年次論

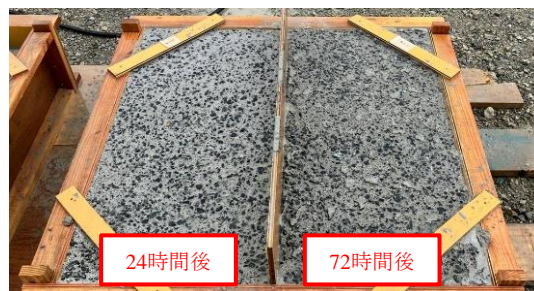


Photo 4 施工実験での洗出し後の打継目の状況
Condition of the Joint Surface after Exposing Aggregates in the Construction Experiment



Photo 5 散布状況と散布後のコンクリート表面
Spraying Situation and Concrete Surface after Spraying



Photo 6 洗出し状況と洗出し後の打継目
Situation of Aggregates Expose and Joint Surface after Aggregates Expose

- 文集，Vol.45，No.1，pp.1648-1653，2023.7
- 3) 井上裕太，桜井邦昭，上垣義明，阿合延明：アルギン酸ナトリウムの散布による降雨対策工法の実施工に向けた検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.46，No.1，pp.2089-2094，2024.7
- 4) 井上裕太，伊佐治優，田中基，桜井邦昭：コンクリート打込み時の降雨対策工法「レイニーコート™」の実用化研究，大林組技術研究所報，No.88，2024.12
- 5) 石関嘉一，中林拓馬，宮入斎，小俣光弘：コンクリート打継面の形状が構造物の力学特性に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，pp.1295-1300，2019
- 6) 瀬古育二，山口温朗，自閑茂治：RCD コンクリートのせん断強度に関する実験的考察，コンクリート工学年次論文集，10(3)，pp.559-564，1988