

# 論文 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工法の実施工に向けた検討

井上 裕太\*1・桜井 邦昭\*2・上垣 義明\*3・阿合 延明\*4

**要旨:** 凝結遅延剤を混入したアルギン酸ナトリウム水溶液をコンクリートの打込み表面に散布し、不溶性ゲルを生成することによる施工時の降雨対策工法について、実施工に向けた検討を行った。その結果、水溶液の粘度を高めるほど、降雨に対して高い保護性能を有する不溶性ゲルが生成でき、かつ長時間経過後にも洗出しが行えることを明らかにした。さらに、水溶液の散布や散布後の不溶性ゲルの除去は容易に行うことができ、実施工に十分適用可能な施工性を有していること、実際の風雨に曝されても問題なく打込み表面を保護できること、72時間後でもコンクリート表面の洗出しが可能であることを確認した。

**キーワード:** 降雨, アルギン酸ナトリウム, 不溶性ゲル, 凝結遅延剤, 洗出し, 多目的人工気象再現室

## 1. はじめに

コンクリートの打込み中に雨が降ると、打込み表面のペースト分が流出するとともに、雨がコンクリート中に混入し、硬化後の品質が低下するおそれがある。このため、コンクリートの打込み作業の工程は気象情報を参考に雨天日を避けて計画するのが一般的である。しかし、特に夏期において、1日の中で天候が急変することも多く、正確に雨天時を避けることは難しい。気象庁 HP のデータ<sup>1)</sup>に基づき作成した1時間降水量が50mm以上(予報用語では「非常に激しい雨」に相当)の年間発生回数を図-1に示す。年によってばらつきはあるが、全国で年間300回程度発生しており、近年増加傾向にある。

雨天によりコンクリート施工が中止・延期になると、工事全体の工程が遅延する。また、昨今の働き方改革の推進に伴い、実質的な営業日数は減少しており、工程を守るためには多少の降雨が予測される日でもコンクリート施工を行わざるを得ない場合も生じると推測される。

施工中に降雨が発生した場合の対策として、写真-1のように施工範囲をブルーシートで覆うことが多いが、設置には多大な労力が必要である。そこで、アルギン酸ナトリウム水溶液を用いてコンクリート表面に写真-2に示すような不溶性ゲルを生成し、雨との接触を防ぐ新たな工法を開発した<sup>2)</sup>。この工法は、水に可溶性アルギン酸ナトリウムが水溶液の状態でコンクリート中のカルシウムイオンと接触することで、即座に不溶性アルギン酸カルシウムとなる性質<sup>3)</sup>を利用したものである。既報では、降雨に対して十分な強さを有する不溶性ゲルを生成できること、打重ね面に不溶性ゲルが存在しても打重ねの際に突き棒等で周辺のコンクリートと混合すること

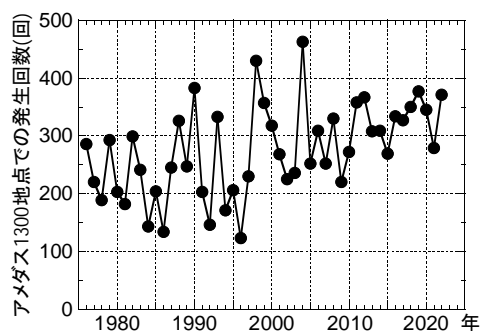


図-1 1時間降水量50mm以上の年間発生回数



写真-1 ブルーシートによる降雨対策の事例

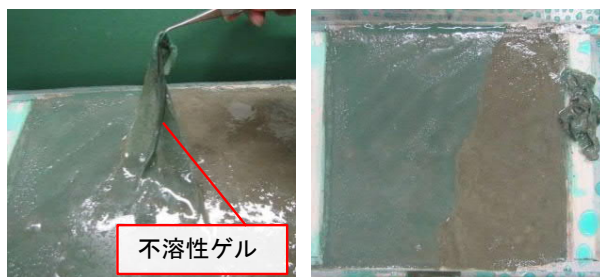


写真-2 アルギン酸ナトリウムの散布による不溶性ゲルの生成および撤去後の状況

\*1 (株)大林組 技術本部技術研究所生産技術研究部 修士(工学) (正会員)  
 \*2 (株)大林組 技術本部技術研究所生産技術研究部 上席研究員 博士(工学) (正会員)  
 \*3 (株)大林組 土木本部生産技術本部技術第一部 上級主席技師 (正会員)  
 \*4 ポゾリスソリューションズ(株) キーアカウントマネジメント 混和剤 部長 (正会員)

で硬化後の強度には影響しないこと、凝結遅延剤と混合して用いることで降雨が長時間となった場合の打継ぎ対策としても適用できること等を明らかにした。

本研究では実施工に向けた検討として、凝結遅延剤の混合を標準とした場合のアルギン酸ナトリウム水溶液の配合や汎用的な高圧洗浄機を用いて散布する場合の施工性を検討した。さらに、風雨を模擬できる多目的人工気象再現室や、実際に台風が発生している時の屋外で検討を行い、実際の降雨に対してコンクリート表面を保護できること等を検証した。

## 2. 凝結遅延剤と混合したアルギン酸ナトリウム水溶液の濃度の検討

### 2.1 実験概要

既報では、アルギン酸ナトリウムと凝結遅延剤の併用により、降雨に対してコンクリート表面を保護でき、かつ 24 時間後にその表面の洗出しが可能で、降雨が長時間となった場合の打継ぎ処理が行えることを確認した。しかし、両者を混合した場合の最適な配合は未検討であった。そこで、凝結遅延剤を混入したアルギン酸ナトリウム水溶液（以下、遅延剤入り水溶液という）の種類と濃度を検討した。

検討した遅延剤入り水溶液の配合を表-1 に示す。アルギン酸ナトリウムには A, B の 2 種類を用い、それぞれ単体または混合して使用した。この 2 種類は水溶液にした際の粘度が異なり、20℃で濃度 1%水溶液とした場合、種類 A は 100~200mPa・s、種類 B は 30~60 mPa・s である<sup>4)</sup>。凝結遅延剤には糖類を使用し、濃度は 5%で一定とした。遅延剤入り水溶液の粘度は単一円筒型回転式粘度計を用いて JIS Z 8803 に準拠して測定した。なお、遅延剤入り水溶液は、本来無色の液体であるが、本研究では不溶性ゲルの生成状況を目視で確認しやすいうように、青色の染料で着色した状態で使用している。

コンクリートの調合および材料を表-2、表-3 に示す。セメントは高炉セメント B 種を用いた。ポルトランドセメントの混合比が少ないセメントに対して不溶性ゲルが生成できれば、他のポルトランドセメントではより容易に降雨対策が行えると考えられるためである。

練混ぜには強制二軸練りミキサーを用い、1 バッチの練混ぜ量は 60L とした。練混ぜ方法は、骨材とセメントを投入して 10 秒間練り混ぜた後、あらかじめ混和剤を溶解した練混ぜ水を投入して 60 秒間練り混ぜる方法とした。練上がり 5 分後にスランプおよび空気量試験を行い、表-2 に示す目標範囲内であることを確認して、コンクリートを型枠に打込み試験体を製作した。試験体の寸法は W1200mm×L1200mm×H100mm である。コンクリート表面はコテを用いて平滑に仕上げた。

表-1 遅延剤入り水溶液の検討ケース

No.	水溶液の配合		凝結遅延剤の濃度(%)	粘度 (mPa・s)
	アルギン酸ナトリウムの種類と濃度(%)			
	A	B		
1	—	1.75	5.0	215
2	1.00	0.75		250
3	—	2.00		355
4	1.50	—		450
5	1.00	1.00		750

表-2 コンクリートの調合

目標 SL (cm)	目標 Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				HWR (C×%)
				W	C	S	G	
12±2.5	4.5±1.5	55.0	46.0	160	291	834	1030	1.05

表-3 使用材料

種類	記号	物理的性質など
水	W	上水道水
セメント	C	高炉セメント B 種、密度 3.04g/cm <sup>3</sup>
細骨材	S	大井川水系掛川産陸砂、表乾密度 2.59g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 1.86%、粗粒率 2.84、実積率 68.4%
粗骨材	G	碎石 2005、表乾密度 2.73g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 0.55%、粗粒率 6.62、実積率 59.5%
混和剤	HWR	AE 減水剤 (高機能タイプ)

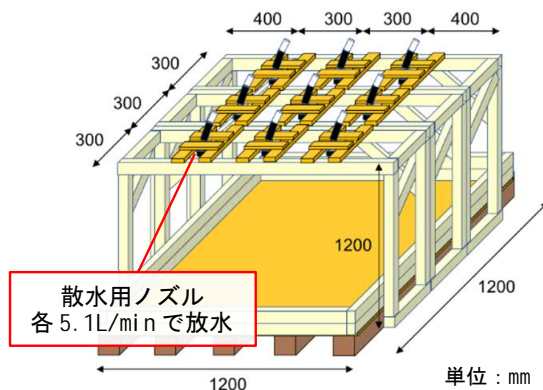


図-2 降雨装置

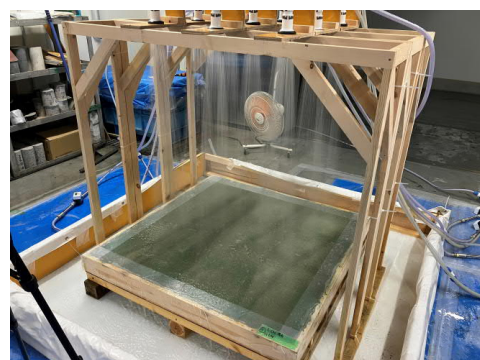


写真-3 実験状況

仕上げから 15 分後、比較的粘度の低い遅延剤入り水溶液 No.1~2 は手動蓄圧式の噴霧器、粘度の高い No.3~5 は高压洗浄機を用いて打込み表面に散布した。いずれの散布方法も遅延剤入り水溶液を霧雨状に射出できており、コンクリートと混ざることなく、表面に薄く均一に散布できる。散布量は事前検討の結果、適量と判断した  $750\text{g}/\text{m}^2$  とした。散布から 15 分後、図-2 に示す降雨装置を用いて降雨に模した水を 30 分間降らせた。さらに、降雨の際、同時に風が吹く場合もあることを考慮して、工場扇を用いて風量  $225\text{m}^3/\text{min}$  の風を 2 か所から送風した。実験状況を写真-3 に示す。なお、降雨の際には試験体表面端部からの水の侵入を防ぐため、養生テープを用いて端部を保護した。降雨装置には試験体の上部  $1200\text{mm}$  の位置に  $300\text{mm}$  間隔で 9 個の散水用ノズルが取り付けられており、それぞれから  $5.1\text{L}/\text{min}$  で放水した。これを降水量に換算すると約  $1900\text{mm}/\text{h}$  となり、実際に生じる降雨と比べて相当に大きい。不溶性ゲルが降雨に対して十分な強さを有することを確認するため、上述のような水量で実験した。降雨終了後、試験体表面の様子を観察した。

翌日以降にコンクリートを打継ぐ場合を考慮し、試験体表面の洗出し状況も確認した。洗出しは、(1)翌日に行う場合を想定した 24 時間後と(2)打込みが金曜日で洗出しを行うのが翌週の月曜日になる場合を想定した 72 時間後の 2 ケースとした。コンクリート打込みから 24 時間後、不溶性ゲルが残存した状態で、試験体表面の半分をシートで覆い、半分だけ高压洗浄機を用いて洗出しを行った。その後シートを取り外し、さらに 48 時間後(打込みから 72 時間後)に残りの半分の洗出しを行った。

## 2.2 実験結果および考察

降雨後の試験体を写真-4 に示す。No.1, 2 では散水用ノズルの直下で降雨の跡が残るなど不溶性ゲルが劣化し、一部破損が認められた。No.3, 4 では破損は認められないものの、散水用ノズルの直下で若干の劣化が確認された。No.5 では劣化や破損は生じていなかった。このことから、遅延剤入り水溶液の粘度が高くなるほど生成される不溶性ゲルの強度が高くなると考えられる。

洗出し後の試験体を写真-5 に示す。No.1, 2 では 24 時間後の時点で洗出しが行えていない箇所や、ペースト分は多少除去できるものの粗骨材は露出できていない箇所が多い結果であった。No.3, 4 では 24 時間後の洗出しは良好に行えたが、72 時間後では一部洗出しが十分でない箇所が認められた。No.5 では 24 時間後および 72 時間後において表面全てで粗骨材が露出しており、良好に洗出しが行えた。降雨に対する保護効果と同様に、散布する水溶液の粘度を高めるほど、強い不溶性ゲルが生成され、結果として長時間経過しても表面に凝結遅延効果を持続させることができたと考えられる。

以上より、本実験の範囲内では No.5 の遅延剤入り水溶液の性能が最も高いことが分かった。また、不溶性ゲルの性能は、遅延剤入り水溶液の粘度に相関があり、粘度が高いほど不溶性ゲルの性能は向上することが示唆された。No.5 より粘度を高めるとさらに高性能となる可能性はあるが、粘度が高くなりすぎると散布が困難となるおそれもあり、適当な粘度の設定が重要と考えられる。

## 3. 広範囲の散布実験による施工性の検討

### 3.1 実験概要

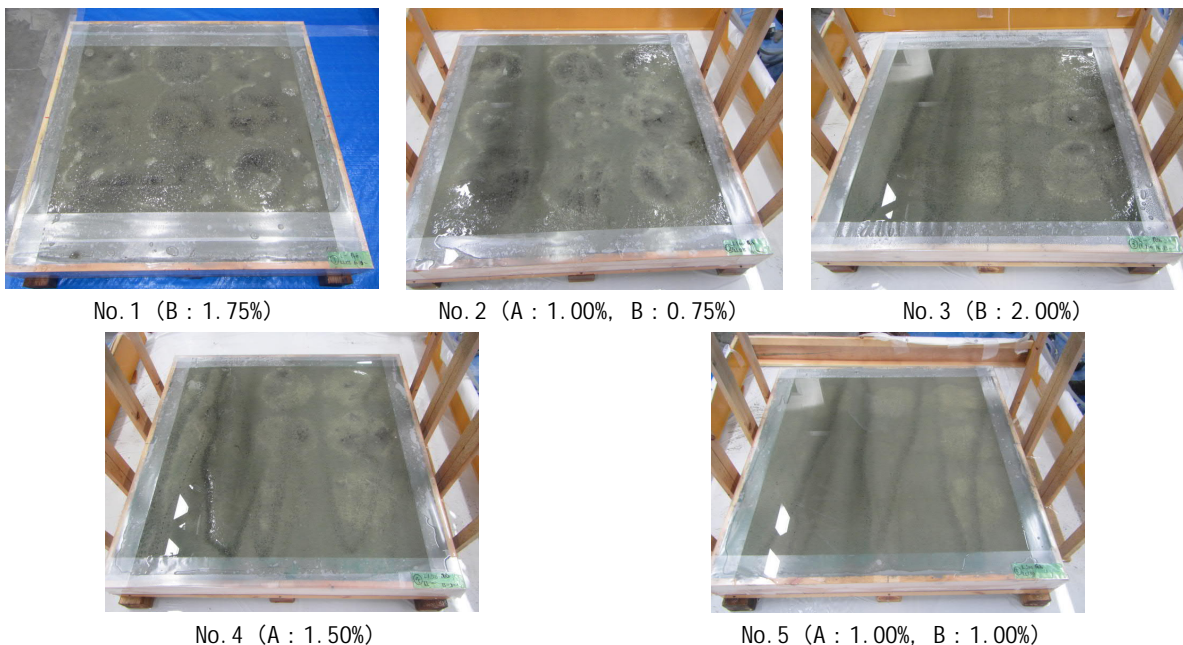


写真-4 降雨後の試験体

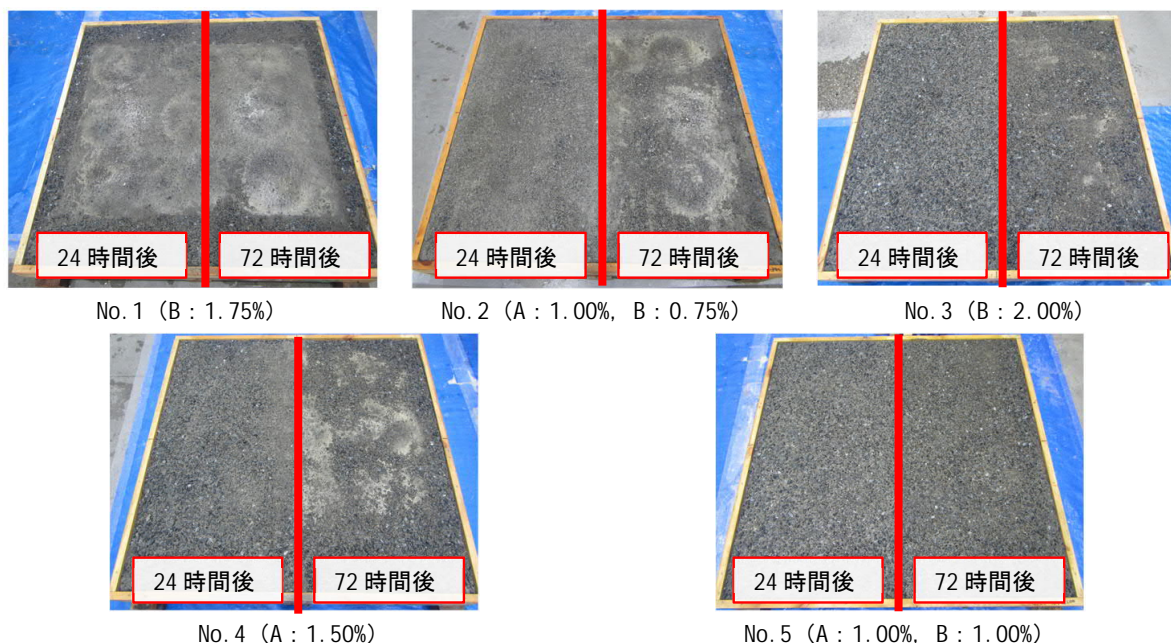


写真-5 洗出し後の試験体

本工法を適用する場合、実施工では、気象予報や実際の雨雲の動きを察知して、打込み作業を中断し、アルギン酸ナトリウム水溶液を散布して降雨に備えることになる。そのため、水溶液は容易に短時間で散布できるのが望ましい。そこで、容易に散布が行えることを検証するため、面積 16m<sup>2</sup> (4m×4m) のモルタル面を対象に、高圧洗浄機を用いて表-1のNo.5に示す遅延剤入り水溶液を散布した。使用したモルタルの配合を表-4に示す。表-2に示すコンクリートの配合から粗骨材を取り除いた配合であり、セメントには高炉セメントB種を用いた。散布の様子を観察するとともに散布完了までに要した時間を計測した。散布状況を写真-6左に示す。

また、遅延剤入り水溶液の散布から15分後、散水ホースを用いて降雨を模した簡易的な散水を行ったのち、30分後にブロアを用いてモルタル表面の不溶性ゲルを吹き飛ばすようにして除去した。不溶性ゲルの除去状況を写真-6右に示す。除去の様子を観察するとともに除去完了までに要した時間を計測した。

### 3.2 実験結果

モルタル表面に十分と考えられる量の遅延剤入り水溶液を散布するのに要した時間は約100秒であった。この結果を用いると、実現場においてコンクリートの打込み作業中に気象情報にて降雨の予報を入手してから15分間で降雨対策を行うと仮定した場合、1人で約150m<sup>2</sup>の面積を散布できることになる。また、不溶性ゲルの除去に要した時間は約150秒であった。同様に、150m<sup>2</sup>分の不溶性ゲルを除去すると仮定すると、約24分間で作業を完了できることになる。

今回の結果を踏まえると、アルギン酸ナトリウム水溶

液の散布による降雨対策工法は、実施工に適用できる十分な施工性を有していると考えられる。

## 4. 多目的人工気象再現室での検討

### 4.1 多目的人工気象再現室の概要

多目的人工気象再現室は、人工的に気象を再現できる

表-4 モルタルの調合

W/C (%)	S/C	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			HWR (C×%)
		W	C	S	
55.0	2.97	252	459	1362	1.00

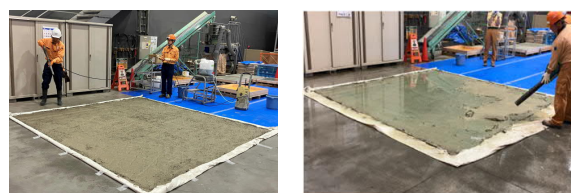


写真-6 実験状況（左：散布状況，右：除去状況）

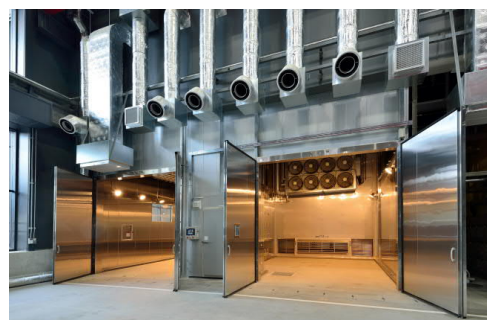


写真-7 多目的人工気象再現室  
(左：低温室，右：高温室)

表-5 多目的人工気象再現室の性能

	低温室	高温室
寸法	W5000mm×L6550mm×H5250mm	
温度	-30℃～+60℃	+15℃～+60℃
湿度	20%RH～80%RH	
降雨	20mm/h～200mm/h	
風速	3m/s～10m/s	
日射	70000Lx～100000Lx	
降雪	200mm/D～1000mm/D	—



写真-8 実験状況

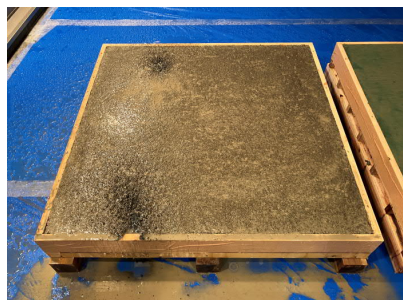


写真-9 散布なし



写真-10 散布あり (左: 降雨直後, 右: 膜除去後)

装置である。写真-7 に示す通り 2 部屋から構成され、左側が低温室、右側が高温室である。それぞれ温度、湿度、降雨、風速、日射、降雪の 6 種類の気象条件を設定することができ、これらを単独もしくは複合して設定することで地球上の様々な地域の気象を再現できる。装置の性能を表-5 に示す。

#### 4.2 実験概要

本実験では多目的人工気象再現室を利用して、実際の降雨に近い状態で遅延剤入り水溶液を散布した試験体と散布しない試験体の降雨時の状態を比較した。

使用するコンクリートや練混ぜ方法は 2 章と同様とし、1 バッチ 60L のコンクリートを製造し、1 つの型枠に 2 バッチずつ打込んで、2 つの試験体を作製した。

打込みから 15 分後に、一方の試験体に高圧洗浄機を用いて遅延剤入り水溶液を約 750g/m<sup>2</sup> 散布した。散布から 15 分後に、多目的人工気象再現室の低温室内で「降雨」及び「風速」の機能を用い、降雨：200mm/h、風速：8m/s の風雨を再現した。なお、この雨は予報用語で「猛烈な雨」と呼ばれる最も強い雨に分類される。降雨開始から 30 分経過後、「降雨」と「風速」の運転を停止し、試験体表面の様子を観察した。遅延剤入り水溶液を散布した試験体については運転停止 15 分後にブローで不溶性ゲルを除去し、コンクリート表面も観察した。実験状況を写真-8 に示す。

#### 4.3 実験結果

降雨直後の遅延剤入り水溶液を散布しなかった試験体を写真-9 に、散布した試験体を写真-10 左側に示す。

散布なしの試験体は降雨によってコンクリート表面のペースト分が流され、試験体外に流出しているのが確認できる。一方、散布ありの試験体は表面に生成した不溶性ゲルが破損することなく降雨終了まで残存していた。また、不溶性ゲルを除去すると、写真-10 右側に示す通りコンクリート表面は当初の状態を保っていた。よって、不溶性ゲルにより、猛烈な雨に分類される強い雨でも打込み表面を保護でき、降雨後に容易に除去できるため、問題なくコンクリートの打重ねができることを確認した。

### 5. 屋外での検討

#### 5.1 実験概要

ここでは、実際の降雨に試験体を曝し、遅延剤入り水溶液を散布した試験体と散布しない試験体を比較した。

使用するコンクリートや練混ぜ方法は 2 章と同様とし、1 バッチ 60L のコンクリートを製造し、1 つの型枠に 2 バッチずつ打込んで、2 つの試験体を作製した。打込みから 15 分後に、一方の試験体に高圧洗浄機を用いて 4 章と同様の遅延剤入り水溶液を約 750g/m<sup>2</sup> 散布した。散布から 15 分後に、2 つの試験体を屋外に移動し 1 時間降雨に曝した。

実験は 2023 年 9 月 8 日 PM13:15 頃、東京都清瀬市で実施した。当時台風 13 号が東京都に接近しており、直径 20cm のピンを屋外に設置して降水量を測定したところ 9mm/h であった。実験状況を写真-11 に示す。

遅延剤入り水溶液を散布した試験体は、降雨への暴露終了後屋内にて存置し、72 時間経過した後に、不溶性ゲ

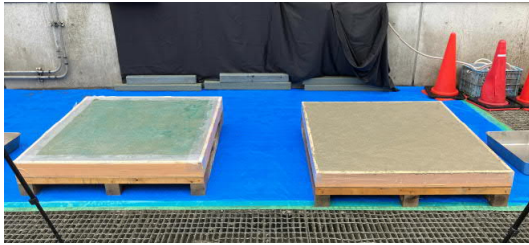


写真-11 実験状況



写真-12 降雨後の試験体表面  
(左：散布なし，右：散布あり)



写真-13 散布ありの72時間後状況 (洗出し前)



写真-14 散布ありの72時間後状況 (洗出し後)

ルが残存した状態のまま、高圧洗浄機を用いて骨材が露出するまで洗出し、コンクリート表面を観察した。

## 5.2 実験結果

降雨後のそれぞれの試験体表面を写真-12に示す。散布なしの試験体は降雨によって少しずつ表面のペース

トが流出し始め、降雨開始から約20分で粗骨材の表面が露出した。一方遅延剤入り水溶液を散布した試験体は前章同様不溶性ゲルによってコンクリート表面が保護されており、1時間降雨に曝されても劣化や破損は確認されなかった。

遅延剤入り水溶液を散布した試験体の72時間経過後の様子を写真-13に、高圧洗浄機を用いて洗出した後の様子を写真-14に示す。72時間経過した後の表面の不溶性ゲルは、散布直後より乾燥しているものの残存しており、コンクリート表面を保護していることが分かる。高圧洗浄機での洗出しも良好に行うことができた。以上より、週末の休日を挟んでも、洗出しによる打継ぎ処理を行えることを確認できた。

## 6. まとめ

遅延剤入り水溶液を打込み表面に散布し、不溶性ゲルを生成することによるコンクリート施工時の降雨対策について、実施工に向けた検討を行った。本稿の範囲で得られた知見を以下に示す。

- (1) 遅延剤入り水溶液の粘度を高めるほど、降雨に対して高い保護性能を有し、かつ長時間経過後にも洗出しが行える不溶性ゲルが生成できる。
- (2) 遅延剤入り水溶液の散布や不溶性ゲルの除去に要する時間は十分短く、アルギン酸ナトリウム水溶液の散布による降雨対策工法は実施工でも適用できる十分な施工性を有している。
- (3) 所定の配合の遅延剤入り水溶液を  $750 \text{ g/m}^2$  散布することで、猛烈な雨に分類される降水量  $200\text{mm/h}$  の雨と風速  $8\text{m/s}$  の風に30分間曝されても、コンクリート表面を保護できる。
- (4) 所定の配合の遅延剤入り水溶液を散布することで、72時間後でもコンクリート表面の洗出しを行うことができる。

## 参考文献

- 1) 大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化：  
[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme\\_p.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html) (閲覧日：2023年12月18日)
- 2) 桜井邦昭, 伊佐治優, 田中将希, 阿合証明：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文集, Vol.45, No.1, pp.1648-1653, 2023.7
- 3) 宮島千尋：アルギン酸類の概要と応用, SENI GAKKAISHI (繊維と工業), Vol.65, No.12, pp.444-448, 2009.12
- 4) アルギン酸ナトリウム：<https://www.kimica.jp/products/NaAlgin/> (閲覧日：2023年12月18日)