

超遅延・増粘型打継目処理剤の開発

清水建設株式会社 正会員 ○御領園 悠司
清水建設株式会社 正会員 幸田 圭司 正会員 根本 浩史
日本シーカ株式会社 正会員 尾田 健太 正会員 吉田 克弥

1. はじめに

コンクリート構造物の施工にあたってコンクリートの供給能力や施工条件の制約等を理由に柱部材や壁部材に設ける打継目は、構造物の安全性や耐久性に大きく影響するため、高い施工品質が求められる。そのため、打継目を設ける場合には適切な打継ぎ処理を行うことが重要である。

打継ぎ処理においては、打込みが完了したコンクリートの表面に打継目処理剤を散布し、翌日以降に高圧洗浄する方法が一般的である。

従来の打継目処理剤を使用する上での課題として、下記の3点が挙げられる。

- ① 従来の打継目処理剤は薄褐色の液体（写真-1）であり、散布した箇所が目視で判断しにくく、散布箇所によってむらが生じることがある。
- ② コンクリート打込み後、ブリーディング水によってその有効成分が流されることを防ぐため、散布までに1～3時間程度待機する必要があり、残業を余儀なくされる。
- ③ 高圧洗浄による打継ぎ処理はコンクリート打込み日から翌日にかけて実施するのが一般的であるため、休日前にコンクリートを打ち込んだ際は、休日に打継ぎ処理を行う必要があったり、それを避けるためにコンクリートの打込み日程を変更したりする必要があり、工程に影響を与える。

上述した打継目の品質確保に加えて、近年の建設現場においては、中長期的な担い手確保に向け、長時間労働の是正や、週休2日の達成等の働き方改革の推進は喫緊の課題となっている。

これらの課題を解決するため、著者らは打継目処理剤散布までの待機時間の削減および品質向上を目的として、コンクリートのアルカリ性に反応して増粘し、余剰水や勾配の影響により流されること無く効果を発揮する上、起泡させることで視認性が高く、ムラ無く散布することができる増粘型打継目処理剤を開発した。さらに、打継目処理剤の遅延成分を調整し、休日を挟んでも打継ぎ処理が可能となる、超遅延性を有する増粘型打継目処理剤の開発も併せて行った。

本稿では増粘型打継目処理剤および超遅延・増粘型打継目処理剤の開発にあたり、行った室内試験および現場実証の結果について報告する。

2. 増粘型打継目処理剤の開発および従来品との比較

(1) 増粘型打継目処理剤の要求性能

増粘型打継目処理剤（以下、開発品1）の開発にあたり、従来通りの施工方法で、適用範囲の拡大を可能とする要求性能を定めた。要求性能を表-1に示す。まず、打継目処理剤の基本的要求性能である凝結遅延性能の他に、噴霧機やジョウロでの散布が可能なこと、また、コンクリート打込み直後の散布を可能にすること、最後に散布時に視認性があることを要求性能として定めた。

表-1 開発品1の要求性能

1	従来と同等の凝結遅延性を有すること
2	噴霧機での散布ができること
3	コンクリート打込み直後に散布が可能であること
4	視認性を有すること

キーワード 超遅延, 増粘型打継目処理剤, 泡状噴霧, 生産性向上, 品質向上, 働き方改革
連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設株式会社 TEL03-3561-3915

(2) 開発品 1 の特徴

検討した打継目処理剤の特徴を表-2 に示す。従来品は凝結遅延剤のみで構成された液体であり、傾斜面や余剰水により遅延成分が流れ易い。開発品 1 はコンクリート表面へ散布された際、アルカリに反応し、増粘することで傾斜面や余剰水への抵抗性を有する設計とした。

打継目処理剤の粘度と pH の関係を表-3 に示す。従来品は pH の変化によらず常に低粘度である。開発品 1 は酸性領域 (pH < 6) では従来品と同様に低粘度であるのに対し、アルカリ性領域 (pH > 12) では高粘度を示す。開発品の元々の pH は約 5 であるため溶液は低粘度である。そのため、散布時にはジョウロや噴霧器などの使用が可能であり、従来通りの散布手法を用いることができる。一方、アルカリ性環境下では粘度が増加する特徴を有するため、余剰水や勾配による影響を受けにくいことが期待される。加えて界面活性剤を処方しており、泡状噴霧器を用いることで、打継目処理剤が起泡し、散布面が白くなり視認性を向上させる。

(3) 開発品 1 の性能

従来品と開発品 1 の洗い出し性能を室内試験によって確認した。試験に用いたコンクリート配合を表-4 に示す。

コンクリート練混ぜ後、容量約 3 l の樹脂製バケツ (内径 150 mm, 深さ 150 mm) に打込み供試体を作製 (写真-2) し、コンクリートの上面をバケツの上端に合わせてならした後、余剰水が自然にバケツから流れるように、写真-3 に示すように 5% の勾配を設けた傾斜面にバケツを静置して打継目処理剤を一定量 (300 g/m²) 散布した。打継目処理剤の散布時期はコンクリート打込み直後および余剰水の発生を想定した 2 時間後の 2 点とし、供試体は 20°C 環境下で 20 時間養生した。その後、コンクリート上面から 500 mm の高さより約 6.5 MPa の高圧水を 30 秒間噴射して洗い出し処理を行った。

洗い出し性能評価結果を表-5 に示す。表層のモルタルが削り出された深さ (以下、洗い出し深さと示す) を定量的に評価するため、任意に定めた 17 箇所をノギスにて測定し、洗い出し深さの平均値と変動係数を算出した。

従来品をコンクリート打込み直後に散布した場合、測定した洗い出し深さは非常に小さく、ほとんど洗い出しができておらず、変動係数が大きいことから不均一な仕上がりになった。一方、コンクリート打込み 2 時間後に散布した供試体は洗い出し深さが深くなり、変動係数も小さくなっている。従来品では散布時期の違いにより、余剰水や勾配の影響を受け、洗い出しの性能が変化するため、安定した品質を得ることが難しい。

一方、開発品 1 を使用した場合、散布時期によらず良好な洗い出し深さが得られ、目視でも洗い出し可と判断した。変動係数は従来品よりも小さい結果が得られたため、開発品 1 は散布時期によらず従来品と同等以上の性能を発揮することが確認でき、洗い出しの品質を安定化することが可能である。

表-2 打継目処理剤の特徴

種類	特徴
従来品	凝結遅延剤 (通常の液体)
開発品 1	アルカリ増粘型の凝結遅延剤 (コンクリート表面で増粘する)

表-3 開発品 1 の粘度・pH 特性

種類	pH	粘度 (mPa・s)	温度 (°C)
従来品	5.2	3.9	22
	12.3	3.8	22
開発品 1	5.2	3.3	23
	12.3	710	22

表-4 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	コンクリート配合 (kg/m ³)						
		W	C	S1	S2	G1	G2	Ad
60.0	44.0	166	277	403	403	402	726	1.1



写真-2 供試体

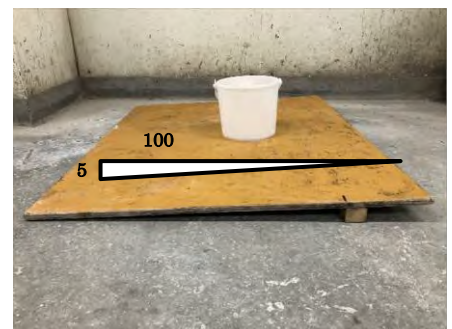


写真-3 傾斜面

3. 超遅延性を有する増粘型打継目処理剤の開発と従来品との比較

開発品 1 により、これまで課題であった早期散布が可能となり、洗い出し後の品質向上も可能となった。しかし、開発品 1 を用いた場合でも洗い出し処理を行う時期は散布翌日に限られる。それらの課題解決に向け、引き続き、超遅延性を有する打継目処理剤（以下、開発品 2）の開発を行った。

(1) 開発品 2 の要求性能

開発品 2 の要求性能を表-6 に示す。開発品 1 の有する性能（噴霧器で散布が可能であること、打込み直後に散布が可能なこと、視認性が高いこと）に加えて、打継目処理剤の散布から 2 日間の現場休工（土日）を想定し、コンクリート打込みから 3 日後（72 時間後）に洗い出しが可能なこととした。

(2) 開発品 2 の特徴

従来品や開発品 1 の凝結遅延成分では、散布量を変化させるなどの手法を用いても 72 時間後の洗い出しは困難であった。

要求性能を達成するために、使用する凝結遅延成分の最適化を行った結果、オキシカルボン酸塩に低分子有機化合物を処方することで 72 時間後の洗い出し処理を可能とした。

これらの遅延成分はどちらもセメントの水和を阻害し凝結遅延効果を有するが、セメントへの吸着速度の異なる二成分とすることで、それぞれを単体で使用した場合よりも高い洗い出し効果が得られた。

開発品 2 の粘度と pH の関係を表-7 に示す。開発品 1 と同様に特殊増粘剤を処方することで、散布後に増粘する特徴を付与し、余剰水による遅延剤成分流出を防ぐ設計とした。また、起泡性も有しているため泡状噴霧することで散布箇所の視認性を向上させることができる。

(3) 開発品 2 の性能

従来品と開発品 2 の洗い出し性能を室内試験により確認した。試験に用いたコンクリート配合を表-8 に示す。

配合は実証を行う現場で用いるものを参考にした。また、今回は 72 時間後に洗い出しを行う為、打込み後に行う、シート養生や湛水養生を想定した養生条件における性能比較を行った。

容量約 3 l の樹脂製バケツ(内径 150mm, 深さ 150mm)にコンクリートを打ち込み、供試体を作製した。その後すぐに打継目処理剤を 300g/m² となるようにコンクリート表面に散布し、水平面に静置させた。

打継目処理剤散布後、所定の温度に設定した恒温恒湿室にてコンクリート打込みから 72 時間供試体を養生した。養生方法は、コンクリート上部を露出した養生無し、上部をビニールシートとガラス板で覆い、水分の蒸発を抑えたシート養生、上部に約 2cm の水を張った湛水養生の 3 種類を検討した。なお、湛水養生において、水を張る時期は打継目処理剤散布完了から 1 時間後とし、水流が発生しないように静かに注水した。

表-5 開発品の性能評価結果


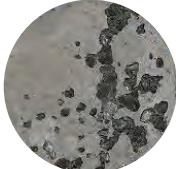

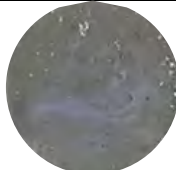


	洗い出し前 散布直後	洗い出し後 (洗い出し深さ/変動係数)	
		打込み直後散布	打込み 2 時間後散布
従来品	 余剰水により 流出あり	 洗い出し不可 (0.3mm 192%)	 洗い出し可:従来施工 (2.5mm 27%)
開発品 1	 増粘効果により 流出なし	 洗い出し可 (2.7mm 18%)	 洗い出し可 (2.6mm 16%)

表-6 開発品 2 の要求性能

1	コンクリート打込みから 72 時間後に洗い出しが可能なこと
2	噴霧機での散布ができること (散布時の粘度が低いこと)
3	コンクリート打込み直後に散布が可能であること (勾配や余剰水に対する抵抗性を有すること)
4	視認性を有すること (起泡性を有すること)

表-7 開発品 2 の粘度・pH 特性

種類	pH	粘度 (mPa・s)	温度 (°C)
開発品 2	5.6	5.8	23
	12.5	420	23

表-8 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	コンクリート配合(kg/m ³)					
		W	C	S1	S2	G	Ad
55.0	45.0	166	302	407	412	1029	1.4

洗い出し処理はコンクリート上面から 500mm の高さより、約 6.5MPa の高圧水を 30 秒間噴射して行った。湛水養生の条件では養生完了後、上部の水を取り除いた後に洗い出し処理を行った。

評価方法は目視により洗い出し可否についての定性的な評価を行い、削り出された深さを定量的に評価するためノギスにて測定し、洗い出し深さの平均値を算出した。

a) 20°C環境での洗い出し結果（養生条件の比較）

20°C環境下、各条件にて養生した供試体の洗い出し性能評価結果を表-9 に示す。表中の数字は測定された洗い出し深さの平均値を示しており、数値が大きいほど洗い出しが深いことを意味している。

従来品を用いた場合、養生無しの条件では 72 時間後の洗い出しはできなかった。従来品の性能評価において、表-5 よりコンクリート打込みから 20 時間後であれば良好な洗い出しが可能であることを確認

しているが、コンクリート打込みから洗い出しまでが 72 時間と長い条件では材齢とともに進行するコンクリートの硬化を抑えきれず、遅延効果が発揮されなかった。一方、養生ありと湛水養生の条件では従来品を用いた場合でも 72 時間後に洗い出しは可能であり、養生方法の違いにより洗い出し効果に差が生じることが明らかになった。

開発品は養生無しの条件であっても洗い出しが可能であった。洗い出し深さは従来品のどの条件よりも深く、写真からもその差が確認できる。また、シート養生と湛水養生でも同様に洗い出しが可能であり、それぞれ洗い出し深さの測定値に極端な差は無かった。養生を何もしない条件であっても高い洗い出し効果が得られるため、適用可能範囲が広く開発品は洗い出し効果に優れることを示している。

b) 30°C環境、5%勾配での開発品の洗い出し結果

開発品 2 の適用可能範囲を検証するため、より厳しい条件(30°C環境、5%勾配)での性能評価を行った。散布量は 300g/m² と 500g/m² とした。供試体作製後すぐに、5%勾配を設けた傾斜面に供試体を静置させて開発品を規定量散布した後、30°C恒温恒湿室にて養生無しの条件で 72 時間養生を行った。養生完了後に洗い出し処理を行った結果を表-10 に示す。

高温環境であっても開発品は 300g/m² でムラなく洗い出しが可能であった。また、散布量を多くすることで洗い出し深さも大きくなることを確認し、散布量の増減により深さの調整が可能であることを示している。

4. 現場適用性の検証

現場での適用性を確認するため、開発品 2 を用いたケースと、増粘効果および視認性向上効果は無く、開発品 2 と同等の超遅延効果のみを持つ打継目処理剤（以下、比較品）とを実構造物に施工に用い、日射や乾燥の影響や視認性の違いによる品質の差を確認した。

図-1 に示すような橋台のパラペット下部の打込み（コンクリート：27-12-20BB）において、開発品 2 と比較品の 2 種類を散布して洗い出し効果の比較を行った。

打込み当日から洗い出しまでの外気温は約 15.0~20.0°C、風速は 3~5m/s 程度であり、降雨は無かった。

表-9 養生条件と洗い出し性能評価結果 (20°C)








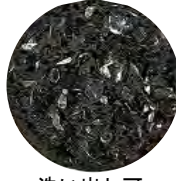
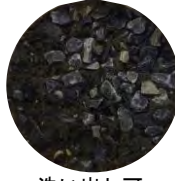

	養生条件		
	養生無し(気中)	シート養生	湛水養生
養生状況			
従来品	 洗い出し不可 0.1mm	 洗い出し可 1.8mm	 洗い出し可 1.6mm
開発品 2	 洗い出し可 4.1mm	 洗い出し可 4.8mm	 洗い出し可 3.3mm

表-10 開発品の性能評価結果 (30°C, 5%勾配)

	散布量 300g/m ²	散布量 500g/m ²
	開発品 2	 1.9mm

打上がり直後からコンクリート表面には、多少のブリーディング水の発生が認められた。打継ぎ処理面は概ね水平に仕上げられており、水の流れは発生していない。打継目処理剤はそれぞれ、コンクリート表面の粗均しの直後（約 10 分後）に泡状噴霧器を用いて散布し、作業完了後およそ 66 時間後（打込み後 2 日間の休日を想定）に高圧洗浄機による打継ぎ処理面の洗い出しを行った。

また、本構造物の仕上面については打込み完了後に養生シートを敷設し、湿潤養生を行っているが、打継ぎ面には養生を行っておらず、日射や風による乾燥の影響を受けている。

打込み量（今回施工部）	56.9m ³
打継ぎ処理面積（合計）	11.8m ²

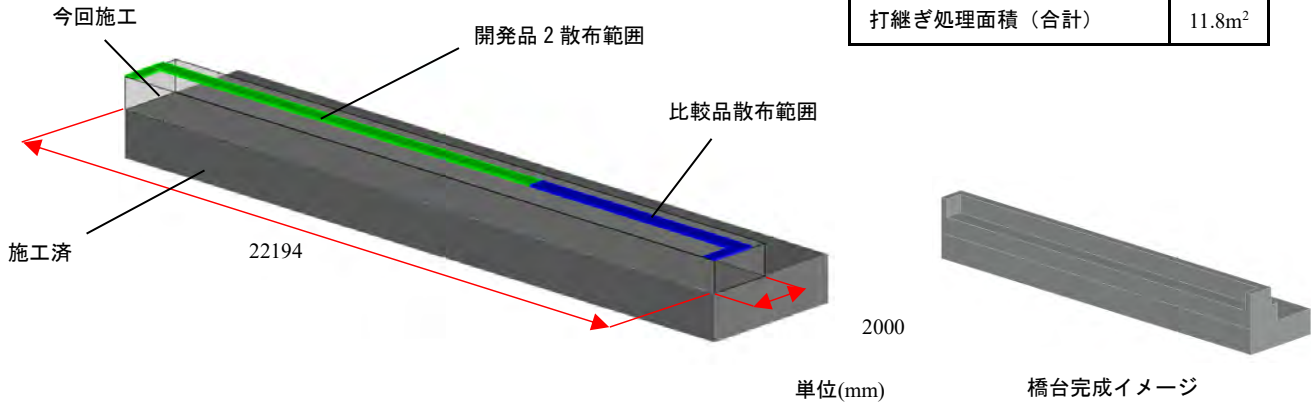


図-1 打継目処理剤散布範囲

5. 現場適用性の検証結果

開発品 2 及び比較品の散布状況、散布直後の様子、及び洗い出し後の状況を表-11 に示す。

表-11 現場検証結果

	散布状況	散布完了	洗い出し後
開発品 2			
比較品			

(1) 視認性および増粘性の確認

開発品 2 は散布中・散布後ともに視認性が高く、散布箇所が明確に判別できていることが分かる。また、開発品 2 を散布した箇所は増粘効果により、触れると糸を引く様相を呈しており、ブリーディング水による打継目処理剤の流出は認められなかった。

一方、比較品は散布時の視認性が低く、従来の打継目処理剤と同様に散布箇所の判別は難しく、散布にムラが出ている可能性があった。

また、粗均し後のわずかな不陸により散布後のブリーディング水と共に打継目処理剤が流れる様子が確認された。

(2) 洗い出し状況

表-11 の洗い出し後の結果より、開発品は 66 時間後でも十分に洗い出しが可能であることが確認できた。洗い出し後のコンクリート表面にムラなどは無く、洗い出しの深さは目視で 3~4mm 程度であり、レイタンス層は十分に除去できていると考えられる。

一方、比較品を散布した箇所は一部高压水では洗い出しが行えなかった部分があったことに加えて、開発品 2 と比較して、洗い出し深さが目視で 1~2mm 程度小さかった。

これは、視認性の低さから散布ムラが発生した事や、増粘剤が配合されていないことにより乾燥の影響を受け、十分に遅延性能が発揮できなかったことが原因と考えられる。

6. まとめ

- ・ 開発品 1, 開発品 2 共に増粘性, 視認性を持たせることで, 打込み直後に, ムラなく打継目処理剤を散布でき, 確実な打継ぎ処理を行うことができる。
- ・ 従来品は養生等により乾燥を防ぐことができれば, 72 時間の養生後に洗い出しが可能であった。これは水分の乾燥により, セメントに吸着する前に有効成分が析出してしまうことで, 遅延性能を十分に発揮できなくなってしまったためと推測される。
- ・ 開発品 2 は養生無しでも打込みから 72 時間経過後まで打継ぎ処理が可能であった。これは, 処方した低分子有機化合物が凝結遅延剤として有効に働いたことに加え, 増粘することで水分の蒸発が抑制され効果的に作用した可能性がある。
- ・ 開発品 2 は高温環境でも打込みから 72 時間経過後まで良好な洗い出し性能を発揮する。

室内試験や現場での検証の結果から, 超遅延効果を付与した増粘型コンクリート打継目処理剤を用いる事で, 打継ぎ処理作業における待機時間や休日作業の削減と, 安定した打継ぎ処理が可能となり, 現場の働き方改革, 品質向上に貢献できる。

参考文献

- 1) 中島ら: 視認性を向上させた増粘型コンクリート打継目処理剤の現場適用性の検証: 土木学会第 75 回年次学術講演会, V-445, 2020.
- 2) 尾田ら: 視認性を向上させた増粘型コンクリート打継目処理剤の新規開発: 土木学会第 75 回年次学術講演会, V-446, 2020.
- 3) 尾田ら: 遅延性能を向上させた増粘型コンクリート打継目処理剤の新規開発: 土木学会第 77 回年次学術講演会, V-251, 2022.
- 4) 御領園ら: 遅延性能を向上させた増粘型コンクリート打継目処理剤の現場適用性の検証: 土木学会第 77 回年次学術講演会, V-252, 2022.