

凝結促進剤を活用したコンクリートの仕上げ作業効率化手法 「T-CROW 工法」の開発

Efficient Method for Finishing Concrete Using Setting Accelerators Development of the T-CROW Method

折田 現太^{※1}
Genta Orita

金子 泰明^{※1}
Yasuaki Kaneko

【要旨】

寒中期のコンクリート工事では、仕上げ作業の実施時期が標準期に比べて遅延するため、生産性向上の観点から仕上げ作業の実施時期を早めることが求められる。そこで、筆者らは、打込んだコンクリートの上面に特殊な凝結促進剤を散布し、表層を攪拌することでコンクリート上面の仕上げ作業の実施時期を2時間～4時間短縮できる仕上げ作業の効率化手法「散布型コンクリート凝結促進工法 T-CROW 工法」を開発した。

本報は、寒中期において仕上げ作業開始までの待機時間を短縮するために必要な凝結促進剤の添加率と効果的な改質層の深さを実験的に検討し、考案した散布・攪拌手法によって目標とした仕上げ作業の実施時期の短縮と所定の強度特性が得られることを確認した結果を報告する。

【キーワード】 仕上げ作業 寒冷期 凝結促進剤 コンクリート表層 散布 攪拌

1. はじめに

寒冷期のコンクリート工事では、コンクリートの凝結が遅く、打込み完了から仕上げ作業開始までの時間（以降、仕上げ待機時間と称する）が長くなり、コンクリート工事の生産性の低下要因となっている。一方で、寒冷期の仕上げ待機時間を短縮する試みとして、現場到着時のアジテータ車に凝結を促進させる混和材（以下、凝結促進剤と呼ぶ）を添加する手法¹⁾や、コンクリート調合の一部として、凝結促進剤を添加する手法²⁾が提案されている。これらの手法は、打込むコンクリート全体の凝結を促進させるものであるため、仕上げ面のみを改質することができれば、より経済的な対策が可能になると考えた。

そこで、筆者らは、かぶりコンクリートのみを対象に凝結促進剤を散布・攪拌することで寒冷期の仕上げ待機時間短縮を低コストで実現する手法「散布型コンクリート凝結促進工法 T-CROW」を開発した。

この工法は、コンクリート打込み後のかぶりに対して、カルシウムアルミネートを主成分とした粉体系の凝結促進剤（以降、凝結促進剤と称する）を散布し、攪拌することにより、仕上げ待機時間を2～4時間短縮させる方法である。

本報では、適用した凝結促進剤の添加率が仕上げ待機時間の短縮に与える影響とコンクリートの改質深さの変化が仕上げ待機時間や施工性に与える影響について実験

的に検討した結果を報告する。また、考案した凝結促進剤の散布・攪拌方法を適用した場合のコンクリートの仕上げ待機時間の短縮効果と圧縮強度への影響を確認した結果を報告する。

2. 検討の概要

2.1 検討の手順

検討の手順を図-1に示す。検討1では、適用した凝結促進剤を添加したモルタルを用いて凝結促進剤の添加率と仕上げ待機時間の短縮効果（以降、仕上げ短縮時間と称する）の関係を確認し、目標とする性能を得るための添加率を把握した。

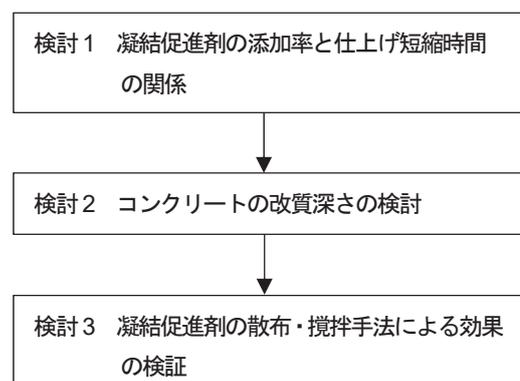


図-1 検証の手順

検討2では、凝結促進剤を添加しないコンクリート（以降、ベースコンクリートと称する）の上に、別途練り混ぜによって凝結促進剤を後添加したコンクリートを打ち重ねて作製した試験体を用いて、ベースコンクリートと改質深さの関係が与える仕上げ待機時間への影響について検討した。

検討3では、考案した凝結促進剤の散布・攪拌方法を適用した場合の仕上げ待機時間の短縮効果と圧縮強度への影響を確認し、施工法を検証した。

2.2 仕上げ作業の実施可能の判定方法

仕上げ作業の実施可能の判定は、既往の研究で示される仕上げ作業が実施可能なモルタルの貫入抵抗値「 $0.3 \text{ N/mm}^2 \sim 1.0 \text{ N/mm}^2$ 」³⁾を参考とした。本検討では、貫入抵抗値と相関関係の確認されているプラスチック硬度計の「デュロメータC型」の値⁴⁾（以降、デュロメータ値と称する）で判定することとした。前述の仕上げ作業が実施可能なモルタルの貫入抵抗値に相当するデュロメータ値は12～22であることから、デュロメータ値が12となる時点を仕上げ開始時間とした。また、凝結促進剤の無添加との差を仕上げ短縮時間として評価した。

3. 検討1 凝結促進剤の添加率と短縮時間の関係

3.1 実験概要

検討1で使用したモルタルは、検討2、検討3で使用するコンクリート30-18-20Nの調合条件から粗骨材を除いた、W/C=49.5%、S/C=2.27の調合とした。

また、試験体は前述のモルタルに、凝結促進剤をあと添加して練り混ぜたものを、寸法300×300×100mmの型枠に打込んで作製した。なお、凝結促進剤の添加率は、セメント重量比4%、6%、8%の3水準とし、10℃の試験環境下で凝結時間試験を実施した。

3.2 実験結果

凝結促進剤の添加率と仕上げ短縮時間の関係を図-2に示す。凝結促進剤の添加率が4%で2.5時間、6%で3.2時間、8%で4.5時間の待機時間短縮効果が得られた。また、凝結促進剤の添加率と仕上げ短縮時間には相関関係がみられ、凝結促進剤の添加率が1%増加すると、仕上げ短縮時間が約30分増加する傾向が確認された。また目標とした2時間～4時間の仕上げ短縮時間を満足する凝結促進剤の添加率は、3%～7%の範囲にあることを把握した。

4. 検討2 コンクリートの改質深さの検討

4.1 実験概要

使用したコンクリートの調合を表-1に、試験体の概要図を図-3に示す。試験体の寸法は、300×300×100mm、

表-1 コンクリートの調合

W/C	s/a	単位量(kg/m ³)						
		W	C	S1	S2	G1	G2	Ad
49.5	45.5	176	356	613	196	671	291	2.85

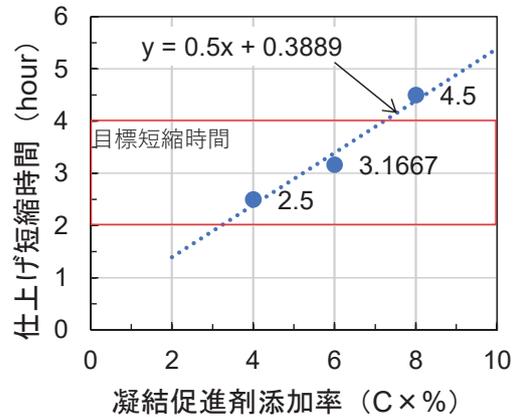


図-2 凝結促進剤の添加率と短縮時間の関係

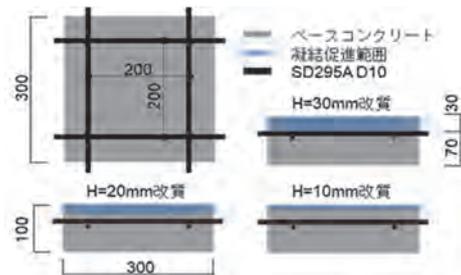


図-3 試験体の概要図

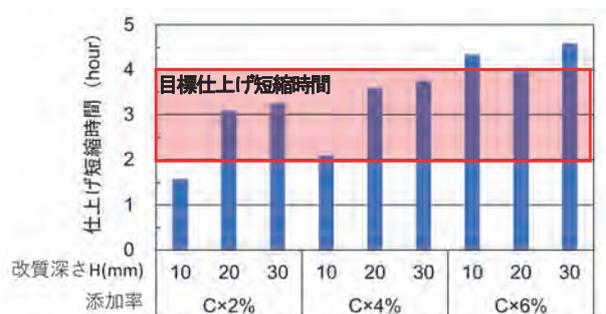


図-4 コンクリートの改質深さおよび凝結促進剤の添加率と、短縮時間の関係

かぶりを30mmとし、D10の鉄筋を200mm間隔で配置した。

コンクリートの改質深さは、10mm、20mm、30mmの3水準とし、凝結促進剤の添加率は、2%、4%、6%の3水準とした。また、コンクリートおよび試験環境の温度は10℃とした。

4.2 実験結果

コンクリートの改質深さおよび凝結促進剤の添加率と、仕上げ短縮時間の関係を図-4に示す。検討1と同様に、添加率の増加に伴って仕上げ短縮時間が増加する傾向が見られ、目標とした仕上げ短縮時間を満足する凝結促進剤の添加率は2%~4%の範囲と判断された。

なお、添加率が2%および4%では、改質深さが10mmにおいて目標とする仕上げ短縮時間を満足しなかった。一方、添加率が6%では、改質深さの違いによる仕上げ短縮時間に差は生じなかった。このことから、凝結促進効果の小さいコンクリートを適用した場合には、改質深さが小さいと、改質されていない下層のコンクリートの凝結状態の影響を受けやすくなるのが原因であると考えられ、改質深さは20mm以上必要であると判断した。

そこで、凝結促進剤の添加率は目標とする仕上げ短縮時間の範囲となった2~4%を適用範囲とし、改質深さは、仕上げ短縮時間が最も大きくなる30mmにすることとした。

5. 検討3 凝結促進剤の散布・攪拌手法による効果の検証

5.1 実験概要

実験の水準を表-2に、試験体の諸元を図-5に、試験体の作製手順を図-6に示す。凝結時間はコンクリート強度によって異なるため、調合条件を普通コンクリートの呼び強度の範囲である「21-18-20N」「30-18-20N」「45-18-20N」の3水準とした。また、打設から仕上げまでの作業における環境温度は、5℃、10℃、20℃の3水準とした。

凝結促進剤の添加率は、無添加に加え、10℃環境では2水準、5℃環境、20℃環境では3水準で設定した。なお、圧縮強度はコア供試体を用いて評価をするため材齢91日で実施した。

試験体の寸法は800×500×200mmとし、D10の異形鉄筋を200mm間隔の格子状に配置した。

試験体の作製手順は、型枠内にコンクリートを打ち込んだ後、締め固めを行う。その後、ふるいを使うことで凝結促進剤を均一に散布し、専用の攪拌機(写真-1)を使用してかぶりコンクリートを練り混ぜた。攪拌機は、鋼製の攪拌羽を回転軸に対してX型に複数配置したものであり、攪拌羽の後方に設置したガイドにより、攪拌深さを一定に保つ機能とコンクリートを均す役割を有している。なお、攪拌作業は、回転速度を300ppmとし、20m/秒で移動した。改質深さは、検討2の結果から、30mmを基本とした。なお、圧縮強度を評価した10℃環境の試験体では、採取したコア供試体の端面成型を行うことを考慮して、改質深さを40mmとした。

表-2 実験の水準

調合条件	凝結促進剤添加率 (C×%)	
	10℃環境	5℃環境, 20℃環境
21-18-20N	0.0, 2.0, 4.0	0.0, 1.2, 2.3, 4.7
30-18-20N		0.0, 0.9, 1.9, 3.8
45-18-20N		0.0, 0.7, 1.5, 3.0

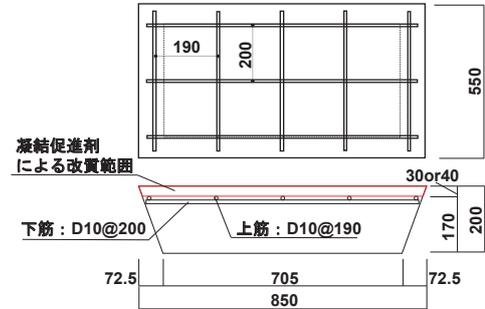


図-5 試験体の諸元

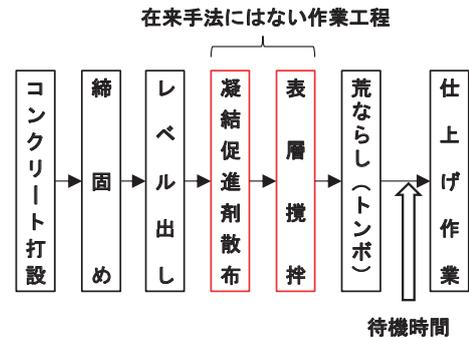


図-6 試験体の作製手順



写真-1 攪拌機および攪拌状況

5.2 実験結果

5℃環境における凝結促進剤添加率と仕上げ短縮時間の関係を図-7に、10℃環境における関係を図-8に、20℃環境における関係を図-9に示す。いずれの環境温度においても、凝結促進剤の添加率の増加に伴い、仕上げ短縮時間の増加傾向が認められた。また、凝結促進剤の添加率2%~4%であれば調合の違いに関わらず目標とする仕上げ短縮時間2時間~4時間が得られることを確

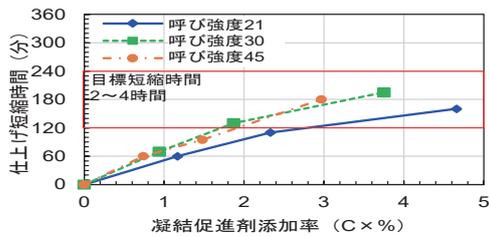


図-7 凝結促進剤添加率と仕上げ短縮時間の関係(5°C)

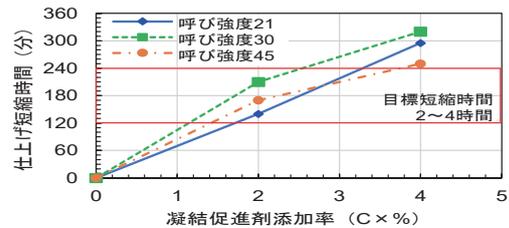


図-8 凝結促進剤添加率と仕上げ短縮時間の関係(10°C)

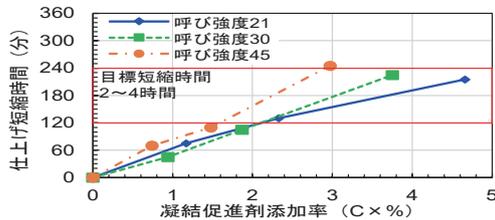


図-9 凝結促進剤添加率と仕上げ短縮時間の関係(20°C)

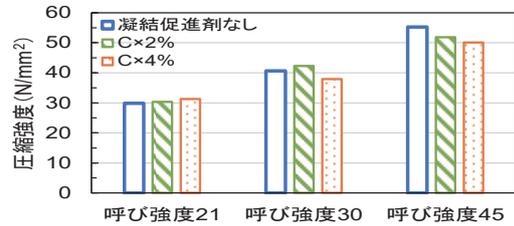


図-10 材齢91日のコア供試体圧縮強度試験結果

認した。また、材齢91日におけるコア供試体の圧縮強度試験結果を図-10に示す。凝結促進剤を添加したコンクリートの圧縮強度は、呼び強度を満足することを確認した。凝結促進剤による長期強度への影響はなく、同等である。

以上の結果から、本検討で使用した凝結促進剤を2%~4%添加し、所定の攪拌機を使ってコンクリートの表層30mmを改質することで目標とする仕上げ短縮時間(2時間~4時間)が得られる「散布型コンクリート凝結促進工法 T-CROW 工法」を確立した。

6. まとめ

本検討より以下の知見を得た。

1. カルシウムアルミネートを主成分とした凝結促進剤は、添加率の増加に伴い、仕上げ短縮時間が増加する傾向があることを確認した。
2. コンクリートの改質深さが仕上げ短縮時間や施工時のひび割れ発生に与える影響を検討し、一般的なスラブのかぶり深さ30mmの改質が妥当であることを確認した。
3. 凝結促進を散布・攪拌する手法は、改質の深さを30mm、凝結促進剤の添加率を2%~4%とすることで、目標とする2時間~4時間の仕上げ短縮時間を満足することが確認された。また、圧縮強度は、い

ずれの調合条件においても、呼び強度を上回ることを確認した。

以上の検討により、「散布型コンクリート凝結促進工法 T-CROW 工法」を確立した。今後は、本手法で作製したコンクリートの各種硬化特性や耐久性の評価を報告する予定である。また、冬期での実施工を実施する予定である。

【参考文献】

- 1) 浦野真次, 黒田泰弘, 依田侑也, 高橋圭一, 清村俊介: 凝結調整材を用いたコンクリート床の仕上げ工法の開発—アドバンストコンクリートフィニッシュ工法 (ACF 工法) による働き方改革—, 清水建設研究報告, 第98号, pp.77-86, 2020.12
- 2) 日刊工業新聞: 冬場の硬化時間3割短縮 大和ハウスなど新型コンクリ開発, 2022.3.4
- 3) 安藤雄基, 平野竜行: 床コンクリートの品質・生産性向上に関する打込みから仕上げまでの一連の取組み, コンクリート工学, Vol55, No.9, pp.788-791, 2017.9
- 4) 加藤享司, 槇島修: デュロメーターによる金ごて仕上げおよび湿潤養生の作業開始管理法の提案, とびしま技報, No.65, pp.13-16, 2017.

Summary Since the execution period of finishing work is delayed in comparison with the standard period in concrete work in cold weather, advancement of the date of starting the finishing work is required from the viewpoint of improving productivity. Therefore, we developed a concrete finishing work efficiency technique called the spray-type concrete setting acceleration construction method, the T-CROW construction method, to reduce the implementation time of finishing the concrete top surface to two to four hours by spraying a special setting accelerator on the top surface of the placed concrete and agitating the surface layer.

This paper reports the results of the experimental study of the additive rate of the setting accelerator and the effective depth of the reformed layer necessary to reduce the waiting time until the start of finishing work in cold weather and the verification that the targeted reduction of implementation time and the prescribed strength characteristic are obtained by using the devised spraying and agitating technique.

Key Words : Finishing work, cold weather, setting accelerator, top surface of concrete, spray, agitation