

硬化促進剤をあと添加したコンクリートによる 床仕上げ時間短縮に関する研究

堀田 和 宏 酒 井 正 樹 神 代 泰 道
高 田 大 資 義 本 知 慧 中 谷 康 彦
(東北支店) (東北支店) (東北支店)

Study on Reducing the Floor Finishing Time Using Concrete with an Additional Accelerator

Kazuhiro Hotta Masaki Sakai Yasumichi Koshiro
Daisuke Takata Chie Yoshimoto Yasuhiko Nakatani

Abstract

When concrete is placed during winter, its setting time is longer than that in the standard season, and in many cases, trowel pressing is performed late into the night. Therefore, we verified the shortening effect of the setting time and basic properties, such as the freshness of concrete, by using concrete with a nitrate hardening accelerator. In addition, the workability, such as the trowel pressing sensation of the plasterer, was verified. Notably, concrete to which 1% of the hardening accelerator was added by weight of cement could shorten the setting time while maintaining good workability.

概 要

冬期にコンクリートを打ち込んだ場合、コンクリートの凝結時間が標準期と比較して遅くなるため、床仕上げ作業における「こて押え」が深夜に至るケースが多い。そこで、コンクリートの硬化速度を早めることができる硬化促進剤に着目し、筆者らが開発した硝酸塩系硬化促進剤をあと添加したコンクリートによる、凝結時間の短縮効果やフレッシュ性状等の基礎性状の検証を行った。また、左官職人による床仕上げの作業性（こて押えの行いやすさ）の確認も実施した。その結果、硬化促進剤をセメント質量で1%あと添加したコンクリートは、通常のコンクリートと同等のフレッシュ性状や強度、作業性等を確保しつつ、凝結時間を短縮できることが分かった。さらに、硬化促進剤をあと添加したコンクリートを実建築物の土間床に適用した。その結果、施工性や床仕上げの作業性を低下させずに、床仕上げに要する時間を約2時間短縮でき、生産性の向上に寄与できた。

1. はじめに

冬期にコンクリートを打ち込んだ場合、コンクリートの凝結時間が標準期と比較して遅くなるため、床仕上げ作業における「こて押え」が深夜に至り、作業者の深夜残業が発生するケースが多い。深夜残業は、近年規定された働き方改革関連法に基づいた時間外労働の上限規制の観点から極力削減することが望ましい。このような背景から、硬化促進剤（材）を利用したコンクリートの凝結時間の短縮技術が提案されている^{例）}。

硬化促進剤（材）とは、コンクリート中のセメントと反応して硬化を早める混和剤（材）の一種であり、通常、型枠の早期脱型を目的として使用される。しかし、硬化促進剤（材）の添加量が大きすぎると、コンクリートの流動性が極端に変化したり粘性の増大に伴う仕上げ作業の効率低下を生じさせる可能性がある。したがって、硬化促進剤（材）を使用する際は、目標とする凝結時間だけでなくその他性状とのバランスも考慮する必要がある。

そこで、本報では、筆者らが開発した硬化促進剤²⁾による種々の効果を確認するため、冬期環境下において、フレッシュ性状をはじめとした基礎性状を把握するととも

に、左官職人による床仕上げ（こて押え）の感覚を検証した結果を示す。さらに、本技術を実建築物の土間床に対して適用した結果を報告する。

2. 硬化促進剤の概要

本研究で使用した硬化促進剤（JIS A 6204 適合）は、主成分は硝酸塩系であり茶褐色の液体状である（Photo 1）。この硬化促進剤はPCaの早期脱型を目的として開発した経緯があるが、本研究では凝結時間を短縮できる効果に



Photo 1 硬化促進剤の外観
Appearance of Hardening Accelerator

着目した。本混和剤の添加方法は、コンクリートの単位水量の一部として生コン工場で添加する方法と、工事現場でトラックアジテータに積載されたフレッシュコンクリートに対して添加する方法(あと添加)が考えられる。実務上、生コン工場で本混和剤を予め添加することは、ミキサの清掃手間が発生する等の観点から難しいと考えられたため、本研究では後者の方法を基本とした。

3. 室内実験

3.1 実験概要

本実験では、硬化促進剤をあと添加したコンクリート(以下、硬化促進コンクリート)を練り混ぜ、基礎性状を確認するとともに、スラブ状の型枠に打ち込み、左官職人による床仕上げ(こて押え)の感覚を検証した。本実験では、実物件への適用を考慮し、硬化促進コンクリートに対し次のような性能目標を設定した。

- ・ 硬化促進剤のあと添加によって、床仕上げが2時間程度以上早くなる
- ・ 硬化促進剤をあと添加しても、フレッシュ性状が低下しない
- ・ 床の仕上げ作業(均し、押え)を、通常のコンクリートと同様に行える
- ・ 圧縮強度、表面強度が通常のコンクリートと同等に発現し、ブリーディングや沈降量に関しても悪影響を及ぼさない

一連の実験は、当社技術研究所内施設「人工気象再現室」を用いて、冬期環境下(気温:約10℃)で実施した。

3.2 実験で使用したコンクリート

コンクリートの使用材料を Table 1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメントとし、化学混和剤は AE 減水剤および硝酸塩系硬化促進剤とした。材料温度は気温(約10℃)と同程度となるように調整した。

コンクリートの調合を Table 2 に示す。ベースとするコンクリート(以下、ベースコン)は、一般的な土間床への適用を想定して、27-15-20Nとした。硬化促進剤の条件は、添加なしの「N-0」とセメント質量×1%をあと添加する「N-1」の2水準とした。なお、硬化促進剤の添加率は、予備実験結果を基に、凝結時間の短縮効果、強度、コストのバランスを考慮して決定した。硬化促進剤の添加に際しては、単位水量は補正せず、外割りで計量した。

コンクリートの練混ぜは、強制二軸練りミキサ(100L)を使用して実施した。練り混ぜ方法は、細骨材、粗骨材、およびセメントをミキサ投入後10秒、注水して90秒、硬化促進剤を添加して30秒練り混ぜ排出した。コンクリートは1調合あたり6バッチ練り混ぜ、1~5バッチ目を3.3節で後述するスラブ試験体用の型枠に、6バッチ目を3.4節で後述する凝結時間、ブリーディング、沈降量試験用型枠に打ち込んだ。バッチ間の注水時刻の差は約6分であり、実験上問題はないと判断した。

3.3 スラブ試験体

スラブ試験体は、硬化促進剤の添加の有無によるこて押え感覚の差異を確認するため、1調合あたり1体作製した。スラブ試験体の平面寸法は、左官職人がかんじきを履いた状態で試験体へ乗りつつこて押え感覚を確認することができるように縦1500mm×横1500mmとした。スラブ試験体厚さは、一般的な土間床を想定し200mmとした。

3.4 試験項目

3.4.1 フレッシュ試験 (JIS A 1101, 1128) コンクリートの基礎性状把握のため、スランプおよび空気量試験等を実施した。試験のタイミングは、硬化促進剤の添加前後とした。

3.4.2 スラブ試験体内部温度 コンクリートの水和発熱の程度を確認するため、スラブ型枠に打ち込まれたコンクリートの表層から5mmおよび100mm(中央)の位置の温度を、熱電対によって計測した。

3.4.3 凝結時間 (JIS A 1147) 凝結の始発(貫入抵抗値3.5N/mm²)までの時間は、コンクリート表面のこて押えタイミングと相関があると考えられる。そこで、試験は左官職人がコンクリート表面の状況を確認する都度実施した。

3.4.4 ブリーディング試験 (JIS A 1123) ブリーディングは、少量であればコンクリートの押え作業をスムーズに行うことができる反面、多すぎるとコンクリートの表層品質に悪影響を及ぼす可能性がある。また、ブリーディングが全く生じない場合は、押えが難しくなる(養生剤の散布が必要になる)ケースもある。そこで、硬化促進剤の添加の有無による差異を確認した。

3.4.5 沈降量試験 (JASS 5T-503) 沈降量が大きい場合、沈降ひび割れが発生する場合がある。そこで、硬化促進剤の添加の有無による差異を確認した。

3.4.6 左官職人のこて押え感覚 硬化促進コンクリートのこて押え時の作業性(こて押えの行いやすさ)

Table 1 コンクリートの使用材料
Employed Materials of Concrete

種類	記号	摘要
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度3.15g/cm ³
細骨材	S	掛川産陸砂 表乾密度2.59g/cm ³ , 吸水率2.53%, F.M.2.59
粗骨材	G	秩父産硬質砂岩砕石 表乾密度2.72g/cm ³ , 吸水率0.60%, F.M.6.63
水	W	上水道水
化学混和剤	AD	AE減水剤 標準形1種 (JIS A 6204適合)
	NS	硝酸塩系硬化促進剤 (JIS A 6204適合)

Table 2 コンクリートの調合 (27-15-20N)
Compounding Condition of Concrete

調合記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				AD (C×%)	NS (C×%)
			W	C	S	G		
N-0	47.8	45.2	178	372	771	982	0.5	0
N-1								1

※NSは外割りであと添加

を確認するため実施した。なお、日本コンクリート工学会による「打込み上面の仕上げの要領³⁾」では、「金ごて押え」とは「金ごてを押さえる力(接地圧)を増加させ、平滑性と緻密性を段階的に高める作業」と説明されており、打込み上面の状態および品質はこの金ごて押えの程度に大きく左右されると言われている。また、金ごて押えの必要な回数は部位に応じて異なるが、一般的な土間床の場合、2回押えとされる場合が多い。これを受け、本実験ではスラブ試験体の仕上げの仕様は「金ごて2回押え」と設定し、次の項目を確認した。

- ・ コンクリート表層の均し・こて押えの感覚（こての滑りや沈み）
- ・ 金ごて押えの1回目、および2回目のタイミング
- ・ こてが効かなくなる（こて押え作業が不可能になる）タイミング

上記項目の確認は、寒冷地における左官工事経験が豊富な左官職人（一級左官技能士）協力の下、実施した。

3.4.7 圧縮強度試験 (JIS A 1108) 硬化促進剤の添加による影響を確認するため、標準養生と封かん養生（養生温度20℃）における7日および28日の圧縮強度を確認した。また、構造体強度を確認するため、スラブ試験体のコア強度を材齢28日および91日で確認した。

3.4.8 引っかき試験 本試験は、コンクリート表面に一定の荷重をかけて引っかき傷をつけ、その傷幅からコンクリート表層の表面強度をI~IVのグレードで評価するものである。本実験においては、硬化促進剤の添加の有無に起因する硬化コンクリート表層の緻密程度（表面強度）の差異を確認するため、日本塗床工業会「塗り床ハンドブック」⁴⁾に準拠し、材齢2か月で実施した。

4. 実験結果と考察

4.1 各試験の結果と考察

4.1.1 フレッシュ性状 フレッシュ試験の結果を Table 3に示す。硬化促進剤なしのN-0のスランブは 16.5cm、空気量は4.1%となった。硬化促進剤をあと添加したN-1では、添加前と添加後のスランブはともに17.0cm、空気量はそれぞれ4.0%、4.6%となった。本実験条件では、セメント質量×1%の硬化促進剤を外割りであと添加しても、フレッシュ性状はほとんど変化しないことが確認された。練上り直後の温度はいずれも12~13℃であった。

4.1.2 スラブ試験体内部温度 スラブ試験体の内部温度の測定結果をFig.1に示す。N-0、N-1ともに、試験体中心（打込み上面から100mm）の温度は表層付近（打込み上面から5mm）よりも2~3℃程度高い傾向が見られた。試験体中心の最高温度は、N-0およびN-1ともに同等であったが、最高温度を示す材齢はN-1の方がN-0よりも5時間程度早い傾向が見られた。これは、硬化促進剤によって水和反応が促進された結果と考えられる。

試験体表層付近の温度についても、水和反応の進行に応じて上下が見られるが、試験体中心よりも室内温度（約

10℃）による影響を大きく受けていると考えられる。

4.1.3 凝結時間 凝結時間をFig.2に示す。床仕上げの開始時間の目安とされている凝結の始発時間は、硬化促進剤なしのN-0では10時間56分、硬化促進剤をあと添加したN-1では8時間56分となった。本実験条件では、硬化促進剤のあと添加により床仕上げの開始時間を2時間程度短縮できる目安が得られた。なお、凝結の終結時間（貫入抵抗値28.0N/mm²）は、N-0では15時間6分、N-1では12時間59分となり、概ね2時間の短縮となった。

4.1.4 プリーディング コンクリートのプリーディング量をFig.3に示す。プリーディング量は、硬化促進剤なしのN-0では0.18cm³/cm²、硬化促進剤をあと添加したN-1では0.08 cm³/cm²となった。また、プリーディングが収束する時間はN-0では6時間、N-1では4時間となり、概ね2時間の短縮となった。プリーディング量は、少ない方が表層品質は向上するが、逆に少な過ぎると作業性が悪くなる。本実験条件における本項目の評価は、4.1.6項で後述する左官職人によるこて押え感覚によって行った。

4.1.5 沈降量 コンクリートの沈降量をFig.4に示す。沈降量は、硬化促進剤なしのN-0では2.0mm、硬化促

Table 3 コンクリートのフレッシュ性状

Fresh Properties of Concrete					
調査記号	硬化促進剤	スランブ (cm)	スランブフロー (cm×cm)	空気量 (%)	CON温度 (°C)
N-0	(なし)	16.5	29.0×28.5	4.1	12
N-1	添加前	17.0	30.0×29.0	4.0	12
	添加後	17.0	29.5×29.0	4.6	13

※フレッシュ試験は1バッチ目の結果

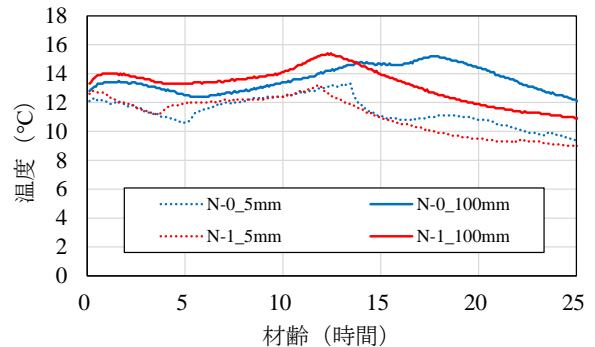


Fig.1 スラブ試験体の内部温度
Internal Temperature of Slab Specimen

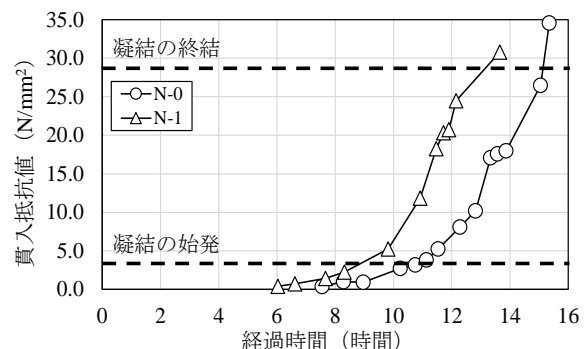


Fig.2 コンクリートの凝結時間
Concrete Setting Time

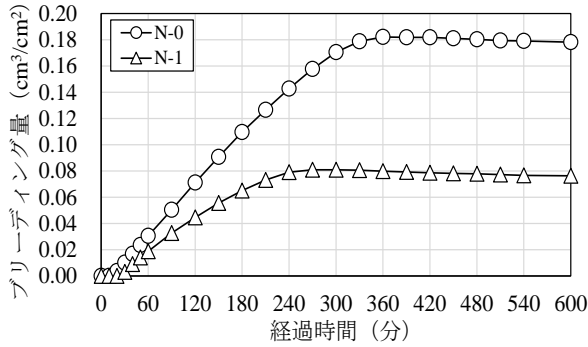


Fig.3 混凝土のブリーディング量
Bleeding Volume of Concrete

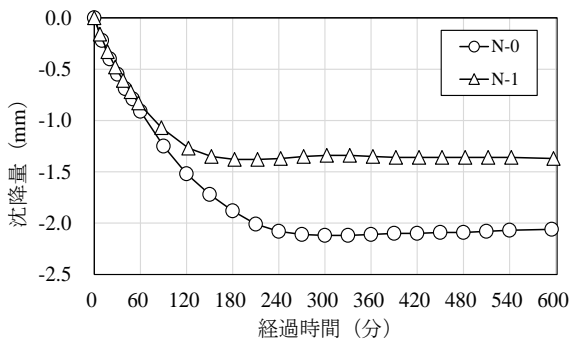


Fig.4 混凝土の沈降量
Settlement of Concrete

進剤をあと添加したN-1では1.4mmとなった。また、沈降が収束する時間は、N-0では4時間、N-1では2時間となり、概ね2時間の短縮となった。本実験条件では、硬化促進剤のあと添加により沈降量は少なくなり、冬期における沈みひび割れ等のリスクが低減できると考えられる。

4.1.6 左官職人によるこて押え感覚 本実験では、文献³⁾に準じ、金ごて押えのタイミングの目安を、コンクリート表面の浮き水が落ち着き、適度な接地圧をかけることができる時期と判断して検証を行った。左官職人によるこて押え感覚の確認状況をPhoto 2に示す。また、金ごて押え1回目および2回目のタイミングと貫入抵抗値の関係をFig.5に示す。N-0は、金ごて押え1回目の開始材齢が7.8時間、2回目の開始材齢が11.6時間であった。一方、N-1は、金ごて押え1回目の開始材齢は4.8時間、2回目の開始材齢は8.9時間となり、N-0と比較していずれも3時間程度早くなることが分かった。なお、Fig.2で示したように、N-1の凝結の始発・終結の短縮時間が2時間程度であったことを考慮すると、左官職人による感覚と凝結試験の結果には1時間程度の差が見られる。これは、スラブ試験体と凝結時間試験用供試体の温度差や、ブリーディング水の状況の差に起因するものと思われる。

また、Fig.1で示したように、N-1はN-0よりも試験体中心における最高温度を示すタイミングが5時間程度早くなったことを考慮すると、左官職人による感覚とは2時間程度の差が見られる。これは、こて押えのタイミングに影響するコンクリート表層からの深さは数センチ程度であり、この位置における最高温度を示すタイミングの差



Photo 2 左官職人によるこて押え感覚の確認状況
Plaster Checks Trowel Pressure Sensation

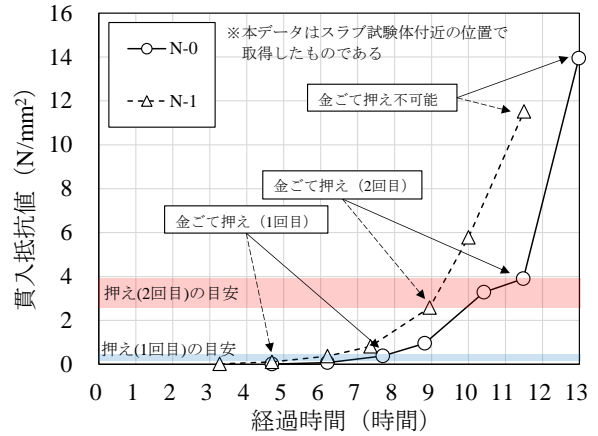


Fig.5 金ごて押えのタイミングと貫入抵抗値の関係
Relationship between Timing of Trowel Pressing and Penetration Resistance

は、試験体中央の差よりも小さかったためと推察される。金ごて押え1回目と2回目との間隔は、N-0、N-1ともに4時間程度であり、硬化促進剤を添加した場合でも押え作業が可能な時間に大きな変化は生じないことが分かった。

こての滑りに関しては、N-0およびN-1に差異はほとんどなかった。N-1は硬化促進剤的作用によりブリーディングがN-0よりも少なくなったものの、作業効率の低下は見られなかった。こての沈み具合に関しても、N-0およびN-1に大きな差は確認されなかった。なお、N-1はN-0と比較して内部まで硬化している感覚があり、こて押え時に力を加えやすく、比較的押さえやすいと左官職人に評価された。本実験条件においては、両者とも金ごて押え1回目における貫入抵抗値は0.1~0.4N/mm²程度、金ごて押え2回目における貫入抵抗値は2.6~3.9N/mm²程度であった。金ごて押え2回目のタイミングは凝結の始発と概ね一致しており、既往の文献³⁾と同様の傾向が得られた。

4.1.7 圧縮強度 コンクリートの圧縮強度をFig.6に示す。標準養生28日の圧縮強度は、N-0は51.3N/mm²、硬化促進剤をあと添加したN-1は53.0N/mm²となった。本実験条件では、セメント質量×1%の硬化促進剤を外割りであと添加しても、ベースコンクリートと同等以上の圧縮強度が確保できると考えられる。

構造体強度(材齢28日および91日)をFig.7に示す。材齢28日の段階ではN-1の方が強度発現が早く、材齢91日で両者は同程度となった。

4.1.8 引っかかり試験 引っかかり試験の結果をPhoto3

に示す。N-0, N-1ともに引っかき傷幅の最大値は0.3mm未満となり、表面強度グレードはI（最も良い）と判断された。したがって、硬化促進コンクリートの表面強度は通常のコンクリートと同等に発現することが分かった。

4.2 室内実験のまとめ

冬期環境下においてフレッシュコンクリートに硬化促進剤をあと添加した場合、ベースコンと比較して凝結時間は約2時間短縮され、こて押えのタイミングは約3時間早くなった。また、こて押えの感覚に関してはほとんど差異がなく、良好であった。なお、フレッシュ性状はほとんど変化せず、ブリーディングおよび沈降量は小さくなる傾向が見られた。加えて、圧縮強度に関しても、ベースコンと同等に発現した。

以上より、硬化促進コンクリートは所要の性能目標を満たすことができた。

5. 実建築物への適用

5.1 適用の概要

5.1.1 建築物の概要 硬化促進コンクリートの適用先として、寒冷地である東北地方の物件（用途：工場）を選定した。本物件は計690m²程度の土間床（厚さ約250mm）を有しており、Fig.8に示すようにA工区（375m²）およびB工区（315m²）に分かれている。コンクリートの打込みは厳寒期である12月および1月の計画であり、床仕上げが長時間になると想定された。そこで、硬化促進コンクリートを使用し、作業時間の短縮を図る計画とした。

5.1.2 打込みの計画 本工事では、A工区（12月打込み）には通常のコンクリートを打ち込み、B工区（1月打込み）には硬化促進コンクリートを打ち込む計画とした。それぞれの工区における打込みの開始時刻と作業の終了時刻の差を作業時間とみなし、硬化促進剤の有無による差異を検証した。なお、打込み順序はFig.8の矢印に示す通りである。

5.1.3 コンクリートの調合 本建築物の土間床のコンクリートの調合をTable 4に示す。コンクリートの水セメント比、単位セメント量、単位水量、細骨材率は室内実験での調合（27-15-20N）と同じ値であり、硬化促進剤（NS）についてもセメント質量×1%を外割りであと添加する計画とした。

5.2 適用の結果と効果

5.2.1 コンクリートの打込み 本工事で使用する硬化促進剤は、所要量を予め計量しておき、現場に到着したトラックアジテータに投入後、中速で60秒攪拌する計画とした。A工区およびB工区の打込み時の受入れ試験結果をTable 5に、硬化促進剤のあと添加状況をPhoto 4に示す。硬化促進コンクリートは、室内実験の時と同様に、添加前後においてフレッシュ性状の変化はほとんど生じなかった。また、粘性等に目立った変化はなく、コンク

リートの打込みにおいて、施工性に差異は見られなかった。加えて、両工区ともにコンクリートポンプを用いた圧送による打込みであったが、筒先においてスランプの急激な低下等も確認されなかった。なお、生コン工場から本工事敷地内へのコンクリートの運搬時間は、両日とも30分程度であった。

5.2.2 左官職人のこて押え感覚 本工事では、室内実験を行った左官職人を職長とするグループでコンクリートの仕上げ作業を実施した。作業環境は、両工区共に屋根があり、風はなく、気温は11℃程度であった。こて押え感覚は、室内実験と同様の要領でヒアリングした。こて押えの感覚については、B工区の方がややブリーディングが小さい傾向が見られたものの、両工区同等で、作業性（押えやすさ）に大きな差異はないと判断された。

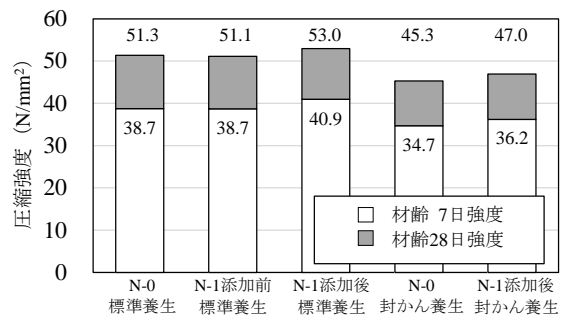


Fig.6 管理供試体のコンクリートの圧縮強度
Compressive Strength of Concrete

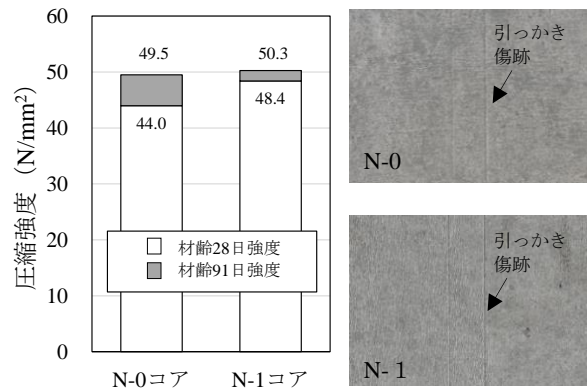


Fig.7 構造体強度
Structural Strength

Photo 3
引っかき試験結果
Scratch Test Results

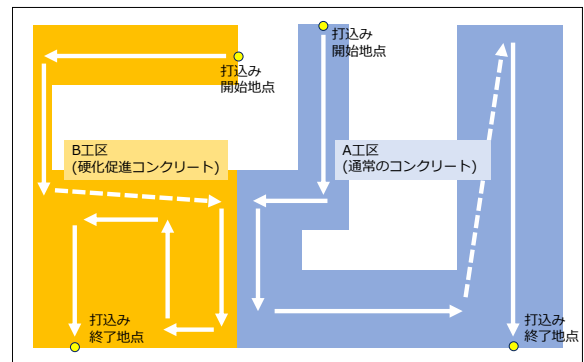


Fig.8 土間床の工区割概要と打込みの順序
Construction Area Map of Dirt Floor

Table 4 コンクリートの調合
Compounding Condition of Concrete

部位	W/C (%)	s/a (%)	単体量(kg/m ³)				AD (C×%)	NS (C×%)
			W	C	S	G		
A工区	47.8	45.2	178	372	772	975	1.0	0
B工区								1

※NSは外割りであと添加

Table 5 コンクリートのフレッシュ性状
Fresh Properties of Concrete

部位	硬化促進剤	スランプ (cm)	空気量 (%)	CON温度 (°C)	外気温 (°C)
A工区	(なし)	16.5	4.4	14	4.0
B工区	添加前	16.5	4.7	11	6.0
	添加後	16.0	4.9	11	6.0

Table 6 各工区のこて押えタイミングの平均時間
Average Time of Trowel Pressing Timing

作業内容	A工区	B工区
こて押え1回目	5時間57分	4時間59分
こて押え2回目	8時間37分	6時間14分
最終仕上げ完了	9時間07分	7時間09分

最終的に、両工区とも、光沢を持ち平坦性のある仕上りとする事ができた。

こて押えのタイミングをTable 6に示す。B工区は、A工区よりも、1回目は1時間程度、2回目は2時間20分程度早くなった。最終的な仕上げ終了時間は、B工区の方が2時間程度早くなり、左官職人および工事管理者の残業時間を削減することができた。なお、両工区とも、室内実験時のこて押えタイミングと差異が生じたが、これはコンクリートに使用した材料や、施工環境条件の違いによるものと推察される。

5.2.3 圧縮強度 使用したコンクリートの圧縮強度をFig.9に示す。品質管理の観点から、B工区は硬化促進剤の添加前後で試料を採取し試験を行ったが、硬化促進コンクリートはベースコンと同等以上に強度が発現し、品質上問題がないことが分かった。

6. まとめ

本報では、コンクリートの床仕上げ時間の短縮を目的とし、冬期環境下においてセメント質量×1%の硬化促進剤を外割りであと添加したコンクリートの、フレッシュ性状をはじめとした各種性能を検証するとともに、左官職人によるこて押え感覚の確認を行った。また、厳寒期において、硬化促進剤をあと添加したコンクリートを実建築物の土間床に適用し、その効果を確認した。得られた知見を次に示す。

- 1) 硬化促進剤をあと添加したコンクリートは、ベースコンクリートと比較して、フレッシュ性状はほとんど変化しない。また、ベースコンクリートと同等以上の圧縮強度と表面強度が確保できる。
- 2) 10°C程度の環境下において、硬化促進剤をあと添加



Photo 4 硬化促進剤のあと添加状況
Addition Status of Hardening Accelerator

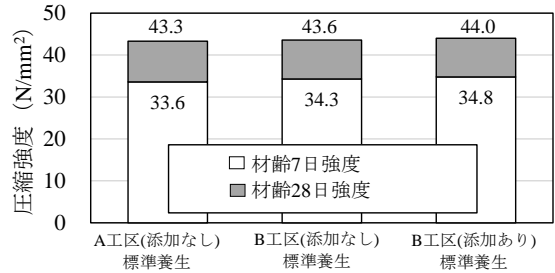


Fig.9 管理供試体のコンクリートの圧縮強度
Compressive Strength of Concrete

したコンクリートは、ベースコンクリートと比較して、こて押えタイミングを2~3時間程度早くできる。

- 3) 硬化促進剤をあと添加したコンクリートは、ベースコンクリートと比較してブリーディングが低減されるものの、本実験範囲内では、こて押えの作業性に影響は生じない。
- 4) 硬化促進剤をあと添加したコンクリートは、ベースコンクリートと比較して沈降量が低減されるため、沈みひび割れ等のリスクを低減できる。
- 5) 実建築物の土間床に、硬化促進剤をあと添加したコンクリートを適用した結果、コンクリート打込み時の施工性やこて押え時の作業性を維持した状態で、床仕上げ時間を短縮でき、左官職人および工事管理者の残業を2時間程度削減することができた。

今後は、本技術の適用範囲を拡張させるとともに、凝結速度の制御技術を高度化させることで、コンクリート工事に関する時間外労働の更なる削減を目指す。

参考文献

- 1) 浦野真次, 黒田泰弘: 凝結促進用混和材ACF-Wによるコンクリート上面の仕上げ作業の時間短縮効果, GBRC, Vol.48, No.4, pp.11-19, 2023.10
- 2) 堀田和宏, 神代泰道, 酒井正樹, 吉田理紗: 硝酸塩系硬化促進剤を用いたコンクリートのフレッシュ性状と初期強度発現性状, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.1, pp.1354-1359, 2020.7
- 3) 日本コンクリート工学会: コンクリート基本技術調査委員会コンクリートEWG報告書「打込み上面の仕上げの要領」, 2020.11
- 4) 日本塗床工業会: 塗り床ハンドブック, pp.188-197, 2012.