

建築学専攻
材料施工研究

MJ23081 瀬能 一馬
指導教員 古賀 純子

1. はじめに

近年、通信販売を通じた商取引の拡大により、倉庫床では自動搬送機による商品の頻回な運搬がなされている。工場や倉庫等のコンクリート床は耐摩耗性が高く堅牢であることが求められるが、自動搬送機の繰返し走行により、コンクリート床に轍が発生し、自動搬送機の故障等の問題が生じる。コンクリート床の摩耗の抑制手法のうち簡易な手法として、表面強化剤の使用があげられる。表面強化剤はコンクリート表面に塗布することで表層に浸透し、ケイ酸塩等の層を作ることで表面を強化するものであり、倉庫床等の簡易な表面強化策として期待される。しかし、表面強化剤の耐摩耗性に対する性能については現状では明らかにされていない。また、コンクリート床のキャスター走行の負荷による摩耗の発生実態は現状でデータの収集が不十分であり摩耗の発生防止策は現状で明らかでない。以上より、本研究では、表面強化剤を塗布したコンクリート試験体に対してキャスター走行による負荷を再現した繰返し走行試験を実施し、摩耗の実態および表面強化剤の性能について検証した¹⁾。

2. 研究方法

2.1 研究概要

コンクリート表層部品質と耐摩耗性の関係を検証するため、本研究では、表面仕上げ条件、養生条件を複数設定し、コンクリート表層部品質の異なる試験体を作成し、表面強化剤を塗布した。また、既往の研究²⁾より材齢（本研究では、“表面強化剤塗布後の経過時間”と定義）の経過により耐摩耗性が向上する可能性があるため、本研究では、経時後に改めて摩耗試験を実施した。摩耗試験後、表面強化剤の効果を定量的に把握するため、表面強化剤の浸透深さの把握を目的とし、コンクリート断面の観察を行った。なお、本稿では摩耗試験に絞って説明する。

2.1 試験体概要

試験体基板はFc27-15-20Nのコンクリートを用い、300mm角、75mm厚で作成した。作成条件を表1に示す。表面押さえ等仕上げの方法、養生の条件を数種類

表1 試験体水準

表面仕上げ	養生	無塗布	表面強化剤1	表面強化剤2	表面強化剤3
A 木ごて1回	a なし	○	○	○	○
B 木ごて1回 ・金ごて2回	a なし	○●	○●	○●	○
	b 散水1回 ・シート5日	○●	○●	○●	○
	c 冠水5日	○●	○●	○●	○
C 木ごて1回 ・金ごて2回 ・表面研磨	a なし	○	○	○	○

○：材齢4週～19週時の試験（試験実施時期：2022.9～2022.12）

●：材齢87週～92週時の試験（試験実施時期：2024.3～2024.4）

設定した。表面強化剤は濃度の異なる2種、および製造者の異なる1種を加えた3種を選定し、比較のため表面強化剤を塗布しない試験体を作成した（以降“無塗布”と呼ぶ）。表面仕上げ条件の表記はA, B, C、養生条件の表記はa, b, cとし、表面強化剤の番号の組み合わせにより試験体番号を表記している。一例として、「Ba1」の表記は、表面仕上げ：木ごて1回・金ごて2回、養生：なし、表面強化剤1を塗布した試験体を表している。なお、本研究では材齢4週～19週時の試験を若材齢、材齢87週～92週時の試験を1年半材齢と呼ぶ。

2.2 摩耗試験

本研究の摩耗試験は既往の研究³⁾で使用されたキャスター曲折時の床への荷重を再現したひねり荷重試験機（写真1）を用いて行った。載荷重は600kgf、走行回数は8000往復、MCナイロン製・幅40mmのキャスターを用いた。一定回数走行後にテーパーゲージを用いて摩耗深さの測定をした。測定箇所の概要を図1に示す。グレーの円弧はキャスター走行痕であり、キャスター痕上の6箇所で定点測定を実施した。

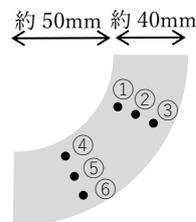


図1 測定箇所の概要
（●：測定箇所）



写真1 ひねり荷重試験機の外観

2.3 断面観察

表面強化剤をコンクリート表面に散布・塗布するとコンクリート表層に浸透し、表層が緻密化される。その際、表面強化剤とコンクリートの化学反応により、Na⁺が生成される。よって、X線CTスキャナや走査型電顕顕微鏡（SEM）等の精密機器を用いて、試験体断面の緻密化された層の観察、元素分析を行うことにより、表面強化剤の浸透深さを把握した。

3. 結果

3.1 キャスターによる摩耗

図2に若材齢と1年半材齢の摩耗試験による摩耗深さの推移を示す。図中の青線で表記されたグラフは若材齢の測定結果、黒線で表記されたグラフは1年半材齢の測定結果を表している。なお、試験体番号に_Rと表記のあるものは1年半材齢の試験体である。

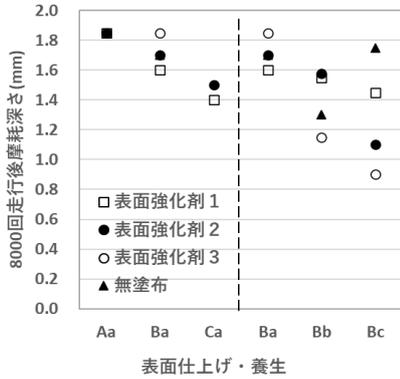
表面強化剤 1 では、若材齢の試験体は 8000 回走行時点での摩耗深さが 1.5mm 前後であるのに対し、1 年半材齢の試験体は摩耗深さ 1.0mm 以下であった。表面強化剤 2 では、若材齢の試験体は 8000 回走行時点での摩耗深さが 1.0mm 以上であるのに対し、1 年半材齢の試験体は摩耗深さ 1.0mm 未満であった。これより、材齢の差異により表面強化剤の耐摩耗性が向上したことが確認できた。

また、Bb1、Bc1、Bc2 では摩耗深さが 0.8mm 以下程度で走行回数が増加しても摩耗の進行が緩やかな時点があることから、表面強化剤は深さ 0.8mm 前後まで浸透し、効果を発揮すると考えられる。なお、表面強化剤の標準施工仕様書には、「コンクリート表層 1mm 未満の改質を目的としている」との記載がある。よって、本研究において、表面強化剤が 0.8mm 前後まで含浸しているという推察は、妥当であると考えられる。

3.2 表面仕上げ条件と養生条件

図 3 は、8000 回走行後の摩耗深さと表面仕上げ・養生条件の関係を示す。表面仕上げ条件が異なる Aa, Ba, Ca のうち、表面研磨を行った Ca の試験体が最も摩耗深さが小さく、表面仕上げ条件が良いほど耐摩耗性に優れている。養生条件が異なる Ba, Bb, Bc については、無塗布の場合を除き、養生条件の最も良い c の試験体が最も摩耗深さが小さいことから、養生条件が良いほど耐摩耗性に優れている。表面強化剤を塗布したコンクリート床の耐摩耗性向上において、表面仕上げ、養生は重要である。

図 3 表面仕上げ・養生条件と摩耗深さ



3.3 表面強化剤の効果

3.1 で述べたように表面強化剤は 0.8mm 前後まで含浸していると推察されることから、表面強化剤を塗布した試験体の摩耗深さ 0.8mm 到達までの走行回数と無塗布の場合との差を確認した。図 4 は、表面強化剤と無塗布の試験体との走行回数の差を表面仕上げと養生ごとに表している。

図 4 より、1 年半材齢の試験体すべてにおいて走行回数の差が正の値となっていることから、表面強化剤が効果を発揮し、耐摩耗性が向上したと考えられる。若材齢においては、表面研磨をした Ca を除き、Aa、Ba、Bb は、おおむね走行回数の差が負の値とな

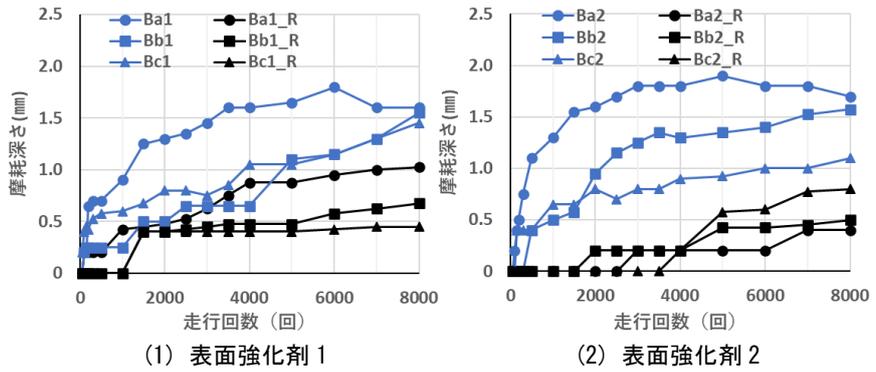


図 2 摩耗深さの推移

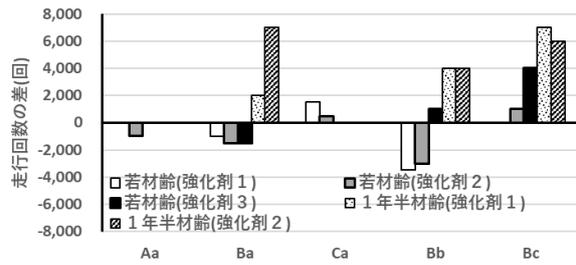


図 4 摩耗深さ 0.8mm 到達までの走行回数の差

っていることから、表面強化剤の効果が確認されなかった。ただし、表面研磨をした Ca、養生条件の最も良い Bc に関しては、若材齢においても走行回数の差が正の値となっていることから、表面強化剤が効果を発揮していると考えられる。以上より、表面強化剤塗布後短期間で耐摩耗性を向上させたい場合、表面研磨、一定の養生をすることが有効な手段であると考えられる。

4. まとめ

自動搬送機の床上の走行を想定し、表面強化剤を施したコンクリート床においてキャスター走行負荷による摩耗の検証およびコンクリート床の仕上げ・養生条件による耐摩耗性への影響、コンクリートの表面強化剤の材齢による耐摩耗性への影響の考察を行った。その結果、耐摩耗性を向上させるための床の施工には、表面仕上げ、養生の重要性が改めて確認された。表面強化剤を用いる場合には、材齢の影響を考慮し、塗布してから一定の期間を設ける必要があると言える。しかし、表面強化剤塗布後 1 年半経過時に建物の使用を始めることは非現実的であることから、耐摩耗性向上の過程を確認する必要がある。また、断面観察については、表面強化剤の浸透深さを把握することが困難であったため、耐摩耗性向上のメカニズムの解明については今後の課題である。

[参考文献]

- 古賀純子, 瀬能一馬他: 表面強化剤を施したコンクリート床のキャスター走行による耐摩耗性に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 90 巻 第 828 号, 2025. 2 (予定)
- 森田 敦, 小林 利充: コンクリート表面含浸材の性能評価 その 2 材齢と塗布量による耐摩耗性, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道), pp. 803-804, 2022. 9
- 藤井佑太郎他: 塗り床の耐動荷重性とコンクリート床下地の表層部品質の関係, 日本建築学会構造系論文集, 第 781 号, 2021. 3