

論文 Article

コンクリートの仕上げおよび養生方法の違いが表層品質に及ぼす影響

原稿受付 2018年9月26日

ものづくり大学紀要 第8号 (2018) 18~23

坂本大河^{*1}, 澤本武博^{*2}, 樋口正典^{*3}, 臺哲義^{*3}, 梶貢一^{*3}^{*1} ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科 学部生^{*2} ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*3} 三井住友建設株式会社

Effects of Finishing and Curing Methods on Surface Properties of Concrete

Taiga SAKAMOTO^{*1}, Takehiro SAWAMOTO^{*2}, Masanori HIGUCHI^{*3},
Akiyoshi DAI^{*3} and Koichi KAJI^{*3}^{*1} Undergraduate, Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*2} Dept. of Building Technologists, Institute of Technologists^{*3} SUMITOMO MITSUI Construction Co.,Ltd.

Abstract

In this study, the effects of the difference in finishing methods and curing methods of concrete on the surfaces properties were examined by scratch test, rebound hammer test, surfaces tensile test, air permeability test, water absorption test, and scaling test. As a result, wet curing was effective to improve the surface properties of concrete. When finishing agent was used, concrete surface became denser, and coefficient of air permeability tended to be small. When wet curing was begun from 6 hours after finishing of concrete surface, total amount of scaling was small.

Key Words : Concrete, Finishing, Curing, Air permeability, Water absorption, Scaling, Rebound number

1. はじめに

コンクリート床版の現場施工において、施工方法およびコンクリート打込み後における養生が床版の耐久性を大きく左右する¹⁾。そのため、コンクリートの仕上げ後にシートによる乾燥防止、さらには湿潤マットによる給水養生が行われる。しかし、仕上げ後に行う給水養生のタイミングを検討した例は少なく、どのタイミングで給水養生を行うことが、表層品質に最も有効であるかは明らかになっていない。

本研究では、プレストレストコンクリート床版を想定し、早強ポルトランドセメントを用いて、コンクリートの仕上げ方法および養生方法の違いが、表面硬さおよび耐久性に及ぼす影響を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体の作製

(1) コンクリートの使用材料および配合

セメントには早強ポルトランドセメント用い、

Table 1 Mix proportion of concrete

Date	Cement	Fc	Maximum size of coarse aggregate (mm)	W/C (%)	s/a (%)	Unit content(kg/m ³)						
						W	C	S①	S②	S③	G	Ad
2017.9.5	H	40	20	40.4	41.2	180	446	274	206	206	1001	4.46

Table 2 Test results of fresh concrete and compressive strength

Slump (cm)	Air content (%)	Temperature (°C)	Bleeding (%)	Proctor penetration test (h:m)		Standard curing (N/mm ²)		Sealed curing (N/mm ²)
				First	End	7days	28days	28days
19.0	5.6	31.1	0.07	4:00	4:40	45.3	50.9	47.7

細骨材には①埼玉県秩父郡皆野町産砕砂（表乾密度 2.66g/cm³）、②千葉県印旛郡栄町産砂（表乾密度 2.60g/cm³）、③埼玉県児玉郡神川町産砂（表乾密度 2.63g/cm³）の 3 種類を、また粗骨材には埼玉県秩父郡皆野町産砕石（表乾密度 2.69g/cm³）を用いた。混和剤には、AE 減水剤を用いた。コンクリートの配合を表 1 に示す。実験では、呼び強度 40、粗骨材の最大寸法 20 mm、水セメント比が 40.4%のレディーミクストコンクリートを使用した。

フレッシュ試験および圧縮強度試験結果を表 2 に示す。今回の実験は暑中環境下で行い、スランプが 19.0cm、空気量が 5.6%、温度が 31.1°C、ブリーディング率が 0.07%であった。また、プロクター貫入試験の結果は始発が 4 時間、終結が 4 時間 40 分であった。

圧縮強度試験は標準水中養生の材齢 7 日で 45.3N/mm²、材齢 28 日で 50.9N/mm²、封かん養生の材齢 28 日で 47.7N/mm²であった。

(2) 供試体の寸法

今回の実験では、コンクリート床版の厚さを 300mm とし、床版を部分的に抜き取り試験することを想定して、φ150×300mm の円柱供試体を用いることとした。供試体の作製は 2 層でコンクリートを打ち込み、内部振動機で締め固めを行った。打込みの様子を図 1 に示す。

(3) 供試体の養生方法

養生方法の一覧を、表 3 に示す。表に示した記号の NN はシート無・湿潤マット無を、AN はシート有・湿潤マット無を、AA はシート有・湿潤マット有を表している。仕上げ補助・養生剤には

Table 3 Curing methods

Sign	Curing	Finishing agent	Free
NN	Atmospheric	○	○
AN	Sealed	○	○
AA	Sealed and Wet	0h	○
		3h	○
		6h	○
		24h	○



Fig.1 Compaction



Fig.2 Finishing agent



Fig.3 Wet curing



Fig.4 Scratch test



Fig.5 Rebound hammer test



Fig.6 Surface tensile test



Fig.7 Air permeability test



Fig.8 Water absorption test



Fig.9 Scaling test

水性パラフィンワックスを主成分とするものを用い、打込み直後の荒仕上げおよび打込み2時間後の金鋺仕上げの時にそれぞれ $150\text{ml}/\text{m}^2$ 噴霧した。仕上げ補助・養生剤噴霧の様子を図2に示す。また、シートはポリエチレン製、湿潤マットは十分に水分を供給することができるウレタンフォーム製のものとし、湿潤マットは、仕上げ直後(0時間後)、仕上げから3時間後、6時間後、24時間後に設置し、コンクリート標準示方書に示されている早強ポルトランドセメントを用いた場合の最短湿潤養生期間である材齢3日まで養生を行った。なお、仕上げ後湿潤マットを設置するまでは、シート養生を行うこととした。供試体の型枠は脱型せずに、そのまま存置した。湿潤マットを用いた給水養生の様子を図3に示す。

2.2 表面硬さ試験

(1) 引っかき傷試験

引っかき傷試験は、引っかき傷試験器を使用し荷重1kgで引っかいた。引っかき傷試験の様子を図4に示す。引っかき試験器は、日本建築仕上学会材料性能評価委員会・塗り床材料性能WGによって開発された、日本塗り床工業会の認定品として市販されているものを用いた^{2),3)}。

試験は供試体表面を3回引っかき、1本の引っかき傷から、25mm間隔で3点引っかき傷幅を計測し、合計9点の平均値を引っかき傷幅とした。なお、引っかき傷試験は、材齢4日および材齢1ヶ月で実施した。

(2) 反発度試験

反発度試験は、NR型リバウンドハンマーを用いてJIS A 1155に準じて行った⁴⁾。測定箇所は25mm間隔で供試体中央付近9ヶ所とし、平均値

を反発度とした。反発度試験の様子を図5示す。今回の実験では、円柱供試体の打込み面を下向きに打撃するため、実験室のコンクリート床版で反力を取った。また、相対比較のため測定結果に角度補正は行わないこととした。なお、反発度試験は、材齢4日および材齢1ヶ月で実施した。

(3) 表層引張試験

表層引張試験は、簡易型引張試験器を用いて行った。表層引張試験の様子を図6に示す。簡易型引張試験器は、官公庁仕様書に掲載されている日本建築仕上学会の認定品として市販しているものを用いた。測定箇所は供試体上面の中央部とし、3体の平均値を引張強度とした。なお、表層引張試験は、材齢1ヶ月で実施した。

2.3 耐久性試験

(1) 表層透気試験

表層透気試験は、トレント法によるスイス規格262/1で示されているダブルチャンバーセルを用いた⁵⁾。表層透気試験の様子を図7に示す。測定箇所は供試体上面の中央部にチャンバーを設置し、それぞれの養生方法で養生した供試体を測定した。なお、表層透気試験は、コンクリート表層部の含水率の影響を受けるため、表層部がある程度乾燥した材齢14日(各養生1本試験)および材齢1ヶ月(各養生3本試験)で実施した。含水率は概ね4%程度であった。

(2) 表面吸水試験

表面吸水試験は、SWAT法を用いて行った⁶⁾。測定箇所は供試体上面の中央部とし、3体の平均値を表面吸水速度とした。表面吸水試験の様子を図8に示す。なお、表面吸水試験は、材齢1ヶ月で実施した。



Fig.10 Effects of curing methods on scratch width



Fig.11 Effects of curing methods on rebound number

(3) スケーリング試験

スケーリング試験は、ASTM C 672 に準じて、3%塩化ナトリウム水溶液で表面に水膜を形成した供試体を温度 $-18 \pm 3^{\circ}\text{C}$ で約 16~18 時間凍結させた後、温度 20°C で約 6~8 時間融解させるものであり、これを 1 サイクル (24 時間) とし、50 回繰り返した。測定は 5 サイクル毎に行い、端部を防水加工した試験面から、溜めた水溶液を取り除き、剥離した破片の質量の測定と試験面の観察を行った。スケーリング試験の様子を図 9 に示す。なお、スケーリング試験は材齢 1 ヶ月から開始した。

3. 実験結果および考察

3.1 表面硬さ試験

(1) 引っかかり傷試験

引っかかり傷試験結果を図 10 に示す。材齢 4 日お

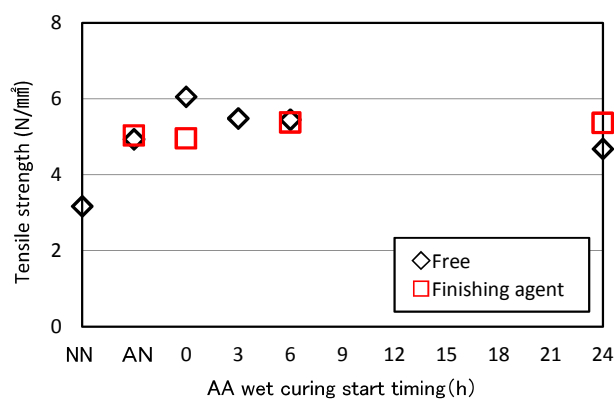


Fig.12 Effects of curing methods on tensile strength

よび 1 ヶ月のいずれの場合も、シート無・湿潤マット無の引っかかり傷幅は大きく、湿潤マットで養生することでその幅は小さくなった。これは、表面の乾燥を防止し、さらに水分補給を行うことで表面の水和反応が進み強固になったためと考えられる。なお、湿潤マット開始時間および仕上げ補助・養生剤の有無による差は見受けられなかった。

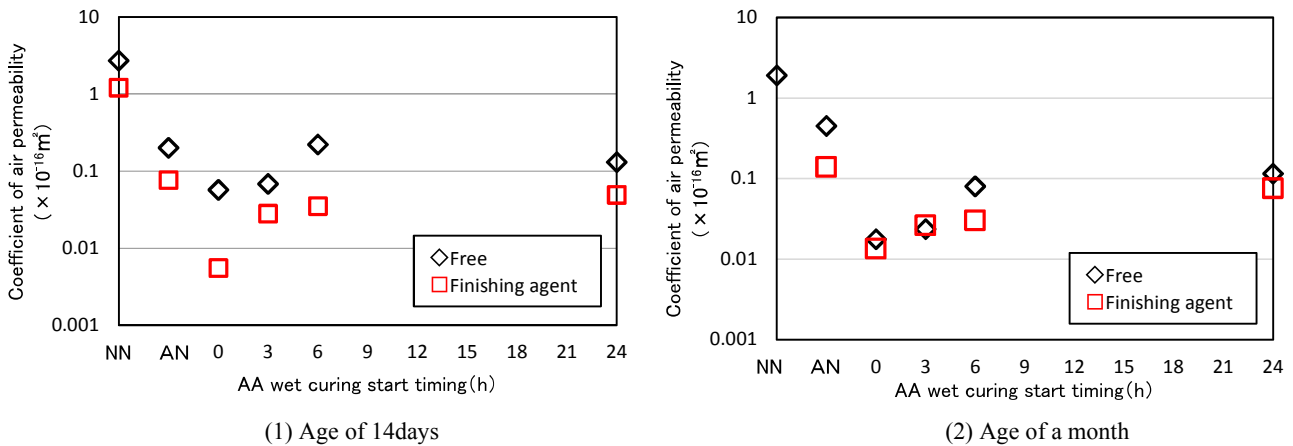


Fig.13 Effects of curing methods on coefficient of air permeability

(2) 反発度試験

反発度試験結果を図 11 に示す. 反発度は引っかけ傷試験と同様に, シート無・湿潤マット無の反発度は小さく, 湿潤マットで養生することで反発度は大きくなった. また, 湿潤マット開始時間および仕上げ補助・養生剤の有無による差は見受けられなかった.

(3) 表層引張試験

表層引張試験結果を図 12 に示す. 表層引張試験は引っかけ傷試験, 反発度試験と同様に, シート無・湿潤マット無の引張強度は小さく, 湿潤マットで養生することで表層部の引張強度は大きくなった. また, 湿潤マット開始時間および仕上げ補助・養生剤の有無による差は見受けられなかった.

3.2 耐久性試験

(1) 表層透気試験

表層透気試験結果を図 13 に示す. 表面硬さ試験と同様に, 湿潤マットを用いることでコンクリー

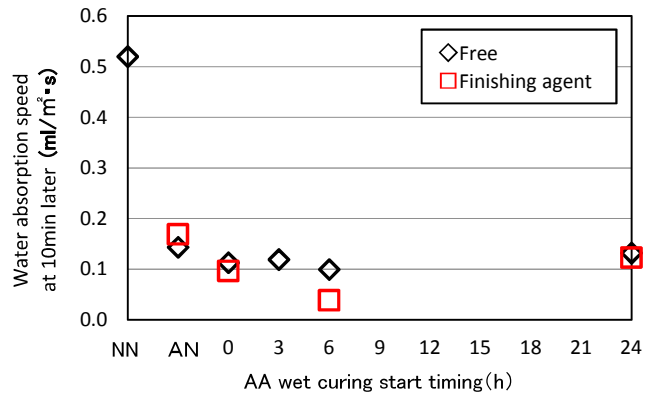


Fig.14 Effects of curing methods on water absorption speed

ト表層部は緻密になり表層透気係数は小さくなった. また, 表層透気係数には仕上げ補助・養生剤の有無による差が見受けられ, 仕上げ補助・養生剤を使用した方が表層透気係数は小さくなり, より緻密であることが判断できる. これは, 仕上げ補助・養生剤を用いると施工性が優れるだけでなく, 膜養生の効果も期待できるためと考えられる.

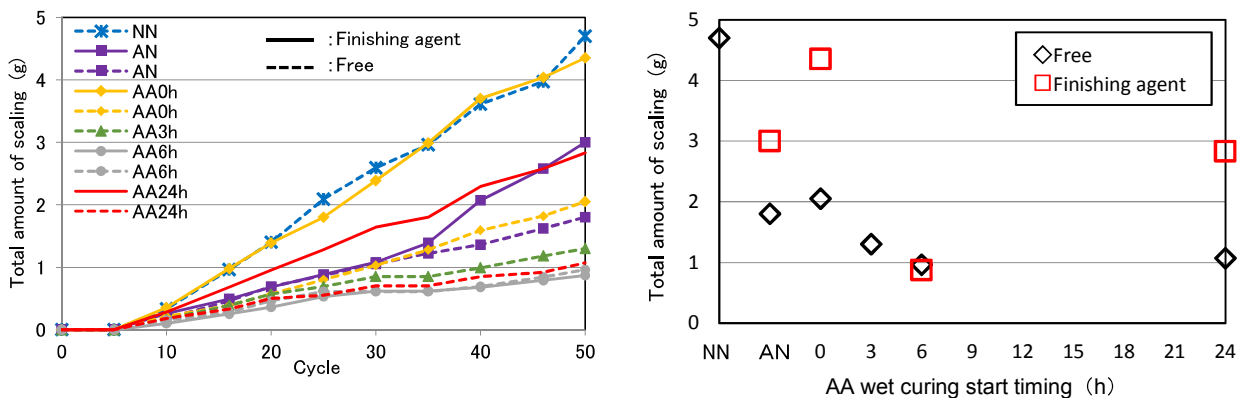


Fig.15 Effects of curing methods on total amount of scaling

また、湿潤マット開始時期については、仕上げ後なるべく早く行うほど表層透気係数が若干小さくなる傾向にあった。

(2) 表面吸水試験

表面吸水試験の結果を図 14 に示す。表層透気係数同様、湿潤マットを用いることで表面吸水速度は小さくなる傾向にあるが、仕上げ補助・養生剤の使用による明確な効果は見受けられなかった。また、湿潤マットの開始時間の影響は見受けられなかった。

(3) スケーリング試験

スケーリング量の累計とサイクル数の関係を図 15 左に示す。また、スケーリング量の累計を養生別にまとめると図 15 右のようになる。スケーリング量は、湿潤マットで養生を行わなかった供試体で多くなる傾向にあるが、湿潤マットで養生を行った供試体と比較すると仕上げ直後に湿潤マットの養生を開始したものが最も多く、湿潤マットで養生を早期に開始すると、スケーリング抵抗性は低下する傾向にあった。また、仕上げ後 6 時間後に湿潤マットの養生を開始したものの以外は、仕上げ補助・養生剤を使用したものでスケーリング量が増加している。これらのことより、スケーリング抵抗性に対しては、適切な給水養生開始時期が存在すると考えられる。

4. まとめ

早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートの仕上げおよび養生方法の違いが表層品質に及ぼす影響について、以下の(1)～(4)が明らかになった。

(1) シートおよび湿潤マットにより養生を施こすと、コンクリートの表面硬さおよび耐久性は大きく向上した。

(2) 仕上げ補助・養生剤を用いるとコンクリートはより緻密になり、表層透気係数は小さくなる傾向にあった。

(3) 湿潤マットの開始時間が引っかけ傷幅、反発度、引張強度、表層透気係数および表面吸水速度に及ぼす影響は小さかった。

(4) スケーリング量は仕上げ後 6 時間程度してから湿潤マットで養生を行った場合に最も少なくなり、適切な給水養生開始時間が存在すると考えられる。

今後は、模擬床版部材を作製し、仕上げおよび養生方法の違いが表層品質および圧縮強度に及ぼす影響を検討する予定である。

謝 辞

本研究を行うにあたり、澤本研究室の大学院生および学部生の方々に多大なる御協力を賜りました。ここに記して深謝いたします。

文 献

- 1) 浅井宏隆, 大野寛太, 佐々木亘, 細野宏巴: 床版の施工方法がコンクリートの表面品質に及ぼす影響, 第 24 回シンポジウムプレストレストコンクリート工学会論文集, pp.423-426, 2015
- 2) 浅見勉: 床下地表面硬さの簡易測定方法に関する研究, 日本建築仕上学会, FINEX, Vol.9, No.54, pp.22-26, 1997
- 3) 湯浅昇, 笠井芳夫, 松井勇: 引っかけ傷によるコンクリートの表面強度の測定方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.677-678, 1999
- 4) 日本工業規格: JIS A 1155 「コンクリートの反発度の測定方法」, 2012
- 5) スイス規格: SIA262/1, 2003
- 6) 林和彦, 細田暁: 表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E2, Vol. 69, No. 1, pp. 82-97, 2013