

練上がり温度の上昇がモルタルの耐久性に与える影響および表面塗布剤による品質改善

太平洋セメント(株) 正会員 ○中山莉沙 東洋輔 森寛晃 多田克彦

1. はじめに

近年、暑中期の日平均気温上昇により、コンクリート温度の低減に関する種々の対策を行ったとしても、荷卸し時点のコンクリート温度が 35℃を超えることが避けられない事態が想定される。この事態を鑑みて、JASS5 鉄筋コンクリート工事（解説）では、適切な対策を講じることを条件に荷卸し時点のコンクリート温度 38℃までを許容するとの内容が解説文に記載された¹⁾。しかしながら、暑中期を想定したコンクリート温度が、コンクリートの耐久性に与える影響を検討した事例は少ない。

本検討では、暑中期を想定したコンクリートの練上がり温度が各種耐久性に与える影響を把握した。加えて、指針類に定められた上限温度を超える場合に、コンクリートの品質を確保するための対策として、表面塗布剤による品質改善を検討することとした。

2. 試験概要

実験は、普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比が 45%のモルタルで行った。細骨材は掛川産山砂、混和剤は遅延形の高性能 AE 減水剤を使用し、空気量の調整には消泡剤を用いた。また、練上がり温度が上昇した場合にコンクリートの品質を確保するための対策の一つとして、脱型後、表面に塗布するタイプの耐久性向上養生剤(以後、CB と称す)を使用した。

練上がり温度は土木学会示方書が定める上限温度以下の 32℃、2015 年の JASS5 改定において条件付きで許容された上限温度の 38℃、さらに適切な対策を講じず、これらを大幅に逸脱した 45℃の 3 水準と比較用の 20℃とした。なお、モルタルの練混ぜは 30℃恒温室(R.H.70%)にて行い、練上がり温度が目標温度±2℃となるよう、練混ぜ水の温度を調整した。

暑中期を想定した 3 水準は、所定の練上がり温度であることを確認したうえで、各温度に設定した恒温恒湿槽内で 24 時間封緘養生を行い、その後 30℃恒温室へ移動して、各試験の材齢まで保管した。比較の 20℃水

準は 20℃、R.H.80%の恒温室にて練混ぜを行い、そのまま封緘養生を行った。脱型は JASS5 が定めた湿潤養生期間の下限值である 5 日後に行い、その後は各温度の恒温室で気中養生を行った。CB を塗布する水準は、脱型直後に供試体全面に CB を塗布した(塗布量は 150g/m²)。その後、無塗布水準と同様に、恒温室に保管した。

試験項目を表 1 に示す。長さ変化の測定用の供試体は、30℃恒温室にて質量減少が収束した時点で、20℃恒温室へ移動し、測定を継続した。細孔径分布の試料調整は、アセトンで水和停止後、真空乾燥を 3 日間、D-Dry を 7 日間行った。表面透気係数はトレント法に従い測定し、測定箇所の含水状態を把握するため、高周波容量式水分計(測定範囲: 表面から 40mm の平均値)を用いて表面含水率を測定した。

3. 試験結果と考察

圧縮強度の結果を図 1 に示す。練上がり温度が 38℃や 45℃では、材齢 7 日以降の強度増進が小さくなった。

表 1 試験項目

試験項目	備考(試験方法、供試体寸法等)
圧縮強度	JIS A 1108 試験体: φ50×100mm (材齢: 5 日, 7 日, 28 日, 91 日)
中性化深さ	JIS A 1153 試験体: 100×100×400mm 角柱切出し (材齢 28 日から 20℃, 60%R.H., CO ₂ 濃度 5%環境下)
長さ変化	JIS A 1129-3 ダイヤルゲージ法 試験体: 40×40×160mm (材齢 5 日で脱型・基長を行い、乾燥開始)
塩化物イオン浸透深さ	JSCE-G 572(供試体の前処理等の一部) 試験体: 100×100×100mm 塩水浸透面: 型枠側面の 2 面 その他の面はエポキシ樹脂で被覆 (材齢 28 日から NaCl 濃度 10%水溶液に浸漬開始)
細孔径分布	水銀圧入法 試験体: φ50×100mm 測定部: 中心部 (材齢 28 日から 20℃, 60%R.H.環境下)
表面透気係数	トレント法 試験体: 150×150×265mm 測定値: 試験体の側面 4 箇所の平均値 (材齢 28 日から 20℃, 60%R.H.環境下)

キーワード 暑中コンクリート、練上がり温度、表面塗布剤、耐久性、圧縮強度

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL. 043-498-3804

材齢 91 日では、38℃や 45℃の圧縮強度は 32℃や比較の 20℃と比べて小さく、32℃を基準とした場合、約 10% 低下した。CB 水準は、材齢 7 日以降の強度増進が大きく、材齢 91 日で無塗布の水準を大きく上回る結果となった。また、CB 水準は 45℃の場合でも、材齢 91 日の強度が比較の 20℃と同等であった。

中性化深さの結果を図 2 に示す。練上がり温度が高いほど中性化深さは大きくなった。また、CB 水準は、無塗布の水準に比べて中性化深さは小さくなった。

長さ変化率の結果を図 3 に示す。20℃水準は、他の水準と保管環境が異なる。暑中期を想定した 3 水準に着目すると、練上がり温度が 38℃の長さ変化率が最も大きく、続いて、32℃、45℃の順となった。また、材齢が進んでも、20℃水準を除いた全水準における長さ変化率の差は、概ね変わらなかった。CB 水準は、無塗布の水準と比べて、長さ変化率が小さくなった。

浸漬材齢 6 ヶ月の塩化物イオン浸透深さの結果を図 4 に示す。練上がり温度が高くなると塩化物イオン浸透深さは大きくなるが、CB 水準はいずれも、浸透が抑制され、比較の 20℃水準よりも小さくなった。

材齢 91 日の累積細孔径空隙量の結果を図 5 に示す。無塗布の水準では、練上がり温度が高くなるほど、全空隙量は大きくなっており、中でも、径 20nm 以上の空隙量の違いが顕著であった。練上がり温度が 38℃や 45℃での強度低下はこれら空隙量の増加によるものと考えられる。一方、CB 水準では、径 20nm 以下の空隙は増加、20nm 以上の空隙は減少しており、これら空隙構造の変化により強度が改善されたと考えられる。

CB 水準は各種耐久性を改善する結果であったが、これは、CB の塗布により表層が改質されたことに加え、水分保持により硬化体組織が緻密化したことなどが原因と考えられる。

材齢 91 日の表面透気係数および表面含水率の結果を図 6 に示す。練上がり温度の影響による明確な傾向は見られないが、CB 水準はいずれも無塗布の水準よりも表面透気係数が小さくなり、モルタルの表層品質は改善される傾向であった。

4. まとめ

練上がり温度が上昇することで、塩化物イオン浸透抵抗性や中性化抵抗性などは低下する傾向が見られたが、耐久性向上養生剤を塗布することで、各種耐久性は改善

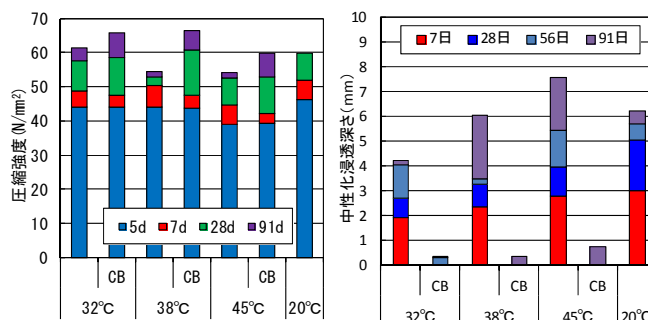


図 1 圧縮強度

図 2 中性化浸透深さ

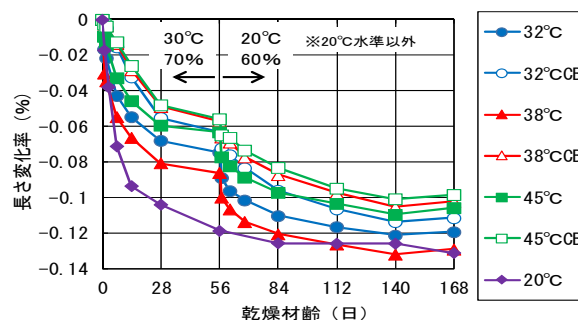


図 3 長さ変化率

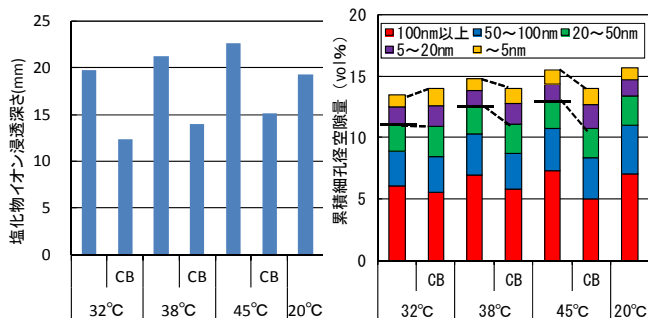


図 4 塩化物イオン浸透深さ
(材齢 6 ヶ月)

図 5 累積細孔径空隙量
(材齢 91 日)

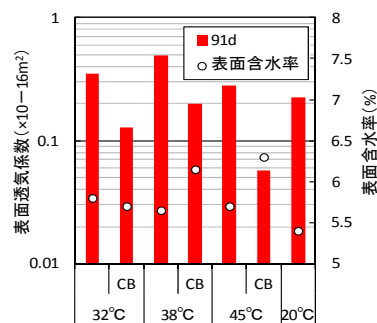


図 6 表面透気係数および表面含水率 (材齢 91 日)

された。万が一、コンクリート温度が 35℃を超えた場合にコンクリートの品質を確保する対策のひとつとして、耐久性向上養生剤の塗布は有効だと考えられる。

参考文献

1) 日本建築学会：暑中コンクリート工事（解説），日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事，pp.418-440，2015