

高温環境下における無収縮モルタルのフレッシュ性状および硬化性状に関する研究

鹿島建設(株) 正会員 取違 剛 鈴木一輝 ○高浦 雄貴

1. 目的

近年、温室効果ガスが主要因と考えられる気候変動の影響により、暑中コンクリートの施工環境は過酷さを増している。土木学会コンクリート標準示方書【施工編】において、2007 年制定までは、暑中コンクリートの打込みについて、『打込み時のコンクリート温度は 35℃以下でなければならない』と記載されていた。しかしながら、昨今の気候変動を鑑み、2012 年制定時には、『打込み時のコンクリート温度の上限は、35℃以下を標準とする。コンクリート温度がこの上限値を超える場合には、コンクリートが所要の品質を確保できることを確かめなければならない』と改訂された。この記載は 2017 年制定時にも変わっていない。コンクリート標準示方書は一般的なコンクリートを対象としたものであるが、各種補修材においても同様の施工環境が強いられている。無収縮モルタルに代表される断面修復材は、単位セメント量が多いことからそれ自体の発熱量も大きい。また、外気温が高まる夏期において、鋼構造物内部に無収縮モルタルが施工される場合などは、その環境温度が 40～50℃になることも想定される。本検討では、温度が約 50℃の施工環境における無収縮モルタルのフレッシュ性状ならびに硬化性状を評価し、品質を確保するための材料、施工条件を把握することを目的として、検証実験を行った。

2. 試験概要

本検討で用いた無収縮モルタルの物性値を表－1 に示す。施工時のフレッシュ性状の管理値として、J₁₄ 漏斗流下時間 8±2 秒が設けられており、水とプレミックス材（以下、P と記す）の比 W/P は 18%が標準とされている。温度 50℃の環境においては、無収縮モルタルの可使時間が著しく変化する可能性があったことから、粉体系の遅延剤を P×0.05%および 0.1%添加することとした。温度 50±2℃に制御した恒温恒湿室内にて、プレミックス材（25kg/袋）を容量 18 リットルの缶に投入し、4.5kg の水と所定量の遅延剤を加えてハンドミキサーにて 3 分間練り混ぜた。その後、JSCE-F-541-2013 に準拠して、10 分ごとに J₁₄ 漏斗流下時間を測定した。また、練上がり直後の試料を用いて、JIS A 1147 に準拠して凝結時間を測定した。φ 50×100mm の型枠に充填し、表面にガラス板を設置して、上面の変位をレーザー変位計にて計測することで、膨張率の経時変化を測定した。さらに、材齢 1, 3, 7 日にて JSCE-G 505-2018 に準拠して圧縮強度を測定した。なお、これらの試験はすべて温度 50℃の環境で実施した。

3. 試験結果

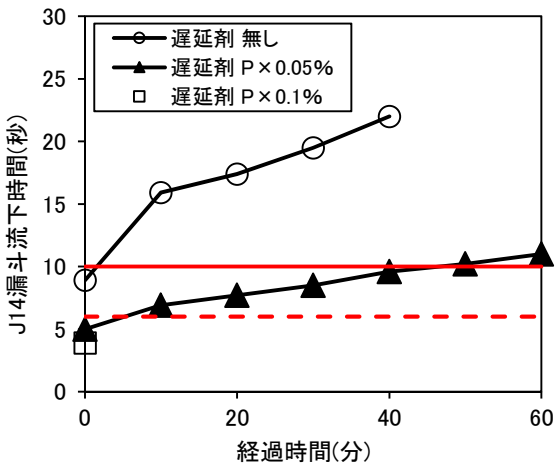
3.1 フレッシュ性状

J₁₄ 漏斗流下時間の経時変化を図－1 に示す。遅延剤を用いない配合においては、練上がりから 40 分以降で J₁₄ 漏斗が閉塞して計測不能となった。一方、遅延剤を P×0.05%添加すること

表－1 無収縮モルタルの物性（20℃）

項目		測定値※
流動性（J ₁₄ 漏斗：秒）		7.6
ブリーディング率（%）	2 時間	0
初期膨張収縮率（%）	材齢 7 日	0.2
凝結時間（hr:min）	始発	5:20
	終結	9:00
圧縮強度（N/mm ² ）	材齢 1 日	14.5
	材齢 3 日	43.7
	材齢 7 日	54.8
	材齢 28 日	66.7

※メーカーの技術資料より抜粋



図－1 J₁₄ 漏斗流下時間の経時変化

キーワード：無収縮，グラウト，高温，J₁₄ 漏斗流下時間，凝結，膨張収縮率

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6683

で、練上がり直後は流下時間が5秒となっており管理値を下回るものの、材料分離することなく、60分経過後にもJ₁₄漏斗流下時間は10秒程度であり、十分に施工可能と判断できた。なお、遅延剤をP×0.1%添加すると、練上がり時点でやや分離傾向が見られたため、経時変化は測定しなかった。

次に、遅延剤を用いない配合と遅延剤をP×0.05%添加した配合における凝結時間を図-2に示す。温度50℃の環境に静置することで表-1に比べて凝結時間は早くなり、遅延剤を用いない場合、練上がりから1時間20分で始発、2時間半で終結となった。遅延剤をP×0.05%添加することで始発時間を2時間まで遅らせることができたが、始発から終結までの時間は遅延剤を用いないものと同等であった。

以上のことから、本検討で用いた無収縮モルタルは、適正量の遅延剤を添加することで温度50℃の環境下でも練上がりから1時間程度は十分に施工可能と考えられた。

3.2 硬化性状

各配合における初期膨張率の試験結果を図-3に示す。遅延剤の有無にかかわらず、材齢1日で膨張挙動は収束しており、いずれも膨張率は正の値となった。このことから、本検討に用いたモルタルは、遅延剤を添加しても温度50℃の環境において膨張することが分かった。

材齢1, 3, 7日における圧縮強度を図-4に示す。同図には、表-1に示した温度20℃における材齢1, 3, 7日の圧縮強度を併記した。温度50℃で養生した場合、いずれも材齢1日で60N/mm²程度となった。また、遅延剤の有無が圧縮強度に及ぼす影響は小さい結果となった。50℃で養生したときの材齢3日における圧縮強度は、材齢3日で70N/mm²を超え、表-1に示した20℃における材齢28日の圧縮強度(66.7N/mm²)より高い結果が得られた。

以上のことから、本検討で用いた無収縮モルタルは、50℃環境で施工可能な範囲で遅延剤を用いても、膨張率や圧縮強度が所定の性能を満足することが分かった。なお、セメント系材料を60℃の環境下で養生した既往の研究¹⁾において、20℃での養生に比べて水和反応や生成される水和物に変化し、それに伴って細孔構造の粗大化やイオン拡散性の変化が生じる可能性が指摘されており、これらについては今後確認が必要と考えられる。

4. まとめ

本検討に用いた無収縮モルタルは、適正量の遅延剤を添加することで、膨張率や圧縮強度は所定の性能を満足しつつ、温度が約50℃の施工環境においても1時間程度の可使時間を担保することが分かった。

参考文献

1) 蔵重ほか：高温負荷による普通・低熱ポルトランドセメント硬化体の細孔構造変化とイオン拡散性に及ぼす影響，電力中央研究所報告，2008。

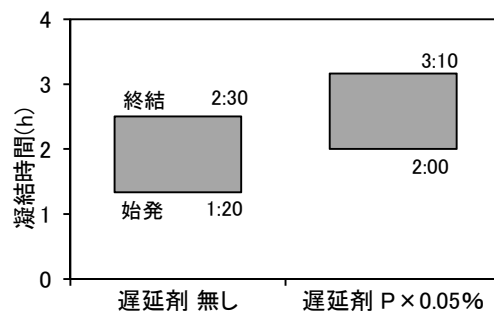


図-2 凝結時間

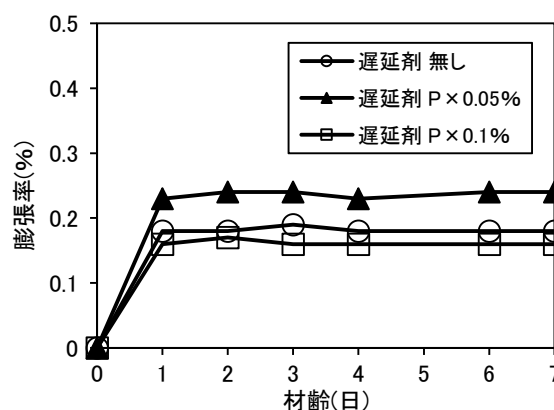


図-3 初期膨張率

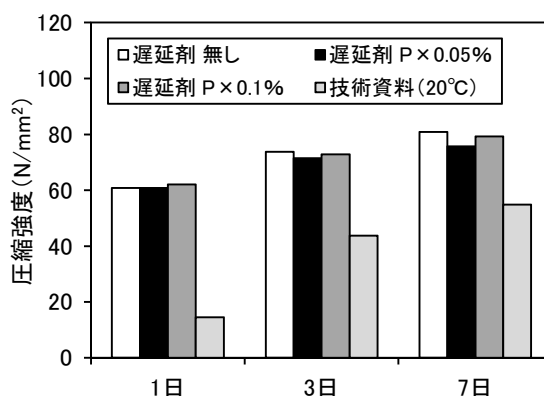


図-4 圧縮強度試験結果