

凝結遅延モルタルにおける凝結時間のばらつきと温度依存性に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○佐野 忍 小林 聖 坂井 吾郎 フェロー 坂田 昇
九州大学大学院 正会員 園田 佳巨 佐川 康貴 玉井 宏樹

1. はじめに

壁状部材の打継ぎ部に発生する外部拘束によるひび割れを抑制するために、凝結遅延剤を添加して凝結時間を数日から数週間に大幅に遅延させたモルタル（以後、凝結遅延モルタルと称する）を打継ぎ部に敷設し、底版からの拘束応力を低減する方法について検討を行っている¹⁾。しかし、凝結遅延モルタルの凝結時間のばらつきが大きく、拘束応力の低減効果が安定して得られない可能性が考えられた。また、ブリーディングが発生することも明らかとなり、新旧コンクリートの付着性が低下することが懸念された。そこで、凝結時間が短くなる原因をセメント中の C₃A と細骨材の微粒分と考え、セメントを普通ポルトランドセメントから C₃A の含有量の少ない低熱ポルトランドセメントに変更し、さらに、細骨材を砕砂から微粒分の少ない天然珪砂 4 号に変更した。また、ブリーディング防止のために増粘剤（バイオポリマー）を添加する検討を行った。以上の検討により、凝結時間が大幅に延長し、ブリーディング率が 0%となることが確認された²⁾。

ここで、凝結時間のばらつきについては未確認であったことから、修正した配合において、凝結時間のばらつきを把握した。また、凝結遅延モルタルの温度依存性を把握した。

2. 凝結時間のばらつきの確認

検討ケースを表 1 に示す。凝結遅延剤の添加率をパラメータとして、凝結時間試験およびブリーディング率試験を同一配合で 10 回実施し、凝結時間とブリーディング率のばらつきを確認した。使用材料を表 2 に、配合を表 3 に示す。また、試験項目を表 4 に示す。なお、各試験は 20℃に設定された室内で行った。

凝結遅延剤の添加率と凝結時間の関係を図 1 に、凝結時間のばらつきに関する試験結果を表 5 に示す。なお、モルタルフロー値は全ケースにおいて 200mm 程度であった。図に示すように、環境温度が 20℃の場合は、凝結遅延剤の添加率の増大に伴い凝結時間が長くなる結果となった。表 5 に示すように、変動係数としては、修正前の配合が 20.5%であったのに対し、5.3～7.1%となっており、大幅にばらつきが抑制できていると考えられる。ブリーディングについては、10 回の試験の中でブリーディングが発生したケースは確認されなかった。

表 1 検討ケース

ケース	環境温度 (℃)	凝結遅延剤 (C×%)
1	20	1.25
2		1.50
3		2.00

表 2 使用材料

材料	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	L	低熱ポルトランドセメント、密度：3.22g/cm ³
細骨材	S	天然珪砂 4 号、密度：2.64g/cm ³
凝結遅延剤	T	オキシカルボン酸塩系
増粘剤	V	バイオポリマー

表 3 凝結遅延モルタルの配合

W/C (%)	S/C	単位量(kg/m ³)			V (W×%)	T (C×%)
		W	L	S		
45	1.8	312	694	1247	0.2	1.25
						1.50
						2.00

表 4 試験項目

項目	方法	摘要
モルタルフロー	JIS R 5201	練上り直後
凝結時間	JIS A 1147	2 回/週※
ブリーディング率	JSCE-F 522-2007	材齢 7 日

※終結付近の材齢は適宜追加

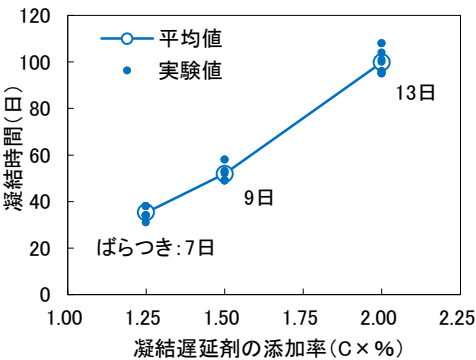


図 1 凝結遅延剤の添加率と凝結時間の関係

表 5 凝結時間のばらつきに関する試験結果

凝結遅延剤 (C×%)	平均凝結時間 (日)	標準偏差 (日)	変動係数 (%)
1.25	35	2.5	7.1
1.50	52	3.6	6.9
2.00	100	5.3	5.3

キーワード 外部拘束, ひび割れ, 凝結遅延剤, セメント種類, 細骨材, 増粘剤

連絡先 〒812-8513 福岡県福岡市博多区博多駅前 3-12-10 鹿島建設(株)九州支店 T E L 092-481-8001

3. 温度依存性に関する検討

凝結遅延モルタルは、スラブに壁を打ち継ぐ際の打継ぎ部に敷設されることを想定しているが、その中でもマスコンクリートの壁を対象としている。そのため、コンクリートの内部温度が高くなり、打継ぎ部の凝結遅延モルタルは、一時的に高温環境下において養生される可能性がある。また、夏期の施工になるとさらに内部温度が高くなることが想定される。実際に、事前の温度応力解析では、打継ぎ部は一時的に 40℃ 程度となる結果であった¹⁾。ここでは、そのような状況下に曝された凝結遅延モルタルの凝結特性を把握するために、環境温度をパラメータとして、凝結遅延モルタルの凝結時間の温度依存性を確認する検討を行った。環境温度が設定可能なチャンバー内で継続的に測定を行った。検討ケースを表 6 に示す。使用材料は表 2 と、配合は表 3 と、試験項目は表 4 と同一とした。

各環境温度における凝結遅延剤の添加率と凝結時間の関係を図 2 に示す。環境温度が 30℃ の場合は、環境温度が 20℃ の場合よりも若干凝結時間が短くなる程度であった。しかし、環境温度が 10℃ の場合は、凝結遅延剤の添加率の増加に伴い、凝結時間が短くなる傾向が確認された。一般的に環境温度が低くなると、セメントの水和反応は遅延し、凝結時間は長くなる。しかし、環境温度の低下に伴い、凝結遅延剤の凝結遅延効果が 20℃ の場合よりも低下し、セメントの水和反応が開始されたためと考えられる。また、環境温度が 40℃ の場合は、凝結遅延剤の添加率に関わらず、凝結時間は 22 日から 25 日であった。環境温度が 40℃ の場合は、凝結遅延剤による凝結遅延効果より、環境温度の上昇によるセメントの水和反応の活性化の方が卓越したためと考えられる。

環境温度と凝結時間の関係を図 3 に示す。図に示すように、各凝結遅延剤の添加率において、環境温度が 20℃ の場合に最も凝結時間が長くなり、環境温度が高くなる、または環境温度が低くなると凝結時間が短くなることが明らかとなった。

4. おわりに

セメントと細骨材の種類を変更することで、凝結時間のばらつきを大幅に抑制可能であった。しかし、凝結遅延モルタルには温度依存性があることが明らかとなった。実際に施工する際には、ばらつきと温度依存性による凝結時間の変動を考慮したうえで、実際の施工時の環境温度に合わせて凝結遅延剤の添加率を設定する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 佐野忍ほか：凝結遅延モルタルを用いた壁状構造物のひび割れ抑制手法の実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，pp.1261-1266，2013
- 2) 小林聖ほか：打継ぎ部の拘束応力抑制を目的とした凝結遅延モルタルの配合検討，土木学会第 68 回年次学術講演会，V-252，pp.503-504，2013

表 6 検討ケース

ケース	環境温度 (℃)	T (C×%)
4	10	1.25
5		1.50
6		2.00
7	30	1.25
8		1.50
9		2.00
10	40	1.25
11		1.50
12		2.00

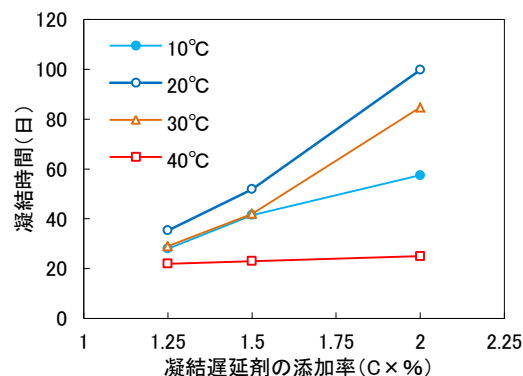


図 2 凝結遅延剤の添加率と凝結時間の関係

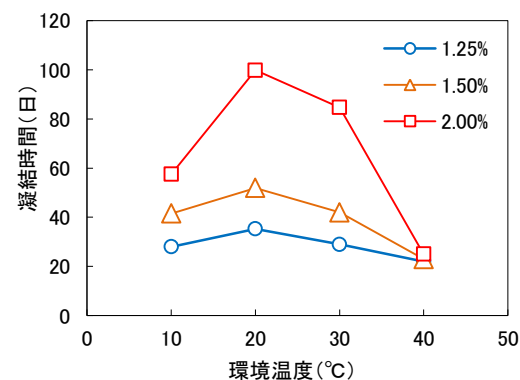


図 3 環境温度と凝結時間の関係