リン酸マグネシウムセメントを低温下で使用するための遅延剤添加量に関する検討

近畿大学理工学部　正会員　○麓　隆行
シンエイマスター　正会員　天沼　邦一
鉄道総合技術研究所　正会員　佐々木孝彦

１．はじめに

電気防食では，電極となる鋼板を桁下に接着するため，その間隙にセメントミルクを充填することが一般的である．しかし，融氷剤による鉄筋腐食が多い寒冷地ではセメントミルクの硬化が遅延するため，低温下で適当な時期に硬化する材料が望まれる．本研究では，その充填材としてリン酸マグネシウムセメント [1)] に着目した．リン酸マグネシウムセメントは，常温下で急速に水和反応を起こし，45 分程度で硬化することから，低温下での硬化が期待できる．リン酸マグネシウムセメントの硬化時間を調整するため，四ホウ酸ナトリウムとトリポリリン酸ナトリウムを遅延剤として混合する．本研究では，低温下でのリン酸マグネシウムセメントの適用性を調べるにあたり，まず施工性の観点から，低温下で 50 分程度の使用でき，強度への影響のない遅延剤添加量を明らかにすることを目的に実験を行った．

２．実験概要

リン酸マグネシウムセメントモルタルで使用する基本材料は，水道水，硬化材として第一リン酸アンモニウム（密度 1.8 g/cm^3），酸化マグネシウム（密度 3.65 g/cm^3），混和材としてフェロニッケルスラグ（ブレーン値 2020cm^2/g），リン酸カルシウム，細骨材として山形産珪砂（密度 2.6g/cm^3）である．これらの材料を水：硬化材：混和材：細骨材＝1：1.2：1.35：2.5 の質量比で混合し，四ホウ酸ナトリウムおよびトリポリリン酸ナトリウムを**表－1** に示す添加率としたモルタルを作製した．低温下を再現するため，使用材料を練混ぜ前日から 2℃の恒温槽に保存した．練混ぜ直前に恒温槽から材料を取り出し，水以外の材料をプラネタリー式縦型ミキサーにより低速で 30 秒，水を加えて低速で 30 秒混ぜ，掻き落とし後，さらに低速で 30 秒混ぜて，モルタルを作製した．練混ぜ直後のモルタルを 2 リットルの小型プラスチック容器に分け，**図－1** のとおり容器を氷水に浸けて容器周辺温度を 0℃程度に調整，保存した．

表－1　酸化マグネシウムに対する遅延剤添加率

使用法	四ホウ酸ナトリウム(%)	トリポリリン酸ナトリウム(%)
単独	7.7，9.8，10.8	0
	0	6
混合	10.8	6，9，10.5
	13.9	6，9，10.5

図－1　試料の低温下での保存した様子

練混ぜ直後からフレッシュ性状として流動性と凝結試験を開始した．流動性は，J14 ロート流下時間により 5～10 分ごとに評価し，測定後は氷水に浸け，同じ試料で測定を続けた．また，JIS A 6204 に準じて，プロクター貫入抵抗値から凝結時間を分単位で推定した．さらに練混ぜ直後の試料を 4×4×16cm の型枠に打設し，型枠ごと 2℃で恒温槽に入れた．終結後直ちに脱型し，再び恒温槽で養生した後，材齢 1，3，6 時間，1，3，7，および 28 日での曲げ強度を測定した．

３．結果と考察

J14 ロート流下時間の経時変化をみると，**図－2** のとおり，単独使用では練混ぜ直後から 10 分以内に流下時

キーワード：リン酸マグネシウムセメント，充填材，遅延材，低温
連絡先　〒577-8502　東大阪市小若江 3-4-1　近畿大学　理工学部社会環境工学科　TEL　06-6721-2332

間が増加したが，混合使用の場合 40～50 分まで流下時間が保持された．四ホウ酸ナトリウムを 10.8%から 13.9%に増やすと保持時間が約 10 分延びた．

次に，凝結始発時間を調べた結果，**図－3** のとおり，単独使用の場合，終結までの時間は 40 分にも満たなかった．一方，混合使用で四ホウ酸ナトリウムを 10.8%とした場合，約 2.5 時間で始発し，その後 0.5～1.0 時間で終結した．四ホウ酸ナトリウムを 10.8%から 13.9%に増やすと，始発までの時間が 0.5～1.0 時間遅延し，始発から終結するまでの時間も約 1 時間延びた．

最後に，曲げ強度の経時変化を調べた結果，**図－4** および**図－5** のとおり，遅延材により強度発現が遅くても材齢 1 日で 1.5～2.0N/mm^2 となり，材齢 28 日まで強度増加が見られ，ばらつきはあるが 2.5～3N/mm^2 となり，材齢 28 日の曲げ強度を比較しても遅延剤添加の影響はほとんどなかった．

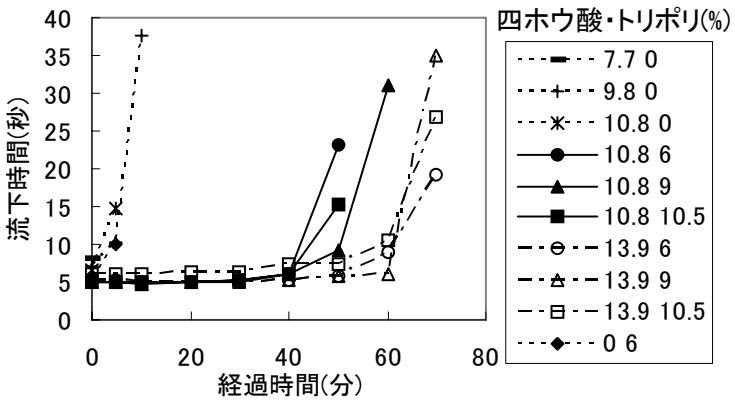
4．まとめ

1. 四ホウ酸ナトリウム 13.9%，およびトリポリリン酸ナトリウム 6～10.5%で可使時間が 50 分程度となる．
2. 四ホウ酸ナトリウム 13.9%，およびトリポリリン酸ナトリウム 6～10.5%とすると，終結は 4～6 時間後となる．
3. 四ホウ酸ナトリウム 13.9%まで，およびトリポリリン酸ナトリウム 10.5%までは，材齢 28 日の曲げ強度に影響ない．

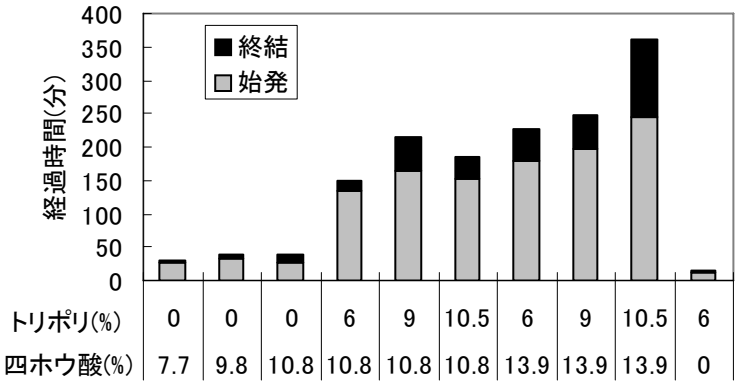
よって，0～2℃でのリン酸マグネシウムセメントモルタルの施工には，四ホウ酸ナトリウム 13.9%，およびトリポリリン酸ナトリウム 6%の添加が適当であることがわかった．今後，硬化後の耐久性や電気的特性等について検討する予定である．

謝辞

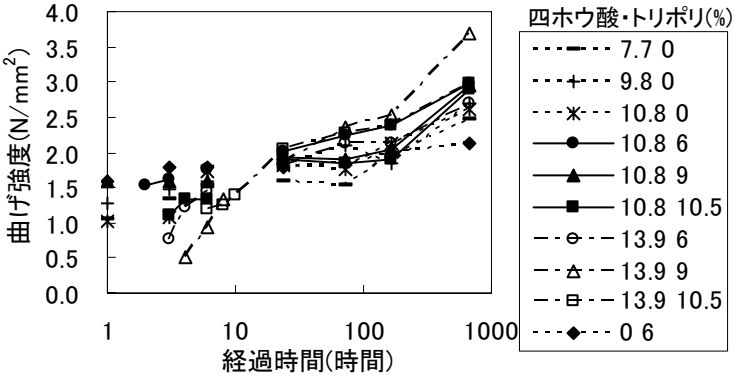
太平洋セメント株式会社から材料提供をいただきましたので，ここに深く感謝致します．



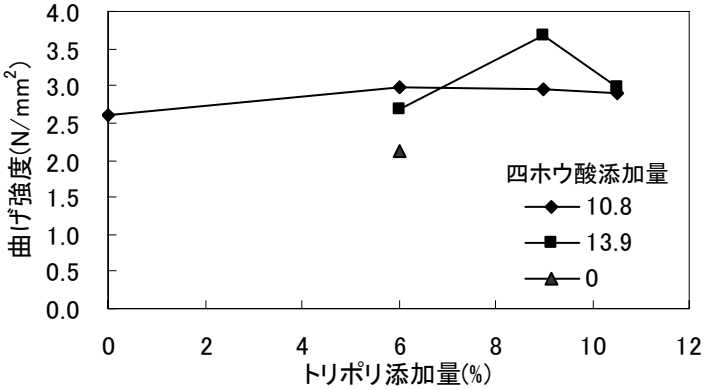
図－2　J14 ロート試験結果



図－3　プロクター貫入試験結果



図－4　2℃で養生した供試体の曲げ強度の経時変化



図－5　2℃で養生した供試体の材齢 28 日の曲げ強度

参考文献

1)佐々木孝彦，立松英信，関根彰，高橋正義：リン酸マグネシウムセメントの耐海水性コンクリートへの適用，Vol.19，No.1,pp.685-690，1997.