

足利工業大学 正会員 ○松村 仁夫

足利工業大学 正会員 黒井登起雄

1. まえがき

近年、工業排（廃）水、都市下水および海水などで汚れた水のコンクリート用練混ぜ水への使用が増える環境になりつつある。これらの水に含まれる塩化物、硫酸塩、硝酸塩、リン酸塩などを所定量以上含む水で練り混ぜたモルタルの強度は、水道法の水質基準などに不合格であっても、材齢 7 日および 28 日では合格する傾向を示すことがある。とくに、塩類などでその傾向が多く認められる。そこで、本研究では、コンクリートの練混ぜ水の品質を合理的に調べ、適否判定の資料を得る目的で、各種塩類の濃度を変えた水で練り混ぜたモルタルの圧縮強度性状と、セメントペーストおよびモルタルの凝結性状を実験した。

2. 実験の概要

2.1 塩類の種類と濃度 塩類は、塩化ナトリウム(NaCl)《記号;NCL》、塩化カルシウム(無水、CaCl₂)《記号;CCL》炭酸ナトリウム(Na₂CO₃)《記号;NCO》、硫酸マグネシウム(MgSO₄)《記号;MSO》、硫酸アンモニウム((NH₄)₂SO₄)《記号;NHS》、硝酸カルシウム(Ca(NO₃)₂・4H₂O)《記号;CNO》、硝酸カリウム(KNO₃)《記号;KNO》、硝酸ナトリウム(NaNO₃)《記号;NNO》の 8 種類、濃度は 0 (基準水)、0.02、0.20 および 0.60% の 4 水準とした。

2.2 使用材料および配合 練混ぜ水は、基準水として水道水を、試験水として上記に示した各種塩類（いずれも特級試薬を使用）を所定濃度に溶解した

水道水を使用した。セメントは普通ポルトランドセメント（比重; 3.16）を用い、細骨材は鬼怒川産の粒度の良い川砂を用いた（表 1）。

モルタルの配合は、W/C = 0.50、フロー値

表 1 細骨材の物理的性質

記号	比重	吸水率 %	粗粒率	粒 度 分 布 (残留百分率%)						
				5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	受皿
①	2.57	2.56	3.00	0	11	36	67	87	97	100
②	2.59	2.06	3.06	0	11	38	70	89	98	100

190±5mm になるように S/C (細骨材の質量) を調整し、試し練りによって決定した。1 バッチのモルタルの練混ぜは、水 400ml、セメント 800g とした。

2.3 実験方法 ミキサは、改良ホバート型のモルタルミキサを使用し、所要のフロー値が得られた配合について、塩類の種類・濃度の 1 水準毎にフロー試験および空気量測定用 1 バッチと供試体作成用 4 バッチを練り混ぜた。また基準水および同一塩類の濃度の異なる試験水を用いたモルタルの練混ぜは同一日に行った。フロー試験は JIS A 5210 に従い、空気量試験は JIS A 1116 の質量法によって行った。圧縮強度試験用供試体は、φ 5×10cm の円柱形とし、基準水および試験水の 1 水準毎に、モルタル 4 バッチを練混ぜ、各バッチから 4 個、合計 16 個作成した。試験材齢は、1、7、28 日および 1 年とし、試験まで水中養生 (20±3 °C) を行った。圧縮強度試験は JIS A 1118 に従って各水準毎の 1 組を 4 個として行った。材齢 1 日の供試体のキャッピングは硬質石膏（吉野石膏（株）製ニューハイトソ）で（3 時間後の圧縮強度; 263kgf/cm²）、7 日以降の材齢の供試体はセメントペーストで行った。セメントの凝結試験は、JIS R 5201 に従って行い、試験水を用いたセメントペーストの水量は、基準水を用いたときの標準濃度のセメントペーストを得るのに必要な水量と同じにした。モルタルの凝結試験は、JIS A 6204 に従って行った。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度と塩化物イオン濃度との関係 試験水を用いたモルタルの材齢毎の圧縮強度比（基準水を用いたモルタルの強度を 100 として表した値）および変動係数と塩化物イオン濃度との関係の一例（NCL および CCL の場合）を図 1 に示す。NCL を含む試験水の場合、濃度 0.02% (200ppm) のときの強度比は、材齢が 1 日、7 日、28 日および 1 年と変化しても、基準水の場合とほぼ同程度の 95~104 % である。しかし、濃度が 0.20% (20000ppm) および 0.60% (60000ppm) と高くなると、材齢 1 日の強度比は著しく大きくなり、

120%以上にもなる。試験水の強度比は、7日、28日、1年と材齢が経過するに従って基準水の値に近づき、92~110%の範囲になる。0.60%の高濃度の試験水の強度比は、材齢28日で90%以下に低下する。CCLを含む試験水の場合も、NCLの場合とほぼ同じ傾向である。

強度の変動係数と塩化物イオン濃度との関係は、概して圧縮強度比が大きくなったり、小さくなったりする高濃度の場合に変動係数が大きくなるようであるが、0.02%の低濃度の場合にも変動係数が10%以上になっているときもある。この種の強度試験を行う際には、少なくとも基準水および低濃度（0.02%以下の濃度）のモルタル強度の変動係数が5%前後になるように試験することが重要であると考えられる。

3.2 その他の塩類の圧縮強度と濃度との関係

NHSとCNOを含む（濃度0.02~0.60%）場合を除いて、他の塩類を含むモルタルの材齢1日の圧縮強度比は、90%以下を示しているが、材齢7日および28日における強度比は、90%以上に回復している（NCOを0.20および0.60%含むモルタルの材齢28日圧縮強度比は90%以下である）。このように、塩類は、モルタルの初期強度への影響が大きく、初期材齢の強度試験は、練混ぜ水の適否判定の有益な情報を与えてくれると考えられる。

3.3 塩類濃度とモルタルの凝結時間の関係

塩類を含む水で練り混ぜたセメントペーストおよびモルタルの凝結時間を調べた結果を図2に示す。図より、セメントペーストの凝結時間の差は、±30分以下の範囲であるのに対し、モルタルの凝結時間の差は、それ以上の範囲に分布し、とくに終結時間の差は±120分の範囲にも広がる。したがって、練混ぜ水の適否判定の的確な情報が得られるようである。

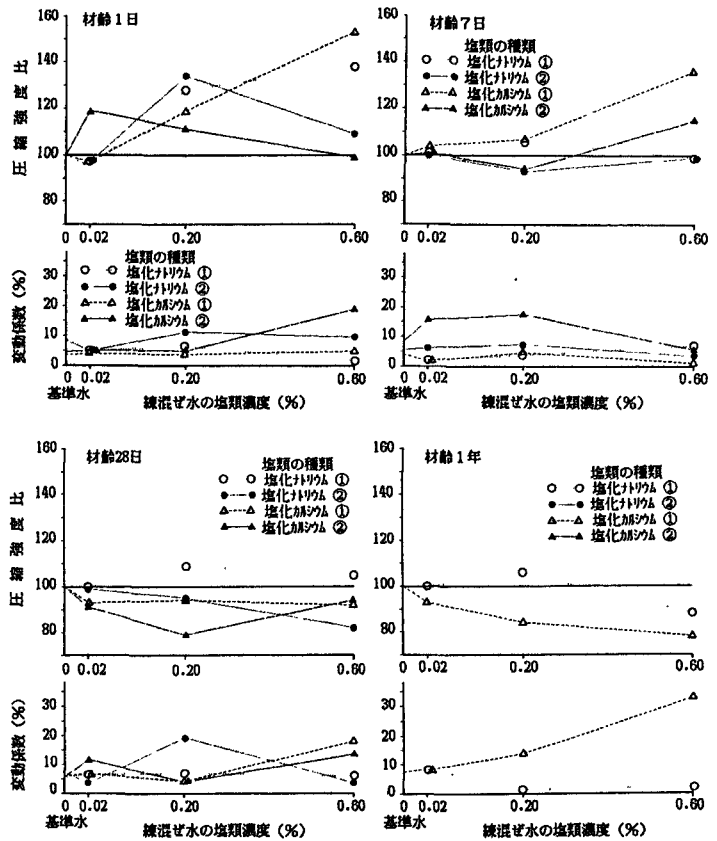


図1 モルタルの圧縮強度

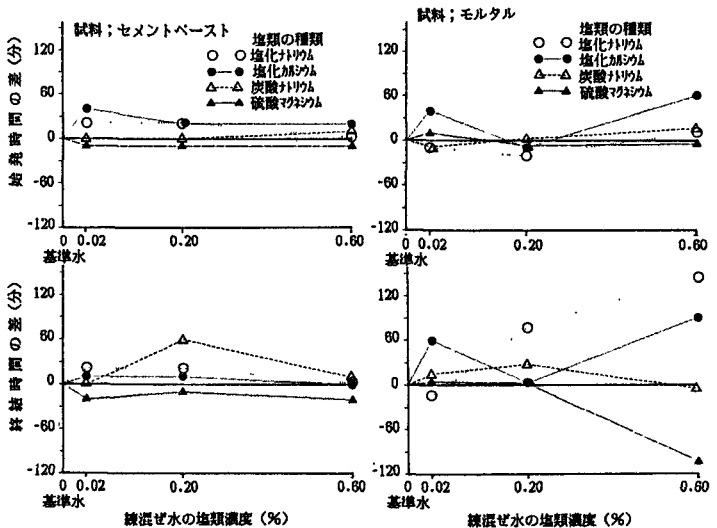


図2 セメントペースト及びモルタルの凝結時間

あるのに対し、モルタルの凝結時間の差は、それ以上の範囲に分布し、とくに終結時間の差は±120分の範囲にも広がる。したがって、練混ぜ水の適否判定の的確な情報が得られるようである。