

(V-61) 各種塩類を含む水で練り混ぜたモルタルの強度性状

足利工業大学工学部 正会員 ○松村 仁夫
足利工業大学工学部 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り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、材令7日および28日でも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、コンクリートの練り混ぜ水の品質を合理的に調べ、適否判定の試料を得る目的で、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と材令との関係を実験した。併せて、セメントペーストの凝結性状も調べた。

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 練り混ぜ水は、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）。

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

モルタルの配合は、W/C=0.50、フロー値 190

表1 細骨材の物理的性質

±5mm になるようにS/C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り混ぜは、水 400ml、セメント 800g、細骨材 1600gとし、フロー値が 190±5mm になるように細骨材の質量を調整した。

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り混ぜは同一日に行った。フロー試験はJIS A 5201に従い、空気量試験はJIS A 1116の質量法によって測定した。圧縮強度試験供試体は、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バッチを練り混ぜ、各バッチから4個、合計16個作成した。試験材令は 1、7、28日および1年とし、材令まで水中養生（20±3℃）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。材令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）で（3時間後の圧縮強度；263kgf/cm²）、7日以降の材令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軟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。

3. 実験結果および考察

試験水のpHおよびフレッシュモルタルの性質について調べた結果を表2に示した。この表は塩化ナトリウムおよび塩化カルシウムの場合を一例として示してある。試験水のpHは基準水（水道水）のpH6.76～7.60と同程度であり、空気量は 1.8～3.9%で単位容積質量は 2131～2193kg/m³の範囲であった。基準水および塩類濃度を変えた試験水を用いたモルタルの圧縮強度比、変動係数と材令との関係を図1、図2（細骨材①および②で、塩化ナトリウムと塩化カルシウムの場合）に示した。図1より、塩化ナトリウムを添加し

た試験水の場合、濃度0.02%（200ppm）の試験水の強度比は、材令1日、7日および28日と材令が変化しても基準水とほぼ同程度の92～102%である。しかし、濃度が0.20%（2000ppm）および0.60%（6000ppm）と高くなると材令1日の強度比は著しく大きくなり、120%以上になるものもある。材令7日以降は90～110%の強度の範囲であるが、図2に示した0.60%の高濃度の試験水の強度は材令7日で既に基準水の強度の90%以下に低下している。これは、

高濃度になるとナトリウムの影響によって材令7日で強度低下を起こすことがありと考えられる。また、塩化カルシウムを添加した試験水の場合、塩化物イオン濃度0.02%の試験水の強度比は材令1日、7日および28日で90～104%を示し、材令による強度変化はあまり見受けられない。しかし、0.20および0.60%の高濃度の試験水になると、材令1日、7日強度が著しく大きく110%以上となる。0.60%の場合では材令1日で、150%以上になっているが、材令28日の強度は90～110%の範囲になっており、基準水の強度の90%以下になることはないようである。また、変動係数は塩化ナトリウム、塩化カルシウム共に、ほぼ10%程度度であった。その他の塩類の炭酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、硫酸アンモニウム、硝酸カルシウム、硫酸カリウムおよび硝酸ナトリウムの強度は、硝酸カルシウムおよび硝酸カリウムの場合、0.02%の濃度のとき、材令1日の強度は基準水の強度の90%前後であり、濃度が高くなると90%以下、さらには70%程度までしか発現しない。しかし硫酸マグネシウムのように105～150%に達するものもある。硫酸アンモニウムおよび硝酸ナトリウムの場合、濃度が高くなると材令によっては強度の著しい低下が見受けられる。以上のように、塩類の種類および濃度によって初期の強度および7日、28日の強度発現にかなり相違が認められ、圧縮強度比だけから塩類を含む練り混ぜ水の品質の判定は難しいと考えられる。最後に、各種塩類の濃度毎のセメントペーストの凝結試験結果は、塩類を含む試験水のモルタルの初期材令強度の発現性状に必ずしも一致していないので、今後はモルタルによって凝結性状を把握する必要があると考えられる。

塩類の種類	濃度 (%)	細骨材① (S/C=2.0)				細骨材② (S/C=2.3)			
		練り混ぜ水のpH	フロー値 (mm)	単位容積質量 (kg/m³)	空気量 (%)	練り混ぜ水のpH	フロー値 (mm)	単位容積質量 (kg/m³)	空気量 (%)
塩化ナトリウム	0	6.98	215	2135	2.7	7.10	193	2193	1.7
	0.02 *	7.01	205	2131	2.9	7.60	199	2185	2.1
	0.20 *	7.03	204	2137	2.6	7.70	187	2175	2.5
	0.60 *	7.02	196	2139	2.6	7.60	203	2164	3.0
塩化カルシウム	0	7.26	214	2151	2.0	6.76	187	2160	3.2
	0.02 *	7.30	205	2141	2.5	7.00	183	2178	2.4
	0.20 *	7.22	194	2152	2.0	7.45	193	2144	3.9
	0.60 *	7.18	187	2156	1.8	7.02	176	2179	2.3

* 塩類の濃度は、Cl の濃度とした。

表4 練り混ぜ水のpHおよびフレッシュモルタルの性質

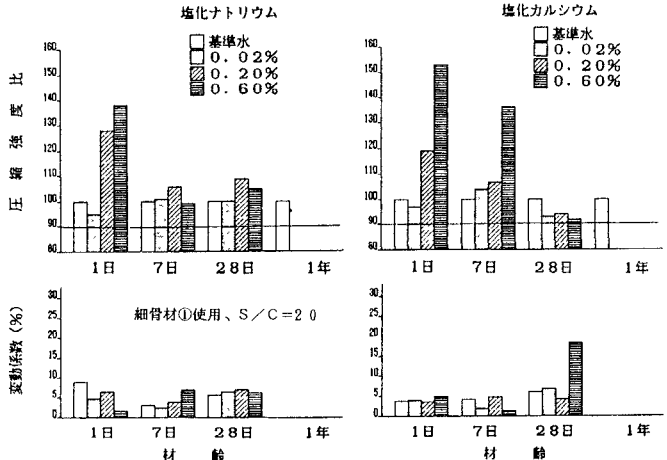


図1 モルタルの圧縮強度と材令および塩類添加率との関係

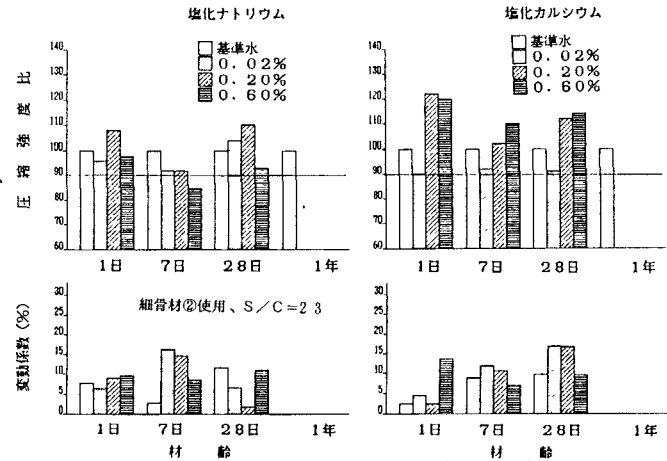


図2 モルタルの圧縮強度と材令および塩類添加率との関係