

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

土木学会『コンクリート標準示方書【平成3年版】標準編』では、コンクリートの練りませ水の品質試験方法として「モルタルの圧縮強度によるコンクリート用練りませ水の試験方法(JSCE-1977)」が制定されている。この試験方法は、試験水(練りませ水)と基準水(蒸留水または上水道水)で練りませたモルタルの材令7日および28日圧縮強度の比から総合的にコンクリート用練りませ水の適否を判定するものである。判定基準は現在明記されていないが、JIS A 5308「レデーミクストコンクリート」附属書9では90%以上となっている。また、『施工編』において、「水は油、酸、塩類、有機不純物、懸濁物等、コンクリートおよび鋼材の品質に悪影響を及ぼす物質を有害量含んでいてはならない」と記述され、『解説』には、「練りませ水の品質に疑いのある場合には、水質試験を行って有害物の含有量を調べ、……その使用の適否を判断しなければならない」とある。しかし、判定基準となる『有害物質の含有量』の数値は示されていないと同時に、その含有量と強度比との関係も明確に示されていない。コンクリートの練りませ水の品質を判定する試験は、懸濁物質の量、溶解性蒸発残留物の量、塩化物イオン濃度およびpHを調べる水質試験と、モルタルの圧縮強度による総合判定とによって行うのが妥当と考えられる。モルタルの圧縮強度比(試験水を用いた場合の強度と基準水のそれとの比)の判定は、JIS A 5308等に準拠すると、『材令 7、28日において90%以上』で行われる。しかし、水質判定で不合格の水でも、強度試験では合格、あるいはその逆ということが起こり、強度試験の判定が水質判定とかなり相違することが認められた。特に塩類などでその傾向が見うけられるので、本研究では、何種類かの塩類について濃度と材令の関係を調べた。本研究は材令28日の圧縮強度試験までの結果をとりまとめたものである。

2. 実験の概要

2.1 実験要因および使用材料 実験要因は、塩類の種類8種類、塩類の濃度4水準(基準水を含む)、材令3水準とした。塩類は、過去の研究¹⁾から塩化ナトリウム(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》を選定し(いずれも特級試薬を使

表 1 細骨材の物理的性質

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
2.57	2.56	3.00	0	11	36	67	87	97
								100

用)、濃度は0(基準水)、0.02、0.20および0.60%とした。水は水道水を使用し(基準水)、塩類を含む水(試験水)は水道水に所定濃度の塩類を溶解して作製した。セメントは普通ポルトランドセメント(比重;3.16)を用いた。細骨材は鬼怒川産の粒度の良い川砂を用いた(表1)。

2.2 実験方法 モルタルの配合は、W/C=0.50、フロー値 190±5 になるようにS/Cを調整して決定した。ミキサは改良ホバート型のモルタルミキサを使用し、1バッチの練りませ量は、水 400ml、セメント 800g、細骨材 1600gとした。実験では、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バッチの合計5バッチを練りませた。また同一塩類で濃度の異なる試験水と基準水を用いたモルタルは同じ日に練りませた。練りませおよびフロー試験はJIS A 5201に従って行った。空気量試験は、JIS A 1116に準じて質量法によって測定した。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、材令まで標準(20±3℃水中)養生を行った。圧縮強度試験はJIS A 1118に従って、各水準毎

に4個を1組にして行った。なお、材令1日の供試体のキャッピングは硬質石膏（吉野石膏㈱製ニューハイトン）で（3時間経過後の圧縮強度；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。

3. 実験結果及び考察

基準水（水道水）および8種類の塩類を水道法の水質基準（塩化物イオン量 200ppm以下）と等量、10倍および60倍の濃度にした試験水を練りませ水として用いたフレッシュモルタルのフロー値、単位容積質量、空気量および硬化モルタルの圧縮強度は一覧表にして表2に示した。表には、練りませ時の試験水のpHも記載した。今回の研究で選定した試験水のpHは、炭酸ナトリウムを0.20～0.60%溶解した試験水が11.0～11.3である以外、6.42～7.62の範囲であった。表2より、塩化ナトリウムおよび塩化カルシウムを溶解した試験水で練りませたモルタルの圧縮強度はバラツキが大きく、現在再実験中である。

その他の炭酸ナトリウム、硫酸マグネシウム、硫酸アンモニウム、硝酸カルシウム、硝酸ナトリウム、および硝酸ナトリウムを溶解した試験水の圧縮強度は、材令1日、7日および28日ともに、水道法の水質基準（塩化物イオン量）の10倍の濃度であっても、ほと

んどが基準水の強度の90%以上の値を示している。また、濃度が60倍の場合は、ほとんどすべての試験水の強度が基準水のその90%以下を示している。各試験水とも塩類の過剰添加によるモルタルの凝結硬化の異常、および遅延・促進の影響が材令1日の強度にかなり反映するものと考えたが、硬質石膏によるキャッピングの不良などにより、強度のバラツキが大きく（変動係数；7.3～22.5%）、材令1日強度によって凝結硬化の影響を明らかにすることができなかった。特に、過剰添加した炭酸ナトリウム試験水は、モルタルの異常凝結が見られたが、材令1日強度でその異常を判定できなかった。以上より、材令1日、7日および28日のモルタル強度試験により、有害物質による凝結硬化の異常を含めた練りませ水の品質を総合判定できると考えられるが、その際に材令1日強度の変動係数の範囲を明示することが重要になると思われる。

《参考文献》 仕入、児玉；コンクリートの練り混ぜ水の水質の規準化に関する実験的研究、日本建築学会論文報告集、第162号、pp.1～11、昭和44年8月

表2 各種塩類を含む水を用いたモルタルの圧縮強度およびその他の性質
配合；W/C=0.50, S/C=2.0（C=627kg/m³, W=314kg/m³, S=1254kg/m³）

塩類の種類		練りませ水の pH	フロー 値 (mm)	単位容積 質量 (kg/m ³)	空気量 (%)	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)		
記号	濃 度 %					材令1日	材令7日	材令28日
S-NCL	0	6.59	195	2166	1.34	100 (100)	305 (100)	496 (100)
T-NCL	0.02 †	6.47	204	2159	1.64	111 (111)	320 (105)	515 (104)
T-NCL	0.20 †	6.50	208	2164	1.41	100 (100)	308 (101)	487 (98)
T-NCL	0.60 †	6.42	215	2131	2.92	93 (93)	299 (98)	512 (103)
S-CCL	0	6.94	194	2182	0.59	90 (100)	357 (---)	549 (100)
T-CCL	0.02 †	6.63	200	2153	1.91	91 (101)	--- (---)	612 (111)
T-CCL	0.20 †	6.28	203	2157	1.73	93 (103)	--- (---)	534 (97)
T-CCL	0.60 †	6.26	221	2188	0.32	114 (127)	--- (---)	609 (111)
S-NC0	0	6.90	202	2141	2.46	91 (100)	279 (100)	399 (100)
T-NC0	0.20	10.97	212	2173	1.00	85 (93)	303 (109)	503 (126)
T-NC0	0.60	11.32	131	2136	2.69	71 (78)	209 (75)	234 (59)
S-MS0	0	7.04	197	2156	1.78	82 (100)	277 (100)	462 (100)
T-MS0	0.20	7.28	228	2143	2.36	78 (95)	252 (91)	424 (92)
T-MS0	0.60	7.35	223	2162	1.50	90 (110)	182 (65)	493 (107)
S-NHS	0	6.54	203	2148	2.14	85 (100)	283 (100)	514 (100)
T-NHS	0.20	----	207	2172	1.05	83 (98)	254 (90)	470 (91)
T-NHS	0.60	6.85	213	2139	2.55	86 (101)	202 (71)	491 (96)
S-CN0	0	6.91	203	2146	2.23	63 (100)	381 (100)	572 (100)
T-CN0	0.20	6.88	193	2141	2.46	64 (102)	335 (88)	542 (95)
T-CN0	0.60	7.01	197	2168	1.23	60 (95)	332 (87)	507 (89)
S-KN0	0	6.90	195	2178	0.77	50 (100)	308 (100)	500 (100)
T-KN0	0.20	6.94	193	2140	2.51	50 (100)	231 (75)	488 (98)
T-KN0	0.60	7.01	199	2140	2.51	51 (102)	162 (53)	462 (92)
S-NN0	0	7.54	221	2155	0.81	87 (100)	310 (100)	521 (100)
T-NN0	0.20	7.62	216	2154	1.89	98 (98)	346 (112)	539 (103)
T-NN0	0.60	7.49	207	2141	2.44	84 (84)	335 (108)	462 (89)

† NCL およびCCL の濃度は、Cl⁻の濃度とした。