

各種混和材を用いたコンクリートの化学的耐久性について

福岡大学○正会員 添田政司

福岡大学 正会員 大和竹史

福岡大学 正会員 江本幸雄

1. まえがき

種々な化学的環境にさらされるコンクリートについては、設計段階からその侵食程度を予測し、激しい侵食が予測される場合には十分な防食対策が必要である。コンクリートの侵食の程度は、使用されるコンクリートの材料と配合によってかなり変化することを多くの研究者らによって報告されているが、試験方法や試験条件等が異なるため相対的に比較した例は少ない。従来よりコンクリートの化学的抵抗性を向上させるために効果的な方法として、高性能減水剤や良質なボゾラン材の使用があり、筆者らも今までにシリカフュームやフライアッシュ、高炉スラグ等を用いて耐薬品性の試験を行いボゾラン材の有効性を明らかにしてきた〔1〕。本報告は、化学的耐久性に優れると言われているレジンコンクリートとポリマーコンクリートについて、今までに行った方法と同一の試験方法での結果が新たに得られたので、化学的抵抗性に及ぼす各種混和材の劣化程度を相対的に比較検討したものである。

2. 実験概要

普通コンクリート（略号PL）に使用した材料は、セメントには普通ポルトランドセメント（比重3.16）を、細骨材には、海砂（比重2.57、吸水率1.24%）を使用した。ボゾラン系混和材は、フライアッシュ（比重2.30、比表面積3820cm²/g、略号FA）、高炉スラグ微粉末（比重2.90、比表面積6080cm²/g、略号BS）およびシリカフューム（比重2.96、略号SF）を使用した。養生は供試体作製後84日間水中養生を行なった。ポリマーセメントコンクリート（略号PO）にはアクリル系エマルジョン（濃度49±1%、粘度300±150cps、pH8±1）を用いて、セメント重量に対して10、20および30%混入した。養生は蒸気養生（最高温度65℃ 4時間）を行ないさらに150℃の乾燥養生を行なった。レジンコンクリート（略号REC）には不飽和ポリエステル樹脂を使用した。これらコンクリートの配合を表-1に示す。試験方法は、耐薬品性試験JIS（案）の「コンクリートの溶液浸漬による耐薬品性試験方法」に準じて試験を行なった。供試体は10×10×40cmの角柱である。試験溶液は2%塩酸溶液と5%硫酸溶液を使用し、2週間毎に全量取り替え、重量および動弾性係数の測定を行なった。なお、各薬品に浸漬後の圧縮強度試験に用いた供試体はφ10×20cmの円柱である。

3. 実験結果および考察

図-2の上段は、塩酸溶液と硫酸溶液の浸漬材令に伴う重量変化率の一例を示したもので、下段はそれぞれの溶液での全ての配合における重量変化と浸漬材令を一回帰で表したものである。上段の図より、塩酸溶液に浸漬した場合、普通コンクリートの重量変化が最も大きく、各混和材を用いたコンクリートの方の変化が少なくなる傾向が顕著に認められる。硫酸溶液の場合は塩酸溶液に比べ侵食が著しく早期より劣化し、各混和材の明確な差があまり認められな

表-1 コンクリートの配合

No.	配合 記号	W/C %	s/a %	単位量 kg/m ³					スラン* cm	空気量 %
				セメント	水	混和材	細骨材	粗骨材		
1	PL1	35	40	450	153		702	1229	9.9	2.3
2	PL2	40	62	450	160		105	675	8.0	2.2
3	PL3	49	44	350	168		793	1177	10.1	2.9
4	PL4	50	41	336	168		782	1145	7.5	1.9
5	PL5	55	39	320	176		712	1273	7.7	2.1
6	SF10	55	39	288	176	SF32	708	1265	7.3	1.3
7	SF20	55	39	256	176	SF64	704	1258	7.2	1.2
8	FA	50	43	224	149	FA96	742	1190	8.5	4.2
9	FASF	50	43	224	162	FA58, SF38	730	1167	6.3	5.5
10	BS	54	42	224	173	BS96	746	1145	5.7	0.8
11	BSSF	54	42	224	173	BS58, SF38	742	1138	8.2	1.5
12	PO10	26	40	450	90	PO45	720	1262	11.0	2.1
13	PO20	22	40	450	49	PO90	718	1253	10.7	3.9
14	PO30	20	40	450	17	PO135	702	1232	12.0	2.1
15	REC1	-	-	-	-	RE12%	46%	30%	-	-
16	REC2	-	-	-	-	RE12%	22%	43%	-	-

い。しかしながらレジコンクリートはいずれの溶液でも浸漬後一年経過しても全く重量の変化がなく耐薬品性に優れた材料であることがこの図から明らかに認められる。なお、動弾性係数および外観観察においても変化は認められなかった。また、全般的に重量変化は浸漬期間に比例して減少する傾向が見られるので、全ての配合について重量変化率と浸漬材令を最小2乗法により1次式で回帰すると図-2の下段のようになる。図より試験溶液や水結合材比および各混和材により劣化程度に差が生じていることがこの図からも明らかに認められる。そこで浸漬期間と重量変化率との傾きを劣化係数(b)と定義すると次式が成り立ち、以下においてはbを用いて検討を加える。

$$Wr = a + bt$$

ここに a : 定数、b : 劣化係数 (%/週)、Wr : 重量変化率、t : 期間

表-2に、塩酸溶液に浸漬した場合の各配合のbと相関係数Rを示す。相関係数はいずれも大きい値を示している。普通コンクリート(No.1-5)でも水セメント比が小さいほどbは小さく、シリカフェームコンクリートやポリマーコンクリートの混入率の増加とともに、bは減少している。特に、レジコンクリートのbは著しく小さくなっている。このように、劣化係数bは水セメント比やコンクリートの種類に大きく影響を受けることが明らかとなったが、これらの要因は圧縮強度に大きく影響を受けることから、図-3に圧縮強度とbの関係を示し検討した。この図より、塩酸溶液と硫酸溶液の曲線は異なるものの、bと圧縮強度は良い相関を示し圧縮強度が大きいほどbは小さくなる傾向にあった。これは酸類が接触する時点でのコンクリート組織の緻密さに影響しているものと思われる。特に、ポリマーコンクリートの場合はセメントの水和物がポリマーのフィルムで被覆され、組織が緻密になり水酸化カルシウムの溶出が抑制され酸に対する抵抗性が改善されたものと考えられる。また、これら全ての配合を相対的に比較するため、普通コンクリートのW/C50%のbを1.0とした時の比率を表-2に示す。これらよりシリカフェームコンクリートは普通の約3倍、ポリマーコンクリートは約5倍、さらにレジコンクリートは約50倍の化学的抵抗性に優れることが本実験で明らかとなった。

参考文献 1) 添田、大和、江本、混和材の併用がコンクリートの化学的耐久性に及ぼす影響、セメントコンクリート論文集、1991

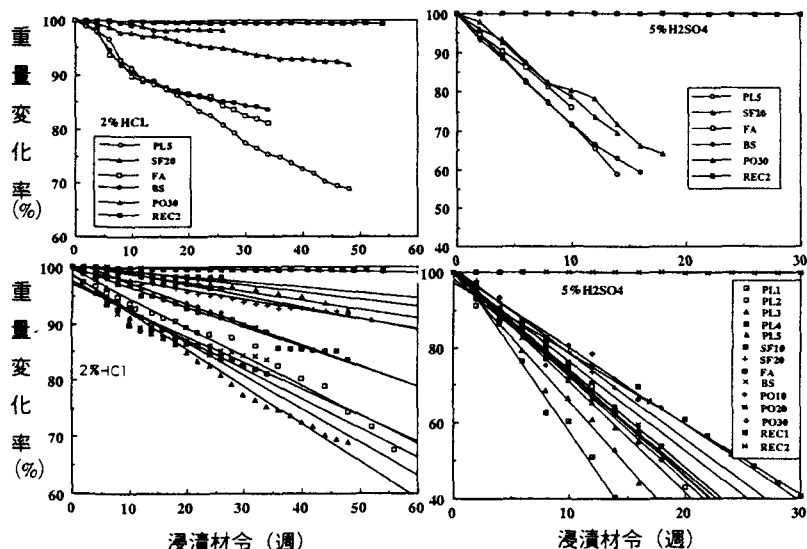


図-2 重量変化 (HCl, H₂SO₄)

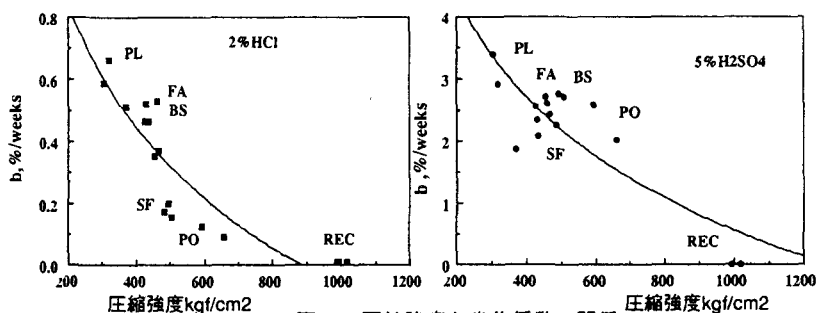


図-3 圧縮強度と劣化係数の関係

表-2 劣化係数および割合

No.	b	R	比率
1	0.368	0.964	1.39
2	0.158	0.960	3.23
3	0.587	0.988	0.87
4	0.511	0.977	1.00
5	0.660	0.988	0.77
6	0.351	0.987	1.45
7	0.172	0.976	2.97
8	0.521	0.921	0.98
9	0.466	0.906	1.10
10	0.465	0.876	1.10
11	0.529	0.984	0.97
12	0.200	0.904	2.56
13	0.126	0.868	4.06
14	0.090	0.869	5.68
15	0.010	0.893	51.1
16	0.010	0.827	51.1