

正会員

○福地 利夫 大浜 嘉彦 (日本大学 工学部)
大石 衛一 (同 上)

1. はじめに

近年、海洋開発に関連して、コンクリートの耐薬品性が改めてクローズアップされてきている。化学工場や温泉水にさらされるコンクリート構造物はもち論のこと、工場廃水による水質汚濁、排煙による大気汚染などのため、最近では一般のコンクリート構造物についてもその化学的浸食が等閑視できなくなっている。そこで本文は、演者らがこれまでに¹⁾行った各種コンクリートの耐薬品性試験の結果を報告するとともに、従来我が国では規格化されていないコンクリートの耐薬品試験方法並びに、その評価基準を提案しようとするものである。

2. 各種コンクリートの耐薬品性試験

1) 供試体の種類

試験は次の3種の供試体(寸法φ7.5×15cm)について行った。²⁾

- i 標準養生コンクリート(略称, WCC)
- ii オートクレーア養生コンクリート(略称, AC)
- iii ポリマー含浸オートクレーア養生コンクリート(略称, PIAC)

2) 薬液の種類および調製

供試薬液は、各種の薬品グループの中で代表的なものおよび化学的浸食が工業的に問題になっているものの中から、10種選択した。以下にその分類を示す。

i 酸類

- (a) 無機酸: 5%塩酸(HCl), 5%硫酸(H₂SO₄)
- (b) 有機酸: 5%酢酸(CH₃COOH)

ii アルカリ類: 50%水酸化ナトリウム(NaOH)

iii 塩類(主に無機塩類)

- (a) 硫酸塩: 43%(飽和)硫酸アンモニウム
[(NH₄)₂SO₄]

- (b) 塩化物: 26.5%(飽和)塩化ナトリウム(NaCl)

iv 油類

- (a) 植物油: ナタネ油
- (b) 鉱物油: A重油、灯油

v その他: 生ビール

薬液の調製にあたって、無機酸、有機酸、アルカリ塩類など水溶性の薬品は、試薬一級、あるいは工業用のものを水で一定濃度に溶解、希釈し、油類など、水に不溶性なものは、そのまま使用した。

3) 耐薬品性試験方法

耐薬品性試験は、ASTM C 267-65 (Standard Method of Test for Chemical Resistance of Mortars) に準じて行った。WCC 供試体は27日間水中養生後、表面水をぬぐい、直ちに所定の薬液中に浸せきした。AC および PIAC 供試体は所定の養生および処理を行った後、48時間水中につけたものを所定の薬液中に浸せきした。供試薬液の濃度、薬液交換サイクルは表1に示すとおりである。なお、薬液は試験期間中、恒温恒湿室にて20°C, 80% R.Hを保持した。

表1. 供試薬液の濃度およびその交換サイクル

薬液の種類	試験方法	薬液交換サイクル
5% HCl	A B	3日毎
5% H ₂ SO ₄	A B	3日毎
5% CH ₃ COOH	A B	3日毎
50% NaOH	A	無交換
43%(飽和) (NH ₄) ₂ SO ₄	A	3日毎
26.5%(飽和) NaCl	A	無交換
ナタネ油	A	7日毎
A重油	A	無交換
灯油	A	無交換
ビール	A	7日毎

注) 試験方法でAとは薬液により浸食された部分とはぎ取り方法、Bとははぎ取り方法という。

重量変化率は次式を用いて計算した。

$$\text{重量変化率(\%)} = \frac{\text{浸せき後の重量}(g) - \text{浸せき前の重量}(g)}{\text{浸せき前の重量}(g)} \times 100$$

ただし、重量変化率の正数値は重量増加を、負数値

は重量減少を表すものとする。

4) 試験結果

試験結果は図1に示すとおりである。図から耐薬品性の優劣を見ると、(優)PIAC > AC > WCC (劣)の順となり、PIACの耐薬品性が樹脂含浸しないWCCおよびACより一段と優れることがわかる。又28日目と180日目を比較すると、180日目では浸食度が顕著に現れるが、28日目でも耐薬品性の傾向はつかめるものと考えられる。ただし水酸化ナトリウムのように、長期間浸せきさせると変化の著しいものもあるので、短期試験と併せて長期継続試験も行う必要があると考える。

3. コンクリートの耐薬品性試験方法の提案

表2に既存文献、各種規格および本試験で用いた各種試験濃度を示す。なお、フラスチック材料および接着剤の耐薬品性試験でJISに示してある試験液の濃度の例を比較のため1部掲げた。これらの中には、反応が過大なることを予想して、あらかじめ試験液の濃度の範囲を広くとってあるものもある。このことは、モルタル、WCC、ACおよびPIACにおいても同じようなことが言えよう。

以上を総括してコンクリートの耐薬品性試験方法を次のように提案する。

1. 適用範囲 この規格は、セメントコンクリートの耐薬品性試験方法について規定する。

2. 試験用機械器具および装置

2.1 供試体の製造用器具は、JIS A 1132 (コンクリートの強度試験用供試体の作り方)の4.2に規定するものとする。

2.2 浸せき用容器は供試体を試験液に浸せきするための容器で、耐薬品性材料でできており、供試体の間隔を適当に保ち、供試体の周囲を試験液が十分に流通しうる構造のものとする。また、試験液の蒸発を防ぐため、密封できるものを用いる。

2.3 けかりはひょう量5kg以上、感量1g以下のものとする。

2.4 圧縮試験機は、JIS B 7733 (圧縮試験機)に規定するもの、または同等の性能を有するものとする。

2.5 恒温室または恒温そうけ 4.3に示す操作条件が保持できるものを用いる。

3. 供試体

3.1 供試体の寸法および数 供試体はJIS A 1132 (コンクリートの強度試験用供試体の作り方)の4.1に規定するものを原則とするが、場合によっては、直径7.5cm 高さ15cmの円柱形を用いることのできる、同一条件の試験に対して用いる供試体の数3個以上とする。

3.2 コンクリートの作り方 コンクリートは、JIS A 1138 (試験室におけるコンクリートの作り方)によって作る。

3.3 供試体の作り方 供試体はJIS A 1132の4および7の規定によって作る。

表2. 供試材料別に見た試験液の濃度一覽 (%)

供試材料名 試験液の種類	モルタル [大塚による] ⁽³⁾⁽⁴⁾	標準養生コンクリート [消費者らの研究 による]	AC, PIC及びPIAC ⁽⁵⁾ [消費者らの研究および 田沢, 大塚, BNLによる]	接着剤 [JIS K 6858] ⁽⁶⁾ による	フラスチック材料 [JIS K 7114] ⁽⁷⁾ による
塩 酸	0.1 0.5 10 30 50	5	5 10 15 20 35	10	10 35
硫 酸	0.1 0.5 10 30 50	.5	5 20 40	3 30	10 30 80 98
酢 酸	0.5 10 30 50	5	5 10	5	5
水酸化 ナトリウム	5, 45	50	5 20 40 50	1 10	10 40
硫 酸 アンモニウム	40	43	43		
塩化ナトリウム	10	26.5	26.5	10	10
ナタネ油	—	—	—	—	—
A重油	—	—	—		
灯 油	—	—	—	—	—
ビ ー ル	—	—	—		

注) — は希釈せずそのまま使用の意。

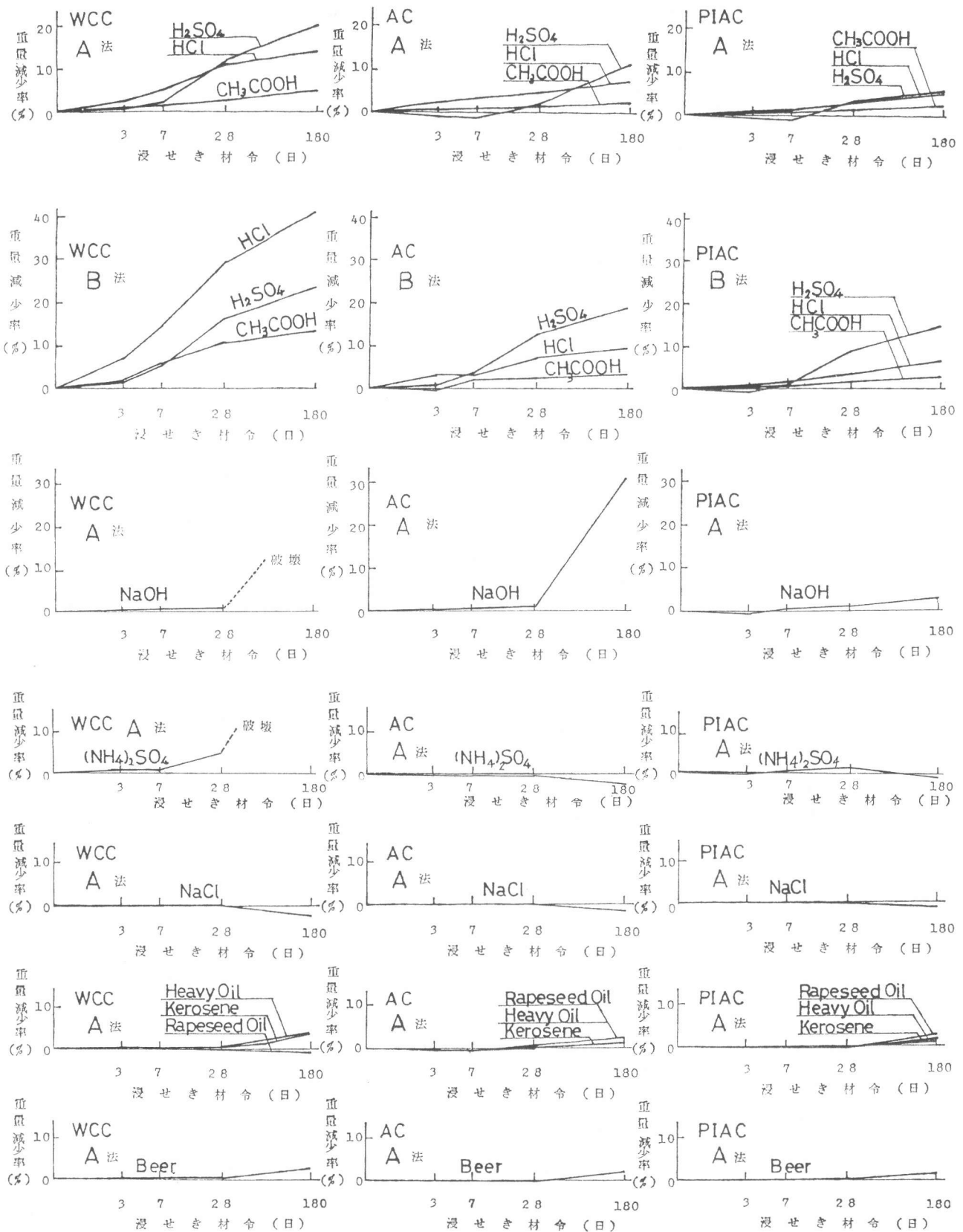


図1. 各種コンクリートの薬液浸せき材令と重量減少率の関係

注1) WCC: 標準養生コンクリート

AC: オートクレーブ養生コンクリート

PIAC: ポリマー含浸オートクレーブ養生コンクリート

注2) A法: 薬液により浸食された部分をはぎ取る方法

B法: 薬液により浸食された部分をはぎ取る方法

4. 耐薬品性試験

4.1 試験液の調製 試験液は、コンクリートの使用上から要求される条件に従って、その種類および濃度を適宜選択して用いる。試験液に使用する薬品は原則として日本工業規格に規定するものを用いる。日本工業規格に規定のない薬品は当事者間の協定によりその品質を定める。

4.2 試験液の例を表3に示す。

4.3 試験液中への供試体の浸せき操作 2.5の恒温室又は恒温湯の中へ静置した4.2.2の容器に供試体を収納し、試験液(20±1°C)に28日間浸せきする。試験液は1日おきに1回必ずよくかき混ぜる。必要があれば、一定期間ごとに新しい試験液を交換する。浸せき終了後においては、供試体に付着している試験液を乾燥した清潔な布などで良くぬぐう。(浸せき温度、期間、試験液の交換は、当事者間の協定により変更することができる)。

4.4 外観変化(色および形状の変化) 浸せき前後における供試体の外観変化を調べる。

4.5 重量変化 2.3に規定するばかりを用いて、浸せき前後の供試体の重量を測定し、次式により重量変化率を求める。

$$W = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100$$

ここに
W: 重量変化率(%)
W₀: 浸せき前の供試体重量(g)
W₁: 浸せき後の供試体の重量(g)

4.6 圧縮強度の変化 浸せき試験前後の供試体の圧縮強度を 2.4 に規定する試験機を用いてJISA 1108(コンクリートの圧縮強度試験方法)による試験し、次式による圧縮強度保持率を求める。

$$R = \frac{C_1}{C_0} \times 100$$

ここに
R: 圧縮強度保持率(%)
C₀: 浸せき前の供試体の圧縮強度(kg/cm²)
C₁: 浸せき後の供試体の圧縮強度(kg/cm²)

5. 各種コンクリートの耐薬品性評価

ここに得られた試験結果を、表4に示す評価基準により評価すると、表5に示すとおりである。ただし、本評価は薬液浸せき180日後の試験結果に基づいて行ったものである。

引用文献

- 1) 福地、大浜、材料 別冊第26巻 第290号(昭和52年11A)
- 2) 福地、大浜、大石、日本建築学会東北支部研究報告集第31号(1973)
- 3) 大浜、中基、小野田研究報告 第14巻第4冊第54号(1962)
- 4) 大浜、建築研究報告 No.65(1973)
- 5) 大岸、小野田、コンクリート工学 第13巻 4号(1975)
- 6) JIS K 6858 接着剤の耐薬品性試験方法
- 7) JIS K 7114 ポラスチックの耐薬品性試験方法
- 8) ASTM C 267-65 (Standard Method of Test for Chemical Resistance of Mortars)

表3. 試験液

供試体 浸せき用 試験液の種類	濃度 (%)		
	モルタル	標準養生 コンクリート	オートクレーブ養生コンクリート ポラスチックコンクリート
塩酸	0.1 30 50	5.0	50 100 150 200
硫酸	0.1 30 50	5.0	5.0 200
酢酸	0.5 30 50	5.0	5.0 100
水酸化ナトリウム	50 450	400 500	500
硫酸アンモニウム	400	飽和	飽和
塩化ナトリウム	10.0	飽和	飽和
ナフネ油	—	—	—
A重油	—	—	—
灯油	—	—	—
ビール	—	—	—

表4. コンクリートの耐薬品性評価基準

評価項目	評価基準値(点数)			
	4(優)	3(良)	2(可)	1(不可)
重量変化(A)	+2%	+2~+15% -2~-4%	+15~+20% -4~-6%	+20%~ -6%~
外観(色)変化(B)	変化なし	軽微の変色	からりの変色	著しい変色
外観(形状)変化(C)	変化なし	表層部の部分的破壊	表層部全面にわたる破壊	完全な破壊
総合評価(点数)	A+B+C 3			

表5. 各種コンクリートの耐薬品性評価例

試験液の種類	コンクリートの種類	評価項目			総合評価(点数)
		重量変化	外観(色)変化	外観(形状)変化	
塩酸(5%)	WCC	1	1	2	1
	AC	1	1	3	17
	PIAC	2	3	4	3
硫酸(5%)	WCC	1	1	2	13
	AC	1	1	2	13
	PIAC	2	1	2	17
酢酸(5%)	WCC	2	1	3	2
	AC	3	1	4	27
	PIAC	3	3	4	33
水酸化ナトリウム(50%)	WCC	1	1	1	1
	AC	1	1	1	1
	PIAC	3	3	4	33
硫酸アンモニウム(45%)	WCC	1	1	1	1
	AC	3	1	2	2
	PIAC	4	1	3	27
塩化ナトリウム(26.5%)	WCC	3	3	4	33
	AC	3	2	4	3
	PIAC	3	3	4	33
ナフネ油	WCC	4	3	4	37
	AC	3	3	4	33
	PIAC	3	3	4	33
A重油	WCC	3	2	3	27
	AC	3	1	4	27
	PIAC	4	1	4	3
灯油	WCC	3	2	4	3
	AC	4	1	4	3
	PIAC	4	1	4	3
ビール	WCC	3	2	3	27
	AC	3	1	4	27
	PIAC	4	1	4	3

注) 薬液浸せき後180日目。