

[63] ポリマーセメントコンクリートの中性化

正会員 大浜嘉彦 (日本大学工学部)

正会員 ○三宅豊久 (日本大学工学部)

1. はじめに

ポリマーセメントコンクリートは、結合材にセメント及びポリマーを用いて、骨材を結合したコンクリートであり、硬化後は、その内部に連続したポリマー皮膜が形成される。従って、その強度、伸び能力、耐薬品性などは、普通コンクリートと比較して優れており、それら性状に関する研究は、かなり進展している。しかし、その耐久性の重要な要因である中性化に関する研究は、ほとんど行われていないのが現状である。

本研究は、ポリマーセメントコンクリートの中性化の早期判定法を見いだす目的で、普通コンクリートの促進中性化試験方法として試みられている二酸化炭素加圧法及び炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法¹⁾の2方法をポリマーセメントコンクリートに適用し、その中性化を検討したものである。

2. 使用材料

(1) セメント及び骨材 セメント

は普通ポルトランドセメント、細骨材
は粒径 2.5mm 以下の川砂、粗骨材は粒
径 5 ~ 20 mm の川砂利を使用した。
セメントの化学成分及び物理的性質は
表-1 に、骨材の性質は表-2 に示す通りである。

(2) セメント混和用ポリマーディスパージョン（以下、ディスパージョンと称す）及び消ほう剤 ディスパージョンは、ステレンブタジエンゴム（SBR）ラテックス、ボリアクリル酸エステル（PAE）エマルジョン及びエチレン酢酸ビニル（EVA）エマルジョンの3種類を使用し、各ディスパージョンは、使用に先立ち、シリコーンエマルジョン系消ほう剤を、ディスパージョンの全固形分に対して、消ほう剤の有効固形分として 0.7 % 添加した。使用したディスパージョンの性質を表-3 に示す。

3. 試験方法

3.1 供試体の作製

J I S A 1132 (コンクリートの強度試験用供試体の作り方) に準じて、表-4 に示す配合のコンクリートを練りまぜ、寸法 Ø 7.5 × 15 cm に成形後、2 日湿空 (20 °C, 80 % R.H.)、5 日水中 (20 °C)、21 日乾燥 (20 °C, 50 % R.H.) 養生を行って、供試体を作製した。

表-1 セメントの化学成分及び物理的性質

Ig.loss	Insol.	SiO ₂	Chemical Compositions (%)					Total
			Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
0.5	0.1	22.2	5.2	3.2	65.3	1.4	1.8	99.7

Specific Gravity	Physical Properties		Flexural Strength of Mortar (kg/cm ²)	Compressive Strength of Mortar (kg/cm ²)						
	Fineness	Setting Time		Initial Set	Final Set					
	Residue on Sieve of 88μ	Blaine's Specific Surface Area (cm ² /g)		(h-min)	(h-min)	3d	7d	28d		
3.17	1.0	3230	2-25	3-31	35	53	74	141	234	429

表-2 骨材の性質

Type of Aggregate	Maximum Size (mm)	Fineness Modulus	Specific Gravity	Water Absorption (%)	Unit Weight (kg/l)
Fine Aggregate	2.5	6.68	2.62	1.60	1.80
Coarse Aggregate	20.0	2.51	2.55	3.11	1.64

表-3 セメント混和用ポリマーディスパージョンの性質

Type of Polymer Dispersion	Appearance	Specific Gravity (20 °C)	pH	Viscosity (20 °C) (cP)	Total Solids (%)
SBR	Milky-White, without Coarse Particles	1.018	8.2	BL.Adapter 12rpm	47.8
PAE	Milky-White, without Coarse Particles	1.073	9.3	BL.Adapter 6rpm	44.7
EVA	Milky-White, without Coarse Particles	1.068	4.8	No.3 Rotor 60rpm	53.5

表-4 ポリマーセメントコンクリートの配合

Type of Polymer Dispersion	P/C (%)	W/C (%)	Mix Proportion by Weight (kg/m ³)				Slump (cm)	
			Water	Cement	Polymer Solid	Fine Aggregate		
Plain	—	69	207	300	—	863	856	18.0
SBR	10	52	156	300	30	890	883	19.0
	20	43	129	300	60	886	879	19.0
PAE	10	56	168	300	30	874	868	18.0
	20	49	147	300	60	863	856	18.5
EVA	10	53	159	300	30	886	879	19.0
	20	45	144	300	60	866	860	18.0

Note: P/C; Polymer-Cement Ratio, W/C; Water-Cement Ratio.

3.2 促進中性化試験

促進中性化試験は、図-1に示すとく、二酸化炭素加圧法及び炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法の2種類を採用した。

(1) 二酸化炭素加圧法 耐圧容器内に供試体を入れて密封し、真空ポンプを用いて、5 mmHg以下で10分間脱気を行い、続いて、ポンペから二酸化炭素を注入し、1, 3及び6 kg/cm²の圧力を加えた。この場合、1 kg/cm²の圧力下では1, 3及び6時間、3及び6 kg/cm²の圧力下では0.5, 1及び3時間加圧を行った。

(2) 炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法 8%炭酸水素ナトリウム溶液中に、供試体を1, 3及び6箇月間浸せきした。

3.3 中性化深さの測定

促進中性化後の供試体を割裂によって二分割し、その断面にフェノールフタレインの1%アルコール溶液を塗布した。中性化域は、フェノールフタレイン溶液により赤変しない部分とし、中性化深さは、ノギスを用いて、図-2に示す6箇所の測定値の平均とした。なお、炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法による場合は、化学反応により遊離した水酸化ナトリウムを除去するため、二分割後、熱水を用いて断面を洗浄してから、フェノールフタレイン溶液を塗布した。

4. 試験結果及び考察

4.1 二酸化炭素加圧法による促進中性化

二酸化炭素加圧法による各種ポリマーセメントコンクリートの促進中性化試験結果は、図-3及び図-4に示す通りである。

普通セメントコンクリートでは、二酸化炭素圧力1 kg/cm²、1時間加圧で、その中性化深さが10 mm以上となるが、各種ポリマーセメントコンクリートの中性化深さは、これに比べてかなり小さい。二酸化炭素圧力3 kg/cm²、3時間加圧の場合及び6 kg/cm²、1及び3時間加圧の場合、ポリマーセメント比10%のポリマーセメントコンクリートの中性化深さは、10 mm程度であるが、同じ条件における普通セメントコンクリートでは、その全面が中性化されている。ポリマーセメントコンクリートの中性化深さは、ポリマーの種類にかかわらず、ポリマーセメント

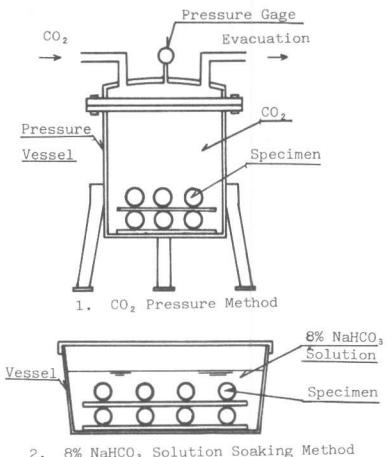
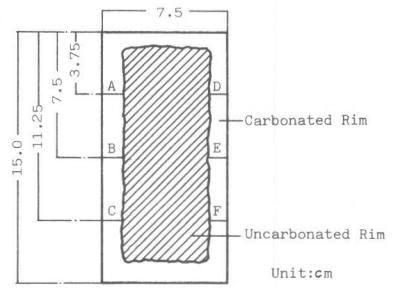


図-1 促進中性化試験方法



A,B,C,D,E,F : Measured for Carbonation Depth and Averaged.

図-2 中性化試験後の供試体断面

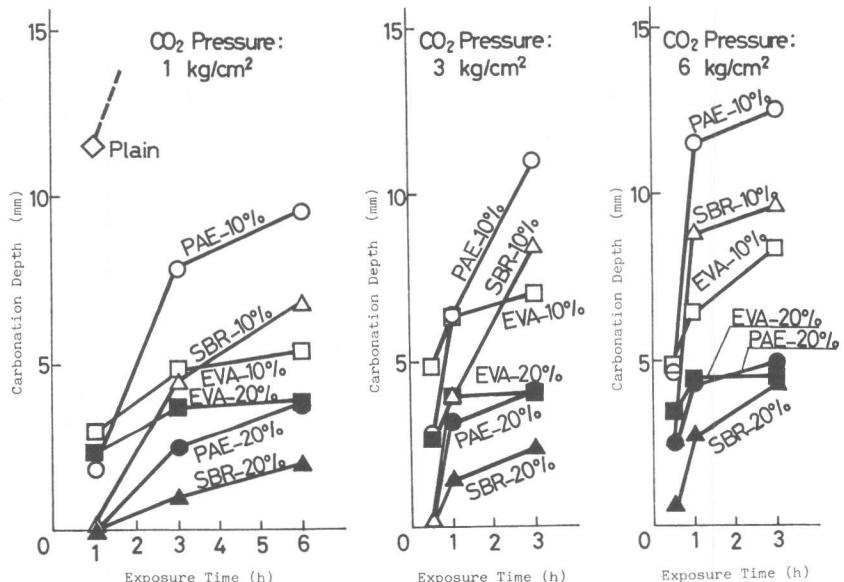


図-3 二酸化炭素加圧時間とポリマーセメントコンクリートの中性化深さの関係

ント比の増加に伴って、減少する傾向にある。これは、ポリマーセメントコンクリートの内部に形成されるポリマー皮膜が、極めて不透気性のものであるためと考えられる。ポリマーの種類及びポリマーセメント比にかかわらず、二酸化炭素圧力あるいは加圧時間の増加に伴って、ポリマーセメントコンクリートの中性化深さは増加する。この場合、その初期段階での増加は急激であるが、その後の段階では緩慢になる。ポリマーセメント比20%のものは、ポリマーの種類にかかわらず、二酸化炭素加圧時間3時間で、ほぼ一定の中性化深さに達する。

4.2 炭酸水素ナトリウム溶液浸

せき法による促進中性化

炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法による各種ポリマーセメントコンクリートの促進中性化試験結果は、図-5に示す通りである。

二酸化炭素加圧法による場合と同様に、普通セメントコンクリートに比べて、各種ポリマーセメントコンクリートの中性化深さはかなり小さい。浸せき材令6箇月の中性化深さを比較すると、ポリマーセメント比10%の場合には、普通セメントコンクリートの中性化深さのほぼ $1/2$ であり、ポリマーセメント比20%の場合には、 $1/3$ 程度である。しかし、これらの値は、二酸化炭素加圧法による場合の値よりも大きい。

4.3 ポリマーセメントコンクリートの中性化速度

(1) 二酸化炭素加圧法による場合

一般に、コンクリートの中性化速度は、その初期段階とその後の段階では、相当に異なることが報告されている。¹⁾本試験結果においては、この初期段階の範囲を、二酸化炭素加圧時間1時間までと考え、二酸化炭素加圧時間3時間以上の場合について考察する。各種ポリマーセメントコンクリートの中性化深さは、二酸化炭素圧力と加圧時間との積の関数と考えると、図-6に示すようになり、次式のごとく表せる。

$$\log x = A \log(p t) + B$$

ここに、 x ：ポリマーセメントコンクリートの中性化深さ (mm)

p ：二酸化炭素圧力 (kg/cm^2)

t ：二酸化炭素加圧時間 (h)

A, B : 実験定数

(2) 炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法による場合

炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法による各種ポリマーセメントコンクリートの中性化深さと浸せき材令の関係

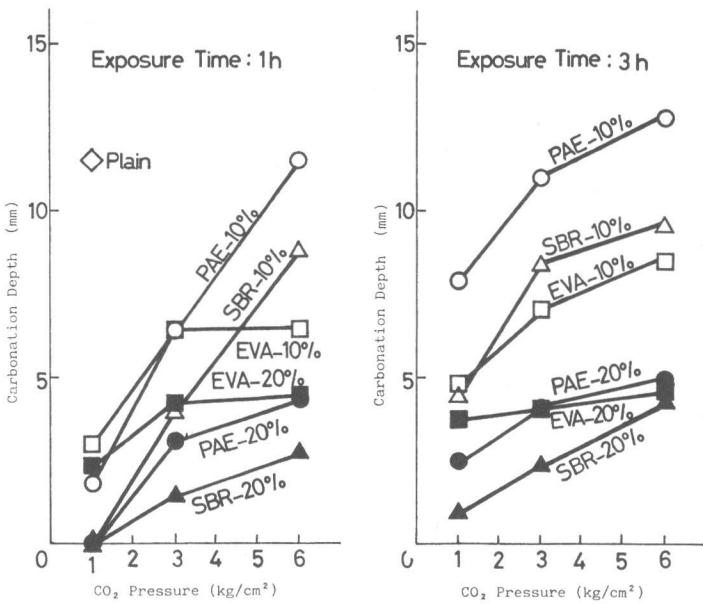


図-4 二酸化炭素圧力とポリマーセメントコンクリートの中性化深さの関係

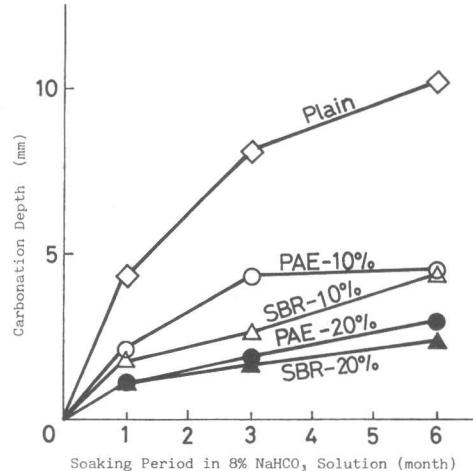


図-5 8%炭酸水素ナトリウム溶液浸せき期間とポリマーセメントコンクリートの中性化深さの関係

は、図-7に示す通りであり、(1)式のごとく表せる。

$$\log x = a \log t + b \quad (1)$$

ここで、図-7に示す実験式より、 $a = 1/2$ となることから、(1)式を変形すると、(2)式となる。

$$x = 10^b t^{1/2} \quad (2)$$

又、試験結果より、 $10^b = f(W/C)$ 又は P/C であることが判明しているので、実験式を求めると、(3)式又は(4)式のごとくなる。

$$10^b = 13.6(W/C) - 5.23 \quad (r=0.970) \quad (3)$$

$$10^b = -15.3(P/C) + 3.92 \quad (r=0.939) \quad (4)$$

ここに、 r ：相関係数

これらの式を、(2)式に代入すれば、炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法によるポリマーセメントコンクリートの中性化深さは、(5)式又は(6)式のようく表せる。

$$x = \{ 13.6(W/C) - 5.23 \} t^{1/2} \quad (5)$$

$$x = \{-15.3(P/C) + 3.92\} t^{1/2} \quad (6)$$

ここに、 x ：ポリマーセメントコンクリートの中性化深さ (mm)
 t ：浸せき材令 (month)

W/C ：水セメント比

P/C ：ポリマーセメント比

5. 総括

本研究で得られた結果を総括すれば、次のとくである。

(1) 普通セメントコンクリートに比べて、各種ポリマーセメントコンクリートの中性化深さはかなり小さくなるが、この理由は、内部に形成されるポリマー皮膜による気体又は液体の透過に対する抵抗性の向上に基づくものと推察される。

(2) ポリマーの種類にかかわらず、ポリマーセメント比の増加に伴って、ポリマーセメントコンクリートの中性化深さは小さくなる。

(3) 二酸化炭素加圧法による場合、各種ポリマーセメントコンクリートの中性化深さは、次式のごとく表せる。

$$\log x = A \log (pt) + B \quad \text{ここに、} \quad x : \text{ポリマーセメントコンクリートの中性化深さ (mm)}$$

p : 二酸化炭素圧力 (kg/cm^2)

t : 二酸化炭素加圧時間 (h)

A, B : 実験定数

(4) 炭酸水素ナトリウム溶液浸せき法による場合、ポリマーセメントコンクリートの中性化深さは、次式のごとく表せる。

$$x = \{ 13.6(W/C) - 5.23 \} t^{1/2} \quad \text{ここに、} \quad x : \text{ポリマーセメントコンクリートの中性化深さ (mm)}$$

又は、 $x = \{-15.3(P/C) + 3.92\} t^{1/2}$ t : 浸せき材令 (month)

W/C : 水セメント比

P/C : ポリマーセメント比

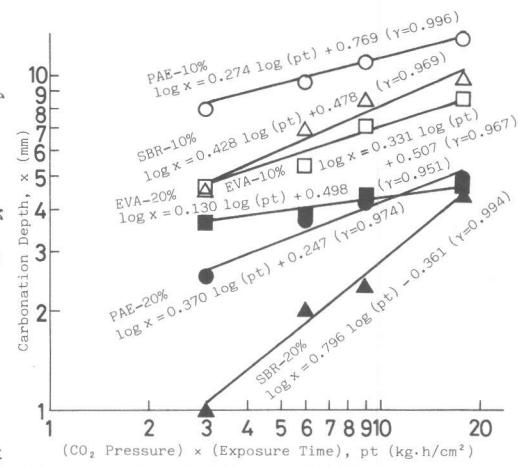


図-6 (二酸化炭素圧力) × (二酸化炭素加圧時間) とポリマーセメントコンクリートの中性化深さの関係 (対数目盛)

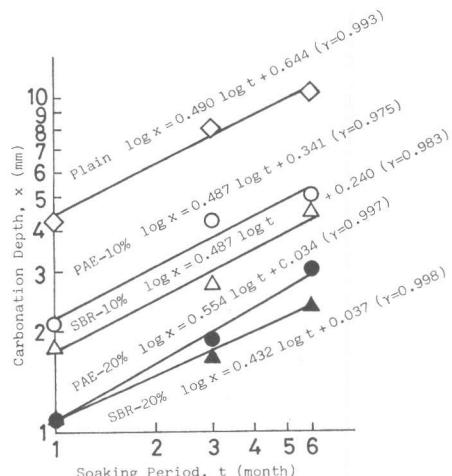


図-7 8%炭酸水素ナトリウム溶液浸せき期間とポリマーセメントコンクリートの中性化深さの関係 (対数目盛)