

[24] ポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透に対する抵抗性

正会員 ○大浜 嘉彦 (日本大学工学部)

正会員 能登谷 恭一 (日本大学工学部)

正会員 森脇 貴志 (日本大学大学院)

三宅 雅之 (日本大学工学部)

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物に対する外部からの塩化物イオンの浸透は、鉄筋の腐食を促進し、コンクリートのひび割れ、はく離などの大きな要因となる。これまでに、鉄筋コンクリート構造物の塩害に関する実態調査は、建設省を初めとして、多くの研究者によって行われており、その結果、北陸地方以北の日本海沿岸及び沖縄県の海岸から200m以内に、塩害が集中していることが報告されている¹⁾。従って、このような塩害を受けやすい地域では、塩化物イオン浸透に対する抵抗性の優れた材料の使用が望まれる。ポリマーセメントコンクリートは、普通セメントコンクリートと比較して、水密・気密性に優れ、塩化物イオン浸透に対する抵抗性が期待される。^{2),3),4)} 本研究では、ポリマーセメントコンクリートを、人工海水及び飽和食塩水に浸せきして、その塩化物イオン浸透に対する抵抗性を検討する。

2. 使用材料

2.1 セメント及び骨材

セメントとしては普通ポルトランドセメントを、骨材としては、粗骨材として福島県大川産川砂利(粒径、5-20mm)を、細骨材として福島県阿武隈川産川砂(粒径、5mm以下)を使用した。

2.2 セメント混和用ポリマーディスパーション

ポリマーディスパーションとしては、市販のスチレンブタジエンゴム(SBR)ラテックス、エチレン酢酸ビニル(EVA)及びポリアクリル酸エステル(PAE)エマルジョンを使用した。ポリマーディスパーションには、その全固形分に対して、シリコーンエマルジョン系消泡剤を、その有効固形分として、SBRラテックス及びEVAエマルジョンに対しては0.7%、PAEエマルジョンに対しては1.5%添加して使用した。なお、ポリマーディスパーションの性質は、表-1に示す通りである。

表-1 ポリマーディスパーションの性質

Type of Polymer Dispersion	Specific Gravity (20 °C)	pH (20 °C)	Viscosity (20 °C, cP)	Total Solids (%)
S B R	1.014	8.8	188	45.0
E V A	1.048	5.4	1025	44.5
P A E	1.078	9.5	28	45.4

3. 試験方法

3.1 供試体の作製

表-2に示す調合の供試コンクリートを、JIS A 1138(試験室におけるコンクリートの作り方)に従って練り混ぜ、寸法φ10x20cmに成形した後、2日湿空(20℃, 80% R.H.), 5日水中(20℃), 21日乾

表-2 供試コンクリートの調合

Type of Concrete	Polymer-Cement Ratio (%)	Water-Cement Ratio (%)	Sand-Aggregate Ratio (%)	Mix Proportion by Weight (kg/m ³)					Slump (cm)	Air Content (%)
				Cement	Polymer	Water	Fine Aggregate	Coarse Aggregate		
Unmodified	0	65.3	45	300	0	196	824	999	9.5	2.3
SBR-	10	49.3	45	300	30	148	810	983	10.5	3.3
Modified	20	36.3	45	300	60	109	820	995	11.0	3.4
EVA-	10	48.7	45	300	30	146	808	983	9.5	4.1
Modified	20	39.3	45	300	60	118	810	982	10.5	4.6
PAE-	10	54.0	45	300	30	162	794	963	10.5	3.8
Modified	20	38.3	45	300	60	115	813	986	9.0	4.3

燥(20℃, 50% R.H.)養生を行って、供試体を作製した。

3.2 細孔容積の測定

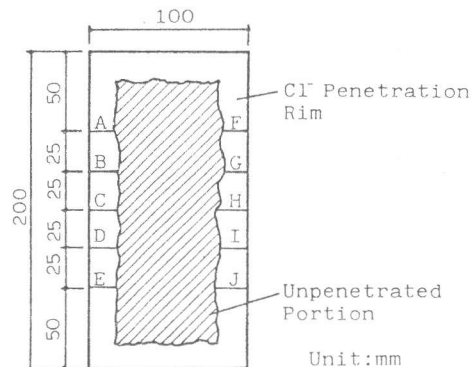
28日間養生した供試体の表面から10mm以内の部分について、骨材を含まないように、粒径2.5~5mm程度の試料を採取した。次に、試料をアセトンで洗浄した後、D-dry処理し、水銀圧入式ポロシメーター(Calro Erba社製、220型)を用いて、細孔半径37.5~75000Åの範囲について、細孔容積を測定した。

3.3 供試体の試験液への浸せき

供試体を、20℃で、ASTM D 1141 (Standard Specification for Substitute Ocean Water) に準拠して調製した人工海水及び飽和食塩水に、28及び91日間浸せきした。試験液の量は、供試体1個に対して300mlとし、浸せき材令28日までは、7日ごとに、それ以後は、28日ごとに試験液を交換した。

3.4 試験液に浸せきした供試体の試験

28及び91日間各試験液に浸せきした供試体の重量を測定して、重量変化率を算出した後、供試体を割裂によって二分割し、その断面に0.1%フルオレセインナトリウム水溶液及び0.1N硝酸銀溶液を噴霧して、図-1に示す10箇所について、塩化物イオン浸透深さを測定した⁵⁾



A,B,C,...,J: Measured for Cl⁻ Penetration Depth and Averaged.

図-1 供試体における塩化物イオン浸透深さの測定箇所

4. 試験結果及び考察

図-2には、ポリマーセメントコンクリートの細孔径分布を示す。

普通セメントコンクリートの細孔容積は、細孔半径430~4300Åの範囲で大きく、750~1400Åでその最大値を与え、又、その全細孔容積は約0.1cm³/gである。ポリマーセメントコンクリートの全細孔容積は、ポリマーセメント比の増加に伴って減少し、ポリマーセメント比20%では、普通セメントコンクリートのその約1/2である。更に、ポリマーセメント比の増加に伴い、ポリマーセメントコンクリートの細孔径分布は、その細孔半径が小さい方へ移動し、ポリマーセメントコンクリートの細孔容積は、ポリマーセメント比10及び20%の場合に、それぞれ、細孔半径240~430及び75~240Åで最大値を与える。

図-3及び図-4には、28及び91日間人工海水及び飽和食塩水に浸せきした各種ポリマーセメントコンクリートの重量変化率を示す。

一般に、人工海水及び飽和食塩水に浸せきした普通セメントコンクリートの重量変化率は、浸せき

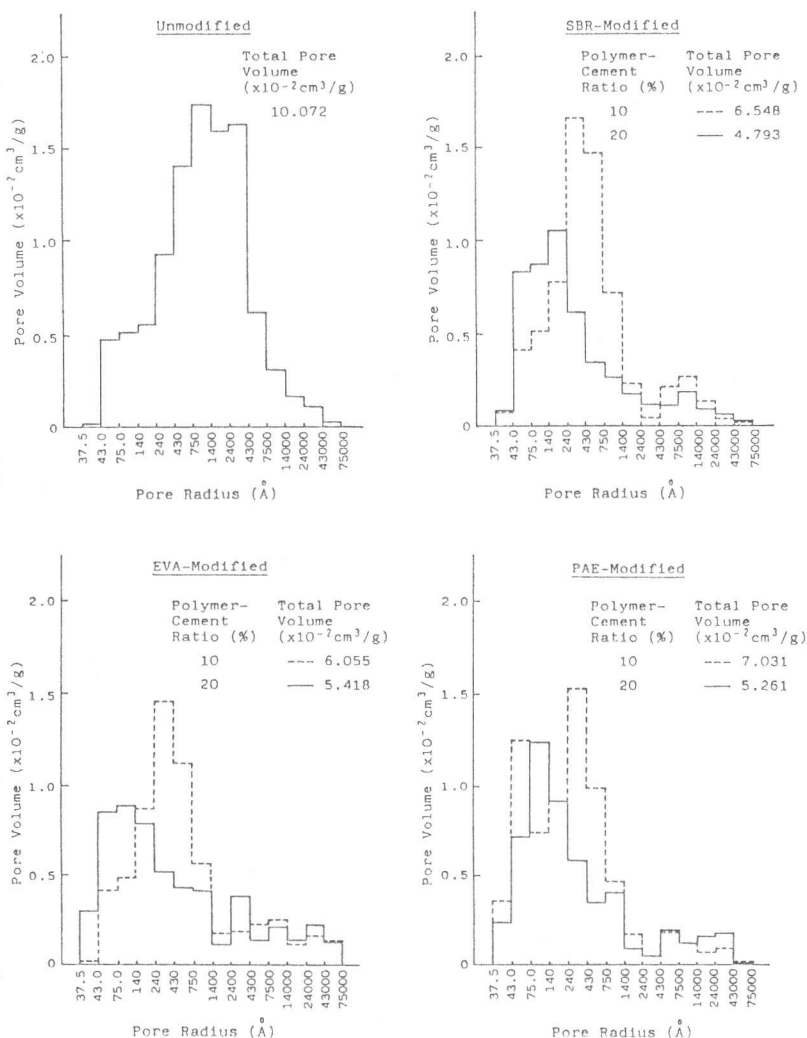


図-2 ポリマーセメントコンクリートの細孔径分布

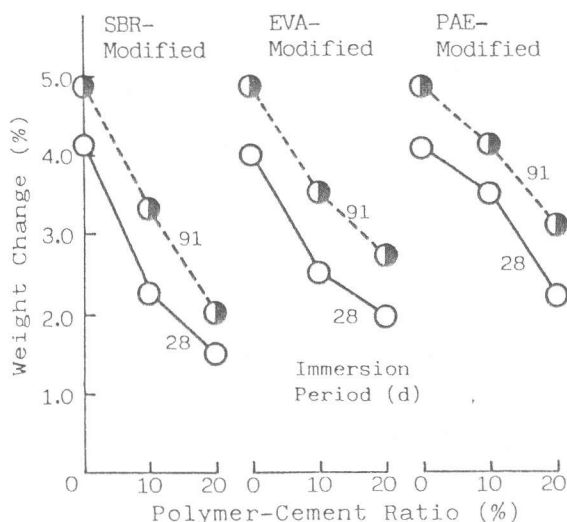


図-3 人工海水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの重量変化率とポリマーセメント比の関係

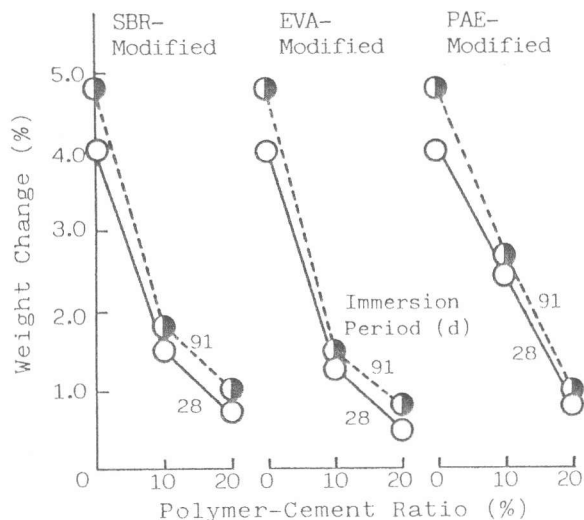


図-4 飽和食塩水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの重量変化率とポリマーセメント比の関係

材令の増加に伴って増大し、浸せき材令28及び91日におけるその値は、試験液の種類にかかわらず、それぞれ、約4%及び5%である。

ポリマーの種類及び浸せき材令にかかわらず、人工海水及び飽和食塩水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの重量変化率は、ポリマーセメント比の増加に伴って減少する。これは、ポリマーセメント比の増加に伴って、コンクリート中に形成される網状構造のポリマー量が増加し、それが障壁となり、吸水に対する抵抗性が改善されるためと考えられる。普通セメントコンクリートの場合と異なり、ポリマーセメントコンクリートの重量変化率は、試験液の種類によって差異が認められる。浸せき材令にかかわらず、飽和食塩水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの重量変化率は、人工海水に浸せきした場合のそれよりも小さく、特に、ポリマーセメント比20%の各種ポリマーセメントコンクリートの重量変化率は、普通セメントコンクリートのその1/4以下に減少する。これは、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細孔径分布が、その細孔半径が小さい方へ移動することに加えて、飽和食塩水の表面張力が人工海水のそれよりも大きく、その粘度も又、人工海水に比べて高いためであると推察される。普通セメントコンクリートの場合には、その全細孔容積が大きく、更に、大半の細孔が多いために、試験液の表面張力や粘度の影響をほとんど受けないものと考えられる。

図-5及び図-6には、28及び91日間人工海水及び飽和食塩水に浸せきした各種ポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さを示す。

人工海水及び飽和食塩水に浸せきした普通セメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さは、その重量変化率と同様に、浸せき材令の増加に伴って増大するが、その値は、重量変化率の場合とは異なり、試験液の種類によって差異が認められる。飽和食塩水に浸せきした普通セメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さは、人工海水に浸せきした場合のそれに比べて大きく、その1.6~1.7倍に達する。これらのことから、同一の浸せき材令における普通セメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さは、試験液中の塩化物イオンの濃度に依存するものと推察される。

試験液及びポリマーの種類にかかわらず、ポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さは、普通セメントコンクリートのそれと比較して、相当に小さく、その値は、ポリマーセメント比の増加に伴って減少する。一般に、普通セメントコンクリートでは、セメント水和物の細孔表面は、カルシウムイオン(Ca^{2+})が吸着しているために電気的に陽性であり、塩化物イオンは、細孔半径20Å以下の小さな細孔でも相当に浸透しやすいことが明らかにされている⁶⁾。一方、ポリマーセメントコンクリートでは、セメント水和物がポリマーフィルムで被覆されていることから、塩化物イオンの浸透が抑制されるもの

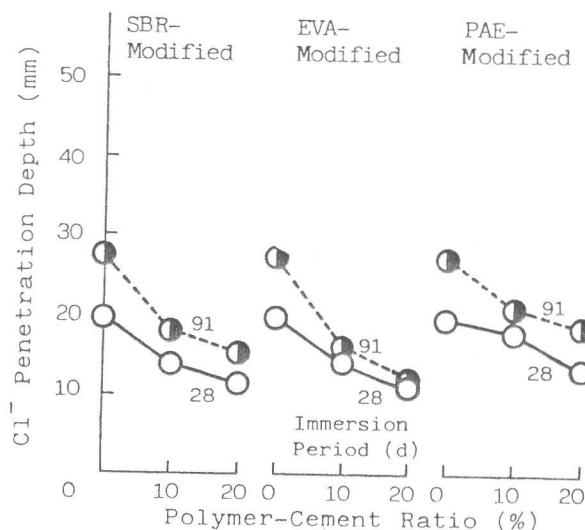


図-5 人工海水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さとポリマーセメント比の関係

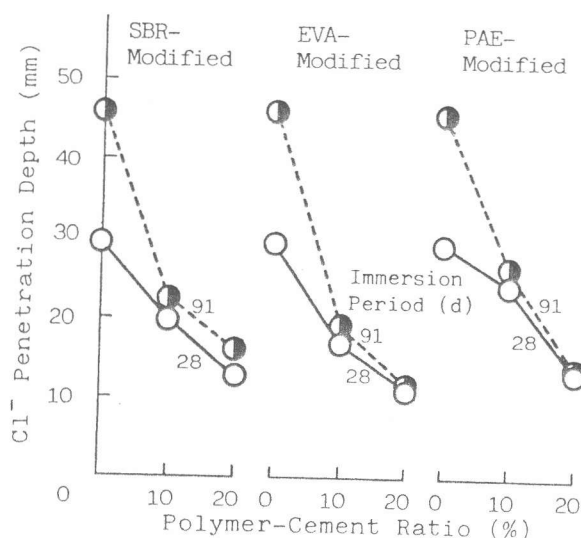


図-6 飽和食塩水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さとポリマーセメント比の関係

と考えられる。ポリマーの種類にかかわらず、飽和食塩水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さは、人工海水に浸せきした場合のそれよりも大きい、その差異は、普通セメントコンクリートに比較して小さい。特に、飽和食塩水に浸せきしたポリマーセメント比20%のポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さは、人工海水に浸せきした場合のそれと同程度まで減少する。試験液の塩化物イオンの濃度を考慮すれば、普通セメントコンクリートの場合と同様に、飽和食塩水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの塩化物イオン浸透深さは、人工海水に浸せきした場合のそれよりも相当に大きくなると考えられるが、その吸水量が著しく減少するために、試験液の濃度の影響が相殺されるものと推察される。

5. 結論

ポリマーの種類にかかわらず、人工海水及び飽和食塩水に浸せきしたポリマーセメントコンクリートの重量変化率及び塩化物イオン浸透深さは、普通セメントコンクリートに比べて相当に小さく、その値は、ポリマーセメント比の増加に伴って減少する傾向にある。このことから、普通セメントコンクリートに比べて、ポリマーセメントコンクリートは、塩化物イオン浸透に対する優れた抵抗性を有すると考えられ、海岸地域の建物や橋りょう、海洋構造物などへのポリマーセメントコンクリートの利用が推奨される。

参考文献

- 1) 小林一輔, "鋼材腐食によるコンクリート構造物の劣化とその対策 第1回 コンクリート構造物の早期劣化問題とその背景," 土木施工, V.25, No.7, Apr.1984, pp.40-48.
- 2) Lavelle, J. A., "Acrylic Modified High-Solids Cementitious Coatings," American Paint and Coatings Journal, V.67, No.11, Sept.1982, pp.47-50.
- 3) Perenchio, W. F., "Short-Term Chloride Penetration into Relatively Impermeable Concretes," Concrete International, V.5, No.4, Apr.1983, pp.37-41.
- 4) Kuhlmann, L. A., and Foor, N. C., "Chloride Permeability versus Air Content of Latex Modified Concrete," Cement, Concrete, and Aggregates, V.6, No.1, Summer 1984, pp.11-16.
- 5) Collepardi, M., Marcialis, A., and Turriziani, R., "The Penetration of De-Icing Agents in Cement Pastes," Il Cemento, No.3, 1972, pp.143-150.
- 6) 後藤誠史, 茂啓二郎, 高木達雄, 大門正機, "セメント硬化体の細孔径分布とイオンの拡散," セメント技術年報 36, Dec.1982, pp.49-52.