

PAE系ポリマーセメントモルタルに対する塩化物イオンの浸透特性

前田工織株式会社 正会員 ○大久保 誠, 正会員 中井 裕司
 一般社団法人 PCM 工法協会 辻 総一郎
 近畿大学 正会員 東山 浩士

1. はじめに

PAE系ポリマーセメントモルタル(以下,SPCM)¹⁾に対して, NaCl 溶液を5年間に渡り部分浸透させ, 内部鉄筋の腐食発生限界塩化物イオン濃度および塩化物イオン拡散係数の時間依存性を調査した. その結果, SPCM 内の鉄筋の腐食発生限界塩化物イオン濃度は高いこと, 塩化物イオン拡散係数は材齢とともに小さくなることがわかった.

2. 試験方法

堀口らの腐食発生限界塩化物イオン濃度の測定方法²⁾を参考にし, 表1に示す特性を有するSPCMを用いて, 腐食発生限界塩化物イオン濃度および塩化物イオン拡散係数の時間依存性を調べる試験を計画した.

100×100×360mmのSPCMに, 純かぶり20mmでD10鉄筋と鉛照合電極を設置した試験体を図1に示す. 写真1に示すように, この試験体上に□100mmのプールを設け濃度10%のNaCl溶液を満たした. 試験体上面および底面以外の全ての表面をエポキシ樹脂で被覆した. 塩化物イオンの浸透は, 室内温度20±2°C, 湿度RH60±10%の環境で, 養生を完了したSPCM材齢28日より開始した. 合わせて, 自然電位を連続して測定した. 試験体数は3体である.

自然電位が-350mV(vs CSE)へ急変した場合, 鉄筋腐食の可能性が高いと判断し, 試験体中央を切断し, 鉄筋の腐食状況の観察とEPMAによる面分析を行う計画である. なお, EPMAの測定範囲は試験体中央面80×80mmで, ピクセルサイズが0.1×0.1mmである.

3. 試験結果

浸漬2.93年と4.98年で自然電位の卑への急変を観測した. 試験体を解体し鉄筋の状況を観察したところ, 写真2に示すように, 腐食は観察されなかった. 自然電位が急変した理由は, 定かではない. 浸漬4.98年におけるEPMAによる塩素元素の面分析結果を写真3に示す. 照合電極の外周に塩素元素が観察される理由は, 塩ビ製の筒が使われているためである.

純かぶり20mm区間の塩素元素の80mm幅の平均濃度分布と式(1)の拡散方程式による回帰値を図2に示す. 浸漬2.93年, 4.98年で, 鉄筋表面における塩化物イオン濃度は, それぞれ1.4 kg/m³, 6.0 kg/m³である. 材齢4.98年で高い塩化物イオン濃度を示しているが, 鉄筋の腐食は未だに発生していない.

表1 SPCMの特性

単位容積質量	kg/m ³	2000
水セメント比	%	32
ポリマーセメント比	%	12
細骨材セメント比		2.0
圧縮強度 材齢28日	N/mm ²	33.4
圧縮強度 材齢5年	N/mm ²	45.4

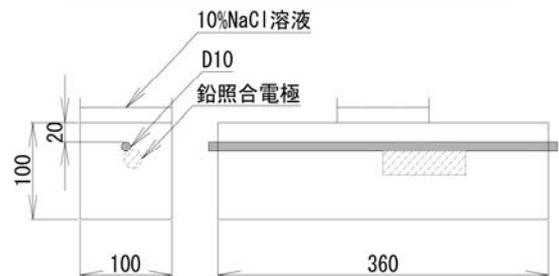


図1 試験体の断面

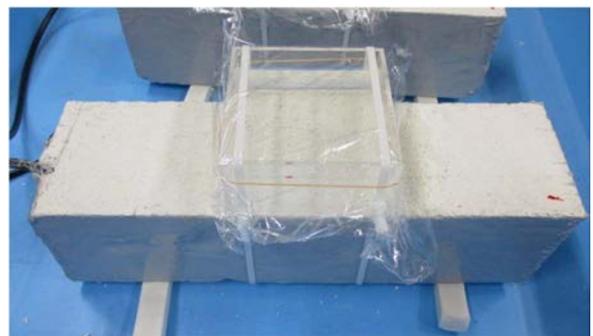


写真1 試験体の設置状況



写真2 解体後の鉄筋の状況

キーワード PAE系ポリマーセメントモルタル, 腐食発生限界塩化物イオン濃度, 塩化物イオン拡散係数
 連絡先 〒105-0011 東京都港区芝公園 2-4-1 芝パークビル A館 12F 前田工織(株) TEL 03-6402-3947

$$C_{(x,t)} = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right) \right) \quad (1)$$

ただし、 $C_{(x,t)}$ はかぶり x (mm), 時刻 t (年)における全塩化物イオン濃度(kg/m^3), C_0 は表面における全塩化物イオン濃度(kg/m^3), D は見かけの拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$), erf は誤差関数を表す。

4. 考察

SPCMに関する設計・施工マニュアル(案)の技術解説書¹⁾によると、10%NaCl溶液に0.75年浸漬したSPCMの見かけの塩化物イオン拡散係数は、 $0.38\text{cm}^2/\text{年}$ としている。東山らの研究³⁾を参考に、拡散係数の時間依存性を、式(2)を用いて推定する。

$$D(t) = D_0 \left(\frac{t_0}{t} \right)^m \quad (2)$$

ただし、 $D(t)$ は時刻 t における塩化物イオン拡散係数、 $D_0 = 0.38\text{cm}^2/\text{年}$ は時刻 $t_0 = 0.75$ 年における塩化物イオン拡散係数を表す。

上記の条件の下に、今回得られた拡散係数を用いて m を推定すると、 $m = 0.357$ を得る。同様に、東山らの研究³⁾から水セメント比50%のモルタルの拡散係数の時間依存性を得ることができる。SPCMとW/C=50%のモルタルの拡散係数の試験値と推定値を図3に示す。SPCMの塩化物イオン拡散係数は、モルタルと比較して著しく小さく塩化物イオンの拡散を抑制することが分かる。

5. まとめ

5年間に渡り、鉄筋を埋設し10%NaCl溶液を部分接触させたSPCMを、EPMAにより塩素元素の面分布を測定した2試験体から得られた成果は以下である。

- (1) 4.98年の塩化物イオンの浸透で、純かぶり深さ20mmの全塩化物イオン濃度は $6.0\text{kg}/\text{m}^3$ となったが、鉄筋に腐食は発生していない。
- (2) SPCMの見かけの拡散係数は時間とともに小さくなり、耐久性設計に一定値を用いると長期間の供用では安全側の評価となり過ぎるため、考察が必要である。

参考文献

- 1) (一社)PCM 工法協会:PAE系ポリマーセメントモルタルを用いたコンクリート構造物の補修・補強に関する設計・施工マニュアル(案);第5版第2刷,2021
- 2) 堀口賢一, 山口明伸, 丸谷剛, 武若耕司:腐食発生限界塩化物イオン濃度の測定方法とその定量評価に関する研究;土木学会論文集E2,Vol.71,No.2,107-123,2015
- 3) Hiroshi Higashiyama, Manote Sappakittipakorn, Masanori Sano, Osamu Takahashi, Shigeru Tsukuma: Characteristics of chloride ingress into mortars containing ceramic waste aggregate, Journal of Material Cycles Waste Management, Vol.17, pp.513-521, 2015

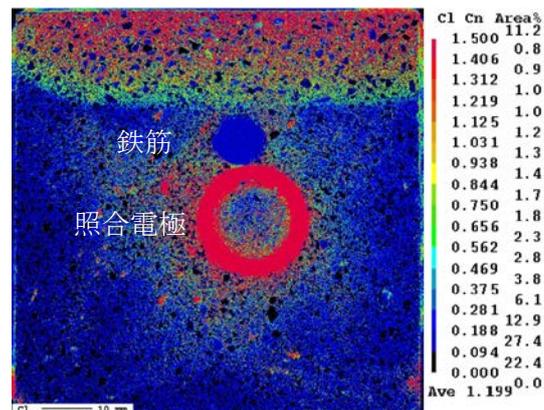


写真3 EPMAによるCl元素の面分布

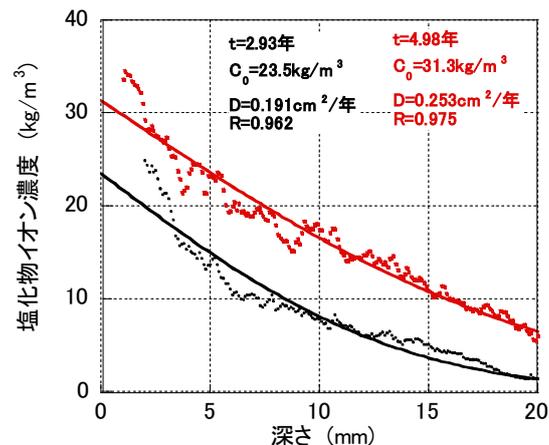


図2 かぶり部分の塩化物イオン濃度分布

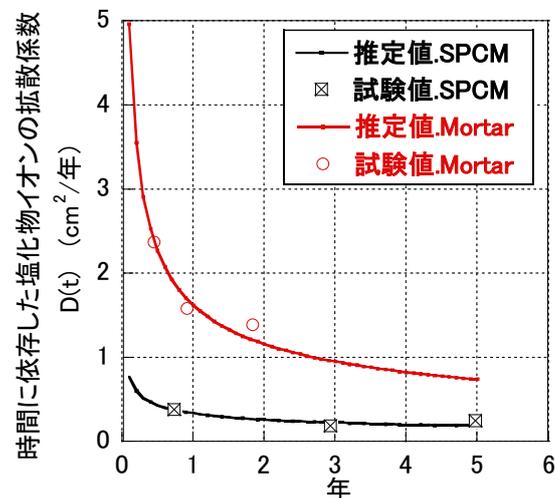


図3 時間の関数とした見かけの拡散係数