

ひび割れを有する鉄筋コンクリートの塩分拡散性状に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生員 ○丸野大輔
 鹿児島大学工学部 学生員 安田寛生
 鹿児島大学工学部 正会員 山口明伸
 アジア工科大学院 正会員 武若耕司

1. はじめに

著者らは、これまでに鉄筋コンクリートの塩害劣化現象を定量的に評価する手法として、細孔分布モデル、腐食因子拡散モデル、鉄筋腐食モデル等から成る塩害劣化シミュレーションモデル⁽¹⁾を提案し、その妥当性を確認している。ただし、このモデルでは対象とするコンクリートに初期欠陥が無いことを前提としているが、実際には乾燥収縮や自己収縮による初期ひびわれや、自重による曲げひびわれ等により、供用開始時に既にコンクリートにひびわれが生じていることが少なくない。従って、より実用的な塩害モデルを構築するためには、初期ひびわれが腐食因子の拡散に与える影響を明らかにする必要がある。本研究は、その基礎研究として、ひびわれを有するコンクリートの塩分拡散性状を簡易拡散セルにより実験的に検討することを試みた。

2. 塩分透水実験概要

2.1 実験供試体

実験供試体のセメントは、普通ポルトランドセメント(以下、普通 P.C.と略す)、早強ポルトランドセメント(以下、早強 P.C.と略す)の2種類を使用した。配合は、水セメント比を40、50、70%に設定し、各供試体のフロー値が $200 \pm 10\text{mm}$ になるように S/C を決定した。表-1 に示す配合に従いモルタル円柱供試体を作成し、28 日間水中養生後、割裂によりひびわれを発生させ、周囲をエポキシ樹脂によりコーティングをした。拡散実験には図-1 のように、円柱モルタル中央部側から所定の厚さで切り出したものを使用した。なお、厚さはひびわれ幅に応じて1~10cmの範囲で変動させた。また、供試体は拡散実験前に、蒸留水により飽和状態にした。ひびわれ幅は、クラックメーターを用いて拡散実験開始直前に測定した5点平均を用いた。表-2 に供試体の要因と水準を示す。

2.2 実験方法

実験室内の温度を20℃の一定に保ち、図-2 に示すような塩分拡散セル実験装置を用いて、一方に 3%NaCl 水溶液、他方に蒸留水を入れ濃度勾配による塩分拡散実験を行った。実験期間中は、3%NaCl 水溶液側と蒸留水側の塩分濃度を、塩分濃度計を用いて経時的に測定した。なお、実験は現在継続中であり、本概要では、既に測定結果が得られている、以下の結果について報告する。

普通 P.C.: W/C50% ひびわれ幅 0.06mm 0.10mm 0.20mm

W/C70% ひびわれ幅 0.06mm

早強 P.C.: W/C50% ひびわれ幅 0.20mm、ひびわれなし

表-1 モルタルの配合表

フロー値 (mm)	W/C (%)	S/C	単位量 (kg/m ³)		
			W	C	S
204	40	1.25	336	839	1049
197	50	2.65	275	549	1456
196	70	3.50	277	395	1580

表-2 塩分拡散実験供試体の要因と水準

要因	水準
セメント	普通 P.C.、早強 P.C.
W/C(%)	40、50、70
ひびわれ幅(mm)	0.01、0.03、0.06、0.10、0.20
NaCl 水溶液濃度	3%

(尚、ひびわれ幅は±10%の誤差範囲までとした。)

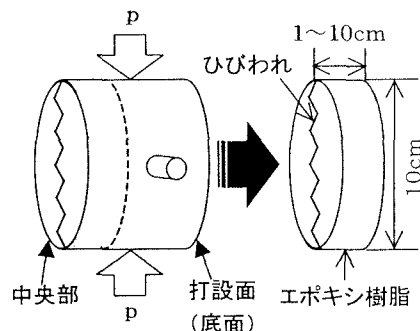


図-1 塩分拡散実験供試体概要図

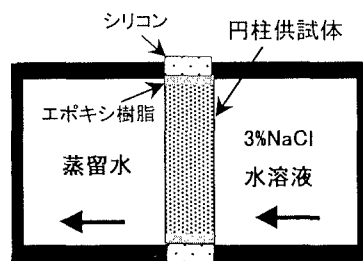


図-2 塩分拡散セル実験装置概要

3. 結果及び考察

図-3では、各水準における蒸留水側セル中の Cl 濃度測定結果を示す。なお、試験に用いた各供試体厚さが異なるため、図中の X 軸の値は、供試体の厚さを単位長さに換算した場合の拡散時間として表した。図から、ひびわれ幅の増加に伴ない Cl 濃度の増加率が大きくなることが確認できる。セメントの種類で比較すると、普通 P.C.を使用した供試体の方が、Cl 濃度の増加が速い傾向がみられた。また、水セメント比で比較すると、W/C50%よりも W/C70%の方が、Cl 濃度の増加が速い傾向がみられた。

ここで、拡散係数とひびわれ幅の関係を検討するために C.L.Page., N.R.Short, A.E.I.Tarras ら⁽²⁾が提案した次式よりみかけの拡散係数を求めた。

これらにより求めた結果を図-4に示す。

$$J = \frac{V}{A} * \frac{dC_2}{dt} = \frac{D}{l} (C_1 - C_2)$$

V: 溶液の容量(ml) dC_2/dt : 近似曲線の勾配
A: 有効断面積(cm^2) D: 拡散係数(cm^2/sec)
l: 試料厚(cm) $C_1 - C_2$: Cl 濃度差(mol/l)

既往の研究⁽³⁾から、普通 P.C.を使用したコンクリート内における塩分拡散係数は W/C50%では約 $1.0 \times 10^{-7} (cm^2/sec)$ 程度、W/C70%では約 $1.0 \times 10^{-6} (cm^2/sec)$ 程度とされている。これらの値は、右図に示すひびわれ幅 0.06mm の値(W/C50%, 70%)における拡散係数とほぼ同様の値を示した。これらの結果は、ひびわれ幅 0.06mm 以下ではコンクリートの塩分拡散性状に与える影響はほとんどないことを示唆している。しかし、ひびわれ幅が 0.06mmを超えるとひびわれ幅に応じて、みかけの拡散係数は変化している。特に、ひびわれ幅 0.06mm から 0.10mmの間では、みかけの拡散係数が $1.0 \times 10^{-7} (cm^2/sec)$ から $1.0 \times 10^{-5} (cm^2/sec)$ と大きく変化することが確認された。

4. まとめ

今回の実験からひびわれ幅 0.06mmから 0.10mmの間でみかけの拡散係数が著しく変化する現象が確認できた。しかしながら、水セメント比、セメントの種類、塩分の固定化現象等が拡散に与える影響については実験データが限られているため、今後引き続き測定を行い、さらに詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- (1) 安田、他: 鉄筋コンクリート構造物の塩害評価に関するコンピューターシミュレーション、材料設計とコンクリート構造物の性能に関するシンポジウム、日本コンクリート工学協会、pp323-330、1999
- (2) C.L.Page., N.R.Short, A.E.I.Tarras: Diffusion of Chloride Ions in Hardened Cement Pastes, Cement and Concrete Research, Vol.11, pp.395-406, 1981
- (3) 山口、武若: 塩害を受けるコンクリート構造物の耐久設計手法に関する一考察、土木学会内 54 回年次学術講演会講演概要集第 5 部、pp. 98-99、1999

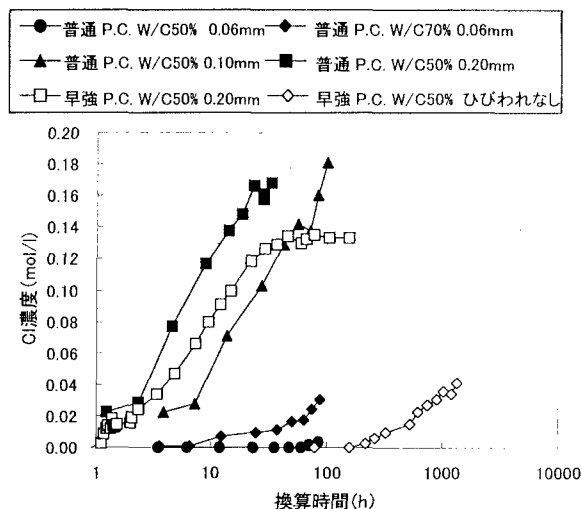


図-3 塩分拡散実験測定結果

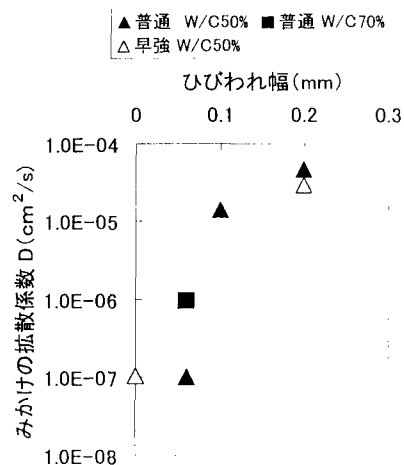


図-4 みかけの拡散係数とひびわれ幅との関係