

鹿児島大学大学院	学生員	○安田寛生
五洋建設	非会員	丸野大輔
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、モデル化したコンクリートには初期欠陥が無いと仮定しているが、実際には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本研究では、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し、その結果を塩害シミュレーションに考慮することにより塩害の解析的検討を試みた。

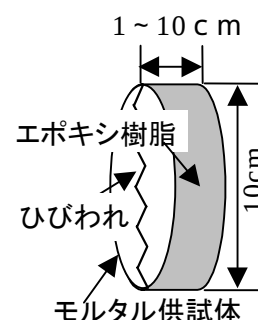


図-1 実験供試体概要図

2. 塩分透水実験概要

2.1 実験供試体

実験供試体は、普通ポルトランドセメントを使用した。配合は、水セメント比を50%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2.65と決定した。円柱モルタル供試体を作成し、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後、図-1のように円柱モルタルを中央部から所定の厚さに切断し供試体を作成した。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。

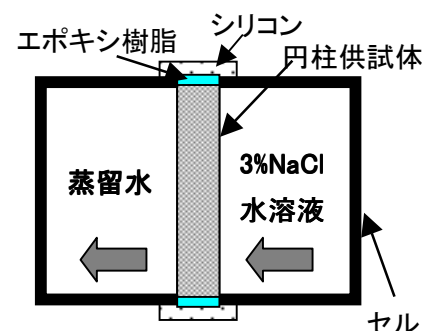


図-2 塩分拡散セル
実験装置概要図

2.2 実験方法

実験室内の温度を 20°C 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。

3. 実験結果及び考察

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⁾が提案した式より求めたみかけの拡散係数を図-3に示す。

ひび割れの影響によるみかけの拡散係数の変化はひび割れ幅 0.03 mm 以下ではその影響はほとんど現れておらず、コンクリート健全部でのみかけの塩分拡散係数とほぼ同程度であった。一方、ひびわれ幅 0.03 mm から 0.1 mm で拡散係数は大きく影響を受け、 10^6 倍まで変化を示した。また、ひび割れ幅 0.1 mm 以上ではひび割れ幅の違いによるみかけの拡散係数の影響はあまり見られない。なお、既往の研究¹⁾から、普通ポルトランド

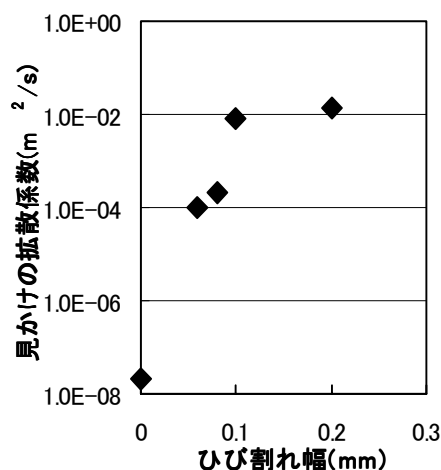


図-3 みかけの拡散係数とひび割れ幅

セメント.を使用したコンクリート内における塩分拡散係数をW/C50%で約 $1.0 \times 10^{-7} (\text{cm}^2/\text{sec})$ 程度とした。

4. 塩害シミュレーション

4.1 ひび割れのモデル化

コンクリート表面のひび割れの先端部は非常に狭くなっており、塩分および酸素の拡散に与える影響はかなり小さいと考えられる。そこで初期欠陥ひび割れのモデル化にあたり、本実験の結果を用い、塩分拡散にほとんど影響を及ぼさないひび割れ幅 0.03mm 未満の部分では、解析上コンクリート健全部と同じと見なし、それ以外の部分ではひび割れ内の拡散係数をひび割れ幅に応じ、図-5 のように設定した。なお、ひび割れの大きさを 5 パターン設定し、ひび割れ幅をパラメータとして、拡散係数はコンクリート健全部の拡散係数を基に 10^2 倍、 10^4 倍、 10^6 倍、無限大の 4 段階に変化するものとして検討を行った。

4.2 結果

本解析では、コンクリートの水セメント比が 40%、50%、60%、および 70%の 4 水準についてランダム係数の異なる 10 個のデータの平均で結果を整理した。また、ひび割れ位置は鉄筋セクション 10(モデル供試体中央)の直下とした。

シミュレーションにより算出した各鉄筋セクションの腐食開始年数(塩分到達時間)に及ぼすひび割れの影響についてコンクリートの水セメント比、50%、70%の場合を例として図-6、図-7 に示す。これによると、水セメント比の値の如何に関わらず、ひび割れが大きくなるに従い、その周囲の鉄筋部分は腐食開始年数が早まるが、一方、ひび割れから 5cm 以上離れた鉄筋部分にはほとんど影響が現れないようであった。

図-8 には、塩害によってコンクリートにひび割れが発生するまでの年数に関するシミュレーション結果を示す。この結果、水セメント比が小さいほどひび割れの影響を大きく受けることが確認された。また、水セメント比の如何によらず、ひび割れ幅 0.03mm 以下ではひび割れの影響は比較的に見られず、ひび割れ幅 0.08mm ~ 0.10mm を超えたあたりからその影響が大きく見られる。

以上、解析的に把握された塩害に対するひび割れの影響は、一般的に言われている影響と傾向的に一致しており、今後、暴露実験や浸漬実験などを行い、その結果と比較検討し、更に場合によっては改良を加えることにより、本解析手法がコンクリート部材の耐久性評価に対して有効に活用できると考えられる。

【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)丸野、他: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、土木学会西部支部、pp810-811 2000

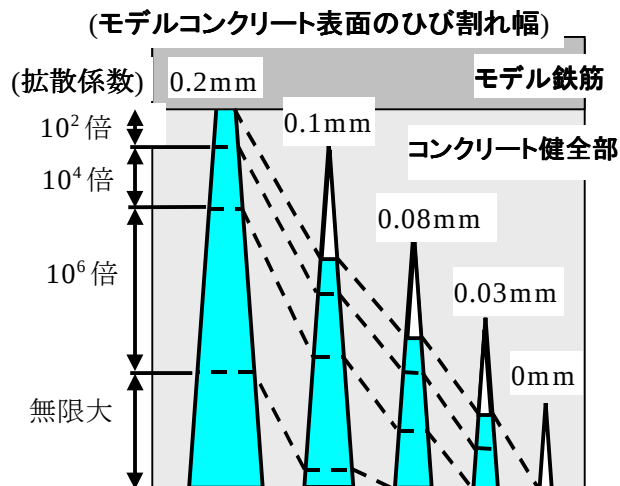


図-5 みかけの拡散係数の変化の一例

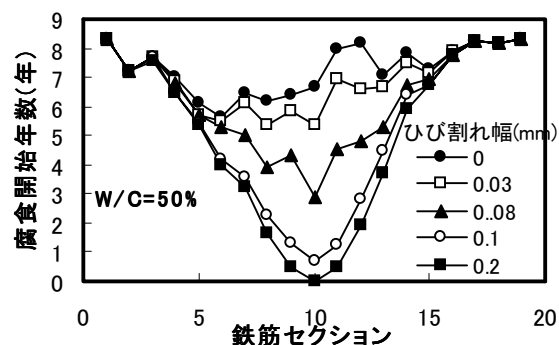


図-6 ひび割れ幅と腐食開始年数

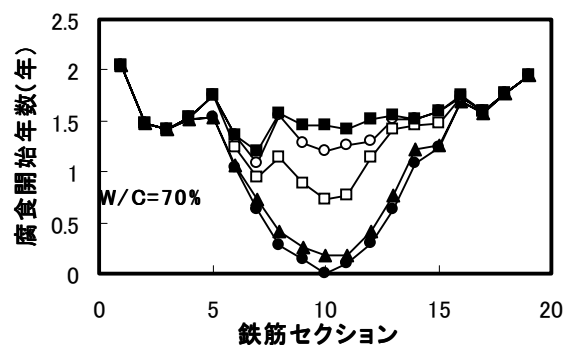


図-7 ひび割れ幅と腐食開始年数

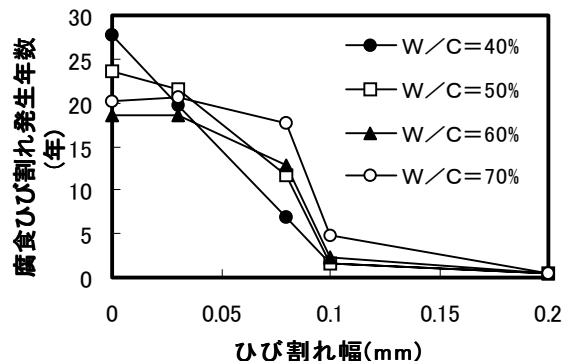


図-8 塩害によるひび割れ発生年数