

ひび割れを有するコンクリートの塩分浸透範囲と拡散係数評価式へのその適用

日本大学 正会員 齊藤 準平
 日本大学 学生会員 ○小野 亮
 日本大学 正会員 下邊 悟

1. はじめに

多くの交通インフラは、疲労損傷と塩害の複合的な作用によって、著しい鉄筋腐食に伴う構造的な機能損失に陥る恐れがある。交通インフラとして担うべき機能を効率的に維持・管理するには、現状のひび割れ状態での補修・補強の必要性を見極めること、すなわちその状態での塩分浸透特性を適切に評価する必要がある。

本研究は、著者の構築した拡散係数評価式¹⁾を実構造物に適用するために、ひび割れからの塩分浸透の影響を強く受ける範囲(塩分浸透影響範囲)を実験により明確にし、それを式に適用する効果を数値解析によって検討した。

2. 実験方法

想定するひび割れとひび割れの片側の部材の周辺の領域について、実構造物サイズのモデル化した供試体(図-1)を作製し、塩分浸せき試験を行う。モデル化した供試体は、ひび割れ部分に塩分が侵入しその後ひび割れ内部に塩分が浸透するひび割れモデル(I)と、開放面から塩分浸透する開放面モデル(II)である。これら供試体から、ひび割れからと開放面からの塩分浸透を別々に検討することができ、各塩分濃度は、ひび割れからの $C_{(v)}$ はひび割れ条件ごとの値が、開放面からの $C_{(H)}$ は一定値が得られる。

材料はモルタル(水セメント比=55%, 細骨材とセメントの容積比=400vol%)を用いる。配合条件を表-1に示す。供試体の形状は、塩分浸透面が100mm×100mm、浸透方向が80mmとなる直方体とする。

図-2にモデル化供試体の概要を示す。ひび割れ幅は、0.1, 0.2, 0.4, 0.8mmの4種類で、塩分侵入ひび割れ面数は1~4面とする。

塩分浸せき試験は、JSCE G 572 に準じて、一定塩分濃度(NaCl (10%))水溶液中に供試体を浸せきする。浸せき期間は3ヶ月とする。塩化物イオン濃度の分析は、JIS A 1154 に準じて、電位差滴定法によって行う。

3. 実験結果と数値解析結果

$C_{(v)}$ より、ひび割れ幅の拡大や塩分侵入ひび割れ面数の

キーワード 塩化物イオン, ひび割れ, 拡散係数

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科 TEL047-469-5241

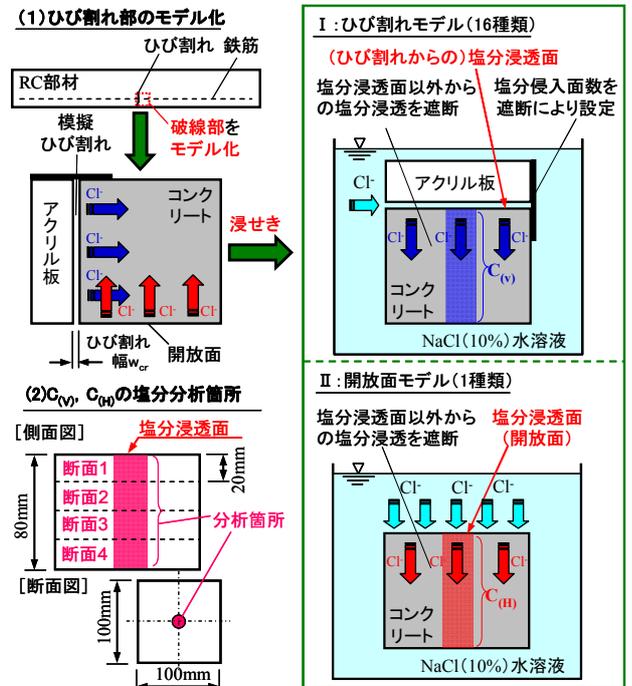


図-1 供試体のモデル化

表-1 配合と材料の性質

W/C (%)	S/C (vol%)	単位量 (kg/m ³)			単位容積質量 (kg/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)
		W	C	S		
55	400	257.9	469.0	1576	2200	37.3

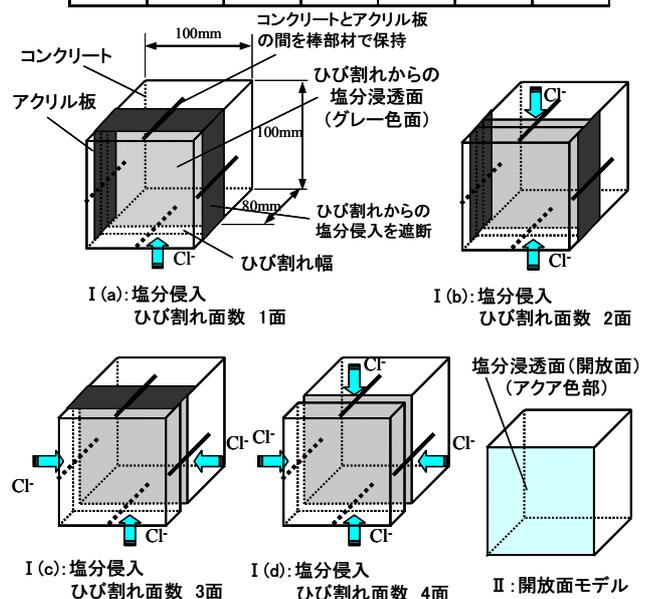


図-2 モデル化供試体の概要

増加に伴いCl濃度が増加する定性的傾向が得られた²⁾が、ひび割れ幅や塩分侵入ひび割れ面数と塩化物イオン濃度の定量的な関係の検討には、ひび割れ幅と全ての塩分侵入ひび割れ面におけるひび割れ長さの合計を乗じてひび割れ面積とすると傾向がより容易に理解できる。図-3にひび割れ面積 A_{cr} とひび割れからの塩化物イオン濃度 ($C_{(V)}$) および α ($=C_{(V)}/C_{(H)}$) との関係を示す。その傾向を A_{cr} のべき乗で近似して検討すると、0.2mm を境に傾きに変化がみられ、0~0.2mm では傾きは大きく、0.2mm 以上では緩やかな傾きになるようにみられ、最終的に α は 1.0 に収束するように推移することが推測される。塩分浸透速度と塩分浸透影響範囲が関連し、さらに開放面から鉄筋まで (=かぶり) 塩分が到達する期間のひび割れより垂直方向の片側の部材への塩分浸透距離を塩分浸透影響範囲と定義すると、その範囲は A_{cr} の値で変化すること、最大でもかぶりと同じとなることが理解できる。この α の値を適用しひび割れの影響を考慮した拡散係数 D_{cr} を算出する方法は、適用しない場合と比較し、実構造物への適用性に大きな効果をもたらすと考えられる。

床版やはりなどの実構造物を想定した数値解析から、 α から求めた塩分浸透影響範囲を適用した D_{cr} の算出値から、その効果を検討する。計算式は α を適用しない場合に著者の提案式(1)を用いた。 α を適用する場合は、式(1)を α を考慮して変換し式(2)、(3)とした。 A_{cr} によって α を変化させた場合は式(2)を、 α を 1.0 と固定した場合は式(3)を用いた。図-4に数値解析結果を示す。 D_{cr} の値は α を適用した場合は、しない場合に比べ、床版では約 320 倍~450 倍、はりでは約 5~7 倍程度となり、 α の適用の効果が高いことがわかる。はりの D_{cr} が α を適用した場合としない場合でその差が床版より小さかったのは、適用しない場合のコンクリート面積がひび割れ間隔とひび割れ長さの積で計算されたことにより、床版のように部材面積をコンクリート面積とするよりも小さく計算されたためであり、床版のように広い面積に少量の短いひび割れがある場合は、その効果は極めて高いといえる。

α を変化させる場合と、 α を一定値とする場合とを比較すると、 α の値を変化させる場合のほうが大きく、安全側に計算された。

4. まとめ

本研究の範囲内で、ひび割れの影響を考慮した拡散係数 D_{cr} の算出において、提案式への α から求めた塩分浸透影響範囲の適用の効果は極めて高いこと、 α の値を変化させた D_{cr} の計算結果は、 α を固定させた場合より安全側となることがわかった。

謝辞

本研究の一部は、科研費(若手(B) No. 26820186)の助成を受けたものである。ここに付記し、謝意を表します。

参考文献

1) 齊藤 準平, 下辺 悟:外力による損傷を受けたコンクリートの塩分浸透特性に関する電気泳動法を用いた実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, pp.823-828, 2013.
 2) 齊藤準平, 小野 亮, 下邊 悟: 複数の塩分侵入ひび割れ面を有するコンクリートの塩分浸透特性, 第41回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, V-14, 2013.

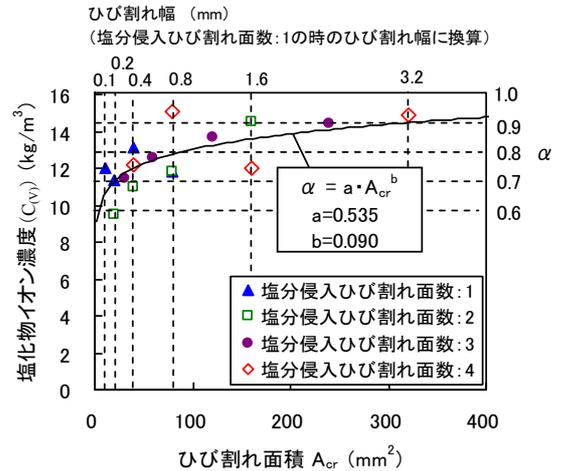


図-3 A_{cr} と Cl濃度および α の関係

$$D_{cr} = \left(\frac{A_{cr}}{A}\right) \times D(x) \quad (1) \quad D_{cr} = \left(\frac{A_{cr}}{2 \cdot l_{cr} \cdot c}\right) \cdot D(x) \quad (3)$$

$$D_{cr} = \left(\frac{1}{2 \cdot l_{cr} \cdot c} \cdot \frac{A_{cr}^{(1-b)}}{a}\right) \cdot D(x) \quad (2)$$

A_{cr} :ひび割れ面積, A :コンクリート面積, $D(x)$:ひび割れ深さに関する変数($=D_0 \times (x/c)$), D_0 :ひび割れの影響を表す定数(200 (cm²/年)), x :ひび割れ深さ(上限値=c), c :かぶり, l_{cr} :ひび割れ長さ, a, b, α と A_{cr} の関係式における各係数(図-3参照)

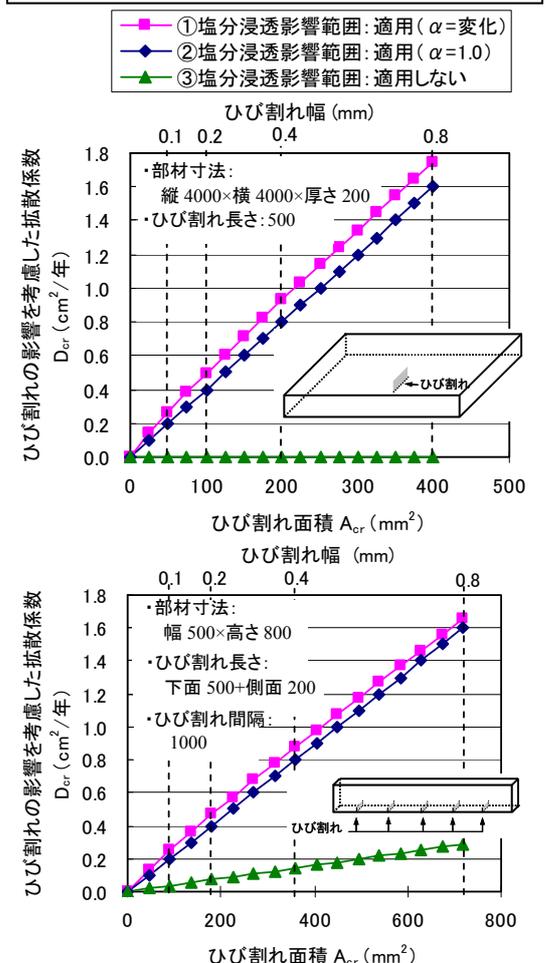


図-4 数値解析結果 (A_{cr} と D_{cr} の関係)