

凍結防止剤散布下における塩化物イオン浸透の簡易予測手法の検討

金沢大学 学生会員 ○矢野 峻規 正会員 久保 善司 学生会員 橋本 庄一郎

西日本高速道路(株) 正会員 竈本 武弘

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 非会員 橋爪 康憲 正会員 樫山 好幸

1. はじめに

凍結防止剤によるコンクリート構造物の劣化が問題視されるようになり、多量の散布を必要とするケースにおいては、深刻な劣化状態に至るものもある。これらの塩化物イオンの浸透現象は、直接的に高濃度の塩化物イオンを含む溶液が作用するため、その浸透予測手法の確立が必要とされている¹⁾。既往の検討において、著者らは高濃度の塩化物イオンを含む溶液のコンクリート中への浸透に関する実験(乾湿繰返し実験)を行い、乾湿繰返し直後および、乾湿繰返し終了から1年後の塩分浸透分布を得ている²⁾。本研究では、これらの浸透実験結果に基づき、簡易な予測手法について検討を行った。なお、実構造物の塩分浸透分布調査結果を用いて検証も行った。

2. 凍結防止剤による塩分浸透の簡易予測手法の構成

凍結防止剤による塩分浸透予測においては、散布によるランダムな液状の塩分浸透(浸透量、濃度、浸透時間など)を表現する手法の取扱いが課題となる。既往の手法では、表面塩化物イオン量を設定し、拡散方程式の拡散係数でこれらを考慮されているものの、設

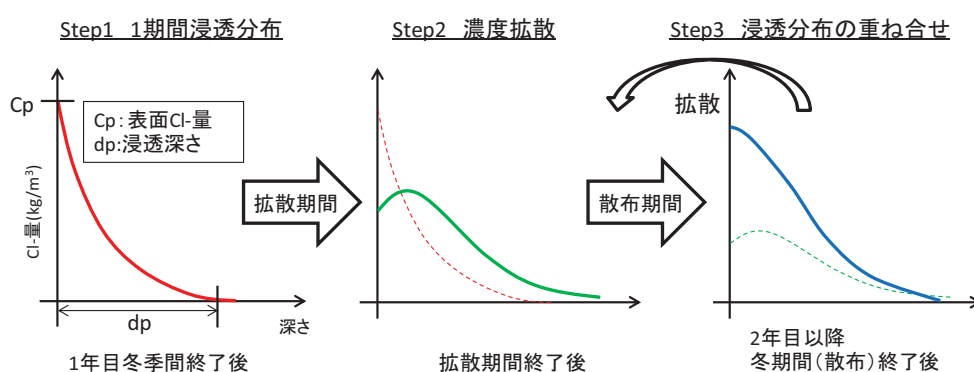


図-1 簡易予測手法の流れ

定において合理的な手法は確立されていない。本研究では凍結防止剤散布期間の集中的な塩分浸透を、浸透分布で置き換えて表現し、簡易的な予測手法を構築した。具体的な簡易予測手法の流れを以下に示す(図-1参照)。

Step1 既往の浸透実験および拡散解析^{2), 3)}などを考慮して、凍結防止剤による1冬期間の塩分浸透を、散布後期間終了後に得られる浸透分布(1期間浸透分布)として表現する。

Step2 散布期間終了後は拡散期間となり、濃度差による拡散が生じるとし、Fickの拡散方程式の差分近似式を用いた拡散計算を行う。

Step3 拡散終了時がその1年の最終的な分布となり、次年にはこの分布に1期間分の浸透分布を重ね合わせて、2年目の凍結防止剤散布後の浸透分布を得る。step2へ戻り拡散期間に入る。

本手法は、上記および図-1に示すスキームを順次繰返し、所定期間後の塩分浸透分布を得るものである。拡散予測における近似精度の検討については著者らの既往の研究²⁾で報告済みである。本研究では1期間浸透分布のパラメータおよび、差分計算における条件について検討を行った。

3. 予測計算における条件設定

(1) 差分法の計算条件

対象とした実構造物の気象条件、散布期間を考慮し、拡散期間中の差分法の条件を以下の通りに設定した。凍結防止剤散布期間は4ヶ月、拡散期間は8ヶ月とし、初期の内在塩分量は $0 kg/m^3$ とした。なお、計算期間は20年(供

キーワード 凍結防止剤, 塩化物イオン, 簡易予測, Fickの拡散方程式

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科土木材料科学研究室 TEL 076-264-6373

用期間)とした。実環境下では拡散期間において雨水による表層部の塩化物イオンの流出が生じるため、検討対象地域の拡散期間(4~12月)における5mm以上の降雨日数から、45回の降雨が等間隔に生じるとして計算を行った。その際の継続時間として1回4時間とした。また、浸透深さ(d_p)は3cmとした。さらに、拡散速度は土木学会コンクリート標準示方書の式から水セメント比より求めた拡散係数を用いた。

(2) 1 期間浸透分布の形状とパラメータ

既往の研究²⁾で得た乾湿繰返し直後の塩分浸透分布は、凍結防止剤による塩化物イオン浸透を想定しており、これらの結果に基づいて距離の2乗に反比例する分布(2乗減衰型)を1期間浸透分布とした。1期間浸透分布のパラメータは、表面Cl量(C_p)と浸透深さ(d_p)である(図-1, Step1 参照)。これらのパラメータおよび拡散係数(W/C)、降雨日数が計算結果に与える影響を分析(図-2 参照)の結果、表面Cl量(C_p)は分布の面積に、拡散係数(W/C)は分布の形状に大きな影響を与えることが明らかとなった。その他の項目については、影響が小さい、あるいは現実的な設定値としてパラメータの範囲が限定された。

4. 予測計算結果および本予測の実構造物への適用

予測計算結果(20年後)を図-3に示す。実構造物から得た分布を近似することよりも、多様かつ不確実性を持った実環境に対してある一定以上の精度で浸透分布および塩害進行を予測することを、本手法の最終的な目標としている。そのため、予測結果を与えるパラメータの範囲を求めた。本ケースにおいては、実測値を概ね網羅できる表面Cl量(C_p)の範囲は 20kg/m^3 となった。

また、橋脚Aの深さ5cmおよび8cmにおける塩化物イオン量の推移予測を図-4に示す。このように、本手法により人に期間後の浸透分布のみならず、鉄筋腐食の発生時期および進展予測、さらには将来の劣化予測にも適用が可能であり、コンクリート構造物の維持管理において効率化を図ることが期待できる。

今後は、本手法をさらに有用なものとするため、環境条件に対応した適切な予測パラメータの設定をするために、実環境におけるデータ収集、分析などさらなる検討が必要であろう

参考文献

- 1) 例えば桑原信夫ら：高速道路橋における床版の塩化物イオン浸透予測に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，pp.791-796，2010.7
- 2) 矢野峻規ら：乾湿繰返しによる塩分浸透予測に対する拡散方程式の適用性について，土木学会中部支部研究発表会講演概要集，No.5，pp.413-414，2013.3
- 3) 久保善司ら：凍結防止剤を想定したコンクリート中への塩分浸透に関する実験的検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.67，No.5，pp.181-182，2012.9

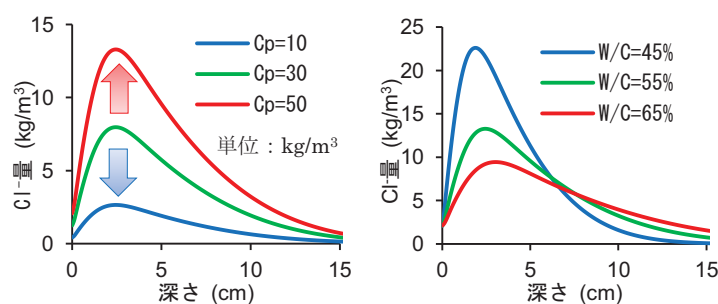


図-2 各種パラメータの影響

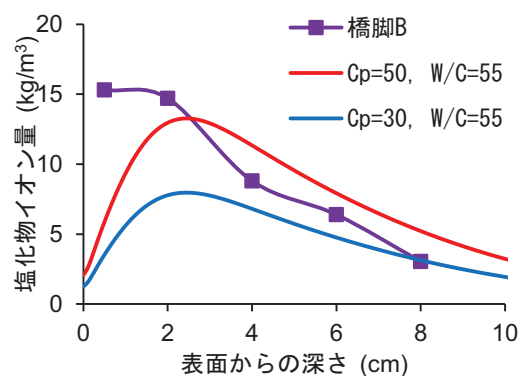
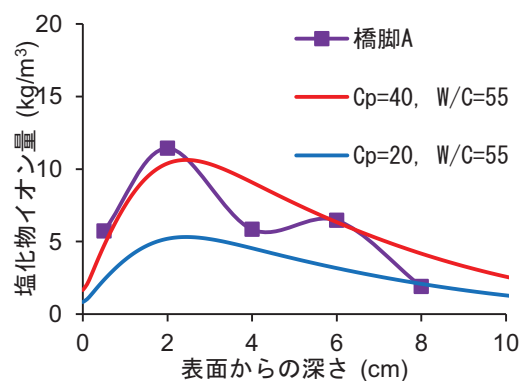


図-3 計算結果

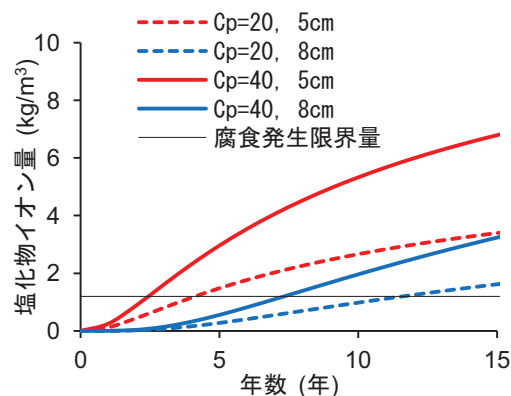


図-4 鉄筋位置の塩化物イオン量推移予測