

凍結防止剤によるコンクリート構造物中への塩分浸透予測手法の提案

中日本高速道路 正会員 ○横山 和昭
 中日本高速道路 正会員 稲葉 尚文
 建設技術研究所 正会員 山根 立行

1. はじめに

積雪寒冷地域の高速道路に散布された凍結防止剤は、床版上部や桁端および壁高欄などのコンクリート構造物の表面に塩化物が付着し内部に浸透する場合がある。本研究では、凍結防止剤によるコンクリート構造物中への塩化物イオンの浸透に関する予測手法について実構造物の調査結果を用いて検討し、フィックの拡散方程式に基づく差分方程式を用いて塩分浸透予測モデルを構築した。

2. 凍結防止剤による塩分浸透の予測条件と予測式

凍結防止剤による塩分浸透の予測条件として、外部からの塩分供給は冬期(4ヶ月)に限られ、コンクリート内部では年間を通じて塩化物イオンが濃度差により拡散し、境界部では外部とコンクリート表面部の塩化物イオンの濃度差により拡散するものと想定し、予測式として、フィックの拡散方程式に基づき差分方程式へ展開した式(1)を用いて予測するものとした。なお、外部方向へ拡散する場合の拡散係数は、コンクリート内部へ拡散する場合の係数の1/6とした。

$$f(x,t+\Delta t) = f(x,t) \left(1 - 2Dc \frac{\Delta t}{\Delta x^2} \right) + \{ f(x-\Delta x,t) + f(x+\Delta x,t) \} Dc \frac{\Delta t}{\Delta x^2} \quad \dots \dots \text{式(1)}$$

ここに、 $f(x,t)$ ：深さ x (cm)、時刻 t (日)における塩化物イオン濃度(kg/m³)

$f(0,t)$ ：表面における塩化物イオン濃度(kg/m³)、 $f(0,t : \text{冬期}) = C_0$ 、 $f(0,t : \text{冬期以外}) = 0$

Dc ：塩化物イオンの見かけの拡散係数(cm²/日)

3. 塩分量調査結果を利用した塩分浸透予測

塩分の浸透予測を行う部材について過去に塩分量調査を行っている場合は、図-1に示すように深さ方向の各調査結果に対して誤差の2乗和が最小となる表面の塩化物イオン濃度(C_0)および見かけの拡散係数(Dc)を式(1)に基づき繰り返し計算により算定し、塩分浸透予測を行うことができる。

そこで、凍結防止剤を散布している橋梁の床版上面および桁下等からドリル法により試料を採取し、JIS A 1154に準拠して塩化物イオン濃度を測定し、本研究では43箇所の測定データを分析対象とした。

図-2に塩分浸透予測の一例を示す。対象とした部材(調査 No.17)は、供用11年目のRC床版上面で、年平均散布量は41.6(ton/km)である。調査結果より C_0 値および Dc 値を算出し、調査時点の状態を再現計算した後、将来予測を行った。図-2に示す予測例のように、本研究で提案した予測手法により、調査後の塩分浸透予測を実施することが可能であると思われる。また、深さ方向の各調査結果に対して誤差の2乗和が最小となるように求めた Dc 値($W/C=0.55$, $W/C=0.45$)の平均値と

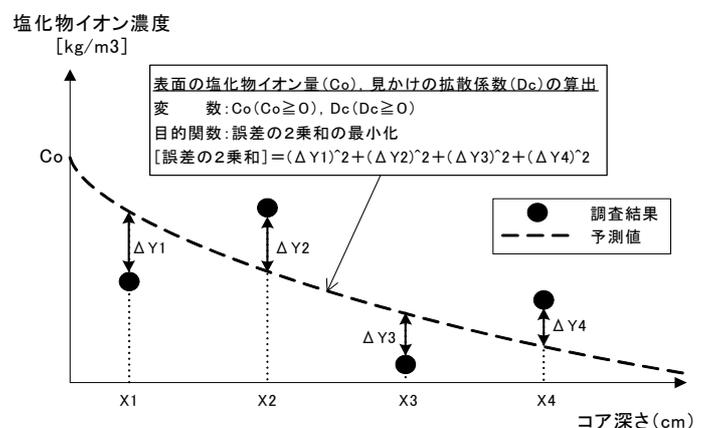


図-1 C_0 および Dc の推定方法

キーワード コンクリート構造物, 塩害, 凍結防止剤, 塩化物イオン濃度, 浸透予測

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 中日本高速道路(株) 中央研究所 TEL 042-791-1621

コンクリート標準示方書[施工編](1999年, 2002年制定)の見かけの拡散係数の推定値(普通ポルトランドセメント)との関係を図-3に整理した。DcはW/Cに関連した値を示すと考えられるため, 既往の推定式と比較して本研究で提案した算定手法の同等性が検証できた。

4. 凍結防止剤散布量とCoの関係

塩分の浸透予測を行う部材について塩分量調査データがない場合は, Co値, Dc値を推定した上で, 前述した式(1)を用いて塩分の浸透予測を行う必要がある。

Dc値は, 図-3のW/C=0.45, W/C=0.55それぞれの調査結果の平均値を基に補間または外挿して推定することが可能であるが, Co値に関しては, 凍結防止剤の散布量からCo値を推定する必要がある。

そこで, 本研究で用いた塩分量調査データについて, 床版上面の塩化物イオン濃度調査結果と凍結防止剤の散布量との関係(図-4)と床版上面以外の関係(図-5)に分けて整理した。データ数が少ないために明確な相関関係ではないが, いずれも散布量の増加とともに塩化物イオン濃度も増加する傾向が各々の近似式により確認できた。

5. まとめと今後の課題

本研究で提案した塩分浸透の予測手法により, 塩分量の調査結果を利用して, 凍結防止剤によるコンクリート構造物中への塩分浸透の将来予測を行うことが可能であるが, 本研究で用いた塩化物イオン濃度の調査データ数は十分ではないため, 今後は調査結果の蓄積や追跡調査などを通じて, 凍結防止剤の散布量とCoの関係やDcの経年変化への対応などについて検討する必要がある。

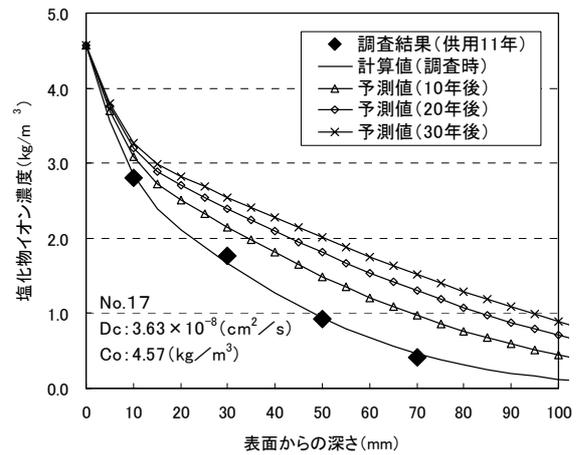


図-2 調査結果を利用した塩分浸透予測例

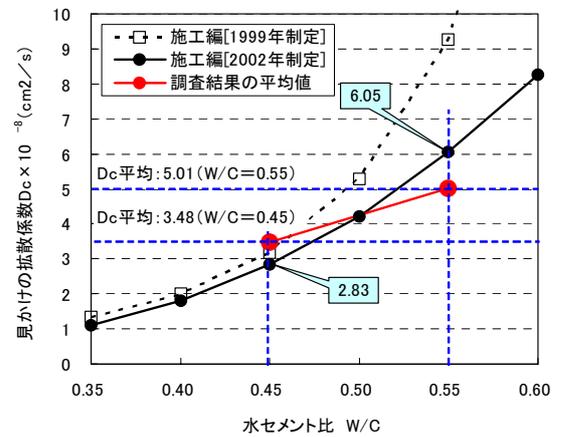


図-3 水セメント比とDcの関係

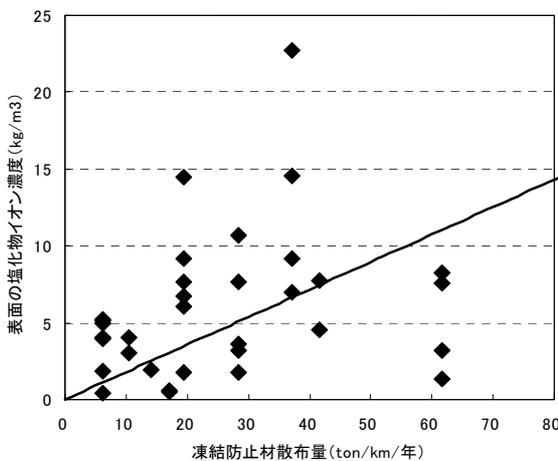


図-4 散布量とCoの関係(床版上面)

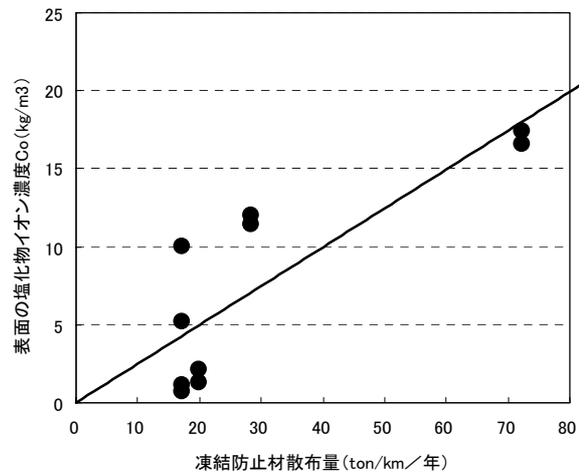


図-5 散布量とCoの関係(床版上面以外)

参考文献

・青山實伸, 鳥居和之, 松田哲夫: 厳しい塩分環境下におけるコンクリート構造物の塩分浸透性に関する実証的研究, 土木学会論文集, No.746/V-61, pp.251-264, 2003.11