

剥がれが生じた表面被覆コンクリートへの塩化物イオン浸透の解析

京都大学大学院 学生会員 ○中村慶一郎, 正会員 松本理佐, 服部篤史, 河野広隆

1. はじめに

表面被覆材中の塩化物イオンの拡散係数はコンクリートと比較して 2~3 オーダー小さく¹⁾, 実構造物の供用期間内で問題となるのは施工条件や供用時の作用によって表面被覆材に欠損が生じる場合である。

本研究では, 表面被覆に剥がれが生じたコンクリート構造物に対する塩化物イオン浸透を FEM 解析により検討した。

2. 解析概要

コンクリートへの塩化物イオンの浸透は, 四面体要素を用いた 3 次元 FEM 解析によって, Fick の拡散方程式を解くことで推定した。

2.1 材料条件と初期・境界条件

材料条件は, 実環境下で表面被覆のないコンクリート供試体を暴露調査した既往の研究結果²⁾を用いた(表 1)。初期条件は, 内在塩化物イオン濃度を 0kg/m^3 とした。境界条件は, コンクリート表面に経時変化する塩化物イオン濃度 $C_0(t)$ を与える Dirichlet 型と, コンクリート表面に一定の流入塩化物イオン量 I_0 を与える Neumann 型の 2 通りとした。後者はコンクリートの水セメント比と拡散係数を前者と同一とし, I_0 を変数として扱い, 表面被覆のないコンクリートの経過年数 20 年, かぶり 70mm 位置での塩化物イオン濃度が前者による解析結果とほぼ等しくなるような I_0 を試行により同定した。

表 1 Dirichlet 型境界条件²⁾ (t の単位は yr)

コンクリート	水セメント比	50%
	拡散係数	$2.00\text{cm}^2/\text{yr}$
表面塩化物イオン濃度の経時変化 $C_0(t)$		$22.8 \times 0.70(1 - e^{-0.61 \times t}) \text{ kg/m}^3$

表 2 Neumann 型境界条件

コンクリート	水セメント比	50%
	拡散係数	$2.00\text{cm}^2/\text{yr}$
流入塩化物イオン量 I_0		変数($\text{mg}/\text{cm}^2/\text{yr}$)

2.2 流入塩化物イオン量 I_0 の同定結果

$12.00\text{mg}/\text{cm}^2/\text{yr} \leq I_0 \leq 16.00\text{mg}/\text{cm}^2/\text{yr}$ の範囲で I_0 を変化させた結果, かぶり 70mm 位置で塩化物イオン濃度がほぼ等しくなるような値は $I_0=14.85\text{mg}/\text{cm}^2/\text{yr}$ であった。その結果を図 1, 2 に示す。

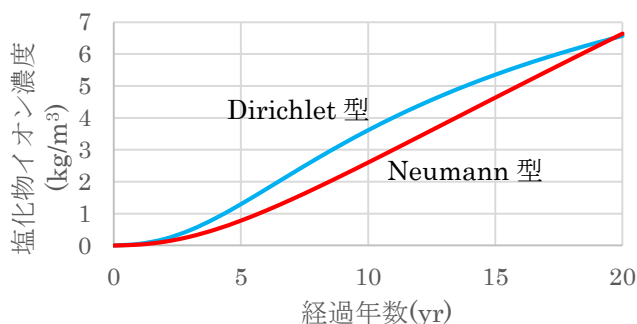


図 1 0~20 年のかぶり 70mm 位置での塩化物イオン濃度変化

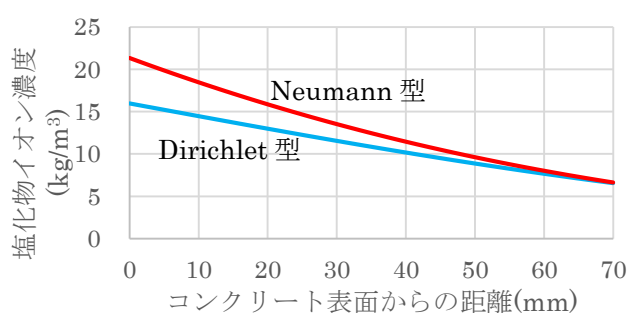


図 2 20 年後のかぶり 0~70mm の塩化物イオン濃度分布

3. 表面被覆材欠損部からのコンクリート中への塩化物イオン浸透性状

3.1 想定モデル

表面被覆を施されたコンクリート構造物に剥がれが生じ, その欠損部分のみから塩化物イオンが侵入すると想定

キーワード 塩害 表面被覆材 剥がれ Dirichlet 型境界条件 Neumann 型境界条件

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2-227 京都大学桂キャンパス 075-393-3321

した．その解析モデルを図3に示す．被覆時に $X\text{mm}$ 四方の剥がれが生じ，表面被覆材の塗替えを行うひとつの目安である20年の間，剥がれの形状・寸法は変化しないと仮定した．剥がれ部表面での境界条件は表1，2の条件を用い，流入塩化物イオン量 I_0 は2.2で同定した $I_0=14.85\text{mg/cm}^2/\text{yr}$ の値を用いた．評価点は，かぶり70mm位置で経過年数20年の間の塩化物イオン濃度変化を解析した．

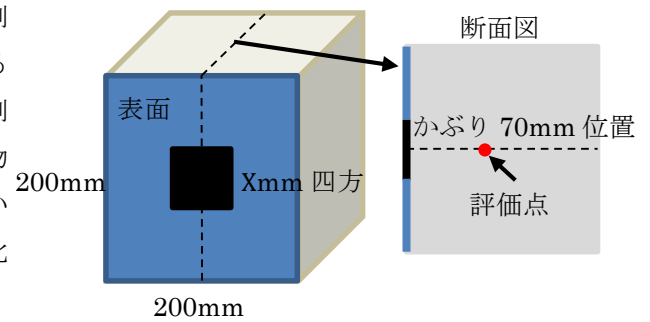


図3 剥がれモデル(単位：mm)

3.2 解析結果

剥がれ面積を $X=1, 5, 50, 100\text{mm}$ 四方に設定して，上記の条件の下で解析を行った結果をそれぞれ図4，5，6，7に示す．

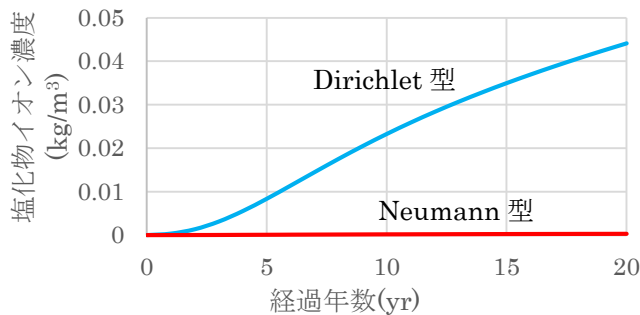


図4 1mm 四方

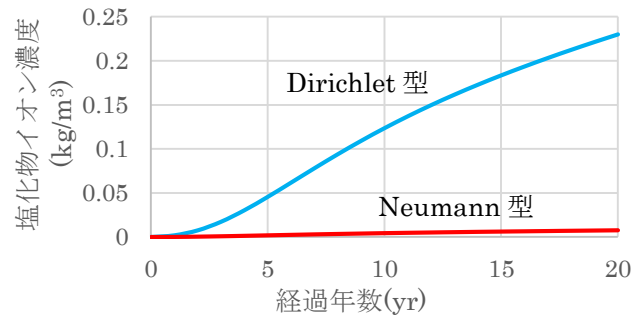


図5 5mm 四方

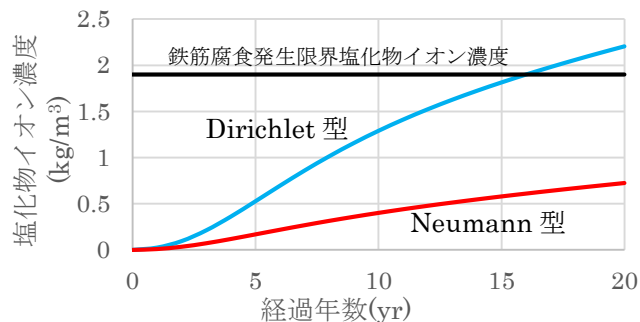


図6 50mm 四方

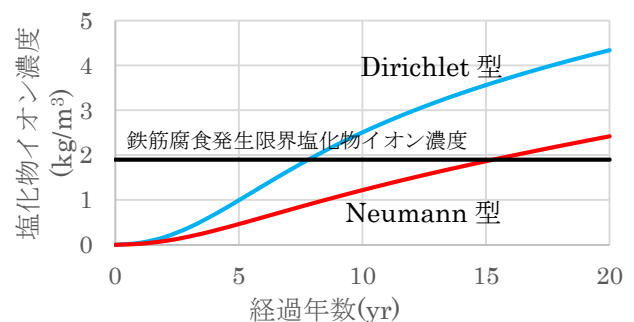


図7 100mm 四方

図4～7に示すように，経過年数20年での塩化物イオン濃度の値が，どの剥がれ面積においてもDirichlet型の方が大きくなった．比較的広いコンクリート表面へ付着した塩化物イオンは，コンクリート表面の平面方向の濃度は同一であることからコンクリート表面に対して法線方向へのみ拡散する．しかし，剥がれのような比較的小さい面積に塩化物イオンが付着した場合，剥がれ周辺の被覆されたコンクリート，すなわち剥がれが存在する平面方向への拡散により，剥がれ部の表面塩化物イオン濃度は，表面被覆のないコンクリート供試体の暴露調査による表面塩化物イオン濃度よりも小さくなると考えられる．したがって，比較的小さな表面被覆材欠損部に対して塩化物イオン浸透解析を行う場合，コンクリート供試体の暴露調査により得られる表面塩化物イオン濃度の経時変化を境界条件として与えるDirichlet型を用いる場合，現実より多くの塩化物イオンの侵入を見込んでしまう可能性がある．

4. まとめ

剥がれが生じた表面被覆コンクリートに対してDirichlet型とNeumann型の2通りで塩化物イオン浸透の解析を行った結果，両者の解析結果に差が見られた．コンクリート供試体の暴露調査により得られる表面塩化物イオン濃度の経時変化を境界条件として与えるDirichlet型を用いる場合，現実より多くの塩化物イオンの侵入を見込んでしまう可能性がある．

参考文献

- 1) 笠原裕子・下村匠・Y Chenna：コンクリート工学年次論文報告集，Vol.25，No.1，pp.311-316，2003.8.
- 2) 竹田宣典・十河茂幸・迫田恵三・出光隆：土木学会論文集，No.599，V-40，pp.91-104，1998.8.