

第V部門

ピンホールや剥がれの表面被覆材欠損部からのコンクリート中への塩分拡散解析

京都大学 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

表面被覆材の塩化物イオンに対する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ためと考えられる。

本研究では, 表面被覆材の欠損の位置・大きさや進展が, 塩化物イオン浸透量に与える影響を FEM 解析により検討した。

2. 解析条件

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。その結果は, 直下かぶり 70mm の濃度で評価した。

2.1 想定モデル

隅角部で塗膜が薄くなると欠損が生じやすいと考えられる。そこで表面被覆を施された桁下面の隅角部付近にピンホールや剥がれが生じ, その欠損部分のみから塩化物イ

オンが侵入すると想定した。その解析モデルを図 1, 2 に示す。ピンホール(直径 1mm の円)は, 側面と上面それぞれ 50mm 四方の正方形範囲にそれぞれ 4,5,6 個, 計 8,10,12 個ずつ配置した。ピンホールの形状・寸法は経過年数に伴って変化しないと仮定した。剥がれは, 表面被覆材の塗替えを行うひとつの目安である 20 年で Xmm 四方の形状・寸法に至るとし, その間は線形的に面積が大きくなると仮定した。

2.2 材料と初期・境界条件

材料条件は, 実環境下でコンクリート供試体を暴露調査した既往の研究結果²⁾³⁾を用いた(表 1, 2)。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一定の流入塩化物イオン量を与える Neumann 型と, コンクリート表面に経時変化する塩化物イオン濃度を与える Dirichlet 型の 2 通りとした。後者では表面塩化物イオン濃度は経時変化するものとし, その様子を図 3 に示す。いずれも沿岸環境を想定した厳しい環境といえる。

3. 解析結果および考察

Neumann 型境界条件の下で解析を行った結果を図 3, 4 に, Dirichlet 型境界条件の結果を図 5, 6 示す。

図 4, 6 に示すとおり, ピンホールが 12 個と密に存在する場合でも, 経過年数 20 年では鉄筋腐食発生限界塩化物イオン濃度に達していない。

ただし, 塩化物イオン濃度の値が Dirichlet 型の方が

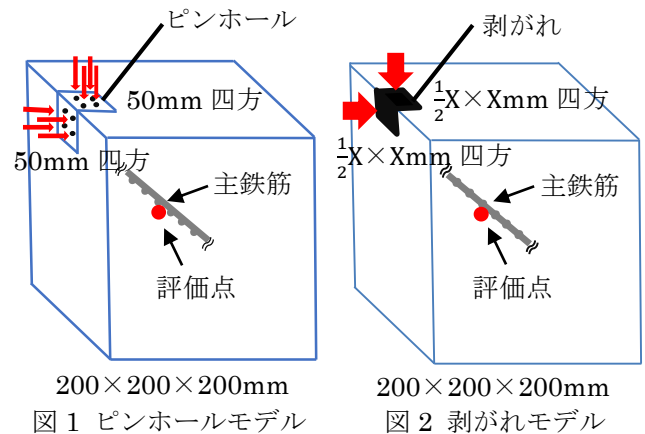


図 1 ピンホールモデル

図 2 剥がれモデル

表 1 Neumann 型境界条件²⁾

水セメント比	63%
コンクリート拡散係数	$2.00\text{cm}^2/\text{yr}$
流入塩化物イオン量	$14.85\text{mg}/\text{cm}^2/\text{yr}$

表 2 Dirichlet 型境界条件³⁾ (t の単位は yr)

水セメント比	50%
コンクリート拡散係数	$2.03\text{cm}^2/\text{yr}$
表面塩化物イオン濃度の経時変化 $C_0(t)$	$22.8 \times 0.70(1 - e^{-0.61 \times t})$ kg/m^3

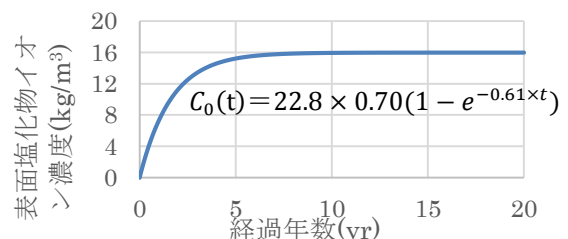


図 3 表面塩化物イオン濃度の経時変化

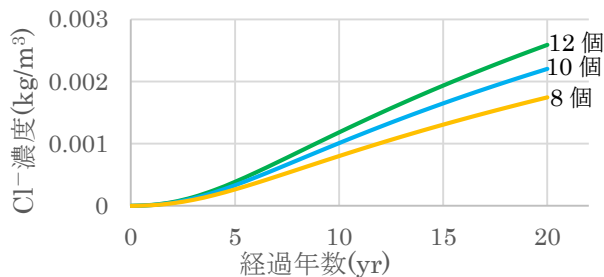


図4 ピンホールモデル解析結果(Neumann 型)

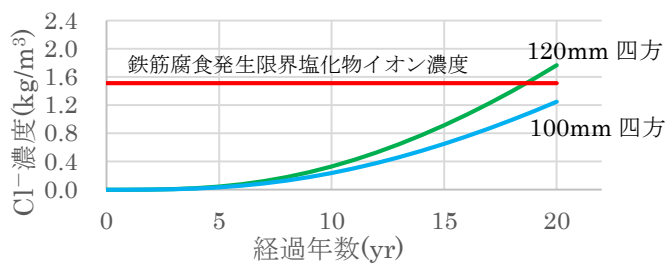


図5 剥がれモデル解析結果(Neumann 型)

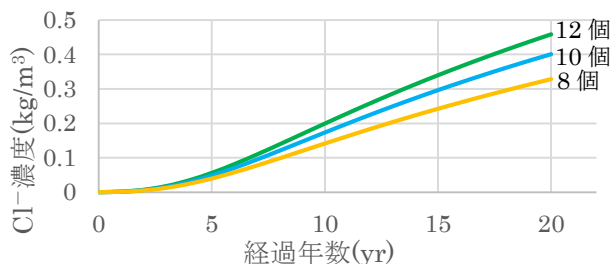


図6 ピンホールモデル解析結果(Dirichlet 型)

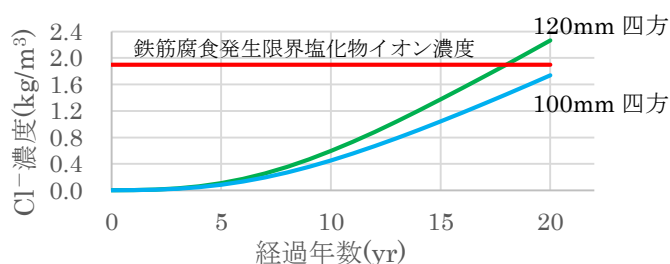


図7 剥がれモデル解析結果(Dirichlet 型)

2 オーダーほど大きくなっている。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、ピンホールほどの微小な面積に塩化物イオンが付着した場合、ピンホール周辺の被覆されたコンクリート、すなわちピンホールが存在する平面方向への拡散により、ピンホール部の表面塩化物イオン濃度は、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、ピンホールほどの微小な面積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許してしまう可能性がある。

図5、7に示すとおり、100、120mm 四方の剥がれは、経過年数 20 年付近で鉄筋腐食発生限界塩化物イオン濃度に達している。この段階では表面被覆材の再施工のみでなく、塩分除去工法が必要となる。

4.まとめ

沿岸環境を想定し、ピンホールや剥がれを有する表面被覆コンクリートへの塩化物イオン浸透を FEM により解析したところ、以下の知見が得られた。

- 1)隅角部の表面被覆材にピンホール(直径 1mm の円)が密に存在し、その形状・寸法は経過年数に伴って変化しないと仮定すると、20 年では塩分浸透がかぶり直下 70mm の鉄筋の腐食に与える影響は少ない。なお、ピンホールほどの微小な欠損面積に対して塩化物イオン浸透を FEM で解析する場合、境界条件の与え方に注意が必要である。
- 2)表面被覆材の塗替え時期のひとつの目安を 20 年とし、その間に年数に比例して隅角部の両面にわたって最大 100～120mm 四方の剥がれが生じると仮定すると、直下 70mm の深さではほぼ鉄筋腐食発生限界塩化物イオン濃度に到達した。

参考文献

- 1) 笠原裕子・下村匠・Y Chenna : 連続繊維シート接着によるコンクリート中への塩分侵入抑制効果の定量評価, 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) 山田義智・大城武・榊田佳寛 : コンクリート中への塩分浸透過程および蓄積量に関する解析的検討, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp.949-954, 1997.
- 3) 竹田宣典・十河茂幸・迫田恵三・出光隆 : 種々の海洋環境条件におけるコンクリートの塩分浸透と鉄筋腐食に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.599, V-40, pp.91-104, 1998.8.