

骨材空間分布が塩分浸透予測の信頼性に与える影響

Sensitivity analysis of aggregate spatial distribution on reliability of chloride penetration prediction

新潟大学大学院 学生会員 ○栗林 和希

新潟大学 正会員 大竹 雄

(株)ネクスコ・エンジニアリング新潟 土木事業部 土木保全部 本馬 幸治

1. 研究背景

コンクリートは、主に骨材・セメントペーストで構成される複合材料であり、特に骨材は、その体積の大部分を占めている。著者らりは、コンクリート橋の実データを統計的に分析することにより、コンクリート中の骨材の空間分布・粒径分布が、コア採取部位毎で大きなばらつきを有することを示した。

本研究では、骨材分布のばらつきが塩化物イオンの浸透に及ぼす影響を評価したうえで、維持管理に有用な基礎資料を得ることを目的とする。その基礎的研究として、まず、骨材分布を考慮したコンクリートモデルを構築した後、有限要素法を用いた2次元浸透シミュレーションを行った。

2. 研究方法

2.1 骨材分布のモデル化

本研究では、コンクリートモデルを、3値化(セメントペースト・骨材・遷移帯)したうえで構築する。図1にモデルの概要を示す。

まず、塩化物イオン含有量試験用に採取したコンクリートコア(φ50)の側面の展開写真を撮影した後、写真画像を1mm×1mmメッシュに分割し、メッシュ毎に、セメントペーストと骨材を判定した。写真から視覚的に骨材の位置を判断し、骨材の形状をポリゴン化したのち、メッシュと重ね合わせる。その上で、メッシュ内に骨材が0.005mm²以上含まれている場合には骨材が”ある”と判断し、骨材以外の領域をセメントペースト領域とした。

また、セメントペースト領域と骨材領域の界面に、厚さ1mmの遷移帯領域を配置した。この遷移帯厚さは便宜的なものであり、実際の寸法と異なるため、拡散係数の値で補完することを考えている。

2.2 解析条件

本研究では、コンクリート中の塩化物イオンの移動を拡散過程と考えて、2次元非定常拡散方程式を用いた。

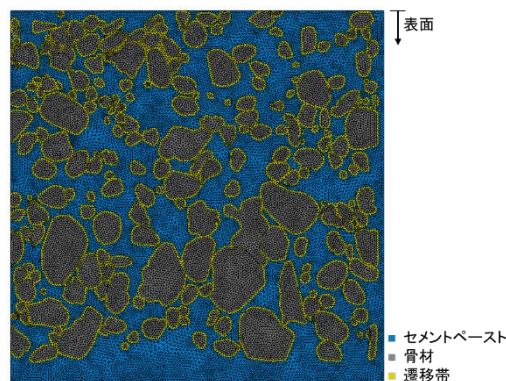


図1 コンクリートモデルの一例

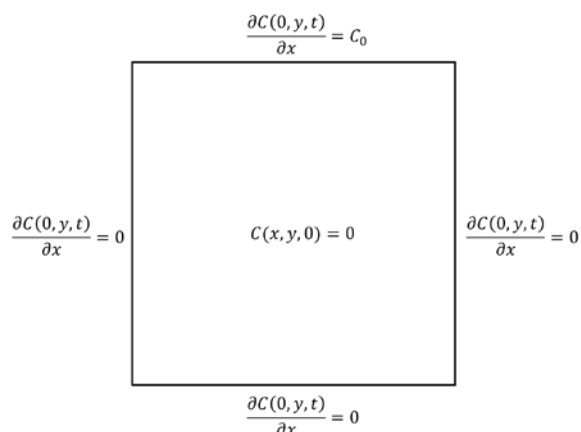


図2 初期条件・境界条件の設定

$$\text{拡散方程式: } \frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

ここで、 C は塩化物イオン濃度(kg/m³)、 t は塩化物イオンの浸透時間(year)、 D は塩化物イオンの拡散係数(cm²/year)、 x はコンクリート表面からの距離(mm)、 C_0 は表面塩化物イオン濃度(kg/m³)である。

図2に、本解析の初期条件・境界条件を示す。本研究では、式(1)の数値解析手法として、有限要素法を採用した。式(1)を空間に離散化し、各材料をソリッド要素でモデル化した。

キーワード 骨材空間分布, 信頼性, 塩分浸透予測, ばらつき

連絡先 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050番地 新潟大学大学院

表 1 解析モデルの概要

Bridge	Model	Position
A	Core-DB-01	床版下面
	Core-DB-09	
B	Core-DU-03	床版上面
	Core-DU-12	

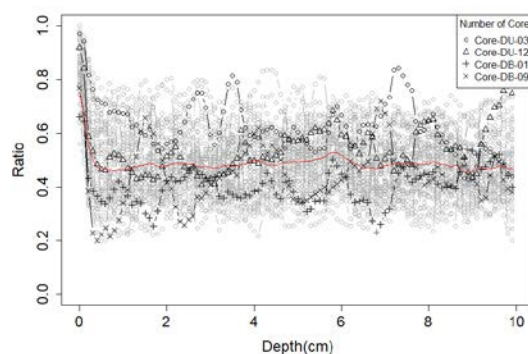


図 3 モルタル深度分布図

2.3 解析パラメータの設定

式(1)の拡散方程式に挿入される、塩化物イオンの拡散係数 D は、各材料の領域の要素毎に設定する。本解析における各パラメータの数値は、既往の研究²⁾を参照し、骨材および遷移帯の拡散係数(以下それぞれ D_c , D_t)を1, 骨材の拡散係数(以下 D_a)を0, C_0 を10とした。

2.4 解析に用いるコアの選定

図2は、全てのコアのモルタルの深度分布を示しており、全体的に大きなばらつきを有していることが分かる。本研究では、特にコンクリート表層部の骨材分布に着目し、橋梁A・Bから、それぞれ2コアずつ計4コアを解析に用いた。表1に解析モデルの概要を示す。

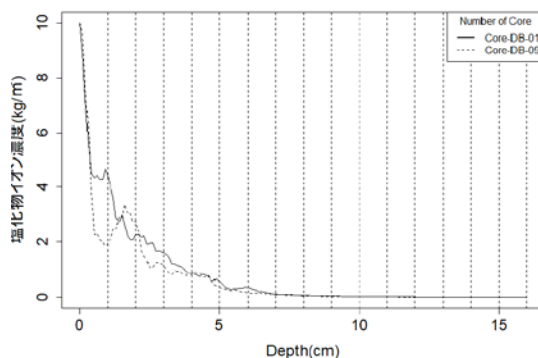
3. 結果・考察

解析結果の取得方法は、骨材分布の周面方向のばらつきを考慮し、解析モデルを周面方向に分割した後、各領域の総塩化物イオン濃度の期待値をとることとした。

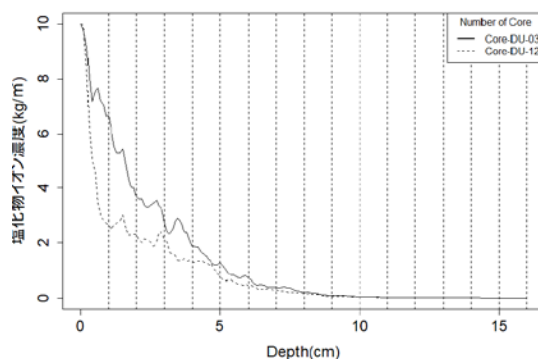
図3にFEM解析結果を示す。いずれのモデルにおいても、同じ配合設計下でも、特に表面部において、塩化物イオン濃度の大きな変動が確認できた。この結果は、骨材混入割合及び骨材粒径に依存すると考えられ、骨材空間分布が塩分浸透に大きく影響を及ぼす可能性を示唆した。

4. 今後の展望

今後は、 D_c , D_t , C_0 のパラメトリックスタディ解析を行い、各パラメータの寄与度分析を行う。また、既往の研究³⁾を参考に、骨材分布の不均質性が塩分浸透予測の信頼性に与える影響を確認したいと考えている。



(a) A橋(床版下面)



(b) B橋(床版上面)

図 4 塩化物イオン濃度深度分布図
(10年経過)

参考文献

- 1) 栗林和希・大竹雄・星野雅幸, コンクリート骨材分布の不均質性のモデル化に関する基礎的研究, 第36回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会
- 2) 山口明伸, 武若耕司, 前田聡, 戸高規行: 塩害劣化シミュレーションモデルにおける各種パラメータ設定に関する検討, 土木学会第59回年次学術講演会
- 3) 秋山充良・伊藤佑香・鈴区基行, 塩害環境下における鉄筋コンクリート構造物の耐久信頼性設計に関する基礎的研究, 土木学会論文集 E Vol.62 No.2, 385-401, 2006.6