

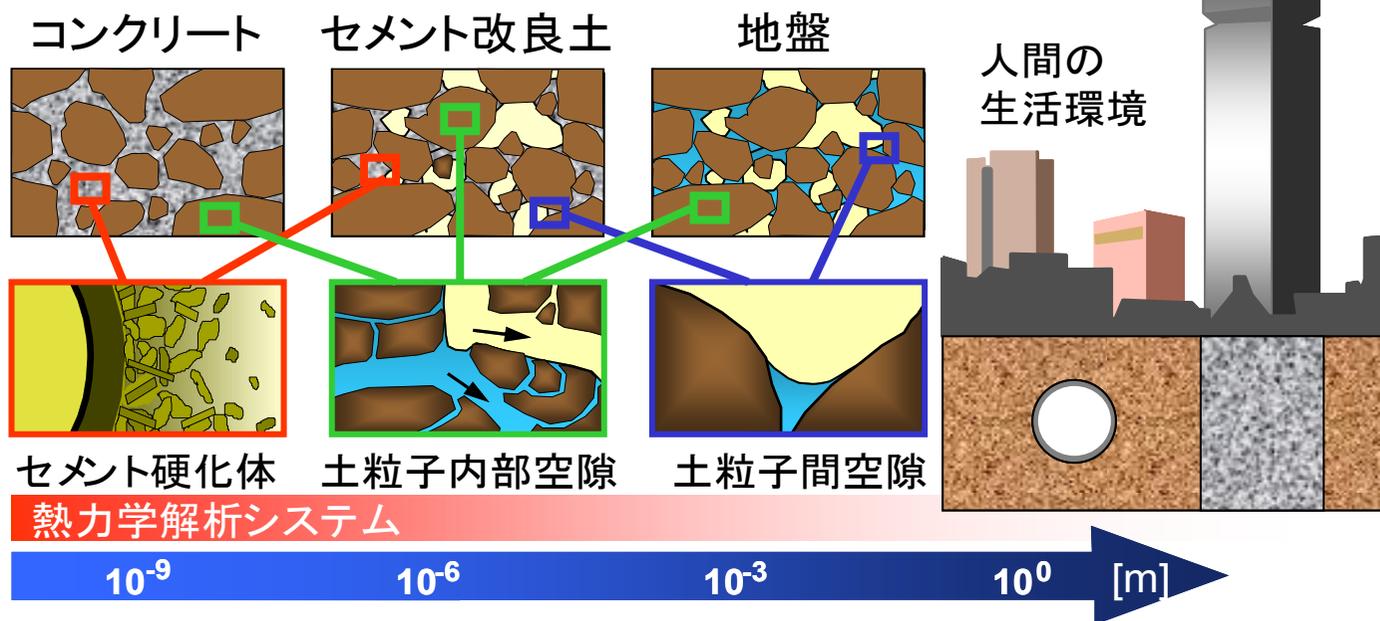
Multi-scale Physicochemical Modeling of Soil-Cementitious Material Interaction



なからい けんいちろう
半井 健一郎

群馬大学
大学院工学研究科
社会環境デザイン工学専攻
コンクリート研究室

コンクリートをはじめとするセメント系材料および
セメント改良土を含む地盤材料の
材料性能評価を目的とした統合解析システムの開発



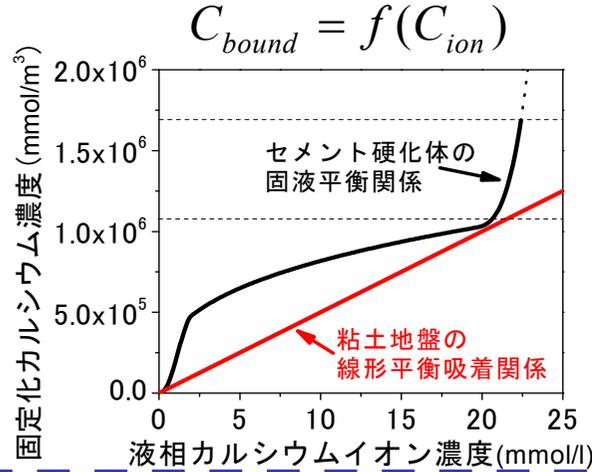
本研究において提案した地盤材料を包含する熱力学連成解析システム

カルシウム溶脱モデル

質量保存則
$$\frac{\partial}{\partial t} (\phi \cdot S \cdot C_{ion}) + \frac{\partial C_{bound}}{\partial t} - div J_{ion} = 0$$

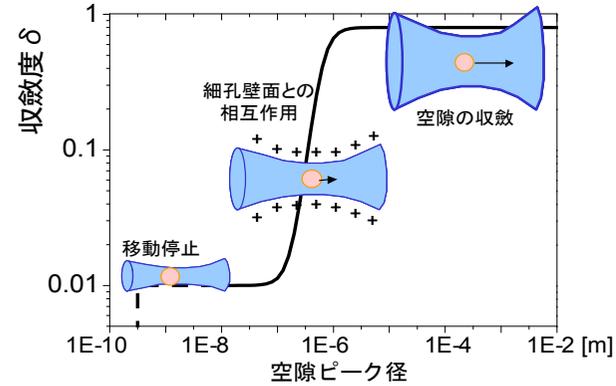
液相 固定 移動

Ca 固液平衡モデル



Ca²⁺ イオンの移動モデル

$$J_{ion} = - \left(\frac{\phi \cdot S}{\Omega} \cdot \delta \cdot D_{ion} \right) \cdot \nabla C_{ion} + \phi \cdot S \cdot \mathbf{u} \cdot C_{ion}$$



塩化物イオン濃度 ↑ ↑ カルシウム量, 温度

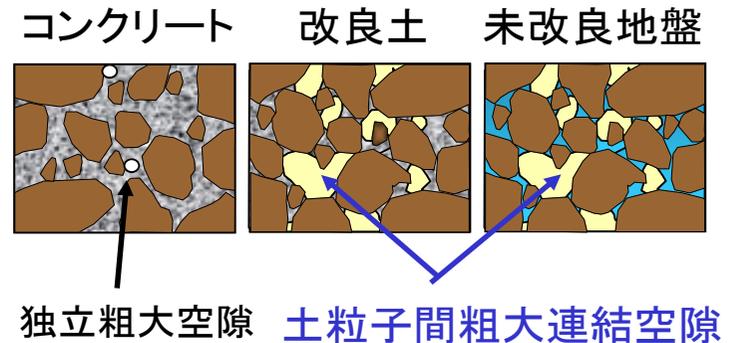
塩化物イオン移動モデル

複合水和発熱モデル

空隙構造形成モデル
水分保持移動モデル

移動経路 ↑ ↓ 空隙の粗大化

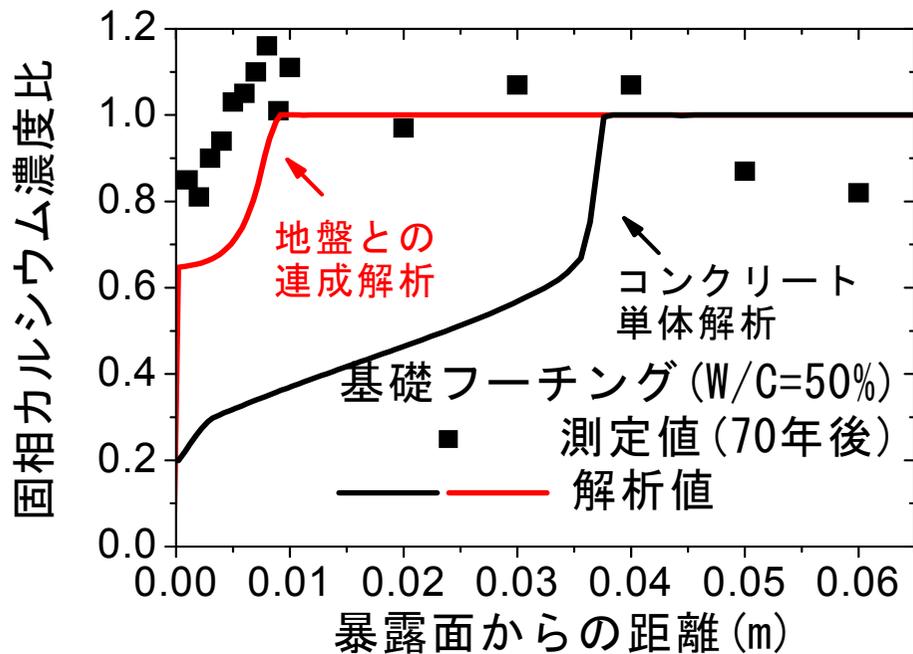
コンクリートやモルタルを対象としていた既存の解析システムに土粒子間粗大空隙を包含したマルチスケール空隙構造モデルを導入することで、セメント系材料と地盤材料の材料挙動を統一のフレームで解析可能とした。



本研究において提案した解析システムによる計算例

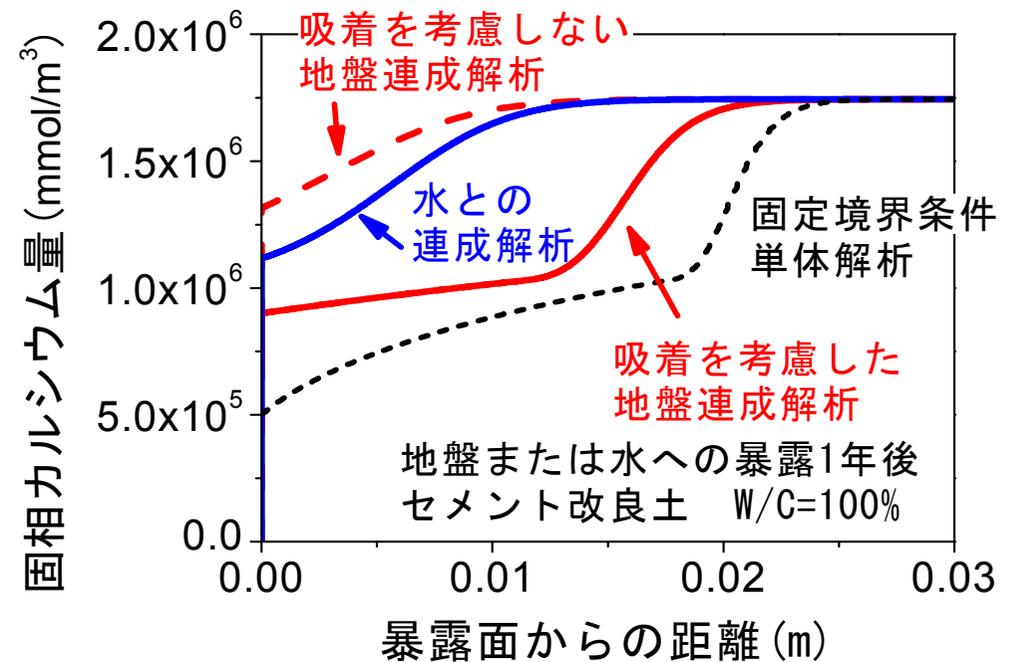
コンクリートとセメント改良土に共通の劣化現象として、セメント硬化体が溶解し、細孔組織構造が粗大化する、カルシウム溶脱劣化を検討。
(劣化の進展は固相のカルシウムの減少により確認可能)

地中コンクリート構造物の溶脱劣化解析



周辺地盤の存在を考慮することで溶脱劣化は低減し、実測値と整合する。

セメント改良土の溶脱劣化解析



周辺粘土地盤のイオン吸着効果により溶脱劣化が大幅に加速される。

地盤とコンクリートの統合解析システムによる一体解析の重要性を確認