

15-NA17

中畑和之 (愛媛大学)

社会インフラの破壊・非破壊シミュレーションの高度化に資する大規模数値解析



研究拠点: 京都大学, 研究分野: 超大規模数値計算系応用分野

メンバ構成: 京大(牛島省, 小山田耕二, 鳥生大祐), 東北大(京谷孝史, 寺田賢二郎, 加藤準治, 高瀬慎介, 猿渡智治), 茨城大(車谷麻緒), 群馬大(斎藤隆泰)

研究目的と方法

土木建設分野におけるコンクリート部材の安全を担保するために、効率的かつ効果的な維持管理手法の開発が急務である。本課題では、(A)破壊現象の解明から、(B)損傷度診断のための非破壊検査手法の構築までを視野に入れた、包括的な数値解析・シミュレーションを実施する。メンバは、応用力学をベースとする多様な分野の研究者から構成されている。適切なモデルの元で将来起こりうる事象を予測し、プロアクティブな維持管理技術を提案し、社会インフラの維持管理の高度化に貢献する手法の開発が本研究の最終目的である。なお、本課題はH26年度の継続内容である。

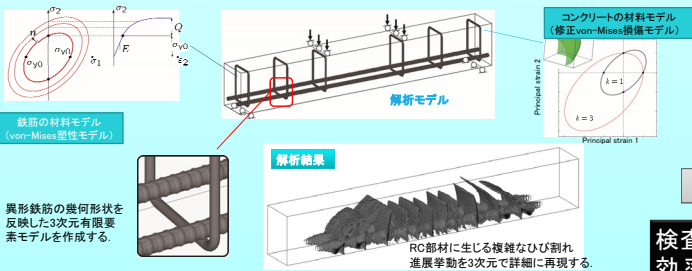
研究の新規性

現在の対症療法的な維持管理ではなく、予防保全を意識した効果的なものへと舵を切るためには、“劣化の原因や過程”を把握することが必要である。ただし、これは物理・化学問題を時間・空間のマルチスケールへ拡張した、非常に複雑かつ大規模な問題を解くことになる。この問題を短時間に、かつ高い精度で解くために、(C)計算機科学を専門とする拠点大学研究者と連携する。これらが実現できれば、現場毎に効率的な検査方法が提案できる。また、次世代の設計に活かすこともでき、コンクリート部材に対する全く新しい維持管理技術が提案できる。

(A) 複合作用下における破壊現象のモデル化とシミュレーションの実施

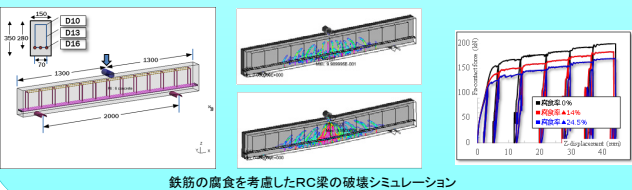
1. 鉄筋の弾塑性挙動とそれに起因するコンクリートのひび割れ進展のシミュレーション

コンクリートの破壊現象を再現するには、弾塑性材料である鉄筋と準脆性材料であるコンクリートの全く異なる材料モデルを組み合わせ、数値解析手法を構築する必要がある。本研究では、コンクリートの破壊力学を考慮して、独自に定式化した**損傷モデル**をコンクリートに適用し、**鉄筋の弾塑性モデル**と組み合わせ、鉄筋コンクリート構造の詳細な**非線形有限要素解析**を構築する。解析結果と実験結果を比較・検討し、定量的に鉄筋コンクリートの破壊現象を再現可能な数値解析手法に発展させる。



2. 腐食劣化した鉄筋・鉄骨コンクリート部材の高精度等価フレームモデルの提案

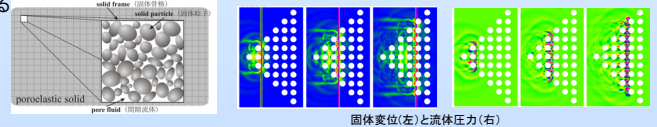
鉄筋・鉄骨コンクリート部材で構成された構造物を対象に、複合作用によって**腐食劣化した構造物の耐力**を大規模数値解析により精度よく予測する手法を開発する。さらに、これを用いて劣化構造物全体の終局挙動を高い精度で評価する。大型構造物の実設計に適用できる**高精度かつ低計算コスト**な等価フレームモデルを提案する。



(B) 非破壊検査のための波動の順解析・逆解析技術の高度化

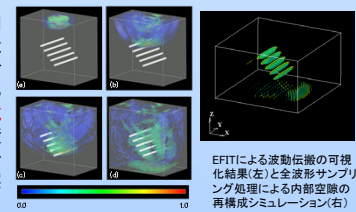
1. Biotモデルを用いた波動の散逸を考慮した大規模波動解析

液体が浸透したコンクリート系橋梁床板の劣化問題等を解明するために、コンクリート(固体)に液体が飽和した場合の力学モデルを利用する。このような流体-固体が連成した構造に対して、**Biotの理論や粘弾性モデル等を適用した高精度な弾性波動解析手法**を開発する。ここでは、**演算子積分法**を導入した境界要素法を用いる。



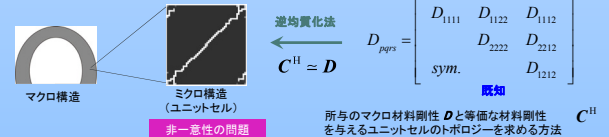
2. 全波形サンプリング処理によるコンクリートの内部鉄筋・空隙の再構成

超音波アレイ探触子・電磁波アンテナを用いて、内部鉄筋や空隙(きず)の位置や形状を3次元的に再構成する手法について検討を行う。平面アレイ状に配列した素子で得られる散乱波を基に、**散乱体(きず)を再構成する手法**である。ここでは、**動弾性有限積分法(EFIT)と電磁界有限積分法(EMFIT)**を用いて、再構成シミュレーションを行い、実際の映像化検査に必要な知見を得る。



3. 有限要素法を用いた逆均質化法による内部ひび割れ分布の同定

現在の最新の解析技術・理論では、マクロ構造に生じた材料の劣化箇所や劣化した材料の巨視的な材料剛性を同定できるようになってきている。ここでは、巨視的な材料剛性が既知であるとして、それと等価な材料特性を示す材料内部の**マイクロ裂群の分布および量を同定するための手法**の開発を行う。



検査を高度化・効率化するためのデータ・知見を提供

大規模シミュレーションを高度化・効率化するための技術・ノウハウを提供

1. 京都大学新システムに対応したプログラムチューニング

拠点となる京都大学は、H25年度にはCray XE6を念頭におき、分散メモリ型並列計算を主軸にプログラムを開発し、検証を行った。H26年度には、スーパーコンピュータシステムEが整備された。これはXeon Phi(60cores)を搭載したハイブリッドノードである。H27年度は、一部のプログラムをXeon Phi向けに改良し、大規模計算のためのMIC(Many Integrated Core)計算のチューニングについて、拠点側と連携を行う。



2. 計算の入出力に関わる大規模データのハンドリング



数値計算の結果を第三者にわかりやすく伝え、有効に利用するためには大量の出力データを適切に可視化する技術が不可欠となる。有限要素法解析から得られる非構造格子・応力テンソル等のボリュームデータを解像度を落とさずに高速表示するための最新技術や、インタラクティブな可視化手法の導入を検討する。

(C) プログラムチューニングおよび数値データ処理の高度化