

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



研究目的

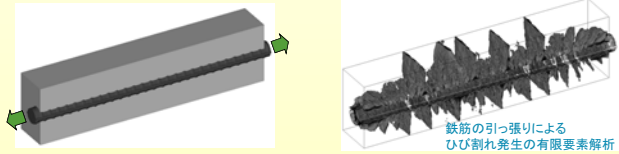
土木建設分野におけるコンクリート部材の安全のために、効率的かつ効果的な維持管理手法の開発が急務である。本課題では、破壊現象の解明から、損傷度診断のための非破壊検査手法の構築までを視野に入れた、包括的な数値解析・シミュレーションを実施する。適切なモデルの元で将来起こりうる事象を予測し、プロアクティブな維持管理技術を提案し、社会インフラの維持管理の高度化に貢献する手法の開発が本研究の最終目的である。なお、本課題はH25年度の継続内容である。

最終目標

土木構造物において、現在の対症療法的な維持管理計画ではなく、プロアクティブなものへと繋げるためには、劣化のモデル化・シミュレーションが必要である。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ことができれば、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、土木建設工学における全く新しい維持管理技術を提案できる。

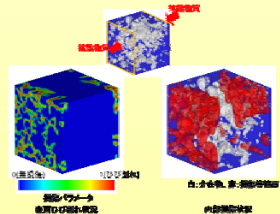
理・化学作用による破壊現象のモデル化とシミュレーションの実施

1. コンクリートのき裂発生モデルとき裂進展シミュレーションの高度化



コンクリートの破壊力学を考慮したき裂発生モデル化を行い、大規模数値計算に対応したき裂進展シミュレーションへと発展させる。異形鉄筋をコンクリートに埋め込んだ有限要素モデルを作成し、内部構造を忠実に再現した3次元モデルを対象に、FEMシミュレーションを実施する。これまで、OpenMPIによる共有メモリ型の並列計算を行ってきたが、本年度はMPIによる分散型の並列計算に拡張する。

2. アルカリシリカ反応(ASR)による材料劣化シミュレーション



アルカリシリカ反応(ASR)による骨材膨張と、骨材膨張に伴うひび割れをモデル化する。ASRはアルカリイオンの非定常拡散解析、ひび割れは損傷モデルを導入した非線形有限要素解析によって行い、これらを分離型時差解法によって連成している。左図の例は、1辺が10cmのモデルであるが、本年度は数mオーダーの大規模3次元解析を予定している。

検査を高度化・効率化するためのデータ・知見を提供

3. 塩害による材料劣化のモデル化

海水飛沫などから陸上のコンクリート表面に飛着した塩化物、あるいは海中コンクリートに浸透する塩化物の挙動を把握することが重要である。本課題では、コンクリートの空隙あるいはクラックに浸透するミクロな塩化物流動の計算を精度よく評価するため、多相場モデルに基づく大規模計算を行う。特に、メネーコア環境を適切に活用することにより、空間的に偏在する浸透流の挙動を効率的に評価する解法の確立をめざす。



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

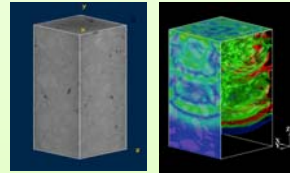
拠点となる京都大学には、スーパーコンピュータシステムEが整備された。これはXeon Phi(60Cores)を搭載したハイブリッドノードである。前年度まではCray XE6を念頭におき、分散メモリ型並列計算を主軸にプログラムを開発し、検証を行っていたが、H26年度は、一部のプログラムをXeon Phi向けに改良することも予定している。大規模計算のためのMIC(Many Integrated Core)計算のチューニングについて、拠点側のアドバイスを仰ぐ。



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

非破壊検査の高度化のためのシミュレーションと逆解析技術の開発

1. 全波形サンプリング処理(FSAP)方式を用いたきずの映像化シミュレーション

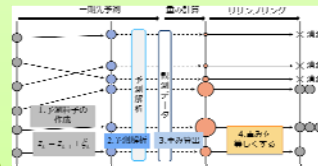


左図は、動弾性有限積分法(Elastodynamic Finite Integration Technique: EFIT)による弾性波の伝搬解析の例である。EFITは陽解法であるので、並列化効率が良いことが、H24,H25年度学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点で示されている。

EFITを用いて、数値的に生成した波動から、きず(欠陥)の位置・形状を3次元的に再構成する逆解析手法について検討を行う。ここでは右図に示すような全波形サンプリング処理(FSAP)方式による映像化を適用する。FSAP法は、アレイ状に配列したセンサで得られる散乱波を基に、散乱体を再構成する手法である。アレイ素子の数だけ、EFITシミュレーションを繰り返す必要があり、シミュレーションの高速化だけでなく、逆解析手法であるFSAPの大規模化・高速化も視野に入れる。



2. 粒子フィルタによるひび割れの同定



動弾性有限積分法(EFIT)を用いて、ひび割れからの弾性散乱波を解析し、表面からのひび割れ深さを粒子フィルタで非破壊的に把握することを試みる。EFITで散乱波を計算し、粒子フィルタを使用して、ひび割れ深さおよび劣化指標の真値を反復的に求めていくものである。形状更新に伴う繰り返し計算が必要となるため、メネーコアを利用した高速シミュレーションが要求される。

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。