

マクロ-ミクロ解析手法，ボクセル有限要素法，地理情報システムを用いた効率的な強震動予測手法の開発

Development of Efficient Computation Method for Strong Ground Motion using Macro-Micro Analysis Method, the Voxel FEM and GIS

市村 強[1], 堀 宗朗[2], 楊 芳[2]

Tsuyoshi Ichimura[1], Muneo Hori[2], Fang Yang[2]

[1] 東北大・工・土木, [2] 東大・地震研

[1] Dept. Civil Eng., Tohoku University, [2] Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

合理的かつ効率的な震災対策を行うために，強震動情報が果たす役割は大きいと考えられる．被害推定などを行うためにはこの強震動情報を十分高い分解能及び精度で提供する必要がある．強震動は，断層の破壊過程，三次元的な地盤・地殻構造の影響を大きく受けるため，十分高い分解能及び精度で強震動情報をもとめるためには，これらの影響を加味した数値シミュレーションによる方法が有力であろうと考えられる．しかし，工学的に必要とされるレベルの十分高い分解能及び精度で強震動を数値シミュレーションするには膨大な計算資源が要求される．また，モデル化に際し，地盤・地殻構造が正確にはわかっていないことも考慮しなければならない．

これらの問題を解決するため，著者らが提案しているマクロ-ミクロ解析手法，ボクセル有限要素法，地理情報システムを組み合わせた強震動予測手法の開発を行っている．マクロ-ミクロ解析手法は，特異摂動による階層型解析とバウンディング・メディア理論を組み合わせた波動場計算手法である．階層型解析は，一度に必要な計算量を抑えながら高い空間分解能と時間分解能を獲得するために導入される．具体的には，低分解能で都市全域について計算をおこない(マクロ解析)，その結果を用いて高分解能で都市の部分領域で計算をおこなう(ミクロ解析)．バウンディング・メディア理論は，地盤・地殻構造情報の不確実性に対処するために導入される．最も起こりやすい応答を挟み込む応答を与える仮想的な二つの上限・下限の地盤・地殻構造物性を情報の不確実性に依拠して設定する．この上下限の地盤・地殻構造を用いることで，起こりうる強震動を挟む上限と下限の強震動を求めることができる．マクロ-ミクロ解析手法の手順は以下のように整理される．

- 1) 地盤・地殻構造情報の不確実性を考慮し，上限と下限の地盤・地殻構造を設定する(1m オーダーの分解能)．
- 2) 1) で作成したモデルから等価な低分解能なモデルを作成する(階層型解析の導入：100m オーダーの分解能)．
- 3) 2) で作成したモデルを用いて断層から地表までで強震動シミュレーションをおこなう(マクロ解析：100m オーダーの分解能)．
- 4) 高分解能で強震動をシミュレーションしたい地点で，1) で作成した高分解能な地盤構造と3) でえられた粗い分解能の強震動を用いて高分解能な強震動シミュレーションをおこなう(ミクロ解析：1m オーダーの分解能)．
- 5) 3) -4) を物性の上限の場合・下限の場合についてそれぞれおこなう．結果として，起こりうる強震動を挟み込むような上限・下限の高分解能な強震動が得られる．

さらに計算コストが従来の有限要素法に比べてはるかに軽減されたボクセル有限要素法を波動場計算に適用することによって大幅に計算量を軽減している．また，膨大なボーリングデータを効率的に取り扱うために，地理情報システム(GIS)にボーリングデータ及びモデリングツールを実装し，三次元地盤構造を自動的に作成できるようにしている．

開発した強震動予測手法の有効性を検討するため，横浜市で観測された実測データの再現を試みた．地点毎の最大速度やS I値等，地震被害を表す指標により，数値シミュレーションと実測データの比較を行った．また，地表付近の地盤構造による増幅特性をシミュレーションするために通常用いられている簡略な手法による結果と本手法による結果の比較を行った．この比較から，簡便な手法では，強震動の評価に大きな差を生じることが示され，高い空間分解能で強震動を精度良く予測するためには，このような大規模数値シミュレーションが必要であることが確認された．