



想定地震動算定システムによる詳細震度ハザード

-不整形地盤における地震動増幅率を考慮した高精度地震動予測法-

長野工業高等専門学校 環境都市工学科
准教授 古本 吉倫

1. はじめに

巨大地震を想定して任意地点の地震動を高精度で予測することは、構造物の耐震設計ならびに自治体の地域防災計画策定にとって最重要事項の一つである。一般に地震動予測は図1のように震源から地表への震動の伝播メカニズムを想定して行われるが、表層地盤はボーリング調査に基づき、数100m四方の独立した成層地盤メッシュとして扱われる。このため、地盤構造に急激な変動がある(=不整形地盤)地域において予想される波動の反射・屈折は考慮されていない。すなわち、従来の地震動予測では隣接するメッシュ間のエネルギー収支の相互作用が考慮されていないため不整形地盤地域の予測には精度上の問題が残っている。本研究はこの問題点を解決し、任意のどの地点においても精度の高いピンポイント地震動予測を可能にしようとするものである。

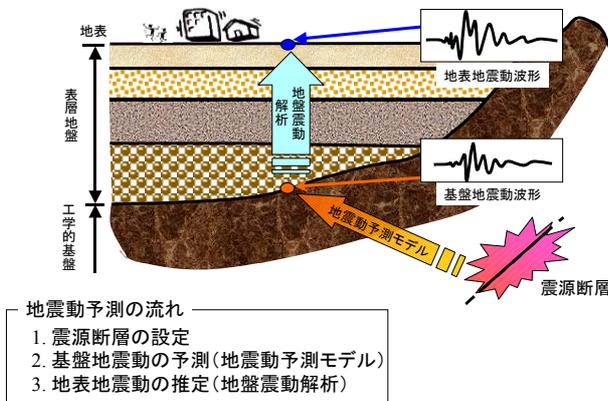


図1 地震動予測の流れ

2. 現行の地震動予測の概要と問題点

2.1 一次元解析に基づく地盤内増幅率の算定

地震動は堆積地盤内で大きく増幅するため、地震動予測を行うには地盤震動解析の高精度化が不可欠である。しかし、現実の地盤調査には限界があり、地盤を正確にモデル化すること自体が困難である。このため、地震被害想定において震度分布図を作成する際には、地域を数百m四方のメッシュに分割した後、それぞれに地盤モデルを割り当て、地盤震動解析を行う。その際、

成層地盤を仮定し、隣接するメッシュとは独立した一次元解析をそれぞれに対して行っている。(図2)

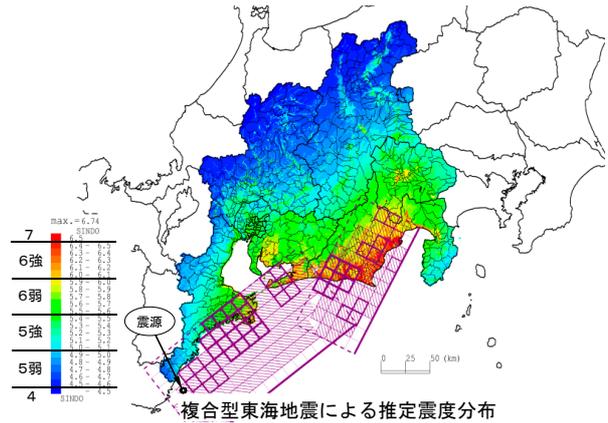


図2 地震動のハザードマップの例(広域図)

個々のメッシュ内の平均的な地震動増幅特性を求めるためには、この方法でも十分である。しかし近年、都市域の防災意識の高まりから、人口集中域における従来のメッシュをさらに細分化し、町丁目単位で震度分布を求める要請が強い。ところが、実際の地盤は成層地盤ではないので、メッシュを細分化すればする程、隣接するメッシュ間で起こると考えられる地震波によるエネルギー収支の相互作用が無視できなくなる。

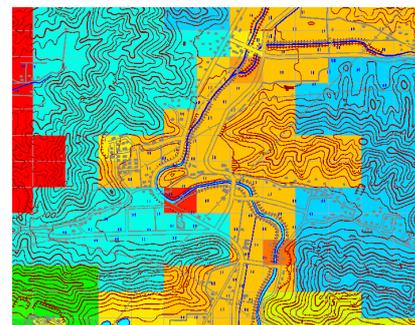


図3 地盤区分の概念図(250mメッシュ)
(地盤が軟弱なほど暖色に着色)

例えば、図3ではある地域の地盤種別をメッシュごとに色分けしている。等高線等で明らかのように、区域内には河川堤防や、長い線形を持つ鉄道軌道、高速道路における盛土、および急傾斜地や溺れ谷地形等が見られる。これらの不整形地盤では、地震波が複雑に反射・屈折を

繰り返すため、単にメッシュを細分化するだけでは、地震動の推定精度の向上は望めないのは明らかである。

2.2 有限要素法の適用とその限界

このようなことから不整形地盤を対象とする場合、有限要素法等を用いて地盤震動解析を行うのが本来望ましい。著者はこれまで、不整形地盤を対象とした有限要素解析法を開発しており、その有効性を実証している^[1]。しかしながら、この方法は詳細かつ膨大な地盤データを必要とする。都市域全体を計算対象とする場合、得られる地盤データは限られているので、適用は事実上不可能である。

一方、著者は堤防盛土の有限要素解析を行った結果、基盤から地表への地震動伝達関数を得ることにより地震動予測が可能であることを確認した。さらに、数百 m 程度に区分された区間に対し、1次元伝達関数を重ね合わせることで、不整形地盤における地震伝達関数を補間推定する手法を着想するに至った。すなわち本法では、1次元解析で求めた地震動伝達関数を傾斜地盤の長さ、傾斜角などの形状パラメータを使って重ね合わせる^[2]ことにより、不整形地盤の地震動伝達関数を補間推定するため、有限要素法を必要としないばかりか、既存の1次元解析のための地盤データをそのまま用いることが出来、詳細な地震動推定を行うことができる。

3. 不整形構造を有する地盤における地震動伝達関数の簡易推定法

図4に示すように基盤が傾斜している不整形地盤(図4)を対象とする。地震動はモデル底面における SH 波の鉛直入射とし、面内振動を取り扱う。

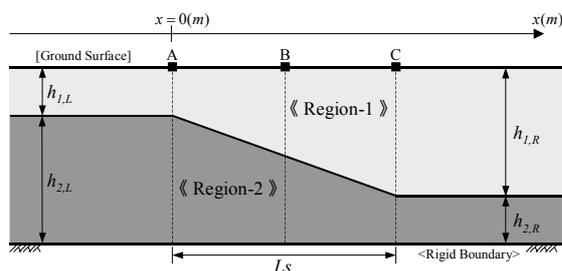


図4 不整形地盤のモデル

簡易推定式を用いた伝達関数と2次元 FEM 解析による伝達関数の比較を行う(図5)。対象地点を傾斜面中央の B 地点とする。図中の赤色の実線は簡易推定

法により算出した伝達関数、青色の実線は2-D(FEM)、緑色の実線は、同じ深さの地盤に基づき1-D解析を行った当該地点の伝達関数である。B地点では、2-D(FEM)と1-Dの結果が異なることは前節に記述した通りであり、推定した伝達関数(赤)は2-D(FEM)の伝達関数(青)をほぼ再現できている。

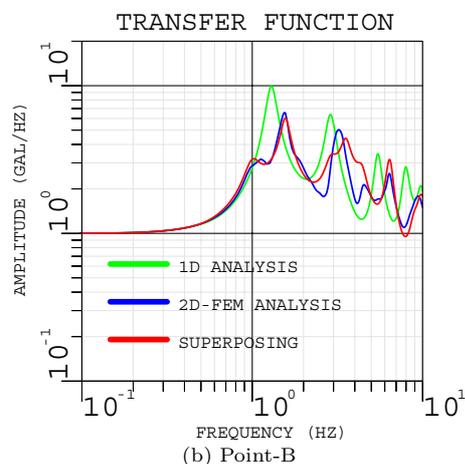


図5 不整形地盤における伝達関数の比較

4. おわりに

成層地盤を仮定した地盤解析法に基づく現行の地震動算定システムを改良して、詳細な地震動ハザードマップを作成する手法について概説した。

不整形構造を有する地盤の傾斜上端と下端における地盤モデルからそれぞれ地震動伝達関数を求め、それらを重ね合わせることで傾斜部の地表面における地震動伝達関数を補間推定する簡便法を提案した。提案した推定式により求めた地表面における地震動伝達関数は、有限要素法を用いた解析結果と比べ矛盾のないことを確認した。今後、推定式の適用範囲を検証するとともに、実地盤における実記録をもとに推定式の検証を行う必要がある。

参考文献

- [1] Y.Furumoto, M.Sugito, A.Yashima: Frequency-Dependent Equivalent Linearized Technique for FEM Response Analysis of Ground, 12WCEE in Auckland, New Zealand, 2000.2
- [2] 古本吉倫、杉戸真太、細木洋輔: 盛土や不整形地盤に適用できる地震動伝達関数の簡易推定法、土木学会地震工学論文集, Vol28,2005.

問合わせ先：長野工業高等専門学校 環境都市工学科 古本吉倫（ふるもとよしのり）

住所：〒381-8550 長野市徳間 716 TEL&FAX 026-295-7100 E-mail: furumoto@eu.nagano-nct.ac.jp