

機関番号：53601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2009

課題番号：19560474

研究課題名(和文) 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の開発
 研究課題名(英文) ON MAKING SEISMIC HAZARD MAP CONSIDERING NONLINEAR SEISMIC GAIN OF SOIL LAYERS ON INCLINED BASEMENT

研究代表者

古本 吉倫 (FURUMOTO YOSHINORI)

長野工業高等専門学校・准教授

研究者番号：90303510

研究成果の概要(和文)：傾斜基盤面の上端と下端における地盤モデルから1次的に地震動伝達関数を求め、それらを重ね合わせるにより傾斜基盤上の堆積地盤面における2次元地震動伝達関数を補間推定する手法を開発した。本手法により、従来行われてきた等価線形化法などの地盤震動解析法の結果をそのまま用いて不整形地盤での地盤震動解析が可能となったうえ、実際の地盤への適用が極めて簡単な手法となった。具体的な地形を対象に地震ハザードマップを作成したところ、従来手法にもとづくマップと比べ使いやすさが向上することがわかった。

研究成果の概要(英文)：

Since seismic transfer function of an earthquake motion changes with the geometric conditions, in the case of embankments or grounds on inclined base layer, two or three-dimensional analysis is necessary. In this research, a simple modeling method for seismic transfer function of ground on inclined base layer is proposed by superposing one-dimensional transfer functions on upper and lower sides of the slope. The weighting coefficients are determined by multiple linear regression analysis as the function of the distance from the top of inclined basement and the angle of the inclined basement as parameters. It was confirmed that the transfer function obtained by the proposed method is consistent with the analytical result using the two-dimensional finite element method. An application for making seismic hazard map for local area is examined by the interpolated transfer functions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：地震工学

キーワード：地震防災、震度ハザードマップ、不整形地盤

1. 研究開始当初の背景

(1) 【本研究の全体構想】

本研究の目的は、想定される巨大地震に

おける任意の地点の地震動(波形及び震度)を高い精度で予測する手法を開発し、地域防災に貢献することである。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算出されるが、表層地盤はボーリング調査（点測定）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的に問題がある。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。

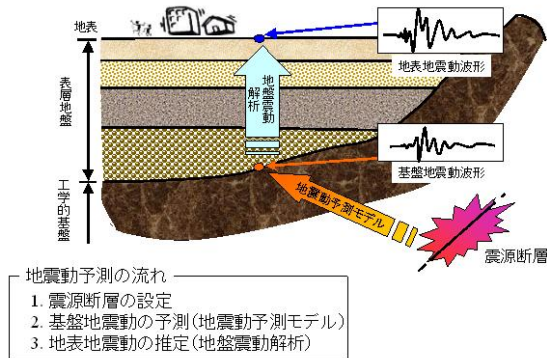


図1 地震動予測の流れ

(2) 【当該分野における現行技術】

地震動は堆積地盤内で大きく増幅するため、正確な地震動予測を行うには地盤震動解析技術の高精度化が不可欠である。しかし、現実には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 ないし km 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1次元解析をそれぞれに対して行っている。

(図2)

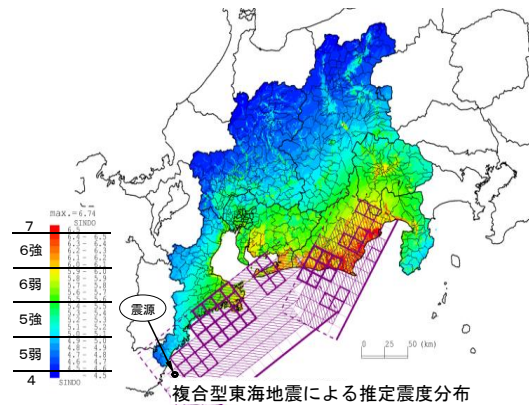


図2 地域地震動のハザードマップ（広域図）

(3) 【現行技術の問題点】

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、実際の地盤は平板のような成層地盤ではないので（＝山あり谷ありの地形なので）、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。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。等高線等で明らかなように、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。（これらの複雑な地形を総称して、以下、**不整形地盤**と呼び、平板状の理想的な成層地盤と区別する。）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、理想的な成層地盤の場合と比べ、地震動増幅特性が複雑となることが知られている。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。

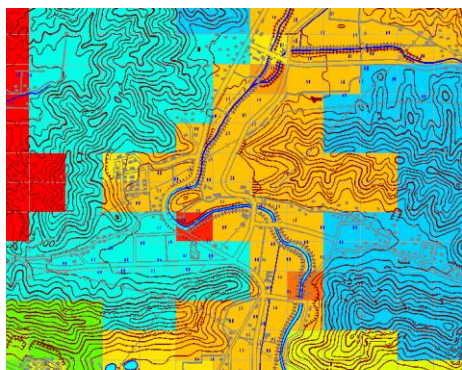


図3 地盤区分(250mメッシュ)
(地盤が軟弱なほど暖色に着色)

2. 研究の目的

本研究の目的は、想定される巨大地震における任意の地点の地震動(波形及び震度)を高い精度で予測する手法を開発し、地域防災に貢献することである。

このようなことから不整形地盤を対象とする場合、2次元、3次元のモデル化を行い、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。申請者はこれまで、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。しかしながら、この方法は詳細な地盤データと膨大な計算が必要となる。そのため、防災上特に重要な狭い領域に対しては適用可能であるが、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、広範囲の予測に有限要素法を適用することは不可能である。

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により、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。本研究で提案する「不整形地盤における地震伝達関数の補間推定法」を利用すれば、これらの不整形

地盤に対しても合理的に地震動の増幅率を計算することができる。

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. 研究の方法

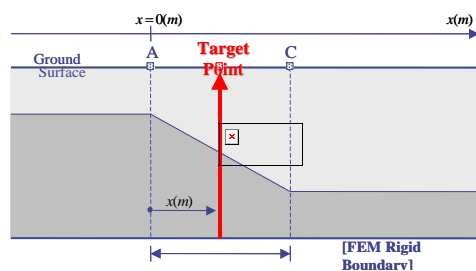
(1) 地震動伝達関数の簡易推定式^[1]

底面から地表面の点 x での伝達関数を $\Omega(x)$ 、傾斜基盤上端の地盤モデルにより得られる1次元の伝達関数を Ω_1 、傾斜基盤下端での伝達関数を Ω_2 とし、次式により重ね合わせる。ただし、 C_1 、 C_2 は Ω_1 、 Ω_2 に対する重みである。

$$\Omega_E(\omega) = \{\Omega_T(\omega)\}^{C_T} \cdot \{\Omega_B(\omega)\}^{C_B}$$

$$(C_2 = 1 - C_1, 0 \leq C_1 \leq 1)$$

C_1 は重ね合わせた伝達関数と2次元解析による伝達関数を Ω_1 、 Ω_2 の固有振動数付近で比較し、増幅率の差を残差として最小二乗法を用いて決定した。



4. 研究成果

図4に、補間推定法を組み込んだFDEL(地盤震動解析)を使用し、長野市における震度予測を行った。対象地域を人口集中地点、軟弱地盤地点、地盤変化地点の項目で選定し、補間推定法を組み込んだFDELによる解析を従来のFDELによる解析と比較することで、

優位性を調べた。

解析にあたり、旧長野市(平成 16 年)の範囲内の地盤データを使用した。入力地震動はマグニチュード7の直下型地震を想定し、対象範囲内の全域の工学的基盤面において同じ値とする。解析結果を比較する地点は、人口集中地点として三輪、軟弱地盤地点として富竹・篠ノ井、地盤変化地点として安茂里・松代の5地点を選定した。

地盤変化地点(安茂里、松代)は、山の斜面と平地が1つのメッシュ内に存在し、不整形性の影響がもっとも出る場所である。解析の結果(図5・6参照)、山を含むメッシュにおいて従来法によるものでは隣り合うメッシュで震度に5.50と4.50の差が見られるが、補間推定版のFDELではその差がほとんどなくなり、震度の差は4.80と4.62になった。これにより、メッシュに関係なく山の形状に合った震度表示が出来ている。

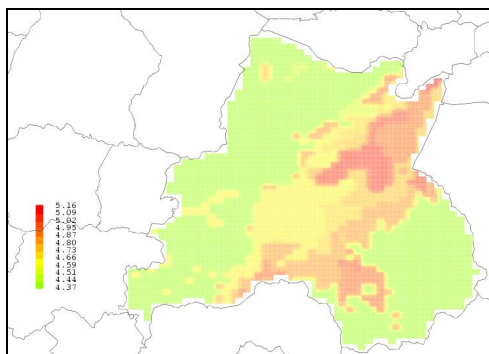


図4 補間推定法を用いて作成した長野市の震度マップ

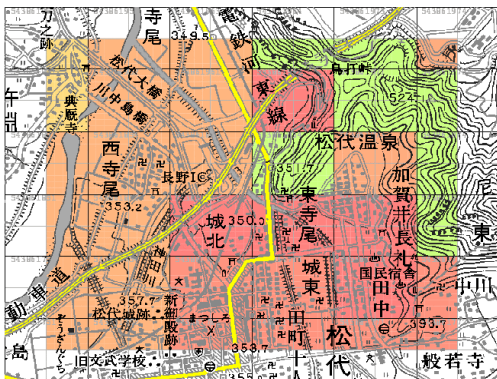


図5 従来法による解析結果

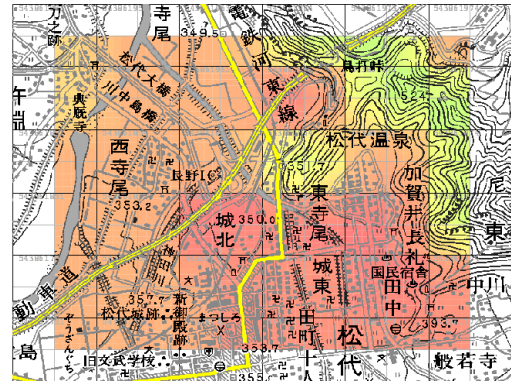


図6 補間推定法による解析結果

【参考文献】

- [1] 古本吉倫・細木洋輔・杉戸真太：不整形性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、土木学会地震工学論文集、Vo1128, 2005
- [2] H8 岐阜県地震被害想定調査報告書
- [3] H14 長野県地震対策基礎調査委員会報告書

5. 主な発表論文等

- 〔雑誌論文〕(計0件)
投稿準備中(特許申請が未完のため)
- 〔学会発表〕(計0件)
投稿準備中(特許申請が未完のため)
- 〔図書〕(計0件)
- 〔産業財産権〕
- 出願状況(計1件) 準備中

名称：地盤の不整形性を考慮した震度ハザードマップの作成方法
発明者：古本吉倫
権利者：古本吉倫
種類：特許
番号：未定
出願年月日：平成23年4月(予定)
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.eu.nagano-nct.ac.jp/furumoto/>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
古本吉倫 (FURUMOTO YOSHINORI)
長野工業高等専門学校・准教授
研究者番号：90303510