

### 応答スペクトルを用いた地震危険度解析

中央大学大学院  
中央大学

学生会員 星井 秀之  
正会員 佐藤 尚次

#### 1. はじめに

近年、日本各地での主要地震源の活動度の調査が進んでおり、将来発生が危惧される大地震に対して、確率的に表現される機会が増えている。この中で、地震動強さの発生確率を卓越周期のベースで把握することは、重要な課題の一つである。既存の研究<sup>1)</sup>では、地震動強さの指標に加速度応答スペクトルを用いて日本の7都市におけるUHS(等確率スペクトル)を算出し、地点間の地震危険度の比較を行っている。しかし、この研究では各都市の地盤特性がそのまま結果に反映される為、地域毎の細かな地盤特性の違いによる地震波の増幅特性の違いが反映しにくいと考えられる。そこで本研究では、市町村、そして町丁目毎に地盤特性を考慮した地震危険度解析を行っていくことを研究の目的とする。

#### 2. 地震動のモデル化

##### 2.1 想定地震

本研究では関東地方の比較的震源が約10~20kmと浅い活断層を想定している。想定地震は、鴨川低地断層帯、平井-櫛挽断層帯、立川断層帯、伊勢原断層帯、国府津-松田断層帯、関谷断層帯に発生する地震とした。想定地震を図-1に示す。

##### 2.2 加速度応答スペクトル(工学的基盤面)

工学的基盤面( $V_s=300\text{m/s}$ )での加速度応答スペクトルの推定モデルは安中氏等(1997)によって提案された最短距離用の推定式<sup>2)</sup>を用いた。

$$\log A_{ij} = c_m M_i + c_h H_i - c_d \log(R_{ij} + 0.334 \exp(0.653 M_i)) + c_0 + \sum \delta_{kj} b_k + \varepsilon$$

$A_{ij}$ : i番目の地震のj番目の観測点における地震強度(水平2成分の平均)

$c_m, c_h, c_d, c_0$ : 回帰係数       $M_i$ : 地震のマグニチュード

$H_i$ : 地震の震源深さ       $k$ : Kro-neckerのデルタ

$b_k$ : k番目の観測点の地点補正值

$M_i$ : 地震のマグニチュード

: 各記録に対するランダム変数



図-1 想定地震(関東地方の活断層)

##### 2.3 地盤増幅特性

地盤特性を評価するにあたっては、東京都土木技術センターより公開されている地盤柱状図を基に地盤のモデル化を行った。そして、今回は首都圏直下型地震による被害を受けた際に経済的な影響が大きいであろう千代田区を解析対象とした。まず地盤の増幅特性を評価するにあたって、想定した地震動の模擬地震波<sup>3)</sup>を設定する。その設定した模擬地震波から地盤の増幅スペクトル<sup>3)</sup>を推定し、地盤増幅特性の評価を行った。工学的基盤面から地表面までの増幅スペクトルを算出する際、地盤柱状図に記載されているN値から表面S波速度に変換する必要がある。ここでは、 $N_i$ をi番目の地層の平均N値として、道路橋示方書(耐震設計編)に記載されている以下の簡易式を用いて表面S波速度を算出した。

粘性土層:  $V_s = 100 N_i^{1/3}$  ( $1 \leq N_i \leq 25$ )

砂質土層:  $V_s = 80 N_i^{1/3}$  ( $1 \leq N_i \leq 50$ )

##### 2.4 加速度応答スペクトル(地表面)

地表面による加速度応答スペクトルは、解析対象地点の工学的基盤面の加速度応答スペクトルに地盤の増幅スペクトルを乗じることによって算出した。関東地方の活断層を想定した地震動モデルを基に、工学的基盤面の加速度応答スペクトル、解析対象地点の周波数応答スペクトル、地表面の加速度応答スペクトルを図-2に示す。

キーワード: 地震危険度解析、加速度応答スペクトル、地盤特性

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

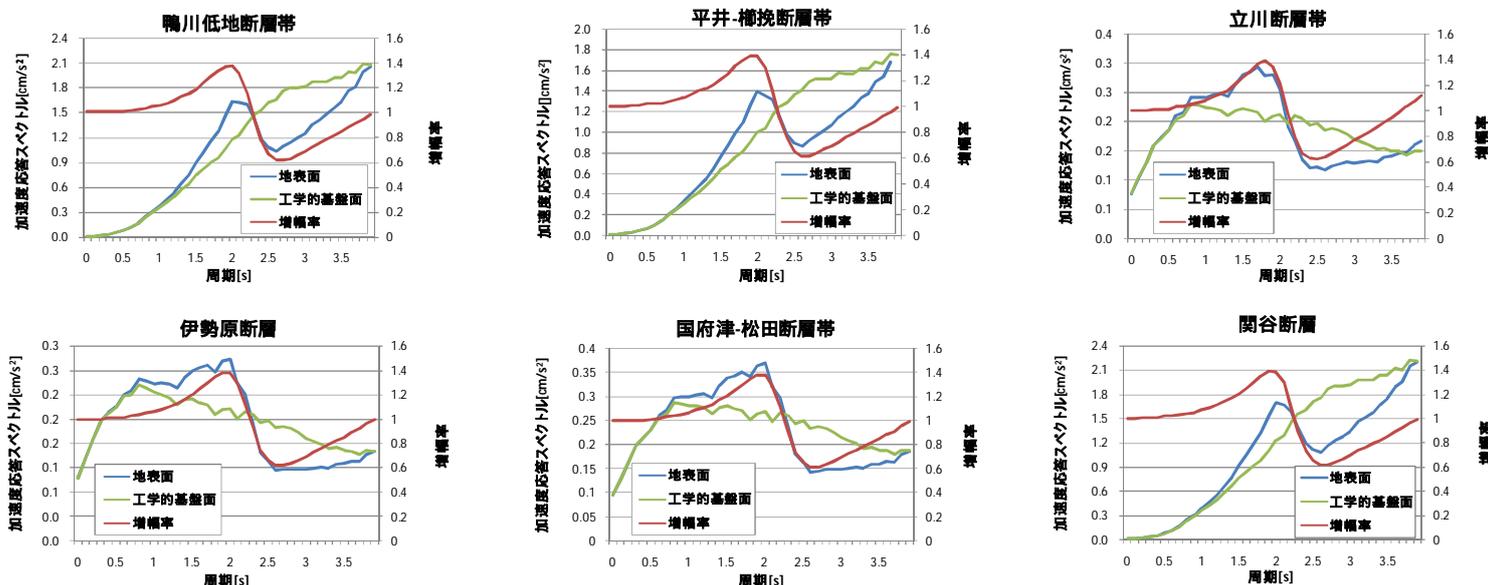


図-2 解析結果(千代田区-丸の内)

2.5 考察

解析を行った結果、各々想定した地震動の卓越周期が約 2 秒辺りとなった。このことから今回想定した地震動の震源距離が約 10~20km であり、比較的浅いということが考えられる。また今回解析を行った丸の内の地盤特性は、表層地盤の表面 S 波速度が約 80m/sec であったことから長周期が卓越したのではないかと考えられる。しかし、本研究の目的である工学的基盤面から表層地盤までの地盤特性による地震波の増幅についての見解はまだ不十分である。今後千代田区の様々な地点について解析を行うことで千代田区の地盤特性がみえてくるのではないかと考えている。

3. 地震危険度解析

3.1 UHS(等確率スペクトル)

UHS(等確率スペクトル)は縦軸に地震動強さ、横軸に周期をとり、着目期間内に対する周期毎のある地震動強さを超える確率の等しい値を結んだもの。

3.2 概要

本研究では、地震調査委員会より公開されている「確率論的地震動予測地図」の作成に用いられた手法を参考に解析を行っていく。以下に地震危険度解析の手順を示す。

- a. モデル化したそれぞれの地震について、地震規模の確率、距離の確率、地震の発生確率を評価する。
- b. 地震の規模と距離が与えられた場合の地震動強さの推定を行うため確率モデルを設定する。

- c. モデル化された個々の地震について、着目する期間内にその地震によって地震動強さがある値を超える確率を評価する。

- d. モデル化した全ての地震を考慮し、地震動強さが着目期間  $t$  年間以内において少なくとも 1 度ある値を超える確率  $P(Y > y; t)$  を以下の式よりハザードカーブを算出する。

$$P(Y > y; t) = 1 - \prod_k \{1 - P_k(Y > y; t)\}$$

- e. 固有周期毎に求めたハザードカーブより超過確率の等しいスペクトル値を結ぶことで UHS を算定する。UHS の算定結果については報告会当日に発表の予定である。

4. おわりに

本研究は地盤特性による地震波の増幅を考慮した地震危険度解析を行っていくことを研究の目的としている。今回は、工学的盤面から地表面までの地盤特性を考慮した地震動強さの評価を行った。この解析結果は地震危険度解析を行っていく上での準備段階という位置づけである。今後、まずは千代田区の地震危険度解析を行い、そして東京 23 区全域へと研究を展開していきたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 福島誠一郎: 設計用スペクトルの確率論的相互比較(信頼性ワークショップ. 2006)
- 2) 気象庁 87 型強震計記録を用いた最大地震動及び応答スペクトル推定式の提案 (第 24 回地震工学研究発表会講演論文集. 1997. 7)
- 3) 大崎順彦: 新・地震動のスペクトル解析入門 (鹿島出版会. 1986. 5)