

地盤分類別の地盤増幅特性を考慮した地震危険度解析

—横浜地区での展開—

中央大学 ○学生会員 中北 英貴
中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

近年、日本では数十年以内にマグニチュード 7、8 クラスの地震が発生すると言われており、都市部に重大な被害が及ぶ可能性が高いと指摘されている。また、地表面の地震動の卓越周期は地形や地盤の影響が大きく、構造物の固有周期と共振してしまうと被害が大きくなる可能性が高い。そのため、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¹⁾では、日本の 7 都市における加速度応答スペクトルの 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代表地点の地盤特性が反映された結果で都市全体が表現されている。これを広げ、各地点で地表から深さ 30m までの平均 S 波速度を用いた地盤増幅率の評価を用いてより地域に応じた精度の高い地震動評価を行うことができる。

本研究では、対象地点を横浜市内の 18 区として、各地点の地盤分類による地盤増幅特性を考慮した地震危険度の解析を行った。

2. 地震危険度解析の概要

本研究では、地震調査委員会が示す「長期的な地震発生確率の評価方法について」に基づいて地震危険度の評価を行っていく。概要を以下に示す。

2.1 想定地震

本研究では関東地方に影響を及ぼし、さらに 20～30 年以内の発生確率の高い、東京湾北部地震、東海地震、東南海地震、南海地震を想定した。詳細を表 1 に示す。

2.2 対象地点

本研究では、対象地点を横浜市内の 18 区に設定し、各区役所の所在地での地盤条件を用いた。横浜市は、エリアとしては広くないものの西区や中区など高層ビルを有している地点がある。また、内陸側と海沿いで地盤条件が大きくことなるなどの特徴がある。

2.3 加速度応答スペクトル(工学的基盤面)

各地点での地震による加速度を評価するに当たり、まず工学的基盤面上での地震加速度の評価を行う。工学的基盤面は工学的な見地から地震基盤より浅部の $V_s=400\text{m/s} \sim 700\text{m/s}$ の層に設定するという考えが

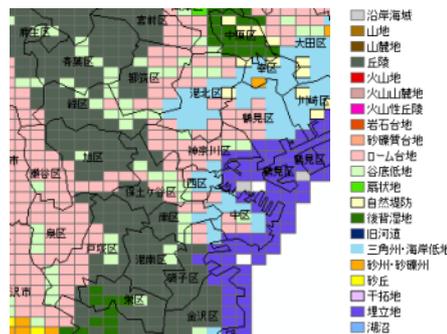


図-1 GISによる地形区分データ

表 1 想定地震の諸元

想定地震	M	平均発生間隔	最新活動時期	分布形状	震源深さ(km)
東京湾北部地震	7.3	23.8年		ポアソン	30
東海地震	8.0	118.8年	150年前	BPT	20
東南海地震	8.1	86.4年	60.1年前	BPT	20
南海地震	8.4	90.1年	58年前	BPT	20

推奨されており、本研究では $V_s=400\text{m/s}$ とした。工学的基盤面($V_s=400\text{m/s}$)での加速度応答スペクトルの推定モデルは安中ら(1997)によって提案された最短距離用の推定式²⁾を用いた。

$$\log S_A(T) = C_m M + C_h(T)h - C_d(T)\log d + C_o(T)$$

$$d = X + 0.334 \exp(0.653M)$$

- S_A : 加速度応答スペクトル
- T : 周期(s)
- M : 気象庁マグニチュード
- h : 震源深さ(km)
- X : 震源距離(km)
- C_m, C_h, C_d, C_o : 回帰係数

2.3 地盤増幅特性

2.3.1 平均 S 波速度の算出

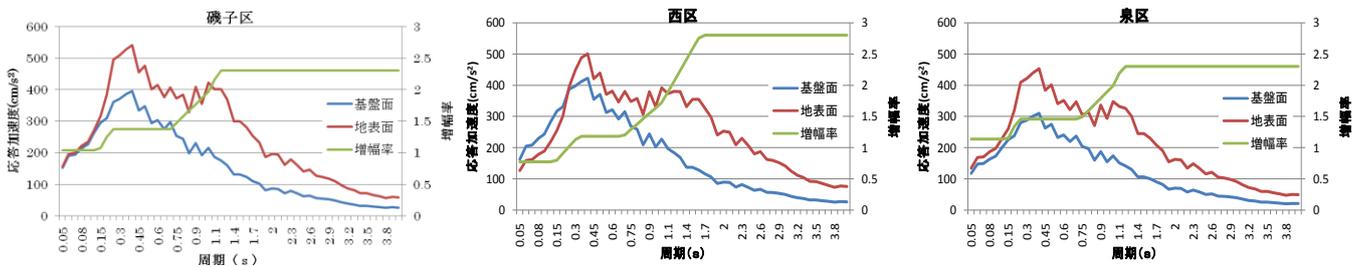
地盤特性を評価するにあたっては、まず地表から深さ 30m のまでの平均 S 波速度を求める。本研究では、ボーリングデータの得られない地域にも適用できる手法として松岡・翠川らによって提案された方法³⁾を用い、平均 S 波速度を図-1 に示す GIS データから得られる地形・地盤区分を用いて求めた。詳細については参考文献を参照されたし。

2.3.2 地盤増幅率の算出

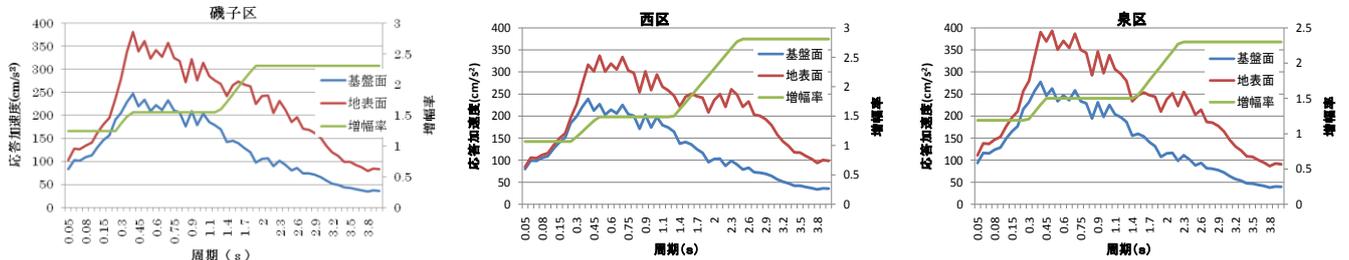
上記方法で得られた平均 S 波速度をもとに、内山・翠川らの提案した、NEHRP の基準に準じた地盤の非線形性を考慮した地盤増幅率の評価式⁴⁾を用いて、表

キーワード：地震危険度解析、加速度応答スペクトル、地盤増幅特性

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 東京湾北部地震による応答加速度スペクトル



図—3 東海地震による応答加速度スペクトル

層地盤による増幅率を求める。以下にその式を示す。

$$\log Fa = a1 + a2 \cdot \log(I + a3)$$

$$\log Fv = a1 + a2 \cdot \log(I + a3)$$

ここで、Fa, Fv はそれぞれ短周期領域（周期 0.1～0.5 秒）、長周期領域（周期 0.5～1.5）での地盤増幅率であり、I は基準地盤における最大加速度 (cm/s²)、a1～a3 は回帰係数をそれぞれ示している。

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 (Vs=400) 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。想定した地震動モデルについて、工学的基盤面の加速度応答スペクトル、地盤増幅率、地表面の加速度応答スペクトルを算出する。

3. 結果

解析結果を図—2、図—3 に示す。ここで、地盤条件を埋立地とした磯子区、東京都北部地震の震源との距離が近く高層ビルの多いみなとみらい地区である西区、さらには東海地震にもっとも震源距離の近い泉区の結果を示す。

東京湾北部地震についてはどの地点でも地震動の卓越周期が約 0.4 秒付近となったほか、周期 0.2～1.4 秒あたりまではどの地点でも比較的大きな応答加速度が得られた。ここで、西区と磯子区では、短周期域の工学的基盤面での応答加速度は西区のほうがやや大きいのにに対し、地表面では磯子区のほうが大きな値を示している。また、西区は長周期域での増幅率が高く、長周期成分の地表面応答加速度が大きくなる傾向が見られた。このことから、高層ビルの多い西区では、固有周期の長い構造物が共振する可能性があることが考えられる。

次に、東海地震に対する応答加速度について考察する。こちらは、震源距離が長い分東京湾北部地震より加速度の値は小さいものの、どの地点でも長周期域での減衰は小さくなる傾向が見られる。このことから、震源との距離は離れているものの、長周期域では東海地震の影響が大きいことがわかる。

さらに、東海地震の震源と距離の近い泉区では対象地点の中で最も大きな応答加速度が得られ、この値は東京湾北部地震を想定した場合と比較してもあまり差がなく、長周期側に行くにつれ東海地震による応答加速度のほうが大きくなっていることがわかる。

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、工学的盤面から地表面までの地盤増幅特性を考慮した応答加速度スペクトルの評価を行った。

今後の流れとして、本手法を用いて得られた地震動強さをもとにエネルギー関連施設に対しての長周期領域での分析を行い、ライフサイクルコストの観点から最適な地震対策を提案していく予定である。

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報告書，2006
- 2) 安中正・山崎文雄・片平冬樹：気象庁 87 型強震計記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案，第 24 回地震工学研究会講演論文集，1997
- 3) 松岡昌志・若松加寿江・藤本一雄・翠川三郎：日本全国地形・地盤分類メッシュマップを利用した地盤の平均 S 波速度分布の推定，土木学会論文集，No. 794，pp. 239-251，2005.07
- 4) 内山泰生・翠川三郎：地震記録および非線形応答解析を用いた地盤分類別の地盤増幅率の評価，日本建築学会構造系論文集，No. 571，pp. 87-93，2003.09