

地盤増幅特性を考慮した等確率スペクトルによる建築物の破壊確率の検討 ～静岡県内の事例検討～

中央大学 学生会員 ○塩川 航平 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

日本は地震大国であり、近年では兵庫県南部地震や東北地方太平洋沖地震などの大規模地震が発生し深刻な被害が生じている。今後も首都直下型地震や南海トラフ巨大地震などの大規模地震が発生し、被害が生じると想定されている。構造物の地震被害は、地盤条件の影響が大きいことが知られている。道路ひとつ挟んだ距離でも家屋の倒壊被害状況が大きく変わることも珍しくない。

建物が全壊被害を受けると生死に直結し、避難や救助活動などに支障をきたすことが考えられる。そこで本研究では、地震が発生した際の地盤増幅特性を考慮し、さらに構造物の構造、階数を踏まえ、構造物と地盤それぞれの固有周期の関係から共振の有無の評価をすることを目的とする。

2. 対象地域及び地震の選定

2019 年内閣府によって南海トラフ巨大地震の各県被害想定¹⁾の再計算が行われた。その報告書において、被害を受ける全県の中で特に全壊棟数が多い静岡県を対象地域とする。この中から静岡市、浜松市、熱海市及び各地を代表する地点として各市駅前を選定する。また、対象地震は静岡県に甚大な被害をもたらすとされる南海トラフ巨大地震と糸魚川・静岡構造線断層帯とし、詳細は表-1²⁾に示す。

3. 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。地震危険度解析の概要を以下に示す。

3-1 地震動強さ

地震動強さは工学的基盤面の加速度応答スペクトルに、表層地盤の地盤増幅率を乗じることで算出する。工学的基盤面における加速度応答スペクトルの推定は安中氏等によって提案された最短距離用の推定式(1)を用いる⁴⁾。

$$\log S_A(T) = C_m M + C_h(T)h - C_d(T)\log d + C_0(T) \quad (1)$$

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

ここで $S_A(T)$ は加速度応答スペクトル[cm/s²]、 T は固有周期[s]、 M はマグニチュード、 h は震源深さ[km]、 X は震源距離[km]、 C_m, C_h, C_d, C_0 は回帰係数である。

また選定した対象地域における表層地盤(地表面～工学的基盤面)の地盤増幅特性の評価は図-1に示す地盤データを基に重複反射理論の考え方をを用い

表-1 想定地震

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)
想定東海地震	8	118.8 年	150 年前	BPT	20
東南海地震	8.1	86.4 年	60 年前	BPT	20
南海地震	8.4	90.1 年	58 年前	BPT	20
糸魚川-静岡構造線断層帯	7.4	1300 年	900 年前	BPT	10

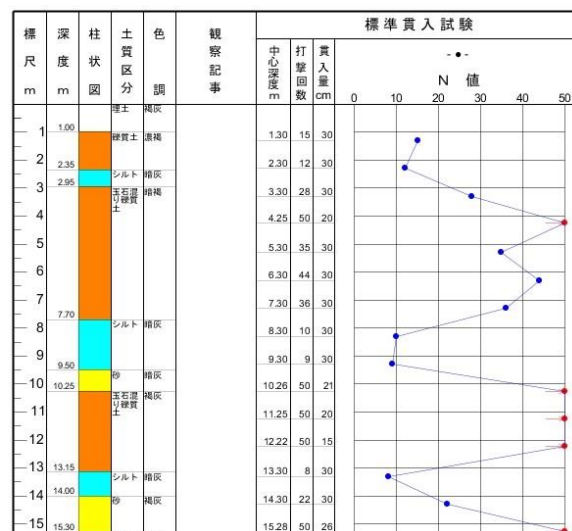


図-1 地盤柱状図の一部 (静岡駅前)

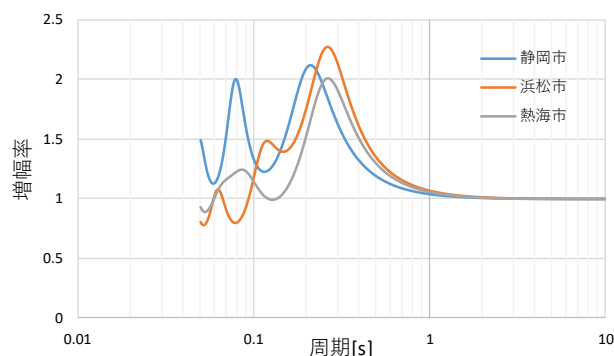


図-2 静岡県での増幅率

て周波数応答関数を算出し、地盤増幅率の評価を行う。詳細を図-2に示す。³⁾

3-2 等確率スペクトル(UHS)

地震動強さが着目期間内に少なくとも1度ある値を超える確率(ハザードカーブ)を以下の式(2)で算

出する.

$$P(Y > y; t) = 1 - \prod_k \{1 - P_k(y > y; t)\} \quad (2)$$

この式の概念を図-3 に示す. そして, 固有周期毎に求めた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. 解析の結果の一部を図-4 に示す.

4. 建物の揺れやすさ

建物にはそれぞれ揺れやすい周期を持っており, 高い建物ほど長くなる. 特に建物の 1 次固有周期は最も揺れやすい.

4-1 建物の 1 次固有周期

建物の高さデータを用いて, 建物の 1 次固有周期を推定する. 既往の統計値より, 構造物の概要周期は以下のような高さ H に関する比例式で算出する.

$$T = 0.02H \quad (\text{RC 造, SRC 造})$$

$$T = 0.03H \quad (\text{S 造})$$

ここで, T は 1 次固有周期 [s], H は建物高さ [m] である.⁵⁾

4-2 変位共振曲線

共振現象は建物の周期 T_0 に対する地表面の応答スペクトルの卓越周期 T の比から評価できる. T_0/T が 1 に近いほど共振の危険性が高くなる. 表-2 の範囲で揺れやすさをランク付けする. GIS を用いて, 両者を重ね合わせる建物ごとに T_0/T を算出し, 揺れやすさをランク付けする. 変位共振曲線の縦軸は変位の応答倍率, 横軸は建物の周期 T_0 に対する地表面の応答スペクトルの卓越周期 T の比である.

5. 解析結果・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 0.3 秒辺りとなった. このことから, 0.3 秒前後の固有周期を持つ建物は共振の危険度が高まると考えられる. そのため, 10m~20m の建物が共振の危険度が上がる.

また静岡県で一番高い建物である浜松アクタワー (212.77m) は $T_0/T = 14.2$ 比較的で危険度は高くないことが分かった. さらに, 一般的な 2 階建て住宅の建物も 6m~8m であるため, 固有周期は約 0.1 秒付近となり共振の危険度は低いことが分かった. 今回, 震源深さが浅くなった場合は, もっと長周期化すると考えられる.

6. 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た後に, 共振の危険度振り分けを行なった. 今回, 共振の危険度振り分けにおいて, 建物の高さから求めた 1 次固有周期しか配慮されていない. よって, 今後の課題として, 建物高さだけで求めた固有周期のみではなく, 築年数など, 固有周期に影響を与えると考えられる要素も踏まえ, 共振危険度の解析を進めていく.

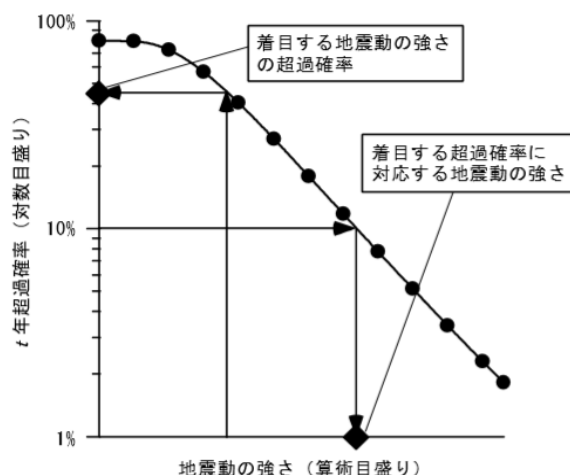


図-3 ハザードカーブの概念図

表-2 危険度振分け

T_0/T	ランク
0.9~1.1	A
0.8~0.9, 1.1~1.2	B
0.6~0.8, 1.2~1.4	C
~0.6, 1.4~	D

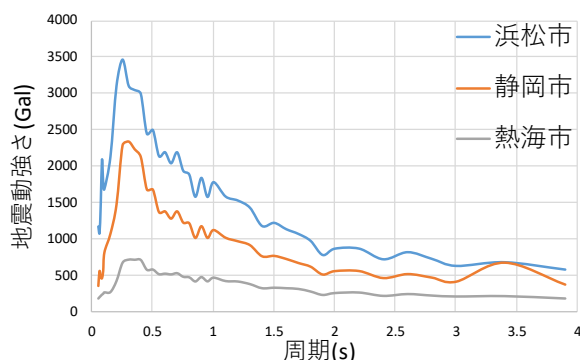


図-4 想定東海地震での等確率スペクトル

参考文献

- 1) 南海トラフ巨大地震の被害想定について (建物被害・人的被害), 内閣府政策統括官, 2019 年
- 2) 活断層及び海溝型地震の長期評価結果一覧, 地震調査研究推進本部, 2019 年
- 3) 新・地震動のスペクトル解析入門, 大崎順彦, 2004 年
- 4) 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, 安中ら, 1997 年
- 5) 巨大地震と大規模構造物-長周期地震動による被害と対策, 太田外氣晴, 2005 年