

地震観測記録に基づく応答スペクトル比の評価

北野哲司¹・小島清嗣¹・永田 茂²・大保直人³・石田寛⁴

¹東邦ガス株式会社 供給管理部 幹線建設グループ (〒456-8511 名古屋市熱田区桜田 19-18)
²正会員 工博 鹿島技術研究所 LCEプロジェクトチーム (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)
³正会員 工博 鹿島技術研究所 先端技術研究部 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)
⁴非会員 工修 鹿島技術研究所 先端技術研究部 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

名古屋市及びその周辺地域には、都市ガス供給設備の地震安全性確保を目的として 103 台の地震計が設置されており、1997 年愛知県東部地震 (M5.8)、1998 年岐阜県美濃中西部地震 (M5.4) 及び 2000 年三重県中部地震 (M5.5) の地震動が観測されている。本論文では、これら高密度地震観測網で得られた地表観測記録と対象地域内の数箇所で行った地質調査データを用いてせん断波速度 V_s が 500m/s 程度の工学的基盤における広域の地震動予測を行った。さらに、地表の観測記録及び工学的基盤における推定地震動から、中小地震時の表層地盤を対象とした加速度応答スペクトル (5%減衰) の増幅倍率 (以下では応答スペクトル比と呼ぶ) の広域評価を行った。

Key Words: Nagoya city, Surface ground amplification, Acceleration response spectrum, Spectrum ratio

1. はじめに

東海地域では、阪神・淡路大震災以降、地震時緊急対応を目的として複数の機関により地震計が高密度に設置され、東海 3 県で 500 台以上が設置されている。特に、名古屋市及びその周辺地域には、都市ガス供給地域全域の地震動分布をはじめ被害状況の即時把握などの安全供給を目的として図-1 の●印で示すように 103 地点に地震計 (SI センサー) が設置され、地表最大加速度及び地表 SI 値の観測を実施している。

本報告では、名古屋市及びその周辺の 103 地点と自治体が市内で観測を行っている 2 地点を合わせた合計 105 地点からなる高密度地震観測で観測された 3 地震 (表-1) の観測記録を用いて、せん断波速度 V_s が 500m/s 程度以上の工学的基盤以浅の表層地盤を対象とする中小地震時の加速度応答スペクトル (5%減衰) の増幅倍率 (以下では応答スペクトル比と呼ぶ)^{1),2)} の広域評価を行った。さらに、著者らによる既往の研究成果を用いて、今回の検討結果との比較検討を行った。

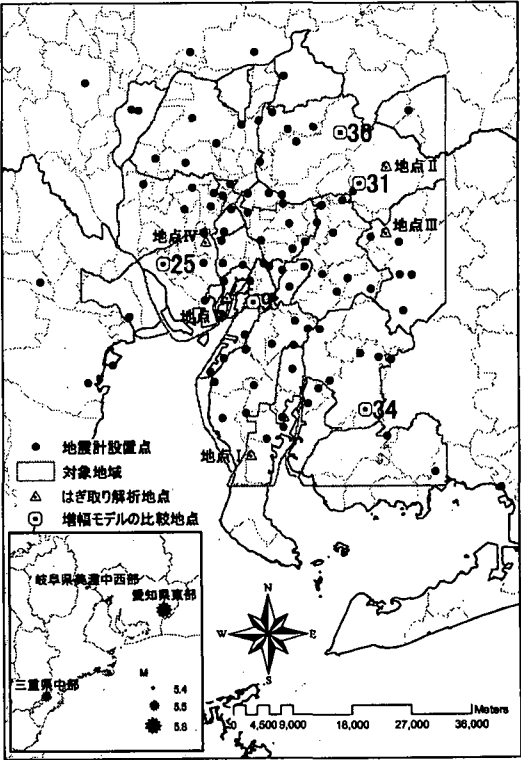


表-1 検討に使用した地震の概要

地震名称	発生年月日	緯度	経度	震源深さ	気象庁M
愛知県東部	1997/3/16	34 56	137 32	39km	5.8
岐阜県 美濃中西部	1998/4/22	35 10	136 34	10km	5.4
三重県中部	2000/10/31	34 02	136 04	44km	5.5

図-1 名古屋市及び周辺地域の地震計配置図

2. 検討概要

広域の表層地盤を対象とした応答スペクトル比を図-2 に示す手順に従って評価した。

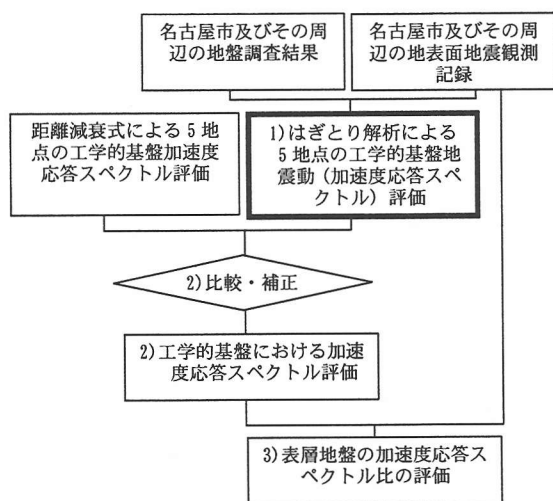


図-2 観測記録を用いた応答スペクトル比の評価フロー

- 1) 対象地域の応答スペクトル比を精度よく求めるためには、工学的基盤における地震動評価の精度を上げる必要がある。このため、工学的基盤以深まで詳細な地盤調査が実施されている5地点(図-1の地点番号Ⅰ～Ⅴ)において、図-3に示すような表層地盤の「はぎとり解析」を行い、解放された工学的基盤($V_s=500\text{m/s}$)での「はぎとり波(2E)」とその加速度応答スペクトル(5%減衰)を求めた。

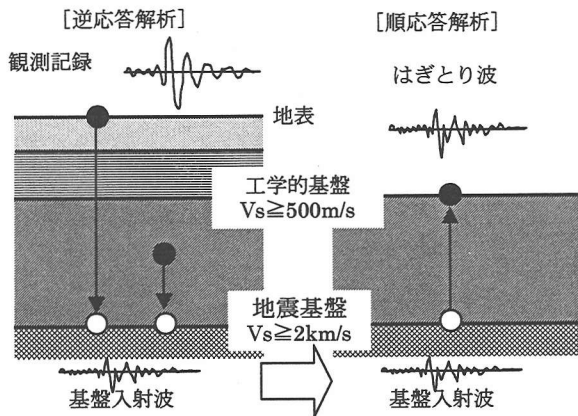


図-3 はぎとり解析方法

- 2) 文献 3) 4) の等価震源距離を用いた加速度応答スペクトルの距離減衰式による推定結果と上記 1) の5地点で求めた加速度応答スペクトルを比較し、両者の差が最小となるように距離減衰式を補正した後、105地点の地震計設置位置の工学的基盤における加速度応答スペクトルを推定した。
- 3) 105地点の地表観測記録から求めた加速度応答スペクトルと工学的基盤で推定した加速度応答スペクトルの比を計算して、表層地盤の応答スペクトル比を求めた。

3. 応答スペクトル比の評価結果とその検討

上記の方法により、名古屋市及びその周辺地域の地震計設置位置における応答スペクトル比を評価し、その結果を図-4、図-5に示した。

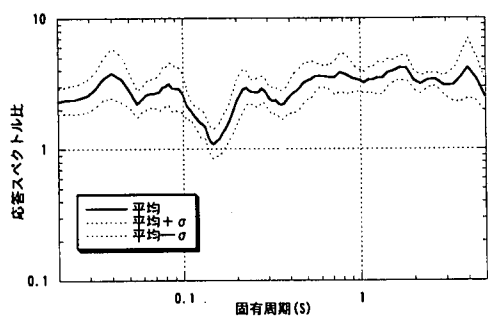
図-4(a)～(e)は、105地点の地震計設置位置から微地形特性が異なる5地点(図-1の地点番号9, 25, 31, 34, 36)を選択し、その地点における応答スペクトル比の平均値と $\pm 1\sigma$ 限界を示したものである。一方、図-4(f)～(j)は、同地域の316種類の地盤モデルに対して、異なる地震動特性を有する地震動を入力とする等価線形応答解析から求めた応答スペクトル比を微地形との関連で整理した既往の研究成果²⁾であり、工学的基盤における入力地震動の最大加速度が 50cm/s^2 の内陸型地震に対する応答スペクトル比を示している。これらの図を比較すると、微地形分類に対する平均的なモデルを示した既往の結果(図-4(f)～(j))に較べ、今回の検討で得られた結果(図-4(a)～(e))の方が個々の地盤特性を反映し、より凹凸がはっきり見られる結果となった。今後、地震動推定精度向上を目的に、広域で観測される地震観測記録を用いて、応答スペクトル比の見直しの必要性を検討して行く予定である。

図-5は、105地点における応答スペクトル比の評価結果を用いて、固有周期別の加速度応答スペクトル増幅率の平均値分布図を作成したものである。固有周期0.02秒では、対象地域全域でほぼ一律の2～3倍程度の増幅倍率を示している。0.1秒では場所により増幅倍率が異なっているが、対象地域西側の濃尾平野で増幅倍率が相対的に小さくなっている。1.0秒及び2.5秒については、対象地域の北東の山地・台地などで増幅倍率は1～2倍と程度であるのに対して、西側の濃尾平野や湾岸地域で5倍以上の大きな増幅倍率を示している。

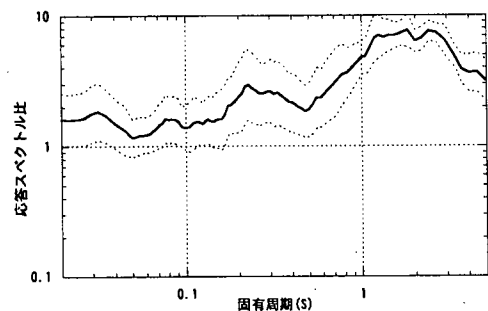
4. まとめ

本報告では、名古屋市及びその周辺の105地点における地震観測記録を用いて、広域を対象とする表層地盤増幅特性である応答スペクトル比の評価を行った。今回の検討結果は観測記録の関係から中小地震に限定した結果であるが、大規模地震時の表層地盤増幅特性の設定にも大きな示唆を与えるものと考えている。

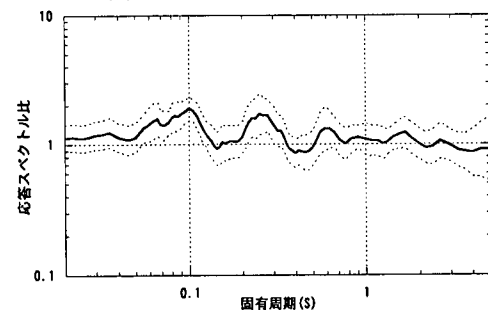
謝辞：本検討に用いた地震記録の一部は名古屋市消防局防災室より提供されたものであります。ここに感謝の意を表します。



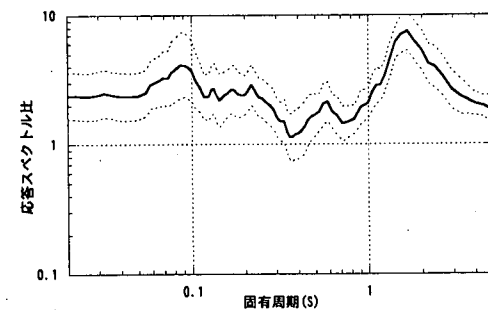
(a) 地点 9 (人工地形)



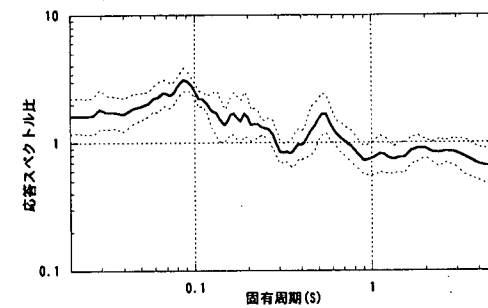
(b) 地点 25 (低地)



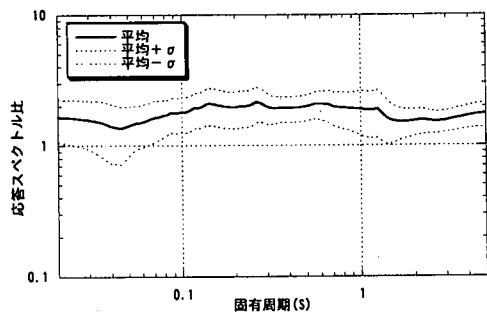
(c) 地点 31 (山地・斜面)



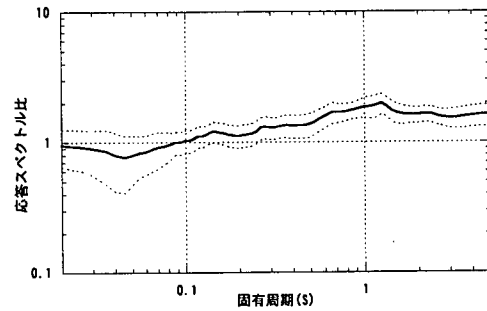
(d) 地点 34 (台地・段丘)



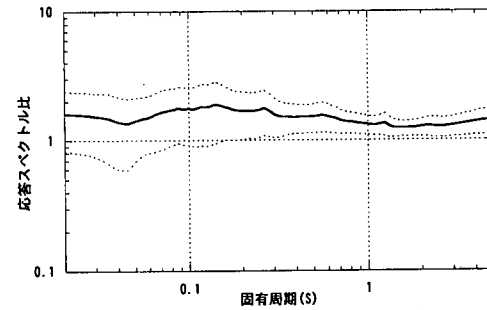
(e) 地点 36 (造成地盤)



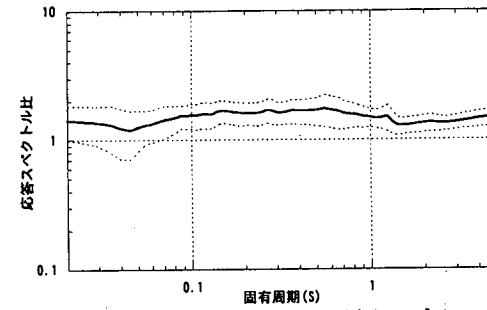
(f) 人工地形の増幅モデル



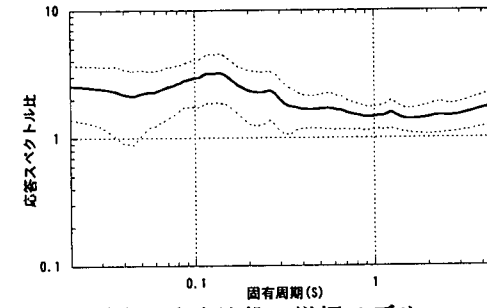
(g) 低地の増幅モデル



(h) 山地・斜面の増幅モデル



(i) 台地・段丘の増幅モデル



(j) 造成地盤の増幅モデル

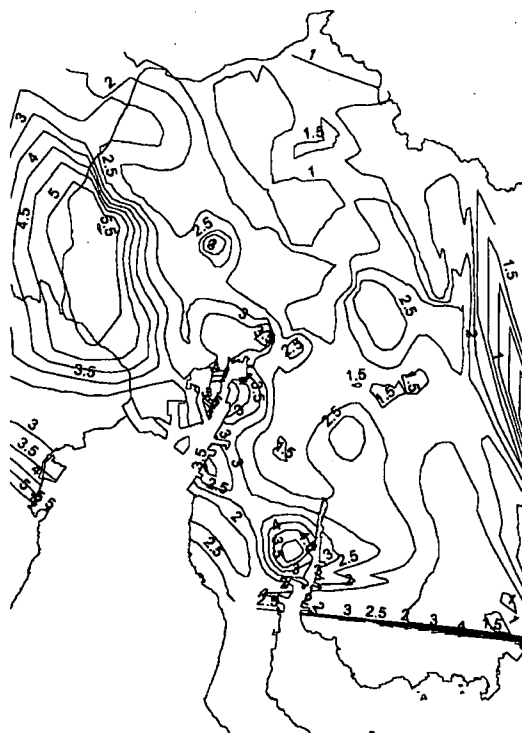
図-4 代表地点における応答スペクトル比の評価結果と既往研究成果との比較



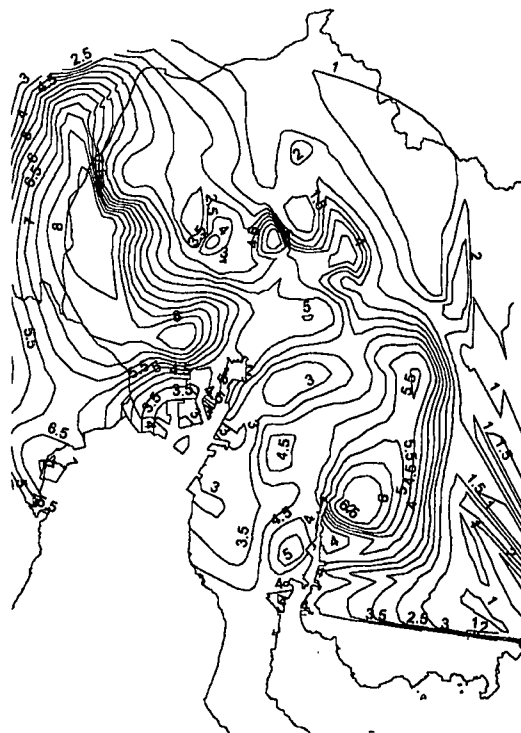
(a) 周期 0.02 秒



(b) 周期 0.1 秒



(c) 周期 1.0 秒



(d) 周期 2.5 秒

図-5 固有周期別の加速度応答スペクトル増幅率分布の平均値 (5%減衰)

参考文献

- 1) 塩崎信久・石田寛・永田茂・大保直人：加速度応答スペクトルの地盤増幅特性に関する検討，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，第1分冊，pp.1053-1058，1998.
- 2) 小島清嗣・永田茂・石田寛・塩崎信久：名古屋市周辺の加速度応答スペクトルの地盤増幅特性に関する検討，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，第1分冊，pp.1111-1116，1998.

- 3) 高橋克也・武村雅之・千葉脩・渡辺孝英・色摩康弘：硬質地盤における応答スペクトルの距離減衰式 その1 水平動，日本建築学会大会学術講演概要集，pp.363-364，1994.

- 4) 高橋克也・武村雅之・藤堂正喜・渡辺孝英・野田静男：様々な岩盤上での強震動応答スペクトルの予測式，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，第2分冊，pp.268-273，1998.

(2001.5.25 受付)