

(84) 多点微動観測による地盤震動特性の平面的分布に関する検討

神奈川大学工学部 ○荻本孝久^{*)}

関東学院大学工学部 積木紀男^{**)}

1. はじめに

平野あるいは盆地など地形的にある広がりをもつ地域における地盤震動特性の平面的な分布を的確に把握することは、地震時の強震動特性を推定したり被害を予測評価する上で大変重要である。本研究では、足柄平野を対象として、定点（基盤露頭地点）と平野部においてやや高密度に微動観測を実施して、足柄平野の3次元的な地盤構造を表層地盤と深層地盤の深さを推定することにより定量的に評価する試みを実施した。また、この高密度な微動観測のデータに基づいて定点に対する平野部の地盤の増幅率の平面的な分布を解析するとともに、1992年2月2日に東京湾浦賀水道を震源とする地震の震度分布を推定することにより、両者の整合性を比較検討して微動観測による地盤構造の定量的評価の妥当性と地盤震動特性の平面的分布に関する検討を行った。

2. 足柄平野の地形概要¹⁾

足柄平野は神奈川県南西部に位置し、地形的には大きく箱根・湯河原山地とそれに北接する足柄山地、東部に位置する大磯丘陵に囲まれ、主として酒匂川水系の諸河川により形成された、幅9km、長さ13km程の扇状地性の沖積平野である。また、扇状地の末端部には極めて軟弱な地盤を形成する地域が分布する。足柄平野は沈降性の平野であるため、海面変動によって生じた段丘は顕著ではない。しかし、詳細にみると平野部の中には幾つかの小さい段丘が分布している。また近年、人工地震により地下構造探査が実施されており、P波速度2~5km/s程度の概要的な層構造が推定されている²⁾。

3. 高密度な微動の観測地点および観測方法

観測は1991年5月28日から6月2日にかけての日に、短周期帯域の速度記録による微動観測を行った。また、卓越周波数の時間的な変動の確認のために移動観測と同時刻に定点（基盤）観測を行った。観測地点の測線は発破実験で基盤深度が判っている3地点(SP1~SP3)を結んだ線を基準線に取り、その線を基準に垂直方向と水平方向に間隔約750mで分割し、観測はその交点で測定可能な120地点で行った。観測方法は計測時間を3分間とし、水平方向2成分(NS方向,EW方向),上下成分(UD方向)の3成分の速度記録の測定を行った。観測地点は図-1(●印)に示す。解析は各観測点で得られた観測データに基づいたスペクトル解析により、短周期帯域と長周期帯域における卓越周波数を求めた。

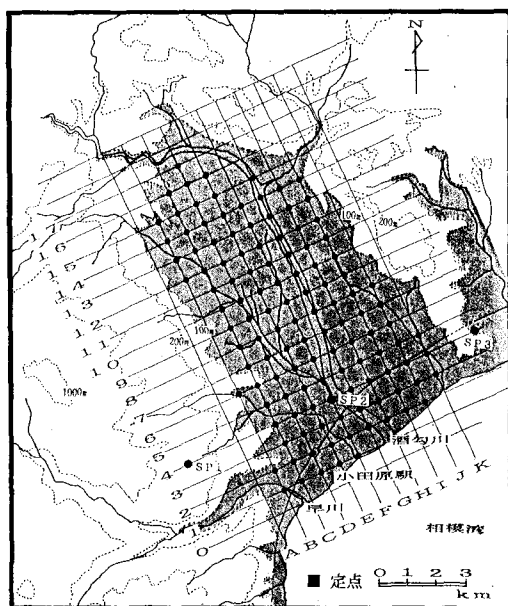


図-1 微動観測地点

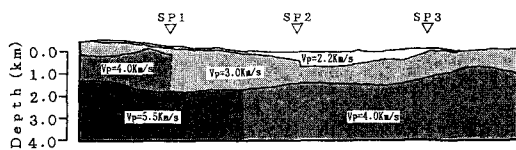


図-2 人工地震探査から推定され地盤構造²⁾

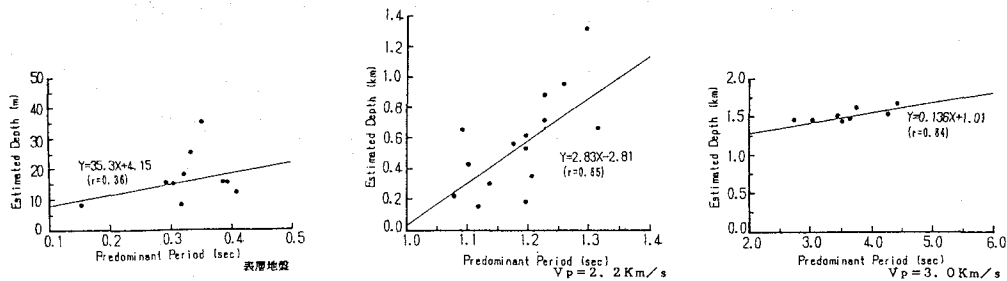


図-3 各地盤の基底深度と卓越周期の回帰分析結果

4. 地盤構造の推定

i) 回帰直線の算出： 足柄平野南部における発破実験から小田原周辺での深層の基盤構造が推定されている(図-2)²⁾。また表層地盤については、多数の「b-リング」資料を基に、小田原周辺の表層地盤の等深度線図が作成されている³⁾。これら地盤構造に関するデータを基に、基盤までの深度が既知の地点について、微動観測の結果得られた卓越周期と、その深度との相関性を調べ、回帰式を算定した。高密度微動観測で得られた結果に基づいて推定した表層地盤、 $V_p=2.2\text{km/s}$ 層、 $V_p=3.0\text{km/s}$ 層のそれぞれの基盤深度(Y)と卓越周期(X)の相関性と回帰直線を図-3に示す。この結果に基づいて、足柄平野の未知の基盤深度を、微動観測によって得られた卓越周期の値から回帰式に従って推定した。

ii) 推定基盤深度： 以上のような方法で足柄平野における表層地盤に関する深度と深層の地盤構造に関する基盤深度を推定した。図-4に足柄平野全域の表層地盤、 $V_p=2.2\text{km/s}$ 層、 $V_p=3.0\text{km/s}$ 層の推定基盤の等深度線図を示す。この図より表層地盤の基盤深度は足柄駅周辺から小田原駅周辺においての南側市街地付近の基盤深度が最も深く深く、軟弱な堆積層が厚く存在していると思われる。また深層の基盤構造は、両基盤とも全体的にみて、南北方向においては、南側の小田原市街地付近の深度が深く、北部に開成町や南足柄市に向かって徐々に浅くなる傾向がみられる。また、東西方向については平野部の両端が比較的浅く、中央部の酒匂川河口付近でぼんでいる構造が認められる。このことは酒匂川の堆積作用の影響と考えられ、足柄平野の地形概要と矛盾しない。

以上、足柄平野におけるやや多点の微動観測から平野部の3次元的な地盤構造を推定することを目的にして微動観測を行った結果、足柄平野において相対的に最も基盤深度が深い地域は酒匂川の河口付近であることが推定され、地形・地盤の概要と整合する結果が得られた。

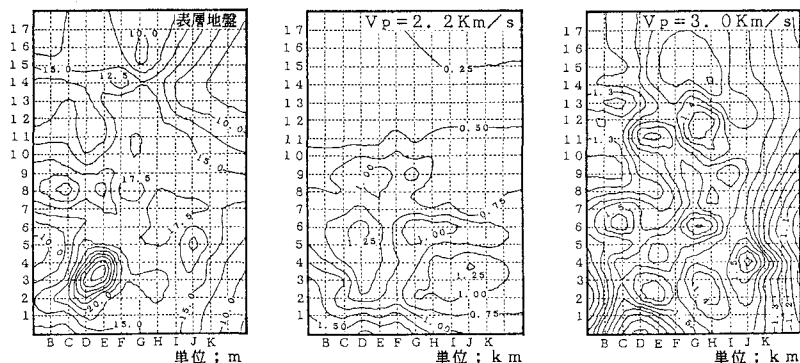


図-4 各地盤の推定基底深度の等深度線図

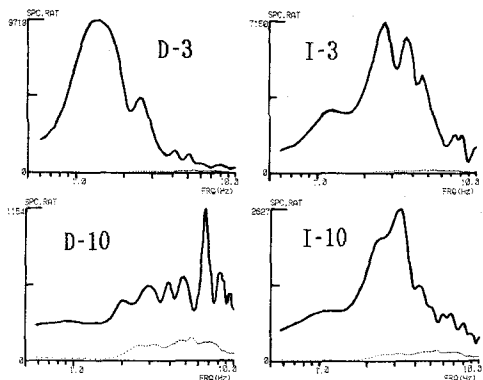


図-5 スペクトル比の算定例

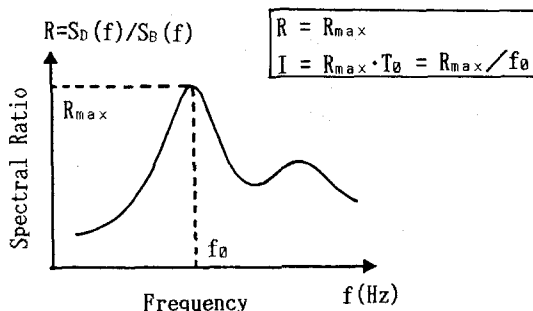


図-6 増幅率の評価

5. スペクトル比による増幅率の平面的分布

i) 増幅率の算定： 足柄平野の多点微動観測に際して、基盤岩の露頭が認められている地点を定点として、平野部の移動観測と同時に定点での観測も合わせて行った。ここでは、平野部と定点での観測結果のスペクトル比を計算することにより増幅率の評価を行った。計算されたスペクトル比の例を図-5に示す。これらのスペクトル比から増幅率を評価するにあたって、図-6に示すような2つの方法により評価を行うこととした。すなわち、単純にスペクトル比の最大値 R_{max} を増幅率(R)として採用する場合と、最大値 R_{max} とそれに該当する周期 T_0 の積($R_{max} \times T_0$)を計算して、その値を増幅率評価値(I)とする場合である。従って、後者には観測地点の地盤構造に基づいた周期特性が考慮されることになる。

(ii) 増幅率分布図： 図-1に示した足柄平野における微動観測のデータを用いて、上記の方法により定点（基盤）と750m間隔の格子の交点として設定した移動観測点とのスペクトル比を計算し、増幅率(R)と、増幅率評価値(I)を算定した。結果を図-7および図-8に示した。また両図に基づいて最大スペクトル比 R と増幅率評価値 I の「コンターマップ」を作成した。結果を図-9、10に示した。図-11は表層地盤の層厚分布のコンターラインであるが、図-9および図-10と比較するとかなり類似した傾向が認められるが、後者は酒匂川東側での「コンター」がより明瞭となっている。

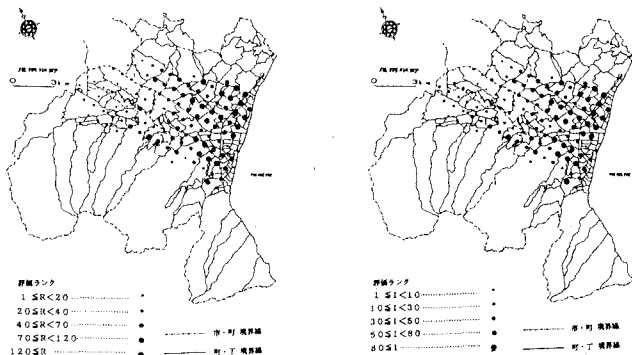


図-7 増幅率(R)の算定結果 図-8 増幅率評価値(I)の算定結果

6. 足柄平野における震度分布

1992年2月2日午前4時4分に発生した地震について、小田原市・南足柄市・足柄上郡開成町において北大方式の「フント」による高密度震度調査⁴⁾を行い、168町丁の震度を算定し、震度分布図とその「コンターマップ」を作成した。気象庁によると、この地震の震源は東京湾南部の浦賀水道で、震源の深さは90kmでM5.7の直下型地震と推定され、東京で震度5、横浜で震度3と

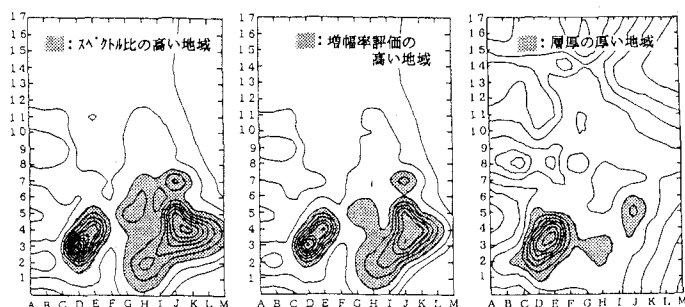


図-9 増幅率(R)の「コンターマップ」

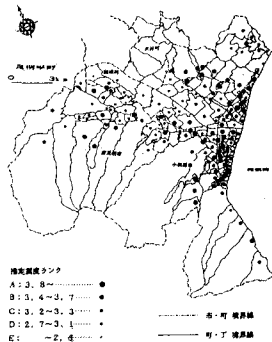
図-10 増幅率評価値(I)の「コンターマップ」

図-11 表層地盤基底の「コンターマップ」

公表されている。アンケート調査票は、表-1に示すように小田原市を中心として各市町の教育委員会を通して公立小・中学校に約3000枚配布し有効回答率は88.9%であった。算定された震度の分布を図-12に示し、この結果に基づいて算定したエンタ-マップ^{*}を図-13に示す。

表-1 アンケート調査票の配布と回収

市・町名	調査枚数	有効回答枚数	有効回答率
小田原市	2388	247	89.7%
南足柄市	577	70	87.9%
箱根町	146	28	80.8%
合計	3111	345	88.9%



7. 増幅率と震度の関係

増幅率評価図(図-8)と震度分布図(図-12)と比較すると、C-2(城山1丁目付近)、D-4(扇町3丁目付近)の小田原駅から北西へ約1.5km以内の地域、G-2(東町5丁目付近)、G-3(寿町5丁目付近)の酒匂川周辺、J-2

(小八幡4丁目付近)、J-4(別堀・高田付近)の国府津駅から西へ約2kmの地域においては震度の高い地域であり、増幅率の大きい地域と比較的良好一致している。また、格子線7より北側(小田原市北部、南足柄市、開成町)の地域では、増幅率、震度ともに比較的小さく両者は良く一致しているように思われる。エンタ-マップ^{*}(図-10、-13)に着目すると、震度分布の高い地域のエンタ-は増幅率の高い地域のエンタ-に比べやや北側にずれているように見えるが、表層地盤の厚さ分布のエンタ-に比べ酒匂川東側の震度分布の高い地域と比較的良好一致している。図-14は増幅率評価値Iと震度との関係を示したものであり、両者はかなり明瞭に比例する傾向を示していることがわかる。

図-13 推定震度のエンタ-マップ^{*}

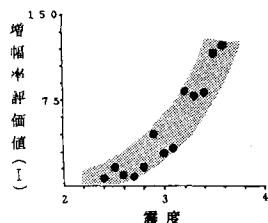


図-14 増幅率評価値(I)と震度の関係

8. まとめ

本報告は、足柄平野における微動の高密度な多点観測に基づいて3次元的地盤構造の定量的な評価を行うとともに、1992年2月2日に東京湾浦賀水道に発生した地震の足柄平野内における震度分布調査の推定結果との整合性から地盤震動特性の平面的分布について検討を行った。以下に結果を簡単にまとめる。

- 1) 高密度微動観測から平野部の3次元的地盤構造を推定した結果、相対的に最も基盤深度が深い地域は酒匂川の河口付近と推定された。このことは地形・地盤の概要と整合する。
- 2) 地盤の増幅率分布では、小田原駅付近および国府津駅西側付近において増幅率が高く、同地域は定点(基盤)に比べかなりゆれやすく、軟弱な堆積層が厚いことが推測される。
- 3) 地盤の増幅率が高い小田原駅付近および国府津駅西側の地域においては、相対的に高い震度評価値を示し両者は整合しており、微動観測による地盤構造の評価は概ね良好であった。

【参考文献】

- 1) 神奈川県;「土地分類調査(小田原・熱海・御殿場)」;1985
- 2) Sadanori Higashi;「UNDERGROUND STRUCTURE BENEATH THE ASHIGARA VALLEY, JAPAN」;Proc. of Nat. Symp. on E.S.G. on Seismic Motion, 1989
- 3) 田治米・荏本;「神奈川県を対象とした地震防災に関する総合的研究(Ⅱ)」;神奈川大学工学研究所所報, No.2, 1979
- 4) 北海道大学工学部;「北海道地区自然災害科学資料センター報告・第2巻」;1988

* 〒221 横浜市神奈川区六角橋3-27-1

** 〒236 横浜市金沢区六浦町4834