

東京都内の地盤分類による常時微動特性

中村 正明¹・岡田 佳久¹・日比野 潤²・中山 俊雄¹

¹正会員 東京都土木技術研究所 (〒136-0075 東京都江東区新砂1-9-15)

²正会員 東京都西多摩建設事務所 (〒198-0042 東京都青梅市東青梅3-20-1)

東京の地盤は、東から西へ沖積低地、台地、丘陵地、山地と変化している。これらの広域的な地域を対象に、地質柱状図やS波速度が明らかになっている100箇所以上の地点で常時微動を測定し、H/Vスペクトル比から卓越振動数を求めた。その結果、卓越振動数は、沖積層が30m以上厚く堆積している埋没谷で1Hz程度、沖積低地の縁で1~2Hz、台地東部で3~6Hz、西部の丘陵地等で6Hz以上の地点が多く、地盤分類により明瞭に卓越振動数帯を区分することができた。さらに、これらの測定地点とは別に、沖積層の層厚が70mから10m台に急変する東京都江東区南西部地域を対象に常時微動測定を行った。この結果においても、H/Vスペクトル比から求める卓越振動数と沖積層厚との関係が認められた。

Key Words : microtremor, ground classification, multiple reflection theory, PS logging

1. はじめに

常時微動のH/Vスペクトル比と地盤特性の研究は多方面で行われているが、結果の妥当性を論じるには、地質柱状図、S波速度等の地盤に関するデータが必要不可欠である。本報告では、東京都内の広域的な範囲を対象に、PS検層等の地盤調査を実施している地点で常時微動を測定し、地盤特性との比較検討を行い、H/Vスペクトル比から求める地盤の卓越振動数と地盤区分とのゾーニングを試みた。

2. 調査地点と調査方法

(1) 地盤区分

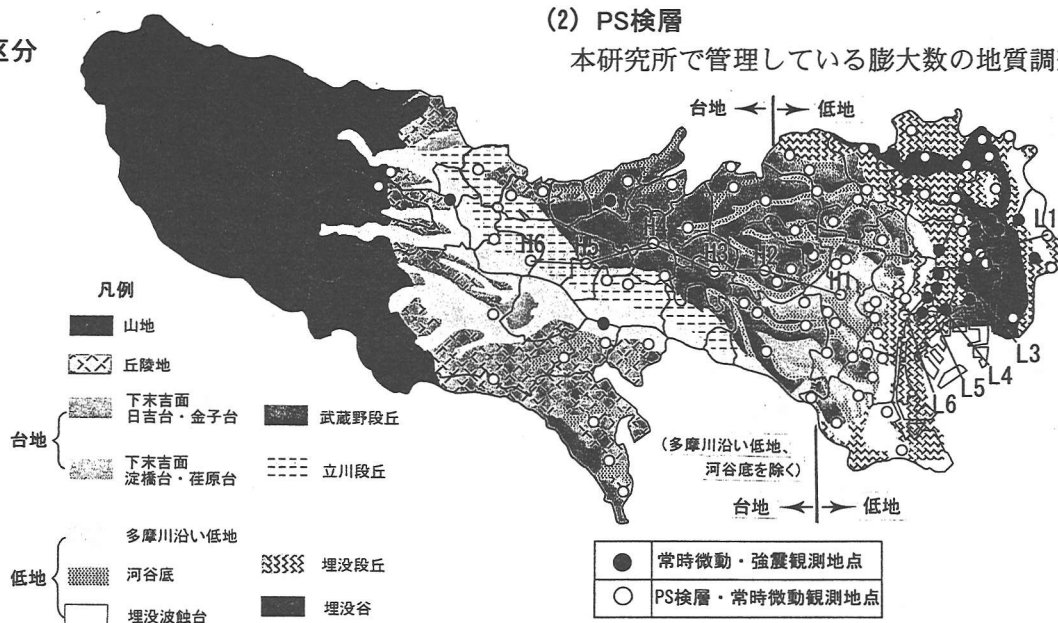


図-1 東京都の地盤区分と調査地点位置図

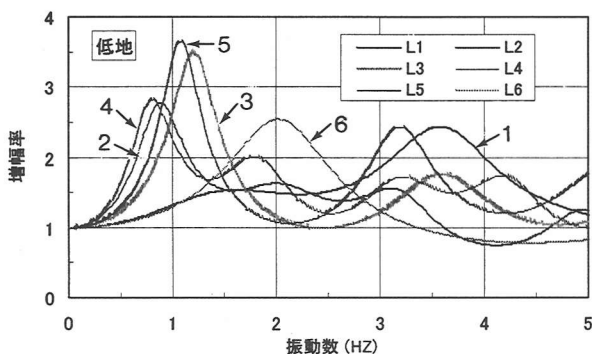


図-2 重複反射法 (低地)

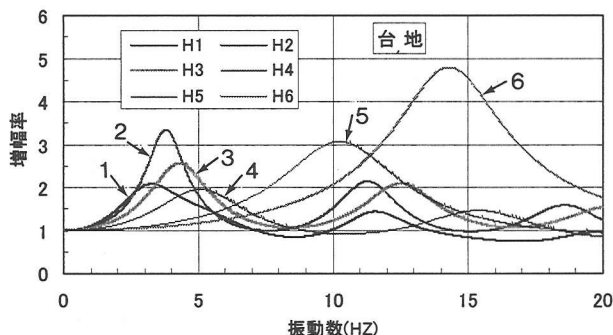


図-3 重複反射法 (台地)

の中から、東京都内の測定点分布が均等になるようにPS検層地点を選定した。さらに、これらの各地点について、地盤調査資料を用いて地層区分と深度毎のS波速度、P波速度、湿潤密度、N値のデータベース化をはかった。

なお、ここで選出したPS検層のデータは過去30年程度にわたり、S波速度の測定に関しては、板たたき法もしくはサスペンション法で行われている。

(3) 常時微動測定

測定は、1地点につき上下動1成分と直交する水平動2成分(NS方向、EW方向)の3成分について行った。測定時間は、原則として雑振動の少ない夜間とし、1地点につき30分間以上の測定を実施した。

3. 重複反射法による解析結果

重複反射法による解析事例として、図-1の調査地点位置図に示した低地部L1～L6、台地部H1～H6の各地点を検討する。一般的に地盤の工学的基盤面はS波速度で300(m/sec)以上、N値で50以上といわれており、この条件を満たす地層までを解析対象深度としたが、L1(江戸川区上篠崎一丁目)のように、これら条件を満たす地層の下位に条件以下の地層が認められる場合には、さらにその下位で条件を満たす地

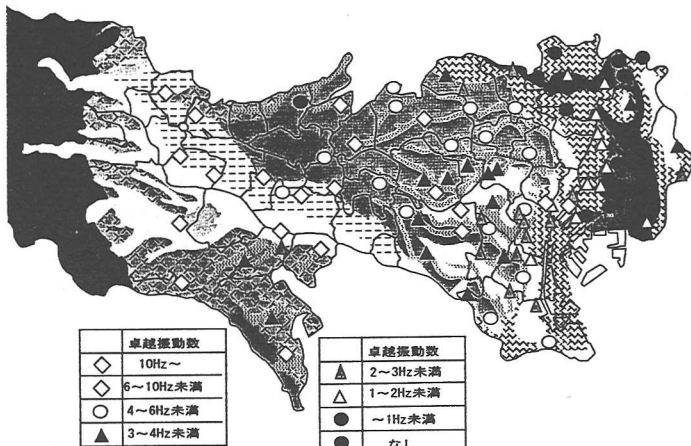


図-4 重複反射法による卓越振動数分布

層に基盤層を求めた。

これらの地盤の層別モデルを作成して、重複反射法により解析した結果を図-2(低地部L1～L6)、図-3(台地部H1～H6)に示す。振幅比のピークを示す卓越振動数は、低地部では全般的に1～2Hz付近、台地部では東部のH1から西部のH6に向かい3～14Hzとなっている。

そこで、図-1に示したPS検層を実施している87地点すべての結果を比較するために、重複反射法により得られた卓越振動数を1Hz未満、1～2Hz、2～3Hz、3～4Hz、4～6Hz、6～10Hz、10Hz以上の7区分の振動数帯に分類し、地盤区分図上に示したものが図-4である。低地部においては、①沖積層の厚い低地部埋没谷で1Hz未満、②埋没谷よりも沖積層の薄い低地部埋没段丘や埋没波蝕台で1～2Hz、台地部においては、③武蔵野面を中心とする東部地域で3～6Hz、④立川面や丘陵地など多摩西部地域で6～10Hz以上の分布地点が多い。

4. 常時微動による解析結果

(1) 解析方法

常時微動測定は、1地点につき30分間以上を行った。これらの波動データの中で、比較的波動の穏やかな4,096個(40.96秒間)の解析用データを切り出し、データの両端10%にsin型テーパウィンドを施し、フーリエ解析を行った。計算により求めたフーリエスペクトルに対してバンド幅0.49HzでParzenウィンドを施し、スペクトルの平滑化を図り、さらに水平2成分の合成を行った。スペクトル比の計算においては、水平2成分のスペクトルを合成した水平動(H)と上下動(V)の振幅比スペクトル(H/V)を求めた。

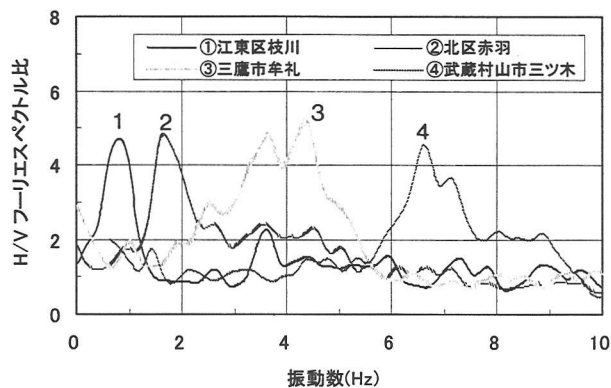


図-5 常時微動H/Vスペクトル比

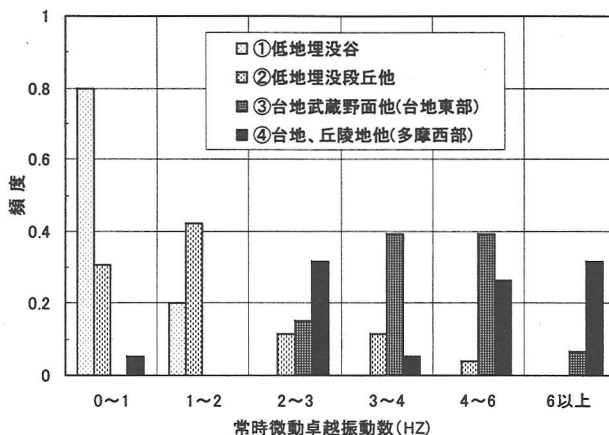


図-7 卓越振動数の頻度分布

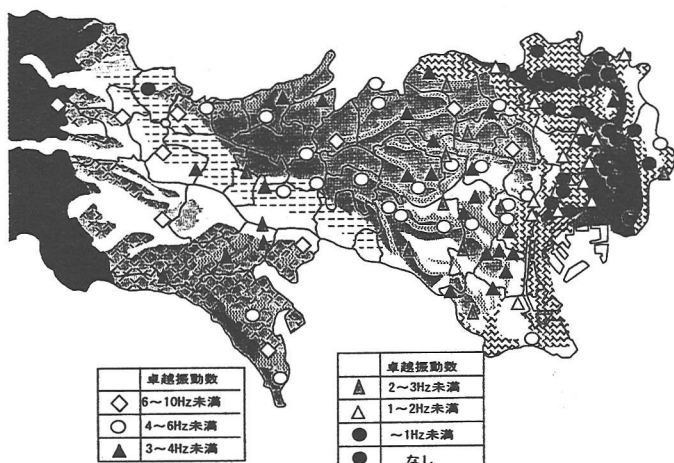


図-6 H/Vスペクトル比による卓越振動数

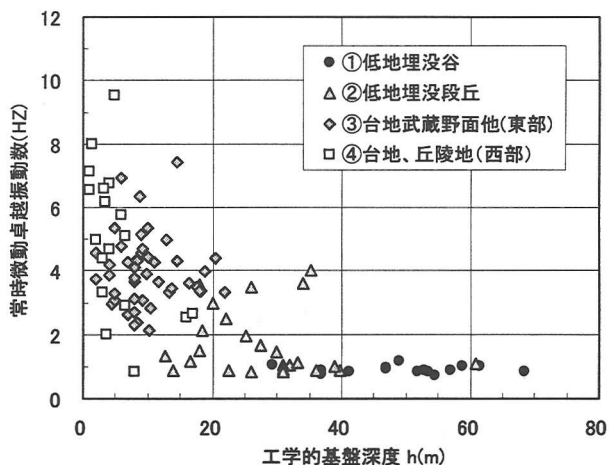


図-8 卓越振動数と工学的基盤深度

(2) H/Vスペクトル比

a) 卓越振動数と地盤区分

前述の重複反射法で分類した4通りの地盤区分に合わせて、①江東区枝川(低地埋没谷)、②北区赤羽(低地埋没段丘)、③三鷹市牟礼(台地武蔵野面)、④武蔵村山市三ツ木(多摩地区西部)のH/Vスペクトル比を図-5に示す。これより、①地域から④地域に向かい卓越振動数が大きくなる傾向が認められる。

次に図-4で示した重複反射法による地表面地盤の卓越振動数と同様に、常時微動測定を実施した106地点の結果を用いて、H/Vスペクトル比の卓越振動数を振動数帯で分類し、地盤区分図に示したものが図-6である。振動数帯は、1Hz未満、1~2Hz、2~3Hz、3~4Hz、4~6Hz、6Hz以上の6区分に分類している。これより、①地域で1Hz未満、②地域で1~2Hz、(葛飾区、江戸川区内の埋没波蝕台では2Hz以上も存在する)、③地域で3~4Hzと4~6Hz、④地域で6Hz以上の分布が多い。なお、山地に位置する青梅市長淵では明瞭なピークは認められなかった。

これら分布の特徴を都内区部の全中学校で常時微動を測定した大町らの報告³⁾と比較すると、低地と

台地の境界がおおよそ2Hz付近であることは概ね一致しているが、台地部では本報告の方が振動数は高い傾向にある。

さらに、4区分の地盤分類における各区分別の卓越振動数を頻度分布で表したものが図-7である。本図より、①地域では1Hz未満で80%、1~2Hzの頻度を合わせると100%となり、全般的に卓越振動数は低い。②地域では1Hz未満で30%、1~2Hzで40%となり、①地域と比較すると1~2Hzの頻度が高い。③地域では3~4Hzで40%、4~6Hzで40%となり、低地と比較して明確に卓越振動数は高くなる。④地域では2~3Hz、4~6Hz、6Hz以上の各振動数帯で30%程度を示しており、低振動数から高振動数まで分布範囲に広がりを見せているのが特徴的である。

b) 工学的基盤深度と卓越振動数

各測定地点の工学的基盤深度と卓越振動数の関係を図-8に示す。工学的基盤深度は原則的に重複反射法の解析対象深度であるN値=50以上もしくはS波速度300(m/sec)以上の地層の上位までとしたが、深度の決定にあたっては、地質柱状図を十分に精査し、最も妥当と考えられる地層を決定した。

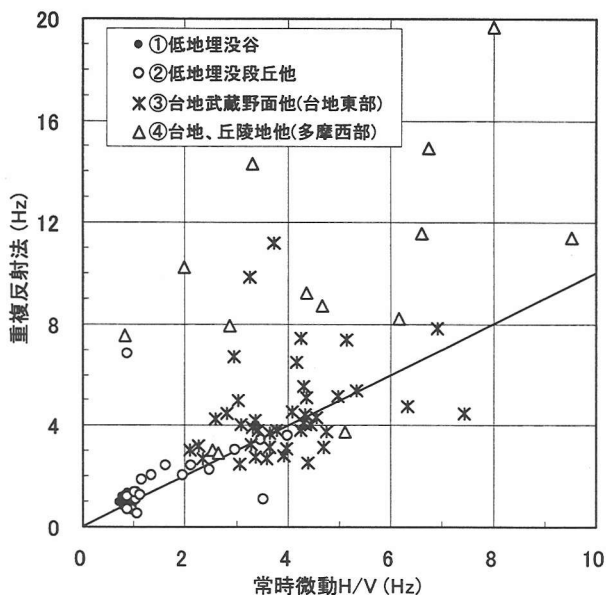


図-9 重複反射法と常時微動の卓越振動数の比較

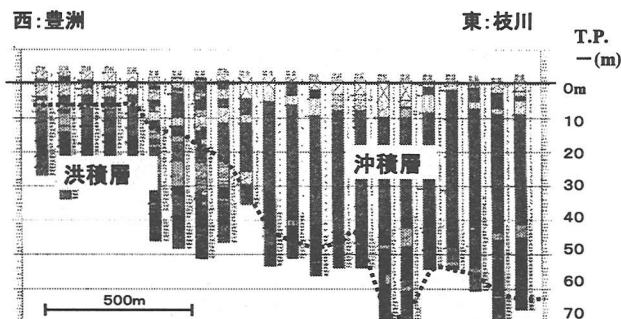


図-10 地盤断面図 (地質柱状図)

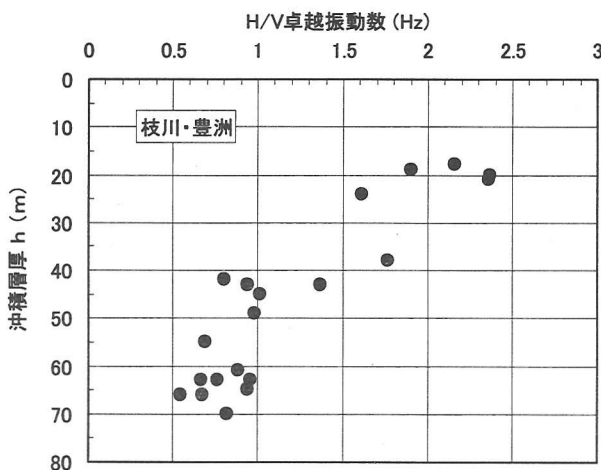


図-11 卓越振動数と沖積層厚

これより、全般的に工学的基盤深度は、低地の①地域から多摩西部地域の④地域へと浅くなり、支持層深度が30～70mの地点では、卓越振動数は1Hz程度、20～40mでは1～4Hz、20～30mでは1～3Hz、10～20mでは1～4Hz、10m以下では2～8Hzに概略分布している。

(3) 重複反射法との比較

重複反射法による卓越振動数と常時微動のH/Vスペクトル比による卓越振動数との比較を図-9に示す。本図より、①地域では重複反射法、常時微動ともに1Hz付近にデータが集中しており、両者の値はほぼ一致している。②地域では1～3Hz程度の分布で良好な対応を示している。③地域では、一部地点を除いて2～5Hzの範囲で比較的良好な対応を示している。④地域では全般的に常時微動と比較して重複反射法の方が大きい値を示しており、両データにおける1:1の対応は認められない。

5. 沖積層厚が急変する地域の常時微動特性

東京都全域の常時微動特性について示してきたが、ここでは地盤の変化する小範囲域での常時微動特性について検討する。対象としたのは江東区南西部(枝川・豊洲地区)で、約2kmの範囲に沖積層の厚さが70mから10m台に急変する地域である。地盤断面図(地質柱状図)を図-10に示す。

本地域において、前述の報告とは別に20地点で常時微動を測定し、H/Vスペクトル比を求めた。当所の地盤資料から判定した各地点の沖積層の層厚と卓越振動数の関係を図-11に示す。これより、沖積層厚が20m程度では卓越振動数が1.5～2.5Hz、40～50mで0.8～1.4Hz、60～70mで0.5～0.9Hzの範囲に分布し、沖積層の層厚と卓越振動数の関係が確認できる。

6. あとがき

東京都内の低地、台地、丘陵地など、ほぼ全域の地盤震動特性をS波速度や常時微動測定から明らかにした本研究は、東京都の地震防災事業の基礎資料として非常に利用価値の高いものと判断する。今後はさらにデータの蓄積をはかり、中小河川の河谷底や盛土・切土の造成地盤等を対象含めて、詳細な検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 東京都土木技術研究所：東京都総合地盤図Ⅰ－東京都地質図集3－、東京の地盤
- 2) 東京都土木技術研究所：東京都総合地盤図Ⅱ
- 3) 大町達夫，紺野克明，遠藤達哉，年縄巧：常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定方法と改良の適用，土木学会論文報告集No. 489/I-27, pp. 251-260, 1994

(2001.4.25 受付)