

常時微動計測に基づく名古屋市域の地盤震動特性と基盤深さの推定に関する研究

A study on the characteristics of ground motion and the depth of seismological bedrock and engineering-basis bedrock in Nagoya city based on microtremor measurements

中村 仁^{*1} 福和 伸夫^{*2} 高橋 広人^{*3} 飛田 潤^{*4} 堀 啓輔^{*1}

Hitoshi NAKAMURA Nobuo FUKUWA Hirohito TAKAHASHI Jun TOBITA Keisuke HORI

In order to estimate characteristics of ground motion and subsurface structure in Nagoya City, spectral ratios between horizontal and vertical components(H/V spectra) based on the microtremor records measured at 341 sites are used. Before using H/V spectra, interpretations of H/V spectrum for microtremors and strong ground motion are examined at the site where the subsurface structure had been clarified. As a result, it is confirmed that H/V spectrum for microtremors is the amplitude ratio between horizontal and vertical motion of Rayleigh wave including higher modes. Based on it, we investigate relationship between the shape of H/V spectrum for microtremors and subsurface structure in Nagoya City. The depth of seismological bedrock and engineering-basis bedrocks are also estimated from predominant periods of H/V spectrum for microtremors.

Keywords : Microtremors, H/V spectrum, Rayleigh wave, body wave, seismological bedrock, engineering-basis bedrock
常時微動、H/Vスペクトル、レーリー波、実体波、地震基盤、工学基盤

1. はじめに

地震被害に影響を及ぼす重要な要素として地盤構造が挙げられる。兵庫県南部地震において“震災の帯”と呼ばれる被害集中地域が発生した要因に深度1000m以上の深部地盤構造の不整形性を挙げる報告¹⁾もある。従って、建物の耐震設計や地域の地震防災を考える上で、深部から地表までの地盤構造を解明し、地盤の震動特性を把握することは非常に重要である。地盤構造や地盤震動特性を把握する方法にはPS検層・標準貫入試験等の地盤を直接掘削する方法、地震動を観測する方法、常時微動を用いる方法などがあるが、この中で常時微動を用いる方法は簡易かつ安価に行えるため、近年その有用性が注目されている。中でも水平上下スペクトル比(以下H/Vスペクトル)を用いる方法²⁾は経時変化が少なく安定しており、地盤構造を反映したものとして広く用いられている。しかしその卓越振動数やスペクトル形状の意味はあまり明確にされていない。また、一般に微動は表面波、地震動は実体波の影響が大きいと考えられ、微動による地盤震動特性の分析結果がそのまま地震動に適用できる

とは限らない。一方、兵庫県南部地震を契機として急速に強震観測網が整備され、微動記録と強震記録双方を用いた地盤震動特性の分析が可能となりつつある。

本論では、ボアホール強震観測点やPS検層地点のH/Vスペクトルの分析を行うとともに、スペクトル形状から主に名古屋市域の地盤震動特性の把握を試みる。また、微動H/Vスペクトルの卓越振動数から簡易的に名古屋市域の地震基盤及び工学基盤の推定を行う。なお、ここでいう工学基盤はS波速度が400~500m/sec程度でありかつ速度構造のコントラストが明瞭な層を指している。したがって、S波速度で一律に決まる層ではない。本論で用いるデータは1996年から1998年にかけて著者らが行った名古屋市内の常時微動計測記録(341地点)である。

2. 常時微動計測の概要

図1に常時微動計測の実施地点を示す。計測には、動コイル型の3ch微動計と専用のアンプを用いた。微動計は固有周期5秒の速度計である。計測は水平2成分、上下1成

*1名古屋大学大学院工学研究科建築学専攻・大学院生

*2名古屋大学先端技術共同研究センター・教授・工博

*3応用地質株式会社(元:名古屋大学大学院生)・修士(工学)

*4名古屋大学工学部社会環境工学科・助教授・工博

Graduate Student, Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., Nagoya Univ.
Prof., CCRAS, Nagoya Univ., Dr. Eng.

Oyo Corporation, Ms. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Civil Eng. and Architecture, School of Eng., Nagoya Univ., Dr. Eng.

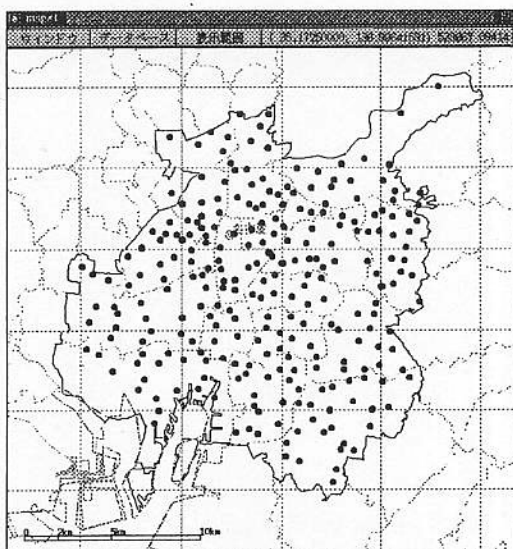


図1 常時微動計測地点の分布

分の計3成分の速度記録をサンプリング振動数100Hzで23分間収録している。また、高振動数成分のエイリアジングを防ぐためにローパスフィルター10Hzを使用し、AD変換の分解能を14bitとした。波形処理を行う際には、収録した23分間の波形データから外乱の少ない163.84秒の区間を8個抽出し、水平2成分のフーリエスペクトル振幅のアンサンプル平均の二乗和平方根を求め、上下成分のフーリエスペクトル振幅のアンサンプル平均との比からH/Vスペクトルを求めた。さらに0.05HzのパーツェンウィンドウによりH/Vスペクトルの平滑化を行った。

3. H/Vスペクトルについて

H/Vスペクトルの利用に先立ち、H/Vスペクトルの周期特性と地盤特性・強震動特性との関係を考察する。ここではPS検層により $V_s=530\text{m/sec}$ の工学基盤までのS波速

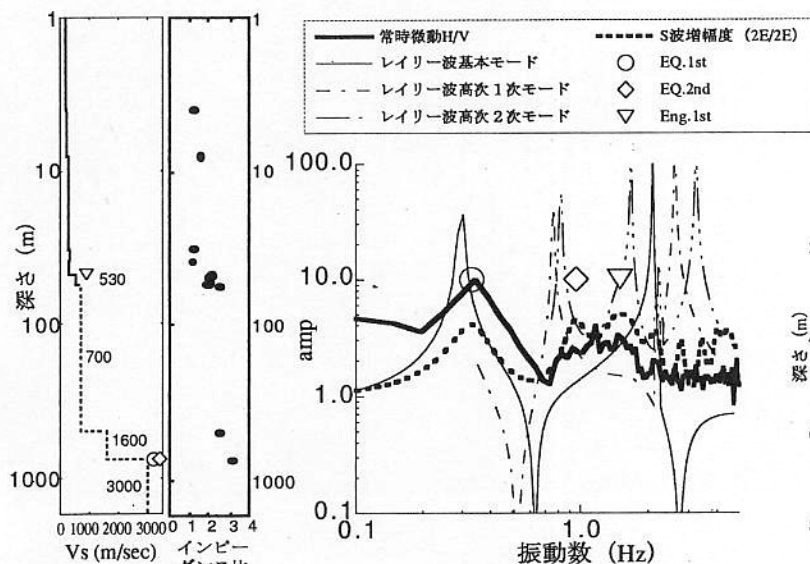


図2 計測地点における地盤構造

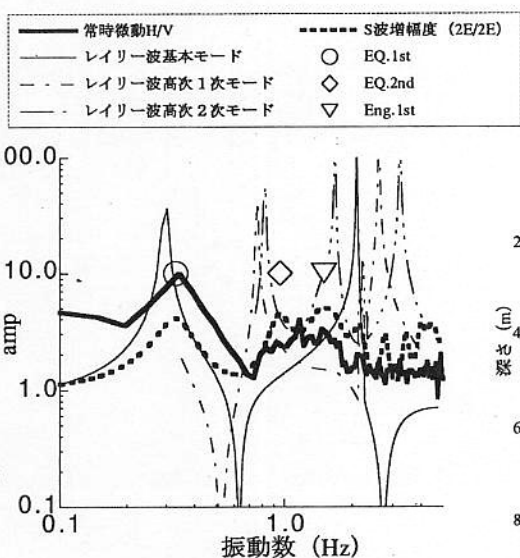


図3 微動H/Vスペクトルとレーリー波
水平上下振幅比・S波増幅度

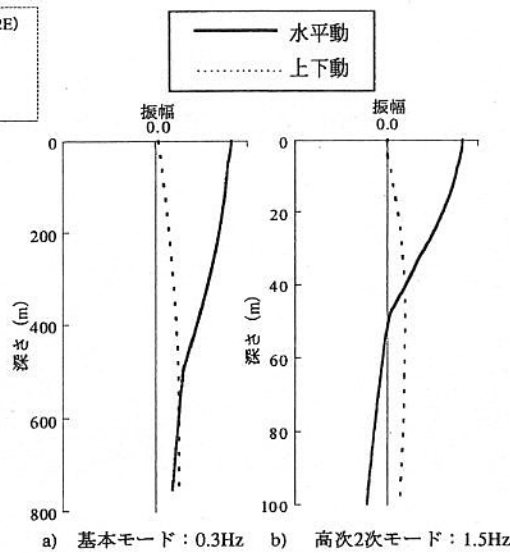


図4 卓越振動数における深さ方向の振幅分布

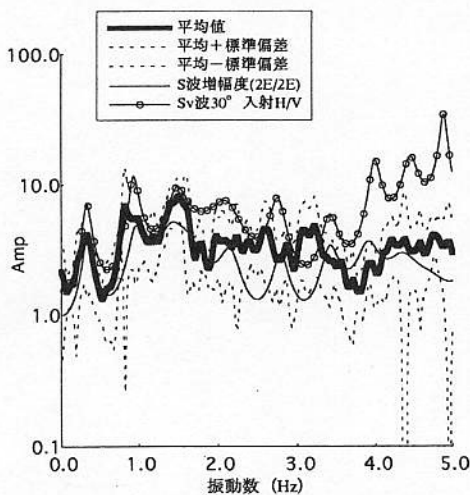


図5 地震動H/VスペクトルとS波増幅度

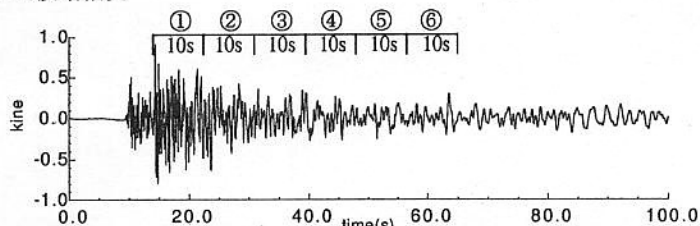


図6 1998年4月22日三重・岐阜県境の地震 (M5.4) EW方向の強震記録

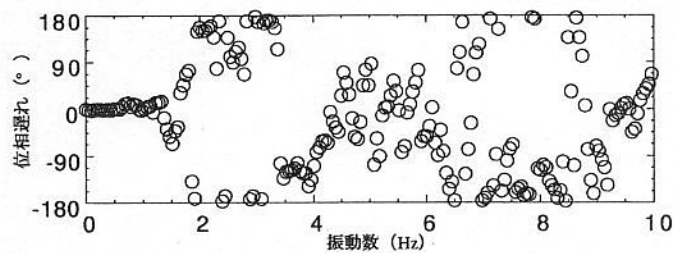


図7 地中記録に対する地表のフーリエスペクトル比の位相 (図5中①の区間)

度構造が明らかになっている名古屋大学内のボアホール強震観測地点で微動記録と強震記録の分析を行う。なお本論文では、読者の混乱を避けるため、微動のH/Vスペクトルは単にH/Vスペクトルとし、地震動に対して適用する際は地震動H/Vスペクトルと呼ぶこととする。

3.1 常時微動H/Vスペクトル

図2に計測地点の速度構造と地層境界でのインピーダンス比（下層／上層）を示す。なお深部地盤構造については既存資料⁹⁾の推定地盤構造を用いている。図3に常時微動のH/Vスペクトルと、図2の地盤構造を基に計算したレーリー波基本モード～高次2次モードの水平上下振幅比、 $V_s=3000\text{m/sec}$ の基盤面の入射振幅の2倍に対するS波増幅度を示す。図3より、1秒以上のやや長周期域において、微動H/Vスペクトルの0.3Hz付近のピークはレーリー波基本モードの水平上下振幅比と対応し、地震基盤以浅のS波増幅度の1次固有振動数（図中○印）とも対応が良い。また、微動H/Vスペクトルの1.0～1.5Hz付近のなだらかな山はS波増幅度の地震基盤からの2次振動数（図中◇印）や530m/sec層以浅からの固有振動数（図中▽印）の位置に対応するが、2Hz以上でフラットな形状になりS波増幅度の振動数特性とは差違が生じる。一方、レーリー波の水平上下振幅比と比較すると、短周期域の形状は高次モードのピークに対応するようにも見られる。そこで、図4に0.3Hzのレーリー波基本モード(a)と1.5Hzのレーリー波高次2次モード(b)の深さ方向のモード形を示す。水平モード形に着目すると(a)では地震基盤以浅（約800m）、(b)ではS波速度530m/sec（約50m）以浅の変位が卓越しており、インピーダンス比の大きい層境界の影響を受けてピークが現れていることがわかる。以上より微動H/Vスペクトルの周期特性は既往の研究⁹⁾のようにレーリー波の基本モードと高次モードの重ね合わせにより説明でき、ピーク周期はインピーダンス比の大きい層境界の影響を受けて現れると考え、4章以降の考察を進める。なお、微動にはラブ波も含まれると考えられるが、その寄与については今後の課題としたい。

3.2 地震動H/Vスペクトル

現在名古屋市域でも強震観測網の充実が進んでおり、また本章で対象としている地点には多数の強震観測記録が存在する。今後の地震記録の分析と微動記録の分析の連続性を確保するために、同地点で地震動H/Vスペクトルについて検討する。

図5に地震動H/Vスペクトルと $V_s=3000\text{m/sec}$ の基盤面に対するS波増幅度を示す。地震動H/Vスペクトルには同地点で観測された地震記録13波（M3.9～5.6、最大加速度1.3～97gal）の平均値と平均値±標準偏差を示している。ここで用いるS波部の上下動は、基盤に斜め入射したSv波がP波に変換されて伝播してきたものであると考えられ、この様な指摘は藤堂ら⁹⁾によってもなされてい

る。したがって、S波部のH/VはSv波斜め入射の理論H/Vに対応していると考えられる。そこで図5に、例として $V_s=3000\text{m/sec}$ 層に入射角30度で入射した場合の理論H/Vも併せて示す。なお、入射角が臨界角以下の場合には、理論H/Vのピーク周期はほとんど変化せず、ピークレベルだけが入射角が大きくなるほど小さくなる。

また、佐藤ら⁹⁾はS波到達後の表面波の混入が、H/Vスペクトルの形状を経時的に変化させることを指摘しており、その算定に際しては時間区間の十分な吟味が必要である。そこで、地中（-57m）と地表の強震記録を用いて、S波初動から10秒間毎に波形を切り出し（図6参照）、それぞれの地中記録に対する地表のフーリエスペクトル比の位相により波の伝播特性を検討した。一例として図7に1998年4月22日三重・岐阜県境地震（M5.4）のS波初動から10秒間の地中記録に対する地表の位相遅れを示す。図7よりこの時間区間では、1Hz以上の高振動数域において観測点間の距離に応じた位相遅れが明確に認められる。従って、S波初動から10秒間の特に1Hz以上の高振動数では、主としてS波が下方から伝播していると判断できる。これより後の時間区間については、震源の方向及び地震規模によって佐藤ら⁹⁾の指摘のように表面波の影響が混在する場合も認められた。同様の検討を13の地震記録に対して行った結果、全ての地震記録に関してS波初動からの10秒間では実体波が優勢であることが確認されたので、地震動H/Vスペクトルの作成には各地震記録のS波初動から10秒間の波形を用いた。ただし、1Hzより低振動数では、サンプルの継続時間が不十分なこと、明瞭な位相遅れが認められないことから、今回の検討対象外と考える。

図5より、地震動H/Vスペクトルには地震波による振幅のばらつきはあるものの高振動数まで明確なピークが存在しており、4次程度までは理論H/VとS波増幅度に類似した振動数特性を示している。これは、地震動のH/Vスペクトルから地盤の固有震動特性を検討できる可能性を示唆している。

4. H/Vスペクトルのカテゴリー分類

前章の検討により微動H/Vスペクトルの周期特性は地盤構造を反映したものであると考えられる。そこで若松ら⁹⁾にならいH/Vスペクトルの形状に着目して、341地点のH/Vスペクトルをその振動数特性によって7つのカテゴリーに分類した。図8に各カテゴリーの典型的なH/Vスペクトルの形状を示す。これらは、

- ①：周期1秒未満に地震基盤以浅の1次固有周期に対応するピークが単峰で存在する。
- ②：やや長周期域に明瞭なピークを有し、かつ短周期域の形状がフラットでピークがない。
- ③：やや長周期域に明瞭なピークを有し、かつ明瞭ではないがやや長周期域のピークに隣り合って短周期域の小さいピークが1つ確認できる。

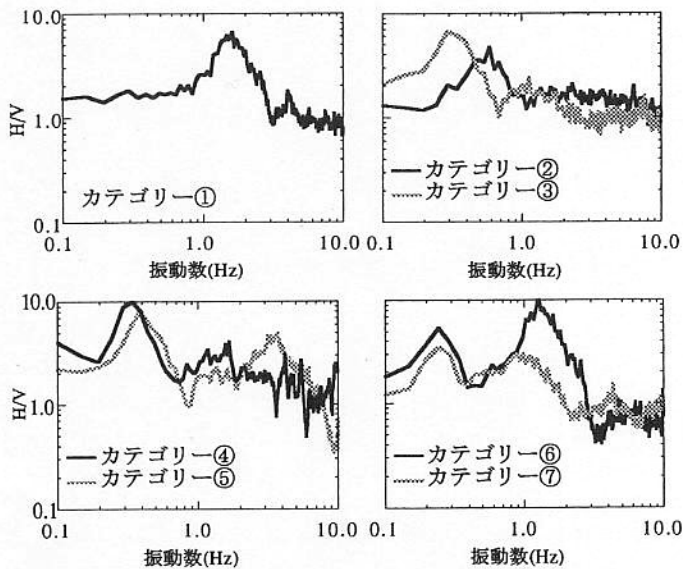


図8 微動H/Vスペクトルのカテゴリー分類

- ④：やや長周期域に明瞭なピークを有し、かつ明瞭ではないがやや長周期域のピークに隣り合って短周期域の小さいピークが複数確認できる。
- ⑤：やや長周期域に明瞭なピークを有しかつやや長周期域のピークと短周期域のピークとの間にフラットな部分がある。
- ⑥：やや長周期域・短周期域共に明瞭なピークを有し、特に短周期側のピーク振幅が大きい。
- ⑦：やや長周期域・短周期域共にピークを有するが短周期域ピークが緩やかで裾野が広い。

という特徴を持つ。

図9に名古屋市内のカテゴリー分布を示す。図中のアルファベットAn～Fは名古屋市を地形・地質年代・沖積層基底面標高⁷⁾・地震基盤深さの既存資料⁹⁾に基づき分類したものであり、その特徴は

- An：東部丘陵地北部で第三紀層が表層に分布する。
地震基盤深さがグループ中最も浅い。
- As：東部丘陵地南部で第三紀層が表層に分布する。
- B：名古屋市中心部に位置し洪積層が分布する。
- C：名古屋市北部に位置し沖積層が表層に分布する。
- D：名古屋市西部に位置し沖積層が表層に分布する。
- E：名古屋市南西部に位置し埋立地・干拓地が広がる。地震基盤深さがグループ中最も深い。
- F：名古屋市南部に位置し埋立地・干拓地が広がる。

である。

図9をみると微動H/Vスペクトルのカテゴリーと既存の地盤資料に基づくグループ分けとがよく対応しており、H/Vスペクトルの形状が地盤構造の地域性を反映していることが伺える。

以下に名古屋市内のPS検層地点からカテゴリー②～⑦に相当する6地点を抽出し、地盤構造とカテゴリーとの関係を検討する。図10に検討に用いた6地点の位置を、図11にS波速度構造と各層境界のインピーダンス比を、図

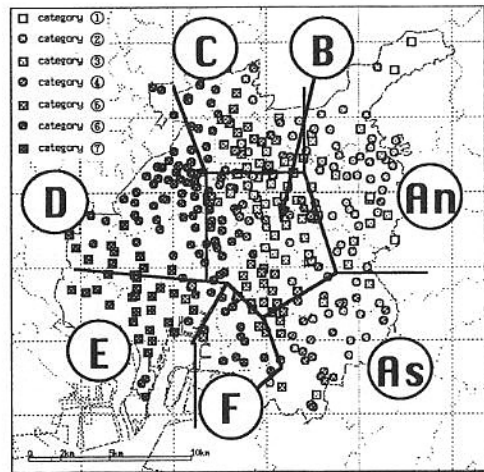


図9 微動H/Vスペクトルのカテゴリーの分布

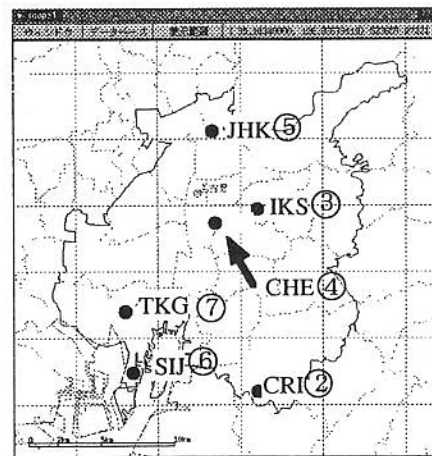
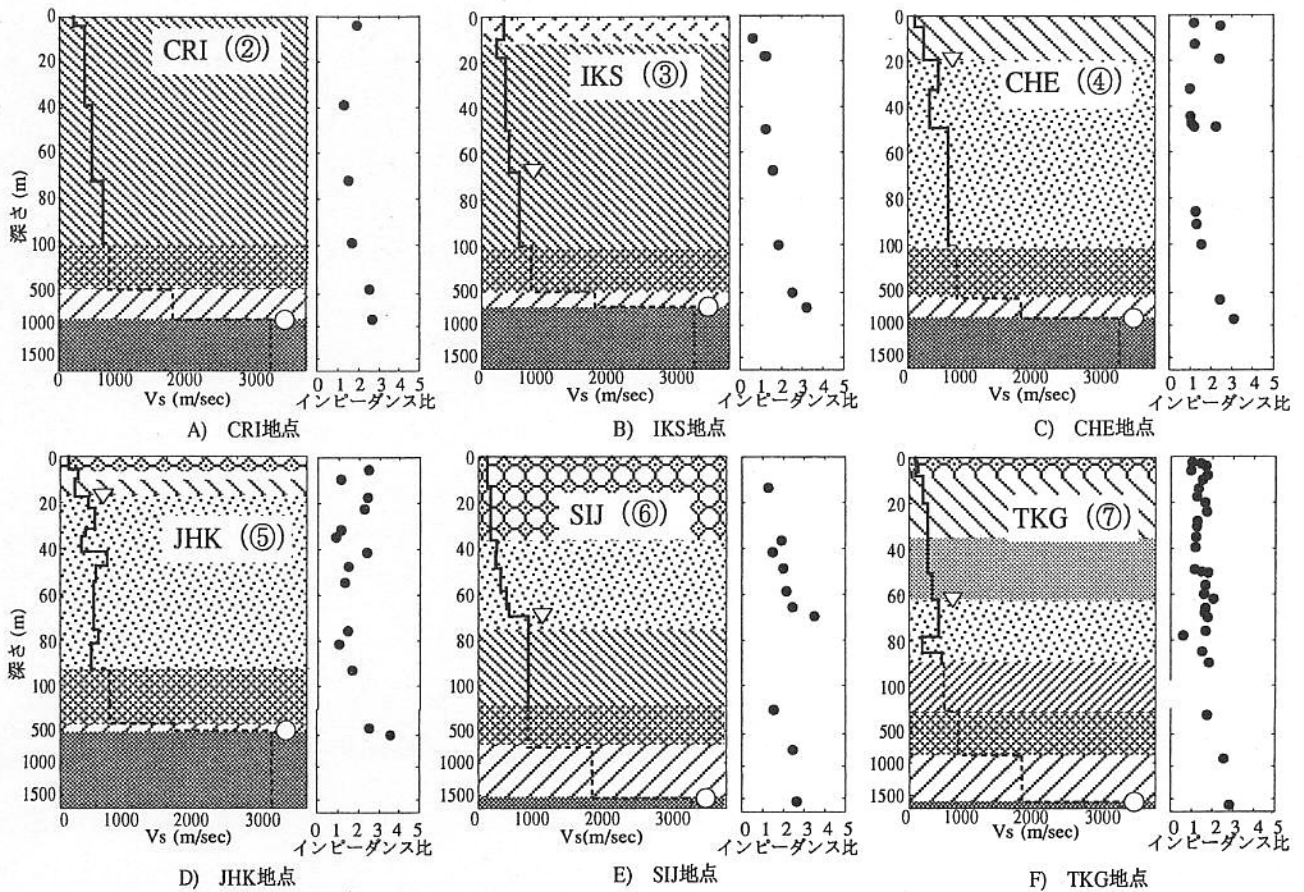


図10 PS検層地点の分布 (丸数字は対応するカテゴリー)

12に微動H/VスペクトルとS波速度3000m/sec層以浅の地盤のS波増幅度とレーリー波基本モード、高次1次～2次モードの水平上下振幅比を示す。図12よりやや長周期域において、H/Vスペクトルの1つ目のピークは各地点共、レーリー波基本モードの水平上下振幅比と対応がよく、地震基盤以浅の1次固有振動数(○印)とも対応がよい。また、短周期域において、カテゴリー②～④に相当する地点ではレーリー波高次モードに現れるピークはH/Vスペクトルの形状に確認できず、その形状は基本モードに引きずられているように思われる。一方、カテゴリー⑤～⑦に相当する地点ではH/Vスペクトルに2つ目の明瞭なピークが存在する。このピーク位置はレーリー波高次2次モードの水平上下振幅比に現れるピークに対応しており、レーリー波の高次モードの影響を受けていると考えられる。時松ら⁹⁾により短周期微動では概ねレーリー波基本モードが卓越するが、高次モードが卓越する場合もあるとの報告がある。カテゴリー⑤～⑦に相当する地点での高次モードの影響についての検討は今後の課題としたい。

以下に各地点毎にH/Vスペクトルと地盤構造との関係を検討する。カテゴリー②、③に属するCRI、IKS地点で



沖積層 熱田層(下)
 鳥居松礫層 海部・弥富累層
 大曾根層 八事・唐山層
 熱田層(上) 矢田川累層

Vs=700m/s層
 Vs=1600m/s層
 Vs=3000m/s層

図11 カテゴリーを代表する地点のS波速度構造とインピーダンス比
※破線は福和ら¹¹⁾の推定地盤構造

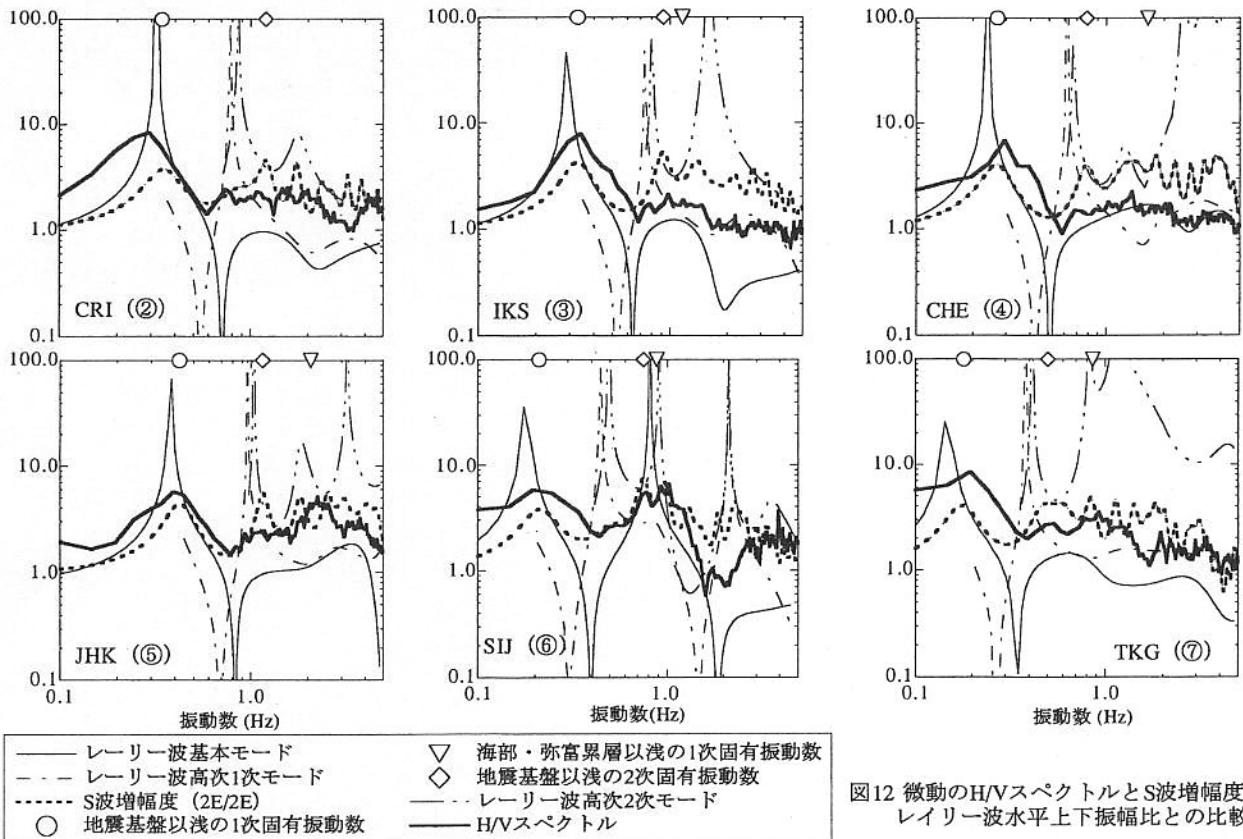


図12 微動のH/VスペクトルとS波増幅度、レイリー波水平上下振幅比との比較

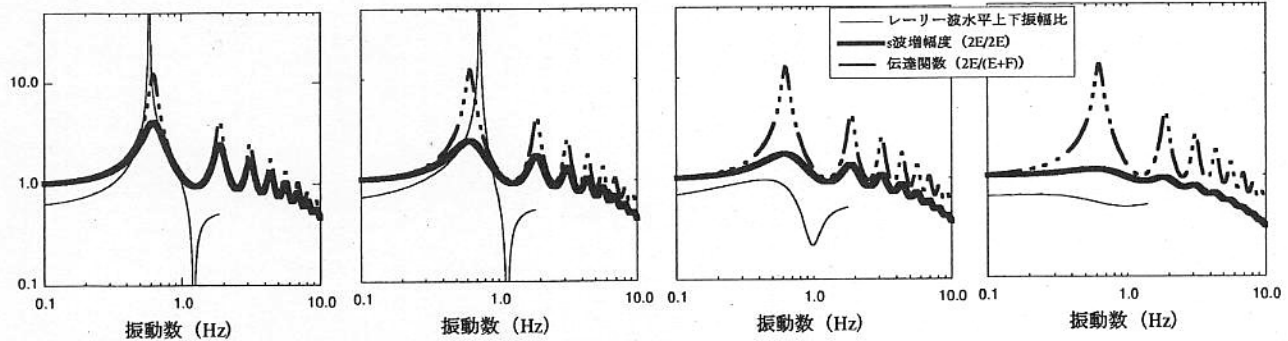


図13 レーリー波モード比とS波増幅度 ($2E/2E$) と伝達関数 ($2E/(E+F)$)
(左からインピーダンス比6.0、3.0、2.0、1.25)

は深度10m付近でS波速度が300~500m/secに達しており、深度10m以降ではS波速度が漸増する地盤構造になっている。カテゴリー②、③はH/Vスペクトルの短周期域にピークがないか、小さいピークを有する。これは若松⁹⁾が大阪平野において実施した微動観測において、表層に洪積層が堆積しS波速度構造が地下に向かって漸増するようなどころでは、H/Vスペクトル短周期域にピークが存在しないとしている報告と一致する。カテゴリー④に相当するCHEは、深度20m付近でインピーダンス比の大きい海部・弥富累層が現れ、20m以深ではインピーダンス比が増加・減少を繰り返す。これは海部・弥富累層が礫層と海成粘土層の互層で構成されているからである。従ってこれらの層毎にピークが現れるため、短周期域に複数のピークが現れるものと考えられる。カテゴリー⑤に属するJHKは浅部の地盤構造はCHEに類似している。CHEと異なる点は深部の地盤構造である。カテゴリー⑥に相当するSIJは、深度40mほどでインピーダンスの大きい海部・弥富累層に達するが、40m以降ではCHE等と異なり、S波速度が漸増している。また、深度70m付近にインピーダンス比が3.0を超える海部・弥富累層中の第三礫層(図11中▽)があり、この層境界からのピークが短周期域に明瞭に現れると考えられる。カテゴリー⑦に相当するTKGはインピーダンス比の大きい海部・弥富累層が深度60m付近(図11中▽)で現れており、この層境界に対応するピークが短周期域に現れていると考えられる。しかし、その層境界前後にも比較的インピーダンス比が大きい層境界を有するため、短周期のピークが緩やかになっていると考えられる。カテゴリー⑥~⑦の2次振動数に対応するレーリー波の高次モード形は海部・弥富累層以浅で振幅が卓越しており、図7(b)と同様の考察ができる。

5. H/Vスペクトル卓越周期に基づく地盤構造の推定

5.1 2層地盤モデルによる検討

H/Vスペクトルの卓越周期に基づいて簡易的な地盤構造の推定を行う。3章により、H/Vスペクトルは高次モードまで含めたレーリー波の水平上下振幅比である程度説明できること、そのピークはサイトの数値構造(イ

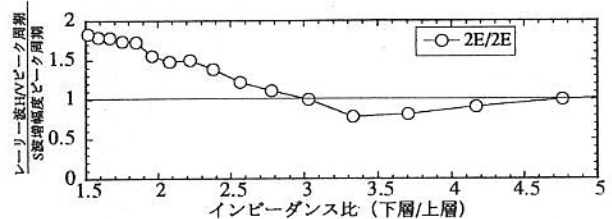


図14 レーリー波モード比ピーク卓越周期と
S波増幅度卓越周期($2E/2E$)との関係

ンピーダンス比の大きい層境界)に依存して現れることが分かった。しかし、レーリー波の水平上下振幅比のピーク周期と地盤の固有周期とは必ずしも一致するものではない⁹⁾。そこで地盤構造推定に先立ち簡単な2層地盤モデルを用いてレーリー波基本モードの水平上下振幅比ピークとS波増幅度 ($2E/2E$) ピーク、伝達関数 ($2E/(E+F)$) ピークとの関係を検討する。図13にレーリー波水平上下振幅比とS波増幅度 ($2E/2E$)、伝達関数 ($2E/(E+F)$) とインピーダンス比の関係を示す。図13よりインピーダンス比が大きくなるほどレーリー波の水平上下振幅比は明瞭なピークを示し、S波増幅度の1次固有振動数とも近接してくることが分かる。図14にインピーダンス比と、レーリー波水平上下振幅比卓越周期とS波増幅度 ($2E/2E$) 卓越周期の比との関係を示す。図14からインピーダンス比が3.0以上では周期比が1.0に近接することが分かる。従って、インピーダンス比がある程度大きな層境界を有する地盤構造においては、H/Vスペクトルの卓越周期を地盤の固有周期とみなしてもよいといえる。しかし、インピーダンス比の小さい層境界によって現れたH/Vスペクトルのピークに関しては地盤の固有周期と差違があることが分かる。

5.2 地震基盤深さの推定

図15に微動H/Vスペクトルから得られたやや長周期域卓越周期分布を示す。図16に各計測地点について福和ら⁹⁾による地盤モデルから求めた地表から地震基盤上面までの平均S波速度を、地形・表層地質の地域分類毎(図9参照)に示す。図より各グループ毎で平均S波速度に違いが見られる。名古屋市の南部に分布するグループAs、

E、Fの平均S波速度は大きく、名古屋市北部に分布するグループAn、CのS波速度は小さいことが分かる。図17は各計測地点におけるH/Vスペクトルのやや長周期域における卓越周期と重複反射解析により求めた地震基盤以浅の1次固有周期との周期比を地形・表層地質に基づく地域分類毎に示したものである。実線は図14に示した計算値である。なお重複反射解析には前述の地盤モデルを用いている。インピーダンス比は地震基盤以浅の層のインピーダンスを層厚で平均し、2層地盤モデルとして求めている。図17より周期比は概ね計算値と対応している。地震基盤とそれ以浅の層のインピーダンス比は2.5~4.5程度であり、この程度のインピーダンス比があればレーリー波の水平上下振幅比とS波増幅度の卓越周期は概ね一致する。従って、H/Vスペクトルのやや長周期域における卓越周期は地震基盤からのS波増幅度の卓越周期と近似的にみなしてもよいと考える。丘陵地に位置するグループAn(図16中▲)は周期比のばらつきが大きい。この要因としては計測状況、機器特性、地盤モデルの精度などが考えられる。図19にH/Vスペクトルのやや長周期域における卓越周期から求めた地震基盤深さを示す。この際には、地震基盤より上層のS波速度として図16に示した2層地盤置換した等価S波速度を用いている。図18に2層地盤モデルと多層地盤モデルで求めたレーリー波水平上下振幅比を示す。両者のピーク振動数はほぼ近接しており、2層地盤モデルに置換してもよいと考えられる。なお、微動H/Vスペクトルをレーリー波の水平上下振幅比とみなしているため、レーリー波水平上下振幅比を用いた推定も考えられる。しかし今回は簡便性を勘案して、S波増幅度ピーク周期とレーリー波水平上下振幅比ピーク周期との関係を介して、4分の1波長則により深さを推定している。図20に既存の地盤資料¹⁰⁾による地震基盤深さを示す。図19と図20を比較するとH/Vスペクトルから簡易的に求めた地震基盤深さは既存の地盤調査に基づく地震基盤の推定深さと良い対応を示している。

5.3 工学的基盤深さの推定

3章で示したようにカテゴリー⑤~⑦に属するH/Vスペクトルでは短周期域にも明瞭なピークが存在しており、このピークは海部・弥富累層($V_s=400\sim500\text{m/sec}$ 程度の洪積地盤：名古屋市西部の工学的基盤とみなせる層)に概ね対応していることが分かった。そこで⑤~⑦のカテゴリーとなる地区に対してのみ、H/Vスペクトルの2つめのピーク振動数を用いて海部・弥富累層(工学的基盤)深さの推定を行う。図22にカテゴリー⑤~⑦に属するH/Vスペクトルの短周期域卓越振動数の分布を示す。また、図21にPS検層

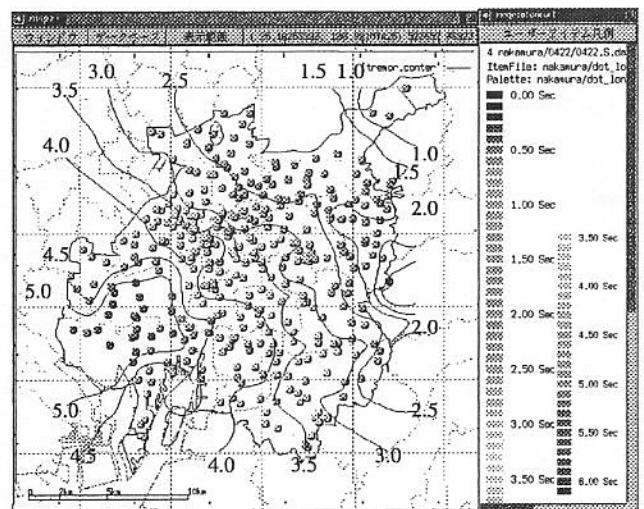


図15 H/Vスペクトルのやや長周期域卓越周期分布(秒)

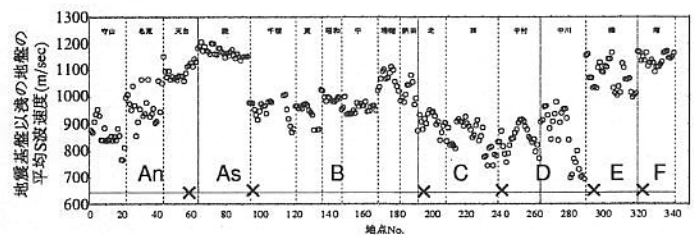


図16 地盤モデルに基づく地震基盤以浅の地盤平均S波速度

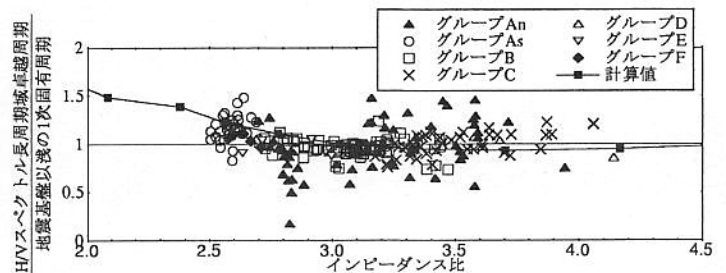


図17 インピーダンス比と周期比

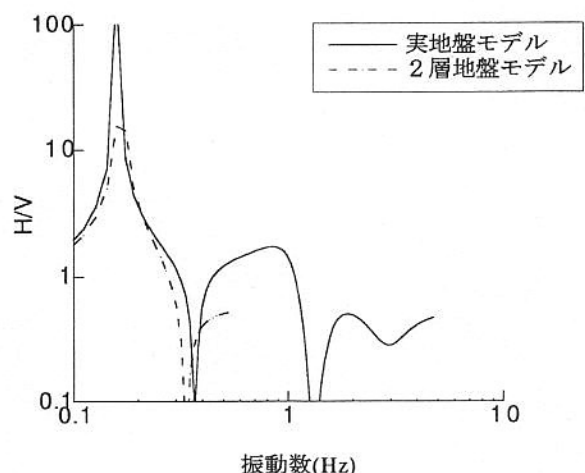


図18 実地盤モデルと2層地盤モデルのレーリー波振幅比

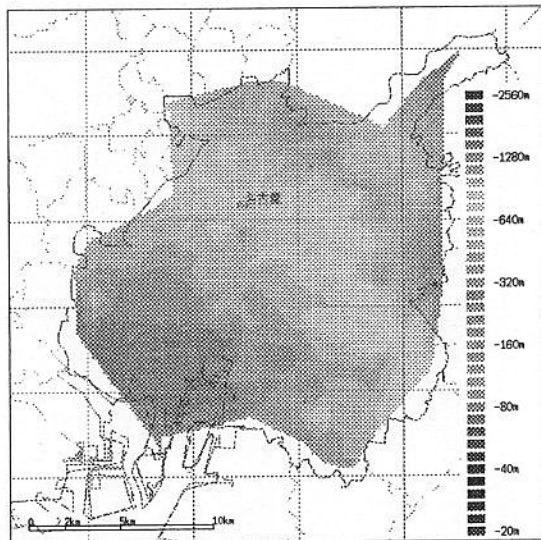


図19 H/Vスペクトルの卓越周期から求めた地震基盤深さ

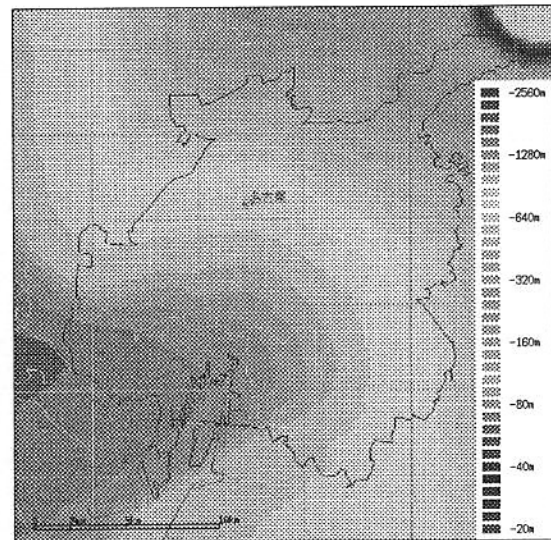


図20 既存の地盤資料による地震基盤深さ

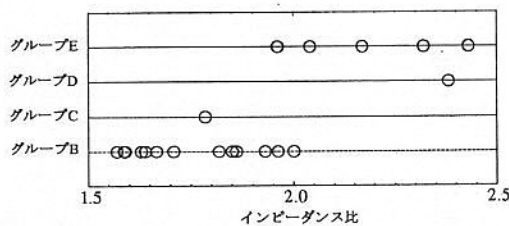


図21 海部・弥富層以浅のインピーダンス比

地点での海部・弥富累層とそれ以浅の層のインピーダンス比の分布を示す。縦軸は既存の地盤資料に基づく地域分けに対応している（図9参照）。インピーダンス比は各地盤区分内に存在するPS検層結果に基づき海部・弥富累層より上の層のインピーダンスを層厚で重み付け平均し、海部・弥富累層のインピーダンスとの比を計算している。図21より、インピーダンス比が2.5より小さい範囲に分布していることが分かる。5.1節の検討によればインピーダンス比が小さい場合にはレーリー波の水平上下振幅比卓越周期は地盤の固有周期とは異なる。そこで、カテゴリー⑤～⑦に属する181地点のH/Vスペクトル短周期域卓越周期を図14を基に補正し、その周期を用いて、4分の1波長則により工学的基盤の上面深さを推定した結果を図23に示す。なお、4分の1波長則には各計測地点に最も近いPS検層地点の平均S波速度を用いて上層のS波速度としている。図24に既存の地盤資料⁷⁾による海部・弥富累層の上面深さを示す。図23と図24を比較するとH/Vスペクトルにより推定したものの方が名古屋市南西部において、海部・弥富累層上面深さより、やや深めに推定している。名古屋市南西部では海部・弥富累層中にコントラストの大きい第三礫層が存在しており（4章参照）、この影響を受けている可能性がある。図22の結果は名古屋市西部での工学的基盤深さやPS検層実施深さ選定の際に参考になると思われる。

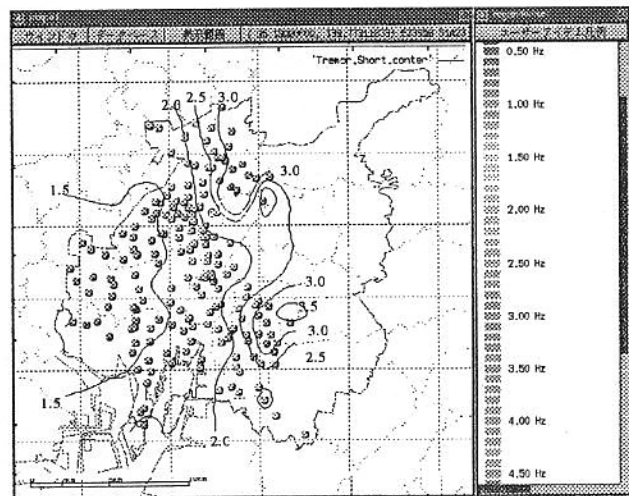


図22 H/Vスペクトルの短周期卓越振動数 (Hz)

6. まとめ

本論では名古屋市内341地点における常時微動計測結果に基づき名古屋市の地盤震動特性と地盤構造の推定を行った。得られた知見を以下に示す。

- 1) 既存の研究⁷⁾で指摘されていたように微動H/Vスペクトルはレーリー波の水平上下振幅比の各モードの重ね合わせにより形作られると考えられる。
- 2) H/Vスペクトル形状と地盤構造には相関がみられ、名古屋市域を7つ程度のブロックに区分することができた。
- 3) H/Vスペクトルのやや長周期卓越周期から簡易的に名古屋市域の地震基盤 ($V_s=3000\text{m/sec}$) 上面深さを推定した。
- 4) 2次ピークが明瞭に現れる場合のH/Vスペクトルの短周期域卓越振動数から名古屋市西部における工学的基盤（海部・弥富累層）の上面深さを推定した。

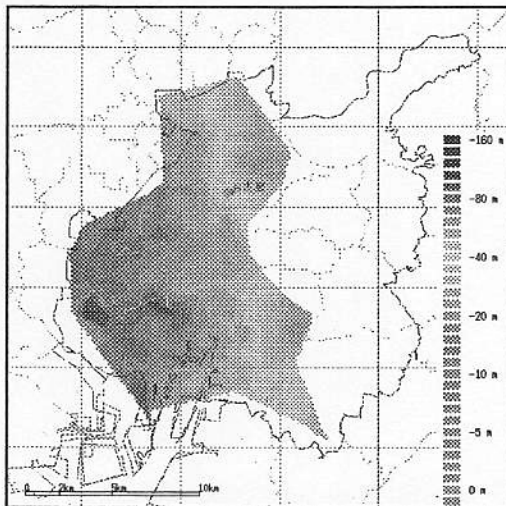


図23 H/Vスペクトル短周期域卓越振動数から求めた工学的基盤深さ

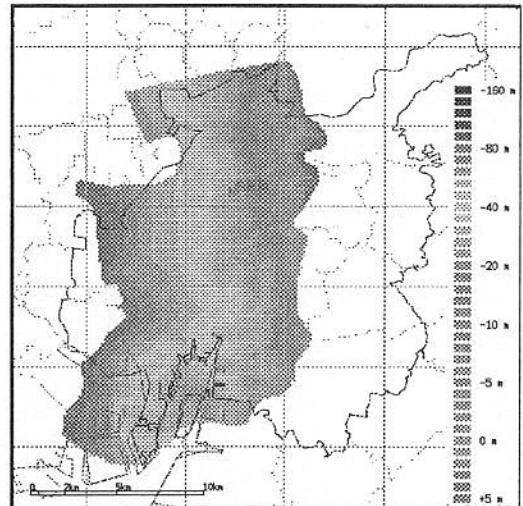


図24 既存の地盤資料による海部・弥富累層上面深さ

謝辞

本研究に用いた常時微動実測に当たり、応用地質（株）中部支社の方々、本学修了生・飯田正憲氏（現：竹中工務店）、千葉大学・石田理永助手、名古屋大学・美原義正技官、名古屋大学建築学専攻構造設計工学講座の学生諸氏に御協力頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。また、本論作成にあたり名古屋大学・中野優助手には貴重な助言を頂きました。心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 入倉孝次郎：「震災の帯」をもたらした強震動、科学、Vol.66、pp86～pp92、No.2、1996。
- 2) 中村豊、上野真：地表面振動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み、第7回日本地震工学シンポジウム講演集、pp.265～270、1986。
- 3) 愛知県：愛知県東海地震被害予測調査報告書、1993。
- 4) 佐藤智美、川瀬博、松島信一：微動とS波、P波、 coda から求められる地盤特性の違いとその理論的解釈、地震、第2輯、第51巻、pp.291～318、1998。
- 5) 藤堂正喜他：堆積地盤における上下地震動の特性とQp構造、日本建築学会構造系論文集、pp.45～pp.54、1995。
- 6) 時松孝次、田村修次：レーリー波高次モードが短周期微動の水平鉛直振幅比に与える影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造I、pp.461～462、1994。
- 7) 若松邦夫、沢田純男、大堀道広、入倉孝次郎：微動からみた大阪平野の地盤震動特性、第24回地盤震動シンポジウム、pp.21～pp.34、1996。
- 8) 土質工学会中部支部：最新名古屋地盤図、1988。
- 9) 時松孝次、宮寺恭生：短周期微動に含まれるレーリー波の特性と地盤構造の関係、日本建築学会構造系論文報告集、No.439、pp.81～pp.87、1992。
- 10) 大町達夫、紺野克昭、遠藤達哉、年縄巧：常時微動水平上下スペクトル比を用いる地盤構造周期推定方法の改良と適用、土木学会論文集、No.489/I-27、pp.251～261、1994。
- 11) 福和伸夫他：GISを用いた既存地盤資料を活用した都市域の動的地盤モデル構築、日本建築学会技術報告集、第9号、1999.12（掲載予定）