

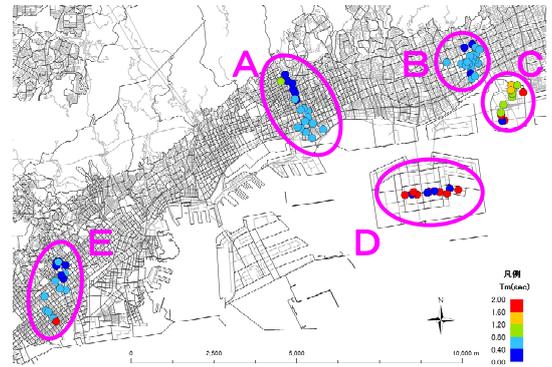
神戸大学工学部 学生員 ○余川 千咲  
 神戸大学都市安全研究センター 正会員 沖村 孝  
 神戸大学都市安全研究センター 正会員 鳥居 宣之  
 人と防災未来センター 非会員 堀江 啓

1. はじめに

木造住宅の一般耐震診断や精密診断<sup>1)</sup>では、著しく軟弱な地盤とされる第三種地盤では必要耐力を1.5倍することとしている。よって、第一種及び第二種地盤と第三種地盤の判別することは重要である。そこで、本研究では常時微動を活用した地盤種別の判定方法を提案することを目的とする。具体的には、まず神戸市域の78点において算定式を用いて算出した地盤の卓越周期より地盤種別を判定した。つぎに、各測定点において常時微動測定を行い、その結果から地盤の卓越周期を推定した。その結果と算定式を用いて算出した地盤の卓越周期を比較検討することにより、地盤種別を定量的に行う方法を提案する。

2. 測定及び解析方法

地盤情報データベース「神戸 JIBANKUN」<sup>2)</sup>に登録されているボーリング地点のうち78点において常時微動測定を行った。測定点は作業場所の確保や交通振動の影響などを考慮した上で、その影響が少なくなるように決定した。測定は夜間に、測定周波数0.5-18Hzの3成分(X,Y,Z)の微動計を用いて5分間行った。測定結果より3成分(X,Y,Z)のフーリエスペクトルを算出した。また、X成分とY成分の二乗和の平方根と上下成分のフーリエスペクトルの比（以下、H/V スペクトルと記す）を算出し、それが最も卓越した周期を地盤の卓越周期（以下、 $T_m$ と記す）と定義した。 $T_m$ の分布を図—1に示す。A, B, E地域では海側に移るにつれて $T_m$ が長くなっている。C, D地域はA, B, E地域と比して長周期となっている。これは、C, D地域は埋立地であり、A, B, E地域に比して軟弱地盤であるからだと考えられる。C, D地域において $T_m$ が0.4秒以下となった5点については、2.0秒より長周期にもH/Vスペクトルの山が見られることから、実際には地盤の卓越周期は2.0秒以上であると考えられる。しかし、今回利用した微動計では2.0秒以上の測定データは信頼性が低い。そのため、上述の5点に関しては地盤の卓越周期に関する比較対象から除外した。



図—1  $T_m$ の分布

表—1 地盤周期と地盤種別の対応<sup>4)</sup>

地盤種別	地盤周期 $T_g$ [s]
第一種	$T_g \leq 0.2$
第二種	$0.2 < T_g \leq 0.75$
第三種	$0.75 < T_g$

3. 地盤種別判定方法の提案

「神戸 JIBANKUN」<sup>2)</sup>に登録されているボーリングデータをもとに、沖村ら<sup>3)</sup>のN値から $V_s$ を換算するための回帰式を用いて算出した $V_s$ と、地表から工学的基盤面までの各層の層厚を用いて、式(1)より各測定点における地盤の卓越周期（以下、 $T_g$ と記す）を算出した。また、 $T_g$ を用いて、各測定点における地盤種別を木造構造物の耐震設計における規準（表—1）<sup>4)</sup>に基づいて判定した。

$$T_g = \left\{ 4 \left( \sum_{i=1}^n H_i \right)^2 \right\} / \left( \sum_{i=1}^n V_{si} H_i \right) \quad (1)$$

(1) 常時微動測定から推定した地盤の卓越周期に基づく手法

第一種及び第二種地盤と第三種地盤のそれぞれについて、 $T_m$ のヒストグラムと確率密度関数を図—2に示す。

第一種及び第二種地盤での  $T_m$  の平均は 0.42 秒, 第三種地盤での  $T_m$  の平均は 1.08 秒であり,  $T_m$  の平均は第一種及び第二種地盤よりも第三種地盤の方が長くなった. また, マハラノビスの距離による判別分析<sup>5)</sup>を行った結果, 第一種及び第二種地盤と第三種地盤のしきい値は 0.71 秒となった. このしきい値に基づく地盤種別の結果を表—2 に示す. 全体の 82.2% を正しく判別することができおり, この手法により良好な地盤種別判定を行うことができると考えられる. また, 誤判定となった地点については A 地域の南部及び B 地域の中央部に多く位置していることから, 地域的な要因があると考えられる. A 地点の南部は, 鉄道, 国道, 高速道路が隣接している地域であり, これらによる影響が考えられる. 一方, B 地域の中央部ではどの地点の  $T_m$  も, しきい値付近の値となっている. また, この地域は  $T_g$  による地盤種別において第二種地盤と第三種地盤が混在していることから, 第二種地盤と第三種地盤の境界であると考えられる. このような場合,  $T_m$  のみに基づいて地盤種別判定を行うことは困難であると言え, 何らかの情報との総合判断をする必要があると考えられる. これについては今後更なる検討が必要である.

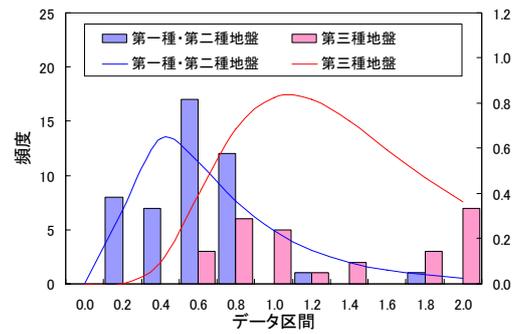
(2) 常時微動の水平・上下成分に基づく手法

常時微動の測定結果より上下成分の卓越周期  $T_V$  及び水平成分の卓越周期の平均値  $T_{N,E}$  を求めた. ここで, 飯田ら<sup>6)</sup>の研究を参考に,  $T_{N,E}$  は X 成分の卓越周期と Y 成分の卓越周期の平均値とした.  $T_V$  及び  $T_{N,E}$  の分布を図—3 に示す. また, 線形判別関数による判別分析<sup>5)</sup>より求めた第一種及び第二種地盤と第三種地盤の境界線を図—3 に重ねて示す. 境界線よりも下側が第一種及び第二種地盤, 上側が第三種地盤と判定できる. この境界線による地盤種別の結果を表—3 に示す. 正しく判別できたのは全体の 66.7% であった. また, 第一種及び第二種地盤と第三種地盤における  $T_V$  及び  $T_{N,E}$  の分布傾向を比較しても, 両者は混在しており, 明瞭な違いは見られない. よって,  $T_V$  及び  $T_{N,E}$  のみに基づいて地盤種別を判定することは難しいと言える.

4. まとめ

常時微動測定から推定した地盤の卓越周期に基づく手法と常時微動の水平・上下成分に基づく手法による地盤種別判定を行った. その結果, 前者による地盤種別判定において良い結果が得られた. 今後さらにその精度を良くするためには, 地盤の卓越周期のみにより判断するのではなく, 何らかの情報との総合判断をする必要があると考えられる.

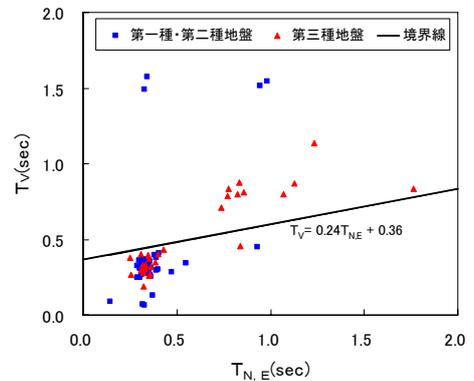
<参考文献>1) 国土交通省住宅局建築指導課: 木造住宅の耐震診断と補強方法, 日本建築防災協会, 364p, 2004. 2) 神戸市役所ほか: 神戸市地盤調査報告書, 第7章 神戸地盤の地層構成, pp. 7(1)–7(26), 1998 3) 沖村孝ら: 地盤情報データベースを活用した神戸地域地震動解析, 土木学会論文集, No. 701, pp. 121–134, 2002. 4) 国土交通省住宅局建築指導課, 日本建築主事会議, 日本建築センター: 5.5 地震力, 2001 年度版 建築物の構造関係技術基準解説書, 日本建築センター, pp. 207–217, 2001. 5) 有馬哲ら: 多変量解析のはなし, 第4章 判別分析, 東京図書, pp. 127–166, 1987. 6) 飯田汲事ら: 地盤の振動特性と地盤種別判定法, 第15回自然科学総合シンポジウム, pp. 253–254, 1978.



図—2  $T_m$  のヒストグラムと確率密度関数

表—2 判別の結果

		$T_m$ による種別	
		I・II	III
$T_g$ による種別	I・II	39	7
	III	6	21



図—3  $T_V$  及び  $T_{N,E}$  の分布と境界線

表—3 判別の結果

		$T_V$ 及び $T_{N,E}$ による種別	
		I・II	III
$T_g$ による種別	I・II	42	4
	III	22	10