

（財）鉄道総合技術研究所 正員 中村 豊
（株）福山コンサルタント 正員 ○渡辺 保宣

1. はじめに

首都圏の鉄道沿線において、地震防災上基本となる、地盤や構造物の地震動特性を把握することを目的として、概ね100mピッチで常時微動の測定を行っている。構造物（盛土、高架橋、橋梁等）については、構造物の上と下（原地盤）の2点で同時に測定し、構造物の地震動増幅特性の推定を試みている。

ここでは、盛土の法肩と法尻（原地盤）での常時微動の同時測定結果から盛土の挙動がかなりの確に推定できることがわかったので報告する。

2. 測定概要

測定はJR鉄道総研が開発したPIC87（携行型振動測定器；Portable Intelligent Collector）¹⁾を用いて行った。測定成分は1点当たりHL（線路平行）、HT（線路直角）、V（鉛直）の3成分とし、40秒程度の測定を3回実施した。なお、法肩と法尻は同時測定とした。

測定された常時微動波形の例を図1に示す。これは盛土高8mの例であるが、法肩の水平成分では盛土の挙動と考えられる一定周期の波が卓越するのに対して、鉛直成分や、法尻の波形では卓越周期があまり明瞭ではない記録となっている。

3. 実測結果のスペクトル解析

法肩のスペクトルを S_t 、法尻のスペクトルを S_b とした場合、伝達関数（ T_s ）は次式で表わされる。

$$T_s = S_t / S_b$$

図2は高さの異なる盛土について T_s を算出したものである。これによると、高さの違いが卓越振動数の変化として明瞭に現われている。

図3は盛土高さと卓越振動数の関係を示したものである。この図には図2に示したもの以外の測定結果も含まれている。これを見ると、盛土が高くなるほど卓越振動数が低くなる現象が顕著に現われている。

増幅倍率については、盛土高さが5mと7mの地点が20倍程度と大きいものに対して、6m及び8mの地点では4～5倍程度と、高さに対して一定の傾向にはない。これらの増幅倍率は当該地点の原地盤から盛土の天端に至る振動の増幅程度を示している訳であるが、増幅倍率の相違は原地盤と盛土地盤のインピーダンス比や盛土の内部減衰に関係するものと考えられる。

4. FEMによる解析結果との対比

盛土の震動特性をFEMで解析した。図4に示すモデル（高さが8mで、天端幅が9.4mの複線盛土）を作成し、盛土の下端を固定として計算した。計算過程において盛土の物性値を変化させて、測定から得られた1次の固有振動数に一致するような物性値を表1のように求めた。図4はこのときの盛土の振動モードを示したものである。これを見ると、全体の水

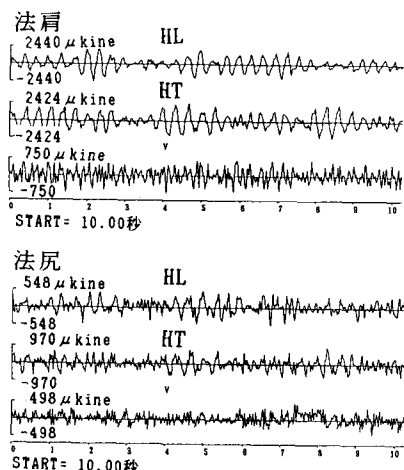


図1 常時微動波形の例（盛土高さ8m）

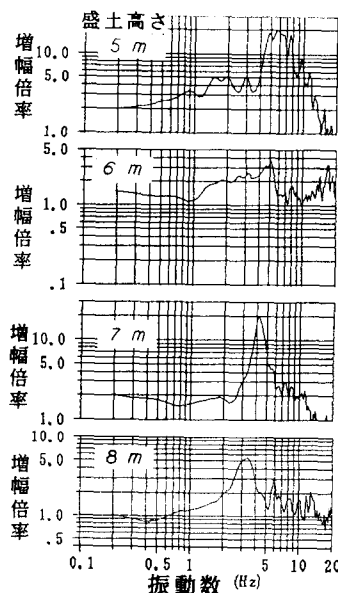


図2 伝達関数 $T_s (S_t/S_b)$

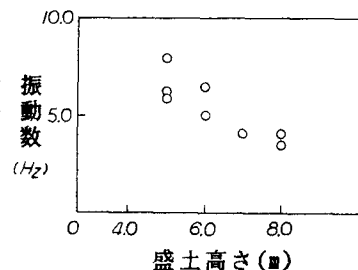


図3 盛土高さと卓越振動数の関係

平振動が卓越する第一次のモード（対称）や、全体が上下に振動する第2次のモード（逆対称）など盛土の振動性状がよくわかる。

図5は、高さ8mの盛土の法肩と法尻における常時微動の測定結果から推定される、HT方向とV方向の伝達関数を重ねて示したものである。これを見ると、スペクトルの山谷がHT方向とV方向とよく一致していることがわかる。山谷の一致する振動数と図4のFEMの固有値解析結果を比較すると、第1次の固有振動数が一致するような物性値を与えての解析にもかかわらず、第2次以降の振動数も実測と解析とでよく一致することがわかる。

また、図5によれば、第1次のモード（逆対称）と推定される3.3Hz付近のピークでは、鉛直方向の増幅よりも、水平方向の増幅の方が卓越する。さらに、第2次（5.1Hz）、第4次（7.3Hz）と推定される振動数（対称モード）付近では、鉛直方向の増幅は大きな極大値を示し、水平方向は極小値を示している。また、第3次（5.9Hz）、第5次（8.2Hz）と推定される振動数（逆対称モード）付近では、鉛直方向、水平方向ともに極大値を示している。つまり、盛土の法肩で、水平方向だけが卓越するような振動や水平方向と上下方向が同時に卓越するような振動は、逆対称振動と考えられ、また、上下方向だけが卓越するような振動は、対称振動と考えることができる。このような見方をすれば、高さ8mの場合には、実測でも解析と同様に、対称モードと逆対称モードは交互に現われていることが推測される。

ここに示したような標準的な盛土形状を考える限り、法肩と法尻の常時微動から推定されるHT方向とV方向の伝達関数から、盛土の卓越振動数や増幅倍率のみならず、盛土断面方向の振動形態をも推定することができるものと考えられる。

図6は高さ7mの盛土の常時微動による実測伝達関数であるが、上記の考え方でそれぞれの卓越振動のモードが対称か、逆対称かを判別して表示している。この結果は、この盛土に対するFEM解析結果と一致していた。

5. あとがき

以上述べたように、法肩と法尻での3成分の常時微動の同時測定結果があれば、卓越振動数ばかりでなく、盛土における大まかな振動モードをも推定できることがわかった。今後は、種々の形状の盛土や他の構造物についても同様の検討を加えて、常時微動によって構造物の振動特性を推定する手法を確立して行く方針である。

また、構造物の振動モードと震動破壊特性の関係についても検討していきたいと考えている。

なお、本研究は運輸省の助成により行われているものである。

文献

- 1) 中村・小島・新谷：携行型振動計測器PICの開発、第42回年次学術、1987年
- 2) 中村・中野：盛土の形状に伴う固有振動数の変化の解析と物性値の推定法、第43回年次学術、1988年

表1 盛土モデルの物性値

	せん断波速度 V_s (m/s)	ポアソン比 ν
道床	300.0	0.40
盛土	98.0	0.46

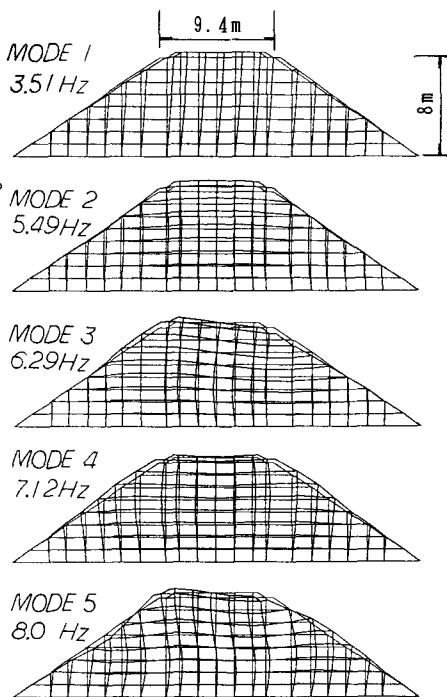


図4 盛土の振動モード

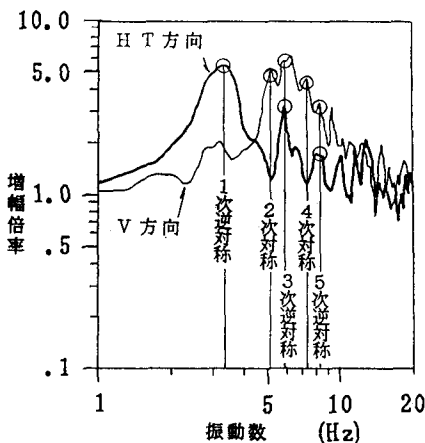


図5 HTとVの伝達関数(盛土高さ8m)

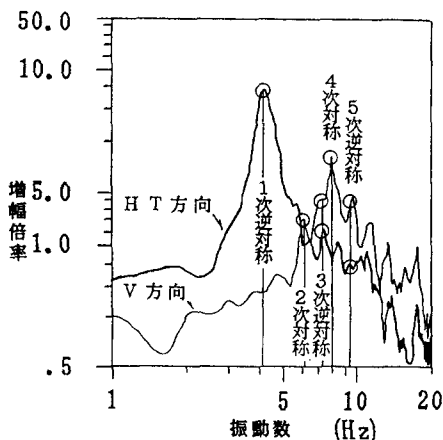


図6 HTとVの伝達関数(盛土高さ7m)