

(財) 鉄道総合技術研究所 正員 滝沢太郎

(財) 鉄道総合技術研究所 正員 中村 豊

1. はじめに

常時微動を用いて地盤や構造物の地震動特性を的確に把握する手法の開発を行っている。運輸省の助成を得て、首都圏のJR沿線約1500kmについて地盤と構造物の常時微動を測定している。この調査により明らかになった知見をもとにして、常時微動を用いた盛土中のS波伝播速度の推定方法を検討したので報告する。

2. 盛土の震動特性に及ぼす基礎地盤の影響

常時微動を用いて鉄道盛土とその基礎地盤の地震動応答特性を推定した結果、次のことが明らかとなった。すなわち、基礎地盤が硬いと思われるところでは盛土独自の応答が明瞭に現れるのに対して、基礎地盤が軟らかいと思われるところでは盛土独自の応答が小さく不明瞭になる¹⁾。

FEMを使って盛土とその基礎地盤の固有モード解析を行うと、基礎地盤が硬い場合には盛土だけが震動するモードが明確であるが、基礎地盤が軟らかくなるにつれて盛土とその周辺の基礎地盤と一緒に震動するモードが現われることがわかる。つまり、基礎地盤が軟らかくなると盛土の震動モードが基礎地盤に浸み込み、見かけ上盛土高さが高くなって固有振動数が剛な基礎地盤上の盛土より低くなる訳である。

中村らは、FEMを用いて剛な基礎地盤上の盛土の震動特性をパラメトリック解析し、盛土中のS波速度Veを次式で与えている²⁾。

$$V_e = 3.57 F B^{0.13} H^{0.84} \quad (1)$$

ここで、B：盛土の天端幅、H：盛土の高さ、

F：固有振動数

しかし、上述のように基礎地盤が軟かくなれば、見かけ上盛土の固有振動数が低くなるため、(1)式が適用できなくなる。そこで、FEMを用いて盛土の振動特性に及ぼす基礎地盤の影響を定量的に解析し、補正方法を検討した。

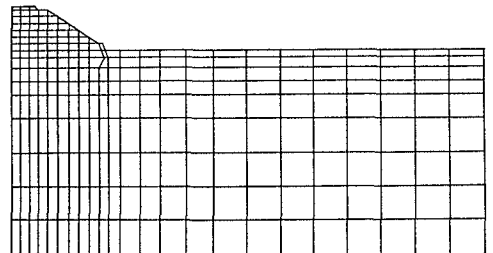


図1 解析モデル

3. FEMによるパラメトリック解析とVe、Vsの推定法

解析は東海道新幹線の標準的な形状をした盛土（高さ8m、道床部0.5m）を対象とし、基礎地盤としては基盤上に1層の表層地盤がある場合を想定してモード重ね合わせ法により行った。表層地盤の厚さを変化させてその影響も検討した。図1にFEM解析モデルを、表1に解析ケースを示す。減衰定数hは2%、5%、10%の3ケースを計算した。

図2はh=5%の場合について、基礎地盤のS波速度Vsと盛土のS波速度Veの関係が卓越振動数に与える影響を見たもので、縦軸に卓越振動数 F_e/F_{e0} 、横軸に V_s/V_e をとっている。これによると、Veに対してVsが大きくなるにつれ F_e は一定値に漸近することがわかる。この漸近値は(1)式を変形した、 $F_e = V_e B^{-0.13} H^{-0.84} / 3.57$ 、で与えられる。この図には盛土高さより大きい10m、30m、50mの表

表1 解析ケース

記号	盛土のせん断波速度 V_e (m/s)	地盤のせん断波速度 V_s (m/s)	表層地盤厚さ H (m)
○	100.0	80.0	10.0
		100.0	
		200.0	
		300.0	
		600.0	
●	200.0	80.0	10.0
		100.0	
		200.0	
		300.0	
		600.0	
△	100.0	80.0	30.0
		100.0	
		200.0	
		300.0	
		600.0	
▲	200.0	80.0	30.0
		100.0	
		200.0	
		300.0	
		600.0	
□	100.0	80.0	50.0
		100.0	
		200.0	
		300.0	
		600.0	
■	200.0	80.0	50.0
		100.0	
		200.0	
		300.0	
		600.0	

層厚の場合をプロットしているが、表層厚の変化は F_e の変化には大きな影響を及ぼさないことがわかる。また、100m/sと200m/sの2種類の V_e に対して計算しているが、図2上では両者の差異はほとんどみられない。

1層からなる表層地盤内の波動の重複反射による増幅倍率は、基盤と表層地盤のS波速度比 V_b/V_s に關係する。このことから V_s/V_e は盛土の増幅倍率 A_e に關係することが期待される。図3は $h=5\%$ の場合のFEM計算による盛土の増幅倍率 A_e と V_s/V_e の關係をみたものであるが、ほぼ $A_e = 2(V_s/V_e)$ となることがわかる。

したがって、常時微動により盛土の卓越振動数（見かけの卓越振動数） F_e と増幅倍率 A_e が推定できれば、図3により A_e から V_s/V_e が推定され、 V_s/V_e がわかれば、図2により見かけ上の固有振動数 F_e から真の卓越振動数 F_{ea} を推定することができる。したがって、(1)式により V_e が算定され、 V_s も求められる。

図4は図2と図3をまとめたもので、 $h=5\%$ について A_e と F_e/F_{ea} の關係を直接示したものである。

4. おわりに

前節の方法で、東海道新幹線の V_e を推定すると、平均 $V_e=143\text{m/s}$ が得られた。同時に表層地盤の平均 $V_s=232\text{m/s}$ が副次的に得られるが、法尻での常時微動測定結果とボーリング調査による表層厚さに基づいて推定した平均 $V_s=220\text{m/s}$ とよい一致を示す。

今後は、土留壁がある場合などの土構造物についてS波速度を推定する方法を検討するとともに、実際に盛土内のS波伝播速度を測定して、常時微動による推定結果を検証するつもりである。

謝辞：常時微動測定や解析に協力して頂いた(株)福山工務の渡辺保宣氏と西永雅行氏に感謝します。

参考文献 1) 中村、滝沢：「常時微動を用いた鉄道盛土および基礎地盤の地震動特性の推定」

第20回地震工学研究発表会講演概要集、1989年7月

中村、滝沢：「常時微動による盛土の地震応答特性の推定」

土木学会第44回年次学術講演会、P924-925、1989

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」

土木学会第43回年次学術講演会、P1172-1173、1988

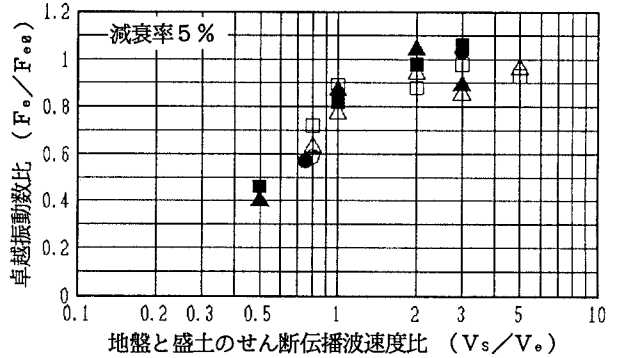


図2 卓越振動数比とS波速度比の關係

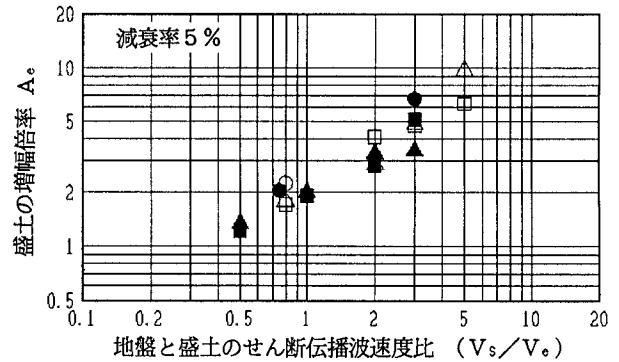


図3 増幅倍率とS波速度比の關係

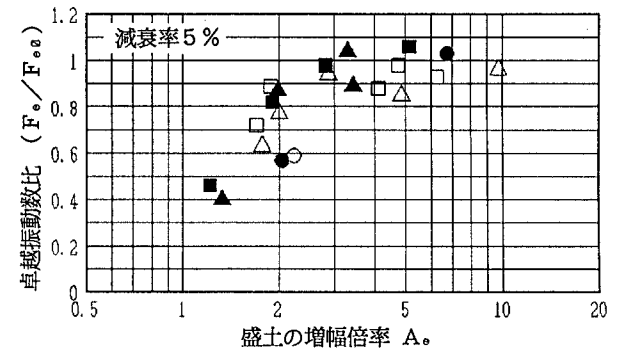


図4 卓越振動数比と増幅倍率の關係