

局所性を有する地盤の常時微動特性

九州大学 工学部 正 員 小坪 清真
 " " " 鳥野 清
 " " " 成富 勝
 " " 学生員 ○塚本 敦之

1. まえがき

地震時による構造物の被害が、地盤の性質に強く支配されていることはよく知られている。水平な層をなす地盤の振動特性は、実際の地震波の記録・重複反射法などの理論解析により、かなり解明されているが、地盤はすべて水平な層をなしているものではなく、近年山間部への宅地化・海岸の埋め立てなどが進み、傾斜構造を有する地盤上に生活することも多くなってきた。しかし、傾斜構造を有する地盤の振動特性は、観測記録も少なく、理論的にも十分な検討がなされていないようである。そこで著者らは、傾斜構造を有する地盤に対して、常時微動試験を行い、地盤の卓越周期を求めると共に、FEMや重複反射法による理論値との比較検討を行った。

2. 常時微動試験

図-1に対象地盤である宅地造成地の概要ならびに測点を示す。AcはN値0~1の軟弱地盤、AsはN値10前後のやや硬質な沖積層、Ds1はN値15~25・DcはN値10前後・Ds2はN値30~50の洪積層、Tmは岩盤である。

測点1~16に、電磁式速度型地震計(勝島製作所製・PK-103H・固有振動数0.3Hz)を設置し、P方向(測点軸方向)S方向(測点軸直角水平方向)の常時微動を測定した。図-2は、測点2,5,8,10から得られた地盤の速度記録のS方向のフーリエスペクトル図である。なお、P方向のフーリエスペクトル図も、ほぼ同様な形であった。図-2に示したスペクトルのピーク値より地盤の卓越周期を求めた。

3. 理論解析

図-3に示すように地盤を対称と仮定して、半断面についてモデル化を行い、FEMを用いて解析した。また、節点A~Dに対しては、その地点の地層が層状をなすものとして、重複反射理論による解析も行った。S波の速度VsはN値より仮定し、単位体積重量 γ 、ポアソン比 ν は、地層の土質の性質により仮定した。

4. 解析結果

図-4は、FEMおよび重複反射理論より求めた節点A, C, Dの周波数伝達関数である。各節点における深さ方向の1次の変位モードを図-5に示す。図-4より得られた地盤の固有振動数を実験値と比較して示したのが表-1である。FEMや重複反射理論の結果は、軟弱地盤が深くなるにつれて、固有振動数が小

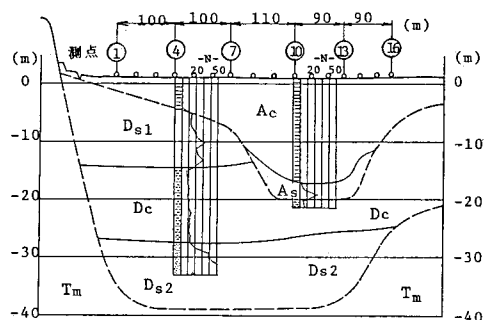


図-1 概要及び測点図

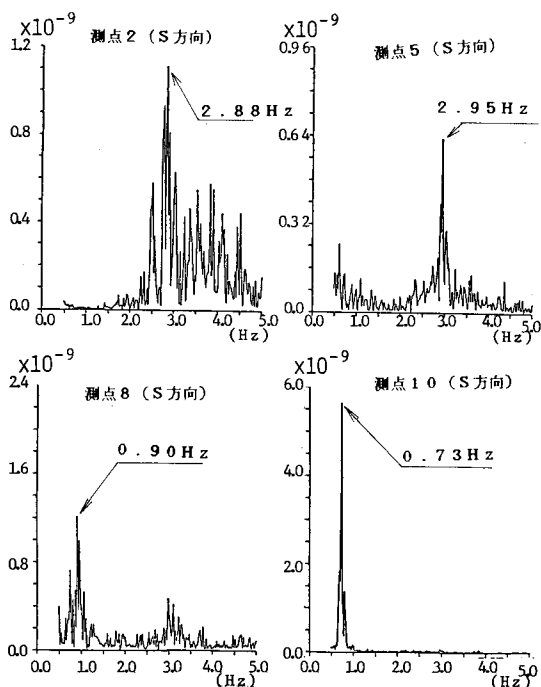


図-2 フーリエスペクトル図

さくすることを示している。実験では、節点Cで0.90Hz、節点Dで0.73 Hzとその傾向が表われているが、節点A、Bに関しては理論値と一致するような実験値を得ることはできなかった。しかし、節点Aの実験値2.88Hzは理論の2次に近く、重複反射理論による周波数伝達関数は2次の応答倍率が非常に大きいことを考えると、実験値は理論値の2次と対応しているものと思われる。図-5より軟弱地盤が深いところでは、軟弱地盤の卓越周期が1次に現われ、軟弱地盤が浅くなるにつれて、地盤全体の卓越周期が現われていることが判る。なお、重複反射理論による変位モード図は、FEMによるそれと同様な形であった。FEMと重複反射理論による解析結果を比較してみると、周波数伝達関数はやや異なっているが、低次の固有振動数や変位モードは比較的一致しているので、傾斜構造を有する地盤の解析においても、重複反射理論による解析は、ある程度有効であろう。

FEM解析において、EL-CENTRO地震のNS成分（最大加速度を100galに換算）を入力した時の地表面の地震応答を示したのが図-6であり、地表面の水平ひずみを示したのが図-7である。図-6において、最大応答加速度は、節点A、Bの軟弱地盤が浅い地点で大きく、節点C、Dの軟弱地盤が深い地点で小さくなっている。一方、最大応答変位は、軟弱地盤が深い地点での一次の卓越周期が大きいことから、逆に大きくなっている。また図-7より、地表面の水平ひずみは、軟弱地盤が深い地点より傾斜構造を有する地点の方がやや大きいことがわかる。

表-1 固有振動数 単位 (Hz)

節点 (測点) 番号	節点 A (測点2)	節点 B (測点5)	節点 C (測点8)	節点 D (測点10)
実験値	2.88	2.95	0.90	0.73
F E M	1次 1.8	1.5	1.2	0.7
	2次 3.2	—	2.4	1.8
重複反射法	1次 1.78	1.38	0.84	0.56
	2次 3.34	—	2.51	1.68

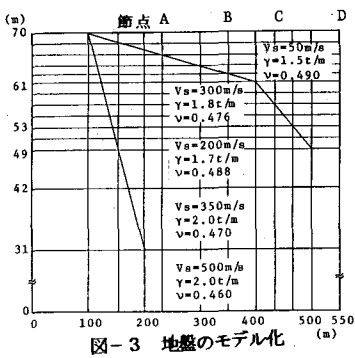
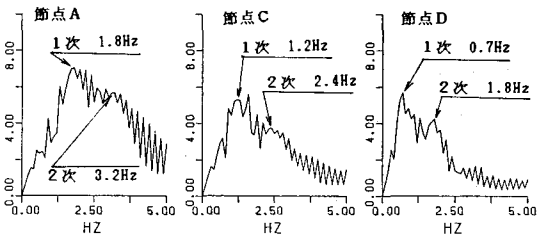
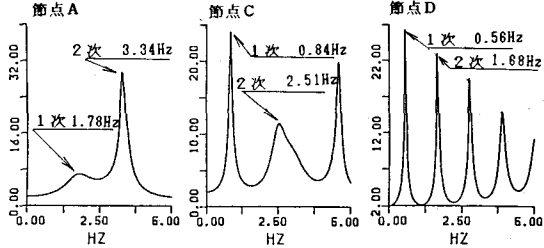


図-3 地盤のモデル化



(a) 周波数伝達関数 (FEM)



(b) 周波数伝達関数 (重複反射法)

図-4

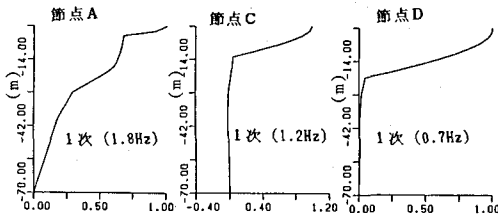


図-5 変位モード図 (FEM)

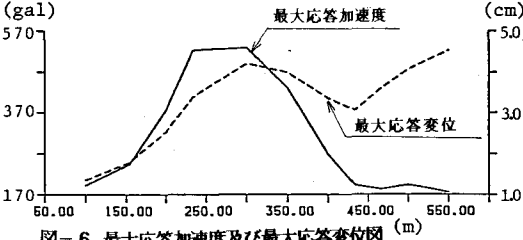


図-6 最大応答加速度及び最大応答変位図 (m)

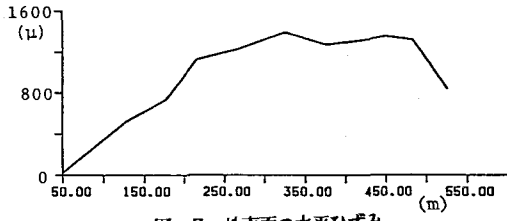


図-7 地表面の水平ひずみ