

北海道大学 正員 金子孝吉
 北海道大学 正員 渡辺 昇
 日本道路公団 正員 馬場敦美

1. まえがき

地盤の振動性状に関する解析的研究は多種多様であるが、利用すべきときに目的に応じた方法で地盤振動のモデル化を行ない適度の精度で地震時の応答解析をすればよいわけである。多層地盤を考慮すれば、著者等はせん断型の連続体解析モデルを使用している⁽¹⁾。

本研究は相対速度に比例する減衰力と粘弾性体としての内部減衰力との2通りの減衰力が作用する場合の解析モデルについて、自然地震波が実測された実際の地盤において、解析波と実測波との比較および減衰力の相違による解析波の相違の比較検討を行なったものである。また、一般に用いられているSH波の重複反射理論による解析⁽²⁾を使用した結果とも比較検討してみた。

2. 解析法および減衰力の取り扱い

多層地盤の地震応答解析法には水平方向のみにせん断振動するものと仮定したせん断連続体解析法や集中質量(荷重)法など構造解析的に取り扱った解析方法がある。これに対して波動理論で扱うSH波の重複反射法がよく使用されている。しかし、これらはいずれもせん断波動型の運動方程式

$$\rho_m \frac{\partial^2 u_m(z,t)}{\partial t^2} = G_m \frac{\partial^2 u_m(z,t)}{\partial z^2} \quad (1)$$

から始まる。ただし、 ρ_m , G_m および $u_m(z,t)$ は m 層における密度、せん断弾性係数および相対変位である。連続体解析法および集中質量法は式(1)の右辺に地震外力の項を加えて、連続体および質点の強制振動応答を誘導するのに対して、重複反射法は式(1)の解である波動(進向波と逆向波)の伝播に際し時々刻々の振幅を求めてゆく方法である。またこれらの解析法において減衰を考慮する場合、相対速度に比例する減衰力は式(2)が、粘弾性体としての減衰力は式(3)が式(1)の右辺に加えられることになる。

$$-c_1 \frac{\partial u_m(z,t)}{\partial t} \quad (2) \quad c_2 \frac{\partial^3 u_m(z,t)}{\partial t^3} \quad (3)$$

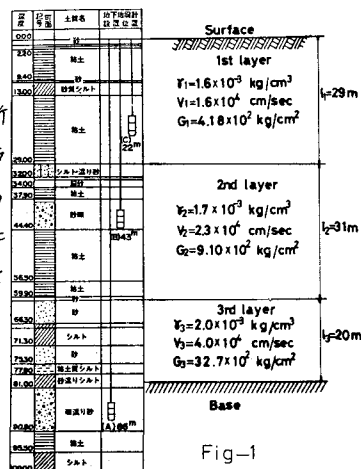


Fig-1

3. 大阪南港埋立地多層地盤の解析

建設省近畿地方建設局が、1972年度より地中地震動の観測を行なっている大阪南港埋立地の地盤を例にとりて解析を進めた⁽³⁾。図-1は地盤柱状図と三層地盤としての弾性特性である。

また図-2は1973年11月25日和歌山県中部で発生した地震($M=5.9$, $H=60$ km)の加速度記録NSである。基盤面とみなした地中80mでの記録を入力地震波として応答解析を行なった。その結果この地盤における固有周期は第1次が1.21秒、第2次が0.48秒そして第3次が0.27秒であり、式(2)および式(3)の減衰係数は実測波と解

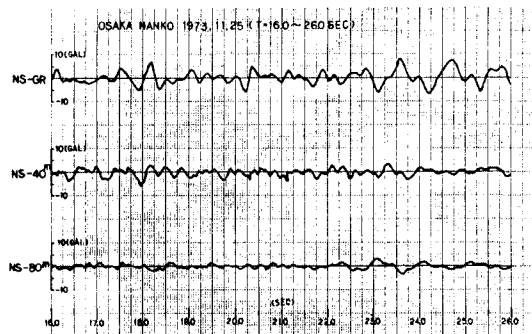


Fig-2

析波のスペクトルの振幅から $C_1 \approx 0.002 \text{ kg sec/cm}^2$,
 $C_2 \approx 1000 \text{ kg sec/cm}^2$ となった。

応答解析波とそのパワースペクトル密度 G_u および応答倍率 S_a をすべての場合について計算し、実測波と比較した。図-3は連続体解法で相対速度比例減衰モデルの場合、図-4は同解法の粘弾性減衰モデルの場合、図-5はSH波の重複反射法で非減衰の場合であり、いずれも実線が解析波で破線が実測波のパワースペクトルである。図-3では地中40mでの解析波が実測波と比較的よく一致しているが地表0mではあまり一致していない。これに対して図-4では逆に地表におけるスペクトルの解析波と実測波がよく一致している。

なお地中80mにおける入力地震波のスペクトルは1.2秒と0.8秒にやや卓越したピークを持つものであった。

4. あとがき

実測波と解析波とを総合的に比較した結果、次のようなことが言える。

(i) ここで用いた解析法、連続体解法と重複反射法で得られた結果は非常によく一致するものであった。たとえば図-6の単位正弦波外力に対する多次モードの応答倍率の曲線において粘弾性解析モデルの実線(連続体解法)と破線(重複反射法)とがよく一致していることから言える。(ii) 粘弾性モデルでは一次モードの応答倍率が非常に大きく、応答波は一次周期の破が大きく増幅されるのに対して、相対速度比例減衰モデルでは高次のモードでも増幅度の大きいものがある。

参考文献

- (1) 金子; せん断連続体としての多層地盤の地震応答解析, 土木学会論文報告集第207号 1972-11,
- (2) N.A.Haskell; Crystal reflection of plane SH waves, Journal Geophysical Research, vol. 65, No. 12, 1960,
- (3) 岩崎, 若林, 堀内; 地中地震動の観測結果, 土木研究所資料第1103号, 1976.

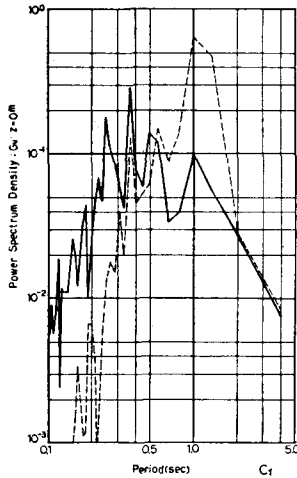


Fig-3 a

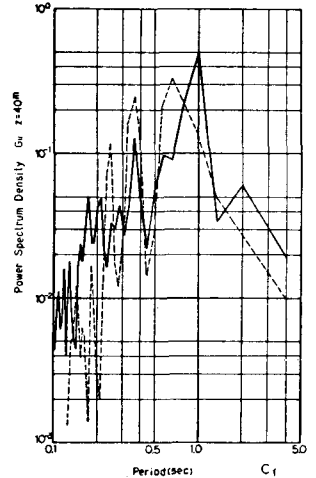


Fig-3 b

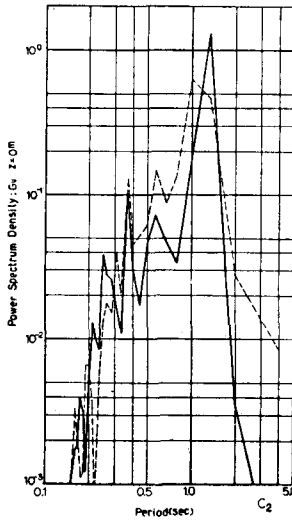


Fig-4 a

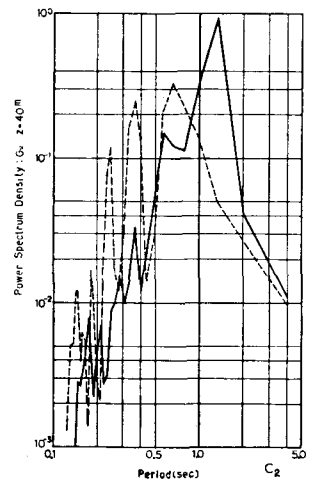


Fig-4 b

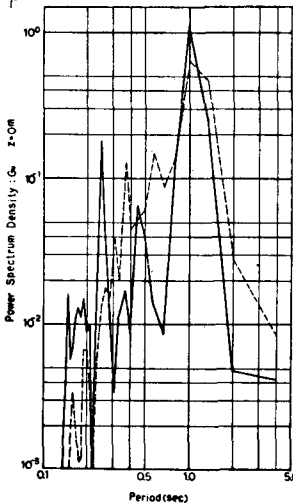


Fig-5

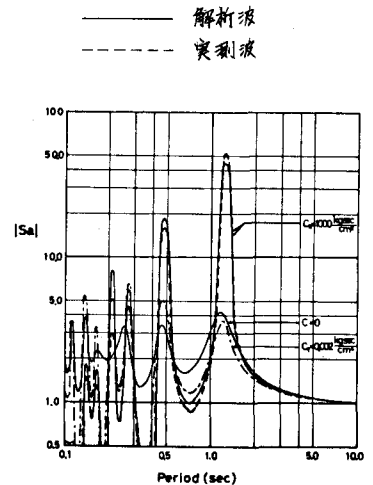


Fig-6