

(その2) 一次元波動モデルによるケーススタディ

(株) 間組 技術研究所 正員 辻 田 満

〃 〃 〃 三 原 正 哉

〃 〃 〃 ○北 村 孝 海

1. まえがき

(その1)において自由地盤の応答解析を行う上での減衰の取扱い方および地震動の入力形態について基本的な事項をとりまとめ一部数値解析で立証した。(その2)では、自由地盤の応答解析を行う上での地盤定数、表層厚および入力地震波などによる影響を知る目的で一つの地盤モデルを中心にして、プログラムSHAKEを用いてケーススタディを行った。

2. 地盤モデルと入力地震波

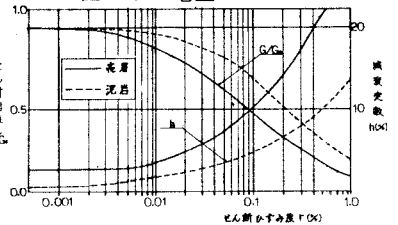
解析に用いた標準タイプの地盤モデルと初期物性値を図-1に示す。

モデルの深さは、解放基盤表面を $V_s \geq 700 \text{ m/s}$ と想定し、GL-180mとした。表層と泥岩の $G/G_0 \sim \gamma$ および $h \sim \gamma$ 曲線を図-2に示す。解析に用いた波は、マグニチュード $M=6.5$ 、震央距離 $\Delta=7.2 \text{ Km}$ (A波)と $M=7.7$ 、 $\Delta=6.4 \text{ Km}$ (B波)とした模擬地震動で、両波をGL-180mの解放基盤表面で2Eで定義した。なお、波形は20Hz以上の高振動数成分をカットして用いた。図-3に加速度応答スペクトル($h=5\%$)を示す。解析の手順は、本計算を行う前に予備計算として初期物性値を用いてA波を入力し、等価線形化法によりイタレーションを行い、地盤物性の収束値を求めた。以下の3~5についてはこの収束値を基準値として解析を行った。

深度	地層	物理定数	層厚	分割数	備考
-15.0m	表層	$V_s=225 \text{ m/sec}$ $G_0=0.927 \text{ t/cm}^2$ $\rho=1.80 \text{ t/m}^3$	15.0m	2.0*7	
-18.5m	泥岩	$V_s=390 \text{ m/sec}$ $G_0=2.58 \text{ t/cm}^2$ $\rho=1.66 \text{ t/m}^3$	3.5m	9	3.5*1
-61.3m	泥岩	$V_s=452 \text{ m/sec}$ $G_0=3.54 \text{ t/cm}^2$ $\rho=1.70 \text{ t/m}^3$	42.8m	5.35*8	総分割数=33
-126.3m	泥岩	$V_s=528 \text{ m/sec}$ $G_0=4.98 \text{ t/cm}^2$ $\rho=1.75 \text{ t/m}^3$	65.0m	6.5*10	
-180.0m	細粒砂岩	$V_s=612 \text{ m/sec}$ $G_0=6.73 \text{ t/cm}^2$ $\rho=1.76 \text{ t/m}^3$	53.7m	8.95*6	
基準	泥岩	$V_s=714 \text{ m/sec}$ $G_0=9.21 \text{ t/cm}^2$ $\rho=1.77 \text{ t/m}^3$			

図-1 地盤モデル

収束値の地盤剛性 G を基準として、それぞれ地盤のせん断弾性係数を $0.8G$ 、 G 、 $1.2G$ として線形解析を行った。なお、減衰定数は収束値 h 、入力地震波はA波を用いた。図-4より、地盤のせん断弾性係数の大小は一概に応答の大小につながらないことが判る。これは、図-5に示すように地盤の伝達関数の形状が変化するため入力地震波の周波数特性との関係で応答が変化するためである。

図-2 $G/G_0 \sim \gamma$, $h \sim \gamma$ 曲線

4. 減衰定数による影響

収束値の減衰定数 h を基準として、それぞれ地盤の減衰定数を $0.8h$ 、 h 、 $1.2h$ として線形解析を行った。なお、せん断弾性係数は収束値 G 、入力地震波はA波を用いた。図-6より、減衰定数の大小は明らかに応答の大小に関係していることが判る。これは、図-7に示す伝達関数の形状からも判ることで、減衰定数の変化は地盤の固有値の変化にさほど影響せず、増幅率に大きく影響しているからである。

5. 表層による影響

標準モデルと標準モデルに対して表層8mをカットしたモデルの2ケースについて線形解析を行った。なお、地盤物性値は収束値、入力地震波はA波を用いた。図-8より、表層の厚さは応答にかなり影響するため、傾斜

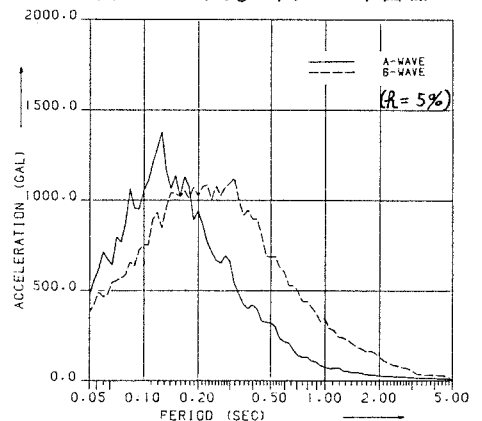


図-3 入力波の加速度応答スペクトル

している地盤のような場合は地盤の表層厚によって独自に応答計算を行う必要がある。

6. 地震波による影響

A波 ($\alpha_{\max} = 370 \text{ gal}$) を用いて、最大加速度を 0.8α , α , 1.2α として等価線形化法によってイタレーション計算を行った。図-9より、最大加速度の大きさに応じて応答値は変化しているが、その応答倍率は最大加速度が大きくなるにつれて小さくなっている。これは、ひずみレベルの差異によって減衰定数を変化したためと、入力地震波の周波数特性に対し地盤の伝達関数が応答にくい方へずれていくためである。しかし、今回の場合は後者の影響は極めて小さい。次に、周波数特性の異なるA波とB波を用いて、両波とも $\alpha_{\max} = 370 \text{ gal}$ (2E) として、等価線形化法によるイタレーション計算を行った。図-10より、入力最大加速度が同じであっても周波数特性の異なる地震波では、地盤の伝達関数との関係で地表付近の応答は30%も異なることが判る。これより、従来のように過去の強震記録を単に用いるより、マグニチュードや震央距離に依存すると考えられる基盤での周波数特性を考慮した模擬地震動を用いる重要性が強調される。

7. あとがき

以上のケーススタディより、自由地盤の応答解析結果に及ぼす各因子の影響の度合いが明らかとなった。今回の一連のケーススタディが今後の自由地盤の応答解析に際して何らかの参考になれば幸いである。

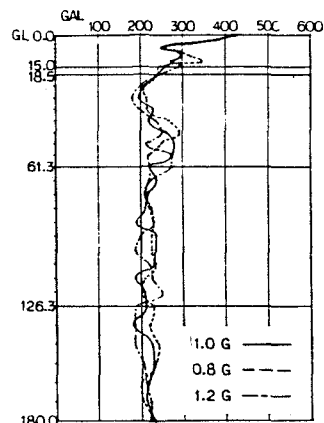


図-4 最大加速度の比較(1)

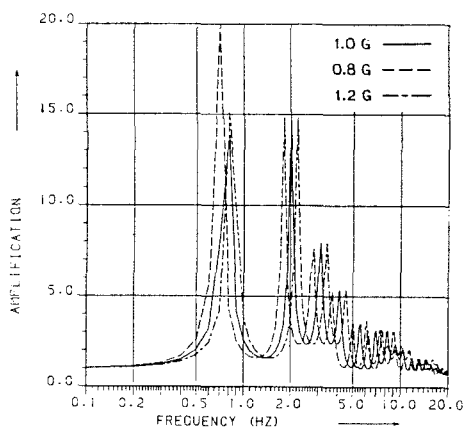


図-5 地表(GL+O/GL-180)の伝達関数(1)

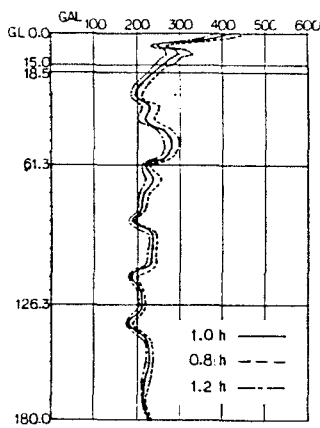


図-6 最大加速度の比較(2)

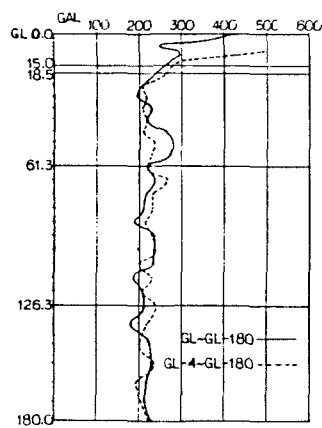


図-8 最大加速度の比較(3)

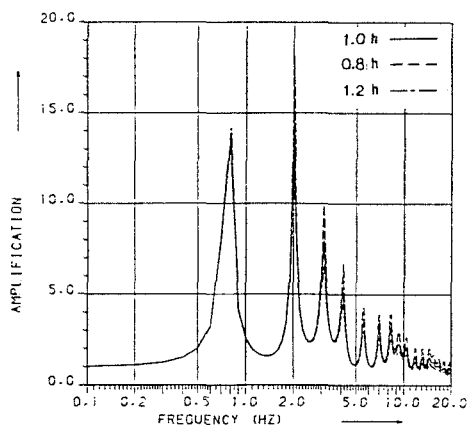


図-7 地表(GL+O/GL-180)の伝達関数(2)

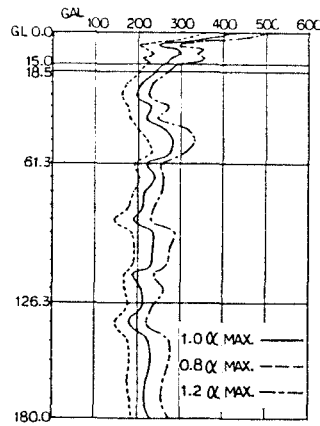


図-9 最大加速度の比較(4)

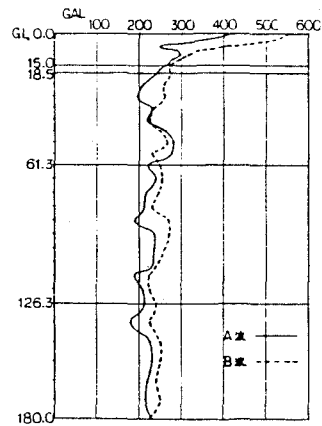


図-10 最大加速度の比較(5)