

I-425

二相系地盤モデルの境界処理に関する一考察

清水建設 大崎研究室 正員 ○ 近藤 司
同 正員 楠本 太

1. はじめに

現在、地盤の液化過程を検討する手法として、地盤を土粒子骨格部分と間隙水部分の二相系でモデル化する有効応力解析が盛んに用いられている。一方、二次元動的解析では解析領域からのエネルギーの逸散を適切に評価する境界を設定する必要があり、側方境界としては粘性境界や周波数領域でのエネルギー伝達境界等が用いられてきた。しかし、地盤を二相系でモデル化した時の側方境界については検討した例があまり報告されていない。そこで、ここでは弾性地盤を二相系でモデル化し、側方境界として粘性境界を用いて検討した結果を報告する。

2. 運動方程式

二相系モデルの運動方程式⁽¹⁾は、地盤の非圧縮性を仮定して式-(1)のものとした。

$$\begin{bmatrix} M^s & 0 \\ 0 & M^f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{u}^s \\ \dot{u}^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C^{ss} + C^R & C^{sf} \\ C^{fs} & C^{ff} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u^s \\ u^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D^s & 0 \\ 0 & D^f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{u}_b^s - \dot{u}_n^s \\ u_b^f - u_n^f \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u^s \\ u^f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F^s \\ F^f \end{bmatrix} \quad (1)$$

添字sは土粒子骨格部分、fは間隙水部分を示す。Mは質量、Kは剛性マトリックスである。Cは地盤の透水性および体積変化を評価したマトリックスであり、 C^R はRayleigh減衰マトリックスである。Dが粘性境界の項であり、式-(2)で与えられる。また、 u_b は境界の、 u_n は自由地盤の速度応答である。

$$D = \rho v A \quad (2)$$

ここで、 ρ は密度、 v は伝播速度、 A は支配面積である。

3. 解析モデル

地盤は半無限成層の飽和地盤とする。解析モデルを図-1に示す。地盤物性は上層、中間層、下層に分け、上層、中間層のせん断波速度200m/s、間隙率40%、ポアソン比0.4、下層は500m/s、20%、0.3とした。

4. 間隙水部分の粘性境界について

Biotの多孔質理論によれば飽和弾性地盤を伝播する波動は、土粒子骨格部分を伝播する縦波とせん断波および間隙水部分の縦波の3タイプ存在する。したがって3タイプの波動について解析境界の処理をしておく必要がある。一方、粘性境界は応力境界を規定しているものであり、間隙水部分は過剰間隙水圧に対応して設定する必要がある。しかし、ここでの解析モデルは半無限成層であることより地盤の挙動はせん断変形のみであり、間隙水圧の発生はない。よって、粘性境界は土粒子骨格部分についてはのみ取り付け、間隙水部分は無処理とする。

5. 解析ケース

解析ケースは、透水係数を変化させて3ケース設定する。ケース1は全地層の透水係数を $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ 、ケース2は $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 、ケース3は中間層の透水係数を $1.0 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ 、上下層の透水係数を $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ としたものである。入力地震波はEL-CENTRO,N-S成分とし、最大加速度100gal、継続時間は8.0秒とする。

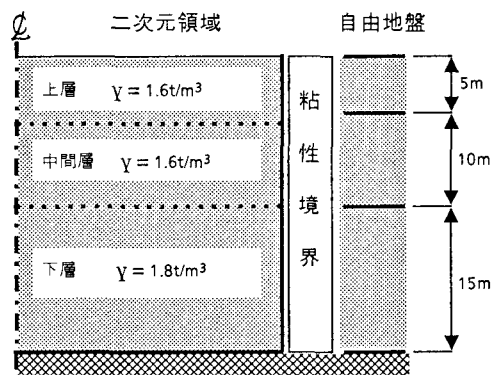


図-1 解析モデル

6. 解析結果

(i) 粘性境界について

自由地盤についても二相系で解析することとし、土粒子骨格部分はせん断変形を、間隙水部分は上下・水平方向ともに透水を許す条件で解析を行った。図-2、図-3にケース3の自由地盤と二次元解析の地表面加速度の加速度波形および加速度応答スペクトル(減衰1.0%)を示す。これらの図から、両者の結果は同一であることがわかる。透水係数の異なる他の2ケースも同様な結果を得ており、このことから、地盤がせん断変形をする場合の二相系地盤モデルの境界は、土粒子骨格部分についてのみ境界処理を考慮すれば充分であることがわかる。

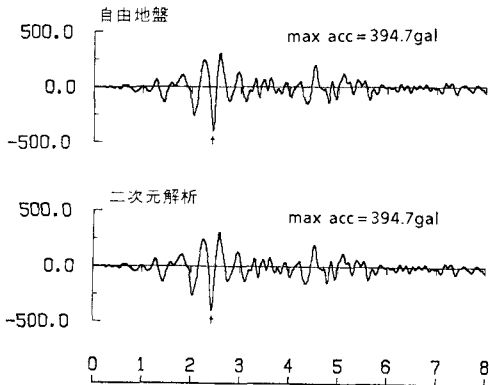


図-2 応答加速度波形(ケース3)

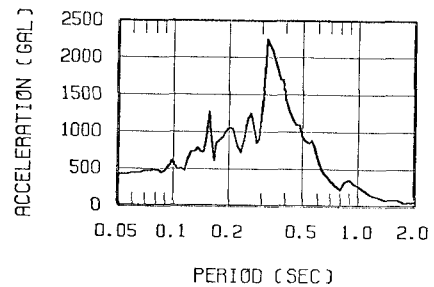


図-3 加速度応答スペクトル(ケース3)

(ii) 地盤の応答結果の比較

以上の結果を踏まえて、地盤の透水係数の異なるケース1とケース2の応答結果を比較する。

図-4に、地表面の加速度波形および応答スペクトルを示す。この比較より、つぎのことがわかる。最大加速度は透水係数の大きいケース1の方が、ケース2に比べ100gal程度小さいこと、また、周期特性では、ほとんどの周期成分でケース1の方が小さい、とくにピーク部分ではその傾向が大きいことがわかる。

これらのことより、二相系地盤モデルで解析を行う場合には、土粒子骨格部分と間隙水の相互作用に関わる透水係数の設定に十分な注意を払う必要があると考えられる。

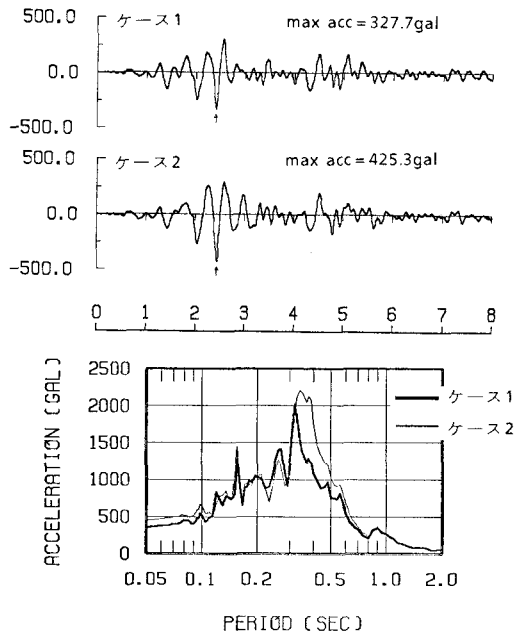


図-4 解析結果(ケース2とケース3)

7. おわりに

本報告では、地盤を弾性体として検討した。その結果、二相系地盤モデルのせん断振動に対して粘性境界は有効であることがわかった。今後は、地盤を弾塑性体としたときの境界処理について検討していく予定である。

参考文献

- (1) 楠本他「二相系地盤モデルの動的解析に及ぼす地盤定数の影響について」第20回土質工学研究発表会