

有明粘土地盤の地震応答について

佐賀大学 学生員○中尾 知博
王 松涛天利 寿男
正員 古賀 勝喜

1. まえがき

建物の耐震設計に関しては、自由地盤の動的作用の解明が重要な課題の1つとして、かなり古くから認識されている。今までは、地盤の動的問題に対しては、様々な解析方法及び土質についての研究(①②③④⑤⑥)が行われているが、佐賀平野の有明粘土の様な軟弱地盤に対して地震が発生した場合、どのようにに変化するのか検討する必要があると思われる。本研究では、地盤の非線形問題を等価線形問題として多自由度系の解析モデルを利用して佐賀平野の有明粘土層と呼ばれる超軟弱粘土層の地面運動に対する影響を検討した。

2. 計算モデル

Kelvin 仮定に基づいて地盤を成層地盤とする多質点せん断系モデルとみなし、土の逸散減衰を考慮するために、質点と参考座標軸の間にダッシュポットをつける。(図1)

$m_{j,i}$: 第j層第i個分層の質点の質量

$u_{j,i}$: 参考座標軸に相対する変位

$c'_{j,i}$: 土の逸散効果を考慮した減衰係数

$k_{j,i} = G_{j,i}/h_{j,i}$; $G_{j,i}$: せん断弾性係数, $h_{j,i}$: 分層の厚さ

$c_{j,i}$: 減衰係数

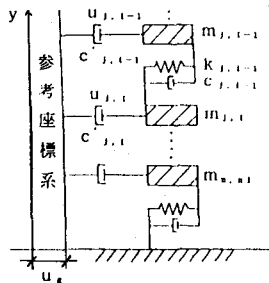


図1 計算モデル

3. 運動方程式

$$[M] \{\ddot{u}\} + [C] \{\dot{u}\} + [K] \{u\} = -[M] \{\ddot{u}_g\} = -\ddot{u}_g \{m\} \dots (1)$$

ここで

$$[c] = [c'] + [c'']$$

$$[c'] = \begin{bmatrix} a_{11}m_{11} & & & & 0 \\ & a_{12}m_{12} & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & a_{j-1,j-1}m_{j-1,j-1} & \\ 0 & & & & \ddots \\ & & & & & a_{1,n1}m_{1,n1} \end{bmatrix}$$

$$[c''] = \begin{bmatrix} \beta_{11}k_{11} & -\beta_{11}k_{11} & & & 0 \\ -\beta_{11}k_{11} & (\beta_{11}k_{11} + \beta_{12}k_{12}) & -\beta_{12}k_{12} & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & \\ & & -\beta_{j-1,j-1}k_{j-1,j-1} & (\beta_{j-1,j-1}k_{j-1,j-1} + \beta_{j,j}k_{j,j}) & -\beta_{j,j}k_{j,j} \\ 0 & & & & \ddots \\ & & & & & -\beta_{1,n1-1}k_{1,n1-1} & (\beta_{1,n1-1}k_{1,n1-1} + \beta_{1,n1}k_{1,n1}) \end{bmatrix}$$

式(1)はwilson- θ 法を用いて式(2)の形で表される。

$$[k]\{u\}_{t+\tau} = \{\bar{R}\}_{t+\tau} \dots (2)$$

ここで $[k] = [k] + 3/\tau [c] + 6/\tau^2 [M]$

$$\{\bar{R}\} = \{R\}_{t+\tau} + [c]\{A\}_{t+\tau} + [M]\{B\}_{t+\tau}$$

ただし $\{A\}_{t+\tau} = 3/\tau \{u\}_t + 2\{u\}_{t+\tau/2} + \{u\}_t$

$$\{B\}_{t+\tau} = 6/\tau^2 \{u\}_t + 6/\tau \{u\}_{t+\tau/2} + 2\{u\}_{t+\tau} - 2/\tau (\{A\}_{t+\tau} + \{u\}_t) + \{u\}_t$$

$[k]$ 、 $[c]$ と $[M]$ はそれぞれ対称三対角マトリクスと対角マトリクスであるので、 $[\bar{k}]$ も対称三対角マトリクスである。

地盤の非線形性を取り扱う方法はSeed等によって提出された等価線形性の反復法を用いる。

4. 一般解析モデル

解析モデル（図2）はそれぞれ有明粘土、海性粘土、標準砂 からなる5層の成層地盤である。各層の厚さは10 m、図の丸番号は①が有明粘土、②が海性粘土、③が標準砂とし、 ρ 、 v_s はそれぞれ重量密度及びせん断波速度である。入力地震波の最大加速度は80 galとした。

モデル 1	モデル 2	モデル 3	モデル 4	モデル 5	モデル 6
② $V_s = 114$ $\rho = 1.50$	① $V_s = 89$ $\rho = 1.35$	③ $V_s = 144$ $\rho = 2.00$	① $V_s = 89$ $\rho = 1.35$	③ $V_s = 144$ $\rho = 2.00$	③ $V_s = 144$ $\rho = 2.00$
② $V_s = 148$ $\rho = 1.58$	① $V_s = 115$ $\rho = 1.39$	③ $V_s = 197$ $\rho = 2.08$	③ $V_s = 144$ $\rho = 2.01$	① $V_s = 102$ $\rho = 1.39$	③ $V_s = 197$ $\rho = 2.08$
② $V_s = 176$ $\rho = 1.73$	② $V_s = 161$ $\rho = 1.65$	③ $V_s = 249$ $\rho = 2.13$	③ $V_s = 197$ $\rho = 2.08$	③ $V_s = 174$ $\rho = 2.04$	③ $V_s = 249$ $\rho = 2.13$
② $V_s = 201$ $\rho = 1.83$	② $V_s = 188$ $\rho = 1.80$	③ $V_s = 269$ $\rho = 2.15$	③ $V_s = 249$ $\rho = 2.13$	③ $V_s = 249$ $\rho = 2.13$	① $V_s = 175$ $\rho = 1.59$
② $V_s = 223$ $\rho = 1.97$	② $V_s = 213$ $\rho = 1.97$	③ $V_s = 302$ $\rho = 2.20$	③ $V_s = 286$ $\rho = 2.17$	③ $V_s = 286$ $\rho = 2.15$	③ $V_s = 286$ $\rho = 2.07$

図2 解析モデル

5. 解析結果

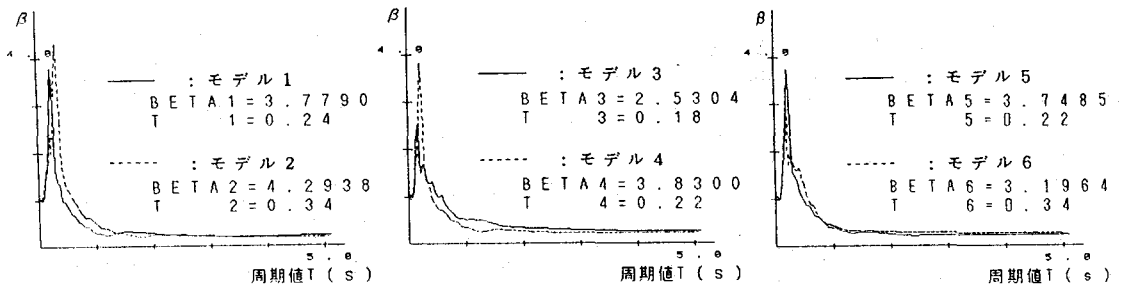


図3 $\beta - T$ 曲線

図3に示すような解析結果によって、加速度応答倍率 β （地表面の最大加速度と基盤の最大加速度の比）は、有明粘土が存在しない場合より存在している方が大きくなり、さらに地表面近くにあるほど有明粘土の影響は大きくなる。

有明粘土のある地域において入力地震波はあまり大きくないが、やはり地震波作用のもとに地盤の動的解析が必要であると思われる。

6. 参考文献

- ①Shoupeijieら、地震波の応用(1982、地震出版社、China)
- ②Earthquake Engineering(1988、地震出版社、China)
- ③土質工学会の地震応答解析のための土の動的性質
- ④大崎順彦、博士論文集
- ⑤土質工学会の技術手帳
- ⑥土岐憲三、構造物の耐震解析、土木学会編