

建設省土木研究所 正員 ○谷口栄一  
 同 同 佐々木康  
 中央開発(株) 同 山本若士

1. まえがき

盛土の耐震性を考える際に、盛土が繰返し荷重により、かなり変形する場合には、震度法等による安定解析だけでは不十分であり、盛土の地震時変形量が許容変位量以下であることを確認する必要がある。筆者の1人は繰返し荷重による盛土の変形量を有限要素法を用いて推定する方法を提案した。ここではその方法による計算値と模型振動台実験の結果について比較を行ったので以下に報告する。

2. 解析対象

図1に示すような2種類の模型を長さ8m、高さ2m、奥行1mの鋼製土槽中に設置して振動台実験を行った。模型は平均粒径 $D_{50}=0.28\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=2.91$ の浅間山砂より成っており、相対密度は模型1の地盤が52.4%、盛土が49.3%、模型2の地盤が52.2%、盛土が54.8%である。模型2には鉄筋コンクリート製の半地下構造物模型が設置されている。振動数2Hzの正弦波を用いて20秒間加振した。模型1では加振加速度が153.5gal、模型2では加振加速度が149.5galの場合を今回の解析対象とした。いずれの模型の場合にも地盤は水で飽和されており、地盤の浅い部分では加振後約10秒で液状化に達している。

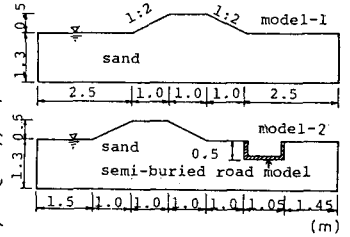


図1 実験に用いた模型

3. 解析方法

図2に今回用いた解析方法のフローチャートを示す。まず“SADAP”と呼ばれる動的有限要素法のプログラムを用いて盛土および地盤の動的解析を行い、盛土および地盤中に発生する加速度を計算する。この計算では土の応力・歪関係にHardin-Drnevichモデルを用いて表わし、繰返し荷重による土中の過剰間隙水圧の発生は考慮していない。次に計算された加速度に有限要素の質量を乗じて等価な水平力に変換し、これを静的有限要素解析プログラム“FEAST-D”の入力として、繰返し荷重による永久変形量を計算する。その計算の過程では繰返しぬじり試験より求めた土の応力・永久歪関係を適用し、各有限要素がこの応力・永久歪関係を満足するように繰返し計算を行う。図3は振動台実験に用いた砂とほぼ同じ砂を用いて行った繰返しぬじり試験機による液状化試験の結果であり、初期せん断応力がある場合における応力比と永久せん断歪の関係を示している。図3は繰返し回数 $N=5$ の場合のデータであるが、他に $N=10, 20$ の場合の同様の関係が得られている。この応力比と永久せん断歪の関係を次式で定式化して解析

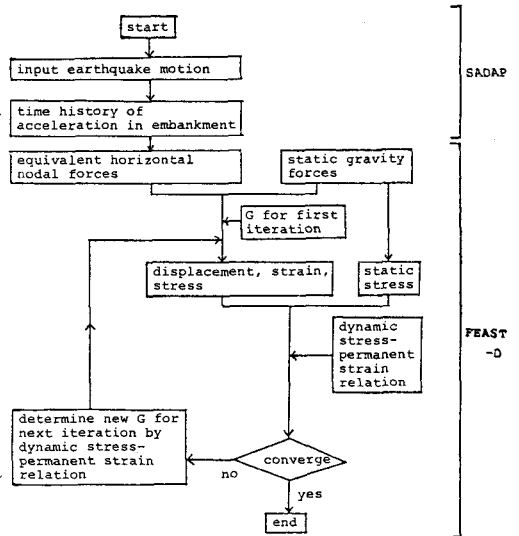


図2 繰返し荷重による盛土の永久変形量の計算のフローチャート

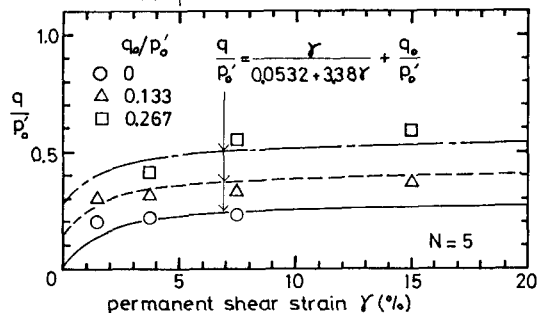


図3 砂の応力比と永久せん断歪の関係(龍風(東大)による)

に用いた。

$$\frac{\delta}{P_0'} = \frac{\gamma}{a+b\gamma} + \frac{\delta_0}{P_0'} \quad (1)$$

ここに  $\delta_0 = (\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})_{static}$ ,  $P_0' = (\frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2})_{static}$

$\delta = (\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})_{static} + (\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2})_{dynamic}$

$\gamma =$  永久せん断歪,  $a, b =$  定数

なおFEAST-D解析では等価静的水平力を右方向および左方向に作用させて両者の永久変形量の合計を計算した。

#### 4. 解析結果

図4にモデル1,2の地盤および盛土における加速度応答倍率の計算値と実測値の比較を示す。地盤の浅い部分および盛土の加速度応答倍率の実測値は加振開始直後は計算値よりも大きい。地盤の液状化に伴って実測値は減少し、モデル1では加振開始後10秒以降、モデル2では加振後5秒以降は実測値の方が計算値より小さくなっている。ここで計算された加速度に有限要素の質量を乗じて等価静的水平力に変換し、FEAST-D解析の入力とするのであるが、天端の加速度についてはモデル1の場合、加振1秒後のピーク加速度の73%、モデル2の場合、加振1秒後のピーク加速度の61%の加速度を採用したことになる。

図5はFEAST-D解析により計算した盛土天端の沈下量と実測値を比較している。モデル1,2のいずれにおいても計算値と実測値はかなりよく一致している。また図6はモデル2の盛土近傍にある半地下構造物模型の水平および鉛直変位の計算値と実測値を比較したものであり、水平変位については両者はかなりよく一致している。鉛直変位は液状化による模型の浮上りを計算でよく表現できないために計算値の方が実測値より小さくなっている。図7はモデル1の $N=5$ のときの地盤・盛土の変形を示している。

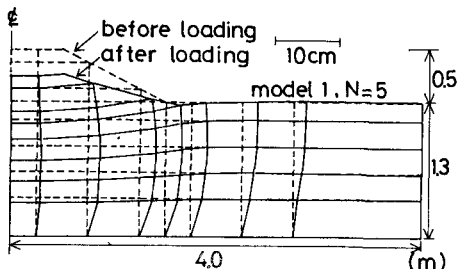


図7 盛土・地盤の変形

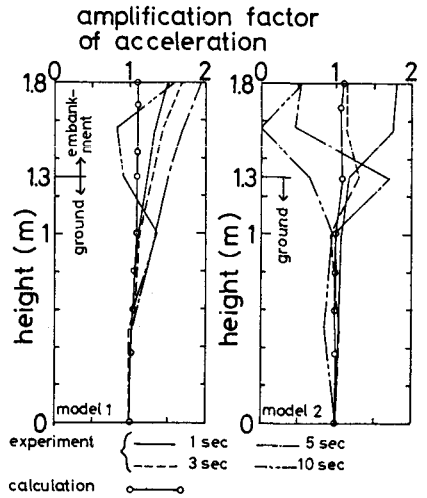
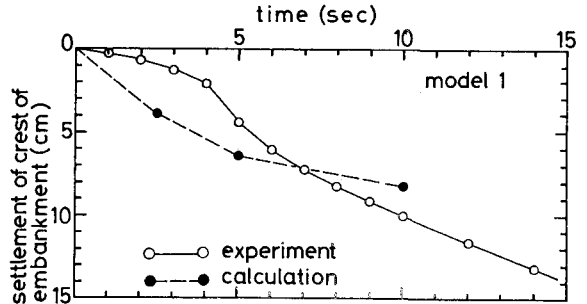
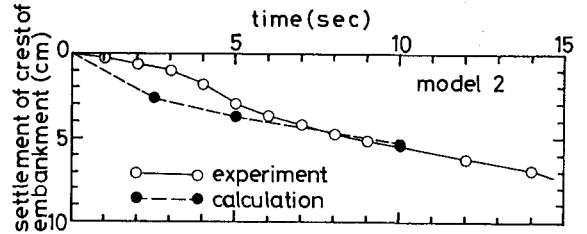


図4 加速度応答倍率

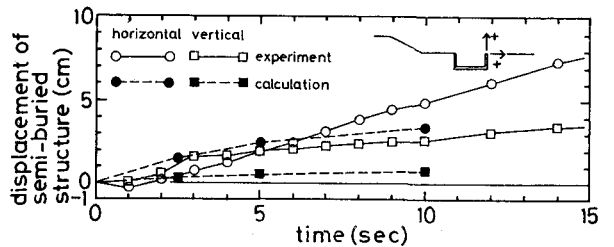


(a) モデル1



(b) モデル2

図5 盛土天端の沈下量の計算値と実測値の比較



(参考文献) 図6 半地下構造物の変位量の計算値と実測値の比較

1) Taniguchi, E., Whitman, R.V. and Marr, W.A. (1983): "Prediction of earthquake-induced deformation of earth dams," Soils and Foundations, Vol.23, No.4