

III-A 156

ケーソン式護岸の遠心模型実験の数値シミュレーション

東京電力（株） 正会員 藤谷 昌弘 石川 博之
 東電設計（株） 正会員 佐藤 正行 王 均
 東電設計（株） 正会員 黒瀬 浩公 小瀬木克己

1.はじめに

筆者らは、液状化を伴うケーソン式護岸の地震時挙動に関して遠心載荷装置を用いた実験結果を報告している¹⁾。本報告は、飛田・吉田モデル²⁾を若干修正した構成則³⁾を組み込んだ2次元有効応力解析プログラムを用いて、護岸構造物の振動実験結果について数値シミュレーションを行ったものである。

2.解析モデルおよび解析手法

解析モデルを図-1に示す。実験モデルの背後地盤は豊浦砂を用い相対密度65%で作成し、マウンドは液状化を生じない粗砂を用いていた。解析モデルの境界条件は、モデル底面を固定、側方を鉛直ローラーとした。また、物性値の異なる接触面にはジョイント要素を設置している。解析に用いた基本物性値を表-1に、接触面の強度を表-2に示す。飽和単位体積重量(γ_s)は実験モデル作成時の目標値から求め、初期せん断剛性(G_0)は室内試験から求めた。破壊角(ϕ_t)および変相角(ϕ_p)は液状化強度試験結果の有効応力経路から求め、透水係数(k)は透水試験結果を用いた。なお、解析は排水条件で実施した。

表-1 解析に用いた基本物性値

| | γ (tf/m ³) | G_0 [$\times 10^4$] (kgf/cm ²) | ϕ_t (deg.) | ϕ_p (deg.) | k [$\times 10^{-4}$] (m/sec) |
|------|----------------------------------|--|--------------------|--------------------|--|
| ケーソン | 2.22 | 9.06 | - | - | - |
| マウンド | 2.05* | 3.27 | 79.3 | 32.6 | 39.1 |
| 背後地盤 | 1.94* | 1.53 | 54.1 | 22.0 | 1.92 |

*) 飽和単位体積重量

表-2 接触面の強度

| 接触面の位置 | 摩擦角 ϕ (deg.) |
|-----------|----------------------|
| ケーソン~マウンド | 31.3 |
| ケーソン~背後地盤 | 25.4 |
| 背後地盤~マウンド | 38.1 |

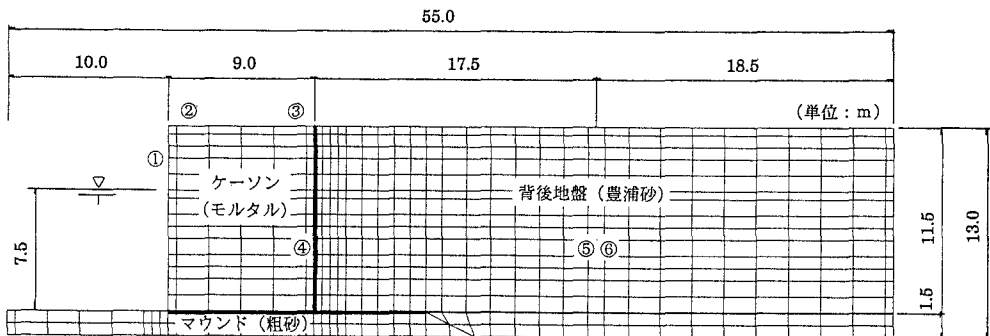


図-1 解析モデル

3.解析結果

図-2に実験結果と解析結果の時刻歴の比較を示す。最下部の波形は土槽底面において計測された加速度波形であり、解析における入力波形である。変位波形は、振動台との相対変位を表している。いずれの波形も海側を正としている。土圧および間隙水圧波形は圧縮を正としている。

ケーソンの変位波形を見ると、実験時のロッキングを伴いながらケーソンが海側へ滑動する現象を解析においても再現できている。ただし、ケーソンの鉛直変位は実験と比べて若干小さい。

ケーソンの土圧波形を見ると、背後地盤の液状化に伴い、徐々に振幅の中心が大きくなる実験時の挙動が解析においても再現できている。ただし、実験結果との比較では、1波当りの振幅が大きい。これは背後地盤の過剰間隙水圧の回復量が大きいことが原因と考えられる。

背後地盤内では、加振開始後数波で過剰間隙水圧が有効上載圧に達して液状化が生じ、加速度がモデル上方へ伝達されない実験時の挙動を良く再現できている。

解析終了時の変形図を実験結果と比較して図-3に示す。解析結果における背後地盤の変形が広範囲に及んでいる点、また沈下の形状および沈下量についても実験結果との対応は良い。

実験は入力加速度を変えた4ケースについて実施している。入力加速度を変えた2ケースの解析結果によるケーソン上端水平変位を4ケースの実験結果と比較して図-4に示す。実験結果と同様に、土槽底面水平加速度が大きい程ケーソン上端水平変位は大きくなり、ケーソンの水平変位量に関しては実験結果との対応は良い。

4.まとめ

本研究を通じて対象とした岩盤上に設置され比較的密に施工されたケーソン式護岸では、入力加速度が300~700gal, 3Hz, 30波の正弦波とした遠心载荷実験結果から、ケーソンの移動量は20~50cm程度であり、このような問題に対して本構成則を用いた解析は、実験結果を比較的良好に再現出来た。今後は液状化対策や背後地盤内の構造物の挙動について実験的検討及び解析的検討を継続して実施する予定である。

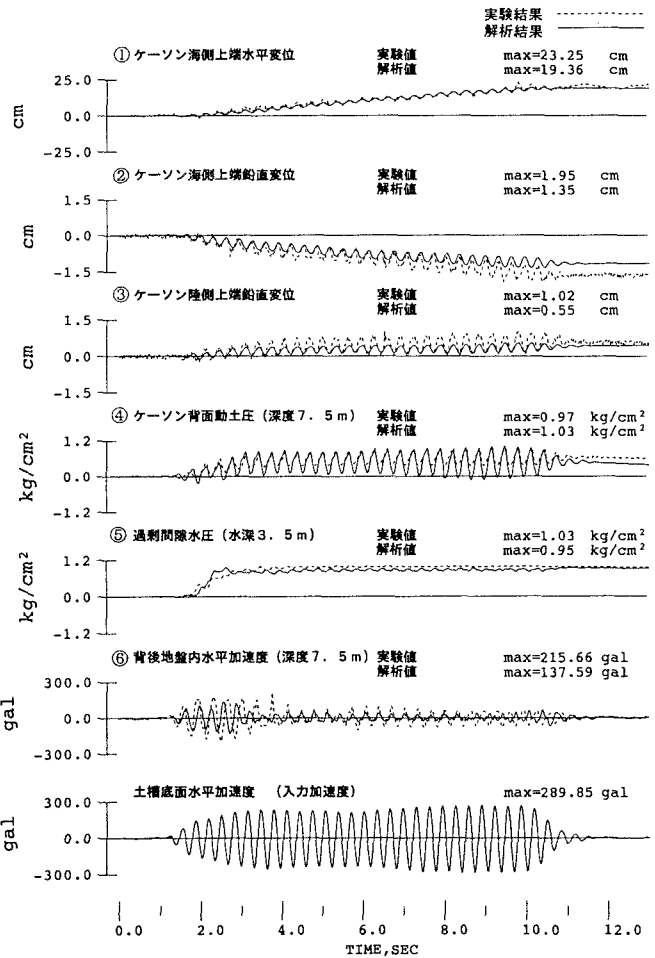


図-2 実験結果と解析結果の時刻歴の比較

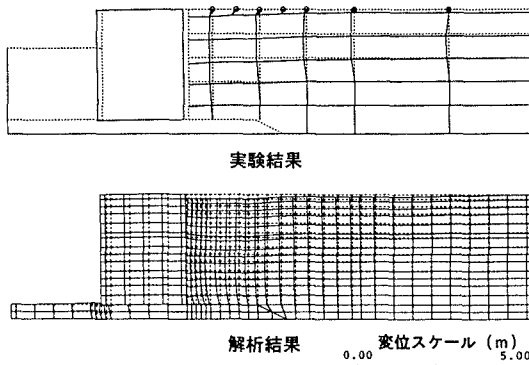


図-3 実験結果と解析結果の変形図の比較

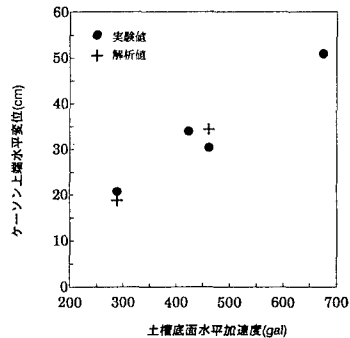


図-4 ケーソン上端水平変位と土槽底面水平加速度との関係

参考文献

- 1) 小瀬木克己 他：遠心模型実験による護岸構造物の地震時挙動に関する研究，土木学会第50回年次学術講演会，平成7年
- 2) Tobita, Y. Yoshida, N. : An isotropic bounding surface model for undrained cyclic behavior of sand: Limitation and Modification, Proc., International Symposium on Pre-Failure Deformation of Geomaterials, Sapporo, pp. 457-462
- 3) 小瀬木克己 他：砂の非排水繰返しせん断試験のシミュレーション，土木学会第51回年次学術講演会，平成8年発表予定