

改良個別要素法による消波ブロックの三次元モデル

東京電力(株) 正会員 藤谷昌弘 正会員 嶋田昌義
東電設計(株) 正会員 中瀬 仁 正会員 安中 正

1.はじめに

発電所の新立地方式として人工島を想定した場合、取水路等の関連する施設の耐震安全性を評価するためには、強い地震に対する護岸の応答を正確に予測しておく必要が有る。筆者等は数年来ケーソン式護岸の1/40模型振動実験¹⁾を対象に個別要素法の実用化に取り組んできた。その結果、ケーソンを改良個別要素法による連結要素²⁾、背後地盤および消波工を回転拘束した円形要素の集合でモデル化することにより、強い地震力を受ける護岸模型の大変形を水で満たされていない場合についてはかなり再現性良くシミュレーションできるようになった³⁾。しかしながら消波工の応答について、極めて特異な形状を持つテトラポッドなどの消波ブロックの三次元的挙動を再現するには、これまでのような二次元解析では限界があると考えられる。本研究では、消波ブロックとして一般的なテトラポッドについて改良個別要素法による三次元モデルを作成し、傾斜を受ける消波工の崩壊する様子をシミュレーションする。

2.改良個別要素法によるテトラポッドの三次元モデル

四方に足の突き出た特殊な形状であるテトラポッドを通常の個別要素法でモデル化することは困難である。ここでは、球要素9個を改良個別要素法の間隙バネで連結し図-1(b)に示すようなテトラポッドの三次元モデルを作成する。このモデルの運動を表示する際には、図-1(a)に示すようなテトラポッドモデルをすっぽりと覆うテトラポッド型図形を用いる。

3.テトラポッドモデルを用いた消波工モデルの傾斜実験

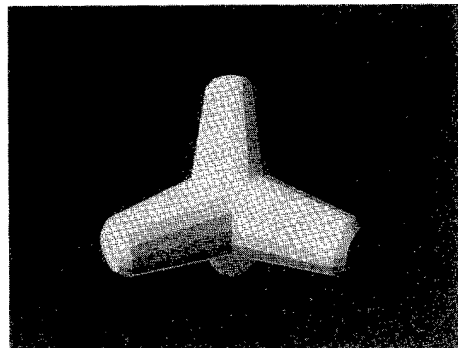
高さ10.6cmのテトラポッドモデル224個を用いて振動実験¹⁾の消波工模型に対するモデルを作成し、これに対して傾斜を加える実験を数値的にシミュレーションした。テトラポッドモデルの質量(900g)および反発特性は、実験に用いたミニチュアテトラポッドの材料定数による。ただし、計算時間の短縮のため、剛性は実際の約1/100とした。テトラポッドと底板の摩擦角は30°とした。鉛直方向の重力を低減し水平方向の重力を加えることにより、底板を解析上20°傾斜するシミュレーションを行なった結果、消波工全体が傾斜方向に変形したが崩壊には至らなかった。図-2に35°の傾斜を受けて崩壊する消波工の様子を時系列に従って示す。図のaとa'は視点が異なる。テトラポッドが複雑に絡み合いながら崩壊する様子が再現されている。

4.おわりに

消波ブロックとして一般的なテトラポッドについて改良個別要素法による三次元モデルを作成した。このモデルを用いて傾斜を受ける消波工の崩壊する様子をシミュレーションした。その結果、モデル化が効果的であることが示された。今後は、このモデルを護岸モデル一部として取り入れることを考えている。本研究では、個別要素法のプログラムとして京都大学の澤田純男氏の開発した「DEMS」を改良して用いた。

参考文献

- 1) 安田・福井・佐藤・豊田・黒瀬:護岸構造物の地震時挙動に関する実験的研究(その1),土木学会第47回年次学術講演会講演概要集,第1部, pp.160~161, 1992年
- 2) Meguro, K. and Hakuno, M.: Fracture Analysis of Concrete Structures by the Modified Distinct Element Method, Proc. of JSCE, Structural Eng./Earthquake Eng., No.410/I-12, pp.113~124, October 1989.
- 3) 中瀬・安中・栗田・嶋田・藤谷:ケーソン式護岸の模型振動実験に対する個別要素法の適用,土木学会第49回年次学術講演会講演概要集,第1部, pp.904~905, 1994年



(a)テトラポッド型図形



図-1 (b)テトラポッド型図形で覆われたテトラポッドモデル

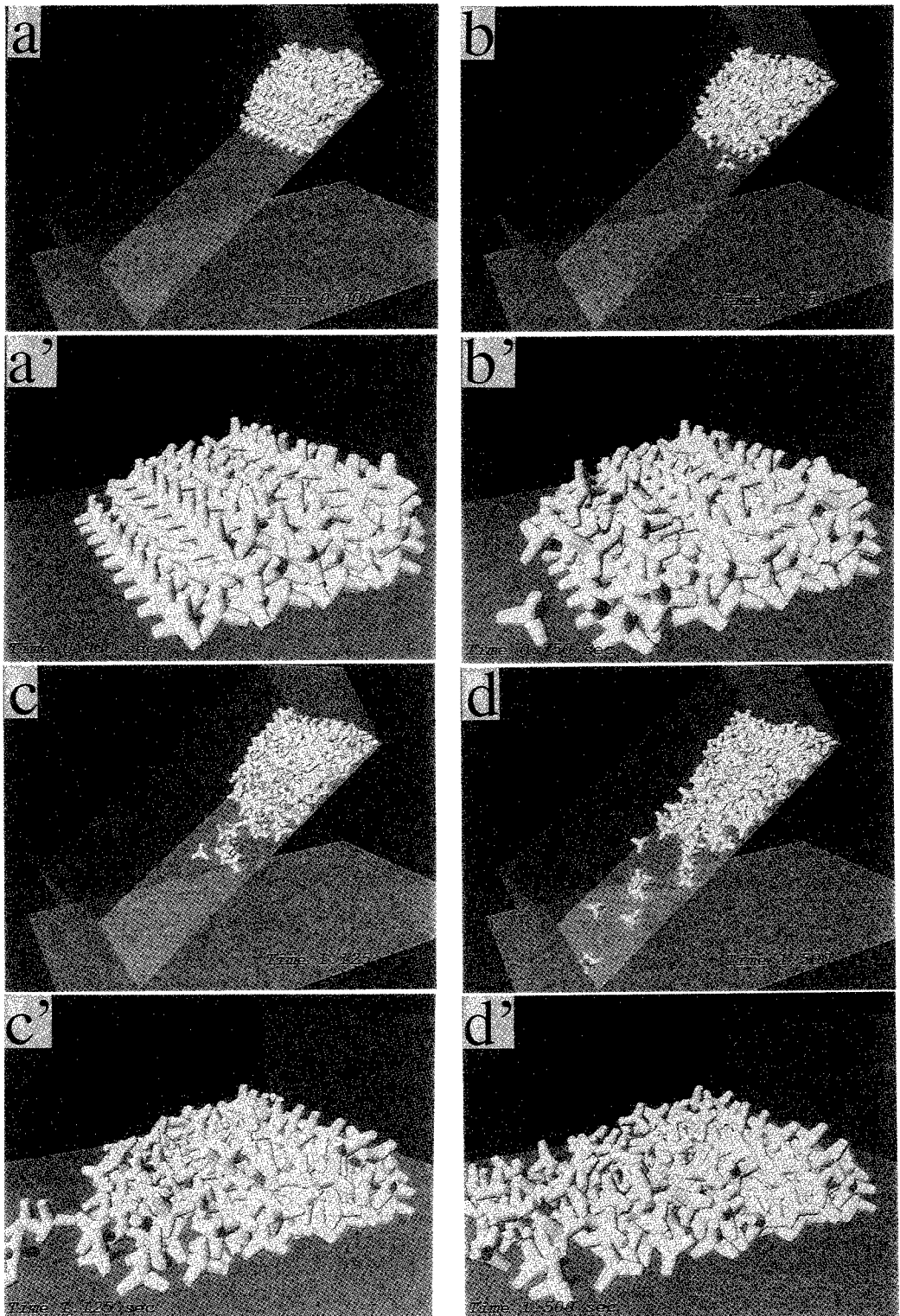


図-2 テトラポッドモデルからなる消波工が 35° の傾斜を受けて崩壊する数値シミュレーション