

I-B 325

拡張個別要素法による三次元消波工モデルを用いた地震応答シミュレーション

東電設計 正会員 中瀬 仁 茂木寛之
 東京電力 正会員 藤谷昌弘 正会員 石川博之

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、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。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結果、ケーソンを拡張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は、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、テトラポッドの三次元モデルを作成し、強い地震力を受ける消波工の応答をシミュレーションする。

2.拡張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、球要素9個を拡張個別要素法の間隙バネで図-1のように連結し、図-2のようなモデルを作成する。このモデルの運動を表示する際には、図-3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。

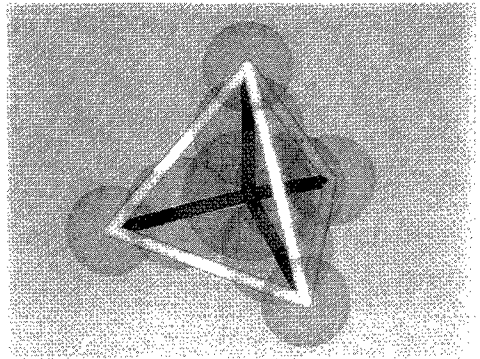


図-1 テトラポッドモデルの連結構造

3.強い地震動を受ける消波工に対する数値実験

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図-4のように作成し、これに対して2Hz,473galの正弦波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)は、実験に用いたミニチュアテトラポッドと等価である。剛性は、計算時間の短縮のため実際の約1/100とした。テトラポッドと底板の摩擦角は30°とした。手前の境界は、消波工の運動を観察し易いよう半透明に表示する。ケーソンについては、その応答計算は行なわないが、消波工の背後の境界に加わる圧力レベル(消波工圧と称する)について、

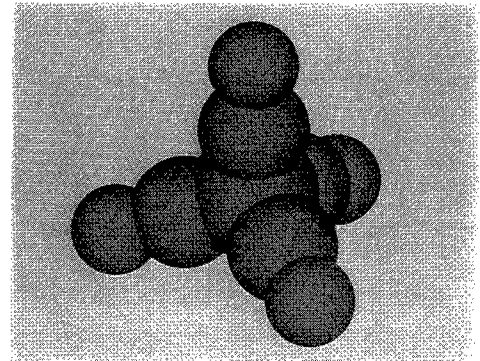


図-2 テトラポッドモデル

中央のケーソンの色調を変化させて示すため便宜的に描画しておく。消波工の運動を把

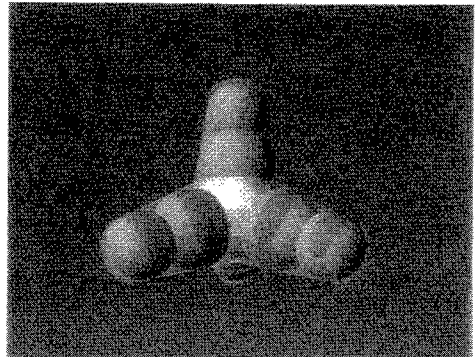
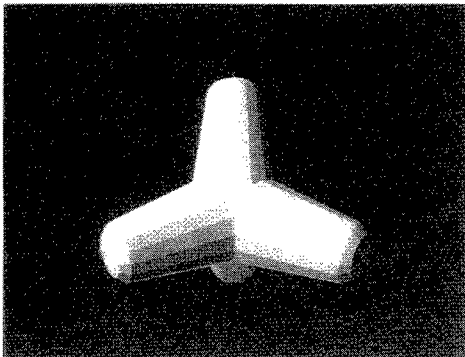


図-3 テトラポッド型図形

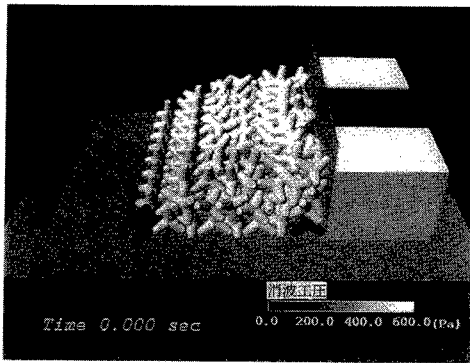


図-4 消波工モデル

握するため、着色した2つのテトラポッドモデルの変位に着目する。入力は、図-5(a)の加速度波形を積分して得た図(b)の変位波形に従って、実験箱を表す境界を紙面に対して左右に強制変位させることにより行なう。図(c)は消波工内部、図(d)は消波工先端のテトラポッドモデルの重心の、それぞれ境界に対する加振方向の相対変位波形である。消波工内部のテトラポッドモデルの変位は、回りの抵抗にあつてレベルは小さいものの、入力加速度波形とほぼ逆位相であることを示す。消波工先端のテトラポッドモデルは背後のテトラポッドモデルからの荷重を受けて徐々に海側へ迫り出す。これらのテトラポッドモデルの運動は、消波工全体が慣性力の方向に運動していることを示す。図(e)は消波工圧波形である。消波工が海側に運動している際(1.33秒)には、図-6(a)に示すように、消波工圧は減少し(黒)、消波工が陸側に運動している際(1.58秒)には、図-6(b)に示すように、消波工圧は上昇しており(白)、消波工の運動と消波工圧の変化は対応している。

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拡張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強い地震力を受ける消波工の応答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の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) 安田他：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 160-161 2) Meguro, K. and Hakuno, M.: Fracture Analysis of Concrete Structures by the Modified Distinct Element Method, Proc. of JSCE, No.410/I-12, 113-124 3) 栗田他：ケーソン式護岸の模型振動実験に対する個別要素法シミュレーション, 土木学会論文集, No.525/I-33, 299-308

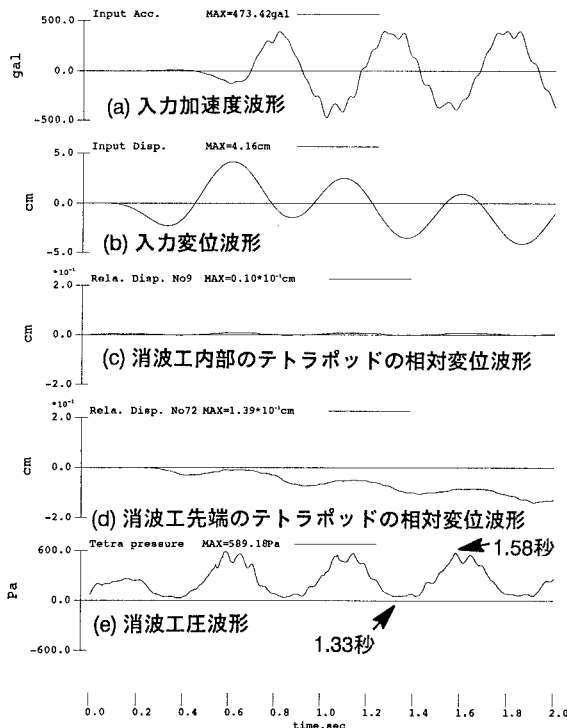


図-5 入力波形と消波工の応答波形

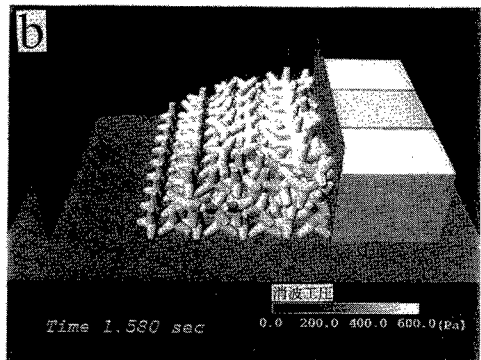
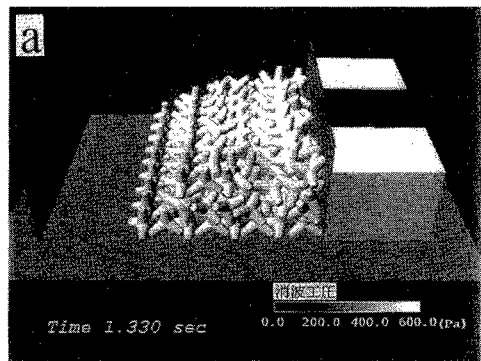


図-6 消波工の状態、(a) 1.33秒、(b) 1.58秒