

平板載荷による捨石マウンドの挙動に関する粒状要素解析

前橋工科大学 学生会員 嶋田 渉
前橋工科大学 正 会 員 土倉 泰

1. はじめに : 混成式防波堤を建造する際には、割石を積み重ねた捨石マウンドが用いられ、この上にケーソンが設置される。捨石マウンドの表面に不陸があると、ケーソン本体を設置する際、底版に過度の集中荷重が作用することも予想されるが、これを評価するのに十分な方法は確立されていない。そこで、本研究では捨石を剛体要素でモデル化し、ケーソン据付時を想定した平板載荷時のモデルの挙動を粒状要素法で解析する手法について検討する。

2. 2次元モデルによる解析 : 写真 - 1 に示すように、実際のマウンドの支持機構を明らかにする目的で、湾岸工事で使用される捨石を用いて作成したマウンドに平板載荷を行う大型陸上実験が行われている¹⁾。この実験では平板の底面に多数のロードセルを配置し、平板載荷に伴って底面に作用する荷重分布を調べており、捨石マウンド上のケーソンが点支持状態で支えられていることや、各支持点の接触荷重のばらつきが非常に大きいこと等、ケーソンの設計法を再検討するために有用な情報が得られている。しかしながら、マウンド高さやマウンド下の床面の硬さ等の実験条件により、底版に作用する力の様子が異なることも考えられる。それが明らかになるまでこの大規模実験を繰り返すのは現実的ではない。また、実験ではマウンド内の力の伝達状況は把握できない。力の伝達のメカニズムが明らかになれば、これをマウンド条件と対応させて、設計に生かすことができるのではないかと考えられる。そこで2次元の粒状要素解析を行い、この問題への適用性を調べた。図 - 1 がその結果の一例である²⁾。計算は2次元の円モデルで行っており、最下段の円は回転を拘束し、円と床との摩擦角は大きめに設定している。図の(a)は載荷前の状態を表しており、(b)は平板に作用する力が最大となった状態を表している。ここで円の間を結ぶように描かれている線分は円に作用する力を表しており、太い線ほど大きな力となっている。この計算では、平板が押し付けられると、捨石モデルが、組み替えを生



写真 - 1 捨石マウンドへの大型載荷実験

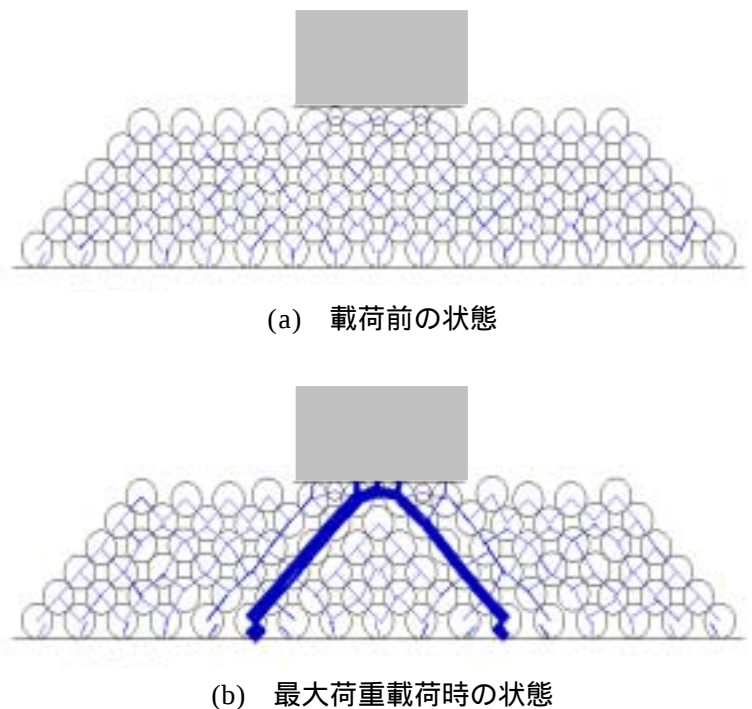


図 - 1 粒状要素解析で求めた力の伝達状況

キーワード 粒状要素法、不陸、粒状体モデル



写真 - 2 モデル化に用いた自然石



図 - 2 X Y断面の一例

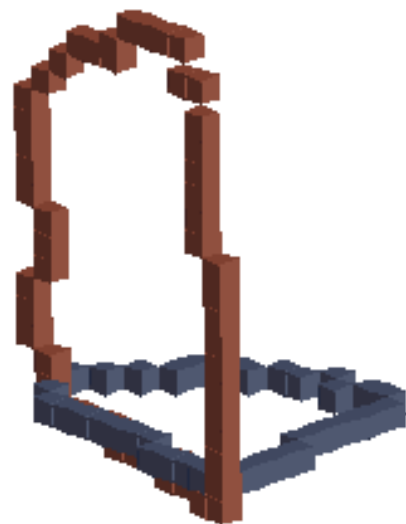


図 - 3 X Y断面とこれに直交する面

しながら力を伝達させていく様子をとらえることできている。粒状要素法による不連続体モデルの解析で、少なくとも定性的には、マウンド内の力の伝達状況の変化も含めて、捨石マウンドの挙動を調べることが可能であることがわかった。

3. 3次元モデルの作成：大型載荷実験を補う手段として計算を役立てるためには、計算内容をより現実の問題と対応させたものとする必要がある。実際の捨石は写真 - 1に見られるように複雑な表面形状を有している。そこで、以下に示す方法で複雑な表面形状を持つ3次元の剛体要素モデルを作成した。ここでは捨石に似た形状を持つと見られる自然石を、多数の立方体をつなぎ合わせるによってモデル化する。写真 - 2がモデル化に用いた自然石で、質量約6kg、粒径20cm程度のものである。まず、ある高さZにおいて自然石のXY断面を紙面に写す。この上に1cm方眼を当てはめ、石の表面形状を表す曲線と交わる正方形の中から50%以上が石の断面に含まれるものを選定し、これをXY断面とする。その一例を図 - 2に示す。この作業をZ方向1cmごとに繰り返し、各正方形の中心に重心をもつ辺1cmの立方体を作成して重ね合わせる。ただし、予め把握していたXY断面と直行する面(図 - 3)をもとに、1cm方眼の位置は異なる高さのXY断面で共通となるように調整する。こうしてできた自然石のモデルが図 - 4である。立方体660個から成る中空モデルである。本モデルと自然石の形状を比較してみると、微小な表面形状は捉えることはできなかったが、全体の形状を表すには十分であると判断した。なお、石の重量の評価は中実としたモデルで行える。

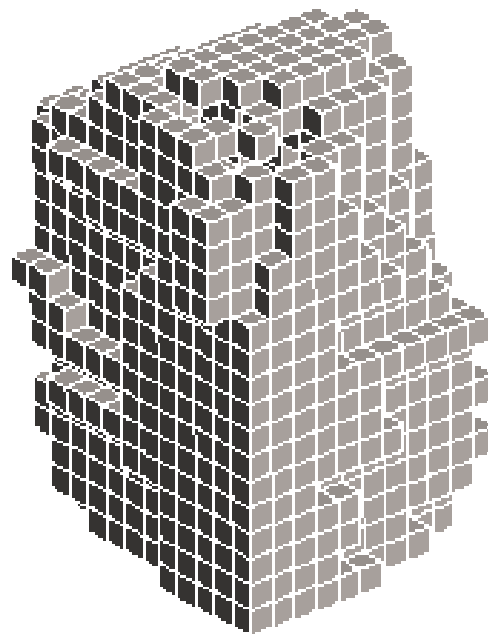


図 - 4 自然石の3次元モデル

4. おわりに：円モデルを用いた粒状要素法で、平板載荷による捨石マウンド挙動を解析できることを確認し、より現実問題と対応する計算を行うために自然石の3次元モデルを作成した。本文中に示す形の剛体要素モデルをいくつか作成し、立方体に内接する球で接触判定をしながら石の集合体でマウンドを作り、平板載荷実験に関する粒状要素解析を進めれば、ケーソンの設計に役立つ情報を得られるものと考えている。

【参考文献】1) 宮田 正史、菅野 高弘、菊地 信夫：捨石マウンドの支持機構を考慮したケーソン底版設計法の開発への取り組み、土と基礎、Vol.50、No.4、pp.19-21、2002。
2) 稲光 正修、土倉 泰、宮田 正史、菅野 高弘：ケーソン据付時のマウンド支持機構に関する粒状要素解析、第28回関東支部技術研究会講演概要集、pp.792-793、2002。

【参考文献】1) 宮田 正史、菅野 高弘、菊地 信夫：捨石マウンドの支持機構を考慮したケーソン底版設計法の開発への取り組み、土と基礎、Vol.50、No.4、pp.19-21、2002。

2) 稲光 正修、土倉 泰、宮田 正史、菅野 高弘：ケーソン据付時のマウンド支持機構に関する粒状要素解析、第28回関東支部技術研究会講演概要集、pp.792-793、2002。