

擬似立体個別要素法を用いた土留緑化ブロックの地震応答解析手法

東京都立大学大学院工学研究科	学	竹田 岳史
東京都立大学大学院工学研究科	正	長嶋 文雄
東京セメント工業(株)技術部関東設計室	正	原 洋介

1. はじめに

従来の2次元DEMでは、各要素を単位長さを有する円柱と見做し、同一平面内における運動を扱ってきた。従って、基本的には平面応力/平面歪み状態を仮定し得る場合に限った解析に用いられ、奥行き方向に変化のある構造には使用することはできなかった。図-1に、従来からシミュレーション解析に用いていたブロック擁壁の2次元モデルを示すが、空積みブロック擁壁内の、ブロックとブロック内部の土を同時に表現することが出来なかった。しかし、3次元DEMでは現在でもなお演算コストが膨大に掛かる。本報告は、以上のような問題を解決するための、擬似立体DEM解析手法を提案するものである。

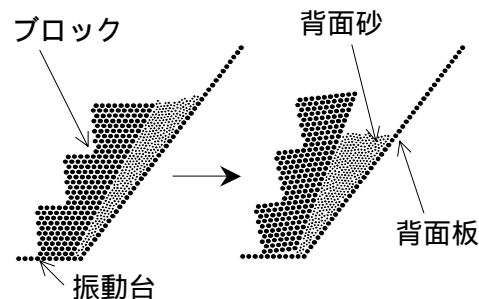


図-1 従来モデル

2. 擬似立体個別要素法による地震応答解析手法

2.1 擬似立体化手法

空積みブロック擁壁において、一つのブロック幅を単位幅（奥行き）と考える。この単位幅には、図-2に示すように、ブロックと背面砂（領域1）およびブロック前面壁とブロック内部の砂と背面砂（領域2）の2層の構造が存在している。従って、2層構造（領域a, b）に分割し、連続条件として、ブロック要素における連続性を与えることにする。また、2層構造間（ブロックと砂の間）に摩擦を考慮することもできる。2層構造を平面（単層構造）で表現するためには、ブロック要素の内、領域1に存在するが領域2には存在しない要素と砂要素との接触問題は扱わないことにする。このように、単位幅にa, bなどの長さに関するパラメータを設定することにより、実際のものと同じと変わらない幾何学的な条件設定が可能となる。従って、地震時における擁壁の安定問題で最も重要な、ブロックの重心位置の設定を精度良く設定することができる。

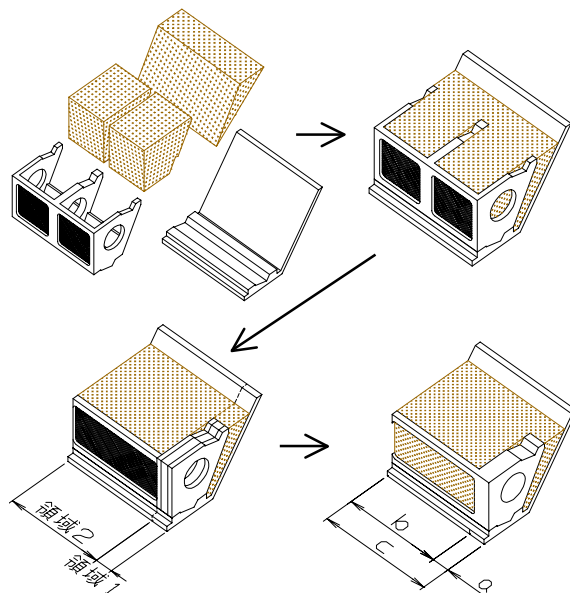


図-2 擬似立体モデル

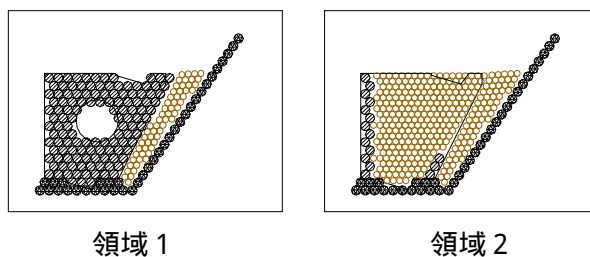


図-3 領域図

2.2 高速化処理

要素数の増加に伴い、解析時間の効率化を図るため高速化処理についての検討を行った。本研究においては、擁壁ブロックは剛体的な扱いをしてもかまわないので、これを利用した高速化処理を考えた。擁壁ブロックの外周要素（図-4における●要素）のみ接触判定を行い、内部要素（図-4における○要素）は初期状態において設置した弾性ばね、ダッシュポット、スライダーを常に適用し、接触判定は一切行わないという処理を行った。解析対象モデルや段数等によって効果の違いはあるものの、3段の解析で13%程度の時間短縮

キーワード 擬似立体化, 高速化処理, 重力緩和曲線, 加速度振幅緩和曲線

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL0426-77-1111 内(4531)

ができた。また、セル登録法を使用した場合加振する際の振幅や転倒を考慮しなくてはならないため、解析モデルに対して左右に余分なセルを設定しておかなければならなかった。そこで、セル自体を絶対座標から相対座標に変更することで余分なセルを削減し、高速化を試みた。しかし、セルの相対座標変換の計算が増えてしまうため、計算時間の短縮はほとんど出来なかった。更に、セル登録法では、セル幅が要素の直径ぐらいが良いとされているが、セル幅を直径の2倍程に大きくし、1つの要素に対して接触判定を行う要素のリストの更新を1000回に1回程度に減らすという処理も試みたが、1つの要素に対して接触判定を行う要素数が多くなってしまったため、時間短縮は出来なかった。

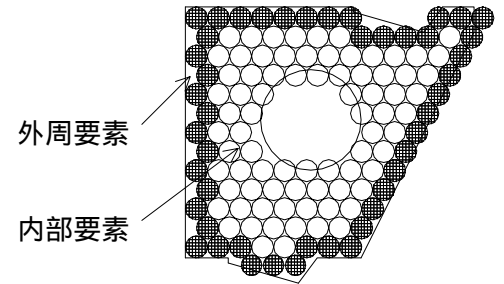


図-4 ブロック図

2.3 地震応答解析手法

砂のパッキング処理において急激に重力を掛けると要素間の衝突が生じ、要素全体が安定するまでに時間がかかってしまうため式(1)を用いて重力緩和を行った。同様に、振動を加える際にも式(2)を用いて初期の加速度振幅の緩和を行った。

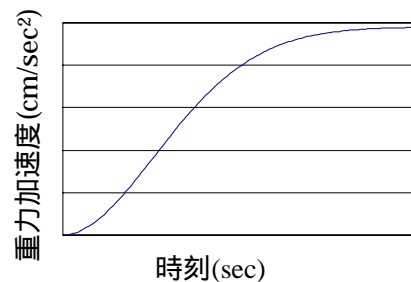


図-5 重力緩和曲線

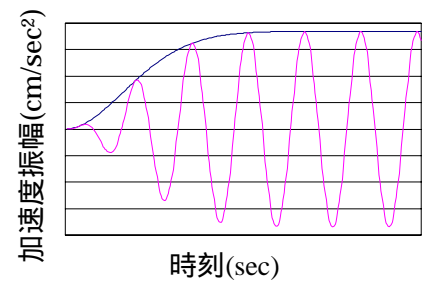


図-6 加速度振幅緩和曲線

$$g_1 = g(1 - e^{-y}) \dots (1)$$

$$g_2 = 1 - e^{-y} \dots (2)$$

ここで、 $Y = -500 \times t^{1.9}$, $y = -4 \times t^{1.9}$, g : 重力加速度 , t : 解析時刻 , とする。図-5 は重力緩和曲線のグラフであり、図-6 は加速度振幅緩和曲線のグラフである。なお、パッキング時には、効率を良くするために砂の摩擦係数を一時的に零としている。

2.4 要素間力と破壊基準

要素間の力の作用として図-7 に示す2つの状態を考える。状態1は、初期状態において連続体の状態で、状態2は初期状態において非連続体の状態、もしくは連続体が破壊されて再び接触した状態を現している。破壊基準はモールクーロンの破壊基準を適用している。

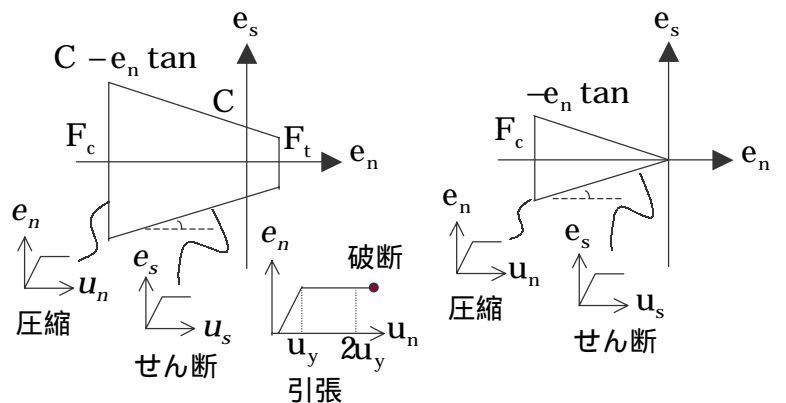


図-7 要素間破壊基準

3. まとめ

2次元 DEM の奥行き方向に構造的な変化のある系の擬似立体解析手法を提案した。擬似立体化を行うことで、図-8 に示すようにブロック内部の砂の挙動を捉えることが可能となり、実験と同様の動きを示すシミュレーション解析が可能になった。今後、当解析手法を用いて、ブロック擁壁の耐震安定化策の検討を行う予定である。

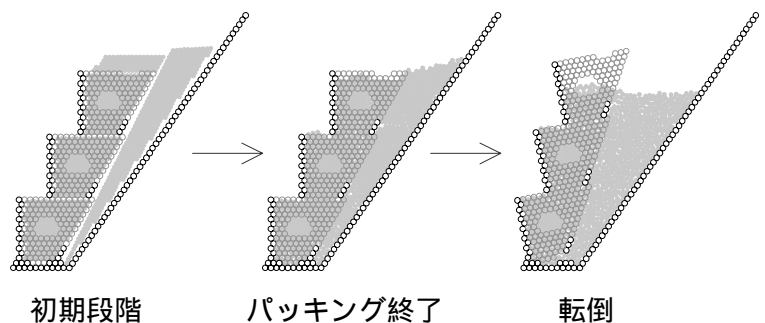


図 8 転倒モデル

【参考文献】1) 星野, 原, 岩間, 長嶋: 土留緑化ブロックの地震時転倒限界に関する模型実験, 土木学会, 第55回年次学術講演概要集, 2000.
2) 原, 長嶋: 個別要素法を用いた土留緑化ブロックの動的挙動解析, 土木学会, 第56年次学術講演概要集, 2001.