

矩形要素の個別要素法による落体解析

(株)アイサワ工業

鳥取大学工学部

○宮本 圭吾

正会員

藤村 尚

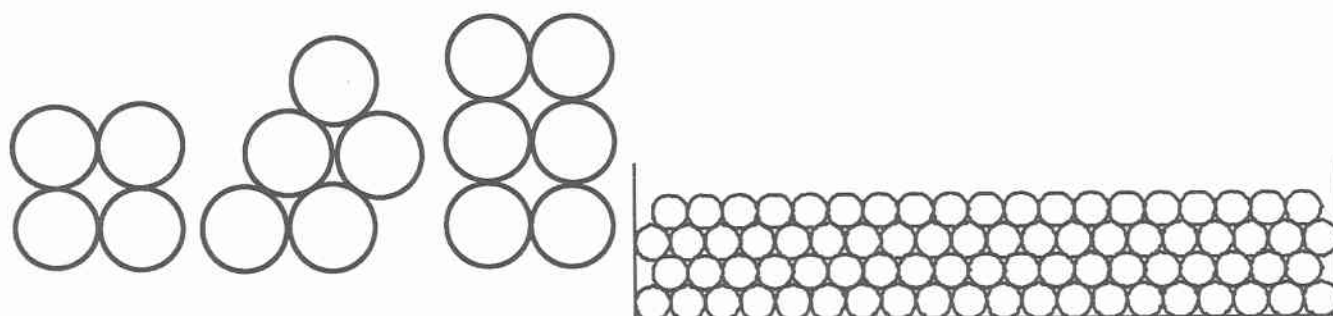
1. はじめに

斜面における落石は、土石流などと比べると分量は少ないがその破壊力は大きく、道路や線路に落下した岩石は車両の円滑な交通を阻止する。そこで、本研究では DEM を用いて落石要素の挙動、地盤と落石要素との接触力を検討することを目的にした。実際に落石が発生する時、その落石要素は多角形要素であるが、DEM において多角形要素の場合、接触判定、応力算定において複雑になるため、本研究では要素間に引張り力をもたせることにより、円形要素を複数組み合わせることで矩形要素とみた落下要素(以下クラスターと呼ぶ)を用いて解析を行った。

2. 解析モデル

本研究では、図-1 に示すような落石要素と地盤モデルを想定した。落石要素はそれぞれ半径 1cm の円要素を組み合わせる正方形モデルと台形モデル、そして長方形モデルである。地盤も半径 1cm の円要素を 1 段目 20 個、2 段目 19 個、3 段目 20 個、4 段目 19 個と格子状に並べた地盤を想定した。

本解析の解析手法として、落石要素の挙動では、地盤の斜面勾配を 20° と設定し、地盤より高さ 5cm の所から自由落下させ、地盤を構成している要素と要素の間に落下した場合と、要素の真上に落下した場合とで、その挙動の違いを見た。また、接触力の算定においては、正方形要素と長方形要素さらに、体積は長方形要素と同じで、質量は正方形要素と同量であるものをそれぞれ、地盤より 0~10cm から落下させ、0.1cm ごとに接触力を算定した。



(a)正方形

(b)台形

(c)長方形

(d)地盤モデル

図-1 解析モデル

3. 解析結果

落石要素の挙動を表わしたものが図-2 である。回転運動および飛跳ね運動といった挙動が起こっている。飛跳ね運動が起こる原因として、①斜面勾配が急変、あるいは斜面内に突起がある場合、②落石の回転の角速度がある値を超えた場合、の 2 つが考えられる。本解析においては斜面内に突起があるため飛跳ねが起こったと考えられる。次に、落石要素の重心位置の軌跡を表わしたものが図-3 である。地表面が粗い地盤と見立てた要素と要素の間(凹部)に落下した場合、跳ね返り速度が、要素の上(凸部)に落下した場合よりも遅くその分、運動エネルギーが損失したと考えられる。そのため、凸部に落下した要素に比べて、動きも少なく、早く時間が収束するといえる。

また、接触力と落下高さの関係を図 - 4 に示す。本解析で得られた結果と $P = \alpha W^\beta H^\gamma$ で表わした結果を比較するとほぼ同様の傾向が伺える。

本解析において、地盤は強固な岩盤斜面と想定したため地盤は動かしていない。

4.まとめ

矩形要素の DEM 解析結果から落体の形状による飛び跳ねの違いなどが良く表現できた。

斜面の落石において、要素間に落下したものの方がエネルギー損失が多いため運動も少なく時間的にも早く収束する。

接触力は、落下要素の質量に比例して増加する。

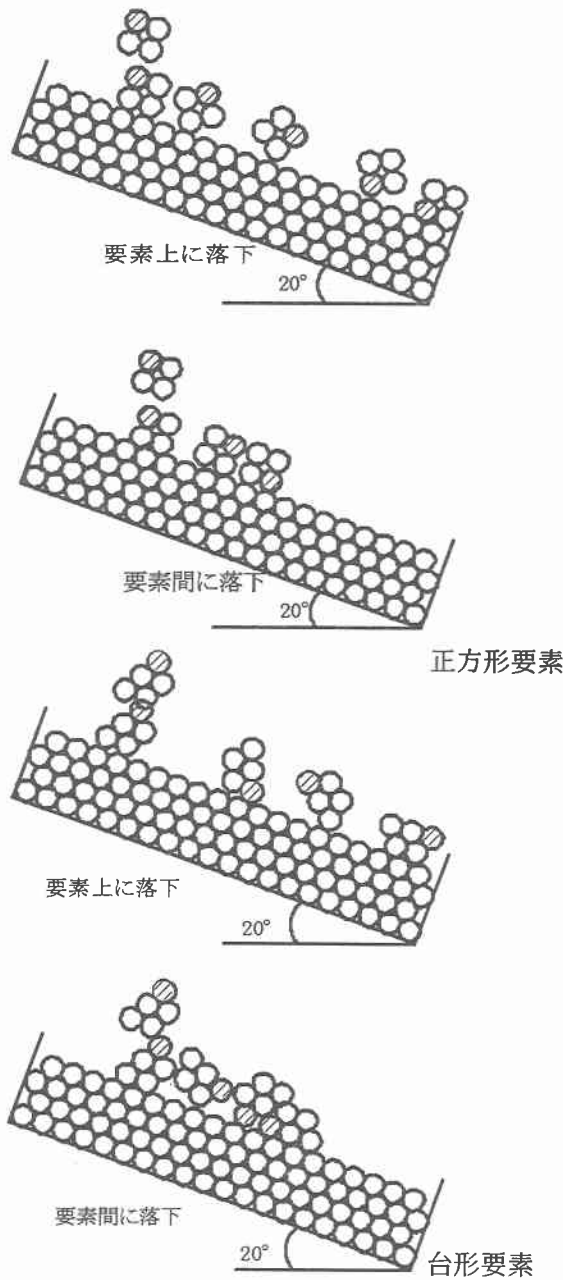


図 - 2 落石挙動

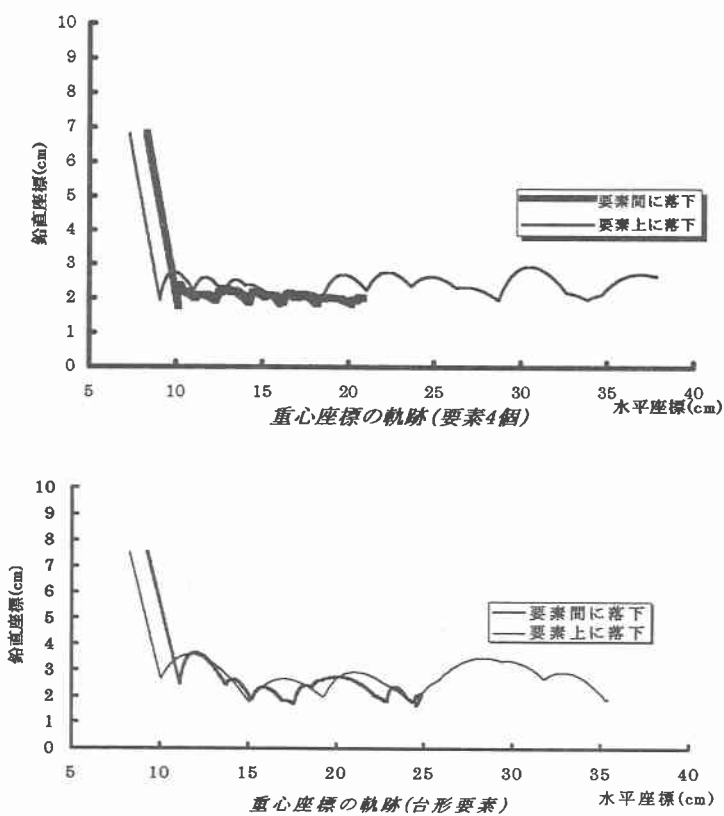


図 - 3 重心位置の軌跡

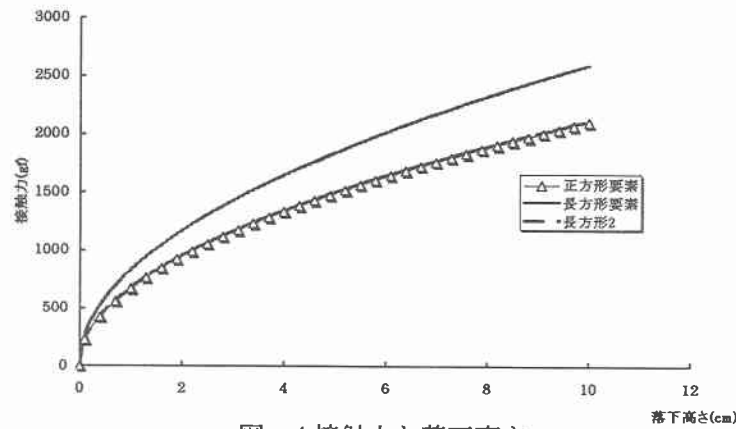


図 - 4 接触力と落下高さ