

岩盤斜面の地震時安定性に関する基礎的研究

京都大学工学部 正会員 足立紀尚 京都大学工学部 正会員 大西有三
基礎地盤コンサルタンツ 三木 茂 森本組 正会員 ○北海伸彦

1. はじめに 直下型地震による岩盤斜面の崩壊原因を究明するには、地震による衝撃的なエネルギーの伝播に着目して岩盤斜面の挙動を捉える必要がある。そこで本研究では岩盤斜面の地震時安定性の問題を究明するため個別要素法で問題となるいくつかのパラメータについて再検討を行い、連続体の解析が可能な個別要素法により斜面全体を離散化可能とした個別要素実験モデル（図-1）、表層部のみを離散化可能物体（個別要素）、内部を連続体としたハイブリッド型モデル（図-2）で簡略化し実験が行われた上記の2つのモデル¹⁾²⁾について解析を行い、実験結果と比較、検討を行う。その際、物理的現象が明確にされている一次元弾性棒モデル、一次元剛体球衝突モデルを解析することにより最適な入力パラメータを決定する試みを行う。

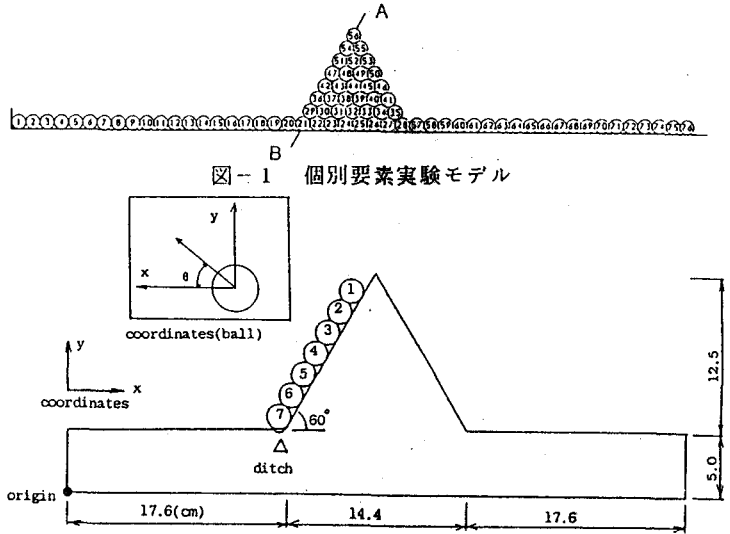


図-2 ハイブリッド型モデル

2. 解析方法および解析結果

○ハイブリッド型モデル

シミュレーション解析は、図-2のモデルを用いて斜面表層を表す球の集合体の部分（離散化物体）には個別要素法、基盤および山体内部を表すジュラルミンの部分（連続体）には、二次元波動方程式の差分近似解析を適用して行う。初期状態については、初期状態における各球の減衰振動の振幅がある程度小さくなるまで放置しておく必要があると考え、本解析では放置回数を12000回とする。入力方法は、放置後、従来の実験と同じように半径0.0095(m)の球を3.9(m/s)の初速度で右端に衝突させて解析を行った。材料定数は表-1の値を、解析に用いるパラメータは一次元モデルの解析によって得られた表-2の値を用いた。ここで、図-3に球が飛び出す際のx方向速度、y方向速度の過去の実験値と本解析値をプロットしたものを示す。これより得られた知見は次の通りである。

表-1 材料定数

個別要素部分の材料定数	
単位体積重量 ρ :	7850(kg/m ³)
体積弾性率 k :	1.65×10^{11} (Pa)
剛性率 κ :	7.8×10^{10} (1/Pa)
連続体部分の材料定数	
単位体積重量 ρ :	2690(kg/m ³)
体積弾性率 k :	7.55×10^{10} (Pa)
剛性率 κ :	2.6×10^{10} (1/Pa)

表-2 パラメータ

$k_n = k_s = 1.42 \times 10^{14}$	(Pa/m)
$\Delta t = 8.338 \times 10^{-8}$	(s)
$\alpha_n = \alpha_s = 6.283$	(1/s)
$\beta_n = \beta_s = 1.592 \times 10^{-7}$	(s)
$\mu = 0.063$	
$c = 0$	

- ①各球の速度の大きさは実験結果より全体的に大きい。
- ②実験では斜面下部の球と同じく一番上位の球も激しい運動をしている。
本解析では一番上位の球の挙動が一番激しい。その他の各球の挙動にはあまり差が見られない。
- ③初期運動方向角については実験結果とはほぼ一致した。

Toshihisa ADACHI, Yuzo OHNISHI, Shigeru MIKI, Nobuhiko KITAMI

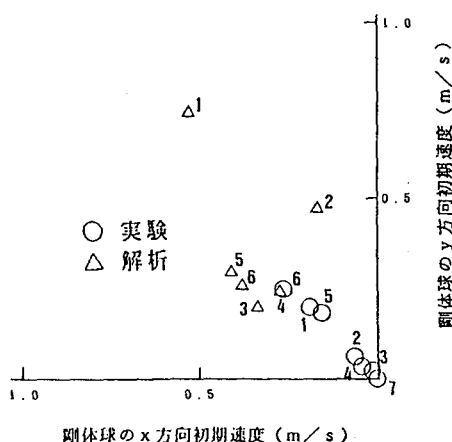


図-3 x方向速度とy方向速度との関係

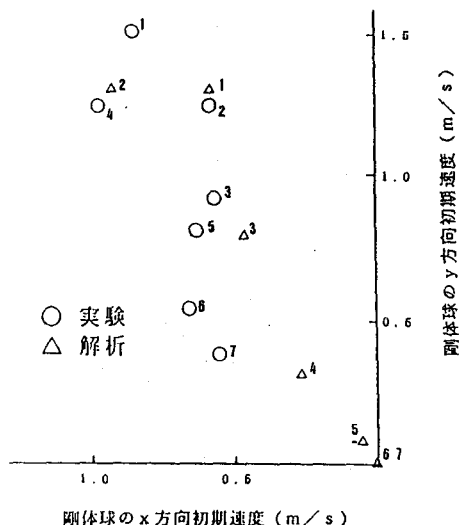


図-4 x方向速度とy方向速度との関係

○個別要素実験モデル

実験をシミュレートするため、図-1に示すモデルを用いて解析を行う。その際、過去の解析ではNo. 1～No. 76の球を用いて基礎および斜面を表現し、No. 77の球に初速度 $V_0=3.51$ (m/s)を与えてNo. 76に衝突させることでモデル全体に衝撃エネルギーを与えたが、球を衝突させるまで多くの時間を要するので本解析では、No. 75の球に隣接したNo. 76の球に初速度 $V_0=3.51$ (m/s)を与え、個別要素法によりこの時のA-B線上の各球の挙動を解明する。初期状態については先のハイブリッド型モデルの解析と同様に各球が減衰振動をしていると考えられるので、その振幅がある程度小さくなるまで放置しておく必要がある。そこで振動がほとんどなくなるまで放置し(3.0×10^{-2} s間)その後、先に述べたように一番右端の球に初速度3.51 (m/s)を与え解析を行う。解析に用いるパラメータは表-3の値を、材料定数は表-4の値を用いた。図-4に過去に行われた実験値と本解析値の球が飛び出す際のx方向速度、y方向速度をプロットしたものを示す。これより得られる知見は次の通りである。

表-3 パラメータ

$k_n = k_s = 1.42 \times 10^{14}$ (Pa/m)
$\Delta t = 9.583 \times 10^{-7}$ (s)
$\beta_n = \beta_s = 1.592 \times 10^{-7}$ (s)
$\mu = 0.063$
$c = 0$

表-4 材料定数

個別要素部分の材料定数
単位体積重量 ρ : 7850 (kg/m ³)
体積弾性率 k : 1.65×10^{11} (Pa)
剛性率 κ : 7.8×10^{10} (1/Pa)

①各球の速度の大きさは実験結果とほぼ等しい。

②実験結果と同様に斜面上部の球の挙動が下部の球のそれより激しい。

③初期運動方向角についても実験とほぼ一致している。

3. おわりに 先に示したように本解析ではどちらのモデルに対してもほぼ実験結果と合致していると考えられる。つまりハイブリッド型モデルおよび個別要素実験モデルのどちらのモデルについても斜面頂上部にエネルギーの大半が伝わっているという結論に達した。このことから直下型地震によって岩盤斜面の上部での激しい挙動を説明できるといえよう。また今回の解析は接触機構のばね定数の値により離散化ブロックの変形性を簡易的に表現できる可能性を示している。

<参考文献>

- 1) 足立紀尚, 岡正治郎, 田中美和, 山口直宏: 地震時の斜面崩壊機構を念頭においたモデル実験及び解析, 第22回土質工学研究発表会講演概要集, 1987
- 2) 足立紀尚, 田中美和: 地震時の岩盤斜面の挙動に関する研究, 第23回土質工学研究発表会講演概要集, 1988