

III-30

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

京都大学工学部 足立 紀尚
 (株)大阪ガス 岡 正治郎
 京都大学大学院 ○ 田中 美和
 京都大学工学部 山口 直宏

1. はじめに

日本は世界でも有数の地震国であり、地震時に崩壊する可能性のある斜面が多く存在している。しかし、地震時の土圧や支持力の評価、崩壊の発生を含めた斜面安定問題を論ずるには現在なお多くの問題がある。本報告では直下型地震時の地震波伝播による斜面崩壊を念頭において、図-1のようなハイブリッド型(連続体+個別要素)のモデル実験及び解析を行い、筆者らがこれまで行ってきた個別要素法(DEM)解析との比較検討を行った。

2. モデル実験

2-1. 実験方法

図-1のように連続体(ジュラルミン製)の斜面部に金属球(直径19mm 質量28.2g) 7個をのせる。なお図-1の連続体の△部に溝を設け、球をある程度まで固定できるようにした。これと同じ球をモデル基盤の右端にある速度(390.0m/s)で衝突させることで衝撃エネルギーを与え、このときの球の挙動をビデオカメラで撮影して、画像解析装置を用いてコマづつ再生し各球の各時間ごとの座標を読み取る。読み取った各球の軌跡を放物線として近似し、各球の飛び出すときの初速度 v および水平面とのなす角 θ を算出した。

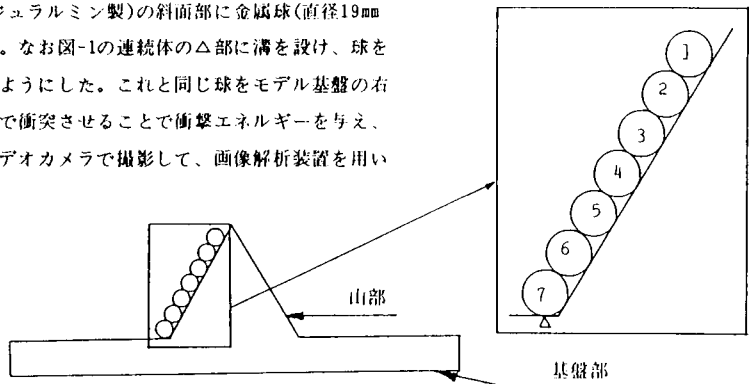


図-1 ハイブリッド型モデル

2-2. 実験結果

各球の飛び出すときの初速度 v 、水平面とのなす角 θ および入力エネルギーに対する各球の得たエネルギーの比E.P.の平均を表-1に示す。これをみると下の方の球がよく動いていることがわかる。ただし一番下位の球は連続体の△部の溝のためほとんど動いていない。そして一番上位の球の運動は激しい。

表-1 実験結果

	v (cm/s)	θ ($^{\circ}$)	E.P. (%)
1	28.19	47.46	0.52
2	9.36	45.87	0.06
3	2.73	56.19	0.00
4	5.58	35.88	0.02
5	24.43	50.46	0.39
6	36.95	45.02	0.90
7	0.00	0.00	0.00

3. ハイブリッド解析

3-1. 解析方法

連続体部分は等方弾性体で、横方向 $\Delta x = 0.22(\text{cm})$ 、縦方向 $\Delta y = 0.38(\text{cm})$ のメッシュに分割し、二次元波動方程式を差分法により解いた^{1), 2)}。球の部分ではDEM解析を適用する。接触機構は図-2を用いている。また球と連続体の境界部分の相互作用の概念は岡の方法³⁾を用いた。材料定数は表-2に示している。連続体右端部分への変位の入力波形は図-3のモデルのNo.77の初速度390.0cm/sの場合のNo.77がNo.76の球に衝突してから分離するまでのくい込み量-時間曲線を基本としている。

3-2. 解析結果

表-2 材料定数

個別要素	
ばね剛性	k : 2.82×10^9 (dyn/cm)
タイムステップ	Δt : 9.80×10^{-6} (s)
減衰定数	η : 1.07×10^4 (g/s)
摩擦係数	μ : 0.063
粘着力	c : 0.0 (dyn)

連続体

弾性係数	E : 2.82×10^9 (dyn/cm ²)
ポアソン比	ν : 0.3
せん断弾性係数	G_{xy} : 1.07×10^9 (dyn/cm ²)
密度	ρ : 7.85 (g/cm ³)
タイムステップ	Δt : 2.45×10^{-6} (s)

上述のようにして求めたくい込み量の3倍の変位を図-4の○部に与えた場合(case 1)、及び変位の入力方法は case 1と同じで図-1のNo.7の球がほとんど動かないことを考慮しこの球のx方向の動きを完全に抑えた場合(case 2)のそれぞれの v , θ , E.P.を表-3に示す。この結果からもエネルギーはあまり上部には伝わらないことがわかる。またcase 2においては、一担連続体からエネルギーを受け(◆印)さらに直下の球からエ

ネルギーを受けた後(◇印)飛び出し

ている。こ

の解析結果は実験をよく説明している。

4. 結論

今回の衝撃エネルギーの入力方法では、個別要素の場合は山上部によくエネルギーが伝わるのに対し、連続体の場合は山部にあまりエネルギーが伝わらない。

参考文献

- 1) 足立紀尚, 岡正治郎, 田中美和, 山口直 図-4 連続体の変位入力部
宏: 地震時の斜面崩壊機構を念頭に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論文集, 1987
- 2) 岡正治郎: 地震時の岩盤斜面の力学挙動に関する研究, 1987年京都大学修士論文

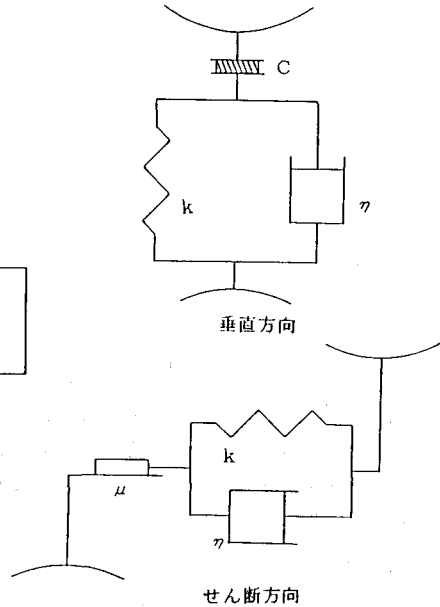


図-2 個別要素法の接触機構

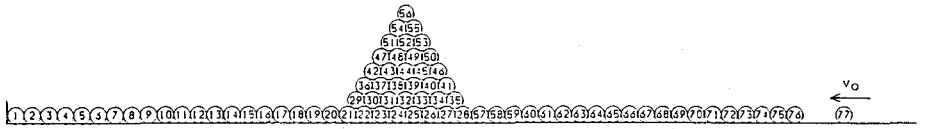
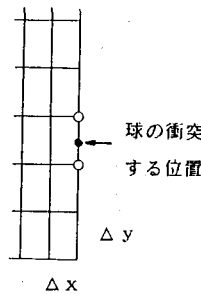


図-3 個別要素モデル



Δx

表-3 解析結果

case 1			
	v (cm/s)	θ (°)	E.P. (%)
1	8.58	35.02	0.05
2	11.40	29.65	0.09
3	22.59	31.02	0.34
4	26.57	28.26	0.46
5	40.32	26.16	1.07
6	30.97	24.70	0.63
7	41.45	21.37	1.13

case 2			
	v (cm/s)	θ (°)	E.P. (%)
1	8.68	40.05	0.05
2	28.00		
3	14.51	65.62	0.14
4	22.58	32.23	0.34
5	26.49	29.44	0.46
6	35.13	30.35	0.81
7	29.58	25.79	0.58
8	12.99	90.00	0.11