

## III-470

## 個別要素法による土石流の挙動解析

武蔵工業大学 学生員 山口 和英  
 東京都庁 正会員 川村 信一  
 武蔵工業大学 正会員 星谷 勝

## 1. はじめに

過去の土石流の災害記録は少なく、その挙動を観察するためには、人工的に発生させたり、模型実験に依らなければならないのが現状である。本研究では、個別要素法(DEM)を用いて、斜面を流下する土石流の挙動および砂防ダムの崩壊解析を行うと共に得られた定性的な結果に対して、実現象との比較検討を行う。

## 2. 土石流挙動解析

(1) 解析モデルの構築 土石流はランダムパッキングを行っており、半径は30(cm)~80(cm)の範囲における正規分布とし平均50(cm)、標準偏差は9.5(cm)である。斜面は30°、土石流の最後方から砂防ダムまでは斜面にそって167(m)、砂防ダムは剛体とし地表面からの高さは8(m)になっている。また、斜面・砂防ダム共に要素の半径は30(cm)である。(図1)

(2) 解析結果 本解析では、土石流について粘性を考慮していないので、水による影響を解析結果から得ることはできない。

任意に指定した要素(図2)の挙動は、初期状態においてフロントの上層部にあった要素(NO.231)は、約4(sec)後には、他の要素に先を越され、さらに下層部に巻き込まれるように移動している。また、指定した要素の流速の時間的変化(図3)をみると上層部に存在する要素(例えばNO.721)は、流速が10(m/sec)以上であるのに対し、下層部に存在する要素(例えばNO.415)の流速は約4(m/sec)である。この点からも上層部の土石流が先に先にと進み、フロントは下層部に巻き込まれるようにして流下しているのがわかる。

土石流の衝撃力(合力)を諏訪ら\*)の式より求めると、図4の直方向において、フロントが衝突した後、衝撃力が比較的安定している時の値に等しく、妥当な結果が得られたと考えられる。また、約4.6(sec)後に1つの要素が初めて砂防ダムに衝突している。このときの衝撃力が計算式により得られた値に近いことも興味深い結果である。

## 3. 砂防ダムの破壊解析

(1) 解析モデルの構築 土石流を構成している要素は、2節に用いたものと全く同様である。間隙バネは、砂防ダムを構成している要素のみに設定している。要素半径は、42(cm)である。また、土石流が砂防ダムに衝突するまでの挙動も2節と同じ軌道を通するものとする。

(2) 解析結果 図5をみると、砂防ダムの左側がスキッピングを起こしている様子が確認できる。2節より、土石流のフロントが砂防ダムに到達するときの流速はほぼ18(m/sec)である。この速度は、一般にコンクリート部材がスキッピング現象を起こす衝撃荷重の速度範囲に含まれる。すなわち、定性面においては破壊形態にそった妥当な結果が得られたものと考えられる。

シミュレーションでは、その後、砂防ダムの上部が破壊し、土石流が流出している。続いて、砂防ダム右側の地面の高さにひび割れの発生が確認できる。しかし、土石流はすでにダム上面をあふれ出し、衝撃力はこれ以上増加することはないので、ひび割れは、解析の最後にいたるまでさほど進行していない。

## 4. 結論

本研究では、土石流に粘性をもたせていないが、実現象と近い結果が得られた。しかし、DEMの問題点としては、次のようなことが挙げられる。

- (1) 計算に必要な物理定数を合理的に決定するための努力が重要である。現時点では定性的な現象の把握ができたにすぎない。
- (2) 円要素は取扱い上都合よいが、実際の要素は複雑であり、円要素のみで任意形状を表現することは難しい。

表1. 解析モデルの要素数

土石流	824(個)
斜面・砂防ダム(2節のみ)	455(個)
斜面 (3節のみ)	446(個)
砂防ダム (3節のみ)	152(個)

表2. パラメータの設定値

バネ定数(法線方向)	$6.0 \times 10^6$ (N/m)
バネ定数(接線方向)	$1.5 \times 10^6$ (N/m)
粘性定数(法線方向)	$1.5 \times 10^5$ (Nsec/m)
粘性定数(接線方向)	$1.2 \times 10^3$ (Nsec/m)
粘着力 (3節のみ)	$2.0 \times 10^6$ (N)
摩擦係数 $\mu$	0.5
単位体積重量 $\gamma$	$2.7 \times 10^3$ (kg/m <sup>3</sup> )
時間ステップ $\Delta t$	$1.0 \times 10^{-4}$ (sec)

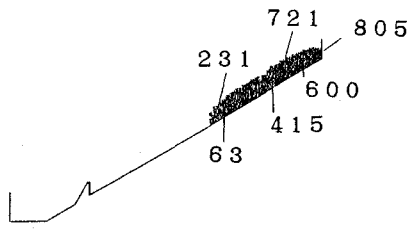


図1. 土石流解析モデル

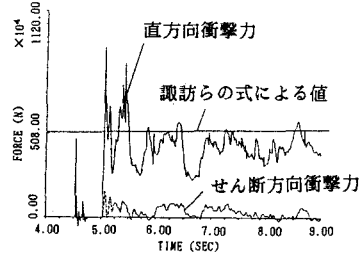


図4. 衝撃力の時間的变化

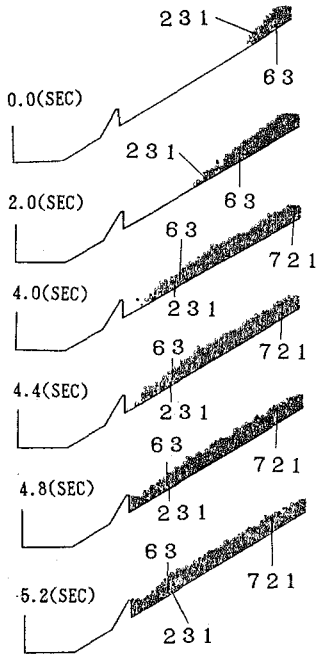


図2. 土石流の挙動

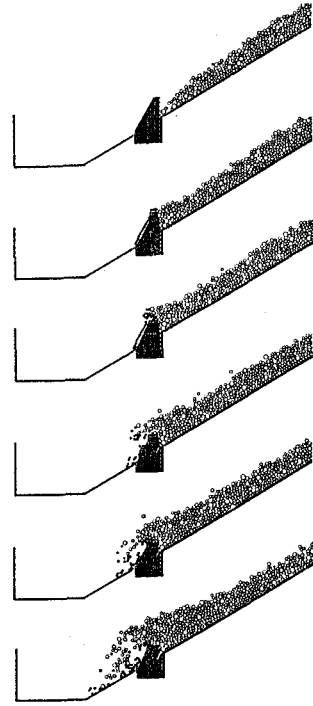


図5. 砂防ダムの破壊解析

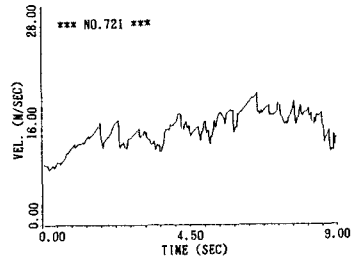
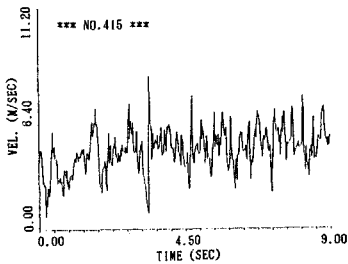


図3. 流速の時間的变化

注) 指導を星谷が、理論を川村が、計算を川村・山口がそれぞれ行った。また、東京大学地震研究所伯野研究室で作成されたプログラムを一部修正して使用している。

参考文献 小橋・中山・今村他：地滑り・崩壊・土石流～予測と対策～，鹿島出版会，1980