

1 目的

斜面災害を防止するためには、崩壊土砂の到達距離を予測することにより、災害危険地区の設定と適切な施設配置計画を行う必要がある。崩壊の到達距離に影響する要因として、土質、地形、崩壊規模、間隙水等が考えられる。このうち、崩壊土量と到達距離との間には正の相関が観られる事が、Scheidegger (1973) のほか数多く報告されている。そこで、崩壊規模の到達距離に及ぼす影響を検討するため、屋外斜面を用いた岩崩れ実験を行うと共に、岩崩れの規模が到達距離に及ぼす影響に関して、大倉 (1998) の数値シミュレーションモデルを用いて検討を行った。

2 方法

2.1 実験方法

図 1 に屋外実験斜面の縦断ならびに上面図を示す。斜面ならびに下部平坦部表面には 0.4 × 0.4 × 0.05 m の大きさの花崗岩板を隙間なく敷き詰めた。落石ブロックには一辺 0.1 m ならびに 0.2 m の立方体に整形した花崗岩を用いた。これらのブロックを斜面上部に設置した木製の厚板上に立方体上に積み上げ、この厚板下部の支柱を外すことで、ブロック自重によって落下させた。初期ブロック配置の一例を写真 1 に示す。また、表 1 に実験条件を示す。計測項目は停止・堆積したブロックの 3 次元座標ならびに流下途中の岩崩れ運動のビデオ撮影を行った。

2.2 シミュレーション方法

シミュレーションモデルには大倉 (1998) の手法を用いた。表 2 にシミュレーションで用いた物理定数を示す。ブロックの跳ね返り係数 e 、摩擦係数 $\tan \phi_k$ ならびに転がり摩擦係数 $\tan \phi_r$ に関しては、それぞれブロックを用いた簡単な実験を行い決定した。そして表 1 の各実験条件ごとにシミュレーションを行い、各ブロックの連続的な 3 次元座標、速度、ブロック間の衝突回数等を求めた。

3 結果ならびに考察

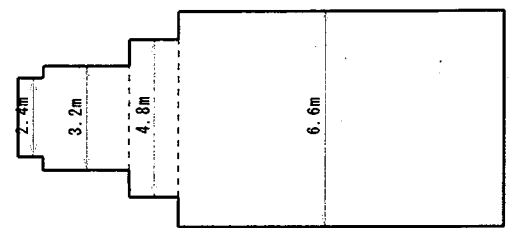
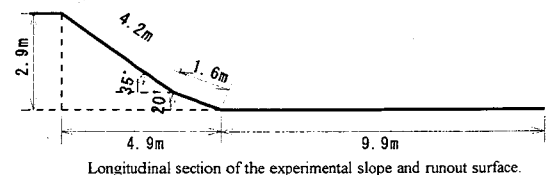
図 2 に実験ならびにシミュレーションにより得られた、一辺 0.1 m のブロックを用いた場合の岩崩れ体積と等価摩擦係数 f ならびに重心等価摩擦係数 f_0 の関係を示す。図 3 に f ならびに f_0 の算出方法を示す。さらに、図 2 中の点線で示された境界等価摩擦係数 f_c は (1) 次式で算出されるが、これは岩崩れが下部平坦面に衝突した際の運動エネルギー散逸を考慮した際の f の理論値である (大倉 (1999))。

$$f_c = \frac{\tan \theta}{1 + \frac{\sin \theta}{\mu} \cdot \cos \theta \cdot \cos \theta} \quad (1)$$

ここで、 θ : 斜面傾斜角、 μ : ブロックの運動の抵抗を規定する係数 (ここでは $\tan \phi_r$ を採用)、である。

図 2 より実験ならびにシミュレーション結果の両者とも、岩崩れ体積の増加に伴い f が減少し f_0 が増加して流動化する傾向が観られた。この理由に関して、シミュレーションモデルを用いて、ブロック間の衝突による付加速度に関する分析を行い検討した。

図 4 に S-64 ならびに S-512 におけるシミュレーションにより得られた、ブロック同士の衝突による水平方向累積付加速度を示す。図より、先端付近に堆積したブロックは加速方向への衝突をより多く受けており、後端部付近では減速方向への衝突をより多く受けていることがわかる。また、S-512 は S-64 と比較すると加速方向ならびに減速方向の両方向においても付加速度のレンジが大き



Surface of the experimental slope and runout surface.

図 1 屋外岩崩れ実験斜面。

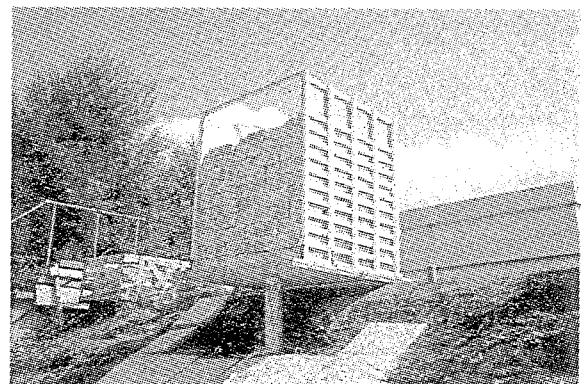


写真 1 岩崩れブロック初期配置の一例。

表 1 岩崩れの実験条件

Experiment case	Side dimension of cubic blocks	Number of blocks
S-1	0.1m	1
S-8	0.1m	8
S-27	0.1m	27
S-64	0.1m	64
S-125	0.1m	125
S-216	0.1m	216
S-343	0.1m	343
S-512	0.1m	512
S-729	0.1m	729
S-1000	0.1m	1000
L-1	0.2m	1
L-8	0.2m	8
L-27	0.2m	27
L-64	0.2m	64
L-125	0.2m	125

くなっている。これはブロック数の増加に伴いブロック間の衝突頻度も増加し、岩崩れ先端付近では加速方向への加速度をより多く受け f が小さくなるものと考えられる。さらに、後端付近では減速方向への加速度をより多く受けるようになり、また中央付近では衝突による運動エネルギーの散逸が大きくなることで、岩崩れの堆積重心は手前に移動し、 f_g が大きくなるものと考えられる。

<参考文献>

- 1) 大倉陽一, 北原 曜, 三森利昭, 1998. 非粘着性乾燥粒子の崩壊到達距離に及ぼす粒子物理性についての検討. 平 10 砂防学会研究発表会概要集 : 80-81.
- 2) 大倉陽一, 北原 曜, 三森利昭, 黒川 潮, 落合博貴, 1999. 崩壊等価摩擦係数の観測と崩壊土砂の流動化判定—福島県西郷村における 1998 年 8 月豪雨災害の例—. 平 11 砂防学会研究発表会概要集 : 312-313.
- 3) Scheidegger, A. E., 1973. On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides. Rock Mechanics, 5: 231-236.

表 2 シミュレーションモデルで用いた物理定数

Size of cubic blocks	Density	Coefficient of restitution e	Coefficient of kinetic friction $\tan \phi_k$	Coefficient of rolling friction $\tan \phi_r$
0.1×0.1×0.1m	2700kg/m ³	0.541	0.577	0.344
0.2×0.2×0.2m	2700kg/m ³	0.509	0.577	0.344

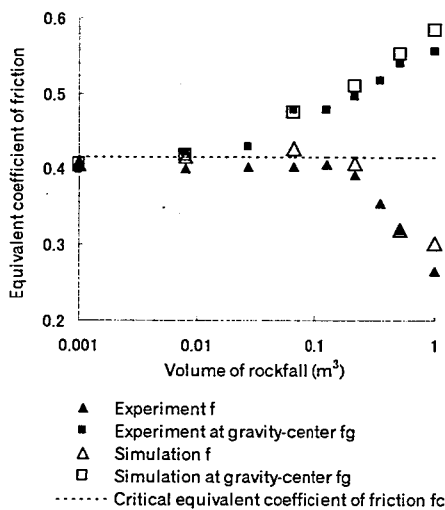


図 2 岩崩れ体積と等価摩擦係数ならびに重心等価摩擦係数との関係。

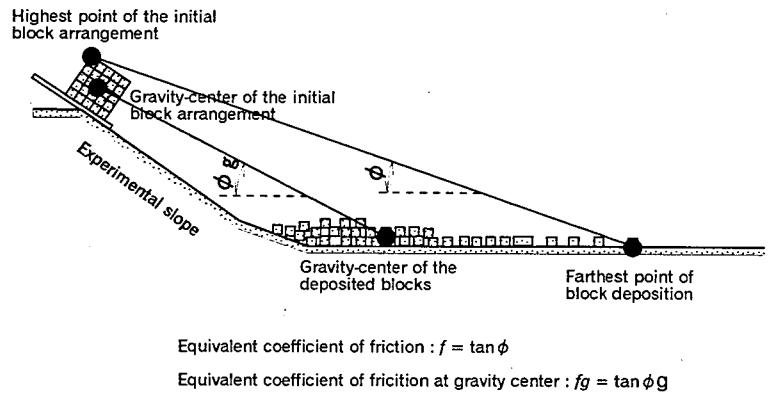


図 3 等価摩擦係数 f ならびに重心等価摩擦係数 f_g の算出方法。

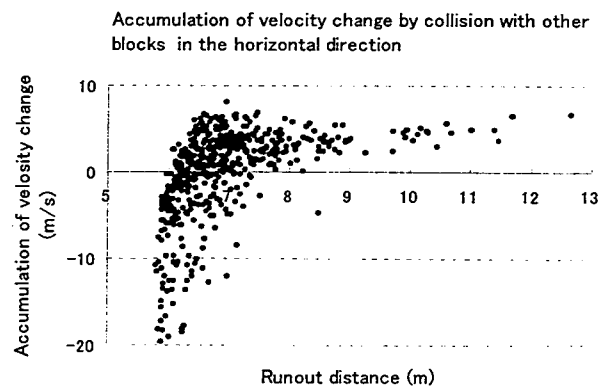
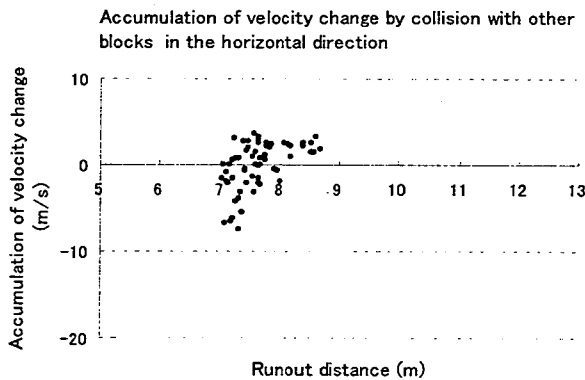


図 4 シミュレーションによる岩崩れ発生から停止に至るまでの、個別ブロックの相互衝突による水平方向累積付加速度。(a)は S-64, (b)は S-512 の結果を表し、縦軸の速度は岩崩れ進行方向を正にとる。横軸は岩崩れの水平方向流下距離を表す。