

斜面崩壊による岩塊の到達距離に及ぼす岩塊形状と大きさの影響

電力中央研究所 正会員 ○栃木 均
原子力安全基盤機構 正会員 中村 英孝

1. はじめに

斜面災害を軽減する観点からは、斜面崩壊による影響範囲を把握することで適切な対策が図られる。それには到達距離の予測を目的とした DEM や DDA 等による崩落解析が有望視されているが、それらの解析では崩落させる岩塊の大きさや形状等を予め設定する必要がある、その設定方法等に関する課題が残されている。そこで本研究では、岩塊の崩落を対象とした崩落実験を実施し、岩塊の大きさと形状が到達距離に及ぼす影響について検討した。それらの実験と解析から、到達距離の評価に用いる岩塊モデルの設定の考え方について検討した。

2. 斜面崩壊による岩塊の崩落実験

(1) 崩落実験の方法 岩塊の崩落時における 3 次元的な挙動を把握するため、斜面高さ (80cm) の 2 倍以上の掘り幅を持つコンクリート製の斜面模型を用いた (図 1)。斜面勾配は、崩落岩塊とする碎石の安息角を考慮して 41 度とし、前面に崩落した碎石が転動する領域として 3.5m×2.9m のコンクリート版を固定した。崩落岩塊とする碎石には、20-30mm および 40-80mm の粒度による碎石 (石灰岩、比重 2.64) を用いた。図 2 に示すように粒子形状による選別を行い、塊状の粒子による碎石および塊状と板状の粒子による碎石を用いて、斜面上から粒子単体を重力により崩落させる実験、粒子群を重力により崩落させる実験、および加振により崩落させる実験を行った。

(2) 崩落実験の結果 斜面上から 300 個の碎石粒子を 1 個ずつ崩落させた際の到達距離の頻度分布を図 3 に示す。同図から粒子形状の影響として、20-30mm (塊状・板状) と同 (塊状) を比較すると、塊状の粒子による到達距離が大きくなっている。一方、粒子サイズの影響として 20-30mm (塊状) と 40-80mm (同) を比較すると、到達距離の平均や標準偏差等に大きな違いはない。粒子単体の崩落については、粒子サイズが大きくなっても到達距離はあまり変わらないといえる。

次に、斜面上から碎石群を崩落させた結果を図 4 に示す。同図では、崩落した碎石を 10cm 間隔で分割し、その質量を計測することで、

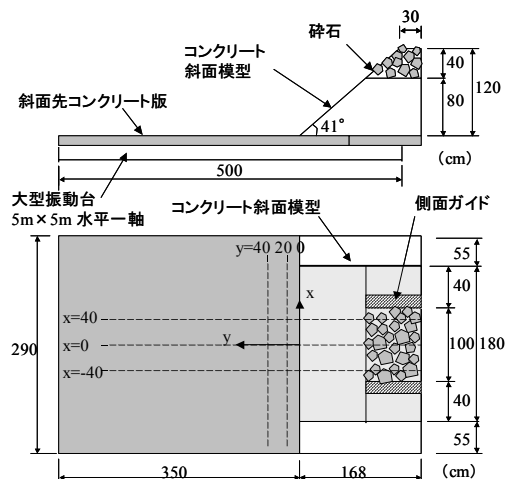


図1 実験に用いた斜面模型

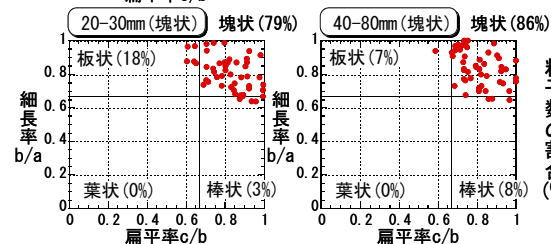
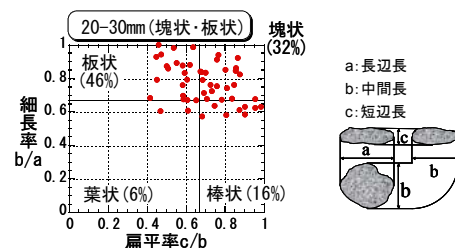


図2 崩落岩塊とした碎石(石灰岩)の形状分類

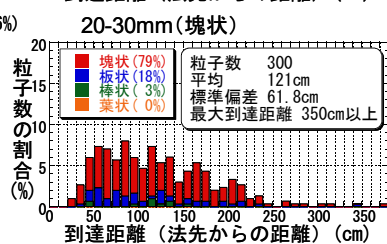
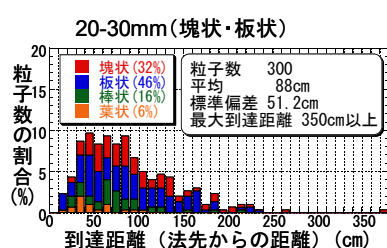
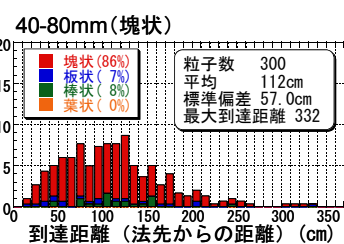


図3 粒子単体の重力による崩落実験の結果



キーワード 斜面崩壊, 到達距離, 振動台実験, 個別要素法, 粒子サイズ, 粒子形状

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財) 電力中央研究所 TEL 04-7182-1181

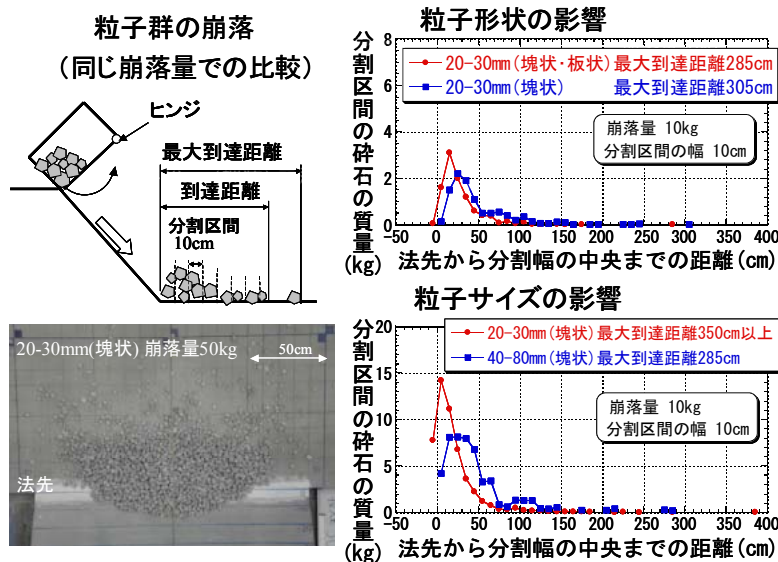


図4 粒子群の重力による崩落実験の結果

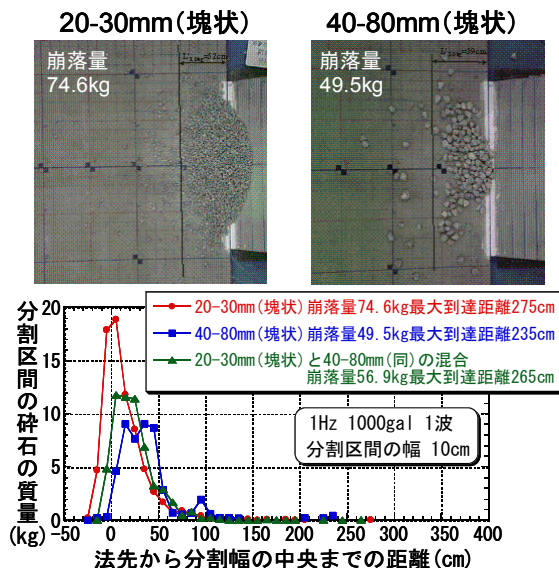


図5 加振による崩落実験の結果

崩落した碎石の質量分布を求めた。粒子形状の影響として、20-30mm(塊状・板状)と同(塊状)を比較すると、粒子群として崩落させた場合にも、塊状の粒子による到達距離が大きくなっている。また、粒子サイズの影響として20-30mm(塊状)と40-80mm(同)を比較すると、粒子サイズの大きな場合に到達距離が大きくなる傾向にある。これは、粒子サイズが大きくなると粒子数が減るため、粒子同士の衝突や滑りによるエネルギー損失が小さくなるためと考えられる。

図5には、1Hz1000gal1波の正弦波の加振により粒子群を崩落させた結果を示す。20-30mm(塊状)および40-80mm(同)の加振による崩落量はそれぞれ74.6kgおよび49.5kgであり、粒子サイズの小さなケースの崩落量が多くなるが、到達距離については粒子サイズの大きな方が遠くに達している。加振による崩落の場合においても、粒子サイズの大きな碎石群の到達距離が大きくなる傾向にある。また、20-30mm(塊状)と40-80mm(同)を同じ質量比で混合した場合の到達距離は両者の中間となっており、粒子サイズの混合の影響が表れている。

碎石粒子の形状係数 f

$$f = \frac{A}{L^2}$$

外周長 L
断面面積 A
中筋長さ L_m

図6 形状係数

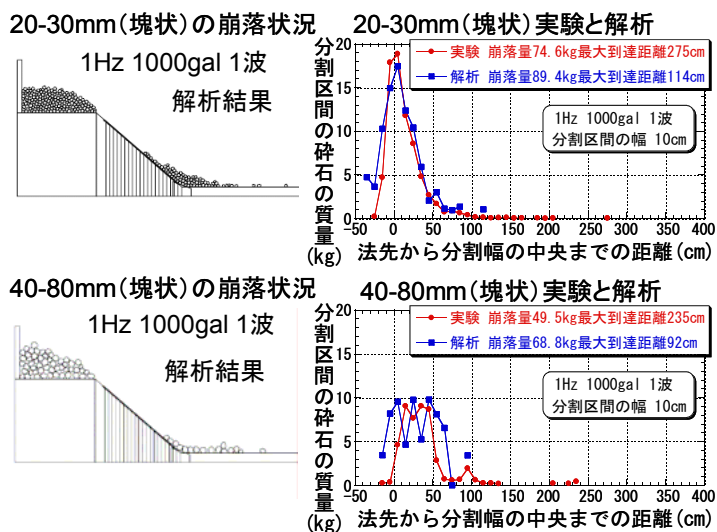


図7 粒子群の加振による崩落を対象とした解析結果

3. 岩塊の崩落実験の数値シミュレーション

岩塊の崩落実験の解析では、ボロノイ分割による多角形の粒子形状を基本として、碎石粒子の形状係数¹⁾に着目したモデル化を行った²⁾。ここに形状係数は、碎石粒子の投影断面に関する断面面積 A と外周長 L の2乗の比であり(図6)、粒子が丸みを帯びてくるにつれて大きくなるので崩落岩塊のモデル化の指標とした²⁾。対象とする碎石粒子の写真から形状係数を読み取り、その頻度分布を目標として粒子モデルの形状を調整した。図7には、この粒子モデルを用いて、振動台の加振による崩落実験の解析を行った結果を示す。解析結果においても実験結果と同じ様に、粒子サイズが大きくなると粒子群の到達距離が大きくなる傾向が示されている。

4. まとめ 以上の検討により、崩落解析における岩塊のモデル化においては、小さな岩塊を無視して大きな岩塊を対象とし、塊状の粒子によりモデル化することで到達距離を安全側に評価できると考えられる。

参考文献 1) 吉村優治, 松岡 元: 粒子形状による粒状体の内部摩擦角の推定法, 土と基礎, Vol. 50, No. 5, pp. 20-22, 2002. 5.

2) 栃木 均: 地震時崩落岩塊の到達距離に及ぼす岩塊の大きさと形状の影響, 電力中央研究所研究報告, N09021, 2010.