

新潟県中越地震で生じた斜面崩壊を用いたエネルギー評価法による等価摩擦係数の算出

中央大学理工学部 正会員 國生剛治
 (独)防災科学技術研究所 正会員 〇石澤友浩
 (独)防災科学技術研究所 正会員 酒井直樹

1. はじめに

山地の多いわが国では生活の場が斜面とかかわり合いを持つことが多く、地震や台風、豪雨などで生じた斜面崩壊が多大な被害を及ぼしている。そのため、斜面崩壊の発生機構を明らかにし、発生の予測を的確に行い、適切な対策を講ずる必要がある。従来、斜面安定の評価には、滑り土塊の力のつり合いなどを用いて崩壊の有無や Newmark 法¹⁾を用いた変形量を求める方法が用いられてきたが、せん断変形を伴う崩壊や流動崩壊を評価することは困難である。

そこで本研究では、図-1 に示す斜面崩壊のエネルギーバランスに基づき、エネルギーの観点から斜面変形量を定量的に評価することを目指している^{2,3)}。これらのエネルギーに着目した研究では、等価な摩擦係数を推定することにより、単純な剛体モデルの理論式で流動量が評価できる可能性がみられた^{2,3)}。この方法を実際斜面に適応するために、自然斜面のような複雑な条件においては摩擦係数がどのような値をとるのかは重要である。そこで本稿では、2004 年新潟県中越地震で発生した大規模な斜面崩壊に関わる等価摩擦係数 μ ついて分析した。

2. 新潟県中越地震で生じた斜面崩壊について

図-2 に国土地理院により作成された 2004 年新潟県中越地震の災害状況図を示す。この図にはこの地震による様々な斜面崩壊が記入されており、この地震(マグニチュード 6.8、震源深さ 13km)では 4000 箇所以上の斜面崩壊が生じた。また、この地域の地質的特長は、多くの背斜軸、向斜軸が延びており、この地質構造の活褶曲軸方向と崩壊の分布と一致している。そのため、地質の走向・傾斜がこれらの斜面崩壊に大きく関与していると考えられる。また、この地域の特色として、養鰻業が盛んであるため、多くの池や溜池が存在している。この池などの決壊などが原因で大きな被害を及ぼしたと考えられる。そこで、図-3 に示すように、斜面の崩壊タイプを流れ盤、受盤、主に池を含む崩壊の 3 つの崩壊タイプに分類し、これらに特徴付けられる代表的な斜面崩壊に着目した。

4. エネルギー法による等価摩擦係数 μ_{ene}

図-2 に示す 22 か所の斜面崩壊について、地震波観測記録(KiK-net)や詳細な地震前後の航空写真、航空レーザー測量データなどを用いて図-4 に示すエネルギー法による逆解析手法に基づき、等価な摩擦係数 μ_{ene} を算出した。

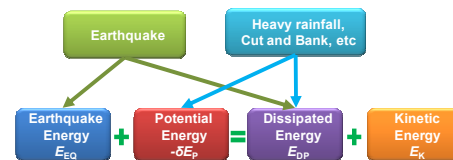


図-1 斜面崩壊のエネルギーバランス

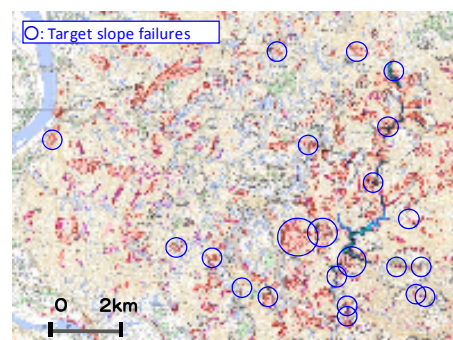


図-2 対象とした斜面崩壊

(国土地理院の災害状況図に加筆)

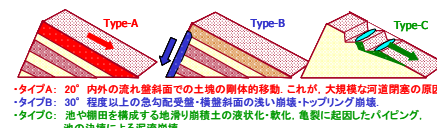


図-3 3つの崩壊タイプの分類

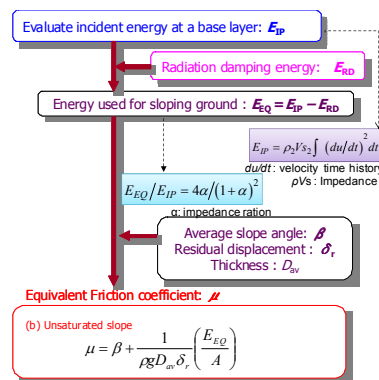


図-4 エネルギー法による等価な摩擦係数の逆解析の流れ

エネルギー 斜面 摩擦係数 流動量

〒305-0006 つくば市天王台 3-1 (独)防災科学技術研究所 TEL:029-0863-7588

Back-calculation of friction coefficient by energy approach for landslides during Niigata-ken chuetsu earthquake

図-5~7 は、エネルギー法により算出した斜面崩壊に関わる等価摩擦係数 μ_{ene} と崩壊土塊の水平方向流動距離 δ_m 、崩壊前斜面勾配 β_{be} 、崩壊土体積 V の関係を図中に青色でプロットしている。

図-5 より、摩擦係数が減少するほど、流動距離が増加することが読み取れる。また、タイプ A は、摩擦係数が低く流動距離が大きい流れ盤の特徴を示し、タイプ B は崩壊前斜面勾配が大きく流動距離は小さいことから受け盤の特徴を示している。タイプ C については泥流化しているものがあるため、流動距離が大きくなっていることがわかる。

図-6 では多くの斜面で等価摩擦係数 μ_{ene} は崩壊前斜面勾配 β_{be} より下回る傾向が多く現れている。地震前において初期勾配は摩擦係数より大きいはずであるから、つまりこれは、地震を契機に摩擦係数が低減したと考えられる。

次に図-7 では既往の大規模崩壊についての結果も示してある⁴⁾。が、この図より、崩壊土体積が大きくなるほど摩擦係数が小さくなる傾向が読み取れる。これは、流れ盤斜面のタイプ A で層厚の厚い土塊が長距離流動をしており、逆に受け盤斜面のタイプ B では層厚が薄く比較的流動量も小さいためであると考えられる。

ここで、既往の研究で検討されている等価摩擦係数 $\mu_{H/L}$ について同様な整理をしてみた。崩壊前後の最大高さ H と最大流動距離 L から地すべりの流動性を示す等価摩擦係数 $\mu_{H/L}$ ($=H/L$) を図-2 に示した 22 か所の斜面崩壊から算出し、図-5~7 に赤色のプロットで示している。これより等価摩擦係数 $\mu_{H/L}$ は、剛体すべりのような Type-A では相関関係が見られるが、Type-B, C において、大きなばらつきが見られた。これより、 $\mu_{(H/L)}$ は、大規模な剛体的な崩壊では相関関係が見られたが、泥流化するメカニズムなど考慮されていないため、特に Type-C のような崩壊を評価することが難しいことが示された。

5. まとめ

- ・受け盤のように初期勾配が急な崩壊では流動距離が小さい傾向にあるのに対して、流れ盤のように初期勾配が緩い崩壊は流動距離が大きくなる傾向があることがわかった。
- ・地震前は $\mu \geq \beta_{be}$ であるから、崩壊前斜面勾配 β_{be} を等価摩擦係数 μ が下回る傾向は地震を契機に摩擦係数が低減したと考えられる。
- ・大規模崩壊ほど等価摩擦係数は小さくなる。
- ・既往の評価法を用いて摩擦係数を比較した結果、エネルギー法による摩擦係数の方が流動状態を評価できていることが示された。

【参考文献】

- 1) Newmark, N.W.: Effects of earthquakes on dams and embankments, Fifth Rankine Lecture, Geotechnique Vol.15, 139-159, 1965
- 2) 石澤友浩, 國生剛治: エネルギー法による地震時斜面変形量評価方法の開発, 土木学会論文集 C, Vol.62, 論文 No.4, pp. 736-746, 2006.
- 3) 國生剛治, 石澤友浩: エネルギー概念による地震時斜面流動量評価法と 2004 年新潟県中越地震への適用, 土木学会地震工学研究発表会 2007.
- 4) J.HSU.: Catastrophic Debris Streams Generated by Rockfalls 1975. Geological Society of America Bulletin, v.86, p.129-140, 8 figs January 1975, Doc.no.50117.

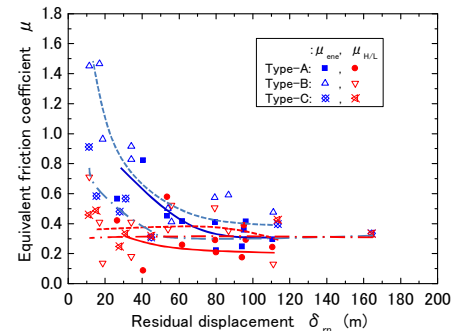


図-5 崩壊土塊の水平方向の流動距離 δ_m と等価摩擦係数 μ の関係

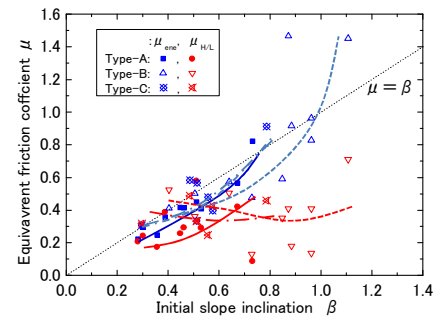


図-6 崩壊前斜面勾配 β と等価摩擦係数 μ の関係

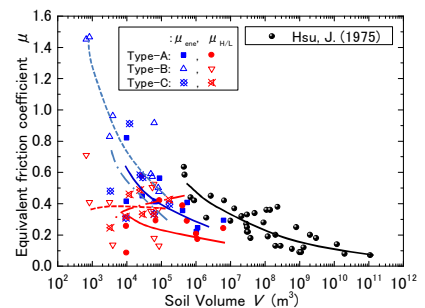


図-7 崩壊土体積 V と等価摩擦係数 μ の関係