

北九州市における斜面崩壊土砂の到達距離に関する DDA 解析

九州大学工学部 学生会員○古賀 泰輔 九州大学大学院 フェロー 善 功企
九州大学大学院 正会員 陳 光斉 九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. はじめに

土砂災害が年々増加傾向にある一方で、新たな宅地開発が進み、それに伴い被災のおそれのある危険箇所が増加している。そのような現状から、人命や財産を守るためには新規住宅等の立地抑制、危険の周知、警戒避難体制の整備といったソフト対策を充実させることが重要となる。そこで我が国では、土砂災害の危険区域を設定することを目的に、平成 13 年 4 月に土砂災害防止法が施行された。同法では、急傾斜地の崩壊による危険区域を、急傾斜地の下端から斜面高さの 2 倍（50m を超える場合は 50m）と定めた。既往の研究¹⁾から、この基準の安全性が確認されている。しかし、現状の法律では、危険区域を過度に設定している可能性がある。本文では、より適切な避難施設の設置箇所および避難経路の検証を行うことで有効な避難システムを整備することを目的に、DDA シミュレーションにより詳細な崩土の到達距離を求め、従来法の危険区域との比較を行った。

2. 解析概要

本文では、福岡県北九州市を対象とした土木学会西部支部による崩壊の危険度検討結果(ランク付け)²⁾を基に解析を行った。図-1 に解析斜面の位置を示す(印▲)。解析対象とした斜面は、危険度ランキング 7 位に設定されている。

図-2 に図-1 で示した解析斜面の詳細図を示す。ここで、A~M は解析した断面を示す。解析では 13 箇所の断面を対象とした。断面上にある印(●)は急傾斜地上端、印(■)は急傾斜地下端を示す。上端から下端までの高さは、A~H が 24m、I が 36m、J~M が 32m である。表-1 に解析斜面の物性値を示す。強度低減がない状態では、粘着力 20kN/m^2 、摩擦角 33° である。

解析の手順は、A~M の断面を二次元でモデル化し、極限安定解析を行ってすべり面を算出した。次に、すべり土塊をランダムにボロノイ分割し、DDA シミュレーションを行い、それぞれの崩土到達距離を算出した。シミュレーションは、粘着力と摩擦角の値を 10% ずつ低減させて、1 断面につき 10 回行った。そして、A~M それぞれの断面において 100~10% 強度での崩土の最大到達距離の分布を描いた。

3. 解析結果および考察

図-3 に断面 C における、強度を低減させたときの正規化到達距離(崩土の到達距離 D を急傾斜地の高さ H で割ったもの) D/H のグラフを示す。強度低減がない状態では急傾斜地下端まで崩土は到達せず、 D/H は 0 であった。しかし、 D/H は低減率 30% 以上では急激に増加した。これはすべり面において斜面の強度が自重を支えられなくなり、すべり始めたためと考えられる。強度低減率 90% では D/H は減少したが、これはブロック形状や分割数に問題があり、あるブロックが他のブロックの進行を妨げたためと考えられる。グラフは概ね右上がり、



図-1 解析斜面の位置

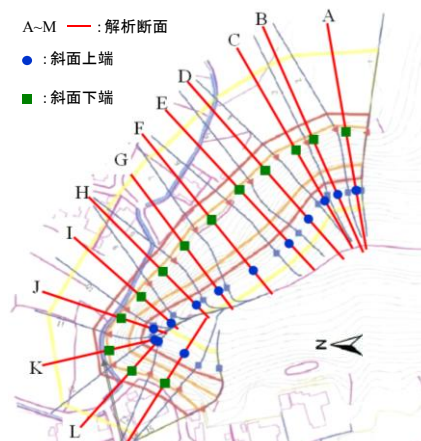


図-2 解析斜面の詳細図

表-1 解析斜面の物性値

ヤング係数[MN/m^2]	30
ポアソン比	0.3
単位体積重量[kN/m^3]	18.6
飽和時単位体積重量[kN/m^3]	19.6
粘着力[kN/m^2]	20~2
摩擦角[$^\circ$]	33~4

粘着力と摩擦角の強度を低減させるにつれて正規化到達距離は大きくなった。

図-4 に崩土到達距離の分布を示す。強度低減率 20~40%の間に到達距離は急激に増加した。また、いずれの断面においても強度を低減させるにつれて到達距離は大きくなった。13 箇所の断面のうち、C と M 以外の 11 箇所は強度低減率 90%における到達距離が最も大きくなった。

図-5 に強度低減率 90%の崩土到達距離の分布と土砂災害防止法で定められた危険区域を比較した結果を示す。斜面下端からの到達距離は A~M の順にそれぞれ、1.7m, 17.4m, 28.3m, 15.2m, 8.3m, 9.3m, 14.0m, 20.4m, 16.5m, 4.1m, 0.1m, 6.2m, 4.7m であった。特に、A~H は斜面上端から下端までの高さは同じだが、それぞれの到達距離にはばらつきが生じた。これより到達距離は斜面の高さのみでなく、形状やすべり面の位置、分割したブロックの個数や形状等他の様々な因子によっても影響を受けると考えられる。また、最小到達距離は斜面下端から 0.1m であり、土砂災害が発生したさい、崩土は傾斜地内に止まることはなく、斜面下の区域まで到達することがわかった。また、解析で得られた崩土到達距離の分布は、土砂災害防止法で定められた危険区域より明らかに小さい。解析による最大到達距離は断面 C の 28.3m であったのに対し、土砂災害防止法では 48m と設定されている。このことから、土砂災害防止法による危険区域の設定基準では、過度に安全となる斜面が存在することがわかる。図-5 の斜線部は、土砂災害防止法では危険区域に設定してあるが、災害が発生しても実際に崩土は到達しない、すなわち安全な区域を示している。この区域が避難施設や防災施設設置にさいし、利用可能であると考えられる。

本解析では到達距離分布を描くさい、断面と断面の間を線形に結んで示した。土砂災害防止法で危険区域と設定された場所をより有効に活用するためには、到達距離分布をより滑らかな曲線で描く必要がある。

4. まとめ

(1) 崩土の到達距離は、斜面の形状、すべり面等他の因子にも影響される。(2) 土砂災害防止法では危険区域を DDA 解析で得られた結果に比べて、2 倍以上大きく安全側に設定している。危険区域内でも安全性が確保された場所は存在しており、避難施設、防災施設の設置等を行うことでより有効に活用できる。(3) より詳細に、避難施設の設置可能な区域を求めるためには、1 つの斜面でより多くの断面を解析する必要がある。

<参考文献>

- 1) 森山崇ら：土砂災害防止法の適用に向けた危険区域指定に関する考察，平成 16 年度九州大学卒業論文，pp.58-60，2000。
- 2) 土木学会西部支部 土砂災害のリスク評価手法の開発と実用化に関する調査・研究委員会：北九州市門司区・八幡東区・戸畑区 急傾斜地・土石流危険渓流斜面 崩壊の危険度検討(ランク付け) 中間報告 平成 22 年 2 月 9 日。

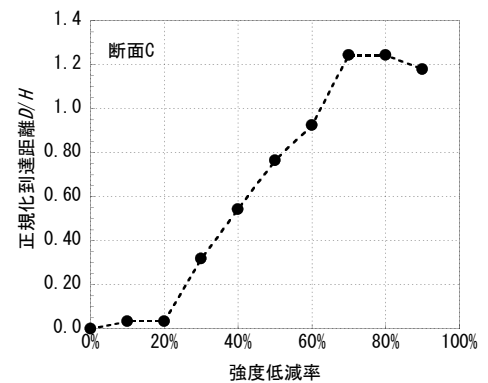


図-3 断面 C における強度低減率と正規化到達距離 D/H の関係

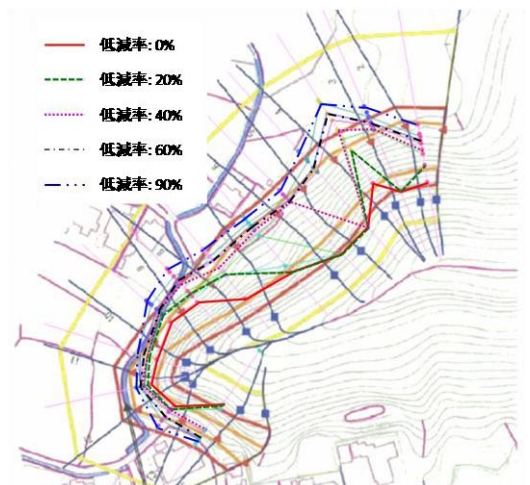


図-4 各強度低減率に対する崩土到達分布

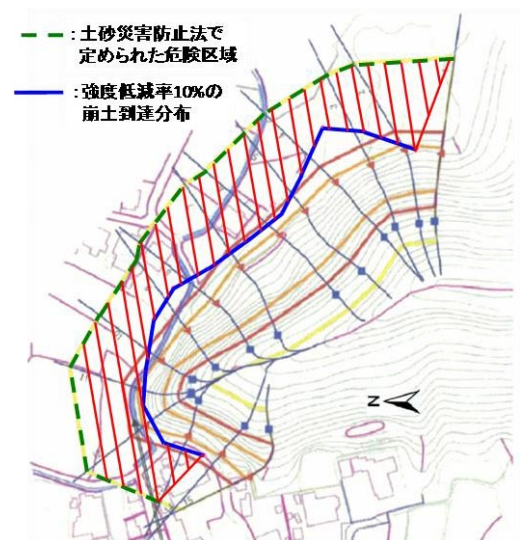


図-5 避難システム整備に有用な区域