

不連続変形法 (DDA) を用いた斜面安定解析及び崩壊土砂の飛距離検討

九州大学工学部 学生会員 ○長井孝幸 九州大学大学院 正会員 陳光齊 笠間清伸

1. はじめに

大分県佐伯市は東南海・南海地震による津波の浸水被害が懸念されている地域である。また、急斜面で囲まれた集落が多数存在し、津波の避難経路が地震による斜面崩壊により封鎖される危険性がある。現地調査の結果、この地区は危険度評価が必要と判断された。斜面安定解析の代表的手法には極限平衡法が挙げられる。しかし極限平衡法では崩壊した土砂の到達距離の検討をすることが難しい。そこで著者らは崩壊土砂の到達距離の検討が可能である不連続変形法 (DDA) による斜面安定解析を行い、地震による斜面災害の被害の定量化を試みている。

本研究グループは実際の斜面データを用いて斜面モデルを作成し、作成したモデルに粘着力や内部摩擦角のような地盤定数を入力パラメーターとして解析を行い、崩壊土砂の大きさと安全率との関連性を評価することにより不連続変形法による斜面安定解析の妥当性とその評価方法について考察した。

2. 解析概要

2-1 解析に使う計算式

不連続変形法 (DDA) の安全率計算には次の式が使われている。

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

τ はせん断応力、 c は粘着力、 σ は垂直応力、 ϕ は内部摩擦角を表している。全部のパラメーターにおいて実際のデータを入力し、解析することが可能である¹⁾。

2-2 解析モデル

今回解析モデルとしたのは大分県佐伯市の宮野浦地区 (天満神社) の B 断面と D 断面である。図-2 は B 断面の斜面モデルで、図-3 は D 断面の斜面モデルである。また、表-1 は宮野浦地区の地盤定数表であり、実際にこのデータを使用した。濃い灰色は崩積土、薄い灰色は表土・風化土、黄色は風化土、赤色は風化岩、緑色は弱風化岩をそれぞれ示している。

2-3 モデル作成方法

斜面を垂直に分割し、分割数に応じてモデルを B 断面と D 断面合わせて 15 個作成した。基本的にブロック数が 2 倍になるように分割した。また、D 断面の下の斜面については垂直な分割の 3 種類に加えて斜面が滑る方向に 2 種類の分割を入れて計 6 種のモデルを作成した。

表-1 宮野浦地区地盤定数

土層名	地 盤 定 数					
	湿潤重量 γ_t (kN/m^3)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	粘着力 c (MPa)	変形係数 D (MPa)	ポアソン比 ν (-)	引張強度 T (MPa)
崩積土	15	30	0.005	5	0.35	0.001
表土・風化土	16	35	0.005	5	0.35	0.001
風化土 [強風化岩]	18	35	0.01	10	0.30	0.002
風化岩	21	40	0.5	100	0.25	0.1
弱風化岩	23	40	1	500	0.20	0.2

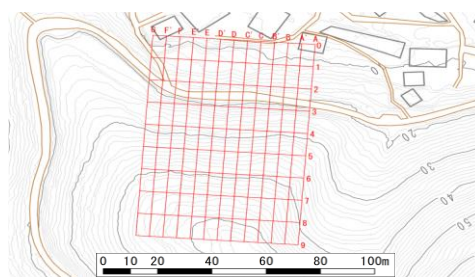


図-1 宮野浦地区の地形図

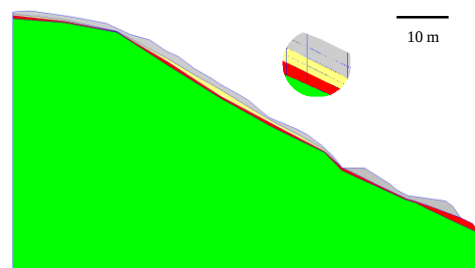


図-2 B 断面の斜面モデル

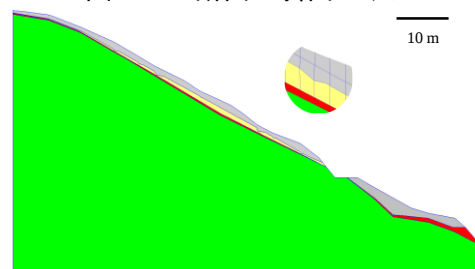


図-3 D 断面の斜面モデル

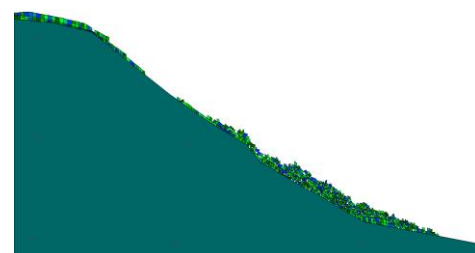


図-4 斜面崩壊の例

3. ブロック数と安全率による崩壊判定

今回、解析時間 30 秒で接している辺どれか 1 辺でも離れた場合を崩壊として判定した。

3-1. 解析結果

ブロック数と安全率についての検討結果を示す。

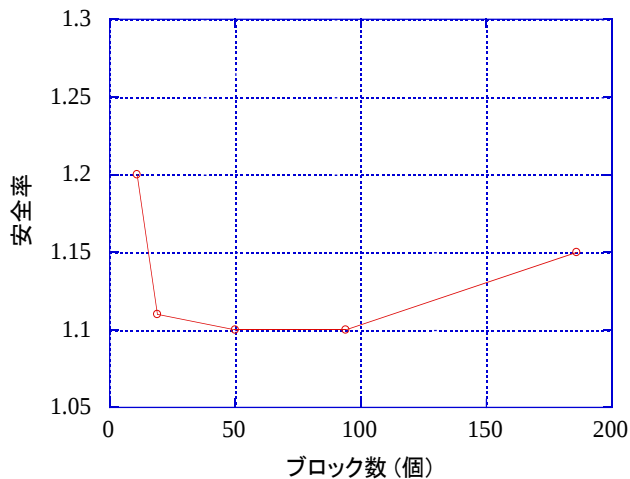


図-5 B 断面のブロック数と安全率

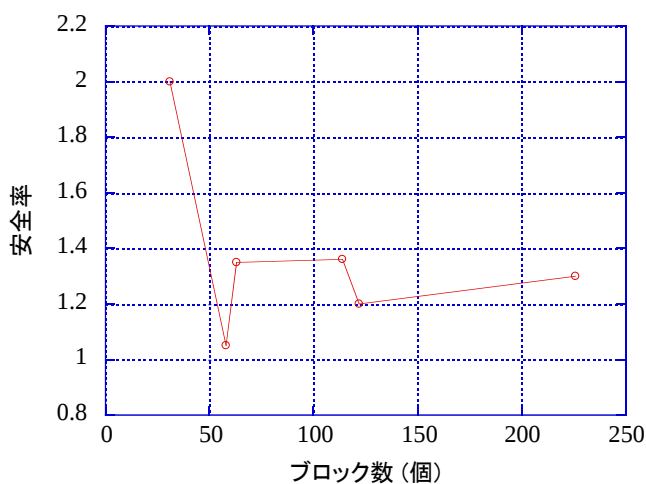


図-6 D 断面のブロック数と安全率

3-2. ブロックの分割法についての検討

図-5、図-6 からブロック数が大きくなるに連れて安全率の変化が小さくなっているのが分かる。図-5 について安全率は 1.10~1.15 の間、図-6 について安全率は 1.20~1.36 で落ち着いている。このことから、ブロック数が大きくなる（ブロックの大きさが小さくなる）につれて安全率の変化は小さくなっていくことが分かる。不連続変形法(DDA)での斜面安定解析ではブロック数を大きく（ブロックの大きさを小さく）してやることが重要であるといえる。具体的な数値として、1 辺の長さが 0.7~1.0 m になるように分割することが必要である。

4. 崩壊判定についての検討

考察に従って B 断面と D 断面の斜面モデルを作り、ブロックの変位と安全率に着目して解析を行った。これにより曖昧であった崩壊判定基準の定量化を目指す。

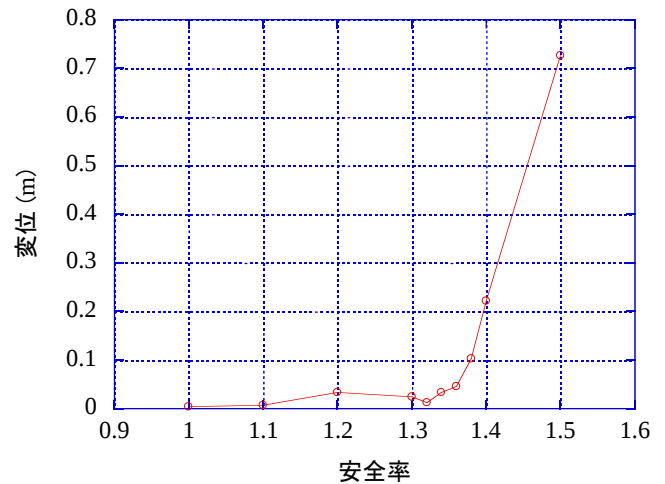


図-7 B 断面の変位と安全率

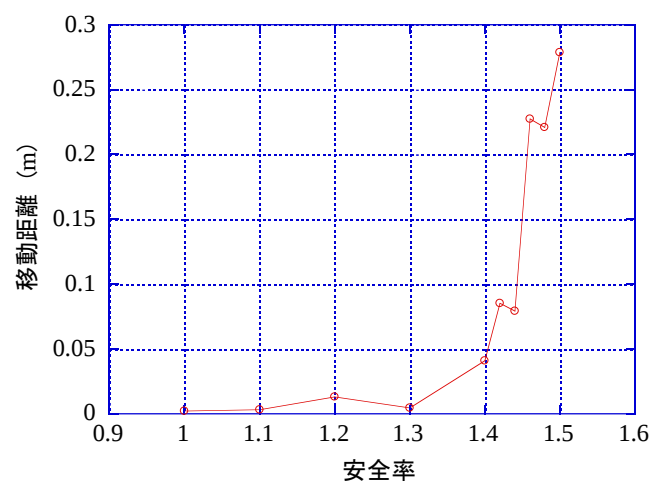


図-8 D 断面の変位と安全率

5. 考察

安全率について B 断面は 1.4 付近から、D 断面は 1.35 付近から変位が急上昇している。極限平衡法での解析結果では B 断面が安全率 2.27、D 断面では安全率 1.36 となっている。D 断面はほぼ同じ数値となり、B 断面も極限平衡法の値より小さくでている。今後はどの地点が急上昇しているかを定量的に示し、飛距離の検討をしていく予定である。

〈参考文献〉

- 1) 大西有三, 佐々木猛, Gen-Hua Shi, 不連続性岩盤解析実用化社会：不連続変形法 (DDA) 丸善株式会社, 2009 年。