

不連続変形法を用いた斜面安定解析による斜面危険度評価

九州大学大学院 学生会員 ○松村 賢 九州大学基幹教育院 正会員 陳 光斉

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、急傾斜地で囲まれているという地形的特性から、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指摘されており、危険度評価が急務となっている。現在、斜面安定解析手法として極限平衡法が広く用いられているが、この手法は均一な斜面に円弧滑り面と仮定しており、複雑な実斜面への適用に制約される。一方、不連続変形法(DDA)は複雑な地形条件も再現することができる点において優位性がある。

本文では、本研究グループが提案した DDA による斜面安定解析手法を用いて、大分県佐伯市の斜面について危険度評価を行った。

2. 不連続変形法による斜面安定解析手法の概要

DDA は、不連続面により区切られた領域すべてを孤立した弾性体ブロックとし、その集まりとしてブロックシステムの動学的挙動を有限要素法的に解析する手法である。本手法による斜面安定解析では、地盤の物性値を入力パラメータとして、せん断強度による抵抗力、地盤自重による滑動力を表現している。安全率の決定にはせん断強度低減法(SSRM)の概念を用いており、崩壊判定には低減率と変位との関係を用いて定量的に行っている²⁾。

3. 解析概要

本研究の解析対象地域は図-1 に示す大分県佐伯市宮野浦地区における斜面であり、対象斜面には道路は災害発生時の避難路に指定されている山道が横断している。今回、本斜面のうち B 断面について、極限平衡法による検討、極限平衡法では検討の難しい地層面に沿った滑り面について、DDA を用いた検討を行った。

3.1 極限平衡法による検討結果

B 断面において、極限平衡法による安全率が最小となった断面を図-3 に示す。極限平衡法による斜面安定解析計算の結果、斜面の安全率は 1.778 となった。また、地盤の物性値には、表-1 に示す現地調査の結果にもとに得られた地盤定数表の値を用いている。

3.2 地層面に沿った滑り面の検討結果

DDA により作成した B 断面の斜面モデルを図-2 に示す。ここで、斜面モデルにおける各要素について、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、緑色は弱風化岩を示している。また、解析における入力パラメータには表-1 の地盤定数表の値を用いている。

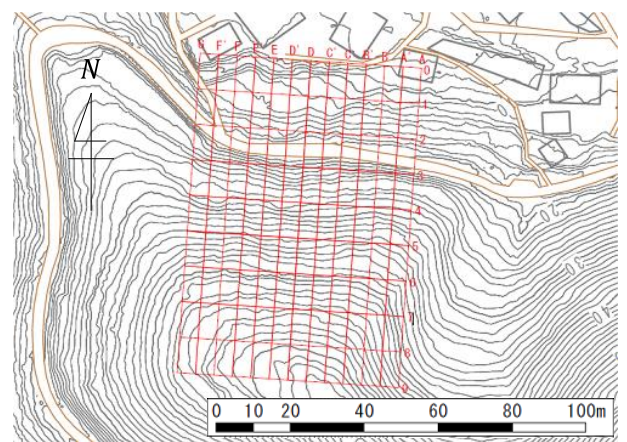


図-1 宮野浦地区の斜面

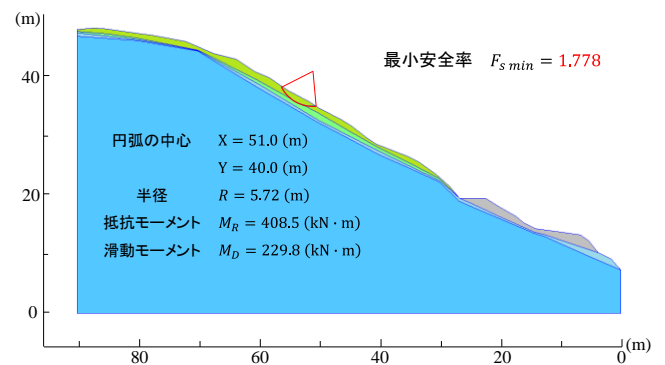


図-2 極限平衡法による最小安全率滑り面

表-1 宮野浦地区の地盤定数表

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

また、解析時間は 50.00 (s)としており、低減率は 0.2 毎変化させて解析を行った。

解析結果を以下に示す。変位の生じた要素における、SSRM における低減率と変位の関係を図-4 に、低減率と図-4 の関係より得られた曲率の関係を図-5 に示す。図-5 より、滑り面における安全率は 1.18 と決定した。この結果は、3.1 に示した極限平衡法により定まった円弧滑り面の安全率を大きく下回っており、より危険性の高い滑り面であるといえる。

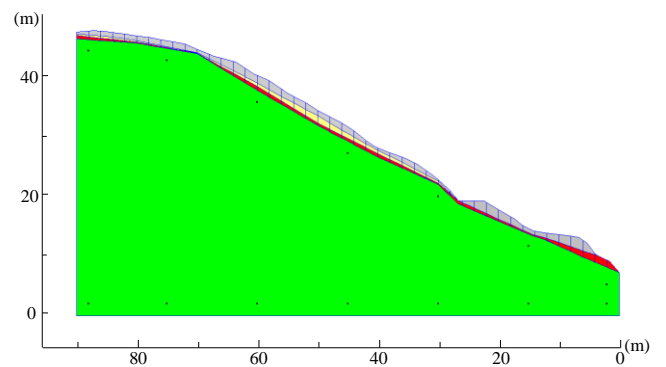


図-3 DDA による B 断面の斜面モデル

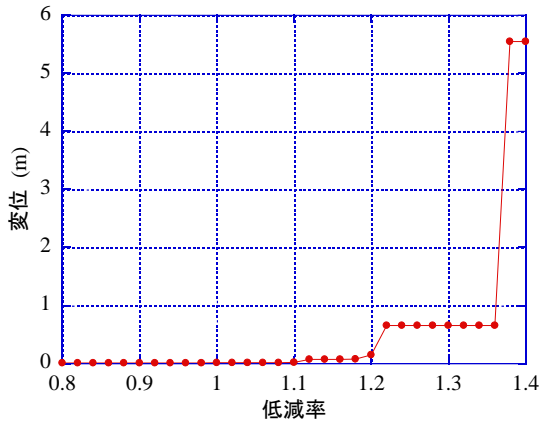


図-4 低減率と変位の関係 (平常時)

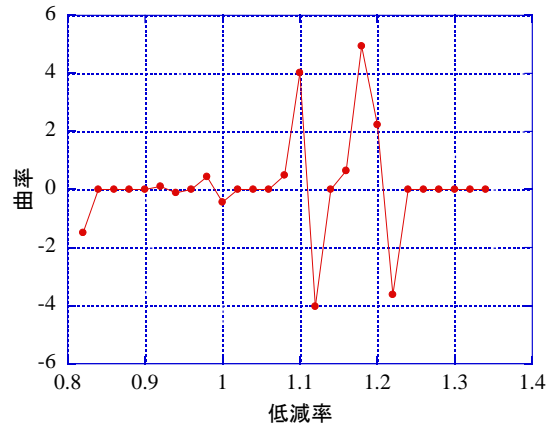


図-5 低減率と曲率の関係 (平常時)

次に、基盤である弱風化岩層に地震波を加えた場合の解析結果を以下に示す。ただし、地震波の条件は、水平方向、鉛直方向ともに、最大加速度 500 (Gal)、周期 0.5 (s)の正弦波として与えている。変位の生じた要素における、SSRM における低減率と変位の関係を図-6 に、低減率と図-7 の関係より得られた曲率の関係を図-7 に示す。図-7 より、滑り面における安全率は 1.06 と決定した。地震の影響により、安全率が 1 近くまで低下し、非常に危険な状態となることがわかった。

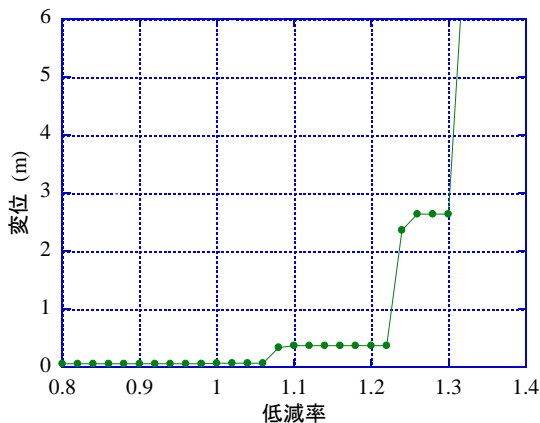


図-6 低減率と変位の関係 (地震時)

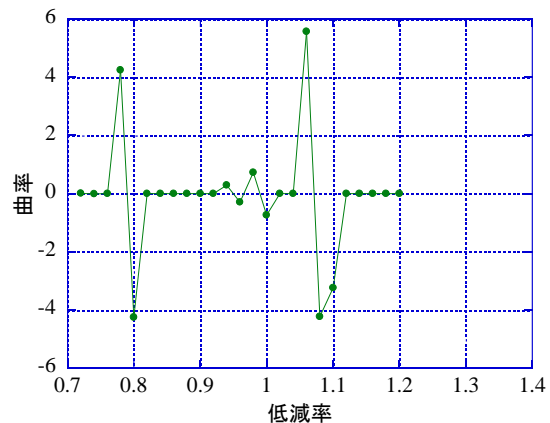


図-7 低減率と曲率の関係 (地震時)

4. 結論

本文では DDA により、大分県佐伯市の危険斜面の安定性について検討を行った。結論を以下に示す。

- 1) DDA により検討した地層面に沿った滑り面の安全率は 1.18 であり、極限平衡法により定めた最小安全率断面の安全率 1.778 を大きく下回った。
- 2) 地震時における検討斜面の安全率は 1.06 となり、地震時には斜面崩壊による避難路封鎖の危険性が非常に高まる。

<参考文献>

- 1) 内閣府防災情報: 南海トラフの巨大地震対策 HP, (2017 年 1 月 10 日閲覧) <http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/index.html>
- 2) 松村賢: 不連続変形法を用いた斜面安定解析手法の検討, 地盤工学研究発表会, 2016.