

熊本地震における南阿蘇村付近の斜面崩壊発生場の解析的検討

群馬大学 学生会員 ○新島 悠斗

元群馬大学 非会員 笛木 久美

群馬大学 正会員 若井 明彦

弘前大学 非会員 檜垣 大助

山梨大学 正会員 後藤 聡

一般財団法人 砂防・地すべり技術センター 非会員 綱木 亮介

1. はじめに

2016年4月に熊本県で発生した地震により益城町やその周辺の地域で甚大な被害が生じた。特に、熊本県中央を横断する布田川・日奈久断層帯周辺にて、家屋の倒壊や地すべり等の被害が多数発生した。南阿蘇村周辺の山地部では、多数の斜面崩壊が確認されている¹⁾。そこで本研究では、地形・地質条件や活断層からの距離を考慮した有限要素法による地震応答解析を行い、活断層沿いの被害が集中した地域における斜面群の崩壊発生場の予測を行う。

2. 解析条件

本研究の対象は、本震の震央から約30km離れた南阿蘇村周辺の山地部の4.9km×9.5kmの範囲とする(図-2)。この地域は阿蘇山の噴火による火山灰質土が広く堆積しており、火山岩が多く分布している。本検討では、地質による物性の変化も考慮するため、解

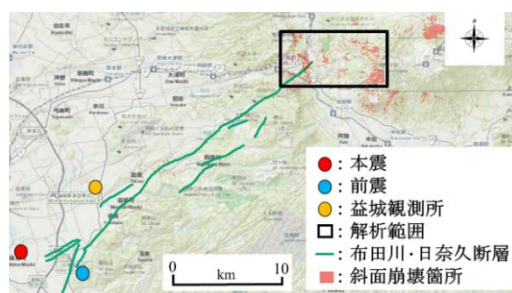


図-1. 活断層位置と斜面災害分布

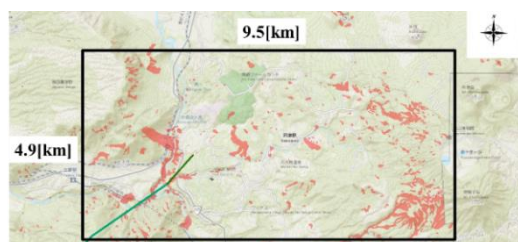


図-2. 解析範囲と斜面災害分布

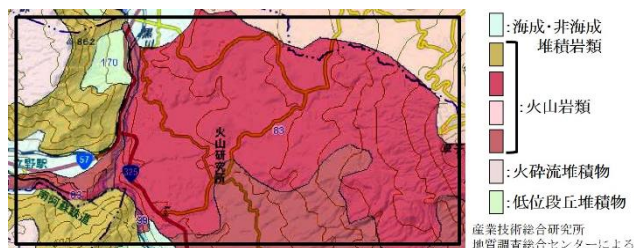


図-3. 解析範囲内の地質分布

析範囲内を海成または非海成堆積岩類、火山岩類、火砕流堆積物、低位段丘堆積物の4つの地質に分類し検討を行う。各地質の深度ごとの物性は、20万分の1シートレス地質図(図-3)と解析範囲付近のボーリング柱状図や参考文献²⁾をもとに決定した(表-1)。有限要素分割を行うにあたり、10mDEMを元に25mメッシュにて作成し、有限要素分割の底面は海拔100mとした。なお、最下部の地層層厚については、底面である海拔100mまでの分割で一定の厚さではない。また、表層の厚さは図-4を参考に傾斜の急な箇所は薄く、緩い箇所は厚くなるよう変化させた。地盤の構成則にはUWモデルを使用した³⁾。

入力地震波は、防災科学技術研究所の強震観測網KiK-netの益城観測所(図-1)にて観測された地震波形(図-5)を用い、距離減衰を考慮した。距離減衰式には、司・翠川(1999)の式(式-1)を使用した⁴⁾。

$$\log PGA = 0.50M_w + 0.0043D + 0.61$$

$$- \log(X + 0.0055 \times 10^{0.50M_w}) - 0.003X \quad \dots (式-1)$$

上式の各変数は、 M_w ：モーメントマグニチュード、 D km：震源深さ、 X km：活断層からの最短距離であ

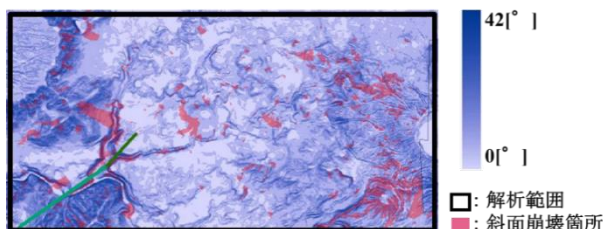


図-4. 解析範囲内の斜面の傾斜角

表-1. 入力物性値と地層構造

	層厚 [m]	ヤング率 E[kN/m ²]	ポアソン 比 ν	内部 摩擦角 φ[°]	粘着力 C [kN/m ²]	履歴 パラメータ b・γG0	履歴 パラメータ n	単位体積 重量 γ[kN/m ³]
表土	0.1~10	2.37.E+05	0.40	35	5.0	1.65	1.77	17
海成・非海成 堆積岩類	10	1.98.E+06	0.30	35	50	0.90	2.85	20
	20	3.96.E+06	0.30	35	100	0.98	2.45	21
	40	7.92.E+06	0.25	40	1000	1.88	1.70	21
		7.92.E+06	0.25	40	1000	1.88	1.70	21
火山岩類	10	1.48.E+07	0.30	35	100	1.24	2.30	22
	20	2.96.E+07	0.30	35	300	1.28	2.19	23
	40	5.92.E+07	0.25	40	1000	1.05	2.45	24
		5.92.E+07	0.25	40	1000	1.05	2.45	24
火砕流 堆積物	10	2.83.E+06	0.30	35	50	1.20	2.30	20
	20	5.66.E+06	0.30	35	100	0.90	2.80	21
	40	1.13.E+07	0.25	40	1000	1.70	1.80	21
		1.13.E+07	0.25	40	1000	1.70	1.80	21
低位段丘 堆積物	10	1.98.E+06	0.35	40	50	2.40	1.60	20
	20	3.96.E+06	0.35	40	50	2.30	1.50	21
	40	7.92.E+06	0.25	40	1000	3.10	1.35	21
		7.92.E+06	0.25	40	1000	3.10	1.35	21

キーワード 熊本地震, 有限要素法, 斜面, 危険度評価, 活断層

〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1
群馬大学大学院理工学部 TEL 0277-30-1621

る。以上に基づき、活断層からの距離に応じて解析範囲各地点での地震波の最大加速度を決定し、波形全体に一律の倍率を乗じ、有限要素分割の底面に入力した。

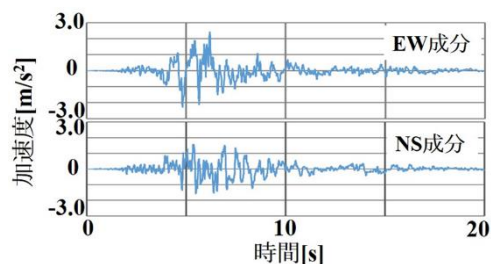


図-5. 入力地震波

3. 解析結果・考察

図-6 に地表面での最大水平加速度分布、図-7 に地表面の残留変位分布、図-8 に表層での最大せん断応力分布の解析結果を示す。また、図-9 にせん断応力分布図と斜面災害分布図との比較を行った図を示す。図-6 から、地形的にとがった箇所と稜線において加速度の増幅が確認できた。解析範囲東側では細かい沢が多数存在しており、その部分では値が小さくなっている。図-7 において残留変位が大きい箇所は、地形的にとがった箇所や傾斜の緩い解析範囲中央部から東側にかけて確認できた。傾斜の緩い地点では加振中に受ける地盤の損傷の累積が大きいことが考えられる。一方で、傾斜の急な解析範囲西側においては、図-8 に示すせん断応力分布図から大きなせん断応力が発生していることがわかる。斜面が急になることによって自重ベクトルの斜面方向成分が大きくなり、大きなせん断応力が発生した可能性がある。図-9 から傾斜が急な解析範囲西側において、大きなせん断応力が発生した地点と斜面崩壊箇所とがよく一致している。また、解析範囲中央から東側にかけては一致していないが、傾斜の大

小によって崩壊形態が異なることが考えられる。

以上より、解析範囲東側では細かい沢の斜面上部と下部とで加速度の位相差が生じ斜面崩壊し、傾斜の緩い解析範囲の中央では、地形的にとがった箇所や稜線付近で残留変位量が多いことから、地震動によって強度低下し、斜面崩壊が発生したと考えられる。また、傾斜の急な西側に関しては、地表面の最大水平加速度分布図の加速度が高まった斜面全体において大きなせん断応力が発生している。これより、せん断応力によって斜面が滑動方向に変形し、加えて、斜面上部における加速度の増幅により表層崩壊に至った可能性がある。

4. まとめ

活断層からの距離を考慮し作成した地震波を入力し、地震応答解析を実施した。斜面の傾斜角の大小で各解析結果に異なる傾向が見られた。今後は、地震波に対する異なる距離減衰式での検討や地質状況の高精度化により精査が必要である。

5. 参考文献

- 1) 国立研究法人防災科学技術研究所：熊本地震による土砂移動分布図(2016.6.27 更新)<http://www.bosai.go.jp/mizu/dosha.html>(閲覧日時：2016.01.10)
- 2) 若井明彦, 田中頼博, 阿部真郎, 吉松弘行, 山邊康晴, 渡邊泰介(2008):中山間地の地震時斜面崩壊リスクを評価するための有限要素法に基づく広域被害予測システム, 地すべり学会誌, Vol.45, No.3, pp.21-32.
- 3) Wakai, A. and Ugai, K. (2004): A simple constitutive model for the seismic analysis of slopes and its applications. Soils and Foundations, Vol. 44, No. 4, pp.83-97.
- 4) 司宏俊, 翠川三郎(1999): 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第 523 号, pp.63-70.

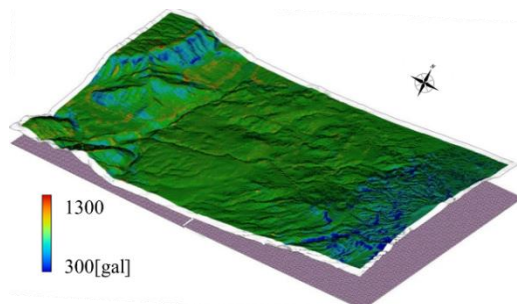


図-6. 地表面での最大水平加速度分布図

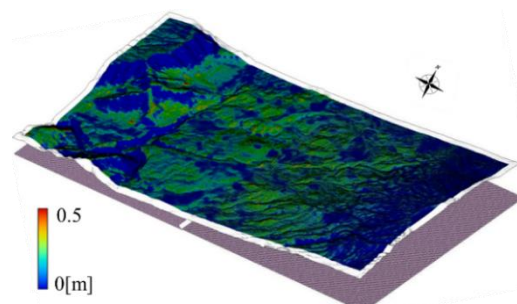


図-7. 地表面の残留変位分布図

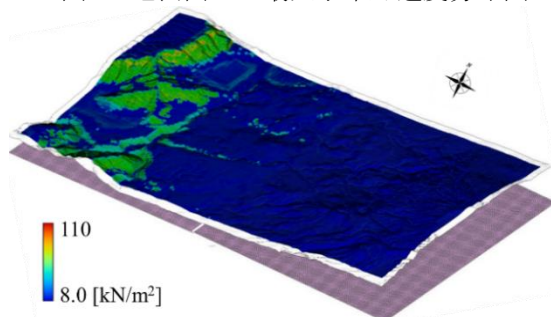


図-8. 表層での最大せん断応力分布図

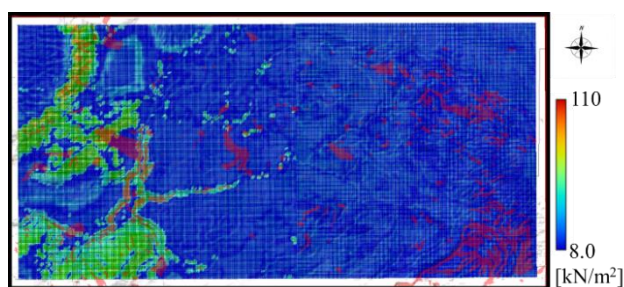


図-9. 最大せん断応力分布図と斜面災害分布(赤)との比較(黒枠：解析範囲)