

Newmark 法を用いた表層すべりによる地震時滑動量予測法の被災斜面への適用

	福岡大学大学院	正会員	○ 村上晴菜
	福岡大学	正会員	村上 哲
	茨城大学	フェロー会員	安原一哉
		正会員	榎本忠夫
	東亜建設工業(株)	正会員	大森慎哉
		正会員	浅田英幸

1. はじめに

平成 30 年北海道胆振東部地震における厚真町では火山灰質土が堆積した比較的緩斜面が地震時において表層崩壊した¹⁾。この斜面崩壊は、崩壊に伴う滑動土塊の移動量が大きく、その影響が斜面下部領域にまで達し、甚大な被害を及ぼした。これらの表層崩壊の要因とされている火山灰質土の力学特性の把握と、斜面の安定性のみならず、滑動土塊の移動と影響範囲を予測することが防災・減災の観点から必要であると考えられる。本研究では、著者らが提案した Newmark 法を用いた表層すべりの地震時滑動量予測手法²⁾を用い、平成 30 年北海道胆振東部地震で被災した斜面を対象とした解析を実施し、提案手法の適用性の検討と斜面崩壊事例との比較を行い、被災斜面の滑動メカニズムについて明らかにすることを目的とする。

2. 解析対象斜面と解析条件

解析対象とした斜面は、地震前後の地表面形状の断面を図-1 に示した平成 30 年北海道胆振東部地震で表層崩壊した斜面である。斜面形状は、水平距離約 170m、高低差約 42m、平均斜度 14° の緩斜面である。斜面の傾斜は上部が大きく、斜面下部に向かうにつれ緩やかになる形状である。上段、

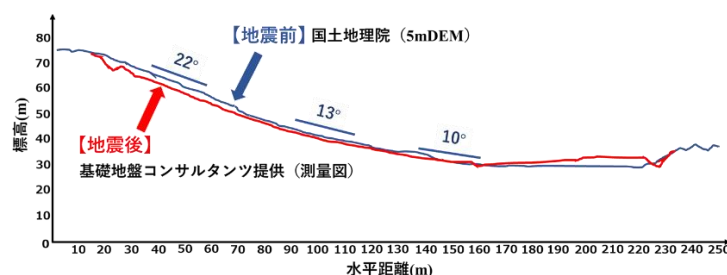


図-1 解析対象斜面の地震前後の地表面形状
(知本康男氏提供資料に加筆)

中段、下段の傾斜角は 22°、13°、10° であり、上段、中段が完全に滑動し、下段を押し出すように斜面前面まで土塊が移動している。当該斜面の地質は、火山灰質土が層状に堆積し、その層境界面はほぼ現地形の形状に等しいと考えられ、同一層表層すべりによる地震時滑動であると思われる。

この斜面を解析対象とし、提案する Newmark 法を用いた表層すべりの地震時滑動量予測手法を適用する。解析斜面は、地表面傾斜角 $\beta = 10^\circ, 13^\circ, 22^\circ$ とし、すべり面の位置を GL-3.2m と仮定した。すべり面で想定した地盤材料は、文献 4) で用いられた火山灰質粘性土であり、初期強度定数を粘着力 $c' = 6.3 \text{ kN/m}^2$ 、せん断抵抗角 $\phi' = 26.6^\circ$ とし、安全率が 1 を下回った後は、それ以降、 ϕ' 一定で、 $c' = 3.3 \text{ kN/m}^2$ と粘着力が低下する材料とした²⁾。解析に用いた地震動は、平成 30 年北海道胆振東部地震で観測された早来の地震波³⁾であり、地震波形から図-2 に示す南東-北西成分に合成した波形(すべり面方向成分 α_T とすべり面垂直成分 α_N) を用いた。解析は完全排水条件と非排水条件の 2 種類である。双方とも初期間隙水圧 u_0 は 0 とした。非排水条件では、繰返しせん断に起因する間隙水圧 u_e を $u_e = 0.25\sigma_0, 0.3\sigma_0, 0.5\sigma_0, 0.75\sigma_0$ と仮定して実施した。解析手法の詳細については、文献 2) を参照いただきたい。

3. 解析結果

解析結果を図-3 に示す。完全排水条件では、(a), (b), (c) のどのケースでも、滑動量が極めて小さく、傾斜角で 1m 未満の値であった。一方、非排水条件での解析では、傾斜角 β 、あるいは、過剰間隙水圧比 u/σ_c の増加に伴い滑動量も増加する結果となったが、傾斜角 $\beta = 13^\circ$ では間隙水圧 $u_e = 0.75\sigma_0$ ケース、傾斜角 $\beta = 22^\circ$ では、間隙水圧 $u_e = 0.75\sigma_0, 0.5\sigma_0$ のケースで滑動量が極めて大きくなる結果となった。また、傾斜角 $\beta = 10^\circ$ の緩斜面でも、間隙水圧 $u_e = 0.75\sigma_0$ のケースでは滑動量が約 3.5m となり、大きな滑動量となる。

実現象を表せそうな条件は、今回の解析ケースでは、完全排水条件より非排水条件と判断することができる

キーワード 斜面の安定解析, 地震波, 表層崩壊, Newmark 法

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8 丁目 19-1 福岡大学工学部社会デザイン工学科 TEL 092-871-6631

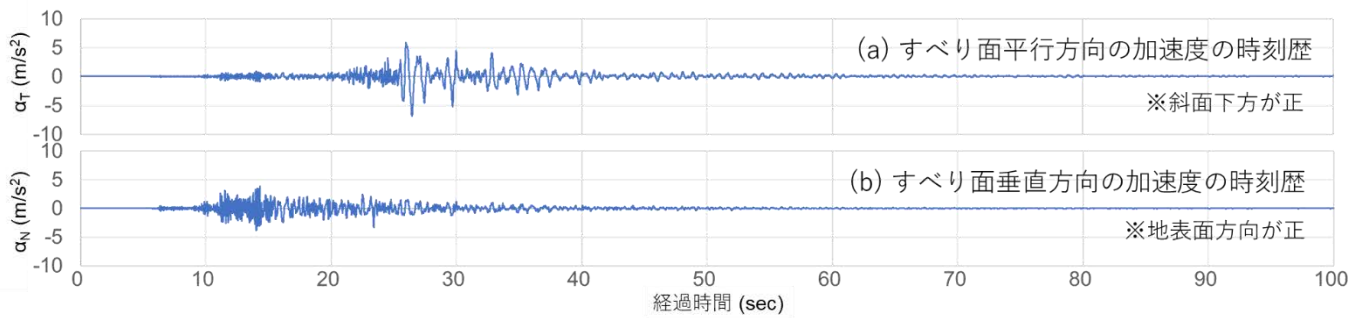


図-2 解析に用いた加速度波形

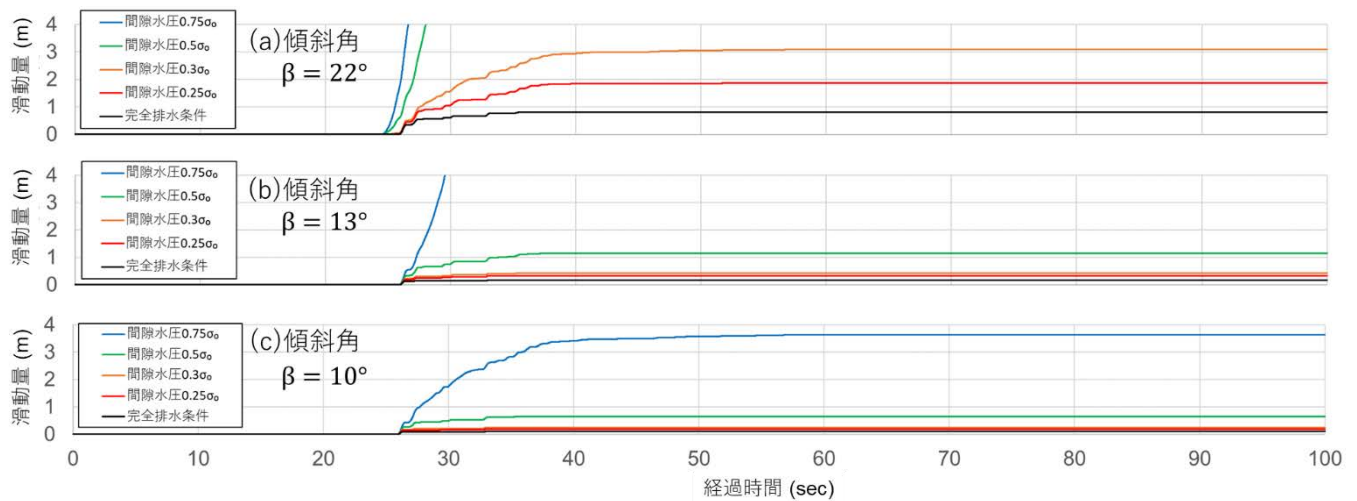


図-3 解析結果

が、滑動量が間隙水圧の大きさに大きく依存するため、解析で用いる間隙水圧をどのように設定するかが課題である。しかし、傾斜角が $\beta = 22^\circ$ 、 13° の斜面上段、中段のすべり土塊が、解析結果のように完全に滑動状態となり、下段のすべり土塊を更に押し出して斜面前方まで移動したとすれば、解析結果は実現象を定量的には予測できていないが、定性的には表現できたと考える。

4. まとめ

本研究で得られた知見は次の通りである。

- (1) 地震時の表層すべりの滑動量を完全排水状態で評価する場合、滑動量は極めて小さい結果となる。
- (2) 地震時の表層すべりは、間隙水圧 $u_e = 0.75\sigma_0$ のケースで傾斜角 $\beta = 13^\circ$ の緩斜面でも滑動は停止しない。
- (3) 地震時の表層すべりは、傾斜角 $\beta = 10^\circ$ の緩斜面でも発生し、間隙水圧 $u_e = 0.75\sigma_0$ のケースでは滑動量が約3.5mとなる。

以上の結果より、今後表層すべりの地震時滑動量を予測する場合、非排水条件での解析がより実現象に近い滑動量の評価を行えると結論付ける。今後の課題として、間隙水圧をどのように考慮するのが最適なのか、実験データを用いながら適切な予測を行い、本手法の適用性を検討したい。

謝辞 本研究を進めるにあたり知本康男氏（基礎地盤コンサルタンツ（株））のご協力をいただいた。また本研究の一部は、科学研究費・基盤研究(B)(一般)(課題番号 20H02245)の助成を受けて実施した。記して謝意を表します。

参考文献 1) 細矢ら：平成 30 年北海道胆振東部地震における斜面崩壊の特徴，第 61 回地盤工学シンポジウム，27-30，2018。 2) 村上ら：Newmark 法を用いた表層すべりによる地震時滑動量予測法に関する検討，第 57 回地盤工学会研究発表会，2022(投稿中)。 3) 防災科学技術研究所：防災科研 K-NET, KiK-net, 防災科学技術研究所，<https://doi.org/10.17598/nied.0004>，2019。（参照日：2022/03/26）