

滑動崩落の安定計算方法の提案

Stability Analysis method of landslides on the residential land triggered by Earthquake

太田英将*, 廣野一道 (太田ジオリサーチ)

Hidemasa OHTA, Ichido HIRONO (Ohta Geo Rsearch)

キーワード：地震，盛土，第2次スクリーニング，安定解析，訴訟リスク

Keywords: Earthquake, Earth Fill, Second Screening, Stability Analysis, Litigation Risk

1 はじめに

1995年兵庫県南部地震で阪神間の盛土造成地217箇所のうち87箇所の谷埋め盛土が地すべりの変動を発生した¹⁾。変動率40%である。ただし、溜池を埋め立てた盛土は、ほぼ100%の変動率だったため集計から除外した。釜井ら²⁾は、数量化II類を用いた解析で、①盛土の強度は変動・非変動と有意な相関は無い、②谷埋め盛土の長さは有意なパラメータにはならない、③大規模なものより比較的小規模な変動ユニットが多い、④底面の横断形状(幅/深さ比)が変動率に大きな影響を与えている、⑤底面勾配が緩い盛土ほど変動割合が高い、ということを示した。なお、小規模な盛土に変動が多いにも関わらず、2006年に改正された宅地造成等規制法で、谷埋め盛土に関して3000m²以上とされている。その理由は、小規模な盛土に関しては、加害者と被害者が明確であり、現行民法の相隣関係で解決できるので、大規模なものに限定したためである。

今後、首都直下地震など、都市部で起きる震度6以上の大地震で、数多くの滑動崩落が発生することが予測されるが、論理的な解析が行われなかった場合、被災住民が、危険度を解析した建設コンサルタントを訴訟するリスクがある。このため、本発表では、新たな安定計算手法を提案する。

2 過去の研究の経緯と現在の課題

太田ら³⁾、日本地すべり学会⁴⁾は、幅/深さ比が変動・非変動に大きく関わっていることの意味は、3次元移動体の側部抵抗が変動・非変動の違いに大きく効いていると解釈し、力学モデルに展開し汎用性を持たせた。

中埜ら⁵⁾は、阪神間のみならず、中越地震の長岡市、中越沖地震の柏崎市のデータで、実際に発生した現象の再現を試みた。その結果、3地区において「統計的側部抵抗モデル」の再現率が非常に高く、かつ盛土の最適土質パラメータの値が、3地区とも地質が異なるにもかかわらず同程度となること

を明らかにした。これにより、まだ被災していない地域でも盛土形状のみを用いて変動予測が可能となることを示すものであり、大規模盛土造成地変動予測の有効なツールとなった。

最適土質パラメータは、統計的に実際に起きた現象が最も高確率で再現できる値である。地すべり調査では、地質条件が同じ地域で、大きさや形の異なる地すべりを、実物大のせん断試験と見立て、平均的なすべり面強度を推定する方法があるが、この考え方に近い手法である。

国交省が作成した「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドラインの解説」(H20)では、第二次スクリーニング(詳細調査)の優先順位を決めるため、阪神地域の事例でフィッティングさせた「点数法」が推奨された。「点数法」は「幅/深さ比」を重要視している点では、側部抵抗を考慮しているが、兵庫県南部地震の事例以外では再現率が低いことが後に明らかとなった⁶⁾。

ところが、ガイドラインによれば、第2次スクリーニングでは、地盤調査を行い「2次元分割法」で行うこととされている。この項目は、H27年に改正されたガイドライン⁷⁾でも変更されていない。

2次元分割法は、当然のことだが側部抵抗を全く考慮できない。谷埋め盛土の滑動崩落は、変動・非変動に「幅/深さ比」が大きく関わっていることが出発点にもかかわらず、それを考慮できない方法を標準手法としているのである。ただし、ガイドラインには、参考として3次元安定解析についても記載がある。ガイドラインとは、技術者がより良い方法がある際には、その方法を用いて良い、という性質のものなので、2次元分割法を採用する責任は、業務にあたっている建設コンサルタントにあることになる。

第2次スクリーニングが終了している自治体では、結論が「全ての盛土に変動の危険性はない」というものが多数である。しかし、今まで発生した大地震では、かなりの高率で変動が発生しているため、この予測が外れる確率が高い。

その際、「安全」と言われたのに変動した盛土上の住民や、盛土が変動して被害を受けた盛土下側の住民は、損害賠償を求めらるだろう。

被災住民が、谷埋め盛土の変動・非変動を支配している要因が「幅深さ比」、即ち側部抵抗によるのが明確なのにもかかわらず、それを全く考慮しない2次元分割法で安定計算していた矛盾を訴訟のよりどころとすることは十分予測できる。

その時、訴訟の対象(被告)となるのは解析手法の選択という「技術的判断」をした建設コンサルタントになる可能性が高い。

3 論理的な安定解析手法

筆者は、実際に発生した現象を統計的に再現した「統計的側部抵抗モデル」で変動予測をすることで解析精度は十分だと考えている。しかし、ガイドラインでは、実際に現地で地盤調査したデータを用いる「順計算の安定計算」が必要と考えているようである。

側部抵抗を考慮し、同時に順計算の安定計算を行う手法を用いれば、この問題は解決できる。

必要な情報は、以下のとおりである。

①盛土形状、②盛土の強度(側面強度として使用)、③盛土底面の強度(底面強度として使用)、④地下水位、⑤設計水平震度、⑥過剰間隙水圧比

このうち、設計水平震度については、底面で一種の液化化が起きて抵抗力を失うことから、揺れと強度低下が同時でないので設定が難しいが、とりあえず $kh=0.25$ を用いることになるだろう。

過剰間隙水圧比は、盛土自重に起因した水圧の算定のために必要だが、盛土底面の地中侵食を受け、サンプリングもままならない場所で起きる現象なので、土質試験等で実測することはほぼ不可能だと思われる。したがって、この値は、実際に起きた現象でキャリブレーションして求める以外の方法が無い。

結局のところ、順算法と言えども、実際に起きた現象との統計的すり合わせが必要になるという点で、「統計的側部抵抗モデル」と大きな違いはないが、順算法の形をとっている点で、この事業にふさわしいのかもしれない。

前述の地盤モデルを作成したら、数多くの3次元すべり面形状を計算機上で試行計算し、最小安全率となる3次元すべり形状、あるいは安全率が1.0を下回る最大形状を採用すればよい。図-1は、

その計算を Rocscience 社のソフトウェア Slide3 で実施した例である。この解析ができる市販解析ツールは存在する。

将来の訴訟リスクに備えるため、賢明な技術者であれば、滑動崩落の安定計算方法を、論理的に矛盾のない方法に改めるべきであろう。

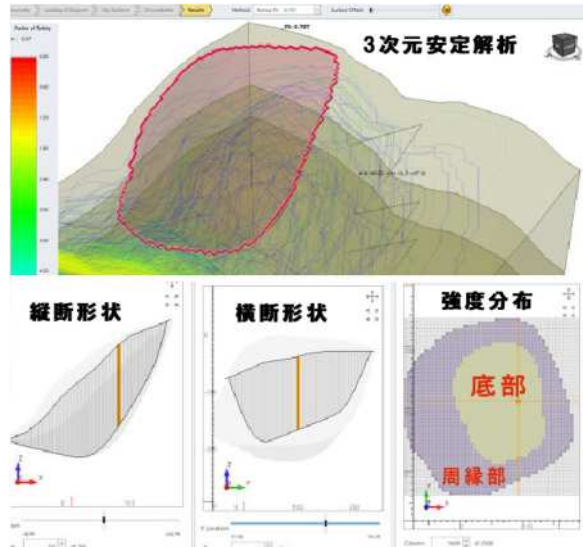


図-1 谷埋め盛土滑動崩落の3次元安定解析例

なお、ガイドラインに記載されている短期的現象の必要安全率1.0は、データのばらつき(不確実性)を考えた時、変動確率50%と等価である。常識的に、変動確率50%の対策で良いはずはないので再考が必要である。

参考文献

- 1) 太田英将ほか(2011):”宅地盛土の地震時被害軽減を目的とした地盤技術者のアウトリーチ活動“, 日本地すべり学会誌
- 2) 釜井俊孝ほか(2002):『斜面防災都市』
- 3) 太田英将ほか(2006):“谷埋め盛土の地震時滑動崩落の安定計算手法”, Geo-Kanto2006, DS1
- 4) 日本地すべり学会(2006):「谷埋め盛土造成地の危険度評価・安定解析手法に関する検討業務 報告書」, 国土交通省委託
- 5) 中埜貴元ほか(2012):“宅地盛土における地震時滑動崩落に対する安全性評価支援システムの構築”, 日本地すべり学会誌
- 6) 太田英将ほか(2011):”2011年東北地方太平洋沖地震による都市住宅域の斜面災害の予測と対策“, 第50回日本地すべり学会研究発表会
- 7) 国土交通省(2015):変動予測調査編, 国交省 HP