

SDS 試験を用いた不安定盛土を廉価に経過観察する手法の提案

東京都市大学大学院 学生会員 ○大和田 健樹

東京都市大学 正会員 末政 直晃

東京都市大学 正会員 伊藤 和也

東京都市大学 正会員 田中 剛

1. はじめに

全国に約5万箇所以上ある大規模盛土造成地は、耐震性が不十分な場合には大地震等により滑動崩落が生じ、人命や家屋等に甚大な被害が発生する可能性がある。東北地方太平洋沖地震では図-1のような被害が生じた。そのため国では、被害を未然に防止または軽減するために宅地耐震化推進事業を進めている。しかし優先度の低い盛土造成地では継続的な経過観察が必要とされるが、その経過観察の方法や計測精度は決められていない。また地盤調査や計測機器の費用を含めると数百万円かかることも課題である。そこで本研究では、地盤調査から盛土経過観察までの廉価なシステム構築を目的としている。本報告では盛土を経過観察する手法の提案を行う。



図-1 宅地地盤のクラック¹⁾

2. 経過観察手法の特徴

高い頻度で発生する比較的小さな地震動によって、盛土に生じるわずかな変形量を計測することができれば、将来発生するであろう強い地震時に発生する盛土の変形量を予測することができ、その盛土の地震時安定性を把握することができると考えている。

そこで盛土の経過観察のフローチャートを図-2に示す。今回提案する観察手法の特徴は、土質判別可能な簡易な地盤調査(SDS試験)を実施し、その調査孔に低コスト・高精度傾斜計や水圧計等を設置して経過観察を行い、地盤内情報を反映した変形挙動の解析から異常検知を行う点である。これらの一連の流れにより、地盤調査から盛土経過観察までのコストが削減され、正確に盛土の動きを監視できると考える。

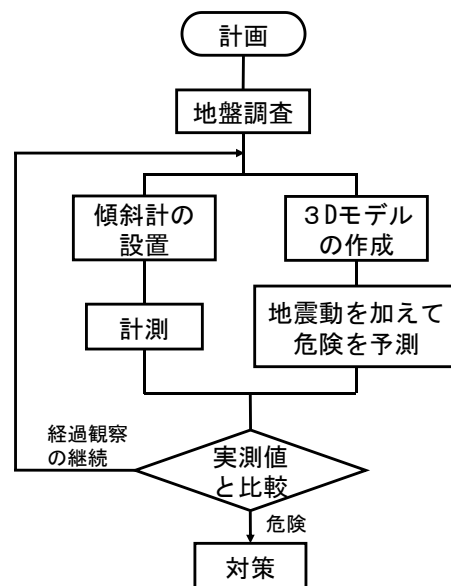


図-2 経過観察フローチャート

3. SDS 試験による地盤調査

3-1. SDS 試験の概要

図-3にSDS試験機を示す。SDS試験は従来の測定データに加え、回転トルク値などのデータを総合して分析することで、より正確な土質判断ができる次世代の地盤調査方法である。小型の調査機を用いるため、大がかりな試験機を必要とするボーリング調査に匹敵する高精度ながら、コストを抑えられるのも特長である。



図-3 SDS 試験機

3-2. 土質判別の例²⁾

図-3に埼玉県春日部市におけるSDS試験結果およびボーリング試験結果、粒度組成図を示す。地盤構成は0～-1.70mが盛土、-1.70～-3.20mがシルト、-3.20～-4.80mが粘土、-4.80～-6.80mがシルト、-6.80～が砂質シルト(細砂)となっており、補正トルクは計測トルクから摩擦トルクを差し引いたものである。図-4より、トル

キーワード 不安定盛土, 経過観察, SDS 試験, 地盤調査孔, 傾斜計

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1丁目28-1 東京都市大学 TEL: 03-5707-0104

ク値はボーリング試験による土質区分の層ごとに挙動が変わる事から地盤の層区分は比較的容易に行えることが確認できる。また、砂質土系のトルク値は上載荷重の増加に伴い増加しているのに対し、粘性土系のトルク値は上載荷重の増加に伴い一定または減少していることから、砂質土と粘性土を判別できることが考えられる。

4. 高精度傾斜計の開発

現在、弱層部で滑動する地すべりの経過観察ではパイプのひずみを測定する変位計³⁾が開発されているが、変形深さを特定できない盛土には適用することは難しい。また耐震性が比較的低い盛土においては、小さな地震動を受けた際に微小変形することが確認されている⁴⁾。そこで盛土の水平変位を地表面から切土部まで計測することのできる傾斜計を、SDS 試験孔の直径が約 3cm であることを踏まえて開発する。開発中の傾斜計の概要図を図-5 に示す。仕組みはパイプの変形から地盤の動きを把握するものである。検定の結果、傾斜角度とひずみの線形関係から以下の式を導いた。

$$y = x / 613 \quad [x : \text{ひずみ } (\mu\epsilon), y : \text{傾斜角度 } (^{\circ})]$$

この結果から、今回作成した傾斜計でひずみが $1\mu\epsilon$ 生じたときに地盤が 0.0016° 傾いたと算出することができる。そこで過去の解析結果をもとに、盛土の微小変形でひずみがどのように計測されるか、計測が可能であるか検討を行った。検討結果を図-6 に示す。これは、今回作成した傾斜計では最小傾斜角度 0.002° であっても $1\mu\epsilon$ が出力されるので、理想的には計測可能であることを示している。

5. 地盤モデルの作成と FEM 解析

SDS 試験で得られた地盤情報を参考にして、3次元 FEM モデルを作成する。その後、小さな地震動による微小な変位から、大きな地震動による盛土崩壊までをモデルで検証することで危険度を予測する。

6. 実測値との比較

傾斜計の計測値が FEM 解析における水平変位の危険値を超えているか比較を行う。大きな地震が起きた場合に崩壊する危険性があると判断されれば対策が求められる。一方で危険な状態でない場合は、経過観察を継続する。同時に適時計測される地盤の動きとモデル解析の地盤状況を合わせていき、盛土モデルの整合性を高めていく。

7. まとめ

SDS 試験で安価に地盤の調査を行うことができ、かつ試験孔に傾斜計を埋設することができる。これらの総合的コストが実務として最も好ましいと考えられる。また開発中の傾斜計は高価な高精度傾斜計と同程度の精度であり、解析と組み合わせることにより、地盤の動きを監視から予測まで行うことができると考えられる。

参考文献

1) 国土交通省「2011 年 東北地方太平洋沖地震の事例」

<https://www.mlit.go.jp/toshi/content/001466161.pdf> (閲覧日：2023 年 1 月 9 日)

2) 池亀ら：SDS 試験法による土質判別の試み ～砂質土と粘性土の判定～、第 46 回地盤工学研究発表会

3) 社団法人地すべり対策技術協会(1996)：地すべり観測便覧 平成 8 年 10 月

4) 大和田ら：不安定盛土の地震時微小変形の確認と計測可能性の検討、第 58 回地盤工学研究発表会

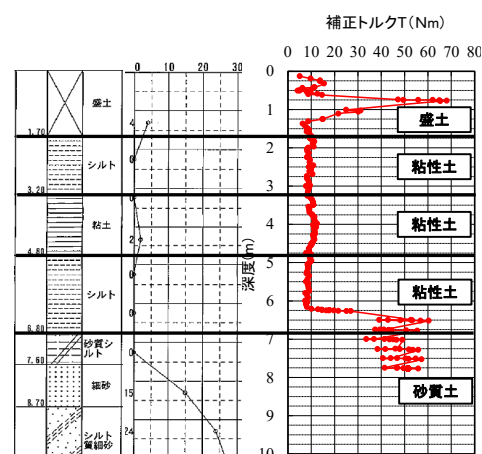


図-4 SDS 試験結果, Bor. 試験結果

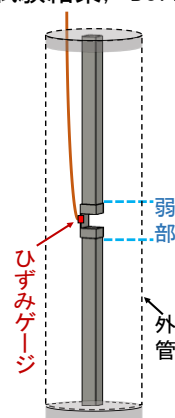


図-5 傾斜計の概要図

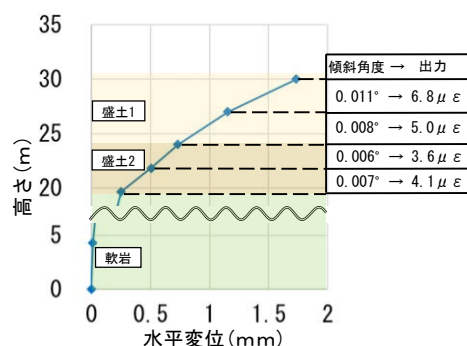


図-6 傾斜角から算出した出力