

軟弱地盤上の道路盛土の地震時安定性評価

前田建設工業 正会員 石黒 健
 前田和亨 福田和人
 日本道路公団 正会員 稲垣太浩
 川崎地質 正会員 三嶋信雄
 東京工業大学 国際会員 太田秀樹

1. はじめに

軟弱地盤上の道路盛土の設計は、近い将来性能設計への移行が予定されている。この場合、現在規定されていない地震時安定性の評価も重要な要求性能のひとつとなる。著者らは、既報¹⁾にて軟弱地盤上の道路盛土の地震後残留沈下の簡易算定法を提案したが、本手法では盛土が地震時に崩壊するか否かを判定することはできない。そこで、これに加えて動的・静的FEMを用いた地震時安定性評価を新たに試みたので、以下に報告する。

2. 地震時安定性評価手法の一試案

地震時安定性評価手法の一試案を模式的に示したものが図-1である。静的および動的FEM解析により、盛土完成時の基礎地盤内の有効応力状態および地震時の動的応力増分を時刻歴で計算する²⁾。基礎地盤を通る円弧すべり線を設定し（今回は便宜的に静的円弧滑り法にて最小安全率を与えるすべり線を使用）、FEMモデルの中ですべり線を横切るすべての要素（ただし盛土部は除外）に関して、すべり線上に働く初期有効鉛直応力 v_i' と初期せん断応力 s_i を図のように求め、これに動的応答解析により求まる動的成分 v_d と d_i を時刻歴で付加し、以下の算式によりすべり安全率を算定するものである。なお、動的応答解析は全応力解析であるが、地震中に発生する過剰間隙水圧を、せん断ひずみを通じて別途推定¹⁾し、式中に取り込むことで、擬似的に有効応力に基づく地震時安全率を次式にて算定した。

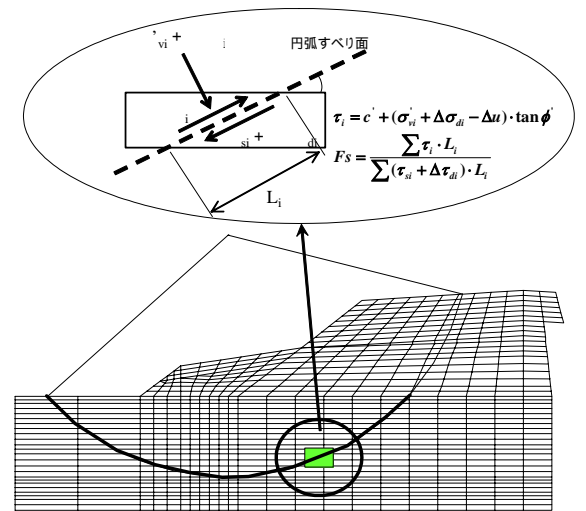


図-1 地震時安定性評価手法の一試案³⁾

$$\sigma'_i = c' + (v_i' + v_{di} - u) \tan \phi' \dots (1)$$

$$F_s = (\sum \sigma'_i \cdot L_i) / (\sum (s_i + d_i) \cdot L_i) \dots (2)$$

ここに c' 、 $\tan \phi'$: 基礎地盤の強度定数（有効応力表示）

v_i' 、 v_{di} : 各要素の初期鉛直応力と動的成分（滑り線沿い）

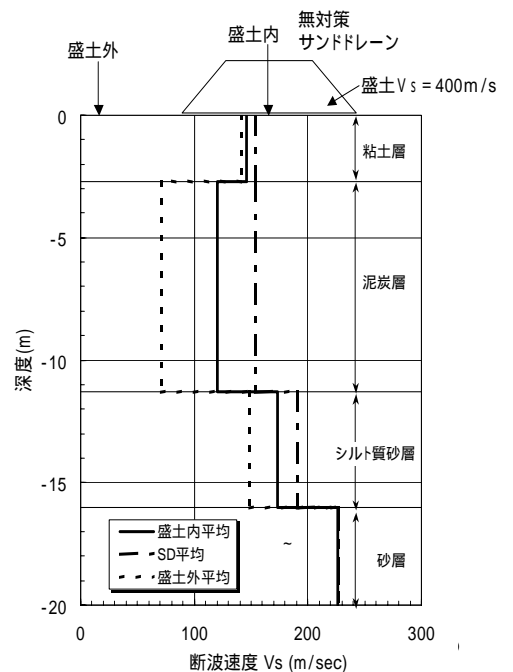
u : 地震時の過剰間隙水圧（文献¹⁾により算定）

s_i 、 d_i : 各要素の初期せん断応力と動的成分（滑り線沿い）

なお、動的応答解析に用いる物性値は、実現場で実施したPS検層結果および動的変形試験結果を用いて設定した。現地PS検層の結果（盛土内、盛土外、ドレーン打設地盤の3種類）を図-2に示す。

3. 地震時安全率の算定例

対象とした道路盛土は、北海道の江別・岩見沢盛土³⁾である。静的解析や物性値、解析モデルの詳細等については、既報³⁾を参照されたい。時刻歴非線形動的解析結果からすべり線を横切るすべての要素の動的応力成分を取り出し、式(1)(2)に示したすべり安全率算定式により地震時安全率を時刻歴で計算した。図-3(a)は用いた入力地震動の加速度波形（兵



キーワード：道路盛土、軟弱地盤、地震時安全率

連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16/TEL03-3977-2241/isigurot@jcity.maeda.co.jp

庫県南部地震の鷹取波を本地点の既往最大加速度振幅に調整)を示す。図-3(b)は、無対策地盤において、盛立て完了直後に地震が到来した場合を想定した結果を示している(動的物性として、図-2の「盛土外」を採用)。この場合、地震中連続的に1を下り、盛土の完全崩壊と変状のさらなる進行を想起させる。図-3(c)は、これを20年放置した後に地震が到来したケースである。経年効果による基礎地盤の強度増加、動的物性の改善(図-2の盛土内と盛土外の動的物性の違いを参照)により地震時安全率はかなり上昇する。安全率が連続的に1を下回ることはなく、地震時の変状は限定されたものとなるように思われる。サンドドレーンや深層混合等の対策工法を実施した場合(ドレーンは図-2中の値を使用し、深層混合は一軸強度をもとに線形弾性体としてモデル化)、供用直後に地震が到来したとしても、図-3(d)(e)に示すように地震時安全率はさらに上昇し、1を下回ることはほとんどない。大規模地震動に対しても十分な耐震性を発揮していることが図より伺われる。ただし、地震時安全率が瞬間的にも1を切っていたら盛土は不安定になるのか、どの程度連続的に1を下回る時間が継続すれば盛土崩壊に至り、有意な変状が生じるのかなど、実盛土挙動との検証が未確認のため、現段階ではその定量的な判断規準を示すことができていない。瞬時安全率と文献¹⁾に示した地震後残留沈下(図3中には、文献¹⁾の手法で求めた地震後沈下量=地震時の剛性低下による即時沈下+過剰間隙水圧消散に伴う沈下、を併記)をどう結びつけるかを含め、地震時の安定性に対する定量的な判断基準を示すことが今後の課題と言える。

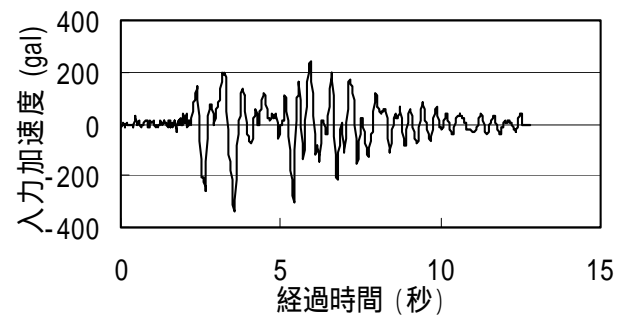


図-3(a) 解析に用いた入力地震動

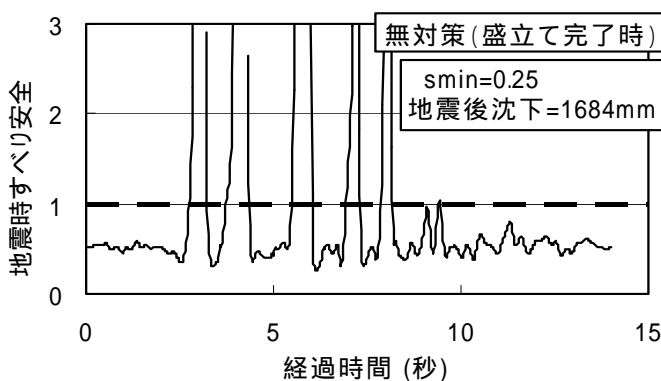


図-3(b) 無対策(盛立て完了直後)のケース

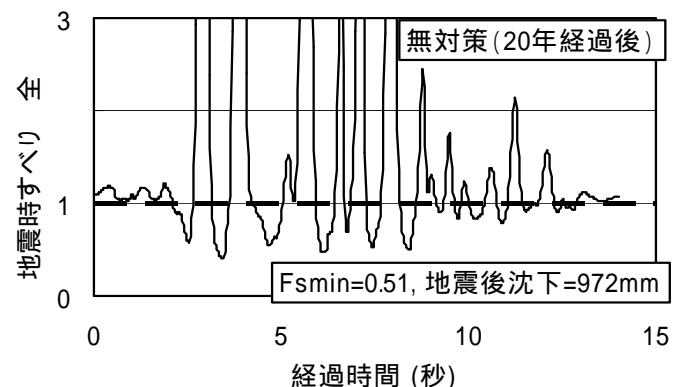


図-3(c) 無対策(20年経過後)のケース

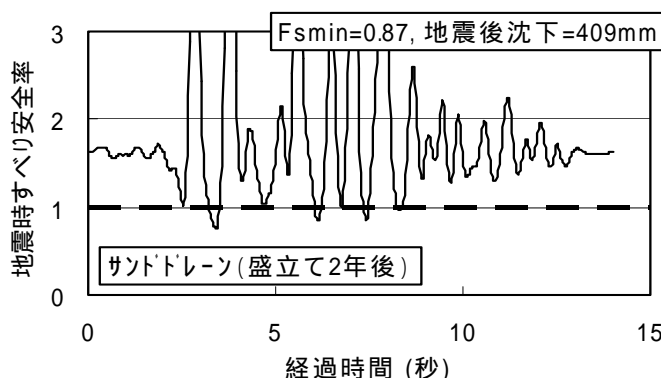


図-3(d) サンドドレーン工法のケース

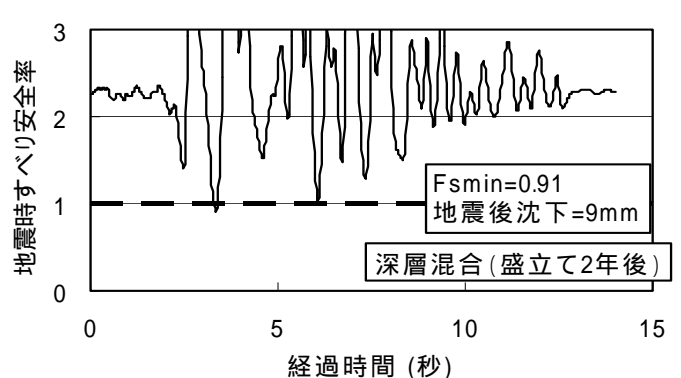


図-3(e) 深層混合処理工法のケース

《参考文献》1) 竜田・稲垣・三嶋・藤山・石黒・太田：軟弱地盤上の道路盛土の供用後長期変形挙動予測と性能設計への応用，土木学会論文集 No.743 / -64, pp.173-187, 2003. 2) 土質工学会編：フィルダムの調査・設計から施工まで，3.9 動的応答解析による堤体の耐震性評価，1983. 3) 前田・武部・藤山・石黒・稲垣・三嶋・太田：軟弱地盤上の道路盛土の品質評価(その1)～(その3)，第38回地盤工学会, DS性能評価