高切土耐震補強におけるサクション計測と浸透流解析を併用した地山安定度の検討

東日本旅客鉄道(株)正会員〇油谷 彬博 フェロー会員 中村 宏 中央開発(株)正会員 神原 隆則 正会員 岡田 直人 JR東日本コンサルタンツ(株)正会員 田中 祐二 非会員 狭田 彰二

1. はじめに

既報 1)で、切土斜面におけるサクション計測, および飽和・不飽和三軸圧縮試験について報告し た.本稿では、サクション計測結果と浸透流解析 を併用して斜面内の飽和度分布を求め、切土背面 地山の自立性を評価する検討を実施したので報 告する.構成上、既報 1)、2)と記述が重複する.

2. 飽和度計測結果概要

当該箇所は,首都圏の路線の中で最も高い切土 斜面のひとつである.設計時に不飽和強度を用い るためには,長期間斜面が不飽和状態を維持して いることを確認する必要がある.6K721m付近の サクションおよび地下水位計測の結果を図-1 に 示す.計測期間中はローム層および本郷層とも不 飽和状態を保ち続けており,斜面下の地下水位は 常に軌道面より低い位置に存在していた¹⁾.

3. 実測降雨を用いた浸透流解析

計測結果はピンポイントのデータであり,浸透 流解析を用いて斜面内各層の飽和度分布を得た.

(1) 境界条件および解析モデル

境界条件を図-2 に示す. 急勾配の土留め壁, 切 土頂部の舗装道路部,および軌道面からは雨水が 浸透しない不透水条件とした. 軌道面を不透水と したのは以下の理由による.

- ・省力化軌道のため1線当たり幅2.3mの軌道ス ラブ構造であり線路側溝もあって雨水が浸透 しにくい.
- 図-3 に示すように線路下では縦断勾配に従って水が流れると推定され、これまで線路付近に滞水したことは無い。
- ・軌道面を透水境界とすると、斜面下の地下水 位が軌道面からの降雨により大きく変動し、
 地下水計測結果よりも常に水位が高くなって
 計測結果を表現できない。









(2) 浸透に関する定数

キーワード 浸透流解析,安定解析,透水係数

連絡先:〒163-0231 東京都新宿区西新宿 2·6·1 新宿住友ビル 31 階 TEL03-6276-1251 東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 耐震土構造 PT

浸透流解析を実施するにあたり,降雨による飽和度が上昇 する浸透過程を模擬するため保水性試験(pF 試験)における 吸水過程の水分特性曲線(圧力水頭 φ - 体積含水率 θ 関係) を用いて浸透特性をモデル化した.pF 試験は,Lm 層,Lc 層, Hos 層で実施し,解析モデル上で B 層はLm 層と,Hog 層お よび Tos 層は Hos 層と同じ地層に設定した.Hos 層の水分特 性曲線および各層の水分特性曲線上の基準値,室内透水試験 結果を図-4に示す.pF 試験を実施した切土斜面の透水性は, 降雨浸透時の飽和度に応じた非線形挙動になるが,軌道面下 の透水係数は,軌道スラブの下は砕石バラストなので k=1.0×10⁻¹(cm/s) (礫地盤相当の一定値)とした.

(3) 解析結果

図-1 にサクションと地下水位の計測結果に併記して浸透 流解析結果を示す.予備解析として,Lm層下端まで水位を 上げた状態から,自然に水位を下げて初期含水状態 (2016/2/1)を作成した.この初期状態は計測開始10か月前 であり,ここから気象庁の観測データの降雨を与えて本解析 を開始した.本解析は,計測開始時期(2016/12/1)を途中経過 とし,計測終了(2017/12)まで実施した.室内透水係数を初 期値とし,10倍,100倍に変化させたパラメータスタディを 実施したところ,飽和時の透水係数を室内試験値の100倍と したとき,飽和度および地下水位の挙動が,計測と解析で概 ね整合した.

4. 不飽和状態を考慮した安定解析(自立性の判定)

3. (3)の解析より、500mm 以上の雨が降った 2017 年 10 月において、2017/10/23 に Lm 層の飽和度が、2017/10/26 に Hos 層の有効飽和度がそれぞれ最大となった(図-5,6). 設計 検討上、耐震設計における飽和度の最大値を前述日時の解析 コンターの数値から設定した.安定計算用モデルを単純化し て作成する際、モデル各要素の飽和度の絶対値を解析値より 全体的に少し高く安全側に設定した(図-7). この飽和度分 布に応じた粘着力 c^{\prime} と一定値の ϕ^{\prime} の不飽和土質定数を設 定して¹⁾、安定を検討した.

当斜面で, 飽和土質定数の場合 L1 地震時(Kh=0.2)で円 弧すべり安全率が Fs=0.995(<1.0)となったが, 不飽和土質定 数を設定した本ケースでは, L1 地震時で安全率が Fs=1.321 >1.1 となり, 背面地山は自立する評価となった(図-8).

参考文献

- 1) 油谷彬博,他:不飽和土質定数による耐震設計に向けた高切土斜面の飽 和度計測その他,第54回地盤工学研究発表会,2019.7
- 2) 中村 宏,他:不飽和土質定数と一面せん断試験による残留強度を用い た切土耐震補強設計,第74回土木学会年次学術講演会,2019.9
- 3) 東日本旅客鉄道株式会社:土構造物耐震補強設計マニュアル, 2013.5





図-5 解析結果(有効飽和度コンター図)



図-6有効飽和度の区分(設計用)



図-7 安定解析のモデル



図-8 安定解析結果(L1:自立性の判定)