

不飽和土質定数と繰返し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

東日本旅客鉄道（株）フェロー会員 ○中村 宏 正会員 油谷 彬博
 中央開発（株）正会員 荒井 靖仁
 （株）複合技術研究所 正会員 三平 伸吾

1. はじめに

既報 1) 2) でサクシオンと地下水位の計測、および浸透流解析から切土背面地山が自立する評価になることまで述べた。本稿では、繰返し一面せん断試験による残留強度を用いた耐震設計について述べる。構成上、既報 1) 2) と記述が重複する。

2. 設計の考え方

本稿で述べる耐震設計¹⁾²⁾の考え方を図-1 に示す。既報 2) で、L1 地震時の安全率により背面地山が自立することを述べたが、これは peak 強度に不飽和三軸圧縮試験、サクシオン計測、浸透流解析に基づき不飽和強度を採用して得られた結果である。

次に、Newmark 法による変形計算モデルを作成するが、JR 東日本の切土耐震設計では、残留強度を用いて設計することとしている。残留強度は通常、飽和三軸圧縮試験の軸ひずみ 15%の強度としているが、当箇所では下記の理由により、Lm 層、Lc 層、Hos 層では一面せん断試験による残留強度を考慮することとした。

- ・ 1923 年関東地震で御茶ノ水駅付近の切土が崩壊し、本郷層が鍵層になったと考えられている。
- ・ 当箇所では飽和三軸試験結果から Hos 層の強度が小さく、当初背面地山が非自立と評価された。
- ・ 弱層に対して一面せん断試験により残留強度を評価し切土崩壊時の挙動を概ね再現出来た³⁾。

3. 繰返し一面せん断試験

本設計の一面せん断試験について述べる。図-1 と表-1 に試験機と試験条件を、図-3 に試験後の供試体を、図-4~7 に試験結果を抜粋して示す。試験方法は、両振り交番载荷試験とし、各層で定体積 (CU)、定圧 (CD) 条件を両方実施した。最大変位量は既往の挙動再現解析³⁾を参考に 10,000 mmとした。試験結果の所見を下記に述べる。

- ・ 試験後の供試体は、CU 条件では試験開始時の供試体高さを維持したが、CD 条件では試験後は高さが減少した (図-3, 5)。

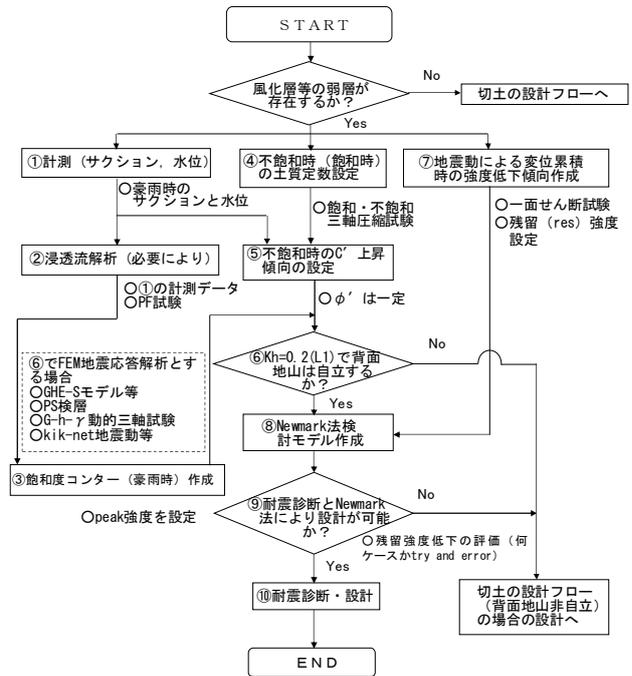


図-1 調査設計の流れ

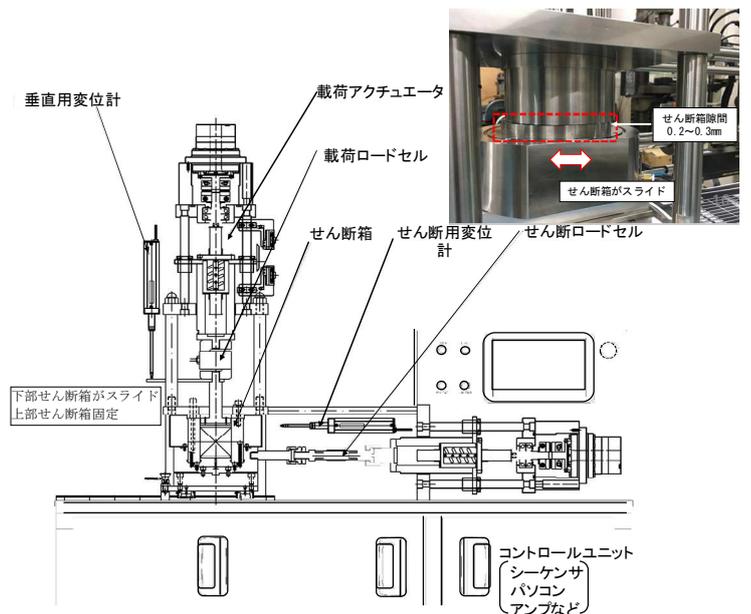


図-2 一面せん断試験装置概要図

表-1 試験条件の設定

＜試験条件の設定＞	
・ 载荷振幅	±2.5mm
・ 累積変位	10000mm
・ 繰返し载荷速度	定圧: 2.5mm/min, 定体積: 5.0mm/min
・ 垂直応力	有効土被り厚
・ 交番使用	両振り
・ 有効応力条件	定体積および定圧 (全自動制御)
・ せん断箱隙間	0.2~0.3mm
・ サンプリング速度	5Hz (1秒5点程度 終了時約24万点)
・ 試料径	φ60およびφ65mm h30および40mm (サンプリング径により選定: 圧密終了時の高さを考慮)

キーワード 不飽和土質定数, 一面せん断試験, 残留強度

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

- CU条件では、垂直応力とせん断応力は繰り返し回数増とともに減少した。変形量 500 mm程度では、Lm層で強度比 30%，Hos層で 14～23%，10,000 mmではLm層で 12%，Hos層で 4～14%となった（図-4, 7）。
- CD条件では、せん断応力の低下は小さく、Hos層では試験開始時を上回る結果が見られた（図-5, 7）。

試験結果を考察する。CU条件では既往の大変形一面せん断試験と同様の傾向を示し³⁾、せん断面付近だけが擦り減って強度低下する傾向と推定される。CD条件ではせん断面付近において、土被り圧相当の垂直応力に起因する摩擦抵抗が大きく、見かけ上せん断応力が落ちなかったと推定される。Hos層ではせん断応力が試験開始時を上回っていたが、これはHos層で砂が多くせん断箱間の隙間に砂が挟まり、見かけ上抵抗が増した可能性が考えられる。繰返し一面せん断試験に関しては、せん断試験法、またCU試験のように現地斜面が変形時に土被り圧が0近くまで減少するの否かも含めて、評価法は今後の課題である。

4. 修正 Newmark 法による設計

3. の繰返し一面せん断試験結果から、安全側を考慮しCU条件の試験結果から、修正 Newmark 法による変形解析設計を実施した。図-6に示すように、繰返し一面せん断試験による強度低下の傾向を取り入れて、徐々に降伏震度が下がる方法で設計した³⁾。設計結果を総括して図-8に示す。

当初の飽和強度による設計では切土地山が自立せず既設壁にRC壁を増し打ちして補強土擁壁とする必要があった。今回、不飽和強度を用いて切土地山が自立すると評価して、棒状補強材による補強だけで設計が成立した。

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) 油谷彬博, 他: 高切土耐震補強におけるサクシオン計測と浸透流解析を併用した地山安定度の検討, 第74回土木学会年次学術講演会, 2019.9
- 3) 中村 宏, 他: 粘性土高切土の地震時崩壊事例を対象とした修正Newmark法による再現解析, 土木学会論文集C (地圏工学), Vol.72, No.2, 155-163, 2016

【飽和設計】飽和時の地盤物性値を使用 【不飽和設計】不飽和時の地盤物性値を使用

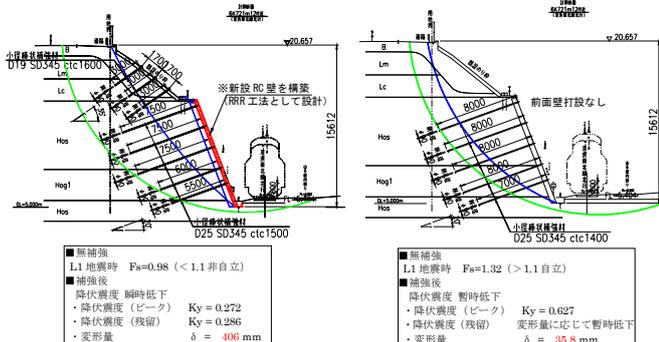


図-8 設計検討結果

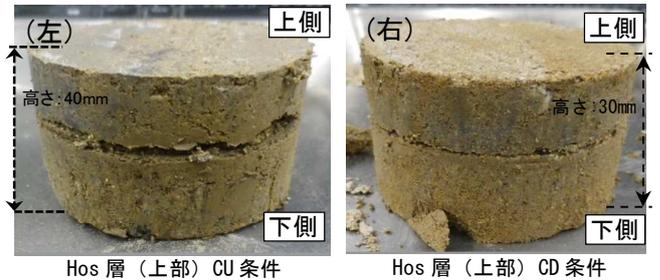


図-3 繰返し一面せん断試験後の供試体

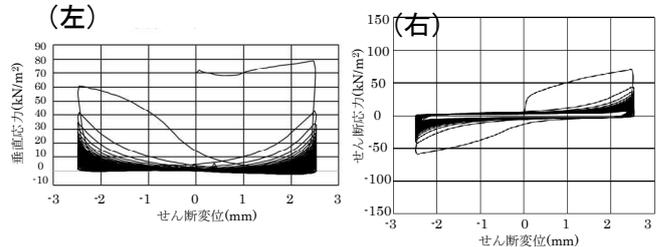


図-4 繰返し一面せん断 応力-変位関係 Hos層上部 定体積試験 (CU)

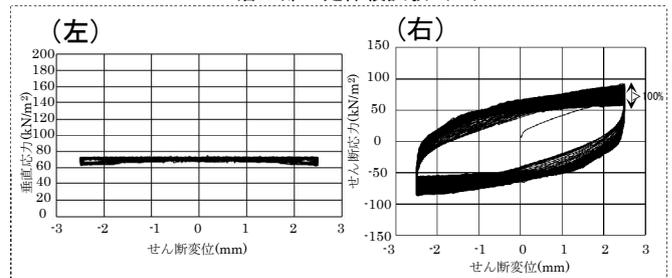


図-5 繰返し一面せん断 応力-変位関係 Hos層上部 定圧試験 (CD)

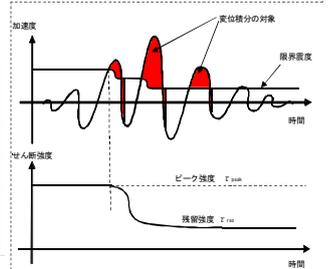
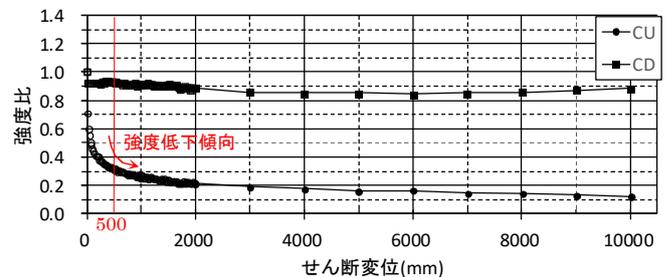


図-6 Newmark 法の検討概要

Lm層 (ローム層) S-1 (1.40m~2.40m)



Hos層 (本郷層) 上部 S-5 (4.40m~5.40m)

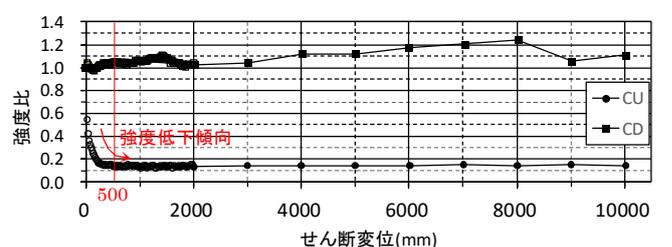


図-7 繰返し一面せん断試験結果