

補強土壁の盛土材の圧縮沈下に対する補強材接合部の挙動に関する模型実験

(国研) 土木研究所 正会員 ○須田 悠尽
 (国研) 土木研究所 正会員 小出 央人
 (国研) 土木研究所 正会員 澤松 俊寿
 (国研) 土木研究所 正会員 間瀬 利明

1. はじめに

補強土壁は、盛土材が主な構成要素の1つであるため圧縮沈下が発生するが、その量は壁高が高くなると大きくなる。圧縮沈下により盛土材と壁面材の間に大きな沈下の差が生じると、補強材が垂れ下がるように挙動（ハンモック）する。補強材が著しいハンモック状態になると過度な張力の発生及び接合部におけるせん断力が生じる。このような影響は、設計で直接的には考慮されておらず、現状では、圧縮性の低い盛土材をよく締め固めることなどで対応されているが、壁高が高い補強土においては、その対応では十分でない可能性がある。そのため、補強土壁のさらなる信頼性の向上や新技術を導入する際に検証すべき項目を適切に設定するためには、想定される沈下によって、補強材または壁面材と補強材の接合部（以下、接合部）等に及ぶ影響（荷重、その作用方向）を明らかにする必要がある。本研究では、盛土材の圧縮沈下を再現する模型実験を実施し、圧縮沈下に対する補強材及び接合部の挙動を調べた。

2. 実験方法

2.1 実験装置

図-1に示す実験装置を土槽内に設置した。この実験装置は、土槽に固定した反力架台及び一体型の壁面材からなる。引上げボルトを締めつけることで、壁面材と平行に設置したリニアガイドに沿って壁面材模型を上向きに変位させ、接合部と盛土材に相対変位を与え、補強材のハンモック現象を再現するものである（図-2）。実験模型の縮尺は1/10スケールとし、原型は壁高8.0mを有する補強土壁を想定した。補強材は面状とし、鉛直方向に0.2m間隔で計4段敷設した。補強領域、背面地盤及び基礎地盤の構築については、タンパを用いて補強領域及び背面地盤は相対密度80%、基礎地盤は相対密度95%になるよう締め固めた。

2.2 使用材料

盛土及び基礎地盤には珪砂7号（表-1）を使用した。実験には2種類の異なる長さの補強材を使用した。補強材の長さ L 、及び曲げ剛性 EI を表-2に、補強材の形状を図-3に示す。

2.3 計測方法

载荷に伴う補強材のハンモック形状を把握するために、図-4のように補強材の側面側の端部に厚さ15mmのひも状のスポンジを取り付けた。スポンジの動きを土槽側面のガラス面から撮影し、画像解析ソフトによって補強材の延長方向に約10mm間隔で座標を読み取った。

2.4 载荷方法

人力により引上げボルトを巻いて、壁面材を上向きに変位させた。载荷速度は0.5mm/分とした。壁面材を40mm程度上昇させた時点で载荷を終了した。なお、本実験では図-2に示した概念に基づいて壁面材を上向きに変位させたが実際の現象との対応を考慮して、壁面材の上向き変位量を便宜上沈下量と表記する。

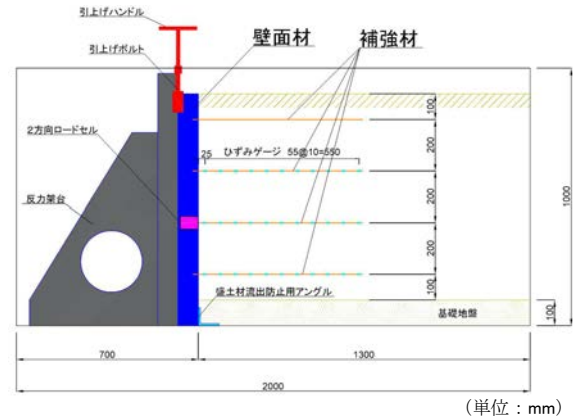


図-1 実験装置の概要図

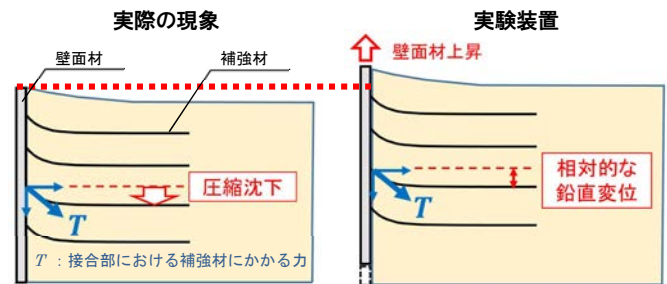


図-2 沈下実験の概念図

表-1 珪砂7号の特性

項目	値
内部摩擦角 ϕ_a	39.9 (°)
粘着力 c_a	4.5 (kN/m ²)
平均粒径 D_{50}	0.35 (mm)
細粒分含有率 F_c	5.5 (%)
乾燥密度 ρ_d	1.545 (g/cm ³)

表-2 実験ケース一覧

ケース	補強材長 L	曲げ剛性 EI
ケース1	640 (mm)	0.040 (N·m)
ケース2	1280 (mm)	0.040 (N·m)

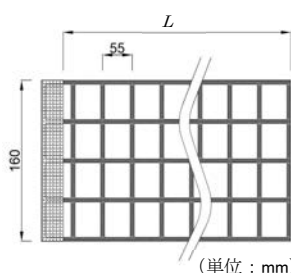


図-3 面状補強材

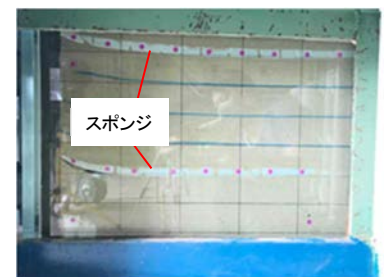


図-4 ガラス面側の補強材形状(载荷中)

キーワード 補強土壁、盛土材の圧縮沈下、カタナリー曲線

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL : 029-879-6759

3. 実験結果

図-5に、各ケースにおいて土槽ガラス面を撮影して得た沈下量10mmごとの補強材の座標を示す。なお、壁面から100mm程度の範囲については、補強材の側面側の端部に取り付けられたスポンジと補強材がずれていたことが、実験終了後の模型解体時に判明したため表記していない。実験では、接合部(図-5の原点)を起点に補強材の形状は下に凸の曲線を描き、壁から離れるに従って徐々に曲率が小さくなり、最後は直線状となった。本模型実験の方法で、補強材のハンモック形状を再現することができたと考えられる。

補強材のハンモック形状を定量的に扱うために、実験で得た補強材形状を式(1)で表されるカテナリー曲線²⁾と直線の組合せによってフィッティングした。図-6にモデルの概要図を示す。点Bにおいてカテナリー曲線部分(Slack区間)と直線区間が接続する。最小二乗法によって式(1)の定数aを探索した。aが定めればx_s及びθが一義的に求まる。なお、カテナリー曲線の取り得る値がy≥0であるから、実験結果から得た座標(x,y)をカテナリー曲線の終点(図-6の点B)が座標(0,0)となるように座標(x',y')に変換している。

$$\begin{cases} y' = a \cdot \cosh\left(\frac{x'}{a}\right) - a & (-x_s \leq x' \leq 0) \\ y' = 0 & (x' \geq 0) \end{cases} \quad (1)$$

図-5によれば、カテナリー曲線によって、実験結果を概ねよくフィッティングできていると考えられる。

次に、沈下量の増加に対するSlack長の挙動の特徴を分析する。図-7には各ケースの沈下量V₀とSlack長x_sの関係を示した。本実験の範囲では、沈下量V₀が大きいほどSlack長x_sが大きい傾向にあるが、補強材長が長く引抜き抵抗力が大きいケース2の方が、Slack長x_sが大きい値を示した。

接合部における補強材の傾きについて検討する。図-8にtanθ - V₀/x_sの関係を示す。ここで、θは土槽ガラス面を撮影して得た補強材の座標の中で壁面材に最も近い点と接合部を結んだ直線が図-6のx軸となす角度である。tanθとV₀/x_sは概ね線形の関係にあるようであり、その勾配は実験の条件によらず、tanθ = 1.50 V₀/x_sであった。沈下量が20mmから30mmの範囲では、30mmから40mmの範囲に対してSlack区間の補強材の形状の変化が大きい。すなわち、図示した範囲では、Slack区間における補強材形状の変化の割合は沈下量が小さい段階の方が大きい。tanθとV₀/x_sの間の勾配は一定の関係を保ったまま、つまりV₀/x_s(Slackの縦横比)が大きくなりながら、垂れ下がる際の曲率が大きいハンモック形状へ変化していくようである。

4. まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す。

- ① 本模型実験の方法で、補強材のハンモック形状を再現することができる。
- ② ①の補強材の形状は、カテナリー曲線によって概ね表現できる。
- ③ V₀が20mmから30mmの範囲では、30mmから40mmの範囲に対してSlack区間の補強材の形状の変化が大きい。
- ④ 本実験の範囲では、Slack区間の補強材の形状の変化の割合は沈下量が小さい段階の方が大きい。tanθとV₀/x_sの関係における勾配は一定のまま、つまりSlackの縦横比が大きくなりながら垂れ下がる際の曲率が大きい形状へ変化する。

本実験の条件は限定的であることから、今後は補強材の種類、拘束圧による影響等をパラメータとしたデータの蓄積や、現場の事例に対する検証を実施する予定である。

【参考文献】1) 木村ほか：胆沢ダムにおけるテールアルメの変状調査について(その2) 第46回地盤工学研究発表会, 2011 2) 上田ほか：港湾技研資料 カテナリー理論による最適係留鎖の選定法および計算図表, No.379, 1981

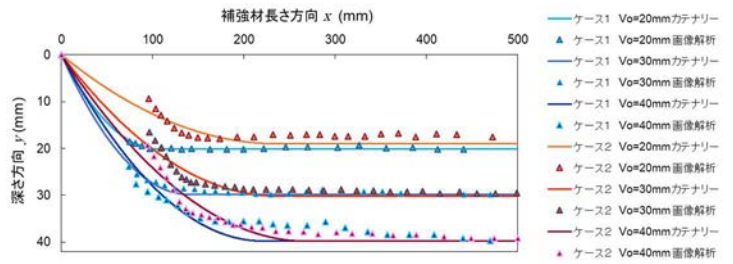


図-5 カテナリーによるフィッティング結果

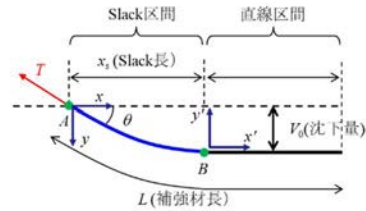


図-6 カテナリー曲線

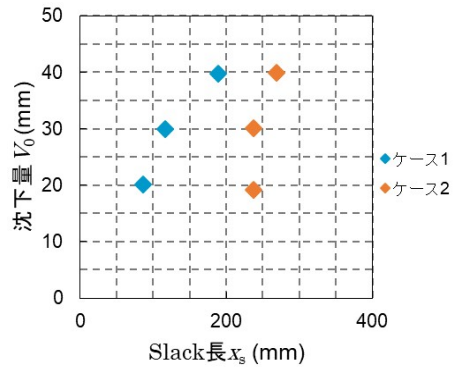


図-7 沈下量とSlack長の関係

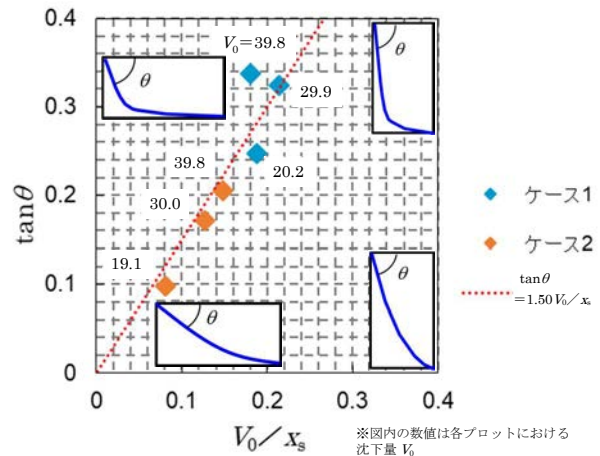


図-8 接合部における補強材の角度θとV₀/x_sの関係