

1. はじめに

水平砂地盤の支持力特性については多くの確認がなされてきたが、組合せ荷重を受ける斜面上の基礎の支持力特性は十分に調べられていない。また、これまであまり取り上げられていない塑性時の変形特性を明らかにすることも重要である。そこで、本研究では斜面上の基礎の支持力・変形特性を模型実験により明らかにした。

2. 実験概要

実験で用いた試料は乾燥した豊浦砂で、空中落下法により相対密度 $Dr=85(\%)$ の密な地盤を作成し、高さ約 20cm の 30° の斜面を作成した。斜面肩に幅 $B=40\text{mm}$ の帯基礎を設置し、鉛直、水平、回転変位量を独立して制御できる載荷装置(図 1)を用いて実験を行った。荷重は載荷ジャッキの先に取り付けた 2 方向測定可能なロードセルを用いて測定し、変位はレーザー変位計により鉛直・水平・回転の 3 成分の変位が測定できるよう 3 箇所に取り付けた。

本論文における荷重(鉛直荷重 V 、水平荷重 H 、モーメント荷重 M/B)、変位(鉛直変位 v 、水平変位 h 、回転変位 $B\theta$)は基礎の底面の中央を基準とし、図 2 のように定義した。また、単位の整合を図るため、モーメント荷重は基礎幅 B で除し、回転変位は B を乗じて表している。

3. 支持力曲面

図 3 は荷重-沈下曲線のピークにおける荷重を荷重平面上にプロットしたものである。斜面の支持力曲面は主軸が H 軸の負の方向へ $\theta_h=4.3^\circ$ 、 M 軸の正の方向へ $\theta_m=-3.2^\circ$ 傾いた上下対称な 2 本の放物線によってよく近似できる。また $H-M/B$ 面においては、中心が原点からずれ主軸が $\rho=21^\circ$ 傾いた楕円形を示した。斜面の最大鉛直支持力 $V_{\max}$ は $720(\text{N})$ であり、同じ条件の水平地盤の $V_{\max}^{(1)}$ と比べ 0.35 倍である。これは斜面角 30° の場合の既往の実験結果²⁾の支持力低減率とよく対応している。図 3 の $V<200(\text{N})$ においては、 $H<0$ または $M/B>0$ では斜面の支持力曲面は水平地盤のものとはほぼ一致する。これは斜面と反対の水平地盤側にすべり線が発生するためである。一方、 $H>0$ または $M/B<0$ ではすべり線が斜面側に発生するため、水平地盤と比べて支持力曲面は小さい。本研究では斜面の支持力曲面を次のように定式化した。

$$F = \left(\frac{H'}{0.58} \right)^2 + \left(\frac{M'}{B \cdot 0.36} \right)^2 - 4.17 \frac{H'M'}{B} - V' \left(1 - \frac{V'}{V_{\max}} \right) = 0$$

$$V' = \cos \theta_h \cos \theta_m V + \sin \theta_h \cos \theta_m H + \sin \theta_m M/B$$

$$H' = -\sin \theta_h V + \cos \theta_h H$$

$$M'/B = \cos \theta_h \sin \theta_m V + \sin \theta_h \cos \theta_m H + \cos \theta_m M/B$$

ここで $V', H', M'/B$ は $V-H-M/B$ の座標系を θ_h, θ_m だけ回転した荷重軸である。

また、残留状態での支持力特性についても調べた。荷重-沈下曲線の残留時における組合せ荷重

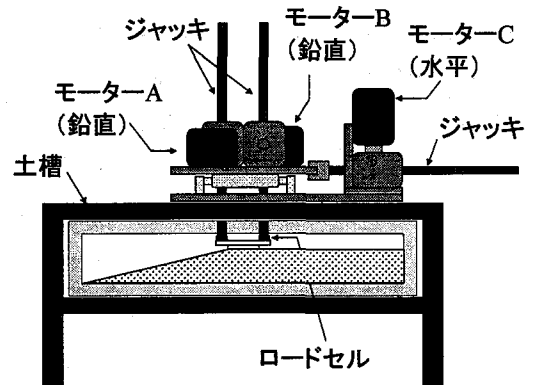


図 1. 実験概要

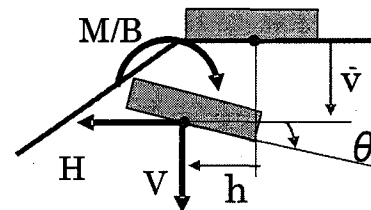


図 2. 荷重・変位の定義

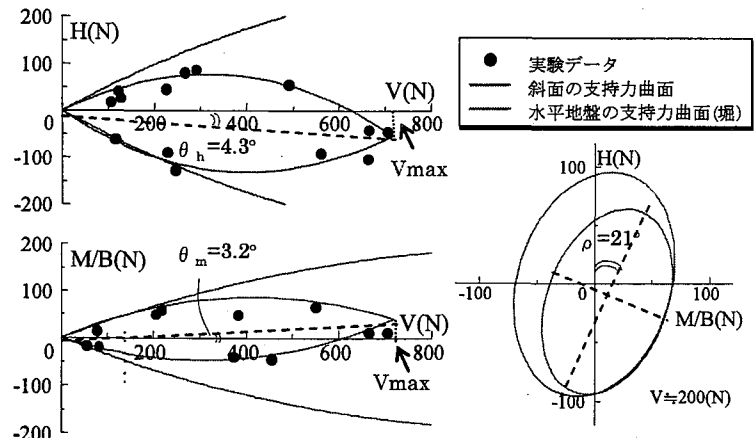


図 3. 支持力曲面の断面図

を荷重平面上にプロットしたものを図 4 に示す。残留時の支持力曲面は、ピーク時のものに比べ $V_{\max} = V_{\max} / 4.5$ に低減した相似形であった。

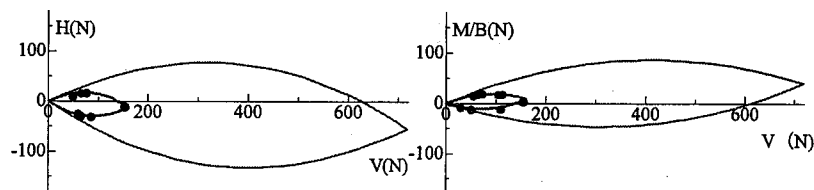


図 4. 残留時の支持力曲面

4. Swipe Test

本研究で行った Swipe Test では、基礎に所定の鉛直変位を与えた後、鉛直変位を一定に保ちつつ水平(Side Swipe Test)または回転変位(Moment Swipe Test)だけを与えた³⁾。図 5 に Moment Swipe Test の概要を示した。鉛直変位だけ与えた荷重経路は図で示した支持力曲面の主軸上を通り、そこから回転変位だけを与えると H-V 面はそのまま主軸上を戻り、M/B-V 面は支持力曲面と相似形の荷重経路を示した。図 6 に Swipe Test から得られた荷重経路を示す。図中には Swipe Test の開始点に合わせた支持力曲面に相似な面を示してある。実験による荷重経路はほぼ支持力曲面と相似形となった。これにより、上記した支持力曲面の妥当性が確認できた。

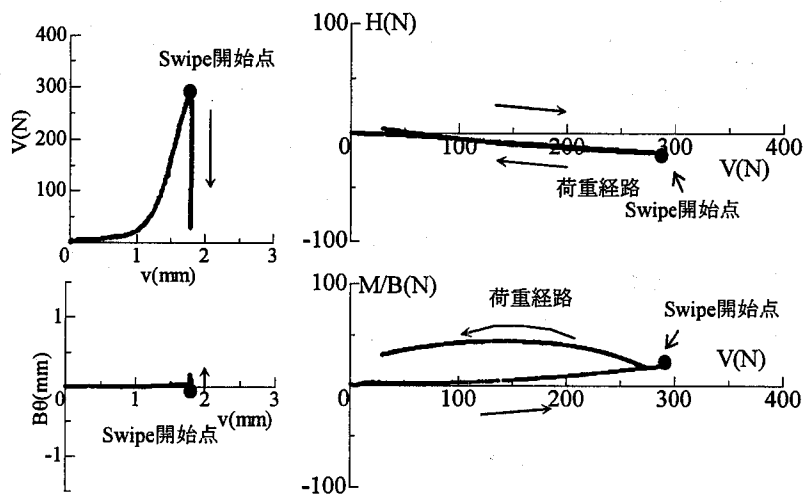


図 5. Moment Swipe Test

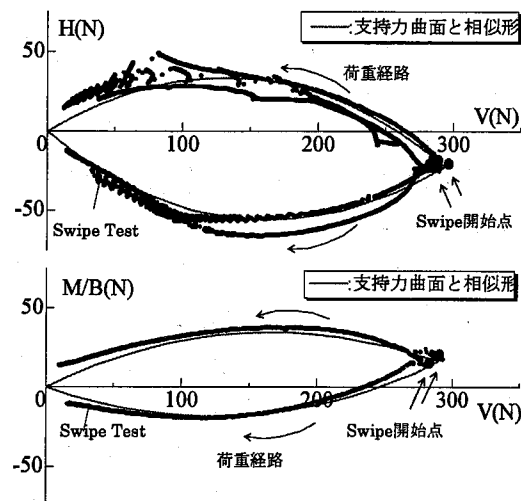


図 6. Swipe Test の結果

5. 変位ポテンシャル面

荷重ピーク時の変位増分方向に直交する面を変位ポテンシャル面とする。図 7 は実験によって得られた変位増分ベクトルと変位ポテンシャル面である。支持力曲面と同様に主軸が H 軸の負の方向へ $\theta_h = 4.3^\circ$, M 軸の正の方向へ $\theta_m = -3.2^\circ$ 傾いた上下対称な 2 本の 3 次曲線によってよく近似できる。また H-M/B 面においては、中心が原点からずれた楕円形を示した。支持力曲面と同様に変位ポテンシャル面の主軸も傾いているとし、次式のように定式化した。

$$Q = \left(\frac{H'}{0.8} \right)^2 + \left(\frac{M'}{B \cdot 0.55} \right)^2 - V' \left(1 - \left(\frac{V'}{V_{\max}} \right)^2 \right) = 0$$

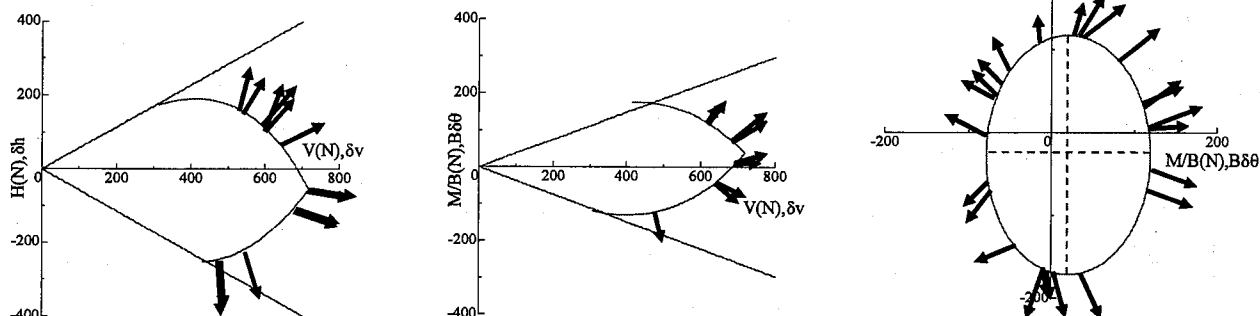


図 7. 変位ポテンシャル

参考文献：1) 堀ら：第 40 回地盤工学研究発表会, pp.1471-1472, 2004.7 2) Kimura, T ら (1985). Geotechnique 35, No1, 33-45 3) 古川ら：第 41 回地盤工学研究発表会, pp.1359-1360, 2005.7