

斜面上の杭の水平支持力特性に関する模型載荷試験

九州共立大学大学院 学○高良 新悟

九州共立大学 正 狩山 裕

九州共立大学 正 前田 良刀

1. はじめに

斜面上に建設される杭では地盤の受働抵抗領域が減少するため水平地盤に比較して水平支持力が低下する。旧日本道路公団 JH の研究では、地盤の受働抵抗を評価するために、図-1 に示すような簡便な土楔による極限釣合い法が示されている。¹⁾ この理由は、斜面角 θ が土の内部摩擦角 ϕ より大きくなると粘着力の無い粉体を仮定して提案されている一般のクーロン土圧では地盤が不安定になり解が得られないことによる。

本研究は、斜面上の杭に関する模型載荷試験を行い地盤のすべり形状を詳細に観察し、破壊メカニズムを検討することにより合理的な水平支持力評価法の一助とするものである。

2. 模型載荷試験とその概要

2.1 試験土層と試験杭

載荷試験に用いた土層は、図-2, 3 に示すように横長さ $L=1080\text{mm}$ 、奥行き $w=400\text{mm}$ 、深さ $H=470\text{mm}$ の内空断面を有するものあり、試験杭はアルミ製の平面形状 $50 \times 50\text{mm}$ の正方形である。杭の根入れ長 $D_f=400\text{mm}$ でヒンジ部をつくり杭が剛体的に回転できる構造とした。またに、載荷試験後に地盤内の破壊形状を詳細に観察するため色づけした $\phi=1.7\text{mm}$ のパスタを図-2, 3 に示すように敷設した。

また、試験地盤としての斜面を作成するために不飽和土が有する間隙水の負圧（サクション）を利用した。すなわち多重フルイによる乾燥岡垣の空中落下による地盤作成後（この時の内部摩擦角は $\phi=42^\circ$ ）、地盤下部から注水し飽和させたまま 24 時間放置後、排水を開始し、1 時間以内に地盤の成形と載荷試験を実施した。

2.2 試験ケースと荷重の載荷方法

試験ケースとして試験地盤の傾斜角度を $\theta=0\sim40^\circ$ まで、 10° 間隔で変化させてそれぞれ傾斜角度で 2 ケースずつの全 10 ケースの載荷試験となる。（図-3 参照）載荷は静的な単調増加型とし、斜面傾斜角 $\theta=0\sim20^\circ$ の範囲で 20 秒毎に $\Delta PH=12.5\text{N}$ 、 $\theta=30\sim40^\circ$ では 20 秒毎に $\Delta PH=6.25\text{N}$ を載荷している。

3. 試験結果とその考察

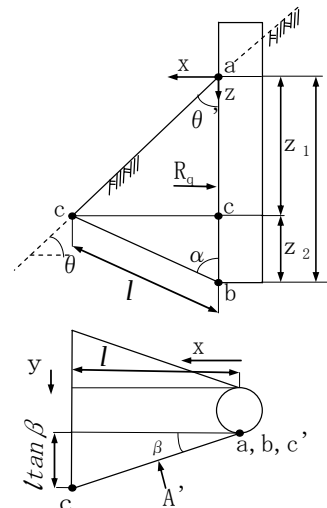


図-1 塑性化領域のすべり面（極限釣合い法）¹⁾

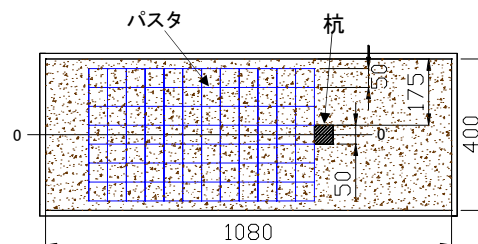


図-2 試験土層とパスタ配置図（平面図）単位:mm

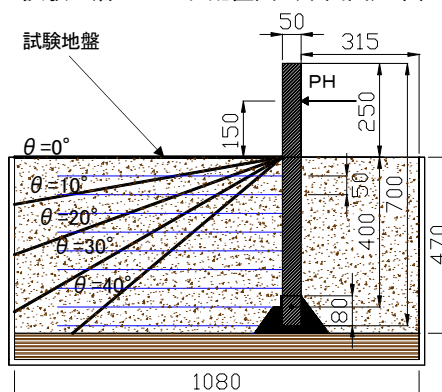


図-3 試験土層とパスタ配置図（側面図）単位:mm

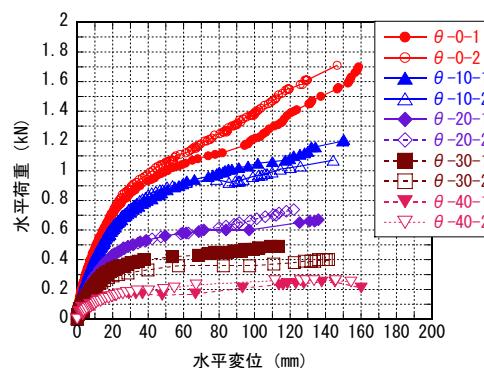


図-4 水平荷重・水平変位の関係

3.1 荷重・変位関係と水平支持力

図-4 に試験から得られた水平荷重・変位関係を示す。斜面角度が大きくなるにつれて支持力は急激に低下しているが、これは理論的予測と一致する結果である。

図-5 は式(1)で定義する無次元化した支持力比 η と斜面傾斜角 θ の関係を示したものである。

$$\eta = \frac{\text{各斜面傾斜角 } \theta \text{ での水平支持力 (降伏支持力)}}{\text{斜面傾斜角 } \theta = 0^\circ \text{ の水平支持力 (降伏支持力)}} \cdots (1)$$

図-5 には試験結果の他に JH 現行法 (図-1 参照) による計算結果も示している。両者の相関は比較的良好であるが JH 現行法は多少安全側である。

3.2 地盤の破壊性状

写真-1 に斜面傾斜角 $\theta = 20^\circ$ における水平変位 $\delta_H = 50\text{mm}$ 付近での地盤の破壊性状を示す。地盤の破壊は杭端部から角度 β をもって側方へ拡大するすべり線と杭幅で基礎前方に平行に進展する共役なすべり線の 2 つが顕著である。これから、図-1 に示す JH 現行法は合理的であることが分かる。

図-6 はすべり線の拡がり角 β と斜面角 θ の関係を示したものであるが、 β は斜面角に依らずほぼ一定の値となる。図には JH 現行法による計算結果も示しているが試験値との相関は良好である。

図-7 は試験後に地盤を慎重に掘削して地盤の破壊性状を深さ方向に観察したものの例である。 pasta の移動・切断によりすべり線が確認できることから図-7 に示すすべり線網を描くことができる。なお、アルミの杭と地盤間に摩擦が存在する為、杭近傍では曲線すべりの過渡領域となることが予測されるが、ここでは受働くさび角の評価として最も外側のすべり線で pasta の切断が確認された点から杭のヒンジ部に向かって直線を引き、この直線と杭の交角を受働くさび角 α としている。

図-8 は受働くさび角と斜面角の関係を示したものである。今回の試験では受働くさび角 α は斜面角 θ の影響を受け、 θ の増大とともに α も大きくなる。しかし直線すべりでの受働くさび角 α を上述の如く評価したため α の大きさは試験値が JH 現行法より小さくなっている。

4. まとめ

本研究での成果を以下に要約する。

(1) 斜面傾斜角が大きくなるにつれて水平支持力は急激に低下する結果が得られた。このとき JH 現行法は多少安全側の低下傾向を予測する。

(2) 平面的な拡がり β は斜面傾斜角 θ の影響を受けずほ

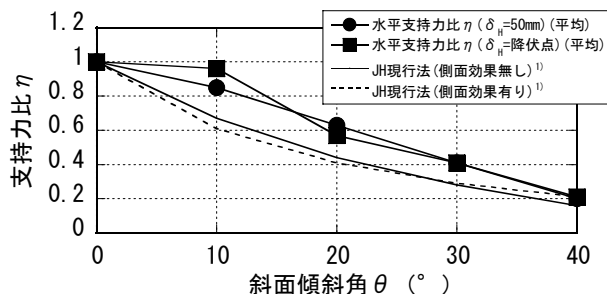


図-5 斜面傾斜角 θ と水平支持力比 η の関係

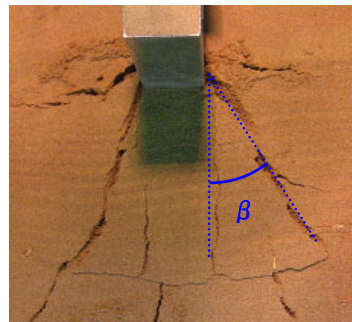


写真-1 地盤の破壊形状 ($\theta = 20^\circ$)

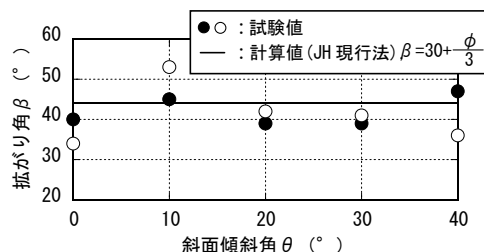


図-6 拡がり角 β と斜面傾斜角 θ の関係

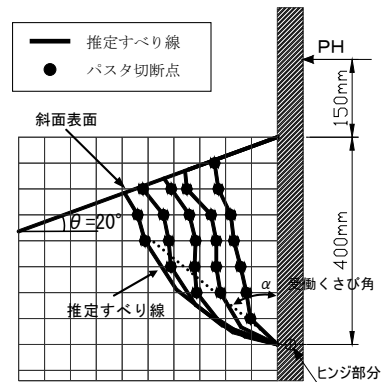


図-7 斜面内部のすべり線 ($\theta = 20^\circ$ の例)

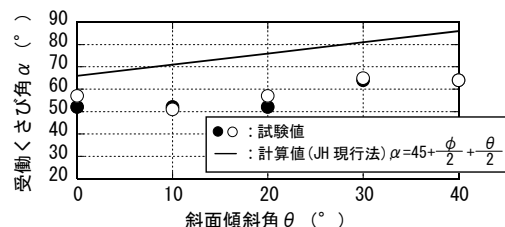


図-8 受働くさび角 α と斜面傾斜角 θ の関係

ば一定の値となり JH 現行法とも概ねよく対応した。

(3) 受働くさび角 α は斜面傾斜角 θ の影響を受け、 θ の増大とともに α も大きくなる。

参考文献

1) (財) 高速道路調査会：基礎構造物に関する調査研究 第一昭和 47 年度報告一、1973.2