

### Ⅲ－B25

## 斜面地盤における杭の水平支持力挙動に関する研究

広島大学 正会員 佐々木 康  
 広島大学 学生会員 ○呉 正林  
 広島大学 学生会員 福岡 寛記

### 1. はじめに

筆者らは、これまでに斜面における杭の水平支持力特性を明らかにするために、二次元的取り扱いとして斜面地盤に設置した矢板を用いた模型実験と数値解析<sup>1)2)</sup>を実施してきた。ここでは、二次元化した取り扱いから得られた結果を踏まえて三次元的な扱いに拡張し、矢板に代えて斜面地盤に設置した杭の水平支持力特性を検討した。

### 2. 実験概要

実験装置の概略図を図－1に示す。土槽は厚さ 20mm、高さ 430mm、幅 250mm、奥行 250mm の透明なアクリル板土槽を使った。模型杭は 25×25mm の四角及び直径 25mm の円筒塩化ビニル杭を使用し、杭の根入れ長さは 39mm である。模型地盤は、一定の強度特性を模擬することができるよう、粘土にその乾燥重量の 4 % の普通ポルトランセメントを混入して、一日と二日養生したセメント改良土で作った。杭頭への水平載荷は谷側方向のみ、重りで一分間毎に 1 kg ずつ増やしていき、各段階の荷重を載せた後 3 0 秒して、杭の変位と土圧を計測した。載荷終了後、地盤の亀裂面にインクを入れ、断面を切りながら、写真を撮り地盤の破壊形状を記録した。

### 3. 実験結果と考察

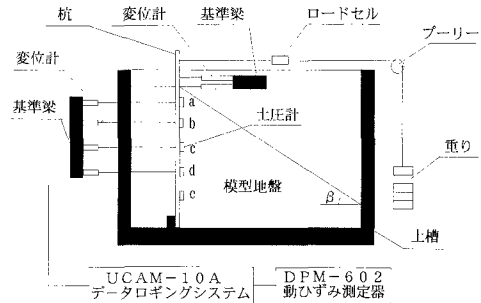
9 ケースの水平載荷実験結果と実験条件を表－1に示す。

#### 1) 斜面勾配と水平支持力

四角形模型杭を用いて得た杭頭の水平変位と水平力の関係を図－2に示す。この図で、縦軸は水平荷重を地盤の一軸圧縮強度の 1/2 ( $C_u$ ) と杭幅  $B$  で除した値を用いており、勾配を  $0^\circ$  から  $50^\circ$  まで  $10^\circ$  づつ変えて得た実験結果を合わせて示している。斜面勾配が大きくなると、同一荷重に対して杭の水平変位が大きくなり、水平支持力が小さくなる。また、変位量の増加に伴い、荷重の減小する幅が広がる。しかし、載荷した荷重の範囲では後段階の荷重が前段階の荷重より小さくなる現象はほとんどない。

#### 2) 地盤反力特性

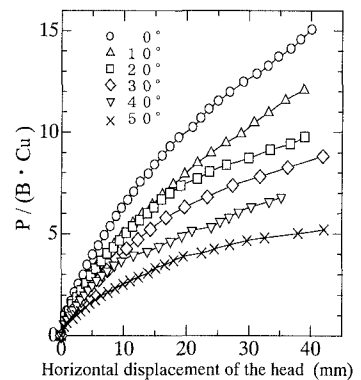
地盤反力特性を詳細に把握するために、今回の実験は、杭前面の土圧を小型土圧計で、杭の変位を土圧計と対応する深さの杭裏にワイヤを通じ土槽外の変位計と接続して計測した。杭にとり付けた土圧計と変位計を設置



図－1 実験装置概略図

表－1 実験条件と実験結果

| 実験<br>ケース | 実験条件                     |                            | 実験結果                   |                           |                        |                         |
|-----------|--------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------|
|           | 斜面<br>勾配<br>( $^\circ$ ) | 非排水剪<br>断強度 $c_u$<br>(kPa) | 極限支<br>持力 $R_u$<br>(N) | 極限土圧<br>強度 $p_u$<br>(kPa) | 極限土圧<br>深さ $z$<br>(cm) | 杭頭の極<br>限変位 $y$<br>(cm) |
| 実験1       | $50^\circ$               | 9.70                       | 82.2                   | 57.5                      | 9.0                    | 0.736                   |
| 実験2       | $50^\circ$               | 9.50                       | 57.8                   | 41.0                      | 9.0                    | 0.771                   |
| 実験3       | $40^\circ$               | 16.25                      | 112.0                  | 88.3                      | 8.0                    | 0.560                   |
| 実験4       | $30^\circ$               | 19.20                      | 154.0                  | 95.5                      | 4.5                    | 0.534                   |
| 実験5       | $50^\circ$               | 20.40                      | 169.0                  | 73.0                      | 8.0                    | 1.480                   |
| 実験6       | $20^\circ$               | 11.20                      | 158.0                  | 76.8                      | 4.8                    | 1.240                   |
| 実験7       | $10^\circ$               | 7.63                       | 96.6                   | 29.0                      | 5.5                    | 0.960                   |
| 実験8       | $0^\circ$                | 8.50                       | 143.0                  | 70.0                      | 8.0                    | 1.090                   |
| 実験9       | $30^\circ$               | 7.52                       | 101.0                  | 47.5                      | 4.7                    | 1.440                   |



図－2 荷重変位関係

キーワード：斜面、杭、土圧、支持力、破壊メカニズム

連絡 先：広島大学大学院工学研究科構造工学専攻

Tel: 0824-24-7783、

Fax: 0824-24-7785

した各点（図-1 に示す a、b、c、d 点）の受働土圧と変位の関係を実験 9 を例とし図-3 に示す。図中の  $p_u$  は推定した極限段階に対応する各点の受働土圧である。斜面内の杭が水平荷重を受けると、地盤内の各深さの杭変位と受働土圧関係曲線はある荷重段階まで線形関係（地盤反力係数は定数である）を持っている。荷重を更に増加させると、図-3 中の a、b 曲線に示すように地表面付近から、杭前面の地盤は次第に塑性化し、上から下に徐々に塑性化が進行する特性が見られる。各点の降伏土圧は深さとともに大きくなる。しかし、平面地盤の実験 8 及び斜面勾配が小さい実験 7 では、このような降伏特性が現れなかった。

また、同じ斜面勾配と地盤条件における極限状態時の矢板と杭の地盤反力強度を図-4 に示す。杭の場合の地盤の破壊は三次元的で、杭の単位幅あたりの前面地盤の破壊面が広いから、受働抵抗が大きくなる。実験結果は、杭は矢板より地盤の反力が 6 倍ぐらい大きいことを示している。しかし、この実験結果は斜面地盤及び平面地盤とも杭の極限受働土圧が  $9C_u$  に等しくなるとする Broms の仮定に達していない。

### 3) 杭前面の地盤の破壊形状

杭前面の地盤の破壊メカニズムを検討するため、載荷終了後、地盤を切り破壊状態を観察した。図-5 に示すように、斜面の浅い部分では地盤が塑性化し、深い部分は弾性領域に止まっていることが分かった。また、塑性化領域には二種類の破壊形状が観察された。斜面近傍の浅い部分（パターン 1）では、杭前方の斜面に向かいせん断すべり面を形成している。すべり面の形状は平面と曲面の組合せから構成される。斜面勾配が大きい場合には、杭近傍のすべり面の方向が下向きになる、斜面近くでは斜面とほぼ  $45^\circ$  の角度をなす。図-6 に観察に基づきモデル化したパターン 1 の破壊形状を示す。パターン 1 の領域より深いところでは、斜面の影響が小さくなり、上部の土の上載効果及び周辺地盤の拘束のため、杭前面の地盤の塑性化は杭近傍に限定される（パターン 2）。この領域の地盤は水平面内で変位する。パターン 2 の破壊形状は図-7 に示す a b c d のようなすべり線を持つ水平断面モデルで表現できる。パターン 2 より深いところでは、杭の変位が小さいから、弾性領域と考えられる。

### 4. おわりに

本論文では、実験結果を通して、斜面地盤に設置した杭の水平支持挙動、破壊メカニズム、地盤反力特性及び斜面勾配と地盤の支持力特性の影響などを報告した。今後は、載荷実験の終局状態以前の詳細な地盤変形特性、実物に相当する応力レベルでの地盤反力特性、ならびに地盤反力を計算するための適切な解析モデルの確立などについて研究を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 吳正林・日下部・佐々木：斜面地盤における矢板の水平支持挙動に関する研究 第32回地盤工学研究発表会講演集、pp. 1579-1580, 1997
- 2) 上同：斜面地盤における矢板の水平支持力特性及び斜面安定解析に関する研究 土木学会第52回年次学術講演会概要集、第3部(B)、pp. 52-53, 1997

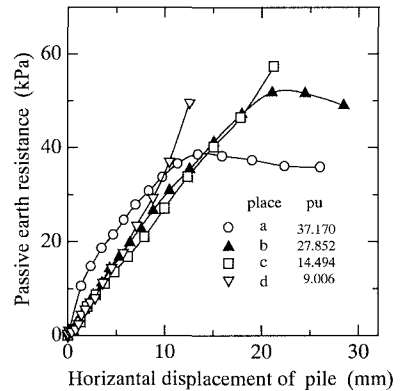


図-3 地盤反力-杭変位の関係

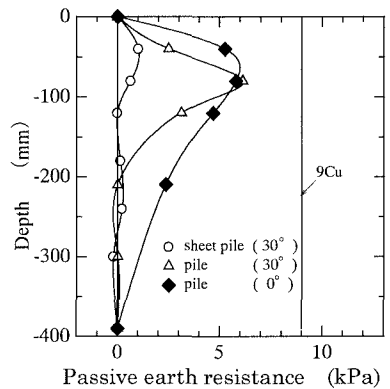


図-4 極限状態の地盤反力特性

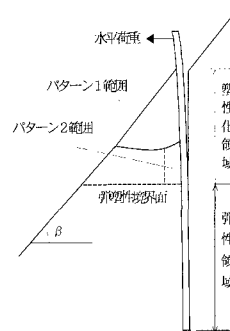


図-5 弾、塑性領域構成図

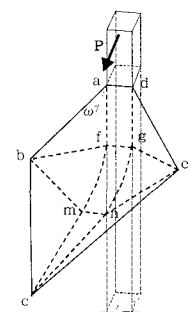


図-6 パターン 1

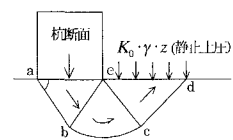


図-7 パターン 2