

砂質斜面内の杭の水平支持力

広島大学 学生員 ○森野正之  
広島大学 正会員 佐々木康  
広島大学 学生員 呉 正林

1. まえがき 傾斜地に設置した杭基礎の水平支持力について、本研究室では平成8年度より地盤の水平抵抗、地盤の破壊メカニズムの解明を目的とし、模型実験及び解析的研究が行われてきた<sup>1), 2)</sup>。本報告は、それらに引き続くもので、模型実験において、模擬地盤をこれまでの改良粘土から乾燥砂に変え、砂質地盤の水平抵抗及び破壊メカニズムについて検討を行った。

2. 実験概要 模型実験は、地盤の破壊メカニズム、地盤の水平抵抗それぞれに的を絞り2シリーズ行った。2つの実験は共に模擬地盤内に予め設置しておいた模型杭に対し水平載荷を行い、載荷荷重や水平変位量の計測を行うが、その他の計測及び観察項目や実験装置のサイズが異なる。各実験シリーズの詳細を表-1に、実験装置の概略図を図-1に示す。実験シリーズ1は地盤の破壊状況の観察を目的とし、地盤内鉛直方向に色砂を用いて薄い層（マーカー）を作成し、載荷実験後に地盤を鉛直及び水平方向に切り、断面の観察を行い、マーカーのせん断や曲がりなどから地盤内部の破壊状況を調べる。実験シリーズ2は地盤の水平抵抗特性を調べるため杭前面の土圧（6点）、地盤内の杭の変位量（5点）の計測を行う。実験は、斜面勾配を0度から30度まで10度ごとに換え、シリーズ1では4ケース、シリーズ2では7ケース行った。なお、この報告では主としてシリーズ1の結果について述べる。

3. 実験結果及び考察

1) 水平支持力特性

実験シリーズ2の結果より、定量的な水平支持力の比較を行うため、図-2のように荷重－杭頭変位曲線から極限支持力を算定した。算定方法は曲線の初期と後期の近似接線の交点を極限支持力とする方法である。この方法には接線の決定などに人為的作業が必要で誤差が生じる可能性があるが、簡単で作業効率が良いことなどからこの方法を取った。算定した極限支持力を表2に示し、極限支持力と勾配の関係を図-3に示す。ばらつきはあるものの勾配が大き

表-1 実験の詳細

|                      |              | 実験シリーズ1                 |    |    |   | 実験シリーズ2                 |    |    |    |
|----------------------|--------------|-------------------------|----|----|---|-------------------------|----|----|----|
| 実験土槽 (mm)            |              | 400×200×250             |    |    |   | 800×400×500             |    |    |    |
| 模型杭 (mm)<br>(塩化ビニール) |              | 断面 11.25×11.0<br>長さ 400 |    |    |   | 断面 25.25×15.2<br>長さ 546 |    |    |    |
| 地盤材料                 |              | 豊浦標準砂<br>(気乾状態)         |    |    |   | 豊浦標準砂<br>(気乾状態)         |    |    |    |
| 実験条件                 | 実験ケース        | 1                       | 2  | 3  | 4 | 1                       | 2  | 3  | 4  |
|                      | 斜面勾配(度)      | 30                      | 20 | 10 | 0 | 30                      | 30 | 20 | 20 |
|                      | 実験ケース        |                         |    |    |   | 5                       | 6  | 7  |    |
| 計測・観察項目              | 斜面勾配(度)      |                         |    |    |   | 10                      | 10 | 0  |    |
|                      | 載荷荷重         | ○                       |    |    |   | ○                       |    |    |    |
|                      | 杭頭変位量        | ○                       |    |    |   | ○                       |    |    |    |
| 観察項目                 | 杭前面の土圧       | —                       |    |    |   | 6点                      |    |    |    |
|                      | 地盤内の杭の変位量    | —                       |    |    |   | 5点                      |    |    |    |
|                      | 色砂による地盤断面の観察 | 鉛直, 水平方向                |    |    |   | —                       |    |    |    |

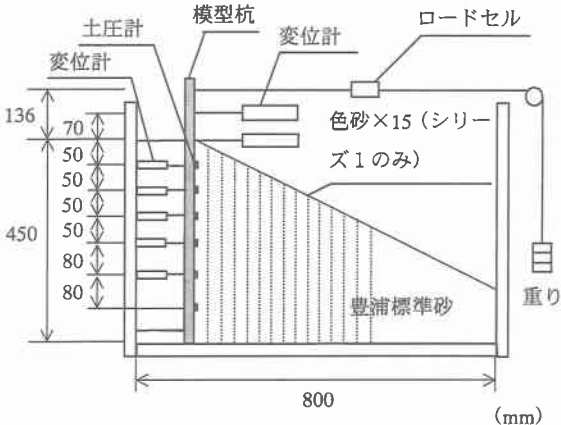


図-1 実験装置概略図（実験シリーズ2）

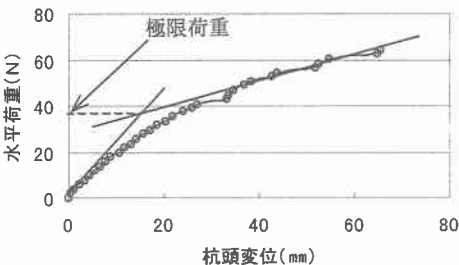


図-2 荷重－杭頭変位関係（ケース1）

くなると極限支持力が減少し、それは直線で表現できる。

図-4に土圧分布の例として斜面勾配 30 度と 0 度の場合を示す。杭前面の土圧は水平荷重の増加に伴い大きくなるが、斜面勾配が大きくなると全体的に小さくなり、地表面に近い浅い位置においては土圧はほとんど発生しなくなる。この浅い位置での土圧の減少が水平支持力低下の原因であると考えられる。

## 2) 破壊メカニズム

破壊状況の観察を目的とした実験シリーズ 1 では、斜面勾配が大きい場合（本実験においては 20 度、30 度）には地盤に三次元的なすべり面が発生し、勾配が小さい場合（0 度、10 度）は、明確なすべり面は見られず、杭前面の地盤の盛り上がりのみが見られた。また、勾配により地盤内の塑性化領域（色砂マーカーに変位が生じた領域）の形が異なる。図-5に本実験における塑性化領域の模式図と簡略図を示す。 $\alpha$ は杭正面の縦断面における塑性化領域の角度であり、 $\Omega$ は領域の広がり角で、領域の最大幅  $nB$  を基準にとると斜面勾配によらず約 40 度であった。表-3に実験結果を示す。斜面勾配が増すほど  $\alpha$  及び最大幅が大きくなっている。このような斜面勾配による塑性化領域の変化が勾配による支持力低下の原因であると考えられる。

## 4. 結論

1) 砂質斜面に設置した杭の水平支持力は、斜面勾配が増すほど低下する。荷重－杭頭変位曲線から推定した極限支持力においては、その変化は直線的である。

2) 斜面勾配が大きくなると、杭前面の受動土圧は全体的に小さくなり、浅い位置では土圧はほとんど発生しない。

3) 斜面勾配の大きい場合には地盤はすべり面を生じる破壊をし、斜面勾配の小さい場合にはすべり面ははっきり見られず、杭前面の狭い範囲で局所的な破壊をする。

## <参考文献>

1) 呉正林・日下部・佐々木：斜面地盤における矢板の水平挙動に関する研究，第 3 2 回地盤工学会研究発表会講演集

2) 呉正林・佐々木：斜面地盤における杭の水平挙動に関する研究，土木学会第 5 3 回年次学術講演会講演集

表-2 極限支持力

| 斜面勾配<br>(度) | 極限支持力<br>(N) |
|-------------|--------------|
| 30          | 36.1         |
| 30          | 38.6         |
| 20          | 40.0         |
| 20          | 40.0         |
| 10          | 41.5         |
| 10          | 42.8         |
| 0           | 43.8         |

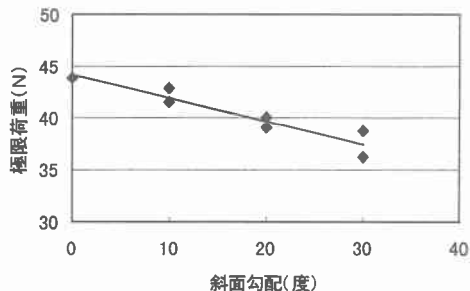


図-3 勾配－極限支持力関係

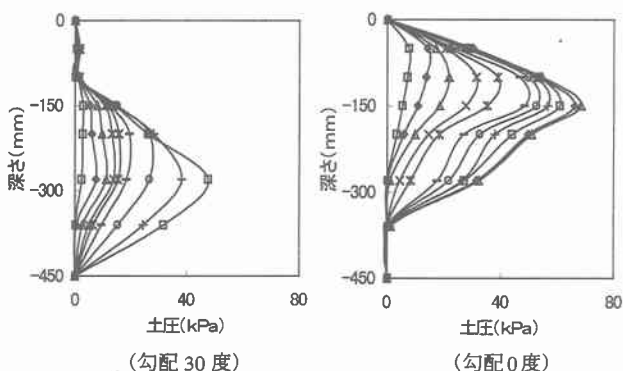


図-4 土圧分布

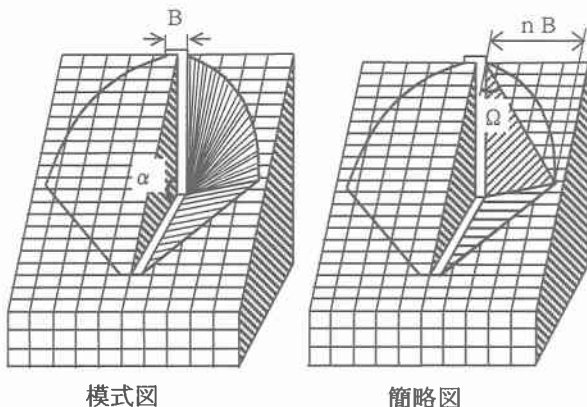


図-5 塑性化領域

表-3 塑性化領域の形状

| 斜面勾配<br>$\beta$ (度) | $\alpha$ (度) | n   |
|---------------------|--------------|-----|
| 30                  | 62           | 7.6 |
| 20                  | 50           | 7.1 |
| 10                  | 38           | 6.0 |
| 0                   | 31           | 5.4 |