

# (Ⅲ-79) 杭の水平抵抗発現メカニズムについて

武蔵工業大学 学生員 ○金丸裕秀  
 武蔵工業大学 学生員 橋本 理  
 武蔵工業大学 正会員 末政直晃  
 武蔵工業大学 正会員 片田敏行

## 1. はじめに

杭の水平抵抗の算定には一般的に Chan による弾性バネと, Broms による極限抵抗を考慮したバイリニアモデルが用いられることが多い。しかしこの方法では、繰返し荷重による地盤の剛性の低下の影響を考慮できない。また、杭が繰返し荷重を受けると杭周辺には空隙が発生する。この空隙の発生による水平抵抗-変位関係への影響も不明な点が多い。今回、特に粘土地盤における杭の水平抵抗について着目し、繰返し荷重を受ける単杭の水平抵抗-変位関係について実験を行い、杭の水平抵抗発現のメカニズムを調べたので報告する。

## 2. 実験方法

水平力を受ける杭周辺の土は2つのモードの破壊が生じると Broms<sup>1)</sup>は仮定した(図-1)。地表面付近は地盤の抑え効果が少ないために杭前面の土がくさび状に押し上げられ(I 領域)、それ以深では土の上載効果により土は2次的に杭周りをすり抜ける(II 領域)。このようにモードによって破壊状態が大きく異なるため、モード別に分けて実験を行うことにした。今回は、これらのうち後者のすり抜け破壊に限定した実験である。

実験には幅 50cm、奥行き 30cm、高さ 40cm の鋼製土槽を用いた(図-2)。土槽には蓋が取り付けられている、この蓋は地盤の上方向への変形を拘束し、前述のすり抜け破壊を再現するためのものである。使用した模型杭は直径 1.5cm、長さ 20cm のアルミ製の剛体杭で、右側に3つ、左側に2つの計5つの土圧計が組み込まれている。また杭は杭固定盤によって上下ともに固定されている。ゴムバックは水圧を加えることによって拘束圧を加え、片方の水圧を減圧させることにより水圧差を生じさせ地盤を水平に変位させるためのものである。試料にはカオリン粘土とベントナイトを重量比で9:1の割合で配合したものを使用した。

実験手順は、まず杭を土槽の所定の位置に固定し、ここに含水比 80% のスラリー状にした試料を投入し、鉛直圧力 1.5kgf/cm<sup>2</sup> で圧密する。圧密終了後、ゴムバックを挿入し 0.8 kgf/cm<sup>2</sup> の拘束圧を加える。そして、一方のゴムバックの水圧を 0.6 kgf/cm<sup>2</sup> に減圧し地盤を水平移動させる。その後、再び 0.8 kgf/cm<sup>2</sup> に水圧をもどす。次に反対側のゴムバックの水圧を 0.6 kgf/cm<sup>2</sup> に減圧させる。この様な行程で圧力差がだんだん大きくなるように地盤に繰返し荷重を与え地盤を変位させた。載荷応力の推移を図-3に示す。

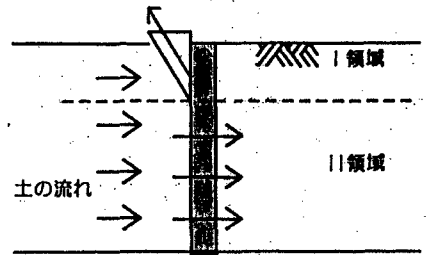


図-1 Broms の仮定

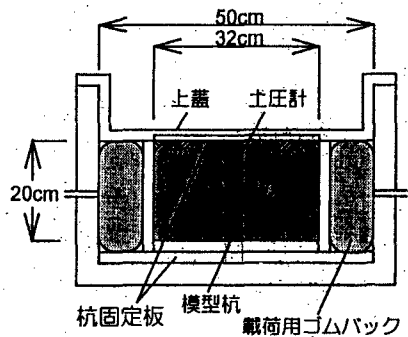


図-2 模型装置

|    | 拘束圧 | A   | B   | C   | D   |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 右側 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.2 | 0.8 |
| 左側 | 0.8 | 0.8 | 0.4 | 0.8 | 0.2 |

(単位 kgf/cm<sup>2</sup>)

図-3 載荷応力の推移

実験中、杭にかかる土圧、地盤の水平変位、左右のゴムバックの給排水量を記録した。また実験後、模型地盤よりブロックサンプリングを行い、その試料を用いて一軸圧縮試験を行った。

### 3. 実験結果及び考察

杭にかかる土圧と地盤の水平変位との関係を図-4, 5に示す。図-4は杭左側土圧-変位関係で、図-5は杭右側土圧-変位関係である。A~E点は繰り返し荷重を与えた点を示す。初期土圧は杭の左右で共に拘束圧  $0.8 \text{ kgf/cm}^2$  に近い値である。これは静的拘束圧が杭に作用していることを示している。その後、左から右へ地盤が変位するため、図-4の杭左側の土圧は上昇していく(AB間)。次にB点より右から左に変位するため、一転して土圧が減少する(BC間)。つまり土圧を受ける表側は、土圧が上昇し、裏側は減少する。また、杭右側の土圧(図-5)は、始めは減少し、その後上昇している。このように繰り返し荷重により杭土圧は交互に増減し、杭の左右で反対の挙動を示す。

図-4のDE間、図-5のCD間には共に地盤の流動を受ける杭の裏側である。土圧が0付近になった時点で空隙が生じたものと思われる。図-5のD点ではこの空隙のため、繰り返し荷重により地盤が接触するまでに土圧0のままに変位し、接触後土圧が上昇している。ここではこのような空隙の影響が現れていると考えられる。

図-6は、杭右側から左側の土圧を減じた杭土圧差と地盤の水平変位の関係である。DE間では前述の空隙による影響のため土圧の急増が見られる。また、微小変形時に比べ大変形時の骨格曲線の傾きの方が小さい。これは繰り返し荷重による地盤剛性の低下が考えられる。尚、杭土圧差と水平変位の関係はこのような非線形ループを描く。

実験後行った一軸圧縮試験による一軸圧縮強度は  $0.38 \text{ kgf/cm}^2$  であった。Broms は地盤の極限水平支持力はせん断強度の約9倍になると提案しているが、今回の実験でも極限反力が約  $1.6 \text{ kgf/cm}^2$  でせん断強度の8.3倍であることからその提案式の妥当性が確かめられた。

### 4. あとがき

繰り返し荷重(変位)を受けたときの杭の水平抵抗に関して、地盤の材料特性や発現メカニズムとの関連で検討していく予定である。特に前・背面土圧の計測により、背面ボイドの発生または消失の様子を捉えたい。

### 参考文献

- 1) Broms, B.B. : Lateral Resistance of Piles in Cohesive soils, ASCE, Vol.90, SM3, 1964

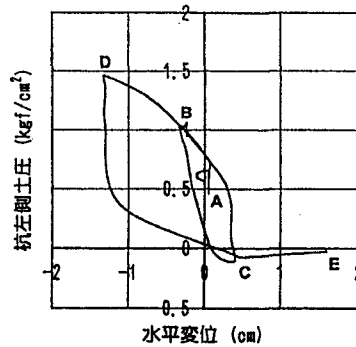


図-4 杭左側土圧と変位の関係

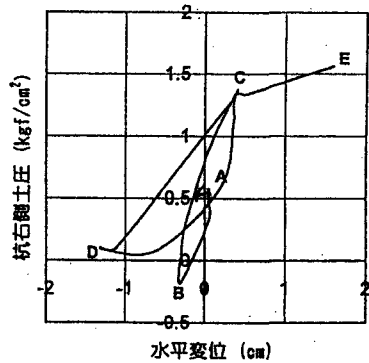


図-5 杭右側土圧と変位の関係

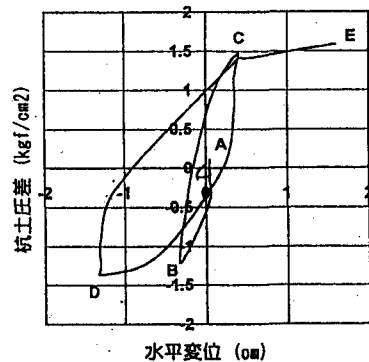


図-6 杭土圧差と変位の関係