

Ⅲ－３ 平面ひずみ状態における杭セグメントの水平地盤抵抗の非線形性

愛媛大学工学部 正会員 森 伸一郎
愛媛大学大学院 学生会員 ○押村 大司

1. はじめに

杭の耐震設計では、杭頭慣性力と地盤変形という異なる地震荷重に対して、杭周辺地盤をばねで置換することによりモデル化することが可能である。後者の荷重に対しては深い位置での地盤反力特性が必要となるが、これまで十分な研究はなされていない。

そこで本研究では、平面ひずみ状態の地盤における水平抵抗特性を、杭セグメント模型を用いて模型砂地盤の初期密度をパラメータとして実験を行った。

2. 実験概要

本研究で実施した模型実験は、変位制御で一方向に荷重を行う静的単調荷重実験である。模型砂地盤としては、表面乾燥状態の豊浦標準砂を用いた。また、模型砂地盤の初期密度を均一にする方法としてアルミ製のロートによる空中落下法を用い、ロート幅を2, 4.5 mm, 砂の落下高さを0, 30, 60, 90 cmとして模型砂地盤の初期密度を変え、9 ケースの実験を行った。図-1 に実験装置を示す。模型砂地盤を充填する容器の寸法は、内径298.6 mm, 高さ39.2 mm, 厚さ9.71 mmであり、杭体積を引いた実容量は2707.4 cm³である。また、模型杭は直径35 mmのスチール製の中実円柱を加工した剛体杭を使用し、リニアベアリングとリニアシャフトを介して水平に移動させることが可能である。模型杭への荷重は、ギア比が60:1のギアボックスに取り付けたハンドルを4秒で1回転させることによって行った。

本実験での測定項目は、杭セグメントに荷重する水平引張荷重と、杭セグメントの水平変位量である。前者は自作の4ゲージ法による引張型ロードセルで、後者はひずみゲージ式変位計でそれぞれ測定を行った。またサンプリング周期は20 Hz, 測定データ数は4000個である。地盤反力は、水平引張荷重を杭セグメントの水平荷重方向の投影面積で除したものと得られる。

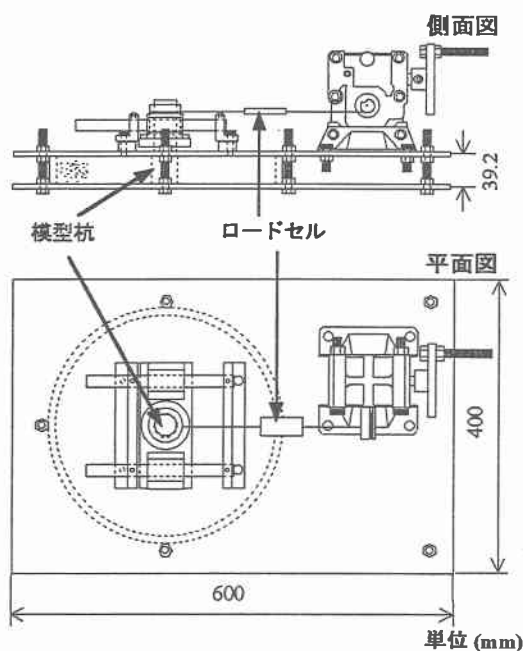


図-1 実験装置図

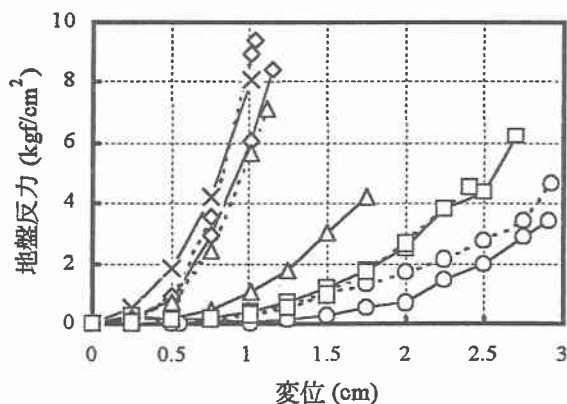


図-2 地盤反力－変位関係

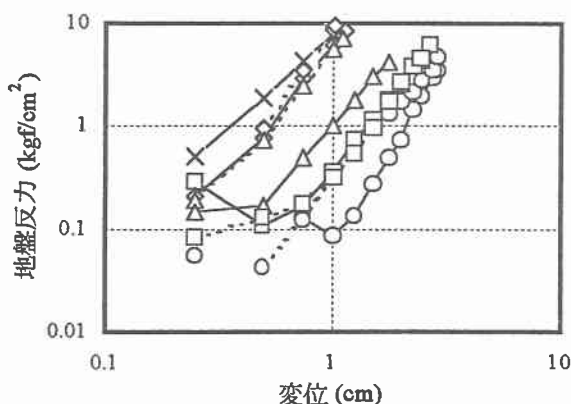


図-3 地盤反力－変位関係（対数軸）

3. 実験結果と考察

図-2 に実験で得られた地盤反力 p (kgf/cm²)—変位 y (cm) 関係のグラフを、図-3 にその両軸を対数にとったグラフを示す。

図-2を見ると地盤反力は水平変位に対して硬化型の非線形性を示すことがわかる。また図-3を見るとどの場合においても、ほぼ同じ傾きの直線となることがわかる。

そこで、この対数グラフで表したときの直線部分に着目し、地盤反力を相対密度 Dr (%) をパラメータとして整理できるか考察した。本実験で得られた相対密度の範囲は 7.7～98.9 % である。

直線部分が次の実験式により表せると仮定する。

$$\log p = a \log y + b \quad (1)$$

よって、

$$p = 10^b \cdot y^a \quad (2)$$

ここで、両軸対数表示で a は直線の傾き、 b は $y=1$ における p である。それぞれの場合において a 、 b の値を読み取り、図-4 に Dr と a 、図-5 に Dr と b の関係をグラフで示した。この 2 つの図を見ると、 b のばらつきは小さいが a のばらつきは大きいことがわかる。これは、模型地盤の不均質性や作成精度に問題がある可能性がある。図-4、図-5 の線形回帰の結果、次の回帰式を得た。

$$a = -0.00398Dr + 3.11 \quad (3)$$

$$b = 0.0192Dr - 0.998 \quad (4)$$

図-6 に例として $Dr = 24.2$ 、50.7、94.5 % のときの実験式と実験値とを比較したグラフを示す。図-6を見ると、 a について実験式との差が小さい $Dr = 24.2$ 、94.5 % の場合、実験式と実験値はよく一致しているが、その差が大きい $Dr = 50.7$ % の場合は一致度がやや低下している。しかし、概ね実験式は実験模型杭の地盤反力特性をモデル化できていると言える。すなわち、地盤反力特性は変位の 3 乗に比例し、相対密度は主にその比例係数に影響が現れると考えられる。

4. 結 論

本研究では、平面ひずみ状態の地盤における杭セグメントの水平抵抗特性を、砂地盤の初期密度をパラメータとして実験した。その結果地盤反力は、 $p-y$ 関係のグラフを両軸対数で表記したときの直線部分の傾きに強く依存する。すなわち、変位の 3 乗に比例し、その比例係数に相対密度の影響が反映される。

今後は、本来の応力場である平面応力状態での実験を行ってきたい。

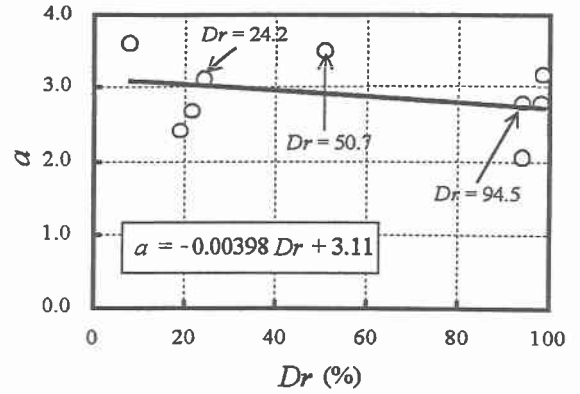


図-4 相対密度 Dr と a の関係

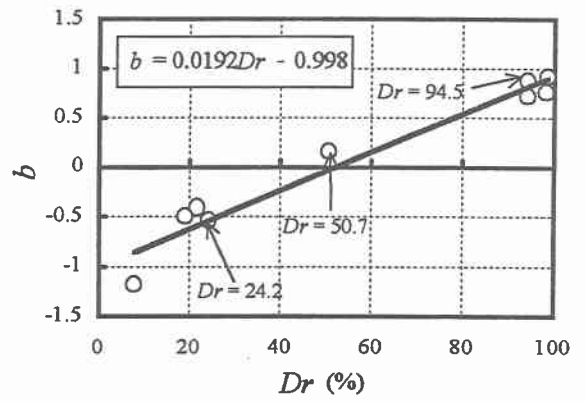


図-5 相対密度 Dr と b の関係

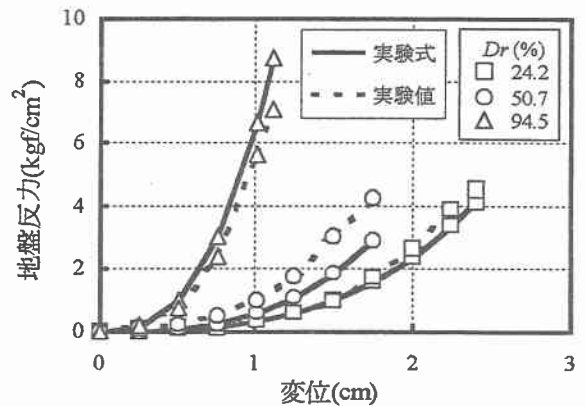


図-6 実験式と実験値の比較グラフ
(例 : $Dr = 24.2$ 、50.7、94.5 %)