

Ⅲ-B5

引揚力を受ける杭の弾塑性挙動の数値シミュレーション

東京電力（株） 正会員 佐藤 博

東電設計（株） 正会員○高橋秀明 正会員 松島 学

1. はじめに

杭の引揚耐力と引揚に伴う変形性は杭周辺地盤の弾塑性挙動に強く依存する。この周辺地盤の弾塑性挙動、ならびに引揚により影響を受ける周辺地盤の範囲、終局時にせん断ひずみが局所化したすべり層が形成されることを考慮した杭の荷重変形関係モデルを作成した¹⁾。本報告では、鋼管杭の原位置引揚載荷試験と試験結果の数値シミュレーションを行い、提案した解析モデルの妥当性を検討した。

2. 鋼管杭の原位置引揚載荷試験

試験杭は径 40cm ($t=9\text{mm}$)、

打設長 3 m の鋼管杭 (開端杭、埋込み工法) である。試験地点の地盤条件を表-1 に示す。地質は新第三期鮮新世富岡層の様な砂質泥岩であり、一軸圧縮強度は約 40kgf/cm^2 、N 値は 50 以上である。荷重、杭頭変位の他、杭の軸ひずみ、周辺地盤の地中鉛直変位、地中鉛直ひずみおよび地表面の鉛直変位を計測した。引揚に伴う杭体および周辺地盤の挙動計測結果を図-1 に示す。これによると地表面変位は、杭中心から 3m までの範囲で比較的なめらかに分布しているが、終局段階では杭頭変位とかい離し、杭周面にモデル

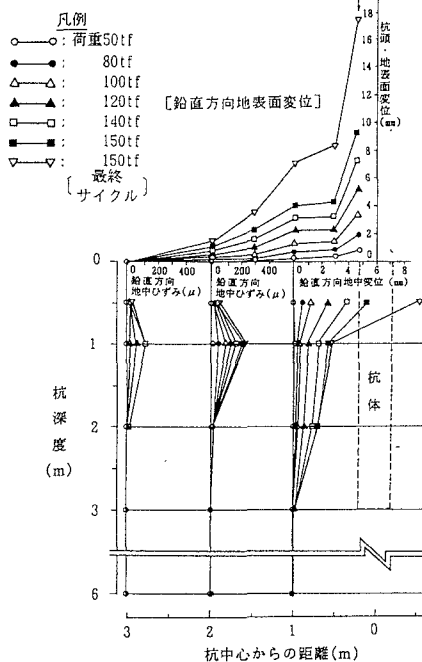


図-1 杭周辺地盤の挙動(実験値)

程度ですべり層の存在がうかがえる。地中地盤は杭下端を頂点として地表では杭中心から半径 3 m

程度のコーン状の範囲が杭の引揚により影響を受けている。

3. 実験結果の数値シミュレーション

(1) 解析モデル

提案した解析モデルの前提条件の概要を図-2 に示す。実験結果からすべり層幅 Δw を 0.3m とし、影響

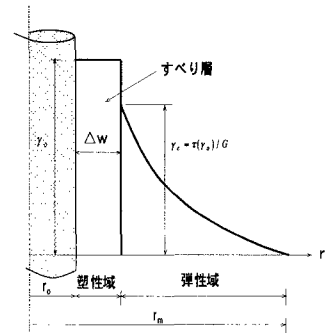
キーワード：杭、引揚、荷重変形関係モデル、数値シミュレーション、地盤の弾塑性挙動、周面摩擦力

連絡先：〒 110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 TEL 03-5818-7575 FAX 03-5818-7585

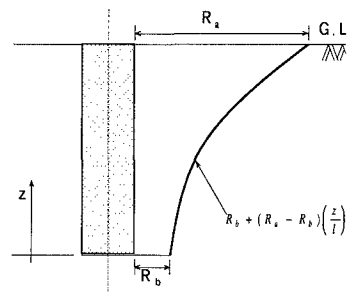
表-1 地盤条件

項目	単位	試験値
単位体積重量	gf/cm^3	1.52 ~ 1.81, 平均 1.63 ($n=48$)
一軸圧縮強度	kgf/cm^2	32 ~ 54, 平均 44 ($n=28$)
静弾性係数	"	$4.2 \sim 7.7 \times 10^3$ 平均 5.9×10^3 ($n=28$)
変形係数	"	1.9×10^3 ($n=1$)
せん断抵抗角	度	40 ($n=1$)
N 値	—	50 以上

注：n は試験数量を示す。



(a) 杭周辺地盤のひずみ分布とすべり層



(b) 杭周辺地盤の影響範囲

図-2 解析モデルの前提条件

範囲 r_m は、地表で 3m (Ra)、杭下端ではすべり層幅程度とし 0.3m (Rb) とした。地盤モデルは不攪乱試料の単純せん断試験結果（供試体寸法: 径 100mm、高さ 40mm）を用い、試験地盤が過圧密状態で拘束圧が 3 kgf/cm^2 と程度と想定されことから図-3 に示すように作成した。

（2）実験結果と計算結果の比較 荷重・杭頭変位関係、地表面変位について、実験値と計算値を比較して図-4、5 に示す。荷重・杭頭変位関係とモデル化

荷重の初期段階については比較的良好に一致しているが、荷重が大きくなると両者に差異が認められる。これは図-3 に示すように地盤のモデル化においてピーク強度まで弾性と仮定していることが主要因と考えられる。杭ならびに地盤の変形量を再現するためには降伏前の地盤の非線形性をモデル化することが必要であり、今後の課題である。また杭の引揚耐力ならびに最大荷重時に地表面変位と杭頭変位がかい離する傾向については実験結果をよく再現できている。荷重・杭頭変位関係において実験では 150tf 時に荷重を所定時間保持できなかったため波線で示しており、実際には計算値と同様ひずみ軟化していると考えられる。

杭体の軸方向ひずみから軸力を求め、これを数値微分して求めた周面摩擦力について、実験値と計算値の比較を図-6 に示す。実験値は、荷重が杭下端までよく伝達され、荷重が小さい段階から杭深部に行くほど大きくなる台形に近い分布形状を示す傾向が認められ、計算値もこの傾向を再現している。終局段階において杭下端の周面摩擦力の実験値が大きな値を示すのは、今回提案したモデルでは考慮していない杭下端より深部の地盤で発生している応力の影響と考えられる。但し周面摩擦力の大きくなる区間は短く、また杭が長くなればこの影響は小さくなると考えられる。

4. まとめ

今回作成した解析モデルによる計算値と実験値を比較した結果、荷重・杭頭変位の関係、地表面変位分布および周面摩擦力分布を概ね再現することができた。しかしながら、終局に近い段階における杭頭変位、地盤変位および杭下端部の周面摩擦力を定量的に再現することはできなかった。これらの再現性の向上が今後の課題である。さらに、多くの載荷試験結果を用いて仮定したパラメータ（影響範囲、すべり層幅）の同定を行い、より精度の高い一般化したモデルを構築していく予定である。

【参考文献】 1) 引揚力を受ける杭の荷重変形関係モデルの研究、第 53 回年次学術講演会、1998（投稿中）

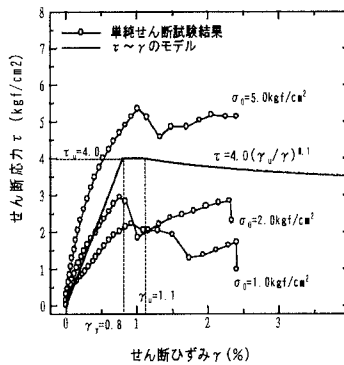


図-3 地盤の応力・ひずみ関係とモデル化

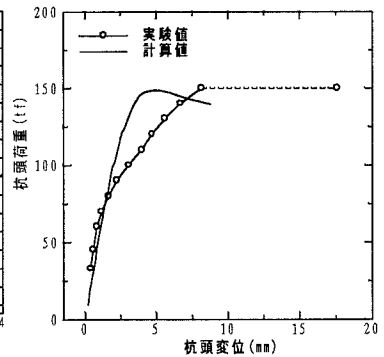


図-4 荷重・杭頭変位関係（実験値と計算値の比較）

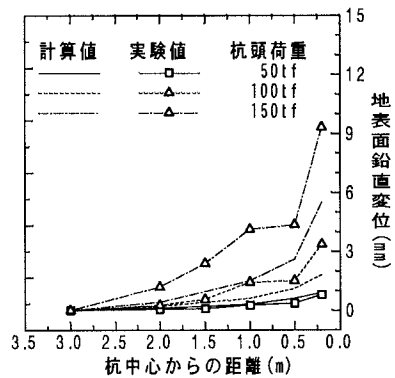


図-5 地表面変位の分布（実験値と計算値の比較）

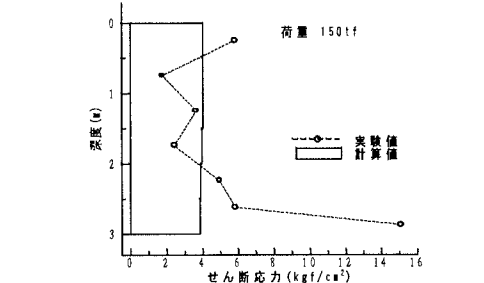
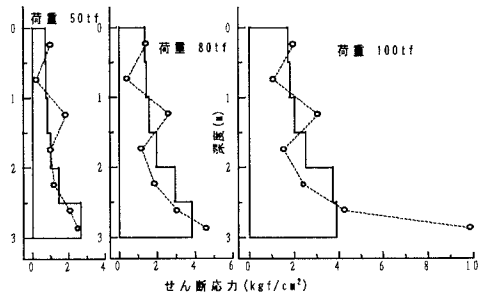


図-6 周面摩擦力分布（実験値と計算値の比較）