

引抜き力を受ける杭周辺地盤の挙動(その1:実験結果と考察)

東京電力(株)	技術開発研究所	正	佐藤 博
東電設計(株)	送変電土木部	正	高橋秀明
電力中央研究所	材料構造部	正	酒井理哉
セントラル技研	地盤調査部		藤井克博

1. はじめに

送電用鉄塔基礎は、上部鉄塔構造から押込力と同程度の大きさの引抜き力を受ける特徴を有している。引抜き力は送電用鉄塔の支配的な荷重であり、将来のコンパクトで経済的な鉄塔基礎の実用化、性能規定型設計法への移行のためには、基礎の鉛直変位量を精度良く計算できる手法の実用化が不可欠である。このような背景のもと、本研究は引抜き力を受ける杭周辺地盤の変形挙動を初期から破壊に至るまで詳しく測定することを目的として、室内の模型実験を実施した。

2. 実験方法

実験は杭の直径を無限大とした場合に相当する平面ひずみ杭を対象とし、図 1 に示す土槽を用いた。側壁は厚さ 30mm の透明アクリル板とし、外側から内部の地盤変形を測定した。アクリル板にはシリコングリースを均等に塗り、地盤との間に厚さ 0.2mm のメンブレンを設置した。メンブレンの表面にはゴム製の 3mm 間隔の格子パターンを転写し、模型地盤の変形を測定する際のマーカーとした。平面ひずみ杭の表面には小型の土圧計を 2 ヶ所設置し、杭体に作用する垂直応力を測定した。また、杭表面には径 2mm の珪砂を貼り付けて十分に粗い状態とした。模型地盤は豊浦砂を用い、ホッパーにより空中落下法で作成し、上載圧に相当する圧力は模型地盤上部に設置したゴムバルーンを用いて作用させた。

杭の引抜きに伴う地盤の変形状態は格子パターンを 70mm フィルムで撮影し、これを 2,000dpi の解像度でデジタル画像した後、画像計測プログラム¹⁾を用いて約 10,000 個マーカーの座標データを算出した。変換したデータを用いてマーカー格子点から構成される要素のひずみを算出し、杭周辺地盤の変形と破壊の挙動を分析した。

3. 実験結果と考察

上載圧 $\sigma_v=100\text{kN/m}^2$ 時の杭の引抜き抵抗 P_u と引抜き変位の関係を図 - 2 に示す。 $P_u=10\text{kN}$ を越えると引抜き変位が急増し、変位量 2mm で極限值に達した。図 3 はピーク・前後における杭周辺地盤の最大せん断ひずみのコンタを示している。局所的にひずみの集中している個所が存在するが、これは画像の不鮮明に起因する座標読み取りエラーによるものである。これらの個所は全体変形の考察において無視している。

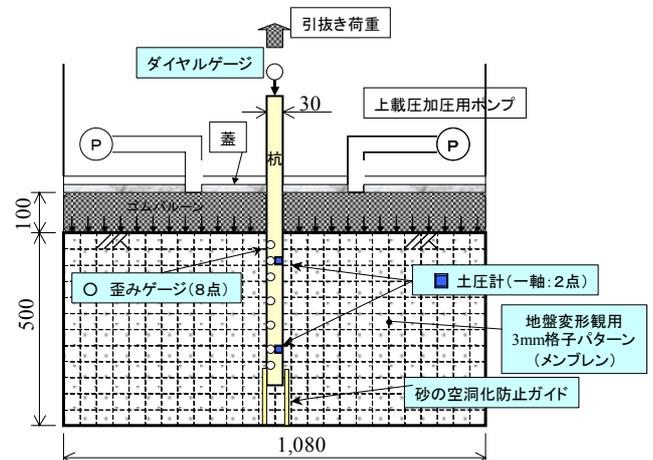


図 - 1 実験装置の概要

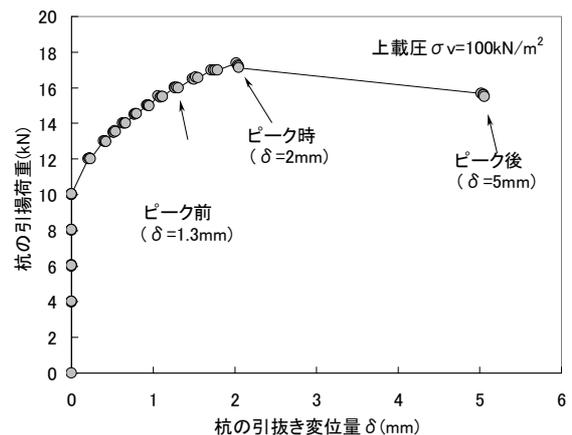
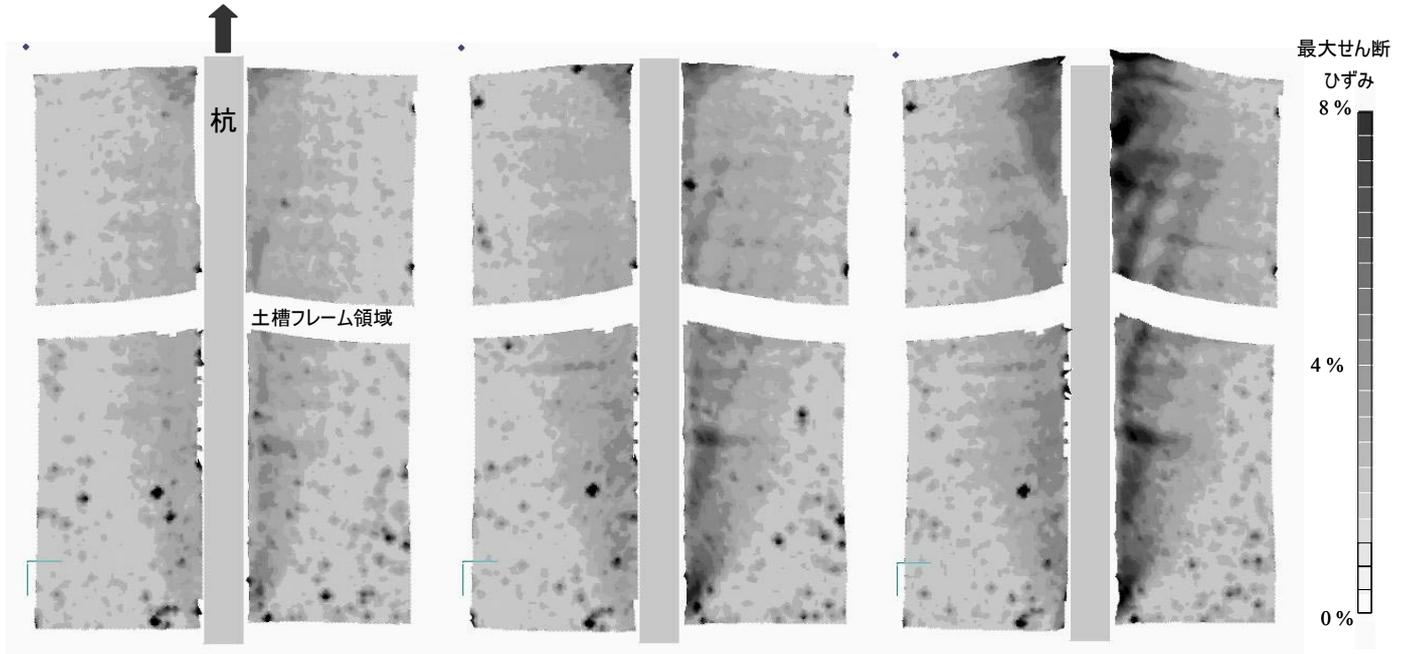


図 - 2 引抜き荷重と変位の関係 ($\sigma_v=100\text{kN/m}^2$)

キーワード：杭，引抜き力，せん断ひずみ，地盤変形，画像計測

連絡先：〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1 Tel:045-613-3365 Fax:045-613-3399



(a)ピーク前 =1.3mm (b)ピーク時 =2.0mm (c)ピーク後 =5mm
 図 - 3 杭周辺地盤の最大せん断ひずみのコンタ ($v=100\text{kN/m}^2$)

ピーク荷重までに試験体の近傍において軸方向に沿ったせん断ひずみの集中領域が現れている．せん断ひずみの集中領域は試験体の表面から10mm程度離れている．近傍は表面の摩擦抵抗によって自由な変形が抑制されるため、やや離れた位置にせん断ひずみが集中したと考えられる．ピーク荷重では斜め上方へ発達する複数のひずみ集中領域が確認でき、最終ステップの大きく変位した状態では杭近傍のせん断ひずみよりも斜め上方に発達するせん断ひずみが卓越している．

以上より、引抜き時の杭の摩擦抵抗は次のようなメカニズムで生じていると考えられる．ピーク荷重に達するまでは杭近傍にひずみが集中し、杭軸方向のせん断抵抗が発揮される．しかし、さらに引抜き量が大きくなると、クサビ状の破壊面が複数形成される．ピーク荷重時にも図 - 3 (b)のようなクサビ状ひずみの発達が確認できるが、これらのひずみ集中領域を結ぶすべり層においてせん断抵抗が発揮していると考えられる．

図 4 はピーク荷重時における試験体に垂直な成分(X)ひずみ分布を示している．ひずみは上・下端を除くとほぼある一定の幅で膨張しており、せん断変形にともなうダイレイタンスー効果が現れていることが確認できる．ダイレイタンスー効果によって図 5 に示すように試験体に作用する垂直応力を増大させている．

4. おわりに

抜き力を受ける杭周辺地盤の変形と破壊のメカニズムを室内模型実験により検討した．高精度の計測が可能な画像計測システムを利用することにより、杭周辺の地盤が破壊に至るプロセスが明らかとなった．杭の極限引揚抵抗力は杭からやや離れ、杭軸に沿ったすべり層にひずみが集中して発揮されることが明らかとなった．

参考文献

1) 酒井, 佐藤, 高橋, 藤井: 引抜き力を受ける杭周辺地盤の挙動 (その2: 画像計測ソフトの開発) 土木学会第57回年次学術講演会 (投稿中)

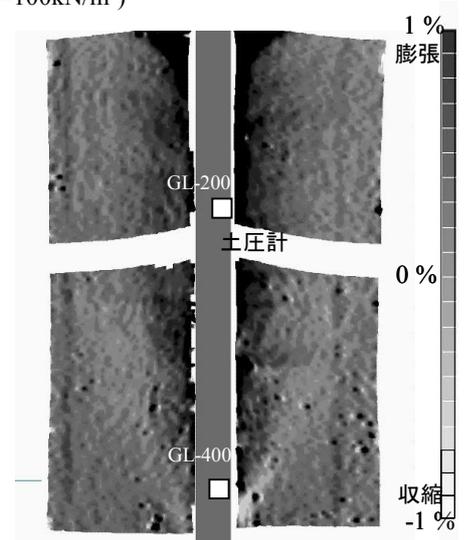


図 - 4 X成分ひずみコンタ ($v=100\text{kN/m}^2$)

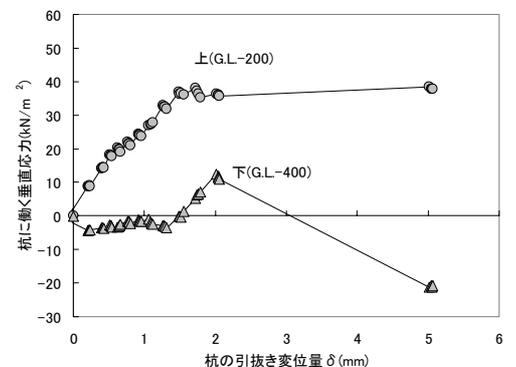


図 - 5 垂直応力と引抜き変位の関係