

砂中の節杭周辺の地盤変形モード

○	ジオトップ	正会員	藪内 貞男
	同 上	正会員	平山 英喜
	同 上	正会員	山下 啓明
	同 上	正会員	○ 上紺屋好行

1. まえがき

複数の拡大部（節部）を有する節杭の周面抵抗のメカニズムを検討するために、節杭の沈下の進行に伴う杭周辺地盤の挙動を調べる試みが、標点などを使用した方法で行われてきた<sup>1)2)</sup>。しかし、標点による方法では、すべり面の明確な発生状況を把握することが困難である。そこで、砂中の節杭のモデル実験において、地盤作成時に杭周辺地盤へ多数の着色砂の薄層をまき出し、試験後砂を掘り出す際に、着色砂層の変形状況を観察する方法を試みた。本報告では、この結果に基づき、沈下に伴う杭周辺地盤の変形状況と周面抵抗の関係、および節杭の支持機構について述べる。

2. 実験方法<sup>3)</sup>

実験に用いたモデル杭は、ステンレス鋼製で節が3個の節杭である。杭には、図-1に示す位置にひずみゲージを貼付した。ここで、節部の周面抵抗力は、①-②断面の軸力差を第1節部の抵抗力、②-③断面の軸力差を第2節部の抵抗力とする。また、モデル杭には感圧紙を貼付し、節部下面および軸部の各部に加わる圧力状況を検討した。感圧紙は、圧力測定範囲  $2 \text{ kgf/cm}^2 \sim 6 \text{ kgf/cm}^2$  のものを使用した。

実験土槽は、内径158cm、高さ178cmで、鉛直圧  $\sigma_v$ 、側圧  $\sigma_h$  を与えることが出来る。

実験に用いた砂は、気乾状態の珪砂8号（愛知県瀬戸産、 $D_{60} = 0.36 \text{ mm}$ 、 $D_{50} = 0.33 \text{ mm}$ 、 $U_c = 1.85$ 、 $\rho_{max} = 1.597 \text{ g/cm}^3$ 、 $\rho_{min} = 1.264 \text{ g/cm}^3$ ）である。

地盤作成は、多重フルイ法（サンドレイナー）で行った。地盤は、土槽底面から70cmの高さまで作成した後、杭を頭部で固定して設置し、引き続き地表面まで作成した。したがって、モデル杭はほぼ理想的な埋込み杭といえる。また、地盤作成時に、杭周辺地盤の図-1に示す位置に、着色した珪砂の薄層を設けた。

地盤作成後、 $\sigma_v = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_h = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$  の圧力で約2時間圧縮した。圧縮後（載荷試験前）の地盤の相対密度  $D_r$  は、80.5%であった。

載荷試験は、沈下制御方式で1サイクル、貫入速度  $1 \text{ mm/min}$  で行い、杭頭沈下量10cmまで実施した。

載荷試験終了後、業務用集塵機を利用した吸引装置を使い、杭周辺の砂をごく少量ずつ丁寧に吸い上げ、地盤中の色砂層の観察を行った。色砂層の観察状況を写真-1に示す。

3. 実験結果および観察結果

図-2に、各節部の周面抵抗力-沈下量関係を示す。周面抵抗力は、沈下量が47~49mmでほぼピークに達し、数mmの間ほとんど一定となる。そして、ピーク後数mmの間で急激に低下した後、徐々に残留状態に至る。

図-3に、色砂層の掘り出し時の状況および杭に貼付した感圧紙の着色状況を示す。図に示す範囲で感圧紙が着色しており、節の底面と節部下方の軸部で  $2 \text{ kgf/cm}^2$  以上の圧力が加わっていたことが分かる。感圧紙の着色した部分では、線状に擦れた痕跡が見られた。



写真-1 色砂の観察状況

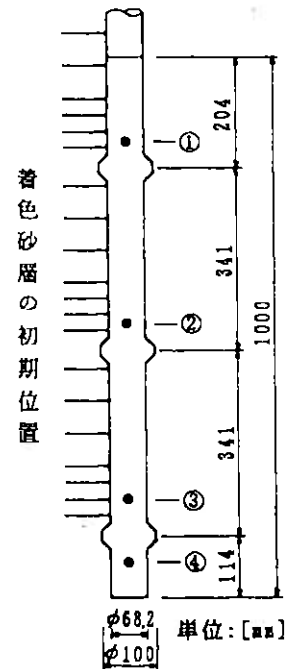


図-1 モデル杭および着色砂層の初期位置

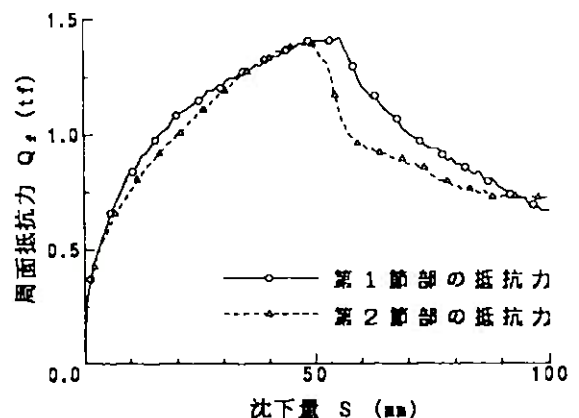
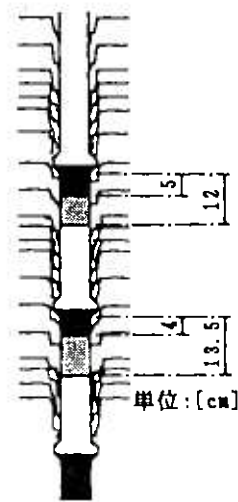


図-2 節部の周面抵抗力-沈下量関係

"Deformation Behaviour of Soil around a Nodal Pile",  
by Sadao YABUCHI, Hideki HIRAYAMA, Hiroaki YAMASHITA & Yoshiyuki KAMIKONYA (GEOTOP Corporation)

#### 4. 杭周辺地盤の変形モード と節杭の支持機構の考察

図-4は、図-3から逆算して杭の沈下に伴う色砂層の挙動を描き、各沈下量での地盤の変形モードとして示したものである。図-3、図-4より、沈下の進行に伴い、節上部ではゆるみ領域が上方へ広がり、節下部では圧縮領域が下方へ形成されていく様子が分かる。そして、沈下量が約6cmを超えたところで、各節部間に節部径とほぼ等しい径の円筒状のすべり面が形成される。杭の沈下と共に、すべり面の径は節部径より若干大きくなる。



■  $\sigma_h \geq 6$  [kgf/cm<sup>2</sup>]  
 ■  $2 \leq \sigma_h < 6$   
 □  $\sigma_h < 2$   
 単位:[cm]

図-3 色砂・感圧紙の観察結果

杭周辺地盤の変形モード、感圧紙の着色状況および各節部の周面抵抗力-沈下量関係から、周面抵抗力がほぼピークになる沈下量では、感圧紙の薄く着色した範囲にまで節上部のゆるみ領域が拡大していることが分かる。

本実験とはほぼ同じ実験装置で、実物大のモルタル製節杭の節杭底面および軸部周面に加わる土圧を直接測定した結果等<sup>1)</sup>も参考にすると、節杭の支持機構は、図-5に示した模式図のようにまとめられる。すなわち、以下に示すようになると考えられる。

- ① 載荷初則から、節部下方には圧縮領域が、節部上方にはゆるみ領域が、それぞれ形成される。杭には (a)図のような力が働き、周面抵抗は圧縮領域の拡大に伴い大きくなる。周面抵抗には、節部底面抵抗  $q_b$  と、節部下方の高圧部の軸部摩擦抵抗  $f_s$  が主に寄与している (文献<sup>1)</sup>の例では、ピーク時で節部底面抵抗力:軸部摩擦力  $\approx 2:1$  となっている)。
- ② 沈下が進むと、周面抵抗は増加が緩やかになった後ピークを示す。これは、圧縮領域にゆるみ領域が達すると、杭体に加わる力は (b)図のような状態になり、ゆるみ領域内の軸部摩擦抵抗  $f_s$  が実質上消滅するためである。
- ③ 周面抵抗は、ピーク後急激に低下する。これは、杭体に加わる力が (b)図から (c)図の状態に変化するためである。すなわち、ゆるみ領域が節部下部の高圧の圧縮領域内へ進行していくと、高圧状態であった部分の軸部摩擦抵抗  $f_s$  が消滅するのに加えて、節部底面抵抗  $q_b$  も低下するためである。
- ④ ゆるみ領域がさらに広がると、杭周辺地盤に円筒状のすべり面が形成される。杭体に加わる力は、

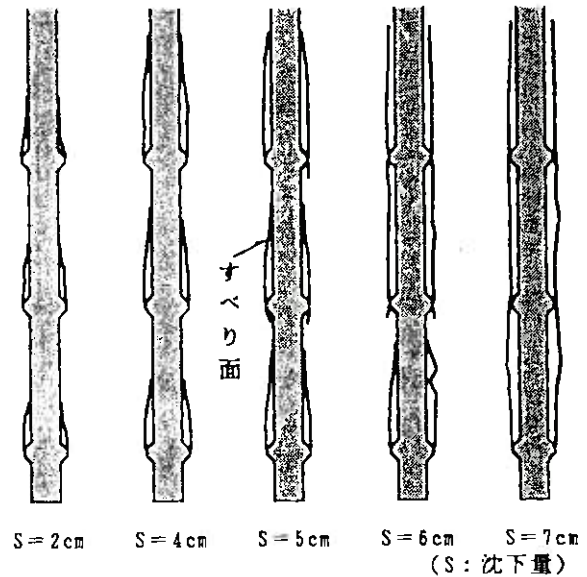


図-4 杭周辺地盤の変形モード

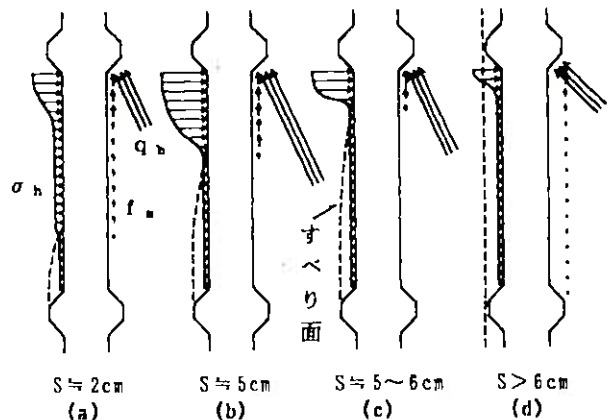


図-5 杭体に作用する地盤抵抗と鉛直支持機構の模式図

(d)図のようになってはほぼ安定し、周面抵抗は徐々に低下した後一定の値になる。この円筒状のすべり面は、沈下量を制限しなければ、複数の節を有すればどのような節間隔でも生じる。しかしながら、本実験では沈下量が節部径の約0.6倍で生じており、例えば沈下量を節部径の0.1倍に限定すれば、円筒状すべりは発生しないと言える。

以上のようなメカニズムから、節部下方の軸部の表面を粗くすることにより支持抵抗が増えるが、この効果に関する実験結果は別の機会に報告する。

#### 参考文献

- 1) 小椋: "砂地盤における節杭の鉛直支持力機構に関する研究", 関西大学工学博士論文, 1989.
- 2) 上紺屋・小椋・山肩: "遠心装置を用いた模型節杭の貫入実験", 日本建築学会大会学術講演梗概集B, 構造I, pp.1047-1048, 1988.
- 3) 藪内・山下・上紺屋・平山: "砂中の節杭・コルゲート杭のモデル実験", 第26回土質工学研究発表会, pp.1351-1354, 1991.