

模型実験による節付き円筒杭の先端抵抗特性の検討

○正会員 小椋仁志\* 正会員 金井重夫\*\*  
正会員 山肩邦男\*\*\*

1. 序 筆者らは三軸加圧状態の模型砂地盤を用いて、節付き円筒杭(以下「節杭」と呼ぶ)の支持力特性を節のない円筒杭(以下「円筒杭」と呼ぶ)と比較して検討する一連の実験を行ってきた<sup>(1)(2)(3)</sup>。本報告はこれらの実験のうち、先端部の抵抗に関するものを取り上げて比較検討したものである。

2. 実験種類 実験装置や実験方法などについては前報<sup>(1)(2)</sup>と同じであるので省略する。本報告では図1(a)~(c)に示すように、次の三種類の杭による実験を対象とする。

- (a) 節杭先端型(略称: 節杭)
- (b) 本体径φ60mmの円筒杭先端型(略称: φ60円筒杭)
- (c) 節径φ88mmの円筒杭先端型(略称: φ88円筒杭)

杭の下端と実験槽底面との距離は杭径(節杭の場合本体径)の4倍とした。またφ88円筒杭の下端は節杭の節部とほぼ同じ位置になるように配慮した。上載圧 $\sigma_1$ と側圧 $\sigma_3$ は表1に示すごとく、節杭とφ60円筒杭は6通り、φ88円筒杭は3通りの組み合わせとした。

3. 実験結果 実験により得られた杭頭沈下量 $S_0$ と節部および先端の抵抗 $q$ の関係を図2(a)~(f)に示す。これらの図中で節部抵抗とは節をはさむ上下の断面の軸力差を節部の水平投影面積で除したものであり、先端抵抗とは3種

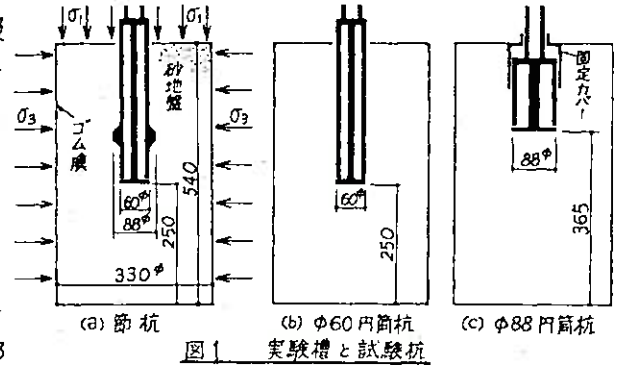


図1 実験槽と試験杭

表1 実験の種類

上載圧 $\sigma_1$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.64	1.28	1.92
側圧係数 K	1	3	0.5
側圧 $\sigma_3$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.64	1.92	0.64
節 杭	◎	◎	◎
φ60円筒杭	○	○	○
φ88円筒杭	—	◎	○

◎ X線撮影あり ○ X線撮影なし

の杭とも先端面での抵抗を荷重で表わしたものである。節杭の場合、先端部の抵抗は最も下部の節による節部抵抗と先端抵抗およびその間の本体部の摩擦抵抗より成り立っていて、それらは一体として作用していると考えられる<sup>(3)</sup>。しかし後述するように異なる杭径の抵抗値は同列に扱えないため、形状や径が異っている杭先端面と節部の抵抗をここでは分けて考えることとする。また摩擦抵抗は無視する。

図2(a)は $\sigma_1 = \sigma_3 = 1.28$  kgf/cm<sup>2</sup>の場合であるが、φ60円筒杭を除いて $S_0$ が10~20mmを超えると $q$ の値はあまり増加しなくなっている。そこで他の $\sigma_1$ や $\sigma_3$ の場合の $q \sim S_0$ 関係を描いた図2(b)~(f)では $S_0 = 20$ mmまでの範囲に限っている。図2(a)~(f)から次のことが言えよう。① $S_0$ が小さい範囲では多少のバラツキはあるものの $q$ の値に大きな差はない。このバラツキは杭先端面直下に比べ節部直下の砂の密度がゆるいことや、載荷初期での荷重のなじみ等のためであろう。② $S_0$ が少し大きくなると $q \sim S_0$ 関係に差が生じ始め12mmを超えると全ての $\sigma_1$ や $\sigma_3$ の場合に $q$ の値はφ60円筒杭>節杭の先端抵抗>節杭の節部抵抗≒φ88円筒杭の順に大きい。③さらに $S_0$ が大きくなると、抵抗のピークが現われてその後抵抗が減少している場合もあるが、多くの場合抵抗は一定値を保つか増加し続けている。

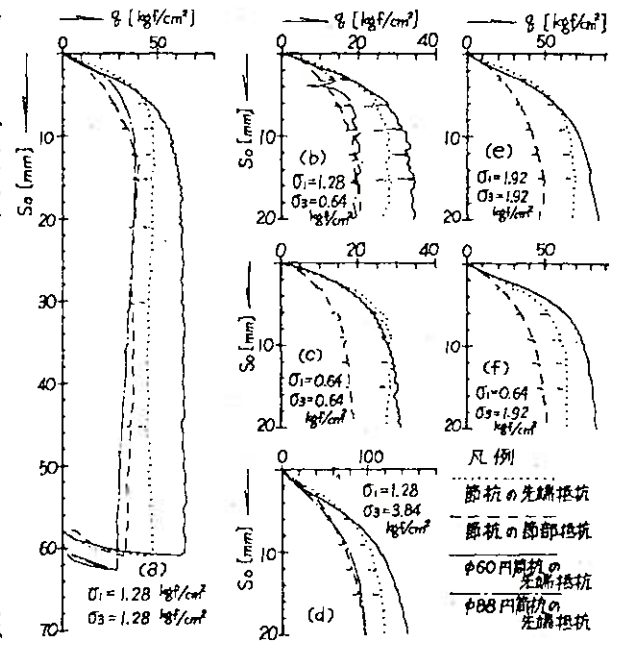
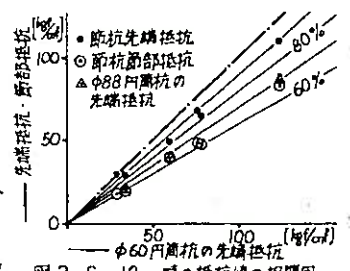


図2 先端抵抗、節部抵抗 $q \sim$ 杭頭沈下量 $S_0$ 関係図

次に抵抗を定量的に検討するため、 $S_0=12\text{mm}$  (節杭の本体径の0.2倍) 時の抵抗値を採用する。図3はこの $S_0$ における $\phi 60$ 円筒杭の抵抗値と他の杭の抵抗値の相関図である。この図から、i)  $\phi 88$ 円筒杭は $\phi 60$ 円筒杭に対して60~70%の抵抗値となること、ii) 節杭の先端面は $\phi 60$ 円筒杭に対して80~100% (平均88%) の抵抗値を示していること、およびiii) 節杭の節部抵抗は $\phi 88$ 円筒杭とほぼ同じ抵抗値を示すことなどが分かる。



4. 実験結果の比較検討

図4(a)~(c)に杭体周辺地盤の動きをX線撮影によって観察した結果を示す。またこの地盤の動きから求めた $S_0=15\text{mm}$  時の地盤のせん断ひずみ $\gamma_{rz}$ と鉛直方向のひずみ $\epsilon_z$ の分布図を図5(a)~(c)と図6(a)~(c)にそれぞれ示す。これらの図を用いて前述のi)~iii)の傾向について検討する。

i)  $\phi 60$ 円筒杭と $\phi 88$ 円筒杭の先端抵抗の比較  
 ①両者の杭周辺地盤の動きは $\phi 88$ の方が少し外側に押し出されるように動く傾向があるが、ほぼ相似形であり大差はない。② $\gamma_{rz}$ の分布から杭の下端には両者とも同様なすべり面が発生している。③ $\gamma_{rz}, \epsilon_z$ が大きい範囲は $\phi 60$ の場合杭周辺部のみであるのに対し、 $\phi 88$ では実験槽全体に広がっている。④沈下量や支持力の杭径による違いについては、金谷・秋野<sup>4)</sup>やMeyerhof<sup>5)</sup>の報告があり、本実験もこれらと同様の傾向を示している。しかし①②では両者の差がないことや③の傾向から実験槽に比べて杭径の割合が大きいためとも考えられる<sup>6)</sup>。⑤本実験では杭径による抵抗の差が大きいため、節杭の先端面と節部の抵抗はそれぞれ同径の円筒杭の抵抗と比較することにする。

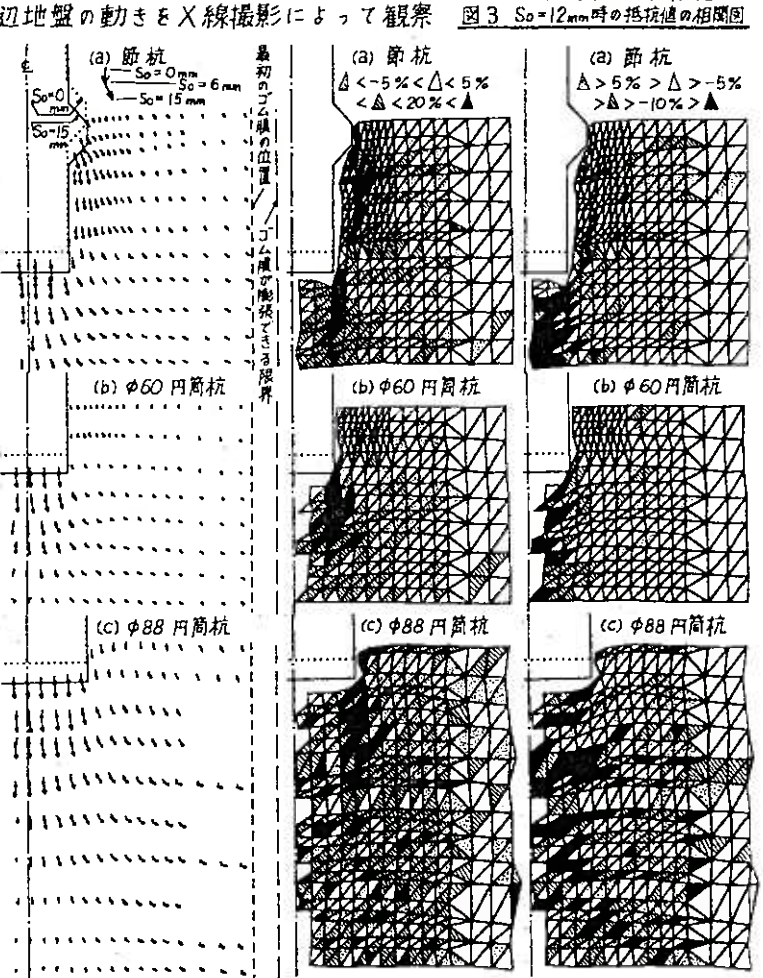


図4. 地盤の動き 図5.  $\gamma_{rz}$ 分布図 図6.  $\epsilon_z$ 分布図

ii) 節杭の先端抵抗と $\phi 60$ 円筒杭の先端抵抗の比較 ①先端面直下の地盤は両者ともほぼ同じ動きをしている。②先端面の外側の地盤は節杭では節部に押されて鉛直方向にも動いているのに対し、円筒杭ではあまり動いていない。このことは $\epsilon_z$ 分布より地盤が鉛直方向に圧縮される範囲が節杭の方が広いことからも分かる。③ $\gamma_{rz}$ の分布から先端面下方のすべり面はほぼ同様に発生している。④以上より節杭と円筒杭の先端面の抵抗機構には大差がないが、外側の地盤の動きに若干の差が見られることが分かる。

iii) 節杭の節部抵抗と $\phi 88$ 円筒杭の先端抵抗の比較 ①節部の下面のテーパ部を杭先端のコアの一部と考えると両者の近傍の地盤の動きはよく似ている。② $\gamma_{rz}$ 分布よりせん断面もほぼ同様に発生しており、節の下面は同径の円筒杭の杭先端面と同様の支持力機構を有していると見てよからう。

5. 結語

以上、節杭の先端部の抵抗に関して、先端面は同じ杭径の円筒杭の80~100%の抵抗であり、下端の節部は同じ杭径の円筒杭と同程度の抵抗を持つことを示した。最後に実験槽を使用させて頂いた上、多くのご指導ご助言を頂いた東京工業大学岸田英明教授、上杉守道助手を始め岸田研究室のご一同に感謝致します。

参考文献 1) 小椋・金井・山崎・岸田 「模型実験による節付き円筒杭の周面抵抗特性の検討」 第18回土質工学研究発表会 1983. 6  
 2) 小椋・金井・山崎・岸田 「節付き円筒杭の支持力特性に関する模型実験(その1, 2)」 建築学会大会号 昭和58.9  
 4) 金谷・秋野 「杭先端の沈下性状と土法効果」 第14回土質工学研究発表会 1979. 6 5) Meyerhof, G. G.; Scale Effect of Ultimate Pile Capacity, ASCE, Vol. 109, No. GT6, 1983 6) 生原・龍岡 「砂の模型支持力実験における側面条件の影響」 第19回土質工学研究発表会 1984. 6  
 \* (株)武智工務所, 関西大学大学院, 工修 \*\* (株)武智工務所 \*\*\* 関西大学教授, 工博