

## 埋込み杭先端の荷重-沈下量特性

攻玉社工科短期大学 正会員 ○ 高野昭信

若築建設株式会社 正会員 石井康利

攻玉社工科短期大学 正会員 関 延子

## 1. まえがき

最近、杭基礎は大口径化と大深度化の傾向にあり、この傾向や環境問題等から、場所打ち杭や埋込み杭などの非排土杭が多くなっている。これらの杭の支持力をどのように考えるかは重要な問題である。平成5年に改訂された土質工学会の「杭の鉛直載荷試験方法・同解説」<sup>1)</sup>では、従来の極限荷重に相当するものとして杭先端の沈下量が杭径の10%のときの荷重を第2限界荷重とすることを提案している。これは上記の問題に対する一つの解答を示唆していると思われる。

本文はこの学会基準を考慮し、杭先端の沈下量が杭径の10%までの埋込み杭先端の荷重-沈下量関係について、実大杭の載荷試験結果に基づいて検討考察したものである。

## 2. 杭先端の荷重-沈下量関係

非排土杭の場合、杭先端部分の地盤は杭の施工に伴う乱れを除けば自然の状態にあり、杭に載荷することにより初めて大きな応力を受けることになる。したがって、載荷初期の杭先端の荷重-沈下量関係は杭先端地盤の自然状態における応力-歪関係に大きく依存することになり、この応力状態は砂の3軸圧縮試験に類似しているとして、Kondnerの双曲線関数を杭先端の荷重-沈下量に適用することについて考察した<sup>2)</sup>。相似則を満足させた多くの模型実験結果と実大杭の載荷試験結果から、杭先端の沈下量が杭径の10%以下では双曲線関数で良く近似できるが、それ以上の沈下量に対しては適用できないことから、沈下量が杭径の20%までに対して、(1)式を提案した<sup>3)</sup>。

$$S = C_1 q + C_2 q^n \quad (S/D \leq 0.2) \quad (1)$$

ここに、 $S$ ：杭先端の沈下量、 $q$ ：杭先端の支持力度、 $D$ ：杭径、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $n$ ：地盤の性質と応力条件により決まる定数。上述の学会基準で杭径の10%が提案されたことから、文献2)に基づいて杭先端の荷重-沈下量関係として(2)式を仮定することにする。

$$q = (S/D) / \{A + B(S/D)\} \quad (S/D \leq 0.1) \quad (2)$$

ここに、 $A$ 、 $B$ は定数であるが、その物理的意味は $1/A = E/I\rho$  ( $E$ ：地盤の弾性係数、 $I\rho$ ：沈下の影響係数)、 $1/B$ は $q_u$  ( $S/D \rightarrow \infty$ での $q$ の値)である。

図-1は、BCP委員会<sup>4)</sup>が杭径20cmの埋込み杭で行った載荷試験結果を(2)式で解析した例を示したものである。この図から明かなように、 $S/D \leq 0.1$ では両者は良く一致するが、 $S/D$ の増加と共にかけ離れた値となり、 $1/B$ は杭先端の極限値を与えるものではなく、この解析では $S/D \leq 0.1$ の荷重-沈下量関係を規定する定数にほかならない。

## 3. 載荷試験結果の解析例と考察

解析に用いた載荷試験結果は、いずれもPHC杭の埋込み杭工法に属するものであり、日本建築センターの評定委員会に提出されたものである。試験数は中掘拡大根固め工法14例、プレボーリング拡大根固め工法3例の計17例である。杭先端の地盤は砂(9例)

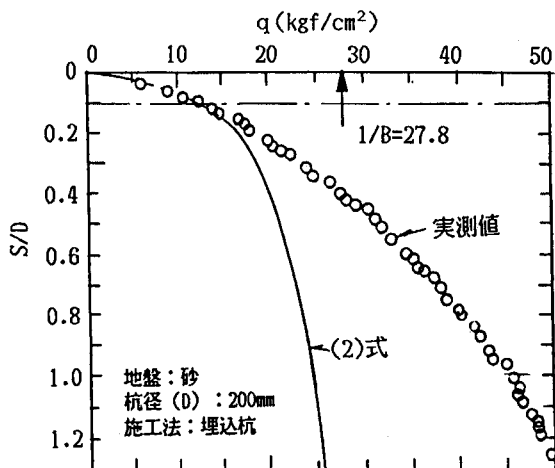


図-1 荷重-沈下量関係の実測値と双曲線近似例

および礫(8例), 杭径では1000mm(7例), 800mm(6例), 700mm(1例), 600mm(3例), 杭長は47m~68mである。杭先端の沈下量は(0.04~0.20)Dで平均0.09Dであり, 解析には0.1D以下の実測値を使用した。杭先端荷重は, 杭先端の上方1Dの位置に設置した歪計の値から求めた。また, 杭先端の平均N値は杭先端より上方4Dと下方1D区間のN値を平均したものである。(2)式のA, Bを求めるために, (3)式のように変形した。

$$(S/D)/q = A+B(S/D) \quad (3)$$

載荷試験17例の(3)式による相関係数は, 0.912~0.999の範囲にあり, 平均値0.974(標準偏差: 0.030)で, 非常に相関が良いことがわかる。A, B値と杭先端の平均N値の間に(4), (5)式を仮定する。

$$1/A = \alpha N \quad (4) \quad 1/B = \beta N \quad (5)$$

(4), (5)式の結果を図-2, 図-3に示した。1/Aの値はばらつきが大きくN値との相関はほとんど認められないが, (4)式の関係で $\alpha$ 値を求めると, 砂:  $\alpha = 283$ (標準偏差: 96.7), 礫:  $\alpha = 220$ (標準偏差: 146.5)となる。1/BとN値との間には高い相関が認められ, (5)式の関係で $\beta$ を求めると, 砂:  $\beta = 3.81$ (標準偏差: 0.66) 礫:  $\beta = 4.15$ (標準偏差: 0.73)となる。

$S/D=0.1$ のときの $q$ を $q_{L2}$ (第2限界荷重)として, (2)式の先端支持力度を無次元化した(6)式に解析例のA, Bの平均値を代入した結果と $S/D \geq 0.08$ 以上の載荷試験結果の値を図-4に示した。

$$q/q_{L2} = \{10(A/B)+1\} / \{(A/B)/(S/D)+1\} \quad (6)$$

#### 4. まとめ

- (1) 杭先端の荷重-沈下量関係は,  $0 \leq S/D \leq 0.1$ の範囲では双曲線関数で良く表すことができる。
- (2) 1/Aの値はばらつきが大きく, N値との相関もほとんど認められない。
- (3) 1/Bの値はN値との相関がかなり高い。

限られた載荷試験例であるが, 杭径1mまでの杭先端の荷重-沈下量関係は双曲線関数で良く近似できることが判ったので, 今後は事例を増やして検討を行う予定である。

[参考文献] 1)土質工学会(1993):杭の鉛直載荷試験方法・同解説 2)岸田・高野(1977):砂地盤中の埋込み杭先端部の接地圧分布(その2), 日本建築学会論文報告集, 第260号 3)高野・岸田(1977):埋込み杭先端の荷重-沈下量関係の推定法, 第12回土質工学研究発表会 4)BCP委員会(1969):砂層に支持されるくいの支持力に関する研究

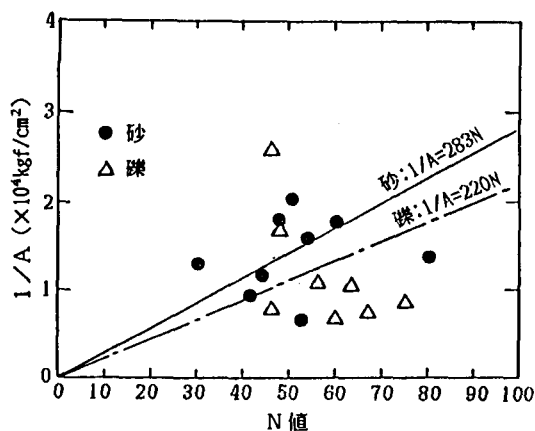


図-2 1/A-N値の関係

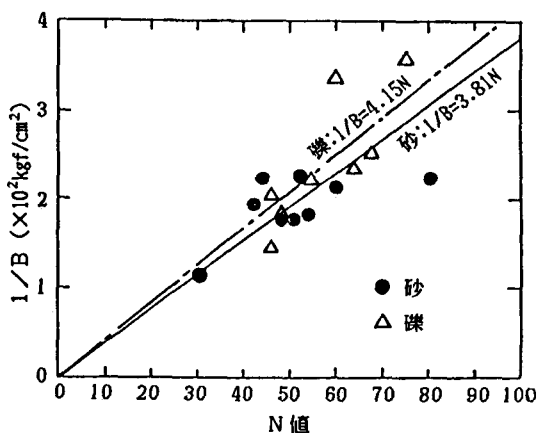


図-3 1/B-N値の関係

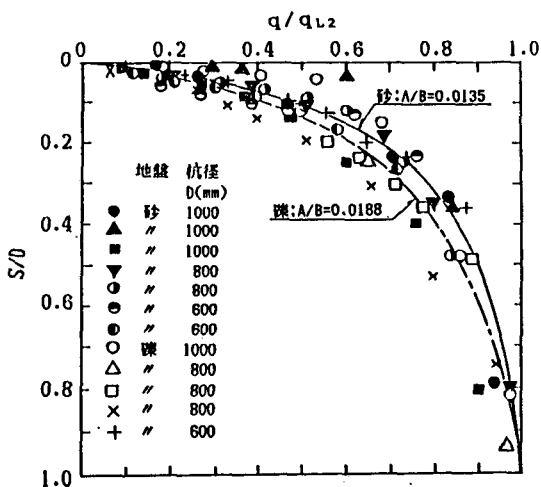


図-4  $q/q_{L2}$ -S/Dの関係