

III-430 摩擦杭の鉛直支持力に関する研究

北海道開発局開発土木研究所 正〇日下部祐基, 正 能登 繁幸, 正 西川 純一
日本工営（株）技術研究所 中橋 貞雄

1. まえがき

本研究では、摩擦杭の合理的な設計法を確立する目的で、遠心装置を用いた室内模型実験、および摩擦杭を採用した現場の鉛直載荷試験データの収集整理を実施してきた。本報文では、これらのデータを理論式で解析し、摩擦杭単杭の鉛直支持力について検討したので報告する。

2. 摩擦杭の遠心力模型実験

実験に用いた遠心装置や模型材料は、過去の報告¹⁾と同様である。模型杭寸法は、杭径 $D=10\text{mm}$ 、杭長 $l=140\text{mm}$ である。模型地盤は粘性土で正規圧密地盤の平均非排水せん断強度 $\bar{\tau}_u$ を基準とした地盤強度比 $n=1, 2, 3$ の3ケースを作製した。実験は、遠心加速度 100 g の遠心力場において模型地盤を作製し、重力場で模型杭を設置した後、再度 100 g の遠心力場で杭の鉛直載荷試験を実施した。なお、載荷方法は変位制御として 0.1mm/min で実施した。

3. 模型実験結果の解析

解析には、杭の鉛直方向支持力と変位量の関係を求める微分方程式において、地表面から深さ方向に周面摩擦抵抗が、その極限值 τ_{ul} を超えた場合の状態について解かれた式²⁾を用いた。

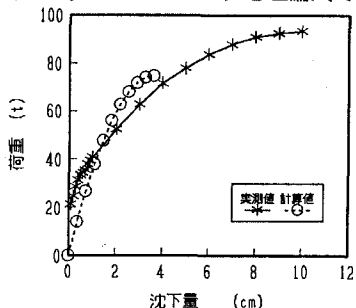
図-1は、実測値と計算値を比較したものである。なお、実測値は相似率により実物大に換算している。地盤強度比 $n=1$ では、計算値と実測値には一致がみられない。これは、計算値では変位量と摩擦応力度の関係を直線式に置き換えて杭頭荷重と沈下量を求めるが、地盤強度が小さい場合にはこの関係が緩い曲線関係を示すため、直線式で表せないことに起因していると考えられる。

地盤強度比 $n=2$ では、杭頭沈下後期では実測値と計算値に差があるが全体的には良い相関が見られる。地盤強度比 $n=3$ では、計算値は全体的に小さくなっている。これは杭先端地盤の強度が杭頭荷重初期の段階から大きく影響したためである。

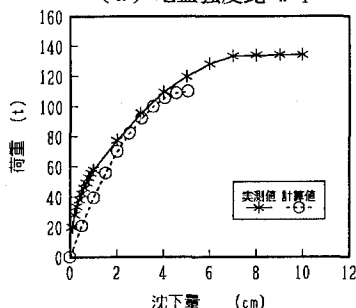
これらの結果から、本解析に用いた理論式は、地盤強度が小さい場合、あるいは杭先端地盤強度が杭頭荷重に大きく影響する場合には適用できないが、杭周面の地盤がある程度の強度を持ち、杭先端地盤強度の影響をほとんど無視できるような杭には適用可能であることが分かる。このことは、実杭の載荷試験結果では杭頭荷重が杭先端にまでほとんど到達していないことを考えると、実杭に適用できるものと推測される。

4. 実杭の鉛直載荷試験結果の解析

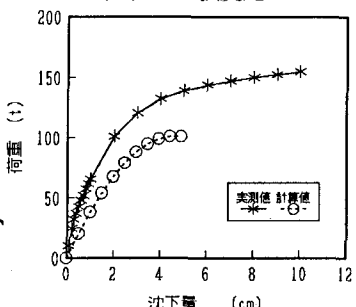
解析に用いた載荷試験データは、北海道内で摩擦杭として設計された8杭、および過去の文献に示された7杭のデータである。表-1にこれらの内、北海道内の杭の諸元を示す。ここでは、まずC1杭について解析する。実杭の杭頭荷重と沈下量の関係を理論計算により求めるには、対象地盤を多層と



(a) 地盤強度比 $n=1$



(b) 地盤強度比 $n=2$



(c) 地盤強度比 $n=3$

図-1 実測値と計算値との比較

表-1 杭の諸元

整理番号	杭種	杭長 $L(\text{m})$	杭径 $D(\text{m})$	杭周 $U(\text{m})$	杭の断面 積 $A(\text{m}^2)$
C 1	鋼管杭	37.80	0.8	2.81	0.0284
C 2	鋼管杭	27.00	0.6	1.88	0.0178
C 3	鋼管杭	22.00	0.5	1.57	0.0159
C 4	場所打ち杭	32.60	1.2	3.77	1.1310
C 5	場所打ち杭	37.12	1.0	3.14	0.7850
C 6	場所打ち杭	16.00	0.4	1.26	0.1260
C 7	場所打ち杭	10.00	0.4	1.26	0.1260
C 8	場所打ち杭	18.00	1.0	3.14	0.7850

してモデル化して扱う必要がある。しかし、実際の現場において設計段階で各層の地盤定数を決定し、複雑な計算を実施するのは容易でない。そこで、対象地盤を単純な単層地盤と仮定した場合についても検討した。図-4は、多層および単層と仮定した地盤モデル図である。

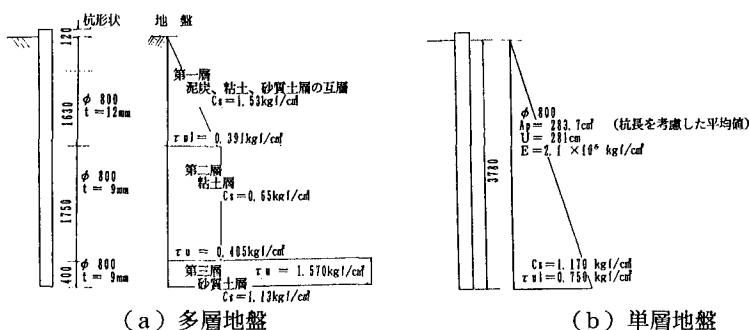


図-4 多層および単層とした地盤モデル図

図-5は、これらの地盤条件より求めた計算値（多層とした場合：計算値1，単層とした場合：計算値2）と実測値を比較したものである。両計算値と実測値は、良く一致していることから、地盤を単層として扱っても多層として求めた計算値と同程度の精度で実測値を表せることが分かる。この結果をもとに、他の14杭について単純な単層を仮定して、理論計算による計算値と実測値を比較した。その結果、各杭とも比較的良好一致が見られたことから、単層とした場合の地盤定数を決定できれば設計段階で杭頭荷重沈下曲線が推定可能であることが判明した。

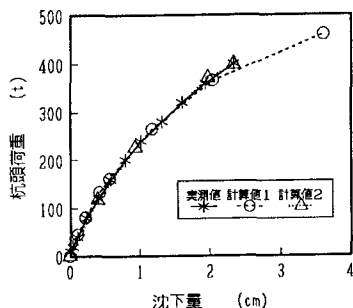


図-5 C1杭の比較

5. 摩擦杭の降伏支持力

摩擦杭の降伏支持力については、村山、柴田³⁾による粘性土のレオロジー特性に関する考察より、荷重沈下量曲線の両対数グラフの折れ点などから求められるとされている。しかし、この方法で降伏支持力を求めるには実杭による鉛直載荷試験を実施しなければならない。

そこで、ここでは実測データにより降伏支持力を求め、この支持力に対応する理論計算によるところの杭周面摩擦抵抗が、その極限值 τ_u を越える深さと杭全長の比 μ_m を求め検討した。図-6に μ_m の概念図を示す。その結果、 μ_m は0.31~0.74と一定値にならないが平均値として0.55を得た。図-7は、 μ_m を安全側に見て $\mu_m=0.5$ とした時の杭頭荷重と、実測による降伏支持力を比較したものである。

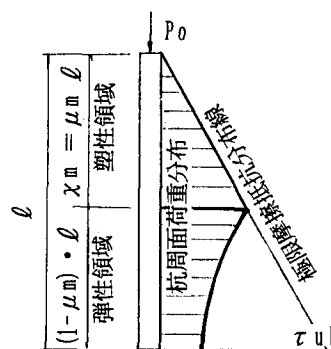


図-6 μ_m の概念図

ひとつの杭を除いて良い相関が見られる。この結果を用いると、摩擦杭の許容支持力の設定がより合理的になると考えられる。なお、大きく外れた杭の原因は、載荷試験での最大荷重が極限荷重に比べて小さいことから、正確な降伏荷重を見出だせなかった事によるものである。

6. あとがき

本報文では、遠心力模型実験結果により摩擦杭の理論式の適用性について検討し、実杭の載荷試験データより摩擦杭の降伏支持力の決定法について考察した。この結果を用いると摩擦杭の軸方向バネ定数、あるいは基礎の沈下量の算定などにも利用できると考えられる。これらについては、現在検討中である。

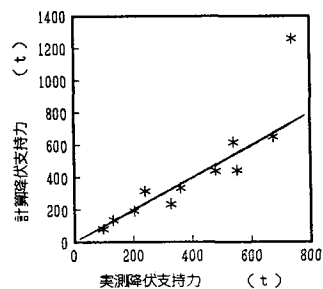


図-7 降伏支持力の比較

参考文献：1) 日下部、能登、中橋、遠心装置による摩擦杭の鉛直支持機構に関する研究（第4報）；第26回土質工学会研究発表会（1991）

2) 佐藤浩；杭基礎の支持力機構（I~IV）；土木技術Vol.120, No.1~5,（1965）

3) 村山、柴田；粘土中の摩擦クイの支持力とその新測定法；土木学会論文集No.59,（1958）