

III-68 岩盤上の杭基礎の鉛直支持力に関する実験

建設省土木研究所 正会員 中谷 昌一
 阪神高速道路公団 正会員 大志万和也*
 建設省土木研究所 森 浩樹
 飛島建設（株） 北村 敬司**

1. はじめに

近年の道路整備の向上に伴い、丘陵地や山岳地に道路が建設される機会が多くなってきた。このような地域の橋梁に杭基礎を設ける場合、支持層は岩盤になることが多い。ところが、岩盤を支持層とする杭基礎の支持力機構についての研究はほとんどなされておらず、道路橋示方書Ⅳ下部構造編においても岩盤を支持層とする杭基礎の支持力についての明確な規定はない。以上のように、岩盤上の杭基礎の支持力算定法確立の必要性が高まってきた。

2. 実験目的

基礎研究室では過去2年間にわたり、軟岩に見立てたソイルセメント地盤に杭を打ち込み、鉛直載荷試験を行っており以下に示すことが明らかになった。

- ① 杭の降伏支持力は、 $\log P$ （荷重） $\sim \log S$ （沈下量）曲線において明瞭に現れる第1折点により求める事ができる。
- ② ①により求めた降伏支持力に達した後は進行性破壊の様相を呈しており、 $\log P \sim \log S$ 曲線は沈下軸と平行にならず極限支持力は明確でない。
- ③ 杭の降伏支持力は、岩盤の一軸圧縮強度並びに杭の先端面積との関連性が強い。

本実験も軟岩を対象としソイルセメントにより模型地盤を作成し、径のより大きな杭を打ち込み鉛直載荷試験を行うことにより、杭の支持力に関与する主たる要因を把握し支持力算定式を提案することを目的としている。

また、構造上の弱点として岩盤には層理面、節理面が少なからず存在することから、このような弱面を模した不連続面を有する岩盤も作成し、不連続面が支持力に及ぼす影響ならびに応力の伝達機構を調べることにした。

3. 実験方法

模型地盤は、土木研究所内大型実験土槽（幅7.0m 長さ8.5m 深さ4.0m）において作成した。地盤は2層系とし、下層は軟岩を模したソイルセメント地盤（厚さ2.2m）であり、上層は砂質地盤（厚さ1.8m）である。表-1に示す通り地盤は、一軸圧縮強度の大きさ、不連続面の有無、不連続面の処理が異なる4種類を作成した。同表には土質試験結果も併せて記載した。ケース1及びケース2は不連続面を有していない岩盤である。不連続面は所定の位置に型枠を組立てて打ち継目を設けることにより作成した。ソイルセメント打設後翌日脱枠し、ケース3では不連続面を無処理のまま次の層を打設し、ケース4ではカオリンとタービン油を1:1の割合で混合したものを数mm程度の厚みで表面に塗った後次の層を打設した。なお、不連続面の角度は60°、間隔は20cmとした。

模型杭は一般構造用鋼管を用い、その諸元は表-2に示す通りである。各杭の支持層への打ち込み深さは1D（D：杭の外径）とし、打ち込みはモンケン（ラム重1.5ton、落下高50～70cm）で行った。

表-1 土質試験結果と地盤状況

ケース		1	2	3	4
項 目					
セメント砂比 (%)		7	9	9	
含 水 比 (%)		18.1	18.7	16.4	
一軸圧縮強度 (tf/m ²)		169.5	267.4	299.0	
弾性係数 (kgf/cm ²)		16900	25000	31500	
ポアソン比		0.20	0.16	0.12	
V _P (m/sec)		1760	2140	2430	
地盤 状 況	不連続面の 有無	無	無	有	有
	不連続面の 処理	—	—	無処理	粘土 処理

* 元基礎研究室室長 ** 元土木研究所受け入れ研究員

4. 実験結果

図-1はモールドゲージにより測定した岩盤内の主応力分布である。荷重は両ケースとも降伏支持力近傍の値である。ケース1は不連続面のない岩盤であり、等方均質と考えられる岩盤においては応力は杭芯を中心にほぼ放射状に伝達されることがわかる。また、杭の鉛直下方に大きく応力が現れており、杭の支持力及び沈下特性は主としてこの領域の地盤条件に支配されるものと思われる。ケース4は点線で示すように不連続面を有する岩盤であり、応力の伝達経路は杭芯より右側では不連続面に対して平行に、左側では不連続面上においてせん断力が伝達されず不連続面に対して垂直になる傾向が見られ、層理面等の不連続面を有する実際の岩盤においてはより複雑な経路をへて伝達されることが予想される。

図-2は両対数にプロットした荷重-変位曲線である。ここに挙げたものはケース1の結果であるが、降伏支持力は直線の第一折点として明瞭に現れた²⁾。降伏支持力に到達後は右上がりになる傾向があり極限支持力が明確でないが、これは土槽による拘束効果の影響も含まれるものと思われる。表-2に第一折点より求めた各杭の降伏支持力を併記した。図-1で示した主応力分布では不連続面の影響がみられたのに対し、降伏支持力では不連続面の有無による差異はみられなかった。これは、不連続面に沿ったせん断変位が土槽底面により拘束されたためと考えられる。

不連続面を有していない岩盤上の杭の降伏支持力を、岩盤の一軸圧縮強度と先端閉塞面積を変数として(1)式で表せるものと仮定する。

$$P_y = 20 q_u^{0.5} \cdot A_p^{0.5} \quad \text{--- (1)}$$

ここに P_y : 降伏支持力 (tf)

q_u : 岩盤の一軸圧縮強度 (tf/m²)

A_p : 杭の先端閉塞面積 (m²)

本年度の実験結果及び過去2年間における実験結果と(1)式による算定値との関係を調べたものが図-4である。降伏支持力を(1)式で表せば、実験値とかなり高い相関性(相関係数0.92)が得られることがわかった。

5. おわりに

本年度は、打ち込み杭についての支持力算定式を提案するとともに、不連続面を有する岩盤での支持力についても調査を行った。この結果、降伏支持力の算定式を提案したが、不連続面を評価することができず今後も検討を行う必要がある。また、岩盤を支持層とする場所打ち杭についても研究を進めていく予定である。

<参考文献>

- 1) 第20回 土質工学研究発表会 発表講演集
- 2) 土質工学会 クイの鉛直載荷試験基準・同解説

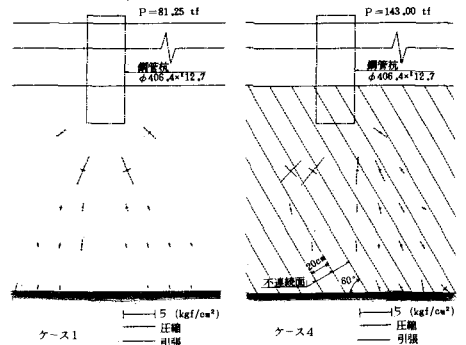


図-1 地盤内主応力

表-2 杭の諸元と降伏支持力

ケース	杭径 (mm)	厚さ (mm)	降伏支持力 (tf)
1	318.5	10.3	71
	318.5	10.3	76
	406.4	12.7	72
	406.4	12.7	85
2	318.5	10.3	95
	318.5	10.3	86
	406.4	12.7	122
	406.4	12.7	96
3	318.5	10.3	115
	318.5	10.3	122
	406.4	12.7	135
	406.4	12.7	178
4	318.5	10.3	123
	318.5	10.3	124
	406.4	12.7	140
	406.4	12.7	130

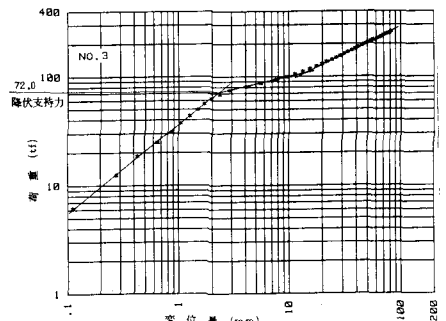


図-2 荷重-変位曲線

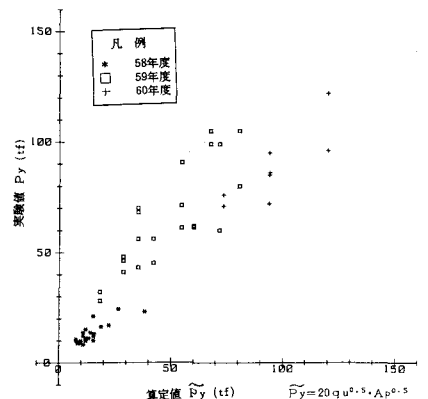


図-3 降伏支持力の実験値と重回帰式による算定値