

III-9 岩盤上の杭基礎の鉛直支持力に関する検討

建 土 研 森 浩樹
 建 土 研 岡原美知夫
 建 土 研 正会員 中谷 昌一
 飛鳥建設(株) 津川 優司*

1 まえがき

道路整備の向上に伴い、山岳地などのような地域の橋梁に杭基礎を設ける場合、その支持地盤は岩盤となることが多いが、道路橋示方書Ⅳ下部構造編においては岩盤を支持層とした杭の鉛直支持力についての明確な規定はない。そこで、岩盤上の杭の支持力算定法確立のため行ってきた一連の実験を元に支持力算定を行ったのでここに報告する。

2 目的

過去数年間にわたり、当研究室では均質な岩盤と不連続面を有する岩盤をソイルセメントによりモデル化し、支持地盤に1D（D：杭径）打ち込んだ後鉛直載荷試験を行ってきた¹⁾。その結果、杭の降伏支持力は岩盤の一軸圧縮強度ならびに杭の先端面積との関連性が強いということが明らかとなり、ある程度信頼性のある推定式(1)式を得ることができた。しかし、現段階では適用範囲が狭く、より実用的な推定式とするために今回は岩盤への根入れ比が1より小さい場合および杭先端の閉塞効果が期待できない場合（例えば、中掘り工法で先端打ち込みの場合などで根入れ比が小さく閉塞効果が期待できない場合）の支持力を把握することを目的とした実験および解析を行った。

$$P_y = A_1 \cdot X^{A_2} \cdot Y^{A_3} \cdot Z^{A_4} \cdot q_{uo} \cdot A_{po} \dots (1)$$

P_y :降伏支持力

基準値 $q_{uo}=50.0 \text{ t/m}^2$

$X: q_u / q_{uo}$ (岩盤の一軸圧縮強度／基準の一軸圧縮強度)

$A_{po}=0.01026 \text{ m}^2$

$Y: A_t / A_{to}$ (杭の純断面積／基準の純断面積)

$A_{to}=0.00155 \text{ m}^2$

$Z: A_i / A_{io}$ (杭の先端閉塞面積／基準の先端閉塞面積)

$A_{io}=0.00871 \text{ m}^2$

3 実験方法

実験は、実験土槽（幅7.0m、長さ8.5m、深さ4.0m）にソイルセメントにより軟岩を模した実験地盤を作成し、自走式小型杭打機により模型杭（一般構造用鋼管STK41）を落下高さ50~70cmの自由落下方式で支持層に打設した。今回の地盤はすべて均質であり、地盤強度は、一軸圧縮強度が20~45kg/cm²程度で、また、杭径をより実杭に近づけるため最大杭径φ600mmのものを使用した。支持層への根入れ長は1D、0.5Dの2種類とした。また、表-1に各ケースにおける実験諸元を示す。地盤内応力の伝達経路を調べるため地盤作成時所定の位置に3方向モーロドゲージを埋め込み地盤内応力の測定を行った。

表-1 実験ケースおよび結果

4 実験結果

杭打設後と載荷試験後の管内土の高低差を調べ杭先端の閉塞の有無を判定した。

図-1は、実験で得られた地盤内の主応力分布を示したもので、図中の(a)は今回の実験結果で杭先端が閉塞していない場合、(b)は前回の結果で杭先端が閉塞している場合を示す。

	一軸圧縮強度 (kg/cm ²)	弾性係数 E50 (kg/cm ²)	ポアソン比	杭 径 (mm)	肉 厚 (mm)	降伏支持力 (ton)	閉塞状態	根入れ長 (D:杭径)
1	155.0	3.49E4	0.165	600.0	14.0	49.0	無し	1.0
				600.0	14.0	39.0		0.5
				508.0	12.7	36.0		1.0
				406.4	12.7	17.0		0.5
				406.4	12.7	24.0		1.0
				318.5	10.3	25.0	有り	1.0
				318.5	10.3	70.0		1.0
				318.5	10.3	63.0		1.0
				318.5	10.3	44.0		0.5
				508.0	12.7	52.0		1.0
2	290.1	4.56E4	0.153	406.4	12.7	29.0	無し	0.5
				406.4	12.7	50.0		1.0
				318.5	10.3	16.0		0.5
				508.0	12.7	56.0	有り	1.0
				406.4	12.7	27.0		0.5
				406.4	12.7	58.0		1.0
3	326.9	6.11E4	0.112	318.5	10.3	29.0	無し	0.5
				318.5	10.3	80.0		1.0
				318.5	10.3	63.0		0.5
				508.0	12.7	56.0	有り	1.0
				406.4	12.7	27.0		0.5
				406.4	12.7	58.0		1.0

* 元基礎研究室部外研究員

注1) 地盤定数は杭先端部の平均値

ここで、(a)と(b)は、地盤強度のばらつき杭径の違い等により一概に比較は難しいが、主応力方向等により定性的な面から比較すると杭先端が閉塞していない場合、荷重は杭の純断面積より地盤内に伝達される傾向がみられ、杭先端において局部的に破壊が進行する可能性がある。

図-2は、これまで行ってきた実験結果(根入れ長1D、杭先端閉塞)に今回行った実験結果を加え推定式(1)式により得られた計算値および実測値の相関を表したものである。閉塞した杭については、(1)により降伏支持力が推定できる。ただし、根入れ長を0.5Dと短くすると、降伏支持力は低下しており、また、閉塞が期待できない杭については大きく降伏支持力が低下しており、(1)式により推定すること是不適切である。

(1)式による降伏支持力を基準とし、どの程度降伏支持力が低下するかを表-2にまとめた。表より杭先端が閉塞している杭で、支持地盤への根入れ長が0.5Dのとき降伏支持力の低下率は60%程度となる。また、杭先端の閉塞が期待できず根入れ長が1Dおよび0.5Dでは降伏支持力の低下率がそれぞれ30%、20%程度に減少している。

図-3は、縦軸に降伏支持力、横軸杭先端全面積をとりこれまで行われた結果のなかで一軸圧縮強度が16~20kg/cm²に着目し杭先端の閉塞状態および支持地盤への根入れ長の違いによる降伏支持力の低下を示したものである。図より支持地盤への根入れ長より杭先端の閉塞効果の有無による方が支持力に大きく影響することがわかる。

以上のことより岩盤上の杭の降伏支持力は、杭先端の閉塞効果が期待できる場合推定式(1)式によりある程度の降伏支持力は得られるが、閉塞効果が期待できない場合および支持地盤への根入れ比を1以下とした場合何割りかの低減をする必要がある。

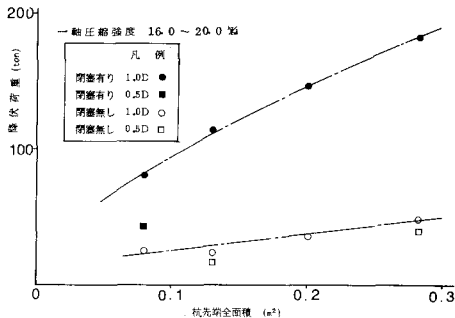


図-3

5 おわりに

今回、杭先端の閉塞効果および根入れ効果についてある程度の結果が得られた。今後は、本推定式をより信頼性のあるものとするためアンケート結果および実験結果を基にそれらの解析を行うものである。

〔参考文献〕1) 岩盤上の杭基礎の鉛直支持力に関する実験、第41回年次講演会(土木学会)

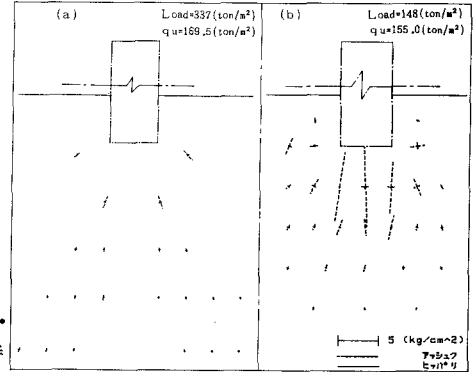


図-1 地盤内主応力図

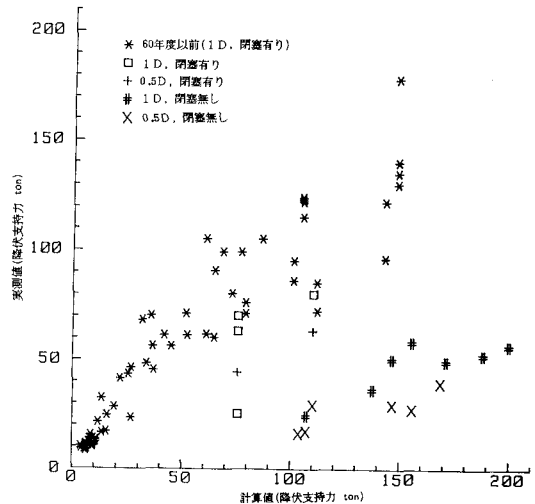


図-2 計算値(降伏支持力)～実測値(降伏支持力)

表-2 閉塞および根入れ効果が降伏支持力に及ぼす影響

杭 径	一軸圧縮強度 (kg/cm ²)	閉塞有り 1.0D		閉塞有り 0.5D		閉塞無し 1.0D		閉塞無し 0.5D	
		降伏荷重	低下率	降伏荷重	低下率	降伏荷重	低下率	降伏荷重	低下率
φ318.5	16.0~20.0	85.0	—	44.0	0.51 (0.54)	25.0	0.29 (0.31)		
	27.0~33.0	107.0 (105.1)	—	69.0 (0.66)				22.0 (0.22)	0.21 (0.22)
φ406.4	16.0~20.0	79.0 (114.9)	—			24.0 (0.21)	0.30 (0.21)	17.0 (0.15)	0.22 (0.15)
	27.0~33.0	134.0 (148.3)	—			54.0 (0.36)	0.40 (0.36)	28.0 (0.19)	0.21 (0.19)
φ508.0	18.0	(147.1)	—			36.0 (0.24)			
	30.0	(189.9)	—			54.0 (0.28)			
φ800.0	18.0	(183.1)	—			49.0 (0.27)		39.0 (0.21)	
	30.0	(236.3)	—						
平均					(0.60)		(0.28)		(0.19)

注1) 低下率 = [実測による降伏支持力 / (1)式による降伏支持力] × 100 (%)

注2) ()内は、推定式により求めた降伏支持力