

III-400 杭基礎の大変形時の設計法に関する研究

首都高速道路公団 正員 飯古道則
 俄建設技術研究所 正員 関 一弘

1. はじめに

近年、道路橋の設計法について、従来の許容応力度設計法から限界状態設計法へ移行するべく、各方面で研究が進められている。道路橋下部構造においても、欧米の基準あるいは下部構造の専門家へのアンケートの結果を基にして、下部構造における限界状態の種類と定義を設定するとともに、限界状態設計法の試案の作成を行っている。基礎の限界状態設計を考える場合、基礎の耐力あるいは大変形時の挙動を明確にし、その設計手法を確立することが重要となるが、これまで基礎の耐力に着目した研究は数少なく、設計手法についても確立されていないのが現状である。

今回、杭基礎に着目し、その降伏後の挙動、耐力、破壊性状等を調べることを目的として群杭(鋼管杭)を水平方向に極限まで押した実験を行った。その詳細な内容については参考文献を参照されたい。本文は、この実験結果より、鋼管杭基礎の大変形時の挙動を解析的に評価するべく種々の計算法で試算を行い、良好な結果を得ることが出来たので報告するものである。

2. 実験の概要および結果、考察

実験は、単杭について鉛直載荷実験および水平方向に極限まで押した水平載荷実験、実物大の群杭について鉛直方向に荷重を載荷した状態で水平方向に極限まで押した偏心載荷実験を行っている。実験に用いた杭の諸言を表-1に、実験モデルを図-1に示す。

項目	内容	概要図
杭 径	$\phi 318.5^{mm}$	
肉 厚	$t 6.9^{mm}$	
杭 長	$l = 15.0^m$	
断 面 積	$A = 101.4cm^2$ (ヤン材含む)	
周 長	$U = 125.0cm$ (ヤン材含む)	
断面二次モーメント	$I = 22320cm^4$ (ヤン材含む)	

表-1 試験杭の諸言

実験の結果として、群杭における荷重-水平変位曲線を図-2に示す。図中には、単杭の水平極限載荷実験の荷重-変位関係において水平荷重を9倍した曲線も併せてプロットしている。両者は、その大きさ、形状ともよく似ており、群杭についても1本の弾性体として評価できる可能性が示唆されている。また、参考文献によれば、群杭における降伏荷重と杭体の応力度、地盤の破壊性状の関係から、鋼管杭基礎の降伏は地盤の塑性化によるものであることが考察されている。

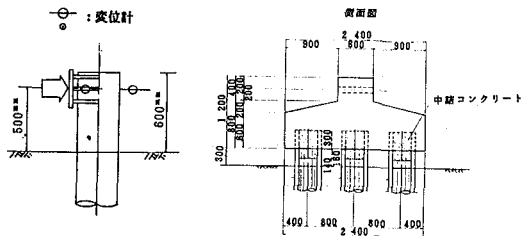


図-1 実験モデル図

3. 杭の大変形時の挙動の評価

実験の結果、単杭の大変形時の挙動から群杭の挙動についても評価できると考え、まず、単杭に対して、地盤の塑性化を考慮してその挙動の評価を行った。

計算は、以下に3種類の方法を用いて行った。

- ① 現行の設計法である林-changの方法でkhのひずみ依存性を考慮(弾性計算)
- ② Bromsの方法(極限地盤反力法)
- ③ 地盤の強度により地盤反力度の上限值を設定し、これを塑性条件として完全塑性モデルを考えた弾塑性

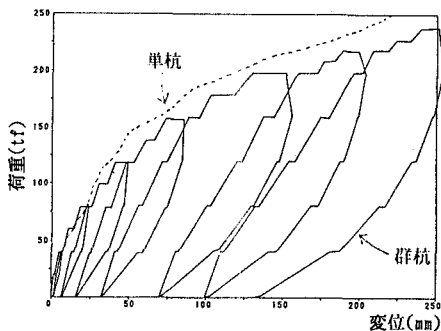


図-2 荷重と杭頭変位の関係

計算法(弾塑性法)

図-3(a), (b)に杭の曲げモーメント分布に関する林-changの方法と実験値の比較を示す。

(a)は杭頭の荷重-変位関係を満足するようにkhを定めたものであり、(b)は最大曲げモーメント部でその関係を満足するようkhを定めたものである。また、表-2に最大曲げモーメントに関してBromsの方法と実験値の比較を、図-4に杭の曲げモーメント分布に関する弾塑性法と実験値の比較を示す。

林-changの方法で各荷重毎の杭の曲げモーメント分布を推定する場合、図-3を見ると、載荷荷重20tf付近までは計算値と実験値の分布、大きさともほぼ合っているが、それ以上の荷重を載荷すると実験値の方が大きくなっている。単杭の降伏判定荷重が17~22.5tfであることから、弾性範囲内では杭の挙動を評価し得るが、降伏以後はその挙動を評価し得ないことがわかる。

Bromsの方法は、極限時の力の釣り合いを考える方法であり、実験地の地盤を砂質土と考えて、内部摩擦角 ϕ は室内試験の結果より 34.4° を用いている。表-1を見ると、載荷荷重が小さい時は計算値の方がやや大きめの値を示すが、基礎の降伏以後、計算値と実験値は近づいていき、最大荷重時では実測値をよく評価できていることがわかる。

弾塑性法においては、地盤を多層地盤と考えて各層に道示IVによる水平方向地盤反力係数を設定するとともに、地盤の塑性化を評価する地盤反力度の上限值はBromsの方法と同一とし受動土圧強度の3倍としている。図-4を見ると、弾塑性法によれば、杭の弾性範囲内、降伏後ともその曲げモーメントの分布、最大値をほぼ評価出来ることがわかる。

更に、群杭についても1本の弾性体モデルとして弾塑性法で杭基礎の荷重-変位関係を評価しており、実験値との比較を図-5に示している。図-5を見た場合、地盤反力度の上限值の設定に更なる検討が必要であると考えられるが、この結果からも、群杭基礎について1本の弾性体として設計できることがわかる。

おわりに

現在、群杭基礎について更に検討を進めており、その結果については、改めて報告したい。

[参考文献] 小笠原ら：杭基礎の耐力に関する研究，構造工学論文集，vol 37A，1991. 3

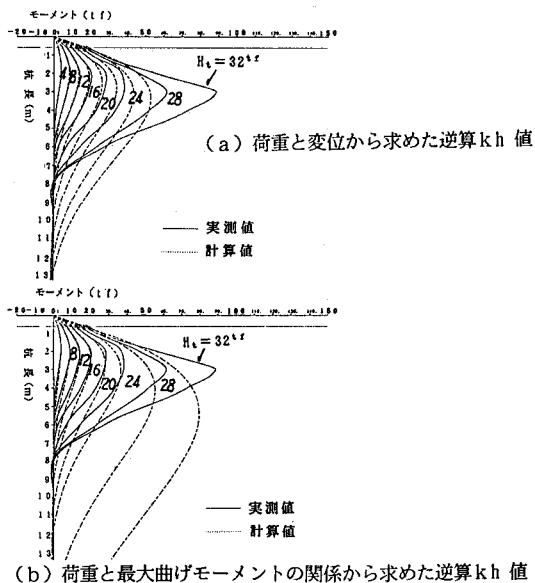


図-3 単杭の曲げモーメント分布の比較 (林-changの方法)

水平荷重 H(tf)	初期変位 δ (cm)	最大曲げモーメント (実験)	Broms(砂質土)		
			塑性深さ f(cm)	Max(f)	計算/実験
2.0	0.142	1.69	0.83	2.10	1.928
4.0	0.448	3.91	1.17	6.12	1.910
6.0	0.857	6.27	1.43	6.73	1.985
8.0	1.536	8.56	1.65	12.83	1.486
10.0	2.000	11.30	1.85	17.33	1.584
12.0	2.813	13.83	2.03	22.21	1.606
14.0	3.842	16.89	2.19	27.43	1.624
16.0	4.478	19.69	2.34	32.59	1.674
18.0	6.232	23.84	2.48	39.78	1.627
20.0	7.830	27.43	2.62	44.86	1.696
22.0	10.787	32.14	2.74	51.25	1.594
24.0	12.753	35.91	2.87	57.86	1.611
26.0	17.431	45.62	2.98	64.71	1.418
28.0	20.294	54.51	3.10	71.79	1.517
30.0	25.449	65.45	3.20	79.09	1.208
32.0	28.700	78.73	3.31	86.60	1.100
34.0	33.534	85.30	3.41	94.32	0.990

表-2 載荷荷重毎の最大曲げモーメントの比較 (Bromsの方法)

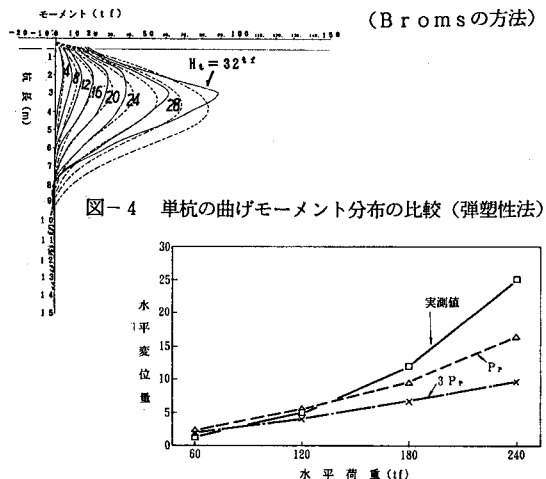


図-4 単杭の曲げモーメント分布の比較(弾塑性法)

図-5 群杭の荷重-水平変位の比較(弾塑性法)