

京都大学防災研究所(正) 柴田 徹

概要 軟弱地盤に打設された群杭基礎では、杭間隔が相互に接近してくると、各杭に作用するネガティブ・フリクション(以下NFと略称)は単杭のそれに比べて小さくなり、いわゆる群杭効果が現われる。この効果を量的に評価する方法には、従来からいくつかの提案があるが、ここでは有効応力の考えに基づいて、以前に報告した筆者らの推定法を用い、それが実際の現象をどの程度うまく説明できるかを述べる。そのために、各種の機関で実施されてきた現場実物試験と、室内模型実験の結果が引用される。

NFの推定法

単杭に作用するNFの機構解明には、 $\alpha = (\sigma_h' / \sigma_v') \tan \phi_a'$ ……記号： σ_h' と σ_v' ；杭周面での水平と鉛直有効応力、 ϕ_a' ；有効応力表示の杭周面摩擦角……で定義したパラメータ α を用いるBjerrum流の考え方がよく知られている。それを群杭に拡張し、力の釣合いなどを考慮してNFの軽減率を求めた¹⁾。要氏は次のようである。

① 隣接する杭の中心間隔を L としたとき、図-1のように水平面内で、対象杭を中心ににおいて取り囲むように $2L \times 2L$ の正方形領域(斜線部)を考へる。そしてこの領域に含まれる杭の換算本数 n を次式から求める。

$$n = \frac{(\text{正方形領域内の杭周長の総和})}{(\text{単杭の周長})} = \frac{S}{\pi D} \quad \dots\dots(1)$$

記号： D ；杭の外径、 S ；図-1に示す9本杭のうちC杭に対しては太線で描いた周長の総和。従ってC杭の換算本数は、 $n=4$ である。同様にして、3本から9本杭までの換算本数を、図-2中に例示した。

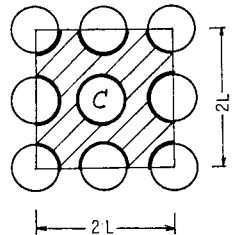


図-1 換算本数 n の求め方

② 単杭に対する群杭の軽減係数 η を、杭に発生するNFの最大軸力の比で定義したとき、 η は次式によって算出できる。

$$\eta = \alpha \frac{S \cdot l_n}{A} = \alpha \frac{(l_n/D)}{\frac{4}{n\pi} \left(\frac{L}{D}\right)^2 - \frac{1}{4}} \quad \dots\dots(2)$$

記号： A ；図-1の斜線部面積、 l_n ；中立点深度。

盛土による地盤沈下の場合：

$$\eta = \frac{1 - \exp(-\chi)}{\chi} \quad \dots\dots(3-a)$$

自然地盤沈下の場合：

$$\eta = 2 \left\{ \frac{1}{\chi} - \frac{1 - \exp(-\chi)}{\chi^2} \right\} \quad \dots\dots(3-b)$$

以上により軽減係数の値は、パラメータ α 、中立点までの杭長と杭径の比(l_n/D)、杭ピッチと杭径の比(L/D)および換算本数 n で定まることになる。

実際には(L/D)=2.5、 α =0.3で代表されることが多いので、これらの値を用いて $\eta \sim (l_n/D) \sim n$ の関係を図-2に示した(盛土による沈下の場合)。

また実地盤では、(l_n/D)>20~30程度となるので、図-2より、群杭のNFは単杭に比較して50%以下に低減されると推定できる。なお式(3-a)と(3-b)による η の比は、実用範囲で0.7程度である。

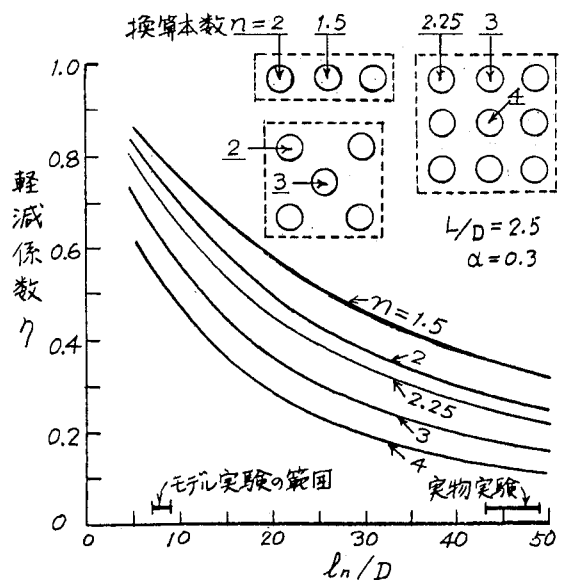


図-2 軽減係数と(l_n/D)の関係

NFの実測値と推定値

これまでに各所で実施された現場実物試験と室内模型実験の結果から、NFの群杭による軽減効果を検討する。現場試験は国鉄武蔵野ヤード²⁾、清水建設研究所構内³⁾(以上東京と周辺)および神戸ポートアイランド⁴⁾での実施例であり、模型実験は京大防災研究所⁵⁾と電力中央研究所⁶⁾で行われたものである。それらは図-3に示すように2本から38本(橋脚基礎)までを対象としており、式(3)の計算に必要なパラメータは表-1にまとめられている。この表中で α^* は模型実験による実測値を意味し、実物試験に対してはすべて $\alpha=0.3$ を仮定して計算した。現場試験はいずれも鋼管杭を使用し、中立点深度は32~35mと類似しているが、東京地盤の沈下量は6~8cm/年であるのに対し、神戸の埋立地盤では約20cm/年となっている。

表-1 試験一覧 →

群杭 本数	杭No. (図-3)	杭径 D (cm)	L/D (L:杭長さ)	l_n/D (l_n :中立点深さ)	α	軽減係数 η		場所
						実測	計算	
2本	1	71.1	2.54	45.1	0.3	0.65~0.71	0.51	清水建設 研究所
5本	2	"	"	"	"	0.43, 0.62	0.42	神戸ポート アイランド
	3	"	"	"	"	0.28	0.30	
	2	81.0	2.62	43.2	"	0.39	0.44	
	3	"	"	"	"	0.34	0.32	
	2	10.2	2.50	7.4	0.22*	0.90	0.79	電力中央 研究所
	3	"	"	"	"	0.75	0.71	
	2	"	4.00	"	"	1.03	0.90	
	3	"	"	"	"	0.95	0.88	
9本	4	6.0	2.50	9.0	0.18*	0.84	0.80	京大防災 研究所
	5	"	"	"	"	0.83	0.73	
	6	"	"	"	"	0.70	0.67	
38本	7	71.1	2.11	49.3	0.3	0.29	0.24	国鉄武蔵野 ヤード
	8	"	"	"	"	0.05, 0.12	0.16	
	9	"	"	"	"	0.05, 0.09	"	
	10	"	"	"	"	0.08, 0.11	"	

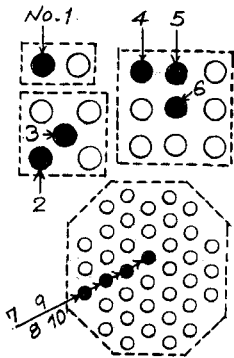


図-3 杭配列と番号

図-4は各杭についての実測 η 値と、式(3)による計算値を比較したものである。図中のプロット点に付した数字は、図-3あるいは表-1中の杭番号に対応させている。図-4をみると、模型と実物杭を含め、実測の η が0.1~1.0の広範囲にわたって、推定値は実際のNF軽減の傾向も、量的にもかなりよく説明し得ることが分かる。

なお前ページ図-2の横軸には、模型実験と実物試験における中立点深さと杭径の比(l_n/D)の範囲を併記しておいた。両者には約6倍の差があり、これが図-4の結果に対して、 η の大きい部分は模型が、 η の小さい部分は実物試験がカバーしたことになっている。

参考文献: 1) 柴田・関口ほか; 第22回土木工学シンポジウム論文集, 1977, p.21. 2) 国鉄・東京オミ工務局; NF工事報告書, 1972~1973. 3) 井上ほか; 清水建設研究所報, 24号, 1975. 4) 荒天ほか; 建築学会学術講演集(関東), 1979. 5) 柴田・関口; 京大防災研究所年報, 23号B-2, 1980, p.41. 6) 西ほか; 電中研報告, No.379014, 1979.

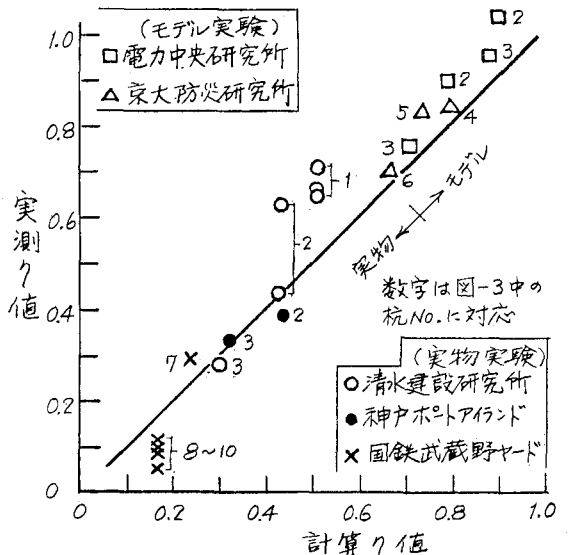


図-4 軽減係数の実測値と推定値の比較