

名城大学理工学部 正会員 堀内 孝 英
 名城大学理工学部 学 生 目加田 直 樹
 名城大学理工学部 学 生 矢 野 孝 裕

1. まえがき

本報告は、前報と同様、土質工学会中部支部名古屋地盤研究委員会において収集した杭の載荷試験資料のうち、特に、埋込み杭について載荷試験結果による実測値と支持力算定式による計算値の長期許容支持力について統計的考察を行い、現行の埋込み杭の支持力算定式の適用性について検討を行ったものである。

2. 載荷試験資料の概要

載荷試験に関する資料は、建設省土木研究所、コンクリートパイル協会および学術雑誌などから収集したもので、これらのうちから降伏荷重や極限荷重が認められるものおよび土質柱状図の

表-1 解析に用いた資料一覧

杭径 (mm)	件数	工 法					先端形状					杭 長 (m)								先 端 N 値				
		N	D	A	P	F	5~	10~	15~	20~	25~	30~	35~	10~	20~	30~	40~	50~						
300	5	5	0	0	3	2	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
350	11	8	3	0	11	0	3	4	1	1	1	0	1	0	3	3	4	1	0	0	0	0	0	
400	5	5	0	0	4	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	
450	6	4	0	2	4	2	1	2	0	0	3	0	0	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	
500	14	6	3	5	4	10	0	4	5	1	2	0	2	0	2	1	5	5	1	0	0	0	0	
600	24	19	1	4	15	9	1	6	11	0	4	1	1	0	2	7	6	3	8	0	0	0	0	
合計	65	47	7	11	41	24	7	21	20	2	10	1	4	1	8	12	15	15	0	0	0	0	0	

(注) N:アールリング D:中掘打撃 A:圧入 P:閉端 F:開端 (○内は粘性土、その他は砂質土又は砂)

ある資料を抽出して、杭径別に施工法、先端形状、杭先端地盤のN値と土質別に件数分布を示したのが表-1である。この表から本解析に用いた資料の状況を大略把握することができる。

3. 実測値 R_t と計算値 R_a との比較検討

図-1は、長期許容支持力の実測値 R_t と計算値 R_a との相関図を示したもので、杭径がパラメータとして描いてある。ここに、杭の載荷試験においては、極限荷重まで載荷された資料は非常に少ないので、ここでは降伏荷重 Q_y の $1/2$ の値をもって長期許容支持力の実測値 R_t とした。また、埋込み杭の支持力算定式による長期許容支持力の計算値 R_a は、建設省告示第1623号の算定式 $R_a = \frac{1}{2} \{ 20 \bar{N} A_p + (\frac{1}{2} \bar{N}_s L_s + \frac{1}{2} \bar{q}_u L_c) \psi \}$ (記号は省略) によるものである。なお、算定にあたっては $\bar{N} \leq 50$ 、 $\bar{N}_s \leq 25$ 、 $\bar{q}_u \leq 10$ とした。また、 $\bar{q}_u$ 値が不明なものに対しては $\bar{q}_u = 1.25 \bar{N}_c$ ($\bar{N}_c \leq 8$) として算定した。この図から、埋込み杭の支持力算定式に基づく長期許容支持力値は、実測値に対し約2倍と $1/2$ 倍の間にばらつくことがわかる。杭の支持力は施工法、地盤、杭径、杭長などの諸条件によって当然変化する。そこで、各杭径について、それぞれ地盤状況、杭の先端形状、施工法などの相違による現行算定式の適応性について検討を行った。

図-2は、杭径別の R_t/R_a の度数分布を示したもので、同図中には平均値 $\bar{x}$ 、標準偏差 σ 、変動係数 V を併記してある。この図から、 R_t/R_a の $\bar{x}$ および V は杭径の小さいものが大きい傾向を示している。杭径を無視した場合の R_t/R_a の平均値は1.0以上を示し、現行算定式は安全側の設計値を与える。

次に、 R_t/R_a を施工法との関係で検討を行った。図-3はプレボーリ

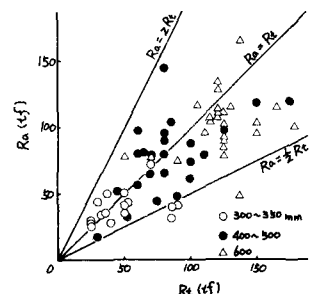
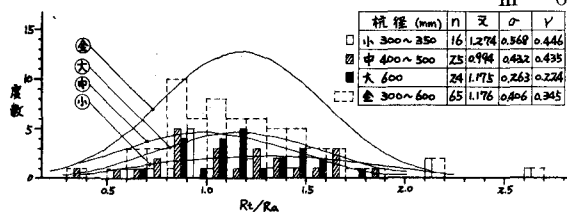
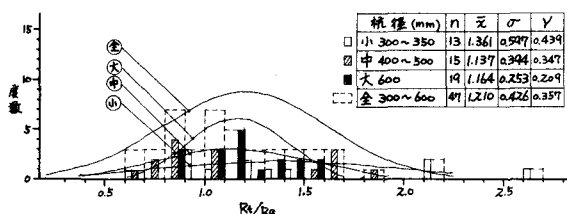


図-1 R_t と R_a の相関図

ング工法について図-2と同様に描いたものである。また、中掘打撃および圧入工法については図を省略し、 $\bar{x}$, σ , γ のみを一括表-2に示した。この図および表から、プレボーリング工法の R_t/R_a の平均値 $\bar{x}$ および変動係数 γ は、杭径の小さいものほど大きい傾向を示している。また、中掘打撃および圧入工法における杭径の相違による傾向は件数が少ないため判断しにくい。しかし、プレボーリングおよび圧入工法は R_t/R_a の平均値が1.0以上であるのに対し、中掘打撃工法は1.0以下である。したがって、現行の算定式は前者に対して安全側、後者に対して危険側の設計値を与える。

図-2 杭径別の R_t/R_a の度数分布図図-3 プレボーリング工法の R_t/R_a の度数分布図表-2 工法別の R_t/R_a の統計値

杭径 (mm)	中掘打撃工法					圧入工法				
	n	範囲	$\bar{x}$	σ	γ	n	範囲	$\bar{x}$	σ	γ
小 300~350	3	0.8~0.9	0.878	0.056	0.062	0	0	0	0	0
中 400~500	3	0.5~1.2	0.862	0.270	0.313	7	0.3~1.4	1.077	0.393	0.365
大 600	1	0.8	0.891	0	0	4	0.9~1.7	1.298	0.312	0.240
300~600	7	0.3~1.2	0.881	0.182	0.207	11	0.3~1.7	1.197	0.380	0.328

表-3 杭先端形状別の R_t/R_a の統計値

杭径 (mm)	閉端					開端				
	n	範囲	$\bar{x}$	σ	γ	n	範囲	$\bar{x}$	σ	γ
小 300~350	14	0.7~2.6	1.334	0.580	0.435	2	0.6~1.0	0.882	0.170	0.200
中 400~500	12	0.7~1.8	1.108	0.405	0.366	13	0.3~1.6	1.042	0.398	0.382
大 600	15	0.6~1.5	1.091	0.240	0.217	9	0.8~1.7	1.130	0.245	0.217
300~600	41	0.6~2.6	1.239	0.419	0.338	24	0.3~1.7	1.067	0.357	0.335

表-4 杭先端地盤のN値別の R_t/R_a の統計値

杭径 (mm)	先端N値30以上					先端N値30未満				
	n	範囲	$\bar{x}$	σ	γ	n	範囲	$\bar{x}$	σ	γ
小 300~350	12	0.6~2.6	1.322	0.633	0.479	4	0.8~1.4	1.128	0.247	0.219
中 400~500	22	0.5~1.8	1.120	0.363	0.315	3	0.3~1.6	1.071	0.539	0.503
大 600	22	0.6~1.7	1.168	0.266	0.228	4	0.8	1.578	0.012	0.008
300~600	56	0.5~2.6	1.174	0.408	0.348	9	0.3~1.6	1.209	0.404	0.334

表-3は、杭の先端形状について、また、表-4は杭の先端地盤のN値と土質との関連について R_t/R_a の $\bar{x}$, σ , γ を杭径別に示したものである。表-3から、閉端杭の R_t/R_a の平均値 $\bar{x}$ および変動係数 γ は、杭径の小さいものほど大きい傾向が認められる。また、閉端杭の場合は、件数が少ない小口径杭をのぞいた平均値 $\bar{x}$ は、杭径の大きいものほど大きく、また、変動係数は逆に杭径の大きいものほど小さい傾向を示している。杭径を無視した場合の閉端および開端杭の R_t/R_a の平均値は共に1.0以上を示し、現行の算定式は両者に安全側の設計値を与える。また、表-4から、杭先端のN値30以下を支持層とする埋込み杭は、件数も少なく信頼性に欠ける。したがって、N値30以上の R_t/R_a の平均値 $\bar{x}$ および変動係数 γ は、杭径の小さいものが大きい傾向を示している。いいかえれば、先端N値30以上を支持層とする埋込み杭は、杭径が小さいものほど現行の算定式は安全側の設計値となるが、ばらつきが大きい点に注目すべきである。

4. まとめ

埋込み杭の載荷試験資料65件について、実測値と計算値の長期許容支持力の比較を行った。その結果、当然のことながら、過去の多くの実績をもとに提案された現行の埋込み杭の支持力算定式の妥当性が定量的に明らかにされた。しかし、杭径、施工法、先端地盤状況などによって実測値を計算値の比率のばらつきの大きいものは、算定式は妥当とはいえない。したがって、個々の支持力決定時には、施工法および地盤条件などを十分に検討する必要があるといえよう。

最後に、貴重なデータの収集ならびに提供に御協力下さった名古屋地盤研究委員会、施工事例および杭関係小委員会の方々に厚く御礼申し上げます。