

180

埋込みグイの許容支持力提案式に対する一試算

(T A I P工法の場合)

(株)武智工務所 \* 吉塚博史 \*\* 細川義隆 \*\*\* 〇大杉富美一

1. 序。 現在クイの施工法は大きく分けて、場所打ちコンクリートグイ工法・打込みグイ工法および埋込みグイ工法の3つに分類される。このうち前の2工法については、最近改訂された日本建築学会の文献<sup>1)</sup>および日本道路協会の文献<sup>2)</sup>その他において支持力計算式が提案されている。しかし埋込みグイ工法に関してはその施工法の種類も多く各施工法によりクイ周面摩擦力 先端支持力とも大きく差が生じる可能性があると考えられ明確な支持力計算式は提示されていず、各施工法別に検討することとされている。このような状態のなかで文献<sup>3,4)</sup>においては、プレボ-リング形式のセメントミルク注入工法に関する計算式が発表されている。これらの文献<sup>3~6)</sup>に共通した点は、本来打込みグイ工法に対するmeyerhofの修正式<sup>7)</sup>である(1)式の係数を変更したものであつて(2)・(3)式に示すごとくである。

$$(1) \quad P_a = \frac{1}{3} \{ 4.0 \bar{N}_s A_p + N_s L_s / 5 + (q_u \text{ or } N_c) L_c / 2 \psi \} \text{ ton}$$

$$(2) \quad P_a = \frac{2}{3} \{ 2.4 \bar{N}_s A_p + (N_s L_s / 5 + N_c L_c) \psi \} \text{ ton}$$

$$(3) \quad P_a = \frac{1}{3} \{ 2.0 \alpha \bar{N}_s A_p + (N_s L_s / 5 + N_c L_c) \psi \} \text{ ton}$$

ここに  $P_a$  : 長期許容支持力、 $\bar{N}$  : クイ先端より下方へ1D~上方へ4D (Dはくいの直径(m))の間の平均N値、 $N_s$  : クイ周の砂質土平均N値、 $N_c$  : クイ周粘性土平均N値、 $L_s$  : 砂質土中のくい長(m)、 $L_c$  : 粘性土中のくい長(m)、 $\psi$  : くいの周長(m)、 $\alpha$  : 先端形状係数(開端グイで0.8、閉端グイで1.0)、 $A_p$  : 先端閉鎖全断面積  $\pi D^2/4$  であり、 $\bar{N}_s \cdot \bar{N}$ における各N値の上限は50とし $\bar{N}_c$ においては4.0とした。(1)式における記号の説明および算定法は他の式と多少異なり詳細は文献<sup>7)</sup>を参照されたい。これらの文献<sup>3)~6)</sup>に示されている工法は、掘削法としてプレボ-リング式・中掘式・ジェット式などの種類があり、また先端処理法は、打撃によるもの・コンクリートブロック打撃・先端コンクリート・グラウトミルク注入・これらの併用によるものなどがある。今回報告するのは、中掘式セメントミルク注入工法であるT A I P工法により施工されたクイに関するものであつて鉛直載荷試験を実施した50件の資料について統計的に考察を加えたものである。

2. 資料内訳。 50件の資料は、地質調査が行なわれ柱状図とクイの高さ関係が明らかなものに限られP.Cグイ35件、鋼管グイ15件である。これらの統計量を表-1~表-4に示した。クイ先端の土質は砂または砂レキで先端5日間の平均N値は30以上のものが大部分であつたこと、全資料の54%にあたる27件が降伏荷重 $P_y$  (t)ま

表-1 先端土質と $\bar{N}$ の関係								表-2 試験法				表-3 試験結果		
土質 \ $\bar{N}$	$10 \leq \bar{N} < 20$	$20 \leq \bar{N} < 30$	$30 \leq \bar{N} < 40$	$40 \leq \bar{N} < 50$	50	計	%	サイクル試験法	単	多	計	%	$P_{max} \geq P_u$	14
砂質土	2	3	7	6	4	22	44	A法	1	42	43	86	$P_{max} \geq P_y$	27
砂レキ	2	6	5	2	8	23	46	B法	0	7	7	14	$P_{max} < P_y$	23
その他	0	0	1	1	3	5	10	合計	1	49	50	100		
合計	4	9	13	9	15	50	100	(%)	2	98	100			

で確認されていること、また最大荷重  $P_{max}$  が極限荷重  $P_u$  またはそれに近いと判定される資料は 14 件 28% であることなどがわかる。またクイ径  $D$  は 0.4 ~ 0.6 (m) のものが 50% であり、クイ長さ  $l$  は、20 ~ 35 (m) 間のものが過半数 (平均クイ長さ: 25.65 m) であつた。なお資料の整理上、文献<sup>8)</sup>と同じくクイの直径を

**表-4 くい長さ $l$ ・くい直径 $D$ 一覧表**

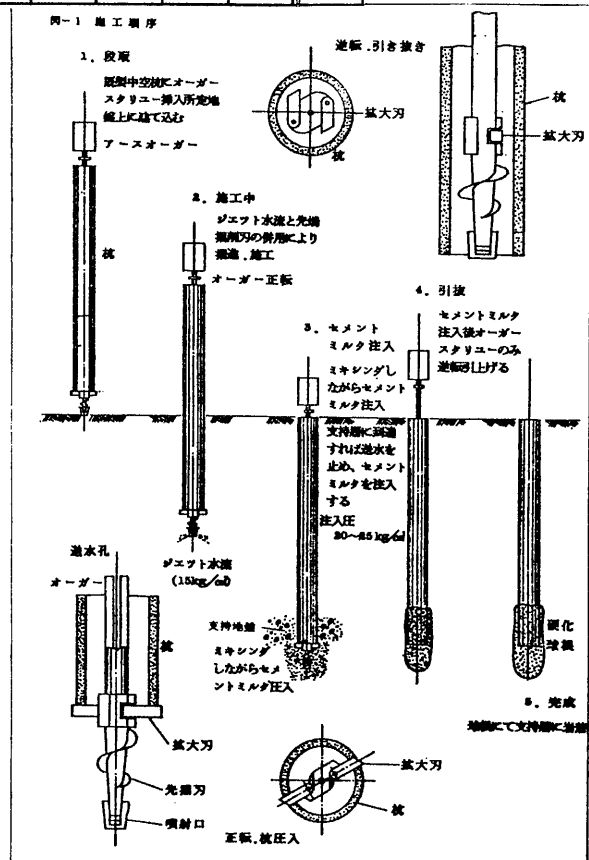
$D$ (m)	$l$ (m)	$l$ (m)								合計	%	平均 $l$ (m)
		$\leq 10$	$\leq 15$	$\leq 20$	$\leq 25$	$\leq 30$	$\leq 35$	$\leq 40$	$> 40$			
小 口 径	$D \leq 0.35$		1							1	2	20.35
	$0.35 < D \leq 0.40$	1	3	3	1	2	1			11	22	
	$0.40 < D \leq 0.45$		1		1	3				5	10	
中 口 径	$0.45 < D \leq 0.50$	2	1	2	3	3	1	1	1	14	28	26.22
	$0.50 < D \leq 0.60$	2	1			1	5		2	11	22	
大 口 径	$0.60 < D \leq 0.70$								2	2	4	35.13
	$0.70 < D \leq 0.80$				1		2			3	6	
	$0.80 < D \leq 1.00$					1				1	2	
	$D > 1.00$				2					2	4	
合計		5	7	5	8	10	9	1	5	50	100	
%		10	14	10	16	20	18	2	10	100	100	

大口径グイ 0.6 m  $< D$ 、中口径 0.45  $< D \leq 0.6$  m および小口径 0.4  $\leq D$  の 3 種類に区分した。

3. 施工法 T A I P 工法の標準的な施工法および施工手順については、図-1 に示す通りである。その特色は、掘削施工時にクイ体をオーガースクリューと同方向へ同時回転させること、掘削した土砂の排出にジェット水流を利用すること、先端処理方法としてセメントミルク (水セメント比 65%) をクイ先端部へ 2 ~ 3 m にわたって掘削後即時注入し球根を作つて根固めを行なうことなどであつて無打撃の中掘り式セメントミルク注入工法である。

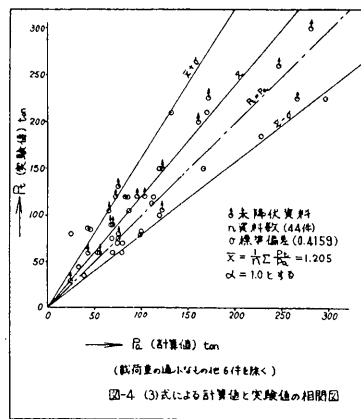
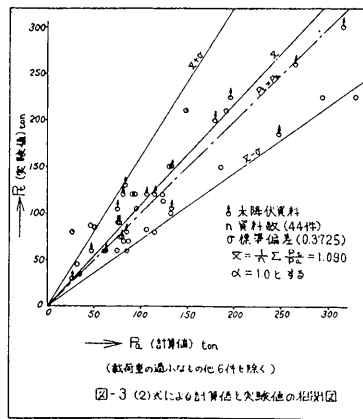
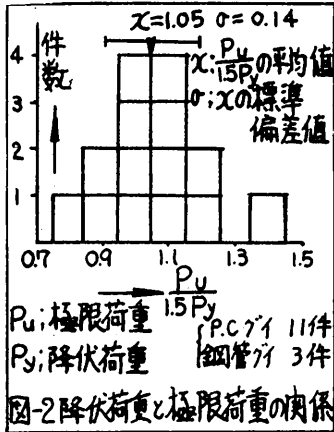
4. 支持力について、本工法における載荷試験においては、クイ体の応力を同時測定した例は少なく、先端支持力および周面摩擦力の評価を独自で行なうまでに至らないため、前述の提案式である (2) および (3) 式への適用性について検討することにした。まず文献<sup>1)</sup>に従つて、降伏荷重  $P_y(t)$  の判定を行ない、荷重~沈下量曲線から極限荷重  $P_u(t)$  に達しているもの

のおよびほぼ  $P(u)$  に近い状態にあるものなどを判定し、これらを表-3 に示した。この結果  $P_y$  に達している資料は、27 件であつた。14 件の  $P_u$  または、それに近い状態まで載荷した資料について、 $P_u$  と  $P_y$  の関係を調べた結果は図-2 のごとくであ



り、大局的にみて  $P_u = 1.5 P_y$  とみなして判断した。したがって、長期許容支持力  $P_t$  としては、極限荷重の生じている資料においては、 $P_t = P_y/2$  または  $P_u/3$  のうち小さい方を、他の資料については  $P_t = P_y/2$  または  $P_{max}/2$  を長期許容支持力と判定することとした。この結果による  $P_t$  と計算値  $P_a$  の比較を行つたのが図-3・図-4である。ただし、末降伏で  $P_{max}/2$  より  $P_t$  を判定したものは をつけてある。これらの図より (2) 式を用いた場合の方が  $P_t$  と  $P_a$  の相関性が良く、本工法によるクイの支持力を比較的良く表現しているものと考えられる。

$x (P_t/P_a)$  の標準偏差値は大きいとその一部は、クイの周長および先端断面積と



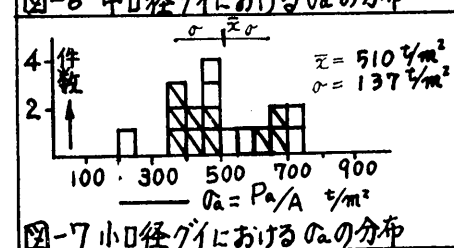
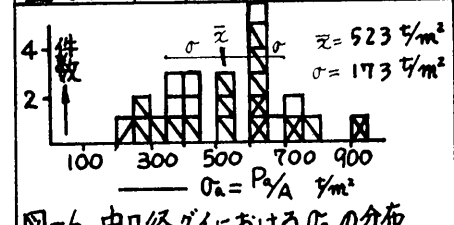
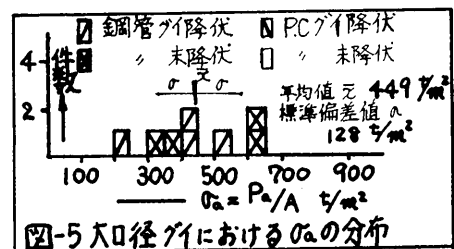
して既製グイ本体の値を採用し、セメントミルクによる

くい周および先端球根部の拡大を無視したことなどがあげられると考える。これらのバラツキのあることを考えるとより安全をみて他工法と同様に (3) 式を用いるのが妥当であると判断した。また打撃工法などとの比較のため文献<sup>9)</sup>に従い、長期許容支持力  $P_t$  を先端断面積  $A_p$  で除した値  $\bar{\sigma}_a$  ( $t/m^2$ ) (長期許容支持力度) の分布および標準偏差値をクイ口径別に図-5~7に示した。また表-5には  $\bar{\sigma}_a$  の平均値を文献<sup>9)</sup>の値を引用しておいた。これらを比較すると本工法グイの中および小口径については、文献<sup>9)</sup>の埋込みグイの値とほぼ同等

であると、大口径については、文献<sup>9)</sup>よりより大きな  $\bar{\sigma}_a$  の値をえていることなどが判る。ただし大口径については、鋼管グイであり、かつ平均クイ長さが文献<sup>9)</sup>より約14m大きいことなどを考慮しなければならない。

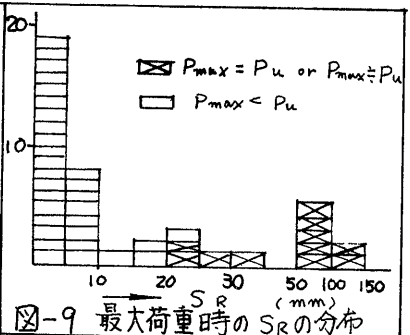
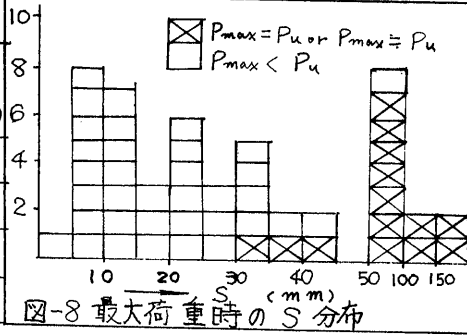
施工法	口径	$\bar{\sigma}_a$ ( $t/m^2$ )	標準偏差値 ( $t/m^2$ )
打込みグイ	中口径	702	168
	小口径	746	236
埋込みグイ	大口径	341	95.4
	中口径	501	152
	小口径	515	142
ピア	大口径 ほみ	251	63.4

5. 沈下量について、極限荷重時および降伏荷重時のクイ頭沈下量  $s$  (mm) ・くい頭部残留沈下量  $s_r$  (mm) について調べた結果を、図-8~10におよび表-6に示した。ただし表-6および図-10においては鋼管ぐいを除き、PCグイのみに限つた。PCグイと鋼管グイでは、その材料の剛性が異なり沈下性状



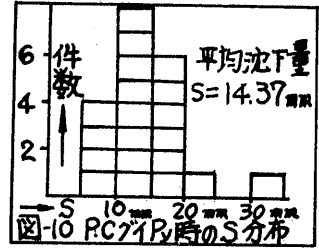
に与える影響も大きいと考えられるためである。また表-6における末降伏の資料

	降伏した資料(平均)	末降伏の資料(平均)
S <sub>0</sub> (mm)	14.37	11.35
S/D(%)	3.08	2.38
S <sub>R</sub> (mm)	4.84	3.59
S <sub>R</sub> /D(%)	1.06	0.76

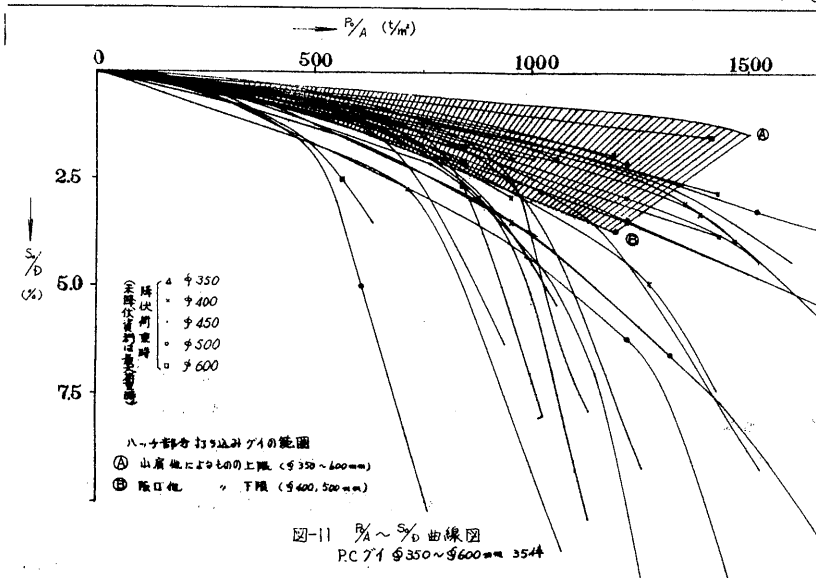


14件は、最大荷重時の沈下量である。これらの結果から極限荷重に達するには、くい頭沈下量で約40mm以上、同残留沈下量で約30mm以上の沈下量を要する

ことがわかる。また図-10より降伏荷重発生時のP.Cグイのくい頭沈下量は、およそ5~25mmの間に分布し平均値は14.37mmであつた。文献<sup>10)</sup>より周面摩擦応力度が最大値を示すのは、砂質土・粘性土とも10~20mmのクイと地盤の相対変位が生じた時との結果を考えあわせると、本工法で降伏荷重の発生しているのは、周面摩擦力が最大値に達した時点であろうと推定される。



また図-11には、P.Cグイ中・小口径35件について荷重度P/A (t/m<sup>2</sup>)~沈下度S/D (%) 曲線図を示し打込みグイとの比較を行なつた。図中の④~⑥線の区間は打込みグイの荷重度~沈下度曲線の範囲であつて



文献<sup>8)</sup>および文献<sup>10)</sup>の両者より求めたものである。この図より打込グイに比べて沈下剛性の低下は、P/A = 500 t/m<sup>2</sup>以下では小さいが1000 t/m<sup>2</sup>になると著るしいことがわかる。一般に中・小口径のP.Cグイにおける設計荷重度は、500 t/m<sup>2</sup>

以下であると考えられるため、沈下剛性自体の低下はそれほど大きな影響はないと考えられる。\*\*\* (謝辞) 本文のまとめに関し、関西大学山肩邦男教授に御指導いただきましたことを、筆末ながら深謝の意を表します。

参考文献 1) 建築基礎構造設計規準・同解説 2) 道路橋下部構造設計指針・同解説(くい基礎の設計篇) 3) 場所打ちコンクリートグイおよび埋込みグイの許容支持力計算式(第9回 土質工学研究発表会・山肩他), 4) 各種施工法によるグイの許容支持力(土と基礎, 1975, N0876・山肩他) 5) セメントミルク工法における既製コンクリートぐいの支持力算定式の試算(日本建築学会大会号 S50年3月飯野他), 6) セメントミルク注入工法によるPC埋込みグイの支持力(日本建築学会 大会号 S50年10月相模橋他) 7) 建築鋼グイ, 基礎設計規準・同解説, 8, 9) 無音無振動工法による既製コンクリートグイの載荷試験結果に関する統計的考察(その1, 2)(土と基礎1972・山肩他), 10) 埋込みグイの鉛直支持力について(基礎工1976年10月版口) \*常務取締役技術部長 \*\*\* 大阪本社技術3部 \*\*\* 東京支社技術3部