

異型ぐいの支持力に関する研究(その1)

— くい先端砂質土地盤の載荷試験結果について —

正会員 高橋 武雄\*

同 向井 貢\*\*

1. 序

くいは一般的に支持ぐいと摩擦ぐいと言う名称で分けられているが、この分類も明確なものでなく、くい先端位置に支持層がある場合に支持ぐいと称し、そうでない場合を摩擦ぐいと称している。又、形状及び材質によって種々の分類がなされている。この中で異型ぐいとは、一般的に摩擦ぐいと呼ばれており、節がついているくいのことであって、1925年に実用化に供されて以来、約50年にわたる歴史をもつものである。この半世紀の間に、形状・材質・施工方法等にわたり、当初のものにくらべてみるとかなり変化してきている。現在、使用されている異型ぐいには、かなりの種類があるが、これらを主要部分(本体)の形状・製造方法及び圧縮強度を中心として大別すると表-1の様に分けられる。

表-1 異型ぐいの種類

No	本体形状	製造方法	コンクリート圧縮強度 (出荷時 kg/cm <sup>2</sup> )	くい長 (m)	プレストレス	
					有	無
①	円筒形	遠心力成型	400~820	4~12	○	○
②	三角形	振動詰	400	3~12	-	○
③	六角形	振動詰	400	3~12	-	○

いずれの型式であっても、くい長は12M以下であり、通常、つぎぐいとしては用いられていない。又、くい長が短いことからくいの先端も一般的に言われている支持層には到達せず、例外的にくい先端が支持層に近いものもみうけられる。

今回の検討に用いたくいは表-1中に示される①のタイプのものであって、図-1にその形状を示す。

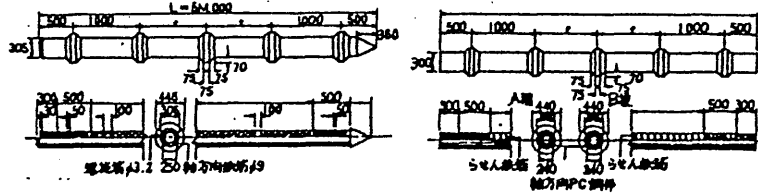


図-1 くいの形状

異型ぐいの施工方法には、打込み工法と、無振動で行う埋込み工法があり、それぞれ図-2、図-3の様な方法で行なわれ、同図に示した仕上りとなる。

本研究はこの様にして施工された異型ぐいの支持機構及び耐力について検討するもので、本報では既往の載荷試験

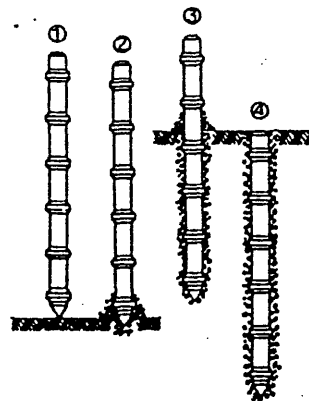


図-2 打込み工法

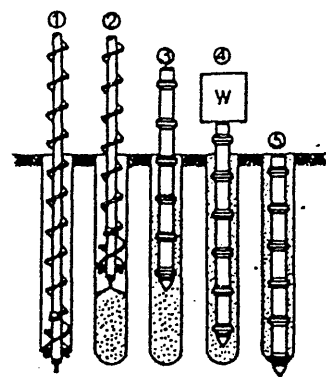


図-3 埋込み工法

\*東北工業大学名誉教授, 工学博士 \*\* 関武智工務所

結果とくいの耐力算定式の関係について報告する。

2. 鉛直載荷試験の一覧表

東北地方において実施した、鉛直載荷試験170件のうち、くいの先端が砂もしくは、砂礫層に貫入している資料で、かつ、降伏値もしくは、極限值があらわれていて、くいの支持力の判定ができるものを資料として用いた。これらを表-2, 表-3に示す。又、図-6に鉛直載荷試験の一般的な架構図を示す。

表-2 打込み工法一覧表

工 事 名	構造・規模	くいの長 (m)	試験法		長期許容 支持力 (計算値) Pac(ton)	最 大 載 荷 重 (ton)	降伏荷重の判定					極 限 荷 重 Pu(ton)	長期許容 支持力 (実測値) Pa(ton)
			法	サイ クル			log P ~ log S	S ~ log t	ΔS: Δlog t ~ P	S ~ P	判定値 Py(ton)		
1 青森県五所川原町住宅	RC-4F	8	A	多	10	90	66	60~70	60~70	60~70	66	90以上	30以上
2 青森市中学校	RC-2F1部3F	6	A	多	20	98	60	60~70	60	60	60	98	30
3 山形県白鷹町小学校	RC-2F	8	A	多	25	98	50	50~70	56	50~60	50	98	25
4 南陽市庁舎	S-4F	8	A	単	24	80	56	50~60	57.2	53.3	56	80	26.7
5 山辺町体育館	RC1部SRC-3F	8	A	多	25	100	76	80~90	72	80~100	76	100	33.3
6 宮城県中田町小学校	RC-3F	12	A	多	20	80	65	60付近	68	60~70	65	80	26.7
7 〃 〃 〃	RC-3F	12	A	多	20	80	60	60付近	67	60~70	60	80	26.7
8 〃 〃 〃	RC-2F	6	A	多	15	100	80	80	未	80	80	100以上	33.3以上

表-3 埋込み工法一覧表

工 事 名	構造・規模	くいの長 (m)	試験法		長期許容 支持力 (計算値) Pac(ton)	最 大 載 荷 重 (ton)	降伏荷重の判定					極 限 荷 重 Pu(ton)	長期許容 支持力 (実測値) Pa(ton)
			法	サイ クル			log P ~ log S	S ~ log t	ΔS: Δlog t ~ P	S ~ P	判定値 Py(ton)		
1 青森県青森市Kビル	S-5F	6	A	多	20	72	48	50	48	50	48	72	24
2 〃 〃 Aビル	S-2F	6	A	多	20	100	75	70~80	70~80	80	75	100	33.3
3 〃 〃 Tビル	S-4F	7	A	多	15	74	42	40~50	42	40	42	74以上	24
4 〃 〃 中学校	RC-2F1部3F	6	A	多	20	112	88	90~100	88	88	88	112	37.3
5 〃 〃 小学校	RC-4F	7	A	多	25	140	86	90~100	88	80~90	86	140以上	38.7
6 秋田県本荘市Y銀行	RC-3F	10	A	多	20	60	44	40~50	50	不明	44	60以上	20以上
7 〃 〃 ニッ井町A医院	RC-3F	8	A	多	25	80	60	60	60	60~70	60	80	26.7
8 〃 〃 秋田市共同住宅	壁式RC-3F	11	A	多	15	102	84	84付近	90付近	84付近	84	102以上	34以上
9 〃 〃 中学校	S-平屋	5	A	多	20	80	63	70付近	70	70付近	63	80以上	26.7以上
10 山形県酒田市共同住宅	RC-5F	5	A	多	20	80	63~65	70	67	70~80	63	80以上	26.7以上
11 〃 〃 O医院	S-2F	5	A	多	15	80	65	70~80	69	未	65	80	26.7
12 宮城県名取市共同住宅	RC-平屋	6	A	多	20	80	64	80	60~70	60~70	64	80以上	26.7以上
13 〃 〃 南郷町小学校	S-平屋	10	A	多	8	40	30	30	34	30~40	30	40以上	13.3以上
14 〃 〃 石巻市I宿舍	壁式-2F	7	A	多	20	90	60	60~70	60~70	60	60	90	30
15 〃 〃 福祉センター	RC-4F	8	A	多	20	97	80	80	未	80	80	97	32.3
16 〃 〃 Kビル	RC-5F	8	A	多	20	100	88	90~100	89.3	80~100	88	100	33.3
17 福島県郡山市K医院	RC-4F	8	A	多	30	90	70	70	70	70	70	90	35
18 〃 〃 Fビル	RC-4F	8	A	多	30	100	70	70	76	70	70	100以上	33.3以上
19 〃 〃 K病院	SRC-4F	6	A	多	25	80	60	60	60	60	60	80以上	26.7以上

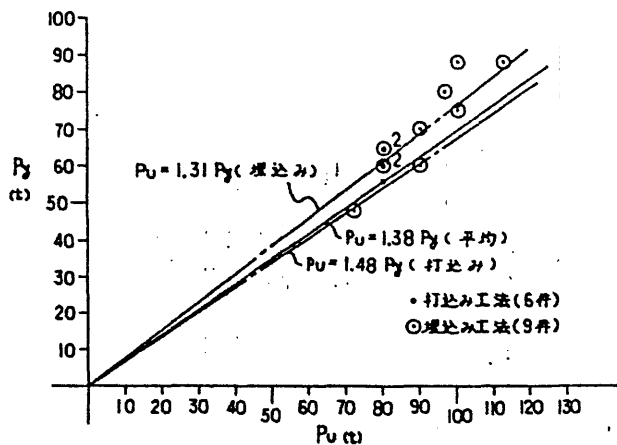


図-4 降伏荷重と極限荷重の関係

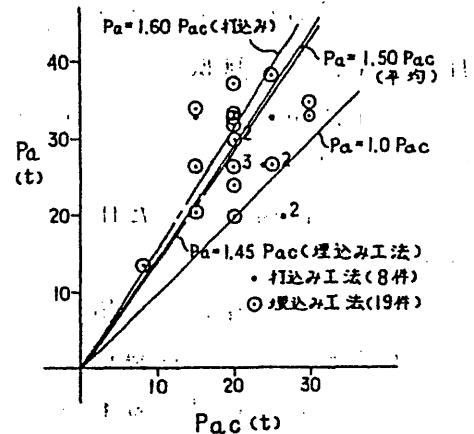


図-5 長期許容支持力の計算値と実測値の関係

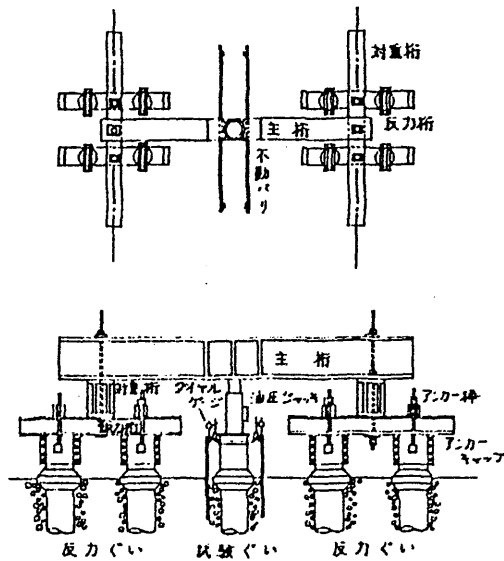


図 6 載荷試験架構図

表 2, 表 3 に示されている中で、降伏荷重及び極限荷重(但し、極限荷重については、一部最大載荷重を記入している資料もある)の確認がされている資料について、極限荷重 $P_u$ と降伏荷重 $P_y$ の関係を施工方法別に表わすと図 4 のようになる。

テルツァギの式(注 1)より求めた長期許容支持力の計算値( $P_{ac}$ )と鉛直載荷試験結果から求めた長期許容支持力の実測値( $P_a$ )の関係を図 5 に示す。

これらの図より次の事が指摘できる。

- (1) 平均値でみると $P_u = 1.38 P_y$ になり、打込み工法は、 $P_u = 1.48 P_y$ となる。但し、打込み工法の資料が埋込み工法の資料にくらべ少ない。
- (2) 平均値でみると $P_a = 1.50 P_{ac}$ となり、長期許容支持力の実測値は、計算値に対し 50% 以上大きくなる。

なお、今回の資料は、「クイの鉛直載荷試験基準・同解説」<sup>2)</sup>に示されている A 法多サイクル(一部の資料は単サイクル)により鉛直載荷試験がなされている。

### 3. 打撃試験結果と鉛直載荷試験との比較

打込みぐいの支持力の決定方法としては、建築基礎構造設計規準・同解説(日本建築学会編)に次の 4 つの方法がのっている。i) 載荷試験 ii) 標準貫入試験または静的貫入試験からの算定式 iii) 静力学的支持力算定式 iv) クイ打ち試験による支持力算定式(クイ打ち公式)。打撃試験及び鉛直載荷試験の結果が得られている表 4 に示す資料について、打撃試験による算定式(注 2)より得た支持力 $P_s$ と鉛直載荷試験より得た支持力 $P_a$ の関係を求めると、図 7, 図 8 のようになる。

図 7 は、クイ先端土質が「砂」であり、図 8 は「砂礫」又は「礫混り砂」である。これらの図より次の事が指摘できる。

- (1) 図 7 は、 $P_a$ と $P_s$ がよく一致し、平均でみると $P_a = 1.07 P_s$ の関係になる。
- (2) 図 8 は、ばらつきが大きく、平均でみると $P_a = 0.83 P_s$ となり、打撃試験より得た支持力が大きくなる傾向にある。

$R_a = \frac{1}{2} R_u$   
 $R_u = Q_p + Q_f$   
 $Q_p$  : クイの先端支持力(t)  
 $Q_f$  : クイの側面摩擦力(t)  
 $Q_p = Q \cdot A_p$   
 $Q$  : クイ先端地盤の支持力( $t/m^2$ )  
 $A_p$  : " " 断面積  
 $Q = \alpha \cdot C \cdot N_c + \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q$   
 $\alpha, \beta$  : クイの形状係数  
 $C$  : 地盤の粘着力( $t/m^2$ )  
 $\gamma_1$  : クイ先端から下にある地盤の単位体積重量( $t/m^3$ )  
 $\gamma_2$  : クイ先端から上にある地盤の単位体積重量( $t/m^3$ )  
 $N_c, N_r, N_q$  : 支持力係数(側面摩擦角の函数)  
 $B$  : 基礎底面の最小幅(m)  
 円形の場合は直径(m)  
 $D_f$  : 地表面からクイ先端までの深さ(m)  
 $Q_f = f \cdot l \cdot \phi$   
 $f$  : クイ側面摩擦力( $t/m^2$ )  
 $l$  : クイ長さ(m)  
 $\phi$  : クイの周長

クイ側面摩擦力( $t/m^2$ ):  $f$

土質	クイ側面摩擦力( $t/m^2$ )
粘土	1.2 ± 1
シルト	1.5 ± 1
硬粘土	2.0 ± 1
シルト質粘土	3.0 ± 1
砂質粘土	3.5 ± 1
中位の粘土	4.0 ± 1
砂質シルト	4.5 ± 1
硬い粘土	6.0 ± 1
密なシルト質粘土	7.5 ± 1
シルト質砂	10 ± 4
砂	6.0 ± 2.5
砂と砂利	10.0 ± 5.0
砂利	12.0 ± 5.0

注 1) 長期許容支持力の計算値を求める式  
(テルツァギの式)

何れも資料数が少なく、今後更に多くの資料を用いて検討する必要がある。

表-4 打撃試験結果一覧表

工 事 名	くい長(m)	Pac	ハンマー型式	落下高(m)	貫入量(mm)	Ps	Ps×0.8	Pa	くい先端土質
1 青森県五所川原共同住宅	8	10	MH15	1.5	9	31.0	24.8	30以上	硬混り中砂
2 " 青森市中学校	6	20	モンケン2t	2.5	14	29.4	23.5	30	中～細粒砂
3 山形県白鷹町小学校	8	25	M22	1.4	26.7	26.3		25	細～中砂
4 " 南陽市庁舎	8	24	K25	1.5	21	36.6	29.2	26.7	砂 礫
5 " 山辺町体育館	8	25	KC25	2.0	16	55.5	44.4	33.3	砂礫～硬混り中砂
6 宮城県中山町小学校	12	20	MH25	1.5	42	24.2		26.7	砂
7 " " "	12	20	MH25	1.5	47	22.4		26.7	砂
8 " 柴田町給食センター	6	15	K13	1.6	5	33.2		33.3以上	硬混り粗砂

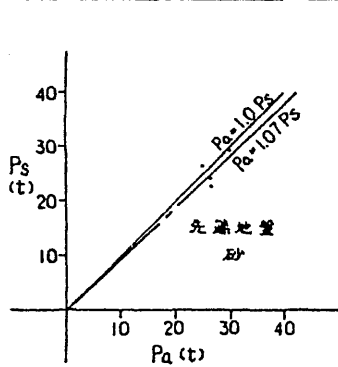


図-7 くい先端地盤砂

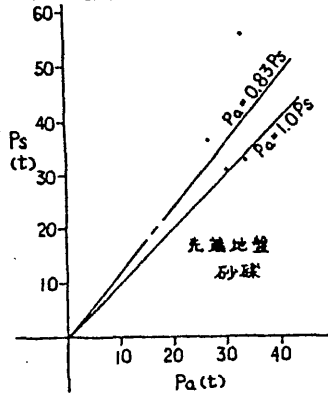


図-8 くい先端地盤砂礫

$$Pa = \frac{F}{5S + 0.1}$$
 記号  
 Pa : くい許容支持力(t)  
 S : くい貫入量(m)  
 F : 打撃エネルギー(t·m)  
 ドロップハンマーの場合  
 $F = W_H H$   
 ディーゼルくいち機の場合  
 $F = 2W_H H$   
 W<sub>H</sub> : 錘の重量(t)  
 H : ハンマーの落下高(m)  
 ネットコ使用の場合は0.8割とする。

長期許容支持力の実測値と打撃試験結果の関係 (注2) 打撃試験による算定式

#### 4. 結 語

異型くいの支持力について、鉛直載荷試験結果と計算による算定式より算定した支持力及び打撃試験結果より算定した支持力との比較を中心に検討して、次の結果を得た。

1. 鉛直載荷試験における降伏荷重に対する極限荷重の比は、打込み工法ぐいで約1.5埋込み工法ぐいで約1.3となり、打込み工法ぐいの方が大きい。
2. 計算による算定式より算定した長期許容支持力に対して、鉛直載荷試験結果より得た長期許容支持力は、約1.5倍となり、その比は打込み工法ぐいの方が大きい。
3. 打撃試験より算定した許容支持力と、鉛直載荷試験より得た長期許容支持力は、くい先端が砂層にある場合はよく一致するが、くい先端が礫層の場合は、前者が大きく出る傾向にある。

今回は、くい先端が砂、もしくは砂礫を対象資料としたが、粘性土についても検討を進めている。又、異型ぐいについては、まだ不明な点が多いため順次実験等を行い、検討を進める予定であり、異型ぐいの支持機構についても今後研究を進める予定である。

本研究に際して多くの御尽力を戴きました、東北工業大学工学部建築学科鈴谷二郎助教授外関係各位に深謝致します。

- 参考文献
- 1) 建築基礎構造設計規準・同解説(日本建築学会編)
  - 2) クイの鉛直載荷試験基準・同解説(土質工学会編)