

III-353 引抜きによる杭周面摩擦力の発現特性 に関する既往試験の事例分析

東京電力 正会員○佐藤 博 正会員 高橋 守男 正会員 鈴木 英世

1. まえがき 杭基礎構造物の引抜きに対する合理的な設計法を確立するためには、引抜き支持機構を解明することが必要である。これまで引抜き耐力を決定するうえで重要な杭周面摩擦力に着目し、数値解析により杭と地盤の剛性の相対的な違いにより杭周面摩擦力の発現特性が異なることを把握した¹⁾。ここでは、さらに既往の引抜き試験結果を分析しこれを裏付ける結果が得られたので以下にその内容を報告する。

2. 検討方法 (1) 検討対象試験

アースアンカーを含む既往引抜き試験

のうち、杭周面摩擦力が明らかなもの、または杭の軸力分布が明らかでこれを用いて摩擦力の算定が可能なものを選定した。検討した試験は表-1に示す鋼管杭14、アースアンカー4の合計18である。

(2) 分析方法

異なる試験の杭周面摩擦力の分布特性を同一形式で比較するため、次式に示す相対杭深度 X 、相対摩擦力 F を定義した。

$$X = x / L, F = f / f_0$$

ここに x : 杭深度 L : 杭長

f : 杭深度 x における杭周面
摩擦力

f_0 : 杭長区間の平均摩擦力

次に、杭の引抜き剛性 K 、これと地盤のせん断弾性係数 G との比 G' を次式により定義し、この G' により、杭と地盤の相対的な剛性の比を表すこととした。

$$K = EA / L, G' = K / G$$

ここに E : 杭の弾性係数 A : 杭の断面積 G : 地盤のせん断弾性係数

地盤のせん断弾性係数 G については、試験により直接求めているものがほとんどであり、ここでは N 値から推定することとした。

3. 検討結果 (1) 杭周面摩擦力の深度分布

表-1の18試験から求められる引抜き最大荷重時の杭周面摩擦力の深度分布を上記の相対杭深度 X 、相対摩擦力 F により表し、これらを杭と地盤の剛性比 G' の大きさにより分類した結果を図-1に示す。

これによると、(a)の剛性比 G' が小さいアースアンカーの場合には、杭頭部で摩擦力が大きくなるもの、杭中間部で大きくなるものがある。地盤の剛性に比べて杭剛性が小さいため、前者では引抜き力が杭深部まで伝達されず、荷重を杭頭部で分担しているためである。また後者では、ここでは示していないが荷重の増加に伴う摩擦力分布の変化を調べると、低荷重段階では杭頭部で摩擦力が大きく、荷重の増加に伴い杭頭部で付着切れが生じ、これが順次深部に伝播していく進行性破壊を示している。

表-1 検討対象試験の概要

種類	数	杭の仕様					施工法	地盤			杭と地盤の剛性比
		杭材	径 (mm)	肉厚 (mm)	長さ (m)	杭剛性 (EA/L) (kgf/cm ²)		地質	N値	せん断 弾性係数 (kgf/cm ²)	
杭	1	鋼管	400	9	3	7.91*10 ⁵	埋込み 工 法	泥 岩	50以上	1200	700
	2	"	508	"	35	8.93*10 ⁴	"	シルト 砂質土	1~2 8~50以上	560	160
	2	"	"	"	12	3.30*10 ⁵	打ち込 工 法	粘性土 砂質土	0~1 10~27	550	600
	4	"	"	"	"	"	埋込み 工 法	"	"	"	"
	2	"	600	-	29.5	1.19*10 ⁵	打ち込 工 法	シルト	1~7	440	270
	1	"	610	13	27.7	2.39*10 ⁵	"	粘性土	0~24	770	310
	1	"	1200	15	25.5	7.97*10 ⁵	"	砂質土	25~50以上	1440	550
	1	"	813	12	9.5	1.03*10 ⁶	"	埋 土 砂質土	2 50以上	550	1900
	ア ン カ ー	1	PC 鋼棒	86	-	定着 2.0	9.18*10 ⁴	-	凝灰岩	-	1500
1		"	"	-	4.0	4.59*10 ⁴	-	"	-	6100	8
1		"	135	-	15.0	2.45*10 ⁴	-	砂質土	-	840	29
1		"	400	-	4.0	6.22*10 ⁵	-	土 丹	-	3300	190

次に(b)の剛性比 G' が中程度の場合には、摩擦力は杭長にわたり一様な分布となる傾向を示している。これは引抜き力がよく伝達され荷重が杭長にわたって均等に分担されているためである。

(c)の剛性比 G' が大きい場合には、上記(a)、(b)に比べて摩擦力は杭頭部と杭端部で大きく、特に杭端部で卓越する傾向を示している。これは地盤の剛性に比べて杭剛性が大きいため、引抜き力が特に杭深部に伝達され、荷重をこの部分で大きく分担するためである。

以上のように杭と地盤の剛性比により杭の引抜き支持機構が異なることを把握した。

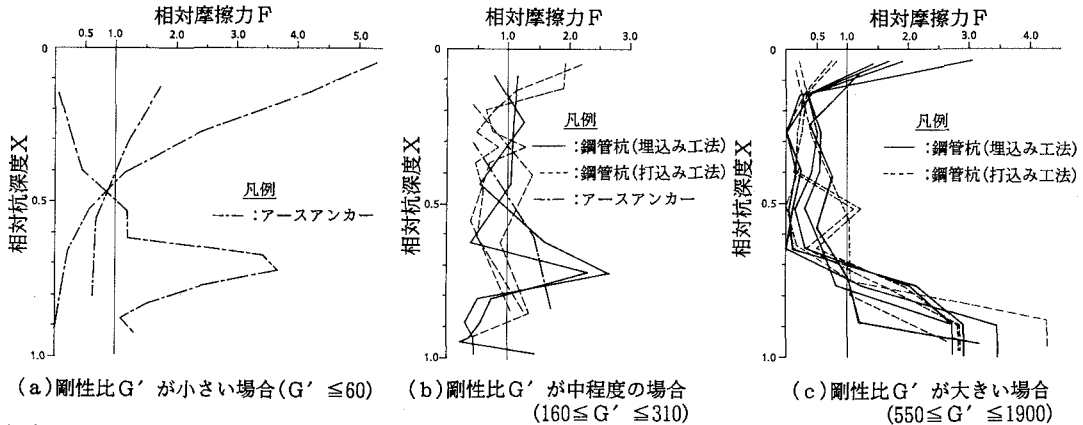


図-1 杭と地盤の剛性比による杭周面摩擦力の深度分布の分類(最大荷重時)

(2) 杭周面摩擦力の大きさ

次に摩擦力の大きさについて地盤のN値により定まる現行基準値と比較して示すと図-2のとおりである。ここでは、剛性比 G' が大きい(c)の場合を杭深度に分けて示してある。

これによると、粘性土では概ね基準値を上回っている。砂質土では摩擦力が十分に発現しにくい杭中間部においても多くは基準値を上回っている。

4. あとがき 今回の事例分析の結果から杭と地盤の剛性の違いにより摩擦力の発現特性が異なることを把握した。このことは同じ付着特性でも剛性比により引抜き耐力が異なることを意味しており、引抜きに対する設計においては、地盤の剛性に応じた杭剛性の選定が重要であることを示唆するものと考えられる。また摩擦力は基準値を上回るものが多いことから、これにより設計の合理化を図れる可能性があるものと考えられる。今後は摩擦力の発現特性のメカニズムについて検討を進める予定である。

(参考文献) 1) 杭の引抜き支持機構に関

する解析と考察、土木学会第47回年次学術講演会、1992

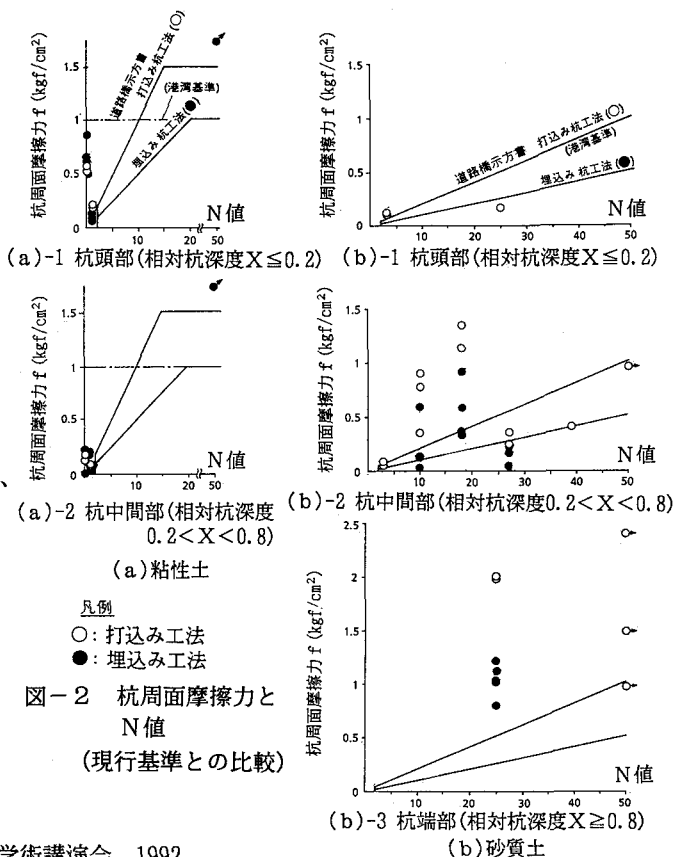


図-2 杭周面摩擦力とN値(現行基準との比較)