

セメント安定処理土に設置された杭の引抜き抵抗について

東洋建設(株) 技術研究所 正会員 三宅達夫
 “ 正会員 ○ 佐藤 毅

1. まえがき

セメント処理土に鋼管杭を打設する際、杭先端から高圧のジェット水を噴射させて地盤を掘削し、その後ジェット水の噴射によってできた処理土地盤と鋼管杭の間の空隙にセメントミルクを充填し、地盤と杭を密着させる工法がある。しかし、処理土地盤にこのような工法で杭を打設した施工例は少なく、セメントミルクによって処理土地盤と杭を密着させた場合の杭の支持力や引抜き力に関する検討はほとんど行われていない。

そこで、本研究では特に杭の引抜き力に着目し、遠心模型による杭の引抜き実験を行い、セメントミルクで密着させた処理土地盤と杭の間の引抜き抵抗について調べた。

2. 実験方法

表-1 遠心模型実験、実験条件一覧

実験で用いた試料は神戸粘土であり、一軸圧縮強さが約 $3.0 \sim 40 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲になるように処理土を作製した¹⁾。試料容器は縦 55 cm ×幅 15 cm ×深さ 40 cm の剛性容器を用い、遠心加速度 $50G$ で行った。表-1に実験条件を示す。なお、模型杭の設置位置及び設置方法は三宅他¹⁾を参照されたい。

実験 番号	杭 径 φ 模型 (cm)	杭 径 φ 実物換算値 (m)	セメント処理土一軸 圧縮強さ (kgf/cm^2)	セメント粉圧縮強さ (kgf/cm^2)
A-1	20	1.0	3.33	186.04
A-2	10	0.5	5.13	99.20
	20	1.0		
A-3	10	0.5	10.03	110.0
	20	1.0		
A-4	10	0.5	13.43	180.29
	20	1.0		
A-5	10	0.5	35.48	128.34
	20	1.0		161.95

杭の引抜きは変位制御で行い、引抜き速度は $0.1 \text{ mm/min} \sim 0.2 \text{ mm/min}$ とした。

3. 実験結果

今回の実験では杭の引抜き荷重を杭の周面積で除した値を杭の引抜き抵抗 (τ_t) とした。また、実験結果はすべて実物換算した値で示している。

図-1に代表例として杭径 $\phi 50 \text{ cm}$ における杭の引抜き抵抗と引抜き変位の関係を示す。図から、改良地盤強度の異なる実験ケースA-2～A-5のどの場合にも、引抜き変位の増加に伴い引抜き抵抗が増加していき、引抜き変位が $1 \sim 5 \text{ cm}$ で引抜き抵抗は最大となっていることが分る。その後、引抜き抵抗は軟化現象により残留値 $(\tau_{r,e})$ に近づくが、この傾向

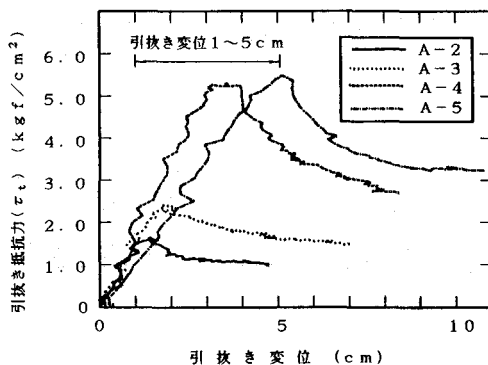


図-1 引抜き抵抗と引抜き変位の関係
 (杭径 $\phi 50 \text{ cm}$)

は杭径 $\phi 100 \text{ cm}$ に関しても同様であった。また、引抜き抵抗力の最大値 $(\tau_{t,max})$ に対する残留値 $(\tau_{r,e})$ の比率 $(\tau_{t,max}/\tau_{r,e})$ を求めると、図-2のようになり杭径 $\phi 50, 100 \text{ cm}$ の場合では処理土の強度が $q_u = 3 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2$ の間では残留値は最大値の約 $1/2$ であることが分る。また、図-3に引抜き抵抗の最大値 $(\tau_{t,max})$ とセメント処理土地盤の一軸圧縮強さの関係を示す。図より、 $q_u = 3 \sim 15 \text{ kgf/cm}^2$ では、処理土の強度が増加するに伴って $\tau_{t,max}$ は増加する傾向にあるものの、図中に一点鎖線で示した $q_u/2$ ラインと比較すると、 $\tau_{t,max}$ は

M i c h i o M I Y A K E , T a k e s h i S A T O H

qu/2の50%~80%程度にとどまっている。これは、硬い粘性土地盤で杭の引抜き抵抗がqu/2よりも小さくなる傾向と類似している。しかし、qu>15 kgf/cm²では処理土の強度の増加に伴う τ_{tmax} の増加傾向は見られず、qu/2に比較して著しく低い値となっている。一方、図-4に示した、実験A-2 (qu=5.33kgf/cm²)の杭径 ϕ 100cmの引抜きによる地盤の変形状態を見ると、杭側面から地表面に向かって亀裂が入っていることが確認できる。このような傾向はその他の場合についても観測された。このことより、杭の引抜きに伴い地表面近くの地盤では引張り力が作用していると考えられる。そこで、処理土の引張り強度 σ_t を求め、図-3の実験結果と比較した(図中の実線)。なお、引張り強度 σ_t は寺師ら²⁾の結果を参考してqu=0~15 kgf/cm²で $\sigma_t=0.15 \cdot qu$ 、qu>15kgf/cm²で $\sigma_t=2.0$ kgf/cm²とした。図より、処理土の引張り強度は実験結果より小さいものの実験結果と良く似た傾向を示しており、杭の引抜き抵抗がセメント処理土の引張り強度に影響されると考えられる。すなわち、改良地盤中の杭の引抜き抵抗は、地表面近くで杭と伴に抜け出すコーン状の土塊に働く引張り力とそれ以下の部分のセメントミルクと改良地盤とのせん断抵抗の総和によって決定されると考えられる。しかし、この点に関しては数値解析等を含めた詳細な検討が必要である。

4. まとめ

今回の実験結果から以下のことが分った。

- 1) 杭径 ϕ 50、100cmの場合引抜き抵抗の残留値はセメント処理土の強度(3~35kgf/cm²)に関係なく最大値の約1/2である。
- 2) 杭の引抜き抵抗はセメント処理土の引張り強度に影響されると考えられる。

参考文献

- 1) 三宅他:「深層混合処理工法によって改良された地盤における杭の引抜き抵抗について」、第27回土質工学研究発表会(投稿中)
- 2) 寺師他:「石灰・セメント系安定処理土の基本的特性に関する研究(第2報)」, 港湾技術研究所報告、1980・3

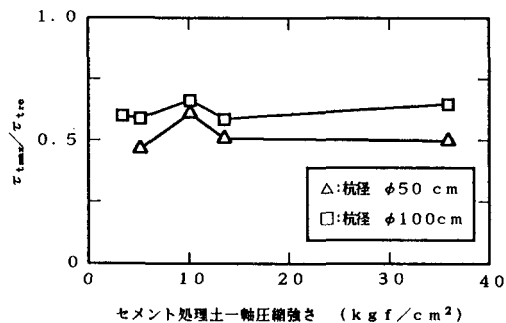


図-2 τ_{tmax}/τ_{tuc} とセメント処理土の一軸強さの関係

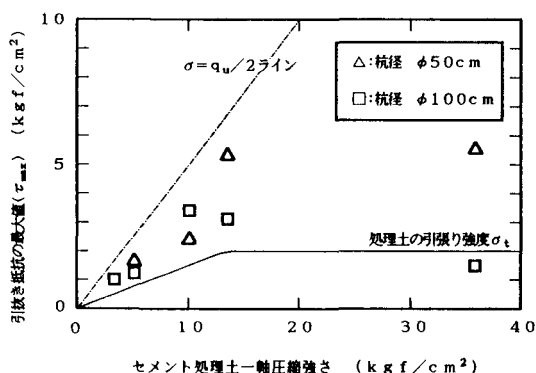


図-3 引抜き抵抗の最大値(τ_{tmax})とセメント処理土地盤の一軸圧縮強さの関係

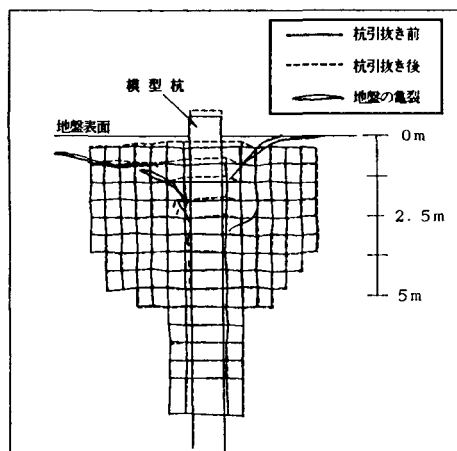


図-4 杭の引抜きによる地盤変形挙動(メッシュ図)