

III-117 杭の周面摩擦抵抗力に関する室内実験

川崎製鉄株式会社 正会員 堀之内義夫, 和田 啓, 塩田啓介
東亜建設工業株式会社 深谷建雄, 栗原正美

1. まえがき

杭の周面摩擦力は地盤の土質条件, 杭打設による地盤の乱れ, 杭の表面粗さ等の影響を複雑に受けるためこれを適切に推定することが重要である。そこで今回は杭の周面摩擦力に対する(a)表面粗度(b)拘束圧(上載圧力)(c)押込みと引抜きの違いについて影響を調べるため室内模型実験を行った。

2. 試験方法

図-1に実験装置を示す。実験土槽は内径 984mm, 高さ 1,050mmで間隙水圧計と土圧計を設置している。また, 試験杭は外径 100mm, 長さ 1,330mmの亚克力樹脂製の円筒で内面 9ヶ所に歪ゲージを貼付してある。また, 先端に厚さ13mmの底版を取り付けてある。表-1に試験杭の断面諸元を示す。以下簡単に試験手順を述べる。

①杭材の表面をサンドペーパーにて所定の粗度に調整する。最大粗度 R_{max} は $2\mu m$, $20\mu m$, $100\mu m$ の3種類とする。②土槽に水をはり砂を静かに投入した後土槽下面の穴より排水する。③拘束圧 $q=2.0\text{ kgf/cm}^2$ で圧密を行う。④ $q=2.0\text{ kgf/cm}^2$ のまま押込み試験を行う。⑤排水状態にて地盤の養生を行う。⑥ $q=2.0\text{ kgf/cm}^2$ で引抜き試験を行う。⑦ $q=3.0\text{ kgf/cm}^2$ で④～⑥の試験を行う。なお, $R_{max}=100\mu m$ の場合は引抜きを押込みに先行させて行った。

砂はレキ分28.8%, 砂分71.1%, 最大粒径9.52mm, 均等係数 $U_c = 3.36$, $r_{d\min} = 1.597\text{ gf/cm}^2$, $r_{d\max} = 1.849\text{ gf/cm}^2$, $G_s = 2.721$ のものを用いた。圧密前の砂の初期乾燥密度 r_{d0} は $1.74 \sim 1.76\text{ gf/cm}^2$ であり, 相対密度 D_r は60～68%, また, 実験後の含水比は 5～15% であった。

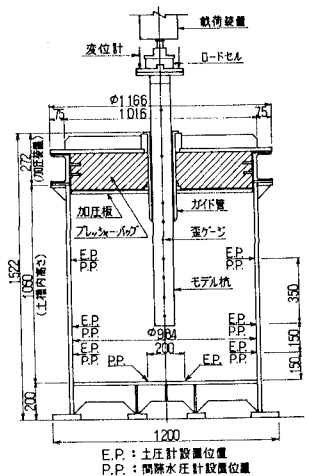


図-1 実験装置標準断面図

表-1 試験杭の断面諸元

外 径 D(mm)	肉 厚 t(mm)	断 面 積 A(cm ²)	断面2次モーメント I (cm ⁴)	断面係数 Z(cm ³)	ヤング係数 E(kgf/cm ²)
100	4	12.06	139	21.7	3.3×10^4

3. 試験結果

図-2は粗さ $R_{max} = 20\mu m$, 拘束圧 $q=2.0\text{ kgf/cm}^2$ のときの押込み抵抗力と杭頭沈下量 S の関係を示している。载荷の初期段階では全押込み力に対する周面摩擦力の分担割合が大きいが, 荷重が増加するに伴い先端支持力の分担割合が増大している。

図-3は図-2と同じ場合の杭の軸力分布をあらわすが, これからも同様な傾向がうかがえる。

図-4に $R_{max} = 100\mu m$, 拘束圧 $q=2.0\text{ kgf/cm}^2$ のときの引抜き抵抗力と杭頭引抜き量 S の関係を示す。図-2に示した押込みの場合に比べて引抜きの場合は極限引抜き力に近づくと急激に変位 S が増加している。先端軸力は最下端の歪ゲージと杭下端の間に

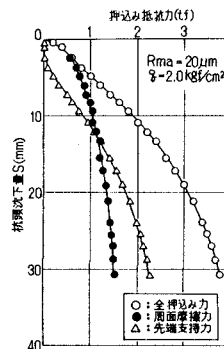


図-2 杭頭沈下量と押込み抵抗力の関係

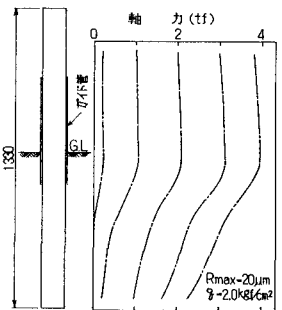


図-3 軸力分布図

おける摩擦力や杭底版の下面における負圧により生じたものと思われる。

図-5に最大周面摩擦力 τ_f の実験値を示す。 τ_f は R_{max} および q が大きくなると増加する傾向がわかる。また、押込み時の τ_f は引抜き時のそれに比べてかなり大きい。 R_{max} が $2\mu m$, $20\mu m$, $100\mu m$ の場合の τ_f の比は $1:1.25\sim 2.08:1.2\sim 2.58$ である。一方、下箱に粗さ R_{max} の違う金属板を用いた一面せん断試験によって、摩擦力におよぼす粗さの影響を調べた結果は図-6のようになり、 R_{max} が $2\mu m:20\mu m:100\mu m$ の場合の摩擦係数 τ_{f0}/σ_v' の比は $1:1.82:3.82^{2)}$ で本実験での R_{max} による τ_f の増加割合と比較的一致している。

また、 $q=2.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ 時の τ_f に対する $q=3.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ のそれは全ケースを平均すると1.47倍となっており拘束圧の比1.5とよく一致している。

図-5中の計算値は、図-6に示した τ_{f0}/σ_v' の値を用いて(1)式によって得たものである。

$$\tau_f = K_0 \cdot (r' H + q) \tau_{f0} / \sigma_v' \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 K_0 = 静止土圧係数の実測値で0.42, $r' = 1.0\text{gf}/\text{cm}^2$, H = 根入れ中央部の深さで42cmである。

計算値に比べて押込み時の τ_f はかなり大きい。これは軸力が発生するとアクリルパイプが側方に変形し土圧が変化して周面摩擦力に影響をおよぼすためと考えられる。押込みの場合、極限荷重では側方変位量は約0.2mmと推定される。 $q=2.0\text{kgf}/\text{cm}^2$ の場合について杭先端の支持力と沈下量の関係から求めた地盤反力係数を用いて杭の側方変位による土圧の増分を計算して補正した τ_f の計算値と実測値の比較を図-7に示す。補正することにより全体的に実験値にかなり接近している。実際の杭においても今回に比べて剛性効果は異なっているものの、杭の側方変形が周面摩擦力に対して多少の影響を及ぼすと思われる。また、土槽底版による拘束も押込み時の周面摩擦力を大きくしている原因の一つと思われる。

4. むすび

室内模型実験によって得られた杭表面粗さの増大に伴う周面摩擦力の増加傾向は、底版に粗さの異なる金属板を用いた一面せん断試験による摩擦係数の変化傾向とかなり一致した。また、軸力による杭体の変形が周面摩擦力に影響を及ぼす可能性があることが示唆されたが、これについては、実杭の剛性効果等を考慮した研究がさらに必要である。

〔参考文献〕

- 1) 富永ら：周面摩擦測定試験による杭の挙動予測，土と基礎，35-12，1987。
- 2) 和田ら：杭の周面摩擦力に関する要素試験，第23回土質工学研究発表会，1988。（投稿中）

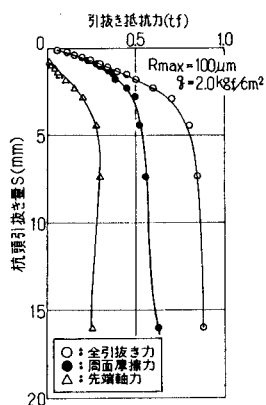


図-4 杭頭引抜き量と引抜き抵抗力の関係

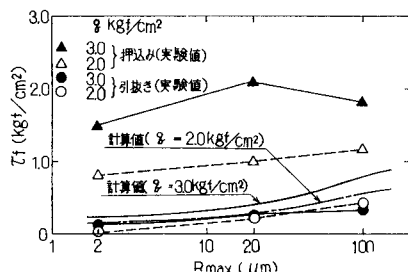


図-5 τ_f と R_{max} の関係

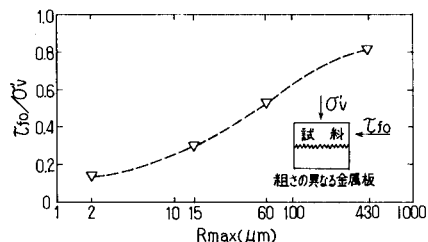


図-6 τ_{f0}/σ_v' と R_{max} の関係

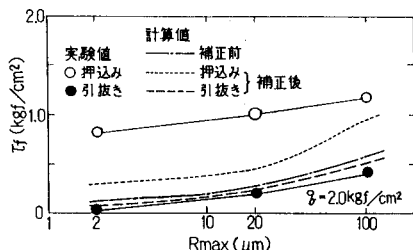


図-7 τ_f と R_{max} の関係