

圧縮性の違いが砂中の杭の支持力発現特性に与える影響

九州共立大学 正 員 〇田中邦博

山 口 大 学 正 員 安福規之 村田秀一 兵動正幸

山 口 大 学 学 生 員 辻 昭人 桑嶋啓治

1. まえがき

本研究は、石灰質土(カーボネイト系砂)の基礎の包括的な研究プログラムの一部をなし、カーボネイト系砂とシリカ系砂での基礎の設計を結び付ける可能性のある設計手法の探求を目的としている。本報告は、異なった応力条件下で行った小さな模型杭の載荷実験結果をもとに、杭の周面摩擦力の発現特性を概観すると共に、地盤材料の圧縮性の違いが、杭の先端支持力と周面摩擦力の相互作用特性に与える影響について述べたものである。

2. 実験概要及び用いた試料の特性

実験装置および実験方法の詳細は文献の1)に、本実験で使った試料の詳細は文献の3)と4)の通りであるが、概略述べると、試料はドッグズベイ砂とチイビシ砂(両者ともカーボネイト系砂)及び豊浦砂(シリカ系砂)の3種類であり、応力状態($K = \sigma_h / \sigma_v$)は $K = 0.5, 1.0, 2.0$ (上載圧は $\sigma_v = 50 \sim 500 \text{ kPa}$ 、側圧は $\sigma_h = 50 \sim 500 \text{ kPa}$ の範囲で組み合わせ)の3種類である。模型杭としては表面が滑らかな直径3 cmの円柱型ステンレス製のものを用いている。また、等方及び三軸圧縮条件下における試料の力学特性のうち、等方圧縮下での圧縮性の程度を評価するために導入した圧縮係数($C_p' = \Delta e / \Delta \ln \sigma_m$)と平均主応力 σ_m の関係を図-1に示す。いずれの試料も圧縮係数の値は拘束圧の増加と共に指数関数的に増加しており、圧縮性はシリカ系の砂よりもカーボネイト系の砂の方が10倍以上大きいことが分かる。

3. 模型実験結果および考察

1) 杭の周面摩擦応力と沈下量の関係: 杭の周面摩擦応力 f_s と杭径 D で正規化した沈下量 S/D の関係を試料ごとに上載圧をパラメーターに、相対密度 $Dr = 90\%$ ・ $K = 1.0$ の場合を例に図-2に示している。いずれの試料とも上載圧が大きくなるほど周面摩擦応力は大きく発現する。この傾向は上載圧が大きくなるほどより顕著に現れることがわかる。ただ、初期の剛性にはいずれの試料にも有意な違いは見いだせない。加えて圧縮性の大きさの程度がそのまま周面摩擦応力の発現の仕方には反映してはいないようである。また、いずれの試料も周面摩擦応力-沈下量曲線は明確なピークを示し、そのほとんどが $S/D = 0.1$ 以内に現れており、破壊形態が砂と杭材の境界面でのすべりによるものであることを示唆している。このピークの時の周面摩擦応力を最大周面摩擦応力 f_{smax} と定める。

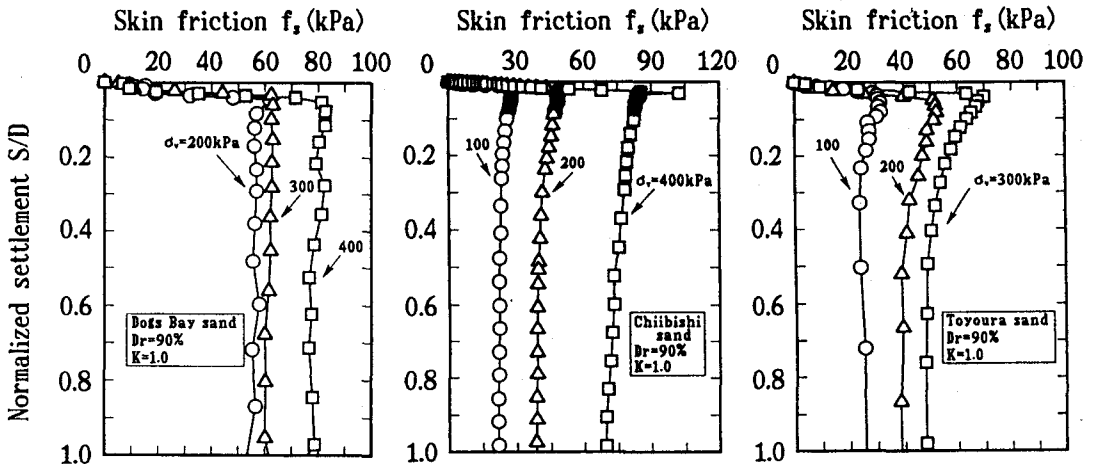


図-2 杭の周面摩擦応力と杭径で正規化した沈下量の関係

2) 杭の最大周面摩擦応力と側圧の関係：図-3は最大周面摩擦応力と側圧の関係をまとめたものである。なお、ここで扱う側圧は、杭周面に作用する軸鉛直圧を直接には測定していないので見かけの側圧と定義する。図中には相対密度 $D_r=90\%$ の場合を例として、 $K=0.5$ 及び 2.0 の応力状態におけるすべての試料の結果が示されている。最大周面摩擦応力の発現の仕方において、いずれの試料も側圧の影響は有意であり、大きな最大摩擦応力の発現には一義的に大きな側圧を必要とする。しかし、その発現に試料の違いの影響は有意でないとと言える。また、応力状態の変化に対応した有意な現象も認めがたい。

3) 摩擦係数と側圧の関係：図-4は杭の表面が滑らかで、すべり破壊が砂と杭材の境界面で発生したと仮定した場合の摩擦係数 ($\mu = f_{smax}/\sigma_h$) と側圧の関係をまとめたものである。図中には相対密度 $D_r=90\%$ の場合を例として、 $K=0.5$ 及び 2.0 の応力状態におけるすべての試料の結果が示されている。実験で得られた摩擦係数は側圧の増加と共に非線形的に低下し、ある値に収束する傾向にある。しかし、試料の違いに対応した何らかの関係を見いだすまでには至ってはいない。また、 K の値が小さいほど大きな摩擦係数を示すようである。

4) 杭の極限先端応力と最大周面摩擦力の関係：図-5は沈下量 S/D が 100% の時の先端応力を極限先端応力 q_{pmax} と定め、2つの支持応力の寄与する割合を、極限先端応力と最大周面摩擦力の比 (f_{smax}/q_{pmax}) と平均主応力の関係でまとめたものである。図中には相対密度 $D_r=90\%$ の場合を例として、 $K=0.5$ 及び 2.0 の応力状態におけるすべての試料の結果が示されている。いずれの試料も2つの支持応力の比は平均主応力の増加と共に非線形的に増加しているが、その傾向は圧縮性の大きなカーボネイト系砂ほど顕著であることがわかる。しかし、応力状態の変化の影響は有意でないとと言える。

4. まとめ

1) 周面摩擦力の発現には拘束圧依存性が伺えるものの、試料の違い、即ち圧縮性の違いによる有意な影響は認められない。

2) 試料の圧縮性は先端支持応力の発現に対して有意であるため、ある変位量に対する2つの支持応力の寄与する割合を考慮する場合、先端支持応力の評価に圧縮性の影響を積極的に取り入れる必要がある。

《参考文献》

1) 安福, 山本, 辻, 村田, 田中: 周面摩擦力を独立に測定可能な模型杭実験装置の試作とその適用, 第28回土質工学研究発表会概要集, 1993. 2) 田中, 安福, 山本, 村田, 辻, Pong: カーボネイト砂中の杭の支持力特性に及ぼす拘束圧の影響, 土木学会第48回年次学術講演会概要集, 1993. 3) 田中, 安福, 兵動, 村田, 辻, 桑嶋: 応力状態の違いが圧縮性のある砂中の杭の支持力特性に与える影響, 土木学会西部支部研究発表会概要集, 1994. 4) 安福, 辻, 田中, 村田, 兵動, 桑嶋: カーボネイト砂中の杭の先端支持力について, 土木学会中国四国支部研究発表会概要集, 1994. (投稿中)

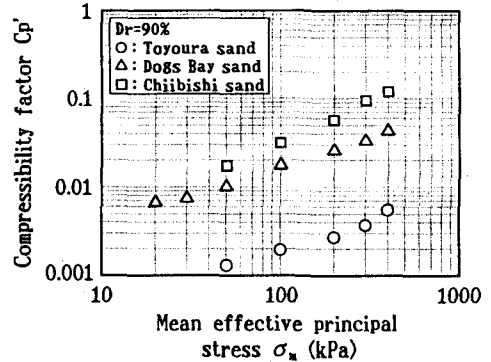


図-1 圧縮係数と平均主応力の関係

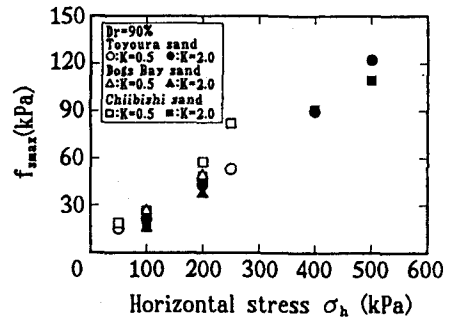


図-3 最大周面摩擦応力と側圧の関係

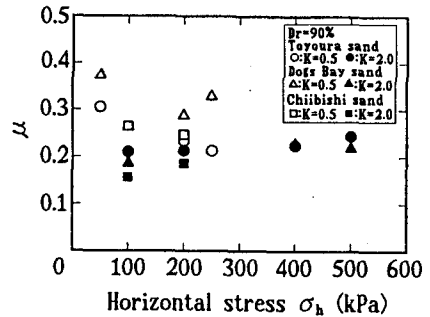


図-4 摩擦係数と側圧の関係

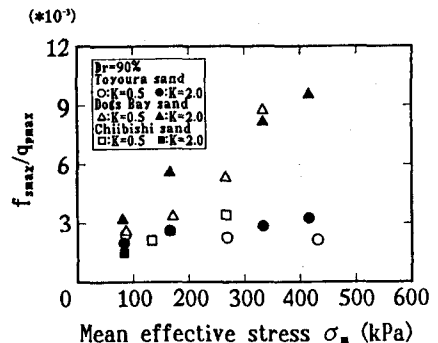


図-5 応力の比と平均主応力の関係