

杭材の表面粗度の違いが圧縮性の卓越した砂中の杭の周面摩擦特性に与える影響

山口大学工学部 正員 村田秀一 兵動正幸
 前田建設工業(株) 正員 辻昭人
 山口大学大学院 学生員 ○山下りょう 桑嶋啓治

1. まえがき

前報^{1),2)}では、圧縮性(破砕性)の卓越した砂を対象に行った小さな模型杭載荷実験の結果をもとに、杭の先端支持力および周面摩擦の発現特性について、試料の違い、応力条件の違いに着目して検討を行った。これまで、砂と杭材の摩擦特性に関しては数多くの研究^{3)~6)}がなされているが、本報では表面粗度の異なる2種類の模型杭を用いて模型杭載荷実験を行い、圧縮性の卓越した砂地盤中において、模型杭周面の表面粗度の違いが周面摩擦特性に与える影響について考察するものである。

2. 実験条件および概要

本実験で使用した試料はカーボネイト系のDogs Bay砂とチイビシ砂、シリカ系の豊浦砂の3種類であり、試料の性質、実験装置および実験方法の詳細は文献6)に示している。本実験で用いた供試体は、直径30.5cm、高さ40cmであり、使用した模型杭は直径3cmである。模型杭の初期貫入量は20cmとし、主応力比 $K(=\sigma_h/\sigma_v)=0.5, 1.0$ 、上載圧 $\sigma_v=50\sim 500\text{kPa}$ のもとで実験を行った。また、使用した模型杭の表面粗度は $15\mu\text{m}$ と $600\mu\text{m}$ 以上の2種類とした(以下、表面粗度が $15\mu\text{m}$ のものをSmooth、 $600\mu\text{m}$ 以上のものをRoughと称す)。

3. 模型杭載荷実験の結果と考察

図-1は、周面摩擦力 f_s と正規化沈下量 S/D (=沈下量 S /杭径 D)の関係を、杭の表面粗度の違いをパラメータとして示したものである。図-1(a), (b), (c)はそれぞれDogs Bay砂、チイビシ砂、豊浦砂の結果であり、相対密度 $Dr=90\%$ 、 $K=1.0$ の条件で実験を行ったものである。これらの図より、Smoothな杭、Roughな杭ともに周面摩擦力にピーク(最大周面摩擦力 $f_{s,max}$)が現れており、模型杭周面の破壊形態が杭材と砂、もしくは杭周辺の砂のせん断に起因していることが推察される。Roughな杭の場合、 $f_{s,max}$ が生じてからの周面摩擦力は急激な減少傾向を示し、その傾向はDogs Bay砂が最も顕著で、チイビシ砂および豊浦砂では周面摩擦力の減少の傾向がDogs Bay砂に比べ緩やかであることがわかる。一方、Smoothな杭ではピーク後の減少傾向は小さいことが認められる。また、表面粗度の違いによらず、上載圧が大きいほど大きな周面摩擦力が生じることが認められ、Roughな杭とSmoothな杭の $f_{s,max}$ およびその発生に要する沈下量は、同条件においてRoughな杭の方が大きいことがわかる。

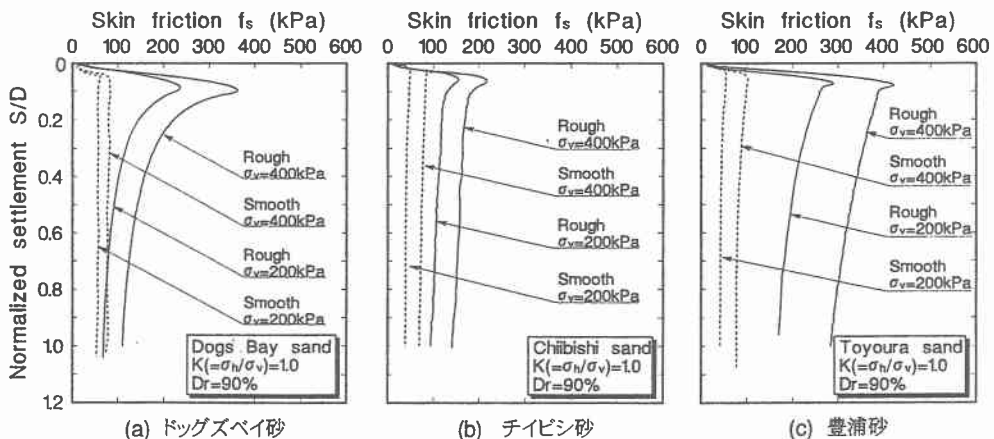
図-1 周面摩擦力～正規化沈下量関係 ($Dr=90\%$, $K=1.0$)

図-2は前述の最大周面摩擦力 f_{smax} と側圧 σ_h の関係を示すものであり、 $Dr=90\%$ 、 $K=1.0$ の実験結果である。図中の黒プロットはRoughな杭、白のプロットはSmoothな杭の結果に対応している。この図より、 f_{smax} は側圧の増加と共に増加しており、Smoothな杭では線形的に、Roughな杭では非線形的に増加していることが認められる。また、Smoothな杭では試料の違いによらず f_{smax} はほぼ同じ大きさであるが、Roughな杭では試料によって異なり、豊浦砂、Dogs Bay砂、チイビシ砂の順に大きくなっていることがわかる。なお、模型杭載荷実験終了後の供試体を観察すると、Roughな杭では杭周面で粒子破砕が生じていることが認められた。このことが、試料の違いによって f_{smax} の値が異なる原因の一つであると考えられる。

図-3は、最大周面摩擦力と側圧から求めた杭周面の摩擦角 δ_{fsmax} ($=\tan^{-1}(f_{smax}/\sigma_h)$)と側圧 σ_h の関係を $Dr=90\%$ 、 $K=0.5$ の実験結果について、杭の表面粗度の違いをパラメータとして示したものである。図中の実線は、三軸圧縮試験から求めた軸差応力のピーク点におけるセカントアンクル ϕ_{sp} の値であり、カーボネイト系の砂が豊浦砂より概ね大きな ϕ_{sp} を有することがわかる。また、図中の黒プロットはRoughな杭の δ_{fsmax} 、白プロットはSmoothな杭の δ_{fsmax} を表す。この図から、カーボネイト系の砂では δ_{fsmax} 、 ϕ_{sp} はそれぞれ側圧、拘束圧の増加に伴い減少する傾向にあることがわかる。また、Smoothな杭の δ_{fsmax} はRoughな杭の δ_{fsmax} や ϕ_{sp} に比べてかなり低い値を示しており、試料による δ_{fsmax} の違いは殆ど見られない。一方、Roughな杭の δ_{fsmax} は試料の違いの影響を大きく受けており、 δ_{fsmax} は豊浦砂、Dogs Bay砂、チイビシ砂の順に大きく、 ϕ_{sp} とは異なる順序となっている。また、 δ_{fsmax} は豊浦砂、Dogs Bay砂で ϕ_{sp} より大きな値を示すが、チイビシ砂では、 ϕ_{sp} より小さな値を示すことがわかる。このように三軸圧縮試験より得られた ϕ_{sp} からは、一概に δ_{fsmax} を評価できないことが推察される。

4. まとめ

本報では表面粗度の違いが周面摩擦特性に及ぼす影響について述べてきたが、Roughな杭では周面摩擦の特性はDogs Bay砂、チイビシ砂および豊浦砂でそれぞれ異なっており、周面摩擦の破壊メカニズムが試料の違いを大きく受けていることがわかる。

【参考文献】 1) 安福他：第46回土木学会中国支部研究発表会概要集，pp. 482-483, 1994. 2) 田中他：第46回土木学会中国支部研究発表会概要集，pp. 484-485, 1994. 3) 椿原・岸田：第26回土質工学研究発表会講演集，pp. 1397-1398, 1991. 4) 八木・榎・八田部・今村・平井：第26回土質工学研究発表会講演集，pp. 1395-1396, 1991. 5) 山肩・伊藤・小椋・加藤：第28回土質工学研究発表会講演集，pp. 1667-1668, 1993. 6) 安福他：第28回土質工学研究発表会講演集，pp. 1669-1670, 1993.

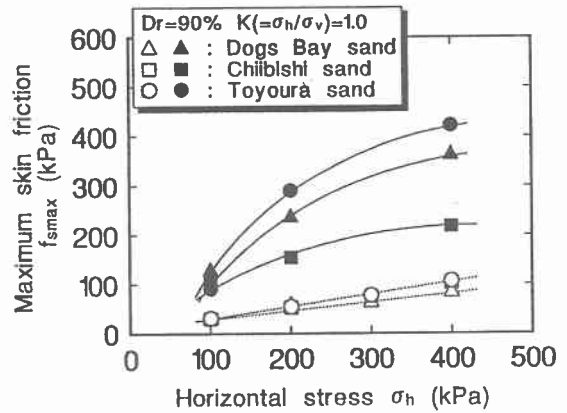


図-2 側圧～最大周面摩擦力関係 ($Dr=90\%$ $K=1.0$)

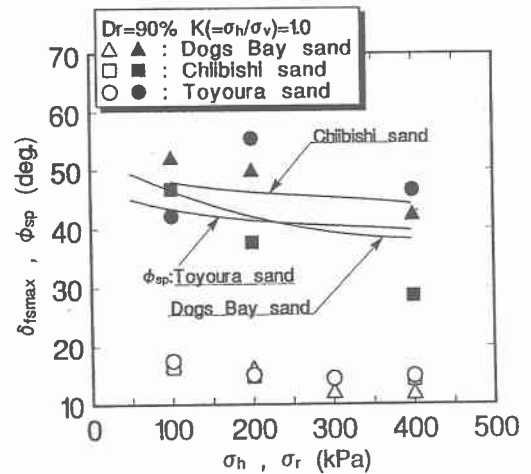


図-3 側圧、拘束圧～摩擦角、セカントアンクル関係 ($Dr=90\%$ $K=1.0$)