

鋼材の表面粗度の違いがカーボネイト砂と鋼材との摩擦特性に及ぼす影響

山口大学工学部 正 員 村田秀一 兵動正幸 中田幸男
 山口大学大学院 学生員 ○平田勝宏
 (株)大林組 正 員 山下りょう

1. まえかき

圧縮性・破砕性の卓越した地盤材料を支持地盤とする杭の周面摩擦力の発現特性を明確にすることは、より経済的な設計を行うという意味で工学的に大変重要である。本報告では、周面摩擦力に及ぼす要因の一つである表面粗度に着目し、改良型一面せん断試験機を用いた圧縮性・破砕性の卓越したカーボネイト系の砂と鋼材との摩擦実験を行い、摩擦特性に与える影響を考察する。

2. 実験概要

1) 試料：本実験で対象とした試料は、それぞれ性質の異なる2種類のカーボネイト系の砂（Dogs Bay 砂、Quiou 砂）であり、気乾状態のものを用いている。Dogs Bay 砂、Quiou 砂の平均粒径 D_{50} はそれぞれ 0.22、0.80 である。なお試料はふるいを用いて 0.074 から 2.0mm に粒度調整している。

2) 摩擦実験：一面せん断試験機の上部せん断箱に表面粗度 $R_{max}=15\ \mu\text{m}$ 、 $200\ \mu\text{m}$ 、 $500\ \mu\text{m}$ （以下、順に Smooth、Rough2、Rough5 と称す）の表面粗度の鋼板を固定し、下部せん断箱に詰めた試料砂との摩擦抵抗を測定した。なお、実験は相対密度 $Dr=90\%$ 、鉛直圧 $\sigma_n=50$ 、100、200、300、400kPa について行った。ここで表面粗度は鋼材の基準長さ $L=2.5\text{mm}$ における最大高さで与えられる。

3. 摩擦実験結果及び考察

1) 摩擦応力と水平変位と垂直変位の関係 図-1 は、砂と鋼材間の摩擦応力 τ_f と水平変位 d_h との関係と鉛直変位 d_v と水平変位 d_h の関係を D_{50} の異なる Dogs Bay 砂と Quiou 砂の結果について示している。この図より、摩擦応力 τ_f はいずれの鉛直圧条件においても水平変位 d_h とともにゆるやかに増加した後定常状態に至ること、鉛直圧が増加すると摩擦応力 τ_f も増加することがわかる。また、Dogs Bay 砂では、いずれの鉛直圧条件においても鉛直変位 d_v は正一方の挙動を示しているものの、Quiou 砂では、鉛直圧 $\sigma_n=100$ 、200 の時に鉛直変位 d_v が正から負に至っていることがわかる。ここで摩擦応力 τ_f の最大値を最大摩擦応力 τ_{fmax} と定義する。

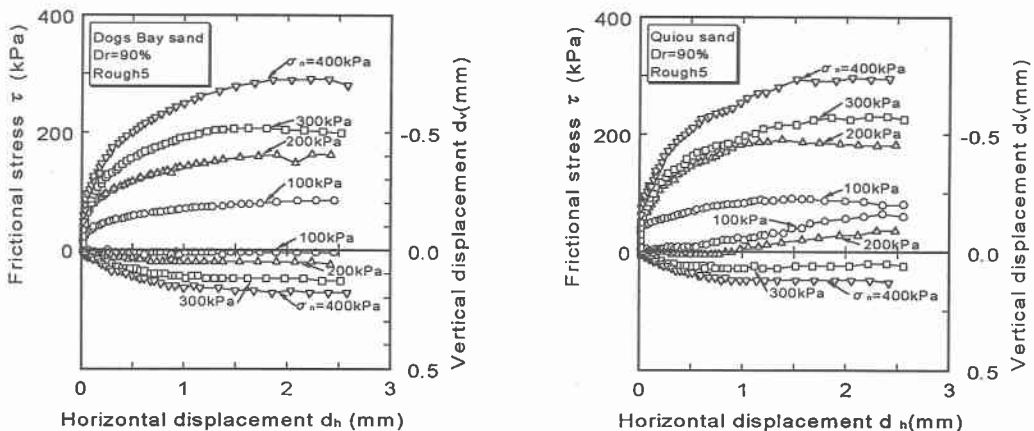


図-1 摩擦応力 τ_f と水平変位 d_h と垂直変位 d_v の関係

2)最大摩擦力と鉛直圧の関係 図-2は、最大摩擦力 τ_{fmax} と鉛直圧 σ_n の関係を Dogs Bay 砂と Quiou 砂の結果について示している。また、図中には黒丸プロットで砂の一面せん断試験から得られる最大せん断応力 τ_{dmax} も併せて示している。この図より、いずれの試料においても最大摩擦力 τ_{fmax} は鉛直圧 σ_n の増加とともにほぼ線形的に増加しており、その増加傾向は Quiou 砂については鋼材の R_{max} が大きいほど大きいことがわかるが、Dogs Bay 砂については Rough2 と Rough5 に明瞭な違いが見られないことがわかる。このようにカーボネイト砂の摩擦特性は R_{max} と D_{50} の違いによって大きく異なることがわかる。最大摩擦力 τ_{fmax} と砂の最大せん断応力 τ_{dmax} を比較すると、いずれの試料においても τ_{dmax} の方が大きく鋼材と試料の間で滑りが起きていると考えられる。

3)摩擦係数と表面粗度の関係 図-3は、最大摩擦力 τ_{fmax} を鉛直圧 σ_n で除して得られる摩擦係数 μ_n と R_{max} との関係を、Dogs Bay 砂と Quiou 砂の結果について示している。この図より、 D_{50} がいずれの鋼材の R_{max} よりも大きな Quiou 砂では、 R_{max} の増加とともに摩擦係数 μ_n も増加する。 D_{50} が Rough2 より大きく Rough5 より小さい Dogs Bay 砂では、Rough2 と Rough5 の摩擦係数 μ_n に明確な違いが認められないことがわかる。このことから R_{max} が砂の D_{50} を超えると摩擦係数 μ_n は一定値になることが推察される。これは鋼材の R_{max} が砂の D_{50} より大きくなると、砂粒子が鋼材の溝の中に入り見かけの粗度が等しくなるため摩擦係数 μ_n が一定値を示すものと考えられる。また、同じ R_{max} においても鉛直圧 σ_n が小さいほど摩擦係数 μ_n は多少大きな値を示す傾向がある。これは、砂試料の鉛直変位 d_v のために生じた差であると思われる。以上のことは、カーボネイト系の砂でも岸田らの述べていることに一致する結果となった^{1),2)}。

4.まとめ

今回の実験は、カーボネイト系の砂を用いて摩擦実験を行ったところ、シリカ系の摩擦特性と同様にカーボネイト系の砂でも摩擦応力は鋼材の表面粗度に大きく依存し、鋼材の表面粗度が砂の平均粒径を越えると摩擦係数は一定値になることが言える。

(参考文献)

- 1) Kishida,H and Uesugi,M:Tests of the interface between Sand and Steel in Simple Shear Apparatus,Geotechnique,Vol.37,No1.pp45~52,1987.
- 2) 植木、岸田、吉見：砂と金属材料との間の摩擦抵抗（その4）：第14回土質工学研究発表会

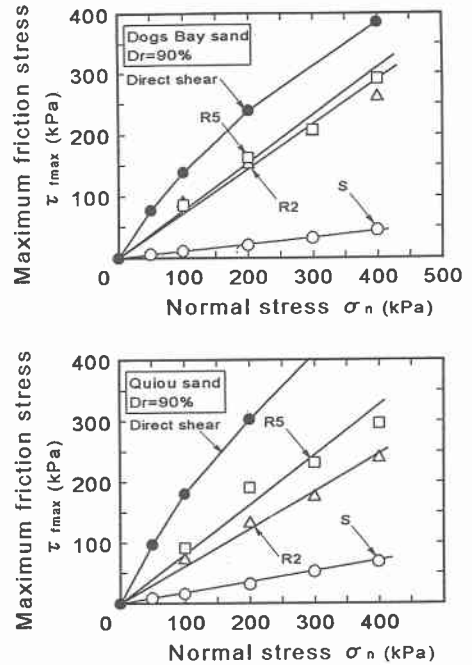


図-2 最大摩擦応力 τ_{fmax} と鉛直圧 σ_n の関係

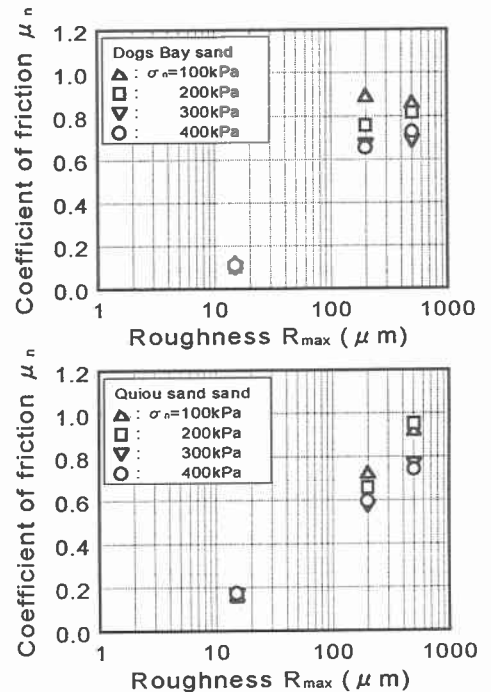


図-3 摩擦係数 μ_n と表面粗度 R_{max} の関係