

さんご礁石灰質堆積物と鋼材との摩擦特性に及ぼす鋼材粗度の影響

Effect of roughness on friction between carbonate sediments in coral reef and steel

新城俊也* 宮城調勝* 小宮康明* 永吉功治**

Toshiya SHINJO Norikatu MIYAGI Yasuaki KOMIYA Koji NAGAYOSHI

1. はじめに 南西諸島の島々には、さんご礁を供給源とする石灰質堆積物が広く分布している。このような地盤では、杭の打ち込みに伴う粒子破碎により周面摩擦が低下することが知られている。杭の周面摩擦力は図 1 に示すように次式で与えられる。

$$f_0 = K_0 \cdot v' \cdot \tan \phi' \quad (1)$$

粒子破碎や負のダイレイタンスにより杭周面の土中に体積収縮が生じた場合、杭表面の有効垂直応力は土中の有効水平応力と一致するのではなく、地盤剛性の程度に応じて減少することが考えられる。杭の摩擦力評価には一面せん断試験装置による摩擦試験が一般に行われている。摩擦試験として摩擦面における垂直応力を一定に保つ定圧試験と供試体の体積を一定に保つ定体積試験が実施されている。杭周辺土のせん断挙動に着目すると、定圧試験は地盤剛性が著しく小さい場合に、定体積試験は地盤剛性が極めて高い場合にそれぞれ対応するとみなせる。実際の地盤はセメンテーションや土粒子間のかみ合わせ等によりある程度の剛性を有することから、杭の周面摩擦力は定圧試験と定体積試験の間にあると言える。本研究では、石灰質堆積物と表面粗さの異なる鋼材との摩擦試験を実施し、地盤剛性が極めて高い場合の杭周面の摩擦力とそれに及ぼす鋼材表面粗さの影響について調べた。

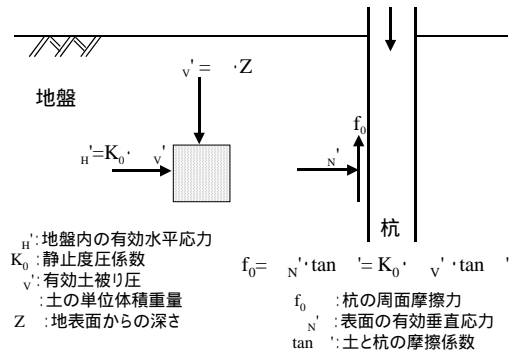


図-1 杭の周面摩擦力
Skin friction of pile

2. 実験方法 試料は、現在のさんご礁海域に堆積している石灰質砂を用いた。試験には 0.25 ~ 2.0mm の粒径に調整した試料を使用した。土粒子密度は 2.77g/cm³、炭酸カルシウム含有量は 90% 以上である。摩擦試験装置は、三笠式一面せん断試験装置を摩擦面の垂直応力が測定可能なように改良したものであり¹⁾、装置では上せん断箱の代わりに摩擦試験用の鋼材を取り付けた。鋼材の表面粗さは R_{max}=5 μm ~ 100 μm の範囲で 7 段階に変化させた。供試体はタッピング法で作製し、相対密度は、石灰質砂で約 50%、石灰質砕砂で約 60% に設定した。供試体を湿潤させた後、圧密圧力(垂直応力) N₀'=50 ~ 700kPa の範囲で、定体積摩擦試験を実施した。摩擦試験は、せん断変位 25mm まで行った。

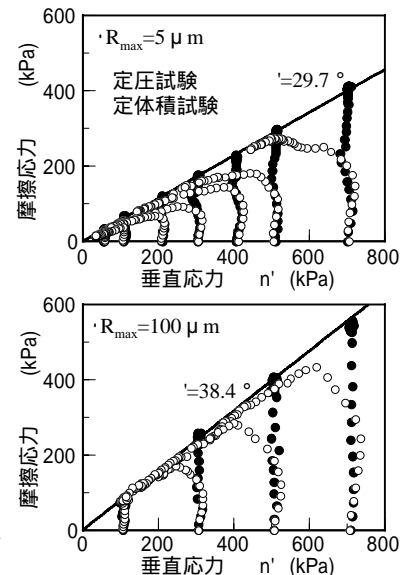


図-2 摩擦試験による応力経路
Stress path of friction test

3. 実験結果および考察 図 2 は、鋼材粗度 R_{max}=5 μm, 100 μm の場合の定体積試験による摩擦試験の摩擦応力 と垂直

*琉球大学農学部(University of the Ryukyus) **鹿児島大学大学院連合農学研究科(Kagosima University)

キーワード: 摩擦試験 鋼材粗度 石灰質堆積物

応力 N' の応力経路を示したものである。図中には定圧試験による応力経路²⁾も併記してある。両試験による破壊線はほぼ一致しており、摩擦係数は鋼材粗度の増加とともに増大している。しかしながら、定体積試験ではせん断過程での垂直応力がダイレイタンスーにより変動するため、破壊に至るまでに発揮される摩擦応力は定圧試験に比べて小さい。図 3 は、摩擦角と鋼材粗度の関係を示したものであり、摩擦角は鋼材粗度の増加に伴い増大し、その値は鋼材粗度 $100 \mu\text{m}$ で石灰質砂の限界状態の内部摩擦角 $c_v=38.9^\circ$ に達している。図 4 は、破壊線に至るまでの応力経路を圧密圧力で正規化し、それに及ぼす鋼材粗度の影響を圧密圧力 300kPa の場合について示したものである。鋼材粗度の増加に伴って、応力経路は膨張し、応力経路における摩擦応力のピークは増大している。また、図中には粗度ごとの破壊線を示してあるが、応力経路が破壊線に至るときの摩擦応力と垂直応力のそれぞれの比は粗度の増加とともに増大している。

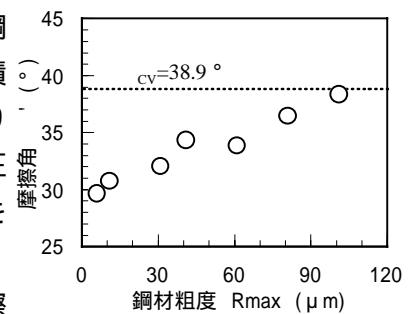


図-3 鋼材粗度と摩擦角の関係
Relationship between roughness and friction angle

周面摩擦力は、杭表面の垂直応力に支配されることから、定体積条件下では応力経路が破壊線に達した時点での垂直応力が周面摩擦力に関係する。図 5 は、破壊線に達したときの垂直応力比 N'/N_0' を各圧密圧力ごとに鋼材粗度 R_{max} との関係で示したものである。垂直応力比は、鋼材粗度の増加に伴って増大しており、粗度が粗いほどせん断に伴う垂直応力の低下は小さくなる。また、垂直応力比は、同じ粗度に対して圧密圧力の増加に伴い増大しており、応力レベルが高くなるとせん断に伴う垂直応力の低下は減少する。周面摩擦力は、図 2 に示した応力経路より、初期圧密圧力 N_0' と破壊線に達したときの垂直応力 N' におけるそれぞれの摩擦応力 f_0 と f の比から次式で与えられる。

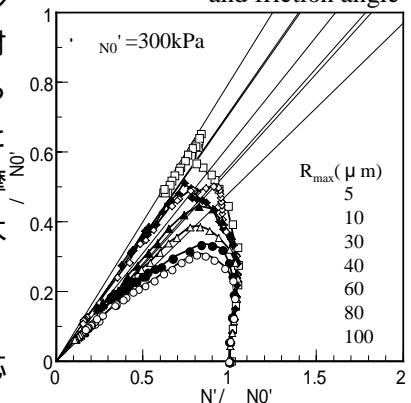


図-4 応力経路に及ぼす粗度の影響
Effect of roughness on stress path

$$f = f_0 \left(\frac{N'}{N_0'} \right) = K_0 \left(\frac{N'}{N_0'} \right)^v \tan \delta \quad (2)$$

周面摩擦力の評価には、杭表面に作用する垂直応力の低下割合 N'/N_0' が関係している。

4. まとめ 鋼材の表面粗さを変化させて行った石灰質堆積物と鋼材との摩擦試験の主な結果を以下に示す。

- 1) 鋼材との摩擦角は、定圧試験と定体積試験で一致する。
- 2) 摩擦角は鋼材粗度の増加に伴い増大する。
- 3) 定体積条件下では、せん断時の負のダイレイタンスーにより垂直応力が減少し、周面摩擦力は低下する。
- 4) 杭周面に作用する垂直応力の低下程度は、鋼材粗度が増加するほど小さい。

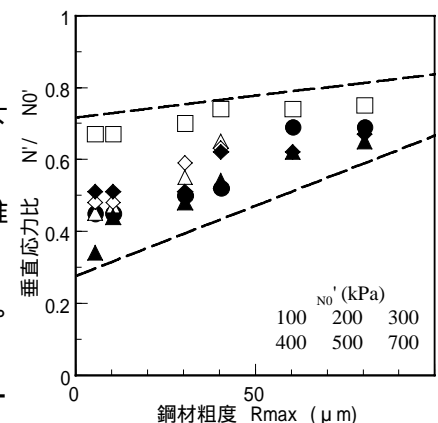


図-5 垂直応力と粗度の関係
Relationship between roughness and normal stress

参考文献 1) 新城ほか: さんご礁石灰質堆積物の鋼材との摩擦特性, 土と基礎, 第 49 巻 8 号, pp.4-7, 2001

2) 新城ほか: 石灰質堆積物と鋼材との摩擦特性に及ぼす鋼材粗度の影響, 第 38 回地盤工学研究発表会(投稿中), 2003