

杭の表面粗度の違いがカーボネイト砂中の杭の先端支持力に及ぼす影響

山口大学工学部
九州大学工学部
前田建設工業（株）
山口大学大学院

正 員 村田秀一・兵動正幸
正 員 安福規之
正 員 辻 昭人
学生員○桑嶋啓治・山下りょう

1. まえがき

近年、カーボネイト系砂の堆積地盤を支持地盤とする大型海洋構造物の建設が盛んになっており、カーボネイト砂中における杭基礎の支持力の発現特性を明確にすることは重要な課題となっている。これまで筆者ら¹⁾は、カーボネイト砂中における杭の支持力発現特性を明確にすることを目的とし、実験的研究を行ってきた。これまでに豊浦砂を用いた杭の模型実験²⁾は数多くなされており、深い基礎の杭の支持力は、拘束圧に一次比例して増加しないことが知られている。本報は、杭の表面粗度の違いが、カーボネイト砂の沈下挙動および、拘束圧の増加に伴う先端支持力の増加に及ぼす影響に着目して考察を行ったものである。

2. 実験概要

本実験は、文献³⁾に示した模型杭載荷実験装置を用いて行った。用いた試料は、カーボネイト系のドッグズベイ砂とチイビシ砂、およびシリカ系の豊浦標準砂であり、表-1にそれらの物理的性質を示している。この表よりドッグズベイ砂とチイビシ砂の e_{max} 、 e_{min} は、豊浦砂に比べて大きいことがわかる。模型杭載荷実験は、杭の表面粗度が15 μ m (Smooth)と600 μ m (Rough)の2種類を用い、主応力比 $K(=\sigma_h/\sigma_v)=0.5、1.0、2.0$ 、供試体の相対密度 $Dr=50、90\%$ の実験条件で行った。

表-1 試料の物理的性質

Material	Gs	D _{max}	e _{max}	e _{min}	CaCO ₃ (%)
Dogs Bay sand	2.72	2.1	2.451	1.621	94
Chiibishi sand	2.83	2.0	1.574	0.983	96
Toyouura sand	2.64	1.5	0.973	0.635	—

3. 実験結果と考察

図-1は、 $Dr=90\%$ 、 $K=1.0$ 、 $\sigma_v=200$ kPaにおける3種類の試料の先端支持力 q_p と正規化沈下量 S/D （沈下量 S を杭径 D で除した値）の関係をRoughな杭を用いたときを実線で、Smoothな杭を用いたときを破線でそれぞれ示したものである。この図より、同じ S/D で比較したとき、表面粗度の違いによらずカーボネイト砂であるチイビシ砂とドッグズベイ砂は、豊浦砂よりも先端支持力が小さいことが認められる。また沈下曲線には、いずれの試料においても明確な降伏点が認められず、局所破壊であると判断される。このことより、模型杭の表面粗度の違いが、沈下挙動に及ぼす影響は、あまり顕著でないことがわかる。以下、正規化沈下量 S/D が1.0のときの q_p を $q_{p100\%}$ とする。

図-2は、Roughな杭を用いたときの、 $Dr=90\%$ における $q_{p100\%}$ と平均有効主応力 $\sigma_n(=1/3(1+2K)\cdot\sigma_v)$ の関係を示したものである。また図-3は、同様にSmoothな杭を用いたときを示したものである。これらの図より、Roughな杭、Smoothな杭のどちらを用いたときも $q_{p100\%}$ は、 σ_n の増加に伴い増加していることがわかる。そこで、試料毎、Roughな杭、Smoothな杭毎に $q_{p100\%}$ と σ_n の関係を定量的に評価するために、式（1）のような指数関数により回帰を行ったところ、図中の実線で示すような、

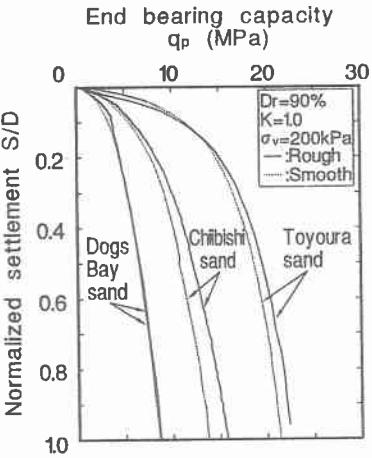
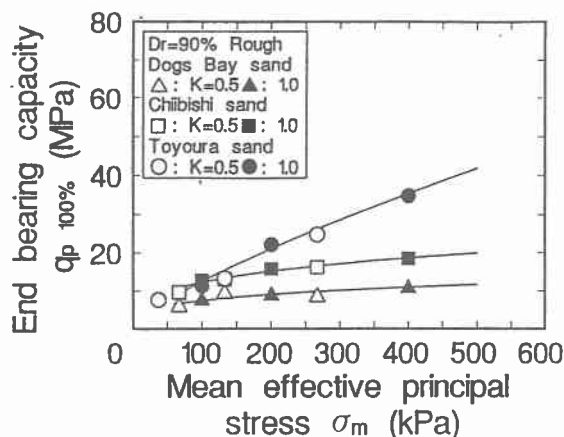
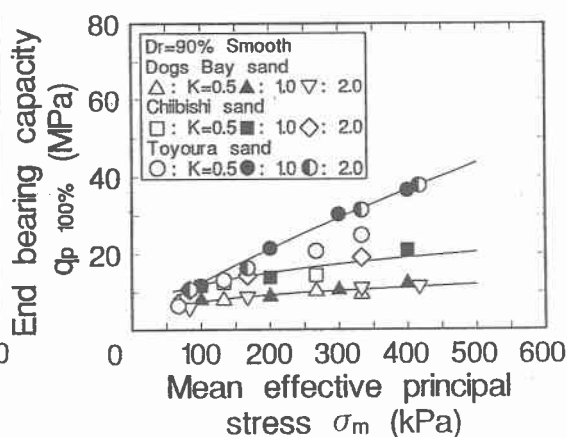


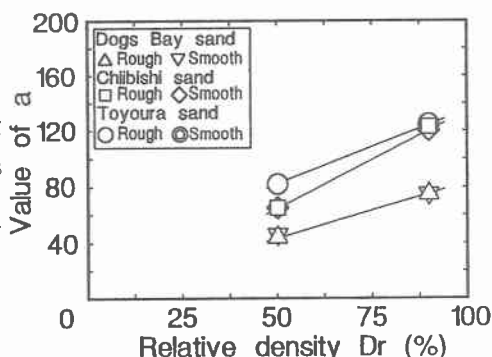
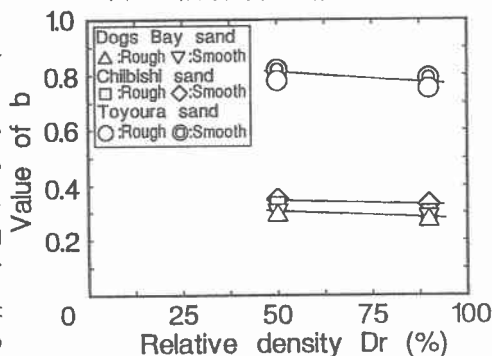
図-1 $q_p \sim S/D$ の関係(Rough, Smooth)

図-2 $q_{p100\%} \sim \sigma_m$ の関係 (Dr=90%, Rough)図-3 $q_{p100\%} \sim \sigma_m$ の関係 (Dr=90%, Smooth)

形状となった。

$$\frac{q_{p100\%}}{p_0} = a \left(\frac{\sigma_m}{p_0} \right)^b \quad \dots (1)$$

ここで、 p_0 は単位応力、 a 、 b は材料毎の定数である。定数 a は $\sigma_m=100\text{kPa}$ のときの $q_{p100\%}$ の値と同値であり、定数 b は $q_{p100\%}$ と σ_m の両対数関係における傾きであり、増加の割合を表している。また $Dr=50\%$ においても実験結果を同様にまとめ、定数 a と相対密度の関係を示したものが図-4であり、定数 b と相対密度の関係を示したものが図-5である。これらの図より Roughな杭、Smoothな杭のどちらを用いたときも、カーボネイト系砂であるチビシ砂とドッグズベイ砂は、豊浦砂と同様に相対密度の増加に伴い定数 a が増加し、定数 b が減少していることが明らかである。定数 a の増加の割合はチビシ砂が一番大きく、ドッグズベイ砂と豊浦砂はほぼ等しいことがわかる。また、定数 a は、Roughな杭、Smoothな杭を用いたときもほぼ同じ値である。このことより、表面粗度の違いによらず、比較的上載圧が小さいところにおいて、カーボネイト砂の支持力は、豊浦砂と同様に、相対密度とともに増加することがわかる。定数 b は、Roughな杭、Smoothな杭のどちらを用いたときも、チビシ砂、ドッグズベイ砂よりも豊浦砂の方が大きいことがわかる。このことより、表面粗度の違いによらず σ_m の増加に伴う $q_{p100\%}$ の増加の割合は、豊浦砂よりカーボネイト系の砂の方が小さいことがわかる。また Roughな杭を用いたときと、Smoothな杭を用いたときを比べると、両者における定数 b の値はほぼ等しいことがわかる。このことより、表面粗度の違いが、拘束圧の増加に伴う先端支持力の増加に及ぼす影響は小さいことが明らかになった。

図-4 相対密度と定数 a の関係図-5 相対密度と定数 b の関係

- 参考文献 1) 辻他：カーボネイト砂中の杭の先端支持力について，第46回土木学会中国四国支部研究発表会概要集，pp.482-483，1994 2) 山田：砂地盤におけるクイの先端支持力に関する実験的研究，第12回土質工学研究発表会講演集，pp.717-720，1977. 3) 安福他：周面摩擦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講演集，pp.1669-1670，1993. 3) 新庄・宮城・小宮：さんご石灰質砂の強度変形特性 農業土木学会論文集 第163号 pp.95-101，1993.