

杭の先端形状の違いがカーボネイト砂中の粒子破碎に及ぼす影響

徳山工業高等専門学校 正 員 〇桑嶋啓治

山口大学工学部

正 員 兵動正幸 中田幸男 村田秀一

山口大学大学院

学生員 山下りょう

1. まえがき

1970年代初頭より、海底油田や天然ガスの採掘に関連して、大型のプラットフォームを始めとする各種の海洋構造物が、圧縮性の卓越したカーボネイト系の砂地盤上に建設されるようになってきた。海洋構造物の基礎の施工においては、打込み杭が多く用いられており、打込み杭には、歴史的に見て木杭が多く用いられ、先端角度が鋭角の鋭端杭が好んで用いられてきた。一般に打ち込み杭の杭の先端形状は様々であるが、大別すると鋭端杭と平坦杭があり、平坦杭と鋭端杭の土中の支持力発現特性の違いを明らかにすることは、杭基礎の設計において重要なことである。本研究では、破碎性に富むカーボネイト砂中において、杭先端形状の違いが周辺地盤の粒子破碎に及ぼす影響を明らかにするために、先端形状の異なる模型杭による周辺地盤の挙動と粒子破碎の様子を実験的に調べることを目的としたものである。

2. 試料および実験概要

(1) 試料 本実験で用いた試料は、沖縄で採取されたチイビシ砂 ($G_s=2.83$ 、 $e_{\max}=1.574$ 、 $e_{\min}=0.983$) とアイルランド西海岸で採取されたドッグズベイ砂 ($G_s=2.72$ 、 $e_{\max}=2.451$ 、 $e_{\min}=1.621$) であり、炭酸カルシウム成分(CaCO_3)を90%以上含んだカーボネイト砂である。

(2) 実験概要 実験には、上載圧 σ_v と側圧 σ_h が独立に負荷できる模型杭載荷装置を用いた。この試験機の特徴は、杭の平均的な周面摩擦力と全支持力が独立に測定できることであり、その詳細は参考文献¹⁾に詳しい。用いた模型杭は、図-1に示すように直径30mm、先端角 180° の平坦杭(Flat)と先端角 60° の円錐形(Cone)の鋭端杭の2種類であり、杭周面材の表面粗度は $600\mu\text{m}$ 程度の比較的粗目のものである。上載圧、側圧を $\sigma_v=\sigma_h=400\text{kPa}$ (主応力比 $K=1.0$)とし、供試体の相対密度は90%に調節して模型実験を行った。また、杭先端付近の砂の粒子破碎を明確にするために、模型杭貫入試験を行った後、供試体上方より水をゆっくりと注入し、不飽和状態でサクションにより供試体を自立させ、内径15cmの刃先つきCBRモールドを試料中心部に置き、外側の砂を削り取りながらモールドを押し込み試料採取を行った。内径10cm、6cm、4cmの薄肉リングを所定深さずつ順次押し込むことで図-2に示す区分毎に試料を採取し、次に6個のふるい(2.0、0.84、0.42、0.25、0.105、0.074mm)を用いて、区分毎の試料をふるい分けし、粒子破碎量を評価した。

(3) 粒子破碎評価方法 本研究では粒径加積曲線の破碎前後の粒度変化に着目し、粒子の破碎性を残留率の差により評価するMarsalの評価方法²⁾を用いた。Marsalの評価方法は、各ふるい径間における試験後の過積通過率と試験前のそれとの差を求め、負符号の差分値の総和より計算され、粒子破碎率 B_M として示される。 B_M の値が大きいくほど粒子破碎が大きく、 $B_M=0$ は、杭载荷によって粒子破碎が生じなかったことを意味する。

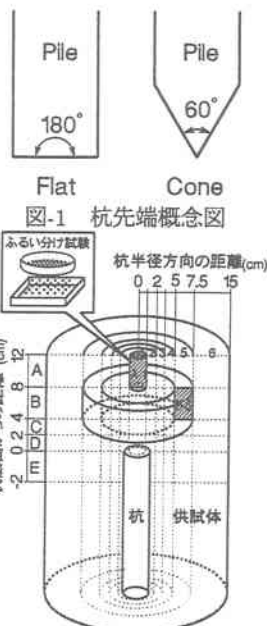


図-1 杭先端概念図

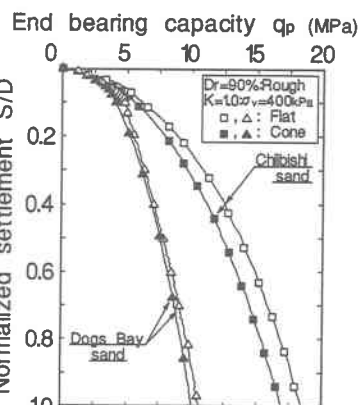


図-3 $q_p \sim S/D$ 関係

3. 模型杭先端形状に着目した先端支持力特性

図-3は、先端支持力 q_p と沈下量 S を杭径 D で正規化した S/D の関係性を杭の先端形状の違いに着目して示したものである。この図より、 $S/D=1.0$ におけるチビシ砂の先端支持力はFlatが18MPa、Coneが16MPa、またドッグズベイス砂はFlatが10MPa、Coneが9MPaと、いずれの試料についても先端形状の違いが先端支持力に及ぼす影響は小さいことがわかる。

4. 杭貫入によるカーボネイト砂の粒子破碎

図-4は、Flatを用いて杭を $S/D=1.0$ まで貫入させたときの図-2に示す区分D-2での実験前後の粒径加積曲線を示している。この図より区分D-2では、粒径加積曲線は全体に細粒側に移行し、粒子破碎が発生していることがわかる。この粒径加積曲線より、加積通過率差を求め、その最大値が区分D-2における粒子破碎率 B_M と定義される。このようにして求めた各区分の粒子破碎率 B_M は各区分の中心点の値を示すものと考え、杭底面からの深さ方向(Y方向)および杭半径方向(X方向)の B_M の変化を調べたのが、それぞれ図-5(a)、(b)である。これらの図より、杭先端付近($X=0, Y=0$)での B_M が最も大きく、破碎が卓越し、杭先端より遠ざかるにつれて値が小さくなることからわかる。図-5(a)および図-5(b)の関係を用いて、 B_M の等しい数個の点を連ねていくと、図-6(a)の実線に示すようにFlatを用いたときの等粒子破碎量線が得られる。同様にConeを用いたときの等粒子破碎量線を図-6(b)の実線に示す。なお、図中の破線は杭貫入による砂地盤の移動の様子³⁾を示している。これらの図から、Cone Flatとも、杭貫入により同程度の粒子破碎が生じること、粒子破碎量は杭底面が最も卓越しており、杭底面を中心に減少しながら拡がっていることがわかる。また $B_M=30\sim10$ の比較的破碎が卓越した等粒子破碎面は、Flat、Coneとも類似の形状を示しており、先端形状の違いが先端支持力に及ぼす影響が小さいことがわかる。

5. まとめ 杭先端形状の違いがカーボネイト砂中の粒子破碎に及ぼす影響を実験的に検討した。

これらの実験結果より、本実験に用いた先端形状の違いが、杭の支持力発現特性に及ぼす影響はあまり見られないことが理解できる。

【参考文献】1)安福他：周面摩擦力を独立に測定可能な模型実験装置の試作とその適用、第28回土質工学会発表会概要集、pp.1669~1670、1993。2)Marsal, R.J.: Soil properties-shear strength and Consolidation, Proc.6th Icsmf, Montreal, Vol.3, pp.310~316、1965。

3)兵動他：杭の先端形状の違いがカーボネイト砂の支持力特性に与える影響、第31回地盤工学会発表会投稿中

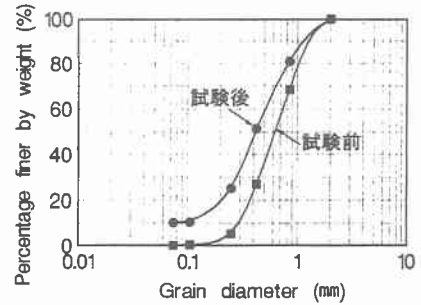
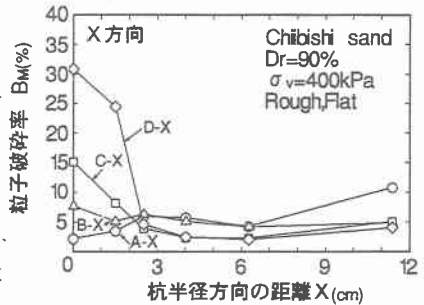
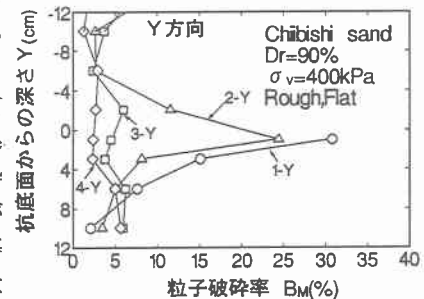


図-4 粒径加積曲線

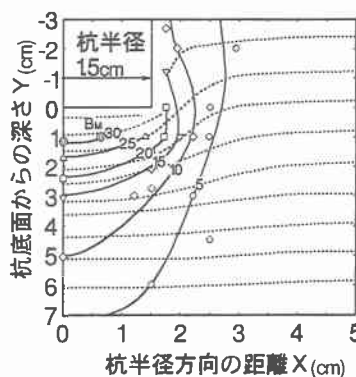


(a) X方向

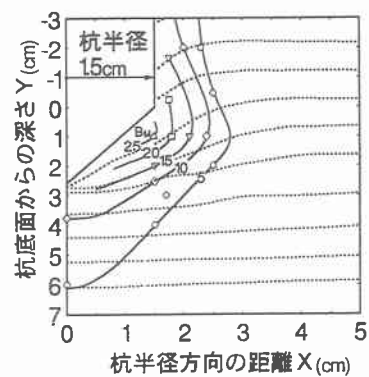


(b) Y方向

図-5 粒子破碎率の分布



(a) Flat



(b) Cone

図-6 等粒子破碎線