

III-B 27

カーボネイト砂中の杭の支持力特性と周辺地盤の変形挙動

徳山工業高等専門学校 正 員○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

九州共立大学工学部 正 員 田中邦博

山口大学大学院 学生員 山下りょう

1. まえがき

炭酸カルシウム成分 (CaCO_3) を含むカーボネイト砂地盤は、世界の海底地盤に広く分布しており、石油掘プラットフォームの建設に際して、遭遇することが多い。カーボネイト砂地盤は、圧縮性が卓越していることや破碎性に富む材料として知られており、それを支持地盤とする杭基礎の支持力の発現メカニズムを明確にすることはきわめて重要である。本報は、これまでのカーボネイト砂中の杭の挙動に関する一連の研究^{1)~3)}に引き続き、実験後の杭周辺のカーボネイト砂の様子を観察し支持力発現特性を視覚的に検討したものである。

2. 試料および実験概要

(1) 試料 模型杭载荷実験で用いた試料は、沖縄で採取されたチイビシ砂⁴⁾ ($G_s=2.83$ 、 $e_{\max}=1.574$ 、 $e_{\min}=0.983$) 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载荷装置を用いた。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⁵⁾に詳しい。用いた模型杭は、直径 30mm、先端角 180° の平坦杭であり、杭周面材の表面粗度は 600 μm 程度の比較的粗目のものである。供試体の相対密度 $Dr=90\%$ とし、上載圧 σ_v 、側圧 σ_h を 400kPa、主応力比 $K=\sigma_h/\sigma_v=1.0$ に調節して模型実験を行った。また、杭先端の砂の挙動を明確にするために、色砂を水平に 1cm 間隔で敷き詰めた。この状態で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オンにより供試体を自立させ、ストレートエッジにより試料断面を削り、杭貫入後の砂の挙動を観察した。

3. カーボネイト砂の支持力特性

1) 先端支持力 図-1 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 の関係を示したものである。この図より、 $S/D=1.0$ におけるチイビシ砂の先端支持力は 16MPa、 $S/D=2.0$ における q_p は 21MPa、 $S/D=3.0$ における q_p は 24MPa と、正規化沈下量 S/D の増加とともに q_p も増加していることがわかる。また、その増加の割合は緩やかであり、明確な降伏点が現れないことがわかる。

2) 周面摩擦力 図-2 は、周面摩擦力 f_s と正規化沈下量 S/D の関係を示したものである。この図より、正規化沈下量 S/D と周面摩擦力 f_s の関係には、 $S/D=0.05$ 付近でピークが現れていることが観察される。また、そのときの周面摩擦力 f_s は 217kPa と最大値を示し、その後、 S/D の増加と共に減少することがわかる。すなわち、正規化沈下量 $S/D=1.0$ におけるチイビシ砂の周面摩擦力は 122kPa、 $S/D=2.0$ における f_s は 112kPa、 $S/D=3.0$ における f_s は 98kPa と、 $S/D=1.0$ 以降、正規化沈下量 S/D の増加とともに減少していることがわかる。

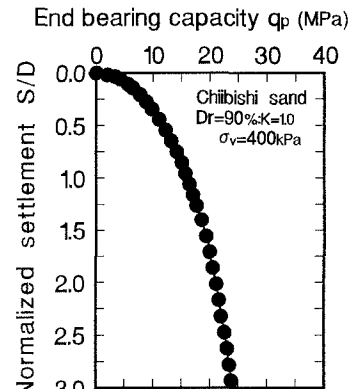


図-1 $q_p \sim S/D$ 関係

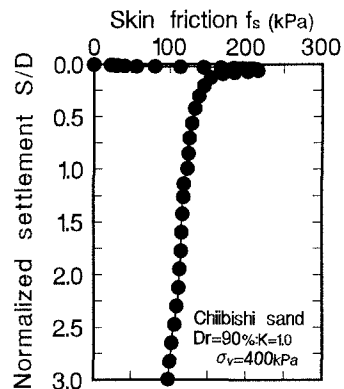


図-2 $f_s \sim S/D$ 関係

4. カーボネイト砂の変形挙動

写真-1 は、チイビン砂において、模型杭周辺の地盤変形の様子を示したものであり、(a)は杭径 $D=30\text{mm}$ に対し貫入量 $S=30\text{mm}$ 、すなわち $S/D=1.0$ のとき、(b)は $S/D=3.0$ のときの様子を示したものである。これらの写真より、まず、杭先端付近に着目すると、杭の貫入量の増加によるチイビン砂の変形は、杭先端近くで大きく、先端より離れるにつれて変形が小さくなることや、杭先端付近には、載荷方向に応力球根が形成されることがわかる。また、杭先端付近のチイビン砂には明瞭なすべり線が見られないことより、破壊は局所的であると推察される。

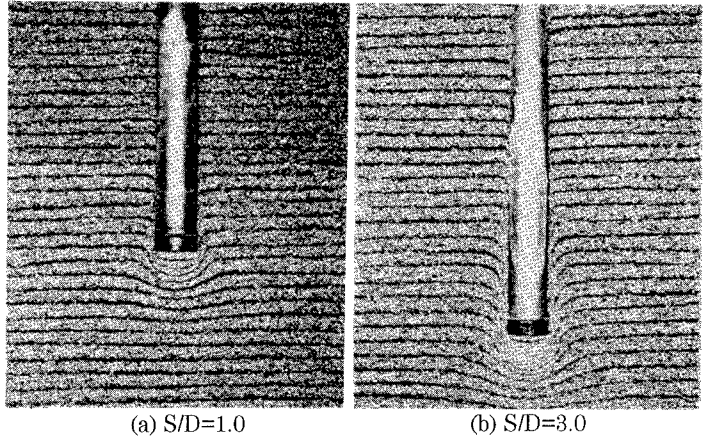
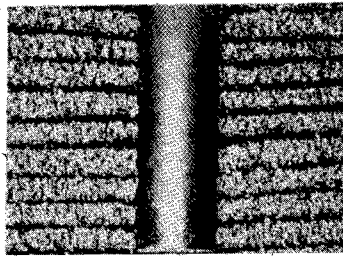


写真-1 杭周辺地盤の様子

次に、杭周面付近に着目すると、杭の貫入量が増加しても砂の変形は杭先端付近ほど顕著には見られないことが全容として観察できる。そこで、杭の貫入に伴う杭周辺地盤の変形と影響範囲について、より詳細に

写真-2 $S/D=0.05(f_{s,max})$

調べるために、最大周面摩擦力が発現された時の杭周辺の砂の変形の様子を、写真-2 に示している。図-3 は、杭貫入に伴う杭周辺の砂の変形の様子を表す模式図であり、表-1 は図-3 に示す諸量を写真から求め、その値をまとめたものである。表中、 δ/D は地盤の沈下量 δ を杭径 D 除したもので、 r_n/r_0 は影響範囲 r_n を杭半径 r_0 で除したものである。ここで、杭周面付近の砂地盤の変形量としては、初期杭位置より上の砂の変形量を求めた。この表より、 $\delta/D=0.05\sim0.06$ 、 $r_n/r_0=2.3\sim2.7$

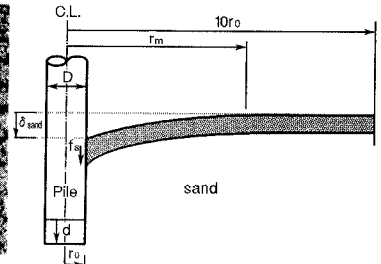


図-3 せん断変形概念図

表-1 せん断変形

S/D	r_0 (cm)	δ_{sand} (cm)	r_n (cm)	δ/D	r_n/r_0
$0.05(f_{s,max})$	1.5	0.15	3.4	0.05	2.3
1.0	1.5	0.18	3.8	0.06	2.5
3.0	1.5	0.19	4.1	0.06	2.7

D: 直径(3cm)

であり、 $f_{s,max}$ が発現された $S/D=0.05$ における杭周辺の砂の変形諸量は、 $S/D=3.0$ におけるときと比較して、顕著な差が見られないことがわかる。よって、本実験で用いたような比較的表面粗度の粗い杭の場合、カーボネイト砂中の周面摩擦力は最大値 $f_{s,max}$ に達するまで、砂地盤の変形を伴うこと、 $f_{s,max}$ 以降、顕著な砂の変化は見られないことより、周面摩擦力は杭表面と砂のせん断により発現されていることが推察される。

5. まとめ 模型杭載荷実験を行い、カーボネイト砂中における支持力発現特性と砂地盤の変形挙動を実験的に調べた。その結果、カーボネイト砂中の先端支持力は杭先端ではすべり線が見られず局所破壊を示し、最大値以降の周面摩擦力は、杭表面と砂のせん断滑りに起因して発現することが推察された。

【参考文献】 1) 田中他：試料の特性の違いが砂中の杭の先端支持力に与える影響、第49回土木学会年次学術講演会概要集、pp. 972～973、1995。2) 安福他：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。3) 村田他：カーボネイト砂中の杭の周面摩擦に関する模型実験と簡易摩擦実験、第30回土質工学研究発表会概要集、pp. 1381～1382、1995。4) 新城俊也、宮城調勝、小宮康明：さんご石灰質砂の強度特性、農業土木学会論文集、第163号、pp. 95～101、1993。5) 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回土質工学研究発表会概要集、pp. 1669～1670、1993。