

# テーパー杭

＝ 杭の短縮化を実現するテーパー杭技術の紹介 ＝



- テーパー杭とは
- テーパー杭の効果
- 実証実験
- テーパー杭の試設計

※ テーパー杭はNETIS登録申請中です

## ■ テーパー杭とは

テーパー杭とは、「テーパー部」と「ストレート部」をもつ、  
開端の鋼管杭です。（ストレート部は  $1/\beta$  ( $\beta$ は杭の特性値) 以上の長さ)

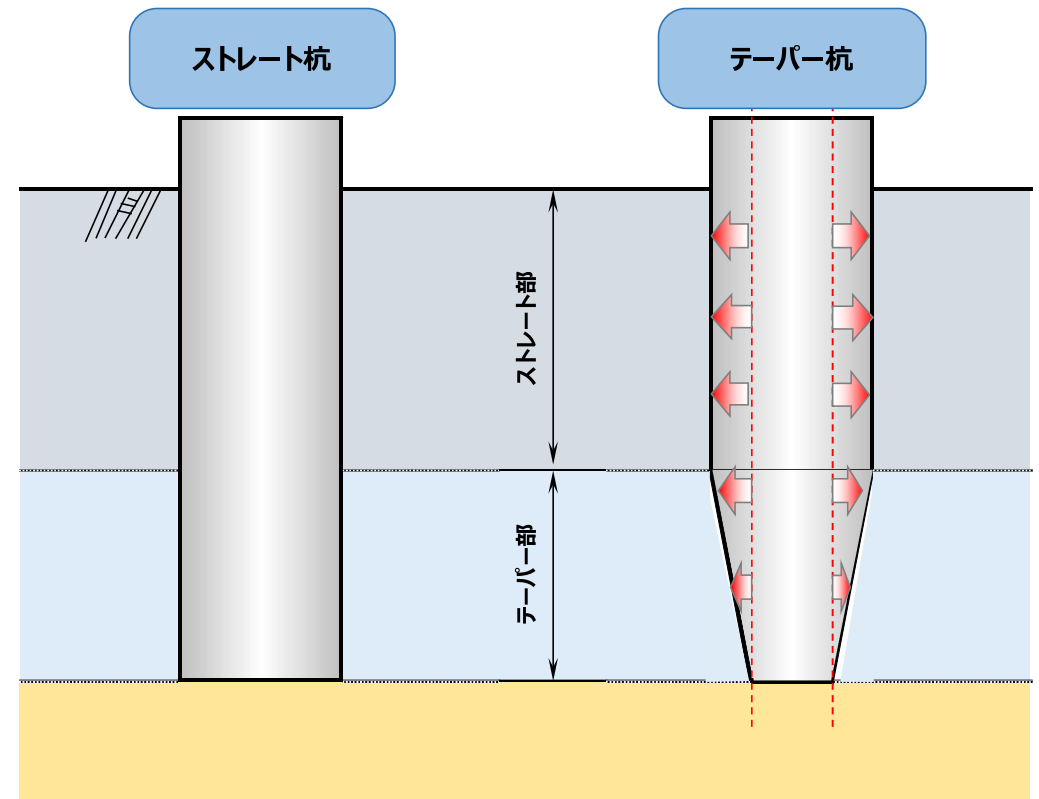
**テーパー杭**は、打設過程において杭周辺の地盤を側方に  
押し広げるため、**杭の周面抵抗力を増加させます。**

テーパー部 : テーパー部による押し広げ、形状の違い

ストレート部 : テーパー部通過後の押し広げが残存



テーパー杭は、ストレート杭と比較してテーパー部、  
ストレート部ともに周面抵抗力が増加します。



## ■テーパー杭の効果

- ◆テーパー杭は、ストレート杭より杭長を短くできるため、

➡ **コストを削減**

- ◆テーパー杭は、杭径や先端の地盤の影響を受けにくいため、

➡ **確実に押込み抵抗力を発揮**

- ◆テーパー杭は、使用鋼材量が減るため、

➡ **CO<sub>2</sub>排出量を削減**





# ■ 実証実験



【検討委員】敬称略（所属は2017年当時のもの）

氏名	所属
荒川 忠一	東京大学名誉教授
岩崎 日出夫	兵庫県東播磨県民局加古川土木事務所所長
清宮 理	早稲田大学名誉教授
佐々木 宏	(一社)日本埋立浚渫協会 調査役
白石 悟	北海道科学大学工学部都市環境学科教授
末政 直晃	東京都市大学工学部教授
水谷 崇亮	(国研)海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 基礎工研究グループ長
山本 修司	(一財)沿岸技術研究センター 参与

(五十音順)

## 載荷試験を2回実施



テーパード杭打設の様子

### りんかい日産建設らが第2回 テーパー杭 実証検討会を開催

りんかい日産建設は、2月26日(木)午後3時から、東京・芝のりんかい日産建設本社で「第2回テーパー杭実証検討会」を開催した。

「従来のストレート杭工法と比べて、CO<sub>2</sub>排出量とコストの削減」という当初の目的が達成された」と説明した。同社はこの技術を、着床式洋上風力発電向けに展開することを目指す。

検討会委員の日坂仁環境省地球環境局地球温暖化対策課地球温暖化対策事業室室長補佐(左)は「洋上風力発電は、CO<sub>2</sub>排出削減の重要なツールとして世界的に注目されており、政府でも事業化のための法改正準備を進めている」と技術の重要性について述べた。

審議では、従来のストレート杭と比べたテーパー杭の効果として「CO<sub>2</sub>排出量は1本当たり4.8ト削減」「コストは1本当たり511万4000円削減」が示された。

りんかい日産建設は、洋上風力発電施設のみではなく、他の海洋構造物を幅広く適応できる可能性を秘めている。新工法であるテーパー杭工法は、杭引きの際、従来の工程に比べて、たどる工程を短縮することができ、CO<sub>2</sub>排出量削減、コスト削減を実現する。さらに「引き抜き易さ」で、より環境に配慮した完全撤去も可能にする。

りんかい日産建設は、洋上風力発電施設の建設を目的し、環境省「CO<sub>2</sub>削減対策推進プログラム」の委託事業(平成29年度から令和元年度までの3カ年)として、香播建設(株)ユニバーサルエネルギー研究所と共同で、テーパー型基礎杭に関する海洋再生可能エネルギーの推進に資する撤去可能

「新工法の開発を進め、2月26日(木)午後3時から、東京・芝のりんかい日産建設本社で「第2回テーパー杭実証検討会」を開催した。1年目は直径3.3mの鋼管杭で室内試験を行い、2年目は直径6.0mの鋼管杭での室内試験と直径1.5mの鋼管杭で陸上実証試験を行った。また、室内試験は未だ完了していない。2月26日は、室内試験と直径1.5mの鋼管杭で陸上実証試験を行った。3年目は室内試験と直径2.3mの鋼管杭で海上実証試験を行った。

2月26日の室内試験は、直径1.5mの鋼管杭の引抜き試験を行った。引抜き試験は、国内初の実証試験となる。また、テーパー杭に関する引抜き試験も実施した。引抜き試験は、国内初の実証試験となる。また、テーパー杭に関する引抜き試験も実施した。

3年目は室内試験と直径2.3mの鋼管杭で海上実証試験を行った。

2月26日は、室内試験と直径1.5mの鋼管杭で陸上実証試験を行った。3年目は室内試験と直径2.3mの鋼管杭で海上実証試験を行った。

2月26日は、室内試験と直径1.5mの鋼管杭で陸上実証試験を行った。3年目は室内試験と直径2.3mの鋼管杭で海上実証試験を行った。



大下執行役員



新谷技術課長



荒川東大名誉教授



日坂環境省地球温暖化室長補佐

【出典】20200310 港湾新聞

### 海上実証試験結果報告

## 1本511万円コスト削減

りんかい日産建設は、香播建設(株)ユニバーサルエネルギー研究所との3社で開発を進めているテーパー型基礎杭(テーパー杭)について検討会を開き、2019年12月から2021年1月の東播磨港(兵庫県播磨町)で実施した海上実証試験の結果報告と内容の審議を行った。

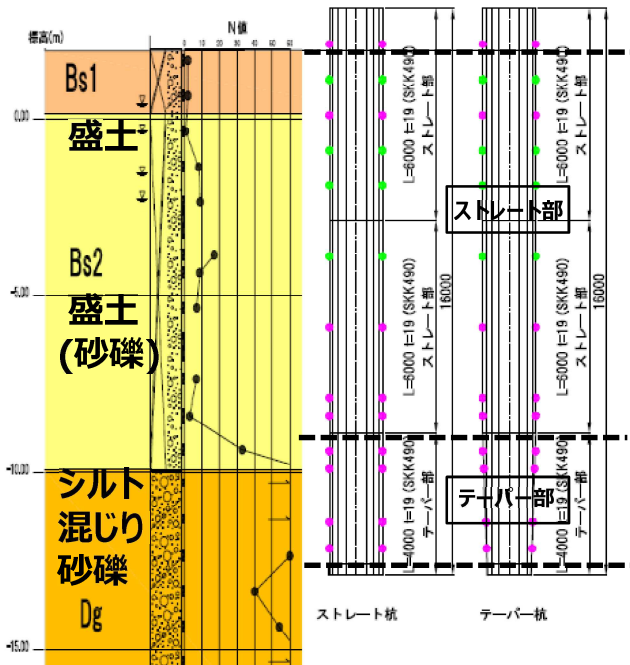
りんかい日産建設の代表取締役執行役員土木営業担当は「従来のストレート杭工法と比べて、CO<sub>2</sub>排出量とコストの削減」という当初の目的が達成された」と説明した。同社はこの技術を、着床式洋上風力発電向けに展開することを目指す。

検討会委員の日坂仁環境省地球環境局地球温暖化対策課地球温暖化対策事業室室長補佐(左)は「洋上風力発電は、CO<sub>2</sub>排出削減の重要なツールとして世界的に注目されており、政府でも事業化のための法改正準備を進めている」と技術の重要性について述べた。

審議では、従来のストレート杭と比べたテーパー杭の効果として「CO<sub>2</sub>排出量は1本当たり4.8ト削減」「コストは1本当たり511万4000円削減」が示された。

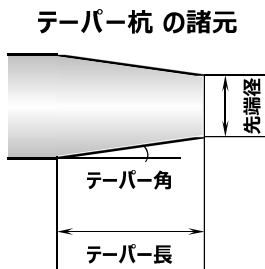
【出典】20200302 建設通信新聞

# 押込み載荷試験 (第1回載荷試験)



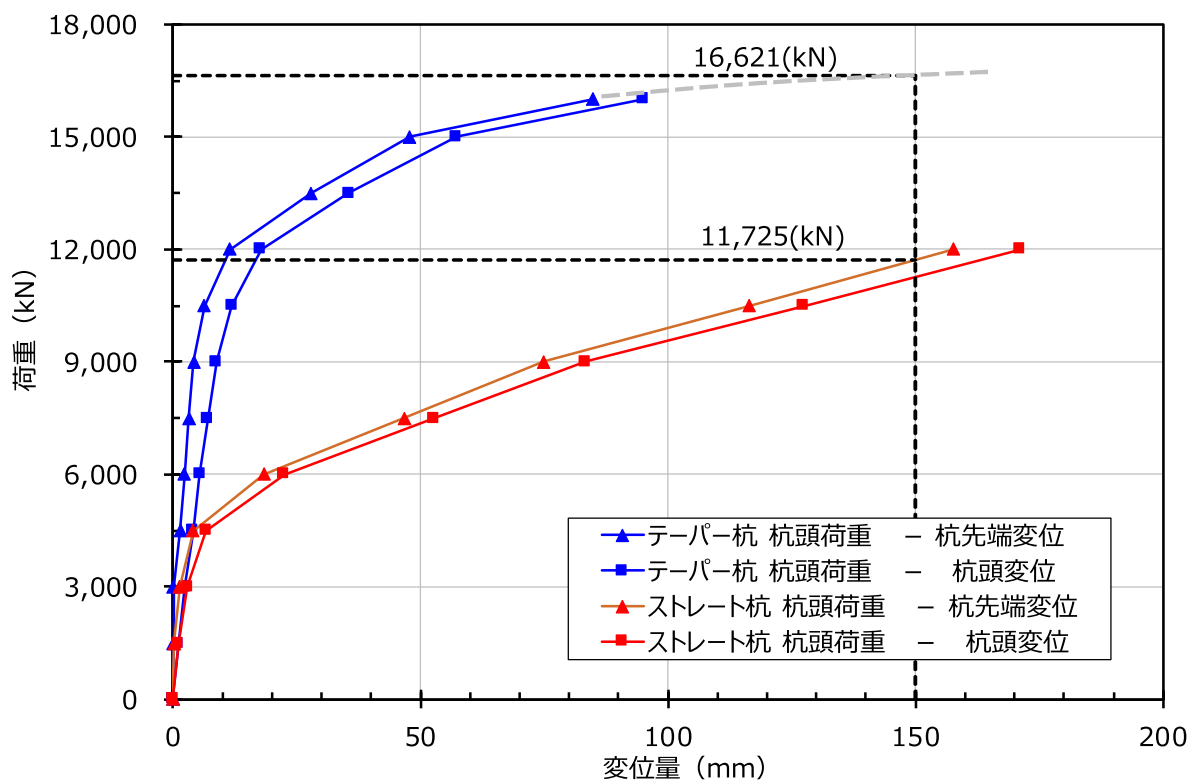
陸上実証	杭頭径 (m)	厚 (mm)	杭長 (m)	根入れ長 (m)	テーパー角 (度)	テーパー長 (m)	先端径 (m)
テーパー杭	1.500	19	16.000	14.800	2.0	4.000	1.221
ストレート杭					-	-	-

テーパー杭とストレート杭の諸元は、同杭頭径、同根入れ長



# 押し込み载荷試験 (第1回载荷試験)

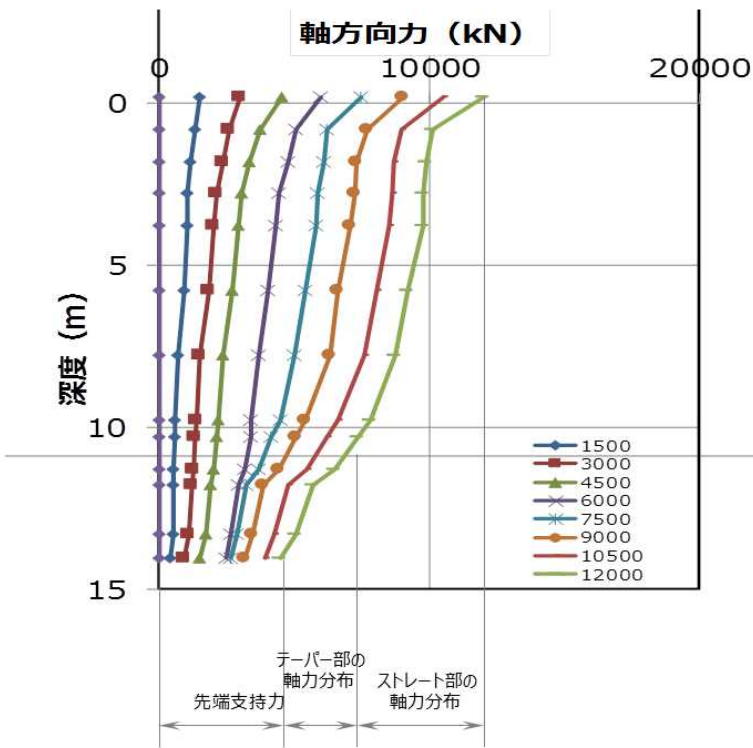
## 荷重-変位曲線



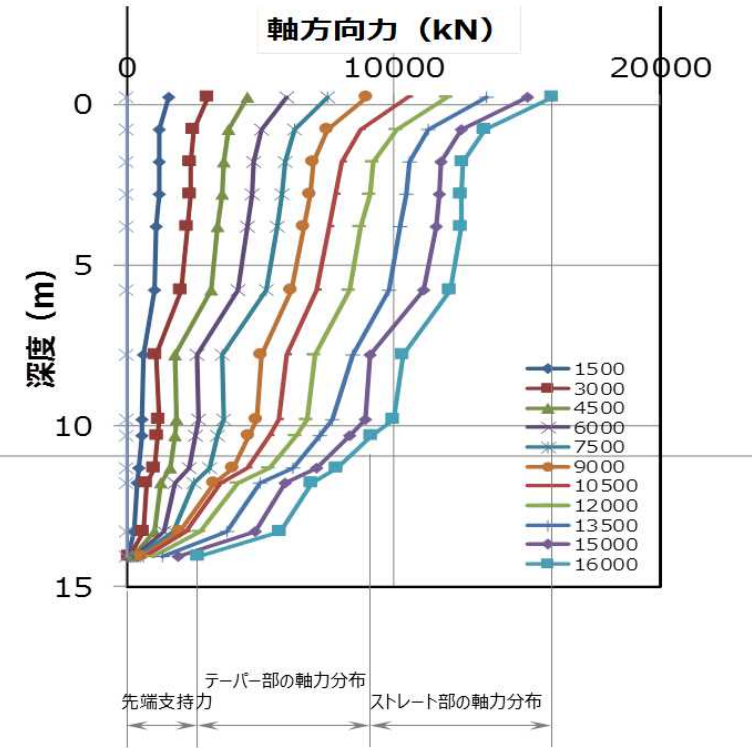
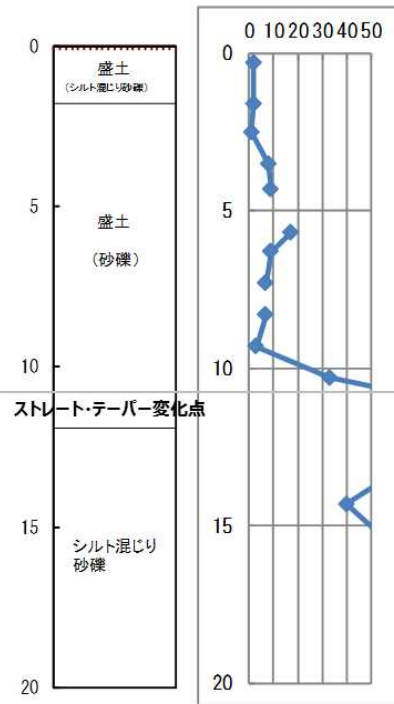
テーパー杭押し込み抵抗値 16,621(kN) : 推定値  
 ストレート杭押し込み抵抗値 11,725(kN)

# 押し込み载荷試験 (第1回载荷試験)

## ひずみ計測による軸力分布



ストレート杭

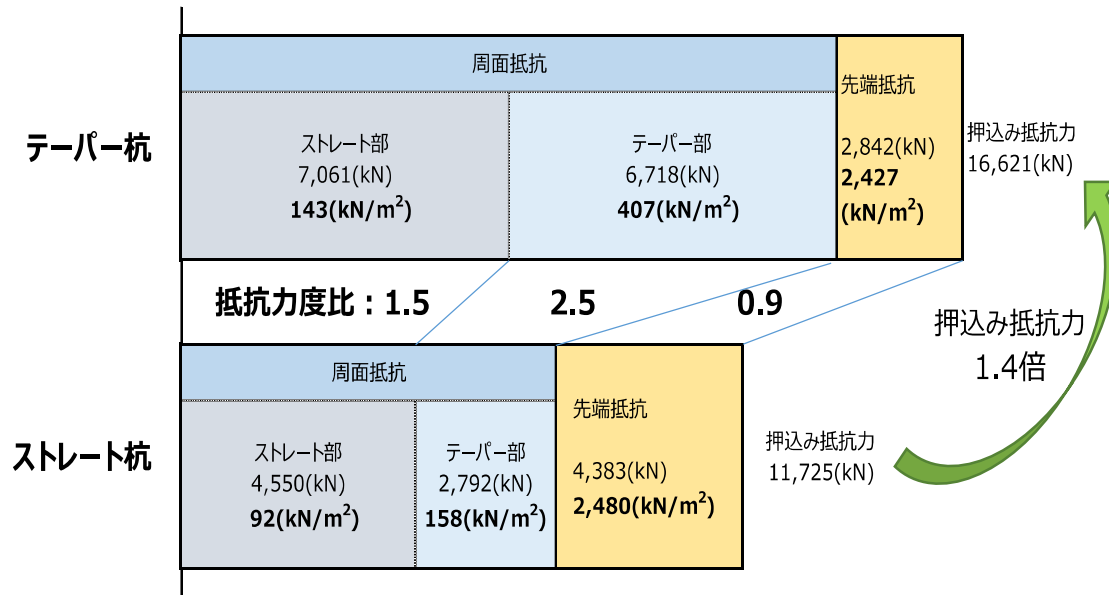


テーパー杭



# 押し込み載荷試験 (第1回載荷試験)

テーパー杭の押し込み抵抗特性 (同杭頭径、同根入れ長のストレート杭との比較)



テーパー杭の押し込み抵抗力はストレート杭の約1.4倍

**押し込み載荷試験の抵抗力度比**  
 →各部位毎の抵抗力度の比(テーパー/ストレート)

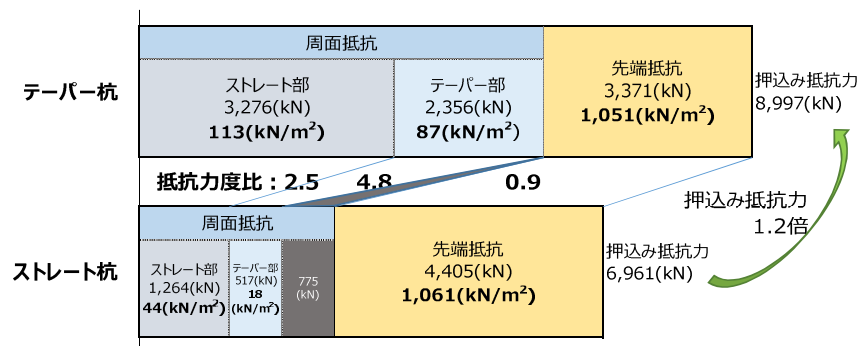
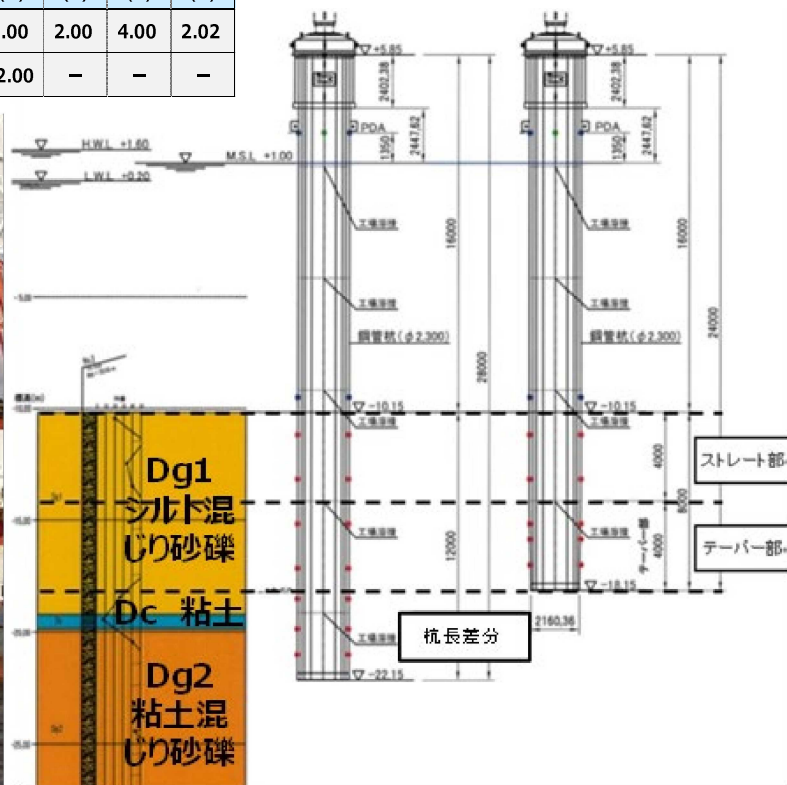
ストレート部	...	1.5倍
テーパー部	...	2.5倍
先端部	...	0.9倍

(地盤条件は砂質土)

鋼材重量減によるCO2排出削減

# 衝撃載荷試験 (第2回載荷試験) 同杭頭径、テーパー杭の根入れはストレート杭より4.0m短い

海上実証	杭径 (m)	厚 (mm)	杭長 (m)	根入れ長 (m)	テーパー角 (度)	テーパー長 (m)	先端径 (m)
テーパー杭	2.30	30	24.00	8.00	2.00	4.00	2.02
ストレート杭			28.00	12.00	-	-	-



(波形マッチング解析により静的抵抗成分を求めた)

テーパー杭の押込み抵抗力はストレート杭の約1.2倍

## 衝撃載荷試験の抵抗力度比

→各部位毎の抵抗力度の比(テーパー/ストレート)

- ストレート部 ... 2.5倍
- テーパー部 ... 4.8倍
- 先端部 ... 0.9倍

(地盤条件は砂質土)

鋼材重量減によるCO2排出削減

# テーパー杭の「押し込み抵抗力」の考え方

(第1回載荷試験結果より)

## 港湾基準 3.4.3 杭の軸方向押し込み抵抗力 (抜粋)

(2) 杭の軸方向押し込み抵抗力の特性値は、式(3.4.1)に示すように、杭の先端抵抗力の特性値と周面抵抗力の特性値の和として表される。

$$R_{sk} = R_{pk} + R_{sk} \quad (3.4.1)$$

ここに、

$R_{sk}$  : 杭の軸方向押し込み抵抗力の特性値 (kN)

$R_{pk}$  : 杭の先端抵抗力の特性値 (kN)

$R_{sk}$  : 杭の周面抵抗力の特性値 (kN)

$$R_{sk} = \sum_i \bar{r}_{fki} A_{si} \quad (3.4.2)$$

ここに、

$\bar{r}_{fki}$  :  $i$ 層における杭と地盤の単位接触面積あたりの平均周面抵抗力 (kN/m<sup>2</sup>)

$A_{si}$  :  $i$ 層における杭と地盤の接触面積 (m<sup>2</sup>)

$$A_{si} = U_{si} \cdot l_i$$

$U_{si}$  :  $i$ 層における杭の外周長 (m)

$l_i$  :  $i$ 層における杭長 (m)

(10) 打撃工法で施工された杭の砂質土地盤中における単位接触面積あたりの周面抵抗力の特性値は、式(3.4.6)により推定することができる。

$$\bar{r}_{fki} = 2\bar{N} \quad \text{砂質土におけるストレート杭の周面抵抗力の応力度} \quad (3.4.6)$$

ここに、

$\bar{N}$  :  $i$ 層における平均のN値

## 押し込み載荷試験の抵抗力度比

→各部位毎の抵抗力度の比(テーパー/ストレート)

ストレート部 … 1.5倍

テーパー部 … 2.5倍

先端部 … 0.9倍

(地盤条件は砂質土)

## 砂質土におけるテーパー杭の周面抵抗力の応力度

ストレート部 …  $\bar{r}_{fki \cdot ST} = 1.5 \times 2\bar{N}$

テーパー部 …  $\bar{r}_{fki \cdot TP} = 2.5 \times 2\bar{N}$

## テーパー杭の先端抵抗力の特性値

$$300 N A_{P \cdot ST} \eta_{ST} \Rightarrow 300 N (0.9 \times A_{P \cdot TP}) \eta_{ST}$$

(粘性土地盤は港湾基準に則る)

【参考】 既往論文より、テーパー杭を用いた載荷試験を実施した結果

・富永らは、テーパー杭とストレート杭の周面抵抗力の応力度比は2倍以上

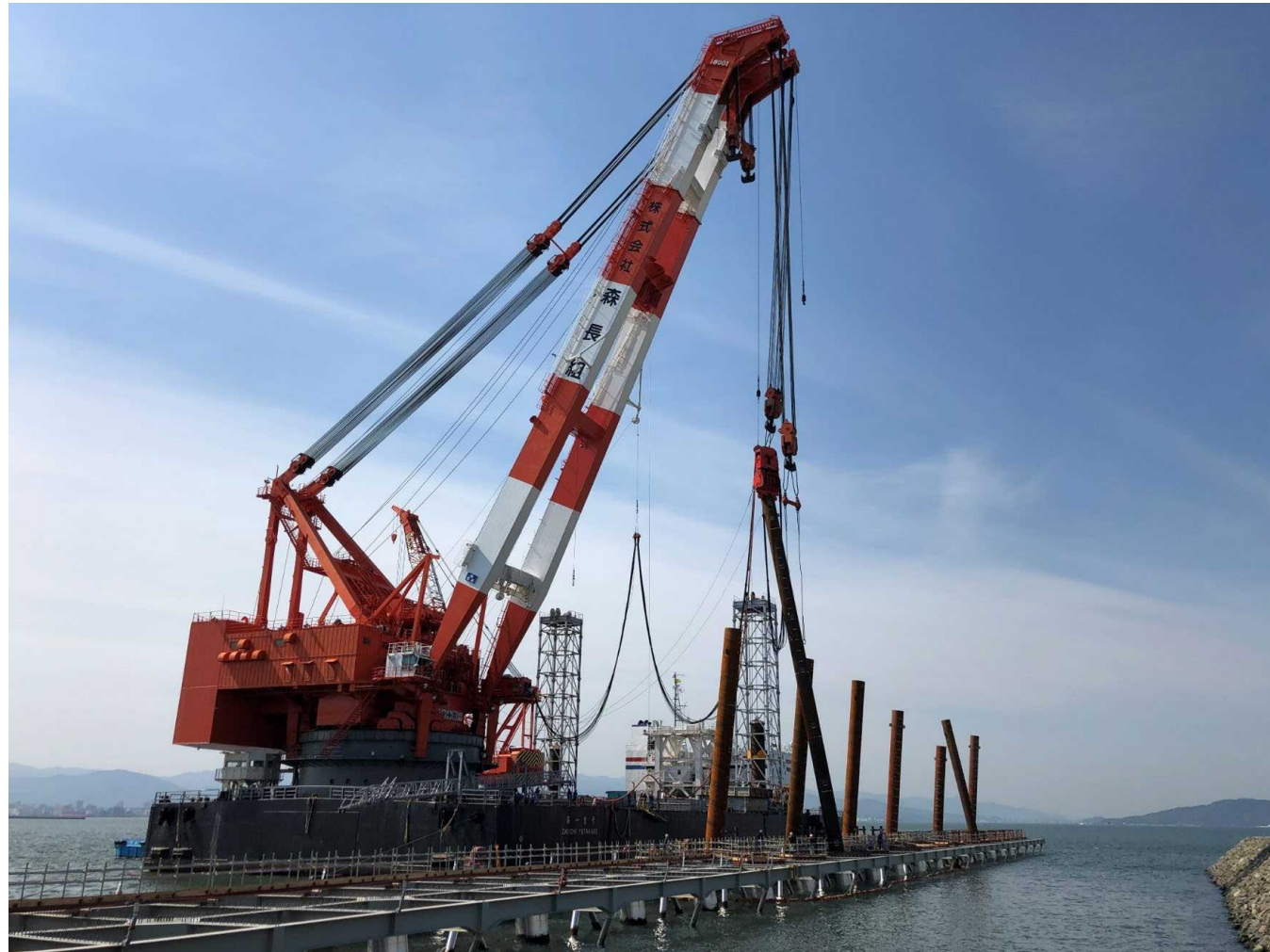
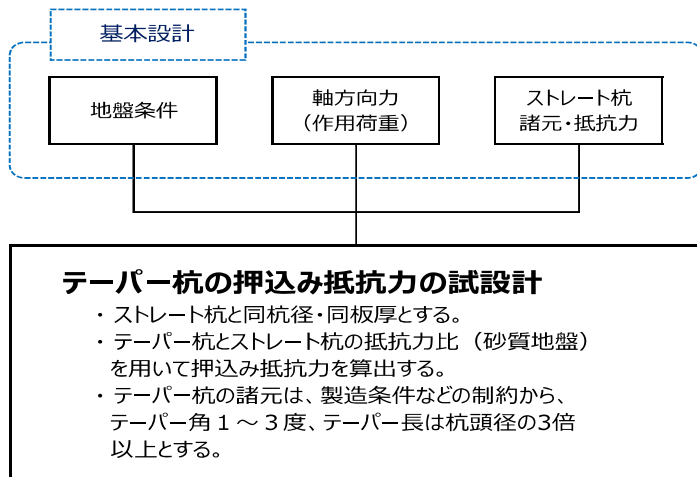
・佐藤らは、テーパー杭とストレート杭の周面抵抗力の応力度比は1.25~10.5倍

## ■ テーパー杭の試設計

### ◆ テーパー杭の対応可能な構造形式

テーパー杭は、栈橋、ドルフィン、浮栈橋の係留杭、杭式防波堤、係船杭 などの基礎杭への適用が考えられます。

### ◆ テーパー杭による試設計の方法





# 鋼管杭の支持力確保

大口径鋼管杭の押し込み抵抗力の確保には、先端抵抗力における閉塞率の設定が大きく影響する。閉塞率は、杭径に依存する傾向が強いと示されているが、バラツキも大きい。

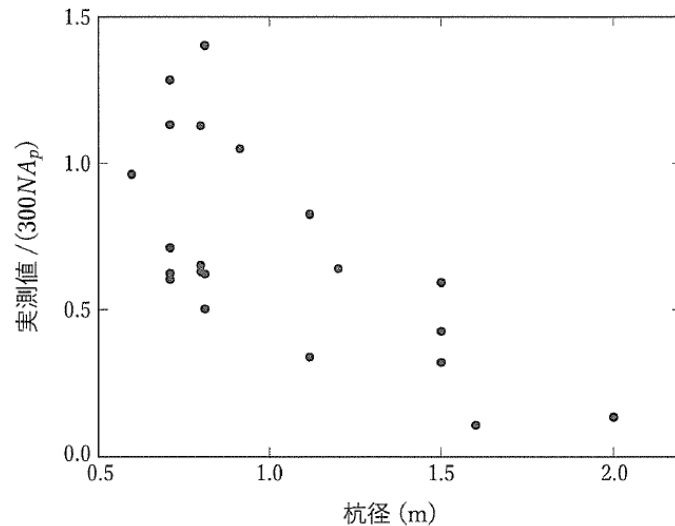


図-3.4.2 開端杭の杭径と閉塞率の関係 (菊池ら<sup>16)</sup> に加筆修正)

出典：港湾の施設の技術上の基準・同解説(平30年5月)

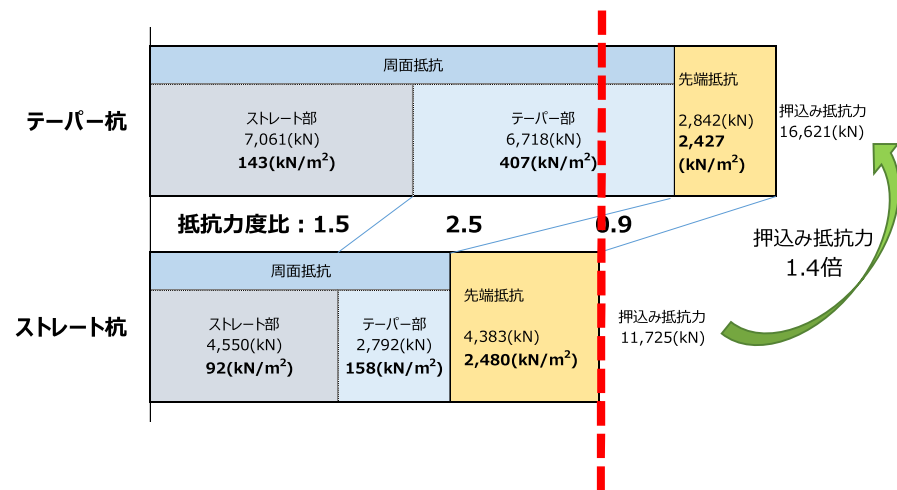
## 鋼管杭の支持力確保の対策

- ◆ 根入れ延長
  - …杭の根入れを長くし、周面抵抗力により支持力を確保
  - 支持層に長く打ちこむため、打設が難しい場合がある
- ◆ 先端根固め工法
  - …杭先端部をセメントミルクにより固め、先端支持力を確保
  - 施工費が高価
- ◆ 仕切り板
  - …杭の先端部に仕切り板を設け、先端支持力を確保
  - 閉塞率が向上できた場合と、明確な効果が得られない場合がある
- ◆ **テーパー杭**
  - …杭の先端にテーパー部を連結し、周面抵抗力を増加
  - **杭径や先端の地盤の影響を受けにくい**ため、**確実に押し込み抵抗力を発揮する**

# 鋼管杭の支持力確保

## テーパー杭の押し込み抵抗特性

同杭頭径(1.5m)、同根入れ長のストレート杭との比較



ストレート杭の押し込み抵抗力は、先端抵抗に大きく寄与し、杭径による閉塞率設定のバラツキの影響を受ける。しかしながら、テーパー杭は、周面抵抗に大きく寄与し、閉塞率の影響を受けにくいので、**杭径によらず確実に押し込み抵抗力を発揮する。**

ストレート杭の押し込み抵抗力は、先端閉塞に期待しているため、杭の先端部に不均質な地盤があると、抵抗力の発揮が不確実となる。しかしながら、テーパー杭は、先端閉塞に期待していないため、先端部の**地盤の影響を受けづらく、確実に押し込み抵抗力を発揮する。**

## ◆テーパー杭

→ 杭径や先端の地盤の影響を受けにくいいため、**確実に押し込み抵抗力を発揮**

## ■ テーパー杭の効果

- ◆ テーパー杭は、ストレート杭より杭長を短くできるため、

➡ **コストを削減**

- ◆ テーパー杭は、杭径や先端の地盤の影響を受けにくいいため、

➡ **確実に押込み抵抗力を発揮**

- ◆ テーパー杭は、使用鋼材量が減るため、

➡ **CO<sub>2</sub> 排出量を削減**



ご清聴ありがとうございました



 りんかい日産建設株式会社

土木本部 技術部 新谷 (しんがい)

[singai@rncc.co.jp](mailto:singai@rncc.co.jp)