

## テーパー型基礎杭とストレート杭の性能比較（杭の衝撃載荷試験）

りんかい日産建設株式会社 正会員 新谷 聡 正会員 元水 佑介 正会員 ○坂本 易隆  
東京都市大学 正会員 末政 直晃 正会員 伊藤 和也 正会員 田中 剛

### 1. はじめに

近年、洋上風力発電施設は世界的に大型化が進んでおり、我が国においても、港湾法や再エネ海域利用法が整備されたことを背景に多くの導入が計画されている。しかしながら、事業者にとっては、全体事業費に占める施工コストの割合が高いことや施工時の CO<sub>2</sub> 排出量増大、占有期間終了後に設備の完全撤去が原則であることなど課題も多い。そこで、基礎構造としての機能は維持しつつ、施工の低コスト化、CO<sub>2</sub> 排出量低減および杭基礎の完全撤去を可能とする「テーパー型基礎杭」（以後「テーパー杭」と称す）を開発した。テーパー杭は、これまで室内試験においてその効果が確認されていることを踏まえ<sup>1)</sup>、実際の陸上<sup>2)</sup>および海上にてテーパー杭の製作・打設・性能把握試験を行った。本稿は、そのうち、海上実証における性能把握試験（衝撃載荷試験）の結果について報告するものである。

### 2. 試験概要

試験は、同杭径のストレート杭とテーパー杭を製作し、既存技術であるストレート杭とテーパー杭の性能を比較し、テーパー杭の効果を確認することを目的とした。図-1 に地盤調査結果（SPT）とひずみゲージ貼付位置を示す。ストレート杭とテーパー杭の打設位置は、杭の影響範囲を考慮して 10m（杭径 2.3(m)の3倍以上）の間隔を空け、その中間地点で地盤調査を実施した。杭の諸元は、地盤条件、陸上実証の結果などを踏まえて表-1 のように決定した。試験は、施工時の衝撃載荷試験、施工後 2 週間の養生期間をおき、再度衝撃載荷試験を実施した。杭の打設は、IHC の油圧ハンマ（IHC-S280）を用いた（写真-1 参照）。油圧ハンマのラム重量は 13.6(t)、最大打撃エネルギーは 280(kN・m)である。

### 3. 施工時の衝撃載荷試験

施工時の衝撃載荷試験の結果を図-2 に示す。ストレート杭とテーパー杭の打設箇所が概ね同じ地盤条件であったとすると、テーパー杭はストレート杭と比較して、打設に要するハンマエネルギーがほぼ同程度であったため、同一根入れ長さまでの施工に多くの打撃回数を必要とし、深度毎の全抵抗値も大きな値を示した。これより、テーパー杭は、テーパー形状による押広げ効果より、施工時にストレート杭より大きな押込み抵抗力を発揮することが確認された。

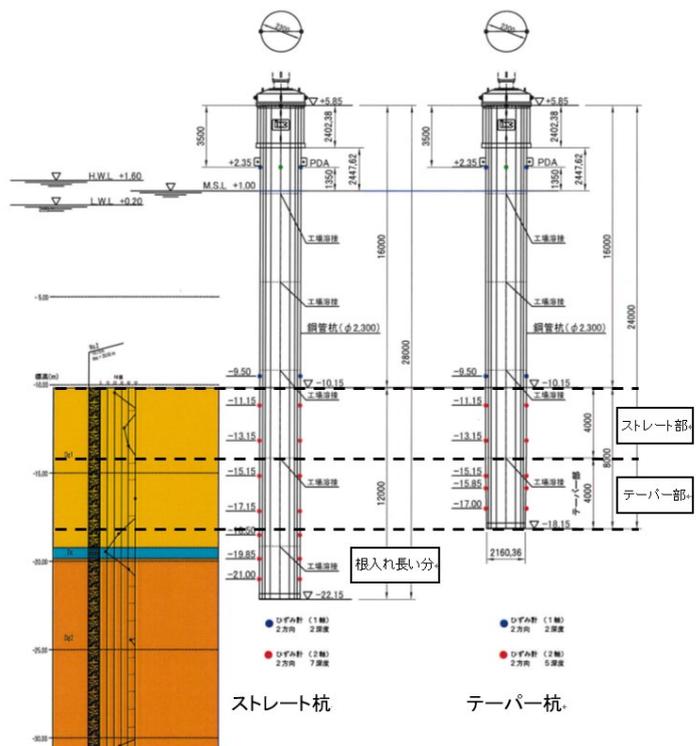


図-1 地盤調査結果とひずみゲージ貼付位置

表-1 試験杭の諸元

	ストレート杭	テーパー杭
杭径(mm)	2300	2300
杭長(m)	28.000	24.000
肉厚(mm)	30	30
テーパー角(°)	0.00	2.00
テーパー長(m)	0.000	4.000
先端径(mm)	2300	2021
重量(t)	48.426	40.086



写真-1 打設状況

キーワード テーパー杭, 洋上風力発電設備, 衝撃載荷試験, 押込み抵抗力, セットアップ

連絡先 〒105-0014 東京都港区芝 2-3-8 りんかい日産建設株式会社 TEL03-5476-1728

#### 4. 打ち止め時および養生後の衝撃载荷試験

養生後の衝撃载荷試験の波形マッチング解析結果を表-2に示す。表-2において、各杭の抵抗力を、同条件下で比較できるよう、図-1のように、テーパ杭の根入れ部分の形状よりストレート部、テーパ部に分け、各杭同深度の応力を求めた。なお、ストレート杭において、テーパ杭より根入れが長い分は、土質条件が異なるため応力比較の検討より外した。表-2より、テーパ杭は、押し込み抵抗力のうち周面抵抗力が6割以上を占めることが判った。これは、テーパ形状による押し込み時の押し抜け効果によるものと考えられる。さらに、テーパ杭は円筒拡張による押し抜けのため、ストレート杭と比較し周面抵抗力の比が、ストレート部で2.59倍、テーパ部で4.84倍と大きくなることが判った。一方、先端抵抗に関しては、ストレート杭とテーパ杭の先端抵抗力度の比は0.99倍となり、ほぼ変わらない値を示した。施工時および養生後の衝撃载荷試験より求められた押し込み抵抗力から、各杭のセットアップ率を算出した(表-3参照)。これより、セットアップ率は、ストレート杭は1.24、テーパ杭は1.33となり、どちらも低めの値となった。

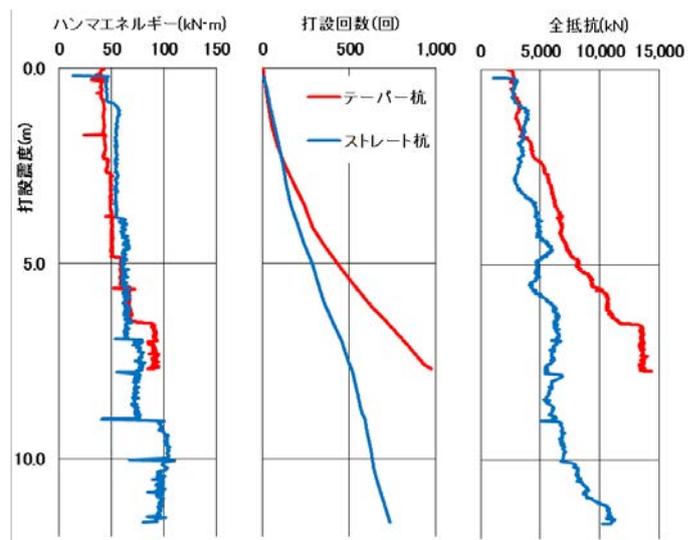


図-2 施工時の衝撃载荷試験結果

表-2 波形マッチング解析による性能比較

衝撃载荷試験(養生後)		押し込み抵抗力(kN)		応力(kN/m <sup>2</sup> )		応力比 (TP/ST)
		ストレート杭	テーパ杭	ストレート杭	テーパ杭	
周面抵抗	ストレート部	1264	3276	21.87	56.67	2.59
	テーパ部	517	2350	8.94	43.28	4.84
	(根入れ長い分)	(775)	-	(13.41)	-	-
	周面抵抗力	2556	5626			
	周面抵抗力の割合 (周面抵抗力/押し込み抵抗力)	0.37	0.63			
先端抵抗	先端抵抗力	4405	3371	265.06	262.71	0.99

#### 5. まとめ

同杭径のストレート杭とテーパ杭の性能比較のため、海上にて衝撃载荷試験を実施し、以下の知見が得られた。

- (1) テーパ杭は円筒拡張による押し抜け効果により、押し込み抵抗力のうち周面抵抗力が6割以上を占め、テーパ杭の周面抵抗力度は、ストレート杭の周面抵抗力度より大きい。
- (2) 今回の試験では、テーパ杭の杭長はストレート杭より短いですが、押し抜け効果により同等以上の押し込み抵抗力を発生可能であることが確認された。これより施工性が向上するため、低コスト化やCO<sub>2</sub>排出量の低減が期待できる。
- (3) ストレート杭とテーパ杭の施工から2週間養生後のセットアップ率は、どちらも低めの値となった。

#### 謝辞

本研究は、環境省地球環境局「CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」の委託事業により実施しております。関係者の皆様に感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 新谷ら「テーパを有するモノパイルの基礎的研究(その1 鉛直载荷, 水平载荷実験)」, 2019 土木学会全国大会 第74回年次学術講演会
- 2) 新谷ら「テーパ型基礎杭とストレート杭の性能比較(その1:押し込み抵抗力)」, 2020 土木学会全国大会 第75回年次学術講演会

表-3 セットアップ率の算出

		ストレート杭	テーパ杭
押し込み抵抗力(kN)	施工時	5601	6763
	養生後	6961	8997
セットアップ率		1.24	1.33