

# グラウト接合の支持性能に関する研究 (その1)

(株)熊谷組 正会員 ○中村 滋 大越 靖広 吉田 健治

## 1. 研究背景

洋上風力発電所等におけるモノパイルとジョイントスリーブ間の接合にはグラウト接合が用いられるが、建築基準法では定めがなく、現状は海外基準 (DNS - OS - J101) <sup>1)</sup> に従って設計を行っている。また近年の洋上風力発電所への注目と普及に伴い、合理的な設計が求められている。そこで本研究では、モノパイルジョイントスリーブ間のグラウト接合について、支持性能と曲げ耐力をモデル試験により検討した。

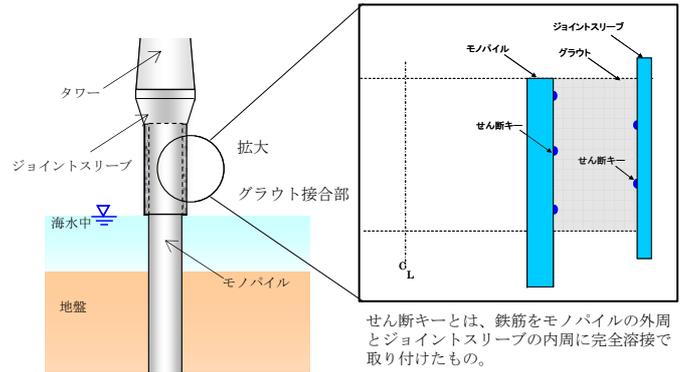


Fig.1 グラウト接合模式図

なお、グラウト接合とは2つの径の異なる鋼管を同心に重ね合わせた空間にグラウト材を充填し、グラウト材と鋼材の付着強度およびグラウト材のせん断強度で接合する構造的結合である (Fig. 1)。本文では、内側の鋼管をモノパイル、外側の鋼管をジョイントスリーブと表記する。

## 2. 実験概要

鋼材は、一般構造用鋼管 STK400 を使用した。鋼管の外径と厚さを Table1 に示す。グラウト材は、水中不分離性高流動無収縮モルタル「マックス AZ TYPE-A」(圧縮強度 50N/mm<sup>2</sup> 以上) を使用した。

鉛直軸荷試験概要を Fig. 2 に示す。試験体上部に載荷板をセットし、単調軸荷し軸荷重を計測した。予めジョイントスリーブ外側に4箇所ターゲットを設置し鉛直変位を計測した。載荷速度は 0.1~0.5 N/mm<sup>2</sup>/sec とした。また、ひずみ計をモノパイルの外面およびジョイントスリーブの内面に3箇所設置した。

曲げ軸荷試験概要を Fig. 3 に示す。試験体上面に、接触面をジョイントスリーブ鋼管の形状に合わせて曲面に加工した載荷板を設置後、単調軸荷し、軸荷重を計測した。ジョイントスリーブ外側側面にターゲットを設置し鉛直変位を計測した。ひずみ計をモノパイル上側外面およびジョイントスリーブの上側内面それぞれ3箇所設置した。

## 3. 鉛直軸荷試験結果

試験体 No. 1~3 の軸荷重-鉛直変位関係を Fig. 4 に示す。いずれのケースも最大荷重が得られた後、荷重が急激に低下する。最大荷重-重ね合わせ長関係を Fig. 5 に示す。Fig. 5 に示すように最大荷重は、重ね合わせ長に比例する。

Table1 鋼管の外径と厚さ

呼び名	種別	外径(mm)	厚さ(mm)
モノパイル	STK400	355.6	6.4
ジョイントスリーブ		406.4	6.4

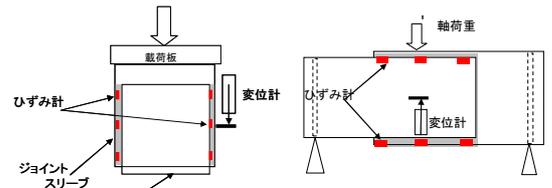


Fig. 2, 3 鉛直・曲げ軸荷試験概要

Table2 試験ケース

試験体No.	パラメータ			載荷方法
	重ね合せ長 <sup>※1</sup>	せん断キー	界面	
1	1.0D	-	粗	鉛直軸荷
2	0.5D			
3	1.5D			
4	1.0D	-	黒皮 <sup>※2</sup>	
5			φ3.2×3段	
6		φ3.2×6段	粗	
7		-		曲げ軸荷
8	φ3.2×3段			

※1 重ね合せ長: モノパイルとジョイントスリーブのラップ長でDはモノパイル直径

※2 黒皮: 熱間圧延のときに生じる酸化皮膜で滑りやすい

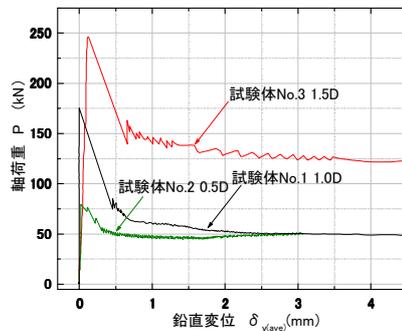


Fig. 4 軸荷重-鉛直変位関係

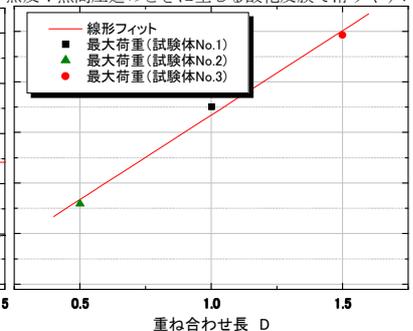


Fig. 5 最大荷重-重ね合わせ長関係

キーワード 洋上風力発電所 グラウト接合 モノパイル形式

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 株式会社熊谷組土木事業本部 TEL 03-3235-8622

試験体 No. 1, 4 の軸荷重-鉛直変位関係を Fig. 6 に示す. 黒皮有の試験体 No. 4 では, 黒皮無 (界面粗) の No. 1 と比較して最大荷重は小さく (約 38%), 最大荷重に及ぼす要因の一つとして, 界面状態が大きく影響するといえる.

試験体 No. 1, 5, 6 の軸荷重-鉛直変位関係を Fig. 7 に示す. せん断キーを 6 段配置した試験体 No. 6 と 3 段配置した試験体 No. 5 を比較し, 鉄筋間隔が狭いほど最大荷重は著しく大きくなる. またせん断キーを配置した場合とせん断キー配置しない場合とを比較し, せん断キーを配置した方が最大荷重は約 6~10 倍となる.

4. 曲げ载荷試験結果

水平荷重-水平変位関係, ひずみ-水平変位関係 (No. 7) 及びひずみ-水平変位関係 (No. 8) を Fig. 8~10 に示す. Fig. 8 より, せん断キーの有無によらず最大荷重は約 700kN となっており, 鉛直载荷試験で得た結果と大きく異なり, せん断キーの配置による曲げ耐力の向上はほとんどないことがわかる.

Fig. 9 に示すように, モノパイル (上面) のグラウト接合部の境界部分に大きなひずみを生じた. 载荷を続けると断面二次モーメントの小さいモノパイル部分で座屈 (降伏) する結果となった. またジョイントスリーブ (下面) に発生するひずみは, Fig. 9 上段のせん断キーのない①のひずみがせん断キー有りの②と比較して大きい. ひずみ計は载荷初期は引張方向に生じるものの, その後, 圧縮方向に移行している. せん断キーありの場合は無い場合と比較して, ジョイントスリーブに発生するひずみは抑制されていることから, せん断キーは鋼管の引き抜けに抵抗していると考えられる.

5. まとめ

グラウト接合支持性能

せん断キーのないグラウト接合の最大軸荷重は重ね合わせ長に比例し, 鋼管の界面の状態に強く依存する. 最大軸荷重はせん断キーを配置した場合, 配置しない場合と比較し 6~10 倍に向上する. 最大軸荷重は, せん断キーの配置間隔が狭い程大きい.

グラウト接合の曲げ特性

曲げ耐力はせん断キーの有無によらず, モノパイルの耐力で決定される. せん断キーは, モノパイル-ジョイントスリーブの引抜けに抵抗する役割を持つ.

【参考文献】

- 1) 吉田ら:洋上風力発電所モノパイル基礎の設計と施工について, 土木学会第 65 回年次学術講演会

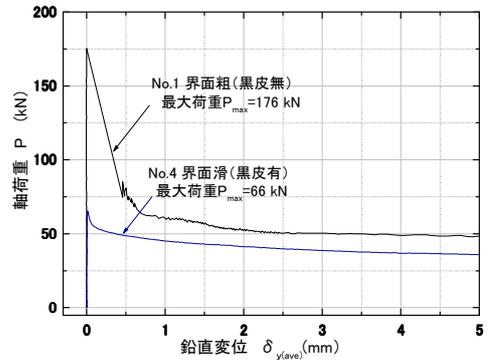


Fig. 6 軸荷重 - 鉛直変位関係 (界面状態が最大荷重に及ぼす影響)

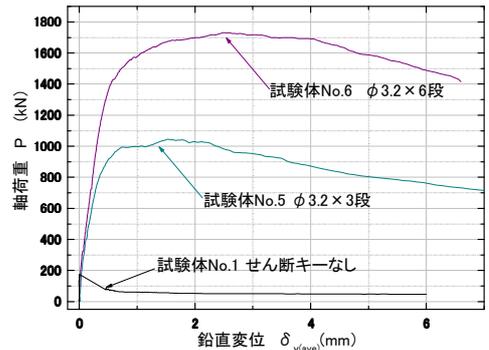


Fig. 7 軸荷重 - 鉛直変位関係 (せん断キーの有無が最大荷重に及ぼす影響)

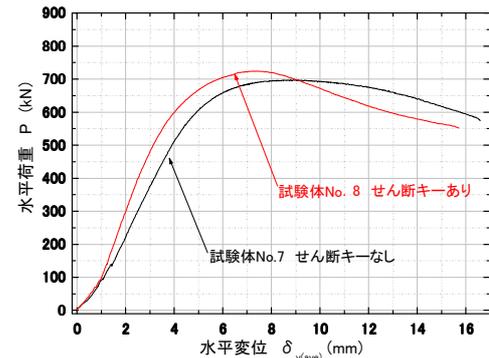


Fig. 8 水平荷重-水平変位関係 (曲げ载荷)

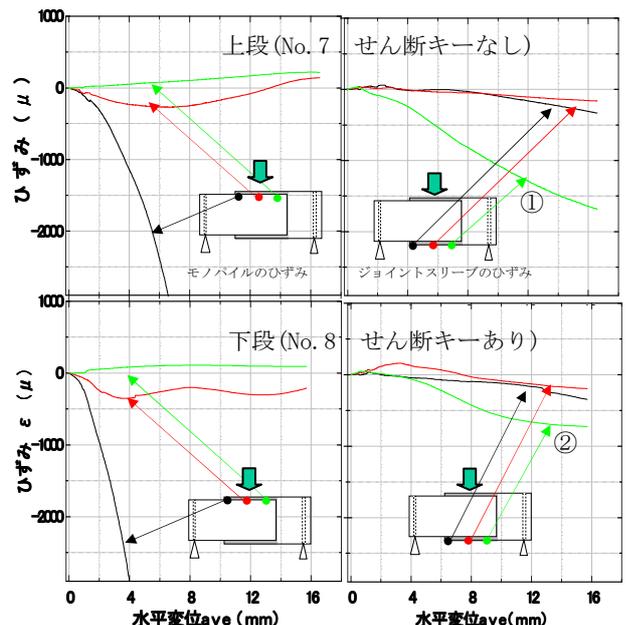


Fig. 9 ひずみ-水平変位関係