

拡大根固め部を有するウォータージェット併用バイブロハンマ工法の開発（その 1）

新日本製鐵株式会社
独立行政法人港湾空港技術研究所
新日本製鐵株式会社
調和工業株式会社
調和工業株式会社

正会員
正会員
正会員
正会員
正会員

○石濱 吉郎
菊池 喜昭
西海 健二
鈴木 勇吉
高橋 健二

1. はじめに

近年、港湾地域で騒音・振動が問題となり、打撃工法が適用できないケースが増加している。対策として、ウォータージェット併用バイブロハンマ工法（以下、JV 工法）が採用されてきたが、支持杭として用いる場合、JV 工法ではジェット噴射で地盤を乱すおそれがあり、JV 工法による支持杭の施工が敬遠されている。そこで、騒音・振動対策が必要な工事を対象とした鋼管杭工法の開発に取り組んだ。

2. 工法概要

本工法は、JV 工法の掘削性能と騒音・振動対策効果を持ちながら、杭先端にソイルセメントで根固め部を築造することで、大きな軸方向抵抗力性能を発揮させる工法である。ウォータージェットによって支持層の杭外周面と杭内面を乱すとともに、杭内面はウォータージェットにより確実に洗浄させ、そこへセメントミルクを注入することで杭先端にソイルセメントの根固め部を築造する。

杭先端部には、本工法の特徴である鋼管外周に放射状に長方形の鋼板（以後、リブプレート）4～8 枚を配置し、リブプレートに沿ってセメントミルクを噴射することで根固め部を拡大化させる。その上で、支持層以外の杭外周面部にもセメントミルクを注入することで、周面抵抗力の増大をも図っている。本工法の杭構造図を図-1 に示す。

3. 根固め部の軸方向抵抗メカニズムの解明

本工法では、主に鋼管杭先端の内側に配置したずれ止め用の鉄筋（以下、ずれ止め）を用いて杭と根固め部を一体化させることを狙っている。そこで、根固め部のずれ止めの効果による杭内部抵抗力、杭先端の抵抗力、リブプレート部の抵抗力を把握することを目的として、室内模型を用いた根固め部押込み実験を実施した。

(1) 実験概要

図-2 に実験模型の概略を示す。本試験では、リブプレートの枚数、根固め部強度を変化させて根固め部の供試体を作製した。ずれ止めはいずれのケースも等しく径が 5mm の鉄筋を、鋼管下端から 60mm の位置から 100mm ピッチで 3 段取りつけた。各実験ケース

の仕様を表-1 にまとめる。載荷時には、側圧 300kPa を、根固め部外面から付与した。

表-1 各供試体の仕様

Case	鋼管径 D (mm)	板厚 t (mm)	根固め部 圧縮強度 (N/mm ²)	ずれ止め		リブプレート				備考
				鉄筋径 (mm)	段数	板厚 (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	枚数	
1	318.5	7.9	15	5	3	6	75	200	0	リブプレートなし
2									4	標準ケース
3									8	リブプレート8枚
4			10						4	モルタル強度低

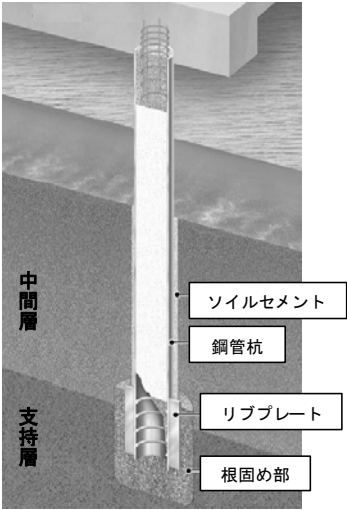


図-1 杭構造図

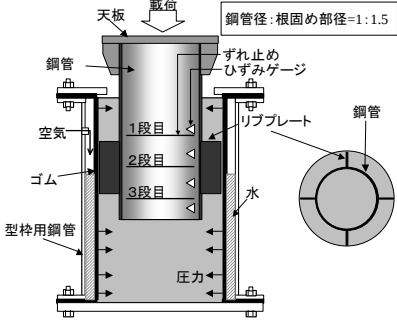


図-2 実験模型概略図

キーワード 軸方向抵抗力，根固め部，リブプレート，

連絡先 〒100-8071 東京都千代田区大手町 2-6-3 新日本製鐵株式会社 建材開発技術部 TEL 03-3275-7208

(2) 根固め部耐力

各供試体の杭頭荷重－変位関係を図-3 に示す。

また、表-2 に各実験条件での最大耐力の違いを示す。

Case4 のみ最大耐力が低く、他のケースではほぼ同じ最大耐力を示した。

Case4 は根固め部のモルタル強度を低く設定したケースであり、根固め部のモルタル強度が杭の支持力特性に大きく影響することが分かる。Case2 と Case4 を比較すると P_{max} が 66%, P_y で 58% と概ね比例関係にあることが確認された。このとき、モルタルの強度比は、60% であり、ほぼ根固め部モルタル強度に比例した耐力が発揮されている。変位勾配が変化する荷重を降伏耐力と定義すると、降伏耐力は、いずれのケースにおいても変位量が 5mm 前後と判断できる。表-2 にリブプレート枚数の違いをみるため、変位量が 5mm での耐力差を示す。

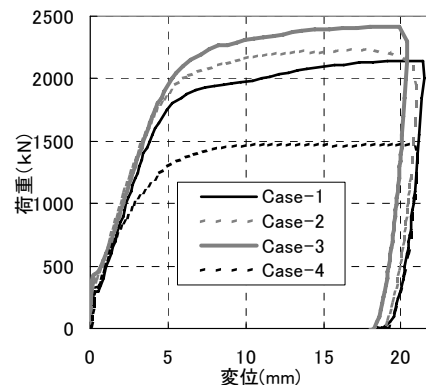


図-3 杭頭荷重-変位関係

表-2 リブプレートによる影響

Case	リブプレート枚数	5mm時耐力(kN)	Case1との差(kN)	支圧倍率
1	0	1751	—	—
2	4	1874	+123	3.2
3	8	1950	+199	2.7

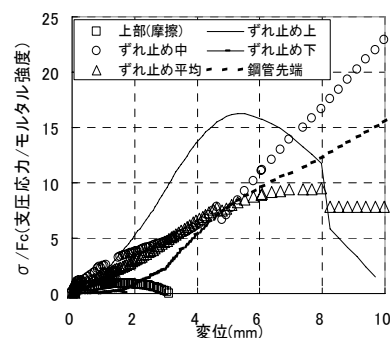
(3) ずれ止めおよび先端の効果

ずれ止めおよび鋼管先端部で負担している荷重を、直接的に計測することは困難であるため、図-2 に示すずれ止めの上下(上から 1, 2, 3 段目)の断面での軸力の差分をずれ止めで負担する軸力として用いた。また、鋼管先端部については 3 段目鉄筋の下部に発生した軸力を用いた。ここで、軸力は鋼管に貼付したひずみゲージから算出している。代表例として Case2 の、ずれ止め等が負担している軸力から求めた支圧倍率と変位の関係を図-4 (a) に示す。ずれ止めは、設計では取付け本数が均等に分担するものとして扱うことから図-4 (b) に各ケースのずれ止めの平均値をまとめたものを併せて示した。ここで、支圧倍率とは、支圧応力をモルタル強度で除したものである。支圧応力は式(1)の考え方によっている。

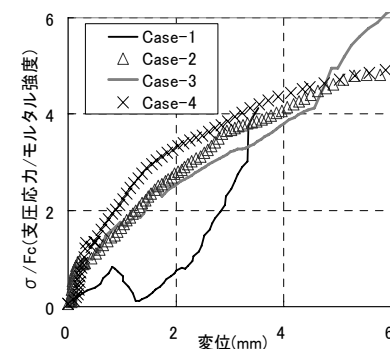
$$\sigma = P_d / A_s \quad (1)$$

ここで σ : 支圧応力 (N/mm²) P_d : 押抜き荷重 (N) A_s : ずれ止め投影面積 (mm²)

降伏後の荷重増加は比較的小さいため、安全をみて、変位量 5mm 前後の降伏耐力での支圧倍率をみると、いずれのケースにおいても 4.0～6.0 程度あることがわかる。また、鋼管先端部の支圧倍率も、図 4-(a) をみると、ずれ止めと同様の値を示しており、同程度の効果が発揮されていることが判る。



(a) Case-2



(b) ずれ止めの平均値

図-4 支圧倍率-変位関係

(4) リブプレートの効果

リブプレートは鋼管周方向に離散的に配置しており、直接的に抵抗力を評価することや、ずれ止めのように断面荷重で評価することが困難であるため、表-2 に示す、変位量が 5mm での Case1 を基準とした耐力の差分から式(1)と同様にリブプレートの支圧倍率を求めた結果を表-2 に示す。この表が示すようにリブプレートの支圧倍率は、枚数が多い方が大きい傾向にあった。これを支圧倍率で示すと $2.7\sigma_c \sim 3.2\sigma_c$ であった。

4. 実験結果

実験結果について、以下にまとめる。

- ① ずれ止め効果は、4.0 以上の支圧倍率が期待できる。また鋼管先端部でも同程度の効果が期待できる。
- ② リブプレートの効果は 2.0 以上の支圧倍率が期待できる。
- ③ ずれ止めを適切に配置することで、鋼管と根固め部の一体化を図ることができ、その一体化の度合は根固め部の一軸圧縮強度の影響を大きく受ける。