

鋼管杭打設工事に使用する充填用グラウト材の充填性および付着強度の確認（その2）
ー大型構造物複合加力試験装置を用いた鋼管杭の引抜き実験ー

五洋建設株式会社 正会員 〇江守 辰哉 正会員 上野 一彦
五洋建設株式会社 正会員 岡田 弘毅 正会員 宮崎 敏弘
東亜建設工業株式会社 非会員 山本 倫也

1. はじめに

海上栈橋設置工事に伴う鋼管杭打設作業において、原位置の地盤がN値＝50を超える岩盤層であることからダウンザホールハンマ掘削機による施工が検討されている。また、杭基礎の設計照査において地震時・暴風時の軸方向引抜き時の耐力比が最も大きいことから、引抜き抵抗力の確保が最も重要な検討課題であった。しかし、対象工事の施工条件として、鋼管杭と地盤のクリアランスは25～75mmと非常に狭く、グラウト材の充填不良による付着力の低下が懸念された。本検討では、グラウト材と鋼管杭との付着強度の確認を目的として大型構造物複合加力試験装置（以下、試験装置）を用いた鋼管杭の引抜き実験を実施した。本稿では、実験により得られた引抜き荷重と破壊形態について報告する。

2. 充填用グラウト材の配合と圧縮強度

本検討に使用するグラウト材の配合および圧縮強度を表-1に示す。グラウト材の配合は、水中不分離性および充填性（水中での流動性）の観点から選定した。

3. 付着強度実験

(1) 実験概要

本実験に使用した試験体の概要を図-1に示すとともに実験ケースを表-2に示す。現地での施工を再現するため、鋼管杭（STK400）とコンクリートブロック（ $q_u=60\text{N/mm}^2$ ）のクリアランスにグラウト材を水中打設することで試験体を作成した。また、試験装置の模式図を図-2に示す。鋼管杭の引抜きは単調加力にて引抜き力を加えた。載荷速度は鉛直ジャッキのストローク変位で0.05mm/secとし、鋼管杭下端部の変位が20mmとなるまで引抜きを行った。

(2) 引抜き抵抗力の評価方法

引抜き抵抗力は、実験で得られた杭頭荷重Pと杭頭変位Sの関係から「港湾の施設の技術上の基準・同解説（以下、港湾基準）²⁾」に記載の手法を用いて、第一限界抵抗値および第二限界抵抗値を求めた。なお、logP-logS曲線から第一限界抵抗値が判断しにくい場合は、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（以下、道示IV）³⁾」に記載の第二限界抵抗値に係数を乗じる手法で求めた値を参考に第一限界抵抗値を設定した。

表-1 グラウト材配合一覧

実験ケース	グラウト種別	水セメント比 W/C (%)	圧縮強度 q_{u28} (N/mm ²)
Case1	一般グラウト	50	43.7
Case2	水中不分離性グラウト	60	26.4
Case3	水中不分離性グラウト	50	43.5

※圧縮強度の測定は、PCグラウトの圧縮強度試験方法（JSCE-G531）による

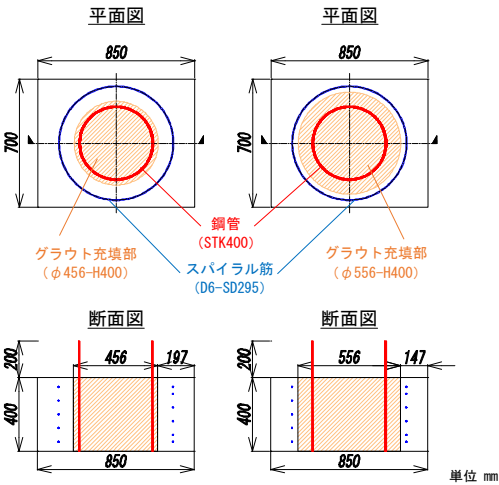
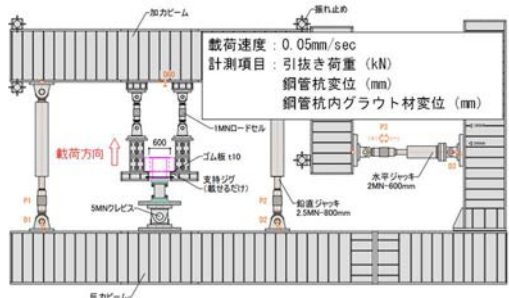


図-1 試験体模式図

表-2 実験ケース一覧（引抜き実験）

実験ケース	グラウト種別	削孔径	シアキー
Case1	一般グラウト	小	-
		大	-
Case2	水中不分離性グラウト	小	-
		大	-
Case2s		大	丸鋼 φ6mm
Case3		大	-

※削孔径小：クリアランス25mm
※削孔径大：クリアランス75mm



キーワード 杭基礎，鋼管杭，グラウト充填，付着強度，引抜き実験

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設株式会社 技術研究所 TEL:0287-39-2116

本検討では、杭の引抜きによって杭周面に発生するせん断応力が杭の全長にわたって降伏し始めるときの荷重とされる第一限界抵抗力と杭基礎の設計用値（引抜き）と比較検証を行った。

（3）実験結果

各実験ケースにおける第一限界抵抗力および第二限界抵抗力の一覧を表-3 に示すとともに荷重と変位の関係を図-3 および図-4 に示す。また、図中の点線は杭基礎の設計用値を実験模型スケールに換算した値を示す。Case1 と Case2 の比較から、削孔径に依らず水中不分散性コンクリートを使用したケースの付着強度の方が大きい結果が得られた。これは、充填性確認実験¹⁾で示された通常グラウト材（Case1）の材料分離による付着力の低下や強度のバラつきを考慮すると妥当な結果であると考えられる。また、Case2 と Case2s の比較から、シアキーを設置した場合、8～10 倍程度の強度増加を見込むことができる結果が示された。ただし、本検討で使用した通常グラウトのように材料分離が生じる材料を使用した場合、シアキーを併用すると空気アバタ等の不良部分を誘発する可能性があるため、シアキーを設置する場合は、グラウト材の流動性や材料分離抵抗性に留意する必要があると考えられる。Case3 は他のケースと比較して、著しく強度が低下した。これは、他の2種類のグラウト配合に比べて流動性が低く、充填不足となったことが原因であると考えられる。Case3 については、グラウト材の打設時においても、連行された空気が抜けることなく打設が完了していたことから、グラウト材内部に多く気泡を含んでいることが考えられ、グラウト材自体のせん断強度が低下していることが推測される。引抜き実験後の供試体写真を図-5 に示す。シアキー設置ケースを除く Case1～Case3 は鋼管杭とグラウト材の境界面で付着が切れて引抜きを生じることが確認された。なお、第一限界抵抗力が杭基礎の設計用値を上回るのは、シアキーを設置した Case2s のみであった。

4. まとめ

試験装置を用いた鋼管杭の引抜き実験により各種グラウト材と鋼管杭の付着強度を確認し、シアキー設置の有効性が示された。現地での施工を考えると、グラウトの充填が十分に行えるようにクリアランスの大きな径での削孔を行い、引抜き抵抗力の確保を目的としてシアキーを設置することが好ましいと考えられる。

今後は、シアキーの設置位置や間隔、形状について検討を行うとともに試験施工でグラウト材の充填性および引抜き抵抗力の確認を実施する予定である。

参考文献

1) 岡田弘毅ら：鋼管杭打設工事に使用する充填用グラウト材の充填性および付着強度の確認（その2），土木学会第〇回年次学術講演会概要集，2023．（投稿中）
2) 公益社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2018．
3) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV下部構造編，2017．

表-3 実験結果一覧

実験ケース	削孔径	第一限界抵抗力		第二限界抵抗力	
		荷重値 (kN)	変位 (mm)	荷重値 (kN)	変位 (mm)
Case1	小	88.45	0.032	169.86	0.537
		81.41	0.033	178.91	0.353
	大	45.23	0.030	104.03	0.719
		38.19	0.016	83.42	0.824
Case2	小	127.15	0.011	183.43	0.294
		107.04	0.006	181.92	0.118
	大	59.30	0.042	104.03	3.356
		49.25	0.012	142.22	4.379
Case2s	大	426.16	0.296	684.45	2.858
		437.22	0.286	663.86	2.907
Case3	大	32.17	0.013	49.25	1.984
		39.70	0.096	77.39	1.350

※第一限界抵抗力および第二限界抵抗力は港湾基準²⁾をもとに算出

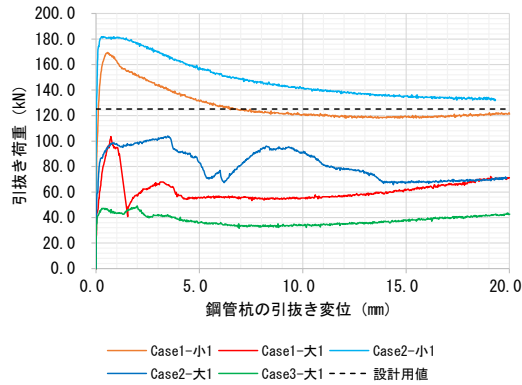


図-3 荷重-変位関係（シアキー無し）

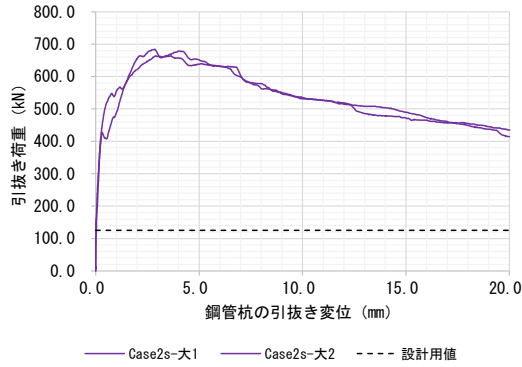


図-4 荷重-変位関係（シアキー有り）

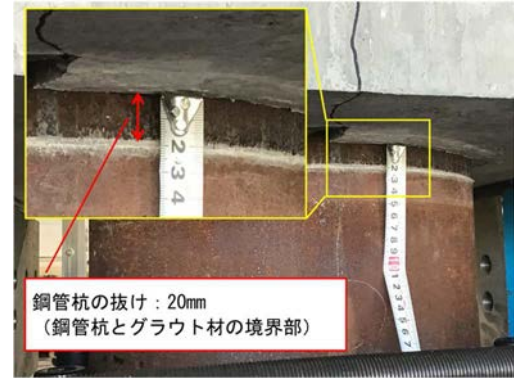


図-5 引抜き実験後の試験体