

営業線との近接工事におけるベント支持杭の施工報告

(株)熊谷組 正会員 台 陽祐

1. はじめに

本工事は宮古盛岡横断道路事業の一環として新設される腹帯橋のうち、営業線に近接する上部工の鉸桁をベント工法により架設する(図1)。工事箇所は、埋蔵文化財包蔵地(以下、埋文)に該当したことから、ベント支持杭の残置は認められなかった。本稿では、本工事で実施した近接する営業線に与える影響が少ない杭の打設および引抜きに関する対策・工夫について報告する。

2. 施工上の課題

当初のベント支持杭 H-400 は、プレボーリング工法(モルタル充填)で計画され、先端地盤支持力度と周面摩擦力により算出される許容鉛直支持力から、杭長は 6.5m であった。この杭長は、営業線との近接程度による施工の制限「要注意範囲Ⅱ」に該当し、杭施工時には有害な影響が営業線まで及ばない計画であった(図1, 表1)。しかし、埋文の条件により鉸桁架設後の杭引抜きが必要になったことから、モルタル充填を砂充填に変更する必要があり、鉛直支持力が低下する。そこで、H-400 の先端 2m は PL-380×302 枚で補強し先端面積を 2 倍にすること(先端地盤支持力の増大)と杭長を 11.5m に長くすること(周面摩擦力の改善)によって許容鉛直支持力を確保することとしたが、杭 10 本のうち 3 本が「制限範囲Ⅲ」に入ることが問題となった。

このため、営業線に変位や変状を与えない施工方法および監視方法の検討を行う必要があった。

3. 対策および工夫

(1) 孔壁崩壊対策

掘削の対象土は緩い砂質シルト層、玉石混じり礫層、換算 N 値 300 以上の粘板岩層である。当初計画よりも深く掘削することに加え掘削下部では硬い粘板岩層が出現することから、掘削時の衝撃や振動などによって緩い砂質シルト層や玉石混じり礫層で孔壁崩壊が発生しやすくなり軌道の変位や変形のリスクを増大させる。そこで、孔壁崩壊対策として、長尺ケーシング併用で削孔することで孔壁を保護するとともに、粘板岩でも削孔ができるようダウンザホールハンマーを採用した。

(2) 削孔方法の工夫

支持杭の打設は営業線と橋脚間の狭隘なスペースでの施工となり、さらに引抜きは鉸桁架設後の施工となることから桁下 12.5m の制約下での施工が必要となる。削孔時対策のケーシング併用ダウンザホールハンマーと施工面での条件によって比較検討し、ベースマシンは BH タイプ RX3300、削孔方法にケーシング併用硬質地盤掘削工法(拡径ビット使用、掘削径 685mm、ケーシング径 600mm)を採用した(表2)。この工法は、ダウンザホールハンマーの先端ビットに「スーパーメックビット」を使用しており、削孔時(正転)にはビット径が拡大したままケーシング径よりも大きな径での掘削が可能である。また、引上げる際(逆転)はビット径が縮小することから、ケーシングを残置したままダウンザホールハンマーの引き上げが可能な工法である(図3)。

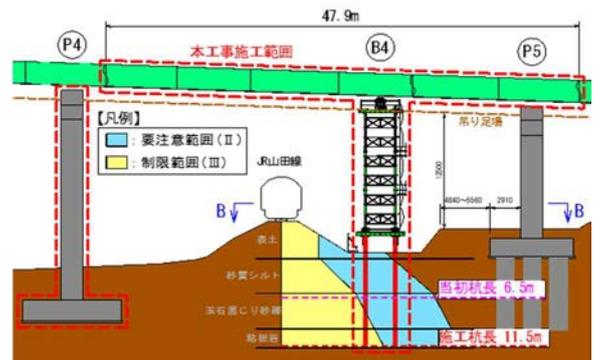


図1 現場概要(図2 A-A断面)

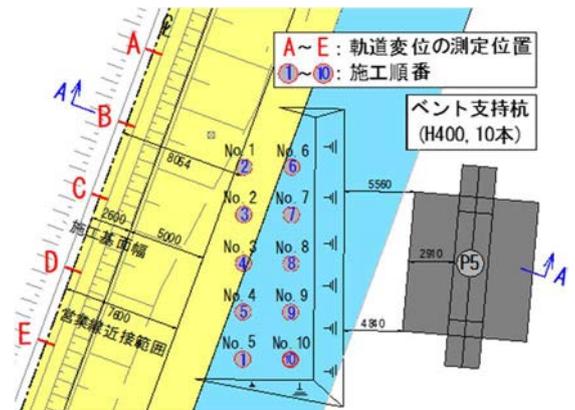


図2 施工杭長 11.5m での影響区分図と軌道測定位置

表1 近接程度による施工の制限

無条件範囲Ⅰ	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形等の影響が及ばないと考えられる範囲。
要注意範囲Ⅱ	新設構造物の施工により既設構造物に対し、通常は変位や変形等の有害な影響はないとしてよいが、まれに影響があると考えられる範囲。
制限範囲Ⅲ	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形等の有害な影響が及ぶと考えられる範囲。

参考文献)「近接工事設計施工マニュアル3.2.1」

JR東日本2016年10月改訂版

キーワード：営業線近接工事, 支持杭, 軌道変位

連絡先：〒980-0011 宮城県仙台市青葉区上杉5丁目3番36号 第三勝山ビル4階 TEL022-262-2815

表2 ベースマシンの比較検討

比較項目	クローラークレーン 50t吊り	ラフタークレーン 50t吊り	BHタイプ RX3300
ダウンザホールハンマーとケーシング併用の方法	リングビット工法 (ケーシング先端に超硬ビットを取付けダウンザとともに削孔)	アボロン工法 (拡径ビット使用)	ケーシング併用 硬質地盤掘削工法 (拡径ビット使用)
作業ヤード幅 4.84m	4.36m (クローラ幅)	7.60m (アウトリガー最大張出し)	3.19m (キャタ幅)
旋回スペース幅 7.75m	7.31m	7.60m (アウトリガー最大張出し)	5.16m
杭引抜き/杭切断 (桁架設後)	クレーンブームと吊り足場が接触するため、吊り足場の一部解体が必要(施工手間が増加、安全性低い)		アームを折り曲げた状態で桁下空間内で納まり安全性が高い
総合判定	△	×	◎

【凡例】 可 やや難あり 不可

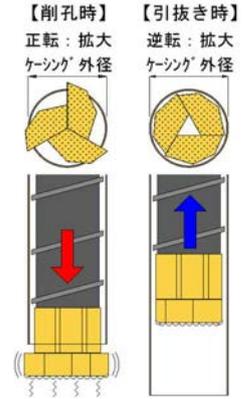


図3 拡径ビット詳細図

表3 支持杭一桁架設の施工順序

杭打設(写真1)	削孔	① ケーシングにダウンザホールハンマー+オーガースクリューを挿入 ② 設計深度・支持層を確認、ダウンザホールハンマーを引上げ
建込	建込	③ 残置したケーシングに支持杭(H鋼)を建込む
充填	充填	④ 杭孔に砂充填、パイプロハンマーでケーシングを引抜き水締め
桁架設(写真2)	桁架設	⑤ 主桁5本を2+1+2、橋軸方向にP4-B4-B4-P5の2分割で架設
杭引抜(写真3)	杭引抜	⑥ 飯桁架設後、パイプロハンマーを使用し、支持杭を引抜く

(3) 予測解析および試験杭の施工

支持杭の施工にあたり、杭の打設と桁架設後の鉛直力載荷による軌道への影響確認と軌道計測管理で重点管理すべき項目を絞り込むため、2次元 FEM 解析で軌道の変位予測を行った。変位は計測管理値以下となることと管理項目のうち高低と通りへの影響が大きいことを確認した(表4の予測値)。実施工では杭 No.5 と杭 No.1 (図2) を試験杭として、打設時の軌道への影響度を確認した。また、ベント支持杭の打設、桁架設及び杭引抜きは、表3に示す施工順序で実施した。



写真1 杭孔の削孔状況



写真2 P4-B4架設完了(夜間施工)



写真3 支持杭の引抜き状況

(4) 軌道の監視方法と計測結果

施工時の軌道計測管理は、5つの変位区分(軌間、高低、通り、水準、平面性)で実施した。線路閉鎖時は、標準ゲージ及び糸コマを使用し軌道を直接計測した。線路閉鎖以外の杭打設時、架設時及び引抜き時にはレール側面に貼り付けたプリズムシートを光波測距儀で間接計測し、軌道変位の計測頻度を上げて施工による影響度を確認した。

表4 軌道計測管理値と最大計測値(単位: mm)

変位区分		高低			通り			
		打設	架設	引抜	打設	架設	引抜	
計測管理値(警戒値) (限界値の40%)		9			9			
予測値(2次元FEM解析)※		-3.9	-5.4	-	5.5	8.0	-	
最大計測値	計測位置 (図2)	A	1	0	0	1	0	1
		B	1	0	0	1	0	0
		C	-2	-2	2	1	0	3
		D	-3	-2	2	0	0	0
		E	2	2	2	1	0	0

※杭先端補強が無い場合の予測値

施工時の測定位置(図2)における最大計測値を表4に示す。打設時(測定位置Dの高低)及び引抜き時(測定位置Cの通り)では最大変位3mm(警戒値の33%)となりFEM解析値より小さい変位となった。これは、本工事においては2次元モデルを用いて予測解析を行ったが、実施工における削孔はφ685の円柱状の掘削となることから、地盤のアーチアクションや3次元効果によって変位が小さくなったものと考えられる。これらの影響を解析で考慮するには3次元モデルを用いる必要があるが、3次元FEM解析は非常に煩雑で解析時間も要することから、本工事のような杭施工による変位予測では、表4に示すように安全側の評価となるため、2次元FEM解析を用いても問題ないと考えられる。

4. まとめ

営業線に有害な影響が及ぶと考えられる範囲でのベント支持杭の掘削は、ケーシング併用で孔壁を保護することで、軌道に影響を与えずに施工ができた。本稿の内容が、営業線などの近接工事の一助になれば幸いである。