

城崎大橋橋脚工事について ～杭長50mを超える鋼管矢板基礎の施工～

北村 征也

兵庫県 但馬県民局 新温泉土木事務所 浜坂道路第2課 (〒669-6701兵庫県美方郡新温泉町芦屋522-4)

現在、兵庫県では主要地方道豊岡竹野線城崎大橋架替事業を行っている。当該橋梁では、河川内に位置するP2～P5橋脚基礎に、最大で杭長50mを超える鋼管矢板基礎を採用している。これらの橋脚は2017年度より現場着手し、台船を用いて鋼管矢板基礎の施工を行っている。本論文では、長尺の鋼管矢板基礎施工にあたり生じた、鋼管矢板の高止まり等の問題について、その考察・検討及び対策を述べる。

キーワード 鋼管矢板基礎、軟弱地盤、台船施工

1. はじめに

主要地方道豊岡竹野線城崎大橋は、豊岡市城崎町に位置し、兵庫県北部の但馬地方を流れる一級河川円山川にかかる橋梁である。また、当該橋梁は、近年インバウンド需要で多くの外国人が訪れる城崎温泉の玄関口の一つである。豊岡土木事務所では、老朽化対策（1956年架設）、道路機能の向上及び治水能力の向上を目的に、『城崎大橋架替事業』として2005年度より事業着手し、2016年度より工事を開始している。架替後の橋梁は、河川のみを跨ぐ県管理橋では県内最長（橋長L=561.5m）となる。

橋梁工事の進捗について、下部工は、全7基のうち、A2橋台、P1橋脚、P3橋脚、P5橋脚の4基が完成しており、残りの下部工3基を施工中である。また、2019年度末より上部工（PC6径間連続ラーメン箱桁橋）にも着手している。（図-2）

本論文では、河川内に位置し、杭長32.5m～54.0mの鋼管矢板基礎を要するP2～P5橋脚工事の施工にあたり生じた問題について、その考察・検討及び対策を述べる。



図-1 事業箇所図

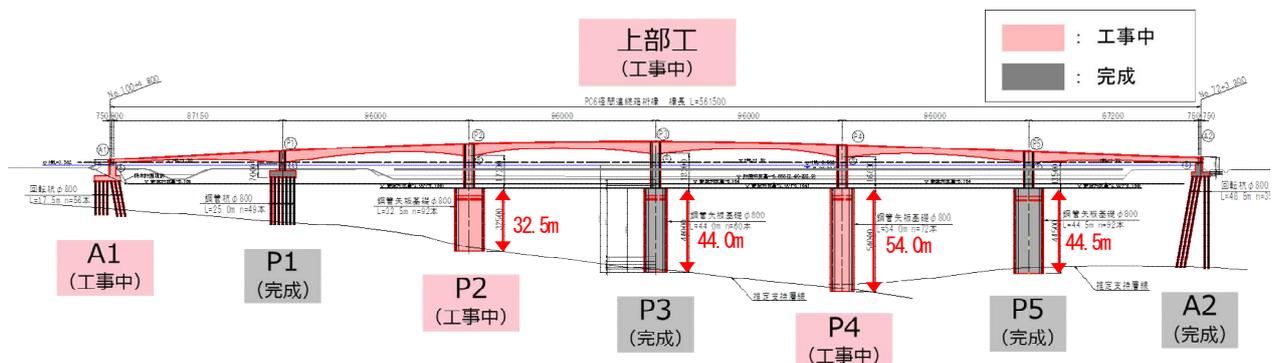


図-2 工事進捗状況図

2. 架橋位置周辺の地質概要

城崎大橋の架橋位置は、完新世（約1万年前～現在）の礫・砂・粘土及びシルトが広く分布する豊岡盆地に属している。特に、P2～P5橋脚建設位置においては、主に粘土層から構成されるN値0～5程度の軟弱層が、層厚30～50mで分布しており、支持層まで到達させるためには、長尺の基礎工が必要となる。（図-3）

3. 鋼管矢板基礎について

(1) 鋼管矢板基礎の採用

P2～P5橋脚は河川内に位置するため、施工においては大規模な仮締切りが必要となるが、仮締切りと基礎を兼用する『鋼管矢板基礎』を採用することで工期の短縮、工事費の削減を図っている。

本工法は、本設の鋼管矢板を井筒状に水面上部まで立ち上げて打設することで、仮締切り工として兼用する。そのため、①大規模な仮締切りの設置・撤去が不要となり、工期の短縮が可能かつ経済的であり、さらには仮締切りの大きさも縮小されることにより②河積阻害面積も抑えられるため、治水上にも優れた工法である。（図-4）（写真-1）

(2) 鋼管矢板基礎の施工方法

河川内での鋼管矢板基礎の施工については、①仮栈橋・架設構台設置による施工と②台船上からの施工が考えられる。①については2で述べたとおり、周囲に厚い軟弱層が存在しており、長尺の支持杭が多数必要となるため、設置撤去に長い期間を必要とする。また、河川内での施工は非出水期に限られるため、栈橋・構台設置～下部工施工～栈橋・構台撤去のサイクルを1非出水期で行うことは困難であると判断し、当該工事においては②台船上からの施工を行うこととした。（写真-2）橋梁工事に先立ち、架橋位置から上流約900mの地点に船着き場を整備し、そこを起点とし資材運搬等を行っている。

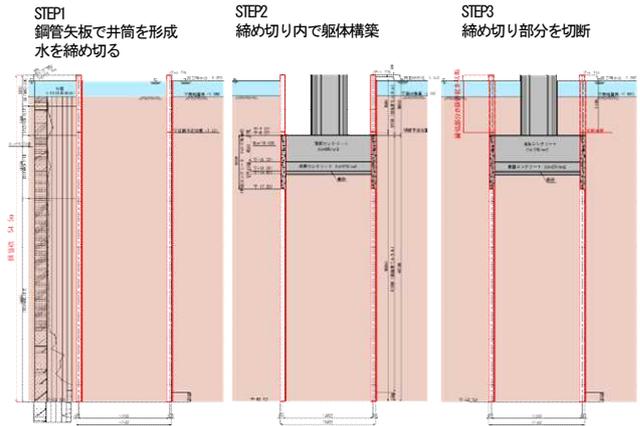


図-4 鋼管矢板基礎施工手順



写真-1 仮締切り設置状況



写真-2 台船施工状況

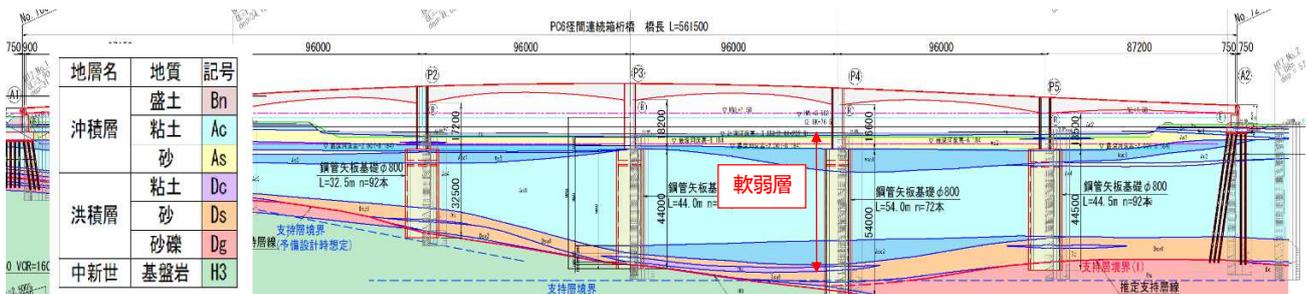


図-3 地質縦断面図

4. P3・P5橋脚の施工

(1) P3・P5橋脚工事の概要

P2～P5橋脚のうち、先行してP3・P5橋脚工事に着手した。(2017～2019年度) P3・P5橋脚の鋼管矢板の諸元は表-1、井筒の形状は図-5のとおりである。P3橋脚は岩盤層、P5橋脚は砂礫層を支持層としている。

当初の鋼管矢板打設計画において、P3橋脚では、バイプロハンマを使用して支持層上面まで打設し、岩盤部をダウンザホールハンマにより掘削、杭先端はコンクリート打設による根固めを行う計画としていた。一方、P5橋脚では、支持層までをバイプロハンマにより打設する計画としていた。

表-1 P3・P5 鋼管矢板諸元

橋脚名	杭径 (mm)	本数	1本あたり 継杭本数	杭長		打設長
				仮締切部 切断前	仮締切部 切断後	
P3橋脚	φ800	60本	5本	54.0m	44.0m	49.181m
P5橋脚	φ800	92本	5本	54.5m	44.5m	51.061m

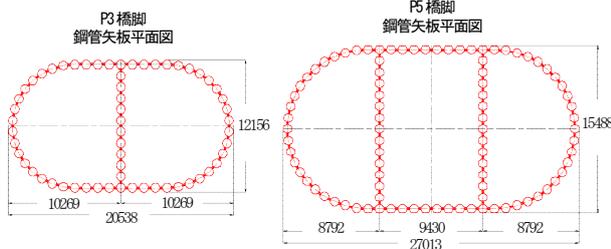


図-5 P3・P5 鋼管矢板平面図

(2) 鋼管矢板の貫入困難

P3・P5橋脚鋼管矢板をバイプロハンマで施工中、深度40m付近から貫入が困難となった。詳細設計時のボーリング調査及び試験杭施工記録において、支持層付近までの間に、礫層等といった打抜き困難な地層は確認されていなかったため、杭先端部からの抵抗が原因とは考えられなかった。その原因についての考察と、現場で講じた対策を以下 a), b)に述べる。a), b)の対策の結果、当初想定よりも多くの時間を要することとなったが、所定深度までの鋼管矢板打設を完了させた。

a) 杭周辺粘土層からの摩擦力

【考察】鋼管矢板は杭先端が開口端であるため、打設中は杭内部に流入した土砂からも摩擦抵抗を受けることとなる。(図-6) 現場周辺は支持層周辺まで粘土層が堆積しており、粘土の粘着力によって、特にこの影響が大きくなるものと考えられる。

【対策】杭内部からの摩擦抵抗を低減させるために、バイプロハンマによる打設が困難となった段階で、鋼管内掘削を行うこととした。P3橋脚においては、ダウンザホールハンマでの岩盤掘削前に行う鋼管内掘削を、P5橋脚においては、上

部中詰コンクリート施工範囲の鋼管内掘削を先行して行い、設計深度までの打設を完了させた。

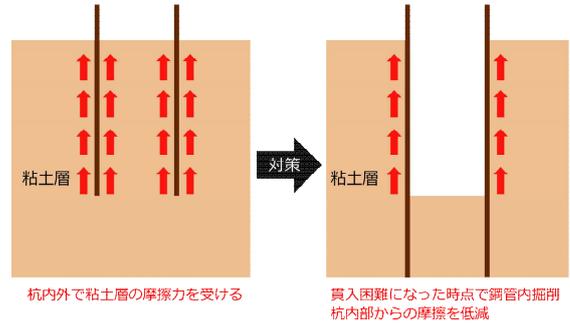


図-6 鋼管矢板打設時の摩擦力

b) 継手管の抵抗

【考察】鋼管矢板基礎では、井筒を閉合させるために鋼管に取付けられた継手管を相互にかみ合わせながら打設を行うため、高精度な施工管理を行わなければ継手管同士の抵抗が生じる可能性がある。特に、長尺の鋼管矢板基礎の場合、わずかな施工誤差でも打設深度が増すにつれ、その影響が大きくなる。当該工事においても、打設時には杭施工管理システムを使用していたものの、杭の打設が進むにつれて積み重なった施工誤差により、継手管からの抵抗が生じたのではないかと考えられる。

【対策】継手管の抵抗を低減させるために、打設手順を変更することとした。貫入困難となった際の打設手順は、作業効率向上の観点から、1本おきに打設・杭溶接を繰り返す“千鳥打設”としていた。千鳥打設では、2つの継手管をかみ合わせながら打設するため、両隣の継手管からの抵抗を受ける可能性が高い。そのため、1本毎に打設・杭溶接を行う“片押し打設”に変更した。片押し打設では、継手管からの抵抗を片側からのみにすることが可能である。(図-7、図-8)



図-7 千鳥打設施工手順

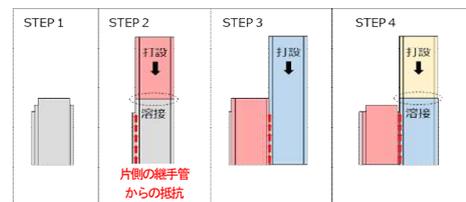


図-8 片押し打設施工手順

5. P2・P4橋脚着手前の検討

2019年度から着手したP2・P4橋脚工事は、P3橋脚と同様に岩盤層を支持層とするが、P3橋脚に比べ、想定岩盤線が傾斜しており、想定外の深度での高止まりが懸念された。このような不確実な岩盤線を少しでも明確にし、確実かつ円滑に設計深度までの打設を完了させるため、工事着手前に追加で事前ボーリング調査を行った。

(1) 追加ボーリング調査の結果

P2・P4橋脚それぞれ3本ずつの追加ボーリングを実施した。その結果、P2橋脚で2.112m、P4橋脚で11.230mの支持層の傾斜が確認された。

また、追加ボーリングBP2-4、BP4-2、BP4-4において、支持層とは見なせないが、D級以上の岩盤層が存在していることが確認された。(図-9)(図-10)

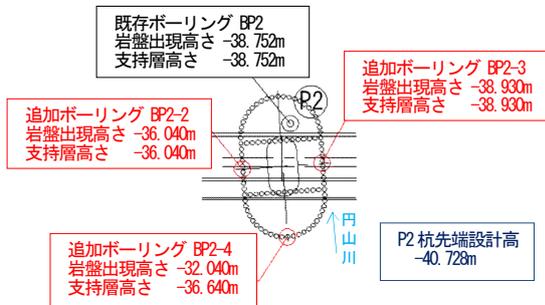


図-9 P2 橋脚 ボーリング調査結果

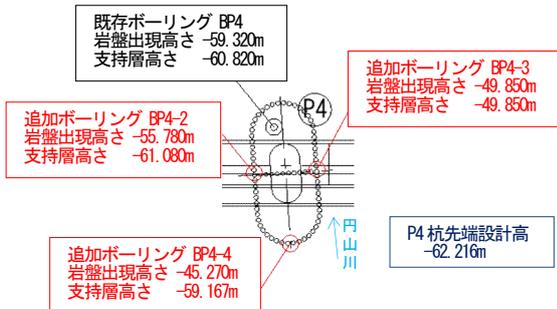


図-10 P4 橋脚 ボーリング調査結果

(2) 岩盤線の傾斜への対応

継手管部分はダウンザホールハンマでの掘削が不可能なため、高い位置で岩盤が出現することにより、継手管先端からの抵抗を受け、貫入が困難になることが懸念される。

そのため、継手管を岩盤が出現する高さまで控除することで、継手管の岩盤内への貫入を回避することとした。(図-11)

この継手管控除により、P2・P4橋脚基礎の剛性が低下するため、その影響を動的解析により照査した。その結果、P3・P5橋脚の断面力が1~2%増加するが、許容値を満足することが確認された。

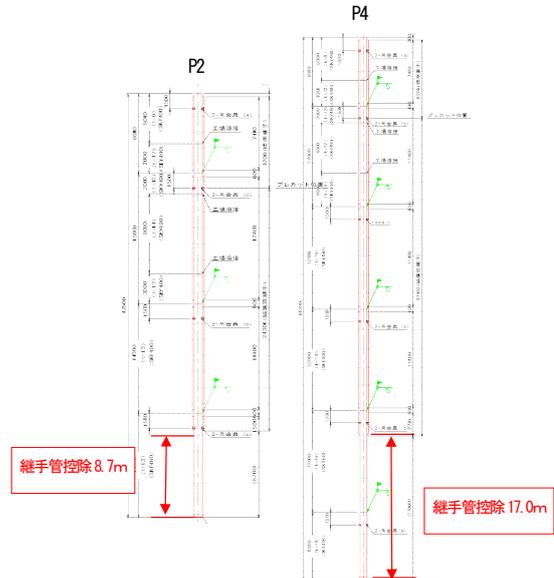


図-11 P2・P4 橋脚 継手管の控除

6. おわりに

地中に構造物を築造する基礎工は、施工中に目視で状況確認することが出来ないため、地盤調査等の事前の情報収集が非常に重要となる。ボーリング調査の本数を増やすこともさることながら、弾性波試験等で地盤を面的に把握することも有効であると思われる。また、鋼管矢板打設における継手管の抵抗といった、工法毎の特徴的な課題も把握しておかなければならない。現場では想定できない課題が生じ苦労したが、本論文が、今後、本現場と同様な現場条件で行われる工事の参考となれば幸いである。

謝辞：本事業にご協力をいただいております地域住民の皆様、設計コンサルタント様、施工業者様、関係機関の皆様にご心より感謝申し上げます。今後も工事は続きますが、事業が無事に完了することを祈念いたします。

※本論文の内容は、従前の所属である兵庫県但馬県民局豊岡土木事務所道路第1課における業務に基づくものである。