

節理が発達した急崖地における大口径深礎杭の施工

大成・IHI インフラ・八方 JV 正会員 ○草野瑞季, 長尾賢二, 藤本大輔
国土交通省 九州地方整備局 重草 通

1. はじめに

阿蘇大橋上下部工事は2016年4月に発生した熊本地震にて落橋した阿蘇大橋を旧架橋地点から約600m下流に新設する災害復旧工事であり、早期開通を実現するため上下部工事を通じて昼夜施工による大幅な施工日数短縮が求められている。橋梁形式はPC3径間連続ラーメン箱桁橋(図-1)であり、基礎構造には竹割型土留め壁と大口径深礎杭が採用されている。詳細設計のため実施した現地測量、地質調査の結果、PR2橋脚土留壁では、縦断亀裂が発達した柱状節理でかつリングビームが閉合できない急崖上での構築となることが分かり施工中の節理の剥落等が懸念された。一方、大口径深礎杭は掘削地盤が柱状節理と自破碎層が混合した地盤であることが分かり、杭長の半分以上が黒川以深の掘削のため、最大で2.4m³/分の湧水の発生が懸念された。本稿では、上記2点の懸念事項に対し各対策工を取り入れた土留壁の施工から大口径深礎杭の構築に至るまでの施工方法とその効果について述べる。

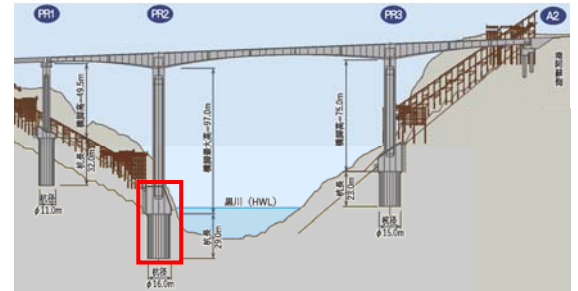


図-1 全体一般図



図-2 土留め壁概要図

2. 土留め壁の施工

土留め壁は前述した特殊な施工条件のため(図-2, 写真-1), 一般的な竹割り型土留め壁の設計手法に加え, 多亀裂岩盤でかつ急崖な地形を考慮した高度解析を実施し, 掘削時の地形変状を土留工の設計手法に反映させた。施工においては, 掘削に先立ち施工箇所から水平方向6mの範囲にポリウレア樹脂を注入, 散布を行い柱状節理の表面の一体化を図り, 節理の剥落防止を行った。また, 掘削進捗に応じて, 節理の崩落を防ぐ目的でウレタン系入材による改良を行った。具体的には, 吹付面端部から角度50°で4.0mの削孔を4@1200mmで行い, 袋パッカーを取り付けた注入管を挿入, パッカー注入により挿入口を閉塞させた後, ウレタン系注入材を規定量あるいは規定圧力に到達するまで注入を実施した。全施工期間を通して, 大型機械の掘削やクローラードリルでの削孔作業においても節理の剥落, 変動はなく, 安全に作業を進め施工を完了することができた。



写真-1 土留め壁施工前後の状況

3. 大口径深礎杭の施工

PR2橋脚の大口径深礎杭は杭径φ16m, 全長29mの大型な構造であり, 上部22.0m区間はライナー補強リング, 下部7.0m区間は吹付ロックボルトでの施工となる。地質調査の結果, 柱状節理層, 自破碎層, 透水性の高い地層から, 節理の少ない中硬岩層と多様な地質にて構成されていることに加え, 深度-16m付近で湧水が確認されたことから, 計画段階で掘削施工の難航が予想された。調査結果を踏まえ, 柱状節理という特殊地盤であることを考慮し, 全工程において発破等を行わず, 1.4m³バックホウと3.8t大型ブレイカーによる機械掘削にて施工を行った。また, 深度-13.5m～-28.5mにかけて, ウレタン系湧水抑制剤を全5段注入することで止水を試みた(図-3)。注入材については高圧, 多量の湧水が想定されたため, 反応時間が早く減水効果に優れるウレタン系注入材を選定した。主な施工内容として, 角度65°で6.0mの削孔を全周40本行い, 袋パッカーを取り付けた注入管を挿入, パッカー注入により挿入口を閉塞させた後, ウレタン材を規定量あるいは規定圧力に到達するまで注入を実施した。2段/5段は自破碎部での施工となり, 削孔後の孔壁が安定せず, 注入管の挿入が

キーワード 節理, 竹割り型土留め壁, 大口径深礎, 止水対策, 動態観測

連絡先 〒869-1404 熊本県阿蘇郡南阿蘇村河陽 4369-1 大成 JV 事務所 TEL:0967-65-8285

不可能だったため自穿孔にて行った。最大で2.4m3/分の湧水が想定されていた中、大型重機による掘削やコンクリート吹付等の妨げとなる量の湧水の発生はなく、全施工を無事完了させることができ、大きな減水効果が確認された。深礎床付け完了後は鉄筋コンクリートによる構築工へと遷移した。深礎杭の配筋は主鉄筋が D51(SD490)、帯鉄筋・中間帯鉄筋が D32(SD345)であったが、帯鉄筋・中間帯鉄筋は D41 の太径鉄筋へ変更することで鉄筋組立本数を削減するとともに施工性に配慮してプレート定着を採用した。また、鉄筋組立作業は施工足場に枠組足場を使用せず、高所作業車を採用することで足場組立日数の短縮を行い、さらには外周帯鉄筋専用組立架台(NOP キャリィ)兼吊込み治具を使用し、構台上でのプレファブ化から坑内への一括投入することで鉄筋組立日数を大きく削減した。深礎杭のコンクリート打設については全5リフトとし、最大1500m³のコンクリートをポンプ車2台と配管を使用し、大量打設を行った。打設配管が全長150mの長距離配管の打ち下ろしとなり、さらには夏季の施工であったことから、事前に試験練りを行い、材料分離やスランプの経時変化に留意し配合(30-18-20BB)を決定した。深礎杭の掘削、構築ともに昼夜3方、24時間での施工を行い、本工事最大の難所と考えられた部位の施工を遅延なく安全に完了させた。

4. 動態観測工

土留め壁施工着手から深礎杭の構築完了までの間トンネル工事での事例¹⁾を参照し、3種類の動態観測を行いながら地山の変状を観察した(図-4)。1つ目として、挿入型多段式傾斜計を土留め壁背面に設置し、掘削に伴い発生する地中の変位を計測し、事前解析値との比較により掘削工事の安全性や壁面の健全性を確認した。2つ目として、レーザー距離計を坑口コンクリート部に設置し、施工に伴う坑口の開きの有無等の挙動を把握した。3つ目として、ひずみゲージを土留め壁用のロックボルトに設置し、ロックボルトに生じる軸力を計測し、事前解析値との比較を行った。施工時は解析結果に基づいて管理値(解析値の80%)を設定し、管理値以上の数値が観測された場合には、メールによる警告が自動配信されるシステムも取り入れ、安全管理に努めた。なお、すべての施工期間を通じて地山変位、軸力の計測値とともに解析値の20%程度に留まり、各対策工が有効に機能したものと考えられる(表-1)。

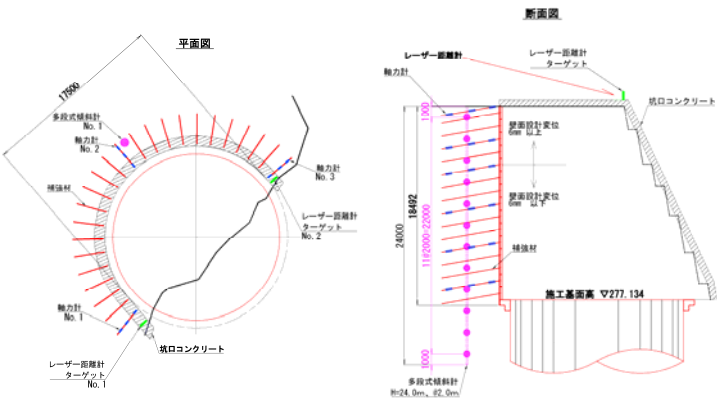


図-4 動態観測計測位置図

5. まとめ

河川に近接した急峻な地形かつ火山地帯特有の地盤条件のなか、様々な対策を講じることで難工事を無事完了させることができた。また、基礎工を通じて昼夜3方24時間施工の体制を整え、厳しい工程においても工期遅延なく躯体構築工へ受け渡すことができた。

参考文献 1) 日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針，平成5年11月

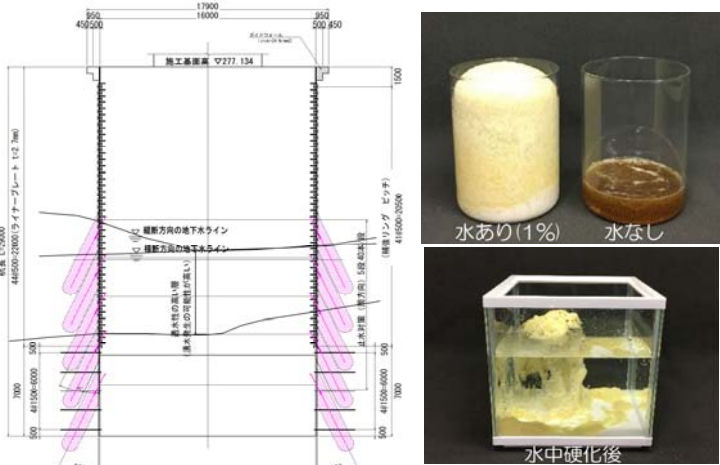


図-3 大口径深礎杭概要図 写真-2 ウレタン系湧水抑制材

表-1 地中変位集計表

計測位置	全期間の集計結果			
	地中側方変位・X方向 (+掘削側、-背面側)			
	最大値(解析値)	施工時期	最小値	施工時期
GL-0.0m	3.75mm(17.4mm)	深礎打設完了	-0.94mm	土留坑口コン
GL-3.0m	3.09mm	深礎打設完了	-1.05mm	土留坑口コン
GL-7.0m	3.75mm	深礎打設完了	-0.94mm	土留坑口コン
GL-11.0m	3.59mm	深礎打設完了	-0.72mm	土留坑口コン
GL-15.0m	3.42mm	深礎打設完了	-0.55mm	土留壁2段目
GL-19.0m	2.26mm	深礎打設完了	-0.27mm	土留壁2段目
GL-23.0m	0.22mm	深礎構築	-0.16mm	深礎掘削