

## 超大断面水路トンネルにおける大規模破砕帯対策工の施工

国土交通省 近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 谷口 昭一 籠谷 建太郎  
 大林・飛鳥特定建設工事共同企業体 正会員 村上 正一 正会員○矢野 義泰  
 大林組 生産技術本部 トンネル技術部 正会員 秋好 賢治 正会員 西浦 秀明

**1. 概要** 既存ダムの放流能力増強を目的に現在建設中の天ヶ瀬ダム再開発トンネル式放流設備のうち、減勢池部(延長約 170m)は主ゲートから吐出した放流水(最大 600 m<sup>3</sup>/sec)を宇治川に注ぐ前に減勢させるための施設で、景観・環境に配慮してトンネル内に超大断面(最大掘削断面積約 650m<sup>2</sup>)の減勢工を築造する工事である。掘削方法は発破掘削による側壁導坑・中央導坑先進多段ベンチカット工法で施工する。

側壁導坑掘削時の地質観察および側壁導坑内からの地質調査により、幅が当初想定約 1.5 倍程度広がっていることが確認された F-0 破砕帯の対策工として RC 円柱支保工が選定された(図 1、表 1)。その選定経緯・詳細については、参考文献を参照されたい。

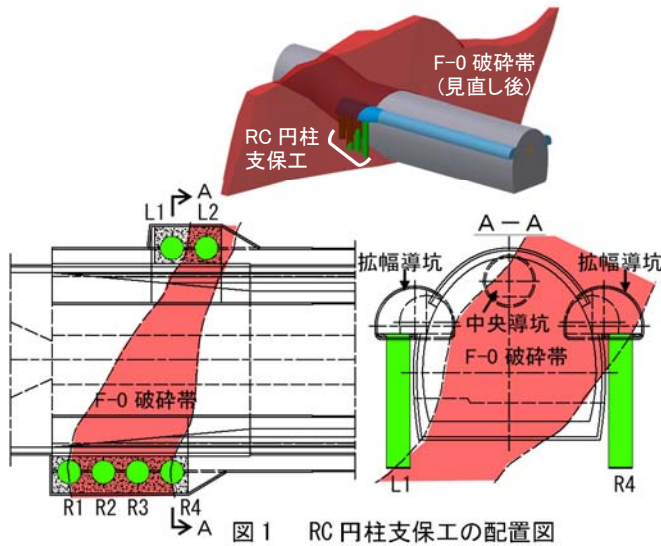


図 1 RC 円柱支保工の配置図

表 1 RC 円柱支保工の仕様

規模・配置	φ3.0m@4.5m L=12.05~19.25m
本数	右側4本+左側2本=計6本
支保工	吹付けモルタル $\sigma_{ck}=36\text{N}/\text{mm}^2$ $t=7\sim 20\text{cm}$
	鋼製支保工 HH-100またはNH-100
躯体コンクリート	$\sigma_{ck}=40\text{N}/\text{mm}^2$
鉄筋	主筋ダブル 主筋D51@約200mm フープ筋D32×2本@150mm せん断補強筋D51×1~5本@150mm
	主筋シングル 主筋D29@約300mm フープ筋D32×1本@150mm せん断補強筋D51×2~6本@150mm

## 2. RC円柱支保工の施工

**(1) 既設側壁導坑の拡幅掘削** RC 円柱支保工の構築に必要な断面を確保するため、当該区間の側壁導坑拡幅掘削を実施した。すでに掘削して緩みが発生していると考えられる地山を再掘削するため、長尺先受工(FIT工法)併用で慎重に施工を進めた(写真 1)。



写真 1 側壁導坑拡幅掘削長尺先受状況

**(2) 立坑掘削** 拡幅掘削後、各 RC 円柱支保工位置にライナープレートを設置し、根固めコンクリートを打設して坑口を固め、最大高さ 5.45m の空頭制限がある狭隘な導坑空間内で、NATM・発破工法により小口径深礎専用機械を使用して掘進長 1.0m 毎に立坑を掘り下げた(図 2)。小口径深礎専用機械は、アタッチメント交換により 1 機で穿孔、ズリ積込、コソクの各掘削サイクルに対応することができ、狭隘な坑内スペースに適合した機種(株竹内製作所製 TM25 使用)を選定した。

掘削にあたっては、先行して構築した RC 円柱支保工

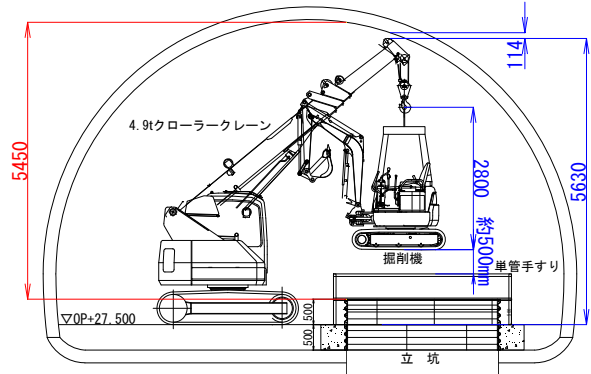


図 2 RC 円柱支保工施工機械配置断面図

キーワード 破砕帯, 超大断面, 山岳トンネル, RC 円柱支保工

連絡先 〒611-0015 京都府宇治市志津川南詰 15 番地 TEL 0774-46-8027

への発破振動による動的影響を考慮して、左側導坑では1本ずつ(L2⇒L1)、右側導坑では2本1組(R2&R4⇒R1&R3)で掘削した。また、地山の緩みを抑制し、地下水位以深の破碎帯を安全に掘削するために、高強度ウレタン注入(KOD-M: 楸カテックス製)による先行地山補強を併用した(図3)。無発泡状態(水と非接触)で圧縮強度60N/mm<sup>2</sup>という高強度固結体となり、さらに通常のウレタン系注入材に比べ約3倍の高圧注入が可能ため、当該破碎帯のような粘土を挟んだ礫状地山での割裂注入効果が期待できる。

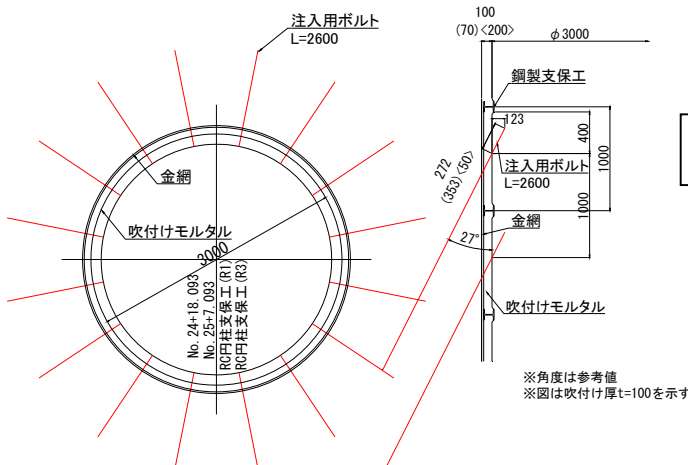


図3 高強度ウレタン注入管配置状況

掘削中は一掘進毎に切羽壁面観察を行うとともに、三次元計測により内空変位測定を実施した。内空変位は部分的に管理レベルI~IIを示した以外は管理レベルI以下であり、立坑は全て安定領域であった。

所定の深さまで掘削完了後、設計支持地盤の確認を行った。その確認方法は、あらかじめ必要極限支持力度を満足する脆弱層の最大面積割合を求めておき、掘削完了時の立坑底面の実際の脆弱部占有面積と比較して判定を行った。

**(3) 躯体構築** 立坑掘削後、底面に均しコンクリートを打設し、立坑内に鉄筋を組立て、コンクリートを打込んで躯体を構築した。空頭制限のある導坑空間での鉄筋組立作業となるため、主鉄筋は最長5.0mとし、機械式継手により接合した。また主筋頂部、せん断補強筋端部にも機械式定着を使用して効率化を図った(図4)。

RC円柱支保工は長期耐久性を確保する必要があるが、躯体はマスコンでありひび割れ抑制が困難で、地山との付着を消失するシート防水工が不適のため、エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した。鉄筋の組立はせん断補強筋(フープ筋)から着手し、主筋、せん断補強筋(直筋)

の順で主筋長さの5mを1ロットとし、ロットごとに下から上へ仕上げた。組立に必要な足場は、鉄筋の組み上がりとともに鋼材で組立てた鉄筋架台に設置した足場板を下から上へ随時盛り換えていく方法を採用した。

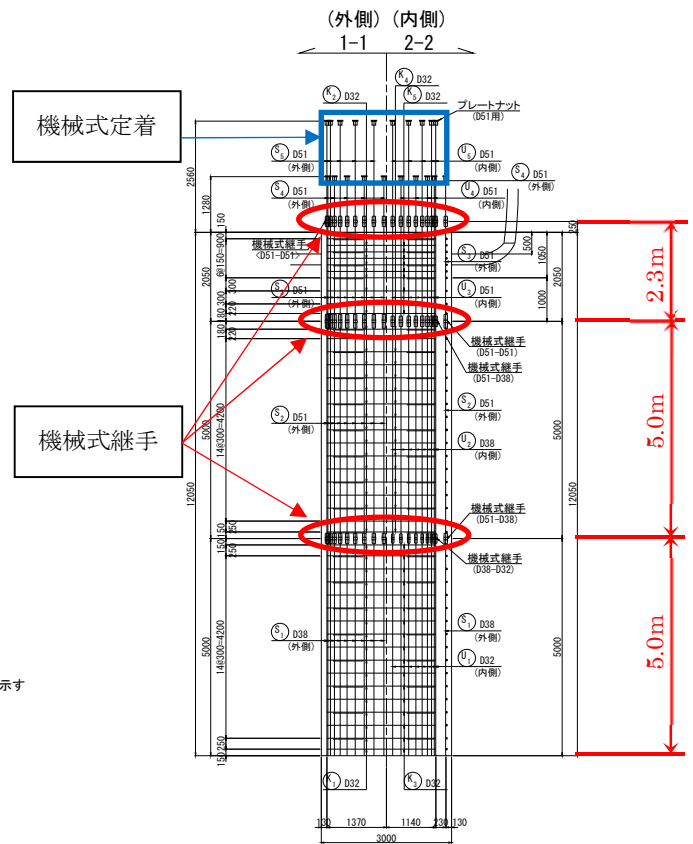


図4 配筋断面(R1)



写真2 鉄筋組立完了状況(R4)

断面中央部に配置されたせん断補強筋により打設配管の立坑内移動が困難であるため、中流動コンクリート(スランプフロー35~50cm)を採用し、密実なコンクリートを打設できた。躯体内部には計測工Bとして、パイプ歪計、鉄筋応力計、コンクリート応力計を各3箇所(図1のR1、R3、L1)に設置した。今後は2段ベンチ以降の掘削において、計測値を注視しながら施工を進めていく。

**参考文献** 井上ほか：破碎帯を通過する超大断面水路トンネル側壁補強工の設計と施工，土木学会第72回年次学術講演会 V I -272, PP. 543~544, 2017. 9