

トンネル坑門に近接した橋台（深礎杭）施工

— 国道和田山八鹿道路 円山川橋工事 —

大成建設株式会社 正会員 利波 宗典
 正会員 ○新田 直司
 正会員 天野 元輝

1. はじめに

本工事は、国土交通省近畿地方整備局発注の和田山八鹿道路円山川橋工事（高度技術提案Ⅱ型）、橋長 678m の設計施工一括発注方式、橋梁上下部工事である。橋梁上部工（有効幅員 10.26m）は PC3 径間連続箱桁橋、PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋、橋梁下部工は橋台（2 基）、橋脚（9 基）の構築である。橋梁下部工 A2 橋台は平成 23 年 1 月中旬～4 月初旬（約 3 ヶ月）の施工となった。A2 橋台の施工条件について、傾斜約 40°，表層が土砂に覆われた法面上にてトンネル坑門（トンネルに関する工事は別途工事、以下同様）に近接している、さらに、法面の下には県道がある状況である。また、施工着手はトンネルが貫通し、インバート工完了後となり、トンネル坑門との同時近接作業という状況である。A2 橋台の基礎構造は深礎杭であり、掘削方法は、ひん岩（軟岩Ⅰ・Ⅱ）に対して、騒音振動等の環境影響軽減を考慮して、発破を行わない人力掘削（はつり）による施工とした。

2. 工程調整および課題

別途工事との工程調整を行い、安全に、かつ A2 橋台およびトンネル坑門の全体施工工程が最も短縮されるように、以下の 4 点に最も注意を払い調整を行った。A2 橋台の一般図（地質、施工条件含む）を図-1 に示す。

1) A2 橋台構造物掘削時のトンネルインバートへの影響防止の検討（土留工検討）

既施工のトンネルインバートに近接して構造物掘削を行うため、地盤を緩める可能性が高い。ゆえに、地盤のひずみを FEM 解析により算出し、影響の無い掘削方法を選定する必要がある。比較検討の結果、土留杭を採用したが、土留杭の位置についてトンネル坑門工（セントル）と橋台工（足場）の仮設設置の時期、範囲を詳細に立案調整し決定を行う必要があった。

2) 県道への落石防止方法の検討

落石防止は、トンネルの貫通が先行施工されるため、別途工事にて対策を行うこととなった。構造は落石防護柵（ヒンジ式ロックフェンス、トリカルネット）であり、施工箇所と県道の間に設置された。

3) A2 橋台施工時の揚重クレーンの配置計画と動線計画

当初計画では橋面上にクレーンを配置して各種資機材の搬入、搬出を計画していた。しかし、トンネル内を動線として活用出来ることによって、工事用車両が橋台に近づくため安全性、および施工性の向上につながった。トンネル内の工事用車両の運行について、別途工事との詳細工程調整を行う必要があった。

4) トンネル坑門の揚重クレーンの配置計画

トンネル坑門の施工時は、橋台の施工と近接しているため、クレーンを配置することが困難であった。しかし、既施工の橋面まで構台を架設し、橋面へ移動することにより施工ヤードの確保が可能となった。クレーンの詳細配置位置、規格等について、主桁断面形状を考慮し応力検討をする必要があった。

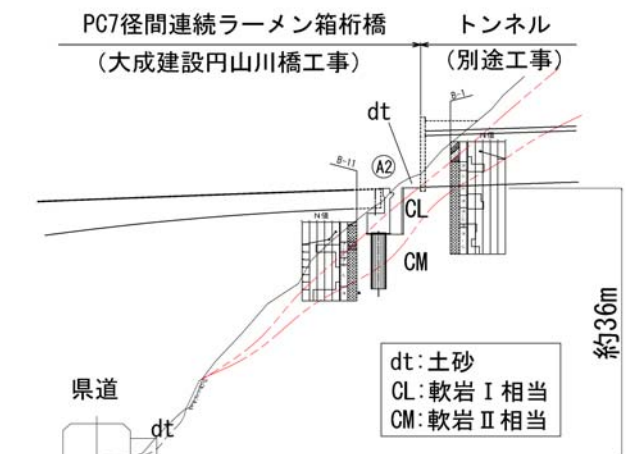


図-1 A2 橋台一般図

キーワード トンネル坑門、近接施工、インバート補強、土留杭頭つなぎ、橋台施工

連絡先 〒669-5262 兵庫県朝来市和田山町市御堂 30-1 大成建設（株）円山川橋工事作業所 TEL079-672-0575

3. トンネルインバートへの影響防止に関する検討・対策

トンネルインバートへの影響防止のため、以下の項目にて検討、確認を行う。FEM 解析結果を図-2 に示す。

【施工前検討】

- ①FEM 解析 地盤の最大せん断ひずみ算出
(解析結果 0.8% < 0.85% (破壊ひずみ一般値) 切土法面可)
- ②孔内水平載荷試験 地盤の降伏時ひずみ確認
(降伏時ひずみ試験値 0.48% < 解析結果 0.8%
緩み発生可能性有り → 土留工採用 (ひずみ抑制))
- ③岩盤緩み (土留工による) に対するインバート補強検討
(補強鉄筋追加 D16@300 → D16@150)
- ④弾塑性法による土留杭変位算出 (杭頭つなぎ併用)
(理論値 土留杭 天端 0mm 中間部最大 17.5mm)

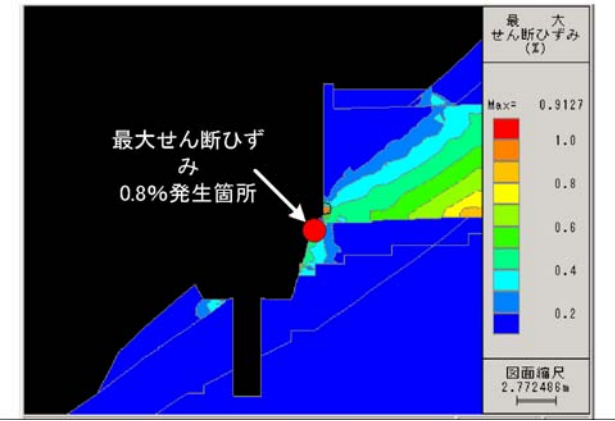


図-2 FEM 解析結果

【施工時確認】土留杭変位、法面の動態観測、インバートひび割れ

4. 落石防止に関する検討・対策

トンネルが先行して貫通するため、別途工事にて落石防護柵 (ヒンジ式ロックフェンス) (網目 50mm×50mm) およびトリカルネット (網目 30mm×30mm) の設置が行われることになった。A2 橋台施工時は、落石防護柵にシートを追加して設置し、小石等の落石防止対策をした。

5. 対策の効果

法面の動態観測、土留杭変位測定 (杭頭つなぎ併用) を行った結果について、表-1、表-2 に示す。土留杭とインバート

表-1 法面動態観測結果

	掘削開始より7日後(掘削中)				21日後(掘削中)				2ヶ月後(橋台完了)				備考
	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	変位量 (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	変位量 (mm)	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	変位量 (mm)	
①木杭(左)	5	3	-2	6	3	-1	-2	4	5	1	-1	5	ΔX:橋軸上 起点側+
②インバート(左)	1	-4	-2	5	3	-3	-3	5	-	-	-	-	ΔY:橋軸直角上 左側+
③インバート(右)	1	1	-3	3	-1	4	-3	5	-	-	-	-	(左側起点から終点向いて左)
④木杭(右)	4	4	-4	7	-1	6	-4	7	-1	6	-6	9	ΔZ:基準高さ

を鋼材にてつなぎ固定を行った、杭頭つなぎの実施により、理論値 土留杭 天端 0mm に対して、杭の施工誤差 12mm があるだけで変位は 0mm であった、また、土留杭は、鉛直度 1/50 程度の施工誤差があるが、中間部でも数 mm 程度に収まっている。変位の経時変化も最大 3mm で収まっている。法面上の地山挙動は、最大 9mm 程度の変位が有ったが、進行は極めて緩やかで、表層土砂に掘削施工時の振動が伝ったことに起因したものと考えられる。

表-2 土留杭変位測定結果

	高さ	たわみ			備考
		掘削完了より 1週間後	1ヵ月後	2ヵ月後	
土留杭 (橋軸上)	0.0m	0	0	0	器械測量 下げ振り
	-1.0m	1	1	0	
	-2.0m	0	0	2	
	-3.0m	1	1	2	
	-4.0m	3	2	-1	
	-5.0m	0	-1	-2	

6. おわりに

土留杭は、引抜きを行う場合、背面地盤に緩みを誘発する恐れがあるため本工事では残置とした。また、構造物掘削時に土留杭背面、深礎杭掘削時にトンネル側より、それぞれ岩盤の亀裂より湧水(清水)が確認出来たが、インバート近傍での地盤の沈下は小さく拡大傾向も確認されず、問題は生じていない。

今後、トンネルを先行施工し、橋台を後施工とする施工については、橋台施工時にトンネル内を動線として活用できる利点があり、地質状況に応じて適切な掘削方法を選択すること、トンネルインバートへの影響を検討することの体系化が可能となればトンネル工事と橋台工事の一体施工の優位性が高まるものと考えられる。

7. 謝辞

工程調整、課題解決に関して、発注者(国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所)ならびに別途工事(牧田トンネル工事)より多大なご指導を賜りましたこと、また本論文作成にご助言を頂きましたことについて、深く感謝し厚く御礼申し上げます。