

14. 長大インバート栈橋を使用したトンネルの合理化 施工（3スパン移動栈橋によるインバート施工）

佐藤工業(株)：○京免 継彦、森 安弘、中谷 幸一

1. はじめに

単線施工しかできない比較的断面が小さいトンネルにおいて、工程短縮のために、インバート工と掘削工を同時に施工する方法として、インバート施工部分を跨ぐインバート栈橋（下部施工範囲 通常 10.5m×1～2 スパン）を用いて行われている。しかし、施工条件によっては、インバート工の進捗が掘削全体工程に影響をおよぼす恐れがある。

新宇治川放水路トンネル工事は、円形断面の全線鉄筋コンクリート覆工を行うウォータータイトトンネルであり、掘削工と覆工の併進、コンクリート養生期間、防水シート保護対策等の厳しい施工条件、工程条件を与えられた。これらの条件に対応するため、国内最大長の3スパン移動栈橋（全長80m）を用い、バランスの良いインバート工と掘削工との並進を実現している。

本報文は、3スパン移動栈橋の概要と施工実績について紹介するものである。

2. 工事概要

(1) 工事概要

新宇治川放水路トンネル工事は、毎年のように浸水被害を受けているいの町枝川地域の浸水被害低減のために緊急に行われている放水路工事である。

宇治川は流域面積 14.2km²、流路延長 7.5km の仁淀川支川で、放水路は、宇治川の洪水を仁淀川へ最大毎秒 55m³ 放流する放水路トンネルである。放水路延長は、2,587m で、トンネル長約 2,365m のうち新宇治川放水路トンネル第一工事は、1,320m を施工する。

工事名：新宇治川放水路トンネル第一工事

発注者：国土交通省四国地方整備局

高知河川国道事務所

工事箇所：高知県吾川郡伊野町字三ツ森地内

企業体：佐藤・五洋JV (5.5 : 4.5)

トンネル概要：延長 1,320m

仕上がり内径：6,980mm の真円形（外水圧トンネル）

(2) 新宇治川放水路トンネル工事の特徴

1) ウォータータイトトンネル(止水構造のトンネル)

ウォータータイトトンネルとは、トンネル内と周辺地山を完全に遮蔽し、坑内への水の進入を防いだ耐圧トンネルである。周辺の地下水の枯渇防止を目的とする。掘削中の地下水減少を最小限に食い止め、早期に覆工を完了することで、地下水位を復元させる。

①トンネル横断方向の対策

トンネル全周を厚さ2mmの防水シートで覆い、コンクリートの継ぎ目には止水板をはさむことにより、トンネル内部への地下水の流出を防ぐ。



図-1 新宇治川放水路の概要図

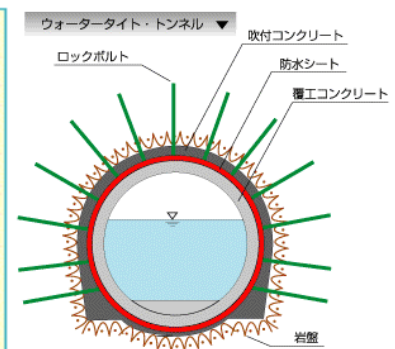


図-2 ウォータータイトトンネル断面

②トンネル縦断方向の対策

ウォーターバリアとファンカーテングラウチングを採用して、トンネル縦断方向に水が流れることを防ぎ、地下水の低下を防ぐ。

ウォーターバリアとは、吹き付けコンクリートと防水シートおよび防水シートと覆工コンクリートとの接触面を地下水が流動しないように止水材を注入するものである。また、ファンカーテングラウチングとは、地山の緩み領域を通して地下水がトンネル縦断方向に流動しないように、トンネルの周りにエリマキ状の壁を作るものである。

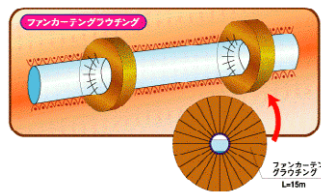


図-3 ファンカーテングラウチング

③施工中の排水制御

トンネル周辺の観測井戸にて地下水位をリアルに計測する。坑内からの水抜きボーリングはバルブを設け、水位の状況をみながら水量を制御する。

(3) 地山を乱さないトンネル掘削工法の採用

1) NATM工法

2) 自由断面掘削機による機械掘削

発破による地山のゆるみを防止するため、C I 区間以下では自由断面掘削機による掘削とする。また、機械による掘削が困難な箇所では、割岩工法、割岩発破併用工法により掘削とする。

3. 3スパンインバート移動栈橋の概要

3スパンインバート移動栈橋の概要を示す。

全長：71.8m（インバート作業内空 34.5m）

駆動：タイヤ式 前輪駆動（電動）

通過重量：60 t（要中間サポート）車幅：4m

曲線施工：R=300m対応 重量：200 t

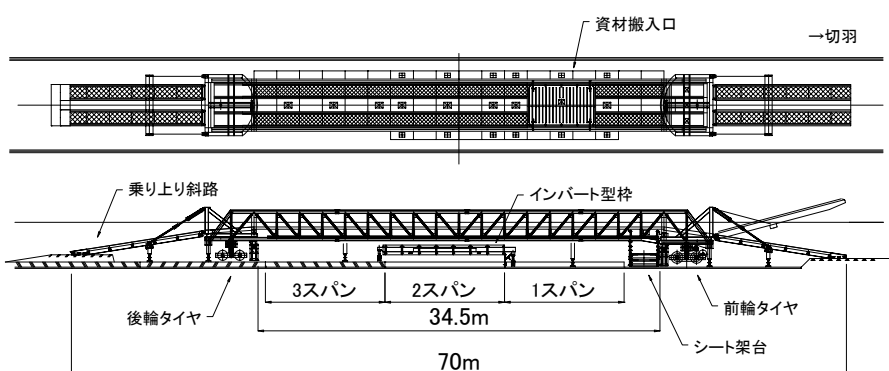


図-4 インバート栈橋設備概要図

4. 3スパン移動栈橋採用の経緯

早期の地下水位復元のため、覆工開始を掘削進行450m到達時点とした。このため覆工開始以降は掘削とインバートコンクリート、覆工コンクリートの3工種が併進することとなる。この併進施工を効率よく行うことが求められた。

(1) インバート施工の留意点

トンネル工事の施工手順は、掘削、インバート工、覆工の順で行う。図-4に設備概要図、図-5に標準断面図を示す。インバート工は、図-5に示すとおり、下方約1/3の施工を行うものである。

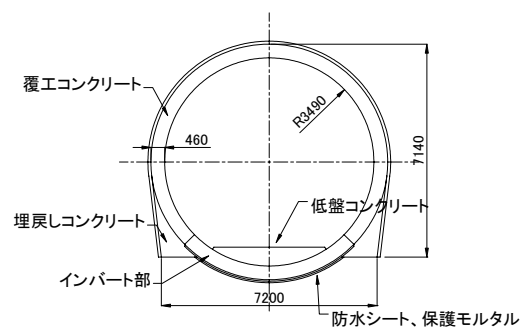


図-5 標準断面図

1) 計画時の留意点

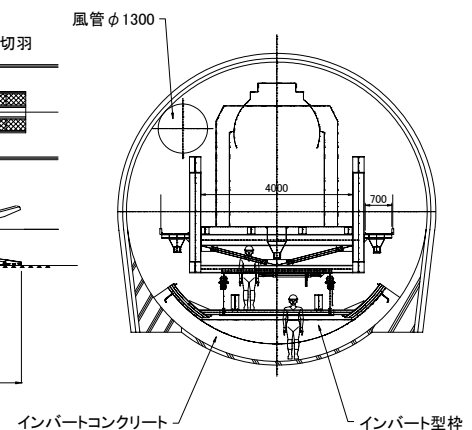
①切羽進行450m時点で覆工開始

切羽進行450m時点で覆工を開始するの計画であるため、当然インバート工はそれより前から始めなければならない。栈橋自体の全長が80mあるため切羽進行350m地点でインバート工を開始することにした。

また、覆工と切羽の離隔距離は、最大で600mと設定されている。それ以上の離隔は許されない。

②インバートコンクリート養生期間

インバートコンクリート打設後の養生は7日間と設定されている。養生期間が過ぎなければ、栈橋の後輪



タイヤが打設箇所に乗ることは出来ないため、コンクリート打設は、最短で7日に1回のペースとなる。したがって、インバート工の月進行は、1スパン長10.5mのコンクリート打設が最多で4回の42mとなり、同様に覆工の進行も42mで抑えられてしまう。切羽進行が月80mとすると毎月40m程度離されるため、全体工程に影響が出る。

③トンネル掘削との並行作業

インバートの掘削作業中とコンクリート打設作業中は通行止めとなり切羽への行き来は出来ない。切羽の掘削を止めないためには、インバート部の掘削とコンクリート打設は同時に行う必要がある。

④防水シート保護モルタル

防水シートの損傷を防ぐためシートの敷設前後に地山およびシートに厚5cmのモルタル吹付けを行う。

施工手順は、吹付け（地山の平滑化）→シート敷設→吹付け（鉄筋による損傷保護）→鉄筋組立てとする。

⑤型枠セット

インバートコンクリート型枠の浮き防止は、トンネル内面あるいは栈橋から浮き防止反力を取ることが出来ないため、ウェートで対応する。

⑥自由断面掘削機の搬出

掘削が完了した時点で自由断面掘削機を切羽から坑外へ搬出しなければならない。自由断面掘削機の重量は100t、坑内での分解可能重量は40tで、通過重量は60tとなる。

(2) インバート栈橋スパンの選定

1または2スパンの栈橋でのインバートコンクリートの施工速度は、トンネル掘削、覆工コンクリートの施工速度に比べ非常に遅いため、工程はアンバランスになり、経済面でも大きな問題となる。

移動栈橋を3スパン化することでインバートコンクリート打設進行は、トンネル掘削と同等の進行が得られる。打設完了後の養生期間は8日～9日と、最短養生設定期間の7日間には余裕はある。覆工コンクリートの打設は、インバートコンクリート養生期間の余裕日に組入れることにより、週3回、月12回の打設が可能となる。

3スパンインバート栈橋とすることは、掘削速度を落とすことなく、上記3工種の施工工程および作業員の配置の面でバランスが良くなり合理的といえる。

各スパン数の月間インバートコンクリート打設回数および月進長は次のとおりである。

- ・1スパン栈橋の場合は、打設3回/月、月進31.5m
- ・2スパン栈橋の場合は、打設4回/月、月進42.0m
- ・3スパン栈橋の場合は、打設6回/月、月進63.0m

インバート栈橋のスパン数による工程比較検討を行った結果を表1に示す。

5. 施工結果

- ・内空は10.5m×3+3mの合計34.5mを確保したが、作業スペースとしては、これ以下に出来ない限界であった。

	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日
3スパン 栈橋	CON 掘削	1日 2スバ	2日 2スバ	3日 2スバ	4日 3スバ	5日 3スバ	6日 3スバ	7日 3スバ	8日 3スバ	栈橋 移動											
		シート	鉄筋	型枠	CON 掘削	1日 2スバ	2日 2スバ	3日 2スバ	4日 2スバ	5日 3スバ	6日 3スバ	7日 3スバ	8日 3スバ	9日 3スバ	栈橋 移動						
						シート		鉄筋	型枠	CON 掘削	1日 2スバ	2日 2スバ	3日 2スバ	4日 2スバ	5日 3スバ	6日 3スバ	7日 3スバ	8日 3スバ	栈橋 移動		
											シート	鉄筋	型枠		CON 掘削	1日 2スバ	2日 2スバ	3日 2スバ	4日 3スバ	5日 3スバ	6日 3スバ
																シート	鉄筋	型枠	CON 掘削	1日 2スバ	2日 2スバ
				覆工 打設				覆工 打設				覆工 打設						覆工 打設			
2スパン 栈橋	CON 掘削	1日 2スバ	2日 2スバ	3日 2スバ	4日 2スバ	5日 2スバ	6日 2スバ	7日 2スバ	栈橋 移動												
		シート	鉄筋	型枠					CON 掘削	1日 2スバ	2日 2スバ	3日 2スバ	4日 2スバ	5日 2スバ	6日 2スバ	7日 2スバ	栈橋 移動				
										シート	鉄筋	型枠					CON 掘削	シート	鉄筋	型枠	
1スパン 栈橋	CON	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	栈橋 移動												
									掘削 シート	鉄筋	型枠	CON	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	栈橋	

表—1 インバート栈橋のスパン数による工程比較表

- ・ 駆動はタイヤ式を採用、前輪タイヤが地山（モルタル吹付け上）を走るため走行が不安定であった。地山が堅固なC区間以上では問題はなかったが、軟弱なD区間の一部では、路盤補強用のモルタルコンクリートが潰れタイヤが潜り込む場面が何度もあった。重機等で牽引しながら走行した。
- ・ コンクリート打設はブーム式ポンプ車で行った。当初、トラックミキサー車からのシュート打設、配管切替機による配管打設も行ったが、円の曲率半径が小さく、打ち上がり速度が速いため、型枠の浮き上がりに注意しながら打設しなければならなかった。ポンプ車を選択した。
- ・ 重量物の通過は中間サポートの設置で対応した。問題なく自由断面掘削機を搬出することができた。
- ・ 資材の搬入には中間部に油圧開閉式の扉を備えた。しかし、資材の積み卸しは、クレーン付トラック等で行ったが、専用の揚重装置を設置すべきであった。
- ・ 曲線部施工は、乗上がり斜路を旋回させ、全体の横送り装置、折畳み式安全通路等を操作して行った。

6. おわりに

平成16年9月にトンネル掘進が完了した。併進作業当初は、一つの段取りの狂いが全工程に影響し、足踏みすることが多かった。3スパン移動栈橋は機械設備として未知の部分が多かったが、アイデアを出しあって、限られたスペースおよび時間の問題を一つ一つ

解決していくことで、最大効率で、掘削、インバート工、覆工の併進作業を行うことが出来た。これは、3スパン移動栈橋は、小断面トンネルの合理化施工として有効であることを示していると考ええる。

最後に、今回の3スパン移動栈橋によるインバート施工の採用ならびに施工にご支援、ご協力戴いた国土交通省四国地方整備局高知河川国道事務所の皆様をはじめ関係各位に深く感謝申し上げます。



画ー1 インバート栈橋組立て搬入



画ー2 コンクリート打設状況



画ー3 インバート栈橋全景