

長大インバート栈橋を使用したトンネルの合理化施工

Rationalization execution of the tunnel which used a long invert bridge

京免継彦¹・森安弘²・中谷幸一³

Tuguhiko Kyomen and Yasuhiro Mori and Koichi Nakatani

^{1,2,3}佐藤工業 大阪支店 新宇治川トンネル作業所 (〒781-2100 高知県吾川郡いの町字三ツ森地内)

E-mail: t_kyomen2002@yahoo.co.jp

New Ujigawa River tunnel is construction for flood measurement. This tunnel is planned as a complete waterproofing type tunnel. This tunnel construction shall be simultaneously carried out three type of work. It is excavation and invert concreting and lining concrete. Temporary bridge shall be provided for invert concrete of three spans. Temporary bridge for this invert concrete is longest span in japan.(L=70m). This system greatly reduces construction cost as well as period. This article explains a summary of a temporary bridge for invert concrete.

Key Words : waterproofing type tunnel, invert concrete, long spans bridge.

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は、掘削中にインバート部に施工できない為、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)が用いられている。しかし、通常工法では、コンクリート養生時間等の問題により、インバート工の進行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、工程条件をクリアする必要があった。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の仁淀川支流で、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。図-1

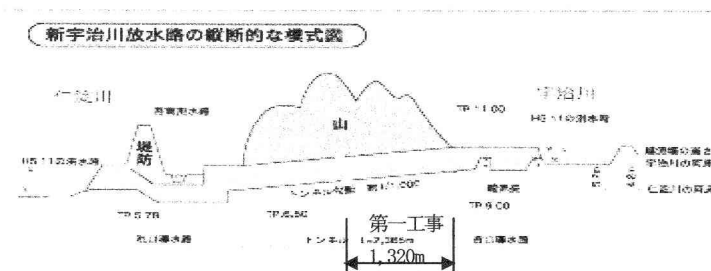


図-1 工事概要図

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

(2) 新宇治川放水路トンネル工事の特徴

a) 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、周辺地下水位を復元させる。図-2 参照。

b) 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-2 参照。

c) 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、地下水位の低下を防ぐ。図-3 参照。

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。ファンカーテングラウチングとは、地山の緩み領域を通過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-2、図-3 参照。

(3) 地山を乱さないトンネル掘削工法の採用

a) NATM工法

b) 自由断面掘削機による機械掘削

発破掘削では周辺地山のゆるみが発生しやすい。このため、トンネル周辺地山が水みちとなり、地下水位の低下を引き起こす可能性がある。対策として C I 区間以下では自由断面掘削機による掘削とした。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る掘削も行った。

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

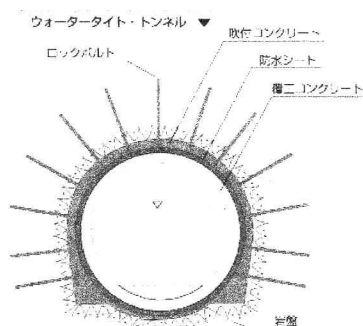


図-2 ウォータタイトトンネル概要

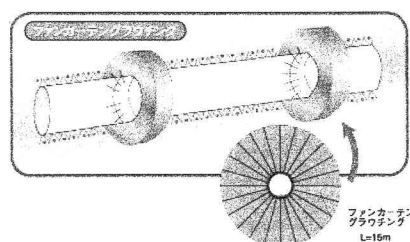


図-3 ファンカーテングラウト概要

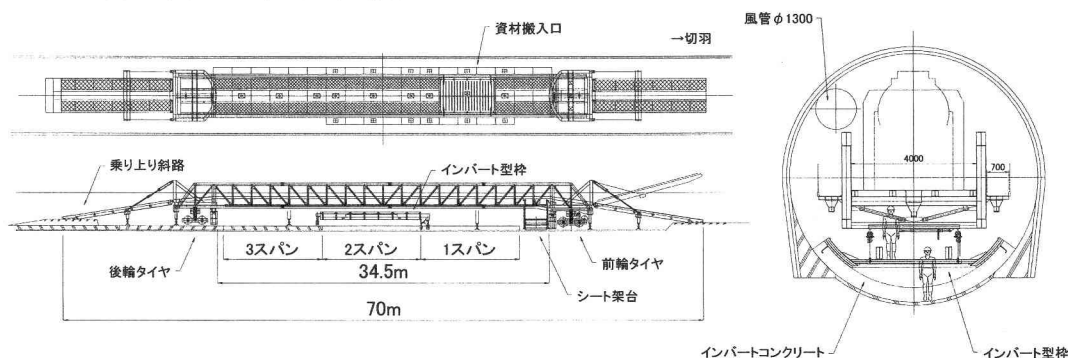


図-4 インバート栈橋設備図

4. 3スパン移動橋採用の経緯

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

図-4に橋橋設備図、図-5にトンネル標準断面図を示す。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。インバート工計画時の留意点を記す。

a) 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計画であるため、インバート工はそれより前から始めなければならない。橋橋の全長が 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とした。覆工と切羽の離隔距離は、最大で600mと設定されている。

b) 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 日間必要であり、養生期間が過ぎなければ、橋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ため、切羽進行が月 80mとすると毎月 40 m程度離され、全体工程への影響が大きいことが判明した。

c) 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。

d) 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 5 cmの保護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）→鉄筋組立てとなる。

(2) インバート橋橋スパンの選定

1または2スパンの橋橋でのインバートコンクリートの施工速度では、コンクリート養生期間により、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く、工程はアンバランスになり、経済性も低下する。

移動橋橋を3スパン化することで養生期間が確保でき、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となる。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。3スパンインバート橋橋とすることは、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スパン橋橋の場合は、打設3回/月、月進31.5m
 - ・2スパン橋橋の場合は、打設4回/月、月進42.0m
 - ・3スパン橋橋の場合は、打設6回/月、月進63.0m
- 施工工程の比較は表-1参照。

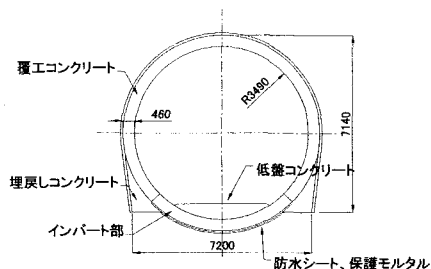


図-5 トンネル標準断面図

表-1 橋橋スパン別インバート工施工工程比較表

	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 橋橋	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	9日 3スバ	10日 3スバ	11日 3スバ	12日 3スバ	13日 3スバ	14日 3スバ	15日 3スバ	16日 3スバ	17日 3スバ	18日 3スバ	19日 3スバ	20日 3スバ
		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	8日 2スバ	9日 2スバ	10日 2スバ	11日 2スバ	12日 2スバ	13日 2スバ	14日 2スバ	15日 2スバ	16日 2スバ
						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	8日 2スバ	9日 2スバ	10日 2スバ	11日 2スバ
											シート	鉄筋	型枠								
2スパン 橋橋	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	8日 2スバ	9日 2スバ	10日 2スバ	11日 2スバ	12日 2スバ	13日 2スバ	14日 2スバ	15日 2スバ	16日 2スバ	17日 2スバ	18日 2スバ	19日 2スバ	20日 2スバ
		シート	鉄筋	型枠																	
1スパン 橋橋	CON	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日	19日	20日

5. 施工結果

(1) 施工モデルについての結果及び問題点

- ・3スパンインバート栈橋により施工工程は、ほぼ計画どおりに進める事ができた。
- ・作業空間長は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。
- ・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、トンネル円周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ため、ポンプ車打設を選択した。

(2) 設備についての結果及び問題点

- ・全重量200tの栈橋の荷重に掘削地山が耐えることが出来るか懸念されたが、C区間以上ではスムーズに移動することができた。ただ、軟弱なD区間の一部では、シート保護モルタルが潰れタイヤが地山に潜り込む場面が何度もあり、重機等で牽引しながら走行した。
- ・資材搬入用に油圧開閉式の扉を走行路中央に備えた。資材の積み卸しは、クレーン付トラック等で行ったが、

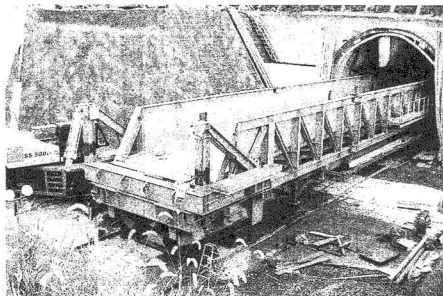
安全性、効率を考えると専用の揚重装置を設置すべきであった

- ・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いった。栈橋のローリングの修正がなかなか困難であった。

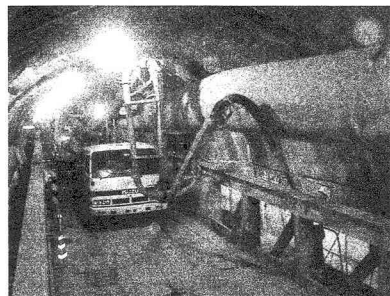
6. おわりに

平成16年9月にトンネル掘進が完了、平成17年4月に覆工も完了した。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が、各工事工程の綿密な打ち合わせを系統的に連携することで対応した。また、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。曲線部移動時の挙動に対応するため通路設備等を可動式に改造したり、思いもかけぬ部位への荷重の集中による設備破損等も発生した。これらの問題を一つ一つ解決し、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。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と考えられる。

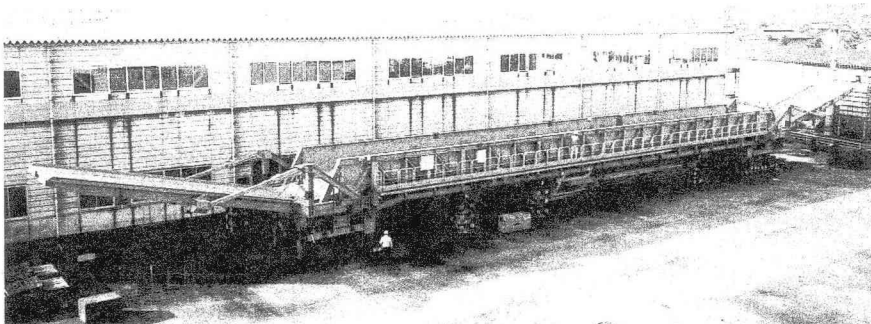
最後に、今回の3スパン移動栈橋によるインバート施工の採用ならびに施工にご支援、ご協力戴いた国土交通省四国地方整備局高知河川国道事務所の皆様をはじめ関係各位に深く感謝申し上げる。



画像-1 栈橋組立て状況



画像-2 コンクリート打設状況



画像-3 インバート栈橋全景