

急速施工用インバート栈橋の開発と現場導入

鉄建建設(株) 正会員 ○杉田 崇, 宇田 誠, 植村 義幸, 舟橋 孝仁
鉄建建設(株)札幌支店 由布 壮一郎, 島根 米三郎
(株)東宏 小林 雅彦, 佐藤 猛彦

1. はじめに

鉄道の山岳トンネル工事においては、硬岩地山においてもインバートを設置する事例がある¹⁾。本来、インバート工は、軟弱地山等のトンネル内空断面の安定性を確保するために、トンネル全体を1つの円のように閉合するものである。このような軟弱地山の場合には、トンネル掘削の進行が100m/月程度であり、従来のインバート栈橋を使用してインバートコンクリート（以下、インバート）を2日に1回打設すれば、126m/月（10.5 m×3回×4週=126 m/月）となり、切羽とインバート施工箇所との離隔距離の維持についての問題はない。

しかし、硬岩地山にインバート工を施工する場合は、トンネル掘削の進行が、150 mを超えることも少なくないため、切羽とインバート施工箇所との離隔距離を維持する事が困難になる。例えば、1.5m×2 サイクル×2 交代×6 日×4 週=144m, 2.0m×2 サイクル×2 交代×6 日×4 週=192m のようなトンネル掘削の進行の場合である。この場合、従来の週 3 回打設するインバート栈橋では機能不足であり、新たなインバート栈橋（以後、急速施工用インバート栈橋と言う）の開発が必要になった。インバートを毎日打設する事ができれば、最大 252m/月の進行（10.5m×6 回×4 週=252m/月）が確保でき、切羽とインバート施工箇所の離隔距離を維持することが可能となる²⁾。

2. 従来の技術

従来のインバート工の施工方法は、以下の 5 つに分けられる。

(1) 切羽作業を中断して全断面で施工する方法

この工法は、トンネル掘削の進行が確保できない。

(2) インバートを縦断方向に分割して施工する方法

この工法は、断面の広い道路トンネルで標準的に採用されており、費用も安く、効率的が良い。しかし、新幹線断面のトンネルでは、車両を通行させる幅が狭くなり、危険である。

(3) 横移動式インバート栈橋にて施工する方法

新幹線断面のトンネルで標準的に使用している工法である。課題としては、横移動式栈橋が施工したインバートの上を通過して前方に移動しないと、次スパンの施工に入れないため、所定のコンクリート強度の発現を待つ必要がある。このため2日で1回の打設となり最大126m/月の月進となる。

(4) 跳ね上げ式インバート栈橋で施工する方法

跳ね上げ方式は、施工したインバート上を移動しなくとも、切羽側栈橋を跳ね上げる事により、次スパンの施工が可能である。しかし、車両が通行するには、吊り上げた栈橋を降ろし、整地するため、切羽の作業に影響を与える。

(5) 2 スパン以上の長さの横移動式インバート栈橋で施工する方法

ロングスパンの構造になり、移動後は、中間支柱が必要となり、通過車両の制限がある。また、横移動時にねじれが発生する。

3. 開発した急速施工用インバート栈橋

毎日インバートが打設（L=10.5m）でき、10.5m×6 回/週×4 週=252 m/月（稼働日 24 日）の進行を確保できる急速施工用インバート栈橋を開発するため、以下の検討、対応を実施した。

(1) インバート打設後、直ぐに次スパンを施工可能

毎日インバートを打設するためには、一番重要な項目である。インバートを打設した当日の夜勤にて次スパンの施工には入れば、毎日施工が可能であるため、以下の対応を実施した。

A: 切羽側斜路を跳ね上げ、横移動可能な構造にすることで、本体を動かさずに次スパンの掘削が出来る構造とした（写真-1）

(2) 切羽への動線を極力維持

インバートが毎日打設出来ても、切羽への動線を切断したのでは、本末転倒であるので、極力動線を

キーワード 山岳トンネル、硬岩地山、インバート工、急速施工、インバート栈橋

連絡先 〒101-8366 東京都千代田区神田三崎町 2-5-3 鉄建建設(株)土木本部トンネル技術部 TEL03-3221-2298

確保する為に以下の対応を実施した。

B:坑口側斜路と栈橋本体は、2車線分の幅員を確保

(写真-2)

C:切羽側斜路は、上記 A:と同様

これら B:と C:の効果により、コンクリート打設中でも、切羽への動線を確保することができる。

(3) 栈橋を動かさず中央排水溝の施工が可能

栈橋本体を固定したまま、中央排水溝の施工（掘削・据付・埋戻し）が出来れば、施工効率向上に繋がるため、以下の対応を実施した。

D:切羽側斜路は、跳ね上げ・横移動に加えて2分割化を可能とした（写真-3、4）

中央排水溝施工時は、切羽側斜路を2分割にして中央を大きく開けることにより大型重機での施工が可能とした。ただし、切羽への動線を遮断することになるため、施工タイミングを考慮する必要がある。

(4) 大型の切羽施工機械が栈橋を通行可能

上記 D:の対応により、切羽側斜路は大型機械の車輪、キャタピラの幅に合わせることが可能となる上、本体・坑口側斜路は2車線分の幅員が確保できるため、大型施工機械でも通行が可能となる（図-1）

(5) 栈橋重量が重くなることへの対応

上記（1）～（4）の対応を行うことにより栈橋の重量が従来の栈橋の2倍程度となるため、以下の対応を実施した（図-2）

E:地山の上に載る切羽側アウトリガーに全荷重の2/3、前日打設したコンクリートに載る坑口側の車輪またはアウトリガーに全荷重の1/3が作用するように設計した。これにより、前日打設したコンクリートの若材齢時の圧縮強度（ 2N/mm^2 ）よりインバートに作用する面圧を小さくすることができた。

F:栈橋のトンネル縦断方向への移動は、油圧シリンダーの伸縮により移動する方式を採用した。尺取虫



写真1 切羽側斜路（横移動可能）



写真2 坑口側斜路



写真3 切羽側斜路の分割



写真4 中央排水工施工状況

図1 大型車両通過状況
のような移動方法であり、従来のような重機等での牽引を必要としない。

4. 導入と今後の展望

2018年6月に1号機が完成し、同年8月に渡島トンネル天狗工区に導入した。2019年4月現在、同トンネルでは、ベルトコンベヤーやクラッシャー等の設備を設置しているところであり、急速施工を実施する前段階である。よって、実証データはこれから取得していくことになるが、現状、全ての動作に問題は無く、今後の活躍を期待している。

参考文献

- 1) (独行)鉄道建設・運輸施設整備支援機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説，p.105，2008。
- 2) 宇田誠：急速施工用インバート栈橋の開発と実用化，日本建設連合会 新技術・新工法に関する講習会論文集，pp.59-64，2018。

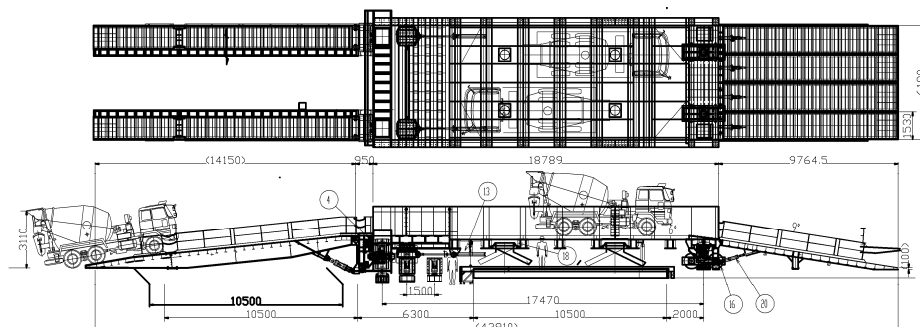


図2 急速施工用インバート栈橋 全体図