

資機材搬入出用インクラインの計画と施工

—高低差 40m 以上におけるアプローチ方法—

Plan and Construction for the Incline to Carry in and out Materials and Equipment

桐木俊之*1 野村典之*2 久次米唯*3

概 要

帯金第1トンネルは、トンネル坑口が地盤高より約43m上に位置するため、当初は仮栈橋を設置してアプローチする方法で設計されていた。しかし、トンネル終点側の上部工がPC橋から鋼橋に変更となり、桁材を運搬するトレーラーの走行が栈橋形式では不可能となった。そのため、取付け工期も短く、専有範囲も狭いインクラインを採用することとなった。

本稿は、インクラインが採用されるに至った経緯と概要および施工方法について報告する。

key words : 仮栈橋、インクライン、施工精度、勾配、工期短縮、環境配慮

1. はじめに

中部横断自動車道は、静岡県静岡市を起点に、山梨県甲斐市を經由して長野県小諸市に至る延長132kmの高速自動車国道である。この道路が整備されることにより、同じく整備が進められている新東名高速道路をはじめ、中央自動車道、上信越自動車道が接続され、日本海および太平洋の臨海地域と長野・山梨県との連携・交流を促進するとともに、沿線の方々が安心して暮らせるネットワークの構築、物流体系の確立や広域的観光ゾーンの開発・支援等に寄与するものと期待されている。

本工事は、このうち国土交通省関東地方整備局甲府河川国道事務所が直轄工事として整備する、山梨県区間(富沢IC～六郷IC間)において、延長267mのトンネルをNATM工法で施工するものである。

図-1に工事位置図を示す。

2. 工事概要

2.1 工事概要

工 事 名 : 中部横断帯金第1トンネル工事

施工場所 : 山梨県南巨摩郡身延町帯金地先

発 注 者 : 国土交通省 関東地方整備局

工 期 : 平成25年11月26日～平成31年3月29日

工事内容 : トンネル工 267m (NATM 機械掘削)

橋台工 1基、橋脚工 1基

仮設工 1式 (インクライン、作業構台)

2.2 インクラインの概要

インクラインとは、斜面に軌道をつくり船や車両、荷物などを昇降運搬する装置である。本工事で設置したインクラインの仕様を以下に示す。

最大積載荷重 : 80tf

勾 配 : 38.2°

軌 道 長 : 77.1m



図-1 工事位置図

*1 Toshiyuki KIRIKI

東京支社土木支店土木部 作業所長

*2 Noriyuki NOMURA

東京支社土木支店土木部 副所長

*3 Yui KUJIME

東京支社土木支店土木部

3. インクライン採用経緯

3.1 当初設計

当初設計では起点側坑口部へアプローチするため、高低差約 40m を道路勾配 12%、延長 352m の折り返してくる線形の仮栈橋 (LIBRA 工法) で計画されていた (図-2)。

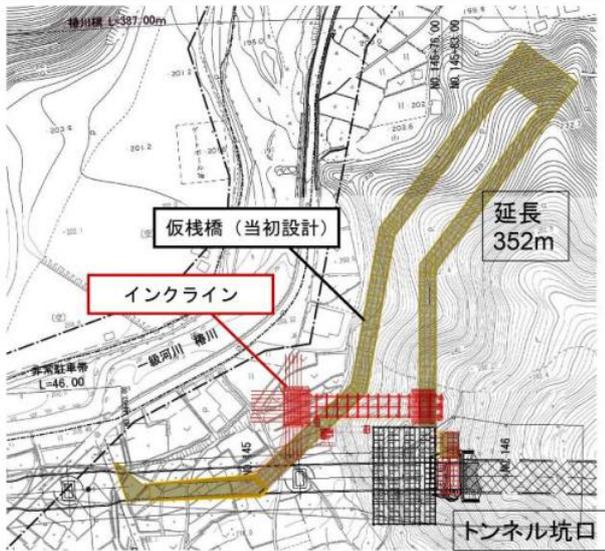


図-2 仮栈橋とインクラインの比較図

3.2 採用経緯

トンネル完成後、トンネルを動線として塩之沢川橋を施工することになっていた。しかし、受注当初は上部工が PC 構造であったが、鋼構造へと変更となったため、桁材を搬入するにあたり低床トレーラーの走行が必須となった。

(1) 仮栈橋の検討

低床トレーラーが、12% 勾配の栈橋を走行可能なのか検証してみた。その結果、台車底部が栈橋に接触せず走行できる勾配は 7% 以下とし、栈橋の全長を 235m 延長しなければならないことが判明した。

(2) 工法の検討

i) 栈橋延長 (LIBRA 工法)

現設計の LIBRA 工法で、勾配 7%、延長 587m の栈橋および坑口前の作業構台を施工する方法。

ii) インクライン工法

栈橋をインクラインに変更し、坑口前の作業構台をインクラインの台車上から施工する方法。

(3) インクラインの採用

インクラインを採用するにあたり、以下の点に着目した。

i) 施工期間

仮栈橋を延長し、LIBRA 工法で作業構台まで施工した場合 18 ヶ月必要であるのに対し、インクラインを設置し作業構台を LIBRA 工法で施工した場合は 10 ヶ月となり、8 ヶ月の短縮が見込める (施工期間には設計、製作を含む)。

ii) 現地状況 (環境)

① 仮栈橋の場合

近隣家屋から約 8m しか離隔が取れない箇所に、支持杭をダウンザホールハンマにて施工しなければならない。

想定振動：77dB (震度 3 程度)

振動騒音発生期間：15 ヶ月

また広範囲にわたり急斜面において伐採を行う必要があるため、伐採後に落石防護柵等を設けなければならない。

地形から判断して、仮栈橋を更に 235m 延長することは困難であり、追加借地にも時間を要す。

仮栈橋を動線とするため、工事期間中は大型車両も含め全ての車両が走行することになり、騒音抑制の対策が必要である。

② インクラインの場合

軌条設備の支持杭において、こちらもダウンザホールハンマにて施工することになるが、離隔は 19m となる。

想定振動：70dB (震度 2 程度)

振動騒音発生期間：5 ヶ月

伐採範囲が極端に少なく、落石防護も一部岩が露呈する箇所のみで済む。

車両の走行が発生しないため、騒音および Co₂ の排出が削減できる。



写真-1 インクライン全景

iii) コスト

インクラインを採用した場合、仮栈橋よりも約 20% コストアップになる。

iv) 採用理由

① 8 ヶ月の工期短縮が可能

② 作業構台完成までの騒音振動の低減

③ 伐採および借地範囲の減少

④ 作業構台完成後の騒音および Co₂ の削減

以上の理由により、中部横断道の供用時期も発表していることからコストアップにはなるが、総合的に判断した結果、インクラインによるアプローチ方法が採用された。

4. インクラインの施工

図-3にインクライン施工フロー図を示す。

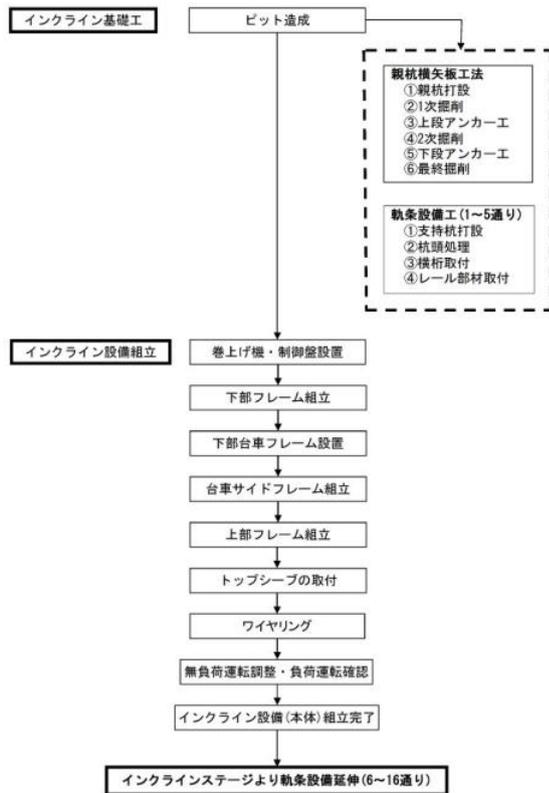


図-3 インクライン施工フロー図

4.1 インクライン基礎工

インクライン本体の重量が約70tあるため、はじめに本体組立用の軌条設備を設置する必要がある。

インクライン本体の高さは約10mあるため、ピットを親杭横矢板工法で造成した後、軌条設備を1~5通りまで設置した(図-4、写真-2)。



写真-2 ピット部全景

4.2 インクライン設備組立

図-3の施工フロー通り、先行設置した軌条設備上にインクライン設備を組み立てる。

巻上げ機および制御盤は別途施工しておいた架台上に設置し、騒音低減のため設置後防音ハウスにて覆った。

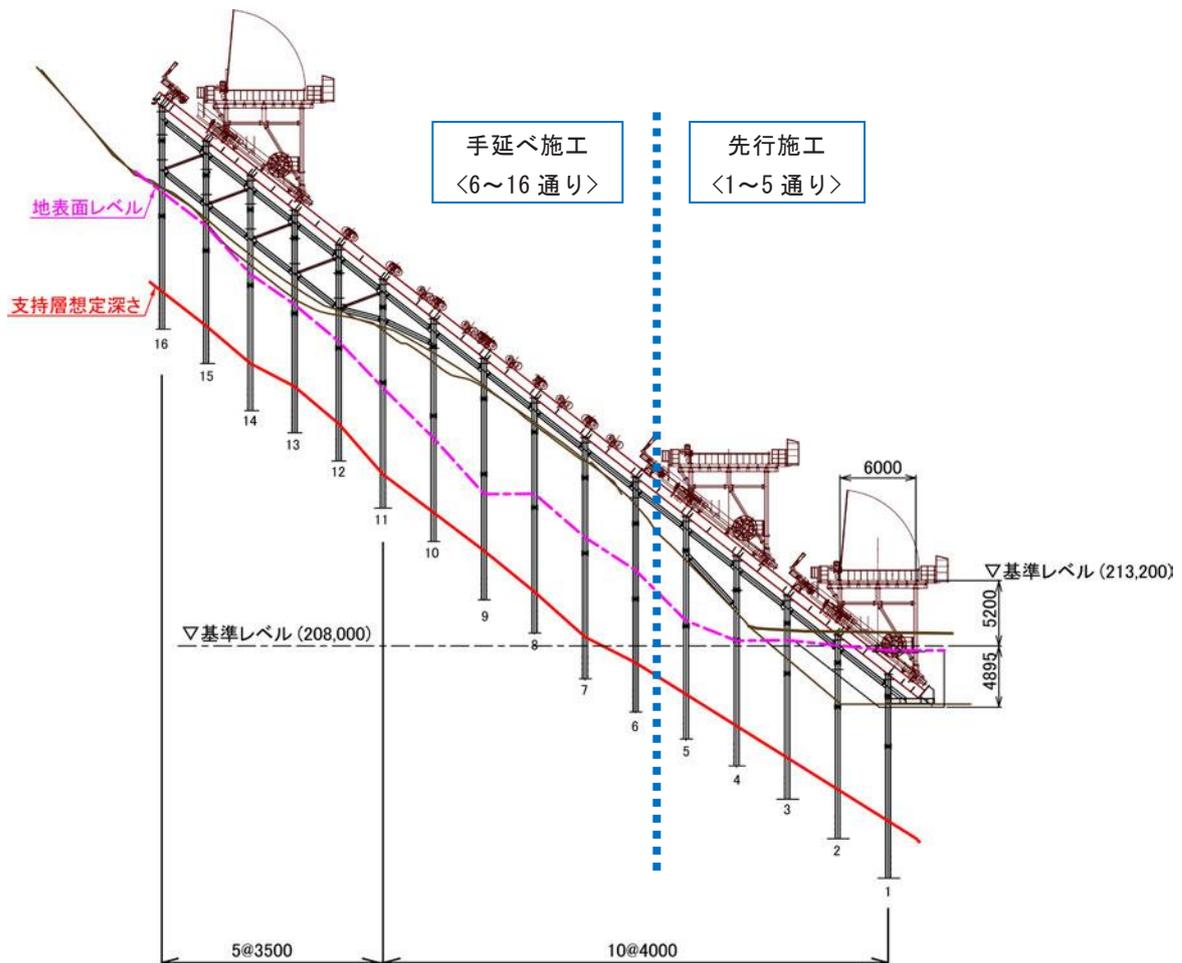


図-4 軌条設備側面図

4.3 軌条設備延伸 (6~16 通り)

軌条設備延伸に先立ち、インクライン台車に車両が乗り入れられるよう、ステージ高さまで取付道路 (スロープ) を施工した。

6~16 通りの基礎杭および軌条設備は、地形の関係上一度に架設することが不可能なため、インクライン台車のステージ上から 1 スパン毎延伸した (図-5、写真-3)。

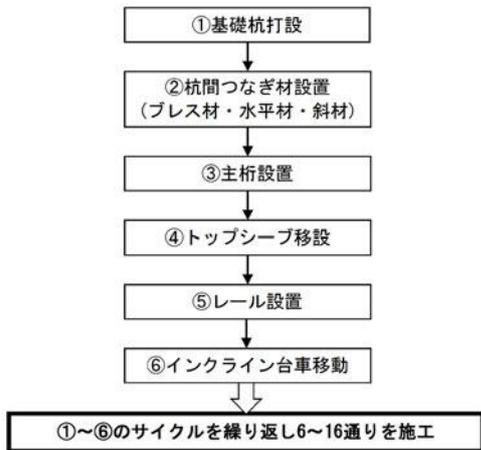


図-5 軌条設備施工フロー図



写真-3 軌条設備延伸状況

4.4 安全装置

(1) ストッパー

ストッパーは軌条設備延伸時のみ使用、完成後の通常使用時には必要ないが、トップシーブを移設する際、ワイヤがフリーになるため、台車が滑落しないようにする装置である (写真-4)。



写真-4 ストッパー

(2) 逸走防止装置

逸走防止装置は通常使用時ワイヤが万が一切断した場合に、台車が逸走しないようにするための装置で、第三軌条 (3 本ある主桁のうちセンターの主桁) を挟み込む構造となっている (写真-5)。



写真-5 逸走防止装置

(3) 脱線防止装置

脱線防止装置常に車輪が走行するレールを主桁ごと抱え込むことで、台車の脱線・転倒を防止する装置である (写真-6)。



写真-6 脱線防止

5. 施工上の留意点

インクラインはウィンチで巻上げ、巻下げを行うことで上下する単純な動きであるが、勾配のある場所に設置することが多く、ガイドがないと斜めに走行することができない。そのため、ガイドの役割を果たす軌条設備を有している。

軌条設備ゆえにレールゲージが決まっており、基礎杭の打設時点から様々な制約を受ける。以下に施工上の留意点および管理値を述べる。

5.1 基礎杭施工

基礎杭は下杭、中杭および上杭と 3 分割とし、ダウンザホールハンマにて所定の位置に削孔し下杭を建込む。この時測量しながら水平位置に注意して確実に固定する。その後根固めモルタルを打設する。その際もモルタル打設により杭位置がずれていないか、測量しながら行う。根固め完了後、再度杭芯、高さの測量を行い、切断等して調整し中杭を取り付ける。最後に上杭を取り付け、基礎杭が完成する (図-6)。

基礎杭のずれは主桁設置の際、大きく関与してくることから、管理値をかなり厳しく設定し、高さ±10mm、偏心±20mmとした。

5.2 軌条設備施工（主桁～レール）

基礎杭の天端にトッププレート（図-6）があり、そこに測量で主桁の設置位置を出す。この時の管理値は、レールに段差がついてしまうと走行に支障をきたすため、基礎杭と同じで高さ±10mm、且つ1通り前の高さからも±10mm、横断方向の偏心±10mmとした。

主桁設置後は、レールの位置出しを行い、使用中のレールのずれ防止のため、レール押え金具によるボルト留めと溶接で対応した。

レールについては、レール幅+10mmが車輪幅となっているため、レールゲージ±3mm、主桁中心との偏心を±10mmとなるように管理し、上記のように強固に固定をした。

5.3 測量

インクラインは本工事のみ使用するもので、中部横断道供用開始後には撤去される仮設である。それにも拘わらず、軌条を携えているため、管理値としては本設以上の精度が要求される。

そこで、軌条設備の施工中は測量を常時行う必要があるが、写真-7のようにかなり急峻な地形のため、測量も容易ではない。

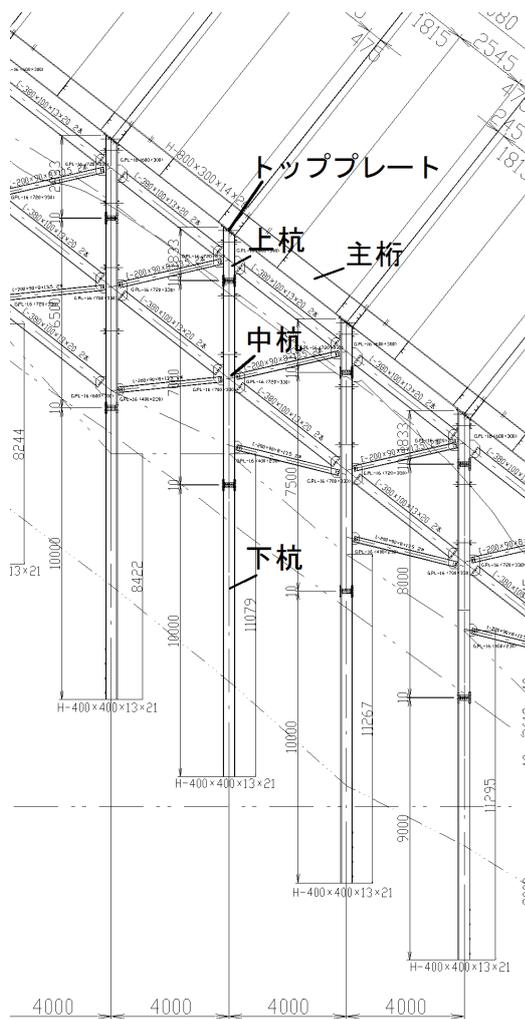


図-6 軌条側面図（抜粋）

1 スパンの施工中に実施する測量は以下の通りである。

- ①杭削孔用の架台（定規）設置時
- ②杭削孔時
- ③杭建込時
- ④根固めモルタル打設時
- ⑤杭切断時（高さ調整）
- ⑥主桁設置時
- ⑦レール設置時

一連の流れの中で精度良く、これだけの測量をしなければならず、測量にはかなり苦労した。



写真-7 軌条設備全景

6. インクラインによる資機材搬入出

採用経緯でも述べたが、インクライン完成後に坑口前の作業構台を架設し、トンネルを施工することとなっている。この構台架設もインクラインの台車上から架設（写真-8）し、面積を拡大していった。補足であるが、構台も当初設計ではLIBRA工法となっていたが、施工時期の問題でSqCピア工法に承諾ではあるが変更となった。



写真-8 坑口前作業構台架設状況

6.1 稼働のための必要条件

インクラインを動かすためには、電気の供給が必要である。また、操作者も必要であり、基本的には操作盤の操作だけではあるが、巻上げ機運転業務および軌道装置運転業務の2種類の特別教育を有する者でなければならない。当工事では、インクラインのみが動線となっており、トンネル掘削ずりも搬出するため、掘削中は常に稼働している状態であった。そのため、操作者を専属配置して対応した。

6.2 当現場での問題

台車には実車で2台の10t ダンプトラックを積載可能であるが、台車の走行速度が22m/minと片道3分14秒要するため、掘削ずりの搬出でしばしば待ちが生じた(写真-9)。これは、インクラインでしかずりの搬出も含めて資機材の搬入出が出来なかったためであるが、ベルトコンベア等によるずり搬出が可能な条件であれば、解決出来る問題であると考えられる。



写真-9 掘削ずり搬出状況

6.3 運用状況

電源や操作者の配置以外に、給脂や機械的な点検、消耗品の交換等メンテナンスは必要であったが、前述した通りウィンチによる巻上げ、巻下げが基本のため約2年半使用しているが、現場が休工となるようなトラブルは発生していない。

7. おわりに

今回は当社初のインクライン施工であり、他社においても施工事例が8件(最大積載荷重30tf以上)しかないため、試行錯誤を繰り返しながらの施工となった。また、従来の仮架橋工とは異なり、軌条設備を設ける必要があるため、本報で記述したが、測定の難しさを再認識させられた。

また、地形の条件が悪いところにも環境に優しく、工期短縮にも繋がるという利点はあるが、施工事例も少ないため、軌条設備の設計、施工方法においては検討する余地は多々ある。

運用開始から約2年半経過したが、この間国土交通省も含め他の施主や設計コンサルタントからの問い合わせ、現場視察の依頼を数多く受けた。また、インクラインメーカーからは近年設計スペックに取り入れられ始めているという情報も聞こえる。これらを踏まえ、今回の事例が今後のインクライン施工において参考になれば幸いである。

最後に、インクラインの採用・施工にあたり御指導、御協力を頂いた関係者の皆様に対して、心より感謝の意を表す。



写真-10 施工したトンネルをインクラインから望む