

(60) 山岳地のPC橋架設に用いる大型インクラインの計画と施工

京都府道路公社 建設第二課

大槻 喜久

(株)フジタ土木本部生産技術部 正会員

○石村 玄二

(株)フジタ大阪支店土木部

佐古 和文

住友建設(株)大阪支店土木部

岡田 滋夫

【 概 要 】

今日まで、山岳地に計画されたPC橋工事では、建設資材、施工機械の搬入が難しいために様々な搬入方法が試みられ施工されてきた。幹線道路からの高低差を克服する方法としては、迂回仮設道路新設による施工、ケーブルクレーンによる施工、仮設トンネルによる施工等が考えられ、現場環境により最適な方法が選択されてきた。

当工事のPC橋梁部においては、資機材の搬入施工に困難を極め、種々の検討を行なった結果、これまでダムのコンクリート打設やトンネルの斜坑掘削等で多く使用されてきたインクラインを橋梁工事としてはじめて採用することとなった。

本文では、全国的にも珍しいインクラインを2基設置して行なったPC橋の工事についてその計画と施工について述べる。

1. 工事概要

工事名称	京都縦貫自動車道(綾部宮津道路)道路新設工事(補助)小原工区
発注者	京都府道路公社
工事場所	京都府 舞鶴市 字小原地内
工期	平成6年2月1日 ~ 平成9年3月10日(37ヵ月)
請負金	¥3,113,273,000
施工者	フジタ・住友・ケイコン共同企業体
工事内容	

工事延長	L=715m(橋梁部268m、トンネル部187m、土工部260m)
橋梁部 上部工	PC方杖ラーメン部160m PC3径間連続ラーメン部108m
下部工	橋台2基、橋脚5基
トンネル部	内空断面69m ² 、掘削パターンD断面
土工部 他	切盛土量(V=35,700m ³) 函渠工(ボックスカルバート、5.5×5.5、L=61m)
仮設工	インクライン2基、仮棧橋2ヶ所

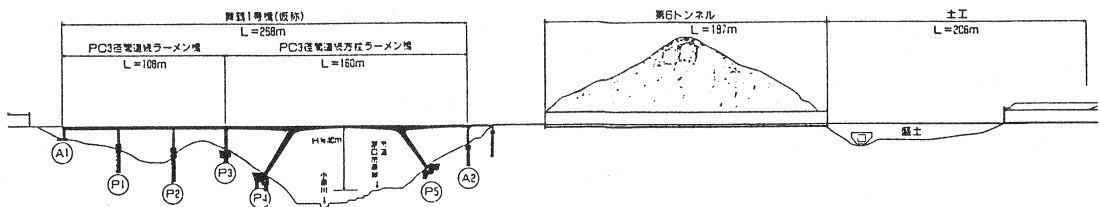


図-1 縦断図

2. 現場環境及び施工手順

2.1 現場環境及び工程

当工区の施工範囲は急峻な山に囲まれ、工事用資機材の搬入の難しい場所にトンネル及び橋梁を架設するものである。橋梁区間谷部には市道が存在するが幅員2m程度で乗用車しか通行できなく、また地元住民の生活道路であるため工事用道路としては利用できない。

そこで、当工区の施工方法は土工部に通じる林道を拡幅し工事用進入路とし、土工部～トンネル部～橋梁部の順で工事を進める方法が採用された。表-1に全体工程を示す。

表-1 全体工程表

工種	平成6年	平成7年	平成8年	9年
準備工	3ヶ月			
土工・雨限工	4ヶ月			
トンネル工		4ヶ月		
仮設工		設置 5ヶ月		
橋梁下部工		3ヶ月		
方杖脚工		7ヶ月		
上部工			7ヶ月	
残片付け				2ヶ月

(工事期間37ヶ月)

表-2 橋梁部の主要資材数量

主要資材	数量
コンクリート	9,000 m ³
鉄筋	800 t
土砂	3,000 m ³
鋼材	1,100 t
支保工材	500 t

2.2 施工上の問題点

橋梁部は、トンネル貫通後トンネル内を搬入路として施工するもので、高低差50mの谷の対岸まで資材をいかに運搬し架設するかが大きな問題となった。主要資材の数量は表-2に示す。また、仮設工法の検討では、大量な建設資材を安定的に早く供給することをポイントとし、施工性、経済性、安全性を考慮して検討した。

最終的に比較検討した4案について表-3に示す。

表-3 仮設工事工法比較表

工法	工事用道路案	インクライン案	ケーブルクレーン案	タワークレーン案
仮設概念図				
概要及び特徴	対岸までの工事用迂回道路800mを設ける。掘削土砂は約30,000m ³ 発生する。各基礎への工事車輛の進入は他案に比べ容易であるが、建設に伴い用地幅が広がり補償費及び工事終了後の修景工、残土処理などの問題を考慮した場合、工費が増加する。	P5側に仮設橋を構築し、インクラインで重機類を運搬する。谷部に仮設橋後、P4側インクラインを設置する。インクラインは軌道上を移動するので気象条件に左右されることなく安定的に資材輸送が行われる。仮設に伴う土砂発生は少ない。	P5側に仮設橋を構築し、谷部まで35t用ケーブルクレーンを設置し重機類を運搬する。80tクローラークレーンによりP4側中間に仮設橋を構築し小型電機を吊り上げる。A1～P5を結ぶ10t用ケーブルクレーンを設置する。A1～P3は小型重機しか使用できず作業効率が悪く、風速10m以上で吊り上げ作業が中止となり稼働率が低下する。	P5側に仮設橋を構築し、P5下方にタワークレーン(20t)を設置する。谷部に仮設橋を構築後P4下方に2基目のタワークレーンを設置する。クレーンの旋回のみで資材運搬が可能となり効率は良くなるが、クレーン基礎が大規模な杭基礎となり工費が増加する。また、風速10m以上で作業が中止となり稼働率が低下する。
主要仮設機	クローラークレーン 50t×2台 80t×1台 工事用道路(土工部) 600m " (仮橋部) 200m 建設残土 30,000m ³ 仮設橋 1ヶ所	インクライン 2基 クローラークレーン 100t×1台 80t×1台 仮設橋 2ヶ所	ケーブルクレーン 90m×35t吊り 300m×10t吊り クローラークレーン 100t×1台 80t×1台 仮設橋 2ヶ所	タワークレーン 2基 クローラークレーン 100t×1台 深礎杭 2ヶ所 仮設橋 2ヶ所
設置工期	× 5ヶ月 (その他用地買収に半年)	○ 5ヶ月	△ 6ヶ月	× 8ヶ月
工事費	△	○	△	△
優先順位	③	①	②	④

以上の比較検討により、他工法に比べインクラインによる仮設が当現場に最も適しており、採用に至った。

2.3 仮設工の施工手順

橋梁部の仮設工はトンネル前作業ヤードより手延べ式で行なった。施工手順を図-2に示す。

仮設工の施工手順

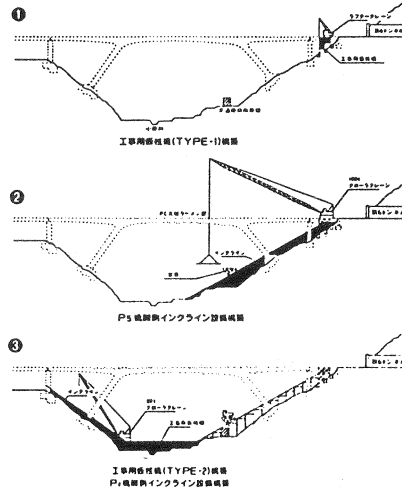
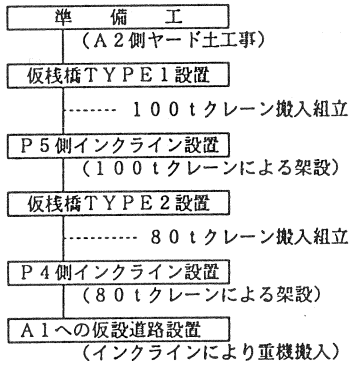


図-2 仮設工事施工手順

3. インクライン設備

インクラインの概要について以下で述べる。

3.1 設備仕様

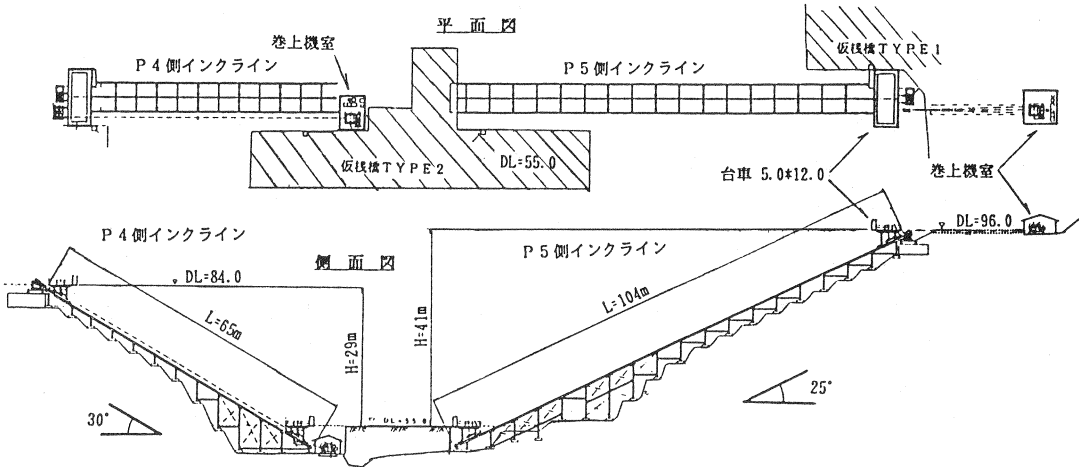


図-3 インクライン平面図、縦断図

インクラインの設備仕様として以下の積載能力を必要とした。

1) 最大積載重量 = 35 t

80 t クローラクレーンの組立解体及びA1～P3部上部工の支保工架設として使用する45 t クレーン(車体重量35 t)。

表-4 インクラインの仕様

	P4側	P5側
傾斜勾配	30°	25°
高低差	2.9m	4.1m
レール延長	6.5m	10.4m
レール幅	6m	同左
台車寸法	5m×1.2m	
台車重量	2.8t	
ワイヤー径	φ37.5mm	
巻上機出力	160kW	
巻上速度	80m/分	
走行速度	2.0m/分	
許容積載荷重	35t	

2)最大台車寸法 = 12 m

栈橋桁材、橋梁架設の鉄骨支保工等の運搬車輛として10 tトラック。

以上より両インクラインに搭載可能な車輛は、11 tダンプトラック、生コン車、ポンプ車、10 tトラック、45 t油圧クレーン、バックホウ(1.2m³)等までとした。

3.2 サイクルタイム

表-5 サイクルタイム

各インクラインのサイクルタイムを表-5に示す。P5側は往復約15分、時間4往復の運搬が可能である。これは現場の施工計画1日の生コン打設量、資材の搬入量を設定する上で重要な値となる。

	P5側	P4側
乗 込	40秒	40秒
加 速	25秒	25秒
走 行	5分00秒	3分00秒
減 速	25秒	25秒
降 車	40秒	40秒
合 計	7分10秒	5分10秒

4. 操作方法の自動化

近年まで、巻上機の運転は巻上機室内において運転者の直接操作により行われてきた。当現場では、巻上機室内の運転操作を自動制御することで、インクライン利用者が昇降口で直接運転操作できるシステムを導入した。運用方法の特徴としては、台車上からの運転を無線で操作可能とする方法と昇降口安全柵閉鎖と運転操作を一体化し安全性を高めたことがあげられる。

4.1 操作方法

運転操作は3ケースが可能であり、使用目的に応じて選択できるようになっている。

1)巻上機室内の主操作盤

- ・使用範囲：運転、運用状態の確認、始業、終業、故障時の点検確認、現場操作との切替

巻上機室内に設置してある主操作盤は、取り扱い責任者(巻上機の運転免許が必要)が主に始業点検時及び終了時に使用する。尚、通常運転使用中は巻上機室は施錠がしてあり(無人化)、一般作業員の立ち入りはできない。

2)上下部昇降口横の操作盤

- ・使用範囲：運転、運用状態の確認、無線操作との切替

上下部昇降口に各1基設置してあり、利用者がボタン操作により操作できる。

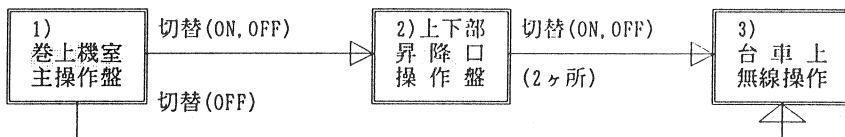
3)台車上の無線による操作

- ・使用範囲：運転

「巻上」、「巻下」、「停止」の操作が台車上から携帯用無線の押しボタンにより自由にできる。尚、この指令は上下部操作盤内の切替により操作可能となる。

4.2 操作の優先順位

計4ヶ所での操作が可能であるが、運転操作の混乱を防ぐため以下のような優先順位を設定して運用している。



4.3 昇降口安全柵のシステム化

台車の到着する昇降口は架台レールとの段差が最大4 mあり、台車到着時以外は解放された状態となる。そこで、一般作業員、車輛の墜落転倒防止のため遮断機（ゲート）を設け、インクライン操作と一体化して使用することとした。

- ・インクライン走行中は上部下部共にゲートは開かない。
- ・インクラインが到着しないとゲートは開かない。
- ・ゲートが完全に閉じないとインクラインは作動しない。

このようにインクラインと連動させて運用することにより、本来昇降口に必要なた誘導員（ガードマン）を不要とする運用を可能とした。

5. 安全対策

5.1 巻上機の保安設備

巻上機本体に使用異常が発生した場合、電氣的、機械的に非常停止装置が作動し、自動的にインクラインの使用ができなくなる。主な項目は、

- 電源異常 : 電源の電圧降下にて電磁接触器が作動
- 過巻上げ、下げ : 巻上機室内の深度計及び軌道上のリミットスイッチにて検出
- 過速度 : 120%の過速にて作動
- ブレーキ故障 : 油圧低下等制限開閉器により検出

などがあり、異常発生時には警報を発する。

5.2 台車の保安設備

台車の大きき5 m × 1.2 mは過去の施工例の中でも最大のものであり、昇降時の偏荷重、風荷重、衝撃荷重等により強度安定計算を行い決定した。また、想定外の荷重が作用しても十分な安全性を確保できるように、以下のような装置を装備することとした。

1) 逸走防止装置（第3軌条方式）

この装置は最終的に台車の安全を確保するための装置でワイヤーが切れた（緩んだ）場合作動する。ワイヤーが緩むとスプリング部の圧縮力により、下部架台中央部に設けた第3軌条（1-350）をクランプし緊急停止する。

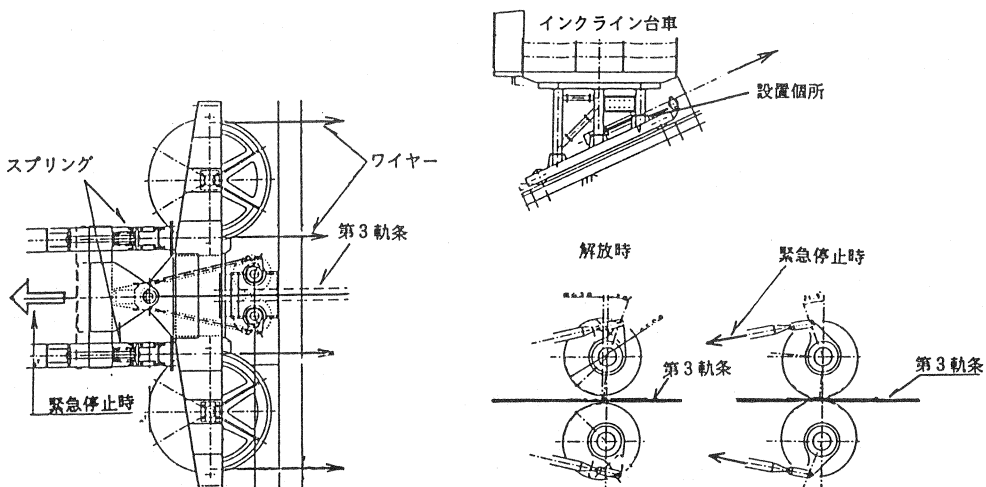


図-4 逸走防止装置

2) 転倒脱輪防止装置

台車下部車輪部に架台主桁を抱くような設備を設け、転倒脱輪を防止する。

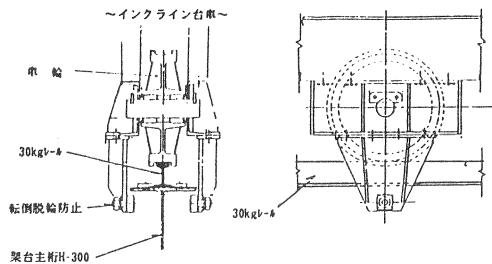
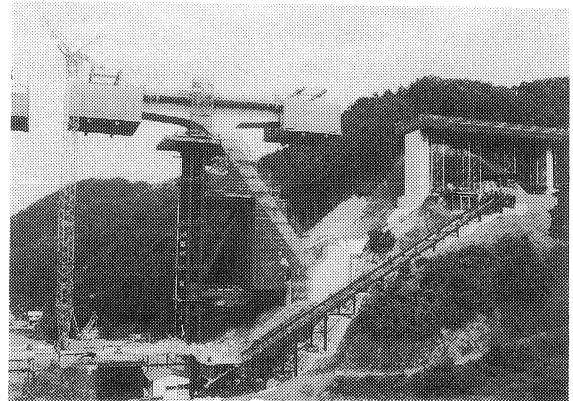


図-5 転倒脱輪防止装置



6. インクライン使用による利点及び課題

6.1 使用状況

インクラインはP4側が724時間8400回、P5側が1103時間9200回稼働した。計画当初には、安全性、運転操作の煩わしさ等の心配もあったが、最後まで大きなトラブルもなく、安全施設の改善や無線操作の導入で効率的に運用された。

6.2 インクラインの利点

インクラインを仮設で使用する主な利点についてまとめてみると以下の通りである。

- 1) 積載重量が大きく一度に大量輸送が可能である。
- 2) 天候に左右されず安定した資材運搬が可能である。
- 3) 吊り荷作業が無く、ケーブルクレーンに比べ安全である。
- 4) 広い用地を必要とせず、土工事量も少なく環境保護の観点からも有効な手段である。

6.3 今後の課題

インクライン台車はそれ自体の重量が27tと重く、巻上機の能力に与える影響が大きなものとなっている。今後素材の軽量化をはかればワイヤー径、巻上機を小さくすることが可能となり、より経済的なインクラインが実施できると考えられる。

7. まとめ

近年建設作業は、機械化省力化が求められ、様々な工夫により改善されてきている。今回のインクラインの採用は、これまでダムやトンネルで主に使用されてきたものを橋梁工事で適用した例で、橋梁工事の仮設の既成概念にとらわれない発想で実施し、大きな成果を得た。

現在高速道路網の整備は全国各地で進められており、当現場のような山岳地に実施されている橋梁も数多くある。橋梁工事でのインクラインの使用は大変注目を集め、これまで全国各地から見学者が訪れ、問い合わせも数多く寄せられてきた。

これからもインクラインは橋梁工事に限らず、山岳地に建設される様々な工事に特殊仮設として多く採用されると考えられ、今後似たような工事の参考になれば幸いである。

最後に、今回のインクラインの計画、施工に際し、御指導いただいた方々に誌面をお借りしてお礼申し上げます。