

由良川橋梁における工程短縮と上下線近接張出施工の対策と配慮

一丹波綾部道路 由良川橋才原地区上下部工事一

Measurs and consideration of shortening the construction period and upper and lower line proximity overhanding construction in Yura bridge

松谷 満*1 遠藤弘文*2 村岡賢二*3

概 要

本工事は、京都縦貫自動車道路の一部区間である丹波綾部道路の京丹波わち IC 付近に位置する。2014 年度に京都縦貫自動車道路の全線開通が決まっており工程厳守が絶対条件であった。しかし、地元協議の難航により工事用道路、ヤード確保が出来ないことによる工事一部中止命令があったため工程が著しく遅れ、工程短縮をする必要があった。また、工事の特徴として、国道 27 号線と京丹波わち IC および一級河川の由良川を跨ぎ、上下線が近接した張出施工となる。その中で工程遅延が許されないため上下線並列して施工させる必要があった。

本報文はこれらの実施対策について報告するものである。

key words : 工程短縮、下部工、上部工、上下線近接、張出施工

1. はじめに

京都縦貫自動車道路は京都府の北部と南部を繋ぎ、府内観光産業の活性化へ期待された道路(図-1)である。そのうち、未開通区間であった丹波綾部道路は京都府道路公社が管理する区間になる。この区間の中でも最長の橋梁となる京丹波由良川橋は京都行きの上り線 727m と宮津行きの下り線 713m である。当社は京丹波由良川橋の内の国道 27 号線と京丹波わち IC を跨ぐ PC2 径間連続ラーメン箱桁橋(上下線)と一級河川由良川を跨ぐ PC3 径間連続ラーメン箱桁橋(上下線)の上下部工を施工した。

2. 工事概要

2.1 工事概要

工事名：丹波綾部道路 由良川橋才原地区上下部工事

発注者：国土交通省 近畿地方整備局

施工場所：京都府船井郡京丹波町広野地先～

京都府船井郡京丹波町才原地先

工期：自 平成 24 年 6 月 29 日

至 平成 27 年 7 月 31 日

2.2 主要工事数量

施工延長	L=450m	(φ 11.5m L=13.0m)	1 本
下部工数量		(φ 15.0m L=26.0m)	2 本
・仮設工 1 式		・橋台(逆 T 式 RC 橋台)	2 基
・深礎杭 (φ 3.5m L=6.5~9.0m)	4 本	・橋脚(柱式橋脚 H=21.0~48.4m)	4 基
(φ 10.5m L=13.0, 14.5m)	2 本	(張出式橋脚 H=35.9m)	1 基

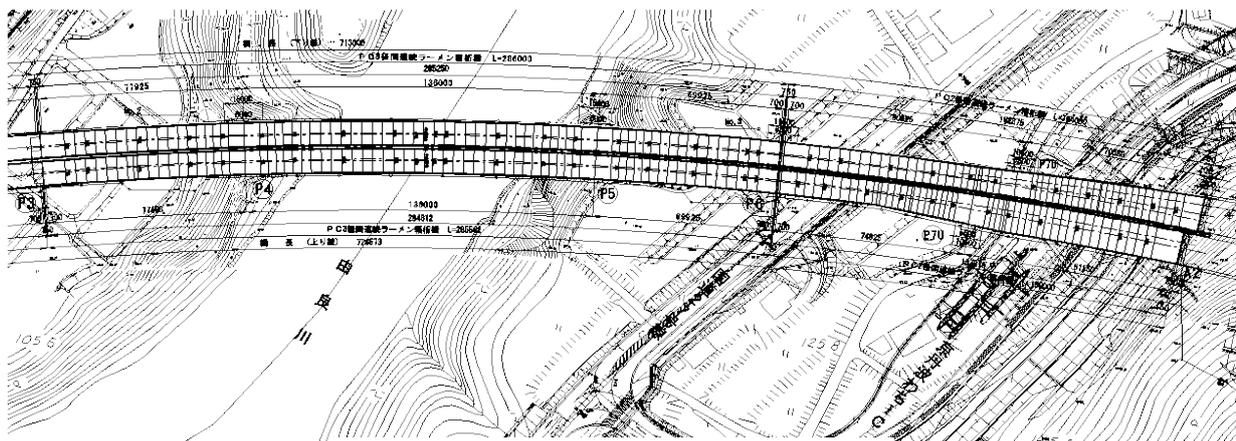


図-1 施工箇所位置図

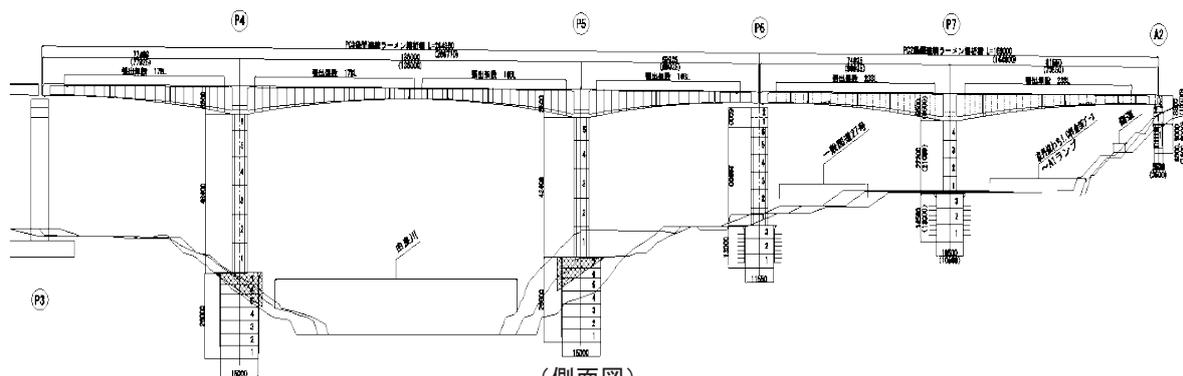
*1 Mitsuru MATSUTANI 大阪支社土木統轄部 作業所長

*2 Hirohumi ENDO 大阪支社土木統轄部 副所長

*3 Kenji MURAOKA 大阪支社土木統轄部



(平面図)



(側面図)

図-2 全体一般図

上部工数量

- ・ PC2 径間連続ラーメン箱桁橋
 (上り線 L=159.00m 最大支間長 L=81.68m) 1 橋
 (下り線 L=164.00m 最大支間長 L=90.83m) 1 橋
 (有効幅員 9.310m~13.538m)
- ・ PC3 径間連続ラーメン箱桁橋
 (上り線 L=284.85m 最大支間長 L=136.00m) 1 橋
 (下り線 L=286.71m 最大支間長 L=136.00m) 1 橋
 (有効幅員 9.310m)

その他

(舗装工、法面工、補強土壁工、防護柵工、残土処理工)

3. 施工条件

施工条件(図-2)として、PC2 径間連続ラーメン箱桁橋は、京都府道路公社が管理する京丹波わち IC 敷地内に位置した。特に国道 27 号線と京丹波わち IC の上空を跨ぐため、下部への飛散・落下災害の対策が必要であった。京丹波わち IC 付近の橋梁のため有効幅員 9.310m~13.538m と拡幅、減少した構造となっている。また、PC3 径間連続ラーメン箱桁橋は支間長 L=136.0m のところで一級河川である由良川を跨ぎ、深礎杭、橋脚は上下線一体の構造である。橋梁上部の上下線の離れは 1180mm であるため、上下線の移動作業車は近接し、足場が干渉した形での使用となった。

4. 下部工の施工と工程短縮

4.1 大口径深礎杭の施工と工程短縮

当工事の中でも P4 及び P5 橋脚部の深礎杭は径φ 15.0m と長さ L=26.0m にもなる。土留めにはリング支保工と吹付コンクリートを使用し、下段にロックボルトを打設した。P4 と P5 橋脚深礎杭は由良川沿いに構築するため、地下水等の流入の恐れや崩落の危険があったが、特にトラブルなく施工できた(写真-1)。



写真-1 深礎杭施工写真

また、深礎杭において橋脚からの荷重を基礎地盤に均等に分担させるには、偏心量・杭径の出来形精度向上が重要であり、特に大口径の場合、掘削時に全体の施工精度を把握しづらいことから、効率的かつ高精度に施工・管理する工夫が必要である。そこで、掘削時の精度向上策として巻立コンクリート内側にレーザー照射器を配置し、掘削・支保工の設置・吹付厚を管理した。掘削→支保工→吹付けの1サイクルごとにノンプリズム式レーザーキャナを使用し3次元座標計測することで掘削、支保工設置、吹付精度を向上した。(写真-2)結果、すべての杭にて偏心量(50cm以内)と鉛直度(1/50以内)は規格値内であった。



写真-2 3D スキャナーと鉛直レーザー

深礎杭の工期短縮策としては、発破の併用を検討した。しかし、JR山陰線等が近接していること、この事業の他工事にて発破を使用した際に付近の家屋に悪影響があったため、発破併用掘削案は不採用となった。

実際に行った工期短縮策には①主筋 D51 の継ぎ手の変更(写真-3)、②せん断補強筋のフック形状の変更(図-3)を行った。



写真-3 主筋 D51 機械継手

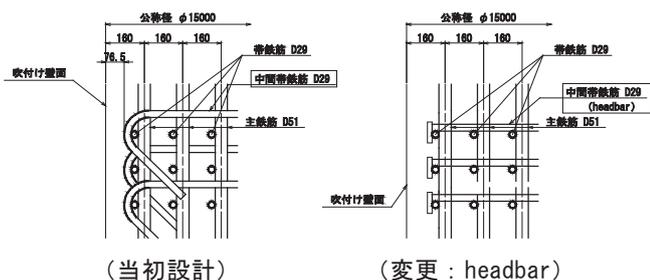


図-3 深礎杭配筋詳細図 (headbar)

①では主筋 D51 が当初設計では圧接継ぎ手となっていた。そこで、施工が容易で工程の短縮が図れる機械継ぎ手を採用した。これにより、作業員による施工精度のばらつきおよび天候に左右されず、品質も向上した。②については主筋 D51 の配筋は3重配筋となっていた。P5 および P6 橋脚と P7 橋脚上下線ではせん断補強筋があり、当初設計では図-3にある当初設計に示すようにフック形状であった。このフック形状では施工が困難であるため、片側をプレート形状にしたヘッドバーに変更し、施工性を向上させ工程短縮になった。

4.2 橋脚工の施工と工程短縮

P4 と P5 橋脚工は高さ 42.4m と 48.4m で、橋脚断面は中空断面であり、上下線が一体となった断面の大きい橋脚となる。当初は打設割 1 ロット 6.0m で計画していたが、1 ロットを 9.0m に変更し、ロット数を減らすことで工程短縮を図った。(図-4)。実施工に先立ち実物大(H=9.0m)の型枠を組み試験施工を行った。試験施工では沈降クラ

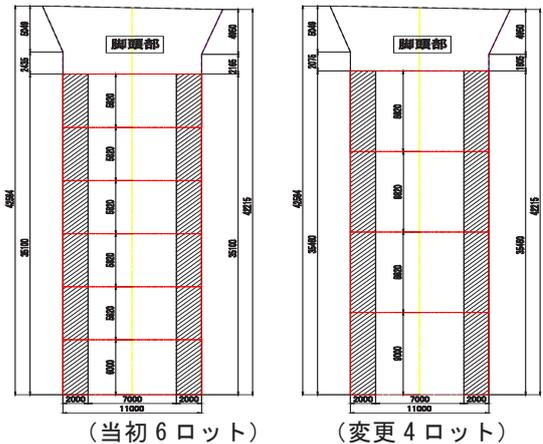


図-4 P5 橋脚ロット割計画図

ックの発生の有無、強度はシュミットハンマーにて確認した。結果、ロット高さ 9.0m でもクラックは発生せず、所定強度を確保していた。この試験施工結果をもとに、実際にロット高さ 9.0m にて施工を開始した。

鉄筋組立では、深礎杭と同様に主筋 D51 の継ぎ手は機械継ぎ手に、せん断補強筋はヘッドバーを採用することで施工性を向上し工程短縮を図った。また、帯鉄筋は 4 段ごとに陸組して組み立てた(写真-4)。型枠は鋼製型



写真-4 橋脚鉄筋陸組状況

枠を使用し、ロット高さ 9.0m の側圧にも耐えるよう検討、地上で大組して吊り込むことで作業効率を図った。

コンクリート打設ではロット高さが 9.0m にもなるので落下高さ 1.5m 以下の確保が必要となる。これは縦シュートを適所に配置することで落下高さの確保とポンプホースの盛替えも容易になった（写真-5）。



写真-5 縦シュート

これらの工程短縮策の実践によって P4 および P5 橋脚ではそれぞれ約 20 日間程度の工程短縮が実現した。

また、橋脚部の品質確保として①コンクリート打設時単位水量の管理、②長期間の湿潤養生を行った。①としてリアルタイムに単位水量を計測可能な「連続式 RI コンクリート水分計 (COARA)」(写真-6) をポンプ車に設置し、ミキサー車全車にてリアルタイムに計測を行った。②の方法として保湿性の高い養生マット「うるおんマット」(橋脚外面に設置) (写真-7) と保水性の高い「コンクリート保水養生テープ」(橋脚内部) (写真-8) を 28 日間設置した。結果として、有害なひび割れは発生せず、耐久性の高い橋脚が構築できた。



写真-6 連続式 RI コンクリート水分計



写真-7 うるおんマット設置状況



写真-8 コンクリート保水養生テープ

5. 上部工の施工と工期短縮

5.1 柱頭部の施工と工程短縮

当工事の柱頭部は、鋼製ブラケット式支保工で施工した。中でも P4 および P5 柱頭部の桁高さは 8.5m で、上下線一体構造となっている。

通常の柱頭部の施工サイクルは足場支保工組立→外型枠組立→鉄筋・PC 組立→コンクリート打設を 3 ロット程度で行う。当工事では桁高さも高く、横桁部は一体構造なため、施工が複雑であった。また、当初計画した 1 ロット内に長尺の横桁鉄筋およびウェブ鉄筋の継ぎ手箇所があったため、1 ロットのコンクリート打設時には 2、3 ロットの鉄筋を配置した形で打設するので、非常に困難な打設となる。これを踏まえ、長尺ものの横桁鉄筋とウェブ鉄筋継ぎ手位置を 1 ロット範囲外に変更した (図-5)。これにより 1 ロットの打設はスムーズかつ落下高さの確保が容易に行え、2~3 ロットの鉄筋組立では施工性及び組み立て精度が向上し、かつ工程短縮が可能となった。

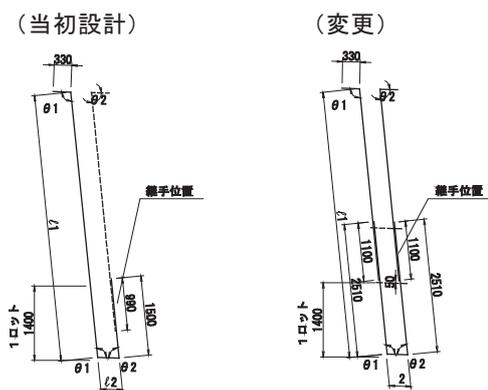


図-5 柱頭部ウェブ筋 継ぎ手位置変更図

当工事の柱頭部の中でも P4 および P5 の横桁連結部は部材寸法が高さ 8.5m × 厚み 6.0m × 幅 14.3m でありマスコンクリート構造である。そのため、温度ひび割れの発生が懸念された。事前にロット割に応じたマスコン解析を行い、補強鉄筋の配置し、温度ひび割れの抑制を確認した。また、コンクリートには水和熱抑制型膨張材「ハイパーエキスパン M」を使用し、かぶり部分にはガラス繊維ネット「ハイパーネット 60」を配置し、ひび割れ抵抗性を向上した



写真-9 ハイパーネット 60 設置状況

(写真-9)。その他に橋脚工と同様に保湿性の高い養生マット「うるおんマット」(橋脚外面と床版に設置)と保水性の高い「コンクリート保水養生テープ」(床版下面)に配置して、長期間の湿潤養生を保つことでひび割れ防止と耐久性の向上を実現した。

5.2 上下線近接した張出施工と工程短縮

本工事の桁架設には移動作業車(以下、ワーゲンと称す)による張出架設を行った。全体で12基使用し、最盛期には8基のワーゲンが稼働した。先行してP7橋脚からのPC2径間連続ラーメン箱桁橋の張出架設を上下線、4基使用して行った。張出回数は上下線ともに23BLあり、IC付近の橋梁のため有効幅員9.310m~13.538mと拡幅、

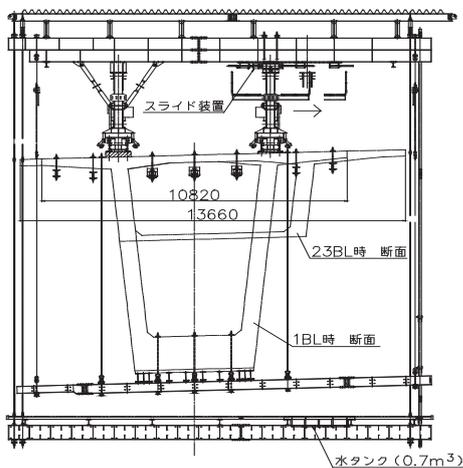


図-6 スライドワーゲン概略図



写真-10 スライド装置

縮小した構造となっていた。幅員の拡幅・縮小に対応するためスライド装置付き(図-6、写真-10)のワーゲンを上り線の京都方向と下り線の宮津方向に使用した。

上下線の離れは1180mmと狭かったが、工程の関係から上下線のワーゲンは同時期に張出し架設を行う必要があること、P7張出し架設の場合は上下線でブロック長も違い、架設開始位置も異なることからワーゲン同士が干渉なく進行、後退できる構造が必要となる。図-7に示すように、ワーゲンの上下線中央の張出し寸法は最小寸法とした。また、スライド装置付き移動作業車には上部横梁と主体トラスの間にスペーサーを設置し、上下間の横梁の干渉をなくした。上下線中央側の上部横梁から下部作業台を吊る部材はφ32mmのゲビンデPC鋼棒とし、拡幅、干渉に対応できるようにワーゲン組立時に盛替え用を事前に仕込んでおいた。写真-11には、上下線ワーゲン近接状況を示す。

PC3径間連続ラーメン箱桁橋における張出し架設はワーゲン8基使用しP4ワーゲンは先行したP7ワーゲンを転用した。ここでは、張出し架設1ブロック当りを大型化させることで、当初のブロック数を下記のように減少させた。

P4橋脚からの張出し架設 20BL→17BL ※3BL減少
P5橋脚からの張出し架設 18BL→16BL ※2BL減少

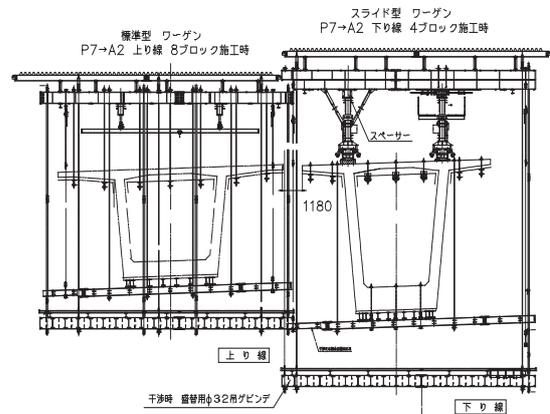


図-7 上下線ワーゲン近接時詳細図



写真-11 上下線ワーゲン近接状況

これによってP4張出し架設は30日の工程短縮を実現した(1BL当り10日工程)。

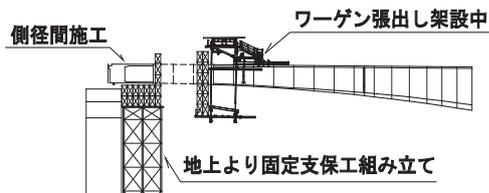
また、P7張出しと同様に近接したワーゲン施工となるのでワーゲンの上下線中央の張出し寸法は最小寸法とし、工程厳守のために、ワーゲン同士が干渉なく並列して進行できる構造とした。

前述したように今回のワーゲン使用箇所は国道および高速道路料金所、由良川を跨ぐため、資材等の落下防止、雨水等の流失防止が必要となった。実施した対策はワーゲン足場にはメッシュシートを設置し、資材落下対策とした。また、ワーゲン移動時には適所に監視員を配置し無線にて連絡体制を構築し、ワーゲン移動時に一般車両が通行する際にワーゲン移動を停止させて公衆災害防止とした。ワーゲン作業台からの雨水流出防止対策は作業台に防水シートを全面に設置し水槽を設けた。作業台に溜まった雨水は水中ポンプにて箱桁内へ流し柱頭部付近桁内部に抜いたパイプより雨水を排出する仕組みにした。結果、資材や雨水等の飛散、落下なく施工できた。

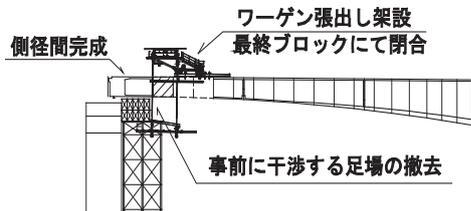
5.3 側径間、中央閉合の施工と工程短縮

通常、側径間の施工は張出し架設完了後に吊り支保工にて施工する場合が多い。しかし、当工事では工程が切迫していたため、張出し架設中に先行して側径間の施工を行った。写真-12に示すようにロロ支保工を用いた固定式支保工にて側径間を構築し、張出し架設の最終ブロックにて側径間側の閉合を行い桁の完成とした。図-8には側径間先行施工のフロー図を示す。これによって30日の工程短縮を実現した。

手順①【固定支保工組立～側径間施工】



手順②【側径間完成～張出し架設最終ブロックにて閉合】



手順③【緊張工～固定支保工・ワーゲン解体】

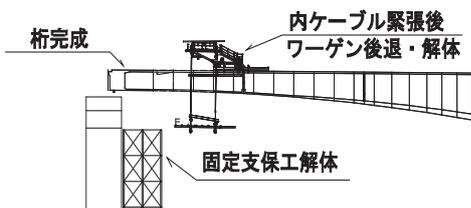


図-8 側径間先行施工フロー

また、中央閉合の施工においても当初設計では吊り支保工施工となっていたが、工程短縮と由良川河川上での吊り鋼材等の設置・解体を容易にするために、ワーゲンを吊り支保工として利用して中央閉合の施工を行った(写真-13)。これにより10日程度の工期短縮を実現した。



写真-12 側径間先行施工状況



写真-13 中央閉合施工状況

6. おわりに

本工事の最大の課題であった工程短縮については、大型化による施工(橋脚部や張出し架設)や鉄筋等の組立や継ぎ手位置(深礎杭や橋脚部、柱頭部)を簡易化・変更することで工程短縮を実施し、当初予定通り工事完成ができ、高品質の橋梁が完成した。

また、近接したワーゲン施工は上下線中央の張出し寸法を最小寸法にすることで、ワーゲン同士が干渉することがない構造にすることで、工程遅延なく張出し架設が完了した。

【謝辞】

諸課題の検討・解決にあたっては発注者監督各位の円滑な指導のほか、当社技術部との連携・協力により実現し、無事に竣工と京都縦貫自動車道路が全線開通しました。

最後に、ご支援いただいた関係者各位に心より感謝申し上げます。