

分類	施工管理
----	------

課題名 早期閉合を目的とした工程短縮の工夫について
 工事名 利賀湖面橋受託工事
 施工業者名 株式会社 間組 北陸支店
 担当技術者名 栗原 浩彦
 工事場所 富山県南砺市利賀村大豆谷地先
 工期 平成23年 2月 9日～平成25年12月10日
 工事概要



本工事は、庄川水系利賀川を跨ぐ利賀湖面橋のうち、PC3径間連続ラーメン箱桁橋を、張出し架設工法で施工するものである。

利賀湖面橋は橋脚高が地上より73～78mと高く、最大支間長も164mと国内最大級であり、桁高も最大10mと一般の橋梁に比べて高い。また、施工場所である利賀村は豪雪地帯であるため、12月29日から3月31日までは冬期休工期間に設定されている。

工事内容

- ・PC3径間連続ラーメン箱桁橋
 橋長：348.0m
 支間：90.5m+164.0m+90.5m
 幅員：9.7m(有効幅員：8.5m)

図-1に本工事の施工フローを示す。

平成23年度は4月から除雪工を行い、5月初旬から仮設備工に着手した。その後STEP1およびSTEP2を完了し、STEP3：第1～25ブロック施工のうち、P1橋脚は4ブロック、P2橋脚は2ブロックまで施工を完了して、冬期休工となった。

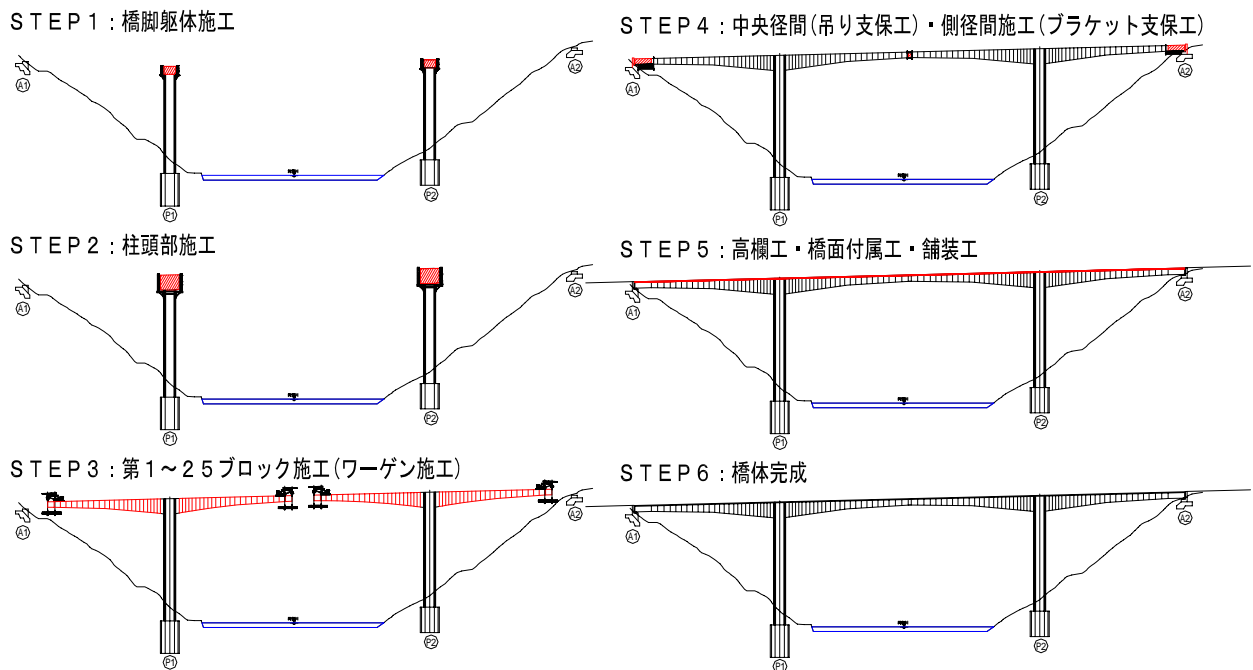


図-1 施工フロー

1. はじめに

本橋梁は径間長が長く、架設時の施工ブロック数が非常に多い橋梁である。また、冬期は降雪期間が長い豪雪地帯に位置しているため、架設中に冬期休工を挟む工程となる。

張出架設中の橋梁は、一定の延長を越えると、橋体完成後に比べて積雪荷重への耐久性が低下するが、側径間や中央閉合部により連結されると耐久性は向上する。また、第2越冬期には架設の進捗に応じて橋面除雪を実施する必要があったため、冬期の維持管理性も重要な要素であった。

様々な条件を踏まえ、早期閉合に向けた工程短縮に取り組んだ工夫を報告する。

2. 制約条件

本工事の気象条件や構造物の特徴等が工程に影響を与える影響は、下記の通りである。

1) 工事期間

工事期間は4月1日から12月28日に設定されている。12月29日から翌3月31日までは休工期間となる。

2) 気象条件

冬期は最大積雪深が3mを越える。初年度着手時は、3月末に2m以上の積雪が残っていた。工事期間中も11月中旬から4月中旬までは降雪が多く、日平均気温が4℃を下回ることも多い。

3) 立地条件

狭隘かつ急峻な地形に位置しているため、橋脚下部への工事用道路は雪崩が多発し、冬期と春期の通行は危険を伴う。したがって、冬期のアクセスは橋台へのルートに限られる。

また、橋脚と橋台間は急峻な斜面であり作業性は悪い。

4) 構造物の特徴

一般的な橋梁に比べて桁高が高く、1ブロック当りの施工延長が短い。したがって、作業は断面での作業が主となるため、張出架設時の施工性が悪い。

また、橋脚高が高く作業ヤードも狭隘であるため、揚上作業は橋脚に設置した固定式クレーンのみでの作業となる。張出架設の18BL以降はクレーン旋回範囲外となるため、作業性が悪化する。

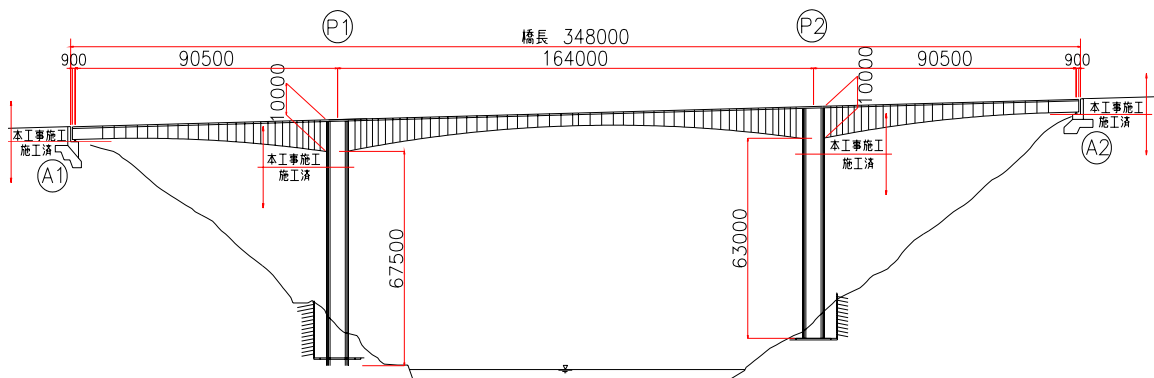


図-2 側面図

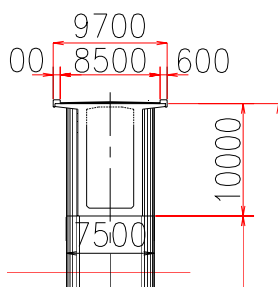


図-3 主桁断面図 (柱頭部)



写真-1 主桁断面と固定式クレーン

5) 前年の進捗

初年度は脚頭部、柱頭部および張出架設の一部を施工した。張出架設は各橋脚25BLの内、P1橋脚が4BL、P2橋脚が2BLまで施工を完了している。初年度の張出架設に要した日数は、1ブロック当り実働11日、暦日13日間であった。また、冬期休工前に受電設備等仮設備の一部を撤去しているため、2年目は除雪および仮設備復旧後の作業となる。

6) 設計工程での越冬条件

設計工程は、18BL完了時にワーゲンを柱頭部まで後退して越冬する計画である。18BL以降で越冬する場合は、進捗に応じて冬期に橋面上の除雪を行う必要がある。

7) 各作業の標準作業日数

標準工程を図-4に示す。

本年作業着手時における、残工程の標準所要日数は暦日で下記の通りである。なお、張出架設の工程はクリティカルとなるP2およびA2側を記載している。

準備工（除雪工および仮設備復旧工）	：	30日（初年度実績から推定）
張出施工（P2）	：	23BL × 11日 = 253日
ワーゲン後退、解体工	：	6日
側径間工	：	60日
側径間部外ケーブル工	：	10日
中央閉合工	：	30日
以外の外ケーブル工	：	10日
片付け工（越冬対策および仮設備撤去）	：	10日（初年度実績から推定）
降雨等悪天候による作業中止	：	10日（初年度実績から推定）
合計	：	419日

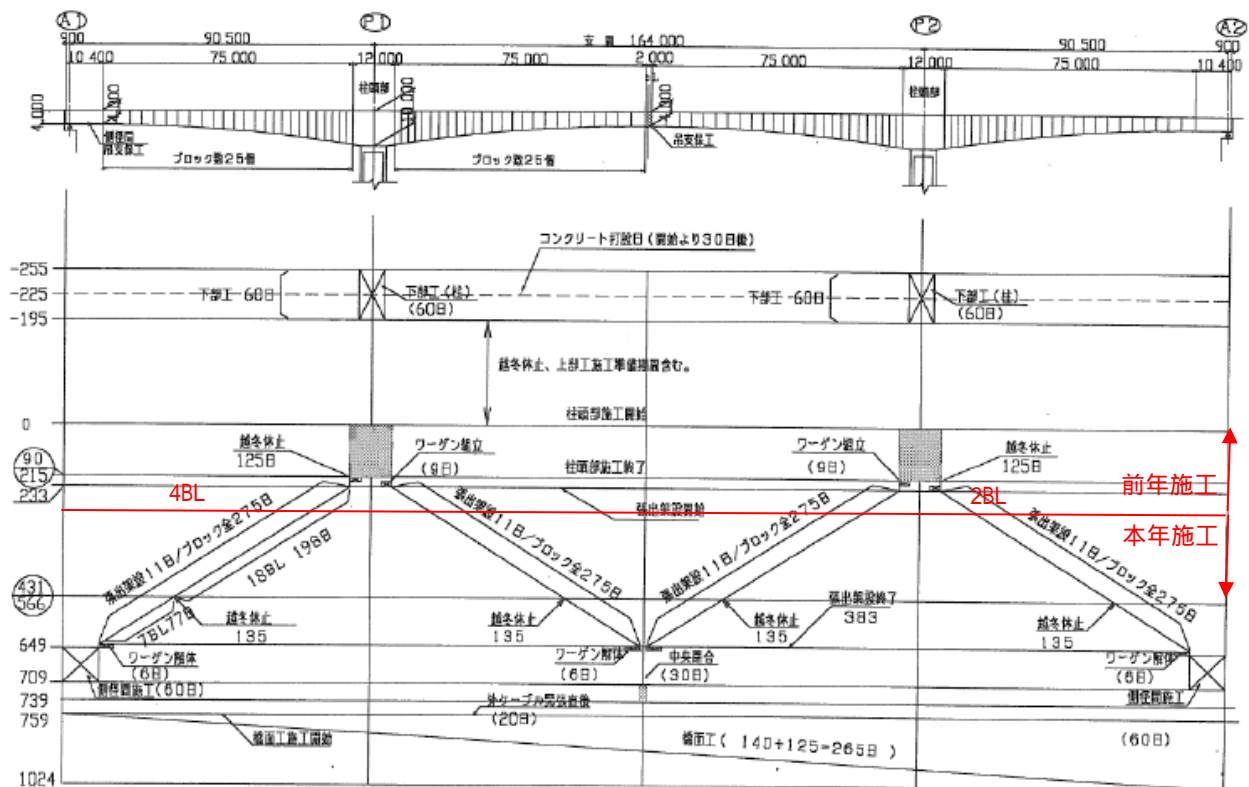


図-4 標準工程

8) 張出架設以降の作業順序についての制約

設計の前提工程では、張出架設以降の施工順序は下記となっていた(図-4)。

- 張出架設完了
- ワーゲン解体
- 側径間
- 中央閉合
- 外ケーブル工

に比べて は作業日数が大幅に少ないため、張出架設完了後に を同時着手し、 打設後に を打設することで、大幅な工程短縮を期待していた。しかし設計照査を行った結果、 打設前に の一部 の順に施工する必要が生じたため、張出施工完了後の工程短縮に制限が生じた。側径間、中央閉合および外ケーブルの施工順序を下記に示す(図-5)。

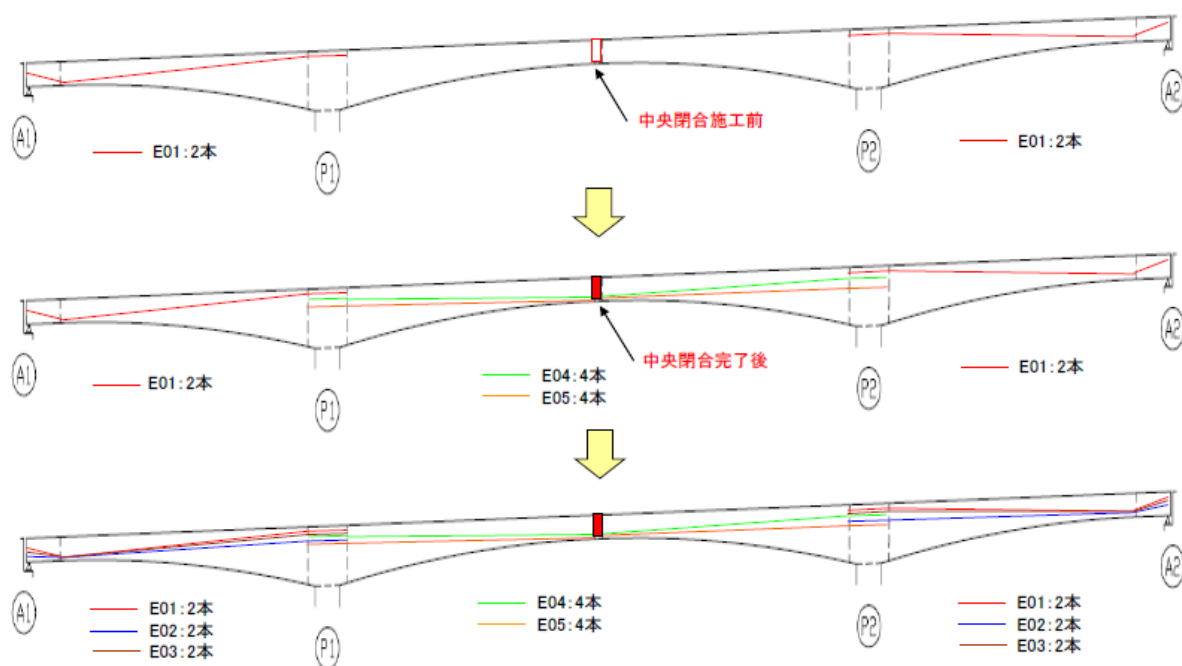


図-5 外ケーブル緊張順序

3、目標工程の設定

進捗別の作業日数を算出し、越冬期の維持管理性を踏まえて比較検討した。
日数は暦日で算出し、作業期間は初年度実績から4月1日～12月15日(255日)とした。

1) 作業日数の試算

本年度の目標工程を定めるため、標準作業日数を用いて各工程の作業日数を試算した(表-1)。

表-1 作業日数試算

工程	単位 日数	① P1:23BL P2:21BL	② P1:25BL P2:23BL	③ P1:25BL P2:25BL	④ P1,P2:完了 A1:完了	⑤ P1,P2:完了 A1,A2:完了	⑥ 中央径間完了
準備工 (除雪、仮設備復旧)	30	30	30	30	30	30	30
張出架設	11	209	231	253	253	253	253
張出架設進捗差 (P1P2の2BL差)	▲ 22				▲ 22		
ワーゲン後退、解体	6	6	6	6	6	6	6
側径間	60				60	60	60
外ケーブル (側径間側の一部)	10						10
中央閉合	30						30
越冬対策工	5	5	5	5	5	5	5
仮設備撤去、片付	5	5	5	5	5	5	5
悪天候による中止	10						10
合計		255	277	299	337	359	409

2) 目標工程の比較

作業日数試算結果、第2越冬期の積雪荷重に対する許容値および橋面除雪の可否を踏まえ、工程を比較した(表-2)。

越冬期の影響を考えると、 が非常に有利となるが、標準作業日数に対して100日以上
の工程短縮が必要となる。着手時は の中で工程を検討し、目標を とした(22日～82日短縮)。

表-2 目標工程の比較

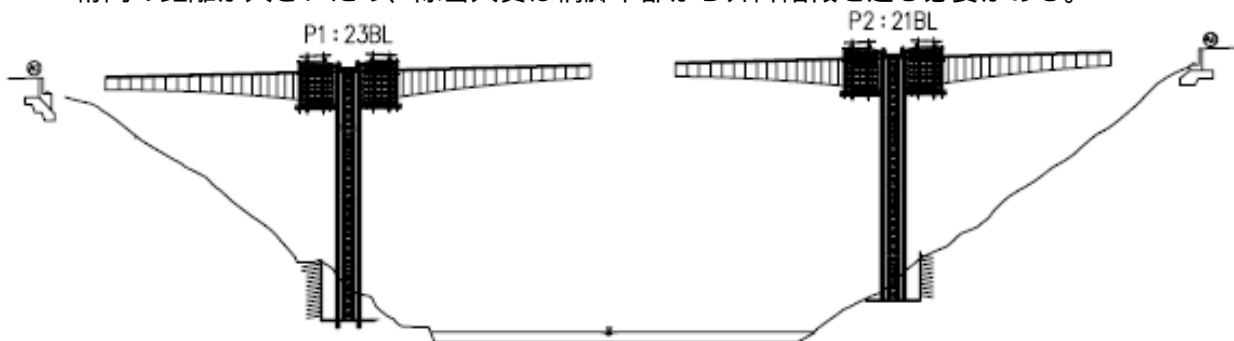
工程	① P1:23BL P2:21BL	② P1:25BL P2:23BL	③ P1:25BL P2:25BL	④ P1,P2:完了 A1:完了	⑤ P1,P2:完了 A1,A2:完了	⑥ 中央径間完了 外ケーブル1部完了	備考
工程の検討							
標準所要日数	255	277	299	337	359	409	
標準作業期間	255	255	255	255	255	255	
差(短縮日数)	0	▲ 22	▲ 44	▲ 82	▲ 104	▲ 154	
積雪荷重に対する許容値	△	△	△	△	○	○	
		3.9kN/m2(25BL架設時) 新雪2.6m、圧雪1.1m			5.6kN/m2 新雪3.7、圧雪1.6m	6.1kN/m2 新雪4.1、圧雪1.7m	許容積雪量は比重 によるため参考
橋面除雪の可否	×	△	△	○	○	◎	
	橋脚下部からの昇降が必要であるが、冬期は困難	側径間および中央閉合部に各10mの開口が残る。人員は架設通路等に対応可。重機移動や給油が困難。	側径間10m、中央閉合2mの開口が残る。人員は架設通路等に対応可。重機移動や給油が困難。	中央閉合に2mの開口が残るが仮橋橋脚に対応可。人員および重機はA1からの進入可能。	中央閉合に2mの開口が残るが仮橋橋脚に対応可。人員および重機はA1A2からの進入可能。	全線閉合されているため、重機等移動が簡易。また安全性も高い。	

3) 第2 越冬期の工程別除雪方法検討

工程別の除雪方法について、図-6および図-7に記載する。

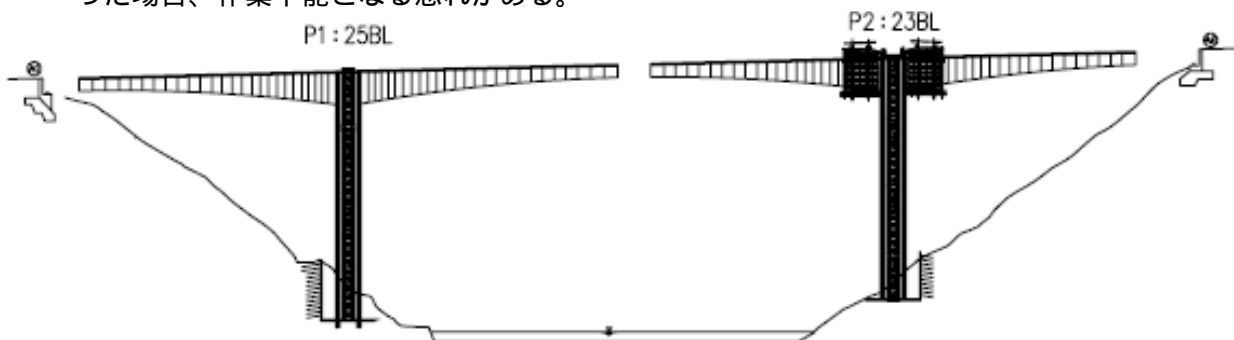
P1 : 23BL、P2 : 21BL

- ・標準工程通りで可能であり、工程的には最も現実的である。
- ・桁間の距離が大きいため、除雪人員は橋脚下部から昇降階段を通る必要がある。



P1 : 25BL、P2 : 23BL

- ・標準工程 22日であり、1ヶ月の早期着手で対応できる。
- ・A1側径間と中央閉合付近にそれぞれ10m程度の開口部が残るため、機械は橋面上に残置し人員は架設通路を設置して移動する。中央の架設通路が長い時間悪天候時に危険である。
- ・燃料等重量物の運搬は困難であり、橋脚間を重機が移動できないため、橋面上でトラブルがあった場合、作業不能となる恐れがある。



P1 : 25BL、P2 : 25BL

- ・標準工程 44日の短縮が必要であり、1ヶ月の早期着手に加え、張出架設で1ブロック当り1日(計 23日)が必要である。
- ・側径間に10m程度の開口部が残るため、機械は橋面上に残置し、人員は架設通路を設置して移動する。中央の開口部は2mとなるため、仮栈橋を設置することにより、橋脚間の重機移動も可能である。
- ・橋台側からの重量物運搬は困難であり、橋面上でトラブルがあった場合、作業不能となる恐れがある。
- ・ワーゲン解体が全て完了しているため、橋面上の除雪は容易となる。

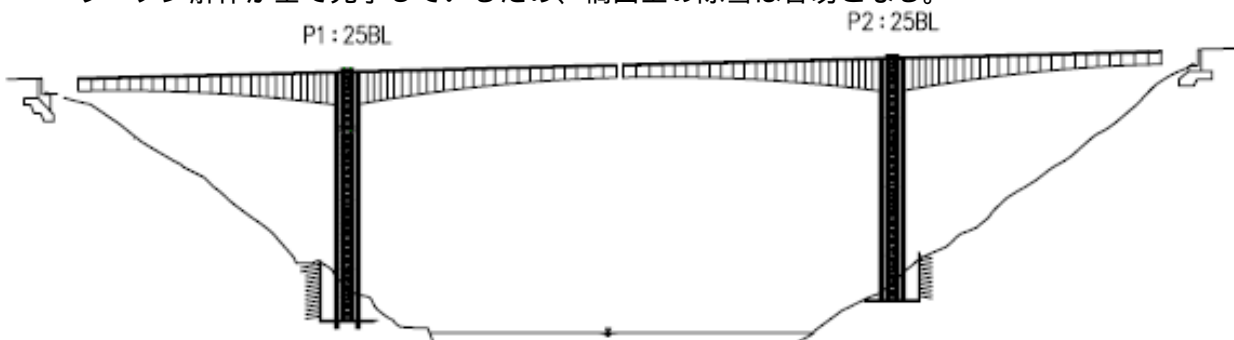
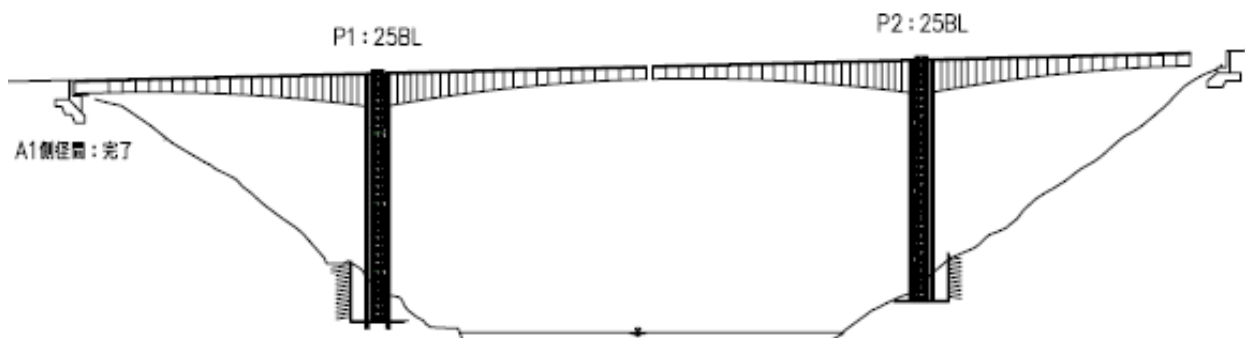


図-6 第2 越冬期の除雪比較(1)

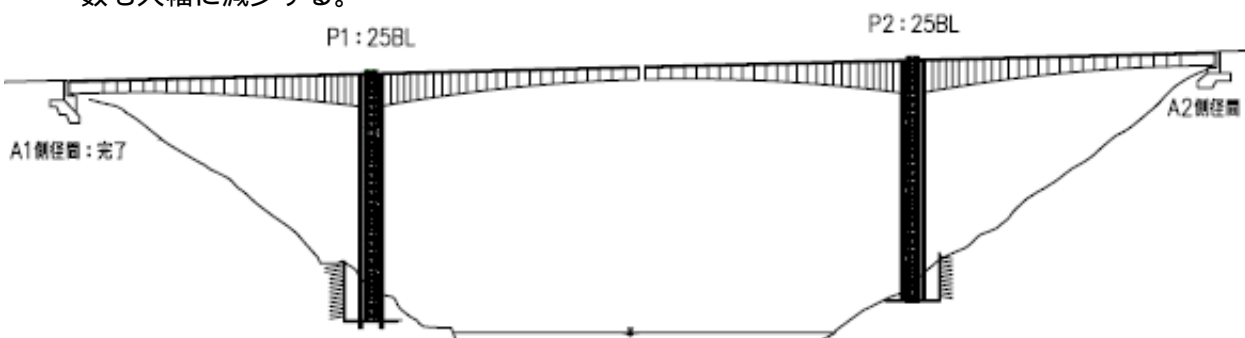
P1 : 25BL、P2 : 25BL、A1側径間完了

- ・標準工程 82日の短縮が必要であり、30日の早期着手および張出施工ブロック当り 2日（計 46日）が必要な上、さらに 6日の短縮が必要となる。
- ・A1側径間が連結されるため、人員および機械はA1橋台から移動できる。中央の開口部は2mとなるため、仮栈橋を設置することにより、橋脚間の重機移動も可能である。



P1 : 25BL、P2 : 25BL、A1A2側径間完了

- ・標準工程 104日の短縮が必要であり、30日の早期着手および張出施工ブロック当り 2日（計 46日）が必要な上、さらに 28日の短縮が必要となる。
- ・側径間が連結されるため、人員および機械は両橋台から移動できる。中央の開口部は2mとなるため、仮栈橋を設置することにより、橋脚間の重機移動も可能である。
- ・両側径間の連結により、 に比べて、積雪荷重に対する許容値が43%向上するため、除雪回数も大幅に減少する。



P1 : 25BL、P2 : 25BL、A1A2側径間完了、中央閉合完了

- ・標準工程 154日の短縮が必要であり、30日の早期着手および張出施工ブロック当り 2日（計 46日）が必要な上、さらに 78日の短縮が必要となる。
- ・橋梁全体が連結されるため、人員および機械は橋台から全線を移動できる。
- ・橋梁全体の連結により、 に比べて、積雪荷重に対する許容値が56%向上するため、除雪回数も大幅に減少する。

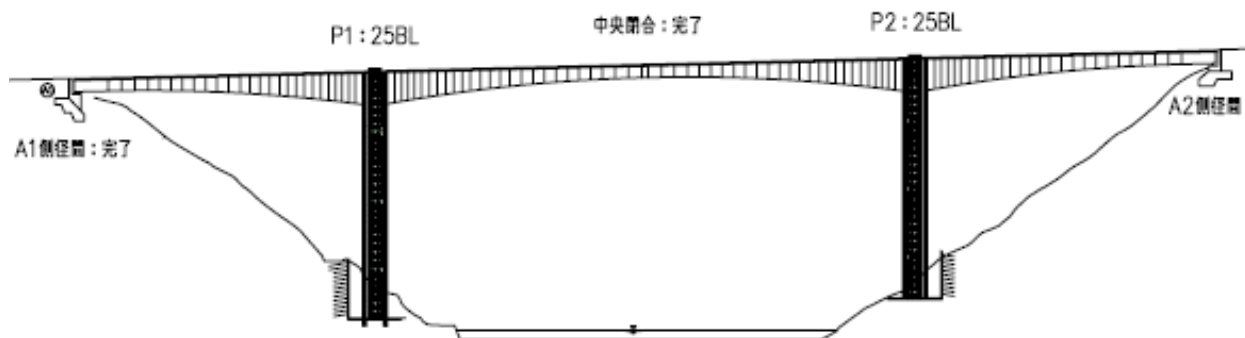


図-7 第2越冬期の除雪比較(2)

4、工程短縮の工夫

上述した課題を踏まえ、下記工程短縮を実施した。

1) 早期着手による作業期間の増加

初年度実績から、準備工着手後本体工事にかかる期間は30日程度と想定した。今年度も例年に比べて残雪量が多く、2月末時点で2m以上の積雪が残っていた。2月末からの維持工事による道路除雪後、3月7日から道路拡幅と仮設ヤードの除雪に着手した。作業中に雪崩が発生することもあったが、安全監視員とオペレーター間の無線連絡を密にし、安全を確保した上で除雪を実施した(写真-2、3)。



写真-2 道路除雪状況



写真-3 雪崩発生状況

工事用道路等の除雪完了後、3月15日から橋面上の除雪を実施した(写真-4、5)。



写真-4 越冬前の橋面



写真-5 橋面上の人力除雪

除雪完了後、クレーン、エレベーター等仮設備を点検し、3月27日から本体作業に着手することができた。これにより、33日の早期着手を達成した。

2) 張出架設の工程短縮

本年度で最も多くの作業日数を要する張出架設について、下記工夫により工程短縮を行った。

妻型枠の事前製作による工程短縮

本橋梁の主桁断面は張出延長に応じて変化するため、ブロック毎に型枠形状が異なる。特に妻型枠については、内ケーブルの箱抜位置も変化し、型枠の加工精度がケーブル配置位置に大きく影響するため、正確な製作加工が必要とされる。

初年度は、橋脚下部から離れた位置に設置した加工場で、作業と並行して製作加工したため組立工程が重なることが多く、妻型枠設置に2.5日を要した。

今年度は冬期休工中に型枠を工場で作成加工し、場外からブロックごとに直接橋脚下部まで運搬することとした。

その結果、型枠作業員が組立に専念でき、作業性が向上したため、本年度は妻型枠設置を0.5日に短縮した。また、妻型枠設置を短時間で行うことで、他の型枠設置もスムーズに行うことが可能となった。その結果、型枠工全体で1ブロック当り実働3.5日短縮した。

降雨による打設延期回数の低減

富山県の年間降水日数は全国3位の163日である。初年度はワーゲンに屋根を設置せず施工を行ったため、天気予報により打設日を順延することがあった。今年度は雨天による打設日順延を低減するため、着手時にワーゲン屋根を設置した。これにより降雨による作業順延を行うことが無く、安定した工程消化を行うことができた。



写真-5 ワーゲン屋根設置状況



写真-6 ワーゲン屋根設置完了

確実な工程消化によるコンクリート供給の確保

主桁コンクリートは高強度の早強コンクリートを使用する。また橋脚高が高いため、長距離圧送が必要である。この条件の中で品質を確保できる位置にあるプラントは1社のみであるが初年度は他工事の打設と競合することにより、打設日を遅らせることがあった。

また、打設設備も特殊なため、1日の日程変更は2～3日の工程ロスに繋がる。

これを防止するため、張出施工時期には常時1ヶ月先までの工程を作成し、プラントと工程調整を行った。その結果、本年度は打設日の競合は2回のみとなった。

この2回の競合についても、事前にプラントや協力会社と調整を行い、早朝打設による時間調整を行うことができ、工程順延を防止できた。

以上の対応を行った結果、張出架設において、下記工程短縮を行った。

・実働 11日 7日： 4日

・暦日換算 $11 \times 7 \div 6 = 12.8$ 日 $7 \times 7 \div 6 = 8.2$ 日： 4.6日

張出架設工には、横桁工やワーゲン組替え等、通常サイクル以外の工程も多々あるため、それらを含めると暦日で9日程度となる。本橋梁の構造条件等により、初年度実績は標準工程より遅れていたが、標準工程と比較しても下記短縮を行うことができた。

・標準工程との比較(暦日) $11 - 9 = 2$ 日 $2日 \times 23BL = 46$ 日短縮

3) 張出架設完了後の工程短縮

張出架設が後半に入った時点で、早期着手と張出施工により大幅な工程短縮が見込まれた。また、冬期の維持管理性を踏まえ、目標を中央閉合完了までに大きく変更した。

張出架設完了後は、ワーゲン後退解体、側径間、外ケーブル、中央閉合の順に施工を行う。A2張出架設完了は11月1日であり、この時点で計87日の工程短縮を達成していたが、本体工事の残作業日数は、標準工程で106日必要であった。

年内の作業可能日数は残り限られていたため、張出架設完了後も大幅な工程短縮が必要であった。本工程で行った工夫を下記に述べる。

側径間側ワーゲンの解体位置変更

当初計画では、張出施工完了後にワーゲンを橋脚付近まで引戻し、作業床をリフトダウンして下部で解体する計画であった。しかし、橋脚の側径間側には作業足場となる平地が無いため、法面に作業架台等の組立作業が別途必要になる。また、橋脚を挟んだクレーン作業となることから解体作業に多くの日数を要することになる。したがって、橋台側で足場や作業床を解体し、トラスのみを後退して解体することにより、工程を短縮することとした。



写真-7 ワーゲン後退解体状況 (P 1)



写真-8 ワーゲン足場解体 (P 2)



写真-9 ワーゲンリフトダウン (P 2)

側径間側作業ヤードの造成

A 2 側径間付近の現況地盤は法面であり、ワーゲン解体等の作業を行うため、作業足場等の整備が別途必要となる。張出架設後の工程短縮と、安全性向上を目的とし、ワーゲン到達前に作業ヤードの造成を行った。この結果、広い作業スペースを確保でき、ワーゲン解体および側径間施工の作業性が大きく向上した。



写真-10 A 2 側径間現況地盤



写真-11 A 2 側径間ヤード造成状況



写真-12 A 2 側径間ヤード造成完了



写真-13 A 2 側ワーゲン解体状況



写真-14 A 2 側ワーゲン解体状況

並行作業による工程短縮

張出架設完了後の作業は高所でのスポット作業が多く、工事中の増員による短縮は危険性が高い。しかし、張出架設後にクリティカルとなる作業はP 2、A 2、中央閉合部に限られるため、大幅な工程短縮を達成するためには、可能な限り並行して作業を行う必要があった。

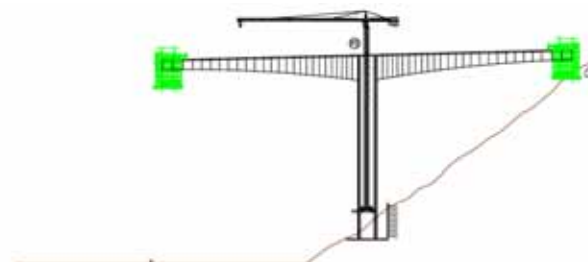
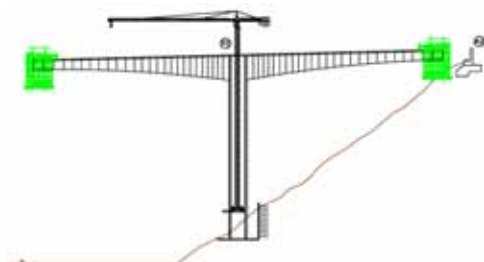
前文で述べた側径間側ワーゲン解体位置の変更および側径間側作業ヤード造成により、作業環境が大幅に向上し、安全性も高まったため、P 2 班の増員を行い並行作業に着手した。張出架設以降に実施した工程順序の比較を下図に示す。

当初計画工程

実施工程

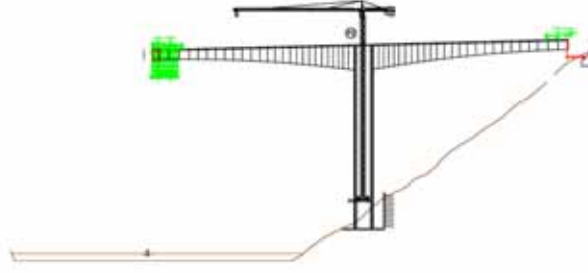
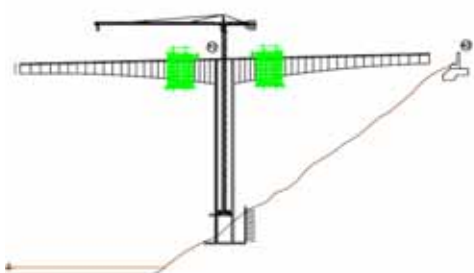
張出架設完了

張出架設完了



ワーゲン後退

中央閉合支保組立、側径間ワーゲン解体、側径間着手



ワーゲン足場解体

ワーゲン後退、中央側足場解体、側径間工

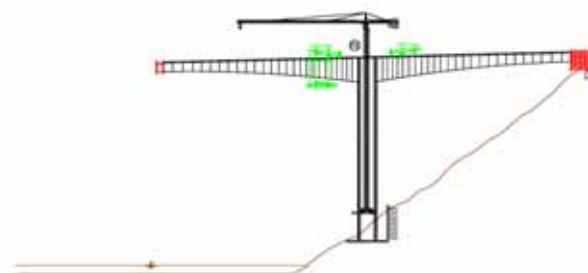
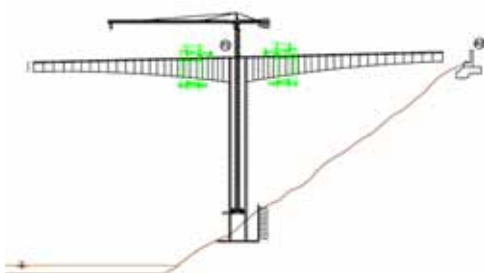
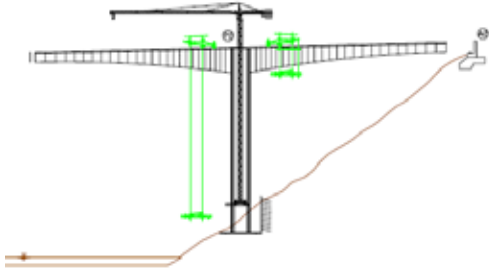


図-8 張出架設後の工程順序比較(1)

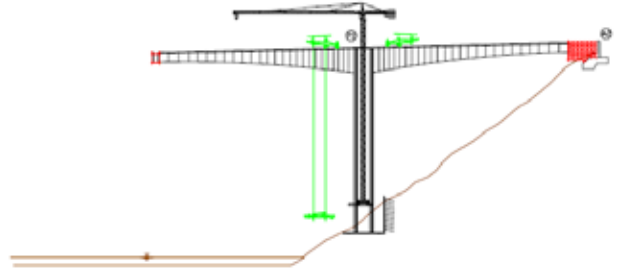
当初計画工程

実施工程

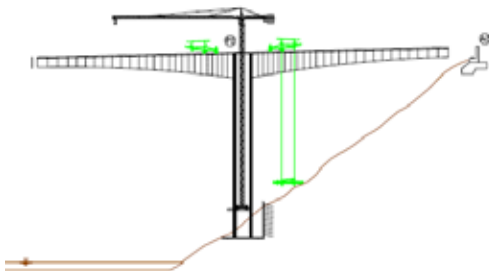
作業床リフトダウン解体（中央側）



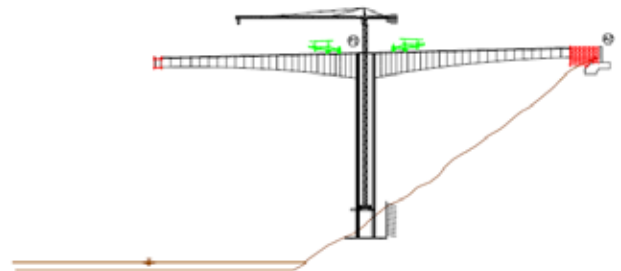
作業床リフトダウン、解体（中央側）、側径間工



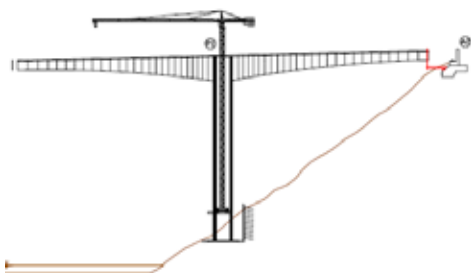
作業床リフトダウン解体（2基目）



ワーゲントラス解体、側径間工



ワーゲントラス解体完了、側径間着手



ワーゲントラス解体完了、側径間工

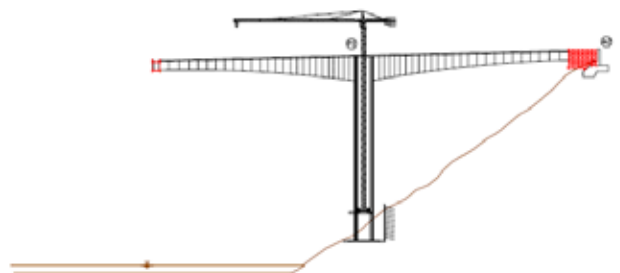


図-9 張出架設後の工程順序比較（2）

人員増員に伴い、上記工程中に外ケーブル工の桁内足場を並行して行った結果、側径間完了後の外ケーブル工と中央閉合工の残作業日数を大幅に削減した。

中央閉合打設日の設定

張出架設後の並行作業により、工程を大幅に短縮した結果、A 2 側径間の打設が 1 1 月 3 0 日に完了した。この時点で残作業のクリティカル工程は下記の通りであった。

側径間養生、緊張、型枠解体	： 6 日
外ケーブル緊張	： 1 日
側径間足場、支保工解体	： 1 0 日
中央閉合打設	： 1 日
中央閉合養生、緊張、解体	： 4 日
計	： 2 2 日（越冬対策、仮設備撤去 1 0 日除く）

上記全ての作業を年内に完了すると、翌年の着手が非常にスムーズに行くが、既に初雪から 1 5 日経過しており、今後も悪天候が予想されたため、工程変更を行うこととした。側径間解体を優先すると、中央閉合の打設は 1 2 月中旬以降となる。中央閉合の打設は橋台側からも可能だが、通常配管材の水平配管部延長が長くなるため、打設時にトラブル発生の可能性が高い。橋脚下部からの打設は、鉛直部が高圧配管であり、張出架設時の圧送実績から問題ないが、橋脚下部へのルートは積雪時に車両が走行できない恐れがあったため、早期打設が必要となる。

上記条件から、中央閉合は橋脚下部からの打設とし、本工程を最優先とした。その結果、側径間打設完了後、外ケーブルを実施し、支保工は残置したまま中央閉合部を 1 2 月 7 日に打設し、翌週に緊張作業等を行った。その後、1 2 月 1 0 日から大雪となったため、側径間支保工解体は中止し、本年度の作業は 1 2 月 1 5 日で終了した。



写真-15 中央閉合打設(12/7)



写真-16 中央閉合寒中養生(12/7)



写真-17 橋面除雪(12/12)



写真-18 橋面除雪(12/14)

張出架設以降の工程短縮日数

今回、並行作業を実施したため、各工種別の比較はできないが、張出架設以降の工程短縮は下記の通りである。

- ・標準工程：1 0 6 日（側径間および中央閉合支保工解体含む）
- ・実施工程： 3 8 日（上記除く）

なお、今年度実施できなかった、側径間および中央閉合支保工の解体所要日数は、1 5 日程度の予定であるため、今回の短縮日数は概算下記となる。

- ・（1 0 6 日－1 5 日）－3 8 日＝5 3 日

5、まとめ

本年度の工程短縮をまとめた結果は下記の通りである。
通常より早い積雪があったため、側径間側の支保工解体を断念することになったが、標準工程に比べて大幅な短縮となった。

工程	単位 日数	計画						実績	
		① P1:23BL P2:21BL	② P1:25BL P2:23BL	③ P1:25BL P2:25BL	④ P1,P2:完了 A1:完了	⑤ P1,P2:完了 A1,A2:完了	⑥ 中央径間完了	中央径間完了	⑥との差
準備工 (除雪、仮設備復旧)	30	30	30	30	30	30	30	▲ 3	▲ 33
張出架設	11	209	231	253	253	253	253	207	▲ 46
張出架設進捗差 (P1P2の2BL差)	▲ 22				▲ 22				0
ワーゲン後退、解体	6	6	6	6	6	6	6		
側径間	60				60	60	60	38	▲ 68
外ケーブル (側径間側の一部)	10						10		
中央閉合	30						30		
越冬対策工	5	5	5	5	5	5	5	2	▲ 3
仮設備撤去、片付	5	5	5	5	5	5	5	4	▲ 1
悪天候による中止	10						10	2	▲ 8
その他休暇等								5	5
合計		255	277	299	337	359	409	255	▲ 154
								支保工解体考慮	▲ 139

また、本年の工程消化により、積雪荷重に対する許容値および越冬期の除雪は下記となる。
側径間の支保工解体は、積雪荷重の許容値や除雪の可否に影響を与えない。
越冬期の品質や除雪の安全性を考えると、最善の結果を得られた。

工程	① P1:23BL P2:21BL	② P1:25BL P2:23BL	③ P1:25BL P2:25BL	④ P1,P2:完了 A1:完了	⑤ P1,P2:完了 A1,A2:完了	⑥ 中央径間完了 外ケーブル1部完了	備考
工程の検討							
標準所要日数	255	277	299	337	359	409	
標準作業期間	255	255	255	255	255	255	
差(短縮日数)	0	▲ 22	▲ 44	▲ 82	▲ 104	▲ 154	
積雪荷重に対する 許容値	△	△	△	△	○	○	
	3.9kN/m ² (25BL架設時) 新雪2.6m、圧雪1.1m				5.6kN/m ² 新雪3.7、圧雪1.6m	6.1kN/m ² 新雪4.1、圧雪1.7m	許容積雪量は比重 によるため参考
橋面除雪の可否	×	△	△	○	○	◎	
	橋脚下部からの昇降が必要であるが、冬期は困難	側径間および中央閉合部に各10mの開口が残る。人員は架設通路等に対応可。重機移動や給油が困難。	側径間10m、中央閉合2mの開口が残る。人員は架設通路等に対応可。重機移動や給油が困難。	中央閉合に2mの開口が残るが仮橋脚に対応可。人員および重機はA1からの進入可能。	中央閉合に2mの開口が残るが仮橋脚に対応可。人員および重機はA1A2からの進入可能。	全線閉合されているため、重機等移動が簡易。また安全性も高い。	

6、おわりに

本工事は豪雪地帯での長大橋梁であるため、架設中に2度の越冬を挟む極めて特殊な工程の工事です。工事着手時から常に第2越冬時の工程を検討して工事を進めた結果、計画以上の結果を得ることができました。

工事中は利賀ダム工事事務所の皆様からご指導、ご協力を頂き感謝しています。また、厳しい工程の中、諦めずに一緒に作業を行ってくれた協力会社の皆様にもこの場を借りてお礼を申し上げます。



平成23年4月



平成23年12月



平成24年12月