

(37) 移動型枠による鋼橋PC床版の施工
(ホロナイ川橋の床版施工)

日本道路公団北海道支社
"
川田建設(株) 技術部
" 工事部

正会員 高橋 昭一
山中 治
正会員○小西 哲司
正会員 太田 哲

1. はじめに

1995年の本シンポジウムにおいて「ホロナイ川橋(鋼2径間連続2主桁橋)PRC床版の設計・計画その1, 同その2」と題して、我が国初のプレストレストコンクリート床版に鋼2主桁橋を組み合わせた「PC床版2主桁橋」の設計・計画について、 $R=1,000m$ の曲線鋼桁、移動型枠による場所打ちPRC床版、大規模地組ブロック鉄筋の一括架設、鉄筋の1/2ラップ継ぎ手、応力調整併用による片押し施工等、各種試みを行った事を報告した。

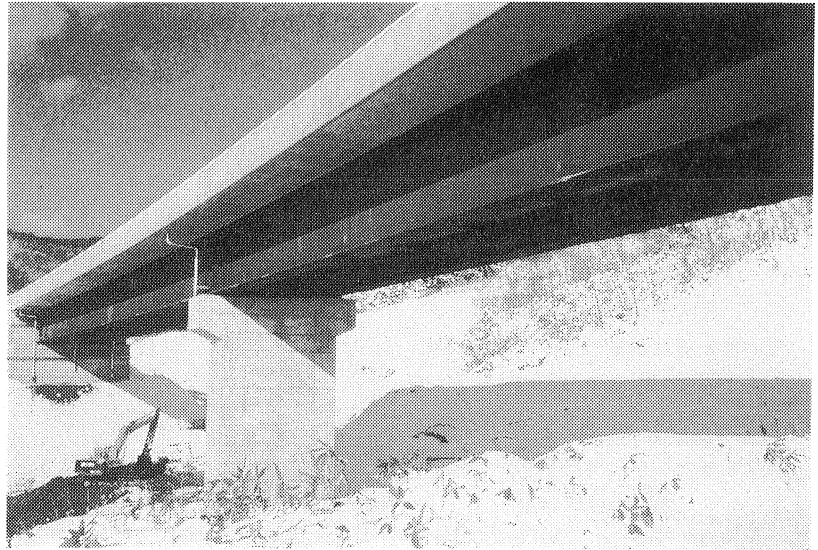


写真-1 ホロナイ川橋完成写真

実施工は平成7年7月から鋼桁の架設を開始し、同8月より移動型枠組立、床版の場所打ち施工を行い、同11月、多くの見学者と貴重なご意見等を頂き、無事完成を迎えた。

そこで本橋において取り組んだ鋼桁PRC床版における各種省力化・合理化について、その結果を広く公開し、今後の方向付けとなることを願って、ここに報告する。(本橋の完成写真を写真-1に示す。)

2. 施工概要

2.1 橋梁諸元

ホロナイ川橋の諸元は次の通りである。

路線名：北海道縦貫自動車道(長万部～虻田)

道路規格：第1種第3級B規格

架橋位置：北海道虻田郡虻田町清水

形式：鋼2径間連続PC床版2主桁橋

橋長：107.0m 2053.0m

荷重：B活荷重

平面線形： $R=1,000m$

ホロナイ川橋の設計・計画については、1995年の本シンポジウムにおいて報告しているので、詳しくはそちらを御参照されたい。

床版施工におけるポイントを要約すれば次の通りである。

- ①移動型枠による床版施工
- ②全天候上屋を用いたサイクル施工
- ③1/2ラップ継ぎ手を併用したプレハブ鉄筋によるサイクル短縮
- ④中間支点上の床版引張応力制御による片押し施工
- ⑤アフターボンドPC鋼材の使用による床版施工の省力化

以下、それぞれの施工状況および省力化、合理化に関する結果および今後の課題について述べる。

2.2 移動型枠による床版施工

移動型枠は、支保工部分が施工床版の下に位置する「サポートタイプ」を採用した。サポートタイプは施工部分の上空に障害が無いため、後述するプレハブ鉄筋の吊り込みが容易で、床版を貫通する支保工吊り材がなく、漏水原因となる床版貫通孔が無い等の利点がある反面、多径間を施工する場合には中間橋脚をかわして移動しなければならず、構造的に複雑になったり、製作費が割高となる。

移動型枠の計画においては本橋が試験施工でもあり、施工結果によっては構造改良ではなく「作りなおし」となる可能性が大きかったこと、汎用性のある機材として損料扱いとすることが必ずしも得策となるかどうか疑問があったこと、また今後の発注形態(発注規模)の傾向を見据えたときに、「使い捨て」支保工材的な発想が必要であったこと等から、その具体的トライアルとして検討を行った。

一部には構造をシステムチックにして型枠の移動据付けに要する人員を削減するという考えもあるが、作業員の平準化という観点から、他の作業における必要作業員数等とのバランスを総合的に考えると必ずしも必要とは感じられなかった。

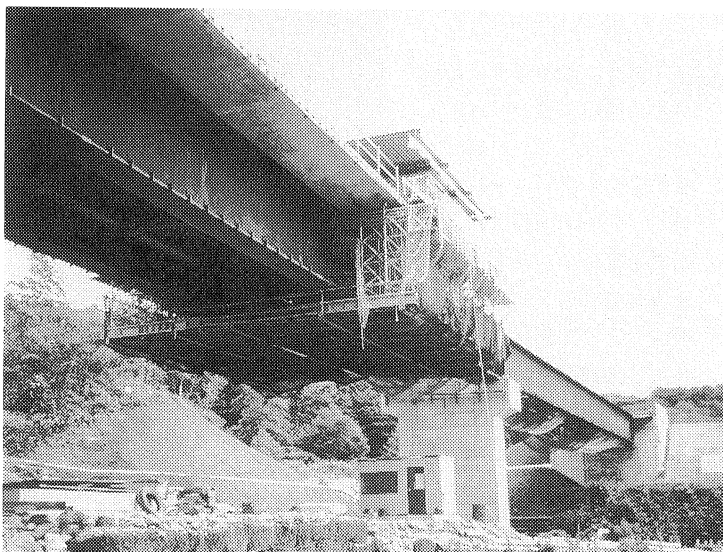


写真-2 移動型枠全景

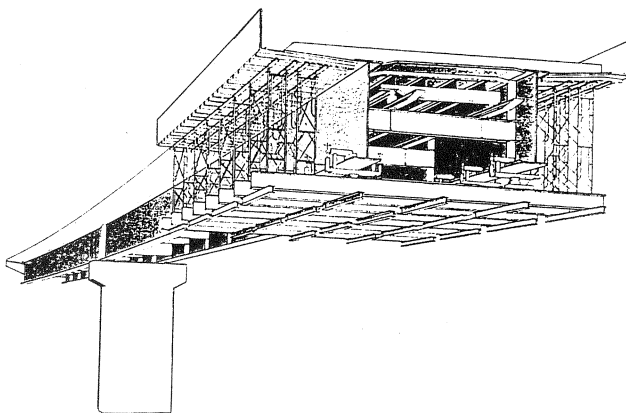


図-1 移動型枠概念図

結果的には時間的制約とPC施工者側に、鋼構造に関する十分な知識が無かったため、移動型枠の支持装置等の構造が複雑となったことも否めない。

一方、鋼桁の構造においては、移動型枠による床版施工の合理化、省力化を重視した計画、設計を行った。そのうち、主なものをあげれば、以下の2点である。

- ① 道路線形なりのR=1,000mの等フランジ幅曲線主桁
- ② 移動型枠施工を考慮した横組(横桁ピッチ5.3m, ウェブ中間取り付け)

これにより床版断面の一定化が図られ、型枠形状の変化がなくなり、同時にPC鋼材ピッチも統一できた。また、中間床版部施工のための適度な支持間隔の移動型枠施工空間が確保されることとなった。これらの鋼桁構造の配慮がなければ床版施工の合理化、省力化は、進められなかったであろう。

いずれにしても鋼桁で荷重を受けることにはかわりはないので合理的な移動型枠の構造を鋼桁ファブリケーターサイドからの観点も加えて今後見直す必要があると考えている。(図-1, 写真-2参照)

2.3 全天候上屋を用いたサイクル施工

本橋では床版を11分割して施工を行ったが、端部ブロックなど3ブロックを除き、同一断面、同一ブロック長、同一ピッチ配置のPC鋼材を採用することで、繰り返し施工による工期短縮を図ることが出来るように計画した。そこで、全天候上屋を採用設置してサイクル施工を行ったが、どの程度の繰り返し回数でどの程度のサイクル工程短縮が可能であるかを実施工で検証してみた。表-1にサイクル工程表を示す。

表-1 床版施工サイクル工程表

工種 / 日程	1	2	3	4	5	6	7
移動型枠作業車移動・据付工	----- ——						
型枠調整工	——	-----					
プレハブ鉄筋架設工			-----				
鉄筋調整工(継手部鉄筋組立)			-----				
次ブロック鉄筋組立工(地組)				-----			
全天候上屋設置工	——			-----			
小口・側型枠組立工		——		-----			
コンクリート打設工			——		-----		
養生工				-----	-----		
側型枠脱型・横締緊張工					——		-----
底型枠脱型・移動準備工						——	-----

凡 例
 ----- : 当初計画
 —— : 最短サイクル

当初、正味7日/1サイクルの計画で施工を開始した。初期のサイクルでは予想したように、7日/1サイクルであったが、作業員が徐々に熟練してきた結果、第5ブロック目には6日/1サイクルと短縮されたが、その直後の径間移動とP1橋脚上部分の施工では7日/1サイクルを要した。その後、第8ブロック施工(7サイクル目)において5日/1サイクルの最短となった。

ただし、本サイクル工程は多少のオーバーワークを含むものであり、標準的な作業時間のサイクルでは6日/1サイクルとなる。これに稼働率を考慮すると(全天候上屋があるため、雨天等による作業休止はない。)7~7.5日/1サイクルが標準と考えられる。

2.4 1/2ラップ継手を併用したプレハブ鉄筋によるサイクル短縮

本橋においては、コンクリート養生中に地上に設置した鉄筋組立台上で、鉄筋・PC鋼材を地組し、型枠移動後に一括吊り上げセットする方法を用いた。これはサイクル工程短縮と作業員の平準化を目指して採用実施したものである。写真-3にブロック鉄筋の架設状況を示す。

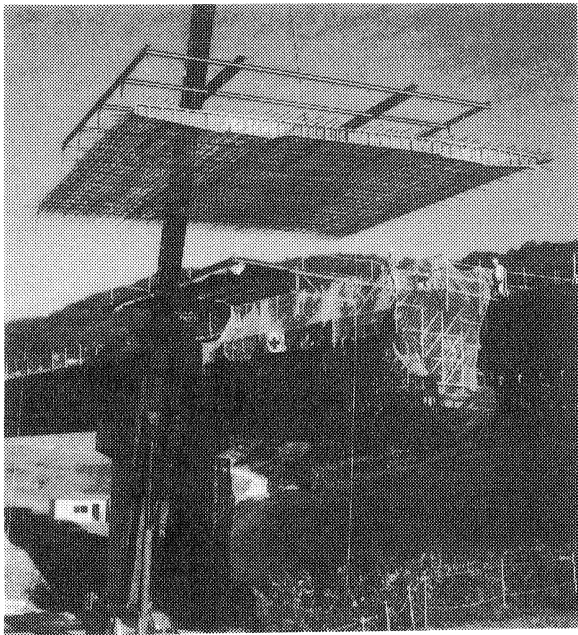


写真-3 プレハブ鉄筋吊り上げ状況

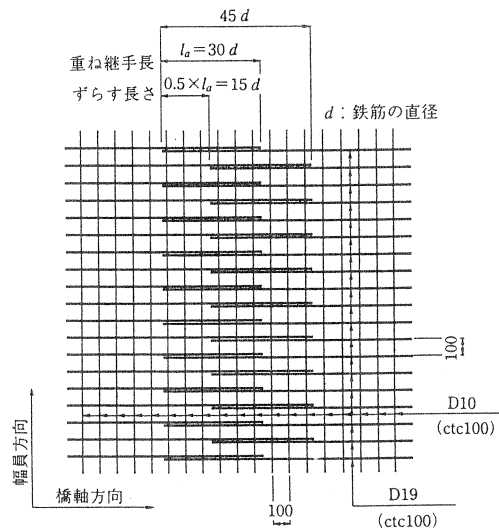


図-2 1/2ラップ継手

また、鉄筋吊り上げセット後に移動型枠上で組み立てる継手部の施工長さを極力減らすことにより、さらに省力化を進めるために、通常の85dの継ぎ手長を45dとする、1/2ラップ継手を採用した。(図-2参照)

コンクリート養生期間を有効に活用して鉄筋を組み立てることで、工期短縮と作業量の平準化には効果があったが、今回のように地上で鉄筋組立を行う場合は、吊り上げ施工に当たって相当の重機が必要になり、賃借費用がそのまま上載せられるために、鉄筋工の費用としては3~4割程度増加になった。

初期計画段階においては、全ての鉄筋ブロックを先置きする方法や、橋台背面で組立てた後、橋面上を運搬して小規模重機で架設する方法等を考えたが、アフターボンド鋼材の養生や安全上に課題があり、採用には至らなかった。しかしコスト等を考えれば、今後はこれらの課題を解決するなどして合理的なプレハブ鉄筋の施工方法を模索していくことが必要である。

2. 5 応力調整を用いた片押し施工

鋼橋連続桁の床版の施工手順は、先行打設した床版に後から打設する床版重量によって床版軸力が発生しないよう、一般に正の曲げモーメント部分を先に、負の曲げモーメント部分を後に施工する。これは型枠の移動作業にそのまま反映してくる。

本橋では移動型枠を使用した場合の施工性から、一方向からの片押し施工としたが、その場合床版施工途中で中間支点付近の床版に、 3.0N/mm^2 を超える引張応力が発生する。

設計荷重、後死荷重などを考えると、これはさらに大きなものとなるため、桁の架設、床版の打設を次の手順で行い、中間支点上に圧縮力が付加されるように計画した。

- ①橋台上で桁を約100mm、低くセットする。
- ②床版を片押し施工する。
- ③ジャッキアップして桁を正規の位置に戻す。

以上の手順に従った中間支点上の曲げモーメントの変遷を図-3に示す。

今回は橋梁規模が2径間であり、主桁のジャッキアップ、ダウンにより対処できたが、さらに多径間になった場合の床版発生軸力に対応する手段として、発生モーメントにあわせた施工手順をとるための移動型枠の構造や、床版の耐久性を高めると同時に、鋼桁の経済性を高めるための、床版剛性を考慮した設計手法を導入するために、中間支点上床版の橋軸方向にプレストレスを導入する案の検討等も今後進める必要がある。

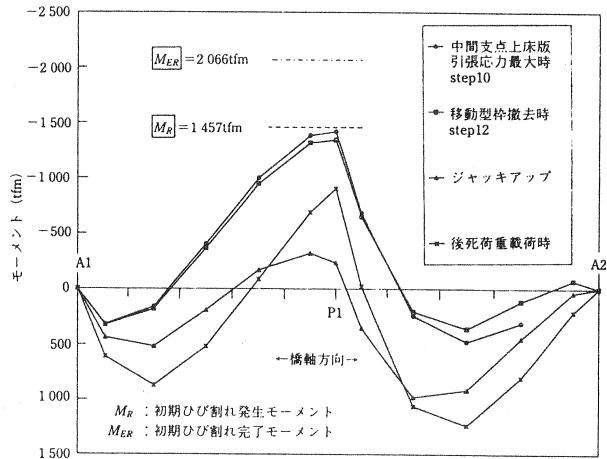


図-3 中間支点到発生するモーメント

2. 6 アフターボンドPC鋼材の使用による床版施工の省力化

床版施工の省力化を図る目的で、PC鋼棒に比して施工管理が容易で、かつグラウト作業の不要なシングルストランドのアフターボンドPC鋼材を使用した。これはボンド材として硬化時期（期間）を調整したエポキシ樹脂をポリエチレンシース内に封入したものである。

使用に当たっては、緊張時には鋼材の伸びを拘束することのないちょう度（粘度）であり、橋梁の供用時には橋体と一体化して挙動するためのボンドを発揮しているような配合を、室内実験と現場における温度履歴調査をもとに出荷毎に検討して決定している。また、ボンド材（エポキシ樹脂）については、室内促進試験にて所定の時期には硬化する配合であることを確認した上で出荷している。

実施工に当たっては、ボンド材を封入したポリエチレンシースが損傷しやすい材質であったため、取扱には十分な注意を払う必要があった。このため、金属シースを配置する一般の施工に比して、配置に要する工数はやや増加すると思われる。

今後はより省力化を進めるためにも、ポリエチレンシース等の材料の面からの検討改善が望まれる。

3. あとがき

以上、ホロナイ川橋において取り組んだ各種合理化・省力化について概要を報告した。

全体的には省力化、合理化、工程短縮等の観点からはおおむね効果があったと確信しているが、解決しな

ければならない課題も多くあるとあらためて感じた。

特に、これまで物件の専門化が進んだ中で工事を行ってきたことによる鋼構造とコンクリート構造のお互いの知識不足が、合理化省力化を進める大きな障害となっていることは否めない。鋼橋ファブリーケータとPC專業者のJVとして発注される場合は良いが、橋梁規模によっては、どちらかに発注されることとなり、その場合お互いの協力体制をどのように高めていくのか、発注形態のあり方も含めて模索して行かねばならない課題は多い。

PC床版2主桁橋が目指した橋梁の合理化、省力化は、品質の優れたPC床版をいかに合理的に施工するに尽き、そのために「鋼桁を支保工がわりに使う」という発想があって実現した。「主桁を道路なりにつくれば床版は一定」というPC橋設計の基本、またアフターボンド鋼材、移動支保工などPC業界が育んできた技術の上にこの形式は成り立っている。その意味においても、今後、このPC床版2主桁橋はPC床版施工側がリードするという姿勢で努力をすべきだと考えている。

また、発注者にとっての合理化、省力化が先行した形になっているが、数量主体の積算体系のために、実際にはそれほど合理化・省力化効果が得られていないものもある。その良い例がプレハブ鉄筋であるが、本橋では一施工分約10m四方の床版鉄筋をプレハブ化した。コンクリート橋の分野ではまだこのような規模の例を知らない。施工の本質に突っ込んだ議論を避けず、施工者側の体制の遅れを素直に認めて抜本的な改革を進めなければ、人海戦術に頼り切った施工のコンクリート橋は消える運命にある。

耐久性、メンテナンスフリーなど魅力のあるコンクリート橋を、コンクリートに携わるものの努力不足で「過去のもの」としないよう、設計施工の合理化、省力化を進めるには、その合理化、省力化を積極的に取り入れられる入札方法や有効に寄与するようなソフトシステムの整備のための発注者、受注者双方の努力が必要と痛感している。

最後に、本橋で実施した省力化と合理化を認めていただき、平成7年度土木学会田中賞(作品賞)の榮譽に浴することとなった。ここに、計画、設計、施工に当たり、貴重な御助言やご指導を頂いた関係各位にご報告申し上げますと共に、心より御礼を申し上げます次第である。

参考文献

- 1) 高橋, 三戸, 小西, 太田: ホロナイ川橋(鋼2径間連続2主桁橋)PRC床版の設計・計画その1 [PC技術協会第5回シンポジウム論文集 1995年10月]
- 2) 高橋, 三戸, 新井, 北野: 同上その2
- 3) 高橋, 小西, 志村, 橋: PC床版2主桁橋の設計・施工(ホロナイ川橋の床版施工) [プレストレストコンクリート Vol. 38, No. 1, 1996年1月]
- 4) 高橋, 木村, 志村, 小西: PC床版2主桁橋「ホロナイ川橋」の現場施工 [橋梁と基礎 Vol. 30, No. 3, 1996年3月]
- 5) 高橋: PC床版2主桁橋の適用性に関する調査研究 [高速道路調査会, 高速道路と自動車 1996年10月]