

来馬川橋 (PRC片持ち張出し工法) の設計と施工

高橋 昭一*1・高畑 和弘*2・中島 豊茂*3・横山 俊夫*4

1. はじめに

JHでは、21世紀初頭の大プロジェクトである第二東名神高速道路に取り組んでいる。プレストレストコンクリート橋の分野では、プレキャストセグメント、外ケーブルなどのいわゆる新技術新工法に、各社の持てるリソースを傾注し、PC橋の今後の発展に賭けている感がある。JH札幌においても、ショートラインマッチキャストによるプレキャストセグメント工法を一早く定常稼働し、その技術の蓄積を図っているところでもある。

しかしながら、施工技術の基礎が確立されていない領域における技術の進歩には遅々たるものがあり、新技術の開発にありがちな設計基準の未整備、積算体系との不整合など、あと4年で21世紀となる現在でも、その未

来に賭けるべき技術の確立に至っていないように見受けられる。

さて北海道では、横道英雄先生によりPRC設計の礎が築かれており、1966年施工の上姫川橋(写真-1)は、世界初のPRC片持ち張出し工法であるが、施工後30年を経ても、外観からクラック等はほとんど見られず健全な状態を保っている。北海道には、このように施工された幾つかの橋が現存しており、JHではこれらに学び、「実用的PRC道路橋設計法」の確立を図っている。

写真-2は道東道アネップ川橋で、静荷重時において支間中央主桁下縁に 30 kgf/cm^2 の引張応力を許容する設計を行っており、支間長40.8mはPRC単純桁橋としては最大支間長を誇っている。このような施工例を踏まえ、PRC設計マニュアルはJH北海道にて試行した後、平成7年10月よりJHの設計基準として採用されるに至っている。

現在JHでは、高速道路が谷間を横過する橋梁形式として、場所打ちによる片持ち張出し工法を基本として計画、設計、施工されている。これが今日のプレストレストコンクリート橋の隆盛を築いた一因にもなっていると

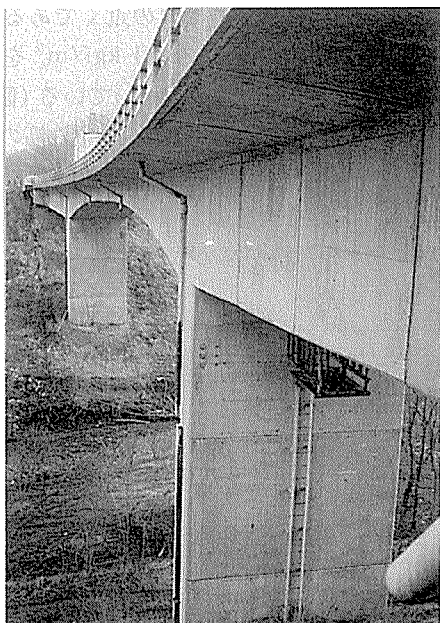


写真-1 1966年施工の上姫川橋

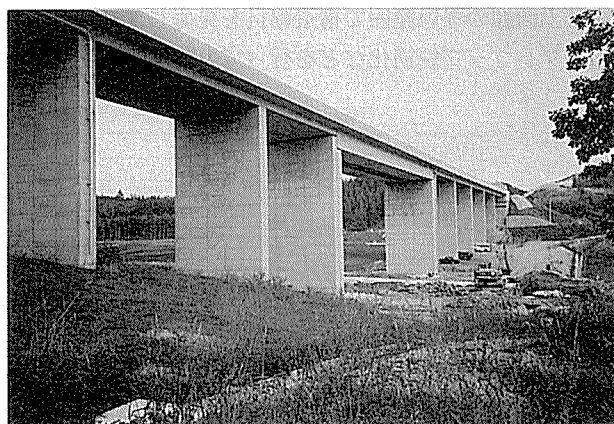


写真-2 アネップ川橋 (PRC単純桁桁)

*1 Shoichi TAKAHASHI : 日本道路公団 北海道支社建設部構造技術課 課長代理

*2 Kazuhiro TAKAHATA : 日本道路公団 北海道支社建設部構造技術課

*3 Toyoshige NAKAJIMA : オリエンタル建設(株) 東京支店工務部設計チーム

*4 Toshio YOKOYAMA : オリエンタル建設(株) 東京支店工務部

◇工事報告◇

筆者らは考えている。これら片持ち張出し工法橋に、プレキャストセグメント工法などの新工法を適用していくことも必要であるとも考えているが、来馬川橋では新素材へのチャレンジを試みながらも、基本としては在来場所打ち工法をいかにすれば省力化されるかを考え、主桁や床版への PRC 設計法の適用、施工に支障のあるハンチや中間隔壁の簡素化など、けれん味の無いまじめな技術探求を行ってきたところである。

本稿では来馬川橋を中心とし、その他 JH 北海道の施工事例をも合わせて、片持ち張出し工法橋梁における省力化の成果を取りまとめ報告するものである。

2. 橋梁および設計概要

本橋の設計概要は次のとおりである。

位置：北海道縦貫自動車道（長万部～虻田）
北海道寿都郡黒松内町

道路規格：第一種第3級 B 規格

形式：PRC 3 径間連続ラーメン一室箱桁橋

荷重：B 活荷重（平成 6 年 2 月）

橋長支間：187.0 m（48.3 m+91.0 m+46.3 m）

有効幅員：10.0 m

PC 鋼材：SWPR7B 12S 12.7(SSEE PAC 工法)

SWPR19 1S 19.3(アフターボンド仕様)

SBPR930/1080 30 T(NAPP 工法)

適用基準：道路橋示方書・同解説（平成 6 年 2 月）

コンクリート標準示方書（平成 3 年度）

JH 札幌実用的 PRC 道路橋設計マニュアル

来馬川橋の設計は、せん断に対する検討を含む主桁主方向、支点上横桁そして床版を PRC 設計法にて行っている。また、コンクリート作業の省力化を目指し、施工の容易でないハンチ、中間隔壁、壁高欄などについて、設計上問題のない範囲で構造細目を見直し、構造の簡素化やプレファブ鉄筋化などを行っている。

また新材料や新構造にも積極的に取り組んでおり、せん断鋼材については新設の高速道路としては初めて、NAPP 工法（プレテンション中空鋼棒）を用いたり、床版横締め鋼材にアフターボンド仕様鋼材を採用している。

また A1 橋台においては、従来の楕円ジョイントを用いず、橋台裏込め土上で踏掛版を動かすセミインテグラルジョイントとしている。これにより橋台部において、伸縮桁長 93 m に及ぶノージョイントが可能となっている。A2 橋台では保護管付き橋台形式を採用している。これは高盛土内に橋脚状の橋台を設置し、橋脚軀体にサヤ管内に設けて、直接軀体に土圧を作用させないよう工夫した形式であり、橋台規模を縮小できるものである。

本橋上部工工事の工期は平成 6 年 8 月～平成 8 年 8 月であり、平成 7 年 4 月より現地施工を開始し、平成 8 年 2 月に無事閉合している。

3. PRC 設計

3.1 主方向の計算

本橋の主方向張出し架設時には、主桁上縁の曲げ引張応力度を 10 kgf/cm^2 程度になるように設計計算されており、これにより支点上鋼材量は決定されている。設計では、架設時期におけるコンクリートのクリープ、乾燥収縮および PC 鋼材のリラクセーションによるプレストレスの損失を考慮し、さらに本橋架橋位置は北海道でも豪雪地帯、スキーで有名なニセコの近くであることから、新雪で積雪 1 m 相当となる 0.1 kgf/m^2 を架設時橋面荷重として考え、断面力を算出している（図-2）。また、閉合後の検討としては、主断面の主鉄筋の基本配筋を支点上 D 16 ctc 100 mm、支間中央下側 D 22 ctc 100 mm とし、これを上床版および下床版に上下 2 段配筋してひび割れ分散性を高めるとともに終局耐力を向

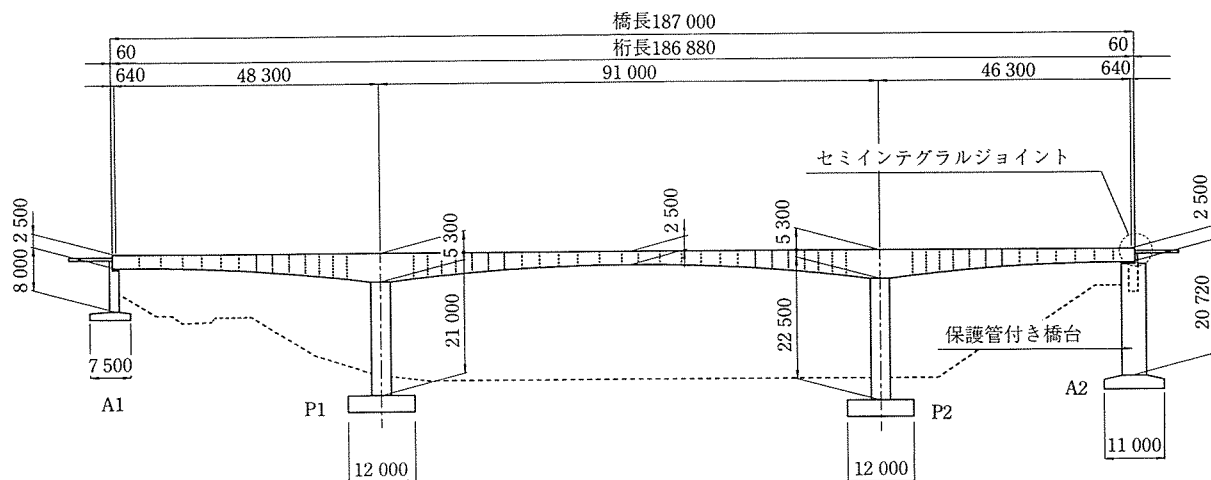
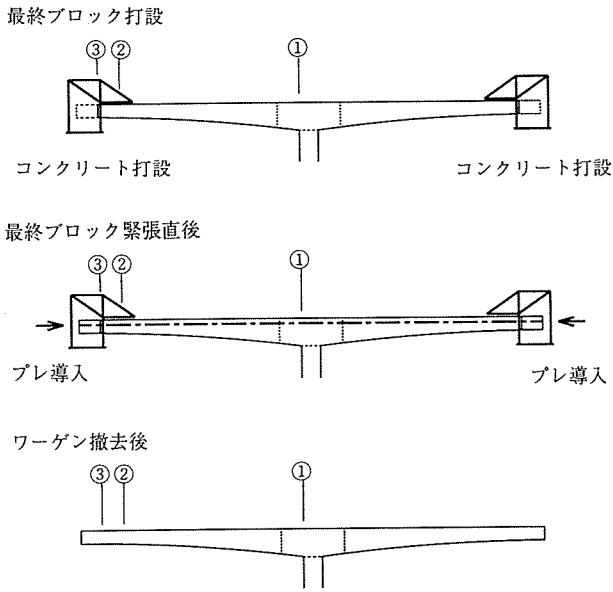


図-1 来馬川橋橋梁一般図



断面番号		最終ブロック打設時 (kgf/cm ²)				
		主桁自重	ワーゲン	雪	有効プレ	合計
1	上縁	-84.6	-14.7	-3.8	90.8	-12.3
	下縁	87.0	16.1	3.9	-17.5	89.5
2	上縁	-8.1	-6.0	-0.1	6.6	-7.6
	下縁	17.6	10.2	0.2	-1.1	26.9
断面番号		最終ブロック緊張直後 (kgf/cm ²)				
		主桁自重	ワーゲン	雪	有効プレ	合計
1	上縁	-68.9	-14.7	-4.1	90.5	2.8
	下縁	70.6	16.1	4.2	-17.5	73.4
2	上縁	-1.8	-6.0	-0.4	13.0	4.8
	下縁	5.2	10.2	0.8	-2.2	14.0
3	上縁	-0.3	-1.7	-0.1	6.7	4.6
	下縁	1.1	2.9	0.2	-1.0	3.2
断面番号		ワーゲン撤去 (kgf/cm ²)				
		主桁自重	ワーゲン	雪	有効プレ	合計
1	上縁	-68.9	0.0	-4.1	90.5	17.5
	下縁	70.6	0.0	4.2	-17.5	57.3
2	上縁	-1.8	0.0	-0.4	13.0	10.8
	下縁	5.2	0.0	0.8	-2.2	3.8
3	上縁	-0.3	0.0	-0.1	6.7	6.3
	下縁	1.1	0.0	0.2	-1.0	0.3

図-2 張出し架設時のコンクリート応力度

上させ、支点上、支間中央下面における許容ひび割れ幅をそれぞれ 0.0035 C, 0.005 C に設定して PC 鋼材量を決定している。

本橋の設計において、部材の設計に用いる断面力は、弾性理論により算出した。また、部材の曲げ剛性、せん断剛性およびねじり剛性は、コンクリートの全断面を有効とし、鋼材を考慮した値を用いている。

工事詳細設計において、A 種鋼材を B 種に変更して設計を行ったこともあるが、PRC 設計を用いることで PC 設計と比較して、PC 鋼材の本数は支点上では 2/3、支間中央断面では 1/2 程度となり、鋼材総重量は約 3 割減少した (図-3)。

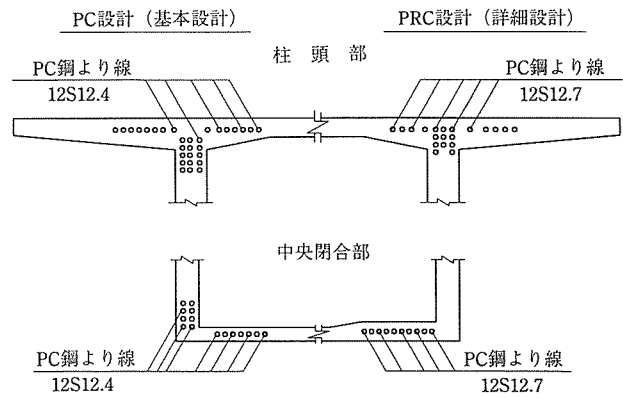


図-3 主桁 PC 鋼材量の比較

3.2 主桁ウェブのせん断

主桁ウェブのせん断照査は、JH 札幌実用的 PRC 道路橋設計マニュアル (以下 PRC マニュアル) にしたがって行い、設計荷重作用時においては、主桁ウェブに発生するせん断力に対する照査の基本方針を「ひび割れ有り」とし、コンクリートの斜め引張応力度照査を行っていない。そして、せん断ひび割れ幅を直接的に算出する方法が確立されていないため、斜め引張鉄筋の応力度により間接的に照査している。

照査にあたっては、照査対象部材が主桁ウェブであることから、鋼材腐蝕の難易による環境条件を「一般の環境」とし、鉄筋の許容引張応力度を、死荷重時 1 200 kgf/cm²、活荷重時 1 800 kgf/cm² としている。

疲労荷重作用時の照査は、B 活荷重による斜め引張鉄筋の変動応力度が 51.2 kgf/cm² 程度と十分小さいため、鉄筋の疲労照査を省略している。また、終局荷重作用時の照査では、部材断面に生じるコンクリートの平均せん断応力度 τ_m が、設計基準強度 400 kgf/cm² に応じた $\tau_{max}=53$ kgf/cm² 以下となることを確認している。

なお省力化と耐久性向上を目指し、せん断補強鋼材については、設計で用いた $\phi 32$ B 種鋼棒と同量のプレテンション中空鋼棒に置換えて施工を行っている。

3.3 PRC 床版

従来 JH では、片持ち張出し工法の床版は PC 設計により行っていたが、シース内での遊びが小さく、ポリエチレンシースにより被覆されて防食性能の向上した、アフターボンド仕様のシングルストランド鋼材が実用化されたことから、JH 北海道では上記鋼材の使用を前提に、床版を PRC 設計で行うこととしている。

一般にひび割れを許容する PRC 設計では、疲労照査が課題となるが、床版は桁より多くの活荷重が載荷されるため、設計荷重作用時のひび割れ幅制御方法としては、PRC マニュアルにより、「方法 2: コンクリートに引張応力は発生させるが、ひび割れは発生させない方

◇工事報告◇

法」を用いて、疲労照査の労を回避している。

床版引張側鉄筋は、ひび割れ分散性を向上させるため、「細い鉄筋を細かいピッチ」で配筋するものとし、D 13 etc 125 mm を基本配置とした。引張側鉄筋を応力によらず上記のように定めることにより、鉄筋のくり返し計算がなくなったため、クリープ乾燥収縮による鋼材応力度の変動量については、鉄道構造物等設計標準¹⁾にしたがい、引張側鉄筋と圧縮側鉄筋を考慮し、鉄筋の影響を厳密に評価するものとした。なお、鉄筋拘束による断面力は、曲げモーメントおよび軸力を考慮している。

また、コンクリートの許容引張応力度としては、コンクリート標準示方書²⁾ 3.2.2 式により求め、さらに対象が床版であり部材が薄いことにより、解 7.3.1 式により値を補正している。

$$f_{tk} = 0.5 f'_{ck}{}^{2/3} \dots\dots\dots 3.2.2 \text{ 式}$$

$$\kappa_1 = 0.6 / (h^{1/3}) \dots\dots\dots \text{解 7.3.1}$$

ただし、強度の単位は kgf/cm^2 である。

4. 構造細目

JH 北海道では、片持ち張出し工法による箱桁橋の構造細目を、「省力化されたものは高品質となる」との信念から、極力施工し易いものになるように変更している。

まず第一に、箱桁下床版とウェブの交点にあるハンチを、施工性を損なわない範囲で小さくし、またハンチに沿った鉄筋を取り除いている。ハンチの効能として、応力集中箇所での応力緩和という構造力学的なもののほか、

- ・ウェブコンクリートの打止め易さ
- ・締固め困難箇所での品質保証

など、施工に起因するものも挙げられるが、ハンチ筋を配筋するために、プレストレストコンクリート橋では PC 鋼材とハンチ筋の干渉が避けられず、施工上の大きな課題となっていた。図-4 は、ハンチを簡略化したものの例で、ハンチの大きさについては、橋梁の横断勾配や箱桁断面形状、そして上記施工性を現場代理人と相談し、来馬川橋のようにゼロとしたものから、10 cm 程度まで様々なものを施工しているが、いずれの場合もハン

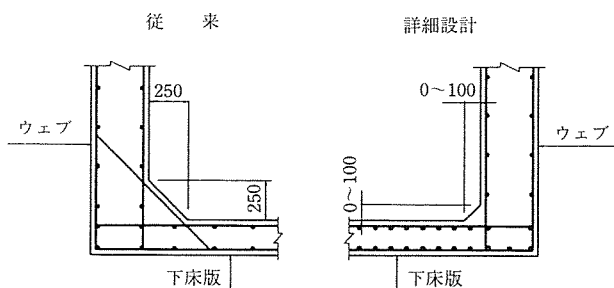


図-4 ハンチの省略

チ筋は配置していない。

第二に、中間隔壁の簡素化が挙げられる。レオンハルトは、「箱桁橋は十分な剛性を有しているため、中間隔壁で補強する必要が無い」としている³⁾。また、10 m 幅員の 1 室箱桁橋では中間隔壁を設置しなくとも構造上問題無いとする野田の研究⁴⁾もあり、JH 北海道では箱桁形状や支間などを考えて、来馬川橋のように中間隔壁をまったく無くしたものや、図-5 に示すように断面構成上、比較的薄い部材となる下床版に、リップのみを設ける設計をとったものもある。

第三に、PC 鋼材突起定着部補強の簡素化がある。定着端付近のコンクリートは、PC 鋼材定着具を介して作用するプレストレス力によって局部的な支圧を受け、引張応力が生じるので、例えばコンクリート道路橋設計便覧⁵⁾によって補強筋を配置することになるが、配筋、コンクリート打設が困難な箇所となっていた。JH 北海道では、本橋で用いた SEEE 定着のシステムのほか、アンダーソン、VSL、ディビダーク各ストランド定着工法を用いている。これら定着具背面にはスパイラル鉄筋が配置されている。スパイラル鉄筋によりコンクリートが拘束され、支圧耐力が増加することから、渡辺等の検討結果⁶⁾も踏まえ、図-6 に示すような配筋の簡素化が実現している。

グラウトに関しては、JH 北海道では、ノンブリージング材を積極的に用いるほか、次のような設計基準を設け、グラウトし易い PC 鋼材工となるよう努めている。

- ・排気ホース間隔の規定（おおむね 30 m 以内）
- ・排気ホースの大径化（内径 25 mm 以上）

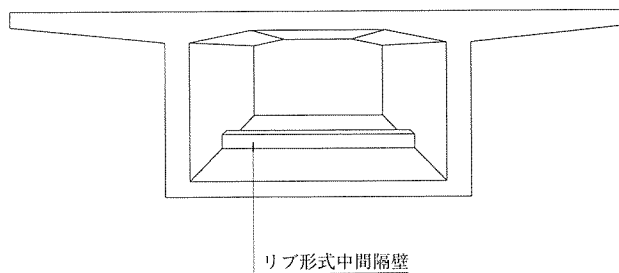


図-5 隔壁簡素化

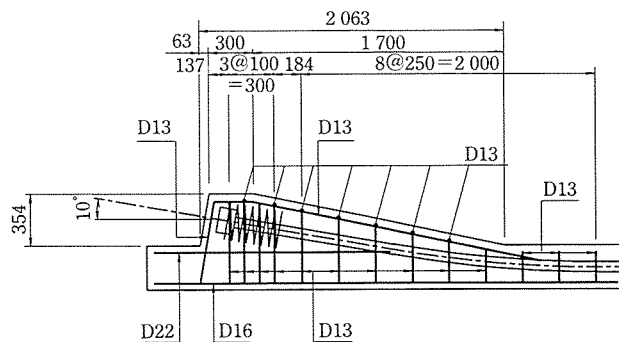


図-6 簡素化された定着突起の配筋

・グラウトキャップの励行

また、グラウト作業に関するこのような細部事項を、詳細設計時の照査事項とし、いかにすればグラウトが確実なものに近づくかを JH、設計担当者、現場代理人が議論し、グラウト作業計画全般を立案照査するものとしている。

5. 施 工

5.1 主方向 PRC

主方向を PRC 設計したときの施工上の課題として、上げ越し管理が考えられた。JH 北海道で施工した道東道（清水～池田）アネップ川橋（単純 PRC 箱桁，支間長=40.8 m）では、静荷重時においても支間中央主桁下縁に 30 kgf/cm^2 の引張応力を発生させる設計を行ったため、クリープひび割れ効果を考慮した弾塑性 FEM 解析等により、支間中央において 120 mm もの上げ越し量を設定し、施工を行った実績がある⁷⁾。

今回、来馬川橋は張出し長が 44 m，左右同時に張出しを行っている。このような場合の上げ越し計算におけるコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の基本的な考え方として一般に、クリープや乾燥収縮のたわみは、それぞれ構造系完成後からクリープ終了時までのたわみのみを考慮して設計されている⁸⁾。

通常の PC 設計では、張出し施工中における主桁自重とプレストレス力は互いに打ち消しあって、クリープによって生じるたわみ量は無視しうるものとなるが、プレストレス力の小さな PRC 設計では、適切な施工管理を行えない量となることが予想された。

このため、各施工段階ごとに材令に応じたクリープ係数を用いて、図-7 のような上げ越し計算によりたわみ管理を行った結果、十分な出来形を得ることができた。

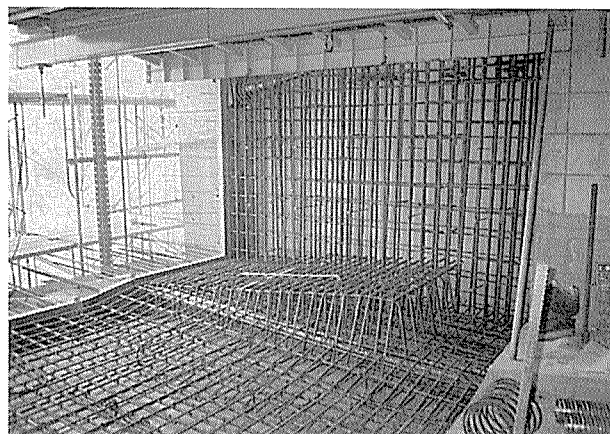


写真-3 片持ち張出し部

写真-3 は張出しま部，支間ケーブル設置位置のものである。架設時ケーブルが 2/3，支間ケーブルが 1/2 程度となったため，プレストレストコンクリート橋の施工で，もっとも注意を要する PC 鋼材の配置，緊張やグラウト作業が少なくなり，現場作業の省力化が進んだ。

5.2 横桁横締めとせん断補強

グラウトを要しない工法として，アフターボンドと NAPP 工法が実用化されているが，本橋では，柱頭部横桁横締めとせん断鋼棒に NAPP 工法を試験的に用いている。本橋はアフターボンド鋼材を PC 片持ち張出し工法に適用した JH 北海道最初の橋梁であるが，本橋設計時点では，部材厚さの厚い柱頭部ではコンクリートの硬化温度が高温になった場合，エポキシ樹脂の硬化制御に疑義があったことや，せん断鋼材は鋼材長が短いためセット量の大きなくさび式定着では，緊張力低下が課題となるからである。

この NAPP 工法は，中空鋼棒内に反力鋼棒を押し込み，端部をねじで固定したもので，反力鋼棒が元に戻る

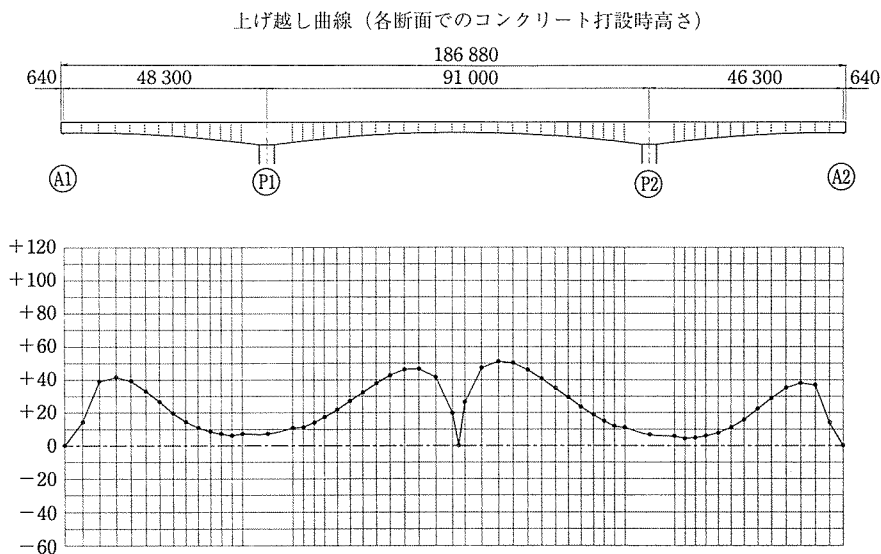


図-7 上げ越し管理

◇工事報告◇

うとする力で中空鋼棒を引っ張られた状態にしている「プレストレス入り鋼棒」のことで、これを鉄筋と同じようにコンクリート打設前に配置しておき、硬化後に端部のねじを開放すると、コンクリート部材にプレストレスが導入される工法である⁹⁾。

プレストレスがあらかじめ導入されているため、外側の中空鋼棒に万が一破断が生じると、中に押し込められている反力鋼棒が飛び出す危険性がある。これを防止す

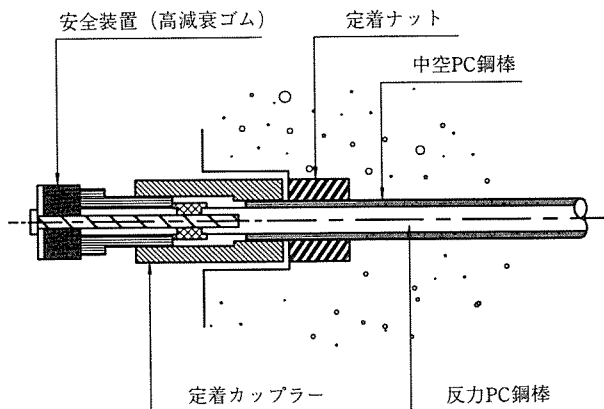


図-8 NAPP 工法詳細図



写真-4 NAPP 工法緊張力導入風景

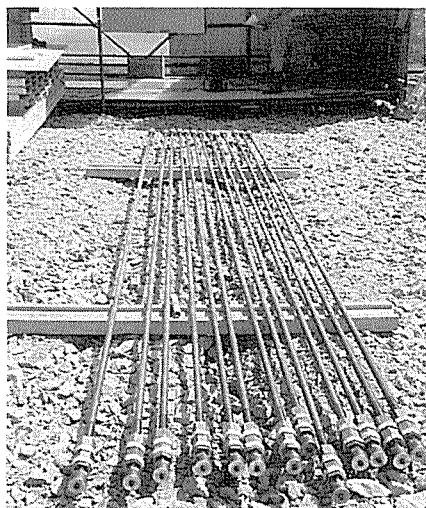


写真-5 NAPP 工法鋼材仕上がり

るため本橋では、反力鋼棒と中空鋼棒を高減衰ゴムを挟みこんだボルトで連結し、飛び出しエネルギーを吸収する安全装置を取り付けて施工を行っている(図-8)。

中空鋼棒の緊張作業は、現場ヤード内にて行った(写真-4, 5)。中空 PC 鋼棒内に配置された反力 PC 鋼棒に反力をとって、外側の中空 PC 鋼棒を引っ張ることにより、プレストレスが導入される。つまり、プレストレスは、中空 PC 鋼棒の伸び量と、反力 PC 鋼棒の縮み量の合計と荷重計示度によって管理することができる。

本橋におけるプレストレスの管理は、中空 PC 鋼棒の伸び量を主とし、荷重計の示度を従として行った。そして確認のため、中空 PC 鋼棒の中心に、ひずみゲージを貼り、中空 PC 鋼棒のひずみを計測している。伸び縮み量の合計量の平均値を、ノギスで 1/10 mm まで測定したが、図-9 に示すように、緊張計算による設計値に対して約 1% 程度の差であった。このことから、中空鋼棒の緊張管理は、従来の横締め鋼材と同様の伸び管理を行うことで十分であることがわかった。

所定の強度を確認した後、端部の解放を行い、これにより、コンクリート部材にプレストレス力が導入される。作業は電動トルクレンチを用いて行ったが、PC 鋼棒緊張時に使用するジャッキやポンプなど重量のある装置を必要とせず、手軽に持てるトルクレンチで作業がで

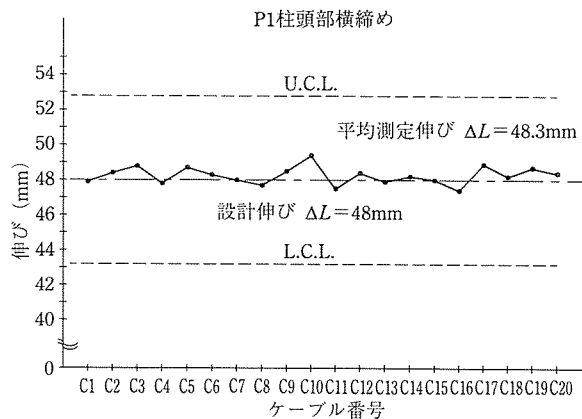


図-9 NAPP 工法の緊張管理



写真-6 取外し風景

P1柱頭部 熱電対配置図

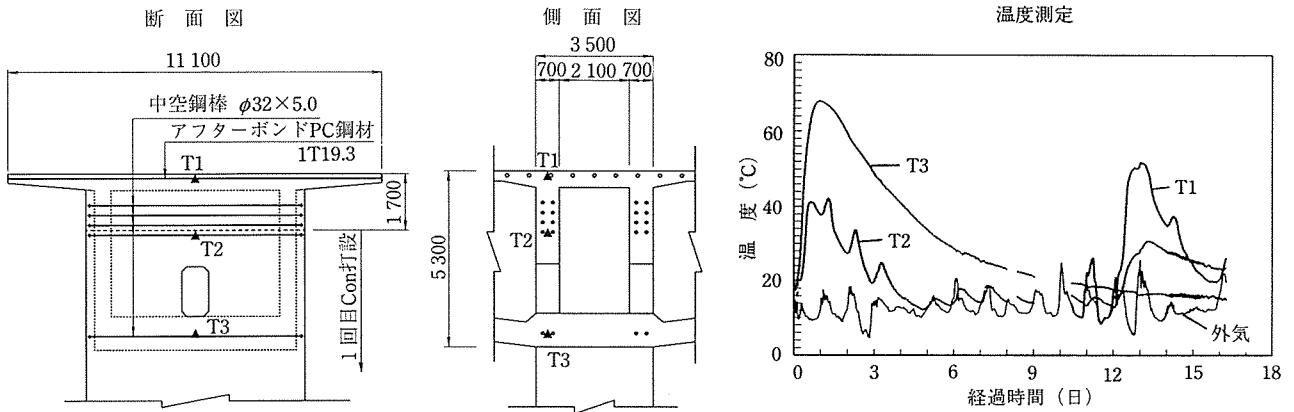


図-10 アフターボンド温度変化

きるため、施工性の向上を図ることができた(写真-6)。

5.3 PRC床版の施工

床版にはアフターボンド仕様のシングルストランド鋼材を用いているが、先付け方式をとることにより支圧板近傍での作業が軽減されること、緊張ジャッキが小型化されること、緊張管理が容易なこと、さらにグラウト作業が無くなることなどから、現場での省力化が大いに進んでいる(写真-7)。

アフターボンドに用いるエポキシ樹脂は、温度履歴によりその硬化の状態が異なる。また寒冷地北海道での採用であることから、工事用道路としての使用も含め交通開放時にボンド材としての機能を確保できるか懸念された。このため、マスコンクリートの温度計算用プログラム¹⁰⁾を用いて温度履歴を予測し、硬化促進材量を設定するとともに、図-10に示すように施工時温度履歴を調査して、その検証を行っている。

また、工場出荷時の硬化確認として、表-1のような基準を設け、品質の確保を義務付けるとともに、鋼材搬入毎に長さ20cm程度の試験片を作成し、構造上支障

表-1 工場出荷時点での硬化確認

項目	結果
アフターボンド充填材：1年硬化型	良好
*)硬化時間：17時間後の未硬化	良好
30時間後の硬化	良好
アフターボンド被覆	
山高さ 1.2 mm 以上	良好
最大(リブ部)径 28±4.0 mm	良好
被覆の欠損：無きこと(外観目視)	良好

*) 80°Cの昇温試験結果

の無い箱桁下床版等に埋めこみ、コンクリート硬化熱、経時変化によるエポキシ樹脂の硬化を確認が可能ないようにしている。

アフターボンド鋼材はポリエチレンシースとエポキシ樹脂により二重防食されているといわれてきたが、PC建協北海道支部による塩水噴霧試験と対アルカリ試験によれば、エポキシ樹脂のみによる完全な防食は不可能と判断された。そこで、図-11のようにポリエチレンシースを支圧板内まで伸ばしてコンクリート内での防食性を確保し、ポリエチレンシースによる被覆が不可能な支圧板とグリップの間やグリップ端部において、確実な防食処理を行うものとした(写真-8)。なお、現場での取扱

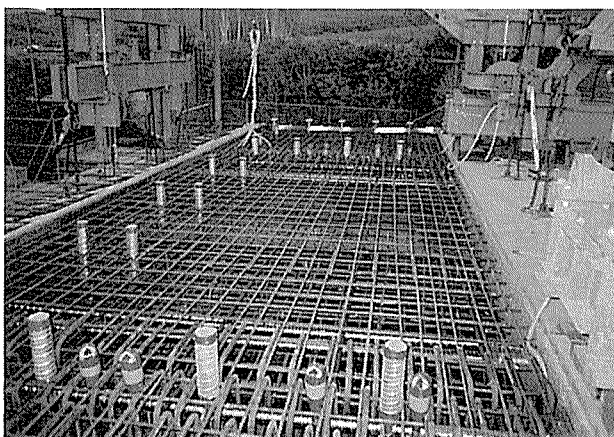


写真-7 PRC床版施工風景

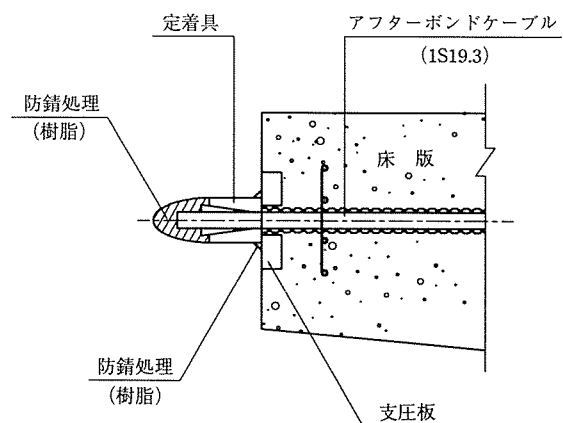


図-11 アフターボンド定着部付近詳細図

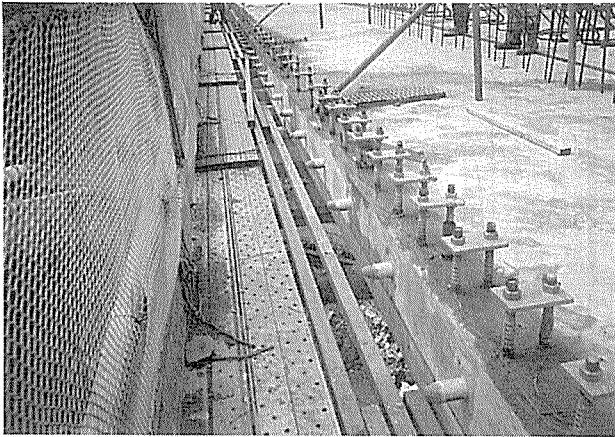


写真-8 アフターボンドの定着防水工

いについては、施工管理マニュアルを作成し、適宜改定を行いながら、よりよい施工管理を目指している。

6. ま と め

来馬川橋を中心にして、JH 北海道の各片持ち張出し工法橋梁において実施している、省力化を旨とした新しい試みについて紹介したが、設計施工を振り返って今後の課題等をまとめてみたい。

まず、PRC 設計法であるが、PRC マニュアルでは中空床版、2主版桁、そして単純箱桁を例題にして設計の簡便化を図っており、来馬川橋の設計は、PRC マニュアル作成時に行われた議論を踏まえ、片持ち張出し工法橋梁への適用拡大を図ったものである。

このため、先に上げた中小橋梁をイメージした橋梁形式では議論とならなかった、例えば、片持ち張出し架設時のコンクリート許容引張応力度、ひび割れによる剛性低下、たわみ管理、また、一室箱桁断面のせん断ひび割れ照査などについては、従来からの経験と、土木学会、(財)鉄道総研など他機関において制定された基準とを勘案しながら、設計検討を行っており、今後、JH としての設計方針を再度、取りまとめる必要があると思われる。また、床版の PRC 化であるが、JH 北海道の事例

が緒となり、第二東名高速道路などでも順次取り入れられており、新素材の開発と相まって、各所での採用が望まれる。

一方 PRC 橋梁の施工管理で一番の課題であったたわみ管理については、架設時にひび割れを生じさせなかったためか、たわみ計算が複雑になったものの、所要の精度でおさまっている。また、PRC 化により鉄筋量が PC 設計に比べ 27% 増加し、当初、PRC が目標とした施工の省力化が阻害されるのではないかと危惧したが、施工の結果では、「PC 鋼線が少ない=施工し易い」となっている。しかし、軸方向筋を D 22 と設定したため、中央閉合部で左右ブロックの鉄筋が干渉し合い、一部機械継手を用いるなどの配慮を行うことが必要であった。

NAPP 工法については、グラウトが無い、解放手間（緊張手間）が少ない、すなわち、PC 鋼線工が基本的には鉄筋配筋作業と同様となるなどの省力化と、緊張作業が片持ち張出し施工サイクルから切り離されるメリットが生かせるよう、今後は使い勝手をよくする努力、具体的には、PC 工場で導入作業を行うなどの工場製品化が必要と思われた。

アフターボンド仕様鋼材については、フェールセーフ化（通常の鉄筋工が気軽に扱えるものにする）など、改良改善や施工の標準化を JH 北海道のテーマとして現在もなお取り組んでいるところである。また、JH 北海道で行った PRC 床版など、耐防食性、高い施工精度が可能となるアフターボンドを前提とした、PC 構造物のあり方がもっと議論されてもよいように感じる。

さて、鉄筋を組み易くする、コンクリートの打設を容易にする、グラウト作業をし易くするなどの構造細目の変更は、現場代理人の工夫のしどころのように感じている。中間隔壁や突起定着部補強の簡素化は、施工が単純になるため、省力化の評価も容易であるといえる。しかし、箱桁下床版とウェブの交点にあるハンチの縮小化や壁高欄鉄筋のプレファブ化については、コンクリートの打設順序、型枠形状、鉄筋の取合いなど、今ま

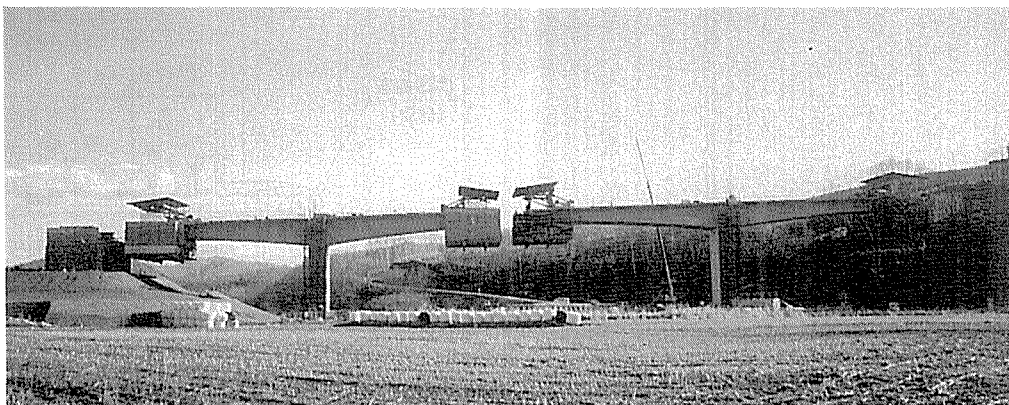


写真-9 来馬川橋全体施工写真

でと異なる「段取り」が生じ、当初の「施工性を損なわない範囲で」との目標が十分達し得ていない事例もあり、試行錯誤の連続となっている¹¹⁾。

また、本稿で示した事例は、工事請負人が行う工事発注後の詳細設計において照査変更したものであり、せん断鋼棒を要しない主桁断面の設定や、外ケーブル併用構造の採用など、今後の橋梁計画で活かすべき課題も残った。

施工の容易でない横締めやせん断鋼材を工場製品化して現場での不確実さを軽減し、プレキャストセグメントなどに代表される新規特殊な工法を現場に持ち込むことをせずに、在来の場所打ち工法を改良改善して現場作業員の負担を軽減させようとした省力化の方向性もあわせ、本橋の設計施工成果を、今後の橋梁建設のあり方を議論する上での参考にしていただきたい。

謝 辞

PRC 設計の全般にわたって住友建設(株)新井英雄氏から適切な助言を、コンクリート橋一般について、(株)大林組加藤敏明、住友電気工業(株)山田真人両氏から助言と資料提供を得た。また、本稿で紹介した JH 札幌における PRC 床版、構造詳細の改良などの設計施工の合理化については、(株)ピー・エス 高木隆一、ドーピー建設工業(株) 大岡昭雄、山崎通人、川田建設(株)小西哲司、今井平佳、大成建設(株) 市橋俊夫、住友建設(株) 諸橋明、鹿島建設(株) 山村正人各氏による、片持ち張出し橋梁 7 橋、PC 床版 2 主桁橋 1 橋の成果でもある。また JH 札幌 PC 上部工各現場代理人の皆様には、施工上の様々な助言、工夫をお願いした。

紙面を借りて感謝の意を表したい。

参考・関連文献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説コンクリート構造物，p. 153～p. 155，平成 4 年 10 月
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編，平成 3 年度版
- 3) F. レオンハルト：レオンハルトのコンクリート講座 6 コンクリート橋，p. 198，昭和 60 年 5 月
- 4) 野田行衛：プレストレストコンクリート 1 室箱桁橋断面変形の実用的計算法に関する研究，九州工業大学博士論文，平成 8 年 2 月
- 5) 日本道路協会：コンクリート道路橋設計便覧，p. 187～p. 190，平成 6 年 2 月
- 6) 渡辺泰充ほか：PC 鋼材定着用突起の設計，コンクリート構造物の設計に FEM 解析を適用するためのガイドライン付録 A 5，(社)コンクリート工学協会鉄筋コンクリート構造の有限要素解析と設計法研究委員会，平成元年 3 月
- 7) 鈴木ほか：アネップ川橋 (PRC 単純 2 主桁橋) のたわみ管理，第 4 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，平成 6 年 10 月
- 8) ディビダーク協会：張出し施工による PC 桁橋の上げ越しマニュアル，p. 23，平成 3 年 6 月
- 9) 例えば，今井ほか：アバット装置を必要としない新しいプレテンション方式についての概要，第 4 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，平成 6 年 10 月
- 10) (社)コンクリート工学協会：マスコンクリートの温度計算用プログラム，マスコンクリートの温度応力計算プログラム集，平成元年 6 月
- 11) 例えば，菊池ほか：コンクリート壁高欄施工の合理化，第 4 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，平成 6 年 10 月

【1996 年 5 月 13 日受付】