

十勝河口橋（主径間部）の設計と施工

藤本 和伸*1・澤谷 茂*2・森 勝茂*3・田淵 明*4

1. はじめに

帯広開発建設部管内の一般国道336号は、広尾町支庁界より大樹町、忠類村、豊頃町を経て浦幌町吉野に至る延長85.4kmの路線であり、昭和50年に国道に昇格して整備が進められている。

十勝河口橋の架設地点は、橋長が最短となる位置および地形を考慮して、十勝川河口より上流へ4kmの位置に選定した。

また、橋種の決定にあたっては、将来の維持管理、塩害に対する耐久性、河川条件などを勘案してコンクリート橋とし、主径間部は長大支間となることから変断面箱桁形式を採用した。

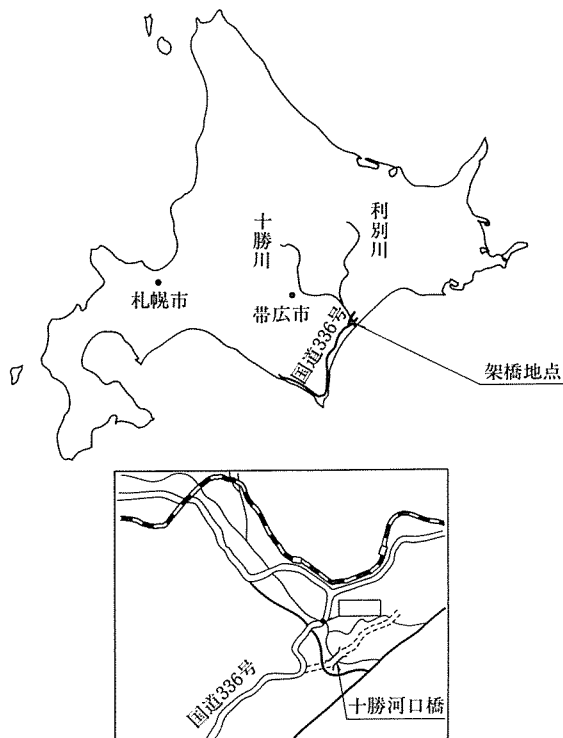


図-1 位置図



写真-1 完成

本橋は、コンクリート橋として国内最大級の支間長 ($L=165\text{ m}$) を有する橋梁である。

本稿は、この十勝河口橋の主径間部に関する設計と施工について報告するものである。

2. 工事概要

工事名：十勝河口橋上部架設その3工事

工事場所：北海道中川郡豊頃町大津

工期：平成2年7月28日から
平成4年3月26日まで

橋種：プレストレストコンクリート道路橋

橋格：一等橋 (TL-20)

構造形式：PC 3径間連続有ヒンジラーメン橋

支間：100 m+165 m+100 m

有効幅員：8.5 m(車道)+2.5 m(歩道)

架設工法：片持ち張出し工法

発注者：北海道開発局帯広開発建設部

施工者：ドーピー建設工業(株) } 共同企業体
(株)ピー・エス

主要材料および数量：

コンクリート ($\sigma_{ck}=400\text{ kg/cm}^2$) ; 5 147 m³

*1 Kazunobu HUZIMOTO：北海道開発局 帯広開発建設部大津道路建設事業所

*2 Sigeru SAWAYA：ドーピー建設工業(株)・(株)ピー・エス共同企業体所長

*3 Katusige MORI：ドーピー建設工業(株)・(株)ピー・エス共同企業体副所長

*4 Akira TABUTI：ドーピー建設工業(株)・(株)ピー・エス共同企業体設計主任

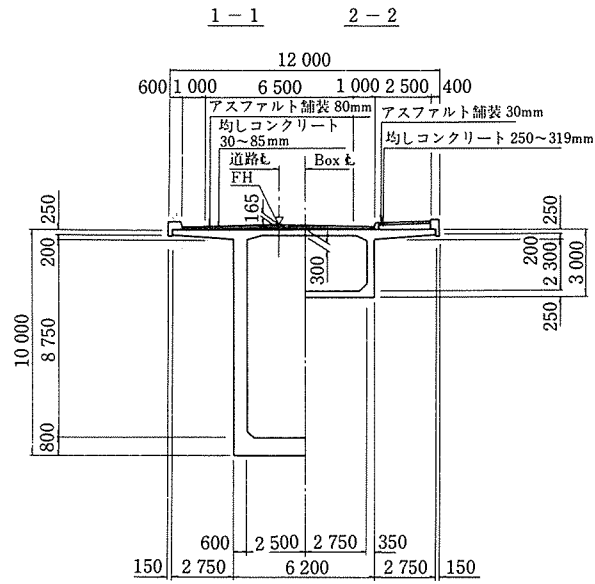
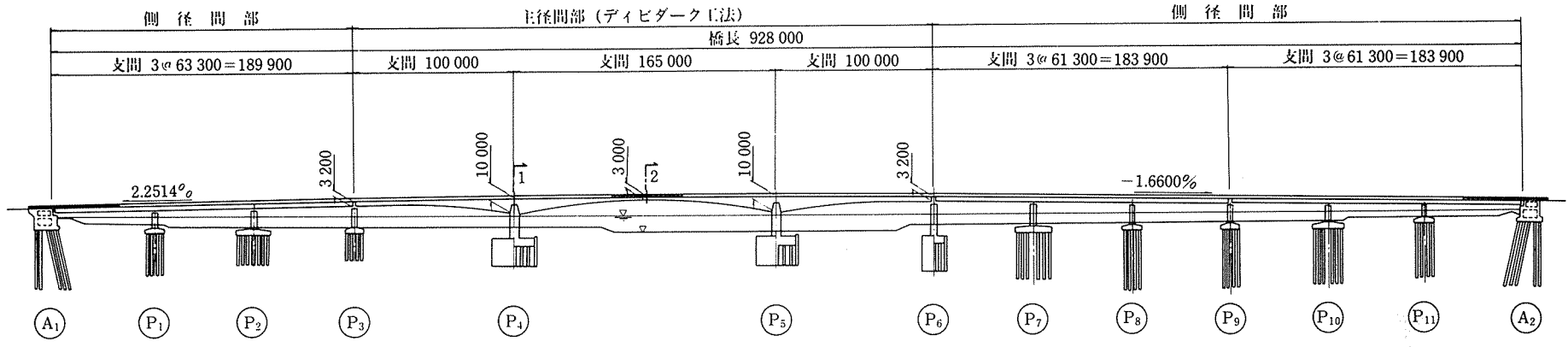


図-2 全体図

◇工事報告◇

鉄筋 (SD 295 A) ; 466 t
 PC 鋼材 (ディビダーク鋼棒)
 主方向 (SBPR 930/1180 ϕ 32 mm) ; 436 t
 横方向 (SBPR 930/1180 ϕ 26 mm) ; 44 t
 せん断 (SBPR 930/1180 ϕ 26 mm) ; 33 t

3. 設 計

3.1 設 計 概 要

本橋の構造解析は、 P_3 , P_6 橋脚上を可動, P_4 , P_5 橋脚下端を固定, 中央ヒンジ部をせん断力のみを伝えるヒンジ構造とし, 全体を 3 次不静定構造として行った。

また, 一般的な照査項目に加えて以下の項目についても検討を行った。

- a) 地震応答解析
- b) 中央ヒンジ部の変位 (クリープたわみに対する将来対策)
- c) ヒンジ沓の検討及び改良
- d) ねじりモーメントに対する照査 (3次元骨組解析)

以上の中から本稿では, 特に b) と c) の項目について施工に関連づけながら報告する。

3.2 施工方法および施工順序

本橋で採用した片持ち張出し架設工法は, ドイツのディビダーク社より技術導入され現在まで約 700 橋の実績を有している。

施工順序は, 以下に示すとおりである。

- 1) 支保工による脚頭部および柱頭部の施工
- 2) ワーゲン (架設作業車) による張出し施工
- 3) 支保工による側径間部の施工
- 4) 吊り支保工による中央閉合部の施工

以上のような分割施工としての特性から, 本橋で採用した PC 定着工法は, 施工性がよく強度的にも優れたディビダーク工法である。

3.3 断 面 力

完成時の断面力 (曲げモーメント) を図-4 に示す。

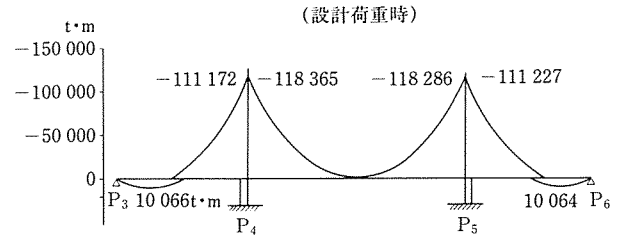


図-4 完成時の断面力 (曲げモーメント図)

本橋は, 施工時の構造系と完成時の構造系が異なる。よって, 主桁に作用する断面力は施工順序に従って算出した場合と完成系で算出した場合とでは異なった値となる。そこで設計では, この影響を“支点反力調整”によって解消した。

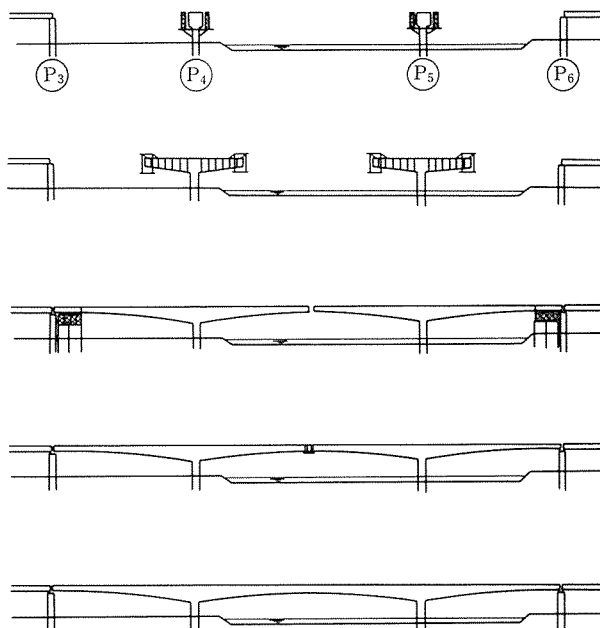
反力調整量は, 約 10 t (上向き) であり, 全反力の 1.6 % であった。

このような反力調整を行うメリットとして, 調整による変位量から主桁の剛性をチェックし, たわみの挙動を推測するデータを採取できる点が挙げられる。

本橋において, 支点反力調整による中央ヒンジ部の変位量は, 計算値とよく一致した。

3.4 PC 鋼材配置および合成応力度

上記の断面力に対して PC 鋼棒 B 種 2 号 ϕ 32 mm を配置した。柱頭部における PC 鋼棒の断面配置を図-5 に示す。



P_4 , P_5 柱頭部をブラケット支保工にて施工する。

ブラケット支保工を撤去した後, 柱頭部にワーゲンを組み立て, 各ブロックごとにコンクリートを打設し, PC 鋼棒の緊張・定着を行い, 左右交互に張出し架設を行う。

張出し架設完了後, P_3 , P_6 側の側径間を支保工で施工し, 側径間の閉合を行う。

P_4 ~ P_5 橋脚間の中央閉合部を吊り支保工で施工し, 全径間の閉合を行う。

吊り支保工を撤去し, 橋面施工の後, 完成。

図-3 施工順序

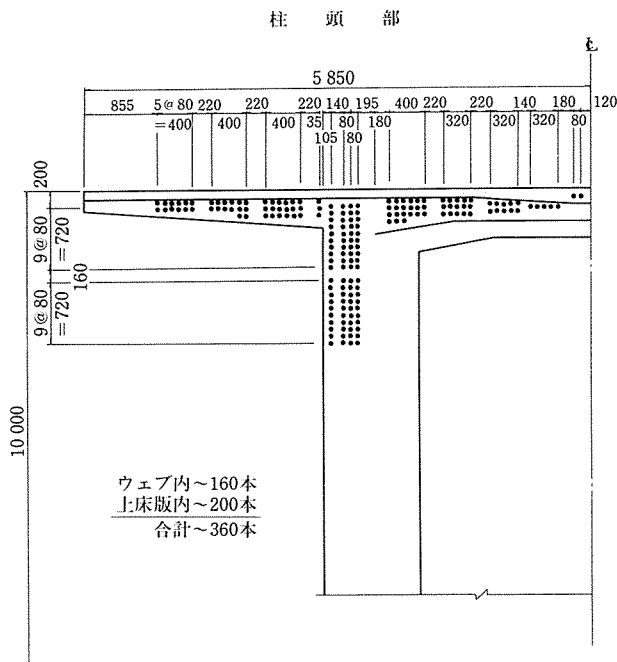


図-5 PC鋼材配置図

PC鋼棒の配置は、必要な本数をかぶり等の構造細目を満足するとともにバイブレーター挿入空間の確保などの施工性を考慮して決定した。

このように、PC鋼材を配置した本橋の設計荷重時における合成応力度は柱頭部で

$$\text{主桁上縁 } 6.9 \text{ kgf/cm}^2 > \sigma_a = 0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\text{主桁下縁 } 133.5 \text{ kgf/cm}^2 < \sigma_a = 140 \text{ kgf/cm}^2$$

となった。

4. 施 工

4.1 施工概要

工事は平成2年7月28日に着工し、2度の厳寒期を経て、平成4年3月26日に竣工した。当地は北海道でも特に寒さの厳しい地方で、降雪量は少ないが、十勝川は結氷し、また地吹雪の中での作業も多々あった。

中でも支保工による施工区間がすべて寒中作業となり、防寒上屋内で暖房を入れながらの作業を余儀なくされた。そのため、作業効率は低下し、全体工程として余裕がなかった。

本橋のような構造の橋梁は数多くの施工例があり、工事報告も多数発表されているので、一般的な部分は省き、本橋において特徴ある脚頭部・柱頭部の太径鉄筋の施工、片持ち架設、支保工、中央ヒンジ沓について記述する。

4.2 脚頭部・柱頭部の施工

下部工と上部工の剛結部には、鉛直締めPC鋼棒（φ32 mm B種2号）が20本、D 51 mmの太径鉄筋がP₄橋脚で426本、P₅橋脚で414本配置されている。

D 51 mmの鉄筋は、当初ガス圧接継手となっていた

が、鉄筋の最小配置間隔が139 mmと狭く、かつ、3重に配置されている状況を考慮し、種々の検討を行った結果、作業の簡素化、工期短縮、安全性などの面から、継手品質の信頼性が高い機械継手（ネジダーバートルク継手）に変更した。

ネジダーバートルク継手は、ねじ状の節を有する特殊

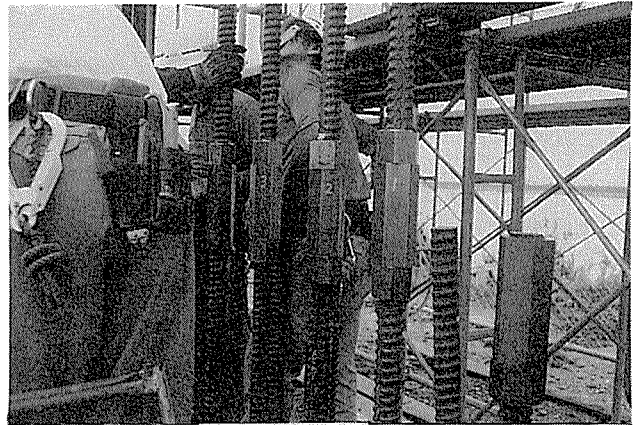


写真-2 ネジダーバートルク継手

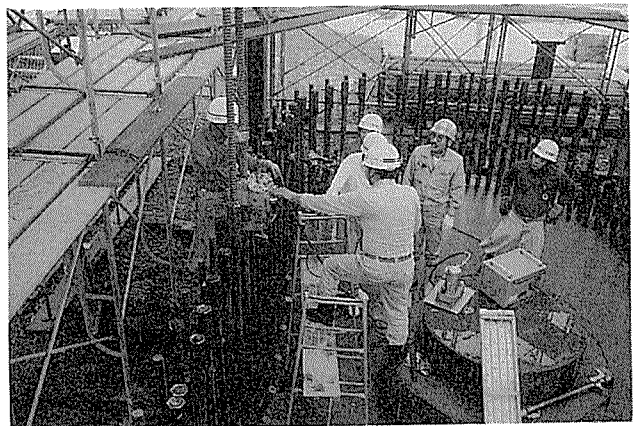


写真-3 油圧式締め付け装置

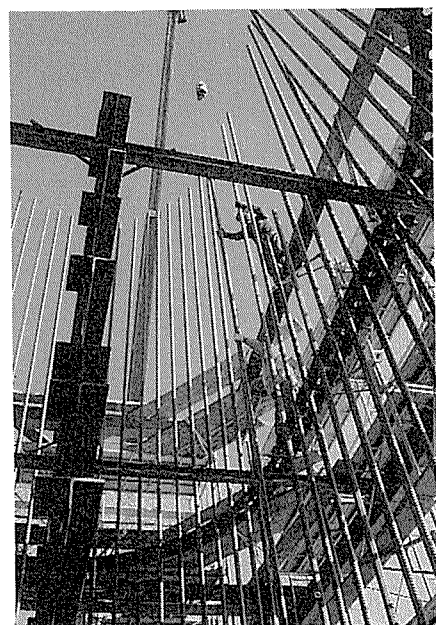


写真-4 D 51組立用ホルダー

◇工事報告◇

な異径鉄筋に雌ねじを切ったカップラーで継ぎ、両端に配置したロックナットで締め付ける機械継手である（写真-2）。

実作業は「ネジダーバー継手工法技術委員会」の実技技術講習を受けた「施工技能有資格者」が当たった。管理方法としては、油圧式締め付け装置（両端ナットを同時に締め付ける）で記録される「締め付け油圧値」によって行った（写真-3）。

鉄筋の組立は、写真-4 のとおり一本ごとにセットできる組立用ホルダーを製作し、施工精度の向上を図り良好な結果を得た。

4.3 片持ち架設部の施工

片持ち架設に使用したワーゲンは、一般型（架設能力2フレームで200 tf・m）で、本橋の最大モーメントの発生は、12 BL 施工時の199.2 tf・mであった。

片持ち架設部は、一部厳寒期に入りワーゲンの周囲を覆って防寒上屋とした結果、特に夏季と変わりなく工程的に影響はなかった。

1 ブロックの施工サイクルは、平均10日で、最早で6日であった。

4.4 支保工施工

1) 柱頭部支保工は、河川条件、軟弱地盤等を考慮し山留部材を使用し、フォームコネクター（M 22）およびPC 鋼棒で固定したブラケット式支保工を採用した（写真-5）。

また、施工時期が厳寒期と重なるため、支保工全体をシート（防災Ⅱ種）にて覆い防寒上屋とした（写真-6）。柱頭部は、4分割施工としたが、狭い作業空間での人力作業となり作業効率は良くなかった。

2) 側径間部支保工は、その設置場所の地表部が泥炭、下層部がN値10以下のシルト系の地層であった。そのため、支持層（N値40程度）までH形鋼杭を打ち込み、その上に鋼製架台を組み立てた。また、P₆ 橋脚部は、支柱位置が護岸ブロックにより制限されたので、梁材にはトラス式支保工（スパン17.4 m）を使用した

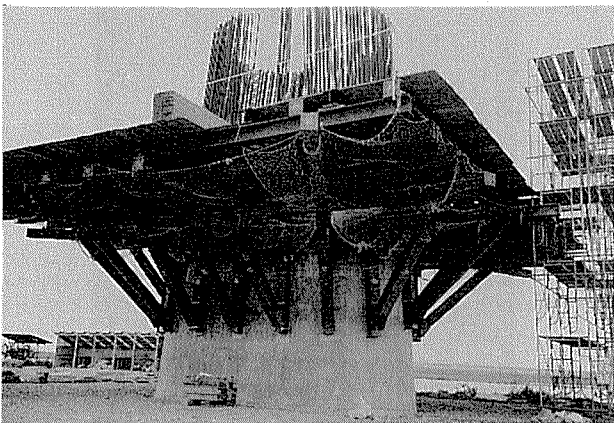


写真-5 柱頭部支保工

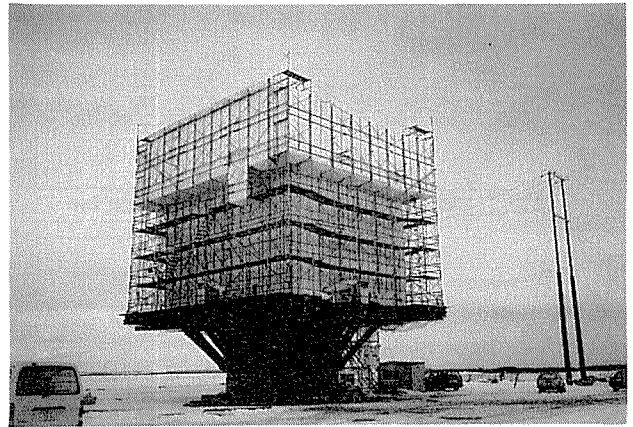


写真-6 柱頭部防寒上屋



写真-7 HS トラス

（写真-7）。

側径間部も支保工全体をシートで覆い防寒上屋内で作業を行った。上屋は、橋軸直角方向に、H形鋼（300×300）を用いて中間に柱がない構造とし、作業空間を広くとり作業性の向上を図った。

4.5 中央ヒンジ沓

本橋のような構造形式では、支間中央部にせん断力のみを伝達するヒンジ沓を設けている。その構造は、通常せん断力を伝達する鉛直沓（面支承タイプ、線支承タイプ）と橋軸直角方向の水平力を伝達する水平沓（線支承タイプ）で構成されていて、取付け部の形状が複雑である。

表-1 中央ヒンジ沓の設計条件

反 力		
鉛直反力	R	39.5 ton
鉛直反力（地震時）	R_e	49.6 ton
橋軸直角方向水平力（風時）	R_{H2W}	43.6 ton
移 動 量		
計算移動量	e_1	180 mm
設計移動量	e_2	200 mm
移動可能量	e	240 mm
許容支圧応力度		
コンクリート許容支圧応力度	σ_{ba}	120 kgf/cm ²

本橋では、支承受け部形状の単純化、維持、補修、管理の容易さを検討の結果、図-6 に示すとおり兼用沓を採用した。写真-8、図-7 のとおり中央閉合部の構造が単純化されたため、施工性は非常に良好であった。また、兼用沓を採用したことにより1個当りの重量は3.8 tf となった。

(1) 構造

従来の面支承タイプ（オスヒンジとメスヒンジ間にベアリングプレート沓を設けたもの）の鉛直沓のメスヒンジ部側面に鉄板を取り付け、オスヒンジの側面にも鉛直方向と同様にベアリングプレート沓を設け、支承1基にて鉛直力と水平力に対応する構造である。

反力および移動に対しては、各々設けられたステンレス鋼板とベアリング沓で対応し、回転に対してはゴムプ

レートの変形で対応している。

(2) 維持・管理

万一、面支承部が損傷した場合、水平方向は側面の鉄板を取り外し、鉛直方向はクサビ形の調整プレートⅠ・Ⅱを取り外すことにより、ベアリングプレート、ゴムプレート、ステンレス鋼板等は容易に取替えが可能である。

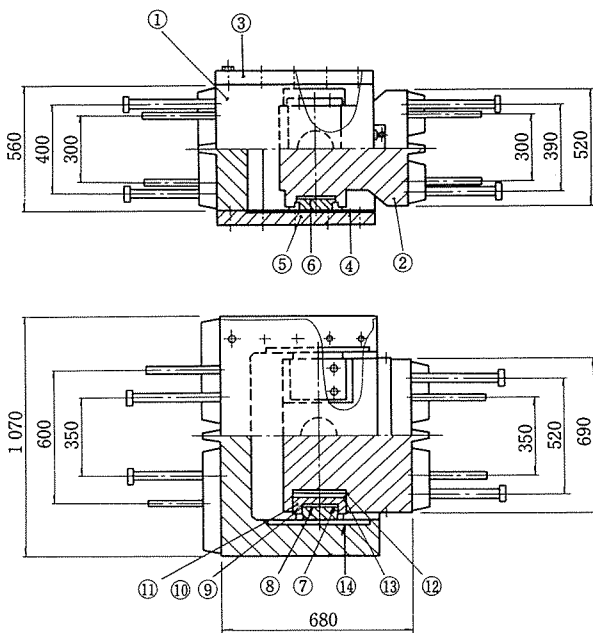


図-6 兼用沓

表-2 中央ヒンジ沓材料表

部番	品名	材質
①	メスヒンジ	SCMn 1 A
②	オスヒンジ	SCMn 1 A
③	サイドプレート	SS 41
④	スベリ板B	SUS 316
⑤	ベアリングプレートB	HB _s C ₄ +SL
⑥	ゴムプレートB	クロロプレングム
⑦	ベアリングプレートA	HB _s C ₄ +SL
⑧	ゴムプレートA	クロロプレングム
⑨	圧縮リングⅠ	PTFE
⑩	圧縮リングⅡ	C 5191 P
⑪	中間プレート	SS 41
⑫	調整プレートⅠ	SS 41
⑬	調整プレートⅡ	SS 41
⑭	スベリ板A	SUS 316

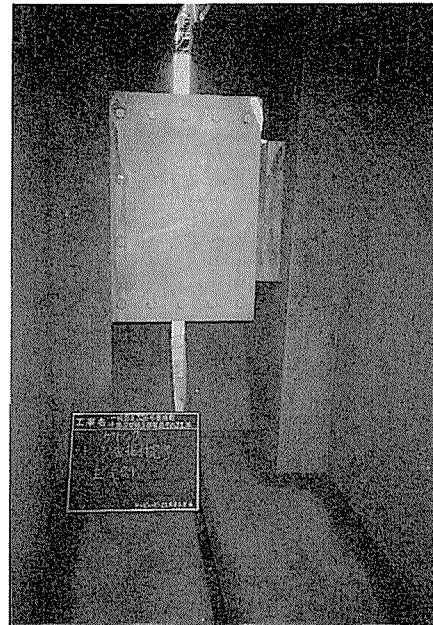
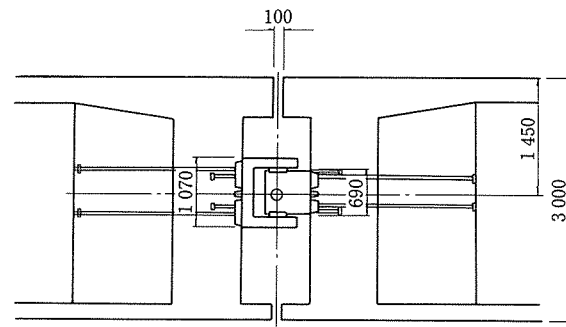


写真-8 中央閉合部

側面図



平面図

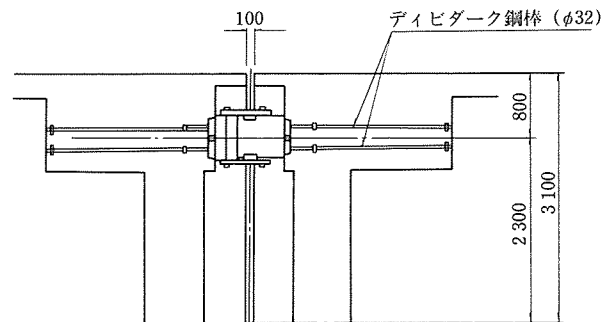


図-7 中央閉合部

5. 上越し管理

上越し管理の目的は、主桁の完成後、すなわちコンクリートのクリープおよび乾燥収縮が終了した時点で、橋面高が所定の高さになるようにすることである。そのために死荷重、プレストレスおよびクリープ等により生じる桁の変形量を事前に計算しておき、その値をもとに張出し架設の各段階において、型枠のセット高を決定する。

本橋においては、下記の荷重等による影響を考慮して上越し量を決定した。

- ・ワーゲン荷重
- ・コンクリート荷重
- ・プレストレス
- ・吊り支保工荷重
- ・橋面荷重
- ・コンクリートのクリープ、乾燥収縮の影響
- ・反力調整
- ・支保工自体の変形
- ・ワーゲン自体の変形
- ・構造の特性および美観等

上記の影響のうち美観についての考え方を説明する。

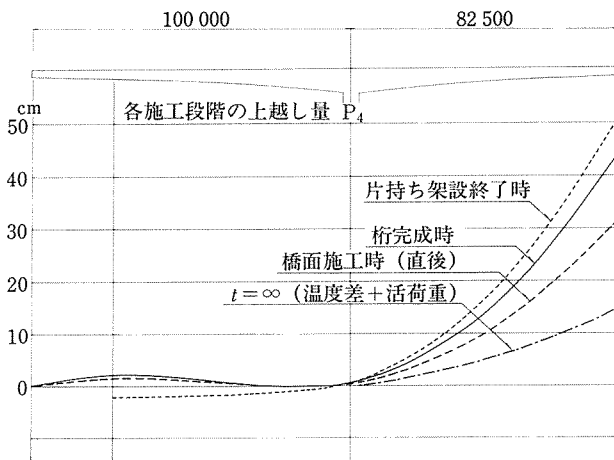


図-8 上越し計画図

P₄上越し管理図
(主桁完成時)

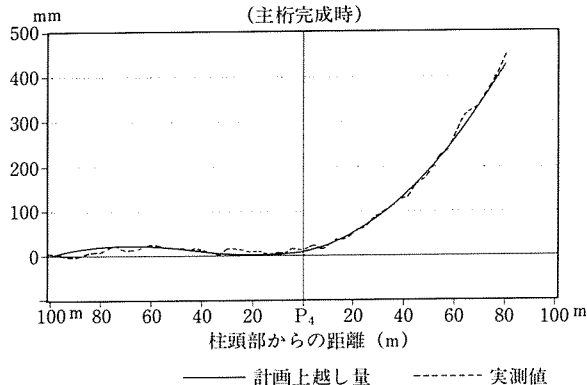


図-9 上越し管理図

本橋のような有ヒンジラーメンタイプの橋梁では、主桁が外部の要因によってたわみやすく、中央のジョイント付近のたわみが大きくなり、美観上好ましくない場合がある。このことに対処するため、これまでの実績を考慮し、活荷重載荷分と上下床版の温度差5度による変形量を美観上の上越し量として見込んだ。

この量は、支間長比で約 1/1 100 であった。

図-8に本橋の上越し計画図、図-9に実測値との比較を示す。

6. たれ下がり対策

本橋は、有ヒンジラーメン橋であるため中央ヒンジ部においてたわみが大きい。

実際には、橋梁の張出し架設時にたわみの影響を考慮して上越しを行うが、様々の要因により、予定以上のたわみが生じた場合のことを考慮して、次の方法で対処することとした。

すなわち、中央ヒンジ部がたれ下がった場合、道路の縦断線形を確保するため高さの不足分を舗装で覆う。次に、増加した荷重に対しては PC 鋼材 (SEEE ケーブルの F 200) 12 本で補強することとした。

PC 鋼材は、図-10 のように配置し、横桁には $\phi 100$ mm の孔を前もって開けておき、将来外ケーブルが施工可能となるような構造とした。

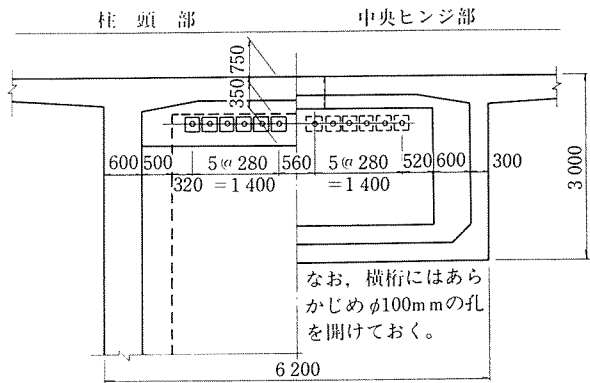


図-10 アウトケーブル配置孔

7. おわりに

十勝河口橋は、昭和 58 年からの下部工着工以来、平成 4 年度の完成をめざし施工中である。この間に投入される総事業費はおよそ 80 億円になる。

本橋の完成により、大津、十勝太が直結され、地区の漁業の操業体系や水産物の流通体制に好影響をもたらすほか、地域間交通の円滑化、産業開発の促進など、多岐にわたる効果が期待できる。

最後に本工事の施工にあたり、貴重なご意見、ご協力をいただいた関係各位に対し、誌面を借りて心から感謝する次第である。

【1992年5月13日受付】