

## 初代十勝大橋の建設に用いられた技術について

井上 勝伸\* 田口 史雄\*\* 嶋田 久俊\*\*\*

### 1. はじめに

近年、橋梁の床版やトンネルの覆工が剥離・剥落するなどの事故が目立つようになってきた。これらの事故の原因については種々の原因が考えられるが、コンクリート打設時の施工不良によるコールドジョイントの発生や塩分の浸透によって鉄筋が腐食・膨張する塩害などが一因となっている場合もある。また、設計から施工に至る分業化・専門化にともなう、設計者と施工者間での情報伝達不足も原因の一つであると考えられる。

さらに、主要先進国の統計が示すように、今世紀初頭にも日本の建設投資の半分は構造物の維持管理に費やされると予想されているとともに、景気・経済の低迷、少子・高齢化にともなう労働力の不足、税収の低下といった昨今の動向を鑑みると、橋梁やトンネルといった公共構造物に求められるのは、建設コストの縮減はもとより、高い品質と耐久性を有し、かつ供用期間中における維持・補修費用に多くを要しないことであると考えられる。

本報は、50数年にわたって健全性を損なわず、高い耐久性を有し、低ライフサイクルコストの代表事例となり得る初代十勝大橋の建設技術について述べるものであり、適切な設計・施工を行うことにより、優れた構造物になりえるといった例を示すものである。

ただし、本報で述べている施工法や技術については、今後用いられる可能性の少ないものも見受けられるが、当時RC桁橋としては世界第1位の橋面積をもった橋梁の建設のために全知全能をかたむけて凝らした創意工夫が、今後の新技術・新工法のヒントになればと思い、簡略にはあるが、記述することとした。

### 2. 初代十勝大橋の概要

初代十勝大橋（写真 - 1）は昭和16年に供用を開始し、治水上の理由により平成8年に解体され、その50有余年にわたる役割を全うした。

供用期間中に数度の調査及び補修は行われたものの、この時期に建設されたコンクリート構造物はまだ

AE剤が使用されていないにもかかわらず、帯広という寒暖が厳しく苛酷な凍結融解を繰り返し受ける、コンクリート構造物にとっては厳しい環境下においても、その健全性を損なわず保持し続けた。

設計者は大学を卒業してわずか2年目の、当時北海道庁帯広治水事務所勤務されていた横道英雄技手で、横道氏は工事費の積算、施工に当たったの現場監督にもあたっている。なお、横道氏はその後、当研究所の前身である北海道土木試験所の初代所長を経て、北海道大学工学部の教授を務められ、平成10年に享年89歳でご逝去なされており、心からの御冥福をお祈りします。



写真 - 1 供用中の初代十勝大橋

以下に初代十勝大橋の緒元と特徴についてまとめたものを記す。

- ・橋梁形式 RCゲルバー桁
- ・橋長  $10.5\text{m} + 9 \times 41.0\text{m} + 10.5\text{m} = 390\text{m}$
- ・幅員  $2 \times 2.7\text{m}(\text{歩道}) + 2 \times 3.5\text{m}(\text{車道}) + 5.6\text{m}(\text{電車}) = 18\text{m}$   
幅員は電車が通ることを想定して18mとして設計したが、軌道は敷設されなかった。
- ・コンクリート量 上部工 $7,351\text{m}^3$  下部工 $9,146\text{m}^3$
- ・鉄筋量 上部工 $1,175\text{t}$  下部工 $258\text{t}$
- ・橋面積  $6,987\text{m}^2$  RC桁竣工時世界1位
- ・支間長  $41.0\text{m}$  竣工時日本最長

- ・許容圧縮応力度 5.9~6.4N/mm<sup>2</sup> 最高ランク
- ・太経鉄筋の採用 φ44mm 最大長25mの丸鋼  
日本初採用
- ・鍛接継手の採用 矢筈式鍛接を用いることにより、  
継手部の所要強度を確保
- ・可動支承 コンクリートロッカー支承の採用  
幅1.2m 高さ2.2m 奥行き1.6m  
設計荷重6,056kN
- ・支保工 平衡荷重法によるアーチ式支保工  
世界初採用

### 3. コンクリート工

上部工に用いられたコンクリート量は7,351m<sup>3</sup>と膨大な量であり、当時としては最高ランクの許容圧縮応力度6.4N/mm<sup>2</sup>（構造計算より算出）としたため、配合、練混ぜ・運搬から打設・養生にいたるまで、細かな注意が払われた。

配合については、文献調査により水セメント比、骨材の最大粒径、スランプ、細骨材率などの適当な範囲を定め、それらの範囲内で種々の配合比の供試体を作成して試験を行い配合を定めた。

また、施工に当たっては「鉄筋コンクリート工事で最も大切なことはコンクリート打ちを実際に如何に厳正に施工するかということ・・・（中略）・・・コンクリートの基礎知識をよく理解してこれに最も忠実なるごとく施工するにしくはない」<sup>4)</sup>ということ、以下のようなことを実施した。

- ・表面水率を一定にするため、粗骨材に絶えず散水する。
- ・細骨材の表面水率を作業中も数回測定し単位水量を調節する。
- ・現場近傍に自家製の木製コンクリートプラントを設置する。（写真-2参照）
- ・トローリーでコンクリートを運搬し、いったん練り台に受けてスコップで攪拌した後、型枠に投入する。（写真-3及び4参照）
- ・一層の打設高さは30cmとし、締め固めは主にアメリカ合衆国より輸入した内部振動機で行い、必要に応じ手突きでの締め固めも実施する。
- ・打ち継ぎ面は水圧によってレイタンスを除去する。
- ・養生は河川水をくみ上げ、穴をあけたホースや竹管により注水するなどの工夫を行う。
- ・また、万全を期すため、骨材及びセメントを計量箱よりミキサ内に投下する者、コンクリートを型枠

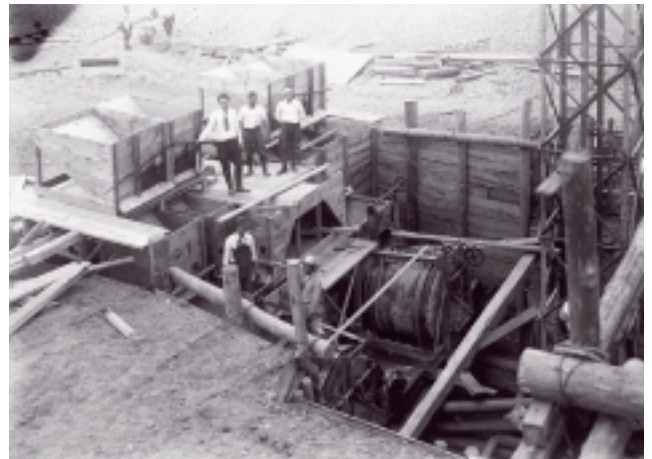


写真-2 右岸側橋台付近に設置されたプラント



写真-3 コンクリート打設状況（その1）



写真-4 コンクリート打設状況（その2）

内に投入する者、コンクリート振動機使用者及び大工等の12種類の役割分担に応じて細かな注意事項を記したコンクリート打必携を作成し、監督員及び従



業員幹部に携帯させた。

- ・打設用コンクリートより採取した供試体により、現場及び恒温養生にて材齢7、28及び90日での圧縮強度の確認（供試体総本数：741本）を行った。28日恒温養生での平均圧縮強度は配合強度22.0N/mm<sup>2</sup>に対し24.2N/mm<sup>2</sup>となった。

#### 4. 鉄筋工

細い丸鋼を主鉄筋として用いた場合、鉄筋の本数が増加して鉄筋の間隔が狭くなり、幾段にも重なることから、支間41mの碇着桁に用いる主鉄筋にはφ44mm×L25mの丸鋼を使用している。

また、最長68mの鉄筋を必要とするため、継手には経済性や施工性を考慮し、鍛接式継手を採用している。当時、鍛接継手は継手工法として避けられていたが、鉄筋の接合面の形状を変化させたり、継手箇所の断面積をパラメータとした引張試験の結果から、矢筈式という方法を用いることにより、所要強度を確保することができた。

鉄筋工における初代十勝大橋の特徴のいくつかを以下に記す。

- ・φ44mmの丸鋼には長さ11mの既製品しかなかったため、長さ25mの丸鋼を特注した。
- ・長尺丸鋼を自動冷却する装置がなかったため、波状彎曲（写真-5）が生じたが、ジムクローと槌打ちで整正した。
- ・鉄筋の加工場として現場内に3カ所の加熱場を設けた。
- ・鉄筋の位置を正しく保つため、支持梁と吊ボルトで型枠に固定するとともに、鉄筋間隔についてはφ12mmの丸鋼を波状に加工したものを2～2.5m間隔で設置した。
- ・床版の鉄筋は主桁腹部のコンクリート打設後に組み立てを行った（写真-6）。

また、鍛接継手の施工手順（図-1参照）は、以下の通りである。

母材a及びbを熱してアプセットを形成する。

母材aは先端の角を切り落とし、母材bには裂け目を作った後加熱して整形する。

再度加熱してから継ぎ手面の熔滓を取り除き、接着剤を一様に塗布する。

母材どおしを組み合わせて加熱した後、槌打ち・鍛接を行う（写真-7）。



写真 - 5 鉄筋の彎曲状況



写真 - 6 床版の鉄筋組立状況



写真 - 7 継手の槌打ち状況

継手部の断面積は実験結果より、安全のため母材の50%増しとする。

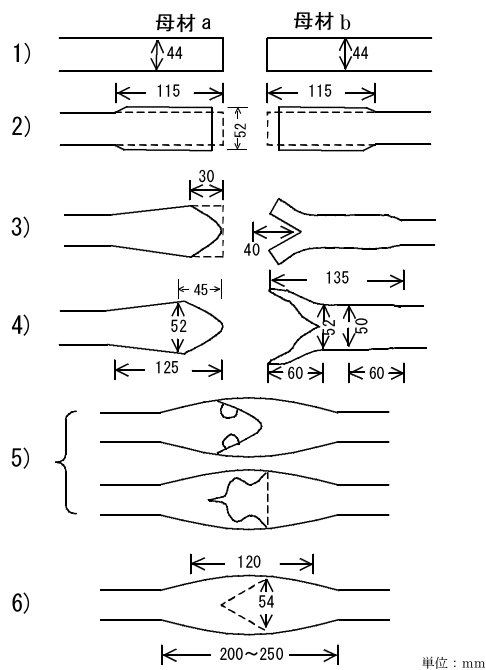


図 - 1 鍛接継手の施工手順

そして、鉄筋工に当たっては「鉄筋は設計図に示すところに従い正確に加工し、かつ正しく組立て、しかもコンクリート作業中に狂いを生ずることのないように忠実にそしてあらゆる努力を払うべきである」<sup>4)</sup>とも指摘している。

### 5. コンクリートロッカー支承

初代十勝大橋が設計された当時は、鋼製支承に比べ廉価であるとの理由から、コンクリート橋の可動支承として鉄筋コンクリート製のコンクリートロッカー支承が推奨されていた。

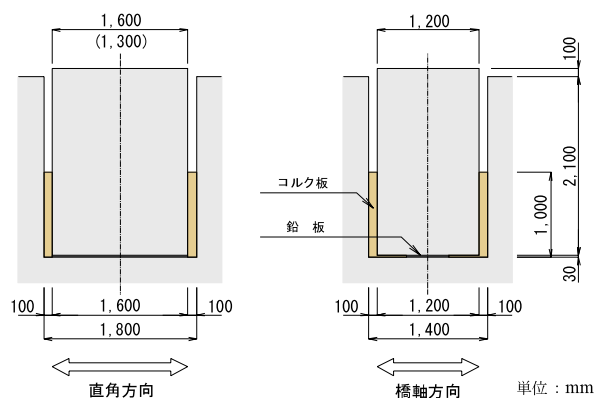
しかし、国内においての使用実績は2、3例しかなく、国外においても設計荷重4,802kNが最大であった。

また、ロッカーに鉛直荷重が载荷されたときに生じる内部応力に関する算定式や平面接触に関する研究も不十分であったため、新たな理論・算定式を導入するとともに、模型実験を行い確実性・安全性について立証し、初代十勝大橋では設計荷重6,056kNのロッカー支承を実現した。

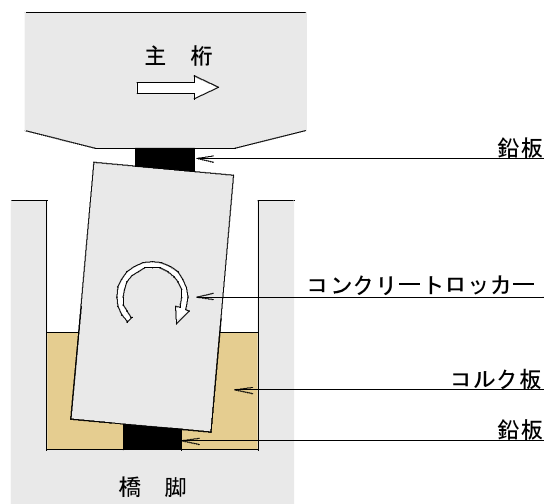
さらに、ロッカー支承の回転移動量について、建設後2年間の継続調査を実施している。

コンクリートロッカー支承は現在では用いられるこ

とはほとんどないと考えられるが、参考のため、構造と原理を図 - 2 に示す。また、写真 - 8 はロッカー沓の鉄筋組み立て状況である。



(a) 構造図



(b) 原理

図 - 2 ロッカー支承の構造と原理



写真 - 8 ロッカー支承の鉄筋組立状況



## 6. アーチ式支保工

初代十勝大橋の支保工は左岸側5径間は従来より使用されている杭打ち式支保工を用いたが、右岸側3径間は低水敷に位置し、出水の被害が予想されること及び工期の短縮を図るため、木造のアーチ式支保工を採用した。橋体コンクリートを打設すると支保工に変形が生じ、この変形がコンクリートにひび割れを誘発するなどの悪影響を及ぼすため、あらかじめ橋体コンクリートと同じ重量の土砂を載荷しておき、コンクリート打設とともに漸次土砂を落下させ、支保工には常に一定荷重を載荷させるといった工夫を行った。

また、アーチ式支保工の支端には、特別製の鑄鉄製沓を取り付けたが、合計重量が45tと多かったため、支保工撤去後には高欄金物の鑄造に再利用された。

アーチ式支保工の組立状況を写真-9及び10に、コンクリート打設後の状況を写真-11に示す。

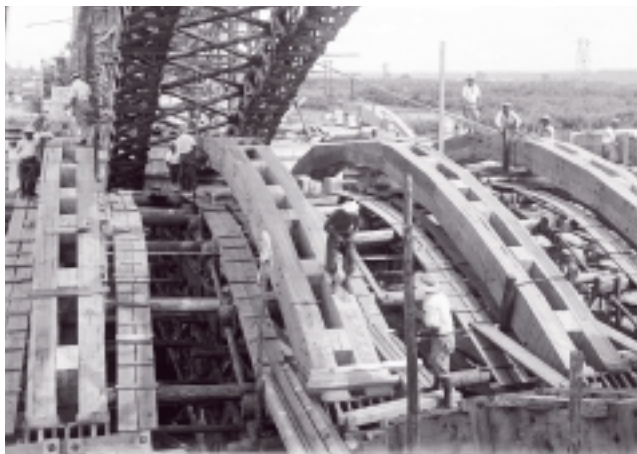


写真-9 アーチ式支保工組立状況(その1)



写真-10 アーチ式支保工組立状況(その2)  
(支保工の上側の木造構造物は資材運搬用仮橋)



写真-11 コンクリート打設後のアーチ式支保工

## 7. 長期耐久性試験

現在、初代十勝大橋の桁の一部は苫小牧市美沢にて保存(写真-12参照)され、西暦2146年までの150年(建設時より200年)にわたる長期耐久性試験を実施しており、今後のコンクリートの耐久性に関する研究に資するべく、第二の人生を送っている。



写真-12 主桁の暴露状況

## 8. おわりに

調査・設計から施工までの分業化・専門化や現場技術者が負う役割の比重として工事費の積算関連のウェイトも高くなってきている。

そのような中、コンクリート構造物の早期劣化の原因として、業務の細分化による設計者と施工者間での情報伝達不足と関連付けられていることもあり、本来の技術資料の趣旨とは幾分はずれた内容ではあるが、一人の技術者が施工を考慮した設計を行い、そして時には試行錯誤を繰り返しながらも、その設計思想を忠

実に反映した施工を実施することによって、優れた耐久性を有することとなった構造物の例を取り上げた。

温故知新の例え通り、少しでも今後の現場技術業務に役立つことが得られれば幸いである。

### 参 考 文 献

本文中とくに文献番号を附してはいないが、全体を通して以下の文献を参照した。

- 1) 横道英雄：河西橋に関する報告及び研究(其の2)  
- 鉄筋の鍛接継手について - ,土木学会誌 ,vol .28 ,  
No 8 ,1942 ,pp .707 ~ 717
- 2) 横道英雄：河西橋に関する報告及び研究(其の5)

- アーチ式支保工について - , 北海道開発局土木試験所報告第3号 ,1948 ,pp .1 ~ 19
- 3) 横道英雄：河西橋に関する報告及び研究(其の6)  
- 鉄筋工及び橋体コンクリート施工について - , 北海道開発局土木試験所報告第3号 ,1948 ,pp 20 ~ 44
- 4) 横道英雄：河西橋に関する報告及び研究(其の7)  
- コンクリート・ロッカーに関する理論的並び実験的研究 - , 北海道開発局土木試験所報告第4号 ,1948 ,pp .1 ~ 48
- 5) 太田利隆：コンクリート橋の健全度に関する研究 , 開発土木研究所報告第99号 ,1993 ,pp .157 ~ 164
- 6) 神田均 , 川田敦：とかちおおはし物語 ,1997



井上 勝伸\*

北海道開発土木研究所  
構造部  
材料研究室  
主任研究員



田口 史雄\*\*

北海道開発土木研究所  
構造部  
材料研究室  
室長



嶋田 久俊\*\*\*

北海道開発土木研究所  
構造部  
材料研究室  
副室長