

橋梁技術発表会

2023年10月13日

令和5年度 伊藤學賞受賞記念講演

### 北海道土木技術会・鋼道路橋 研究委員会の活動と成果

北海道大学 名誉教授  
工学博士 林川俊郎

### 略歴（自己紹介）

#### 学 歴

昭和47年3月 北海道大学工学部土木工学科 卒業  
昭和49年3月 北海道大学大学院修士課程 修了  
昭和59年3月 北海道大学工学博士(論文博士) 取得

#### 職 歴

昭和49年4月 北海道大学工学部 助手  
昭和60年3月 プリンストン大学(米国) 客員研究員  
昭和63年8月 北海道大学工学部 助教授  
平成16年4月 北海道大学大学院工学研究科 教授  
平成25年4月 北海道大学 名誉教授  
平成25年4月 北海道大学大学院工学研究院 特任教授  
平成27年3月 北海道大学大学院工学研究院 退職

### 研究活動（自己紹介）

- 昭和49年4月～ 北海道大学工学部において  
「鋼床版の耐荷力とUリブの規格化」
- 昭和51年4月～ 北海道大学工学部において  
「走行荷重による連続橋と吊橋の動的応答」
- 昭和61年4月～ 北海道大学工学部において  
「橋梁構造物の固有振動特性と動的応答」
- 平成 5年4月～ 北海道大学工学部において  
「歩道橋の動的応答解析と振動使用性」
- 平成 9年4月～ 北海道大学大学院工学研究科において  
「橋梁構造物の大地震時非線形挙動」
- 平成14年4月～ 北海道大学大学院工学研究科において  
「鋼製斜張橋タワーの大地震時非線形挙動」
- 平成19年4月～ 北海道大学大学院工学研究科において  
「免震支承と落橋防止システムの耐震性能」

### 社会活動（自己紹介）

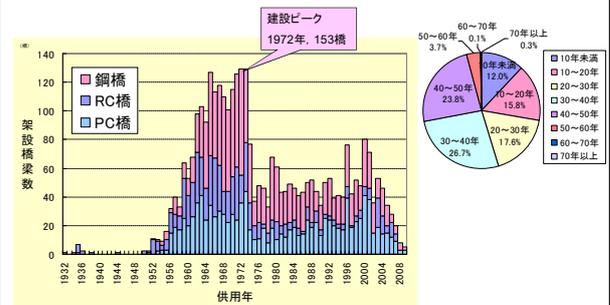
- 平成 5年5月 道路管理技術検討委員会委員
- 平成 5年8月 岩見沢大橋技術検討委員会委員(道)
- 平成6年10月 白老湾海岸整備計画調査検討委員会委員(局)
- 平成 7年2月 美原大橋及びその周辺高度利用検討委員会委員長
- 平成8年11月 札幌市地震対策土木技術検討委員会委員
- 平成 9年9月 道々 静内中札内線ビチャリ11号橋検討委員会委員
- 平成 9年9月 千歳ジャンクションランプ橋事故対策検討委員会委員
- 平成13年9月 北郷立体交差技術検討委員会委員(局)
- 平成13年9月 北海道道路管理技術センター道路防災ドクター
- 平成14年4月 公物の維持管理更新のあり方に係る専門員(道)
- 平成14年9月 土木研究センター落橋防止構造に関する研究委員会
- 平成15年7月 追直漁港人工島橋梁景観検討委員会委員長(局)
- 平成15年9月 平成15年台風10号災害調査委員会委員(道)
- 平成15年9月 平成15年十勝沖地震検討委員会検討委員会委員

### 社会活動（自己紹介）

- 平成16年2月 公共土木施設長寿命化検討委員会委員(道)
- 平成16年4月 札幌市地震防災検討委員会委員
- 平成16年6月 北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会委員長
- 平成16年10月 追直漁港施設利用検討委員会委員(局)
- 平成17年3月 創成橋保存技術検討委員会委員長(札幌市)
- 平成17年12月 ECCを用いた橋面構造に関する検討委員会委員(局)
- 平成18年6月 北海道新幹線冬季対策検討委員会委員(鉄道運輸)
- 平成19年4月 札幌市地震被害想定委員会委員
- 平成20年3月 溶接学会北海道支部支部長
- 平成20年8月 札幌市橋梁長寿命化修繕計画策定検討委員会委員
- 平成21年4月 土木学会北海道支部支部長
- 平成21年4月 北海道開発局道路防災有識者(局)
- 平成21年5月 札幌自動車道新川高架橋伸縮装置損傷検討委員会
- 平成21年8月 橋梁長寿命化修繕計画に関する有識者会議委員(局)
- 平成24年7月 東日本高速道路北海道支社橋梁長寿命化検討委員会

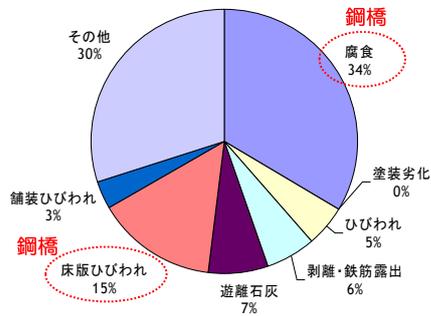
### 道内の国道橋の建設推移

約4,000橋 (H18年時点,側道橋も含む)



## ■北海道の損傷の特徴

北海道の国道橋梁の損傷の特徴は？



## ■北海道における鋼橋の損傷について

## ■鋼橋の損傷

### ■ 腐食

第1段階 塗装のはがれ



内部の錆の発生により塗装がはがれる場合もある

第2段階 錆の発生



水がたまりやすい、通気性が悪い個所で腐食が発生しやすい

### ■ 腐食

第3段階 鋼材断面の欠損



腐食が進行すると、鋼部材が腐食により欠損する場合もある。

### ■ 腐食

北海道での事例



【支承部近傍】

### ■ 腐食

北海道での事例



【桁端部】

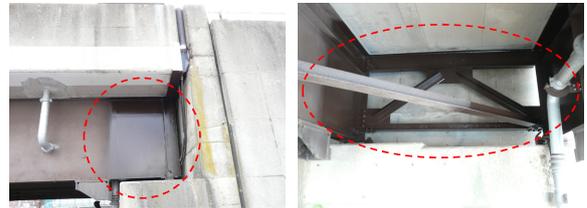
■ 腐食

桁端部に腐食・損傷が多い理由として・・・

- ① 伸縮装置の損傷・劣化
  - 路面からの土砂・雨水の流れ落ち
  - 土砂・雨水の堆積・滞水
- ② 閉鎖的空間・狭隘（風通しの悪さ）
  - 堆積物の滞留
  - 湿気の滞留
  - メンテナンス性の悪さ

■ 腐食の補修

桁端部の塗装塗り替えによる補修例  
（重防食塗装）・（金属溶射）



主桁端部塗り替え補修例

端対傾構塗り替え補修例

■ 腐食の補修

当て板による補修例



ボルト接合による当て板補修の例

溶接による当て板補修の例

■ 腐食の補修

橋梁洗浄による塗装の延命化対策例



◇ 予防保全の一つの方法として、橋梁部材に付着した汚れや塩分などを取り除き、できるだけ架設初期の状態に近づけて、橋梁全体の腐食寿命を延ばすことを目的とした対策。

第1章 設計条件WG

■改訂ポイント その他-1

1.3.2 耐候性鋼材の適用地域

p1-15

【改訂ポイント】  
適用地域は、道示（Ⅱ鋼橋編）によることを標準とした。  
「北海道における耐候性鋼材裸使用の道路橋の設計及び施工指針」昭和56年7月

<背景>

従来、道路管理者により適用地域に相違があった。基本方針を統一した。

三国橋（昭和58年完成、橋長106m）  
支間割 31.6m+41.0m+31.6m

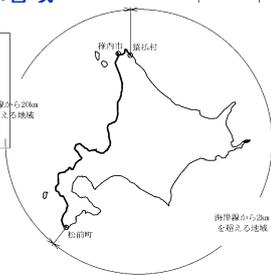


図-解1.3.4 耐候性鋼橋梁の適用地域

■ 亀裂

鋼部材は断面が薄いため、少しの亀裂でも、安全性を損なう可能性がある。



■ 亀裂

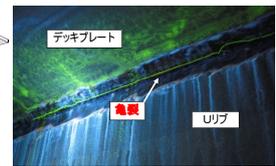
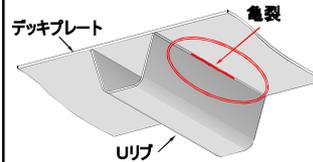


斜材の破断  
(コンクリート埋め込み部の  
滞水等による腐食の進行)

■ 亀裂

北海道での事例

鋼床版の損傷

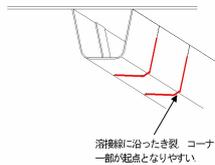


磁粉探傷試験

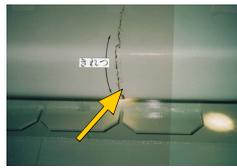
■ 亀裂

北海道での事例

Uリブ溶接部の損傷



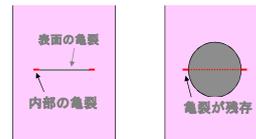
溶接線に沿ったき裂 コーナ  
一部が弱点となりやすい



高力ボルトを用いた補修例

■ 亀裂の補修

ストップホールによる  
補修例 (応急対策)

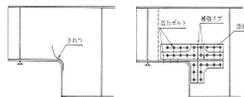


亀裂先端に24φ  
の円孔をあける

- ・確実に先端に孔をあけることが重要
- ・グラインダーで削りながら非破壊検査により亀裂先端を発見して開孔

■ 亀裂の補修

補強板添加による  
補修例



- ・下フランジとウェブを一体化させたL型補強板が望ましい
- ・できれば新規支承や大きめのソールプレートへの取り替えが望ましい

■ ボルトの脱落

遅れ破壊による高力  
ボルトの脱落、または、  
腐食によるものなど



□ 遅れ破壊とは？

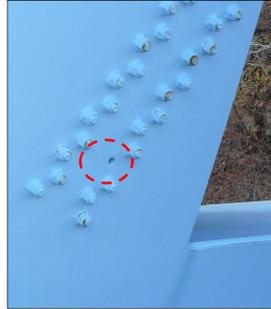
- 遅れ破壊とは、一定の引張荷重が加えられている状態で、ある時間が経過したのち、突然脆性的に破壊する現象です。
- これまでの調査から、F11T高力ボルトの特に昭和46年~52年頃のものに多く見られます。
- また、腐食環境の厳しい箇所に発生しやすい

■ **ボルトの脱落**

北海道での事例



遅れ破壊が懸念される橋については、高力ボルトの交換が必要となってくる。



■ **床版の損傷**

- 鋼橋において、主にコンクリート床版が用いられる。
- 通行車両が繰り返し通過することで、疲労による損傷が問題となる。
- 疲労破壊とは、小さい力であっても、継続的に繰り返し受け続けると、受けた部材の強度が次第に小さくなり、やがて変形し、破壊に至ることをいう。
- 特に、北海道は凍害による損傷（陥没）が多く発生している。

■ **床版の損傷**

床版の損傷プロセス

潜伏期  
(一方向ひびわれ)



進展期  
(二方向ひびわれ)



■ **床版の損傷**

床版の損傷プロセス

加速期  
(角落ち、漏水)



劣化期  
(局所的な陥没)



■ **床版の損傷**

北海道の損傷事例

床版破壊事例：2008年6月

床版破壊事例：2008年7月



- 床版損傷は安全・快適な交通を阻害し、利用者への影響は大きい。そのため、このような事態ならぬように、日常点検時に、十分な配慮が必要である。

■ **床版の損傷**

北海道の損傷事例

凍害による損傷

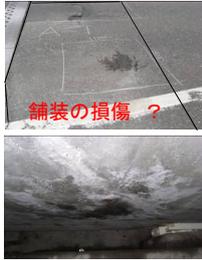


- 舗装を撤去すると、床版コンクリートのほとんどが砂利化している。また、滞水も確認された。

## ■ 床版の損傷

### 北海道の損傷事例

#### 点検時の注意



舗装を撤去してみると、床版上面が砂利化、人力でもザクザクの状態



下面の状況：漏水はあるがひび割れの進展が無い

## ■ 床版の損傷

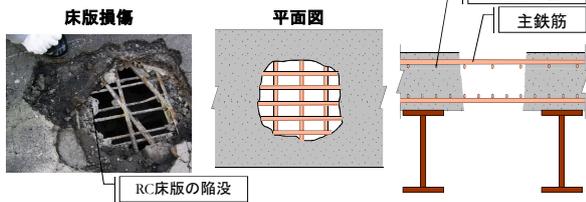
### 北海道の損傷事例

#### 水の影響とは

- 乾燥収縮や交通荷重の繰り返しによりひび割れが発生する
- ひび割れから水の浸入しひび割れ面の摩耗が促進する
- 浸透水によって凍結融解が促進する  
上記現象によって・・・
- ひび割れ面のこすり合わせ現象とひび割れ面内の水が路面に吹き出すポンピング現象が生じる。
- 床版表面のコンクリートはセメントペーストと骨材に分離され骨材化現象が生じる。

## ■ 床版の損傷

### 床版の緊急補修

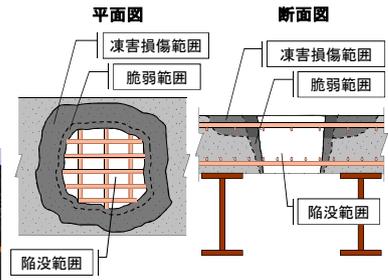


損傷部分の補修が必要

## ■ 床版の損傷

### 破壊状況を調査

- ・目視確認
- ・打音検査
- ・超音波レーダ探査

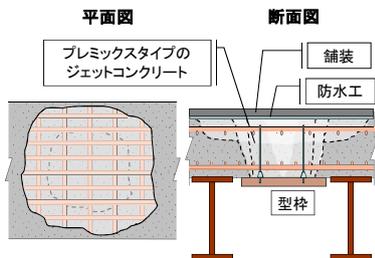


陥没部分の他、陥没周辺の凍害・脆弱範囲の確認調査

## ■ 床版の損傷

### 補修工法

- ① 脆弱範囲の撤去
- ② コンクリート充填
- ③ 防水工
- ④ 舗装



RCの撤去はハンドガンタイプのWJ (40-70Mpa) が適切  
くさび型に、陥没部分の補修を行うのがポイント

## ■ 床版の損傷

### 床版補修事例

#### 補修箇所



欠損部詳細 (はつり完了)



#### ジェットコン打設状況



打設完了



## ■ 支承の損傷について

## ■ 支承

・ 支承は、橋台、橋脚上に設置され、上部構造と下部構造をつなぐ役割をもつ。

・ 支承(沓)の種類

- 鋼製
- ゴム製

・ 支承の設置

- 上部構造とはボルトで直接連結
- 下部構造ともボルトで連結されるが、下部構造上に、台座コンクリートとモルタル(沓座モルタル)を設け、その上に支承が設置されている。



## ■ 支承の損傷

・ 支承本体

- 腐食
- 欠損

・ 台座コンクリート

- 破損

・ 沓座部

- 表面コンクリートの劣化
- 土砂堆積



## 第12章 付属物

### ■改訂ポイント 【支承】

写真	説明	改訂ポイント	写真	説明	改訂ポイント
	腐食 ・ 鋼製支承の腐食 ・ 鋼製支承の腐食による支承本体の劣化	鋼製支承の腐食 ・ 鋼製支承の腐食による支承本体の劣化		支承本体の劣化 ・ 鋼製支承の腐食による支承本体の劣化	鋼製支承の腐食 ・ 鋼製支承の腐食による支承本体の劣化
	欠損 ・ 鋼製支承の欠損 ・ 鋼製支承の欠損による支承本体の劣化	鋼製支承の欠損 ・ 鋼製支承の欠損による支承本体の劣化		支承本体の劣化 ・ 鋼製支承の欠損による支承本体の劣化	鋼製支承の欠損 ・ 鋼製支承の欠損による支承本体の劣化
	破損 ・ 鋼製支承の破損 ・ 鋼製支承の破損による支承本体の劣化	鋼製支承の破損 ・ 鋼製支承の破損による支承本体の劣化		支承本体の劣化 ・ 鋼製支承の破損による支承本体の劣化	鋼製支承の破損 ・ 鋼製支承の破損による支承本体の劣化
	表面コンクリートの劣化 ・ 表面コンクリートの劣化 ・ 表面コンクリートの劣化による支承本体の劣化	表面コンクリートの劣化 ・ 表面コンクリートの劣化による支承本体の劣化		支承本体の劣化 ・ 表面コンクリートの劣化による支承本体の劣化	表面コンクリートの劣化 ・ 表面コンクリートの劣化による支承本体の劣化
	土砂堆積 ・ 土砂堆積 ・ 土砂堆積による支承本体の劣化	土砂堆積 ・ 土砂堆積による支承本体の劣化		支承本体の劣化 ・ 土砂堆積による支承本体の劣化	土砂堆積 ・ 土砂堆積による支承本体の劣化

## 第12章 付属物

### ■改訂ポイント 【支承】

#### 12.2.4 支承の補修および交換 (pp12-8~12-11)

参考) ゴム支承表面クラックの補修の一例

①地震により大きなせん断変位が残ったゴム支承の補修例



写一解 12.2.1 震災後の支承

写一解 12.2.2 クラックの拡大

写一解 12.2.3 補修後

## 第12章 付属物

### ■改訂ポイント 【支承】

#### 12.2.4 支承の補修および交換 (pp12-8~12-11)

参考) 支承交換における制御破砕工法の検証実験



写一解 12.2.11 支承交換における制御破砕工法の検証実験

## ■伸縮装置・防護柵の 損傷について

### ■伸縮装置・防護柵

□伸縮装置・防護柵ともに、損傷劣化（腐食等）が多く確認される部位。

#### ・伸縮装置

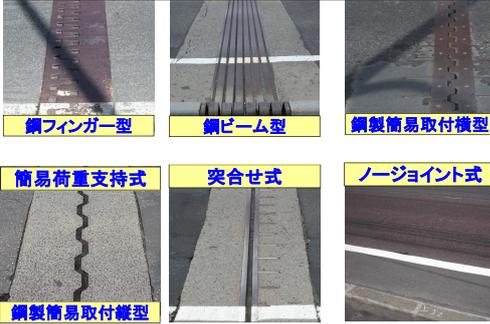
➢橋の端部において、桁の温度による伸び縮みを吸収するために設けられる構造

#### ・防護柵

➢車両や歩行者の路外への逸脱を防止するために設けられる柵

### ■伸縮装置

#### 荷重支持式



### ■伸縮装置の損傷

#### 北海道の損傷事例



#### ■錆発生



#### ■止水部材脱落



#### ■除雪機接触損傷



寒冷地特有の損傷状況に対応した伸縮装置の改善提案

## 第12章 付属物

### ■改訂ポイント【伸縮装置】

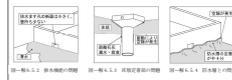
区分	従来仕様	改善状況	改善の特色	改善の概要
①伸縮装置	へこみ 跡 残り 跡	中央突起型	縦筋のほとんどは特殊鋼材の鋼筋を基盤アスファルト舗装材の裏面に埋め込み、伸縮装置の劣化による凹凸が減少する。	特殊鋼材の鋼筋を基盤アスファルト舗装材の裏面に埋め込み、伸縮装置の劣化による凹凸が減少する。
	中央突起型	中央突起型	定常点や急急降の発生を抑制し、定常点に伸縮装置形式の変更の必要が減少する。	定常点や急急降の発生を抑制し、定常点に伸縮装置形式の変更の必要が減少する。
②伸縮装置	ゴム定着部の破損	ゴム定着部の破損	ゴム定着部の破損を抑制し、定常点に伸縮装置形式の変更の必要が減少する。	ゴム定着部の破損を抑制し、定常点に伸縮装置形式の変更の必要が減少する。
	ゴム定着部の破損	ゴム定着部の破損	ゴム定着部の破損を抑制し、定常点に伸縮装置形式の変更の必要が減少する。	ゴム定着部の破損を抑制し、定常点に伸縮装置形式の変更の必要が減少する。

## 第6章 付属物

### ■改訂ポイント【排水設備】

要求性能 (pp6-57~58)

- (1) 排水性
- (2) 耐荷性
- (3) 耐腐食性
- (4) 維持管理性



## 第6章 付属物

### ■改訂ポイント 【排水設備】

#### 雪寒地域における排水設備



図一解 6.5.5 雪寒地に対応する排水ますの参考例  
写一解 6.5.10 雪寒地に対応する排水ますの参考例

## 第12章 付属物

### ■改訂ポイント 【橋梁用防護柵】

#### 損傷事例 (pp12-25~12-26)

種別	部材	主な損傷事例	調査方法
橋梁柵	支柱	腐食 亀裂 傾斜 倒壊	目視、打撃検査
	横材	腐食 傾斜 倒壊	
歩道柵	支柱	腐食 傾斜 倒壊	目視、打撃検査
	横材	腐食 傾斜 倒壊	
歩道柵	支柱	腐食 傾斜 倒壊	目視、打撃検査、コンクリート打撃
	横材	腐食 傾斜 倒壊	



## 第12章 付属物

### ■改訂ポイント 【照明柱】

#### 12.8.2 損傷の種類と原因 (p12-46)

4) 照明柱の傾斜・変形  
写一解 12.8.4 は照明柱の腐食による変形の事例である。照明柱の変形または傾斜は、車両等の衝突により生じる場合がある。

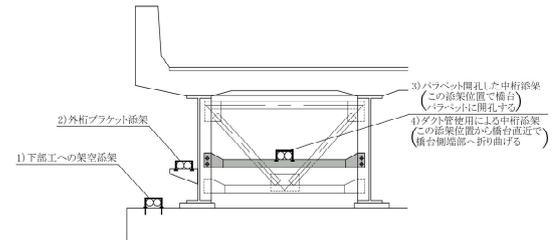


写一解 12.8.1 腐食  
写一解 12.8.2 照明柱基部のナットのゆるみ  
写一解 12.8.3 照明柱基部のラップ上端の腐食亀裂  
写一解 12.8.4 衝突等による照明柱の変形

## 第12章 付属物

### ■改訂ポイント 【添架物】

#### 12.9.2 既設橋梁への添架方法 (pp12-52~12-53)



## 北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針の改訂

北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会  
(平成24年1月 指針の大幅な改訂作業を実施)

初版：昭和44年3月  
第2版：昭和47年4月  
第3版：昭和54年4月 (P189)  
第4版：昭和58年8月 (P215)  
第5版：平成元年11月 (P284)  
第6版：平成7年12月 (P318)

第7版：平成24年1月(本改訂)  
第1編：設計・施工編 (P390)  
第2編：維持管理編 (P386)  
第3編：資料編 (P91)  
なぜ、このような指針が北海道で作成することが出来たのか？

#### 北海道三大名橋 (戦前の橋梁)

- 明治時代は①豊平橋 (明治31年)、②石狩川橋 (明治35年)、③旭橋 (明治37年) の3橋のみである。大正時代は①石狩大橋 (大正9年)、②豊平橋 (大正13年) の2橋のみである。
- 昭和の時代になると、鋼橋が盛んに架けられ、大東亜戦争が始まると、鋼材の入手が困難となり、鋼橋の架設は不可能となった。
- 北海道内に架設された戦前の鋼道路橋はおおよそ30橋である。

#### 新・北海道三大名橋 (戦後の橋梁) の提案

- 1954年に第一次道路整備五ヶ年計画が始まり、高度成長期と重なるように北海道内の道路橋の建設事例が急速に増加した。
- 国土交通省「道路統計年報」の橋梁の現況データによると、他府県に比較して北海道の橋梁数が最も多く、13,451橋である。
- 北海道開発局が管理する橋梁(国道)は4,385橋であり、札幌市が管理する橋梁(市道)は1,280橋ほどである。



**(1)豊平橋(札幌市)**  
大正13年(1924)年竣工  
3連タイドアーチ橋  
橋長120.7m






**(2) 幣舞橋(釧路市)**  
昭和3年(1928年)竣工  
5連鉸桁橋  
橋長118m





**(3)旭橋 (旭川市)**  
昭和7年(1932年)竣工  
タイドアーチ橋  
橋長225.4m



**旭橋 Asahibashi**  
北海道旭川市の石狩川と牛朱別川の合流地に架かる  
旭橋は北海道三大名橋の内、唯一、現存する橋梁である  
橋梁形式：プレーストリブ・カンチレバー・タイドアーチ

土木学会選奨土木遺産

現在の旭橋は2代目  
地域のシンボルとして市民の愛着が深い



**旭橋の歴史 History**

開拓使時代の渡し舟に始まり、1892年の木造土橋、1894年の鷹栖橋が架設され、1904年にシュヴェットラートラス形式の初代旭橋が竣工される

現在の旭橋は1927年に吉町太郎一の設計指揮、樋浦大三などの設計により、1932年に竣工する




時代的な背景 (初代旭橋から2代目旭橋への架け換え理由)

その当時、旭川市は道北の産業、経済、軍事の拠点として発展する。旭橋は旭川市街の中央部に位置し、旭川駅から石狩川を跨ぎ、第七師団を結ぶ軍事的に重要な橋である。

架け換への理由：

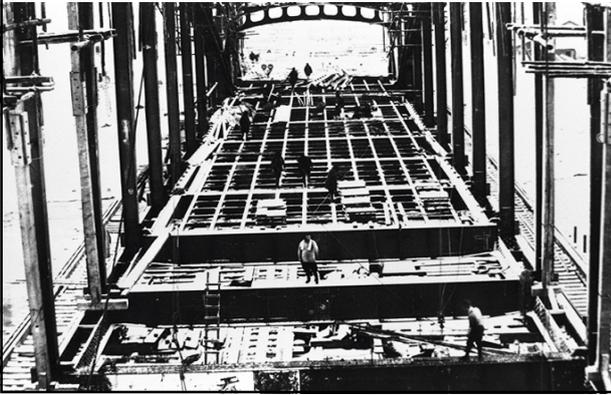
- ①路面電車を通す地元からの要望
- ②交通量の増加
- ③交通荷重の増大

急速に老朽化が進行したことにより、初代旭橋の架け換えが必要とされた。





### 縦桁と横桁の骨組構造

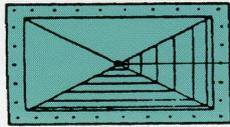


### シンダーコンクリートの打設状況 シンダー(石炭の燃えかす)とセメントの練り混ぜ



### バックルプレート (Buckle Plate)

図⑤バックルプレート



$\phi 19$ の孔

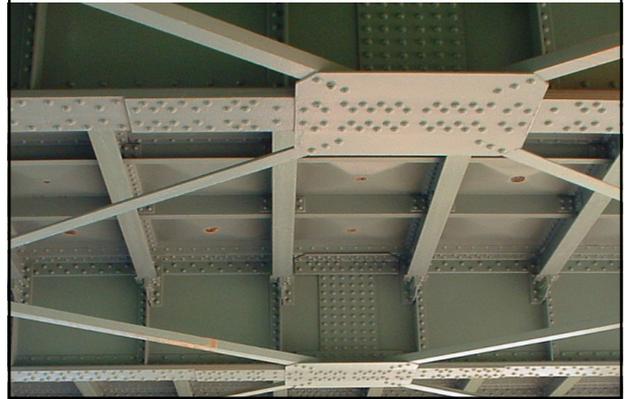


写真⑧バックルプレート  
(橋の下から見た写真)



写真⑨バックルプレートの小穴  
(橋の下から見た写真)

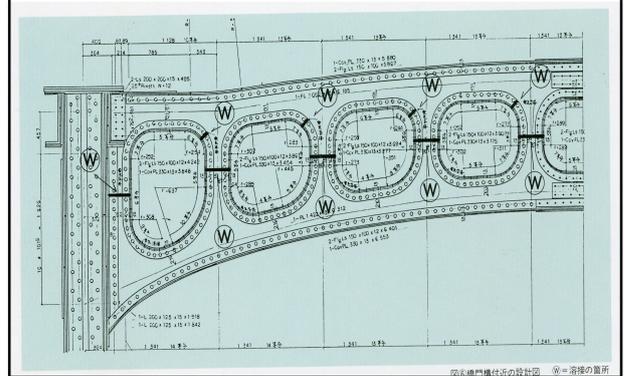
### 床組とバックルプレート



### 橋門構の架設



### 橋門構付近の設計図(W=溶接箇所)



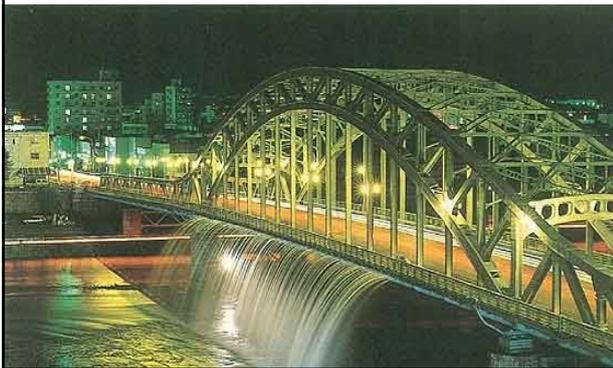
## 橋脚(下部構造)の架設工事



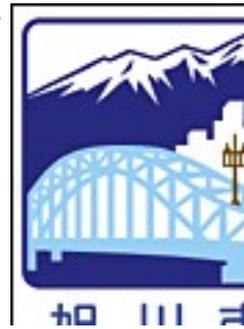
## 旭橋の橋脚の現状



## 旭橋60周年記念事業(還暦)



## 旭橋のカントリーサイン



## 新北海道三大名橋の提案

### (1) 白鳥大橋(室蘭市、平成10年(1998年) 竣工)

3径間2ヒンジ補剛吊橋、橋長1,380m、幅員14.25m、世界で初めての地中連続壁剛体基礎工法とS字形のワイヤーを採用した東日本最大級の吊橋である。

### (2) 十勝大橋(帯広市、平成7年(1995年) 竣工)

PC4室箱桁を補剛桁とする3径間連続PC斜張橋、橋長501m、幅員32.8m、日本一の床面積を誇る国内最大級のPC斜張橋である。

### (3) 三国橋(上川町三国地区、昭和58年(1983年) 竣工)

3径間連続鋼飯桁橋、橋長106m、幅員7.5m、北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会が全国に先駆けて作成した「設計及び施工指針」に基づき、設計、製作、施工、架設された鋼道路橋である。

橋梁振動の計測と解析  
橋梁振動研究会編

1991年6月15日 撮影  
大阪千里・藤白荘にて

**橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析**  
技報堂出版会、1993年(12,000円)

前田研一 川谷充郎 本田秀行 米田昌弘 林川俊郎 岡林隆敏  
加藤雅史 大島俊之 久保雅邦 杵本正信 梶川康男