

平成22年度

# 長大橋における異種構造の連続化と 経済的な支間割による合理化橋梁

## —一般国道337号当別町札幌大橋—

札幌開発建設部 札幌道路事務所

○秋山 隆  
住岡 栄悦  
濱下 和久

札幌大橋（下流橋）は、一般国道337号の4車線化の一環として、札幌大橋（上流橋）に併設する橋梁として計画された中央径間150mを超える長大橋である。本計画では、主橋梁に鋼箱桁（合成床版）を採用し、側橋梁の鋼鈹桁（合成床版）と異種構造での連続化を行い、構造の連続性を保ちながら特有の地盤構成を踏まえ、経済性を考慮した支間割、耐震性能を向上させた支承形式の選定等から、総合的なコスト縮減と将来の維持管理性の向上など本橋特有の課題とその検討結果について報告する。

キーワード：コスト縮減、維持管理性向上、耐久性向上

### 1. はじめに

札幌大橋下流橋（以下「新橋」）は、当別バイパス事業における一般国道337号の4車線化の一環として、昭和63年に完成した札幌大橋上流橋（以下「現橋」）に併設して計画された橋梁である。当別バイパスは、重要港湾石狩湾新港へのアクセス機能を強化するとともに、道路交通の安全性・確実性の向上による物流の効率化などを目的に昭和55年度に事業化されている。

新橋の設計では、現橋の完成から20年を経過し、公共工事に対する時代背景や耐震設計における設計手法の変遷、さらに当時は想定し得なかった損傷（耐久性）への配慮など解決すべき技術的課題が多数あげられる。

本論文では、新橋のコスト縮減、維持管理性向上及び耐久性向上に関する検討結果について報告する。



図-1 位置図

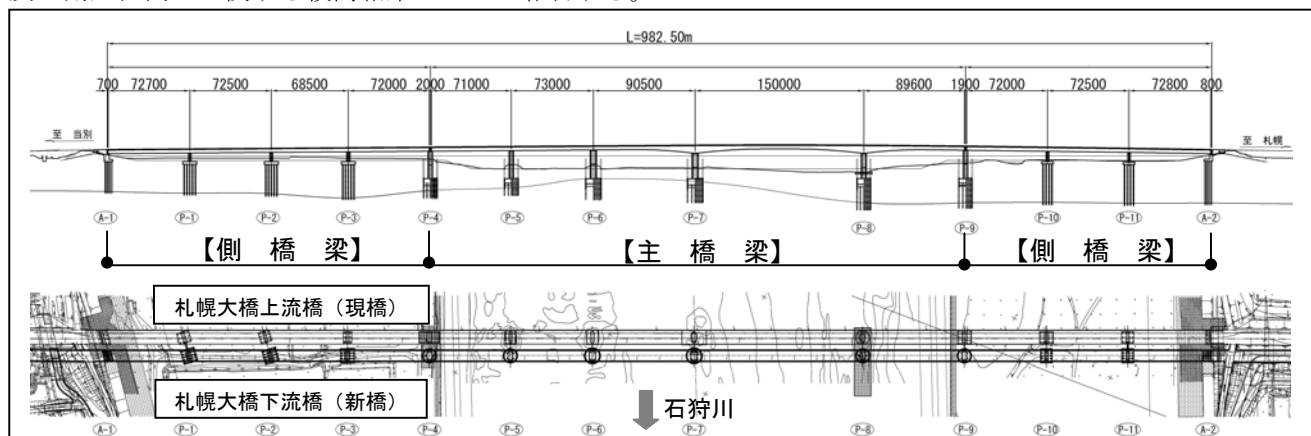


図-2 札幌大橋新橋側平面図

## 2. 上部工形式の検討

### (1) 現橋における課題

昭和63年に完成した現橋は、当時の最先端技術により、以下の上部工形式となっている。

- ・3径間連続鋼床版2主桁桁 (3@72m) ～側橋梁
- ・3径間連続鋼床版箱桁 (90+150+90m) ～主橋梁
- ・3径間連続鋼床版2主桁桁2連 (3@72m) ～側橋梁

主橋梁は河川条件から最大支間150mとなり、当時の桁形式の橋梁としては長大支間となっている。

側橋梁は当時の新技術・新工法である鋼床版2主桁桁を採用している。これは、鋼床版箱桁よりも経済性に優れ、鋼桁桁 (RC床版) よりも長支間に適した形式であった。さらに、合理化橋梁の先がけとも言える軽量化により、軟弱地盤上での基礎工の最適化に寄与している。

しかし、鋼床版2主桁桁は軽量化ゆえに特に横方向の剛性が低いため、主桁・縦リブ位置に沿って、舗装面へのクラックが頻繁に発生するという維持管理上での課題があった。

### (2) 主橋梁形式 (新橋) の検討

新橋は河川に計画する並列橋のため、河川条件から現橋と同等の支間割とすることを基本とした。

現橋の主橋梁に採用されている鋼床版箱桁は、橋梁形式と標準適用支間長から当時として最適な選定であったが、昨今では新技術である鋼・コンクリート合成床版 (以下「合成床版」) の採用等による鉄筋コンクリート系床版の長支間化が進んでおり、平成15年には旧日本道路公団磐越自動車道石間釣浜橋では、合成床版を採用して最大支間147mの実績を残している。

このことから、新橋では鋼床版箱桁に対して合成床版を採用する検討を行い、構造的に問題は無いこと、上部工のコスト削減効果が見込めること、さらに、死荷重の増加はあるものの下部工費を含めても経済性に優れることから、本床版形式を選定することとした。

### (3) 側橋梁形式 (新橋) の検討

現橋の側橋梁には、鋼床版2主桁桁が採用されているが、この形式は、鋼床版箱桁に対して短支間に適し、軽量化とコスト削減を目的とした当時の新技術・新工法である。

前述のように、この形式では極端な軽量化の影響とされる舗装クラックの発生がこれまでに数件で確認されている。この損傷は、輪荷重の繰り返し载荷に対して、主桁の間隔が外側に開くことにより、鋼床版が橋軸直角方向にたわむことが原因と考えられる。この損傷は現橋では顕在化していないが、主構造の疲労損傷へもつながりかねないため、新橋では鋼床版2主桁桁の採用は控え、上記の懸念がない形

式として、近年採用事例の増えている合成床版を用いた鋼少数主桁の採用を検討した。主桁については2主桁または3主桁とし、各々に合成・非合成桁構造を比較し、経済性と維持管理性から非合成3主桁を選定した。

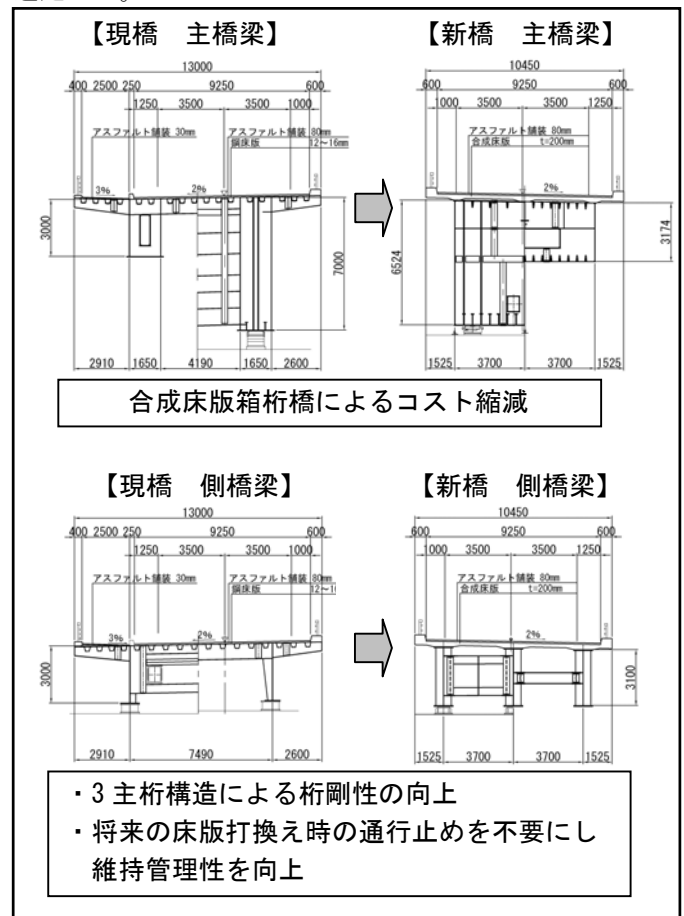


図-3 現橋および新橋断面図

## 3. 多径間連続化と支持条件の検討

### (1) 新橋の設計方針

現橋では、鋼床版箱桁と鋼床版桁桁で支間長が異なるが全12径間を3径間で分割し、合計4連としている。各橋は、いずれも1支点を固定、他の3支点を可動支承とする当時としては標準的な支点条件を採用している。(図-4)しかし、この支点条件では地震時に上部工の慣性力が固定支점에集中するため、特定の橋脚への負担が大きくなってしまふ。

橋梁の耐震設計は、兵庫県南部地震 (平成7年1月)以降に設計の思想が大きく変化したため、新橋では、以下のような方針で設計を行った。

- 上部構造の落下を防止するため、多径間連続化を図る。(架け違い部を減らす)
- 支点条件は1点固定方式を避ける。(多点支持方式)
- 地盤条件や上・下部構造の規模も考慮し、橋全体系が耐震性を有する橋梁計画を行う。

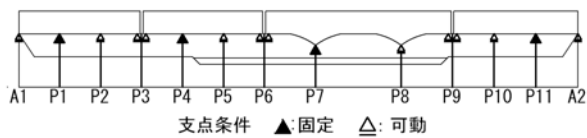


図-4 現橋支間割

### (2) 新橋における課題

新橋の設計においては以下のような課題があった。

- a) 落橋防止の観点から、多径間連続化を図ることが望ましいが、新橋は橋長約1kmの長大橋梁であるため、多径間連続が可能な桁長には限界があること。
- b) 架橋位置では比較的軟弱な土層が支配的で、中でも液状化により耐震設計上地盤反力が期待できない土層が存在していること。さらに、低水路の中央ではN値が100以上の締まった砂層が比較的浅い深度に存在すること。(図-5)
- c) 石狩川は低水路と高水敷の高低差が大きく、橋脚高は、高水敷で8m程度、低水路で25m程度と大きく異なること。さらに、新橋の基礎形式は、高水敷の橋脚が杭基礎(鋼管杭)に対して、低水路の橋脚が鋼管矢板基礎であり、基礎の剛性も大きく異なること。(図-6)

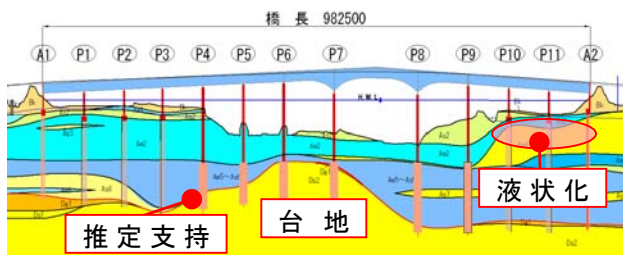


図-5 地質条件

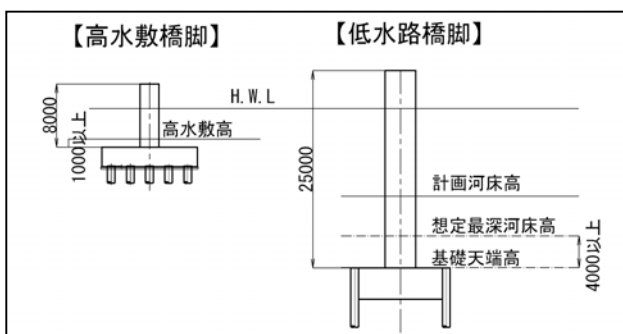


図-6 橋脚形状

### (3) 連続化と支点条件の検討

#### a) 連続化の検討

新橋では、多径間連続化と地盤条件に適した支点条件を採用すべく検討を行った。

検討ケースは、多径間連続化を目的とし、架け違いを1箇所(2連)とする案、架け違いを2箇所(3連)とする案とした。また、それぞれに対して支点

条件を変えた合計4ケースにて比較検討を行った。

(図-7、8)

#### 【検討ケース】

- ケース1：6+6径間連続(分散構造)
- ケース2：6+6径間連続(多点固定構造)
- ケース3：4+5+3径間連続(分散構造)
- ケース4：4+5+3径間連続(多点固定構造)

全体を連続化する案については、桁長が長くなると端支点の変形量(移動量)が大きくなり、合理的な支承形状の実現は困難と判断し、検討対象から除外した。

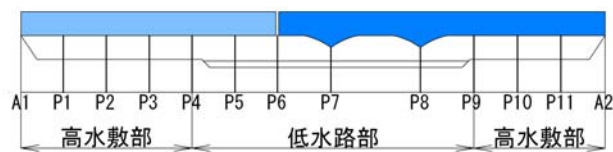


図-7 検討ケース1、2

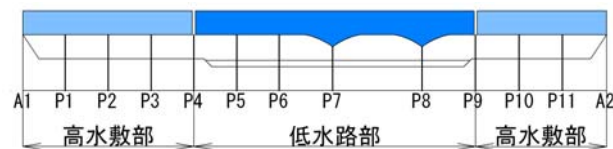


図-8 検討ケース3、4

#### b) 支点条件の検討

多径間連続形式において適用可能な支点条件は、分散・免震・多点固定がある。

#### 【支点条件の種類と特徴】

- 分散構造:** ゴム支承のせん断剛性を利用して、上部工構造の慣性力を複数の橋脚に分散させる形式
- 免震構造:** 分散構造の利点に加えて、橋梁の長周期化と減衰性能の向上による上部工構造の慣性力の低減が可能な形式
- 多点固定構造:** 複数の橋脚に固定支承を設けることで、上部工構造の慣性力を直接橋脚に伝える形式

新橋の支点条件の選定においては、以下の理由から多点固定構造を選定した。

- 多点固定構造は、支持地盤・杭基礎で地震のエネルギーを吸収できる構造である。また、分散構造に比べて長周期化しにくく、新橋のような軟弱地盤に適した構造である。さらに新橋においては経済性にも優れている。
- 分散構造では、1連の桁長が長くなると地震時・温度変化時の変位が大きくなる傾向にある。これに追随するため支承の規模を大きくする必要が生じ、ケース1、ケース3では明らかに経済性に劣る結果となった。
- 免震構造は、架橋位置では比較的軟弱な土層が支配的であること、液状化により耐震設計上地盤反

力が期待できない土層が存在することから、採用には向いていないと判断した。

多点固定構造で採用可能な支承は、固定ゴム支承・鋼製BP支承が考えられ、検討の結果、固定ゴム支承に対して経済性に優れた鋼製BP支承を選定した。また、鋼製BP支承の固定機能は、支承両外のサイドブロックで確保する外側固定のため、温度変化量に応じたサイドブロックの調整・加工が容易であり、新橋の多点固定支承に適した構造である。

c) 架け違い位置の選定

新橋のように橋脚高や基礎の剛性が大きく異なる連続桁では、橋脚高の低い橋脚や基礎の剛性の大きい橋脚に地震時の水平荷重が集まる傾向があることから、検討ケース3、4（図-8）では架け違いを2箇所とすることで、同程度の橋脚高や基礎形式ごとに振動単位を分割し、特定の橋脚に地震時の水平荷重が集中することを回避した。但し、低水路部では橋脚の支持層深度が各々異なる（図-5）が、5径間を2連に分割することは耐震性に劣ることが明らかであるため、1連の橋梁とした。

対案である検討ケース1、2（図-7）では、架け違い箇所を1箇所とすることが可能であるが、1連の中に異なる高さの橋脚や基礎形式が混在することとなる。

検討の結果、ケース3、4では、高水敷部の橋脚がケース1、2よりも小さくなることを確認した（図-9、10）。また、表-1に示す通り経済性においてもケース4が優位となったことから、当初の狙い通りに特定の橋脚への荷重の集中を避けた設計が有利であると判断した。

これより新橋では、支点条件を多点固定とし、架け違い位置を2箇所（4+5+3径間連続）とすることで課題を解決し、耐震性において合理的な設計が可能となった。

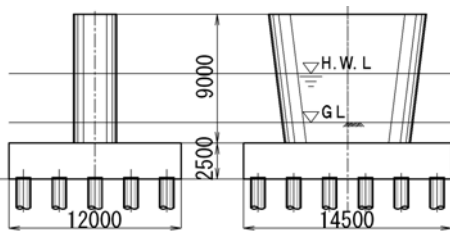


図-9 ケース2のP10橋脚形状

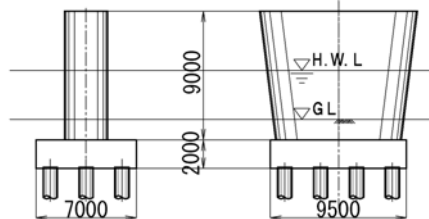


図-10 ケース4のP10橋脚形状

表-1 経済性比較表

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
架け違い位置	6+6径間		4+5+3径間	
支点条件	分散構造	多点固定構造	分散構造	多点固定構造
コスト比率	1.039	1.011	1.049	1.000

※コスト比率は、支承、伸縮装置、下部工費の合計の比率

4. 異種構造の連続化

前述より、主橋梁部は5径間連続桁とすることが望ましい結果となったが、5径間連続桁（2@72+90+150+90）を実現する上部工形式の選定が課題であった。

従前では、最大支間長が上部工形式決定の大きな要因となっている。新橋では最大支間150mに対して適用となる上部工形式が限られているため、上部工形式の適用範囲よりも短支間についてはコスト増となる傾向にある。そこで、それぞれの支間に最適な形式を選定し、それらの連続化（異種構造の連続化）を図ることとした。（図-11、12）

鉸桁一箱桁の異種構造連続化は室蘭開発建設部「宿主別橋」での実績があり、新橋でも同様の方法を適用した。

設計手法は、骨組み解析による断面力で設計を行い、鉸桁から箱桁への接合部について、FEM解析により応力集中部の検証を実施した。

異種構造の連続化のため、鉸桁と箱桁で腹板位置を合わせ、鉸桁の中桁に対応する縦桁を箱桁に設置し、構造の連続性を確保する設計としている。（図-13）

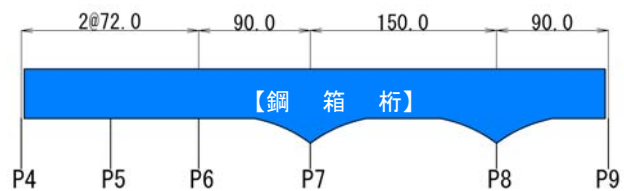


図-11 従前の上部工形式

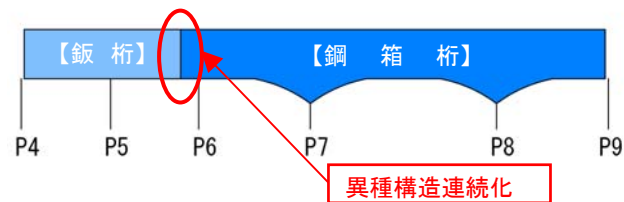


図-12 異種構造連続化による上部工形式



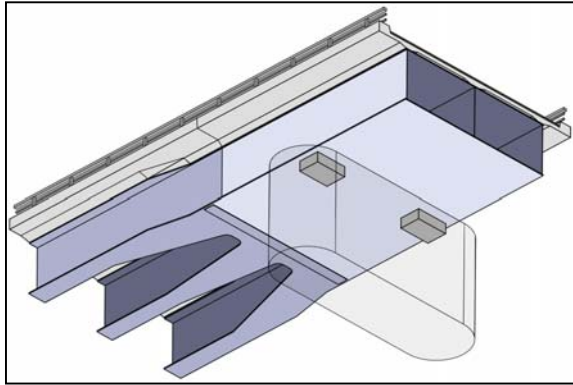


図-13 接合部イメージ

## 5. まとめ

現橋における種々の課題に対してコスト縮減、維持管理性向上及び耐久性向上の観点から検討し、新橋では以下のような合理化橋梁とした。

- (1) 合成床版+3 主鈹桁の採用による維持管理性向上
- (2) 現場条件に適した多点固定構造の採用と多径間連続化による耐久性向上
- (3) 鈹桁一箱桁の異種構造間の連続化を採用したことによるコスト縮減

特に、鈹桁一箱桁の異種構造連続化については、既存技術を応用した新構造であり、連続化を図ることで有効なコスト縮減策の一つになると思われる。

現橋も当時の新技術を取り入れた構造物であるが、現橋と新橋における 20 年以上の時間の経過に伴う今回の検討結果が、改めて橋の構造に関する設計思想、設計手法、施工技術等の絶え間ない変化を物語っていると見える。