

維持管理性と経済性の向上を図った跨線橋 の設計施工

—函館江差自動車道 大平跨線橋—

函館開発建設部 函館道路事務所 第3工務課

○吉井 昭博
芳賀 則之
酒向 孝裕

大平跨線橋は、木古内ICインター線が北海道新幹線、JR津軽海峡線、町道と交差する地点に建設された橋長85.9mの3径間連続ラーメンPC中空床版橋である。設計に当たっては、交差交通に対する第三者被害防止と、点検など維持管理性の向上を図ることに加え、耐震性及び耐久性にも優れた構造計画によりコスト縮減を達成した。本発表では、設計における検討経緯と結果、鉄道に対する近接施工上の配慮等を報告する。

キーワード：維持管理、設計・施工、第三者被害、耐震

1. まえがき

国内の橋梁は、現在、建設後30年以上経過している橋梁が全体の約半分を占めている。開発局が管理する橋梁においても、全3,737橋の内の60%が30年以上経過しており、橋梁の高齢化は道路を維持していく上で大きな課題となっている。北海道の橋では凍害による損傷も多く、寒冷地における耐久性の向上も重要である¹⁾。しかしながら、近年における建設投資の縮小を踏まえると、道路橋の予防保全を進め、維持管理費の低減、平準化を行っていく必要がある。また、新橋計画時においては、維持管理を容易に行うことができるように、設計段階から配慮する必要がある。このような背景の中、大平跨線橋は、鉄道、町道と交差する跨線橋であるため、耐久性の確保、第三者被害防止が重要な課題であった。

本論文では、これらの課題に対する設計計画及び鉄道近接に配慮した施工について報告する。

2. 架橋条件

(1) 路線概要

函館江差自動車道は、函館新道、北海道縦貫自動車道、函館新外環状道路と連携し、道南圏の高速ネットワーク

の形成を図り、函館空港、函館港、平成27年度開業の北海道新幹線との結節機能による生活・産業・観光振興を担う重要路線である。大平跨線橋は、函館江差自動車道の木古内ICと国道228号を連結するインター線の橋梁である。



図-1 橋梁位置図

(2) 橋梁諸元

大平跨線橋の橋梁諸元は、以下のとおりである。

- ① 上部構造：3径間連続ラーメンPC中空床版橋
- ② 橋台構造：箱式橋台（直接基礎）
- ③ 橋脚構造：壁式橋脚（大口径深礎基礎）
- ④ 橋長：L=85.90m（支間25.4+29.1+30.0m）
- ⑤ 有効幅員：9.0～11.1m（視距・曲線拡幅2.1m）
- ⑥ 平面線形：直線～単曲線（R=60）
- ⑦ 縦断線形：4.0%

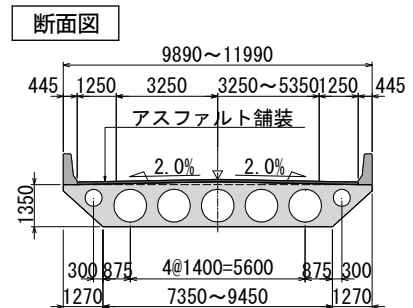
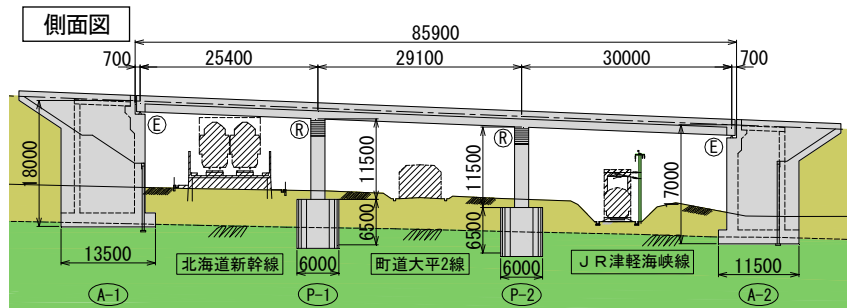


図-2 橋梁概要図

(3) 架橋地点の特徴

1) 地質概要

架橋地点周辺は、低山地と海岸線間の平坦な地形を成している。地層構成は、厚沢部層と称する泥岩層を基盤岩に砂礫、粘土層が覆っており、本橋の支持層は、地表面から5m以深の泥岩層(Ms)とし、軟岩に分類される。

2) 塩害環境

架橋地点は、津軽海峡の海岸線から100mに位置することから、H14道路橋示方書ⅢにおけるC地域に該当し、塩害対策区分Ⅱの規定を満足させる必要がある。塩害対策区分Ⅱでは、耐久性が損なわれないように、表-1に示す塩害の影響による最小かぶりを確保させるものとした。

表-1 塩害対策区分Ⅱのかぶり

	RC構造	PC構造
一般値	30mm	35mm
塩害対策区分Ⅱ	70mm	50mm

3) 交差交通

大平跨線橋は、北海道新幹線、JR津軽海峡線、町道大平2線と交差する橋梁であり、施工計画、完成後の維持管理計画を踏まえ、以下のとおり橋台位置を計画した。

① 北海道新幹線 (A-1~P-1間)

北海道新幹線は、平成27年度に開業予定である。北海道新幹線との離れは、維持管理の容易性に配慮し、橋台前面の排水幅、維持管理用検査路の幅を確保するものとし、新幹線敷地から1.5mの余裕幅を確保するものとした。

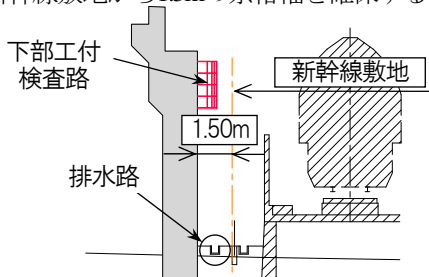


図-3 交差概要図 (新幹線)

② JR津軽海峡線 (P-2~A-2間)

本区間は、特急列車、普通列車が1時間に2本通過する他、貨物列車の通過が多い電化区間(単線)である。JRとの離れは、新幹線側と同様にJR敷地より維持管理幅を確保するものとした。また、JR埋設管への影響を回避するため、JR敷地外に仮設構造物を配置する必要があった。

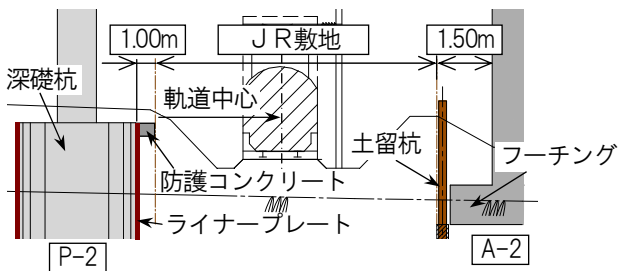


図-4 交差概要図 (JR津軽海峡線)

4) 斜角

北海道新幹線の平面線形は、JR津軽海峡線と概ね平行に計画されており、道路中心線上で約65度で交差する。

(4) 基本計画の課題

大平跨線橋の基本計画では、JRと平行に橋脚を配置した3径間連続中空床版の桁橋であり、橋脚の基礎構造は直接基礎としていた。交差交通に対する維持管理性の向上、品質確保を図り、コスト縮減を達成するためには、以下の課題が考えられた。

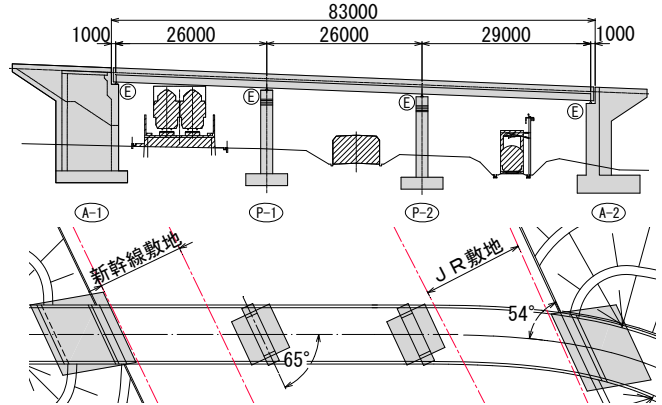


図-5 橋梁基本計画の概要図

1) 斜橋の課題 (下部工)

A-1橋台の構造形式は、構造高が18mとなることから、箱式橋台が選定されていた。橋台の斜角は、交差する鉄道の斜角に合わせていたことから、斜角が65度と小さく、箱式橋台の隔壁が合理的に配置できない。このため、隔壁、側壁の鉄筋が錯綜するため、施工性、品質管理に課題があった。

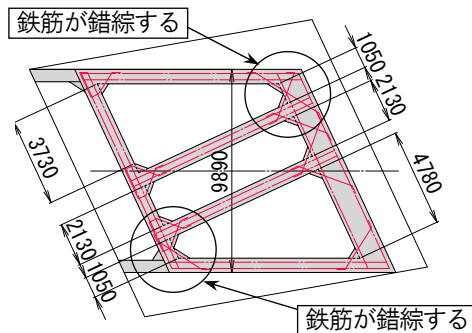


図-6 斜角による箱式橋台の部材配置

2) 斜橋の課題 (上部工)

A-2側の斜角が54度と小さく、幅員がA-2側の終点で2.1mの拡幅が必要であることから、鋭角部の支承反力のバランスが悪く不経済となる。また、斜角と幅員の影響により、耐震設計上、変位制限構造が必要となる。アンカーバーや支承アンカーは、主桁・端支点横桁の鉄筋と錯綜するため、施工性、品質管理に課題があった。

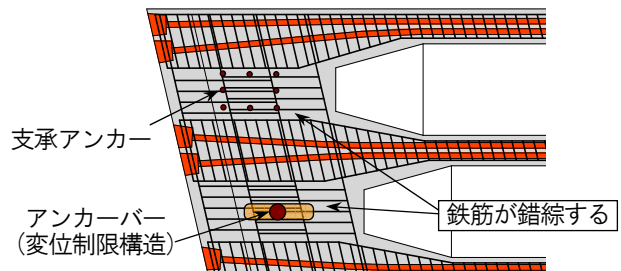


図-7 変位制限構造と上部工鉄筋の配置

3) 支間割の課題

多径間連続構造の支間バランスは、中央径間と側径間の比が概ね1:0.7の時、合理的かつ経済的な構造となる。しかしながら、基本計画の支間バランスは、中央径間より側径間の方が長く、経済性、構造性に課題があった。

3. 橋梁計画

(1) 基本方針

大平跨線橋は、北海道新幹線とJR津軽海峡線を跨ぐ橋であるため、構造計画においては品質向上、コスト縮減を図るとともに、第三者被害を防止する視点が重要である。このため、損傷発生リスクの最小化を図り、構造部材の耐久性確保に対し、基本方針はフェールセーフの思想(多重の安全担保)で構造計画を行った。具体的には、以下の点に着目することとした。

- ① 小さな斜角構造を避け、無理のない構造計画とする。
- ② 鉄筋やPC鋼材、アンカーバー等の付属物の取合等、施工性に優れた部材計画とする。
- ③ 第三者被害を防止するため、適切な材料を選定する。

(2) 直橋の採用

斜橋は支承反力が極端に異なるため、経済性、施工性に劣るため、斜橋と直橋の比較検討を行った。

表-2 直橋と斜橋の比較(桁橋)

概要図		直接工事費
斜橋		上部工 221,000千円
		下部工 150,000千円
		合計 371,000千円
評価		○
直橋		上部工 226,000千円
		下部工 131,000千円
		合計 367,000千円
評価		◎

直橋とした時の橋長は、斜橋に比べて3m伸長されるため、上部工費が増加するが、箱式橋台のフーチング厚が2.5mとなり、フーチングの平面形状を小さくできる直橋の方が経済的に有利となる。また、箱式橋台の前壁、後壁、隔壁の形状は、図-8に示すとおりとなる。

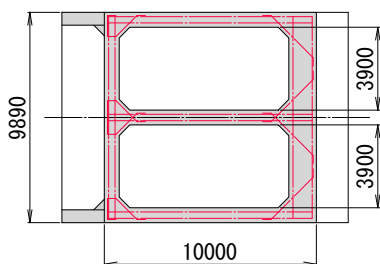


図-8 直橋とした時の箱桁の部材形状

隔壁と前壁・後壁が90度で交わるため、隅角部における鉄筋の錯綜が解消される。さらに、直橋の場合、地震時の橋軸直角方向に対して落橋する可能性が無くなるため、変位制限構造(アンカーバー)を省略できる。このため、斜橋における鉄筋や鋼材との錯綜も解消されるため、施工性・品質管理の向上を図れる。

以上のことから、経済性、維持管理、施工性において有利となる「直橋」で計画することとした。

(3) ラーメン構造の採用

1) 支間バランスの改善

ラーメン構造の採用は、支承及び検査路を省略できるため、JR交差部の維持管理の低減が可能である。しかしながら、基本計画の橋脚位置は、支間バランスが悪く、径間毎に桁高・鋼材量の設定が必要なため、ラーメン構造の採用のためには、支間バランスの改善が重要である。

基本計画の橋脚は、交差鉄道と平行にした斜角構造とし、基礎形式を直接基礎である。仮設工法は、JR軌道への影響を回避するため、床堀時に土留め工を併用するものとし、土留め杭を残地する必要があった。

支間長は、仮設時における橋脚とJR境界の離れで決まっており、支間バランスを改善するためには、仮設時も考慮した基礎幅をコンパクトにする必要がある。このため、以下の事項より、直接基礎に比べ基礎幅を縮小できる「大口径深礎杭」を採用することとした。

① 深礎杭は、仮設材(ライナープレート)で孔壁を保護しながら施工する。大口径深礎基礎は仮設を必要としないため、仮設工を含めると直接基礎より経済的である。

表-3 橋脚の基礎形式(1基あたり)

	大口径深礎杭基礎	直接基礎
概要図		
橋脚工費	橋脚工： 9,000千円 深礎工： 31,000千円 合計： 40,000千円	橋脚工： 24,000千円 仮設工： 27,000千円 合計： 51,000千円
評価	◎	△

② 基礎の平面が円状であるため、橋脚の壁の方向を90度にする事が可能となり、ラーメン構造に適する。

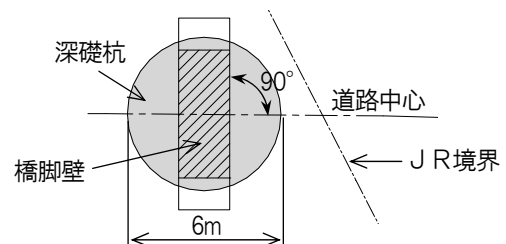


図-9 深礎杭選定時の壁形状

③ 基礎の平面寸法が縮小できるため、支間バランスが改善できる。

2) 桁橋とラーメン橋の比較

ラーメン橋は、支承等の付属物を省略できるため、維持管理性と経済性が図れる。また、剛結した橋脚2基が地震時の桁変位を拘束するため、耐震性も向上する。しかしながら、ラーメン橋は地震時の応答値を上部構造にも負担させるため、鉄筋量の増加が懸念された。

動的解析による検討結果は、主桁軸方向の引張鉄筋が桁橋の1ランクアップで所要の耐力を満足させることが可能であった。

表-4 上部工の鋼材比較

	桁橋	ラーメン橋
PC鋼材	12S12.7-36本	12S12.7-36本
上面橋軸方向鉄筋	D13@125	D16@125
下面橋軸方向鉄筋	D13@125	D16@125

経済性においては、桁橋と比較し約17百万円のコスト縮減が可能となる。

これより、維持管理性の向上が図れ、耐震性、耐久性に優れる「ラーメン橋」を採用することとした。

表-5 桁橋とラーメン橋の比較

	概要図	直接工事費
桁橋		上部工 226,000千円
		下部工 109,000千円
		合計 357,000千円
評価	△	
ラーメン橋		上部工 209,000千円
		下部工 109,000千円
		合計 340,000千円
評価	◎	

(4) 第三者被害の防止

本橋は海岸線から100mに位置するため、塩害によるコンクリート耐久性の低下に対策が必要である。このため、十分な鉄筋かぶりの確保と主桁形状の工夫により、コンクリートの剥落対策が第三者被害の防止として必要となる。

1) 主桁形状

中空床版桁は、一般に主版と片持ち床版（鉄筋コンクリート構造）で構成される。

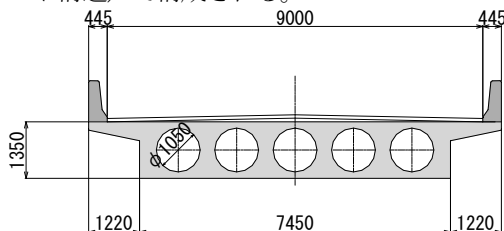


図-10 片持ち床版とした時の中空床版桁

塩害を受けにくい構造とし、第三者被害を未然に防止するためには、コンクリートの凹凸を少なくし、塩分の付着面積を少なくするのが望ましい。このため、片持ち床版を省略し、凹凸面を少なくした台形形状の主桁断面の採用を検討した（以下；主桁台形案）。

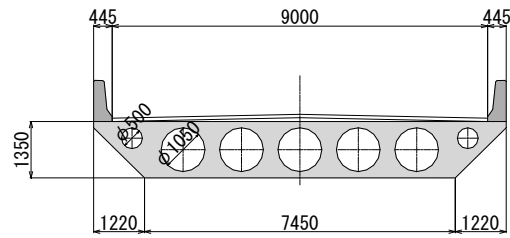


図-11 凹凸面を無くした中空床版桁（主桁台形案）

一般に採用されている片持ち床版は、塩害対策区分Ⅱに適合したかぶりを確保するため、片持ち床版の引張鉄筋量を増加させる必要がある。この結果、主桁台形案の方が経済性で若干有利であり、維持管理、耐久性では凹凸の少ない主桁台形案が有効的である。

表-6 主桁形状の比較

	主桁工費 (千円)	経済	維持 管理	耐久 (塩害)	総合
片持ち床版案	132,000	◎	△	○	○
主桁台形案	131,000	◎	◎	◎	◎

以上のことから、維持管理、耐久性に有利となり、かつコスト縮減が可能となる「主桁台形案」を採用することとした。

2) 剥落対策

剥落対策は、第三者被害を未然に防ぐため、一般に供用開始後に剥落シートをプライマーで貼り付ける事例が多い。しかしながら、新幹線開通後の剥落シートの施工は、吊り足場設置、時間的制約等、種々の課題が生じる。

本橋における剥落対策は、主桁、壁高欄の外面に三軸アラミドメッシュシートを型枠内に設置し、コンクリート硬化後には、コンクリートの剥落防止効果とひび割れ制御の効果が発揮できる工法を採用した。本工法の施工方法は、型枠内にシートを敷設するのみであり、下地処理、プライマー塗布、表面処理等の一連の工程を省略できる。このため、予防保全で剥落対策を行った方が、事後保全としてシートを貼り付けた場合に比べて、約100百万円のコスト縮減が可能となる。

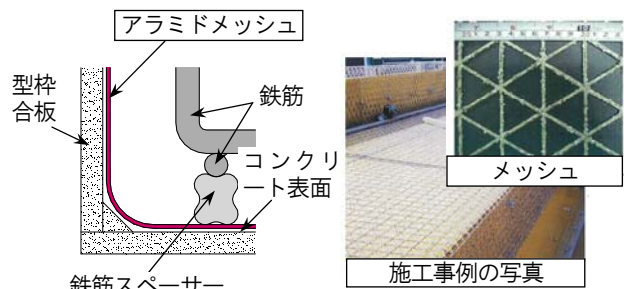


図-12 剥落シート設置図

(5) コスト削減の検証

先述の(1)～(4)の検討において、コスト削減に関する検討結果を表-7に示す。

表-7 基本計画とのコスト比較 (単位：千円 直工)

	上部工	下部工	合計	コスト差
基本計画	221,000	150,000	371,000	—
(2) 直橋の採用	226,000	131,000	357,000	-14,000
(3) 深礎杭・ラーメン橋の採用	209,000	109,000	318,000	-39,000
(4) 主桁台形・アラミドの採用	198,000	109,000	307,000	-11,000
合計	-	-	-	-64,000

この結果、維持管理の向上が図れ、耐久性、耐震性に優れるとともに、約64百万円のコスト削減が達成できた。

4. 施工計画

(1) 施工工程

北海道新幹線は、平成27年に開業する予定である。この区間の工事は、平成24年の7月に着工することから、この時期までに主桁を完成させるものとした。このため、平成22年度に下部工を着工し、平成23年度までに上下部工の工事を完了させ、北海道新幹線の工事に支障の無い工事工程とした。

表-8 工事工程表

年度		22年度	23年度	24年度
下部工	A-1	■		
	P-1	■		
	P-2	■		
	A-2	■		
上部工	防護工		■	■
	橋体工		■	■
	橋面工			■
新幹線着工				■

※施工期間：H22.8～H24.7 (24月：3箇年)

(2) 下部工の施工

P-2橋脚の施工は、JRと町道の上に位置する狭隘な施工空間で深礎杭の施工を行った。大口径深礎杭の施工は、ライナープレートで孔壁を保護しながら、順次、掘削機または人力によって所定の深さまで掘削を行う。深礎内の掘削は、少しずつ掘下げながら、その都度JR軌道の変状が無いか確認しながら施工を行った。

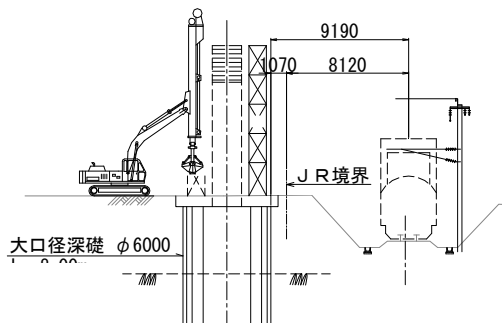


図-13 P-2橋脚の施工概要図 (JR交差点部)



写真-1 深礎杭の施工状況

A-2橋台の施工は、JR敷地内の埋設管や軌道への影響を回避するため、親杭式の土留工で施工することとした。

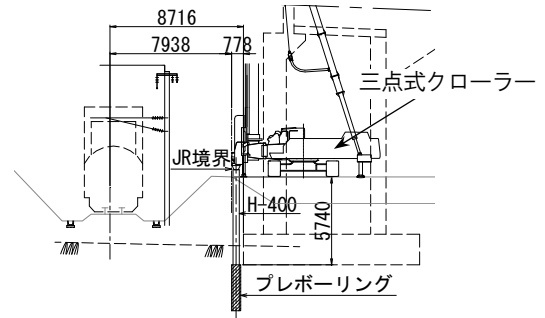


図-14 A-2橋台の施工概要図

(3) 上部工の施工

PC中空床版桁の施工は、枠組支保工で主桁を構築する。JR交差点部においては、資材等が落下し、JRの営業に影響しないように、列車防護工を設置した。

防護工は、支柱・基礎にH形鋼杭 (H-400) を打設し、H桁 (H-594) で梁を構築する。杭位置がJR軌道や地下埋設 (通信・電気等) に近接することから、打込み時において変状が無い施工方法とし、大口径ボーリング工法を選定した。なお、杭の位置は地下埋設物を確認するため、埋設管の管理者と事前に試掘調査を行い設定した。

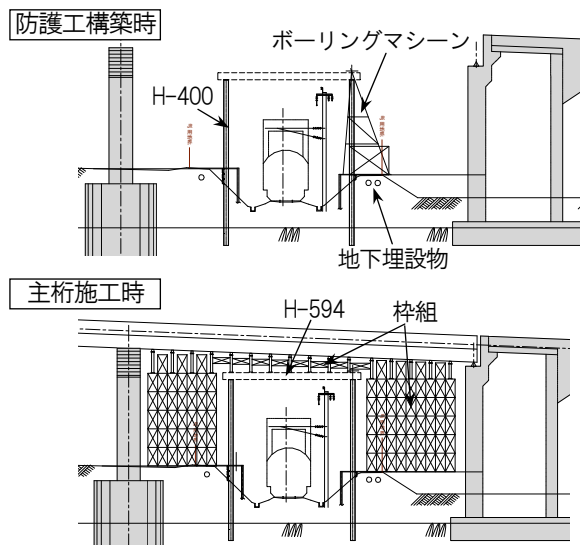


図-16 JR防護工図 (JR交差点部)



写真2 JR防護工の施工状況

主桁の製作は、防護工の梁上に支保工を設置した。資材搬入用のクレーンは、A-2橋台背面に配置し、JRとの離れを十分に確保し、安全に配慮し施工を行った。



写真3 主桁の施工状況

(4) 完成状況

工事は予定とおり平成23年度に完了し、平成27年度の開業に合わせて北海道新幹線の工事が行われている。



写真4 完成状況 (A-2橋台側より)



写真5 完成状況 (A-1橋台側より)

5. まとめ

積雪寒冷地における新幹線と交差する跨線橋の事例は少なく、大平跨線橋は新幹線と交差する北海道で初めての跨線橋である。北海道の橋梁では、凍害による沓座コンクリートの劣化、支承の腐食等が数多く見られることから、交差鉄道部における耐久性の確保や維持管理性の向上は重要な課題であった。

また、本橋は北海道新幹線、JR津軽海峡線、国道228号線より見える橋梁であるため景観についても配慮する必要性があった。

直橋の採用、深礎杭・ラーメン橋の採用、主桁形状の工夫、アラミドメッシュの採用による対策は耐久性の向上、第三者被害の防止に有効になると同時に約64百万円のコスト縮減を達成できた。

さらにラーメン構造の採用により、上下部工の接合部を連続させ支間バランスを改善することで、維持管理性の向上を図りつつ「構造美」も確保できたと考えている。



写真6 完成状況 (空撮)

参考文献

- 1) 北海道開発局：「橋梁長寿命化修繕計画（案）」 2013. 3