

星が浦海岸通架道橋の設計と施工

佐藤 茂美*1・神田 隆司*2・江島 賢一*3

概 要

星が浦海岸通架道橋は、下路桁形式のPCランガー橋であり、補剛桁にPC構造、アーチリブはRC構造、鉛直材には鋼構造を採用した複合構造の橋梁である。本橋の架設地点は、海岸に近接し、かつ、寒冷地域であるため、設計および施工に際しては耐久性に対する配慮が重要な課題となる。

本稿では、PCランガー橋の設計と施工の概要について報告する。

キーワード：ランガー橋・複合構造・接合部・自己充てん・塩害対策

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE OVER-BRIDGE
ON THE HOSHIGAURA SEASIDE ROAD

Shigemi SATOU*1, Takashi KANDA*2, Kenichi EJIMA*3

Abstract

The over-bridge on the Hoshigaura seaside road is a prestressed concrete Langer bridge with through girders, of a composite structure composed of prestressed concrete stiffening girders, reinforced arch ribs and steel vertical members. This bridge is located near a seacoast in a cold district. Therefore concerns for durability are important in the design and construction.

This paper gives overview of the design and construction of the prestressed concrete Langer bridge.

Keywords: Langer bridge, composite structure, joint, self-filling, measures against salt damage

*1 Manager, Concrete and PC Group, Civil Engineering Technology Department, Engineering Division

*2 Technological proposal group, Civil Engineering Department, Civil Engineering Division

*3 KUROBE Site Office, KANETSU Branch

星が浦海岸通架道橋の設計と施工

佐藤 茂美*1・神田 隆司*2・江島 賢一*3

1. はじめに

東北海道の中核都市である釧路市では、物流アクセスの円滑化を目的に釧路港西地区整備事業が進められており、その一環として、J R 根室本線新大楽毛－新富士間の全長1,450m の鉄道高架化が実施された。星が浦海岸通架道橋は、高架の道路横断部に建設され、釧路港湾地区のシンボルとして下路桁形式のPCランガー橋が選定された。図－1に景観設計用のコンピュータグラフィックスを示す。

架橋地点は海岸に隣接した塩害を受ける厳しい環境であり、設計および施工は耐久性確保に特に配慮して行われた。また、高強度、高耐久性が要求されるアーチリブのコンクリートには、自己充てん型高強度高耐久コンクリートを採用した。

本稿では、複合PCランガー橋の設計と施工の概要について報告する。

2. 橋梁概要

2. 1 工事概要

星が浦海岸通架道橋の工事概要を以下に示す。

工事名：新大楽毛高架3工区

事業主体：北海道，釧路市

発注者：北海道旅客鉄道株式会社

施工者：鉄建・坪野総合工業共同企業体

工事概要：ラーメン高架橋 L=408m (PC複合ランガー橋 L=65.0m を含む)

2. 2 構造概要

PCランガー橋は、補剛桁、アーチリブおよび両部材を連結する鉛直材から構成される。本橋では各部材の力学的特徴に応じて構造を選定しており、大きな軸圧縮力が発生するアーチリブはRC構造、軸引張力が支配的な鉛直材は鋼構造、曲げとアーチリブ圧縮力に対抗する軸引張力が作用する補剛桁はPC構造、コンクリート構造と鋼構造とが混在する複合構造とした。表－1にランガー橋の諸元、図－2に構造一般図を示す。



図－1 景観設計コンピュータグラフィックス

*1 エンジニアリング本部 土木技術部 コンクリート・PCグループ GL

*2 土木本部 土木部 技術提案グループ

*3 関越支店 黒部作業所

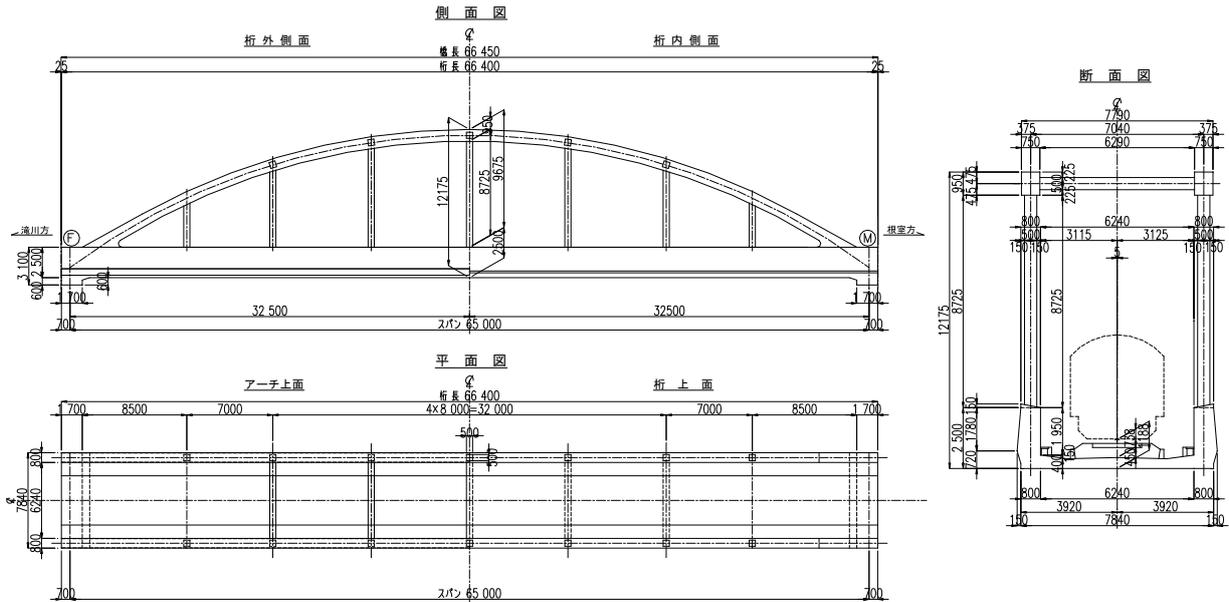


図-2 構造一般図

3. ランガー橋の設計

3.1 設計概要

本橋は、補剛桁をPC構造、アーチリブをRC構造、鉛直材を鋼構造とした複合ランガー橋である。補剛桁およびアーチリブ等のコンクリート部材は性能照査型設計法²⁾、鋼部材である鉛直材は限界状態設計法³⁾により設計を実施した。

本橋は、主桁、アーチリブおよび鉛直材からなる2面のメインフレームを底版およびストラットで連結する構造であり、面内および面外の断面力が同時に発生するため、荷重による断面力は、立体骨組み解析により算定した。図-3に解析モデルを示す。

3.2 補剛桁の設計

補剛桁は桁高 2.5m、全幅員 8.14m の下路桁形式であり、主方向、横方向（底版、横桁）とも、ひび割れを許容しないPC構造として設計を行った。

主方向のPC鋼材は、桁としての曲げモーメントと、アーチリブから作用する水平力（軸引張力）に対して配置し、PC鋼より線 12S15.2 を合計 24 本配置した。また、主方向のPC鋼材は構造完成後に緊張することが

表-1 ランガー橋の諸元

| | |
|---------------|--|
| 桁形式 | 単線2主桁下路形式 |
| 桁長 | 66.4m |
| 支間長 | 65.0m |
| スパンライズ比 | 1/5.8 |
| 軌道構造 | バラスト軌道 |
| 環境条件 | 塩害対策(S1地域) |
| コンクリートの設計基準強度 | 40N/mm ² (補剛桁) 60N/mm ² (アーチリブ) |
| 最大水セメント比 | 40% |

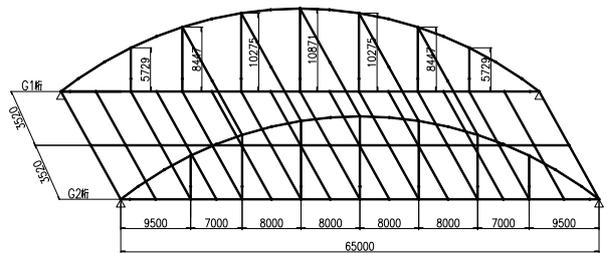


図-3 立体骨組み解析モデル

基本であるが、補剛桁コンクリート打設から構造完成までのひび割れ抑止対策として、2本のPC鋼より線を補剛桁コンクリート打設後に先行緊張することとした。

横方向の設計は、立体骨組み解析による断面力と、主桁内面間をスパンとした一方向スラブとして算定した断面力の両者に対して行った。結果、底版にはPC鋼棒Φ26を400mm間隔で配置し、横桁にはPC鋼棒Φ26を6本配置した。図-4に補剛桁PC鋼材配

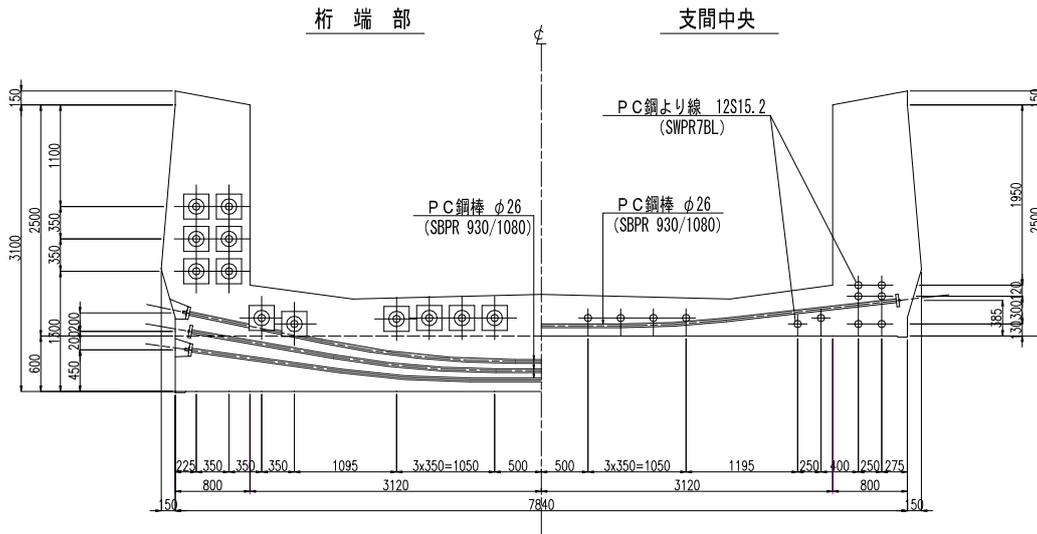


図-4 補剛桁PC鋼材配置図

置図を示す。

3.3 アーチリブの設計

アーチリブは、軸圧縮力が卓越する部材であり、座屈に対する安全性確保が設計上の主要な課題となる。本橋では、2次偏心を考慮した長柱として座屈安全性を検討し、アーチリブには設計基準強度 60N/mm^2 の高強度コンクリートを採用した。

また、アーチリブと補剛桁との接合部に生じる局部応力に対してFEM解析を実施し、局部的な引張応力に対してPC鋼棒 $\Phi 32$ を6本配置した。図-5にFEM解析結果を、図-6にPC鋼棒配置図を示す。

3.4 鉛直材および鉛直材定着部の設計

鉛直材は、断面寸法500mmの角形鋼管を基本構造としている。当初、鋼管内にコンクリートを充填することも検討したが、充填コンクリートによる部材剛性の増加が、作用断面力の増大につながり、結果として、板厚のランクアップ、定着長増加によるアーチリブ断面寸法の見直しなど、デメリットが多いため、定着部を除き、鋼管内は空洞とした。

一般的な鉄道用PCランガー橋の鉛直材定着構造は、鉄筋およびPC鋼棒をアーチリブ、補剛桁まで延長・定着する方法を採用している。本橋では、新しい鉛直材定着構造として、

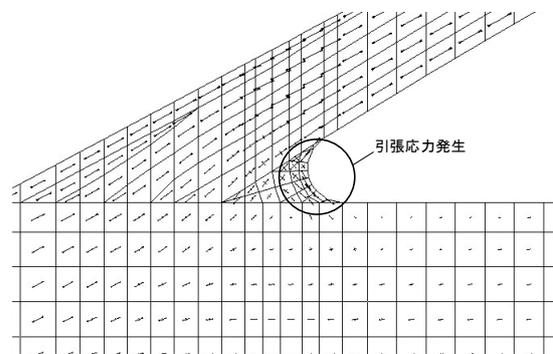


図-5 アーチリブ基部のFEM解析結果

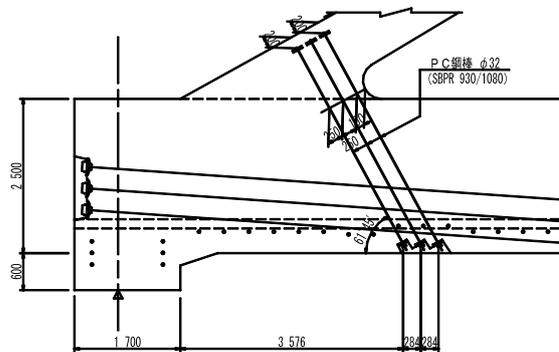


図-6 アーチリブ基部のPC鋼棒配置

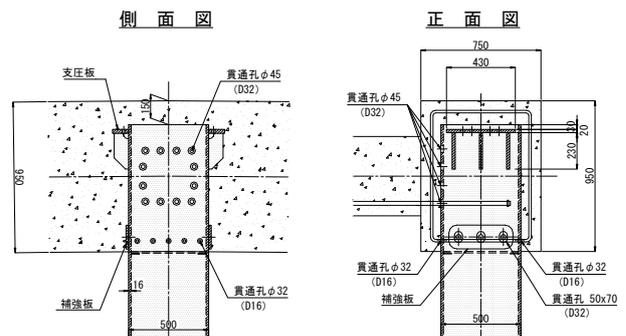


図-7 鉛直材定着部 (アーチリブ)

引抜力に抵抗する支圧板を固定した角鋼管をアーチリブおよび鉛直材に埋設・定着する構造を採用した（図-7）。本構造の採用にあたっては、ひび割れ・破壊を評価できるFEM解析および載荷試験等を実施し、定着構造の安全性を確認した⁴⁾。

3.5 耐久性設計

本橋は海岸線から約500mの位置に建設されるため、塩害対策が耐久設計上の最大の課題である。釧路市沿岸部は塩害の可能性が大きい地域（S1）に分類される（図-8）。塩害対策としては、かぶりの増加、エポキシ樹脂塗装鉄筋等の被覆鋼材、コンクリートの品質向上などがあるが、本橋では経済性、維持管理を考慮し、W/Cを40%以下としてコンクリートの品質を向上させる方法を基本とした。結果、ひび割れを許容しないPC部材である補剛桁のかぶりは50mm、ひび割れを許容するRC部材であるアーチリブ、ストラットのかぶりは60mmとした。

鋼部材である鉛直材は、鋼材の材質を寒冷地仕様のSM490YB(特)を採用し、亜鉛溶融



図-8 塩化物イオンに関する検討における海岸の地域区分²⁾

メッキと塗装による二重防錆とした。

4. ランガー橋の施工

4.1 施工概要

本橋は総支保工式の場所打ち工法により施工を行った。図-9に施工ステップ図を示す。

4.2 補剛桁・鉛直材の施工

(1) 支保工・型枠設置

本橋の建設地点は比較的良好な地盤であるため、表層部を砕石で置換し、鉄板を敷設して地耐力を確保し、支保工を設置した。一般のPC橋の場合、上げ越し量は、死荷重の他、

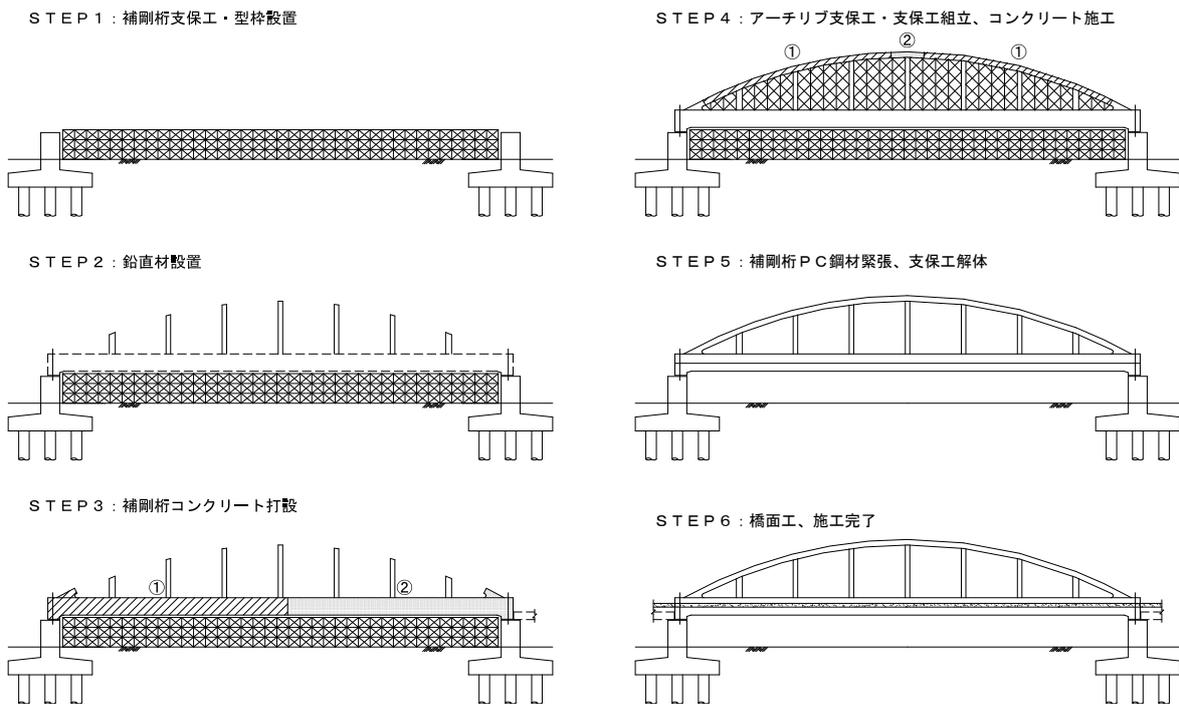


図-9 施工ステップ

全クリープによる変形を合計して算定する。本橋では、全クリープを考慮して上げ越しを実施し、計算どおりのたわみが生じない場合に軌道敷設時に基準のバラスト厚さを確保できない可能性があるため、軌道敷設時（補剛桁打設後 15 ヶ月と想定）に計画高さとなる上げ越し量とした。

(2) 鉛直材の設置

補剛桁に埋設される鉛直材は、底版型枠上にコンクリート製スペーサーおよび台座フレームを設置して固定した。鉛直材の設置精度は、鉛直材相互を連結する仮つなぎ材および仮プレスにより確保したが、鉛直材の塗装が損傷しないよう、ゴムマットで防護した（写真－1）。なお、鉛直材の設置精度については、事前に設置誤差が構造物の安全性に与える影響を検討した上で、施工管理値を設定した。

(3) コンクリート打設

補剛桁コンクリートは、施工の確実性を考慮し、2 分割して打設した。打継ぎ部にはひび割れ防止用の補強鉄筋を配置するとともに、雨水が滞留しやすい底版上面には防水工を実施し、耐久性の向上に配慮した。また、アーチリブ基部のコンクリートは、主桁接合部の拘束ひび割れを防止するために、主桁コンクリートと同日の施工とした。写真－2 に補剛桁コンクリート打設状況を示す。

PCランガー橋のプレストレス導入は、アーチリブの施工が完了し、構造系が完成した後に実施されるが、長期間支保工上に存置される補剛桁のひび割れ発生防止のために、補剛桁コンクリート打設後に主ケーブルの一部を先行緊張した。

4. 3 アーチリブの施工

(1) S. Q. Cの採用

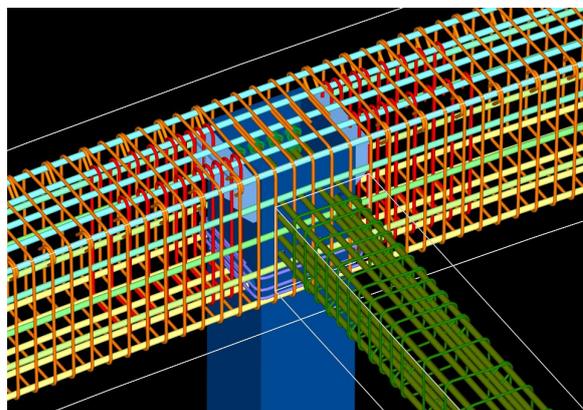
アーチリブには、設計基準強度 60N/mm^2 の高強度コンクリートが採用され、アーチリブ、鉛直材およびストラットの結合部は、鋼材および鉄筋が交錯して配置されている（図－1



写真－1 鉛直材設置状況



写真－2 補剛桁コンクリート打設状況



図－10 鉛直材定着部の鋼材配置 (C. G)

0)。また、アーチリブの上面は勾配があるため、伏せ型枠を設置する必要がある。このような条件下で高品質な施工を行うため、高い自己充填性と高強度、高耐久性を兼ね備えた自己充填型高強度高耐久コンクリート（S. Q. C）を採用した。なお、アーチリブへの S. Q. C の適用にあたり、打設手順や確実な充填性、上面の仕上げ方法を確認する

表-2 アーチリブコンクリートの配合表

| 打設 部位 | セメントの 種類 | W/C (%) | W/B (%) | s/a (%) | 単体量(kg/m ³) | | | | | | |
|----------|-------------|------------|------------|------------|-------------------------|-----|----|-----|-----|----|---------------|
| | | | | | W | C | EX | S | G1 | G2 | SP |
| アーチ部 | BB+EX | 30.7 | 29.6 | 40.7 | 164 | 534 | 20 | 650 | 960 | — | 5.540:B×1.00% |

ための施工確認試験を実施した⁵⁾。アーチリブコンクリートの配合を表-2に、要求性能を表-3に示す。

(2) アーチリブの施工

補剛桁上から支保工を組み立て、アーチリブ型枠を設置した。セメント量が多く水和熱による30℃を超える温度上昇が予測され、全長を1回で打設すると温度降下時の収縮によりひび割れの発生が予測された。対策としてクラウン部3m間は後からの打設とした。

約100m³の左右アーチリブと両者を結ぶストラットのコンクリートは2台のポンプ車により1日で打設した。打設後3時間経過してから伏せ型枠を撤去して均した(写真-3)。クラウン部の間詰め部は温度降下を待って5日後に打設した。

5. おわりに

PCランガー橋は北海道内では初めての建設であり、本稿で述べた課題を今までの実績と解析および実験により検証を行い解決した。課題の検討には、北海道大学上田教授を委員長とする施工検討委員会を開催し、多くの課題に対してご指導、ご協力をいただいた。委員の方々には深く感謝いたします。

本工事は、平成20年の春に、無事、竣工しており、ランガー橋も含めた高架橋全体の供用も開始している。

参考文献

- 1) 土木学会：自己充てん型高強度高耐久コンクリート設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー105号
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)，平成16年4月

表-3 アーチリブコンクリートの要求性能

| 必要性能 | 評価値 |
|--------------------------|----------|
| 自己充てん性ランク | 3 |
| スランプフロー(cm) | 55.0±5.0 |
| 空気量(cm) | 4.5±1.5 |
| 圧縮強度(N/mm ²) | 60.0以上 |



写真-3 アーチリブ仕上げ作業状況



写真-4 完成写真

- 3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物)，平成12年7月
- 4) 土井至朗・松岡茂・益田彰久：複合PCランガー橋アーチリブ接合部の安全性確認試験，鉄建技術報告2008，pp.67-73
- 5) 川又篤・唐沢智之・佐藤茂美：星が浦海岸通架道橋における自己充てん型高強度高耐久コンクリートの適用，鉄建技術報告2008，pp.59-65