

ひめかわ
⑫ 姫川橋梁

構造形式：7径間連続PCフィンバック橋
橋長：462m

1. 橋梁概要

本橋梁の構造形式は、上部構造が7径間連続PCフィンバック中路箱桁、下部構造がP1およびP8橋脚を直接基礎、P2～P7橋脚を1ロットケーソン基礎（ニューマチックケーソン基礎）としている。橋梁全景を写真-1に示す。

フィンバック橋の構造上の特徴は以下のとおりである。

- ① 桁圆心に対し、PC鋼材の偏心量を大きくとることができ、長支間に対応が可能である。
- ② 桁下面一定のため、桁下空間を確保できる。
- ③ フィンバック部に曲面形状を採用することにより柔らかさを表現できる。
- ④ 冬季の厳しい環境（季節風）に対し、フィンによる防風効果が期待できる。



写真-1 姫川橋梁

2. 橋梁計画

2.1 上部工構造形式の検討

1級河川の姫川は毎秒5000tの計画高水流量を有し、出水期には飛騨山脈からの雪解け水により上流において過去数回の堤防崩壊を起こしている。

この河川に架橋する際に与えられた条件は、以下のとおりである。

- ① 上流に位置する国道8号姫川大橋を近接橋としてスパン割を行うこと。
- ② ピアアバット形式は極力採用しないこと。
- ③ 河川管理用通路と新幹線桁下離隔は4.5m以上確保すること。
- ④ 右岸堤防上には桜堤（遊歩道）があり、景観を配慮すること。

これらの条件を満たすスパン割から側径間の桁下空頭確保が可能な構造形式として、7径間連続PCフィンバック橋（中路箱桁断面）を採用した。

フィンバック形式は、支点部において中路桁の橋面から飛び出たウェブ部の高さを確保する構造で、橋梁全体の見た姿が魚の背びれ（フィン）に似ていることから名づけられた。この形式は、大偏心ケーブル形式の橋梁に分類され、適用スパンは60～80mであり、エクストラドーズド形式や斜材をコンクリートで保護した斜版橋などの適用スパン（ $L = 120\text{m}$ 以上）よりは小さい。

本橋架設位置は、海岸線より700m以内と塩害対策も必要であることから、メンテナンス上の問題から外ケーブル方式の橋梁を避けることとした。

2.2 桁形状の検討

鉄道橋として、新幹線橋などの複線桁に対応する場合、フィン部の内面間距離が12m弱と広幅員な形状となる。とくに支点部上ではフィン高が5m以上となることから、フィン部自重による横方向の剛性確保が問題となり、3室箱桁構造を採用した。

さらに箱桁部の形状は、外側ウェブは、景観上の要望から斜ウェブにしておき、底幅幅を狭くすることで自重軽減にも配慮した。

フィン高の設定は、除雪可能な高さ $RL + 4.5\text{m}$ （豪雪時にロータリー式ラッセル車を使用）を限界高さとした。また、側径間のフィン高は、隣接する桁式高架部の高欄天端に一致させ連続性を確保した。

フィン部の天端は、積雪および落雪を防ぐ目的から、外側へ勾配を付けた。また、スパン中央部ではフィン高が $RL + 0.5\text{m}$ と小さいため、日本海側特有の強風（観測値最大30m/sec）対策として、透明アクリル板（厚さ15mm、ナイロンコード補強）を天端に設置した。

2.3 架設工法の検討

河川上の橋梁の架設方法のなかで、施工時になるべく河川への影響を低減させる工法としては、一般的には張出し架設や押出し工法等が考えられるが、フィンバック形式という桁が大断面であり、かつフィン部が変化する構造のため、施工規模から梁式支保工による固定支保工架設（瀬替え、3湯水期）を採用した。

3. PCフィンバック橋の設計

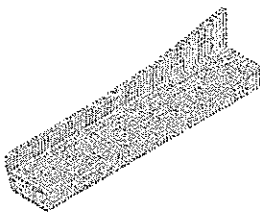
3.1 設計上の留意点

- ① 側径間は、堤防上の管理用通路高を確保するために、箱桁部は標準部に対し1.0m低い断面とする。
- ② 主方向ケーブルはカップリングによる連続配置を基本としているが、1湯水期内で施工される箇所では一部をスルー配置とすることで、フィン断面の欠損率を小さくしている（ケーブルおよび鉄筋の防錆対策が必要となる）。
- ③ 箱桁部の外側ウェブに斜ウェブを採用したことにより、自重およびフィン部に配置したPCケーブルによる腹圧力により支点部上床版には軸引張りが生じるため、上床版に横締めPCケーブルを配置して軸引張力に抵抗させている（立体FEM解析実施）。
- ④ コンクリート打設は1回により行うことが耐久性からは望ましいが、支点部では箱桁部 16.4m^2 、フィンバック部 9.3m^2 と大断面であり、箱桁部とフィンバック部の2回打ちとした。このため、打継部の拘束および温度勾配の影響を把握するために、立体FEM解析による温度解析を行い、ひび割れ幅制御用の補強筋量を算出している。

3.2 立体FEMによる構造解析

本橋における構造特性は、図-1に示す3次元モデルを用いてFEM解析を実施し、以下の3点について確認した。

〔構造解析応力用モデル〕
※1/4橋分



〔温度応力用モデル〕
※色 赤：引張応力（大）

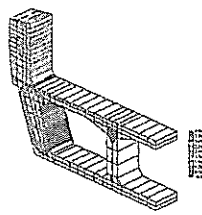


図 - 1 3次元FEM解析モデル

(左：構造応力用、右：フィン部の温度応力解析用)

① PC鋼材定着位置におけるプレストレスの有効領域の評価
 広幅員のために実施したが、ウェブ定着PC鋼材によるプレストレス分布を確認した結果、通常の上路桁の場合に用いる算出式による影響範囲(= (桁高+主桁間隔)/2)とおおむね同じ結果であったため、その式により無効長を評価した。

② 中間支点上の曲げ下げPC鋼材による腹圧力の影響(横方向の断面力把握とその影響範囲)

上床版にはフィンの自重およびPC鋼材の腹圧力により軸引張力が生じることが確認されたため、中間支点上部の上床版には横締めPC鋼材を配置した(図-2)。また、FEM解析結果に基づき、これらの荷重の影響範囲を求め、表-1に示した横方向4種類の設計断面の境界を決定した。

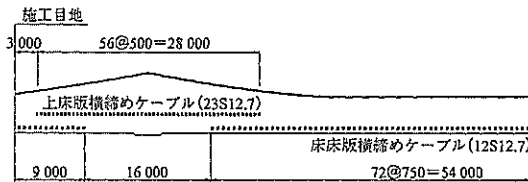


図 - 2 横締めPC鋼材の配置

表 - 1 各横方向部材の構造

	上床版	下床版	ウェブ
中央径間中央	RC構造	PC構造	RC構造
中間支点	PC構造	RC構造	RC構造
側径間中央	RC構造	PC構造	RC構造
端支点	PC構造	PC構造	RC構造

③ 水平打継面の温度応力

上床版とフィン部との水平打継面(新コンクリート側)には、温度応力によるひび割れのうち、とくに耐久性上問題となる貫通ひび割れが生じる可能性が高いことが確認された(図-1)。このため、フィンバック部の温度応力に対する補強鉄筋を配置した。

4. PCフィンバック橋の施工

4.1 施工概要

施工は、非出水期に限定された。施工方法は、固定支保工による分割施工であり、7施工区分を3回の非出水期に分けて施工した。施工段階図を図-3に示す。

4.2 実物大模型による打設試験

本橋は、箱桁部とフィン部が一体となった特殊な形状であり、鉄筋やPC鋼材の配置が複雑であるため、コンクリート打設の施工性が懸念された。また、フィン部は、部材

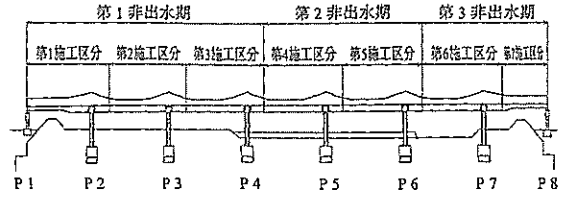


図 - 3 施工段階図

厚が1000mmと比較的厚く、水と熱による温度ひび割れや収縮ひび割れへの対応が必要であった。そこで、実物大模型によるコンクリート打設試験を実施し、コンクリートの充填状況の確認や内部温度の計測を行った。試験の結果から、鉄筋の形状やコンクリートの打設方法、打設時の留意点などについて再検討を行い、実施工に反映した。

4.3 PCグラウト

フィン部における主ケーブルは、最大高低差が7.37m、最大傾斜角度が約24°で配置されており、グラウトを確実に充填できるかが課題であった。そこで、より一層の充填充填度を得るために真空グラウトポンプを併用した注入方法を採用し、事前に注入状況や充填状況に関する確認試験を実施した。試験は、半透明シースを使用して実際のケーブル形状の試験体により行った(写真-2)。試験の結果から、実施工におけるグラウトの配合や注入方法を決定した。

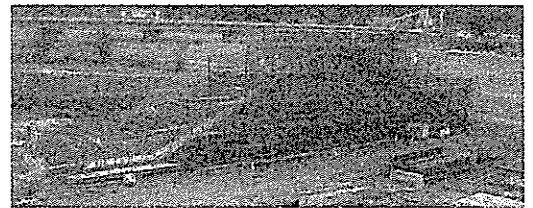


写真 - 2 グラウト試験体

4.4 養生および仮囲い

施工する冬季は気温が低く暴風雪の吹き荒れる日が多いため、飛来塩分からの防護、適切な温度でのコンクリートの養生、良好な施工環境を確保する目的で全体を覆う形式の大規模な仮囲いを設置した(写真-3)。



写真 - 3 養生仮囲い

4.5 防水工

設計における塩害対策に加えて、コンクリート打設時の発熱による微細ひび割れを考慮して、さらなる耐久性向上を図るために、主桁全周に防水塗装を行った。

八千代エンジニアリング(株) 後藤 孝一
 (株)ピーエス三菱 吉田 武