

## 鹿児島港(中央港区)橋梁(C)の計画・設計

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員	○岡田 昌之
(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員	林 克弘
(当時)国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所	
(現在)国土交通省 九州地方整備局 熊本港湾・空港整備事務所	山本 龍三
(当時)国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所	
(現在)国土交通省 九州地方整備局 別府港湾・空港整備事務所	島田 雅志

### 1. はじめに

本橋は、鹿児島港における港湾施設（国際交流と防災拠点となる「マリポートかごしま」等）へのアクセスタイム短縮・渋滞対策・緊急輸送路の目的である臨港道路の一部を担い、中央港区の木材港を跨ぐ橋長430mのPC6径間連続ラーメン箱桁構造の海上橋梁である。

海上橋のため、海水滴や海塩粒子による飛来塩分がコンクリート表面に付着、年月を経てコンクリート内部へ進入し、鋼材の腐食（塩害）が懸念される。本橋は、道路橋示方書における、塩害対策区分Sとなることから種々の塩害対策を施し耐久性を向上させた。

架橋位置の地質は、1次シラス地盤という特殊地盤も存在するため、支持力機構の評価検討も行った。さらに、本橋は、鹿児島らしさの象徴である桜島・錦江湾が借景となるため、美しく調和するデザイン検討も行っている。本稿では本業務で行った塩害対策と、ラーメン化実現のための後ラーメン工法について報告する。

### 2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を次に示し、上部工標準断面図を図-1に、完成予想合成写真を図-2に、橋梁一般図を図-3に示す。

橋梁位置：鹿児島県鹿児島市宇宿2丁目～鹿児島市東開町

事業主：国土交通省 九州地勢整備局

下関港湾空港技術調査事務所/鹿児島港湾・空港整備事務所

構造形式：PC6径間連続ラーメン箱桁橋

設計荷重：B活荷重

橋長：430m

支間長：50.0m+4@80.0m+60.0m(P2～A2)

有効幅員：11.50m

架設工法：張出し架設工法

平面線形：R=3000m～R=∞～R=6000m

その他：塩害対策区分S

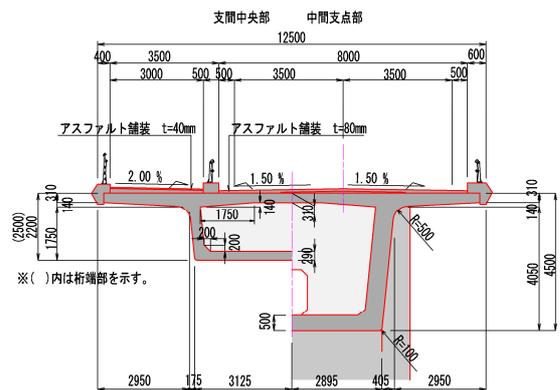


図-1 上部工標準断面



図-2 完成予想合成写真

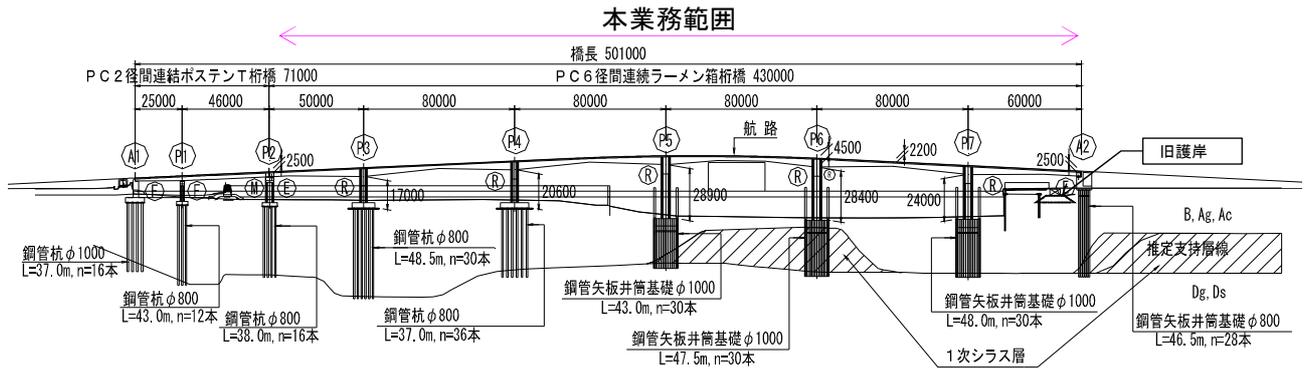


図-3 橋梁一般図

### 3. 設計コンセプト

前述したような架橋地点で、特に背景に桜島があり、その景観を大きく阻害をしないこと、および港湾施設としての臨港道路として位置付けされる海上橋であることから次のコンセプトを設定し計画・設計を行った。

**桜島との調和と塩害対策を両立させ、経済性と施工性および維持管理性に配慮した『シンプルで美しく・耐久性・耐震性の高いPCラーメン橋』の実現**

ここで、ラーメン橋が耐久性および耐震性に優れる理由は次のとおりである。

#### (1) ラーメン橋が耐久性に優れる理由

海上橋であるため支承や橋座面は、塩分を含んだ水が溜まりやすく、劣化、損傷しやすい環境となる。支承を省略できるラーメン構造は、暴露面の最少化とともに、これらの懸念をなくせることから、耐久性、維持管理性に優れる。

#### (2) ラーメン橋が耐震性に優れる理由

被災事例をみると、地震の損傷は構造上の弱点、例えば上部工と下部工の接点となる支承部に被害を集中させる傾向にあるが、不静定次数の高いラーメン構造においては、たとえ一部に塑性化や損傷を受けても耐荷機構が徐々に変化（力が再分配され分散）することにより、破滅的な被害に繋がりにくい。このことから、高いリダンダンシー（冗長性）を有していると評価でき、耐震性に優れる。

### 4. 計画および設計

#### 4.1 全体計画

本設計は、基本設計後の細部設計であり、基本構造（スパン割・形式・主桁形状）が確定しているため、その精査をおこなった。精査の結果、A2 橋台計画位置の直下に旧護岸があり、コンクリートセルラブロックおよび捨石マウンドと干渉していることがわかったため、対応策の検討を行った。対策としては、①旧護岸の撤去、②旧護岸を貫く基礎、③旧護岸の回避(A2 橋台位置の変更：10m バック)、の3案比較を行い、L型橋台とし橋長を最小限延長した③を採用した。また、A2 橋台位置は、砂質系地盤となることから、地震時に液状化し地盤の抵抗がL2地震時地盤定数  $DE=0\sim 2/3$  に低減することから、基礎形式を鋼管杭基礎から剛性の高く経済性にも優れる鋼管矢板基礎に見直した。

#### 4.2 塩害対策

塩害対策S区分に関して主要なものについて詳述する。

##### (1) 主桁形状の工夫

塩害対策区分Sであるため主桁形状については、海塩粒子の付着を抑え耐久性の向上を図るために、海上橋梁で実績の多い1:0.1の勾配にウェブを傾けた。塩分が両面から侵入し塩害を受けやすい隅角部には、サークルハンチを設けその軽減を図った(図-4)。

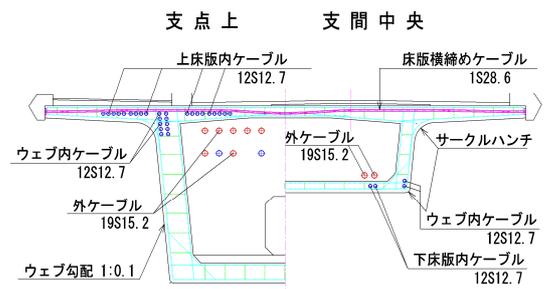


図-4 主桁断面詳細図

## (2) 鋼材防錆対策

PCケーブルの防錆処理は、場所打ち施工の桁であり、施工中の海塩粒子付着により発錆することで耐久性が低下する懸念があることや、マルチレイヤープロテクションの概念を取り入れ2重防錆以上とした。ここで、マルチレイヤープロテクションとは、全ての防錆に完全なものはないという観点から、複数施行することである。

各鋼材の防錆は次のとおりである。

- ①内ケーブル：2重防錆としエポキシ被覆+ポリエチレンシース+セメントグラウトを採用した。また、桁端定着には、樹脂グラウトキャップ+後埋めコンクリートに桁端防水を採用した。
- ②外ケーブル：2重防錆として、エポキシ被覆+ポリエチレン被覆を採用した。
- ③横締めケーブル：プレグラウトタイプを採用した。
- ④鉄筋：エポキシ被覆仕様・高耐久埋設型枠・コンクリート表面塗装を比較し、経済性と維持管理性に優れるエポキシ被覆鉄筋を採用した。

## (3) 外ケーブル定着部の防錆対策

外ケーブルは施工性の向上、ウェブ厚の低減による自重の軽減、維持管理に配慮した取替えや将来の荷重増加に対応する目的で適用される。桁端部においては、外ケーブルの取替えを可能とするなどのため、横桁の外にテンドンギャラリーを設け定着具を露出させるが、定着部の防錆処理などが課題となる。特に本橋は、塩害対策区分Sの海上橋梁であり、定着具の露出は防錆上好ましくないため、箱桁内に定着突起を設け箱桁内定着を行った(図-5)。

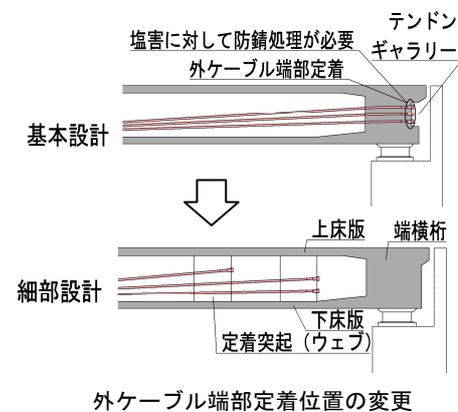


図-5 外ケーブル定着位置

## 4.3 ラーメン化実現のための施策

PCラーメン橋は、耐久性・耐震性に及び経済性にも優れるが、本橋のように固定支間に対し高さが低い橋脚を有す構造に適用すると、桁の乾燥収縮やクリープ変形およびプレストレスによる弾性変形の拘束により、常時において橋脚に過大な断面力が発生し構造が成立しなくなる。既往の研究成果<sup>1)</sup>からラーメン化が可能な固定間距離Lと橋脚の柱高Hの目安は、 $H \geq -5.4 + 0.3 \times (L/2)$  である。

本橋は固定支間長  $L = 320\text{m}$  であり目安橋脚柱高  $H = 43\text{m}$  となるが、端部橋脚の柱高は、P3 : 14m, P7 : 24m であることから、通常の方法ではラーメン化が困難であった。

ラーメン化を成立させるため、P3 と P7 橋脚部に「後ラーメン構造」を適用することとした。後ラーメン構造とは、施工中に乾燥収縮・クリープ・プレストレス弾性短縮により発生する水平変位を、主桁と橋脚天端の間に設置した仮すべり支承にて桁の水平拘束を開放することで、橋脚に発生する断面力を軽減し、所定の変位が開放できた後（約半年程度を目処）ラーメン化する工法である。なお、曲げに関しては、鉛直PCケーブルにより接合された状態であるため水平方向のみの応力開放を行なうものである。後ラーメンを行う橋脚は、施工中の橋脚による水平拘束がなくなるので、連続PC鋼材本数も低減できるメリットもある。後ラーメン化は、鉛直方向に設置したPCケーブルの再緊張、鋼製ストッパーの固定および後打ちコンクリートにて結合する(図-7, 8)。

本橋における効果は、図-6の断面力の変化に示すようにP3, P7橋脚の柱下端の曲げモーメントが後ラーメンを行わない場合と比べ40~50%程度に低減できる。連続PC鋼材は、施工時にP3, P7橋脚の拘束がなくなることから、P3~P4, P6~P7の外ケーブルを2本減らすことが可能となった。

本橋のように橋脚高の低い構造においてラーメン化を行う方法として、後ラーメン構造のほか、水

平反力調整工もあるが、試算では必要導入水平力が 15000kN 程度となり設計当時の施工実績最大値 7000kN を大幅に上回ったため採用を見送った。

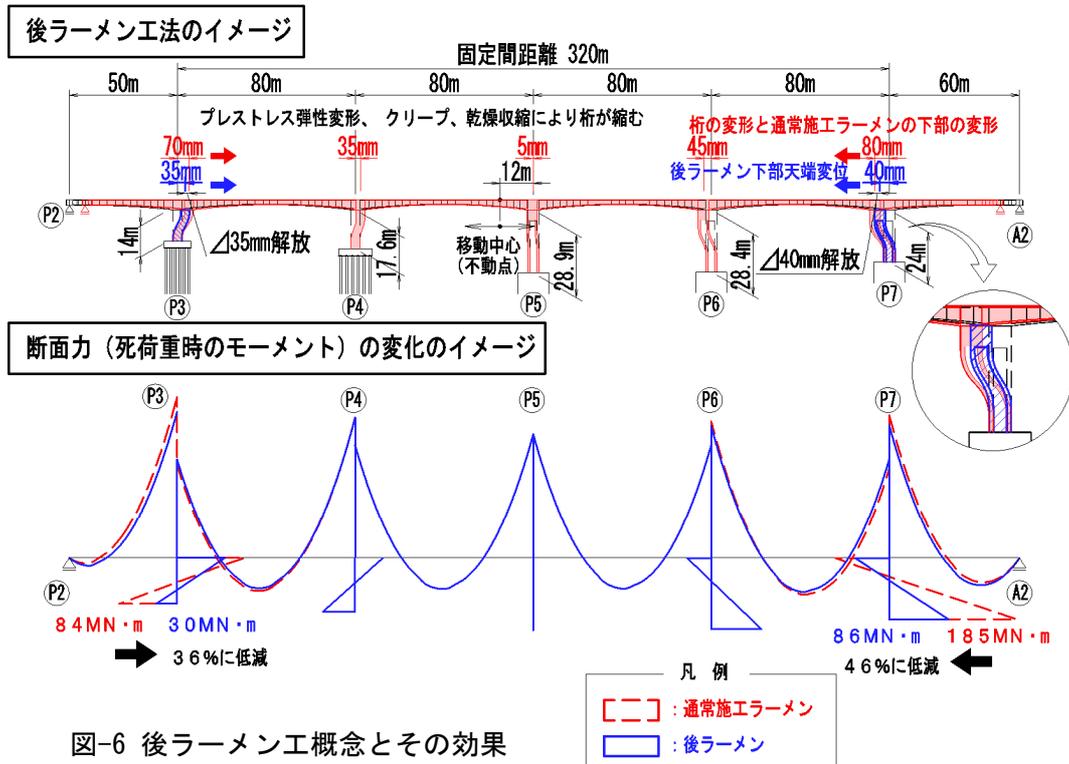


図-6 後ラーメン工概念とその効果

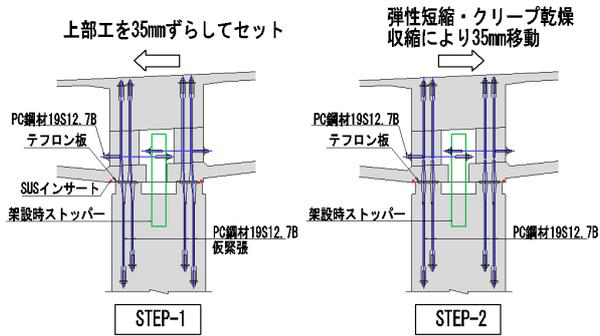


図-7 後ラーメン工 STEP 図

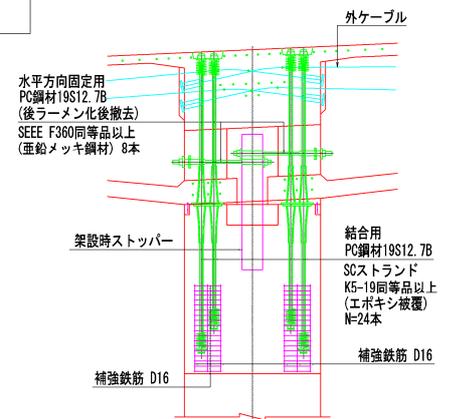


図-8 後ラーメン部構造詳細図

5. おわりに

本稿では、海上PC橋梁における塩害対策を主として種々の施策について報告した。それら以外にも、施工中のひび割れ発生を抑制するため、柱頭部温度応力解析や、外ケーブル定着突起 FEM 解析を設計段階において実施した。本橋において採用した、後ラーメン構造は油圧ジャッキによる水平反力調整工法と同様に、連続ラーメン化の限界固定支間長を延ばす技術であり、耐震性、維持管理性の向上、構造物の長寿命化が求められる中、今後採用が増えるものと期待される。

本橋は、現在施工中であり施工者により後ラーメン部変位の計測を実施している。後ラーメンの施工時期は、設計変位と計測値から、今後の計測結果を踏まえて決定する。

末筆ながら、本橋の設計と一緒に携わり、種々の助言や検討をして頂いた関係者に感謝の意を表わしますとともに、本稿が海上コンクリート橋梁の塩害対策や設計に関して少しでも役立てば幸いである。

参考文献 1)PC 橋の新しい構造事例に関する調査研究—PC 多径間連続橋に関する調査研究—

財) 高速道路調査会 平成 8 年 3 月