

沖縄西海岸道路牧港高架橋の橋梁計画

(株) オリエンタルコンサルタンツ ○ 福 田 翔 太
(株) オリエンタルコンサルタンツ 津 崎 博 美
内閣府沖縄総合事務局 南部国道事務所 下 地 義 光

論 文 要 旨

本橋は、沖縄西海岸道路の一部である、浦添北道路（II期線）の起点部橋梁（上下線）に計画される、橋長257.9m、215.9mのPC5・4径間連続ラーメン箱桁橋である。高塩害地域における構造を含めた抜本的な塩害対策に加え、本線と平行にON・OFFランプが暫定供用している狭小ヤード内の上下部工の施工について、設計コンセプトによる検討・設計方針の統一を図り、全体事業展開の円滑推進に貢献した。

キーワード：PC連続ラーメン箱桁橋、塩害対策、橋梁計画、高耐久設計、近接施工

ま え が き

PC5・4径間連続ラーメン箱桁橋の高塩害地域における塩害対策を含めた高耐久設計に加え、本線と平行にON・OFFランプが暫定供用している狭小ヤード内の上下部工の施工、コスト削減計画を含めた橋梁計画について報告する。

本橋の橋梁諸元を表-1に示す。

断面図を図-1、側面図を図-2に示す。P1からP3橋脚は上下線一体橋脚である。

表-1 橋梁諸元

項 目	
橋 長	上り線：257.900m, 下り線：215.900m
支 間 長	上り線：49.400+56.300+56.300+52.700+40.850m 下り線：49.400+56.300+56.300+51.800m
全 幅	9.800m（上下線）
有 効 幅 員	8.770m（上下線）
上 部 工	上り線：PC5径間連続ラーメン箱桁橋 下り線：PC4径間連続ラーメン箱桁橋
下 部 工	P0：2柱式橋脚, P1-P3：張り出し式橋脚 P4：柱式橋脚

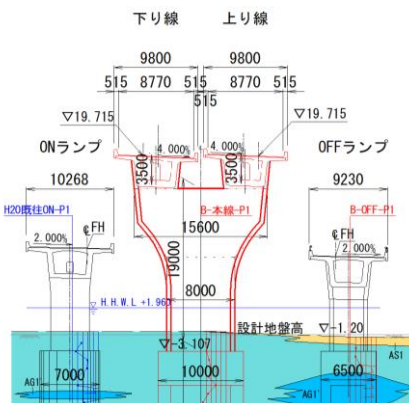


図-1 P1橋脚断面図

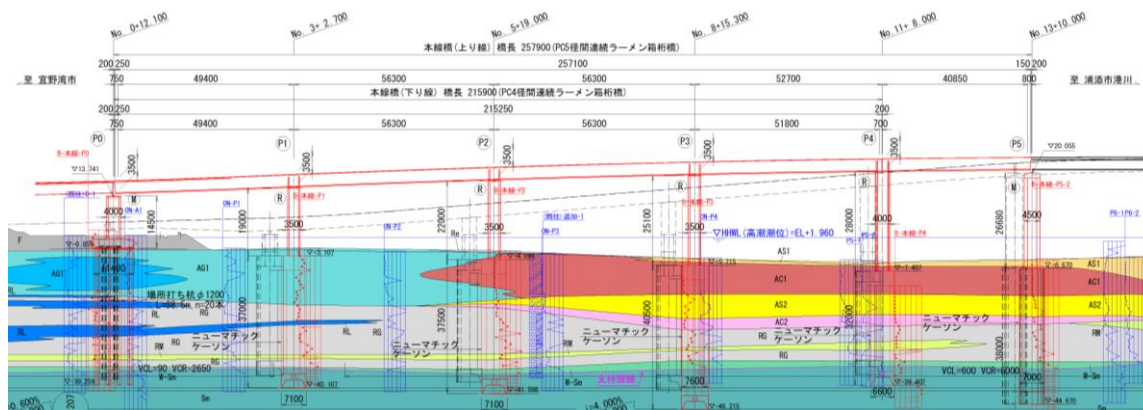


図-2 側面図

1. 設計コンセプト

本橋の設計コンセプトとしては、H29 道示の基本方針に基づく、最新技術・BIM/CIM を駆使した「100 年橋梁」の実現と設定した。

設計コンセプトを実現するために、計画を行う上での具体的な設計方針として、下記の設計ポリシーを策定して計画を進めて行った。

【設計ポリシー】

- ①LCC 縮減 :海上橋の最適な上下部接続構造(剛結構造)を採用したコスト縮減設計
- ②最新技術 : i-Con, BIM/CIM の最新技術を活用した、合理化設計
- ③近接施工 : 既設ランプ橋の近接施工を考慮した設計及び施工計画
- ④維持管理 : 海上の「100 年橋梁」として、最新知見・高度技術を活用した耐久性設計

2. 橋梁全体計画

海上橋という高塩害環境における橋梁計画として、最適な上下部剛結構造を基本構造として計画した。下部工は上下線一体橋脚とし、梁レス構造で景観性にも優れ、支承不要によるコスト縮減も実現した。

BIM/CIM モデルを作成し、広域統合モデル・配筋モデルで干渉等のフロントローディング・3DA モデル、属性情報の付与、施工ステップ動画で事業展開の確認、新技術の PC 鋼材で合理化設計を実施した。

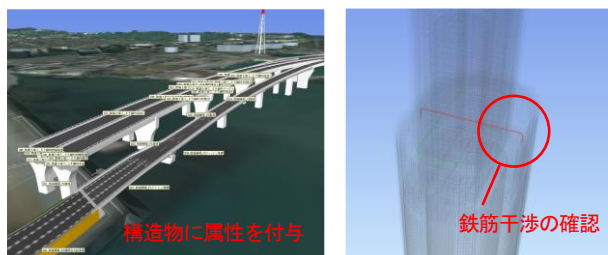


図-3 属性付与・干渉チェック

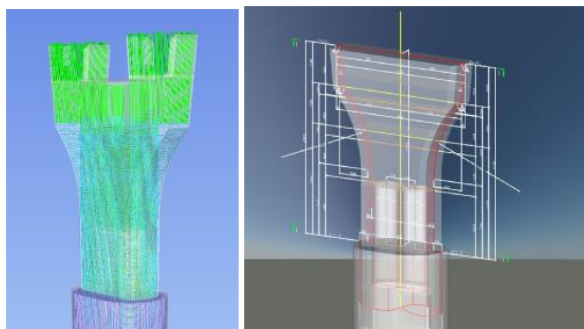


図-4 配筋モデル・3DA モデル

PC 箱桁橋の耐久性向上を図るため、コンクリート品質向上として有限要素法を用いた温度応力解析・定着部 FEM 解析・桁内定着など、「耐久性設計」を実施した。

本線橋は、供用中の ON ランプ橋と並列する位置関係であるため、本線橋架設時には、ON ランプとの干渉に配慮した計画とした。

3. コスト縮減計画

海上橋の長期高耐久性を目的とした上下部剛結のラーメン構造化で、高価な支承の削減を行うと併にラーメン化による基礎への作用力低減による基礎規模のコンパクト化で、コスト縮減を計画した。ラーメン化により、橋梁規模が大きいことによる支承構造の橋脚柱の張出しが不要とすることができた。

ON ランプと OFF ランプに囲まれた狭小ヤード内のため、P1 から P3 橋脚は上下線一体橋脚とした。

また、本橋は上下線分離、下部工一体構造であり、上部工は下り線完成後に、上り線を施工するため、上り線の連続ケーブルのプレストレスが、下り線に拘束される。下り線の拘束による、上り線の影響を立体骨組み解析により算出し、上り線の設計に反映した。

上部工は、主方向外ケーブルの PC 鋼材をプレハブ製品である垂鉛めっきマルチケーブルを採用した。あらかじめ一括 PE 被覆を行ってため、現場でのシース管配置、全長グラウト注入作業が不要となり、現場工程の省力化を図り、コスト縮減を図った。

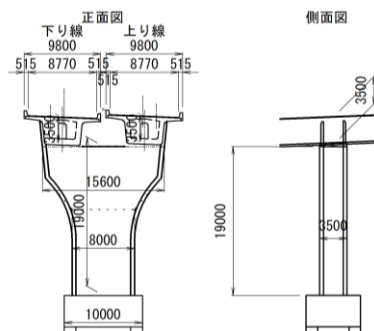


図-5 ラーメン構造

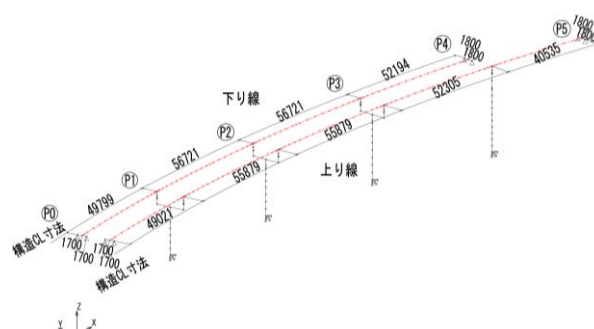


図-6 立体骨組みモデル

4. 高耐久設計

4.1 塩害対策

本線橋は海上部に架設され、塩害対策 S 区分であるため、塩害対策が必要である。対策 1 として、かぶりの確保を行った。箱桁外側は 70mm とし、箱桁内側と上床版上面は塩害の影響を受けにくい材料、通常の最小かぶり 40mm (35mm+余裕 5mm) とした。対策 2 として、鉄筋や PC 鋼材を耐腐食材料とした。鉄筋については、全てエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した。PC 鋼材については、防食性能のある PC 鋼材を使用した。主方向内ケーブルは ECF ストランドを使用した。高品質エポキシ樹脂で PC 鋼より線表面を被覆し、かつ各素線間の隙間部を充填した高耐食性ケーブルである。主方向外ケーブルは亜鉛めっきマルチケーブルを使用した。PC 鋼より線の各素線に熔融亜鉛めっきを施した材料を所定の本数を束ね合わせ、外側を高密度ポリエチレンで一括被覆した PC 鋼材である。横方向はプレグラウト PC 鋼材を使用した。予め工場で鋼材に後硬化型の樹脂が塗布されシースに包まれている。PC 鋼材のシースは全てポリエチレン製シースを使用した。対策 3 として、外ケーブルの定着位置を桁端ではなく、箱内に定着させることにより、定着具を露出することを防いだ。対策 4 として、構造物の断面を塩化物が付着しにくい、斜めウェブとし、上下隅角部は面取り断面とした。

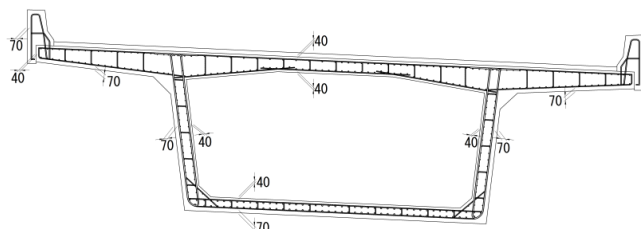


図-7 上部工かぶり厚

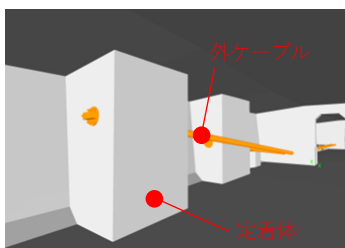


図-8 外ケーブル定着突起

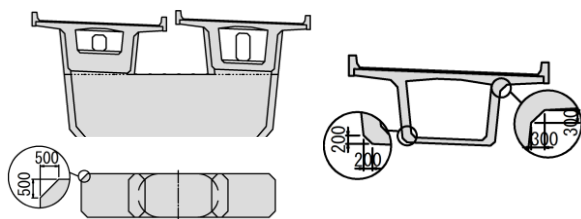


図-9 面取り断面

4.2 温度ひび割れ対策

本橋の柱頭部は、下端が柱で拘束され、横桁厚が 3.5m(4.0m) であるため、マスコンクリートに該当することから、セメントの水和熱による温度ひび割れが発生することが懸念される。したがって、有害な温度ひび割れを抑制するため事前に温度応力解析を実施し、適切なひび割れ対策を検討した。解析条件は、打設時期が不利となる夏季施工の条件で解析を実施し、下り線 P3 橋脚と上り線 P4 橋脚で実施した。結果として、内部温度が 100°C を超え、ひび割れ指数が 1.0 を下回る結果となった。対策として、2 リフト上面は養生マット (5W/m²°C) と散水 (14W/m²°C) を、1 リフトはパイプクーリングを実施し、温度上昇の改善を図った。

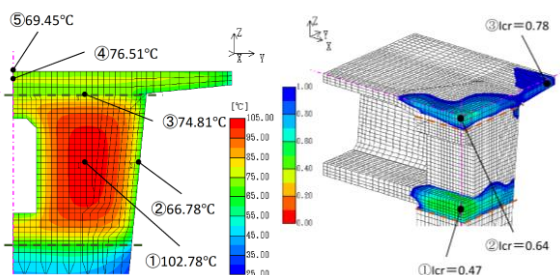


図-10 対策前の温度・ひび割れ指数カウンター

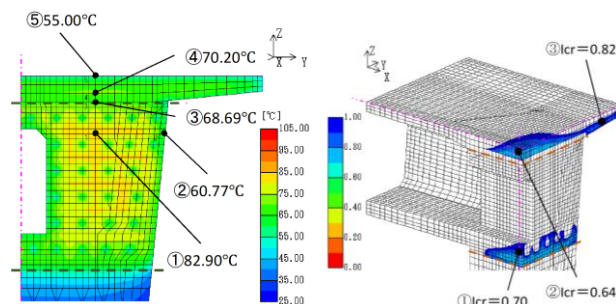


図-11 対策後の温度・ひび割れ指数カウンター

ひび割れ指数が 1.0 を下回る箇所に対して補強鉄筋量の算出を行う有害なひび割れとされるひび割れ幅 0.2mm を超える過大なひび割れを生じさせないことを目標として補強鉄筋量を算出し、配筋要領に反映した。

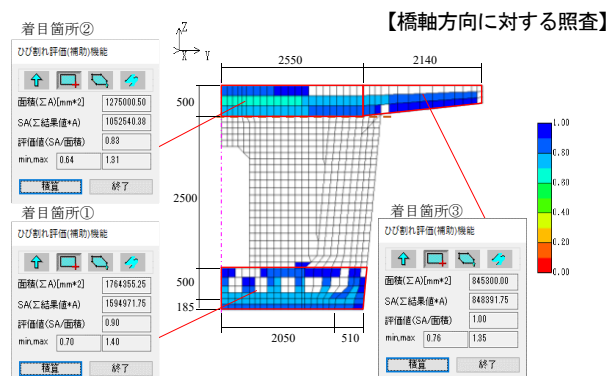


図-12 補強鉄筋量の算出

4.3 FEM 解析

PC 箱桁橋の耐久性向上を図るため、コンクリート品質向上として有限要素法を用いた FEM 解析を実施した。

柱頭部横桁は、ウェブから作用するせん断力による上縁側の引張力、底版に作用する軸力差による下床版の引張力による下床版の引張力を算出し、補強鉄筋を配置した。

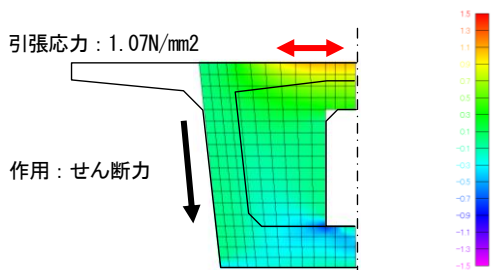


図-13 ウェブせん断力による上縁側の引張力

柱頭部は、ラーメン接合部のハンチの有無の2ケースの隅角部の応力伝達の確認をした。結果として、いずれのケースについても応力伝達は円滑であることが確認できたため、施工性やI期線との景観性の統一を考慮し、本橋のラーメン接合部にはハンチを設けない構造とした。

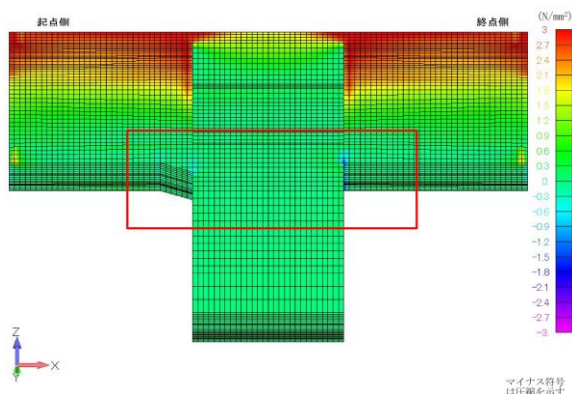


図-14 ハンチの有無による応力の流れ

内ケーブル定着突起は、コンクリート道路橋設計便覧に準じた簡易法と FEM 解析を併用し、安全性に配慮した補強鉄筋を配置した。FEM 解析の場合、簡易法で算出されないウェブ・ハンチ部にも引張応力が生じることが確認できるため、適切な補強鉄筋の配置が可能となった。

外ケーブル定着突起・定着横桁は、FEM 解析による詳細検討を実施し、緊張力により発生する引張応力度に対して補強鉄筋を配置した。

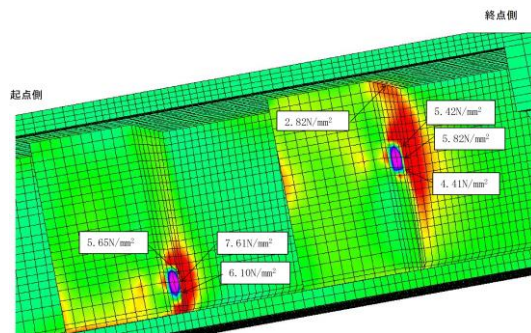


図-15 外ケーブル定着突起の引張応力

5. 近接施工

本線橋は、供用中の ON ランプ橋と並列する位置関係であるため、本線橋架設時においては、ON ランプとの干渉に配慮する必要がある。本線下り線と ON ランプの離隔は 260mm 程度であり、さらに P0 橋脚に向かって、本線と高低差が生じるため、断面では作業床と ON ランプの橋体が干渉する。対策として、干渉する区間は吊材位置を下り線側に寄せるために片持床版の先端 400mm を後施工とした。

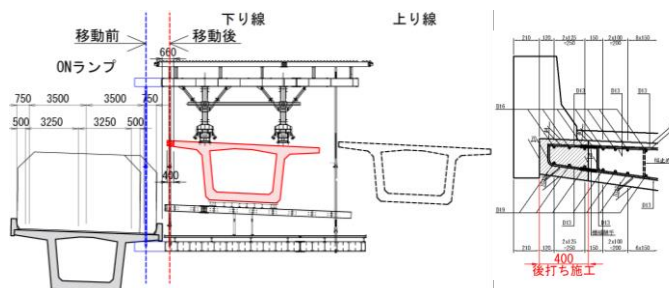


図-16 片持ち床版の後打ち施工

あ と が き

沖縄西海岸道路牧港高架橋は、設計コンセプトを基本軸とした計画を行うことで、徹底した塩害対策とランプ橋に挟まれた狭隘ヤードの近接施工に配慮した施工計画など、100 年橋梁の実現を計画した。

参考文献

- 1) 道路橋示方書同解説 (I~V) 平成 29 年 11 月
- 2) コンクリート道路橋設計便覧 令和 2 年 9 月