

# 大規模更新事業の RC 中空床版橋の架替え

## — 阪和自動車道 松島高架橋他 9 橋橋梁更新工事 —

木原 通太郎\*1・崎谷 和也\*2・井隼 俊也\*3・山下 亮\*4

阪和自動車道阪南 IC～海南 IC 間は供用から 47 年以上経過している。本区間に多数採用されている RC 連続中空床版橋は、海砂の除塩不良による内在塩分に起因する塩害および交通荷重による疲労ひび割れが顕著であった。そこで、抜本的に本体構造物の機能と性能を更新するために、RC 連続中空床版橋の主版架替えを約 10 年の長期間で実施していく高速道路リニューアルプロジェクト（大規模更新・修繕事業）に着手したところである。本路線は地理的条件から、高速道路や一回一般道路の渋滞など社会的影響を極力最小限とする必要があり、交通環境・沿道環境・橋梁形式などを踏まえ、総合的にもっとも適切な構造と施工方法を選定し、事業期間を短縮することが求められた。よって、高度で専門的・得意とする技術を活用した現場条件に適する設計および施工方法を技術提案交渉方式で公募した。本稿では、技術提案交渉方式の入札概要ならびに、請負者が提案した構造および設計概要について報告するものである。

キーワード：大規模更新，RC 連続中空床版橋，架替え，技術提案交渉方式，SCBR 工法

### 1. はじめに

松島高架橋他 9 橋は、和歌山北 IC～和歌山南 SIC（図 - 1）に位置する RC 連続中空床版橋で、これまでの詳細調査により、海砂の除塩不足による内在塩分に起因する塩害および交通荷重による疲労ひび割れ部への水の供給による外的因子の侵入による材料劣化の複合劣化が進行を速めていることが確認されている。本路線は地理的条件から、穏やかで温かい時期（毎年 5 月～8 月）は観光道路として平時の 2 倍程度の断面交通量（約 60 千台/日）となることから、高速道路や一回一般道路の渋滞など社会的影響を極力最小限とする必要がある。その結果、交通規制期間は毎年 9 月～翌年 4 月に限定されるため、令和 3 年から令和 11 年度までの期間を要する事業である。上述による道路環境から、主版架替えは、上下線に高低差がなく、上下線中央分離帯が閉塞構造であることを利用し、上下線総幅員を 3 回に分割（図 - 2）し、交通規制期間中は縮小幅員で 2 車線規制による 1 方向 2 車線を、上下線で現状と同じく 4 車線を確保し、その狭隘工事スペースで主版を架け替える工事として計画した。交通規制期間外については、現在の車線幅員に一旦戻しながらの工事を毎年同期間に実施する。

上記の施工期間の交通制約、分割施工に対する構造に加えて、架橋位置に周辺住民の民家などが近接している沿道環境より、総合的にもっとも適切な構造と施工方法を選定し、事業期間を短縮することが求められた。よって社会的要請の高い課題について、設計段階から施工会社のノウハウを活用した技術提案方式で公募した。入札契約方式として西日本高速道路(株)では 2 事例目となる技術提案・交渉

方式（設計交渉・施工タイプ）を採用した。本稿では、技術提案交渉方式の入札概要ならびに、請負者が提案した構造ならびに設計概要について報告するものである。

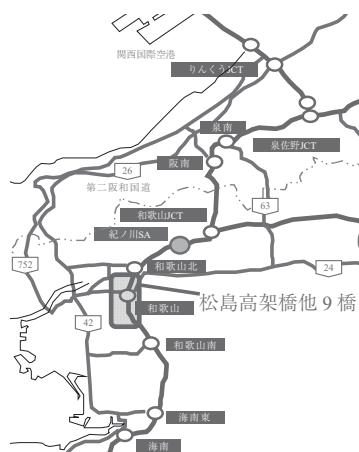


図 - 1 橋梁位置図

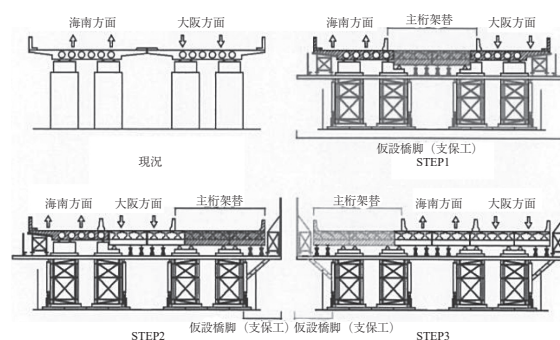


図 - 2 分割施工イメージ

\*1 Michitarou KIHARA：西日本高速道路(株) 和歌山高速道路事務所

\*2 Kazuya SAKITANI：オリエンタル白石(株) 大阪支店工務部（共同企業体 統括責任者）

\*3 Toshiya IHAYA：オリエンタル白石(株) 本社技術部本部技術部

\*4 Ryo YAMASHITA：(株)IHI インフラ建設 橋梁事業部技術部

## 2. 現況構造および詳細調査に基づく架替え理由

### 2.1 現況構造概要

「阪和自動車道（特定更新等）松島高架橋他9橋橋梁更新工事」は、阪和自動車道の和歌山北IC～和歌山南SIC間の、松島高架橋、出島橋、栗栖高架橋、花山橋、鳴神高架橋の上下線の架替えを主とした工事である。現況の松島高架橋の橋梁一般図を図-3に、標準断面図を図-4に示す。また、架替え対象となる前述の5橋の橋梁諸元を表-1に示す。松島高架橋は、和歌山ICに近接しており、終点側に拡幅している特徴を有している。

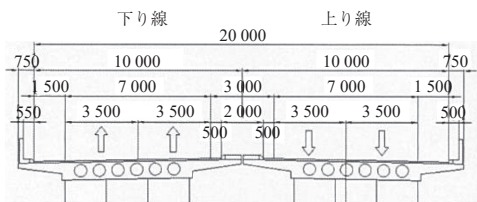


図-4 標準断面図

表-1 架替え橋梁諸元

橋梁名	橋長 (m)	現況の構造形式
松島高架橋	518	RC 連続中空床版 + 単純合成鋼鈹桁
出島橋	41	RC 連続中空床版
栗栖高架橋	468	RC 連続中空床版
花山橋	26	PC 単純合成桁
鳴神高架橋	527	RC 連続中空床版

### 2.2 詳細調査結果

本工事において、既設構造物の劣化状況を定量的に評価するために実施した上部工調査項目、目的ならびに試験方法や判定基準を、表-2に示す。

表-2 上部工詳細調査内容

試験項目	目的	試験方法 (判定基準)
圧縮強度・静弾性係数試験	建設時の設計基準強度との比較・評価を行い、橋梁の剛性を把握する。	JIS A 1107 JIS A 1149
塩分量試験	主版内部の鉄筋腐食に影響する塩化物イオン量の分布性状の確認	コア採取 JCI-SC5 法
中性化試験	主版内部の鉄筋腐食に影響するコンクリート中性化の分布性状の確認	コア採取 フェノールフタレイン法
自然電位測定	各径間における主版内部鉄筋の腐食性評価の面的確認	自然電位法 (ASTM C 876)
コンクリート抵抗測定	主版内部の鉄筋腐食に影響する環境 (含水状態、ポーラス状態) の分布性状の確認	四点電極法 (文獻 1 <sup>1)</sup> )
鉄筋腐食確認	主版内部の鉄筋腐食状況 (腐食度) の目視確認	微破壊 目視
主版下面状況撮影	主版下面の変状発生状況	デジタル 画像撮影
主版内部状況確認	主版下面よりの漏水箇所に対する主版内部の状況確認	微破壊 目視

本項では、圧縮強度・静弾性係数試験、塩分量・中性化試験、自然電位・コンクリート抵抗測定について示す。

#### (1) 圧縮強度および静弾性係数試験

本調査は、各連続径間で1箇所として、φ75×100mmを3本採取して実施した。またコアの採取位置は、主版下

面に変状が生じていない箇所を選定した。図-5に、圧縮強度と静弾性係数の結果を示す。なお、本図では1箇所につき3本の採取試料の平均値を示している。本調査では圧縮強度は建設時の設計基準強度 ( $f_c = 24 \text{ N/mm}^2$ ) が確保されているものの、過年度調査では設計基準強度を下回っているものも確認されている。また、静弾性係数については、本調査ならびに過年度調査も、圧縮強度より推定される静弾性係数より、低い傾向であった。なお、過年度調査のアルカリ骨材反応に対する試験結果より、本橋で使用されている骨材に、反応性骨材が含まれていることが確認されている。

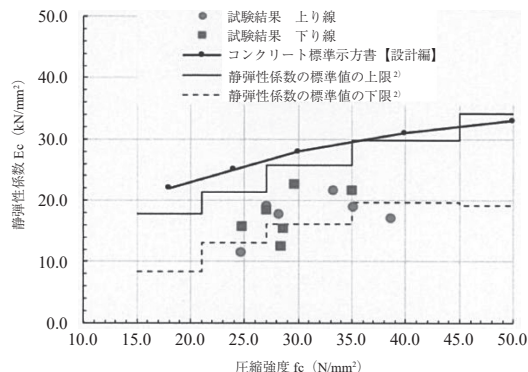


図-5 圧縮強度と静弾性係数の相関

#### (2) 塩分量試験および中性化深さ試験

本調査は、前項(1)と同じ頻度で実施した。表-3に塩分量(主桁下面より20mmごと)および中性化深さ試験結果を示す。塩分量試験結果より、調査対象箇所の12箇所のうち、10箇所で配筋位置ならびに主筋位置において、鋼材腐食発生限界イオン濃度(本調査では水セメント比を考慮した鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度  $1.75 \text{ kg/m}^3$  を判定基準とする)を上回る塩分量が確認された。なお、健全な状態である箇所として選定した下り線P4-5径間測点では、他測点に比べてきわめて低い塩分量であった。一方、劣化部では配筋位置ならびに主筋位置で基準値の約2倍の塩分量が存在することが確認された。また、いずれの調査箇所においても、主版下面から深度が深くなる方向へ向けて塩分量が増える分布傾向が確認できることから中性化に伴う塩分濃縮現象がうかがえる。

一方、中性化試験結果から、上り線P12-13、P26-27、下り線P17-18、P25-26径間を除く調査箇所の8箇所(全12箇所中)で、配筋位置までの中性化残りが15mmを下回る結果であり、塩害環境下である当該橋梁においては顕著な鋼材腐食環境であることが確認された。なお、主筋位置において中性化残りが15mmを下回っている箇所は、

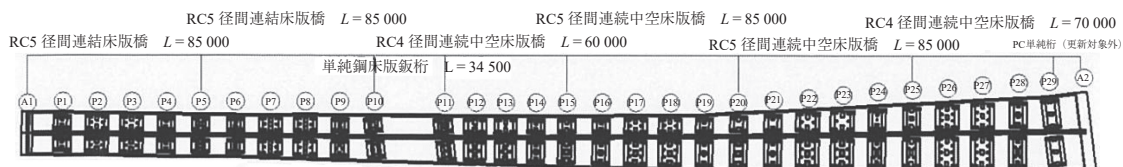


図-3 橋梁一般平面図 (松島高架橋)

表 - 3 塩分量試験ならびに中性化試験結果一覧

径間	上り線			下り線		
	測定位置 (mm)	塩化物イオン含有量 (kg/m <sup>3</sup> )	中性化深さ (mm) ※	測定位置 (mm)	塩化物イオン含有量 (kg/m <sup>3</sup> )	中性化深さ (mm) ※
P4-5	0-20	0.67	36.20	0-20	0.66	28.6
	20-40	2.47	配力筋 (-1.2)	20-40	0.87	配力筋 (14.4)
	40-60	3.11	主筋 (12.8)	40-60	0.95	主筋 (23.4)
P6-7	0-20	0.49	36.80	0-20	0.59	27.3
	20-40	1.35	配力筋 (1.2)	20-40	1.49	配力筋 (14.7)
	40-60	4.02	主筋 (16.2)	40-60	2.86	主筋 (24.7)
P12-13	0-20	0.80	29.80	0-20	0.28	41.4
	20-40	2.32	配力筋 (15.2)	20-40	0.25	配力筋 (-9.4)
	40-60	5.00	主筋 (33.2)	40-60	2.95	主筋 (-5.4)
P17-18	0-20	1.67	27.90	0-20	1.81	22.2
	20-40	2.96	配力筋 (13.1)	20-40	3.71	配力筋 (18.8)
	40-60	2.79	主筋 (28.1)	40-60	5.34	主筋 (27.8)
P23-24	0-20	0.68	26.50	0-20	0.66	29.3
	20-40	1.86	配力筋 (8.5)	20-40	1.96	配力筋 (8.7)
	40-60	3.38	主筋 (17.5)	40-60	5.07	主筋 (19.7)
P25-26	0-20	0.96	9.10	0-20	0.76	23.2
	20-40	4.16	配力筋 (20.9)	20-40	1.68	配力筋 (15.8)
	40-60	3.07	主筋 (31.9)	40-60	1.64	主筋 (27.8)

※中性化深さ項目の ( ) は、配力筋と主筋位置に対する中性化残りを示しており、赤字は塩害環境下における中性化残りの評価規準を下回っているものを示す。

2箇所（全12箇所中）であった。ここで、とくに中性化が進んでいる箇所は、下り線 P12 - 13 径間の測点で配力筋の背面まで到達する状況であったことが確認された。

(3) 自然電位測定およびコンクリート抵抗測定

本調査は主版下面への立入り可能な全径間で実施した。P21 - P25 径間の自然電位・コンクリート抵抗測定結果ならびに主版下面のデジタル撮影画像を、図 - 6 に示す。

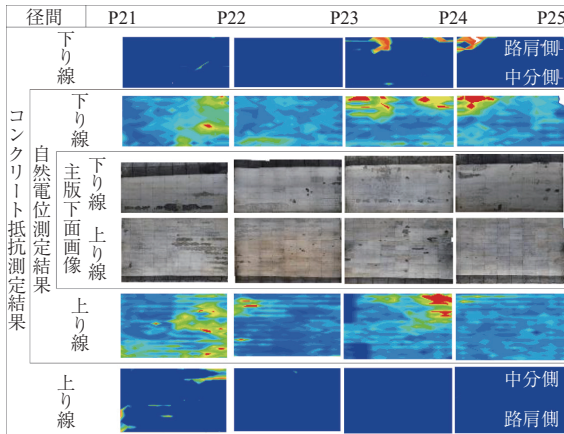


図 - 6 自然電位およびコンクリート抵抗測定結果と主版下面デジタル画像例 (P21 - P25 径間)

自然電位測定による電位分布を“ASTM C 876”に基づき評価すると、鋼材腐食の可能性に関して、“不確定”および“90%以上の確率で腐食無し”と判定される箇所（青<濃>色～黄緑<淡>色部分）がもっとも多く分布していた。また、“90%以上の確率で腐食有り”の箇所について着目すると、横断勾配による橋面排水の影響を受けて、おおむね上下線ともに路肩側に集中する傾向が認められる。ただし、路肩側よりも中分側や橋脚近傍に、電位の卑（マイナス）な傾向が確認される箇所もあることより、橋面排水以外の主版上面の路面状況などのべつの要因も影響していることが示唆される。さらに、本調査ではボイド直下とボイド間のウェブ直下で測定を行っており、とくにボイド直下ではウェブ直下と比べて電位が卑側である傾向であった。またデジタル画像において、健全と思われる箇所においても、電位が卑側を呈している箇所（下り線 P21 - P22 路肩側）

が認められた。

また、自然電位測定結果は、主版下面の変状状況（デジタル画像）や、自然電位値で“90%以上の確立で腐食あり”となる電位測点では、計測時に多径間で確認した内部鉄筋の腐食状況から、おおむね鉄筋腐食傾向にあることを確認しており、一定の精度が得られた。

次に、コンクリート抵抗測定結果においては、極度に鉄筋腐食が進行している箇所（自然電位）では、抵抗値が低く“腐食性が大きい”と判定される範囲の抵抗値であったが、この傾向は一部分のみであり、自然電位がきわめて卑な箇所においても高い抵抗値を示している箇所が大部分であった。よって、コンクリート抵抗値により鉄筋腐食の傾向ならびに腐食環境下を把握することは、当該橋梁においては困難であった。

2.3 詳細調査結果に基づく架替え理由

詳細調査結果より、以下の事項が確認された。

- a) 圧縮強度・静弾性係数試験よりコンクリート品質の脆弱化。
- b) 塩分量試験により鉄筋位置で腐食発生限界を超える塩化物イオン量ならびに中性化残り深さの不足（複合劣化）。
- c) 自然電位測定による面的な内部鉄筋の腐食状況確認において、腐食が進行していると推定できる箇所が広範囲、かつ、外観上では健全と評価される箇所でも内部鉄筋の腐食が進行している可能性（27箇所部分的はつりで内部鉄筋腐食度Ⅱ～Ⅲ程度であった）。

以上、腐食発生限界濃度を超過する塩化物イオン量が鉄筋位置で確認されており、かつ、中性化が進行していることが原因で、内部鋼材の腐食が進行しているため、補修補強の修繕では、長期的な性能の確保が困難であることより、架替え工法が選定された。

3. 技術提案・交渉方式による入札概要

3.1 発注要旨

技術提案・交渉方式（設計交渉・施工タイプ）とは、工事における諸条件等により仕様の前提となる条件の確定が困難な工事や、さまざまな仕様の設定が考えられる工事など、工事において最適となる仕様の確定が困難な場合に適用される方式である。発注する工事の目的を達成するため、概略図、仕様および最低限の要求要件（性能）を提示し、設計手法、高度な技術提案および施工計画等の「要求を最も的確に満たす技術提案」を公募し、審査のうえで最適で総合的に優れた者の技術提案を採用し、当該技術提案を踏まえて仕様・価格を決定する方式である。

本工事は、構造物の安全性、耐久性、および維持管理のし易さが求められると共に、工事履行に際しての安全性、確実性が求められる。さらに、工事実施に伴って生じる交通混雑などによる社会的影響の最小化が求められるため交通規制の制約が厳しく、非常に難易度の高い、かつ工事規模より非常に長期間にわたる工事となる。

これらのことから、発注者は標準的な仕様を提示するのみで民間企業の優れた技術を採用することにより社会的な



影響の最小化，工事期間の短縮，工事目的物の価値の向上が大いに期待できるものと判断され，競争参加者に構造上の工夫や特殊な施工方法などを含む高度な技術提案を求めらるものである。

(1) 技術提案・交渉方式における評価項目

評価項目ならびに対象橋梁を表 - 4 に示す。

表 - 4 評価項目ならびに対象橋梁

評価項目	対象橋梁	
マネジメント業務	マネジメント業務の実施方針	全橋梁
施工計画	設計の実施方針	全橋梁
	工事の実施方針（座標式、バーチャート式工程表を含む）	全橋梁（工程表：松島高架橋 P5-P10）
	主撤去及び新設架設の実施方針（バーチャート式工程表を含む）	松島高架橋 P5-P10
	施工中における周辺環境への配慮	全橋梁
	安全管理に関する想定されるリスクへの対応	全橋梁
	品質管理に関する想定されるリスクへの対応	全橋梁
	工程管理に関する想定されるリスクへの対応	全橋梁
性能・強度等	上部構造の概要	松島高架橋 P5-P10
	上部構造の耐久性及び維持管理のし易さに関する技術的留意点	松島高架橋 P5-P10
工事コスト	工事コストの低減	全橋梁
	橋梁一般図、標準断面図、構造一般図	全橋梁
補足資料	安全性の補足資料（計算書等）	全橋梁
	下部構造の影響の補足資料（計算書等）	松島高架橋 P5-P10
	耐久性の補足資料（試験結果等）	松島高架橋 P5-P10

評価項目は，本工事の特性を鑑み，工事目的物に対する性能・強度以外に，マネジメント業務や施工計画（設計・工事）が含まれることが特徴的である。

(2) 工事契約に至るまでの工程

本工事の入札公告発布より，試験工事区間の工事契約に至るまでの工程を表 - 5 に示す。本表に示すように，入札公告発布から，設計業務締結まで約 8 ヶ月，初年度工事区間の工事契約まで約 24 ヶ月を要している。

表 - 5 契約スケジュール

入札公告	平成 30 年 8 月 13 日
申請書提出期限	平成 30 年 9 月 12 日
技術提案書提出期限	平成 30 年 11 月 12 日
技術的対話の実施	平成 30 年 11 月 28 日
技術提案書再提出	平成 30 年 12 月 17 日
設計業務優先交渉権者の通知	平成 31 年 1 月 28 日
設計業務契約・基本協定の締結	平成 31 年 4 月 2 日
初年度工事区間の契約	令和 2 年 8 月 25 日

3.2 技術提案概要

(1) マネジメント

マネジメント方針として，a) つねに発注者・道路利用者・周辺住民第一に考え行動する。b) 共同企業体と協力会社の優れた技術力を掛合せ，安全に貢献する。c) 効率的かつ継続的な改良・改善を図る。の 3 項目とした。マネジメント実施体制を図 - 7 に示す。この実施体制は，共同企業体中に専門的見地からのレビューを目的とした専門チームや，労働安全衛生委員会ならびに異工種工事に対するリスク管理委員会などを設けた。

(2) 施工計画

施工帯以外の狭小幅員に規制している区間は，一般車両が通行しており，かつ，橋梁両外側には民家などが近接し

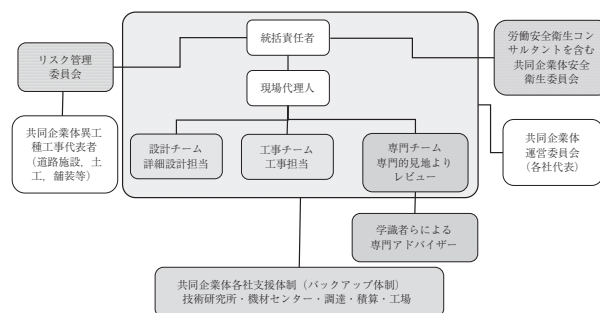


図 - 7 マネジメントの実施体制

ているため，約 7 m 幅の施工帯内で，既設橋梁の撤去ならびに主桁（横梁）の架設を行う必要があった。かつ，施工期間が限定されるため施工期間の短縮も図る必要があった。そこで，施工帯を幅員方向に分割した区域にトレーラーを配置して，クレーンブームを旋回させる事が無いような架設計画を基本として提案を行った。（図 - 8）

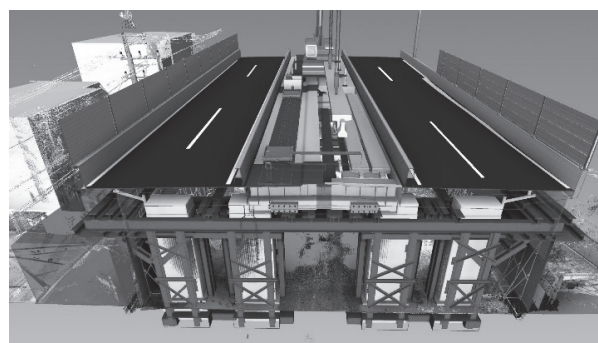


図 - 8 施工概要（仮設橋脚構造概要）

(3) 性能・強度等

構造物の安全性，耐久性，および維持管理のし易さならびに施工期間の短縮化や施工容易性より，支点部にプレキャスト横梁を有するプレテンション方式連結 T 桁橋 (SCBR 工法) をベースとした更なる工夫として，以下の項目などを提案した。

- 完成後の点検容易性より開断面である T 桁構造。
- 中間横桁の省略ならびに間詰床版への埋設型枠使用によって，吊足場を不要とした施工合理化構造。
- 中間支点部の橋軸方向へのプレストレス導入による耐久性ならびに構造安全性の向上。
- 球根状の下フランジを有するプレテンション T 桁断面の採用による架設安定性の向上。
- PC 桁製作工場ならびに現地コンクリートプラントのコンクリートへの高炉スラグ微粉末（比表面積 6 000 cm<sup>2</sup>/g）の使用による塩化物イオンの浸透抑制・ASR の抑制。

3.3 技術提案・交渉方式に対する課題

本方式は，請負者の技術力を提案のうえ，技術的対話により，施工会社の技術力を有効に活用できる優れた一面がある。一方，本方式で発注される案件は，標準的な設計・施工方法が採用しがたく，技術提案書作成にあたっては，

施工会社は詳細設計と同等以上の作業と時間を要するが、入札公告から技術提案書提出までの期間は、作業に見合ったものとならず、応札者が少ない要因になったものと考えられる。事業が抱える課題やニーズはそれぞれ特徴あるものであり、制度化されて間もないことから前述した期間の課題等も踏まえた、今後、更なる入札契約方法の多様化に期待するところである。

#### 4. 詳細設計の概要

##### 4.1 構造概要

本橋の下部工は、幅員方向に2～3本の独立単柱型式の橋脚であるため、支点上に横梁を有するSCBR工法の採用により、既存橋脚の改修の最小化が図れる。構造概要を図-9に示す。

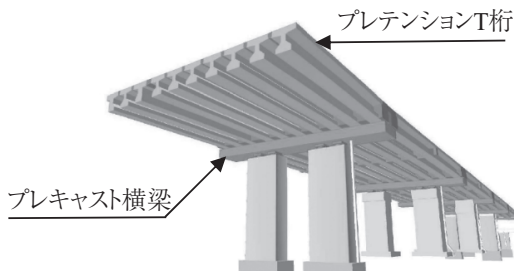


図-9 構造概要図 (SCBR工法 T桁構造)

##### 4.2 施工合理化構造

本工事では、現場施工の合理化・省力化を目的として、1連で幅員変化のない箇所については、中間横桁を省略する構造とした。この中間横桁の省力化については、文献<sup>3)</sup>にも報告されている。本工事の詳細設計においては、中間横桁を省略した構造に対する各種検討を実施した。本項では、それら内容を抜粋して報告する。

###### (1) 荷重分配性状

一般的な多主桁を有する橋梁の荷重分配については、平面格子解析によって設計されている。しかし、中間横桁を省略した施工合理化構造については、立体FEM解析により、荷重分配性状を確認した。また、本工事において、汎用的かつ効率的に設計を行うため、立体FEM解析と平面格子解析を近似させることを目的に、平面格子解析モデルにおいて主桁剛度を調整した。図-10に、橋面死荷重に対する立体FEM解析、平面格子解析（剛度調整の有無）の荷重分配性状を示す。本図に示すように、平面格子解析時の剛度を調整することにより、平面格子解析と立体FEM解析は近似することが確認された。

また、この主桁剛度の調整は、平面格子解析で入力する主桁のねじり剛性は桁単独で算出するのに対して、実構造（立体FEM解析）では、多主桁構造となるため、主桁についてもねじり変形が生じにくくなることの差異に着目したものである。剛性評価を行った主桁1本モデルならびに完成形モデルを図-11に示す。

なお、本工事での詳細設計においては、径間長により、主桁剛性の修正係数を算定したうえで、平面格子解析により荷重分配の計算を実施した。

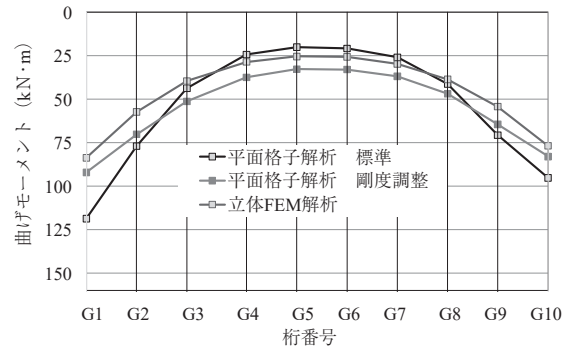


図-10 荷重分配性状

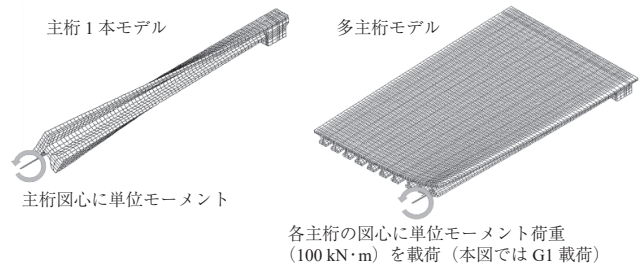


図-11 主桁剛性評価に対する解析モデル

###### (2) 床版の設計

床版の設計においては、中間横桁省略により主桁のねじり変形が大きくなり、結果、床版の作用曲げモーメントが大きくなることが報告されている<sup>3)</sup>。この事項に着目して、立体FEM解析により、床版に作用する曲げモーメントを算出した。立体FEM解析と道路橋示方書（以下、道示）で算出した、活荷重による床版支間中央の応力を表-6に示す。なお、立体FEM解析は、本工事の径間長が15～20mであり、径間長により、立体FEM解析により算出される応力度が異なると想定される3ケースを実施した。

表-6 活荷重による床版支間中央部応力

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

		CASE3- 支間 20 m	CASE3- 支間 17 m	CASE3- 支間 15 m
立体 FEM 解析	標準 (中間横桁有)	2.56	2.38	2.24
	合理化構造 (中間横桁無)	2.81	2.63	2.48
道示式		2.51		

立体FEM解析は、中間横桁を有する標準構造と、中間横桁を省略した合理化構造の両者を実施した。合理化構造で算出された応力度は、標準と比較して、10%程度、応力が大きくなっている。また、径間長が長くなるとともに、床版応力は大きくなっている。このことより、主桁軸回りの変形（ねじり変形）が、床版応力度に影響を及ぼしていることが示唆される。また、道示式との比較では、標準構造では、支間20mでも、おおむね整合している。一方、合理化構造では、支間20mでは、道示式の112%となっており、中間横桁の省略により付加的な応力が床版に作用する

ことが確認された。そこで、本工事での床版設計では、道示式を単純版の90%（標準：単純版の80%）として、標準構造に対して設計曲げモーメントを、112.5% (= 0.9/0.8)とした。なお、本手法は文献3)にも、記載されている。

### 4.3 中間支点部における橋軸方向プレストレス導入

中間支点部の連結部は、一般的にRC構造とされることが多い。本工事では、この連結部の更なる耐久性の向上を目的として、NAPPユニットによるプレストレス導入を図った。導入プレストレスは、連結部上縁で1N/mm<sup>2</sup>程度の圧縮応力が導入されるように設定した。図-12に、NAPPユニットの配置概念図を示す。

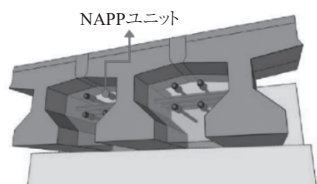


図-12 NAPPユニット配置概念図

### 4.4 仮設橋脚

本工事は、約10年間の長期に亘ること、施工途中段階で一般車両の供用が必要となることより、暫定供用段階で上部工を支持する仮設橋脚についても、L2地震動に対する耐震性能の確保が課題であった。通常、鋼製部材などで独立して支柱（橋脚）を設置するが、L2地震動に対する耐震性能の確保は困難である。そこで、本工事では図-8に示すように、既設RC橋脚に仮設橋脚を緊結することにより、仮設橋脚単体ではなく、既設RC橋脚との合成効果を考慮して既設橋脚と協働で耐震性能を確保できる構造とした。図-13に、完成形も含めた耐震設計フローを示す。

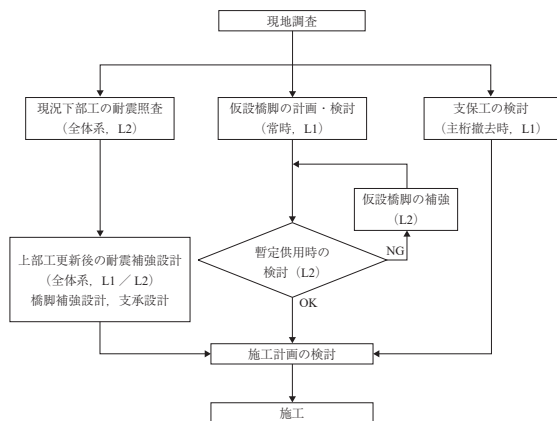


図-13 耐震設計フロー

なお、暫定供用時の仮設橋脚の要求性能として、L2地震動に対して現況橋脚より耐震性能が低下せず、かつ、暫定支持部の上部構造が仮設橋脚の破壊に起因して落橋しないこととした。仮設橋脚の耐震設計は、既設橋脚もモデル化した上下線一体モデルにて実施した。表-7に検討結果抜粋を示す。

### 4.5 上下線一体構造

本橋は幅員方向に3分割して施工されることより、完成

表-7 仮設橋脚 検討結果抜粋

照査対象	照査項目	単位	応答値	許容値	判定	
既設 RC 橋脚	曲率	1/m	0.0186	0.0314	OK	
	せん断耐力	kN	1660	1782	OK	
仮設 橋脚	横梁	曲げ応力	N/mm <sup>2</sup>	70.7	140	OK
		せん断応力	N/mm <sup>2</sup>	13.4	80	OK
	合成応力	-	0.28	1.2	OK	
	支柱	圧縮応力	N/mm <sup>2</sup>	19.1	89.7	OK

形に加えて暫定形においても設計を実施した。標準断面では、暫定形の主桁本数は3本/片線であり、基本的には、上下線ならびに既設中空床版橋とは分離構造としている。ただし、片線あたり3主桁の暫定形構造の支承は、本設支承が片側のみに設置されている状態で、中央分離帯側については、仮設橋脚に支持されている状態である。4.4で示す仮設橋脚はL2地震動に対する耐震性能を保有させているものの、不測の事態による仮設橋脚の倒壊は、暫定供用している状態での落橋に直結する。そこで、仮設橋脚の崩壊に対するフェイルセーフ機能として、鋼殻と外ケーブルによる上下線一体構造を、上り線と下り線の間に設置することとした。この上下線一体構造は、仮設橋脚上の支承が無い状態で、設計荷重時相当に対する耐荷力を確保することとした。図-14に、上下線一体構造の概要を示す。



図-14 上下線一体構造概要図

## 5. おわりに

本文では、「阪和自動車道（特定更新等）松島高架橋他9橋橋梁更新工事」の事業概要、現況状況、入札制度ならびに詳細設計概要について報告した。詳細設計概要については、設計思想についての記述程度に留まっている。詳細設計に関する詳細な事項ならびに施工について、随時、各種関係機関にて報告する予定としている。

2021年秋頃から、縮小幅員による上部工架替え工事が本格始動する。詳細設計段階より、生産性向上や省力化に向けて、各種の検討を実施してきた。また、従前に事例が無い工事のため、本秋からの更新工事により、詳細設計の見直しも想定される。引き続き、関係各位のご協力をお願いしたい。

### 参考文献

- 1) 武若耕司：コンクリートの非破壊検査方法（原理と手法）－鋼材腐食－、特集\*コンクリートの非破壊検査3/8、コンクリート工学、Vol.27、No.3、pp.69-74、1989
- 2) 土木研究所：非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル、技術堂出版、2003.10
- 3) 建設省土木研究所：コンクリート橋の設計・施工の省力化に関する共同研究報告書（I）、1996.11

【2021年5月24日受付】