

## 山陽自動車道 尾道ジャンクション Cランプ橋の設計・施工報告

ピーシー桥梁(株) 西日本支社 技術部 大阪技術グループ 正会員 ○渡邊 悠祐  
 西日本高速道路(株) 中国支社 尾道工事事務所 浦川 誠一  
 西日本高速道路(株) 中国支社 保全サービス事業部 中野 将宏  
 ピーシー桥梁(株) 西日本支社 工務部 大阪工事グループ 正会員 若林 良幸

### 1. はじめに

本橋は、中国横断自動車道 尾道松江線から山陽自動車道の下り線へ連絡する、橋長 376.0m の鋼3径間連続箱桁+PC3径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁の鋼・PC複合橋梁である。本橋梁における設計・施工の課題として、曲線桁を有する鋼桁+コンクリートの複合桁形式であり接合位置・接合方式の検討および耐震評価が必要であったこと、山陽自動車道と近接した場所でのクレーン作業のため、第三者被害および近接構造物の損壊等を未然に防止する安全対策を構築する必要があった。本稿では、上述した課題に対して行ったPC橋の検討内容について報告するものである。

### 2. 橋梁概要

本橋の橋梁概要を以下に示す。また標準断面図を図-1、全体平面図を図-2に示す。

構造形式：鋼3径間連続非合成箱桁 + PC3径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋

道路規格：ジャンクション3級A規格 (設計速度 V=40km/h)

橋 長：376.0(m)

支 間 長：32.0 + 57.0 + 57.0 + 57.0 + 106.0 + 65.0(m)

有効幅員：6.910 ~ 6.760(m)

平面線形：R=100(m)~A=90~R=1300~R=2000

縦断勾配：5.400(%) ↘ ~0.670(%) ↘

横断勾配：7.000(%) ↘ ~2.000(%) ↙ 片勾配

斜 角：90° 00' 00"

活 荷 重：B活荷重

施工方法：張出し架設工法

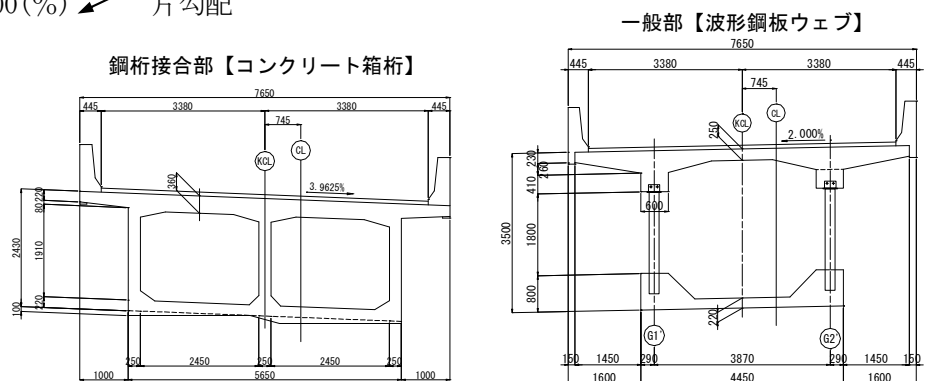


図-1 標準断面図

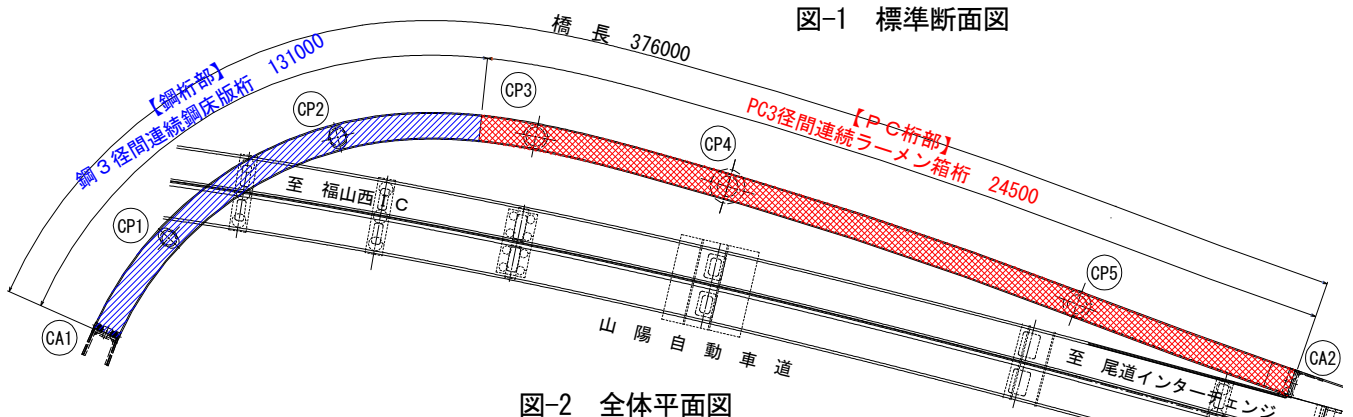


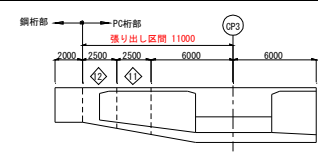
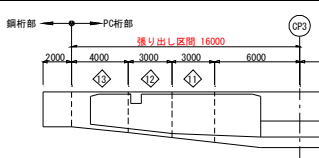
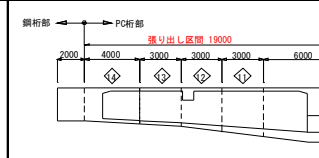
図-2 全体平面図

### 3. 設計時における検討報告

#### 3. 1 接合位置の検討

基本設計において、鋼・コンクリートの接合位置については、作用曲げモーメントの影響が最も小さくインフレクションポイントとなる  $0.25L$  ( $L$ :支間長) の位置で決定していた。詳細設計時においては、鋼桁の施工ステップが大幅に変更となったため、この影響を勘案するとともに、構造的 (ブロック割およびケーブル配置)、施工性および経済性の比較を行った。その結果、基本設計と同様に  $0.25L$  (CP3 上から CP2 側へ 16.0m) の位置とした。(表-1 参照)

表-1 接合位置比較検討結果

	CASE1: $L_c=0.20L$	CASE2: $L_c=0.25L$	CASE3: $L_c=0.30L$																																																
ブロック割り																																																			
構造的	<ul style="list-style-type: none"> <li>接合位置での曲げモーメントが最も大きい。</li> <li>CP3支点上での負の曲げモーメントが最も小さくなる。</li> <li>接合位置において、負の曲げモーメントのみが発生する。</li> </ul> <table border="1"> <tr><td colspan="2">接合部 曲げモーメント (kNm)</td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>-8077.5</td></tr> <tr><td>設計荷重時MAX</td><td>-4716.4</td></tr> <tr><td>設計荷重時MIN</td><td>-14573.1</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td colspan="2">支点上 曲げモーメント (kNm)</td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>-51064.2</td></tr> <tr><td>設計荷重時MAX</td><td>-45230.6</td></tr> <tr><td>設計荷重時MIN</td><td>-69597.1</td></tr> </table>	接合部 曲げモーメント (kNm)		死荷重時	-8077.5	設計荷重時MAX	-4716.4	設計荷重時MIN	-14573.1	支点上 曲げモーメント (kNm)		死荷重時	-51064.2	設計荷重時MAX	-45230.6	設計荷重時MIN	-69597.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>接合位置での曲げモーメントが最も小さくなる。</li> <li>他の案と比較して断面力の発生状態はバランスがよいといえる。</li> </ul> <table border="1"> <tr><td colspan="2">接合部 曲げモーメント (kNm)</td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>-2845.5</td></tr> <tr><td>設計荷重時MAX</td><td>441.9</td></tr> <tr><td>設計荷重時MIN</td><td>-7687.6</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td colspan="2">支点上 曲げモーメント (kNm)</td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>-54024.5</td></tr> <tr><td>設計荷重時MAX</td><td>-47844.1</td></tr> <tr><td>設計荷重時MIN</td><td>-73161.2</td></tr> </table>	接合部 曲げモーメント (kNm)		死荷重時	-2845.5	設計荷重時MAX	441.9	設計荷重時MIN	-7687.6	支点上 曲げモーメント (kNm)		死荷重時	-54024.5	設計荷重時MAX	-47844.1	設計荷重時MIN	-73161.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>桁高変化区間が長くなるため、CP3支点上の負の曲げモーメントが最も大きくなる。</li> </ul> <table border="1"> <tr><td colspan="2">接合部 曲げモーメント (kNm)</td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>4596.1</td></tr> <tr><td>設計荷重時MAX</td><td>8733.9</td></tr> <tr><td>設計荷重時MIN</td><td>-2774.3</td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td colspan="2">支点上 曲げモーメント (kNm)</td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>-58790.2</td></tr> <tr><td>設計荷重時MAX</td><td>-52339.9</td></tr> <tr><td>設計荷重時MIN</td><td>-78031.9</td></tr> </table>	接合部 曲げモーメント (kNm)		死荷重時	4596.1	設計荷重時MAX	8733.9	設計荷重時MIN	-2774.3	支点上 曲げモーメント (kNm)		死荷重時	-58790.2	設計荷重時MAX	-52339.9	設計荷重時MIN	-78031.9
接合部 曲げモーメント (kNm)																																																			
死荷重時	-8077.5																																																		
設計荷重時MAX	-4716.4																																																		
設計荷重時MIN	-14573.1																																																		
支点上 曲げモーメント (kNm)																																																			
死荷重時	-51064.2																																																		
設計荷重時MAX	-45230.6																																																		
設計荷重時MIN	-69597.1																																																		
接合部 曲げモーメント (kNm)																																																			
死荷重時	-2845.5																																																		
設計荷重時MAX	441.9																																																		
設計荷重時MIN	-7687.6																																																		
支点上 曲げモーメント (kNm)																																																			
死荷重時	-54024.5																																																		
設計荷重時MAX	-47844.1																																																		
設計荷重時MIN	-73161.2																																																		
接合部 曲げモーメント (kNm)																																																			
死荷重時	4596.1																																																		
設計荷重時MAX	8733.9																																																		
設計荷重時MIN	-2774.3																																																		
支点上 曲げモーメント (kNm)																																																			
死荷重時	-58790.2																																																		
設計荷重時MAX	-52339.9																																																		
設計荷重時MIN	-78031.9																																																		
施工性	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブロック数は最も少なく、張り出し施工区間も短い。</li> <li>1ブロックの長さが、ワーゲンの性能から決定されていない。</li> <li>1ブロックの施工長が短く、施工効率が悪い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブロック数は基本設計と同数である。</li> <li>1ブロックの長さがワーゲンの性能により決定されているため、効率のよい張り出し施工を行うことができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>張り出し施工を行うブロック数が最も多くなる。</li> <li>施工工程が最も遅くなる。</li> </ul>																																																
経済性	CASE3に対して主ケーブル配置本数が少なくなる(支点上の配置本数は内ケーブル:16本、外ケーブル:10本)。	-	主ケーブルの配置本数が多くなる。(支点上の配置本数は内ケーブル:18本、外ケーブル:10本)																																																
	コンクリート体積、鉄筋、型枠等が最も少なくなる。		コンクリート体積、鉄筋、型枠等が最も多くなる。																																																
判定	○	◎ [曲げモーメントが最も小さい]	△																																																

#### 3. 2 接合方式の選定

鋼桁とコンクリート桁の接合方法には、(1)両面支圧方式、(2)後面支圧方式および(3)前面支圧方式が挙げられる。本橋での接合方式の選定にあたっては、曲線桁を有する点および鋼桁部とコンクリート桁部の断面力の伝達機構が優れる両面支圧方式を採用した。(図-3、写真-1、表-2 参照)

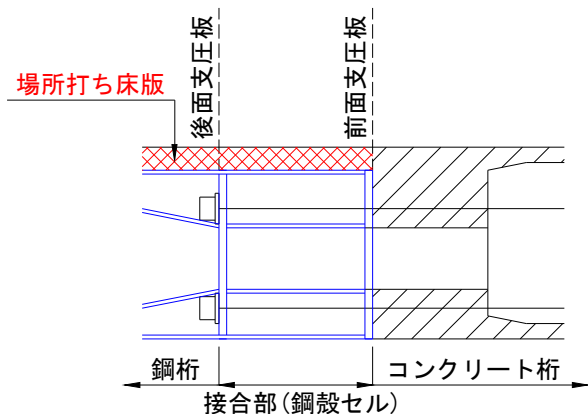
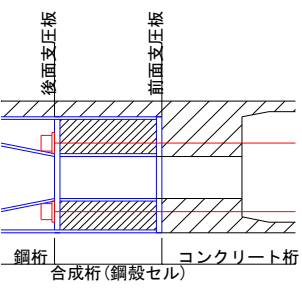
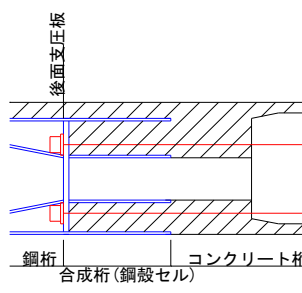
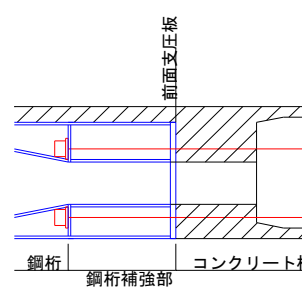


図-3 両面支圧方式 (本橋採用)



写真-1 接合部架設状況

表-2 接合方式比較検討結果

	両面支圧方式	後面支圧方式	前面支圧方式
構造概要			
実績	木曾川橋・揖斐川橋	生口橋・多々羅大橋	ノルマンディー橋 (フランス) × 国内実績に乏しい
力の伝達機構	<ul style="list-style-type: none"> <li>軸方向力、曲げモーメント 前面支圧板、後面支圧板、鋼殻スタッド</li> <li>せん断力、ねじりモーメント 前面支圧板スタッド</li> </ul> <p>○ 曲線桁の場合も、ねじりの影響を分散可能</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軸方向力、曲げモーメント 後面支圧板、鋼殻スタッド</li> <li>せん断力、ねじりモーメント 鋼殻スタッド</li> </ul> <p>× 曲線桁の場合、ねじりの影響が大きく、作用力が鋼殻スタッドに集中してしまう。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軸方向力、曲げモーメント 前面支圧板</li> <li>せん断力、ねじりモーメント 前面支圧板スタッド</li> </ul> <p>△ 前面支圧板に力の伝達機構が集中する</p>
その他	<p>○ 鋼殻セル内への配筋が不要で、現場施工性に優れる。</p> <p>△ 鋼殻が密閉構造となり、製作性の検討が必要となる。</p>	<p>△ 鋼殻セル内への配筋が必要で、現場施工性に劣る。</p>	<p>× 合成桁区間 (ラップ区間) がなく、前面支圧板位置にて断面急変するため、構造上の弱点となりやすい。</p>

### 3. 3 耐震設計

耐震設計を実施するにあたり、本橋の曲線性状を考慮した加震方向の設定が重要であった。

そこで、図-4 に示すように各橋脚を対象に、静的解析にてレベル2地震動荷重を 15° ピッチで載荷角度を逐次変化させ断面力および変位量を抽出し、最も不利となる4方向の載荷角度を加震方向とした。(図-5 参照)

そして、決定した加震方向より動的解析を実施し、下部工の照査を行うとともに上部工の設計では、耐力の不足する箇所について鉄筋量を変更し対応した。(図-6 参照)

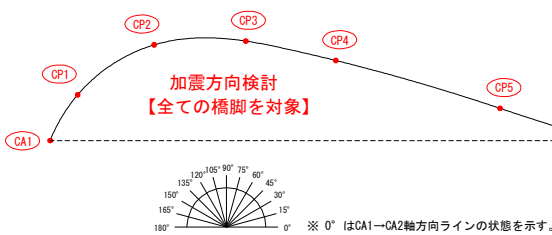


図-4 加震方向の検討イメージ

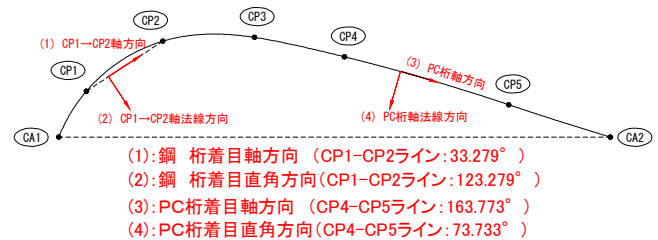


図-5 詳細設計での加震方向

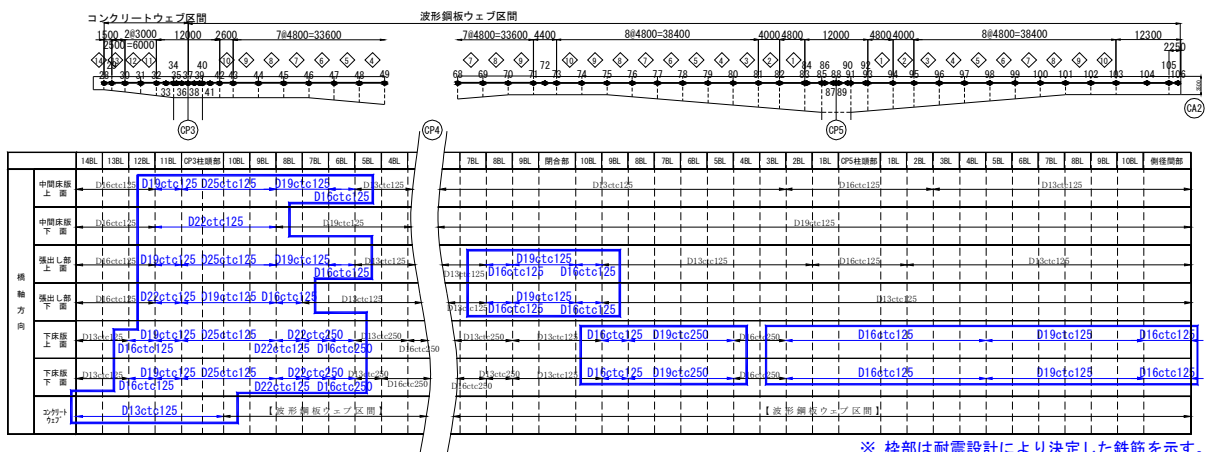


図-6 PC桁配筋要領図

### 4. 施工時における検討報告

資機材を揚重する際、山陽自動車道に近接しての工事であることから、第三者被害および近接構造物の損壊に対する防止策の検討が必要であった。そこで施工開始前に、施工性を比較検討し最終的な安全対策を構築した。

#### 4. 1 ワイヤーガイドによる第三者被害防止対策

図-7に示すように、資機材を揚重する際ワイヤーガイドを使用して、風やクレーン旋回時に大きく荷振れし、山陽自動車道への侵入に伴う第三者被害を予防する措置を行った。

#### 4. 2 ビームセンサーによる侵入検知システム

クレーン作業時ではモニターカメラおよび目視にて作業を行っているが、クレーンオペレーターに対するヒューマンエラーおよびフェールセーフ対策としてクレーンが旋回範囲を越えた時に赤外線ビームセンサーに反応して警報が作動するシステムを構築した。(図-8 参照) これは、住居または工場などの侵入盗難用に開発されたもので、これを現場で応用し加工した。使用にあたっては、旋回可能ラインの50cm手前で警報音が鳴り危険予知を伝える仕組みとした。

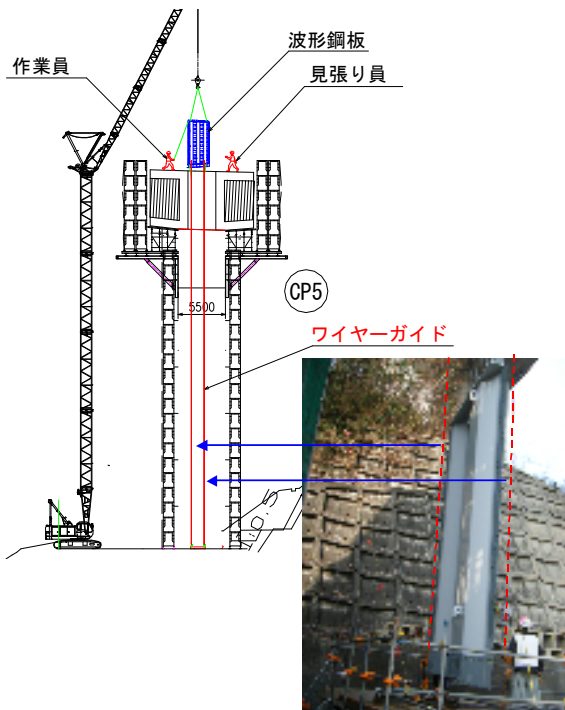


図-7 ワイヤーガイド設置要領

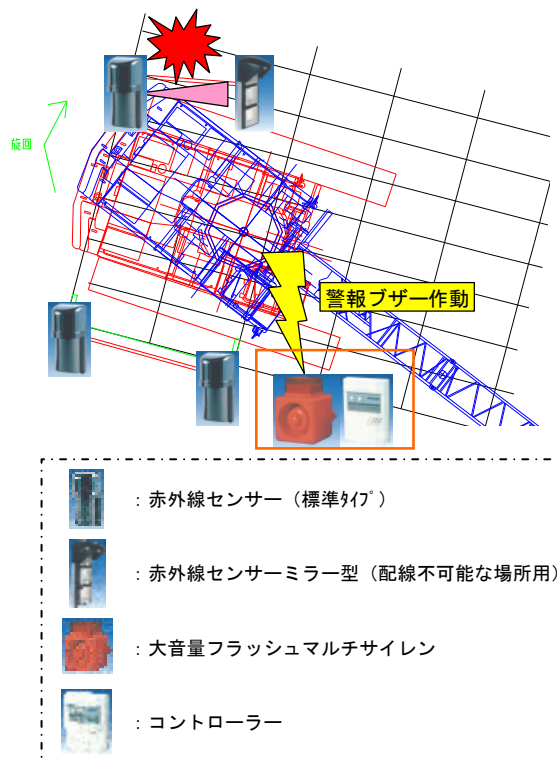


図-8 赤外線センサー警報システム

### 5. おわりに

写真-2に、本年5月での現場状況を示す。鋼桁とコンクリート桁の接合も無事に終わり、橋面施工を経て本年7月末に完工を予定している。

本稿では、設計・施工時での課題に対して検討結果および対策について報告したが、その中でも近接工事例は近年増加しているだけに、本報告が今後の新設工事における、設計・施工計画立案での一助となれば幸いである。最後に本工事の施工にあたり、御尽力ならびに御指導を頂きました関係者各位に、心からの感謝の意を表します。



写真-2 現場状況写真 (H21年5月撮影)