

(89) 久安川橋の設計・施工

日本道路公団 四国支社 建設部 湯川 保之
 日本道路公団 四国支社 建設部 和田 信良
 ピー・エス ドービー J V 正会員 原 秀美
 (株)ピー・エス 東京支店 土木技術部 正会員○井筒 浩二

1. はじめに

久安川橋は、四国横断自動車道(南国～伊野区間)で、JR土讃線「高知駅」の北方3.5kmの位置に架設される、PC4径間連続ラーメン箱桁橋である。この橋梁の特徴として、架設位置がインターチェンジ(仮称:高知I.C)に近接しているため、合流ランプによる平面線形のすり付けを橋梁区間に設ける必要があり、全幅が上り線では10.50m～23.30mへと大きく変化していく。このため、主桁断面を1室箱桁→2室箱桁→2主箱桁→分離箱桁へと変化させており、張出し施工時に使用するワーゲンは幅員変化に対応できるように横移動装置を装備している。

本稿では、上り線断面変化部のFEM解析による補強および幅員変化に対応した張出し施工の手法について報告する。

2. 工事概要

工事名: 高知自動車道 久安川橋(PC上部工)工事
 主桁形式: ポストテンション方式4径間連続ラーメン箱桁橋
 活荷重: B活荷重
 橋長: 283.5m(以下、上り線)
 支間: 61.3 + 2@ 86.0 + 48.8m
 有効幅員: 8.5 ~ 12.5 ~ 9.25m (~7.00m: ランプ)
 縦断勾配: 0.750% (1.095%: ランプ)
 横断勾配: 2.0%
 平面線形: R=∞ (R=800, 400m: ランプ)
 主要材料: 表-1 参照

表-1 主要材料

主桁工 (上り線)	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	m ³	3,694.9
	P C 鋼材	SWPR7B 12S15.2	kg	131,137.7
		SWPR19 1s21.8 AF	//	20,452.5
		SWPR19 1s21.8	//	1,601.4
鉄筋	SD345	t	476.814	

(AF: フターボルト, 床版横締め)

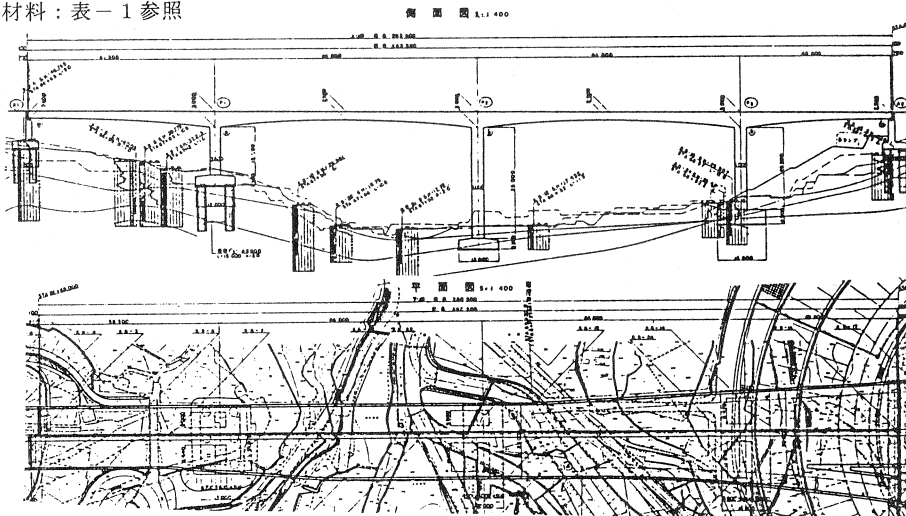


図-1 一般図

3. 断面変化部の設計

3.1 構造概要

本橋梁の主桁は、以下に示す4種類の断面から構成されており、各々の断面変化位置は、1室→2室がA1～P1支間部、2室→2主がP3上、そして2主→分離がP3～A2支間部となっている。詳細を図-2に示す。

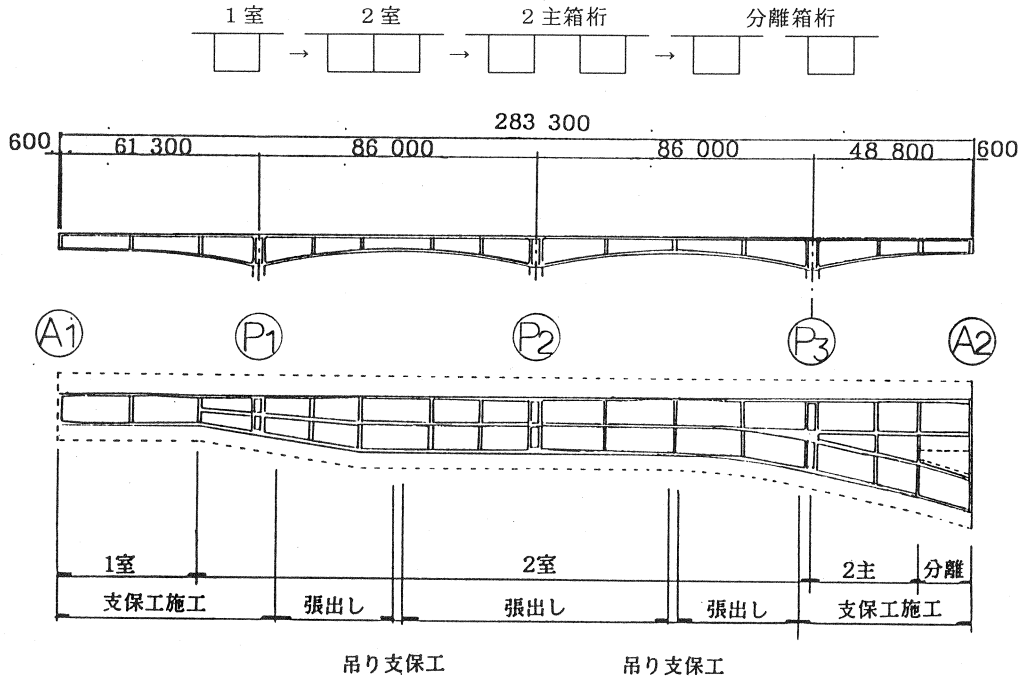


図-2 構造図

1室→2室の変化部では、支間途中で中ウェブが始まり、主鋼材(12S15.2)をウェブ端および突起により定着する構造であるためプレストレスによる応力が集中する。よって、この応力緩和のために、中ウェブを中間横桁まで延長し、一体構造とした。また、中間横桁厚は300mmが標準であるが、同一平面上の中・外ウェブに応力差が生じにくい構造とするため、この部分の中間横桁厚は500mmとした。

2主→分離部では、分離区間が支間に対して1/3程度であり、A2側での開口部距離が約3.5mしかないことから、支点横桁は本線部からランプ部まで連続構造とした。

3.2 施工ステップ

施工ステップを図-3に示す。

- ① A1, A2側の側径間を支保工施工。P2柱頭部施工。
- ② P1, P3からスライド型3主構ワーゲンにて張出し施工。P2から標準3主構ワーゲンにて、両側に張出し施工。よって、張出し時には4基のワーゲンが稼働。

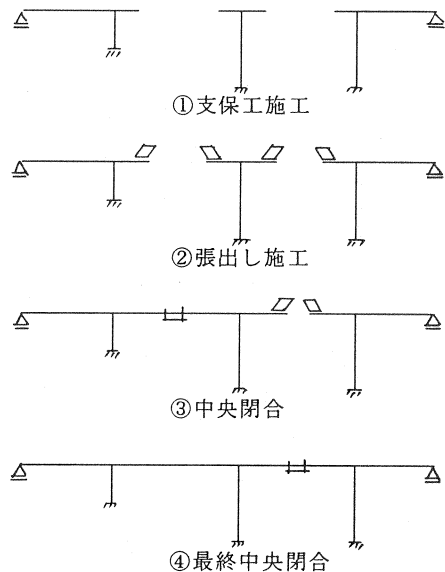


図-3 施工ステップ

③ P1-P2 径間を吊り支保工にて閉合

④ P2-P3 径間を吊り支保工にて閉合

3.3 解析概要

断面変化に伴う力の流れを明確にするため、3次元FEM解析(表-2)をおこなった。

3.4 中ウェブ増加部の検討

A1~P1間の中ウェブ増加部をモデル化したメッシュ割を図-4に示す。

表-2 解析方法

	1室→2室	2主→分離
解析方法	3次元FEM解析	
要素	上部構造-シェル要素 橋脚-梁要素	
節点数	3385	7280
要素数	3411	6437

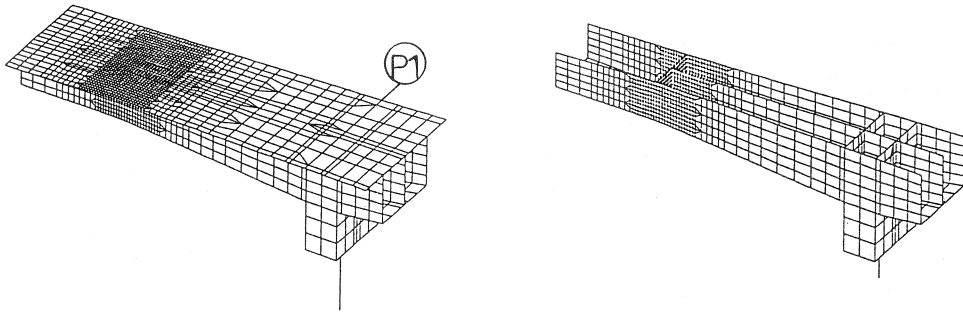


図-4 メッシュ図

(1) 作用荷重

中ウェブに配置される主鋼材(12S15.2)のプレストレスを考慮する。なお、全8本のうち4本はウェブ端部に、残りは2本ずつ定着突起にて配置する。(図-5)

(2) 引張り応力度

図-6に、最大引張り応力度の発生位置、方向そして応力度の最大値を示す。

側面的には、1室側の上床版下側に 22kgf/cm²、下床版上側に 40kgf/cm²、また、2室側の上床版上側に16kgf/cm²、下床版下側には 25kgf/cm²の引張り応力が橋軸方向に発生している。

平面的には、1室側の両外ウェブと中間横桁結合部に 21kgf/cm²、2室側の中ウェブと中間横桁結合部に43kgf/cm²の引張り応力が橋軸直角方向に発生している。

(3) 補強方法

図-7に、橋軸方向および橋軸直角方向の補強鉄筋、補強鋼材の配置を示す。

橋軸方向の引張り応力度は、実際には両外ウェブのプレストレスの作用により、図-6の値よりも小さくなると思われるが、補強設計においては安全側となるため、これを考慮しないこととした。よって、FEM解析での引張り応力分布から部材1m当りの引張り力(P)を算出

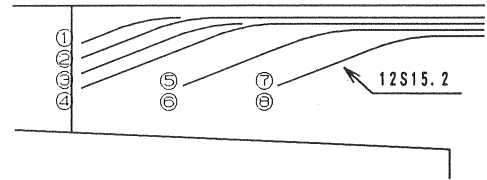


図-5 中ウェブの主鋼材配置

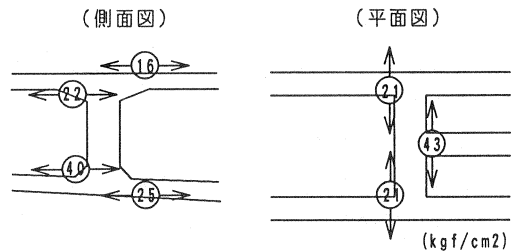


図-6 引張り応力度

し、鉄筋の許容応力度を $\sigma_{sa}=1,000\text{kgf/cm}^2$ 程度として必要な鉄筋量を求めた。

橋軸方向には、上床版 $P=36.7\text{t/m}$ に対して標準配置 (上:D16ctc250、下:D16ctc125)では必要鉄筋量を満足しないので、上側に D19ctc250を追加した。下床版は、 $P=46.5\text{t/m}$ に対して標準配置 (上下共:D13ctc250)では満足しないので、上下共 D19ctc125に変更した。

橋軸直角方向には、横桁横締め(1s21.8)を6本配置して、平均 10kgf/cm^2 程度のプレストレスを導入し、そのときの引張り力 $P=30.2\text{t/m}$ に対して検討した。その結果、直角方向にD19ctc125を配置し、鉛直方向にも同等量の鉄筋を配置した。

3.5 主桁分離部の検討

P3~A2間の主桁分離部をモデル化したメッシュ割りを図-8に示す。ここでは特に、分離部近接の中間横桁に対して、死荷重時および設計荷重時に応力集中が発生しないかに着目した。

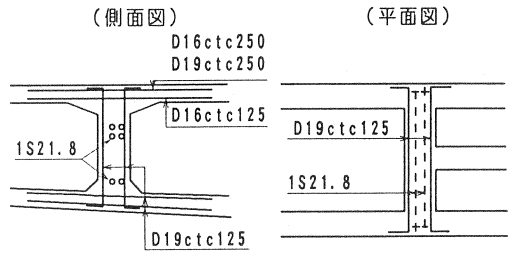


図-7 補強方法

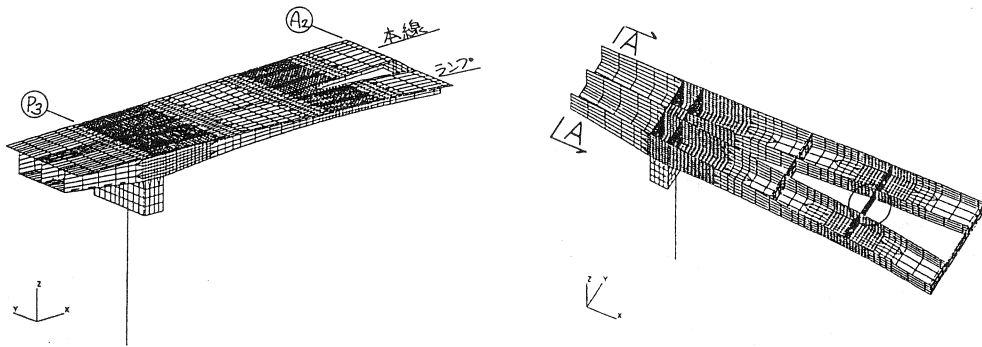


図-8 メッシュ図

(1) 作用荷重

作用荷重は、

- ①死荷重 (自重、橋面荷重)
- ②プレストレス (主鋼材、床版横締め)
- ③活荷重

を考慮し、その組み合わせにて死荷重時、設計荷重時の検討をおこなった。なお、活荷重においては、あらかじめ着目している中間横桁の曲げ、せん断、ねじりによる断面力がそれぞれが最大になる荷重状態を、格子モデルによって検討した。図-9にその結果を示す。

また、図-8に示す境界断面 (A-A断面)は、平面保持と仮定して、主方向の設計で得られた梁モデルでの断面力をその重心位置に載荷している。

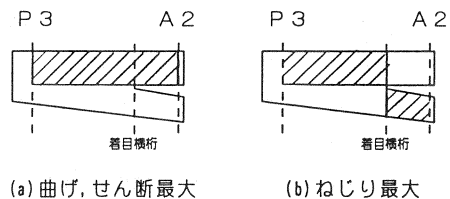


図-9 活荷重載荷状態

(2) 引張り応力度

図-10に、分離部中間横桁($t=300\text{mm}$)の死荷重時(①)、活荷重(②)、および設計荷重時(①+②)の要素別応力度を示す。死荷重時では全断面圧縮であるが、活荷重により、下縁に 21.4kgf/cm^2 の引張り応力度が発生しており、これらを組合わせた設計荷重時の下縁には、 6.5kgf/cm^2 の引張り応力度が生じる。ここで、全断面を有効とした場合の許容引張り応力度は、死荷重時で 0kgf/cm^2 、設計荷重時で 15kgf/cm^2 であるので、いずれの場合も許容値を満足している。

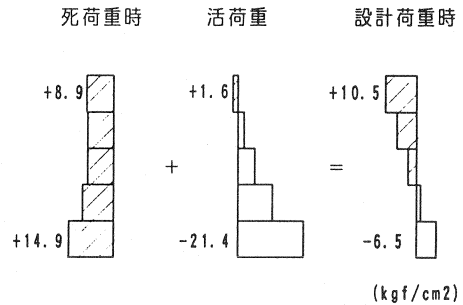


図-10 要素別応力度

(3) 中間横桁に作用する活荷重の比較

表-3に、着目している中間横桁の、活荷重による、格子解析とFEM解析の断面力比較を示す。この比較より、曲げおよび、せん断とも、格子解析の方が大きな値になっており、中間横桁の補強設計に関しては、格子解析の断面力を使用した。

表-3 断面力比較

	格子解析		FEM解析
曲げ (tm)	68.8	>	31.7
せん断 (t)	29.0	>	20.0

(4) 補強方法

格子解析の断面力で、曲げ、せん断、ねじりの検討をおこない、図-11に示すような補強鉄筋を配置した。

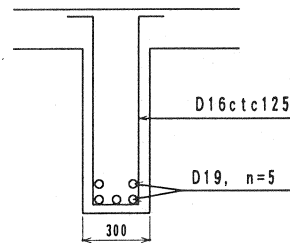


図-11 補強鉄筋

4. 幅員変化部の張出し架設

4.1 施工概要

張出し施工区間の主桁幅員が、P1→P2で約11.7m→13.8mに、P3→P2では約15.9m→13.8mに変化するため、ワーゲン本体に横移動装置を導入した。

図-12, 13にワーゲンの側面図、正面図を示す。

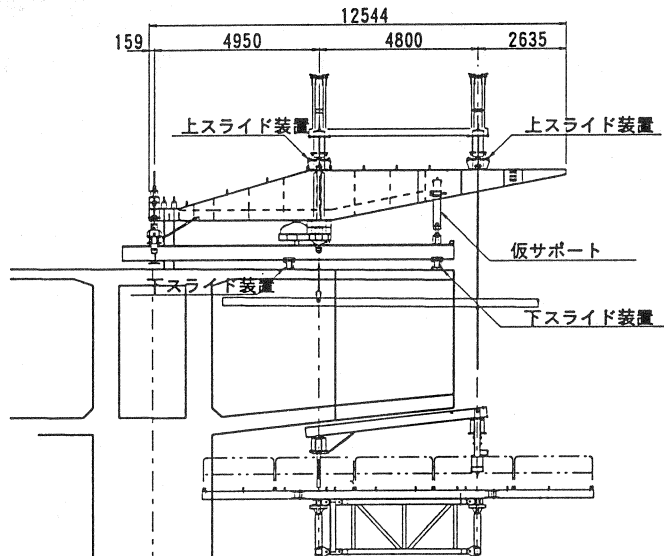


図-12 ワーゲン側面図

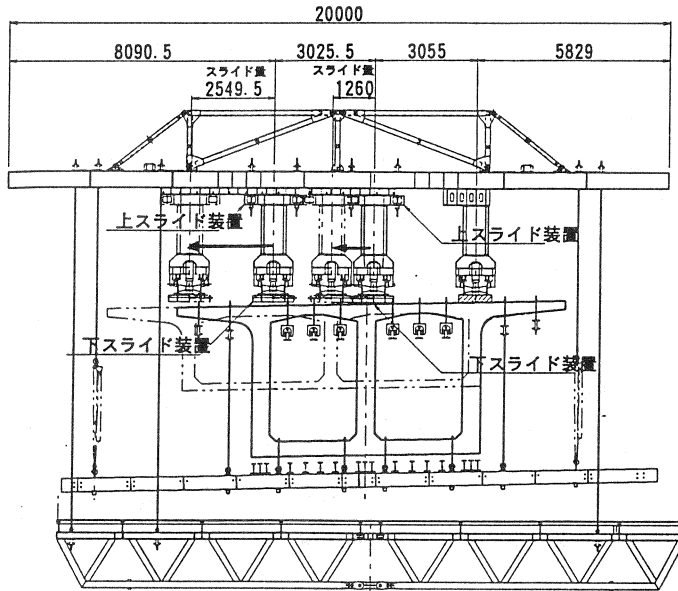


図-13 ワーゲン正面図

4.2 横移動

今回使用した3主構スライド型ワーゲンは、標準タイプに仮サポート (図-12) と、スライド装置 (図-14) を追加装備している。図-15には、1サイクル工程を示す。

ワーゲンの前方転倒荷重を仮サポートにて移動レール上に支持して安定させ、上部横梁と主構および移動レールと主桁の間に設置したスライド装置4台により、固定主構に反力をとりながら横移動をおこなう。ここで、スライド装置1台ごとに反力が異なるため、4点の移動量が等しくなるように、異荷重同時型油圧ポンプおよび伸び計を使用して、慎重に作業を進めた。

P1側での最終移動量は、図-13に示すように、中央の主構において1.2m程度 (1BLあたり0.16m)、外側の主構では2.5m程度 (1BLあたり0.30m)であった。

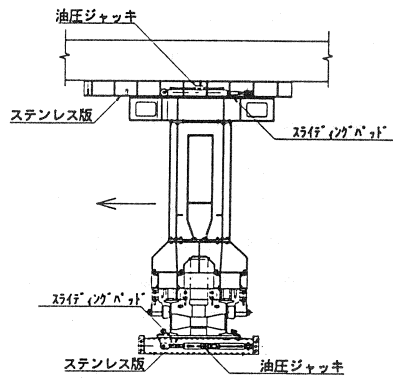


図-14 横移動部詳細図

5. おわりに

本橋の、7月現在の施工状況は、

- 上り線：P1-P2 中央閉合
- P3 7BL施工中
- 下り線：A1, A2側 側径間施工
- P2 ワーゲン組立

である。早期完成を目指し、今後とも安全最優先で工事を進めていくつもりである。

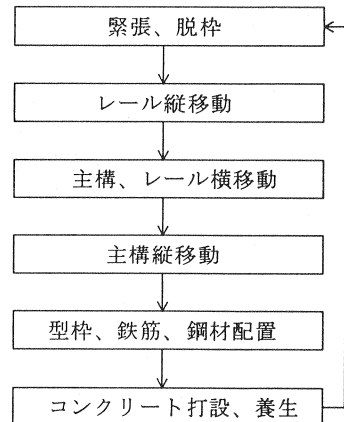


図-15 1サイクル工程