

## 将来の幅員拡幅を考慮した箱げた床版の設計

—第二東名高速道路 入野高架橋—

(株)富士ピー・エス・日本鋼弦コンクリート(株)共同企業体	正会員	○藤井 洋史
日本道路公団 静岡建設局	正会員	青木 圭一
(株)富士ピー・エス・日本鋼弦コンクリート(株)共同企業体	正会員	田中 政章
(株)富士ピー・エス・日本鋼弦コンクリート(株)共同企業体	正会員	岡山 準也

### 1. はじめに

入野高架橋は、第二東名高速道路の藤枝岡部 IC (仮称) (静岡県志太郡岡部町) を跨ぐ橋長 716.000m, 最大支間 124.000m の PC11 径間連続箱げた橋である。

本橋の主な特徴は、当初 3 車線 で計画されていた幅員を 2 車線へ変更し、将来交通量が増加した場合に 3 車線幅員を可能とする設計を行った事である。本稿は、将来の幅員拡幅を考慮した設計項目のうち、床版の設計について報告するものである。

### 2. 橋りょう諸元

本橋の橋りょう諸元を以下に示す。

- 工 事 名 第二東名高速道路 入野高架橋 (PC 上部工) 上り線工事
- 発 注 者 日本道路公団 静岡建設局
- 道路規格 第 1 種第 1 級 A 規格 (2 車線時, 3 車線時 共通)
- 構造形式 PC11 径間連続箱げた橋
- 橋 長 716.000m
- 支 間 47.700m+4@58.000m+80.000m+124.000m+80.000m+2@58.000m+33.700m
- 有効幅員 11.625m (2 車線時), 16.500m (3 車線時)
- 平面線形 A=1500m
- 横断勾配 2.800% (↘) ~ 2.800% (↗)
- 縦断勾配 2.000% (↗) ~ 0.825% (↘)
- 架設工法 固定支保工施工 (コンクリートウェブ区間), 張出し架設工法 (波形鋼板ウェブ区間)

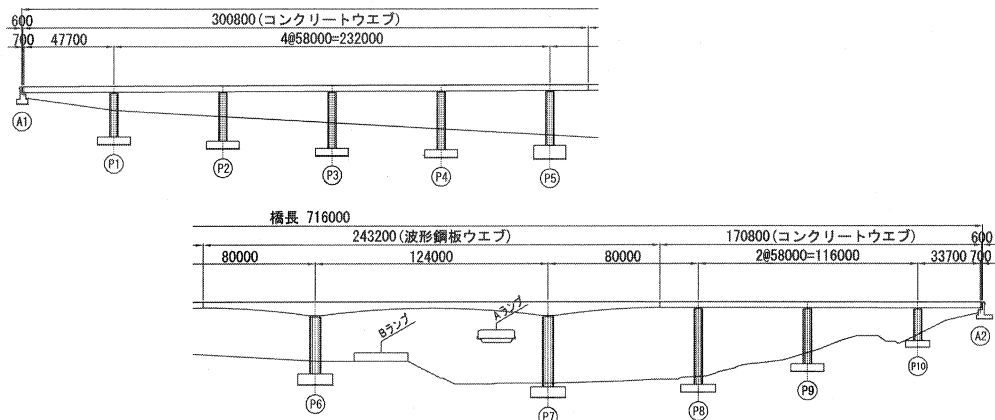


図-1 全体一般図

### 3. 拡幅方法および問題点の抽出

2車線 (以下暫定系とする) から3車線 (以下将来系とする) への拡幅方法として、拡幅床版をストラットによって支える構造を採用した。断面形状 (コンクリートウェブ断面) および幅員を図-2 に示す。ストラットを用いた拡幅方法の特徴は、箱げた下床版幅を小さくできることによるコスト縮減、上部工反力の減少などが挙げられる。

ここで将来の幅員拡幅を考慮した床版設計において、特に留意した下記2点について詳述する。

- 1) 活荷重断面力の算出
- 2) 拡幅床版部と現行床版部の収縮差に対する検討

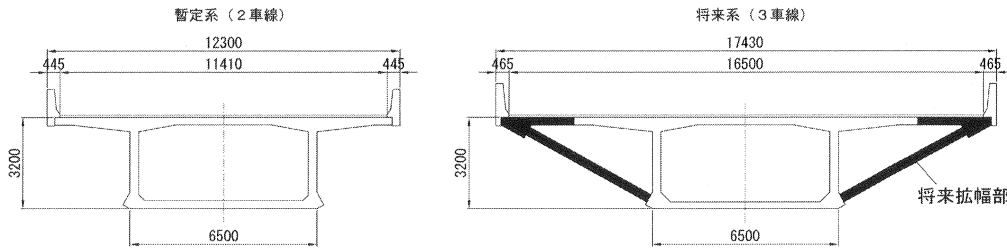


図-2 断面形状 (コンクリートウェブ断面) および幅員

### 4. 活荷重断面力の算出

#### (1) 設計概要

床版設計における活荷重モーメントは、一般には道路橋示方書Ⅲの算出式 (以下道示式とする) より算出してよい。しかしながら、本橋は将来系でストラットを有する構造となり、さらにコンクリートウェブ断面のほかに波形鋼板ウェブ断面を有していることから、道路橋示方書の適用範囲外となる。そこで3次元FEM解析により、コンクリートウェブ断面と波形鋼板ウェブ断面の暫定系、将来系それぞれの活荷重モーメントを算出し、本橋の床版設計に反映させる事とした。

#### (2) 設計手法

本橋における活荷重モーメント ( $M_L$ ) は、各床版検討断面の基準 T 荷重曲げモーメント ( $M_0$ ) に、床版に対する様々な影響により決定される割り増し係数を乗ずる事により算出した。ここに基準 T 荷重曲げモーメントは、道路橋示方書の B 活荷重 (T 荷重=200kN) を橋軸方向には1組、橋軸直角方向には組数に制限なく、設計部材に最も不利な応力が発生するように3次元FEM解析モデルに荷重し求められるモーメントである。以下に活荷重モーメントの算出式および割り増し係数を示す。また活荷重モーメントを算出した3次元FEM解析モデルを図-3に、床版検討断面を図-4に示す。

$$M_L = M_0 \times k$$

$$k = (1+i) \times k1 \times k2 \times k3 \times k4$$

ここに、

$i$  : 衝撃係数

$k1$  : 活荷重の荷重状態を考慮した曲げモーメント増加分 (図-5 参照)

前輪の影響、連行荷重の影響、偏載の影響など様々な活荷重荷重方法を想定し、設計部材に対して最も不利になる活荷重荷重方法を検討し係数を算出する。ただし、係数は全検討ケースで1.0を下回ったため1.0とした。

$k2$  : 異方性による曲げモーメント増加分

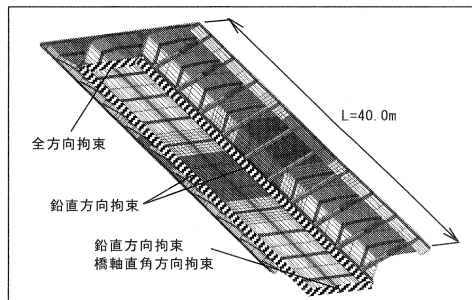


図-3 FEM 解析モデル (コンクリートウェブ)

k3: 安全率 (10%)

k4: ウェブ付け根の剛性低下による影響

(コンクリートウェブ断面のみ)

ウェブ付け根において、ひび割れ発生限界を越えた応力が発生したことにより剛性が低下した場合の床版への影響を考慮する。

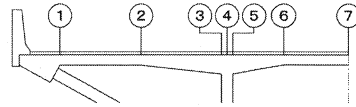


図-4 床版検討断面

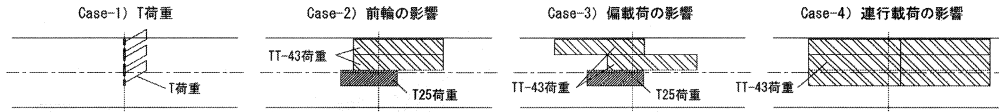


図-5 k1算出の際に検討した活荷重載荷方法の例 (コンクリートウェブ・張出床版に着目)

(3) 解析結果

コンクリートウェブ断面の解析結果を表-1示す。係数kは、コンクリートウェブ断面で1.51~1.58, 波形鋼板ウェブ断面で1.49~1.52となった。本係数を用い、活荷重モーメント ( $M_L$ ) を算出した。

表-1 床版の橋軸直角方向 活荷重モーメント (コンクリートウェブ断面)

		断面番号	(1+i)	k1	k2	k3	k4	k	Mo (kN・m)	ML (kN・m)
暫定系	張出床版	③	1.383	1.000	1.000	1.100	1.041	1.58	-64.542	-102.213
	中間床版	⑦	1.358	1.000	1.000	1.100	1.024	1.53	31.457	48.118
将来系 (ストラット間)	張出床版	②	1.365	1.000	1.000	1.100	1.034	1.55	21.250	32.992
	中間床版	③	1.365	1.000	1.000	1.100	1.026	1.54	-77.625	-119.584
将来系 (ストラット上)	張出床版	⑦	1.358	1.000	1.000	1.100	1.013	1.51	30.431	46.049
	中間床版	②	1.365	1.000	1.000	1.100	1.033	1.55	21.894	33.959
		③	1.365	1.000	1.000	1.100	1.026	1.54	-78.125	-120.355
		⑦	1.358	1.000	1.000	1.100	1.013	1.51	31.119	47.090

また、活荷重モーメント ( $M_L$ ) と道示式より算出される活荷重モーメントの比較結果を表-2に示す。張出床版、中間床版ともに、道示式より算出される活荷重モーメントより小さな値を示す結果となった。3次元FEM解析を用いて活荷重モーメントを算出したことにより、最適かつ経済的な設計を提案する事ができた。

表-2 活荷重モーメントの比較 (コンクリートウェブ断面)

		断面番号	ML (kN・m)	道示式 (kN・m)
暫定系	張出床版	③	-102.213	-113.410 (0.90)
	中間床版	⑦	48.118	74.568 (0.65)
将来系 (ストラット間)	張出床版	③	-119.584	-297.190 (0.40)
	中間床版	⑦	46.049	74.568 (0.62)
将来系 (ストラット上)	張出床版	③	-120.355	-297.190 (0.40)
	中間床版	⑦	47.090	74.568 (0.63)

注) ( )内の比率は「道示式」を1とした場合の値を示す。

5. 拡幅床版部と現行床版部の収縮差に対する検討

(1) 検討概要

本橋は将来拡幅時にストラット (コンクリート製プレキャスト製品を想定) を架設し、張出し床版部分の追加場所打ち施工を行う。これら将来想定される拡幅施工の際、暫定系箱げた部とストラットおよび追加張出し床版との間には材齢差が生じるため、クリープ変形や変形拘束などによる付加的な好ましくない応力の発生が考えられた。そこで、暫定系箱げた部に発生する付加応力や付加変形について検討を行う事とした。

(2) 検討手法

暫定系側に発生する付加応力や付加変形の算出は、3次元FEM解析を用いる事とした。解析モデルは活荷重断面力の算出に用いた解析モデル (図-3 参照) とし、追加張出し床版部とストラット部に対して別々に収縮を与える事とした (図-6 参照)。

追加張出し床版部およびストラット部に与える収縮量を表-3に示す。追加張出し床版部に与える収縮量 (220 $\mu$ ) の算出根拠は、我が国の相対湿度を平均65%と仮定し、道路橋示方書III 表一解2.2.3を直線補完した

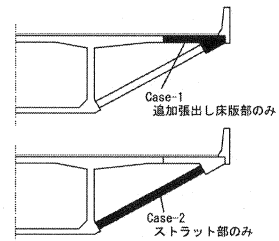


図-6 収縮を与える部位

値 ( $292\mu \approx 300\mu$ ) より膨張剤の収縮補償ひずみ ( $80\mu$ ) を除いた値である。またストラット部に与える収縮量 ( $370\mu$ ) の算出根拠は、追加自重+追加橋面によるクリープ分 ( $170\mu$ ) と、ストラット自体の収縮 ( $200\mu$ ) を考慮した値である。なお、ストラットのコンクリート強度は  $\sigma_{ck}=50\text{N/mm}^2$  ( $E_c=3.3 \times 10^4\text{N/mm}^2$ ) と仮定した。

表-3 解析に用いた収縮量

	収縮を与える部位	収縮量
Case-1	張出床版	$220\mu$
Case-2	ストラット	$370\mu$

(3) 解析結果および対策

1) Case-1 (追加張出し床版部に収縮を与えた場合)

3次元FEM解析結果を図-7に示す。追加張出し床版の収縮による影響として、暫定系箱げた部打ち継ぎ目付近の床版上縁に  $0.6\text{N/mm}^2$  (コンクリートウェブ断面) および  $0.5\text{N/mm}^2$  (波形鋼板ウェブ断面)、下縁に  $1.0\text{N/mm}^2$  (コンクリートウェブ断面) および  $0.9\text{N/mm}^2$  (波形鋼板ウェブ断面) の橋軸直角方向引張応力を確認した。引張応力の発生箇所が暫定系箱げた部であることから、暫定系施工時にあらかじめ補強鉄筋を配置する事とした。鉄筋による補強方法は、発生引張応力度から必要補強鉄筋量を算出し床版の必要鉄筋量に加算する事とした。

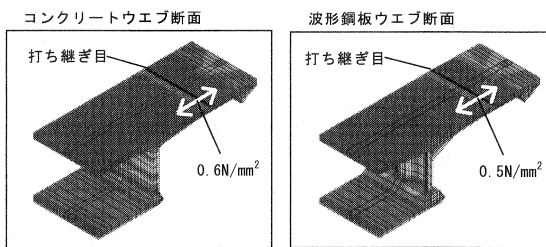


図-7 橋軸直角方向応力 (Case-1)

2) Case-2 (ストラット部分に収縮を与えた場合)

3次元FEM解析結果を図-8に示す。ストラットの収縮による影響として、暫定系箱げた部打ち継ぎ目付近の床版上縁に  $1.5\text{N/mm}^2$  (コンクリートウェブ断面) および  $1.1\text{N/mm}^2$  (波形鋼板ウェブ断面) の橋軸直角方向引張応力を確認した。またコンクリートウェブ断面のウェブ内側に  $1.6\text{N/mm}^2$  の鉛直方向引張応力を確認した (図-9 参照)。解析結果より、ストラットのクリープ・収縮は暫定系構造に好ましくない影響を与えると判断した。そこで、「ストラットは将来系の実施工において著しいクリープ・収縮を伴わない材料を選定すること」を申し送り事項として記録に留め、当初設計時の設計思想を明確に示す事とした。

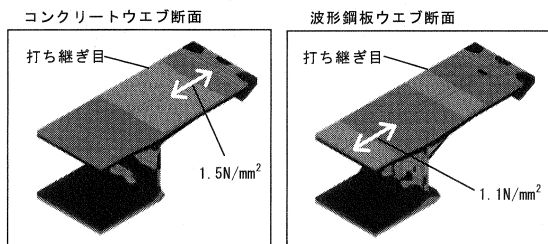


図-8 橋軸直角方向応力 (Case-2)

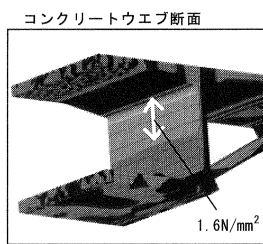


図-9 鉛直方向応力 (Case-2)

6. おわりに

本橋のように将来拡幅を考慮した設計・施工は、今後第二東名高速道路で多く採用される事が考えられる。本橋の設計・施工がその先駆けとして、同様設計の参考となれば幸いである。

最後に、本橋の設計に際し多大なる御指導、御協力を賜りました関係各位に、心より感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 猪熊・本間・丸山・河西：長支間場所打ちPC床版の設計と施工計画(第二東名高速道路 葦科川橋)、第二回道路橋床版シンポジウム講演論文集, 土木学会, 2000. 10
- 2) 寺田・福永・三浦・中島：芝川高架橋の設計と施工, 橋梁と基礎, 2003. 9