

PC 床版鋼連続合成 2 主桁橋への大型 PCa 版の適用

日本道路公団静岡建設局富士工事事務所	正会員	高橋昭一
〃	博士 (工学)	正会員 長田光司
大成建設㈱ 土木設計第一部橋梁設計室	正会員	渡辺典男
㈱ピー・エス 東京支店 土木技術部	正会員	○藤岡篤史

1. はじめに

第二東名高速道路富士川橋は、静岡県内を流れる一級河川富士川を跨ぐ、鋼・コンクリート複合構造のアーチ橋である。その上部桁には PC 床版を用いた鋼 2 主桁を採用しているが、より実挙動に応じた設計に基づくことで、構造物の安全性、合理性、経済性の向上を図るため、連続合成桁としての検討を行っている。

合成桁として設計する場合、床版には輪荷重を鋼桁に伝達させる床版作用のみならず、鋼桁と一体となって主構造を形成する主桁作用を考慮する必要がある。このため、非合成桁として設計した場合と比較して、床版に対する要求性能は大きなものとなる。特に、本橋においては、一部の RC 柱が桁と剛結されているため、剛結部付近の床版に発生する引張応力度は、著しく大きなものとなる。そこで、本橋においては、これらの引張応力度を制限値以下に抑え、なおかつ耐久性の向上を図るために、橋軸直角方向にくわえて橋軸方向へもプレストレスを導入することとした。以下では、連続合成 2 主桁橋の床版として、橋軸直角方向と橋軸方向の 2 方向にプレストレスを導入した大型 PCa 床版の設計について紹介することとする。

2. 断面形状寸法

断面形状寸法に関しては、18.05m という広幅員に 2 主桁を組み合わせる場合、床版支間長は 10~11m 程度となるが、このような床版支間長に対応した規準類が国内にはないため、ドイツで 1994 年に発表された「道路建設に関する回覧 (ARS) / ドイツ連邦運輸省」を参考に検討することとした。その結果、図-1 に示すような断面形状寸法に決定した。

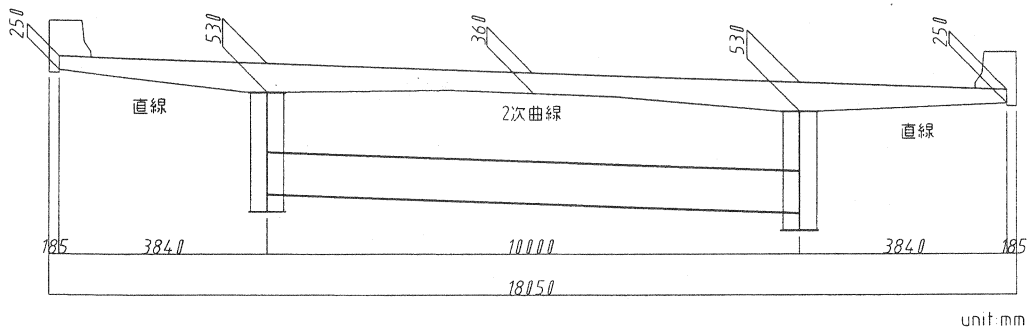


図-1 断面形状寸法

3. 架設方法

架設方法としては、当初、移動型枠支保工による検討を進めていたが、型枠支保工の移動に伴ない生ずる主桁のリバウンドにより、きわめて大きな残留応力が床版内に発生してしまうことが明らかとなった。このため、プレキャストセグメント化による架設方法を採用し、架設作業時に生じる主桁の変形を床版が拘束しないよう配慮した。

4. RC ループ状継手の形状

PCa 床版間詰部の構造には、施工性と景観性の配慮から、アゴ付きの RC ループ状継手を採用することとした。本橋のように橋軸直角方向の床版厚変化が大きい場合は、図-2(a)のようにループ鉄筋の加工形状を一定にしてしまうと、主桁付近下縁側での鉄筋補強が困難となってしまう。そのため、床版厚の変化に応じてループ鉄筋の加工形状も変化させていくこととした (図-2(b))。この場合問題となるのが、既往の算出式¹⁾²⁾³⁾である①を用いて継手長を計算した場合、図-3(a)のようにループ鉄筋を単 R で加工すると、版厚の大きい位置ではこの 1.5dB が支配的となり、必要継手長がきわめて大きなものとなってしまう。それに伴い、間詰幅も大きくしなければならず、アゴ部の耐荷力が問題となってくる。そこで、この 1.5dB が直線の継手長確保を目的とした規定であることに着目して、割裂力と構造細目に対して決定される最小曲げ半径 (②,③式)¹⁾と、継手部の直線長をともに確保するこのできる図-3(b)に示す形状を採用することとした。

また、架設時、供用時のコンクリート剥落防止の目的で、アゴ部にはアラミド 3 軸メッシュを配置することを考えている。

$$La = k \times a \geq 1.5dB \geq 200\text{mm} \dots \text{①}$$

$$a = f \times a_0 \times (Ase/Asv)$$

$$a_0 = (\sigma_{sa} / 4\tau_{oa}) \times \phi$$

$$dB_1 \geq (1.4 + 2.8\phi / e) \times \phi \times \sigma_e / \gamma_{WN} \dots \text{②}$$

$$dB_2 \geq 7\phi \quad (20\text{mm} \leq \phi \leq 28\text{mm}) \dots \text{③}$$

$$\geq 4\phi \quad (\phi < 20\text{mm})$$

ここに、

La : 必要継手長

k : 継手鉄筋のずらし量の影響を考慮した係数
重ね継手位置が一断面に集中する場合、
φ 14mm 以上に対して 2.2

f : 鉄筋の定着形状による係数
横方向鉄筋が配置されたフック付き鉄筋、
ループ鉄筋に対しては 0.5

Ase/Asv : 必要鉄筋断面積 / 配置鉄筋断面積 $\geq 1/3$
ここでは、1.0 とする

σ_{sa} : βs (鉄筋の降伏強度) / ν (設計安全係数)
ここでは、 160N/mm^2 とする

τ_{oa} : 基本付着応力度 $\sigma_{ok}=50\text{N/mm}^2$ に対して、 $\tau_{oa}=3\text{N/mm}^2$

φ : 鉄筋の直径

dB₁ : 割裂力に対する曲げ直径 (内径)

dB₂ : 構造細目による曲げ直径 (内径)

e : ループ面の間隔

σ_e : 曲げ始点での鉄筋応力度

γ_{WN} : コンクリートの設計基準強度

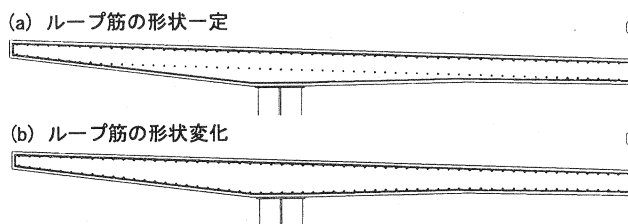


図-2 ループ筋配置 (断面図)

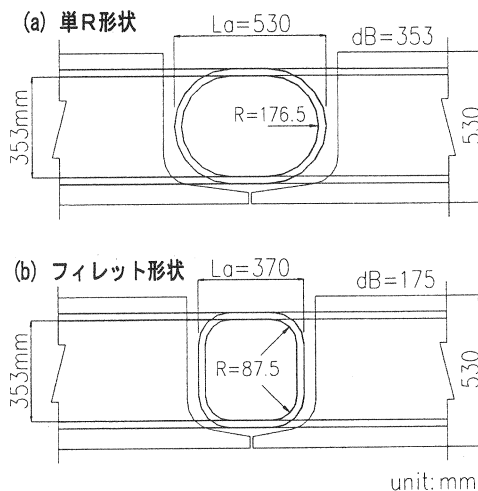


図-3 ループ筋形状 (側面図)

5. PCa床版分割長

本橋のような大断面のPCa床版(単位長さ重量 $w=18$ tf/m)では、工場製作とした場合、その輸送上の問題から橋軸方向の分割長を約 1.4m 程度としなくてはならず、これは施工性と経済性の両面において不利となる。また、前述したように合成桁として床版を設計した場合、中間支点上、なかでも剛結部付近においては、主桁作用との重ね合せによる応力度が大きく、後死荷重時の床版上縁コンクリート引張応力度で 3.6N/mm^2 程度、活荷重時の床版下縁側鉄筋で 215N/mm^2 程度の引張応力度が発生している。また、中間支点上の $0.15L$ (L : 支間長) 内では、ひびわれ制御と合わせて、耐久性確保のためから 2%程度の鋼材量の配置が必要とされている⁴⁾⁵⁾。これらを考慮して、PCa床版をサイトプレキャストとし、弱点となるこの間詰部を $0.15L$ 内に設けないように、なおかつ施工性の面から均等な版割付けとなるよう配慮して、分割長を $L/3$ ($8,343\sim 9,446\text{m}$) となるようにした (図-4)。

また、分割長を大きくすることにより、架設工、間詰工も減ることとなり施工性の向上も期待することができる。

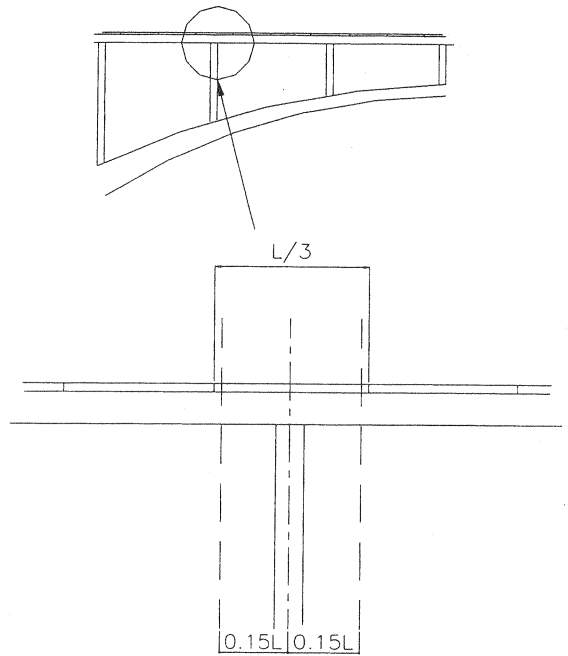


図-4 床版割付図

6. 横締めプレストレス量の算出

本橋の床版支間は $L=10.0\text{m}$ と道路橋示方書に定める床版支間の適用外ということで、死荷重と活荷重に対しては図-5に示す3径間切り出しモデルを用いた FEM 解析を実施し、設計時に床版内に発生する断面力を求めた。また、風荷重と衝突荷重については FRAME 計算により発生断面力を求め、それらの組み合わせにより応力度照査を行った。その結果、1S28.6を 500mm 間隔での配置が必要となった。ケーブル配置形状を図-6に示す。

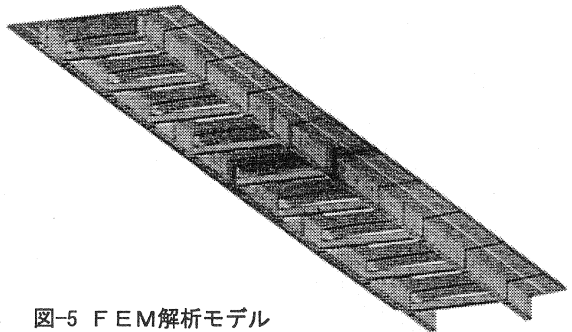


図-5 FEM解析モデル

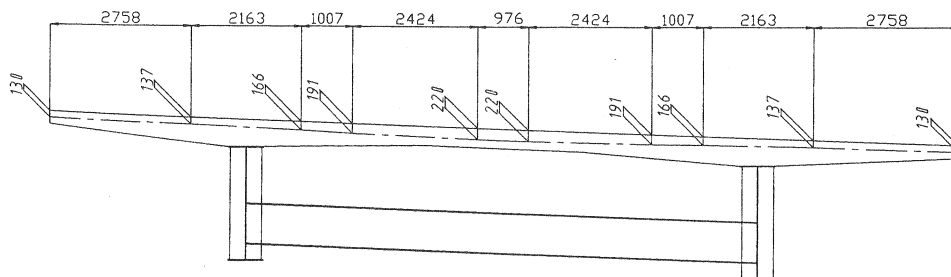


図-6 横締めケーブル配置形状

7. 縦締めプレストレス量の算出

橋軸方向の床版作用による断面力は、図-5 のモデルに対して主桁下縁を拘束して、主桁作用の影響を取り除くことで算出した。これと、3次元 FRAME 解析より求められた主桁作用として床版に発生する応力度との重ね合わせ照査から必要プレストレス量の算出を行った。その結果、必要鋼材本数は剛結部の版で43本、剛結部以外の中間支点上で35本、支間部では31本となった。ここで、剛結部の版以外は、供用時の必要量ではなく、架設作業時の健全性を図る目的で、架設時でのひびわれ発生限界の照査から決定した量である。なお、ケーブル配置は、クリープ変形によるそり量を抑えるために、図心配置とした(図-7)。

プレストレスの導入方法は、RC ループ状継手とのとりあいと、信頼性の両面からプレテンション方式を採用することとした。また、横締めに関しては、プレテンション方式では、曲げ上げ配置が困難となり、経済的に不利となるため、プレグラウトタイプによるポストテンション方式を採用することとした。

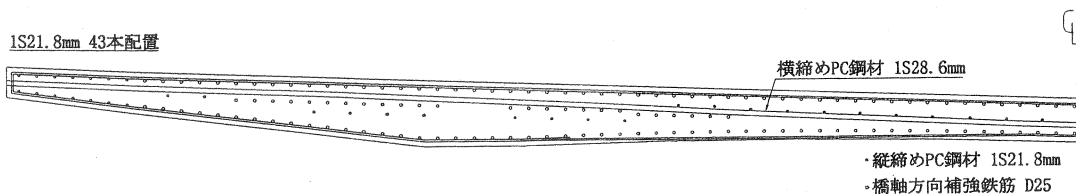


図-7 縦締めケーブル配置形状

8. おわりに

本橋においては、サイトプレキャストによる大型PCa床版を採用することで、剛結部を有する合成桁の床版の設計において耐荷力が最も要求される部分に間詰部を設けず、連続した版とすることにより合理的な設計を行うことが可能となった。また、結果的に全PCa床版が2方向のプレストレスにより補強されることとなり、ひびわれ発生が抑制され、供用後における床版の耐久性が期待できると考えられる。床版は2002年に施工が開始される予定である。

最後に、本橋の床版の設計に関して適切なお指導、ご協力を頂いた川田工業㈱の橋吉宏氏をはじめとする関係各位の方々に、この場を借りて感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) F.レオンハルト、E.メニッヒ (横道英雄監訳)：鉄筋コンクリートの配筋、鹿島出版会
- 2) 第二東名・名神 鋼少数主桁橋の設計・施工指針(案)、平成10年3月、(財)高速道路技術センター
- 3) 水口、村山、北山、山下：東海大府高架橋におけるプレキャストPC床版の設計と施工、プレストレストコンクリート Vol.40 No.2
- 4) 近畿自動車道PC床版鋼2主桁橋の連続合成桁化に関する技術検討(その3)・PC床版鋼連続合成2主桁橋の設計・施工マニュアル(案)、平成13年3月、(財)高速道路技術センター
- 5) 第二東名高速道路 床版設計計算書(暫定版)、平成11年12月、日本道路公団静岡建設局
- 6) PC床版設計・施工マニュアル(案)、平成11年5月、(財)プレストレスト・コンクリート建設業協会