

## 大容量外ケーブルを適用したプレキャストセグメント偏向部の設計 —内牧高架橋(PC上部工)工事—

鹿島建設(株) 横浜支店 正会員○齋藤公生  
 日本道路公団 静岡建設局 非会員 本間淳史  
 日本道路公団 静岡建設局 非会員 宮越 信  
 鹿島建設(株) 土木設計本部 正会員 山村正人

### 1. はじめに

内牧高架橋は、ストラットに支持された張出し床版を有するPC箱桁橋であり、底板幅が狭く箱桁内の空間が小さい。そこで、限られた空間に効率よく外ケーブルを配置するために、主方向のPC鋼材に大容量テンドン 27S15.2 を使用し、本数を低減した。

本橋では、大部分の張出し床版を除いた箱桁の中央部分をプレキャストセグメント(以下、コアセグメント)とする工法を採用した。コアセグメントの製作に要求される速度は、製作装置当り1~2日に1個である。

偏向部の設計では、大容量外ケーブルの偏向力に対する安全性の確保と同時に、箱桁内空間の有効活用によるコアセグメント施工性の確保を重視して、外ケーブルの配置法、偏向部の形状および補強法等を決定した。

本文は、内牧高架橋における外ケーブル偏向部の設計について報告するものである。

### 2. 橋梁概要

内牧高架橋は、第二東名高速道路の静岡ICと藤岡・岡部IC間に建設されるPC箱桁橋である。上下線が平行し、共に約1kmの橋長を有する。それぞれが21径間連続桁形式で、標準部の支間長が約50mに統一されている(図-1)<sup>1)2)</sup>。本橋の諸元を以下に示す。

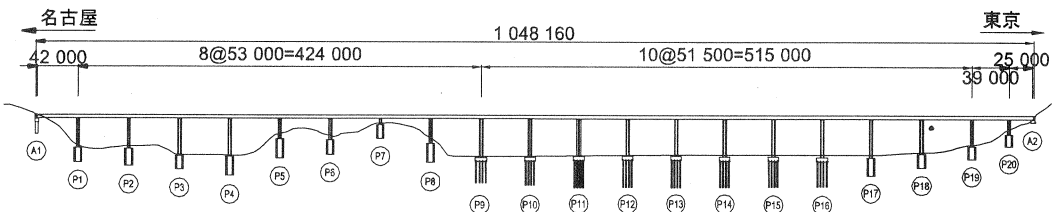


図-1 全体一般図(上り線) (単位:mm)

- 橋 長:1,048.160m(上り線)  
1,024.160m(下り線)
- 幅 員:全幅 18.050m, 主桁幅 17.680m  
有効幅員 16.500m(上下線共)
- 構造形式:21径間連続PC箱桁橋(上下線共)
- 支 間 長:42.0m+8@53.0m+10@51.5m  
+39.0m+25.0m(上り線),  
28.0m+18@51.5m+41.0m  
+25.0m(下り線)
- 断面形状:ストラット付一室箱桁(桁高:3.500m)

本橋は張出し床版をストラットで支持する形式で、上部構造の軽量化ならびに下部構造の小規模化が可能になっている。この形式では張出し床版を長く

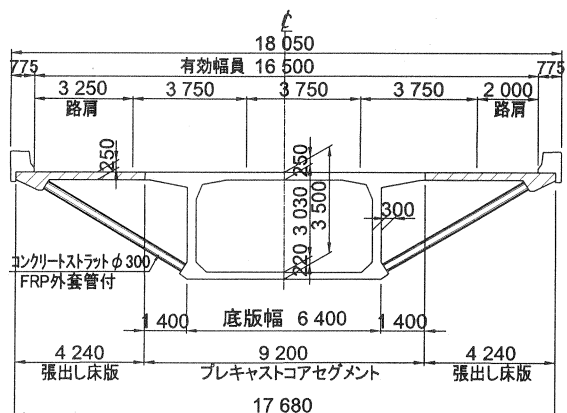


図-2 主桁断面図(単位:mm)

するため、全幅に対する底版幅の割合が一般的なPC箱桁より小さくなり、従って箱桁内の空間が小さくなる(図-2)。そこで、外ケーブル本数を極力低減し、限られた空間に効率よく配置するために、主方向のPC鋼材を大容量テンドンSWPR7B27S15.2とした。標準的な支間での外ケーブル配置本数は、1断面に14本である。

本橋の施工には、架設機械等の小規模化を目的として、断面分割型プレキャストセグメント工法を採用した。すなわち、コアセグメントをスパンバイスパン工法により架設した後、張出し床版を移動作業車にて場所打ち施工するものである。一方、コアセグメントの製作は、桁高が一定であること、平面線形・縦横断勾配の変化への対応が比較的容易であること、製作設備が小規模となること等から、ショートラインマッチキャスト工法によることとした。コアセグメントの製作に要求される速度は、近年の第二東名神高速道路建設での実績と同様、1~2日で1個である<sup>3)</sup>。

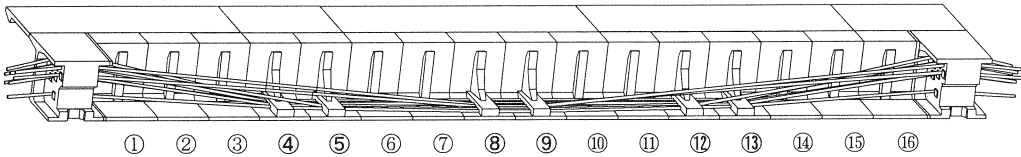


図-3 外ケーブル配置

### 3. 偏向部の設計

偏向部の設計に当たっては、大容量外ケーブルの偏向力に対する安全性の確保と同時に、箱桁内空間の有効活用によるコアセグメント施工性の確保が課題となった。

少数の偏向部に大きな偏向力が作用するのを避けると共に、偏向部をコンパクトな形状として、コアセグメントの施工性を確保するため、偏向部を分散配置とした(図-3)。標準的な支間では16セグメントの内6セグメントを、偏向部を有するセグメント(以下、デビエータセグメント)、残る10セグメントを偏向部の無いセグメント(以下、標準セグメント)とした。偏向部を、底版幅全体に亘る横梁とウェブに沿ったリブで構成するものとし、施工性を確保するため以下の条件で形状を決定した(図-4)。

- (1) 全てのデビエータセグメントで偏向部の形状を統一すること。
- (2) 偏向部セグメントにおいて偏向部を通過しない外ケーブル、つまり箱桁内の空間を通過する外ケーブルがリブおよび横梁に干渉しないこと。
- (3) 製作装置の内型枠が、折り畳んだ状態でリブおよび横梁に干渉せず、バルクヘッド側からの挿入・抜取りが可能なこと(図-5)。

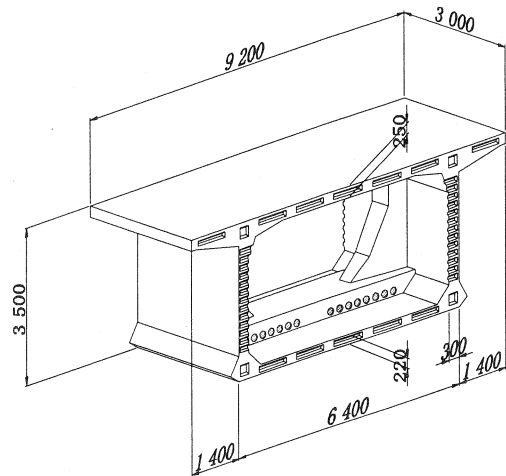


図-4 デビエータセグメント形状(単位:mm)

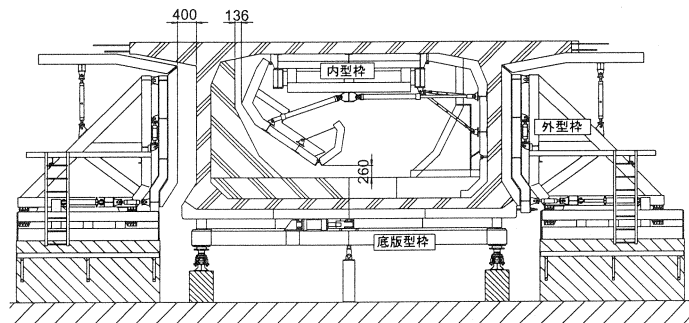


図-5 型枠装置(単位:mm)

偏向部の安全性を確保しつつ、これ

らの条件を達成するため、外ケーブル配置、リブ形状、横梁補強の設計に、特に配慮を要した。以下では、個々の設計について詳述する。

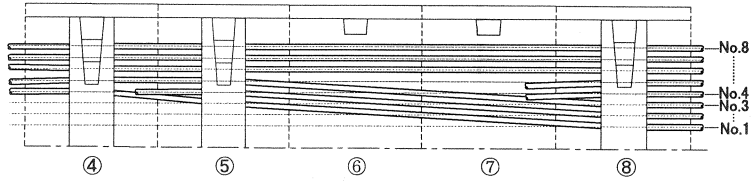
### 3.1. 外ケーブル配置

外ケーブルの偏向力を圧縮力として直接リブに伝達し、横梁や箱桁底板への影響を軽減するためには、外ケーブルが鉛直方向に偏向する位置の直上付近までリブを大きくする必要はある。一方、箱桁内の空間を通過する外ケーブルや折り畳んだ状態の内型枠とリブを干渉させないためには、リブの形状を出来るだけ小さく抑える必要がある。そこで本橋では、外ケーブルを鉛直方向のみならず水平方向へも偏向させることで、リブ形状を小さく抑えつつ、外ケーブルの偏向力をリブへ伝達させた(図-6)。

標準的な支間では、14本の外ケーブルを配置するが、予備ケーブル2本の追加を仮定するため、合計16本の外ケーブルを、支点から支間中央までの3箇所のデビエータセグメントで偏向させる(図-3)。ここで、偏向部における外ケーブルの通過位置を断面中央側から順にNo.1~No.8と呼ぶ。外ケーブルを水平方向へ偏向させない場合、No.1~No.8全ての通過位置で鉛直方向へ偏向させることとなるが、外ケーブルを水平方向にも偏向させることで、鉛直方向への偏向位置をリブに近い No.4~No.8 に限定した(図-7)。すなわち、No.4, No.5を通過する外ケーブルを断面中央側へ水平に偏向させ、当該ケーブルが鉛直方向に偏向しない断面では、No.1~No.3を通過させることで、他の外ケーブルを No.4, No.5 で鉛直方向に偏向することを可能とした(図-6)。

### 3.2. リブ形状

一般に、偏向部に補強リブを配置する場合、その内縁に大きな圧縮応力が発生する。特に、リブ内縁が床版やウェブと接合する部分に応力が集中する傾向がある。また、リブに角折れ部を設けた場合、この部分にも応力が集中する。本橋では、箱桁内の空間を通過する外ケーブルや折り畳んだ状態の内型枠とリブの干渉を避けるため、リブに角折れ部を設けた(図-5)。2次元面内のFEMにより、角折れ部を1箇所とした場合と2箇所にした場合で、リブに発生する応力を比較した。その結果、角折れ部を1箇所とした場合、最も多くの外ケーブルが鉛直方向に偏向される偏向部では、予備ケーブルを除く8本のPC鋼材が有効引張力の状態で、角折れ部付近の圧縮応力度が  $17\text{N/mm}^2$  に達するのに対し、角折れ部を2箇所とした場合の発生応力度が  $14\text{N/mm}^2$  であった。したがって、本橋ではデビエータセグメントのリブに2箇所の角折れ部を設け、角折れ部に発生する応力の緩和を図った(図-8)。



※セグメントNo.④~⑧のみを表示している。  
※偏向部で横梁を通過しない外ケーブルを省略している。

図-6 外ケーブル配置平面図

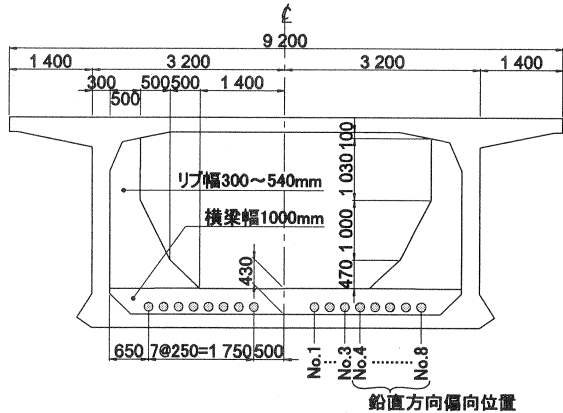


図-7 デビエータセグメント断面図(単位:mm)

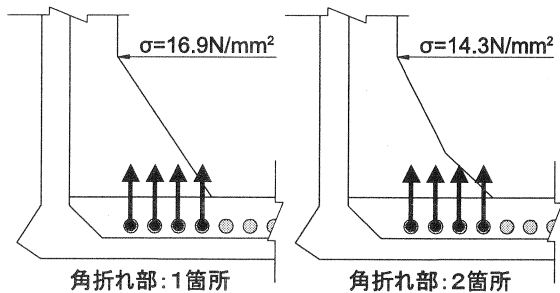


図-8 リブ形状と発生応力度

### 3.3. 横梁補強

上述のように、外ケーブルの配置法により、偏向力をリブへ伝達し、横梁や箱桁底版への影響を軽減しているものの、なお横梁全体の曲げおよび外ケーブル偏向位置直上での割裂によって、横梁上縁に引張が発生する。2次元面内FEM解析によれば、最も大きな偏向力を受ける偏向部では、予備ケーブルを除く8本のPC鋼材が有効引張力の状態で発生する引張応力度は、 $-3.4\text{N/mm}^2$ に達した。そこで、横梁にプレストレスを導入することで、発生応力度を $-2.0\text{N/mm}^2$ 以下まで抑制することとした。

横梁補強用のPC鋼材には、以下の理由で中空PC鋼棒を使用した。

- (1) 鋼材端部の箱抜きが鉄筋の配置間隔以下の直径100mmであり(図-9)、ストラットの接合部補強鉄筋等が輻輳する部分で、配筋への影響が軽減される。
- (2) コアセグメント製作時にウェブからの突出長が108mmであり(図-9)、外型枠組立て・解体時の移動量を小さく抑えることが出来る。

この結果、外型枠の水平方向への移動量は、鉄筋籠の吊込みに必要な量から400mmと決定された(図-5)。

### 4. おわりに

内牧高架橋では、小さな箱桁内空間に大容量外ケーブル27S15.2を配置した。一方、プレキャストセグメントの製作に、製作装置当たり1~2日で1個の速度が要求された。偏向部の設計では、大容量外ケーブルの偏向力に対する安全性の確保と同時に施工性の確保を重視した。特に、配慮した点は以下の通りである。

- (1) 外ケーブルの水平方向への偏向による偏向力のリブへの効率的伝達およびリブ寸法の縮小
- (2) リブの角折れ部を2箇所とすることによる応力集中の緩和およびリブ寸法の縮小
- (3) 横梁部へのプレストレスの導入による上縁引張応力の緩和

この結果、製作装置当りのセグメント製作速度として、標準セグメントを連続して製作する場合に1日に1個、デビエータセグメントを連続して製作する場合に1日に1個、デビエータセグメント製作後に標準セグメントを製作する場合に1日に1個、そして標準セグメントを製作した後にデビエータセグメントを製作する場合に2日に1個を達成した。さらに、デビエータセグメントのリブの寸法を縮小し、標準セグメントと形状の統一を図ることで、製作速度を上げることが可能となるが<sup>3)</sup>、横梁及び箱桁横方向に別途対策が必要となるものと考えられる。

以上、内牧高架橋におけるデビエータセグメントの設計について述べた。本報告が、今後のプレキャストセグメントを用いた橋の設計・施工の一助となれば幸いである。

### 5. 参考文献

- 1) Kimio Saito et al. Design of Precast Segmental Box Girder Bridge with Strutted Wing Slab, The 1st fib Congress, Japan, Oct., 2002
- 2) Kimio Saito et al.: The Superstructure Design of the Uchimaki Viaduct, 第11回PCシンポジウム, 2001年11月
- 3) 角, 森山, 河村, 中島: 第二東名高速道路 弥富高架橋の設計, プレストレストコンクリートVol.39, No.5, pp.39-45

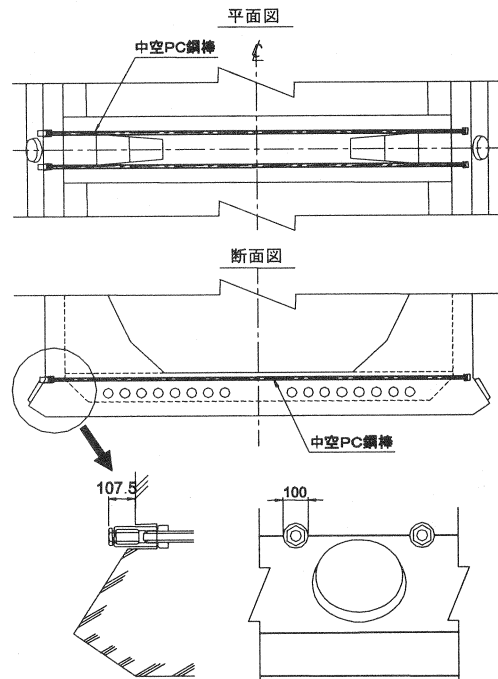


図-9 中空PC鋼棒配置(単位:mm)