

## PC 鋼材の緊張順序を考慮した箱桁橋下床版の応力照査

九州大学大学院 学生会員 ○梶原 尚平  
 株式会社ピーエス三菱 正会員 平安山 良和  
 九州大学大学院 正会員 園田 佳巨

## 1. 目的

PC 箱桁橋は架橋条件に合わせてさまざまな架設が可能であり、内・外ケーブルプレストレス力を順次導入することにより完成させていく工法が一般に用いられる。しかし、導入したプレストレス力により下床版に想定外の引張力が生じ、下床版にひび割れが生じた事例が数例報告されている。そこで、本研究では PC 箱桁橋セグメントの詳細モデルを作成し、3次元有限要素解析によって各施工段階のケーブルプレストレス力が下床版に与える影響を調べ、ひび割れの発生原因について検討を行った。

## 2. 解析概要

## 2.1 解析対象

本研究の解析対象は、図-1 に示すような橋長 680m の PC 箱桁橋 (A 橋) である。本研究では、実際に下床版に橋軸方向のひび割れが生じた部分に着目するため、解析対象モデルは A 橋のセグメント 1, 2 のみとした。セグメント 1 は右端部から 5.25m の位置にあり、長さは 3m、セグメント 2 はセグメント 1 に隣接しており長さは 3.5m である。主桁断面形状はセグメント 1 が右端部に向けてウェブ厚が変化し、セグメント 2 はウェブ厚の変化はない。また、両セグメント内には内・外ケーブルおよび鉄筋が配置されており、内ケーブルの定着部も存在している。セグメント 1 の両端 B2, B3 の断面図を図-2 に示す。

## 2.2 解析モデル

本解析では、実構造の断面形状を忠実に再現した 3次元モデルを作成した。ただし、解析対象が橋梁全体の一部を取り出したセグメントであることから、外ケーブルなどのモデル化は困難であるため、外ケーブルと対象セグメント内で定着されない内ケーブルのプレストレス力については、次節に示す手順で断面力に換算して与えた。また、主鉄筋・配力筋を考慮したモデルを用いた予備計算によって鉄筋の有無による床版応力を調べた結果、非常に小さな相違しか認められなかったことから、このモデルでは鉄筋の剛性をコンクリート剛性に体積換算して評価した。なお、計算時間短縮のために、解析は対称性を考慮した 1/2 モデルを用いた。解析モデルを図-3 に、解析に用いた材料定数を表-1 に、定着される内ケーブルの諸定数を表-2 に示す。境界条件については、剛体変位が生じずかつ拘束応力が生じないように両桁断面の図心近傍の節点において自由度を拘束した。

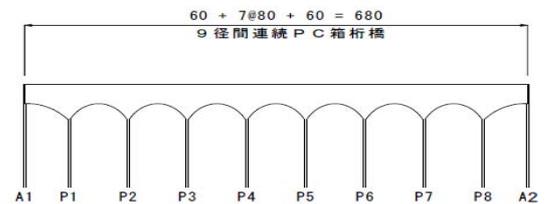


図-1 A 橋全体図 (m)

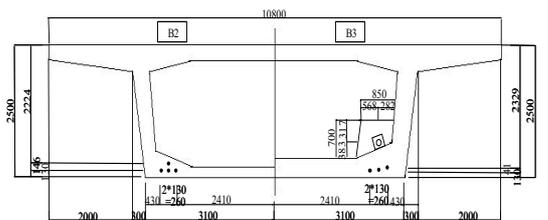


図-2 セグメント 1 の主桁断面図 (mm)

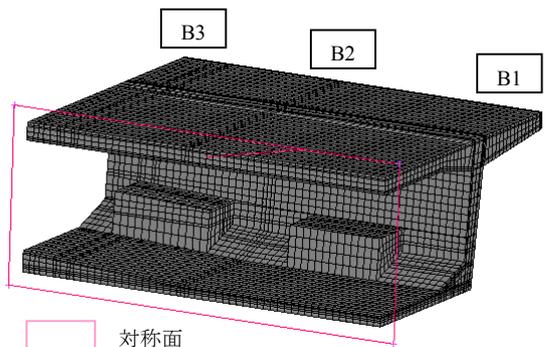


図-3 PC 箱桁解析モデル

表-1 解析に用いた材料定数

	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
コンクリート	3.23×10 <sup>4</sup>	0.2
鉄筋	2.05×10 <sup>5</sup>	0.3

表-2 定着される内ケーブルの諸定数

内ケーブル番号	断面積 (mm <sup>2</sup> )	プレストレス力 (N/mm <sup>2</sup> )
1	1664.4	1040
2	1664.4	1074
3	1664.4	1069

キーワード PC 鋼材, 下床版, ケーブルプレストレス力, 応力照査

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地

TEL 092-802-3370

### 2.3 解析手順

本研究では、A橋全体構造から一部を取り出した部分を対象に解析を行うことから、以下の手順によりそれぞれの応力状態を再現するための等価節点荷重を求め、それを載荷した。

- 1) 設計時に計算された断面 B1, B3 の上・下縁応力を用いて平面保持の仮定から断面内の任意高さに作用する応力を求め、要素断面積を乗じることで各要素に働く断面力を求める。
- 2) 断面内の全要素に対して作用断面力を求め、各要素を構成する節点に配分することで、それぞれの応力状態を再現するための等価節点荷重が図-4 に示すように求められる。

また、対象セグメント内で定着される内ケーブルについては、定着端部にプレストレス力を節点荷重として導入した。

### 2.4 解析内容

本研究では、ひび割れの発生原因について検討を行うため、PC鋼材の緊張順序を考慮した解析を行った。具体的には、case1：桁端部に内・外ケーブルが定着された段階、case2：セグメント1の定着部に内ケーブル1が定着された段階、case3：セグメント2の定着部に内ケーブル2と内ケーブル3が定着された段階、case4：橋梁完成時の4ケースについて検討した。

### 3. 解析結果

図-5 に PC鋼材緊張時における橋軸直角方向の下床版応力分布図を示す。対称面は図の上部に設定している。解析結果をみていくと、case1 では断面 B2 付近の引張力が最大であり、大きさは  $0.6 \sim 0.9 \text{ N/mm}^2$  である。case2 では引張領域は存在するもののひび割れに影響を及ぼすほどの大きさではなく、セグメント1内での内ケーブル定着の影響はないと考えられる。しかし、case3 では下床版に比較的大きな引張力が認められ、特にセグメント2内に大きく広がっている。case4 では、セグメント2内の下床版に広範囲にわたる引張力が確認される。また、断面 B2 付近に大きさ  $1.5 \sim 1.8 \text{ N/mm}^2$  の引張力が集中していることがわかる。生じた引張力は、引張強度を上回るほどの大きな値ではないが、ひび割れの発生が懸念される程度の引張応力が存在することが認められた。

これらの4ケースの解析結果より、セグメント2の定着部に内ケーブルを定着したことが、完成時の下床版の応力状態に大きな影響を及ぼしたと考えられる。

### 4. 結論

今回の3次元有限要素解析によって、下床版に対してケーブルプレストレス力が与える影響について確認することができた。

下床版に生じたひび割れは、内ケーブルの定着が大きな要因であることも確認された。この結果を踏まえて、今後は内ケーブル定着部を様々な形状に変化させるなどの改善を施した場合の解析を行い、適切な定着部の形状等について検討を試みる予定である。

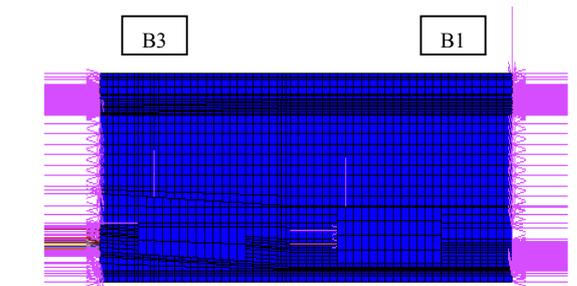


図-4 荷重載荷図(case4)

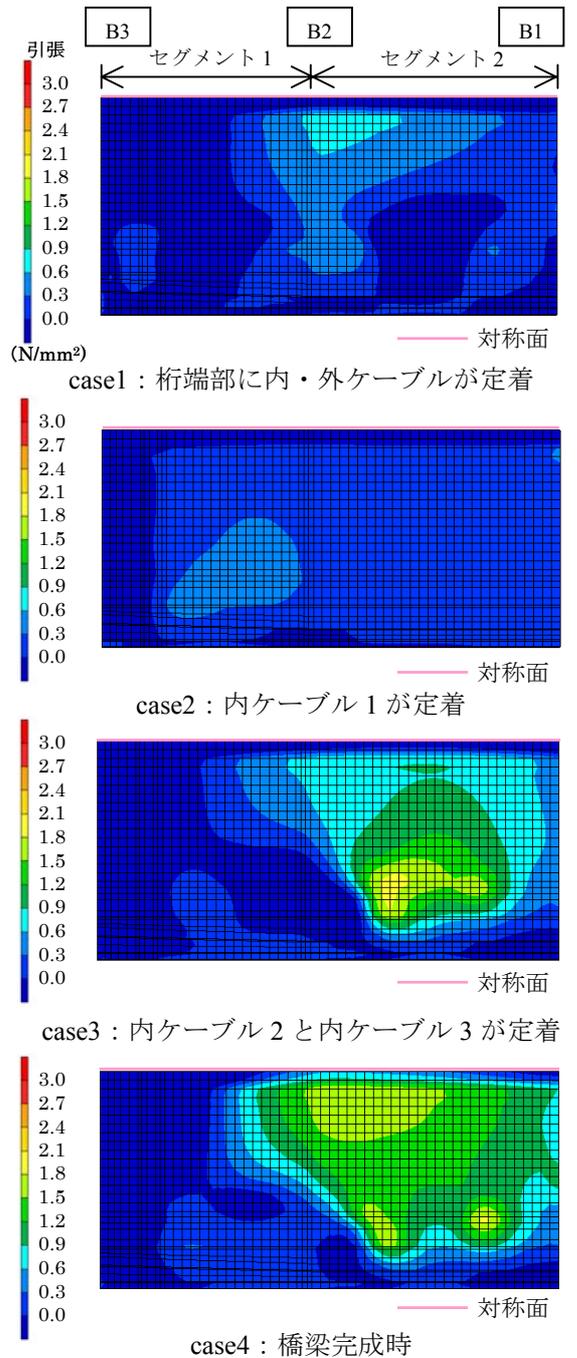


図-5 PC鋼材緊張時の下床版応力分布図