

ハイアラキ要素によるPC床版を有する2主桁橋の局所応力解析

函館工業高等専門学校 正員 ○渡辺 力
長岡技術科学大学 名誉教授 正員 林 正
川田テクノシステム株式会社 正員 齋藤道生

1. まえがき

プレストレストコンクリート (PC) 床版を有する 2 主桁橋などの有限要素解析では、床版の鉄筋や PC 鋼材を無視して計算が行われている。

PC床版の鉄筋やPC鋼材を考慮して鋼・コンクリート複合構造物の全体解析を効率的に実施するためにハイラーキ RC 要素の開発をすすめており、PCスラブなどの計算例によりモデル化の影響や精度を検証している¹⁾。このハイラーキ RC 要素は、ハイラーキソリッド要素にケーブル要素を埋め込んだ要素であり、要素を分割すること無く鉄筋やPC鋼材を任意の位置に配置できる。これにより、大型要素を用いることのできるハイラーキ要素の特徴を活かした効率的な全体解析が可能となる。

本報告では、2主桁橋のPC床版のモデル化にハイラーキRC要素を用いて床版の鉄筋とPC鋼材の影響を考慮し、プレストレス力による局所応力解析を実施した結果について報告する。

2. ハイアラキー RC 要素

ハイラーキ RC 要素は図-1(b) のようにソリッド要素内に鉄筋や PC 鋼材などのケーブル要素を埋め込んだ要素である。定式化においてケーブル要素の変位関数をソリッド要素の変位関数で表しており、コンクリートと鋼材の付着に関しては、変位関数にすべり係数を与えることで制御できる。

鉄筋やPC鋼材などのケーブル要素は、ハイアレーキ写像の手法を用いることにより曲線形状にも配置でき、PC鋼材におけるプレストレスは初期応力として定式化している。

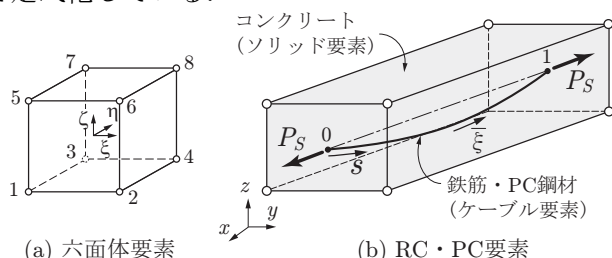


図-1 ハイアラキー RC 要素

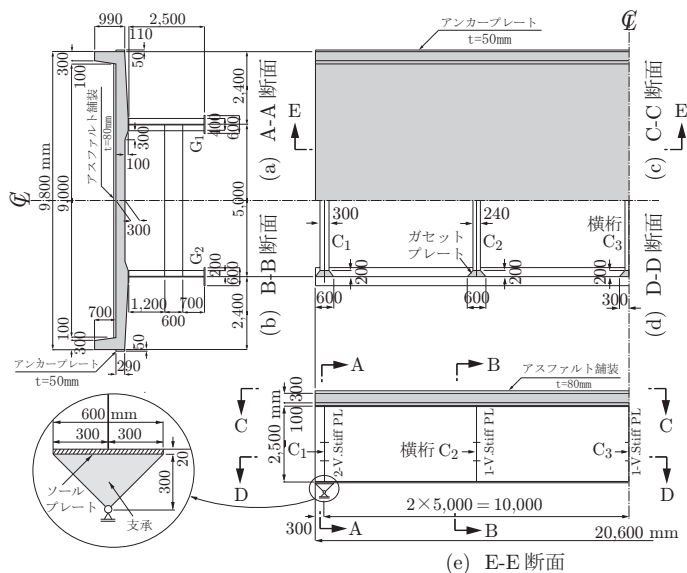


图-2 2主桁橋

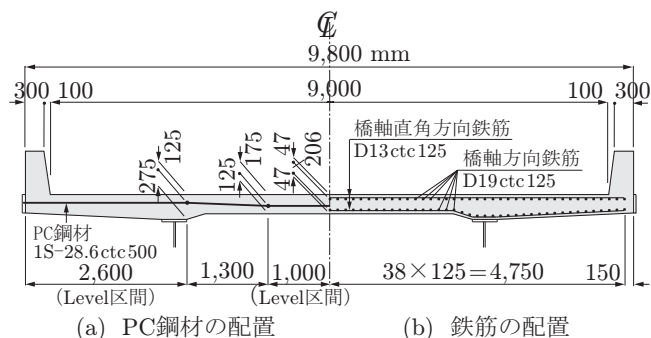


図-3 PC 鋼材と鉄筋の配置

3. 数值計算例

(1) 計算モデル

計算モデルは図-2 に示す支間 20m の 2 主桁橋で、文献 2) と同じ計算モデルを用いる。床版の鉄筋は、橋軸方向には異形鉄筋 D19 を、橋軸直角方向には D13 を 125mm 間隔に図-3 に示すように配置する。PC 鋼材は PC 鋼より線 1S-28.6 を図-3(a) のように 500mm 間隔に配置し、1 本当たり 550kN の有効緊張力を与える。なお、図-2 に示すように、床版の端部には奥行き方向に一樣な厚さ 50mm のアンカプレート設ける。

対称条件を考慮して構造全体の 1/2 領域を計算する．床版を RC 要素で，主桁上フランジをソリッド要素で，主桁ウェブ・下フランジと横桁は平面シェル要素で，

Key Words: ハイアラーキ有限要素法, RC 要素, 2 主桁橋, プレストレストコンクリート床版

〒042-8501 函館市戸倉町 14-1, TEL:0138-59-6488, FAX:0138-59-6488

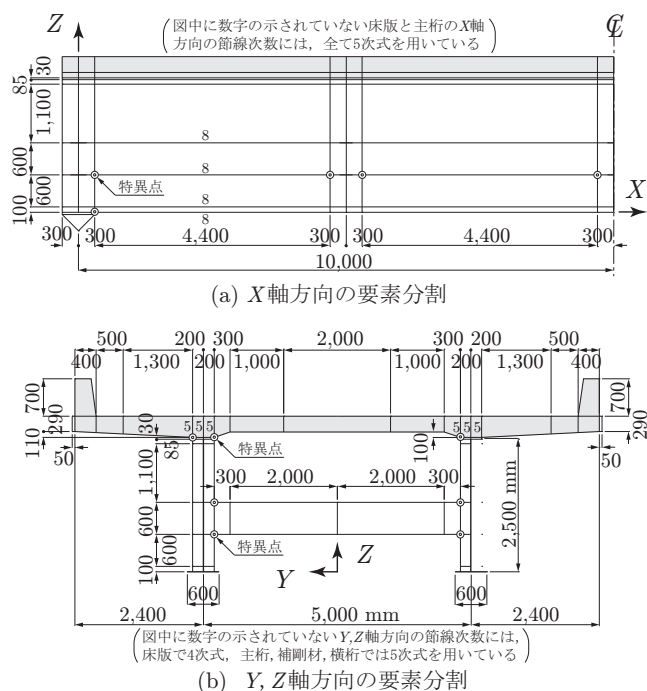


図-4 要素分割と変位関数の次数

素でモデル化し、図-4に示す要素分割を用いる。X軸方向の変位関数の次数には、図-4(a)の図中に示す一部を除き5次式を用いる。Y, Z軸方向には、床版で図-4(b)の図中に示す一部を除き4次式、主桁と横桁で5次式を用いる。また、図-4の◎印の位置に特異点を配置する³⁾。これより、節点数652、要素数431、総自由度数95,472でモデル化している。

比較解には、汎用構造解析システムADINAにより⁴⁾、8節点シェル要素と20節点ソリッド要素により細分割した h 法による解(節点数283,706、要素数89,308、総自由度数853,344)を用いる。なお、比較のための h 法では鉄筋を埋め込みトラス要素でモデル化し、PC鋼材は節点間にトラス要素を配置してプレストレス力を熱ひずみにより与えている。

荷重は、死荷重、活荷重、プレストレス力を載荷する。死荷重は自重を物体力として与え、アスファルト舗装($t=80\text{mm}$)は橋面に等分布荷重として与える。活荷重には衝撃($i=0.286$)を考慮し、T活荷重により床版の応力分布を、L活荷重によりプレストレス力による主桁と横桁の局所応力を調べる。

(2) 床版と主桁の応力

図-5はT活荷重を偏心載荷させた場合の支間中央における床版上縁の直応力 σ_Y の分布を示したものである。比較のために床版の鉄筋・PC鋼材とプレストレス力を省略して無補剛床版とした場合の値も点線で示している。無補剛床版では上側表面に引張応力が生じるが、補剛床版ではプレストレス力により圧

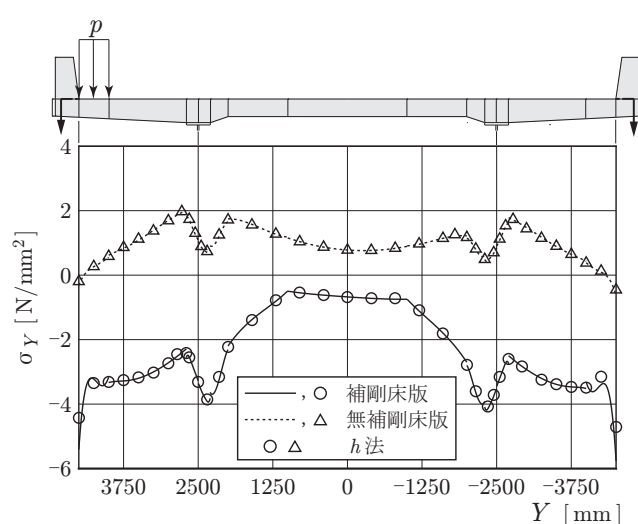


図-5 床版の応力(T活荷重)

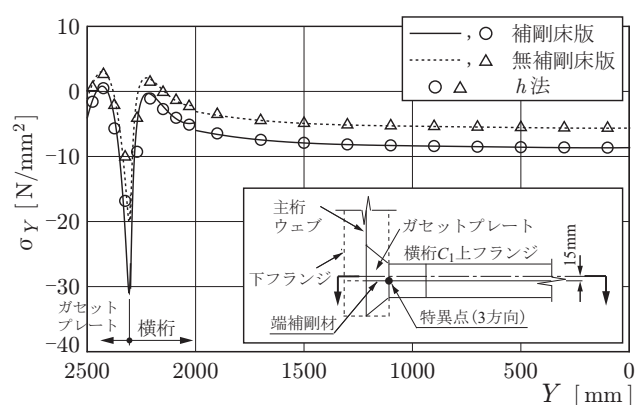


図-6 横桁の局所応力(L活荷重)

縮応力となっている。また、本解法による応力は、細分割した h 法による解と良く一致している。

図-6はL活荷重を偏心載荷させた場合の横桁 C_1 上フランジとガセットプレートの直応力 σ_Y の分布を示したものである。無補剛床版でも横桁とガセットプレートの連結部に大きな応力集中が発生しているが、補剛床版ではプレストレス力の影響により、応力集中がさらに大きくなっている。

4. まとめ

ハイラーキRC要素を用いたハイラーキ有限要素法により、PC床版の鉄筋、PC鋼材とプレストレス力の影響を考慮した鋼・コンクリート複合構造物の局所応力を効率的に計算できる。

参考文献

- 1) 渡辺, 奥山, 林: ハイラーキ要素によるPC床版の曲げ解析, 平成19年度土木学会北海道支部論文報告集, A-42, 2008.
- 2) 渡辺, 大上, 林: ハイラーキ特異要素を用いた2主桁橋の局所応力解析に関するモデル化の検討, 平成18年度土木学会北海道支部論文報告集, A-25, 2007.
- 3) 林, 渡辺, 齋藤: 応力集中問題に対する特異画像関数, 土木学会論文集, No.738/I-64, pp.113-123, 2003.
- 4) ADINA Theory and Modeling Guide: ADINA R & D Inc., 2003.