

BIMモデルから自動生成したFEM解析モデルによるPRCランガー桁の解析的検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○高島 いぶき
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 山本 達也
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 竹谷 勉

1. はじめに

当社では、生産性向上を目指して、設計・施工会社とのデータ共有サーバ(BIMクラウド)を介して調査・計画段階から維持管理まで一貫した情報のやり取りを行う、JRE-BIMの推進に取り組んでいる。今後、部材に属性情報が与えられた3Dモデル(以下BIMモデルと記載)を設計成果物とすることを検討している。本検討では、将来的なBIMモデルの活用方法検討の一環として、当社管内で施工中の開床式PRCランガー桁(図-1)を対象に、モデルから自動的に要素分割しFEMモデルを作成するとともに、FEMモデルと3次元骨組解析との結果を比較したので報告する。

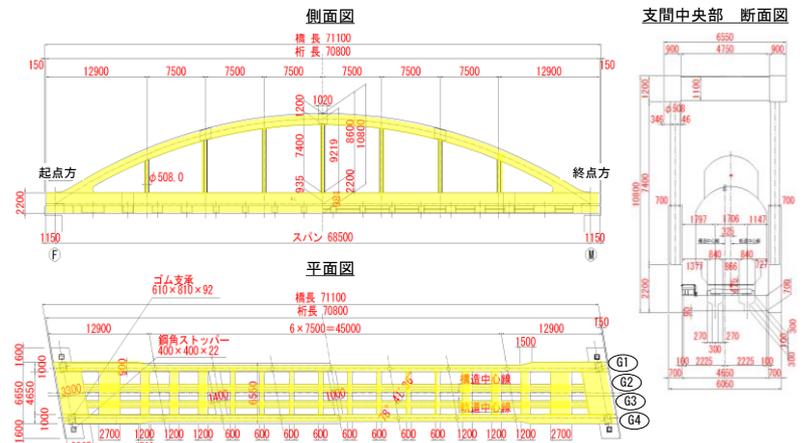


図-1 PRCランガー桁一般図

2. FEMモデルの自動生成

FEMモデルは、3Dモデルを自動メッシングと互換性の良いSTLデータに変換し作成することができる。本検討では、BIMモデルがSTLデータに変換可能であることを前提にBIMモデルを作成し(図-2)、自動メッシングソフトにインポートすることによる要素分割の自動化を検討した。要素自動分割の結果、補剛桁・横桁の接合部等においてエッジの処理が適切に行われていない箇所があったため、本検討では適宜処理を行った。また、要素サイズについては使用ソフトの演算端末の性能を鑑み、一辺の長さが200mmとなるTETRA要素の集合体とした(図-3)。

3. FEM解析結果の検証

3-1. FEMモデルの解析条件と物性値

起点方を固定、終点方を可動とし、各々対象自由度を拘束した。鉛直方向の拘束範囲は支承サイズと同寸法とし、荷重載荷に伴う回転移動により負反力が生じないように回転軸は各支承あたり一点とした。荷重条件について、本検討では施工時を想定し、下記(1)~(4)に示す荷重を考慮し設定した。また、構造物の構成部材と入力した物性値を表-1, 2に示す。なお、鉛直材は $\phi 508\text{mm} \times t6$ のコンクリート充填鋼管であり、鉛直材の物性値は、ヤング係数比と断面積比を考慮し換算した単位体積重量と弾性係数を用いた。

- (1) 主桁自重：材料物性値から自動載荷
- (2) 固定死荷重：弾性バラスト軌道、桁端部路盤コンクリート

キーワード 鉄道, PRCランガー桁, BIM, FEM解析

連絡先 〒980-8580 仙台市青葉区五橋一丁目1番1号 東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所



図-2 モデル作成に使用した3Dモデル

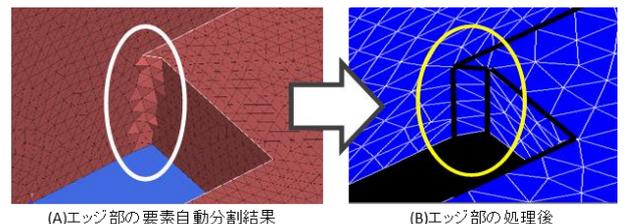


図-3 FEMモデルにおけるエッジの処理(スラブ開口部)

(3) 付加死荷重：ダクト、電車線、開口部グレーチング材

(4) 各プレストレス：導入軸力は方向成分を考慮した有効プレストレスとし、ケーブル曲上げ箇所と同位置の要素内部に鉛直分力を相殺する腹圧力を載荷した。

表-1 使用材料諸元

	コンクリート部材	鉛直材
単位体積重量	24.5kN/m3	※30.0kN/m3
設計基準強度	50N/mm2	50N/mm2
弾性係数	33,000N/mm2	※60,700N/mm2
ポアソン比	0.2	0.2

※鋼管(板厚 6.4mm)断面を考慮した換算値

表-2 材料物性 入力値

	PC鋼材
主ケーブル	SWPR7BL 12S15.2 8本
横締ケーブル	SWPR7BL 12S15.2 29~33本
鉛直材	SWPR19L 1S28.6 2本

3-2. FEM 解析結果と 3次元骨組解析結果の比較

本検討で使用した FEM モデルの概要図と座標軸、各応力の計測位置を図-4 に示す。表-3, 4 に示すように、支点反力、レール受桁鉛直変位は、FEM 解析結果と 3次元骨組解析結果が概ね一致した結果となった。また表-5 における補剛桁の曲げ最大位置での軸方向縁応力度は、FEM 解析結果のプレストレスによる圧縮応力度が約 8%大きくなっているが、死荷重による発生応力度は骨組解析モデルの結果と概ね一致する。一方で、表-6 に示すアーチリブスプリング部直下の縁応力度は、図-5 に示すアーチリブに生じる軸力の鉛直分力により、3次元骨組解析結果と大きくかい離が生じた。これは、FEM 解析では支点よりスパン中央部側でアーチリブと補剛桁が接合しているのに対し、3次元骨組解析ではアーチリブと補剛桁が支店で接合しているため、当該箇所には生じる曲げが小さい構造となるためである。

4. 今後の課題とまとめ

本検討では、将来的な BIM モデルの活用方法検討の一環として、開床式 PRC ランガー橋を対象に、BIM モデルから自動生成により得られた FEM 解析モデルと、3次元骨組解析モデルの結果を比較した。以下に知見を示す。

- (1) 自動メッシュングソフトによる FEM モデルの作成においては、図-3 に示すエッジの処理が適切ではない箇所が生じた。
- (2) 支点反力、補剛桁軸方向縁応力度、最大鉛直変位について、3次元骨組解析の結果と概ね一致した。
- (3) アーチリブスプリング部直下については、アーチリブに生じる軸力の鉛直分力により、3次元骨組解析では考慮していない縁応力が生じた。

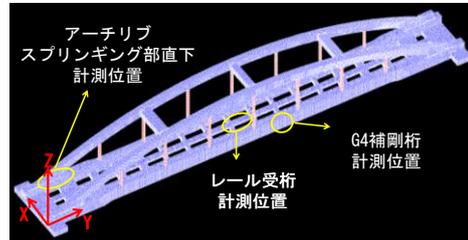


図-4 FEM モデルでの座標軸と各応力の計測位置

表-3 解析結果比較 (支点反力)

起点方反力	3次元骨組解析	FEM解析
右側	3,651	3,637
左側	3,724	3,769
計	14,750	14,813

(単位:kN/mm²)

表-4 解析結果比較 (レール受桁 鉛直変位)

	3次元骨組解析	FEM解析
	下縁	下縁
鉛直変位	-7.5	-7.5

(単位 mm)

表-5 解析結果比較 (G4 補剛桁 軸方向縁応力度)

	3次元骨組解析		FEM解析	
	上縁	下縁	上縁	下縁
プレストレス	-5.4	-7.1	-5.6	-7.7
死荷重	0.3	5.2	0.7	5.1
計	-5.1	-1.9	-4.9	-2.6

符号(+):引張

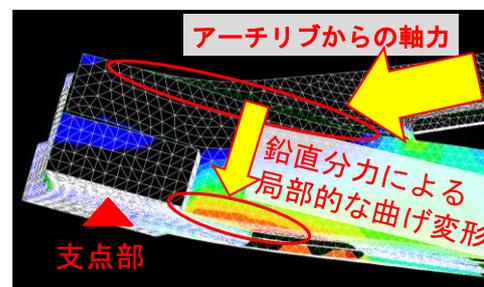
(単位:N/mm²)

表-6 解析結果比較 (アーチリブスプリング部直下縁応力度)

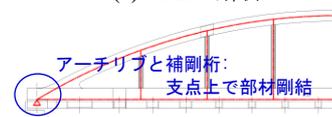
	3次元骨組解析		FEM解析	
	上縁	下縁	上縁	下縁
プレストレス	-4.7	-4.5	-2.2	-4.7
死荷重	3.5	1.0	-2.3	4.6
計	-1.1	-3.4	-4.4	-0.1

符号(+):引張

(単位:N/mm²)



(a) FEM 解析



(b)3次元骨組解析

図-5 アーチリブスプリング部直下概要