

PC 下路桁の断面形状と構造解析のモデル化方法がたわみに及ぼす影響に関する一考察

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○中村麻美 渡辺 健

1. 目的

PC 下路桁は、スパン内に剛な横桁を設けることが困難であり、断面形状が桁のたわみに大きな影響を及ぼす。実務設計では、たわみは構造解析による断面力を用いて計算式から求めることが一般的だが、断面内の収縮ひずみ差を考慮して PC 桁の変形を算定できる構造解析ツールも整備されてきた¹⁾。構造解析において、箱桁では桁全体を1本の梁とした(以下、一本梁)モデル、T 形桁や U 形桁では格子桁とした(以下、格子桁)モデルが従来用いられてきた。

PC 下路桁の断面形状と構造解析のモデル化方法がたわみに及ぼす影響を明らかにするため、三次元有限要素解析と骨組構造解析を実施した。

2. 解析概要

対象構造物の概要を図-1に示す。解析ケースは、追加ウェブの配置をパラメータとした計4ケースとした。主桁自重による死荷重(D)、プレストレス力(PS)、列車荷重(L)、衝撃荷重(I)を考慮した。

汎用有限要素解析プログラム DIANA (ver.10.3) を用いて三次元有限要素解析(以下、FEM 解析)を行った。コンクリートはソリッド要素、鉄筋は埋め込み鉄筋要素とし、フルスケールモデルとした。材料の非線形性は考慮していない。支承位置で鉛直拘束、桁中心1点で水平拘束と水平方向の回転拘束とした。

汎用三次元耐震性能照査プログラム DARS (ver.2.2.0.0) を用いて骨組構造解析を行った。解析モデルは一本梁モデル、格子桁モデルの2種類とした。格子桁モデルの概要を図-2に示す。1本梁モデルでは、橋軸方向の曲げ剛性 EI を断面諸元から計算して入力した。格子桁モデルでは、橋軸方向を16分割、橋軸直角方向を3主桁に分割し、分割した断面諸元から計算した EI とねじり剛性を各線材に入力した。格子桁モデルでの境界条件は、FEM 解析と同様とした。本検討では従来の RC 桁の格子解析を拡張し、プレストレス力は、PC 鋼材の緊張力と断面図心からの偏心量から求まる曲げモーメントを節点荷重として作用させた。分割数を考慮し、横締めプレストレス力はモデル化上、2次関数とみなした曲げモーメント分布によるたわみと等価となるような曲げモーメントに換算して、横桁の節点荷重として与えた。

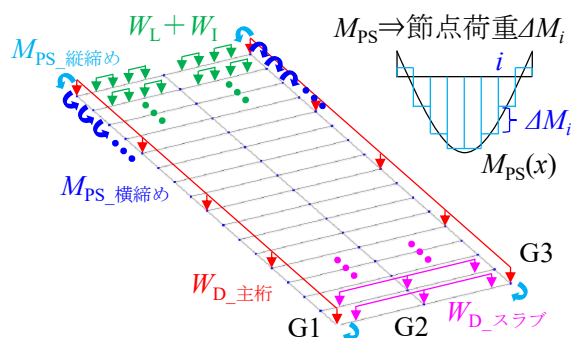


図-2 骨組構造解析の概要(格子桁モデル)

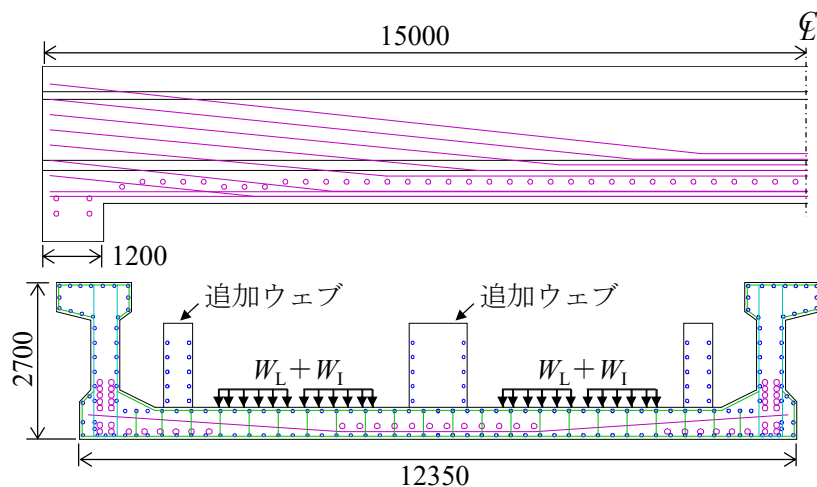
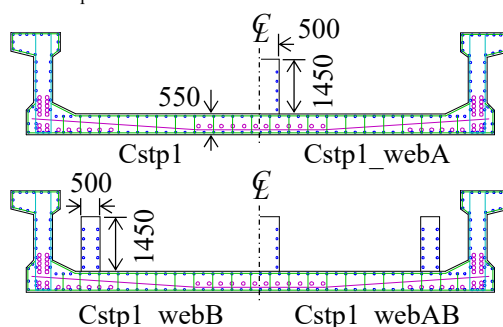


図-1 対象構造物の概要

$$\begin{aligned} E_c &= 31 \text{ kN/mm}^2 \\ E_s &= 200 \text{ kN/mm}^2 \\ \sigma_{pt} &= 1100 \text{ N/mm}^2 \text{ (縦締め)} \\ \sigma_{pt} &= 1000 \text{ N/mm}^2 \text{ (横締め)} \end{aligned} \quad (\text{mm})$$



キーワード PC 桁, 下路桁, 変形, たわみ, 有限要素解析, 骨組構造解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

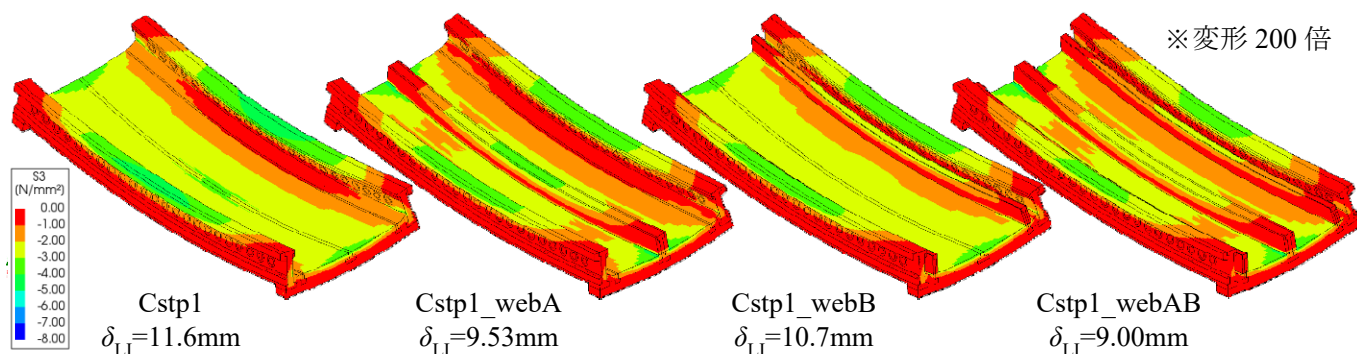


図-3 最小主応力コンターと桁中央のたわみ（作用：L+I）

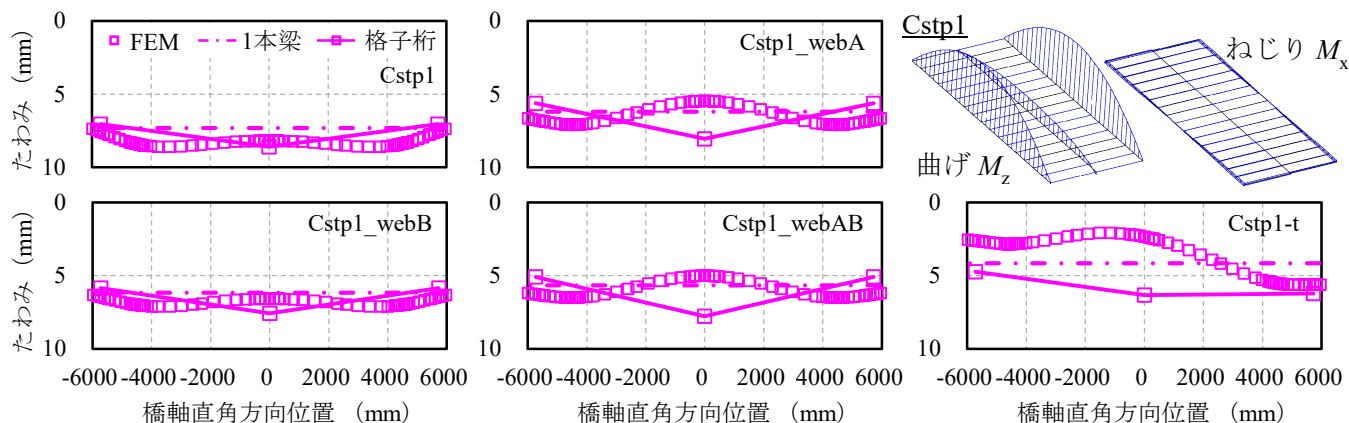


図-4 FEM 解析と骨組構造解析によるスパン中央のたわみ分布（作用：D+PS+L+I）

3. 断面形状が PC 下路桁のたわみに及ぼす影響

FEM 解析による最小主応力コンターと桁中央のたわみを図-3 に示す。ケース Cstp1_webA と Cstp1_webB を比較すると、追加ウェブの高さと全幅が同じであり、 EI は計算上同一となるが、ケース Cstp1_webA ではたわみがより小さくなった。ケース Cstp1_webAB では、中央の追加ウェブの広い範囲に圧縮応力が伝達されていた。 EI が計算上同じ場合でも、ウェブの配置により、荷重条件や断面力分布と関係して、桁のたわみが異なったものと考えられる。FEM 解析によるスパン中央のたわみ分布を図-4 に示す。ケース Cstp1_webA と Cstp1_webAB では、追加ウェブにより桁中央でたわみが抑制され、桁断面内でたわみ差が生じている。追加ウェブを両側に配置したケース Cstp1_webB では、ケース Cstp1 よりもたわみは小さく、断面内のたわみ差もやや小さい。

4. 構造解析のモデル化方法がたわみに及ぼす影響

骨組構造解析によるスパン中央のたわみ分布を図-4 に併記する。一本梁モデルと格子桁モデルは FEM 解析による平均的なたわみを概ね表現しているが、ケース Cstp1_webA と Cstp1_webAB における断面中央でのたわみの低減を表現できていない。断面内で剛性が大きく変化する場合にたわみを精緻に算

定するには、格子桁の分割数を増やすなどの配慮が必要であるが、ねじりの影響が比較的小さい条件では、1 本梁モデルや格子桁モデルを用いて断面内の平均的なたわみを表現できるものと考えられる。

作用 L+I を単線荷重とした場合（ケース Cstp1-t）の FEM 解析と骨組構造解析によるたわみ分布を図-4 に併記する。骨組構造解析では FEM 解析で見られた断面内のねじりを表現できていない。1 本梁モデルでは断面内の平均的なたわみを表現しており、FEM 解析と骨組構造解析とのたわみの差は断面内で最大数 mm 程度と比較的小さいが、構造物の変形は構造形式や各部材の剛性によっても異なるため、ねじりの影響が大きくなる条件では格子桁の分割数等、構造解析におけるモデル化を適切に行う必要がある。

5. まとめ

- 1) ウェブの配置により、荷重条件や断面力分布と関係して、桁のたわみに及ぼす影響が異なった。
- 2) ねじりの影響が比較的小さい条件では、1 本梁モデルや格子桁モデルを用いて断面内の平均的なたわみを表現できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書 [設計編]，丸善，2018.3