

鉄道を想定した急曲線低床式合成床版トラス橋における床組のモデル化手法

JR 東日本

正会員 柳沼謙一

復建エンジニアリング 正会員

江口 聡

荒木一徳

鉄道総研

正会員 ○ 吉田直人

谷口 望

1. はじめに

合成床版を有する急曲線低床式トラス橋の合理的な設計を行うには、立体解析を行うことが望ましいが、立体骨組モデルによる解法は、合成床版のモデル化の方法によって解析結果が大きくこととなると考えられる。そこで本研究では、鉄道を想定した、底鋼板を有する合成床版を用いた低床式トラス橋（図 1）を対象に、床組を取り込んだ立体モデルを構築し、骨組解析との比較検討を行うことで、床組のモデル化が、本形式トラス橋の全体挙動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 解析概要

図 2 に示すような、2 径間連続単線下路低床式トラス橋を対象とし、構造物支間 $80\text{m} + 80\text{m} = 160\text{m}$ 、主構高 10m 、主構間隔 5.9m 、勾配は水平とした。平面曲線半径は $R=160\text{m}$ 、 $R=400\text{m}$ 、 $R=\infty$ （直線）の 3 種類とし、材料定数には、コンクリートについては、単位重量 24.5kN/m^3 、ヤング係数 25kN/m^2 、ポアソン比 0.16 、鋼材については、単位重量 77kN/m^3 、ヤング係数 200kN/mm^2 、ポアソン比 0.3 を用いた。解析に用いる荷重は死荷重、移動連行活荷重を考慮した。また、各部材断面については、床組コンクリートの剛性を無視した時の死荷重 + 活荷重（E A-1 7 機関車荷重）作用時の最大断面力に対して決定した。支承条件は、並進方向は端支点 P_1 、 P_3 が橋軸方向に可動、中間支点 P_2 は固定とし、回転自由度は全支点において自由とした。また、材端条件は全部材間を剛結合とした。

床組のモデルは、表 1 に示すように、横桁（リブ）と底鋼板、コンクリート床版のモデル化をパラメータとして、以下の 4 ケースを設定した。

横桁と底鋼板を横梁に置き換えたモデル（格子解析）

床組を S R C 梁として置き換えたモデル（格子解析）

横桁を鋼梁、底鋼板を鋼シェルとしたモデル（シェル要素解析）

横桁を鋼梁、コンクリート床版（弾性）を鋼換算して底鋼板厚に加えたモデル（シェル要素解析）

なお、ケース 1 は、コンクリートは重量のみを考慮しており、剛性は無視しているモデルとなっている。

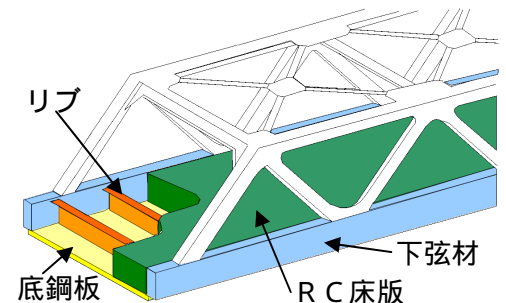


図 1 合成床版を用いた低床式トラス橋

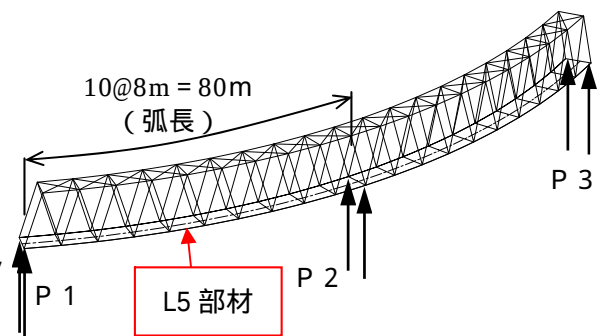


図 2 解析モデル（ $R=160\text{m}$ ）

表 1 床組のモデル化

概要	断面図
横桁 + 底鋼板 → 鋼 I 形梁 (コンクリート無視)	
横桁 + R C 床版 → S R C 矩形横梁 (断面幅：横桁間隔)	
横桁 → 鋼 T 形梁 底鋼板 → 鋼シェル (コンクリート無視)	
T 横桁 → 鋼 T 形梁 合成床版 → 鋼換算シェル	

キーワード 低床式トラス、急曲線、床組、合成床版、シェル要素

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総研 鋼複合構造 TEL 042-573-7280

3. 解析結果

3.1 鉛直変位

解析結果のうち、桁に生じた最大の鉛直変位の比較を図3に示す。図3のうち、直線橋 ($R = \infty$) においては、 Δ 、 Δ ではほとんど差はみられていないが、 Δ では床版の剛性が橋軸方向に影響してやや小さな変位となっている。

一方、曲線橋 ($R = 400\text{m}$, 160m) でも、 Δ 、 Δ とは異なる結果となっている。鉛直変位は Δ から Δ にしたがって、小さくなる傾向があり、急曲線 ($R = 160\text{m}$) の方が、その変化量が大きい。これは、曲線橋の場合、床組の剛性が下弦材の剛性に大きく影響していること、ねじれ剛性が合成床版により向上したことによると考えられる。

3.2 主構軸力

図4は、引張軸力が最大となるL5部材における作用軸力を比較したものである。図4より、ケース Δ 、 Δ では、ケース Δ 、 Δ に比べて下弦材軸力は小さい。これは、床版をモデルに取り込んだことにより、床版に軸力が作用しているためであると考えられる。また、 Δ 、 Δ においては曲線半径が小さいと、外主構と内主構の軸力差がさらに大きくなることがわかる。

図5は、L5部材の、下弦材と合成床版の軸力分担を示したものである。ここでは、(a)が Δ 、(b)が Δ のモデルによる結果を示している。直線橋 ($R = \infty$) において、 Δ では、合成床版が軸力を35%分担しているが、 Δ では66%に増加している。これは、 Δ では床版コンクリートをモデル化してコンクリートの剛性を考慮した影響と言え、合成床版全体の軸力分担が大きくなったからである。また、曲線橋 ($R = 400\text{m}$, 160m) では、ねじれの影響により、曲線半径が小さくなるにつれて、外主構の軸力分担が減少し、内主構の軸力分担が増加する傾向が見られる。また、 Δ のモデルでは、曲線半径が小さくなると、合成床版の軸力分担も増加する傾向が見られた。なお、本検討の Δ では、コンクリートは弾性として計算しているため、引張軸力によってひび割れが生じる場合は、 Δ と Δ の中間的な挙動となると考えられる。

5. まとめ

本検討の結果、以下の知見が得られた。

- (1) 曲線トラス橋の床組に合成床版を使用することで、ねじれ挙動を抑える効果を解析的に確認できた。
- (2) 軸力分担では、急曲線の場合、直線のトラス橋に比べて合成床版の軸力分担が大きくなる傾向がある。
- (3) 上記より、急曲線のトラス橋では、床版のモデル化により解析結果が大きく変化するため、床版の橋軸方向の剛性を考慮し合理的な設計を行う際は、床版を適切にモデル化する必要があると言える。

参考文献1) 江口他：鉄道を想定した長スパンの急曲線低床式下路トラスに対する解析的検討，年次講演会，土木学会，2011

2) 谷口他：鉄道下路桁用合成床版の開発に関する基礎実験，構造工学論文集 Vol. 53A，土木学会，2007

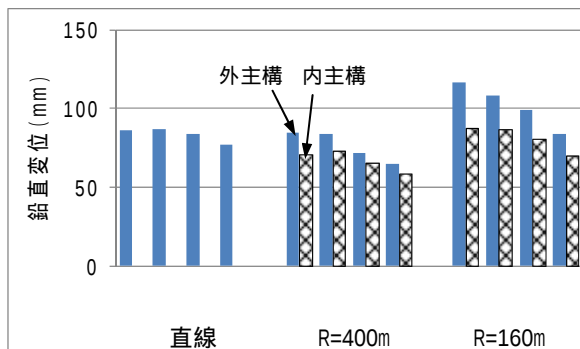


図3 下弦材最大鉛直変位

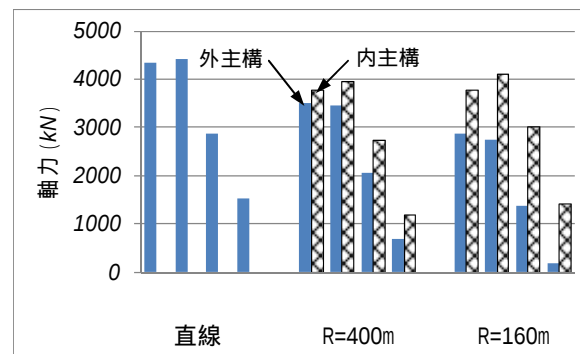
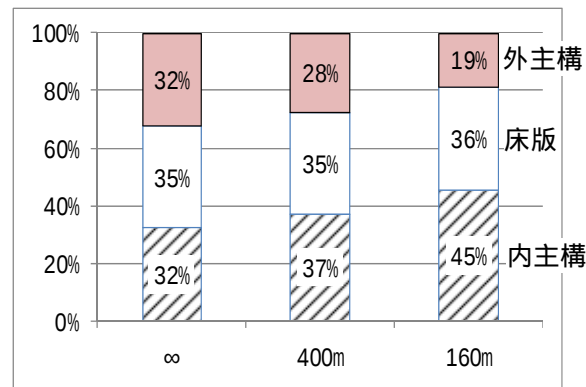
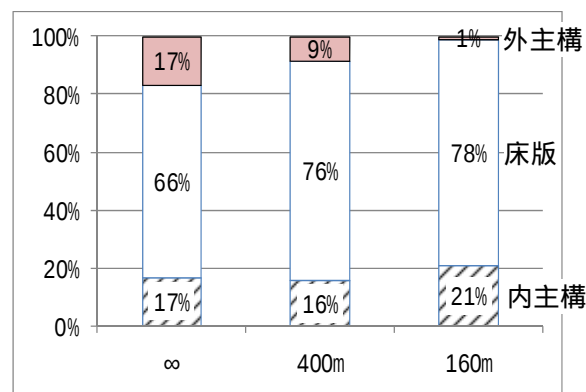


図4 L5下弦材軸力(死荷重+活荷重)



(a) 床組 鋼シェル



(b) 床組 換算シェル

図5 支間中央床組(L5)における軸力比