

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

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

大都市部の鉄道構造物には、用地、線形、空頭制限、周辺環境等の条件から、合成床版を採用した急曲線低床式トラス構造を用いることが想定される。しかし、急曲線かつ長スパンであるトラスの設計事例は少なく、支点（境界）条件や材端条件の設定の違いによる影響を考察した事例は少ない。このため本研究では、3次元立体骨組解析を行うことにより、急曲線低床式合成床版トラス橋の力学的挙動を明らかにし、境界条件や材端条件の設定の違いによる全体挙動への影響を明らかにすることを目的とする。

2. 解析概要

図1に示すような、2径間連続単線下路ワーレントラス橋を対象とした。構造上の特徴としては、床組高さを極力抑えた低床式構造¹⁾としていることである。構造物支間は80m+80m=160m、主構高10m、主構間隔5.9mとし、勾配は水平とした。平面曲線半径は急曲線として最小R=160mとし、比較用としてR=400m、R=∞（直橋）を設定している。

構造解析モデルは、梁要素を用いた立体骨組とし格点部には剛域を考慮した。コンクリート床版は、重量24.5kN/m³のみを考慮することとし、モデル化をしていない。材料定数は、鋼材のヤング係数200kN/mm²、ポアソン比0.3、単位重量77kN/m³を用いた。解析に用いる荷重は死荷重、機関車荷重（E-A-17）を考慮するものとした。また、トラスの各部材断面については、死荷重+活荷重時の発生断面力に対して、耐荷性の照査を満足するように設定した。解析における支点条件や材端条件は、下記の通り設定した。

(1) 支点条件（表1）

支点条件は、全支点の橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向の並進自由度および回転自由度を考慮し、A～Dの4種類を設定した。なお、橋軸方向は各支点における接線方向とする。

(2) 材端条件（表2）

通常のトラス橋の設定として、表2の部材の材端条件を設定した。本設定は、部材設計上、安全側の観点から設定されているものであり、実際はほぼ全部材が剛の条件として挙動することが想定できる。そこで、表3の通り、表2の材端条件を使用した場合と、全部材の材端を剛結とした場合の2種類を用いることとした。

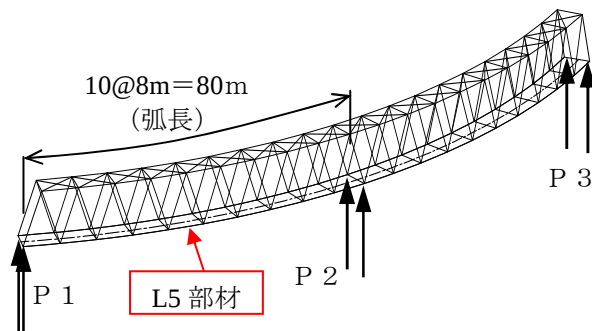


図1 解析モデル

表1 支点条件

	橋軸方向		直角方向		回転軸	
	端 支点	中間 支点	全支点		全支点	
			内	外	鉛直	水平
A	可動	固定	固定	固定	固定	可動
B	可動	固定	可動	固定	固定	可動
C	可動	固定	固定	固定	可動	可動
D	可動	固定	可動	固定	可動	可動

表2 材端条件

部 材	結合部材	条件
下弦材	格点横桁、端部横桁	剛
	横桁	ピン
	斜材	剛
上弦材	斜材	ピン
	支材	ピン
	上横構	ピン
	橋門構	剛

表3 検討ケース

No.	支承条件	材端条件	曲線半径
1	A	考慮 (表 2 に従う)	∞ R400 R160
2	B		
3	C		
4	D		
5	A	全部材剛結	
6	B		
7	C		
8	D		

キーワード 低床式トラス、急曲線、床組、境界条件、材端条件

連絡先 〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-11-12 TEL 03-5652-8563

よって、解析ケースは表 3 の通り、支点条件と材端条件で No. 1～No. 8 の計 8 ケースを計算することとした。

3. 解析結果

3. 1 主構に生じる軸力

主構に生じる軸力については、最大の引張軸力の生じるスパン中央付近の L 5 部材 (図 1) に着目した。図 2～図 4 に L 5 部材の軸力算定結果を示す。図 2 は直線橋における結果であるが、すべての CASE においてほぼ同じ値となっている。また、図 3 は R=400m における結果であるが、ねじれの影響により主構外側と内側で異なる軸力を示している。また、各 CASE の結果から、計算結果は材端条件の影響を大きく受けていることが分かる。

図 4 は急曲線の R=160m における結果を示している。本結果では、外主構と内主構の軸力差がさらに大きくなっており、図 3 よりもねじれの影響がさらに大きくなっている。

3. 2 変位

トラス橋に生じた最大たわみを表 4 に示す。桁のねじれの影響も把握するために、主構内側、外側の各下弦材についての鉛直変位量を示した。本結果からも、計算結果は材端条件の影響を大きく受けていることが分かる。また、R=400m の結果では、材端を剛結とした方が、材端条件を考慮した方よりも全体的に小さな変位となっているが、内外の変位差については、材端条件を考慮した方が小さい結果となっている。一方、R=160m の結果では、変位および内外の変位差ともに、材端を剛結とした方が、材端条件を考慮した方よりも全体的に小さな値となっている。

4. まとめ

本解析検討の結果、以下の知見が得られた。

- (1) 軸力算定結果は、直線橋においては、弦材の軸力算定上は支点条件、材端条件の影響は大きく受けないが、曲線橋の場合は、支点条件、材端条件の影響を受ける結果となった。
- (2) 変位の算定結果においても、材端条件の影響を受ける結果となった。しかし、ねじれにより生じる内外下弦材の変位差については、曲線半径の違いにより異なる傾向を示した。
- (3) 本結果より、急曲線橋梁の設計にあたっては、3次元立体骨組解析を行うのがよく、支点条件や材端条件を適切に評価する必要があるといえる。

【参考文献】

1) 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

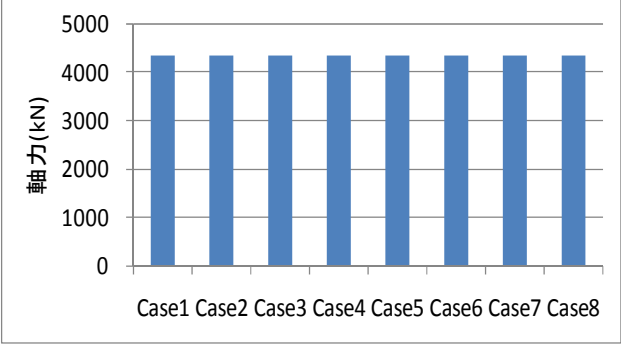


図 2 L 5 下弦材軸力 (直線) (死+活荷重)

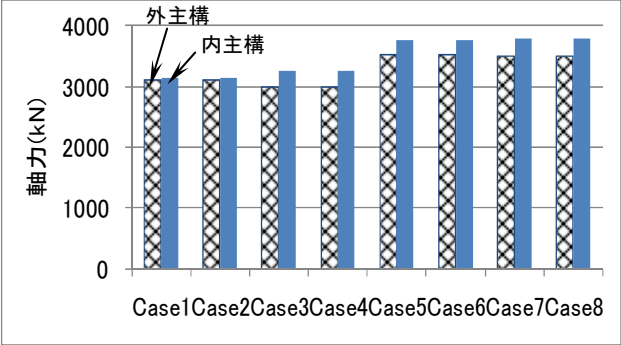


図 3 L 5 下弦材軸力 (R=400m) (死+活荷重)

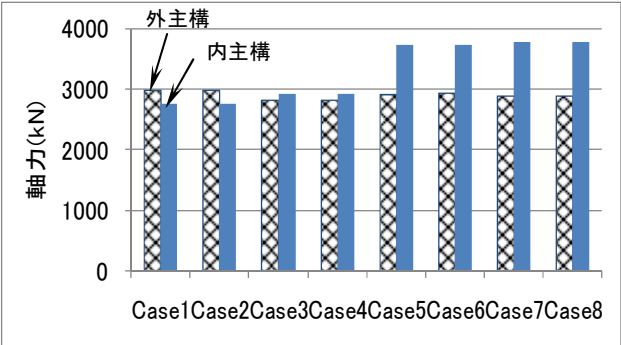


図 4 L 5 下弦材軸力 (R=160m) (死+活荷重)

表 4 下弦材最大変位 (死+活荷重)

No	直線	R=400m			R=160m		
		外側主構	内側主構	差	外側主構	内側主構	差
1	86.7	105.5	102.4	3.1	187.5	153.5	34.0
2	86.7	105.8	102.7	3.1	187.5	153.5	34.0
3	86.7	107.7	105.1	2.6	193.2	159.0	34.2
4	86.7	108.0	105.5	2.5	193.3	159.0	34.3
5	86.3	84.9	70.9	14.0	116.4	87.0	29.4
6	86.3	85.4	70.9	14.5	116.2	87.1	29.1
7	86.3	85.0	70.9	14.1	116.7	87.4	29.3
8	86.3	85.0	70.9	14.1	116.7	87.4	29.3