

軌道と橋軸半径の異なる鋼鉄道曲線下路トラスの設計

西日本旅客鉄道株式会社 正員 五十嵐 裕 昌
 シェアール西日本コンサルタンツ (株) 正員 矢 島 秀 治

西日本旅客鉄道株式会社 正員 長 門 範 高
 シェアール西日本コンサルタンツ (株) 正員 高 田 幸 治

1. まえがき

従来の鋼鉄道曲線下路トラス橋は、一般に軌道中心線と橋軸中心線が同心円の関係にあった。しかし、建設用地の制約等から橋梁内に急曲線の線形を挿入せざるを得ない場合がでてきた。このような鋼鉄道曲線下路トラス橋（以下曲線トラス橋という）では軌道中心線と橋軸中心線を一致させることが困難な場合がある。そこで、軌道中心線と橋軸中心線を異にする開床式の曲線下路トラス橋を例に、主構間隔の決め方、主構高および格点間隔の決め方、橋軸と軌道の関係、床組形状等について検討を行った。

以下にこれらの検討結果を述べる。

2. 主構造の決定

本橋梁は、在来線4線を跨ぐ鋼鉄道跨線橋である。設計に際しての諸条件は下記を満足する必要があった。

①支間84.0m、②軌道曲線半径240m、③縦曲線半径3000m。

本橋梁の主構間隔、主構高および格点間隔は図-1に示すフローにより決定した。

(1) 主構幅の決定

トラスの構造寸法は、軌道線形に着目して必要な幅を確保し主構を直線構造として設計するのが一般的である。しかし、本橋梁のように急曲線の場合、主構を直線構造とすると主構間隔がいたずらに大きくなり、レールレベルから桁最下端の制限寸法を満足しないばかりか建設用地内に設置できないといった問題がある。

一方、橋軸半径を軌道半径と一致させて主構間隔を最小にすると上記問題点は、解決できるものの桁の安定性に問題が生じる。そこで、トラスの構造寸法を曲線構造とした場合どの程度の主構間隔が妥当であるか、次の3つの条件を設定しそれぞれについて、転倒に対する検討を行った。

①構造半径R=240m、主構幅W=6.5mの場合

②構造半径R=300m、主構幅W=6.5mの場合

③構造半径R=350m、主構幅W=7.4mの場合

その結果を表-1に示す。表-1に示すとおり、ケース③が転倒しない最小の主構間隔であることがわかった。

(2) 主構高の決定

当該トラスの最適主構高を決定するために次の3つの条件について鋼重の比較検討をおこなった。

①ケース：h=12.5mの場合

②ケース：h=13.0mの場合

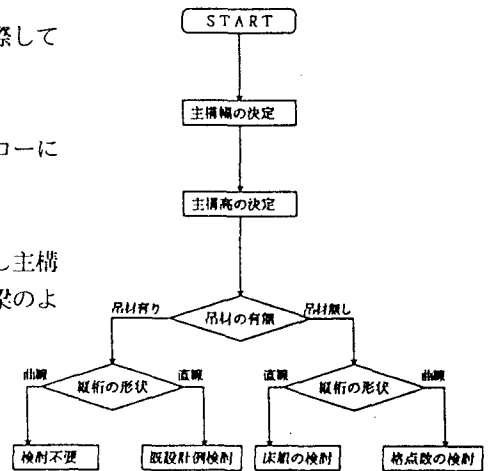


図-1 構造形式決定フロー

表-1 主構幅と構造中心半径の検討

項 目		(1)ケース	(2)ケース	(3)ケース
転倒モーメント	風	列車 有	288.70	288.70
	時	列車 無	452.80	452.80
	地震時	列車 有	739.92	739.92
	時	列車 無	522.12	522.12
抵抗モーメント	風	列車 有	344.89	689.59
	時	列車 無	199.03	367.19
	地震時	列車 有	257.31	516.40
	時	列車 無	176.14	324.96
判 定		転倒する	転倒する	転倒しない

③ケース：h=13.5mの場合

鋼重を算定する方法として上記の①～③ケースについて面内フレームに単位荷重を載荷した場合の計算を行い、この結果と②ケースを立体解析した結果とが比例の関係にあるとして、各断面力を推定した。この値を用い各ケース毎の概略鋼重を比較した結果②ケースがわずかではあるが最も経済的であった。

(3) 格点数の検討

格点数の決定には、鉛直材（吊材）の有無と縦桁（軌道桁）の形状の2点に着目し検討を行った。従来、曲線トラスは曲線形状を構成する構造を簡略化するため鉛直材を設け上下弦材を同じ位置で折り曲げて曲線構造を形成していた。

しかし、近年技術の向上および景観設計の観点から鉛直材を設けない構造が望まれる傾向にある。このため、次の3つのタイプについてそれぞれ3ケースづつ格点間隔を想定し比較検討を行った。

①タイプ：吊材有り・縦桁直線の場合

②タイプ：吊材無し・縦桁直線の場合

③タイプ：吊材無し・縦桁曲線の場合

①および②タイプについては、既設計があるものの、③タイプについては、既設計例がないため平面フレーム解析結果に立体解析結果の面外断面力を作用させ断面を想定した。

その結果、①タイプでは12@7.0m、②タイプでは10@8.4m、③タイプでは7@12.0mの格点間隔がそれぞれ最適であるとの結果を得た。また、各タイプごとの比較の結果①タイプと②タイプでは吊材有りの方が約12%鋼重が軽くなることがわかった。一方、①タイプと③タイプでは③タイプの方がわずかではあるが経済的との結論を得た。

また、構造ディテール的には、レール中心とのずれを上フランジと腹板溶接サイズまでしか許さないとして設計したため、腹板を軌道曲線に合わせ面外方向に折り曲げる等の工夫を行った。

3. あとがき

本報告では、軌道と曲線半径の異なる鋼鉄道曲線下路トラスの主構幅、主構高、格点間隔、吊材の有無による鋼重の増減および床組構造の決め方等について述べた。

曲線トラスの形状を決定するには、厳密には立体骨組み解析による断面決定が必要である。しかし、平面骨組み解析と代表的な立体解析の面外部材力を組み合わせる事により、かなり精度良く各形式毎の鋼重が推定できる事がわかった。さらに、吊材の有無と縦桁の形状についての検討では吊材が有る方がトラス橋の構造においては単純であるが、最近の景観設計の面からは吊材の無いワーレントラストタイプが望ましく、今後このタイプのトラスが主流になると思われる。

表-2 主構高と断面力の比較

上弦材		②ケース	①ケース		③ケース	
		断面力 P	係数 K	断面力 PK	係数 K	断面力 PK
最大値	面内 M tfm	-7.00	1.064	-7.45	0.947	-6.63
	面外 M tfm	-36.59	—	-36.59	—	-36.59
	軸力 N tf	-533.53	1.040	-554.87	0.963	-513.79
最小値	面内 M tfm	-3.83	1.064	-4.08	0.947	-3.63
	面外 M tfm	-19.91	—	-19.91	—	-19.91
	軸力 N tf	-290.55	1.040	-302.17	0.963	-279.80
下弦材		②ケース	①ケース		③ケース	
		断面力 P	係数 K	断面力 PK	係数 K	断面力 PK
最大値	面内 M tfm	-2.94	0.867	-2.55	1.133	-3.33
	面外 M tfm	-10.90	—	-10.90	—	-10.90
	軸力 N tf	546.62	1.040	568.48	0.963	526.40
最小値	面内 M tfm	-0.80	0.867	-0.69	1.133	-0.91
	面外 M tfm	-5.86	—	-5.86	—	-5.86
	軸力 N tf	268.01	1.040	278.73	0.963	258.09
斜材		②ケース	①ケース		③ケース	
		断面力 P	係数 K	断面力 PK	係数 K	断面力 PK
最大値	面内 M tfm	38.13	1.000	38.13	1.000	38.13
	面外 M tfm	-6.94	—	-6.94	—	-6.94
	軸力 N tf	-264.14	1.009	-266.52	0.991	-261.76
最小値	面内 M tfm	17.60	1.000	17.60	1.000	17.60
	面外 M tfm	-3.71	—	-3.71	—	-3.71
	軸力 N tf	-145.74	1.009	-147.05	0.991	-144.43

表-3 吊材の有無による比較

	kgf	
	①タイプ	②タイプ
主構系	257,757	309,436
床組系	184,909	188,112
合計	442,666	497,548

表-4 縦桁の形状による比較

	kgf	
	③タイプ	①タイプ
主構系	199,604	227,688
床組系	137,567	127,330
合計	337,171	355,018