

箱断面における二軸応力状態の照査に関する解析的検討

J R 九州コンサルタンツ(株) 正会員 ○山下 健二

正会員 村上 昌彦

鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 藤原 良憲

1. はじめに

道路等と薄い角度で交差する場合、橋梁のスパン縮小や、施工条件から中間支点部に馬桁を用いた連続桁を採用する場合がある。また、全体工事費を縮小するため、主桁と馬桁を剛結とする形式を用いる場合が多い。主桁と馬桁の交差部は、主桁と馬桁で上下のフランジを共有しており、主桁方向の応力度、馬桁方向の応力度により二軸応力状態となり、各断面の耐力照査のみでは危険側の評価となる可能性があることから、鉄道構造物等設計標準等においては、せん断ひずみ一定説を参照した二軸応力状態の照査を行うものとしている。設計においては平面格子理論により、骨組みモデルを用いた解析を行い、断面力を算出している。しかし、本橋のように箱断面を採用している場合には、骨組み解析時の軸線位置と主桁および馬桁の腹板位置が異なっており、交差部の発生断面力に差異が生じると考えられる。本検討では、箱断面の馬桁一体式の連続合成桁を対象に、上記照査に用いる断面について検討した。

2. 検討対象橋梁

検討対象橋梁は、図-1 に示す支間長 54.9m+54.9m の 2 径間連続合成 2 主箱桁で、中間支点部に馬桁を用いた構造である。なお、本橋は二軸応力状態の照査を満足するために、主桁交差部において、馬桁腹板から 600mm の位置にダイヤフラムを設け、馬桁のフランジ幅を拡幅することで、馬桁断面を拡幅している。

3. 照査断面検討

鉄道構造物等設計標準¹⁾においては、鉸桁構造を対象とし、腹板と腹板の交点位置での照査を行なっている。本検討においては、箱断面を対象とするため、二軸応力状態の照査で用いる馬桁、主桁の照査断面を、a: 主桁中心位置の馬桁断面、b: 主桁腹板位置の馬桁断面、c: 馬桁腹板から 600mm 離れた位置(ダイヤフラム位置)の主桁断面、d: 馬桁中心位置の主桁断面(図-2 参照)の 4 断面を対象とし、各断面の組合せにより、主桁および馬桁の鋼断面を検討した。検討①は二軸応力状態の照査を考慮せず、骨組み解析で算出される最大断面力(断面 d、断面 a)により決定した断面、検討②は軸線の交点(断面 d、断面 a)における応答値を用いて二軸応力状態の照査により決定した断面、検討③は主桁は馬桁腹板位置(断面 c)、馬桁は軸線の交点位置(断面 a)における応答値により二軸応力状態の照査により決定した断面、検討④は主桁は軸線の交点位置(断面 d)、馬桁は主桁腹板位置(断面 b)における応答値により二軸応力状態の照査により決定した断面である。

キーワード 馬桁一体式連続合成桁、箱断面、二軸応力状態の照査、FEM 解析

連絡先 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 1-1-14 J R 九州コンサルタンツ株式会社 TEL 092-413-1035

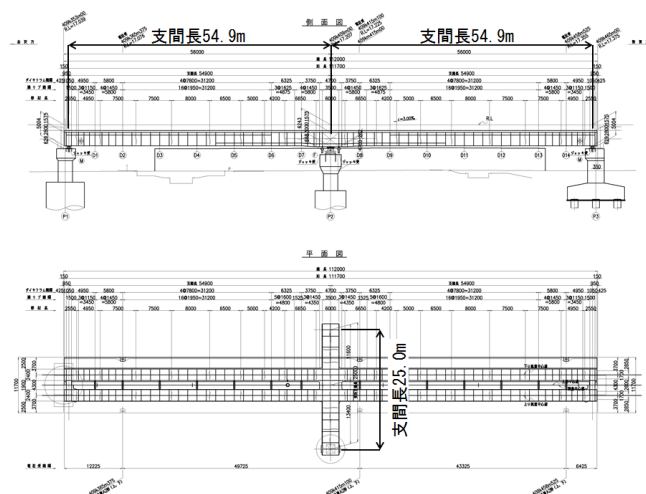


図-1 対象橋梁一般図

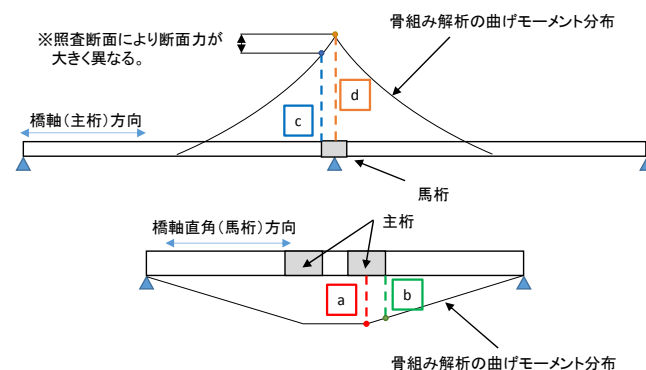


図-2 箱桁の二軸応力状態の照査に用いる検討断面

表-1 に決定断面を示す．表中の比率は検討③を基準としている．二軸応力状態の照査を考慮しない場合（検討①）と考慮した場合（検討②）では，必要フランジ厚が大きく異なり，主桁断面積の比率は 60%程度の差が生じている．主桁断面の照査位置の違いを見ると，主桁断面を軸線の交点位置とした場合（検討②）と馬桁腹板位置とした場合（検討③）では 43%の差となっている．馬桁断面の照査位置の違いをみると，馬桁断面を軸線の交点とした場合（検討②）と主桁腹板位置とした場合（検討④）では 30%程度の差となっている．このことから，主桁および馬桁断面の着目位置により結果が大きく異なることを確認した．

4. FEM 解析による応力性状の確認

実構造の応力分布を把握するため，FEM 解析を実施した．解析モデルは対称性を考慮し，スパンの 1/2 をモデル化した．コンクリート床板，ハンチをソリッド要素，鋼桁部分をシェル要素でモデル化し，コンクリート床版と上フランジは節点を共有し剛結している．（図-3）

図-4 に主桁下フランジの垂直応力分布を示す．負の曲げモーメント最大位置は骨組み解析上では中間支点となる馬桁中心位置（d）となるが，断面 c（馬桁腹板から 600mm の位置）であり，馬桁内は応力値が小さくなっていることがわかる．図-5 に馬桁下フランジの垂直応力分布を示す．主桁の外側腹板の内側では応力値が小さくなっており，主桁の応力分布と同様交差する箱断面内部では応力値が下がっている．この結果から，箱断面の交差部（それぞれの腹板内部）において発生応力が小さくなっており，骨組み解析と断面力分布が異なる結果となった．

5. おわりに

FEM 解析により算出された主桁及び馬桁の応力分布より，実際の応力分布と骨組解析で算出される応力分布とは差異があり，安全側の設計となっている．断面を決定するための断面照査については，主桁断面 c と馬桁断面 b に着目し，両者の断面を用いて二軸応力状態の照査を実施し，断面決定を行えば合理的な断面とすることが可能といえる．

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，2009. 7

表-1 決定断面一覧

検討ケース	検討①	検討②	検討③	検討④
照査断面	d-a	d-a	c-a	d-b
二軸応力状態の照査	考慮しない	考慮	考慮	考慮
主桁断面	上フランジ	2556 × 46	2556 × 75	2608 × 54
	上縦リブ	220 × 26	170 × 19	220 × 26
	ウェブ	2954 × 24	2925 × 32	2946 × 24
	下縦リブ	220 × 26	340 × 38	220 × 26
馬桁断面	下フランジ	2216 × 46	2216 × 75	2268 × 54
	上フランジ	3420 × 46	3420 × 75	4560 × 54
	上縦リブ	260 × 30	340 × 38	320 × 36
	ウェブ	2954 × 24	2925 × 32	2946 × 24
主桁断面積 (mm ²)	407064	646300	450472	500096
比率	0.90	1.43	1.00	1.11

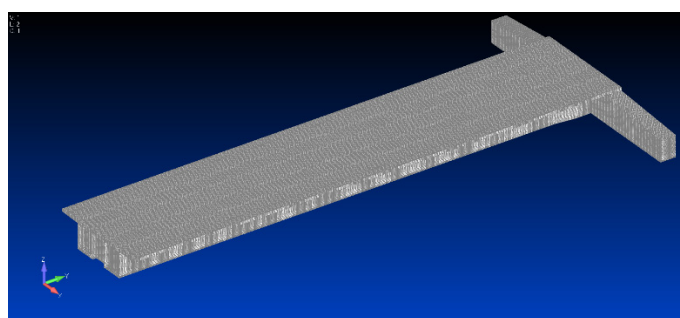


図-3 FEM 解析モデル

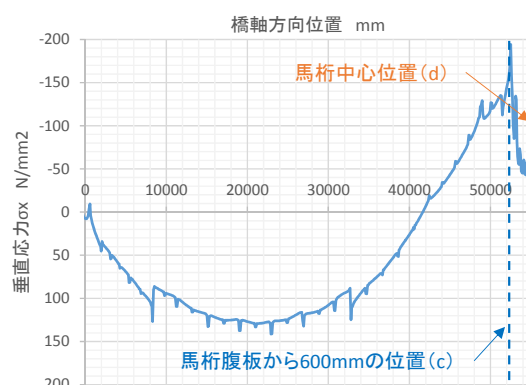


図-4 主桁下フランジにおける垂直応力分布

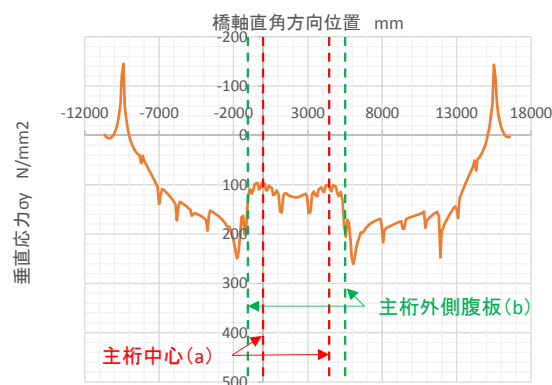


図-5 馬桁下フランジにおける垂直応力分布