

連続合成桁中間支点部の補剛形式と腹板応力分布

東京都立大学 正会員 山沢 哲也
 東京工大 フェロー 三木 千壽
 東京都立大学 正会員 野上 邦栄

1. はじめに

鋼橋の合理化・省力化構造の推進に伴い、今後連続合成桁が建設されていくと考えられる。支間部腹板においては、床版による拘束効果を見込むことで上フランジの幅厚比制限が緩和することにより、腹板の限界降伏幅厚比との相関関係から腹板厚を低減した例がある¹⁾。しかし中間支点部は、床版による拘束効果は期待できないが、適切な補剛材配置を行うことで腹板の応力分布を改善し、腹板厚を低減できる可能性がある。

そこで、連続合成桁中間支点部の合理的な設計法の確立を念頭において、補剛形式の違いが腹板の応力分布に与える影響について、弾塑性有限変位解析手法を用いて基礎的検討を行った。

2. 数値解析手法 2.1 モデル諸元

数値計算には汎用有限要素法解析ソフトウェア MARC K7.3 を使用し、モデルの形状は、千鳥の沢川橋の中間支点部を参考とした(図-1)。桁高は3.0m, 上下フランジ幅×厚さは、それぞれ500×55, 800×45mmである。図のように、支間 $L_0=50\text{m}$ の二径間を考え、そのうち負の曲げモーメントが卓越する区間である、P2 中間支点部付近 $0.30 \cdot L_0=15.0\text{m}$ を取り出した(図-2)。この区間内での断面変化は考慮していない。取り出したモデルの両端部は単純支持とし、中間支点部に載荷幅 L で節点荷重を漸増荷重として与えた。

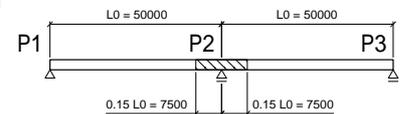
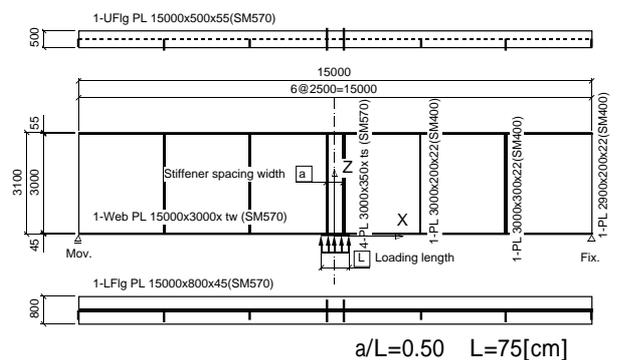


図-1 対象構造物

また横桁位置に相当する節点および載荷点は、橋軸直角方向の変位を固定した。

2.2 補剛形式と解析パラメタ

腹板幅厚比は、道示鋼8.4の規定値に基づき、水平補剛材のない場合の最小板厚を満足する 28mm ($b_w/t_w=107$) と、 25mm ($b_w/t_w=120$) の二種類とした。中間支点到隣接する腹板パネルの辺長比は $2.5/3.0=0.833$ である。それぞれの腹板幅厚比について、支点上補剛材の形式として、I) 十字形・II) 十字形補強リブ付・III) 複十字形を考えた(図-3)。表-1に、各モデルの詳細構造の種類を示した。



横桁取付位置の節点は、面外方向変位(DY)を固定した

図-2 数値解析モデル

2.3 初期不整

数値解析モデルには道示鋼15.3.4「仮組立」表-15.3.18に基づき、次のような初期たわみを与えた。残留応力は考慮していない。

- 1) 支点上補剛材に、正弦波半波形状の面外反りを与えた。最大反り量は、腹板高の $1/1000$ ($=3\text{mm}$) である。
- 2) 下フランジに直線上の逆反りをフランジ幅の $1/200$ ($=4\text{mm}$) 与えた。
- 3) 腹板に、腹板高の正弦波半波形状の面外反りを与えた。最大反り量は、腹板高の $1/250$ ($=1.2\text{mm}$) である。
- 4) モデル全体に、正弦波状の初期たわみを与えた。最大たわみ量は、支間長の $1/1000$ に相当する。

2.4 幾何学的特性, 材料特性

鋼桁部材には、4節点一次板要素を用い、降伏条件は Von-Mises, 降伏後弾性係数は弾性域の $1/100$ とした。鉄筋部材は異方性板要素とし、橋軸方向鉄筋量は床版断面積の 2% 、橋軸直角方向は 0.7% である。また、鉄筋とコンクリート部材との付着は考慮せず、節点を共有している。

コンクリート部材には8節点一次固体要素を用い、設計基準強度を $\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$ とした。圧縮側では $1/3 \cdot$

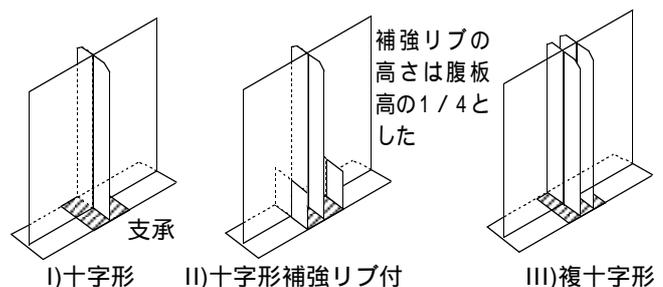


図-3 支点上補剛材

キーワード: 連続合成桁, 中間支点部, 弾塑性有限変位解析, 補剛設計

連絡先: 〒 192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1, Phone: 0426-77-1111, FAX.: 0426-77-2772

において初期降伏を生じるトリリニア荷重-変位関係とした。降伏条件にはMohr-Coulombを用いている。引張側は、 $0.1 \cdot \sigma_{ck}$ において、引張(正)主応力方向を法線方向とする要素内の面にひび割れを生じたものとし、圧縮側の初期弾性係数の1/10にてひずみ軟化し引張力に対して抵抗しなくなる。一方、ひび割れ面に沿う方向の弾性係数は1/10に低減する。コンクリート床版と鋼桁とは、完全合成とし節点を共有している。またスタッドはモデル化していない。

3. 解析結果

表-2に各モデルの腹板初期降伏モーメント M_y ・終局モーメント M_u ・初期降伏位置・終局崩壊モードを示す。まず腹板幅厚比 $b_w/t_w=107$ の場合

について見ると、支点上補剛材にI)十字形断面をもつモデルでは、補剛材の局部座屈が支配的であることが読み取れる。 $b_s/t_s=9.7$ で M_u の値が約78.3[MN m]となり一定したことから、厚い腹板断面の場合、補剛材の幅厚比は現行規定値より小さくする必要があることがわかった。一方、同じく $b_w/t_w=107$ について、支点上補剛材の形式II)およびIII)を見ると、 M_u の値は約87[MN m]となり形式I)と比べ約11%向上した。これは腹板の後座屈強度を有効に利用できたためである。このように支点上補剛材の形式を改良することで、終局曲げモーメントを向上させることができたので、相対的に腹板厚を減厚できると考えられる。

$b_w/t_w=120$ の各モデルを見ると、形式I)では、 M_u の値は71.3から74.1[MN m]と、 $b_w/t_w=107$ の時と比較して低下したが、形式II)およびIII)を採用することで、 M_u の値は約81[MN m]となり十分な耐力を備えていることがわかる。

図-4に、(1)腹板下端の曲げ応力成分と(2)Von-Mises相当応力分布を示す。この図から、補剛材位置や補強リブ位置では、曲げ応力成分が大きく低減されていることがわかる。支承付近で相対的に応力値が小さいのは支承板の存在のためである。また曲げ応力成分のピーク値は支点上から若干離れたところにあり、その値は梁理論による「鋼桁+鉄筋」断面の応力値よりも、モデル[w25b32+(形式I)]で約11%低い値を、モデル[w25b32+R(形式II)]において約16%低い値を示している。

また表-2には、終局耐力を、道示の支点上補剛材の設計耐力と一致するための腹板の有効幅もあわせて示した。これを見ると、形式I)では有効幅が道示規定($24t_w$)と比較して安全側にあるが、形式III)では有効幅は $17t_w$ 程度となって、文献2)に示されているように危険側にあることが確かめられた。

4. 結論・今後の課題

- 1) 腹板の後座屈強度を期待するためには、適切な腹板と補剛材の剛比のバランスが必要である。
- 2) 桁中間支点部の補剛材形式を改良することで、腹板応力分布を改善し腹板幅厚比を大きくすることができる。

本解析結果をふまえて今後、適切な補強リブ位置や高さの検討、中間支点部の合理的な設計法の開発について研究を進めてゆく予定である。

参考文献

- 1) 大垣賀津雄・川口喜史・高橋昭一他, 合成2主桁橋の鋼主桁補剛設計に関する実験的研究, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.44A, 1998.3
- 2) 中井博・総田完治・阪野雅則, プレートガーダー端支点上補剛材の耐力実験と解析, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.32A, 1986.3
- 3) 田村陽司・大垣賀津雄・川尻克利・作川孝一, PC床版連続合成2主桁橋「千鳥の沢川橋」の設計, 橋梁と基礎, 1998.9

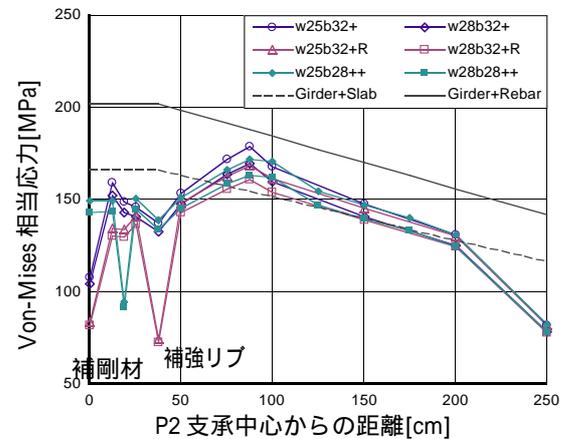
表-1 解析モデル

モデル名	b_w/t_w	b_s/t_s	支点上補剛材の形式
w25b28+	120	12.5	I)
w25b32+	120	10.9	I)
w25b36+	120	9.7	I)
w25b32+R	120	10.9	II)
w25b28++	120	12.5	III)
w28b28+	107	12.5	I)
w28b32+	107	10.9	I)
w28b36+	107	9.7	I)
w28b32+R	107	10.9	II)
w28b28++	107	12.5	III)

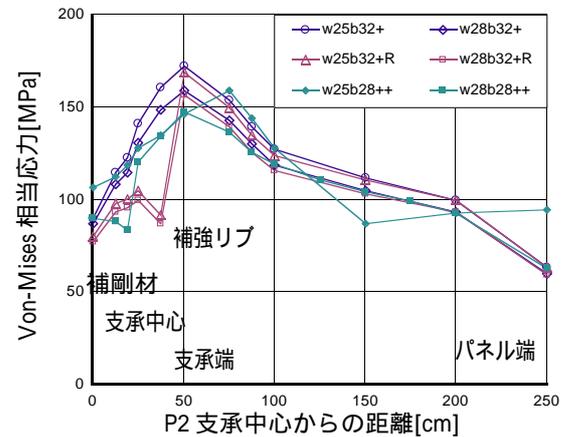
表-2 解析結果

モデル名	M_y	M_u	M_y/M_u	初期降伏位置 ¹⁾	終局崩壊モード ¹⁾	耐力を一致するための腹板の有効幅 $[x \cdot t_w]$
w25b28+	66.29	71.33	1.08	BS	BS	37.9
w25b32+	63.55	73.05	1.15	W,BS	W,BS	35.1
w25b36+	60.04	74.15	1.24	W,BS	W,BS	31.7
w25b32+R	66.91	80.91	1.21	W	W,LF	42.7
w25b28++	65.78	81.24	1.24	W,BS	W,LF	16.1
w28b28+	66.65	74.84	1.12	BS	BS	32.9
w28b32+	63.69	78.35	1.23	BS	W,BS	33.0
w28b36+	66.76	78.32	1.17	BS	W,BS	28.5
w28b32+R	67.02	86.32	1.29	W	W,LF	38.2
w28b28++	68.99	87.20	1.26	W	W,LF	17.5

*1: W=腹板, BS=支点上補剛材, LF=下フランジ



(1) 曲げ応力成分



(2) Von-Mises 相当応力

図-4 設計反力時の腹板下端の応力分布