

# 鋼合成桁の腹板の設計に関する一考察

新日本技研(株)・本社 設計支援室 ○平井 尚之 , 同・本社 設計支援室 木村 義昭  
同・仙台支店 設計部 西川 貴志 , 同・西部支社 設計部 川平 英史

## 1. はじめに

現在、鋼桁の設計の多くは市販の設計プログラムを用い、その制約の範囲で実行されている。ここで、鋼連続合成桁橋の腹板に着目し、設計法についてコスト削減の観点から改善可能である事項として、①水平補剛材配置 ②現場継手のボルト配置 ③合成応力度の照査 の3点について考察を行ったので以下に紹介する。

## 2. 鋼桁の腹板設計での改善点

### (1) 水平補剛材配置

鋼桁腹板の水平補剛材の段数は現在1段が推奨されている。その場合、道示Ⅱでは配置位置を上縁あるいは下縁から  $0.2 \cdot h_w$  の位置としている。これは非合成桁を前提として算定されたものであり、連続合成桁に対しては最適な位置とは言い難い。

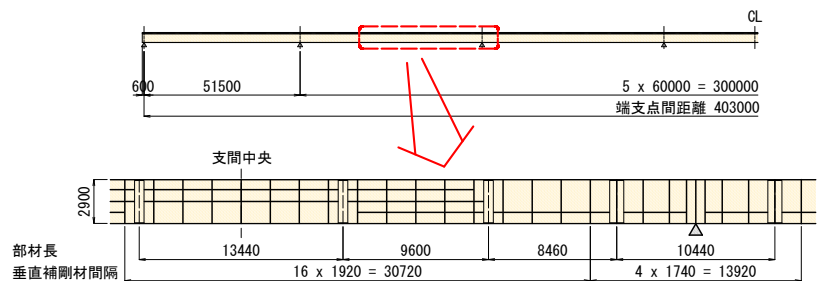


図-1 水平補剛材の配置例

図-1 に最近設計した連続合成桁の中間支間の水平補剛材配置の状況を示す。フランジ上縁から  $0.23 \cdot h$  ,  $0.50 \cdot h$  ,  $0.75 \cdot h$  ( $h$  は、上フランジ厚+腹板高) の位置を予め水平補剛材を配置する位置と定め、その位置の水平補剛材の要/不要を道示Ⅱ・10.4.2

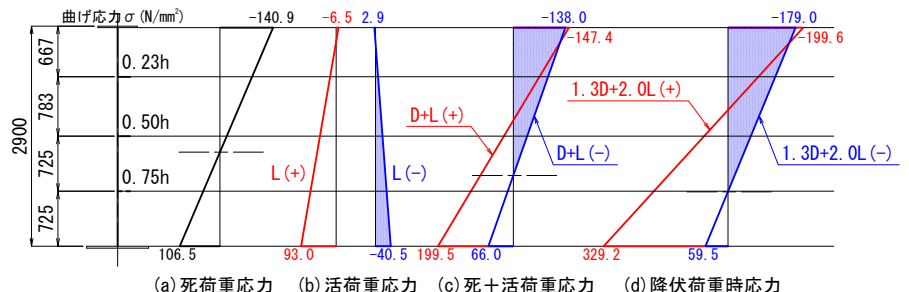


図-2 合成桁の腹板の直応力分布例 (支間中央部)

の解説の式を用いて算定したものである。連続合成桁の支間部の腹板応力度は、図-2 に示すように、死荷重状態では上縁の圧縮応力度が下縁の引張応力度より大きい状態(図-2(a))にあり、それに正の活荷重曲げ応力度(図-2(b))が加わって上下縁応力度が許容値に近づくように設計する(図-2(c)の  $D+L(+)$ )。この場合は単純桁と同じく上縁からほぼ  $0.2 \cdot h_w$  の位置の水平補剛材配置が適正である。

しかし連続合成桁では隣接支間の活荷重による負の活荷重曲げ応力度が加わると、合成後は中立軸が上縁側に大きく移動するため、腹板の圧縮領域が広がる(図-2(c)の  $D+L(-)$ )。このため中段に水平補剛材が必要になる。また、床版と鋼桁の温度差によっても鋼桁に曲げと軸力が加わるので、これにより圧縮領域が広がり、腹板の座屈が厳しくなる場合もある。これが単純合成桁との違いである。

図-2 の例で道示の規定と同じく  $0.2 \cdot h_w$  の位置にのみ水平補剛材を設けるとすると腹板厚は  $18\text{mm}$  を要する。また、1段のみで対応できる、より適正な位置は  $0.31 \cdot h_w$  で腹板厚は  $16\text{mm}$  となり、いずれの場合も図-1 の水平補剛材配置の場合(腹板厚  $13\text{mm}$ )より不経済になる。

なお、クリープ・乾燥収縮を含めて上縁が圧縮になる場合は、桁上縁の作用応力度を許容応力度の割増係数

を用いて低減し、それと下縁の応力度を直線で結んで腹板の応力度を算定している。これに対し、降伏照査時の腹板の応力度を図-2(d)に示すが、圧縮領域の広がりはより大きくなる。したがって、限界状態設計法に移行すると合成桁の腹板補剛設計はまた様相が変わると思われる。

## (2) ボルト配置

腹板のボルト添接は、以前は図-3(a)

で設計されていた。その後、鋼道路橋設計ガイドラインの発刊により省力化のため(b)で統一されている。その際、標準設計に倣い(b)のようにボルトゲージの最大を100mmとする設計が多く行われ、現在ではそれに固定された感がある。一方、道示Ⅱではボルトゲージの最大値を $24t$ ( $t$ は添接板厚)と規定しているのですが、この間のギャップの説明として、せん断力が作用するので道示Ⅱでいう“応力方向”は鉛直方向に採るべき、という誤解が生まれたと想像する。この規定の目的は添接板の局部座屈と母材間との肌隙を防ぐ目的のもので、昭和14年・道示に米国基準を参考にして定められた。現在のようなFEMによる詳細な計算で算定されたものではなく、“応力方向”は直応力の方向と考えるべきものである。

本来の道示Ⅱの規定で設計すれば、ボルト配置は図-3(c)となり、その数はほぼ半減し、大きな省力化とコスト縮減になる。ちなみにEurocodeに基づく英国規準では最大ゲージを添接板外縁で200mm、内部で300mmとしている。

なお、連続合成桁では図-2に示すように腹板の応力度分布は荷重状態によって大きく変動するので図-3(d)のように中間数点の最大応力度 $|\sigma|$ を求め、それを結ぶ応力度分布を用いてボルト配置を決定する必要がある。

## (3) 合成応力の照査

腹板の合成応力度の算定には、せん断流理論に基づくせん断応力度 $\tau_q$ が用いられるべきであるが、多くの場合平均せん断応力度 $\tau_m$ が用いられている。最近では補剛材を減らして腹板厚を増す設計が行われるため、どちらで設計しても合成応力度の照査が問題になるケースは少ないが、支間長が長くなったり、幅員が広がったりすると合成応力度で腹板厚が決定されるケースがある。図-5と表-1は最大支間長が75.0m、幅員が14.8mの合成桁の例である。このように腹板厚に1.2mmの差が生じる場合がある。

## 3. まとめ

以上のように鋼桁の腹板の設計に限っても、設計上の配慮によりコスト縮減に直接影響する事項がある。市販の設計プログラムや従来からの設計法にとらわれず、設計に関わる者は、広く知識を求め常に問題意識を持ち正しい判断をすることにより、改善をしてより良い設計をして行くことが重要であると考えます。

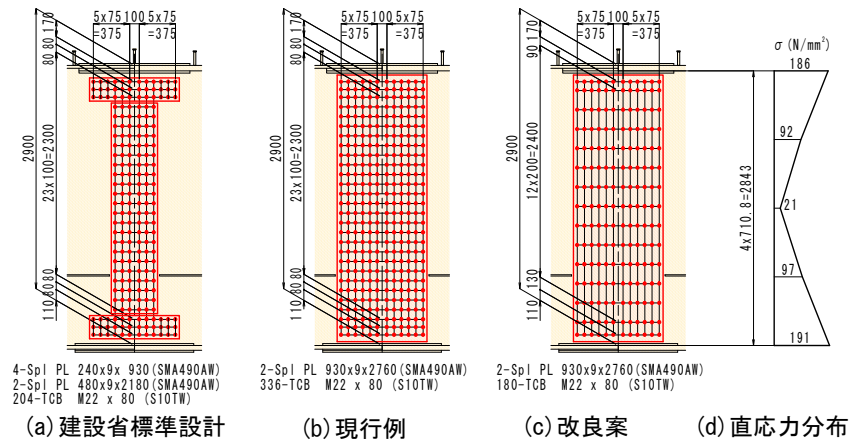
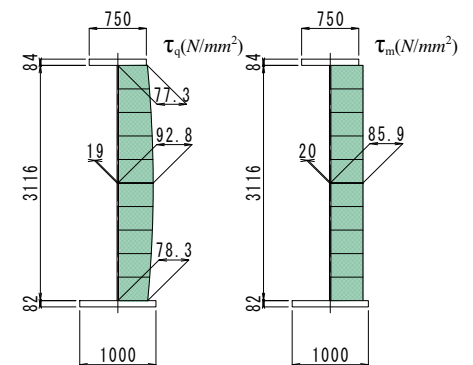


図-3 腹板のボルト配置の例と直応力分布



(a)せん断流理論 (b)平均せん断応力度

図-4 腹板のせん断応力分布

表-1 合成応力度照査例 (材質:SM570)

	単位	$\tau_q$ による設計	$\tau_m$ による設計
U-Flg	mm × mm	750 × 84	750 × 84
Web-PL	mm × mm	3116 × 19	3116 × 20
L-Flg	mm × mm	1000 × 82	1000 × 82
全せん断力	kN	-5353.1	-5353.1
せん断力(床版負担分)	kN	-60.0	—
” (鋼げた分)	kN	-5293.1	—
平均せん断応力度 $\tau_m$	N/mm <sup>2</sup>	-90.4	-85.9
せん断応力度(上) $\tau_{qu}$	N/mm <sup>2</sup>	-77.3	—
$\tau_{max}$	N/mm <sup>2</sup>	-92.8	—
せん断応力度(下) $\tau_{ql}$	N/mm <sup>2</sup>	-78.3	—
合成応力度(上) $\gamma_{wu}$		1.10	1.17
合成応力度(下) $\gamma_{wl}$		1.12	1.18