

I-A 269 プレートガーダー補剛腹板の座屈設計について

（株）構研エンジニアリング 正員 田尻 太郎

（株）構研エンジニアリング 正員 伊勢 俊之

1. はじめに

近年の鋼橋の動向の一つに、工場製作工程の省力化を目指した、省力化橋梁がある。これは、鋼重が多少増加したとしても、複雑な構造を単純化することにより、鋼橋における工場製作の省力化を図り、鋼橋全体のコストダウンを促進することを目的としている。ここで取り扱う鋼橋はこれと異なり、鋼材重量の増加が上部工の製作費のみならず、下部及び基礎工の規模等に大きく影響するような大規模プレートガーダー橋を対象としている。

現行の道路橋示方書¹⁾は腹板設計について、水平補剛材が2段までの場合について規定しているが、現実の長スパン橋梁では、多数の補剛材を用いた腹板を使用して腹板厚を抑え、上部工の軽量化を図っている。

本編は、基本的には線形座屈理論に基づき道示の補剛腹板の設計手順に従い、それを水平補剛材が3段以上の場合に適用し、最後に極限強度を考慮した形²⁾で補剛腹板の全体座屈を照査する試案を示す。

2. 設計方針

水平補剛材3段以上の場合について線形座屈理論¹⁾³⁾により、示方書設計公式¹⁾に準ずる設計式を導く。また座屈設計がトライアの全体座屈照査²⁾を安全側に簡略化して、全体座屈照査を行う。具体的には、以下の項目について計算した。結果は、3段以上水平補剛材を用いる場合について示す。

(1) 腹板最小板厚と水平補剛材最適配置

表-1 腹板の最小板厚（道示、表. 8. 4. 1. に対応）

鋼種	SS400	SM490	SM490Y	SM570
	SM400		SM520	SMA570W
	SMA400W		SMA490W	
水平補剛材を3段用いるとき	b/541	b/464	b/441	b/397
水平補剛材を4段用いるとき	b/693	b/595	b/566	b/508

表-2 水平補剛材位置（道示、図-8. 4. 1. に対応）

水平補剛材位置	1段目	2段目	3段目	4段目
水平補剛材を3段用いるとき	0.09b	0.22b	0.38b	
水平補剛材を4段用いるとき	0.07b	0.16b	0.27b	

※水平補剛材0段～2段の時は、道示に一致する
b：上下フランジの純間隔

(2) 垂直補剛材間隔の照査式（水平補剛材配置は、(1)を用いる）

$$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[\left(\frac{\sigma}{39,100}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{2,100 + 610\beta^2} \right\}^2 \right] \leq 1 : \left(\frac{a}{b} > 0.62 \right)$$
$$\left(\frac{b}{100t}\right)^4 \left[\left(\frac{\sigma}{39,100}\right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{1,580 + 810\beta^2} \right\}^2 \right] \leq 1 : \left(\frac{a}{b} \leq 0.62 \right)$$

水平補剛材3段

(2.1)

$$\left. \begin{aligned} & \left(\frac{b}{100t} \right)^4 \left[\left(\frac{\sigma}{67,000} \right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{2,400 + 610\beta^2} \right\}^2 \right] \leq 1 : \left(\frac{a}{b} > 0.58 \right) \\ & \left(\frac{b}{100t} \right)^4 \left[\left(\frac{\sigma}{67,000} \right)^2 + \left\{ \frac{\tau}{1,810 + 810\beta^2} \right\}^2 \right] \leq 1 : \left(\frac{a}{b} \leq 0.58 \right) \end{aligned} \right\} \text{水平補剛材 4 段} \quad (2.2)$$

ただし a : 垂直補剛材間隔, b : 腹板の板幅, t : 腹板の厚さ, σ : 腹板の縁圧縮応力度 (kgf/cm^2), τ : 腹板のせん断応力度 (kgf/cm^2), $\beta = b/a$: 部分パネルの辺比の逆数, $a/b \leq 1.5$ とする。

(3) 水平補剛材剛度, 鋼種, 板厚 (水平補剛材配置は、(1)を用いる。鋼種は母材に準ずる)

水平補剛材剛度は、補剛板の全体座屈微分方程式より評価した。

表-3 最小断面で必要剛度を満たす水平補剛材, 腹板断面積比

鋼種	SS400級		SM490級		SM520級		SM570級	
	辺比 a		辺比 a		辺比 a		辺比 a	
断面縁比 δ	3段	0.006	0.083 a -0.002	0.007	0.102 a -0.003	0.008	0.104 a -0.002	0.008
	4段	0.007	0.092 a -0.002	0.008	0.112 a -0.003	0.008	0.116 a -0.003	0.009

a : 垂直補剛材間隔, b : 腹板の板幅, t : 腹板の板厚, $a=b/a$, $\delta=b_n t_n/bt$ (n は補剛材を示す)

(4) 全体座屈照査²⁾⁴⁾

文献2)は補剛板を直交異方性板置換して弾性座屈応力度を求め、それと基準降伏点との比により降伏点を低減して極限強度としているが、そのうち弾性座屈係数の計算式を安全側に簡略化する。また必要安全率は道示(解. 8. 4. 1)¹⁾を用い、実安全率は補剛板の相関曲線より算出²⁾³⁾⁴⁾する。

$$\left. \begin{aligned} k_c &= \alpha^{-2} (D_x / D)^{1/2} \quad \text{ただし } \alpha < 1.0000 \\ k_b &= 0.1581 \pi^2 \alpha^{-2} (D_x / D)^{1/2} \quad \text{ただし } \alpha < 0.9036 \\ k_s &= 4.0000 \alpha^{-2} (D_x / D)^{1/2} \quad \text{ただし } \alpha < 1.0000 \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

ただし k_c , k_b , k_s : 圧縮, 曲げ, せん断の弾性座屈係数, α : 部分パネルの辺比, E : ヤング率, D : 腹板の板剛度, D_x : 部分パネルの換算曲げ剛性とする。

3. まとめ

3 段以上の補剛材を有する腹板の設計手順を、鋼道路橋示方書の設計手順に準ずる形で定式化した。また、極限強度を考慮した、直交異方性板置換による補剛腹板の全体座屈照査式を、設計の便を考慮して安全側に簡略化した。

参考文献

- 1) 日本道路協会, 鋼道路橋示方書・同解説, 平成6年2月。
- 2) 土木学会鋼構造委員会座屈設計のガイドライン作成小委員会, 座屈設計ガイドライン, 第8章～9章, 日本土木学会, 昭和62年10月。
- 3) 渡辺昇, 橋梁工学, 第3章～4章, 朝倉書店, 1990年10月。
- 4) 小松定夫, 鋼構造の補剛設計, 第4章, 森北出版, 1982年6月。