

幅の広い圧縮補剛板の設計法に関する研究

大阪市立大学工学部 正員 中井 博 大阪市立大学工学部 正員 北田 俊行
 総合技術コンサルタント 正員 野口 二郎 大阪市立大学工学部 学生員 野原 章

1. まえがき 斜張橋の桁断面には、扁平な箱形断面がよく用いられる。そして、その下フランジには、幅が広く縦横比の小さい補剛板が採用されることが多い。このような圧縮補剛板の設計においては通常の補剛板と異なり、以下のような点に留意しなくてはならない。① Shear lag 現象が補剛板の強度に及ぼす影響。② α が小さいため、補剛板の強度が1本の補剛材と板パネル部分からなるT形断面柱の強度に近づくということ。③ α が非常に小さくなると、現行の道路橋示方書(以下、道示)では横補剛材断面が大きくなりすぎるということ。本研究では、以上の点について配慮した圧縮補剛板の一設計法を提示する。さらに、縦補剛材より寸法の大きい補剛材(以下、縦桁という)を設けることにより、横補剛材の寸法がかなり低減できることを示す。

2. 設計法 ① 横補剛材：横補剛材の設計は、道示によるものとするが、判定条件式(1)を用いてもよい。

$$R_t \leq \max\{R_p; 0.5\} \cdots (1) \quad \text{ここに、} \\ R_t = \sqrt{\frac{\sigma_y}{\sigma_{ct}}} \quad R_p = 0.363 \times 10^{-3} \sqrt{\sigma_y \left(\frac{b}{t}\right)^3}$$

σ_{ct} ：縦横補剛材を有する補剛板パネルの最小弾性座屈応力度、 σ_y ：降伏点

式(1)を用いることにより、縦補剛材剛度 I_x を必要最小値以上にすれば、横補剛材断面を道示によるものより小さくすることが可能である。

② 縦桁：a) 縦桁等間隔の場合；縦桁は判定条件式(2)を用いて設計する。

$$R_g \leq \max\{R_p; 0.5\} \cdots (2) \quad \text{ここに } R_g = \sqrt{\frac{\sigma_y}{\sigma_{cg}}}, \sigma_{cg} : \text{補剛板全体の最小弾性座屈応力度であり、} \\ \sigma_{cg} = \frac{\pi^2}{b_e^2} \left\{ D \left(\frac{b}{a} + \frac{a}{b} \right)^2 + \left(\frac{a}{b_e} \right)^2 \frac{EI_x}{b_e} + \left(\frac{a}{b} \right)^2 \frac{EI_y}{b_s} \right\} \cdots (3) \quad \text{ただし、記号については文献1)参照。}$$

b) 縦桁不等間隔の場合；判定条件式(2)を用いる。

$$R_g = \sqrt{\frac{\sigma_y}{\sigma_{cg}}} \leq \max\{R_p; 0.5\} \cdots (2') \quad \text{ここに} \\ \sigma_{cg} = \frac{\pi^2}{b_e^2} \left\{ D \left(\frac{b}{a} + \frac{a}{b} \right)^2 + \left(\frac{a}{b_e} \right)^2 \frac{EI_x}{b_e} + \left(\frac{a}{b} \right)^2 \frac{EI_y}{b_s} + 2 \sin^2 \left(\frac{b}{a} \pi \right) \left(\frac{a}{b} \right)^2 \frac{EI_y}{b_s} \right\} \cdots (3')$$

ただし、 $b_e = b + \frac{A_g}{A_e} + 2 \sin^2 \left(\frac{b}{a} \pi \right) \frac{A_g}{A_e}$ であり、縦桁は1本に限るものとする。二重三角関数をたわみ波形に用いる文献1)の方法と同様の考え方で導いた式(3)をBarbré²⁾の厳密な解析法を用いて検証したところ若干の誤差が認められたものの、式(3)の妥当性が

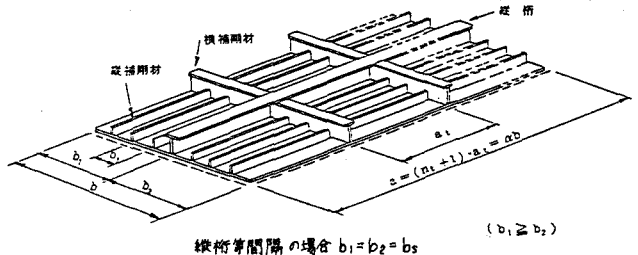


図-1 縦桁で補剛された圧縮補剛板

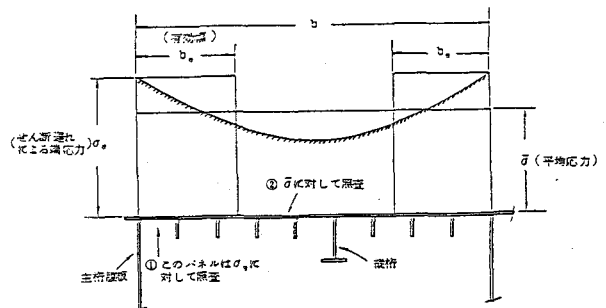


図-2 圧縮フランジの応力分布

立証できた。これについては当日報告する。

③板パネルおよび縦補剛材を有する補剛板パネル(以下縦補剛板パネルという)の座屈安定性照査：横補剛材と腹板で囲まれた縦補剛板パネル、あるいは、縦桁が存在する場合で、縦桁と横補剛材によって区切られた縦補剛板パネルにおいては、以下の応力照査を行うものとする。ただし縦補剛材本数 $n_k \geq 3$ に限る。⁽⁶⁾

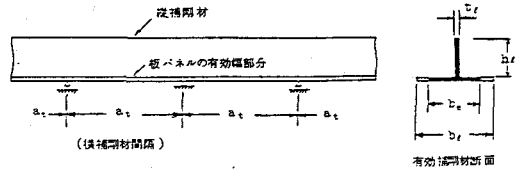


図-3 有効補剛材

a) 補剛材間の板パネルに対して； $\sigma \leq \min\{\bar{\sigma}_{pm}/\lambda; \sigma_{pa}\} \dots (4)$

b) 有効補剛材(板パネルの有効幅部分と1本の補剛材からなる連続T形断面柱)に対して(図-3)；

$\sigma \leq \min\{\bar{\sigma}_m \frac{A_e + b_e t}{A_e + b_e t} / \lambda; \sigma_{sa}\} \dots (5)$, ここに $\bar{\sigma}_m$ および $\bar{\sigma}_m \cdot (A_e + b_e t) / (A_e + b_e t)$ は、初期たわみと残留応力の最も不利な状態を想定し弾塑性有限変位解析から求めた極限強度⁽⁴⁾で、 $\bar{\sigma}_m$ は周辺単純支持板の極限強度⁽³⁾、 $\bar{\sigma}_m$ は有効補剛材の極限強度であり式(6~9)を用いて反復計算によって求める。 $\bar{\sigma}_m / \sigma_y = -0.425 \lambda_e^2 + 0.820 \lambda_e - 0.903 \lambda_e + 1.142$ (SM58)

$$\left. \begin{aligned} \text{ただし, } 0.2 \leq \lambda_e \leq 1.2 & \quad = -0.299 \lambda_e^2 + 0.618 \lambda_e - 0.852 \lambda_e + 1.135 \text{ (SM53)} \\ \lambda_e = \frac{1}{\sqrt{E}} \sqrt{\frac{\sigma_y}{t}} \cdot \frac{a_e}{r} & \quad = -0.294 \lambda_e^2 + 0.638 \lambda_e - 0.886 \lambda_e + 1.133 \text{ (SM50)} \\ r = \sqrt{\frac{I_y}{A_y}} & \quad = -0.223 \lambda_e^2 + 0.550 \lambda_e - 0.914 \lambda_e + 1.136 \text{ (SS41)} \end{aligned} \right\} (6 \sim 9)$$

$I_y = \frac{1}{12} A_e h_e^2 + \frac{A_e}{4} \cdot \frac{(h_e + t)^2}{1 + \frac{A_e}{b_e t}}$, また σ_{pa} 、 σ_{sa} は道示で規定する両縁支持板および補剛材の許容応力度である。 λ は道示の安全率で1.7とする。さらに、 σ_e は主桁のフランジとしての有効幅を考えた補剛材の作用応力度 σ_e (図-2参照)を荷重の組合せによる割増し係数 ρ で除したものの、 $\bar{\sigma}$ は全幅有効として求めた補剛材の作用応力度 $\bar{\sigma}$ (図-2参照)を ρ で除したものである。わが国の実橋に採用されるような補剛板では、極限状態ではShear lagの効果が無視できると考えられるため、式(5)の照査式を用いることにした。

3. 設計例 図-4に示すような補剛板を用いて、縦桁を設けた場合と設けない場合の横補剛材断面を比較してみた。設計結果を図-5に示す。図から明らかなように縦桁を設けることにより横補剛材断面をかなり小さくできることがわかる。

<参考文献> 1)野口・中井・北田・佐藤：土木学会年議，I-165，1981年 2)A.R.G. Lamas : Influence of Shear Lag on the Collapse of Wide-Flange Girders, Thesis for P.H.D, Imperial College, 1979 3)小松北田：土木学会論文報告集，第270号，1978年 4)小松北田：土木学会論文報告集，第302号，1980年 5)Barbré ; Ingenieur - Archiv, Vol. 8, 1937 6)小松定夫編：鋼橋部材の形状初期不整と耐荷力の統計学的研究，JSSC, Vol. 16 NO. 170, 1980年4月，PP. 10 - 43

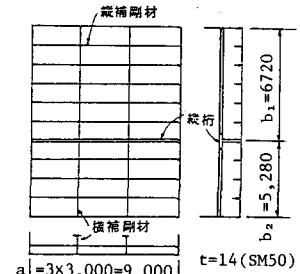
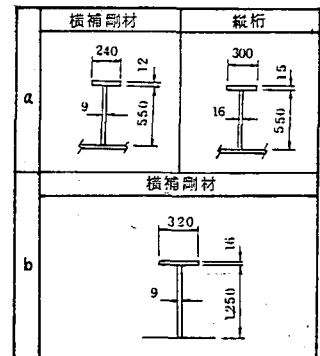


図-4 試算設計に用いた補剛板



a 縦桁を設けた場合
b “ 設けない場合

図-5 設計結果