

「既設落橋防止設計の手引き」(H17.3)の誤植について

(アンカーバー方式、緩衝チェーン方式の支圧応力度について)

平成22年10月

日本橋梁建設協会 保全委員会 保全技術小委員会

ピンと連結板の支圧応力度の照査では、支圧接触面の範囲を90度(-45°～45°)としていましたが、当協会発刊の「鋼橋付属物の設計手引き」と相違しているため、この計算方法を用いる場合は注意が必要となります。(次頁正誤表参照)

本冊子は既設橋梁に落橋防止システムを構築するにあたって参考となるように、設計方法の一例を記述させていただきました。よって、本手引きは設計基準や設計標準などの拘束力のあるものではありません。したがって、使用される技術者の判断でより良い計算方法の採用や、実験結果やFEM解析などによる、新しい考え方や評価方法を採用されることについて、何ら妨げるものではありません。

— 以 上 —

該 当 頁	P86
内 容	ピンとプレートの支圧応力度の算出において、支圧の接触範囲の角度(θ)の考え方に誤りがあった。
参 考 資 料	「鋼橋付属物の設計手引き」(日本橋梁建設協会) P134 別添

正・誤

2) アンカーバーの照査

アンカーバーの計算において、本資料はせん断力のみにて設計を行うが、施主によっては 曲げモーメントも考慮して設計する場合もあるので、協議などで確認することが望ましい。

ピンに作用する水平力 $HR = 319 \text{ kN}$

$$\tau = \frac{319 \times 10^3}{2375 \cdot 8} = 134.3 \text{ N/mm}^2 < \tau a = 1.5 \times 110 = 165 \text{ N/mm}^2$$

4. けた取付プレートの設計

1) 使用鋼材

$t = 22 \text{ mm}$ (SM400A)

許容曲げ応力度 $\sigma ta = 140 \text{ N/mm}^2$

許容せん断応力度 $\tau a = 80 \text{ N/mm}^2$

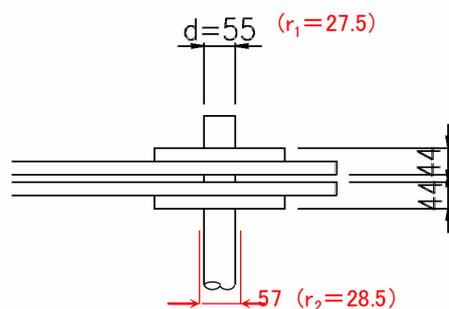
許容支圧応力度 $\sigma ba = 210 \text{ N/mm}^2$

2) 支圧応力度の照査

$$\sigma b = \frac{2.680}{1.556} \times \frac{319 \times 10^3}{55 \times 44} \times \frac{1}{2} = \frac{177 \text{ N/mm}^2}{102.6 \text{ N/mm}^2} < \sigma ba = 1.5 \times 210 = 315 \text{ N/mm}^2$$

$r_2/r_1 = 28.5/27.5 = 1.06 \rightarrow \theta = 90^\circ$ の1/2が接触するものとする。

ここで使用する応力集中係数の 1.556 は、ピンとピン孔の接触の角度が $\theta = -45^\circ \sim 45^\circ$ の範囲の際に適用する。 2.680
 $\theta = -22.5^\circ \sim 22.5^\circ$



資料：1 支圧応力度の計算式について

半径 r_1 と r_2 の円柱が接している場合 $r_1 \approx r_2$ としピン
の作用力を P とすると、

$$P = \int \sigma r t \cos \theta d \theta$$

$$\sigma = \sigma_0 \cos \theta$$

$$r = d/2$$

t = 支圧幅

$$P = 2 \int \sigma_0 r t \cos^2 \theta d \theta$$

$$= \sigma_0 d t \int \cos^2 \theta d \theta$$

$$= \sigma_0 d t \left(\frac{\sin 2 \theta}{4} + \frac{\theta}{2} \right)_0^\theta$$

$\theta = 90^\circ$ と仮定すると、

$$P = \sigma_0 d t \left(\pi/4 \right), \quad \sigma_0 = 1.273 \frac{P}{d t}$$

$\theta = 45^\circ$ と仮定すると、

$$P = \sigma_0 d t \left(\frac{1}{4} + \frac{\pi}{8} \right), \quad \sigma_0 = 1.556 \frac{P}{d t}$$

以下同様にして、

$$\theta = 30^\circ \quad P = \sigma_0 d t \left(\frac{\sqrt{3}}{8} + \frac{\pi}{12} \right),$$

$$\sigma_0 = 2.091 \frac{P}{d t}$$

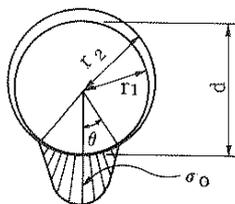
$$\theta = 22.5^\circ \quad P = \sigma_0 d t \left(\frac{\sqrt{2}}{8} + \frac{\pi}{16} \right),$$

$$\sigma_0 = 2.680 \frac{P}{d t}$$

$$\theta = 15^\circ \quad P = \sigma_0 d t \left(\frac{1}{8} + \frac{\pi}{24} \right),$$

$$\sigma_0 = 3.908 \frac{P}{d t}$$

$$\theta = 0^\circ \quad \sigma_0 = \infty$$



$$\sigma = \sigma_0 \cos \theta$$

「道示」鋼橋編 2.2.2 の「ヘルツの公式」において、
凹面凸面が接触する場合、半径比 r_2/r_1 が 1.01~1.02
の範囲で接触面積が急激に増大することが知られており、

円柱の場合には $K = r_2/r_1 \leq 1.02$ を面接触の範囲と
定めているので、これを参考にして $K = r_2/r_1 \leq 1.02$
の精度を有するとし、一般に土木関係で使用されている
 $\theta = -45^\circ \sim 45^\circ$ の範囲、即ち 90° の接触面を有すると
して基本の支圧応力度計算式を定めた。落橋防止装置等
において、腹板、補強板とピンとの接触はこの基本式に
よって計算することとしてよい。

ピン孔の精度がピン径に対し $K = \frac{r_2}{r_1} > 1.02$ の場
合には理論上前述の「公式」は使用出来なくなるわけ
であるが、計算の便宜上、接触面が面接触で $\theta = 90^\circ$ の
 $1/2$ が接触するとして、 $\theta = -22.5 \sim 22.5^\circ$ の計算式を
使用する。

連結板については孔径がピン径に対し 10mm の余裕があ
り、理論上は線接触となるが、連結板は相当変形すると
考え、 $\theta = -22.5 \sim 22.5$ の接触面を持つとして設計す
る。

参考文献

吉町太郎一著：「鋼橋の理論と計算」，第4章19
石崎書店

該当頁

P97

内容

ピンとプレートの支圧応力度の算出において、支圧の接触範囲の角度(θ)の考え方に誤りがあった。

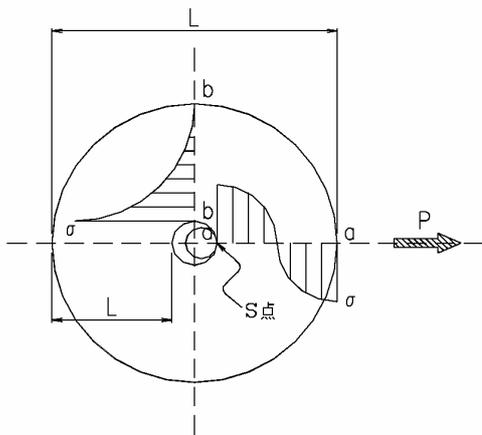
参考資料

「鋼橋付属物の設計手引き」(日本橋梁建設協会) P134 別添

正・誤

2. チェーン取付部の計算 (上・下部工側ブラケット共通)

(参考文献「鋼橋付属物の設計手引き」P134)



作用荷重 $P = 678.4 \text{ kN}$
 シャックルのピン径 $d = 60 \text{ mm}$ $r_1 = 30$

(SM490)

トッププレートの板厚 $t_1 = 25 \text{ mm}$
 補強板の板厚 $t_2 = 22 \text{ mm}$ **補強板を25mmにup**
 板厚の合計 $\Sigma t = -69 \text{ mm}$ **75mm**
 全体長さ $L = 250 \text{ mm}$
 削孔径 $D_1 = 64 \text{ mm}$ $r_2 = 32$
 抵抗長さ $L_0 = 93.0 \text{ mm}$

1) S点の支圧応力度

$r_2/r_1 = 32/30 = 1.06 \rightarrow \theta = 90^\circ$ の1/2が接触するものとする。

支圧応力度 σ_b は接触範囲が $\theta = -45^\circ \sim 45^\circ$ 、すなわち 90° の接触面を有するものとして求める。 $\theta = -22.5^\circ \sim 22.5^\circ$ すなわち 45°

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{2.680}{1.556} \times P / (d \cdot \Sigma t) \quad \Sigma t = (25+25+25) = 75 \quad 404 \text{ N/mm}^2 \\ &= \frac{2.680}{1.556} \times 678400 / (60 \times 69) = 255 \text{ N/mm}^2 \\ &< \sigma_{ba} = 1.5 \times 280 = 420 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

2) a-a、b-bの曲げ応力度

曲げ応力度計算式は、ボルトと孔のすき間がないと仮定してアイバーに生じる応力度を算出する次式を用いる。

応力集中係数は、

「Theory Elasticity」(S. Timoshenko 著)より

$b/a = 2$ のとき

$\alpha = 1.44$

$\beta = 3.85$

資料：1 支圧応力度の計算式について

半径 r_1 と r_2 の円柱が接している場合 $r_1 \approx r_2$ としピン
の作用力を P とすると、

$$P = \int \sigma r t \cos \theta d \theta$$

$$\sigma = \sigma_0 \cos \theta$$

$$r = d/2$$

t = 支圧幅

$$P = 2 \int \sigma_0 r t \cos^2 \theta d \theta$$

$$= \sigma_0 d t \int \cos^2 \theta d \theta$$

$$= \sigma_0 d t \left(\frac{\sin 2 \theta}{4} + \frac{\theta}{2} \right)_0^\theta$$

$\theta = 90^\circ$ と仮定すると、

$$P = \sigma_0 d t \left(\pi/4 \right), \quad \sigma_0 = 1.273 \frac{P}{d t}$$

$\theta = 45^\circ$ と仮定すると、

$$P = \sigma_0 d t \left(\frac{1}{4} + \frac{\pi}{8} \right), \quad \sigma_0 = 1.556 \frac{P}{d t}$$

以下同様にして、

$$\theta = 30^\circ \quad P = \sigma_0 d t \left(\frac{\sqrt{3}}{8} + \frac{\pi}{12} \right),$$

$$\sigma_0 = 2.091 \frac{P}{d t}$$

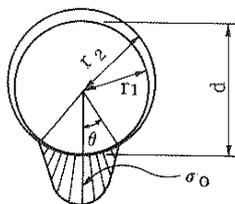
$$\theta = 22.5^\circ \quad P = \sigma_0 d t \left(\frac{\sqrt{2}}{8} + \frac{\pi}{16} \right),$$

$$\sigma_0 = 2.680 \frac{P}{d t}$$

$$\theta = 15^\circ \quad P = \sigma_0 d t \left(\frac{1}{8} + \frac{\pi}{24} \right),$$

$$\sigma_0 = 3.908 \frac{P}{d t}$$

$$\theta = 0^\circ \quad \sigma_0 = \infty$$



$$\sigma = \sigma_0 \cos \theta$$

「道示」鋼橋編 2.2.2 の「ヘルツの公式」において、
凹面凸面が接触する場合、半径比 r_2/r_1 が 1.01~1.02
の範囲で接触面積が急激に増大することが知られており、

円柱の場合には $K = r_2/r_1 \leq 1.02$ を面接触の範囲と
定めているので、これを参考にして $K = r_2/r_1 \leq 1.02$
の精度を有するとし、一般に土木関係で使用されている
 $\theta = -45^\circ \sim 45^\circ$ の範囲、即ち 90° の接触面を有すると
して基本の支圧応力度計算式を定めた。落橋防止装置等
において、腹板、補強板とピンとの接触はこの基本式に
よって計算することとしてよい。

ピン孔の精度がピン径に対し $K = \frac{r_2}{r_1} > 1.02$ の場
合には理論上前述の「公式」は使用出来なくなるわけ
であるが、計算の便宜上、接触面が面接触で $\theta = 90^\circ$ の
 $1/2$ が接触するとして、 $\theta = -22.5 \sim 22.5^\circ$ の計算式を
使用する。

連結板については孔径がピン径に対し 10mm の余裕があ
り、理論上は線接触となるが、連結板は相当変形すると
考え、 $\theta = -22.5 \sim 22.5$ の接触面を持つとして設計す
る。

参考文献

吉町太郎一著：「鋼橋の理論と計算」，第4章19
石崎書店