

# 波形鋼板ウェブ桁のせん断座屈に対する限界幅厚比

○ 名城大学大学院 学生会員 桑原大司  
 名城大学理工学部 フェロー正会員 久保全弘  
 名城大学理工学部 正会員 渡辺孝一

## 1. はじめに

台形を有する波形鋼板ウェブ桁のせん断耐荷力は、単一パネル（折り目間）で発生する局部座屈，または複数のパネルにまたがって発生する全体座屈によって支配される．波形ウェブのせん断座屈強度が鋼板のせん断降伏応力以下で生じない波形寸法の限界値を定めておく設計に便利である．わが国の PC 規準<sup>1)</sup>でも解説で限界値を与えているが，本報告ではより厳密な式を用いて検討する．

## 2. 設計基本強度

わが国の PC 規準では，波形腹板のせん断座屈に対する設計基本強度として，式(1)を採用している．

$\lambda_s < \sqrt{2}$  のとき

$$\delta_u = \frac{\tau_u}{\tau_y} = 1 - 0.614(\lambda_s - 0.6) \leq 1 \quad (1)$$

ここに，局部せん断座屈の場合  $\lambda_s = \lambda_{sl}$ ，全体せん断座屈の場合  $\lambda_s = \lambda_{sg}$  をそれぞれ用いる．先の論文<sup>2)</sup>では，既発表文献から収集した波形鋼板ウェブ桁のせん断座屈実験データと式(1)を比較した結果，非弾性域ではほぼ平均値を与えることがわかった．

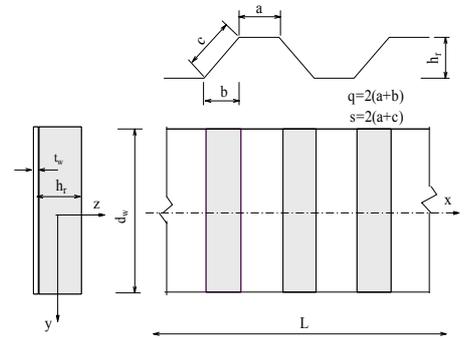


図-1 波形鋼板ウェブ

## 3. 限界幅厚比

### (1) 局部せん断座屈の限界幅厚比

非弾性域における局部せん断座屈強度を式(1)で与えた場合

$$\lambda_{sl} = \sqrt{\tau_y / \tau_{el}} \leq 0.6 \quad (2)$$

の条件となり， $\tau_{el} = k_{sl} \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_w}{d_w}\right)^2$ ， $k_{sl} = 5.34 + \left(\frac{w}{d_w}\right)^2$  を用いてサブパネルの幅厚比の限界値を誘導すると式(3)が得られる．

$$\frac{w}{t_w} \leq \frac{1.156}{\sqrt{\frac{\tau_y}{260297} - \left(\frac{t_w}{d_w}\right)^2}} \quad (3)$$

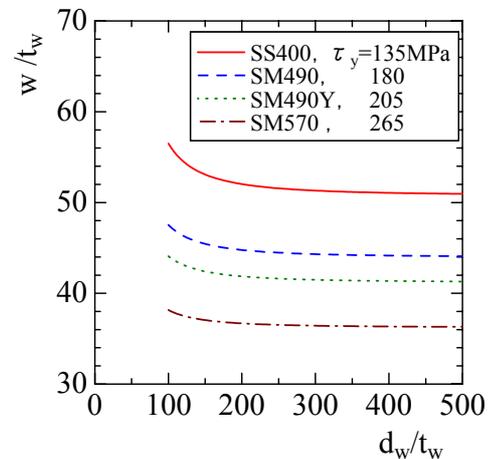


図-2 サブパネルの限界幅厚比

図-2 は，式(3)から求まる波形腹板のサブパネルの限界幅厚比  $w/t_w$  を 4 種類の鋼種に対して描いたものである．腹板の幅厚比が  $d_w/t_w > 200$  程度からほぼ一定値になり，サブパネルの限界幅厚比は下記のようなになる．

SS400 ( $\tau_y = 135 \text{ N/mm}^2$ ) : $w/t_w < 51$	SM490Y ( $\tau_y = 205 \text{ N/mm}^2$ ) : $w/t_w < 42$
SM490 ( $\tau_y = 180 \text{ N/mm}^2$ ) : $w/t_w < 44$	SM570 ( $\tau_y = 265 \text{ N/mm}^2$ ) : $w/t_w < 37$

キーワード：波形鋼板ウェブ，せん断座屈，桁橋，設計

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部 TEL052-832-1151, FAX052-832-1178

(2) 全体せん断座屈の限界幅厚比

非弾性域における全体せん断座屈強度を式(1)で与えた場合

$$\lambda_{sg} = \sqrt{\tau_y / \tau_{eg}} \leq 0.6 \tag{4}$$

の条件となり、 $\tau_{eg} = k_{sg} \beta \frac{D_x^{1/4} D_y^{3/4}}{d_w^2 t_w}$ 、 $k_{sg}=36$  を用いて波高厚比の限界値を

誘導すると式(5)が得られる。

$$\frac{h_r}{t_w} \geq \frac{\left(\frac{\tau_y}{\beta}\right)^{2/3}}{5113} \left(\frac{d_w}{t_w}\right)^{4/3} \delta \tag{5}$$

そして、修正係数  $\delta$  は式(6)から求める。

$$\delta = \gamma^{1/3} \left(\frac{3+n}{2+2n}\right)^{-1/2} \tag{6}$$

ここに、波形の形状係数  $\gamma=q/s$  およびサブパネル比  $n=c/a$  を用いる。

わが国の PC 規準と同様に、近似化した曲げ剛度を用いて、全体せん断座屈に対する波高厚比の限界値を求めると、式(7)が得られる。

$$\frac{h_r}{t_w} \geq \sqrt{\left[\frac{\left(\frac{\tau_y}{\beta}\right)^{1/2}}{609} \left(\frac{d_w}{t_w}\right)\right]^{8/3} - 1} \tag{7}$$

式(6)の修正係数は、形状係数  $\gamma=1$  でサブパネル比  $n=1$  と仮定すると、 $\delta=1$  になる。図-3 は、コンクリート床版付きの波形ウェブ桁を想定し拘束度  $\beta=1.9$  を使い、式(5)によって与えられる全体せん断座屈に対する限界波高厚比  $h_r/t_w$  の曲線である。PC 規準で与える式(7)による限界曲線とほぼ一致する。この図から、腹板の幅厚比  $d_w/t_w$  が大きくなると  $h_r/t_w$  の限界値も大きくなるのがわかる。

限界波高厚比を厳密に求めるには、修正係数  $\delta$  の影響を考慮する必要がある。図-4 は、式(6)を用いて波形腹板のサブパネル比  $n$  が変化した場合の修正係数  $\delta$  と形状係数  $\gamma$  の関係を示す。修正係数  $\delta$  は、サブパネル比  $n=1$  の場合と比較して  $n > 1$  の波形では大きい値になり、逆に  $n < 1$  の波形では小さい値となる。図-5 は、波形腹板の形状係数  $\gamma=0.93$ (実橋の実績値の平均値)でサブパネル比  $n$  を変化した場合の波高厚比  $h_r/t_w$  の限界曲線を示す。サブパネル比  $n$  の変化による限界値の相異は大きくないことがわかる。波形腹板の幅厚比が  $d_w/t_w=300$  で、形状係数  $\gamma=0.93$ 、サブパネル比  $n=1$  の場合の限界値は下記のようなになる。

SS400 ( $\tau_y=135\text{N/mm}^2$ ) : $h_r/t_w > 6.6$	SM490Y ( $\tau_y=205\text{N/mm}^2$ ) : $h_r/t_w > 8.7$
SM490 ( $\tau_y=180\text{N/mm}^2$ ) : $h_r/t_w > 8.0$	SM570 ( $\tau_y=265\text{N/mm}^2$ ) : $h_r/t_w > 10.2$

4. まとめ

わが国の PC 規準では、全体せん断座屈の検討に近似式を用いているが、サブパネル比が相異なる場合には厳密な設計式を適用することを推奨する。簡便な設計法として、腹板のせん断座屈強度が降伏せん断応力を下回らないサブパネルの幅厚比および波高厚比の限界曲線を誘導した。

参考文献

- 1) プレストレストコンクリート技術協会編：複合橋設計施工規準，技報堂出版，2005.
- 2) 渡辺孝一，久保全弘：波形鋼板ウェブ桁のせん断座屈性能，構造工学論文集，Vol. 53A，pp.13-24，2007-3.

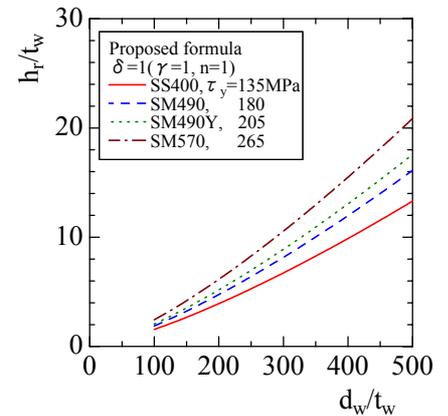


図-3 波高厚比の限界曲線

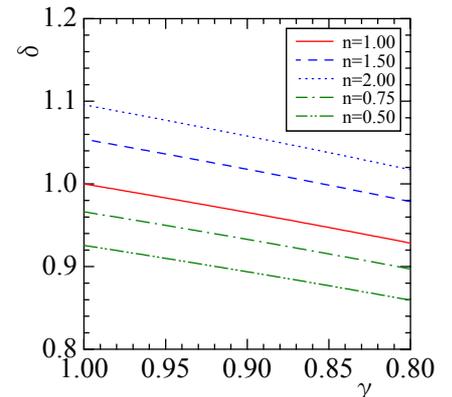


図-4 式(6)の修正係数

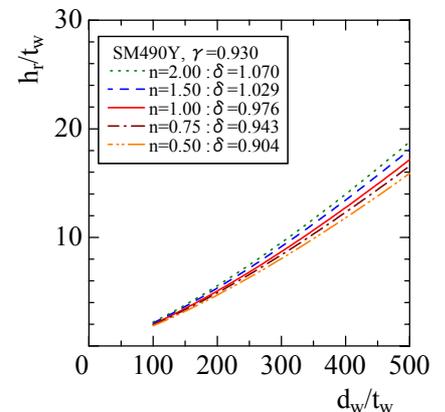


図-5 サブパネル比 n の影響