

I-12

曲線プレートガーダーのウェブプレートの制限幅厚比に関する一提案

東北学院大学 正員 樋渡 滋
 東 北 大 学 正員 倉西 茂
 東北学院大学 正員 菅井 幸仁

曲げを受ける曲線プレートガーダーは、荷重の小さい段階からウェブの面外変位を生じ直線ガーダーのような明らかな座屈現象を示さないため、直線プレートガーダーとは別の根拠による使用限界の設定が必要である。ウェブパネルの形状比(縦横比: $\alpha=1/h$, 図-1)が2/3より大きい場合には、ウェブの圧縮部分において初め1半波形であった円周方向の面外変位分布が、荷重の増大によって3半波形に変わり、パネルの中央断面(1/2断面)では変位の方向が逆転し、面外変位の極大値を示すことになる¹⁾。この現象はパネルの座屈に類似しているため、ガーダーの使用限界の決定に際して重要な性質となり得ると思われる。

本報告は、円筒形矩形要素を用いた幾何学的非線形有限要素法による解析結果を内挿法によってより正確に現象をとらえ、荷重レベルと各種挙動を数式的に結び付けて、ウェブの制限幅厚比をさぐろうと試みたものである。水平補剛材を持たない2軸対称断面の曲線プレートガーダーから垂直補剛材位置で切り取られた部分を解析対象とし、単純支持と仮定された垂直補剛材位置に強制曲げ変位 ε_0 と調整変位 ε_1 を与える。ウェブパネルの曲率半径を30m, 形状比 $\alpha=2/3$, ウェブ高さ $h=120\text{cm}$ で一定とし、パラメータとして幅厚比 $\lambda=150, 200, 300, 400, 500$ およびフランジとウェブの断面積比 $\beta=A_f(=b_f \cdot t_f)/A_w(=h \cdot t_w)=0.25, 0.50, 1.00, 1.50$ と変化させた。

表-1はPt.5(0.25h)の面外変位量が最大値を示すときの各種挙動量を一覧にしたものである。表中でEPSIRON(ε):ウェブ圧縮縁における強制曲げ歪量, DELTA/T($\rho=\delta/t_w$):Pt.5の面外変位量 w_0 をウェブ厚 t_w で除した無次元面外変位, SIGMA-Max($\sigma_{\max}$):ウェブ圧縮縁に生ずる最大面内曲げ応力度(kgf/cm²)である。

図-2は $\sigma_{\max}$ とパラメータ λ および β との関係を図示したものである。図中の式は横軸パラメータで $\sigma_{\max}$ を求める近似式となる。同様に近似式の係数を λ あるいは β で表すと、 $\sigma_{\max}$ は次のような式で近似される。式の末尾に近似式の解析値に対する最大誤差率を示した。第3式は β の影響を無視したものである。

$$\sigma_{\max}=2.490\text{E}7/\lambda^{1.6281}/\beta^{(1.1195-3.844\text{E}-5*\lambda)} \quad -6\% \quad \text{eq.1-1}$$

$$\sigma_{\max}=8.089\text{E}6/\lambda^{1.3946-438.57*\beta} \quad -25\% \quad \text{eq.1-2}$$

$$\sigma_{\max}=2.743\text{E}7/\lambda^{1.6382} \quad -15\% \quad \text{eq.1-3}$$

$$\rho=0.8333/\beta^{0.16438-281\text{E}-4*\lambda} \quad -3\% \quad \text{eq.2}$$

近似式はやや複雑であるが、一般に近似の精度は良好で十分実用に耐えると思われる。しかしながら、使用限界をウェブの最大面外変位にとることは表-1のように $\lambda \leq 300$ でSS41の降伏点応力度 $\sigma_y=2400\text{kgf/cm}^2$ を越える最大曲げ応力度を示すので採用しにくい値である。

次に、Pt.5の無次元面外変位(ρ)が0.1, 0.15, 0.3, 0.5, 0.8となる荷重レベルで、上記と同じ要領で近似式を求め、さらに式の係数を ρ をパラメータとして近似する。この場合eq.1-3タイプの関数表示を採用した。

$$\sigma_{\max}=(6.5211*\rho^{-0.8127})*1.0\text{E}7*\lambda^{-(1.8996*\rho^{-0.1346})} \quad \text{eq.3}$$

かなり複雑な式であるが、式の精度は実用的な範囲($\lambda \leq 300, \beta > 0.25, \rho \leq 0.5$)では良好である。

eq.3を用いて求められた、各種鋼材に対する直線プレートガーダーの制限幅厚比 λ_c に対応する面外変位 ρ を表-2に示す。曲線プレートガーダーは直線ガーダーよりも変位が大きいという常識的判断から、曲線の場合の使用限界を直線ガーダーの変位のある割合と定めることも1つの考え方と思われる。表-2に

は直線ガーダーの面外変位の0.9, 0.8および0.7を使用限界と仮定したときの幅厚比をも記入してある。

1) 樋渡, 倉西: "曲げを受ける I 型曲線プレートガーダーの弾性有限変位挙動について",

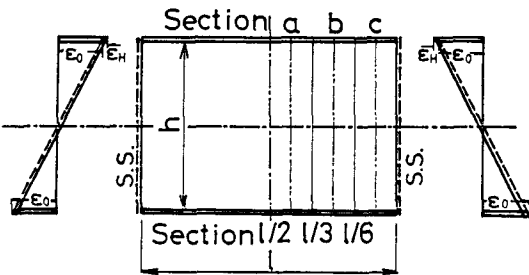
構造工学論文集, Vol 131A, Mar. 1985

表一 1. 面外変位が最大となるときの挙動量

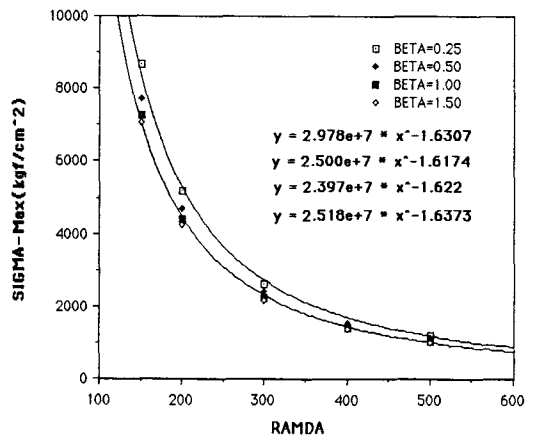
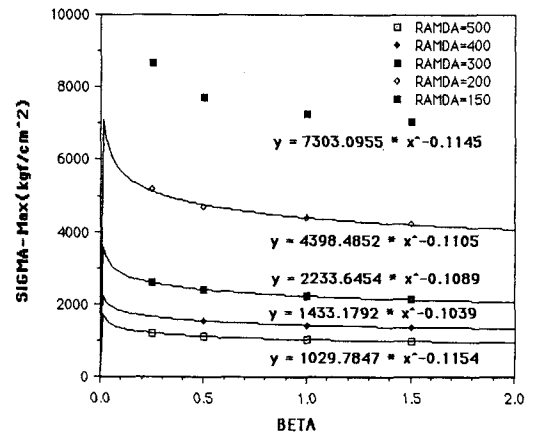
λ	β	ϵ	$\rho = \delta / tw$	σ_{max}
500	0.25	0.00059	1.476	1216.50
500	0.50	0.00055	1.326	1101.53
500	1.00	0.00053	1.226	1034.47
500	1.50	0.00051	1.176	984.07
400	0.50	0.00077	1.248	1541.44
400	1.00	0.00073	1.157	1430.13
400	1.50	0.00071	1.110	1375.89
300	0.25	0.00126	1.301	2607.32
300	0.50	0.00119	1.172	2397.45
300	1.00	0.00113	1.082	2226.03
300	1.50	0.00110	1.043	2146.72
200	0.25	0.00250	1.220	5176.64
200	0.50	0.00232	1.084	4682.56
200	1.00	0.00221	1.002	4377.88
200	1.50	0.00216	0.969	4243.99
150	0.25	0.00420	1.196	8689.00
150	0.50	0.00382	1.034	7727.25
150	1.00	0.00366	0.960	7269.37
150	1.50	0.00358	0.929	7059.13

表一 2. 各種鋼材の制限幅厚比

鋼材	SS41	SM50	SM50Y	SM60
降伏点 $\sigma_y, \text{kgf/cm}^2$	2400	3200	3600	4600
限界幅厚比 λ_c	152	130	123	110
面外変位 ρ	0.316	0.288	0.285	0.283
$0.9 \cdot \rho$ に対応する幅厚比	147	126	119	107
$0.8 \cdot \rho$ に対応する幅厚比	142	122	115	103
$0.7 \cdot \rho$ に対応する幅厚比	136	117	111	100



図一 1. 解析対象パネル



図一 2. 最大曲げ面内応力