

# 疲労を考慮した薄肉プレートガーダーのウェブの使用性限界

大阪大学工学部 正員 ○大倉一郎 大阪大学工学部 正員 福本嘸士

**1. 序論** 繰返し曲げを受ける薄肉プレートガーダーのウェブの周辺の隅肉溶接部に発生する疲労亀裂を図-1に示す。タイプ1: 圧縮フランジをウェブに連結する隅肉溶接のウェブ側の溶接止端に発生する疲労亀裂。タイプ2: ガーダーの中立軸から下の引張側で、垂直補剛材をウェブに連結する隅肉溶接のウェブ側の溶接止端に発生する疲労亀裂。タイプ3: 引張フランジをウェブに連結する隅肉溶接の溶着金属に発生する疲労亀裂。タイプ2とタイプ3の疲労亀裂は、面内曲げによる引張応力によって起こされ、溶接I型ビームに一般に観察される疲労亀裂と同じ疲労亀裂であり、その疲労強度は既に明らかにされている<sup>1), 2)</sup>。これに対して、タイプ1の疲労亀裂は、図-2に示すように、ウェブの面外変形によって、隅肉溶接のウェブ側の溶接止端に生じる板曲げ応力 $\sigma_b$ によって起こされる。したがって、図-3に示すように、面内曲げ応力の範囲 $\sigma_\theta$ とタイプ1の疲労亀裂が発見されたときの繰返し数 $N$ との間にはS-N関係が存在しない。本論文では、タイプ1の疲労亀裂の発生を防止するための面内曲げ応力とウェブの幅厚比の関係を提案する。

**2. 面内曲げ応力の範囲とウェブの幅厚比の関係** 面内曲げ応力 $\sigma_\theta$ と板曲げ応力 $\sigma_b$ の関係を与える式が文献(3)に与えられている。図-4に示すような縦横比 $a/b$ が0.5のウェブが $w_\theta = w_{\theta \max} \sin(\pi x/a) \sin(2\pi y/b)$ なる初期たわみを有するとき、その $\sigma_\theta$ と $\sigma_b$ の関係は図-5に示すようになる。ここで、 $w_{\theta \max}$ : 最大初期たわみ、 $\sigma_\theta = \pi^2 E / \{12(1-\nu^2)\beta^2\}$ 、 $E$ : ヤング率、 $\nu$ : ポアソン比、 $\beta = b/t_w$ : ウェブの幅厚比。板曲げ応力を受ける隅肉溶接の200万回疲労強度は約166.7 MPaである<sup>2)</sup>。最小面内曲げ応力 $\sigma_{\theta \min}$ に対して生じる板曲げ応力を $\sigma_{b \min}$ 、最大面内曲げ応力 $\sigma_{\theta \max}$ に対して生じる板曲げ応力を $\sigma_{b \max}$ とすると、図-5に示した $\sigma_\theta$ と $\sigma_b$ の関係を式(1)を満足するように解くと、面内曲げ応力で表された200万回疲労強度とウェブの幅厚比 $\beta$ の関係を導く。  $\Delta \sigma_b = \sigma_{b \max} - \sigma_{b \min} = 166.7 \cdot (1) \sigma_{\theta \max}$  または  $\Delta \sigma_\theta (= \sigma_{\theta \max} - \sigma_{\theta \min})$  で表された200万回疲労強度を図-6に示す。図中の $R$ は次式で定義される面内曲げ応力の比である。

$$R = \sigma_{\theta \min} / \sigma_{\theta \max} \cdots \cdots (2)$$

図-6から、 $R$ による200万回疲労強度の変動は、 $w_{\theta \max} / t_w = 0.1$ のとき $\sigma_{\theta \max}$ の方が $\Delta \sigma_\theta$ より小さく、反対に、 $w_{\theta \max} / t_w = 1.0$ のとき、 $\Delta \sigma_\theta$ の方が $\sigma_{\theta \max}$ より小さいことが分かる。

疲労試験が行われたガーダーのウェブの $w_{\theta \max} / t_w$ と $\beta$ の関係を図-7に示す。200より大きい $\beta$ に対して、 $w_{\theta \max} / t_w$ のほとんどが1.0より大きい。したがって、疲労試験が行われたガーダーの疲労強度を評価する際には、 $\sigma_{\theta \max}$ より $\Delta \sigma_\theta$ で評価した方がよいと考える。疲労試験が行われたガーダーの $\Delta \sigma_\theta$ と $\beta$ の関係を図-8に示す。白丸は200万回の荷重の繰返しでタイプ1の疲労亀裂が発生しなかったガーダーを表わす。図-6に示した $w_{\theta \max} / t_w = 1.0$ に対する $\Delta \sigma_\theta$ と $\beta$ の関係は負の勾配の直線に近い。したがって、200万回の荷重の繰返しに対してタイプ1の疲労亀裂の発生を防止するための $\Delta \sigma_\theta$ と $\beta$ の関係として、図-8に示す負の勾配の直線を提案する。この直線は図-8の( $\beta = 191, \Delta \sigma_\theta = 103.4$  MPa)の白丸と( $\beta = 298, \Delta \sigma_\theta = 68.9$  MPa)の白丸を通る直線で、次のように表される。

$$\Delta \sigma_\theta = -0.3216\beta + 164.8 \quad (\beta \leq 300) \cdots \cdots (3)$$

式(3)で与えられたタイプ1の疲労亀裂の200万回疲労強度と他のタイプの疲労亀裂の200万回疲労強度の比較を図-9に示す。ここで、タイプ2と3の200万回疲労強度は文献(4)から与えられている。

**参考文献** 1) 前田・川井、第43巻、第3号、pp.736-742、1974。 2) Maeda, Y., Proc. of Bridge Engineering Conference of TRB, USA, Vol.1, pp.120-128, 1978。 3) Maeda, Y. and Okura, I., Proc. of JSCE, Struct. Eng./Earthq. Eng., Vol.1, No.2, pp.149s-159s, 1984。 4) 土木学会: 国鉄建造物設計標準解説、pp.71-83、1983。

Ichiro OKURA and Yuhshi FUKUMOTO

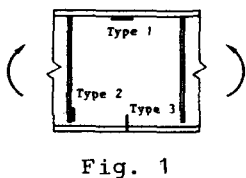


Fig. 1

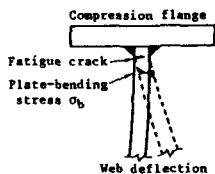


Fig. 2

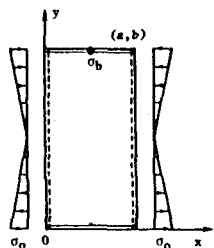


Fig. 4

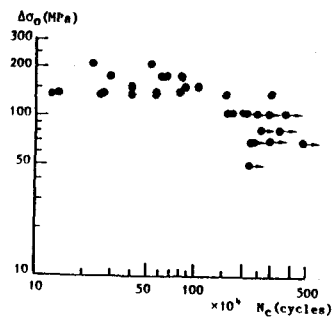


Fig. 3

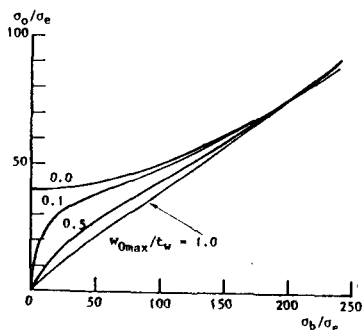
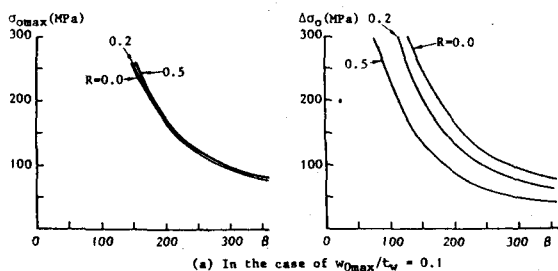
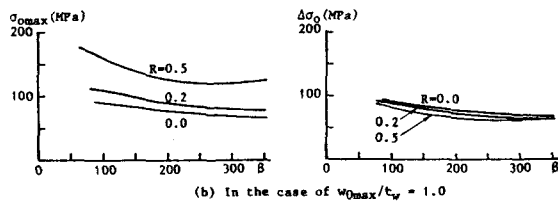


Fig. 5



(a) In the case of  $w_{0max}/t_w = 0.1$



(b) In the case of  $w_{0max}/t_w = 1.0$

Fig. 6

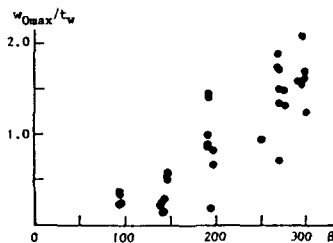


Fig. 7

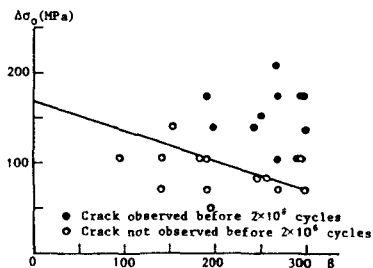


Fig. 8

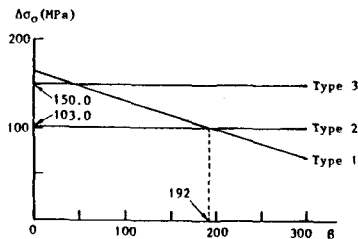


Fig. 9