

大阪大学工学部 大倉 一郎

米国リーハイ大学 Ben T. Yen

米国リーハイ大学 John W. Fisher

1. 序論

図-1に示すように、薄肉プレートガーダーが繰り返し荷重を受けると、ウェブを上下フランジに連結する隅肉溶接および垂直補剛材をウェブに連結する隅肉溶接に疲労亀裂が発生する可能性がある。これらの疲労亀裂の中で、タイプ1とタイプ4の亀裂は、図-2に示すように、面内荷重を受けるウェブの面外変形に起因する溶接止端の板曲げ応力によって発生する。本研究では、両者の亀裂を防止するための指針を与える。さらに、本テーマに関する今後の研究課題についても述べる。

2. 曲げ

面内曲げ応力 σ_x と板曲げ応力 σ_y の関係が非線形であるために、応力範囲で表された板曲げ応力の疲労強度 $\Delta\sigma_y$ を満足する面内曲げ応力 σ_x とウェブの幅厚比 β の関係は、応力比 $R(=\sigma_{ymin}/\sigma_{ymax})$ に関して変動する。ウェブ・パネルの初期面外たわみの効果により、面内曲げ応力の範囲 $\Delta\sigma_x(=\sigma_{xmax}-\sigma_{xmin})$ と β の関係が R に対してその変動が小さいことが文献(1)に示されている。

過去の疲労試験ガーダーのウェブ・パネルの $\Delta\sigma_x$ と β の関係を図-3に示す。黒丸は、200万回の繰り返し以前にタイプ1の亀裂が発生したウェブ・パネルを表し、白丸は、タイプ1の亀裂が発生しなかったウェブ・パネルを表す。タイプ2と3の亀裂に対して、JSSCの疲労設計指針(1989年発行)に規定されている200万回疲労許容応力度も示してある。タイプ2と3の亀裂に対して、許容応力度はそれぞれ80 MPa、100 MPaである。図から分かるように、タイプ1の亀裂は、タイプ2の亀裂の許容応力度以下では発生していない。したがって、タイプ2の亀裂に対する疲労照査によって、タイプ1の亀裂の疲労照査は自動的に遂行されている。

3. せん断

4辺単純支持された長方形板のせん断座屈強度 τ_{cr} 以下に最大面内せん断応力 τ_{ymax} を保つことにより、タイプ4の亀裂を防止できる可能性が文献(1)に示されている。過去の疲労試験ガーダーのウェブ・パネルの τ_{ymax}/τ_{cr} と β の関係を図-4に示す。黒丸は、200万回の繰り返し以前にタイプ4の亀裂が発生したウェブ・パネルを表し、白丸は、タイプ4の亀裂が発生しなかったウェブ・パネルを表す。 $\tau_{ymax}/\tau_{cr}=1.0$ の水平線の下に1個の黒丸が存在する。この黒丸では、162.6万回の繰り返しでタイプ4の亀裂が発見された。この繰り返し数は、200万回に近い。 $\tau_{ymax}/\tau_{cr}=1.0$ の水平線と上側の黒丸の間には幾つかの白丸が存在する。したがって、4辺単純支持された長方形板のせん断座屈強度 τ_{cr} はタイプ4の亀裂防止に対して安全側の指標となっている。

4. 曲げとせん断の組み合わせ

過去の疲労試験ガーダーのウェブ・パネルの τ_{ymax}/τ_{cr} と $\Delta\sigma_x/80$ の関係を図-5に示す。黒丸は、200万回の繰り返し以前にタイプ1または4の亀裂が発生したウェブ・パネルを表し、白丸は、これらの亀裂が発生しなかったウェブ・パネルを表す。 τ_{ymax}/τ_{cr} と $\Delta\sigma_x/80$ に対して大きな値を有するウェブ・パネルにおいて亀裂が発生していることが分かる。しかし、 $(\tau_{ymax}/\tau_{cr}, \Delta\sigma_x/80) = (1.0, 1.0)$ 回りの組み合わせ荷重に対する試験結果がないので、曲げとせん断の組み合わせを受けるガーダーの亀裂防止に対しては適切な指標を与えることができない。

5. 今後の課題

(1)せん断を受けるウェブ・パネルの疲労試験において、縦横比が0.5のウェブ・パネルはわずか2つであ

る。本研究で得られたせん断に対する結論をさらに確実にするために、縦横比が0.5のウェブ・パネルのせん断疲労試験をさらに行う必要がある。(2)曲げとせん断の組み合わせ荷重を受けるウェブの亀裂を防止するための指針を得るために、 $(\tau_{0max}/\tau_{cr}, \Delta\sigma_0/80) = (1.0, 1.0)$ 回りの組み合わせ荷重を受ける疲労試験を行う必要がある。(3)過去の疲労試験で用いられたウェブ・パネルの幅厚比の最大値は300である。本研究で得られた結論が300以上の幅厚比を有するウェブ・パネルに対しても適用できるかどうかを確認するために、この領域の幅厚比を有するウェブ・パネルで疲労試験が望まれる。(4)本研究で得られた結論は200万回以下の疲労寿命に対して適用できる。200万回を越える長寿命領域の疲労強度がしばしば必要であり、最近大いに議論されている。したがって、200万回以上の長寿命領域の薄肉プレートガーダーの疲労試験が必要である。 参考文献：1) 大倉、B.T. Yen、J.W. Fisher：ATLSSレポート（印刷中）

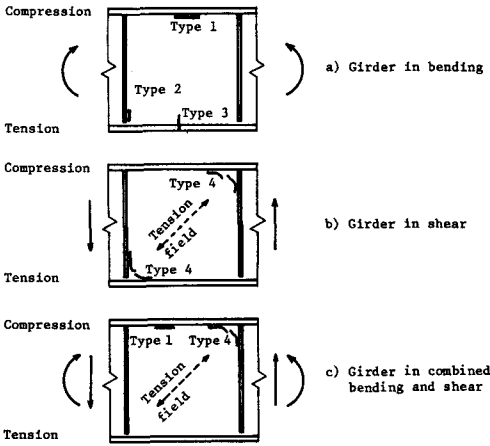


図-1 薄肉プレートガーダーに発生する疲労亀裂

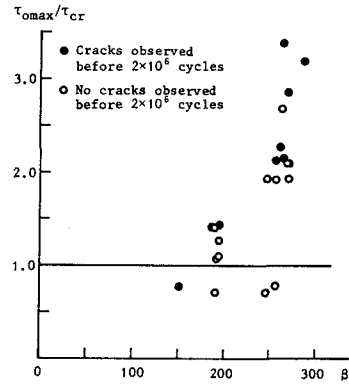


図-4 τ_{0max}/τ_{cr} と β の関係

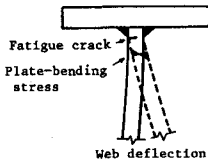


図-2 ウェブの面外変形に起因する板曲げ応力

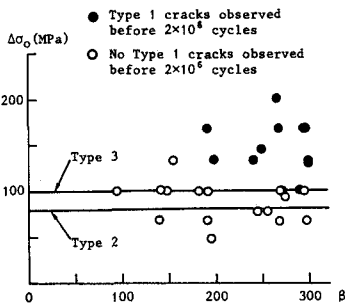


図-3 $\Delta\sigma_0$ と β の関係

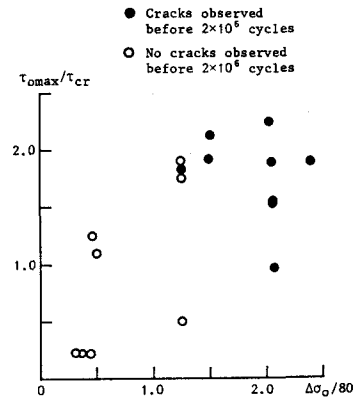


図-5 τ_{0max}/τ_{cr} と $\Delta\sigma_0/80$ の関係