

せん断をうける矩形板の面外有限変形挙動

大阪大学工学部 正員 前田幸雄
 大阪大学工学部 正員 大倉一郎
 大阪大学大学院 学生員 ○吉井 真

1. まえがき 薄肉プレートガーダーが繰返し荷重をうけると、フランジ及び垂直補剛材をウェブに連結するすみ肉溶接のウェブ側止端に疲労き裂の発生する可能性があることが明らかにされている¹⁾。初期たわみを有する薄肉ウェブが面内荷重をうけて面外へ繰返し変形することによって、ウェブ周辺すみ肉溶接部に生ずる二次的な面外曲げ応力がこの疲労き裂の発生原因である。せん断をうける薄肉プレートガーダーの場合、疲労き裂は斜め張力場方向の隅角部付近に発生する。本報告は、有限要素法²⁾により、せん断をうける矩形板の面外有限変形挙動を解析した結果について報告する。

2. 解析対象 図-1に示すように、解析対象は $a \times b$ の矩形板で、 $w_0 = w_{0\max} \sin(\frac{\pi x}{a}) \sin(\frac{\pi y}{b})$ ($w_{0\max}$: 最大初期たわみ) なる初期たわみを有している。境界条件は、面外方向に対して4辺単純支持、対辺固定対辺単純支持、4辺固定支持の3つの場合を考慮し、面内方向に対する境界条件として、境界辺に沿って一様せん断変位が生ずる条件を採用した。したがって、境界边上の平均せん断応力は、境界边上に生ずるせん断膜応力を辺長で平均することによって得られる。要素分割は、図-1に示すように、144要素169節点である。各荷重増分段階における反復回数に対する板中央の付加横たわみ w の収束状況を図-2に示す。ここで、 $\sigma_e = \frac{E\pi^2}{12(1-\nu^2)} (\frac{t_w}{b})^2$ 、 E =ヤング率、 ν =ポアソン比、 t_w =板厚である。横たわみが急激に増加する2段階目を除いて、反復回数が約10回程度で、 w は一定値に収束している。

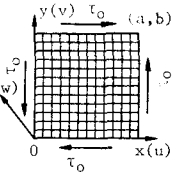
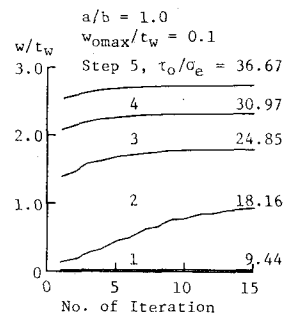


図-1 要素分割

図-2 収束状況
(4辺固定支持)

3. 形状比1.0に対する解析結果 横たわみ形状を図-3に示す。板の対角線方向に波が生じており、その峰線は対角線上にある。荷重と板中央の横たわみの関係を図-4に示す。横たわみは、荷重が低いときはあまり増加しないが、およそ座屈荷重($9.3\sigma_e$)に近づくと、急激に増加する。さらに荷重が増加すると、初期たわみの大きさにかかわらず各曲線は漸近する。板の対角線上の主応力分布および荷重と板中央の主応力の関係をそれぞれ図-5,6に示す。波の峰線方向の対角線上の引張主応力 σ_1 はほぼ一様な分布となり、荷重の増加にしたがって増加し、斜め張力場が形成される。波の峰線に垂直な対角線上の圧縮主応力 σ_2 もほぼ一様な分布となるが、これは、荷重が増加してもあまり増加しない。境界辺 $y=b$ 上のせん断膜応力の分布を図-7に示す。せん断膜応力の分布は、荷重が低いときはほぼ一様な分布となるが、荷重が増加すると、斜め張力場方向の隅角部側で平均せん断応力を上回り、反対側

で下回る分布となる。境界辺 $y = a$ 上の 2 次曲げ応力の分布を図-8 に示す。最大の 2 次曲げ応力は、斜め張力場の方向の隅角部近傍に生じている。荷重とこの最大 2 次曲げ応力の関係を図-9 に示す。荷重が小さい段階では、初期たわみが大きいほど 2 次曲げ応力は大きく生ずるが荷重が増加すると、初期たわみの大きさにかかわらず、各曲線は漸近し、荷重と 2 次曲げ応力の関係はほぼ線型関係となる。

1.0 以外の形状比および他の初期たわみ形状に対する解析結果は、講演当日に発表する予定である。

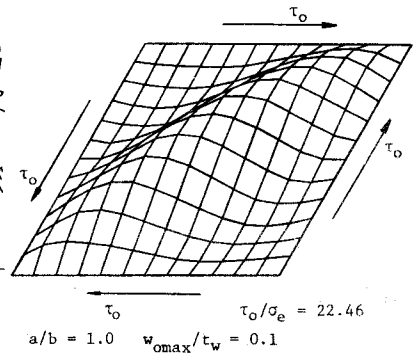


図-3 横たわみ形状(4辺単純支持)

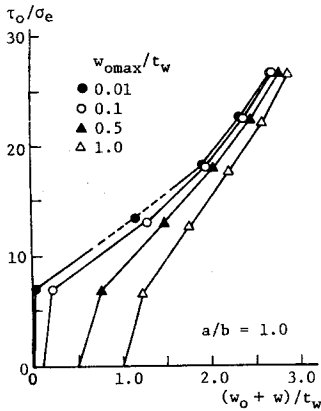


図-4 荷重と横たわみの関係(4辺単純支持)

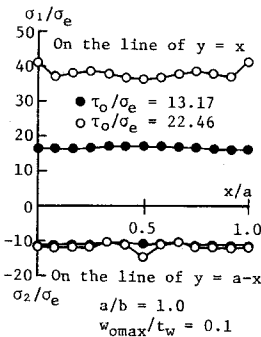


図-5 対角線上の主応力分布(4辺単純支持)

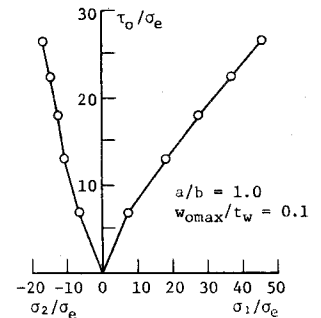


図-6 荷重と主応力の関係(4辺単純支持)

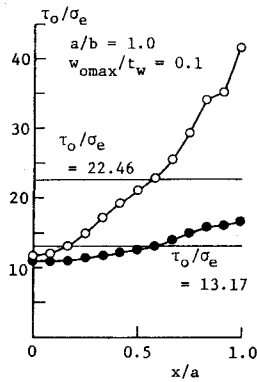


図-7 境界辺上のせん断膜応力分布(4辺単純支持)

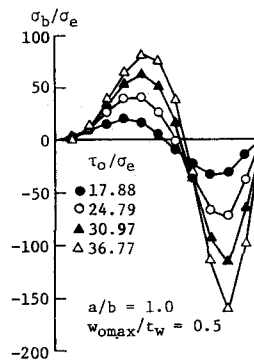


図-8 境界辺上の 2 次曲げ応力の分布(4辺固定支持)

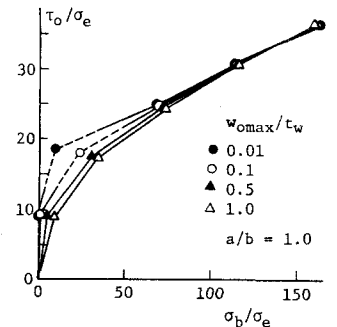


図-9 荷重と 2 次曲げ応力の関係(4辺固定支持)

- 参考文献 1)前田：プレートガーターの疲労，JSSC，Vol.9，No.86，1973.
2)昭和54年度関西支部年講(I-9)