

縦リブ溶接継手部の疲労強度の寸法効果について

東京工業大学 正会員 ○穴見 健吾

東京工業大学 正会員 三木 千壽

東京工業大学 正会員 館石 和雄

1. はじめに

溶接継手部の形状及び寸法が大きくなるに伴い疲労強度が低下する現象（いわゆる疲労強度の寸法効果）に注目し、縦リブ継手（ウェブガセット）を例に取り、溶接止端部での応力集中係数を考慮することにより寸法効果と呼ばれている強度低下をどの程度評価することができるかを検討した。

2. 縦リブ継手の疲労強度（寸法効果）

まず、実際にどの程度の疲労強度の寸法効果が生じているのか検討するために、過去に行われた継手試験体及び桁試験体の疲労試験結果を整理した。図1は過去に行われた疲労試験結果を主板厚（ウェブ厚）と200万回疲労強度で整理したものである（200万回疲労強度は同一試験体についてSN線図上で傾き m を3として外挿して求めたものである）。図より主板厚の増加に伴い疲労強度が低下していることが分かる。また継手試験体と桁試験体を比較すると、桁試験体の疲労強度は継手試験体の疲労強度よりも著しく低いことが分かる。また桁試験体においても純曲げ区間よりも曲げせん断区間の方が疲労強度が明らかに低いことが分かる。

3. 溶接止端部での応力集中の考慮(a) 溶接継手の形状、寸法に依存する応力集中

溶接継手部の形状及び寸法が大きくなるに伴い応力集中係数は増大する。この応力集中係数を考慮することにより疲労強度の寸法効果がどの程度評価することができるかについて検討した。応力集中係数の計算は3次元FEM解析により行った。図2に要素分割図の一例を示す。応力集中係数は溶接止端部から4mm及び6mm位置の応力値から外挿したホットスポット応力を公称応力で除した値と定義した。図3, 4に解析結果を示す。応力集中係数は主板厚の増大に伴い増加しているが、そのばらつきは大きい。これは縦リブ継手の応力集中係数が主板厚以外にの継手寸法（主板幅、リブ長さなど）にも大きく影響を受けるためであると考えられる。また継手試験体に比較して桁試験体の応力集中係数が著しく大きい、これは板幅の増加の影響だけでなく、フランジの存在によるものと考えられる。

図5には応力集中の大きさを考慮できるホットスポット応力で表した200万回疲労強度と主板厚の関係を示す。継手試験体の場合には主板厚の増加に伴う疲労強度の低下は殆どないことより、応力集中係数を考慮することにより寸法効果を評価できると考えられる。一方、桁試験体の疲労強度は継手試験体の疲労強度の下限またはそれ以下であることから、応力集中係数を考慮するだけでは桁試験体と継手試験体の疲労強度の寸法効果を評価しきれないと考えられる。

(b) 応力場の差異に依存する応力集中係数

次に桁試験体において、純曲げ区間と曲げせん断区間との疲労強度の差異に注目し、止端部での応力（集中）の状態の差異をFEM解析により検討した。図6に解析対象及び要素分割図を示す。図7に解析結果として廻し溶接止端部近傍の応力集中係数の分布を示す。図中の矢印は応力集中係数が最大になる位置及び、その大きさを示している。ここで応力集中係数は（最大主応力）／（公称応力）と定義した。図7より、曲げせん断区間の応力集中係数は純曲げ区間と比較して大きく、また応力集中係数が最大になる位置も下フランジ側に移動していることが分かる。この傾向は桁試験体の実測でも確認された。この現象が曲げせん断区間の方が純曲げ区間と比較して疲労強度が低い原因の一つであると考えることができる。

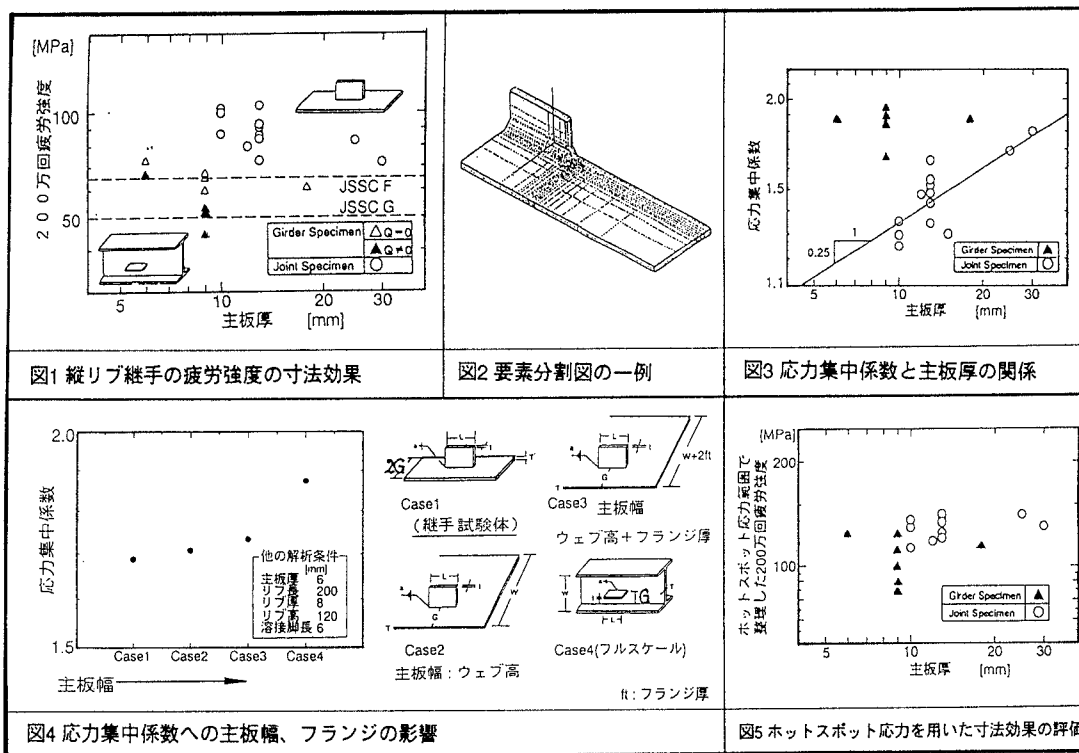


図1 縦リブ継手の疲労強度の寸法効果

図2 要素分割図の一例

図3 応力集中係数と主板厚の関係

図4 応力集中係数への主板幅、フランジの影響

図5 ホットスポット応力を用いた寸法効果の評価

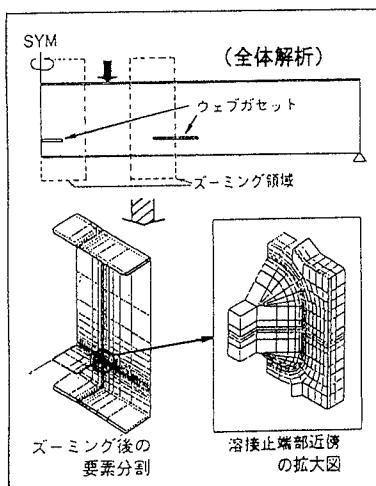
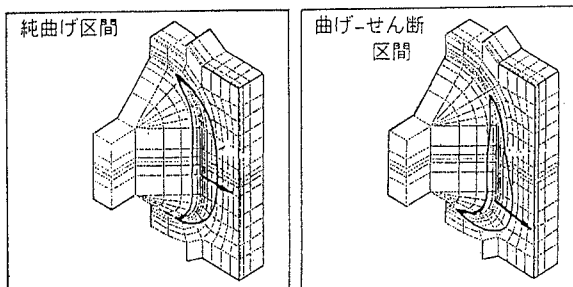


図6 解析方法及び要素分割図



太線内の領域はこの解析モデルにおいて

応力集中係数が1.6以上となる領域

- 応力集中係数は純曲げ区間と比較して曲げせん断区間の方が大きい

図7 解析結果（応力集中係数の分布）

4. まとめ

- ① 縦リブ継手試験体の場合には、応力集中係数を考慮することにより寸法効果を評価することができる。
- ② 桁試験体（ウェブガセット）の場合には、応力集中係数は主板幅の増加及びフランジの存在により継手試験体よりも著しく大きい。また曲げせん断区間では、継手試験体よりも更に応力集中係数が大きい。