

I - 227

面内力を受けるスカラップ構造の
疲労強度

東京工業大学 正会員 館石和雄
東京工業大学 正会員 三木千壽
川崎製鉄(株) 正会員 石原謙治
三菱重工(株) 正会員 梶本勝也

1. はじめに

本研究は、面内に曲げられるI型断面梁部材の中に存在するスカラップディテールの疲労性状を検討し、その疲労照査方法を提案しようとするものである。スカラップディテールの応力集中などに関する研究は、田島、山下らによって行なわれたトラス接点を対象にしたFEM解析や載荷実験¹⁾などを除いてあまり行なわれていない。

2. 試験体および試験方法

試験材はSM50Bである。図-1に試験体の形状寸法を示す。試験体には半径 $R=25$ から 40mm の4種類のスカラップがつけられている。このうち No.1 ではスカラップ始点部に廻し溶接が施されているが、No.2 にはない。疲労試験は3点曲げで行った(図-2)。下限荷重は 1tonf とし、荷重範囲は 40tonf 、荷重繰返し速度は $1\sim 2\text{Hz}$ である。

3. 疲労試験結果

疲労き裂はスカラップにはさまれたフランジ板(以下、フランジギャップと呼ぶ)の、支点に近い側の溶接止端部で発生した(図-3)。

図-4に公称曲げ応力範囲とき裂長 10mm のときの寿命との関係を示す。JSSCでは本ディテールはG等級としているが、試験結果はH等級の設計曲線よりもはるかに低い領域にあり、このディテールに対する疲労照査は公称曲げ応力に対してJSSCのH等級を用いてもまだ不十分であることを示している。

4. スカラップ周辺の応力分布

フランジギャップ部について、FEM解析結果、実測応力および梁理論による公称応力を図-5に示す。支点側の溶接止端付近で応力が急増している。全体的に解析値よりも実測値の方がピーク応力が若干低めであるが、これは解析において溶接ビートの影響が充分に取り込めていなかったためと考えられる。また、実測応力より、廻し溶接のあるものの方が低いものよりピークの応力値が高いといえる。

5. スカラップ部の応力集中

1) 応力集中係数 本研究では過去の検討結果²⁾より、ホットスポット応力を、溶接止端部から 4mm と 10mm の位置の実測応力から溶接止端部へ直線外挿した値とした。このように定義したホットスポット応力と公称曲げ応力の比を応力集中係数と呼ぶことにする。図-6に応力集中係数の解析値と実測値を示す。解析値は実測値よりも小さな値となっているが、定性的な傾向はよく表現できている。

2) セン断力の影響 図-7に、曲げモーメントを一定としてセン断力を変えた場合の応力集中係数の変化を示す。セン断力が増すにつれ応

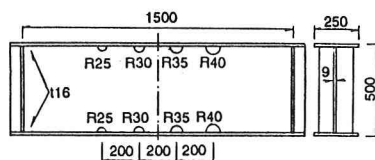


図-1 試験体の形状・寸法

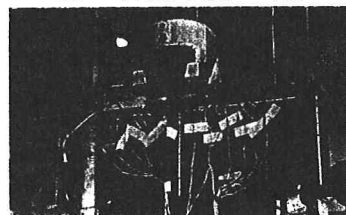


図-2 試験状況

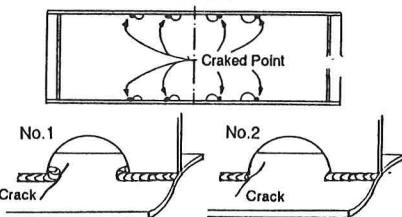


図-3 疲労き裂の発生性状

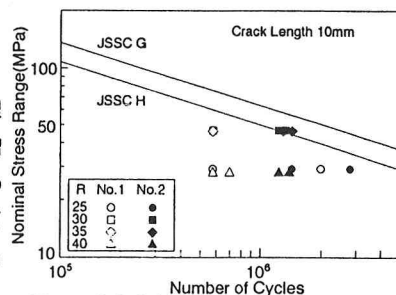


図-4 公称応力範囲で整理した疲労強度

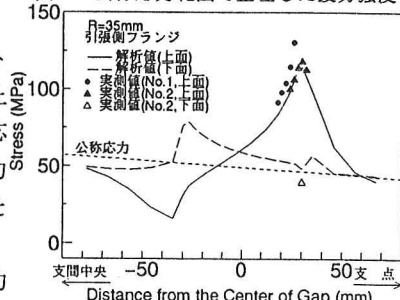


図-5 フランジギャップ部の応力分布

力集中係数はほぼ直線的に増加している。

3) スカラップ径、フランジ厚比の影響 セン断力と曲げモーメントが等しい荷重条件のもとに、フランジ板厚 t を一定にしてスカラップ径 R を変化させた場合、および R を一定にして t を変化させた場合について解析を行なった。結果を図-8に示す。応力集中係数は R/t が大きくなるにつれてやや増加している。したがってスカラップの寸法はできるだけ小さい方が望ましいといえる。またすべてのデータはほぼ同一の曲線上にあることから、せん断力が一定の場合には R/t をパラメータとすることにより応力集中の程度を整理できるといえる。

4) 応力集中係数の推定 図-9に、これまでに述べた全解析ケースで得られた応力集中係数をまとめて示す。図中の記号はせん断力と曲げモーメントの比 V/M によって区別して示している。図より、次式によりスカラップ部の応力集中係数がほぼ推定できるものとした。

$$S.C.F. = 1 + \alpha(1 - \exp(-\frac{R}{t}))(1 + 3.0 \frac{V}{M}) \dots\dots\dots (1)$$

ただし $V : \text{tonf}, M : \text{tonf} \cdot \text{m}$ 。 $\alpha = 0.25$ の場合の曲線を図中に示すが、この場合上式による推定値は解析値の傾向をよく表している。しかし解析値は実測値に比べて小さい傾向にあることから、実際の部材での応力集中を推定するためには、 α をいくぶん大きくとる必要がある。検討の結果、 $\alpha = 0.4$ とすることにより (1) 式でほぼ安全側の推定値を得られることがわかった。図-10に、 $\alpha = 0.4$ のときの実測値と推定値の関係を示す。

6. ホットスポット応力による疲労照査

き裂長さ 10mm 時の寿命とホットスポット応力範囲の関係を図-11に示す。ホットスポット応力で整理した場合、疲労強度のばらつきは小さくなっており、スカラップ径にかかわらず各点は JSSC の E 等級曲線をほぼ下限とする位置に分布している。したがってスカラップディテールに対する照査方法として、公称応力よりホットスポット応力を用いる方が、疲労強度をより正確に把握できるものと考えられる。

7. 結 論

1) スカラップ内のギャップ部には、せん断変形によって局部的に非常に高い応力集中が発生し、その大きさは、作用するせん断力とスカラップ径板厚比がとともに増加する。2) スカラップ始点で廻し溶接を施したディテールでは、廻し溶接を施さないディテールよりも高い局部応力が発生する。3) 面内スカラップディテールの疲労強度は公称応力によっては照査できないが、ホットスポット応力範囲によって照査可能である。

参考文献

- 1) 田島二郎, 山下清明: 曲げ部材のスカラップ周辺の応力集中について, 土木学会第 41 回年次講演会概要集, 1986.
- 2) 三木千壽, 館石和雄, 山本美博, 宮内政信: 局部応力を基準とした疲労評価手法に関する一考察, 構造工学論文集 Vol.38A, 1992.

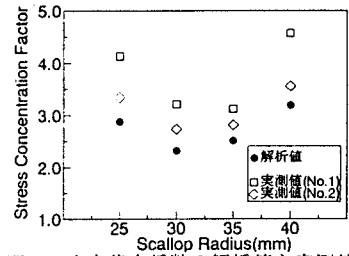


図-6 応力集中係数の解析値と実測値

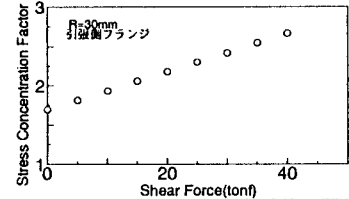


図-7 せん断力と応力集中係数の関係

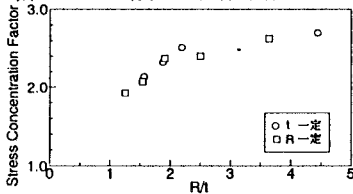


図-8 R/t と応力集中係数の関係

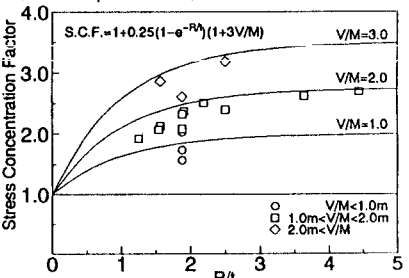


図-9 応力集中係数と $R/t, V/M$ の関係

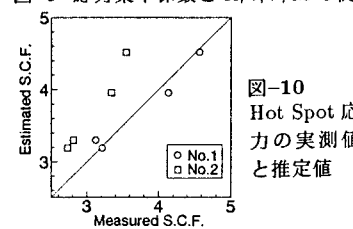


図-10 Hot Spot 応力の実測値と推定値

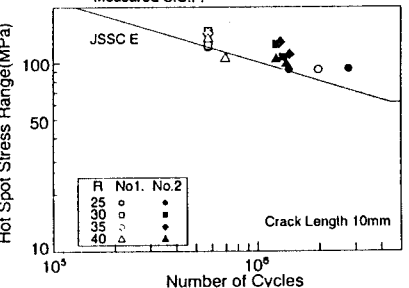


図-11 Hot Spot 応力範囲で整理した疲労強度