

荷重伝達型十字溶接継手部における局部応力に関する基礎的研究

高知工科大学 学生員 ○横田博之
高知工科大学 正会員 穴見健吾

1.はじめに

鋼橋の溶接部において止端部とルート部から疲労き裂が多く発生しており、疲労照査や補修・補強などのために疲労強度を評価する必要がある。特に、実測できる応力を用いて疲労強度評価を行う必要がある。溶接止端部に対してはホットスポット応力法（以下 σ_{hot} ）がある程度確立されているが、本研究で対象とする荷重伝達型十字溶接継手部のようにルート部からき裂が発生する場合の、実測できる応力での疲労強度評価法は未だ検討されていない。本研究では測定できる局部応力で、荷重伝達型十字溶接継手部の疲労評価手法を確立することを目的として、測定できる局部応力、例えば σ_{hot} と Effective Notch Stress 応力（以下 σ_{eff} ）との関係性について検討した。

2.疲労試験

2.1 疲労試験概要

本研究で用いた荷重伝達型十字溶接継手試験体を図-1に示す。供試鋼材は SM490 である。面内軸力のみ作用した試験を 9 体、面内軸力と面外曲げを同時に作用した試験を 4 体行った。試験体に面外曲げを混入させる方法は試験体の片側表面を 2mm 削り偏心载荷を行った。2mm 削ることにより、引張応力に対し曲げ応力が 30% 程度試験体に導入される計算である。

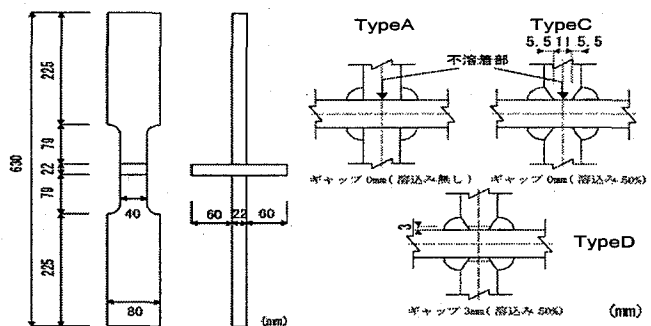


図-1 試験体モデル

2.2 疲労試験結果

全ての試験体でルート部から発生・進展したき裂により、破断する結果となった。また、最初の試験体では止端部からもき裂が発生したため、それ以後の試験体では止端部にグラインダー処理を施した。面外曲げ混入の試験体では面外曲げ応力の引張側からき裂発生した場合と圧縮側からき裂が発生した場合があった。

3. 試験結果整理

σ_{eff} は試験体の不溶着部先端に半径 1mm の仮想的な円孔を開けたものをモデルとして FEM 解析を行い、円周上の Von Mises 応力の最大値として算出される。ルート亀裂の疲労強度は σ_{eff} で整理できるとされており、本研究では FEM 解析を COSMOS/M を用いて行った。解析モデルを図 2 に示す。各試験体の破断寿命 N を $\Delta\sigma_{eff}$ で整理した S-N 線図を図 3 に示す。同様に、参考資料である貝沼らのデータも解析し図にはプロットしている。 $\Delta\sigma_{eff}$ で整理することによりばらつきが小さく、面内軸力のみ、及び面外曲げ混入の試験にかかわらず IIW・FAT225 の疲労強度等級で整理できることが分かった。また、FEM 解析で求めた面外曲げ混入量 100% の σ_{eff} 応力の増加率を図 4 に示す。板厚 22mm の場合、面外曲げ応力の影響は面内応力の 20% 程度の影響しかなく、本実験のように試験体の面外曲げ混入率 30% の場合、6% (=20%×30%) 程度の非常に影響

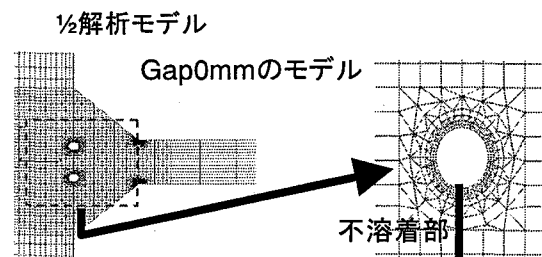


図-2 解析モデル

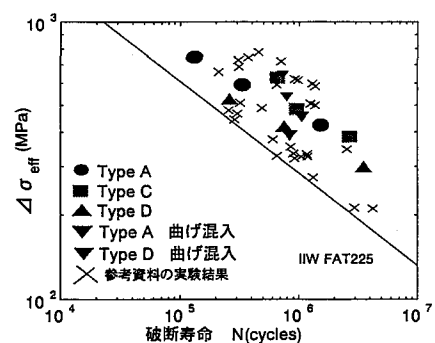


図-3 σ_{eff} で整理した S-N 線図

が小さいものとなり、疲労強度や疲労き裂発生位置に大きな影響が見られなかったと考えられる。

4. 局部応力の関係性の評価

本研究では図5に示すように、測定できる応力を用いた荷重伝達型十字溶接継手の疲労強度評価法の検討を検討することが目的である。これまでに σ_{eff} が求めることができれば、疲労強度が推測できることは分かった。次に測定できる応力と σ_{eff} との関係を解析的に検討する。解析では、これまで同様、荷重伝達型十字溶接継手を対象とし、パラメータとして、板厚 T (11~33mm)・脚長 L (6.5・13mm)・溶接 gap (0~4.5mm)・不溶着長さ (4~33mm)を変化させた計54体のモデルで解析を行った。

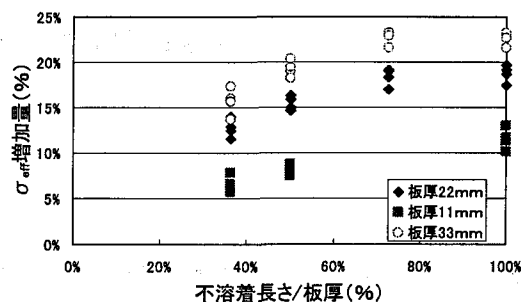


図-4 Von Misesの増加量

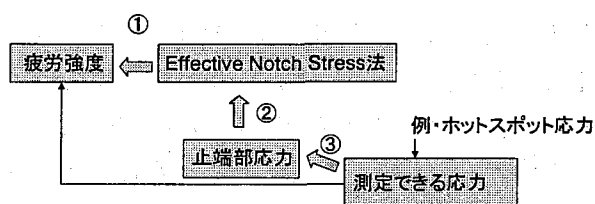


図-5 本研究のフローチャート

4.1 溶接止端部応力と σ_{eff} との関係性

解析上得られる止端部応力と σ_{eff} との関係を図6に示す。解析の止端部応力で見ると、板厚・脚長・溶接 gap・不溶着長さに関わらず1本の線で引けることが分かった。

4.2 σ_{hot} と止端部応力との関係

溶接止端部の応力は実際には測定できない応力であるので、この止端部応力を推定できる測定できる応力を検討した。ここでは、止端部での構造的応力集中を評価できると言われる σ_{hot} にまず着目した。 σ_{hot} の計算方法は種々あるが、提案されている手法を幾つか検討した結果、最も止端部応力を代表できていた、止端部から4mm、6mm離れた位置の応力値から外挿する方法を用いた場合の σ_{hot} と止端部応力の関係を図7に示す。先ほどのような1本の線では表現ができず、ばらつきが非常に大きいことが分かる。

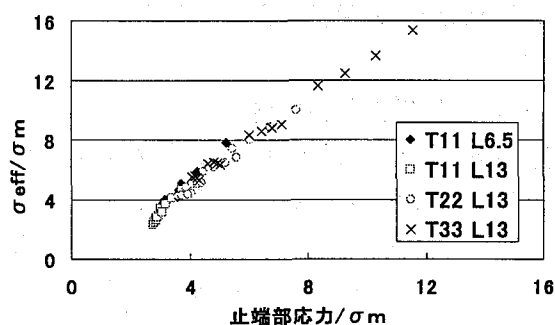


図-6 止端部応力と σ_{eff} の関係図

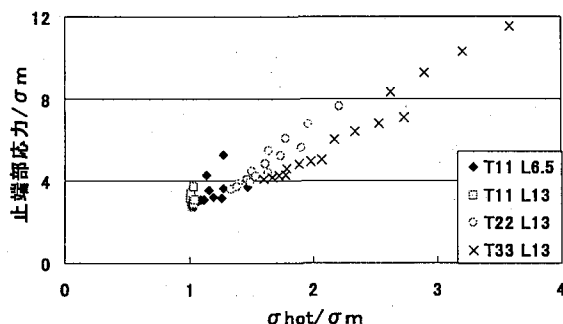


図-7 σ_{hot} と止端部応力の関係図

5 結論

- 1) σ_{eff} で整理すると、面外曲げの影響も考慮し疲労強度評価に適用できる。
- 2) 試験体に面外曲げを混入しても、影響が非常に小さいものとなった。
- 3) 解析の止端部応力と σ_{eff} との関係は溶接部の形状や板厚の大きさ、不溶着部に依存しない。
- 4) 本研究で検討した σ_{hot} の算出方法では、止端部応力との関係性が明確ではなかった。これは、止端部の応力を正確に表現できていないためであると思われ、今後、止端部応力を代表する止端部前面の応力に関して検討していく。

【図3内の参考データ】

貝沼重信, 川本恭朗, 高松大輔, 山田健太郎: 溶接姿勢とルートギャップが荷重伝達型十字溶接継手の疲労強度に及ぼす影響, 土木学会論文集