

荷重伝達型十字溶接継手ルート部の各疲労強度評価指標と主板表面応力の関係

芝浦工業大学 学生会員 ○菅沼 翔伍
芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾

1. はじめに

荷重伝達型十字溶接継手ルート部の疲労強度評価法として、のど断面応力範囲を用いる手法、亀裂進展解析を用いる手法があり、また近年では ENS 法も提案されている。しかし、これらの解析的な手法では、継手に作用する応力性状や溶接ディテール等を十分に把握する必要があり、これらの情報の把握が困難な場合が多い既設構造物では、その適用は困難である。そのため、止端部亀裂に対するホットスポット応力のような実測可能な応力を用いた疲労評価法が望まれる。本研究では、主板表面応力を用いてルート部の疲労強度を評価できる可能性を検討する目的で、継手形状をパラメータとした解析を行い、既存の評価指標と主板表面応力の関係を検討した。

2. 検討手法

本研究では、主板厚(T), 脚長(L:等脚), 不溶着部長さ(IP)をパラメータとした FEM 解析を行った。図-1 に解析モデルの一例、および解析パラメータの検討範囲を示す。载荷は軸方向一様引張とし、主板表面応力を計測した。比較対象とした既存の評価指標の算定の概略を表-1 に示す。比較手法は以下の通りである。任意に基準モデルを定め、そのモデルの評価指標を基準値として、他のモデルの指標値を無次元化した値(比)を指標相互に比較した。

3. 検討結果

図-2 にすみ肉溶接モデル(IP=T)について、のど断面応力比と止端部から 0, 3, 6, 10mm 位置の主板表面応力比の関係を示す。基準モデルは(T, L, IP)=(11mm, 10mm, T)とした。主板表面応力測定位置が止端部から離れるに

従い、継手形状の変化による主板表面応力の変化が小さくなり、傾き 1 の関係から大きく外れる傾向が見られるが、止端部での応力比はのど断面応力比とほぼ傾き 1 の関係を示している。他の指標(ENS, 進展解析)との比較でも同様の傾向を示した。しかし、止端部応力は測定が困難であるため、ここでは、止端部形状の応力分布への影響範囲を考慮して止端部から 3mm 位置の応力を用いて整理を行う。

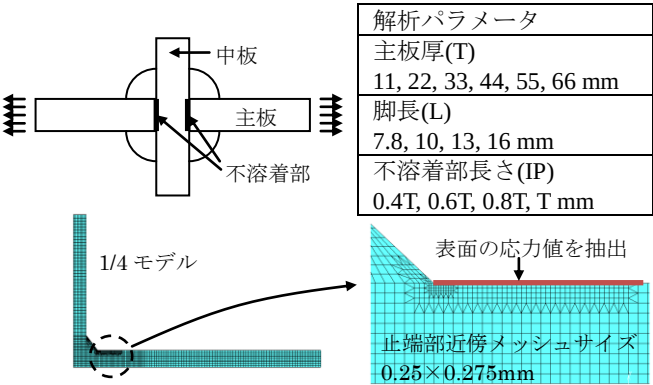


図-1 対象としたモデルとパラメータ

表-1 各疲労強度評価指標の算定方法

のど断面 (σ_{th})	・実のど断面を用いて算定
ENS (ENS)	・不溶着部先端に半径 1mm の仮想円孔 ・最大の最大主応力
進展解析 (寿命 N)	・進展経路および K 値算定: FRANC2D ・Paris 則 ($da/dN=C(\Delta K)^m$) による寿命評価 IIW: $C=1.65 \times 10^{-11} \text{ mm/cycle}$ $m=3$ JSSC: $C=1.5 \times 10^{-11} \text{ mm/cycle}$ $m=2.75$ ・応力比ベースの評価には寿命の比の逆数の 1/3 乗を用いた

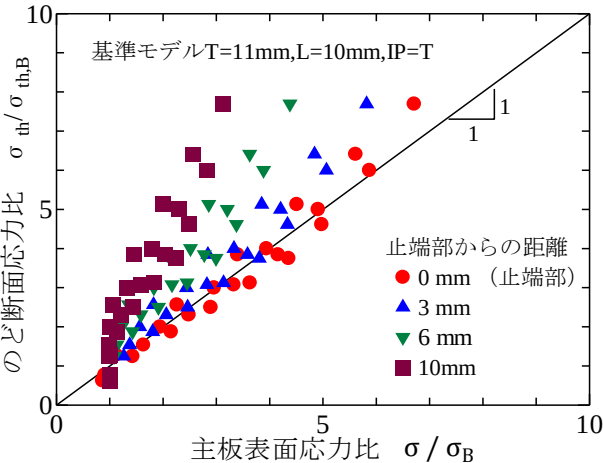


図-2 主板表面応力比とのど断面応力比の関係 (すみ肉溶接)

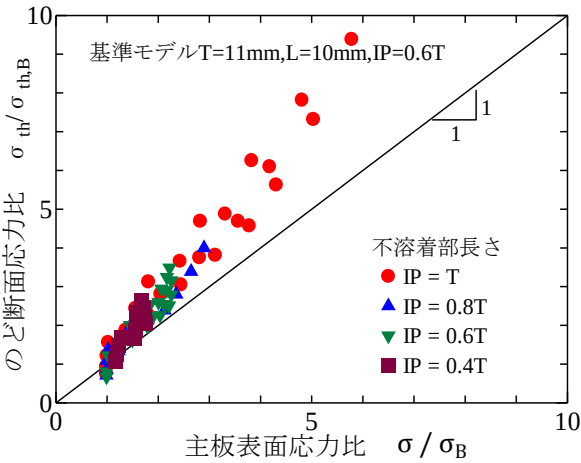


図-3 止端部から 3mm 位置での主板表面応力比とのど断面応力比の関係

キーワード：荷重伝達型十字溶接継手 疲労強度評価 主板表面応力 溶接ルート部
連絡先：穴見健吾 芝浦工業大学 東京都江東区豊洲 3-7-5 TEL:03-5859-8352, anami@sic.shibaura-it.ac.jp

図-3 に止端部から 3mm 位置の応力比とのど断面応力比の関係を不溶着部長さ(IP)をパラメータとして示す。基準モデルは(T, L, IP)=(11mm, 10mm, 0.6T)とした。IP=0.6Tを基準とした場合、若干であるが IP が大きくなるほど傾き 1 の関係から外れ、また同一の IP でも応力比が大きい領域で傾き 1 の関係から外れる傾向が見られる。そこで、不溶着部長さ毎に基準モデルを設定し、同図を整理し直した結果が図-4 である。同じ不溶着部長さを有するモデルを基準と取れば、主板表面応力比とのど断面応力比の関係は、概ね傾き 1 の直線上に分布している。また、応力比が大きい範囲に表れる傾き 1 の関係から外れるモデルは $L > \sqrt{2T}$ の隅肉規定を満たさないモデルであった。以上より、継手形状の変化に伴う、止端部から 3mm 程度の位置における応力の変化、特に不溶着部長さで分類すれば、のど断面応力の変化と良い相関があることが分かる。なお、図-5 はすみ肉溶接モデルについて、ENS 法および亀裂進展解析を行い得られた指標の基準モデルとの比をのど断面応力比と比較した結果である。ENS、進展解析による指標はのど断面応力比と良い相関が見られているが、図-2 と比較すると、検討した指標（主板応力、のど断面応力、ENS、進展寿命）の中で、継手形状の変化に伴う指標の変化率は止端部応力では他の指標とほぼ同等であるが、3mm 応力では若干感度が小さい。

4. 既往の疲労試験結果を用いた検討

図-6 にルート破壊した既往の荷重伝達型十字継手の疲労試験結果を、のど断面応力および主板表面応力（止端部から 3mm 位置の応力：図-1 の FEM モデルで算出）で整理した結果を示す。両指標を用いた S-N 線図上のばらつきの範囲は概ね一致しているが、個別にデータを見ると、両指標の差異（比率）にはばらつきも大きく見受けられる。

図-7 は図-6 に示した疲労試験結果を検討した各指標で整理した結果である。ここでは S-N 線図の傾きを 3 として 200 万回疲労強度に換算して比較している。但し、進展解析結果（図中 IIW および JSSC）は進展解析より 200 万回疲労強度を算出してあり、また ENS については著者らの試験体についてのみ計算を行っている。止端部応力では他の既存の評価手法とほぼ同程度のばらつきとなっているが、止端部から離れるに従えばばらつきの範囲が少しずつ大きくなっている。

5. まとめ

止端部近傍の主板表面応力と既往の疲労強度評価指標の関係を整理し、ある程度良い相関が見られることを示した。今後は部分溶けこみ溶接やルートギャップのあるケースなどについて検討を行う予定である。

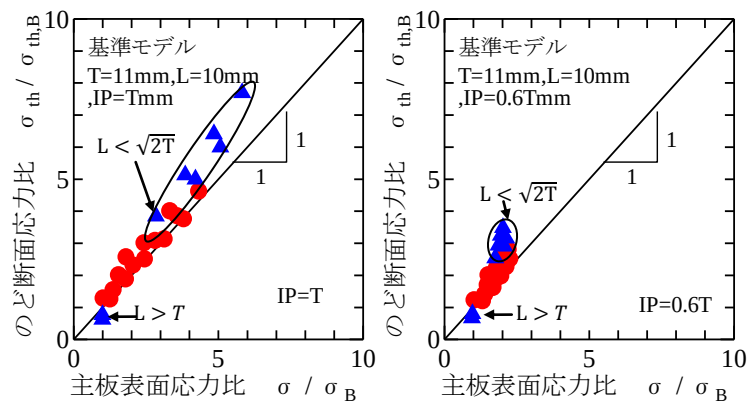


図-4 不溶着部長さ毎に分類した主板表面応力比(3mm 位置)とのど断面応力比の関係

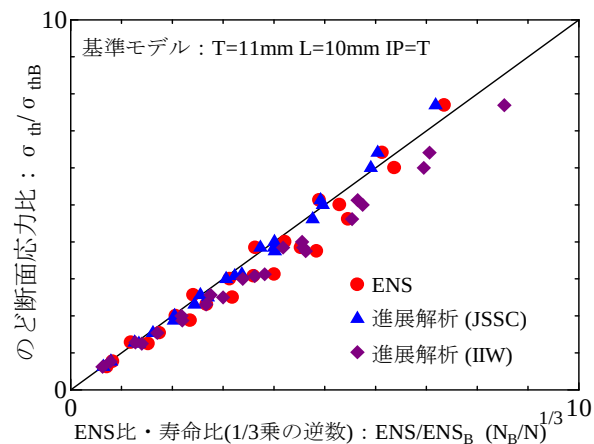


図-5 他の評価指標(比)とのど断面応力比の関係

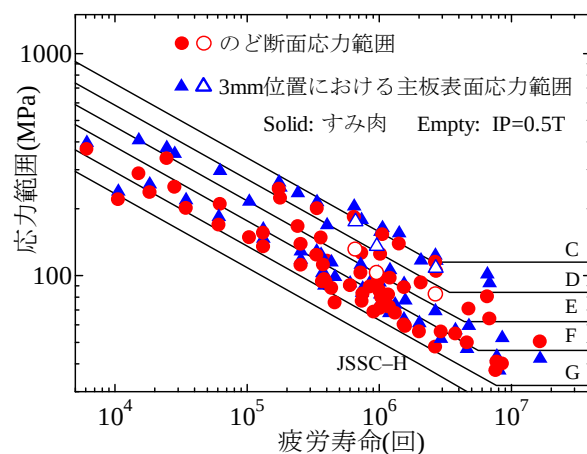


図-6 既往の疲労試験結果（のど断面応力範囲・止端部から 3mm 位置応力範囲で整理）

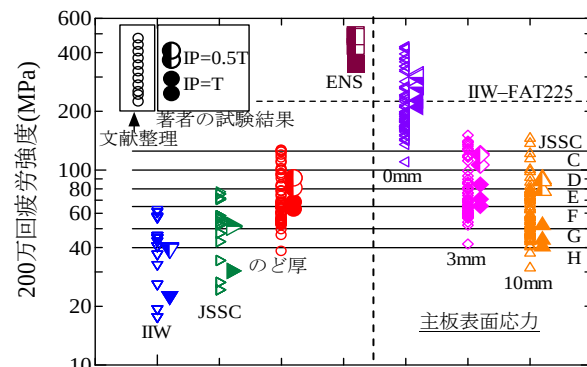


図-7 既往の疲労試験結果（200 万回疲労強度）