

端部を改良したアタッチメント溶接継手の疲労強度

(株)アイエスシイ 正会員 ○柘植章宏
名城大学 正会員 近藤明雅

1.背景と目的 鋼橋において、各種アタッチメントやソールプレートなどがI形桁やボックス桁の上下フランジ、デッキプレート上面などにすみ肉溶接で取付けられる場合が多い。このような溶接継手の止端部では断面の急変部となるため、応力集中を生じ、疲労損傷の原因となることが知られている。ところが、これらのディテールは構造設計が終了した後に、施工やメンテナンスあるいは、損傷断面の補強のために取付けが決まるため、たとえ橋梁全体が疲労照査された場合でも、この継手部位では疲労損傷が発生する可能性がある。本研究では、アタッチメントを有するI形桁について、アタッチメント端部形状を変更することによって、すみ肉溶接止端部の疲労強度を向上させることを目的としている。

2.試験体 試験体の形状および寸法を Fig.1, 2 に示す。アタッチメント端部の形状および溶接脚長を Table 1 に示す。アタッチメントの端部形状は矩形の基本形状(N-type),端部に窪みを設けた窪み形状(H-type), H-type にさらに段差を設けた形状を段差+窪み形状 (SH-type)とした。

3.疲労試験 試験体は、N, H, SH 各 3 体, NF, HF, SHF 各 1 体の計 12 体あり、3 段階の応力範囲に分けて疲労試験を行った。疲労試験は MTS 試験機（電気制御式 500kN）を用いて試験体を単純支持し、支間中央荷重載荷した。荷重繰返し速度は 1.0～1.6Hz とし、下限荷重一定の定荷重振幅で行った。疲労試験結果を Fig.3 に示す。縦軸に応力範囲 σ_r 横軸は応力繰返し数である。応力範囲 σ_r は載荷荷重より梁理論を用いて計算した公称応力から決定している。破断寿命 N_f は全面すみ肉溶接止端部から発生したき裂がフランジを板厚方向に貫通するまでの繰返し回数となっている。破線は N,H,SH 試験体の 50%破壊確率線を示している。図中の実線は、日本鋼構造協会(JSSC)の定める疲労設計指針の E,F,G,H 等級である。

50%破壊確率線より N,H,SH 試験体の 50 万回疲労強度を求めると、順に 76.1, 92.1, 101.3MPa となった。N 試験体を基準に比較すると、H 試験体では約 17%,

Table 1 端部形状および溶接脚長

Attachment type	Leg length (mm)	Specimens
N-type	6 × 6	N1 ~ 3
	6 × 12	NF
H-type	6 × 6	H1 ~ 3
	6 × 12	HF
SH-type	6 × 6	SH1 ~ 3
	6 × 12	SHF

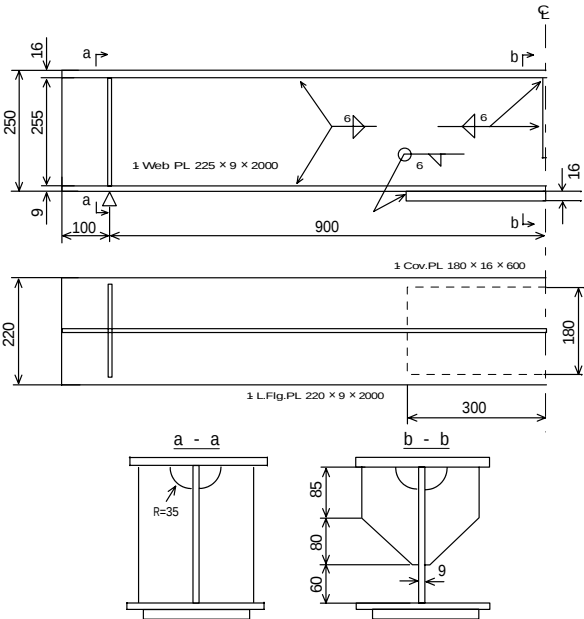


Fig.1 試験体寸法

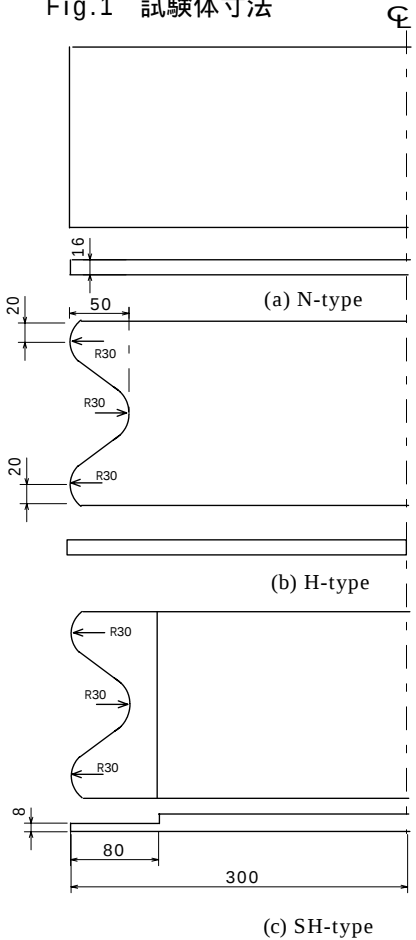


Fig.2 端部形状

キーワード アタッチメント, 応力集中, 疲労強度, 疲労寿命, 溶接

連絡先 名古屋市昭和区福江 2-9-33 nabi/白金 2F TEL : (052)882-1201 / FAX : (052)882-1303

SH 試験体では約 25%の向上となった。アタッチメント端部が基本形状（N 試験体）の疲労強度は、JSSC の強度等級 G を下回るが、窪み形状（H 試験体）、段差 + 窪み形状（SH 試験体）を設けることにより G 等級を満たし、F 等級に近くなることが分かる。また、前面すみ肉溶接脚長を不等脚とした試験体の疲労試験はすべて F 等級を上回る位置にプロットされている。SHF 試験体は段差部よりき裂が発生し破断に至った。このため、すみ肉溶接止端部における疲労寿命に関しては段差部の疲労寿命（繰返し回数）において未破断のデータとして取り扱い矢印を付して示した。

4. すみ肉溶接止端近傍の応力に着目した疲労強度評価 多様な実構造物の溶接継手に対する疲労強度評価法としてホットスポットレス法が一般的に用いられている。この方法の考え方は単純であるが対象とする構造物の溶接継手が異なると、必ずしも同一の結果とはならないということが指摘されている。山田ら¹⁾は疲労き裂がすみ肉溶接止端から発生する場合について、溶接止端のごく近傍の応力集中に着目した疲労強度評価法を提案している。この方法では、すみ肉溶接止端の応力集中 K_t は、止端の局所的な応力集中 $K_{t,local}$ と構造的な応力集中 $K_{t,global}$ の積（ $K_t = K_{t,local} \times K_{t,global}$ ）で表すことができると考える。すなわち、対象とする継手の構造的な応力集中係数（ $=K_{t,global}$ ）を基準とするリブ十字すみ肉溶接継手の応力集中係数 $K_t(K_{t,local})$ の比として表し、この値を用いて対象とする継手の公称応力を補正することにより、従来のリブ十字すみ肉溶接継手の疲労強度を用いて疲労強度評価を行っている。

本研究は、アタッチメント溶接継手の有限要素応力解析結果より

り溶接止端近傍の応力分布を把握し、この評価方法を適用してアタッチメント溶接継手の疲労強度評価を試みた。文献¹⁾では、引張力が作用するリブ十字すみ肉溶接継手の平面ひずみ要素を用いた FEM 解析を行って溶接近傍の応力分布求め、溶接止端から板厚方向に 1mm の位置の応力集中が $K_t = 1$ であることを示している。これにより、構造的な応力集中がある継手の止端近傍の K_t として、止端から板厚方向に 1mm の位置の K_t に着目して、アタッチメント溶接継手の FEM 解析から求められた応力分布のうち、止端から 1mm の応力を $K_t = K_{t,global}(K_{t,local} = 1)$ としている。FEM 解析で得られた $K_{t,global}$ の値を、疲労試験におけるアタッチメント溶接継手の公称応力に乗じて、疲労試験結果を再整理したものを Fig.4 に示す。実線は過去に行われたリブ十字すみ肉溶接継手の疲労試験結果の 50%破壊確率線で、破線は 95%信頼区間を示す。このようにすると、端部形状の違いによって差のある疲労強度がほぼ同じようなところに集まってくる。逆に言えば、リブ十字すみ肉溶接継手に対して、アタッチメントを溶接したことによる $K_{t,global}$ を考えると、アタッチメント溶接継手の疲労強度が推定できることになる。

5. まとめ 1) 疲労試験から 50 万回疲労強度で N 試験体を基準に比較すると、H 試験体で約 17%、SH 試験体で約 25%の向上となった。アタッチメント端部が基本形状（N 試験体）の疲労強度は、JSSC の強度等級 G を下回るが、窪み形状（H 試験体）、段差 + 窪み形状（SH 試験体）を設けることにより G 等級を満たし、F 等級に近くなることがわかる。また、前面すみ肉溶接脚長を不等脚とした試験体の疲労試験はすべて F 等級を上回る位置にプロットされ、SHF 試験体は E 等級以上の疲労寿命となった。2) リブ十字すみ肉溶接継手を基準として、アタッチメント溶接継手の公称応力範囲に解析で求めた $K_{t,global}$ を乗じることで、両者の疲労強度を関連づけることができた。

参考文献

- 1) 山田健太郎・肖志剛・金仁泰・立石和雄：すみ肉溶接止端近傍の応力に着目した付加物溶接継手の疲労強度解析，構造工学論文集，2002.3

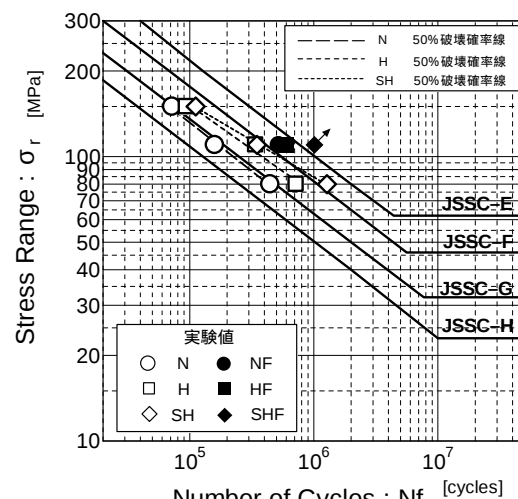


Fig.3 疲労試験結果

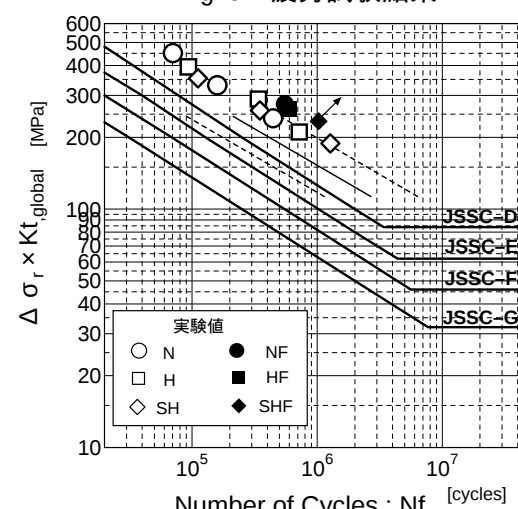


Fig.4 $K_{t,global}$ を用いて再整理した S-N 線図