

荷重伝達型十字溶接継手の疲労破壊起点の解析的検討

名古屋大学 正会員 貝沼 重信 横河ブリッジ 正会員 一宮 充
法政大学 正会員 森 猛

1.はじめに これまで、著者らは荷重伝達型十字溶接継手がル - ト破壊する場合、ル - ト部の圧縮残留応力により疲労強度が向上することを明らかにした。しかし、実鋼構造物では隣接部材などによる拘束応力を精度良く予測することが困難なため、ル - ト部の圧縮残留応力を期待することはできない。そこで、本研究ではル - ト部の残留応力を考慮しない条件下で十字溶接継手モデルのパラメトリックな疲労寿命解析を行った。この結果に基づき、板厚、溶接脚長および溶込み深さが疲労破壊起点に及ぼす影響について検討し、疲労破壊起点を定量的に評価する方法を提案した。

2.解析方法 解析モデルは、図 1 に示すように板厚 t 、溶接脚長 s およびすみ肉溶接のル - ト部への溶込み深さ p_w を様々に変化させた計 62 種類の十字溶接継手モデルである。

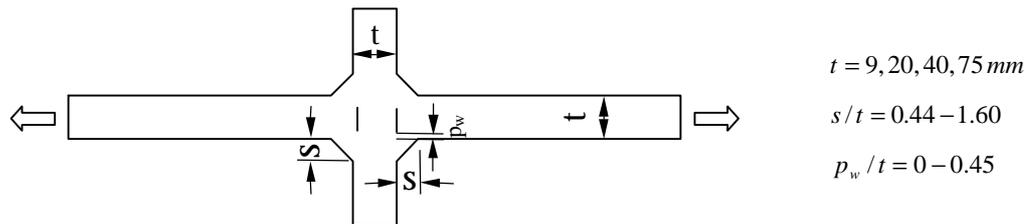


図 1 解析モデルの形状および寸法

疲労寿命解析は、溶接止端部が破壊起点となる場合と溶接ル - ト部が破壊起点となる場合について行った。止端破壊する場合については、止端部に深さ 0.1mm、表面での幅 0.2mm の半円形の初期き裂が存在するものと仮定した。また、限界き裂深さを板厚の 80%と仮定した。溶接止端の曲率半径は、標準的な大きさと考えられる 0.5mm とした。一方、ル - ト破壊については、未溶着部を初期き裂とし、限界き裂長さを(板厚/2 + 溶接脚長 \times 0.8)とした。なお、疲労き裂進展速度式には、日本鋼構造協会の疲労設計指針に示されている平均設計曲線を用いた。応力拡大係数の算出には、止端破壊については Albrecht らの式、ル - ト破壊については Frank らの式を用いた。止端破壊の解析で必要となる止端断面の応力分布は、最小要素寸法を 0.025 mm とした継手モデルの有限要素応力解析を行うことで求めた。

3.解析結果 板厚 t を 20 mm、溶込み深さ p_w を 0 mm とした継手モデルの s/t と主板断面における 2×10^6 回疲労強度の関係を図 2 に示す。 2×10^6 回疲労強度は、疲労寿命解析で得られた S-N 線図に基づき算出した。ル - ト破壊の疲労強度は、 s/t が大きくなるにしたがって高くなっている。止端破壊についても、ル - ト破壊する場合と同様の傾向となっている。これは、荷重伝達型十字継手では作用応力はすべてすみ肉溶接部を介して伝達されるため、 s/t が小さいほど溶接止端部の応力集中が大きくなるためと考えられる。ル - ト破壊と止端破壊の疲労強度は、 s/t が 1.21 よりも小さい場合にはル - ト破壊の疲労強度が低くなっており、それより大きい場合には止端破壊の疲労強度が低くなっている。したがって、 t が 20 mm、 p_w が 0 mm の場合の臨界脚長比は 1.2 程度と考えられる。

p_w/t と 2×10^6 回疲労強度の関係を図 3 に示す。ここでは、 t を 20 mm、 s/t を 0.65 として、 p_w/t を変化させた場合について示す。 p_w/t が増加するにしたがって、ル - ト破壊の疲労強度は向上している。一方、止端破壊についても p_w/t が大きくなるにしたがって、疲労強度は高くなっている。これは、溶込み深さが増加するにしたがって、すみ肉溶接部を介さずに直接主板を介して中板に応力が伝達される割合が大きくなり、この分だけ溶接止端部の応力集中が緩和されるためである。ル - ト破壊と止端破壊の疲労強度は p_w/t が 0.32 と

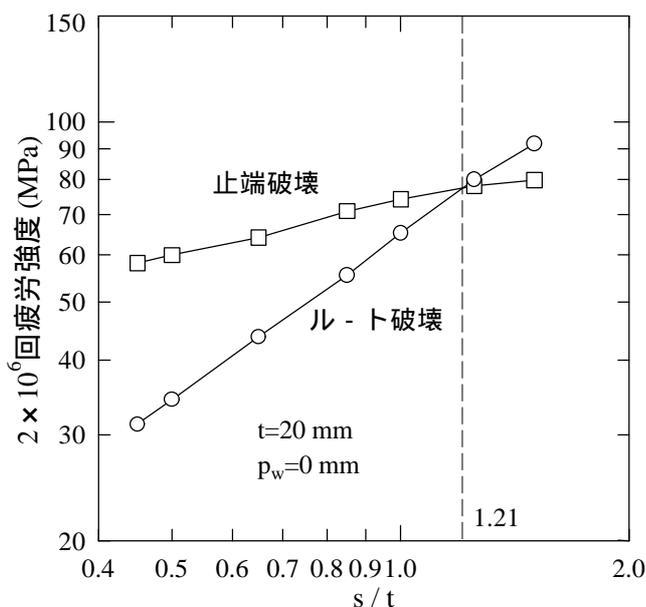


図2 溶接脚長が疲労破壊起点に及ぼす影響

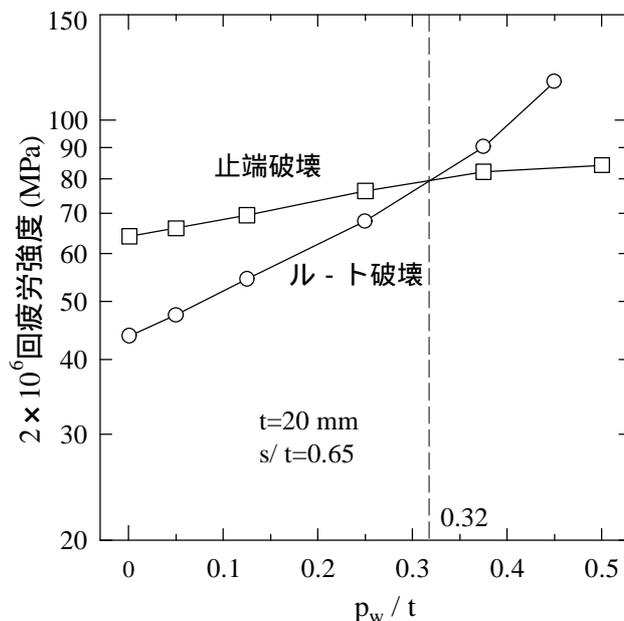


図3 溶込み深さが疲労破壊起点に及ぼす影響

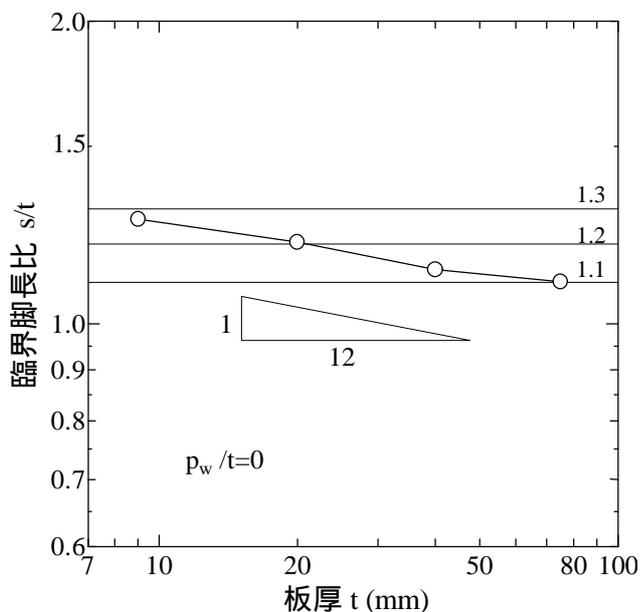


図4 板厚と臨界脚長比 s/t の関係

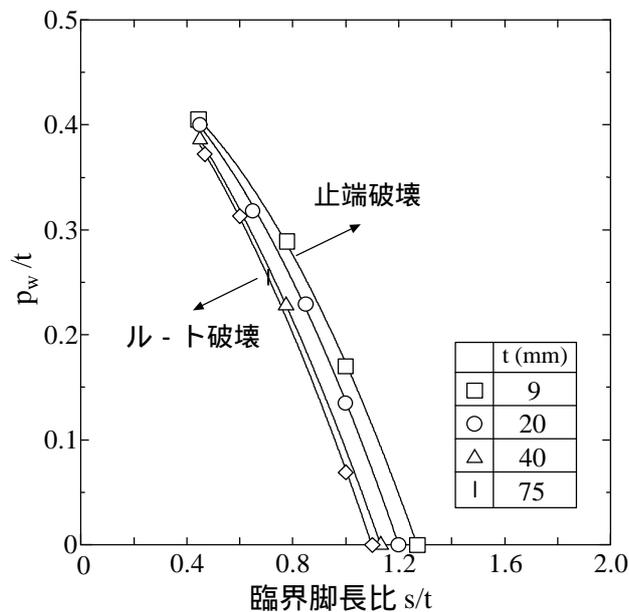


図5 p_w/t と臨界脚長比 s/t の関係

った場合に交差している。したがって、 t が 20 mm、 s/t が 0.65 の十字継手は、 p_w/t が 0.32 より大きい場合には止端破壊し、この値よりも小さい場合にはル-ト破壊するものと考えられる。

板厚 t を 9~75 mm まで変化させた場合に板厚が臨界脚長比 s/t に及ぼす影響を図 4 に示す。ここでは、溶込みが無い継手モデルについて示す。 t が 9~75 mm に増加すると、臨界脚長比 s/t は 1.3 から 1.1 に両対数上でほぼ直線的に減少している。この傾きは $1/12$ となっている。

板厚 t 、溶接脚長 s および溶込み深さ p_w を変化させた場合の臨界脚長比 s/t を図 5 に示す。図中の実線は t を 9~75 mm とした場合の疲労破壊の臨界点から算出した回帰 2 次曲線を示している。溶込みがある場合についても図 4 と同様に t が大きくなるにしたがって、臨界脚長比 s/t は小さくなっている。 p_w/t と臨界脚長比 s/t の関係から、各回帰曲線の左側の領域ではル-ト破壊、右側の領域では止端破壊すると考えられる。

4.まとめ 板厚、溶接脚長および溶込み深さが荷重伝達型十字溶接継手の疲労破壊起点の変化に及ぼす影響を定量的に明らかにし、疲労破壊起点を評価する上で有用な臨界脚長比 s/t と p_w/t の関係を図示した。