

荷重伝達型十字すみ肉溶接継手・ルート破壊の疲労照査

法政大学 正員 森 猛 東京工業大学 正員 三木 千寿
 (株)トリエコリミット 関 貴志 備長大 曾根 貢

1. はじめに 荷重伝達型十字すみ肉溶接継手がルート破壊する場合の照査応力および疲労許容応力範囲は、表1に示すように、各疲労設計基準類でまちまちであり、どのように照査するのが最もよいかについては、結論が得られていないようである。また、主板の厚さや脚長、溶込み深さにより疲労強度がどのように変化するかについても明確とはされていない。本研究では、これまでの疲労試験データを収集・整理し、また種々の条件下で疲労亀裂進展解析を行なうことにより、荷重伝達型十字すみ肉溶接継手がルート破壊する場合の照査応力、許容応力範囲および疲労強度に対する諸因子の影響について検討した。

2. 疲労試験データの整理 図1にのど断面応力で整理した疲労試験データを示す。図中の実線は、JSSC疲労設計指針(案)での強度等級Hに対する設計 $\Delta\sigma-N$ 曲線である。この設計曲線は、疲労試験データの下限に位置しており、許容応力範囲としてはJSSC疲労設計指針(案)での強度等級Hが妥当と言えよう。また、このことより照査応力としては直応力を用いるのが適切と言える。

表1 各種基準類の比較

基準類	照査応力	$\Delta\sigma-N$ 関係の傾き	2×10^6 回疲労強度
JSSC指針	せん断応力	5	80MPa
旧JSSC指針	直応力	5.6	49MPa
国鉄	せん断応力	5	80,64MPa
AASHTO	対象外		
ECCS	直応力	3	36MPa
BS5400	直応力	3	43MPa

3. 疲労亀裂進展解析 図2は、ルート部に生じる圧縮残留応力の影響を去除く目的で比較的高い応力比で疲労試験を行なった結果¹⁾を示している。また、図中の実線はこの試験体を対象として疲労亀裂進展解析を行なうことにより推定した $\Delta\sigma-N$ 関係である。この解析では、応力拡大係数を Frank²⁾の近似式より求めている。Frankの近似式により高い精度でルート部から生じる疲労亀裂の応力拡大係数を計算できることは、種々の条件で行なった有限要素解析からも確かめている。疲労亀裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK の関係としては、JSSC疲労設計指針(案)に示されている平均設計曲線を用いている。解析結果は疲労試験結果とよく一致しており、ここで用いた条件により疲労強度を高い精度で予測できると言える。

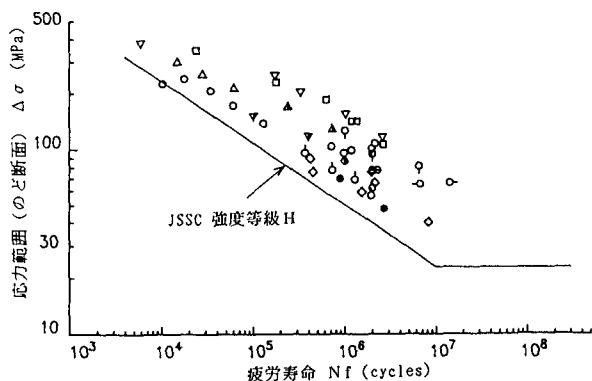


図1 疲労試験データの整理

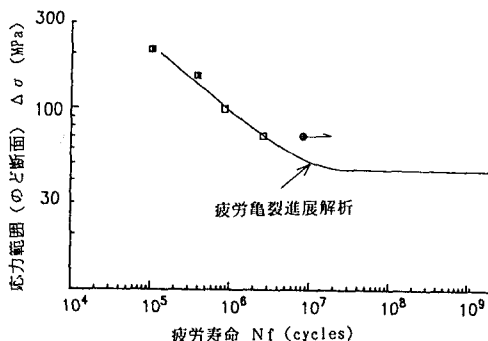


図2 疲労亀裂進展解析結果と試験データの比較

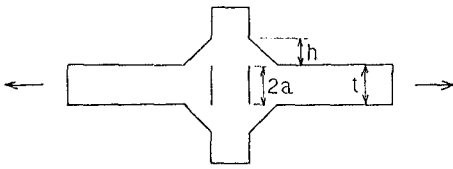


図3 解析モデル

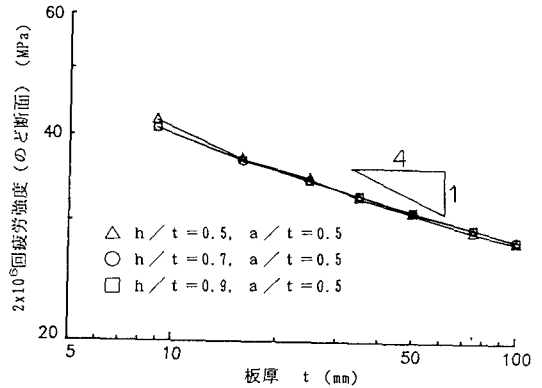


図4 板厚の影響

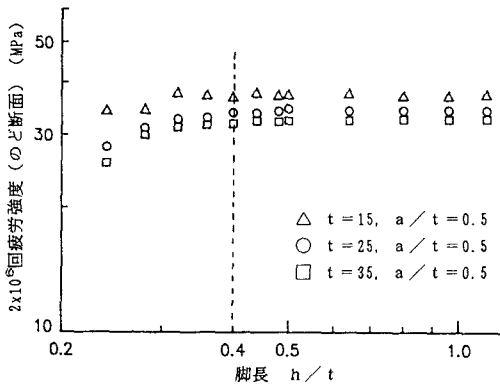


図5 脚長の影響

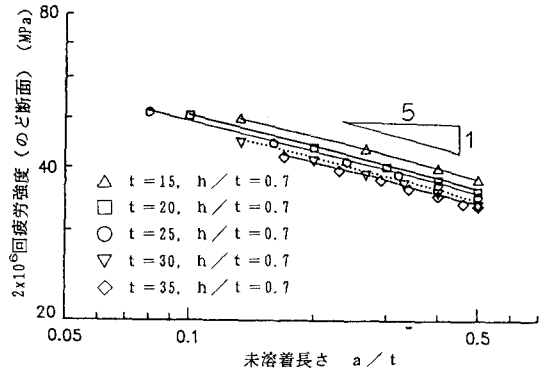


図6 溶込み深さの影響

4. 疲労強度に及ぼす諸因子の影響 図3に示すモデルを対象として疲労亀裂進展解析を行ない、疲労強度に対する主板厚、溶接脚長および溶接の溶込み深さの影響について検討した。解析においては、主板厚 t 、脚長 h 、未溶着長さ $2a$ をパラメータとした。 $da/dN-\Delta K$ 関係としては、JSSC疲労設計指針(案)の最安全設計曲線を用いた。

図4に 2×10^6 回疲労強度(のど断面応力)と主板厚の関係を示す。ここでは、 $A/T=1/2$ (溶込みなし)とした場合の結果を示しているが、 $A/T=1/3$ とした場合も同様に主板が厚くなるにしたがって疲労強度が低下している。図5に 2×10^6 回疲労強度と脚長の関係を示す。疲労強度は、 H/T が0.4以上の領域ではほぼ一定となっており、 H/T が0.4未満では変化している。図6に 2×10^6 回疲労強度と溶込み深さの関係を示す。溶込みが深くなる(A/T が小さくなる)にしたがって疲労強度は高くなっている。

5. まとめ

- (1) 荷重伝達型十字すみ肉溶接継手のルート破壊を対象とする場合には、のど断面での直応力範囲とJSSC指針(案)のH等級の設計曲線を用いて疲労照査を行なうとよい。
- (2) 主板厚による許容応力範囲の補正を行なう必要がある。
- (3) 強度等級Hの適用範囲は、(脚長/主板厚) ≥ 0.4 とするのがよい。
- (4) 開先を取り、未溶着部を短くすることにより、のど断面応力を小さくしても、疲労強度が低下することはない。