

荷重伝達型十字すみ肉溶接継手・ルート破壊の疲労強度評価方法の提案

名古屋大学 正会員 ○貝沼重信
 名古屋大学 正会員 山田健太郎
 法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに 著者らは、種々のすみ肉溶接形状(等脚でフラット, 不等脚, 凹形および凸形)を有する荷重伝達型十字継手を対象として, ルートから発生する疲労亀裂の進展解析を行なうことにより, のど厚を(溶接サイズ+溶込み深さ)/ $\sqrt{2}$ としてのど断面応力を算出すること, 許容応力範囲をJSSC疲労設計指針のH等級とすることを提案してきた。また, このような応力算定方法を用いれば, 溶接形状が不等脚, 凹形あるいは凸形となっても危険側の評価とはならないことを示した。さらに, 上記の5種類のモデル試験体を用いて疲労試験を行ない, 溶接形状が疲労強度に及ぼす影響について定量的に明かとした。

本研究では上記の5種類の荷重伝達型十字継手に対して板厚, 溶接サイズ, 溶込み深さ, 脚長比あるいは溶接止端の開き角を種々に変化させて, パラメトリックな疲労亀裂進展解析を行ない, 荷重伝達型十字継手がルート破壊する場合の疲労強度評価方法を提案した。

2. 疲労亀裂進展解析 荷重伝達型十字継手・ルート破壊の疲労強度に及ぼす板厚, 溶接サイズ, 溶込み深さ, 溶接形状(不等脚, 凹形および凸形)の影響を明らかにするため, 疲労亀裂進展解析を行なった。解析対象の形状・寸法を図1および表1に示す。疲労寿命はエネルギー法により求めた各亀裂長さに対する応力拡大係数範囲 ΔK を疲労亀裂進展速度 da/dN との関係に代入することにより亀裂の進展をシミュレートし, これを初期亀裂長さ(未溶着長さ)から限界亀裂長さ(板厚/2+0.8×中板側の脚長)まで繰返すことにより算出した。 da/dN - ΔK の関係としては, JSSC疲労設計指針の最安全設計曲線を用いた。

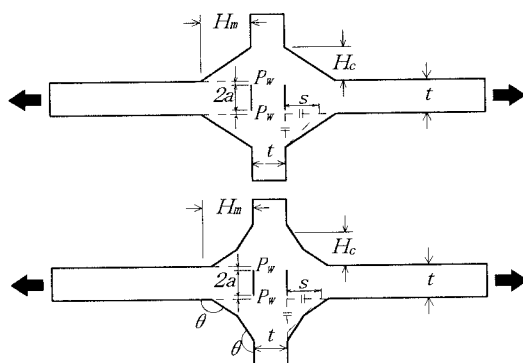


図1 解析モデルの形状

表1 解析モデルの寸法

溶接形状	板厚 t (mm)	溶接サイズ/板厚 s/t	脚長比, 止端開き角 $Hm/s, Hc/s, \theta$ (deg.)
△	5~75	0.2~1.2	—
△	5~75	0.2~1.2	1.05~2.0 [*]
△	25, 36	0.3~0.8	1.3~2.0 [*]
凹	36	21/36	145°, 155° ^{**}
凸	36	21/36	101°, 111°, 123° ^{**}

^{*} 脚長比 (Hm/s あるいは Hc/s), ^{**} 止端開き角

3. 疲労強度に及ぼす諸因子の影響 図2~5に進展解析の結果により検討した疲労強度に及ぼす諸因子の影響について示す。ここで, 図2~図3では△

継手を対象としている。(1)板厚の影響: 図2に解析結果より求めた 2×10^6 回疲労強度と板厚の関係を示す。ここでは, 溶込み深さを0, 溶接サイズを板厚の0.2~1.2まで変化させた場合の結果について示している。いずれの溶接サイズにおいても, 疲労強度は板厚のほぼ1/6乗に反比例して低下している。(2)溶接サイズの影響: 図3は溶接サイズが疲労強度に及ぼす影響について検討した結果を示している。図の横軸は溶接サイズ s を板厚 t で無次元化(s/t)している。ここでは溶込み深さを0とし, 板厚を5~75mmまで変化させている。いずれの板厚においても, s/t が0.5以上の領域で疲労強度はほぼ一定となっているが, s/t が0.5以下になると疲労強度は s/t が減少するに従って高くなっている。(3)溶込み深さの影響: 2×10^6 回疲労強度と溶込み深さとの関係を図4(a)に示す。この図では溶接サイズ s と板厚 t の比が0.6, 板厚が5~75mmの解析結果を示している。いずれの板厚においても, Pw/t が大きくなるにしたがって疲労強度が上昇している。また, 図4(b)に示すように, 溶込みによる未溶着長さの減少を板厚の減少として考え, 換算板厚 t^* を用いて疲労強度を整理すると, 図2に示した板厚と疲労強度の関係と一

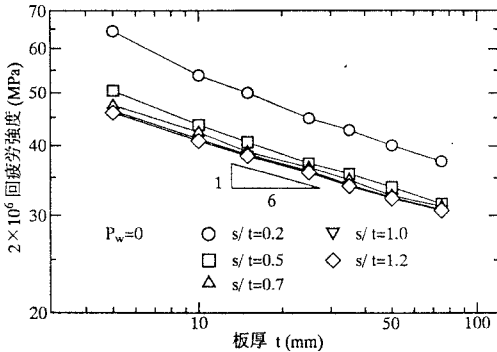


図2 疲労強度に及ぼす板厚の影響

致する。(4)脚長比の影響：主板側に脚長を大きくすることによる疲労強度の上昇の程度を明らかにするために、 Δ 形継手の 2×10^6 回疲労強度を同じ板厚・溶込み深さ・溶接サイズの Δ 形継手($H_m/s=1.0$)の 2×10^6 回疲労強度で無次元化した。無次元化疲労強度と脚長比 H_m/s との関係を図5に示す。ここでは板厚が $5 \sim 75 \text{ mm}$ で、 s/t が 0.6 の解析結果について示している。 H_m/s が増加するに従って、いずれの溶接サイズを有する継手においても疲労強度はほぼ直線的に増加している。この無次元化疲労強度と脚長比 H_m/s の関係は次式で表わすことができる。

$$\alpha = 0.563 + 0.437(H_m/s)$$

また、中板側に不等脚な継手に対して無次元化疲労強度と脚長比 H_c/s との関係は次式のように与えられる。

$$\alpha = 0.833 + 0.167(H_c/s)$$

4. 疲労強度評価方法の提案 疲労強度に及ぼす諸因子の影響について検討した結果に基づき、各因子による疲労強度の補正をのど断面積を算定するためののど厚に換算すれば次式が得られる。

$$[(\text{溶接サイズ} + \text{溶込み深さ}) / \sqrt{2}] \times \alpha \times [25 / \{\text{板厚} - 2 \times (\text{溶込み深さ})\}]^{1/6}$$

$$\alpha = 0.563 + 0.437(H_m/s) \quad (H_m/s \geq 1.0)$$

$$\alpha = 0.833 + 0.167(H_c/s) \quad (H_c/s \geq 1.0)$$

5. 結論 種々の形状・寸法の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疲労強度に及ぼす諸因子の影響について検討し、この継手の疲労強度評価方法を提案した。

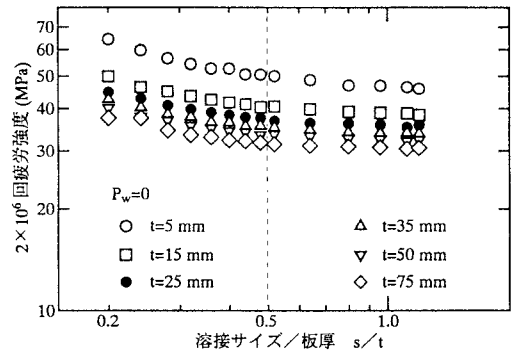


図3 疲労強度に及ぼす溶接サイズの影響

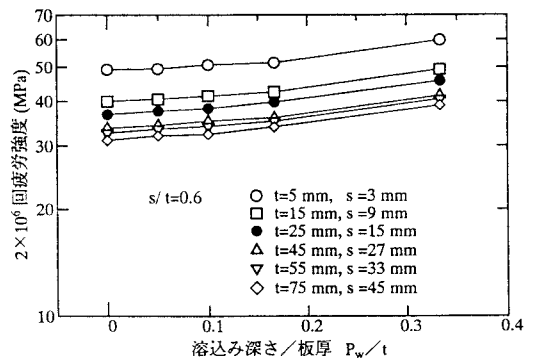


図4(a) 疲労強度に及ぼす溶込み深さの影響

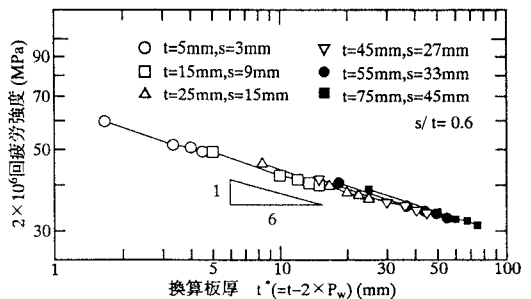


図4(b) 疲労強度と換算板厚との関係

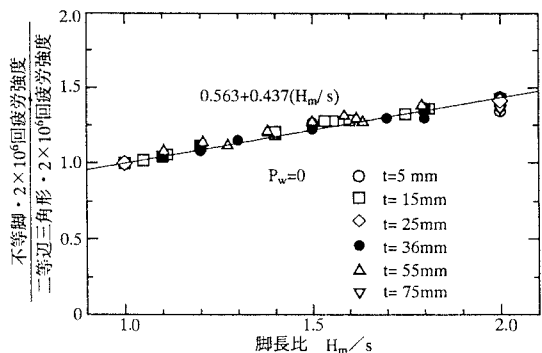


図5 無次元化疲労強度と脚長比との関係