

大阪大学工学部 学生員 ○大野 勝 大阪大学大学院 学生員 田原 潤
 大阪大学工学部 正会員 大倉一郎 高田機工株式会社 正会員 安田 修

1. まえがき

阪神・淡路大震災は土木鋼構造に大きな被害をもたらした。被災した橋梁の復旧作業の際、損傷の軽微な鋼部材は再利用された。再利用された鋼部材の中には地震荷重による繰返し塑性ひずみが導入されている可能性がある。本研究では繰返し塑性ひずみが鋼材の高サイクル疲労に与える影響を各種の疲労試験によって調べる。

2. リブ十字隅肉溶接継手の疲労試験

図 1 に示す試験片に引張の塑性ひずみを導入した後、高サイクル疲労試験を行った。試験片は荷重非伝達型のリブ十字隅肉溶接継手である。試験結果を図 2 に示す。横軸に破断寿命 N_f が採っている。8%までの塑性ひずみを導入した試験片の疲労強度は、塑性ひずみを導入しなかった疲労強度を下回っていない。

3. 溶接ビームの疲労試験

図 3 に示す溶接ビームの上下フランジに単調荷重による塑性ひずみを導入した後、高サイクル疲労試験を行った。中央の垂直リブの隅肉溶接の近傍の上フランジに圧縮 0.5%，下フランジに引張 1.5% の塑性ひずみを導入した。引張の塑性ひずみに着目する場合はその状態で疲労試験を行った。圧縮の塑性ひずみに着目する場合は塑性ひずみを導入した後、試験体を反転させ疲労試験を行った。下フランジの破断寿命による S-N 関係を図 4 に示す。引張と圧縮のどちらの塑性ひずみが導入された場合でも破断寿命に差は見られない。

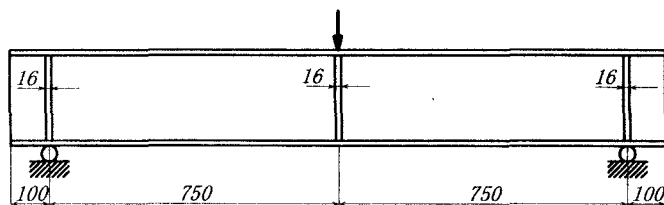


図 3 溶接ビーム

4. 丸棒試験片の疲労試験

繰返し塑性ひずみを低サイクル疲労と考え、低サイクル疲労の蓄積が高サイクル疲労に与える影響を調べた。試験片を図 5 に示す。試験片は中間が平滑な平滑試験片と、平行部中央に環状突起を持つ突起付き試験片の 2 種類を考慮した。

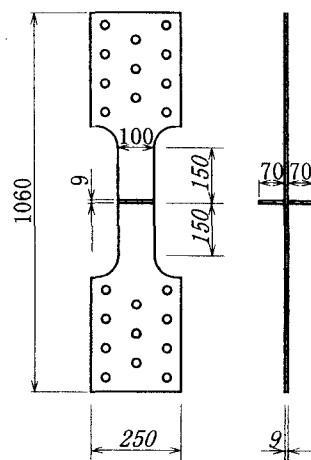


図 1 リブ十字隅肉溶接継手

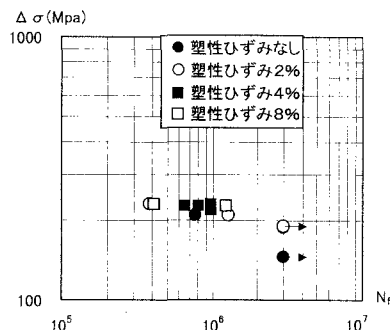


図 2 リブ十字継手の S-N 関係

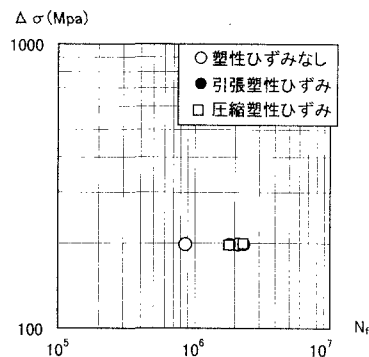


図 4 溶接ビームの S-N 関係

最初、低サイクル疲労試験を行い、試験片の低サイクル疲労亀裂発生寿命を求めた。低サイクル疲労試験は完全両振りで、試験片の平滑部のひずみを制御した。突起付き試験片では、弾性応力集中係数 K_t が 2.480 から 2.819 の範囲の応力集中が突起付け根に生じる。低サイクル疲労試験の結果を図 6 に示す。縦軸は全ひずみ範囲 $\Delta \varepsilon_t$ (真ひずみ) に弾性応力集中係数 K_t を掛けたもの、横軸は疲労亀裂発生寿命 N_{Li} である。一般構造用鋼材に対して、次の $\Delta \varepsilon_t$ と N_{Li} の関係が与えられている。¹⁾

$$\frac{\Delta \varepsilon_t}{2} = 0.415 \cdot N_{Li}^{-0.606} + 0.00412 \cdot N_{Li}^{-0.115} \quad (1)$$

(10 ≤ N_{Li} ≤ 10⁶)

平滑試験片と突起付き試験片の結果は式(1)が与える曲線の付近に分布している。

次に、繰返し塑性ひずみを導入した後、高サイクル疲労試験を行った。高サイクル疲労試験における応力範囲は 239MPa(R=0.063)である。高サイクル疲労試験の結果を図 7 に示す。縦軸は高サイクル疲労寿命 n_H (破断寿命) であり、横軸は低サイクル疲労亀裂発生寿命 N_{Li} に対する、低サイクル疲労の繰返し回数 n_L の比、すなわち n_L/N_{Li} である。平滑試験片では、 n_L/N_{Li} が 0.5 以上で高サイクル疲労寿命が大きく低下している。突起付き試験片では、 n_L/N_{Li} が 0.006 ($\Delta \varepsilon_t=3.0\%$ で $n_L=5$) で高サイクル疲労寿命が大きく低下している。

5. まとめ

リブ十字隅肉溶接継手と溶接ビームの疲労試験においては、単調载荷の塑性ひずみが高サイクル疲労寿命に影響していないことが示された。突起付き丸棒試験片の疲労試験においては、 $\Delta \varepsilon_t=3.0\%$ の塑性ひずみが 5 回繰返されて、高サイクル疲労寿命が大きく低下した。したがって、溶接などの応力集中を有する部材においては、高サイクル疲労寿命を低下させる塑性ひずみの繰返しが、単調载荷と数回の繰返し回数の間にあると言える。このような限界の繰返し回数は塑性ひずみの大きさそのものにも影響されるであろう。

参考文献

1) 金澤武・飯田國廣：溶接継手の強度，産報出版，1979

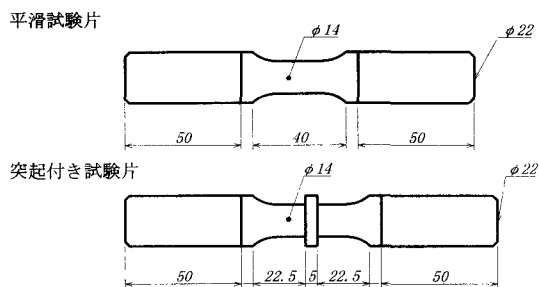


図5 丸棒試験片

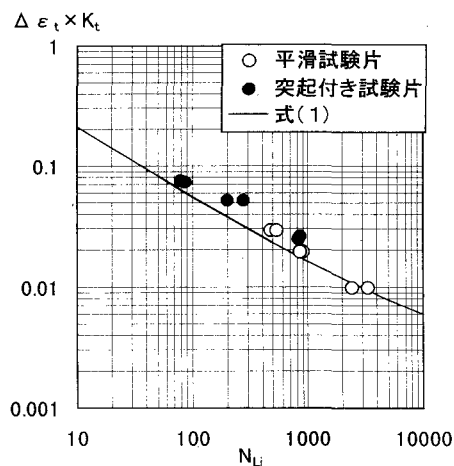


図6 低サイクル疲労試験の結果

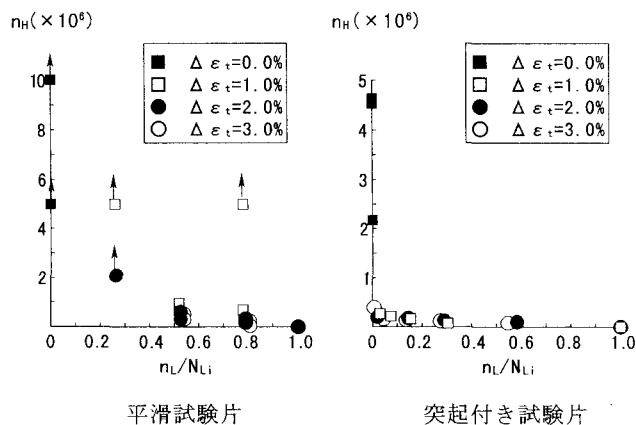


図7 高サイクル疲労試験の結果