

本州四国連絡橋公団 正会員 岡本 泰臣
 “ “ 村上 憲司
 東京工業大学 “ 三木 千寿

1. 序論

従来、疲労強度に及ぼす平均応力の影響については、1)平滑材の場合には平均応力が0より大きくなるに従って疲労強度は直線的に減少し、2)切欠材の場合には1)と同じに直線的に減少するが、応力集中が大きくて疲労強度が低いほど、応力振幅の減少の程度は平滑材の場合より小さくなる。と言われてきている。

しかし、最近の研究によると、試験体が大型あるいは残留応力の大きい継手になると、その疲労強度に平均応力はほとんど影響を及ぼさないという報告がなされた。¹⁾

本公団では、昭和50年より行っている大型疲労試験および諸研究の成果に基づき昭和57年度に疲労に関する設計基準を改訂し、その基本疲労許容応力範囲を以下の様に設定した。²⁾

1)耐久限度線図上において $R(\sigma_{min}/\sigma_{max}) \geq -1$ の場合は平均応力の影響を受けない。

2)圧縮片振の場合は、1)の30%増とする。

3)1)と2)の間は直線補間する。

本研究は、上記のことを確認する目的で、スカラップ付リブ十字試験体の大型疲労試験を行いその結果を報告するものである。

2. 試験体

試験体の形状寸法を図-1に示す。使用鋼材は主材にSM58で板厚45mm、リブ材はSS41で板厚25mmである。リブプレートの中央には35Rの半円形のスカラップを取り、その直下の主材には供試体長手方向に長さ500mmの残留応力付加用捨てビードを表裏2線づつ行っている。捨てビード溶接は巾20mm、深さ10mmのカウジング加工後、サブマージーク溶接を用いた。リブプレートの溶接は、主材端部にエンドタブを設けスカラップ内を溶接始端とし、手溶接で3層盛を行う。ルートギャップは0.5mm以下とした。溶接要領を図-2に示す。

なお、試験体数は10の体で、うち1体は残留応力測定用とした。

3. 溶接残留応力の測定

疲労試験に先づ主材長手方向の残留応力の測定を行った。測定断面は、捨てビードの残留応力測点として、リブプレート端部より200mm離れに測定線Bと、捨てビードとリブプレート溶接の残留応力が重畳していると思われるすみ肉溶接止端部(リブプレート端部より18mm)の測定線Aである。測定は、ゲージレンジ2mmのひずみゲージ

図-1 スカラップ付リブ十字試験体形状寸法

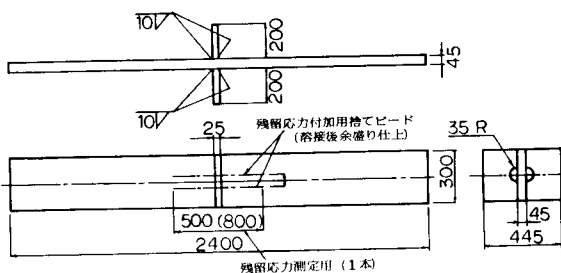


図-2 リブプレート

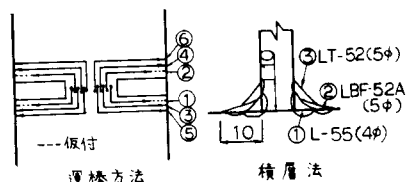
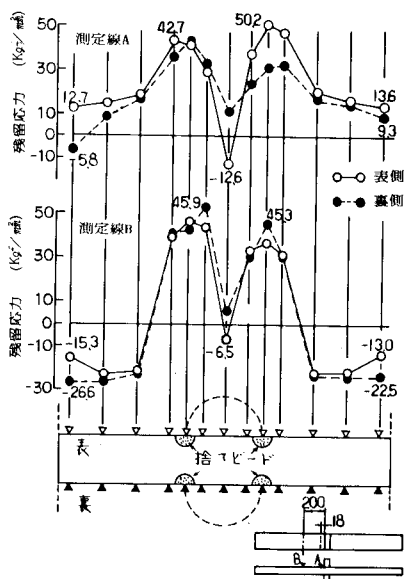


図-3 残留応力分布図



を貼付し、鋸で小片に切断し解放しすみを測る
切断法によった。

測定結果を図-3に示す。

捨てビードのみの影響を持つ測定線Bでは、表裏とも捨てビード上に約45%の引張残留応力を生じている。捨てビードを離れると残留応力は急激に低下している。一方、すみ肉溶接止端部付近にある測定線Aでは、捨てビード上で約50%の引張残留応力を生じており、供試体端部においては表側に約15%程度の引張残留応力場となっている。従って、疲労試験は試体においても同様に、これらの発生点となる事が予想されるスカラップのまわし溶接部においても約40%程度の引張残留応力が生じていたものと思われる。

4. 疲労試験結果

疲労試験は応力比 $R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ を $R = 0, -1, -2, -5$ の4ランクとし、応力範囲 $\Delta\sigma (6_{max} - 6_{min})$ を $\Delta\sigma = 20, 15, 13$ %程度の3条件で行った。また、試験中にはこれらの発生と進展状況を目的でピーチマーク操作を行っている。

疲労試験結果を表-1にS-N線図を図-4に示す。

疲れ強さは圧縮側成分が大きくなるに従い長寿命側になる傾向にある。またその傾向は応力範囲が低いほど顕著になり、 $\Delta\sigma = 20$ %時における $R = 0$ と $R = -5$ の破断寿命 N_f の差は約40万回であるのに対し、 $\Delta\sigma = 15$ %の場合は $R = -1$ と $R = -5$ の差は370万回以上である。 $R = -1$ でのS-N線は $\Delta\sigma$ が小さくなるに従い設計寿命曲線から離れ、 $\Delta\sigma = 13$ %以下では非常に平坦なカーブを描くようになっている。

一方、リブ十字溶接継手の試験結果³⁾と比較すれば、 $R = -1$ での40万回時間強さが通常のリブ十字の約27%³⁾に対し、本実験では約20%³⁾となっており、残留応力の影響によるものと思われる。また疲労き裂

の発生点は、大半がスカラップ部の溶接止端部から発生していた。1)本州四国連絡橋鋼上部構造に関する調査

5. 結論

各試験結果を基に、設計寿命曲線である $(\Delta\sigma)^m \cdot N = \text{constant}$ なる関係を用いて200万回疲れ強さを計算したものを図-5に示す。図より疲労許容応力範囲試験結果の傾向とよい一致を示している。

表-1 試験条件および結果

供試体名	σ_{max} (kgf/mm^2)	σ_{min} (kgf/mm^2)	$\Delta\sigma$ (kgf/mm^2)	応力比 R	破断回数 200万回 N _f × 10 ⁴	破断長さ mm	備考
S-1	10.0	-10.0	20.0	-1	37.0	11.4	R = $\frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$ 注1) ($\Delta\sigma$) ^m · N · const m = 3
-2	6.6	-13.4	20.0	-2	49.5	12.6	
-3	3.3	-16.7	20.0	-5	70.0	14.1	
-4	20.0	0.0	20.0	0	32.1	10.9	
-5	6.5	-6.5	13.0	-1	348.0	15.6	
-6	7.5	-7.5	15.0	-1	102.8	12.0	
-7	5.0	-10.0	15.0	-2	179.2	14.5	
-8	15.1	0.1	15.0	0	141.4	13.4	
-9	2.5	-12.5	15.0	-5	470.0 破断せず	—	

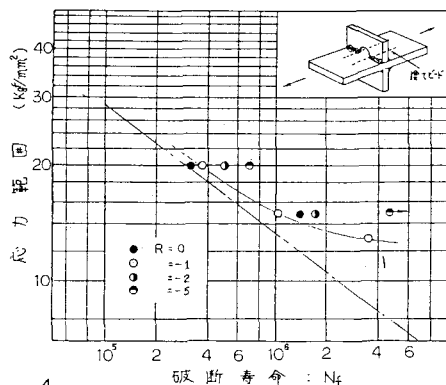


図-4 S-N線図

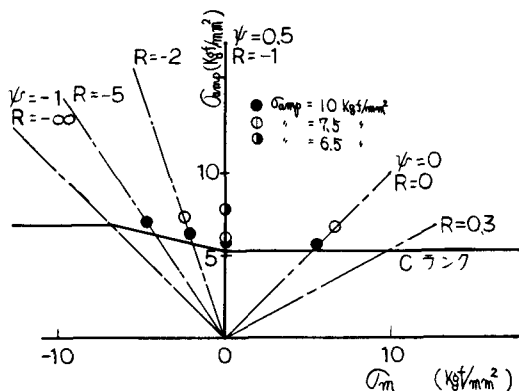


図-5 200万回時間強度線図

研究報告書 別冊2 昭和48年度

2) 同上 昭和57年度

3) 同上 昭和54年度