

東京大学工学部 正員 三木千寿

東京工業大学 正員 西村俊夫

建設省関東地建 鶴巻正行

1. はじめに 疲れ破壊は疲れきれつが発生するまでと、それが進展して部材が破断するまでに分けられる現象である。疲れきれつの発生は部材中の応力条件の悪い位置で生じる局部的な現象であり、それまでの寿命 (N_c) は部材中の局部的な応力集中や溶接欠陥などの影響を大きく受ける。それに対して疲れきれつが進展し、部材が破断するまでの寿命 (N_p) は部材寸法や全体的な応力分布により変わる。したがって構造物の疲れ安全性の評価は、 N_c と N_p を区別して行なうべきと考えられ、各種継ぎ目の疲れきれつ発生・進展性状を明らかにすることが重要となる。本研究では箱型断面トラス部材の角溶接に用いられるレ形開先部分溶け込み溶接部について、疲れきれつの発生および進展性状を実験的に検討した。

2. 試験方法 本研究での供試鋼材は 80 kg/mm² 級調質型高張力鋼 (Welten 80C, $\sigma_y = 84$ kg/mm², $\sigma_n = 87$ kg/mm²) である。溶接施工は手溶接による (溶接棒 LB-116)。試験体の形状、寸法は図-1に示す通りであり、平行部幅が 200 mm の大型試験体とルート部を含め溶着部から切出した試験部が直径 8 mm の小型試験片である。

大型試験体の疲れ試験は最小応力が約 1 kg/mm² の片振りおよび完全両振り応力で行なった。小型試験片はすべて最小応力が約 1 kg/mm² の片振り疲れ試験である。疲れ試験は一定応力範囲試験の他に、

破面にビーチマークを残す目的で、ある繰返し数毎に最小応力を上昇させて応力範囲を $\frac{1}{2}$ とする二段多重応力範囲試験 (ビーチマーク試験) を実施した。試験後に荷重履歴とビーチマークの数を比較すれば、疲れきれつが発生した繰返し数が求まり、ビーチマークの形状から疲れきれつ進展にともなうきれつ形状の変化が、またビーチマークの間隔から疲れきれつ進展速度が明らかとなる。

3. 試験結果 一定応力範囲疲れ試験の結果を図-2に示す。図中の直線は

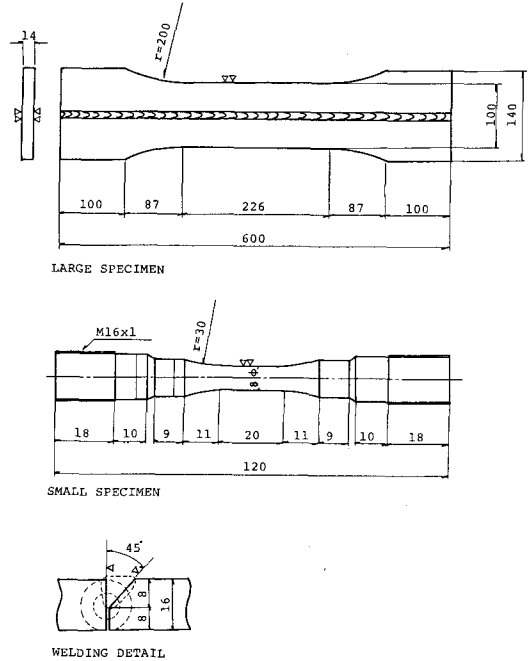


図-1. 試験体の形状、寸法

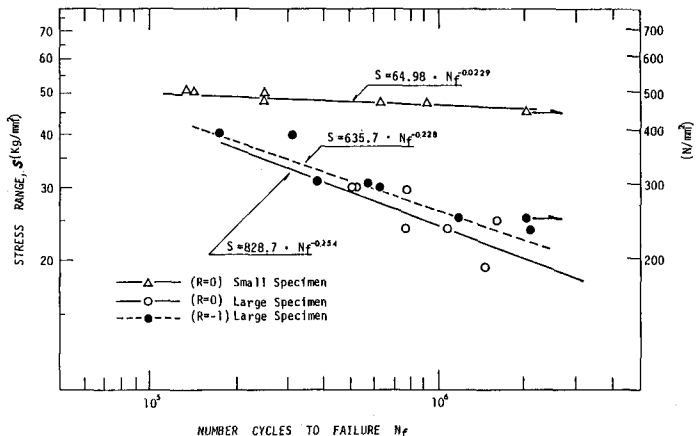


図-2. 一定応力範囲疲れ試験の結果

最小二乗法により求めた。大型試験体の片振り応力下での疲れ強さは従来からの実験値¹⁾と同程度である。また両振りと片振りでの疲れ強さにはほとんど差はない。これは疲れきれつが発生する溶接部に高い引張残留応力(40~50 kg/mm²)が存在することによる。小型試験片と大型試験体の疲れ強さには前報¹⁾と同様に大きな差があり、溶接残留応力の存在による疲れ強さの低下は非常に大きいことが明らかである。

図-3にビーチマークをつけた破面、ビーチマークの観察結果およびその荷重履歴の一例を示す。この溶接部では溶接ルート部で溶着金属底面がブリッジ状となり、トンネル状の不溶着部が溶接全長にわたって残される。疲れきれつはこのような溶接金属底面の形状変化が大きい位置から発生する。図-3の試験体では、9回目の応力範囲半減中に破断している。破面に残されたビーチマークは8本であり、これと荷重履歴との対比より1のビーチマークは第1回目の応力範囲半減時に形成されており、この試験応力繰返し数(m_t)(応力範囲半減期間を除いた繰返し数)で 4×10^4 以前に疲れきれつが発生し、進展し始めていたことが明らかである。またこの破面は2ヶ所から発生した疲れきれつから形成されており、2つのきれつは $8 \times 10^4 < m_t < 12 \times 10^4$ に合体して1つのきれつとなっている。大型試験体5体、小型試験片2体について同様のビーチマーク試験を行なったが、大型試験体4体、小型試験体1体で疲れきれつは溶着金属の底面から寿命の極めて早期に発生し、進展し始めていた。したがってこの溶接部では疲れきれつが発生するまでの寿命はほとんど期待できない。

図-4は荷重繰返しの極く初期に疲れきれつが発生した試験体について、各試験体のビーチマークの寸法($2 \times a$)とそれが形成された m_t を、横軸を $2a/T$ (T :試験体板厚)、縦軸を m_t/N_f としてプロットしたものである。同図より疲れきれつが試験体表面に現われる($2a/T = 1$ となる)のは破断寿命の9割あるいはそれ以降であり、したがって試験体表面で疲れきれつの発生を観察した場合、疲れきれつが出現してから破断するまでの寿命は非常に短いことになる。また破断寿命の約5割の寿命が直径3mm程度までの疲れきれつ進展に費やされていることが明らかである。

最後に本研究は本州四国連絡橋公団の委託により行なったものであることと付記し、関係諸氏に感謝の意を表す。

1) 西村、田島、奥川、三木、土木学会論文報告集 No. 291, 1979-11, pp. 27~40

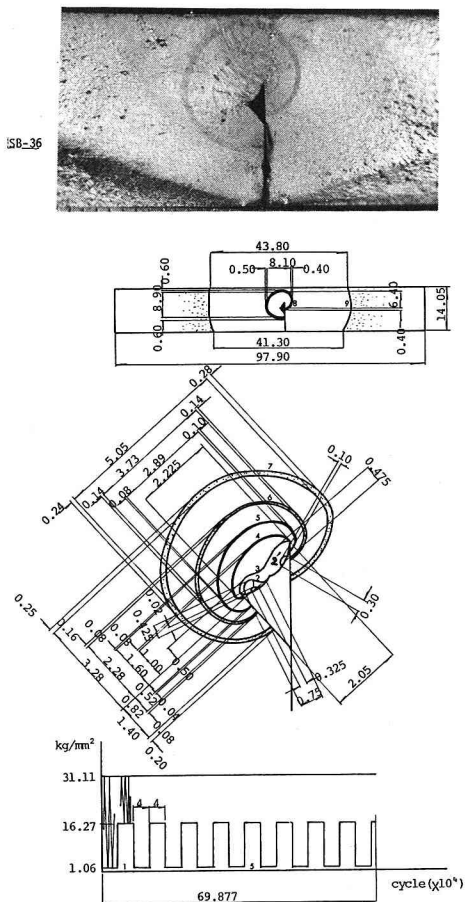


図-3. ビーチマーク試験の結果

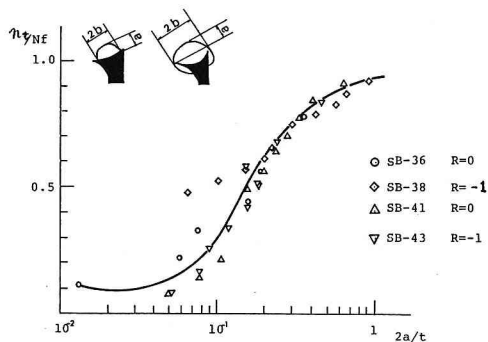


図-4. 疲れきれつの進展