

群馬大学 正員 坂野昌弘

群馬大学 正員 西村俊夫

本州四国連絡橋公団

竹名興英

1. はじめに 箱型断面トラス部材の角継手部に一般的に採用されている部分溶け込み縦ビード溶接では、開先ルート部にブローホールが発生しやすい。これらのブローホールは疲れき裂の発生源となり、また、この部分に存在する溶接引張残留応力が疲れ寿命に大きく影響することが予想される。本研究は、ブローホールを有する縦ビード溶接試験体について疲れ試験を行い、き裂の進展寿命の観点から、ブローホールの大小と疲れ寿命の関係性を明らかにするとともに、予荷重を加えた試験体および溶接部から切り出した小型試験片の疲れ寿命と比較し残留応力の影響を検討したものである。

2. 試験方法 供試鋼材はHT80であり、その機械的性質を表-1に、試験体の形状寸法を図-1に示す。試験板の接合はサブマーグドアーク溶接2層により行った。(溶接材料:ワイヤーUS80B(φ4.8mm), フラックスMF38)開先部はし型開先とし、ルート間隔を0.5mm, 0mm, および0.3mmから0mmに途中で変化させたものの3系列, 裏当金の取付け方法を連続および前後隔肉溶接の2種類とすることでルート部ブローホールの発生を調節した。疲れ試験は最小応力を $1 \sim 2 \text{ kgf/cm}^2$ とした引張り片振り応力で行い、大部分の試験体では疲れ破面にビーチマークを残すため2段多重応力を作用させた。さらに、疲れ試験に先立ち溶接部の耐力に相当する 60 kgf/cm^2 の過大応力を加えた試験体についても同様な疲れ試験を行い、疲れ寿命におよぼす予荷重効果について検討した。

表-1 機械的性質

板厚 (mm)	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)
16	84	87	33
19	80	85	28

3. 試験結果および考察

(1) 疲れ試験結果 各試験体の応力範囲と破断寿命の関係を図-2に示す。疲れき裂は、ビード底部に欠陥の認められない試験体では開先ルート面の僅の不整部(母材の切削きず)から発生し、写真-1の様にビード底部にブローホールや溶け込み不足が生じているものはその部分から発生している。図-2から明らかのように、ブローホール試験体の疲れ寿命はブローホールの内接円直径が大きいほど短くなっており、またその疲れ強さは予載荷試験体や小型試験片と比べて著しく低下している。

(2) 疲れき裂の進展速度 ビーチマークより求めたき裂の進展速度 da/dN と(1)式で表わされる応力拡大係数範囲 $4K$ との関係を図-3に示す。(S_r : 応力範囲, $2a$: 円板き裂の直径, B : 板幅)

$$4K = 2/\pi \cdot S_r \cdot \sqrt{\pi a} \sqrt{\sec(\pi a/B)} \dots (1)$$

図中の直線①は最小自乗法による回帰直線であり、②および③は太田ら¹⁾がHT80について求めた応力比 $R=0$ および 0.6 の曲線である。 da/dN が小さい領域では、③の曲線が実験値をよく表わしている。

(3) ブローホールの大きさと疲れ寿命 ブローホールの内接円直径と疲れ寿命との関係を図-4に示す。図中の曲線は図-3の直線①の式に曲線③の

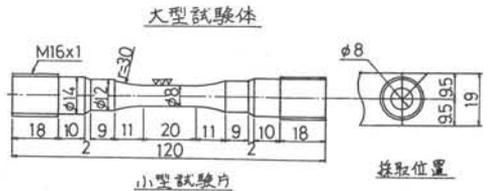
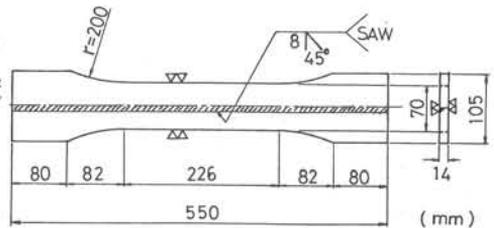


図-1 試験体の形状・寸法

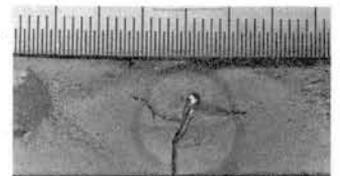


写真-1 疲れ破断面

4Kth を加えた (2) 式を用いて

$$da/dN = 4.92 \times 10^{-10} (4K^{2.63} - 13.8^{2.63}) \dots (2)$$

初期き裂の寸法 $2a_0$ をブローホールの内接円直径とし最終き裂の寸法 $2a_f = 14 \text{ mm}$ (板厚) まで積分して求めたき裂の進展寿命である。これらの曲線は実験値とよく一致しており、ブローホール的大小が疲れ寿命に及ぼす影響は初期き裂の寸法の違いによるものであることが明らかである。

(4) 残留応力の影響 疲れ試験後に測定した予載荷試験体表面の残留応力分布を図-5に示す。溶接部では残留応力はほとんど解放されてあり、図-2に示した予載荷を行わない試験体との疲れ寿命の差は残留応力の影響によるものと考えられる。図-2の実線は(2)式を $2a_0 = 0.3, 0.5, 1, 2 \text{ mm}$ から $2a_f = 14 \text{ mm}$ まで、破線は図-3の①の式に②の4Kthを加えた(3)式を

$$da/dN = 4.92 \times 10^{-10} (4K^{2.63} - 26.4^{2.63}) \dots (3)$$

$2a_0 = 0.5, 1, 2 \text{ mm}$ から $2a_f = 14 \text{ mm}$ まで、また一点鎖線は(3)式を $2a_0 = 0.3, 0.5, 1 \text{ mm}$ から $2a_f = 4 \text{ mm}$ まで積分しき裂の進展寿命を求めたもので、それぞれ、予載荷を行わない大型試験体、予載荷大型試験体、および小型試験体の疲れ寿命に対する推定値である。それぞれの曲線群と実験値はほぼ一致しており、残留応力による疲れ強さの低下は応力比の上昇にともなう4Kthの低下から推定することが可能である。

1) 太田：日本機械学会論文集 43巻 373号 pp.3179~3191.

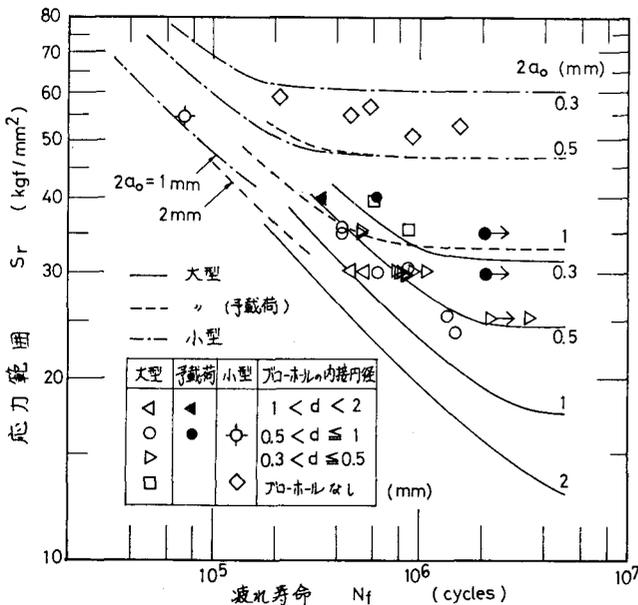


図-2 ブローホール試験体の疲れ寿命

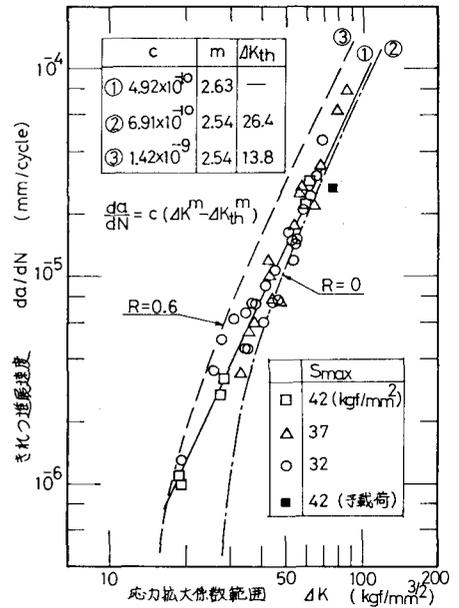


図-3 $da/dN \sim \Delta K$ 関係

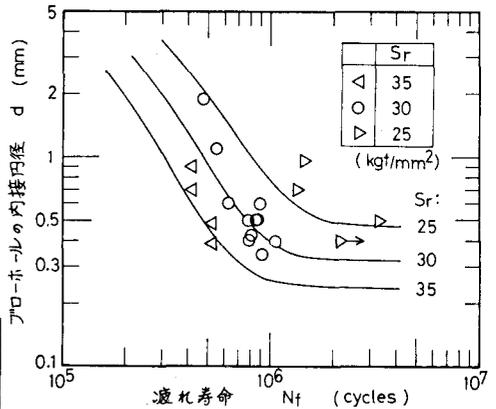


図-4 ブローホールの大きさと疲れ寿命

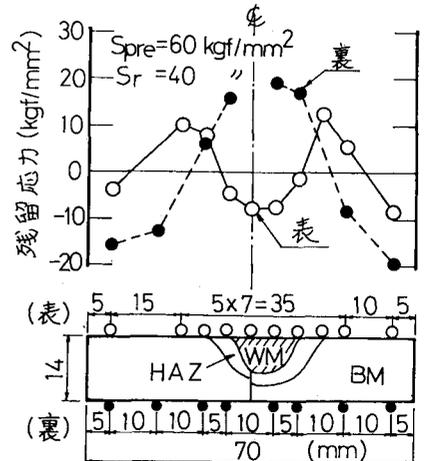


図-5 予載荷試験体の残留応力分布