

川崎製鉄(株) 正 中村 聖三 IHI(株) 正 佐賀 弘一
九州大学 正 大塚 久哲 九州大学 正 彦坂 熙

1. はじめに

縦ビード溶接継手と称される応力と平行な連続溶接継手では、溶接部の応力集中係数が低いことから他の溶接継手に比較して疲労強度が高く、母材と同等の疲労許容応力(A等級)¹⁾が用いられている。しかし、本四連絡橋・補剛トラス角溶接部の実大疲労試験結果を始めとする最近の実験研究により、縦ビード溶接継手の疲労亀裂はブローホールを代表とする内部欠陥から発生することが多く、特に隅肉溶接継手では疲労寿命がA等級を満足しないことが指摘されている²⁾。従って、種々の形状のブローホールについて、破壊力学の観点から疲労亀裂の破断寿命を求めることが必要と思われるが、このような丸みのある欠陥の場合で、切り欠き感受性の低い軟鋼材では、亀裂伝播寿命に加えて亀裂発生寿命が期待でき、これの的確な予想も重要である。そこで、ウェブとフランジの突き合せ部より伸びた特殊なブローホール周辺の3次元有限要素法解析を行い、亀裂発生寿命推定のための応力集中係数を求めたので報告する。

2. 解析結果

ブローホールおよび周辺の形状を図1のように仮定し、図2に示す要素分割で解析を行った。

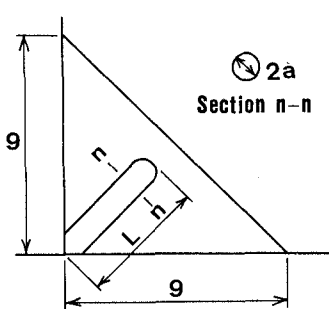


図1 ブローホールのモデル化(単位mm)

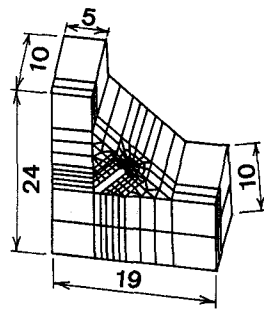


図2 要素分割(単位mm)

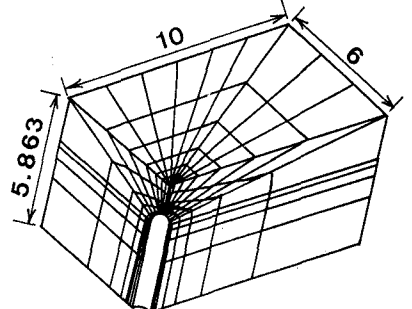


図3 要素再分割(単位mm)

$2a=1\text{mm}$, $L=5.5\text{mm}$ の場合の結果を表1に示す。この結果から、突き合せ部の応力集中係数は小さく、また応力分布から応力集中の影響範囲も小さいことが解ったので、解析モデルを図3に示すようにブローホール周辺に絞り込み以下の解析を行った。

ブローホール先端部では先端が自由表面に近づくほ

ど応力集中係数が大きくなることが予想されるので、先端から表面までの距離を種々変化させて応力集中係数 α の変化を調べた。ブローホール先端の円弧(90°)は8分割した。節点の位置は図-5の θ を用いて表せば $\theta=0^\circ, 8.13^\circ, 18.43^\circ, 30.96^\circ, 45^\circ, 59.04^\circ, 71.57^\circ, 81.87^\circ, 90^\circ$ である。3つの異なる e/a 値に対する応力集中係数 α の変化を図4に示す。これから、円筒部の応力集中はほぼ一定で半球部の始まる部分で一度低下したあと徐々に増加し、先端部付近で極大値を取って以後減少することがわかる。また、予測通りブローホール先端が自由表面に近づくほど α が大きくなることがわかる。半球部の α の変化を拡大して示せば図5のようであり、ブローホール先端部での α の最大値は先端ではなく $\theta=8.13\sim 18.43^\circ$ で生じていることがわかる。また、 $\theta=45^\circ$ 以上では、 e/a を減少させても α はほとんど変化しない。

表1 各部位の応力集中係数

	先端部	円筒部	突き合せ部
応力集中係数	1.5	1.4	0.9

次に、種々の e/a に対する応力集中係数 α の変化を先端から3つの節点と円筒部について示せば図6を得る。 e/a が1.8以下になると、 $\theta=18.43^\circ$ 付近での α が円筒部の α を越える。さらに、 e/a が1.35以下になると $\theta=8.13^\circ$ 付近の α が最大となる。そして α の値も3.8を上回る値を示している。

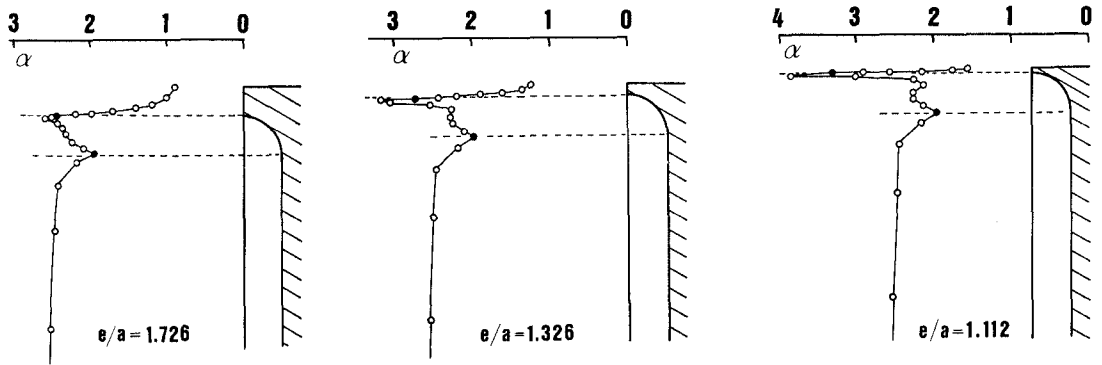


図4 応力集中係数の分布

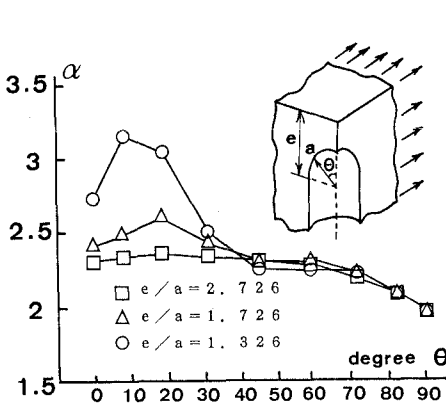


図5 θ による応力集中係数 α の変化

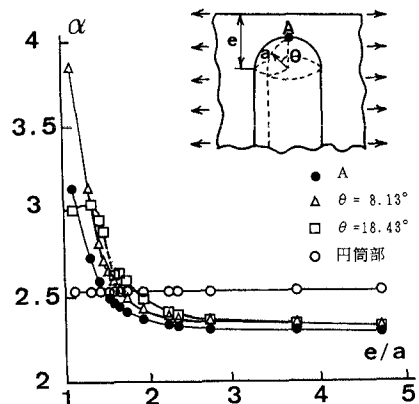


図6 種々の e/a に対する応力集中係数の変化

3. おわりに

以上の結果より、 e/a が1.8 以下の場合ブローホール先端部付近から疲労亀裂が発生する可能性が大きいといえる。尚、この場合先端部は塑性域となっていると考えられ厳密には弾塑性解析を行うことが望ましいが、弾塑性状態における応力集中係数・ひずみ集中係数は弾性解析値があれば、ノイバー則³⁾等により推定できよう。また、亀裂発生回数は、これらの応力集中係数の値を用いて飯田らの方法⁴⁾等により推定することができると考えている。

参考文献

- 1) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説、1983
- 2) 例えば、竹名他：ボックス断面角継手の溶接欠陥が疲労強度に及ぼす影響、構造工学論文集、Vol. 35A
- 3) Neuber, H.: Theory of Stress Concentration for Shear-Strained Prismatical Bodies with Arbitrary Nonlinear Stress-Strain Law, Transaction of the ASME, Dec. 1961, pp.544-550.
- 4) 飯田他：軟鋼および高張力鋼の切欠疲労強度に関する一考察：造船学会論文集、141号、pp.257-267