

隅肉溶接内ブローホール周辺の3次元FEM解析

九州大学 学生員 佐賀弘一
 九州大学 正 員 大塚久哲
 九州大学 正 員 彦坂 熙
 川崎製鉄㈱ 正 員 中村聖三

1 はじめに

従来、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強度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ブローホールを起点とする疲労亀裂の破断寿命が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。一方、ブローホール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ると考えられ、これの的確な予想も重要である。そこで本報告では、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。

2 解析結果

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

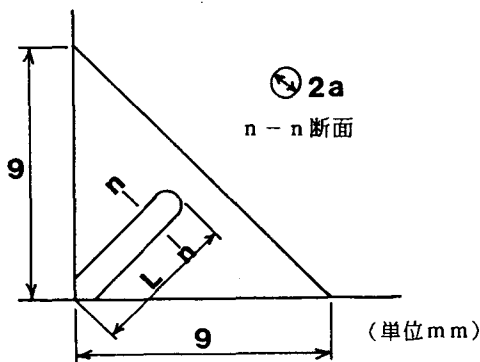


図-1 ブローホール周辺の形状

2a=1mm, L=5.5mm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解析を行った。

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

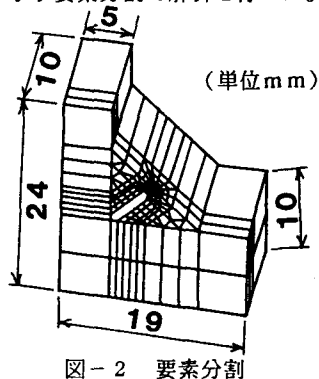


図-2 要素分割

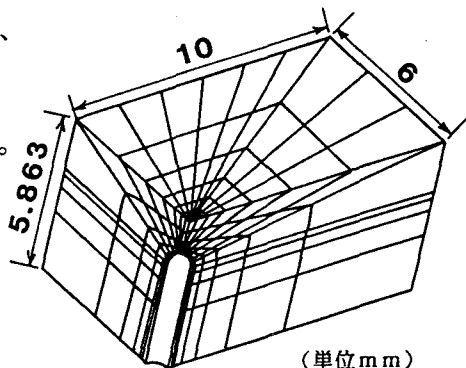


図-3 要素再分割

前例同様 $2a=1\text{mm}$, $L=5.5\text{mm}$ の場合の結果を図-4 に示す。応力集中係数の最大値は円筒部分で生じ 2.53 程度であるが、ブローホール先端部では先端が自由表面に近づく程応力集中係数が大きくなるのが予想されるので、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 θ 方向の変化を図-5 に示す。これからブローホール先端部での α の最大値は先端ではなく $\theta=8.13^\circ \sim 18.43^\circ$ 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。

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。 $\theta=18.43^\circ$ の図が $e/a=1.5$ 近傍で切れているのは、この点で計算応力が圧縮に転じたためである。

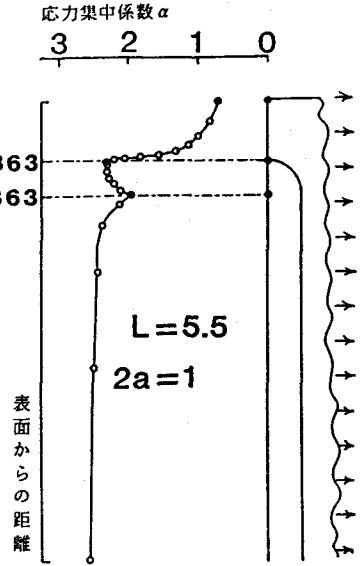


図-4 応力集中係数分布

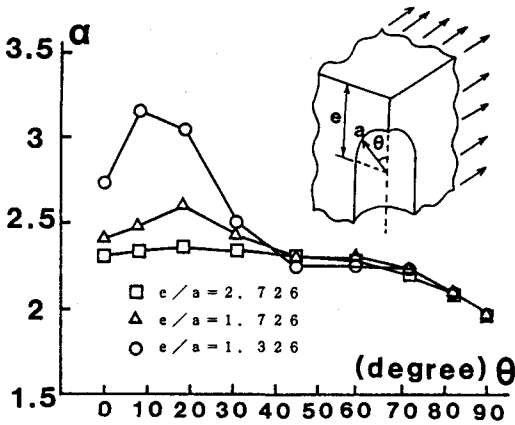


図-5 θ による応力集中係数 α の変化

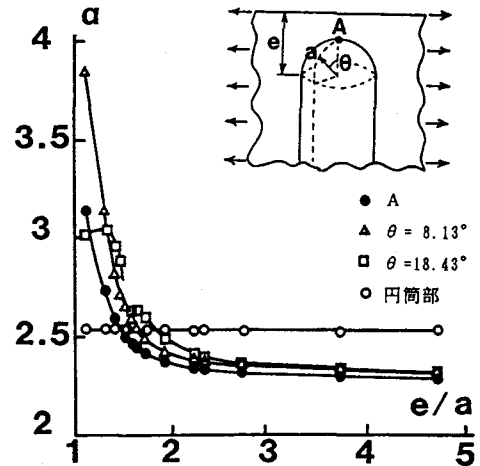


図-6 種々の e/a に対する応力集中係数の変化

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 $\theta=8.13^\circ \sim 18.43^\circ$ の位置から亀裂が発生する可能性が大きい。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・ひずみ集中係数はノイバー則⁽³⁾等により推定できる。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。

参考文献

- 1) 国鉄：建造物設計標準解説
- 2) 例えば、竹名、伊藤、平野、三木：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. : ASME, Ser. E, 28-4 (1961), 544.
- 4) 飯田、高：軟鋼および高強度鋼の切欠疲労強度に関する一考察：日本造船学会論文集、第141号