

山田健太郎

酒井吉永 共著

菊池洋一

## “ガセットを溶接した引張部材の疲れ強さとストップホールの効果”への討議

(土木学会論文報告集, 第341号・1984年1月掲載)

▶討議者 (Discussion)

三木千寿 (東京工業大学)

By Chitoshi MIKI

ストップホールを閉めることは疲労亀裂の進展を停止させる目的でしばしば使用される方法であり、興味深く読ませていただきました。しかし、ストップホールの効果の検討に用いている Fig. 13 に関していくつかの疑問をもちましたので、以下に討議をまとめました。

(1) ストップホールを楕円切欠きとみなし、式(1)により求めた局部応力を用いて疲労試験結果を整理し、ストップホールの効果を検討するための基準線を設定しています。しかし式(1)は無限板中の楕円孔に対するものであり、この式をそのまま用いると板幅の影響等を無視することになります。したがってこのような整理から一般的に用いるような基準線を設定することに疑問があります。

(2) Fig. 13 中にプロットされている各型式試験体の疲労強度の間に有意な差が認められます。ガセットの形状によって決まる応力集中係数  $\alpha_2$  をすべてについて1としていますが、この仮定に問題があると考えます。

(3) Fig. 13 の実験値は、応力からも寿命領域からも弾塑性疲労(低サイクル疲労)として取り扱われる領域を含んでいます。低サイクル疲労を含んで応力範囲と寿命の関係を両対数軸で1本の直線に回帰することは適切でないと考えます<sup>16)</sup>。このような領域に対しては弾塑性性を考えたひずみ範囲を基準とする方がよいと思います。また局部応力を基準とするのなら、疲労強度減少係

数を全寿命領域にわたって1とすることに疑問があります。著者らの考え方に近いものに、パイプ継手の疲労設計に用いられる AWS の X 曲線のベースとなった Marshall の研究<sup>17)</sup>がありますが、対象としている継手の形状・寸法は多岐にわたっており、またホットスポットの考え方も若干異なっています。

(4) Fig. 13 の基準線を 250 MPa で平行としていますがこの根拠をお示し下さい。この程度の鋭さの切欠き材の疲労限あるいは亀裂発生限界はもっと長寿命のところで出現すると考えられます。

(5) ストップホールの効果を疲労強度に対する切欠き効果としてとらえ、局部応力に着目して検討するのであれば、データの蓄積が多くまた実験精度も高い素材のひずみ制御疲労試験結果を基準とし、ストップホール底の局部ひずみあるいは局部応力の推定式を組合せて用いる方が、より確度の高い結果が得られると考えられます。

### 参考文献

- 16) Miki, C., Nishimura, T., Tanabe, H. and Nishikawa, K.: Study on Estimation of Fatigue Strengths of Notched Steel Members, Proc. of JSCE, No. 316, pp. 153~166, 1981-12.
- 17) Marshall, P. W.: Basic Considerations for Tubular Joint Design in Offshore Construction, WRC Bulletin 193, 1973. (1984. 5. 17・受付)

▶回答者 (Closure)

山田健太郎・酒井吉永・菊池洋一 (名古屋大学)

By Kentaro YAMADA, Yoshinaga SAKAI and Yoichi KIKUCHI

著者らの論文に関し、貴重なご討議を賜り感謝致します。ご指摘の項目は、すべてストップホールに関するもので、著者らの意図を先に示します。

本研究で取り扱ったストップホールは、ガセットを溶接した引張部材の疲れ寿命の延長と、複数のガセット端から疲れ亀裂を発生させる目的で用いられたいわば、副

次的に得られたデータをまとめたものであり、討議者の疑問の柱をなす、コントロールされた切欠き試験体による実験<sup>16)</sup>とは異なる。しかしながら、疲れ亀裂の進展を止め、試験体の寿命を延ばすというストップホール本来の目的に沿った試験を行っており、より実際的と思われる。これは、実構造物に発生した疲れ亀裂に対するス

トップホールが、よくない作業環境下であげられることを、実験室的に再現 (Photo 2 参照) した点にも現われている。また、応急処置としてのストップホールの計算法は、現場的であるがゆえに簡便さを必要としており、学問的興味と区別されるべきであろう。

Fig. 13 は、実験結果をまとめたものである。本文中に示すような実験と計算から求めたもので、その利用にあたっては、種々の制約条件があるのは当然であろう。著者らは、本文中および以下に示すような考えでデータの整理を行い、ストップホールの効果の検討方法の簡便さと、安全性、および推定精度のバランスを保つようにした。このような見地から、討議の各項目に、説明と補足を致します。

(1) ご指摘のように、式 (1) は近似式です。通常、ストップホールをあけて応急処置を行う場合は、亀裂がそれほど大きくなく、多少の誤差を認めれば、式 (1) は実用上十分だと考えます。また、式 (1) を用いて整理した Fig. 13 を用いれば、一貫性のある計算が行えます。

本文中に示したように、ストップホールをあけた断面の板幅や、片側切欠きによる偏心などの影響を無視している。これらは、切欠き底の応力を増加させるので、これを無視して整理した Fig. 13 は、強度を低めに評価しているの、安全側の値になっている。

(2) Fig. 13 では、ガセットの形状による応力集中の大きい T2 と G2 が比較的短い疲れ寿命を示しているが、著者らは、有意な差がないとして安全側の基準線を設定した。項目 (3) とも関連するが、切欠き底での正確な応力やひずみがかかる場合には、 $\alpha_2$  やその他の影響を考慮して Fig. 13 を再プロットしたものをを用いるのがよい。応急処置としてのストップホールには、Fig. 13 の形で整理した方が使いやすい。また、 $\alpha_2 = 1$  とした理由は、本文中に示した。

著者らが最近実施した、中央に切欠きをもつ試験体の実験結果を、Fig. 14 に示す<sup>18)</sup>。切欠きは、5 mm $\phi$  の円孔、5 mm $\phi$  の切欠き半径をもつ長さ 10 mm の長円、同じく長さ 20 mm の長円である。円孔は、ボール盤であけ、式 (1) で応力集中係数を計算してプロットした。この結果をみると、ガセットを溶接した試験体のストップホールが短い寿命を有することがわかる。断面欠損やガセットの形状の影響、作業環境のよくない部位での孔あけ作業などの影響が出ているものと思われる。より実際に近い形のストップホールでは、この程度の疲れ寿命の減少を考える方がよいであろう。

(3) ご指摘のとおりだと考えますが、ストップホールの適用範囲外に入ると考えられます。すなわち、Fig. 13 にも示されるように、 $N_{ch}$  が  $10^4 \sim 5 \times 10^4$  回程度

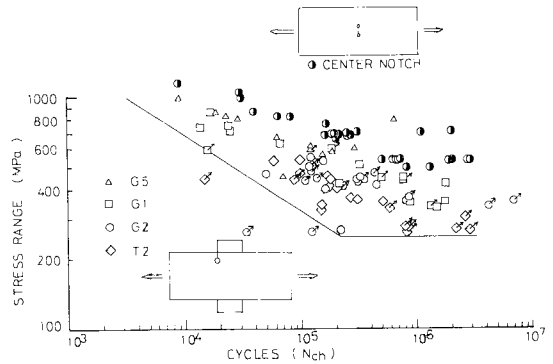


Fig. 14 Fatigue Life of Stop-Holed Specimens.

のいわゆる低サイクル疲労の領域は、実用上あまり残存寿命が期待できない領域である。別の補修・補強を講じるか、ストップホールの応力を低減させる必要がある。

(4) Fig. 13 の基準線は、実験データの下限値を示す線です。Fig. 14 には、ストップホールをあけて亀裂進展を止めたため、それ以外の部位から亀裂が発生したものを、欠印をつけて示す。Fig. 13 では、図が複雑になるため省略した。基準値 250 MPa は、これらのデータの下限を示すものであり、さらに 50 キロ鋼の母材の疲労試験結果も参考にして決められたものである。また、 $2 \times 10^6$  回程度の繰り返し数で疲労限が生じたような印象を与えるが、S-N 線図がそこで交差したと理解する方がよい。

式 (3) で示すように、ストップホールで亀裂進展を止め、長い残存寿命を確保するには、かなり半径の大きいものが必要である。橋梁などのように、同様の継手形式が多数存在するような場合には、亀裂が発生した継手以外からも亀裂が発生する可能性がある。このような場合には、継手の補強が行われるので、ストップホールによる応急処置としての残存寿命は、 $2 \times 10^6$  回程度でも十分であろう。

(5) 一般的には、ご指摘のとおりと考えます。本研究では、上述のように簡便なストップホールの計算法を実験値に従って示したもので、できるかぎり公称応力で整理できるようにしております。

なお、討議項目 (3), (4), (5) については、Fig. 14 に示した実験結果を参考に、検討を進めており、一定の成果が得られた段階で発表する機会をもちたいと思います。

#### 参考文献

- 18) 岡本裕二：疲労き裂の補修・補強後の疲労強度に関する実験的研究，名古屋大学土木工学科卒業論文，昭和 59 年 2 月。(1984. 6. 19・受付)