

構造的な不連続部に存在する 切欠きからの疲労亀裂発生寿命

大阪大学溶接工学研究所 正員 ○鈴木博之

同 上 正員 堀川浩甫

1. はじめに 構造物において継手部は不連続部となることが多い。また、溶接構造物では溶接継手にブローホールやスラグ巻き込みのような内部欠陥を生じることが少なくない。このような箇所では構造的な不連続による応力集中と内部欠陥による応力集中が干渉し合うことが予想されるので、疲労強度の低下が懸念される。そこで、本研究では構造的な不連続部を想定した応力集中近傍にブローホールが存在するときの疲労亀裂発生寿命を求め、複数の応力集中の干渉による疲労強度の低下を明らかにした。

2. 実験方法 試験片形状を図1に示す。板厚は6mmであり、材質はSS41である。図1において10φの円孔は溶接継手のような構造的な不連続を想定したものであり、1φの円孔は溶接継手に存在するブローホールを想定したものである。作用荷重は公称最大応力が200MPaとなるように定め、完全片振りとした。疲労亀裂の検出方法は円孔の端部に貼付した歪ゲージによることとし、この歪ゲージが反応したときをもって疲労亀裂発生寿命とした。なお、AB-0.5タイプにおいては円孔間の距離が狭すぎ、歪ゲージを貼付することができなかったため、ルーペによる目視観察とした。

3. 実験結果および考察 実験結果を表1に示す。ブローホールを想定したBタイプは、最初 $\Delta\sigma=140\text{MPa}$ を作用させたが、200万回の繰返しによって亀裂が発生しなかったため、 $\Delta\sigma=200\text{MPa}$ を作用させて再テストしたものである。この再テストにおいても亀裂は発生しなかった。したがって、構造的な不連続部でない箇所に1φのブローホールが2つ、孔径の10倍離れて存在したとしても、これらのブローホールは干渉し合うことはなく、その疲労強度は $\Delta\sigma=200\text{MPa}$ を下まわることはないと思われる。再テストにおいても亀裂は発生しなかったため、 $\Delta\sigma=235\text{MPa}$ を作用させたところ155万回でチャック部に亀裂が発生したため実験を終了した。

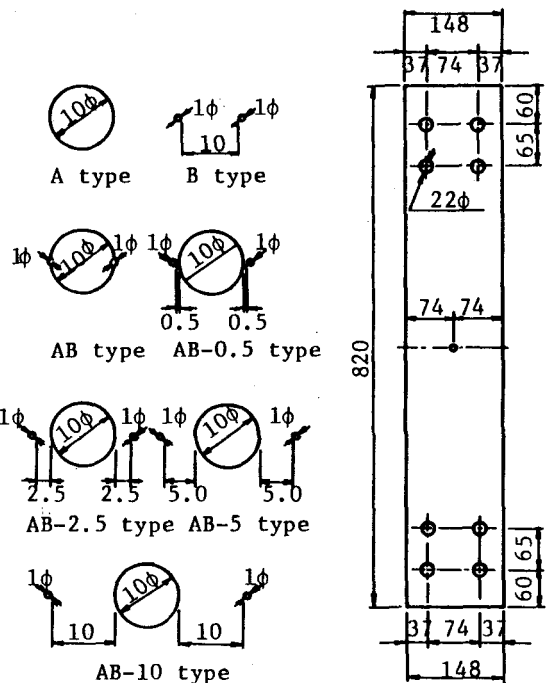


図1 試験片形状

表1より、10φの円孔と1φの円孔が5mm以上を離れていると疲労強度は10φの円孔だけのそれとほぼ等しく、応力集中の干渉はないものと考えられる。この4体の試験において最初に疲労亀裂が発生した箇所はすべて10φの円孔端であった。一方、10φの円孔と1φの円孔が0.5mmしか離れていないAB-0.5タイプの疲労強度は10φの円孔だけのそれと比べて極端に低下している。ルーベによる目視観察によればリガメント部には非常に大きなひずみが生じていることが確認された。この高ひずみの繰返しによりリガメント部に早期に亀裂が発生したものと思われる。この試験片では亀裂が10φの円孔から生じたのか、1φの円孔から生じたのかを明らかにすることはできなかった。AB-0.5ではリガメント部に亀裂が生じ、3つの円孔が継がってから1φの円孔の他

表1 実験結果

試験片	回数(万回)
A-1	50.8
A-2	19.7
B-1	200.
AB-1	1.6
AB-2	1.4
AB-0.5-1	0.3
AB-0.5-2	0.3
AB-2.5-1	18.5
AB-2.5-2	14.0
AB-5-1	32.8
AB-5-2	25.0
AB-10-1	27.2
AB-10-2	56.9

端から亀裂が発生するまでの繰返し数は0.6万回と0.9万回であり、最初から円孔が継がっているものと考え、ABタイプの疲労強度に良い一致を示している。したがって、リガメント部が0.5mm以下であるような複数の円孔の外縁からの疲労亀裂発生寿命は、円孔が継がっているものと考えて良いと思われる。リガメント部の長さが上記の2種類の間であるAB-2.5タイプではAB-5, AB-10に比べて若干の疲労強度の低下が認められるので、応力集中の干渉があったものと考えられる。この試験片では最初に疲労亀裂が発生した箇所はいずれも1φの円孔からであった。

応力集中の干渉について考察する。10φの円孔だけによる応力集中係数は3であり、円孔から離れるにしたがって応力集中は急速に減少し、円孔端から半径だけ離れた点の応力集中が39/32となることは良く知られている*。したがって、AB-5タイプでは応力集中の干渉が少なく、AB-10タイプでは応力集中の干渉がほとんどなかったものと思われる。AB-2.5あるいはAB-0.5では10φの円孔による応力集中の領域に、いま一つ応力集中係数3の1φの円孔が存在したため、これらの応力集中が干渉し合って疲労強度の低下をもたらしたものと考えられる。たとえば、AB-2.5では10φの円孔による1φの円孔端における応力集中は41/27であり、この応力集中に1φの円孔そのものによる応力集中3が作用するので、1φの円孔端の応力集中はかなり大きくなるものと思われる。この応力集中の基準応力としては純断面の公称応力が用いられているので、1φの円孔端の応力集中は $(41/27) \times 3$ となると推察される。

4. まとめ 構造的な不連続を想定した10φの円孔の近傍に1φの円孔が存在するとき、その円孔間の距離が5mm以上離れていれば、両方の円孔による応力の干渉は少なく、疲労亀裂発生寿命は構造的な不連続を想定した10φのそれにほぼ等しかった。

*小西一郎 他；構造力学 第I巻，p.67，丸善，1966