

I-124

構造的な不連続部に存在する
切欠きまわりの応力集中大阪大学溶接工学研究所 正員 ○堀川浩甫
同 上 正員 鈴木博之

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。著者らは構造的な不連続部を想定した10φの円孔近傍にブローホールを想定した1φの円孔が存在するとき(図1)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¹⁾。本稿では、図1に示す試験片の応力解析を実施し、既に明らかとなった疲労亀裂発生寿命と比較検討した。

2. 解析方法

解析は有限要素法による弾性解析であり、対称性を考慮して1/4モデルを使用した。解析はA,B,AB,AB-0.5,AB-2.5,AB-5の6タイプについて行った。

3. 解析結果および考察

解析結果を図2～5に示す。図2におけるBタイプの結果より、1φの円孔が10mm離れて存在する場合には応力集中の干渉は認められない。したがって、図3～5におけるBタイプの応力分布は、図2に示すBタイプの結果を横軸に沿って平行移動したものである。このBタイプの疲労試験においては $\Delta\sigma=200\text{MPa}$ 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、 $\Delta\sigma=235\text{MPa}$ 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2～5より、10φの円孔による応力集中と1φの円孔による応力集中の干渉が明らかである。10φあるいは1φ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²⁾。このことは図2のAタイプおよびBタイプの結果からも認められる。図2におけるABタイプの1φの円孔端の応力集中は10φの円孔による応力集中と1φの円孔自身の応力集中の積となり、約9となっている。この応力集中のため疲労試験において亀裂が1.5万回という早期に発生したと思われる。

図3におけるAB-0.5では10φと1φの円孔間

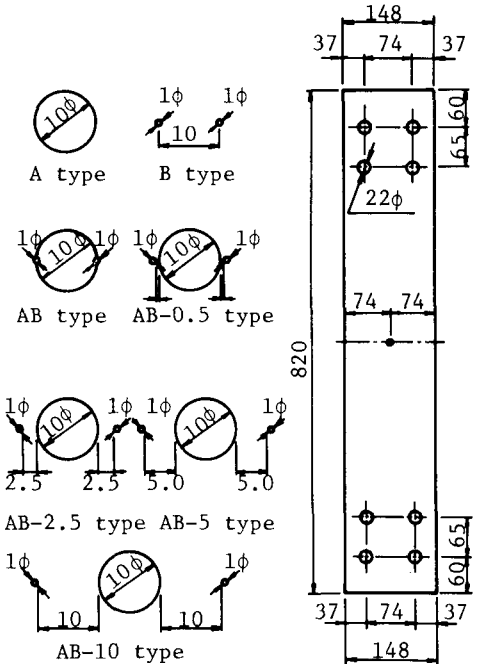


図1 試験片形状

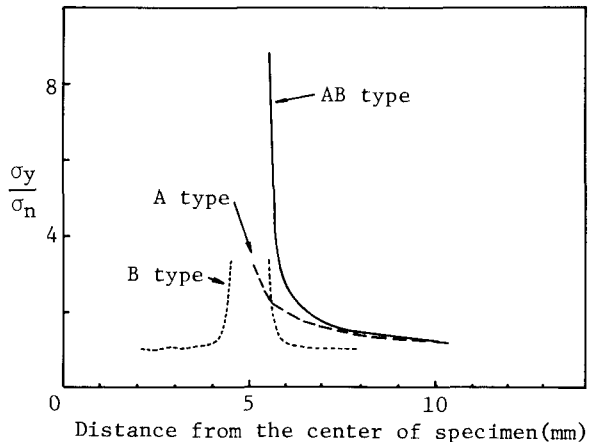


図2 A,B,ABタイプの応力分布

の1φの円孔端の応力集中が最も大きい。疲労試験においても亀裂は0.3万回で円孔間に最初に発生した。疲労試験におけるルーペによる目視観察によれば、円孔間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。ABタイプの応力集中に比べて低い応力集中を有するAB-0.5に0.3万回で亀裂が発生したのはこの大きなひずみの繰返しのためと考えられる。円孔間に亀裂が発生し、この間が破断した後の応力集中はABタイプのそれより大きくなっているが、疲労試験において円孔間が破断した後、1φの円孔端から外縁に向かって疲労亀裂が発生するまでの寿命はABタイプの亀裂発生寿命にほぼ等しかった。したがって、円孔間の距離が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、円孔が離れているものと考えて良いと思われる。

図4に示すようにAB-2.5においても1φの円孔端の10φ側の応力集中が最も大きく約4.5となっている。これは疲労試験において最初に亀裂が生じた箇所に一致している。疲労試験結果によれば、AB-2.5の疲労亀裂発生寿命は約18万回であり、ブローホールを想定した1φの円孔がないAタイプの寿命のおよそ45%であった。AB-0.5およびAB-2.5では10φの円孔の応力集中によって生じる応力勾配の大きい領域に、いま一つの応力集中が存在したため1φの円孔端の10φ側に最大の応力集中が生じたものと考えられる。

図5に示すようにAB-5においては10φの円孔の応力集中によって生じる応力勾配の小さい領域に1φの円孔が存在するため、この影響が顕著に現れていないものと考えられる。しかし、疲労試験の結果によるとAB-5の亀裂発生寿命は約28万回であり、ブローホールを想定した1φの円孔がないAタイプの寿命のおよそ80%であった。この疲労寿命の低下は円孔による応力集中の干渉によるものと考えられ、10φと1φの円孔が5mm離れて存在していたとしてもこれらは干渉し合い、疲労強度の低下を生じさせるものと思われる。

4. まとめ

構造的不連続部を想定した10φの円孔の近傍にブローホールを想定した1φの円孔が存在する場合の応力解析を実施した結果、構造的な不連続部による応力集中と切欠きによる応力集中の干渉は相互の積となり、10φと1φの円孔が5mm離れて存在していたとしてもこれらは干渉し合い、疲労強度を低下させることが明らかとなった。

- 1) 鈴木・堀川；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，関西支部年講（昭和62年度）
- 2) 小西一郎 他；構造力学 第I巻，p.67，丸善，1986

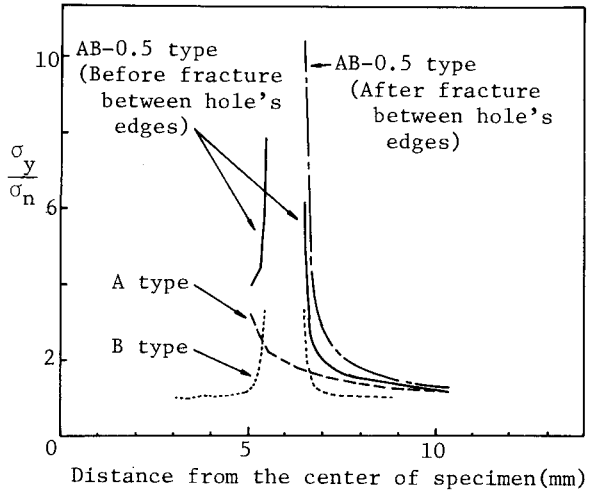


図3 A,B,AB-0.5タイプの応力分布

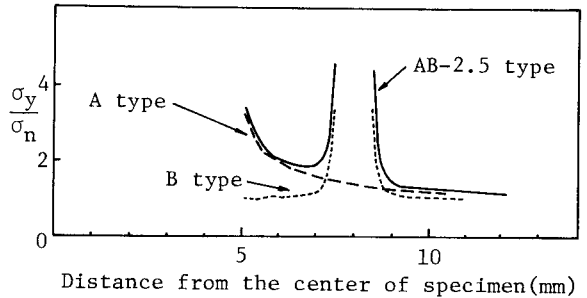


図4 A,B,AB-2.5タイプの応力分布

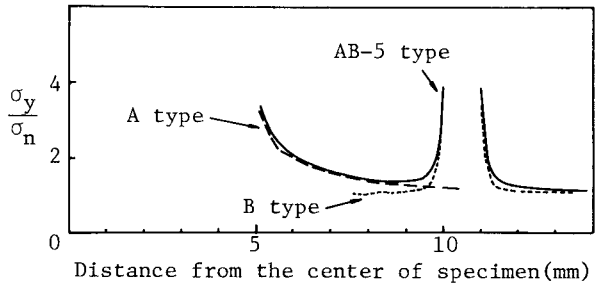


図5 A,B,AB-5タイプの応力分布