

円孔を有する平滑試験片の引張疲労強度

福山大学 工学部 正員 上野谷 実
福山大学 工学部 正員 ○中村 雅樹

1. まえがき 一般に構造物の疲労破壊は種々の応力集中によって生じ、その応力集中をもたらす因子はすべて金属の疲労強度を低下させる。そして機械や構造物の破壊は切り欠き部から起こることが多いので、幾何学因子の切り欠きに着目した。そこで、実働荷重による疲労強度および疲労領域を知る目的で一般によく使用されている鋼材S41に広範囲の円孔を有する平滑平板試験片について、片振応力による引張疲労試験を行ない、切り欠きが疲労強度に対して及ぼす影響を実験的に明らかにしようとするものである。

2. 実験方法 試験片の形状を図1に示す。使用鋼材の化学成分と機械的性質を表1と表2に示す。試験片はフライス加工を施し、さらに井240で表面仕上げをした平滑材で、無孔板と有孔板は孔径Dと試験片幅Wの比D/W = 0.125, 0.25, 0.5, 0.75の全部で5種類である。使用した疲労試験機は島津製作所製EHF-U10サーボパルス動的10tである。繰り返し応力は下限を0とし片振応力とし、正弦波を採用した。繰り返し速度は原則として20Hzで行なった。また、疲労限度を300万回とした。

3. 実験結果および考察 ここで、S-N曲線の縦軸の応力の表わし方として図2に示すように、実働荷重Pを孔を含まない断面における断面積Aで除したものを純断面に対する片振応力 S_g および各有孔板それぞれの最小断面積 A_{min} で除したものを純断面に対する平均片振応力 S_m として次式で表わす。

$$S_g = \frac{P}{A} = \frac{P}{W \cdot t} \quad (1)$$

$$S_m = \frac{P}{A_{min}} = \frac{P}{(W-D) \cdot t} \quad (2)$$

純断面に対するS-N曲線を回帰分析により求め図3に示す。これより各試験片において円孔が大きくなると疲労強度は著しく低下している。ここで表3に示しているのは無孔板に対する

表3 純断面積と300万回における疲労強度

D/W	0.125	0.25	0.5	0.75
無孔板に対する純断面積	0.875	0.75	0.5	0.25
無孔板に対する疲労強度	0.54	0.58	0.37	0.14

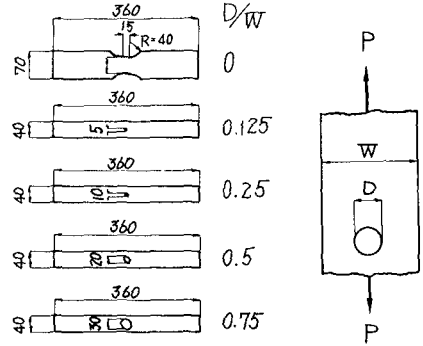


図1 試験片

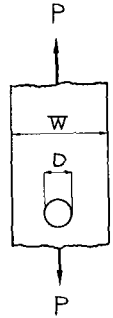


図2 縦軸の応力の表わし方

表1 使用鋼材の化学成分 (%)

C	Si	Mn	P	S	製作所
0.14	0.15	0.68	0.02	0.01	川崎製鉄

表2 使用鋼材の機械的性質

鋼材	試験片	降伏点 (kg/mm^2)	引張強さ (kg/mm^2)	伸び (%)
SS41	JIS 1号	28.7	45.3	30

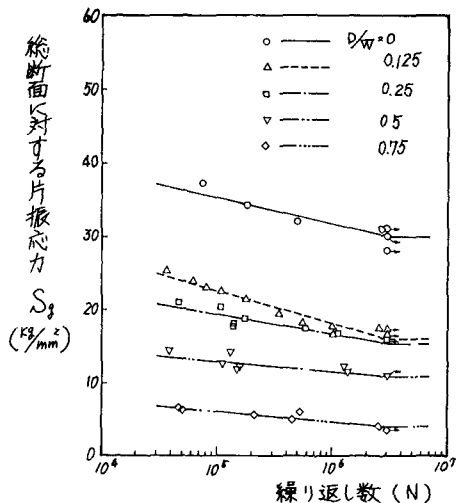


図3 純断面に対するS-N曲線

各有孔板の純断面積は300万回疲労強度であるが、純断面積の減少以上に疲労強度が低下していることがわかる。これは円孔切欠きによる応力集中のため疲労強度が低下したと考えられる。また有孔板においてS-N曲線は円孔が小さいほど急勾配である。

純断面に対するS-N曲線を図4に示す。これより無孔板のS-N曲線のみグラフ上側に位置し、有孔板のS-N曲線はその下に重なり合っているのがわかる。このように分布が明白に違うのは応力集中によるものであり、かなり密集した分布状態になっているということがわかる。これは単位面積に加わる平均応力の差がほとんどなく、多少のばらつきがあるのはその差によるものであると考えられる。これから片振応力を純断面の平均応力 S として考えた場合、円孔の有無により疲労強度は大きく変化するが、円孔の大小による疲労強度の変化は小さいことがわかる。表5に各有孔板の結果を単一の直線で表わしたS-N曲線と無孔板のS-N曲線を比較して、有孔板の疲労強度がどれだけ低下したかを示す。これによると純断面の平均応力を考えれば繰り返し回数3~300万回に対し有孔板は無孔板より疲労強度が23~34%低下している。

図5は無孔板の疲労強度 S_0 に対する円孔板の純断面に対する疲労強度 S_g の比 S_g/S_0 との関係をも、各繰り返し回数についてプロットしたものである。この図より円孔が大きくなれば疲労強度比 S_g/S_0 が著しく低下していることがわかる。繰り返し回数の違いによる疲労強度比 S_g/S_0 の低下は、円孔径 $D/W=0.25, 0.5, 0.75$ の場合ほど低下していないし、 $D/W=0.125$ の場合も多少低下している程度である。

4. あとがき 円孔切欠きを有する平滑平板試験片に片振応力による引張疲労試験を行った結果次のようなことが明らかになった。

1) S-N曲線の縦軸の応力の表わし方として孔を含む断面面積で除したものを純断面に対する片振応力としたS-N曲線の場合、300万回疲労強度に限ると円孔径 $D/W=0.125, 0.25, 0.5, 0.75$ に対して、無孔板に対する疲労強度は0.54, 0.52, 0.37, 0.14と大きく低下する。また円孔径が小さいほど疲労強度の低下する割合が大きい。

2) S-N曲線の縦軸の応力の表わし方を各有孔板それぞれ最小断面面積で除したものを純断面に対する平均片振応力としたS-N曲線の場合、有孔板の疲労強度は円孔径の大きさに関係なく無孔板の疲労強度の0.66~0.77にあり疲労強度の変化は小さい。

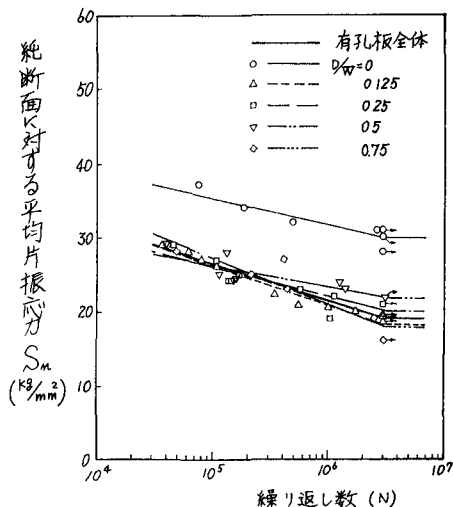


図4 純断面に対するS-N曲線

表4 無孔板に対する有孔板の疲労強度

N($\times 10^4$)	D/W	0.125	0.25	0.5	0.75	最大最小の差
3		0.77	0.75	0.74	0.81	0.07
10		0.73	0.73	0.74	0.76	0.03
30		0.70	0.72	0.74	0.72	0.04
100		0.66	0.71	0.74	0.66	0.08
300		0.61	0.69	0.73	0.60	0.13

表5 無孔板に対する全有孔板の疲労強度

回数N ($\times 10^4$)	3	10	30	100	300
全有孔板の疲労強度	0.77	0.75	0.72	0.69	0.66

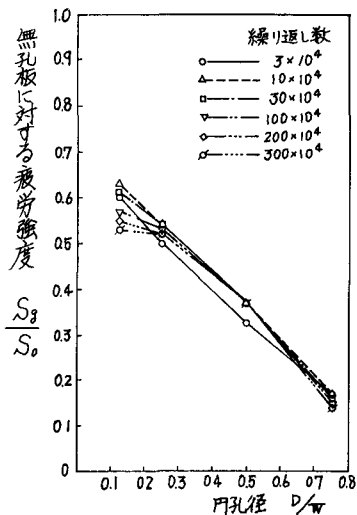


図5 円孔径と無孔板に対する疲労強度