切 欠 効 果 に 関 す る 研 究

(第3報 切欠角度の切欠係数に及ぼす影響について)⁽¹⁾河 本 実⁽²⁾ 関 護 雄⁽³⁾

Researches on the Notch Effect of Materials

(The 3rd Report, On the Notch Angle)

by Minoru KAWAMOTO and Morio SEKI

Up to the present, many reports have been published about the stress concentration when materials have notches. But on the effect of the notch angle of V-shaped notch, few studies have been made. So we made many fatigue tests on specimens having V-shaped notches of various notch angles (from 0° to 180°) and fillet radii. From the result of the fatigue tests we derived the relation between notch factor β and notch angle θ or fillet radius ρ as follow:

$$\beta = 1 + \left\{ (\beta)_{\theta=0} - 1 \right\} \left(\frac{\pi - \theta}{\pi} \right)^{\frac{0.5}{\rho + 0.5}}$$

where β is the notch factor at any value of notch angle θ , and $(\beta)_{\theta=0}$ is that at $\theta=0$, and ρ is in mm.

1. 緒 言

切欠を有する場合の応力集中については, Neuber 始め多くの研究者によって理論ならびに実験的研究の結果が発表されている. V形切欠の形を決定する要素

第 1 図 V型切欠の形状

としては, 切欠の深さ, 切欠底の丸み半径ならびに切欠角度の三者が考えられるのであって, 第1図に示すとき丸棒環状切欠においてはそれぞれ t/r または a/r , ρ/r および θ で表わされるが, この内切欠角度 θ の影響については比較的研究が少いようである. Neuber の理論⁽⁴⁾においては切欠の形は双曲線または円弧であってその形は第1図に示す記号を用いると a/ρ または t/ρ によって決定され切欠角度の影響は入って来ない. しかるに工業上の切欠は多くの場合直線と円弧とより成るのであって明らかに切欠角度の影響が問題となって来る.

Neuber は理想的材料に対する形状係数 α' より工業材料の形状係数 α を求める関係として次の式を与えている.

$$\alpha = 1 + \frac{\alpha' - 1}{1 + \frac{\pi}{\pi - \theta} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho}}}$$

ただしこの式は十分なる理論に基づいた式ではなく, かつ式中の ρ' は実験により決るものであるが, いま Neuber に従って $\rho' = 0.48 \text{ mm}$ とおき図中に示したとき切欠形状の場合を例にとり α と切欠角度との関係を図示すると第2図に示すごとくなる. 同じ切欠形状に対し Kuntze⁽⁵⁾ に従って求めた形状係数と切欠角度との関係をも第2図中に示した.

第 2 図 諸文献による切欠角度と形状係数との関係

また切欠形状は多少異なるが西田氏⁽⁶⁾により光弾性実験によって求められた片側切欠板の形状係数と切欠角度との関係をも参考のため第2図中に示した。第2図より明らかなるごとく形状係数の値のみならず、その切欠角度による影響は従来研究者によって大いに異なっている。実際設計に必要なものは形状係数 α よりむしろ切欠係数 β の値であるが、本研究は切欠係数 β の値が切欠角度によりいかに変化するかを実験により求めんとしたものである。

2. 実験方法

材料には 0.34% 炭素鋼圧延のままの丸棒より試験片を切出して用いた。材料の化学成分ならびにその機械的諸性質をそれぞれ第1表および第2表に示す。切欠を有する試験片形状は第3図に示すごとくであって外径 15 mm、切欠底直径 9 mm を一定とし、 ρ を 0.15 mm, 0.5 mm, 1.0 mm の3種類とし、切欠角度を第3表に示すごとくに変え合計 9 種類とした。切欠角度 0° とはこの場合切欠底の形を半円とする U 型試験片を意味するのであって ρ が 0.15 mm の場合は製作困難のため実験に供し得なかった。なお比較のために用いた切欠なき試験片の形状は第4図に示す

第1表 試験片材料の化学成分%

材料記号	C	Si	Mn	P	S
6426	0.34	0.24	0.48	0.016	0.028

ごとくである。試験機には小野式回転曲げ疲れ試験機を用いた。

3. 実験結果 およびその 考察

上記 10 種類の試験片につき疲れ試験を行い、それぞれの場合につき得られた応力-繰返し数線図を第5図に示した。いずれの場合においても 10^7 回の繰返し数を与えても破壊しなかった試験片の中で最大応力を受けた試験片の応力値をもって耐久限度と定めた。

ただし $\rho=1.0$ mm,

$\theta=120^\circ$ の場合のみは実験結果が不ぞろいであったため応力-繰返し数線図より耐久限度の値を判定した。

第2表 試験片材料の機械的性質

材料記号	降伏点 σ_s kg/mm ²	引張強さ σ_B kg/mm ²	真破断力 σ_T kg/mm ²	伸び φ %	絞り ψ %	かたさ χ ヨア
6426	31.8	55.3	89.9	22.6	48.5	21.0

第3表 試験片の種類

ρ	0.15 mm	0.5 mm	1.0 mm
θ	— 60° 120° —	0° 60° 120° —	0° 60° 120° 172°

第3図 切欠試験片

第4図 平滑試験片

第5図 応力-繰返し数線図

第 4 表 実 験 結 果

θ	0.15 mm		0.5 mm		1.0 mm	
	耐久限度 σ_{wk}' kg/mm ²	切欠係数 β	耐久限度 σ_{wk}' kg/mm ²	切欠係数 β	耐久限度 σ_{wk}' kg/mm ²	切欠係数 β
0°	—	—	7.1	3.24	13.5	1.70
60°	7.0	3.28	7.7	2.99	11.2	2.06
120°	10.5	2.19	11.1	2.07	13.0	1.77
172°	—	—	—	—	17.7	1.30
180°	切欠なし：耐久限度 $\sigma_{wk}' = 23.0$ kg/mm ² , 切欠係数 $\beta = 1$

第 6 図 実 験 結 果

かくして求めた耐久限度の数値および切欠係数 β の値を第 4 表に示す。横軸に切欠角度 θ をとって β の値を示せば第 6 図のごとくである。これによってみるに ρ の大なる場合には $\theta = 0^\circ \sim 120^\circ$ の間は θ の影響は少いが ρ が小となるに従ってその影響が大となる。 $\theta = 180^\circ$ は切欠のない場合を示すものであって、そのとき $\beta = 1$ となる。 $\beta - \theta$ 曲線は $\theta = 0^\circ$ における β (これを $(\beta)_{\theta=0}$ とす) と $\theta = 180^\circ$ における $\beta = 1$ の点とを結ぶ曲線となるのであるが ρ が小となるに従いこの曲線が直線に近づくことがみとめられる。この傾向を表わすため次の式を考えた。まず

$$\xi_\theta = \frac{\beta - 1}{(\beta)_{\theta=0} - 1}$$

なる θ のかん数を考える。すなわち β は常に 1 より大なる値であるから 1 を引いて $\theta = 0^\circ$ のときの値に対する比をとって考える。 θ を横軸にとって ξ_θ を表わせば $\theta = 0^\circ$ のとき $\xi_\theta = 1$, $\theta = 180^\circ$ のとき $\xi_\theta = 0$ となり ξ_θ は 1 と 0 との間に变化する値である。この ξ_θ を次のようにおく。

$$\xi_\theta = \left(\frac{\pi - \theta}{\pi} \right)^m$$

この式は $\theta = 0$ のとき $\xi_\theta = 1$, $\theta = \pi$ のとき $\xi_\theta = 0$ となって上記の条件を満足する。いま m を ρ のかん数とし

$$m = \frac{k}{k + \rho}$$

とおく。ただし k は定数にして本実験の結果よりかりに 0.5 mm をとることにする。しからば ξ_θ と θ との関係は $\rho = 0$ のとき直線となり ρ が大きくなるに従い直線より遠ざかり第 7 図に示すとき曲線となる。以上の諸式を総合すれば

$$\beta = 1 + \left\{ (\beta)_{\theta=0} - 1 \right\} \left(\frac{\pi - \theta}{\pi} \right)^{\rho + 0.5}$$

を得る。第 6 図中に描いた曲線はこの式より計算により求めたもので実験結果によく一致することが知られる。もちろん上式の関係および k の値は本実験範囲内の少い資料により作られたものであるからいまだ完全なものではなく今後の実験結果に待つべきものであろう。

次に筆者は前報において形状係数 α と切欠係数 β との関係が

$$\beta = 1 + \frac{\alpha - 1}{1 + \frac{1}{\xi} \sqrt{\frac{1}{\rho + c\rho^n}}}$$

なる式で表わされることを述べたのであるがこの式にさらに切欠角度の影響を附加すれば次の式をうる。

$$\beta = 1 + \frac{\alpha - 1}{1 + \frac{1}{\xi} \sqrt{\frac{1}{\rho + c\rho^n}}} \left(\frac{\pi - \theta}{\pi} \right)^{k + k}$$

4. 結 論

(1) ρ が相当大なる場合(本実験においては $\rho = 1$ mm 以上)は切欠角度 $\theta = 0^\circ \sim 120^\circ$ の範囲では切欠角

第 7 図 $\xi_\theta - \theta$ 線 図

度の影響はわずかである。

(2) ρ が小となるに従い切欠角度の影響が顕著になるから、設計に当って切欠がかなり鋭いときは切欠角度の影響を十分考慮しなければならない。

(3) この様に切欠角度が切欠係数におよぼす影響は ρ の大きさにより大いに異なるが、一般に任意の ρ の大きさのときの切欠角度と切欠係数との関係を表わす式を提案した。

注：一

(1) 昭和24年2月5日 關西支部第164回講演會において講演。

原稿受付 昭和24年6月2日。

(2) 正員，京都大學。

(3) 正員，立命館専門學校。

(4) H. Neuber, Kerbspannungslehre, Julius Springer Berlin, 1937.

(5) W. Kuntze, Mitteilung der deutschen Materialprüfungsanstalten, 1936, S.143.

(6) 西田正孝，理化學研究所彙報，23輯，5號，163ページ。

切欠効果に関する研究

(第4報 帶狀突起の影響について)⁽¹⁾

河本 実⁽²⁾ 斎藤 章二⁽³⁾ 神田 直孝⁽⁴⁾

Researches on the Notch Effect of Materials

(The 4th Report, On the Effect of a Collar)

by Minoru KAWAMOTO, Shōji SAITO and Naotaka KANDA

Sometimes shafts and axles have a collar for the purpose of attaching ball bearings and etc. Then the fatigue resistance of the shafts or axles are lowered by the collar, that is a ring form projection. In this report we have discussed on the notch effect of width and height of a collar from our experimental data. Experiments, that is, repeated bending tests and repeated torsional tests, have been made on specimens of 0.34 % carbon steel with the collars of various width and height. As the chief results of this research, we have expressed the effect of width of a collar with a coefficient ξ_l , the value of which is independent of the height of it. Similarly the effect of height of a collar can be also expressed with a coefficient ξ_D , the value of which is independent of the width of it.

1. 緒言

機械部分として用いられる軸には、たとえころがり軸受を固定するなどの目的のため帶狀突起を有することがしばしばある。この場合その帶狀突起の存在によって軸の疲れ強さが低下することはもちろんであるが、その低下がいかにどのものであるか、またそのときの切欠係数が帶狀突起の幅および高さの変化によっていかなる影響を受けるかを明らかにすることは、かかる機械部分の設計資料を得る上に有益なことと思われる。かかる意味において本研究においては半硬鋼の試験片に種々の大きさの幅および高さを有する帶狀突起を与えそれぞれ曲げおよびねじり疲れ試験を行い、その結果より帶狀突起の疲れ強さにおよぼす影響につき考察した。

2. 実験方法および実験結果

疲れ試験に供した材料は第1表に示すとき化学成分を有する半硬鋼で、実験に際しては別に熱処理を行

わず供給のまま外径 36 mm の素材から試験片を削り出した。第2表にその材料の機械的諸性質を示した。実験は前述のごとく回転曲げ試験と繰返しねじり試験の2種類を行った。しかして回転曲げ試験には小野式疲れ試験機を、繰返しねじり試験機には西原式疲れ試験機を使用した。

第1表 試験片材料の化学成分 %

材料記号	C	Si	Mn	P	S
6426	0.34	0.24	0.48	0.016	0.028

第2表 試験片材料の機械的性質

材料記号	降伏点 σ_s kg/mm ²	引張強さ σ_B kg/mm ²	真破断力 σ_T kg/mm ²	伸び φ %	絞り ψ %	かたさ シ ョ ア
6426	31.8	55.3	89.9	22.6	48.5	21.0

曲げおよびねじり疲れ試験片の形状をそれぞれ第1および2図に示した。両図とも (b) が帶狀突起を有