

3-10 熱可塑性高分子材料の平面曲げ疲労試験 (切欠材)

岐阜大学工学部

○ 朝原 力 安藤善司

I 結 言

近年、工業用高分子材料の疲労に関する研究もかなり報告されているが、切欠材についてはまだ少ないようである。当研究室で扱ってきたポリカーボネート (PC; 帝人バンライト) およびポリメタクリル酸メチル (PMMA; 三菱アクリライト) の2種の熱可塑性高分子材料の平面曲げ疲労試験結果から、面平滑材の疲労挙動にはかなりの差があることが認められたが、今回、円孔切欠に対する疲労試験結果を報告する。

II 実 験

PCの切欠試験片は表Iのように切欠部最小断面の幅 ($b-d$) が一定であるA typeと、切欠を含む板幅 b が一定のB typeで、板厚は3mmである。PMMAのA typeはPCと同じであるが、B typeは $b=20\text{mm}$ 、板厚4mmである。試験機は1800rpmの共振型平面曲げ疲労試験機で、実験はすべて25°Cで行なった。

III 結 果

$\alpha=1.5$, $\alpha=2.0$ のPMMA B typeの疲労試験結果において、高サイクル側では平滑材よりも切欠材のほうが疲労寿命が長くなることを先回報告したが、それについてC-C熱電対による温度測定をした結果、平滑材では40°C以上温度上昇するのに対し、 $\alpha=2.0$ では12°C、 $\alpha=1.5$ では9°C程度上昇するに過ぎない。切欠部最小断面の単位幅に対する表面積 A と体積 V の比 A/V を ψ とすると、平滑材では $\psi=0.70$ 、 $\alpha=2.0$ では $\psi=0.75$ 、 $\alpha=1.5$ では $\psi=0.83$ であり、 ψ が小さいほど温度上昇が大きく、形状係数 α 以外に ψ も寿命に影響を及ぼす因子であることが認められた。

Fig.1にPC焼なまし材の疲労試験結果を示す。形状係数 α の同じものについて比較すると、高サイクル側ではA typeの疲労寿命はB typeのそれよりも短かく、この傾向は加工のままの材料に対しても同様であり、PCの疲労寿命は形状係数だけでは決まらず、試験部の有効幅 ($b-d$) が関係している。この材料は次に述べるようにき裂発生後、破断までにかかなりの繰返し数を必要とする。すなわちき裂進展速度がかなり小さいことに関連している。なお、加工のままの材料では $\alpha=2.5$ 、 $\alpha=2.0$ の d の小さい試験片に 10^5 回付近でS-N曲線の二様性が現われるが、これは平滑材および焼なまし材にはみられない。

表I 試験部寸法

type	α	b (mm)	d (mm)
A	1.5	50	30
	2.0	23	3
	2.5	21	1
B	1.5	40	22
	2.0	40	4
	2.5	40	1

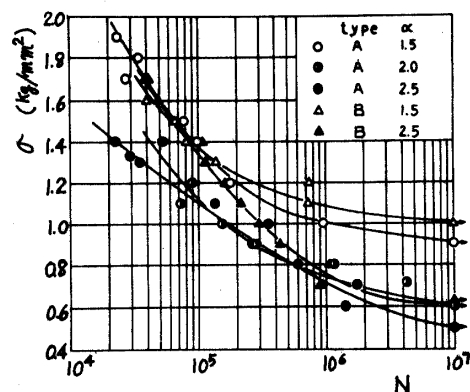


Fig.1 PC焼なまし材の疲労試験結果

かった現象である。これは孔加工時に生じた残留ひずみの応力繰返しにともなう変化に関係があると思われる。

Fig.2 に約 1mm の疲労き裂が観察された時の繰返し数 N_c と破断寿命 N_f の関係も PC の焼なまし材について示す。A, B 面 type と形状係数 α をパラメータとする直線によく束まっている。この直線の傾きは α が大きいほど小さくなる。すなわち、切欠が鋭いほどき裂の発生が早くなり、金属材料の切欠材における傾向と一致した結果が得られた。この場合、各直線の傾きは形状係数の逆数とほぼ等しい。すなわち $\Delta N_f = \alpha \cdot \Delta N_c$ となっている。一般には $\Delta N_f = k \alpha \cdot \Delta N_c$ という関係があると思われるが、ここでは N_c のとり方により、たまたま $k=1$ となったと考えらるべきである。PMMA においては、破断面にき裂の進展を示すストライエーションが明白に観察されるが、破断直前まで巨視き裂は確認できなかった。したがって PMMA の場合には、 $N_f \approx N_c$ と考えられる。

Fig.3, Fig.4 は PC の加工のままの材料および焼なまし材の応力拡大係数と平均き裂進展速度の関係を示す。この場合の応力拡大係数は中央に切欠を持つ板の引張の式を用い、平均き裂進展速度はき裂が発生してから破断するまでにき裂が進展した長さ $(b-d)$ をその間の繰返し数 $(N_f - N_c)$ で除して求めた。両図とも 1 本の直線で表わされ、次のように 4 乗則に従うことがわかった。

$$\frac{b-d}{N_f - N_c} = 1.00 \times 10^{-5} \cdot K_I^4 \quad (\text{加工のまま})$$

$$\frac{b-d}{N_f - N_c} = 1.82 \times 10^{-5} \cdot K_I^4 \quad (\text{焼なまし材})$$

これは、き裂の進展の過程中、き裂長さが約 1mm になった時という、限られた条件の下で得られたものであるが、形状係数 α 、板幅 $(b-d)$ および繰返し応力が異なっても、1 つのき裂伝播式で表示できることを示している。

参考文献 TETELMAN, A. S., McEVILY, A. J. 「構造材料の強度と破壊」(宮本博訳) 他

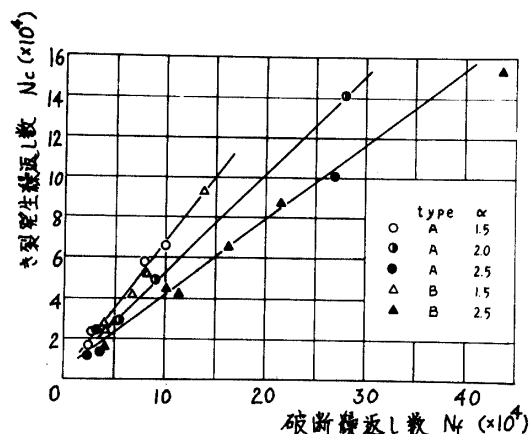


Fig.2 き裂発生繰返し数と破壊繰返し数との関係 (PC, 焼なまし材)

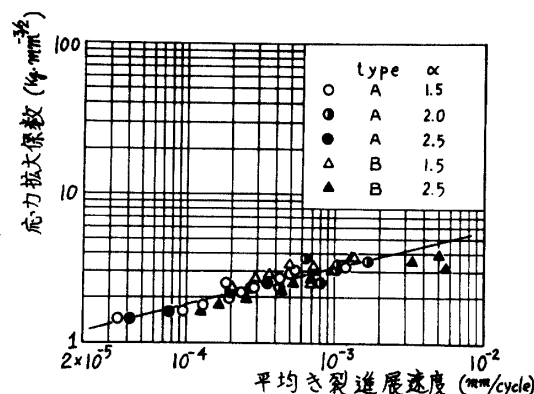


Fig.3 応力拡大係数と平均き裂進展速度 (PC, 加工のまま)

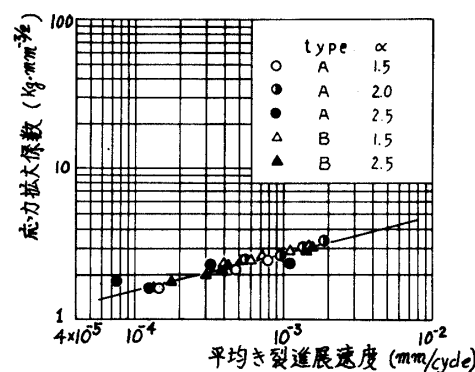


Fig.4 応力拡大係数と平均き裂進展速度 (PC, 焼なまし材)