材料強度学 ⑪

(2)

$$\sum_i \frac{N_i}{N_{fi}} = 1 \quad (\text{II})$$

$\Delta\sigma = 150$ MPaの応力範囲で$N = 4\times10^5$サイクル繰り返しているので、(1)で求めた疲労寿命 5.2×10^5サイクルに対して

$$\frac{N}{N_f} = \frac{4\times10^5}{5.2\times10^5} = 0.77$$

(II)より 残された寿命は、$1 - \frac{N}{N_f} = 0.23$

応力を減少させたときに必要なサイクル数をN_1、
応力を減少させたときの寿命をN_{1f}とすると
($N_1 = 4\times10^5$サイクルは伸ばしたい分の寿命)

$$\frac{N_1}{N_{1f}} = 0.23 \qquad \therefore N_{1f} = \frac{N_1}{0.23} = \frac{4\times10^5}{0.23} = 17.4\times10^5 \text{サイクル}$$

$N_{1f} = 17.4\times10^5$サイクルが寿命となる時の$\Delta\sigma$は

$$\Delta\sigma (N_{1f})^{0.073} = 649 \text{ MPa} \text{ より}$$

$$\Delta\sigma = \frac{649\text{MPa}}{(N_{1f})^{0.073}} = \frac{649\text{MPa}}{(17.4\times10^5)^{0.073}}$$

$$= 137\text{MPa}$$

$$150 - 137 = 13\text{MPa}$$

13MPaの減少が必要

第11回

課題I

炭素繊維とエポキシ樹脂がともに破断するまで応力ひずみの関係が線形だと仮定すると、

$$\varepsilon_{fu} = \frac{F_f}{E_f} = \frac{3}{230} = 0.013\ (1.3\%)$$

$$\varepsilon_{mu} = \frac{F_m}{E_m} = \frac{0.1}{3.5} = 0.029\ (2.9\%)$$

これなに？

$$\text{従って}\quad \sigma_m' = \frac{\varepsilon_{fu}}{\varepsilon_{mu}} F_m = 44.8\ (\text{MPa})$$

σ_m'：繊維破断時にマトリックスが負担している応力

$\sigma_m' = E_m \varepsilon_{fu}$

近似しない場合の強度は

$$F_c = F_f V_f + \sigma_m'(1 - V_f) \text{だから}$$

$$F_c = 3000\times0.6 + 44.8\times0.4 = 1818\ (\text{MPa})$$

$F_c \fallingdotseq F_f V_f$で近似した場合、

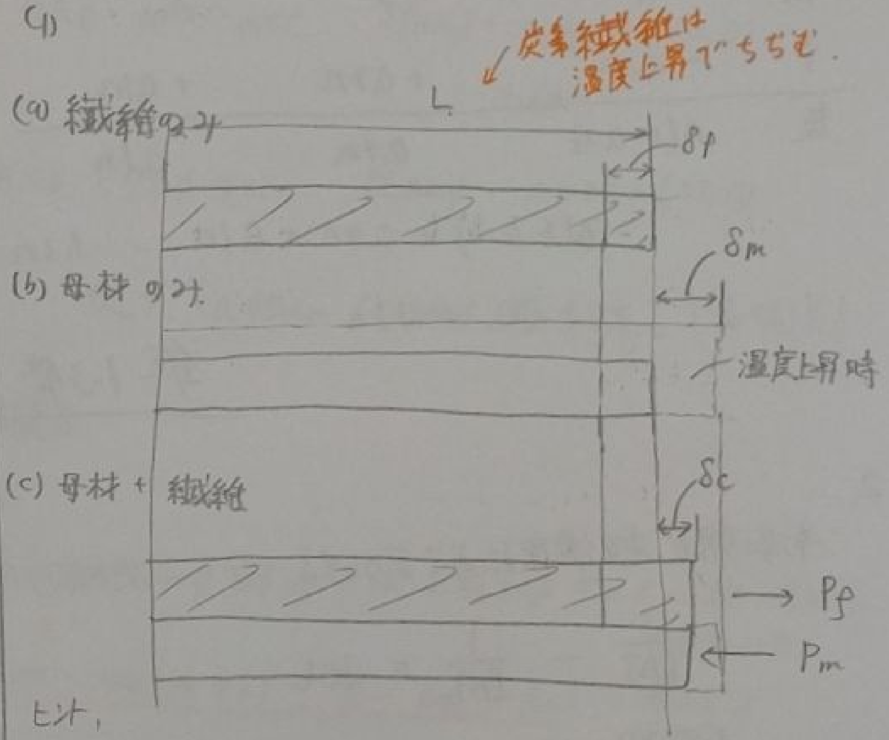
$F_c \fallingdotseq 3000\times0.6 = 1800$ (MPa)であるから

誤差は、およそ1%程度であり、

この条件の場合近似式を用いても問題ない。

課題II

(1)



ヒント、

繊維だけの時の伸びをδ_f
母材だけの時の伸びをδ_mとする。
複合材料中で繊維と母材は同じだけ変形するので、
複合材料の伸びをδ_cとすると、
繊維は$\delta_c - \delta_f$だけ伸ばされ
母材は$\delta_m - \delta_c$だけ縮む。

これらの変形を引きおこす力であるP_fとP_mは繊維・母材間の相互作用であるため、大きさが等しくなる必要がある。

温度をΔT上昇させたときの繊維の伸びδ_f及びマトリックスの伸びδ_mは、

$$\delta_f = \alpha_f \Delta T L, \quad \delta_m = \alpha_m \Delta T L$$

複合材料の断面積はSであるから、繊維の断面積は$V_f S$となる。

繊維を$\delta_c - \delta_f$伸ばすのに必要な力P_fは

$$P_f = E_f V_f S \frac{\delta_c - \delta_f}{L}$$

材料強度学⑫

同様に、マトリックスの断面積は $(1-V_f)S$ であるから
マトリックスを $\delta_m - \delta_c$ 縮めるのに必要な力 P_m は、

$$P_m = E_m(1-V_f)S\frac{\delta_m-\delta_c}{L}$$

複合材料として同様に変形するとき、$P_f = P_m$ であるから、

$$E_fV_fS\frac{\delta_c-\delta_f}{L} = E_m(1-V_f)S\frac{\delta_m-\delta_c}{L}$$

$$\Rightarrow \delta_c = \frac{\{E_fV_f\alpha_f + E_m(1-V_f)\alpha_m\}\Delta TL}{E_fV_f+E_m(1-V_f)}$$

複合材料の熱膨張係数 α_c は

$$\alpha_c = \frac{\delta_c}{\Delta TL} = \frac{E_fV_f\alpha_f+E_m(1-V_f)\alpha_m}{E_fV_f+E_m(1-V_f)}$$

(2)

$$\alpha_c = \frac{E_fV_f\alpha_f+E_m(1-V_f)\alpha_m}{E_fV_f+E_m(1-V_f)}$$ より

$\alpha_c = 0$ にするためには、分子を0にすれば良い。

$$E_fV_f\alpha_f + E_m(1-V_f)\alpha_m = 0$$

$$\therefore V_f = \frac{E_m\alpha_m}{E_m\alpha_m - E_f\alpha_f}$$ のとき $\alpha_c = 0$

第12回

繊維の破断ひずみ ε_f とマトリックスの破断ひずみ ε_m の大きさを比較した時、CFRP は $\varepsilon_f < \varepsilon_m$ であり、CMC は $\varepsilon_f > \varepsilon_m$ である。荷重をかけたとき、CFRPは繊維の損傷、CMCはマトリックスの損傷が先に発生する

CFRPの場合、繊維/マトリックス界面の結合が弱いと強化材である繊維が全て先に破断するため、繊維によるマトリックスの強化を効果的に発揮できないため、強い界面を形成して繊維の強度を極限まで生かす設計を行う。

CMCの場合、マトリックスが先に破断するので、繊維/マトリックス界面の結合が弱いと、マトリックスに生じた損傷が繊維を迂回し強度を保持し続けることが出来る。一方、強い界面ではマトリックスの亀裂が繊維を貫いて進展するため、マトリックスの破断が複合材料全体の破断につながる

第13回

課題I　球形圧子の場合

$HRB = 130 - \frac{t(mm)}{0.002}$ であるから、

$$t(mm) = 0.002 \times (130 - HRB).$$

HRB $= 50.0$ のとき　$t(mm) = 0.002 \times (80.0) = 0.16$

HRB $= 75.0$ のとき　$t(mm) = 0.002 \times (55.0) = 0.11$

従って、0.05mm (50μm) 減少した。(浅くなった)

課題II

(1)

真応力 σ と真ひずみ ε は、公称応力 σ_n と公称ひずみ ε_n をもちいて

★ $\sigma = \sigma_n(1+\varepsilon_n)$, $\varepsilon = \ln(1+\varepsilon_n)$ であるから

$\sigma = A\varepsilon^n$　$\therefore \sigma_n = \frac{A}{(1+\varepsilon_n)}\{\ln(1+\varepsilon_n)\}^n$

ここで、公称応力 σ_n − 公称ひずみ ε_n 曲線上の最大点は $\frac{d\sigma_n}{d\varepsilon_n} = 0$ を満たす。→

従って、有限な ε_n に対して、$\ln(1+\varepsilon_n) = n$ が成り立つので、

$\varepsilon = n$　$(\varepsilon_n = e^n - 1)$

引張強さ σ_{TS} は公称応力であるから、

$$\sigma_{TS} = \frac{\sigma}{1+\varepsilon_n} = \frac{An^n}{1+(e^n-1)} = \frac{An^n}{e^n}$$

(2)

$$\sigma_{TS} = \frac{An^n}{e^n} = \frac{800\times(0.2)^{0.2}}{e^{0.2}} = 475\text{MPa}$$

$$\sigma = \sigma_{TS}(1+\varepsilon_n) = 580\text{MPa}$$

$$\cancel{A\frac{n\cdot\frac{1}{(1+\varepsilon_n)}\{\ln(1+\varepsilon_n)\}^{n-1}\times(1+\varepsilon_n) - \{\ln(1+\varepsilon_n)\}^n\cdot 1}{(1+\varepsilon_n)^2}}$$

$$\cancel{\frac{\frac{n(1+\varepsilon_n)}{(1+\varepsilon_n)}}{(1+\varepsilon_n)^2}\left(\frac{n}{\ln(1+\varepsilon_n)} - 1\right)\{\ln(1+\varepsilon_n)\}^{n-1}}$$

$\cancel{n - \ln(1+\varepsilon_n)}$