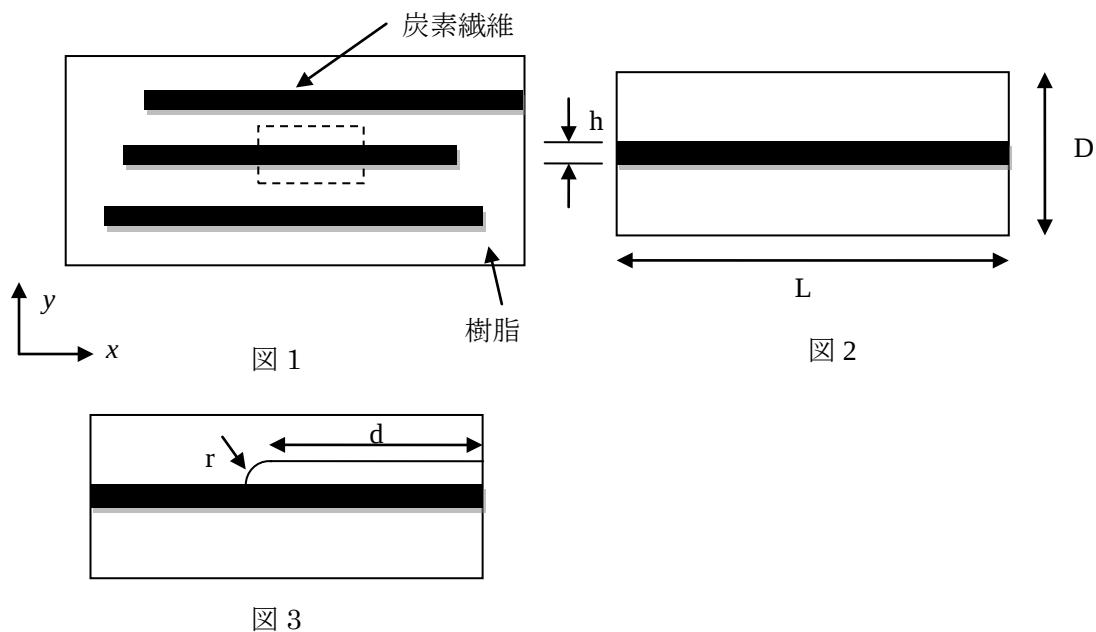


問題 1－13 複合材料の強度評価

繊維強化複合材料は、図 1 のように強度の高い炭素繊維と樹脂が混じりあった構造をしている。今、その構造を図 2 のような二次元平面応力場の単純な構造で近似できると考えて、複合材料のヤング率と強度について考察する。 $L=100\mu\text{m}$, $D=20\mu\text{m}$, $h=5\mu\text{m}$ とする。厚さは $10\mu\text{m}$ とする



炭素繊維の引張強さ及びヤング率は 3GPa , 230GPa 、樹脂（エポキシ樹脂）は、それぞれ 80MPa , 2.6GPa とする。ポアソン比は両材料とも 0.3 とせよ。

（１）本モデルを x 及び y 方向に引張りを加える解析を行う。単位系に注意して、解析結果から複合材料のそれぞれの方向のヤング率を求めよ。また、算出されたヤング率を材料力学的に考察せよ（一次元トラスでモデル化した計算を行え）。メッシュの評価を必ず行うこと。

※図 2 のモデルを分布荷重で引っ張ると、下図のように、変形が均質にならない。この問題を解決するために、 x 方向に引っ張る場合は、左端面にヤング率が十分に大きな部材を接着させ、この部材を引っ張る解析を行うこと（ y 方向の引っ張りの場合も同様の措置をせよ）。



図 2 のモデルを分布荷重で引っ張った例

(2) 炭素繊維と樹脂の引張強さより、複合材料のそれぞれの方向の引張り強さを求めよ。この強度に問題がある場合、どのような対策をすれば改善できるかについて考察せよ。

(3) 炭素繊維と樹脂の界面は図 3 のように、剥離することがある。剥離長さを $d=50\mu\text{m}$ 、先端の曲率半径 $r (=1\mu\text{m})$ とし、内部は空洞となったと考え、剥離が生じている場合の、ヤング率及び引張り強さの変化を求め、その原因について考察せよ。メッシュの評価を行うこと。また、剥離及び破壊がどのように進展するかを考察せよ。

(略解)

1) 2)

x 方向)

有限要素法：みかけのヤング率は 58.8GPa

材力の見積もり： $E=L_1E_1+L_2E_2/(L_1+L_2)=59.4 \text{ GPa}$

y 方向)

有限要素法：みかけのヤング率は 3.7GPa

材力の見積もり： $E=E_1E_2(L_1+L_2)/(L_2E_1+L_1E_2)=3.45 \text{ GPa}$

y 方向の強度を上げるためには、現在のカーボンに直交するようにカーボンファイバーを配置する。マトリックス状にする。

3)

剥離させると、x 方向はほとんど影響を受けないが、y 方向に荷重を受ける場合は影響が大きい。剥離が進展すると考えられる。