材料システム実験

－「はりのたわみ」と「応力集中」－

予習課題

（専用予習書を使用・実験当日最初に回収）

はりのたわみ：

図1-1に示す単純支持はりのせん断力，曲げモーメント，たわみ角，たわみを求めよ。また左支持点からの距離x_{P}の位置に荷重Pが負荷される際の距離x_{m}の位置におけるたわみ$v(x_{\mathrm{m}})$について，$P/v(x_{\mathrm{m}})$を表す式を求めよ。

応力集中：

応力集中の利点と欠点を述べよ。

＊注意：未完成や内容が読み取れない場合には大幅な減点とする。

1　はりのたわみ

1.1　目的

単純支持はりに集中荷重を負荷した際のたわみを計測する実験を行い，結果から材料のヤング率（縦弾性係数）を同定することを通して，材料力学で学んだ理論を確認する。

1.2　たわみの計算

たわみの基礎式は以下の通りである。

$$\frac{\mathrm{d}^2 v}{\mathrm{d}x^2} = -\frac{M\ x}{EI_z} \qquad (1\text{-}1)$$

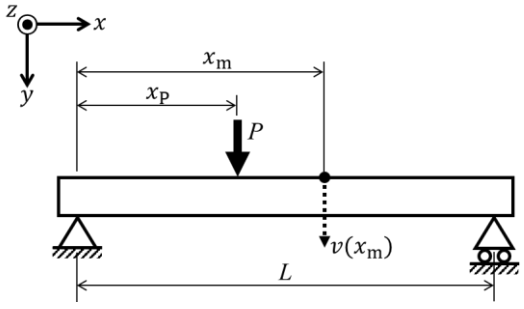

Fig. 1-1　Loading condition

ここでvはy方向の変位（たわみ），Mは曲げモーメント，Eははりの材料のヤング率，I_zははりの断面二次モーメントである。はりに生じるせん断力，曲げ

モーメント，たわみ角，たわみは既に予習書で求めた。これらの計算に用いたたわみの基礎式に関して，どんな仮定の上に成り立つのかを実験の前に確認する。

1.3 実験

はりのたわみ実験装置を用いてはりのたわみ測定実験を行う。

- 装置：

  専用のたわみ実験装置の主要寸法を測定し記録すること。また実験に使用するはりの形状を測定し記録すること。

- 手順：

  任意の位置に荷重を段階的に増加させながら負荷し，各段階のたわみを任意の位置で測定し，荷重とたわみを記録すること。

- 条件：

  着力点，たわみ測定位置および負荷は実験装置の制限，測定精度等を考慮して決定すること。

1.4 課題

1.4.1 結果について

(1) 測定した荷重とたわみを表にまとめるとともに，グラフに図示すること。グラフの横軸はたわみ，縦軸は荷重とし，点でプロットすること。

(2) グラフからたわみに対する荷重の傾きを求めること。このときエクセルの「線形近似」（原点を通る必要はない）機能と「数式を表示」機能を使用するとよい。

(3) 得られた傾きからはりの材料のヤング率を求めること。

1.4.2 考察について

(1) 結果の妥当性について考察すること。

(2) その他独自の考察を加えること。

その他：レポートには装置とはりを図示し，詳細な実験条件を記載すること。

2 応力集中

2.1 目的

穴の開いた板状試験片の引張試験でひずみを測定し応力集中を確認するとともに，その危険性および機械・構造物の安全性について考察する。

2.2 応力集中

図2-1に示すような円孔の開いた平板に対して均等な引張応力が負荷されている時，図中円孔の左側に示すような円孔を含む断面における平均応力は式(2-1)のように求められる。

$$\sigma_{\mathrm{ave}} = \frac{P}{2(b-a)t} \qquad (2\text{-}1)$$

しかし，実際の応力分布は図中円孔の右側に示すような幅方向に分布を持ち，円孔付近で最も高い応力σ_{max}となる。断面積に対して応力を積分した値は荷重と等しくなることから以下の関係式が成り立つ。

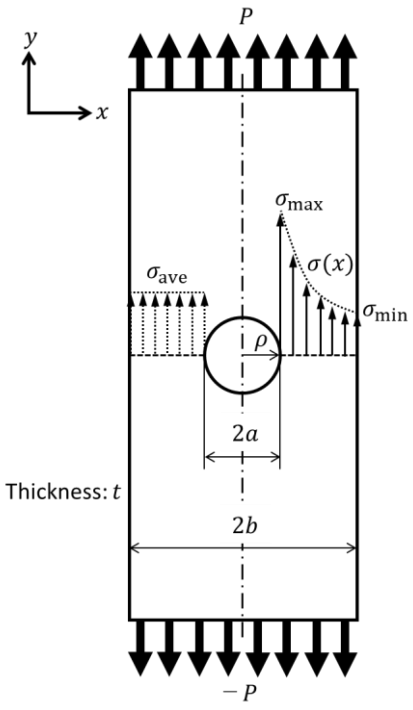

Fig. 2-1 Stress concentration

$$\int \sigma \; x \; \mathrm{d}A = \int \sigma_{\mathrm{ave}} \mathrm{d}A \qquad (2\text{-}2)$$

ここで，想定される平均応力σ_{ave}に対して実際に加わる最大応力$\sigma_{\max}$の比を応力集中係数と呼び，以下の式で表すことができる。

$$\alpha = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{ave}}} \qquad (2\text{-}3)$$

応力集中係数αは板幅に対する穴の直径の比a/bや穴の形状で変化する。また応力の負荷方向と直交方向の曲率半径をρとすると，基本的にρが小さくなるほど応力集中は大きくなる。そのため機械部品等の強度設計には正しい応力状態を把握する必要がある。もし想定と異なる高い応力が局所的に負荷される状況となれば，疲労破壊等を原因とする大事故を引き起こす可能性があるため十分に注意しなくてはならない。なお，き裂の場合にはき裂先端のρが極端に小さいことから最大応力は計算上無限に大きくなり応力集中係数では表現できないため，応力分布の関数を用いた応力拡大係数による評価が行われる。

2.3 実験

実際に円孔のある板状試験片の引張試験を実施し，ひずみゲージ等により応力の集中を確認する。

- 試験片：

  あらかじめ準備された試験片の寸法を測定すること。またひずみゲージの貼付位置を記録すること。材種およびヤング率は与えるので記録すること。

- 手順：

  試験片の取り付け及び取り外しは教員またはTAが行う。段階的に目標の荷重を付与し，その際のひずみを記録すること。

- 条件：

  負荷の目標値は，平均応力σ_{ave}が50MPa，100MPaとなる荷重とする。実

際の荷重値は形状を測定したうえで計算すること。

2.4　課題

2.4.1 結果について

(1) 各目標平均応力で測定された各位置のひずみから各位置の応力を求め，表に平均応力，荷重，位置，ひずみ，応力を分かりやすくまとめること。

(2) 上で求めた応力を，グラフにまとめること。横軸は試験片中央からの位置，縦軸は応力として結果を点でプロットし，平均応力条件ごとに点を線でつなぐこと。

(3) 各条件における応力集中係数αを求めること。

2.4.2 考察について

(1) 得られた結果の妥当性について，文献値を調査し比較，考察すること。

(2) その他独自の考察を加えること。

その他：レポートには試験片の寸法を図示すること。