

課題情報シート

テーマ名 :	ヤング率測定装置の製作				
担当指導員名 :	寺島 周平	実施年度 :	24 年度		
施設名 :	東北職業能力開発大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	生産技術科		
課題の区分 :	総合製作実習課題	学生数 :	1	時間 :	12 単位 (216h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

当科では、実験・実習装置を小数台程度導入して、機械工学実験を実施しています。少人数教育の点からは、操作が簡単な機器を多く揃え、学習者が1～2人で1台ずつを操作しながら実習を行うことが望ましいのですが、市販の実験装置は一般にきわめて高価です。そこで本課題では、はりの実用理論を習得するための強い動機づけとなりうる、小型、廉価な学生用のヤング率測定装置を製作しました。

【学生数の内訳】 設計・製図、機械加工2名（すべての工程を均等に分担させる）

【訓練（指導）のポイント】

本課題のような簡単な実験装置であっても、学生は「理論どおりの結果が得られない」、「簡単な力学モデルを実機に適用するにはどうすればよいか」などの問題を学生メンバー同士で解決しなければなりません。最後に、実験書を作成することで、実験テーマに対応する実用理論を十分に理解し、コミュニケーション能力を高めることができます。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東北職業能力開発大学校
住所 : 〒987-2223 宮城県栗原市築館字萩沢土橋 26
電話番号 : 0228-22-2910 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/miyagi/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

ヤング率測定装置の製作

東北職業能力開発大学校

生産技術科

◎佐藤 純一, 佐藤 勇太

指導教員

寺島 周平

1 はじめに

学生実験のテーマに多様性を持たせるためにヤング率測定装置を製作した。この装置は、ダイヤルゲージ測定子の軌跡に対して、はりの中心線がわずかに傾いている状態でたわみ曲線を求めることができる。たわみの測定データに含まれる傾きの誤差を簡単な後処理で補正することで、材料のヤング率を良好な精度で求めることができる。

ところで、はりの曲げ応力は棒の上下表面で、引張・圧縮状態になる。したがって、変形前に真直ぐな棒は曲線状に曲げられる。もし、はりの上側半分で圧縮状態になれば、下側では引張状態になる。弾性域の区間では、曲げ応力は深さ方向には直線分布する。しかし、はりの側面に、ひずみゲージを張り付けて、この応力くさびを観察することは、試験片の寸法や試験機が大型化するなどのデメリットがあり、学生実験ではあまり行われていない。そこで、今回製作する測定装置に、曲げによりはりの断面に生ずる応力くさびを観察できる機能を追加する。第二の実験では、応力くさびから求めた偶力モーメントが、はりに加えた力のモーメントに等しいことを確かめる。

2 ヤング率測定装置

2.1 実験1：ヤング率の測定

図1のような突き出しはりを考える。はりの内部を伝わるせん断力、またはせん断応力が生じていないとき、純曲げが生ずる。例えば、この図の単純支持点の区間ではせん断力が作用せず、一定の曲げモーメントが生ずる。この区間が純曲げ状態を示す。残りの左右の部分ではせん断と曲げが同時に作用する。両端に偶力モーメントが作用するとき、はりは純曲げ状態にある。この変形前に、はり側面に描いた短い水平な線分は、純曲げを受けるとき円弧になる。このはりのたわみは(1)式で与えられる。

$$y = \frac{Pa}{2EI} (-x^2 + Lx + a^2 - La), \quad a < x < L - a \quad (1)$$

E : ヤング率, I : 断面二次モーメント, y : たわみ, P : 荷重, x : 測定位置, L : 支点間の距離, a : 支点から荷重までの距離

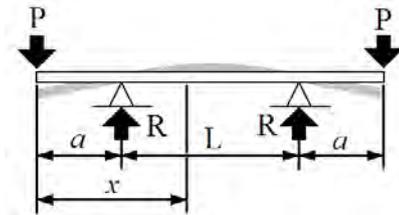


図1 突き出しはり

(1)式を E について解き、測定位置 (x_i, y_i) における E の値を E_i とする。 n を測定点の数とすると、ヤング率の平均値は(2)式で与えられる。

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (2)$$

実験では、治具に固定された試験片に荷重を加え、たわみをダイヤルゲージで測定し、たわみ曲線を求める。試験片が円形断面の場合には、その直径を r とすると断面二次モーメント I は(3)式で与えられる。

$$I = \frac{\pi}{64} r^4 \quad (3)$$

たわみの測定値を補正する原理を図2に示す。はり末端の測定位置 x_0 に対するたわみ y_0 と位置 x_i におけるたわみ値 y_i との差 $(y_i - y_0)$ を補正前のたわみとし y_i' とする。次の(4)式で測定した真のたわみ y'' を求める。

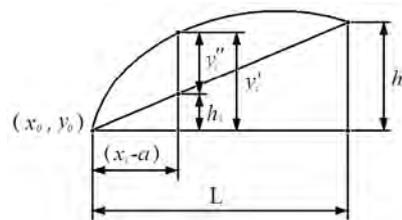


図2 たわみの補正

$$y_i'' = y_i' - h_i \quad (4)$$

ただし

$$h_i = \frac{(x_i - a)h}{L} \quad (5)$$

h は右側支点における支持点の高さである。(4)式および(5)式から真のたわみを求め、たわみ曲線を表計算ソフトウェアで作成する。

22 実験2：曲げによる応力くさびの実験

はりの曲げ応力は棒の上下表面で、それぞれ引張り・圧縮状態になる。したがって、変形前に真直ぐな棒は曲線状に曲げられる。応力は、「はり」の上部で最大の引張応力になり、深さ方向に直線上に変化する。中立軸では応力はゼロになり、最下部の繊維では最大の圧縮応力が生ずる。弾性域の区間では、曲げ応力は深さ方向には直線分布するが、これを直接観察する実験はない。この実験では、長方形断面をもつ木製合板の一端をフレームに吊さげばねばかりとヒンジで支持し、他端におもりで下向きの荷重を加える。図3に概念図を示す。おもりの着点と同じ側には板の上下端面から高さの1/6の位置に引張・圧縮荷重を測定できる小さいばねばかりを取り付ける。このふたつのばねは、はりの断面に生ずる応力くさびの図心における合力を測定する。このふたつのばねの表示とばねの間隔を乗じたものが、はりに負荷したおもりとはりの長さの積に等しいことを確かめることが目的である。

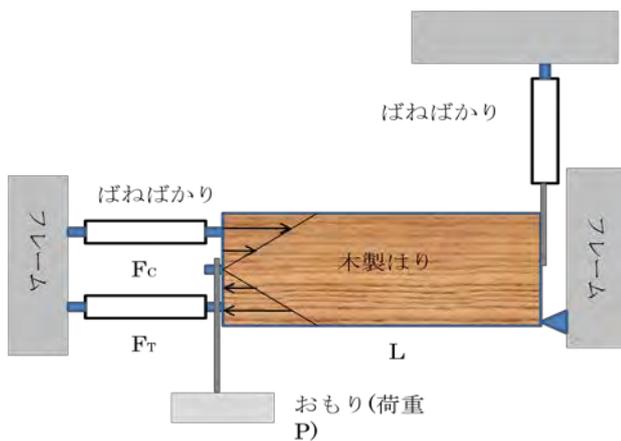


図3. 実験2の概念図

曲げ応力は断面の深さ方向に線形に変化するの、断面に沿った2つの三角形で構成される応力くさびで表すことができる。このふたつの応力くさびは大きさが同じで反対向きの引張側水平力 F_T 、圧縮水平力 F_C に等値することができる。偶力は片方の力を F 、その垂直距離を d とすると、 $M=Fd$ で与えられる。このふたつの水平力は偶力モーメント M を形成

し、この偶力 M は荷重 P とモーメントの腕の長さ L との積と等しい。外部から加えた曲げモーメントは引張・圧縮力とその作用線間の距離の積に等しい。

23 装置の製作

ヤング率測定装置に要求される仕様を以下に示す。

- (1) 最大荷重 1kN
- (2) ストローク 280mm
- (3) ダイヤルゲージ (ミットヨ製 2046S)
- (4) 大きさ : 150 × 100 × 585 (mm)
- (5) 全質量: 15kg

これらを踏まえて、引張機構の選定や製図を行い、ひずみ測定装置を製作した。組立図を図4に示す。

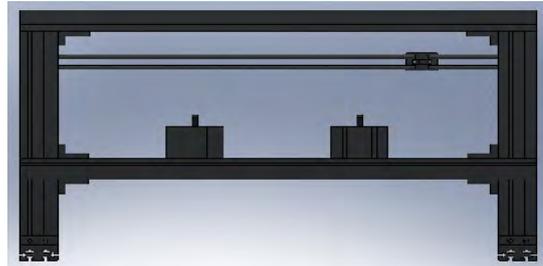


図4. 組立図

24 実験結果

測定したたわみ分布を図5に示す。はりの中心線が、水平軸(丸棒ガイド)に対しわずかに傾いているが、2.2節で述べた補正を行うことで、水平なたわみ曲線が得られた。補正後の理論値に対するたわみ誤差は、4.4[%]になった。また、実験よりヤング率は 66.2GPa が得られ、メーカーのカタログ値とほぼ一致した。

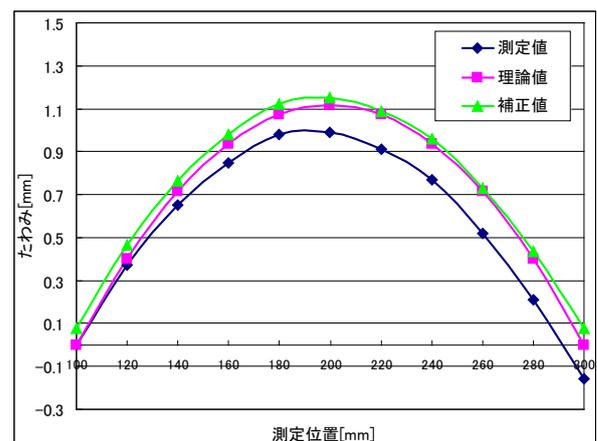


図5 たわみ分布図

3 おわりに

今後は、この実験装置を校内で使用・評価していただき、機械技術者のレベルアップの一助となれば幸いです。

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 5月 19日

科名：生産技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		ヤング率測定装置の製作	
担当教員		担当学生	
生産技術科 寺島 周平		佐藤 純一	
		佐藤 勇太	
課題実習の技能・技術習得目標			
突き出しはりの長手方向にダイヤルゲージを走行させて、はりのたわみを測定し材料のヤング率を求める装置を製作します。材料力学を理解し、機械製図から加工・組立を学びます。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
学生実験のテーマに多様性を持たせるためにヤング率測定装置を製作します。ダイヤルゲージ測定子の軌跡に対して、はりの中心線がわずかに傾いている状態でたわみ曲線を求めます。このたわみの測定データに含まれる傾きの誤差を簡単な後処理で補正し、材料のヤング率を良好な精度で求めることができます。			
実習テーマの特徴・概要			
ヤング率測定装置は、試験材料の「はり」とリニアガイドの平行出しがなされていない状態で、3桁の精度で材料のヤング率を測定します。ひずみ計や測定データの統計処理を必要としないコストパフォーマンスに優れた装置です。			
No	取組目標		
①	5 S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
②	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
③	グループメンバーの意見に耳を傾け、加工スケジュールを厳守し納期に遅れないように、自主管理を行います。		
④	各自が与えられた役割を果たし、他をフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑤	創意工夫をして、合理的な設計をします。		
⑥	CADを援用したメカニカル設計を行い、汎用工作機械を活用して完成を目指します。		
⑦	図や表を多用した報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会ではわかりやすいプレゼンテーションを行います。		
⑧	進捗状況や、発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告します。		
⑨			
⑩			