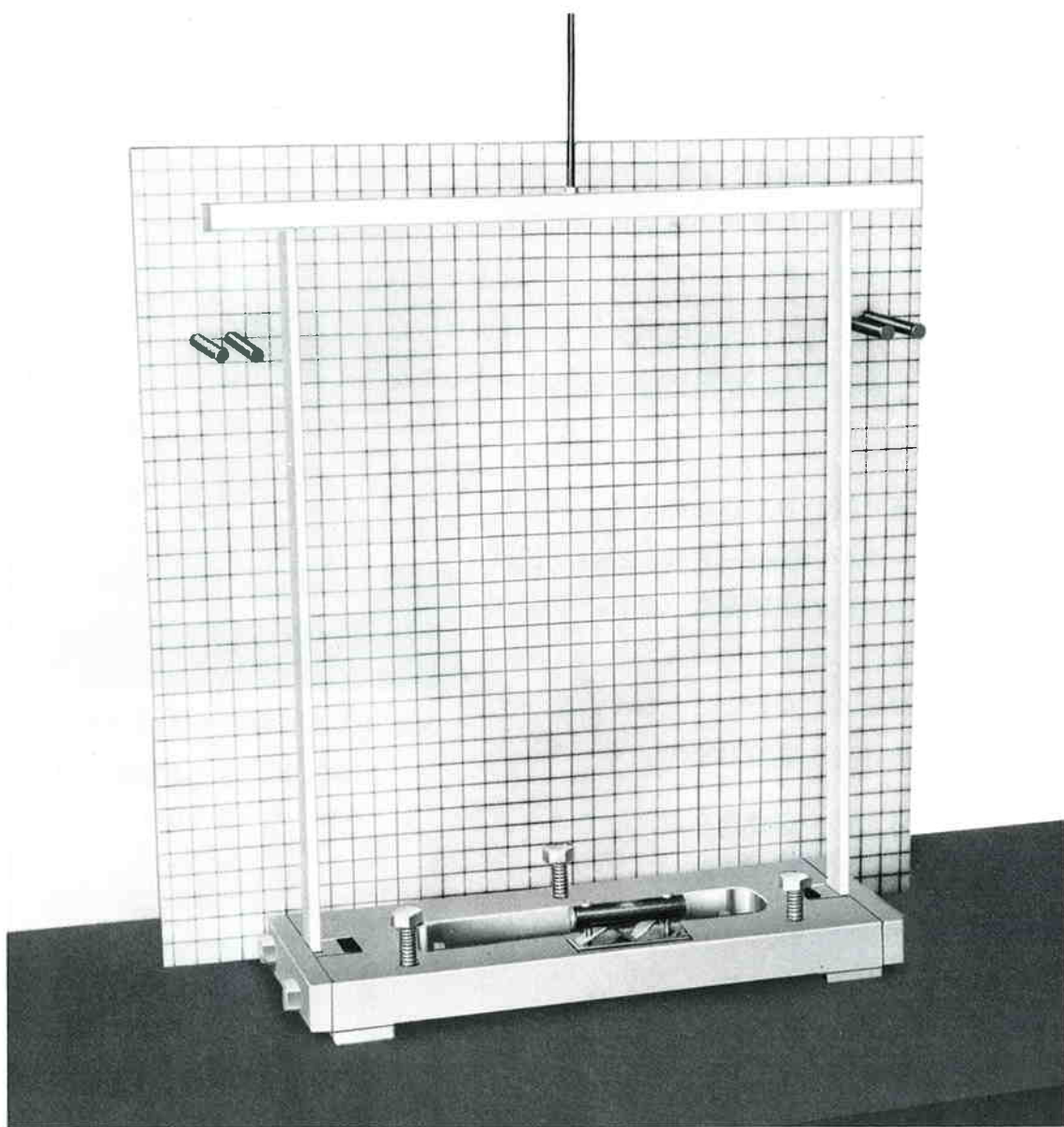


柱の座屈実験装置

Model No. SM-611



座屈は、機械、航空、土木、建築などの工学系の課程で、構造力学や材料力学の中で教えられております。しかし、教科書の座屈に関する記述は短く、座屈荷重を計算する公式の使い方の説明が主体となっており、座屈という現象そのものの物理的側面、すなわち不安定現象としての側面はあまりよく説明されていないのが実情ではないかと考えます。

このような状況のもとに、座屈現象を、学生・生徒の皆さんにより深く理解してもらうために

- ①柱の座屈を教室内で演示する。 ②柱の座屈の定量的実験を行う。

を目的にしたものが「柱の座屈実験装置」です。

特 徴

- ①持ち運びしやすいように、実験器台に軽減孔を大きく取り、軽量化を計っている（重量は2.5 kg以下）。
- ②座屈現象の定性的側面を視覚にうったえることを主眼として、教室後方にいる学生・生徒にも、柱の横たわみの過程がよく見えるよう、試験片には黄色アクリル片を用いている。

座屈演示のステップ（柱の座屈を教室内で演示する）

Step 1 2本の試験片を実験器台①に取り付けます。このとき、それぞれの試験片の元のたわみ（そり）に注意します。

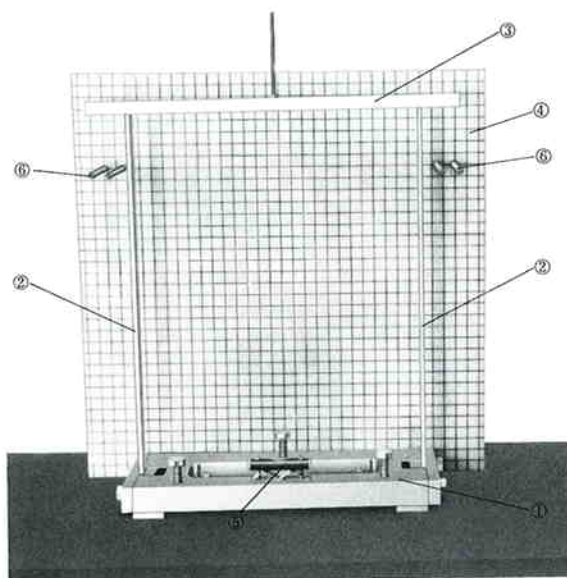
Step 2 天井板③（Dの刻印のある方を下にして）を、2本の柱②の先端に溝を合わせてのせます。

Step 3 天井板のおもさに加えて、おもり（板状 100gr - 3枚、50gr - 6枚、25gr - 12枚）の中から、2本の柱の座屈荷重（ $2P^*$ ）の約30%になるよう負荷します。
この時、柱はほとんどたわむことなく、まっすぐなままであることを観察します。

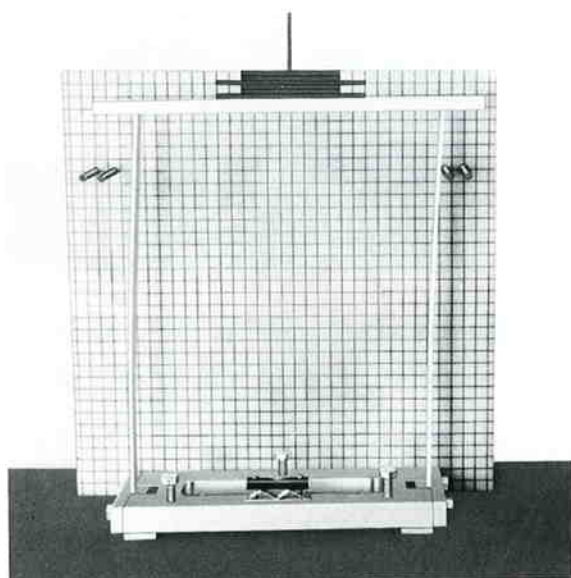
Step 4 さらに、荷重が2倍になるよう、座屈荷重の約60%を負荷します。
しかし、柱の横たわみはあまり大きくならないことを観察します。

Step 5 さらに、荷重が3倍になるよう、座屈荷重の約90%を負荷します。のせたとたん、柱ははっきりと認められるほど横へたわみます。横たわみの増加の割合の変化を観察します。

Step 6 座屈荷重の約15%相当のおもりをのせます。荷重は座屈荷重を超えるので、おもりをのせたとたん、柱は急に大きく、横へたわみます。



①実験器台 ②柱の試験片
③天井板 ④刻線付背板
⑤水準器 ⑥ストッパー



(注) 演示者は、演示の前に、座屈荷重をあらかじめ知っておくことが大切です。

はりのたわみ実験を行い、はりの曲げ剛性を求める。その曲げ剛性の値を用いて、そのはりを柱として用いた場合の座屈荷重を計算する。次に、柱のオイラー座屈実験を行い座屈荷重の実験値を求め、計算値と比較検討する。

1. 実験の準備

(1) 試験片

試験片としては、公称厚さ $h = 0.8\text{mm}$ 、幅 $b = 20.0\text{mm}$ のリボンばねを、長さ 320mm に切断したもので、 20mm は固定端でのかみしめ部分となりますので、はりあるいは柱としての長さ $l = 300\text{mm}$ です。

(2) 用意する測定器具

- ①物さし、ノギス：試験片の寸法を測る。
- ②天びん(500gr)：おもりを検定する。
- ③水準器：試験器の水平性を検定する。
- ④読取顕微鏡：たわみを測る。その他の型の非接触型変位測定器でもよい。

2. 実験の流れ

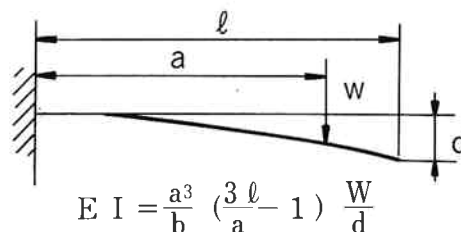
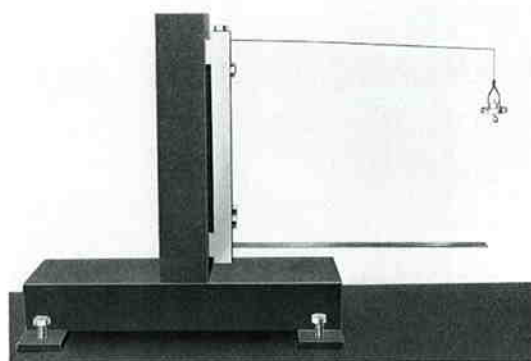
- (1) 試験片の寸法を測定する。
- (2) 試験片の はり としての曲げたわみ実験を行う。
- (3) 実験結果より曲げ剛性 (EI) を求める。
- (4) (1)、(3)の結果を用いて、理論座屈荷重を計算する。
- (5) 軸荷重を受ける柱のたわみを測定する。
- (6) (5)の結果から実験座屈荷重を求める。
- (7) (4)、(6)の結果を比較検討する。

はりのたわみ実験

[実験器台の刻線付背板は取り外します]

- ①2本の試験片のそりの向きをそろえて、2本の試験片を実験器台に固定します。
- ②次に、その実験器台をベッドにボルトとナットで固定し(右写真参照)、水準器でベッドの水平性を検定します。
- ③固定端より a の所に分銅受けを吊るします。
(分銅受けの重さによる初期のたわみは無視)。
- ④おもり(分銅) W を段階的にのせ、先端のたわみ d を読取顕微鏡で測定します。

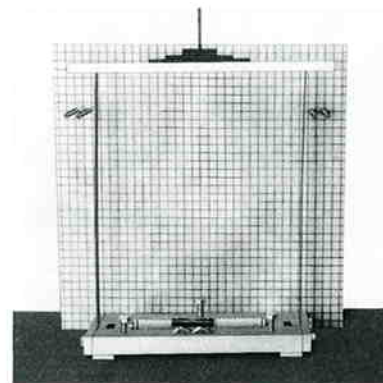
(注) おもりは、先端のたわみの最大値がはりの長さの1%(本器では $300 \times 0.01 = 3\text{mm}$)程度までにおさまるようにします。



- ⑤おもりをのせるステップとしては、おもりWが10grで先端のたわみdが約3mmになるとすると、1grずつとし、先端のたわみが3～4mmを超えると実験は中止します。
- ⑥横軸にたわみdを、縦軸におもりWをとって、測定値をプロットします。その直線の勾配 $C = W/d$ を求めます。
- ⑦曲げ剛性EIを計算します。

座 屈 実 験

- ①2本の試験片(リボンばね)を実験器台に取付け、水平を調整します。
- ②天井板のEの刻印がある面を下にして、V型溝に、2本の試験片の先端を当てがって、天井板を載置します。
(注)このとき、天井板の重さ(Q₀)によって生じた柱のたわみは、元のたわみ(y₀)として考えます。



- ③天井板の上に、荷重Qを加えたときのたわみy₁を読みとります。
(注)荷重の増加は予測座屈荷重を考慮して、荷重がその座屈荷重に近づくと、だんだん細かくしていく事が大切です。
- ④荷重Qが増加するにつれてy₁の値が試験片の長さの10%を超えると、明らかに微小変形理論の枠外となりますので、実験を中止します。

- ⑤横軸にたわみy₁を、縦軸に荷重Qをとり、実験値をプロットします(図-1)。(y₁、Q)平面での実験値は、座屈荷重への漸近する曲線となります。

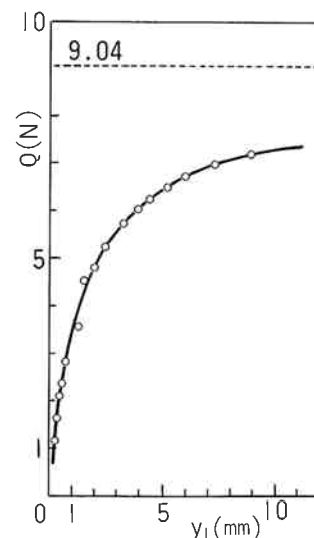


図-1

- ⑥そこで、横軸にy₁/Qを、縦軸にy₁をとって実験値をプロットしなおします(図-2)。

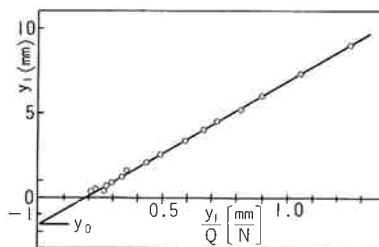


図-2

このような実験値の整理の仕方をサウスウェル・プロットといい、実験結果は1本の直線となりますので直線の式を求めます。

勾配が実験座屈荷重Q**を、

y₁軸との切片がy₁を測定した位置での元のたわみy₀を表わしています。

ただし、1本の柱の実験座屈荷重P**はQ**の1/2です。

一式の構成

① 実験器台 (刻線付背板付) 1台	④ ベッド 1台
② 演示用試験片 (アクリル製) 2本	⑤ 実験用試験片 (リボンばね) 6枚
③ おもり (板状) 100gr×3、50gr×6、25gr×12枚	⑥ 水準器 1個
	⑦ 基準分銅 (500gr組) 1式

