HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 麥稈の力學的研究 （第１報）：麥稈の屈服強さ、彈性係數に就いて |
| Author(s) | 森田, 昇 |
| Citation | 北海道大學農學部邦文紀要, 1(1), 87-90 |
| Issue Date | 1951-12-31 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/11501 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 1(1)_p87-90.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 麥稈の力學的研究（第1報）

## 麥稈の屈服強さ、彈性係數に就いて

森田　昇

（北海道大學農林專門部）

# Study on the dynamical Characteristics of Wheat Straw

## 1. Bending Strength and Modulus of Elasticity by Bending.

Noboru Morita

### 緒　言

從來又最近でも稈の強さに對しては多くの研究[1)2)]がなされているが，それ等は農學的な栽培上の立場から行なはれていたように思えるので之を物理學的な，力學的な立場から檢討してみたいというところから本實驗にとりかかつた。麥稈に働く外力は風と穗重或は雨露及びそれ等の件なつたものが主である。風が麥稈を倒さうとする力は片持梁に外力が働いた曲げ作用に又穗重及び雨露は稈の軸方向に力が作用して折ろうとする柱の問題と考えることが出來る。この考えをおし進めていくためには今麥稈を一つの梁と考えれば曲げ作用の式として $M=\sigma Z$，又柱と考えれば挫屈作用の式として $W_k=n\pi^2(EI/l)^2$，或は $\sigma_k=n\pi^2E(k/l)^2$ 但し

$M$ ＝曲げモーメント

$\sigma$ ＝曲げ強さ

$Z$ ＝斷面係數 $=\dfrac{\pi}{32}\left(\dfrac{d_1^4-d_2^4}{d_1}\right)$ （斷面を圓環として）

$d_1$ ＝稈の外徑

$d_2$ ＝稈の內徑

$W_k$ ＝挫屈荷重

$E$ ＝彈性係數

$I$ ＝斷面の二次モーメント $=\dfrac{\pi}{64}(d_1^4-d_2^4)$

$l$ ＝柱の長さ

$\sigma_k$ ＝挫屈強度

$k$ ＝最小斷面二次半徑

$n$ ＝柱端の條件による常數

の如き式から強さを決めようというのであるが，それには先づ $E$ とか $\sigma$ の値を知らねばならない。然るにこれ等の値に就ては未だに明らかにされていないようなので，稈の太さ，稈の厚さ等精度の點からは相當批判の餘地があると思うが一應屈服強さ，彈性係數の凡その値を求め得たので取敢えず本實驗の概略を述べて第1報とし，斯道の先輩その他大方の御叱正に預り度いと願うものであります。

本實驗を遂行するに當り御教示御指導を賜つた田町以信男教授，工學部久野陸夫教授に又實驗に協力せられた須山教授，藤本和子嬢に對し玆に深謝の意を表する。尙研究費の一部は文部省科學研究費の援助を蒙いた。

### 實驗材料，方法及び結果

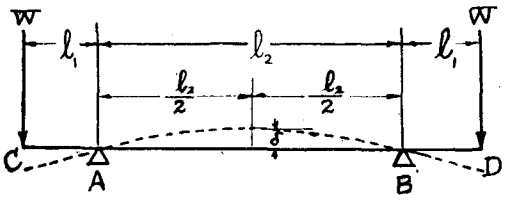
供試材料は赤銹不知1號で農業物理研究所芽室分室で生育したもの，刈取後相當日數經過した

第 1 表 （農業物理研究所芽室分室調査）

| 稈長 mm | 稈の太さ mm | 挫折能率 g | 穗長 mm | 粒數 個 | 穗重 g | 粒の長徑 mm | 粒の短徑 mm | 千粒重 g | 容積重 g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1139 | 5.19 | 3.08 | 241.7 | 16.04 | 0.6377 | 6.03 | 2.63 | 35.9512 | 200.182 |

氣乾狀態のもので第1表の如き特性のものを使用した。

供試材料は生物であり同一品種にても栽培條件等によつて異なるものと思はれるが，取扱を簡單にするため，理想的な狀態を假定して本實驗に於ては試料はそれ等の條件を滿足するものとして實驗を進めた。即ち試料は均一質からなり，斷面はどこでも同一の完全な圓環をなす。又內外徑はどこでも同じとしたことである。上のような假定の下に於て第1圖に示す如く曲げ作用を與えれば彈性限の範圍內では次式が成立する。即ち




第1圖 撓みの測定方法

$$\delta = \frac{W l_1 l_2^2}{8EI} \quad \text{或は} \quad E = \frac{W l_1 l_2^2}{8\delta I}$$

但し $W$ = 荷重 (kg)

$l_1$ = AC 或は BC の長さ (mm)

$l_2$ = AB の長さ (mm)

$\delta$ = AB の中央に於ける撓み (mm)

$I$ = 斷面の二次モーメント

$$= \frac{\pi}{64}(d_1^4 - d_2^4)$$

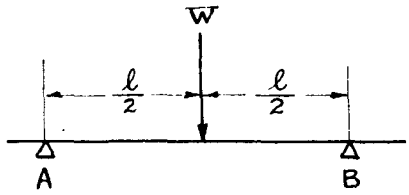
$d_1$ = 外徑 (mm)

$d_2$ = 內徑 (mm)

$E$ = 曲げによる彈性係數 (kg/mm²)

これより $W$, $l_1$, $l_2$, $\delta$, $d_1$, $d_2$ を測定して曲げによる彈性係數の $E$ が求められる。

又曲げによる壁面屈服の強さは第2圖の如くして次式から求めた。




第2圖 屈服強さの測定法

$$M = \sigma Z$$

但し $M$ = 曲げモーメント = $\frac{Wl}{4}$

$W$ = 荷重

$l$ = 兩支點間の距離 = AB の長さ

$Z$ = 斷面係數 = $\frac{\pi}{32}\left(\frac{d_1^4 - d_2^4}{d_1}\right)$

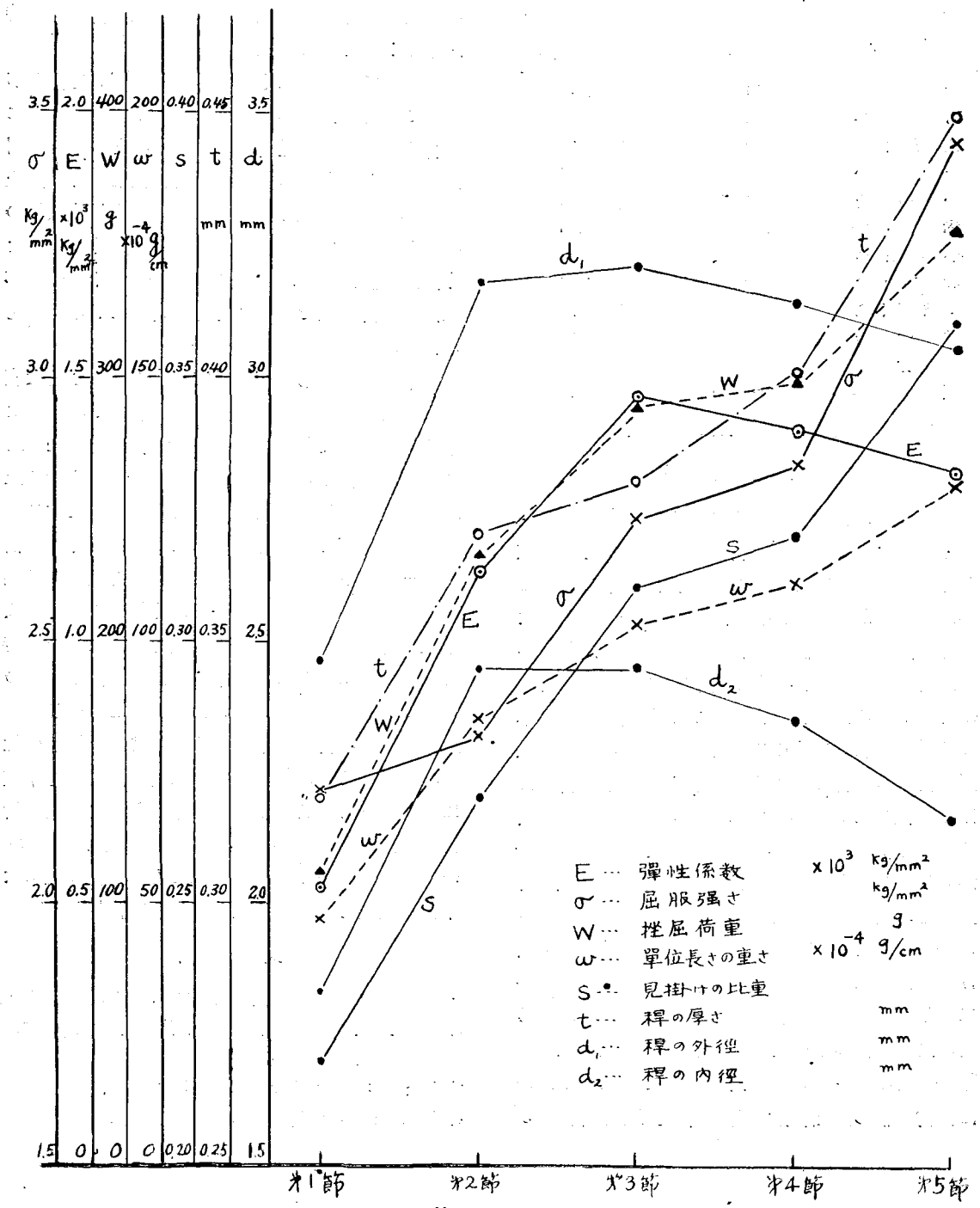
$\sigma$ = 曲げによる壁面屈服強さ (kg/mm²)

第 2 表

| | 第1節 | | | 第2節 | | | 第3節 | | | 第4節 | | | 第5節 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 |
| 試驗回數 | 25 | | | 30 | | | 30 | | | 30 | | | 15 | | |
| 外徑 $d_1$ mm | 2.77 | 2.12 | 2.46 | 3.58 | 2.71 | 3.18 | 3.63 | 2.59 | 3.21 | 3.57 | 2.51 | 3.14 | 3.32 | 2.52 | 3.05 |
| 內徑 $d_2$ mm | 2.20 | 1.55 | 1.83 | 2.95 | 1.87 | 2.45 | 2.91 | 1.95 | 2.45 | 2.67 | 1.75 | 2.35 | 2.44 | 1.80 | 2.16 |
| 稈の厚さ $t$ mm | 0.38 | 0.27 | 0.32 | 0.54 | 0.26 | 0.37 | 0.50 | 0.31 | 0.38 | 0.53 | 0.28 | 0.40 | 0.53 | 0.36 | 0.45 |
| 單位長さの重さ $w\times10^{-4}$g/cm | 53 | 37 | 47 | 115 | 59 | 85 | 133 | 67 | 103 | 147 | 74 | 111 | 156 | 98 | 129 |
| 見掛けの比重 $s$ | 0.26 | 0.17 | 0.22 | 0.39 | 0.19 | 0.27 | 0.37 | 0.26 | 0.31 | 0.46 | 0.29 | 0.32 | 0.44 | 0.29 | 0.36 |
| 挫屈荷重 $W$ g | 161.4 | 85.9 | 111.5 | 337.2 | 135.5 | 232.4 | 469.7 | 145.6 | 290.2 | 455.5 | 221.9 | 297.5 | 437.7 | 231.2 | 355.0 |
| 彈性係數 $E\times10^3$kg/mm² | 1.49 | 0.35 | 0.53 | 1.86 | 0.69 | 1.13 | 1.88 | 0.84 | 1.46 | 2.30 | 0.78 | 1.40 | 1.74 | 1.04 | 1.32 |
| 屈服強さ $\sigma$ kg/mm² | 3.74 | 1.31 | 2.21 | 3.70 | 1.66 | 2.32 | 4.12 | 1.82 | 2.73 | 3.75 | 1.77 | 2.84 | 4.62 | 2.83 | 3.45 |

倘稈長の平均は 1230 mm；稈重の平均は 1.75 g.

試驗器は Holde fleiss 氏の藁稈挫折試驗器を用い，先づ突出梁の狀態で中央の撓みを 0.01 mm 迄測れる讀取望遠鏡で測定し，更に單純梁として中央に荷重をかけて屈服せしめ後同じ讀取望遠鏡にて屈服面の外徑，內徑を測定した。試料は穗首から數えて第1節から第4節或は第5節迄測定した。第2表に示したものは適當に選らばれた 30 本から得た結果の平均値であつてこれを圖示した




第 3 圖

ものが第3圖である。そしてこれ等の値を既に知られている木材，竹その他と比較したものが第3表である。

第3表

| 材料 | $\sigma$ kg/cm² | $E$ ×10⁵ kg/cm² |
|---|---|---|
| すぎ | 580 | 0.57～1.3 |
| もみ | 640 | 0.42～1.1 |
| えぞまつ | 590 | 0.43～1.1 |
| たうひ | 580 | 0.42～0.86 |
| ひのき | 630 | 0.60～0.86 |
| 赤松 | 730 | 0.57～1.40 |
| からまつ | 830 | 0.98～1.10 |
| おほなら | 790 | 0.59～1.10 |
| やまざくら | 880 | 0.57～1.10 |
| けやき | 870 | 0.84～1.10 |
| 竹 | 700～3000 | 1.70 |
| 鐵鋼 | 4000～6000 | 20.0～21.5 |

（機械工學便覽による）

## 結果に對する考察

具體的に言つて從來の“稈の強さ”は稈に曲げ作用を與えてその挫折荷重を求めそれを各品種の稈の強さとして比較している。然し乍らこれで稈が強いとか弱いとかを規定として決定するのは根據が薄弱と思う。細いから弱い，太いから強いとか荷重が大きいから強いと言ふことは一應尤ものようであるが，あながち太いから強いとは簡單には言いきれないものである。卽ちこれには單位面積當りのと言うことが省かれていて單に荷重だけで比較しているからである。例えば單位面積當り大きな荷重に耐え得る材料は細くとも強い場合がある。これを金屬材料にその例をとれば軟鋼と鑄鐵との曲げ許容應力を比較すると軟鋼の 900～1200 kg/cm² に對して鑄鐵は 450 kg/cm²，卽ち曲げ強さに於ては軟鋼は鑄鐵の約3倍の強さを持つていることが解る。從つて同じ曲げ作用を受ける所に同じ直徑のものを使用すれば，鑄鐵は軟鋼の 1/3 の強さしかないし，同じ強さをもたせるためには約3倍の斷面係數（斷面を圓とすれば約 $\sqrt[3]{3}\,d \fallingdotseq 1.45\,d$）を持たせることが必要となる。かかる見解からは今迄のように稈の曲げ強さを荷重のみで比較していたことは妥當とは考えられない。この強さは，單位面積當りの荷重で表はす可きである。云い換えれば單位面積にどれ位の荷重が支持出來るかによつて比較すべきものと思う。

そこで上述の如く實驗から $E$ 及び $\sigma$ を得たが他にこれと比較すべき藁稈類の $E$ や $\sigma$ は現在迄に報告されたものが見當らないので，どの程度信用が出來るかは今後の實驗に俟たねばならない。止むを得ずこれを現在測定されている木材或は竹のそれと比較してみると第3表に示す如く非常によく似た數値が得られた。これは得た $E$ や $\sigma$ の値が比較的妥當な値であることを裏書していると考えられる。

第2表及び第3圖を見て面白く思うことは直徑は穗先で極めて細く中頃で太さ最大で，根元に來ると又細くなり所謂紡錘形，流線形をしていることである。これは外力の抵抗を最も少くする上に効果的であることは一般によく知られている。又強さは穗首より根元にかけて次第に強くなり曲げモーメントに大體比例していること及び彈性係數の $E$ は全體に涉つて同一でなく穗首の近くでは柔軟で彈力性を持ち根元では剛くなつて強い支持力を包藏していることで今更ながら自然の攝理の極めて微妙且つ合理的なのに感嘆させられる。

又強さ，荷重，單位長さの重さ，見掛けの比重，稈の厚さ等の相互關係も面白い。これ等今迄に“稈の強さ”を表すために用いられて來た挫折荷重，單位長さの重さ或は稈基重[3)4)]（稈下部 10 cm の乾物重），稈の厚さと屈服強さとの關係に就ては今後の實驗を俟つて論議を進めたい。

## 文　獻

1) 池田利長：日本作物學會紀事. 11-1, p. 26, 1939 (昭 14).
2) 渡邊勇，飛岡五六：農業及び園藝. 23 卷 8 號, p. 445, 1948 (昭 23).
3) Atkins: Jour. Agr. Res. Vol. 56, 1938.
4) Atkins: Jour. Agr. Res. Vol. 76, 1948.