

彎曲法による刷子の弾性率測定

一 木 利 信*

Measurement of Modulus of Elasticity of Brush Materials by Bending Method

By Toshinobu Ichiki
Hitachi Laboratory, Hitachi, Ltd

Abstract

It was recently disclosed that the modulus of elasticity of brush material is closely related to commutation characteristics, hence this modulus of elasticity has become to be considered as an important figure on the study of commutation characteristics and in the manufacturing of brushes.

There are bending and vibration methods for the measurement of modulus of elasticity of brush material, the former being superior to the latter in view of accuracy and simpleness of measuring.

The writer devised a measuring apparatus on bending method which is featured in simple operation.

This paper describes its principle and structure and effect of various factors on the measured results.

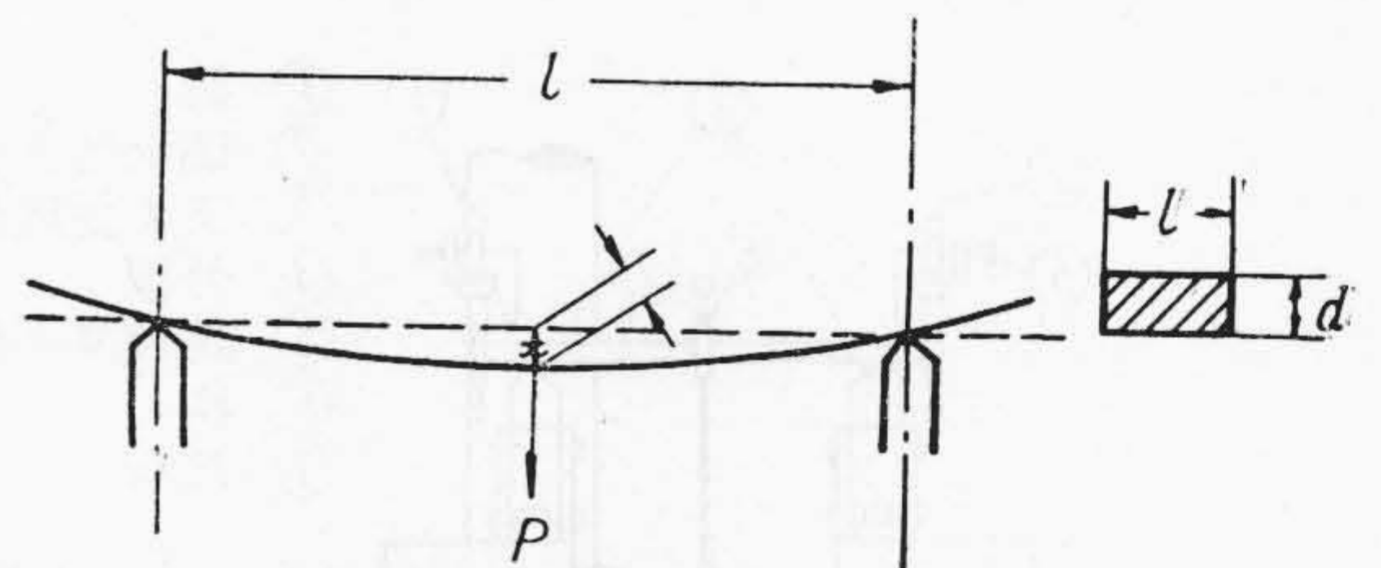
[I] 緒 言

刷子に弾性振動が起る場合、この振動を成るべく早く減衰させることが必要で、この目安を与えるのが弾性率及び粘性係数である。最近刷子の弾性率はその整流特性と密接な関係があることが明らかにされるに至つたため^{(1)~(4)}、刷子の特性を研究する上に於ても亦刷子を製造する上に於ても摩擦係数及び粘性係数と共に極めて重要なものとなつた。刷子材の弾性率測定法には彎曲法と振動法とがあるが^{(1), (5)}、前者の方が後者より測定が比較的簡単で、且測定精度が高い点で優れており、学振の刷子試験規格にも前者が採用された。

筆者は宗宮博士の御指導により、簡易に使用出来る彎曲法測定器を製作した。刷子材の弾性率を測定するに当つては、大きな荷重をかけることが出来ず、従つて荷重による試片の撓みは小さいので、鏡を使用して撓みを拡大して測定出来るようにした。本測定器は刷子材の弾性率測定用として作つたものであるが、他の材質の弾性率測定にも使用出来る。

本報告には測定器の構造、測定方法及び測定結果に及ぼす試片寸法の影響について述べる。

* 日立製作所日立研究所



第1図 彎曲法説明図

Fig. 1. Schematic Diagram of
Bending Method

[II] 原 理

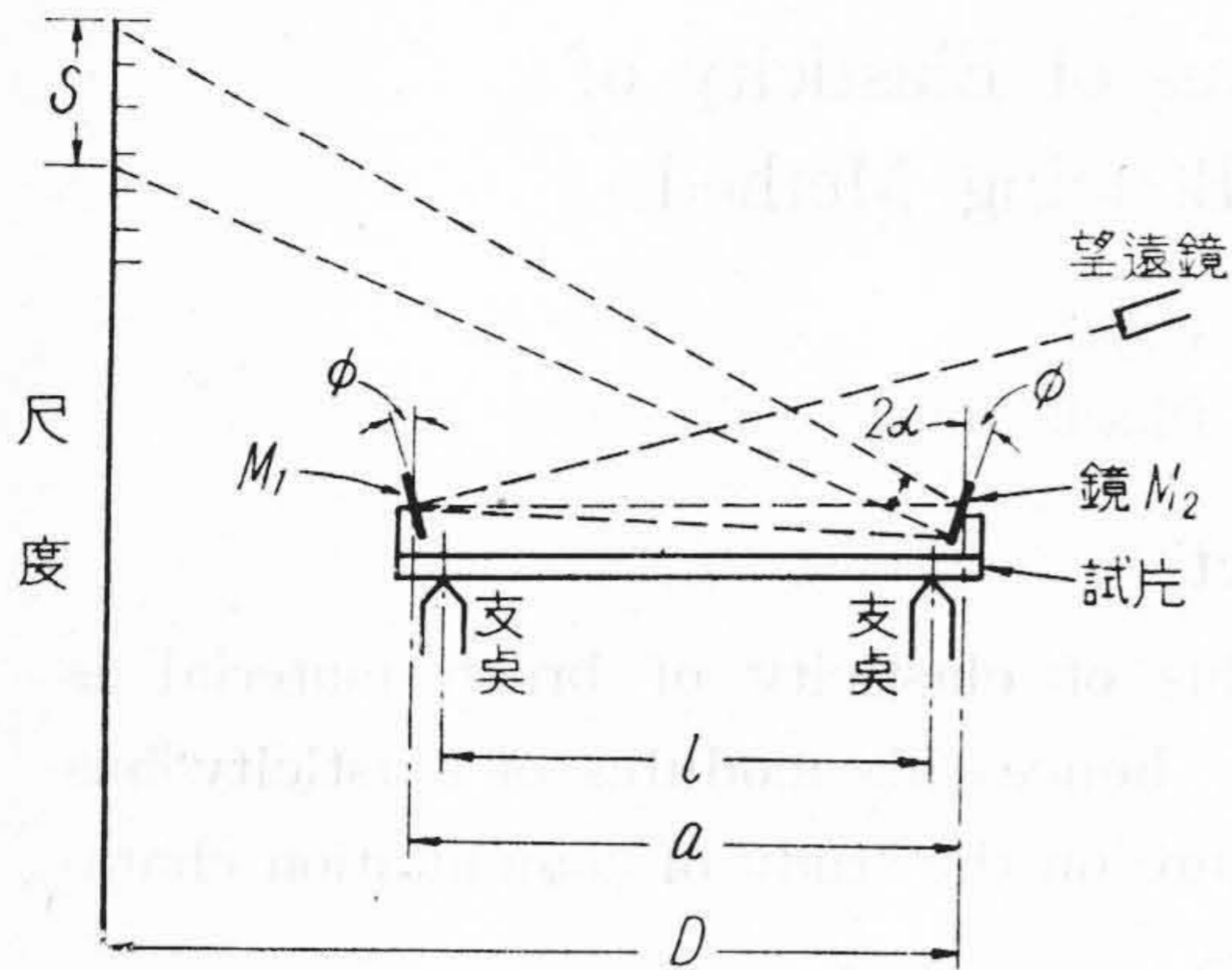
原理は一般の物理学教科書に記載されている撓みによる方法である。即ち、第1図の如く一对の刃端で水平に支えた試片の中央に荷重し、撓みのために起る中央の垂下を x とするとき

$$E = \frac{1}{4x} \frac{l^3}{d^3b} \left(P + \frac{3}{8} Mg \right) \dots \dots (1)$$

但し、 M ; 試片の質量 b ; 試片の幅
 l ; 試片の長さ g ; 重力の加速度
 d ; 試片の厚み

より弾性率 E を計算することが出来る。

宗宮博士は中央の垂下 x を次の如き方法によつて測定した。即ち、刷子の如く垂下 x の小なる場合には、第 2 図の如く試片の両端に鏡をつけ、鏡の傾角を測定す



第 2 図 彎曲法による刷子材弾性率測定法説明図
Fig. 2. Schematic Diagram for Measurement of Modulus of Elasticity of Brush Material by Bending Method

る。この場合平面鏡を含む鉛直面内に試片より遠く離れて尺度を直立せしめ、尺度の連続反射の像を望遠鏡で見る。今荷重したため両端の鏡が ϕ だけ傾いたとすれば

$$S = D \tan \alpha - D \tan(\alpha - 4\phi) + a \tan 2\phi$$

α, ϕ が小なるときは

$$S = 4D\phi + 2a\phi$$

$$\therefore E = \frac{3}{2} \frac{(2D+a)l^2}{d^3 \cdot b \cdot s} \left(P + \frac{3}{8} Mg \right) \quad (3)$$

但し、 E ; 弾性率 (kg/cm²)

P ; 荷重 (kg)

l ; 支点間の距離 (cm)

d ; 試片の厚さ (cm)

a ; 両鏡面の距離 (cm)

D ; 鏡 M_2 と尺度の距離 (cm)

b ; 試片の幅 (cm)

(3) 式で P を変じて尺度の読みを取れば $3/8 Mg$ は消去出来る。即ち

$$E = \frac{3}{2} \frac{(2D+a)l^2}{d^3 \cdot b \cdot S'} P' \dots \dots \dots (4)$$

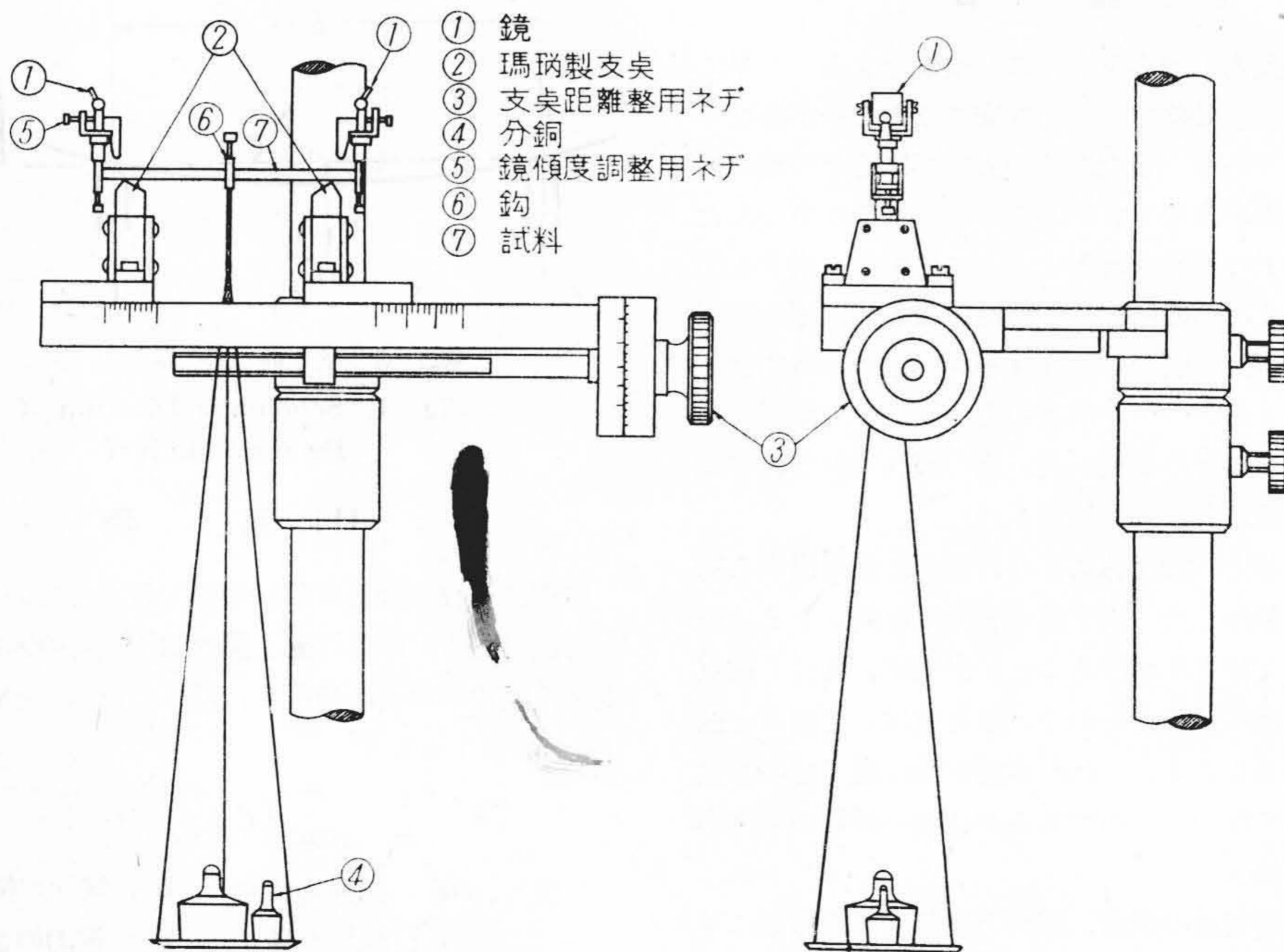
但し、 P' ; 荷重の変化分 (kg)

S' ; P' に対する尺度の読み (cm)

[III] 試作測定器の構造及び測定法

(1) 構造

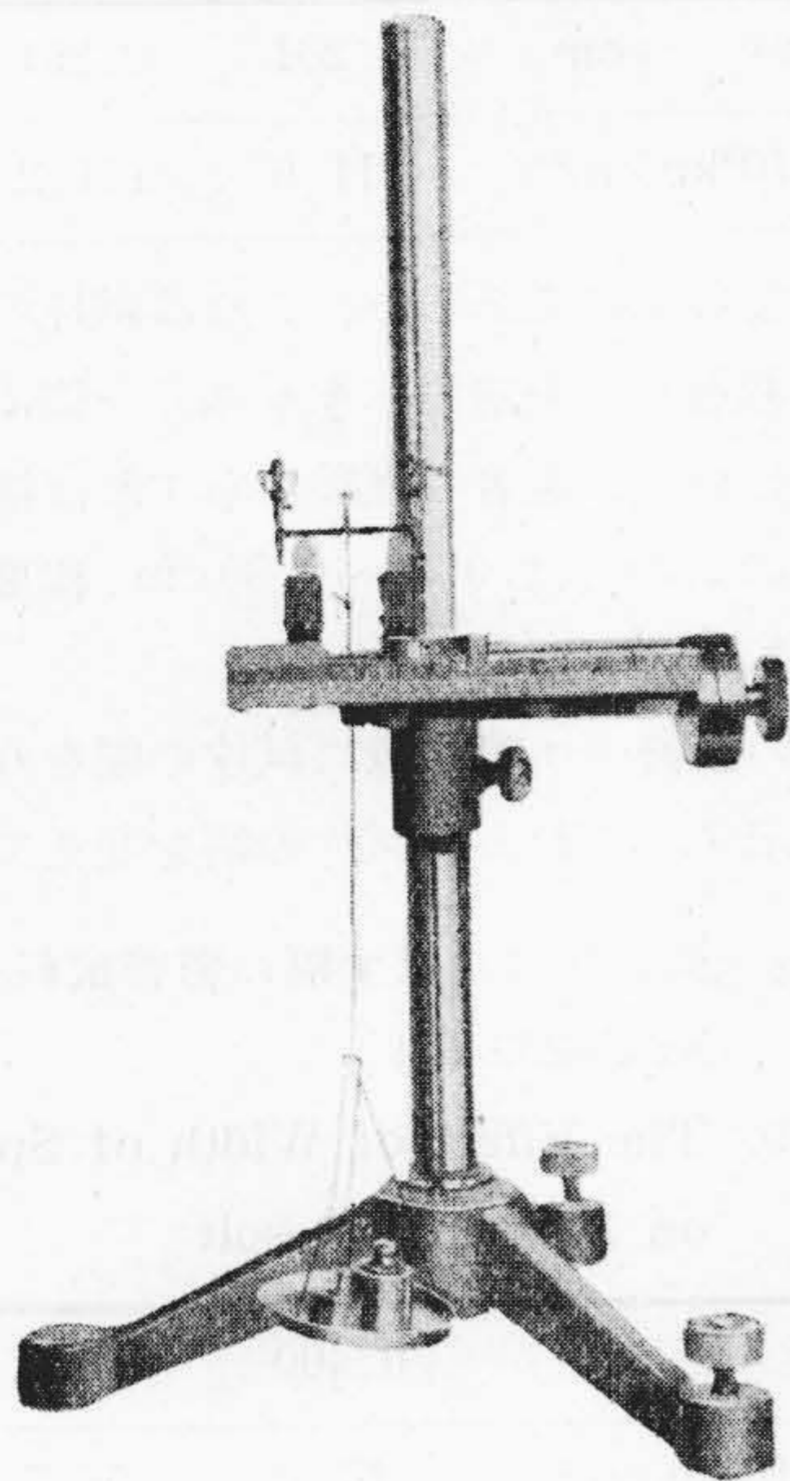
宗宮博士の方法により手軽に測定出来るような構造にしたものであるが、設計に当つては次の点に特に留意した。即ち、(1) 出来るだけ短い試片まで測定が出来ること (2) 支点距離が自由に変えられ、且その距離が直



第 3 図 測 定 器 略 図
Fig. 3. Construction Diagram of Measuring Apparatus for Modulus of Elasticity of Brushes

読出来ること(3)試片に取り付ける鏡及び鉤の重量を出来るだけ軽くすること等である。

第3図に測定器の略図を、又第4図にその外観を示す。第3図に於て6の鉤は試片の中央に取り付けるので



第4図 弾性率測定器
Fig. 4. Measuring Apparatus for Modulus of Elasticity of Brush Material

あるが、ネジを締めれば試片がその両面から刃端で締付けられるような構造になっている。第3図で皿及び鉤の重量は全体で8グラムである。又試片の長さに応じて支点距離を自由に変えられるように瑪璃製支点2の一つはネジ3を回転することによつて自由に移動する。この場合両支点間の距離は1/100 mm迄読み得るように目盛してある。

(2) 測定法

試片を適當の大きさに裁断した後1号程度の砂紙で摺り、更に4/0号砂紙で仕上げる。この場合各部の寸法の不同は最大値と最小値の差を厚さに於て1/100 mm、幅に於て2/100 mm以内になるようにする(次節参照)。次に試片の中央にそれぞれ鉤及び鏡を取り付け瑪璃製刃端の上に載せ尺度と望遠鏡が一直線上に並ぶようにする。次にの鏡傾を調整して尺度の像が望遠鏡で見られるようにする。

以上の準備が終つたら後述の如き弾性余効果を起さざる程度迄荷重し、(4)式より弾性率を算出する。

[IV] 測定誤差

(4) 式の両辺の対数をとれば

$$\log E = \log(3/2) + \log(2D+a) + 2\log l - 3\log d$$

$$- \log b - \log S' + \log P'$$

上式の両辺を微分すると

$$\frac{dE}{E} = \frac{dD'}{D'} + 2\frac{dl}{l} - 3\frac{dd}{d} - \frac{db}{b} + \frac{dS'}{S'} + \frac{dP'}{P'} \dots \dots \dots (5)$$

但し、 $D' = 2D + a$

上式で第2項及び第6項は測定器及び分銅の精度によつて定まるものであり、第1項、第3項~第5項が測定時に起る誤差である。第1項は測定をあまり正確に行わなくても他のものに比し、無視し得る程度に小さな誤差となる。結局第3項~第5項が問題になる誤差である。(5)式より明らかな如く、第3項と第4項の誤差を同程度のものとするためには、第3項の厚み誤差を第4項の幅の誤差の1/3にせねばならぬ。尺度の読みは普通の場合20~30 mm程度であるから、第5項の読取り誤差を他のものと同程度にするためには0.1 mm迄読むことが必要である。

(5) 式の各項に実際の値を代入することによつて測定値の誤差を知ることが出来る。実際に(5)式に種々の値を代入して計算した誤差の大きさは最大で1%前後である。

[V] 試片寸法並びに試片仕上程度の影響

(1) 試片寸法の影響

試片寸法の影響を明らかにするため試片の長さ、厚さ及び幅を変えて測定を行つた。

(A) 試片長さの影響 試片の長さが測定値に如何に影響するかを明らかにすることは、如何程短い試片迄測定が可能であるかを決定する上に重要な意味を有する。何故ならば、次の理由から出来る限り短い試片で測定し得られることが望ましいからである。即ち、実際に使用した刷子が事故を起す場合、その刷子に就て種々の特性を調べる必要が屢々起る。この場合如何なる大きさの刷子からでもその特性が測定出来るためには試片の寸法が問題になる。

第1表は鏡間距離を一定に保ち、支点間の距離を変えた場合の弾性率測定結果であり、第2表は鏡間距離及び支点距離を同時に変えた場合の測定結果である。(第1,2,3,5,6表の試料名称に附した括弧内の数字はブロック別

第1表 測定値に及ぼす支点距離の影響
試料 NCC-259 (1)

Table 1. The Effect of Distance between Supporting Edges on Measured Result

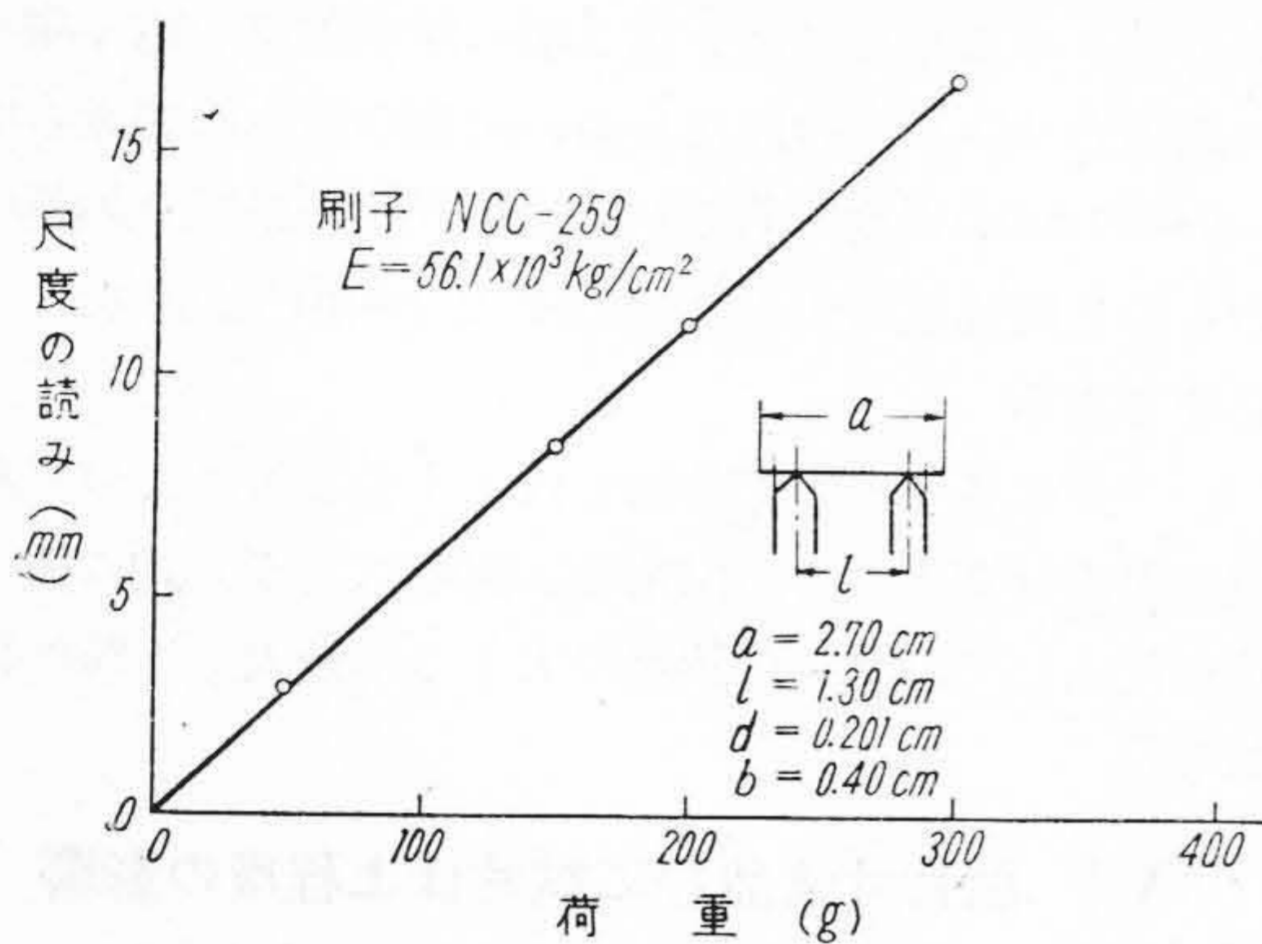
支点距離 (cm)	2.5	3.5	4.5
弾性率 (10 ³ kg/cm ²)	56.3	55.9	56.0

第 2 表 測定値に及ぼす鏡間距離及び支点距離の影響 試料 NCC-259 (1)

Table 2. The Effect of Distances between Mirrors and between Supporting Edges on Measured Result

鏡間距離 (cm)	3.0	4.0	5.0
支点距離 (cm)	2.0	2.5	3.5
弾性率(10 ³ kg/cm ²)	55.8	55.9	56.0

を示す) これらの結果より試片の長さはその測定値に殆んど影響を及ぼさぬことが判る。従つて本測定器で測定し得る最短寸法のもの即ち 2.7 cm 迄 1% 誤差で測定し得る訳である。第 5 図に本測定器で測定し得る最短寸法



第 5 図 最短寸法による測定結果
Fig. 5. Measured Result by the Shortest Sample

即ち 2.7 cm の試片で測定した結果を示す。

試片が短い程尺度の読みが小さくなり読取り誤差は大きくなるから事情の許す限り長い方が良いが、試片の製作の難易、ブロックの標準寸法等を考慮するならば 4~5 cm 程度が適當のようである。

(B) 厚みの影響 第 3 表及び第 4 表に試片の厚みを変えた場合の測定結果を示す。これらの結果から明らか如く、厚みの影響は殆んど認められない。しかし、試片が余り厚過ぎる場合は尺度の読みが小さくて読取り誤差が入り易く、又薄過ぎる場合は外部の振動の影響が入り易い上に厚み誤差の影響が大となる外、測定中に折れ易い等の欠点がある。従つて試片の厚みは適当な大き

第 3 表 測定値に及ぼす厚みの影響 (その 1)

試料 NCC-259 (2)

Table 3. The Effect of Thickness of Specimen on Measured Result

厚み (cm)	0.201	0.251	0.301
弾性率 (10 ³ kg/cm ²)	56.3	56.6	56.5

第 4 表 測定値に及ぼす厚みの影響 (その 2)

試料 OS-2703

Table 4. The Effect of Thickness of Specimen on Measured Result

厚み (cm)	0.201	0.251	0.301
弾性率 (10 ³ kg/cm ²)	111.6	111.2	111.8

を選ばねばならぬのであるが、これは試片の長さ、幅、弾性率等を考慮して決定すべきもので一律に決める訳にはゆかぬ。しかし、筆者の経験からすれば幅 0.5 cm 長さ 5 cm 位のものでは 0.25~0.30 cm 程度の厚みが適當のようである。

(C) 幅の影響 第 5 表に試片の幅を変えた場合の測定結果を示す。これより試片の幅を変えてもその値に

第 5 表 測定値に及ぼす幅の影響試料 NCC-259 (3)

Table 5. The Effect of Width of Specimen on Measured Result

幅 (cm)	0.400	0.500	0.549
弾性率 (10 ³ kg/cm ²)	57.0	56.7	56.2

大差のないことが判る。従つて試片の幅は如何なる寸法のものでもよい訳であるが、試片の幅が大なる程試片の各部の厚みを一様に仕上げることは困難となり、これが誤差の原因となるから試片の幅は狭い方がよく、大体 0.4~0.5 cm 程度が適當のようである。

(2) 試片の仕上げ程度の影響 前述の如く試片の厚み誤差が測定値に最も影響するので、試片の厚みの仕上げ程度の影響について検討した。試片寸法は各部の寸法を測定し、その平均値を以て試片の寸法とするのであるから、各部の寸法の不同が直ちに誤差として影響するものではないが、矢張り誤差の原因となるのであるから測定の正確を期するためには、各部の寸法を一様にする必要がある。これがためには、マイクロメータで測定し、各部の偏差が 1/100 mm 以内に納まるように、厚みを一様に仕上げねばならない。

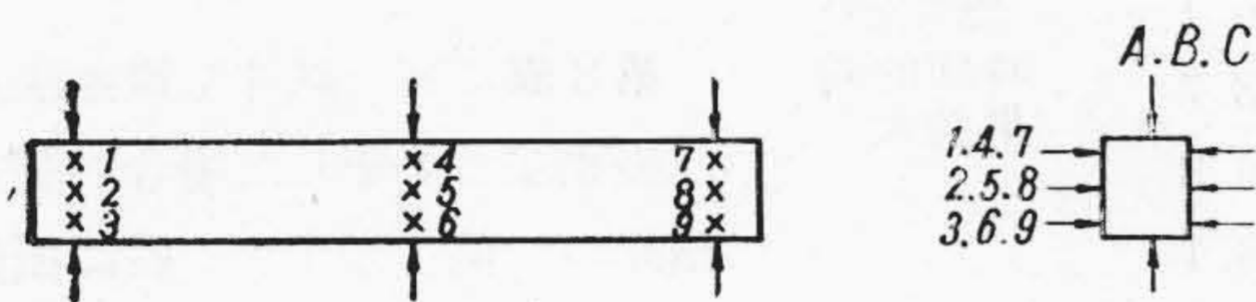
第 6 表に試片の仕上げ程度を変えた場合の測定結果を示す。最初 1 号砂紙で仕上げたもので測定し、次にこれを 4/0 号砂紙で仕上げて測定し、再び 1 号砂紙で摺つて測定したものである。粗い砂紙で粗雑に仕上げた場合には測定の度に異つた結果が得られるが、4/0 号砂紙で各部の厚みの不同を 1/100 mm 以内に仕上げれば常に一定値が得られる (第 5 表は試片を 4/0 号砂紙で仕上げた場合であるが、第 6 表の 4/0 号砂紙で仕上げた場合の結果とよく一致している。

第6表 試片の仕上げ程度を変えた場合の測定結果
Table 6. The Effect of the Degree of Finish of Specimen on Measured Result

項目	位置	1号仕上げ	4/0号仕上げ	1号仕上げ
厚 み (mm)	1	2,373	2,302	2,222
	2	2,400	2,305	2,247
	3	2,400	2,304	2,200
	4	2,400	2,304	2,243
	5	2,417	2,305	2,263
	6	2,410	2,302	2,231
	7	2,405	2,303	2,215
	8	2,410	2,305	2,217
	9	2,405	2,303	2,202
幅 (mm)	A	5,000	4,974	4,871
	B	5,026	4,975	4,918
	C	5,024	4,973	4,886
弾性率 (10^3 kg/cm^2)		54.6	56.8	57.2

備考： 刷子 NCC-259 (3)

1, 2, 3...A, B, C は試片の測定位置を示すもので、次の図の如し。

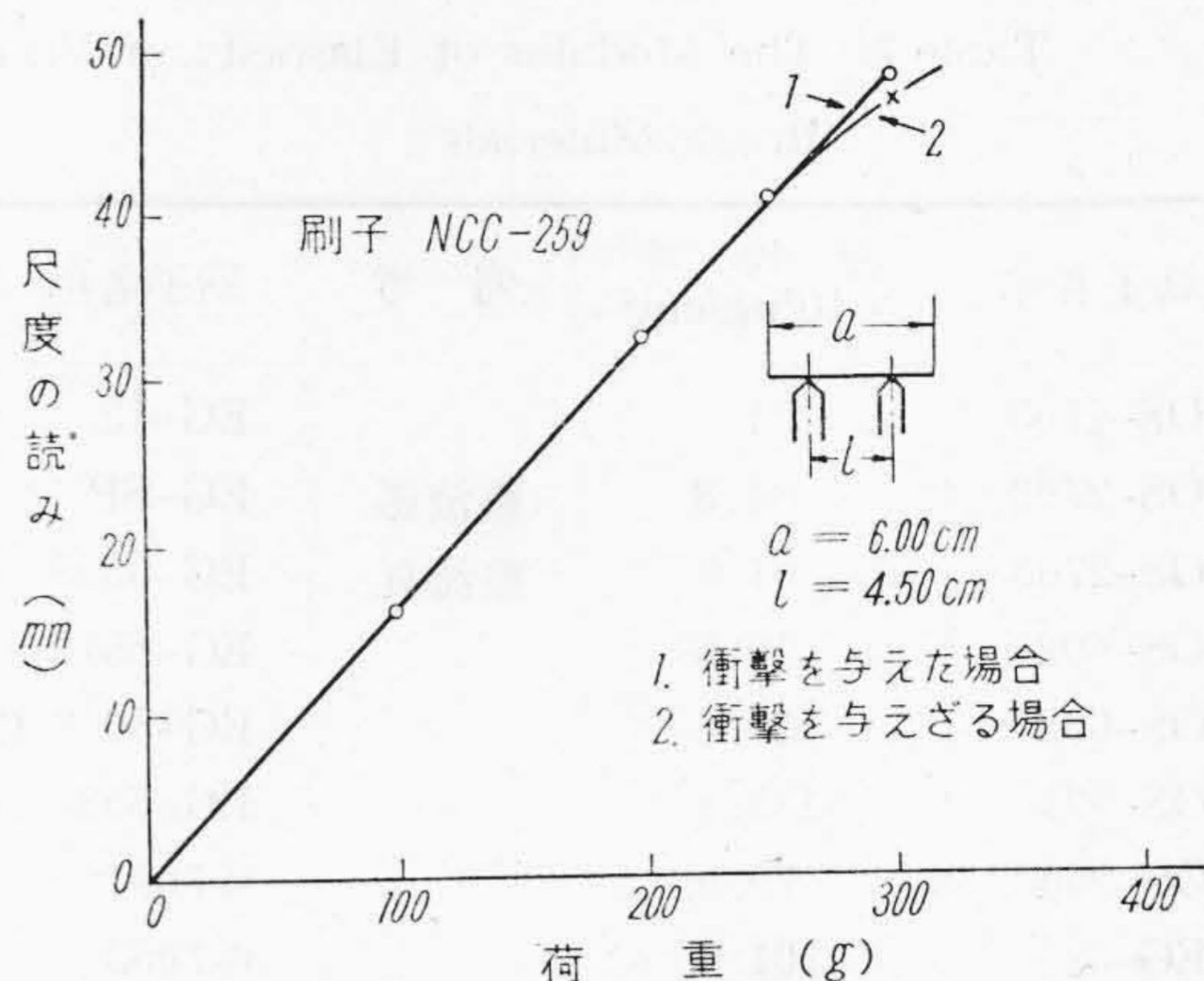


[VI] 弾性の余効果

何れの弾性体にも余効果の現象があるが、刷子の弾性率を測定する場合に何れ位迄荷重してよいかを決めるため、この余効果を考慮せねばならない。

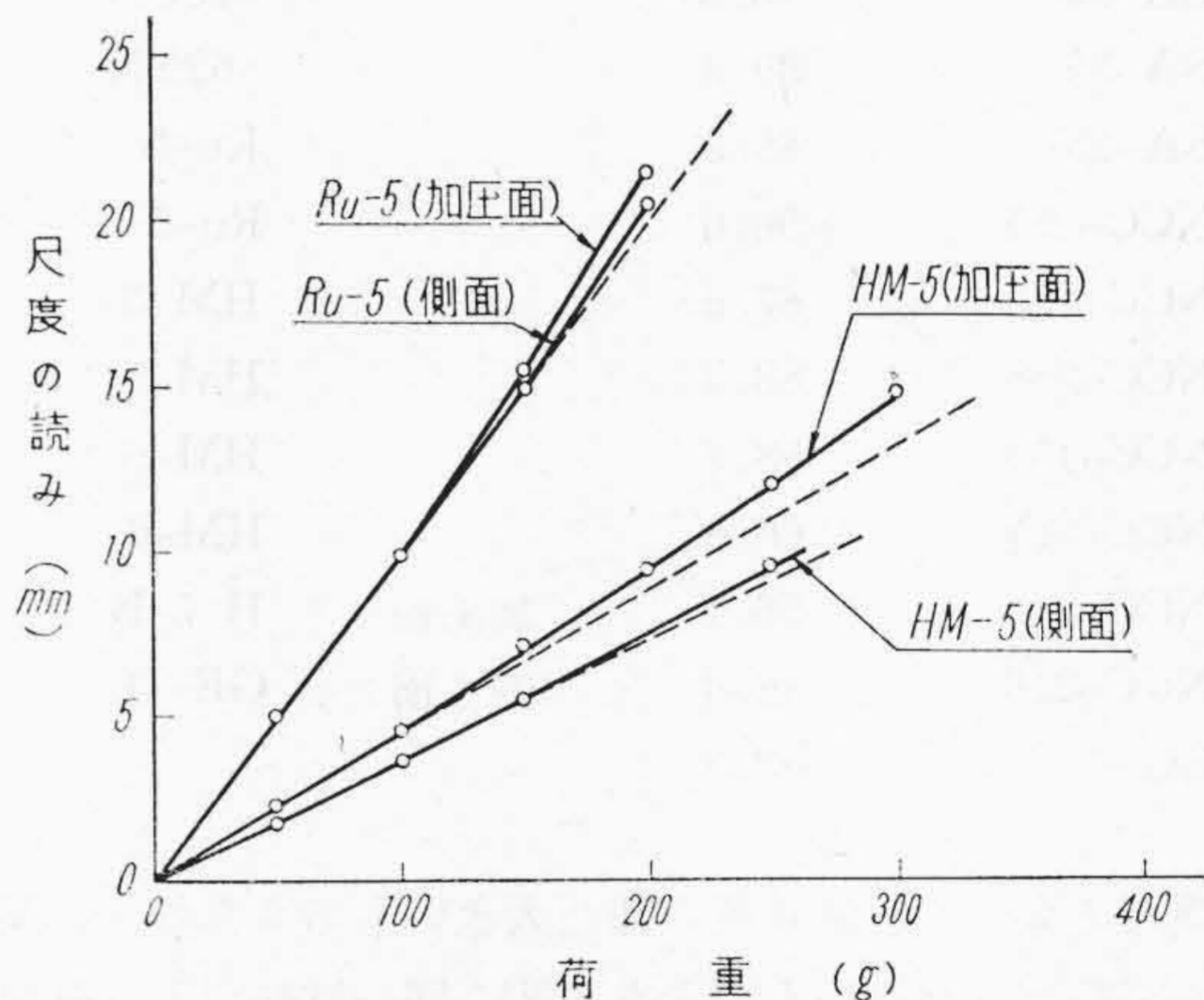
荷重の小さい範囲では応力と歪との間に一次的関係が成立する。即ちフックの法則が成立する。しかし、応力及び歪が或る値を超えると両者の間には一次的関係は成立しなくなる。第6図に油煙系電気黒鉛刷子 NCC-259 第7図に黒鉛系刷子 Ru-5 及び HM-5 の荷重と尺度の読みを示す。油煙系及びピッコクス系電気黒鉛刷子では曲線は上方に凸となるが、黒鉛系刷子では曲線は下方に凸となり、且後者では加圧面と側面とでその程度が異なる。前者の様な場合でも僅かの衝撃を与えると曲線は直線となる(第6図参照)。

横軸に荷重を縦軸に尺度の読みを取った場合、荷重の小さい範囲では両者の間の関係は直線で表わされることは既に述べたが、又荷重の小さい範囲では荷重を増す場合と減ずる場合で直線は一致する(第8図A)。しかし、荷重が大きくなると両者は一致しなくなる。即ち弾性余効果を生ずる(第9図)。余効果の程度は刷子材質によつ



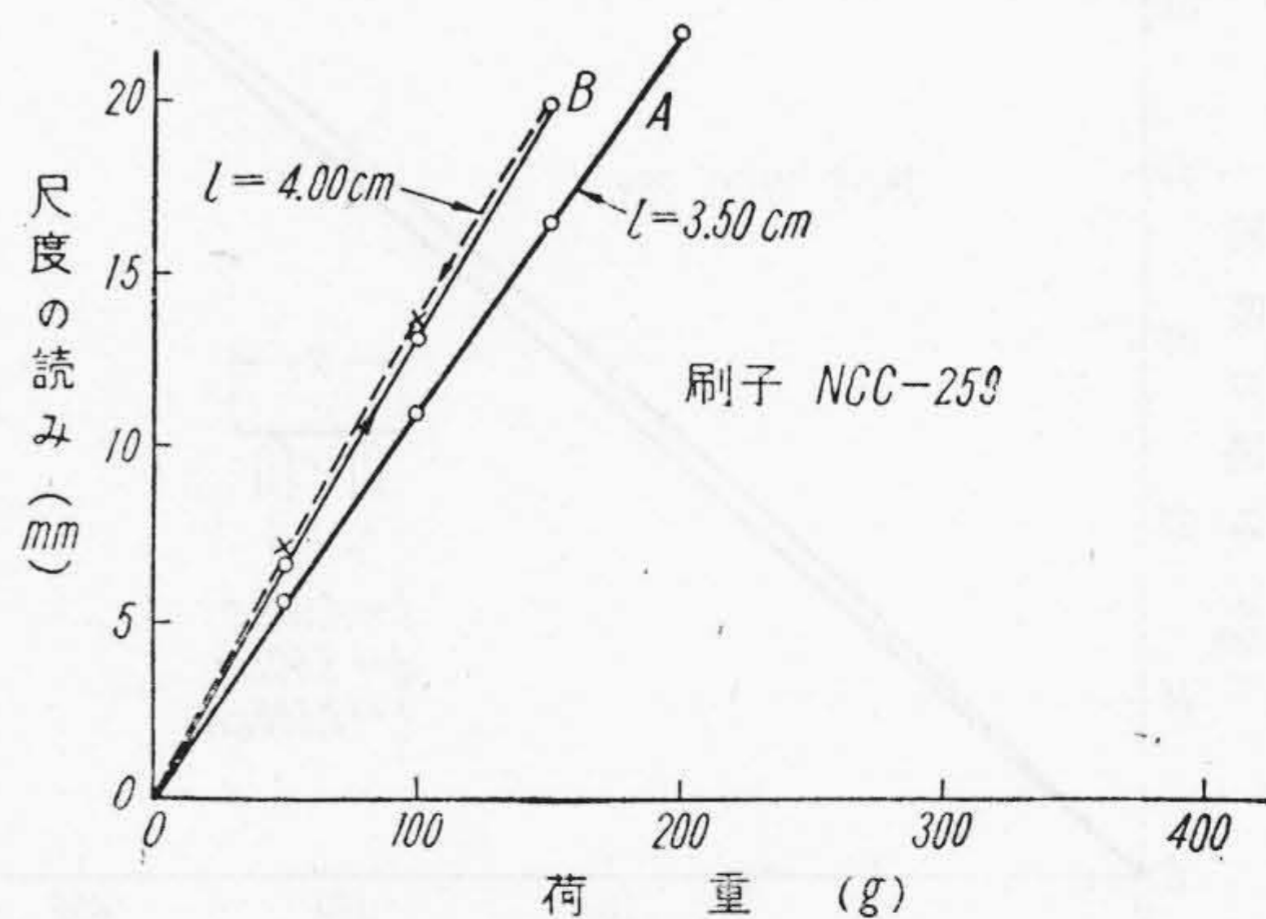
第6図 荷重と尺度の読みの関係 (NCC-259)

Fig. 6. The Relation between Load and Reading of Scale (Brush Grade NCC-259)



第7図 荷重と尺度の読みの関係 (Ru-5 及び HM-5)

Fig. 7. The Relation between Load and Reading of Scale (Brush Grade Ru-5 and HM-5)



第8図 弾性余効果に及ぼす支点距離の影響

Fig. 8. The Effect of Distance between Supporting Knife Edges on Elastic After-Effect

第 7 表 市 販 炭 素 刷 子 の 弾 性 率
Table 7. The Modulus of Elasticity of Various Grade Carbon
Brush Materials

刷子名称	弾 性 率 ($\times 10^3 \text{kg/cm}^2$)	備 考	刷子名称	弾 性 率 ($\times 10^3 \text{kg/cm}^2$)	備 考
OS-2703	111		EG-12	89.5	
OS-2703	84.3	整流悪	EG-SP	106.7	
OS-2703	61.1	整流良	EG-3398	105.1	
OS-602	19.5		EG-6512	57.5	時間的効 果甚大
OS-602	30.6		EG-30.3 T	67.6	
OS-931	115.4		EG-603	91.9	
OS-2600	79.9		≠7091	66.1	
EG-5	101.6		≠7053	86.6	
EG-41	73.7		≠274 N	44.1	
EG-3	49.3		3303	117.8	
SA-45	39.5		8618	124.2	
SA-35	85.5		8601 N	115.3	
SA-30	59.4		8620 N	85.9	
SA-25	89.9		Ru-5	59.7	加圧面
NCC-259	56.0		Ru-5	59.5	側 面
NCC-255	87.9		HM-5	62.3	加圧面
NCC-258	83.4		HM-5	78.0	側 面
NCC-401	68.4		HM-6	46.1	加圧面
NCC-AY	66.8		HM-6	43.7	時間的効 果甚大
NCC-216	56.1	加圧面	H 7 B	56.3	
NCC-216	82.0	側 面	GE-D	78.1	
EG-0	63.3				

大部分の刷子は荷重を加えた場合、尺度の読みが一定になるのに時間を要しないが、中には時間的効果のある刷子もある。稀には時間的効果が著しく大きく、荷重してから尺度の読みが一定になる迄に数分を要するものもある。第 7 表の H-7 B, EG-6512 は荷重してから尺度の読みが一定になる迄に 3~4 分を要した。以上は測定に当つて荷重する場合特に留意せねばならぬ点である。

[VII] 市販炭素刷子の弾性率

第 7 表に彎曲法で測定した内外市販炭素刷子の弾性率を示す。

[VIII] 彎曲法と振動法の比較

第 8 表に同一試片を彎曲法及び振動法で測定した場合の測定結果の一例を示す。一般に振動法で測定した値は彎曲法で測定した値より 10% 程度小さい。

第 8 表 彎曲法と振動法の比較試験結果
Table 8. The Results of Comparative Tests by Means of Bending Method and Vibration Method

試料名称	弾 性 率 10^3kg/cm^2		固有振動数 (\sim)
	彎 曲 法	振 動 法	
E ₂ -0	176.0	158.2	288.0
E ₂ -1	118.5	106.0	219.6
E ₂ -2	124.7	112.0	235.9
E ₂ -3	126.2	117.5	243.6
E ₂ -4	109.4	91.2	205.9

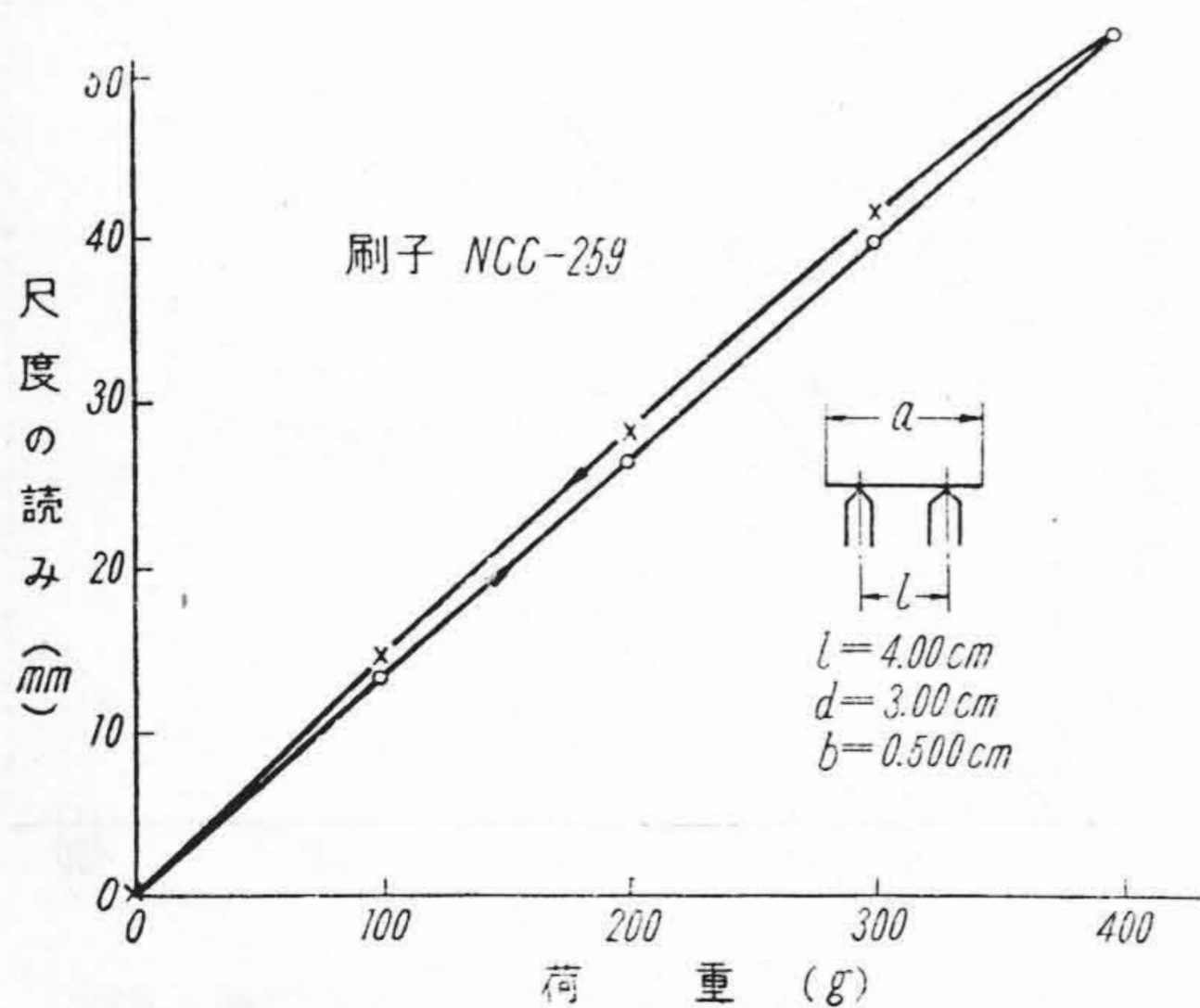
備考： 試片寸法 0.200×0.500×0.41~0.48 mm

[IX] 結 言

以上は彎曲法による弾性率測定器の原理、構造並びに測定法について述べ、更に彎曲法について検討したものである。

測定器の製作に当つては、測定が簡単に且比較的精密に出来ることを主眼とし、特に次の点に留意した。即ち、

て異なるもので、余効果の甚だ大きいものもあれば、又殆んど認められないものもある⁽⁶⁾。同一試料でも余効果の現われる限界の荷重は支点距離によつて異なる。(第 8 図参照)。



第 9 図 弾性余効果の著しく現われた場合の一例
Fig. 9. An Example of Remarkable Elastic After-Effect

- (1) 出来るだけ短い試片迄測定出来る構造にすること
- (2) 支点間の距離は自由に変更られ且その距離が直読出来ること

等である。

本測定器を使用すれば、2.7 cm 位の短い試片のもの迄測定出来るから、実際の機械に使用した刷子についてその弾性率を測定することが出来、好都合である。

彎曲法の誤差について色々検討したが、試片寸法の影響を受けることなく、一定の値の得られることが判明した。なお試片の厚みを 1/100 mm 迄正確に仕上げれば、測定誤差は 1% 前後である。即ち、厚みを正確に仕上げれば 2 桁迄は正確に求めることが出来る。

測定に当つては弾性余効果を引きさざる程度に荷重することが大切である。

本研究を行うに当つて種々御指導御援助を賜りたる当

所部長三浦博士、今尾課長、高橋刷子課長に、又測定器を製作するに当り種々御指導を賜りたる宗宮博士に厚く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 高橋、鈴木； 日評、22 卷、305, 384, (昭14 5.6)
- (2) 馬場、東海、高橋； 電機用刷子の研究
- (3) 一木； 日立評論論文集 9 号 216 (昭 24.12) 電気三学会東京支部連合大会講演要旨、C-II, 64 (昭 24.4)
- (4) 一木； 日評 33 卷、187, (昭 25.3) 第 24 回電気三学会連合大会講演要旨、C 1.14 (昭 25.4)
- (5) 宗宮； 電機用刷子の研究 (Ⅱ) 学振
- (6) 黄金井； 学振報告 (昭 16)

第 34 卷	日 立 評 論	第 3 號
◎ 最近のドライバルブ避雷器特性要素……………日立製作所・多賀工場	{ 落 清 杉山金太郎	
◎ 3,500 kV 衝撃電圧発生装置……………日立製作所・日立工場	{ 河合 泰治 浅野 次夫	
◎ 日立 400 kW 耐圧防爆型誘導電動機……………日立製作所・日立工場	・山本 正雄	
◎ 新型防爆電磁開閉器について……………日立製作所・日立工場	{ 泉 千吉郎 藤木 勝美 小川 毅	
◎ 日立高温高压 8,000 HP 船用タービン並びに 附属装置に就て……………日立製作所・多賀工場	・久保田富則	
◎ 磁気増幅器による過電流制限装置……………日立製作所・日立工場	{ 泉 千吉郎 藤木 勝美	
◎ 刷子の摩擦特性……………日立製作所・日立研究所	・一木 利信	
◎ 茫鋼板用被覆電弧熔接棒試験方法の研究……………日立製作所・笠戸工場	{ 鈴木音次郎 小林 年夫	
◎ エナメル線皮膜の導体への接着性(その一)……………日立製作所・日立電線工場	・間瀬 喜好	
◎ 高純度アルミニウムの迅速分析法……………日立製作所・多賀工場	・小林 武	
◎ M.P. 蓄 電 器……………日立製作所・戸塚工場	・山辺 知定	
東京都品川区 大井坂下町2717	日 立 評 論 社	{ 誌代一冊 ¥ 100 円 12 { 半年分 ¥ 360 円 70 { 一年分 ¥ 720 円 120

日立製作所社員社外講演一覽表(Ⅱ)

昭和27年1月
同 2月

受付日	講演日	主催	演題	時間	所属	講演者名
2/5	4/下	精機学会	伸線用ダイスの測定法	20分	電線工場試作	{ 柿崎 公男方 久本 方
2/5	5/上	三学会連合	酸化物陰極の寿命について	15分	茂原技設	北川 賢司
2/6	5/15	機械学会	最近の絶縁材料について	3時間	日立山崎工場	日月 紋次
"	4/上	"	架構翼の振動に関する実験(2)	25分	日 研	小堀 与一
2/11	5/上	三学会連合	磁気増幅器の動作遅れ	15分	"	{ 今尾 隆 杉浦 繁二
"	2.9	金属学会九州	耐熱耐液鋳鉄 THG について	15分	若松鋳造課	杉野 馨
"	5/上	三学会連合	電鉄用新型保持器について	15分	日立直設	{ 武政 隆一 木田 真吉 桑原 繁太郎
"	"	"	金属黒鉛刷子の諸特性に及ぼす黒鉛量の影響		日 研	一木 利宮
"	"	"	回転増幅器による交流発電機電圧の自動制御	15分	"	小林 栄二
"	"	"	直撃雷実測の一例	15分	"	笈川 俊雄
2/13	3/1	鋳物協会	球状黒鉛鋳鉄の性質について	1時間	亀有設計研究	西山太喜夫
"	3/末	機械学会	H型ダブルチェンコンベヤの一般構造について	25分	" 鉦山機設	青木 勝
"	1/23	建設省	シヨベルの構造と取扱上の注意(その他)	5時間半	" "	稲葉 英二
"	5/上	三学会連合	誘導環型継電器の励磁エネルギーと圧時間との関係	15分	日 研	西堀 博
"	"	"	T級珪素鋼板の鉄損の鉄損についての生産者側報告と消費者側受入試験値との不一致の原因	15分	"	{ 島 史郎 三浦 倫義
"	"	"	共に自動電流調整を行う直流発電機と水銀整流機の並行運転の安定度について	15分	日立電設直設	{ 田附 修隆 西政
"	"	"	単極水銀整流機の負荷限界	15分	日立検査電検 " 電設HK設	{ 今野喜一郎 桑島 千秋
"	2/27	真空技術研究	リーフデテクターについて	15分	中 研	近藤彌太郎
2/14	5/上	三学会連合	小型多投電動制御器	15分	日立電設制設	{ 楊元 之 豊田隆太郎
"	"	"	水銀整流器に於ける逆弧の性質	15分	日 研	木村 鐘治
"	"	"	電流自動調整装置	15分	日立電設制設	{ 吉岡 孝幸 泉 千吉郎
"	"	"	直流機アーマチュアの層間絶縁試験	15分	日 研	井上 利夫
"	"	"	送電線の接地事故の際発電機側に誘起する異常電圧について	15分	"	{ 収 元 笈川 俊夫 鴨志田 実
2/20	2/25	電気学会	静電塗装と静電除滴	2時間	"	橋本 清隆
2/26	3/7	" 茨城支所	送電線に於ける異常電圧	30分	"	収 元
"	"	" "	HTダイナモを使用せる巻上機のプログラム運転について	25分	日立電設制設	平川 克己