

# Über die Festigkeitsuntersuchungen an Holz.

By A. Weingarten

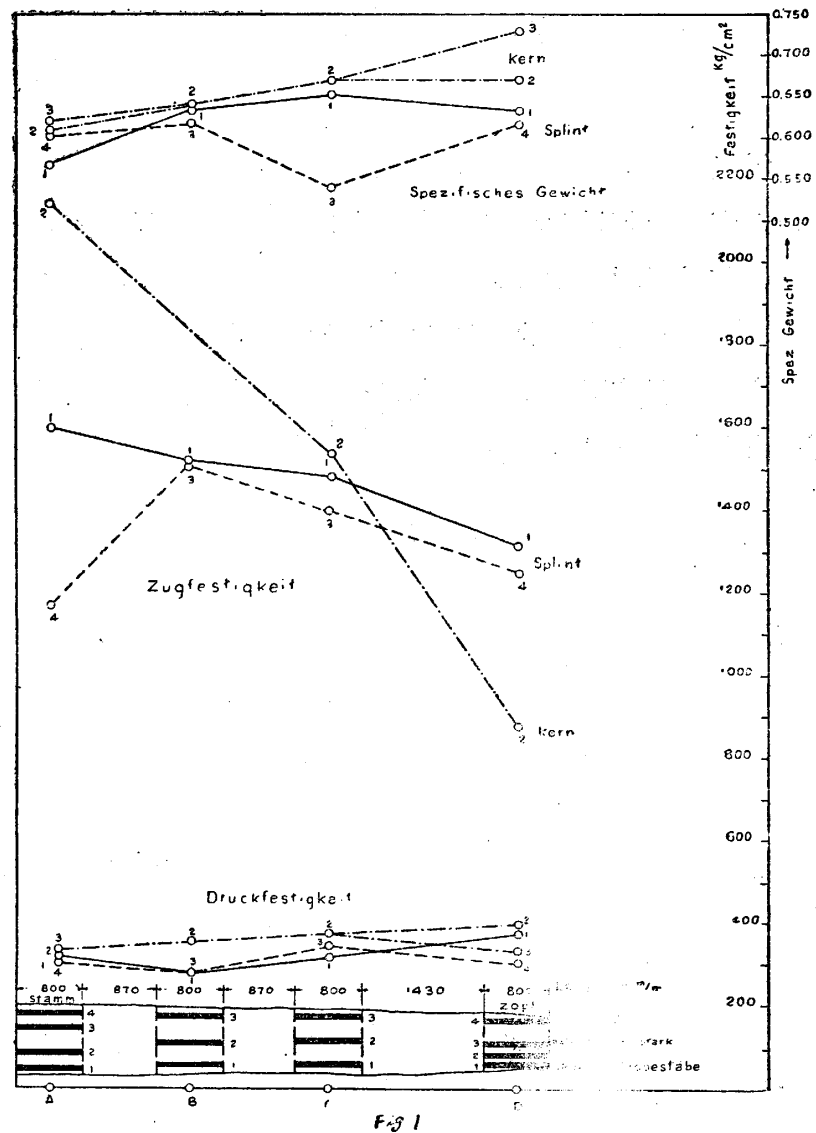
(Zeitschrift für Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt. 30. Dez. 1922)

航空研究所々員 菱田唯藏氏

構造材料としての木材は此數十年來漸次鐵や鋼に放逐されたが近年航空機の材料としては頭を擡げ出して其強を十分利用することが必要となつて來た。

構造の材料は多く人造物であつて其製造法を加減するの性質を持たせることが出来るが木材は全く自然物であるから其れと趣を異にする、立木の生育地や木材の取扱方が大邊さを左右することは好く知られた所であるが樹木の成長は誠に緩かであるから造林上の經驗を利用して強い材料を與へる様に育たしめることは困難である、即ち年々歳々絶へず變化する天候の影響を一々考慮することは出来得べきことでない。

金属材料の場合に普通行はれて居る様な試験方法即ち簡単に若干の試験片をとつて試験することは木材では絶對



に不適當である、何故なれば木材の試験結果は試験片を取る位置によつて變化するからである。

第一圖は或トネリコの中心を通じた断面圖で試験片を取つた位置と其々の強さを示す。

此圖によると心材では根本の方から末の方へ行くに従つて引きに對する強さが非常に減じて居るが邊材では此變化は無いではないが左程著しくない。

木材を使ふにも其負擔 (stress) が多い場合には強さが餘り廣い範圍で區々であることは絶対に悪い何故ならば設計するには材料の一番弱い部分を標準とすべきであるから強さが部分々々で餘り違つて居ると損で負擔を重くすると云ふことに矛盾して來る。

實驗の數を適當に多くしたならば多分一本の材木では何處か定まつた個所が最も弱いと云ふ結果を得て其處からとつた試験片の強さを標準とすれば其一本内では何處も其れより強いと云ふ保證を得られ様が飛行機の計算に向つては此方法をとることは餘りに粗略過ぎる言ひ換へれば、之れよりはもつと材料を利用することが必要である、例へば一本の木材で平均の強さが 1400 atm であるとする、重さの計算では少くとも此 1400 atm を標準とする、従つて平均より弱い部分は其相應に力の加はり方の少い方へ廻はさなければ差支が起る、多くの金屬材料に對しては Brinell の試験法が材料の強さを或程度迄與へ其れが手輕で且試験物を壊さないと云ふ特長がある、木材に對しても此方は試験されて居るが木材では實用には餘り適當でない、其れは第一に木材は一般に軟いから大きな球でも比較的深く入り込んで其部分を壊す缺點があり、第二には此試験は木口で行ふのがよいから試験個所が或る定つた所に制限せられ其れのみならず飛行機の様な花車な材料を使つて居るものでは此試験をするに適當な個所が全く無いことがある。

飛行機の場合では適當な試験法と云ふものは木片の強さを各所で而も其れに何等の破損をも與へずに爲し得る様なものでなければならぬ。

此様な試験法を見附ける爲に先づ好さ相と考へた二つの事柄を研究して見た。

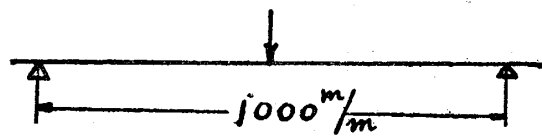
其れの第一は材料の比重と壓に對する強さとの關係であり第二は伸びの係數と強さとの關係である。

此第二の方に定まつた關係があることになれば飛行機の強さは其撓み丈けて推測することが出來て其れを破壊するに及ばない、又飛行機に種々な種類の荷を懸けて試験するときも試験物は唯一臺で濟む、左様なると更に、異つた飛行機の場合に起る作り方の相違と云ふ事が試験結果を比較する場合に入つて來ず、又勿論試験費用が少くなる。

上に考へた第一の點即ち比重と壓に對する強さとの間に連絡があるとすれば木材の一般選擇が容易いものになる、之れによつて或材木を試験するには其平均比重で平均の強さを推定する、既に第一圖から分る様に木の本末で比重の違ひが時によると随分大きい、若し其變化が直線的であるものと假定すると木材の重心を測定することによつて兩端の強さの差違が計算せられるが、其處には比重の變り方に競いて“直線的”と云ふ様な勝手な假定をしなければならぬ根本的の弱點がある、此變化が不規則か如何かは勿論重心を測つただけでは分らず試験材を細かく切りこなす必要があるが其れは正に今

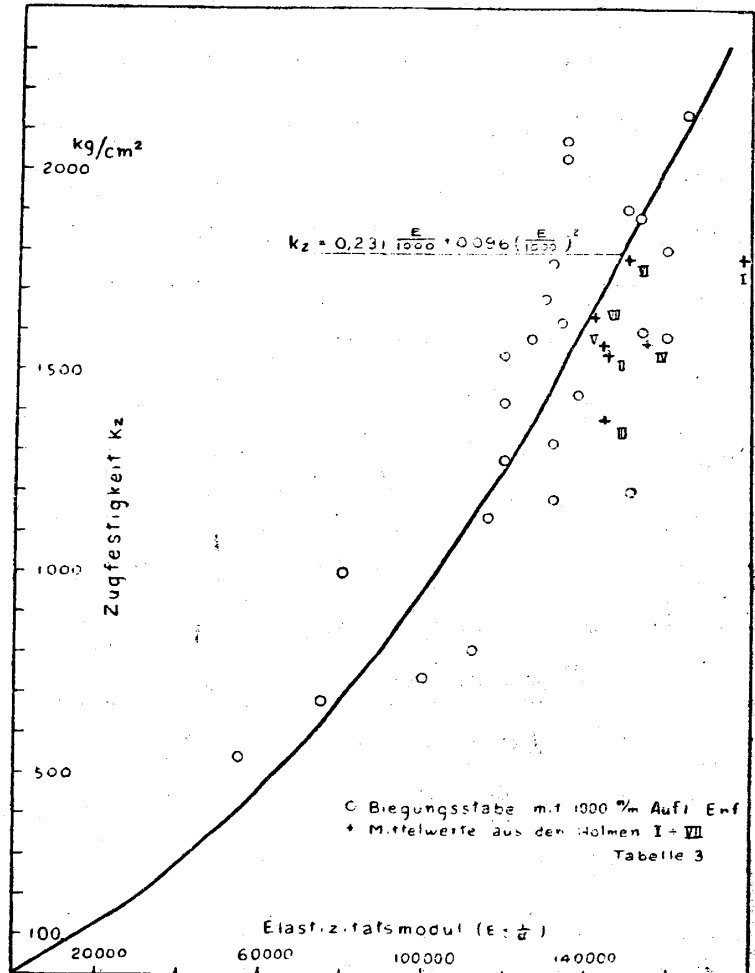
の目的に矛盾する事柄である。

第二の點即ち強さと伸びの係數との關係に就いては次の二問題を解く必要がある。



1. 伸びの係數と強さとの關係は如何か。
2. 一本の桁の各所を而も其れを壞したり又は細かく切り放すと云ふ様なことなしに伸係數を測り得る様な装置を作ること。

此初めの問題を解く爲めには  $30 \times 30 \times 1100 \text{ mm}$  の試験片を澤山とつて試験した其方法は前の圖の様であつて、初めの荷を  $10 \text{ kg}$  とし其れと後の値とを交互に懸け外しし永久の變形が無くなる迄續ける、其れが無くなつた所で初めて撓みを測る様にした、伸びの係數の計算法は普通の通りで Schubspannung の影響は考へなかつた。



此様にして伸びの係數を測定

した後に各の試験材に就いて曲げに對する強さを測定し、次で其れから多くの壓試験片

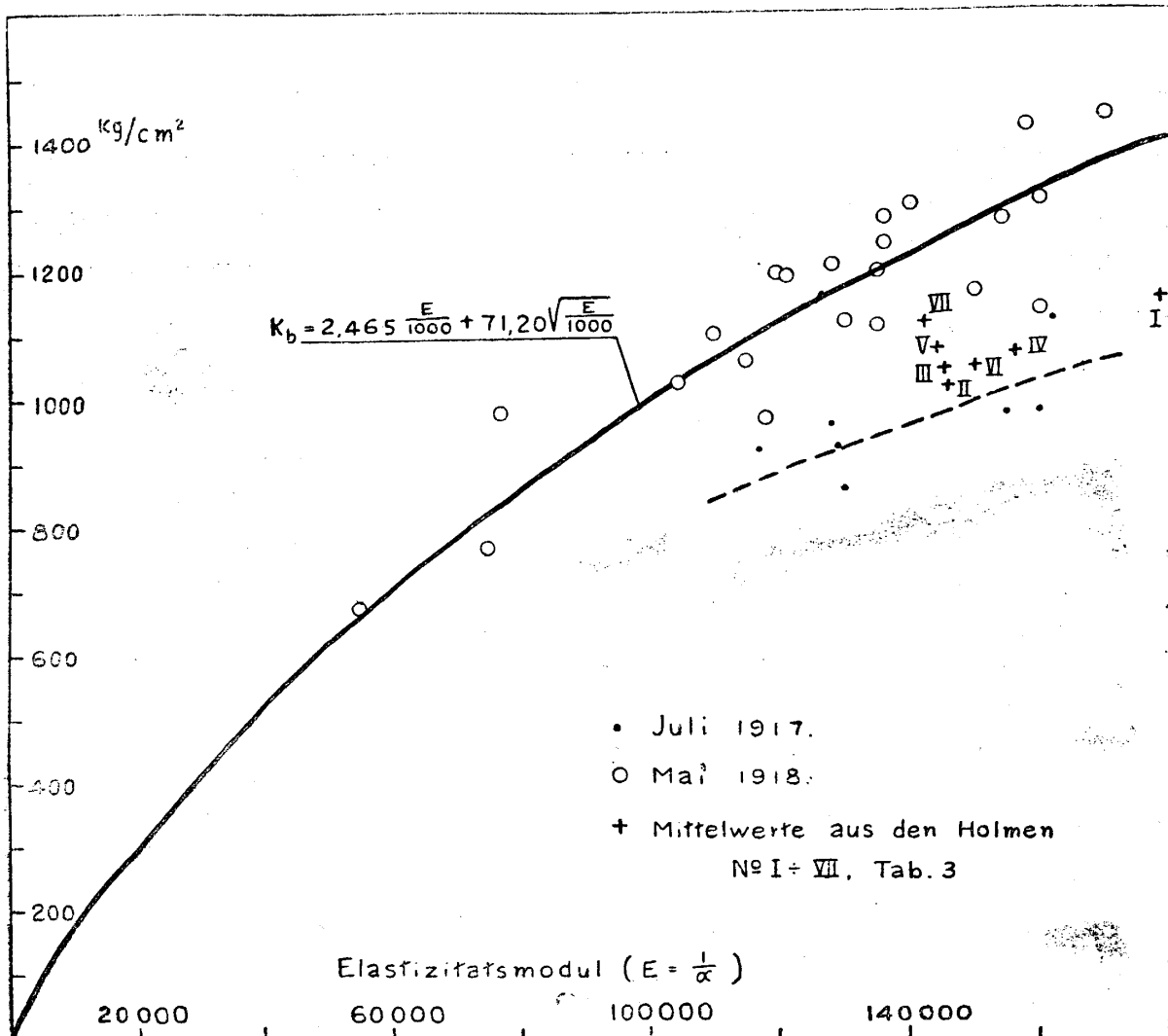


Fig 3

と一個の引試験片とを取つたからつまり各の桁について伸びの係數、曲げに對する強さ、平均比重、引きに對する強さと壓に對する平均の強さと得る様な仕組である。

凡ての試験片を通じて水分の量は 12 % である。

第二圖第三圖はトネリコの試験結果であつて彈性係數と引きに對する強さ、壓に對する強さとの關係を示すものである、尤も彈性係數としては 300 atm の曲げの内力（最大）に對する値が用ひてある。

平均曲線の形は圖に書き込んである様に

$$K_z = 0.231 \frac{E}{1000} + 0.096 \left( \frac{E}{1000} \right)^2$$

$$K_o = 2.465 \frac{E}{1000} + 71.2 \left( \frac{E}{1000} \right)^{\frac{1}{3}}$$

て示される。

此第二圖で殊に目に著くのは同種の木材で強さの相違が大邊多いことである、極端な値は 550 atm と 2150 atm で其差は 300 % に達する、第三圖の曲げに對する強さの方では差違は遙に少く強さは 650 atm と 1450 atm との間にあつて其差は 100 % を越すこと餘り多くない。

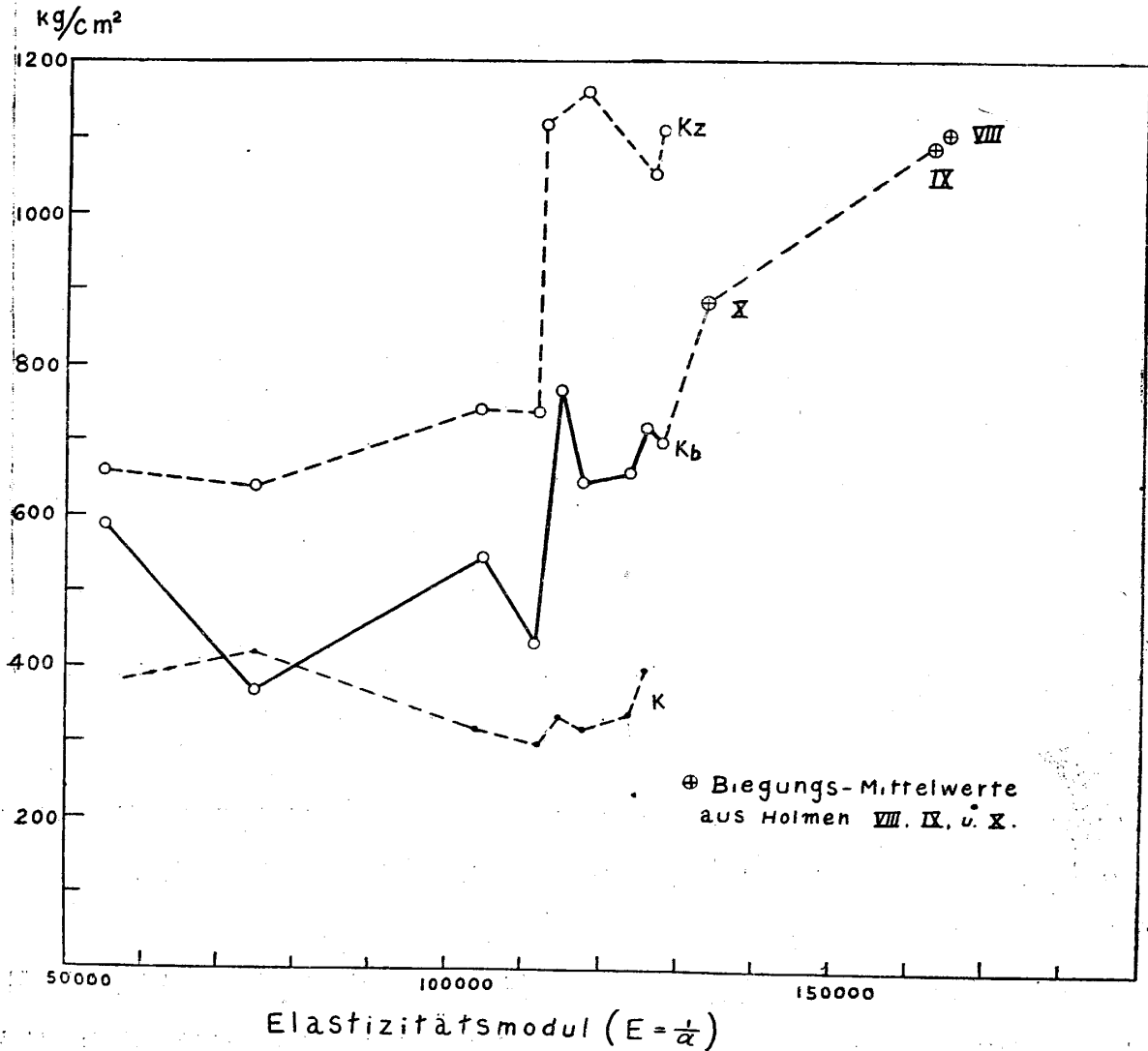


Fig. 4.

第四圖に示すものはモミに就いての結果であるが試験した數が少かつたから其上に整理せずにある。

第二圖と第三圖から見ると強さの關係は一般に

$$K=C_1+C_2E+C_3E^n$$

で表はされると考へることが出来従つて或一定の種類の木材では比較的少い實驗から曲線の位置を定めることが出来る。

尙若干他の種類の木材に就いて見本的に試験をして見たが上の様に彈性係數の増すに連れて強さも増すことを確めた。

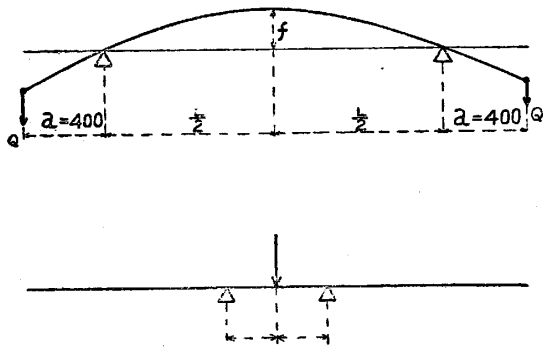
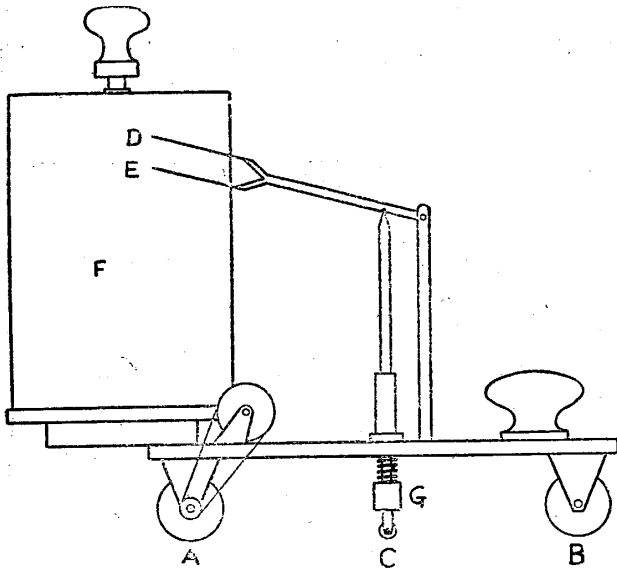


Fig. 5.

$M$  は曲げのモーメント

$E$  はヤングの係數

$I$  は斷面の慣性モーメント

$\alpha$  は  $\frac{1}{E}$  で伸びの係數

伸びの係數を測定するには曲げの試験を用ふる事にした、曲げの試験と云ふても前に述べた様な二點で支へて中央へ荷をかける仕方は伸びの係數の平均値しか與へない、此方法で伸びの係數が桁の長さに沿ふて變化する模様を知るには荷をかける點を順に横へ動かし同時に其れ々々の撓みを測ればよいが併し實行の便利から云ふと第五圖に示した様な方法が遙に優る。

一樣な斷面を有つた桁を此様に曲げると支點の間では曲げのモーメントが何處もて等いから（自分の目方による影響は考へないで）若し伸びの係數が一定であるならば圓形になるべきである、而して其曲り方は

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} = \frac{M}{I} \alpha$$

で定まる。

$\rho$  は曲がりの半徑

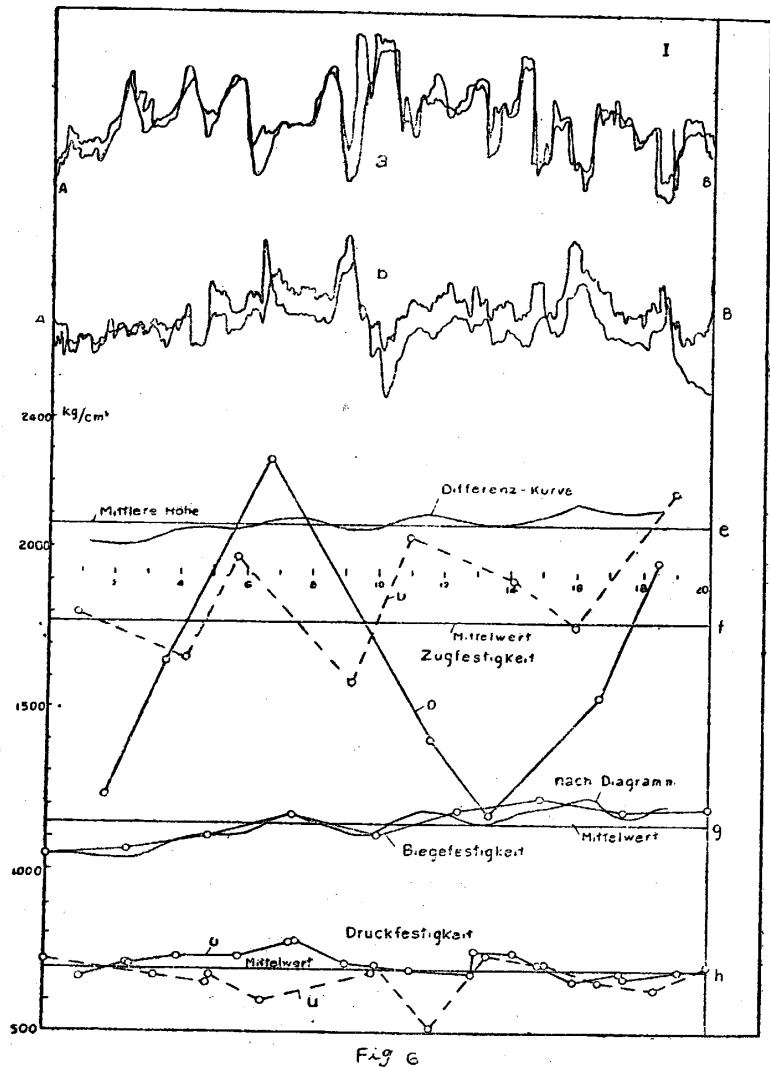
其れ故中央部の所々で  $\rho$  を測れば其所々の  $E, \alpha$  が知れて其れ々材料の強さが計算せらるゝ事になる。

材料自身の目方の影響は打消す事が容易である、其れには桁を水平の方向に曲げてもし又は桁に荷をかけぬ時の曲り方と荷をかけた後の曲がり方と兩方測つて其差をとつてもよい、今は此後の方法を採用した。

曲がり方 ( $\rho$ ) を測定するには第五圖上部の様な器械を考案した圖から分る様に此器械を桁の上に乗せるとローラー  $A, B$  間の圓弧の高さが  $C$  の上る分量によつて知らるゝ様になつて居る。

而して  $C$  の上下は 240 倍に擴大されてペン先  $D, E$  の上下運動となり、之れが圓筒  $F$  の上に寫される、若し此器械を桁に乗せた儘左右に動かすなら  $A$  の運動即ち器械の運動は  $\frac{1}{12.4}$  になつて  $F$  に傳はり器械が進退するに連れて筒  $F$  は廻はる。

最初桁の兩端に荷をかけずに置いて此器械を其上で動かすとペン先は第六、七、八、圖の  $a, b$  線の様な曲線を畫く而して後に兩端に荷をかけて ( $\sigma_0 \doteq 100 \text{ atm}$ ) 桁を曲げ又器械を元へ戻して前の事を繰返す、尤も吾々が此圖から要求する所は  $\rho$  従つて  $E$  の變化であつて其絶對の大きさ乃至平均値でないから器械を最初の位置へ戻すと同時に螺子  $G$  を廻はして  $E$  の先が前の曲線の出發點と一致する様にして動



かし始める、左様して得た曲線が一方の線である、此線の Abszisse は云はゞ  $C$  の觸れ

る點を表はし高さは弧  $ACB$  の高さを表はす。

若し材料の性質が長さに沿うて一様であつて桁の曲がり方が完全に圓形であるならば二曲線は全く一致すべきであるが、曲り方が圓形でないとする二線は距れて畫かれる、而して其距れ方は後に示す様に  $E$  の平均値からの違ひ方に比例し進んでは強さの違ひ方を表はすものである伸びの係数の平均の値と強さの平均の値は第五圖の  $f$  を測つて計算する。

曲線の読み取り方。

桁の或一ヶ所で第 9 圖の様に曲つたとすると

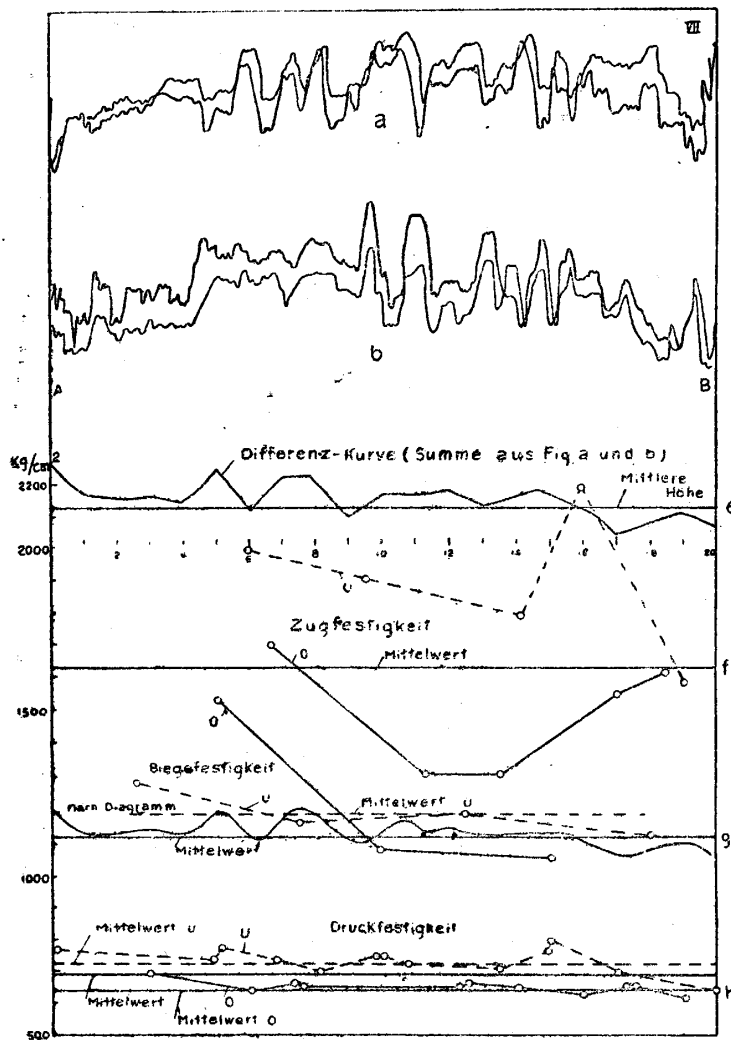


Fig. 7.

$$\varphi \doteq \frac{10^2}{2\rho}$$

所で  $\rho$  は又

$$\rho = \frac{EI}{M}$$

$$M \text{ は } \frac{M}{I} = \frac{2\sigma_b}{h}$$

であるから

$$\varphi = \frac{10^2 \sigma_b}{Eh}$$

之れから

$$\Delta\varphi \doteq -\frac{10^2 \sigma_b}{hE^2} \Delta E$$

$$\Delta E = \frac{hE^2}{10^2 \sigma_b} \Delta\varphi$$

但し圖の上では曲線の高さは 240 倍に擴大されて居るから  $\overline{\Delta\varphi}$  を圖の上の距りとすると

$$\Delta E \doteq \frac{hE^2}{24 \cdot 10^3 \sigma_b} \overline{\Delta\varphi}$$

例へば桁 No 1 では

幅  $b = 5.97 \text{ cm}$

高  $h = 3.05 \text{ cm}$



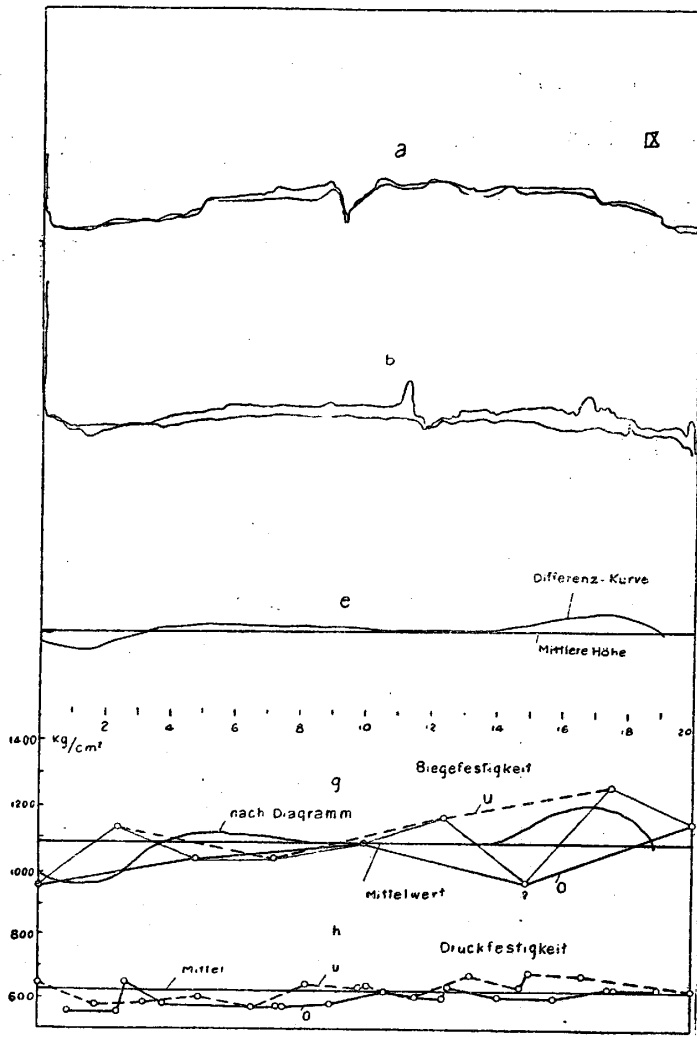


Fig. 8

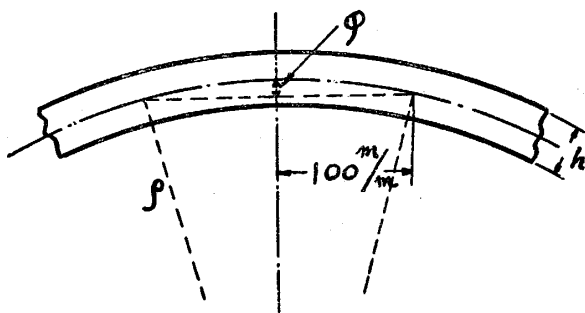


Fig. 9

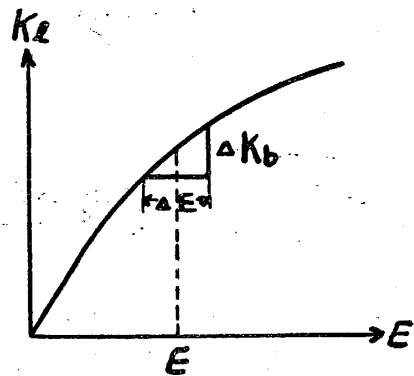


Fig. 10

$$\sigma_b = 108.3 \text{ atm}$$

$$E = 177400 \text{ (平均)}$$

$$\Delta E \approx 36870 \Delta \varphi$$

第 10 圖から

$$\Delta K_b = 150 \Delta \varphi$$

これによつて第六圖の曲線 *g* を得る。

圖の中で小さい圓で示した點は直接の實驗から得た値に相當する。  
(終り)