

構造物の實驗解法〔一〕

青 木 楠 男

は し が き

構造物の理論的解法を求めることが全然出来ないか、又は出来たとしても非常に複雑で實用的でない様な場合構造物の内應力又は不静定量を求めんがために、或は理論解法の中に取り入れた假定の可否を計算の結果と實驗の結果との比較によつて決定せんがために、構造物の解法の一手段として模型による實驗解法が用ひられはじめたのはそんなに古い時代からのことではない。殊に不定量の解法に模型試験の工夫せらるゝに至つたのは極めて最近の事柄で、これに關しての文献は 1913 年以前には殆んど見出すことが困難であらう。

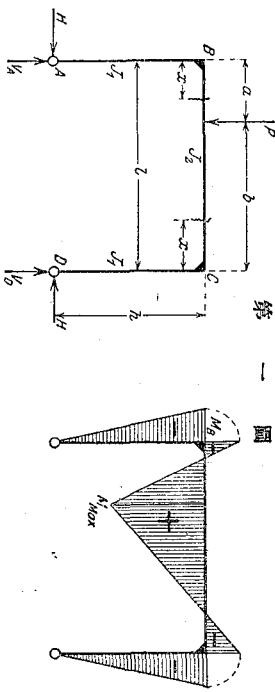
今後この實驗解法が理論解法と相並んでどこまで進んでゆくかは、今日實驗解法に宛れ得ない或程度の不確かさがこれに用ふる器械的装置の改善によつてどの程度まで除きうるかに大きな關係をもつものと考へるが孰れにせよ實驗解法が其本質に於て理論解法よりも直截的であつてかの煩雜多岐に亘る數字的演算の難を免れしめ、起り勝ちな誤算の機會を減せしめて時間と努力との上に多大な利益を興へうるものであることは確である、殊に構造物の複雑さが増すほど實驗解法の價値の著しくなることは明かである。

而して今日用ひられておる實驗解法を其目的から二つの種類に分つことが出来る、一つはある載荷條件の下に生ずる構造物の内部應力を直接實驗によつて求めんとするもので、例へば平面應力に關する理論に根據を置いて構造物模型各部の歪みを測定して應力分布狀態及び其大小を決定せんとするもの又は應力をうけたる透明なる等方體が偏光の下に結晶體と同様な特性を示すことを應用して構造物各部の應力を求めんとする光彈性學の如きものがこれに屬する。

他の一つは高次不静定構造物の不静定量を實驗的に求めて構造物内部の應力算定をなさんとするもので、Maxwell の Reciprocal Deflection の原理を應用した Beggs 氏の Micrometer—Microscope を用ひこの撓度測定による不静定量の算出法、模型構造物部材に於ける Inflection Point を求めて部材應力を求めんとする Rieckhof 氏の "Nupunbest" 等がこの部類に屬するものである。

筆者は其本務の性質上この構造物の實驗解法について多大の興味を有してゐるものである。こゝに本問題に關する技術界の現況を記述して讀者諸兄の御参考に供したいと思ふ。

第一圖



I 模型による不静定量の解法

模型と實物との材料の相異 吾人が構造物を取扱ふに當つては常に、材料の均一性、部材断面の部材長に比して比較的小なること、構造物の大きさに比し變位の僅小なること、材料の變形が比例限界を越えないこと、等の假定を行つてをる、従つて模型實驗に用ひらるゝ材料が又この條件を充たしてをらねばならないことは勿論であるが、其材料が實際の構造物と同一であることは必ずしも必要ではない。この理由は構造物の不静定量を與ふる理論公式を一見すればすぐわかる。例へば第一圖の如く鉸端を有する同一材料のみより

$$V_A = \frac{Pb}{l}$$

$$V_D = \frac{Pa}{l}$$

$$k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{l}{l}$$

$$\text{Sonderfall: } a=b=\frac{l}{2}; \text{ Querriegel}$$

$$H = \frac{3Pa}{2l(2k+3)}$$

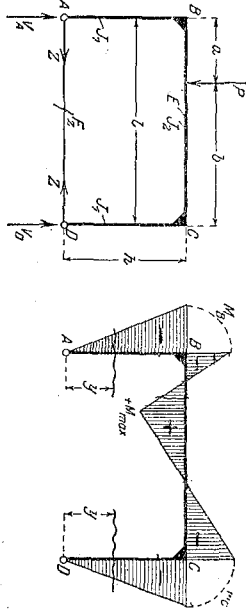
$$M_{\max} = +\frac{4k+3}{2k+3} \cdot \frac{Pab}{2l}$$

$$M_B = M_C = -Hh = -\frac{3ab}{2l(2k+3)} \cdot P$$

$$H = \frac{3Pl}{8h(2k+3)}$$

なる框構が一集中荷重からくるとき、不静定量なる H も最大彎曲率 M も皆 k, p, a, b, h, l の函数として與へられ材料の彈性係數には何等の關係をもたぬ、従つて實驗に用ひらるゝ材料は實物と全然異るとするも何等不静定量に影響を及ぼさざることを知る。勿論これ等の關係は剪力の影響を無視しての語であることは論を待たない。

第二圖



以上は單一材料よりなる構造物の場合であるが、構造物がもし第二圖に示すが如く主框構が木造又は鐵筋

梁土造にしてこれに鐵の繫材を有するが如き場合は複雑となるも、不静定量 Z の分母第二項の m が實物と模型とに於て $\frac{E}{E_2}$ 及 $\frac{J_2}{F_2}$ の比を同一ならし

むることによつて定數となり模型と實物との材料相異が不静定量の値に無關係となる

模型の縮尺と荷重の大きさ。以上によつて模型の材料が

不静定量を左右しないことがわかつたが、模型の縮尺及荷重の大小がこれに及ぼす影響が懸念される。

今第一圖の框にて模型の寸法が實物の m (< 1) 倍、部材断面の二次率 t (< 1) 倍、荷重が u (< 1) 倍とするとき

$$\text{模型の } k = \frac{hm}{lm} \cdot \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{t}{t} \quad \text{實物の } k$$

$$\text{模型の } H = \frac{3}{2} \frac{P \cdot U \cdot a \cdot b \cdot m^2}{h \cdot l \cdot m^2 (2k + 3)} = \text{實物の } H \times U$$

※

※

$$V_A = P \cdot \frac{b}{l} \quad V_D = P \cdot \frac{a}{l} \quad k = \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{h}{l} \quad m = \frac{E J_2}{E_2 F_2} \cdot l$$

Zugkraft im elastischen

Zugband $A D$.

$$Z = \frac{1.5 a b h P}{h^2 (2k + 3) + 3 m} \quad F_2 = \text{Querschnitt des Zugbandes.}$$

$$M_{\max} = + \frac{P a b}{l} - M_B \quad (M_B \text{ ist mit dem Absolutwert einzusetzen}).$$

E = Elastizitätsziffer des Rahmenbaustoffes,

J_2 = Trägheitsmoment des Querriegels,

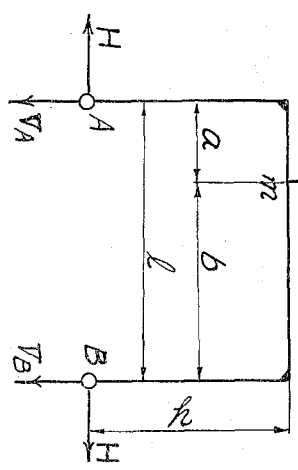
E_2 = Elastizitätsziffer des Zugbandes,

F_2 = Querschnitt des Zugbandes.

即ち不静定量は模型の縮尺には何等の變化をうけず荷重の大小によつて其比例にて増減することを知らるものである。

以上の結果からして模型材料は單に均等性のものであれば何材にても可なることを知るも最普通に用ひらるゝものはセルロイド、木片、又は厚板紙である、縮尺に至つては測定装置の大小と實物の大小によつて一定し難いし、又模型の形状

第三圖



の不正雜及測定器取付による實驗の誤差を小ならしむるためには大なる模型をよしとし、模型部材の Buckling による實驗の誤差を小ならしめんがためには縮尺の小なるものよしとするので、試験毎に最適の縮尺を判斷するの外はない。

基本理論 今第一圖の框構について不静定量Hを實驗的に求むるに先づ第三圖に於けるが如く適當の材料にて適當の縮尺の模型を机上に置き m 點より細糸にて滑車を通して P なる荷重を吊るし、A 及 B 點には同様に V_A V_B の方向に $V_A = \frac{Pb}{l}$ $V_B = \frac{Pa}{l}$ なる荷重を吊るすとき A 及 B 點は原位置より框構の内側へ變位すべし。よつて A 及 B へ H の方向に適當の荷重を吊し、A 及 B を原位置に復せしむべし。この時の A 及 B の荷重は P に相當する不静定量たる H の量を示すものである。

荷重が等布荷重なる場合には m 點の移動によつて H の影響線を求めて同積分によつて H を求むるか又は等布荷重を然るべき大きさの小集中荷重の集りとして實驗的に直接にも求められる。

この荷重を吊すことに對しては不静定量實驗解法の先覺者たる O. Schaler 氏等のも少し進歩した方法の考察があるが、孰れにせよこの方法では直接不静定量の大きさを測定し様とするものであつて最も基本的な方法たるを免れない。

ワグナスウエルの逆變位の法則の應用 上記の方法が不静定量の直接測定であつたに對しこの方法は機理の變位を測定して不静定量を求め様とするものである。

今第一圖の框構に於て B 支點が轉子なる場合を考へる、もし直應力を無視するならば P によつて生ずる B 點の變位 δ_B' は、

$$\delta_B' = \sum \frac{M' m_B}{EI} dx = P \sum \frac{m' m_B}{EI} dx = P \delta m_B$$

M' P によつて生ずる部材任意の點の彎曲率

m' m に於ける單位荷重による部材任意の點の彎曲率

m_B B に加へた單位荷重による部材任意の點の彎曲率

δm_B m に於ける單位荷重による B 點の變位

で示される。

今この δ_B' を零ならしむるが如き X_B が水平に作用したるとき X_B は求むる不静定量なり、B に於ける X_B による B 點の變位 δ_B'' は

$$\delta_B = X_B \sum \frac{m_B^2}{EI} dx = X_B \delta_{BB}$$

δ_{BB} B 點に於ける單位荷重による B 點の變位

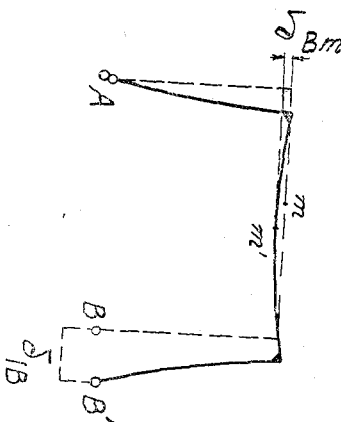
にて示され、

$$\delta_B = \delta_B' + \delta_B'' = 0 = P\delta m_B + X_B \delta_{IB}$$

$$X_B = -P \frac{\delta m_B}{\delta_{IB}}$$

然るに Maxwell の逆變位の法測により m 點に加へたる單位荷重による B 點の變位 δm_B は B 點に加へたる單位荷重

第 四 圖



による m 點の變位、 δ_{Bm} に等しが故に、

$$X_B = -P \frac{\delta_{Bm}}{\delta_{IB}} \dots \dots \dots (1)$$

B に加ふる單位荷重の方向を正としてこれによる δ_{Bm} の方向が荷重と同方向か否かにて正負を決定し X_B の符號を決定す、正負により X_B の方向は B 點の單位荷重と同方向か、反對方向なるか決定せらる。

この關係を實地に應用せんがためには先づ第四圖に於て B を B' まで水平に適量 δ_{IB} だけ移動せしめこの時の m 點の移動 mm' の中荷重 P の方向の分移動 δ_{Bm} を測定し、

$$H = X_B = -P \frac{\delta_{Bm}}{\delta_{IB}}$$

にて不靜定量 H を決定す。

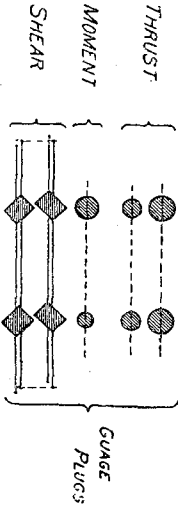
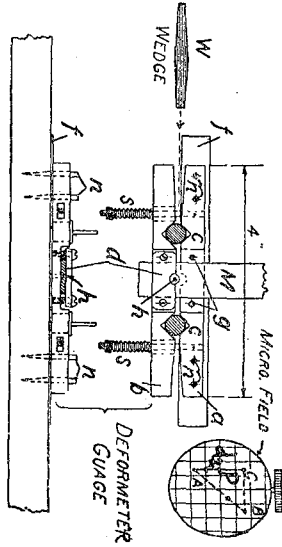
實驗の確實さを期するために B を更に B と反對側へ δ_{IB} だけ移動せしめ δ_{Bm} の2倍を觀測すること多し。

上記の關係は線變位につきてのみの記述したるも、 δ_{IB} δ_{Bm} は各角變位とするも、又一方向變位にて一方線變位の場合

と雖もこの關係は同様に成立す。

Beggs の方法 この方法の考案者 George Erle Beggs 氏は、 Princeton University N.J. の Associate Professor である。 δ_m の移動を模型の一端に與ふるがために第五圖に示す装置が工夫されてゐる。 a 及 b なる Deformater Gauge の間

第五圖



めには大小二個 Plug の挿入によつて生ずる M 端のうくる變位をもつてし、水平變位のためには Shear plug 二種を用ひ、 $2\delta_m$ を求める様になつてゐる。

次に δ_{Ma} の測定であるがこれには $1/16000$ 吋の精度を有する Micrometer Microscope が用ひられてゐる第五圖の右肩の

〜 M なる模型の一端を挟む M は b へ固定せられ、 a は實驗用の卓、) 硝子板を最もよしとし、鹽板等にて可なり) へ固定される、 a 及 b は Spring S にて連絡せられ兩者の間へ Gauge Plug O が挿入される。 Plug O の取り換へには W なる楔を用ひる、 Gauge Plug O は模型端 M へ與へる。 δ_m の種類により三種のものが用意され孰れも極めて精密なる寸法に仕上げられてゐる。

垂直の變位を與へんがためには、 Normal の状態の Plug を先づ Thrust plug の大なるものに入れ換へ次に小なるものに取り換へる。これによつて δ_m が求められる、角變化を與ふるた

目はこれの視野を示したもので網目の方向を荷重 P の方向に一致せしめる、測定点 A が $\delta_{1,2}$ (又は $2\delta_{1,2}$) のために A より B に移動したものとすれば、 $\delta_{2,1}$ は AC (圖の d_2) にて示される。(未完)

簡易舗装の流行と歩車道の區分

近 藤 謙 三 郎

震災前は舗装と云へば基礎混煉土の五、六寸も施したところの所謂高級舗装に限られてゐたかの觀があつて、工費も一坪四、五拾圓或はそれ以上を要したのが普通であつたのに對して近頃は一坪拾圓にも足らぬ所謂簡易舗装が大流行である。之は取りもなほさず舗装の普及と舗装技術の進歩を物語るものである。

『東京には道路がない。道路の豫定地があるに過ぎない』と云つた外人の皮肉はつい昨日のことの様に覺えるのであるが東京市が初めて舗装の計畫を樹てゝから僅か十年に足るか足らないのに舗装技術はまことに長足の進歩を遂げたものである。

先日都市美協會——其の會員は建築と公園の技師を主體とするのであるが——の會合の席上『最近東京は主要街路の舗装が完了したと同時に斷然面目を更新した。紅塵と泥濘とにさいなまれた往時を顧みれば實に隔世の感がある。就ては此の際、舗装祭を催して流く市民と共に悦の紀念としてはどうであらう』と云ふ提案があつた。その催しの成否は兎も角と