

之レヲ變形スルヲ得ヘク其場合ノ諸方程式ハ満足ニ出サレアルモ試験ニ至リテハ未タ施行セラレサルナリ(完)

無鉸拱ノ簡單ナル圖式解法

(Engineering Record, Sept. 11, 1915.)

茲ニ記述セントスル圖式解法ハ動荷重ノ下ニ於テ橋臺ノ變位 (Displacement) ヲモ考慮シテ無鉸拱ノ反力ヲ求ムルニ當リ恐ラクハ最簡單ナルモノナラン元來斯ル問題ヲ解クニ當リテ頗ル正確ナル可キ事ハ要求シ能ハサルモノナルニ依リ實際ニ於テハ圖式解法ハ充分ニ信據スルニ足ル

凡テ解法ハ剛支原理ノ假定 (Fundamental assumption of rigid supports) ニ立脚ス然ルニ此事タルヤ甚正確ナルモノニ非サル事ハ何人ト雖モ既知ノ事實ナリトス

基本理論的解析 可能變位 (Virtual displacement) ノ理論ヲ應用シテ拱肋ハ第一圖ニ示スカ如ク右端定端ナル單控架 (Simple cantilever) ト見做ス事ヲ得ヘシ此控架ニ働ケル外力ハ水平反力 H 垂直反力 V 左端ニ於ケル力率 M 及垂直集中荷重 P ナリトス若シ橋臺ノ變位存在セサルモノトセハ Δ 及ヒ此等ノ外力ニ依ツテ生スル控架左端ノ角變位 (Angular Displacement) ハ零ニ等シカラサル可ラス若シ Δ 及 θ ヲ反力ニ依ツテ生スル左端ノ水平變位トナシ Δ 及 θ ヲ荷重ニ依ツテ

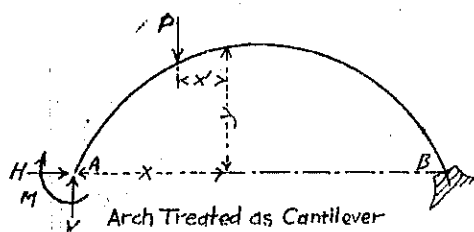


圖 一 第

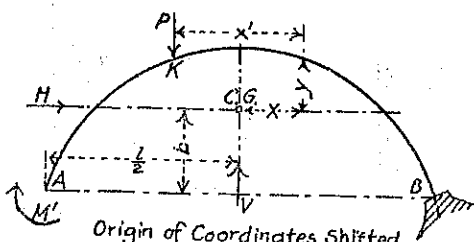


圖 二 第

生スル左端ノ水平變位トナシ又△ヨリ橋臺ノ水平變位トナシ此外尙同様ニ垂直變位沈下及ヒ角
度變位等ヲ表ハスモノトスレハ次ノ諸式ヲ得ヘシ

$$\left. \begin{aligned} \Delta_R x + \Delta_P s + \Delta' x &= 0 \\ \Delta_R y + \Delta_P y + \Delta' y &= 0 \\ \Delta_R \phi + \Delta_P \phi + \Delta' \phi &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

拱ノ左端ヲ坐標原點トナス時ハ反力ニ依ツテ生スル或點ノ力率 M_R ハ
 $M + Vc - Hg$

ナリ今變位ニ對シ三原理等式 (Three fundamental equations) ヲ用フル時ハ次ノ如シ

$$\begin{aligned} \Delta_R x &= \int_A^B \frac{M_R y ds}{EI} = \int_A^B \frac{(My + Vcy - Hg^2)}{EI} ds \\ \Delta_R y &= \int_A^B \frac{M_R x ds}{EI} = \int_A^B \frac{(Mx + Va^2 - Hcg)}{EI} ds \\ \Delta_R \phi &= \int_A^B \frac{M_R ds}{EI} = \int_A^B \frac{(M + Vc - Hg)}{EI} ds \end{aligned}$$

若シ坐標原點ヲ拱肋ノ重心ニ移動スル時ハ

$\int_A^B y ds, \int_A^B x ds, \int_A^B c y ds$ ナル三項ハ零トナル可シ又若シ $\frac{\Delta s}{EI}$ カ常數 (0) ナル様ニ拱肋ヲ短少ナル區劃
ニ分割スル時ハ M V 及 H ハ常數ナルニヨリ上式ハ次ノ如クナルヘシ

$$\left. \begin{aligned} \Delta_R x &= -HC \sum_A^B y^2 \\ \Delta_R y &= VC \sum_A^B x^2 \\ \Delta_R \phi &= nMO \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

上式中 n ハ拱環ノ區割數ニシテ M' ハ左端ニ於ケル眞ノ力率ニ非ス眞ノ力率ハ

$$M = M' + Hb - Vt/2$$

ニシテ b ハ一端ヨリ拱ノ重心迄ノ垂直距離、 t ハ拱ノ中立軸ノ徑間ナリトス而シテ荷重ニヨル力率 M_P ハ Px' ニ等シ故ニ

$$\Delta x = \int_A^B M_P y ds = -PC \sum_K y x'$$

$$\Delta y = \int_A^B M_P x ds = -PC \sum_K x x'$$

$$\Delta z = \int_A^B M_P ds = -PC \sum_K x' z'$$

而シテ(1)式ニ(2)及(3)式ヲ入レ常數 C ニテ除スル時ハ次ノ如クナルヘシ

$$H = -P \frac{\sum_K y x'}{\sum_A^B y^2} + \frac{J' y}{C \sum_A^B y^2}$$

$$V = P \frac{\sum_K x x'}{\sum_A^B x^2} - \frac{J' y}{C \sum_A^B x^2}$$

$$M' = P \frac{\sum_K x' z'}{n} - \frac{J' \varphi}{C n}$$

$$I\theta = \Delta z / C \sum_A^B y^2 \dots \dots \dots (5)$$

此等ノ式ヨリ荷重温度ノ變化拱助ノ短縮或ハ橋臺ノ變位ニヨリテ生スル反力ヲ定ムル事ヲ得可シ例ヘハ温度ノ變化ニヨル拱助弦材ノ短縮或ハ拱助ノ短縮ハト置換ヘラル可ク然ル時ハ

拱 萃
無鉸拱ノ簡單ナル圖式解法

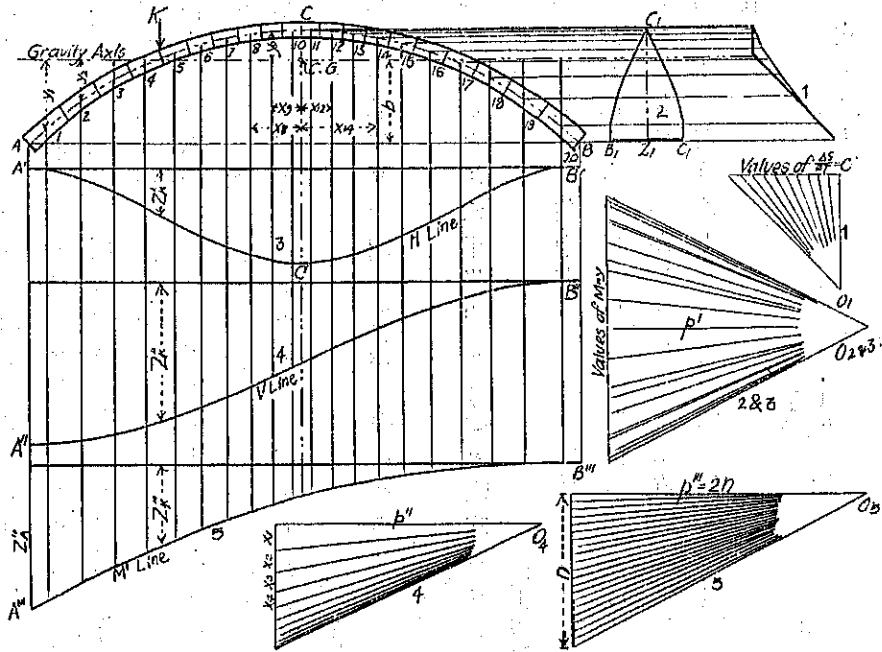


FIG. 3 GRAPHICAL DETERMINATION OF RELATIONS H, V AND M BY INFLUENCE LINES

圖 三 第

此場合ニ P 及 M ハ零ニシテ温度ノ變化或ハ拱肋短縮ニヨル拱肋ノ任意ノ點ニ於ケル力率ハ H/EI ニ等シ
 單一荷重ニ對スル圖式解法 任意ノ點ニ働ケル任意ノ荷重 P ニ依リテ生スル反力ハ(4)式ニ依ツテ與ヘラル但シ最後ノ一式ハ缺クモノトス此等三等式ノ圖式解法ハ頗ル簡單ナリ今一例トシテ Turneure, Manner 兩氏著 "Principle of Reinforced Concrete Construction" 三五四頁ニ記述セル拱ニ圖式解法ヲ試ミ其結果ヲ解析的ニ得タル價ト比較セントス此拱ハ徑間百呎拱矢二十呎拱頂高三十吋及ヒ拱腰高四十二吋ナリトス而シテ拱環ヲ $\frac{48}{EI}$ カ常數トナル様ニ二十區劃ニ分割ス完全ナル圖式解法ハ第三圖ニ示スカ如シ應用例題 (4) 式中ノ G ハ拱環ノ重心軸 (Gravity axis) ヨリ測ルモノナレハ先ツ重心ヲ定メサル可ラス之ニハ $\frac{48}{EI}$

(互ニ等シクナサレタリ)ヲ水平ニ働ケルカト考へ普通ノ圖式法ニヨリ力圖 (Force diagram) 及索角形 1 (Funicular polygon) ニ依リテ其ノ重心ヲ求ム $\frac{EI}{L^3}$ ヲ常數タラシムヘク拱肋ヲ分割スルニハ惰率 (Moment of inertia) ノ圖表中ニ有名ナル相似三角形ノ法 (Method of similar triangles) ヲ用ラレハ圖式ニヨリテ容易ニ求メ得ヘシ

Hノ決定 重心軸 (Gravity axis) 定マリタル時ハリノ價ヲ測リ力圖極 ($O_{1,2,3}$) 中ノ荷重線 (Load line) 上ニ代數的ニ記入ス極距 (Pole distance) p' ハ任意ニシテ $\sum_A^B g^2$ ノ價ハ索角形 2 ヲヨリ求メラル之ハ其邊ヲ力角形 2 ノ射線 (ray) ニ垂直ニ描ケルモノナリ故ニ

$$\sum_A^B g^2 = Z_1 p'$$

索角形 3 ハ其邊ヲ力圖ノ射線ニ平行ニ描ケルモノニシテ

$$\sum_K^B g^2 = -Z_K p'$$

故ニ左端ニ於ケル水平推力 (Thrust) ハ (4) 式ニヨリ

$$H = P Z_K / Z_1$$

故ニ或點ニ於ケル集中荷重ニ對スルHノ價ハ常數 P/Z_1 ニ索角形ノ縱距 (ordinate) ヲ乘シタルモノニ等シ故ニ此ノ索角形ニ切スル曲線ハHニ對スル感線 (Influence line) ナリ

反力 V ハ左端ニ於ケル垂直反力ニシテ索角形 4 ヲ描ケハ得ラル可シ之ノ價ヲ代數的ニ索角形 4 ノ荷重線上ニ取り極 O_4 ハ任意ノ距離 p'' ニ取ル索角形 4 ハ其邊ヲ力圖ノ射線ニ平行ニ描ク故ニ

$$\sum_A^B g^2 = Z_A p'' \quad \text{及} \quad \sum_K^B g^2 = Z_K p''$$

或ハ (4) 式ニヨリテ

$$V = P Z_K / Z_A$$

多角形 $A''B''$ ニ切スル曲線 AV ノ感線ナリ
 M ノ決定 M ハ力圖 b ノ射線ニ平行ナル邊ヲ有セル索角形 $A''B''$ ノ縦距ニヨリテ與ヘラル
 荷重線ハ n 個ノ等區劃ヨリナリ又極距ハ $2a/n$ ニ等シク取ルヲ便トナス然ルトキハ

$$\sum_{i=1}^n z_i'' p_i'' = 2na z_c''$$

或ハ(4)式ニヨリテ

$$M = Pz_c'' p_i''/n = 2Pz_c''$$

$p_i'' = 2a/n$ ナルニヨリ左端ニ於ケル力率 M ハ

$$2Pz_c'' + Hb - V/2$$

ニシテ拱頂(Crown)ニ於ケル力率 M_c ハ h ヲ中立線ノ拱矢(Rise)トセハ

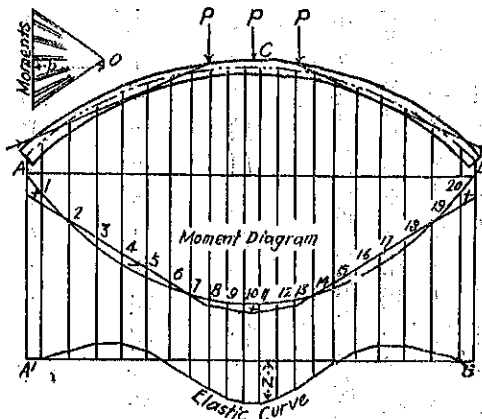
$$2Pz_c'' - H(h-b) - P_s$$

ナリ P_s ハ拱頂ニ於ケル荷重 P ノ力率ニシテ若シ荷重カ拱頂ヨリ右ニアレハ零ナリ

Turneaure, Mamer 兩氏ハ拱環ノ最終及豫定ノ區劃ヲ與ヘ前者ニテハ鐵筋ノ影響ヲモ考ニ入レ後者
 ニテハ之ヲ缺キタリ記者ハ此ノ兩場合ヲ圖式ニヨリテ解法ヲ試ミタルニ鐵筋ヲ考慮セサルカ爲
 メニ生シタル最大誤差ハ其ノ區劃全然異リシニモ係ラス 2.3% ナル事ヲ見出セリ其ノ鐵筋ノ量ハ
 約 11% ナリトス又圖ニ使用シタル縮尺ノ小ナリシニモ關セス圖式ト解析的解法トノ結果ノ差ハ
 2.3% ニシテ V ノ凡テノ價ニ對シテハ 0.15% 以內ニ止マレリ

拱助ノ撓度 或ル荷重ノ下ニ在ル無鉸拱ノ彈曲線(Elastic curve)ハ第四圖ノ如クニシテ描クヲ得
 可ク其ノ撓度(Deflection)ハ此ニ依リテ算出スル事ヲ得 Δ ニ於ケル切線ニ關聯シテ或ル荷重ノ下
 ニテ或點 K ノ垂直撓度(Vertical deflection)ハ次式ニヨリテ與ヘラル

此ノ總和 (Summation) ハ力率ノ項 (Terms) ニヨリ力圖ヲ用ヒ索角形ノ通常ナル圖式法ニ依リテ求メ得可シ此例ニテハ第四圖ニ示スカ如ク荷重ハ中央三個所ノ格點 (Panel points) ニ在リ而シテ先ツ反力線 (Reaction line) ハ H V 及 M ニ對スル感線ニ依リテ定マル次テ彎曲率圖 (Bending moment diagram) ヲ描キ得ル事圖ニ示スカ如シ拱肋ヲ $\frac{1}{EI}$ カ常數ナル様ニ分割シ其ノ各區劃ノ中心點ヲ下方ニ平行線ニヨリ投影ス此等カ力率圖ト交叉スル部分ハ各區劃ノ平均力率ニシテ力圖ノ荷重線上ニ此等力率ヲ正力率ハ上向キニ負力率ハ下向キニ描キ極距 p ハ任意ノ長サニ取り索角形 $A'B'$ ヲ其邊ヲ力圖ノ射線ニ平行ニ描ク時ハ其ノ荷重ノ下ニ於ケル拱肋ノ彈曲線ヲ得而シテ此ノ彈曲線ニ依リテ或點ニ於ケル縱距 Z ヲ得可ク變位ハ ZpQ ニ等シ



第四圖

拱環ノ或ル斷面ニ於ケル力率ト應力トニ對スル感線ハ H V 及 M' ニ對スル感線ヲ用ヒ重心カ原點ニシテ Y ノ負ナルハ下ニ z ノ負ナルハ右ナル事ニ注意シ解析法ニヨリテ描カル可シ左端ノ反力ニヨリテ生スル或點ニ於ケル彎曲率ハ次ノ如シ

$$M_x = M' - (H_y + Vx)$$

茲ニハ最簡單ニシテ且ツ實際上屢々用ヒラル、者ノ一ツナルカタメ垂直荷重ノ下ニ在ル對稱拱 (Symmetrical arch) ノ場合ヲ取りタリト雖モ其ノ一般ノ場合ニハ其方法多少複雑トナレトモ不對稱拱 (Unsymmetrical arch) 及ヒ水平或ハ傾斜荷重ニモ適用シ得ヘシ而シテ拱肋カ不變靜荷重 (Permanent static load) ヲ受クル者ナル時ニハ荷重ノ一條件ニ對シ直接ニ圖式解法ヲ試ミ得テ試驗的ノ平衡多

角形 (Equilibrium polygon) ヲ用フル事ナシニ眞壓力線 (True pressure line) ヲ描ク事ヲ得可シ(完)

佛國ノ新橋梁規程

(Le Génie Civil, 33 Oct. 1915.)

佛國橋梁規程ハソノ制定(一八九五年)ヨリ已ニ二五年ヲ經荷重許容應力等ニ關シ不適當ノ點少ナカラサリシヲ以テ數年以來之レカ改正ヲ企テ昨年一月遂ニ新規程ノ發布ヲ見ルニ至レリ現今諸文明國ニ行ハル、橋梁規定及制定年月ヲ列舉スレハ(但シ括弧内ノ年月ハ舊規定ノ制定年月ナリ)

國名	制定年月	國名	制定年月
瑞 西	一九一三 <small>(一八九五)</small>	奧 太 利	一九〇四 <small>(鐵道橋)</small>
白 耳 義	一八九七 <small>(一八九七)</small>		一九〇六 <small>(道路橋)</small>
普 魯 西 亞	一九〇三 <small>(一八九七)</small>		一九一六 <small>(鐵筋混凝土橋)</small>
露 西 亞	一九〇七 <small>(一八九七)</small>	西 班 牙	一九〇二 <small>(一八九七)</small>

而シテ英、米、和蘭諸國ニアリテハ未タ政府ノ發布セル規程ナク地方州諸會社等ニ於テ個々ノ規程ヲ用フ

尙ホ佛國政府カ今日ヲ以テ規程改正ノ時期ニ達セリトナセルハ現今各種ノ動荷重ハ殆ント極度ノ重量ニ達シタル事材料及技術ノ進歩著シク加フルニ橋梁ニ關スル理論及實驗ノ發達ニヨリ實際ニ近キ應力ヲ計算シ得ルニ至リタルヲ以テ許容應力ノ改正ヲ必要トスル事等ノ理由ニ依ル新規程ハ昨年一月同國土木省ノ發布セルモノニシテ凡テ四章四十二條ヨリ成リ鐵橋ノ設計及檢定ニ關スル舊規程ノ改正及補遺ヲ含メリ次ニ各章條ヲ列記セン