

論 説 報 告

第 22 卷 第 10 號 昭和 11 年 10 月

跳開橋の重心調整法に就て

會 員 工 学 士 安 宅 勝*

On the Adjustment of Center of Gravity of a Bascule Bridge

By Masaru Yasumi, C. E. Member.

要 旨

本文は跳開橋施工に際し其の可動部分の重心を可及的精密に所要の位置に置く方法に就て論じたものである。

1. 總 説

跳開橋に於ては可動橋体の重心を廻転軸に一致させることが必要である(図-1 参照)。但し實施に當つては多少の偏心量を附與するのが普通である。

重心を廻転軸に一致させる方法としては設計図につき各小部分の重心を求め廻転軸を坐標原点としてXYなる坐標軸を考へ $\sum WX=0$, $\sum WY=0$ なる關係よりして之を定めるのである。然しこの計算は實に煩雜にして意外の時日を要し、機械的に單調で興味なきため兎角緊張を缺き誤算をなす場合が往々にして存するのである。而して橋体の重量其物はこの場合假定値であつて、實際の重量とは相當の差がある。鋼材に於てすら重量の公差は 5% とあり。其他の構築材料に於ては尙更である。されば跳開橋の施工に當つては何等かの測定方法によつて重心計算の結果を check して見る必要がある。

本編は専らこの測定法に就き論じたるものである。従來この點に關して記述せる書物も見當らず且一般的に用ひらるゝ方法も無い様であるから敢て一提案をなす次第である。特にこの方法は將來跳開橋の改造補修等をなすときに複雑なる重心計算書を参照することなしに重量計量のみによつて簡単に重心を確保し得る利便がある。

2. 重心調整法に就て

Hool 著 Long span and movable bridges によれば跳開橋に於ては其の重心に僅かの偏心量を與へこれが廻転軸の摩擦に打ち勝つて開橋並に閉橋運動の終端に於て自力にて其の最後の位置に到達せしめ得るやうにするのである。この偏心量は靜止位置に於て安定なる状態に可動桁を支持する爲にも必要である。茲に述ぶる調整法とは

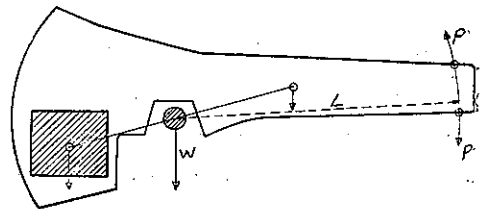
(イ) 重心を完全に廻転軸に一致せしめ廻転軸の摩擦抵抗を測定すること。

(ロ) 重心に所要の偏心量を附與すること。

との 2 方法を意味する。

先づ可動橋体の重量を出来る限り正確に計量することが必要である。されば施工に當りては橋体構成部分は大

図-1.



* 東京市技師 東京市役所土木局河川課勤務

小となく残らず計量し之を記帳して監督員に呈出せしむる様に嚴重に示様する必要がある。重量の正確を期し得ないものは恐らくコンクリートであらう。これは骨材の寸法、含水量、水セメント比、施工法等によつて其の重量に差異を生ずるから以上の事項を實施し得る範圍に於て嚴重に指定し、要すれば砂利砂の重量、産地等をも指定し、且コンクリート施工中も時々その重量を測定し骨材の篩ひ分け、含水量の補正等適切なる方法を取る必要がある。

橋体構成部分の重量がほぼ正確に判つたならば先づ橋体の重心を廻轉軸に一致せしめ廻轉軸の摩擦等に基因する廻轉抵抗モーメントを測定する。この値は次に述ぶる偏心量の附與に對しても重要なものである。

(イ) 廻轉抵抗モーメント

廻轉抵抗モーメントを求むるには前述の如

く橋体の重心を能ふる限り正確に廻轉軸に一致させることが必要である。測定装置としては図-2 の如きものを便とする。これは二葉跳開橋の一例として考慮したもので、鉄桁の組立に用ひる goliath crane を便宜上利用したものであるが、簡単なデリック様の設備に依つても行ふことは出来ると考へる。かゝる装置により可動桁の引き揚げ降しを行ひ其の張力を測定しその値が位置に關係なく殆ど一定値 P となるまで重錘の量を加減するのである(重錘の一部は調整に便するため取り外し自在となつてゐる)。 P の値を測定したならば PL が即ち廻轉抵抗モーメントといふことになる。

測定用としては図-3、図-4 に示すが如き動力計を便とする。前者は引き揚げ降し抵抗測定用、後者は支圧力測定用である。動力計の能力には限度があるし、廻轉抵抗モーメントは組立後の當初は廻轉軸の不正其他に基因して相當に大なることが豫想されるから橋体を相當の廣範圍に涉つて廻轉せしめつゝ、かゝる狂ひを修整し重錘量も荒調整をなしたるのち動力計を取り付けて揚げ降し張力の測定をなすのが安全である。引揚げ降し滑車の位置は図-2 に於ける如く廻轉の始終點を結ぶ弦上に置けば測定張力は切線方向の張力に近い値となるから測定上好都合である。

引揚げ降しを行ふ前に別に支圧力測定器(図-4)を以て可動桁を廻轉軸の前方任意の一點にて支へ重心の一次

図-2.

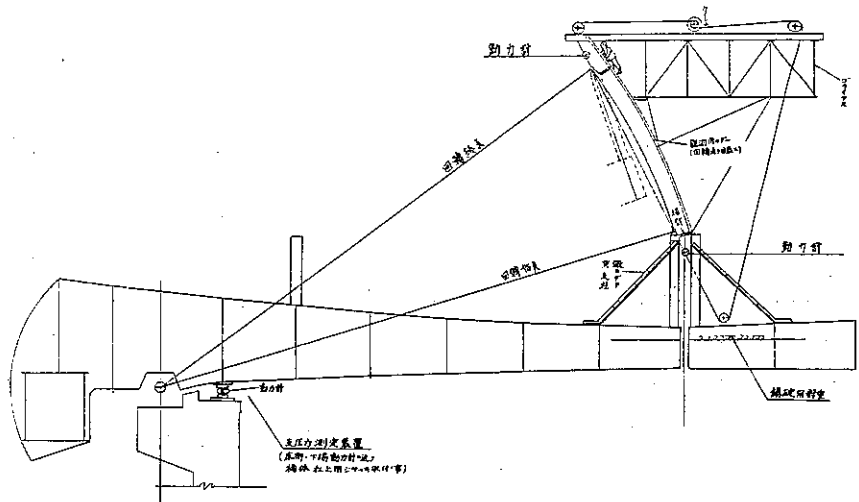


図-3.

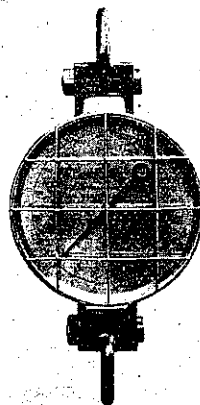


図-4.

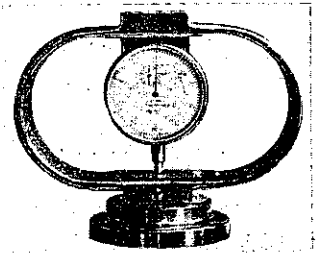
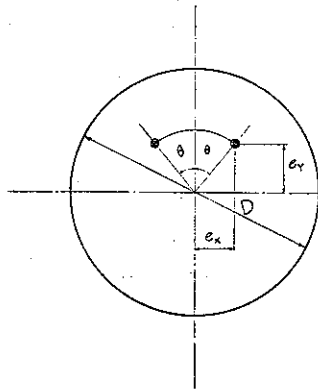
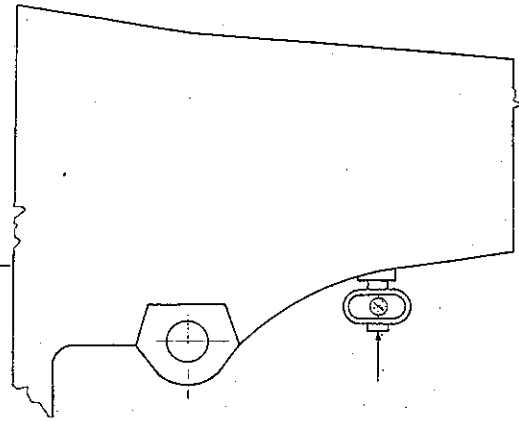


図-5.



θ は廻轉角

図-6.



的整正を行ふ。即ち重錘を略々豫定量だけ取付けたるとき支圧力を読み次で徐々に重錘を附加しつゝ支圧力が初めて零となるまで重錘を附加する。この時は重心は未だ廻轉軸と一致した譯ではなく偏心量によるモーメントと廻轉抵抗モーメントとが相等しくなつたのである。この操作は數回繰り返して正確を期する必要がある。何となれば支圧力が零となる状態は一つではないからである。

次で徐々に重錘を追加する。この間支圧力測定器の指針は依然として零を示して居る。而して偏心量は徐々に其の量を減じて行く。重錘の追加を継続すれば偏心量は總て負の値を取り追加量が或値に達すれば桁の支點は浮き上らんとする。この瞬間に於て追加を中止する。この際には偏心量によるモーメントと廻轉抵抗モーメントとが再び釣合つたのである。

即ち支圧力が初めて零となりたる時より支點が將に離れんとする際に至る迄の重錘追加量を計上しこの $1/2$ を重錘より減ずれば水平方向に於ける重心の偏心量は零となつた譯である。次に引揚げ降し装置に張力測定器を取り付け成可く大角度に廻轉せしめ、その張力を測定し要すれば傾線方向張力としての補正をなし、この張力 P が一定値となる迄廻轉軸の修整及重錘の整正(主として補助重錘の上下取付位置の変更)をなし廻轉抵抗モーメント PI を求めるのである。

(ロ) 橋体の重心に所定の偏心量を附與する法

図-5 参照。Hool の著書によれば偏心量は廻轉軸の中心に對して図の如き關係位置を保ち廻轉動作の終端に於ては自力にてその最後の位置に落ち着かしむべしとあり。 W を橋体の總重量、 D を廻轉軸の直径、 f を同軸の摩擦係數とせば

$$We_x = W \cdot D/2 \cdot f$$

よりして橋の閉ぢたる位置に於ける偏心量は $e_x = f \cdot D/2$ なりと記してある。而してこの偏心位置に於て橋体は廻轉角の $1/2$ は自力にて運動を持續し得ると書いてあるがこれは誤で e_x は $f \cdot D/2$ 以上でなければ廻轉の終端に於ける「坐り」が悪いし上記の目的をも達することは出来ない。又廻轉角の $1/2$ に涉つて上記の作用を保たすことは橋体の慣性による以外には勿論出来ないのである。

設計に當つては e_x , e_r といふものを定めるのであるが肝腎の摩擦係數 f が假定値であるから、廻轉抵抗モー

ント測定後に於て f の測定値に基き適當なる e_x, e_y をめ定これを所定の偏心量として以後記すところの測定作業を行ふのである。

これは可動桁を支圧力測定に便なる一點で支へ、次で之を扛上し支圧力変化を測定すればよいのである(図-2)。この測定位置は活荷重脊の位置などは好都合である。橋体の重心は(1)項記載の操作によつて廻転軸に一致してゐるのであるから、偏心量の附與により支點に作用する圧力は知れたもので支圧力測定器はさして大きな能力のものを必要としない、又支圧力変化は僅かな扛上量に對して充分測定し得る変化量を生ずる。偏心量測定に必要な數式は次の如くである(図-7 参照)。

- 今 e_x, e_y : 閉橋位置に於ける偏心量 W : 橋体總重量の 1/2
 R : 活荷重脊に作用する支圧力 M : 廻転抵抗モーメント
 dR : 活荷重脊を Y だけ扛上せる際の支圧力変化 f : 廻転軸の摩擦係數
 D : 廻転軸の直径

とせば $M = W \cdot f \cdot D/2 = PL$ にてこれは測定済故

$$R = \frac{1}{a}(W e_x - M) \dots\dots\dots(1)$$

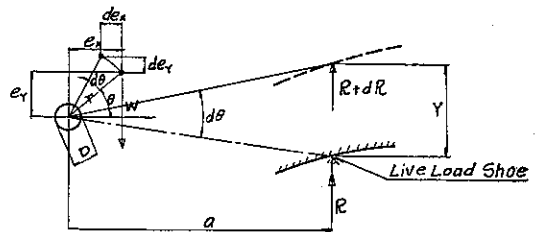
$$dR = \frac{W}{a} \cdot \frac{de_x}{d\theta} \cdot d\theta$$

然るに $e_x = r \cos \theta, \dots, e_y = r \sin \theta$

故に $\frac{de_x}{d\theta} = -r \sin \theta = -e_y$

$$\therefore dR = -\frac{W}{a} \cdot e_y \cdot d\theta = -\frac{W}{a} \cdot e_y \cdot \frac{Y}{a} \dots\dots\dots(2)$$

図-7.



重心調整法は次の如くなる。

(i) e_x, e_y, W, a, M は既知であるから支圧力測定器により R を測定し、此の値が(1)式の右邊を満足する迄重錘を除去する。

(ii) 次に支點を Y だけ扛上し(この扛上量は支圧力測定器の精度に応じ適當に選ぶのであるが 100mm 程度である。)支圧力の差を読み dR が(2)式を満足するまで重錘の上下位置を修正する。茲に注意すべきは桁の扛上方法である。支圧力測定器を取付けた儘でその下端を押し上げて桁を間接に扛上する場合には dR の中に廻転抵抗による term $\frac{M}{a}$ を含んで指針に表れるから輕々に其の値を信用してはならない(図-6)。この場合には豫定量 Y よりも餘計に押し上げて次にジャッキを緩めて Y に達せしめ、このときの指針の讀みよりして dR を定めるのである。安全のためには扛上は測定點以外の個所で行つた方がよい。

(ハ) 測定器の能力豫定

重心計算書を頼り且又廻転軸の摩擦係數を假定すれば測定器の能力は豫定することが出来る。

例へば図の如き關係に於て

$$W = 973.730 \text{ t}, e_x = 53 \text{ mm}, e_y = 72 \text{ mm}, f = 0.1 \text{ とせば}$$

引き揚げ降し抵抗力 P は

$$PL = M = f \cdot D/2 \cdot W = 0.1 \times 27.9 \text{ cm} \times 973.730 = 2716707 \text{ kg cm}, L = 25.610 \text{ m とせば}$$

$$\text{豫定値 } P = \frac{2716707}{2561} \approx 1060 \text{ kg}$$

$$\text{豫定値 } R = \frac{1}{a}(We_x - \mathcal{M}) = \frac{1}{300}(973\,300 \times 5.3 - 2\,716\,700) \approx 8\,150 \text{ kg}$$

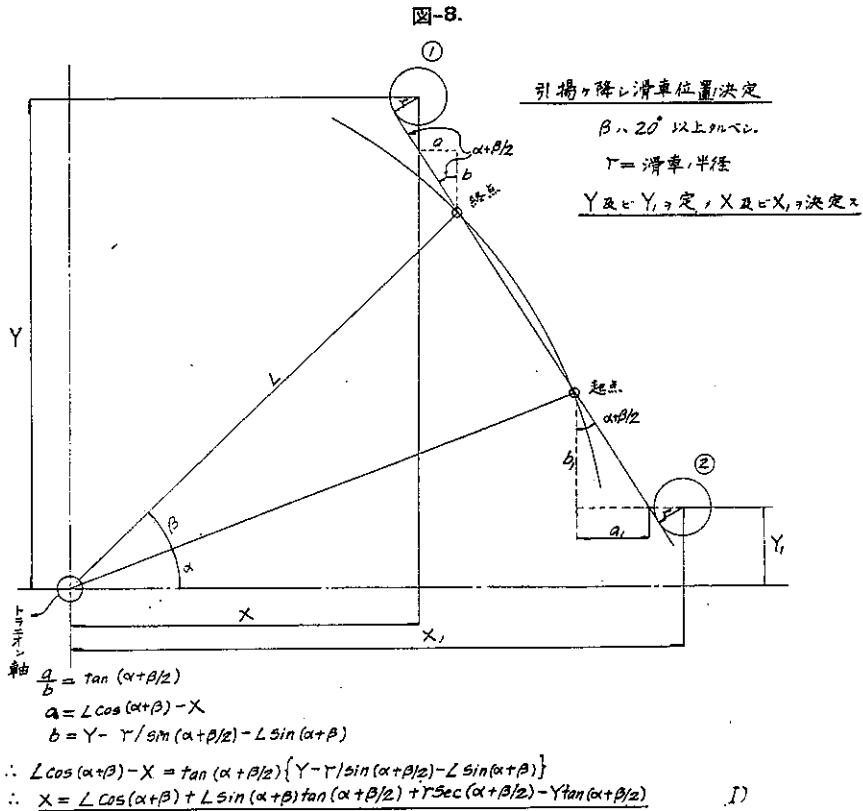
$$\begin{aligned} \text{豫定値 } dR &= -\frac{W}{a} \cdot e_x \cdot \frac{Y}{a}, \quad Y = 100 \text{ mm} \\ &= -\frac{973\,730}{300} \times 7.2 \times \frac{10}{300} \approx -790 \text{ kg} \end{aligned}$$

但し R, dR の豫定値は 測定に伴ひ勿論更正さるゝ値である。測定器は図-3、図-4 に示した様なものでは全能力の 1/300 迄は測定出来るから相當に精密なる計測が出来る。

3. 引き揚げ降し滑車位置

引き揚げ降しに際し嚴密に切線方向に引張ることは困難であるから、滑車の位置を図の如く定め、其の位置を計算せねばならぬ (図-8)。

蛇足に類するが其の計算結果は 図-8 に記した通りである。



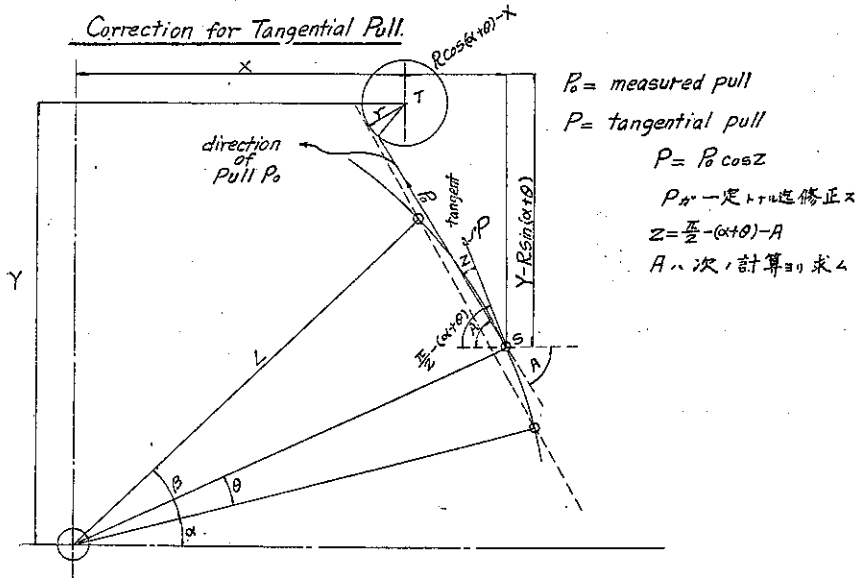
4. 切線方向張力に対する補正

図-9 に於て P_0 を測定張力とせば、切線方向の張力 P は

$$P = P_0 \cos Z$$

となる。今図-2 の如き配置に對し $\cos Z$ の値を計算してみると、例へば上昇の場合

図-9.



廻転角 θ

$\theta = 0^\circ$	$\cos Z = 0.985,$	$\theta = 12^\circ$	$\cos Z = 1.000$
$\theta = 4^\circ$	" = 0.991,	$\theta = 16^\circ$	" = 0.999
$\theta = 8^\circ$	" = 0.997,		

等となりこの補正は殆ど必要がない。これは滑車位置の選定當を得たるものと見做し得べきであらう。