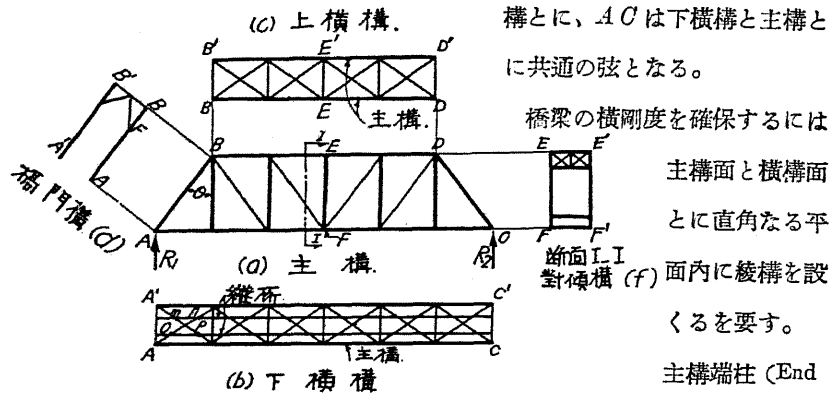


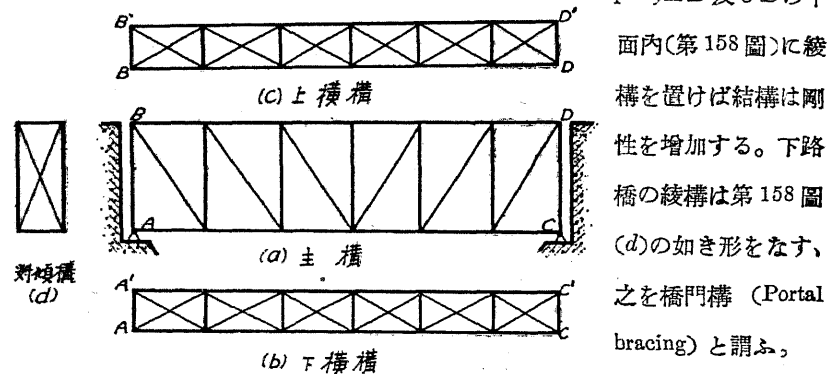
第九章 綾 構 (Bracing)

第一節 綾 構 の 作 用

橋梁の荷重には第二章に述べたるが如く垂直及水平の兩荷重があるが、前者には主構 (Main truss) が抵抗し、後者は主構の面と直角をなす水平面に作用するものと假定し、之に抵抗するため横構を設くる。最も普通には第 158 圖及第 159 圖の如く構の上面に上横構、下面に下横構を設くるが、 BD は上横構と主



158 圖



第 159 圖

構とに、 AC は下横構と主構とに共通の弦となる。

橋梁の横剛度を確保するには主構面と横構面とに直角なる平面内に綾構を設くるを要す。

主構端柱 (End post) AB 及 CD の平面内 (第 158 圖) に綾構を置けば結構は剛性を増加する。下路橋の綾構は第 158 圖 (d) の如き形をなす、之を橋門構 (Portal bracing) と謂ふ。

構と橋門構とは結

構の剛性を確保するに充分であるが、尙垂直材の面内にも綾構を設くるのが普通である、之を對傾構 (Sway bracing) と謂ひ第 158 圖 (f) の如し。上路橋の場合には、端柱及中間垂直材の面内には總て對傾構を設くる (第 159 圖)。

下路橋に於ては、上弦の受くる全横荷重は上横構に依つて端柱の上端に傳はり、夫より橋門構及端柱を経て支點に傳達さるゝ。橋門構は車輛に對する有效高を保たしむるため、上路橋に於ける如く端柱の高一杯に設けるわけに行かない。従つて端柱は桁として作用し、彎曲と直應力とに抵抗せねばならない。

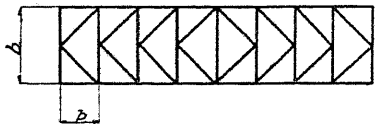
中間に設けたる對傾構も橋梁を補剛し其の振動を殺滅する役目を有し、上横構の荷重を各格點に於て下横構に傳ふるのであるが、其の傳達せらるべき荷重の量は、上下横構及橋門構の相對剛性に依つて異なるも、普通之を $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ とし其の殘部は橋門構が受くるものと假定する。

上路橋に於ける下横構は風荷重の一部を直接支點に傳ふるが A, A', C, C' の四支點の反力は總て等しいと假定する。上横構は其の受くる全横荷重を、 AB 及 CD 面内の對傾構に傳へ、對傾構は之を支點に傳ふる。

第二節 横 構 の 形

横構の形は、橋梁の形及其の大きさに依つて異なり、橋梁の幅が狭くて横構の部材長が短いときはワーレン形を用ふる。最も一般に用ひらるゝものは第 158 圖及第 159 圖に示すが如きブラット形がある。斜材が可なり長くなるから若し抗壓材とせば、應力の關係よりも寧ろ剛性を保持する必要上大きい断面を要することとなる。故に普通斜材は抗張材として働く様にすれば其の缺點を除くことが出来る。横構の各格間には二つの斜材を備へ、横荷重の方向に依つて其の一が張力を受くる様に計算し、他の一は其の場合は働かないものと假定し、若し横荷重の方向が逆となつたらば斜材の働き方も亦逆となる。第 158 圖 (c) の横壓材 (Cross strut) EE' は、横荷重の方向の如何に拘はらず壓力を受くるものとす。以上の

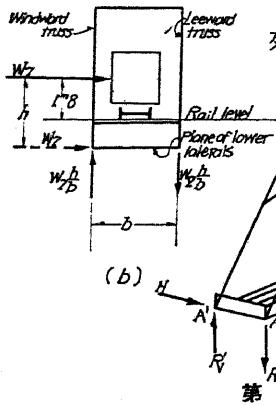
假定は下横構にも屢適用さるゝが、若し縦桁がある場合には之と斜材との交點 m, n, o, p を銜結するを普通とす。斯の如き方法に依れば斜材が抗壓材として、働く長を著しく短縮することが出来るから、一格間内の兩斜材は同時に作用し其の一は抗壓材、他の一は抗張材と假定する。



第 160 圖

第 160 圖の如く p に比して b が著しく大にして、斜材が長くなるとき又は斜材の傾斜が面白からざるときは圖の如き K 形を用ふる。

第三節 横荷重の作用



第 161 圖

第 161 圖に於て W_1 は上横構の格點荷重、 W_2 は列車に働く横荷重 (600 kg/m)、 W_3 は下横構の格點荷重とすれば W_1 及 W_3 の値は第二章第五節に依つて計算する。

W_1 は上横構の各部材に

應力を生ずるが其の値は普通の構の計算と同様にして見出すことを得、 W_1 は同時に主構の或る部材にも應力を生ずる。第 161 圖 (a) に於て W_1 に對する反力は主構の支點 A, A', C 及 C' に起る。即ち W_1 が構を顛覆せんとする力率は反力 R_1, R_1', R_2 及 R_2' を生ずる。若し端柱の下端を固定するときは、本章第六節に述ぶる如く其の點に於て M_0 が作用する。

AC 或は $A'C'$ を軸として力率を採れば

$$R_1 = R_1' = \frac{Ph_1 - 2M_1(\cos\theta)}{b} \quad (\text{第 163 圖})$$

$$= \frac{P}{2b} [2h_1 - (c-e)\cos\theta] \dots\dots\dots(1)$$

式中 h_1 は上下横構間の垂直距離とす。

R_1 及 R_1' の方向は第 161 圖 (a) に示す通りであるが、其の反力のために主構の下弦に一定の應力を生ずる。其の値は

$$S = \frac{P}{2b} [2h_1 - (c-e)\cos\theta] \text{tg}\theta \dots\dots\dots(2)$$

となり、 $A'C'$ には張應力、 AC には壓應力となる。

橋門構の下端が鉸結されたるとき或は上路橋の端に於けるが如く對傾構を設けたるときは $M_0 = 0$ となるから、上記の反力及び弦の應力は

$$R_1 = R_1' = \frac{Ph_1}{b} \dots\dots\dots(3)$$

$$S = \frac{Ph_1}{b} \text{tg}\theta \dots\dots\dots(4)$$

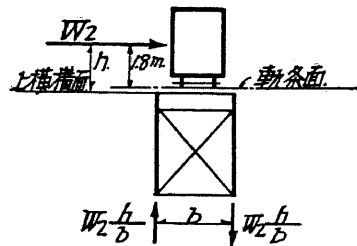
となる。

W_3 は直接に支點 A, A', C 及 C' に傳へらるゝから下横構の部材にのみ應力を生ずる。 W_2 は列車の側面に作用して水平軸の周圍に橋梁を顛覆せんとする傾向を有するが、第 161 圖 (b) に示すが如く W_2 は縦桁及床桁に依つて直接下横構の面に傳達さるゝものと假定する。故に下横構の面内に二つの相等しくして反對の方向を有する W_2 を取れば、 W_2 を下横構の面に働く水平力 W_2 (點線で示せるもの) と、偶力 $W_2 \cdot h$ (h は W_2 と下横構の鉛直距離) とに分解するを得、其の偶力に抵抗するものは主構と横構とであるが、主構は横構に比し著しく剛性に富むから其の偶力には全部主構で抵抗すると假定する方が理論的である。之に抵抗する主構の偶力は $\frac{W_2 \cdot h}{b}$ となり、風上の構では上向き風下の構では下向きに作用する。斯の如くして見出した格點荷重が主構の各部材に作用するから、風上と風下の構の各部材應力は互に等しいけれども、符號が互に反對となる。

第四節 横荷重應力

1. 下路構 前節に述べたる如く横荷重は、上下兩横構及或る場合には主構の部材にも應力を生ずる。主構に生ずる横荷重應力は一般に、死荷重+活荷重+撃衝に依つて生ずる應力に比すれば小さい。主構の下弦は横荷重に基因し次の方法に依り應力を生ずる。(1) 下横構の弦として、(2) 列車に對する風壓の顛覆作用に因り、(3) 横荷重の上横構に對する顛覆作用のため全部の弦に等布荷重を生ずる。上記の影響は風下の構の下弦には張力を、風上の構の下弦には壓力を生ずることとなるから、風下の構の下弦に生ずる横荷重應力は垂直荷重に依つて用する應力と同性質を有することが分る。然し横荷重應力を加算した場合には其の許容應力を 25% 増加し得るから、加算しないと加算したときの所要斷面積を比較して、其の大なる方を使用斷面としなければならない。故に横荷重應力が 死荷重+活荷重+撃衝より生ずる應力の 25% を超過するに非ざれば新に斷面を計算する必要がない。一般に載荷弦に對してのみ横荷重應力を計算する必要がある。

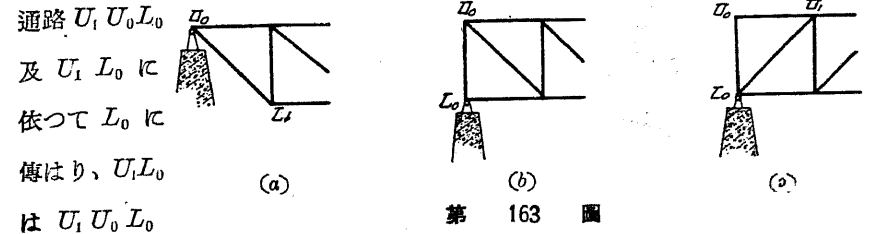
2. 上路構 上下兩横構に於ける應力の算出方法は下路橋の場合と同一であるが、



第 162 圖

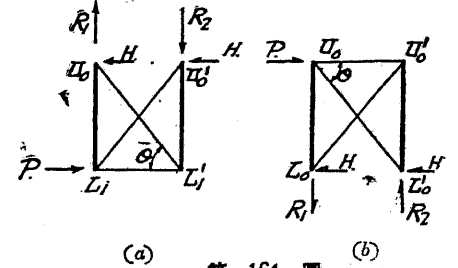
W_2 の顛覆作用に基因して主構には第 162 圖に示すが如き $W_2 \cdot \frac{h}{b}$ の格點荷重を生じ、之が風上の構の上弦には張力を生ずる。列車及び上弦に對する横荷重に基因して上弦には壓力を生ずるので、横荷重より生ずる上弦の合成應力は互に符號を異にするから垂直荷重應力の 25% 以下となる。

上路橋に於ける端對傾構は其の部材が直應力のみを受くる様に造る。第 163 圖 (a) に於ては構は U_0 點で支持されてゐるから對傾構は $U_0 L_1$ の面に、(b) に於ては $U_0 L_0$ の面に設くる。(c) に於ては上横構より U_1 に來た荷重は二つの



第 163 圖

よりも剛性となるから、總ての横荷重は通路 $U_1 L_0$ を經て支點 L_0 に傳はると假定するのが理論的である。従つて $L_0 U_1$ の面に主なる對傾構を設け、又 $U_0 L_0$ 面にも U_0 に來た荷重を L_0 に傳ふるために對傾構を設くる。第 164 圖 (a) は第 163 圖 (a) の $U_0 L_1$ の面に設くる形であるが、若し二つの斜材が相當長いときは張力のみを受くる様にした方がよい。斜材が比較

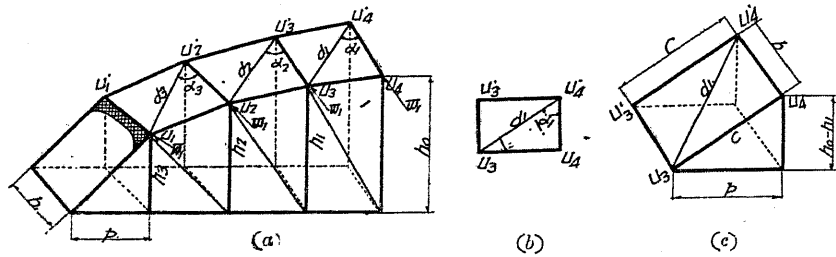


第 164 圖

的短いときは、二つとも同時に働いて一つは張力他は壓力を受くる様にして、各水平剪力の半分を取るものと假定する。其の應力算定法は第六章第五節と同様である。第 164 圖 (b) は第 163 圖 (b) の $U_0 L_0$ 、(c) の $U_1 L_0$ 面に用ふる形である。

第五節 應力の算定法

1. 平行弦の横構 構の場合と全く同様に、横構の形に應じて其の應力を算定することを得。
2. 曲弦の横構 横荷重が kg/m で與へらるゝときは、其の荷重に格間長を乗すれば格點荷重が得られ其の値は總て同一である。横荷重が kg/m^2 で與へらるゝときは、構の實際の側面積を計算をなして、各格間の側面積に單位面積當りの横荷重を乗じたものが格點荷重となるから、其の値は格點毎に異なるも全體の平均を採つて、各格點荷重は同一なりと假定する。



第 165 圖

$$U_3 U_4' = \frac{W_1}{2} \sec \alpha_1 = \frac{W_1}{2} \frac{d_1}{b}$$

$$U_2 U_3' = 1 \frac{1}{2} W_1 \frac{d_2}{b}$$

$$U_1 U_2' = 2 \frac{1}{2} W_1 \frac{d_3}{b}$$

$$U_4 U_4' = - \frac{W_1}{2}$$

$$U_3 U_3' = - 1 \frac{1}{2} W_1$$

$$U_2 U_2' = - 2 \frac{1}{2} W_1$$

... (5)

$$U_3 U_4' \text{ の横分力} = \frac{W_1}{2} \frac{d_1}{b} \frac{b}{d_1} = \frac{W_1}{2}$$

は $U_3 U_3'$ に依り抵抗され、

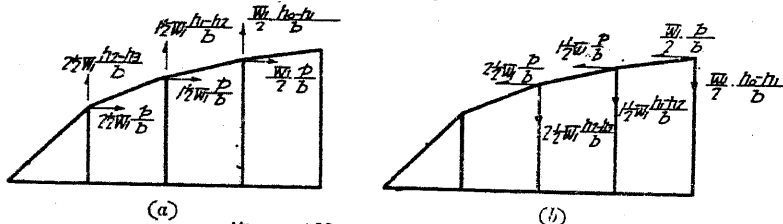
$$U_3 U_4' \text{ の垂直分力} = \frac{W_1}{2} \frac{d_1}{b} \frac{h_0 - h_1}{d_1} = \frac{W_1}{2} \frac{h_0 - h_1}{b}$$

は U_3 では上向きに、 U_4' では下向きに作用する。

$$U_3 U_4' \text{ の水平分力} = \frac{W_1}{2} \frac{d_1}{b} \frac{c}{d_1} \frac{p}{c} = \frac{W_1}{2} \frac{p}{b}$$

は U_3 では右向き、 U_4' では左向きに作用する。

之を圖に示せば第 166 圖の如し。

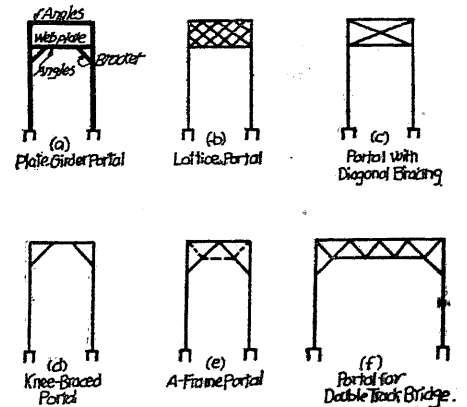


第 166 圖

第六節 橋 門 構

1. 橋門構の形状 第 167 圖に主なる形状を示してゐるが (a) は鉸桁を用ひしもの、(b) は格子 (Lattice) を用ひしもの、(c) は筋違を用ひしもので、

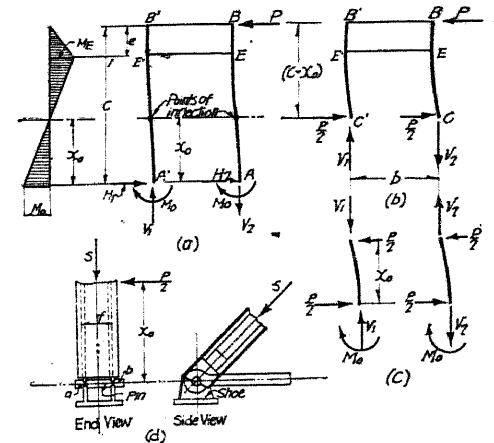
何れも路面上に所要の有効高を保たしむるため制限を受けて浅い綫構となつてゐる。(d) は隅控 (Knee-brace) を用ひしもの、(e) は合掌 (A-Frame) をなせるもの、(f) は複線鐵道橋に用ふるもので、此の (d) (e) (f) は前三者より尙一層浅い綫構とせねば



第 167 圖

ならぬ場合に用ひらるゝ形である。(d) は剛性に缺く所があるので小さい構の外用ひてはいけない。

2. 應力の算定法 第 168 圖に於て、B 點に働く P は上横構に依つて橋門構に傳はる荷重を示す。若し支點 A 及 A' が完全に或は部分的に固定されたる時は、夫等の點に作用する力は (a) の如くなる。



第 168 圖

是等の力の作用に依つて、橋門構の垂直材には圖の如く扭歪を生じ、端柱に對する彎曲率圖は (a) の左側に示せるが如し。

$$H_1 = H_2 = \frac{P}{2} \dots \dots \dots (6)$$

A 及 A' に作用する他の力を見出すには、(a) 圖を反曲點 (Point of inflexion) に於て (b) 及 (c) の如き二つの部分に分け、(b) 圖の C 及 C' 點に力率を採り

$$V_1 = V_2 = \frac{P(c-x_0)}{b} \dots\dots\dots(7)$$

を得、V₁ と V₂ とは互に反對の方向に働いてゐる。

端柱の下端に生ずる力率 M₀ は (c) 圖の A 及 A' に力率を採り

$$M_0 = \frac{P}{2} x_0 \dots\dots\dots(8)$$

となり、之を端柱に對する顛覆力率と謂ふ。

$$x_0 = \frac{2M_0}{P} \dots\dots\dots(9)$$

之を (7) 式に入れて

$$V_1 = V_2 = \frac{Pc-2M_0}{b} \dots\dots\dots(10)$$

反曲點 C 及 C' の位置は端柱下端の状態に依り異なるが、第 168 圖では (d) に示すが如く端柱は脊の上にあるピンで支へられてゐて、ピンの軸は橋門構の斷面内に在り、S は構に作用する垂直荷重のため端柱に生ずる應力であるが、一般に S は上弦に働く横荷重が最大なるとき即ち構に於ける最小載荷條件に對して計算する。此の條件は死荷重のみが主構に働く際起るのが普通である。

端柱の片方に働く $\frac{P}{2}$ は端柱を顛覆せんとする力で、支點の一をピンから離さんとするが、a 及 b に對する S の力率が之に抵抗することゝなる。今顛覆に對する抵抗力率を M_R とせば

$$M_R = \frac{1}{2} S f \dots\dots\dots(11)$$

となり、式中 f はピンの支點間の距離とす。

$$M_0 < M_R$$

なるときは端柱の下端は固定せるものと考ふるを得、其の場合反曲點は A と E との中央にあるから

$$x_0 = \frac{1}{2} (c-e) \dots\dots\dots(12)$$

となり、之を以上の式に代入すれば端柱の下端固定せる場合の諸式を定められる。

$$M_0 > M_R$$

なるときは端柱の下端は固定せりと假定することは出来ない。M₀ は M_R を超過すること能はざるが故に、端柱の下端固定せりと假定しない場合の反曲點の位置を見出すには、(9) 式の M₀ の代りに M_R を用ひて x₀ の値を見出し、之を以上の諸式に挿入する。

以上述べるところに依り橋門構の應力を算定するに當つては、

(1) 端柱の下端は固定し、反曲點は A と E の中央にあるものと假定して、(8) 式より M₀ を、(11) 式より M_R を算出し M_R > M₀ なるときは、其の假定は正しいから、第 168 圖 (b) の如く反曲點で二つの部分に分けて應力を計算する。

(2) M_R < M₀ なるときは、計算した M_R を (9) 式の M₀ の代りに置いて眞の反曲點の位置を見出し、其の點で端柱を二つの部分に分ち應力を計算する。

(3) 端柱の下端が力率に抵抗出来ない構造となれるときは、下端は鉸結されたものと假定する。此の場合の反曲點は端柱の下端にある。

第 168 圖に示した橋門構は、力率、剪力及軸應力を受けねばならない。今端柱の下端から或る點までの距離を x とせば

$$M_x = M_0 - \frac{P}{2} x \dots\dots\dots(13)$$

$$\text{或は} \quad M_x = \frac{P}{2} (x_0 - x) \dots\dots\dots(14)$$

(13) 及 (14) 式より計算したる力率圖は第 168 圖 (a) の左側に示す通りである。端柱下端が完全に固定せるときは M_R = M_A となるが、一部が固定せるときは M_R > M_A となる。

E' 以下の端柱の軸應力は、主桁の荷重に因つて生ずる應力と (7) 式の V₁ とを合成して見出される。風下の端柱では以上の二應力は壓應力となるが、風上の端柱では V₂ は張應力を生ずる。E 點以上の部分の應力は、橋門構の形狀に依

り異なるから次節に述ぶることとせん。

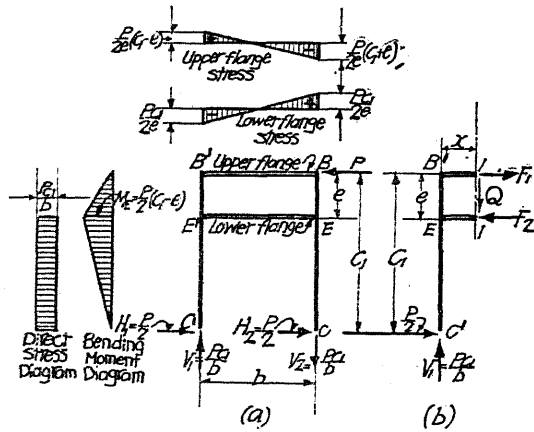
剪力は僅少で端柱の断面計算には殆んど影響を有せない。A' から E' までは

$$Q = \frac{P}{2}$$

となる。

端柱の最大合成應力は、剪力を考慮せずして彎曲率と軸應力とを組み合わせて決定するが、風下の E' に於けるものが最大である。

3. 板桁橋門 (Plate girder portal) 第169圖は反曲點以上の部分を示してゐる



第 169 圖

率圖は (a) の左側に示す形となる。V₁ は風下の端柱には壓應力、風上の端柱には張應力を生ずるが、其の値は C' より E' まで一定である。

彎曲と軸應力との合成に因つて生ずる最大縁維應力は、風下の端柱の E' に生ずる。軸應力は死活兩荷重に依つて主構に生ずる端柱應力と V₁ とを加算せるものである。

兩端柱を結合する板桁の應力は、腹板が總ての剪力を受け、突縁山形鋼が總ての彎曲率を採るものと假定し、(b) に示せるが如くセクション 1—1 にて切り、其

が、圖に於て

$$H_1 = H_2 = \frac{P}{2}$$

(7) 式に於て

$c - x_0 = c_1$ とせば

$$V_1 = V_2 = \frac{Pc_1}{b}$$

彎曲率は E' 及 E で最大にして、其の値は

$$M_E = M_{E'} = \frac{P}{2}(c_1 - e)$$

となり、端柱の上端及下端では零となるから、力

の左の部分を考えればよろしい。今 F₁ 及 F₂ を上突縁及下突縁に於ける應力、Q をセクション 1—1 に於ける剪力とせば

$$Q = V_1 \frac{Pc_1}{b}$$

となつて、剪力は x とは無關係であるから桁の全長を通じて一定である。

上突縁の應力を見出すにはセクション 1—1 の下突縁に力率を取つて

$$\frac{Pc_1}{b} x - \frac{P}{2} (c_1 - e) + F_1 e = 0$$

$$F_1 = \frac{Pc_1}{be} \left(\frac{b}{2} - x \right) - \frac{P}{2} \dots\dots\dots(15)$$

B' 點では x = 0

$$F_1 = + \frac{P}{2e} (c_1 - e) \dots\dots\dots(16)$$

B 點では x = b

$$F_1 = - \frac{P}{2e} (c_1 + e) \dots\dots\dots(17)$$

即ち上突縁應力は B' では張應力、B では壓應力となり、其の應力の變化は直線で表はされ、第169圖(a)の上部に示すが如し。

突縁の中央では x = $\frac{b}{2}$

$$F_1 = - \frac{P}{2} \dots\dots\dots(18)$$

下突縁に於ける應力は F₂ と同様にセクション 1—1 の上突縁に力率を取つて得られる。

$$F_2 = - \frac{Pc_2}{be} \left(\frac{b}{2} - x \right) \dots\dots\dots(19)$$

$$x = 0 \quad F_2 = - \frac{Pc_2}{2e} \dots\dots\dots(20)$$

$$x = b \quad F_2 = + \frac{Pc_2}{2e} \dots\dots\dots(21)$$

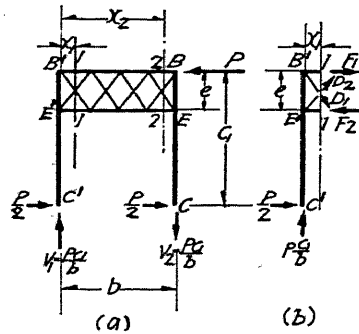
$$x = \frac{b}{2} \quad F_2 = 0 \dots\dots\dots(22)$$

應力は上突縁と同様に直線に變化し、上下兩突縁の應力は異なるも(17)式に依つて求めた断面は双方共通に用ふる。

第167圖(a)の如く下突縁に腕材を取付けたる場合も、之を無視して上述の如

き計算方法に依るが、若し腕材が非常に剛性なる場合は、端柱の最大彎曲率は腕材の取付個所に起るものと假定する。

4. 格子橋門 (Lattice portal) 鉸桁橋門と同様反曲點 c' 及 c の上部に於て斜材の交點を通るセクション 1—1 で切り、斜材の應力を D_1 及 D_2 とし、斜材の傾



第 170 圖

斜角を θ とせば、第 170 圖の場合には

$$D_1 = -D_2 = \frac{Pc_1}{2b} \sec \theta \dots(23)$$

となり、一般にセクション 1—1 で切らる

る斜材の数を n とせば

$$D = \frac{Pc_1}{nb} \sec \theta \dots\dots\dots(24)$$

を得。第 170 圖(a) に於いては、左方向に

傾ける斜材は張應力、右方向に傾ける斜材

は壓應力を受け、剪力は橋門構を通じて一

定であるから、總ての斜材に於ける應力の絶対値は相等しい。

BB' の應力を求むるにはセクション 1—1 と EE' との交點に對する力率を求め、 BB' の應力を F_1 、 EE' の應力を F_2 とせば、(15)式と同様に

$$F_1 = \frac{Pc_1}{be} \left(\frac{b}{2} - x_1 \right) - \frac{P}{2} \dots\dots\dots(25)$$

を得。

$$x_1 = 0 \quad F_1 = \frac{P}{2} \left(\frac{c_1}{e} - 1 \right)$$

$$x_1 = \frac{b}{8} \quad F_1 = \frac{P}{8} \left(\frac{3c_1}{e} - 4 \right)$$

$$x_1 = \frac{7}{8} b \quad F_1 = -\frac{P}{8} \left(\frac{3c_1}{e} + 4 \right)$$

$$x_1 = b \quad F_1 = -\frac{P}{2} \left(\frac{c_1}{e} + 1 \right)$$

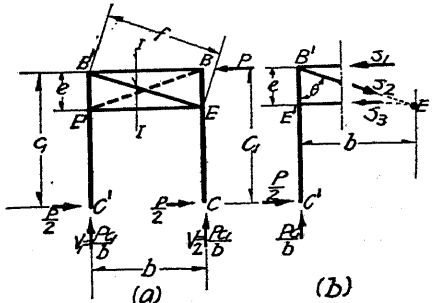
F_2 は(19)式と同様に

$$F_2 = -\frac{Pc_1}{be} \left(\frac{b}{2} - x_1 \right) \dots\dots\dots(26)$$

となる。

5. 筋違を有する橋門 (Portal with diagonal bracing) 第 171 圖は反曲點以上の

部分を示せるもので、二本の斜材を有し各張力のみを取り得る構造である。圖の如き方向に横荷重が作用するときは $B'E$ が働いて BE' は働かない、横荷重の方向が右向きに B' に作用するときは $B'E$ 及 BE' の働き方も前の場合と全く逆となる。



第 171 圖

今 BB' の應力を S_1 、 EE' の應力を S_3 、斜材の應力を S_2 とせば、 E 點に力率を求め

$$\frac{Pc_1}{b} \times b - \frac{P}{2} (c_1 - e) + S_1 e = 0$$

$$S_1 = -\frac{P}{2e} (c_1 + e) \dots\dots\dots(27)$$

B' 點に力率を求め

$$-\frac{P}{2} c_1 - S_3 e = 0$$

$$S_3 = -\frac{Pc_1}{2e} \dots\dots\dots(28)$$

$\sum V = 0$ より

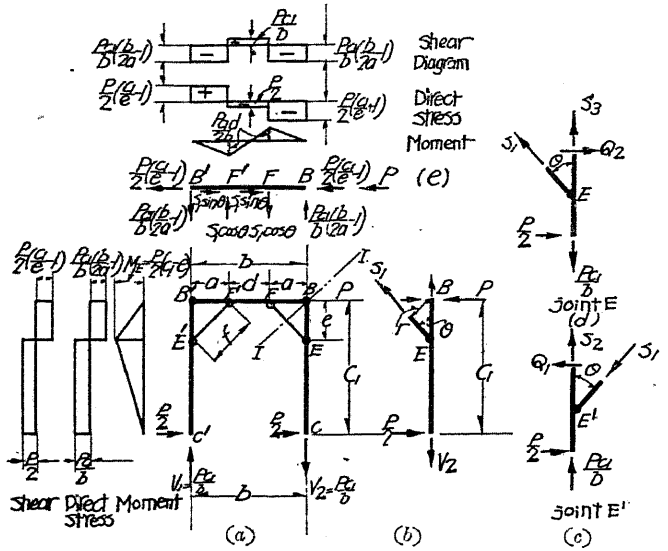
$$\frac{Pc_1}{b} - S_2 \cos \theta = 0$$

$$S_2 = +\frac{Pc_1}{b} \cos \theta = +\frac{Pc_1 f}{be} \dots\dots\dots(29)$$

彎曲應力は鉸桁橋門の場合と同様である。

風下の端柱の軸應力は C' より B' までは $-\frac{Pc_1}{b}$ に等しく、風上の端柱の軸應力は E から C までは $+\frac{Pc_1}{b}$ に等しく、 E 點以上の軸應力は零となる。剪力は端柱の下端より E までは $\frac{P}{2}$ となり、 B より E (或は B' より E') までは $\frac{P}{2} \left(1 - \frac{c_1}{e} \right)$ となるから、 E 點の上下で其の符號を異にしてゐる。

6. 隅控橋門 (Knee-brace portal) 第 172 圖は反曲點以上の部分を示すもので、



第 172 圖

B B' は彎曲率、剪力及軸應力を受くる連続部材で、隅接 E F 及び E' F' は單に軸應力を受くるのみである。應力の算定に當つては B、E、F 及 B'、E'、F' は

鉸結されたものと假定する。

$$FE(S_3) = - FE' = + \frac{Pc_1}{2r} = + \frac{Pc_1 f}{2ea} \dots\dots(30)$$

$$S_2 = + \frac{Pc_1}{b} \left(\frac{b}{2a} - 1 \right) \dots\dots(31)$$

$$S_3 = - \frac{Pc_1}{b} \left(\frac{b}{2a} - 1 \right) \dots\dots(32)$$

風下の端柱に於ける剪力は、E' の上部では

$$Q_1 = \frac{P}{2} \left(\frac{c_1}{e} - 1 \right) \dots\dots(33)$$

となり、E' の下部では $\frac{P}{2}$ となる。

風上の端柱に於ける剪力は、風下のものと同じ値を有する。

B B' に働く力は第 172 圖 (a) の上部に示せるが如くで、B' の水平及垂直荷重は B' E' に於ける剪力と軸應力である。

F 點の力率を M_F 、F' 點の力率を $M_{F'}$ とせば

$$M_F = + \frac{Pc_1}{b} \left(\frac{b}{2a} - 1 \right) a = + \frac{Pc_1}{b} \left(\frac{b}{2} - a \right)$$

$$= + \frac{Pc_1 d}{2b} \dots\dots(34)$$

$$M_{F'} = - \frac{Pc_1 d}{2b}$$

B B' に於ける軸應力は

$$B'F = + \frac{P}{2} \left(\frac{c_1}{e} - 1 \right)$$

$$F'F = - \frac{P}{2}$$

$$FB = - \frac{P}{2} \left(\frac{c_1}{e} + 1 \right) \dots\dots(35)$$

$$B'F \text{ の剪力} = - \frac{Pc_1}{b} \left(\frac{b}{2a} - 1 \right)$$

$$F'F \text{ の剪力} = + \frac{Pc_1}{b}$$

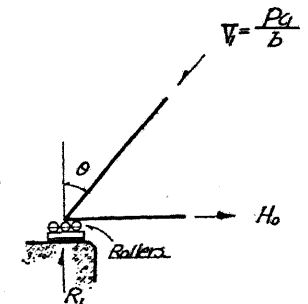
$$FB \text{ の剪力} = - \frac{Pc_1}{b} \left(\frac{b}{2a} - 1 \right) \dots\dots(36)$$

7. 橋門効 (Portal effect) 本章第四節 1 及 2 に述べたるが如く、上横構に對する横荷重の顛覆作用は主構の下弦に應力を生ずる。其の應力を橋門効と謂ふ。

橋門の下端に働く V_1 及 V_2 は沓に依つて橋臺に傳はり、輻端に於ては V_1 の鉛直分力 $R_1 (= V \cos \theta)$ は支點で受くるも、其の水平分力 H_0 はローラーで受けることが出来ないから、下弦に依つて構の定端に傳はり、此の際下弦の受くる應力 H_0 は

$$H_0 = V_1 \sin \theta = \frac{Pc_1}{b} \sin \theta \dots\dots(37)$$

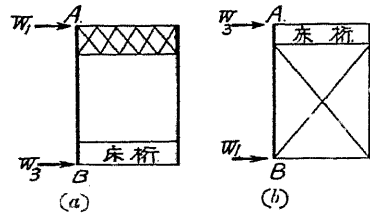
となり、主構の風下では H_0 は張應力、風上では壓應力となる。



第 173 圖

第七節 對 傾 構

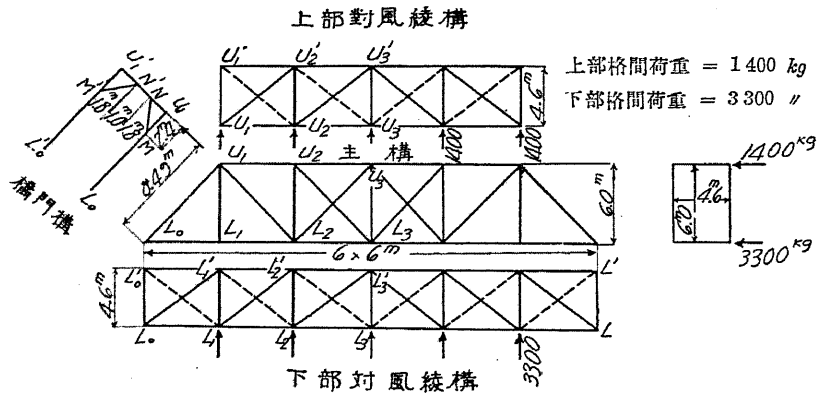
對傾構は横の振動に對して構造物を補剛し、尙複線橋梁に在りては偏心荷重の影響を軽減する目的に出たものであるが、抗壓材に對しては最大細長比 (Maxi-



第 174 圖

imum slenderness ratio)を有する展延鋼の最小断面を用ふる。第 174 圖 (a) は下路橋、(b) は上路橋に用ふる對傾構である。上下兩横構が總て荷重を受け其の剛度が互に等しいときは、A 及 B の水平撓度は等しくなるから對傾構は應力を受けない。活荷重が橋上に載らない場合は、第 174 圖 (a) の下路橋に於ける下弦は最大荷重の約 $\frac{1}{3}$ を受くる。上下横構の剛度が等しくなければ、其の水平撓度も互に等しくない。之がために對傾構は扭歪を生じ、上横構に対する荷重の一部は對傾構に應力を生じながら下横構に傳はり、其の量は横構の撓性に依つて異なるも、横荷重の約 $\frac{1}{2}$ と假定して對傾構の計算をなす。對傾構の應力計算方法は橋門構の場合及第六章第五節と同一である。

〔例〕



第 175 圖

上部對風椽構。

$$\begin{aligned}
 U_1 U_2' &= 1400 \times 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{7.6}{4.6} = + 3500 \text{ kg} \\
 U_2 U_2' &= - 1400 \times 1 \times \frac{1}{2} = - 2100 \text{ ''} \\
 U_2 U_3' &= 1400 \times 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{7.6}{4.6} = + 1170 \text{ ''} \\
 U_3 U_3' &= - 1400 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

橋門構。

$$\begin{aligned}
 L_0 M &= - L_0' M' = 1400 + 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{8.49}{4.6} = + 6470 \text{ kg} \\
 M N &= - M' N' = \frac{3500}{2} \times \frac{84.9}{1.44} = + 10300 \text{ ''} \\
 M U_1 &= - M' U_1' = (- 6470 + M N \frac{2.4}{3}) = - 1770 \text{ ''} \\
 U_1 N &= - (\frac{3500}{2} + M N \frac{1.8}{3}) = - 7930 \text{ ''} \\
 U_1' N &= - (\frac{3500}{3} - M' N' \times \frac{1.8}{3}) = + 4430 \text{ ''}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_0 U_1 \text{ 及 } L_0' U_1' \text{ の } M \text{ 及 } M' \text{ 點に於ける彎曲力率} \\
 &= 1750 \times 6.09 = 10660 \text{ kg m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_1 U_1' \text{ の } N \text{ 及 } N' \text{ 點に於ける彎曲力率} \\
 &= - 1750 \times 8.49 + 6470 \times 1.8 = 3200 \text{ ''}
 \end{aligned}$$

橋門構の反力に依る下弦材の應力。

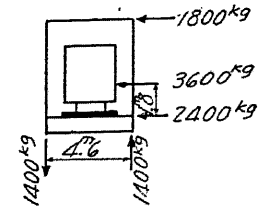
$$L_0 L = L_0 L' = - 6470 \times \frac{6.00}{8.49} = - 4570 \text{ kg}$$

下部對風椽構。

$$\begin{aligned}
 L_0 L_1' &= 3300 \times 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{7.6}{4.6} = 13750 \text{ kg} \\
 L_1 L_1' &= - 3300 \times 2 \times \frac{1}{2} = - 8250 \text{ ''} \\
 L_1 L_2' &= 3300 \times 1 \times \frac{1}{2} \times \frac{7.6}{4.6} = + 8250 \text{ ''} \\
 L_2 L_2' &= - 3300 \times \frac{1}{2} = - 1650 \text{ ''} \\
 L_2 L_3' &= 3300 \times \frac{1}{2} \times \frac{7.6}{4.6} = + 2750 \text{ ''} \\
 L_3 L_3' &= - 3300 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

橋上に列車のある場合。

$$\begin{aligned}
 \text{上部格間荷重} &= 1800 \text{ kg} \\
 \text{下部格間荷重} &= 2400 \text{ ''} \\
 \text{列車に於ける格間荷重} &= 3600 \text{ ''}
 \end{aligned}$$



下部對風椽構に於ける應力。

$$\begin{aligned}
 L_0 L_1' &= (3600 + 2400) \times 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{5}{3} = + 25000 \text{ kg} \\
 L_1 L_1' &= - 6000 \times 2 \times \frac{1}{2} = - 15000 \text{ ''} \\
 L_1 L_2' &= \left[2400 \times 1 \times \frac{1}{2} + 3600 (1 + 2 + \dots + 4) \times \frac{1}{6} \right] \times \frac{5}{3} \\
 &= + 16000 \text{ ''}
 \end{aligned}$$

$$L_2L_2' = - \left[2400 \times 1 \frac{1}{2} + 3600(1+2+\dots+4) \right] \frac{1}{6} = - 9600 \text{ kg}$$

$$L_2L_3' = \left[2400 \times \frac{1}{2} + 3600(1+2+3) \right] \frac{1}{6} \cdot \frac{5}{3} = + 8000''$$

$$L_3L_3' = - 2400 - 3600 = - 6000''$$

下弦材の應力。

橋門構の反力に依る應力。

$$L_0L = - L_0'L' = - (1800 \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{8.49}{4.6} \times \frac{6.00}{8.49}) = - 5850 \text{ kg}$$

傳達せられたる荷重に依る應力。

$$L_0L_1 = - L_0'L_1' = - 1400 \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{6}{6} = - 3500 \text{ kg}$$

$$L_1L_2 = - L_1'L_2' = - (3500 \times 2 - 1400) \frac{6}{6} = + 5600''$$

$$L_2L_3 = - L_2'L_3' = - \left[3500 \times 3 - 1400(1+2) \right] \frac{6}{6} = - 6300''$$

横構 : $L_0L_1 = L_1'L_2' = - 6000 \times 2 \frac{1}{2} \times \frac{6.0}{4.6} = - 19500 \text{ kg}$

$$L_1L_2 = L_2'L_3' = - 6000(2 \frac{1}{2} \times 2 - 1) \frac{6.0}{4.6} = - 31200''$$

$$L_2L_3 = - 6000 \left[2 \frac{1}{2} \times 3 - (1+2) \right] \frac{6.0}{4.6} = - 35100''$$