

第八章 突桁式鉸桁橋 (ゲルバー桁)

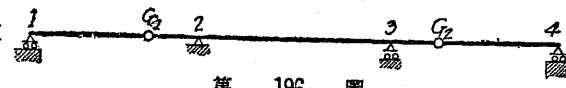
1. 總論 前章に述べたるが如く連続桁は支承沈下に對し敏感であるから、其の特徴を失はせないで而も其の缺點を避くるため、主桁に鉸 (Hinge) を挿入する所謂ゲルバー桁が、1866年ゲルバー (Gerber) 氏に依り創案され、1867年に Bamberg の Regnitz 及 Hassfurt の Main の道路橋に架設された。

連続桁は鉸に依つて各種の桁に分割され、鉸の箇所一つは他の桁を支へてゐる (第196圖)。其の爲に應力は靜定應力 (Statically determinate stress) となり、且つ支承の沈下に無關係ならしむるために、鉸の數は橋脚の數と常に同一となす (二箇以上)。

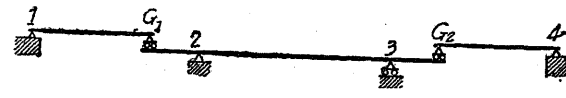
G_1, G_2 は鉸の箇所て其の構造は可動端となし、荷重は傳達するも自由に廻轉するから彎曲率は傳達しない。1— G_1 及 4— G_2 は吊桁 (Suspended beam), G_1 — G_2 は 2, 3 を支點とする突桁 (Cantilever beam) 又は碇着桁 (Anchor beam) と云ひ、 G_1 —2, G_2 —3 を突肢 (Cantilever arm) と云ふ。

支點と鉸とは鉸桁の總ての部分で靜定となる様にし、且つ温度の變化に對して自由に伸縮し得る様に配置しなければならない。故に四支點を有するゲルバー桁に於て側徑間に鉸を配置せば、中央支點の一を固定端とし他の總ての支點は可動端となすも (第196圖)、 G_1 及 G_2 は桁が自由に廻轉しても決して變位しない様に連結せし構造、所謂固定鉸とする。若し第197圖の如く三固定端が存するときは、 G_1 及 G_2 は橋軸の方向に可動的な所謂可動鉸となす。長徑間の橋で第196圖の構造となせば、支點4は大きい變位を受くることになるから、第197圖の如き構造を選ぶ。小徑間のゲルバー桁に於ては、其の一端を固定端となした第198圖の如きものが普通用ひらるゝ。此の場合の鉸は第196圖の如く固定鉸となす。

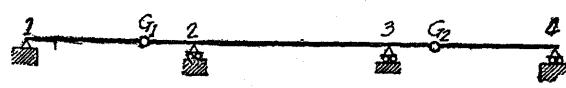
ゲルバー桁は又都市の高架鐵道に適用さるゝが、第199圖は獨逸 Hamburg の高架鐵道に架設したもので、100~120m 毎に石造橋脚を設け其の間をゲルバー桁となせり。其の橋脚上では固定端とし中間橋脚には鉸柱を用ひ、中央鉸柱上の鉸は可動鉸にして伸縮接合を備へてゐるから、



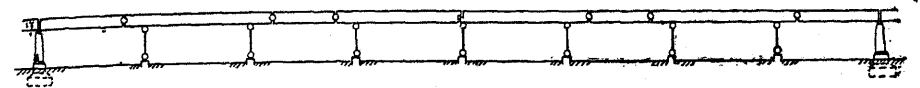
第 196 圖



第 197 圖



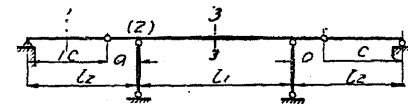
第 198 圖



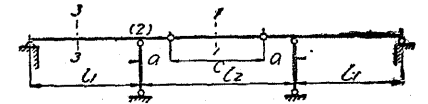
第 199 圖

左右兩側の橋梁の伸縮は此所で行はれる。中央鉸柱上以外の總ての鉸は固定鉸となせり。

鐵道橋に在りては撃衝の影響を減少するために、 a (第200圖、第201圖) を極小にするか或は殆ど零に近くする。活荷重に比し死荷重大になればなる程 a も大きく採つて差支ないが、負反力と大なる撓度とを避くるために、主桁の經費を最小となす値よりも尙小なる値を a に與ふるのが普通である。



第 200 圖



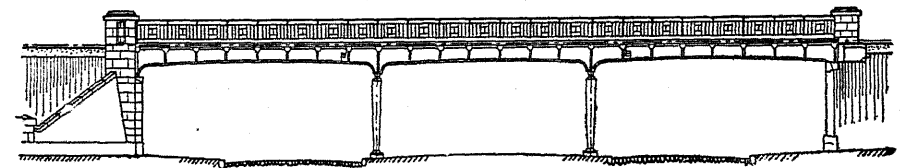
第 201 圖

吊桁の最大彎曲率 M_1 と、突桁の彎曲率 M_2 及 M_3 の各絶對値を互に等しくすることは、鐵道橋に於ては死荷重或は等布荷重の場合にのみ出来るが、道路橋の場合には困難である。

四支點を有するゲルバー桁に於ては、負反力を避け得る様な位置即ち支點に極く接近して鉸を設置する。側徑間が中央徑間より小なるときは側徑間に鉸を設くれば、中央徑間に於て支點に接近して鉸を設くるときよりも、鉸の受くる壓力を減少することが出来る。

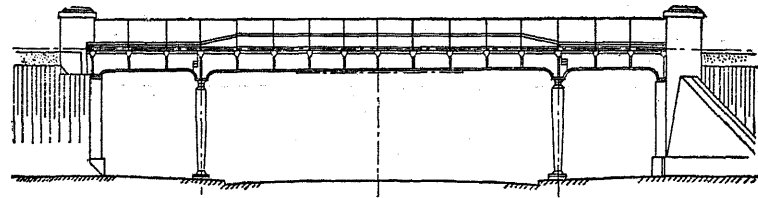
腹鉸の高は美觀上より色々に変化するが、側徑間の腹鉸高を小にしたからと云つて必ずしも材料の節約にならない。總ての徑間の腹鉸高を同一となしたならば、側徑間の桁には (側徑間が中央徑間より小なるとき) 蓋鉸を用ひない。腹鉸の高は最大徑間長の $1/10$ が適當である。

第202圖より第204圖までは Hamburg の高架鐵道のゲルバー桁を示すのであるが、何れも支點の所で下突縁が下方に向ひ曲線をなし美觀を呈してゐる。第203圖及第204圖の下突縁は水平

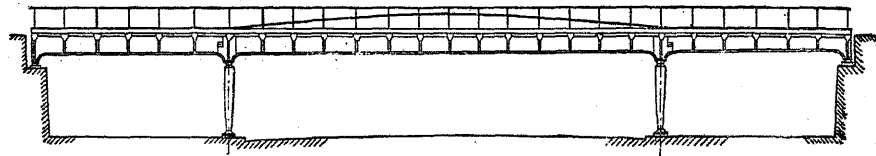


第 202 圖

であるが、第202圖は上方に向ひ曲線をなし上突縁は水平である。第203圖の中央徑間の上突縁



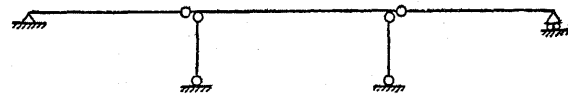
第 203 圖



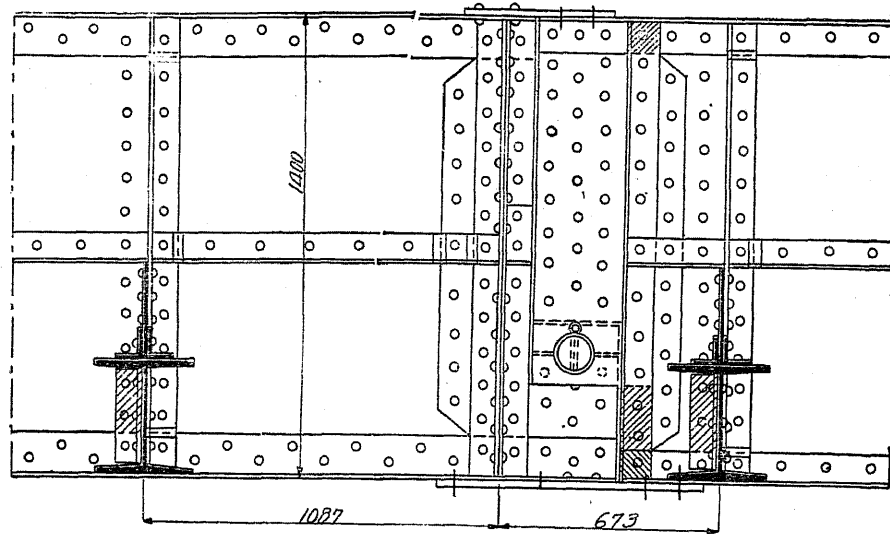
第 204 圖

は上方に脹らみ、第 204 圖は上方に拋物線形となつてゐる。

ゲルバー桁は鉸を除いては普通の鉸桁と何等の差異はないが、近頃では中央柱と側径間の主桁とで半框構を造り、鉸を中央径間に設置することが流行してゐる。



第 205 圖



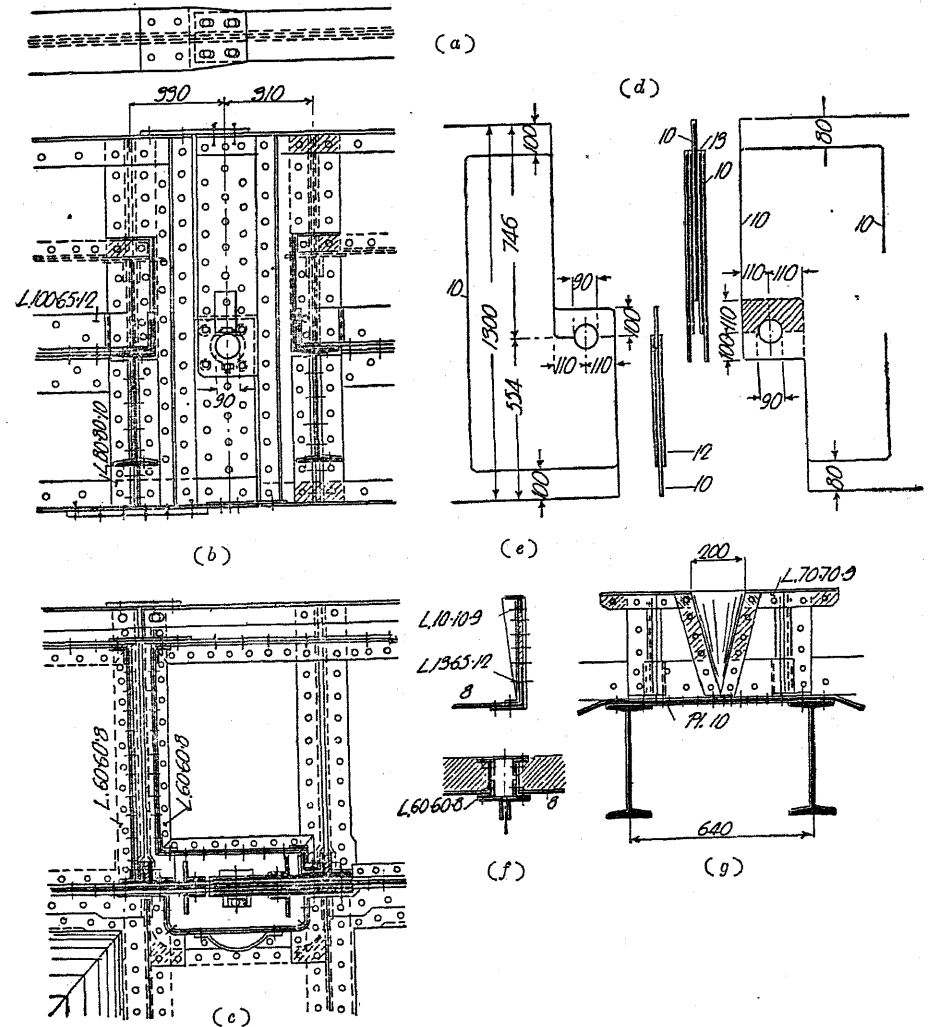
第 206 圖

2. 鉸 固定鉸及可動鉸と支承との配置は、前述の如く上部構造の受くる總ての縦の力（橋軸

の方向に受くる力) と、横の力 (橋軸と直角に受くる力) とを橋脚及橋臺に導く事が出来る様にする。床版、床構及横構は主桁の鉸の箇所に於ては、鉸の動作を抑制せざる様な構造となすことが必要である。

市内に設くる高架鐵道に於ては一般に中央橋脚に鉸柱を用ひ、其の鉸は鉸柱に極く接近して設くる (第 205 圖)。此の場合鉸柱は橋軸の方向に可動的となれる故、鉸は固定端としなければならない。其の形には二種類ある。

(a) 鉸釘に依る方法。 吊桁と突桁とを鉸釘 (Hinge bolt) に依て互に鉸結する方法で、床版又は横構が鉸と同一平面内にある場合には、鉸に依て中斷されず連続するが、床構は總ての場



第 207 圖

鉸心を通る平面に其の尖端を有する漏斗は、鉸針の周圍に廻轉する主桁の運動に追従することを得。歩道は鉸より高い處に在るから、鉸の上部で中斷されるのが當然で、其の詳細は第 207 圖 (d) 及 (e) に明らかである。

鉸針を使用せし場合には、互に摺み合へる鋼の接觸する表面には支持する様な箇所を造つてはいけな。第 208 圖は此の缺點を除いた鉸針を示し、補強された單桁及突桁の鋼の内に四角形鑄鋼體を取り囲む構造となし、鑄鋼體は上下二箇より成り、上半部の下側及下半部の上側は鉸針を包むために適當な凹みを有し、又

横の方に變位するのを防止するため鑄鋼體の外側の三方に突出部を設けて主桁の腹鋼を包圍する。其の突出部には主桁の腹鋼と全く同様に、主桁の廻轉に應ずるだけの僅かの間隙を相互に有せしめねばならない。鉸針の一端には鐵帶を、他端には盤と楔栓とを取付けてある。支柱は鉸の下方に設けてある。

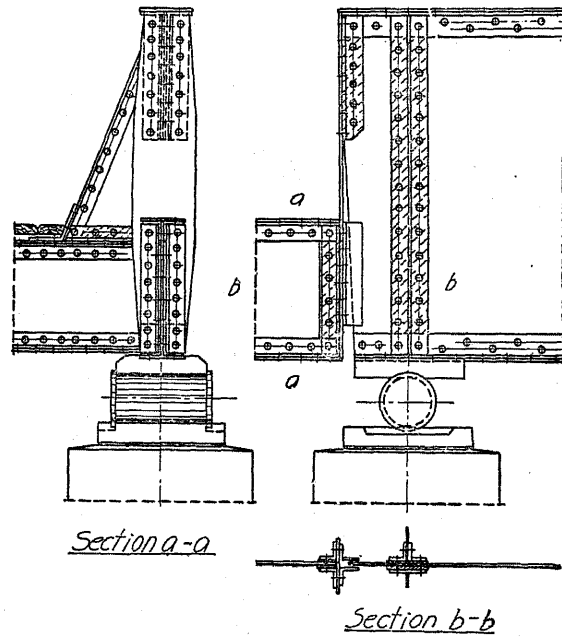
主桁の上突縁は鉸の箇所では平鋼を以て連結し、平鋼は突桁に緊結し、單桁上では縦に通り得る様長孔を穿つて之に螺旋を挿入せり。

腹鋼が互に摺み合つてゐる場合

の缺點は、(b) に述べし方法に依つて之を避けることが出来る (第 209 圖、第 210 圖)。

第 209 圖に於ては單桁の敷板 (Bearing plate) は、突桁に固定せる上邊拱形の鑄鋼體上に載つてゐる。鉸の箇所での床構及床版の構造は第 207 圖の場合と略同一であつて、縦の力及横の力は連續せる床版に依つて傳達さるゝ。第 210 圖に於ては吊桁の腹鋼に締め付けた鑄鋼體は、突桁の腹鋼に締め付けた上邊拱形の鑄鋼體上に坐し、床は連續せしめない。函形になつた桁で突桁を支へ、鉸の箇所では隣接せる主桁の下突縁を一枚の鋼で連結し、床構は鉸の下方に在る横桁の右で中斷せり。

可動的の所謂柄形相嵌接合の突桁鉸 (Blattfeder-Gerbergelenk) は、第 211 圖に示す如く吊桁は一枚の平鋼に依つて突桁に吊されてゐる。橋軸と直角に吊桁に作用する力は、突桁腹鋼の周圍



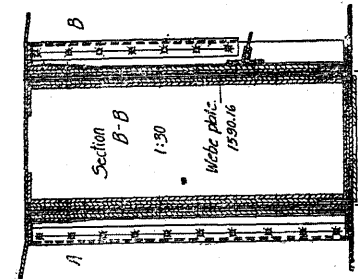
第 211 圖

にある山形鋼に依り突桁に傳はり (断面 b-b)、之より又支承に傳はる。斯の如き横の力の傳達法は、吊桁が短いときにのみ適する。

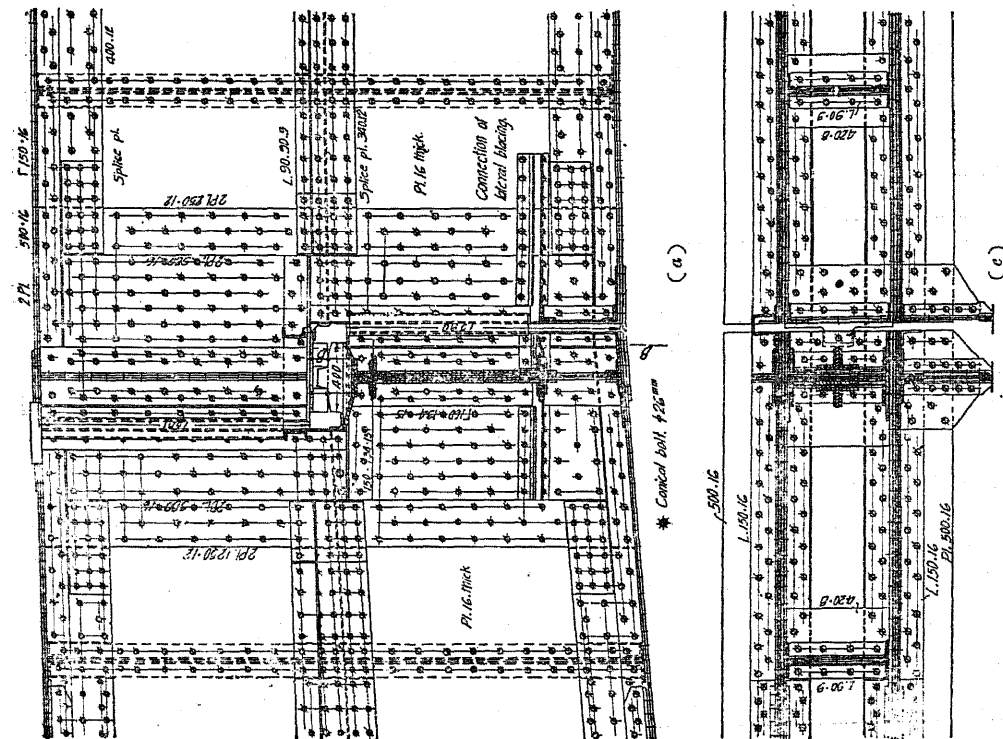
第 212 圖は Mannheim の Friedrich Ebert 橋の突桁式鋼桁で、中央徑間にある突桁の端に承臺 (Bearing chair or block) を設けて吊桁を承けてゐる。

第 213 圖は Saalburg 橋の北 2.5 km の處に架した Wettera 橋を示す。高欄間の幅員は 11.05 m で、車道 5.0 m、歩道 1.50 m、軌道敷 4.55 m とし、橋長は全部で 164.57 m の突桁式鋼桁となし、中央徑間 58.80 m の内 39.20 m は吊桁、9.80 m は各架出しであるから突桁の全長は 49 m となる。

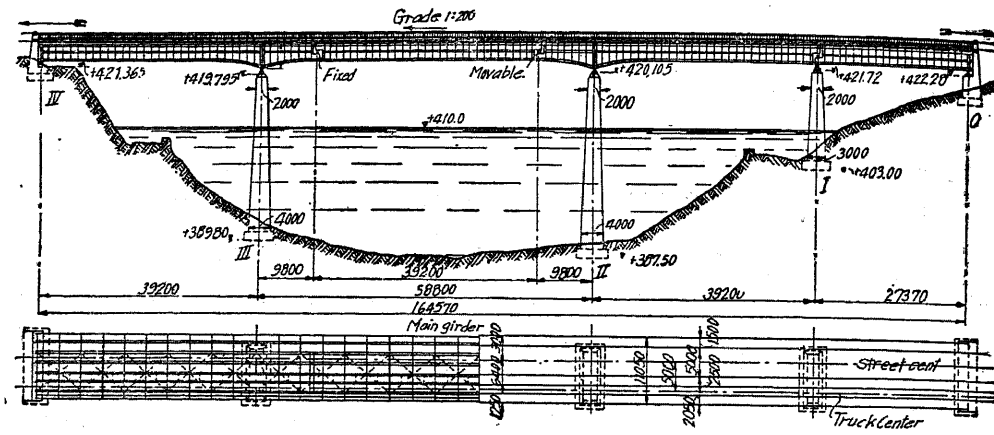
0 及 IV の橋臺は固定承となし、三箇の橋脚は可動承となし、何等制動荷重を受けないから細長い構造とし、吊桁の左端鉸は固定してあるから、鋼桁の長さの變化を調整するため、右端鉸を第 214 圖の如



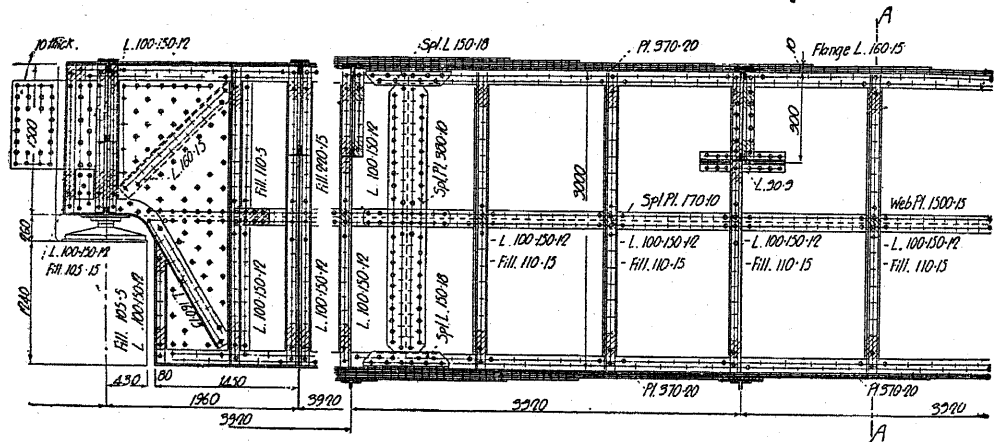
(b)



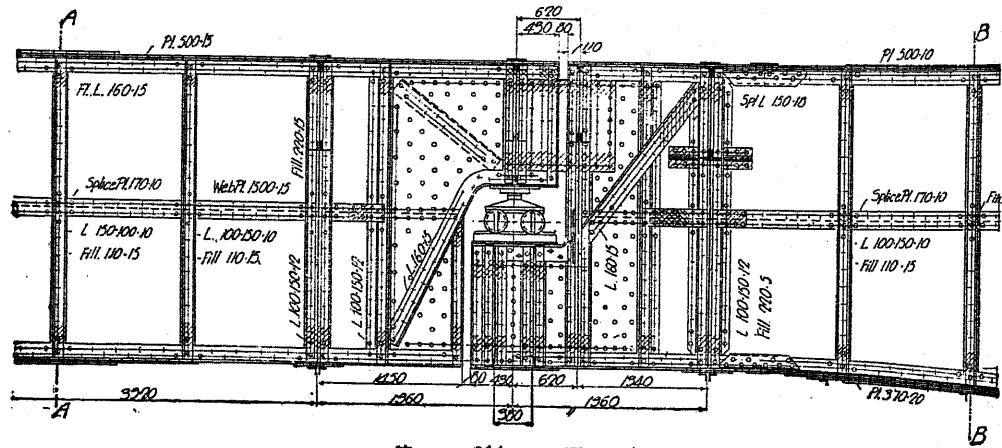
第 212 圖



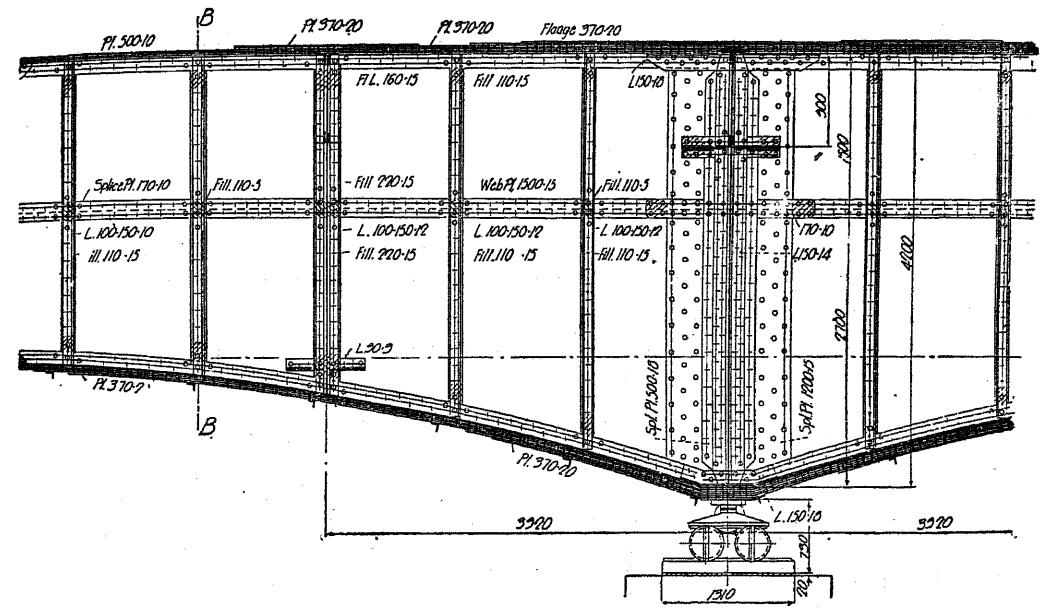
第 213 圖



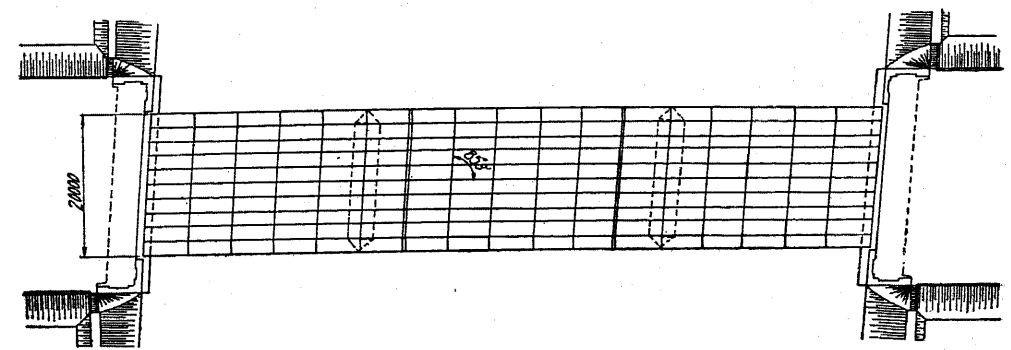
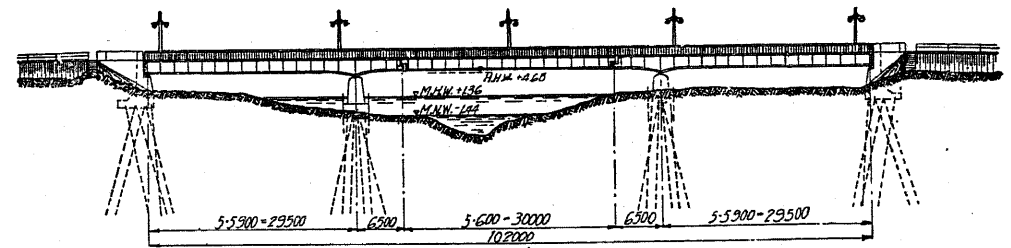
第 214 圖 (1)



第 214 圖 (2)

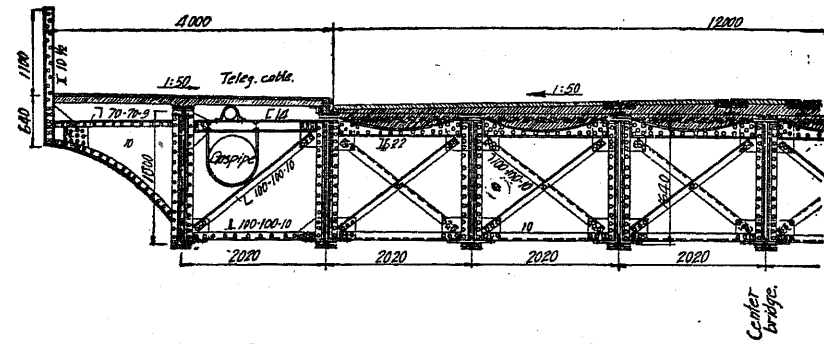


第 214 圖 (3)



第 215 圖

く輾動承となせり。主桁に於ける腹鉸の高は全部 3m で、I 及 II の橋脚上では 4.20 m に増加し總て 15 mm の厚を有し、其の高の中央で水平に添接してあるが、鉛直の継手は各橋脚及鉸の上、その他 7.30~11.20 m の間隔に、又時としては二箇の鉛直補剛材間に設けたり。蓋鉸は幅

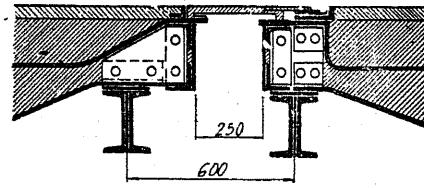


第 216 圖

370 mm で、最下のものゝ厚は 10 mm、其の上に被さつたものは 20 mm とする。

Geestmünde 町と Lehre 町との間に架した道路橋 (Weser 河の支流) は、第 215 圖の如く端径間は各 29.50 m、中央径間は 43 m で突桁式鋼桁となし、中央吊径間は 30 m となせり。主桁の間隔は 2.02 m (第 215 圖) で、車道下の鋼桁高は僅かに 1.64 m で、之は中央径間長の $\frac{1}{26}$ 、端径間長の $\frac{1}{18}$ に過ぎないが、活荷重(等布荷重 500 kg/m^2 及輾壓機 23 t) に依る撓度は中央径間で $\frac{1}{830}$ 、端径間で $\frac{1}{890}$ 制限を超過しない。

活荷重の重量 (輾壓機、貨物自動車、電車) を數多の主桁に完全に分布する目的を以て、6 m 置きに主桁を強固なる綾構で連結する。橋脚及橋臺の上では綾構に代ふるに鋼桁を以てし、萬一橋梁を持ち上げる様な場合が起つたときには水壓機を當てがふことが出来る様にしてある。

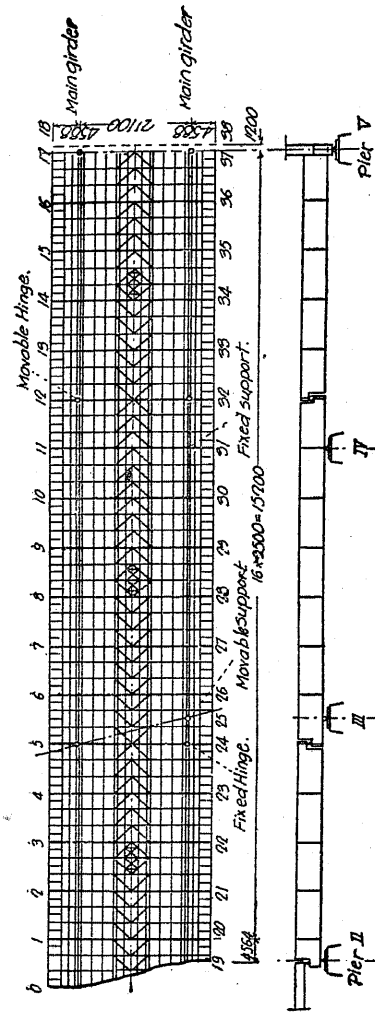


第 217 圖

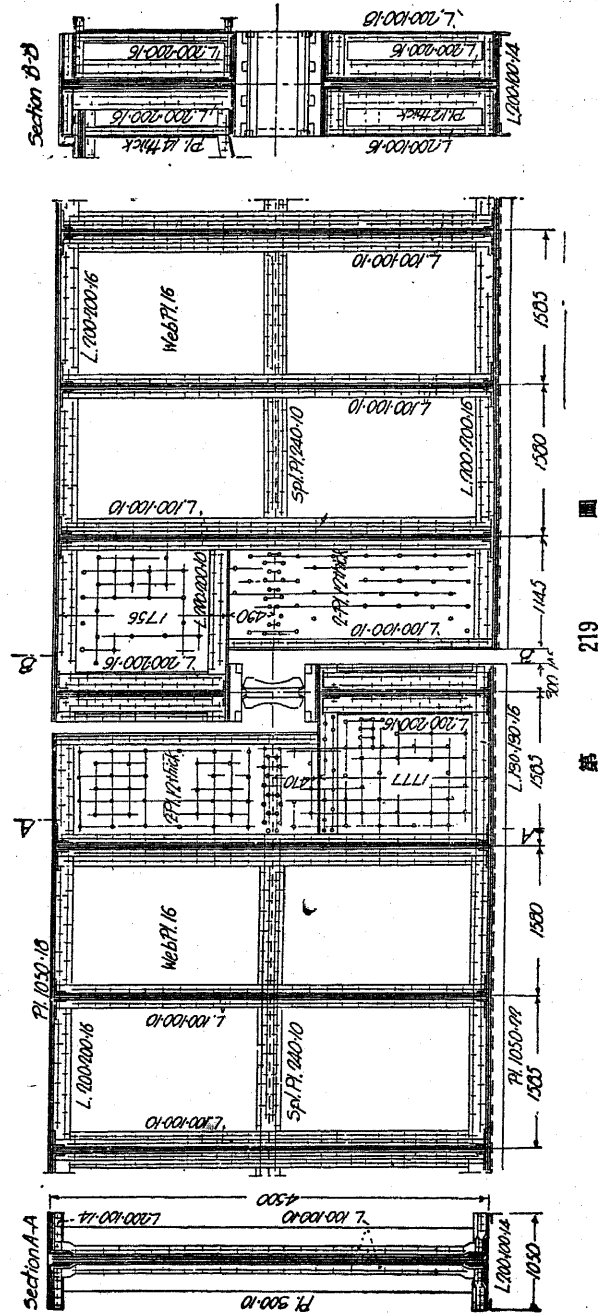
橋臺上の固定承及固定鉸は橋承 (Rocker bearing) で、橋脚上及吊桁他端の可動鉸は輾動承となつてゐて、輾子は温度の變化 $\pm 35^\circ\text{C}$ に依る運動の外、尙 10 cm だけの橋臺の移動に應じて變位し得るだけの餘裕を保たしてある。可動鉸を設けたる箇所の車道及歩道の繼手は、+15 cm 及 -5 cm の變位を受くる様に造られて、車道の切れ目には縁のある鑄鋼板を被せてあるから (第 217 圖)、例へ活荷重に基因して隣接の橋梁断面に角度の變化があつても、鋼は常に其の地位を固守するを得。

鋼の長は最大 2 m 最も重いもので 150 kg で、其の繼手に用ひた材料の塗抹を更新し、或は排水渠管を掃除する必要に迫られた場合は容易に取外しが出来る。

中央径間の固定鉸及橋臺上には鋼を被せ、其の上に車道並に歩道を造つてアスファルトの繼目を設けてある。



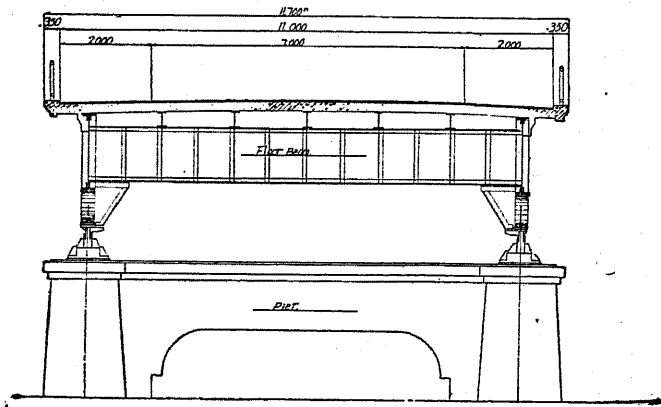
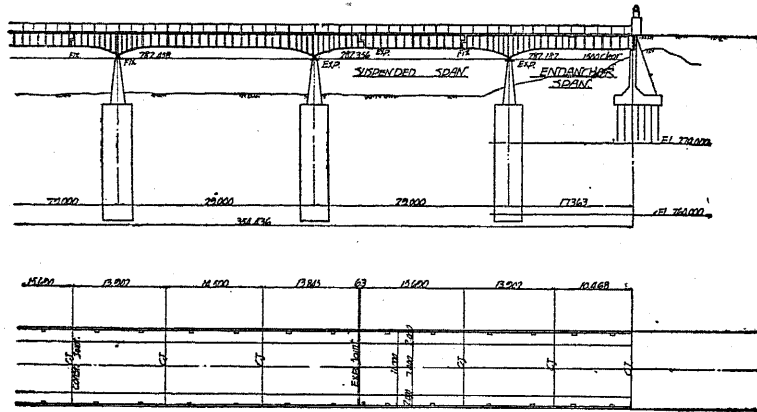
第 218 圖



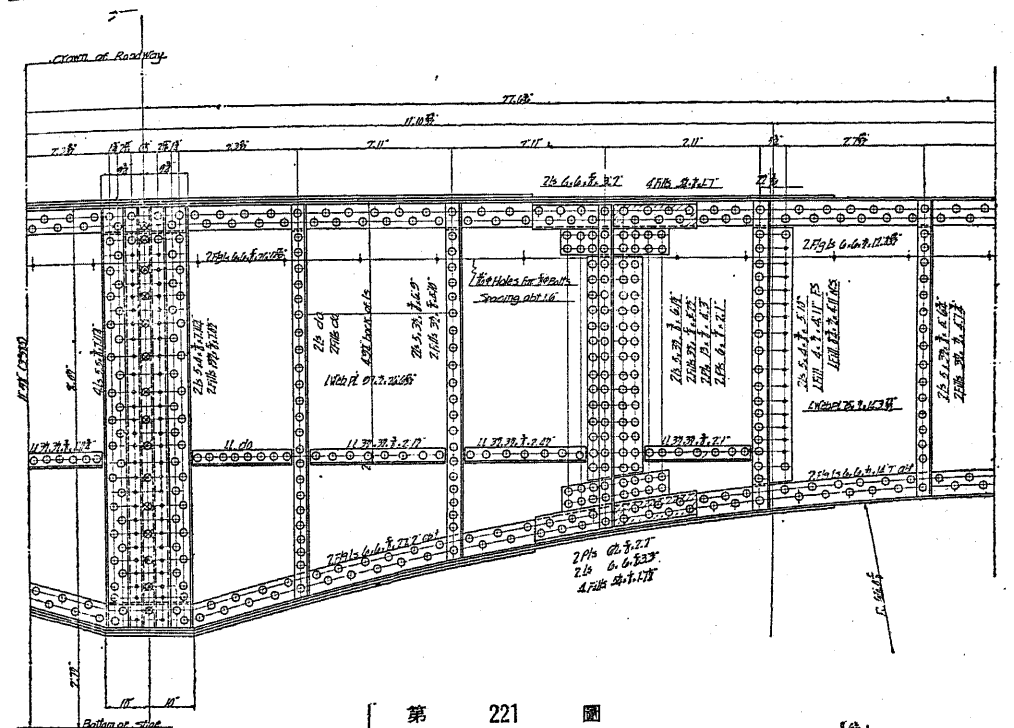
第 219 圖

Düsseldorf と Neuss 間に架したライン橋(道路橋)の高水敷の部分には第 218 圖の如き突桁式鉸桁を用ひ、其の振子鉸は第 219 圖の如き構造となしたり。

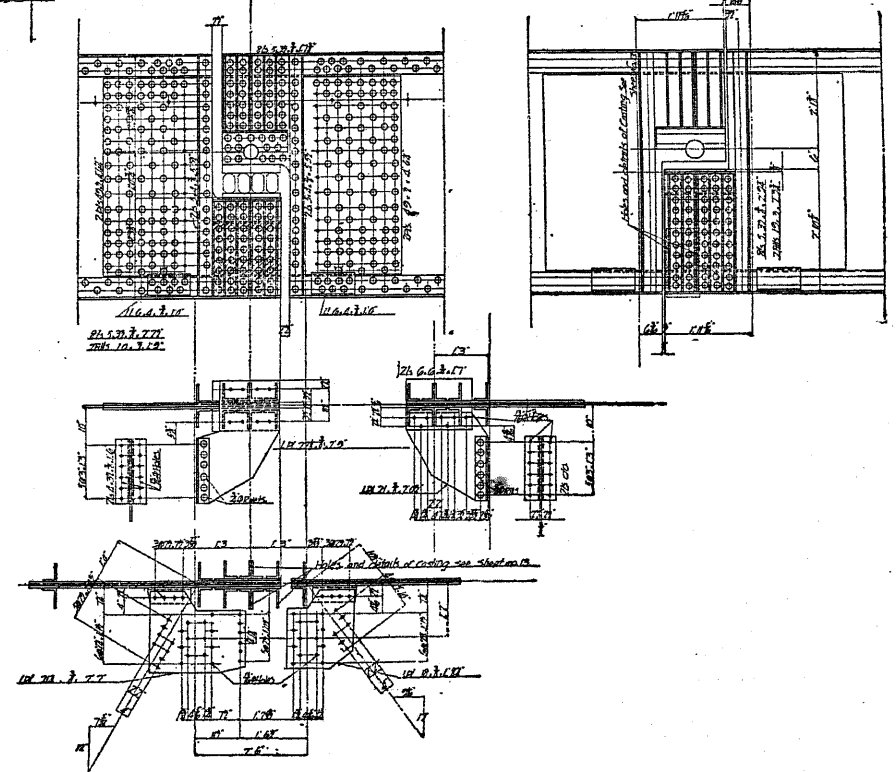
第 220 圖乃至第 222 圖は京都府木津川に架したる國道橋(京都大阪間)のゲルバー桁橋の鉸の詳細及一般圖をを示したり。



第 220 圖

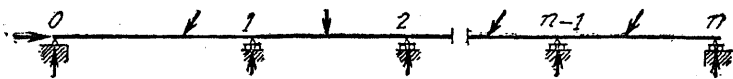


第 221 圖



第 222 圖

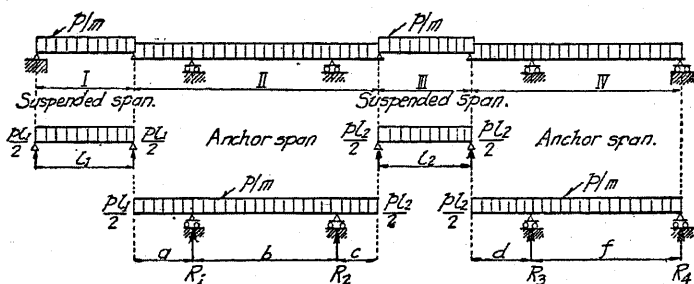
3. 計算 n の支承を有し其の一つは固定承、他の $n-1$ は可動承なる連続桁は $n-2$ 次の不静定である(第223圖)。固定承に於ては反力の大きさ及方向、 $n-1$ の可動承に於ては單に其の大きさのみが未知であるから、 $n-1+2 = n+1$ の未知の反力がある。一般的に三つの平衡條



第 223 圖

件 $\sum M = 0, \sum H = 0, \sum V = 0$ が成立するから、 $n+1$ の未知反力に對し尙 $n+1-3 = n-2$ の方程式がなければならぬ。之がために連続桁の $n-2$ の箇所に鉸を挿入すれば、“鉸點に關する彎曲率は零なり”と云ふ條件より $n-2$ の方程式を作ることが出来る。

(1) 彎曲率及剪力圖。鉸の力學的作用は第224圖より明らかである。



第 224 圖

反力を計算するには、第224圖に於て

$$R_1 b - \frac{p l_1}{2} (a+b) - p(a+b) \frac{(a+b)}{2} + \frac{p l_2}{2} c + p c \frac{c}{2} = 0$$

$$R_1 = \frac{p}{2b} [(a+b)(l_1+a+b) - c(l_2+c)] \dots\dots\dots (1)$$

R_2 は $\sum V = 0$ より見出さるゝ。即ち

$$R_2 + R_1 - \frac{p l_1}{2} - \frac{p l_2}{2} - p(a+b+c) = 0$$

$$R_2 = p \left[\frac{l_1+l_2}{2} + a+b+c \right] - R_1 \dots\dots\dots (2)$$

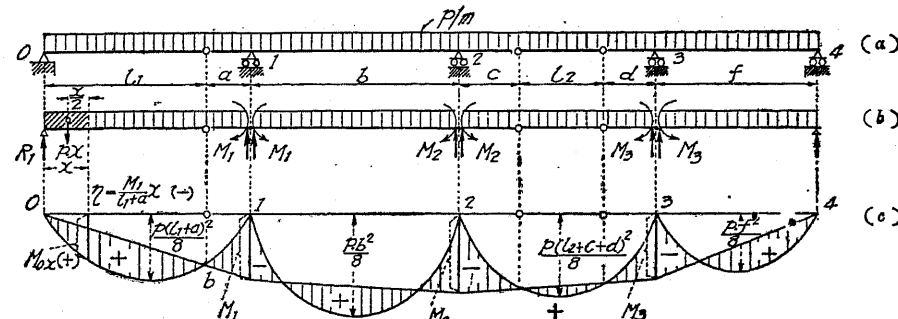
$$R_3 f - \frac{p l_2}{2} (d+f) - p(d+f) \frac{d+f}{2} = 0$$

$$R_3 = p \frac{d+f}{2f} [l_2+d+f] \dots\dots\dots (3)$$

$$R_3 + R_4 - \frac{p l_2}{2} - p(d+f) = 0$$

$$\text{故に } R_4 = p \left(\frac{l_2}{2} + d+f \right) - R_3 \dots\dots\dots (4)$$

彎曲率面積を決定するには桁を支承の所で切斷し、其の代りに下向きに作用する負彎曲率 M_1, M_2 及 M_3 を入れば、最も簡單である(第225圖)。



第 225 圖

R_1 を見出すには l_1+a の徑間長を有する桁と考へ、右支點に關する力率方程式を作ればよろし。

$$R_1(l_1+a) - \frac{p(l_1+a)^2}{2} + M_1 = 0$$

$$\text{故に } R_1 = \frac{p(l_1+a)}{2} - \frac{M_1}{l_1+a} = R_0 - \frac{M_1}{l_1+a} \dots\dots\dots (5)$$

式中 R_0 は徑間長 l_1+a の單桁の反力とす。

左支點より x の距離にあるセクションの彎曲率は

$$M_x = R_1 x - \frac{p x^2}{2} = \left(R_0 - \frac{M_1}{l_1+a} \right) x - \frac{p x^2}{2} = R_0 x - \frac{p x^2}{2} - \frac{M_1}{l_1+a} x$$

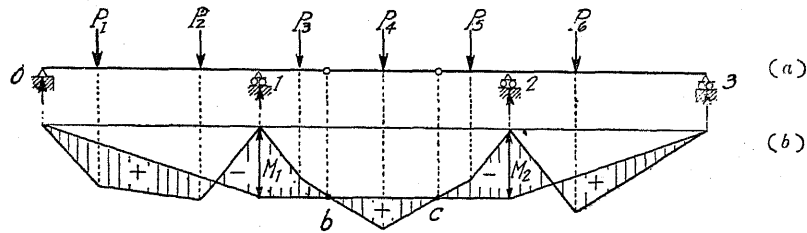
$R_0 x - \frac{p x^2}{2}$ は徑間長 l_1+a の單桁の彎曲率に等しいから、之を M_{0x} と置けば

$$M_x = M_{0x} - \frac{M_1}{l_1+a} x \dots\dots\dots (6)$$

M_{0x} は徑間長 l_1+a の單桁の彎曲率面積より見出すを得。本例に於て彎曲率面積は $\frac{p(l_1+a)^2}{8}$ の拱矢を有する拋物線面積である(第225圖c)。支點1の下に M_1 を縦距に採り、其の終點と0點とを直線に結ばず、 x 點に於ける鉛直線を $\eta = \frac{M_1}{l_1+a} x$ の長さに切る。

何となれば $\frac{\eta}{M_1} = \frac{x}{l_1+a}$ より $\eta = \frac{M_1}{l_1+a} x$ (7)

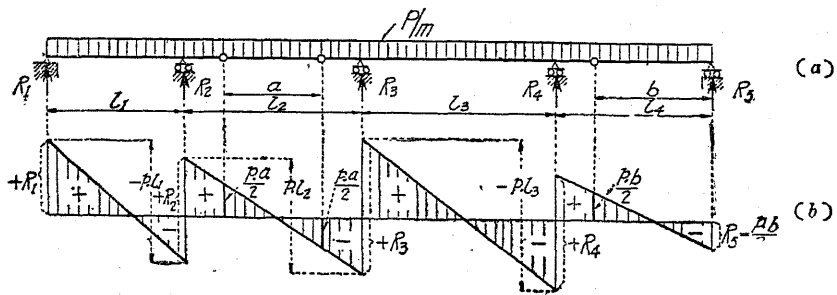
鉸點に關する彎曲率は零でなければならぬから、上述の直線と單桁の彎曲率曲線との交點 b は鉸點の鉛直線上に在る、之れより M_1 を見出すことが出来る。同様の理由により l_2+c+d の徑間に於ては支點彎曲率の直線は、單桁の彎曲率曲線と鉸點の鉛直線との交點 c 及 d を通過すべきが故に、此の關係より支點彎曲率 M_2 及 M_3 が見出される、依つて桁の軸と共に支點彎曲率面積を圍む支點彎曲率線を描くことが出来る。桁の彎曲率は正で支點彎曲率は負なる故、第 225 圖 (c) に示すが如く陰線を施せる部分が所要の彎曲率面積となる。



第 226 圖

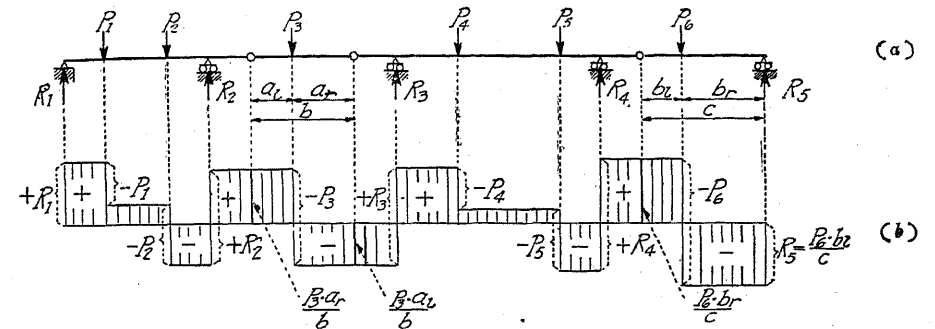
全く同様に集中荷重の場合を取扱ふことが出来る (第 226 圖)、此の圖では鉸が中央徑間に配置されてゐる。先づ單桁の彎曲率面積を描き、鉸點を通る鉛直線上に零點 b 及 c を定むれば (第 226 圖 b)、直線 bc に依つて M_1 及 M_2 従つて支點彎曲率面積が描かる。合成の彎曲率面積は、單桁の正彎曲率面積と負支點彎曲率面積との差となる (第 226 圖 b)。

剪力面積は單桁の場合と同様に容易に描くことが出来る、第 227 圖は等布荷重、第 228 圖は集中荷重の場合である。鉸の箇所の剪力は吊桁の徑間長を有する單桁の反力に等しい。

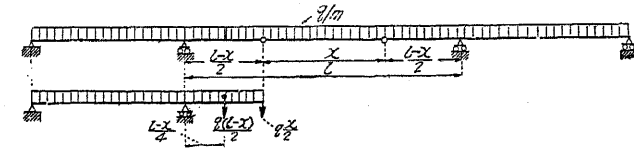


第 227 圖

總ての桁に同一斷面を有せしむるため、吊桁と突桁の最大彎曲率を同一となすと云ふ條件より鉸の位置を決定するのが普通である。



第 228 圖



第 229 圖

第 229 圖に於て

$$\frac{qx}{2} \frac{l-x}{2} + \frac{q(l-x)}{2} \frac{(l-x)}{4} = \frac{qx^2}{8} \dots\dots\dots (8)$$

左邊は突桁の最大彎曲率、右邊は吊桁の最大彎曲率で、前者は負後者は正であるが、桁の寸法を決定する際には其の絶對値を考ふればよいから、双方共同一符號となせり。(8) 式を x に就て解けば

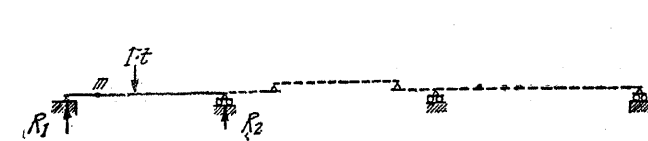
$$2lx - 2x^2 + l^2 - 2lx + x^2 = x^2$$

$$2x^2 = l^2$$

$$x = l\sqrt{\frac{1}{2}} = 0.707l \dots\dots\dots (9)$$

これは主に屋根桁等に利用せらるゝ。

(2) 影響線。(a) 荷重 $1t$ が無鉸の左端徑間に在るとき (第 230 圖)。吊桁が突桁の突肢上



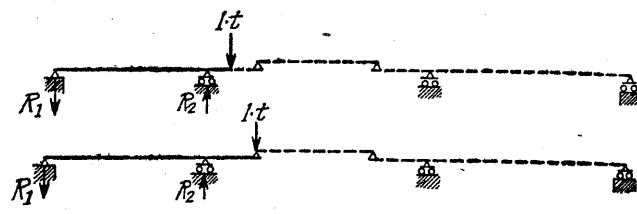
第 230 圖

に載れるものと考ふれば、表題の載荷状態に於ては、點線の部分には應力を生じない。

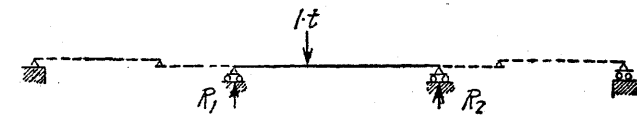
此の場合荷重 $1t$ に対する影響線を求める故桁の自重を考へない。桁の自重は一般に等布荷重と假定するから、其の彎曲率圖は第 225 圖と同様になる。故に荷重 $1t$ が無鉸徑間に在るときは、之れと同一の徑間長を有する

単桁の場合と同様であるから、第五章に依り R_1 , R_2 , M_m 及 Q_m を求めることを得。

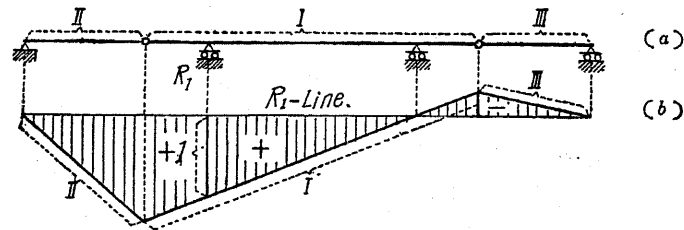
(b) 荷重 $1t$ が左突桁の突板上に在るとき (第 231 圖)。此の場合にも點線の桁には應力を生じない。反對に荷重 $1t$ が右突桁上に在るときは、左突桁及吊桁には應力を生じない。鉸が端徑間中に在るときは第 232 圖の如し。



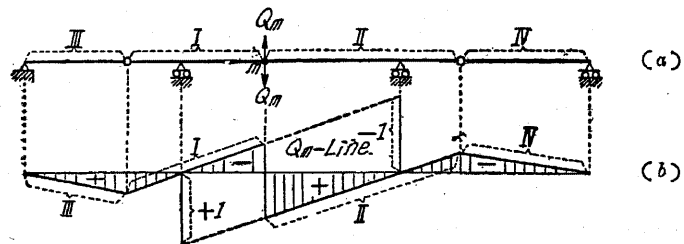
第 231 圖



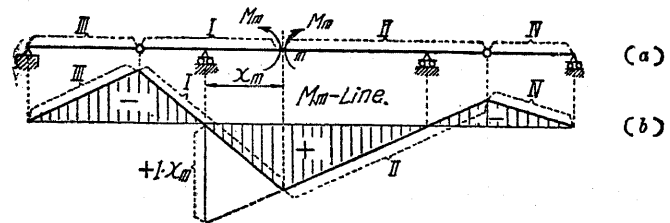
第 232 圖



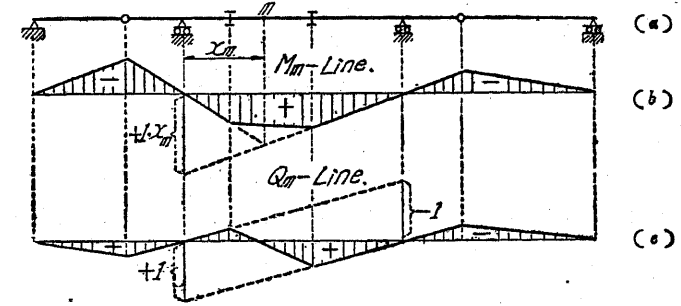
第 233 圖



第 234 圖



第 235 圖

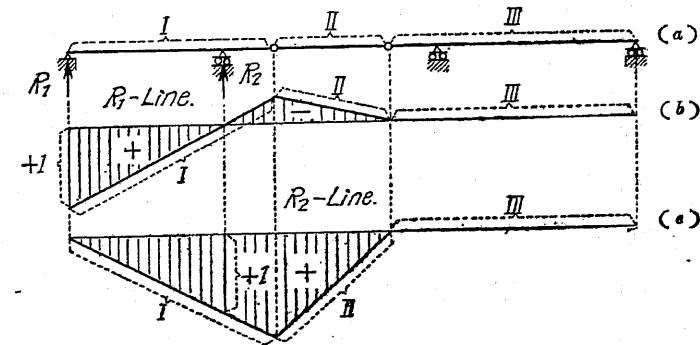


第 236 圖

(e) 鉸が側徑間に在る時。

(i) R_1 -線。I, II 及 III の桁より成り立つ一つの系統を考へ (第 233 圖 a)、無鉸の徑間と同一徑間長を有する単桁の R_1 -線即ち R_1 の作用する鉛直線上に縦距 1 を有する直線を引き、之れを左右に延長して桁 I の兩端の鉸點より下せる鉛直線と交らしめ、其の交點と桁 I の左支點及桁 III の右支點 (夫等支點の縦距は零となる。何となれば荷重 $1t$ が是等の支點上に在るときは反力 $R_1 = 0$ となるからである) とを結び付ければ、桁 I 及 III に対する影響線を定むることを得 (第 233 圖 b)。

(ii) M_m -線 (第 235 圖)。中央桁を m 點で切つて (第 235 圖 a)、其所に力率 M_m を加ふれば此のセクションに依り四つの桁に分割せらるゝ。次に無鉸の徑間と同一徑間長を有する単桁と



第 237 圖

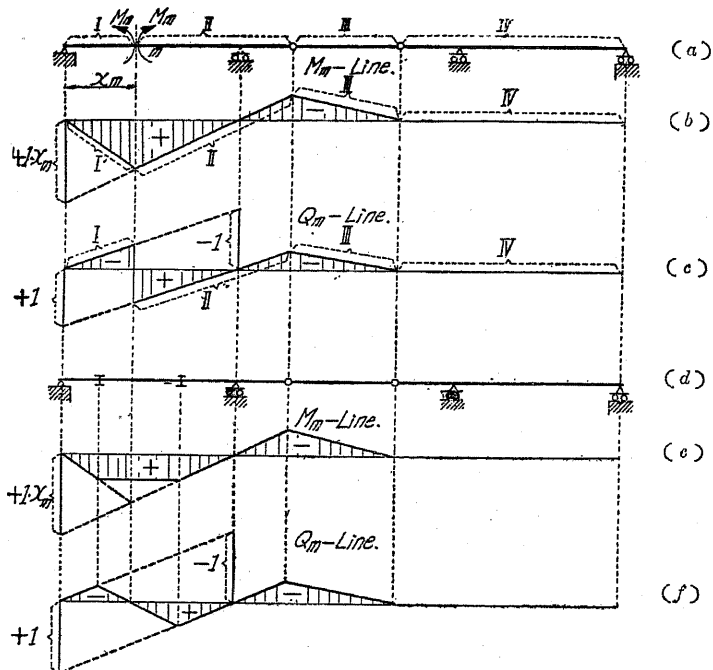
して M_m -線を描けば第 234 圖 (b) の如し。

(iii) Q_m -線 (第 234 圖)。同様に剪力 Q_m に対する影響線を描くを得。若し m 點が二つの横桁間にあるときは、其の影響線は二つの横桁間に於ては直線をなす (第 236 圖 b, c)。

(d) 鉸が中央徑間に在るとき。(i) R_1 -線 (第 237 圖)。桁 I の徑間に等しい徑間長を有する単桁の R_1 -線を描けば、一つの直線をなして反力 R_1 を通る鉛直線上に縦距 1 を有すること

となる。右の突桁 III 上に在る荷重 $1t$ は、左の突桁には何等の影響を有しないから反力を生ずることもない。桁 III より下せる鉛直線上では影響線の總ての縦距は零となる (第 237 圖 b)。同様に R_2 -線を描くことが出来る (第 237 圖 e)。

(ii) M_m -線。前と同様にして求むることを得るが、桁 IV の下では總ての影響線の縦距は零であるから、桁 IV 上に在る荷重 $1t$ は左の突桁には何等の影響なく、従て M_m を生ずることなし (第 238 圖 a, b)。



第 238 圖

(iii) Q_m -線。第 238 圖 (c) に示すが如し。

若し m 點が二つの横桁間に在るときは (第 238 圖 d)、其の横桁間に於ける影響線は直線をなす (第 238 圖 e, f)。

次に荷重 $1t$ が種々の位置にある場合 M_m 及 Q_m に及ぼす影響を攻究せん。

$1t$ が m 點の左側で桁 I 上に在るときは $M_m = 0$, $Q_m = 0$ となる。従て桁 I の下に於ける M_m 及 Q_m の縦距は零となる (第 239 圖 b, e)。 m 點の右側で桁 I 上に在るときは

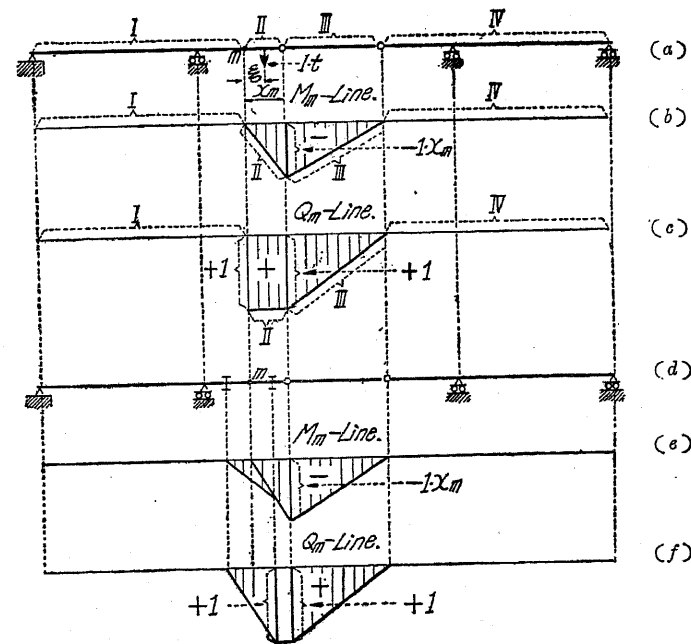
$$M_m = -1 \cdot \xi$$

となり 之れは直線の方程式である。

$\xi = 0$ 又は $\xi = x_m$ に対しては $M_m = 0$ 又は $M_m = -1 \cdot x_m$ となるから、桁 I に相

當する M_m の影響線は直線をなす (第 239 圖 b)。

$1t$ が m 點又は m 點の右側で桁 I 上に在るときは $Q_m = +1$ となる。之れは基線より 1 の距離にある直線の方程式である (第 239 圖 e)。 $1t$ が桁 IV 上即ち右の突桁上に在るときは、

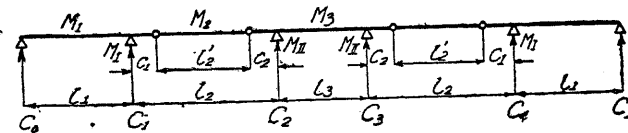


第 239 圖

左の突桁には應力を生じない。此の荷重状態に於ては M_m 及 Q_m は存在しないから、桁 IV の下では M_m -線及 Q_m -線の總ての縦距は零となる。従て桁 III に相當する M_m -線及 Q_m -線は決定せらるゝ (第 239 圖 b, e)。

m 點が二つの横桁間に在るときは (第 239 圖 d)、其の横桁間の影響線は直線をなす (第 239 圖 e, f)。

(3) 鉸の配置。等布荷重を受くるゲルバー桁に於ては、計算に依り最も適當なる鉸の位置を定むることが出来る。



第 240 圖

第 240 圖に示すが如き 5 徑間のゲルバー桁に等布死荷重 g と等布活荷重 p を載荷すれば、 e_1 及 e_2 の距離を算出

することに依つて鉸の配置が明瞭となる。

支點彎曲率を M_I, M_1 , 最大徑間彎曲率を M_1, M_2, M_3 で表せば、最大彎曲率は次の如し。

$$M_I = \frac{p+g}{8} l_1^2 \left[1 - \frac{g}{p+g} \frac{2c_1(c_1+l_2)}{l_1^2} \right]; \quad M_1 = -\frac{p+g}{2} c_1(c_1+l_2)$$

$$M_2 = \frac{p+g}{8} l_2^2; \quad M_1 = -\frac{p+g}{2} c_2(c_2+l_2)$$

$$M_3 = \frac{p+g}{8} l_3^2 - \frac{g}{2} c_2(c_2+l_2)$$

c_1 及 c_2 を定むるには

$$M_I = -M_1; \quad M_1 = -M_3$$

と置けばよろしい。

$$\left. \begin{aligned} 4c_1(c_1+l_2) &= l_1^2 \left[1 - \frac{g}{p+g} \frac{2c_1(c_1+l_2)}{l_1^2} \right] \\ \frac{p+g}{2} c_2(c_2+l_2) &= \frac{p+g}{8} l_3^2 - \frac{g}{2} c_2(c_2+l_2) \\ l_2 &= l_2 + c_1 + c_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

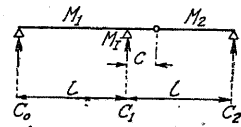
より c_1 及 c_2 を算出することが出来る。

等徑間のゲルバー桁に於て

$$q = g+p$$

とすれば、各彎曲率及鉸の位置は次の如し。

(α) 二徑間 (第 241 圖)。



第 241 圖

$$c = l \left[\frac{q}{g} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{g}{q}} \right) \right]^2 \dots\dots\dots (11)$$

$$-M_I = M_1 = q \frac{cl}{2}; \quad M_2 = \frac{q}{8} (l-c)^2 \dots\dots\dots (12)$$

最大反力

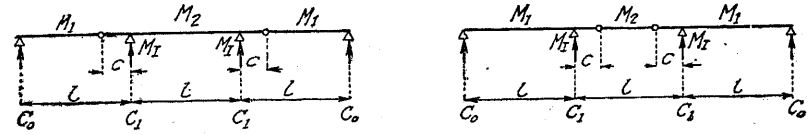
$$\left. \begin{aligned} C_0 &= \frac{l}{2} \left(q - \frac{c}{l} q \right); \quad C_1 = q l \left(1 + \frac{c}{l} \right); \quad C_2 = \frac{q l}{2} \left(1 - \frac{c}{l} \right) \\ \text{最小反力} \\ C_0 &= \frac{l}{2} \left(g - \frac{c}{l} q \right); \quad C_1 = g l \left(1 + \frac{c}{l} \right); \quad C_2 = \frac{g l}{2} \left(1 - \frac{c}{l} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots (13)$$

全荷重 $q = g+p$ が總ての徑間に亘り載荷さるゝとき $\frac{q}{g} = 1$ とせば

$$-M_I = M_1 = M_2 = 0.0858 q l^2$$

$$c = 0.1716 l; \quad C_0 = 0.414 q l; \quad C_1 = 1.172 q l; \quad C_2 = 0.414 q l$$

(β) 三徑間 (第 242 圖)。



(α) (β)

第 242 圖

(α) の場合

$$c = \frac{q l}{4(q+g)} \dots\dots\dots (14)$$

$$\left. \begin{aligned} -M_I = M_2 &= q \frac{cl}{2} \\ M_1 &= \frac{q}{8} (l-c)^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

最大反力

$$C_0 = \frac{q l}{2} \frac{3q+4g}{4(q+g)}$$

$$C_1 = \frac{q l}{2} \left[2 + \frac{2q-g}{4(q+g)} \right]$$

最小反力

$$C_0 = \frac{q l}{2} \frac{3g+4q}{4(q+g)}$$

$$C_1 = \frac{q l}{2} \left[2 + \frac{2g-q}{4(q+g)} \right]$$

q が總ての徑間に滿載されたる時

$$c = 0.125 l$$

$$-M_I = M_2 = 0.0625 q l^2$$

$$M_1 = 0.0957 q l^2$$

$$C_0 = 0.438 q l; \quad C_1 = 1.062 q l$$

(β) の場合

$$c = \frac{l}{2} (1 - \sqrt{1-4u}) \dots\dots\dots (17)$$

但し、

$$u = \left[\frac{q}{g} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{g}{q}} \right) \right]^2$$

$$\left. \begin{aligned} -M_I = M_I = q \frac{ul^2}{2} \\ M_2 = \frac{q}{8}(l-2e)^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (18)$$

最大反力

$$C_0 = \frac{l}{2}(g-ug)$$

$$C_1 = \frac{ql}{2}(2+u)$$

最小反力

$$C_0 = \frac{l}{2}(g-ug)$$

$$C_1 = \frac{ql}{2}(2+u)$$

q が總ての徑間に滿載されたる時

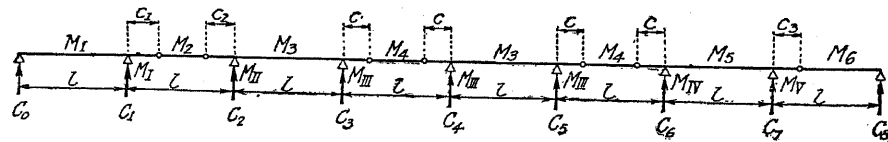
$$e = 0.220l$$

$$-M_I = M_I = 0.0858 ql^2$$

$$M_2 = 0.0392 ql^2$$

$$C_0 = 0.414 ql; C_1 = 1.086 ql$$

(c) 三徑間以上 (第 243 圖)。



第 243 圖

左端徑間に對しては

$$c_1 = \frac{l}{2}(1+u-v-\sqrt{(1+u-v)^2-4u})$$

$$c_2 = \frac{l}{2}(1-u+v-\sqrt{(1-u+v)^2-4v}) \text{ 又は } c_2 = \frac{v}{l-c_1}$$

$$u = \left[\frac{q}{g} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{g}{q}} \right) \right]^2; v = \frac{q}{4(g+g)}$$

右端徑間に對しては

$$c_3 = \frac{ql}{4(g+g)}$$

..... (20)

$$\left. \begin{aligned} -M_I = M_I = \frac{q}{2} c_1(l-c_2); M_2 = \frac{q}{8}(l-c_1-c_2)^2 \\ -M_{II} = -M_{III} = -M_{IV} = -M_V = M_3 = M_4 = \frac{ql^2}{8} \frac{q}{q+g} \\ M_4 = \frac{q}{8}(l-2c)^2; M_6 = \frac{q}{8}(l-c_3)^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (21)$$

最大反力

$$C_0 = \frac{l}{2} \left[g - g \frac{c_1}{l} \left(1 - \frac{c_2}{l} \right) \right]; C_1 = \frac{ql}{2} \left(1 + \frac{c_1}{l} \right) \left(2 - \frac{c_2}{l} \right)$$

$$C_2 = \frac{ql}{2} \left[\left(2 - \frac{c_1}{l} \right) \left(1 + \frac{c_2}{l} \right) - \frac{g}{4(g+g)} \right]$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = \frac{ql}{2} \left[2 + \frac{g-g}{4(g+g)} \right]; C_7 = \frac{ql}{2} \left[2 + \frac{2g-g}{4(g+g)} \right]$$

$$C_8 = \frac{ql}{2} \frac{3g+4g}{4(g+g)}$$

..... (22)

最小反力

$$C_0 = \frac{l}{2} \left[g - g \frac{c_1}{l} \left(1 - \frac{c_2}{l} \right) \right]; C_1 = \frac{ql}{2} \left(1 + \frac{c_1}{l} \right) \left(2 - \frac{c_2}{l} \right)$$

$$C_2 = \frac{ql}{2} \left[\left(2 - \frac{c_1}{l} \right) \left(1 + \frac{c_2}{l} \right) - \frac{g}{4(g+g)} \right]$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = \frac{ql}{2} \left[2 + \frac{g-g}{4(g+g)} \right]; C_7 = \frac{ql}{2} \left[2 + \frac{2g-g}{4(g+g)} \right]$$

$$C_8 = \frac{ql}{2} \frac{3g+4g}{4(g+g)}$$

..... (23)

q が總ての徑間に互り滿載せる時

$$e = 0.1465l; c_1 = 0.2035l; c_2 = 0.157l; c_3 = 0.125l$$

$$-M_I = M_I = 0.0858 ql^2; M_2 = 0.0511 ql^2$$

$$-M_{II} = -M_{III} = -M_{IV} = -M_V = M_3 = M_4 = M_5 = 0.0625 ql^2$$

$$M_6 = 0.0957 ql^2$$

$$C_0 = 0.414 ql; C_1 = 1.109 ql; C_2 = 0.977 ql$$

$$C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 1.0 ql; C_7 = 1.062 ql; C_8 = 0.438 ql$$

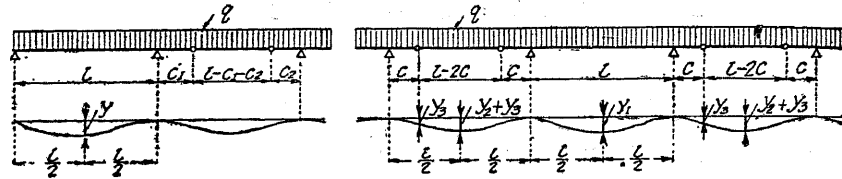
..... (24)

單に四徑間だけの場合には第 243 圖の左端二徑間と右端二徑間とを採り、彎曲率は $M_I, M_{II}, M_{III}, M_V$ と M_1, M_2, M_5, M_6 を考ふればよろしい。

$$-M_I = -M_V = M_1 = M_6 = 0.0858 ql^2 \text{ の場合は } c_3 = 0.1716l \text{ となる。}$$

(4) 撓度。ゲルバー桁が個々の桁の集りで成り立つ時、其の撓度は第36表に依り容易に定することが出来る。

(1) 径間長が總て相等しくして等布荷重 q を受くる桁 (第244圖)。



第 244 圖

(a) 端徑間 (碇着桁の中央)。

$$y = \frac{ql^4}{32EJ} \left[\frac{5}{12} - \frac{c_1}{l} \left(2 - \frac{c_1}{l} - 2 \frac{c_2}{l} \right) \right] \dots\dots\dots (25)$$

$c_1 = 0.2035l$; $c_2 = 0.1570l$ を代入すれば

$$y = 0.00359 \frac{ql^4}{EJ} \dots\dots\dots (26)$$

を得。

(b) 中徑間。

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= \frac{ql^4}{16EJ} \left[\frac{5}{24} - \frac{c}{l} \left(1 - \frac{c}{l} \right) \right] \\ y_2 &= \frac{5}{384} \frac{q(l-2c)^4}{EJ} \\ y_3 &= \frac{ql^4}{24EJ} \frac{c}{l} \left[-1 + 6 \frac{c}{l} - 2 \left(\frac{c}{l} \right)^2 - 5 \left(\frac{c}{l} \right)^3 \right] \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (27)$$

$c = 0.1465l$ を代入すれば

$$y_1 = 0.00521 \frac{ql^4}{EJ}; \quad y_2 + y_3 = 0.00216 \frac{ql^4}{EJ} \dots\dots\dots (28)$$

(c) 端徑間 (吊桁) (第243圖)。

$$y_4 = \frac{5}{384} \frac{q(l-c_3)^4}{EJ} \dots\dots\dots (29)$$

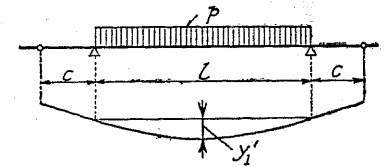
$c_3 = 0.125l$ を代入すれば

$$y_4 = 0.00762 \frac{ql^4}{EJ} \dots\dots\dots (30)$$

(1) 等布活荷重 p を受くる桁 (第245圖)。

(a) 端徑間 (碇着桁)。

$$y' = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{EJ} \dots\dots\dots (31)$$

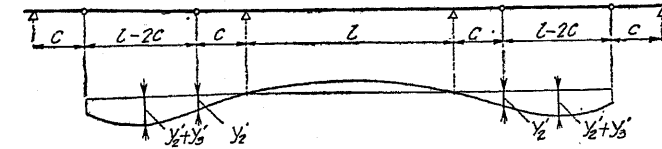


第 245 圖

(b) 中徑間。

最大撓度は碇着桁の中央に起る (第245圖)。

$$y'_1 = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{EJ} \dots\dots\dots (32)$$



第 246 圖

鉸點の最大撓度は (第246圖)。

$$y_2 = \frac{pl^4}{24EJ} \left(\frac{c}{l} \right)^2 \left[6 - 2 \frac{c}{l} - 5 \left(\frac{c}{l} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (33)$$

吊桁の最大撓度は (第246圖)。

$$y_2 + y_3 = \frac{pl^4}{24EJ} \left[\frac{5}{16} + 6 \left(\frac{c}{l} \right)^2 - 2 \left(\frac{c}{l} \right)^3 - 5 \left(\frac{c}{l} \right)^4 \right] \dots\dots\dots (34)$$

等布活荷重が満載せるときは、碇着桁と吊桁との最大撓度は互に等しくなければならない、即ち

$$y_1 = y_2 + y_3$$

の條件より鉸點の位置 c を計算すれば

$$c = 0.2113l \dots\dots\dots (35)$$

となり、(24) 式で求めた $c = 0.1465l$ の値より大きくなる。

最大撓度は

$$y_{max} = 0.0026 \frac{pl^4}{EJ} \dots\dots\dots (36)$$

となる。(28) 式の場合の半分となる。撓度が径間長の一定の割合を超過すべからざる場合には、

(35) 式の c に依つて鉸の位置を定むる方が得策である。

尚支點上及径間中央に於ける桁高を各 h_s 及 h_m 、 p を等布活荷重、 g を等布死荷重とし、

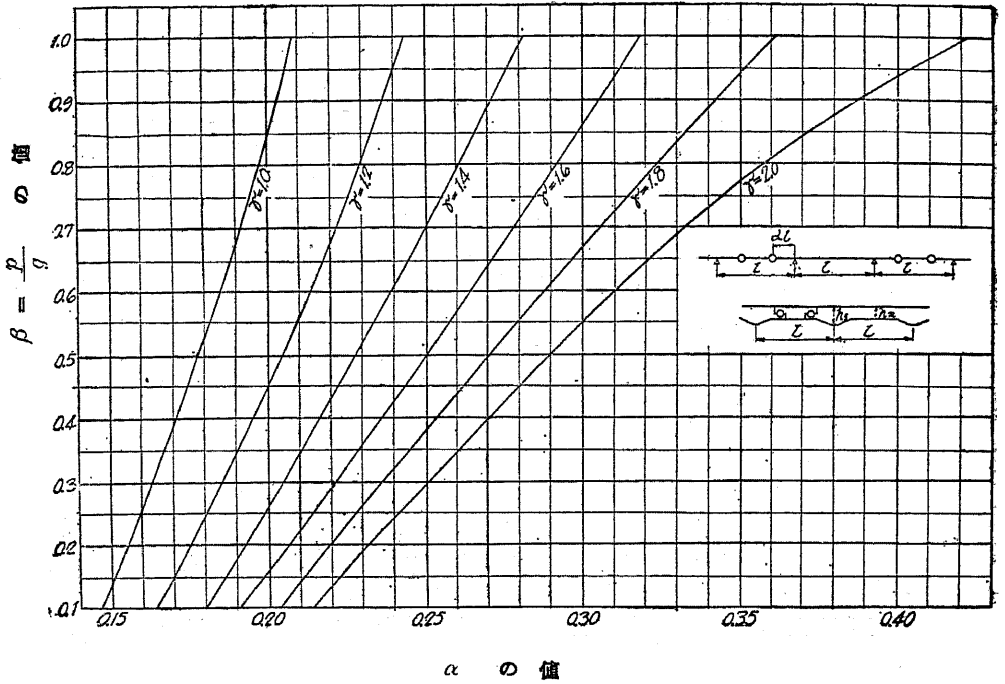
$$r = \frac{h_s}{h_m}, \quad \beta = \frac{p}{g}$$

と置けば、径間の中央及橋脚上に於ける突縁の断面積を等しくし、且つ其の縁維應力を同一とな

す条件より

$$(1-\alpha)\alpha = \frac{r(1+\beta)}{4(1+\beta+r)} \dots\dots\dots (37)$$

を得、式中 α は支點と鉸との距離が徑間長に對する比とする。 α の値は第 247 圖より見出すことが出来る。



第 247 圖