

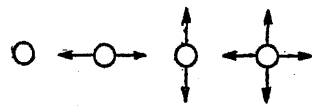
第八章 端 承

第一節 總 論

端承の目的は

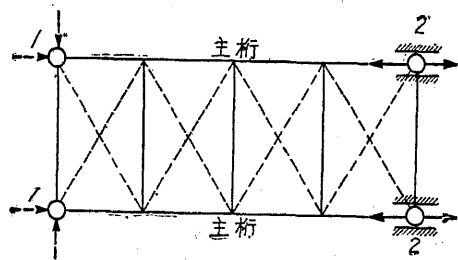
- (1) 上部構造に作用する水平及鉛直荷重を橋臺又は橋脚に等布する。
- (2) 温度の變化又は撓度に應ずる上部構造の滑動を確保する。
- (3) 反力に對して出来るだけ不變の位置を保つ様な一定の作用點若しくは作用線を指定する。
- (4) 反力の方向を確定する。

上部構造が單に一支點の周圍を廻轉するだけならば、第480圖の如き圓形の固定端となさば、如何なる方向の水平力も受けることが出来る。上部構造が一つの直線運動をなすときは、可動端を必要とする。第481圖及第482圖は一方向のみに移動し得るのであるから、其の移動の方向に直角な水平分力を受く

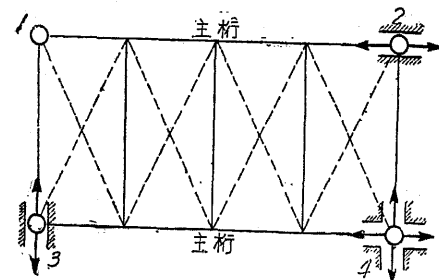


第480圖 第481圖 第482圖 第483圖

る様に設計する。如何なる方向にも可動的となした支承(第483圖)は水平力を受ることが出



第 484 圖

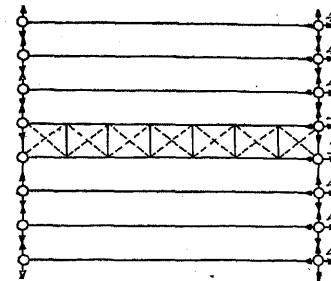


第 485 圖

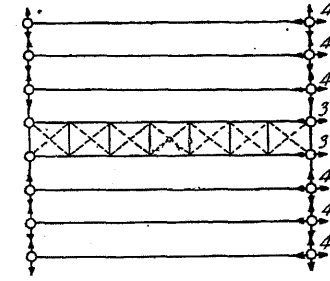
來ない。二主桁を有する小さい橋梁で主桁の中心間隔が約5mより小なるときは、單に主桁に平行なる運動をなし得る様にすればよい(第484圖)。幅の廣い橋では橋軸と直角の方向の移動にも應ずる様にせねばならない(第485圖)。上部構造は橋軸の方向に固定された支承1及3に對しては橋軸の方向に、又橋軸と直角の方向に固定された支承1及2に對しては、橋軸と直角の方向に變形を生じ、橋軸に直角をなす水平力に對しては一次不靜定である。1に於ては大きさ及方向が、2及3に於ては各大きさの未知なる水平反力がある。橋軸と直角をな

二主桁を有する小さい橋梁で主桁の中心間隔が約5mより小なるときは、單に主桁に平行なる運動をなし得る様にすればよい(第484圖)。幅の廣い橋では橋軸と直角の方向の移動にも應ずる様にせねばならない(第485圖)。上部構造は橋軸の方向に固定された支承1及3に對しては橋軸の方向に、又橋軸と直角の方向に固定された支承1及2に對しては、橋軸と直角の方向に變形を生じ、橋軸に直角をなす水平力に對しては一次不靜定である。1に於ては大きさ及方向が、2及3に於ては各大きさの未知なる水平反力がある。橋軸と直角をな

す水平力に對して支承を靜定となすには、2或は3に何れかの方向に對しても可動的の支承を設けねばならない。然しかゝる可動支承を2に設けてはいけぬ。なぜならば其の場合には、突桁としての作用に因り1及3には著しい彎曲應力を生ずることになるからである。各方向へ可動し得る4の支承は、温度變化に因る上部構造の變形には應じ得るも、活荷重に基因して橋軸の方向のみに起る上部構造の變形に對しては其の目的を達しない。



第 486 圖



第 487 圖

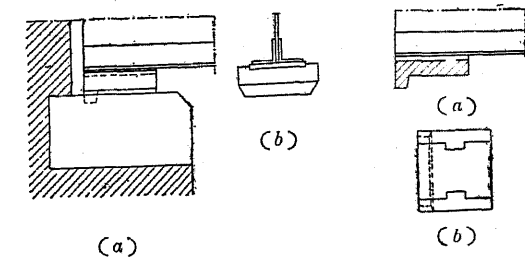
數多の桁を相互に連絡せし場合には、支承の配置を第486圖の如くなすこともあるも、多くは第487圖の如く中央の二主桁は横變位をなし能はざる様にし、其の他の支承は第486圖と同様の構造となす。

支承の目的は上部構造の荷重を石工に出来るだけ廣く分布するにあるが、特に鐵道橋に於ては活荷重の衝擊は横構に依り石工に傳はるも、石工は多くの場合小さい支壓力を有するに過ぎないから、床板(Bed plate)に廣い面積を有せしめねばならない。従て鋼製支承の下には、之に相當する大きさの床石(Bed stone)を置く、床石には花崗岩の如き堅硬なる石或は鐵筋コンクリートを用ふる。徑間が小さいときは、橋脚又は橋臺上の全幅に亘り其の上面に鐵筋を挿入する。

第二節 表 承

主桁又は主構に皿板を以て連結せし底板(Sole plate)が、床板と或る面積で接觸するのを表

承(Surface bearing)(第488圖及第489圖)と謂ふ。橋軸の方向に移動する支承は、第488圖の如き構造となさば、桁は床板の上で橋軸の方向に移動する事が出来る。橋軸に直角な方向の水平力に對しては、床板の兩側に設け



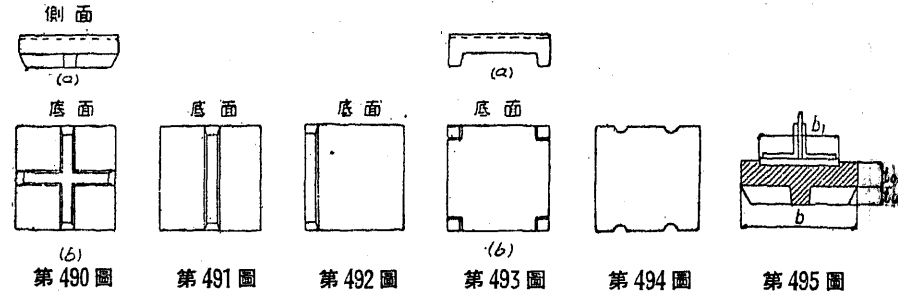
(a)

第 488 圖

(b)

第 489 圖

た肋 (Rib) に依つて抵抗する。固定端の場合には、底鉄に噛み合ふ突出部を両側の肋の中央に設け、桁と床鉄とは固定する (第 489 圖)。固定若くは可動支承に於て主桁と肋との間に間隙を設けて置けば、橋軸と直角をなす方向又は總ての方向に可動的となすことが出来る。



縦及横の方向に作用する水平力は、床鉄を床石の上に移動せしめんとするから、床鉄を適當の方法に依つて床石に固定することが肝要である。此の目的に添ふため床鉄の下面に十字形の肋 (第 490 圖)、中央 (第 491 圖) 又は橋臺に接する側に (第 492 圖) 一本の肋を設け、肋は總て第 488 圖の如く床石の内に喰ひ込ます。肋の代りに四方の隅に筒々の突起物を設けしもの (第 493 圖)、或は橋軸の方向に於て床鉄の両端に半圓形の孔を作り、床石内にセメントで礎着せし鋼釘が、丁度之に嵌まる様にして床鉄を床石に固定する工法もある (第 494 圖)。

表承の計算には一般に反力の鉛直分力を考へて、之が支承面に等布するものと假定し、床石に對する壓力が其の許容強度を超過せざることを要す。

床鉄の大きさは荷重と石工の支壓力とに依つて定まる。

$$A = \frac{R}{\sigma_b} \dots\dots\dots (1)$$

- A は床鉄の面積
- R は桁の兩端に於ける最大反力
- σ_b は石工の許容支壓力

とす。

今桁の幅を b_1 、床鉄の幅を b 、厚さを t_0 、肋の高さを t_u とせば (第 495 圖)、ウインクラー氏 (Winkler) は次の式を與へてゐる。

$$b = 1.25 b_1 \sim 1.50 b_1 \dots\dots\dots (2)$$

$$t_0 = 40 + 0.9 l \text{ mm} \dots\dots\dots (3)$$

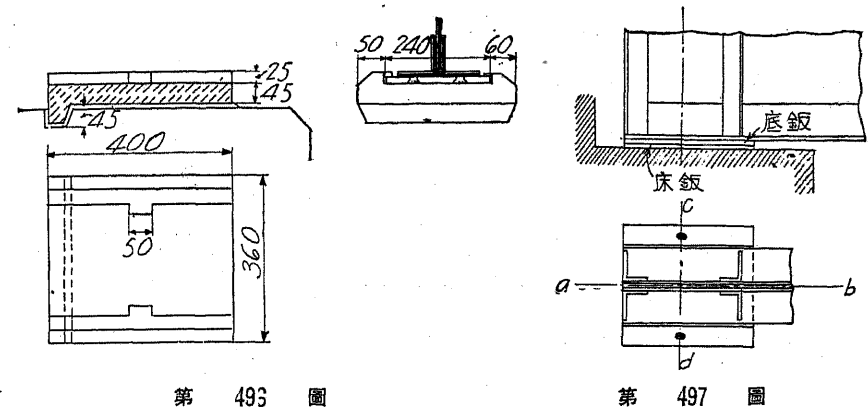
l は支間 (m) とす。

肋は多くの場合に梯形とし (第 490 圖)、

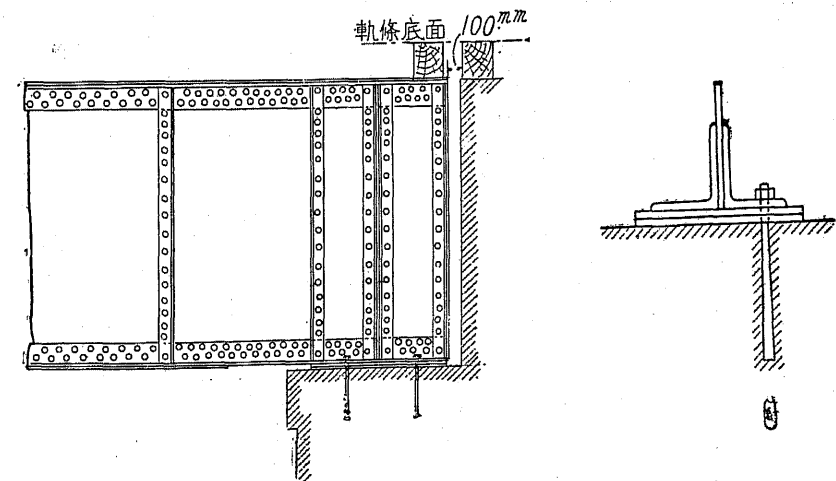
$$t_u = 0.6 t_0 \sim 0.8 t_0 \dots\dots\dots (4)$$

となす。

第 496 圖は 5~6 m 支間の桁に用ふる表承で、40~50 mm 厚の鑄鐵鉄があつて、其の上に充分滑になした桁の突縁が直接載つてゐる。



第 497 圖の如き設計は屢々長徑間の橋にも用ひらるゝが、荷重の分布が平等とならない缺點がある。例へば横の ed の方向には荷重を分布するには餘り屈撓的であり、 ab の方向には剛度に富むが故に、桁が撓むときは内縁に餘分の壓力を生じ、之が車輛荷重の衝撃と合同して床石又は石工破壊の原因となる。第 498 圖は鉄桁橋の支承を示すのであるが、定端 (Fixed end) のときは桁を石工に礎着し、伸縮端 (Expansion end) のときは床鉄に長孔 (Slotted hole) を穿ち、其の孔には桁の伸縮に應ずるだけの大きさを保たしむる (第 499 圖)。

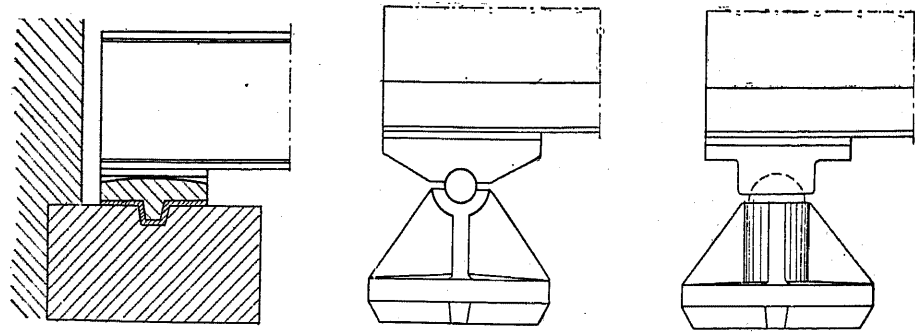


第 498 圖

第 499 圖

第三節 搖 承

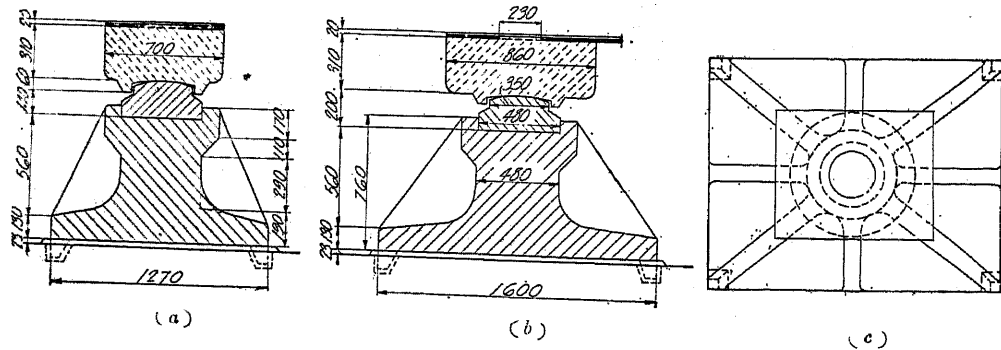
搖承 (Rocker bearing) は主桁の廻轉が支承の中央でなされ、支承は常に中心荷重を受け得る様な構造となす。底鈑又は沓と床鈑又は承臺 (Pedestal) との接觸が直線、點、圓端面或は球面なるかに依つて、切線搖承 (第 500 圖)、點搖承 (第 503 圖)、ピン搖承 (第 501 圖) 及球搖承 (第 502 圖) と謂ふ。ピン及球搖承は、ピン又は球面を圍む特別の沓を必要とする。點及球搖承は、他の搖承に比して沓が橋軸と直角の方向にも廻轉し得るのみならず、應力も都合よく分布する特長を有してゐる。此の廻轉は主桁を連結し支承上に横たはる端横桁の撓度に依つて生ずるものである。夫等の特長を有するため設計は困難なるも屢々用ひらるゝ。點及切線搖承に於ては沓の廻轉は轉動摩擦を生ずるが、ピン搖承に於ては摺動摩擦を生ずるので、前者は後者に比し卓越する工法である。徑間 6m 以上の總ての上部構造に於ては、固定及可動支承とも搖承となす。



第 500 圖

第 501 圖

第 502 圖

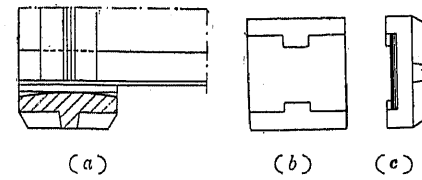


第 503 圖

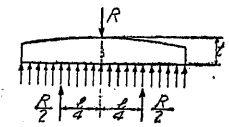
1 固定承

(1) 切線搖承。主桁の支間約 25m までの固定支承は、主桁に皿鈑で取付けた底鈑が、上面

拱形をなせる鑄鐵又は鑄鋼製の床鈑上に載つた搖承 (第 504 圖) として造らるゝ。其の構造は大體表承の場合と同一で、底鈑は厚 2~3cm の軟鋼で造り、床鈑の計算に當つては單に反力の鉛直分力を考へ、之が床鈑の中央に作用して石工の上に等布するものと假定する (第 505 圖)。



第 504 圖



第 505 圖

床鈑の長及幅は表承の場合と同様に決定され、中央に於ける床鈑の厚 t は力率 $\frac{R}{2} \times \frac{l}{4}$ より見出さるゝ。但し R は反力、 l は床鈑の長とす。

床鈑の幅 b と t との関係は次の如し (第 505 圖)。

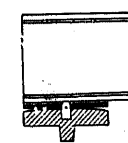
$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{\frac{R}{2} \times \frac{l}{4} \times 6}{bt^2}$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{6Rl}{8b\sigma}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3Rl}{b\sigma}} \dots \dots \dots (5)$$

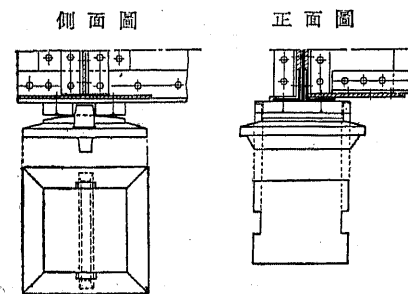
軟鋼製鑄造床鈑に對する許容彎曲應力 $\sigma = 1000 \text{ kg/cm}^2$ とし、反力 R を應にて表はせば

$$t = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3Rl}{b}} \dots \dots \dots (6)$$

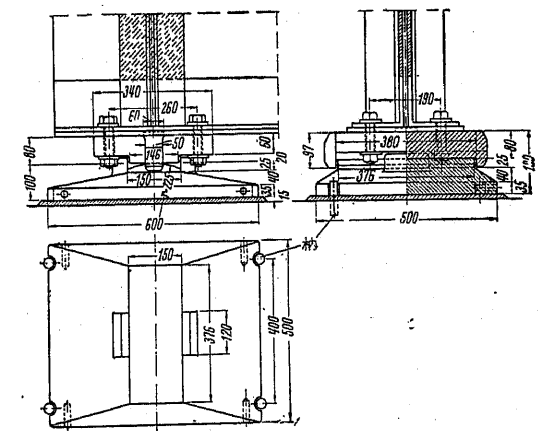
となる。



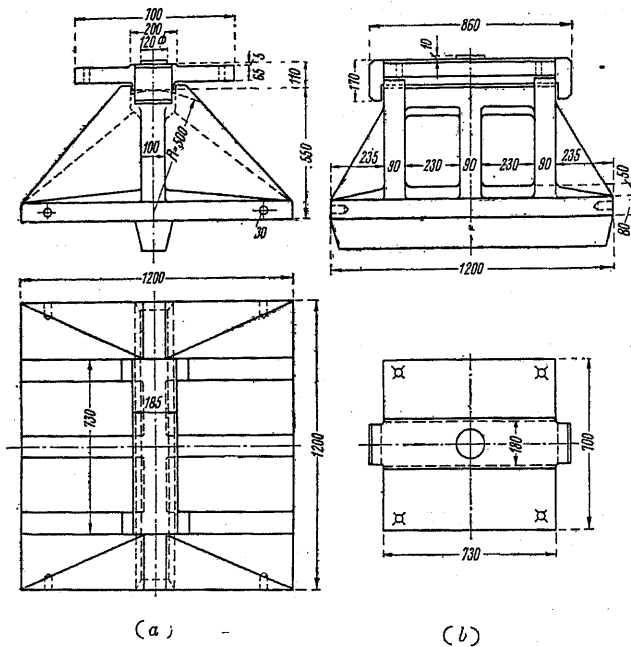
第 506 圖



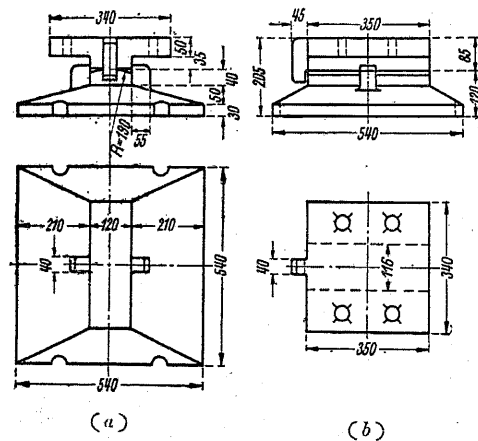
第 507 圖



第 508 圖



第 503 圖

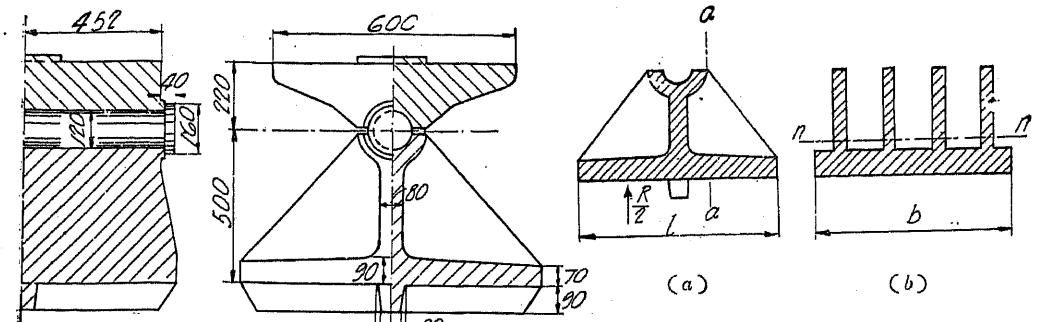


第 510 圖

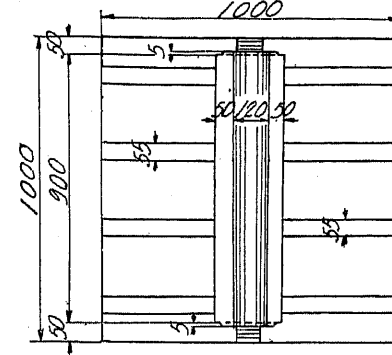
511圖乃至第516圖)。ピン橋承が最も広く用ひらるゝが、第511圖は支間70mの複線鐵道橋に用ひた例であつて、承臺は基鉄、腹及肋とより成り、ピンは橋軸に直角の方向の水平力を、上部の脊より下部の承臺に傳達するための二つの殻に包まれてゐる。殻の直径はピンの直径の約1.3倍、其の厚はピン直径の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ となし、脊の厚は第505圖の場合と同様にして算出する。水平力を主桁から脊に傳ふるには、脊の上部に2~2.5cmだけ突出せる圓形又は四角形の柄が、底鉄に造つた柄孔にピッタリ嵌まる様にして、主桁と脊とを連結するのが最良の方法である。承

床鉄の兩側に肋又は突出部を設くる代りに(第504圖)、上部構造に作用する縦横の水平力を受くるため直径2~3cmの柄を設け、其の下部は床鉄に螺旋締めとなし、頭部は床鉄に接着した構造となすことがある(第506圖)、柄は主桁の廻轉を自由ならしむる様な齒形となす。第507圖に示せる切線橋承は、承臺の兩側に二つの齒があつて

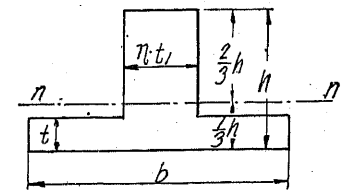
之に相當する底鉄の凹みに嵌まり、之に依つて橋軸の方向及之と直角の方向に於ける水平力を受くる事が出来る。床鉄と石工との取付は表承の場合と同じ。第508圖乃至第510圖も切線橋承の例である。
(2)ピン橋承。中位及大きい橋梁に對しては各種の橋承が用ひらるゝが、此の場合に床鉄は小さい橋梁の時と違つて肋入り承臺(Pedestal)を用ひる(第



第 512 圖



第 511 圖



第 513 圖

臺の下面には十字形の肋を造つて石工に埋め込む。

第514圖もピン橋承の例である。

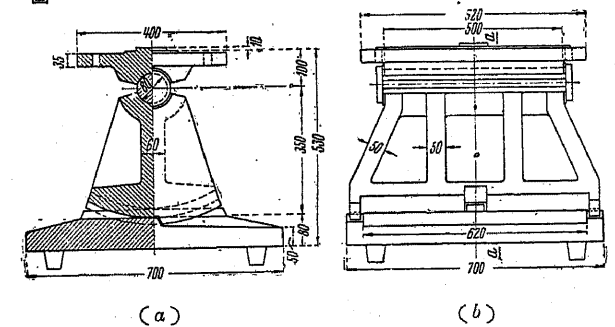
(a)承臺の計算。承臺の高、基鉄及肋の厚は、セクション a-a(第512圖)が彎曲

率 $\frac{R}{2} \cdot \frac{l}{4}$ に依つて、過度の應力を受けざる様に定むる。面倒な計算を避くるためミュラー-ブレスラウ(Müller-Breslau)氏の方法に據ることとする。

今セクション a-a に厚 t_1 の肋が η あるものを一緒にして第513圖の如き形と考へ、其の重心軸は下面より $\frac{h}{3}$ の所にあるものとし、基線に對する力率を採れば

$$\eta t_1 h \frac{h}{2} + (b - \eta t_1) \frac{t t}{2} = [\eta t_1 h + (b - \eta t_1) t] \frac{h}{3} \dots\dots\dots (7)$$

$$t = \frac{h}{3} \pm \sqrt{\frac{h^2}{9} - \frac{1}{3} \frac{\eta t_1 h^2}{(b - \eta t_1)}} \dots\dots\dots (8)$$



第 514 圖

$$\left. \begin{aligned} t &\equiv \frac{h}{3} \\ t &= \frac{h}{3} \left(1 - \sqrt{\frac{b-4\eta t_1}{b-\eta t_1}} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

$$b \geq 4\eta t_1 \dots\dots\dots (10)$$

(7) 式を變化して次の式を得。

$$\frac{b}{\eta t_1} = 1 - \frac{\left(\frac{h}{t}\right)^2}{3-2\left(\frac{h}{t}\right)} = 1 + \frac{\left(\frac{h}{t}\right)^2}{2\left(\frac{h}{t}\right)-3} \dots\dots\dots (11)$$

重心軸に対する慣性率は

$$J = \frac{b\left(\frac{h}{3}\right)^3 - (b-\eta t_1)\left(\frac{h}{3}-t\right)^3 + \eta t_1\left(\frac{2}{3}h\right)^3}{3} \dots\dots\dots (12)$$

上縁に関する断面率は

$$W_o = \frac{J}{\frac{2}{3}h} = \frac{\eta t_1 h^2}{6} \left[1 + \frac{\left(\frac{h}{t}\right)^2 - 3\left(\frac{h}{t}\right) + 3}{2\left(\frac{h}{t}\right) - 3\left(\frac{h}{t}\right)} \right] \dots\dots\dots (13)$$

第 11 表

$\frac{h}{t}$	$\frac{h}{\eta t_1}$	W_o
3	4.0	0.2222 $\eta t_1 h^2$
4	4.2	0.2251 "
5	4.6	0.2286 "
6	5.0	0.2315 "

$\frac{h}{t}$ に対して 3, 4, 5, 6 の値を與れふば、(11) 式の $\frac{b}{\eta t_1}$ 及 (13) 式の W_o の値は第 11 表の通りとなる。 $\frac{h}{t}$ は成る可く 3 と 5 との間にある様に選んで h の値を定むる。

〔例〕 反力を 480 t とし、基鉄は各邊 120 cm の正方形とすれば、石工に対する壓力は

$$p = \frac{480000}{14400} = 33.3 \text{ kg/cm}^2$$

となる。今 $\frac{h}{t} = 5$ と假定すれば、第 11 表より

$$\frac{b}{\eta t_1} = 4.6$$

$$W_o = 0.2286 \eta t_1 h^2$$

となる。

$$M = W_o \sigma = \frac{R}{2} \frac{l}{4}$$

より

$$0.2286 \times \frac{120}{4.6} h^2 \sigma = \frac{480 \times 120}{8}$$

を得。今 $\sigma = 1t/cm^2$ とせば

$$h = \sqrt{\frac{480 \times 120 \times 4.6}{8 \times 0.2286 \times 120}} = 35 \text{ cm}$$

$$t = \frac{h}{5} = 7 \text{ cm}$$

$$t_1 \div \frac{b}{20} = \frac{120}{20} = 6 \text{ cm}$$

$$\frac{b}{\eta t_1} = 4.6 \text{ より}$$

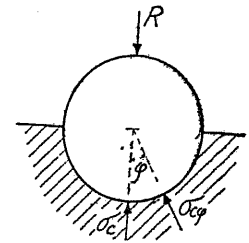
$$\eta = \frac{b}{t_1 \times 4.6} = \frac{120}{6 \times 4.6} > 4 \text{ 然し } < 5$$

$\eta = 5$ とすれば

$$t_1 = \frac{120}{4.6 \times 5} \div 5.5 \text{ cm}$$

基鉄の厚は排水のため普通其の中央より外側に向ひ 1:20 の傾斜を附し、腹の厚は $\frac{h}{6}$ となし、此の値の $\frac{2}{3}$ の厚を以てピンを包む。

(b) ピンの計算。ピンの頂點に於ける壓應力を σ_o とせば、鉛直線に對して φ の角度だけ傾いた點の應力 $\sigma_{o\varphi}$ は (第 515 圖)。



第 515 圖

$$\sigma_{o\varphi} = \sigma_o \cos \varphi \dots\dots\dots (14)$$

となる。依つて

$$R = \int \sigma_{o\varphi} r d\varphi l \cos \varphi \dots\dots\dots (15)$$

R は反力

r はピンの半径

l はピンの長

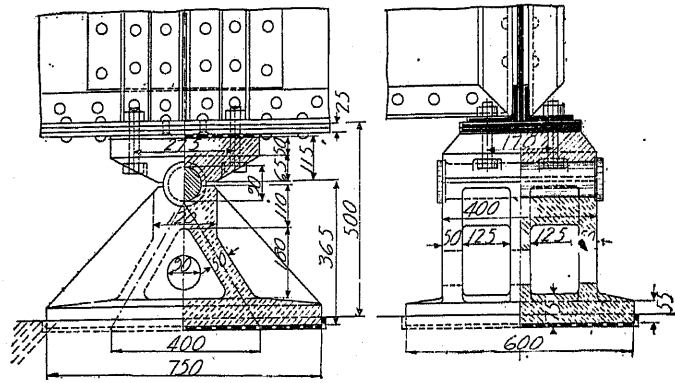
を表はす。ピンと之を包む支承の殼とは、ピンの中心を通る鉛直線の周圍に、 $\varphi = \frac{\pi}{4}$ だけ接觸するものと假定せば次式を得。

$$R = 2 \sigma_o r l \int_0^{\frac{\pi}{4}} \cos^2 \varphi d\varphi = 1.285 l r \sigma_o$$

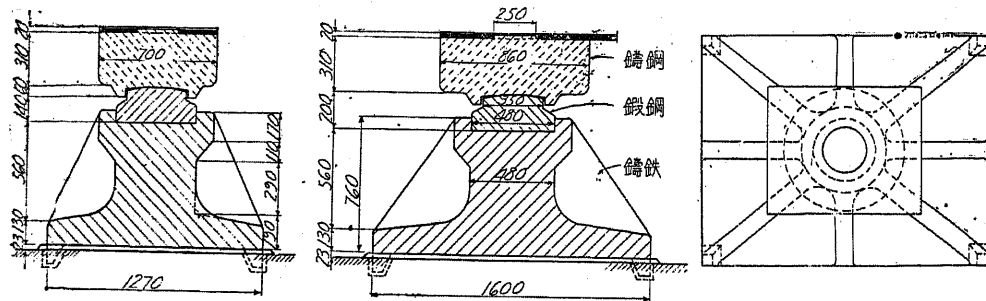
$$r = \frac{0.8 R}{\sigma_o l} \dots\dots\dots (16)$$

σ_o は鑄鋼に對しては $1t/cm^2$ 、鍛鋼に對しては $1.2t/cm^2$ とする。

反力が大きい場合、ピンの直径が餘り大きくなるのを避くる爲めには、1500~1700 kg/cm^2 の強度を有する鋼を用ふる、ピンの直径 7 cm 以下のものは完全なる製造が困難であるから用ひ



第 516 圖

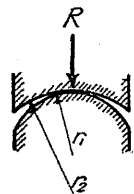


第 517 圖

てはいけない。反力の大きい場合に普通用ひらるゝ形は第 516 圖の如し。

(3) 點搖承。第 517 圖はケルンに於ける鐵道橋の設計例で、一番下に鑄鐵製の承臺があつて、之れに上表球面をなせる鍛鋼製の球樞 (Ball pivot) を嵌め込み、其の上方に鑄鋼製の沓が載つてゐるが、沓の下面も球面となしてある。二つの球面は異なつた半徑を有する故、無載荷の場合には互に一點で接觸する。沓と主桁との取付は第 511 圖と同様に沓の上面に圓形の突出部を造り、之が底鉄の窪みに嵌まる様になつてゐて、承臺下面の四隅には突出部を設けて石工に礎着せり。沓の計算はピン搖承の場合と同一で、球樞下面の面積は鑄鐵の許容壓應力に依り決定さるゝ。球

樞の高は第 505 圖の場合と同様、中央に於ける彎曲率が何れの部分にも高い應力を起さない様に定むる。點搖承の接觸面に於ける應力及接觸面の半徑の計算は、ヘルツ (Hertz) 氏の公式に従ふものとす。



第 518 圖

(a) 切線接觸の場合 (切綫搖承)。

r_1, r_2 は互に接觸せる球面の半徑

ρ_1, ρ_2 は各半徑の逆數

E_1, E_2 は球樞と沓の材料の彈性恒數

ϵ_1, ϵ_2 は各伸縮變形率 (彈性恒數の逆數)

$$P = \frac{R}{l} \text{ 單位長に對する壓力}$$

$$\mu = \frac{1}{3} \text{ (ポアソン比)}$$

とせば、接觸面の幅 b は

$$b = \frac{4}{3} \sqrt{\frac{8P}{\pi} \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{\rho_1 - \rho_2}} \dots\dots\dots (17)$$

最大壓應力 σ_c は

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \frac{4}{\pi} \frac{P}{b} = \frac{3}{\sqrt{8\pi}} \sqrt{P \frac{\rho_1 - \rho_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2}} \\ &= 0.6 \sqrt{\frac{P}{\epsilon_1 + \epsilon_2} \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}} \dots\dots\dots (18) \end{aligned}$$

鑄鐵 $E = 1000 t/cm^2$, 鑄鋼 $E = 2200 t/cm^2$ とせば

$$\left. \begin{aligned} \text{(i) 鑄鐵沓が鑄鐵球樞の上にあるとき } \sigma_c &= 13.4 \sqrt{\frac{R}{l} \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}} \\ \text{(ii) 鑄鐵沓が鑄鋼球樞の上にあるとき } \sigma_c &= 15.7 \sqrt{\frac{R}{l} \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}} \\ \text{(iii) 鑄鋼沓が鑄鋼球樞の上にあるとき } \sigma_c &= 19.9 \sqrt{\frac{R}{l} \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (19)$$

無載荷の場合に直線又は點で接觸するが如き上述の支承に對しては、許容強度を普通の場合より高く採ることが出来る。

鑄鐵に對しては $\sigma_c = 4 t/cm^2$

鑄鋼に對しては $\sigma_c = 7 t/cm^2$

とし、 $r_1 = \alpha r^2$ と置けば (19) 式に於て

$$\left. \begin{aligned} \text{(ii) の場合は } r_1 &= 15.4 \frac{R}{l} (1 - \alpha) \\ \text{(iii) の場合は } r_1 &= 8.0 \frac{R}{l} (1 - \alpha) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (20)$$

$r_2 = \infty$ なるときは $\alpha = 0$ となる。

(b) 點接觸の場合 (點搖承)。

$$\alpha = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{R \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{\sigma_1 - \sigma_2}} \dots\dots\dots (21)$$

従て

$$\begin{aligned} \sigma_o &= \frac{3}{2\pi} \sqrt{\frac{9}{4} R \frac{(\rho_1 - \rho_2)^2}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2}} \\ &= 0.625 \sqrt{\frac{R}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2} \left(\frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}\right)^2} \dots\dots\dots (22) \end{aligned}$$

$E_1 = E_2 = E$

$$\sigma_o = 0.393 \sqrt{R E^2 \left(\frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2}\right)^2} \dots\dots\dots (23)$$

$$R = \frac{\sigma_o^2}{(0.393)^2 E^2} \left(\frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}\right)^2 = k \left(\frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}\right)^2 \dots\dots\dots (24)$$

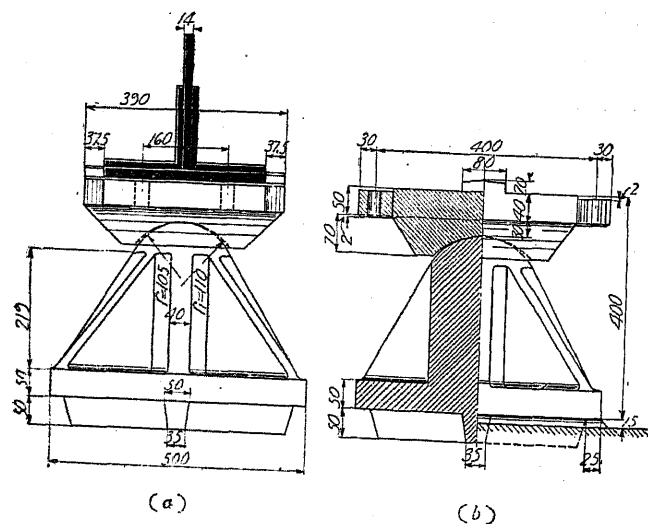
$$\left. \begin{aligned} r_2 = \infty \text{ なるときは } R &= k r^2 \\ r &= \frac{1}{r_1} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (25)$$

$\sigma_o = 10 t/cm^2$ とせば $k = 0.004$ となるから

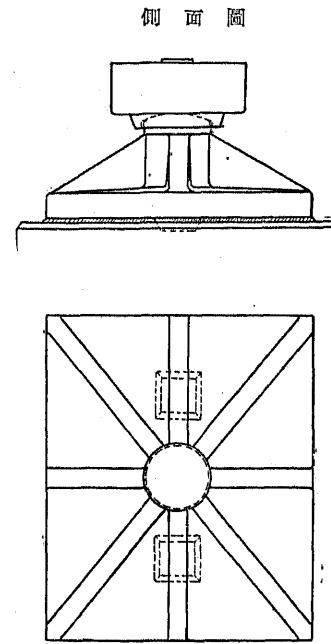
$$R = 0.004 r^2$$

或は

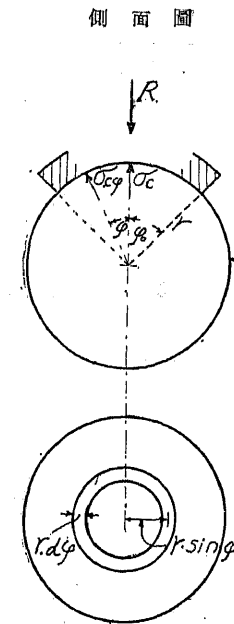
$$\left. \begin{aligned} R &= 0.004 \left(\frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}\right)^2 \\ r_1 &= (1 - \alpha) \sqrt{250 R} \\ r_1 &= \alpha r_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (26)$$



第 519 圖



第 520 圖



第 521 圖

第 519 圖は支間 21 m の道路橋に用ひた點橋承の例である。

(4) 球橋承。同一半徑を有する二個の球が接觸せるものであつて(第 520 圖)、其の計算はピン橋承の場合と全く同一である。第 521 圖に於て

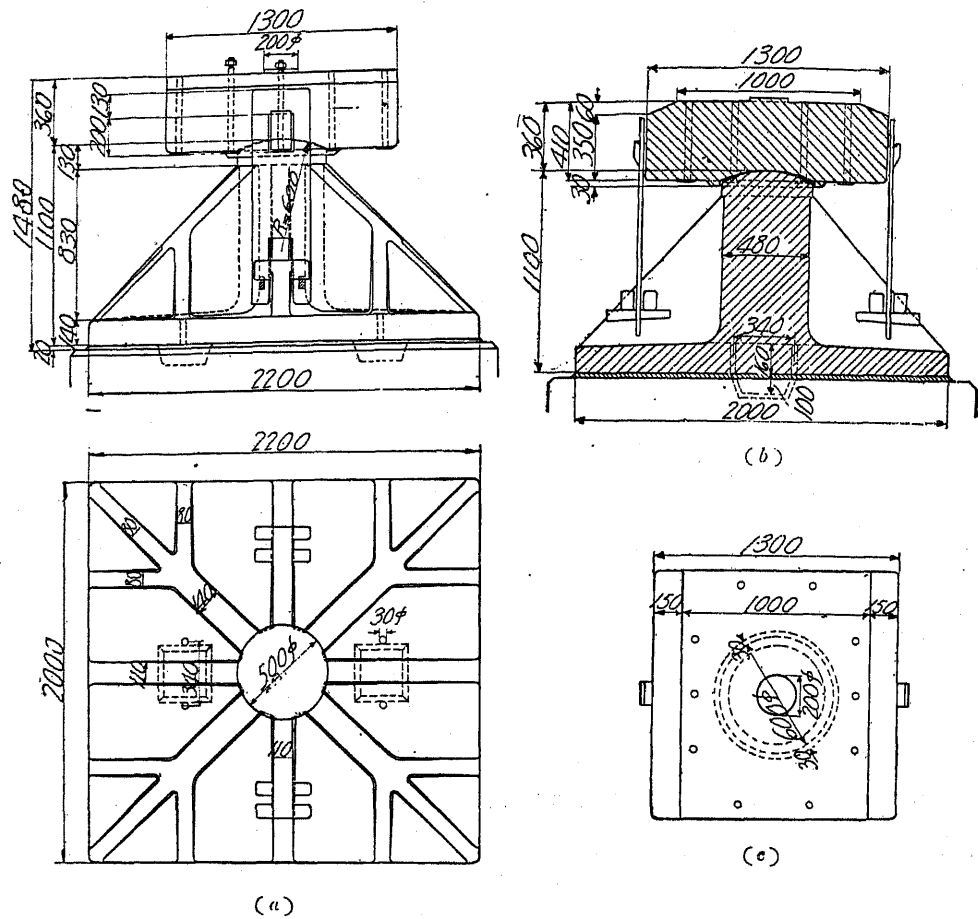
$$\sigma_{o\phi} = \sigma_o \cos \phi$$

とせば

$$\begin{aligned} R &= \int_0^{\phi_0} \sigma_o \cos \phi \cdot 2 r^2 \pi \sin \phi \, d\phi \cos \phi \\ &= 2 \pi r^2 \sigma_o \frac{(1 - \cos^3 \phi_0)}{3} \dots\dots\dots (27) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \phi_0 &= \frac{\pi}{4} \\ R &= 1.354 r^2 \sigma_o \\ r &= 0.85 \sqrt{\frac{R}{\sigma_o}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (28)$$

第 522 圖はライン河に架した支間 186 m の複線鐵道橋の例であつて、球橋承は承臺と沓とより成り、球樞の球面半徑は 600 mm で、沓は水平力を承臺に傳ふるために球樞の上にある同形の

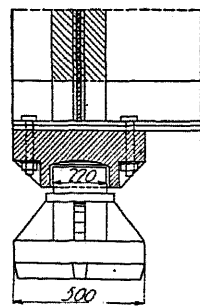


第 522 圖

突出部と噛み合ひ、球樞は枝付の肋に依つて基鉄に支へらる。第 523 圖及第 524 圖も球樞承の例である。

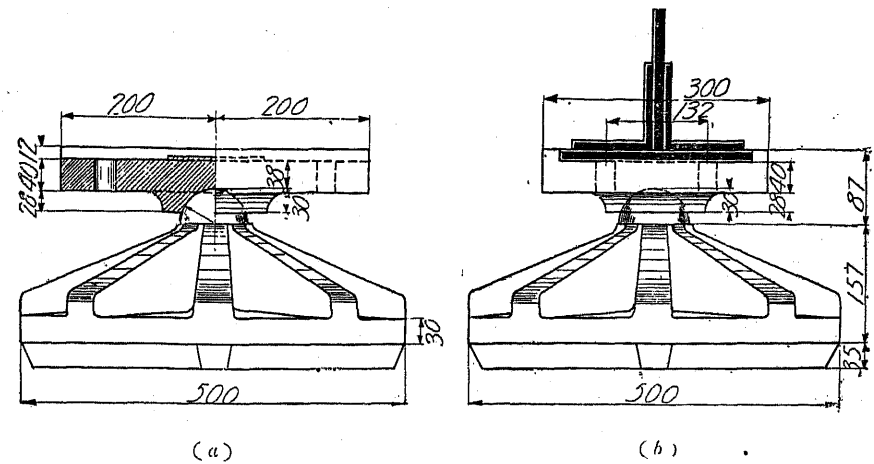
2. 可動承 A. 一方向のみに可動的の支承。

(1) 摺動承。可動承は桁端の廻轉を自由ならしむるのみならず橋軸の方向に於ける水平移動をも容易ならしむる。支間 16m 以下又は死荷重よりの反力 12t 以下の橋梁に於ける可動承は、小支間の橋梁の固定承と全く同一で、只縦の方向の移動を抑制する部分を取除けばよろしい。即ち第 504 圖に於ける突出部を廢止し、第 507



第 523 圖

圖に於ては底鉄の下面にある凹所を充分に大きくすればよろしい。摺動承は小さい上部構造にのみ適用せらるゝが、反力が大きくなれば摺動摩擦に因つて著しく大きい水平力が生じ、上部構造と橋臺若くは橋脚に不利益な應力を生ずるから、他の可動承を以て之に代ふる必要がある。



第 524 圖

(2) 輾承 (Roller bearing)、平輾承 (Flat-roller bearing) 及振り承 (Pendulum bearing)。死荷重に因る反力 12t 以上の上部構造に於ては、摺動摩擦に代ふる轉動摩擦を以てする。即ち摺動承の代りに輾承、平輾承及振り承を用ふる方がよろしい。

(a) 輾承。圓筒形の轉子が基鉄の上にあつて、前節に述べし搖承を其の上に乗せた構造である。搖承は轉子の轉動に依り基鉄上に變位することが出来、其の際轉子は其の變位の半分を進むことになる。

變位は温度の變化及載荷作用より計算する。桁長を $L(m)$ 、温度の變化 t を $\pm 30^\circ C$ 、伸縮係数を 0.000 012 とせば、桁長の變化は

$$\Delta_1 (cm) = \pm \alpha t L = \pm 0.036 L \quad \dots\dots\dots (29)$$

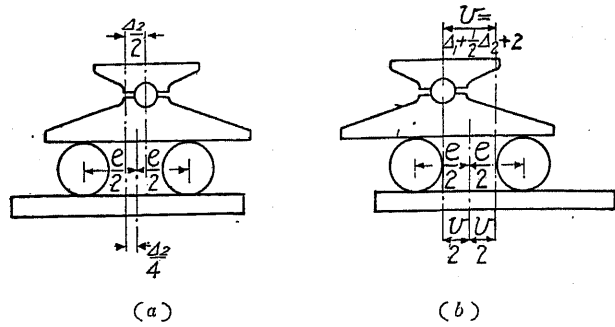
となる。レンチキュラー・トラス (Lenticular truss) に於て車道が構の中立軸に設けられ而も軸自身が直線をなすときは、載荷のために何等の變位も起らないが、普通の構に於けるが如く下弦が上方に η の反りを有するときは、滿載荷重に依つて支承には外方に

$$\Delta_2 = \frac{\sigma}{E} L + \frac{8}{3} \frac{(2\eta - \delta) \delta}{L} \quad \dots\dots\dots (30)$$

の變位を來たす。式中 σ は活荷重のため生ずる弦應力、 δ は活荷重のため桁の中央に生ずる撓度とす。若し抗壓弦に支承を設くるときは σ を負と採る。 $2\eta - \delta = 0$ なるときは次式を得。

$$\Delta_2 (cm) = \frac{\sigma}{E} L \quad \dots\dots\dots (31)$$

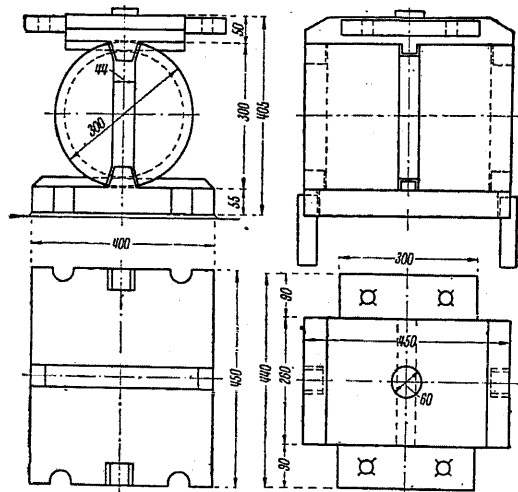
橋脚の小移動又は支承の不完全なる装置のために起る偶然の變位に對して約 2cm を割増す



第 525 圖

れば、變位の範圍 v (cm) は

$$v = \pm \left(\frac{2A_1 + A_2}{2} + 2 \right) \dots\dots\dots (32)$$



第 526 圖

となる。中位の温度 $10^\circ C$ 及活荷重の半分が全徑間に載れる時を最初の位置とすれば、無載荷の橋梁で温度 $10^\circ C$ の場合には支承は $\frac{A_2}{2}$ 、輾子は $\frac{A_2}{4}$ だけ最初の位置より内方へ變位する (第 525 圖)。

$L = 120 m$ のとき $A_1 = 5.24 cm$,
 $A_2 = 5.04 cm$ とせば

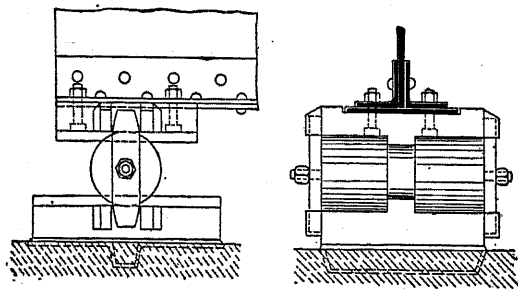
$$v = \frac{10.48 + 5.04}{2} + 2 = 9.76 cm$$

輾子が最初の位置よりの最大變位は

$$\pm \frac{v}{2} = \pm 4.88 cm$$

小支間の橋梁には單輾承を用ひて、第 526 圖及第 527 圖の如くなせば高さも低くて済む。常に搖承を併用するが反力 $40 \sim 50 t$ までは一輾子で充分である。

輾子の寸法は本章第三節 1. (3), (a) に述べし式に依り計算するが、



第 527 圖

輾子が二箇以上のときは反力の完全なる等布を期待し得ないことを注意しなければならない。輾子の直徑に僅少の差違があつても、各輾子の受くる荷重は甚だしく不同になるが、假令ひ之を度外視し計算上輾子は同一直徑を有するものとしても、彈性變形のため均齊の壓力を受けない。輾子が數箇ある場合は、其の上の數が薄くなる程、又輾子の間隔及輾子の數が多くなる程外側の輾子が小さい荷重を受くる様になる、従て出来るだけ二箇以上の輾子を用ひない方がよらしい。輾子の直徑が $25 cm$ で其の長が $100 cm$ なるときは、 $300 t$ の反力に耐ふることが出来る。

輾子が最初据え付けられたときの位置より最も大なる變位をなしたときに、最大の輾子壓力が生ずる。二輾子の軸距を e とせば、其の轉動に對する支承の最大變位は $\pm \frac{v}{2}$ となる。反力を R とせば、一輾子の受くる最大壓力は

$$\frac{1}{2} R' = \frac{1}{2} R \left(1 + \frac{v}{e} \right) \dots\dots\dots (33)$$

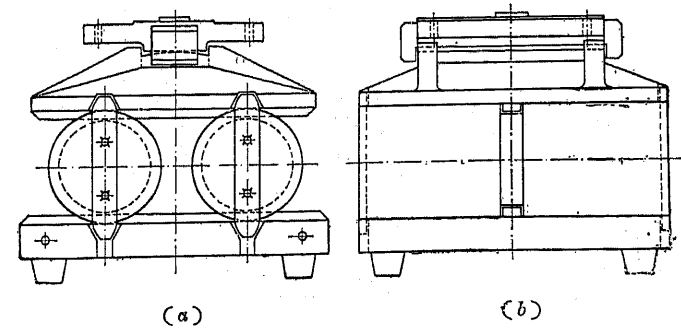
となる。輾承及後に述ぶる平輾承の輾子の直徑は、本章 (20) 式に依り算出する。二輾子以上の場合には輾子壓力が均一でないから、一輾子の受くる最大壓力 $\frac{R'}{n}$ を約 $\frac{5n-2}{4n}$ 倍大きくする。 n は輾子の數とす。

	一 輾 子	二 輾 子	n 輾 子
鑄鋼製輾子が鑄鋼上にあるとき	$d l = 16 R$	$d l = 8 R'$	$d l = 16 \frac{5n-2}{4n^2} R'$
鑄鋼製輾子が鑄鐵上にあるとき	$d l = 30 R$	$d l = 15 R'$	$d l = 30 \frac{5n-2}{4n^2} R'$

上表中 d 及 l は輾子の直徑及長で (cm), R 及 R' は (kg) にて表はす。

輾承の輾子の直徑は

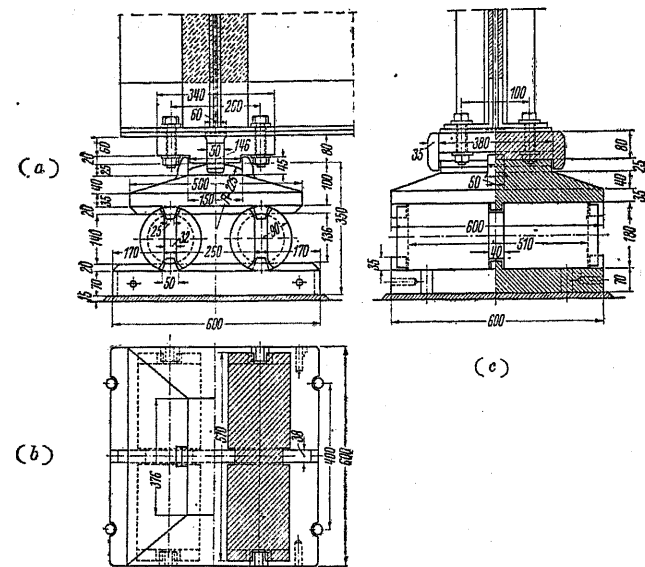
$$\left. \begin{aligned} d (cm) &= 10 + 0.15 L \\ d (cm) &= 20 + 0.20 L \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (34)$$



第 528 圖

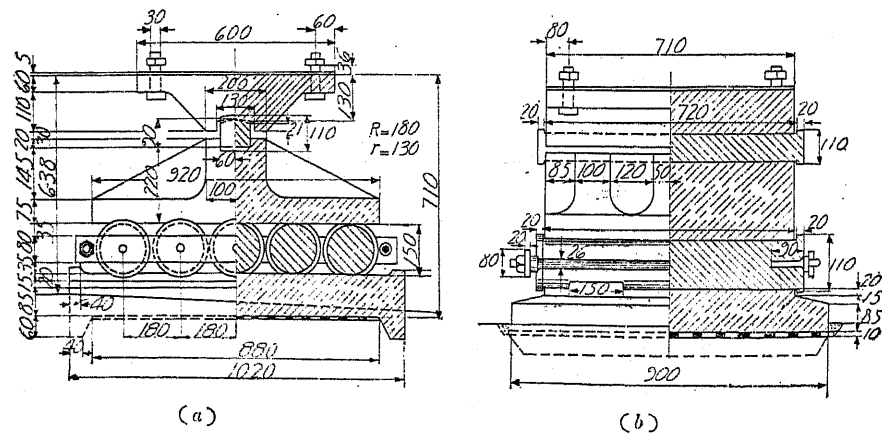
となし、普通 40 cm を超過させない。

第 528 圖は第 509 圖に相當する輾承で、固定承の場合と同一大きさの底钣と輾子上に變位し得る支鞍とより成り、輾子は正方形の基钣上に輾動する。輾子を導くには支鞍と基钣の中央に突出物を附して、之が輾子の溝に嚙み合ふ様に造つてある。



第 529 圖

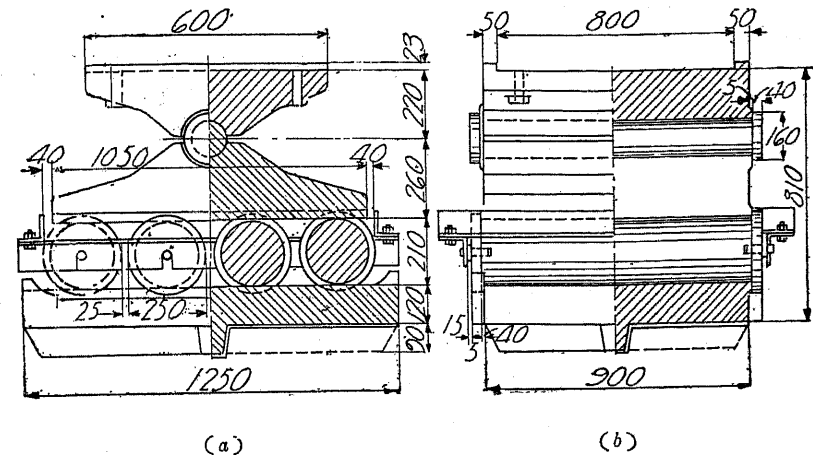
る両端を棒鋼で締付けて框構を作る (第 530 圖)。框構には寧ろ山形鋼を使用すれば (第 531 圖) 掃除が容易に出来る。平鋼の厚は 20~30 mm, 幅は 80~100 mm, 建込ボルトの直径は 25~30 mm とす。



第 530 圖

第 529 圖も二輾子を有する輾承の例である。

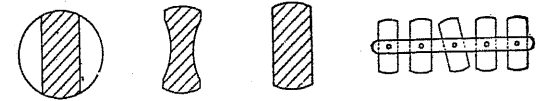
輾子相互間の距離及其の平行なる排列を確保するために導溝を用ふる、導溝は輾子が基钣若くは輾子の上にある支承部分に對し好ましからざる變位をなすことを防止する爲に普通二枚の平鋼で造り之を輾子の兩端に附けた建込ボルト上に可動的に被せ螺旋に依つて締付くる。或は平鋼の突出せ



第 531 圖

輾子は橋軸に直角な水平力を受け、側方の變位に對して安全ならざるべからず。其の目的に添ふため上下兩钣を掩ふ様な帶環 (20~30 mm の厚及幅) を中央若くは兩端の輾子に備へ付け、帶環を用ひざる時は、幅 40~50 mm で深 20 mm 位の溝を輾子の中央に設くる (第 528 圖)。

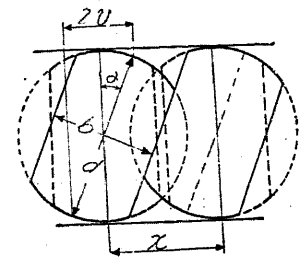
(b) 平輾承。輾子はヘルツ氏の式に依つて算出した直径を有し、其の上下兩钣との接觸箇所にては充分の大きさを保ち、接觸面の何れの部分も過度の應力を受けなければならぬ。



第 532 圖 第 533 圖 第 534 圖 第 535 圖

接觸面は輾子の上下兩面の幾部分かに限らるので、必ずしも圓形となすの必要がないから其の兩側を廣く剪斷する (第 532 圖)。大きい支承に於て弓形輾子 (Segmental roller) を用ふれば、支承の全長を著しく短縮し反力の分布も平等となる、弓形輾子には第 533 圖及第 534 圖の形を用ふることあり、輾子を導き其の動作を抑制するための設備は輾承の場合と同一である。但し圓形輾子の場合の如く其の兩側に各一枚の平鋼を用ふれば、前輾してから後輾するときに一箇若くは數箇の輾子が共同動作を採らないので、其の平行の位置を保たないことになる (第 535 圖)。故に輾子の各側に上下二枚の平鋼を備ふることが必要である。

弓形輾子の直径は 25~40 cm とし、其の幅は桁の最大變位に適應すべきも、少くも $2v = 0.00072 L$ (但し $L =$ 支間 m) を有せねばならない。尙安全のため



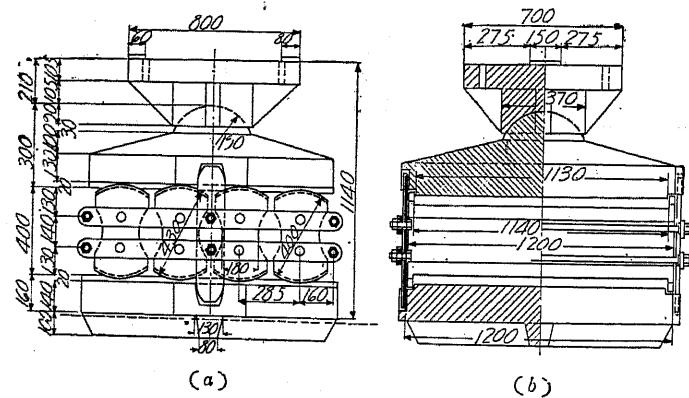
第 535 圖

$b = 0.4 \sim 0.6 d$ とす (第 536 圖)。弓形輦子間の空隙又は其の中心距離 x は少なくとも變位を許容するだけとなすが、輦子が顛覆する様に大きくてはいけぬ。是等の條件より

$$x = \frac{b}{\cos \frac{2v}{d}}$$

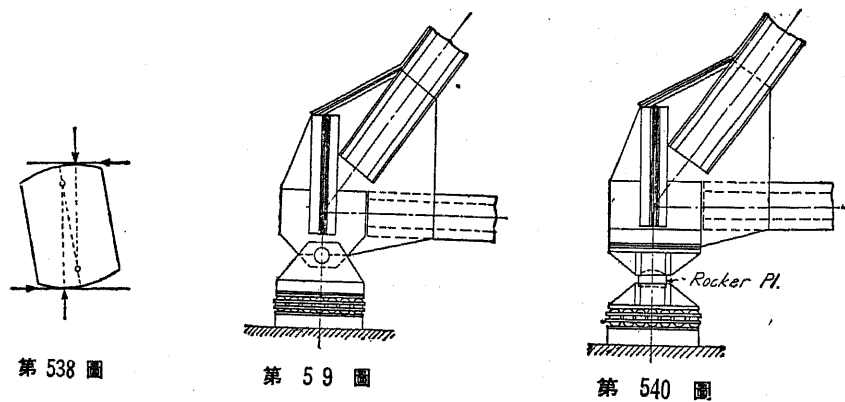
或は

$$\left. \begin{aligned} x &> \frac{b}{1 - \frac{1}{2} \left(\frac{2v}{d} \right)^2} \\ x &< \frac{b}{\sqrt{1 - \left(\frac{b}{d} \right)^2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (35)$$



第 537 圖

第 537 圖は平輦承の例であるが、輦子の廣大なる變位及滑動を防止するため輦承の場合と同様の構造となせり。中徑間の橋で反力が大きい場合に弓形輦子を用ふれば、大きい直徑を必要とす

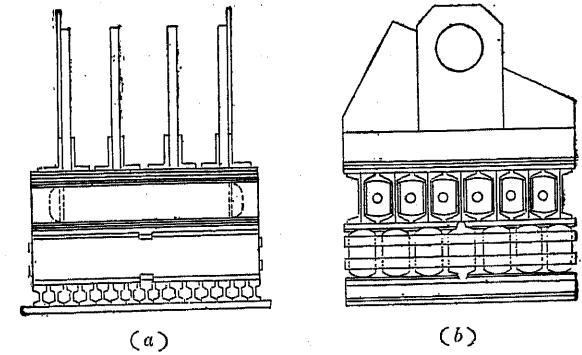


第 538 圖

第 539 圖

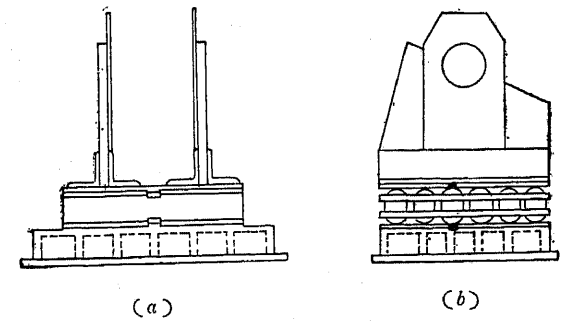
第 540 圖

るから輦子は高くなつて側方の力に對し不安定となる。キューブラー (Kübler) 氏の説に従へば、圓端面の曲線中心が相互に移動し得る様にし又弓形輦子の高を低くすれば、支承の運動を甚だしく阻害する結果となる。如何となれば、桁が變位する際支點は高められて互に變位するから支承に水平力が發生する事になる (第 538 圖)。



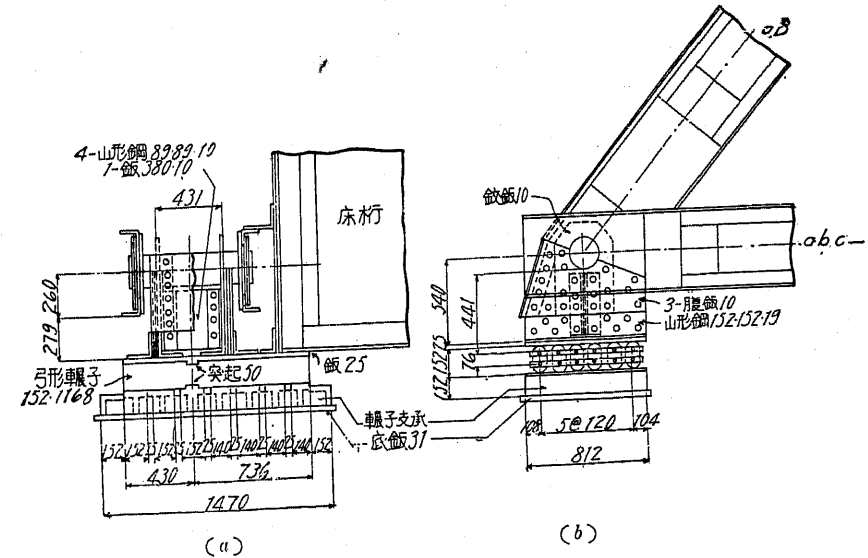
第 541 圖

輦子上に荷重を等布するには脊は橋軸の方向に剛度を有しピンを中心より輦子の上面までの高が充分でなければならない、其の高は輦子の上部に於ける支承長の半分以上となす (第 539 圖)。



第 542 圖

橋軸と直角の方向へ荷重を等布するため、モリソン (Morrison) 氏は第 540 圖の如き設計をなし、脊と輦子の間に鑄鋼の

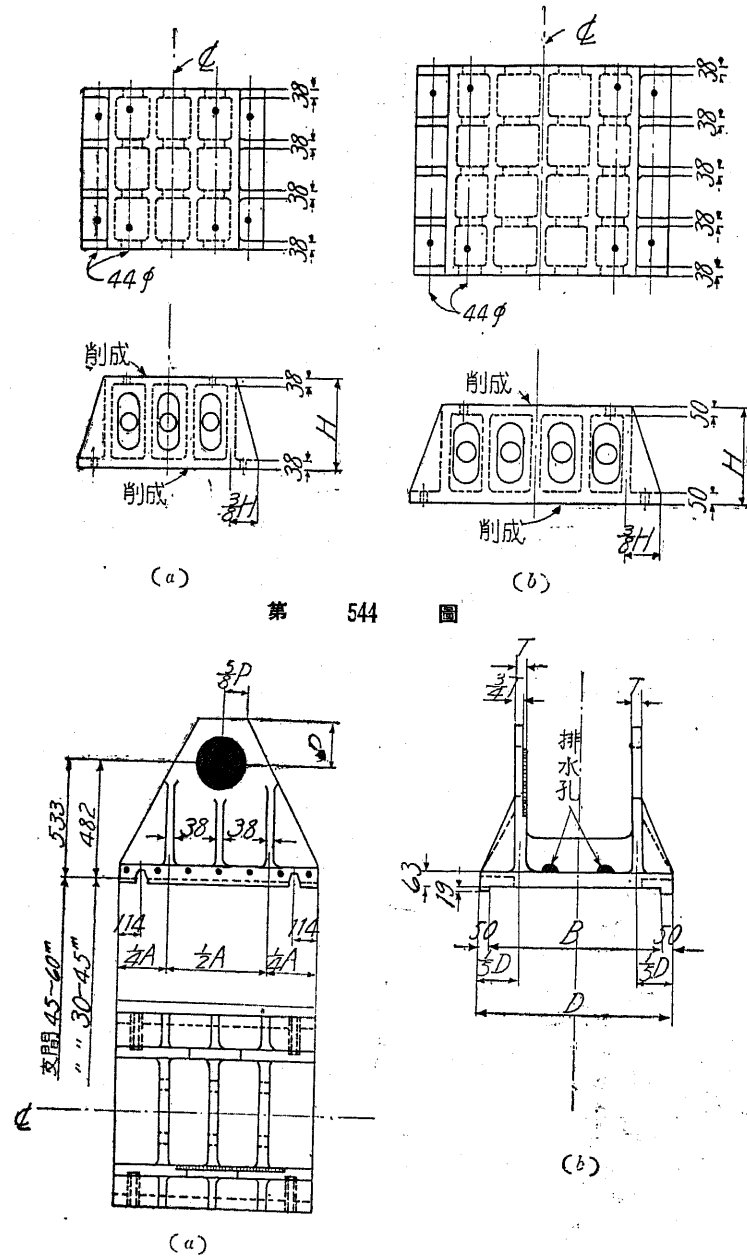


(a)

(b)

第 543 圖

橋承板 (Rocker plate) を挿入せり。其の上下両面は圓錐形に仕上げ、下面は橋軸と平行の軸を
 上面は之と直角の軸を有するので、脊と床板又は石工とは多少の角度をなすことが出来る。第
 541 圖は横剛度を増加し、支承面を擴大するために I 桁の格床 (Grillage) を用いたものであ
 る。格床には第 542 圖の如き鑄物を用ふることもある。定端に於ける床板又は鑄物は、輓端に於



第 544 圖

第 545 圖

けるものより輓子の高だ
 け高く造れば、上部構造
 兩端の石工を同高となす
 ことが出来る。

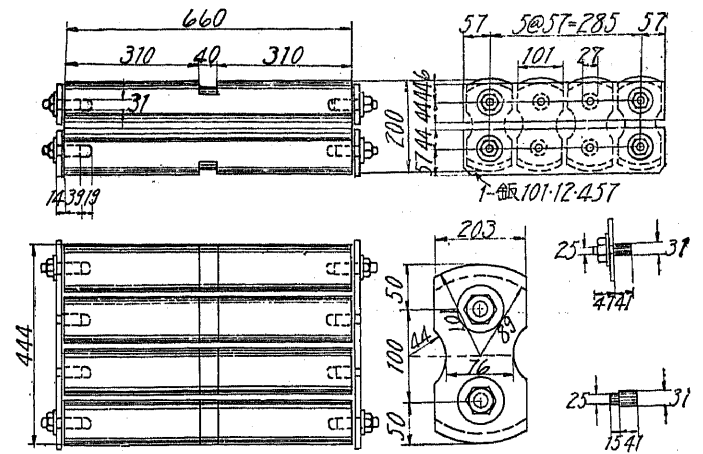
第 543 圖は 53.34 m
 (175ft) の單線ピン結鐵道
 構橋の平輓承を示す。弓
 形輓子の直徑は 15 cm
 で、鑄物の幅は輓子の長
 より 30 cm だけ大きくし

て、床板を石工に礎着する
 ためのボルトに對する餘地を
 残し、又脊の長を減する
 ため輓子を弓形となして
 ある。

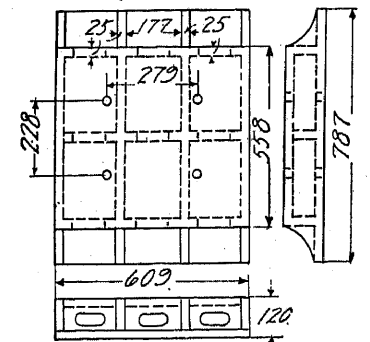
シカゴ・ミルラーキー・セント
 ボール鐵道會社の標準
 は第 544 圖の通りで、(a)
 は支間 30~45 m の構、(b)
 は支間 45~60 m の構定端
 の承臺を示し、何れも鑄
 鐵で造られてある。第 545
 圖は輓端の脊である。第 546
 圖は飯桁の弓形輓子の詳
 細を、又第 547 圖は定端
 の鑄物の詳細を示す。

(c) 振子承。中位の徑間に對しては、二輓子より成る輓承の外に第 548 圖の如き振子承が用
 ひらるゝ。ピンは振子の中心に挿入し、振子の外側を取巻く鐵帶と基板とは聯動装置になつて、
 例へば豫期せざる變位が起つても振子が外れない様にしてある。此の構造に依れば、振子に對して
 大きい半徑を用ふることが出来るので、支承の高を大きくする必要がない。橋臺、橋脚の傾斜に
 依つて支承の上部は屢々橋軸の方向に著しく變位するから、(i) 輓承に於ては箇々の輓子が許容
 強度以上の應力を受け、(ii) 平輓承に於ては其の輓動を抑止さるゝか或は輓子が顛覆し、(iii)
 振子承に於ては振子が倒れる。従て是等の輓子、平輓子及振子を原位置に引き起さねばならない。

竊支柱 (Soc' et stanchion or pier) は支柱の上下に鉸を有し、單桁の可動端として例外的に用
 ひられ、又屢々連續桁或はゲルバー桁の中央橋脚にも用ひらる (第 549 圖)。支柱の斷面が變化す
 る場合の環動半徑は

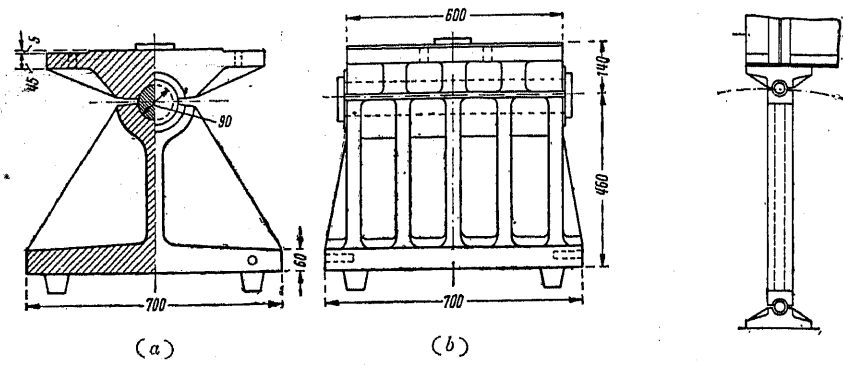


第 543 圖



第 547 圖

$$r = \sqrt{\mu \frac{J_m}{A_m}} \dots \dots \dots (36)$$



(a) 第 548 圖

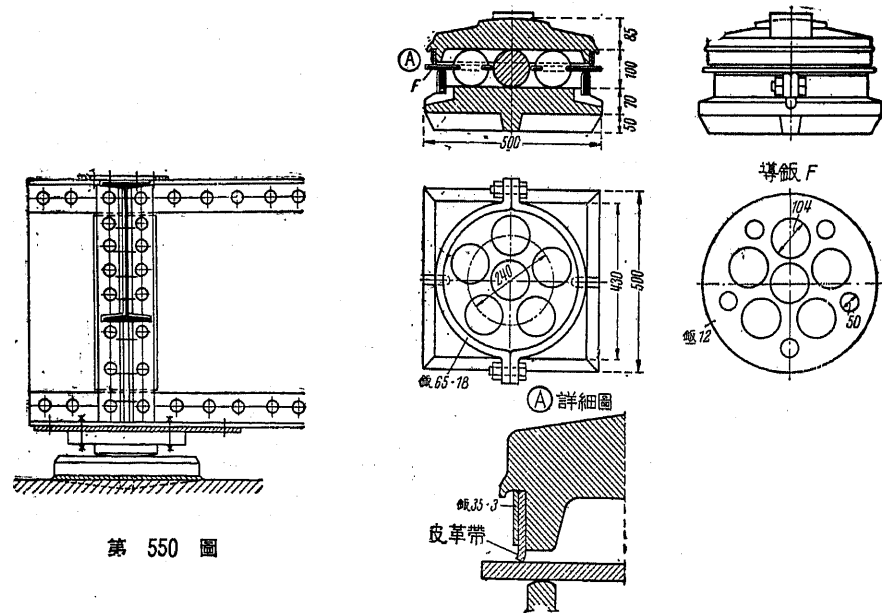
第 549 圖

より算出することを得。

支柱の断面 J_0 J_m J_m $\mu = 0.20 + 0.80 \sqrt[3]{\left(\frac{J_0}{J_m}\right)^2}$

” J_0 J_m J_0 $\mu = 0.34 + 0.66 \sqrt{\frac{J_0}{J_m}}$ (37)

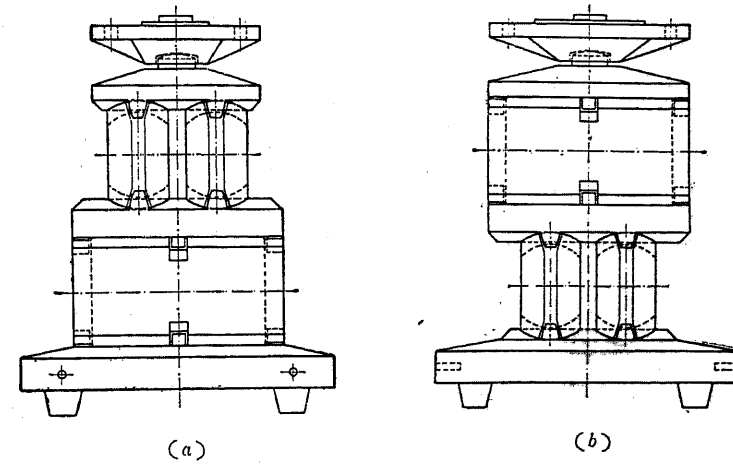
” J_0 J_m J_0 $\mu = 0.61 + 0.39 \sqrt{\frac{J_0}{J_m}}$



第 550 圖

第 551 圖

B. 各方向に可動的の支承。第 550 圖は各方向に對する可動的の支承で、球面が平面に接觸してゐる、此の構造は小さい上部構に適する。上部構が大きくなれば正規の球承(第 551 圖)となすか又は輻承、平輻承及振子承を上下に且つ互に直角に按排して各方向に對する可動的の支承となす。



第 552 圖

第 551 圖に於ては脊と基鉄との間に直径 100 mm の六個の球を挿入し、此の球は基鉄上にある平鋼の環と、脊の下部にある圓形突出部との間に圍まれ、環上にある導板 F が各球を包んでゐる。

第 552 圖も各方向に可動的の支承で二つの平輻承を互に直角に重ねた構造である。