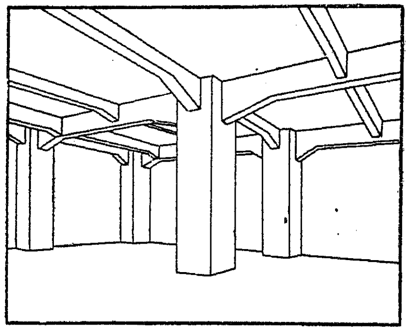
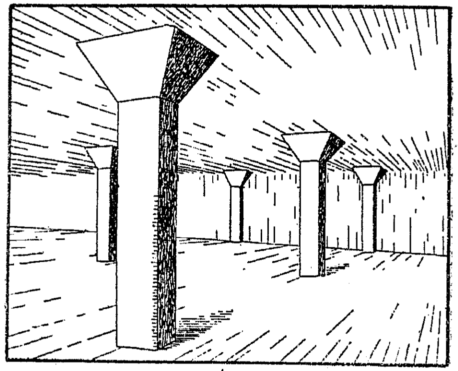
# 第十一章　鐵筋コンクリート床版

### § 140. 桁梁式床版 (Slab supported by bean and girder) 及平版 (Flat slab)

土木建築に關係ある鐵筋コンクリート構造に於て荷重は直接桁とか柱とかに懸らずに床版から順次桁柱に傳はる場合が多い。かゝる構造に於ては床版は桁梁によりて支へられて居つて、普通は床版が桁梁と一體となつて外力に抵抗するのである。第128圖 (a) はかゝる桁梁式床版の見取圖である。元來此式は鋼構造物から考へついたもので鋼構造物に於ては實に已むを得ない方式であるが鐵筋コンクリート構造に於ては必ずしもかくの如き構造にする必要はない。それで此點から暗示を受けて考案されたのが平版である。之に於ては桁梁を有しない連續版があつて之を柱で受けて居る。第128圖(b)が即ちその見取圖である。此平版式構造は土木構造物に於ても漸次應用され就中建築構造に於て盛んに採用されて居る。而して米國にては特に此式を賞用し隨つて他國に比して非常に發達して居る。



(a)



(b)

第　128　圖

之等二樣式は何れが經濟であるかと言ふに一概には言へない。普通の土木構造物に於ては構造の都合上、及計算が容易なことのため多くは桁梁式床版が採用される慣例である。然るに建築構造に於ては必ずしも桁梁式床版がよいと言ふ筋のものではない。建築物に於ては換氣、採光、音響の點から考へれば平版式は桁



梁式に勝る。又階數が多くなれば階高の節約になる。尙型枠が手輕で濟む。それで高層建築には之を採用すれば得策の場合が屢々である。然し乍ら我國の如く震災の頻々たる地方に於てはどうかと思ふ。

## 第一節　桁　梁　式　床　版

### § 141. 概　說

普通桁梁式床版は版と桁とが一體となり T 形斷面桁として働くことは、第九章 § 94 に於て述べた通りである。

桁梁式床版を大別して

**イ**、一方向に主鐵筋を有する版

**ロ**、二方向に主鐵筋を有する版

とに分つことが出來る。イは平行なる桁に亘る版で主鐵筋は桁に直角な方向に配列する。四周に桁を有する矩形版に於ても短徑間に比し長徑間が非常に大なる場合に於ては一方向に主鐵筋を有する版として取扱ひ、長徑の方向の鐵筋は只單に橫鐵筋として取扱ふのである。

而して桁との取付の具合により自由支承上の單床版、連續版或は固定版として取扱ふ。

ロは縱橫の桁の徑間が大差ない場合に採用される版である。矩形床版に於て縱橫の桁の間隔が大差ない時は荷重は四周の支承に傳達されるから主鐵筋を縱橫に挿入するのである。版と四周との連結は自由或は固定の場合がある。

イ、ロ何れの設計がよいかと言ふに之は構造物の種類に依つて異なるもので一概には論ぜられない。

### § 142. 設計細目

床版の厚さは實驗學上、構造上から或制限があるものである。我土木學會の示方書に於ては次の如く規定して居る。

(1) 板の有効高さは次の大さ以上となすべし。

一方向のみ主筋を有する版に於ては

兩端自由支承の場合……………………………………$\frac{1}{25}l$

連續版又は兩端固定の場合……………………………… $\frac{1}{35}l$

二方向に主鐵筋を有する版に於ては

四邊自由支承の場合……………………………… $\frac{1}{30}l$

二方向連續版又は四邊固定の場合……………………………… $\frac{1}{40}l$

茲に $l$ は版の支間とす。

(2) 版の最小厚さは 10 cm 以上とす。但し屋根版、土留版にありては此制限を適用せず。

(3) 主鐵筋の中心間隔は 20 cm 以下とす。但し版の有効高さの 2 倍を超ゆべからず。

(4) 一方向にのみ主鐵筋を有する版に於ては、主鐵筋に直角の方向に横鐵筋を配置すべし。其の總斷面積は横鐵筋に直角なるコンクリートの斷面積の 0.2% 以上とすべし。

版の支間 $l$ は次の如く定義する。

(1) 自由支承の版の支間は支承面の中心間隔とす。但し支承面の奥行長き場合には、純徑間に版又は桁の中央の厚さを加へたるものとなすことを得。

(2) 連續版の支間は支承面の中心間隔とす。固定支承の場合に對しては我規定はないが、(1) に準ずるものと考へればよい。

## §143. 一方向にのみ主鐵筋を有する版の外力の計算

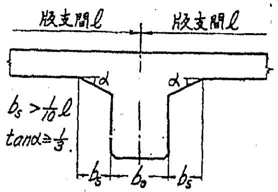
(1) 單版の彎曲率。 2 自由支承に亘る單版の彎曲率は單桁の場合と何等異なることはない。

(2) 連續版の彎曲率。 一方向にのみ主鐵筋を有する連續版の彎曲率を求むるには、一般に自由支承上の連續桁に對する算定法に依ることが出來る。此連續桁に對する算定法は既に第十章第三節に於て述べた。而して連續版が鐵筋コンクリート桁と結合され一體となつて働く様な設計の構造にありては其正負最大彎曲率を次の如く增減するものとす。

(a) 桁の中間にある連續版の活荷重による負徑間彎曲率は其の $1/2$ のみを採るものとす。

(b) 正の最小徑間彎曲率は兩端固定桁として計算したるものより小なるべからず。

(c) 支間の相等しき場合又は相等しからざるも最小支間が最大支間の 0.8 倍以上なる場合には、等布荷重に對し次の彎曲率を用ふることを得。




第 129 圖



**第 35 表　正の最大徑間彎曲率**

| 隅緣の狀態 ＼ 徑間 | 隅緣の長さ $\frac{1}{10}l$ 以上にして其の高さ $\frac{1}{30}l$ 以上なる場合(第 129 圖參照) | 其の他の場合 |
|---|---|---|
| 端の徑間 | $M = \frac{1}{12}wl^2$ | $M = \frac{1}{10}wl^2$ |
| 中間の徑間 | $M = \frac{1}{16}wl^2$ | $M = \frac{1}{14}wl^2$ |

**第 36 表　負の最大支承彎曲率**

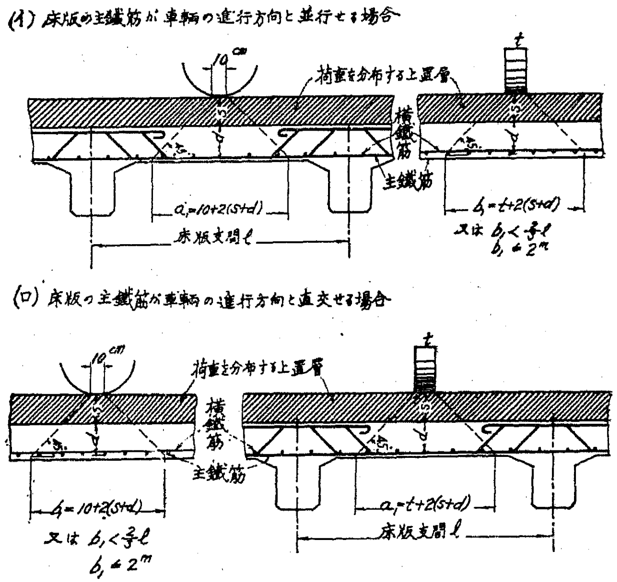
| 支承の位置 ＼ 徑間數 | 二徑間のみの場合 | 三徑間以上の場合 |
|---|---|---|
| 第一內部支承 | $M = -\frac{1}{8}wl^2$ | $M = -\frac{1}{9}wl^2$ |
| 其の他の內部支承 | ―― | $M = -\frac{1}{10}wl^2$ |

負の最大徑間彎曲率　$M = -\left(\frac{wl}{2} - w_d\right)\frac{l^2}{24}$

以上は我土木學會の標準示方書の規定で既に第十章第三節に於て桁の場合に就て理論的の考案を試みたから重ねて茲に繰返さなくとも本示方書の値が當を得たものであると言ふことは讀者の容易に了解されることであろう。

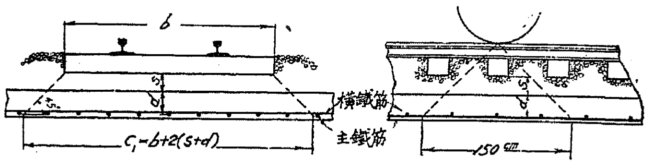
(3) 單一荷重又は多少の幅を有する荷重の分布。 (a) 床版上の單荷重は第 130 圖に示す如く分布する等布荷重と假定することを得る。而して床版に於て相當の横鐵筋を使用したる場合に於ては $b_1$ を次の如く假定することを得る。

$b_1 < \frac{2}{3}l$ 或は $\leq 2m$




第 130 圖

(b) 軌道上の輪荷重は第131圖の如く分布する等布荷重と假定することを得る。




第 131 圖

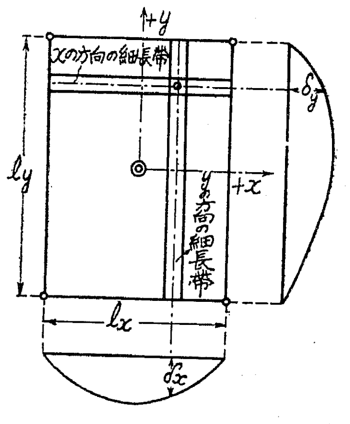
以上は我土木學會示方書の規定に就て述べたが、内務省其の他に於ては多少上と異なる規定を用ひ來つたものである。勿論根本理論に溯れば皆同一である。内務省關係の分は主として道路構造令細則案に依つて居る。此細則案は本土木工學第十一卷127～132頁に記載してある。

(4) 連續版の反力。 連續版を支持する桁及壁の反力を計算する場合には版の連續性は之れを無視して差支へない。隨つて等布荷重を受ける床版を支へる桁に於てはその左右の版の各徑間中央迄の荷重をその荷重としてよい。かくの如くであるからT形桁としての計算が大變簡單化する。斯くすることは一寸矛盾の樣にも考へられるが實際の構造物に就て少しく考察すれば當を得た考へであることが判るであらう。

## § 144. 等布荷重を受けたる二方向に主鐵筋を有する床版の彎曲率

(1) 概說。 矩形計版に於て縱橫の支間が大差なき場合には主鐵筋を縱橫に挿入して床版上の荷重を縱橫兩方向の桁に傳へしめる。かくの如き床版は嚴格に論ずるきは立體的に取扱ひ彈性版の理論を適用して働く彎曲率を計算すべきである。然し乍法は相當難解であるから各國に於て近似法が一般に用ひられて居る。以下に普通て居る近似的解法に就て述べよう。

は縱橫に直交する細長帶の格子よりとの假定に基く解法。第132圖に示す床版に於て $(x, y)$ 點を通り二方向の考ふる時は $(x, y)$ 點の撓度は $x, y$ 何長帶に就ても同値である。而して各細長




第 132 圖



帶はその左右の部分と何等力學的關係を有せざるものと考へる。今版が $w$ なる等布荷重を受けたものとすればその荷重は如何なる割合に $x, y$ の細長帶によつて分擔されるかに就て考へよう。先づ版の中心を通る $x, y$ の兩細長帶を考ふるときは

$$\delta_x = \delta_y \cdots\cdots(a)$$

今 $w$ の內 $x$ の細長帶で荷はれる荷重を $w_x$, $y$ の細長帶で荷はれる荷重を $w_y$ とせば

$$w_x + w_y = w \cdots\cdots(b)$$

今荷重の分擔を定むるに當り版に於ける最大撓度の點を通る縱橫の細長帶を標準とする。

然らば細長帶の最大撓度は

$$\delta_x = \frac{\alpha}{384}\cdot\frac{w_x \cdot l_x^4}{EI_x} \quad 及 \quad \delta_y = \frac{\beta}{384}\cdot\frac{w_y \cdot l_y^4}{EI_y}$$

今 $I_x = I_y = I$ と置けば

$$\frac{w_x}{w_y} = \frac{\beta\, l_y^4}{\alpha\, l_x^4}$$

$$\therefore \quad \frac{w_x}{w} = \frac{\beta\, l_y^4}{\alpha\, l_x^4 + \beta\, l_y^4}$$

よつて

$$\left.w_x = w\cdot\frac{l_y^4}{C l_x^4 + l_y^4} \quad 及 \quad w_y = w\cdot\frac{l_x^4}{l_x^4 + C^{-1} l_y^4}\right\}\cdots(c)$$

茲に $C = \alpha : \beta$

今版の最大撓度の點を通る細長帶に對しては

$\alpha$ 又は $\beta$ の値は

| | |
|---|---|
| 兩端自由支承に對して | 5 |
| 一端自由支承、他端固定支承に對して | $2,05 \simeq 2$ |
| 兩端固定支承に對して | 1 |

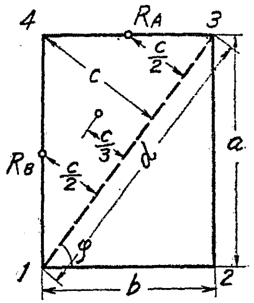
故に四周が自由又は固定支承の場合は $C = 1$ となる。故にかゝる場合には

$$w_x = w\frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} \quad 及 \quad w_y = w\frac{l_x^4}{l_x^4 + l_y^4} \cdots\cdots(217)$$

となる。かくの如くにして縱橫の細長帶の荷重の分擔量が分れば彎曲率は自ら明となる。即ち自由支承、固定支承狀態の如何によりて彎曲率は容易に計算出來るのである。

(3) 危險斷面が對角線に沿ふて起ると假定しての解法。

均等彈性の材料からなる方形版に於ける破壞線は對角線に沿ふて生じ、又矩形版に於ては一部は長邊に平行に一部は對角線に沿ふて起るものである。然らば鐵筋コンクリート版の如く彈性の異なる材料からなる版に於ける破壞の狀態は如何と言ふに Dr.-Ing. C. Bach 教授及 Ing. O. Graf 兩氏の研究になる獨逸鐵筋コンクリート委員會報告第30號1915に依れば、大體に於て上記の破壞理論が當嵌る樣である。果して然らば長短邊が大差ない版に於ては危險斷面が對角線に沿ふて起ると考へてもよい譯である。以下に此假定に基く彎曲率の計算法を述べよう。



第 133 圖

今第133圖に示す如き 1234 なる版が $w$ なる等布荷重を荷へば支承上の反力 $R_A$ 及 $R_B$ の働點は圖示の通りである。今

$$P = \frac{1}{2}wab$$

とする。而して $\overline{13}$ を以つて危險斷面とせば此斷面に働く彎曲率 $M_{13}$ は

$$M_{13} = R_A\cdot\frac{c}{2}+R_B\frac{c}{2}-P\frac{c}{3} = (R_A+R_B)\frac{c}{2}-P\frac{c}{3}$$

然るに　$R_A+R_B = P = \frac{1}{2}wab$　であるから

$$M_{13} = \frac{ab}{2}w\frac{c}{2}-\frac{ab}{2}w\frac{c}{3} = \frac{ab}{12}cw$$

上式中の $c$ の値は

$$c = \frac{ab}{d} = \frac{ab}{\sqrt{a^2+b^2}}$$

故に　$M_{13} = w\frac{a^2b^2}{12\sqrt{a^2+b^2}}$

次に版に於ける鐵筋の配置に就て考ふるに、一般には主鐵筋は床板の各邊に平行であるから各鐵筋の方向の彎曲率は次の如くなる。

$$\left.\begin{aligned} M_a &= M_{13}\cos\varphi = M_{13}\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{w}{12}\,\frac{a^2b^3}{a^2+b^2} \\ M_b &= M_{13}\sin\varphi = M_{13}\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{w}{12}\,\frac{a^3b^2}{a^2+b^2} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots(218)$$

上式から判る樣に $a>b$ であれば $M_a<M_b$ である。此 (218) 式が與へる彎曲率は全幅 $a$ 又は $b$ に對する値であるから單位幅に對する値は $\frac{M_a}{b}$ 又は $\frac{M_b}{a}$ となる。故に $\frac{M_a}{b}$ は $\frac{M_b}{a}$ に等しくなるのである。

（4）廻捻力率を考慮せる近似解法。

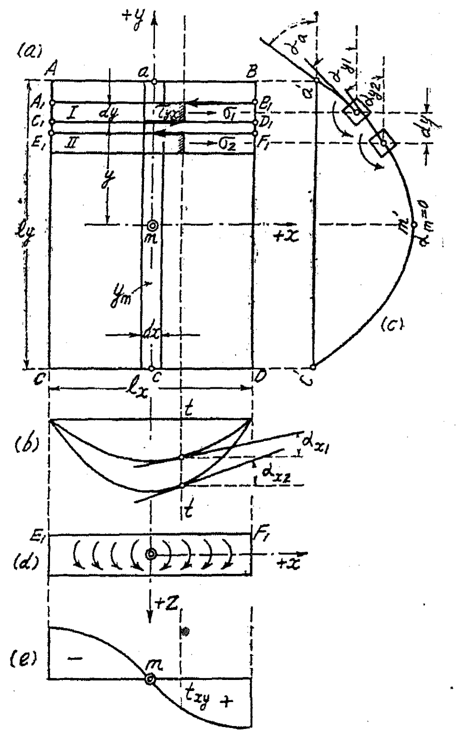
（a）概要。既に述べた樣に床版の彎曲率を正確に求むるには立體的に取扱はねばならぬ。此解法には Hager 氏の三角級數を應用せる解法（Hager:-Vorlesung über



Theorie des Eisenbetons 參照）及 Marcus 博士の廻捻力率 (Drillungsmoment) を適用した解法（Dr.-Ing. Marcus:-Die vereinfachte Berechnung biegsamer Platten 參照）とがある。玆に之等の理論に就て詳論する紙數を有しないのは著者の甚だ遺憾とする處である。只玆には Marcus 博士の廻捻力率を考慮に入れたる近似解法に就てのみ述べることゝする。此理論は現行の獨逸示方書の床版計算に關する規定の根底をなすものである。

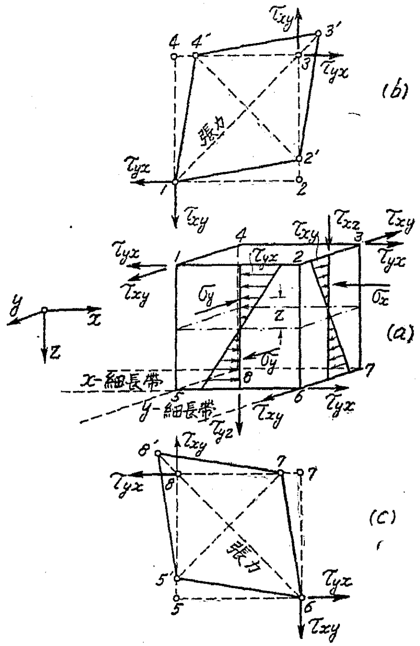
（2）に述べた解法に於ては細長帶はその左右の細長帶と何等の力學的關係のない獨立のものと假定した。然るに實際の狀態を見るに細長帶は左右の細長帶と密着して居るので明に力學的に連結されて居るのである。

今第134圖に於て Ⅰ 及 Ⅱ の細長帶を考ふるにその彈性曲線は（$b$）圖に示す樣に相違する。即ち $x$ 方向の細長帶の最大撓度は（c）圖に示す樣に版の中央に近づくに連れて大きくなる。隨つて版の中央の細長帶程大きな彎曲率を受け、延ては應力を受けて居ることになる。かく相隣れる細長帶の彎曲率が異なるため換言せば彈性曲線の切線の傾斜が異なるためその接觸面に剪力が生ずるのは說明する迄もないことである。此の剪力は彎曲率の變化に比例するのは勿論のことで、第135圖に示す樣に版の中央に於て零で上下の版面に於て最大値を示す。圖は面積 $dy\ dx$ にして版高 $h$ を有する立方體に於ける應力分布の有樣を示したものである。圖に於て $\sigma_x$ 及 $\sigma_y$ は夫々 $x$ 軸及 $y$ 軸の方向の彎曲應力で $\tau_{yx}$ は第135圖（$a$）に示した剪應力で之れを廻捻應力 (Drillungsspannung) と稱し此應力によつ



第 134 圖

て生ずる偶力率 $t_{xy}$ を廻捻力率(Drillungsmoment) と稱する。此廻捻力率は第134圖 ($d$) 及 ($e$) に示す樣に生じ、之れは圖示の如く桁に生ずる剪力によく似て居る。此廻捻應力は一般剪應力同樣靜力學の方則に隨ひ $yz$ の面にも生じ $\tau_{yx} = \tau_{xy}$ であることは說明を要しないことである。此 $\tau_{xy}$ によつて生ずる廻捻力率は $x$－細長帶に對しては扭力率の作用をなすのである。



第　135　圖

床版の撓度はこの廻捻力率を考慮することによつて著しく減ぜられるもので隨つて應力も減少する譯である。此廻捻力率の影響は版の上下面に表れ上面に於ては第135圖 ($b$) 圖の如く $\overline{13}$ の方向に張力を生じ $\overline{24}$ の線が危險斷面となり龜裂を生ずる懼があるのである。又下面は ($c$) 圖の如く張力及龜裂の方向が上面と相反す。故に此點に注意して配筋せざれば廻捻力率を有效に利用することが出來ぬ。尙自由支承上の版に於てはその四隅が持上る虞があるから之れを抑壓して廻捻力率を利用しなくてはならぬ。

廻捻力率が扭力率として働き床版に撓度を生ぜしめる事は前述の通りである。此廻捻力率によつて生ずる床版の撓度 $\delta'_x$ 及 $\delta'_y$ は Marcus 博士によれば之れを考慮せざる彎曲率によつて床版が受ける床度 $\delta_x$ 及 $\delta_y$ と相似をなすことが明となつた。然らば次の關係式が成立する。

$$\frac{\delta'_x}{\delta_x} = \frac{\delta'_y}{\delta'_y} \qquad \cdots\cdots (a)$$

此床版が受ける實際の撓度を $\delta_{xo}$ 及 $\delta_{yo}$ とすれば

$$\delta_{xo} = \delta_x + \delta'_x, \quad \text{及} \quad \delta_{yo} = \delta_y + \delta'_y \qquad \cdots\cdots (b)$$

而して $x$, $y$ 兩細長帶の交叉點に於ては



$$\delta_{xo} = \delta_{yo} \qquad \cdots\cdots (c)$$

隨つて　$$\delta_x = \delta_y \qquad \cdots\cdots (d)$$

此 $\delta_x$ 及 $\delta_y$ は夫々 $w_x$ 及 $w_y$ なる分割荷重を受けた $l_x$ 及 $l_y$ なる支間を有する桁の撓度で今自由支承上の床版とし、その中央を通る縱橫の細長帶に就て考ふるときは

$$\delta_x = \frac{5}{384}\frac{w_x l_x^4}{EI}, \quad \text{及} \quad \delta_y = \frac{5}{384}\frac{w_y l_y^4}{EI} \qquad \cdots\cdots (e)$$

∴ ($e$) 式及 ($d$) 式から

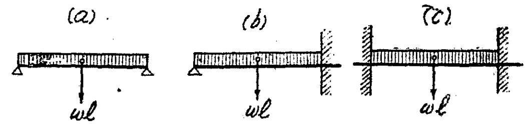
$$w_x l_x^4 = w_y l_y^4$$

なる關係を得る。而して $w_x + w_y = w$ なるを以つて

$$w_x = w\frac{l_y^4}{l_x^4+l_y^4}, \quad w_y = w\frac{l_x^4}{l_x^4+l_y^4} \qquad \cdots\cdots (f)$$

卽ち ($f$) 式の關係は (217) 式の關係と同樣である。以上から判る樣に廻捻力率を考へに入れた場合の縱橫の細長帶に傳達される荷重の分擔割合は之れを考へに入れざる場合と同樣である。

依つて支承の種々なる狀態に對する荷重分擔の割合は次の如くなる (第136圖參照)



第　136　圖

卽ち本 § (2) に述べた樣に $\alpha:\beta = C$ とせば

$$w_x = w\frac{l_y^4}{C l_x^4+l_y^4}, \quad \text{及} \quad x_y = w\frac{l_x^4}{l_x^4+C^{-1} l_y^4} \qquad \cdots\cdots (g)$$

玆に $\alpha$ 又は $\beta$ の値は

($a$) の場合に對しては　　5

($b$) の場合に對しては　　2

($c$) の場合に對しては　　1

以上で廻捻力率を考慮に入れた場合の荷重分擔の割合が明となつたから、尙進んで彎曲率に就て考へよう。今廻捻力率に依つて縱橫の細長帶が受ける彎曲率を夫々 $M'_x$ 及 $M'_y$、直接荷重に依つて受ける彎曲率を $M_x$ 及 $M_y$ とすれば實際床版の縱橫の細長帶が受ける彎曲率は

$$M_{xo} = M_x + M'_x \quad \text{及} \quad M_{yo} = M_y + M'_y \qquad \cdots\cdots (h)$$

然るに $M'_x$ なる廻捻力率による彎曲率は直接荷重による彎曲率に比例するから $(h)$ 式は次の形で表される。

即ち $M_{xo} = \nu_x M_x$, 及 $M_{yo} = \nu_y M_y$

而して版の中央を通る縦横の細長帯に對しては

$$M_{x\,max} = \nu_x M_x,\quad 及\quad M_{y\,max} = \nu_y M_y \quad\cdots\cdots(219)$$

此 $\nu_x$ 及 $\nu_y$ の値は Marcus 博士によれば近似的に次の式にて表すことが出來る。

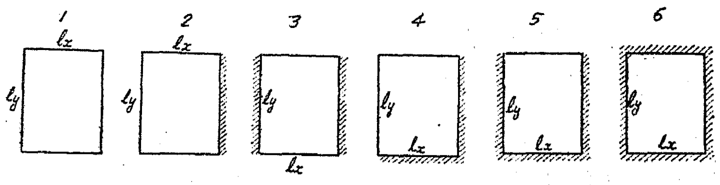
$$\nu_x = 1-\frac{5}{6}\frac{M_x}{\mathfrak{M}_y},\quad 及\quad \nu_y = 1-\frac{5}{6}\frac{M_y}{\mathfrak{M}_x}\cdots\cdots(220)$$

茲に $\mathfrak{M}_x$ 及 $\mathfrak{M}_y$ は夫々 $l_x$ 及 $l_y$ を徑間とし全荷重 $w$ を受けたる桁の彎曲率で四方とも自由支承の場合は

$$\mathfrak{M}_x = \frac{w}{8}l_x^2,\quad 及\quad \mathfrak{M}_y = \frac{w}{8}l_y^2$$

となる。而して四邊が自由支承の場合には隅が浮上らない様にしなくては (219) 式は用ひられないのは言ふ迄もない。

(b) 單床版。 單床版の正彎曲率は (219) 式から計算出來る。而して $\nu_x$ 及 $\nu_y$ の値は版の支承状態に依つて異なる。支承状態には、第137圖に示す種々の場合がある。



第 137 圖

計算の便宜上 (219) 式は次の如く書換へることが出來る。

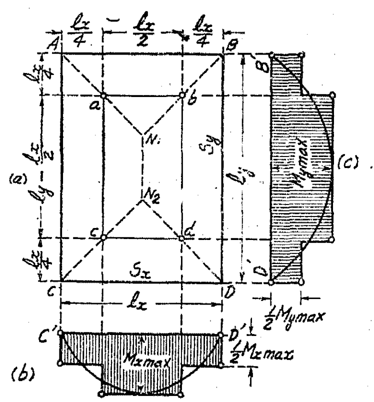
$$M_{x\,max} = \frac{wl_x^2}{\varphi_x},\quad 及$$

$$M_{y\,max} = \frac{wl_y^2}{\varphi_y}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(221)$$

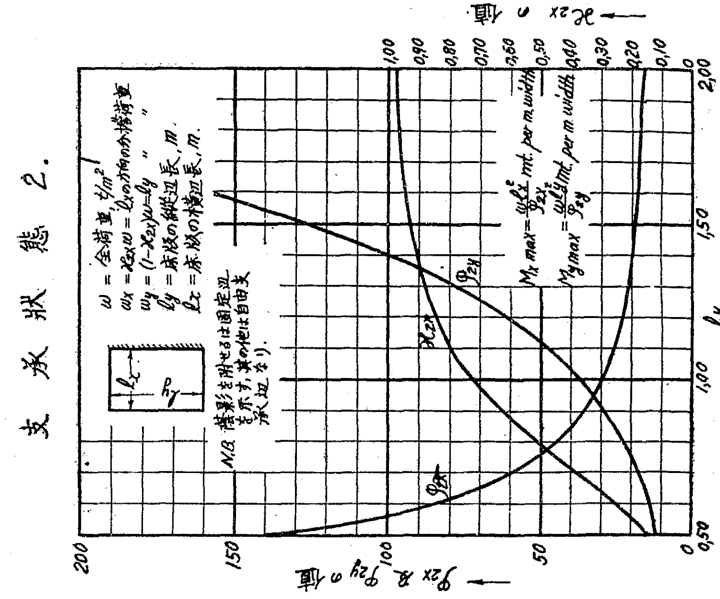
而して $x$ 及 $y$ の方面に於ける荷重負擔の量は次式から計算する。

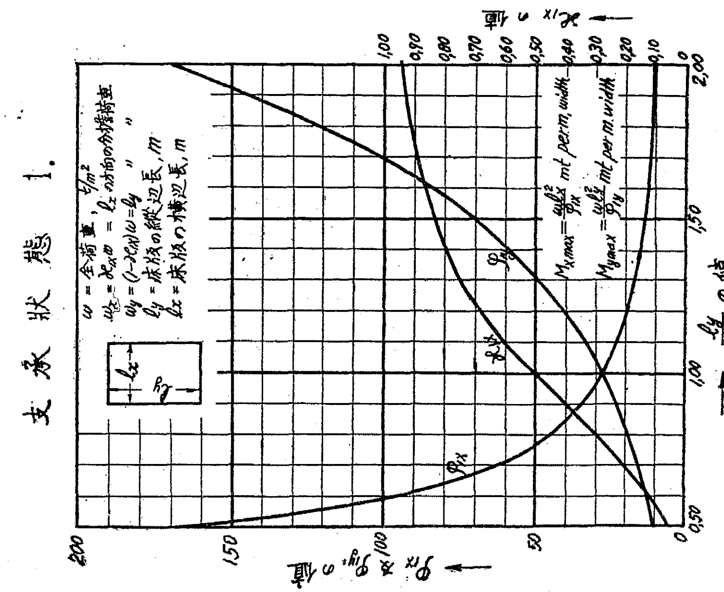
$$w_x = \kappa_x w,\ 及\ w_y = (1-\kappa_x)w\cdots(222)$$

(221) 及 (222) 式の値を $\lambda = l_y : l_x$ に對

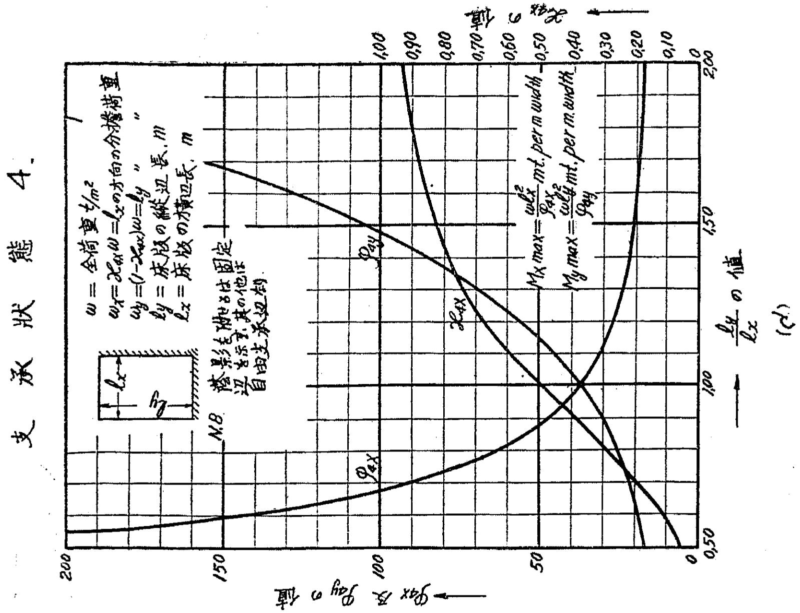


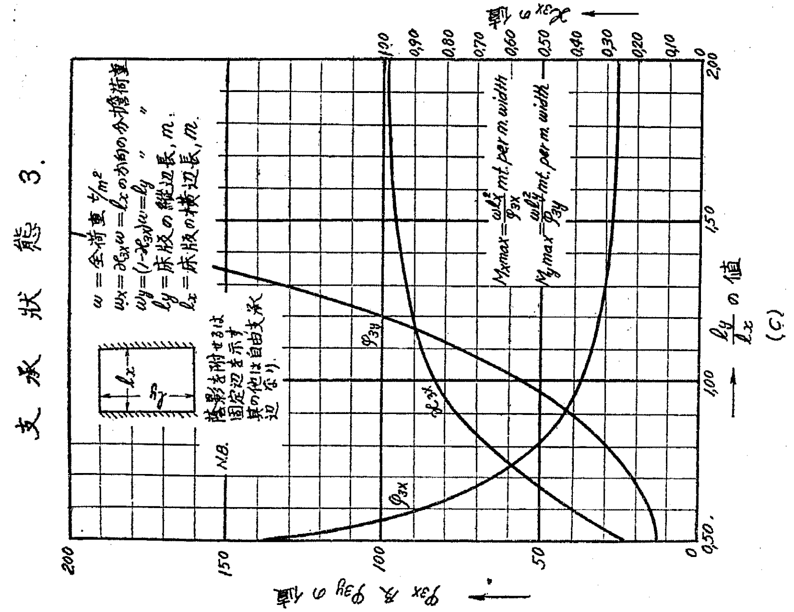
第 138 圖



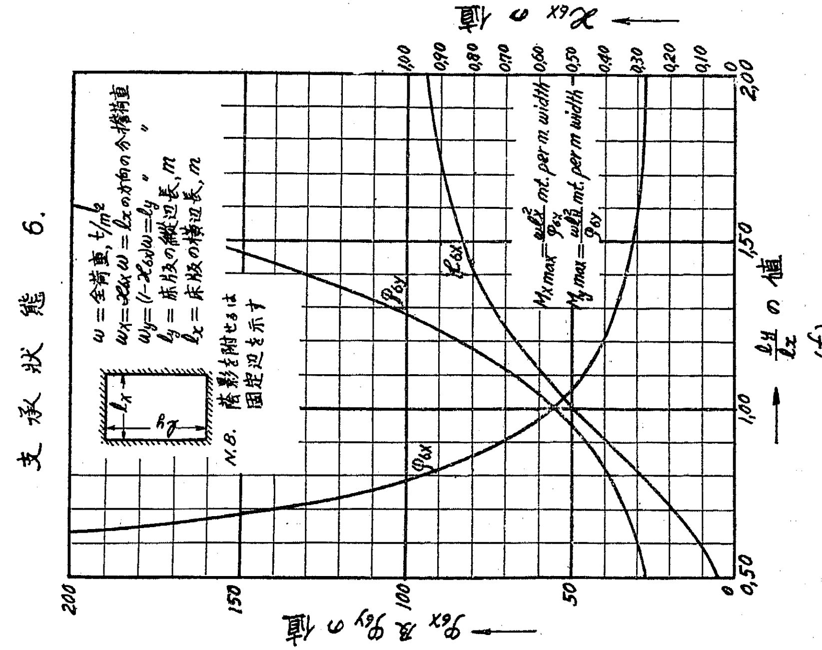

第 139 圖 (a) 及 (b)

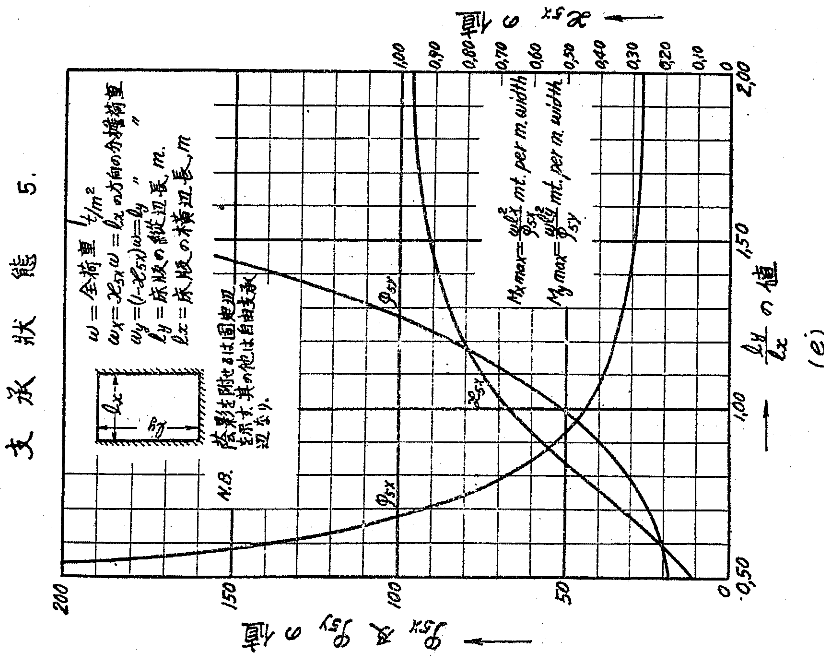



第 139 圖 (c) 及 (d)






第 139 圖 (e) 及 (f)

して計算して置けば便利である。第139圖は卽ちそれで第137圖の凡ての場合に對するものである。

而して(221)式によつて計算した彎曲率は版全體に對して第138圖に示す樣に分配すればよい。又剪力は次の如く計算する。今 $S_x$ を $l_x$ の方向の全支承反力、$S_y$ を $l_y$ の方向のそれとすれば

$$S_x = \frac{1}{4} l_x^2 w, \quad \text{及} \quad S_y = \frac{1}{4} l_x w (2l_y - l_x) \cdots\cdots\cdots (223)$$

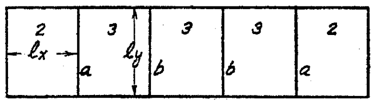
而して固定端の場合の固定端負彎曲率は

$$\left.\begin{aligned} M_x &= -w\frac{l_x^2}{12}\cdot\frac{l_y^4}{l_x^4+l_y^4} \\ M_y &= -w\frac{l_y^2}{12}\cdot\frac{l_x^4}{l_x^4+l_y^4} \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(224)$$

から計算してよい。尤も $x$, $y$ 何れの方向に於ても一端自由支承の場合の固定端の負彎曲率は第139圖から $w$ の分擔量を求めそれに、$-\frac{1}{8}(l_x^2$ 又は $l_y^2)$ を乘ずればよい。

(c) 連續版。 連續版の彎曲率は第十章第三節に述べたる理論を適用して計算することが出來る。獨逸に於ては此計算を實際化して次の樣にして普通計算して居る。卽ち全構格に $w' = (w_d + \frac{w_l}{2})$ なる荷重が乘り、交互の構格に $w'' = \frac{w_l}{2}$ なる荷重が乘るものとして彎曲率を計算する。

イ、一列式連續版(第140圖)



第 140 圖

端構格 2:

$$\left.\begin{aligned} M_{x\,max} &= l_x^2\left(\frac{w'}{\varphi_{2x}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1x}}\right) \\ M_{y\,max} &= l_y^2\left(\frac{w'}{\varphi_{2y}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1y}}\right) \end{aligned}\right\}\cdots(225)$$

中間構格 3:

$$M_{x\,max} = l_x^2\left(\frac{w'}{\varphi_{3x}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1x}}\right), \quad M_{y\,max} = l_y^2\left(\frac{w'}{\varphi_{3y}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1y}}\right) \cdots\cdots(226)$$

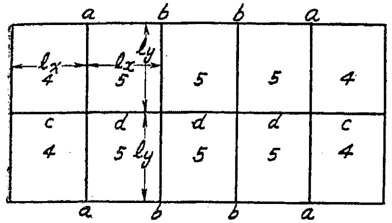
支 承:

$$M_a = -\frac{1}{10} w l_x^2 \kappa_{3x}, \quad M_b = -\frac{1}{12} w l_x^2 \kappa_{3x} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(227)$$

ロ、二列式連續版(第141圖)

隅構格 4:





第 141 圖

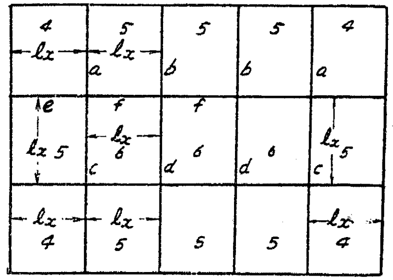
$$\left.\begin{aligned} M_{x\,max} &= l_x^2\left(\frac{w'}{\varphi_{4x}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1x}}\right) \\ M_{y\,max} &= l_y^2\left(\frac{w'}{\varphi_{4y}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1y}}\right) \end{aligned}\right\}\cdots(228)$$

緣構格 5:

$$\left.\begin{aligned} M_{x\,max} &= l_x^2\left(\frac{w'}{\varphi_{5x}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1x}}\right) \\ M_{y\,max} &= l_y^2\left(\frac{w'}{\varphi_{5y}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1y}}\right) \end{aligned}\right\}\cdots(229)$$

支 承:

$$\left.\begin{aligned} M_a &= -\frac{1}{10} w l_x^2 \kappa_{5x}, & M_b &= -\frac{1}{12} w l_x^2 \kappa_{5x} \\ M_c &= -\frac{1}{8} w l_y^2 (1-\kappa_{4x}), & M_d &= -\frac{1}{8} w l_y^2 (1-\kappa_{5x}) \end{aligned}\right\}\cdots(230)$$



第 142 圖

ハ、三列式連續版(第142圖)

隅構格 4, 緣構格 5 に對する彎曲率は二列式の場合と同樣である。

中央構格 6:

$$\left.\begin{aligned} M_{x\,max} &= l_x^2\left(\frac{w'}{\varphi_{6x}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1x}}\right) \\ M_{y\,max} &= l_y^2\left(\frac{w'}{\varphi_{6y}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1y}}\right) \end{aligned}\right\}\cdots(231)$$

支 承:

$$\left.\begin{aligned} M_a &= -\frac{1}{10} w l_x^2 \kappa_{5x}, & M_d &= -\frac{1}{12} w l_x^2 \kappa_{6x} \\ M_b &= -\frac{1}{12} w l_x^2 \kappa_{5x}, & M_e &= -\frac{1}{10} w l_x^2 \kappa_{5x} \\ M_c &= -\frac{1}{10} w l_x^2 \kappa_{6x}, & M_f &= -\frac{1}{10} w l_y^2 (1-\kappa_{6x}) \end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(232)$$

(5) 我土木學會規定。 二方向 $x$ 及 $y$ に各主鐵筋を有する矩形版に於ては、短邊の長さが長邊の長さの $\frac{1}{2}$ 以上なる場合には、等布荷重に對し次の如くにして其の彎曲率を求むることを得ることになつて居る。

$x$ の方向に於ける分擔荷重 $w_x = w\frac{l_y^4}{l_x^4+l_y^4}$

$y$ の方向に於ける分擔荷重 $w_y = w\frac{l_x^4}{l_x^4+l_y^4}$

而して最大彎曲率は次の式より求める。

第 37 表

| 正の最大徑間彎曲率 | | |
|---|---|---|
| 自由支承の場合 | 準固定支承の場合 | 固定支承の場合 |
| $M_x=\frac{1}{8}w_x l_x^2$<br>$M_y=\frac{1}{8}w_y l_y^2$ | $M_x=\frac{1}{16}w_x l_x^2$<br>$M_y=\frac{1}{16}w_y l_y^2$ | $M_x=\frac{1}{24}w_x l_x^2$<br>$M_y=\frac{1}{24}w_y l_y^2$ |
| 負の最大支承彎曲率 | | |
| $M_x=0$<br>$M_y=0$ | $M_x=-\frac{1}{10}w_x l_x^2$<br>$M_y=-\frac{1}{10}w_y l_y^2$ | $M_x=-\frac{1}{12}w_x l_x^2$<br>$M_y=-\frac{1}{12}w_y l_y^2$ |

第 37 表から判る樣に我土木學會の規定は本 §（2）の假定による公式に依つて定められて居るのである。隨つて廻捻力率を考へに入れてゐないから本公式による計算値は安全側の誤差がある譯である。特に自由支承の場合に然りとする。

〔例題 32.〕 $l_x=5m,\ l_y=6m,\ w=1t/m^2$ なる矩形床版の彎曲率を求む。

但し（$a$）四邊自由支承の場合。（$b$）四邊固定支承の場合。

（$a$）四邊自由支承の場合。

イ、§ 144（2）による解法。

(217) 式から $w_x=w\dfrac{l_y^4}{l_x^4+l_y^4}=1\cdot\dfrac{6^4}{5^4+6^4}=0{,}675\ t/m^2$

$$w_y=w\frac{l_x^4}{l_x^4+l_y^4}=1\cdot\frac{5^4}{5^4+6^4}=0{,}325\ t/m^2$$

故に $M_{x\,max}=\dfrac{1}{8}w_x l_x^2=\dfrac{1}{8}\cdot0{,}675\cdot5^2=2{,}109\ mt$

$$M_{y\,max}=\frac{1}{8}w_y l_y^2=\frac{1}{8}\cdot0{,}325\cdot6^2=1{,}462\ mt$$

ロ、§ 144（3）による解法。

(218) 式から $M_x=\dfrac{M_b}{a}=\dfrac{w}{12}\ \dfrac{a^2b^2}{a^2+b^2}=\dfrac{1}{12}\ \dfrac{5^2\cdot6^2}{5^2+6^2}=1{,}229\ mt$

$$M_y=\frac{M_a}{b}=\frac{w}{12}\ \frac{a^2b^2}{a^2+b^2}=1{,}229\ mt$$

ハ、§ 144（4）による解法。

(221) 式から $M_{x\,max}=\dfrac{wl_x^2}{\varphi_{1x}}=\dfrac{1\cdot5^2}{19{,}45}=1{,}285\ mt$

$$M_{y\,max}=\frac{wl_y^2}{\varphi_{1y}}=\frac{1\cdot6^2}{40{,}34}=0{,}892\ mt$$

$\varphi_{1x}$ 及 $\varphi_{1y}$ は第 139 圖（$a$）から求めたものである。



ニ、§ 144（5）我土木學會規定に依る計算法はイに同じ。

（$b$）四邊固定支承の場合。

イ、§ 144（2）による解法。

正の最大徑間彎曲率

$$M_x=\frac{1}{24}w_x l_x^2=\frac{1}{24}\cdot0{,}675\cdot5^2=0{,}703\ mt$$

$$M_y=\frac{1}{24}w_y l_y^2=\frac{1}{24}\cdot0{,}325\cdot6^2=0{,}488\ mt$$

負の最大支承彎曲率

$$M_x=-\frac{1}{12}w_x l_x^2=-1{,}406\ mt$$

$$M_y=-\frac{1}{12}w_y l_y^3=-0{,}975\ mt$$

ロ、§ 144（4）による解法。

正の最大徑間彎曲率

$$M_x=\frac{wl_x^2}{\varphi_{6y}}=\frac{5^2}{40{,}90}=0{,}611\ mt$$

$$M_y=\frac{wl_y^3}{\varphi_{6y}}=\frac{6^2}{84{,}80}=0{,}425\ mt$$

負の最大支承彎曲率

イの場合と同樣である。

ハ、我土木學會規定に依る設算法はイと同じ。

## § 145. 一方向にのみ主鐵筋を有する版の應力計算及斷面の設計

（1）單版。 二自由支承に亘る單版の彎曲率が知れゝば之に依つて版に生ずる應力を求め或は彎曲率を知つて版を設計するには第十章第四節の理論を其の儘應用することが出來る。即ち桁に於ける $b$ の代りに版の單位幅例へば $1m$ を取り之に對して彎曲率及應力の計算或は設計をすればよい。

（2）連續版の設計。 連續版に生ずる彎曲率は本節 § 143 又は第十章第三節に述べた理論から種々の場合に對して計算することが出來る。

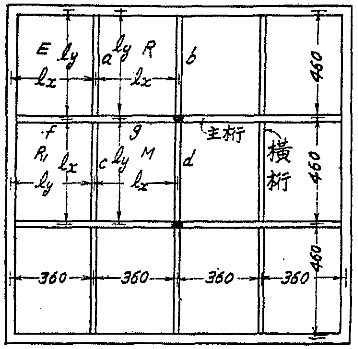
然るときは版の中央に於ては單鐵筋矩形斷面桁、支承上に於ては複鐵筋矩形斷面桁として應力の計算及び斷面の設計が出來る。是等に關する計算法は第十章第四節及第五節に於て詳論して置いた。版の設計に當つては本章 § 142 に述べた設計細目に依ることを要する。又版と桁とが一體となりて働く所謂 T 形桁の作用をなす場合には第九章 § 94 の要項に照して設計することが肝要である。

（1）及（2）何れの場合を問はず、主鐵筋と直角の方向に § 142 に述べた設計細目に從ひ横鐵筋を加へなくてはならぬ。

本 § に關係ある計算例題は既に第十章第四節及第五節に多數掲げて置いたから讀者はそれ等を參照されたい。

### § 146. 二方向に主鐵筋を有する版の應力計算及斷面の設計

二方向に主鐵筋を有する版の應力計算及斷面の設計も § 145 と同樣に、縱橫兩方向の細長帶に就て別々に計算すればよいのである。




第 143 圖

〔例題 33.〕 第143圖に示すが如き 12 徑間を有する三列式連續版あり、その周は凡て自由支承にして中央支承上に於て連續版の働きをなせり。今此床版が縱橫の主鐵筋を有し死荷重 $w_d = 0{,}400\ t/m^2$、活荷重 $w_l = 0{,}900\ t/m^2$ なる荷重を荷へるものとして設計せよ。但し床版の邊長は 3,60・4,60 $m$ とす。

連續版であるから § 144（4）（$c$）に依つて先づ外力の計算をしなくてはならぬ。

全構格に乘る荷重は

$$w' = \left(w_d + \frac{w_l}{2}\right) = 0{,}40 + \frac{0{,}90}{2} = 0{,}850\ t/m^2$$

$$w'' = \frac{w_l}{2} = 0{,}450\ t/m^2$$

イ、徑間最大彎曲率

隅構格 $E$ $l_x = 3{,}60\ m,\ l_y = 4{,}60\ m,\ \lambda = l_y : l_x = 1{,}28$

第139圖（$d$）から $\varphi_{4x} = 24{,}74,\ \varphi_{4y} = 66{,}45$

第139圖（$a$）から $\varphi_{1x} = 17{,}52,\ \varphi_{1y} = 46{,}95$

(228) 式から $M_x = l_x^2\left(\frac{w'}{\varphi_{4x}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1x}}\right) = 3{,}60^2\left(\frac{0{,}850}{24{,}74} \pm \frac{0{,}450}{17{,}52}\right) = 0{,}445 \pm 0{,}333$

$\therefore\ M_x = 0{,}778\ mt$ 又は $0{,}112\ mt$

(228) 式から $M_y = l_y^2\left(\frac{w'}{\varphi_{4y}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1y}}\right) = 4{,}60^2\left(\frac{0{,}850}{66{,}45} \pm \frac{0{,}450}{46{,}95}\right) = 0{,}270 \pm 0{,}203$

$\therefore\ M_y = 0{,}473\ mt$ 又は $0{,}067\ mt$

正面緣構格 $R$ $l_x = 3{,}60\ m,\ l_y = 4{,}60\ m,\ \lambda = l_y : l_x = 1{,}28$

第139圖（$e$）から $\varphi_{5x} = 33{,}29,\ \varphi_{5y} = 103{,}4$

(229) 式から $M_x = l_x^2\left(\frac{w'}{\varphi_{5x}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1x}}\right) = 3{,}60^2\left(\frac{0{,}850}{33{,}29} \pm \frac{0{,}450}{17{,}52}\right) = 0{,}331 \pm 0{,}333$



$\therefore\ M_x = 0{,}664$ 又は $-0{,}002\ mt$

$M_y = l_y^2\left(\frac{w'}{\varphi_{5y}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1y}}\right) = 4{,}60^2\left(\frac{0{,}850}{103{,}4} \pm \frac{0{,}450}{46{,}95}\right) = 0{,}174 \pm 0{,}203$

$\therefore\ M_y = 0{,}377$ 又は $-0{,}029\ mt$

側面緣構格 $l_x = 4{,}60\ m,\ l_y = 3{,}60\ m,\ \lambda = 3{,}60 : 4{,}60 = 0{,}78$

第139圖（$e$）から $\varphi_{5x} = 70{,}38,\ \varphi_{5y} = 29{,}66$

(229) 式から $M_x = 4{,}60^2\left(\frac{0{,}850}{70{,}38} \pm \frac{0{,}450}{47{,}06}\right) = 0{,}256 \pm 0{,}202$

$\therefore\ M_x = 0{,}458$ 又は $0{,}054\ mt$

$M_y = 3{,}60\left(\frac{0{,}850}{29{,}66} \pm \frac{0{,}450}{17{,}35}\right) = 0{,}371 \pm 0{,}336$

$\therefore\ M_y = 0{,}707$ 又は $0{,}035\ mt$

中央構格 $M$ $l_x = 3{,}60\ m,\ l_y = 4{,}60\ m,\ \lambda = 4{,}60 : 3{,}60 = 1{,}28$

第139圖（$f$）から $\varphi_{6x} = 37{,}69,\ \varphi_{6y} = 101{,}28$

(231) 式から $M_x = l_x^2\left(\frac{w'}{\varphi_{6x}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1x}}\right) = 3{,}60^2\left(\frac{0{,}850}{37{,}69} \pm \frac{0{,}450}{17{,}52}\right) = 0{,}292 \pm 0{,}333$

$\therefore\ M_x = 0{,}625$ 又は $-0{,}041\ mt$

$M_y = l_y^2\left(\frac{w'}{\varphi_{6y}} \pm \frac{w''}{\varphi_{1y}}\right) = 4{,}60^2\left(\frac{0{,}850}{101{,}3} \pm \frac{0{,}450}{46{,}95}\right) = 0{,}171 \pm 0{,}203$

$\therefore\ M_y = 0{,}374$ 又は $-0{,}032\ mt$

ロ、最大支承彎曲率

緣構格 $R$ $\lambda = 1{,}28$ なるを以つて第139圖（$e$）から $\varkappa_{5x} = 0{,}842$ を得る。故に (232) 式から

$$M_a = -\frac{1}{10} \cdot 1{,}30 \cdot 3{,}60^2 \cdot 0{,}842 = -1{,}419\ mt$$

$$M_b = -\frac{1}{12} \cdot 1{,}30 \cdot 3{,}60^2 \cdot 0{,}842 = -1{,}183\ mt$$

支承をなす桁の腹部の幅が 26 $cm$ だけあるものと假定すれば支承端に於ける彎曲率は上記の値より $\Delta M$ だけ小さくなる。此 $\Delta M$ の値は

$$\Delta M = \frac{1}{2} \cdot 3{,}60 \cdot 1{,}30 \cdot 0{,}842 \cdot 0{,}13 = 0{,}256\ mt$$

故に更正最大支承彎曲率は

$$_cM_a = M_a + \Delta M = -1{,}419 + 0{,}256 = -1{,}163\ mt$$

$$_cM_b = M_b + \Delta M = -1{,}183 + 0{,}256 = -0{,}927\ mt$$

中央構格 $M$ $\lambda = 1{,}28$ なるを以つて第139圖（$f$）から $\varkappa_{5y} = 0{,}728$

$\therefore\ w_{5x} = 1{,}30 \cdot 0{,}728 = 0{,}946\ t/m^2$

$w_{5y} = 1{,}30 - 0{,}946 = 0{,}354\ t/m^2$

(232) 式から $M_c = -\frac{1}{10} \cdot 3{,}60^2 \cdot 0{,}946 = -1{,}226\ mt$

$$M_d = -\frac{1}{12}\cdot 3{,}60^2\cdot 0{,}946 = -1{,}022\ mt$$

$$\Delta M = \frac{1}{2}\cdot 360\cdot 0{,}946\cdot 0{,}13 = 0{,}221\ mt$$

故に $${}_cM_c = -1{,}226+0{,}221 = -1{,}005\ mt$$

$${}_cM_d = -1{,}022+0{,}221 = 0{,}801\ mt$$

$$M_g = -\frac{1}{10}\cdot 4{,}60^2\cdot 0{,}354 = -0{,}749\ mt$$

緣構格 $R_1$ $\lambda = 0{,}78$

$$w_{5x} = w\cdot\varkappa_{5x} = 1{,}300\cdot 0{,}4251 = 0{,}553\ t/m^2$$

故に $$M_f = -\frac{1}{10}\cdot 4{,}60^2\cdot 0{,}553 = -1{,}170\ mt$$

今 $f$ なる支持桁の腹部の幅 $b_0$ が 32 $cm$ として

$$\Delta M = \frac{1}{2}\cdot 4{,}60\cdot 0{,}553\cdot 0{,}16 = 0{,}204\ mt$$

故に $${}_cM_f = -1{,}170+0{,}204 = 0{,}966\ mt$$

ハ、隅構格床版の設計。

今 $\sigma_c = 0{,}040\ t/cm^2$, $\sigma_s = 1{,}200\ t/cm^2$ とせば $M_x = 77{,}8\ cmt$ であるから第 76 圖から $d_x = 11{,}5\ cm$, $A_{sx} = 6{,}36\ cm^2$ 故に $\phi\ 10\ mm$ を 12,5 $cm$ 間隔に用ふる。

次に $d_y = 11{,}5-1{,}0 = 10{,}5\ cm$ なるを以つて $\sigma_c = 0{,}040\ t/cm^2$, $\sigma_s = 1{,}200\ t/cm^2$ とせば $A_{sy} = 4{,}20\ cm^2$ 即ち $\phi\ 8\ mm$ を 12 $cm$ 間隔に用ふればよい。次に床版全體に就て正彎曲率に對して如何なる風に鐵筋を配置するかと言ふに之れは § 144 (4) ($b$) の第 138 圖に依ればよい。即ち

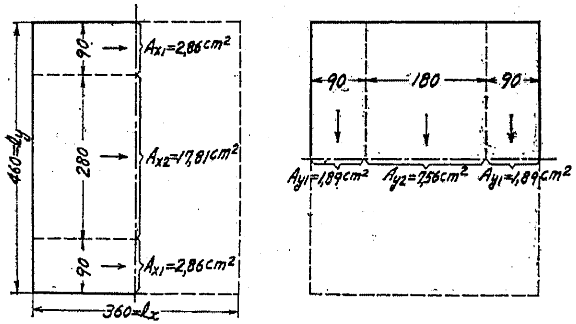
$$A_{x1} = 0{,}5\cdot 0{,}90\cdot 6{,}36 = 2{,}86\ cm^2$$

$$A_{x2} = 2{,}80\cdot 6{,}36 = 17{,}81\ cm^2$$

$$A_{y1} = 0{,}5\cdot 0{,}90\cdot 4{,}20 = 1{,}89\ cm^2$$

$$A_{y2} = 1{,}80\cdot 4{,}20 = 7{,}56\ cm^2$$

即ち第 144 圖の如く配置すればよい。




第 144 圖



剪力は (223) 式から

$$S_x = \frac{1}{4}\,l_x^2 w = 0{,}25\cdot 3{,}60^2\cdot 1{,}300 = 4{,}212\ t$$

$$S_y = \frac{1}{4}\,l_x w(2l_y - l_x) = 0{,}25\cdot 3{,}60\cdot 1{,}300(2\cdot 4{,}60-3{,}60) = 6{,}452\ t$$

以上の如くであるから讀者は腹鐵筋の必要がないことが直ちに了解出來るであらう。其の他支承彎曲率に對する鐵筋の設計は既に述べた第十章の理論を應用して直ちに出來る。

又其の他の構格に於ける設計も同樣にしてなすことが出來る。

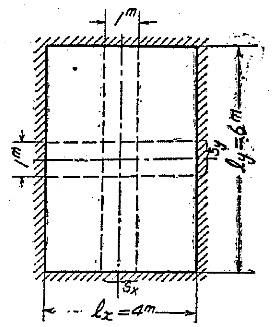
## § 147. 桁梁式床版に於ける剪力及剪應力

(1) 一方向にのみ主鐵筋を有する版の剪力。 一方向にのみ主鐵筋を有する版の剪力は桁の場合と何等異なることはない。之に關しては第十章第三節を參照されたい。

(2) 二方向に主鐵筋を有する版の剪力。 二方向に主鐵筋を有する版の剪力は (223) 式から計算出來る。近似的には單位幅の細長帶に對して

$$S_x = \frac{1}{2}w_y l_y,\qquad S_y = \frac{1}{2}w_x l_x \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\ (233)$$

から計算してよい。次に簡單なる例を示さう。




第 145 圖

〔例題 34.〕 第 145 圖に示す如き床版の剪力を求む。但し $w = 1\ t/m^2$ とす。

(223) 式によれば 1 $m$ 幅に對する平均剪力は

$$S_x = \frac{1}{4}l_x w = 1\ t$$

$$S_y = \frac{1}{4\,l_y}l_x\cdot w(2\,l_y - l_x) = \frac{1}{4\cdot 6}\cdot 4\cdot(2\cdot 6-4) = 1{,}333\ t$$

(233) 式に依れば、先づ $w_x$ 及 $w_y$ は第 139 圖 ($e$) から

$$w_x = 0{,}835\ w,\qquad w_y = 0{,}165\ w$$

故に $$S_x = \frac{1}{2}\cdot 0{,}165\cdot 6 = 0{,}5\ t$$

$$S_y = \frac{1}{2}\cdot 0{,}835\cdot 4 = 1{,}67\ t$$

以上から判る樣に近似解法に於ては長邊支承に於ける値は大きく、短邊支承に於ては小さく表はれる。

以上の如くにして剪力の計算が出來れば剪應力は第十章第九節に述べた理論から計算が出來る。尙剪應力に對する腹鐵筋の設計も亦桁の場合と全く同樣である。

# 第二節　平　　版

## § 148. 概　　說

（1）定義。既に述べた樣に平版とは互に相交る主鐵筋を有するコンクリート版が直接鐵筋コンクリート柱によつて支へられ、且つ之と耐彎曲的に連結されたもので、桁梁式床版に於けるが如く桁を有しないのである。之を英米では Flat slab と稱し、獨逸では Pilzdecken と稱する。

（2）平版の作用。平版は一般に下面が平で版全體を通じて同じ厚さにするか、若くは補强格（Panel）を有する式にする。何れにしても桁と稱すべきものを缺ぐから床版上の荷重を柱まで安全に傳達するには配筋に充分の考慮を拂ふことが肝要である。かくて荷重は凡て柱に傳はつて來るから版の柱に取付く部分の剪力は非常に大なる値になる。然るに平版の厚さは割合に薄いものであるからその儘では抵抗力が不足する。そこで柱の頭部を擴大し、或は必要に應じて此附近だけを特に厚くする。かくの如く柱の頂部の大きくなつた處を柱頭（Column capital）と稱する。それでも强度が不足するときは承版（Dropped panel）を設ける。又彎率曲に對しても剪力同樣で、版と柱との取付面に於ては負彎曲率が相當に大きな値になるから柱頭部は相當に大きくする必要がある。尙一層丈夫にするため承版を設けて柱頭部附近の版厚を大とすることもある。又承版を柱から柱まで延して補强格とする事もある。此補强格は扁平なる桁の作用をする。

（3）配筋法。平版の配筋法には次の種類がある。

イ、二方向配筋法（Two-way system）

ロ、三方向配筋法（Three-way system）

ハ、四方向配筋法（Four-way system）

ニ、圓形配筋法（Circumferential system）

（4）平版の計算法。平版の理論は桁梁式床版同樣定論を見ては居ないが最近十年間に於て獨米の大家に依つて理論的に研究されて來た。故に之等の信憑すべき理論によつて平版の彎曲率及剪力の計算を行ひ、それによつて版に於ける應力の計算又は斷面の設計をやれば之れに越した事はない。然し乍ら平版の理論は高等力學の範圍に屬し相當に難解たるを免れないから計算を簡易にするために玆に純理論を基として種々の近似的公式が誘導されたのである。各國示方書に採用されて居る規定は多くは此種の近似公式による計算法が多い。



現今に於ける平版に關する代表的の規定としては、米國及獨逸の標準を揭げることが出來よう。

米國に於ては一般土木工事に在りては1924年の聯合委員會の標準示方書規定が採用され來つて居る。此規定は同國 Talbot 教授、Westergaard 教授、Nichols 氏等の理論的並に實驗的研究の結果から誘導された實際公式による計算法である。此標準示方書の發表後も研究を重ね遂に1928年に至つて米國コンクリート協會及土木工師協會の聯合委員會で鐵筋コンクリート建築規格を定め、その第十章に於て平版に關する規定を設け建築工事にも1924年の標準示方書規定と殆んど相等しい規定を適用することに意見の一致を見たのである。此の規定は未だ一般の標準示方書規定にはなつて居ないが案としては一般に承認されて居る處のものである。詳細は米國コンクリート協會誌、1928年を參照されたい。

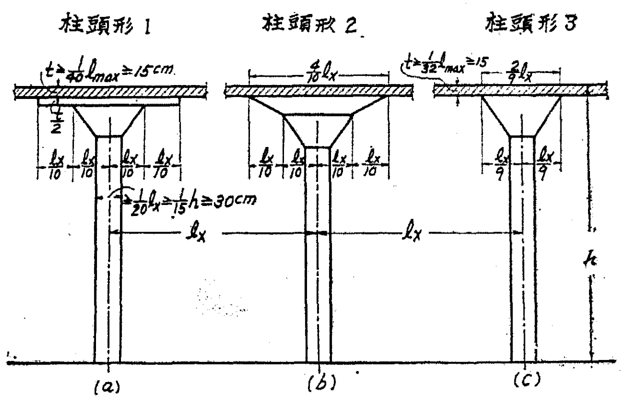
獨逸に於ては 1925年の規定が標準になつて居る。此規定は獨逸に於て一般に用ひられて居る規定で本節に於ては主として之に依つて平版の計算法を述べて置いた。

米獨の平版に關する規定を比較すれば獨逸の規定が米國の夫に比して、餘程安全なものであると言ふことが判る。

## § 149. 設計細目

獨逸に於ける平版は二方向配筋法式を以つて標準として居る。而して版と柱との連結部の設計は第146圖の如く規定して居る。

第146圖（$a$）及（$b$）は特に柱頭部を補强した構造で（$a$）圖は承版（Verstärkungsplatte）卽ち Dropped panel を有し、（$b$）圖は漏斗狀承版（Verstärkungsschräge）を有する設計例で之等は普通の床に用ひられる構法である。（$c$）圖は只單に柱頭部のみを有する設計で、荷重の輕い、例へば屋根床等の場合に採用される構造である。此平版




第　146　圖

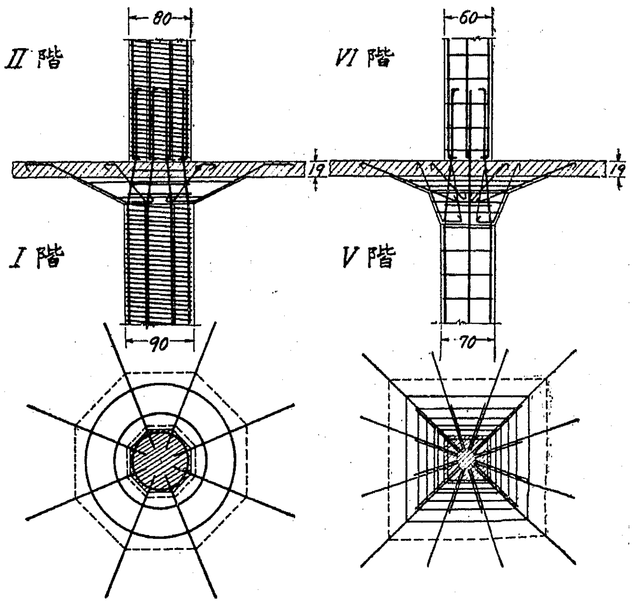
の計算法には理論計算法と近似計算法とがある。獨逸示方書に於ては

イ、彈性版理論に依る正解法に依るか、或は

ロ、支柱と桁からなる剛性ラーメンとしての近似解法に依るか、又は

ハ、簡易公式に依る近似的計算法に依つて彎曲率、剪力等の外力を計算することになつて居る。

柱頭部の補強の方法には種々あるが、第147圖はその數例である。




第　147　圖

**§150. 彈性版理論に依る正解法**

平版の彎曲率及剪力は彈性版の理論を應用して計算すべきである。此計算に當つては矩形床版に於けると同樣に廻捻力率を考へに入れなくてはならぬ。柱頭に於ては水平面に對して 45° の傾斜以下に位する部分は應力の傳達に對しては無効と考へて計算をする。

或斷面に於ける應力の計算に當りその斷面の垂線に對し $\alpha$ なる角をなす鐵筋は $A_s \cos\alpha$ なる斷面を有するものとして取扱ふ。之は第十章第八節に於て述べた理論を應用したものである。

**§ 151. 柱及版より成る剛性ラーメンとしての近似解法**

彈性版理論に依る正確なる計算を行はない場合に於ては平版は之を互に直交する縱横の偏平なる桁の二群と考へて解くものである。元來平版に於ては飛々に支柱によりて支へられて居るに拘らず、計算に當りては便宜上支柱列線上に於て連續的に支持せられたるものと看做し、恰かも耐彎曲的に連結されたる支承上の連續桁か、

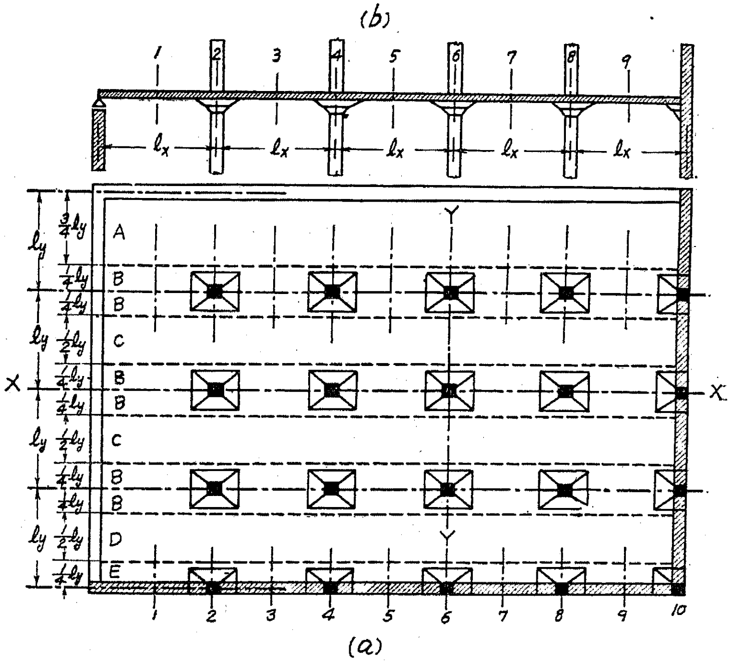


或は多相ラーメンとして之を取扱ふものである。

平版の計算に於ては桁梁式床版の場合と趣を異にし、孰れの方向に於ても全荷重 $w$ の最も不利なる荷重狀態に就て計算しなくてはならぬ。

置換へられたる多相ラーメンに於ける版の彎曲率を計算する場合には、只上下の階層の直接版に連結されたる支柱の彎曲抵抗のみを考ふれば足る。此置換へられたるラーメンの版即ち桁の支間としては $l_x$ 及 $l_y$ を採るべく、其の幅は $l_y$ 及 $l_x$ にして、その斷面の厚さとしては版高 $t$ を採るべきである。次に蛇足かも知れぬが此近似的解法に就て順を追ふて説明を加へよう。

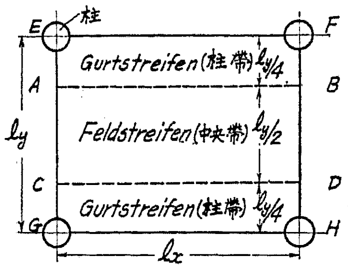
**イ**、先づ $l_x$ 及 $l_y$ の支柱列線に依つて此多相ラーメンを垂直に切斷する。然らば第148圖に示すが如き建物を $X-X$ の分割線で切つた處を横から見ると各ラーメンの桁の支間は $l_x$ その幅は $l_y$ で、支柱は $l_y$ なる幅に付き1本の割合になる。




第　148　圖

**ロ**、次に此 $l_y$ なる幅の桁は 2−2, 3−3 等の線に於て連續的の支柱を有するものと看做して、荷重の最も不利なる狀態に就てラーメンとしての計算を行ふ。此際計算に用ふる等布荷重は $w_x$ に非ずして $w$ である。

斯くして求めた各方向の彎曲率 $M_x$ 及 $M_y$ に由つて版に生ずる應力を求むるに當つては先づ第 149 圖に示す如く版の幅を 3 分して中央に幅 $\frac{l_y}{2}$ なる $ABDC$ なる內方部分、及その外側に幅 $\frac{l_y}{4}$ なる $EFBA$ 及 $CDHG$ なる外方部分に分割する。此中央部分を中央帶 (Feldstreifen, Middle strip) と稱し、外方部分を柱帶 (Gurtstreifen, Column strip) と稱する。




第 149 圖

置換へられたるラーメンの桁に對して計算せられた正負徑間彎曲率は中央帶により其の 45 %、兩柱帶に依り其の 55 % を分擔せられるものと假定する。又支柱列線に於ける負の彎曲率は中央帶によりその 25 %、兩柱帶に依り其の 75 % を分擔せられるものとする。

今第 148 圖を例に取り以上述べた處を纏めて表示すれば次の如くなる。表中 $M_m$ は正の最大徑間彎曲率、$M_s$ は負の最大支承彎曲率である。

第 38 表　版帶の彎曲率

| | 版帶の幅 | 徑間斷面 1, 3, 5, 7, 9, | | 支柱列線斷面 2, 4, 6, 8, 10 柱頭形 1～3 |
|---|---|---|---|---|
| | | 柱頭形 1 及 2 | 柱頭形 3 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 自由側端中央帶 $A$ | $\frac{3}{4}l_y$ | 0,5063 $M_m$ | 0,6329 $M_m$ | 0,2813 $M_s$ |
| 中間柱帶 $B$ | $\frac{1}{4}l_y$ | 0,2750 $M_m$ | 0,3438 $M_m$ | 0,3750 $M_s$ |
| 中間中央帶 $C$ | $\frac{1}{2}l_y$ | 0,4500 $M_m$ | 0,5625 $M_m$ | 0,2500 $M_s$ |
| 固定側端中央帶 $D$ | $\frac{1}{2}l_y$ | 0,3375 $M_m$ | 0,4219 $M_m$ | 0,1875 $M_s$ |
| 固定側端柱帶 $E$ | $\frac{1}{4}l_y$ | 0,1375 $M_m$ | 0,1719 $M_m$ | 0,1875 $M_s$ |

柱頭形 3 に對する正の徑間彎曲率は柱頭形 1 及 2 の場合の 1,25 倍である。

## § 152. 簡易公式による近似解法

彈性版に依る正確なる計算又は柱及版から成る剛性ラーメンとしての近似解法を行はざる場合には、支柱間隔が略々同一にして最小が最大の 0,8 以上の範圍の相異あるに止まる場合に限り、以下に述べる不完全連續桁として誘導した近似公式によ



つて彎曲率の計算をなしても差支へない。

以下に述べる公式が與へる彎曲率は第 146 圖の柱頭形 1 及 2 の設計に依る支柱によつて支へられたる平版に對する値であつて柱頭形 3 の場合には以下に與へる正の徑間彎曲率は其の値を 25 % だけ增加すべきである。而して $x$, $y$ の方向の彎曲率を求めんとせば公式中の $l$ の代りに $l_x$ 又は $l_y$ を代入すればよい。此場合凡ての彎曲率は單位幅に對する値であることを忘れてはならぬ。

**イ、** 側端徑間。

$$M_M = l^2\left(\frac{w_d}{16}+\frac{w_l}{13}\right),\quad Mc = l^2\left(\frac{w_d}{13}+\frac{w_l}{11}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots(234)$$

玆に　$M_M$ = 中央帶の最大徑間彎曲率

$Mc$ = 柱帶の最大徑間彎曲率

$w_d$ = 死荷重　　$w_l$ = 活荷重

上式は床版が外側の壁により自由に支持されるか、又は外側の支柱が兩端鉸結支柱の場合に限り適用されるものである。若し外側の支柱が版と耐彎曲的に結合せられ且つ連續的の橫桁が版と結合せられて居る構造の場合には、上式で計算した彎曲率の値は之れを 20 % だけ減少せしめなくてはならぬ。

**ロ、** 內部徑間。

$$M_M = l^2\left(\frac{w_d}{39}+\frac{w_l}{16}\right),\quad Mc = l^2\left(\frac{w_d}{26}+\frac{w_l}{13}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots(235)$$

**ハ、** 第一內部支柱列線に於ける支承彎曲率。

$$M_M = -\frac{l^2}{24}(w_d+w_l),\quad Mc = -\frac{l^2}{8}(w_d+w_l) \cdots\cdots\cdots\cdots(236)$$

**ニ、** 其の他の支柱列線に於ける支承彎曲率。

$$M_M = -\frac{l^2}{30}(w_d+w_l),\quad Mc = -\frac{l^2}{10}(w_d+w_l) \cdots\cdots\cdots\cdots(237)$$

以上列記した公式は凡て

$$M = \left(\frac{w_d}{k_d}+\frac{w_l}{k_l}\right)l^2 \cdots\cdots\cdots\cdots(238)$$

の形式を以て表はすことが出來る。今第 148 圖を例に取り各版帶に於ける彎曲率を一目瞭然に表示せば第 39 表の如くなる。

**第 39 表** 平版彎曲率の簡易公式係數

| 版帶 | 斷面 | 柱頭形 1 及 2 | | 柱頭形 3 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $k_d$ の値 | $k_l$ の値 | $k_d$ の値 | $k_l$ の値 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 中間中央帶 $C$ | 1 | 16 | 13 | 12,8 | 10,4 |
| | 2 及 8 | −24 | −24 | −24 | −24 |
| | 3,5 及 7 | 32 | 16 | 25,6 | 12,8 |
| | 4 及 6 | −30 | −30 | −30 | −30 |
| | 9 | 20 | 16,25 | 16 | 13 |
| 中間柱帶 $B$ | 1 | 13 | 11 | 10,4 | 8,8 |
| | 2 及 8 | − 8 | − 8 | − 8 | − 8 |
| | 3,5 及 7 | 26 | 13 | 20,8 | −10,4 |
| | 4 及 6 | −10 | −10 | −10 | −10 |
| | 9 | 16,25 | 13,75 | 13 | 11 |
| 側端中央帶 $A$ 及 $D$ | | 凡ての斷面に於て中間中央帶 $C$ の彎曲率の $^3/_4$ を採るべし。 | | | |
| 側端柱帶 $E$ | | 凡ての斷面に於て中間柱帶 $B$ の彎曲率の $^1/_2$ を採るべし。 | | | |

〔例題 35.〕 第 148 圖に示す如き平面圖をなす平版床あり、その外壁は凡て版に對して自由支承の働をなし、版の寸法は $l_x = l_y = 5m$ であつて、支柱は第 146 圖（$b$）に依る設計とする。此平版床の中間中央帶 $C$ の各斷面に於ける彎曲率を求めよ、但し簡易公式に依つて差支へなし。

上階支柱： 斷面 42•42 $cm$, 階高 3,30 $m$

下階支柱： 斷面 54•54 $cm$, 階高 3,90 $m$

版高 $t = 21\ cm$

床版に加はる單位荷重：

| | | |
|---|---|---|
| 自重 0,21•1,00²•2,400 | | $= 0{,}504\ t/m^2$ |
| 版の上下面仕上 | | $= 0{,}076\ t/m^2$ |
| 死荷重 | $w_d$ | $= 0{,}580\ t/m^2$ |
| 活荷重 | $w_l$ | $= 0{,}800\ t/m^2$ |
| 全荷重 | $w = w_d + w_l$ | $= 1{,}380\ t/m^2$ |

計算の便宜上次の値を求めて置く。

$w_d l^2 = 0{,}580 \cdot 5{,}00^2 = 14{,}50\ mt$

$w_l l^2 = 0{,}800 \cdot 5{,}00^2 = 20{,}00\ mt$

$w\, l^2 = 1{,}380 \cdot 5{,}00^2 = 34{,}50\ mt$

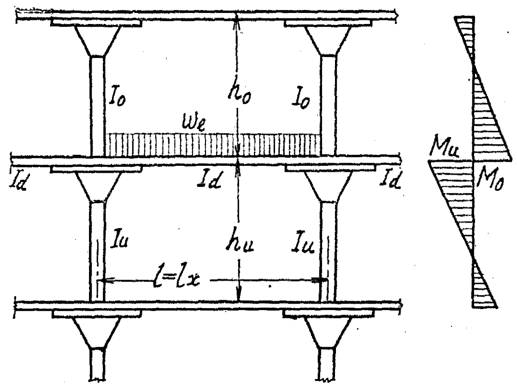


第 39 表を利用して容易に彎曲率を求むることが出來る。

$l_x$ に平行なる中間中央帶 $C$

| 斷面 | 彎曲率 $mt$ |
|---|---|
| 1 （側端徑間） | $M_{1c} = 14{,}5 : 16 + 20{,}0 : 13 = 2{,}444$ |
| 2 （第一柱列線） | $M_{2c} = -34{,}5 : 24 = -1{,}437$ |
| 3 （中央徑間） | $M_{3c} = 14{,}5 : 32 + 20{,}0 : 16 = 1{,}703$ |
| 4 （第二柱列線） | $M_{4c} = -34{,}5 : 30 = -1{,}150$ |

**ホ、支柱の彎曲率。** 平版を支持する上下階の柱が受ける彎曲率は桁である處の版と柱とより成る一つの剛性ラーメンを假定して求めることが出來る。次に示す公式は斯くして求めた近似公式である。（第 150 圖參照）




第 150 圖

$$\left.\begin{aligned} M_u &= \mp W_l \frac{l}{12} \cdot \frac{c_u}{c_o + 1 + c_u} \cdots \text{（下階支柱の上端に於ける彎曲率）} \\ M_o &= \pm W_l \frac{l}{12} \cdot \frac{c_o}{c_o + 1 + c_u} \cdots \text{（上階支柱の下端に於ける彎曲率）} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (239)$$

上式中 $W_l = l_x \cdot l_y$ なる床版全面積に受ける活荷重のみの總計

$$c_o = \frac{l}{h_o} \cdot \frac{I_o}{I_d}, \qquad c_u = \frac{l}{h_u} \cdot \frac{I_u}{I_d}$$

$I_d$ = 幅 $l_y$ なる版の斷面二次率

$I_u$ = 下階支柱の斷面二次率

$I_o$ = 上階支柱の斷面二次率

$h_o$ = 上階支柱の高さ（階高）

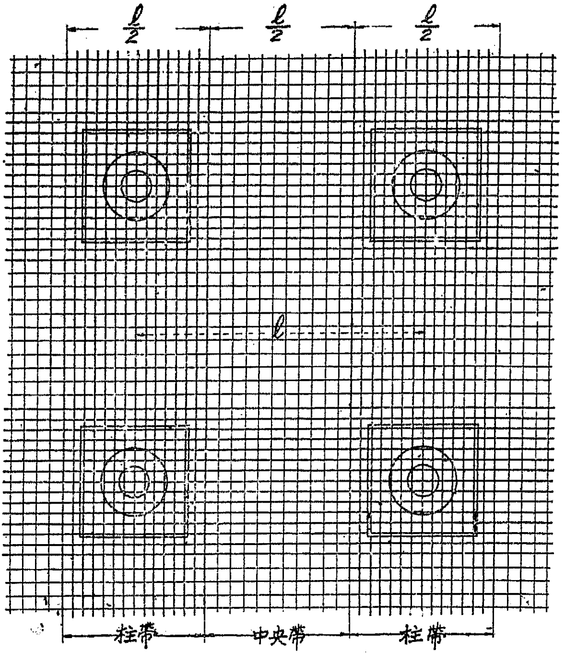
$h_u$ = 下階支柱の高さ（階高）

（239）式の $W_l$ の代りに $(W_l + W_d) = W$ と置くときは版と耐彎曲的に結合された側端支柱の彎曲率を得る。茲に $W_d$ は $l_x \cdot l_y$ なる床版の全死荷重である。

## § 153. 平版の設計及應力の計算

§ 150～152 に述べた何れかの解法に依りて版が受ける彎曲率を求むることが出來れば、版に生ずる應力の計算及版の斷面の設計は、第十章の理論を應用して容易に出來るのである。元來獨逸規定に依る計算法は二方向配筋式に對するものであるからその設計に當りては版の單位幅に就て考へればよい。又此設計を誤らない樣に § 149 の設計細目に從ひ、各部の構造を定めなくてはならぬ。

支柱の設計及それに生ずる應力の計算は第八章及第十二章を參照されたい。




第　151　圖

第 151 圖は平版に於ける獨逸式鐵筋配置の一例である。