

## II. 鉄筋コンクリート標準示方書各論 (1)

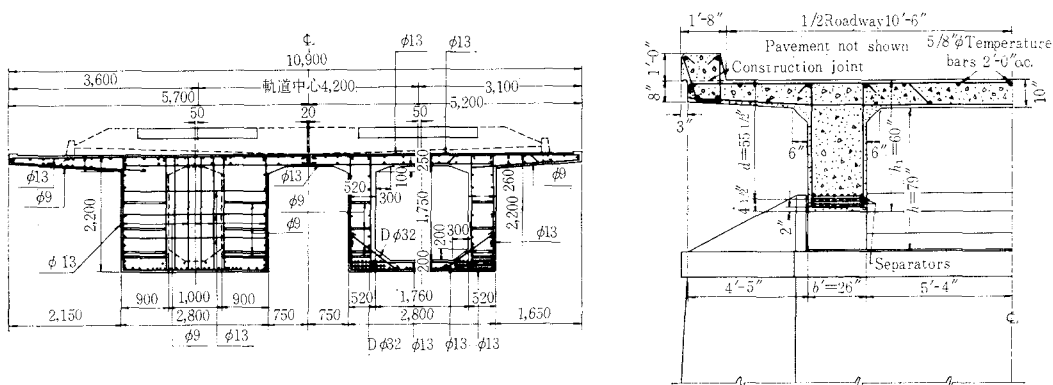
松 本 嘉 司\*

### 4. 一般構造細目 (鉄筋 19 章)

#### 4.1 鉄筋の間隔 (鉄筋 123 条)

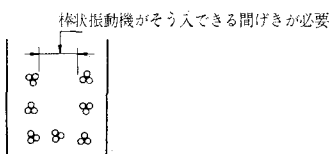
(1) 主鉄筋を2段以上に配置した例

図-4.1



(2) 鉄筋を結束して配置した例

図-4.2



#### 4.2 鉄筋の曲げ方 (鉄筋 124 条)

(1) フックの内径

種 類	記 号	J I S 規 格		示方書の規定
		曲 げ 角 度	曲 げ 直 径	
熱間圧延棒鋼	1 種 S R 24	180°	公称直径の3倍	4φ
	2 種 S R 30	180°	" 4倍	5φ
熱間圧延異形棒鋼	1 種 S D 24	180°	" 3倍	4φ
	2 種 S D 30	180°	" 4倍	5φ
	3 種 S D 35	180°	" 4倍	5φ
	4 種 S D 40	180°	" 5倍	6φ
	5 種 S D 50	90°	{ D 25 以下 D 25 をこえるもの	" 5倍 " 6倍
冷間加工異形棒鋼	1 種 S D C 40	180°	" 5倍	6φ
	2 種 S D C 50	90°	{ D 25 以下 D 25 をこえるもの	" 5倍 " 6倍

\* 正会員 東京大学助教授 工学部

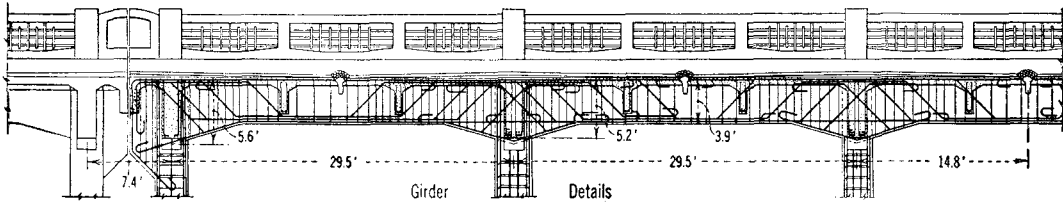
(2) アメリカの規定 (ACI) の最小曲げ半径

鉄筋直径 $\phi$ (mm)	9~16	19~25	28~35	45, 57
最小曲げ半径	$2.5\phi$	$3\phi$	$4\phi$	$5\phi$

4.3 ハンチ その他の内側に沿う鉄筋 (鉄筋 125 条)

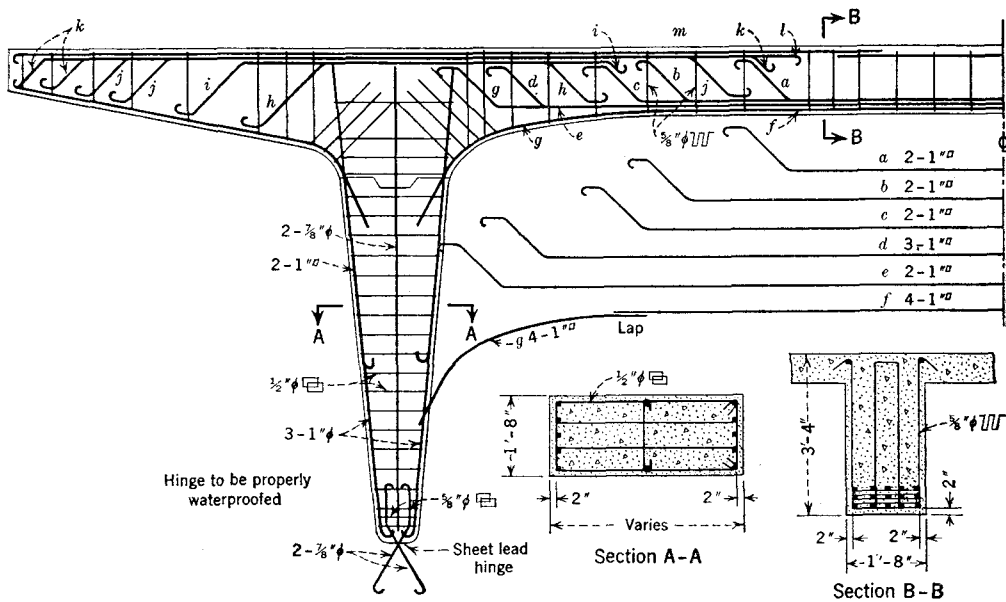
(1) ハンチの配筋の例 その1

図-4.3



(2) ハンチの配筋の例 その2

図-4.4



4.4 鉄筋の継手 (鉄筋 126 条)

(1) 重ね継手の長さの式

$$\frac{\pi}{4} \phi^2 \sigma_{sa} = \pi \phi l \tau_{oa} \quad \therefore l = \frac{\sigma_{sa}}{4 \tau_{oa}} \phi$$

(2) 重ね継手の長さ

異形鉄筋の場合

引張鉄筋でフックをつけない場合	$\frac{\phi \sigma_{sa}}{4 \tau_{oa}}$	圧縮鉄筋の場合	$0.8 \frac{\phi \sigma_{sa}}{4 \tau_{oa}}$
引張鉄筋でフックをつけた場合	$\frac{2}{3} \frac{\phi \sigma_{sa}}{4 \tau_{oa}}$		

丸鋼の場合（必ずフックをつける）

$$\text{引張鉄筋の場合} \quad \frac{2}{3} \phi \frac{\sigma_{sa}}{\tau_{0a}} \quad \text{圧縮鉄筋の場合} \quad 0.8 \frac{\phi \sigma_{sa}}{4 \tau_{0a}}$$

(3)  $\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$  の場合の重ね継手の長さ

異形鉄筋の場合

$\sigma_{sa}$	1 400	1 600	1 700	1 800	2 000	2 100
フックなし	22φ	25φ	27φ	29φ	32φ	33φ
フックあり	15φ	17φ	18φ	19φ	21φ	22φ

丸鋼の場合（フックあり）

	30φ	34φ	36φ	38φ	42φ	44φ
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----

(4) ガス圧接継手

(i) ガス圧接工の種類別

種 別	作 業 可 能 の 鉄 筋 材 質	作業可能の鉄筋直径	該 当 す る 鉄 筋
N.A.K. 1種	SR 24, SR 30 および J I S 規格外の鉄筋	32 mm 以下	丸鋼
N.A.K. 2種	N.A.K. 1種に示す鉄筋, SD 24, SD 30 および同等品	32 mm 以下	異形鉄筋
N.A.K. 3種	N.A.K. 2種に示す鉄筋, SD 35, SD 40, SD 50, SDC 40, SDC 50	32 mm 以下	高張力異形鉄筋
N.A.K. 4種	N.A.K. 2種に示す鉄筋	32~50 mm	異形鉄筋の太物
N.A.K. 5種	N.A.K. 3種に示す鉄筋	32~50 mm	高張力異形鉄筋の太物

(ii) 圧接作業の注意事項

- 鉄筋の圧接する面についているさび、油、ペンキなどをグラインダー、やすりなどで完全に除去する。
- 鉄筋の圧接する面はへこみがなく、端面は鉄筋軸に対してなるべく直角（80°以上）とし、また圧接する2本の鉄筋をそれぞれ所定の位置につき合せたとき、鉄筋周辺における両端面間の開きが3mm以下とする。
- 鉄筋の接合部にくい違いおよび折れがおこらないように鉄筋を保持する。
- 圧接部は風雨に対してしゃへいし、圧接作業後、水その他で急冷しない。
- ガス圧接の加熱炎は酸素とアセチレンの容積比が1:1の標準炎を使用するのが普通で、接合部付近をガス炎で加熱し、一次加圧を行なうが、この一次加圧の間は圧接箇所を常に標準炎の二次炎（白心の外炎）で完全に包む。一次加圧で両圧接端面が完全に密着したことを確認した後、加熱範囲を圧接面の両側におよそ鉄筋径に等しい距離まで広げ、鉄筋表面がほぼ溶融点近くになるまで加熱し、二次加圧を行なう。つぎにこの加圧力を増大して圧接部分が鉄筋径の約1.2倍以上になるまで三次加圧と加熱をつづける。この加熱所要時間および加圧力の標準を次表に示す。

加 圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> )		加 熱 所 要 時 間	
		鉄 筋 径 (mm)	加 熱 時 間 (秒)
一	次	250~300	
二	次	100~200	
三	次	250~300	
		16	40~50
		19	50~60
		22	65~80
		25	75~105
		28	105~135
		32	150~175

4.5 鉄筋の定着（鉄筋 127 条）

(1) フランスの規定（BA 60）によるコンクリートと鉄筋の付着による定着の計算式

$$F = \phi^2 \tau_{0a} \left( \frac{A_1'}{A_1} a_1 + \frac{A_2'}{A_1 A_2} a_2 + \frac{A_3'}{A_1 A_2 A_3} a_3 + \dots \right)$$

ここに（図-4.5 参照）

曲線の部分では

$$A = e^{-\phi\theta}$$

$$A' = \frac{\pi}{\phi} (1 - e^{-\phi\theta})$$

$a$  = 曲線半径と鉄筋直径との比

直線の部分では

$$A = 1 \quad A' = \pi$$

$a$  = 直線部分の長さ（単位 cm）と鉄筋直径との比

$\phi$  : 鉄筋直径

$\tau_{0a}$  : 鉄筋とコンクリートとの許容付着応力度

$\phi$  : 鉄筋とコンクリートとの摩擦係数（一般には 0.4）

$\theta$  : 曲線の部分の回転角

この場合曲線部分の内側のコンクリートが圧潰しない条件として、曲線部分の中心線の曲線半径  $r$  に対して

$$r > 0.10 \phi \frac{\sigma_s}{\sigma_{ca}} \left( 1 + \frac{\phi}{d_1} \right)$$

を与えている。

ここに、

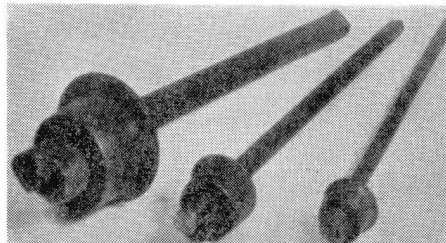
$d_1$  : 鉄筋の曲線の中心から最も近いコンクリートの面までの距離で、横方向鉄筋がある場合は単位長さ当りの横方向鉄筋の断面積（単位  $\text{cm}^2$ ）を表わす数値（単位 cm）だけこの値を増加する。同一の公称直径の  $n$  本の鉄筋が幅  $b$  の部材に一列におかれた場合は、この不等式の  $\phi/d_1$  を  $2n\phi/b$  で置きかえる。

$\sigma_s$  : 鉄筋の応力度

$\sigma_{ca}$  : コンクリートの許容単純圧縮応力度

(2) スウェーデン SS 70 A 鉄筋（降伏点  $7000 \text{ kg/cm}^2$ ）の定着装置

図-4.6

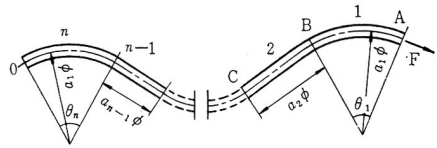


(3) アメリカの規定（ACI）による引張鉄筋のコンクリートの引張部での定着

つぎの条件のいずれか一つが満たされる場合を除き、鉄筋はコンクリートの引張領域にとめてはならない。

1. せん断補強鉄筋がある場合にはそれに対する許容値を含めて、せん断力が普通に許容されている値の 1/2 以下の場合
2. 鉄筋の定着端から両側にはり高さの 3/4 の範囲に普通に必要とされる以上のスターラップがある場合で、この余分のスターラップは少なくともはりの腹部の幅と腹鉄筋の間隔との積の 0.15% 以上で、またスター

図-4.5



ラップの間隔は、 $d/8 r_b$  をこえてはならない。ここに、 $r_b$  はその断面の全鉄筋断面積に対する定着(切断)する鉄筋の断面積の比である。

3. 連続している鉄筋がその点の曲げに対して必要な断面積の2倍以上あるか、または曲げに対する付着力に対して必要な周長の2倍以上ある場合

#### 4.6 露出面の用心鉄筋(鉄筋 130 条)

(1) スラブの露出面の用心鉄筋量に対するアメリカの規定 (ACI)

普通丸鋼を用いた場合; コンクリート断面積の 0.25%

降伏点  $4200 \text{ kg/cm}^2$  以下の異形鉄筋を用いた場合; コンクリート断面積の 0.2%

降伏点  $4200 \text{ kg/cm}^2$  以上の異形鉄筋, または応力方向の間隔が  $30 \text{ cm}$  以下の溶接金網を用いた場合; コンクリート断面積の 0.18%

ただし, 鉄筋間隔はスラブ厚さの5倍以下で  $46 \text{ cm}$  以下とする。

(2) 擁壁の前壁に対する壁の高さ当りの用心鉄筋量についてアメリカの規定

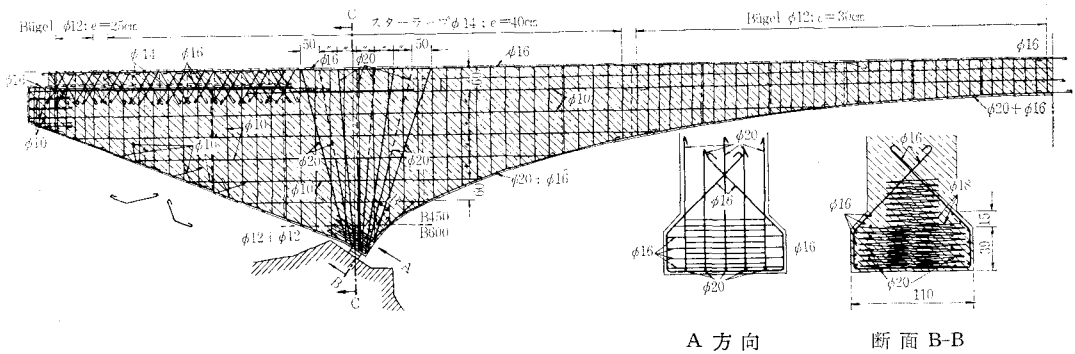
アメリカ鉄道協会 (AREA, 1917)  $5.3 \text{ cm}^2$  以上

アメリカ道路協会 (AASHO, 1957)  $2.64 \text{ cm}^2$  以上

#### 4.7 集中反力をうける部分の補強(鉄筋 131 条)

(1) 支承部の例

図-4.7



(2) ゲルバー部の例

図-4.8

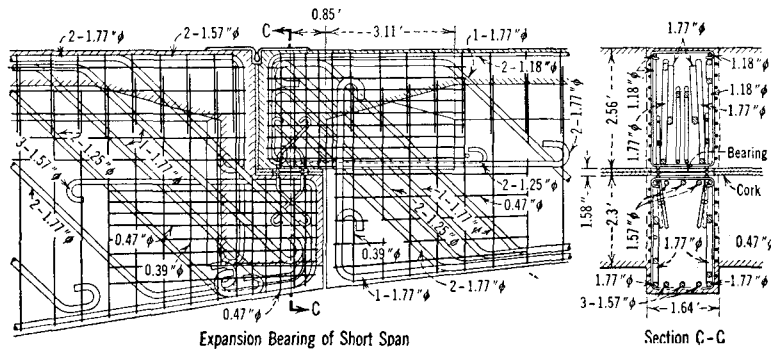
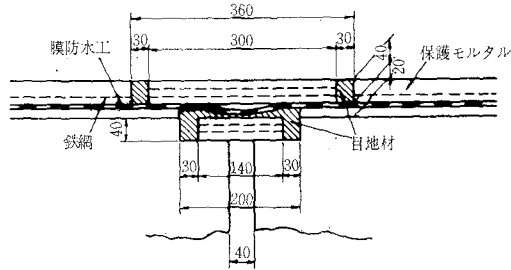




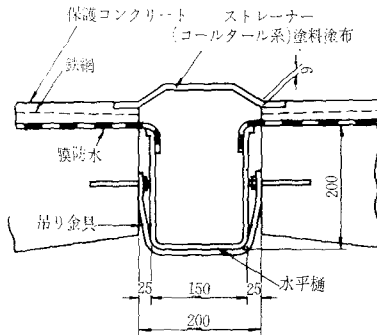


図-4.14



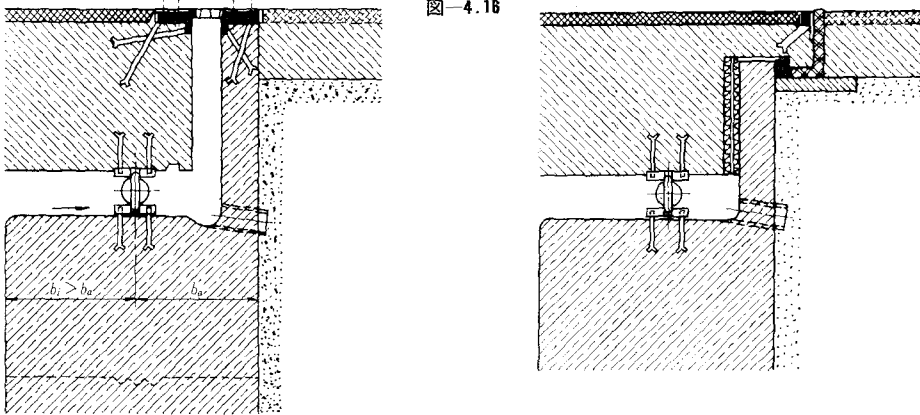
(2) 国鉄 PC 基準 (昭和 40 年) の排水処理工法の例

図-4.15



(3) 橋梁端部の排水工と防水工の例

図-4.16



## 5. 部材の設計 (鉄筋 20 章)

### A. スラブ (鉄筋 1 節)

#### 5.1 構造解析 (鉄筋 138 条)

##### (1) 薄版理論

一般式

$$B_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + B_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p(x, y)$$

$$B_x = \frac{(EI)_x}{1 - \nu_x \nu_y}$$



$$B_y = \frac{(EI)_y}{1-\nu_x\nu_y}$$

$$H = \alpha \sqrt{B_x B_y}$$

等方性スラブでは  $\alpha=1$ ,  $B_x=B_y=B=\frac{EI}{1-\nu^2}$  となる。この場合には、

$$\frac{EI}{1-\nu^2} \left( \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) = p(x, y)$$

曲げモーメント

$$M_x = \frac{EI}{1-\nu^2} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

$$M_y = \frac{EI}{1-\nu^2} \left( \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

ねじりモーメント

$$M_t = \frac{EI}{1+\nu} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$$

せん断力

$$S_x = \frac{EI}{1-\nu^2} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

$$S_y = \frac{EI}{1-\nu^2} \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$$

支承反力

$$R_x = \frac{EI}{1-\nu^2} \left[ \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} \right]$$

$$R_y = \frac{EI}{1-\nu^2} \left[ \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w}{\partial y \partial x^2} \right]$$

(2) 一方向スラブの Olsen-Reinitzhuber の数表

図-5.1

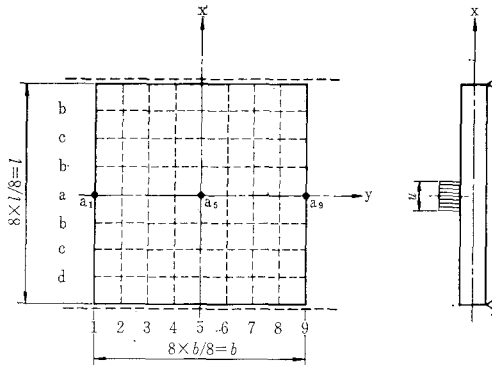


表-5.1  $l/b=0.5$

縁端点  $a_1$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線  
(ポアソン比  $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a	—	0.305	0.162	0.088	0.048	0.026	0.013	0.008	0.006
b	0.343	0.258	0.147	0.081	0.044	0.024	0.012	0.008	0.005
c	0.187	0.167	0.108	0.062	0.033	0.018	0.009	0.006	0.004
d	0.086	0.081	0.056	0.033	0.018	0.010	0.005	0.003	0.002

縁端点  $a_1$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_1$	1.01	0.94	0.86	0.80	0.71	0.65

中央点  $a_5$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線 ( $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	4/5	5
$a$	0.048	0.066	0.098	0.159	0.214	—
$b$	0.044	0.061	0.089	0.131	0.146	0.134
$c$	0.033	0.046	0.066	0.082	0.081	0.074
$d$	0.018	0.025	0.034	0.041	0.037	0.035

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.39	0.36	0.33	0.31	0.27	0.25

中央点  $a_5$  のスパン直角方向の曲げモーメント  $M_y$  の影響線 ( $\nu=1/6$ )

Pkt.	1	2	3	4	4/5	5
$a$	-0.023	-0.019	+0.010	+0.029	+0.086	—
$b$	-0.021	-0.018	-0.008	+0.032	+0.086	+0.149
$c$	-0.016	-0.013	-0.005	+0.028	+0.061	+0.081
$d$	-0.009	-0.007	-0.002	+0.016	+0.030	+0.03

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.44	0.41	0.38	0.35	0.31	0.28

縁端に線荷重  $p_r$  が作用する場合

Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$	
$\frac{M_x}{p_r l}$	$\nu=0$	+0.248	+0.030	+0.003
$\frac{M_y}{p_r l}$	$\nu=0$	0	-0.019	0
	$\nu=1/6$	0	-0.015	0

縁端に線モーメント  $m_r$  が作用する場合

Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$	
$\frac{M_x}{m_r}$	$\nu=0$	+0.333	-0.040	-0.007
$\frac{M_y}{m_r}$	$\nu=0$	-1.0	+0.003	0
	$\nu=1/6$	-1.0	-0.009	0

表-5.2  $l/b=0.7$

縁端点  $a_1$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線 (ポアソン比  $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a$	-0.375	0.232	0.149	0.100	0.068	0.046	0.033	0.024	
$b$	0.343	0.296	0.204	0.136	0.092	0.065	0.043	0.030	0.020
$c$	0.187	0.183	0.141	0.103	0.071	0.049	0.034	0.024	0.019
$d$	0.087	0.086	0.073	0.054	0.038	0.027	0.019	0.013	0.009

縁端点  $a_1$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_1$	1.01	0.94	0.86	0.80	0.71	0.65

中央点  $a_5$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線 ( $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	4/5	5
$a$	0.100	0.120	0.149	0.205	0.259	—
$b$	0.091	0.108	0.132	0.161	0.161	0.151
$c$	0.068	0.081	0.093	0.097	0.092	0.089
$d$	0.037	0.044	0.047	0.048	0.044	0.042

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.40	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27

中央点  $a_5$  のスパン直角方向の曲げモーメント  $M_y$  の影響線 ( $\nu=1/6$ )

Pkt.	1	2	3	4	5
$a$	-0.042	-0.026	-0.003	+0.051	—
$b$	-0.039	-0.023	+0.002	+0.054	+0.145
$c$	-0.028	-0.016	+0.004	+0.040	+0.077
$d$	-0.015	-0.008	+0.002	+0.021	+0.035

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.44	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28

縁端に線荷重  $p_r$  が作用する場合

Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$	
$\frac{M_x}{p_r l}$	$\nu=0$	+0.248	+0.063	+0.017
$\frac{M_y}{p_r l}$	$\nu=0$	0	-0.033	0
	$\nu=1/6$	0	-0.026	0

縁端に線モーメント  $m_r$  が作用する場合

Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$	
$\frac{M_x}{m_r}$	$\nu=0$	+0.332	-0.058	-0.027
$\frac{M_y}{m_r}$	$\nu=0$	-1.0	-0.030	0
	$\nu=1/6$	-1.0	-0.054	0

表-5.3  $l/b=1.0$

縁端点  $a_1$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線  
(ポアソン比  $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a$	-0.461	0.316	0.234	0.179	0.140	0.112	0.092	0.076	
$b$	0.350	0.331	0.268	0.209	0.163	0.129	0.103	0.085	0.070
$c$	0.193	0.192	0.175	0.149	0.120	0.097	0.079	0.065	0.054
$d$	0.089	0.090	0.085	0.075	0.063	0.051	0.043	0.035	0.029

中央点  $a_5$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線 ( $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	4/5	6
$a$	0.179	0.197	0.224	0.277	0.331	-
$b$	0.163	0.176	0.192	0.203	0.198	0.190
$c$	0.120	0.127	0.130	0.124	0.119	0.117
$d$	0.063	0.065	0.064	0.060	0.058	0.057

中央点  $a_5$  のスパン直角方向の曲げモーメント  $M_y$  の影響線  
( $\nu=1/6$ )

Pkt.	1	2	3	4	5
$a$	-0.059	-0.030	+0.006	+0.068	-
$b$	-0.053	-0.025	+0.010	+0.069	+0.133
$c$	-0.038	-0.016	+0.012	+0.048	+0.069
$d$	-0.020	-0.007	+0.007	+0.023	+0.031

縁端に線荷重  $p_r$  が作用する場合

Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$	
$\frac{M_x}{p_r l}$	$\nu=0$	+0.253	+0.110	+0.048
$\frac{M_y}{p_r l}$	$\nu=0$	0	-0.046	0
	$\nu=1/6$	0	-0.036	0

縁端点  $a_1$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_1$	1.02	0.95	0.87	0.81	0.72	0.66

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.45	0.42	0.39	0.37	0.33	0.31

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2l$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.42	0.40	0.36	0.33	0.29	0.27

縁端に線モーメント  $m_r$  が作用する場合

Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$	
$\frac{M_x}{m_r}$	$\nu=0$	+0.326	-0.062	-0.078
$\frac{M_y}{m_r}$	$\nu=0$	-1.0	-0.122	0
	$\nu=1/6$	-1.0	-0.151	0

表-5.4  $l/b=1.5$

縁端点  $a_1$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線  
(ポアソン比  $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a$	-0.587	0.444	0.363	0.308	0.267	0.237	0.211	0.189	
$b$	0.384	0.380	0.350	0.311	0.273	0.241	0.216	0.193	0.175
$c$	0.223	0.222	0.220	0.208	0.192	0.177	0.161	0.147	0.134
$d$	0.103	0.105	0.105	0.104	0.098	0.091	0.085	0.079	0.073

中央点  $a_5$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線 ( $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	4/5	5
$a$	0.308	0.323	0.349	0.400	0.454	-
$b$	0.273	0.281	0.286	0.284	0.277	0.272
$c$	0.193	0.193	0.190	0.182	0.180	0.179
$d$	0.098	0.097	0.095	0.091	0.090	0.090

中央点  $a_5$  のスパン直角方向の曲げモーメント  $M_y$  の影響線  
( $\nu=1/6$ )

Pkt.	1	2	3	4	5
$a$	-0.071	-0.032	+0.013	+0.080	-
$b$	-0.060	-0.023	+0.019	+0.072	+0.113
$c$	-0.039	-0.012	+0.016	+0.044	+0.054
$d$	-0.019	-0.005	+0.010	+0.018	+0.023

縁端点  $a_1$  の集中荷重による値

$u/2b$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_1$	1.14	1.09	1.00	0.93	0.85	0.78

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2b$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.57	0.55	0.51	0.49	0.46	0.43

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2b$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.44	0.42	0.37	0.35	0.31	0.28

縁端に線荷重  $p_r$  が作用する場合

縁端に線モーメント  $m_r$  が作用する場合

縁端に線荷重 $p_r$ が作用する場合				縁端に線モーメント $m_r$ が作用する場合					
Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$	Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$		
$\frac{M_x}{p_r l}$	$\nu=0$	+0.277	+0.181	+0.119	$\frac{M_x}{m_r}$	$\nu=0$	+0.305	-0.044	-0.149
$\frac{M_y}{p_r l}$	$\nu=0$	0	-0.051	0	$\frac{M_y}{m_r}$	$\nu=0$	-1.0	-0.267	0
	$\nu=1/6$	0	-0.039	0		$\nu=1/6$	-1.0	-0.297	0

表-5.5  $l/b=2.0$

縁端点  $a_1$  のスパン方向の曲げモーメントの  $M_x$  の影響線 (ポアソン比  $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a$	-0.711	0.569	0.489	0.434	0.393	0.363	0.335	0.311	
$b$	0.442	0.444	0.431	0.405	0.376	0.349	0.325	0.305	0.284
$c$	0.263	0.266	0.267	0.265	0.257	0.247	0.235	0.224	0.212
$d$	0.127	0.128	0.130	0.130	0.129	0.126	0.123	0.116	0.112

縁端点  $a_1$  の集中荷重による値

$u/2b$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_1$	1.27	1.22	1.12	1.05	0.97	0.91

中央点  $a_5$  のスパン方向の曲げモーメント  $M_x$  の影響線 ( $\nu=0$ )

Pkt.	1	2	3	4	4/5	5
$a$	0.434	0.448	0.474	0.525	0.579	—
$b$	0.376	0.380	0.379	0.371	0.365	0.363
$c$	0.257	0.255	0.250	0.245	0.244	0.243
$d$	0.129	0.127	0.125	0.123	0.122	0.122

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2b$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.69	0.67	0.64	0.61	0.58	0.56

中央点  $a_5$  のスパン直角方向の曲げモーメント  $M_y$  の影響線 ( $\nu=1/6$ )

Pkt.	1	2	3	4	5
$a$	-0.076	-0.033	+0.015	+0.085	—
$b$	-0.059	-0.020	+0.023	+0.069	+0.094
$c$	-0.032	-0.008	+0.016	+0.034	+0.041
$d$	-0.014	-0.003	+0.007	+0.014	+0.016

中央点  $a_5$  の集中荷重による値

$u/2b$	0.015	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08
$a_5$	0.45	0.42	0.38	0.35	0.32	0.29

縁端に線荷重  $p_r$  が作用する場合

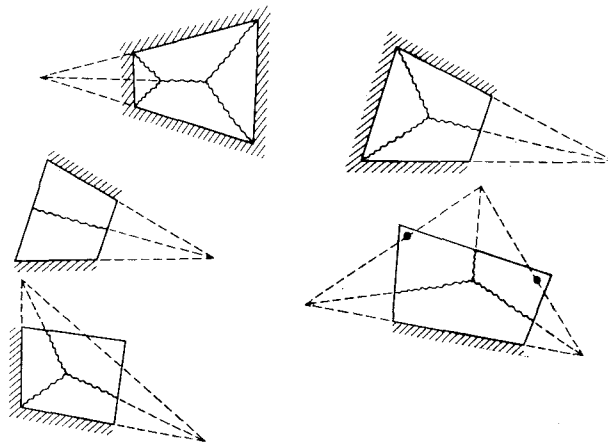
縁端に線モーメント  $m_r$  が作用する場合

縁端に線荷重 $p_r$ が作用する場合				縁端に線モーメント $m_r$ が作用する場合					
Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$	Pkt.	$a_1$	$a_5$	$a_9$		
$\frac{M_x}{p_r l}$	$\nu=0$	+0.316	+0.247	+0.193	$\frac{M_x}{m_r}$	$\nu=0$	+0.287	-0.026	-0.197
$\frac{M_y}{p_r l}$	$\nu=0$	0	-0.049	0	$\frac{M_y}{m_r}$	$\nu=0$	-1.0	-0.365	0
	$\nu=1/6$	0	-0.036	0		$\nu=1/6$	-1.0	-0.388	0

(3) 降伏線理論

i) 降伏線の例

図-5.2

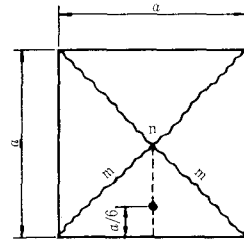


ii) 等分布荷重  $w$  をうける正方形二方向スラブ

$$am = \frac{wa^2}{4} \cdot \frac{a}{6}$$

$$\therefore m = \frac{wa^2}{24}$$

図-5.3

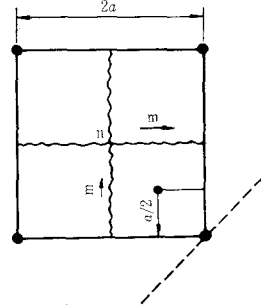


iii) 等分布荷重  $w$  をうける4点支持の正方形スラブ

$$ma \sqrt{2} = wa^2 \times \frac{a \sqrt{2}}{2}$$

$$\therefore m = \frac{wa^2}{2}$$

図-5.4

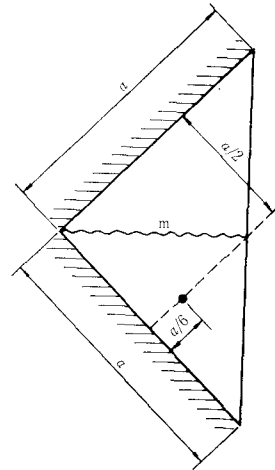


iv) 等分布荷重  $w$  をうける三角形スラブ

$$m \times \frac{a}{2} = \frac{wa^2}{4} \times \frac{a}{6}$$

$$\therefore m = \frac{wa^2}{12}$$

図-5.5



v) 等分布荷重  $w$  をうける三辺支持正方形スラブ

$n$  点でたわみ1が生ずると

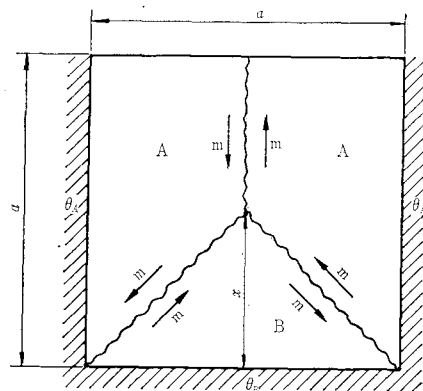
A 部分の回転角

$$\theta_A = \frac{1}{a} = \frac{2}{a}$$

B 部分の回転角

$$\theta_B = \frac{1}{x}$$

図-5.6



A部分の内力曲げモーメント	$M_i = am$
A部分の内力曲げモーメントの仕事量	$(M_i\theta) = am \times \left(-\frac{2}{a}\right) = -2m$
B部分の内力曲げモーメント	$M_i = am$
B部分の内力曲げモーメントの仕事量	$(M_i\theta) = am \times \left(-\frac{1}{x}\right) = -\frac{a}{x}m$
A部分の荷重による曲げモーメント	$M_e = w \left[ (a-x) \frac{a}{2} \cdot \frac{a}{4} + \frac{a}{2} \cdot \frac{x}{2} \cdot \frac{a}{6} \right] = \frac{wa^2}{8} \left( a - \frac{2}{3}x \right)$
A部分の荷重による曲げモーメントの仕事量	$(M_e\theta) = \frac{wa^2}{8} \left( a - \frac{2}{3}x \right) \cdot \frac{2}{a} = \frac{wa}{4} \left( a - \frac{2}{3}x \right)$
B部分の荷重による曲げモーメント	$M_e = w \frac{ax}{2} \cdot \frac{x}{3} = \frac{wax^2}{6}$
B部分の荷重による曲げモーメントの仕事量	$(M_e\theta) = w \frac{ax^2}{6} \cdot \frac{1}{x} = \frac{wax}{6}$

つりあいの条件式

$$m \left( 4 + \frac{a}{x} \right) = \frac{wa}{2} \left( a - \frac{2}{3}x \right) + \frac{wax}{6} = \frac{wa}{2} \left( a - \frac{x}{3} \right)$$

$$\therefore m = \frac{wa}{2} \frac{a - \frac{x}{3}}{4 + \frac{a}{x}}$$

$m$  は  $\frac{\partial m}{\partial x} = 0$  のとき最大となる。これより

$$x^2 + \frac{a}{2}x - \frac{3}{4}a^2 = 0$$

$$\therefore x = \frac{a}{1.54}$$

したがって、B部分のつりあいより

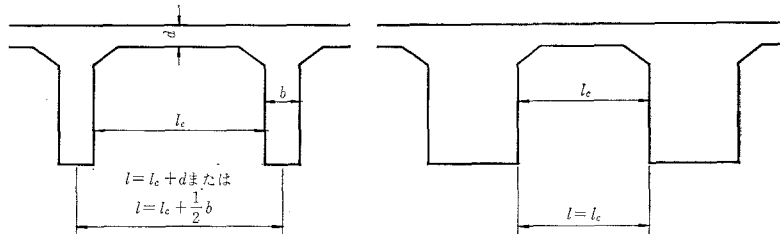
$$ma = \frac{wax}{2} \cdot \frac{x}{3}$$

$$\therefore m = \frac{wx^2}{6} = \frac{wa^2}{14.2}$$

## 5.2 スラブのスパン (鉄筋 139 条)

### (1) スラブのスパンの例

図-5.7



## 5.3 一方向スラブの有効幅 (鉄筋 141 条)

### (1) 有効幅の計算例 その1

(i)  $v=0$   $u/l=0.08$  の場合

$x=\frac{l}{2}$  とすると

$$M_{\max} = \frac{P}{4b_e} \left( l - \frac{1}{2}u \right)$$

$$\frac{M_{\max}}{P} = \frac{1}{4b_e} (l - 0.04l)$$

$$= 0.24 \frac{l}{b_e}$$

載荷状態①の場合

$$b_e = 2.4 \cdot \frac{l}{2} \cdot \left( 1 - \frac{1}{2} \right) = 0.6l$$

$$\therefore \frac{M_{\max}}{P} = 0.40$$

載荷状態②の場合

$$b_e = \frac{1}{2} \times 0.6l = 0.3l$$

$$\therefore \frac{M_{\max}}{P} = 0.80$$

いずれの場合においても  $b_e \geq b$  となる場合は  $b_e \equiv b$  となる。

ゆえに、この場合は

$$\frac{M_{\max}}{P} = 0.24 \frac{l}{b}$$

この近似計算値と Olsen-Reinitzhuber の数表より求めた結果を比較すると 図-5.9 のようになり、比較的よく一致する。

図-5.8

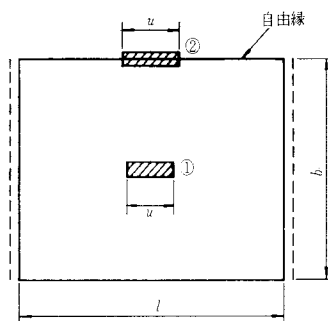
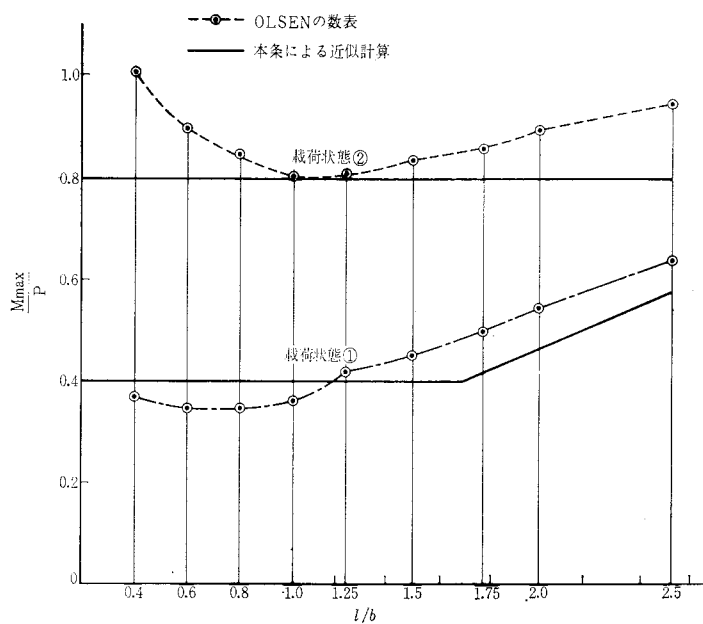


図-5.9



(ii) 有効幅の計算例 その2

$$l/b=2.0$$

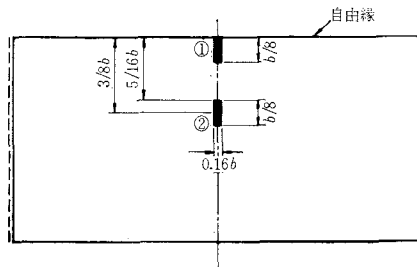
$$u=0.16b=0.08l$$

本条による近似計算は

載荷状態①の有効幅

$$b_e = \frac{b}{8} + 0.3l = 0.125b + 0.6b = 0.725b$$

図-5.10



載荷状態②の有効幅

$$b_e = \frac{5}{16}b + \frac{1}{8}b + 0.3l = 1.037b > b$$

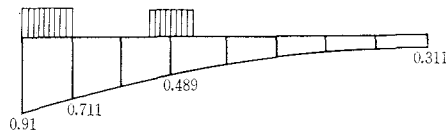
$$\therefore b_e = b$$

$$\frac{M_{\max}}{P} = \frac{l \left(1 - \frac{0.08}{2}\right)}{4 \times 0.725b} + \frac{l \left(1 - \frac{0.08}{2}\right)}{4b} = 1.14$$

Olsen-Reinitzhuber の表による解 ( $u/2b=0.08$ ) は

$$\frac{M_{\max}}{P} = \frac{1}{2}(0.91 + 0.71) + 0.489 = 1.30$$

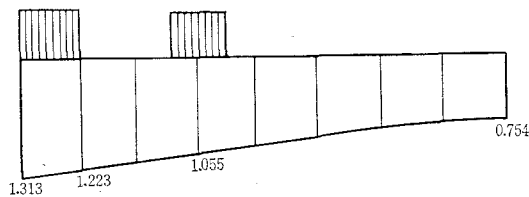
図-5.11



Guyon-Massonnet の表による解は  $\theta = \frac{b}{2l} = 0.25$ ,  $\alpha = 1$  より

$$\frac{M_{\max}}{P} = \frac{1}{2}(1.313 + 1.223) \times \frac{l}{4b} + 1.055 \times \frac{l}{4b} = 1.16$$

図-5.12





(iii) スラブの計算例 その3

$$l/b=0.5$$

$$u=0.16b=0.32l$$

本条による近似計算は

荷状態①の有効幅

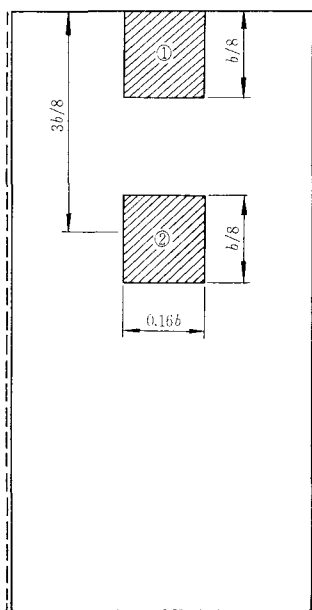
$$b_e=0.125b+0.3\times 0.5b=0.275b$$

荷状態②の有効幅

$$b_e=\frac{7}{16}b+0.3\times 0.5b=0.587b$$

$$\frac{M_{\max}}{P}=\frac{l(1-0.16)}{4\times 0.275b}+\frac{l(1-0.16)}{4\times 0.587b}=0.561$$

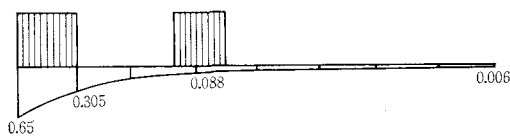
図-5.13



Olsen-Reinitzhuber の表による解 ( $\frac{u}{2l}=0.16$ ) は

$$\frac{M_{\max}}{P}=\frac{1}{2}(0.65+0.305)+0.088=0.566$$

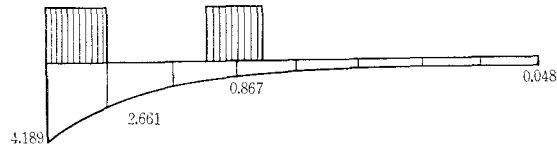
図-5.14



Guyon-Massonnet の表による解は  $\theta = \frac{b}{2l} = 1.0 \quad \alpha = 1$  より

$$\frac{M_{\max}}{P} = \frac{1}{2}(4.189 + 2.661) \times \frac{l}{4b} + 0.867 \times \frac{l}{4b} = 0.536$$

図-4.15



5.4 二方向スラブ (鉄筋 142 条)

(1) Grashof-Rankin の方法

$$w = w_x + w_y$$

$$\delta_x = \delta_y$$

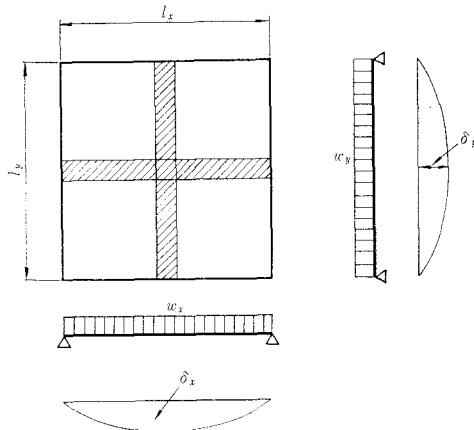
$$\delta_x = \frac{w_x l_x^4}{384 EI}$$

$$\delta_y = \frac{w_y l_y^4}{384 EI}$$

ここに

$$m = \frac{l_x}{l_y}$$

図-5.16



(2) 二方向スラブの荷重分担割

表-5.6

支承状態						
$l_x$ 方向の 分担割合	$\frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}$	$\frac{5 l_y^4}{2 l_x^4 + 5 l_y^4}$	$\frac{5 l_y^4}{l_x^4 + 5 l_y^4}$	$\frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}$	$\frac{2 l_y^4}{l_x^4 + 2 l_y^4}$	$\frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4}$
$l_y$ 方向の 分担割合	$\frac{l_x^4}{l_x^4 + l_y^4}$	$\frac{2 l_x^4}{2 l_x^4 + 5 l_y^4}$	$\frac{l_x^4}{l_x^4 + 5 l_y^4}$	$\frac{l_x^4}{l_x^4 + l_y^4}$	$\frac{l_x^4}{l_x^4 + 2 l_y^4}$	$\frac{l_x^4}{l_x^4 + l_y^4}$

(3) Marcus の方法 (単純支持の場合)

(i) 一般

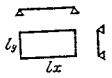
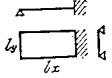
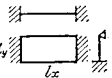
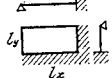
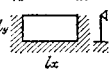
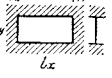
$$M_x = \frac{w l_x^4}{8} \frac{1}{1+m^4} \left( 1 - \frac{5}{6} \frac{m^2}{1+m^4} \right) \quad M_y = \frac{w l_y^4}{8} \frac{m^4}{1+m^4} \left( 1 - \frac{5}{6} \frac{m^2}{1+m^4} \right)$$

(ii) スラブの隅を補強していない場合 (単純支持の場合)

$$M_x = \frac{wl_x^4}{8} \frac{1}{1+m^4} \left(1 - \frac{5}{12} \frac{m^2}{1+m^4}\right) \quad M_y = \frac{wl_y^4}{8} \frac{m^4}{1+m^4} \left(1 - \frac{5}{12} \frac{m^2}{1+m^4}\right)$$

(4) 昭和 31 年制定の示方書による等分荷重をうける二方向スラブの曲げモーメント係数 (一般の場合)


表-5.7

$l_y/l_x$	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	
	$\alpha$	0.01053	0.01623	0.02258	0.02934	0.03646	0.04388	0.05141	0.05877	0.06572	0.07210
	$\beta$	0.08127	0.06761	0.05512	0.04471	0.03646	0.02997	0.02479	0.02058	0.01711	0.01424
	$r$	0.1147	0.1936	0.2906	0.3962	0.5000	0.5942	0.6746	0.7407	0.7935	0.8350
	$\delta$	0.8853	0.8064	0.7094	0.6038	0.5000	0.4058	0.3254	0.2593	0.2065	0.1650
	$\alpha$	0.01172	0.01691	0.02239	0.02798	0.03341	0.03842	0.04286	0.04667	0.04989	0.05258
	$\beta$	0.07302	0.05818	0.04548	0.03524	0.02721	0.02102	0.01629	0.01270	0.00997	0.00790
	$r$	0.2447	0.3751	0.5059	0.6212	0.7143	0.7854	0.8383	0.8771	0.9057	0.9268
	$\delta$	0.7553	0.6249	0.4941	0.3788	0.2857	0.2146	0.1617	0.1229	0.0943	0.0732
	$\alpha_x$	0.01141	0.01570	0.01983	0.02354	0.02668	0.02925	0.03131	0.03296	0.03427	0.03532
	$\alpha_y$	0.06204	0.04626	0.03383	0.02460	0.01794	0.01320	0.00983	0.00743	0.00569	0.00441
	$r$	0.3932	0.5456	0.6719	0.7664	0.8333	0.8798	0.9120	0.9346	0.9505	0.9620
	$\delta$	0.6068	0.4544	0.3281	0.2336	0.1667	0.1202	0.0880	0.0654	0.0495	0.0380
	$\alpha$	0.00686	0.01109	0.01608	0.02147	0.02692	0.03216	0.03702	0.04138	0.04520	0.04850
	$\beta$	0.05296	0.04620	0.03926	0.03272	0.02692	0.02197	0.01785	0.01449	0.01177	0.00958
	$r$	0.1147	0.1936	0.2906	0.3962	0.5000	0.5942	0.6746	0.7407	0.7935	0.8350
	$\delta$	0.8853	0.8064	0.7094	0.6038	0.5000	0.4058	0.3254	0.2593	0.2065	0.1650
	$\alpha$	0.00722	0.01103	0.01509	0.01905	0.02263	0.02574	0.02835	0.03050	0.03224	0.03366
	$\beta$	0.04835	0.04013	0.03228	0.02541	0.01977	0.01532	0.01183	0.00924	0.00724	0.00572
	$r$	0.2059	0.3244	0.4503	0.5675	0.6667	0.7454	0.8057	0.8510	0.8848	0.9101
	$\delta$	0.7941	0.6756	0.5497	0.4325	0.3333	0.2546	0.1943	0.1490	0.1152	0.0899
	$\alpha$	0.00436	0.00718	0.01058	0.01426	0.01794	0.02138	0.02445	0.02710	0.02934	0.03121
	$\beta$	0.03362	0.02991	0.02583	0.02174	0.01794	0.01460	0.01179	0.00949	0.00764	0.00616
	$r$	0.1147	0.1936	0.2906	0.3962	0.5000	0.5942	0.6746	0.7407	0.7935	0.8350
	$\delta$	0.8853	0.8064	0.7094	0.6038	0.5000	0.4058	0.3254	0.2593	0.2065	0.1650

備考


(1)  $\alpha$  および  $\beta$  はそれぞれ  $x$  および  $y$  方向の正の最大曲げモーメント係数

$$x \text{ 方向 } \max M_x = \alpha wl_x^2 \quad y \text{ 方向 } \max M_y = \beta wl_y^2$$

(2)  $r$  および  $\delta$  はそれぞれ  $x$  および  $y$  方向の荷重分担割合(3) 支点モーメントは  $x$  および  $y$  方向でそれぞれ つぎの式を用いて求める。a) 一端固定 他端単純支持の場合 ()

$$x \text{ 方向 } M_x = -\frac{1}{8} r wl_x^2$$

$$y \text{ 方向 } M_y = -\frac{1}{8} \delta wl_y^2$$

b) 両端固定支持の場合 ()

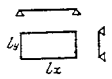
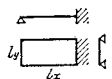
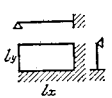
$$x \text{ 方向 } M_x = -\frac{1}{12} r wl_x^2$$

$$y \text{ 方向 } M_y = -\frac{1}{12} \delta wl_y^2$$

ここに、 $w$  = 等分布荷重

(5) 昭和 31 年制定の示方書による等分荷重をうける二方向スラブの曲げモーメント係数（スラブの隅を補強していない場合）

表-5.8

$l_y/l_x$		0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50
	$\alpha$	0.0124	0.0202	0.0295	0.0394	0.0495	0.0591	0.0679	0.0757	0.0825	0.0882
	$\beta$	0.0960	0.0824	0.0719	0.0601	0.0495	0.0403	0.0327	0.0265	0.0214	0.0174
	$\alpha$	0.0145	0.0216	0.0292	0.0358	0.0418	0.0468	0.0509	0.0542	0.0568	0.0589
	$\beta$	0.0837	0.0681	0.0536	0.0413	0.0315	0.0239	0.0183	0.0140	0.0109	0.0085
	$\alpha$	0.0075	0.0124	0.0183	0.0247	0.0310	0.0370	0.0422	0.0467	0.0505	0.0536
	$\beta$	0.0576	0.0514	0.0446	0.0376	0.0310	0.0252	0.0204	0.0164	0.0131	0.0106

備考

$x$  方向の最大スパンモーメント

$$\max M_x = \frac{1+\nu_x}{2} M_x = \alpha w l_x^2$$

$y$  方向の最大スパンモーメント

$$\max M_y = \frac{1+\nu_y}{2} M_y = \beta w l_y^2$$

ここに、 $w$  = 等分布荷重

(5) 四辺単純支承スラブに等分布荷重作用時の曲げモーメント

$$M_x = \alpha_x w l_x^2 \quad M_y = \alpha_y w l_x^2$$

表-5.9

$l_y/l_x$		1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.5
本条の解説の値	$\alpha_x$	0.042	0.050	0.058	0.065	0.071	0.077
	$\alpha_y$	0.042	0.042	0.042	0.041	0.040	0.039
昭和 30 年の示方書の値	$\alpha_x$	0.0365	0.0439	0.0514	0.0588	0.0657	0.0721
	$\alpha_y$	0.0365	0.0363	0.0357	0.0348	0.0335	0.0321
イギリスの規準 (BS Code)	$\alpha_x$	0.062	0.074	0.084	0.093	0.099	0.104
	$\alpha_y$	0.062	0.061	0.059	0.051	0.051	0.046

(6) 昭和 24 年制定の示方書による二方向スラブの設計方法

① 版は縦横二方向において負の曲げモーメントにたいしては支承の前面で、正の曲げモーメントにたいしては版の中央で、これを設計するものとする。

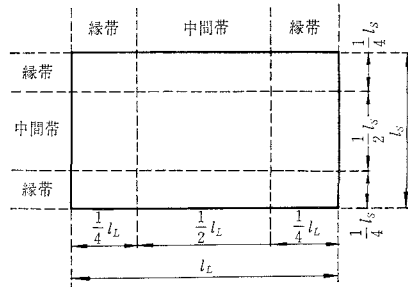
図-5.17 二方向版の中間帯および縁帯

② 版は縦横二方向において、図-5.17 に示すように、中間帯および縁帯に分けて考える。

③ 中間帯の幅 1m 当りの曲げモーメントは長短どちらのスパンにたいしても表-5.10 の係数を  $w l_s^2$  にかけてこれを求めてよい。

ここに、 $w = 1 \text{ m}^2$  当りの等分布荷重

$$l_s = \text{版の短スパン}$$



④ 縁帯のモーメントの係数は表-5.10 に示す中間帯のモーメントの係数の 2/3 とする。縁帯の鉄筋の間隔を定める場合、モーメントは中間帯に接する縁で最大で版の縁辺で最小になるように変化すると仮定してよい。

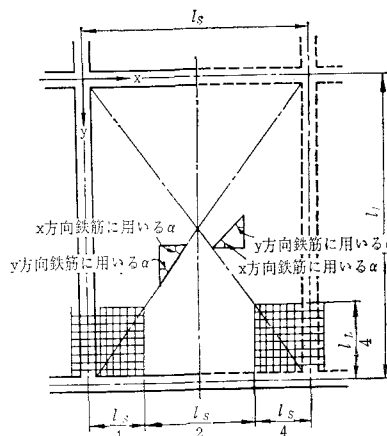
この場合、その平均の曲げモーメントはこの項で求めた縁帯の曲げモーメントに等しくしなければならない。

- ⑤ 版の不連続縁に接するすみにおいては、版の上面および下面に縦横二方向の縁帯の交わる範囲内に版の短スパン方向の中間帯の正の曲げモーメントに要する鉄筋量に相当する有効鉄筋量を配置しなければならない。

有効鉄筋量は配置した鉄筋方向に直角の断面積に、この鉄筋方向と、版の上面では対角線に直角な方向とのなす角 $\alpha$ の正弦を、版の下面では対角線に平行な方向とのなす角 $\alpha$ の正弦を、かけたものとする（図—5.18 参照）。

- ⑥ 表—5.10 を用いるとき、荷重またはスパンの異なるために版におこる支承ばりの両側の負の曲げモーメントの差は、これをつぎのように修正する。

図—5.18 二方向版の不連続縁に接するすみの用心鉄筋



- (a) 支承の両側の負の曲げモーメントの差は、その 2/3 を両側の版におおのこの剛度 ( $I/I$ ) に比例して配分する。
- (b) スパンの中央の曲げモーメントはこの項 (a) の修正をした端モーメントを用いて普通の解法によって、これを求めるものとする。このためには、スパンの中央のモーメントは、表—5.10 から求めた未修正連続端モーメントの 1.5 倍からこの項 (a) の修正をした両端モーメントの平均値を引いてこれを求めてよい。なお、普通の場合には、スパンの中央のモーメントは 表—5.10 の係数を用い計算してもよい。

- ⑦ 版におけるずれ力は昭和 24 年制定示方書 110 条（本示方書 145 条）の版の荷重分布の仮定に基づいて計算する。

表—5.10 支承と単体的に造られ等分布荷重をうける二方向版の中間帯の曲げモーメントの係数

曲げモーメント	短 ス パ ン						長スパン
	$m = \frac{\text{短スパン}}{\text{長スパン}}$						すべての $m$ にたいし
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	
4 辺 連 続 負のモーメント							
連続縁において	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
不連続縁において	—	—	—	—	—	—	—
正のモーメント							
スパンの中央において	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
1 辺 不 連 続 負のモーメント							
連続縁において	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
不連続縁において	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
正のモーメント							
スパンの中央において	0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
2 辺 不 連 続 負のモーメント							
連続縁において	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
不連続縁において	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
正のモーメント							
スパンの中央において	0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037

曲げモーメント	短 ス パ ン						長スパン すべての $m$ にたいし
	$m = \frac{\text{短スパン}}{\text{長スパン}}$						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	
3 辺不連続 負のモーメント							
連続線において	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
不連続線において	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
正のモーメント							
スパンの中央において	0.044	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
4 辺不連続*							
負のモーメント							
連続線において	—	—	—	—	—	—	—
不連続線において	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
正のモーメント							
スパンの中央において	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050

\* 版が石工壁に完全に埋め込まれた場合にも適用できる。

注意 この表に示されていない中間の  $m$  の値にたいする係数は比例で求めるものとする。

(7) Pigeaud の表

$$M_x = (\mu_1 + \nu\mu_2) P$$

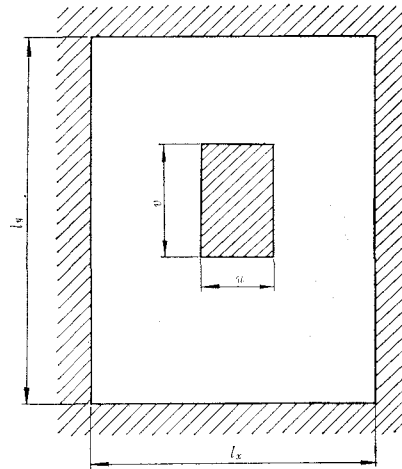
$$M_y = (\mu_2 + \nu\mu_1) P$$

$$P = w u v$$

$\nu$  = ポアソン係数 (0.15)

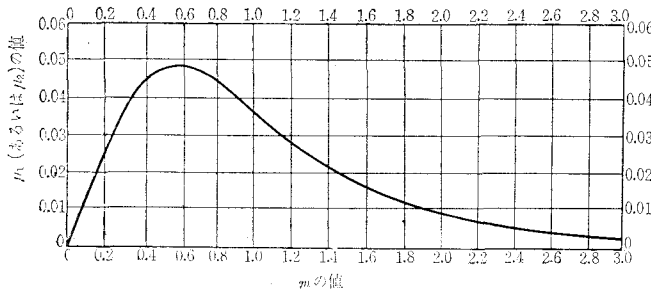
$$m = \frac{l_x}{l_y}$$

図-5.19



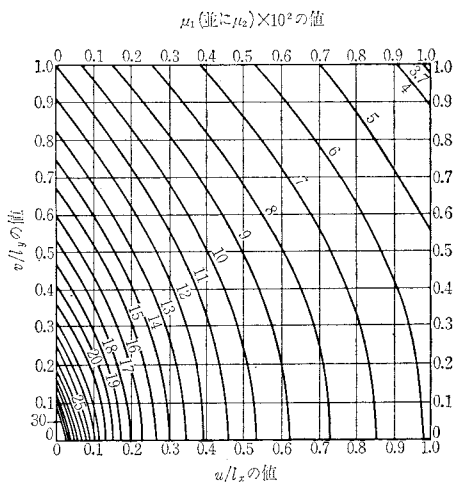
(i) 等分布荷重が版全体に載荷した場合の荷重の合計が  $P=1$  に対する  $\mu_1$  あるいは  $\mu_2$  の値

図-5.20



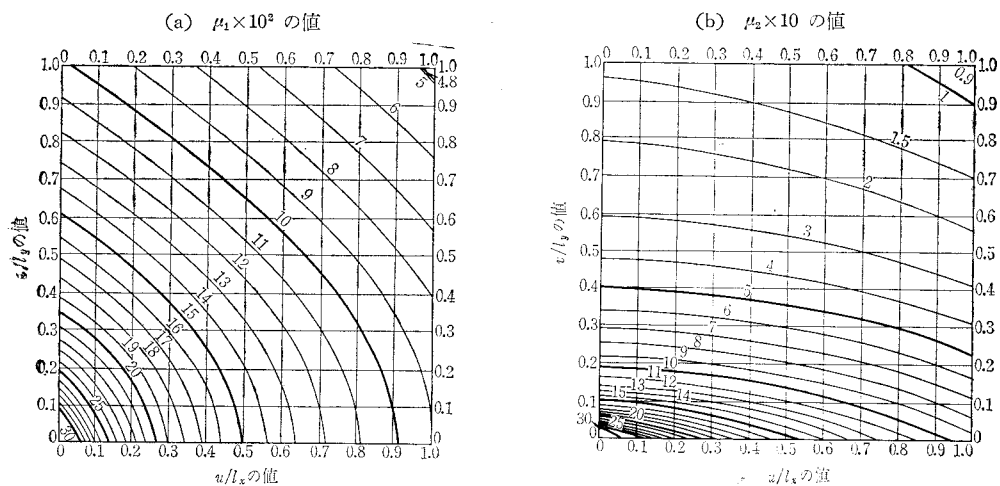
(ii)  $m=1$

図-5.22



(iii)  $m=0.5$

図-5.23



### 5.5 構造細目 (鉄筋 143 条)

(1) スラブ中央載荷の場合の下側の配力鉄筋

図-5.24

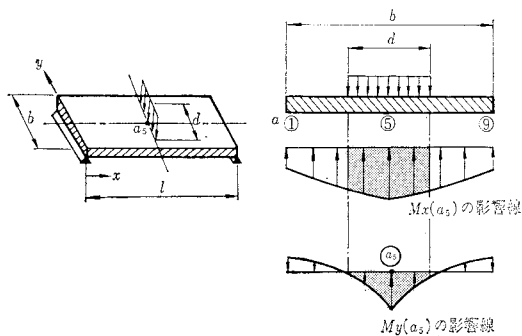
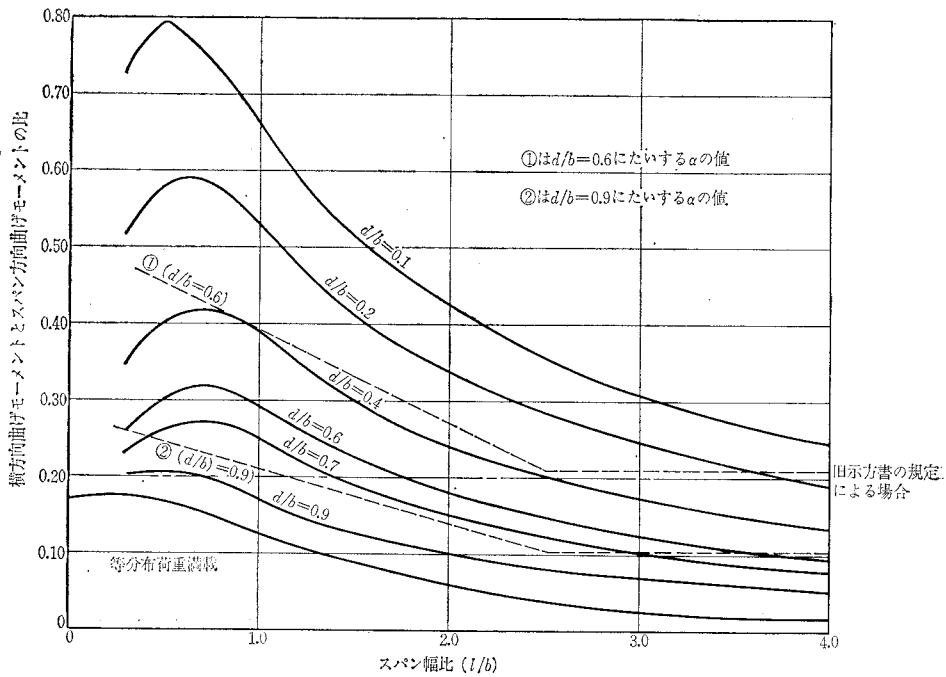


図-5.25



(2) スラブ縁端載荷の場合の上側の配力鉄筋

図-5.26

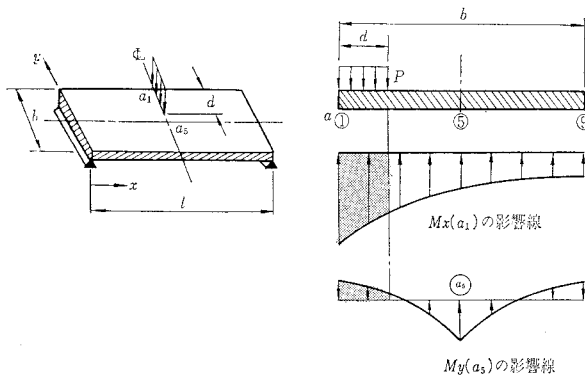
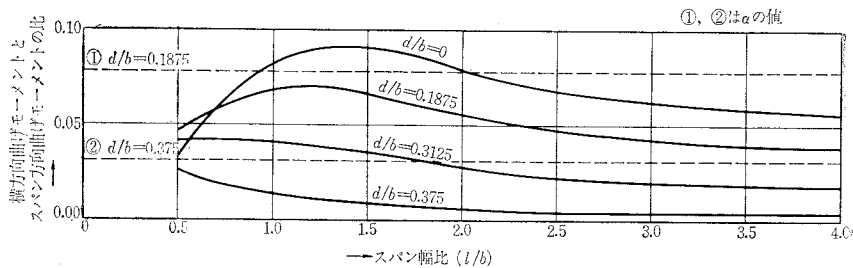


図-5.27



B. はり (鉄筋 2 節)

(1) 2本の等しい剛性をもつはり(鉄筋)がスラブで単体的につくられた場合の荷重分配



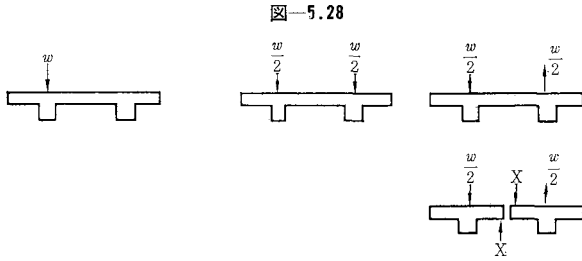


図-5.28

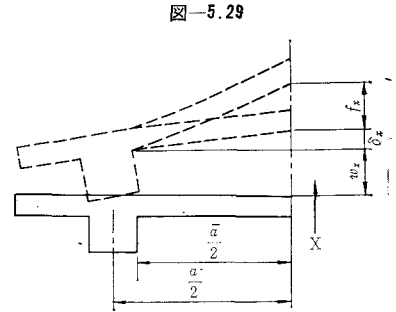


図-5.29

2主桁の片方に等分布荷重  $w$  が作用する場合は 図-5.28 に示すような対称な荷重と逆対称な荷重とにおきかえることができる。この逆方向の荷重状態によってスラブの曲げ変形，主桁のねじり変形が生ずる。いまこの場合におけるスラブ中央のせん断力をフーリエ級数で表わすと，

$$X = \sum X_n \sin \frac{n\pi x}{l} \dots\dots\dots (5.1)$$

この  $X$  によって，1主桁の曲げたわみ  $w_x$  は

$$EI \frac{d^4 w_x}{dx^4} = X \text{ より}$$

$$w_x = \frac{1}{EI} \sum \left( \frac{l}{n\pi} \right)^4 X_n \sin \frac{n\pi x}{l} \dots\dots\dots (5.2)$$

この断面力  $X$  の偏心によって主桁がねじり回転し，このスラブの角変化  $\theta$  によるスラブの片側半分の変位量  $\delta_x$  は

$$\begin{aligned} \delta_x &= -\frac{a}{2} \theta = -\frac{a}{2} \iint \frac{1}{GI_T} \frac{aX}{2} (dx)^2 \\ &= \frac{a^2}{4GI_T} \sum \left( \frac{l}{n\pi} \right)^2 X_n \sin \frac{n\pi x}{l} \dots\dots\dots (5.3) \end{aligned}$$

片側半分のスラブの曲げ変形  $f_x$  は

$$\frac{Xa}{2} = 6E \frac{I_s}{a} \times \frac{2f_x}{a}$$

$$\therefore f_x = \frac{a^3}{24EI_s} \sum X_n \sin \frac{n\pi x}{l} \dots\dots\dots (5.4)$$

これが  $\frac{1}{2}w$  の逆対称の荷重による1主桁の曲げ変形に等しい (図-5.28 参照)。この荷重をフーリエ級数で表わすと，

$$\frac{2w}{\pi} \sum \frac{1}{n} \sin \frac{n\pi x}{l} \dots\dots\dots (5.5)$$

この荷重による1主桁の曲げ変形は，

$$\frac{1}{EI} \frac{2w}{\pi} \sum \left( \frac{l}{n\pi} \right)^4 \sin \frac{n\pi x}{l} \dots\dots\dots (5.6)$$

で表わされる。(5.2)+(5.3)+(5.4)=(5.6) とおいて

$$\frac{1}{EI} \frac{2w}{n\pi} \left( \frac{l}{n\pi} \right)^4 = X_n \left\{ \frac{1}{EI} \left( \frac{l}{n\pi} \right)^4 + \frac{a^2}{4GI_T} \left( \frac{l}{n\pi} \right)^2 + \frac{a^3}{24EI_s} \right\}$$

$$\therefore X_n = \frac{\frac{2w}{n\pi}}{1 + \frac{EI}{4GI_T} \frac{a^2}{l^2} (n\pi)^2 + \frac{I}{24I_s} \frac{a^3}{l^4} (n\pi)^4} \dots\dots\dots (5.7)$$

$I \rightarrow 0$  のとき  $X \rightarrow \frac{w}{2}$  なる条件を考えて

上記のフーリエ級数の第 1 項に  $\frac{E}{G} = 2.3$  を代入すれば、スラブ中央のせん断力は近似的に次式で表わされる。

$$X = \frac{w}{2} \frac{1}{1 + 6 \frac{I}{I_T} \frac{a^2}{l^2} + 4 \frac{I}{I_s} \frac{a^3}{l^3}} = w \alpha \dots\dots\dots(5.8)$$

ここに、

$$\alpha = \frac{1}{2} \times \frac{1}{1 + 6 \frac{I}{I_T} \frac{a^2}{l^2} + 4 \frac{I}{I_s} \frac{a^3}{l^3}}$$

このスラブの中央のせん断力によって、はりに作用するねじり荷重は  $X \frac{a}{2}$  で表わされるので、支承点における最大ねじりモーメントは近似的に

$$M_T = \frac{l}{2} \cdot \frac{aX}{2} = \frac{alw\alpha}{4} \dots\dots\dots(5.9)$$

となる。また、2 主桁の 1 つのはりに作用する荷重  $w$  のうち、このスラブのせん断力に相当する荷重が、他のはりによって支持されることになるので、他のはりが分担する荷重は  $w\alpha$  で表わされる。したがって、載荷されたはりの支持する荷重は  $w(1-\alpha)$  である。いま 2 主桁のおのおのに  $w_1, w_2$  の等分布荷重が載荷するとおのおのの桁の支持する荷重はそれぞれ、 $w_1(1-\alpha) + w_2\alpha, w_2(1-\alpha) + w_1\alpha$  である。いま  $w_1$  と  $w_2$  の合力を  $w$ 、その 2 主桁の中心よりの偏心量を  $e$  とすれば、

$$w_1, w_2 = w \left( \frac{1}{2} \pm \frac{e}{a} \right)$$

よって

$$\left. \begin{aligned} w_1(1-\alpha) + w_2\alpha &= \frac{w}{2} \left\{ 1 + \frac{2e}{a} (1-2\alpha) \right\} \\ w_2(1-\alpha) + w_1\alpha &= \frac{w}{2} \left\{ 1 - \frac{2e}{a} (1-2\alpha) \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(5.10)$$

また、ねじりモーメント  $M$  は

$$\begin{aligned} M_T &= \frac{alw_1}{4} \alpha - \frac{alw_2}{4} \alpha \\ &= \frac{al}{4} \alpha w \cdot \frac{2e}{a} = \frac{elw}{2} \alpha \dots\dots\dots(5.11) \end{aligned}$$

(2) Guyon-Massonnet の表

i) 縦桁の曲げモーメント

$$M_x = k_a M_m$$

$$k_a = k_0 + (k_1 - k_0) \sqrt{\alpha}$$

$$\theta = \frac{b}{2l} \sqrt{\frac{B_x}{B_y}} = \frac{b}{2l} \sqrt{\frac{I_x}{I_y}}$$

$$\alpha = \frac{H}{\sqrt{B_x B_y}} = \frac{G}{2E} \frac{J_x + J_y}{\sqrt{I_x I_y}}$$

ここに、 $M_m$  : 平均の縦方向曲げモーメント

$k_a$  : 荷重分配係数

$I_x$  : 単位長さ当りの縦方向曲げ断面二次モーメント

$I_y$  : " 横 "

$J_x$  : 単位長さ当りの縦方向のねじり断面二次モーメント

$J_y$  : " 横 "

ii) 横桁の曲げモーメント

$$M_y = \frac{1}{2} \mu_\alpha r b \sin \frac{\pi x}{l}$$

$$\mu_\alpha = \mu_0 + (\mu_1 - \mu_0) \sqrt{\alpha}$$

ここに、 $r$  : 荷重のフーリエ展開によるスパン  $l$  上の荷重強度の第 1 項の振幅

表-5.11

$k_\alpha$ の値									
$\theta=0.25$	$\alpha=0 (k_0)$								
	$-b$	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	$b$
0	+0.9718	+0.9874	+1.0021	+1.0138	+1.0188	+1.0138	+1.0021	+0.9874	+0.9718
$b/4$	+0.2309	+0.4281	+0.6251	+0.8210	+1.0138	+1.2007	+1.3791	+1.5524	+1.7244
$b/2$	-0.5019	-0.1267	+0.2489	+0.6251	+1.0021	+1.3791	+1.7335	+2.1230	+2.4905
$3b/4$	-1.2302	-0.6789	-0.1267	+0.4281	+0.9874	+1.5524	+2.1230	+2.6966	+3.2696
$b$	-1.9571	-1.2302	-0.5019	+0.2309	+0.9718	+1.7244	+2.4905	+3.2696	+4.0574
$\theta=0.25$	$\alpha=1 (k_1)$								
0	0.9812	0.9912	1.0012	1.0095	1.0133	1.0095	1.0012	0.9912	0.9812
$b/4$	0.9156	0.9382	0.9619	0.9862	1.0095	1.0287	1.0407	1.0484	1.0546
$b/2$	0.8569	0.8899	0.9246	0.9619	1.0012	1.0407	1.0773	1.1079	1.1354
$3b/4$	0.8038	0.8456	0.8899	0.9382	0.9912	1.0484	1.1079	1.1669	1.2225
$b$	0.7539	0.8038	0.8569	0.9156	0.9812	1.0546	1.1354	1.2225	1.3133

表-5.12

$k_\alpha$ の値									
$\theta=0.50$	$\alpha=0 (k_0)$								
	$-b$	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	$b$
0	+0.6203	+0.8288	+1.0273	+1.1877	+1.2575	+1.1877	+1.0273	+0.8288	+0.6203
$b/4$	-0.0021	+0.3111	+0.6223	+0.9226	+1.1877	+1.3721	+1.4336	+1.4250	+1.3968
$b/2$	-0.5198	-0.1466	+0.2317	+0.6223	+1.0273	+1.4336	+1.8038	+2.0981	+2.3613
$3b/4$	-0.9828	-0.5703	-0.1466	+0.3111	+0.8288	+1.4250	+2.0981	+2.8125	+3.5140
$b$	-1.4286	-0.9828	-0.5198	-0.0021	+0.6203	+1.3968	+2.3613	+3.5140	+4.7981
$\theta=0.50$	$\alpha=1 (k_1)$								
0	0.8609	0.9276	1.0028	1.0767	1.1146	1.0767	1.0028	0.9276	0.8609
$b/4$	0.6834	0.7617	0.8547	0.9642	1.0767	1.1557	1.1603	1.1293	1.0937
$b/2$	0.5516	0.6326	0.7308	0.8547	1.0028	1.1603	1.2911	1.3544	1.3786
$3b/4$	0.4538	0.5340	0.6326	0.7617	0.9276	1.1293	1.3544	1.5704	1.7409
$b$	0.3751	0.4538	0.5516	0.6834	0.8609	1.0937	1.3876	1.7409	2.1362



表-5.16

$\mu_a$ の値									
$\theta=1$	$\mu_a \cdot 10^4$								
	$-b$	$-\frac{3b}{4}$	$-\frac{b}{2}$	$-\frac{b}{4}$	0	$\frac{b}{4}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{3b}{4}$	$b$
0	392.86	329.52	184.79	230.59	1159.04	230.59	184.79	329.52	392.86
$b/4$	115.59	186.55	225.03	133.25	274.70	1176.29	176.00	408.50	846.34
$b/2$	2.94	74.59	138.97	160.16	53.35	319.93	1101.38	207.09	1326.88
$3b/4$	11.13	15.65	42.36	62.61	54.31	26.67	240.52	628.86	1361.41
$b$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\theta=1$	$\mu_i \cdot 10^4$								
0	144.91	149.27	123.77	58.35	779.35	58.35	123.77	149.27	144.91
$b/4$	83.21	101.07	121.37	109.67	61.08	770.61	34.28	172.14	237.51
$b/2$	45.69	61.19	85.23	113.13	109.33	50.61	739.94	40.37	346.79
$3b/4$	21.89	31.23	47.06	71.89	100.07	100.02	38.69	648.68	380.11
$b$	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(3) 格子構造の理論

(i) 3本主桁, 1本横桁の場合

3本主桁の中央に1本の横桁があり, 耳桁の  $I$  が中桁の  $I$  の  $j$  倍とする。  $P=1$  が中桁の中央に載荷された場合には, 格点力  $X_{ab}, X_{bb}, X_{cb}$  は  $\sum V=0$  より

$$X_{ab} + X_{bb} + X_{cb} = P = 1$$

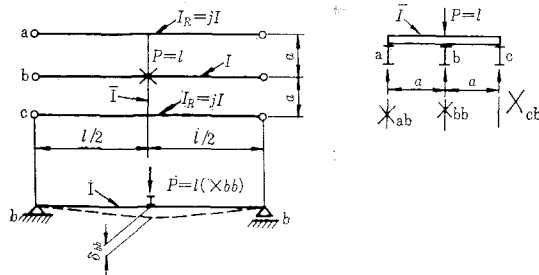
$\sum M=0$  より

$$2X_{ab} + X_{bb} + 0 = P = 1 \dots\dots\dots (5.12)$$

主桁のたわみは

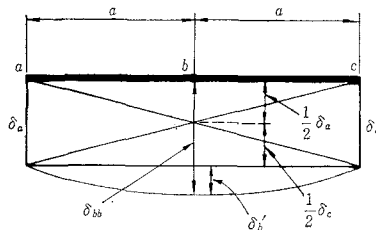
$$\delta_{bb} = \frac{X_{bb} l^3}{48 EI}$$

図-5.30



横桁のたわみは

図-5.31



$$\begin{aligned} \delta_{bb} &= \frac{1}{2} \delta_a + \frac{1}{2} \delta_c + \delta_b' \\ &= \frac{1}{2} \frac{X_{ab} l^3}{48 EI_j} + \frac{1}{2} \frac{X_{cb} l^3}{48 EI_j} + \frac{(P - X_{bb})(2a)^3}{48 EI} \end{aligned}$$

$X_{ab} = X_{cb}$  を考慮して等値すれば

$$\therefore \frac{X_{bb}l^3}{48 EI} = \frac{X_{ab}l^3}{48 EIj} + \frac{(P - X_{bb})(2a)^3}{48 EI}$$

$$\therefore X_{ab} = P \frac{jz}{2j + 2jz + z} = k_{ab}$$

$$X_{bb} = P \frac{2j + z}{2j + 2jz + z} = k_{bb}$$

ここに,

$$z = \frac{\bar{I}}{I} \left( \frac{l}{2a} \right)^3$$

同様に  $P=1$  が  $a$  桁の中央に作用する場合には

$$X_{aa} = \frac{4j + 4jz + z}{4j + 4jz + 2z} = k_{aa}$$

$$X_{ba} = \frac{z}{2j + 2jz + z} = k_{ba}$$

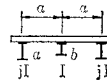
$$X_{ca} = \frac{-z}{4j + 4jz + 2z} = k_{ca}$$

(ii) 多主桁, 1 本横桁の格子構造に対する Leonhardt の横分布係数

主桁 3 本  
分母  $N = 4j/Z + (4j + 2)$

$$\begin{array}{l} \frac{k_{aa} - 1 = -1/N = k_{ac}}{k_{ab} = +2j/N} \\ \frac{k_{bb} - 1 = -4j/N}{} \end{array}$$

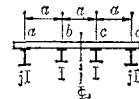
$$\begin{array}{l} k_{ba} = k_{ab}/j \\ k_{bc} = k_{ba} \end{array}$$



主桁 4 本  
分母  $N_1 = 10j/Z + (2j + 2)$   
"  $N_2 = 6j/Z + (18j + 2)$

上欄	分母 $N_1$	分母 $N_2$	下欄
$k_{aa} - 1 = [-1] \pm [-1]$			$= k_{ad}$
$k_{ab} = [+j] \pm [+3j]$			$= k_{ac}$
$k_{bb} - 1 = [-j] \pm [-9j]$			$= k_{bc}$

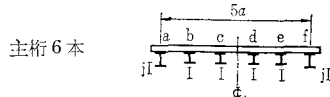
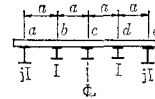
$$\begin{array}{l} k_{ba} = k_{ab}/j \\ k_{bd} = k_{ac}/j \end{array}$$



主桁 5 本  
分母  $N_1 = 14j/Z + (64j + 4) + (4j + 6)Z$   
"  $N_2 = 8j/Z + (8j + 2)$

上欄	分母 $N_1$	分母 $N_2$	下欄
$k_{aa} - 1 = [-2 - 3Z]$		$\pm [-1]$	$= k_{ae}$
$k_{ab} = [+5 + 2Z]j$		$\pm [+2j]$	$= k_{ad}$
$k_{ac} = [-6 + 2Z]j$		$\pm 0$	
$k_{bb} + 1 = [-16j - (2j + 1)Z] \pm [-4j]$			$= k_{bd}$
$k_{bc} = [+22j + 2Z]$		$\pm 0$	
$k_{cc} - 1 = [-32j - (4j + 4)Z] \pm 0$			

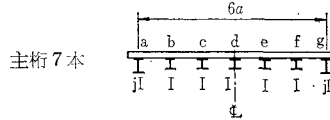
$$\begin{array}{l} k_{ba} = k_{ab}/j \\ k_{be} = k_{ad}/j \\ k_{ca} = k_{ac}/j \\ k_{cb} = k_{bc} \\ k_{cd} = k_{cb} \\ k_{ce} = k_{ca} \end{array}$$



分母  $N_1 = [38j/Z + (78j + 10) + (2j + 4)Z]$   
"  $N_2 = [22j/Z + (130j + 6) + (50j + 20)Z]$

上欄	分母 $N_1$	分母 $N_2$	下欄
$k_{aa}-1 = [-5-2Z]$	$\pm [-3-10Z]$	$= k_{af}$	
$k_{ab} = [+11+Z]j$	$\pm [+7+15Z]j$	$= k_{ae}$	
$k_{ac} = [-6+Z]j$	$\pm [-6+5Z]j$	$= k_{ad}$	
$k_{bb}-1 = [-28j-(j+1)Z]$	$\pm [-20j-(25j+1)Z]$	$= k_{be}$	
$k_{bc} = [+17j+Z]$	$\pm [+25j+3Z]$	$= k_{bd}$	
$k_{cc}-1 = [-11j-(j+1)Z]$	$\pm [-45j-(25j+9)Z]$	$= k_{cd}$	

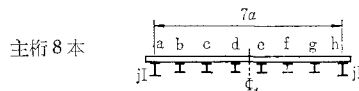
$$\begin{aligned} k_{ba} &= k_{abl}j \\ k_{bf} &= k_{abl}j \\ k_{cb} &= k_{ac}l/j \\ k_{cb} &= k_{bc} \\ k_{ce} &= k_{bd} \\ k_{cf} &= k_{ad}l/j \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{分母 } N_1 &= [52j/Z + (372j+14) + (324j+68)Z + (4j+10)Z^2] \\ \text{ } N_2 &= [30j/Z + (96j+8) + (18j+10)Z] \end{aligned}$$

上欄	分母 $N_1$	分母 $N_2$	下欄
$k_{aa}-1 = [-7-34Z-5Z^2]$	$\pm [-4-5Z]$	$= k_{ag}$	
$k_{ab} = [+16+62Z+2Z^2]j$	$\pm [+9+6Z]j$	$= k_{af}$	
$k_{ac} = [-12-10Z+2Z^2]j$	$\pm [-6+3Z]j$	$= k_{ae}$	
$k_{ad} = [+6-36Z+2Z^2]j$	$\pm 0$		
$k_{bb}-1 = [-44j-(134j+2)Z-(2j+3)Z^2] \pm [-24j-(9j+1)Z]$	$= k_{bf}$		
$k_{bc} = [+46j+(46j+5)Z+2Z^2]$	$\pm [+21j+2Z]$	$= k_{be}$	
$k_{bd} = [-36j+(52j-6)Z+2Z^2]$	$\pm 0$		
$k_{cc}-1 = [-89j-(82j+16)Z-(2j+3)Z^2] \pm [-24j-(9j+4)Z]$	$= k_{ce}$		
$k_{cd} = [+92j+(92j+22)Z+2Z^2]$	$\pm 0$		
$k_{dd}-1 = [-24j-(216j+32)Z-(4j+8)Z^2] \pm 0$			

$$\begin{aligned} k_{ba} &= k_{abl}j \\ j b g &= k_{abl}j \\ k_{ca} &= k_{ac}l/j \\ k_{cb} &= k_{bc} \\ k_{cf} &= k_{bc} \\ k_{cg} &= k_{ac}l/j \\ k_{da} &= k_{ad}l/j \\ k_{db} &= k_{bd} \\ k_{dc} &= k_{cd} \\ k_{de} &= k_{dc} \\ k_{df} &= k_{db} \\ k_{dg} &= k_{da} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{分母 } N_1 &= [426j/Z + (1866j+114) + (900j+264)Z + (6j+18)Z^2] \\ \text{ } N_2 &= [82j/Z + (686j+22) + (980j+136)Z + (98j+70)Z^2] \end{aligned}$$

上欄	分母 $N_1$	分母 $N_2$	下欄
$k_{aa}-1 = [-57-132Z-9Z^2]$	$\pm [-11-68Z-35Z^2]$	$= k_{ah}$	
$k_{ab} = [+129+207Z+3Z^2]j$	$\pm [+25+133Z+35Z^2]j$	$= k_{ag}$	
$k_{ac} = [-90+15Z+3Z^2]j$	$\pm [-18-49Z+21Z^2]j$	$= k_{af}$	
$k_{ad} = [+18-90Z+3Z^2]j$	$\pm [+6-42Z+7Z^2]j$	$= k_{ae}$	
$k_{bb}-1 = [-348j-(399j+15)Z-(3j+6)Z^2] \pm [-68j-(315j+3)Z-(49j+10)Z^2]$	$= k_{bh}$		
$k_{bc} = [+327j+(87j+33)Z+3Z^2]$	$\pm [+67j+(189j+7)Z+15Z^2]$	$= k_{bf}$	
$k_{bd} = [-108j+(105j-18)Z+3Z^2]$	$\pm [-36j+(77j-6)Z+5Z^2]$	$= k_{be}$	
$k_{cc}-1 = [-456j-(294j+84)Z-(3j+6)Z^2] \pm [-104j-(238j+20)Z-(49j+26)Z^2]$	$= k_{ch}$		
$k_{cd} = [+219j+(192j+51)Z+3Z^2]$	$\pm [+103j+(112j+25)Z+3Z^2]$	$= k_{ce}$	
$k_{dd}-1 = [-129j-(207j+33)Z-(3j+6)Z^2] \pm [-171j-(427j+45)Z-(49j+34)Z^2]$	$= k_{de}$		

$$\begin{aligned} k_{ba} &= k_{abl}j \\ k_{ca} &= k_{ac}l/j \\ k_{da} &= k_{ad}l/j \\ k_{df} &= k_{ce} \\ k_{bh} &= k_{agl}j \\ k_{cb} &= k_{bc} \\ k_{db} &= k_{bd} \\ k_{dg} &= k_{be} \\ k_{cg} &= k_{bf} \\ k_{dc} &= k_{cd} \\ k_{dh} &= k_{ad}l/j \\ k_{ch} &= k_{af}l/j \end{aligned}$$

(iii) 曲げモーメント, せん断力

中桁の桁端から  $al$  の点に  $P=1$  が載荷された場合に, 中桁が B 点で剛に支持された連続桁と考えると支点反力  $X_b^0$  は

$$X_b^0 = (4\alpha^2 + 3\alpha)P$$

スパン  $l$  の単純桁としての  $x$  点の曲げモーメントを  $M_x^0$  とし, 連続桁  $BbB'$  の  $x$  点の曲げモーメントを  $M_x'$  は

$$M_x' = M_x^0 - \frac{X_b^0}{2}x$$

$$\therefore \frac{X_b^0}{2}x = M_x^0 - M_x'$$

つぎにこの連続桁の支点  $b$  を取りはずして, 格点力  $X_b^0$  によるスパン  $l$  の単純桁としての中桁の曲げモーメントを求めると,

$$\frac{X_b^0}{2}k_{bb} \cdot x$$

ゆえにこれを組み合わせて, 中桁の曲げモーメント

$$\begin{aligned} M_x &= M_x' + \frac{1}{2}X_b^0 k_{bb} \cdot x \\ &= M_x^0 k_{bb} + M_x'(1 - k_{bb}) \end{aligned}$$

耳桁の曲げモーメントは

$$\begin{aligned} M_x &= \frac{X_b^0}{2}k_{ab} \cdot x \\ &= M_x^0 k_{ab} - M_x' k_{ab} \end{aligned}$$

せん断力についても同じように表わすことができる。

(iv) はりのねじり剛性を考慮する場合

縦横に配置されたはり単体的につくられている場合には 1 つのはりの接合点の曲げモーメントは, それに直交するはりに対してはねじりモーメントとして作用する。一例として 2 本の張出しばりの先が横ばりで剛結されている場合を考えるとこの横ばりの固定度は張出しばりのねじり剛性から定められる。この場合の構造解析は横ばりと張出しばりとかから構成される平面モーメントについて, その剛比が

$$\frac{K_b}{K_f} = \frac{4EI\bar{l}}{GJ\bar{l}}$$

であるとしてモーメント計算によって求めることができる。

(4) RC 道路橋設計示方書 (昭和 39 年) による主桁の設計方法

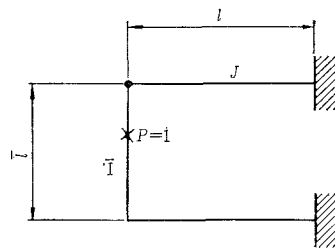
① 各主桁の設計曲げモーメントは, 格子構造の理論にしたがって求めなければならない。

② 歩道車道の区別がないときには, つぎの方法によって主桁の設計曲げモーメントを算出してよい。すなわち, 主載荷荷重を橋の幅員に満載したときの曲げモーメントを主桁の本数で除して, この値に, 耳桁に対しては  $\alpha$ , その他の桁に対しては  $\beta$  の係数を乗じたものを主桁の曲げモーメントとすることができる。

幅員  $\geq 5.5$  m の場合  $\alpha = 1.1, \beta = 0.95$

幅員  $< 5.5$  m の場合  $\alpha = 1.0, \beta = 1.0$

図-5.32





## (5) 国鉄 PC 基準 (昭和 40 年) による主桁の荷重分配

各主桁間の荷重分配は主桁が、スラブまたは横桁で互いに連結されているものとして求める。

荷重分配の計算には主桁のねじり剛性を考慮してよい。支点上に十分剛な端横桁があれば、主桁は支点でねじりに対して固定されているとしてよい。

横締め後載荷される荷重に対する各主桁のうけもつ分配係数は、単桁橋では一般にスパン中央に剛な横ばりがあるものとして主桁のねじりを考えた格子桁として解いてもよい。

主桁の曲げ剛性および主桁間隔  $a$  が等しいとすると荷重分配は一般に次式により求める。

$$Q_{ij} = \frac{1}{n} \left[ 1 + \frac{6(n+1-2i)}{(n^2-1)} \frac{y_j}{a} \frac{1}{1 + \frac{G}{E} \cdot \frac{1}{(n^2-1)} \left( \frac{l}{a} \right)^2 \frac{J}{I}} \right]$$

ここに、 $Q_{ij}$  :  $y_j$  に荷重が載荷されているときの  $i$  主桁の分配係数

$y_j$  : 計算上の橋幅の中央より荷重載荷点までの距離

$I$  : 主桁の断面曲げ二次モーメント

$J$  : 主桁のねじり断面二次モーメント

$n$  : 主桁の本数

$l$  : 主桁のスパン

$a$  : 主桁の間隔

$$\frac{G}{E} : 0.43$$

各主桁の断面二次モーメントが違っていても、その差が僅少ならば、近似的に上記の式によって分配係数を求めて方法よい。ただし、スパンに比し橋幅の広い場合 (複線橋) などで横ばりを剛と仮定できないときには、他の適切なにより分配荷重を求める。

支点付近にのる荷重は主桁の剛性が大きいのでスパン中央付近にのる場合のように、荷重が分配しない。したがって、せん断力、支点反力の計算ではこの点を考えるのがよい。

荷重分配に主桁のねじり剛性の影響がある場合には、主桁の設計にねじりモーメントの影響を考えなければならない。

## (6) ねじりモーメントに対する設計

この示方書にはねじりモーメントに対する部材の設計方法についてとくに規定していないが、ドイツ、フランスなどの鉄筋コンクリート規準ではその許容応力度について規定している。表-5.17 はこれらを比較して示したものである。しかしこれらの諸外国における規準においても、ねじりモーメントに対する配筋方法について規定しているところはない。

表-5.17 許容せん断応力度

(単位 kg/cm<sup>2</sup>)

			B 120	B 160	B 225	B 300	B 450
ドイツRC規準 (D I N 1045) (D I N 1075)	ねじりのみを うける場合	配筋を必要としない場合 最 大 値	4 14	5 16	6 18	7 20	— 22
	曲げとねじり をうける場合	配筋を必要としない場合 最 大 値	6 17	8 20	9 23	10 26	11 28
フランスのRC規準 (Regles BA 60)	$\frac{\bar{\sigma}_{ca}}{3} - \frac{3}{4} \frac{T}{ab}$ $\sigma_{ca}$ ; 許容圧縮応力度 $T$ ; せん断力 $a, b$ ; 長方形断面の長辺および短辺						
オーストラリアの RC規準	配筋を必要としない場合 $\tau = 0.02 \sigma_c + 1.4 \leq 6.3$ 最 大 値 $\tau' = 0.08 \sigma_c + 5.6 \leq 25$ ここに、 $\sigma_c$ ; コンクリートの圧縮強度、 $\tau'$ ; 曲げとねじりをうける場合の許容せん断応力度						

これについて、コンクリートのせん断応力が一定以上の場合には腹部のコンクリートを無視して鉄筋のみでそのせん断応力に抵抗するとして、その設計方法の一案を示すとつぎようになる。

- a) せん断応力が 表-5.18 に示す値以下の場合には、これに対する配筋は必要としない。
- b) せん断応力が 表-5.19 に示す値以上の場合には断面を変更する。

表-5.18 (単位 kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_{28}$	180	240	300
曲げせん断応力度 ( $\tau_b$ ) またはねじりせん断応力度 ( $\tau_t$ )	6	7	8
合成せん断応力度 ( $\tau_b + \tau_t$ )	9	10	11

表-5.19 (単位 kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_{28}$	180	240	300
曲げせん断応力度 ( $\tau_b$ ) またはねじりせん断応力度 ( $\tau_t$ )	18	20	22
合成せん断応力度 ( $\tau_b + \tau_t$ )	23	26	28

- c) せん断応力が a) 項を上まわる場合はねじりモーメント  $M_T$  に対してスターラップおよび軸方向鉄筋を配置して補強する。この場合の鉄筋の応力度は次式による。

$$\sigma_s = \frac{sM_T}{2a_s F_K}$$

ここに、 $s$  : 鉄筋の間隔

$\sigma_s$  : 鉄筋の応力度

$a_s$  : 鉄筋の断面積

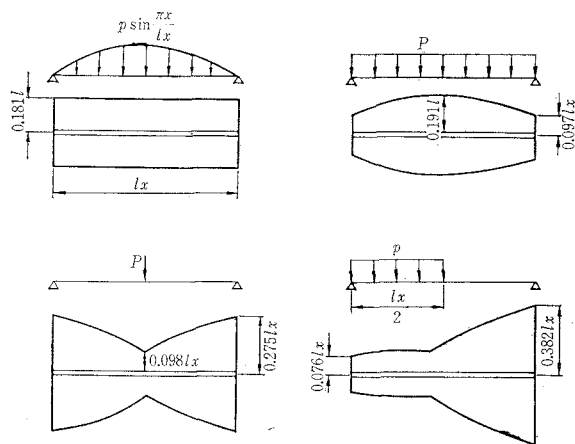
$F_k$  : 外周の鉄筋で囲まれる面積

ねじりモーメントとせん断力とを加算した場合の鉄筋の許容応力度は 171 条で規定する値より若干の割り割り (1.3 倍程度) を行なってもよいのではないかと考えている。

### 5.6 T 形ばりの突縁の有効幅 (鉄筋 146 条)

#### (1) 有効幅の計算例

図-5.33



## (2) T形ばりの圧縮フランジの有効幅に関する各国の規定の比較

## 1) 両側にスラブがある場合

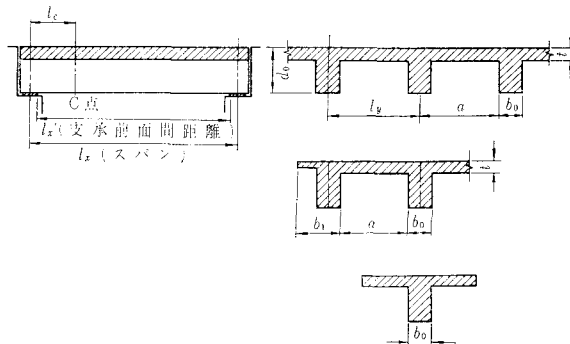
アメリカ	ソ 連	イギリス	(DIN 1045) ド イ ツ	フランス	(ÖNORM) オーストリア	CEB	示方書
$16t+b_0$	$12t+b_0$	$12t+b_0$	$12t+2b_s+b_0$ ( $6t+2b_s+b_0$ )	$b_0+\frac{1}{5}l_x'$	$b_0+\frac{a}{\sqrt{1+25\left(\frac{a}{l_x}\right)^2}}$	$b_0+\frac{1}{5}l_x$	$b_0+\frac{1}{4}l_x$
$l_y$		$l_y$	$l_y$	$l_y$		$l_y$	$l_y$
$\frac{1}{4}l_x$	$\frac{1}{3}l_x$	$\frac{1}{3}l_x$	$\frac{1}{2}l_x$	$b_0+2\times\frac{3}{4}l_c$ (支点付近)		$b_0+2l_c$ (支点付近)	

## 2) 片側にスラブがある場合

アメリカ	ソ 連	イギリス	(DIN 1045) ド イ ツ	フランス	(ÖNORM) オーストリア	CEB	示方書
$6t+b_1$		$4t+b_1$	$4.5t+b_s+b_1$ ( $2.25t+b_s+b_1$ )	$b_1+\frac{1}{10}l_x'$	$b_1+\frac{a}{\sqrt{1+25\left(\frac{a}{l_x}\right)^2}}$	$b_1+\frac{1}{10}l_x$	$b_1+\frac{1}{8}l_x$
$\frac{a}{2}+b_1$		$\frac{a}{2}+b_1$	$\frac{a}{2}+b_1$	$\frac{a}{2}+b_1$	$2\sqrt{1+25\left(\frac{a}{l_x}\right)^2}$	$\frac{a}{2}+b_1$	$\frac{a}{2}+b_1$
$\frac{1}{12}l_x+b_1$		$\frac{1}{6}l_x$	$\frac{1}{4}l_x$	$b_1+\frac{3}{4}l_c$		$b_1+l_c$	

## 3) 独立した T 形ばりの場合

アメリカ	ソ 連	イギリス	(DIN 1045) ド イ ツ	フランス	(ÖNORM) オーストリア	CEB	示方書
$4b_0$ (これは規定)							



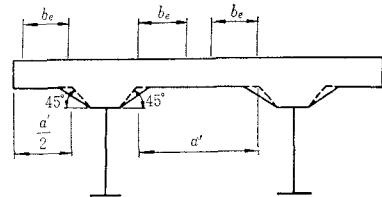
- 注 1. ハンチの影響を扱っているのは、ドイツおよび示方書。  
 2. 支点付近の有効幅は、フランス CEB が規定している。  
 3. 独立ばりについてはアメリカのみが規定。  
 4. DIN 1075 (ドイツコンクリート橋規準) によれば T 形ばりの有効幅は原則として DIN 1045 に示す式によらず、より正確に求めた方がよいとなっている。  
 5. DIN 1078 (ドイツ合成桁規準) では片側の有効幅  $b_0$  と  $a$  または  $a'$  との比をつぎのように与えている。

i) 同一符号の曲げモーメントをもつ場合

$a/2l$	0.05 以下	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.30 以上
$2b_e/a$ および $2b_e/a'$	1.00	0.89	0.78	0.68	0.58	0.50	0.15 $l$

ii) 符号の変わる曲げモーメント

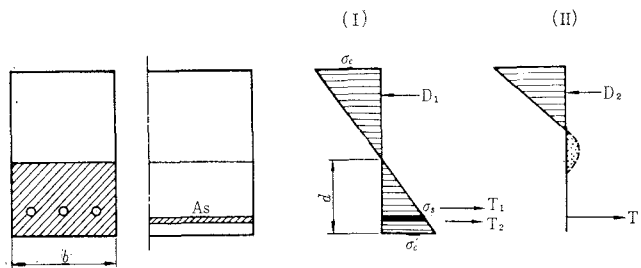
$a/2l$	0.05 以下	0.10	0.15	0.15 以上
$2b_e/a$ および $2b_e/a'$	1.00	0.80	0.60	0.09 $l$



5.7 構造細目 (鉄筋 149 条)

(1) 最小鉄筋量

図-5.54



ひびわれ発生前のコンクリートの全引張力  $T_1$

$$T_1 = \frac{1}{2} \sigma_c' b d$$

ひびわれ発生後の鉄筋の引張力

$$T_3 = A_s \sigma_s$$

$$\frac{1}{2} \sigma_c' b d \leq A_s \sigma_s$$

(2) 支承付近の用心鉄筋の例

図-5.55

