

第四章 拱橋の計算實例

第一節 二鉸鉸拱橋

1. 設計條件

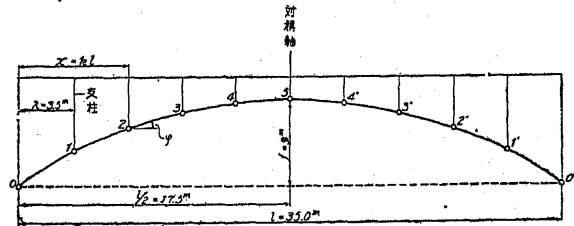
下記の一般寸法を與へて拋物線拱橋を設計す。

支 間 (l):	35.0 m	拱 矢 (f):	5.0 m
有 効 幅 員:	6.5 m	格 間 長 (λ):	3.5 m
型 式:	二鉸鉸拱	拱 肋 間 隔:	6.9 m
活 荷 重:	第二種	拱 肋 高 (h):	0.65 m

2. 拱軸に関する諸數

拱軸の式:

$$\begin{aligned}
 y &= 4f(1-k)k \\
 &= 20(1-k)k \\
 k &= \frac{x}{l}: \quad 4f = 20m \\
 \operatorname{tg} \varphi &= \frac{dy}{dx} = \frac{4f}{l}(1-2k) \\
 &= 0.57143(1-2k)
 \end{aligned}$$



第 1 圖

拱軸縱距, $\sin \varphi$ 及 $\cos \varphi$ の値は次表の如し

格 點	k	y (mm)	$\operatorname{tg} \varphi$	φ	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$
0						
1	0.1	1 800	0.457 1	24° 34'	0.415 8	0.909 5
2	0.2	3 200	0.342 9	18° 56'	0.324 5	0.945 9
3	0.3	4 200	0.228 6	12° 53'	0.223 0	0.974 8
4	0.4	4 800	0.114 3	6° 31'	0.113 5	0.993 5
5	0.5	5 000	0	0	0	1.000 0

3. 床 構

床版、縦桁及横桁等床構の計算は、單構橋の設計例に於けると全くその軌を一にする故茲には之を省略し床構の死荷重と活荷重に依る横桁の最大反力並びに群衆荷重に依る横桁の反力を掲げる。

死荷重: (1主桁長 1m 當り)

鋪 裝 及 床 版	2 100 kg/m
縱 桁	210 "

1	+1.0607	+0.3708	+0.1165	-0.0158	-0.0972
0	0	0	0	0	0
$\Sigma \zeta_{(+)}$	+1.6201	+1.4471	+1.0225	+0.5053	+0.3448
$\Sigma \zeta_{(-)}$	-2.8478	-2.1241	-1.5140	-0.9149	-0.7218
$\Sigma \zeta$	-1.2277	-0.6770	-0.4915	-0.4096	-0.3770
$y_k (m)$	2.046	3.456	4.464	5.069	5.271

$$\zeta = \frac{1}{y_k} [M_k \text{ 影響線縦距}]$$

下部核心彎曲率影響線 (但し乗数 y_k)

格點	1	2	3	4	5
0'	0	0	0	0	0
1'	-0.1967	-0.1884	-0.1609	-0.1195	-0.0591
2'	-0.3470	-0.3305	-0.2754	-0.1927	-0.0719
3'	-0.4142	-0.3894	-0.3068	-0.1827	+0.0015
4'	-0.3720	-0.3390	-0.2288	-0.0633	+0.1782
5	-0.2047	-0.1634	-0.0257	+0.1812	+0.4831
4	+0.0930	+0.1426	+0.3077	+0.5560	+0.1782
3	+0.5158	+0.5736	+0.7663	+0.2818	+0.0015
2	+1.0480	+1.1141	+0.4400	+0.1170	-0.0719
1	+1.6633	+0.5340	+0.1968	+0.0353	-0.0591
0	0	0	0	0	0
$\Sigma \zeta_{(+)}$	3.3201	2.3643	1.7108	1.1713	0.8425
$\Sigma \zeta_{(-)}$	1.5346	1.4107	0.9976	0.5582	0.2620
$\Sigma \zeta$	1.7855	0.9536	0.7132	0.6131	0.5805
$y_k (m)$	1.554	2.944	3.936	4.531	4.729

(3) 核心彎曲率。先に假定せる荷重に依つて

$$\text{格點死荷重} \quad 3 \times 3.5 = 10.5 t$$

$$\text{格點活荷重最大} \quad 10.5 t$$

$$\text{其他の格點活荷重} \quad 5.7 t$$

であるから核心彎曲率 M_k は

$$max M_k = 10.5 \Sigma \zeta + 5.7 (\Sigma \zeta - \zeta_{max}) + 10.5 \zeta_{max}$$

$$min M_k = 10.5 \Sigma \zeta + 5.7 (\Sigma \zeta - \zeta_{min}) + 10.5 \zeta_{min}$$

に依り求められる。

以上により計算せる結果は次表の通りである。(単位 tm)

格 點		1	2	3	4	5
上部核心彎曲率	min.	69.02	77.92	73.22	57.77	48.64
	max.	0.29	14.46	11.51	1.34	5.39
下部核心彎曲率	min.	15.42	3.16	4.10	13.08	22.45
	max.	73.78	87.64	85.03	74.25	65.82

(4) 斷面の設計。上部核心彎曲率を M_1 , 下部核心彎曲率を M_2 とすると (115) 及 (116) 式によ

り

$$F = \frac{M_1 + M_2}{h \sigma} + \frac{f_0 h^2 - 4 J_0}{4 h^2} \frac{(M_1 + M_2)^2}{M_1 + M_2}$$

$$f_1 = \frac{M_2}{M_1 + M_2} F - \frac{1}{2} f_0$$

$$f_2 = \frac{M_1}{M_1 + M_2} F - \frac{1}{2} f_0$$

である。

$$\text{基本斷面を} \quad 1\text{-腹鋼} \quad 640 \times 16 = 102.40 \text{ cm}^2$$

$$4\text{-山形鋼} \quad 150 \times 150 \times 15 = 4 \times 42.74 = 170.96 \text{ cm}^2$$

とすれば f_0 及 J_0 は、1-山形鋼のそれ自身の重心軸に對する慣性率 889 cm^4 。

$c_x = c_y = 4.22 \text{ cm}$ (重心位置) なるを以て

$$f_0 = 273.36 \text{ cm}^2$$

$$J_0 = \frac{1.6}{12} \times 64^3 + 4 [889 + 42.74 (32.5 - 4.22)^2]$$

$$= 175235.229 \text{ cm}^4$$

になる (第5圖)。

$$\sigma = 800 \text{ kg/cm}^2 = 8000 \text{ t/m}^2 \text{ とすると}$$

$$\frac{f_0 h^2 - 4 J_0}{4 h^2} = \frac{0.0273 \times 0.65^2 - 4 \times 0.00175}{4 \times 0.65^2}$$

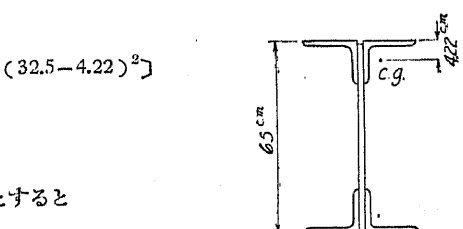
$$= 0.00268 \text{ m}^2$$

であるから

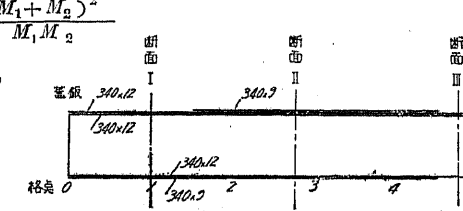
$$F = \frac{M_1 + M_2}{0.65 \times 8000} + 0.00268 \frac{(M_1 + M_2)^2}{M_1 + M_2}$$

になる。但し F の單位は m^2 で M は tm で表す。

以上を各格點につき計算すると次の如くである。



第5圖



第6圖

格點	$M_1 (tm)$	$M_2 (tm)$	$M_1 + M_2 (tm)$	$\frac{M_1 + M_2}{M_1 M_2}$	$P (cm^2)$	$f_1 (cm^2)$	$f_2 (cm^2)$
1	65.86	70.95	136.81	4.005 6	371	55.7	42.6
2	74.90	84.90	159.80	4.015 7	415	83.8	57.8
3	70.35	82.34	152.69	4.024 8	402	80.1	48.5
4	55.17	71.51	126.68	4.067 7	353	62.6	17.0
5	46.30	62.50	108.80	4.090 6	319	46.5	

是に依り 蓋板 $340 \times 9 = 30.6 \text{ cm}^2$

$$340 \times 12 = 40.8 \text{ cm}^2$$

であるから蓋板の配置を第6圖の如くす。

II. 第二次計算

第一次計算の結果得られた断面につき第二次計算を行ふ。

(1) 慣性率。本計算に於ては H を求むる時は總断面、核心を求むる時は純断面を用ふるを以て、各断面につき總断面及純断面の慣性率を求める。

一般に慣性率は次の如く計算される。

h を二等分する $I-I$ 軸と重心軸との距離 ξ は

$$\xi = \frac{f_1 \eta_1 - f_2 \eta_2}{F}$$

であつて

f_1 = 上部蓋板断面

f_2 = 下部蓋板断面

$$F = f_0 + f_1 + f_2$$

である。依つて重心軸についての慣性率 J は f_1, f_2 のそれ自身の重心軸に対する慣性率を省略し、基本断面の $I-I$ 軸に対する慣性率を J_0 とすれば

$$J = J_0 - F \xi^2 = J_0 - f_0 \xi^2 + f_1 (\eta_1^2 - \xi^2) + f_2 (\eta_2^2 - \xi^2)$$

になる。

純断面の慣性率は第7圖に示す如く鉄孔を減じたりを蓋板の幅と考へればよい、以下同断である。

断面	J_g	J_n
I	347 905 cm^4	307 471 cm^4
II	381 949 "	336 660 "
III	307 567 "	273 360 "

断面	F_g	F_n
I	426.2 cm^2	388.86 cm^2
II	456.8 "	414.96 "
III	395.6 "	362.76 "

断面	ξ_g	ξ_n
I	0.85 cm	0.78 cm
II	3.14 "	2.95 "
III	3.54 "	3.29 "

断面	W_{1g}	W_{2g}	W_{1n}	W_{2n}
I	10 217 cm^3	9 814 cm^3	9 011.5 cm^3	8 690.5 cm^3
II	11 695 "	10 121 "	10 248.4 "	8 965.6 "
III	9 808 "	8 259 "	8 647.9 "	7 390.1 "

$$W_{1g} = \frac{J_g}{a'_1} \quad W_{1n} = \frac{J_n}{a'_1}$$

$$W_{2g} = \frac{J_g}{a'_2} \quad W_{2n} = \frac{J_n}{a'_2}$$

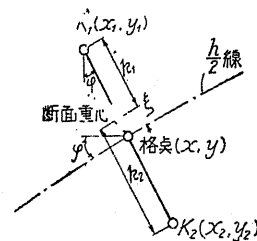
a'_1, a'_2 は夫々の断面の重心より端縁に至る距離

(2) 核心位置。

断面	I	II	III
$J_n (\text{cm}^4)$	307 471.0	336 660.0	273 360.0
$F_n (\text{cm}^2)$	388.86	414.96	362.76
$a'_1 (\text{cm})$	34.12	32.85	31.61
$a'_2 (\text{cm})$	35.38	37.55	36.99
$W_1 (\text{cm}^3)$	9 011.5	10 248.4	8 647.9
$W_2 (\text{cm}^3)$	8 690.5	8 965.6	7 390.1
$k_1 (\text{cm})$	22.35	21.61	20.37
$k_2 (\text{cm})$	23.17	24.70	23.84

x_1, y_1 及び x_2, y_2 の値

格點	1	2	3	4	5
$k_1 (\text{cm})$	22.35	21.61	21.61	21.61	20.37
$k_2 (\text{cm})$	23.17	24.70	24.70	24.70	23.84
$\xi (\text{cm})$	0.78	2.95	2.95	2.95	3.29
$x_1 (\text{m})$	3.403 8	6.920 3	10.445 2	13.972 1	17.500 0
$y_1 (\text{m})$	2.010 4	3.432 3	4.439 4	5.044 0	5.236 6
$x_2 (\text{m})$	3.593 1	7.070 6	10.548 5	14.024 7	17.500 0
$y_2 (\text{m})$	1.596 4	2.994 3	3.988 0	4.583 9	4.794 5
x_1 / y_1	1.693 1	2.016 2	2.352 8	2.770 0	3.341 9
x_2 / y_2	2.250 8	2.361 4	2.645 1	3.059 6	3.650 0

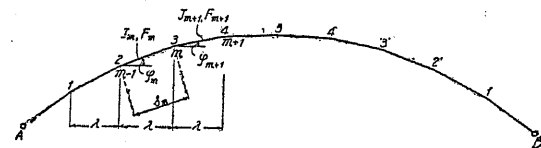


第 8 圖

$$\begin{aligned} x_1 &= x - (k_1 + \xi) \sin \varphi \\ y_1 &= y + (k_1 + \xi) \cos \varphi \\ x_2 &= x + (k_2 - \xi) \sin \varphi \\ y_2 &= y - (k_2 - \xi) \cos \varphi \end{aligned}$$

(3) H -線。弾性荷重を用ひ H -線を求む。

拱を第 9 圖の如き直線系にて置き換ふ、但し各格點の座標は拱に於けると同一なり。



第 9 圖

然る時は一般に m 點の弾性荷重は次式にて與へらる。

$$w_m = \frac{\lambda}{6E} \left[(M_{m-1} + 2M_m) \frac{1}{J_m \cos \varphi_m} + (M_{m+1} + 2M_m) \frac{1}{J_{m+1} \cos \varphi_{m+1}} - 6 \frac{1}{\lambda} \left(\frac{N_m}{F_m} \lg \varphi_m - \frac{N_{m+1}}{F_{m+1}} \lg \varphi_{m+1} \right) \right]$$

ここに

$M_m = m$ 點に於ける彎曲率

$N_m = m-1, m$ 部材に於ける軸壓

であり、其他の記號につきては第 9 圖に明かである。

不静定量 H を求むる場合には N の項は省略し得る以て M の項のみを考ふることゝす。

扱て H の影響線を求むるには一般に

$$H = \frac{\int \frac{M_0 y}{EJ} ds + \omega l l}{\int \frac{y^2}{EJ} ds + \int \frac{\cos \varphi}{EF} dx}$$

である。

H -影響線は上式中 $\int \frac{M_0 y}{EJ} ds$ の M_0 を m 點の鉛直荷重を 1 とする單桁 AB の彎曲率とすれば可で斯くすると $\int \frac{M_0 y}{EJ} ds$ は $H = -1$ の状態に於ける m 點の鉛直變位 δ_m になるから之を各點につき求めればよい。即ち

$$H = \frac{\delta_m}{\int \frac{y^2}{EJ} ds + \int \frac{\cos \varphi}{EF} dx}$$

となる。

之で見ると H は δ_m に正比例するから結局 H の影響線は $H = -1$ なる状態に於ける AB の撓度曲線を求め上式の分母で除せばよいことになる。

此の撓度曲線を弾性荷重により求めるのであるが $H = -1$ の状態に於ける w_m を求めると

$$w_m = \frac{\lambda}{6E} \left[\frac{y_{m-1} + 2y_m}{J_m \cos \varphi_m} + \frac{y_{m+1} + 2y_m}{J_{m+1} \cos \varphi_{m+1}} \right] = \frac{\lambda}{6E} w'_m$$

になり

$$\int \frac{y^2 ds}{EJ} = \Sigma y w \quad \int \frac{\cos \varphi}{EF} dx = \Sigma \frac{\cos \varphi}{EF} \lambda$$

になる。即ち

$$H = \frac{M_m}{\Sigma y w + \Sigma \frac{\cos \varphi}{EF} \lambda} = \frac{\frac{\lambda}{6E} M'_m}{\Sigma y w' + 6 \Sigma \frac{\cos \varphi}{F}}$$

で、 M'_m は弾性荷重に依る彎曲率である。

拱を直線系に置き換ふるのであるが半徑間を 20 等分し各點の縦距をその點に相當する拱の縦距と等しくする直線系に置き換へ

$w'_m = \frac{6E}{\lambda} w_m$ を求むれば次の様になる。

諸 数	$\cos \varphi_m$	$J_m \cos \varphi_m$	y_m	$\frac{y_{m-1} + 2y_m}{J_m \cos \varphi_m}$	$\frac{y_{m+1} + 2y_m}{J_{m+1} \cos \varphi_{m+1}}$	w'_m	$w'_m y_m$	$\frac{\cos \varphi_m}{F'_m}$
0	0.873 63	0.003 040	0		158.43	158.43	0	20.50
1	0.884 04	0.003 077	0.487 5	316.87	618.37	935.24	455.93	20.74
2	0.894 41	0.003 113	0.950 0	766.95	1 043.65	1 810.60	1 720.07	20.99
3	0.904 58	0.003 150	1.387 5	1 182.54	1 437.78	2 620.32	3 635.69	21.22
4	0.914 37	0.003 182	1.800 0	1 567.41	1 800.16	3 367.57	6 061.63	21.45
5	0.923 88	0.003 215	2.187 5	1 920.63	1 943.04	3 863.72	8 451.89	21.68
6	0.933 06	0.003 256	2.550 0	2 044.75	2 219.98	4 264.73	10 875.06	20.43
7	0.941 76	0.003 298	2.887 5	2 313.79	2 473.13	4 786.92	13 822.23	20.62
8	0.950 06	0.003 329	3.200 0	2 559.24	2 702.24	5 261.48	16 836.74	20.80
9	0.957 82	0.003 359	3.487 5	2 780.81	2 908.87	5 689.68	19 842.76	20.97
10	0.965 09	0.003 387	3.750 0	2 980.07	2 960.00	5 940.07	22 275.26	21.13
11	0.971 76	0.003 412	3.987 5	3 158.67	3 259.71	6 418.38	25 593.29	21.27
12	0.977 78	0.003 435	4.200 0	3 316.60	3 404.55	6 721.15	28 228.83	21.40
13	0.983 20	0.003 456	4.387 5	3 454.47	3 530.74	6 985.21	30 647.61	21.52
14	0.987 87	0.003 474	4.550 0	3 573.79	3 638.82	7 212.61	32 817.38	21.63
15	0.991 82	0.003 489	4.687 5	3 675.11	3 729.28	7 404.39	34 708.08	21.71
16	0.995 03	0.003 501	4.8000	3 758.88	4 715.98	8 474.86	40 679.33	21.78
17	0.997 46	0.003 512	4.8875	4 744.47	4 785.51	9 529.98	46 822.15	25.21
18	0.999 09	0.003 521	4.9500	4 805.82	4 833.60	9 639.42	47 715.13	25.26
19	0.999 90	0.003 528	4.9875	4 845.78	4 862.01	9 707.79	48 417.60	25.30
20	1.000 00	0.003 532	5.0000	4 866.07	3 246.75	8 112.82	40 564.10	25.30

$$H \text{ の分母は } 2 \sum_1^{19} w'_m y_m + 40 564.10^6 + \left[2 \sum_1^{19} \frac{\cos \varphi_m}{F'_m} + 25.30 \right] = 925 156.54 \left(\frac{1}{m^2} \right) \quad \lambda = 0.875 m$$

尚 F'_m 及 J'_m は總斷面に對するもので次表の通りである

	$F_m (m^2)$	$J (m^4)$
0 ~ 5	0.042 62	0.003 48
6 ~ 16	0.045 68	0.003 82
17 ~ 20	0.039 56	0.003 08

以上求めたる w_m を荷重として彎曲率を求めれば 4, 8, 12, 16 及 20 の各点につき次の如し。

4	449 717 λ
8	853 423 λ
12	1 164 388 λ
16	1 373 647 λ
20	1 447 807 λ

依つて

$$H = \frac{\lambda}{925 156.54} = 0.945 786 \times 10^{-6} \text{ なるを以て上表の如くなる。}$$

(4) 核心彎曲率影響線。 第一次計算に於けると全く同じ順序で之を求められる。その結果を挙げると

上部核心彎曲率影響線

格 点	1	2	3	4	5
1'	-0.256 0	-0.223 7	-0.190 0	-0.148 3	-0.091 1
2'	-0.468 6	-0.404 0	-0.336 6	-0.253 2	-0.138 8
3'	-0.593 4	-0.496 4	-0.395 5	-0.270 3	-0.098 7
4'	-0.622 0	-0.492 7	-0.358 1	-0.191 2	+0.037 6
5	-0.522 7	-0.361 2	-0.192 9	-0.015 7	+0.301 7
4	-0.283 3	-0.089 5	+0.112 5	+0.362 8	+0.037 6
3	+0.083 9	+0.310 0	+0.545 7	+0.145 2	-0.098 7
2	+0.547 3	+0.805 8	+0.290 8	+0.023 8	-0.138 8
1	+1.098 5	+0.381 2	+0.123 7	+0.009 8	-0.091 1
乗数 y_1 (m)	2.010 4	3.432 3	4.439 4	5.044 0	5.236 6

下部核心彎曲率影響線

格 点	1	2	3	4	5
1'	0.200 2	0.189 2	0.160 8	0.119 3	0.060 3
2'	0.357 0	0.334 9	0.278 2	0.195 3	0.077 2
3'	0.426 1	0.392 9	0.307 8	0.183 4	0.006 3
4'	0.398 9	0.354 6	0.241 2	0.075 4	0.160 8
5	0.243 9	0.188 6	0.046 7	0.160 5	0.455 7
4	0.051 3	0.117 6	0.287 9	0.536 6	0.160 8
3	0.474 3	0.551 7	0.750 3	0.275 5	0.006 3
2	0.993 4	1.081 9	0.427 2	0.110 7	0.077 2
1	1.600 4	0.519 3	0.191 9	0.033 6	0.060 3
乗数 y_2 (m)	1.596 4	2.994 3	3.988 0	4.583 9	4.794 5

(5) 荷重。

a 格点死荷重

精算の結果格点死荷重は右表の通りである。

b 格点活荷重

第一次計算に同じ。

(6) 核心彎曲率。 影響線縦距に相當の格点死荷重を乗じ全格点につき加算すれば死荷重に依る核心彎曲率を得る、活荷重によるものは第一次計算に於けると全く運算の方法は同様である。

依つて結果のみを次に記する。

上部核心彎曲率 (tm)

格 点	1	2	3	4	5
死荷重による	-22.41	-20.08	-19.24	-18.62	-16.73
活荷重による 最大	+30.44	+42.90	+39.06	+24.74	+19.05
最小	-37.53	-48.03	-45.39	-31.46	-22.88
計 最大	+ 8.03	+22.82	+19.82	+6.12	+ 2.32
最小	-59.49	-68.11	-64.63	-50.08	-39.61

格 点	死 荷 重
1	11.8 t
2	11.5 "
3	11.4 "
4	11.3 "
5	11.3 "

下部核心彎曲率 (tm)

格 點	1	2	3	4	5
死荷重による	+28.36	+30.17	+29.62	+28.73	+27.05
最大 活荷重による	+40.70	+54.80	+52.38	+41.28	+32.02
最小	-18.05	-30.02	-29.02	-19.08	-9.34
計					
最大	+69.06	+84.97	+82.00	+70.01	+59.07
最小	+10.31	+ 0.15	+ 0.60	+ 9.65	+17.71

(7) 縁維應力。縁維應力は死活兩荷重により、上記核心彎曲率を用ひ右表の如き結果となる。但し斷面係數は總斷面のものを用ふ。

$$\sigma_1 = \frac{M_2}{W_1}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_1}{W_2}$$

(8) 溫度應力。溫度變化に依る水平推力 H_t は

$$H_t = \frac{\omega t l}{\int \frac{y^2}{EJ} ds + \int \frac{\cos \varphi}{EF} dx}$$

である。

$t = \pm 30^\circ C$ とせば $\omega t l = \pm 0.000\ 012 \times 30 \times 35 = \pm 0.012\ 6\ m$ である。

分母は前に計算せるものを利用し

$$\int \frac{y^2}{EJ} ds + \int \frac{\cos \varphi}{EF} dx = \frac{\lambda}{6E} 925\ 156.54 = \frac{0.875}{6 \times 21 \times 10^6} \times 925\ 156.54 = 0.006\ 424\ 76\ m/t$$

になる。

$$H_t = \frac{\pm 0.012\ 6}{0.006\ 424\ 76} = \pm 1.961\ t$$

H_t に依る彎曲率 M_t は $M_t = -H_t y$

であるから H_t による核心彎曲率及縁維應力を求むれば次表の通りである。

格 點	上部核心彎曲率 (tm)	下縁維應力 (kg/cm^2)	下部核心彎曲率 (tm)	上縁維應力 (kg/cm^2)
1	∓ 3.942	± 40.2	∓ 3.131	∓ 30.6
2	∓ 6.731	± 66.5	∓ 5.872	∓ 50.2
3	∓ 8.706	± 86.0	∓ 7.820	∓ 66.9
4	∓ 9.891	± 97.7	∓ 8.989	∓ 76.9
5	∓ 10.269	± 124.3	∓ 9.402	∓ 95.9

格 點	應 力	下縁維應力 $\sigma_2 (kg/cm^2)$	上縁維應力 $\sigma_1 (kg/cm^2)$
1		-610.8	-675.9
2		-672.9	-726.6
3		-638.6	-701.1
4		-494.8	-598.7
5		-479.5	-602.2

第二節 二鉸構拱橋

I 一般設計條件

1. 一般寸法及構造概要

支 間	61.00 m
有効幅員	6.50 m
型 式	上路二鉸構拱 (Spandrel Braced Arch)
舗 装	「グラノリシツク」舗装
床 張	鉄筋「コンクリート」床版

2. 荷 重

(a) 材料單位重量

材 料	重 量 (kg/m^3)
鑄 鐵	7 250
鋼	7 850
鑄 鋼	7 860
鐵 筋 コ ン ク リ ー ト	2 400
コ ン ク リ ー ト	2 200
セ メ ン ト ・ モ ル タ ル	1 700
石	2 600
砂	1 700
土	1 600
グラノリシツク舗装	2 200

(b) 群衆荷重 (第二種)

$$\text{主構に對して } w = \frac{10\,000}{1.0+l} \geq 500 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

$$l = \text{徑間 (m)}$$

$$\text{主構以外に對して } w = 500 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

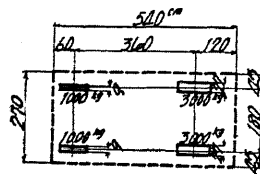
(c) 自動車荷重 8t 自動車 (第1圖參照)

(d) 輾壓機荷重 11t 輾壓機 (第2圖參照)

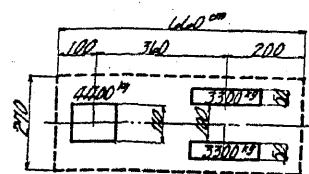
$$(e) \text{ 衝擊係數 } i = \frac{20}{60+l} \leq 0.3$$

$$l = \text{最大應力を生ずる荷重の長さ (m)}$$

群衆荷重は衝擊を生ぜざるものとす。



第 1 圖



第 2 圖

(f) 風荷重

$l \leq 50$ m の時: 載荷弦に對し 400 kg/m , 無載荷弦に對し 200 kg/m の動荷重。

$l > 50$ m の時: 徑間 10 m を増す毎に上記の荷重に 15 kg/m を加ふ。

(g) 欄干推力 50 kg/m

この推力は欄干の頂上に於て欄干の堅面に直角に働くものとす。

(h) 温度變化 $\pm 30^\circ\text{C}$

(i) 地震荷重

水平震度 $k = 0.2$ とす。

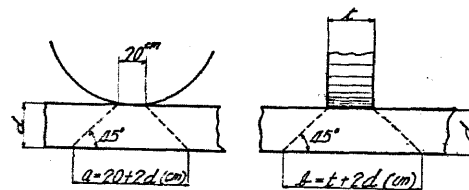
(j) 活荷重負載方法

i 自動車は橋梁の縦の方向に一臺とす。

ii 群衆荷重は自動車の前後左右に等布するものとす。

(k) 活荷重分布

自動車の輪荷重が路面に働く面積は車輛の進行方向に於ける長さ 20 cm と其の輪帶幅 (t) とを兩邊とせる矩形とし、其の版上に於ける分布は第3圖に依る。



第 3 圖

3. 許容應力

鋼材 張應力	$1200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
壓應力	$1200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
抗壓材の張應力	$1500 (1 - 0.0055 \frac{l}{r}) \leq 1100 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
但し l = 部材長 (cm), r = 最小環動半徑 (cm)	
彎曲應力	
桁の抗張纖維	$1200 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

桁の抗張纖維 $1200 (1 - 0.012 \frac{l}{b}) \leq 1100 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

但し l = 突縁の固定點間距離 (cm)

b = 突縁の幅 (cm)

鉋の纖維 $1800 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

剪應力

鋸 $900 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

鉋 $900 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

鐵筋 $900 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

鋸 (機械工場打) $900 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

鋸 (機械現場打) $750 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

支應力

鉋 $1800 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

鋸 (機械工場打) $1800 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

鋸 (機械現場打) $1500 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

コンクリート (配合 1:2:4)

直壓應力 $35 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

彎曲による壓應力 $45 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

彎曲と直壓力との合成による壓應力

抗壓材 $35 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

拱 $45 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

壓穿剪應力 $9 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

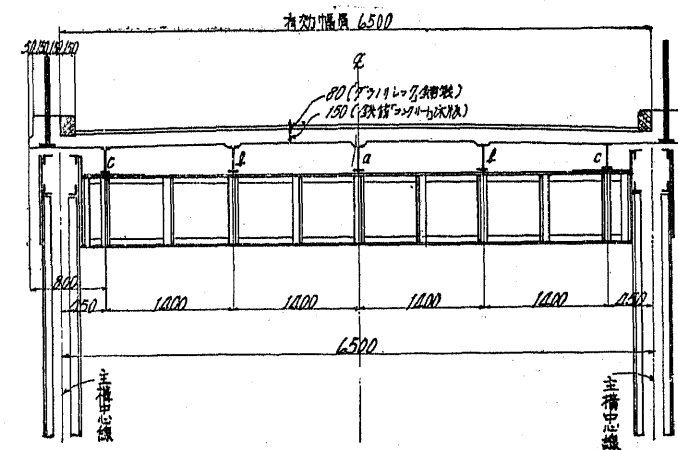
剪應力 $4 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

附着力 $6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

支應力 $45 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

II 床部構造

4. 構造概要



第 4 圖

道路の有効幅員 6.5 m に對し、主構中心間距離を同じく 6.5 m とす。兩主構間には 6.1 m の間隔毎に床桁を置き、床桁上には 1.4 m の間隔に 5 本の縦桁を配置す。縦桁上の床版は厚さ 15 cm、橋の方向と直角に主鉄筋を有し、縦桁上に於てのみ支へられ、主構上には支點を有せず。

床版上には厚さ 8 cm のグラノリシック舗装を施す。

5. 鉄筋コンクリート床版

(1) 荷 重。

(a) 死荷重

グラノリシック舗装	$0.08 \times 2200 = 176 \text{ (kg/m}^2\text{)}$
床版重量	$0.15 \times 2400 = 360 \text{ (kg/m}^2\text{)}$
ハウチ	$= 4 \text{ (kg/m}^2\text{)}$
	$540 \text{ (kg/m}^2\text{)}$

(b) 活荷重

群衆荷重	500 kg/m^2
自動車荷重	前輪 1000 kg, 後輪 3000 kg
輾壓機荷重	前輪 4400 kg, 後輪 3300 kg

(c) 衝撃係数 $i = 0.3$

(d) 活荷重の分布及び床版の有効幅

第1圖乃至第3圖により、自動車荷重及び輾壓機荷重の床版上への分布を求むれば下表の如し。

荷 重		分布面積		衝撃を含む輪荷重 (kg)	分布荷重 (kg)	
		長 (a)	幅 (b)		幅 1 cm 當り	面積 1 cm ² 當り
自動車	前 輪	36	25	1300	52.0	1.45
	後 輪	36	43	3900	90.7	2.52
輾 壓 機	前 輪	36	126	4400	34.9	0.97
	後 輪	36	66	3300	50.0	1.39

荷重を支持すべき床版の有効幅 e は次式により算定

す (第5圖参照)。

$$e = \frac{2}{3}l + a = \frac{2}{3} \times 140 + 36 = 129.3 \text{ cm} \div 130 \text{ cm}$$

(2) 最大彎曲率。

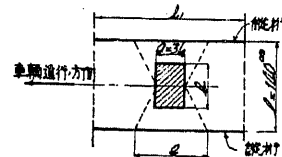
(a) 死荷重によるもの (M_d)

$$M_d = \frac{1}{8}wl^2 = \frac{1}{8} \times 540 \times 1.4^2 = 132 \text{ kg m}$$

(b) 活荷重によるもの (M_l)

後輪荷重が支間の中央に來りたる時、最大彎曲率 (近似的) を生ず (第6圖参照)。

$$\text{床版幅 } 100 \text{ cm 當りの後輪荷重} = \frac{3900}{1.3} = 3000 \text{ kg}$$



第 5 圖

$$R_A = \frac{1}{1.4} \left[3000 \times 0.7 + 0.25 \times 500 \times \frac{0.25}{2} \right] = 1511 \text{ kg}$$

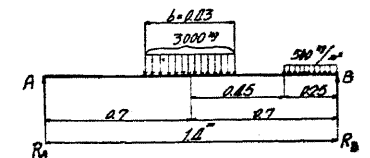
$$M_l = 1511 \times 0.7 - \frac{1}{2} \times 3000 \times \frac{0.43}{4} = 897 \text{ kg m}$$

(c) 全彎曲率 (M)

$$M_d = 132 \text{ kg m}$$

$$M_l = 897 \text{ kg m}$$

$$M = 1029 \text{ kg m} = 102900 \text{ kg cm}$$



第 6 圖

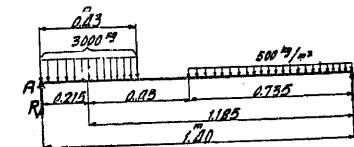
(3) 最大剪力。

(a) 死荷重によるもの (Q_d)

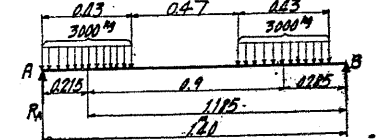
$$Q_d = \frac{1}{2} \times 540 \times 1.4 = 378 \text{ kg}$$

(b) 活荷重によるもの (Q_l)

後輪と群衆荷重とを載荷せる場合 (第7圖参照)。



第 7 圖



第 8 圖

$$R_A = \frac{1}{1.4} \left[3000 \times 1.185 + 500 \times 0.735 \times \frac{0.735}{2} \right] = 2636 \text{ kg} = Q_l$$

後輪荷重 2 箇を載荷せる場合 (第8圖参照)。

$$R_A = \frac{1}{1.4} \left[3000 \times 1.185 + 3000 \times 0.285 \right] = 3150 \text{ kg} = Q_{l2} > Q_l$$

(c) 全剪力 (Q)

$$Q_d = 378 \text{ kg}$$

$$Q_l = 3150 \text{ kg}$$

$$Q = 3528 \text{ kg} \div 3530 \text{ kg}$$

(4) 床版厚及び鉄筋量。床版の有効高 d 及び鉄筋量 F_s を求むるには次の公式あり。

$$d = C_1 \sqrt{\frac{M}{\sigma_a}}$$

$$F_s = C_2 \sqrt{M b}$$

而して σ_a = コンクリートの許容壓應力 = 45 kg/cm^2

σ_{sa} = 鉄筋の許容張應力 = 1200 kg/cm^2

n = 鋼の弾性係数のコンクリート弾性係数に對する比 = 15

とすれば C_1 及び C_2 は夫々次の値を有す。

$$C_1 = 0.375, C_2 = 0.00253$$

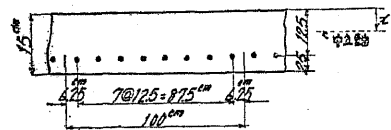
又 $M = 102\,900\text{ kg cm}$, $b = 100\text{ cm}$

上式に是等の値を代入すれば

$$d = C_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.375 \sqrt{\frac{102\,900}{100}} = 12.03\text{ cm}$$

即ち d を 12.5 cm とし之に被覆厚 2.5 cm を加へて全高を 15 cm とす。

$$F_s = C_2 \sqrt{M b} = 0.00253 \sqrt{102\,900 \times 100} = 8.116\text{ cm}^2$$



第9圖

即ち $12\text{ mm } \phi$ 丸鋼を 1 m に付 8 本使用す (第9圖参照)。

使用鉄筋量 $= 8 \times 1.13 = 9.04\text{ cm}^2 > 8.116\text{ cm}^2$

$$\text{鉄筋の間隔} = \frac{100}{8} = 12.5\text{ cm}$$

(5) 剪應力 (τ)。

$$x = \frac{n F_s}{b} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2bd}{n F_s}} \right] = \frac{15 \times 9.04}{100} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \times 100 \times 12.5}{15 \times 9.04}} \right] = 4.62\text{ cm}$$

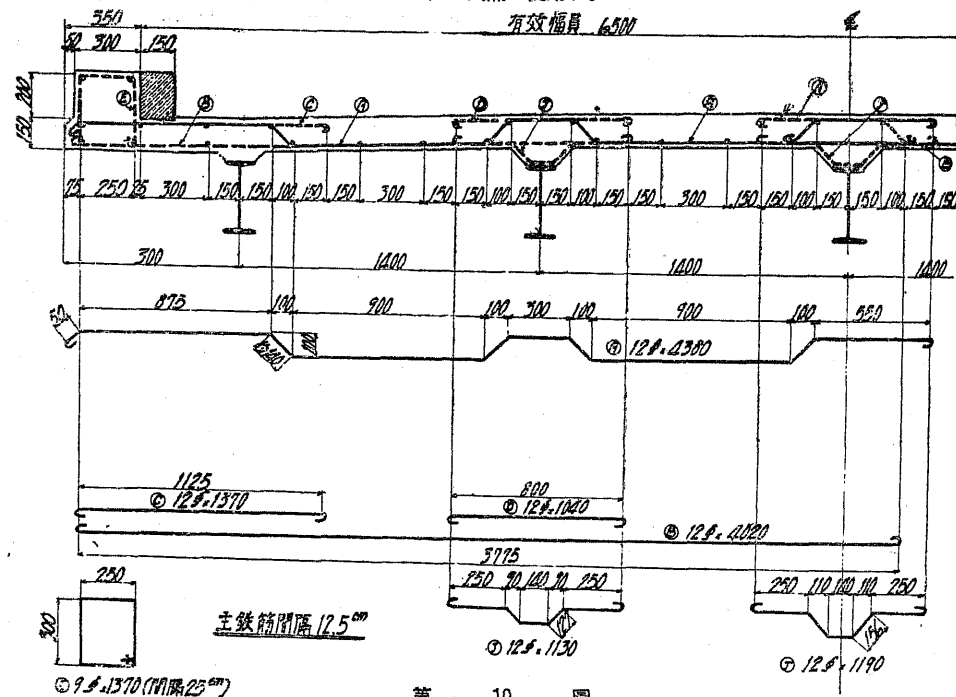
$$z = d - \frac{x}{3} = 12.5 - \frac{4.62}{3} = 10.96\text{ cm}$$

$$\tau = \frac{Q}{bz} = \frac{3\,530}{100 \times 10.96} = 3.22\text{ kg/cm}^2 < 4\text{ kg/cm}^2$$

(6) 横鉄筋量 (F_k)。

$$F_k = \frac{2}{1000} b h = \frac{2}{1000} \times 100 \times 15 = 3\text{ cm}^2$$

即ち $12\text{ mm } \phi$ 丸鋼を $25\text{ cm} \sim 35\text{ cm}$ 位の間隔に使用す。



第10圖

(7) 配筋。支間の中央、支点上共に(4)に求めたる鉄筋量を使用し、其の配筋は大體第10圖の如くす。

(8) 突桁部の照査。

(a) 死荷重 (第11圖参照)

$$\text{地覆コンクリート} \quad 0.2 \times 0.3 \times 2\,400 = 144\text{ kg/m}$$

$$\text{高欄} \quad 200\text{ kg/m}$$

$$344\text{ kg/m}$$

$$\text{縁石} \quad 0.2 \times 0.15 \times 2\,600 = 78\text{ kg/m}$$

$$\text{床版} \quad 0.15 \times 2\,400 = 360\text{ kg/m}^2$$

$$\text{舗装} \quad 0.08 \times 2\,200 = 176\text{ kg/m}^2$$

(b) M_d 及び Q_d [第12圖(a)参照]

$$M_d = 360 \times 0.8 \times 0.4 + 344 \times 0.6 + 78 \times 0.375$$

$$+ 176 \times 0.3 \times 0.15 = 359\text{ kg m}$$

$$Q_d = 360 \times 0.8 + 344 + 78 + 176 \times 0.3 = 763\text{ kg}$$

(c) M_l 及び Q_l [第12圖(b)参照]

$$M_l = 3\,000 \times \frac{0.365}{0.43} \times \frac{0.365}{2} = 465\text{ kg m}$$

$$Q_l = 3\,000 \times \frac{0.365}{0.43} = 2\,547\text{ kg}$$

(d) M 及び Q

$$M_d = 359\text{ kg m}$$

$$M_l = 465\text{ kg m}$$

$$M = 824\text{ kg m} < 1\,029\text{ kg m} \text{ [(2) 参照]}$$

$$Q_d = 763\text{ kg}$$

$$Q_l = 2\,547\text{ kg}$$

$$Q = 3\,310\text{ kg} < 3\,530\text{ kg} \text{ [(3) 参照]}$$

故に充分安全なり。

6. 縦桁 (設計には縦桁 a のみを考へ、他は之と同一の断面を使用す。)

(1) 荷重。

(a) 死荷重

縦桁長さ 1 m 當りの死荷重は次の如し。

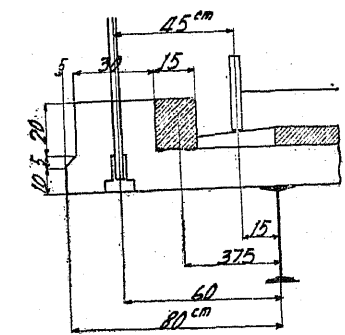
$$\text{床版及び舗装の重量} \quad 540 \times 1.4 = 756\text{ kg/m}$$

$$\text{ハウチの重量} \quad 62\text{ kg}$$

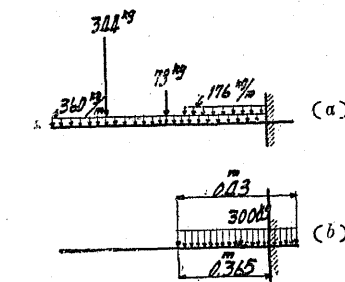
$$\text{縦桁の重量} \quad 92\text{ kg}$$

$$w = 910\text{ kg/m}$$

(b) 活荷重



第11圖



第12圖

$$\text{衝撃係数 } i = \frac{20}{60+l} = \frac{20}{60+6.1} = 0.303 \quad \text{即ち } i = 0.3 \text{ とす。}$$

$$\text{群衆荷重 } q = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{衝撃を含む前輪荷重 } Q_1 = 1000 \times 1.3 = 1300 \text{ kg}$$

$$\text{衝撃を含む後輪荷重 } Q_2 = 3000 \times 1.3 = 3900 \text{ kg}$$

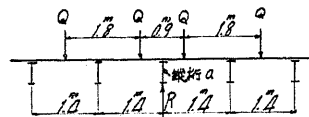
縦桁の計算に當りては輪荷重を集中荷重として取扱ふ。

(c) 縦桁 a に及ぼす活荷重の最大影響

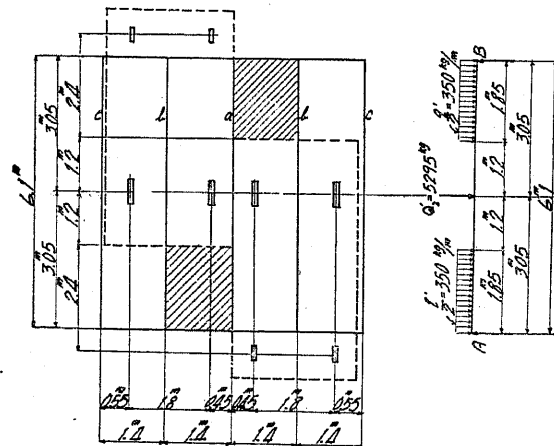
$$q' = \text{縦桁 a に及ぼす } q \text{ の影響} = 500 \times 1.4 = 700 \text{ kg/m}$$

$$Q_1' = \text{ " " } Q_1 \text{ " " } = \frac{1.9}{1.4} \times 1300 = 1765 \text{ kg (第 13 圖参照)}$$

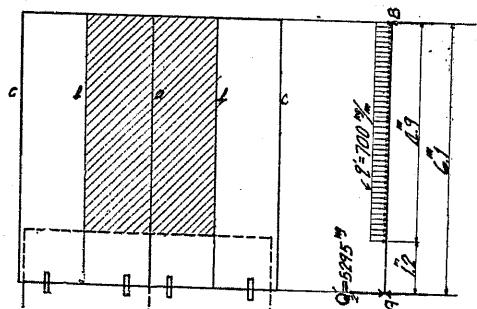
$$Q_2' = \text{ " " } Q_2 \text{ " " } = \frac{1.9}{1.4} \times 3900 = 5295 \text{ kg (第 13 圖参照)}$$



第 13 圖



第 14 圖



第 15 圖

(2) 最大彎曲率。

(a) 死荷重によるもの (M_d)

$$M_d = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} \times 910 \times 6.1^2 = 4233 \text{ kg m}$$

(b) 活荷重によるもの (M_l) (第 14 圖参照)

$$R_A = 350 \times 1.85 + \frac{1}{2} \times 5295$$

$$= 3295 \text{ kg}$$

$$M_l = 3295 \times 3.05 - 350 \times 1.85$$

$$\times 2.125 = 8674 \text{ kg m}$$

(c) 全彎曲率

$$M_d = 4233 \text{ kg m}$$

$$M_l = 8674 \text{ kg m}$$

$$M = 12907 \text{ kg m} = 1290700 \text{ kg cm}$$

(3) 最大剪力。

(a) 死荷重によるもの (Q_d)

$$Q_d = \frac{1}{2} w l = \frac{1}{2} \times 910 \times 6.1$$

$$= 2776 \text{ kg}$$

(b) 活荷重によるもの (Q_l) (第 15 圖参照)

$$Q_l = R_A = 5295 + \frac{1}{6.1} \times 700$$

$$\times \frac{4.9^2}{2} = 6673 \text{ kg}$$

(c) 全剪力 (Q)

$$Q_d = 2776 \text{ kg}$$

$$Q_l = 6673 \text{ kg}$$

$$Q = 9449 \text{ kg}$$

(4) 使用断面。

$$\text{假定突縁幅 } b = 17.5 \text{ cm}$$

$$\text{突縁の許容圧應力 } \sigma_{ca} = 1200(1 - 0.012 \frac{l}{b}) = 1200(1 - 0.012 \frac{610}{17.5}) = 798 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{所要断面係数 } W = \frac{M}{\sigma_{ca}} = \frac{1290700}{798} = 1617 \text{ cm}^3$$

$$\text{使用断面 } 1-I 450 \times 175 @ 91.7 \text{ kg (断面係数} = 1743 \text{ cm}^3 > 1617 \text{ cm}^3)$$

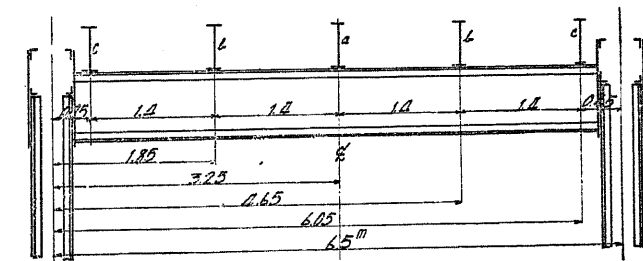
(5) 縦桁 b 及び c。

彎曲率、剪力共に縦桁 a より小なれども同一断面を使用す。

7. 床 桁

(1) 死荷重による彎曲率 (M_d) 及び剪力 (Q_d)

(a) 死荷重 (第 16 圖参照)



第 16 圖

(i) a 點及び b 點の集中死荷重

$$910 \times 6.1 = 5552 \text{ kg} \approx 5560 \text{ kg}$$

(ii) c 點の集中死荷重

縦桁 c の死荷重	床版、高欄及び鋪装	$763 + \frac{756}{2} = 1141 \text{ kg/m}$
	縦桁の重量	92 "
	其他	27 "
		1260 kg/m

$$1260 \times 6.1 = 7686 \text{ kg} \approx 7690 \text{ kg}$$

(iii) 等布死荷重 (床桁の自重)

$$200 \text{ kg/m}$$

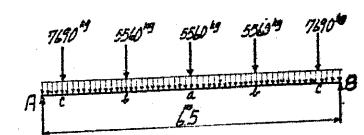
従つて死荷重の作用状態は第 17 圖の如し。

(b) Q_d

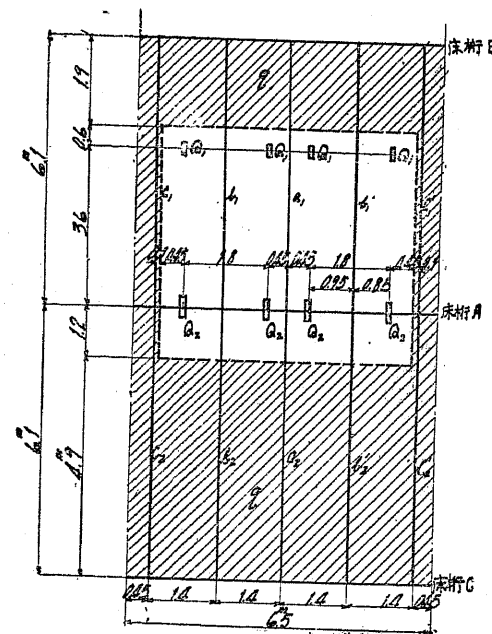
$$Q_d = R_A = \frac{1}{2} \times 200 \times 6.5 + 7690 + 5560 + \frac{5560}{2} = 16680 \text{ kg}$$

(c) M_d

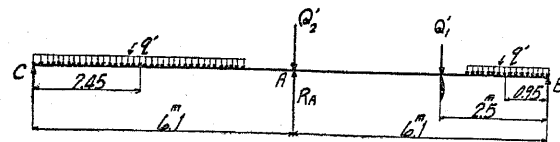
$$M_d = 16680 \times \frac{6.5}{2} - 200 \times \frac{6.5}{2} \times \frac{6.5}{4} - 7690 \times 2.8 - 5560 \times 1.4 = 23850 \text{ kg m}$$



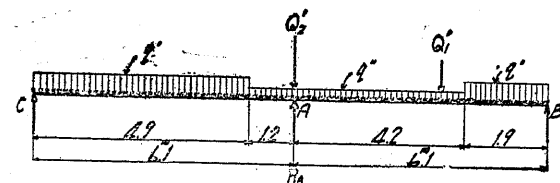
第 17 圖



第 18 圖

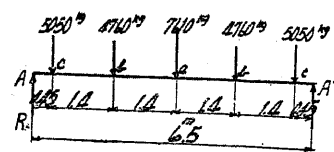


第 19 圖



第 20 圖

$$R_A = 2370 + \frac{1}{6.1} \times 790 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 575 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 275 (1.2 \times 5.5 + 4.2 \times 4.0) = 5050 \text{ kg}$$



第 21 圖

(d) M_i (第 21 圖参照)

$$R = 5050 + 4760 + \frac{7610}{2} = 13615 \text{ kg}$$

$$M_i = 13615 \times \frac{6.5}{2} - 5050 \times 2.8 - 4760 \times 1.4 = 23445 \text{ kg m}$$

(2) 活荷重による彎曲率 (M_i)。

第 22 圖の如き載荷状態の時最大彎曲率を生ず。荷重は總て先づ縦桁に傳はり、縦桁により床桁へ傳達さるゝものとす。

(a) 縦桁 a_1 及び a_2 より床桁 A に傳達さるゝ活荷重 (第 19 圖参照)

$$Q'_1 = 1765 \text{ kg}, \quad Q'_2 = 5295 \text{ kg}$$

$$q' = 700 \text{ kg/m} \quad [6(1) \text{ 参照}]$$

$$R_A = 5295 + \frac{1}{6.1} \times 1765 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 700 \times \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) = 7603.2 \text{ kg} \approx 7610 \text{ kg}$$

(b) 縦桁 b_1 及び b_2 より床桁 A に傳達さるゝ活荷重 (第 19 圖参照)

$$Q'_1 = \left(\frac{0.45}{1.4} + \frac{0.55}{1.4} \right) 1300 = 930 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = \left(\quad \right) 3900 = 2790 \text{ kg}$$

$$q' = 700 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 2790 + \frac{1}{6.1} \times 930 \times 2.5 + \frac{1}{6.1}$$

$$\times 700 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) = 4755.9 \text{ kg}$$

$$\approx 4760 \text{ kg}$$

(c) 縦桁 c_1 及び c_2 より床桁 A に傳達さるゝ活荷重 (第 20 圖参照)

$$Q'_1 = \frac{0.85}{1.4} \times 1300 = 790 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = \frac{0.85}{1.4} \times 3900 = 2370 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \left(\frac{1.4}{2} + 0.45 \right) = 575 \text{ kg/m}$$

$$q'' = 500 \times 0.55 = 275 \text{ kg/m}$$

(3) 活荷重による剪力 (Q_i)。

第 18 圖の如き載荷状態の時最大剪力を生ず。

(a) 縦桁 a_1 及び a_2 より床桁 A に傳達さるゝ活荷重 (第 23 圖参照)

$$Q'_1 = 1300 \text{ kg}, \quad Q'_2 = 3900 \text{ kg}$$

$$q' = 500(0.45 + 0.7) = 575 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 3900 + \frac{1}{6.1} \times 1300 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 575 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) = 5740 \text{ kg}$$

(b) 縦桁 b_1 及び b_2 より床桁 A に傳達さるゝ活荷重 (第 23 圖参照)

$$Q'_1 = 1300 \left(\frac{1.0}{1.4} + \frac{0.1}{1.4} \right) = 1020 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = 3900 \left(\quad \right) = 3060 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \times 1.4 = 700 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 3060 + \frac{1}{6.1} \times 1020 \times 2.5 + \frac{1}{6.1}$$

$$\times 700 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right)$$

$$= 5062.8 \text{ kg} \approx 5070 \text{ kg}$$

(c) 縦桁 c_1 及び c_2 より床桁 A に傳達さるゝ活荷重 (第 23 圖参照)

$$Q'_1 = 1300 \left(\frac{0.4}{1.4} + \frac{1.3}{1.4} \right)$$

$$= 1580 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = 3900 \left(\frac{0.4}{1.4} + \frac{1.3}{1.4} \right)$$

$$= 4740 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \times 1.4 = 700 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 4740 + \frac{1}{6.1} \times 1580 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 700 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) = 6972.3 \text{ kg} \approx 6980 \text{ kg}$$

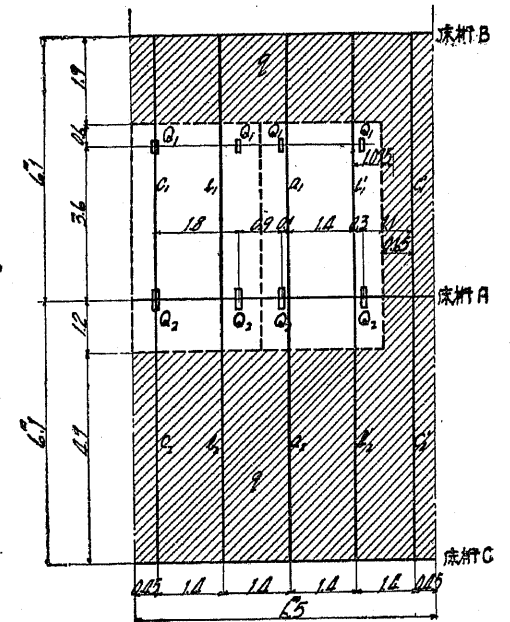
(d) 縦桁 b'_1 及び b'_2 より床桁 A に傳達さるゝ活荷重 (第 24 圖参照)

$$Q'_1 = 1300 \times \frac{1.1}{1.4} = 1020 \text{ kg}$$

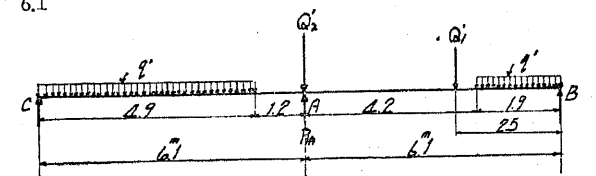
$$Q'_2 = 3900 \times \frac{1.1}{1.4} = 3060 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \times 1.4 = 700 \text{ kg/m}$$

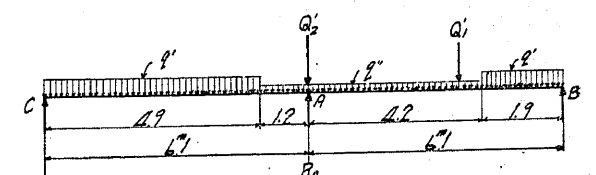
$$q'' = \frac{1}{1.4} \times 500 \times \frac{0.65^2}{2} = 76 \text{ kg/m}$$



第 22 圖



第 23 圖



第 24 圖

$$R_A = 3060 + \frac{1}{6.1} \times 1020 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 700 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 76(1.2 \times 5.5 + 4.2 \times 4.0) = 5354.3 \text{ kg} \approx 5360 \text{ kg}$$

(e) 縦桁 c'_1 及び c'_2 より床桁 A に傳達さるゝ活荷重 (第24圖参照)

$$Q'_1 = 1300 \times \frac{0.3}{1.4} = 280 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = 3900 \times \frac{0.3}{1.4} = 840 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \left(\frac{1.4}{2} + 0.45 \right) = 575 \text{ kg/m}$$

$$q'' = 500 \times 0.45 + \frac{1}{1.4} \times 500 \times 0.65 \times 1.075 = 475 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 840 + \frac{1}{6.1} \times 280 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 575 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 475 (1.2 \times 5.5 + 4.2 \times 4.0) = 4078.7 \text{ kg} \approx 4080 \text{ kg}$$

(f) Q_L (第25圖参照)

$$Q_L = \frac{1}{6.5} (5740 \times 6.05 + 5070 \times 4.65 + 6980 \times 3.25 + 5360 \times 1.85 + 4080 \times 0.45) = 14268 \text{ kg}$$

(4) 全彎曲率及び全剪力。

$$M_A = 23850 \text{ kgm}$$

$$Q_L = 16680 \text{ kg}$$

$$M_I = 23445 \text{ "}$$

$$Q_L = 14268 \text{ "}$$

$$M = 47295 \text{ kgm} \approx 47300 \text{ kgcm} \quad Q = 30948 \text{ kg} \approx 30950 \text{ kg}$$

(5) 各部設計。

(a) 腹板の高さ及び厚さ

床桁の高さは主構間隔の $\frac{1}{8}$ 位が普通なり。又鐵道省の「鋼橋設計資料」によれば $max M = 4730000 \text{ kgcm}$ に對する鉄桁の經濟的高さは約 72 cm なり。即ち床桁の山形背面間距離を 72 cm とし、腹板の高さを 71 cm とす。腹板の所要厚さを $max Q = 30950 \text{ kg}$, $\tau_a = 900 \text{ kg/cm}^2$ に對して求むれば

$$t = \frac{30950}{71 \times 900} = 0.484 \text{ cm}$$

即ち腹板の厚さを 9 mm とす。

(b) 突縁断面

前記資料によれば $max M = 4730000 \text{ kgcm}$, $h = 72 \text{ cm}$ に對し最も經濟的なる断面は次の如きものなり (第26圖参照)。

	總斷面積 (cm ²)	鉄 孔 (cm ²)	純斷面積 (cm ²)	
2-山形鋼	125×90×10	41.0	4×2.5×1.0 = 10	31.0
1-蓋 板	260×9	23.4	2×2.5×0.9 = 4.5	18.9
計	64.4	14.5	49.9	

	總斷面積 (cm^2)	腕長 (cm)	靜力率 (cm^3)
2-山形鋼	41.0	$0.9 + 2.22 = 3.12$	127.29
1-蓋 板	23.4	0.45	10.53
	64.4		138.45

$$y = \frac{138.45}{64.4} = 2.15 \text{ cm}$$

$$h_o = 73.8 - 2 \times 2.15 = 69.5 \text{ cm}$$

$$\text{抗張突縁の所要斷面積 } (F_t) = \frac{M}{\sigma_{ta} h_o} - \frac{F_{wo}}{8}$$

$$\frac{M}{\sigma_{ta} h_o} = \frac{4730000}{1200 \times 69.5} = 56.7 \text{ cm}^2$$

$$F_{wo} = \text{腹板の斷面積} = 71 \times 0.9 = 63.9 \text{ cm}^2$$

$$\frac{F_{wo}}{8} = \frac{63.9}{8} = 8 \text{ cm}^2$$

従つて

$$F_t = 56.7 - 8 = 48.7 \text{ cm}^2$$

$$\text{使用斷面積 } (F_n) = 49.9 \text{ cm}^2 > 48.7 \text{ cm}^2$$

$$\text{抗壓突縁の所要斷面積 } (F_c) = \frac{M}{\sigma_{ca} h_o} - \frac{F_{wo}}{8}$$

$$\sigma_{ca} = 1200 \left(1 - 0.0012 \frac{l}{b} \right) \quad \text{但し } l = 140 \text{ cm}, b = 26 \text{ cm}$$

$$= 1200 \left(1 - 0.0012 \frac{140}{26} \right) = 1122 \text{ kg/cm}^2 > 1100 \text{ kg/cm}^2$$

即ち $\sigma_{ca} = 1100 \text{ kg/cm}^2$ とす。

$$\frac{M}{\sigma_{ca} h_o} = \frac{4730000}{1100 \times 69.5} = 61.9 \text{ cm}^2$$

$$F_c = 61.9 - 8 = 53.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{使用斷面積 } (F_g) = 64.4 \text{ cm}^2 > 53.9 \text{ cm}^2$$

(c) 突縁山形鋼と腹板とを緊結する鉄

$$p = \frac{\rho}{\sqrt{\left(\frac{Q}{h_o} - \frac{F_c}{F_c + \frac{F_{wo}}{8}} \right)^2 + w^2}}$$

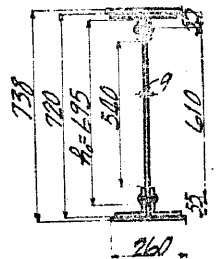
$$\text{式中 } \begin{cases} p = \text{鉄距 (cm)} & \rho = \text{鉄値 (kg)} & Q = \text{剪力 (kg)} \\ h_o = \text{桁の有効高 (cm)} & w = \text{突縁に直接載荷する垂直荷重 (kg/cm)} \end{cases}$$

今の場合 $\rho = 3564 \text{ kg}$ (22 mm 工場鉄, 9 mm 鉄に對する支壓強)

$$Q = 30950 \text{ kg}, \quad h_o = 69.5 \text{ cm}$$

w は次の假定によつて計算す。縦桁 c_1 及び c_2 により床桁突縁に傳達さるゝ荷重は

死荷重	7690 kg
活荷重	5740 kg
計	13430 kg



第26圖

なり。此の荷重は (e) の (i) に述べる如く補剛材によつて支持さるゝ構造なれども、鉄距の計算に當つては其の半分がこゝに述べる鉄によつて腹鉄へ傳達さるゝものと假定す。而して其の分布長さは

$$(\text{縦桁床鉄の幅}) + 2(\text{突縁山形背面より鉄線に至る距離}) = 20 + 2 \times 5.5 = 31 \text{ cm}$$

とす。然る時は

$$w = \frac{1}{31} \times \frac{7690 + 5740}{2} = 220 \text{ kg/cm}$$

従つて鉄距は

$$p = \frac{3564}{\sqrt{\left(\frac{30950}{69.5} \times \frac{64.4}{64.4+8}\right)^2 + 220^2}} = 7.9 \text{ cm}$$

即ち鉄距を 7.5 cm とす。

(d) 鉛直材との連結鉄

$$\rho = \text{鉄値} = 2851 \text{ kg (22 m 現場鉄の單剪斷)}$$

$$Q = \text{最大剪力} = 30950 \text{ kg}$$

$$n = \text{所要鉄数}$$

$$n = \frac{30950}{2851} = 10.9 \text{ 本} \quad \text{使用鉄数} = 18 \text{ 本又は } 22 \text{ 本}$$

(e) 補剛材

(i) 中間補剛材

上下突縁を腹鉄に緊結する鉄線間の距離 = 610 mm

腹鉄の厚さ = 9 mm

$$610 \times 0.016 = 9.76 \text{ mm} > 9 \text{ mm}$$

即ち中間補剛材を要す。

中間補剛材の外方に突出する脚の長さ l は (第 27 圖参照)

$$l > 720 \times 0.03 + 50 = 71.6 \text{ mm}$$

突縁山形鋼の端に達するためには

$$l > 125 - 10 = 115 \text{ mm}$$

即ち $l = 125 \text{ mm}$ とす。(山形鋼 125×90×9)

間隔 d は

$$d = 0.35t \left(950 - \frac{Q}{t} \frac{S}{J} \right)$$

$$\text{式中 } S = 23.4 \times 36.5 + 41 \times 34.7 + 35.5 \times 0.9 \times \frac{35.5}{2} = 2843.9 \text{ cm}^3 \approx 2844 \text{ cm}^3$$

$$J = 2 \times 23.4 \times 36.5^3 + 2 \times 41 \times 34.7^3 + 4 \times 138.1 + \frac{0.9 \times 71^3}{12} = 188480 \text{ cm}^4$$

従つて

$$d = 0.35 \times 0.9 \left(950 - \frac{30950}{0.9} \times \frac{2844}{188480} \right) = 136 \text{ cm}$$

又 $d < h = 72 \text{ cm}$ 即ち $d = 70 \text{ cm}$ とす。

中間補剛材の中、縦桁の直下のものは $P = 7690 + 5740 = 13430 \text{ kg}$ なる荷重を受く。



第 27 圖

$$\text{所要鉄数} = \frac{13430}{3564} = 3.8 \text{ 本}$$

$$\text{使用鉄数} = 4 \text{ 本}$$

(ii) 端補剛材

$$2\text{—山形鋼 } 125 \times 90 \times 9 \quad (P = 1,854 \text{ cm}^3, J = 287.4 \text{ cm}^4, r = 3.94 \text{ cm})$$

$$r_x = \sqrt{3.94^2 + 5.36^2} = 6.65 \text{ cm} \quad (\text{第 28 圖参照})$$

柱長は山形背面間距離の半分即ち 36 cm とす。

$$\frac{l}{r} = \frac{36}{6.65} = 5.41$$

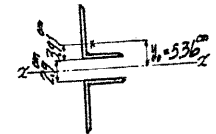
$$\text{従つて } \sigma_{ca} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{所要斷面積} = \frac{Q}{\sigma_{ca}} = \frac{30950}{1000} = 30.95 \text{ cm}^2$$

$$\text{使用斷面積} = 2 \times 18.54 = 37.08 \text{ cm}^2 > 30.95 \text{ cm}^2$$

$$\text{所要鉄数} = \frac{30950}{3564} = 8.7 \text{ 本}$$

$$\text{使用鉄数} = 9 \text{ 本}$$



第 28 圖

Ⅱ 主 構

3. 二鉸構拱の解法

(1) 水平反力の算定。

(a) 一般の場合

第 29 圖 (a) の如き二鉸構拱に 1 個の集中荷重 P を作用せしむれば支點 A 及び B には夫々支點反力を生ず。この支點反力を垂直の方向の分力 A, B と鉸を結ぶ直線 AB の方向の分力 H' とに分解して考ふ。垂直の分力 A, B は單桁の場合と全く等しく

$$A = \frac{Pb}{l}$$

$$B = \frac{Pa}{l}$$

なり。 H' の水平分力を H とすれば

$$H = H' \cos \alpha$$

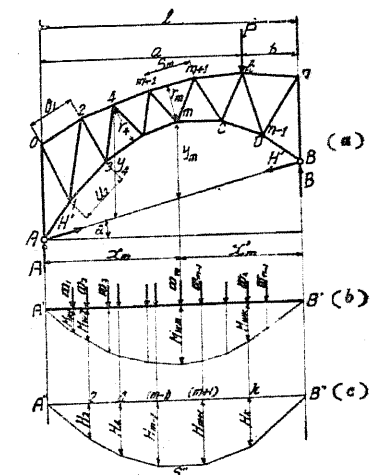
但し α = 鉸を結ぶ直線 AB が水平となす角

にして、これを水平反力といふ。水平反力 H は静力學的に定め得ざる力にして、その大きさは總て部材の長さの變化によつて左右せらる。従つてこれを精密に算定するには、總ての部材の變形を考慮するを要す。然れども H の大きさに對して最も大なる影響を與ふるものは弦材の變形にして、腹材の影響は極めて微小なる故、普通の計算に於ては腹材の變形を全然無視する方法が行はる。本節に於ても此の便法によるものとす。

先づ符號を次の如く定む。

s_m = 弦材 s_m の長さ

m = 弦材 s_m に對向する格點の番號



第 29 圖

r_m = 格點 m より弦材 s_m へ下せる垂線の長さ

y_m = 鉸を結ぶ直線 AB より格點 m に至る縦距

F_m = 弦材 s_m の斷面積

F_c = 任意の一定斷面積 ($\frac{F_c}{F_m}$ の値をなるべく 1 とする値が計算上便利なり。そのため最も多く弦材に使用せらるゝ斷面積を F_c に採用す。)

E = 彈性恒數

H_k = 格點 k に荷重 P が作用せる場合の水平反力

δ'_k = ($H = -1$) なる状態に對する格點 k の撓度

M'_m = ($H = -1$) なる状態に對する格點 m の彎曲率 ($M'_m = y_m$)

S'_m = ($H = -1$) なる状態に對する弦材 s_m の應力

$$\text{即ち 上弦材に對し } S'_m = -\frac{M'_m}{r_m} = -\frac{y_m}{r_m}$$

$$\text{下弦材に對し } S'_m = +\frac{M'_m}{r_m} = +\frac{y_m}{r_m}$$

與へられたる二鉸構拱に可能働の法則 (Theorem of Virtual Work) を適用すれば次式を得 (説明略)。

$$H_k = P \frac{\delta'_k}{\sum S'_m \frac{s_m}{EF_m}} \quad (1)$$

(1) 式の分子 δ'_k は彈性論の示す所によれば彈性荷重 w_m を受けたる單桁の k 點の彎曲率 M_{wk} に等し。而して w_m の値は本來は

$$w_m = \frac{M'_m s_m}{r_m^2} \frac{1}{EF_m} = \frac{y_m s_m}{r_m^2} \frac{1}{EF_m}$$

なれども計算の便宜上その EF_c 倍を用ひ、同時に (1) 式の分母も EF_c 倍す。然る時は

$$w_m = EF_c \frac{y_m s_m}{r_m^2} \frac{1}{EF_m} = \frac{s_m y_m}{r_m^2} \frac{F_c}{F_m} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} EF_c \sum S_m^2 \frac{s_m}{EF_m} &= EF_c \sum \frac{y_m^2}{r_m^2} \frac{s_m}{EF_m} = \sum \frac{s_m y_m^2}{r_m^2} \frac{F_c}{F_m} \\ &= \sum y_m w_m \equiv \sum Z_m \quad (3) \end{aligned}$$

従つて (1) 式は次の如くなる。

$$H_k = P \frac{M_{wk}}{\sum Z_m} \quad (4)$$

以上の理論によつて實際に水平反力を算出するには次の如き順序による。

先づ總ての弦材に對して次の値を計算す。

$$\left\{ \begin{aligned} w_m &= \frac{s_m y_m}{r_m^2} \frac{F_c}{F_m} \\ Z_m &= y_m w_m \end{aligned} \right.$$

次に A 及び B を通る垂直線上の點 A' , B' を支點とする單桁 $A'B'$ に $w_1, w_2, w_3, \dots, w_m, \dots$, なる荷重を夫々對應する格點を通る垂直線上に於て働かしめ、これによつて生ずる彎曲率 $w_1, M_{w2}, \dots, M_{wk}, \dots, M_{wm}, \dots$, を計算又は圖法に依つて求む。この方法によつて容易に $H_1, H_2, \dots, H_k, \dots, H_m, \dots$, を求むる事を得べし (第 29 圖 (b) 参照)。 $H_2, H_4, \dots$, 等は第 29 圖 (c) に示す如く上弦に荷重が

加はる場合の H の影響線を與へ、同様に $H_1, H_3, \dots$ 等は下弦に荷重が加はる場合の影響線を與ふ。假りに總ての荷重が上弦の格點に加はるものとすれば第 29 圖 (c) の影響線 $A'' S'' B''$ のみにて充分なり。

(b) 鉛直材を有する二鉸構拱の場合

第 30 圖の如く鉛直材を有する二鉸構拱に於ては、同じ垂直線上の上下にある二つの格點に對して同じ番號を與ふ。而して鉸を結ぶ直線 AB より 是等格點に至る縦距は次の如く表はす。

y_m^o = 上弦格點の縦距

y_m^u = 下弦格點の縦距

更に次の如き符號を用ふ。

h_m = 格點 m に於ける構の高さ

O_m = 第 m 番目の上弦材

U_m = 第 m 番目の下弦材

o_m = O_m の長さ

u_m = U_m の長さ

β_m = O_m が水平となす角

γ_m = U_m が水平となす角

λ_m = 第 m 番目の格間の長さ

F_m^o = O_m の斷面積

F_m^u = U_m の斷面積

然る時は上弦格點 m に對しては (此の格點に對しては U_{m+1} が對向す) (2) 式を僅かに變形することにより

$$w_m^o = \frac{u_{m+1} y_m^o}{r_{m+1}^2} \frac{F_c}{F_{m+1}^u}$$

然るに

$$\left\{ \begin{aligned} u_{m+1} &= \lambda_{m+1} \sec \gamma_{m+1} \\ \gamma_{m+1} &= h_m / \cos \gamma_{m+1} = h_m \sec \gamma_{m+1} \end{aligned} \right.$$

即ち

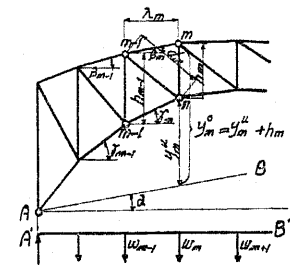
$$\left\{ \begin{aligned} w_m^o &= y_m^o \frac{\lambda_{m+1}}{h_m^2} \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_c}{F_{m+1}^u} \\ Z_m^o &= y_m^o \frac{\lambda_{m+1}}{h_m^2} \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_c}{F_{m+1}^u} \end{aligned} \right. \quad (5)$$

同様に下弦格點 m に對しては

$$\left\{ \begin{aligned} w_m^u &= y_m^u \frac{\lambda_m}{h_m^2} \sec^3 \beta_m \frac{F_c}{F_m^o} \\ Z_m^u &= y_m^u \frac{\lambda_m}{h_m^2} \sec^3 \beta_m \frac{F_c}{F_m^o} \end{aligned} \right. \quad (6)$$

上記の二つを加算することにより同じ垂直線上に働く w_m の總量を得。

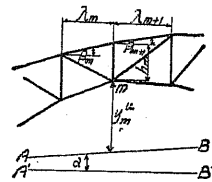
即ち



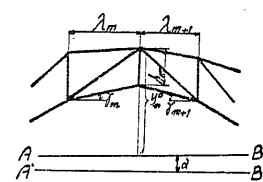
第 30 圖

$$\left. \begin{aligned} w_m &= \frac{1}{h_m} \left(y_m^u \lambda_m \sec^3 \beta_m \frac{F_c}{F_m^u} + y_m^o \lambda_{m+1} \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_c}{F_{m+1}^u} \right) \\ Z_m &= \frac{1}{h_m^2} \left(y_m^u \lambda_m \sec^3 \beta_m \frac{F_c}{F_m^u} + y_m^o \lambda_{m+1} \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_c}{F_{m+1}^u} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

第31圖の如く一つの格點 m に對し二つの上弦材が對向する場合には



第 31 圖



第 32 圖

$$\left. \begin{aligned} w_m &= \frac{y_m^u}{h_m} \left(\lambda_m \sec^3 \beta_m \frac{F_c}{F_m^u} + \lambda_{m+1} \sec^3 \beta_{m+1} \frac{F_c}{F_{m+1}^u} \right) \\ Z_m &= y_m^u w_m \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

第32圖の如く一つの格點 m に二つの下弦材が對向する場合には

$$\left. \begin{aligned} w_m &= \frac{y_m^o}{h_m} \left(\lambda_m \sec^3 \gamma_m \frac{F_c}{F_m^o} + \lambda_{m+1} \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_c}{F_{m+1}^o} \right) \\ Z_m &= y_m^o w_m \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

(2) 溫度變化による水平反力 (H_t)。

H_t の式を求めるには先づ ($H = -1$) なる状態に對して可能働の法則を適用す。この場合可能變位としては

部材に對しては……………部材長の變化に $\Delta s_m = \omega t s_m$

支點に對しては…………… H' の方向に於ける支點の變位に $\Delta l' = \omega t l \sec \alpha$

を用ふ。然る時は

$$H' \Delta l' = \sum S'_m \Delta s_m$$

$$H' = 1 \sec \alpha$$

なる故

$$1 \sec \alpha \omega t l \sec \alpha = \sum S'_m \omega t s_m$$

$$\therefore \sum S'_m \omega t s_m = \omega t l \sec^2 \alpha$$

而して H_t は

$$H_t = \frac{\sum S' \omega t s_m}{\sum S'_m \frac{s_m}{EF_m}}$$

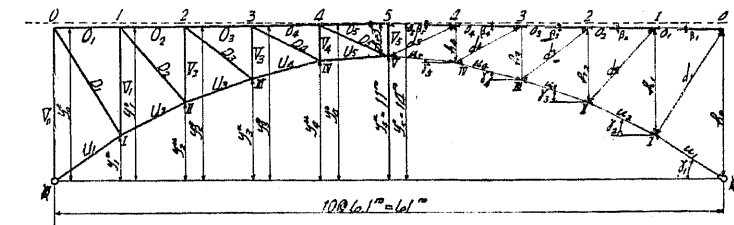
なる故

$$H_t = \frac{\omega t l \sec^2 \alpha}{\frac{1}{EF_c} \sum Z_m} = \frac{EF_c \omega t l \sec^2 \alpha}{\sum Z_m} \dots\dots\dots (10)$$

となる。 $\alpha = 0$ の場合には

$$H_t = \frac{EF_c \omega t l}{\sum Z_m} \dots\dots\dots (11)$$

9. 一般寸法 (第33圖参照)



第 33 圖

(1) 格點縱距 y_m^o, y_m^u 。

上弦形狀：頂高 $f = 0.1525 m$ の拋物線 ($\frac{f}{l} = \frac{1}{400}$)

$$y_m^{o'} = \frac{4f}{l^2} (l-x)x \quad (\text{第34圖参照})$$

$$= \frac{4 \times 0.1525}{61^2} (l-x)x$$

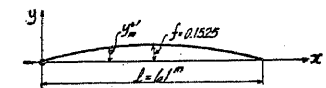
$$= \frac{0.61}{3721} (l-x)x$$

$$y_m^o = 14 - 0.1525 + y_m^{o'} = 13.8475 + y_m^{o'}$$

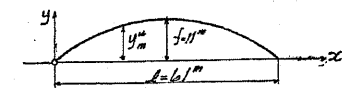
下弦形狀：頂高 $f = 11 m$ の拋物線 ($\frac{f}{l} = \frac{1}{5.55}$)

$$y_m^u = \frac{4f}{l^2} (l-x)x \quad (\text{第35圖参照})$$

$$= \frac{44}{3721} (l-x)x$$



第 34 圖



第 35 圖

m	x	$l-x$	$(l-x)x$	$y_m^{o'} (m)$	$y_m^o (m)$	$y_m^u (m)$
0	0	61.0	0	0	13.8475	0
1	6.1	54.9	334.89	0.0549	13.9024	3.9600
2	12.2	48.8	595.36	0.0976	13.9451	7.0400
3	18.3	42.7	781.41	0.1281	13.9756	9.2400
4	24.4	36.6	893.04	0.1464	13.9939	10.5600
5	30.5	30.5	930.25	0.1525	14.0000	11.0000

(2) 部材長及び傾斜角。

(a) 上弦材

$$\theta_m = \sqrt{\lambda^2 + 4y_m^{o'2}} \quad \text{但し } \Delta y_m^o \equiv y_m^o - y_{m-1}^o$$

$$\sec \beta_m = \frac{\theta_m}{\lambda} = \frac{1}{6.1} \theta_m$$

m	Δy_m^o	$\Delta y_m^{o^2}$	λ	$\lambda^2 + \Delta y_m^{o^2}$	$u_m (m)$	$\sec \beta_m$	$\sec^3 \beta_m$
1	0.054 9	0.003 014	37.21	37.213 014	6.100 2	1.000 040	1.000 120
2	0.042 7	0.001 823	"	37.211 823	6.100 1	1.000 024	1.000 072
3	0.030 5	0.000 930	"	37.210 930	6.100 1	1.000 012	1.000 036
4	0.018 3	0.000 335	"	37.210 335	6.100 0	1.000 004	1.000 012
5	0.006 1	0.000 370	"	37.210 037	6.100 0	1.000 000	1.000 000

(b) 下弦材

$$u_m = \sqrt{\lambda^2 + \Delta y_m^{u^2}} \quad \text{但し } \Delta y_m^u \equiv y_m^u - y_{m-1}^u$$

$$\sec \gamma_m = \frac{u_m}{\lambda} = \frac{1}{6.1} u_m$$

m	Δy_m^u	$\Delta y_m^{u^2}$	λ^2	$\lambda^2 + \Delta y_m^{u^2}$	$u_m (m)$	$\sec \gamma_m$	$\sec^3 \gamma_m$
1	3.960 0	15.681 6	37.21	52.891 6	7.272 7	1.192 239	1.694 69
2	3.080 0	9.486 4	"	46.696 4	6.833 5	1.120 243	1.405 84
3	2.200 0	4.840 0	"	42.050 0	6.484 6	1.063 049	1.201 32
4	1.320 0	1.742 4	"	38.952 4	6.241 2	1.023 146	1.071 06
5	0.440 0	0.193 6	"	37.403 6	6.115 9	1.002 598	1.007 81

(c) 鉛直材

$$h_m = y_m^o - y_m^u$$

(d) 斜材

$$d_m = \sqrt{\lambda^2 + (h_m - \Delta y_m^o)^2}$$

$$\varphi_m = \frac{d_m}{\lambda} = \frac{1}{6.1} d_m$$

m	y_m^o	y_m^u	$h_m (m)$
0	13.847 5	0	13.847 5
1	13.902 4	3.960 0	9.942 4
2	13.945 1	7.040 0	6.905 1
3	13.975 6	9.240 0	4.735 6
4	13.993 9	10.560 0	3.433 9
5	14.000 0	11.000 0	3.000 0

m	h_m	Δy_m^o	$h_m - \Delta y_m^o$	$(h_m - \Delta y_m^o)^2$	$\lambda^2 + (h_m - \Delta y_m^o)^2$	$d_m (m)$	$\sec \varphi_m$
1	9.942 4	0.054 9	9.887 5	97.762 656	134.972 656	11.617 8	1.904 552
2	6.905 1	0.042 7	6.862 4	47.092 534	84.302 534	9.181 6	1.505 187
3	4.735 6	0.030 5	4.705 1	22.137 966	59.347 966	7.703 8	1.262 911
4	3.433 9	0.018 3	3.415 6	11.666 323	48.876 323	6.991 2	1.146 092
5	3.000 0	0.006 1	2.993 6	8.963 437	46.173 437	6.795 1	1.113 951

(3) 弦材斷面積。

第1次の略算の結果により弦材には次の如き斷面を使用す。この斷面積に對し、 $F_o = 160.4 \text{ cm}^2$ として F_o / F_m を計算すれば次表の如し。

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
$F_m^o (\text{cm}^2)$	160.4	160.4	160.4	160.4	208.4
F_o / F_m^o	1	1	1	1	0.769 7

	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
$F_m^u (\text{cm}^2)$	25.28	208.4	208.4	160.4	160.4
F_o / F_m^u	0.634 5	0.769 7	0.769 7	1	1

10. 水平反力影響線

(1) 彈性荷重。

本橋に於ては λ_m は定數なる故これを λ とす。又 β は極めて小なる故 $\sec^3 \beta \approx 1$ と假定す。然る時は彈性荷重の一般式

$$w_m = \frac{1}{h_m^2} \left(y_m^u \lambda \sec^3 \beta_m \frac{F_o}{F_m^o} + y_m^o \lambda_{m+1} \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_o}{F_{m+1}^u} \right)$$

$$Z_m = \frac{1}{h_m^2} \left(y_m^{u^2} \lambda \sec^3 \beta_m \frac{F_o}{F_m^o} + y_m^{o^2} \lambda_{m+1} \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_o}{F_{m+1}^u} \right)$$

は次の如くなる。

 $m = 0$ に對し

$$\begin{cases} w_0 = \frac{\lambda}{h_0^2} y_0^o \sec^3 \gamma_1 \frac{F_o}{F_1^u} = \frac{\lambda}{h_0} \sec^3 \gamma_1 \frac{F_o}{F_1^u} \\ Z_0 = \frac{\lambda}{h_0^2} y_0^{o^2} \sec^3 \gamma_1 \frac{F_o}{F_1^u} = \lambda \sec^3 \gamma_1 \frac{F_o}{F_1^u} \end{cases} \quad \because h_0 = y_0^o$$

 $m = 1 \sim 4$ に對し

$$\begin{cases} w_m = \frac{\lambda}{h_m^2} \left(y_m^u \frac{F_o}{F_m^o} + y_m^o \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_o}{F_{m+1}^u} \right) \\ Z_m = \frac{\lambda}{h_m^2} \left(y_m^{u^2} \frac{F_o}{F_m^o} + y_m^{o^2} \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_o}{F_{m+1}^u} \right) \end{cases}$$

 $m = 5$ に對し

$$\begin{cases} w_5 = 2 \frac{\lambda y_5^u}{h_5^2} \frac{F_o}{F_5^o} \\ Z_5 = 2 \frac{\lambda y_5^{u^2}}{h_5^2} \frac{F_o}{F_5^o} \end{cases}$$

m	i_m	h_m^2	λ/h_m^2	y_m^u	$\frac{F_c^u}{F_m^o}$	$y_m^o \frac{F_c^u}{F_m^o}$	y_m^o	$\sec^3 \gamma_{m+1}$	$\frac{F_c^u}{F_{m+1}^u}$	$y_m^o \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_c^u}{F_{m+1}^u}$	w_m
0								1.6947	0.6345		
1	9.9424	98.8513	0.0617	3.9690	1	3.9690	13.9024	1.4058	0.7697	15.0430	1.172
2	6.9051	47.6804	0.1279	7.0400	1	7.0400	13.9451	1.2013	0.7697	12.8942	2.550
3	4.7356	22.4259	0.2720	9.2400	1	9.2400	13.9756	1.0711	1	14.9693	6.585
4	3.4339	11.7917	0.5173	10.5600	1	10.5600	13.9939	1.0078	1	14.1031	12.758
5	3.0000	9.0000	0.6778	11.0000	0.7697	8.4469					11.451

$$\sum_1^4 w_m = 23.065 \quad R_{A'} = 23.065 + \frac{11.451}{2} = 28.791$$

m	y_m^u	$y_m^u \frac{F_c^u}{F_m^o}$	y_m^o	$y_m^o \sec^3 \gamma_{m+1} \frac{F_c^u}{F_{m+1}^u}$	Z_m
0					6.559
1	15.6816	15.6816	193.2767	209.1254	13.871
2	49.5616	49.5616	194.4658	179.8031	29.336
3	85.3776	85.3776	195.3174	209.2045	80.126
4	111.5136	111.5136	195.8292	197.3567	159.779
5	121.0000	93.1337			126.252

$$\sum_0^4 Z_m = 289.671$$

$$\sum Z_m = 2 \times 289.671 + 126.252 = 705.594$$

(2) 水平反力影響線。

$$\frac{\sum Z_m}{\lambda} = \frac{705.594}{6.1} = 115.671$$

$$H_m = \frac{M_{vm}}{\sum Z_m} = \frac{M_{vm}/\lambda}{\sum Z_m/\lambda}$$

$$= \frac{1}{115.671} \frac{M_{vm}}{\lambda}$$

従つて

$$H_1 = \frac{28.791}{115.671} = 0.249$$

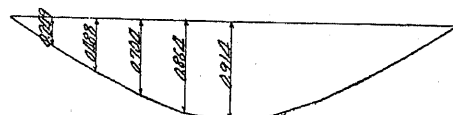
$$H_2 = \frac{56.410}{115.671} = 0.488$$

$$H_3 = \frac{81.479}{115.671} = 0.704$$

$$H_4 = \frac{99.963}{115.671} = 0.864$$

$$H_5 = \frac{105.689}{115.671} = 0.914$$

m	w_m	Q_{vm}	M_{vm} / λ
1	1.172	28.791	28.791
2	2.550	27.619	56.410
3	6.585	25.069	81.479
4	12.758	18.484	99.963
5	11.451	5.726	105.689



第 36 図

11. 部材應力影響線

(1) 部材應力公式。

(a) 弦材 (第 37 図参照)

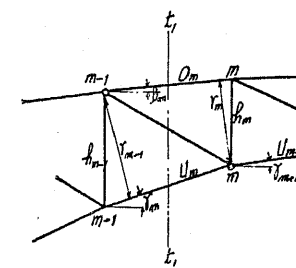
断面 t_1-t_1 をとり $\sum M = 0$ とおけば

$$O_m = -\frac{M_m^u}{r_m}$$

$$= -\frac{M_m^u}{h_m} \sec \beta_m$$

$$U_m = +\frac{M_{m-1}^u}{r_{m-1}}$$

$$= +\frac{M_{m-1}^u}{h_{m-1}} \sec \gamma_m$$



第 37 図

(b) 斜材

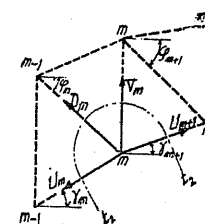
$m = 1 \sim 4$ の時 (第 38 図参照)

断面 t_2-t_2 をとり $\sum H = 0$ とおけば

$$D_m \cos \varphi_m + U_m \cos \gamma_m - U_{m+1} \cos \gamma_{m+1} = 0$$

$$D_m = (U_{m+1} \cos \gamma_{m+1} - U_m \cos \gamma_m) \sec \varphi_m$$

$$= \left(\frac{M_{m+1}^o}{h_{m+1}} - \frac{M_m^o}{h_m} \right) \sec \varphi_m$$



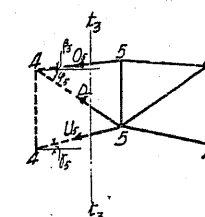
第 38 図

$m = 5$ の時 (第 39 図参照)

断面 t_3-t_3 をとり $\sum H = 0$ とおけば

$$H + O_5 \cos \beta_5 + U_5 \cos \gamma_5 + D_5 \cos \varphi_5 = 0$$

$$\therefore D_5 = \left(\frac{M_5^u}{h_5} - \frac{M_4^o}{h_4} - H \right) \sec \varphi_5$$



第 39 図

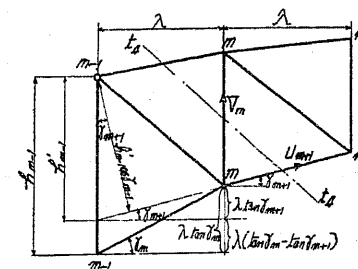
(c) 鉛直材 (第 40 図参照)

断面 t_4-t_4 をとり $\sum M = 0$ とおけば

$$M_{m-1}^o - V_m \lambda - U_{m+1} h_{m-1}' \cos \gamma_{m+1} = 0$$

$$\therefore V_m \lambda = M_{m-1}^o - M_m^o \frac{h_{m-1}'}{h_m}$$

$$\therefore V_m = \frac{1}{\lambda} \left(M_{m-1}^o - M_m^o \frac{h_{m-1}'}{h_m} \right)$$



第 40 図

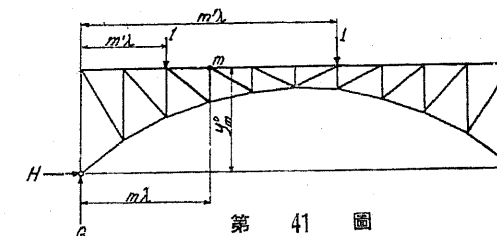
(2) M_m^o の影響線。

$m' < m$ の時 (第 41 図参照)。

$$M_m^o = A m \lambda - H y_m^o - 1 (m - m')$$

$m' \geq m$ の時 (第 41 図参照)

$$M_m^o = A m \lambda - H y_m^o$$



第 41 図

			$M_0^o = -Hy_0^o$ ($y_0^o = 13.847\ 5$)	M_1^o ($y_1^o = 13.902\ 4$)			M_2^o ($y_2^o = 13.945\ 1$)			
m'	A	H	M_0^o	$A\ m\lambda$	$-Hy_1^o$	M^o	$A\ m\lambda$	$-Hy_2^o$	$-(\overset{m}{-}\overset{m'}{m'})\lambda$	M_2^o
1	0.9	0.249	- 3.448	5.49	- 3.462	+2.022	10.98	- 3.472	-6.1	+1.408
2	0.8	0.488	- 6.758	4.88	- 6.784	-1.904	9.76	- 6.805	0	+2.955
3	0.7	0.704	- 9.749	4.27	- 9.787	-5.517	8.54	- 9.817	0	-1.277
4	0.6	0.864	-11.964	3.66	-12.012	-8.352	7.32	-12.049	0	-4.729
5	0.5	0.914	-12.657	3.05	-12.707	-9.657	6.10	-12.746	0	-6.646
4'	0.4	0.864	-11.964	2.44	-12.012	-9.572	4.88	-12.049	0	-7.169
3'	0.3	0.704	- 9.749	1.83	- 9.787	-7.957	3.66	- 9.817	0	-6.157
2'	0.2	0.488	- 6.758	1.22	- 6.784	-5.564	2.44	- 6.805	0	-4.365
1'	0.1	0.249	- 3.448	0.61	- 3.462	-2.852	1.22	- 3.472	0	-2.252

m'	M_3^o ($y_3^o = 13.9756$)				M_4^o ($y_4^o = 13.9939$)				M_5^o ($y_5^o = 14.0000$)			
	$A m \lambda$	$-Hy_3^o$	$-(m-m')\lambda$	M_3^o	$A m \lambda$	$-Hy_4^o$	$-(m-m')\lambda$	M_4^o	$A m \lambda$	$-Hy_5^o$	$-(m-m')\lambda$	M_5^o
1	16.47	-3.480	-12.2	+0.790	21.96	-3.485	-18.3	+0.175	27.45	-3.486	-24.4	-0.436
2	14.64	-6.820	-6.1	+1.720	19.52	-6.829	-12.2	+0.491	24.40	-6.832	-18.3	-0.732
3	12.81	-9.839	0	+2.971	17.08	-9.852	-6.1	+1.128	21.35	-9.856	-11.2	-0.706
4	10.98	-12.075	0	-1.095	14.64	-12.091	0	+2.549	18.30	-12.096	-6.1	+0.104
5	9.15	-12.774	0	-3.624	12.20	-12.790	0	-0.590	15.25	-12.796	0	+2.454
4'	7.32	-12.075	0	-4.755	9.76	-12.091	0	-2.331	12.20	-12.096	0	+0.104
3'	5.49	-9.839	0	-4.349	7.32	-9.852	0	-2.532	9.15	-9.856	0	-0.706
2'	3.66	-6.820	0	-3.160	4.88	-6.829	0	+1.949	6.10	-6.832	0	-0.732
1'	1.83	-3.480	0	-1.650	2.44	-3.485	0	-1.045	3.05	-3.486	0	-0.436

(3) M_m^u の影響線。

$$m' < m \text{ の時 } M_m^u = A m \lambda - H y_m^u - (m - m') \lambda$$

$$m' \geq m \text{ の時 } M_m^u = A m \lambda - H y_m^u$$

M_1^u ($y_1^u = 3.96$)				M_2^u ($y_2^u = 7.04$)				M_3^u ($y_3^u = 9.24$)			
m'	$A m \lambda$	$-Hy_1^u$	M_1^u	$A m \lambda$	$-Hy_2^u$	$-(m-m')\lambda$	M_2^u	$A m \lambda$	$-Hy_3^u$	$-(m-m')\lambda$	M_3^u
1	5.49	-0.986	+4.504	10.98	-1.753	-6.1	+3.127	16.47	-2.301	-12.2	+1.969

2	4.88	-1.932	+2.948	9.76	-3.436	0	+6.324	14.64	-4.509	-6.1	+4.031
3	4.27	-2.788	+1.482	8.54	-4.956	0	+3.584	12.81	-6.505	0	+6.305
4	3.66	+3.421	+0.239	7.32	-6.083	0	+1.237	10.98	-7.983	0	+2.997
5	3.05	-3.619	-0.569	6.10	-6.435	0	-0.335	9.15	-8.445	0	+0.705
4'	2.44	-3.421	-0.981	4.88	-6.083	0	-1.203	7.32	-7.983	0	-0.663
3'	1.83	-2.788	-0.958	3.66	-4.956	0	-1.296	5.49	-6.505	0	-1.015
2'	1.22	-1.932	-0.712	2.44	-3.436	0	-0.996	3.66	-4.509	0	-0.849
1'	0.61	-0.986	-0.376	1.22	-1.753	0	-0.533	1.83	-2.301	0	-0.471

m'	M_4^u ($y_4^u = 10.56$)				M_5^u ($y_5^u = 11.00$)			
	$A m \lambda$	$-Hy_4^u$	$-(m-m')\lambda$	M_4^u	$A m \lambda$	$-Hy_5^u$	$-(m-m')\lambda$	M_5^u
1	21.96	-2.629	-18.3	+1.031	27.45	-2.739	-24.4	+0.311
2	19.52	-5.153	-12.2	+2.167	24.40	-5.368	-18.3	+0.732
3	17.08	-7.434	-6.1	+3.546	21.35	-7.744	-12.2	+1.406
4	14.64	-9.124	0	+5.516	18.30	-9.504	-6.1	+2.696
5	12.20	-9.652	0	+2.548	15.25	-10.054	0	+5.196
4'	9.76	-9.124	0	+0.636	12.20	-9.504	0	+2.696
3'	7.32	-7.434	0	-0.114	9.15	-7.744	0	+1.406
2'	4.88	-5.153	0	-0.273	6.10	-5.368	0	+0.732
1'	2.44	-2.629	0	-0.189	3.05	-2.739	0	+0.311

(4) O_m の影響線。

$$O_m = -\frac{M_m^u}{h_m} \sec \beta_m$$

m'	$\frac{\sec \beta_1}{h_1} = \frac{O_1}{1.000040}$ 9.9424 =0.101		$\frac{\sec \beta_2}{h_2} = \frac{O_2}{1.000024}$ 6.9051 =0.145		$\frac{\sec \beta_3}{h_3} = \frac{O_3}{1.000012}$ 4.7356 =0.211		$\frac{\sec \beta_4}{h_4} = \frac{O_4}{1.000004}$ 3.4339 =0.291		$\frac{\sec \beta_5}{h_5} = \frac{O_5}{1.000000}$ 3.0000 =0.333	
	$-M_1^u$	O_1	$-M_2^u$	O_2	$-M_3^u$	O_3	$-M_4^u$	O_4	$-M_5^u$	O_5
1	-4.504	-0.455	-3.127	-0.453	-1.969	-0.415	-1.031	-0.300	-0.311	-0.104
2	-2.948	-0.298	-6.324	-0.917	-4.031	-0.851	-2.167	-0.631	-0.732	-0.244
3	-1.482	-0.150	-3.584	-0.520	-6.305	-1.330	-3.546	-1.032	-1.406	-0.468
4	-0.239	-0.024	-1.237	-0.179	-2.997	-0.632	-5.516	-1.605	-2.696	-0.898
5	+0.569	+0.057	+0.335	+0.049	-0.705	-0.149	-2.548	-0.741	-5.196	-1.730

4'	+0.981	+0.099	+1.203	+0.174	+0.663	+0.140	-0.636	-0.185	-2.696	-0.898
3'	+0.958	+0.097	+1.296	+0.188	+1.015	+0.214	+0.114	+0.033	-1.406	-0.468
2'	+0.712	+0.072	+0.996	+0.144	+0.849	+0.179	+0.273	+0.079	-0.732	-0.244
1'	+0.376	+0.038	+0.533	+0.077	+0.471	+0.099	+0.189	+0.055	-0.311	-0.104

(5) U_m の影響線。

$$U_m = + \frac{M_{m-1}^0}{h_{m-1}} \sec \gamma_m$$

m'	U_1		U_2		U_3		U_4		U_5	
	$\frac{\sec \gamma_1}{h_0} = \frac{1.192\ 239}{13.847\ 5} = 0.086$	U_1	$\frac{\sec \gamma_2}{h_1} = \frac{1.120\ 243}{9.942\ 4} = 0.113$	U_2	$\frac{\sec \gamma_3}{h_2} = \frac{1.063\ 049}{6.905\ 1} = 0.154$	U_3	$\frac{\sec \gamma_4}{h_3} = \frac{1.023\ 146}{4.735\ 6} = 0.216$	U_4	$\frac{\sec \gamma_5}{h_4} = \frac{1.002\ 598}{3.433\ 9} = 0.292$	U_5
m'	M_0^0	U_1	M_1^0	U_2	M_2^0	U_3	M_3^0	U_4	M_4^0	U_5
1	-3.448	-0.297	+2.022	+0.228	+1.408	+0.217	+0.790	+0.171	+0.175	+0.051
2	-6.758	-0.581	-1.904	-0.215	+2.955	+0.455	+1.720	+0.372	+0.491	+0.143
3	-9.749	-0.838	-5.517	-0.623	-1.277	-0.197	+2.971	+0.642	+1.128	+0.329
4	-11.964	-1.029	-8.352	-0.944	-4.729	-0.728	-1.095	-0.237	+2.549	+0.744
5	-12.657	-1.089	-9.657	-1.091	-6.646	-1.023	-3.624	-0.783	-0.590	-0.172
4'	-11.964	-1.029	-9.572	-1.082	-7.169	-1.104	-4.755	-1.027	-2.331	-0.681
3'	-9.749	-0.838	-7.957	-0.899	-6.157	-0.948	-4.349	-0.939	-2.532	-0.739
2'	-6.758	-0.581	-5.564	-0.629	-4.365	-0.672	-3.160	-0.683	-1.949	-0.569
1'	-3.448	-0.297	-2.852	-0.322	-2.252	-0.347	-1.650	-0.356	-1.045	-0.305

(6) D_m の影響線。

$$D_m = \left(\frac{M_m^0}{h_m} - \frac{M_{m-1}^0}{h_{m-1}} \right) \sec \varphi_m$$

$$D_5 = \left(\frac{M_5^0}{h_5} - \frac{M_4^0}{h_4} - H \right) \sec \varphi_5$$

m	h_m	$1/h_m$	$\sec \varphi_m$
0	13.847 5	0.072 22	
1	9.942 4	0.100 58	1.904 552
2	6.905 1	0.144 82	1.505 187
3	4.735 6	0.211 17	1.262 911
4	3.433 9	0.291 21	1.146 092
5	3.000 0	0.333 33	1.113 951

m'	$\frac{M_1^0}{h_1}$	$\frac{M_0^0}{h_0}$	$\frac{M_1^0}{h_1} - \frac{M_0^0}{h_0}$	D_1	$\frac{M_2^0}{h_2}$	$\frac{M_1^0}{h_1}$	$\frac{M_2^0}{h_2} - \frac{M_1^0}{h_1}$	D_2
1	+0.203	+0.249	+0.452	+0.861	+0.204	-0.203	+0.001	+0.002
2	-0.192	+0.488	+0.296	+0.564	+0.428	+0.192	+0.620	+0.933

3	-0.555	+0.704	+0.149	+0.284	-0.185	+0.555	+0.370	+0.557
4	-0.840	+0.864	+0.024	+0.046	-0.685	+0.840	+0.155	+0.233
5	-0.971	+0.914	-0.057	+0.109	-0.962	+0.971	+0.009	+0.014
4'	-0.963	+0.864	-0.099	-0.189	-1.038	+0.963	-0.075	-0.113
3'	-0.800	+0.704	-0.096	-0.183	-0.892	+0.800	-0.092	-0.138
2'	-0.560	+0.488	-0.072	-0.137	-0.632	+0.560	-0.072	-0.108
1'	-0.287	+0.249	-0.038	-0.072	-0.326	+0.287	-0.039	-0.059

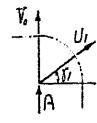
m'	$\frac{M_3^0}{h_3}$	$\frac{M_2^0}{h_2}$	$\frac{M_3^0}{h_3} - \frac{M_2^0}{h_2}$	D_3	$\frac{M_4^0}{h_4}$	$\frac{M_3^0}{h_3}$	$\frac{M_4^0}{h_4} - \frac{M_3^0}{h_3}$	D_4
1	+0.167	-0.204	-0.037	-0.047	+0.051	-0.167	-0.116	-0.133
2	+0.363	-0.428	-0.065	-0.082	+0.143	-0.363	-0.220	-0.252
3	+0.627	+0.815	+0.812	+1.025	+0.328	-0.627	-0.299	-0.343
4	-0.231	+0.685	+0.454	+0.573	+0.742	+0.231	+0.973	+1.115
5	-0.765	+0.962	+0.197	+0.249	-0.172	+0.765	+0.593	+0.680
4'	-1.004	+1.038	+0.034	+0.043	-0.679	+1.004	+0.325	+0.372
3'	-0.918	+0.892	-0.026	+0.033	-0.737	+0.918	+0.181	+0.207
2'	-0.667	+0.632	-0.035	-0.044	-0.568	+0.667	+0.099	+0.113
1'	-0.348	+0.326	-0.022	-0.028	-0.304	+0.348	+0.044	+0.050

m'	$\frac{M_5^0}{h_5}$	$\frac{M_4^0}{h_4}$	$\frac{M_5^0}{h_5} - \frac{M_4^0}{h_4}$	$-H$	$\frac{M_5^0}{h_5} - \frac{M_4^0}{h_4} - H$	D_5
1	+0.104	-0.051	+0.053	-0.249	-0.196	-0.218
2	+0.244	-0.143	+0.101	-0.488	-0.387	-0.431
3	+0.469	-0.328	+0.141	-0.704	-0.563	-0.627
4	+0.899	-0.742	+0.157	-0.864	-0.707	-0.788
5	+1.732	+0.172	+1.904	-0.914	+0.990	+1.103
4'	+0.899	+0.679	+1.578	-0.864	+0.714	+0.795
3'	+0.469	+0.737	+1.206	-0.704	+0.502	+0.559
2'	+0.244	+0.568	+0.812	-0.488	+0.324	+0.361
1'	+0.104	+0.304	+0.408	-0.249	+0.159	+0.177

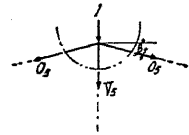
(7) V_m の影響線。

$$V_m = \left(M_{m-1}^0 - M_m^0 \frac{h_{m-1}}{h_m} \right) \frac{1}{\lambda}$$

 V_0 に対しては (第 42 圖参照)



第 42 圖



第 43 圖

$$V_0 + A + U_1 \sin \gamma_1 = 0$$

$$V_0 = -A - U_1 \sin \gamma_1 \quad \text{但し} \quad \sin \gamma = \frac{y'_1}{u_1} = \frac{3.96}{7.2727} = 0.544505$$

V_5 に対しては (第 43 圖参照)

荷重が格點 5 に載る場合

$$V_5 + 2 O_5 \sin \beta_5 + 1 = 0$$

$$\therefore V_5 = -2 O_5 \sin \beta_5 - 1$$

荷重が格點 5 に載らざる場合

$$V_5 = -2 O_5 \sin \beta_5 \quad \text{但し} \quad \sin \beta_5 = \frac{\Delta y_5^0}{v_5} = \frac{0.0061}{6.1000} = 0.001$$

h'_{m-1} は

$$h'_{m-1} = h_{m-1} - \lambda (\operatorname{tg} \gamma_m - \operatorname{tg} \gamma_{m+1})$$

然るに

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma_m - \operatorname{tg} \gamma_{m+1} &= (y_m^u - y_{m-1}^u) - (y_{m+1}^u - y_m^u) \\ &= 2y_m^u - (y_{m+1}^u + y_{m-1}^u) = 0.88 \quad (\text{下表参照}) \end{aligned}$$

即ち

$$h'_{m-1} = h_{m-1} - 0.88$$

m	y_m^u	$2y_m^u$	$-(y_{m+1}^u + y_{m-1}^u)$	$\operatorname{tg} \gamma_m - \operatorname{tg} \gamma_{m+1}$	h_{m-1}	h'_{m-1}	$\frac{h'_{m-1}}{h_m}$
0	0	0					
1	3.96	7.92	$-(0+7.04) = -7.04$	0.88	13.8475	12.9675	1.3043
2	7.04	14.08	$-(3.96+9.24) = -13.20$	0.88	9.9424	9.0624	1.3124
3	9.24	18.48	$-(7.04+10.56) = -17.60$	0.88	6.9051	6.0251	1.2723
4	10.56	21.12	$-(9.24+11.00) = -20.24$	0.88	4.7356	3.8556	1.1228
5	11.00	22.00			3.4339		

m'	-A	U_1	$-U_1 \sin \gamma_1$	V_0	M_0^0	M_1^0	$-M_1^0 \frac{h'_0}{h_1}$	$M_0^0 - M_1^0 \frac{h'_0}{h_1}$	V_1
0	-1.0	0	0	-1.000	0	0	0	0	0
1	-0.9	-0.297	+0.162	-0.738	-3.448	+2.022	-2.637	-6.085	-0.998
2	-0.8	-0.581	+0.316	-0.484	-6.758	-1.904	+2.483	-4.275	-0.701
3	-0.7	-0.838	+0.456	-0.244	-9.749	-5.517	+7.196	-2.553	-0.419
4	-0.6	-1.029	+0.560	-0.040	-11.964	-8.352	+10.894	-1.070	-0.175
5	-0.5	-1.089	+0.593	+0.093	-12.657	-9.657	+12.596	-0.061	-0.010
4'	-0.4	-1.029	+0.560	+0.160	-11.964	-9.572	+12.485	+0.521	+0.085
3'	-0.3	-0.838	+0.456	+0.156	-9.749	-7.957	+10.378	+0.629	+0.103
2'	-0.2	-0.581	+0.316	+0.116	-6.758	-5.564	+7.357	+0.499	+0.082
1'	-0.1	-0.297	+0.162	+0.062	-3.448	-2.852	+3.720	+0.272	+0.045
0'	0	0	0	0	0	0	0	0	0

m	M_1^0	M_2^0	$-M_2^0 \frac{h'_1}{h_2}$	$M_1^0 - M_2^0 \frac{h'_1}{h_2}$	V_2	M_2^0	M_3^0	$-M_3^0 \frac{h'_2}{h_3}$	$M_2^0 - M_3^0 \frac{h'_2}{h_3}$	V_3
1	+2.022	+1.408	-1.848	+0.174	+0.029	+1.408	+0.790	-1.005	+0.403	+0.066
2	-1.904	+2.955	-3.878	-5.782	-0.948	+2.955	+1.720	-2.188	+0.767	+0.126
3	-5.517	-1.277	+1.676	-3.841	-0.630	-1.277	+2.971	-3.780	-5.057	-0.829
4	-8.352	-4.729	+6.206	-2.146	-0.352	-4.729	-1.095	+1.393	-3.336	-0.547
5	-9.657	-6.646	+8.722	-0.935	-0.153	-6.646	-3.624	+4.611	-2.035	-0.334
4'	-9.572	-7.169	+9.409	-0.163	-0.027	-7.169	-4.755	+6.050	-1.119	-0.183
3'	-7.957	-6.157	+8.080	+0.123	+0.020	-6.157	-4.349	+5.533	-0.624	-0.102
2'	-5.564	-4.365	+5.729	+0.165	+0.027	-4.365	-3.160	+4.020	-0.345	-0.057
1'	-2.852	-2.252	+2.956	+0.104	+0.017	-2.252	-1.650	+2.099	-0.153	-0.025

m'	M_3^0	M_4^0	$-M_4^0 \frac{h'_3}{h_4}$	$M_3^0 - M_4^0 \frac{h'_3}{h_4}$	V_4	O_5	V_5
1	+0.790	+0.175	-0.196	+0.594	+0.097	-0.104	0
2	+1.720	+0.491	-0.551	+1.169	+0.192	-0.244	0
3	+2.971	+1.128	-1.267	+1.704	+0.297	-0.468	+0.001
4	-1.095	+2.549	-2.862	-3.957	-0.649	-0.898	+0.002
5	-3.624	-0.590	+0.662	-2.962	-0.486	-1.730	-0.997
4'	-4.755	-2.331	+2.617	-2.138	-0.350	-0.898	+0.002
3'	-4.349	-2.532	+2.843	-1.506	-0.247	-0.468	+0.001
2'	-3.160	-1.949	+2.188	-0.972	-0.159	-0.244	0
1'	-1.650	-1.045	+1.173	-0.477	-0.078	-0.104	0

12. 荷 重

(1) 死荷重。

II 及び材料表によれば格點死荷重は次表の如し。

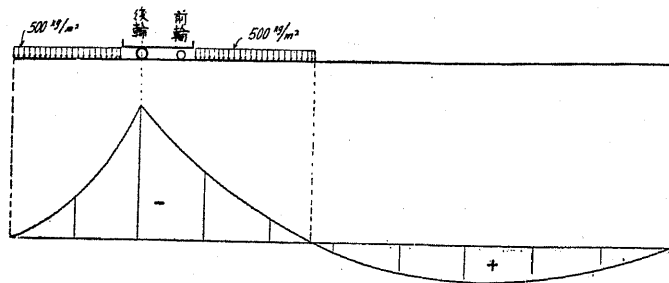
種 別	格 點	0	1	2	3	4	5
床桁反力〔7 (2) (b) 参照〕		11 030	16 680	16 680	16 680	16 680	16 680
上弦材 (1/2 O_m + 1/2 O_{m+1})		490	970	950	950	1 070	1 180
下弦材 (1/2 U_m + 1/2 U_{m+1})		900	1 630	1 410	1 250	1 080	1 060
斜材 (1/2 D_m + 1/2 D_{m+1})		370	670	540	460	420	410
鉛直材 (V_m)		2 180	1 040	660	460	240	210
上弦格點構造		170	280	300	310	340	250

下 弦 格 點 構 造	230	320	280	270	240	340
對 傾 綫 構	1490	970	420	330	340	250
上 部 橫 綫 構	140	280	280	280	280	280
下 部 橫 綫 構	210	400	380	360	350	340
合 計	17 210	23 240	21 900	21 350	21 040	21 000

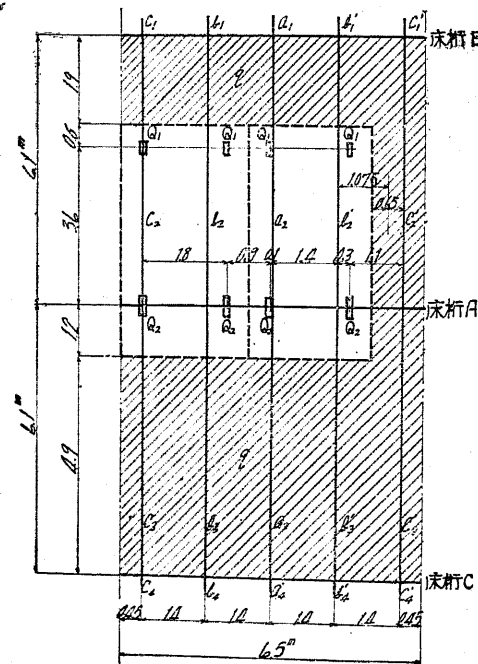
(2) 活荷重。

(a) 載荷方法

活荷重應力は第44圖に示す如く影響の最も大なる部分に第2種自動車荷重(8t)、其の他の部分に第2種群衆荷重(500 kg/m')を載荷して算出せり。



第 44 圖



(b) 衝撃係数

自動車荷重に対する衝撃係数はすべて 0.2 とす。

$$Q_1 = \text{衝撃を含む前輪荷重} = 1000 \times 1.2 = 1200 \text{ kg}$$

$$Q_2 = \text{衝撃を含む後輪荷重} = 3000 \times 1.2 = 3600 \text{ kg}$$

(c) 後輪の載る 格點及び其の兩隣の格點の 格點活荷重 (第45圖参照)

(i) 縦桁 c_1, c_2, c_3, c_4 による床桁反力 (第46圖参照)

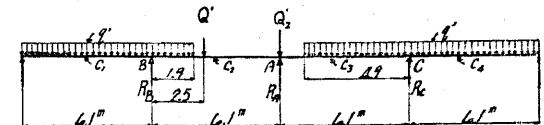
$$Q'_1 = 1200 \text{ kg}, \quad Q'_2 = 3600 \text{ kg}$$

$$q' = 500(0.45 + 0.7) = 575 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 3600 + \frac{1}{6.1} \times 1200 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 575 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) = 5400 \text{ kg}$$

$$R_B = \frac{1}{6.1} \times 1200 \times 3.6 + \frac{1}{6.1} \times 575 \times 1.9 \left(6.1 - \frac{1.9}{2} \right) + \frac{575 \times 6.1}{2} = 3390 \text{ kg}$$

$$R_C = \frac{1}{6.1} \times 575 \times 4.9 \left(6.1 - \frac{4.9}{2} \right) + \frac{575 \times 6.1}{2} = 3440 \text{ kg}$$



第 46 圖

(ii) 縦桁 b_1, b_2, b_3, b_4 による床桁反力 (第46圖参照)

$$Q'_1 = 1200 \left(\frac{1.0}{1.4} + \frac{0.1}{1.4} \right) = 940 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = 3600 \left(\frac{1.0}{1.4} + \frac{0.1}{1.4} \right) = 2820 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \times 1.4 = 700 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 2820 + \frac{1}{6.1} \times 940 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 700 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) = 4790 \text{ kg}$$

$$R_B = \frac{1}{6.1} \times 940 \times 3.6 + \frac{1}{6.1} \times 700 \times 1.9 \left(6.1 - \frac{1.9}{2} \right) + \frac{700}{2} \times 6.1 = 3820 \text{ kg}$$

$$R_C = \frac{1}{6.1} \times 700 \times 4.9 \left(6.1 - \frac{4.9}{2} \right) + \frac{700}{2} \times 6.1 = 4190 \text{ kg}$$

(iii) 縦桁 a_1, a_2, a_3, a_4 による床桁反力 (第46圖参照)

$$Q'_1 = 1200 \left(\frac{0.4}{1.4} + \frac{1.3}{1.4} \right) = 1460 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = 3600 \left(\frac{0.4}{1.4} + \frac{1.3}{1.4} \right) = 4380 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \times 1.4 = 700 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 4380 + \frac{1}{6.1} \times 1460 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 700 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) = 6570 \text{ kg}$$

$$R_B = \frac{1}{6.1} \times 1460 \times 3.6 + \frac{1}{6.1} \times 700 \times 1.9 \left(6.1 - \frac{1.9}{2} \right) + \frac{700}{2} \times 6.1 = 4120 \text{ kg}$$

$$R_C = \frac{1}{6.1} \times 700 \times 4.9 \left(6.1 - \frac{4.9}{2} \right) + \frac{700}{2} \times 6.1 = 4190 \text{ kg}$$

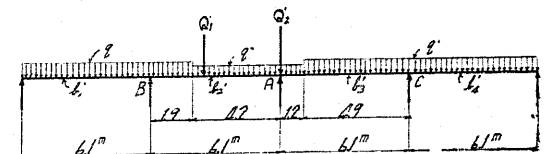
(iv) 縦桁 b'_1, b'_2, b'_3, b'_4 による床桁反力 (第47圖参照)

$$Q'_1 = 1200 \times \frac{1.1}{1.4} = 940 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = 3600 \times \frac{1.1}{1.4} = 2820 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \times 1.4 = 700 \text{ kg/m}$$

$$q'' = \frac{1}{1.4} \times 500 \times \frac{0.65^2}{2} = 76 \text{ kg/m}$$



第 47 圖

$$R_A = 2820 + \frac{1}{6.1} \times 940 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 700 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 76(1.2 \times 5.5 + 4.2 \times 4.0) = 5090 \text{ kg}$$

$$R_R = \frac{1}{6.1} \times 940 \times 3.6 + \frac{1}{6.1} \times 700 \times 1.9 \left(6.1 - \frac{1.9}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 76 \times \frac{4.2^2}{2} + \frac{700}{2} \times 6.1 = 3930 \text{ kg}$$

$$R_C = \frac{1}{6.1} \times 700 \times 4.9 \left(6.1 - \frac{4.9}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 76 \times \frac{1.2^2}{2} + \frac{700}{2} \times 6.1 = 4200 \text{ kg}$$

(v) 縦桁 c_1, c_2, c_3, c_4 による床桁反力 (第47圖参照)

$$Q'_1 = 1200 \times \frac{0.3}{1.4} = 260 \text{ kg}$$

$$Q'_2 = 3600 \times \frac{0.3}{1.4} = 780 \text{ kg}$$

$$q' = 500 \left(\frac{1.4}{2} + 0.45 \right) = 575 \text{ kg/m}$$

$$q'' = 500 \times 0.45 + \frac{1}{1.4} \times 500 \times 0.65 \times 1.075 = 475 \text{ kg/m}$$

$$R_A = 780 + \frac{1}{6.1} \times 260 \times 2.5 + \frac{1}{6.1} \times 575 \left(\frac{4.9^2}{2} + \frac{1.9^2}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 475 (1.2 \times 5.5 + 4.2 \times 4.0) = 4010 \text{ kg}$$

$$R_R = \frac{1}{6.1} \times 260 \times 3.6 + \frac{1}{6.1} \times 575 \times 1.9 \left(6.1 - \frac{1.9}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 475 \times \frac{4.2^2}{2} + \frac{575}{2} \times 6.1 = 3520 \text{ kg}$$

$$R_C = \frac{1}{6.1} \times 575 \times 4.9 \left(6.1 - \frac{4.9}{2} \right) + \frac{1}{6.1} \times 475 \times \frac{1.2^2}{2} + \frac{575}{2} \times 6.1 = 3500 \text{ kg}$$

(vi) A に於ける格點活荷重 (P_A) (第48圖参照)

$$P_A = \frac{1}{6.5} (5400 \times 6.05 + 4790 \times 4.65 + 6570 \times 3.25 + 5090 \times 1.85 + 4010 \times 0.45) = 13464 \text{ kg} \approx 13.5 \text{ t}$$

(vii) B に於ける格點活荷重 (P_B)

$$P_B = \frac{1}{6.5} (3390 \times 6.05 + 3820 \times 4.65 + 4120 \times 3.25 + 3930 \times 1.85 + 3520 \times 0.45) = 9310 \text{ kg} \approx 9.4 \text{ t}$$

(viii) C に於ける格點活荷重 (P_C)

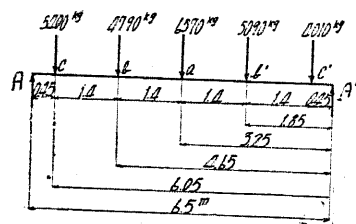
$$P_C = \frac{1}{6.5} (3440 \times 6.05 + 4190 \times 4.65 + 4190 \times 3.25 + 4200 \times 1.85 + 3500 \times 0.45) = 9732 \text{ kg} \approx 9.8 \text{ t}$$

(d) 其の他の格點の格點活荷重 (P_m)

$$P_m = \frac{6.5 \times 500}{2} \times 6.1 = 9913 \text{ kg} \approx 10 \text{ t}$$

(e) 結論

以上の結果を參照し、計算の簡單のため、影響の最も大なる格點に 13.5 t の荷重を載せ、其の他の格點



第 48 圖

には 10 t の荷重を載するものとす。

13. 應 力

(1) 死荷重應力。

(a) 上弦材

m'	P_d	O_1		O_2		O_3		O_4		O_5	
		η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$
1	23.24	-0.455	-10.57	-0.453	-10.53	-0.415	-9.64	-0.300	-6.97	-0.104	-2.42
2	21.90	-0.298	-6.53	-0.917	-20.08	-0.851	-18.64	-0.631	-13.82	-0.244	-5.34
3	21.35	-0.150	-3.20	-0.520	-11.10	-1.330	-28.40	-1.032	-22.03	-0.468	-9.99
4	21.04	-0.024	-0.50	-0.179	-3.77	-0.632	-13.30	-1.605	-33.77	-0.898	-18.89
5	21.00	+0.057	+1.20	+0.049	+1.03	-0.149	-3.13	-0.741	-15.56	-1.730	-36.33
4'	21.04	+0.099	+2.08	+0.174	+3.66	+0.140	+2.95	-0.185	-3.89	-0.898	-18.89
3'	21.35	+0.097	+2.07	+0.188	+4.01	+0.214	+4.57	+0.033	+0.70	-0.468	-9.99
2'	21.90	+0.072	+1.58	+0.144	+3.15	+0.179	+3.92	+0.079	+1.73	-0.244	-5.34
1'	23.24	+0.038	+0.88	+0.077	+1.79	+0.099	+2.30	+0.055	+1.28	-0.104	-2.42
計			-12.99		-3.184		-59.37		-92.33		-99.62

(b) 下弦材

m'	P_d	U_1		U_2		U_3		U_4		U_5	
		η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$
1	23.24	-0.297	-6.90	+0.228	+5.30	+0.217	+5.04	+0.171	+3.97	+0.051	+1.19
2	21.90	-0.581	-12.72	-0.215	-4.71	+0.455	+9.96	+0.372	+8.15	+0.143	+3.13
3	21.35	-0.838	-17.89	-0.623	-13.30	-0.197	-4.21	+0.642	+13.71	+0.329	+7.02
4	21.04	-1.029	-21.65	-0.944	-19.86	-0.728	-15.32	-0.237	-4.99	+0.744	+15.65
5	21.00	-1.089	-22.87	-1.091	-22.91	-1.023	-21.48	-0.783	-16.44	-0.172	-3.61
4'	21.04	-1.029	-21.65	-1.082	-22.77	-1.104	-23.23	-1.027	-21.61	-0.681	-14.33
3'	21.35	-0.838	-17.89	-0.899	-19.19	-0.948	-20.24	-0.939	-20.05	-0.739	-15.78
2'	21.90	-0.581	-12.72	-0.629	-13.78	-0.672	-14.72	-0.683	-14.96	-0.569	-12.46
1'	23.24	-0.297	-6.90	-0.322	-7.48	-0.347	-8.06	-0.356	-8.27	-0.305	-7.09
計			-141.19		-118.70		-92.26		-60.50		-26.28

(c) 斜 材

m'	P_d	D_1		D_2		D_3		D_4		D_5	
		η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$	η	$P_d \eta$
1	23.24	+0.861	+20.01	+0.002	+0.05	-0.047	-1.09	-0.133	-3.09	-0.218	-5.07
2	21.90	+0.564	+12.35	+0.933	+20.43	-0.082	-1.80	-0.252	-5.52	-0.431	-9.44

3	21.35	+0.284	+6.06	+0.557	+11.89	+1.025	+21.88	-0.343	-7.32	-0.627	-13.39
4	21.04	+0.046	+0.97	+0.233	+4.90	+0.573	+12.06	+1.115	+23.46	-0.788	-16.58
5	21.00	-0.109	-2.29	+0.014	+0.29	+0.249	+5.23	+0.680	+14.28	+1.103	+23.16
4'	21.04	-0.189	-3.98	-0.113	-2.38	+0.043	+0.90	+0.372	+7.83	+0.795	+16.78
3'	21.35	-0.183	-3.91	-0.138	-2.95	-0.033	-0.70	+0.207	+4.42	+0.559	+11.93
2'	21.90	-0.137	-3.00	-0.108	-2.37	-0.044	-0.96	+0.113	+2.47	+0.361	+7.91
1'	23.24	-0.072	-1.67	-0.059	-1.37	-0.028	-0.65	+0.050	+1.16	+0.177	+4.11
計			+24.54		+28.49		+34.87		+37.69		+19.36

(d) 鉛直材

m'	P _d	V ₀		V ₁		V ₂		V ₃		V ₄		V ₅	
		η	P _d η	η	P _d η	η	P _d η	η	P _d η	η	P _d η	η	P _d η
0	17.21	-1.000	-17.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	23.24	-0.738	-17.15	-0.998	-23.19	+0.029	+0.67	+0.066	+1.53	+0.097	+2.25	0	0
2	21.90	-0.484	-10.60	-0.701	-15.35	-0.948	-20.76	+0.126	+2.76	+0.192	+4.20	0	0
3	21.35	-0.244	-5.21	-0.419	-8.95	-0.630	-13.45	-0.829	-17.70	+0.297	+6.34	+0.001	+0.02
4	21.04	-0.040	-0.84	-0.175	-3.68	-0.352	-7.41	-0.547	-11.51	-0.649	-13.65	+0.002	+0.04
5	21.00	+0.093	+1.95	-0.010	-0.21	-0.153	-3.21	-0.334	-7.01	-0.486	-10.21	-0.997	-20.94
4'	21.04	+0.160	+3.37	+0.085	+1.79	-0.027	-0.57	-0.183	-3.85	-0.350	-7.36	+0.002	+0.04
3'	21.35	+0.156	+3.33	+0.103	+2.20	+0.020	+0.43	-0.102	-2.18	-0.247	-5.27	+0.001	+0.02
2'	21.90	+0.116	+2.54	+0.082	+1.80	+0.027	+0.59	-0.057	-1.25	-0.159	-3.48	0	0
1'	23.24	+0.062	+1.44	+0.045	+1.05	+0.017	+0.40	-0.025	-0.58	-0.078	-1.81	0	0
0'	17.21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計			-38.38		-44.54		-43.31		-39.79		-28.99		-20.82

(2) 活荷重應力。

(a) 上弦材

m'	O ₁			O ₂			O ₃			O ₄			O ₅		
	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η
1	13.5	-0.455	-6.14	10	-0.453	-4.53	10	-0.415	-4.15	10	-0.300	-3.00	10	-0.104	-1.04
2	10	-0.298	-2.98	13.5	-0.917	-12.38	10	-0.851	-8.51	10	-0.631	-6.31	10	-0.244	-2.44
3	10	-0.150	-1.50	10	-0.520	-5.20	13.5	-1.330	-17.96	10	-1.032	-10.32	10	-0.468	-4.68
4	10	-0.024	-0.24	10	-0.179	-1.79	10	-0.632	-6.32	13.5	-1.695	-21.67	10	-0.898	-8.98
5							10	-0.149	-1.49	10	-0.741	-7.41	13.5	-1.730	-23.36
4'							10	-0.185	-1.85	10	-0.898	-8.98			
3'										10	-0.463	-4.68			
2'										10	-0.244	-2.44			
1'										10	-0.104	-1.04			
計			-10.86			-23.90			-38.43			-50.56			-57.64

(b) 下弦材

m'	U ₁			U ₂			U ₃			U ₄			U ₅		
	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η
1	10	-0.297	-2.97												
2	10	-0.581	-5.81	10	-0.215	-2.15									
3	10	-0.838	-8.38	10	-0.623	-6.23	10	-0.197	-1.97						
4	10	-1.029	-10.29	10	-0.944	-9.44	10	-0.728	-7.28	10	-0.237	-2.37			
5	13.5	-1.089	-14.70	13.5	-1.091	-14.73	10	-1.023	-10.23	10	-0.783	-7.83	10	-0.172	-1.72
4'	10	-1.029	-10.29	10	-1.082	-10.82	13.5	-1.104	-14.90	13.5	-1.027	-13.86	10	-0.681	-6.81
3'	10	-0.838	-8.38	10	-0.899	-8.99	10	-0.948	-9.48	10	-0.939	-9.39	13.5	-0.739	-9.98
2'	10	-0.581	-5.81	10	-0.629	-6.29	10	-0.672	-6.72	10	-0.683	-6.83	10	-0.569	-5.69
1'	10	-0.297	-2.97	10	-0.322	-3.22	10	-0.347	-3.47	10	-0.356	-3.56	10	-0.305	-3.05
計			-69.60			-61.87			-54.05			-43.84			-27.25

(c) 斜材

m'	D ₁			D ₂			D ₃			D ₄			D ₅		
	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η
1	13.5	+0.861	+11.62	10	+0.002	+0.02									
2	10	+0.564	+5.64	13.5	+0.933	+12.60									
3	10	+0.284	+2.84	10	+0.557	+5.57	13.5	+1.025	+13.84						
4	10	+0.046	+0.46	10	+0.233	+2.33	10	+0.573	+5.73	13.5	+1.115	+15.05			
5				10	+0.014	+0.14	10	+0.249	+2.49	10	+0.680	+6.80	13.5	+1.103	+14.89
4'							10	+0.043	+0.43	10	+0.372	+3.72	10	+0.795	+7.95
3'										10	+0.207	+2.07	10	+0.559	+5.59
2'										10	+0.113	+1.13	10	+0.361	+3.61
1'										10	+0.050	+0.50	10	+0.177	+1.77
計			+20.56			+20.66			+22.49			+29.27			+33.81

(d) 鉛直材

m'	V ₀			V ₁			V ₂			V ₃			V ₄			V ₅		
	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η	P _l	η	P _l η
0	13.5	-1.000	-13.50															
1	10	-0.738	-7.38	13.5	-0.998	-13.47												
2	10	-0.484	-4.84	10	-0.701	-7.01	13.5	-0.948	-12.80									
3	10	-0.244	-2.44	10	-0.419	-4.19	10	-0.630	-6.30	13.5	-0.829	-11.19						
4	10	-0.040	-0.40	10	-0.175	-1.75	10	-0.352	-3.52	10	-0.547	-5.47	13.5	-0.649	-8.76			
5				10	-0.010	-0.10	10	-0.153	-1.53	10	-0.334	-3.34	10	-0.486	-4.86	13.5	-0.997	-13.46

(c) 斜材應力

種 別	部 材	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
死荷重應力 (D)		+24.54	+28.49	+34.87	+37.69	+19.36
活荷重應力 (L)		+20.56	+20.66	+22.49	+29.27	+33.81
$D+L$		+45.10	+49.15	+57.36	+66.96	+53.17
温度應力 (T)		∓ 7.97	∓ 9.28	∓ 12.35	∓ 13.53	∓ 6.92
$D+L+T$		+53.07	+58.97	+69.71	+80.49	+60.09

(d) 鉛直材應力

種 別	部 材	V_0	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
死荷重應力 (D)		-38.38	-44.54	-43.31	-39.79	-28.99	-20.82
活荷重應力 (L)		-28.56	-26.52	-24.42	-23.67	-21.96	-13.46
$D+L$		-66.94	-71.06	-67.73	-63.46	-50.95	-34.28
温度應力 (T)		± 6.81	± 7.28	± 7.50	± 6.55	± 2.96	± 0.08
$D+L+T$		-73.75	-78.34	-75.23	-70.01	-53.91	-34.36

14 部材斷面積

(1) 上弦材。

種 別	部 材	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
所要斷面積(cm^2)(總)		23.85	55.74	97.80	142.89	157.26
使用斷面積(cm^2)(總)		160.40	160.40	160.40	160.40	208.40

(2) 下弦材。

種 別	部 材	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
所要斷面積(cm^2)(總)		210.79	180.57	146.31	114.43	77.15
使用斷面積(cm^2)(總)		252.80	208.40	208.40	160.40	160.40

(3) 斜 材。

種 別	部 材	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
所要斷面積(cm^2)(純)		37.58	40.96	47.80	55.80	44.31
使用斷面積(cm^2)(純)		56.16	56.16	56.16	56.16	56.16

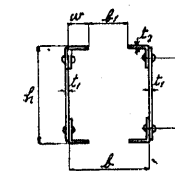
(4) 鉛直材。

種 別	部 材	V_0	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
所要斷面積(cm^2)(總)		92.97	90.29	74.02	69.36	50.95	34.28
使用斷面積(cm^2)(總)		148.00	94.14	88.14	88.14	74.16	74.16

15 部材の設計

(1) 上弦材。

(a) 一般寸法(第49圖参照)

部材の高さ h に関して次の式あり。

第 49 圖

$$h = \frac{2}{3} \left(L - \frac{L^2}{400} \right) \sim \left(L - \frac{L^2}{400} \right) \dots \dots \text{Schaper}$$

$$h = 12 + 0.6 L$$

但し式中 h は cm を単位とする部材の高さ、 L は m を単位とする支間なり。今の場合 $L = 61 \text{ m}$ なる故

$$\frac{2}{3} \left(L - \frac{L^2}{400} \right) = 34.5 ; \quad L - \frac{L^2}{400} = 51.7$$

$$12 + 0.6 L = 48.6$$

なり。本橋に於ては幅員、橋種等を考慮して $h = 43 \text{ cm}$ とせり。腹板の間隔 b に関しては次の諸式あり。

$$b = h - 0.1 L = 43 - 0.1 \times 61 = 36.9 \text{ cm} \dots \dots \text{Schaper}$$

$$b = \frac{7}{8} h = \frac{7}{8} \times 43 = 37.6 \text{ cm}$$

$$b = 12 + 0.5 L = 12 + 30.5 = 42.5 \text{ cm} \dots \dots \text{Melan}$$

本橋に於ては $b = 35.8 \text{ cm}$ とす。(下弦材に對しては $b = 40.2 \text{ cm}$ とす) 尚床桁取付の關係上突縁山形鋼を内方に向はしむ。この際 t_1 は鉚打作業を容易ならしむるため一般に約 14 cm より大なるを要す。

本橋にては $b_1 = 17.8 \text{ cm}$ なる故充分なり。腹板の厚さ t_1 及び突縁山形鋼の厚さ t_2 に関しては次の如くす。

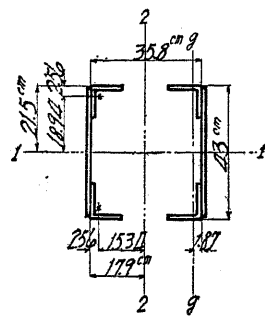
$$t_1 > \frac{h_1}{30} = \frac{430 - 2 \times 55}{30} = 10.7 \text{ mm} \quad \text{即ち } t_1 = 11 \text{ mm} \text{ とす。}$$

$$t_2 > \frac{w}{12} = \frac{90}{12} = 7.5 \text{ mm} \quad \text{即ち } t_2 = 10 \text{ mm} \text{ とす。}$$

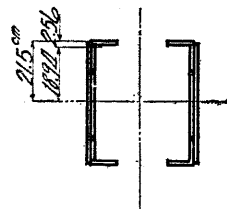
(b) 使用斷面

(i) 斷面 I (第50圖参照)

	總斷面積 (cm^2)	慣性率 1-1 (cm^4)	慣性率 2-2 (cm^4)
4-山形鋼	$90 \times 90 \times 10$	$68.0 \quad 4 \times 17 \times 18.94^2 + 4 \times 124.7 = 24892$	$4 \times 17 \times 15.34^2 + 4 \times 124.7 = 16500$
2-腹 板	420×11	$92.4 \quad 2 \times 6791 = 13582$	$2 \times 46.2 \times 18.45^2 = 31453$
計	160.4	38474	47953



第 50 圖



第 51 圖

$$r_1 = \sqrt{\frac{38474}{160.4}} = 15.49 \text{ cm}; r_g = 2.34 \text{ cm}$$

$$l = 610 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{610}{15.49} = 39.4 < 60$$

$$\therefore \sigma_{ca} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

(ii) 断面 II (第 51 圖参照)

	總斷面積 (cm ²)	慣性率 (cm ⁴)
4-山形鋼 90×90×10	68.0	4×17×18.94 ² +4×124.7 = 24 892
2-腹 鈑 420×11	92.4	2×6 291 = 13 582
2-側 鈑 240×10	48.0	2×1 152 = 2 304
計	208.4	40 778

$$r = \sqrt{\frac{40778}{208.4}} = 13.99 \text{ cm}$$

$$l = 610 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{610}{13.99} = 43.6 < 60$$

$$\therefore \sigma_{ca} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

(c) 断面 I に対する綾綴 (第 52 圖参照)

(i) 綴 鈑

長さ l : $l > b = 248 \text{ mm}$ なるを要す。実際には突縁山形鋼添接の関係上 $l = 340 \text{ mm}$ とす。厚さ t : $t > 0.026 = 4.96 \text{ mm}$ なるを要す。実際には上記の関係上 $t = 11 \text{ mm}$ とす。

(ii) 綾 片

間隔 x : 部材の半分のみを考へたる場合の細長比 $\frac{x}{r_g}$ が部材全體としての細長比 $\frac{l}{r}$ の $\frac{2}{3}$ 倍より大とならざる様に定めんとす。

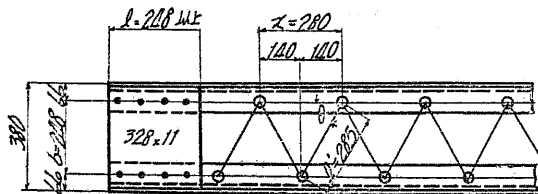
$$\frac{x}{r_g} > \frac{2}{3} \frac{l}{r}, \quad \frac{x}{2.34} > \frac{2}{3} \times \frac{610}{15.49}$$

$$\therefore x > 61.4 \text{ cm}$$

実際には綾片の傾斜角 θ を約 60° ならしむるため $x = 28 \text{ cm}$ とす。厚さ t' : $t' > 0.025 t' = 0.025 \times 285 = 7.1 \text{ mm}$, 即ち $t' = 9 \text{ mm}$ とす。應力 S : $S = \pm \frac{Q}{2} \times \frac{285}{248}$, 但し Q は端剪力にして次式により算出す。

$$Q = 33 \frac{Fr}{c} = 33 \times \frac{160.4 \times 15.49}{21.5} = 3810 \text{ kg}$$

$$\therefore S = \pm \frac{3810}{2} \times \frac{285}{248} = \pm 2190 \text{ kg}$$



第 52 圖

使用断面: 65×9 $F_g = 5.85 \text{ cm}^2$, $F_n = 3.6 \text{ cm}^2$, $r = 0.26 \text{ cm}$

$$\frac{l}{r} = \frac{28.5}{0.26} = 109.5$$

$$\sigma_{ca} = 1500(1 - 0.0055 \times 109.5) = 679 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 679 \times 5.85 = 3970 \text{ kg} > 2190 \text{ kg}$$

$$\text{抗張力} = 1200 \times 3.6 = 4320 \text{ kg} > 2190 \text{ kg}$$

鉸: $\rho = 3421 \text{ kg}$ (22 mm 工場鉸 單剪斷) $> 2190 \text{ kg}$

(d) 断面 II に対する綾綴

(c) と殆んど同様なる故之を省略す。

(2) 下弦材。

(a) 使用断面

(i) 断面 I (第 53 圖参照)

断面の組成は上弦材断面 I と同じ。但し突縁山形鋼は外方へ向く。

$$r = 15.49 \text{ cm}$$

$$max l = u_1 = 624.1 \text{ cm}, \quad min l = u_5 = 611.6 \text{ cm}$$

$$\frac{u_1}{r} = \frac{624.1}{15.49} = 40.3 < 60, \quad \frac{u_5}{r} = \frac{611.6}{15.49} = 39.5 < 60$$

$$\therefore \sigma_{ca} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

(ii) 断面 II (第 54 圖参照)

断面の組成は上弦材断面 II と同じ。但し突縁山形鋼は外方へ向く。

$$r = 13.99 \text{ cm}, \quad max l = u_2 = 683.4 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{683.4}{13.99} = 48.85 < 60$$

$$\therefore \sigma_{ca} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

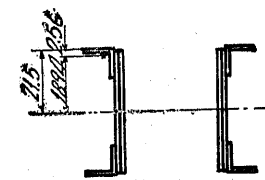
(iii) 断面 III (第 55 圖参照)

	總斷面積 (cm ²)	慣性率 (cm ⁴)
4-山形鋼 90×90×10	68.0	4×17×18.94 ² +4×124.7 = 24 892
4-腹 鈑 420×11	184.8	4×6 791 = 27 164
計	252.8	52 056

$$r = \sqrt{\frac{52056}{252.8}} = 14.35 \text{ cm}, \quad max l = u_1 = 727.3 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{727.3}{14.35} = 50.68 < 60$$

$$\therefore \sigma_{ca} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

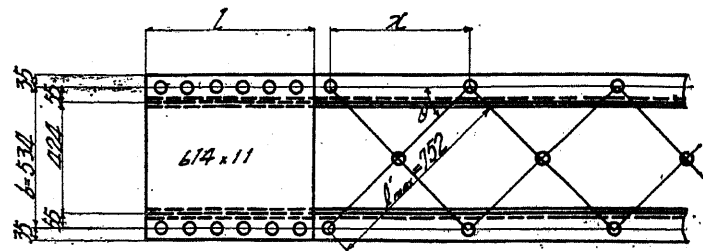


第 53 圖

(b) 断面 I に対する綾綴 (第 56 圖参照)

(i) 綴 鈑

長さ l : $l > b = 534 \text{ mm}$ なるを要す。実際には $l = 560 \text{ mm} \sim 720 \text{ mm}$ とす。厚さ t : $t > 0.02 b = 10.68 \text{ mm}$, 即ち $t = 11 \text{ mm}$ とす。



第 53 圖

(ii) 綾片

間隔 x : 部材の半分のみを考へたる場合の細長比 $\frac{x}{r_g}$ が部材全體としての細長比 $\frac{l}{r}$ の $\frac{2}{3}$ 倍より大とならざる様に定む。

$$\frac{x}{r_g} \geq \frac{2}{3} \times \frac{l}{r}, \quad \frac{x}{2.34} \geq \frac{2}{3} \times \frac{611.6}{15.49}$$

$$\therefore x \geq 61.6 \text{ cm}$$

実際には綾片の傾斜角 θ を約 45° ならしむるため $x = 49.5 \text{ cm} \sim 53.0 \text{ cm}$ とす。

厚さ t' : $t' > 0.016 l' = 0.016 \times 752 = 12 \text{ mm}$, 即ち $t = 12 \text{ mm}$ とす。

$$\text{應力 } S: S = \pm \frac{Q}{4} \times \frac{752}{534}$$

$$\text{但し } Q = 33 \frac{Fr}{c} = 33 \times \frac{160.4 \times 15.49}{21.5} = 3810 \text{ kg}$$

$$\therefore S = \pm \frac{3810}{4} \times \frac{752}{534} = \pm 1340 \text{ kg}$$

使用断面: 65×12 , $F_g = 7.8 \text{ cm}^2$, $F_n = 4.8 \text{ cm}^2$, $r = 0.346 \text{ cm}$

$$l = \frac{1}{2} \times 75.2 = 37.6, \quad \frac{l}{r} = \frac{37.6}{0.346} = 109$$

$$\sigma_{ca} = 1500 (1 - 0.0055 \times 109) = 600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 600 \times 7.9 = 4680 \text{ kg} > 1340 \text{ kg}$$

$$\text{抗張力} = 1200 \times 4.8 = 5760 \text{ kg} > 1340 \text{ kg}$$

鉄: $\rho = 3421 \text{ kg}$ (22 mm 工場鉄単剪斷) $> 1340 \text{ kg}$

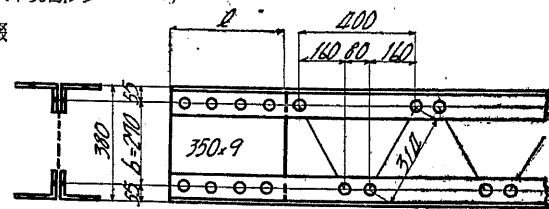
(c) 断面 I 及び断面 II に対する綾綴

(b) と略々同様なる故之を省略す。

(3) 斜材。

(i) 使用断面

總ての斜材に對して第 57 圖に示す如き断面を使用す。



第 57 圖

	總斷面積 (cm^2)	鉄孔 (cm^2)	純斷面積 (cm^2)
4-山形鋼 125 x 90 x 9	74.16	$8 \times 2.5 \times 0.9 = 18.00$	56.16

$$\text{抗張力} = 1200 \times 56.16 = 67390 \text{ kg}$$

斜材の最大應力は $+45100 \text{ kg} \sim +66960 \text{ kg}$ なる故この断面にて充分なり。

(ii) 綾綴

綾綴は抗壓材に準じて設計す〔(4)の(c)参照〕。

使用せる綾綴は 350×9 (長さは 270 mm 以上)、綾片は 65×9 なり。

(iii) 連結用鉄釘

$$\text{鉄釘} = 2851 \text{ kg} \text{ (22 mm 現場鉄, 單剪斷)}$$

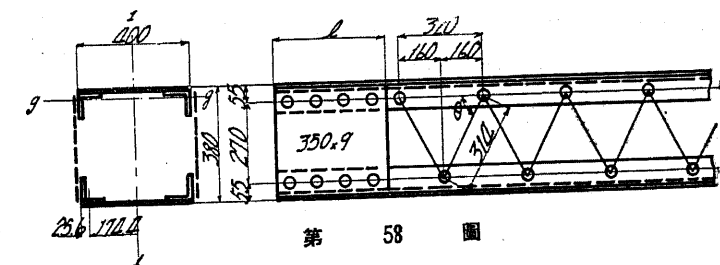
$$\text{所要鉄釘数} = \frac{67390}{2851} = 23.6 \text{ 本}$$

即ち山形鋼 1 本に付 6 本宛、合計 24 本使用す。

(4) 鉛直材。

(a) V_0 (最大應力 $= -66940 \text{ kg}$)

(i) 使用断面 (第 58 圖参照)



第 58 圖

	總斷面積 (cm^2)	慣性率 (cm^4)
4-山形鋼 90 x 90 x 10	68	$4 \times 17 \times 17.44^2 + 4 \times 124.7 = 21181$
2-腹鉄 400 x 10	80	$2 \times 5333 = 10666$
計	148	31847

$$r_1 = \sqrt{\frac{31847}{148}} = 14.65 \text{ cm}, \quad r_g = 2.38 \text{ cm}, \quad l = 1384.8 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{1384.8}{14.66} = 94.5$$

$$\sigma_{ca} = 1500 (1 - 0.0055 \times 94.5) = 720 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 720 \times 148 = 106700 \text{ kg} > 66940 \text{ kg}$$

風荷重による影響を考へたる場合は (20 参照)

$$\text{合成應力} = -66940 - 39100 = -106040 \text{ kg}$$

地震荷重による影響を考へたる場合は (20 参照)

$$\text{死荷重應力} + \text{地震應力} = -38380 - 61300 = -99680 \text{ kg}$$

即ち何れに對しても充分安全なること明かなり。

(ii) 綾綴

長さ l : $l > l_r = 270 \text{ mm}$ 実際には l を 600 mm 内外とせり。

厚さ t : $t > 0.02b = 0.02 \times 270 = 5.4 \text{ mm}$, 即ち $t = 9 \text{ mm}$ とす。

(iii) 綾片

間隔 x : (部材の半分のみを考へたる時の細長比) $= \frac{x}{2.38}$

$$\frac{2}{3} \text{ (部材全體としての細長比) } = \frac{2}{3} \times 94.46 = 63$$

$$\frac{x}{2.38} > 63 \quad \therefore x > 150 \text{ cm}$$

實際には綾片の傾斜角 θ を約 60° ならしむるため $x = 32 \text{ cm}$ とす。

厚さ t' : $t' > 0.025b' = 0.025 \times 314 = 7.85 \text{ mm}$, 即ち $t' = 9 \text{ mm}$ とす。

$$\text{應力 } S: S = \pm \frac{Q}{2} \times \frac{314}{270}$$

$$\text{但し } Q = 33 \frac{Fr}{c} = 33 \times \frac{148 \times 14.66}{20} = 3580 \text{ kg}$$

$$\therefore S = \pm \frac{3580}{2} \times \frac{314}{270} = \pm 2080 \text{ kg}$$

使用断面: 65×9 , $F_g = 5.85 \text{ cm}^2$, $F_t = 3.6 \text{ cm}^2$, $r = 0.26 \text{ cm}$, $\frac{l}{r} = \frac{31.4}{0.26} = 120.7$

$$\sigma_{ca} = 1500 (1 - 0.0055 \times 120.7) = 504 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 504 \times 5.85 = 2950 \text{ kg} > 2080 \text{ kg}$$

$$\text{抗張力} = 1200 \times 3.6 = 4320 \text{ kg} > 2080 \text{ kg}$$

鉄: $\rho = 3421 \text{ kg}$ (22 mm 工場鉄, 單剪斷) $> 2080 \text{ kg}$

(iv) 連結用鉄

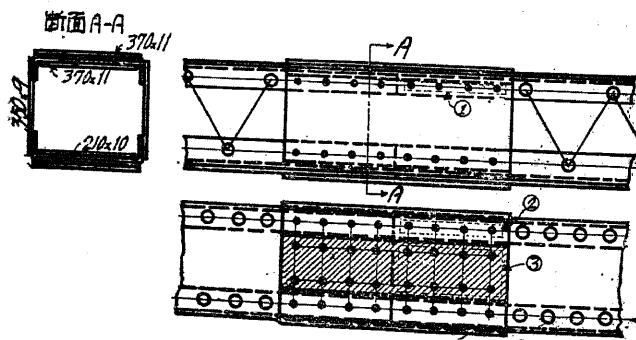
鉄値 = 2851 kg (22 mm 現場鉄, 單剪斷)

$$\text{所要鉄數} = \frac{106700}{2851} = 37.4 \text{ 本}$$

使用鉄數 = 38 本

(v) 添接

全長は 10 m を超過する故中間に於て之を添接す。其の構造第 59 圖に示す如し。



第 59 圖

鉄① 山形鋼の片脚を接合す (單剪斷)。

$$\text{所要鉄數} = \frac{\frac{1}{2} \times 17 \times 720}{2851} = 2.2 \text{ 本, 使用鉄數} = 4 \text{ 本}$$

鉄② 山形鋼の片脚及びこの部分の腹鉄を接合す (複剪斷)。

$$\text{所要鉄數} = \frac{\left(\frac{1}{2} \times 17 + 9 \times 1\right) 720}{2 \times 2851} = 2.2 \text{ 本, 使用鉄數} = 4 \text{ 本}$$

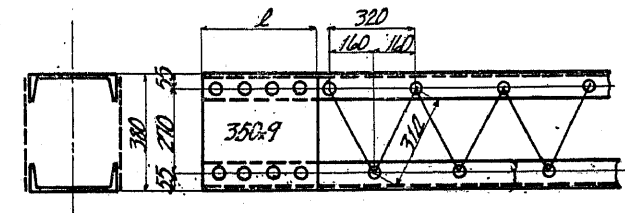
鉄③ この部分の腹鉄を接合す (複剪斷, 間接添接)。

鉄値 = 3300 kg (22 mm 現場鉄, 10 mm 鉄に対する支壓)

$$\text{所要鉄數} = 1.3 \times \frac{(40 - 2 \times 9) 720}{3300} = 6.2 \text{ 本, 使用鉄數} = 8 \text{ 本}$$

(b) V_1 (最大應力 = -71060 kg)

(i) 使用断面 (第 60 圖参照)



第 60 圖

2-溝形鋼 300×90 @ 38.10 kg, $F' = 2 \times 48.57 = 97.14 \text{ cm}^2$,

$$r = 11.51 \text{ cm}, l = 994.2 \text{ cm}, \frac{l}{r} = \frac{994.2}{11.51} = 86.4$$

$$\sigma_{ca} = 1500 (1 - 0.0055 \times 86.4) = 787 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 787 \times 97.14 = 76450 \text{ kg} > 71060 \text{ kg}$$

(ii) 綾綴

計算を省略し V_0 と同様の綾綴を使用す。

(iii) 連結用鉄

鉄値 = 2851 kg (22 mm 現場鉄, 單剪斷)

$$\text{所要鉄數} = \frac{76450}{2851} = 26.8 \text{ 本}$$

即ち溝形鋼 1 本に付 14 本宛, 合計 28 本使用す。

(c) V_2 (最大應力 = -67730 kg)

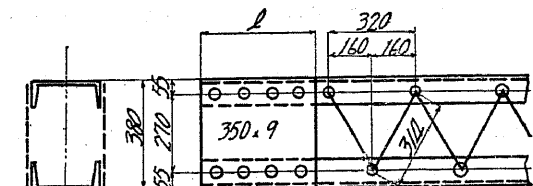
(i) 使用断面 (第 61 圖参照)

2-溝形鋼 250×90 @ 34.60 kg,

$$\text{斷面積} = 2 \times 44.04 = 88.14 \text{ cm}^2$$

$$r = 9.74 \text{ cm}, l = 690.5 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{690.5}{9.74} = 70.9$$



第 61 圖

$$\sigma_{ca} = 1500(1 - 0.0055 \times 70.9) = 915 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 915 \times 88.14 = 80650 \text{ kg} > 67730 \text{ kg}$$

(ii) 綾 綴

計算を省略し V_0 と同様のものを使用す。

(iii) 連結用鉄

$$\text{鉄値} = 2851 \text{ kg (22 mm 現場鉄、単剪断)}$$

$$\text{所要鉄数} = \frac{80650}{2851} = 28.3 \text{ 本}$$

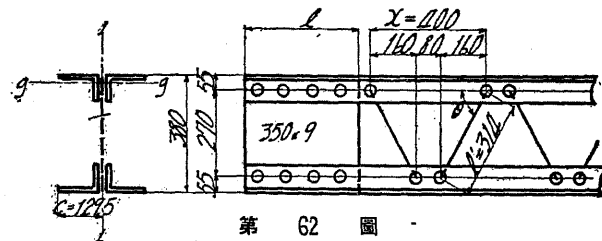
実際には溝形鋼1本に付き14本宛、合計28本使用す(許容)。

(d) V_3 (最大應力 = -63460 kg)

V_2 と殆んど同様な故之を省略す。

(e) V_4 (最大應力 = -50950 kg)

(i) 使用断面 (第62圖参照)



第 62 圖

$$4\text{-山形鋼 } 125 \times 90 \times 9, F' = 4 \times 18.54 = 74.16 \text{ cm}^2, r_1 = 5.88 \text{ cm}, r_g = 1.90 \text{ cm}$$

$$l = 343.4 \text{ cm} \quad \frac{l}{r} = \frac{343.4}{5.88} = 58.4 < 60$$

$$\text{即ち } \sigma_{ca} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 1000 \times 74.16 = 74160 \text{ kg} > 50950 \text{ kg}$$

(ii) 綾 綴

長さ l : $l > b = 270 \text{ mm}$, 実際には l を 400 mm 以上とす。

厚さ t : $t > 0.02b = 0.02 \times 270 = 5.4 \text{ mm}$, 即ち $t = 9 \text{ mm}$ とす。

(iii) 綾 片

$$\text{間隔 } x: (\text{部材の半分のみを考へたる時の細長比}) = \frac{x}{1.90}$$

$$\frac{2}{3} (\text{部材全體としての細長比}) = \frac{2}{3} \times 58.4 = 38.9$$

$$\frac{x}{1.90} > 38.9 \quad \therefore x > 74 \text{ cm}$$

実際には綾片の傾斜角りを約 60° ならしむるため $x = 40 \text{ cm}$ とす。

厚さ l' : $l' > 0.025l' = 0.025 \times 314 = 7.85 \text{ mm}$ 即ち $l' = 9 \text{ mm}$ とす。

$$\text{應力 } S: S = \pm Q \times \frac{314}{270}$$

$$\text{但し } Q = 33 \frac{F'r}{c} = 33 \times \frac{74.16 \times 5.88}{12.95} = 1110 \text{ kg}$$

$$\therefore S = \pm 1110 \times \frac{314}{270} = \pm 1290 \text{ kg}$$

$$\text{使用断面: } 65 \times 9, F_g = 5.85 \text{ cm}^2, F_n = 3.6 \text{ cm}^2, r = 0.26 \text{ cm}, \frac{l}{r} = \frac{31.4}{0.26} = 120.7$$

$$\sigma_{ca} = 1500(1 - 0.0055 \times 120.7) = 504 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 504 \times 5.85 = 2950 \text{ kg} > 1290 \text{ kg}$$

$$\text{抗張力} = 1200 \times 3.6 = 4320 \text{ kg} > 1290 \text{ kg}$$

$$\text{鉄: } \rho = 3421 \text{ kg (22 mm 工場鉄、単剪断)} > 1290 \text{ kg}$$

(iv) 連結用鉄

$$\text{鉄値} = 2851 \text{ kg (22 m 現場鉄、単剪断)}$$

$$\text{所要鉄数} = \frac{74160}{2851} = 26.3 \text{ 本}$$

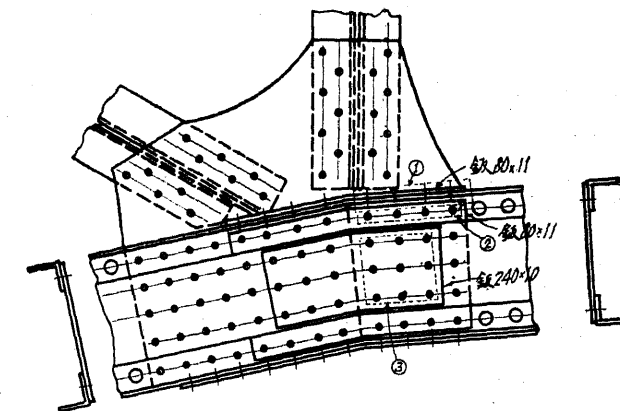
即ち山形鋼1本に付7本宛、合計28本使用す。

(f) V_5 (最大應力 = -34280 kg)

V_4 と殆んど同様な故省略す。

16. 格點構造

(1) 断面 I と断面 I' が會合する格點 (上弦格點 0, 1, 2, 3 及び下弦格點 N, V) (第63圖参照)。



第 63 圖

腹鉄 420×11 ($F' = 46.2 \text{ cm}^2$) の添接には緊鉄 (厚さ 11 mm) 及び 240×10 なる添接鉄が働き、山形鋼 $90 \times 90 \times 10$ ($F' = 17 \text{ cm}^2$) の添接には 80×11 なる添接鉄が働くものとす。

各鉄の所要数及び使用数は次の如し。

鉄① この鉄は突縁山形鋼水平脚を接合す (単剪断)。

$$\text{所要鉄数} = \frac{\frac{1}{2} \times 17 \times 1000}{2851} = 2.9 \text{ 本} \quad \text{使用鉄数} = 4 \text{ 本}$$

鉄② この鉄は突縁山形鋼垂直脚及び此の部分の腹鉄を接合す (複剪断)。

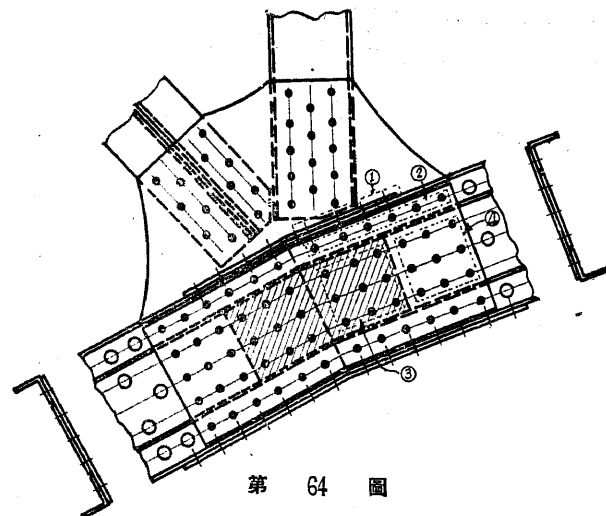
$$\text{所要鉄数} = \frac{\left(\frac{17}{2} + 9 \times 1.1\right) 1000}{2 \times 2851} = 3.3 \text{ 本} \quad \text{使用鉄数} = 4 \text{ 本}$$

鉄③ この鉄は此の部分の腹鉄を接合す（複剪斷）。

鉄値 = 3 630 kg (22 mm 現場鉄, 11 mm 鉄に對する支壓強)

$$\text{所要鉄数} = \frac{24 \times 1.1 \times 1000}{3 630} = 7.3 \text{ 本} \quad \text{使用鉄数} = 9 \text{ 本}$$

(2) 断面Ⅰと断面Ⅱが會合する格點（上弦格點 5 及び下弦格點Ⅰ）（第 64 圖参照）。



第 64 圖

鉄① 突縁山形鋼水平脚を接合す（單剪斷）。

所要鉄数 = 2.9 本（前出）

使用鉄数 = 4 本

鉄② 突縁山形鋼垂直脚及び此の部分の腹鉄を接合す（複剪斷）。

所要鉄数 = 3.3 本（前出）

使用鉄数 = 6 本（他との關係にて）

鉄③ 此の部分の腹鉄を接合す。（複剪斷）

所要鉄数 = 7.3 本（前出）

使用鉄数 = 9 本

鉄④ 側鉄 240 × 10 (F = 24 cm²) を接合す（單剪斷）。

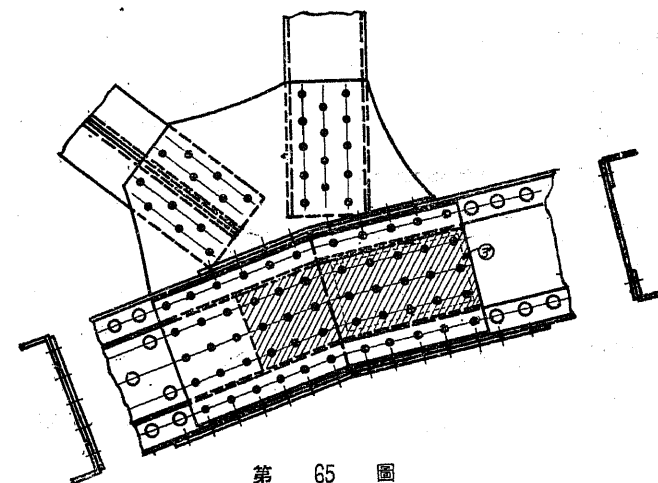
$$\text{所要鉄数} = \frac{24 \times 1000}{2851} = 8.4 \text{ 本}$$

使用鉄数 = 9 本

(3) 断面Ⅰと断面Ⅱが會合する格點（上弦格點 4 及び下弦格點Ⅲ）（第 65 圖参照）。

鉄③ この鉄は此の部分の腹鉄を接合す。但し填材を隔つ間接添接なる故所要鉄数を 3 割増加する必要あり。

$$\text{所要鉄数} = (1 + 0.3) 7.3 = 9.5 \text{ 本}$$



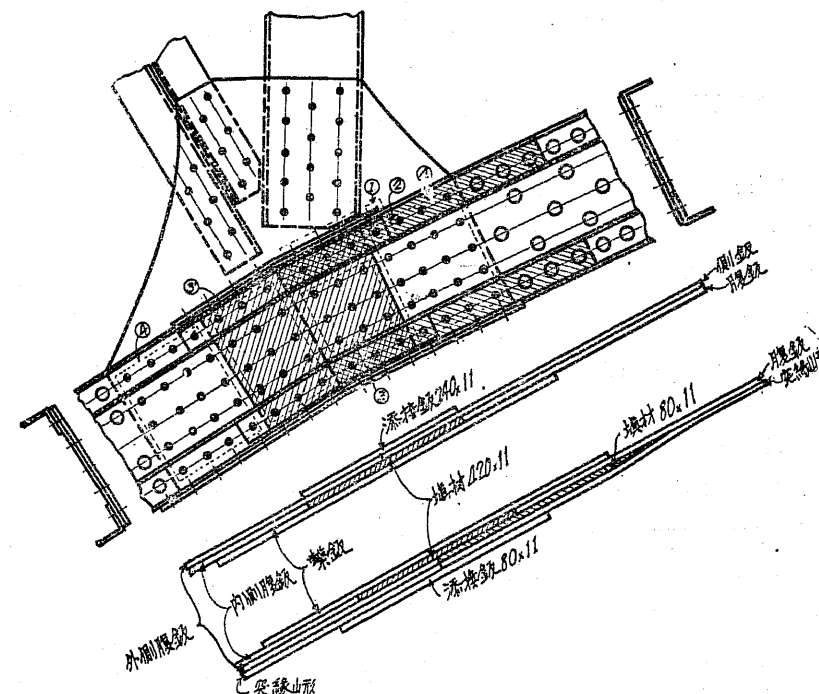
第 65 圖

尙この鉄の数は腹鉄の應力の半分及び側鉄の全應力を單剪斷にて傳へ得る様にすれば甚だ安全なり。この意味の所要鉄数は

$$\text{所要鉄数} = \frac{\left(\frac{1}{2} \times 46.2 + 24\right) 1000}{2851} = 16.5 \text{ 本}$$

種々の關係上使用鉄数を 15 本とす。

(4) 断面Ⅰと断面Ⅲが會合する格點（下弦格點Ⅰ）（第 66 圖参照）。



第 66 圖

鉄① 及び鉄② は前出と同じ。

鉄③ 側鉄を接合す（複剪斷）。

鉄値 = 3 300 kg (22 m 現場鉄, 10 mm 鉄に對する支壓強)

$$\text{所要鉄數} = \frac{24 \times 1000}{3300} = 7.3 \text{ 本} \quad \text{使用鉄數} = 9 \text{ 本}$$

鉄④ 外側腹鉄を複剪斷の鉄 9 本, 單剪斷の鉄 6 本にて接合す。

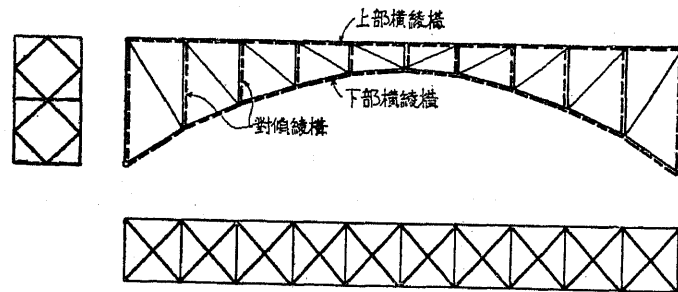
$$\left. \begin{array}{l} 9 \times 3630 = 32670 \text{ kg} \\ 6 \times 2851 = 17106 \text{ kg} \end{array} \right\} \cdots \cdots \text{合計 } 49776 \text{ kg} > 46200 \text{ kg}$$

鉄⑤ 内側腹鉄を接合す（單剪斷）。

$$\text{所要鉄數} = \frac{46.2 \times 1000}{2851} = 16.2 \text{ 本} \quad \text{使用鉄數} = 20 \text{ 本}$$

IV 對風綾構

17. 配置及構造概要 (第 67 圖参照)



第 67 圖

上部横綾構は上弦材の下突縁に、下部横綾構は下弦材の下突縁に取付け其の骨組は共に Double Warren 型とす。

對傾綾構は各格點毎に設け其の骨組は K 型を標準とす。

18. 上部横綾構

(1) 荷 重。

(a) 風荷重

$$w = \text{上弦長さ } 1 \text{ m 當りの風荷重} = 400 + 15 \left(\frac{61 - 50}{10} \right) = 416.5 \text{ kg/m}$$

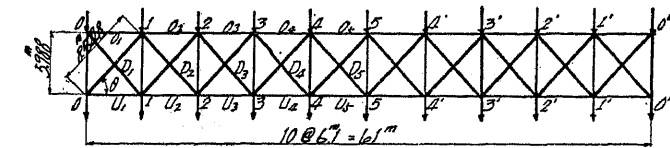
$$W = \text{格點風荷重} = 416.5 \times 6.1 = 2540 \text{ kg}$$

(b) 地震荷重

格點地震荷重 W_e は次表の如し。但し水平震度を 0.2 とす〔12 (1) 参照〕

格 點	0	1	2	3	4	5
全 死 荷 重	17 210	23 240	21 900	21 350	21 040	21 000
下 弦 材 へ 傳 へ る 分	3 360	3 690	2 880	2 500	2 170	2 170
上 弦 材 へ 傳 へ る 分	13 850	19 550	19 020	18 850	18 870	18 830
地 震 荷 重	2 770	3 910	3 800	3 770	3 770	3 770

(2) 剪力及び彎曲率 (第 68 圖参照)。



第 68 圖

(a) 風荷重による剪力及び彎曲率

(i) 剪力 (Q)

$$Q_0 = \frac{2 \times 2540 \times 10}{2} = 25400 \text{ kg}$$

$$Q_1 = \frac{2 \times 2540 \times 5 \times 10 - 2540 \times 10}{10} = \frac{2 \times 2540 \times 45}{10} = 22860 \text{ kg}$$

$$Q_2 = \frac{2 \times 2540 (45 - 9)}{10} = 18280 \text{ kg}$$

$$Q_3 = \frac{2 \times 2540 (36 - 8)}{10} = 14220 \text{ kg}$$

$$Q_4 = \frac{2 \times 2540 (28 - 7)}{10} = 10660 \text{ kg}$$

$$Q_5 = \frac{2 \times 2540 (21 - 6)}{10} = 7620 \text{ kg}$$

(ii) 彎曲率 (M)

格 點	荷 重 (kg)	滿載荷重に よる剪力 (kg)	$\frac{M}{\lambda}$ (kg)	$\frac{M}{\lambda}$ の平均値
0	2540	25400	0	11430
1	5080	22860	22860	31750
2	5080	17780	40640	46990
3	5080	12700	53340	57150
4	5080	7620	60960	62230
5	5080	2540	63500	

(b) 地震荷重による剪力及び彎曲率

格 點	荷 重 (kg)	Q (kg)	$\frac{M_e}{\lambda}$ (kg)	$\frac{M_e}{\lambda}$ の平均値
0	5540	39810	0	17135
1	7820	34270	34270	47495
2	7690	26450	60720	70145
3	7540	18850	79570	85225
4	7540	11310	90880	92765
5	7540	3770	94650	

(3) 應 力。

(a) 風荷重による應力

(i) 弦 材

$$U_m = -O_m = \frac{M}{b} = \frac{M}{\lambda} \frac{\lambda}{b} = \frac{M}{\lambda} \frac{6.1}{5.988} = 1.0187 \frac{M}{\lambda}, \text{ 但し } M = \frac{M_m + M_{m-1}}{2}$$

m	1	2	3	4	5
M/λ	11 430	31 750	46 990	57 150	62 230
$\begin{Bmatrix} U_m \\ O_m \end{Bmatrix} (kg)$	$\pm 11 700$	$\pm 32 400$	$\pm 47 900$	$\pm 58 200$	$\pm 63 500$

(ii) 斜 材

$$D_m = \pm \frac{Q_m}{2 \sin \theta} = \pm \frac{8.548}{2 \times 5.988} Q_m = 0.7138 Q_m$$

m	1	2	3	4	5
Q_m	22 860	18 280	14 220	10 660	7 620
$D_m (kg)$	$\pm 16 400$	$\pm 13 100$	$\pm 10 200$	$\pm 7 600$	$\pm 5 400$

(b) 地震荷重による應力

(i) 弦 材

m	1	2	3	4	5
M/λ	17 135	47 495	70 145	85 225	92 765
$\begin{Bmatrix} U_m \\ O_m \end{Bmatrix} (kg)$	$\pm 17 500$	$\pm 48 400$	$\pm 71 500$	$\pm 86 900$	$\pm 94 500$

(ii) 斜 材

m	1	2	3	4	5
Q_m	34 270	26 450	18 850	11 310	3 770
$D_m (kg)$	$\pm 24 400$	$\pm 18 900$	$\pm 13 400$	$\pm 8 100$	$\pm 2 700$

(4) 断面の決定。

(a) 風荷重應力に對し

(1) 弦 材

風荷重による應力が垂直荷重による應力の 25% を超過するもの多し。其の中最も危険なる O_4 及び O_5 に就て安全度を檢せん。

種 別	O_4	O_5
垂直荷重による應力 (kg)	-142 890	-157 260
風荷重による應力 (kg)	$\pm 58 200$	$\pm 63 500$
計 (kg)	-201 090	-220 760
許容應力 (kg/cm ²)	1 250	1 250
所要斷面積 (cm ²)	160	177
使用斷面積 (cm ²)	160	208

故に安全なり。

(ii) 斜 材

使用斷面は次の如し (第 69 圖参照)。

$$2\text{-山形鋼 } 125 \times 90 \times 9, \text{ 總斷面積} = 2 \times 18.54 = 37.08 \text{ cm}^2$$

$$\text{抗張材としての有効斷面積} = 37.08 - 2 \left(\frac{12.5}{2} + 2.5 \right) 0.9 = 21.33 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 3.39 \text{ cm} \quad r_2 = 3.94 \text{ cm}$$

$$l = \frac{854.8}{2} = 427.4 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{427.4}{3.39} = 126$$

$$\sigma_{ca} = 1500 (1 - 0.0055 \times 126) = 460 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 460 \times 37.08 = 17 060 \text{ kg} > 16 400 \text{ kg}$$

$$\text{抗張力} = 1 200 \times 21.33 = 25 600 \text{ kg} > 16 400 \text{ kg}$$

連結用鉄

$$\text{所要鉄数} = \frac{17 060}{2 851} = 6.0 \text{ 本}$$

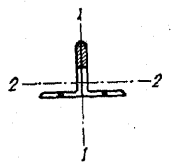
$$\text{使用鉄数} = 6 \text{ 本}$$

(b) 地震應力に對し

(i) 弦 材

最も危険なる O_4 及び O_5 に就て安全度を檢すれば次の如し。

種 別	O_4	O_5
死荷重による應力 (kg)	-92 330	-99 620
地震荷重による應力 (kg)	$\pm 86 900$	$\pm 94 500$
計 (kg)	-179 230	-194 120
許容應力 (kg/cm ²)	1 600	1 600
所要斷面積 (cm ²)	112	121
使用斷面積 (cm ²)	160	208



第 69 圖

故に充分安全なり。

(ii) 斜 材

$$\sigma'_{ca} = 1.6 \times 460 = 740 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{ta} = 1.6 \times 1200 = 1920 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 740 \times 37.08 = 26100 \text{ kg} > 24400 \text{ kg}$$

$$\text{抗張力} = 1920 \times 21.33 = 40900 \text{ kg} > 24400 \text{ kg}$$

19. 下部横縁構

(1) 荷 重。

(a) 風 荷 重

$$w = 200 + 15 \left(\frac{61-50}{10} \right) = 216.5 \text{ kg/m}, \quad W \text{ は次表の如し。}$$

W_0	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5
790	1530	1440	1380	1340	1320

(b) 地震荷重

格点地震荷重は次の如し。

W_0	W_{1e}	W_{2e}	W_{3e}	W_{4e}	W_{5e}
670	740	580	500	430	430

(2) 断面の決定。

荷重は上記の如く上部横縁構に比し小なれども使用断面は等しくす。計算は殆んど同様な故之を省略す。

20. 端對傾縁構

中間の對傾縁構は單に橋梁の横剛性を増すために設けたるものにして計算を要せず。即ち端對傾縁構のみを計算す。

(1) 荷 重。

(a) 風荷重 (第70圖参照)

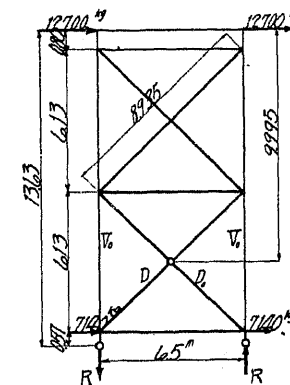
(b) 地震荷重 (第71圖参照)

(2) 應 力。

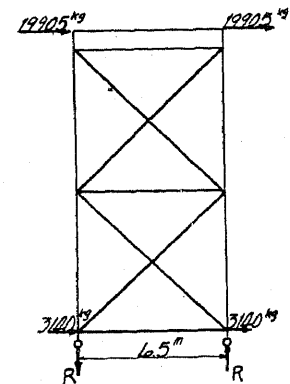
(a) 風荷重に對し

$$R = \pm \frac{2(12700 \times 13.63 + 7140 \times 0.57)}{6.5} = \pm 54500 \text{ kg}$$

$$V_0 = \pm \frac{2 \times 12700 \times 9.995}{6.5} = \pm 39100 \text{ kg}$$



第 70 圖



第 71 圖

$$D_0 = \pm 2 \times 12700 \times \frac{1}{2} \times \frac{8.935}{6.5} = \pm 17500 \text{ kg}$$

(b) 地震荷重に對し

$$R = \pm \frac{2(19905 \times 13.63 + 3140 \times 0.57)}{6.5} = \pm 84100 \text{ kg}$$

$$V_0 = \pm \frac{2 \times 19905 \times 9.995}{6.5} = \pm 61300 \text{ kg}$$

$$D_0 = \pm 2 \times 19905 \times \frac{1}{2} \times \frac{8.935}{6.5} = \pm 27400 \text{ kg}$$

(3) 断面の決定。

(a) 風荷重應力に對し

(i) V_0

V_0 に就ては既に [15(4)(a)] に記述せり。

(ii) D_0

使用断面は次の如し (第72圖参照)。

$$4\text{-山形鋼 } 90 \times 90 \times 10, \quad \text{總斷面積} = 4 \times 17 = 68 \text{ cm}^2$$

$$\text{抗張材としての有効斷面積} = 68 - 4 \left(\frac{9}{2} + 2.5 \right) 1.0 = 40 \text{ cm}^2$$

$$r = 3.73 \text{ cm}, \quad l = \frac{893.5}{2} = 447 \text{ cm}, \quad \frac{l}{r} = \frac{447}{3.73} = 120$$

$$\sigma_{ca} = 1500(1 - 0.0055 \times 120) = 510 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 510 \times 68 = 34700 \text{ kg} > 17500 \text{ kg}$$

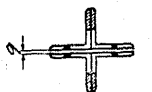
$$\text{抗張力} = 1200 \times 40 = 48000 \text{ kg} > 17500 \text{ kg}$$

(b) 地震應力に對して

(i) V_0 [15(4)(a) 参照]

(ii) D_0

$$\sigma'_{ca} = 1.6 \times 510 = 820 \text{ kg/cm}^2$$



第 72 圖

$$\sigma'_{ta} = 1.6 \times 1200 = 1920 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{抗壓力} = 820 \times 68 = 55800 \text{ kg} > 27400 \text{ kg}$$

$$\text{抗張力} = 1920 \times 40 = 76800 \text{ kg} > 27400 \text{ kg}$$

V 鉋 及 沓

21. 鉋

(1) 反 力。

(a) 水平反力

$$\begin{aligned} H_d &= \text{死荷重による水平反力 [10(2) 及び 12(1) 参照]} \\ &= 2(23.24 \times 0.249 + 21.90 \times 0.488 + 21.35 \times 0.704 + 21.04 \times 0.864) \\ &\quad + 21.00 \times 0.914 = 118.56 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_l &= \text{活荷重による水平反力 (衝撃を含む) [10(2) 及び 12(2) 参照]} \\ &= 2 \times 10(0.249 + 0.488 + 0.704 + 0.864) + 10 \times 0.914 = 55.24 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_t &= \text{温度変化による水平反力 [13(3) 参照]} \\ &= \pm 10.5 \text{ t} \end{aligned}$$

(b) 垂直反力

$$\begin{aligned} V_d &= \text{死荷重による垂直反力 [12(1) 参照]} \\ &= 17.21 + 23.24 + 21.90 + 21.35 + 21.04 + \frac{1}{2} \times 21.00 = 115.24 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_l &= \text{活荷重による垂直反力 [12(2) 参照]} \\ &= 5 \times 10 = 50 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_w &= \text{風荷重による垂直反力 [20(2) 参照]} \\ &= 54.50 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &= \text{地震荷重による垂直反力 [20(2) 参照]} \\ &= 84.10 \text{ t} \end{aligned}$$

(c) 合成反力

$$\begin{aligned} R_d &= \text{死荷重によるもの} \\ &= \sqrt{H_d^2 + V_d^2} = \sqrt{118.56^2 + 115.24^2} = 165.3 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{d+l} &= \text{死荷重及び活荷重によるもの} \\ &= \sqrt{(H_d + H_l)^2 + (V_d + V_l)^2} = \sqrt{(118.56 + 55.24)^2 + (115.24 + 50.00)^2} \\ &= 239.8 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{d+l+t} &= \text{死荷重、活荷重及び温度変化によるもの} \\ &= \sqrt{(H_d + H_l + H_t)^2 + (V_d + V_l)^2} = \sqrt{(118.56 + 55.24 + 10.5)^2 + (115.24 + 50.00)^2} \\ &= 247.5 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{d+l+w} &= \text{死荷重、活荷重及び風荷重によるもの} \\ &= \sqrt{(H_d + H_l)^2 + (V_d + V_l + V_w)^2} = \sqrt{(118.56 + 55.24)^2 + (115.24 + 50.00 + 54.50)^2} \\ &= 280.2 \text{ t} \end{aligned}$$

R_{d+e} = 死荷重及び地震荷重によるもの

$$= \sqrt{H_d^2 + (V_d + V_e)^2} = \sqrt{118.56^2 + (115.24 + 84.10)^2} = 231.9 \text{ t}$$

是等の中 R_{d+l} 及び R_{d+l+w} が最も危険なるべし。

以下この二つに就て計算せん。

(2) 彎曲率及び剪力 (第73圖参照)。

(a) 垂直荷重のみの場合

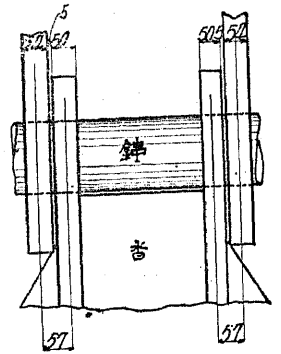
$$Q = \frac{239800}{2} = 119900 \text{ kg}$$

$$M = \frac{239800}{2} \times 5.7 = 683400 \text{ kg cm}$$

(b) 風荷重を加へし場合

$$Q = \frac{280200}{2} = 140100 \text{ kg}$$

$$M = \frac{280200}{2} \times 5.7 = 798600 \text{ kg cm}$$



第 73 圖

(3) 鉋の應力。

(a) 垂直荷重のみの場合

鉋の直徑を 16 cm とす。

$$F = \pi r^2 = 201.1 \text{ cm}^2$$

$$J = \frac{\pi r^4}{4} = 3217 \text{ cm}^4$$

$$\text{彎曲應力: } \sigma = \frac{683400}{3217} \times 8 = 1700 \text{ kg/cm}^2 < 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{剪應力: } \tau = \frac{119900}{201.1} = 600 \text{ kg/cm}^2 < 900 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{支壓力: } \sigma_b = \frac{119900}{5 \times 16} = 1500 \text{ kg/cm}^2 < 1800 \text{ kg/cm}^2$$

(b) 風荷重を加へし場合

$$\text{彎曲應力: } \sigma' = \frac{798600}{3217} \times 8 = 1990 \text{ kg/cm}^2 < 2250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{剪應力: } \tau' = \frac{140100}{201.1} = 700 \text{ kg/cm}^2 < 1125 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{支壓力: } \sigma'_b = \frac{140100}{5 \times 16} = 1750 \text{ kg/cm}^2 < 2250 \text{ kg/cm}^2$$

22. 沓

(1) 反 力。

21 と同じ。

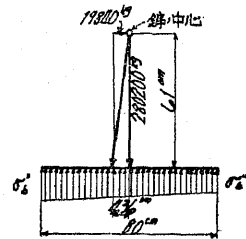
(2) 支 壓 力。

(a) 垂直荷重のみの場合

$$\text{支壓面積} = 80 \times 110 = 8800 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{239800}{8800} = 26 \text{ kg/cm}^2 < 45 \text{ kg/cm}^2$$

(b) 風荷重を加へし場合 (第74圖参照)



第 74 圖

鉋に働く水平力 = $12700 + 7140 = 19840 \text{ kg}$ [20 (1) (a) 参照]

$$e = 61 \times \frac{19840}{280200} = 4.36 \text{ cm}$$

$$\sigma'_b = \frac{280200}{80 \times 110} \left(1 + \frac{6 \times 4.36}{80} \right) = 42 \text{ kg/cm}^2 < 56 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma''_b = \frac{280200}{80 \times 110} \left(1 - \frac{6 \times 4.36}{80} \right) = 22 \text{ kg/cm}^2$$

(構造の詳細は第202圖参照)

第三節 二鉋構繫拱橋

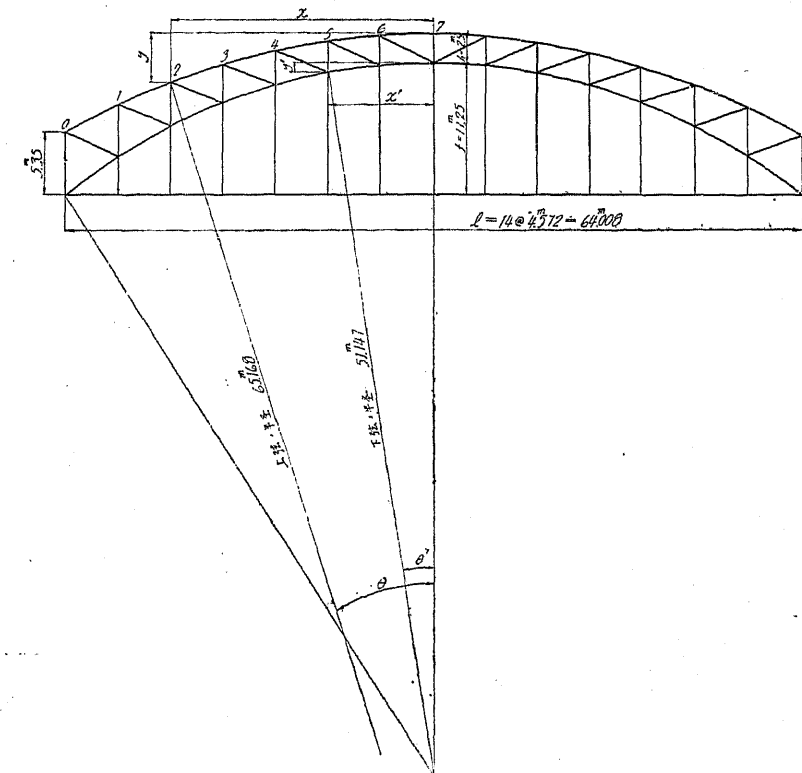
I 一般寸法

支 間 : 64.008 m

有効幅員 : 車道 14.5 m, 歩道 2.75 m (兩側)

主構型式 : 二鉋構繫拱

活 荷 重 : 第一種自動車荷重



第 1 圖

一般に拱矢 f は

$$\frac{1}{6}l < f < \frac{1}{8}l, \quad \therefore f = \frac{1}{5.7}l \approx 11.25 \text{ m}$$

とし、中央肋高 h は

$$\frac{1}{25}l < h < \frac{1}{45}l, \quad \therefore h = \frac{1}{25.6}l \approx 2.50 \text{ m}$$

とする。上弦及下弦材軸線は夫々 $R = 65.168 \text{ m}$, $R' = 51.147 \text{ m}$ の圓曲線として、格點座標を次式

により求める。

$$\sin \theta = \frac{x}{R}$$

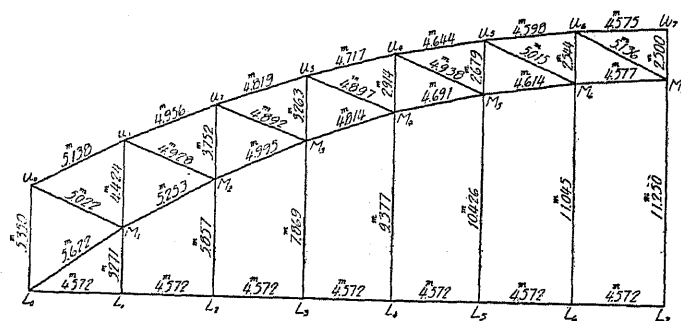
$$y = R(1 - \cos \theta)$$

$$\sin \theta' = \frac{x'}{R'}$$

$$y' = R'(1 - \cos \theta')$$

第 1 表

格 點	上 弦					下 弦				
	x	$\sin \theta$	$\cos \theta$	$1 - \cos \theta$	y	x'	$\sin \theta'$	$\cos \theta'$	$1 - \cos \theta'$	y'
0	32.004	0.491 099 8	0.871 103 3	0.128 896 7	8.399 9	32.004	0.625 726 2	0.780 042 7	0.219 957 3	11.250 2
1	27.432	0.420 942 7	0.907 087 4	0.092 912 6	6.054 9	27.432	0.536 336 7	0.844 004 1	0.155 995 9	7.978 7
2	22.860	0.350 785 6	0.936 455 8	0.063 544 2	4.141 0	22.860	0.446 947 3	0.894 560 3	0.105 439 7	5.392 9
3	18.288	0.280 628 4	0.959 816 5	0.040 183 5	2.618 7	18.288	0.357 557 8	0.933 891 0	0.066 109 0	3.381 3
4	13.716	0.210 471 3	0.977 600 0	0.022 400 0	1.459 8	13.716	0.268 168 4	0.963 372 1	0.036 627 9	1.873 4
5	9.144	0.140 314 2	0.990 107 1	0.009 892 9	0.644 7	9.144	0.178 778 9	0.983 889 3	0.016 110 7	0.824 0
6	4.572	0.070 157 1	0.997 535 9	0.002 464 1	0.160 6	4.572	0.089 389 5	0.995 996 8	0.004 003 2	0.204 8
7	0	0	1.000 000 0	0	0	0	0	1.000 000 0	0	0



第 2 圖

各部材の長さは

$$\text{上弦材} \quad U_m = \sqrt{4.572^2 + (y_{m-1} - y_m)^2}$$

$$\text{下弦材} \quad I_m = \sqrt{4.572^2 + (y'_m - y'_{m+1})^2}$$

$$\text{斜 材} \quad D_m = \sqrt{4.572^2 + (y'_m + 2.5 - y_{m-1})^2}$$

$$\text{鉛直材} \quad V_m = y'_m - y_m + 2.5$$

$$\text{吊 材} \quad H_m = 11.25 - y'_m$$

第 2 表

格 點	U_m	I_m	D_m	V_m	H_m
0				5.350	
1	5.138	5.622	5.022	4.424	3.271
2	4.956	5.253	4.928	3.752	5.857
3	4.819	4.995	4.892	3.263	7.869
4	4.717	4.814	4.897	2.914	9.377
5	4.644	4.691	4.938	2.679	10.426
6	4.598	4.614	5.015	2.544	11.045
7	4.575	4.577	5.136	2.500	11.250

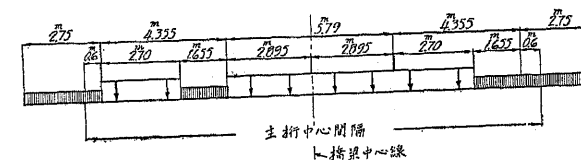
Ⅱ 第一次假定に依る應力

1. 荷 重

(1) 格點集中死荷重。

		橋長 1 m 當り
高欄	2×90	= 180 kg
笠石及布石	2×206	= 412 "
歩道床版及鋪裝	300×2.42×2	= 1 450 "
縁石	2×0.33×0.34×2 400	= 540 "
車道床版	2×530×4.405	= 4 670 "
コンクリート壁	0.122×2 400	= 292 "
軌道敷	815×5.79	= 4 719 "
軌道下床版	372×5.79	= 2 154 "
縦桁		1 552 "
中間横桁		1 880 "
下横樑		441 "
上横樑、對傾構及橋門構		1 010 "
主構		7 000 "
		26 300 kg
一主構に對する死荷重		13 150 kg / m
格點集中死荷重		13 150×4.572 = 60 100 kg

(2) 格點集中活荷重。 第 3 圖の如き載荷状態を考ふれば



第 3 圖

後輪の主構への反力

$$\text{衝撃} \frac{20}{60+64} = 16.1\% \quad 4500(1+0.161) = 5230 \text{ kg}$$

$$5230(2.705+4.505+12.850+14.650) \frac{1}{15.70} = 11550 \text{ kg}$$

前輪の主構への反力

$$11550 \times \frac{1}{3} = 3850 \text{ kg}$$

(3) 車道等布荷重。

$$\frac{120000}{170+l} = 513 \text{ kg/m}^2 \quad 500 \text{ kg/m}^2 \text{ を用ふ}$$

$$500 \times 4.355 = 2177.5 \text{ kg/m} \quad \dots \dots \dots u_1$$

$$500 \times 1.655(1.4275+11.5725) \frac{1}{15.70} = 685 \text{ kg/m} \quad \dots \dots \dots u_3$$

(4) 歩道等布荷重。

$$\frac{100000}{170+l} = 428 \text{ kg/m}^2 \quad 400 \text{ kg/m}^2 \text{ を用ふ}$$

$$400 \times 2.75 = 1100 \text{ kg/m} \quad \dots \dots \dots u_2$$

(5) 電車荷重。

$$5 \text{ 臺連続} \quad 5 \times 28000 = 140000 \text{ kg}$$

橋床上に等布するものとすれば

$$140000 \times \frac{1}{64} = 2190 \text{ kg/m}$$

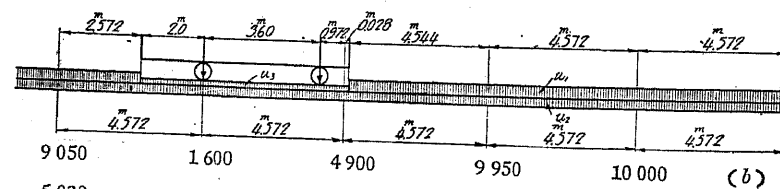
衝撃 16.1%

$$352 \text{ "}$$

$$2542 \text{ kg/m}$$

格点集中荷重

$$2542 \times 4.572 = 11620 \text{ kg}$$



(a)

u_1	9050	1600	4900	9950	10000
u_2	5030	5030	5030	5030	5030
u_3	300	2300	1230		

自動車後輪

$$11550$$

" 前輪

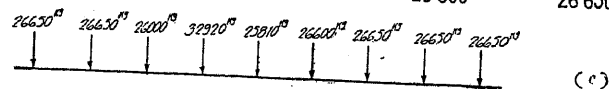
$$820 \quad 3030$$

電車荷重

$$11620 \quad 11620 \quad 11620 \quad 11620 \quad 11620$$

格点集中荷重

$$26000 \quad 32920 \quad 25810 \quad 26600 \quad 26650 \text{ kg}$$



(b)

2. 不静定力

二鉸拱橋は一次不静定構造物であつて、その不静定力を繫材の直應力 H に採れば H は一般に

$$H = \frac{\sum \frac{S'u l}{F}}{\sum \frac{u^2 l}{F}}$$

に依つて表はされる。

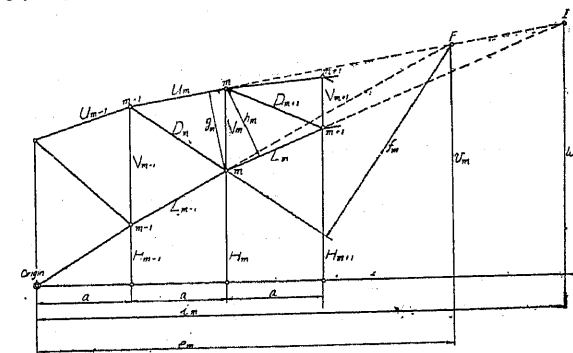
但し S' は単位鉛直荷重のみに依る部材應力 u は $H = -1$ なる単位荷重に依る部材應力 l は任意の部材の長 (cm) F は任意の部材の断面積 (cm²)

上式中にて断面積 F 以外は總て既知の値であるから H の計算に當つては先づ各部材の断面積 F を假定しなくてはならない。各部材は第一次の假定に於ては夫々一様の断面積を有するものとして計算するが、此の計算中部材の断面積は其の相對的關係のみを必要とするから、從來の設計例に基き第一次の断面假定として上弦材、下弦材、端柱、繫材、斜材及鉛直材の断面積の比を夫々 4:4:4:1:1 とする。

(1) S' の計算。 S' は一端は揺承一端は輻承とした單構に單位荷重が載つた場合の各部材の應力で次の様にして求められる。即ち應力を求める部材を含んで三部材の切斷面を考へ、他の二部材の交點を力率の中心として外力の力率を M_0 とすれば

$$S' = \frac{M_0}{\text{力率の中心より部材への垂線距離}}$$

各部材についてその力率の中心より部材への垂線距離を計算すれば第 3 表の如き結果を得る。



第 4 圖

$$g_m = \frac{a}{U_m} V_m$$

$$h_m = \frac{a}{L_m} V_m$$

$$v_m = \frac{V_{m-1}}{V_{m-1} - V_m} (H_m - H_{m-1}) + H_{m-1}$$

$$f_m = \frac{V_{m-1}}{V_{m-1} - V_m} \frac{a}{D_m} V_m$$

$$e_m = \frac{V_{m-1}}{V_{m-1} - V_m} a + (m-1) a$$

$$i_m = \frac{V_m}{(H_{m+1} - H_m) - (y_m - y_{m-1})} a + m a$$

$$w_m = \frac{V_m}{(H_{m+1} - H_m) - (y_m - y_{m-1})} (H_{m+1} - H_m) + H_m$$

$$\text{但し } y_m = H_m + V_m$$

第 3 表

格點	g_m	h_m	v_m	f_m	e_m	i_m	w_m	$i_m - m a$
0	m	m	m	m	m	m	m	m
1	3.936	3.850	18.898	23.269	26.415	88.499	63.316	83.927
2	3.461	3.434	20.296	22.916	34.671	184.185	104.864	171.041
3	3.096	3.099	21.295	23.398	44.224	-1 051.884	- 461.073	-1 065.600
4	2.824	2.840	21.968	25.436	56.462	- 102.828	- 30.571	- 121.116
5	2.637	2.654	22.384	30.763	74.954	- 39.631	- 3.912	- 62.491
6	2.530	2.541	22.709	46.026	113.589	- 14.256	5.401	- 41.688
7	2.498		22.897	128.664	291.777			

S' の影響線

第 4 表

格點 上弦材	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
0—1	-0.083	-0.166	-0.249	-0.332	-0.415	-0.498	-0.581
1—2	-0.189	-0.377	-0.566	-0.755	-0.944	-1.132	-1.321
2—3	-0.316	-0.633	-0.949	-1.266	-1.582	-1.899	-2.215
3—4	-0.463	-0.925	-1.388	-1.850	-2.313	-2.775	-3.238
4—5	-0.619	-1.238	-1.858	-2.477	-3.096	-3.715	-4.334
5—6	-0.774	-1.549	-2.323	-3.098	-3.872	-4.647	-5.421
6—7	-0.915	-1.830	-2.745	-3.661	-4.576	-5.491	-6.406
6'—7	-0.915	-1.830	-2.745	-3.661	-4.576	-5.491	-6.406
5'—6'	-1.033	-2.065	-3.098	-4.130	-5.163	-6.196	-5.421
4'—5'	-1.115	-2.229	-3.344	-4.458	-5.573	-4.954	-4.334
3'—4'	-1.156	-2.313	-3.469	-4.626	-4.163	-3.701	-3.238
2'—3'	-1.160	-2.321	-3.481	-3.164	-2.848	-2.532	-2.215
1'—2'	-1.132	-2.265	-2.075	-1.887	-1.698	-1.510	-1.321
0'—1'	-1.079	-0.996	-0.913	-0.830	-0.747	-0.664	-0.581

格點 下弦材	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
0—1	0	0	0	0	0	0	0
1—2	0.085	0.170	0.254	0.339	0.424	0.509	0.594
2—3	0.190	0.380	0.571	0.761	0.951	1.141	1.331
3—4	0.316	0.632	0.948	1.265	1.581	1.897	2.213
4—5	0.460	0.920	1.380	1.840	2.300	2.760	3.220
5—6	0.615	1.230	1.846	2.461	3.076	3.691	4.307
6—7	0.771	1.542	2.313	3.084	3.856	4.627	5.398
6'—7	1.028	2.056	3.084	4.113	5.141	6.169	5.398
5'—6'	1.107	2.215	3.322	4.430	5.537	4.922	4.307
4'—5'	1.150	2.300	3.450	4.600	4.140	3.680	3.220
3'—4'	1.159	2.318	3.478	3.161	2.845	2.529	2.213
2'—3'	1.141	2.282	2.092	1.092	1.712	1.522	1.331
1'—2'	1.103	1.018	0.933	0.848	0.763	0.679	0.594
0'—1'	0	0	0	0	0	0	0

格點 斜材	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
0—1	0.081	0.162	0.243	0.324	0.405	0.487	0.568
1—2	0.108	0.216	0.324	0.432	0.540	0.648	0.756
2—3	0.135	0.270	0.405	0.540	0.675	0.810	0.945
3—4	0.159	0.317	0.476	0.634	0.793	0.951	1.110
4—5	0.174	0.348	0.522	0.696	0.870	1.044	1.218
5—6	0.176	0.353	0.529	0.705	0.881	1.058	1.234
6—7	0.162	0.324	0.486	0.648	0.810	0.972	1.134
6'—7	-0.126	-0.253	-0.379	-0.506	-0.632	-0.759	1.134
5'—6'	-0.077	-0.154	-0.231	-0.308	-0.385	1.410	1.234
4'—5'	-0.025	-0.051	-0.076	-0.102	1.566	1.392	1.218
3'—4'	0.021	0.042	0.064	1.586	1.427	1.268	1.110
2'—3'	0.060	0.121	1.485	1.350	1.215	1.080	0.945
1'—2'	0.091	1.297	1.189	1.081	0.973	0.865	0.756
0'—1'	1.054	0.973	0.892	0.811	0.730	0.649	0.568

格點 鉛直材	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'
0—0	-0.071	-0.142	-0.214	-0.286	-0.357	-0.429	-0.500
1—1	-0.075	-0.151	-0.226	-0.301	-0.377	-0.452	-0.527
2—2	-0.077	-0.154	-0.231	-0.308	-0.385	-0.462	-0.538
3—3	-0.071	-0.141	-0.212	-0.282	-0.353	-0.423	-0.494
4—4	-0.061	-0.121	-0.182	-0.243	-0.303	-0.364	-0.424
5—5	-0.045	-0.091	-0.136	-0.181	-0.227	-0.272	-0.317
6—6	-0.024	-0.049	-0.073	-0.098	-0.122	-0.147	-0.171
7—7	0.064	0.128	0.193	0.257	0.321	0.386	0.450
6'—6'	0.134	0.268	0.402	0.536	0.670	0.805	-0.171
5'—5'	0.118	0.237	0.355	0.474	0.592	-0.362	-0.317
4'—4'	0.098	0.197	0.295	0.394	-0.546	-0.485	-0.424
3'—3'	0.075	0.150	0.224	-0.705	-0.635	-0.564	-0.494
2'—2'	0.039	0.077	-0.846	-0.769	-0.692	-0.615	-0.538
1'—1'	0.021	-0.904	-0.829	-0.753	-0.678	-0.603	-0.527
0'—0'	-0.929	-0.857	-0.786	-0.714	-0.643	-0.571	-0.500

(2) u の計算。 u は各部材の力率の中心で $H = -1$ なる力の力率をとり、それを部材への垂線距離で除したる結果である。

第 5 表

上 弦 材	下 弦 材	斜 材	鉛 直 材
0—1	0—1	0—1	0—0
1—2	1—2	1—2	1—1
2—3	2—3	2—3	2—2
3—4	3—4	3—4	3—3
4—5	4—5	4—5	4—4
5—6	5—6	5—6	5—5
6—7	6—7	6—7	6—6
			7—7

(3) $\frac{S'ul}{F}$ 及 $\frac{u^2 l}{F}$ の計算。此の計算に用ふる S' は第 4 表、 u は第 5 表、 l は第 2 表の値を用ひ斷面積 F は假定斷面比率 4 (上弦材) : 4 (下弦材) : 4 (端柱) : 4 (繫材) : 1 (斜材) : 1 (鉛直材) をとる。

第 6 表

$\Sigma \frac{S'ul}{F}$ (單位荷重が格點 1' に載れる場合)

格點	上 弦 材	下 弦 材	斜 材	鉛 直 材	計	累 計
0	0.088 6	0	0.330 4	0.067 9	0.486 9	0.486 9
1	0.396 2	0.223 1	0.471 6	0.250 4	1.341 3	1.828 2
2	0.967 8	0.663 9	0.601 2	0.177 1	2.410 0	4.238 2
3	1.812 8	1.366 1	0.672 8	0.100 2	3.951 9	8.190 1
4	2.841 5	2.334 9	0.625 3	0.044 9	5.846 6	14.036 7
5	3.884 5	3.503 1	0.435 3	0.007 5	7.830 4	21.867 1
6	4.712 6	4.718 3	0.147 9	-0.007 9	9.570 9	31.438 0
7				0.050 5	0.050 5	31.488 5
6'	4.712 6	6.291 0	-0.115 0	0.044 3	10.932 9	42.421 4
5'	5.184 3	6.305 5	-0.190 6	-0.019 8	11.279 4	53.700 8
4'	5.118 5	5.837 3	-0.089 8	-0.072 0	10.794 0	64.494 8
3'	4.526 0	5.010 3	0.088 6	-0.106 0	9.518 9	74.013 7
2'	3.552 6	3.974 0	0.267 1	-0.089 7	7.704 0	81.717 7
1'	2.373 1	2.895 7	0.397 2	-0.069 9	5.596 1	87.313 8
0'	1.151 7	0	4.297 8	0.888 4	6.337 9	93.651 7

第 7 表

$\Sigma \frac{u^2 l}{F}$

上 弦 材	下 弦 材	斜 材	鉛 直 材
0—1	0—1	0—1	0—0
1—2	1—2	1—2	1—1
2—3	2—3	2—3	2—2
3—4	3—4	3—4	3—3
4—5	4—5	4—5	4—4
5—6	5—6	5—6	5—5
6—7	6—7	6—7	6—6
6'—7	6'—7	6'—7	7—7
5'—6'	5'—6'	5'—6'	6'—6'
4'—5'	4'—5'	4'—5'	5'—5'
3'—4'	3'—4'	3'—4'	4'—4'
2'—3'	2'—3'	2'—3'	3'—3'
1'—2'	1'—2'	1'—2'	2'—2'
0'—1'	0'—1'	0'—1'	1'—1'
			0'—0'
計	176.956 2	231.004 8	37.766 2
			11.359 6

要材

$$\frac{u^2 l}{F} = \frac{1^2 \times 64,008}{4} = 16,002.0$$

故に

$$\begin{aligned} \Sigma \frac{u^2 l}{F} &= 176,956.2 + 231,004.8 + 37,766.2 + 11,359.6 + 16,002.0 \\ &= 473,088.8 \end{aligned}$$

(4) H の影響線。

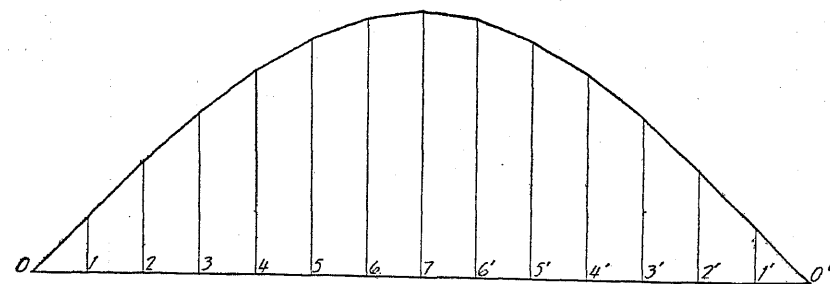
H の影響線

第 8 表

格 點	$\Sigma \frac{S'u l}{F}$	$\Sigma \frac{u^2 l}{F}$	H
0	0 = 0	473,088.8	0
1	93,651.7 = 93,651.7	"	0.198
2	$2 \times 81,717.7 + 12 \times 1,828.2 = 185,373.8$	"	0.392
3	$3 \times 74,013.7 + 11 \times 4,238.2 = 268,661.3$	"	0.568
4	$4 \times 64,494.8 + 10 \times 8,190.1 = 339,880.2$	"	0.718
5	$5 \times 53,700.8 + 9 \times 14,036.7 = 394,834.3$	"	0.834
6	$6 \times 42,421.4 + 8 \times 21,867.1 = 429,465.2$	"	0.908
7	$7 \times 31,488.5 + 7 \times 31,438.0 = 440,485.5$	"	0.931

$$\Sigma H = 8.167$$

之れを圖示すれば第 5 圖の如くなる。



第 5 圖

3. 部材應力の計算

部材の應力 S は $S = S' - uH$ で表はされる。今各部材に付いて S' は第 4 表、 u は第 5 表、 H は第 8 表の値を取り影響線の縦距を求めれば第 9 表に示される様な値となる。

第 9 表

上 弦 材

格 點	$U_0 U_1$	$U_1 U_2$	$U_2 U_3$	$U_3 U_4$	$U_4 U_5$	$U_5 U_6$	$U_6 U_7$
1	0.082	0.148	0.190	0.198	0.168	0.095	-0.019
2	0.160	0.286	0.363	0.376	0.312	0.162	-0.064
3	0.223	0.395	0.495	0.498	0.388	0.157	-0.187
4	0.265	0.460	0.559	0.534	0.362	0.037	-0.427
5	0.278	0.467	0.538	0.456	0.202	-0.231	-0.820
6	0.257	0.404	0.409	0.240	-0.125	-0.683	-1.393
7	0.193	0.254	0.152	-0.147	-0.653	-1.356	-2.213
6'	0.091	0.026	-0.224	-0.686	-1.364	-2.232	-1.393
5'	-0.054	-0.287	-0.728	-1.394	-2.275	-1.522	-0.820
4'	-0.233	-0.672	-1.339	-2.242	-1.619	-0.995	-0.427
3'	-0.441	-1.114	-2.037	-1.683	-1.098	-0.618	-0.187
2'	-0.670	-1.602	-1.325	-1.012	-0.679	-0.354	-0.064
1'	-0.914	-0.795	-0.654	-0.495	-0.328	-0.164	-0.019

下 弦 材

格 點	$L_0 M_1$	$M_1 M_2$	$M_2 M_3$	$M_3 M_4$	$M_4 M_5$	$M_5 M_6$	$M_6 M_7$
1	-0.244	-0.311	-0.364	-0.395	-0.397	-0.363	-0.288
2	-0.482	-0.614	-0.717	-0.772	-0.777	-0.706	-0.560
3	-0.698	-0.881	-1.018	-1.089	-1.078	-0.959	-0.730
4	-0.883	-1.096	-1.248	-1.310	-1.268	-1.084	-0.761
5	-1.026	-1.243	-1.383	-1.411	-1.310	-1.042	-0.610
6	-1.117	-1.306	-1.400	-1.361	-1.170	-0.793	-0.234
7	-1.145	-1.267	-1.274	-1.128	-0.809	-0.290	0.414
6'	-1.117	-1.136	-1.018	-0.729	-0.250	0.438	1.308
5'	-1.026	-0.904	-0.622	-0.147	0.530	1.419	0.675
4'	-0.883	-0.587	-0.107	0.586	1.492	0.885	0.268
3'	-0.698	-0.202	0.503	1.441	0.992	0.517	0.041
2'	-0.482	0.234	1.185	0.914	0.603	0.279	-0.046
1'	-0.244	0.707	0.587	0.448	0.293	0.129	-0.031

斜 材

格 點	$U_0 M_1$	$U_1 M_2$	$U_2 M_3$	$U_3 M_4$	$U_4 M_5$	$U_5 M_6$	$U_6 M_7$
1	-0.080	-0.067	-0.045	-0.012	0.030	0.078	0.127
2	-0.156	-0.131	-0.087	-0.022	0.063	0.160	0.254
3	-0.218	-0.179	-0.112	-0.015	0.108	0.249	0.385
4	-0.259	-0.213	-0.113	0.014	0.173	0.351	0.520
5	-0.272	-0.199	-0.084	0.072	0.263	0.470	0.662
6	-0.250	-0.157	-0.013	0.166	0.383	0.510	0.810
7	-0.188	-0.069	0.098	0.306	0.540	0.775	0.968
6'	-0.088	0.061	0.254	0.483	0.731	0.962	-0.921
5'	0.053	0.234	0.456	0.706	0.959	-0.796	-0.780
4'	0.228	0.445	0.697	0.865	-0.625	-0.662	-0.634
3'	0.431	0.686	0.968	-0.427	-0.490	-0.511	-0.480
2'	0.655	0.950	-0.236	-0.297	-0.336	-0.247	-0.323
1'	0.893	-0.084	-0.120	-0.150	-0.169	-0.175	-0.161

鉛 直 材

格點	$U_0 L_0$	$U_1 M_1$	$U_2 M_2$	$U_3 M_3$	$U_4 M_4$	$U_5 M_5$	$U_6 M_6$	$U_7 M_7$
1	0.071	0.074	0.044	0.015	-0.011	-0.033	-0.050	0.001
2	0.138	0.145	0.086	0.029	-0.022	-0.064	-0.100	0.004
3	0.192	0.202	0.117	0.034	-0.039	-0.100	-0.147	0.014
4	0.227	0.240	0.132	0.029	-0.062	-0.136	-0.191	0.030
5	0.239	0.252	0.126	0.008	-0.093	-0.174	-0.230	0.057
6	0.220	0.233	0.095	-0.030	-0.135	-0.215	-0.265	0.099
7	0.166	0.175	0.033	-0.091	-0.189	-0.258	-0.292	0.156
6'	0.078	0.082	-0.058	-0.171	-0.256	-0.305	-0.687	0.099
5'	-0.047	-0.049	-0.181	-0.274	-0.336	0.645	0.562	0.057
4'	-0.201	-0.212	-0.329	-0.394	0.575	0.519	0.443	0.030
3'	-0.380	-0.401	-0.498	0.470	0.438	0.391	0.328	0.014
2'	-0.577	-0.608	0.317	0.320	0.296	0.264	0.217	0.004
1'	-0.787	0.170	0.160	0.161	0.148	0.130	0.108	0.001

此の影響線の格點縦距に格點集中死及活荷重を乗ずれば夫々各部材の死及活荷重應力が得られる。

格點死荷重は 60 100 kg

格點活荷重は第一次假定計算に於ては 27 000 kg と假定する。

第 10 表

上弦材	影響線縦距			活荷重應力 (kg)		死荷重應力 (kg)	部材應力 (kg)	所要斷面 (cm ²)
	+	-	計	+	-			
$U_0 U_1$	1,549	2,312	-0.763		62 424	-45 856	-108 280	108.28
$U_1 U_2$	2,440	4,470	-2.030		120 690	-122 003	-242 693	242.69
$U_2 U_3$	2,706	6,307	-3.601		170 290	-216 420	-386 710	386.71
$U_3 U_4$	2,302	7,659	-5.357		206 793	-321 956	-528 749	528.75
$U_4 U_5$	1,432	8,141	-6.709		219 807	-403 210	-623 017	623.02
$U_5 U_6$	0,451	8,155	-7.704		220 185	-462 770	-682 955	682.96
$U_6 U_7$		8,033	-8.033		216 891	-482 783	-699 674	699.67

下弦材	影響線縦距			活荷重應力 (kg)		死荷重應力 (kg)	部材應力 (kg)	所要斷面 (cm ²)
	+	-	計	+	-			
$L_0 M_1$		10,045	-10.045		271 215	-603 705	-874 920	874.92
$M_1 M_2$	0,941	9,547	-8.606		257 770	-517 220	-774 990	774.99
$M_2 M_3$	2,275	9,151	-6.876		247 080	-413 248	-660 328	660.33
$M_3 M_4$	3,389	8,342	-4.953		225 234	-297 675	-522 909	522.91
$M_4 M_5$	3,910	7,059	-3.149		190 593	-189 255	-379 848	379.85
$M_5 M_6$	3,667	5,237	-1.570		141 400	-94 357	-235 757	235.76
$M_6 M_7$	2,706	3,260	-0.554	73 062	88 020	-33 295	-157 846	157.85

斜 材	影響線縦距			活荷重應力 (kg)		死荷重應力 (kg)	部材應力 (kg)	所要斷面 (cm ²)
	+	-	計	+	-			
$U_0 M_1$	2,260	1,511	0.749	61 020		45 015	106 035	88.36
$U_1 M_2$	2,376	1,099	1.277	64 152		76 748	155 737	129.78
$U_2 M_3$	2,473	0,810	1.663	66 771		99 946	177 652	148.05
$U_3 M_4$	2,612	0,923	1.689	70 524		101 509	184 493	153.75
$U_4 M_5$	3,254	1,616	1.638	87 750		98 203	185 953	154.96
$U_5 M_6$	3,555	2,391	1.164	95 985		69 956	165 941	138.29
$U_6 M_7$	3,726	3,299	0.427	100 602		25 663	126 265	105.22

鉛直材	影響線縦距			活荷重應力 (kg)		死荷重應力 (kg)	部材應力 (kg)	所要斷面 (cm ²)
	+	-	計	+	-			
$U_0 M_0$	1.331	1.992	-0.661		53 784	-39 726	-93 510	93.51
$U_1 M_1$	1.573	1.270	0.303	42 471	34 290	18 210	77 826	64.86
$U_2 M_2$	1.110	1.066	0.044	29 970	28 782	2 644	47 005	39.17
$U_3 M_3$	1.086	0.960	0.126	29 322	25 920	7 573	49 854	41.55
$U_4 M_4$	1.457	1.143	0.314	39 339		18 871	58 210	48.51
$U_5 M_5$	1.949	1.285	0.664	52 623		39 906	92 529	77.10
$U_6 M_6$	2.345	1.275	1.070	34 425		64 307	98 732	82.28
$U_7 M_7$	0.566		0.566	15 282		34 017	49 299	41.08

繫 材

$$\begin{aligned} \text{死荷重應力} & 8.167 \times 60\,100 = 490\,837 \text{ kg} \\ \text{活荷重應力} & 8.167 \times 27\,000 = 220\,509 \text{ "} \\ & \underline{711\,346 \text{ kg}} \quad \text{所要純斷面積 } 594.55 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

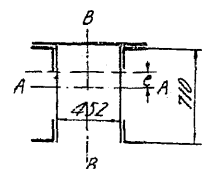
吊 材

$$\begin{aligned} \text{死荷重應力} & 60\,100 \text{ kg} \\ \text{活荷重應力} & 27\,000 \text{ "} \\ & \underline{87\,100 \text{ kg}} \quad \text{所要純斷面積 } 72.58 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

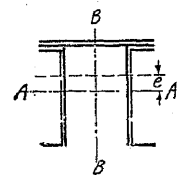
但し以上の計算には許容壓應力 $1\,000 \text{ kg/cm}^2$, 許容張應力 $1\,200 \text{ kg/cm}^2$ を採用してゐる。
上の所要斷面積に對して夫々各部材の斷面を次の如く定める。

■ 斷面の算定 (第二次假定斷面)

(1) 上弦材。上弦材の斷面は第 6 圖を基本斷面とし最大斷面に於ては蓋板 2 枚、側板 2 枚を添加する。



第 6 圖



第 7 圖

部 材 ($U_6 U_7$), ($U_5 U_6$) (第 7 圖)

	總斷面積	靜力率	惰性率 (A-A)
1-蓋板 800×15	120.0 cm^2	$4\,350 \text{ cm}^3$	$171\,008 \text{ cm}^4$
1-蓋板 800×15	120.0 "	$4\,530 \text{ "}$	$157\,688 \text{ "}$
2-腹板 700×19	266.0 "	—	$108\,616 \text{ "}$
4-山形鋼 $150 \times 150 \times 19$	213.56 "	—	$211\,481 \text{ "}$
2-側板 400×19	152.0 "	—	$20\,266 \text{ "}$
計	871.56 cm^2	$8\,880 \text{ cm}^3$	$669\,059 \text{ cm}^4$

$$e = \frac{8\,880}{871.56} = 10.19 \text{ cm}$$

$$\therefore J_{x-x} = 669\,059 - 871.56 \times 10.19^2 = 578\,560 \text{ cm}^4$$

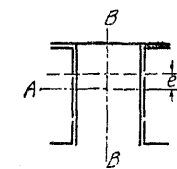
$$\therefore r = \sqrt{\frac{J}{I^2}} = 25.76 \text{ cm}$$

$$U_6 U_7 \text{ の部材長 } l = 457.5 \text{ cm} \quad \frac{l}{r} = 17.8$$

$$U_5 U_6 \text{ の部材長 } l = 459.8 \text{ cm} \quad \frac{l}{r} = 17.8$$

$$\text{許容壓應力 } \sigma = 1\,500 (1 - 0.0055 \times 17.8) = 1\,353 \text{ kg/cm}^2$$

依て $1\,000 \text{ kg/cm}^2$ を用ふ。

部 材 ($U_4 U_5$) (第 8 圖)

	總斷面積	靜力率	惰性率 (A-A)
1-蓋板 800×15	120.0 cm^2	$4\,350 \text{ cm}^3$	$157\,688 \text{ cm}^4$
2-腹板 700×19	266.0 "	—	$85\,750 \text{ "}$
4-山形鋼 $150 \times 150 \times 19$	213.56 "	—	$211\,481 \text{ "}$
2-側板 400×19	152.0 "	—	$20\,266 \text{ "}$
計	751.56 cm^2	$4\,350 \text{ cm}^3$	$475\,185 \text{ cm}^4$

第 8 圖

$$e = \frac{4\,350}{751.56} = 5.79 \text{ cm}$$

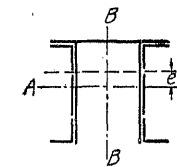
$$\therefore J_{x-x} = 475\,185 - 751.56 \times 5.79^2 = 449\,990 \text{ cm}^4$$

$$\therefore r = \sqrt{\frac{J}{I^2}} = 24.47 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = 19.0$$

$$\text{許容壓應力 } \sigma = 1\,500 (1 - 0.0055 \times 19.0) = 1\,193 \text{ kg/cm}^2$$

許容應力計算の結果は何れも $1\,000 \text{ kg/cm}^2$ 以上となる故以下 $1\,000 \text{ kg/cm}^2$ を用ふ。

部 材 ($U_3 U_4$) (第 9 圖)

第 9 圖

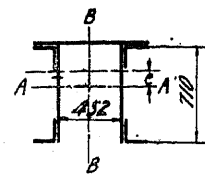
	總斷面積	靜力率	惰性率 (A-A)
1-蓋板 800×15	120.0 cm^2	$4\,350 \text{ cm}^3$	$157\,688 \text{ cm}^4$
2-腹板 700×15	210.0 "	—	$85\,750 \text{ "}$
4-山形鋼 $150 \times 150 \times 15$	171.0 "	—	$170\,869 \text{ "}$
2-側板 400×15	120.0 "	—	$17\,230 \text{ "}$
計	621.0 cm^2	$4\,350 \text{ cm}^3$	$431\,537 \text{ cm}^4$

$$e = \frac{4\,350}{621} = 7.00 \text{ cm}$$

$$\therefore J_{x-x} = 431\,537 - 621 \times 7^2 = 401\,108 \text{ cm}^4$$

$$\therefore r = \sqrt{\frac{J}{I^2}} = 25.41 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = 18.6$$

部材 ($U_2 U_3$), ($U_1 U_2$), ($U_0 U_1$) (第10圖)

第10圖

		總斷面積	靜力率	慣性率 ($A-A$)
1-蓋 板	800×13	104.0 cm^2	3 759.6 cm^3	135 910 cm^4
2-腹 板	700×15	210.0 "	—	85 750 "
4-山形鋼	150×150×15	171.0 "	—	170 869 "
計		485.0 cm^2	3 759.6 cm^3	392 529 cm^4

$$e = \frac{3759.6}{485} = 7.75 \text{ cm}$$

$$\therefore J_{x-x} = 392529 - 485 \times 7.75^2 = 363399 \text{ cm}^4$$

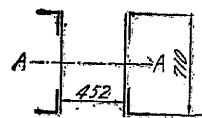
$$\therefore r = \sqrt{\frac{J}{F}} = 27.37 \text{ cm}$$

$$U_2 U_3 \text{ の部材長 } l = 481.9 \text{ cm} \quad \frac{l}{r} = 17.6$$

$$U_1 U_2 \text{ の部材長 } l = 495.6 \text{ " } \quad \frac{l}{r} = 18.1$$

$$U_0 U_1 \text{ の部材長 } l = 513.8 \text{ " } \quad \frac{l}{r} = 18.8$$

(2) 下弦材。下弦材は第11圖を基本形とする。此の場合は $A-A$ 軸に對して對稱であるため重心軸は常に中央に有り、偏心を生じない。



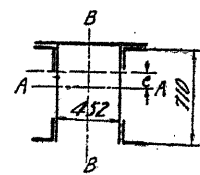
部材 ($U_2 M_3$), ($U_3 M_4$), ($U_4 M_5$), ($U_5 M_6$), ($U_6 M_7$) (第 17 圖)4-山形鋼 $150 \times 150 \times 19 = 213.56 \text{ cm}^2$ (總斷面) $\cdot 213.56 - 38.0 = 175.56 \text{ cm}^2$ (純斷面)

$$J_{A-A} = 9731 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = 6.75 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = 76.1$$

(4) 端 柱。

部材 ($U_0 I_0$) (第 18 圖)

第 18 圖

	總斷面積	靜力率	慣性率 ($A-A$)
1-蓋 板 800×13	104.0 cm^2	3759.6 cm^3	135910 cm^4
2-腹 板 700×19	266.0 cm^2	—	108616 cm^4
4-山形鋼 $150 \times 150 \times 15$	171.0 cm^2	—	294947 cm^4
計	541.0 cm^2	3759.6 cm^3	539473 cm^4

$$a = \frac{3759.6}{541} = 6.95 \text{ cm}$$

$$\therefore J_{x-x} = 539473 - 541 \times 6.95^2 = 513341 \text{ cm}^4$$

$$\therefore r = \sqrt{\frac{J}{F}} = 30.80 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = 17.4$$

許容應力は 1000 kg/cm^2 を用ふ。

(5) 鉛 直 材。鉛直材は總て一様の断面とする。



第 19 圖

	總斷面積	鋸 孔	純斷面積
1-板 400×9	36.00 cm^2	4.50 cm^2	31.50 cm^2
4-山形鋼 $150 \times 100 \times 12$	114.24 cm^2	24.00 cm^2	90.24 cm^2
計	150.24 cm^2		121.74 cm^2

$$J_{A-A} = 2560.8 + 150.24 \times 5.33^2 = 6829 \text{ cm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = 6.74 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{r} = 65.6 \text{ (最大)}$$

(6) 吊 材。鉛直材と同一の断面を用ふ。

(7) 繫 材。

		總斷面積	鋸 孔	純斷面積
4-腹 板 600×19		45.60 cm^2	76.0 cm^2	380.0 cm^2
2-側 板 450×19		171.0 cm^2	28.5 cm^2	142.5 cm^2
2-山形鋼 $150 \times 150 \times 19$		106.78 cm^2	19.0 cm^2	87.78 cm^2
計		733.78 cm^2		610.28 cm^2

第 20 圖

第一次假定による部材の断面と第二次假定に依る部材断面とを比較すれば次の如し。

第 11 表

部 材	第二次假定断面	第二次假定断面比率		部 材	第二次假定断面	第二次假定断面比率	
		$\div 150$	平 均			$\div 150$	平 均
上 弦 材	$U_0 U_1$	485.0	3.23	下 弦 材	$I_0 M_1$	897.56	5.98
	$U_1 U_2$	485.0	3.23		$M_1 M_2$	817.56	5.45
	$U_2 U_3$	485.0	3.23		$M_2 M_3$	677.56	4.52
	$U_3 U_4$	621.0	4.14		$M_3 M_4$	551.56	3.63
	$U_4 U_5$	751.56	5.01		$M_4 M_5$	381.0	2.54
	$U_5 U_6$	871.56	5.81		$M_5 M_6$	381.0	2.54
斜 材	$U_6 U_7$	871.56	5.81	鉛 直 材	$M_6 M_7$	381.0	2.54
	$U_0 M_1$	171.0	1.14		$U_1 M_1$	150.24	1.00
	$U_1 M_2$	171.0	1.14		$U_2 M_2$	150.24	1.00
	$U_2 M_3$	213.56	1.42		$U_3 M_3$	150.24	1.00
	$U_3 M_4$	213.56	1.42		$U_4 M_4$	150.24	1.00
	$U_4 M_5$	213.56	1.42		$U_5 M_5$	150.24	1.00
繫 材	$U_5 M_6$	213.56	1.42	端 柱	$U_6 M_6$	150.24	1.00
	$U_6 M_7$	213.56	1.42		$U_7 M_7$	150.24	1.00
	計	733.78	4.9		計	541.0	3.81

IV 第二次假定に依る不静定應力の計算

上に求めたる断面に対して更に不静定力の第二次計算をなし、第一次假定断面に対する不静定力と比較をして見る。

(1) $\frac{S'ul}{F}$ 及 $\frac{u^2 l}{F}$ の計算。 S' , u , l は第 9 表の計算に用ひたものと同値である。

第 12 表

部 材		$\frac{F'}{(cm^2)}$	$\frac{S'u l}{F'}$	$\frac{u^2 l}{F'}$	部 材		$\frac{F'}{(cm^2)}$	$\frac{S'u l}{F'}$	$\frac{u^2 l}{F'}$
上 弦 材	$U_0 U_1$	485	0.000 7	0.007 3	下 弦 材	$L_0 M_1$	898	0	0.009 5
	$U_1 U_2$	485	0.003 3	0.027 3		$M_1 M_2$	818	0.001 1	0.025 7
	$U_2 U_3$	485	0.008 0	0.066 8		$M_2 M_3$	678	0.003 9	0.057 7
	$U_3 U_4$	621	0.011 7	0.083 7		$M_3 M_4$	552	0.009 9	0.112 5
	$U_4 U_5$	752	0.015 1	0.096 5		$M_4 M_5$	381	0.024 5	0.230 6
	$U_5 U_6$	872	0.017 8	0.100 5		$M_5 M_6$	381	0.036 8	0.295 2
	$U_6 U_7$	872	0.021 6	0.106 4		$M_6 M_7$	381	0.049 5	0.343 5
	$U'_6 U_7$	872	0.021 6	0.106 4		$M'_6 M_7$	381	0.066 0	0.343 5
	$U'_5 U_6$	872	0.023 8	0.100 5		$M'_5 M_6$	381	0.066 2	0.295 2
	$U'_4 U_5$	752	0.028 2	0.096 5		$M'_4 M_5$	381	0.061 3	0.230 6
	$U'_3 U_4$	621	0.029 2	0.083 7		$M'_3 M_4$	552	0.036 3	0.112 5
	$U'_2 U_3$	485	0.029 3	0.066 8		$M'_2 M_3$	678	0.023 5	0.057 7
	$U'_1 U_2$	485	0.019 6	0.029 3		$M'_1 M_2$	818	0.014 2	0.025 7
	$U'_0 U_1$	485	0.009 5	0.007 3		$L'_0 M_1$	898	0	0.009 5
斜 材	$U_0 M_1$	171	0.001 9	0.019 3	鉛 直 材	$U_1 M_1$	151	0.001 7	0.016 7
	$U_1 M_2$	171	0.002 8	0.022 6		$U_2 M_2$	151	0.001 2	0.009 3
	$U_2 M_3$	214	0.002 8	0.018 9		$U_3 M_3$	151	0.000 7	0.004 1
	$U_3 M_4$	214	0.003 1	0.017 1		$U_4 M_4$	151	0.000 3	0.001 2
	$U_4 M_5$	214	0.002 9	0.012 2		$U_5 M_5$	151	0.000 1	0.000 7
	$U_5 M_6$	214	0.002 0	0.005 7		$U_6 M_6$	151	-0.000 1	0.000 3
	$U_6 M_7$	214	0.000 7	0.000 8		$U_7 M_7$	151	0.000 1	0.001 0
	$U'_6 M_7$	214	-0.000 5	0.000 8		$U'_6 M'_6$	151	0.000 3	0.000 3
	$U'_5 M'_6$	214	-0.000 9	0.005 7		$U'_5 M'_5$	151	-0.000 1	0.000 7
	$U'_4 M'_5$	214	-0.000 4	0.012 2		$U'_4 M'_4$	151	-0.000 5	0.001 2
	$U'_3 M'_4$	214	0.000 4	0.017 1		$U'_3 M'_3$	151	-0.000 7	0.004 1
	$U'_2 M'_3$	214	0.001 2	0.018 9		$U'_2 M'_2$	151	-0.000 6	0.009 3
	$U'_1 M'_2$	171	0.002 3	0.022 6		$U'_1 M'_1$	151	-0.000 5	0.016 7
	$U'_0 M'_1$	171	0.025 1	0.019 3					
繫 材		734	0	0.087 2	端 柱	$U_0 L_0$	541	0.000 5	0.005 0
						$U'_0 L'_0$	541	0.006 6	0.005 0

$$\frac{\Sigma u^2 l}{F} = 3.4864$$

第 13 表 $\Sigma \frac{S'ul}{F}$

	上 弦 材	下 弦 材	斜 材	鉛 直 材	計	累 計
0	0.0007	0	0.0019	0.0005	0.0031	0.0031
1	0.0033	0.0011	0.0028	0.0017	0.0089	0.0120
2	0.0080	0.0039	0.0028	0.0012	0.0159	0.0279
3	0.0117	0.0099	0.0031	0.0007	0.0254	0.0533
4	0.0151	0.0245	0.0029	0.0003	0.0428	0.0961
5	0.0178	0.0368	0.0020	0.0001	0.0567	0.1528
6	0.0216	0.0495	0.0007	-0.0001	0.0717	0.2245
7				0.0001	0.0001	0.2246
6'	0.0216	0.0660	-0.0005	0.0003	0.0874	0.3120
5'	0.0238	0.0662	-0.0009	-0.0001	0.0890	0.4010
4'	0.0282	0.0613	-0.0004	-0.0005	0.0886	0.4896
3'	0.0292	0.0363	0.0004	-0.0007	0.0652	0.5548
2'	0.0293	0.0235	0.0012	-0.0006	0.0534	0.6082
1'	0.0196	0.0142	0.0023	-0.0005	0.0356	0.6438
0'	0.0095	0	0.0251	0.0066	0.0412	0.6851

(2) H の影響線。

第 14 表

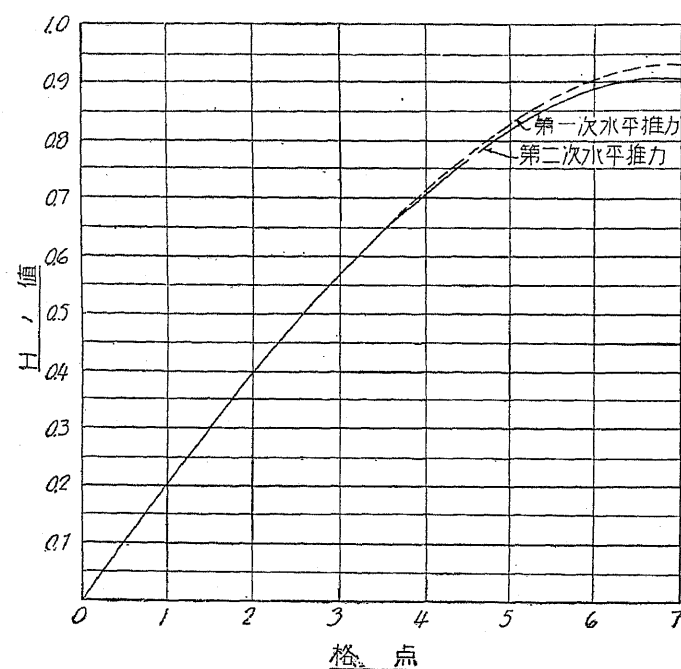
格 點	$\Sigma \frac{S'ul}{F}$	第二次 H	第一次 H
0	0	0	0
1	0.6851	0.197	0.198
2	$2 \times 0.6082 + 12 \times 0.0120 = 1.3604$	0.391	0.392
3	$3 \times 0.5548 + 11 \times 0.0279 = 1.9713$	0.566	0.568
4	$4 \times 0.4896 + 10 \times 0.0533 = 2.4914$	0.715	0.718
5	$5 \times 0.4010 + 9 \times 0.0961 = 2.8699$	0.823	0.834
6	$6 \times 0.3120 + 8 \times 0.1528 = 3.0924$	0.887	0.908
7	$7 \times 0.2246 + 7 \times 0.2245 = 3.1437$	0.902	0.931

$$\Sigma H = 8.060$$

$$\Sigma H = 8.167$$

$$\frac{\text{第二次 } H}{\text{第一次 } H} = \frac{8.060}{8.167} = 0.987$$

第一次 H の誤差 +1.3%



第 21 圖

此の第二次計算に依る H に対して各部材應力を更に求めて第二次假定断面が十分なるか否かを以下に於て檢算を爲す。

V 部材應力の計算

第一次計算と同じく先づ各部材について應力影響線を求め、活荷重應力は 340 頁の圖の如き荷重を部材に最大應力を生ずる如き位置に載荷して算出する(應力は總て單位 kg とす)。

(1) 上弦材。

載荷點	$U_0 U_1$			$U_1 U_2$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	0.081	0	0	0.144	0	0
2	0.159	0	0	0.285	0	0
3	0.221	0	0	0.392	0	0
4	0.262	0	0	0.455	0	0
5	0.269	0	0	0.449	0	0
6	0.239	0	0	0.369	0	0
7	0.169	0	0	0.205	0	0
6'	0.073	0	0	-0.009	26 650	- 240
5'	-0.063	26 650	- 1 679	-0.305	26 650	- 8 128
4'	-0.236	26 650	- 6 289	-0.677	26 650	- 18 042
3'	-0.443	26 650	-11 806	-1.117	26 000	- 29 042
2'	-0.671	26 000	-17 446	-1.603	32 920	- 52 771
1'	-0.915	32 920	-30 122	-0.799	25 810	- 20 622
-0.855			-67 342	-2.211		-128 845

$$\text{死荷重應力} = -0.855 \times 60\,100 = -51\,386\,kg \quad \text{死荷重應力} = -2.211 \times 60\,100 = -132\,881\,kg$$

$$\text{活荷重應力} = -67\,342\,kg$$

$$\text{活荷重應力} = -128\,845\,kg$$

$$\text{部材應力} = -118\,728\,kg$$

$$\text{部材應力} = -261\,726\,kg$$

載荷點	$U_2 U_3$			$U_3 U_4$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	0.185	0	0	0.191	0	0
2	0.361	0	0	0.373	0	0
3	0.490	0	0	0.491	0	0
4	0.552	0	0	0.524	0	0
5	0.510	0	0	0.419	0	0
6	0.356	0	0	0.170	0	0
7	0.078	0	0	-0.243	26 650	- 6 476
6'	-0.277	26 650	- 7 382	-0.756	26 600	- 20 110
5'	-0.756	26 650	- 20 147	-1.431	25 810	- 36 934
4'	-1.346	26 000	- 35 871	-2.252	32 920	- 74 136
3'	-2.042	32 920	- 54 419	-1.590	26 000	- 41 340
2'	-1.327	25 810	- 35 365	-1.015	26 650	- 27 050
1'	-0.659	26 600	- 17 562	-0.502	26 650	- 13 378
-3.875			-170 746	-5.621		-219 424

$$\text{死荷重應力} = -3.875 \times 60\,100 = -232\,887\,kg \quad \text{死荷重應力} = -5.621 \times 60\,100 = -337\,822\,kg$$

$$\text{活荷重應力} = -170\,746\,kg$$

$$\text{活荷重應力} = -219\,424\,kg$$

$$\text{部材應力} = -403\,633\,kg$$

$$\text{部材應力} = -557\,246\,kg$$

載荷點	$U_4 U_5$			$U_5 U_6$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	0.160	0	0	0.086	0	0
2	0.308	0	0	0.158	0	0
3	0.380	0	0	0.148	0	0
4	0.350	0	0	0.024	0	0
5	0.158	0	0	-0.279	26 650	- 7 435
6	-0.208	26 650	- 5 543	-0.774	26 600	- 20 588
7	-0.767	26 600	- 20 402	-1.483	25 810	- 38 276
6'	-1.447	25 810	- 37 347	-2.323	32 920	- 76 473
5'	-2.319	32 920	- 76 341	-1.570	26 000	- 40 820
4'	-1.631	26 000	- 42 406	-1.008	26 650	- 26 863
3'	-1.106	26 650	- 29 475	-0.627	26 650	- 16 710
2'	-0.683	26 650	- 18 202	-0.358	26 650	- 9 541
1'	-0.336	26 650	- 8 954	-0.173	26 650	- 4 610
-7.141			-238 670	-8.279		-241 316

$$\text{死荷重應力} = -7.141 \times 60\,100 = -429\,174\,kg \quad \text{死荷重應力} = -8.279 \times 60\,100 = -497\,568\,kg$$

$$\text{活荷重應力} = -238\,670\,kg$$

$$\text{活荷重應力} = -241\,316\,kg$$

$$\text{部材應力} = -667\,884\,kg$$

$$\text{部材應力} = -738\,884\,kg$$

載荷點	$U_6 U_7$		
	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.028	26 650	- 746
2	-0.069	26 650	- 1 839
3	-0.196	26 650	- 5 223
4	-0.441	26 650	- 11 752
5	-0.869	26 600	- 23 115
6	-1.496	25 810	- 38 612
7	-2.343	32 920	- 77 132
6'	-1.496	26 000	- 38 896
5'	-0.869	26 650	- 23 159
4'	-0.441	26 650	- 11 752
3'	-0.196	26 650	- 5 223
2'	-0.069	26 650	- 1 839
1'	-0.028	26 650	- 746

-8.541

-240 034

死荷重應力 = $-8.541 \times 60\ 100 = -513\ 314\ kg$ 活荷重應力 = $-240\ 034\ kg$ 部材應力 = $-753\ 348\ kg$

(2) 下弦材。

載荷點	$L_0 M_1$			$M_1 M_2$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.242	26 650	- 6 449	-0.309	26 650	- 8 235
2	-0.481	26 650	- 12 819	-0.612	26 650	- 16 310
3	-0.696	26 650	- 18 548	-0.877	26 650	- 23 372
4	-0.879	26 650	- 23 425	-1.090	26 650	- 29 049
5	-1.012	26 600	- 26 919	-1.221	26 000	- 31 746
6	-1.091	25 810	- 28 159	-1.264	32 920	- 41 611
7	-1.109	32 920	- 36 508	-1.209	25 810	- 31 204
6'	-1.091	26 000	- 28 366	-1.094	26 600	- 29 100
5'	-1.012	26 650	- 26 970	-0.882	26 650	- 23 505
4'	-0.879	26 650	- 23 425	-0.581	26 650	- 15 484
3'	-0.696	26 650	- 18 548	-0.198	26 650	- 5 277
2'	-0.481	26 650	- 12 819	0.236	0	0
1'	-0.242	26 650	- 6 449	0.709	0	0

-9.911

-269 404

-8.392

-254 893

死荷重應力 = $-9.911 \times 60\ 100 = -595\ 651\ kg$ 死荷重應力 = $-8.392 \times 60\ 100 = -504\ 359\ kg$ 活荷重應力 = $-269\ 404\ kg$ 活荷重應力 = $-254\ 893\ kg$ 部材應力 = $-865\ 055\ kg$ 部材應力 = $-759\ 252\ kg$

載荷點	$M_2 M_3$			$M_3 M_4$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.361	26 650	- 9 621	-0.392	26 650	- 10 447
2	-0.714	26 650	- 19 028	-0.772	26 650	- 20 574
3	-1.013	26 600	- 26 946	-1.085	26 650	- 28 915
4	-1.240	25 810	- 32 004	-1.303	26 000	- 33 878
5	-1.352	32 920	- 44 508	-1.375	32 920	- 45 265
6	-1.341	26 000	- 34 866	-1.289	25 810	- 33 269
7	-1.193	26 650	- 31 793	-1.027	26 600	- 27 318
6'	-0.960	26 650	- 25 584	-0.657	26 650	- 17 509
5'	-0.591	26 650	- 15 750	-0.111	26 650	- 2 958
4'	-0.099	26 650	- 2 638	0.593	0	0
3'	0.508	0	0	1.445	0	0
2'	1.188	0	0	0.914	0	0
1'	0.590	0	0	0.451	0	0

-6.578

-242 738

-4.608

-220 133

死荷重應力 = $-6.578 \times 60\ 100 = -395\ 338\ kg$ 死荷重應力 = $-4.608 \times 60\ 100 = -276\ 941\ kg$ 活荷重應力 = $-242\ 738\ kg$ 活荷重應力 = $-220\ 133\ kg$ 部材應力 = $-638\ 076\ kg$ 部材應力 = $-497\ 074\ kg$

載荷點	$M_4 M_5$			$M_5 M_6$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.393	26 650	- 10 473	-0.358	26 650	- 9 541
2	-0.772	26 650	- 20 574	-0.701	26 600	- 18 647
3	-1.070	26 650	- 28 516	-0.949	25 810	- 24 494
4	-1.255	26 000	- 32 630	-1.070	32 920	- 35 224
5	-1.262	32 920	- 41 545	-0.988	26 000	- 25 688
6	-1.079	25 810	- 27 849	-0.689	26 650	- 18 362
7	-0.684	26 600	- 18 194	-0.147	26 650	- 3 918
6'	-0.159	26 650	- 4 237	0.542	0	0
5'	0.578	0	0	1.473	0	0
4'	1.505	0	0	0.899	0	0
3'	1.000	0	0	0.527	0	0
2'	0.608	0	0	0.284	0	0
1'	0.297	0	0	0.134	0	0

-2.686

-184 018

-1.043

-135 874

死荷重應力 = $-2.686 \times 60\ 100 = -161\ 429\ kg$ 死荷重應力 = $-1.043 \times 60\ 100 = -63\ 184\ kg$ 活荷重應力 = $-184\ 018\ kg$ 活荷重應力 = $-135\ 874\ kg$ 部材應力 = $-345\ 447\ kg$ 部材應力 = $-199\ 058\ kg$

載荷點	M_6, M_7		
	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.283	26 650	-7 545
2	-0.549	26 650	-14 631
3	-0.714	26 000	-18 564
4	-0.740	32 920	-24 361
5	-0.545	25 810	-14 066
6	-0.117	26 600	-3 112
7	0.574	25 810	14 815
6'	1.425	32 920	46 911
5'	0.740	26 000	19 240
4'	0.289	26 650	7 702
3'	0.057	26 650	1 519
2'	-0.035	26 650	-933
1'	-0.026	26 650	-693

0.076

90 187

-83 902

死荷重應力 = $0.076 \times 60\ 1000 = 45\ 676\ kg$ 活荷重應力 = $90\ 187\ kg$, $-83\ 902\ kg$ 部材應力 = $177\ 814\ kg$

(3) 斜 材。

載荷點	U_0, M_1			U_1, M_2		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.079	0	0	-0.067	0	0
2	-0.155	0	0	-0.130	0	0
3	-0.217	0	0	-0.177	0	0
4	-0.257	0	0	-0.201	0	0
5	-0.263	0	0	-0.189	0	0
6	-0.233	0	0	-0.138	0	0
7	-0.164	0	0	-0.043	0	0
6'	-0.071	0	0	0.079	26 650	2 105
5'	0.062	26 650	1 652	0.244	26 650	6 503
4'	0.230	26 650	6 130	0.448	26 600	11 917
3'	0.432	26 650	11 513	0.688	25 810	17 757
2'	0.656	26 000	17 056	0.951	32 920	31 307
1'	0.894	32 920	29 430	-0.084	0	0

0.835

65 781

1.381

69 589

死荷重應力 = $0.835 \times 60\ 1000 = 50\ 184\ kg$ 死荷重應力 = $1.381 \times 60\ 100 = 82\ 998\ kg$ 活荷重應力 = $65\ 781\ kg$ 活荷重應力 = $69\ 589\ kg$ 部材應力 = $115\ 965\ kg$ 部材應力 = $152\ 587\ kg$

載荷點	U_2, M_3			U_3, M_4		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.044	0	0	-0.011	0	0
2	-0.086	0	0	-0.021	0	0
3	-0.110	0	0	-0.013	0	0
4	-0.111	0	0	0.016	26 650	4 264
5	-0.074	0	0	0.082	26 650	2 185
6	0.003	26 650	80	0.185	26 650	4 930
7	0.124	26 650	3 305	0.331	26 650	8 821
6'	0.273	26 650	7 275	0.502	26 600	13 353
5'	0.466	26 600	12 396	0.716	25 810	18 480
4'	0.699	25 810	18 041	0.968	32 920	31 867
3'	0.970	32 920	31 932	-0.425	0	0
2'	-0.235	0	0	-0.296	0	0
1'	-0.119	0	0	-0.149	0	0

1.756

73 029

1.855

83 900

死荷重應力 = $1.756 \times 60\ 100 = 105\ 536\ kg$ 死荷重應力 = $1.855 \times 60\ 100 = 113\ 289\ kg$ 活荷重應力 = $73\ 029\ kg$ 活荷重應力 = $83\ 900\ kg$ 部材應力 = $178\ 565\ kg$ 部材應力 = $197\ 189\ kg$

載荷點	U_4, M_5			U_5, M_6		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	0.031	26 650	826	0.079	26 650	2 105
2	0.063	26 650	1 679	0.161	26 650	4 264
3	0.110	26 650	2 932	0.250	26 650	6 663
4	0.175	26 650	4 664	0.353	26 650	9 417
5	0.271	26 650	7 222	0.475	26 650	12 659
6	0.398	26 650	10 607	0.621	26 600	16 519
7	0.561	26 600	14 923	0.789	25 810	20 364
6'	0.746	25 810	19 254	0.973	32 920	32 031
5'	0.967	32 920	31 834	-0.791	0	0
4'	-0.623	0	0	-0.660	0	0
3'	-0.488	0	0	-0.510	0	0
2'	-0.336	0	0	-0.347	0	0
1'	-0.168	0	0	-0.174	0	0

1.707

93 941

1.218

104 012

死荷重應力 = $1.707 \times 60\ 100 = 102\ 830\ kg$ 死荷重應力 = $1.218 \times 60\ 100 = 73\ 202\ kg$ 活荷重應力 = $93\ 941\ kg$ 活荷重應力 = $104\ 012\ kg$ 部材應力 = $196\ 771\ kg$ 部材應力 = $177\ 214\ kg$

載荷點	$U_6 M_7$		
	S	格點活荷重	活荷重應力
1	0.127	26 650	3 385
2	0.254	26 650	6 769
3	0.385	26 650	10 260
4	0.521	26 650	13 885
5	0.664	26 650	17 696
6	0.814	25 810	21 009
7	0.973	32 920	32 031
6'	-0.917	0	0
5'	-0.778	0	0
4'	-0.633	0	0
3'	-0.480	0	0
2'	-0.323	0	0
1'	-0.161	0	0

0.446

105 035

死荷重應力 = $0.446 \times 60\ 100 = 26\ 805\ kg$ 活荷重應力 = $105\ 035\ kg$ 部材應力 = $131\ 840\ kg$

(4) 鉛直材。

載荷點	$U_0 L_0$			$U_1 M_1$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	0.070	0	0	0.074	26 650	1 172
2	0.138	0	0	0.144	26 650	5 838
3	0.191	0	0	0.201	26 650	5 357
4	0.225	0	0	0.238	26 000	6 188
5	0.231	0	0	0.244	32 920	8 032
6	0.205	0	0	0.217	25 810	5 601
7	0.145	0	0	0.153	26 600	4 070
6'	0.063	0	0	0.066	26 650	1 759
5'	-0.055	26 650	-1 465	-0.057	26 650	-1 519
4'	-0.203	26 650	-5 410	-0.214	26 600	-5 692
3'	-0.381	26 650	-10 154	-0.402	25 810	-10 376
2'	-0.577	26 000	-15 002	-0.609	32 920	-20 048
1'	-0.783	32 920	-25 941	0.170	26 650	4 531

-0.736

-57 972

0.225

41 348

-37 635

死荷重應力 = $-0.736 \times 60\ 100 = -44\ 234\ kg$ 活荷重應力 = $-57\ 972\ kg$ 部材應力 = $-102\ 206\ kg$ 死荷重應力 = $0.225 \times 60\ 100 = 13\ 523\ kg$ 活荷重應力 = $41\ 348\ kg$ 部材應力 = $73\ 689\ kg$

載荷點	$U_2 M_2$			$U_3 M_3$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	0.044	26 650	1 173	0.014	26 650	373
2	0.086	26 650	2 292	0.028	26 650	746
3	0.116	26 650	3 091	0.033	26 650	879
4	0.130	26 650	3 465	0.028	26 650	746
5	0.119	26 650	3 171	0.003	26 650	80
6	0.082	26 650	2 185	-0.039	26 650	-1 039
7	0.015	26 650	400	-0.103	26 650	-2 745
6'	-0.071	26 650	-1 892	-0.180	26 600	-4 788
5'	-0.188	26 600	-5 001	-0.279	25 810	-7 254
4'	-0.331	25 810	-8 543	-0.395	32 920	-13 003
3'	-0.499	32 920	-16 427	0.469	15 439	15 439
2'	0.317	32 920	10 436	0.319	8 233	8 233
1'	0.160	25 810	4 130	0.160	4 256	4 256

-0.020

30 343

-31 863

0.058

30 752

-28 829

死荷重應力 = $-0.020 \times 60\ 100 = -1\ 202\ kg$ 活荷重應力 = $-31\ 863\ kg$ 部材應力 = $-48\ 237\ kg$ 死荷重應力 = $0.058 \times 60\ 100 = 3\ 486\ kg$ 活荷重應力 = $30\ 752\ kg$ 部材應力 = $48\ 653\ kg$

載荷點	$U_4 M_4$			$U_5 M_5$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.011	0	0	-0.033	0	0
2	-0.022	0	0	-0.064	0	0
3	-0.039	0	0	-0.100	0	0
4	-0.063	0	0	-0.136	0	0
5	-0.096	0	0	-0.175	0	0
6	-0.140	0	0	-0.216	0	0
7	-0.197	0	0	-0.260	0	0
6'	-0.261	0	0	-0.306	0	0
5'	-0.339	0	0	0.644	32 920	21 200
4'	0.574	32 920	18 896	0.519	25 810	13 395
3'	0.438	25 810	11 305	0.391	26 600	10 401
2'	0.296	26 600	7 874	0.264	26 650	7 036
1'	0.148	26 650	3 944	0.130	26 650	3 465

0.288

42 019

0.658

55 497

死荷重應力 = $0.288 \times 60\ 100 = 17\ 309\ kg$ 活荷重應力 = $42\ 019\ kg$ 部材應力 = $59\ 328\ kg$ 死荷重應力 = $0.658 \times 60\ 100 = 39\ 546\ kg$ 活荷重應力 = $55\ 497\ kg$ 部材應力 = $95\ 043\ kg$

載荷點	$U_6 M_6$			$U_7 M_7$		
	S	格點活荷重	活荷重應力	S	格點活荷重	活荷重應力
1	-0.050	0	0	0.002	26 650	53
2	-0.100	0	0	0.004	26 650	107
3	-0.147	0	0	0.014	26 650	373
4	-0.191	0	0	0.031	26 650	826
5	-0.229	0	0	0.061	26 600	1 623
6	-0.262	0	0	0.106	25 810	2 736
7	-0.288	0	0	0.165	32 920	5 432
6'	0.690	32 920	22 715	0.106	26 000	2 756
5'	0.563	25 810	14 531	0.061	26 650	1 626
4'	0.443	26 600	11 784	0.031	26 650	826
3'	0.328	26 650	8 741	0.014	26 650	373
2'	0.217	26 650	5 783	0.004	26 650	107
1'	0.108	26 650	2 878	0.002	26 650	53

1.082

66 432

0.601

16 891

死荷重應力 = $1.082 \times 60\ 100 = 65\ 028\ kg$ 死荷重應力 = $0.601 \times 60\ 100 = 36\ 120\ kg$ 活荷重應力 = $66\ 432\ kg$ 活荷重應力 = $16\ 891\ kg$ 部材應力 = $131\ 460\ kg$ 部材應力 = $53\ 011\ kg$

(5) 繫 材。

載荷點	S	格點活荷重	活荷重應力
1	0.197	26 650	5 250
2	0.391	26 650	10 420
3	0.566	26 650	15 084
4	0.715	26 650	19 055
5	0.823	26 600	21 892
6	0.887	25 810	22 893
7	0.902	32 920	29 694
6'	0.887	26 000	23 062
5'	0.823	26 650	21 933
4'	0.715	26 650	19 055
3'	0.566	26 650	15 084
2'	0.391	26 650	10 420
1'	0.197	26 650	5 250

8.060

219 092

死荷重應力 = $8.060 \times 60\ 100 = 484\ 406\ kg$ 活荷重應力 = $219\ 092\ kg$ 部材應力 = $703\ 498\ kg$

(6) 吊 材。

死荷重應力

主桁を除く部分の死荷重 $19\ 300\ kg/m$

$$\frac{19\ 300}{2} \times 4.572 = 44\ 119\ kg$$

活荷重應力

横桁の最大反力 $38\ 644\ kg$ 歩道突桁の最大反力 $6\ 590\ kg$

$$45\ 234\ kg$$

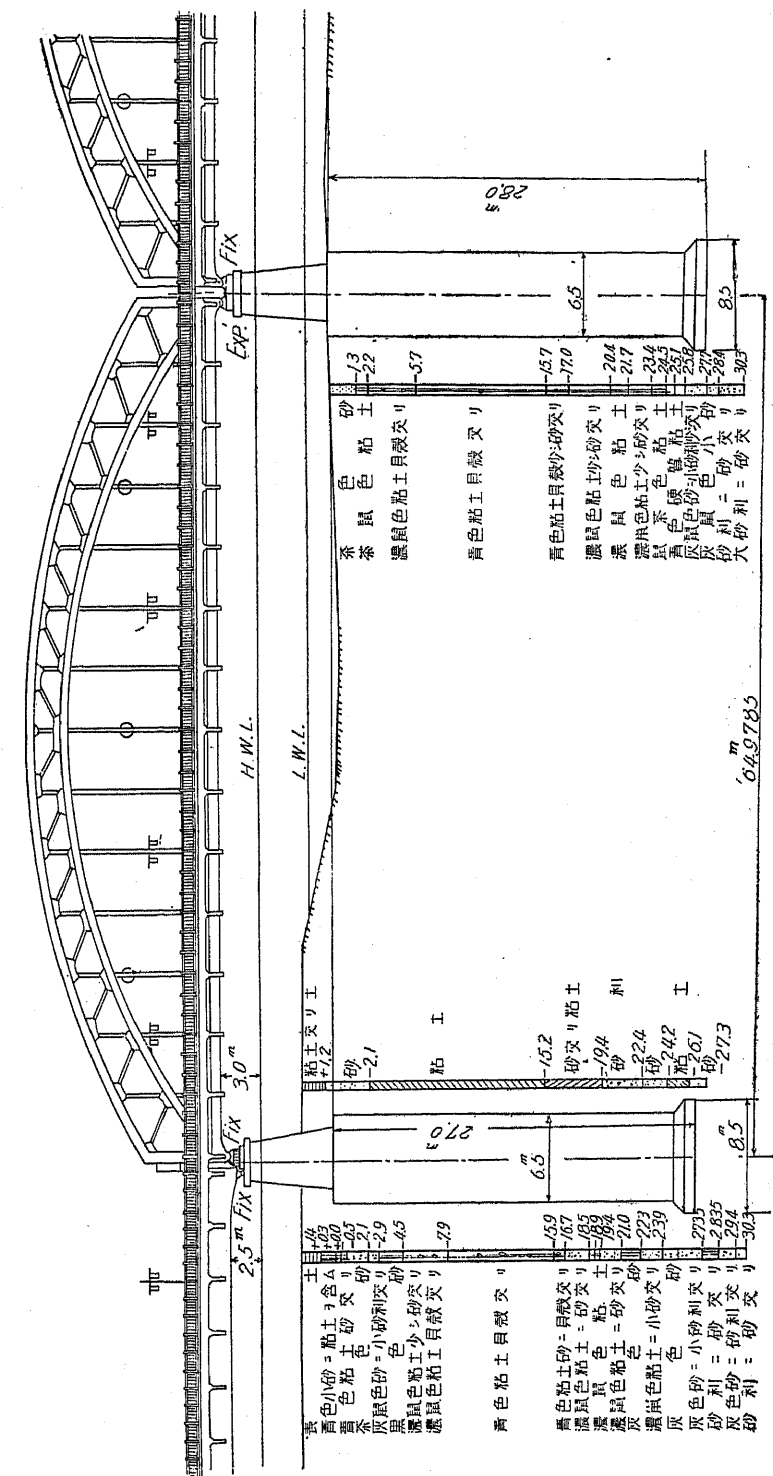
$$\text{計 } 44\ 119 + 45\ 234 = 89\ 353\ kg$$

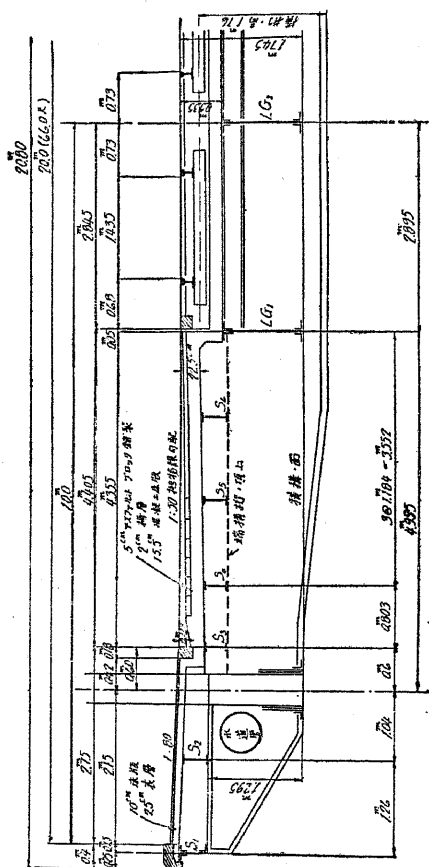
總 括 表

部 材	部材應力 (t)	所要斷 面積 (cm^2)	使用總 斷面積 (cm^2)	使用純 斷面積 (cm^2)	$\frac{l}{r}$	許容應力 (kg/cm^2)	斷 面 形 狀
上 弦 材	$U_0 U_1$	-118.728	118.73	485.0	18.8	-1 000	1-蓋 板 800×13
	$U_1 U_2$	-261.726	261.73	485.0	18.1	-1 000	2-腹 板 700×15
	$U_2 U_3$	-403.633	403.63	485.0	17.6	-1 000	4-山形鋼 $150 \times 150 \times 15$
	$U_3 U_4$	-557.246	557.25	621.0	18.6	-1 000	1-蓋 板 800×15
							2-腹 板 700×15
							4-山形鋼 $150 \times 150 \times 15$
	$U_4 U_5$	-667.844	667.84	751.56	19.0	-1 000	2-側 板 400×15
							1-蓋 板 800×15
							2-腹 板 700×19
							4-山形鋼 $150 \times 150 \times 19$
下 弦 材	$U_5 U_6$	-738.884	738.88	871.56	17.8	-1 000	2-側 板 400×19
	$U_6 U_7$	-753.348	753.35	871.56	17.8	-1 000	2-蓋 板 800×15
	$L_0 M_1$	-865.055	865.06	897.56	25.1	-1 000	2-腹 板 700×19
							4-山形鋼 $150 \times 150 \times 19$
							2-側 板 400×19
	$M_1 M_2$	-759.252	759.25	817.56	22.7	-1 000	4-腹 板 700×19
							4-山形鋼 $150 \times 150 \times 19$
							2-側 板 400×9
	$L_0 M_1$	-865.055	865.06	897.56	25.1	-1 000	4-腹 板 700×19
							4-山形鋼 $150 \times 150 \times 19$
							2-側 板 400×19

部 材	部材應力 (t)	所要斷面積 (cm ²)	使用總斷面積 (cm ²)	使用純斷面積 (cm ²)	$\frac{l}{r}$	許容應力 (kg/cm ²)	斷 面 形 狀
下 弦 材	$M_2 M_3$	-638.076	638.08	677.56	21.0	-1 000	2-腹 鋸 700×9 2-腹 鋸 700×19 4-山形鋼 150×150×19 2-側 鋸 400×9
	$M_3 M_4$	-497.074	497.07	551.56	19.3	-1 000	2-腹 鋸 700×19 4-山形鋼 150×150×19 2-側 鋸 400×9
	$M_4 M_5$	-345.447	345.45	381.0	18.1	-1 000	2-腹 鋸 700×15 4-山形鋼 150×150×15
	$M_5 M_6$	-199.058	199.06	381.0	17.8	-1 000	
	$M_6 M_7$	177.814	148.17	381.0	17.9	1 200	
斜 材	$U_0 M_1$	115.965	96.64	171.0	75.4	1 200	4-山形鋼 150×150×15
	$U_1 M_2$	152.587	127.15	171.0	74.0	1 200	
	$U_2 M_3$	178.565	148.85	213.56	72.5	1 200	4-山形鋼 150×150×19
	$U_3 M_4$	197.189	164.32	213.56	72.5	1 200	
	$U_4 M_5$	196.771	163.97	213.56	73.2	1 200	
	$U_5 M_6$	177.214	147.67	213.56	74.3	1 200	
	$U_6 M_7$	131.840	109.86	213.56	76.1	1 200	
端 柱		-102.206	102.21	541.00	17.4	1 000	1-蓋 鋸 800×13 2-腹 鋸 700×19 4-山形鋼 150×150×15
鉛 直 材	$U_1 M_1$	73.689	61.41	150.24	65.6	1 200	1-鋸 400×9 4-山形鋼 150×100×12
	$U_2 M_2$	-48.237	48.24	150.24	55.6	1 000	
	$U_3 M_3$	48.653	40.54	150.24	48.4	1 200	
	$U_4 M_4$	59.328	49.44	150.24	43.2	1 200	
	$U_5 M_5$	95.043	79.20	150.24	39.7	1 200	
	$U_6 M_6$	131.460	109.55	150.24	37.6	1 200	
	$U_7 M_7$	53.011	44.17	150.24	37.0	1 200	
繫 材		703.498	586.24	733.78		1 200	4-腹 鋸 600×19 2-側 鋸 450×19 2-山形鋼 150×150×19
吊 材		89.353	74.46	150.24	166.5 (max)	1 200	1-鋸 400×9 4-山形鋼 150×100×12

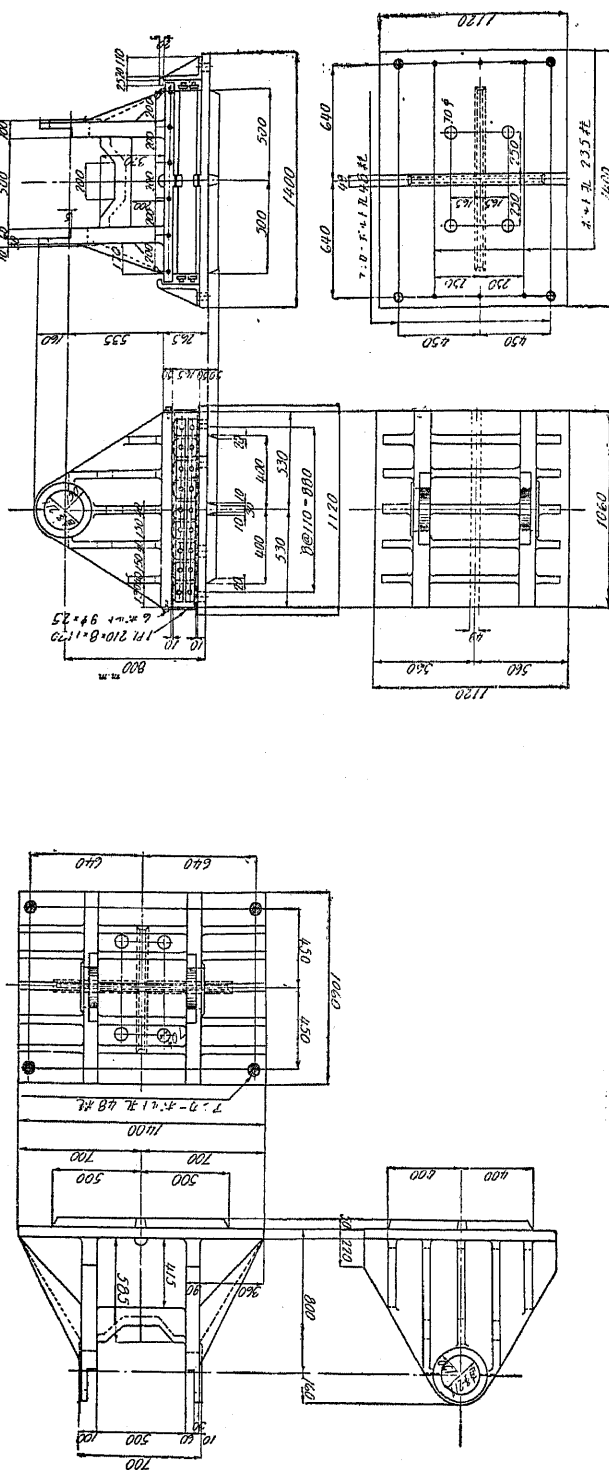
即ち各部材の第二次假定斷面積は所要斷面積に對しては總て安全なる故第二次假定斷面積を使用する。



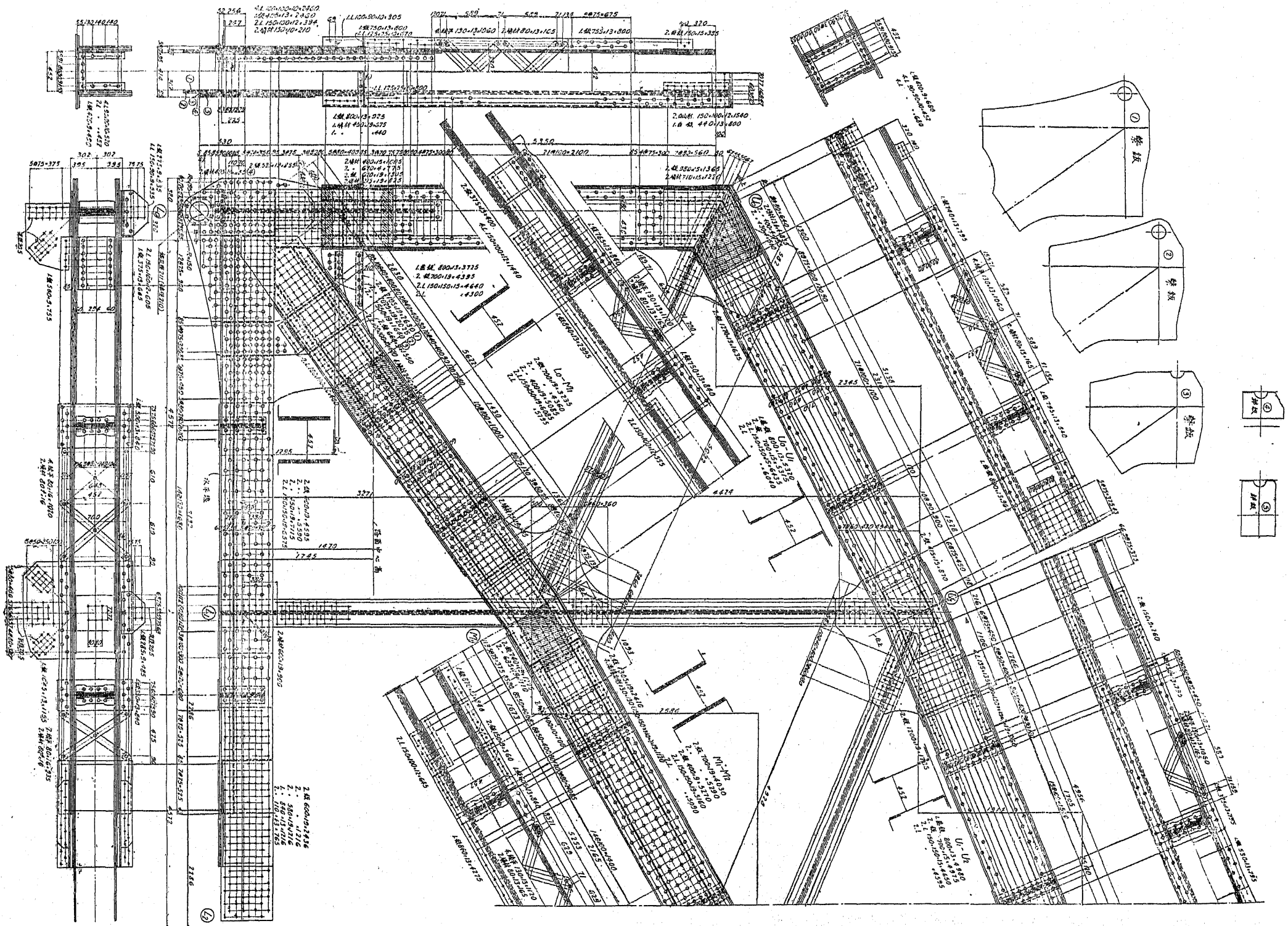


固定端用查

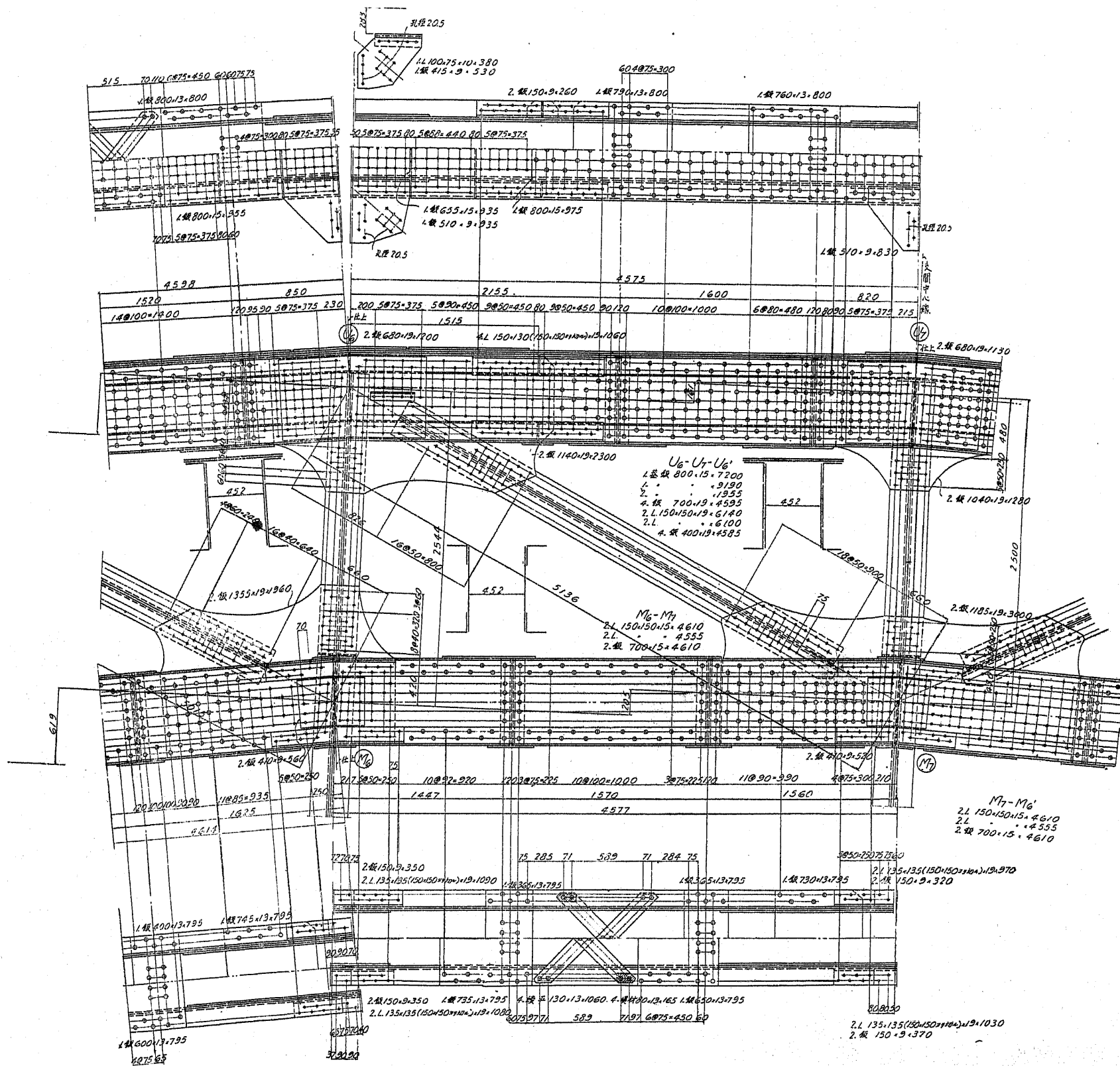
可動端用查



第 23 圖



第 24 圖 (共 一)



第四節 バランスド・アーチ

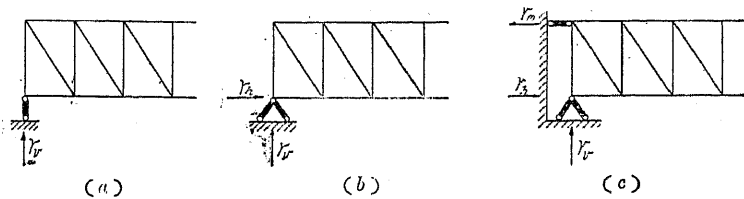
I 構の弾性論

1. 不静定値

(1) 反力数。 輾承 (Roller bearing) に於ては鉛直反力 (r_v) のみが作用する。即ち反力数 $\Sigma r = 1$ である (第1圖 a 参照)。

鉸承 (Hinged bearing) に於ては水平 (r_h) と鉛直の二反力が作用する。即ち $\Sigma r = 2$ である (第1圖 b 参照)。

固定承 (Fixed bearing) に於ては水平及鉛直反力の外に彎曲率が作用する。第1圖 (c) の如く構を鉸承外の他の點 (鉸の中心と一致せざる點) にて橋臺に鉸結せば支承點に彎曲率を生じ固定承となる。即ち $\Sigma r = 3$ である。



第 1 圖

(2) 不静定値。 構の静力的平衡條件は次の式にて表される。

$$\Sigma H = 0, \Sigma V = 0, \Sigma M = 0 \dots\dots\dots (1)$$

反力を公式 (1) に依りて算定し得る構を**外的静定構**、然らざるものを**外的不静定構**と稱し、外的不静定構に於ける反力總數より公式 (1) に依つて求め得べき反力數を除きたる殘餘の反力を**冗反力** (Redundant reaction) と謂ふ。例へば無鉸拱の兩支承は第1圖 (c) に該當し、反力總數 $\Sigma r = 6$ である。然るに公式 (1) に依りて求め得る反力數は 3 なるが故に冗反力數は $6-3 = 3$ となる。

次に構部材の結合點 (ピン結合又はピン結合と看做し得るもの) の數を p とし、同時に作用する構部材數を m とせば、 $m = 2p-3$ 箇の部材を有する構は公式 (1) に依りて静力的に部材應力を算定し得る。斯の如き構を**內的静定構**と云ひ、 $m = 2p-3$ 箇以上の部材を有する構を**內的不静定構**と稱する。內的不静定構の總部材數より $2p-3$ を減じたる殘餘の部材を**冗材** (Redundant member) と云ふ。

静力的に解決し得ない冗反力又は冗材の應力を**不静定値** (Statically indeterminate value) と云ひ、不静定構は不静定値の數に應じ一次、二次、三次……不静定構と云ふ。

(3) 不静定値の數。

p = 構部材の結合點數 (ピン結合又はピン結合と看做し得るもの)

m = 構部材の數 (對材あるときは同時に作用する部材の數)

n = 不静定値の數 (冗反力數と冗材數の和)

n' = 冗反力數 (外的不静定値の數)

n'' = 冗材数 (内的不静定値の数)

e = 獨立構の数 (一つの橋構の全部又は其の一部をなす構)

Σr = 反力数

とせば

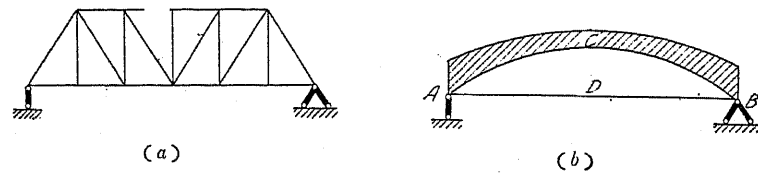
$$\left. \begin{aligned} n &= m + \Sigma r - 2p \\ n' &= \Sigma r - e - 2 \\ n'' &= n - n' \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

例。(i) 單 橋

第2圖(a)の單橋に於ては $\Sigma r = 3$, $m = 21$, $p = 12$, $e = 1$ である。

公式(2)に依り

$$n = 21 + 3 - 2 \times 12 = 0$$



第 2 圖

即ち、内的にも、外的にも静定である。

(ii) タイド・アーチ

第2圖(b)に於ては $ADBO$ を獨立構と看做す、従つて $e = 1$, $\Sigma r = 3$, 又 ACB , ADB を夫々一材と看做せば $m = 2$, $p = 2$ 従つて

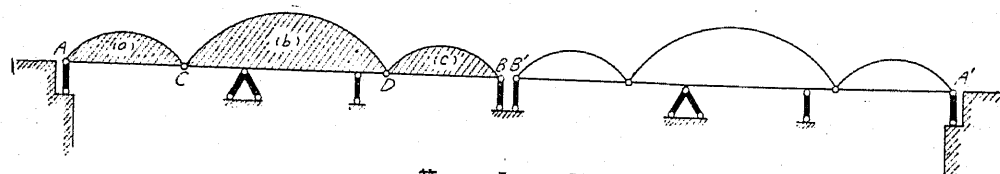
$$n = 2 + 3 - 2 \times 2 = 1$$

$$n' = 3 - 1 - 2 = 0$$

$$n'' = n - n' = 1$$

即ち、外的静定構にして内的に一次静定構である。

(iii) ゲルバー式橋



第 3 圖

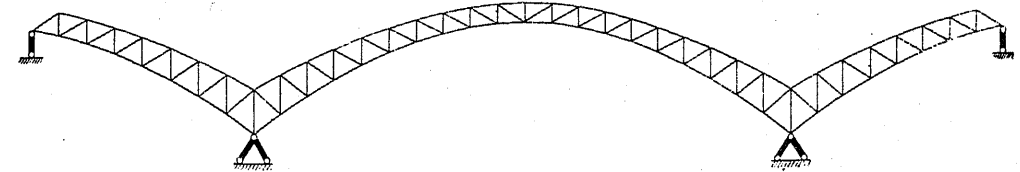
第3圖の如く AB , $B'A'$ なる二組のゲルバー式橋構より成る橋梁に於て、橋構 AB と $A'B'$ は全然別個のものであるから橋構 AB に付いて考へるに、(a)、(b)、(c) は各々獨立構をなす故に $e = 3$, 尚ほ $\Sigma r = 5$, $n' = \Sigma r - e - 2 = 5 - 3 - 2 = 0$ である。即ち橋構 AB は外的静定である。

(iv) バランスド・アーチ

計算例のバランスド・アーチは第4圖の如き構を有す、 $m = 141$, $p = 72$, $\Sigma r = 6$, $e = 1$ 従つて

$$n = 141 + 6 - 2 \times 72 = 3, \quad n' = 6 - 1 - 2 = 3, \quad n'' = n - n' = 0$$

即ち、外的に三次不静定であつて内的には静定である。



第 4 圖

2. 平面結構の仕事方程式

(1) 仮想仕事 (Virtual work). 第5圖の直角座標に平面結構の任意の部材 1-2 を考へ、此の部材長を s_1 , 1 及 2 を此の部材と他の部材との結合點とす。

今此の部材が Δs_1 だけの弾性變形を受けて結合點 1 及 2 が夫々 $(x_1 + \Delta x_1)$, $(y_1 + \Delta y_1)$ 及 $(x_2 + \Delta x_2)$, $(y_2 + \Delta y_2)$ に移動せば次の式が成立する。

$$\begin{aligned} (s_1 + \Delta s_1)^2 &= \{(x_2 + \Delta x_2) - (x_1 + \Delta x_1)\}^2 \\ &+ \{(y_2 + \Delta y_2) - (y_1 + \Delta y_1)\}^2 \end{aligned}$$

Δx , Δy , Δs が微小なれば其の 2 乗を含む項を無視し得るを以て、上式は次の如くなる。

$$s_1 \Delta s_1 = (x_2 - x_1)(\Delta x_2 - \Delta x_1) + (y_2 - y_1)(\Delta y_2 - \Delta y_1)$$

然るに $x_2 - x_1 = s_1 \cos \alpha_1$, $y_2 - y_1 = s_1 \sin \alpha_1$ であるから、上式は次の如くなる。

$$\Delta s_1 = (\Delta x_2 - \Delta x_1) \cos \alpha_1 + (\Delta y_2 - \Delta y_1) \sin \alpha_1 \dots\dots\dots (3)$$

結構が實荷重 (外力) $P_1, P_2, P_3, \dots, P_m, \dots$ を受けて、部材が $\Delta s_1, \Delta s_2, \dots, \Delta s_m, \dots$ なる弾性變形をなし、平衡状態に在れば、其の各部材に就て公式(3)の關係が成立する。斯かる平衡状態に在る結構に $P_1, P_2, P_3, \dots, P_m, \dots$ と全く無關係の仮想荷重 $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_m, \dots$ を作用せしめ、之がために生ずる部材應力を $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \bar{S}_3, \dots, \bar{S}_m, \dots$ とす。今仮想荷重に因る部材 1-2 の應力を夫々 $\bar{S}_1$ 及 $\bar{S}_2$ とし、 $\bar{S}_1$ を公式(3)の兩邊に乗ずれば

$$\bar{S}_1 \Delta s_1 = \bar{S}_1 (\Delta x_2 - \Delta x_1) \cos \alpha_1 + \bar{S}_1 (\Delta y_2 - \Delta y_1) \sin \alpha_1$$

となる。然るに $\cos \alpha_1 = -\cos \alpha_2$, $\sin \alpha_1 = -\sin \alpha_2$, 又 $\bar{S}_1$ 及 $\bar{S}_2$ は同一部材の應力であるから、其の大き及記號 (張力又は壓力を示す) は等しい。従つて

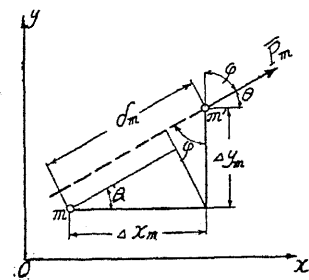
$$\begin{aligned} \bar{S}_1 \Delta s_1 &= \bar{S}_1 \Delta x_2 \cos \alpha_1 - \bar{S}_1 \Delta x_1 \cos \alpha_1 + \bar{S}_1 \Delta y_2 \sin \alpha_1 - \bar{S}_1 \Delta y_1 \sin \alpha_1 \\ &= -\{\Delta x_1 \bar{S}_1 \cos \alpha_1 + \Delta y_1 \bar{S}_1 \sin \alpha_1 + \Delta x_2 \bar{S}_2 \cos \alpha_2 + \Delta y_2 \bar{S}_2 \sin \alpha_2\} \end{aligned}$$

結構の各部材に對する上式を加ふれば次式の如くなる。

$$\Sigma \bar{S} \Delta s = -\Sigma \{\Delta x_m \Sigma_m \bar{S} \cos \alpha + \Delta y_m \Sigma_m \bar{S} \sin \alpha\} \dots\dots\dots (4)$$

$\Sigma_m \bar{S} \cos \alpha$, $\Sigma_m \bar{S} \sin \alpha$ は夫々結合點 m に集合する部材の $\bar{S} \cos \alpha$ 及 $\bar{S} \sin \alpha$ の和である。

次に假想荷重 $\bar{P}_1, \bar{P}_2, \dots, \bar{P}_m, \dots$ は之に因つて生ずる部材應力 $\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots, \bar{S}_m, \dots$ と平衡を保つものと假定



第 6 圖

す。例へば第6圖の如く結合點 m が實荷重 $(P_1, P_2, \dots, P_m, \dots)$ のため m' に移動し、此の點に作用する $\bar{P}_m$ と此の點に集合する部材の假想荷重に因る應力 $(\bar{S}_1, \bar{S}_2, \dots, \bar{S}_m, \dots)$ が平衡状態に在れば

$$\bar{P}_m \cos \theta + \sum_m \bar{S} \cos \alpha = 0$$

$$\bar{P}_m \cos \varphi + \sum_m \bar{S} \cos \beta = 0$$

である。是等の値を公式(4)に代入せば

$$\sum \bar{S} \Delta s = \sum P_m (\Delta x_m \cos \theta + \Delta y_m \cos \varphi)$$

にして、 m 點の實荷重に因る移動 mm' を P_m の方向に計りたる長 $\delta_m = \Delta x_m \cos \theta + \Delta y_m \cos \varphi$ であるから、前式は次の如くなる。

$$\sum \bar{P}_m \delta_m = \sum \bar{S} \Delta s \quad (5)$$

δ_m は其の移動方向が $\bar{P}_m$ と同方向のときは(+) 反對のときは(-) とす。 $\bar{P}_m \delta_m$ は $\bar{P}_m$ の作用點 m が $\bar{P}_m$ の作用線上に δ_m だけ移動したときの仕事に相當する。然し δ_m は $\bar{P}_m$ と全く無關係に生じ得るものであるから $\bar{P}_m \delta_m$ を假想仕事と云ふ。

(2) 靜定構に於ける公式(5)の應用。第7圖の如き靜定構が實荷重を受け各部材が $\Delta s_1, \dots, \Delta s_2, \dots, \Delta s_m, \dots$ だけの彈性變形をなし、結合點 m 及 m_1 の距離が δ_m だけの變化をなして平衡状態に在るとき、 m, m_1 を結ぶ線上に方向反對の單位假想荷重を圖の如く作用せしめ $[\delta_m$ が(+) になる様單位荷重の方向を選ぶ]、之がために生ずる部材應力を $\bar{S}$ とせば、公式(5)より

$$1 \delta_m = \sum \bar{S} \Delta s \quad (6)$$

即ち、 m 及 m_1 點の距離の變化を算定し得。

又、假想荷重に因る支點反力を $\bar{R}$ とし、實荷重に因る橋臺の移動 ($\bar{R}$ の方向に計りたる) を Δr とせば

$$1 \delta_m + \sum \bar{R} \Delta r = \sum \bar{S} \Delta s \quad (7)$$

温度の齊一變化に因る部材長の變化を ωs とせば

$$1 \delta_m + \sum \bar{R} \Delta r = \sum \bar{S} (\Delta s + \omega s) \quad (8)$$

ω = 伸縮係數、 l = 溫度變化、 s = 部材長

次に F を部材の斷面積、 E を彈性恒數、 S を實荷重に因る部材應力とせばフック氏の法則に依り

$$\Delta s = \frac{S s}{E F} \quad (9)$$

であるから、公式(6)、(7)、(8)は次の如くなる。

$$1 \delta_m = \sum \frac{\bar{S} S s}{E F} \quad (6a)$$

$$1 \delta_m = \sum \frac{\bar{S} S s}{E F} - \sum \bar{R} \Delta r \quad (7a)$$

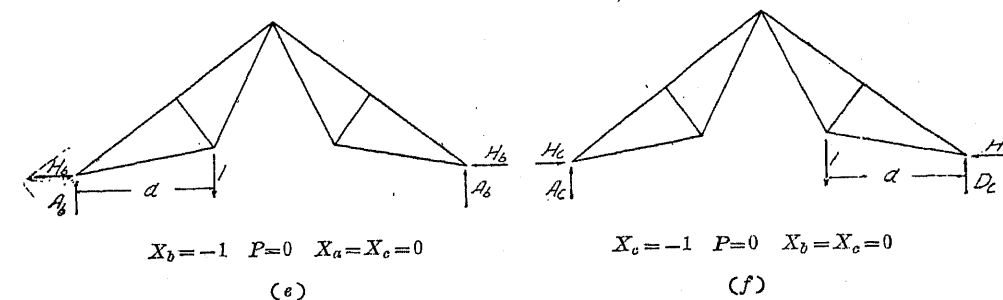
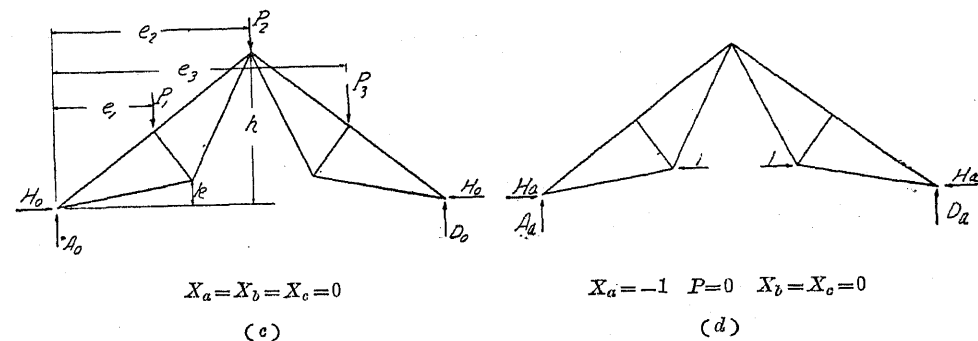
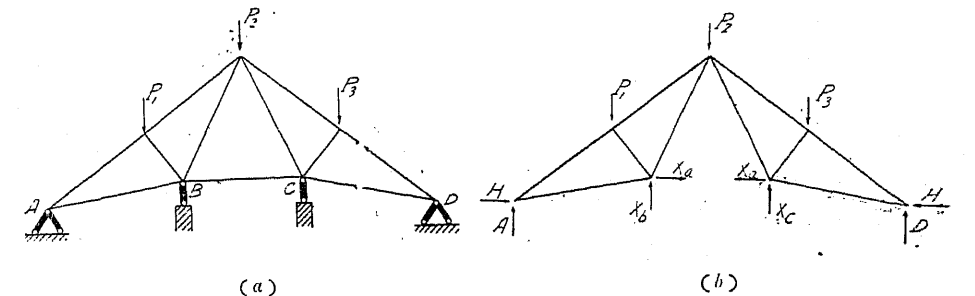
$$1 \delta_m = \sum \left(\frac{\bar{S} S s}{E F} + \omega s \right) - \sum \bar{R} \Delta r \quad (8a)$$

3. 不靜定構の解法と其の彈性方程式

(1) 反力と部材應力。第8圖(a)に示す構の A, D を鉸承、 B, C を單承とせば、 $\Sigma r = 6$ 、 $p = 7, m = 11$ であるから、公式(2)に依り $n = 11 + 6 - 2 \times 7 = 3$ にして構は三次不靜定である。

不靜定値として部材 BC の應力を X_a 、支點 B, C の鉛直反力を夫々 X_b, X_c と選定する。今 X_a, X_b, X_c を彈性理論に依て求め得れば、第8圖(c)の如き靜定構 ($n = 10 + 4 - 2 \times 7 = 0$) に X_a, X_b, X_c を(b)圖の如く作用せしめ、以て他の反力及部材應力を靜力的に算定することが出来る。

不靜定構より冗反力又は冗材を取り除きたる(c)圖の如き假想の靜定構を元の構の靜定主構 (Principal system) と云ふ。靜定主構に(b)圖の如く不靜定値が作用するときの部材應力、反力又は彎曲率は次の式に依りて求め得る。



第 8 圖

$X_a, X_b, X_c =$ 不静定値

$S =$ 荷重及 X_a, X_b, X_c 及温度應力が同時に作用するときの静定主構に於ける任意部材の應力

$S_o =$ 荷重 P のみに因る静定主構の前記部材 (S を生ずる) の應力 ($X_a, X_b, X_c, t = 0$ の場合)

$S_a = (X_a = -1)$ のみに因る静定主構の前記部材の應力 ($P, X_b, X_c, t = 0$)

$S_b = (X_b = -1)$ " " " ($P, X_a, X_c, t = 0$)

$S_c = (X_c = -1)$ " " " ($P, X_a, X_b, t = 0$)

$S_t =$ 温度變化のみに因る静定主構の前記部材の應力

$R_s, M_s =$ 夫々温度變化のみに因る反力及彎曲率

$\delta_a, \delta_b, \delta_c =$ 夫々 X_a, X_b, X_c の作用する冗材長の変化 (冗反力のときは作用點の變位)

$M_o, M_a, M_b, M_c =$ 夫々荷重及 $X_a = -1, X_b = -1, X_c = -1$ のみに因る静定主構の彎曲率

$R_o, R_a, R_b, R_c =$ 夫々荷重及 $X_a = -1, X_b = -1, X_c = -1$ のみに因る静定主構の支點反力

$R, M =$ 夫々静定主構に荷重及 X_a, X_b, X_c 温度應力が同時に作用するときの反力及彎曲率とすれば、 X_a のみか作用するときの任意部材の應力は、 $X_a = -1$ のみに因る應力 S_a の X_a 倍即ち $-S_a X_a$ である。従つて

$$\left. \begin{aligned} S &= S_o - S_a X_a - S_b X_b - S_c X_c + S_t \\ R &= R_o - R_a X_a - R_b X_b - R_c X_c + R_s \\ M &= M_o - M_a X_a - M_b X_b - M_c X_c + M_t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

例へば第8圖に示す三次不静定構に於て (c) 圖の如き静定主構を選び、之に (b) 圖の如く不静定値及荷重が作用したときの反力を求めれば次の如し。

(c), (d), (e), (f) の如き外力状態に於ける反力は次表の如くなる。

	A	B	C	D	H
$X_a=0, X_b=0, X_c=0$	$A_o = \frac{\Sigma P(L-e)}{L}$	$B_o=0$	$C_o=0$	$D_o = \frac{\Sigma P e}{L}$	$H_o = \frac{A_o L - P(L-2e)}{2h}$
$X_a=-1, X_b=0, X_c=0, P=0$	$A_a=0$	$B_a=0$	$C_a=0$	$D_a=0$	$H_a = \frac{1(h-b)}{h}$
$X_a=0, X_b=-1, X_c=0, P=0$	$A_b = \frac{1(L-d)}{L}$	$B_b=0$	$C_b=0$	$D_b = \frac{1d}{L}$	$H_b = \frac{1d}{2h}$
$X_a=0, X_b=0, X_c=-1, P=0$	$A_c = \frac{1d}{L}$	$B_c=0$	$C_c=0$	$D_c = \frac{1(L-d)}{L}$	$H_c = \frac{1d}{2h}$

上記反力計算に於て $e_2 = \frac{L}{2}$ とす。

従つて公式 (10) に依り

$$A = A_o - A_a X_a - A_b X_b - A_c X_c = \frac{\Sigma P(L-e)}{L} - \frac{L-d}{L} X_b - \frac{d}{L} X_c$$

$$B = 0, C = 0$$

$$D = D_o - D_a X_a - D_b X_b - D_c X_c = \frac{\Sigma P e}{L} - \frac{d}{L} X_b - \frac{L-d}{L} X_c$$

$$H = H_o - H_a X_a - H_b X_b - H_c X_c = \frac{A_o L - P(L-2e)}{2h} - \frac{h-k}{h} X_a - \frac{d}{2h} X_b - \frac{d}{2h} X_c$$

となる。

(2) 不静定値 X_a, X_b, X_c の誘導。 實荷重に因る變位と三つの假想單位荷重 $X_a = -1, X_b = -1, X_c = -1$ を公式 (7) に別々に適用せば、 X_a, X_b, X_c を含む三方程式を得る。例へば第8圖に示す構の部材 BC が實荷重のために δ_a だけ變化したとき B, C 點に δ_a と同一方向に假想單位荷重を第8圖 (d) の如く作用せしむれば公式 (7) に依り

$$\left. \begin{aligned} 1\delta_a &= \Sigma S_a \Delta s - \Sigma R_a \Delta r \\ 1\delta_b &= \Sigma S_b \Delta s - \Sigma R_b \Delta r \\ 1\delta_c &= \Sigma S_c \Delta s - \Sigma R_c \Delta r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

然るに公式 (10) に依り $S = S_o - S_a X_a - S_b X_b - S_c X_c$ (温度變化の影響は別に考へる)、又公式 (9) に依り $\Delta s = \frac{S s}{EF}$ であるから Δs は次の如くなる。

$$\Delta s = (S_o - S_a X_a - S_b X_b - S_c X_c) \frac{s}{EF} + \omega t s$$

此の値を公式 (11) に代入し、 $\frac{s}{EF} = \rho$ と置けば

$$\left. \begin{aligned} \delta_a &= \Sigma S_a S_o \rho - X_a \Sigma S_a^2 \rho - X_b \Sigma S_a S_b \rho - X_c \Sigma S_a S_c \rho - \Sigma R_a \Delta r + \Sigma S_a \omega t s \\ \delta_b &= \Sigma S_b S_o \rho - X_a \Sigma S_b S_a \rho - X_b \Sigma S_b^2 \rho - X_c \Sigma S_b S_c \rho - \Sigma R_b \Delta r + \Sigma S_b \omega t s \\ \delta_c &= \Sigma S_c S_o \rho - X_a \Sigma S_c S_a \rho - X_b \Sigma S_c S_b \rho - X_c \Sigma S_c^2 \rho - \Sigma R_c \Delta r + \Sigma S_c \omega t s \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

次に X_a, X_b, X_c の作用する部材又は支承材料の弾性恒数を夫々 E_a, E_b, E_c 、斷面積を夫々 F_a, F_b, F_c 、長さを夫々 s_a, s_b, s_c 、伸縮係数を夫々 $\omega_a, \omega_b, \omega_c$ とせば、フック氏の法則に依り次の式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} \delta_a &= \frac{X_a s_a}{E_a F_a} + \omega_a t s_a \\ \delta_b &= \frac{X_b s_b}{E_b F_b} + \omega_b t s_b \\ \delta_c &= \frac{X_c s_c}{E_c F_c} + \omega_c t s_c \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

公式 (12)、(13) より $\delta_a, \delta_b, \delta_c$ を消去し、 X_a, X_b, X_c の値を算定し得る。 X_a, X_b, X_c が冗反力にして支承が移動せざる構に在りては、公式 (13) の $\delta_a, \delta_b, \delta_c$ 及公式 (12) の $\Sigma R_a \Delta r, \Sigma R_b \Delta r, \Sigma R_c \Delta r$ はいづれも零である。又 X_a, X_b, X_c が冗材應力であれば、一般的に $E_a = E_b = E_c, \omega_a = \omega_b = \omega_c$ となる。

(3) 公式 (12)、(13) の實用形。

$$\begin{aligned} \delta_{ma} &= \text{静定主構に } X_a = -1 \text{ のみか作用せる結果 } P_m \text{ の作用點 } m \text{ が } P_m \text{ の方向に爲す變位} \\ \delta_{mb} &= \text{ " } X_b = -1 \text{ " " " " " } \\ \delta_{mc} &= \text{ " } X_c = -1 \text{ " " " " " } \\ \delta_{aa} &= \text{静定主構に } X_a = -1 \text{ のみか作用せる結果部材 } a \text{ の變化 (又 } X_a \text{ の作用點の變位)} \\ \delta_{ab} &= \text{ " } X_b = -1 \text{ " " (")} \\ \delta_{ac} &= \text{ " } X_c = -1 \text{ " " (")} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta_{ba} &= \text{靜定主構に } X_a = -1 \text{ のみが作用せる結果部材 } b \text{ の變化 (又 } X_b \text{ の作用點の變位)} \\
\delta_{bb} &= \text{ " } X_b = -1 \text{ " " (" ")} \\
\delta_{bc} &= \text{ " } X_c = -1 \text{ " " (" ")} \\
\delta_{ca} &= \text{ " } X_a = -1 \text{ のみが作用せる結果部材 } c \text{ の變化 (又 } X_c \text{ の作用點の變位)} \\
\delta_{cb} &= \text{ " } X_b = -1 \text{ " " (" ")} \\
\delta_{cc} &= \text{ " } X_c = -1 \text{ " " (" ")} \\
\delta_{at} &= \text{溫度變化 } t \text{ 度のために生ずる部材 } a \text{ の變化 (又は } X_a \text{ の作用點の變位)} \\
\delta_{bt} &= \text{ " " } b \text{ " (又は } X_b \text{ " ")} \\
\delta_{ct} &= \text{ " " } c \text{ " (又は } X_c \text{ " ")}
\end{aligned}$$

橋臺の變化 $\Delta r = 0$ とし、實荷重 $X_a = -1$ のために假想荷重の P_m 作用點が δ_{ma} だけ移動したるものとする。公式 (5) に依り

$$\begin{aligned}
\Sigma P_m \delta_{ma} &= \Sigma S_a \Delta s_a = \Sigma S_a S_a \frac{s}{EF} \\
\text{同様に} \quad \Sigma P_m \delta_{mb} &= \Sigma S_b \Delta s_b = \Sigma S_b S_b \frac{s}{EF} \\
\Sigma P_m \delta_{mc} &= \Sigma S_c \Delta s_c = \Sigma S_c S_c \frac{s}{EF}
\end{aligned} \quad \dots\dots\dots (14a)$$

茲に $\Delta s_a, \Delta s_b, \Delta s_c$ は夫々荷重 $X_a = -1, X_b = -1, X_c = -1$ に依る靜定主構の各部材の變化を示す。

同様に $X_a = -1, X_b = -1, X_c = -1$ のみの場合を考へれば、公式 (6) に依り

$$\begin{aligned}
\delta_{aa} &= \Sigma S_a \Delta s_a = \Sigma S_a^2 \frac{s}{EF} \\
\delta_{ab} &= \Sigma S_a \Delta s_b = \Sigma S_a S_b \frac{s}{EF} \\
\delta_{ac} &= \Sigma S_a \Delta s_c = \Sigma S_a S_c \frac{s}{EF} \\
\text{同様に} \quad \delta_{ba} &= \Sigma S_b \Delta s_a = \Sigma S_b S_a \frac{s}{EF}, \quad \delta_{bb} = \Sigma S_b^2 \frac{s}{EF}, \quad \delta_{bc} = \Sigma S_b S_c \frac{s}{EF} \\
\delta_{ca} &= \Sigma S_c \Delta s_a = \Sigma S_c S_a \frac{s}{EF}, \quad \delta_{cb} = \Sigma S_c S_b \frac{s}{EF}, \quad \delta_{cc} = \Sigma S_c^2 \frac{s}{EF}
\end{aligned} \quad \dots\dots\dots (14b)$$

是等の値を公式 (12) に代入せば次の形となる。

$$\begin{aligned}
\delta_a &= \Sigma P_m \delta_{ma} - X_a \delta_{aa} - X_b \delta_{ab} - X_c \delta_{ac} - \Sigma R_a \Delta r + \delta_{at} \\
\delta_b &= \Sigma P_m \delta_{mb} - X_a \delta_{ba} - X_b \delta_{bb} - X_c \delta_{bc} - \Sigma R_b \Delta r + \delta_{bt} \\
\delta_c &= \Sigma P_m \delta_{mc} - X_a \delta_{ca} - X_b \delta_{cb} - X_c \delta_{cc} - \Sigma R_c \Delta r + \delta_{ct}
\end{aligned} \quad \dots\dots\dots (15)$$

不靜定値 X_a, X_b, X_c を或る特定點に作用せしめ得る構造物に於て、 X_a, X_b, X_c の方向及特定點の位置を適當に選定せば、 $\delta_{ab} = \delta_{ba} = 0, \delta_{ac} = \delta_{ca} = 0, \delta_{bc} = \delta_{cb} = 0$ となる (斯かる特定點の存在及 $\delta_{ab} = \delta_{ba}, \delta_{ac} = \delta_{ca}, \delta_{bc} = \delta_{cb}$ の證明は略す)。

此の特定點を彈性重心と稱し $\delta_{bc} = 0, \delta_{ac} = 0$ より其の位置を求め得。

彈性重心に X_a, X_b, X_c を作用せしめ其の方向を適當に採れば、公式 (15) は次の如くなる。

$$\delta_a = \Sigma P_m \delta_{ma} - X_a \delta_{aa} - \Sigma R_a \Delta r + \delta_{at}$$

$$\delta_b = \Sigma P_m \delta_{mb} - X_b \delta_{bb} - \Sigma R_b \Delta r + \delta_{bt}$$

$$\delta_c = \Sigma P_m \delta_{mc} - X_c \delta_{cc} - \Sigma R_c \Delta r + \delta_{ct}$$

彈性重心の變位 $\delta_a, \delta_b, \delta_c$ が零であり且つ橋臺が移動をなさざれば、 $\Sigma R_a \Delta r, \Sigma R_b \Delta r, \Sigma R_c \Delta r$ も亦零であるから、上式より不靜定値を求めれば次の如くなる (荷重に因る不靜定値と溫度變化に因るものとを別に求む)。

$$X_a = \frac{\Sigma P_m \delta_{ma}}{\delta_{aa}}, \quad X_b = \frac{\Sigma P_m \delta_{mb}}{\delta_{bb}}, \quad X_c = \frac{\Sigma P_m \delta_{mc}}{\delta_{cc}} \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$X_{at} = \frac{\delta_{at}}{\delta_{aa}}, \quad X_{bt} = \frac{\delta_{bt}}{\delta_{bb}}, \quad X_{ct} = \frac{\delta_{ct}}{\delta_{cc}} \quad \dots\dots\dots (17)$$

例。(i) 二鉸拱 二鉸拱が第9圖の如く三角形結構より成るときは、 $m = 2p - 3$ にして内の靜定である。

又 $\Sigma r = 4, e = 1$ にして公式 (2) に依れば、 $n' = 4 - 1$

$- 2 = 1$ となり、外的に一次不靜定である。不靜定値を圖の如く水平反力に採り、之を X_a とし、靜定主構を單構とす。

公式 (15) の X_b, X_c なき場合であるから

$$\delta_a = \Sigma P_m \delta_{ma} - X_a \delta_{aa} - \Sigma R_a \Delta r + \delta_{at}$$

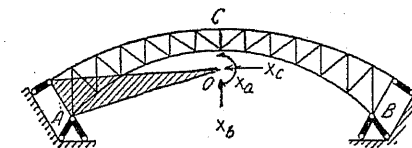
支點が變位をなさざるものとせば、 δ_a 及 $\Sigma R_a \Delta r$ 共に零となり

$$X_a = \frac{\Sigma P_m \delta_{ma}}{\delta_{aa}}, \quad X_{at} = \frac{\delta_{at}}{\delta_{aa}},$$

に依りて不靜定値を求め得る。

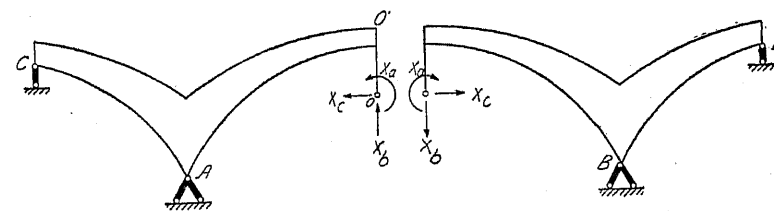
(ii) 無鉸拱 第10圖の如き對稱無鉸拱に於ては、 $n' = 6 - 1 - 2 = 3$ にして三次不靜定である。不靜定値 X_a, X_b, X_c を圖の如く彈性重心に作用せしめ、

彈性重心と左支點 A を圖の如く強固なる棒 (彈性變形を受けざる假想材料より成る棒) にて連結し、左支點の反力を除去し靜定主構を突構とする。支點が水平、鉛直變位及角變位を爲し得ざるものとせば、彈性重心の變位は零である。從つて公式 (16)、(17) に依りて不靜定値を求め得。



第 10 圖

(iii) バランスド・アーチ 計算例のバランスド・アーチは、拱頂 O' を通る鉛直線に對し左右對稱である。斯く對稱軸 $O'O$ を有する構の彈性重心は對稱軸上に在る (證明略す)。依つて構を對稱軸にて二分し、左右に二つの靜定主構を考へ、各靜定主構に圖の如く不靜定値を作用せしむる。



第 11 圖

橋臺及橋脚が移動せざるものとせば、左右の靜定主構に於ける δ_a の代數和は零である。又 δ_b, δ_c に於て

も同様なを以て左、右の静定主構を同時に考慮せば、公式(16)、(17)に依りて X_a , X_b , X_c を求め得。尚ほ第11圖の O は對稱軸上の彈性重心にして $\delta_{a,c} = 0$ 即ち

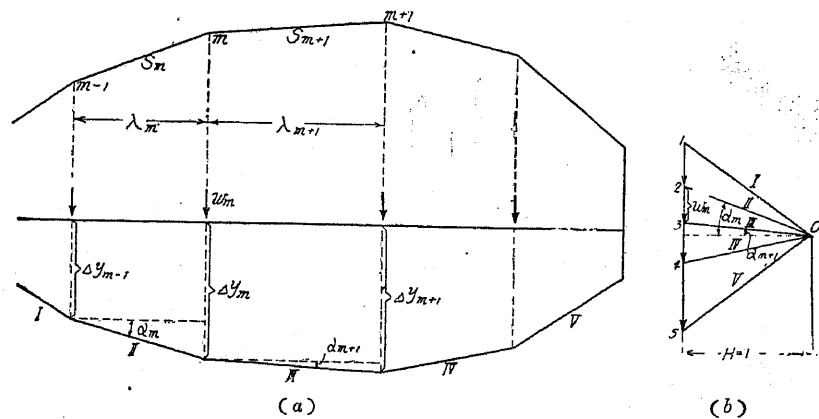
$$\delta_{a,c} = \Sigma S_a S_c \frac{s}{EF} = 0 \quad (18)$$

より其の高さを求め得る(註2参照)。

4. 彈性荷重

公式(15)、(16)、(17)に依りて明かなる如く、不静定値の算定は結局撓度又は變位の算定に外ならない。撓度又は變位は、以下述ぶる彈性荷重を用ふれば比較的容易に算定し得。

(1) 一般公式。第12圖に於て $(m-1)$, m , $(m+1)$ を構の一部(例へば下弦)とす。此の構が或る荷重を受けて其の格點 $(m-1)$, m , $(m+1)$ が夫々 Δy_{m-1} , Δy_m , Δy_{m+1} だけの撓度を生じたるものとせば、I II III IV ……は構の撓度曲線である。今(b)圖に於て O 點より撓度曲線の邊 I, II, III, IV, ……に平行なる線 0-1, 0-2, 0-3, 0-4 ……を引き、 O より H の距離に鉛直線 1-5 を作れば、撓度曲線 I II III IV ……は鉛直力 1-2 (w_{m-1}), 2-3 (w_m), 3-4 (w_{m+1}) ……等の索多角形となる。又(b)圖の極距 $H = 1$ とせば、撓度曲線は鉛直荷重 w_{m-1} , w_m , w_{m+1} の彎曲率圖となる。



第 12 圖

此の荷重 w_{m-1} , w_m , w_{m+1} ……を彈性荷重 (Elastic load) と云ふ。

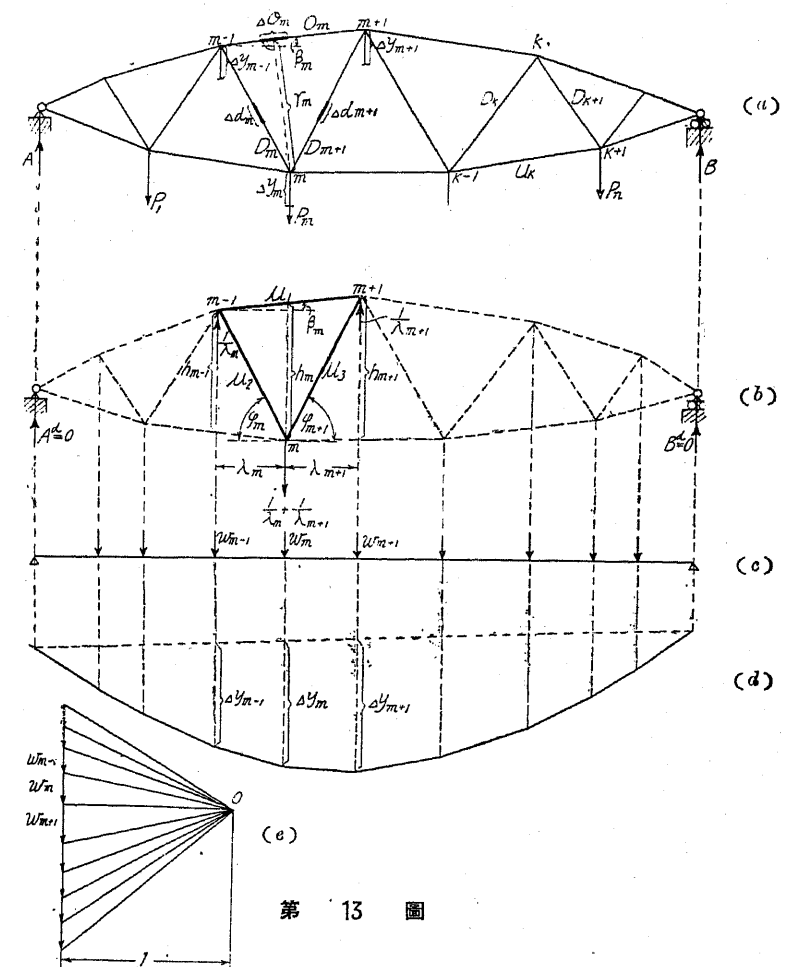
即ち或る荷重状態に於ける彈性荷重を求め得れば、其の荷重状態に於ける構の撓度は彈性荷重に依る彎曲率に等しい。

第12圖(b)に於て $H = 1$ とせば、 $w_m = 1 \tan \alpha_m - 1 \tan \alpha_{m+1}$ である。

又(a)圖に依り $\tan \alpha_m = \frac{\Delta y_m - \Delta y_{m-1}}{\lambda_m}$, $\tan \alpha_{m+1} = \frac{\Delta y_{m+1} - \Delta y_m}{\lambda_{m+1}}$ である。

従つて $w_m = \frac{\Delta y_m - \Delta y_{m-1}}{\lambda_m} - \frac{\Delta y_{m+1} - \Delta y_m}{\lambda_{m+1}} \quad (19)$

次に第13圖(a)の如き構が、 P_1 , P_2 , …… P_n なる荷重を受けて其の格點 $(m-1)$, m , $(m+1)$ が夫々 Δy_{m-1} , Δy_m , Δy_{m+1} なる撓度を生じ撓度曲線が(d)圖の如くなり、構中の三角形結構 $(m-1)m(m+1)$ の各邊が Δc_m , Δd_m , Δd_{m+1} なる變化をなしたものとす。今(b)圖の太線に示す三角形結構に圖示の如く $\frac{1}{\lambda_m}$, $\frac{1}{\lambda_{m+1}}$, $\left(\frac{1}{\lambda_m} + \frac{1}{\lambda_{m+1}}\right)$ なる荷重を加へるときは、太線の三角形結構は其の各點に於て $\Sigma H = 0$,



第 13 圖

$\Sigma V = 0$, $\Sigma M = 0$ にして平衡状態に在る。尚ほ構の他の格點(支點を含む)は、新に加へたる荷重のために何等の影響も受けない(太線の三角形結構の部材以外の部材は、新に加へたる荷重のために應力を生じない)。

公式(5)を此の状態の構に應用せば其の左邊は次の如くなる。

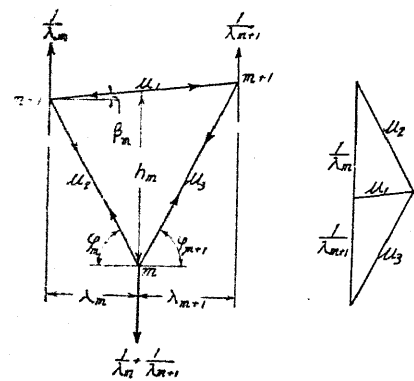
$$\begin{aligned} \Sigma \bar{P} \delta &= \left(\frac{1}{\lambda_m} + \frac{1}{\lambda_{m+1}} \right) \Delta y_m - \frac{1}{\lambda_m} \Delta y_{m-1} - \frac{1}{\lambda_{m+1}} \Delta y_{m+1} \\ &= \frac{\Delta y_m - \Delta y_{m-1}}{\lambda_m} - \frac{\Delta y_{m+1} - \Delta y_m}{\lambda_{m+1}} = w_m \quad (\text{公式 19 に依り}) \end{aligned}$$

次に前記の如き新たな荷重を加へたるために、三角形結構の各邊に ν_1 , ν_2 , ν_3 なる應力を生じたものとせば、公式(5)の右邊は次の如くなる。

$$\Sigma \bar{S} \Delta s = \nu_1 \Delta c_m + \nu_2 \Delta d_m + \nu_3 \Delta d_{m+1}$$

故に、

$$w_m = \nu_1 \Delta c_m + \nu_2 \Delta d_m + \nu_3 \Delta d_{m+1} \quad (20)$$



第 14 圖

μ_1, μ_2, μ_3 の値を算定せば次の如くなる (第 14 圖参照)。

$$\mu_1 : \frac{1}{\lambda_m} = \lambda_m \sec \beta_m : h_m$$

$$\mu_1 = -\frac{\sec \beta_m}{h_m} \quad \text{[部材が壓力なる故に (-) を付する]}$$

$$\mu_2 : \frac{1}{\lambda_m} = d_m : h_m = \lambda_m \sec \varphi_m : h_m$$

$$\mu_2 = \frac{\sec \varphi_m}{h_m}$$

$$\text{同様に} \quad \mu_3 = \frac{\sec \varphi_{m+1}}{h_{m+1}}$$

従つて公式 (20) は次の如くなる。

$$w_m = \frac{1}{h_m} \left\{ -\Delta o_m \sec \beta_m + \Delta d_m \sec \varphi_m + \Delta d_{m+1} \sec \varphi_{m+1} \right\}$$

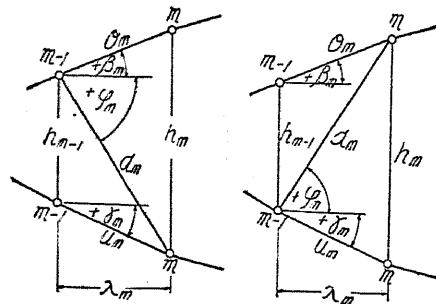
$$\Delta' o_m = \Delta o_m \sec \beta_m, \quad \Delta' d_m = \Delta d_m \sec \varphi_m, \quad \Delta' d_{m+1} = \Delta d_{m+1} \sec \varphi_{m+1}$$

と置けば

$$w_m = \frac{1}{h_m} \left\{ -\Delta' o_m + \Delta' d_m + \Delta' d_{m+1} \right\} \quad (21)$$

となる。三角形結構が下弦材を含む様に之を選び、各部材長の變化を Δu_k (下弦), $\Delta d_k, \Delta d_{k+1}$ [第 13 圖 (a) 参照] とせば

$$w_k = \frac{1}{h_k} \left\{ \Delta' u_k - \Delta' d_k - \Delta' d_{k+1} \right\} \quad (21a)$$



(a)

(b)

第 15 圖

となる。

(2) 鉛直材を有する下弦格點の彈性荷重。

第 15 圖 (a), (b) は橋の第 m 格間を示すものとする。圖に示す記號は部材長、角度、格間長である。以下の公式に於ては圖示の記號を用ひ、 Δ を付したるものは同記號の部材の變化を示し、 Δ' を付したるものは同記號の部材の變化に $\sec$ を乗じたものである。

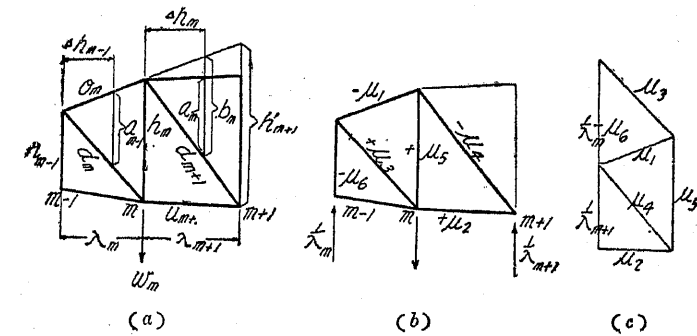
第 16 圖 (a) の如く鉛直材 h_m の兩側に左上りの斜材がある橋に於ては

$$w_m = \frac{1}{h_m} \left\{ -\Delta' o_m + \Delta' u_{m+1} + \Delta' d_m - \Delta' d_{m+1} - c_{m-1} + b_m \right\}$$

$$a_{m-1} = \Delta h_{m-1} \frac{h_m}{\lambda_m}, \quad b_m = \Delta h_m \frac{h'_{m+1}}{\lambda_{m+1}} \quad (22)$$

(b) 圖に示す荷重狀態に對して (c) 圖と併せて考慮せば (22) 式となる。

第 17 圖の如く鉛直材 h_m の兩側に右上りの斜材がある橋に於ては



(a)

(b)

(c)

第 16 圖

$$w_m = \frac{1}{h_m} \left\{ -\Delta' o_{m+1} + \Delta' u_m - \Delta' d_m + \Delta' d_{m+1} - a_{m+1} + b_m \right\}$$

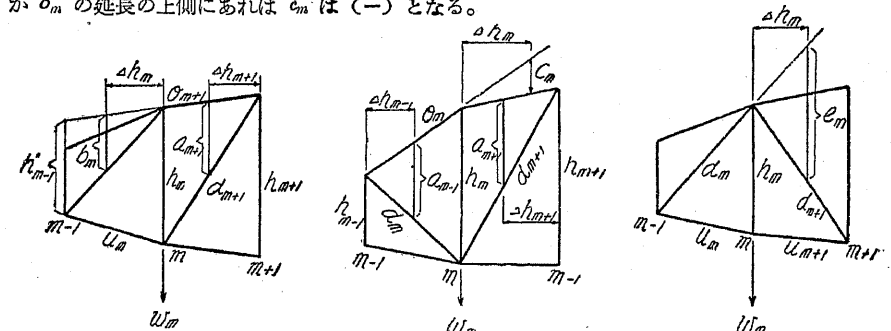
$$a_{m+1} = \Delta h_{m+1} \frac{h_m}{\lambda_{m+1}}, \quad b_m = \Delta h_m \frac{h'_{m-1}}{\lambda_m} \quad (23)$$

第 18 圖の如く鉛直材の左側に左上り、右側に右上りの斜材がある橋に於ては

$$w_m = \frac{1}{h_m} \left\{ -\Delta' o_m - \Delta' o_{m+1} + \Delta' d_m + \Delta' d_{m+1} + c_m - a_{m-1} - a_{m+1} \right\}$$

$$c_m = \Delta h_m (\tan \beta_m - \tan \beta_{m+1}), \quad a_{m-1} = \Delta h_{m-1} \frac{h_m}{\lambda_m}, \quad a_{m+1} = \Delta h_{m+1} \frac{h_m}{\lambda_{m+1}} \quad (24)$$

c_m が o_m の延長の上側にあれば c_m は (-) となる。



第 17 圖

第 18 圖

第 19 圖

第 19 圖の如く鉛直材 h_m の兩側に左右へ下り斜材がある橋に於ては

$$w_m = \frac{1}{h_m} \left\{ \Delta' u_m + \Delta' u_{m+1} - \Delta' d_m - \Delta' d_{m+1} + e_m \right\}$$

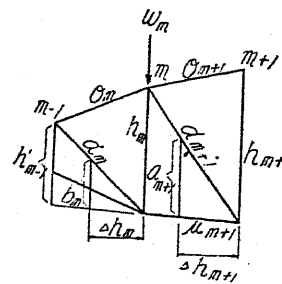
$$e_m = \Delta h_m (\tan \varphi_m + \tan \varphi_{m+1}) \quad (25)$$

(3) 鉛直材の上弦格點の彈性荷重。 第 20 圖の如き橋に於ては

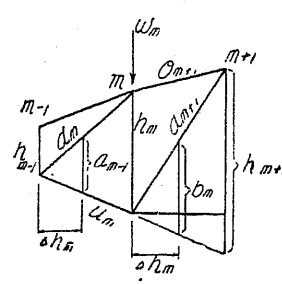
$$w_m = \frac{1}{h_m} \left\{ -\Delta' o_m + \Delta' u_{m+1} + \Delta' d_m - \Delta' d_{m+1} - b_m + a_{m+1} \right\}$$

$$b_m = \Delta h_m \frac{h'_{m-1}}{\lambda_m}, \quad a_{m+1} = \Delta h_{m+1} \frac{h_m}{\lambda_{m+1}} \quad (26)$$

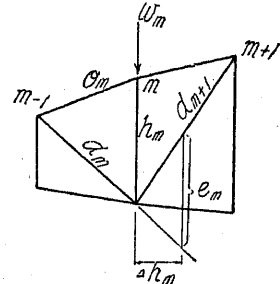
第 21 圖の如き橋に於ては



第 20 圖



第 21 圖



第 22 圖

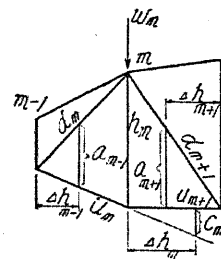
$$\left. \begin{aligned} w_m &= \frac{1}{h_m} \left\{ -d'c_{m+1} + d'u_m - d'a_m + d'd_{m+1} + a_{m-1} - b_m \right\} \\ b_m &= \Delta h_m \frac{h_{m+1}}{\lambda_{m+1}}, \quad c_{m-1} = \Delta h_{m+1} \frac{h_m}{\lambda_m} \end{aligned} \right\} \dots (27)$$

第 22 圖の如き構に於ては

$$\left. \begin{aligned} w_m &= \frac{1}{h_m} \left\{ -d'c_m - d'c_{m+1} + d'u_m + d'd_{m+1} - e_m \right\} \\ e_m &= \Delta h_m (\tan \varphi_m + \tan \varphi_{m+1}) \end{aligned} \right\} \dots (28)$$

第 23 圖の如き構に於ては

$$\left. \begin{aligned} w_m &= \frac{1}{h_m} \left\{ d'u_m + d'u_{m+1} - d'a_m - d'd_{m+1} - c_m + a_{m-1} + a_{m+1} \right\} \\ c_m &= \Delta h_m (\tan \gamma_m - \tan \gamma_{m+1}) \\ a_{m-1} &= \Delta h_{m-1} \frac{h_m}{\lambda_m}, \quad a_{m+1} = \Delta h_{m+1} \frac{h_m}{\lambda_{m+1}} \end{aligned} \right\} \dots (29)$$



第 23 圖

5. X_a, X_b, X_c の影響線

公式 (16) に於て単位荷重が一箇所に作用するときは X_a, X_b, X_c の影響線の式となる。即ち

$$X_a = \frac{1}{\delta_{aa}}, \quad X_b = \frac{1}{\delta_{bb}}, \quad X_c = \frac{1}{\delta_{cc}} \dots (30)$$

δ_{aa}, δ_{bb} 等の求め方に就ては以下の實例に譲る。

I 一般公式及寸法

1. 記 號

本節に於ては次の如き記號を用ひる。

m は格點番號

M は彎曲率

M_m は格點 m の彎曲率

M'_m は上弦格點 m の彎曲率

M''_m は下弦格點 m の彎曲率

M_{aa}, M_{bb}, M_{cc} は夫々彈性荷重 w_a, w_b, w_c による彎曲率

S_a, S_b, S_c は夫々 $X_a = -1, X_b = -1, X_c = -1$ のみが靜定主構に作用せる場合の部材應力

$\bar{S}(m)$ は格點 m に單位荷重が作用した時の部材應力

O_m は上弦材 (中央徑間に於ては格點 $m-1, m$ 間、側徑間に於ては格點 $m, m+1$ 間) の名稱又は其の應力

U_m は下弦材 () の名稱又は其の應力

D_m は斜材 () の名稱又は其の應力

V_m は鉛直材の名稱又は其の應力

s は部材の長さ

Δs は部材長の變化

o_m は O_m の長さ

u_m は U_m の長さ

d_m は D_m の長さ

h_m は V_m の長さ

F は部材の斷面積

F_m^o は O_m の斷面積

F_m^u は U_m の斷面積

β_m は O_m が水平線となす角

γ_m は U_m が水平線となす角

φ は D_m が水平線となす角

X_a, X_b, X_c は夫々彈性重心に働く彎曲率、鉛直剪力及水平推力

w_m は格點 m の彈性荷重

w_{aa}, w_{bb}, w_{cc} は夫々 $X_a = 1, X_b = -1, X_c = -1$ のみが靜定主構に作用せる場合の w_m

y_m^o は橋脚上のピンを結ぶ線から上弦格點 m に至る鉛直距離

y_m^u は橋脚上のピンを結ぶ線から下弦格點 m に至る鉛直距離

c_u は橋脚上のピンを結ぶ線から彈性重心に至る鉛直距離

c_o は上弦格點から彈性重心に至る鉛直距離

A は左側橋脚上の支點の名稱又は其の點の鉛直反力

B は右側橋脚上の支點の名稱又は其の點の鉛直反力

C は左端橋臺上の支點の名稱又は其の點の鉛直反力

A' は彈性荷重による A 點の鉛直反力

C' は彈性荷重による C 點の鉛直反力

H は A 點の水平反力

l は中央支間長

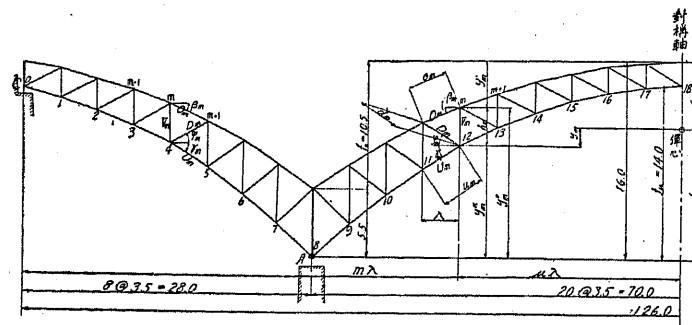
λ は格間長

δ は撓度

上記以外の記號に就ては其の都度説明する。

2. 一般寸法

主構の一般寸法を第 24 圖の如く定む。側徑間 $0 \sim 8$ は中央徑間 $8 \sim 16$ と對稱ならしむ。



第 24 圖

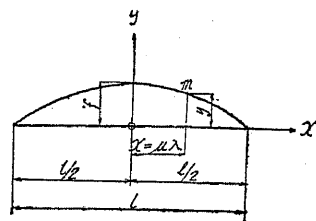
(1) 格點縦距 (y_m^o, y_m^u)。上弦下弦共に拋物線形とす。

拋物線の一般式 (第 25 圖参照) $y = f \left(1 - 4 \frac{x^2}{l^2} \right)$ に $l = 20\lambda$, $x = \mu\lambda$ を代入し、下弦及上弦の拋物線方程式を求むれば次の如し。

$$y_m^u = f_u \left(1 - \frac{\mu^2}{100} \right) = 14 \left(1 - \frac{\mu^2}{100} \right) \dots\dots\dots \text{下 弦}$$

$$y_m^o = 5.5 + f_o \left(1 - \frac{\mu^2}{100} \right) = 5.5 + 10.5 \left(1 - \frac{\mu^2}{100} \right) \dots\dots\dots \text{上 弦}$$

上式に依り上、下弦の格點縦距を求む。



第 25 圖

m	$\left(1 - \frac{\mu^2}{100} \right)$	$y_m^u (m)$	$y_m^o (m)$
18	1.00	14.000	16.000
17	0.99	13.860	15.895
0 16	0.96	13.440	15.580
1 15	0.91	12.740	15.055
2 14	0.84	11.760	14.320
3 13	0.75	10.500	13.375
4 12	0.64	8.960	12.220
5 11	0.51	7.140	10.855
6 10	0.36	5.040	9.280
7 9	0.19	2.660	7.495
8	0	0	5.500

(2) 部材長其他、本計算に必要な数値を求むれば次の如し。

(i) $o_m, \sec \beta_m$ 及 $\sec^3 \beta_m$

$$o_m = \sqrt{\lambda^2 + (\Delta y_m^o)^2}, \quad \sec \beta = \frac{o_m}{\lambda}$$

$$\text{但し } \Delta y_m^o = y_m^o - y_{m-1}^o, \quad \lambda = 3.5 m$$

m	y_m^o	Δy_m^o	o_m	$\sec \beta_m$	$\sec^3 \beta_m$
18	16.000	0.105	3.502	1.000 6	1.001 7
17	15.895	0.315	3.514	1.004 0	1.012 1
0 16	15.580	0.525	3.539	1.011 1	1.033 8
1 15	15.055	0.735	3.576	1.021 7	1.066 6
2 14	14.320	0.945	3.625	1.035 7	1.111 0
3 13	13.375	1.155	3.686	1.053 1	1.168 0
4 12	12.220	1.365	3.757	1.073 4	1.236 9
5 11	10.855	1.575	3.838	1.096 6	1.318 6
6 10	9.280	1.785	3.929	1.122 6	1.414 6
7 9	7.495	1.995	4.029	1.151 1	1.525 4
8	5.500				

(ii) $u_m, \sec \gamma_m$ 及 $\sec^3 \gamma_m$

$$u_m = \sqrt{\lambda^2 + (\Delta y_m^u)^2}, \quad \sec \gamma_m = \frac{u_m}{\lambda}$$

$$\text{但し } \Delta y_m^u = y_m^u - y_{m-1}^u$$

m	y_m^u	Δy_m^u	u_m	$\sec \gamma_m$	$\sec^3 \gamma_m$
18	14.000	0.140	3.503	1.000 9	1.002 6
17	13.860	0.420	3.525	1.007 1	1.021 6
0 16	13.440	0.700	3.569	1.019 7	1.060 3
1 15	12.740	0.980	3.635	1.038 6	1.120 2
2 14	11.760	1.260	3.720	1.062 9	1.200 7
3 13	10.500	1.540	3.824	1.092 6	1.304 2
4 12	8.960	1.820	3.945	1.127 1	1.432 0
5 11	7.140	2.100	4.082	1.166 3	1.586 4
6 10	5.040	2.380	4.233	1.209 4	1.769 1
7 9	2.660	2.660	4.396	1.256 0	1.981 4
8	0				

(iii) $h_m, 1/h_m$ 及 $1/h_m^2$

$$h_m = y_m^o - y_m^u$$

m		h_m	$1/h_m$	$1/h_m^2$
0	18	2.000	0.500 0	0.250 0
	17	2.035	0.491 4	0.241 5
1	16	2.140	0.467 3	0.218 4
	15	2.315	0.432 0	0.186 6
2	14	2.560	0.390 6	0.152 6
	13	2.875	0.347 8	0.121 0
3	12	3.260	0.306 7	0.094 1
	11	3.715	0.269 2	0.072 5
4	10	4.240	0.235 8	0.055 6
	9	4.835	0.206 8	0.042 8
5	8	5.500	0.181 8	0.033 1

(iv) h_m^r 及 h_m^l (第26圖)。

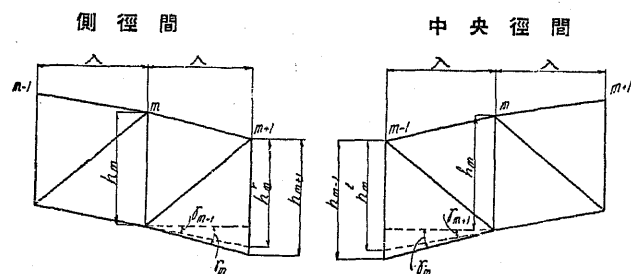
$$h_m^l = h_{m+1} - \lambda (\text{tg } \gamma_m - \text{tg } \gamma_{m+1})$$

然るに $\lambda (\text{tg } \gamma_m - \text{tg } \gamma_{m+1}) = 2y_m^u - (y_{m-1}^u + y_{m+1}^u) = 0.28m$ なる故

$$h_m^l = h_{m+1} - 0.28 \dots\dots\dots \text{中央徑間}$$

同様にして

$$h_m^r = h_{m+1} - \lambda (\text{tg } \gamma_m - \text{tg } \gamma_{m-1}) = h_{m+1} - 0.28 \dots\dots\dots \text{側徑間}$$



第 26 圖

m		h_{m+1} (側徑間は h_{m+1})	h_m^l (側徑間は h_m^l)	h_m^r (側徑間は h_m^r)
0	17	2.140	1.860	0.914 0
	16	2.315	2.035	0.950 9
1	15	2.560	2.280	0.984 9
	14	2.875	2.595	1.013 7
2	13	3.260	2.980	1.036 5
	12	3.715	3.435	1.053 7
3	11	4.240	3.960	1.065 9
	10	4.835	4.555	1.074 3
4	9	5.500	5.220	1.079 6

(v) $\sec \varphi_m$ 及 d_m

$$\sec \varphi_m = \sqrt{1 + \frac{(h_{m-1} - \Delta y_m^u)^2}{\lambda^2}} \quad \text{但し} \quad \Delta y_m^u = y_m^u - y_{m-1}^u$$

$$d_m = \lambda \sec \varphi$$

m		h_{m-1}	Δy_m^u	$\sec \varphi_m$	d_m (m)
0	18	2.035	0.140	1.137 2	3.980
	17	2.140	0.420	1.114 2	3.900
1	16	2.315	0.700	1.101 3	3.855
	15	2.560	0.980	1.097 2	3.840
2	14	2.875	1.260	1.101 3	3.855
	13	3.260	1.540	1.114 2	3.900
3	12	3.715	1.820	1.137 2	3.980
	11	4.240	2.100	1.172 1	4.102
4	10	4.835	2.380	1.221 5	4.275
	9	5.500	2.660	1.287 8	4.507

3. 不静定力の解法

(1) 不静定力。主構は三次不静定結構である。三箇の不静定値として拱頂断面に働く彎曲率、鉛直剪力及水平推力を採れば、静定主構は二箇の突桁となる。今彈性重心に働く X_a , X_b , X_c を不静定値に採る。然る時は X_a , X_b , X_c の影響線は夫々次式によりて求められる [公式 (30) に依り]。

$$X_a = \frac{\delta_{ma}}{\delta_{aa}}, \quad X_b = \frac{\delta_{mb}}{\delta_{bb}}, \quad X_c = \frac{\delta_{mc}}{\delta_{cc}}$$

但し $\delta_{ma} = (X_a = -1)$ のみが作用せる静定主構の格點 m が其の點に作用する單位荷重の方向にな

$$\text{す變位} = M_{mva}$$

$\delta_{mb} = (X_b = -1)$ のみが作用せる静定主構の格點 m が其の點に作用する單位荷重の方向にな

$$\text{す變位} = M_{mnb}$$

$\delta_{mc} = (X_c = -1)$ のみが作用せる静定主構の格點 m が其の點に作用する單位荷重の方向にな

$$\text{す變位} = M_{mnc}$$

$$\delta_{aa} = (X_a = -1) \text{ のみが作用せる静定主構の } X_a \text{ の働く點が } X_a \text{ の方向になす變位} = \Sigma \frac{S_a^2 s}{EF}$$

$$\delta_{bb} = (X_b = -1) \text{ のみが作用せる静定主構の } X_b \text{ の働く點が } X_b \text{ の方向になす變位} = \Sigma \frac{S_b^2 s}{EF}$$

$$\delta_{cc} = (X_c = -1) \text{ のみが作用せる静定主構の } X_c \text{ の働く點が } X_c \text{ の方向になす變位} = \Sigma \frac{S_c^2 s}{EF}$$

本計算に於て變位は總て彈性荷重に依りて求める。

(2) 彈性荷重。静定主構に於ける變位を求むべき彈性荷重は次の如し [公式 (26)、(27) に依り]。

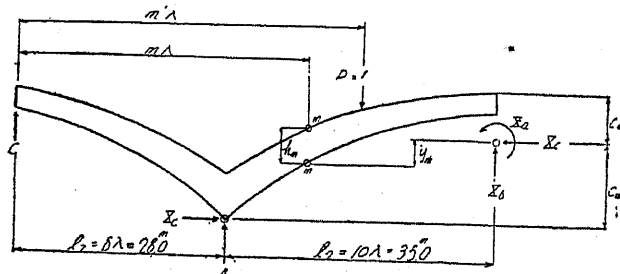
$$m = 1 \sim 7 \dots \dots w_m = \frac{1}{h_m} \left(-\Delta o_m \sec \beta_m + \Delta u_{m-1} \sec \gamma_{m-1} + \Delta d_m \sec \varphi_m \right. \\ \left. - \Delta d_{m-1} \sec \varphi_{m-1} + \Delta h_{m-1} \frac{h_m}{\lambda} - \Delta h_m \frac{h_{m-1}}{\lambda} \right)$$

$$m = 8 \dots \dots w_8 = \frac{1}{h_8} \left[(\Delta u_7 + \Delta u_8) \sec \gamma_8 - (\Delta d_7 + \Delta d_8) \sec \varphi_8 \right. \\ \left. - 2 \Delta h_8 \tan \gamma_8 + \frac{h_8}{\lambda} (\Delta h_7 + \Delta h_8) \right]$$

$$m = 9 \sim 17 \dots \dots w_m = \frac{1}{h_m} \left(-\Delta o_m \sec \beta_m + \Delta u_{m+1} \sec \gamma_{m+1} + \Delta d_m \sec \varphi_m \right. \\ \left. - \Delta d_{m+1} \sec \varphi_{m+1} - \Delta h_m \frac{h_{m+1}}{\lambda} + \Delta h_{m+1} \frac{h_m}{\lambda} \right)$$

$$m = 18 \dots \dots w_{18} = \frac{1}{h_{18}} \left(-2 \Delta o_{18} \sec \beta_{18} + 2 \Delta d_{18} \sec \varphi_{18} - 2 \Delta h_{18} \tan \varphi_{18} \right)$$

4. 単位荷重に依る反力 (第27圖) [公式(10)に依り]



第 27 圖

$$O = \frac{1}{28} (\xi + X_a + 35X_b + c_u X_c) \quad \text{但し } \xi = l_1 - l' = (8 - m')\lambda$$

$$A = \frac{1}{28} (\xi' - X_a - 63X_b - c_u X_c)$$

5. 単位荷重に依る彎曲率 [公式(10)に依り]

$$\text{側徑間に於ては} \quad M_m^o = M_m^u = M_m = O m \lambda - (m - m') \lambda \dots \dots \dots m > m'$$

$$\text{中央徑間に於ては} \quad M_m^o = X_a + (18 - m) \lambda X_b - (h_m + y_m) X_c - (m' - m) \lambda \\ M_m^u = X_a + (18 - m) \lambda X_b - y_m X_c - (m' - m) \lambda \quad \left. \vphantom{M_m^o} \right\} m < m'$$

6. 単位荷重に依る應力 (註1参照)

$$\text{側徑間に於ては} \quad O_m = -\frac{M_m^u}{h_m} \sec \beta_m$$

$$U_m = +\frac{M_{m+1}^o}{h_{m+1}} \sec \gamma_m$$

$$D_m = \left(\frac{M_m^o}{h_m} - \frac{M_{m+1}^o}{h_{m+1}} \right) \sec \varphi_m$$

$$V_m = \left(M_{m+1}^o - M_m^o \frac{h_m}{h_{m+1}} \right) \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{中央徑間に於ては} \quad O_m = -\frac{M_m^u}{h_m} \sec \beta_m$$

$$U = +\frac{M_{m-1}^o}{h_{m-1}} \sec \gamma_m$$

$$D_m = \left(\frac{M_m^o}{h_m} - \frac{M_{m-1}^o}{h_{m-1}} \right) \sec \varphi_m$$

$$V = \left(M_{m-1}^o - M_m^o \frac{h_m}{h_{m-1}} \right) \frac{1}{\lambda}$$

上式に既知の数を入れる時は次の如くなる。

m	O_m	U_m	D_m	V_m
0		+0.400 5 M_1	-1.665 2 C	
1	-0.441 4 M_1	+0.405 7 M_2	$(0.432 0 M_1 - 0.390 6 M_2) \times 1.097 2$	$(M_2 - 0.984 9 M_1) \times 0.285 7$
2	-0.404 5 M_2	+0.369 7 M_3	$(0.390 6 M_2 - 0.347 8 M_3) \times 1.101 3$	$(M_3 - 1.013 7 M_2) \times "$
3	-0.366 3 M_3	+0.335 1 M_4	$(0.347 8 M_3 - 0.306 7 M_4) \times 1.114 2$	$(M_4 - 1.036 5 M_3) \times "$
4	-0.329 2 M_4	+0.303 4 M_5	$(0.306 7 M_4 - 0.269 2 M_5) \times 1.137 2$	$(M_5 - 1.053 7 M_4) \times "$
5	-0.295 2 M_5	+0.275 0 M_6	$(0.269 2 M_5 - 0.235 8 M_6) \times 1.172 1$	$(M_6 - 1.065 9 M_5) \times "$
6	-0.264 7 M_6	+0.250 1 M_7	$(0.235 8 M_6 - 0.206 8 M_7) \times 1.221 5$	$(M_7 - 1.074 3 M_6) \times "$
7	-0.238 0 M_7	+0.228 3 M_8	$(0.206 8 M_7 - 0.181 8 M_8) \times 1.287 8$	$(M_8 - 1.079 6 M_7) \times "$
8				$-[A + (U_7 + U_8) 0.605 1]$
9	-0.238 0 M_8^u	+0.228 3 $(M_8^o)_r$	$[0.206 8 M_8^o - 0.181 8 (M_8^o)_r] \times 1.287 8$	$(M_8^o)_r - 1.079 6 M_8^o \times 0.285 7$
10	-0.264 7 M_{10}^u	+0.250 1 M_9^o	$(0.235 8 M_{10}^u - 0.206 8 M_9^o) \times 1.221 5$	$(M_9^o - 1.074 3 M_{10}^u) \times "$
11	-0.295 2 M_{11}^u	+0.275 0 M_{10}^o	$(0.269 2 M_{11}^u - 0.235 8 M_{10}^o) \times 1.172 1$	$(M_{10}^o - 1.065 9 M_{11}^u) \times 0.285 7$
12	-0.329 2 M_{12}^u	+0.303 4 M_{11}^o	$(0.306 7 M_{12}^u - 0.269 2 M_{11}^o) \times 1.137 2$	$(M_{11}^o - 1.053 7 M_{12}^u) \times "$
13	-0.366 3 M_{13}^u	+0.335 1 M_{12}^o	$(0.347 8 M_{13}^u - 0.306 7 M_{12}^o) \times 1.114 2$	$(M_{12}^o - 1.036 5 M_{13}^u) \times "$
14	-0.404 5 M_{14}^u	+0.369 7 M_{13}^o	$(0.390 6 M_{14}^u - 0.347 8 M_{13}^o) \times 1.101 3$	$(M_{13}^o - 1.013 7 M_{14}^u) \times "$
15	-0.441 4 M_{15}^u	+0.405 7 M_{14}^o	$(0.432 0 M_{15}^u - 0.390 6 M_{14}^o) \times 1.097 2$	$(M_{14}^o - 0.984 9 M_{15}^u) \times "$
16	-0.472 5 M_{16}^u	+0.440 5 M_{15}^o	$(0.467 3 M_{16}^u - 0.432 0 M_{15}^o) \times 1.101 3$	$(M_{15}^o - 0.950 9 M_{16}^u) \times "$
17	-0.493 4 M_{17}^u	+0.470 6 M_{16}^o	$(0.491 4 M_{17}^u - 0.467 3 M_{16}^o) \times 1.114 2$	$(M_{16}^o - 0.914 0 M_{17}^u) \times "$
18	-0.500 3 M_{18}^u	+0.491 8 M_{17}^o	$(0.500 0 M_{18}^u - 0.491 4 M_{17}^o - H) \times 1.137 2$	$-0.059 96 O_{18}$

II 應 力

1. 弾性荷重

$$\text{假 定} \begin{cases} \text{(i)} & F_m^o = F = \text{一定} \\ \text{(ii)} & F_m^u = F \sec^2 \gamma_m \\ \text{(iii)} & \text{弾性變位に對する腹材の影響を無視す} \end{cases}$$

此の場合弾性荷重の式は次の如くなる。

$$\begin{aligned}
 w_a \begin{cases} m = 1 \sim 7 \dots \dots w_{ma} = -\frac{m}{8h_m^2} (\sec^3 \beta_m + 1) \\ m = 8 \dots \dots w_{8a} = -\frac{2}{h_8^2} \\ m = 9 \sim 17 \dots \dots w_{ma} = -\frac{1}{h_m^2} (\sec^3 \beta_m + 1) \\ m = 18 \dots \dots w_{18a} = -\frac{1}{h_{18}^2} 2 \sec^3 \beta_{18} \end{cases} \\
 w_b \begin{cases} m = 1 \sim 8 \dots \dots w_{mb} = 10 w_{ma} \\ m = 9 \sim 17 \dots \dots w_{mb} = m'' w_{ma} \text{ (但し } m'' = 18 - m) \\ m = 18 \dots \dots w_{18b} = 0 \end{cases} \\
 w_c \begin{cases} m = 1 \sim 7 \dots \dots w_{mc} = c_u w_{ma} \\ m = 8 \dots \dots w_{8c} = \left[-c_o + \frac{f+y'_8}{2} \right] w_{8a} \\ m = 9 \sim 17 \dots \dots w_{mc} = \frac{1}{h_m^2} \left[y_m \sec^3 \beta_m + (c_o - y'_m) \right] \\ m = 18 \dots \dots w_{18c} = -(c_o - 2) w_{18a} \end{cases}
 \end{aligned}$$

計算の結果を次表に示す。

m	w _{ma}	w _{mb}	w _{mc}	m	w _{ma}	w _{mb}	w _{mc}
1	-0.048 2	-0.482	-0.531 6	10	-0.134 3	-1.074 4	-0.568 4
2	-0.080 5	-0.805	-0.887 9	11	-0.168 1	-1.176 7	-0.384 6
3	-0.098 4	-0.984	-1.085 4	12	-0.210 5	-1.263 0	-0.129 0
4	-0.105 2	-1.052	-1.160 4	13	-0.262 3	-1.311 5	+0.208 8
5	-0.105 1	-1.051	-1.159 3	14	-0.322 1	-1.288 4	+0.625 8
6	-0.100 7	-1.007	-1.110 7	15	-0.385 6	-1.156 8	+1.091 4
7	-0.094 6	-0.946	-1.043 4	16	-0.444 2	-0.888 4	+1.537 9
8	-0.066 2	-0.662	-0.548 1	17	-0.485 9	-0.485 9	+1.866 6
9	-0.108 1	-0.972 9	-0.697 8				

但し

$$c_o = \frac{2 \sum_{m=1}^7 w_{ma} + 13.25 w_{8a} + \sum_{m=9}^{17} y'_m w_{ma} - 2 \sum_{m=9}^{17} \frac{1}{h_m} \sec^3 \beta_m + w_{18a}}{\frac{1}{8} \sum_{m=1}^7 m w_{ma} + w_{8a} + \sum_{m=9}^{17} w_{ma} + \frac{1}{2} w_{18a}} = 4.940 \text{ (m)} \quad (\text{註 2 参照})$$

$$c_u = 16 - 4.97 = 11.030 \text{ (m)}$$

尚

$$\delta_{aa} = -\left(\frac{1}{4} \sum_{m=1}^7 m w_{ma} + 2 w_{8a} + 2 \sum_{m=9}^{17} w_{ma} + w_{18a} \right) = 6.354 8$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{cc} &= -\frac{1}{4} \sum_{m=1}^7 c_u^2 m w_{ma} + 2 \frac{1}{h_8^2} \left[c_u^2 + (c_o - y'_8)^2 \right] \sec^3 \beta_8 \\
 &\quad + 2 \sum_{m=9}^{17} \frac{1}{h_m^2} \left[y_m^2 \sec^3 \beta_m + (c_o - y'_m)^2 \right] + \frac{(c_o - 2)^2}{2} \sec^3 \beta_{18} = 156.617 9
 \end{aligned}$$

2. 不静定値

$$\begin{aligned}
 X_a &= \frac{\delta_{ma}}{\delta_{aa}} = \frac{\lambda}{\delta_{aa}} \frac{\delta_{ma}}{\lambda} = \frac{3.5}{6.354 8} \frac{M_{mva}}{\lambda} \\
 &= 0.550 76 (Q_{1va} + Q_{2va} + \dots + Q_{mva})
 \end{aligned}$$

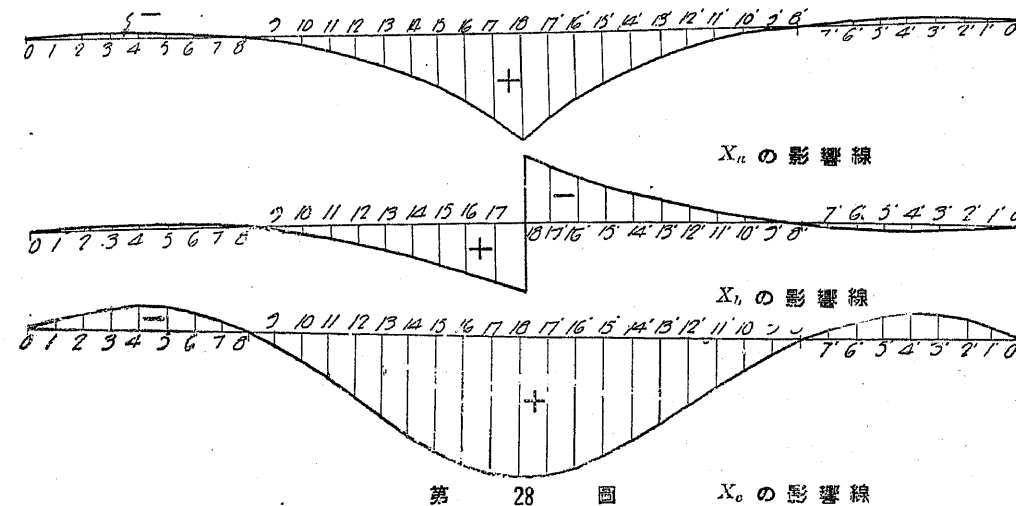
$$X_b = 0.5 \frac{\delta_{mb}}{\delta_{18b}} = 0.5 \frac{M_{mvb}}{M_{18vb}} = \frac{0.5}{91.190 4} M_{mvb} = 0.005 483 M_{mvb}$$

$$X_c = \frac{\delta_{mc}}{\delta_{cc}} = \frac{\lambda}{\delta_{cc}} \frac{M_{mvc}}{\lambda} = \frac{3.5}{156.617 9} \frac{M_{mvc}}{\lambda} = 0.022 347 4 \frac{M_{mvc}}{\lambda}$$

計算の結果を次表に示す。

m	X _a	X _b	X _c	m	X _a	X _b	X _c
1	-0.161 4	-0.016 1	-0.072 2	10	+0.506 5	+0.049 8	+0.207 6
2	-0.296 3	-0.029 5	-0.132 6	11	+0.863 5	+0.083 3	+0.331 8
3	-0.386 9	-0.038 5	-0.173 1	12	+1.313 1	+0.123 2	+0.464 7
4	-0.423 2	-0.042 1	-0.189 4	13	+1.878 6	+0.170 1	+0.600 5
5	-0.401 6	-0.040 0	-0.179 7	14	+2.588 6	+0.224 1	+0.731 5
6	-0.322 1	-0.032 1	-0.144 1	15	+3.476 0	+0.285 2	+0.848 6
7	-0.187 2	-0.018 6	-0.083 7	16	+4.575 8	+0.352 7	+0.941 4
8	0	0	0	17	+5.920 2	+0.425 0	+0.999 7
9	+0.223 5	+0.022 3	+0.096 0	18	+7.532 2	+0.500 0	+1.016 3

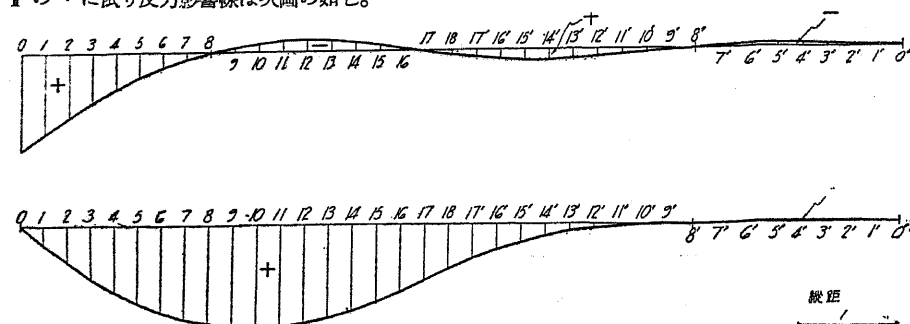
不静定値影響線図



第 28 圖 X_c の影響線

3. 反 力

Ⅰの4に依り反力影響線は次圖の如し。



第 29 圖

4. 彎 曲 率

(1) 側徑間彎曲率

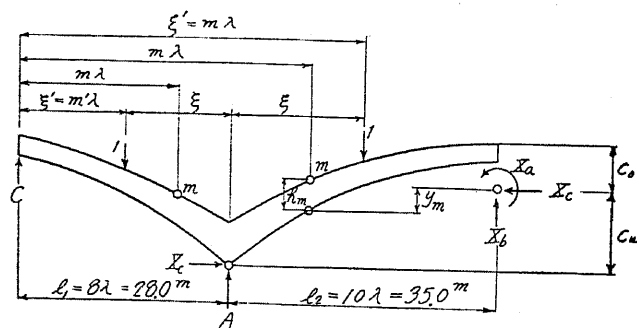


第 30 圖

$$M_m^o = M_m^u = C m \lambda - (m - m') \lambda \dots m' < m$$

$$M_m^o = M_m^u = C m \lambda \dots m' > m$$

(2) 中央徑間彎曲率。



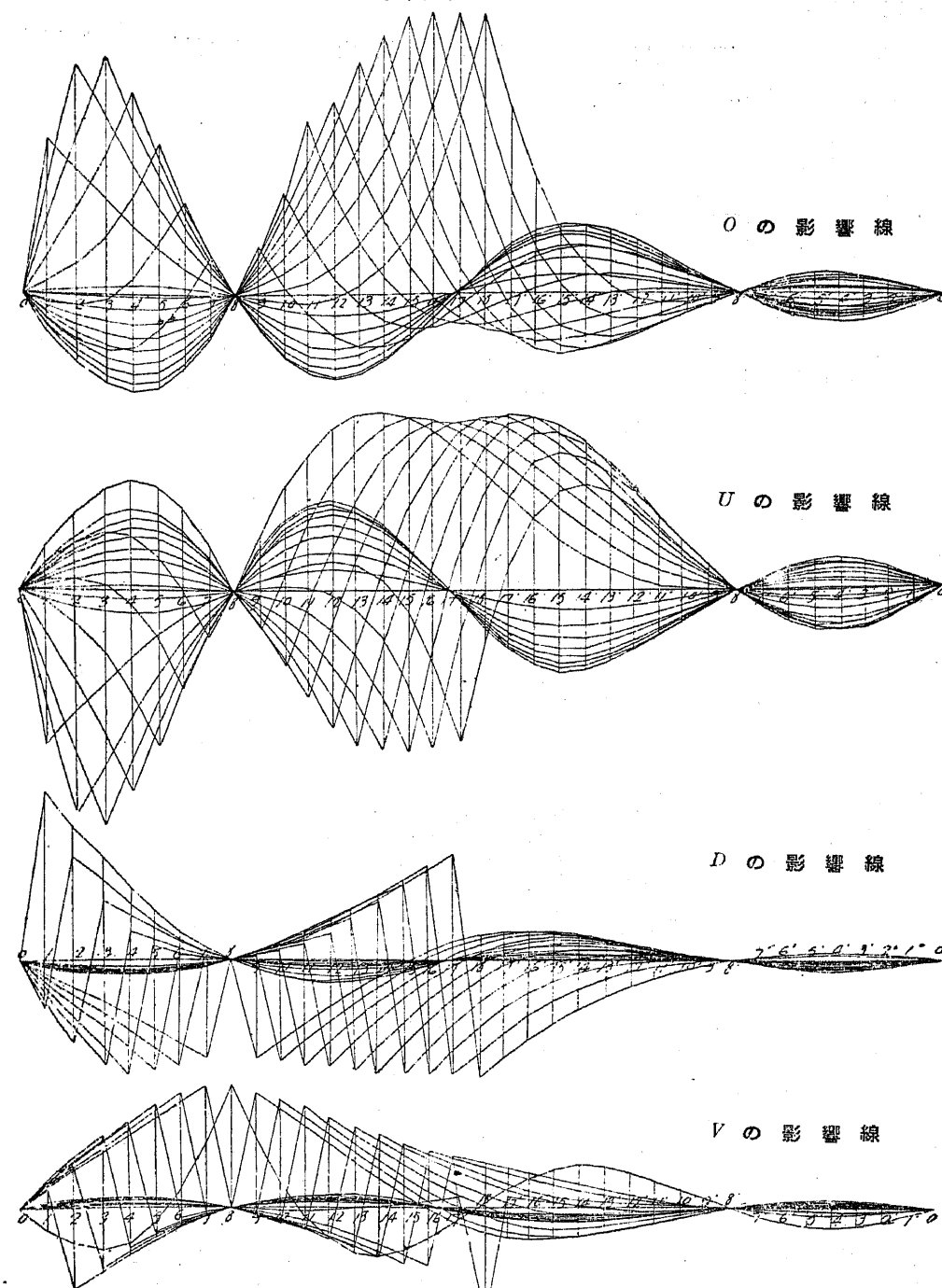
第 31 圖

$$\left. \begin{aligned} M_m^o &= X_a + (18 - m) \lambda X_b - (h_m + y_m) X_c - (m' - m) \lambda \\ M_m^u &= X_a + (18 - m) \lambda X_b - y_m X_c - (m' - m) \lambda \end{aligned} \right\} \dots m' > m$$

$$\left. \begin{aligned} M_m^o &= X_a + (18 - m) \lambda X_b - (h_m + y_m) X_c \\ M_m^u &= X_a + (18 - m) \lambda X_b - y_m X_c \end{aligned} \right\} \dots m' < m$$

5. 應力影響線圖

Ⅱの6に依り各部材應力影響線圖は次の如し。



第 32 圖

	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
活荷重	-44.96	-26.86	-15.10	+18.01	+21.66	+25.29	+28.10	+29.56
死荷重	-92.24	-41.45	-2.75	+25.98	+45.09	+56.66	+64.88	+69.07
計	-137.20	-68.31	-17.85	+43.99	+66.75	+81.95	+92.98	+98.63

	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{18}
活荷重	+24.88	+24.71	+24.44	+24.91	+25.32	+25.85	+25.99	+27.40	+32.35	+33.59
死荷重	+27.91	+30.87	+34.19	+36.46	+39.86	+41.90	+37.67	+34.00	+24.24	+9.09
計	+52.79	+55.58	+58.63	+61.37	+65.18	+67.75	+63.66	+61.40	+56.59	+42.68

	—	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8
活荷重	—	+20.02	+14.82	-14.00	-19.30	-24.17	-30.92	-36.79	-38.01
死荷重	—	+35.65	+12.11	-11.65	-33.87	-53.90	-72.22	-87.29	-19.84
計	—	+55.67	+26.93	-25.65	-53.17	-78.07	-103.14	-124.08	-57.85

	V_9	V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}	V_{16}	V_{17}	V_{18}
活荷重	-33.32	-30.37	-27.47	-24.33	-21.78	-19.43	-19.98	-19.55	-18.76	-11.85
死荷重	-56.12	-54.58	-53.07	-49.37	-44.84	-39.48	-32.57	-23.66	-14.81	-9.75
計	-89.44	-84.95	-80.54	-73.70	-66.62	-58.91	-52.55	-43.21	-33.57	-21.60

8. 温度應力

$$\begin{cases} X_{at} = \frac{EF}{\lambda} \frac{\delta_{at}}{\delta_{aa}} \text{ (前出の } \delta_{aa} \text{ は } \frac{\lambda}{EF} \text{ を省略せるものなる故)} \\ X_{ct} = \frac{EF}{\lambda} \frac{\delta_{ct}}{\delta_{cc}} \text{ (同上)} \\ X_{bt} = 0 \text{ (対称なる故)} \end{cases}$$

δ_{at} 及 δ_{ct} はウイリョット変位図を利用して求める。

$$\delta_{at} = -2\omega t \frac{e}{h_{18}} = \mp 2 \times 0.000012 \times 30 \times \frac{0.98}{2} = \mp 0.0000353$$

ω = 鋼の伸縮係数 = 0.000012

t = 温度変化 = $\pm 30^\circ C$

e = 0.98 m (ウイリョット変位図より)

$h_{18} = 2.0 \text{ m}$

$$\delta_{ct} = 2\omega t \left(d + k \frac{e}{h_{18}} \right) = \pm 2 \times 0.000012 \times 30 \left(28.4 + 2.97 \times \frac{0.98}{2} \right) = \pm 0.0215$$

$d = 28.4 \text{ m}$ (ウイリョット変位図より)

$k = c_o - h_{18} = 4.97 - 2 = 2.97 \text{ m}$

従つて $E = 21000000 \text{ t/m}^2$, $F = 0.0287 \text{ m}^2$ とすれば

$$X_{at} = \frac{21 \times 10^6 \times F}{3.5} \times \frac{\mp 353 \times 10^{-6}}{6.3548} = \mp 333.3 F = \mp 9.566 \text{ tm}$$

$$X_{ct} = \frac{21 \times 10^6 \times F}{3.5} \times \frac{\pm 215 \times 10^{-4}}{156.6179} = \pm 823.7 F = \pm 23.640 \text{ t}$$

又

$$U = \frac{1}{t_1} [X_{at} + c_u X_{ct}] \frac{1}{28} [\mp 333.3 \pm 11.030 \times 823.7] F = \pm 8.972 \text{ t}$$

(単位 t)

	—	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6	O_7
温度應力	—	∓ 13.86	∓ 25.40	∓ 34.51	∓ 41.35	∓ 46.35	∓ 49.87	∓ 51.31

	U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7
温度應力	± 13.83	± 25.48	± 34.83	± 42.09	± 47.64	± 51.81	± 54.97	± 57.35

	O_9	O_{10}	O_{11}	O_{12}	O_{13}	O_{14}	O_{15}	O_{16}	O_{17}	O_{18}
温度應力	∓ 41.99	∓ 31.81	∓ 20.82	∓ 9.05	± 3.26	± 15.65	± 27.30	± 37.05	± 43.58	± 45.85

	U_9	U_{10}	U_{11}	U_{12}	U_{13}	U_{14}	U_{15}	U_{16}	U_{17}	U_{18}
温度應力	± 29.95	± 15.54	± 5.48	∓ 5.25	∓ 16.62	∓ 28.42	∓ 40.25	∓ 51.36	∓ 60.71	∓ 67.10

	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
温度應力	∓ 14.94	∓ 12.03	∓ 9.07	∓ 6.42	∓ 4.26	∓ 2.53	∓ 1.26	∓ 0.27

	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{18}
温度應力	∓ 9.04	∓ 9.95	∓ 10.97	∓ 12.00	∓ 12.84	∓ 13.23	∓ 12.74	∓ 10.92	∓ 7.54	∓ 2.75

	—	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8
温度應力	—	± 9.11	± 8.73	± 7.99	± 7.05	± 6.02	± 4.97	± 3.97	∓ 40.47

	V_9	V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}	V_{16}	V_{17}	V_{18}
温度應力	± 12.06	± 11.63	± 10.96	± 9.99	± 8.59	± 6.77	± 4.46	± 1.74	∓ 1.23	∓ 2.75

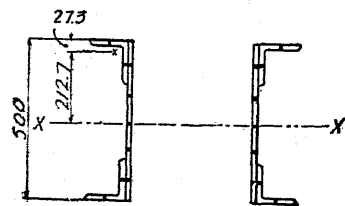
9. 断面の決定

本節 7 及 8 の結果に基づき主構部材の断面を決定し、次に各部材の使用総断面積を表示す。

m	部材	$O_m (cm^2)$	$U_m (cm^2)$	$D_m (cm^2)$	$V_m (cm^2)$
0	—	—	287	I	157
1	287	I	"	"	105
2	"	"	"	"	"
3	"	"	"	"	"
4	"	"	"	"	"
5	"	"	"	"	"
6	"	"	"	"	119
7	"	"	357.5	II	"
8	—	—	—	—	—
9	"	"	497.5	III	105
10	"	"	"	"	"
11	"	"	"	"	"
12	"	"	357.5	II	"
13	"	"	"	"	"
14	"	"	287	I	"
15	"	"	"	"	"
16	"	"	"	"	"
17	"	"	"	"	"
18	"	"	"	"	"

I, II, III……は断面番號

断面 I. (第35圖)



第 35 圖

	部材	總断面積	純断面積	慣性率(總)
2-腹 鈹	500×14	140 cm ²	105 cm ²	29 166 cm ⁴
4-山形鋼	130×130×15	147 "	117 "	68 790 "
計		287 cm ²	222 cm ²	97 956 cm ⁴

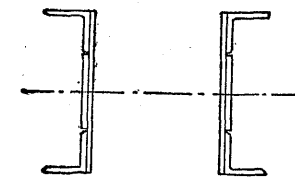
$$r = \sqrt{\frac{97\,956}{287}} = 18.47 \text{ cm}, \quad \frac{l}{r} = \frac{423.3}{18.47} = 22.92$$

(l は最大値 $u_0 = 423.3 \text{ cm}$ を採る)

許容壓應力 = $1500 (1 - 0.0055 \times 22.92) = 1310 \text{ kg/cm}^2$, 即ち 1000 kg/cm^2 を採る。

許容張應力 = 1200 kg/cm^2

断面 II. (第36圖)



第 36 圖

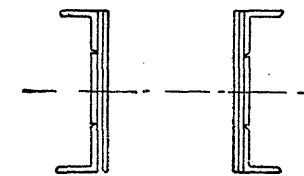
	部材	總断面積	慣性率
2-腹 鈹	500×14	140 cm ²	29 166 cm ⁴
4-山形鋼	130×130×15	147 "	68 790 "
2-側 鈹	235×15	70.5 "	3 222 "
計		357.5 cm ²	101 178 cm ⁴

$$r = \sqrt{\frac{101\,178}{357.5}} = 16.82 \text{ cm}, \quad \frac{l}{r} = \frac{439.6}{16.82} = 26.14$$

(l は最大値 $u_1 = 439.6 \text{ cm}$ を採る)

許容壓應力 = $1500 (1 - 0.0055 \times 26.14) = 1280 \text{ kg/cm}^2$, 即ち 1000 kg/cm^2 を採る。

断面 III. (第37圖)



第 37 圖

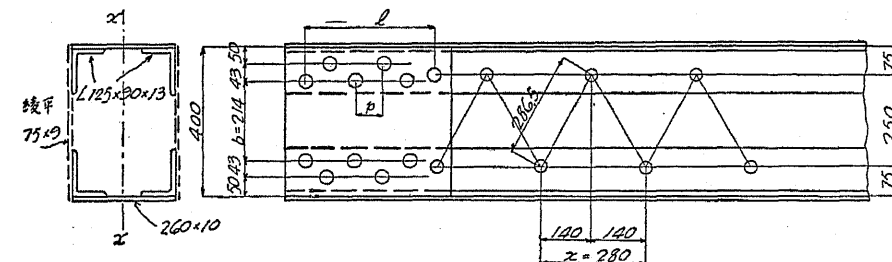
	部材	總断面積	慣性率
4-腹 鈹	500×14	280 cm ²	58 332 cm ⁴
4-山形鋼	130×130×15	147 "	68 790 "
2-側 鈹	235×15	70.5 "	3 222 "
計		497.5 cm ²	130 344 cm ⁴

$$r = \sqrt{\frac{130\,344}{497.5}} = 16.19 \text{ cm}, \quad \frac{l}{r} = \frac{439.6}{16.19} = 27.15$$

(l は最大値 $u_0 = 439.6 \text{ cm}$ を採る)

許容壓應力 = $1500 (1 - 0.0055 \times 27.15) = 1270 \text{ kg/cm}^2$, 即ち 1000 kg/cm^2 を採る。

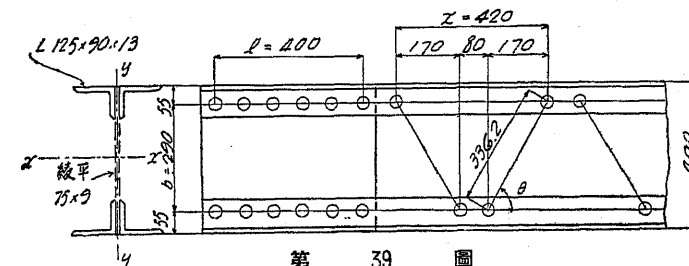
断面 IV. (第38圖)



第 38 圖

	部材	總断面積	慣性率 (J_{xx})
4-山形鋼	125×90×13	4×26.26 = 105.04 cm ²	12 657 cm ⁴
2-鈹	260×10	2×26 = 52.00 "	2 929 "
計		157.04 cm ²	15 586 cm ⁴

断面 V. (第39圖)



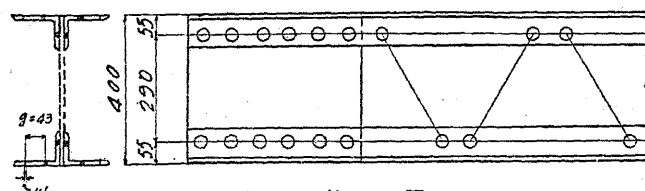
第 39 圖

4-山形鋼 125×90×13

總斷面積 = $4 \times 26.26 = 105.04 \text{ cm}^2$, 慣性率 (J_{yy}) = 374.76 cm^4 , (J_{xx}) = 33492 cm^4

$$r_y = \sqrt{\frac{374.76}{105.04}} = 5.97 \text{ cm}, \frac{l}{r} = \frac{384.0}{5.97} = 64.3, r_x = \sqrt{\frac{33492}{105.04}} = 17.86 \text{ cm}$$

斷面 VI. (第40圖)



第 40 圖

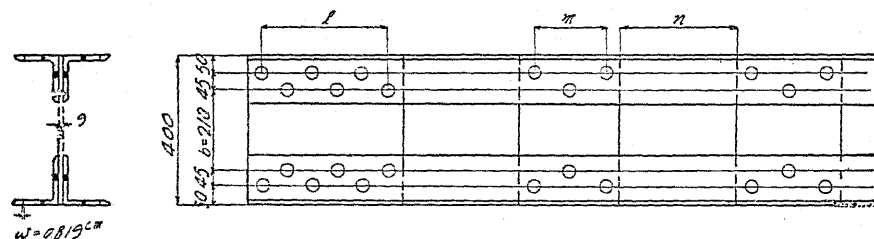
4-山形鋼 125×90×13

$$w = d - \frac{p^2}{4g} = 2.5 - \frac{5.5^2}{4 \times 4.3} = 0.741 \text{ cm}$$

但し $\begin{cases} w = \text{控除すべき幅 (cm)}, p = \text{鉄距 (cm)} \\ d = \text{鉄孔徑 (cm)}, g = \text{鉄線間距離 (cm)} \end{cases}$

總斷面積 $4 \times 26.26 = 105.04 \text{ cm}^2$ 鉄孔 $(8 \times 2.5 + 4 \times 0.741) \times 1.3 = 29.85 \text{ cm}^2$ 純斷面積 75.19 cm^2

斷面 VII. (第41圖)

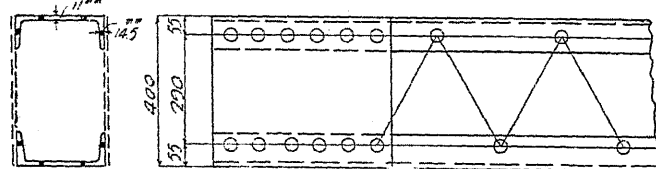


第 41 圖

4-山形鋼 130×130×12

總斷面積 $4 \times 29.76 = 119.04 \text{ cm}^2$ 鉄孔 $(8 \times 2.5 + 4 \times 0.819) \times 1.2 = 27.93 \text{ cm}^2$ 純斷面積 91.11 cm^2

斷面 VIII. (第42圖)

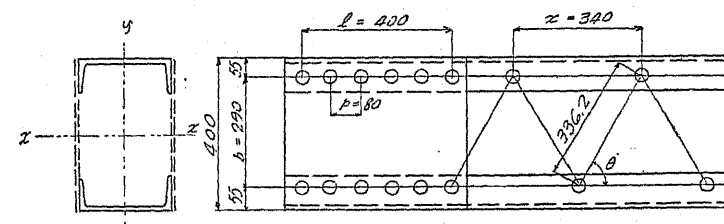


第 42 圖

2-溝形鋼 250×90 @ 40.2 kg

總斷面積 102.34 cm^2 鉄孔 $4 \times 2.5(1.45 + 1.1) = 25.5 \text{ cm}^2$ 純斷面積 76.84 cm^2

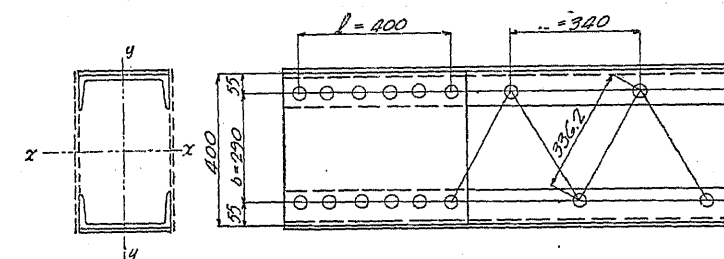
斷面 IX. (第43圖)



第 43 圖

	總斷面積 (cm^2)	J_{yy} (cm^4)	J_{xx} (cm^4)
2-溝形鋼 250×90 @ 40.2 kg	102.34	9370	32420
	$r_y = 9.57 \text{ cm}$	$r_x = 17.8 \text{ cm}$	

斷面 X. (第44圖)



第 44 圖

	總斷面積 (cm^2)	J_{yy} (cm^4)	J_{xx} (cm^4)
2-溝形鋼 250×90 @ 40.2 kg	102.34	9370	32420
2-鉄 250×10	50.00	2604	21017
計	152.34	11974	53437
	$r_y = 8.87 \text{ cm}$	$r_x = 18.73 \text{ cm}$	

IV 死荷重による撓度

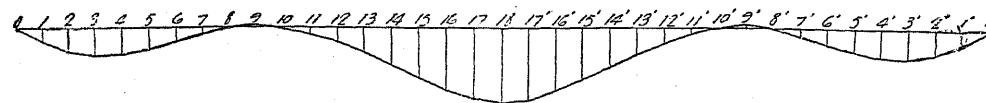
死荷重による下弦格點の撓度は次式により算出せり。但し腹材の影響は無視す。

$$E \delta_m = \sum \bar{S}_{(m)} S \frac{s}{P} = \sum \bar{S}_{(m)} \Delta s$$

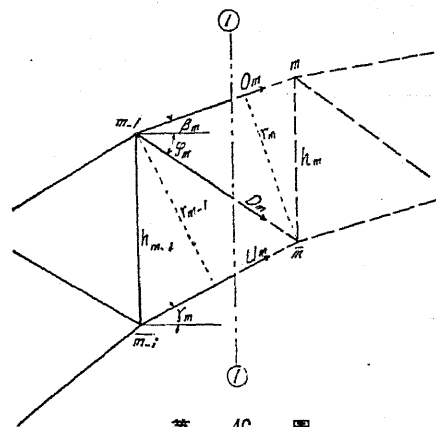
式中 $\begin{cases} \delta_m = \text{死荷重による } m \text{ 點の撓度 (m)} \\ \bar{S}_{(m)} = m \text{ 點に單位荷重 (1t) が作用せる時の部材應力 (t)} \\ S = \text{死荷重應力 (t)} \end{cases}$

m	$[\Sigma \bar{S}_{(m)} \Delta s]^o$	$[\Sigma \bar{S}_{(m)} \Delta s]''$	$E \delta_m \cdot 10^{-6}$	$\delta_m (cm)$
1	+ 42 915	+ 61 785	+0.105	+0.50
2	+ 79 552	+107 334	+0.187	+0.89
3	+ 86 225	+129 641	+0.216	+1.03
4	+ 80 066	+128 511	+0.209	+1.00
5	+ 61 837	+107 961	+0.170	+0.81
6	+ 37 486	+ 74 533	+0.112	+0.54
7	+ 14 484	+ 36 071	+0.051	+0.25
8	0	0	0	0
9	- 11 791	- 3 975	-0.016	-0.08
10	- 10 865	+ 10 858	0	0
11	+ 896	+ 39 678	+0.041	+0.20
12	+ 21 963	+ 85 681	+0.108	+0.52
13	+ 49 750	+149 196	+0.199	+0.95
14	+ 82 594	+201 856	+0.284	+1.35
15	+117 325	+277 887	+0.395	+1.88
16	+151 047	+325 968	+0.477	+2.28
17	+175 201	+366 366	+0.542	+2.58
18	+200 156	+376 710	+0.577	+2.75

撓度曲線



第 45 圖



第 46 圖

註 (1)

中央径間の部材の應力

上弦材の應力 (O_m)。断面 ①—① に於て $\bar{m}$ を
力率の中心とすれば

$$M_m'' + O_m \gamma_m = 0$$

$$O_m = -\frac{M_m''}{\gamma_m} = -\frac{M_m''}{h_m \cos \beta_m}$$

$$= -\frac{M_m''}{h_m} \sec \beta_m$$

となる。

下弦材の應力 (U_m)。断面 ①—① に於て $m-1$

を力率の中心とすれば

$$M_{m-1}^o - U_m \gamma_{m-1} = 0$$

$$U_m = \frac{M_{m-1}^o}{\gamma_{m-1}} = \frac{M_{m-1}^o}{h_{m-1} \cos \gamma_{m-1}} = \frac{M_{m-1}^o}{h_{m-1}} \sec \gamma_{m-1}$$

斜材の應力 (D_m)。断面 ②—② に於て水平力の代数和を零
と置けば

$$D_m \cos \varphi_m + U_m \cos \gamma_m - U_{m+1} \cos \gamma_{m+1} = 0$$

$$D_m = (U_{m+1} \cos \gamma_{m+1} - U_m \cos \gamma_m) \sec \varphi_m$$

$$= \left(\frac{M_m^o}{h_m} - \frac{M_{m-1}^o}{h_{m-1}} \right) \sec \varphi_m$$

となる。

鉛直材の應力 (V_m)。断面 ③—③ に於て $m-1$ を力率の中
心とすれば

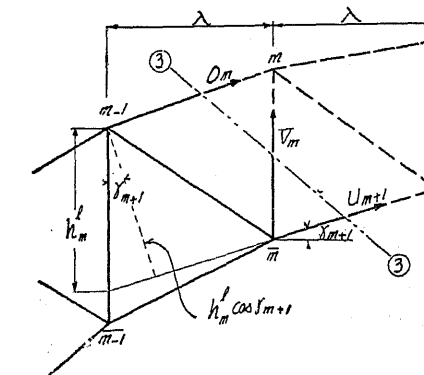
$$M_{m-1}^o - V_m \lambda - U_{m+1} h_m^l \cos \gamma_{m+1} = 0$$

$$V_m = \left(M_{m-1}^o - M_m^o \frac{h_m^l}{h_m} \right) \frac{1}{\lambda}$$

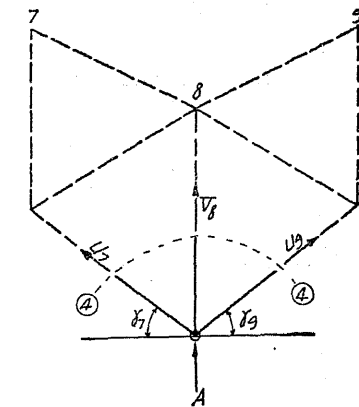
鉛直材 V_g に対しては断面 ④—④ に於て鉛直力の代数和をとる ($\gamma_7 = \gamma_9$)。

$$V_g + A + (U_7 + U_9) \sin \gamma_9 = 0$$

$$V_g = -[A + (U_7 + U_9) \sin \gamma_9]$$



第 48 圖



第 49 圖

註 (2)

弾性重心 (第 24 圖参照)

$$\delta_{ac} = \frac{\Sigma S_a S_c s}{EI} = 0 \text{ より弾性重心を求める。}$$

f = 拱矢 (中央径間拱頂に於ける上弦材の中軸より橋脚上のピンを結ぶ線までの距離)

c_o = 中央径間拱頂に於ける上弦材の中軸より弾性重心までの距離

$$c_u = f - c_o$$

y'_m = 上弦の拱頂を通る水平線と上弦格點 m の距離

S_{mc}^o, S_{mc}^u = 夫々 X_c に依る上弦材 (O_m) 及下弦材 (U_m) の應力

M_{mc}^o, M_{mc}^u = 夫々 X_c に依る上弦及下弦格點 m の彎曲率

他の記號は前の註に同じ。

$$S_{ma}^o = -\frac{M_{ma}^u}{h_m} \sec \beta_m$$

$$S_{mc}^o = -\frac{M_{mc}^u}{h_m} \sec \beta_m$$

$$S_{(m \pm 1)a}^u = -\frac{M_{(m \pm 1)a}^o}{h_m} \sec \gamma_{m \pm 1}$$

$$S_{(m \pm 1)c}^u = \frac{M_{(m \pm 1)c}^o}{h_m} \sec \gamma_{m \pm 1} \quad \left. \begin{array}{l} m = 1 \sim 7 \text{ に對しては } (-) \text{ を, } m = 9 \sim 17 \text{ に對しては } (+) \text{ を用ふ。} \end{array} \right\}$$

上弦材に於て

$$\frac{S_a S_c s}{EF} = \frac{S_{ma}^o S_{mc}^o \lambda \sec \beta_m}{EF_o} = \frac{2\lambda}{EF_u} \frac{M_{ma}^u M_{mc}^u}{h_m^2} \sec^3 \beta_m$$

下弦材に於て

$$\frac{S_a S_c s}{EF} = \frac{S_{(m \pm 1)a}^u S_{(m \pm 1)c}^u \lambda \sec \gamma_{m \pm 1}}{EF_u} = \frac{\lambda}{EF_u} \frac{M_{ma}^u M_{mc}^o}{h_m^2} \sec^3 \gamma_{m \pm 1}$$

$m = 1 \sim 7$

$$\frac{S_a S_c s}{EF} = \frac{\lambda}{EF_u} \frac{1}{h_m^2} (2M_{ma}^u M_{mc}^u \sec^3 \beta_m + M_{ma}^o M_{mc}^u \sec^3 \gamma_{m-1})$$

$$\text{然るに } M_{ma}^u = M_{ma}^o = -\frac{m}{8}, \quad M_{mc}^u = M_{mc}^o = -\frac{m}{8}(f - c_o)$$

$$\begin{aligned} \frac{S_a S_c s}{EF} &= \frac{\lambda}{EF_u} \frac{m}{8h_m^2} (2 \sec^3 \beta_m + \sec^3 \gamma_{m-1}) \frac{m}{8} (f - c_o) \\ &= \frac{\lambda}{EF_u} \left\{ -\frac{m}{8} (f - c_o) w_{ma} \right\} \end{aligned}$$

$m = 8$

$$\frac{S_a S_c s}{EF} = \frac{\lambda}{EF_u} \left\{ -\frac{1}{2} w_{8a} (f + y'_8) + c_o w_{8a} \right\}$$

$m = 9 \sim 17$

$$M_{ma}^o = M_{ma}^u = -1, \quad M_{mc}^o = c_o - y'_m, \quad M_{mc}^u = c_o - (h_m + y'_m)$$

従つて

$$\begin{aligned} \frac{S_a S_c s}{EF} &= \frac{\lambda}{EF_u} \frac{-1}{h_m^2} (2 \sec^3 \beta_m + \sec^3 \gamma_{m+1}) c_o + \frac{\lambda}{EF_u} \frac{1}{h_m^2} \left\{ 2(h_m + y'_m) \sec^3 \beta_m + y'_m \sec^3 \gamma_{m+1} \right\} \\ &= \frac{\lambda}{EF_u} \left\{ c_o w_{ma} - y'_m w_{ma} + \frac{2}{h_m} \sec^3 \beta_m \right\} \end{aligned}$$

$m = 18$

$$\frac{S_a S_c s}{EF} = \frac{\lambda}{EF_u} \left\{ \frac{1}{2} c_o w_{18a} - \frac{h_{18}}{2} w_{18a} \right\}$$

是等の値を用ひて c_o を求むれば次の如し。

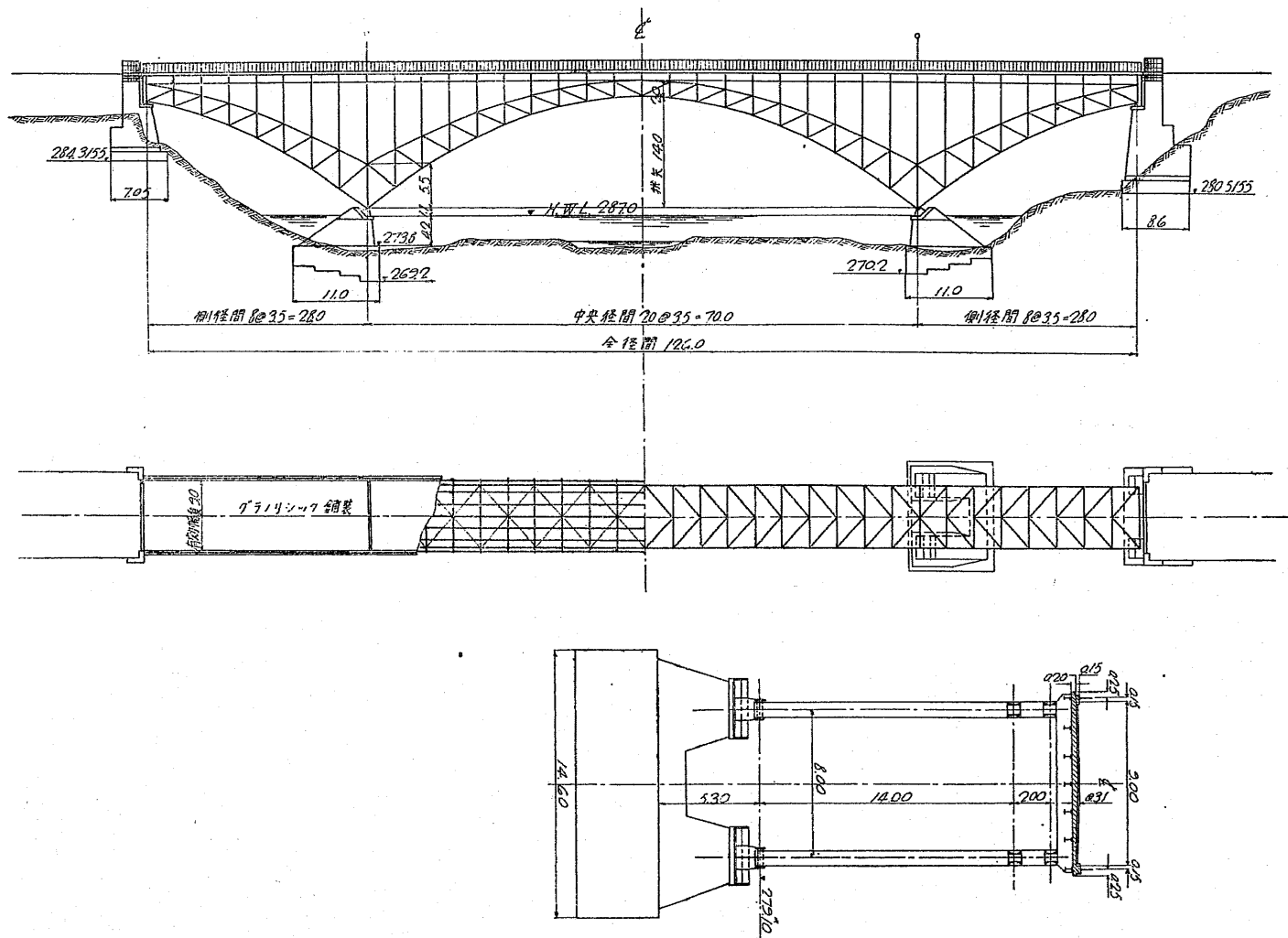
$$\begin{aligned} \Sigma \frac{S_a S_c s}{EF} &= \frac{\lambda}{EF_u} \left[c_o \sum_1^7 \frac{m}{8} w_{ma} - f \sum_1^7 \frac{m}{8} w_{ma} - \frac{1}{2} (f + y'_8) w_{8a} + c_o w_{8a} \right. \\ &\quad \left. + c_o \sum_9^{17} w_{ma} - \sum_9^{17} y'_m w_{ma} + 2 \sum_9^{17} \frac{1}{h_m} \sec^3 \beta_m + \frac{1}{2} c_o w_{18a} - \frac{h_{18}}{2} w_{18a} \right] = 0 \\ c_o &= \frac{\frac{f}{8} \sum_1^7 m w_{ma} + \frac{1}{2} (f + y'_8) w_{8a} + \sum_9^{17} y'_m w_{ma} - 2 \sum_9^{17} \frac{1}{h_m} \sec^3 \beta_m + \frac{h_{18}}{2} w_{18a}}{\frac{1}{8} \sum_1^7 m w_{ma} + w_{8a} + \sum_9^{17} w_{ma} + \frac{1}{2} w_{18a}} \end{aligned}$$

$$\text{然るに } \frac{f}{8} = \frac{16}{8} = 2, \quad y'_8 = f - h_8 = 16 - 5.5 = 10.5$$

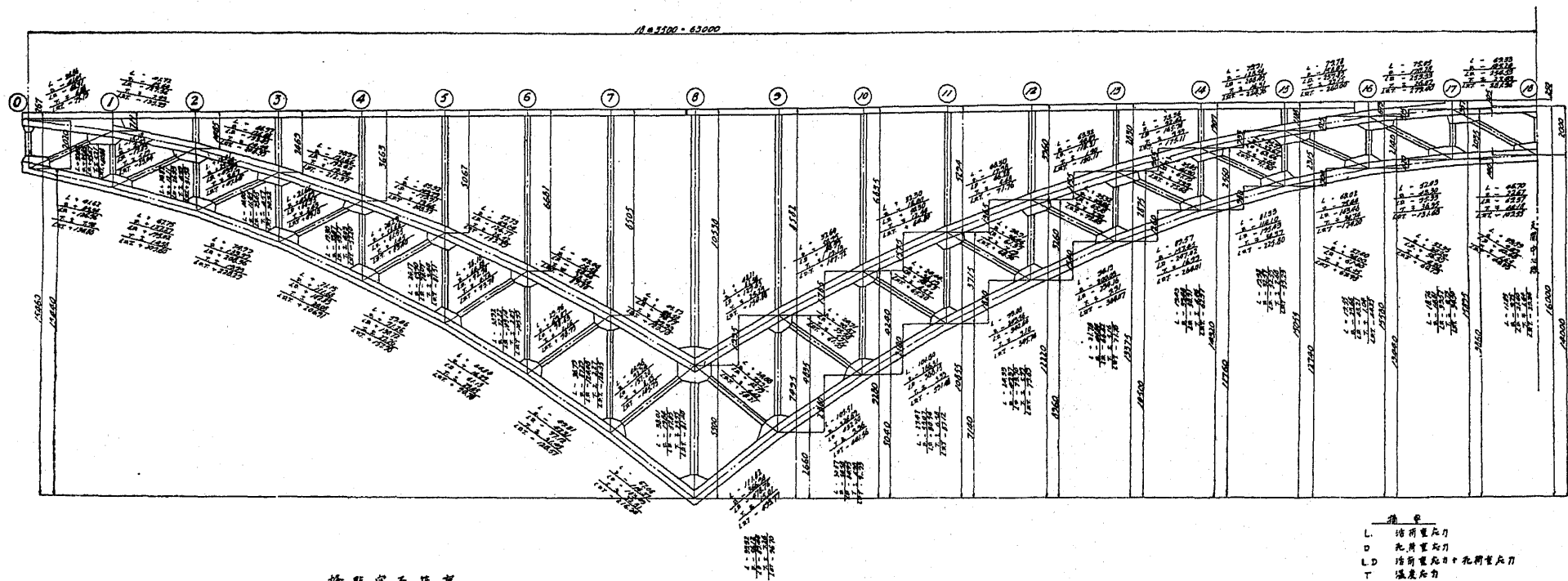
$$\frac{1}{2} (f + y'_8) = \frac{1}{2} (16 + 10.5) = 13.25, \quad h_8 = 2$$

$$c_o = \frac{2 \sum_1^7 m w_{ma} + 13.25 w_{8a} + \sum_9^{17} y'_m w_{ma} - 2 \sum_9^{17} \frac{1}{h_m} \sec^3 \beta_m + w_{8a}}{\frac{1}{8} \sum_1^7 m w_{ma} + w_{8a} + \sum_9^{17} w_{ma} + \frac{1}{2} w_{18a}}$$

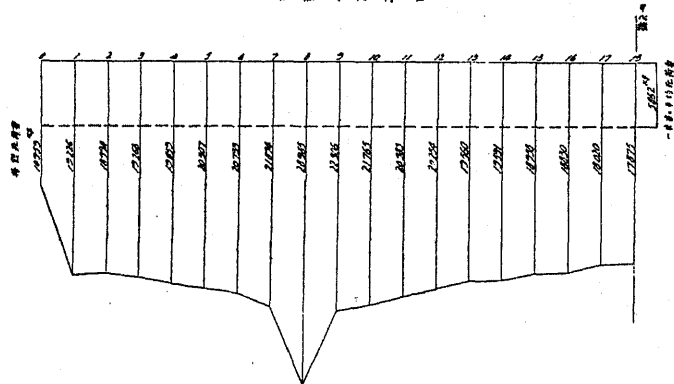
—(46)—



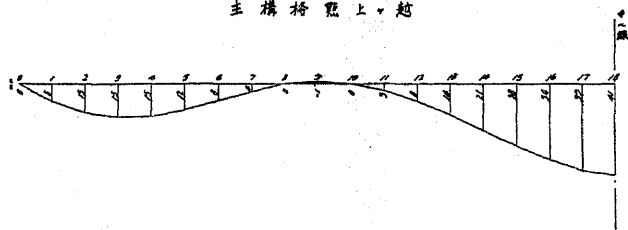
第 46 圖 (其 一)



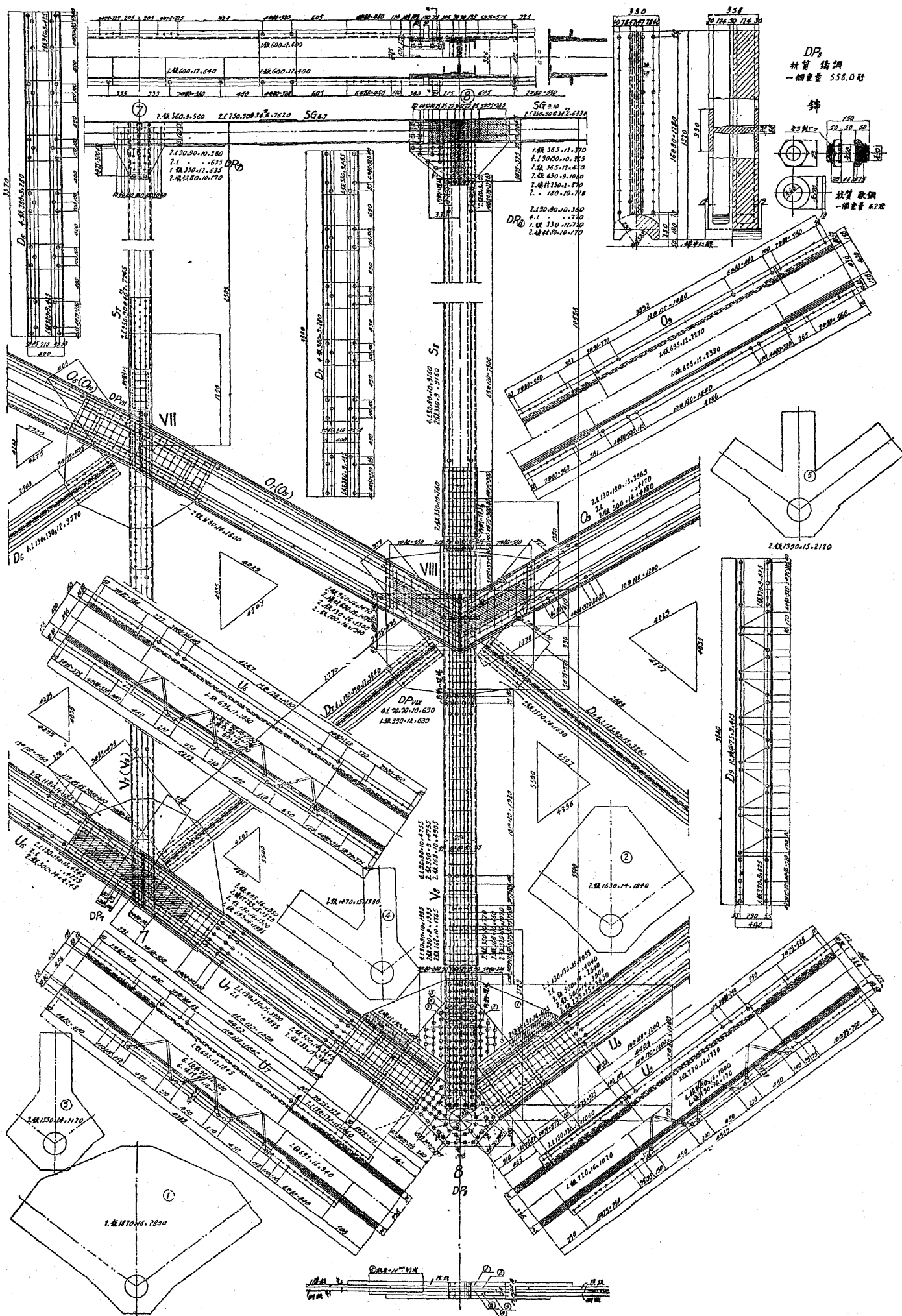
橋樑空壳荷重



主橋樑點上之起



- 橋樑
- L. 活荷重反力
 - D. 死荷重反力
 - L D. 活荷重反力 + 死荷重反力
 - T. 溫度反力
 - L D T. 活荷重反力 + 死荷重反力 + 溫度反力
 - P. 張力
 - 壓力
 - 死荷重八橋長 1 米 + 付 6 米
 - 活荷重 (第二種荷重)
 - 群衆荷重 $W = \frac{10000}{2.500} = 4000$
 - 衝擊係數 $1 + \frac{10000}{20000} = 1.5$
 - 最大反力 = 空壳中所有之群衆荷重 + 橋長 (1-1-1)
 - 反力單位 噸



第 45 圖 (其 四)

