

附 錄 (I)

第十六表 拋物線形二段拱拱 = 於 μ 彎曲率 $M = mP_1$ m の値

荷重ノ位置 分格點	(拱頂)										荷重ノ位置 分格點
	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	
19	+0.068	+0.124	+0.167	+0.198	+0.216	+0.223	+0.216	+0.197	+0.166	+0.122	1
18	+0.183	+0.241	+0.325	+0.385	+0.420	+0.430	+0.416	+0.385	+0.314	+0.226	2
17	+0.191	+0.347	+0.467	+0.550	+0.598	+0.609	+0.585	+0.525	+0.429	+0.297	3
16	+0.241	+0.435	+0.583	+0.685	+0.740	+0.749	+0.711	+0.627	+0.497	+0.320	4
15	+0.279	+0.502	+0.670	+0.781	+0.837	+0.838	+0.783	+0.672	+0.505	+0.283	5
14	+0.304	+0.545	+0.720	+0.833	+0.882	+0.868	+0.791	+0.649	+0.445	+0.176	6
13	+0.313	+0.556	+0.730	+0.834	+0.882	+0.832	+0.726	+0.551	+0.305	+0.010	7
12	+0.307	+0.539	+0.697	+0.780	+0.790	+0.725	+0.585	+0.371	+0.083	+0.280	8
11	+0.283	+0.480	+0.618	+0.670	+0.644	+0.542	+0.362	+0.105	+0.229	+0.641	9
10	+0.242	+0.406	+0.492	+0.500	+0.430	+0.281	+0.055	+0.250	+0.633	+0.1094	10
9	+0.183	+0.289	+0.318	+0.270	+0.145	+0.058	+0.338	+0.695	+0.1129	+0.641	11
8	+0.107	+0.139	+0.097	+0.019	+0.210	+0.475	+0.815	+0.1229	+0.717	+0.280	12
7	+0.013	+0.043	+0.170	+0.266	+0.633	+0.968	+0.1374	+0.849	+0.894	+0.010	13
6	+0.097	+0.257	+0.480	+0.767	+0.1118	+0.532	+0.1016	+0.551	+0.155	+0.176	14
5	+0.221	+0.498	+0.831	+0.1219	+0.1663	+0.1162	+0.0717	+0.328	+0.006	+0.283	15
4	+0.359	+0.765	+0.1217	+0.1715	+0.1260	+0.851	+0.0489	+0.173	+0.097	+0.320	16
3	+0.509	+0.1051	+0.1634	+0.2450	+0.0902	+0.590	+0.315	+0.075	+0.129	+0.297	17
2	+0.667	+0.1359	+0.1075	+0.0815	+0.0580	+0.370	+0.184	+0.023	+0.114	+0.226	18
1	+0.832	+0.0676	+0.0523	+0.0404	+0.0289	+0.178	+0.084	+0.003	+0.066	+0.122	19

(+) 記號ハ拱ノ上部ニ應張力ヲ生ス

附 錄 (II)

第十七表 拋物線形無段拱拱 = 於 μ 彎曲率 $M = mP_1$ m の値

荷重ノ位置 分格點	(拱頂)										荷重ノ位置 分格點
	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	
19	-0.065	-0.040	-0.019	-0.001	+0.014	+0.025	+0.033	+0.038	+0.039	+0.031	1
18	-0.225	-0.137	-0.062	+0.001	+0.052	+0.091	+0.117	+0.132	+0.134	+0.102	2
17	-0.430	-0.259	-0.113	+0.009	+0.107	+0.180	+0.239	+0.254	+0.230	+0.181	3
16	-0.640	-0.379	-0.157	+0.027	+0.173	+0.230	+0.349	+0.379	+0.325	+0.240	4
15	-0.820	-0.476	-0.183	+0.056	+0.242	+0.376	+0.457	+0.485	+0.384	+0.254	5
14	-0.945	-0.532	-0.186	+0.094	+0.308	+0.455	+0.537	+0.553	+0.502	+0.202	6
13	-0.995	-0.540	-0.161	+0.139	+0.362	+0.507	+0.575	+0.565	+0.477	+0.069	7
12	-0.960	-0.492	-0.109	+0.187	+0.397	+0.520	+0.557	+0.507	+0.372	+0.160	8
11	-0.835	-0.388	-0.032	+0.232	+0.404	+0.484	+0.473	+0.369	+0.179	-0.493	9
10	-0.625	-0.234	+0.063	+0.266	+0.375	+0.390	+0.313	+0.141	-0.135	-0.936	10
9	-0.340	-0.042	+0.164	+0.278	+0.301	+0.232	+0.070	-0.183	-0.528	-0.493	11
8	0	+0.173	+0.259	+0.259	+0.173	0	-0.259	-0.605	-0.37	-0.160	12
7	+0.369	+0.339	+0.330	+0.194	-0.019	-0.310	-0.679	-0.1126	-0.650	+0.069	13
6	+0.735	+0.579	+0.357	+0.070	-0.284	-0.704	-1.191	-0.744	-0.362	+0.202	14
5	+1.055	+0.712	+0.316	-0.132	-0.633	-1.187	-0.793	-0.452	-0.164	+0.254	15
4	+1.280	+0.749	+0.179	-0.429	-0.760	-0.483	-0.245	-0.044	+0.116	+0.240	16
3	+1.354	+0.647	+0.085	-0.841	-0.623	-0.256	-0.110	+0.011	+0.109	+0.181	17
2	+1.214	+0.387	-0.510	-0.301	-0.284	-0.107	-0.036	+0.023	+0.068	+0.102	18
1	+0.789	-0.171	-0.135	-0.102	-0.073	-0.0047	-0.0025	+0.010	+0.022	+0.031	19

(+) 記號ハ拱ノ上部ニ應張力ヲ生ス

附 錄 (III)

鋼 拱 橋 設 計 例

吳 服 橋

次ノ一篇ハ工學士花房周太郎氏ノ寄稿ニカ、リ茲ニ
 之ヲ掲載スルヲ得ルニ至ツタノハ著者ノ大イニ喜ビ
 トスル處デアル。タゞ使用術語ノ譯字ニ關シテハ岡
 氏ノモノト著者ノトノ間ニ大分相異ガアツタリテ、
 レハ著者ガ本書ニ使ツテ來タ譯字ニ大概改メタ。コ
 レ專ラ讀者ノ便ヲ計ランガ爲メノ老婆心カラテ、特
 記シテ同氏ノ寛恕ヲ願フ次第デアル。尙ホ彎曲率ノ
 符號ニ就テモ、拱ノ上部ニ應壓力ヲ生ズルモノヲ氏ハ
 正(+)トシ著者ハ負(-)ヲ用ヒ全く正反對トナツテキル
 コレハ其ノ儘ニシテ置イタガ併セテ讀者諸君ノ誤解
 ナカラレコトヲ望ムノデアル。

(著 者 註)

緒 言

現代ノ公道橋トシテ最モ廣ク用ヒラレ、然モ比較的長
 徑間ニ適スル橋梁ハ鋼拱橋デアル。且又市街橋トシテ
 其ノ美觀ヲ添フル點ニ於テ、鋼材ノ重量ヲ比較的節約シ
 得ル點ニ於テ、將タ上路橋トシテ水路ノ交通斷面ヲ大ナ
 ラシムル點ニ於テ、最モ利益アル型式デアル。サレバ歐
 米ニ於テモ、吾ガ國ニ於テモ、鋼拱橋ノ架設セラレタ其ノ
 數頗ル多イ。本橋ハ東京市橋梁課ニ於テ改築セラレタ
 ル橋梁デ、二鉸拱肋橋 (Two hinged rib arch bridge) ト稱スル
 モノデアル。其ノ徑間ハ兩鉸ノ中心間一百呎デ、正矢
 (Effective rise) ハ十呎ノ拋物線形デアル。即チ拱肋ノ扁
 平率 (Flatness) ハ十分ノ一デ、此種ノ橋梁トシテハ徑間ニ
 於テモ扁平率ニ於テモ最モ普通ノ大サデアル。

抑モ拱肋ハ其ノ原理主トシテ彈性原理ニ基クモノデ
 アルカラ、普通ノ桁橋設計ニ比シテ手數ヲ要スル點尠ク
 ナイ。

凡ソ鐵橋ノ設計ニハ其ノ準據スベキ設計示方書
 (Specification) ナルモノヲ必要トスルガ、本設計ニハワヂル
 氏示方書(書名 De Pontibus) ヲ用ヒ、電車荷重ノ如キハ東京
 市規定ノ標準荷重ニ據ツタノデアル。

第 一 章

總 論

第一節 基礎公式

今第一圖ニ於テ ACB ヲ拋物線狀ノ二鉸拱トスル、其ノ上ノ任意ノ一點ヲ E トシ、正矢 CO ヲ h ニテ表ハシ、 l_1 ヲ半徑間、 b ヲ徑間ノ中心 O ヨリ測リタル E 點ノ距離トシ、E 點ノ直坐標 (Rectangular Coordinates) ヲ (x, y) トスレバ、此ノ拋物線ハ次ノ式デ表ハサレル

$$y = \frac{hx}{l_1^2}(2l_1 - x) \quad \text{A 點ヲ原點 (Origin) トシタルトキ}$$

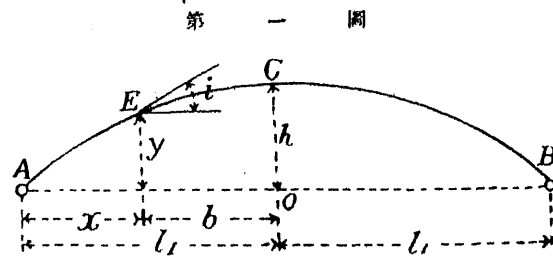
或ハ $y = \left[1 - \left(\frac{b}{l_1}\right)^2\right]h \quad \text{O 點ヲ原點トシタルトキ}$

第二ノ式ヲ $k = \frac{b}{l_1}$ 或ハ $b = kl_1$ ト置イテ變化スレバ次ノ如クナル

$$y = (1 - k^2)h$$

任意ノ點 (E) ニ於ケル拋物線ノ傾斜 (Inclination)

第一圖ノ如ク E 點ニ於ケル接線ガ水平線トナス角ヲ i トスレバ、 i ハ傾斜角デ、其



ノ正切即チ $\tan i$ ハ E 點ノ傾斜度ヲ示ス譯デアアル。 $\tan i$ ハ次ノ様ナ變化ヲ行ツテ簡單ナ式デ表ハサレル。

$$y = \frac{hx}{l_1^2}(2l_1 - x) = \frac{h}{l_1^2}(2l_1x - x^2)$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{h}{l_1^2}(2l_1 - 2x) = \frac{2h}{l_1^2}(l_1 - x)$$

$$= \frac{2h}{l_1^2}b = 2\frac{h}{l_1}k$$

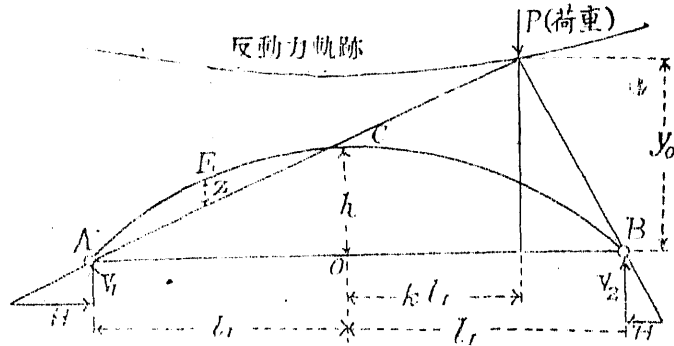
$$\therefore \tan i = 2\frac{h}{l_1}k$$

次ニ本設計ニ引用スル所ノ主要ナル公式ヲ列舉スルガ、元來此等ノ公式ハ拱肋各部ノ惰率 (Moment of Inertia) ハ拱頂 (Crown) ヨリ起拱點 (Springing) ニ至ルニ從ヒ、其ノ傾斜角ノ正割ノ比ヲ以テ漸次増大スルモノナリト云フ假定ノ下ニ誘導セラレタモノデアアル。即チ式デ此ノ假定ヲ表ハスト、次ノ如クナル。

$$I = I_c \sec i$$

式中 I ハ任意ノ點ノ惰率、 I_c ハ拱頂ニ於ケル惰率デアアル。サレバ嚴密ナ理論カラ云ヘバ、此ノ假定ニ一致スル様ニ拱肋ノ斷面ヲ變化按配シナケレバナラナイ譯デアアルガ、ソナ事ハ到底實行シ難イノミナラズ、正矢ト徑間トノ比ガ比較的小ナル拱肋デハ、其ノ斷面略ボ均一ナルニ於テハ、結果ニ於テ考ヘナケレバナラヌ程ノ誤差ヲ見ナイ。故ニ拱肋ノ扁平率ガ割合ニ小ナル時ハ、該假定ノ下ニ誘導シタ公式ヲ一般ニ公用シテ居ル。本橋ノ如キ

第二圖



是扁平率十分之一ヲ、比較的扁平ナ拱肋デアアルカラ、此等ノ公式ヲ採用スルノデアアル

(i) 反動力軌跡ノ縦距 (Ordinates of Reaction Locus)

$$y_0 = \frac{32}{5(5-k^2)} h \quad (\text{原點ヲO點ニトル})$$

(ii) 水平推力 (Horizontal Thrust)

$$H = \frac{1-k^2}{2} \times \frac{5(5-k^2)}{32} P \frac{l_1}{h}$$

(iii) 彎曲率 (Bending Moment)

$$M = H \cdot z$$

(E點ノ彎曲率ニシテzヲ隔線 intercept トイフ)

(iv) 垂直反動力 (Vertical Reaction)

$$V_1 = \frac{1}{2} P(1-k) \quad V_2 = \frac{1}{2} P(1+k)$$

(v) 軸推力 (Axial Thrust)

$$T = H \cos i + V_1 \sin i = (H + V_1 \tan i) \cos i$$

(i ナル傾斜角度ノ位置ニ於テ)

(vi) 向心剪力 (Radial Shear)

$$S = V_1 \cos i - H \sin i = (V_1 - H \tan i) \cos i$$

(i ナル傾斜角度ノ位置ニ於テ)

(vii) 溫度ノ變化ニ依ル水平反動力 (Horizontal Reaction due to Temperature change)

$$H_t = \pm \frac{15}{8} \frac{EI_c t \varepsilon}{h^2}$$

Eハ彈性係數、tハ溫度變化度、εハ膨脹係數

(viii) 肋縮ニ依ル水平反動力 (Horizontal Reaction due to Rib shortening)

$$H_s = -\frac{15}{8} \frac{I_c f'}{h^2}$$

式中 I_c 及 νh ハ拱肋ノ性質ニ依リテ定マル常數デアアルガ、 f' ハ軸推力ノ平均強度 (Average Intensity of Axial thrust) ヲ示スモノデアツテ、之ハ拱肋ニ働ク外力及溫度ノ變化ニ依ル。反動力並ニ之等ヨリ、生ズル肋縮ノ影響ニ基クモノデアアルカラ、却ツテ求メントスル未知ノ H_s ノ値ニ關係スルノデアアル。從ツテ此ノ公式ハ稍々複雑デアアルガ、次ノ様ニシテ極メテ簡單ナ公式ニ變化スル事ガ出來ル。

今 f_1 ヲ肋縮ノ影響ヲ除イタ自餘ノ外力並ニ溫度ノ變化ニ基ク軸推力ノ平均強度トスレバ、之ヨリ起ル水平反動力ハ

$$H_s = \frac{15}{8} \frac{I_c}{h^2} f_1$$

次 = 肋縮 = 依ル任意ノ點ノ軸推力強度ハ

$$\frac{H_c \cos i}{A} \quad \text{式中 } A \text{ ハ 拱肋斷面積}$$

今拱肋ヲ幾ツカニ分割シテ格點ノ數 (Number of Panel Points) ヲカトシテ、兩端ノ鉸點ハ他ノ格點ノ半分ノ役目ヲ受持ツモノトスレバ、肋縮 = 依ル平均軸推力強度ハ

$$-\frac{H_c \sum \cos i}{(n-1)A} = -\frac{15}{8} \frac{I_c}{h^2} \frac{\sum \cos i}{(n-1)A} f_1$$

(拱肋ノ斷面積ガ徑間ヲ通ジテ均一デナイ時ニハ、式中ノ $\frac{\sum \cos i}{A}$ ノ代リニ $\sum \frac{\cos i}{A}$ ヲ置換スレバヨイ)此ノ式ニ於テ $\frac{15}{8} \frac{I_c}{h^2} \frac{\sum \cos i}{(n-1)A}$ ハ與ヘラレタル拱肋ニ就イテハ常數デアルカラ、簡單ノ爲メ之ヲ m ニテ表ハス、然ル時ハ此ノ式ハ次ノ如クナル。

$$-\frac{H_c \sum \cos i}{(n-1)A} = -\frac{15}{8} \frac{I_c}{h^2} \frac{\sum \cos i}{(n-1)A} f_1 = -m f_1$$

依ツテ $f_1 - m f_1$ ハ第一次ノ平均軸推力強度デアル、又此ノ第一次軸推力 = 對シテ拱肋ハ變縮スベシ、其所謂肋縮ノ平均軸推力強度ハ $-m(f_1 - m f_1)$ 故ニ

$$\text{第二次平均軸推力強度} = f_1 - m(f_1 - m f_1) = f_1(1 - m + m^2)$$

$$\text{同様ニ} \quad \text{第三次平均軸推力強度} = f_1(1 - m + m^2 - m^3)$$

順次斯クノ如ク

$$\text{最後ノ平均軸推力強度} = f_1(1 - m + m^2 - m^3 + \dots)$$

$$\text{二項定理ニ依リ(但シ } m < 1) \quad = f_1(1 + m)^{-1} = f_1 \frac{1}{1 + m}$$

$$\text{即チ} \quad f = f_1 \frac{1}{m + 1}$$

單位荷重 (Unit load) ガ各格點ニ懸ルトキニ生ズル各水平推力 (H) :-

$$H = \frac{1-k^2}{2} \times \frac{5(5-k^2)}{32} P \frac{l_1}{h} = \text{於テ } P=1 \quad \frac{l_1}{h} = \frac{50}{10} = 5$$

格點	0 (20)	1 (19)	2 (18)	3 (17)	4 (16)	5 (15)
k	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
$1-k^2$	0.0	0.19	0.36	0.51	0.64	0.75
$\frac{1}{2}(1-k^2)$	0.000	0.095	0.180	0.255	0.320	0.375
$\frac{5}{32}(5-k^2)$	0.62500	0.65470	0.68125	0.70470	0.72500	0.74250
$\frac{1}{2}(1-k^2) \times \frac{5}{32}(5-k^2)$	0.0000	0.0622	0.1256	0.1797	0.2320	0.2783
$H = \frac{1-k^2}{2} \times \frac{5(5-k^2)}{32} \times 5$	0.000	0.311	0.613	0.899	1.160	1.392

格點	6 (14)	7 (13)	8 (12)	9 (11)	10 (10)
k	0.4	0.3	0.2	0.1	0
$1-k^2$	0.84	0.91	0.96	0.99	1.00
$\frac{1}{2}(1-k^2)$	0.420	0.455	0.480	0.495	0.500
$\frac{5}{32}(5-k^2)$	0.75625	0.76720	0.77500	0.77970	0.78125
$\frac{1}{2}(1-k^2) \times \frac{5}{32}(5-k^2)$	0.3176	0.3491	0.3720	0.3860	0.3906
$H = \frac{1-k^2}{2} \times \frac{5(5-k^2)}{32} \times 5$	1.588	1.746	1.860	1.930	1.953

單位荷重ガ各格點ニ懸ルトキニ生ズル各垂直反動力 (V_1 及 V_2) :-

格點	0 (20)	1 (19)	2 (18)	3 (17)	4 (16)	5 (15)
k	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
$1-k$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2}(1-k)$	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
$1+k$	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}(1+k)$	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75

格點	6 (14)	7 (13)	8 (12)	9 (11)	10 (10)
k	0.4	0.3	0.2	0.1	0
$1-k$	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{2}(1-k)$	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
$1+k$	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{2}(1+k)$	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50

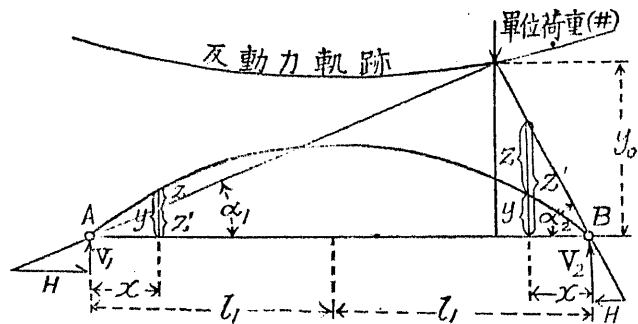
第二節 變 曲 率

變曲率ノ第一節ニ掲ゲタ (iii) 式ニ依リテ求ムル事ガ出來ル即チ $M=H.z$

式中ニヲ隔線ト稱スル事ハ前ニ述ベタガ、之ハ第四圖ニ示ス如ク平衡多邊形 (Equilibrium polygon) ト拱肋線トノ間ニ割取セラル、垂直距離デアル、而シテ平衡多邊形ハ圖ニ於テ直グ分ル如ク、荷重ノ位置並ニ格點ノ位置ニ依リテ拱肋線ノ上方ニアル事モアレバ、又下方ニ位スルコトモアル、之ニ依リテ變曲率ニ正負アル事モ分ル次第デアルガ、今平衡多邊形ヨリ下方ニ測ツタニテ正トシ、上方ニ測ツタニテ負トスル、然ラバ z ノ値ハ次ノ式デ求メル事ガ出來ル、但シテ拱肋ノ縱距デ既ニ求メラレテ居リ、 z' ハ平衡多邊形ノ縱距デ之モ y_0 ノ値ガ求メラレテアルカラ容易ニ求メラレル。

$$z = z' - y$$

第 四 圖



又Hハ水平推力デ既ニ求メラレテアルカラ、變曲率Mハ直ニ求ムル事ガ出來ル、今單位荷重ガ格點(11)ニ懸ルトキニ各格點ニ於ケル變曲率ヲ求メテ見ン。(第一表)

(注意) 荷重ノ單位ハ單位荷重デアアルカラ何デモヨイ譯デアアルガ習慣ニ依リ封度トスル然ラバ變曲率ノ單位ハ自然呎封度デ表ハサレル譯デアアル是カラ特ニ斷ラナイ限リハ之ニ準ズルモノト心得テ欲シイ。

第一表 $y_0 = 12.82$, $H = 1930$

$$\tan \alpha_1 = 12.82 + 55' = 0.233, \quad \tan \alpha_2 = 12.82 + 45' = 0.285$$

格 點	1	2	3	4	5	6
x	5'	10'	15'	20'	25'	30'
$z' = \begin{cases} x \tan \alpha_1 \\ x \tan \alpha_2 \end{cases}$	1.17	2.33	3.50	4.66	5.83	6.99
y	1.9	3.6	5.1	6.4	7.5	8.4
$z = z' - y$	-0.73	-1.27	-1.60	-1.74	-1.67	-1.41
$M = H.z$	-1.4089	-2.4511	-3.0880	-3.3583	-3.3231	-2.7213

格 點	7	8	9	10	11	12
x	35'	40'	45'	50'	55'	60'
$z' = \begin{cases} x \tan \alpha_1 \\ x \tan \alpha_2 \end{cases}$	8.16	9.32	10.49	11.65	12.82	14.00
y	9.1	9.6	9.9	10.0	9.9	9.6
$z = z' - y$	-0.94	-0.28	+0.59	+1.65	+2.92	+4.40
$M = H.z$	-1.8142	-0.5404	+1.1387	+3.1815	+5.6356	+8.4740

格 點	13	14	15	16	17	18	19
x	35'	30'	25'	20'	15'	10'	5'
$z' = \begin{cases} x \tan \alpha_1 \\ x \tan \alpha_2 \end{cases}$	9.98	8.55	7.13	5.70	4.28	2.85	1.43
y	9.1	8.1	7.5	6.4	5.1	3.6	1.9
$z = z' - y$	+0.88	+0.45	-0.37	-0.70	-0.83	-0.75	0.47
$M = H.z$	+1.6934	+0.8805	-0.7141	-1.3510	-1.5826	-1.4475	-0.9071

同様ニシテ荷重ガ他ノ總ベテノ格點ニ懸ル場合ノ彎曲率ヲ求ムル事ガ出來ルガ煩雜ノ爲メ計算ヲ省キ結果ノミヲ一表ニ集メテ示ス事トスル。(第二表)

第二表

單位格點荷重ニ對スル彎曲率表(呎吋度)

格點 荷重ノ位置	1	2	3	4	5	
1	+4.1658	+3.3868	+2.6699	+2.0153	+1.4228	19
2	+3.3317	+6.7859	+5.3668	+4.0703	+2.8064	18
3	+2.5112	+5.2681	+8.1764	+6.2570	+4.5175	17
4	+1.7939	+3.8380	+6.0900	+8.5376	+6.2640	16
5	+1.1096	+2.4917	+4.1551	+6.0970	+8.3520	15
6	+0.4443	+1.2363	+2.4058	+3.8430	+5.5977	14
7	-0.0611	+0.2270	+0.8643	+1.8508	+3.1865	13
8	-0.5318	-0.6975	-0.4883	+0.0930	+1.9163	12
9	-0.9471	-1.4175	-1.5826	-1.3510	-0.7111	11
10	-1.2109	-2.0311	-2.4608	-2.4998	-2.1483	10
11	-1.4099	-2.4511	-3.0880	-3.3582	-3.2231	9
12	-1.5345	-2.6970	-3.4875	-3.9060	-3.9525	8
13	-1.5627	-2.7761	-3.6401	-4.1555	-4.3214	7
14	-1.5165	-2.7155	-3.5968	-4.1696	-4.4067	6
15	-1.3920	-2.5056	-3.3108	-3.8976	-4.1700	5
16	-1.2061	-2.1808	-2.9232	-3.4336	-3.7120	4
17	-0.9574	-1.7351	-2.3329	-2.7500	-2.9892	3
18	-0.6651	-1.2076	-1.6275	-1.9248	-2.0995	2
19	-0.3425	-0.6189	-0.8350	-0.9890	-1.0807	1
	19	18	17	16	15	格點 荷重ノ位置

格點 荷重ノ位置	6	7	8	9	10	
1	+0.8926	+0.4245	+0.0187	-0.3250	-0.6065	19
2	+1.8451	+0.9164	+0.1103	-0.5732	-1.1311	18
3	+2.9577	+1.5777	+0.3776	-0.6428	-1.4834	17
4	+4.2224	+3.1128	+0.8352	-0.5104	-1.6210	16
5	+5.8464	+3.6192	+1.6704	0	-1.3920	15
6	+7.6700	+5.0578	+2.7631	+0.7861	-0.8734	14
7	+4.8713	+6.9229	+4.2951	+2.0166	+0.0873	13
8	+2.3715	+4.0688	+6.1980	+3.7805	+1.3950	12
9	+0.2895	+1.6984	+3.4740	+5.6356	+3.1845	11
10	-1.0462	-0.2731	+1.2499	+3.1039	+5.4684	10
11	-2.7213	-1.8142	-0.5404	+1.1387	+3.1845	9
12	-3.6270	-2.9295	-1.8600	-0.4185	+1.3950	8
13	-4.1380	-3.1055	-2.7238	-1.4923	+0.0873	7
14	-4.3352	-3.0462	-3.2395	-2.2453	-0.8734	6
15	-4.1760	-3.8976	-3.3408	-2.5056	-1.3920	5
16	-3.7584	-3.5728	-3.1552	-2.5056	-1.6210	4
17	-3.0476	-2.9262	-2.6251	-2.1411	-1.4834	3
18	-2.1516	-2.6811	-1.8380	-1.5723	-1.1341	2
19	-1.1103	-1.0776	-0.9888	-0.8257	-0.6065	1
	14	13	12	11		格點 荷重ノ位置

第三節 軸 推 力

軸推力モ矢張第一節ニ掲ゲタ公式 (r) = 依リテ求ムルノデアル即チ

$$T = (H + V \tan i) \cos i$$

H = 水平推力

$$V = \text{垂直反動力} \begin{cases} V_1 \\ V_2 \end{cases}$$

i = 傾斜角

此等ノ $H, V, \tan i, \cos i$ ハ既ニ求メラタルヲ以テ、直ニ其ノ値ヲアテハメテ荷重状態 (Loading) ノ總ベテノ場合ニ對スル各格點ノ軸推力ヲ求ムル事ガ出來ルガ第二節ニ於ケルト同様格點 (11) ニ單位荷重ガ懸ル場合ノ一例ヲ示シテ、他ハ結果ノミヲ一表ニ示ス事トセン唯茲ニ V ノ値ヲ V_1 ニスベキカ V_2 ニスベキカハ明白ナル事柄デアアルガ、機械的ノ計算ニ於テハ一寸間違ヒ易イモノデアアルカラ注意スベキデアアル。(第三表第四表)

第三表 $H=1.930, V_1=0.45, V_2=0.55$

格點	0	1	2	3	4	5	6
$\tan i$	0.40	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16
$V \tan i$	0.189	0.162	0.144	0.126	0.108	0.090	0.072
$H + V \tan i$	2.110	2.092	2.074	2.056	2.038	2.020	2.002
$\cos i$	0.928	0.941	0.952	0.963	0.972	0.981	0.987
T	1.9581	1.9686	1.9744	1.9799	1.9809	1.9816	1.9760

格點	7	8	9	10	11	12
$\tan i$	0.12	0.08	0.04	0.	-0.04	0.04
$V \tan i$	0.054	0.036	0.018	0.	-0.018	0.023
$H + V \tan i$	1.984	1.966	1.948	1.930	1.912	1.952
$\cos i$	0.993	0.997	0.999	1.000	0.999	0.999
T	1.9701	1.9601	1.9461	1.9300	1.9101	1.9500

格點	13	14	15	16	17	18	19	20
$\tan i$	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.40
$V \tan i$	0.066	0.088	0.110	0.132	0.154	0.176	0.198	0.220
$H + V \tan i$	1.996	2.018	2.040	2.062	2.084	2.106	2.128	2.150
$\cos i$	0.993	0.987	0.981	0.972	0.963	0.952	0.941	0.928
T	1.9820	1.9918	2.0012	2.0043	2.0.69	2.0049	2.0024	1.9952

第四表 單位格點荷重ニ對スル軸推力表(寸度)

格點 荷重ノ位置	0	1	2	3	4	5	
1	0.6412	{ 0.6145 0.2757	0.2808	0.2860	0.2906	0.2953	19
2	0.9429	0.8817	{ 0.8578 0.5541	0.5634	0.5725	0.5817	18
3	1.1498	1.1339	1.1148	{ 1.0949 0.8235	0.8398	0.8525	17
4	1.3734	1.3626	1.3480	1.3328	{ 1.3141 1.0809	1.0987	16
5	1.5702	1.5639	1.5537	1.5427	1.5280	{ 1.5127 1.3165	15
6	1.7335	1.7314	1.7250	1.7180	1.7068	1.6952	14
7	1.8616	1.8632	1.8602	1.8567	1.8467	1.8404	13
8	1.9488	1.9535	1.9535	1.9530	1.9479	1.9424	12
9	1.9952	2.0024	2.0019	2.0069	2.0043	2.0012	11
10	1.9980	2.0072	2.0116	2.0156	2.0150	2.0149	10
11	1.9581	1.9686	1.9744	1.9799	1.9809	1.9816	9
12	1.8746	1.8858	1.8926	1.8940	1.9012	1.9031	8
13	1.7502	1.7616	1.7688	1.7758	1.7788	1.7815	7
14	1.5850	1.5959	1.6032	1.6104	1.6135	1.6167	6
15	1.3816	1.3946	1.4013	1.4079	1.4113	1.4146	5
16	1.1597	1.1593	1.1632	1.1710	1.1742	1.1772	4
17	0.8460	0.8568	0.8645	0.8762	0.8818	0.8843	3
18	0.6060	0.6107	0.6140	0.6173	0.6192	0.6210	2
19	0.3072	0.3096	0.3113	0.3130	0.3140	0.3149	1
	20	19	18	17	16	15	格點 荷重ノ位置

格點 荷重ノ位置	6	7	8	9	10	
1	0.2994	0.3029	0.3061	0.3087	0.3110	19
2	0.5892	0.5968	0.6032	0.6084	0.6130	18
3	0.8636	0.8748	0.8843	0.8921	0.8996	17
4	1.1133	1.1289	1.1406	1.1503	1.1600	16
5	1.3344	1.3525	1.3679	1.3803	1.3920	15
6	{ 1.6779 1.5200	1.5411	1.5593	1.5744	1.5880	14
7	1.8260	{ 1.8112 1.6924	1.7128	1.7303	1.7460	13

8	1.9306	1.9185	{ 1.9023 1.8225	{ 1.8422 1.9500	1.8600	12
9	1.9918	1.9820	1.9681	{ 1.9101 1.9710	1.9300	11
10	2.0066	1.9989	1.9870	1.9710	1.9530	10
11	1.9769	1.9701	1.9601	1.9461	1.9300	9
12	1.8990	1.8946	1.8863	1.8741	1.8600	8
13	1.7786	1.7755	1.7687	1.7582	1.7460	7
14	1.6147	1.6126	1.6072	1.5984	1.5880	6
15	1.4134	1.4120	1.4078	1.4006	1.3920	5
16	1.1765	1.1757	1.1725	1.1668	1.1600	4
17	0.9110	0.9106	0.9083	0.9041	0.8990	3
18	0.6208	0.6206	0.6191	0.6164	0.6130	2
19	0.3149	0.3148	0.3141	0.3127	0.3110	1
	14	13	12	11		格點 荷重ノ位置

第四節 向心剪力

向心剪力ノ計算モ軸推力同様別ニ説明ノ要ヲ見ナイ、
矢張格點(11)ニ付テ一例ヲ舉ゲ最後ニ結果ノミヲ表示
セン。

$$S = (V - H \tan i) \cos i.$$

V, H, $\tan i$, $\cos i$ ノ値ハ軸推力計算ニ於ケル例ト同ジ

(第五表第六表)

第五表

格點	0	1	2	3	4	5	6	7
Htan i	0.7720	0.6948	0.6176	0.5404	0.4632	0.3860	0.3088	0.2316
V - Htan i	-0.3220	-0.2448	-0.1676	-0.0904	-0.0132	+0.0640	+0.1412	+0.2184
S	-0.2988	-0.2304	-0.1596	-0.0871	-0.0128	+0.0628	+0.1324	+0.2169

格點	8	9	10	11	12	13
Htan i	0.1544	0.0772	0	-0.0772	0.0772	0.1544
V - Htan i	+0.2956	+0.3728	+0.4500	+0.5272	-0.4728	-0.3956
S	+0.2947	+0.3721	+0.4500	+0.5267	-0.4723	-0.3944

格點	14	15	16	17	18	19	20
Htan i	0.3088	0.3860	0.4632	0.5404	0.6176	0.6948	0.7720
V - Htan i	-0.2112	-0.1640	-0.0868	-0.0096	+0.0676	+0.1448	+0.2220
S	-0.2381	-0.1609	-0.0844	-0.0039	+0.0644	+0.1363	+0.2069

第六表 單位格點荷重ニ對スル向心剪力表(呎度)

格點 荷重ノ位置	0	1	2	3	4	5	
1	+0.7662	+0.7883	-0.1423	-0.1320	-0.1211	-0.1101	19
2	+0.6977	+0.6392	+0.6700	-0.2616	-0.2602	-0.2584	18
3	+0.4505	+0.4953	+0.5353	+0.5762	-0.3556	-0.3235	17
4	+0.3118	+0.3598	+0.4082	+0.4576	+0.5070	-0.4238	16
5	+0.1793	+0.2342	+0.2900	+0.3469	+0.4043	+0.4626	15
6	+0.0601	+0.1207	+0.1826	+0.2460	+0.3100	+0.3751	14
7	-0.0449	+0.0201	+0.0869	+0.1551	+0.2245	+0.2951	13
8	-0.1336	-0.0655	+0.0016	+0.0763	+0.1493	+0.2237	12
9	-0.2060	-0.1363	-0.0644	+0.0092	+0.0844	+0.1600	11
10	-0.2610	-0.1911	-0.1190	-0.0451	+0.0304	+0.1073	10
11	-0.2988	-0.2304	-0.1596	-0.0871	-0.0138	+0.0628	9
12	-0.3192	-0.2537	-0.1858	-0.1163	-0.0451	+0.0275	8
13	-0.3233	-0.2622	-0.1987	-0.1338	-0.0671	+0.0008	7
14	-0.3111	-0.2557	-0.1983	-0.1392	-0.0788	-0.0173	6
15	-0.2847	-0.2363	-0.1860	-0.1316	-0.0817	-0.0270	5
16	-0.2450	-0.2048	-0.1630	-0.1232	-0.0762	-0.0314	4
17	-0.1945	-0.1634	-0.1311	-0.0979	-0.0640	-0.0292	3
18	-0.1317	-0.1136	-0.0916	-0.0690	-0.0458	-0.0222	2
19	-0.0639	-0.0783	-0.0471	-0.0357	-0.0239	-0.0120	1
	20	19	18	17	16	15	格點 荷重ノ位置

格 點 荷重ノ位置	6	7	8	9	10	
1	-0.0985	-0.0867	-0.0747	-0.0623	-0.0500	19
2	-0.1955	-0.1724	-0.1486	-0.1244	-0.1009	18
3	-0.29 0	-0.2561	-0.2212	-0.1858	-0.1500	17
4	-0.38 6	-0.3368	-0.2919	-0.2462	-0.2 00	16
5	-0.4866	-0.4141	-0.3603	-0.3054	-0.2500	15
6	+ .4101 -0.5169	-0.4872	-0.4257	-0.3631	-0.3000	14
7	+0.3658	+0.4374 -0.5556	-0.4882	-0.4191	-0.3500	13
8	+0.2981	+0.3742	+0.4498 -0.5472	-0.4733	-0.4000	12
9	+0.2381	+0.3162	+0.3914	+0.4723 -0.5267	-0.4500	11
10	+0.1851	+0.2637	+0.3428	+0.4215	+0.5000	10
11	+0.1334	+0.2169	+0.2947	+0.3724	+0.4500	9
12	+0.1011	+0.1756	+0.2504	+0.3253	+0.4000	8
13	+0.0697	+0.1395	+0.2037	+0.2799	+0.3500	7
14	+0.0453	+0.1046	+0.1725	+0.2363	+0.3000	6
15	+0.0269	+0.0824	+0.1282	+0.1941	+0.2500	5
16	+0.0142	+0.0604	+0.1069	+0.1534	+0.2000	4
17	+0.00 1	+0.0418	+0.0779	+0.1139	+0.1500	3
18	+0.00 9	+0.0262	+0.0508	+0.0754	+0.1000	2
19	+0.002	+0.0126	+0.0259	+0.0376	+0.0500	1
	14	13	12	11		格 點 荷重ノ位置

注意：右及下ノこらむニ對スル數值ハ符號ノミ正負反對ナルベキコトヲ記憶セヨ

第五節 影響線 (Influence line)

影響線ノ詳シイ説明ハ諸君ガ既ニ力學ニ於テ御承知ノ事ト思フガ、之ハ凡ソ構造物 (Structure) ノ上ニ單位荷重ガ來タ時ニ、構造物ノ各點ニ起ル彎曲率、剪力、推力、撓度 (Deflection) 等荷クモ荷重ノ函數 (Function) タルベキ性質

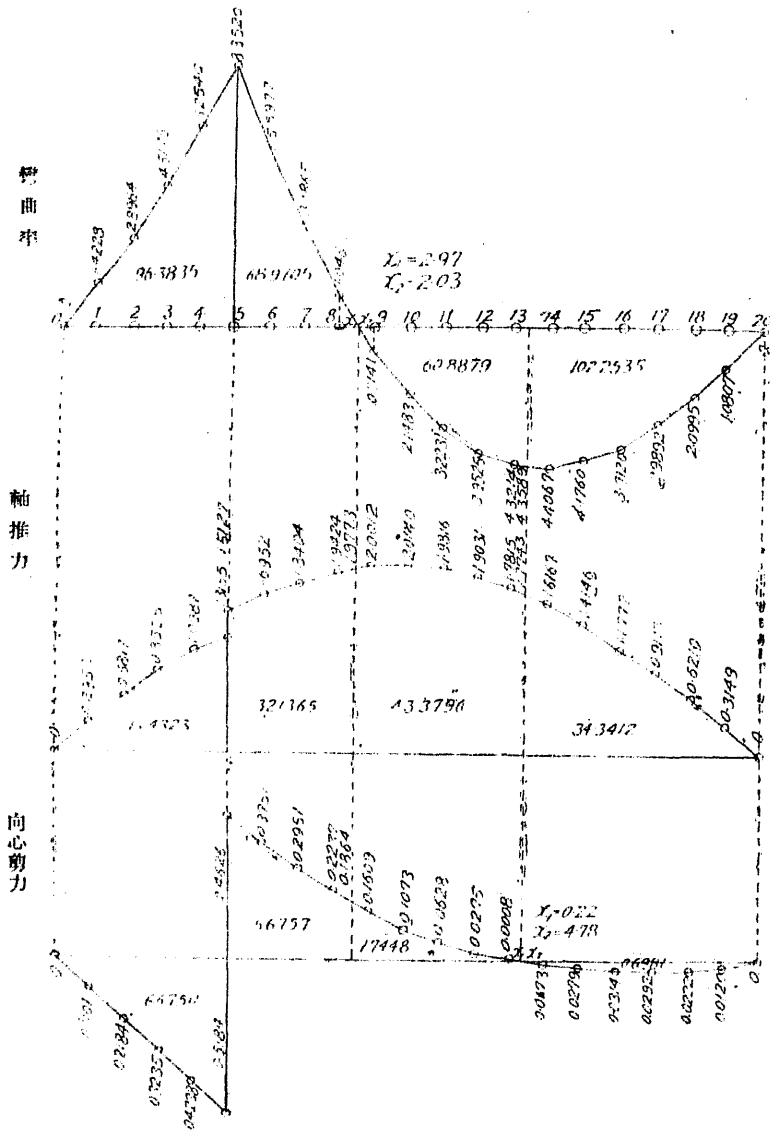
ノモノヲ圖示スル圖形デアツテ、之ヲ見レバ其等ノモノガ、荷重状態ニ依リテ如何ニ變化スルカ、其ノ變化ノ有様ヲ一目ニ瞭然タラシムル利益ガアル。前ニ第二節乃至第四節ニ於テ求メタ彎曲率(第二表)、軸推力(第四表)、向心剪力(第六表)ハ何レモ單位荷重ニ對スル値デアルカラ、其値ヲ其ノ儘縱距トシテ圖形ヲ畫ケバ、是即チ影響線デアル、故ニ一格點ニ付テ各々一ツ宛、都合三ツ一組ノ影響線ヲ得ル譯デアルガ、矢張一例トシテ格點(5)ニ付テ彎曲率、軸推力、向心剪力夫々ノ影響線一組ヲ示シ、他ノ格點ニ付テハ作り方同様デアルカラ、讀者練習用ノ爲メニ遺シ措キ、總ベテ省ク事トスル。

サテ格點(5)ノ影響線ヲ作ルニハ任意ノ横線 (Abscissa) ヲ引キ、其ノ上ニ任意ノ縮尺デ各格點(0)ヨリ(20)ニテ順次格點距離 (panel length) ヲ隔テ、トリ、其等ノ格點上ニ矢張任意ノ縮尺デ第二表、第四表、第六表ノ(5)こらむ中ニ揭示セラル、所ノ其等ノ格點ニ對應スル數值ヲ縱距トシテトリ、依テ以テ得タル各々ノ點ヲ結付クレバヨイ即チ第五圖ハ其デアル。

此ノ影響線ニ依レバ、如何ナル荷重状態ニ於テモ至極容易ニ而モ簡單明瞭ニ、一見シテ以テ彎曲率、軸推力及ビ向心剪力ノ變化ヲ知ル事ヲ得、即チ荷重ガ集合荷重ナル時ハ、其ノ荷重ノ位置ニ於ケル影響線ノ縱距ニ荷重ノ大サヲ乘ジタル積デアル、若シ集合荷重ガ二ツ以上アレバ、

第五圖

格點(5) = 對スル影響線 (Influence lines of point 5)



斯ル積ノ和ガ其デアアル、又等布荷重デアレバ其ノ荷重ノ前後兩端ニ於ケル縱距線ニ依リテ圍マル、面積所謂影響面積 (Influence Surface) ニ荷重ノ強度ヲ乗ジタル積デアアル、即チ

$$M \text{ (或ハ } T, S) = P \times \mu \text{ 或ハ } = A \times \omega$$

式中 P=集合荷重 μ =縱距

ω =等布荷重ノ強度 A=影響面積

之ニ依リテ見レバ荷重ガ等布荷重デアレバ、彎曲率其ノ他ハ影響面積ニ依リテ表ハサレルカラ、各格點ニ於ケル彎曲率等ノ大小ヲ比較研究スルニハ結局影響面積ノ大小ヲ對照スレバヨイ事ニナル、而シテ本橋ニ於テハ路面上ニ來ル荷重ハ總ベテ垂直材 (Vertical Post) ニ依リテ、拱肋ノ各格點ニ傳ハル様ニ構造スル設計デアルカラ、一見集合荷重トシテ取扱ハナケレバナラヌ様ニ思ハレルガ、仔細ニ考フル時ハ等布荷重トシテ取扱ツテモ、MナリTナリヲ求ムル點ガ格點デアリサヘスレバ理論上結果ニ於テ何等異ル所ガナイ、而モ等布荷重トシテ取扱ヘバ計算上ノ手數ヲ省ク上ニ於テ、非常ニ利益デアアル、故ニ等布荷重ノ取扱ヲナスモノトシテ種々ノ荷重狀態ニ對シテ影響面積ヲ計算スル必要ガアル、第五圖ニハ結果ノミヲ示シタガ其ノ計算ハ普通ノ幾何學的デ至極簡單不易デアルカラ、別ニ示サナイ事ニスル。

第五圖ノ如キ斯ル影響線ヲ、各格點ニ付テ一々作り種

種ノ荷重状態ニ對シテ影響面積ヲ計算シテ、一表ニ集メ
タモノガ第七表デ、之ハ順ル重要ナ表デアツテ、而モ眺メ
テ居ル内ニ種々面白キ事實ヲ感得シ、興味津々タルモノ
ガアル、即チ彎曲率乃至向心剪力ノ三者並ニ荷重状態相
互ノ關係、曰ハク一格點ノ彎曲率ノ最大値ハ如何、曰ク其

第七表 感應面積及ビ係數 (Influence Surface and Coefficient)

荷重状態	格點 種類	0 (20)	1 (19)	2 (18)	3 (17)	4 (16)	5 (15)
最大正彎 曲率ヲ與 フル場合	彎曲率		67.0324	115.9412	147.8636	163.6021	165.3540
	軸推力		39.2117	40.5915	42.6968	45.1182	49.5688
	向心剪力		+ 10.8679	+ 7.6507	+ 1.5614	+ 1.6349	- 0.9993
最大負彎 曲率ヲ與 フル場合	彎曲率		66.3537	114.8900	146.2378	161.9188	163.1414
	軸推力		93.4271	90.3600	86.8802	82.8519	77.7208
	向心剪力		- 10.7920	- 7.5767	- 4.4952	- 1.5770	+ 1.0467
最大軸推 力ヲ與 フル場合	彎曲率		+ 0.6787	+ 1.0512	+ 1.6258	+ 1.6836	+ 2.2126
	軸推力	134.3351	132.6388	130.9515	129.5770	128.2601	127.2696
	向心剪力	+ 0.0689	+ 0.0759	+ 0.0740	+ 0.0662	+ 0.0579	+ 0.0474
最大正向 心剪力ヲ 與フル場 合	彎曲率		+ 56.4645	+ 80.4293	+ 80.2137	+ 57.8111	+ 8.0826
	軸推力	38.5139	41.7539	45.6421	51.4769	60.5518	75.5161
	向心剪力	14.1337	11.2751	9.2024	7.8770	7.1514	7.4205
最大負向 心剪力ヲ 與フル場 合	彎曲率		- 55.7858	- 79.4381	- 78.5879	- 56.2106	- 5.8700
	軸推力	95.8212	90.8840	85.2694	78.1101	67.7083	51.7735
	向心剪力	14.0648	11.1992	9.1284	7.8103	7.2015	7.3731
溫度變化 ノ影響	彎曲率		± 3.6176	± 6.8544	± 9.7104	± 12.1856	± 14.2800
	軸推力	+ 1.7669	± 1.7917	+ 1.8112	± 1.8336	+ 1.8507	+ 1.8678
	向心剪力	± 0.7083	± 0.6455	± 0.5807	± 0.5141	± 0.4446	± 0.3732
筋縮ノ影 響	彎曲率		+ 0.000247	+ 0.000468	+ 0.000663	+ 0.000832	+ 0.000975
	軸推力	- 0.000121	- 0.000122	- 0.000124	- 0.000125	- 0.000126	- 0.000128
	向心剪力	+ 0.000048	+ 0.000041	+ 0.000049	+ 0.000035	+ 0.000031	+ 0.000025

荷重状態	格點 種類	6 (14)	7 (13)	8 (12)	9 (11)	10
最大正彎 曲率ヲ與 フル場合	彎曲率	151.2318	132.9166	103.7183	89.8441	73.6128
	軸推力	54.4493	60.8602	68.8929	60.5828	57.9600
	向心剪力	- 3.3077	- 5.1353	- 6.3298	- 2.8132	- 2.5000
最大負彎 曲率ヲ與 フル場合	彎曲率	151.7604	130.0313	100.8350	77.8906	70.7410
	軸推力	71.8429	61.5082	56.2108	61.2470	66.7970
	向心剪力	+ 3.3462	+ 5.1637	+ 6.1872	+ 2.8536	+ 2.5000
最大軸推 力ヲ與 フル場合	彎曲率	+ 2.4714	+ 2.8753	+ 2.9833	+ 2.9535	+ 2.8719
	軸推力	126.2922	125.6681	125.1337	124.8298	124.7570
	向心剪力	+ 0.0385	+ 0.0254	- 0.1426	+ 0.0104	+ 2.5000
最大正向 心剪力ヲ 與フル場 合	彎曲率	- 95.5246	- 84.1740	- 63.8142	- 32.7945	+ 1.4359
	軸推力	101.4942	92.4576	82.7064	72.6170	62.3785
	向心剪力	8.5618	10.1839	11.2784	12.2247	12.5000
最大負向 心剪力ヲ 與フル場 合	彎曲率	+ 97.9970	+ 87.3493	+ 65.6975	+ 35.7480	+ 1.4359
	軸推力	24.7980	33.2108	42.427	52.128	62.3785
	向心剪力	8.5233	10.1555	11.4249	12.2193	12.5000
溫度變化 ノ影響	彎曲率	± 15.9936	± 17.3264	± 18.2781	± 18.8496	± 19.0400
	軸推力	± 1.8792	± 1.8907	± 1.8983	± 1.9021	± 1.9046
	向心剪力	± 0.3008	± 0.2266	± 0.1523	± 0.0726	± 0.0
筋縮ノ影 響	彎曲率	+ 0.001092	+ 0.001183	+ 0.001248	+ 0.001287	+ 0.00130
	軸推力	- 0.000128	- 0.000129	- 0.000130	- 0.000130	- 0.00013
	向心剪力	+ 0.000021	+ 0.000015	+ 0.000010	+ 0.000005	+ 0.0

注意—M(T.S)—面積×等布荷重強度(毎呎)

溫度變化ノ影響=係數×L (L in inch)

筋縮ノ影響=係數×L×f'(f' in 1/1000)

時ニ於ケル他ノ二者ノ値ハ如何、曰ク絶對最大値ノ彎曲
率ヲ與フル荷重状態ハ如何、曰ク何々々等重要ナル多ク
ノ問題柄乎トシテ指呼ノ中ニアリ、蓋シ熟覽玩味ニ値ス
ルモノデアリ。

第六節 溫度變化ノ影響

(Temperature Effect)

溫度ノ變化ハ華氏ノ百二十度乃至百五十度ト一般ニ認メラル、今其ノ最大ヲトリテ百五十度トシ、即チ常溫ヨリ $\pm 75^\circ\text{F}$ ノ變化アルモノト考ヘル、此ノ溫度ノ變化ニ依ル水平反動力ハ第一節ニ掲ゲタ公式 (vii) ニ依リテ求ムル事ヲ出來ル、即チ

$$H_r = \pm \frac{15}{8} \cdot \frac{I_c I_c'}{h^2}$$

式中ノ E ハ彈性係數、 ϵ ハ膨脹係數デ鋼鐵ニ對スル其等ノ値ハ諸大家ノ採擇スル所少シヅ、ノ異同ハアルガ、要スルニ大同小異デ

$$E = 30,000,000 \text{ lb./in.}^2 \quad \epsilon = 0.0000065 \text{ per } 1^\circ\text{F}$$

此位ノ所ヲ妥當ト認メル、ノハ溫度ノ變化デ、カハ拱肋ノ正矢何レモ其ノ値ハ既知數デアル、即チ

$$t = \pm 75^\circ\text{F} \quad h = 10' = 120''$$

唯惰率 I_c (吋單位デ表ハサル) ノミガ拱肋ノ斷面未決定ノ内ニアルヲ以テ、從テ未知數デアル、故ニ公式中ノ I_c 以外ノ既知ノ因數バカリヲ計算シ置キ、之ヲ I_c ノ係數トシテ取扱ハバ次ノ如クナル。

$$H_r = \pm \frac{15}{8} \cdot \frac{30,000,000 \times 75 \times 0.0000065}{120^2} I_c = \pm 1.904 I_c \text{ in lbs.}$$

此ノ H_r ニ依リテ生ズル彎曲率、軸推力及ビ向心剪力ガ所謂溫度變化ノ影響デアツテ、夫々第一節ノ公式 (iii)、(v) 及ビ (vi) ニ基イテ各格點ニ於ケル値ヲ計算スルノデアルガ、矢張格點 (5) ニ付テ一例ヲ示シ、他ハ結果ノミヲ第七表ニ集メテ一目ノ便ニ供セン。

$$(1) \text{ 彎曲率 } M_r = H_r y \quad y = \text{拱肋ノ縱距} = 7.5$$

$$\therefore M_r = \pm 1.904 I_c \times 7.5 = \pm 14.2800 I_c \text{ in ft.-lbs.}$$

$$(2) \text{ 軸推力 } T_r = H_r \cos i \quad \cos i = 0.981$$

$$\therefore T_r = \pm 1.904 I_c \times 0.981 = \pm 1.8678 I_c \text{ in lbs.}$$

$$(3) \text{ 向心剪力 } S_r = H_r \sin i \quad \sin i = 0.196$$

$$\therefore S_r = \pm 1.904 I_c \times 0.196 = \pm 0.3732 I_c \text{ in lbs.}$$

第七節 肋縮ノ影響 (Rib Shortening Effect)

肋縮ニ依ル水平反動力ハ第一節ノ公式 (viii) 即チ

$$H_r = -\frac{15}{8} \cdot \frac{I_c I_c'}{h^2}$$

ニ依リテ求ムル事ヲ得式中 I_c 及ビ I_c' ハ第六節ニ於ケルト同様デアルガ、 I_c' ハ軸推力ノ平均強度デ第一節ニ詳シク説明シタ所ノモノデアル、故ニ本式ニ於テ I_c 及ビ I_c' ハ未知數デアルカラ、是以外ノ因數ヲ計算シテ、其ヲ $I_c I_c'$ ノ係數トシテ取扱フ、然ラバ

$$H_r = -\frac{15}{8} \times \frac{1}{120^2} \times I_c I_c' = 0.000131 I_c I_c' \text{ in lbs.}$$

此ノH、ニ依リテ生ズル彎曲率乃至向心剪力ヲ肋縮ノ影響ト稱シ其等ノ値ノ計算法ハ第六節ノ溫度變化ノ影響ト全く同様デアルカラ、例解ヲモ省キ直ニ結果ノミヲ第七表ニ集メル事トスル。

第八節 平均軸推力ノ影響面積

(Influence Surface of Average thrust)

本橋設計ノ應力計算ニ於テ特ニ厄介ナル手數ト時間トヲ費シテ意ヲ用ヒタルハ肋縮ノ影響ニ對スル計算デアアル之ハ第一節ニ詳シク説明シテ既ニ讀者ノ會得セル如ク唯單ニ拱肋ニ働ク荷重ヤ溫度ノ變化ニ依ル反動力等直接ノ外力ニ對スル肋縮ノミデナク更ニ其肋縮ガ新シキ肋縮ヲ産ミ此ノ産レタル肋縮ガ又新々肋縮ヲ産ムト云フ様ニ恰モ親ヨリ子ヲ生ジ子ヨリ孫曾孫ト追加的複利的ニ續生スル所ノ肋縮ノ影響ヲモ考慮ノ中ニ加ヘタ事デ冷眼的ニ之ヲ其ノ結果ヨリ視ル時ハ大シタ量ニ上ラナイカラ犠牲ニシタ手數ト時間トニ値シナイ感ハアルガ理論ニ一致セシメタ快感トコンナ事ハ無視シテモ差支ナイト主張スル公論ノ程度サ加減ヲ實際數字のニ確知スル事ガ出來ル利益ヲモ伴フカラ一概ニ無用ヨバワリヲシタモノデモナカラウカ、ソコデ本節ノ題目タル平均軸推力ト云フノハ單ニ荷重ヤ溫度ノ變化ノ如キ直接ノ外力ノミニ基ク軸推力ノ平均強度ヲ意味スルノ

デアツテ嚴正デハナイガ其ヲ簡單ニ唱ヘタ丈ケデ第一節ニ於ケルハヲ指スルノデアアル此ノハノ値ヲ求ムレバ第一節及ビ第七節ニ述ベタ所ニ依リテ合理的ノ肋縮ノ影響ヲ計算スル事ヲ得ルノデアアル倍テ此ノ平均軸推力ヲ求メンニハ總ベテノ格點ニ對スル彎曲率軸推方向心剪力三者ノ影響線ニ依リテ計算スルノデアアルカラ是非共之ヲ必要トスル影響線ノ作り方ハ一例ヲ示シテ第五節ニ委曲説明シタ所デアアルガ其等ノ影響線ニ就イテ有ユル荷重狀態即チ各格點ニ夫々正負ノ最大彎曲率ト正負ノ最大向心剪力並ニ最大軸推力ヲ與フル五ツノ場合ヲ考ヘ其等ノ場合ニ於テ各格點ニ生ズル軸推力ヲ表ハス所ノ影響面積ヲ幾何學的ニ求メ之ヲ平均シタルモノガ則チ平均軸推力ヲ表ハスベキ影響面積デアアル故ニ此ノ面積ニ荷重ノ強度ヲ乘ズレバ求ムル所ノ所謂平均軸推力デアアル斯クノ如クシテ求メタル影響面積ハ第八表ニ集メテ示シタモノデアツテ其ノ計算ノ如キハ單ニ平

第八表 平均軸推力ノ影響面積 (Influence Surface of Average Thrust)

荷重狀態	格點	0 (20)	1 (19)	2 (18)	3 (17)	4 (16)	5 (15)
最大正彎曲率ヲ與フル場合			32.4954	35.5593	39.0147	42.8256	47.6966
最大負彎曲率ヲ與フル場合			89.4228	86.3589	82.9035	79.1926	74.2216
最大軸推力ヲ與フル場合		121.9182	"	"	"	"	"
最大正向心剪力ヲ與フル場合		29.8697	34.6892	39.8080	46.3506	55.8588	70.8302
最大負向心剪力ヲ與フル場合		92.0485	87.2290	82.1102	75.5676	66.0594	51.6840
溫度變化ノ影響		1.7678	"	"	"	"	"

荷重狀態	格點 6 (14)	7 (13)	8 (12)	9 (11)	10
最大正彎曲率ヲ與フル場合	53.0924	59.6478	67.5836	59.2105	56.7689
最大負彎曲率ヲ與フル場合	68.5258	62.2704	54.3346	62.7077	65.1493
最大軸推力ヲ與フル場合	"	"	"	"	"
最大正向心剪力ヲ與フル場合	96.6171	88.4768	79.6768	70.4328	60.9613
最大負向心剪力ヲ與フル場合	25.3011	33.4414	42.2414	51.4854	60.9569
溫度變化の影響	"	"	"	"	"

易ナル幾何學的求積算法ニ過ギザルヲ以テ總ベテ之ヲ省クベシ。

第九節 設計ニ必要ナル應力ノ種類

吾人ハ前各節ニ於テ如何ナル荷重狀態ニ對シテモ各種ノ應力ヲ計算スル事ヲ得ル丈ケノ總ベテノ準備ヲ整ヘヌ故ニ之等ニ實際ノ設計荷重ヲ適用シテ拱肋ノ各格點ニ於ケル應力即チ彎曲率軸推力向心剪力等ヲ見出シ之ニ對シテ拱肋ノ斷面、鉸釘ノ打綴及ビ繼手ノ如何等ヲ決定考案スレバ足ルノデアアルガ儲テ之等各種ノ應力ヲ計算スルニ當リテ必要ニシテ充分ナル有ユル場合ヲ考ヘナケレバナラヌ而シテ此等ノ場合ハ要スルニ次ニ列擧スル所ニ依リテ盡キテ居ルノデアアル。

(A) 最大彎曲率

(1) 死重 = 基ク	彎曲率	軸推力	剪力
負ノ溫度變化 = 基ク	同	同	同
活重 = 基ク	負彎曲率	同	同

肋縮 = 基ク	彎曲率	軸推力	剪力
(2) 死重 = 基ク	同	同	同
正ノ溫度變化 = 基ク	同	同	同
活重 = 基ク	正彎曲率	同	同
肋縮 = 基ク	彎曲率	同	同

(B) 最大軸推力

(1) 死重 = 基ク	軸推力	彎曲率	剪力
正ノ溫度變化 = 基ク	同	同	同
活重 = 基ク	同	同	同
肋縮 = 基ク	同	同	同

(C) 最大向心剪力

(1) 死重 = 基ク	剪力	彎曲率	軸推力
正ノ溫度變化 = 基ク	同	同	同
活重 = 基ク	正剪力	同	同
肋縮 = 基ク	剪力	同	同
(2) 死重 = 基ク	同	同	同
負ノ溫度變化 = 基ク	同	同	同
活重 = 基ク	負剪力	同	同
肋縮 = 基ク	剪力	同	同

(A) 及ビ (B) ハ拱肋ノ斷面ヲ決定スルニ必要デアツテ (C) ハ鉸釘及ビ繼手ノ按排ヲ工夫スル資料トナルモノデアアル。

第二章 床部ノ設計

(Design of Floor system)

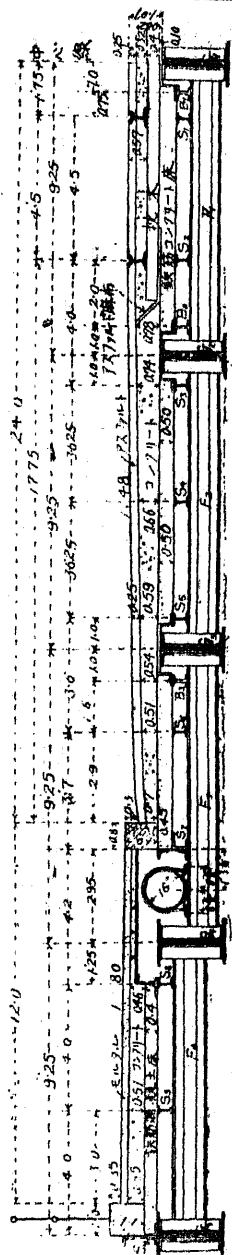
第一章ノ各節ニ於テ吾人ハ拱肋ニ生ズル各種應力ノ計算ニ必要ナル有ユル表ト注意トヲ與ヘテ總ベテノ準備ヲ終ヘタカラ其等ヲ適用シテ實際ノ諸荷重ニ對スル應力ヲ求メ直ニ拱肋ノ設計ニ取掛カルノガ順序デアアルガ其レニ先ツテ床部 (Floor System) ノ設計ヲシテ其ノ重量ヲ計算シ以テ拱肋ノ上ニ來ル死重ヲ知ルノ要ガアル此ノ必要ヨリシテ拱肋ノ設計ハ跡廻ハジトシ先ツ順序トシテ床部ノ設計ヲ初メル事トスル僭テ茲ニ所謂床部ト云フハ人畜ヲ初メ牛馬車、電車、自動車等有ユル橋上ノ通過物ニ直接接觸スル所ノ路面並ニ其ノ基礎ヲナス所ノ路床尙之ヲ支フル小桁 (Stringer) 横桁 (Cross Beam) 支柱 (Strut) 等順次相傳ヘテ荷重ヲ拱肋ニ及ボス總ベテノ仲介構造物ノ總稱デアアル、抑々此ノ床部ナルモノハ公道橋ニ於テハ鐵道橋ナドノ其レノ如ク簡素單純ナルニ反シ頗ル複雑精緻大ニ考慮ヲ要スルモノデアツテ單ニ交通ヲシテ平滑愉快ナルベク抵抗ヲ少ナカラシムル要務ヲ果スバカリデハ足リナイ橋梁自身ノ鐵部ヲ保護シ瓦斯

水道ノ鐵管並ニ電信電話ノ電纜等重要ナル文明ノ利器ヲ收容シナケレバナラヌ從ツテ之等ヲ雨水撒水霜雪塵埃等ノ傷害ヨリ保護シナケレバナラヌカラ防水及ビ排水等ノ設備裝置ヲ完全ニシ一方交通能力ヲ増大セン爲メニ最善ノ構造ヲ要シ更ニ市街風致ノ一部ヲ形成スルノデアアルカラ美觀ノ點ニモ留意シナケレバナラヌ其レガ爲メ諸般ノ知識ト周密ナル注意並ニ巧妙ナル考案ヲ要シ斯界ノ専門大家ト雖モ之ガ設計ニハ少カラズ腦漿ヲ絞ル所デアツテ單ニ路面ノ幅員ヤ長、勾配等ニ就テモ六ケ敷イ議論ノ存スル位デ其レ等ヲ一々記述スル事ハ極メテ興味アリ且ツ有益ナル事デハアルガ本論デハ目的外ニ屬スルカラ此レ等ハ一切抜キニシテ床部ノ設計ト云ツテモ其ノ構造ノ據リテ來ル所以ハ之ヲ論ゼズ唯特ニ強サ (Strength) ニ依リテ決定シナケレバナラヌモノヨミニ就イテ其ノ計算法ヲ示スニ止メル、然シ其ノ他ノ構造ニ至リテモ漠然論據ナキモノハ一トシテナイ皆夫々緊要ナル理由ノ下ニ考案シタモノデアアル事ハ豫メ記憶ニ存シテ置イテ貰フ必要ガアル、以下順次計算法ヲ示スニ先ツテ床部構造ノ大要ヲ説明シヨウ。

第六圖ハ其ノ大體ヲ示シタモノデ之ハ徑間百呎ノ中央ニ於ケル横斷面ノ半分デアアル車道八間人道二間宛合計十二間ノ幅員デ路面ハ車道ガ厚サ二寸五分ノあすふあると舗道人道ガ厚サ二寸ノ膠泥舗道ヲ敷キ其ノ下ニ

座褥ノ用ト路面横勾配調整ノ目的ニテ混凝土ヲ填充シ此レ等ノ基礎トシテ車道ハ厚サ五寸人道ハ四寸ノ鐵筋混凝土床板 (Reinforced concrete slab) ヲ用ヒ之ヲ I 形鋼ノ小桁デ承ケテ更ラニ版桁ノ横桁デ支ヘル様ニシ横桁ハ之ヲ支柱ニ取付ケ支柱ハ拱肋上ニ樹立固定セシムル様ニ構造シタノデアル然ルニ路面ノ縦勾配ハ中央ヨリ兩橋臺ニ到ルニ從テ漸次急變シテ前後道路ニ至リテ初メテ二十分一ノ勾配ヲトラシムル様ニ拋物線狀ノ勾配トシ且ツ横桁以上ノ橋床ハ全徑間ニ亘リ同一断面ヲトラシメタ結果縦勾配ニ伴フ路面ノ低下ハ支柱ノ頂部デ横桁ノ取付ヲ整調加減シテ宜敷ヲ得ル様ニ按排シタ茲ニ横桁ノ取付ケハ支柱ニ施スヲ原則トシタガナルベク路面ノ低下ヲ欲スルノト床部ノ厚サヲ減少シテ經濟ヲ計ル目的ヨリ徑間ノ中央部ニ於テハ支柱ヲ省イテ直接拱肋ノ腹部ニ取付ケ

第六圖 吳風車橋橫斷面圖 (徑間ノ中央ニ於ケケル)



ル様ニシタ圖ハ即チ其ノ狀ヲ示シタモノデ兩端ニ至ルニ從ヒ支柱ニ取付クル様ニナツテ居ル圖中 S₁ ハ小桁、F ハ横桁、G ハ拱肋ヲ示ス符號デアツテ以下示ス所ノ計算ニハ此ノ符號ヲ用フル、唯 B₁、B₂、B₃ 等ノ小桁 (I 形鋼ト山形鋼ヨリ成ル)並ニ S₂ 及ビ S₃ ノ上ノ山形鋼 (Angle) ハ横桁ヲ拱肋ノ腹部ニ取リ付ケタ爲メニ起ル必要ニ依リテ裝置シタモノデ全徑間ニ亘リテ居ルモノデハナク中央ノ一部ニ介在スルノミデアルカラ之等ハ計算外トシタ。

搜テ本章ニ於テハ床板、小桁、横桁及ビ支柱ノ四節ニ分ツテ夫々記述スル積リデアツタガ此等ノ計算ハ至ツテ簡易平凡デ何等感興ヲ惹クモノナキノミナラス本章ノ主ナル目的ハ拱肋ノ計算ニ存シテ此等ノ計算ハ云ハノ副デアルカラ早ク此ノ目的ニ達スル爲メニ其等ノ内鐵筋混凝土デ稍々興味アリト思ハル、床板ニ付テノ計算法ヲ示シ他ハ省略シテ本章ヲ終ル事トスル。

第十節 鐵筋混凝土床板ノ設計

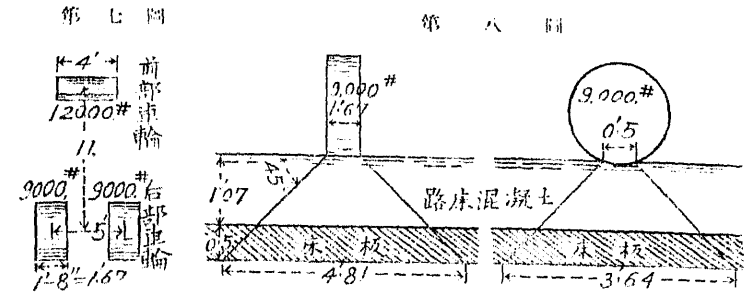
(Design of Reinforced concrete slab)

本床板ハ型枠 (Centering) ヲ組建テ、其ノ上デ鐵筋ヲ網ミ混凝土ヲ打ツ所謂場所詰メノ仕組デアルカラ出來上ツタモノハ全橋面ニ亘リテ連續的一體ノモノデ其レガ多クノ小桁ノ上ニ支ヘラル、ノデアルカラ真正ノ計算ヲ試ミヨウトスレバ頗ル複雜ナルモノデアルガ、假令

其レ程ノ手數ヲカケテモ結果ニ於テ經濟上左程得ル所ガナイト云フ見地ヨリ理論上純正ナル計算法デハナイガ手數ガ省ケルノト誤差ガアツテモ安全ノ側デアルカラ小桁ニ依リテ支持セラル、單桁トシテ桁幅一呎即チ一呎毎ニ切目アルモノト考ヘテ計算ヲ行フノデアアル以下順次記述スル計算ハ床板バカリデナク拱肋ニ至ルマデ同様デアアルガ最初概算的ニ断面ヲ假定シテ置イテ其レニ實際ノ荷重ヲ働カシテ幾何ノ應力ヲ生ズルカラ計算シ其ノ結果假定断面ガ果シテ安全ニシテ適當ナリヤ否ヤヲ照査スル方式ヲ採ツタ、併テ此ノ床板ハ前述ノ如ク其ノ厚サ車道ニ於テ五寸入道ニ於テ四寸ト假定シテ各部ノ照査計算ヲ行ツタノデアアルガ茲ニハ一例トシテ最モ危險ナル部分ノ小桁 S_1 ト S_2 トノ間ヲ照査シテ他ハ同様デアアルカラ一切省ク事トスル。

此床板ノ上ニ來ル最大活重トシテわでる氏示方書第一級荷重 (class A) 即チ十五噸 (米噸 = 2,000^{kg}) ノ修道轉子 (Road-roller) ヲ採用スル其轉子ハ大體第七圖ニ圖解スル如キモノデアアル。

此ノ轉子ガ路床混凝土ヲ傳ハリテ床板上ニ其ノ重量ヲ分布スル方向ヲ四十五度ト見積リテ此レガ路面上ニ轉轆シテ如何ナル状態ニ至リタル時最モ危險ナル影響ヲ床板ノ此ノ部分ニ及ボスベキカト云フニ後子 (Rear roller) ノ何レカ一方ガ徑間即チ S_1 ト S_2 ノ中央ニ位スル



時デアアル事ハ第八圖ノ圖解ニ依リテ容易ニ視察スル事ガ出來ル吾人ハ此ノ可能的最大危險状態ニ對シテ照査計算ヲ行ハナケレバナラス但シ活重ニ對スル撃衝係數 (Impact coefficient) ハわでる氏ノ公道橋ニ對スルモノ即チ次式ニテ表ハサル、モノヲ用フル。

$$I = \frac{100}{\sqrt{1+150}}$$

活重ノ分布面積ハ $4.81 \times 3.64 = 17.5'$

故ニ活重ノ強度ハ $9,000 \div 17.5 = 514 \text{ lb/ft}^2$

床板ノ徑間即チ S_1 ト S_2 トノ距離ハ 4.5 呎ナルヲ以テ撃衝係數ハ 0.65 ナリ故ニ撃衝餘裕ヲ加算シタ活重ノ強度ハ

$$514 \text{ lb/ft}^2 \times 1.65 = 848 \text{ lb/ft}^2$$

$$\therefore \text{活重最大彎曲率} = \frac{1}{8} \times 848 \times 4.5^2 = 2150 \text{ lb-ft} = 25,800 \text{ lb-in}$$

$$\text{同最大剪力} = 848 \times 2.25 = 1,910 \text{ lb}$$

次ニ死重ノ強度ヲ計算スレバ次ノ如シ但シ軌道枕木ノ間隔ヲ 1.5 呎トス。

土瀝青舗道	$0.25 \times 120^w/\text{ft.}^2$	=	$30^w/\text{ft.}^2$
混 凝 土	0.72×140 ..	=	101 ..
枕 木	$0.40 \times 0.70 \times \frac{1}{1.5} \times (140 - 40)^w/\text{ft.}^2$	=	19 ..
土瀝青布	$0.10 \times 120^w/\text{ft.}^2$	=	12 ..
床 板	0.50×150 ..	=	75 ..
			199^w/\text{ft.}^2

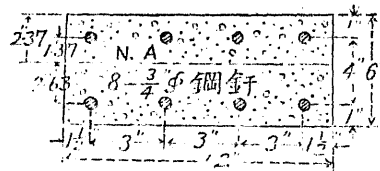
∴ 死重最大彎曲率 = $\frac{1}{8} \times 199 \times 4.5^2 = 510^w/\text{ft.}^2 = 6,120^w/\text{ft.}^2$

同最大剪力 = $199 \times 2.25 = 450^w$

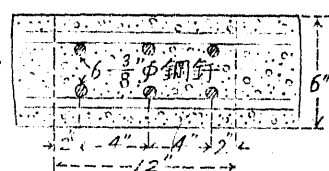
∴ 全最大彎曲率 = $25,800 + 6,120 = 31,920^w/\text{ft.}^2$

∴ 全最大剪力 = $1,910 + 450 = 2,360^w$

第九圖



第十圖



床板ノ斷面並ニ鐵筋ノ配置ヲ第九圖ノ如ク決定ス。

圖示ニ依リテ抗張或ハ抗壓鐵筋ノ斷面積 (Area of tension or Compression reinforcements) ハ $F_s = 4 \times 0.4418\text{in}^2 = 1.767\text{in}^2$

鐵筋ト混凝土ノ彈性係數ノ比ヲ次ノ如ク定ム

$n = 15$

然ルトキハ $nF_s = 15 \times 1.767\text{in}^2 = 26.5\text{in}^2$

故ニ該斷面中軸 (Neutral axis) ノ位置ハ上端ヨリ測リテ

$$-\frac{2 \times 26.5}{12} + \sqrt{\left(\frac{2 \times 26.5}{12}\right)^2 + \frac{2 \times 26.5 \times 6}{12}}$$

$$= -4.42 + 6.79 = 2.37$$

∴ 惰率 = $\frac{1}{3} \times 12 \times 2.37^3 + 26.5 \times (1.37^2 + 2.63^2) = 286.19 \text{ inch}^4$

斷面係數 (Section modulus) = $286.19 \div 2.37 = 121 \text{ inch}^3$

∴ 混凝土ノ綠維應壓力 (Extreme Compressive fibre stress)

$$= 31,920^w/\text{ft.}^2 \div 121 = 264^w/\text{in}^2$$

< $500^w/\text{in}^2$ (實用應壓力)

鐵筋ノ應張力 (Tensile stress)

$$= 163 \times 15 \times 2.63 \div 2.37 = 4,380^w/\text{in}^2$$

< $14,000^w/\text{in}^2$ (實用應張力)

同應壓力 (Compressive stress)

$$= 163 \times 15 \times 1.37 \div 2.37 = 2,300^w/\text{in}^2$$

< $6,000^w/\text{in}^2$ (實用應壓力)

中軸ニ對スル抗張鐵筋ノ面積力率 (Geometrical moment; or Area moment) = $26.5 \times 2.63 = 69.7 \text{ inch}^3$

∴ 水平應剪力 (Horizontal shear)

$$= 2,360 \times \frac{69.7}{12^w \times 286.19} = 48^w/\text{in}^2$$

< $60^w/\text{in}^2$ (實用應剪力)

鐵筋ノ圓周 = 2.36

∴ 抗張鐵筋ノ膠着應力 (Bond stress; or Adhesion stress)

$$= 48 \times 3 \div 2.36 = 61^w/\text{in}^2$$

< $80^w/\text{in}^2$ (實用膠着應力)

横鐵筋 (Lateral temperature reinforcement) ノ量ヲ全斷面ノ
0.7 ばーせんとニトレバ其ノ所要斷面積ハ

$$720'' \times 0.007 = 0.5040''$$

依リテ第十圖ノ如ク徑八分ノ三吋ノ横鐵筋ヲ四吋間隔
ニ即チ丁度一呎毎ニ上下六本宛配置スルモノトスル。

然ル時ハ其ノ斷面積ハ $6 \times 0.11040'' = 0.6630''$

$> 0.5040''$ (所要斷面)

第三章

拱肋ノ設計

第十一節 荷重

拱肋ノ上ニ來ル荷重ハ死活兩荷重共各拱肋夫々異ツ
テ居ルカラ本設計デハ各拱肋ニ就イテ一々荷重ヲ算出
シテ經濟的斷面ヲ決定シタノデアアルガ玆ニハ例示的ニ
唯拱肋 G_1 ノ設計ニ必要ナル荷重ノミヲ求メテ他ノ拱肋
ニ對スルモノハ省ク事トスル。

死重 死重ハ床部支柱支柱綫構拱肋自身並ニ其ノ上
下横綫構等ノ重量デアツテ其等ノ必然的構造上各格點
ニ於テ夫々異ツテ居ル然シ其等ヲ一々計算シテ示ス事
ハ煩ニ堪エナイカラ計算ノ基本トナルベキ各種材料ノ
重量ヲ擧ゲテ直ニ結果ノミヲ第九表ニ示ス事トスル。

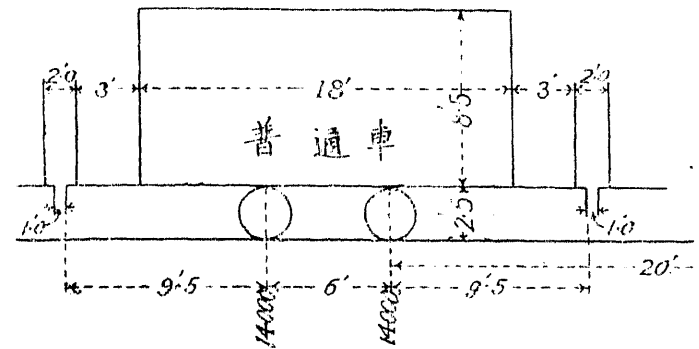
土瀝青舗道	一立方呎ニ付	120 听
軌條(92.6 听)	長一呎ニ付	31 听
枕木	一立方呎ニ付	40 听
混凝土(割合一,三,六)	„	140 听
床板鐵筋混凝土(割合一,二,四)	„	150 听
鋼材	„	489.6 听

第九表 格點荷重 (G₁)

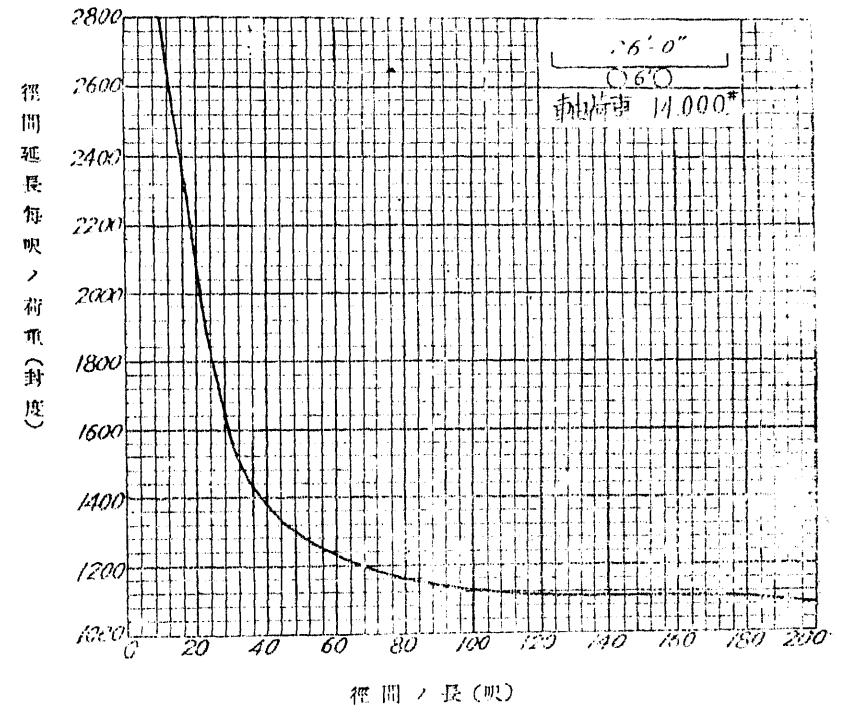
種類 格點	床部	支柱	支柱綾構	拱肋	上部 横綾構	下部 横綾構	總量 (格點荷重)
0	10520#	140#	160#	1590#	180#	340#	12930#
1	"	110	120	1570	"	"	12840
2	"	80	100	1550	"	"	12770
3	"	50	60	1540	"	"	12690
4	"	30	—	1520	"	"	12590
5	"	—	—	1510	"	"	12550
6	"	—	—	1500	"	—	12500
7	"	—	—	1490	"	—	12490
8	"	—	—	1480	"	—	12480
9	"	—	—	"	"	—	12480
10	"	—	—	"	"	—	12480

活重 活重トシテハ軌道ニ對シテ電車荷重軌道以外ノ車道ニハわでる氏示方書第一級荷重 (class A), 人道ニハ同第二級荷重 (class B) ヲ採用シタカラ拱肋 G₁ ノ受クル最大活重ガ電車荷重デアル事ハ第六圖ニ示ス構造ニ依リテ明カデアル倍テ東京市役所ニ於テ橋梁設計ニ用フル電車荷重ニ二種アツテハ普通車 (Single car) デ一臺ノ重量十四米噸他ハ一臺ノ重量二十二米噸ノぼぎ車 (Bogie car) デアルガ本設計デハ普通車が相連續シテ橋梁上ヲ進行スルモノト考ヘ幸ヒ之ト同結果ヲ橋梁ニ與フル等布荷重所謂當量等布荷重ニ換算シタ圖表ガアルカラ計算ノ手數ヲ省ク爲メニ之ヲ適用スル事ニシタ第十一圖ハ普通車ノ主ナル寸法並ニ軸荷重 (Axle load) ヲ示シ第十二圖ハ即チ其ノ當量等布荷重ノ圖表デアル。

第十一圖 電車側面



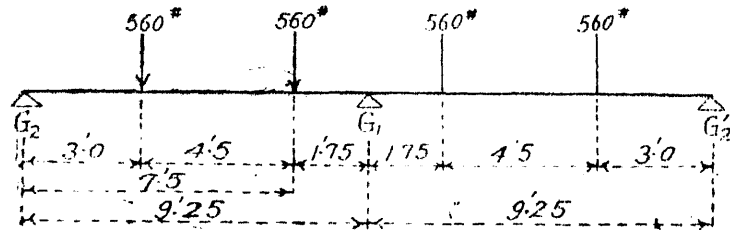
第十二圖 公道橋ニ於ケル電車荷重圖表



今此ノ圖表ニ依リテ百呎ノ徑間ニ對スル當量等布荷重ヲ求ムレバ一軌道ニ對シテ 1120 lb/ft デアルカラ一本ノ軌條ニ對シテハ

$$1120 \div 2 = 560 \text{ lb/ft}$$

此ノ等布荷重ガ軌條ヨリ枕木路床混凝土床板、小桁、横桁ト順次相傳リテ拱肋 G_1 ニ如何ナル等布荷重トナリテ傳ハルカハ次ギノ計算ニ依リテ 1280 lb/ft ナル事ヲ知ル但シ電車ノ疾走セル間ハ軌道内ニ他ノ牛馬車自働車等諸車ノ侵入事實上アリ難キヲ以テ此等ノ活重ハ存在セザルモノト見做シタ。



$$G_1 = \text{於ケル反動力} = 2 \times 560 \text{ lb} \times (3.00 + 7.50) \div 9.25 = 1280 \text{ lb/ft}$$

撃衝係數 活重ニ對スル撃衝係數ハ軌道ニ於テハわでる氏ノ電車荷重ニ對スルモノ即チ(1)式軌道以外ノ車道及ビ人道ニ於テハ同氏ノ公道橋ニ對スルモノ即チ(2)式ヲ用フル但シ式中 I ハ撃衝係數 L ハ荷重分布ノ長ヲ呎ニテ表ハシタルモノ

$$I = \frac{200}{L + 270} \dots \dots \dots (1)$$

$$I = \frac{100}{L + 150} \dots \dots \dots (2)$$

依リテ拱肋 G_1 ニ對スル撃衝係數ハ徑間百呎デアルカラ(1)式デ計算シテ 0.54 トナル故ニ此ノ係數ヲ合算シタ活重ノ強度ハ

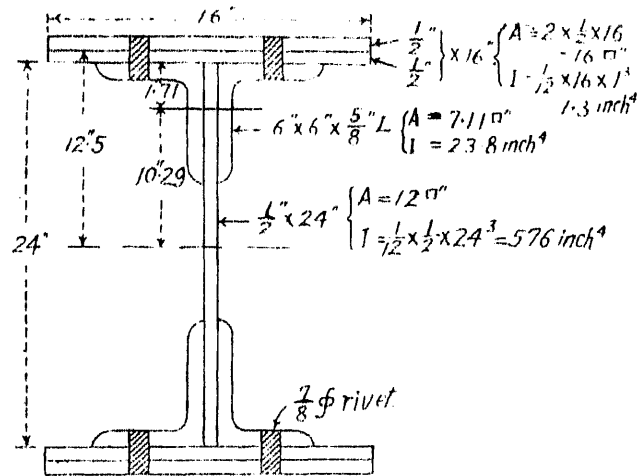
$$1280 \times 1.54 = 1970 \text{ lb/ft}$$

第十二節 溫度變化ノ影響

$$(\text{溫度變化ノ影響}) = (\text{係數}) \times L_c (L_c \text{ in inch}^4)$$

此ノ式ハ既ニ第一章第五節ノ第七表末尾ニ掲ゲタモノデ同第五第六ノ兩節ニ於テ詳説シタカラ最早ヤ熟知セル事デアルガ式中係數トアルハ第七表ノ第六らいいニ示サル、數字で L ハ拱肋ノ拱頂ニ於ケル断面ノ惰率

第十三圖 拱頂ニ於ケル假定断面 (G_1)



デ未知數デアル之ヲ求ムルニハ是非拱肋ノ斷面ヲ假定シナケレバナラヌ今其ノ拱頂ニ於ケル斷面ヲ第十三圖ノ如ク假定シテ惰率ヲ求ムレバ

$$2 - 2cov. pls. \quad 2 \times (1.3 + 16 \times 12.5^2) = 5002.6$$

$$4 - flange I_s \quad 4 \times (23.8 + 7.11 \times 10.29^2) = 3106.4$$

$$1 - web pl. \quad = 576.0$$

$$8685.0 \text{ inch}^4$$

即チ惰率ハ 8685 inch⁴ デアル之ヲ夫々係數ニ乘ズレバ其ノ積ガ溫度ノ變化ニ依ル彎曲率、軸推力及ビ向心剪力デアツテ之ヲ一表ニ集メタモノガ第十表デアル但シ表中示ス所ノ數字ハ溫度ノ變化如何ニ依リテ正負何レカノ符號ヲトルベキモノデ即チ常溫ヨリ昇騰スル時ハ彎曲率及向心剪力ノ二者ハ負、軸推力ハ正トナリ低下スレバ之ト正ニ逆ノ符號ヲトルノデアル。

第十表 溫度變化ニ依ル彎曲率、軸推力及ビ向心剪力 (G₁)

格點	彎曲率		軸推力		向心剪力	
	係數	Mov. B	係數	T(0)	係數	S(0)
0	—	—	1.7669	15350	0.7083	6150
1	3.6176	31420	1.7917	15560	0.6455	5610
2	6.8514	59530	1.8126	15740	0.5807	5040
3	9.7104	81330	1.8336	15920	0.5141	4460
4	12.1856	105830	1.8507	16070	0.4436	3850
5	14.2800	124020	1.8678	16220	0.3732	3240
6	15.9936	138900	1.8792	16330	0.3008	2610
7	17.3264	150480	1.8907	16420	0.2266	1970
8	18.2784	158750	1.8983	16490	0.1523	1320
9	18.8496	163710	1.9021	16520	0.0728	630
10	19.0400	165360	1.9040	16540	0.	0

符號 { 溫度低下 -
 溫度昇騰 +
 軸推力ニ對稱間ノ和 = 115260lb

次ニ溫度ノ變化ニ依ル平均軸推力ヲ求ムレバ

$$\frac{1}{21} \times (2 \times 145260 + 15350 + 16540) = 15350$$

之ハ後節ニ至リ平均軸推力強度ヲ求メ引イテ肋縮ノ影響ヲ算出スルニ必要デアル。

第十三節 肋縮ノ影響

肋縮ノ影響ハ前節ノ溫度變化ノ影響ト同様第七表ノ末尾ニ掲ゲタ公式即チ次式ニ依リテ表ハサレル。

$$(\text{肋縮ノ影響}) = (\text{係數}) \times I_c \times f' \left(\frac{1}{\alpha} \right)$$

式中ノ係數ハ該表ノ第七らいいんニ示サレ I_c ハ前節ニ於テ既ニ求メヌ如ク 8685 inch⁴ デ唯此ノ内デ f' ハ軸推力ノ平均強度デ第一章ノ第一、第七、第八ノ各節デ屢々反複詳説シタ所ノ頗ル厄介ナ之アルガ爲ニ本式ハ所謂一寸手ノ付ケ様ノナイ觀アルモノデアルガ之ヲ次ギノ如ク實際ニ數値ヲ當テ欲メ他ノ形ニシテ置換スレバ本式ハ比較的簡單ナルモノトナル。

$$f' = f_1 \times \frac{1}{1+m} \quad (\text{第一章第一節ノ見ヨ})$$

$$m = \frac{15}{8} \times \frac{I_c}{h^2} \times \frac{\sum \cos i}{(n-1)A}$$

$$n = \text{格點ノ數} = 21 \quad (0 \text{ 點ヨリ } 20 \text{ 點マデ})$$

$$\sum \cos i = 2 \times (0.928 + 0.941 + 0.952 + 0.963 + 0.972 + 0.981$$

$$+ 0.987 + 0.993 + 0.997 + 0.999) + 1.000 = 20.426$$

(第一章第一節傾斜ノ項ノ見ヨ)

$$h = \text{正矢} = 10.0 = 120'$$

$$A = 2 \times 16.0'' + 4 \times 7.11'' + 12.0'' = 72.44'' \quad (\text{第十三回})$$

$$\therefore m = \frac{15 \times 8685 \times 20.426}{8 \times 120'' \times 20 \times 72.44} = 0.01594$$

$$1 + m = 1.01594$$

$$f' = f_r \frac{1}{1.01594}$$

$$\begin{aligned} \text{故} = (\text{肋縮ノ影響}) &= (\text{係數}) \times I_c \times f' = (\text{係數}) \times \frac{8685}{1.01594} \times f_r \\ &= (\text{係數}) \times 8549 \times f_r \end{aligned}$$

$$\text{今} \quad (\text{係數}) \times 8549 = \alpha \quad \text{トスレバ}$$

$$(\text{肋縮ノ影響}) = \alpha f_r$$

式中ノ α ハ斯クノ如ク第七表ノ所謂係數ト8549トノ積デ直ニ求メラレル數デアツテ之ヲ一表ニ集メタモノガ第十一表デアル面シテ f_r ハ肋縮ノ影響ヲ除イタ單ニ荷重 χ 溫度變化ノ影響ノ如キ直接ノ外力ノミニ基ク軸推力ノ平均強度デアルカラ平均軸推力ヲ斷面積デ除シタ商デアル即チ

$$f_r = (\text{平均軸推力}) \times \frac{1}{72.44} = (\text{平均軸推力}) \times 0.0138$$

第十一表 肋縮ニ依ル彎曲率軸推力及ビ向心剪力ノ係數(G_1)

格點	彎曲率		軸推力		向心剪力	
	α_u	α_v	α_r	α_t	α_s	α_w
0	—	—	-0.000121	-1.03443	+0.000048	+0.41035
1	+0.000247	+2.11160	-0.000122	-1.04298	+0.000041	+0.37616
2	+0.000468	+4.00087	-0.000124	-1.06008	+0.000040	+0.34196
3	+0.000663	+5.66799	-0.000125	-1.06863	+0.000035	+0.29922
4	+0.000832	+7.11277	-0.000126	-1.07717	+0.000030	+0.25647
5	+0.000975	+8.33528	-0.000128	-1.09427	+0.000025	+0.21373
6	+0.001092	+9.33551	-0.000128	-1.09427	+0.000021	+0.17953
7	+0.001183	+10.11347	-0.000129	-1.10282	+0.000015	+0.12824
8	+0.001248	+10.66915	-0.000130	-1.11137	+0.000010	+0.08549
9	+0.001287	+11.00256	-0.000130	-1.11137	+0.000005	+0.04275
10	+0.001300	+11.11370	-0.000130	-1.11137	+0.	+0.

第十四節 死重ニ基ク應力

拱肋ノ各格點ニ働ク死重ハ既ニ求メラレテ第九表ニアル面シテ單位格點荷重ニ對スル彎曲率軸推力及ビ向心剪力モ亦既ニ第二第四及ビ第六ノ各表ニ夫々示サレテ居ルカラ死重ニ基ク此等ノ應力ハ其等ノ各表兩々相對照シテ容易ニ求マル事ガ出事ル即チ後者ノ示ス數字ニ之ニ對應スル前者ノ格點荷重ヲ乘ジタル積ノ和ヲ求ムレバ是レ即チ各格點ニ於ケル諸應力デアツテ二者ノ對應ニサヘ注意ヲ拂ツテ誤ラザレバ極メテ簡單ナル計算デアルカラ演算ハ一切省略シテ結果ノミヲ第十二表ニ示ス事トスル。

第十二表 死重ニ基ク彎曲率軸推力及ビ向心剪力(G_2)

應力ノ種類 格點	彎曲率 (in C. - ft)	軸推力 (in lb)		向心剪力 (in lb)	
		最大	最小	最大	最小
0	—	334590	—	+7370	—
1	6680	329940	325590	+6940	-5150
2	10080	325360	321470	+6500	-5600
3	11900	221620	318200	+6180	-6040
4	10710	318070	315130	-6340	+5890
5	9680	315400	312940	-6640	+5680
6	6520	312680	310750	-6550	+5490
7	4680	310960	309540	-6470	+5330
8	2640	309550	308370	-6480	+5670
9	1540	308440	307960	-6240	+5930
10	970	308050	—	+6090	—

最大軸推力二割線間ノ和 = 2853220 lb

又之ニ依リテ本章第十二節ニ於ケルト同様ニ死重ニ依ル平均軸推力ヲ求ムレバ

$$\frac{1}{21} \times (2 \times 2852020 + 334590 + 303050) = 302220^{\#}$$

デアアル是レ後節ニ於テ肋縮ノ影響ヲ求ムルニ必要デア
ル。

第十五節 各種應力ノ算出

以上各節ニ於テ求メタ所ニ依リテ各種應力即チ彎曲率、軸推力及ビ向心剪力最後ノ結果ヲ算出スルニ充分デア
アル即チ死重ニ基ク應力ハ第十二表溫度變化ニ依ル應力ハ第十表ニ夫々掲ゲラレ活重ヨリ生ズル應力ハ第七表ニ表示サル、影響面積ニ荷重強度 1280[#]/ft. ヲ乗ジタル積デア
アル又肋縮ニ基ク應力ハ前二節ニ於テ準備シタ所ト第八表トヲ參照併用スレバ求ムル事ガ出來ル而シテ此等四者ノ代數的和ガ所謂求ムル所ノ最後ノ結果デア
アル然シ此等應力ノ算出ニハ第一章第九節ニ詳シク説明シタ如ク次ギニ示ス五ツノ場合ニ就イテ夫々各格點ニ於ケル應力ヲ計算シナケレバナラス。

- (1) 最大正彎曲率ノ場合
- (2) 最大負彎曲率ノ場合
- (3) 最大軸推力ノ場合
- (4) 最大正向心剪力ノ場合
- (5) 最大負向心剪力ノ場合

尙此ノ計算モ前節ノ如ク各表ヨリ相對應スル數字ヲ抽出シテ演算ヲ行フニ當ツテ其ノ對照ヲ誤ラザレバサ
シテ六ヶ敷キモノデハナイガ稍々複雑ニ屬スルカラ試ニ最大正彎曲率ノ場合ニ就イテ格點(5)ノ各種應力ノ算出ヲ例解シヨウ。

平均軸推力

死 重	= 302220 [#] (第十四節ノ末尾)
活 重	47.6966 × 1280 = 61050 (第八表)
擊衝荷重 (L=43')	61050 × 0.64 = 39070 (第五圖)
溫 度	= -15350 (第十二節ノ末尾)
	= 386990 [#]

平均強度 (f_t) = 386990 × 0.0138 = 5340[#]/ft² (第十三節ノ末尾)

最大正彎曲率

死 重	= + 96800 [#] (第十二表)
活 重	165.3540 × 1280 = + 211650 (第七表)
擊衝荷重 (L=43')	211650 × 0.64 = + 135460 (第五圖)
溫 度	= + 124020 (第十表)
肋 縮	+ 8.33528 × 5340 = + 44510 (第十一表)
	+ 525320 [#]

軸推力

死 重	= + 3129460
活 重	49.5688 × 1280 = + 63450
擊衝荷重 (L=43')	63450 × 0.64 = + 40610
溫 度	= - 16920
肋 縮	- 1.09427 × 5340 = - 5840
	+ 334940 [#]

向心剪力

死 重	= + 56800 [#]
-----	------------------------

活 重 $-0.9993 \times 1280 = -1280$
 摩 衝 荷 重 (T=43) $-1280 \times 0.64 = -820$
 温 度 $= +3240$
 助 縮 $+0.21373 \times 5340 = +1140$
 $+7960\#$

斯様ナ演算ヲ各場合夫々各格點ニ就イテ行ヘバヨイ
 ノデアルカラ他ハ總ベテ計算ヲ省キ結果ノミヲ第十三
 表ニ示ス事トスル。

第十三表

各種應力表 (G₁) 彎曲率 in ft.-#, 軸推力及向心剪力 in #.

荷重狀態	格點 種類	格點					
		0 (20)	1 (19)	2 (18)	3 (17)	4 (16)	5 (15)
最大正彎曲 率ヲ與フル 場合	彎曲率		190900	335990	437440	499130	525320
	軸推力		388230	386680	387000	389350	394940
	向心剪力		+ 37490	+ 29760	+ 21810	+ 14530	+ 7960
最大負彎曲 率ヲ與フル 場合	彎曲率		-146040	-257410	-335590	-381650	-398370
	軸推力		525280	515040	505970	494800	483200
	向心剪力		- 30260	- 23830	- 17740	- 11740	+ 6000
最大軸推力 ヲ與フル場 合	彎曲率		- 7140	- 16500	- 25590	- 37020	- 45800
	軸推力		606770	598930	591070	584730	578670
	向心剪力		+ 4520	- 7710	- 7870	- 8080	- 8110
最大正向心 剪力ヲ與フ ル場合	彎曲率		169310	262230	297900	279380	200960
	軸推力		396080	398430	401820	410040	424640
	向心剪力		45530	38520	33020	29060	26600
最大負向心 剪力ヲ與フ ル場合	彎曲率		- 123860	-184300	-195530	-165790	- 77750
	軸推力		538960	523340	507540	489540	466080
	向心剪力		- 32090	- 30970	- 26920	- 24460	- 23340

荷重狀態	格點 種類	6	7	8	9	10
		(14)	(13)	(12)	(11)	
最大正彎曲 率ヲ與フル 場合	彎曲率	520540	489900	439300	399630	385200
	軸推力	402720	413810	428380	413850	408420
	向心剪力	- 9890	- 14480	- 17780	+ 11410	± 11400
最大負彎曲 率ヲ與フル 場合	彎曲率	-387700	-351600	-303010	- 254020	- 240140
	軸推力	469100	454320	435790	449230	454480
	向心剪力	+ 10950	+ 15220	+ 17770	+ 11400	± 11210
最大軸推力 ヲ與フル場 合	彎曲率	- 55630	- 62360	- 68280	- 71630	- 73140
	軸推力	569510	566610	564140	562460	561950
	向心剪力	- 7700	- 7390	- 7420	- 6520	± 11020
最大正向心 剪力ヲ與フ ル場合	彎曲率	13280	47480	98310	162930	259750
	軸推力	495620	476780	456580	435870	415300
	向心剪力	26730	29290	30770	32170	32170
最大負向心 剪力ヲ與フ ル場合	彎曲率	+ 124980	+ 94010	+ 42490	- 22530	- 66190
	軸推力	376400	392040	409420	428040	447910
	向心剪力	- 26460	- 29330	- 31440	- 32270	- 32170

斯クノ如ク既ニ各種應力が求メラレタ以上此ノ先キ
 ノ設計ハ鉸脚ヲ除イテハ断面ノ撰定繼手及ビ鋸釘ノ工
 夫等普通版桁ノ其レト何等異ル所ナイカラ之ヲ以テ終
 焉トスル唯茲ニ注意スベキハ前ニ假定シタ第十三圖ニ
 示サル、断面ハ拱頂ニ於テ果シテ安全ニシテ而モ適當
 ナリヤ否ヤ先ヅ第一ニ照査スル必要アル事ヲ忘ル可ラ
 ザル事ナリ。

附 錄 (IV)
東京市現在鋼拱橋重量表

橋名	架設年月	橋型	有效面 (面坪)	徑間 (呎)	正矢 (呎)	使用鐵材(噸)		荷重 (一平方呎=付對重)		
						總重量	面坪當量	靜荷重	動荷重	合計
淺草橋	明治31年7月	二鈹拱橋	113.7	76.0	9.0	91.4	0.80	160	100	260
新橋	32年2月	"	121.3	70.0	9.0	106.9	0.88			260
高橋(深川)	33年7月	"	110.6	90.0	10.0	98.4	0.89			260
江戸橋	34年10月	三鈹拱橋 (Sp. braced)	159.6	120.0	12.0	179.6	1.13	170	100	270
京橋	34年12月	二鈹拱橋	100.0	55.5	8.0	86.8	0.87	170	100	270
萬世橋	36年3月	"	140.0	78.0	10.0	126.3	0.90	180	100	280
二ノ橋(本所)	37年10月	"	120.5	90.0	10.0	117.2	0.97			260
四谷見附橋	大正2年10月	"	244.0	112.0	14.0	375.4	1.54	195	155	350
吳服橋	3年12月	"	213.5	100.0	10.0	279.6	1.31	200	120	320

【終】

大正六年九月七日印刷
大正六年九月十日發行

(鋼拱橋及鐵筋混凝土拱)

定價金貳圓五十錢
郵稅內 地金拾貳錢
郵稅內 鮮、茶、棹金拾錢

著作者

二見鏡三

郎

發行者

工學

社

代表者

平野

晨

印刷者

高桑基

次

印刷所

株式會社 秀英

舍



發行所

一 東京市日本橋區本石町
丁 日 一 番 地

工學社

郵便振替貯金口座東京第二七七五四番