第七章　連續鈑桁橋

1. 總　論　硬い地質或は岩盤の基礎があつて、橋脚沈下の虞なき場所には連續桁を架する。

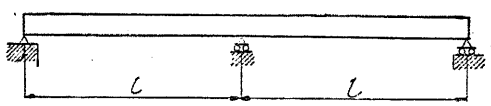
連續桁は單桁に比し其の重量を減じ、其の節約し得る鋼重は徑間長及死荷重の大きさに依つて異るも、死荷重が活荷重より大なる長徑間の橋に於ては、短徑間の時よりも鋼重を多く節約することが出來る。三徑間の場合には徑間長の比を 0.8:1.0:0.8 となす。地勢の關係上三徑間の中央部に足場を設くることが出來ない場合に連續桁とすれば、中央徑間の上部構造は其の左右側徑間より突桁式に依つて架設されるので、單桁の場合より極く簡單に組立が出來る。

連續桁の場合には（1）橋脚の高の狂ひが鈑桁の應力に大なる影響を與ふるので、地盤の沈下に對しては頗る敏感である。（2）上下突縁が平等の溫度變化を受けないために、鈑桁に溫度應力を惹起する。（3）各支承に負の反力を生ずるから、橋梁の一部に人工的載荷をなすか、或は面倒な鎖碇（Anchorage）を必要とする。治水又は地勢の關係其の他、上述の不利を相償ふて尙餘りある場合には連續桁を架する。

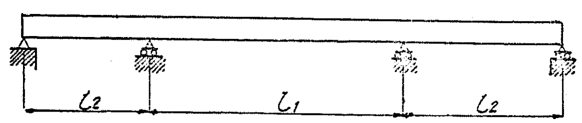
普通三徑間を連續桁となし、如何なる場合にも五徑間以上を超過してはならない。之は五徑間を超過しても何等の利益がないのみならず、靜力學的不定度が增加し計算が益ゝ困難となるばかりだからである。

二徑間の場合は第180圖の如く其の徑間長を互に等しくし、三徑間の場合は第181圖の如く側徑間長を互に等しくする。

單桁では支點上の彎曲率は無いけれども、連續桁では支點上に負彎曲率が作用するから、之れに對し突緣斷面を決定する。連續桁では斯くの如く支間の中央と支點とを中心として正負の彎曲率を生ずるも、其の量は同じ狀態に於ける單桁支間の中央に起る正彎曲率より遙かに小さいから、徑間及荷重が同一ならば、數徑間に單桁を一つゞつ架けるよりは連續桁を架ける方が經濟的である。然し連續桁では若し中央の橋脚が一箇沈下したとすれば、其の橋脚を支承とすることが出來ないから、之れに隣接せる兩側の橋脚を支承とする桁となつて徑間長は二倍となる。從て一定の徑間長に對して設計せ



第 180 圖

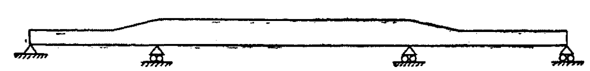


第 181 圖

られた桁は、徑間長が二倍となつたら到底持ち切れないで破壞するは自明の理である。又橋臺が沈下すれば、一端を橋脚に固定され他端は全く支持されない突桁となつて、當初の計算とは合致しない狀態の桁となる。故に連續桁は地質堅固で、下部構造の移動沈下の皆無なるべき場所にのみ適用せられ、地質の疑義の存する場合には避けるべきものである。

桁の一端は定端とし、他端は溫度の變化に備ふるため動端となす。上部構造が大きいときは、伸縮接合の大きさを制限するため橋脚上に定端を設くるを普通とす。28 m 位の徑間までは鈑桁となし、之れ以上長くなればトラスとなす。

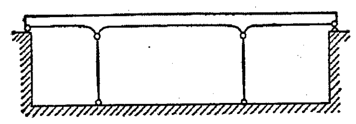
鈑桁の高は徑間長の $\frac{1}{12}$ 位を經濟的となすも、或る場合には $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{20}$ を使用せし例がある。鈑桁の高が低い程、橋脚の沈下に基因する應力は小さくなるから、鋼價より割り出した高より幾分低く採る。三徑間で中央と兩端との徑間長に大分差があつても、鈑桁の高は總て同一となす場合（第181圖）もあるが、多くは第182圖及第183圖の如く其の高を變化する。



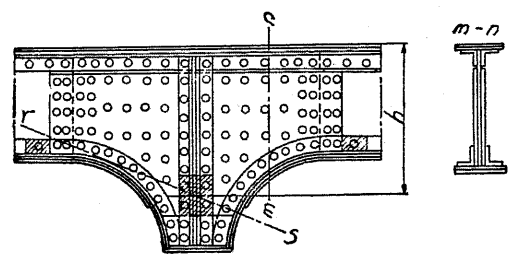
第 182 圖

第 183 圖

市街地に於けるが如く（1）路面上の有效高より制限されて、鈑桁の高を低くしなければならないとき、（2）車道幅に依つて中央徑間長が定まるとき、（3）橋脚の大きさに制限を置かるゝときには、第184圖の如き鋼鉸柱を建てゝ連續桁を架設する。鉸柱の上部に於ては、腹鈑を添加して充分な惰性率を保つ樣にする（第185圖）。其の惰性率の計算に當つては T 形と假定し、h は圖の如く rs なる切線（水平と 1:2.5 の傾斜をなし）を引き、之れが鉛直線と交る點までの高に採る。



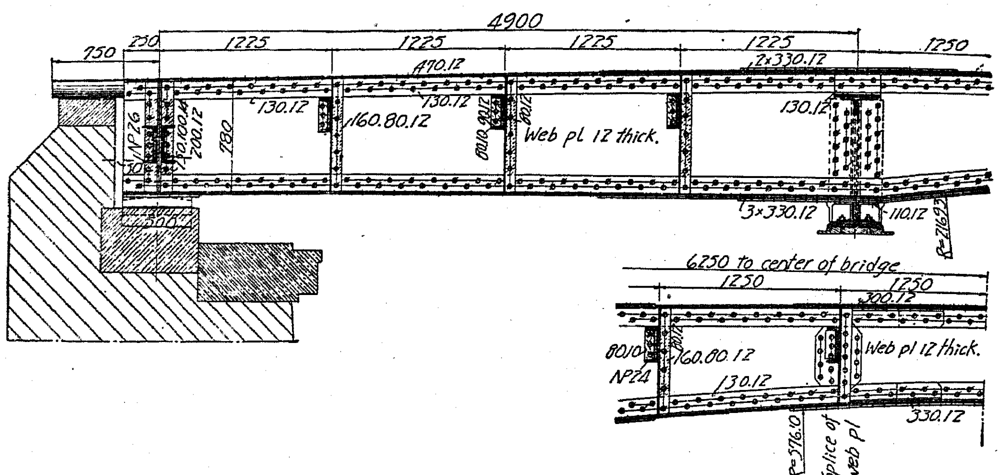
第 184 圖



第 185 圖

第186圖は Hannover に架した鐵道橋の連續桁で、四徑間に亘つてゐる。主桁の間隔は 1.5 m で中央徑間 12.5 m、側徑間は各 4.9 m である。負反力に抗するため桁は橋脚に碇着されてある。主桁の

下突緣は側徑間に於ては水平に、中央徑間に於ては拱形となし、上突緣は中央より兩端に向ひ 1:80 の下り勾配を附したり。之れは橋床に用ひたトンネンブレツヘ（Tonnenbleche）上の排水を良くするためである。

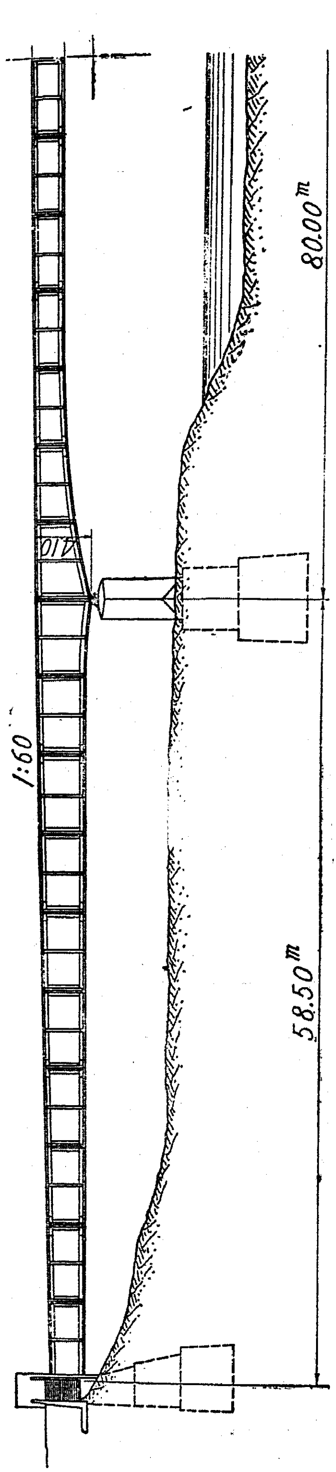


第 186 圖

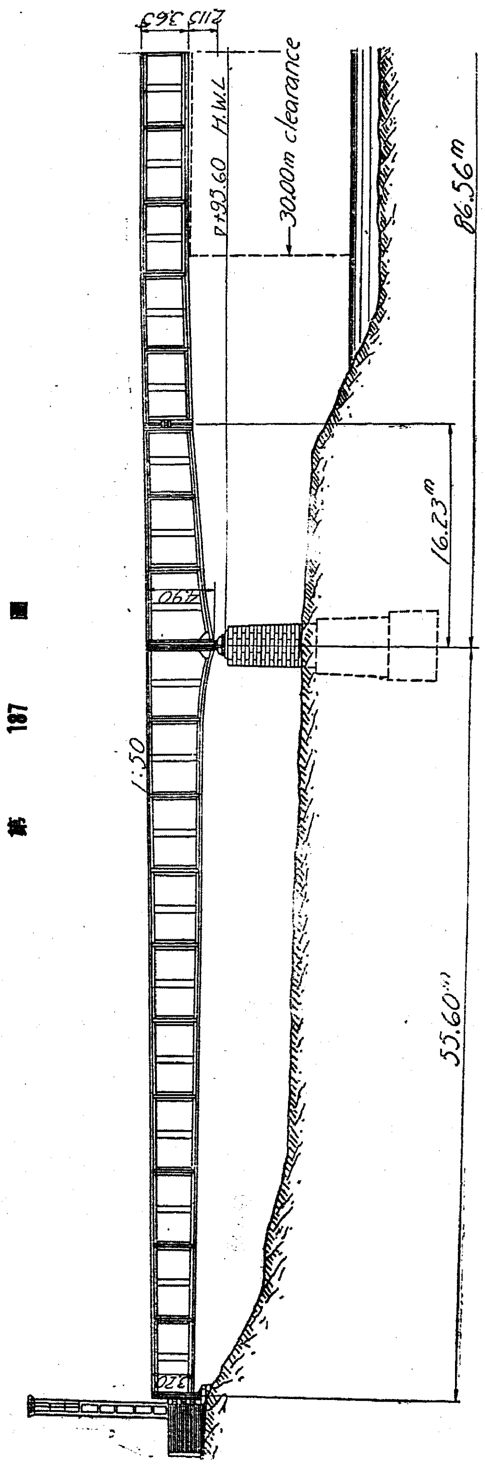
獨逸 Mannheim 市のフリードリツヒ・エバート橋に對し Bonito の提案せし設計は第 187 圖の通りで、中央徑間の中央に於て自重より生ずる彎曲率の減少を圖るため、側徑間より車道を輕く造つてある。滿載荷重の時に反力は正であるから、兩端に於ける碇着の必要がない。撓度は活荷重のみの場合に $\frac{1}{700}$ 及 $\frac{1}{900}$ となり、計算の結果中央橋脚の沈下 23 *cm* までは、鈑桁の中央に於ける應力は許容應力を超過しないことになつてゐる。實際施工せし物は第 188 圖の如く中央徑間に二鉸を挿入したゲルバー桁であつて、主桁の斷面は第 189 圖の如く函形となつてゐる。

Saalburg の橋（第 190 圖乃至第 193 圖）は二つの主桁を有し、51 *m*, 61.2 *m* 及 51 *m* の三徑間に連續せる桁で、其の兩端に 35.14 *m* 及 39.36 *m* の單桁を架したり。側面圖に示すが如く、下突緣は橋長 239.54 *m* に亘り全部水平であるが、上突緣は拋物線形をなしてゐるので、腹鈑の高は橋脚上で 3.20 *m*、徑間中央で 3.80 *m* である。15 *mm* 厚の腹鈑には、約半分の高さの所に水平に、又約 10 *m* 間隔に鉛直に繼手を設けてある（第 191 圖）。

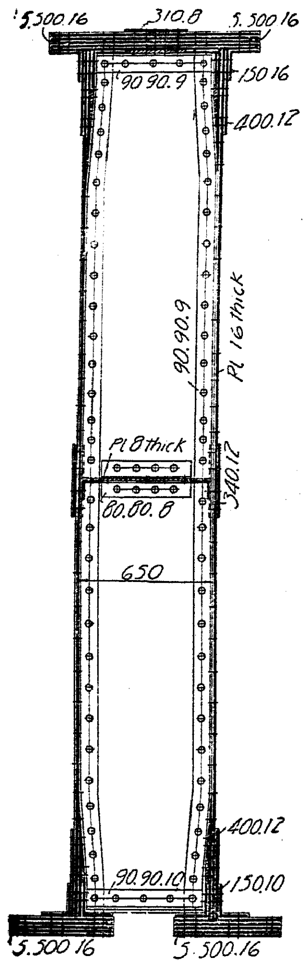
第 192 圖（*a*）に示す如く主桁の間隔は 5.60 *m* で、中央三徑間 163.20 *m* に於ては車道及歩道を各 2.05 *m* 及 3.40 *m* だけ架出しとなし、左端の徑間では主桁の間隔を 5.60 *m* より 12.26 *m* に、右端の徑間では 9.51 *m* に擴げて、橋梁の前後で喇叭形となれる道路及軌道の幅員に順應することゝせり。横桁には拱形の床鈑（Bed plate）を取付け主桁上突緣の上で縦に動く樣にし、又上突緣と鈎着して桁の昇起を防いである（第 193 圖）。横桁の間隔は連續桁に於ては 5.10 *m*、兩端徑間では 4.92 *m* 及 5.02 *m* で、其の高は全部 760 *mm* であるが、兩端徑間では所要の惰性



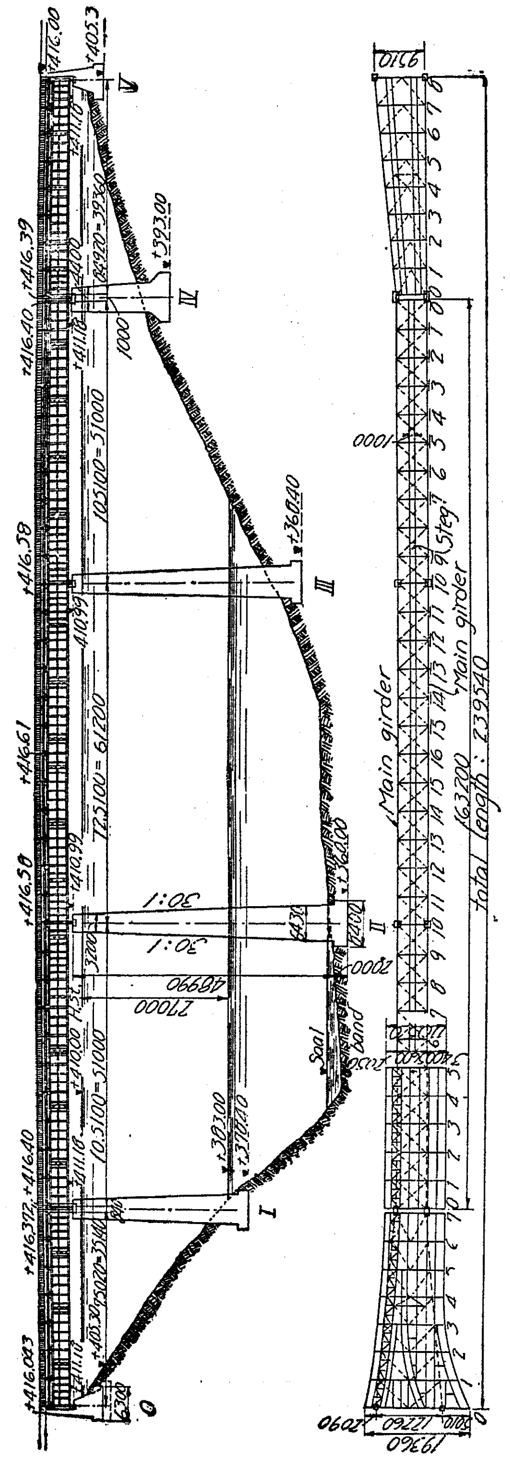
第 187 圖



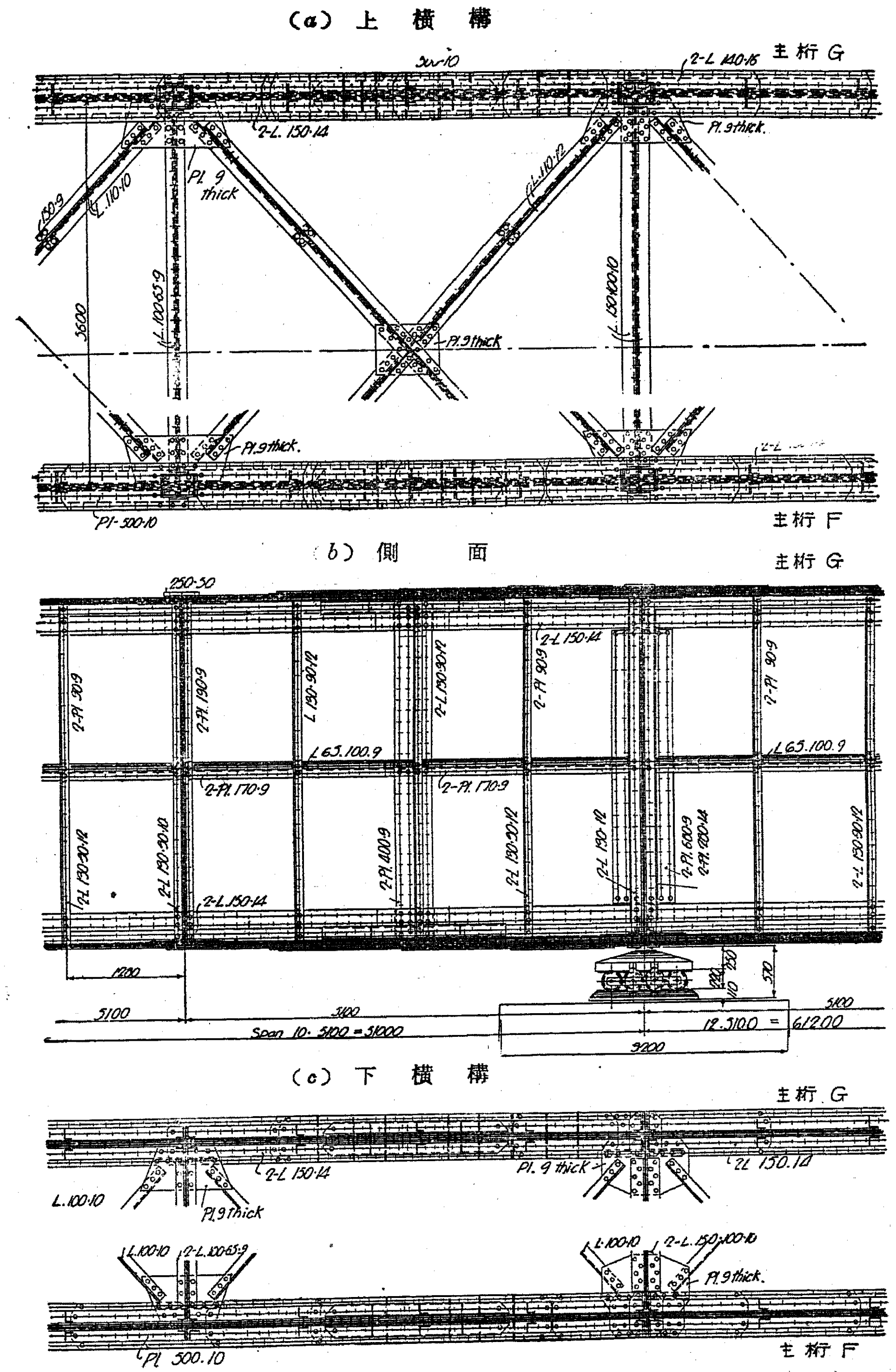
第 188 圖



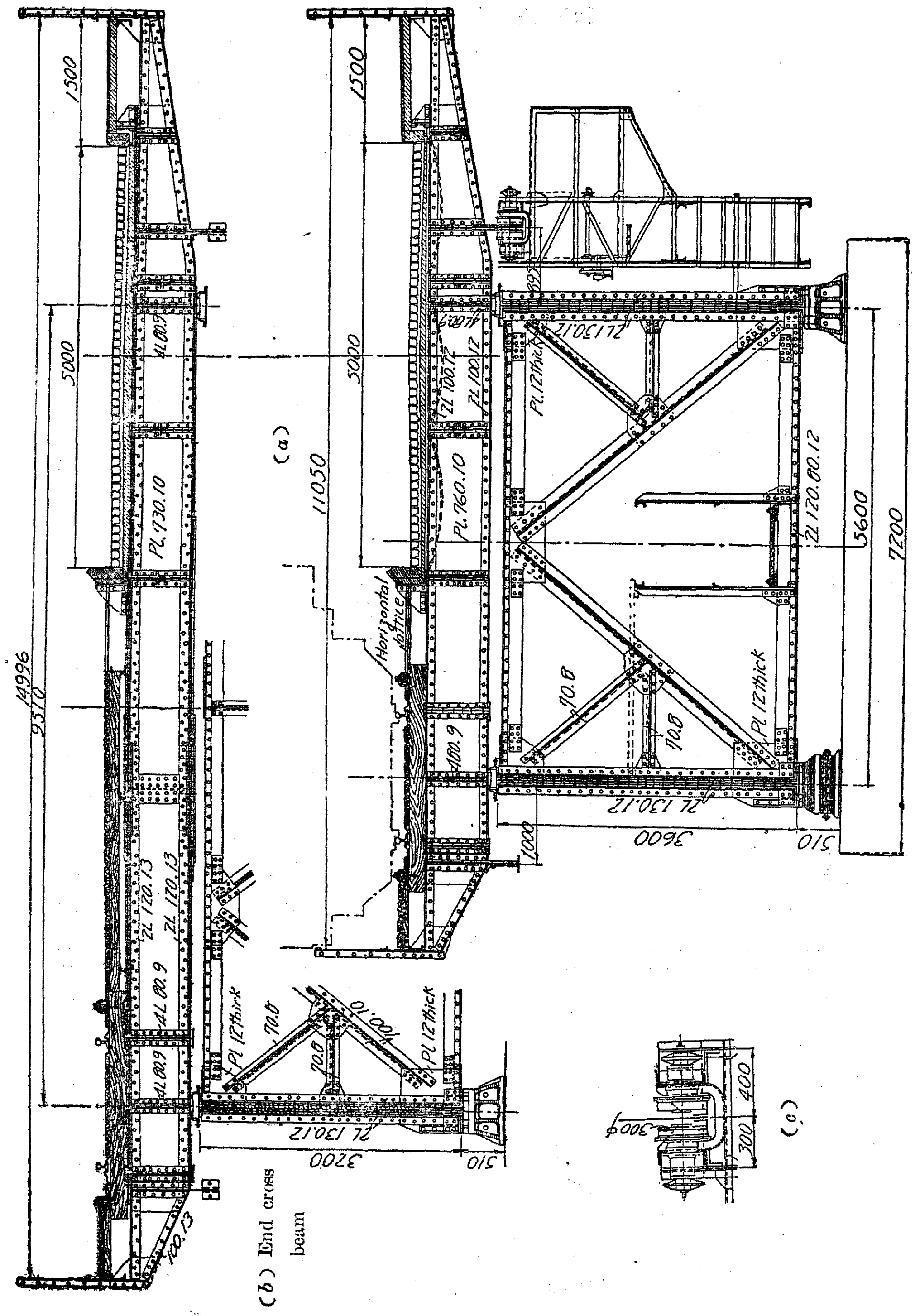
第 189 圖



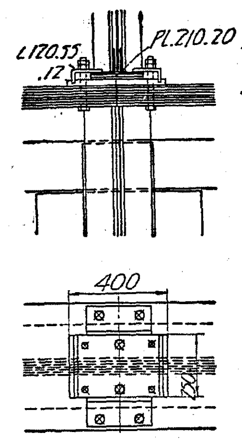
第 190 圖



第 191 圖



第 192 圖

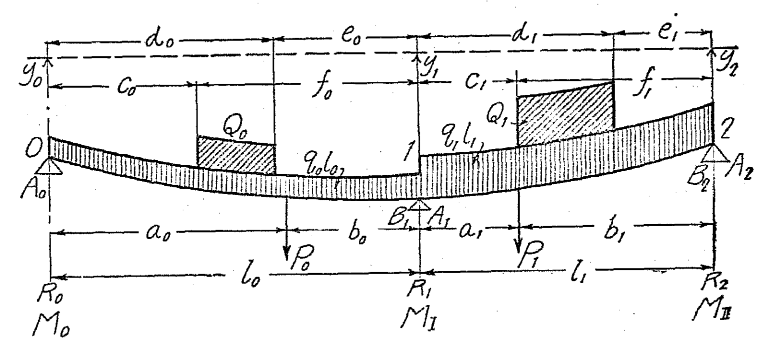


第 193 圖

率を得るため蓋鈑の數を增加してある。端徑間の固定承（ Fixed bearing ）は橋臺の上に置き、連續桁の固定承は制動荷重を採るため特に强固に拵へた橋脚 IV の上に置き、橋脚 I, II 及 III は單に輾承（ Roller bearing ）を支ふる故細長い形狀となしてある（第 190 圖）。

2. 計算　今 M_0, $M_{\rm I}$, $M_{\rm II}$ を連續桁の任意の支點 0, 1, 2 に於ける彎曲率、y_0, y_1, y_2 を任意の水平線より支點 0, 1, 2 に至る縱距とせば、Clapeyron の公式に依り（第 194 圖）。

$$6EJ\left(\frac{y_1-y_0}{l_0}+\frac{y_1-y_2}{l_1}\right)=M_0l_0+2M_{\rm I}(l_0+l_1)+M_{\rm II}l_1$$
$$+\frac{\Sigma P_0a_0(l_0^2-a_0^2)}{l_0}+\frac{\Sigma P_1b_1(l_1^2-b_1^2)}{l_1}+\frac{\Sigma Q_0(c_0+d_0)(2l_0^2-c_0^2-d_0^2)}{4l_0}$$
$$+\frac{\Sigma Q_1(e_1+f_1)(2l_1^2-e_1^2-f_1^2)}{4l_1}+\frac{1}{4}(q_0l_0^3+q_1l_1^3) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$



第 194 圖

若し總ての支點が同一水平線に在るときは、上式に於て

$$6EJ\left(\frac{y_1-y_0}{l_0}+\frac{y_1-y_2}{l_1}\right)=0$$

となる。若し桁が等布荷重を載荷せるときは

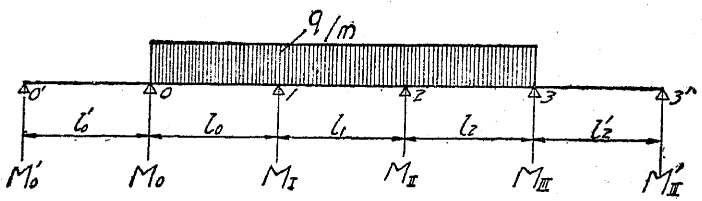
$$M_0l_0+2M_{\rm I}(l_0+l_1)+M_{\rm II}l_1=-\frac{1}{4}(q_0l_0^3+q_1l_1^3) \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

となり、$l_0=l_1=l$, $q_0=q_1=q$ なるときは

$$M_0+4M_{\rm I}+M_{\rm II}=-\frac{1}{2}ql^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

となる。徑間數が n なるときは $(n+1)$ の支點がある。以上の公式より $(n-1)$ の方程式を作ることが出來、桁の兩端固定ならざる場合は、$M_0=0$, $M_n=0$ の條件より總て $(n+1)$ の方程式が作らるゝ。從て $(n+1)$ の未知數に對し $(n+1)$ の方程式があるから、各支點の彎曲率は之れより算出すればよろしい。

若し桁の兩端固定せるときは M_0 及 M_n は零ならざるが故に、0 及 n 支點の外側に各一徑間を假想して二つの方程式を作り、最後に假想徑間長を零と置けばよろしい。例へば第195圖に於



第 195 圖

ける 0−3 桁の兩端 0 及 3 が固定せるときは、$0'-0$ 及 $3-3'$ の桁を假想して方程式を作る。

$$M_0'l_0'+2M_0(l_0'+l_0)+M_Il_0=-\frac{1}{4}ql_0^3$$

$$M_0l_0+2M_I(l_0+l_1)+M_{II}l_1=-\frac{1}{4}q(l_0^3+l_1^3)$$

$$M_Il_1+2M_{II}(l_1+l_2)+M_{III}l_2=-\frac{1}{4}q(l_1^3+l_2^3)$$

$$M_{II}l_2+2M_{III}(l_2+l_2')+M_{III}'l_2'=-\frac{1}{4}ql_2^3$$

$0'$ 及 $3'$ は自由支承と假定するから $M_0'=0$, $M_{III}'=0$, 尙 $l_0'=0$, $l_2'=0$ なる故、以上の方程式は

$$2M_0l_0+M_Il_0=-\frac{1}{4}ql_0^3$$

$$M_0l_0+2M_I(l_0+l_1)+M_{II}l_1=-\frac{1}{4}q(l_0^3+l_1^3)$$

$$M_Il_1+2M_{II}(l_1+l_2)+M_{III}l_2=-\frac{1}{4}q(l_1^3+l_2^3)$$

$$M_{II}l_2+2M_{III}l_2=-\frac{1}{4}ql_2^3$$

となり、之れより M_0, M_I, M_{II} 及 M_{III} を求むるを得。

第194圖に於て A_0, A_1, A_2 …………… A_{n-1} を右徑間より來る反力

B_1, B_2, B_3 …………… B_n を左徑間より來る反力

R_0, R_1, R_2 …………… R_n を全反力

とせば $R_0=A_0$; $R_1=A_1+B_1$; $R_2=A_2+B_2$; …………… $R_n=B_n$

$$A_1=\frac{M_{II}-M_I}{l_1}+\frac{q_1l_1}{2}+\frac{\Sigma P_1b_1}{l_1}+\frac{\Sigma Q_1(e_1+f_1)}{2l_1}$$

$$B_1=\frac{M_0-M_I}{l_0}+\frac{q_0l_0}{2}+\frac{\Sigma P_0a_0}{2l_0}+\frac{\Sigma Q_0(c_0+d_0)}{2l_0}$$

なる故

$$R_1=\frac{q_0l_0+q_1l_1}{2}-M_I\left(\frac{1}{l_0}+\frac{1}{l_1}\right)+\frac{M_0}{l_0}+\frac{M_{II}}{l_1}+\frac{\Sigma P_0a_0}{l_0}+\frac{\Sigma P_1b_1}{l_1}$$

$$+\frac{\Sigma Q_0(C_0+d_0)}{2l_0}+\frac{\Sigma Q_1(e_1+f_1)}{2l_1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (4)$$

各支點が同一水平線に在りて、各徑間長が等しい場合の彎曲率及び反力を示せば第41表の如し。

第 41 表　等布荷重

彎曲率及反力	支點數 3	4	5	6	7	8	9	單位
R_0	0.3750	0.4000	0.3929	0.3947	0.3942	0.3944	0.3943	ql
R_1	1.2500	1.1000	1.1428	1.1317	1.1346	1.1337	1.1340	〃
R_2	——	——	0.9286	0.9736	0.9616	0.9649	0.9640	〃
R_3	——	——	——	——	1.0192	1.0070	1.0103	〃
R_4	——	——	——	——	——	——	0.9948	〃
M_I	0.1250	0.1000	0.1071	0.1053	0.1058	0.1056	0.1057	ql^2
M_{II}	——	——	0.0714	0.0789	0.0769	0.0775	0.0773	〃
M_{III}	——	——	——	——	0.0865	0.0845	0.0850	〃
M_{IV}	——	——	——	——	——	——	0.0825	〃
$max M_1$	0.0703	0.0800	0.0772	0.0779	0.0777	0.0778	0.0777	ql^2
$max M_2$	——	0.0250	0.0364	0.0332	0.0340	0.0338	0.0339	〃
$max M_3$	——	——	——	0.0461	0.0433	0.0440	0.0438	〃
$max M_4$	——	——	——	——	——	0.0405	0.0412	〃
x_1	0.3750	0.4000	0.3930	0.3947	0.3942	0.3944	0.3943	l
x_2	——	0.5000	0.5357	0.5264	0.5327	0.5281	0.5283	〃
x_3	——	——	——	0.5000	0.1904	0.4930	0.4923	〃
x_4	——	——	——	——	——	0.5000	0.5026	〃
ξ_1	0.7500	0.8000	0.7860	0.7894	0.7884	0.7887	0.7887	l
ξ_2	——	0.2760	0.2659	0.2680	0.2675	0.2680	0.2680	〃
	——	0.7240	0.8055	0.7830	0.7899	0.7884	0.7890	〃
ξ_3	——	——	——	0.1964	0.1960	0.1962	0.1960	〃
	——	——	——	0.8036	0.7850	0.7897	0.7880	〃
ξ_4	——	——	——	——	——	0.2153	0.2150	〃
	——	——	——	——	——	0.7847	0.7900	〃

上表に於て　R_0, R_1, R_2 ……… 各支點の反力

M_{I}, M_{II}, M_{III} …… 各支點の負彎曲率

${}_{max}M_1$, ${}_{max}M_2$ …… 各徑間の最大彎曲率

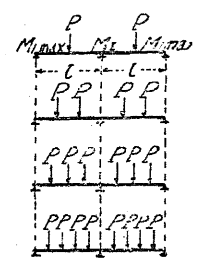
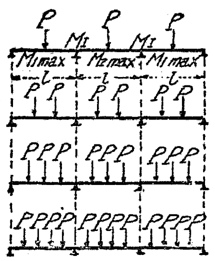
l ………………… 徑間長

q ………………… 單位長の等布荷重

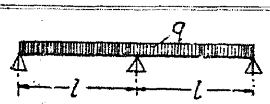
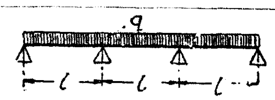
x_1, x_2, x_3 ……… 各徑間の左支點より ${}_{max}M_1$, ${}_{max}M_2$, ${}_{max}M_3$ ………に至る距離

ξ_1, ξ_2, ξ_3 ……… 各徑間の左支點より彈性曲線の反曲點（Inflection point）に至る距離。

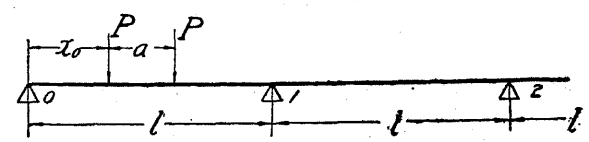
第 42 表　同一重量で一定間隔を有する集中荷重

載荷法		彎曲率 ${}_{max}M_1$	彎曲率 ${}_{max}M_2$	彎曲率 M_{I}	反力 端支點 R_0	反力 中間支點 R_1
三支點を有する桁		0.156 Pl	——	−0.188 Pl	0.312 P	1.376 P
		0.222 Pl	——	−0.333 Pl	0.667 P	2.667 P
		0.270 Pl	——	−0.460 Pl	1.040 P	3.920 P
		0.360 Pl	——	−0.600 Pl	1.400 P	5.200 P
四支點を有する桁		0.175 Pl	0.100 Pl	−0.150 Pl	0.350 P	1.150 P
		0.245 Pl	0.067 Pl	−0.267 Pl	0.734 P	2.270 P
		0.317 Pl	0.125 Pl	−0.375 Pl	1.125 P	3.375 P
		0.410 Pl	0.122 Pl	−0.478 Pl	1.520 P	4.480 P

第 43 表　徑間長及等布荷重が各相等しき場合

載荷法	彎曲率	反力 R_0	反力 R_1	反力 R_2
	$M_1 = -\frac{ql^2}{8}$ $+_{max}M = \frac{9ql^2}{128}$	$\frac{3}{8}ql$	$\frac{10}{8}ql$	$\frac{3}{8}ql$
	$M_{\mathrm{I}} = M_{\mathrm{II}} = -\frac{ql^2}{10}$ $+_{max}M = \frac{2ql^2}{25}$	$\frac{4}{10}ql$	$\frac{11}{10}ql$	——

第 44 表　任意の荷重を有する三又は四支點の連續桁



$\frac{a}{l}$ = 0 より 1.00 の場合の最大支點彎曲率、徑間彎曲率及反力

$\frac{a}{l}$	支點彎曲率 M_{I} 支點0よりの距離 x_0: $\frac{x_0}{l}$	M_{I}	支點彎曲率 M_{II} 支點1よりの距離 x_0: $\frac{x_0}{l}$	M_{II}	徑間彎曲率 第一徑間 支點0よりの距離 x_0: $\frac{x_0}{l}$	${}_{max}M_{x_0}$	徑間彎曲率 第二徑間 支點1よりの距離 x_0: $\frac{x_0}{l}$	${}_{max}M_{x_0}$	反力 R_0	反力 R_1	$\frac{a}{l}$
0	0.578	0.206 Pl	0.616	0.172 Pl	0.437	0.409 Pl	0.495	0.345 Pl	2.000 P	2.000 P	0
0.05	0.552	0.206 〃	0.590	0.172 〃	0.417	0.396 〃	0.489	0.321 〃	1.973 〃	1.975 〃	0.05
0.10	0.525	0.204 〃	0.563	0.171 〃	0.407	0.364 〃	0.484	0.299 〃	1.874 〃	1.946 〃	0.10
0.15	0.497	0.201 〃	0.534	0.168 〃	0.398	0.343 〃	0.479	0.279 〃	1.811 〃	1.913 〃	0.15
0.20	0.469	0.197 〃	0.504	0.164 〃	0.389	0.323 〃	0.474	0.261 〃	1.749 〃	1.877 〃	0.20
0.25	0.439	0.192 〃	0.472	0.159 〃	0.380	0.304 〃	0.470	0.243 〃	1.687 〃	1.842 〃	0.25
0.30	0.408	0.186 〃	0.438	0.153 〃	0.372	0.287 〃	0.466	0.226 〃	1.627 〃	1.803 〃	0.30
0.35	0.375	0.179 〃	0.402	0.147 〃	0.366	0.271 〃	0.462	0.212 〃	1.568 〃	1.768 〃	0.35
0.40	0.342	0.170 〃	0.365	0.139 〃	0.361	0.256 〃	0.458	0.200 〃	1.510 〃	1.723 〃	0.40
0.45	0.307	0.161 〃	0.773	0.146 〃	0.357	0.242 〃	0.455	0.190 〃	1.454 〃	1.675 〃	0.45
0.50	0.725	0.160 〃	0.748	0.153 〃	0.351	0.229 〃	0.453	0.180 〃	1.399 〃	1.630 〃	0.50
0.55	0.700	0.167 〃	0.723	0.160 〃	0.345	0.218 〃	0.450	0.172 〃	1.347 〃	1.582 〃	0.55
0.60	0.675	0.172 〃	0.698	0.164 〃	0.348	0.208 〃	0.408	0.165 〃	1.297 〃	1.532 〃	0.60
0.65	0.651	0.176 〃	0.674	0.168 〃	0.350	0.199 〃	0.409	0.159 〃	1.249 〃	1.480 〃	0.65
0.70	0.627	0.180 〃	0.648	0.170 〃	0.354	0.191 〃	0.410	0.155 〃	1.204 〃	1.430 〃	0.70
0.75	0.603	0.181 〃	0.623	0.172 〃	0.357	0.185 〃	0.411	0.151 〃	1.162 〃	1.378 〃	0.75
0.80	0.579	0.182 〃	0.598	0.171 〃	0.361	0.180 〃	0.413	0.148 〃	1.123 〃	1.323 〃	0.80
0.85	0.556	0.181 〃	0.574	0.170 〃	0.368	0.177 〃	0.414	0.146 〃	1.087 〃	1.268 〃	0.85
0.90	0.532	0.180 〃	0.549	0.167 〃	0.374	0.174 〃	0.416	0.145 〃	1.054 〃	1.213 〃	0.90
0.95	0.517	0.178 〃	0.524	0.146 〃	0.386	0.173 〃	0.418	0.145 〃	1.025 〃	1.157 〃	0.95
1.00	0.487	0.174 〃	0.499	0.159 〃	0.392	0.173 〃	0.420	0.145 〃	1.000 〃	1.100 〃	1.00