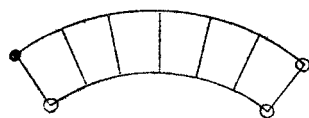


曲線桁の理論と実験（第二報）

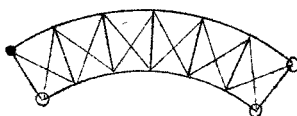
大阪大学工学部工博 安 宅 勝
○大阪大学 工学部 波 田 凱 夫

§ 1 . 曲線桁の理論概説

曲線桁橋として普通採用される構造は、図1に見られる様な、二本の主桁を、多数の横桁で連結した形式のものであるが、この形式では、従来からの実験結果によれば、立体トラスの理論から誘導された *Gottfeldt* の式がよくあてはまる。しかし、これに図2の様な横構を取りつけると、この理論の適用は不可能である。



図—1



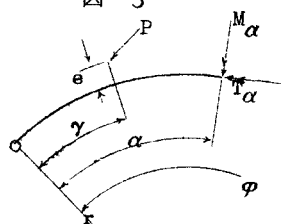
図—2

すでに本年6月の講演会で発表した様に、かかる横構をもつ曲線桁の解析には、横構をも加算した断面の振り剛性を考慮にいれて、曲げ振りの理論を応用して解くのが妥当であろうと思われる。図3の様な断面を持つ曲線桁において、曲げ振りの基本式を誘導すれば、次の通りである。先ず曲げモーメント及び振りモーメントに関して次式が成立する。

t_e 横構の等価板厚



図—3



図—4

$$1) \begin{cases} -EJ \left(\frac{1}{r^2} - \frac{d^2 v}{d\alpha^2} + \frac{\beta}{r} \right) = M_\alpha \\ GI \left(\frac{1}{r} \frac{d\beta}{d\alpha} - \frac{1}{r^2} \frac{dv}{d\alpha} \right) - EC_\omega \left(\frac{1}{r^3} \frac{d^3 \beta}{d\alpha^3} - \frac{1}{r^2} \frac{d^3 v}{d\alpha^3} \right) = T_\alpha \end{cases}$$

$$\frac{dT_\alpha}{d\alpha} = -M_\alpha \quad \text{を用いて } v \text{ を消去すれば}$$

$$2) \quad -\frac{EC_\omega}{r^3} \frac{d^3 \beta}{d\alpha^3} + \left(\frac{GI}{r} - \frac{EC_\omega}{r^3} \right) \frac{d^2 \beta}{d\alpha^2} + \frac{GI}{r} \beta = - \left(1 + \frac{GI}{EJ} \right) M_\alpha + \frac{C_\omega}{r^2 J} \frac{d^2 M_\alpha}{d\alpha^2}$$

ここに、 C は図3の準函型断面の曲げ振り剛性、 GI は振り剛性、 EJ は曲げ剛性、 v は垂直変位、 M_α 、 T_α は夫々任意点の曲げ及び振りモーメントである。図4の荷重状態でこれを

解けば $\alpha \leq r$ にて

$$3) \beta = C_1 \sin \alpha + C_2 \sinh \lambda \alpha + SL_1 \alpha \cos \alpha$$

$\alpha \geq r$ にて

$$4) \beta = D_1 \cos \alpha + D_2 \sin \alpha + D_3 \cosh \lambda \alpha + D_4 \sinh \lambda \alpha + SL_1 \alpha \cos \alpha - SL_2 (\alpha - r) \cos (\alpha - r)$$

とくに

$$C_1 = \left(\frac{\cos \varphi}{\sin \varphi} \sin r - \cos r \right) \frac{SL_2 (\lambda^2 + 3)}{1 + \lambda^2} - \frac{SL_1 \cos \varphi - SL_2 (\varphi - r) \cos (\varphi - r)}{\sin \varphi}$$

$$C_2 = - \left(\frac{\cosh \lambda \varphi}{\sinh \lambda \varphi} \sinh \lambda r - \cosh \lambda r \right) \frac{2 SL_2}{\lambda (1 + \lambda^2)}$$

$$D_1 = - \frac{SL_2 (\lambda^2 + 3) \sin r}{1 + \lambda^2}$$

$$D_2 = - \frac{-SL_2 \varphi \cos \varphi + SL_2 (\varphi - r) \cos (\varphi - r)}{\sin \varphi} + \frac{\cos \varphi}{\sin \varphi} \cdot \frac{SL_2 (\lambda^2 + 3) \sin r}{1 + \lambda^2}$$

$$D_3 = \frac{2 SL_2 \sinh \lambda r}{\lambda (1 + \lambda^2)}, \quad D_4 = - \frac{\cosh \lambda \varphi}{\sinh \lambda \varphi} \cdot \frac{2 SL_2 \sinh \lambda r}{\lambda (1 + \lambda^2)}$$

$$\text{但し } S = \frac{1 + \frac{GI}{EJ} + \frac{C\omega}{I^2 J}}{2 \left(\frac{EC\omega}{r^3} + \frac{GI}{r} \right)}, \quad L_1 = \frac{\sin (\varphi - r)}{\sin \varphi} (r + e), \quad L_2 = r + e, \quad \lambda^2 = \frac{r^2 GI}{EC\omega}$$

曲げ振りによる直応力 σ_2 は

$$5) \sigma_2 = \omega E \left(\frac{1}{r^2} \frac{d^2 \beta}{d\alpha^2} - \frac{1}{r^3} \frac{d^2 \beta}{d\alpha^2} \right) \text{ で与えられる。}$$

ここに ω は断面内任意点の unit warping である。従つて、任意の断面の直応力は、曲げによる直応力を σ_1 として、 $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$ で与えられる。

この様な double warren 型の横構を用いると、外桁の応力が減少し、内桁の応力が増す結果になるので、横桁だけで連結した場合の様に、外桁と内桁との応力に著しい相違を来す様なことがない。

また、昭和33年、第13回年次講演会において指摘した様に、図-5の様な横構も考えられる。この形式のものを使えば、Gottfeldtの公式にお

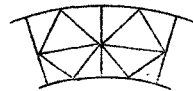
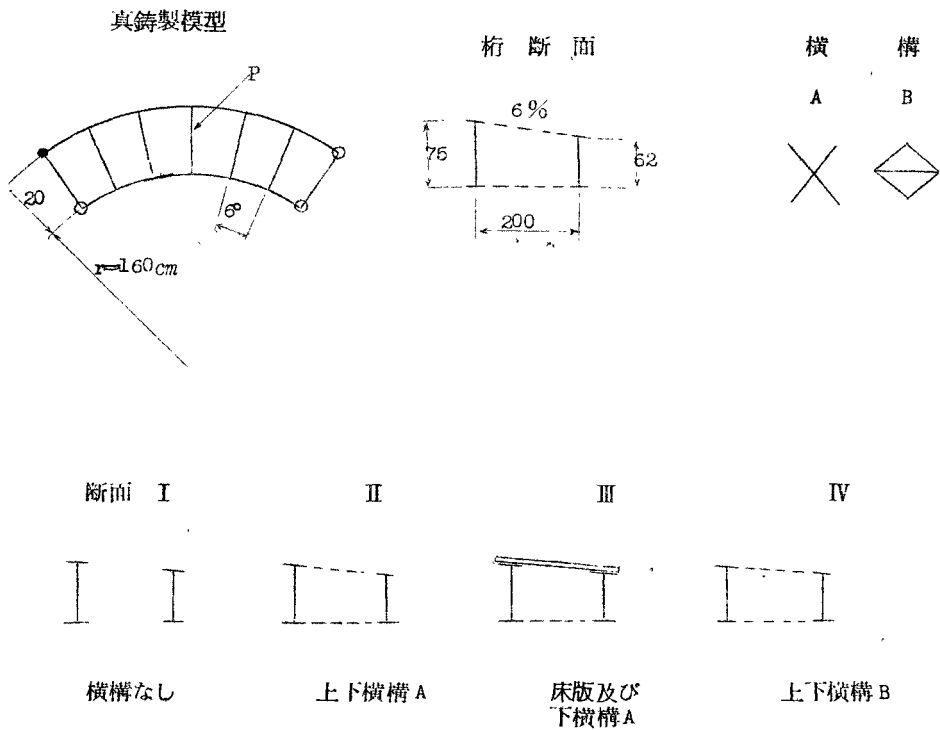


図-5

ける一落間の夾角 φ が二等分されたと同じ効果もたらされ、フランジに作用する水平力の影響を緩和する。従つて φ を、図-1の場合より大きくとることができて有利である。実験結果ともよく合うことが認められている。

§ 2. 実 験 結 果



(i) 断面 I

外桁中央に載荷

		P = 75Kg		P = 120Kg	
$\alpha = 18^\circ$	σ_{ao}	556	572	1001	916
	σ_{au}	580	572	960	916
	σ_{io}	130	125	159	200
	σ_{iu}	100	125	176	200
$\alpha = 15^\circ$	σ_{ao}	438	471	776	760
	σ_{au}	438	471	764	760
	σ_{io}	121	110	157	161
	σ_{iu}	107	110	170	161
		実験値	理論値	実験値	理論値

(単位 Kg/cm²)

(ii) 断面 II

外桁中央に載荷

		P=140Kg		P=96Kg	
$\alpha = 18^\circ$	σ_{ao}	372	336	261	231
	σ_{au}	400	363	272	249
	σ_{io}	225	266	148	182
	σ_{iu}	212	230	140	158
$\alpha = 15^\circ$	σ_{ao}	336	285	211	193
	σ_{au}	349	291	222	209
	σ_{io}	155	213	111	153
	σ_{iu}	182	193	104	132
		実験値	理論値	実験値	理論値

$$C_w = 3144.9 \text{ cm}^6$$

$$I = 78.13 \text{ cm}^4$$

(iii) 断面 III

外桁中央に載荷

		P = 82 Kg		P = 90 Kg	
$\alpha = 18^\circ$	σ_{ao}	262	222	286	244
	σ_{au}	240	209	259	229
	σ_{io}	132	191	148	209
	σ_{iu}	130	165	146	181
$\alpha = 15^\circ$	σ_{ao}	212	170	231	186
	σ_{au}	219	160	225	173
	σ_{io}	127	172	138	189
	σ_{iu}	120	151	150	166
		実験値	理論値	実験値	理論値

$$C_{\omega} = 2077.14 cm^6$$

$$I = 51.78 cm^4$$

(iv) 断面 IV

外桁中央に載荷

		P = 64Kg		P = 99Kg	
$\alpha = 18^\circ$	σ_{ao}	412	483	705	726
	σ_{au}	425	483	612	726
	σ_{io}	111	133	198	198
	σ_{iu}	120	133	216	198
$\alpha = 15^\circ$	σ_{ao}	378	417	537	627
	σ_{au}	382	417	537	627
	σ_{io}	128	127	201	192
	σ_{iu}	132	127	210	192
		実験値	理論値	実験値	理論値

(v) 断面 I

内桁中央に載荷

		P=110Kg		P=140Kg	
$\alpha=18^\circ$	σ_{ao}	213	190	259	233
	σ_{au}	220	190	274	233
	σ_{io}	411	400	550	510
	σ_{iu}	426	400	530	510
$\alpha=15^\circ$	σ_{ao}	196	167	181	201
	σ_{au}	192	167	181	201
	σ_{io}	384	340	510	462
	σ_{iu}	392	340	492	462
		実験値	理論値	実験値	理論値

(vi) 断面 II

内桁中央に載荷

		P=78Kg		P=100Kg	
$\alpha=18^\circ$	σ_{ao}	168	167	200	214
	σ_{au}	155	180	211	231
	σ_{io}	164	132	196	169
	σ_{iu}	151	114	173	146
$\alpha=15^\circ$	σ_{ao}	134	140	170	179
	σ_{au}	129	151	164	193
	σ_{io}	141	110	177	141
	σ_{iu}	120	105	160	122
		実験値	理論値	実験値	理論値

(vii) 断面 III

内桁中央に載荷

		P=98Kg	
$\alpha=18^\circ$	σ_{ao}	231	236
	σ_{au}	224	221
	σ_{io}	214	203
	σ_{iu}	200	175
$\alpha=15^\circ$	σ_{ao}	174	173
	σ_{au}	170	161
	σ_{io}	205	188
	σ_{iu}	192	166
		実験値	理論値

(viii) 断面 IV

内桁中央に載荷

		P=82Kg	
$\alpha=18^\circ$	σ_{ao}	164	131
	σ_{au}	164	131
	σ_{io}	328	393
	σ_{iu}	304	393
$\alpha=15^\circ$	σ_{ao}	138	126
	σ_{au}	138	126
	σ_{io}	252	308
	σ_{iu}	266	308
		実験値	理論値