

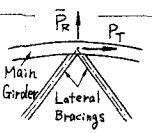
九州大学工学部 正員 ○大塚久哲
学生員 福山俊弘
正員 彦坂 照

1 まえがき 並列I桁曲線橋では、主桁の初期曲率、横桁・横構と主桁の結合点の不連続性などの理由により、鉛直荷重時において主桁に付加応力度、横構に軸力が生じ、それらを算定することはこの種桁橋の設計に際し重要である。本研究では、先に著者が発表した曲線桁橋の一解析法¹⁾以下、本法と称する)に基づき図-1に示す活荷重合成る主桁曲線橋を解析し、従来の近似式を検討する。

2 主桁付加応力度と横構部材力 主桁と横桁・横構間に働く結合力に着目して、文献2)~4)などに提唱されている近似式(6)(7)(8)の考え方を示せば次のようにまとめることができる。

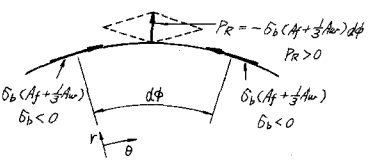
主桁と横構結合点において基本構に作用する結合力 $P_T, \bar{P}_R$

格子理論による従来の方法では、 P_T はねじりモーメントによるせん断力から、 $\bar{P}_R$ は G_b (曲げによる橋軸方向直応力度) の法線方向分力からそれぞれ求めている。本法では直接算定可能。



$\bar{P}_R$ の算定式²⁾ (r軸の向きを正)

G_b による法線方向分力を次式で算定

$$\bar{P}_R = -\frac{G_b(A_f + \frac{1}{2}A_w)}{R} \cdot \frac{(l_1 + l_2)}{2} \dots (1)$$


結合力 $\bar{P}_R$ は、 $\bar{P}_R = -P_R \dots (2)$

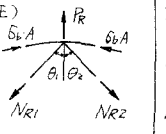
P_R によって主桁付加応力度 G_{wb} 、横構軸力 N_R が生じる。(G_{wb} は本法ではフランジ応力から直接算定可能)

G_{wb} の算定式

$$G_{wb} = \pm R \left[\left(\frac{P_R}{2} \right)^2 \right] \frac{1}{A_f} \dots (6)$$


N_R の算定式

ストラット無視²⁾ (引張を正)

$$\left. \begin{aligned} N_{R1} &= P_R \frac{\sin \theta_2}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \\ N_{R2} &= P_R \frac{\sin \theta_1}{\sin(\theta_1 + \theta_2)} \end{aligned} \right\} (8)$$


P_T の算定式 (theta軸の向きを正)

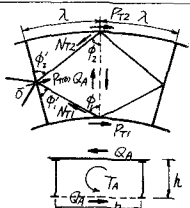
$$P_{T1} = 2Q_A \frac{\sin \phi_1 \sin \phi_2}{\sin(\phi_1 + \phi_2)} = -P_{T2} \dots (3)$$

ここに $Q_A = 8b = T_A / 2h$ (注2)

(注1) 上式で $\phi_1 = \phi_2$ 、固定点間距離を λ とすれば、 $P_T = \pm 2\lambda \dots (4)$ となり文献3)の式と一致する。

(注2) 合成桁の場合は床版を考慮した2室間断面のせん断流より Q を求めればよい。

点Oの P_T は4個の横構軸力 N_T の橋軸方向分力から求める (N_T の具体的算定式は式(10))

$$P_{T(O)} = (N_{1r} - N_{1l}) \sin \phi'_1 + (N_{2r} - N_{2l}) \sin \phi'_2 \dots (5)$$


P_T によって主桁付加応力度 G_s と横構軸力 N_T が生じる。(G_s は本法ではフランジ応力から算定可能)

G_s の算定式

$$G_s = \frac{P_T / 2}{A_f + A_w / 4} \dots (7)$$

N_T の算定式

$$\left. \begin{aligned} N_{T1} &= -\frac{Q_A \sin \phi_2}{\sin(\phi_1 + \phi_2)} \\ N_{T2} &= \frac{Q_A \sin \phi_1}{\sin(\phi_1 + \phi_2)} \end{aligned} \right\} (10)$$

横構軸力 N ²⁾

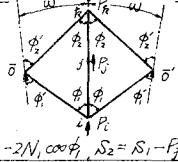
$$N = N_T + N_R \dots (11)$$

(本法では横構のみより算定可能。)

ストラット考慮 (引張を正)

$$\left. \begin{aligned} N_{R1} &= -\frac{\sum P}{2 \cos \omega} \frac{\sin \phi'_2}{\sin(\phi_1 + \phi_2)} \\ N_{R2} &= -\frac{\sin \phi'_1}{\sin \phi'_2} N_{R1} \end{aligned} \right\}$$

$S_1 = -P_2 - 2N_1 \cos \phi_1, S_2 = S_1 - P_1$



設計に必要なデータは、 G_{wb}, G_s, N である。

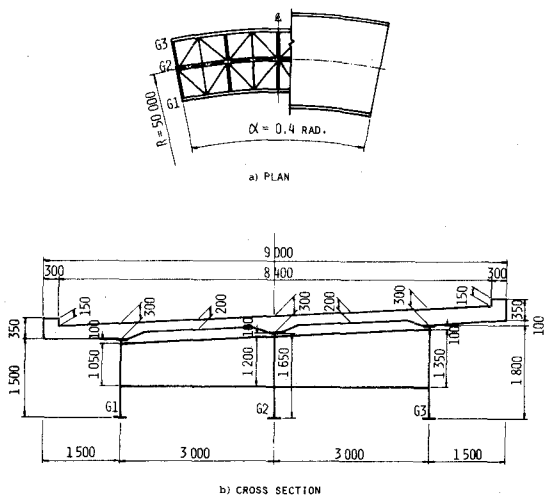


図-1 活荷重合成曲線3主桁橋

3 結果と考察

本法を用いて図-1に示す活荷重合成曲線3主桁橋と、中桁と断面の3主桁をもつ直線桁橋を解析し、従来の格子桁理論を用いた近似式による値と比較すれば次の諸点を指摘できる。

(1) 結合力 $\bar{P}_R$ (表-1) SGB-2

(主桁+横桁+横構), CGB-2 (床版+

SGB-2) とともに G1 桁と横桁のある断面において本法による結合力の方が近似式の値より大きい。近似式の考え方では、主桁の初期曲率によって生じる $\bar{P}_R$ のみが算定されているが、本法による数値計算結果から直線桁橋の場合にも $\bar{P}_R$ が生じることが確認されており、近似式の考え方では正確に $\bar{P}_R$ を評価できないと言えよう。

(2) 結合力 P_T (表-2) 大部分の結合点において本法による値より近似式の値の方が大きく P_T は過大に評価されている。近似式では P_T はねじりモーメントによるせん断力のみから求められるが、曲げ変形によっても P_T が生じること、曲げねじり剛性によるねじりモーメント分担などを考慮する必要があるように思われる。

(3) 以上の結果からわかるように、 $\bar{P}_R$ から算定される主桁付加応力度 σ_{wb} は近似式では過小に評価される点が多い(図-2)。逆に P_T から算定される σ_s は過大に評価される。横構軸力 N のうち、 N_R より N_T の方が値が大きいので、両者の和として求められる軸力 N は過大に評価される。

参考文献 1)大塚・吉村・斎坂・平田：床版と桁の偏心結合を考慮した曲線桁橋の解析，土木学会論文報告集，299号(1977.3)，2)阪神高速道路公団：鋼構造設計基準(SR-9.6)，3)小西一郎編：鋼橋設計編II P148，4)玉野・西山・三浦：換算箱ガマ曲線橋の実験，土木技術，22巻10号(1967.10)

表-1 結合力 $\bar{P}_R$

Model		SGB-2		CGB-2					
Loading		Dead load		L1		L2		L3	
Analysis		(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Upper Lateral Bracings	G1	L/8	-1.77 -1.28	-0.02 -0.23	0.06 -0.20	0.08 -0.17			
		L/4	-2.88 -2.11	-1.10 -0.41	-1.22 -0.37	-1.37 -0.32			
		3L/8	-3.70 -2.67	-0.07 -0.58	0.11 -0.51	0.17 -0.43			
		L/2	-3.75 -2.78	-0.71 -0.71	-0.88 -0.62	-1.27 -0.52			
	G2	0	12.33 0.00	2.15 0.00	-0.64 0.00	-1.13 0.00			
		L/8	-1.34 -1.58	0.06 -0.38	0.09 -0.43	0.11 -0.43			
		L/4	-4.74 -2.75	-4.84 -0.68	-4.77 -0.77	-4.15 -0.76			
		3L/8	-2.79 -3.42	0.15 -0.98	0.23 -1.10	0.28 -1.07			
	G3	L/2	-7.94 -3.66	-6.82 -1.18	-7.52 -1.33	-6.66 -1.30			
		L/8	-1.71 -1.98	0.08 -0.31	0.08 -0.52	0.09 -0.57			
		L/4	-5.62 -3.47	-3.93 -0.60	-1.81 -0.97	0.01 -1.05			
		3L/8	-2.62 -4.31	0.09 -0.76	0.23 -1.29	0.31 -1.42			
Lower Lateral Bracings	G1	L/2	-7.17 -4.66	-7.17 -0.90	-4.01 -1.54	-1.03 -1.71			
		L/8	1.61 1.35	1.01 0.79	1.09 0.71	0.86 0.60			
		L/4	3.53 2.21	1.85 1.43	1.55 1.30	0.78 1.11			
		3L/8	3.34 2.81	2.53 2.03	2.69 1.80	2.18 1.51			
	G2	L/2	4.78 2.92	3.79 2.48	4.19 2.01	2.02 1.82			
		0	-12.23 0.00	-0.07 0.00	-5.85 0.00	-9.03 0.00			
		L/8	1.15 1.67	0.20 0.78	0.31 0.88	0.38 0.87			
		L/4	4.50 2.90	2.92 1.39	2.35 1.59	1.78 1.57			
	G3	3L/8	2.37 3.60	0.51 2.00	0.78 2.25	0.93 2.21			
		L/2	7.51 3.86	4.60 2.43	3.78 2.73	3.13 2.66			
		L/8	1.75 2.09	-0.17 0.79	0.17 1.11	0.49 1.21			
		L/4	5.82 3.65	2.63 1.53	3.81 2.08	4.49 2.25			
G3	3L/8	3.75 4.55	-0.36 1.96	0.53 2.76	1.27 3.04				
	L/2	7.95 4.91	2.28 2.32	4.29 3.30	6.32 3.65				

(1)= Analysis by the Authors (2)= Analysis by Eq. (2) Unit: ton

表-2 結合力 P_T

Model	Loading	Analysis	Tangential Forces at Connecting Points between Main Girders and									
			Upper Lateral Bracings					Lower Lateral Bracings				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
SGB-2	Dead Load	(1)	6.53	2.82	1.37	-9.98	-3.95	-7.05	-2.98	-1.47	9.56	3.92
		(2)	17.55	6.88	1.47	-17.55	-6.88	-17.55	-6.88	-1.47	17.55	6.88
CGB-2	L1	(1)	0.32	0.15	-0.15	-0.13	0.05	1.04	0.69	0.17	0.26	0.09
		(2)	0.10	0.30	0.02	-0.10	-0.30	0.70	2.13	0.23	-0.70	-2.13
	L2	(1)	-0.38	-0.16	-0.12	0.49	0.22	-3.57	-1.35	-0.27	4.83	2.15
		(2)	-1.12	-0.47	-0.10	1.12	0.47	-7.94	-3.36	-0.68	7.94	3.36
	L3	(1)	-0.80	-0.34	-0.10	0.85	0.31	-6.21	-2.53	-0.65	7.38	3.31
		(2)	-1.86	-0.95	-0.17	1.86	0.95	-13.19	-6.75	-1.20	13.19	6.75

(1)= Analysis by the Authors, (2)= Analysis by Eq. (3)(4), Unit: ton

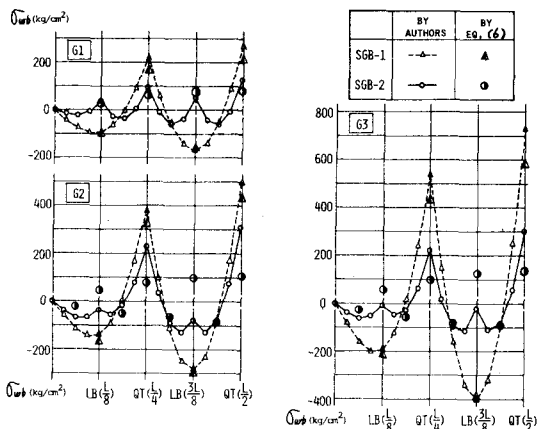


図-2 死重載時(SGB)の σ_{wb}