

大阪大学工学部 正会員 前田幸雄

大阪大学工学部 正会員 張 弘得

1. まえがき 従来、斜め合成桁橋を解析した研究が多く見られ、また最近、有限要素法を用いた研究¹⁾も若干見られる。しかし、これらの解析法は、梁高の高い桁をもつ斜め合成桁橋の解析には不十分の点がある。本研究では (Clough and Tocher²⁾) によって提案された床版の変位関数および Mehra³⁾ の適合条件を用いて、床版と桁との間に生ずる水平変位の適合条件および力の釣合条件を完全に満足させた有限要素法による斜め剛合成桁橋の解析を行ない、その計算プログラムを開発した。又、斜角度の変化による斜め剛合成の力学的性状を調べ、今後の設計に関する資料としての若干の計算結果を報告する。

2. 理論解析 図-1 は変位座標系および平行四辺形要素を示す。

y 軸と床版の支承線と成す角を斜角度 (θ) とする。以下において、添字 P, S はそれぞれ床版および桁を表す。 先ず、床版に対する

変位関数は

$$u_p = \alpha_1 + \alpha_2 x + \alpha_3 y + \alpha_4 xy$$

$$v_p = \alpha_5 + \alpha_6 x + \alpha_7 y + \alpha_8 xy$$

$$w_p = \alpha_9 + \alpha_{10} x + \alpha_{11} y + \alpha_{12} x^2 + \alpha_{13} xy + \alpha_{14} y^2 + \alpha_{15} x^3 + \alpha_{16} x^2 y + \alpha_{17} xy^2 + \alpha_{18} y^3 + \alpha_{19} x^3 y + \alpha_{20} xy^3$$

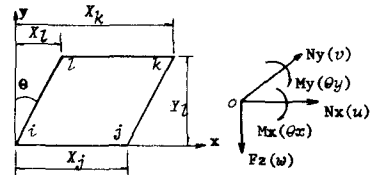


図-1 変位座標系および平行四辺形要素

図-2 は合成桁橋のたわみ変形を示すものであるが、x 方向のみに合成されている桁のたわみ (w_s) は次の様になり

$$w_s = \beta_1 + \beta_2 x + \beta_3 x^2 + \beta_4 x^3$$

床版と桁の境界面における完全剛合成による変位の適合条件式は次の様に与えられる、

$$w_s = w_p = w, \quad u_s = u_p - \left(\frac{t}{z} + \frac{h}{z}\right) \frac{\partial w}{\partial x}$$

故に、適合条件式を満足する桁の水平変位 (u_s) が (2) 式および (3) 式より次の様に得られる。

$$u_s = \beta_1 + \beta_2 x - e\beta_4 - z e\beta_3 x - 3e\beta_4 x^2$$

なお、上式を用いる場合、桁に対する力を床版に対する力に置換する必要があるため、図-3 より、次の力関係式が与えられる、

$$\begin{Bmatrix} N_{xp} \\ F_{zp} \\ M_{yp} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -e & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} N_{xs} \\ F_{zs} \\ M_{ys} \end{Bmatrix}$$

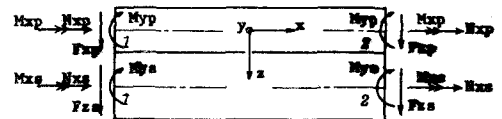


図-3 力の釣合条件

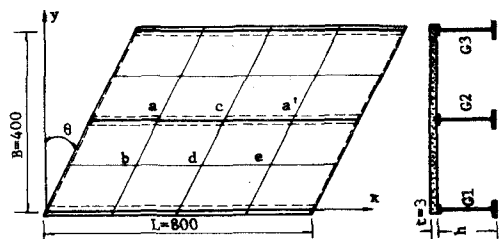


図-4 斜め合成桁の形状

3. 計算例 (1)数値計算例として扱った3主桁単純斜め合成桁橋の形状を図-4に示す。

(2)本計算で与えた断面諸量は、床版について $E_c = 1.21 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $\nu = 0.29$, 主桁については, $A_s = 2.398 \text{ cm}^2$, $E_s = 0.984 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $I_s = 4.467 \text{ cm}^4$, $G_s = 0.381 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$, $J_s = 0.11 \text{ cm}^4$ である。

(3)外荷重として床版面上のa, b, c, d, e 点に鉛直集中荷重 (50 kg) を載荷した。

4. 計算結果および考察

荷重の作用位置および斜角の変化 (θ°) をパラメータとして得られた計算結果の一部を表-1に与える。括弧中の値は実験による値である。特に、中央点に荷重が載荷された場合、中央点のたわみおよび曲げモーメントについて斜角度に対する変化性状を示すと、それぞれ図-5および図-6のようになる。

また、桁と床版の境界面に生ずる水平剪断力の平均値が荷重位置および斜角度の値によって変化する状態を図-7に示す。

Skew Angle	Load Position	Deflections			Girder Moments at L/2		
		a	c	a'	G1	G2	G3
0°	a	17.464	21.544	13.616	17.883	136.435	17.078
	b	12.114	15.214	9.726	81.913	99.142	-4.693
	c	21.527	31.422	21.736	24.557	240.941	24.572
	d	(22.5)	(32.0)	(23.0)	(28.0)	(280.2)	(25.8)
	e	15.190	21.975	15.288	136.79	163.111	-12.41
45°	a	14.002	17.251	10.630	11.355	113.178	10.522
	b	6.620	7.776	4.706	82.908	48.416	4.389
	c	17.271	25.908	17.769	13.448	209.866	13.939
	d	12.295	16.487	10.500	90.523	125.004	3.909
	e	8.440	13.118	9.504	30.385	103.114	-2.581
60°	a	10.005	12.291	7.281	4.850	85.102	3.462
	b	3.415	3.741	2.119	61.195	22.607	1.249
	c	12.295	19.374	13.181	3.687	171.205	4.155
	d	9.126	11.309	6.672	49.729	81.289	1.094
	e	6.234	9.412	6.191	9.558	79.901	0.350

Mesh: 8x24 (x10⁻³cm)

(xKg.cm)

表-1 たわみおよびモーメント

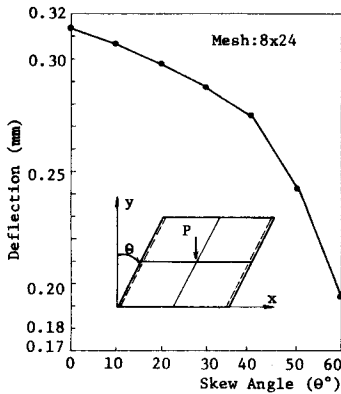


図-5 中央点たわみ

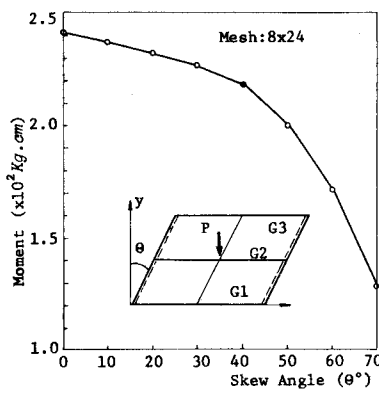


図-6 中央点曲げモーメント

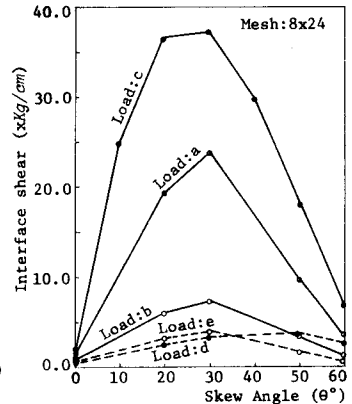


図-7 水平剪断力

以上の計算結果のみについて考察すると、本解析の理論値と実験値は比較的近似していることが分る。斜角の変化によって中央点の断面力を計算して Plot した結果より斜角度の増大によってたわみおよび曲げモーメントは減少して行く傾向がある。中央桁の境界面における水平剪断力も荷重位置によって値が増減されるが、さらに斜角度によっても増減の傾向がある。特に、斜角 40° の近傍で断面力が急に減少する。

5. 結び 本文は一方向のみの3本主桁をもつ斜め合成桁橋について解析を行なったが、今後格子桁の剛合成についての研究を報告するつもりである。

参考文献

- 1) W.C. Gustafson and R.N. Wright, Journal, Struct. Div., ASCE, Vol. 94, No. ST4, 1968.
- 2) R.W. Clough and J.L. Tocher, Proceedings, Conference on Matrix Method in Struct. Mech., Ohio, Univ. 1965.
- 3) M. Mehraïn, Finite Element Analysis of Skew Composite Plates, Univ. of Calif. Berkeley, 1967.