

九州工業大学 学生員 〇中川 進  
 " 正員 加藤九州男  
 " " 山本 宏

1. まえがき

昨年、報告した、曲線斜張橋の剛性方程式、すなわち、軸力、せん断力、ねじり、曲げを同時に受ける円弧部材の剛性方程式を用いて、図(Fig. 1)に示すような、曲線斜張橋の数値計算を行い、静的構造解析を行った。その一例について報告します。なお解析には有限要素法を用い、変形法の立場をとるものとする。

2. 基本剛性マトリックス

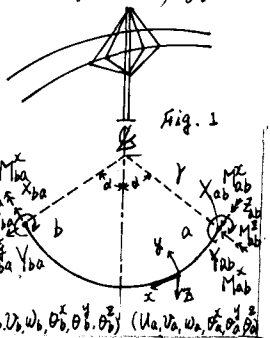
Fig. 2に示すように座標および節点力、節点変位を記号で表わし、ひずみエネルギーを用いればその関係は次のように求められる。

$$\begin{pmatrix} X_{ab} \\ Y_{ab} \\ Z_{ab} \\ M_{ab}^x \\ M_{ab}^y \\ M_{ab}^z \\ X_{ba} \\ Y_{ba} \\ Z_{ba} \\ M_{ba}^x \\ M_{ba}^y \\ M_{ba}^z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B & 0 & 0 & 0 & C & G & H & 0 & 0 & 0 & 0 & J \\ D & 0 & 0 & 0 & 0 & E & I & K & 0 & 0 & 0 & 0 & N \\ P & -Q & -C & 0 & 0 & 0 & 0 & -R & -S & -C & 0 & 0 & 0 \\ 0 & D & -B & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E & I & K & 0 \\ A & 0 & 0 & 0 & 0 & -C & -H & G & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ F & J & N & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I \\ A & -B & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ D & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -E & 0 & 0 & 0 \\ P & -Q & -C & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & D & -B & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_a \\ V_a \\ W_a \\ O_a^x \\ O_a^y \\ O_a^z \\ U_b \\ V_b \\ W_b \\ O_b^x \\ O_b^y \\ O_b^z \end{pmatrix}$$

なお式中のA, B, C, ... は部材の幾何学的形状と材料の縦方向の弾性係数によって定まる定数である。

$$\begin{aligned}
 L_1 &= \frac{\sigma}{4} (r + \lambda) \{ 2d(4d + 2\sin^2 d - 4d \cos 2d - 2\sin 2d) + (1 - \cos 4d - 8d^2)(r + \lambda) \} \text{ Fig. 2} \\
 L_2 &= 2[d(1 + \lambda_2) \{ d^2(1 + \lambda_2) - 2\lambda_2 \sin^2 d \} - (1 - \lambda_2) \sin^2 d \{ d(1 + \lambda_2) \cos^2 d + \lambda_2 \sin^2 d \}] \\
 A &= \frac{EI_2}{2r} [d(\sin^2 d - 4d)(r + \lambda) + (3 - 4\cos 2d + \cos 4d)r^2] / L_1 \\
 B &= \frac{EI_2}{2r} [2d^2 \{ d(1 + \lambda_2) - (1 - \lambda_2) \sin^2 d \} - d\lambda_2 \sin^2 d] / L_2 \\
 C &= 2EI_2 r d^2 \{ (1 - \cos 4d)(r + \lambda) + (\sin 4d - 2\sin 2d)r \} / 3L_1 \\
 D &= \frac{EI_2}{r} \sin^2 d [ (1 - 3\lambda_2) \sin 2d - 2d \{ (1 - \lambda_2) \cos d - 2\lambda_2 \} ] / L_2
 \end{aligned}$$

省略  $\lambda_1 = \frac{EI_2}{EA}$   $\lambda_2 = \frac{EI_y}{GJ}$   $EI$ : 曲げ剛度  $GJ$ : ねじり剛度



3. モデルの形状寸法と断面定数

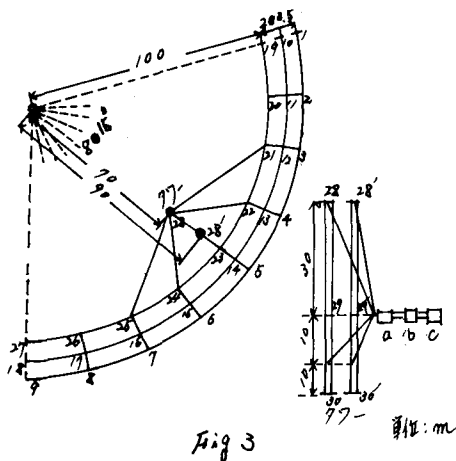


Fig. 3は、円弧部材を同心円状に作る主桁とし、これに直交する直線部材を横桁と定め、さらに内側主桁にケーブルを取りつけた曲線斜張橋である。

断面定数

	主桁A	主桁B	主桁C	横桁	タワー	ケーブル
A (cm <sup>2</sup> )	396.00	436.00	476.00	141.90	5600.0	31.40
J <sub>x</sub> (cm <sup>4</sup> )	970431.0	1.29517.0	1.68531.0	42113.0	2.76192.0	✓
I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	6.46932.0	8.63425.0	1.12352.0	1.80732.0	1.83867.0	✓
I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	6.46932.0	8.63425.0	1.12352.0	4.6500.0	1.83867.0	✓
鋼 E = 2.1 × 10 <sup>6</sup>		ケーブル E = 2.0 × 10 <sup>6</sup>		G = 8.0 × 10 <sup>5</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )		

Table. 1

以後に示す数値計算には九州大学大型計算機センターのFACOM 230-60を使用した。

#### 4. 数値計算例

##### ① 円弧格子桁と曲線斜張橋との比較

節点5r. 垂直荷重  $P=10t$  が作用した場合の垂直変位, 曲げモーメント, おじりモーメントを示す。

		円弧格子桁(A)	曲線斜張橋(B)	曲線斜張橋(C)	(B)	(C)
					$\frac{(B)}{100}$	$\frac{(C)}{100}$
垂直変位	a	6.3091	3.2002	0.7104	50.7	22.2
	b	6.3843	3.2816	0.7898	51.4	24.1
	c	6.4908	3.3799	0.8778	52.1	25.9
曲げモーメント	a	$0.958/10^6$	$4.8297/10^6$	$-1.0318/10^6$	50.4	21.4
	b	$1.2475/10^6$	$-6.3564/10^6$	$-1.4511/10^6$	50.9	22.8
	c	$-1.5998/10^6$	$-8.3093/10^6$	$-2.1385/10^6$	51.9	25.7
おじりモーメント	a	$-0.2165/10^6$	$-0.5103$	$-0.6875/10^6$	237.1	133.8
	b	$-0.218/10^6$	$-1.1870/10^6$	$-1.4483/10^6$	164.9	122.0
	c	$-0.4990/10^6$	$-0.6622/10^6$	$-0.7581/10^6$	132.6	114.0

Table 2.

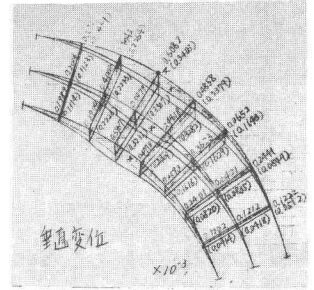


Fig. 4.

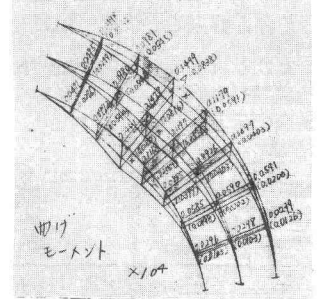


Fig. 5.

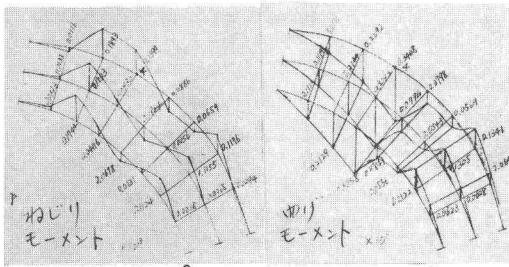


Fig. 9.

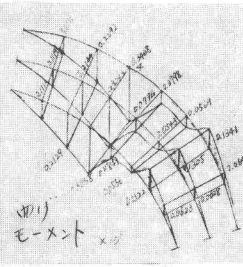


Fig. 8.

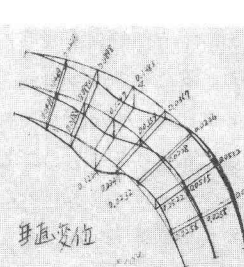


Fig. 7.

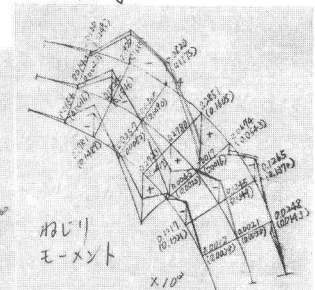


Fig. 6.

Fig. 4. 5. 6は、垂直荷重( $P=1$ )が移動する場合の影響線も円弧格子桁と曲線斜張橋について比較するため同図面に表わしたものである。Table 2から、テーブルの効果が大きいことがわかる。

2). 曲線斜張橋のタワーおけ位置による効果  
図(図9) 7. 8. 9はタワーが28点 (Fig. 3参照)にあるときに垂直荷重( $P=1$ )が移動する場合の影響線も又、Fig. 10. 11は、おじりモーメント( $T=1$ )が移動する場合の垂直変位, 曲げモーメントの影響線も表わしたものである。

タワーが桁に近いほど、テーブルの効果は、大きいことも当然ながら明確にあらわされている。

##### 3). テーブル数による影響

Fig. 12は、テーブルの軸力の影響線である。詳しい説明は講演当日行なう。

##### 参考文献

- 1) 山本, 加藤, 中川 「曲線斜張橋の剛性方程式について」 学会講演概要集 49
- 2) 三本木, 吉村天著 「有限要素法による構造解析プログラム」 培風館

第29回年次学術講演会講演概要集 49

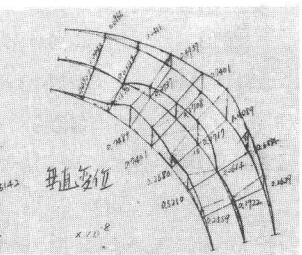


Fig. 10.

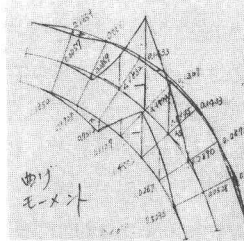


Fig. 11.

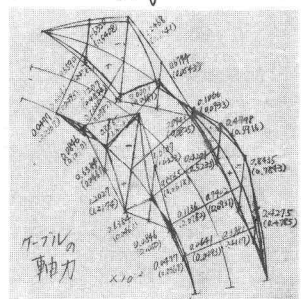


Fig. 12.