

斜角支持された多主桁橋の自由振動解析

鹿児島高専 学生員 南園 正行

" 窪田 幸一郎

" 正 員 内谷 保

1. まえがき

近年、地理的条件や空間的制約から支承が橋軸に対して斜めに支持された道路橋、いわゆる斜橋が数多く架設供用されている。かかる橋梁の動的特性に関しては、これまでに文献1)をはじめとするいくつかの研究が報告されているが、これらの解析法はいずれもその取扱いが煩雑のようである。

本論では、図-1に示すように支承線が橋軸と任意に斜交する不整形の平面形状を有する多主桁斜橋を主桁とそれに直交する版にモデル化して取り扱う。すなわち、床版や横桁は主桁に直交する版にモデル化し、その両端に作用する断面力を主桁に作用する荷重と考え、主桁に注目して集中質量法によりかかる形式橋梁の動的特性(固有振動数と振動モード)を求めるものである。このとき、主桁の変位としては鉛直変位の他にねじり角も考慮しており、支承上での主桁のねじり拘束の動的特性に及ぼす影響も検討することができる。また、本法は連続桁橋や不整形平面形状を有する多主桁曲線橋などの動的応答解析にも容易に適用できる。

2. 運動方程式

図-1に示すような両端が単純支持された多主桁斜橋を、図-2に示すような離散的な集中質量系にモデル化する。このとき、床版や横桁の質量はこの主桁の集中質量に含ませ、主桁および床版は質量のない曲げ部材として取り扱う。また、床版や横桁を版にモデル化したときの一般的な変形状態および主桁に伝達されると考えられるモーメントおよび鉛直力を図-3に示す。この版から主桁に伝達されるモーメント $\bar{m}_n$ 、 m_n および鉛直力 $\bar{v}_n$ 、 v_n は、たわみ角法を用いて次式で表される。

$$\bar{m}_n = \frac{2E_s I_s}{b} \left\{ \theta_{n-1} + 2\theta_n - \frac{3}{b} (y_n - y_{n-1}) \right\} \quad (1)_a$$

$$m_n = \frac{2E_s I_s}{b} \left\{ 2\theta_n + \theta_{n+1} - \frac{3}{b} (y_{n+1} - y_n) \right\} \quad (1)_b$$

$$\bar{v}_n = -\frac{6E_s I_s}{b^2} \left\{ \theta_{n-1} + \theta_n - \frac{2}{b} (y_n - y_{n-1}) \right\} \quad (2)_a$$

$$v_n = -\frac{6E_s I_s}{b^2} \left\{ \theta_n + \theta_{n+1} - \frac{2}{b} (y_{n+1} - y_n) \right\} \quad (2)_b$$

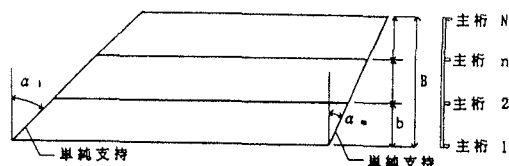


図-1 多主桁斜橋の一般図

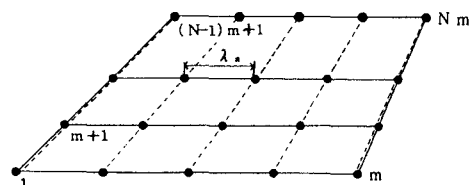


図-2 解析モデル

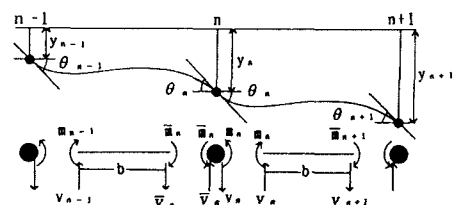


図-3 主桁の変形量および主桁に伝わる力

ここに、 $E_s I_s$ は版の換算曲げ剛性、 b は主桁間隔、 θ および y は主桁のねじり角および鉛直変位である。いま、この主桁に伝達されるモーメント $\bar{m}_n$ 、 m_n および鉛直力 $\bar{v}_n$ 、 v_n が質点に集中して作用するものとして、任意の主桁 n における質点の運動方程式は次式のように表される。

$$[M]_n \{Y\}_n + [K]_n \{Y\}_n = -\{F\}_n \quad (3)$$

ここに、 $[M]_n$ および $[K]_n$ は主桁 n の質量マトリックスおよび剛性マトリックス、 $\{Y\}_n$ は主桁 n の各質点の鉛直変位 y およびねじり角 θ を要素とする列ベクトル、 $\{F\}_n$ は版から主桁 n に伝達される式

(2)および(3)で与えられるモーメントと鉛直力を要素とする列ベクトルである。式(3)を各主桁に対して立て、重ね合わせると多主桁斜橋全体の運動方程式が得られ、これを解くことにより固有振動数および振動モードが得られる。

3. 計算例と考察

数値計算において対象とした斜橋は、本法の妥当性を検討することを考慮して文献1)で用いられた表-1に示すような諸元を有する2橋である。これらの斜橋は実橋であり、固有振動数の実測値も得られている。なお、解析において主桁の分割数は6分割程度で十分なことが確かめられたので、ここでは6分割で解析を行う。

表-2は、TYPE-AとTYPE-Bの斜橋に対して本法を用いて計算された5次までの固有振動数を示したものである。なお、表中には比較のため文献1)で報告されている固有振動数の振動モードが一致している1次と2次の値および実測値も示してある。これより、振動モードが一致する場合、本法による固有振動数の値と文献1)の値とはかなり良い一致を示していると共に、実測値とも良く一致していることがわかる。このことより、本法を用いても斜橋の固有振動数が十分な精度で求められると言えよう。また、図-4は

TYPE-Aの振動モードを示したものである。1次と4次は幅員中央に対して対称な1次および2次振動となり、2次は幅員中央に対して逆対称な1次振動であるのに対して、3次と5次はねじりを伴った複雑な振動となっている。これは変位として主桁の鉛直変位だけでなくねじり角も考慮していることから得られる結果と思われる。

表-3は、ケーススタデーとしてTYPE-Aの斜橋を2連繋いで2径間連続斜桁橋とした場合の固有振動数を本法により求め、5次までを示したものであるが、1次および2次の固有振動数は1径間の場合とほぼ等しいようである。これまで連続斜桁橋の固有振動数を求めた報告はほとんど見受けられないが、本法を用いれば容易に多径間連続斜桁橋の自由振動解析を行うことができる。また、表中のねじり拘束無およびねじり拘束有は、支承上で主桁のねじりが拘束されていない場合と拘束されている場合をそれぞれ示しているが、本法を用いて支承上での主桁のねじり拘束が固有振動数に及ぼす影響を検討することもできる。

固有振動数および振動モードに及ぼす斜角、版の換算剛性比などの影響については講演時に報告する。

【参考文献】

- 1) 成岡 他：直格子斜桁橋の固有振動数に関する研究、土木学会論文集、No.139、p.1-8、1967-3

表-1 多主桁斜橋の諸元

	TYPE-A	TYPE-B
支 間 L	21.80 m	22.80 m
幅 員 B	6.00 m	20.07 m
主桁本数 N	4 本	11 本
斜 左端 α_1	60°	41.05°
斜 右端 α_n	60°	41.05°

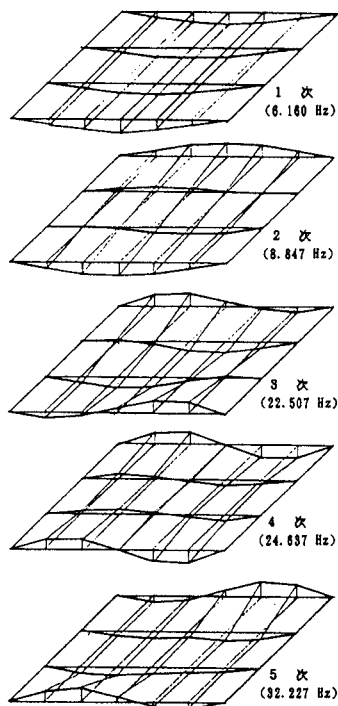


図-4 振動モード
(TYPE-A)

表-2 固有振動数

TYPE-A			
次数	本 法	格子桁理論 ¹⁾	実測値
1	6.559 Hz	6.160 Hz	
2	9.134 "	8.847 "	8.5 Hz
3	17.444 "		
4	24.499 "		
5	31.178 "		

TYPE-B			
次数	本 法	直交異方性平行四辺形板理論 ¹⁾	実測値
1	5.456 Hz	5.2 Hz	5.7 Hz
2	6.065 "	6.1 "	
3	8.583 "		
4	14.015 "		
5	21.479 "		

表-3 1径間と2径間連続の固有振動数の比較

次数	ねじり拘束無		ねじり拘束有	
	1径間	2径間	1径間	2径間
1	6.160 Hz	6.204 Hz	10.753 Hz	10.875 Hz
2	8.847 "	8.656 "	11.978 "	12.168 "
3	22.507 "	11.173 "	27.783 "	12.925 "
4	24.637 "	11.969 "	29.400 "	13.808 "
5	32.227 "	23.215 "	35.737 "	27.795 "