

# 航空技術研究所資料

TM-14

変断面片持梁固有振動数の一計算方法について

中井暎一・小原 瑛・鳥海良三・安藤泰勝

1963 年 3 月

航空技術研究所

# 変断面片持梁固有振動数の一計算方法について\*

中井 暎一\*\*・小原 瑛\*\*・鳥海 良三\*\*\*・安藤 泰勝\*\*

## I. は し が き

アスペクト比の余り小さくない航空機の主翼又はその模型は、近似的に変断面片持梁と考えられ、Rayleigh 式のフラッタ計算においては、その静止空気中における非連成曲げおよび振り固有振動数、固有函数を求めることが必要であるが、以下そのために試みた一計算法とその結果についてのべる。

## II. 記 号

$a_i, a_i'$ :  $y_j$  を  $y^{(i)}$  で展開したときの係数

$EI$ : 梁の曲げ剛性

$(EI)_0$ : 根元断面における  $EI$

$f_i$ :  $x=ih$  の点における被積分函数  $f(x)$  の値

$GJ$ : 梁の振り剛性

$h$ : 積分区分,  $h=L/10$

$I_0$ : 梁の質量慣性モーメント分布

$i, j, k, n$ :  $=0, 1, 2, 3, \dots$

$L$ : 梁の長さ

$m$ : 梁の質量分布

$m_0$ : 根元断面における  $m$

$t$ : 時間

$x, \xi, \eta, \zeta$ : 梁の弾性軸にそった流通座標

$Y$ : 梁の曲げ変位

$y^{(i)}$ :  $i$  次の曲げ固有函数

$y_j$ : 試験函数

---

\* 昭和 38 年 3 月 6 日受付

\*\* 機体部

\*\*\* 計測工務部

- $\Phi$ : 梁の振り変位  
 $\varphi^{(i)}$ :  $i$  次の振り固有函数  
 $\omega_i$ :  $i$  次の固有振動数  
 $\lambda_i$ : 無次元固有振動数  
 $\delta_{ik}$ :  $\begin{cases} \delta_{ik}=0 & i \neq k \\ \delta_{ik}=1 & i = k \end{cases}$

### III. 計 算 方 法

#### 1. 基曲方程式

梁の自由振動を表わす運動方程式は

$$\text{a. 曲げ} \quad \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( EI \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} \right) = -m \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} \quad (1)$$

$$\text{b. 振り} \quad \frac{\partial}{\partial x} \left( GJ \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) = -I_0 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} \quad (2)$$

である。

$Y(x, t) = ye^{i\omega t}$ ,  $\Phi = \varphi e^{i\omega t}$  とおけば (1), (2) 式は

$$\text{曲げ} \quad \frac{d^2}{dx^2} \left( EI \frac{d^2 y}{dx^2} \right) = m\omega^2 y \quad (3)$$

$$\text{振り} \quad \frac{d}{dx} \left( GJ \frac{d\varphi}{dx} \right) = I_0 \omega^2 \varphi \quad (4)$$

となる。

片持梁の場合、境界条件は

$$\text{曲げ} \quad \begin{cases} x=0: y=0, \frac{dy}{dx}=0 \\ x=L: \frac{d^2 y}{dx^2}=0, \frac{d^3 y}{dx^3}=0 \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{振り} \quad \begin{cases} x=0: \varphi=0 \\ x=L: \frac{d\varphi}{dx}=0 \end{cases} \quad (6)$$

である。

したがって、(5), (6) 式の条件の下で (3), (4) 式を満足する  $\omega$ ,  $y$ ,  $\varphi$  を求めるのであるが、そのために従来から Stodola の方法として知られている反復計算法により、当所 Datatron 205 電子計算機を用いて計算実験を行なった。

#### 2. Stodola の方法 (参照 1)

曲げおよび振りの場合ともに計算原理は同じであるので、以下曲げの場合についてのみ述べる。

(3) 式を積分の形で表わせば

$$\frac{1}{\omega^2} y = \iint \left( \frac{1}{EI} \iint myd\zeta d\eta \right) d\xi dx \quad (7)$$

となる。

初めに境界条件を満足した適当な函数  $y_0$  を仮定する。それを (7) 式の右辺に代入し境界条件を考慮しながら4回の逐次不定積分を実行する。そして、得られた函数  $y_0'$  をその最大値  $y_0'_{\max}$  で割って normalize し、得られた函数を  $y_1$  とする。もし  $y_0$  が正しい解であれば  $y_0 = y_1$ ,  $y_0'_{\max} = 1/\omega^2$  となり、(7) 式は満足されるが、通常1回の計算では (7) 式が満足されることはない。

次に  $y_1$  を再び (7) 式の右辺に代入し同様の反復計算を行なう。

$y_2 \approx y_1$  ならば  $y_2$  についても同様の反復計算を行ない、 $y_{j+1} = y_j$  となるまで反復計算をくり返す。 $y_{j+1} = y_j$  ならば、

$$y = y_j : \omega^2 = \frac{1}{y_{j\max}} \quad (8)$$

となり固有函数  $y$ , 固有振動数  $\omega$  が求まる。

### 3. 高次振動数, 高次固有函数

(5), (6) 式を満足する (3), (4) の解は無数個存在し、通常  $\omega$  をその値の小さいものよりおのおの一次, 二次, ...,  $i$  次, ... の固有振動数, および各  $\omega$  に対応する  $y, \varphi$  をおのおの一次, 二次, ...,  $i$  次, ... の固有函数と呼ぶが、上記の反復計算を行なえば、常に最低次の固有函数, 固有振動数に収束する。したがって、高次のものを求めるには適当な方法で  $y_j$  より低次の固有函数を除く (Sweeping) 必要がある。そのためには各固有函数間の直交性を利用する。

すなわち

$$y_j = \sum_{i=1}^{\infty} a_i y^{(i)} \quad (9)$$

と仮定でき、又 (9) 式の両辺に  $my^{(k)}$  をかけて梁の根元より先端迄積分を実行すれば、各固有函数間の直交性より

$$\int_0^L my^{(k)} y^{(i)} dx = \delta_{ik} \quad (10)$$

従って

$$a_k = \frac{\int_0^L my_j y^{(k)} dx}{\int_0^L m\{y^{(k)}\}^2 dx} \quad (11)$$

故に

$$y_j - a_k y^{(k)} \quad (12)$$

により  $y^{(k)}$  を除くことができる。

## 4. 収束性

(9) 式の仮定, および (7) 式より

$$\begin{aligned}
 y_1' &= \sum_{i=1}^{\infty} \frac{a_i}{\omega_i^2} y^{(i)} \\
 &\vdots \\
 y_j' &= \sum_{i=1}^{\infty} \frac{a_i'}{\omega_i^2} y^{(i)} \\
 &= \frac{1}{\omega_1^{2j}} \left[ a_1' y^{(1)} + a_2' \left( \frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^{2j} y^{(2)} + \dots \right]
 \end{aligned} \tag{13}$$

$$\text{今,} \quad \frac{\omega_1}{\omega_i} < 1, \quad i \geq 2 \tag{14}$$

であるので

$$j \rightarrow \infty, \quad \left( \frac{\omega_1}{\omega_i} \right)^{2j} \rightarrow 0 \tag{15}$$

従って

$$y_j' = \frac{a_1'}{\omega_1^{2j}} y^{(1)} \tag{16}$$

又

$$\left( \frac{\omega_k}{\omega_i} \right) < 1, \quad k < i \tag{17}$$

であるので適当な Sweeping を行なえば, 反復計算により任意の次数の固有振動数, 固有函数を求めることが可能である。

## IV. 計算実験および結果

(7) 式の積分が解析的に実行できれば問題ないのであるが, 一般的には不可能であるので近似数値積分による他なく, 問題はその近似数値積分をどういう形で行なうかということになる。

理論的には, 積分区分のとり方により数値積分の精度を上げることは可能であるが, 実際に  $m, I_0, EI, GJ,$  等の値を多くの点で求めることは煩雑な計測, 計算を必要とするので, 本計算では工学的に妥当と思われる 10 等分分割によることにした。積分は  $my_0$  から出発するのであるが実機および模型は多くの場合先細でありその  $m$  を  $y_0$  に乗じる操作は出発函数の形を滑らかにする効果があり,  $m$  が一様である一様断面梁の場合は条件として厳しい方であるので, まず, 一様断面梁について計算実験を行なった。

なお, すべての計算において最初の試験函数  $y_0, (\varphi_0)$  として一様断面片持梁の厳密解 (参照 4) を用いた。

当所電子計算機プログラム・ライブラリーには I-000 と称する数値積分のサブルーチンがすでにあつたので最初はそれを用いてみた。その用いている積分公式は以下に示すものでありその結

果を方法 A として表 1 に示す。

I-000 の積分公式；

$$\begin{aligned}\int_0^h f dx &= \int_0^{3h} f dx - \int_h^{3h} f dx \\ \int_0^{2h} f dx &= \frac{h}{3}(f_0 + 4f_1 + f_2) \\ \int_0^{3h} f dx &= \frac{3h}{8}(f_0 + 3f_1 + 3f_2 + f_3) \\ \int_0^{4h} f dx &= \int_0^{2h} f dx + \int_{2h}^{4h} f dx \\ \int_0^{5h} f dx &= \int_0^{3h} f dx + \int_{3h}^{5h} f dx\end{aligned}\tag{18}$$

この方法では高次の場合の収束が十分ではないので、次に六次多項式による積分公式を作成し計算を行なった。その結果を方法 B として示す。

六次積分公式；

$$I_n = \int_0^{nh} f dx = c \sum_{i=0}^6 P_{ni} f_i\tag{19}$$

$$c = \frac{h}{60480}$$

$$\underline{P_{ni}}$$

$n \backslash i$	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0	0
1	19087	65112	-46461	37504	-20211	6312	-863
2	18224	90240	528	21248	-12912	4224	-592
3	18495	87480	31347	58752	-19683	5832	-783
4	18304	89088	24576	96256	11136	3072	-512
5	18575	87000	31875	80000	58125	28200	-1375
6	17712	93312	11664	117504	11664	93312	17712

他に方法 C として J. C. Houbolt 氏 (参照 1) が用いた方法により計算を行なった結果を示す。

表 1 が示すように一次固有函数，固有値については各方法による結果とも大差なく厳密解に非常に近い値が得られている。しかし，二次になると当然のことであるが方法 B による結果が最も良好である。高次のものを求める場合，当然低次のものがより高精度に求まっていることが望まれる。計算に要する時間は方法 C，方法 A，方法 B の順で長くなるが，方法 B が要する約 3 分の時間は十分実用に耐える時間であり，積分区分  $h$  を今のように  $L/10$  にとる場合，これ以上高次の多項式による積分公式を用いても計算時間が長くなる割には余り精度の向上は望めないで，当所 Datatron 205 電子計算機用プログラミングとしては方法 B を用いることにした。

次に方法 B により梁の深さのみがおのおの  $1/2$ ,  $1/5$  のテーパ比でテーパしている変断面梁について計算を行ない  $1/2$  テーパーのものについては実験と、 $1/5$  テーパーのものについては厳密解 (参照 1) および川井氏の計算結果 (参照 3) と比較してみた。

## V. 結 論

方法 B により得られた結果は、実験と良く一致し参照 2 に示されている他の計算方法による例と比較しても良好であり、こうした例について、良好な結果を得ている他の方法の多くが高次の代数方程式をといて解を得ているため、手計算によることは不可能と思われるのに対し、本方法は単純な計算の繰り返しであるため、電子計算機を用いる場合非常にプログラミングが簡単であり、また、手計算も可能であるので工学的に十分有用な方法であると思われる。

なお、この方法は原理的に両端自由梁等の他の境界条件に支配される変断面梁について適用可能である。

## 参 照 文 献

1. J. C. Houbolt, R. A. Anderson: "Calculation of Uncoupled Modes and Frequencies in Bending or Torsion of Nonuniform Beams", July 23, 1947. NACA T. N. 1522
2. R. L. Bisplinghoff and others: "Aeroelasticity", Addison-Wesley Publishing Co. Inc.
3. 川井忠彦, 戸川隼人, 林 洋一: 「変断面梁の曲げ自由振動について」航空技術研究所報告 TR-22 1962 年 2 月
4. D. Young, R. P. Felgar, Jr.: "Tables of Characteristic Functions Representing Normal Modes of Vibration of a Beam", The University of Texas Publication No. 4913, July 1, 1949

## 付記： 振動実験装置およびその解析

## 1. フラッタ模型加振装置

本実験に用いたフラッタ模型加振装置の概略は図 (5), (6) に示すとおりで、それを模型的に示せば図 (7) の如くである。

模型の変形は模型の翼根に貼付したストレン・ゲージにより検出し、その電気的出力を動歪計により増幅した後、オシロスコープおよび電子管式カウンタに入れて、振動波形、振幅、振動数の計測を行なった。

## 2. 加振装置の解析

図 (7) に示すように本加振装置は、加振子を模型に直接取り付けて模型の特性に影響を与えることをさけるために、模型は質量の大きい加振台に取り付け加振子はその加振台を加振し、模型は間接的に加振される方法によっている。

この方法によれば、加振子の模型に与える影響はさけられるのであるが、加振台、支持バネが一つの振動系を構成し、模型自体が一つの振動系であるので両者の間に連成振動が起こり、通常観測し得る最大振幅点は両方の系の連成固有振動数で模型の固有振動数とは少し異なっている。

その影響をみるために、簡単な解析と校正実験を行なったのでその結果を以下に示す。

系の減衰力を無視すれば系の運動方程式は

$$\begin{cases} M\ddot{q}_1 + \dot{q}_1 \int_0^L m dx + \dot{q}_2 \int_0^L m y dx + Kq_1 + F = 0 \\ \ddot{q}_1 \int_0^L m y dx + \ddot{q}_2 \int_0^L m y^2 dx + q_2 \int_0^L EI (y'')^2 dx = 0 \end{cases} \quad (20)$$

ただし

$M$ : 加振台質量

$m$ : 模型質量分布

$q_1$ : 加振台変位

$q_2 y$ : 模型曲げ変位

$K$ : 支持バネ バネ定数

$F$ : 加振子出力

$\cdot$ : 時間に関する微分

$'$ :  $x$ に関する微分

である。

今  $q_1 = \bar{q}_1 e^{i\omega t}$ ,  $q_2 = \bar{q}_2 e^{i\omega t}$ ,  $F = \bar{F} e^{i\omega t}$ ,



$$\begin{aligned}
 A_{11} &= M + \int_0^L m dx & A_{12} &= A_{21} = \int_0^L m y dx & A_{22} &= \int_0^L m y^2 dx \\
 B_1 &= K & B_2 &= \int_0^L EI (y'')^2 dx
 \end{aligned} \tag{21}$$

$\omega$ : 加振周波数

とおけば (20) 式は

$$\begin{cases} -A_{11}\omega^2\bar{q}_1 - A_{12}\omega^2\bar{q}_2 + B_1\bar{q}_1 + \bar{F} = 0 \\ -A_{21}\omega^2\bar{q}_1 - A_{22}\omega^2\bar{q}_2 + B_2\bar{q}_2 = 0 \end{cases} \tag{22}$$

加振台, 支持バネ系非連成固有振動数を  $\nu_1$ ,

模型の非連成固有振動数を  $\nu_2$  とすれば,

$$B_1 = \nu_1^2 A_{11}, \quad B_2 = \nu_2^2 A_{22} \tag{23}$$

従って (22) 式は,

$$\begin{cases} A_{11}(\nu_1^2 - \omega^2)\bar{q}_1 - A_{12}\omega^2\bar{q}_2 = -\bar{F} \\ -A_{22}(\nu_2^2 - \omega^2)\bar{q}_2 + A_{21}\omega^2\bar{q}_1 = 0 \end{cases} \tag{24}$$

この式を解いて

$$\bar{q}_1 = \frac{\bar{F} A_{21} (\nu_2^2 - \omega^2)}{A_{12}^2 \omega^4 - A_{11} A_{22} (\nu_1^2 - \omega^2) (\nu_2^2 - \omega^2)} \tag{25}$$

$$\bar{q}_2 = \frac{\bar{F} A_{21} \omega^2}{A_{12}^2 \omega^4 - A_{11} A_{22} (\nu_1^2 - \omega^2) (\nu_2^2 - \omega^2)} \tag{26}$$

今  $\omega \rightarrow \nu_2$  とすると

$$\bar{q}_2 = -\frac{\bar{F}}{A_{12}} \nu_2^2, \quad \bar{q}_1 = 0 \tag{27}$$

これは動制振器の原理を表わすものであり,  $\bar{q}_1 = 0$  となる  $\omega$  を計測すれば正しい  $\nu_2$  を求めることができるわけであるが系に存在する減衰力の影響で,  $\bar{q}_1 = 0$  となることはなく,  $\bar{q}_1$  最小の  $\omega$  を計測することもかなり困難であるので,  $\bar{q}_2$  最大となる  $\omega$  をもって  $\nu_2$  としている。

$\bar{q}_2$  最大となる  $\omega$  は (26) 式の分母を 0 とする  $\omega$  であるから

$$A_{12}^2 \omega^2 - A_{11} A_{22} (\nu_1^2 - \omega^2) (\nu_2^2 - \omega^2) = 0 \tag{28}$$

をといて

$$\omega^2 = \frac{\nu_2^2}{2 \left( 1 - \frac{A_{12}^2}{A_{11} A_{22}} \right)} \left[ 1 + \left( \frac{\nu_1}{\nu_2} \right)^2 \pm \sqrt{\left\{ 1 + \left( \frac{\nu_1}{\nu_2} \right)^2 \right\}^2 - 4 \left( 1 - \frac{A_{21}^2}{A_{11} A_{22}} \right) \left( \frac{\nu_1}{\nu_2} \right)^2} \right] \tag{29}$$

となる。

この  $\omega$  と  $\nu_2$  の差をみるために 1/2 テーパ模型について計算, 実験を行なった。

模型の特性は以下に示すとおりである。

$x/L$	$m$ (gr)	$y$	$x/L$	$m$ (gr)	$y$	$x/L$	$m$ (gr)	$y$
0	21.232	0	0.4	16.986	0.1882	0.8	12.739	0.6919
0.1	20.171	0.0120	0.5	15.924	0.2898	0.9	11.678	0.8440
0.2	19.109	0.0479	0.6	14.863	0.4108	1.0	10.616	1.0000
0.3	18.047	0.1071	0.7	13.801	0.5451			

$$M=20000 \text{ gr}$$

$$\frac{A_{12}^2}{A_{11}A_{22}}=0.0122$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2}=0.184$$

$$\nu_2=31.8 \text{ (自由振動計測結果)}$$

以上の値を用いて  $\omega$  を求めると

$$\omega=1.0081 \cdot \nu_2=32.05 \text{ c/s とする。}$$

実験値は 32.2 c/s

したがって、この加振装置による実験結果の含む誤差はこの程度のものであり実用上問題がないことが判明した。

表 1

$x/l$	$y(1)$				$y(2)$			
	厳密解	方法A	方法B	方法C	厳密解	方法A	方法B	方法C
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.01678	0.01678	0.01677	0.01677	-0.09263	-0.09247	-0.09259	-0.09360
0.2	0.06387	0.06387	0.06387	0.06387	-0.30106	-0.29974	-0.30095	-0.30455
0.3	0.13649	0.13649	0.13648	0.13648	-0.52614	-0.52389	-0.52597	-0.53263
0.4	0.22989	0.22989	0.22988	0.22988	-0.68347	-0.68011	-0.68325	-0.69251
0.5	0.33953	0.33952	0.33952	0.33952	-0.71367	-0.70991	-0.71341	-0.72414
0.6	0.46114	0.46114	0.46113	0.46113	-0.58948	-0.58561	-0.58924	-0.59994
0.7	0.59088	0.59088	0.59088	0.59088	-0.31705	-0.31379	-0.31685	-0.32609
0.8	0.72548	0.72548	0.72548	0.72548	+0.07004	+0.07242	+0.07019	+0.06353
0.9	0.86240	0.86240	0.86240	0.86240	+0.52375	+0.52498	+0.52382	+0.52040
1.0	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	+1.00000	+1.00000	+1.00000	+1.00000

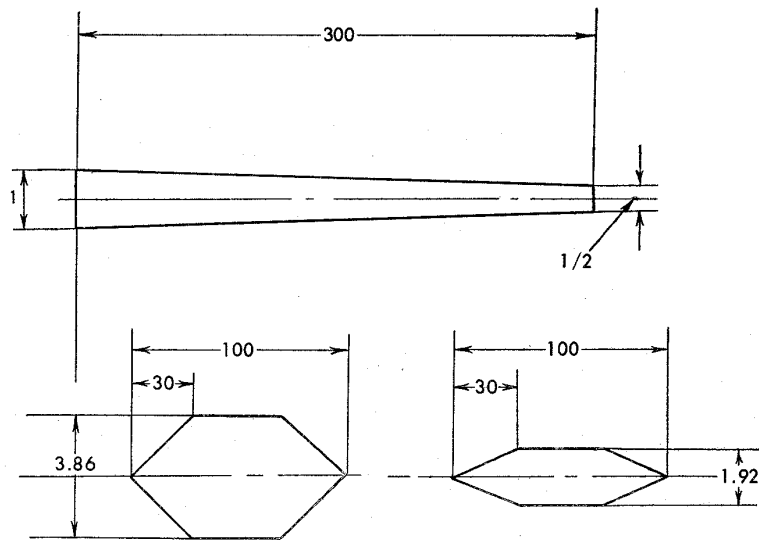
	曲 げ						
	厳密解	方法A	誤差(%)	方法B	誤差(%)	方法C	誤差(%)
$\omega_1$	3.516	3.51595	0	3.51602	0	3.51603	0
$\omega_2$	22.033	21.9789	0.246	22.0325	0	22.1462	0.5

$x/l$	$\varphi(1)$			$\varphi(2)$		
	厳密解	方法A	方法B	厳密解	方法A	方法B
0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.15643	0.15644	0.15643	-0.45399	-0.45222	-0.45408
0.2	0.30902	0.30902	0.30902	-0.80902	-0.80532	-0.80908
0.3	0.45399	0.45399	0.45399	-0.98769	-0.98368	-0.98776
0.4	0.58779	0.58778	0.58779	-0.95106	-0.94597	-0.95114
0.5	0.70711	0.70711	0.70711	-0.70711	-0.70361	-0.70714
0.6	0.80902	0.80902	0.80902	-0.30902	-0.30532	-0.30916
0.7	0.89101	0.89101	0.89101	+0.15643	+0.15738	+0.15651
0.8	0.95106	0.95106	0.95106	+0.58779	+0.58899	+0.58768
0.9	0.98769	0.98769	0.98769	+0.89101	+0.88968	+0.89106
1.0	1.00000	1.00000	1.00000	+1.00000	+1.00000	+1.00000

	振 り				
	厳密解	方法A	誤差(%)	方法B	誤差(%)
$\omega_1$	1.5708	1.5708	0	1.5708	0
$\omega_2$	4.7123	4.7059	0.138	4.7123	0

計 算 例

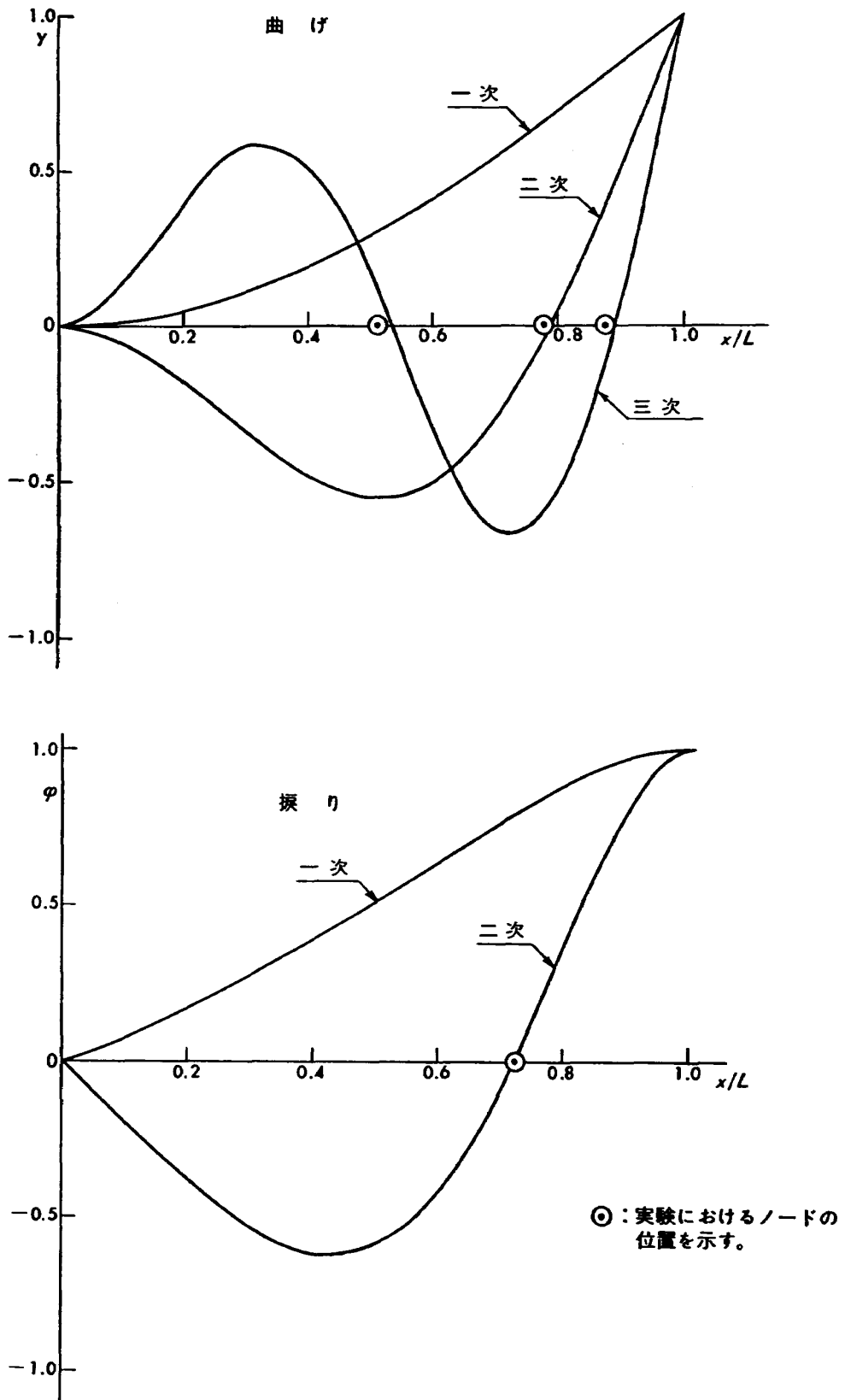
A: 1/2 テーパー梁



第 1 図

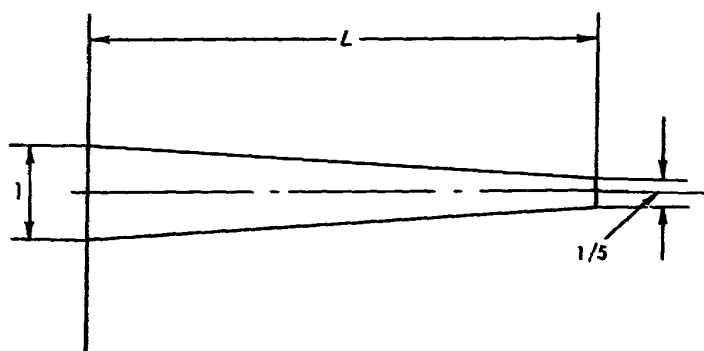
曲 げ			振 り		
	実 験 値	方 法 B		実 験 値	方 法 B
$\omega_1$	31.8 c/s	31.57 c/s	$\omega_1$	213 c/s	215.47 c/s
$\omega_2$	150.6 c/s	151.31 c/s	$\omega_2$	515 c/s	516.99 c/s
$\omega_3$	372 c/s	416.85 c/s			

第 2 図に計算により得られた各固有函数, および実験によって得られたノードの位置を示す。



第 2 図

B: 1/5 テーパー梁

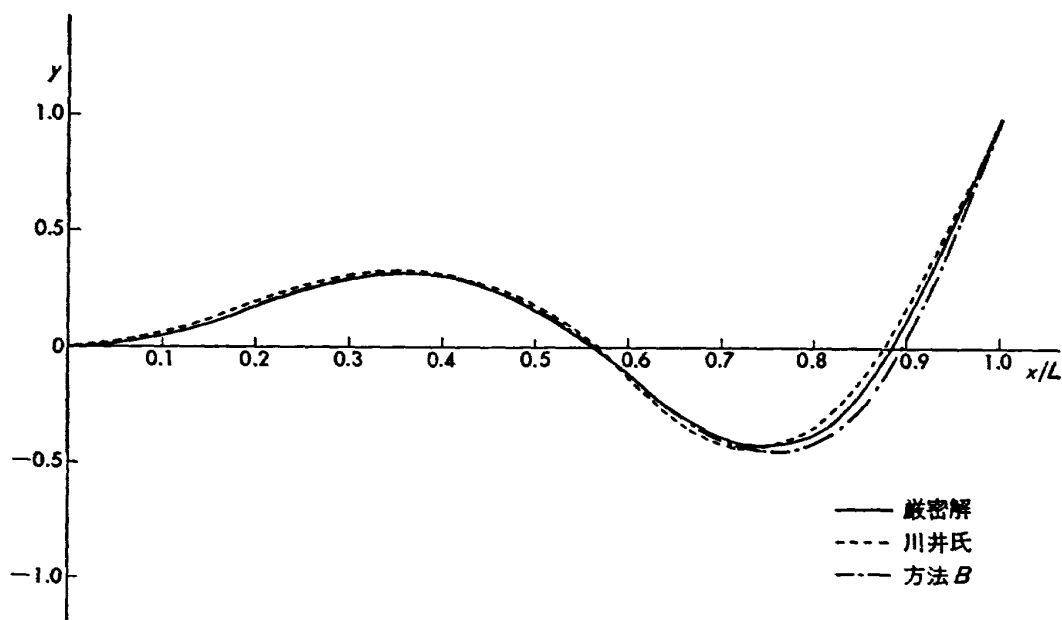


第 3 図

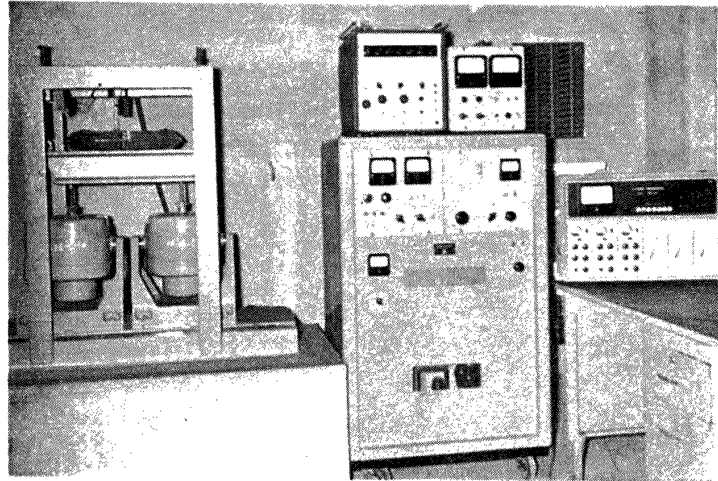
$$\omega_i = \lambda_i \sqrt{\frac{(EI)_0}{m_0 L^4}}$$

曲 げ					
	厳密解	方法 B	誤差 (%)	川井氏	誤差 (%)
$\lambda_1$	4.2915	4.2924	0.021	4.2920	0.012
$\lambda_2$	15.7480	15.7518	0.027	15.865	0.7
$\lambda_3$	36.8838	37.8411	2.59	38.1009	3.0

第 4 図に第三次固有函数について、厳密解、川井氏による結果および方法 B による結果の比較を示す。

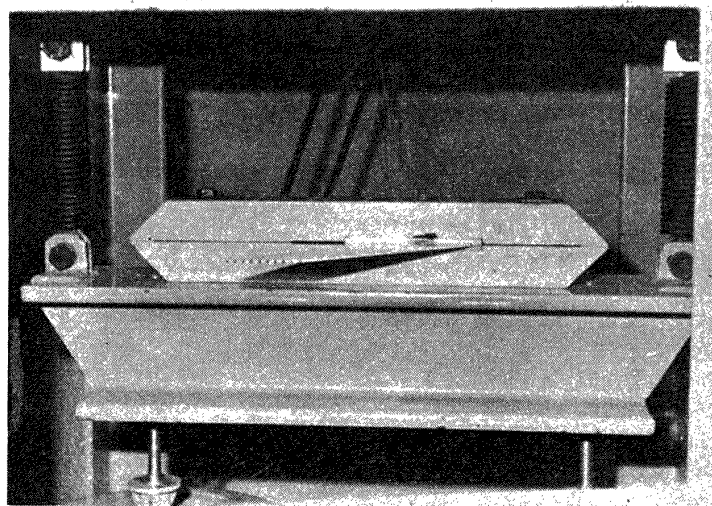


第 4 図 三次固有函数

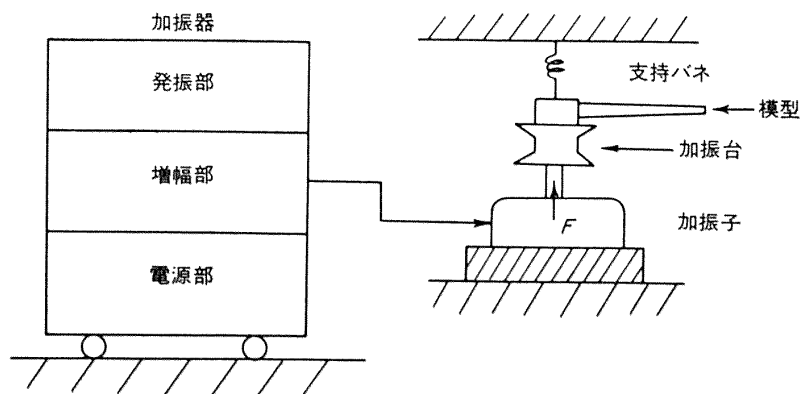


第5図 フラッタ模型加振装置

注 動電型加振器性能  
 加振力 常用 10 kg 最大 12 kg  
 最大加速度 15 g  
 振動波形 正弦波歪率 5%  
 加振子駆動電力 最大 120 W  
 加振子発電コイル感度 0.2 V/cm/sec  
 振動数範囲 5~2000 c/s  
 加振子加動部重量 750 gr  
 振動方向 0~90°  
 加振子励磁電力 最大 700 W



第6図 フラッタ模型および加振台



第7図 フラッタ模型加振装置の概略

<p>NAL TM-14 航空技術研究所 変断面片持梁固有振動数の一計算方法について</p> <p>1963 年 3 月 13 ページ</p>	<p>I. 中井 映一 小原 瑛三 鳥海 良三 安藤 泰勝</p> <p>II. NAL TM-14 534.11 629.13.014.3</p>	<p>NAL TM-14 航空技術研究所 変断面片持梁固有振動数の一計算方法について</p> <p>1963 年 3 月 13 ページ</p>	<p>I. 中井 映一 小原 瑛三 鳥海 良三 安藤 泰勝</p> <p>II. NAL TM-14 534.11 629.13.014.3</p>
<p>変断面片持梁の曲げおよび捩り固有振動数計算の一方法としての Stodola の方法について、当所 Datatron 205 電子計算機を用いて、二三の数値積分法による結果の比較を行ない、六次多項式近似数値積分による方法が、本計算機に対して実用上適当であることを示し、計算例について実験および厳密解との比較を行なった。</p>		<p>変断面片持梁の曲げおよび捩り固有振動数計算の一方法としての Stodola の方法について、当所 Datatron 205 電子計算機を用いて、二三の数値積分法による結果の比較を行ない、六次多項式近似数値積分による方法が、本計算機に対して実用上適当であることを示し、計算例について実験および厳密解との比較を行なった。</p>	
<p>NAL TM-14 航空技術研究所 変断面片持梁固有振動数の一計算方法について</p> <p>1963 年 3 月 13 ページ</p>	<p>I. 中井 映一 小原 瑛三 鳥海 良三 安藤 泰勝</p> <p>II. NAL TM-14 534.11 629.13.014.3</p>	<p>NAL TM-14 航空技術研究所 変断面片持梁固有振動数の一計算方法について</p> <p>1963 年 3 月 13 ページ</p>	<p>I. 中井 映一 小原 瑛三 鳥海 良三 安藤 泰勝</p> <p>II. NAL TM-14 534.11 629.13.014.3</p>
<p>変断面片持梁の曲げおよび捩り固有振動数計算の一方法としての Stodola の方法について、当所 Datatron 205 電子計算機を用いて、二三の数値積分法による結果の比較を行ない、六次多項式近似数値積分による方法が、本計算機に対して実用上適当であることを示し、計算例について実験および厳密解との比較を行なった。</p>		<p>変断面片持梁の曲げおよび捩り固有振動数計算の一方法としての Stodola の方法について、当所 Datatron 205 電子計算機を用いて、二三の数値積分法による結果の比較を行ない、六次多項式近似数値積分による方法が、本計算機に対して実用上適当であることを示し、計算例について実験および厳密解との比較を行なった。</p>	



## 既 刊 資 料

TM- 1	高マッハ数風洞について (I)	1961年 11月	平木 一, 清水福寿 橋本 登
TM- 2	航空技術研究所計数型電子計算機設備 プログラムライブラリー I	1962年 2月	樋口一雄, 戸川隼人 三好甫, 高橋利之 能美力, 板垣芳雄 鳥海良三, 佐藤保子
TM- 4	18 cm×20 cm超音速風洞について	1962年 5月	長洲秀夫, 伝田幸雄
TM- 5	遷音速流の線型理論	1962年 8月	細川 巖
TM- 6	18 cm × 18 cm 遷音速風洞整備試験	1962年 8月	橋本 登, 井上政一
TM- 7	慣性力形疲労試験機	1962年 8月	竹内和之, 山根皓三郎
TM- 8	アルミ合金の前歴が疲れ寿命に およぼす実験的研究	1962年 9月	池田為治, 坂元思無邪
TM- 9	方向性次元解析と相似解に関する覚書	1963年 2月	甲藤好郎, 小出 勉
TM-10	DATATRON 205 用 ALGOL 58 使用法について	1963年 2月	高橋利之
TM-11	光弾性による高速車盤の縞模様	1963年 2月	永井文雄
TM-12	コーティングの断熱効果に関する実験	1963年 3月	竹中幸彦, 小川鉦一 林 洋一
TM-13	遷音速における 45° 後退角翼の 予備的フラッタ実験	1963年 3月	中井暎一, 小原 瑛

注：欠番は配布先を限定したもの。

---

## 航 空 技 術 研 究 所 資 料 14 号

昭 和 3 8 年 3 月 発 行

発 行 所      航 空 技 術 研 究 所  
                  東 京 都 三 鷹 市 新 川 7 0 0  
                  電 話 武 蔵 野 (0422) (3) 5171 (代表)

印 刷 所      笠 井 出 版 印 刷 社  
                  東 京 都 港 区 芝 南 佐 久 間 町 1 の 53

---