

航空宇宙技術研究所報告

TECHNICAL REPORT OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TR-160

梁, 板結合構造物の振動 (II)

埜 武敏・築地恒夫・多田保夫
越出慎一・林 洋一・日下和夫

1968 年 8 月

航空宇宙技術研究所
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

梁, 板結合構造物の振動(II)*

塙 武敏**・築地 恒夫**・多田 保夫**
越出 慎一**・林 洋一**・日下 和夫**

On the Natural Vibration of Plate-Beam Combination Structures (II)

By Taketoshi HANAWA, Tsuneo TSUIJI, Yasuo TADA,
Shiniti KOSHIDE, Yoichi HAYASHI and Kazuo Kusaka

In this paper the authors applied the analytical method which was used in the previous paper TR-137, by means of the well-known Rayleigh-Ritz's procedure to investigate the natural vibration characteristics of the more actual plate-beam combination structures. As such actual examples, the structures which were consisting of a nonuniform section and nonuniform rigidity beam, and variable thickness plate, were dealt with. The general analytical equation were formulated for them.

Numerical examples were done for simple plate-beam combination specimens and structure specimens which simulated a free-flight model to investigate the characteristics in supersonic flight. At the same time the vibration test of such a structure was carried out. The test results were compared with the analytical results. Comparison of both results showed that there was a good correlation between them.

It can be concluded that this analytical method is the available way for the verification of such structure's natural vibration.

1. 緒 言

胴体に主翼あるいは安定翼の付いた構造物の最も単純な近似として、梁板結合系を考え、それに対する振動解析について先に報告した¹⁾。ただ前回の報告では、とりあつかった梁板結合系は、この種の系として最も初歩的な系、すなわち一樣な厚さの板の中心に一樣断面の梁が剛接されているものであった。したがってより実際の構造に対してはかなり粗い近似であり、実用的に十分な解はあまり期待できないと思われる。そこで今回は次の段階として、梁は変断面、板は薄い変厚板とした場合の梁板結合系にまで近似を進めて、そのような系の振動解析に関する一般近似式を誘導した。またここで誘導した式を用いた具体的な解析を幾つかおこなったが、特に推進用ロケットを内蔵し、加速終了後その飛行体の縦方向あるいは横方向の攪乱力による応答を測定し、縦および横の動安定微係数を求め高速機設計に必要な資料を得るための自由飛行模型

の初期設計に関する資料は所内研究グループ高速機研究会でもとりまとめて発表されると思うので重複しない範囲でこれに関連した供試体の解析および試験についてもふれて置くことにする。今回は上記変厚の系の一般式の誘導、前回にふれられなかった胴体が主翼前方にのびた場合および自由飛行模型に近い供試体に適用した場合の数値解析と実験結果を示したい。

2. 記 号

ここで解析に用いる記号をつぎに示す。

x, y, z : 直角座標系

a : 梁と板の結合部分の長さ

b : 板の y 方向の幅の $1/2$

L : 板前縁の長さ

α : 板前縁の角度

β : 板後縁の角度

h : 板の厚さ

D : 板の曲げ剛性 $= E_p h^3 / 12(1 - \nu^2)$

E_p : 板の縦弾性係数

ν : 板のポアソン比

* 昭和43年7月25日受付

** 機体第二部

- ρ_p : 板の密度
 l : 梁の長さ
 E_B : 梁の縦弾性係数
 G_B : 梁の剪断弾性係数
 ρ_B : 梁の密度
 I : 梁の断面二次モーメント
 G_{BK} : 梁の捩り剛性
 A : 梁の断面積
 J : 梁の極慣性モーメント
 ω : 角振動数
 w_1 : 板の z 方向の撓み
 w_2 : 梁の z 方向の撓み
 φ : 梁の捩り角
 添字 r : 板の最高厚さにおける値を示す
 i : 梁の i 番目の部分の値を示す
 m : 梁の各値の最大値を示す

3. 変断面梁および薄い変厚板より構成された梁板結合構造物の振動解析

ここでおこなった振動解析法は、先におこなったものと同様、エネルギー法を用いたものである。図1に示すような系が微小振動をしている場合を考え、この系の運動エネルギーとポテンシャルエネルギーから得られる運動ポテンシャルを極値にするように解を求める。ここでは図1に示すような板の対称軸上に梁が付加されたものを取りあつかっているが、この梁は変断面で前回の報告²⁾の板と同様に連続的な変化も考えられ、この場合には、この梁の変厚関数が与えられれば同様に表現できるので簡単であるが、今回は、梁は実用的な見地から、不連続的に変化する場合の式を導くこととした。板と梁との結合は前回¹⁾と同様剛接であると

する。このような系が微小振動している場合、図1のような座標系をとって考えると、変位として、板の z 方向の撓み w_1 、梁の z 方向の撓み w_2 および梁の x 軸回りの捩り角 φ を生じる。このことからエネルギーとしては、それぞれに対応する運動エネルギーとポテンシャルエネルギーが与えられる。

梁と板との結合が x 軸上で剛接されている条件からつぎのような仮定をする。すなわち、

x 軸上, $y=0$ で,

$$w_1 = w_2, \quad \varphi = -\frac{\partial w_1}{\partial y} \quad (1)$$

このため本来は三種類の試験関数を必要とするのであるが、そして複雑な構造物になると多数の関数の仮定が必要となろうが、ここでは、 w_1 だけの一種類の試験関数を仮定すればよいことになる。また梁が M 個の部分に分割され、その各々の部分では断面が連続で均一であるとしても実用的には十分であろう。そこで(1)式を用いると梁の撓みおよび捩りによるエネルギーはつぎのようになる。

$$\left. \begin{aligned}
 U_{B0} &= \sum_{i=1}^M \int_{a\mu_i}^{a\mu_{i+1}} (E_B I)_i \left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} \right)^2 dx && \text{捩り歪エネルギー} \\
 U_{B1} &= \sum_{i=1}^M \int_{a\mu_i}^{a\mu_{i+1}} (G_B K)_i \left(\frac{\partial^2 w_1}{\partial x \partial y} \right)^2 dx && \text{曲げ運動エネルギー} \\
 T_{B0} &= \sum_{i=1}^M \int_{a\mu_i}^{a\mu_{i+1}} (\rho_B A)_i \dot{w}_1^2 dx && \text{捩り運動エネルギー} \\
 T_{B1} &= \sum_{i=1}^M \int_{a\mu_i}^{a\mu_{i+1}} (\rho_B I)_i \left(\frac{\partial \dot{w}_1}{\partial y} \right)^2 dx
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ここで、 $\mu_i = l_i/a$ 。したがって、板の撓みによって生じるエネルギー²⁾とこれらとを組合せて、

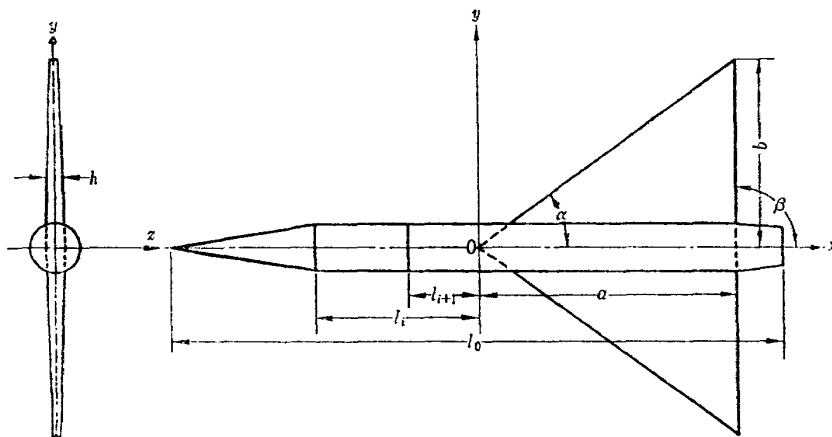


図1 梁板結合物、振動解析座標系

$$w_1(x, y, t) = w_0(x, y) \sin \omega t \quad (3)$$

と置けば、最終的に極値をとるべき汎関数は次のような形で示される。

$$\begin{aligned} \Pi = & \iint \left(\frac{h}{h_r} \right)^3 \left[(\nabla^2 w_0)^2 - 2(1-\nu) \left\{ \frac{\partial^2 w_0}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w_0}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 w_0}{\partial x \partial y} \right)^2 \right\} \right] dx dy \\ & + \sum_{i=1}^M \frac{(E_B I)_m}{D_r} \int_{a_{\mu_i}}^{a_{\mu_{i+1}}} \frac{(E_B I)_i}{(E_B I)_m} \left(\frac{\partial^2 w_0}{\partial x^2} \right)_{y=0}^2 dx \\ & + \sum_{i=1}^M \frac{(G_B K)_m}{D_r} \int_{a_{\mu_i}}^{a_{\mu_{i+1}}} \frac{(G_B K)_i}{(G_B K)_m} \left(\frac{\partial^2 w_0}{\partial x \partial y} \right)_{y=0}^2 dx \\ & - \omega^2 \frac{\rho_p h_r}{D_r} \left[\iint \left(\frac{h}{h_r} \right) w_0^2 dx dy \right. \\ & + \sum_{i=1}^M \frac{(\rho_B A)_m}{\rho_p h_r} \int_{a_{\mu_i}}^{a_{\mu_{i+1}}} \frac{(\rho_B A)_i}{(\rho_B A)_m} w_0^2_{y=0} dx \\ & \left. + \sum_{i=1}^M \frac{(\rho_B J)_m}{\rho_p h_r} \int_{a_{\mu_i}}^{a_{\mu_{i+1}}} \frac{(\rho_B J)_i}{(\rho_B J)_m} \left(\frac{\partial w_0}{\partial y} \right)_{y=0}^2 dx \right] \quad (4) \end{aligned}$$

ここに、 $\nabla^2 = (\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2)$ 。

さてこの式に含まれる撓みの試験関数 w_0 を、

$$w_0(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} a_{mn} x^m y^n \quad (5)$$

とおき、(4)式に代入して整理すると次式のようになる。

$$\begin{aligned} \Pi' = & \frac{2b^3}{a} \Pi = \sum_{m,r} \sum_{n,s} A_{mn} A_{rs} B_{mnrs} \\ & + \sum_{i=1}^M R_{1i} \left\{ C_1 \sum_{m,r} \sum_{n,s} A_{mn} A_{rs} \right. \\ & \times \frac{m(m-1)r(r-1)}{(m+n-3)} (\mu_{i+1}^{m+r-3} - \mu_i^{m+r-3}) \delta_{n0} \delta_{s0} \left. \right\} \\ & + \sum_{i=1}^M R_{3i} \left\{ C_3 \sum_{m,r} \sum_{n,s} A_{mn} A_{rs} \right. \\ & \times \frac{m \cdot r}{(m+r-1)} (\mu_{i+1}^{m+r-1} - \mu_i^{m+r-1}) \delta_{n1} \delta_{s1} \left. \right\} \\ & - \chi \left[\sum_{m,r} \sum_{n,s} A_{mn} A_{rs} B'_{mnrs} \right. \\ & + \sum_{i=1}^M R_{2i} \left\{ C_2 \sum_{m,r} \sum_{n,s} A_{mn} A_{rs} \right. \\ & \times \frac{1}{m+r+1} (\mu_{i+1}^{m+r+1} - \mu_i^{m+r+1}) \delta_{n0} \delta_{s0} \left. \right\} \\ & \left. + \sum_{i=1}^M R_{4i} \left\{ C_4 \sum_{m,r} \sum_{n,s} A_{mn} A_{rs} \right. \right. \end{aligned}$$

$$\left. \times \frac{1}{m+r+1} (\mu_{i+1}^{m+r+1} - \mu_i^{m+r+1}) \delta_{n1} \delta_{s1} \right\} \quad (6)$$

ここに、

$$\begin{aligned} A_{mn} &= a_{mn} a^m b^n \\ A_{rs} &= a_{rs} a^r b^s \\ \chi &= \omega^2 \rho_p h_r a^4 k^{-4} / D_r, \\ k &= a/b, \\ R_{1i} &= (E_B I)_m b^3 / 2 D_r a^4, \\ R_{2i} &= (\rho_B A)_m / 2 \rho_p h_r b, \\ R_{3i} &= (G_B K)_m b / 2 D_r a^2, \\ R_{4i} &= (\rho_B J)_m / 2 \rho_p h_r b^3, \\ C_1 &= (E_B I)_i / (E_B I)_m, \\ C_2 &= (\rho_B A)_i / (\rho_B A)_m, \\ C_3 &= (G_B K)_i / (G_B K)_m, \\ C_4 &= (\rho_B J)_i / (\rho_B J)_m, \end{aligned}$$

また、ここでは板が変厚であるので(4)式に含まれる板のポテンシャルおよび慣性に関する項は次に示される値となる²⁾。

$$\begin{aligned} B_{mnrs} = & \{ m(m-1)r(r-1)k^{-4} \sum_{j,l} E_{jl} M_{m+r+j-4, n+s+l}, \\ & + n(n-1)s(s-1) \sum_{j,l} E_{jl} M_{m+r+j, n+s+l-4}, \\ & + 2vm(m-1)s(s-1)k^{-2} \\ & \times \sum_{j,l} E_{jl} M_{m+r+j-2, n+s+l-2}, \\ & + 2(1-\nu)mnrsk^{-2} \sum_{j,l} E_{jl} M_{m+r+j-2, n+s+l-2} \} \quad (7) \end{aligned}$$

$$B'_{mnrs} = \sum_{f,g} G_{fg} M_{m+r+f, n+s+g}, \quad (8)$$

(7)、(8)式における E_{jl} 、 G_{fg} はそれぞれ板が変厚であるために入ってくる係数であるが、すでに変厚板の振動あるいは撓みの解析^{2),3)} でおこなったように、板厚を x, y で冪級数展開した、

$$h = \sum_{f,g} b_{fg} x^f y^g \quad (9)$$

で与えられるとすると、

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{h}{h_r} \right) &= \sum G_{fg} \xi^f \eta^g, \\ \left(\frac{h}{h_r} \right)^3 &= \sum E_{jkl} \xi^j \eta^k, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

である。ここに、 $\xi = x/a$ 、 $\eta = y/b$ 。 M_{pq} は板は全域に関する積分を遂行することによって得られるもので、前回の報告の^{2),3)} 解析で行ったものと同じ形なので省略する。

(4)式が極値をとる条件、つまり(6)式を a_{mn} で微分したものが零となることから特性方程式が得られる。

4. 数値計算法

実際の数値計算に際しては、前章(3)式の試験関数を有限項用いるため、それに対応する次のような特性方程式が得られる。

$$\sum \sum A_{rs} A_{mnr} s + \sum A_{rs} F_{mr} \delta_{n0} \delta_{s0} + \sum A_{rs} G_{mr} \delta_{n1} \delta_{s1} = 0 \quad (11)$$

ここに、

$$\begin{aligned} A_{mnr} &= \{m(m-1)r(r-1)k^{-4} \sum_{jl} E_{jl} M_{m+r+j-4, n+s+l}, \\ &+ n(n-1)s(s-1) \sum_{jl} E_{jl} M_{m+r+j, n+s+l-4}, \\ &+ \nu m(m-1)s(s-1)k^{-2} \sum_{jl} E_{jl} M_{m+r+j-2, n+s+l-2}, \\ &+ \nu m(n-1)r(r-1)k^{-2} \sum_{jl} E_{jl} M_{m+r+j-2, n+s+l-2}, \\ &+ 2(1-\nu)mnrsk^{-2} \sum_{jl} E_{jl} M_{m+r+j-2, n+s+l-2}\} \\ &- \chi B'_{mnr}, \\ F_{mr} &= \sum_{i=1}^M \left\{ R_{1i} C_1 \frac{m(m-1)r(r-1)}{m+r-3} \right. \\ &\quad \times (\mu_{i+1}^{m+r-3} - \mu_i^{m+r-3}) \\ &\quad \left. - \chi R_{2i} C_2 \frac{1}{m+r+1} (\mu_{i+1}^{m+r+1} - \mu_i^{m+r+1}) \right\}, \\ G_{mr} &= \sum_{i=1}^M \left\{ R_{3i} C_3 \frac{mr}{m+r-1} (\mu_{i+1}^{m+r-1} - \mu_i^{m+r-1}) \right. \\ &\quad \left. - \chi R_{4i} C_4 \frac{1}{m+r+1} (\mu_{i+1}^{m+r+1} - \mu_i^{m+r+1}) \right\}. \end{aligned}$$

(11) 式より振動数方程式として、

$$|A_{mnr} s + F_{mr} \delta_{n0} \delta_{s0} + G_{mr} \delta_{n1} \delta_{s1}| = 0 \quad (12)$$

が得られ、これより振動の固有値が求まり、さらに各々の固有値に対応した固有ベクトルが決まるから、振動数と振動型とが求められる。ただこの場合、試験関数の項数および項の種類のとおり方が近似の精度に影響するので、これらの点を注意して選定する必要がある⁵⁾。一般に項数を増せば近似はよくなる。

ここでとりあげた振動系は、梁の中心軸に関して対称であるために、この軸に対して対称な振動と反対称な振動に分かれる。したがって試験関数は分離した二種類の関数を用いることになる。(11)式は対称に対しては梁の曲げの項のみを含む形となり、また反対称に対しては捩りの項のみを含む形となる。結局振動数方程式は、

$$\begin{aligned} \text{対称に対し: } & |A_{mnr} s + F_{mr} \delta_{n0} \delta_{s0}| = 0 \\ \text{反対称に対し: } & |A_{mnr} s + G_{mr} \delta_{n1} \delta_{s1}| = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

の形となる。

5. 小型供試体の例

ここでは一つの計算例として図2に示すような小型供試体を取りあげ、数値計算と実測値とを比較したものである。この供試体は前回の報告¹⁾でおこなったものと同様な一様断面梁と一様厚さの板とで構成されたものであるが、ここでは梁の長さが主翼板前方まで変化するものとし、梁の長さがこの程度の系の振動においてはどのような影響をおよぼすものであるか、定量的な吟味をおこなったものである。図3~6にその結果を示した。縦軸に振動数パラメータ、横軸に梁の長さに関するパラメータをとって両者の関係を示したものである。実験は前報¹⁾と同様な方法によった。計算に用いた試験関数も前報と同様次の対称、反対称各々に対し10項からなるものである。

$$\begin{aligned} w_0(EVEN) &= a_{00} + a_{02}y^2 + a_{10}x + a_{12}xy^2 + a_{20}x^2 \\ &\quad + a_{22}x^2y^2 + a_{30}x^3 + a_{40}x^4 + a_{04}y^4 \\ &\quad + a_{14}xy^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_0(ODD) &= a_{01}y + a_{03}y^3 + a_{11}xy + a_{13}xy^3 + a_{21}x^2y \\ &\quad + a_{23}x^2y^3 + a_{31}x^3y + a_{05}y^5 + a_{15}xy^5 \\ &\quad + a_{41}x^4y \end{aligned} \quad (14)$$

また、板の曲げ剛性と梁の曲げ剛性および捩り剛性

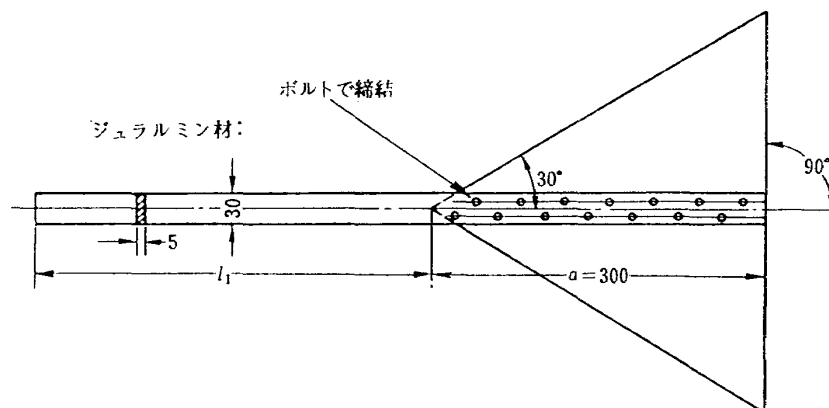


図2 小型供試体の数値計算例

に関するパラメータ R_1 , R_3 ならびに板の質量と梁の質量および慣性モーメントに関するパラメータ R_2 , R_4 の決定は前報で示したものと同様¹⁾、梁と板の結合部分を取り出し曲げ試験、捩り試験および重量の測定をおこないその結果を用いて算出した。数値計算はこの例では、Datatron 205 および MAIDC II A を使って遂行した。計算値と実験値との相違は前報¹⁾ と同様な相違があり、特に前方に胴部が延長したことにより悪い近似になっているともいえない。ただこれらの近

似を前回の近似と比較するには、実験をより精密にしなければならないであろう。この小型供試体においては、板状の梁と板との結合で、前報¹⁾ p. 9 第9図に示すような半円柱の結合でないで多少この結合に関しては前報より計算仮定に近いであろうと思われる。梁の長さが増加するとき、長さの変化による影響の少ない捩りおよび影響の多い曲げの振動の様子など合理的である。

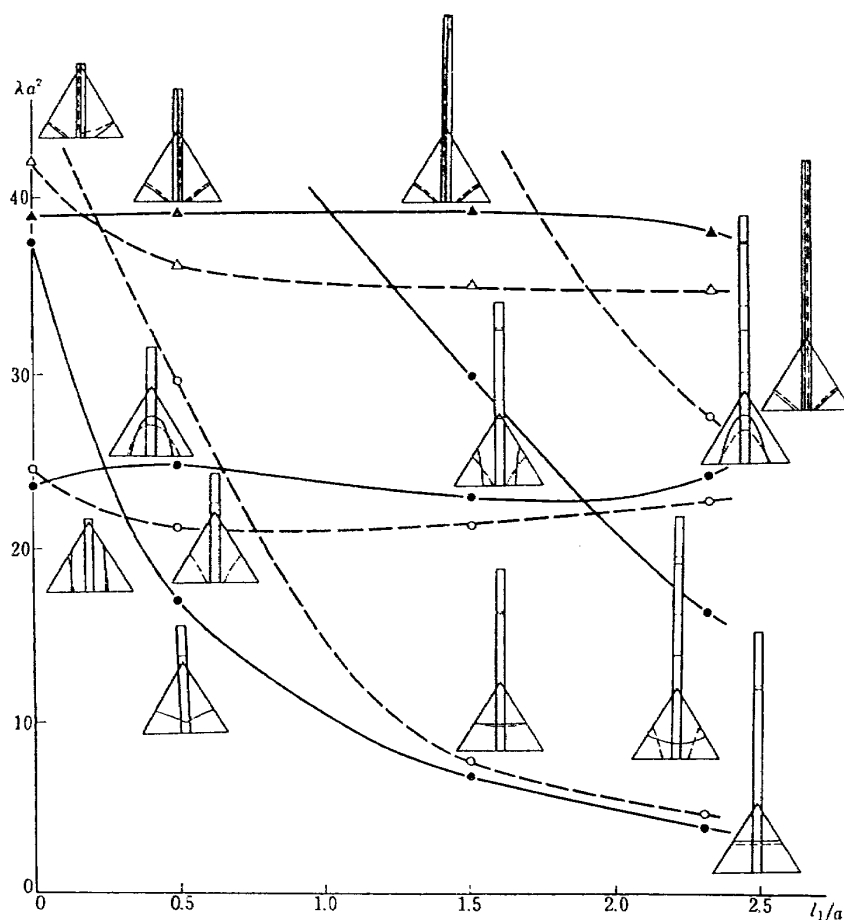


図 3 小型供試体；梁の長さによる振動数変化

30° 90° EVEN $K_1 = -2.3333333$
 $K_2 = 1.0000000$
 $R_1 = 0.14157820$
 $R_2 = 0.21679300$

30° 90° EVEN $K_1 = -2.3333333$
 $K_2 = 1.0000000$
 $R_1 = 0.14157820$
 $R_2 = 0.21679300$

		1st mode	
		calculation	experiment
λa^2		4.0679829	4.76
A_{mn}	00 -		1.0000000
	10 +		1.29429943
	02 -		0.18722230
	20 +		1.1237067
	12 +		0.48190135
	30 -		0.25424810
	04 +		0.025317694
	22 -		0.19566919
	40 -		0.10215179
	14 -		0.052505651

		2nd mode	
		calculation	experiment
		16.3965459	22.6
	00 -		1.0000000
	10 -		1.5100969
	02 -		3.5944882
	20 +		2.2345158
	12 +		12.058772
	30 +		1.5556842
	04 -		0.85496216
	22 -		6.3719602
	40 +		0.062766096
	14 +		0.26553763

—— 計算モード
 - - - - 実測モード

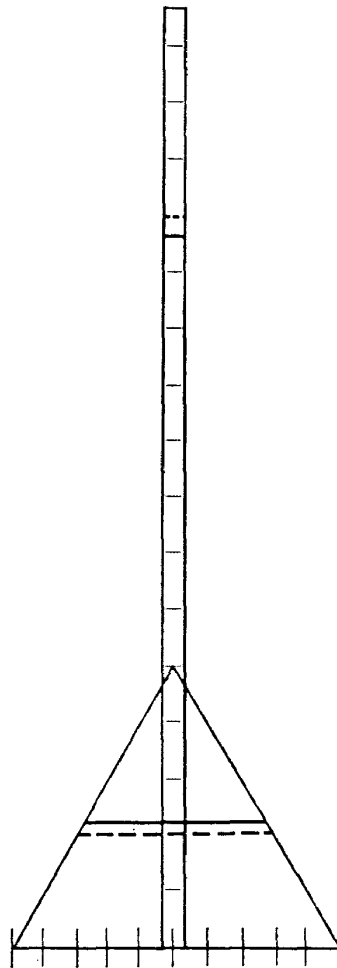


図 4.1 計算モードと実測モードの比較

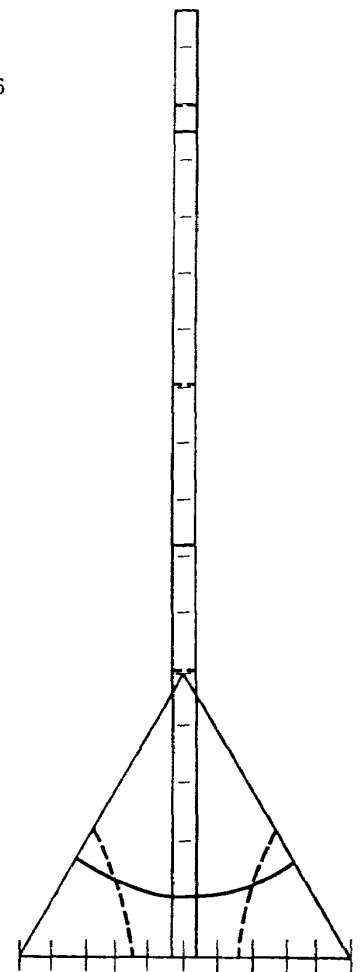
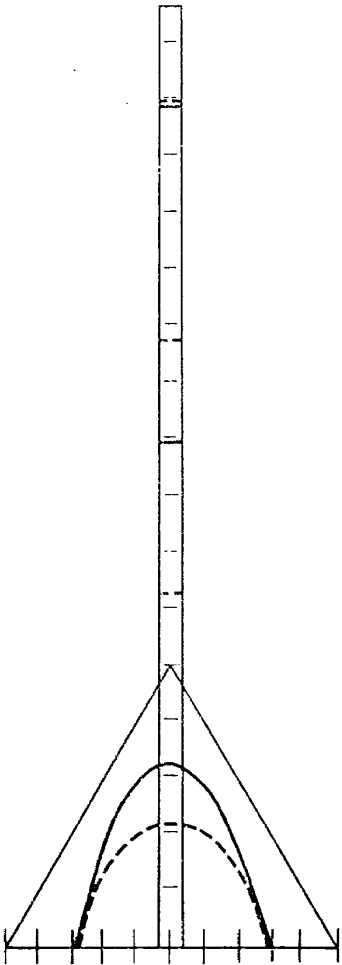


図 4.2 計算モードと実測モードの比較

		$K_1 = -2.3333333$
		$K_2 = 1.0000000$
		$R_1 = 0.14157820$
		$R_2 = 0.21679300$
	30° 90° EVEN	
	3rd mode	
calculation	experiment	
24.2001798	27.5	
00 -	1.0000000	
10 +	1.2847177	
02 +	6.0026889	
20 +	4.3505668	
12 -	40.381608	
30 +	1.3953711	
04 -	2.5550570	
22 +	8.2700860	
40 -	0.16899442	
14 +	9.2499770	



4.3 計算モードと実測モードの比較

		$K_1 = -2.3333333$
		$K_2 = 1.0000000$
		$R_3 = 0.630728$
		$R_4 = 0.00055828$
	30° 90° ODD	
	1st mode	
calculation	experiment	
37.974612	34.7	
01 -	1.0000000	
11 +	0.61608802	
03 -	1.4505279	
21 +	0.26329236	
13 +	4.0563561	
31 +	0.054160290	
05 +	0.57575040	
23 -	1.2891954	
41 +	0.0039815965	
15 -	1.1698287	

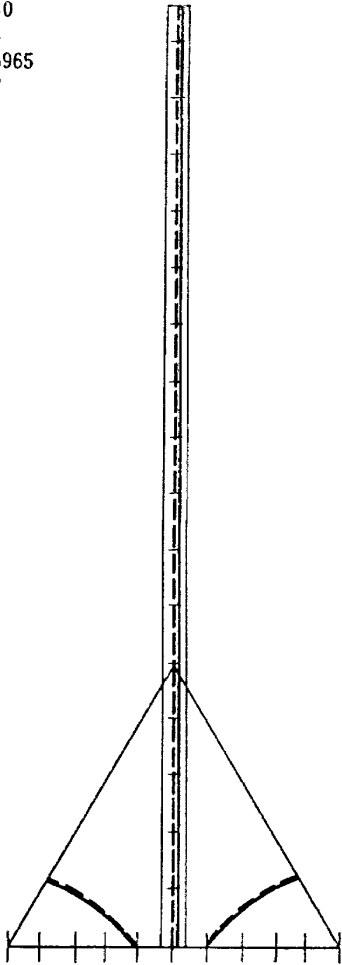


図 4.4 計算モードと実測モードの比較

30°	90°	ODD	
			$K_1 = -2.333333$
			$K_2 = 1.000000$
			$R_3 = 0.630728$
			$R_4 = 0.00055828$
2nd mode			
calculation	experiment		
60.088962			
01 -	1.000000		
11 +	3.145011		
03 +	5.1349083		
21 -	0.78248964		
13 -	9.5981282		
31 -	0.86820648		
05 -	2.4501954		
23 +	2.5803468		
41 -	0.14904004		
15 +	3.3049337		

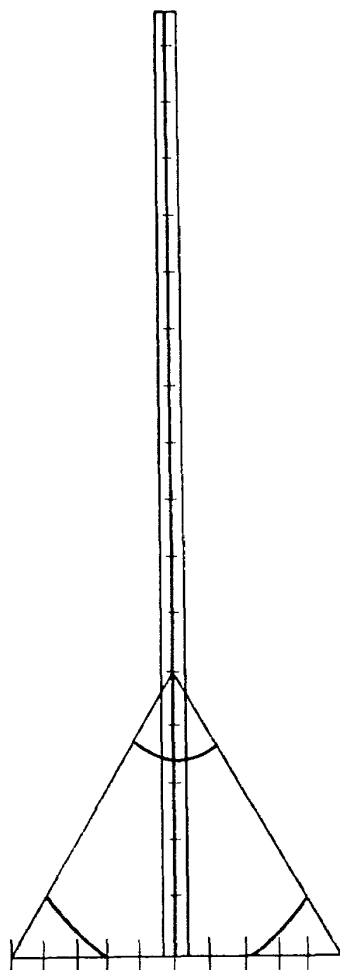


図 4.5 計算モードと実測モードの比較

30°	90°	ODD	
			$K_1 = -2.333333$
			$K_2 = 1.000000$
			$R_3 = 0.630728$
			$R_4 = 0.00055828$
3rd mode			
calculation	experiment		
85.754463			
01 -	1.000000		
11 +	0.21208643		
03 -	3.4648185		
21 +	4.1458159		
13 -	24.127020		
31 +	2.7245666		
05 +	17.312086		
23 +	16.220387		
41 +	0.51233896		
15 -	14.087105		

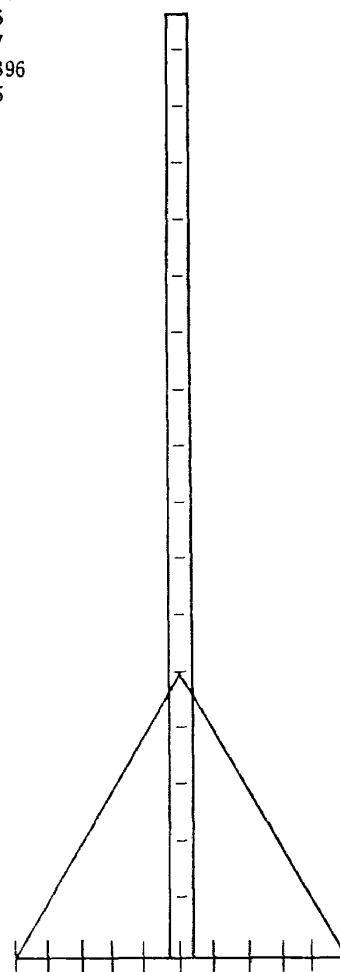


図 4.6 計算モードと実測モードの比較

		30° 90° EVEN		$K_1 = -1.5000000$ $K_2 = 1.0000000$ $R_1 = 0.14157820$ $R_2 = 0.21679300$
		1st mode		
calculation	experiment			
6.9792267	7.3			
00 -	1.0000000			
10 +	0.50778848			
02 -	0.40759573			
20 +	1.8847982			
12 +	1.0833581			
30 -	0.22824157			
04 +	0.031765414			
22 -	0.44835227			
40 -	0.26319868			
14 -	0.092548442			

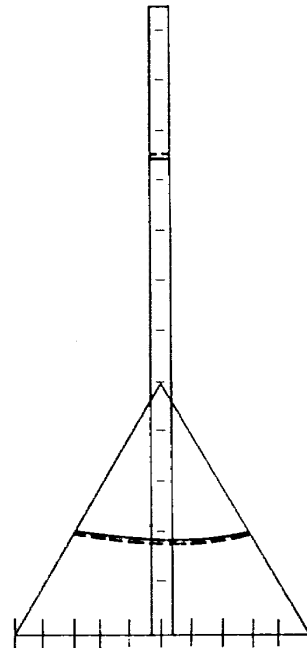


図 5.1 計算モードと実測モードの比較

		30° 90° EVEN		$K_1 = -1.50000000$ $K_2 = 1.00000000$ $R_1 = 0.14157820$ $R_2 = 0.21679300$
		2nd mode		
calculation	experiment			
22.9356648	21.4			
00 -	1.0000000			
10 +	12.897473			
02 +	31.731173			
20 +	5.1267820			
12 -	145.46690			
30 -	7.1348858			
04 -	3.9988227			
22 +	45.244519			
40 -	0.95167600			
14 +	22.060099			

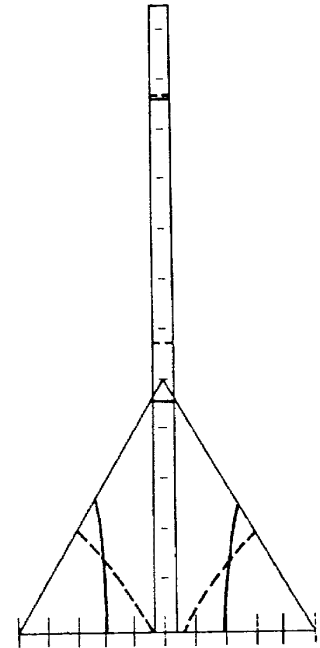


図 5.2 計算モードと実測モードの比較

		30° 90° EVEN	$K_1 = -1.50000000$ $K_2 = 1.00000000$ $R_1 = 0.14157820$ $R_2 = 0.21679300$
		3rd mode	
calculation		experiment	
29.9013972		44.	
00 -		1.0000000	
10 -		13.858800	
02 -		19.475355	
20 +		9.4011462	
12 +		11.131257	
30 +		17.858561	
04 +		0.53308180	
22 -		14.233819	
40 +		0.66789463	
14 +		4.0363969	

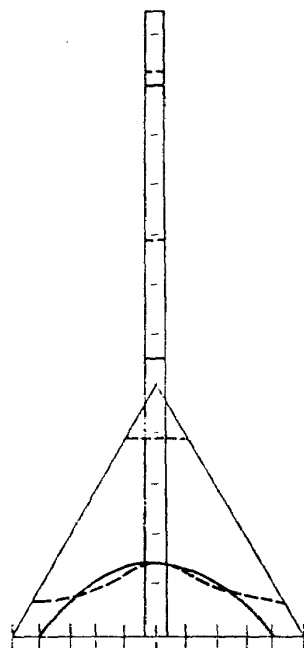


図 5.3 計算モードと実測モードの比較

		30° 90° ODD	$K_1 = -1.50000000$ $K_2 = 1.00000000$ $R_3 = 0.630728$ $R_4 = 0.00055828$
		1st mode	
calculation		experiment	
39.084513		35.	
01 -		1.0000000	
11 +		0.45799851	
03 -		1.6361463	
21 +		0.44140441	
13 +		4.2720875	
31 +		0.060361622	
05 +		0.77449150	
23 -		1.1943992	
41 -		0.052511456	
15 -		1.4250433	

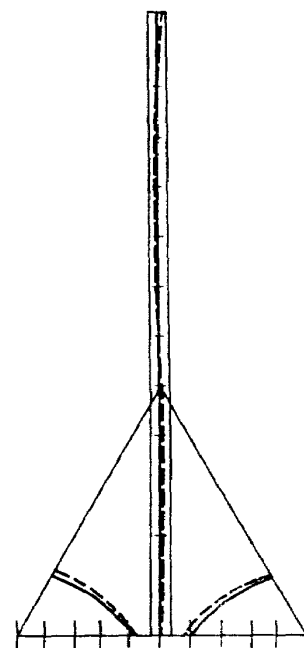


図 5.4 計算モードと実測モードの比較

			$K_1 = -1.50000000$
			$K_2 = 1.00000000$
			$R_3 = 0.630728$
			$R_4 = 0.00055828$
	30° 90° ODD		
	2nd mode		
calculation	experiment		
78.639735	71.		
01 -	1.0000000		
11 -	1.9651357		
03 -	2.6108308		
21 -	0.12492337		
13 -	4.9167778		
31 -	0.50343578		
05 -	1.0909220		
23 -	0.95151380		
41 -	0.13783440		
15 -	1.6235907		

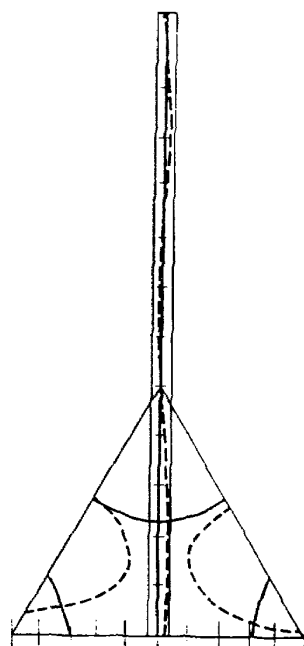


図 5.5 計算モードと実測モードの比較

			$K_1 = -1.50000000$
			$K_2 = 1.00000000$
			$R_3 = 0.630728$
			$R_4 = 0.00055828$
	30° 90° ODD		
	3rd mode		
calculation	experiment		
86.597976			
01 -	1.0000000		
11 +	3.2023627		
03 +	7.2737341		
21 -	3.2465820		
13 +	14.594318		
31 -	3.3110809		
05 -	17.650412		
23 -	14.256579		
41 -	0.62632267		
15 -	15.751036		

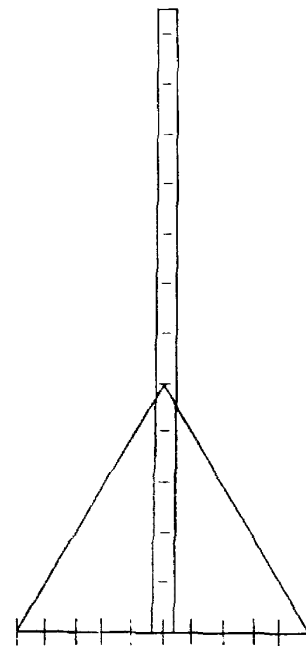


図 5.6 計算モードと実測モードの比較

30° 90° EVEN	$K_1 =$	0.5000000
	$K_2 =$	1.0000000
	$R_1 =$	0.14157820
	$R_2 =$	0.21679300

	1 st	mode
calculation	experiment	
17.0505708	21.	
00 ---	1.0000000	
10 ---	16.971819	
02 ---	10.235559	
20 ++	20.954500	
12 ++	27.808885	
30 ++	9.6737828	
04 ++	2.5622900	
22 ---	8.1929760	
40 ---	9.4157132	
14 ---	5.1500500	

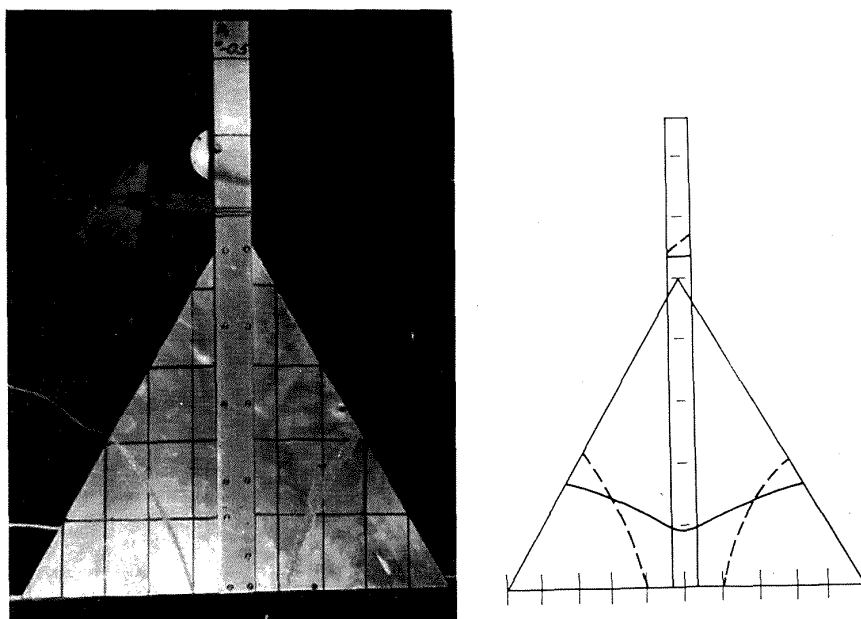


图 6.1

30° 90° EVEN

$K_1 = -0.5000000$
$K_2 = 1.0000000$
$R_1 = 0.14157820$
$R_2 = 0.21679300$

calculation	2 nd mode	experiment
24.8696337		29.5
00 -		1.0000000
10 -		5.9347678
02 +		5.8960697
20 +		14.870499
12 -		56.781623
30 +		7.0035278
04 -		0.66618300
22 +		15.022379
40 -		5.6461849
14 +		9.7311080

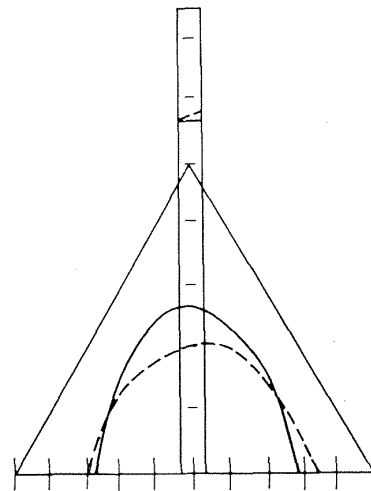
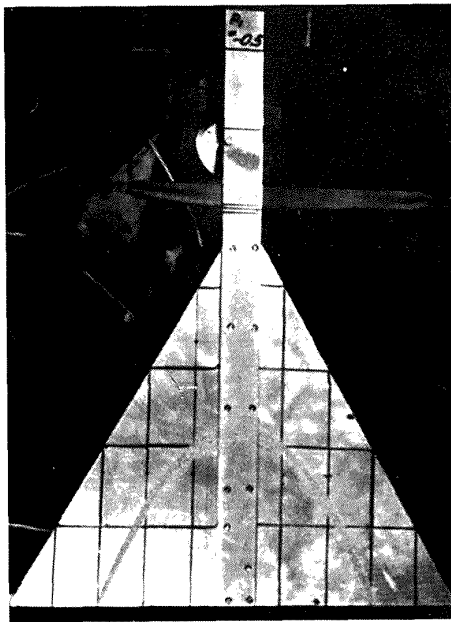


図 6.2

30° 90° EVEN

$K_1 =$	- 0.5000000
$K_2 =$	1.0000000
$R_1 =$	0.14157820
$R_2 =$	0.21679300

3 rd mode	
calculation	experiment
62.073774	51.
00 -	1.0000000
10 -	0.88300379
02 +	8.7839240
20 +	8.1481540
12 +	23.568646
30 -	6.0982060
04 -	19.972595
22 -	37.648448
40 -	0.76779661
14 +	22.320818

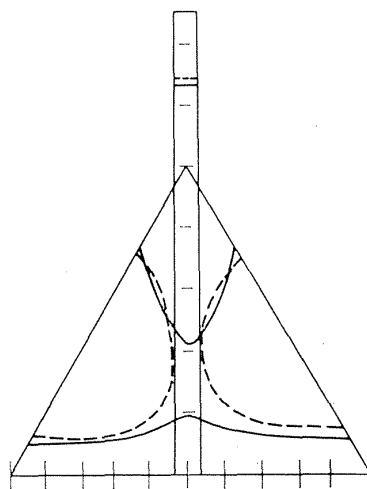
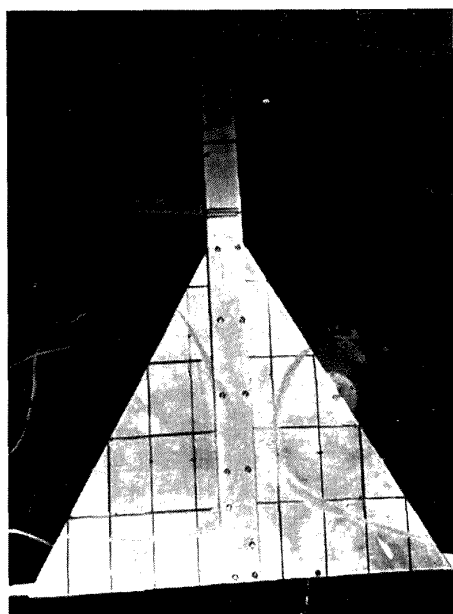


図 6.3

			30°	90°	ODD	$K_1 = -0.5000000$
						$K_2 = 1.0000000$
						$R_3 = 0.630728$
						$R_4 = 0.00055828$
	2 nd	mode				
calculation		experiment				
83.845875		77.				
01 -		1.0000000				
11 -		0.65089980				
03 +		2.4735196				
21 +		3.9984911				
13 -		27.660664				
31 +		6.7482284				
05 +		11.450614				
23 +		16.935145				
41 -		4.6831053				
15 -		8.9355100				

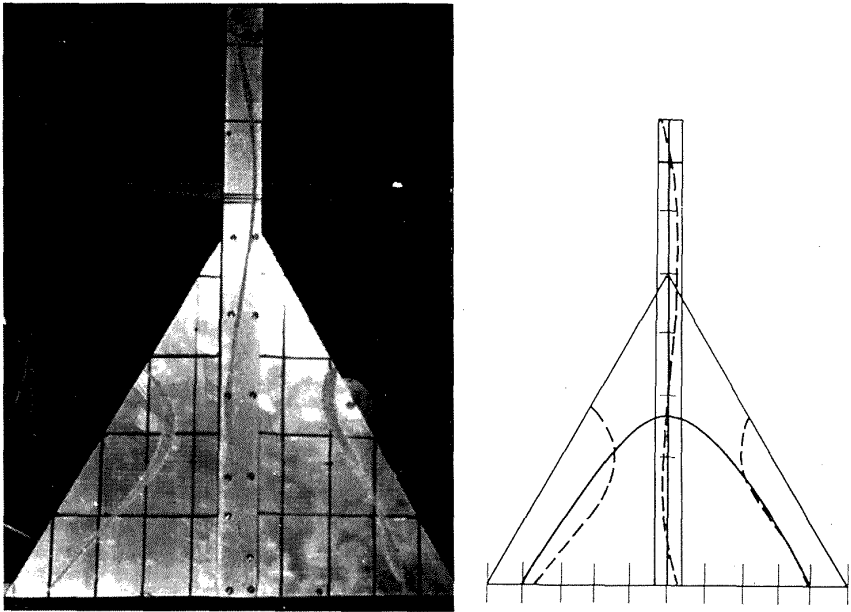


図 6.5

				$K_1 = -0.50000000$
				$K_2 = 1.00000000$
				$R_3 = 0.630728$
				$R_4 = 0.00055828$
	30°	90°	ODD	
	3 rd mode			
calculation	experiment			
107.450490				
01 -	1.0000000			
11 +	1.2101932			
03 +	1.8734571			
21 +	1.0326273			
13 +	1.1576015			
31 -	1.1369022			
05 -	3.1423867			
23 -	3.6254879			
41 -	0.082412198			
15 +	3.4405621			

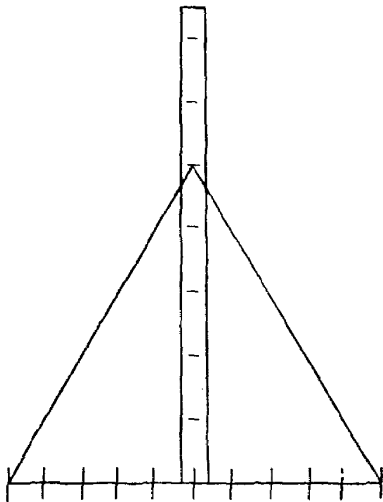


図 6.6 計算モードと実測モードの比較

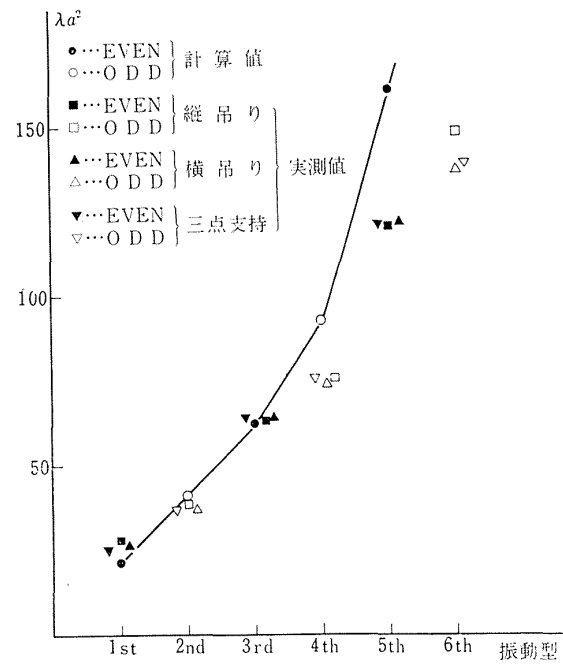


図 8 中型供試体の振動数

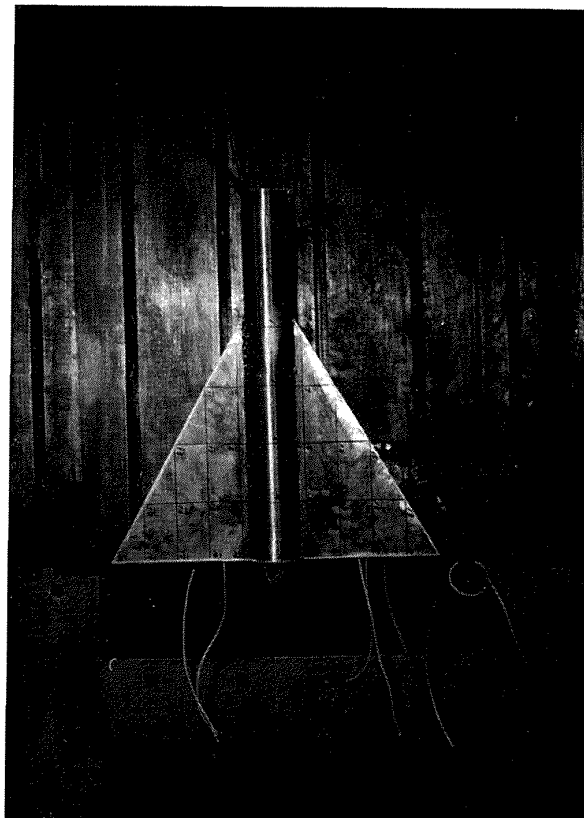


図 9 中型供試体縦吊り振動試験

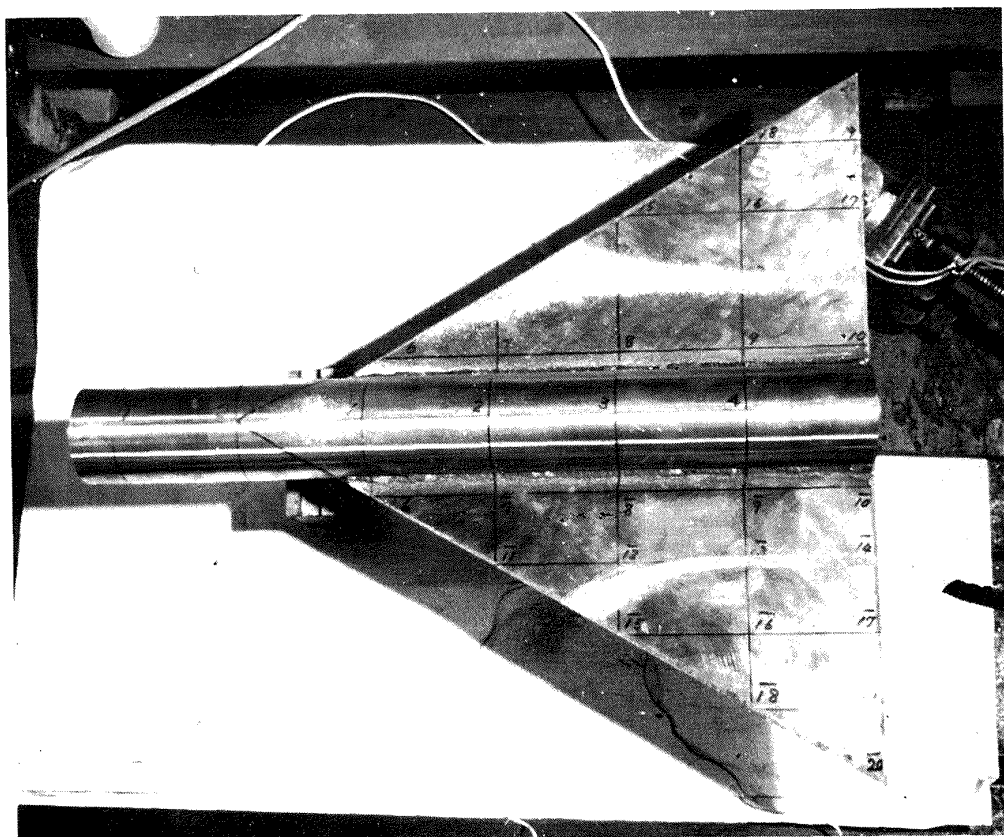


図 9.1.1 三 点 支 持

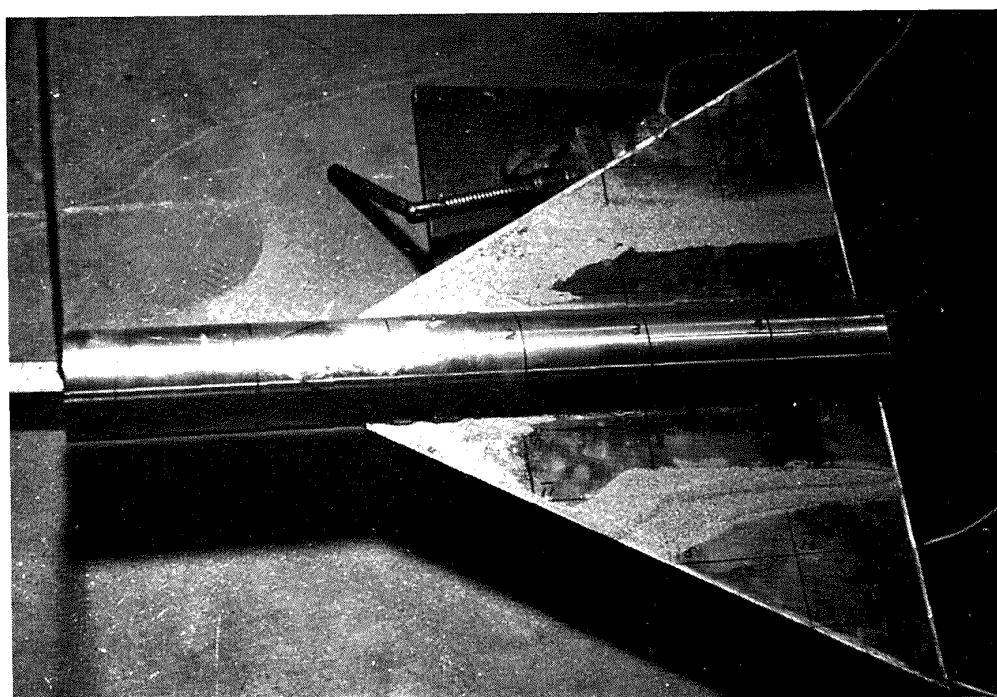


図 9.1.2 横 吊 り

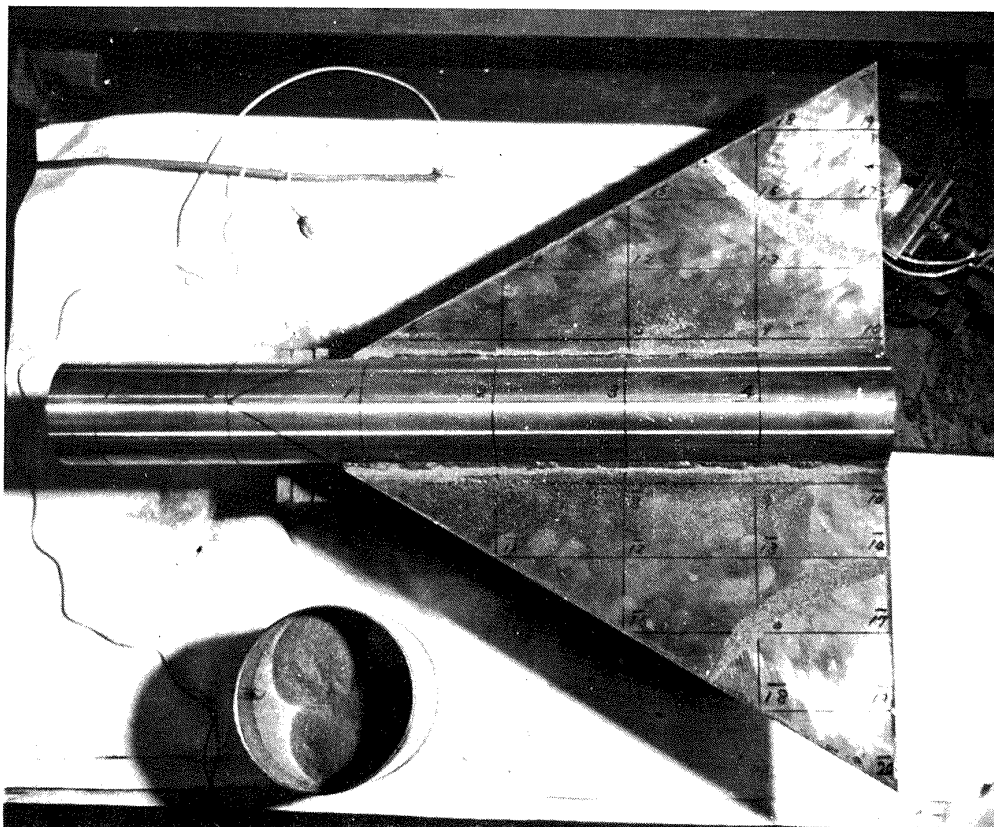


図 9.2.1

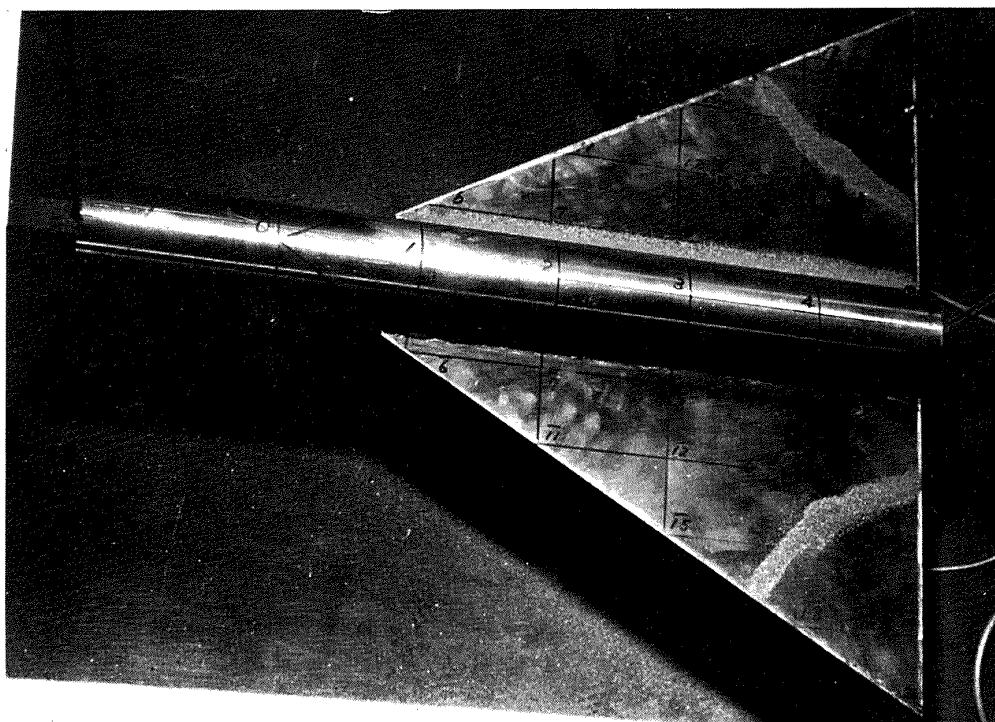


図 9.2.2

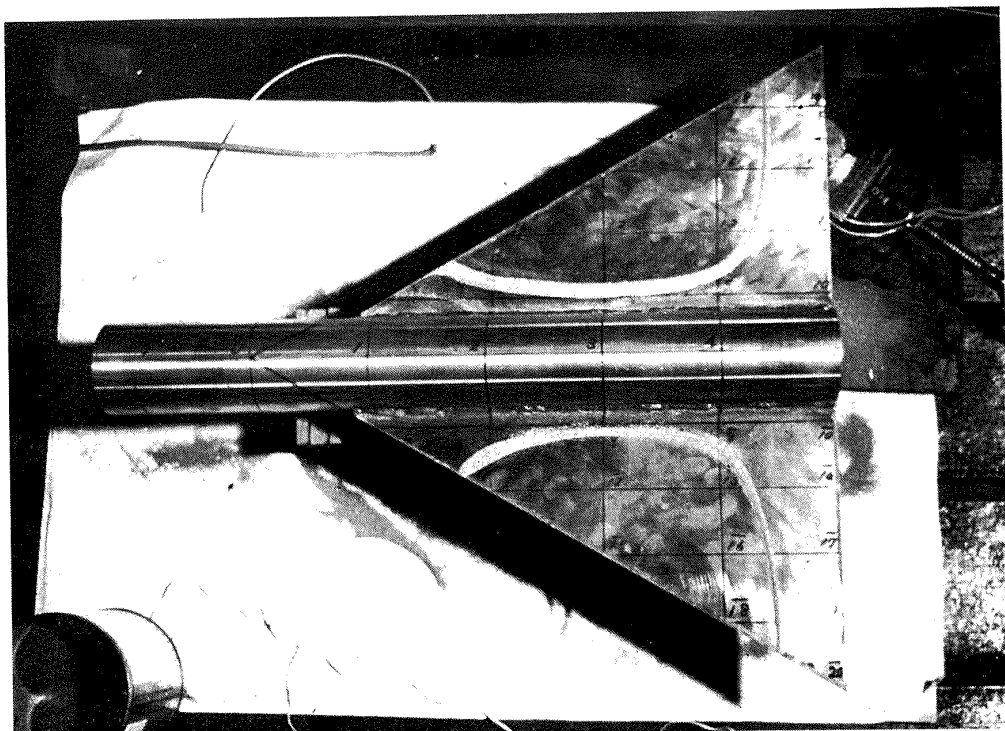


図 9.3.1

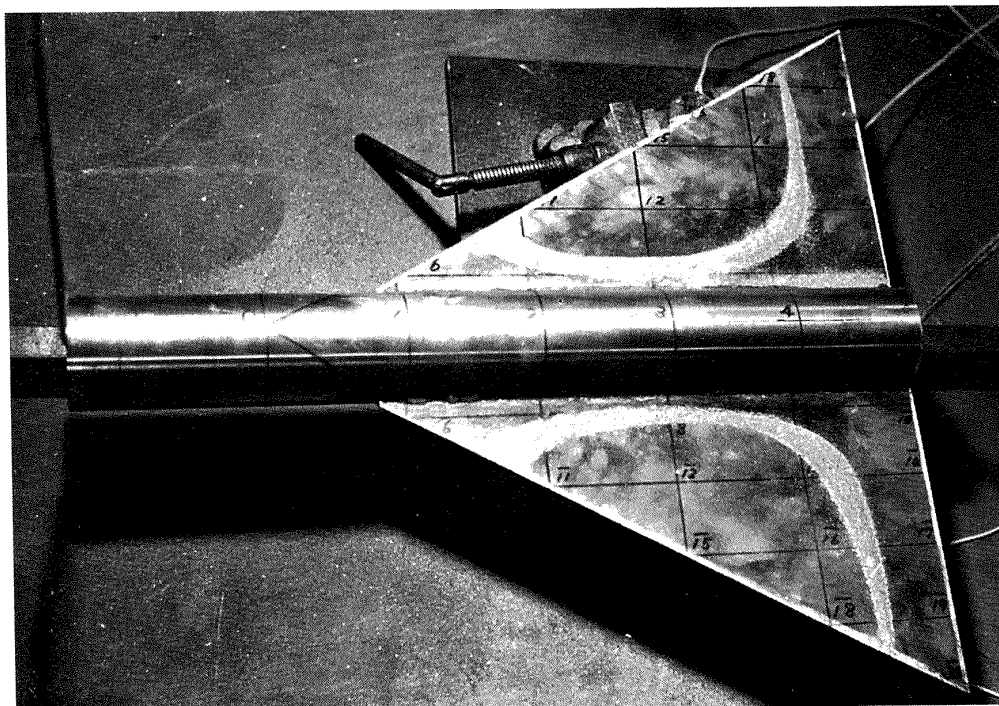


図 9.3.2

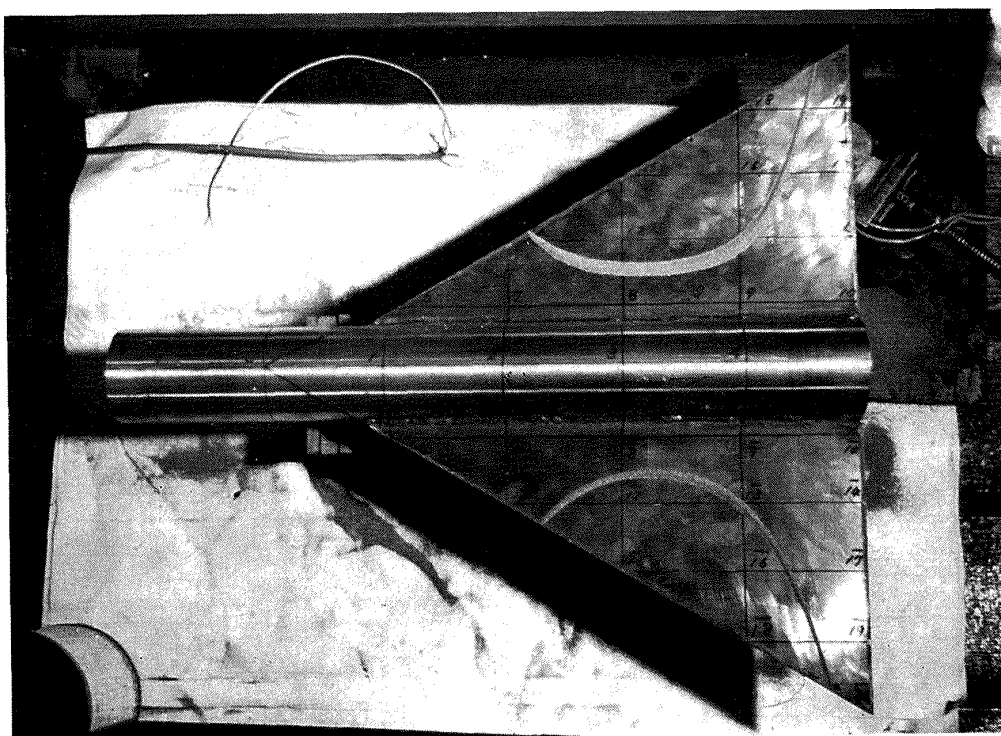


図 9.4.1

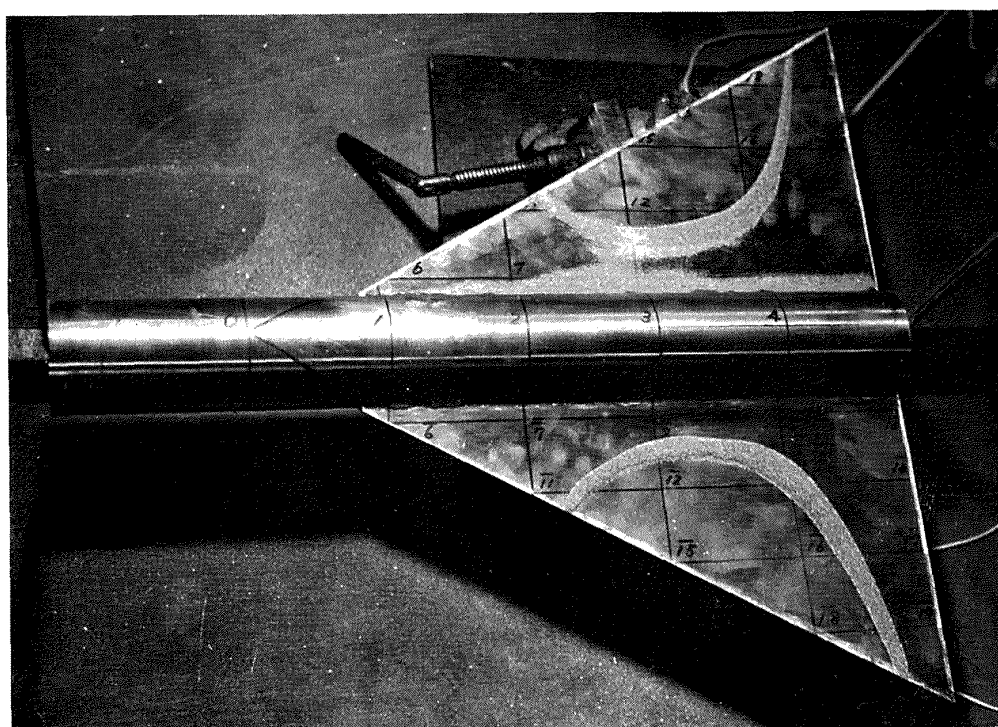


図 9.4.2

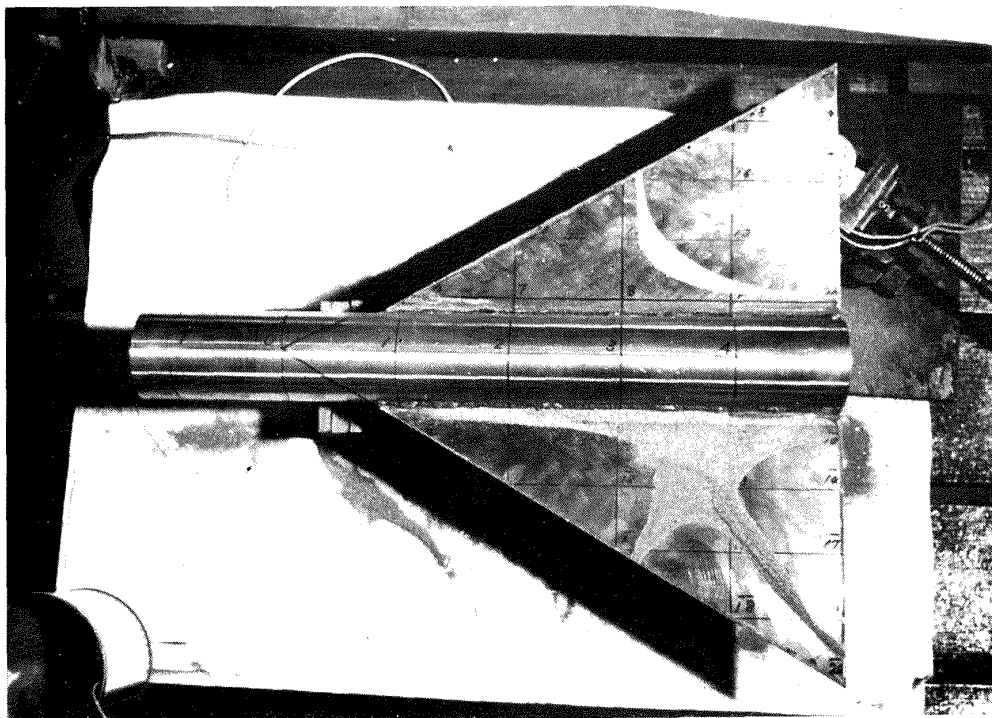


図 9.5.1

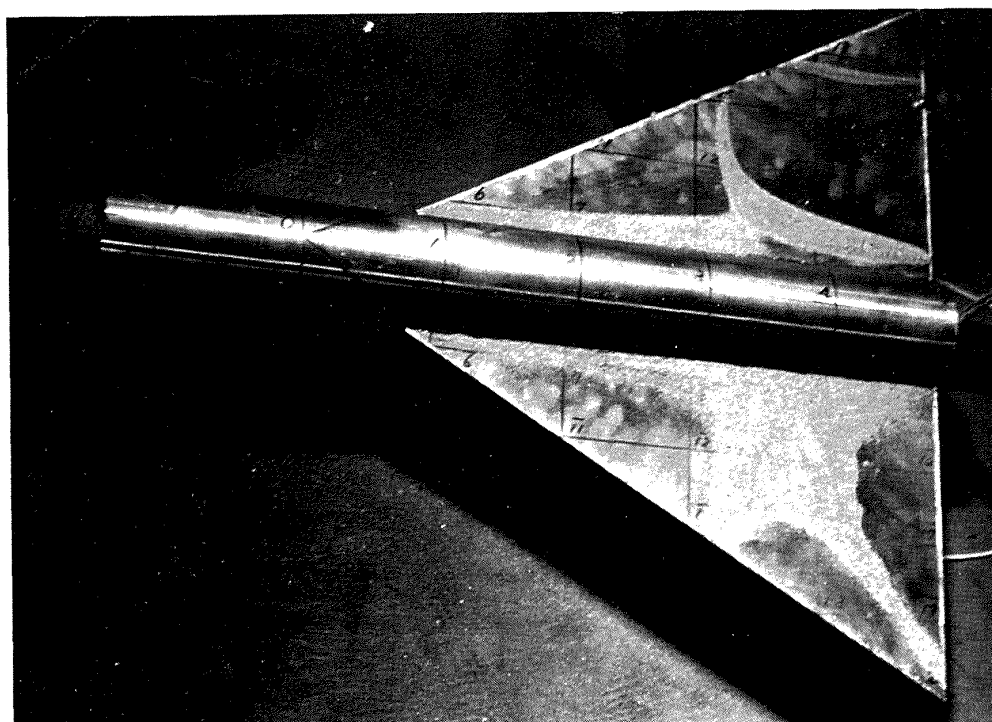


図 9.5.2

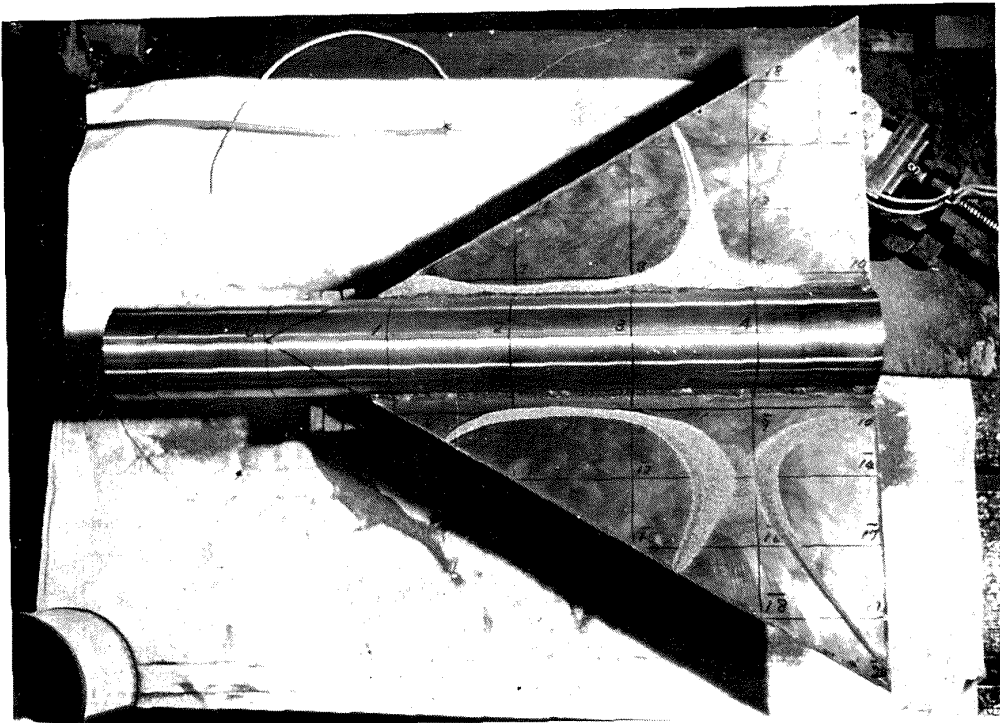


図 9.6.1

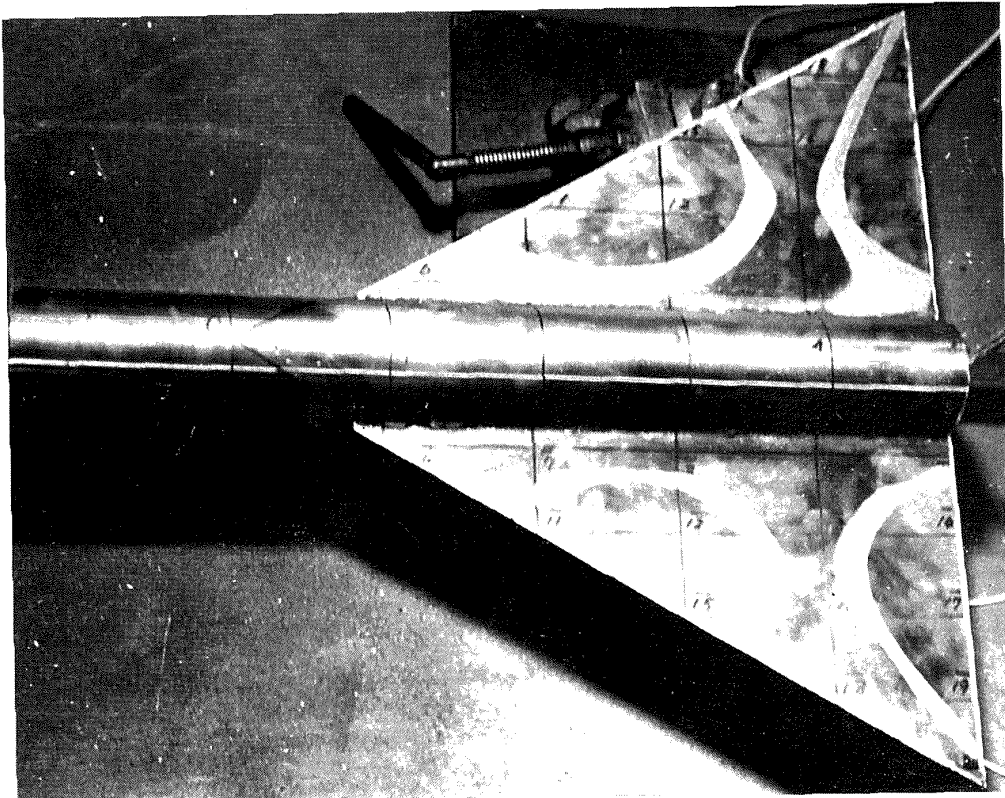
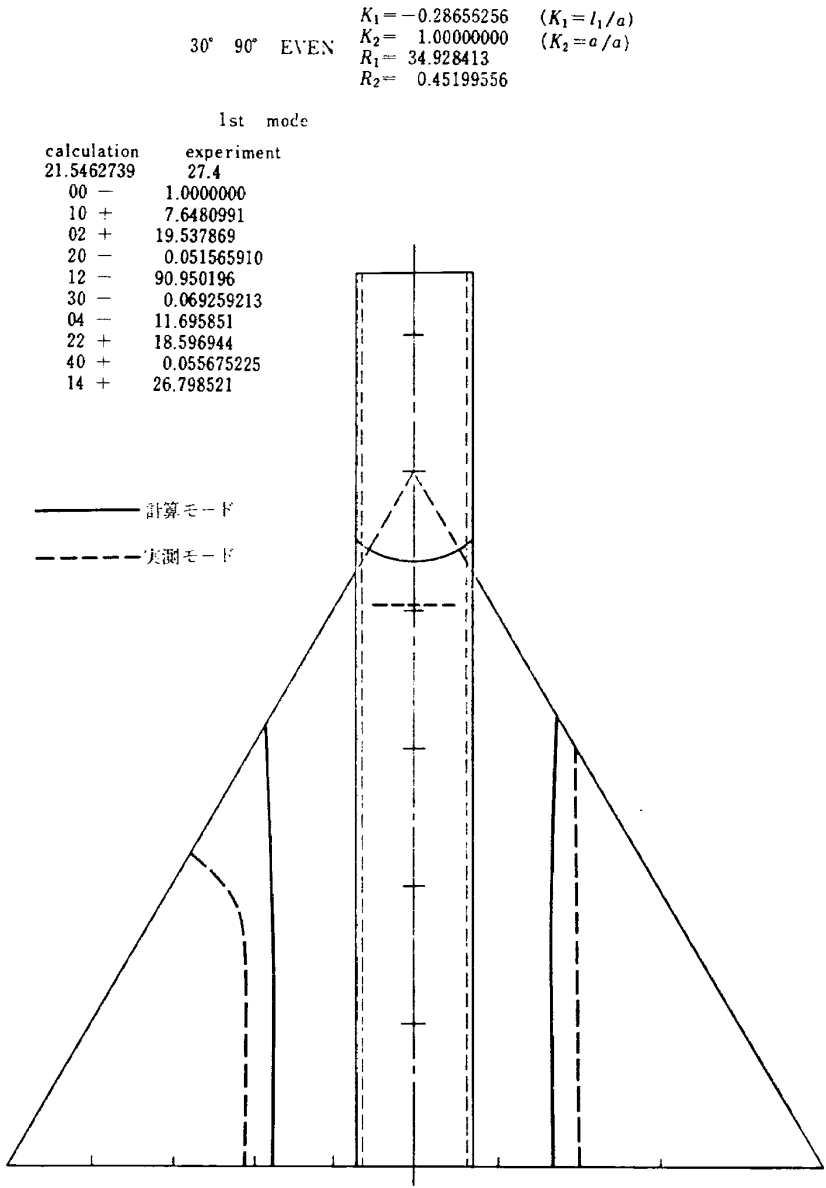


図 9.6.2



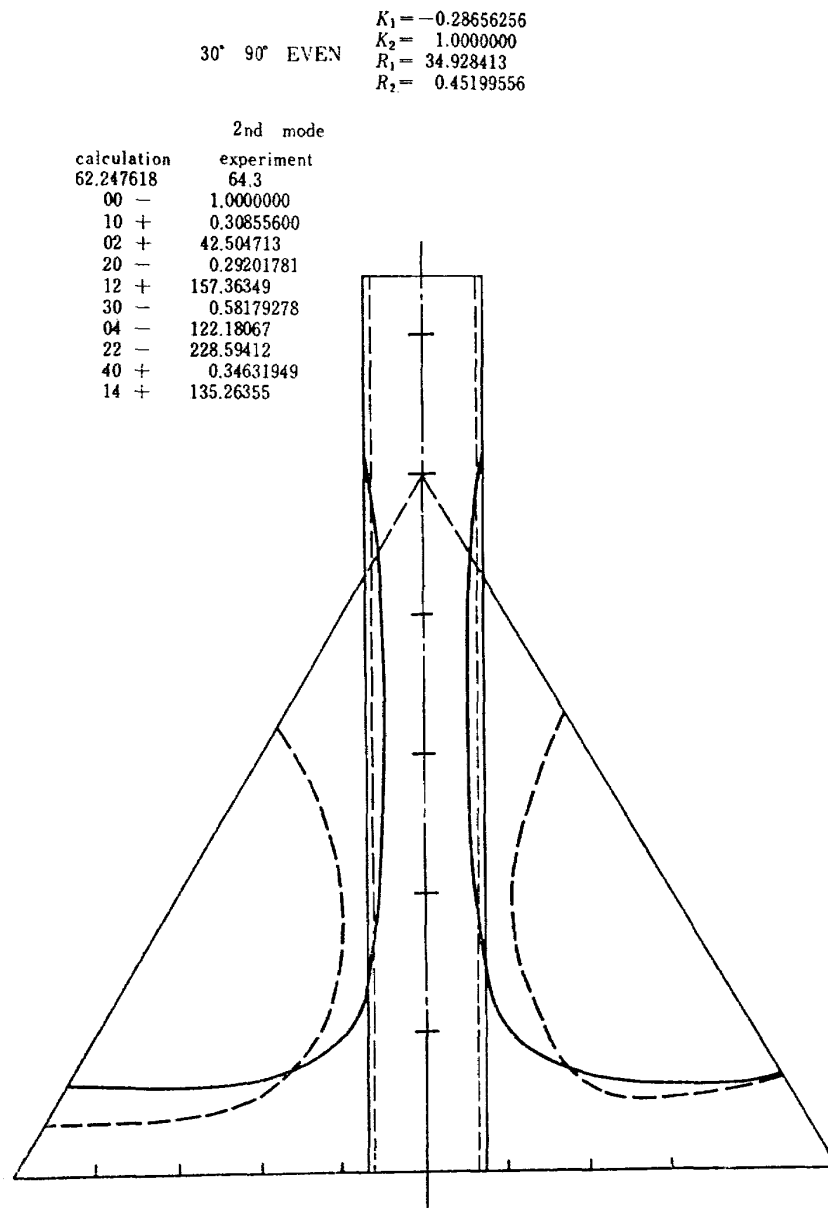


図 10.2 計算モードと実験モードの比較

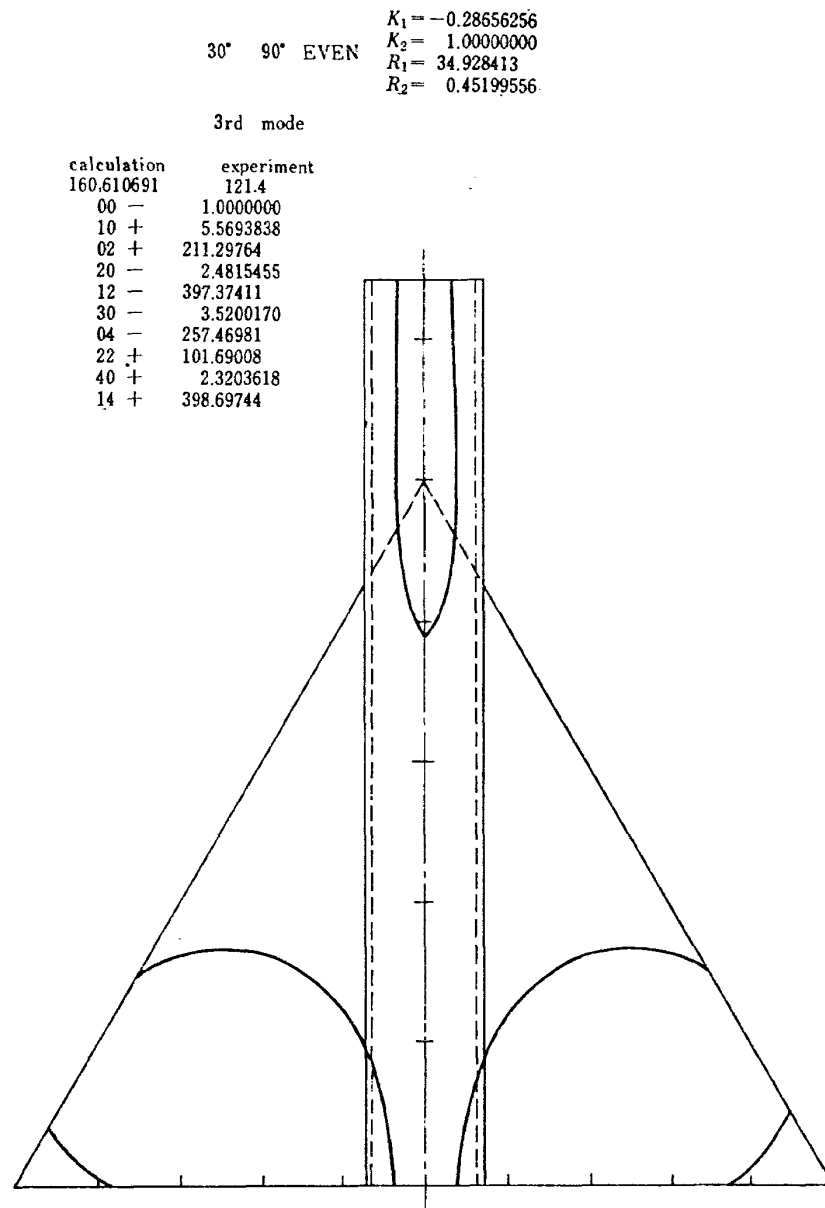


図 10.3 計算モードと実験モードの比較

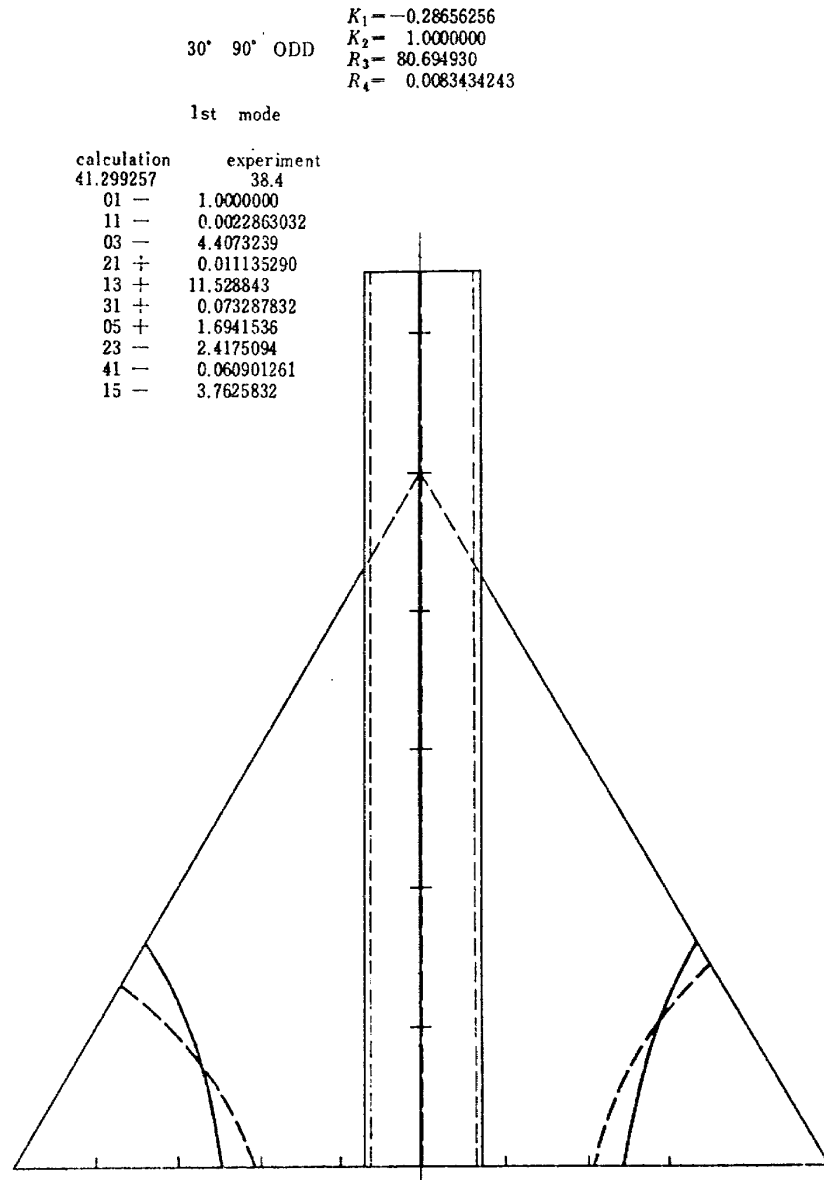


図 10.4 計算モードと実験モードの比較

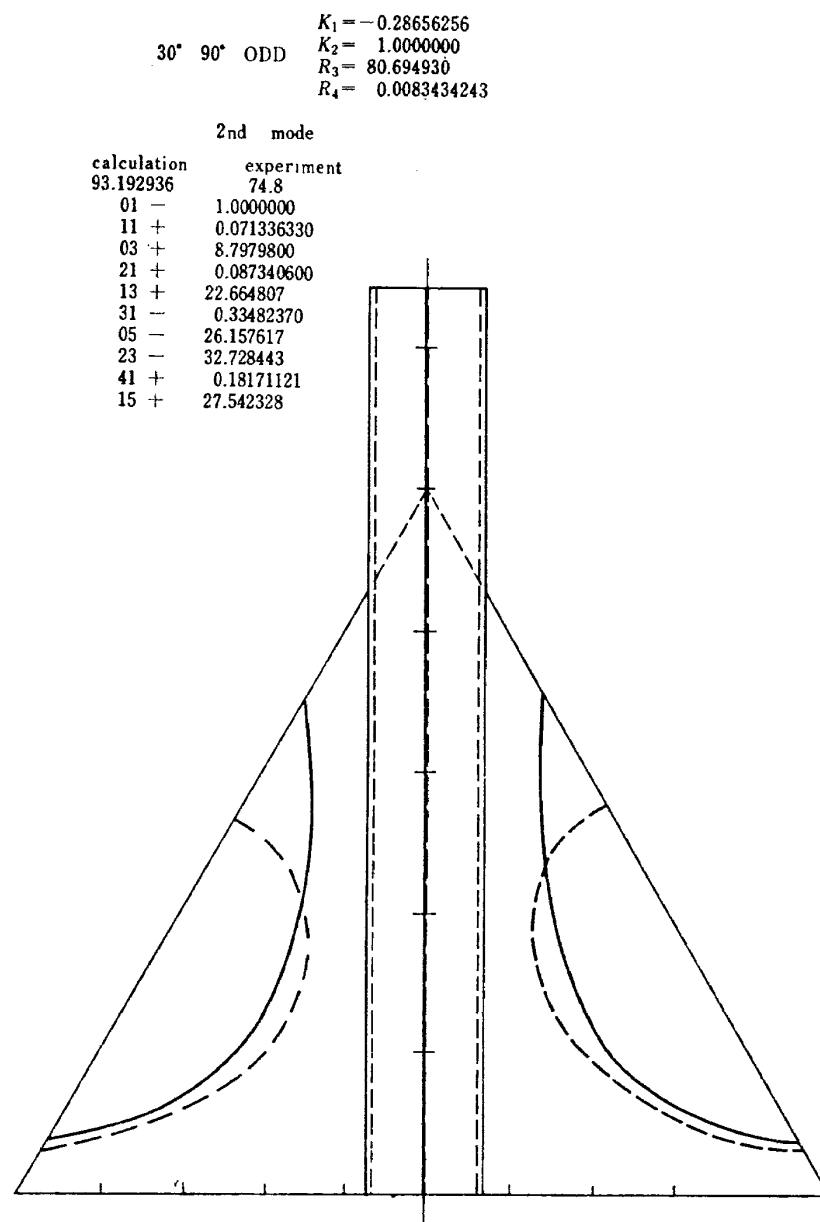


図 10.5 計算モードと実験モードの比較

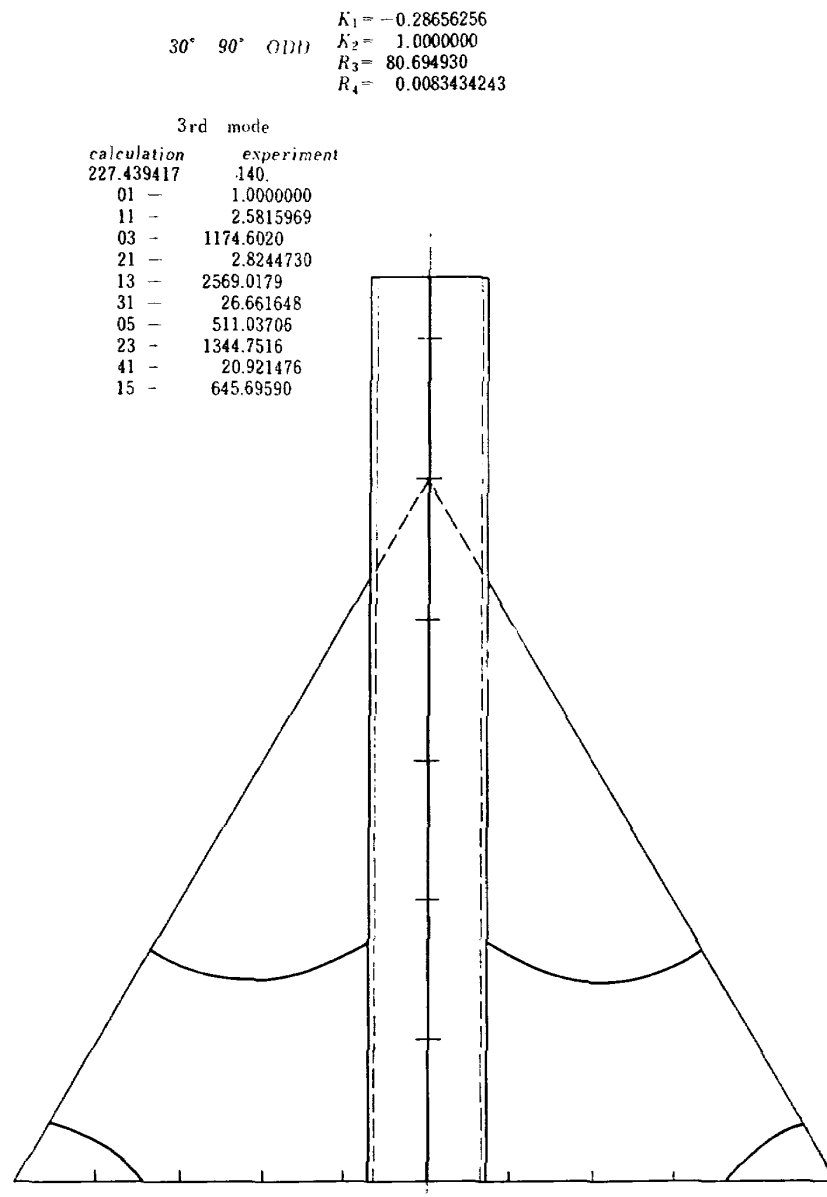


図 10.6 計算モードと実験モードの比較

7. 大型供試体の例

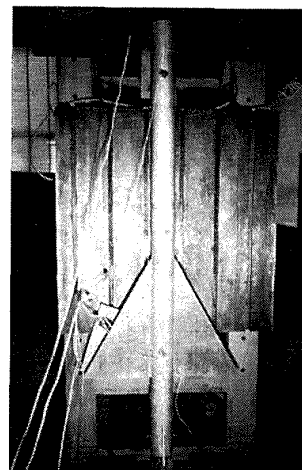
自由飛行模型に近い供試体の振動解析に応用した例について示す。供試体の寸法形状を図 11, 12 に示す。供試体は主翼前縁角 $\alpha=30^\circ$ の三角翼であるが翼厚は 4 mm の一様厚で、胴体は外径が 100 mm の一様太さの円筒である。ただ胴体は主翼、垂直尾翼およびノーズコーンなどを取りつけるための補強環が内部にあり、それに外筒をネジ止めした構造である。したがって胴体は補強環のある部分と外筒のみの部分との剛性が不連続に変化するものとみられる。材質は、翼、胴すべてアルミニウム合金であるが、翼と補強環の結合を溶接にするために 61 S 合金を使用した。実際の自由飛行試験機では、胴体内に、測定器、推進動力等が格納されるなど、この供試体とは大幅にことなるが、ここでは 5 章で計算した簡単な系の大型供試体への応用とその吟味のためであるので、これら内部搭載物を省略した。解析は 5 章の場合と同様で、ここに用いた試験関数は、次に示す 19 項からなるものを用いた。

$$\begin{aligned} w_0(EVEN) = & a_{00} + a_{10}x + a_{20}x^2 + a_{30}x^3 + a_{40}x^4 \\ & + a_{50}x^5 + a_{60}x^6 + a_{02}y^2 + a_{12}xy^2 \\ & + a_{22}x^2y^2 + a_{32}x^3y^2 + a_{42}x^4y^2 \\ & + a_{52}x^5y^2 + a_{04}y^4 + a_{14}xy^4 + a_{24}x^2y^4 \\ & + a_{34}x^3y^4 + a_{66}x^6y^6 + a_{15}xy^5 \quad (15) \end{aligned}$$

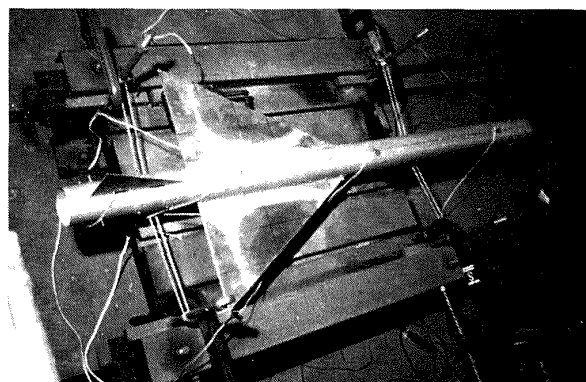
$$\begin{aligned} w_0(ODD) = & a_{01}y + a_{11}xy + a_{21}x^2y + a_{31}x^3y \\ & + a_{41}x^4y + a_{51}x^5y + a_{61}x^6y + a_{13}xy^3 \\ & + a_{23}x^2y^3 + a_{33}x^3y^3 + a_{43}x^4y^3 + a_{53}x^5y^3 \\ & + a_{05}y^5 + a_{15}xy^5 + a_{25}x^2y^5 + a_{35}x^3y^5 \\ & + a_{07}y^7 + a_{17}xy^7 \quad (16) \end{aligned}$$

また、胴体と翼の剛性、質量および慣性モーメントに関係したパラメータ $R_{1i} \cdots R_{4i}$ はこれらの断面の幾何学的な形状および一般に使用されている材料定数によって算定した。なおこの例に関する数値計算は HITAC-5020 によった。この解析では、垂直尾翼に関しては特に考慮しておらず、主翼と胴体の結合系としておこなった。胴体の質量分布に関しては尾翼部分の質量がかなり影響すると思われるので、 R_{2i}, R_{4i} の値にはこの部分の質量を考慮して算出したものを用いた。

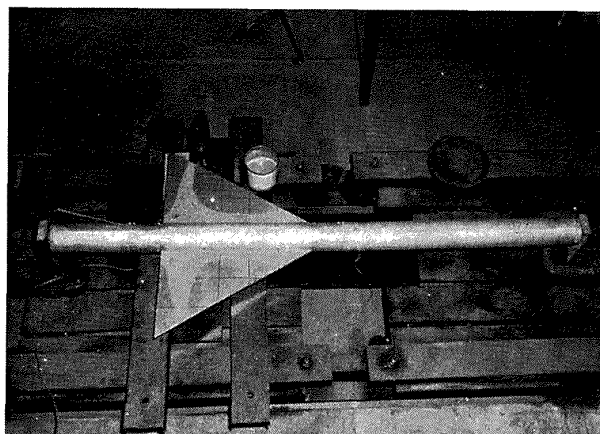
振動実験は 5 章の簡単な系の試験¹⁾と同様であるが重量が増しているため支持系に多少のちがいがあがあるが、本質的には同じである。支持方法は吊り下げる方法と水平に張ったワイヤ上に横たえた場合と胴体自由端中心を支持した場合の三種類の方法について吟味した。図 12.2 の例でもわかるように、これらの測定条



(a) 大型供試体縦吊り振動試験



(b) 大型供試体横吊り振動試験
第四次振動型の例



(c) 大型供試体横置き振動試験
振り振動型試験を目的とした。

図 11 大型供試体支持方法

件の相違による実測値の差は少ない。また振動数の相違も多少あるが本質的には変りなく節点の多少の移動および節線の曲率の相違などがみられた。

振動型は共振時に砂を散布する方法と接触型振動ピックアップとを使用する方法を併用した。加振方法は可動線輪を供試体にとりつけたことは前報¹⁾と同様である。結果を図 12, 13, 14, 15, 16 に示す。実機の振動試験においては、構造物の減衰の影響なども入るため、ここでおこなったような単なる一两点での加振により振幅最大の点を共振点と判定すると大きな誤差が入る。これらの測定法に関しては最近減衰項を含む構造物の振動においておこなわれているが、ここでは減衰のないものとして上記したような方法によった。図 14 では図 12.2 に示した $a=606$ の計算値とこの場合の振動型を代表的な実験結果と比較したものである。対称な振動に関して次数の低いものから 4 個、反対称なものについて 3 個とりあげたものであ

る。また図 17 は振動型を示す計算例として反対称振動第三次振動型をとり出したもので、試験関数が梁および板の外部でどんな型になっているかも判る。一般に高次の振動になると、この図のように、かなり複雑な曲面となる関数になるが、実験値との比較に必要な板内部での節線は実験値から求めた節線と非常によく一致している。また、図 14 に示した結果によると、この程度の低次の振動数の範囲で、計算結果から得られない振動が二つほど実験で求められている。図 12.2 および図 14 の中央部の計算結果の欠けている例である。このことに関しては、一応次のように考えられる。当解析法では、尾翼は単に慣性質量として考えただけで、特に尾翼の系を含めてないが、その系の振動数が比較的低ければ当然この系と全系との連成が生

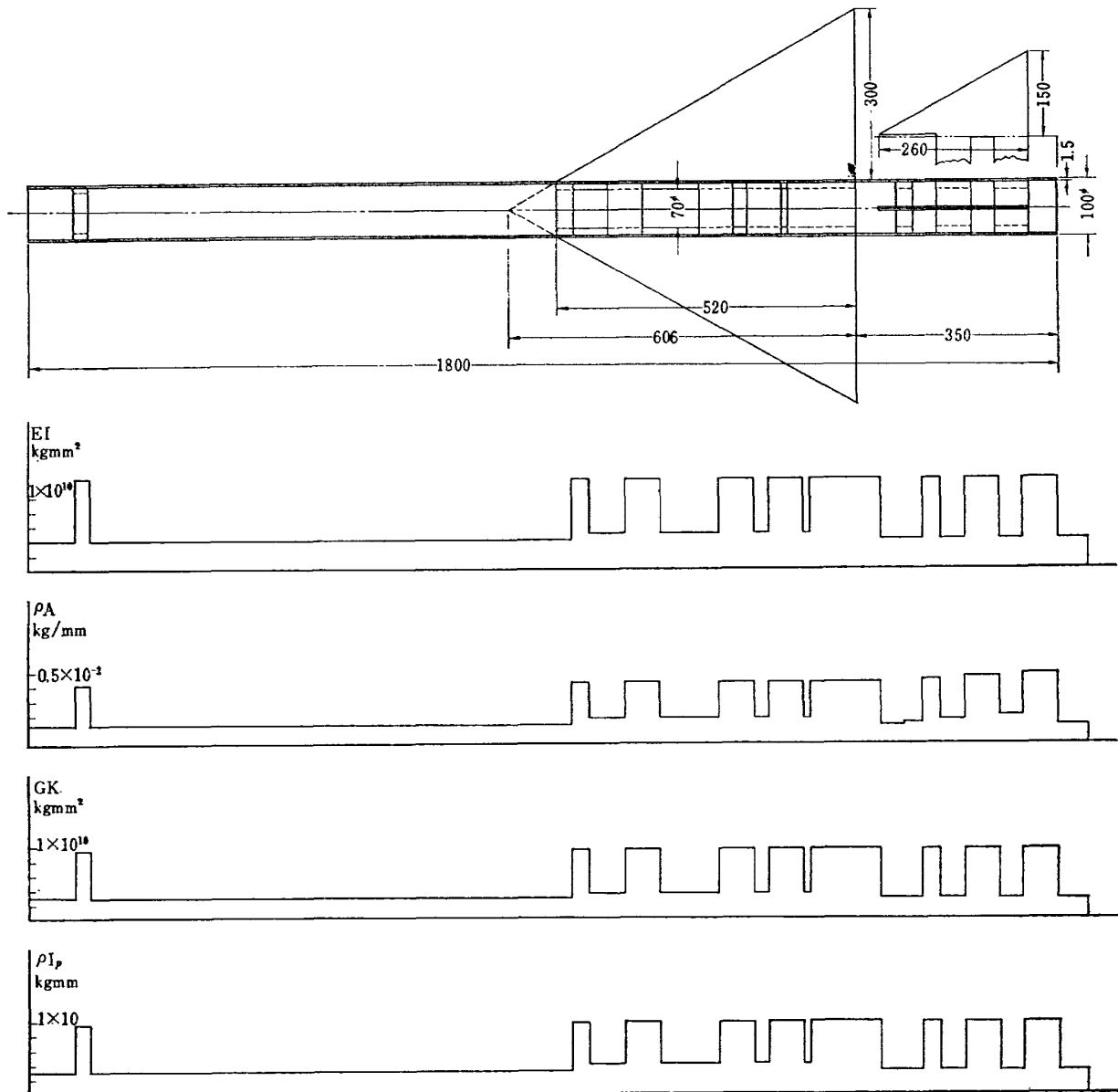


図 12.1 大型供試体寸法および諸数値

じる。確かに図 14 に示された 143.7 c/s の振動数はこの尾翼の片持板としての計算した値、図 12.2 の表 153.2 c/s に近い。ただ実験値 159 c/s の振動に関しては上述の推定に適するものがなく、他の部分との連成とも考えられるが、振動型も必ずしも明瞭な形で現われないので、ここではいかなる連成か推定できなかった。143.7 c/s の振動型は明瞭で尾翼の一次曲げ振動ときわめてよく似ている。この種の吟味に関しては、このような供試体の後にブースタをつけた二段式

飛行体状の供試体で、そのブースタに、前方三角翼と 45° の面で交わるような十字尾翼のついたものの振動解析を計画しているので、その時に吟味したい。一方この計算値は先にのべたように、胴体は主翼中央線上に集中し翼と同じ変位をすとの仮定によって進められたものである。実際の胴は太さを持っているから、主翼面に胴体が入りこんでいることになる図 18。そこで翼寸法の a のとり方をいかに選ぶかが問題となる。

	計 算 値		実 測 値			
	$a_1 = 606$	$a_2 = 520$	吊下げ※※	横 翼※※	横 胴	
一 次	63.3% ($\lambda a_1^2 = 19.2$)	83.8 (18.7)	75.8 74.5	74.2		EVEN
二 次	121.3 (36.1)	146.9 (32.8)	111.3	117.1		O D D
三 次	151.6 (46.0)	164.0 (36.6)	121.6			EVEN
	153.2 ※			143.7		
				159.		
四 次	190.2 (57.7)	240.1 (53.6)	207.7 207.1	206.	208.1	EVEN
五 次	242.3 (73.5)	309.1 (69.0)	226.	228.		O D D
六 次	339.2 (102.9)	452.0 (100.9)	338. 337.2	336.	337.5	EVEN
七 次	442.4 (134.2)	601.7 (134.3)				O D D

※ 尾翼片持板の計算値

※※翼加振、胴加振を含む

※※翼加振で、ワイヤ上横置きと胴両端中心支持の場合を含む

※

図 12.2 大型供試体

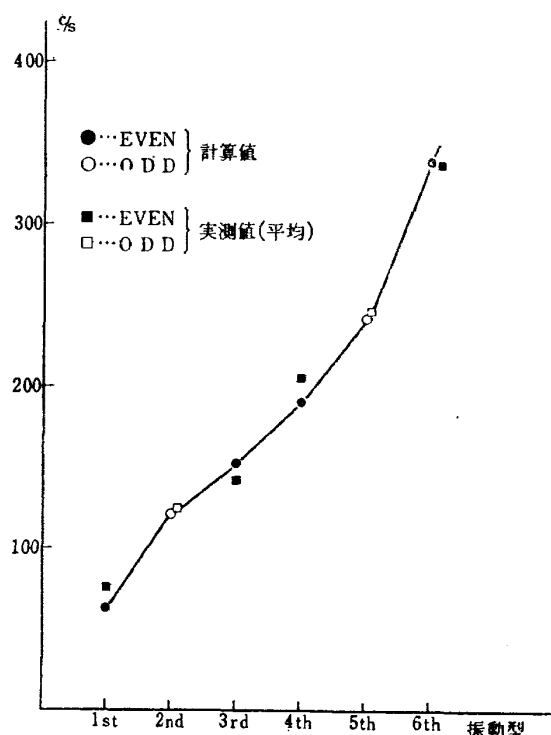


図 13 大型供試体振動数

供試体の胴体は中に翼が入ることなく、ここにはロケットモータが入る。つまり主翼は左右分離されている厳密な解析をするためには胴の断面内変形迄考慮するような、試験関数の種類を増した場合の解析が必要となる。そこまでしなくとも、少なくとも主翼の積分領域を $y=0$ からでなく胴体の太さの $1/2$ 点より実寸の座標までの積分ということにする必要はあろう。ここでは、これらの吟味はのちの問題として、図 18 に示したように a を胴体中心の場合、この場合は主翼が胴内迄入った形としたもの、 $a_1=606$ 、と実寸の a が胴中心にある場合、この時は主翼スパンが実寸より狭くなったことになる、 $a_2=520$ 、の二つの場合の計算

をおこなった。図 12.2 に二種類の計算結果を示した。6 章の中型供試体の場合は供試体そのものが前者の場合であるので問題がなかった。計算結果では、 $a=606$ の方が実測値に近いことから、胴体内に主翼を加算した方が誤差が少ないことになり、これは合理的であると思われる。グラフに示したものが図 13 である。

実用的には次数の低い場合には十分であろうと思われる結果を得たが、継手の部分とか実際の場合には内部構造物の問題とか今後にのこされる問題も多い。この点から計算の精度をあげるためには、単に試験関数の項数をあげるのみでなく、これら各種の要因をいかに試験関数としておりこむかが問題であろう。

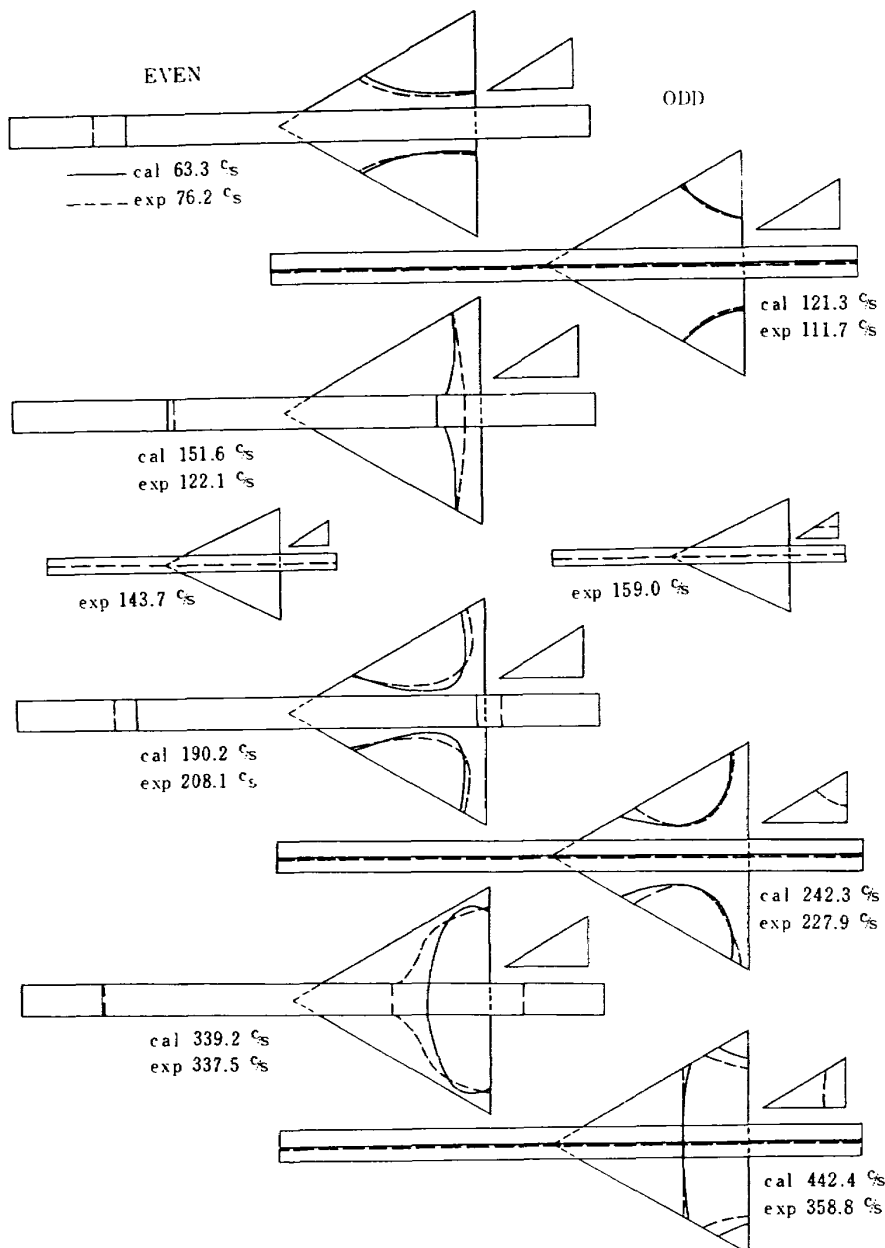
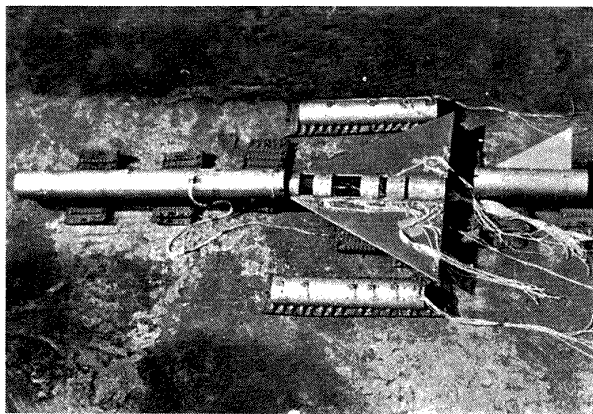
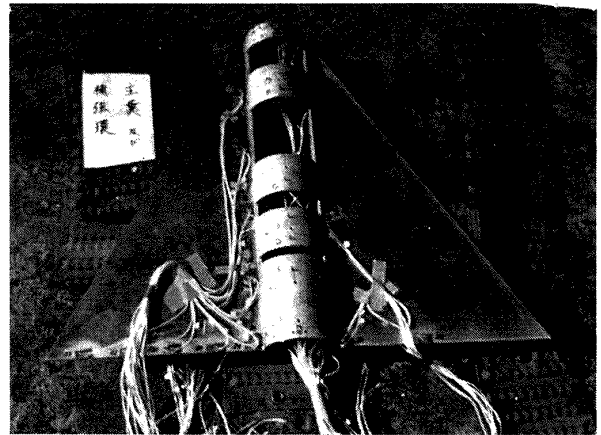


図 14 大型供試体

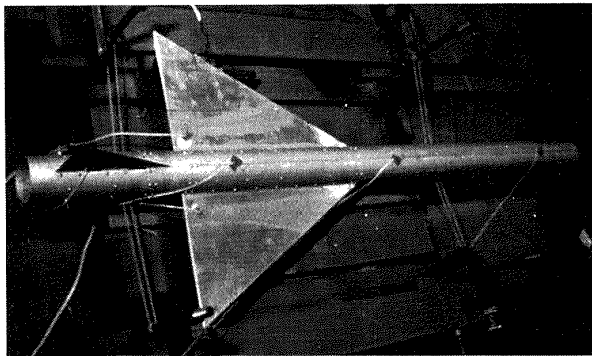


(a)

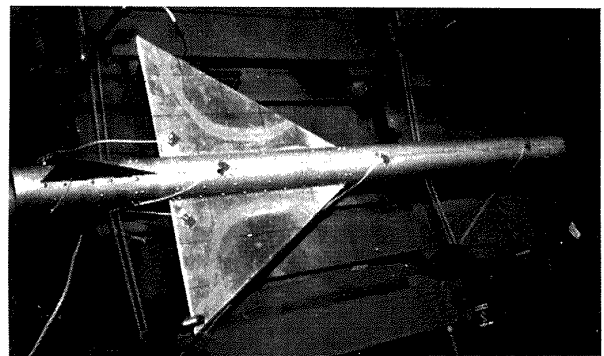


(b)

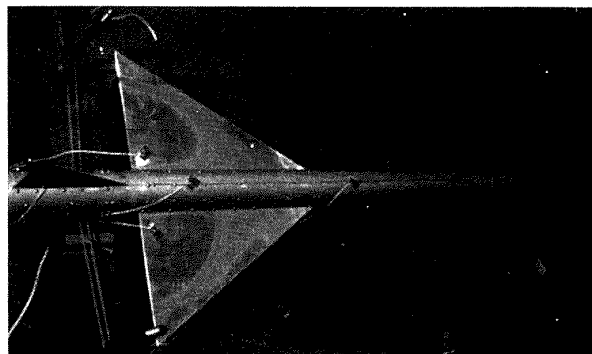
図 15 大型供試体



(a)



(b)



(c)

図 16 大型供試体実測モードの例

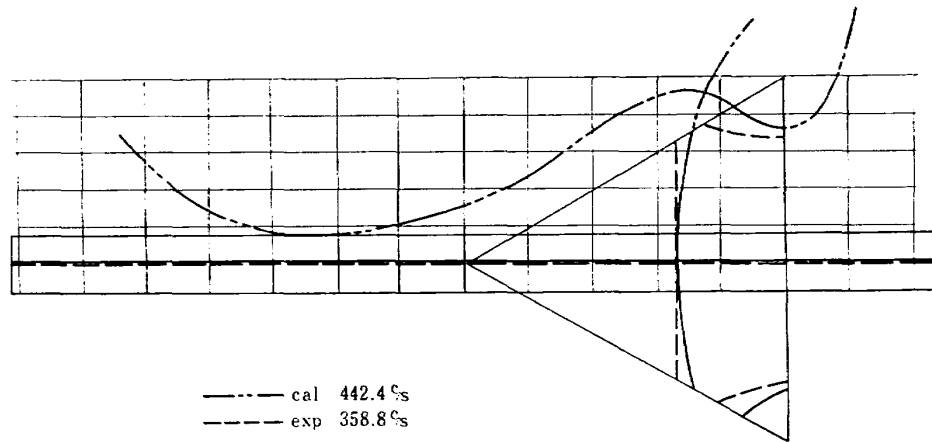


図 17 振動型 計算例 (19項) odd 3rd mode

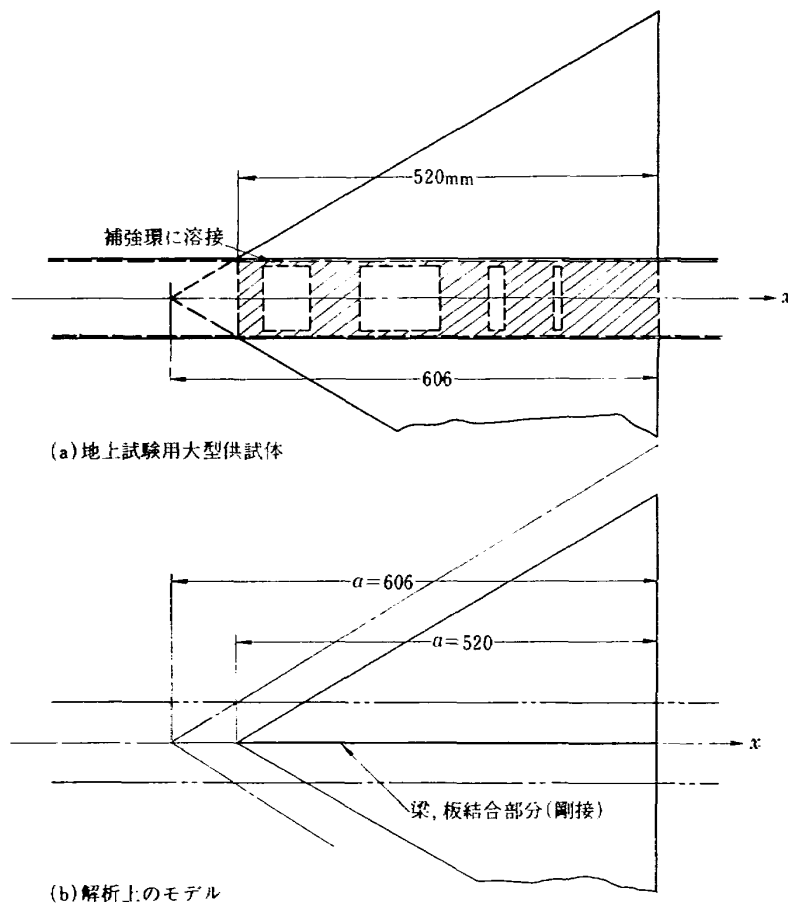


図 18 翼，胴体結合部分実物供試体と解析モデルの比較

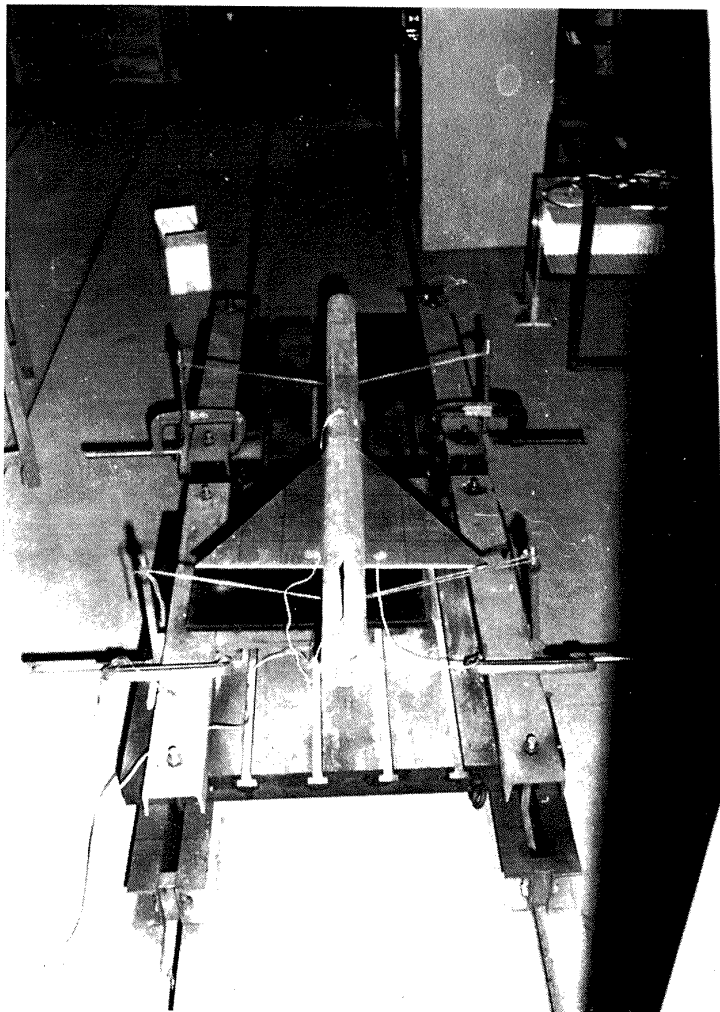


図 19 (a) 追加大型供試体の振動試験，供試体と支持治具

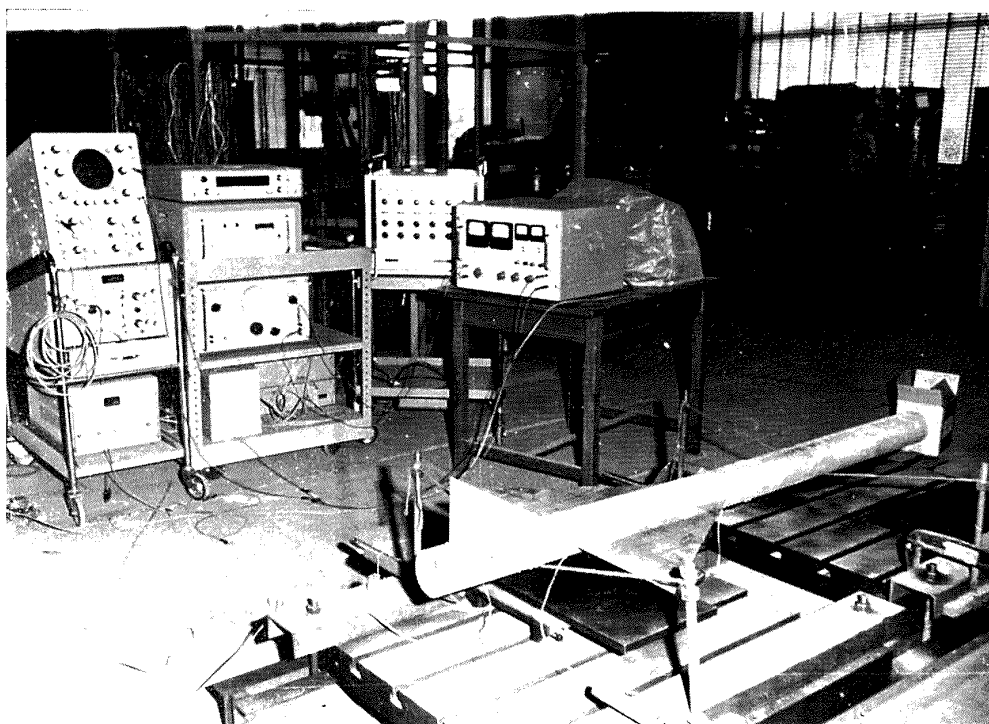


図 19 (b) 追加大型供試体の振動試験全景

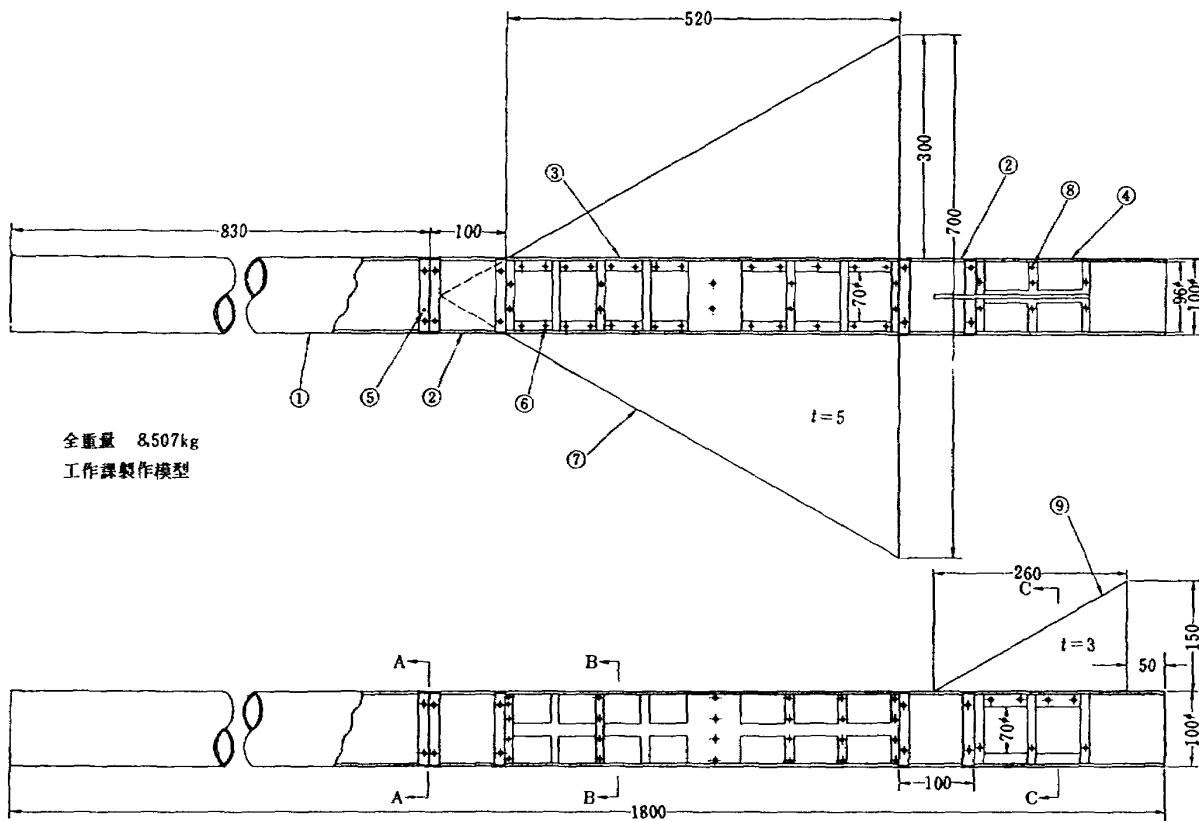


図 19 (c) 追加大型供試体寸法および諸数値

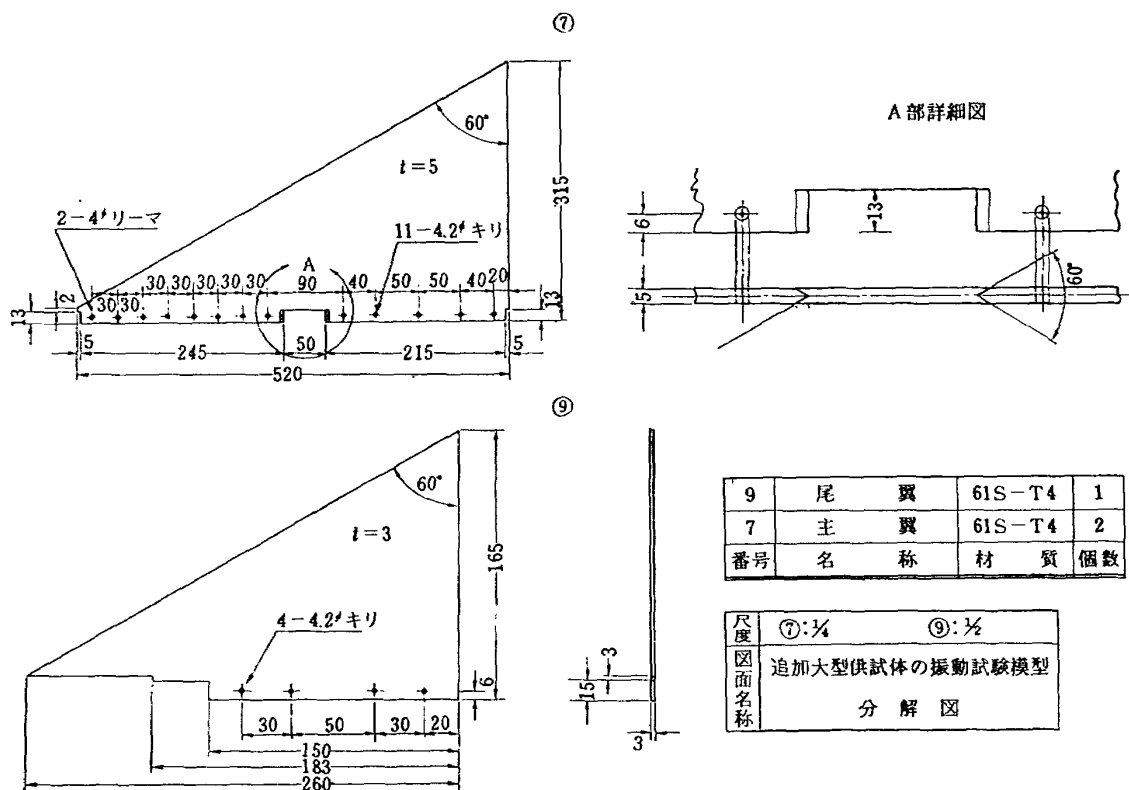


図 19 (d) 追加大型供試体寸法および諸数値

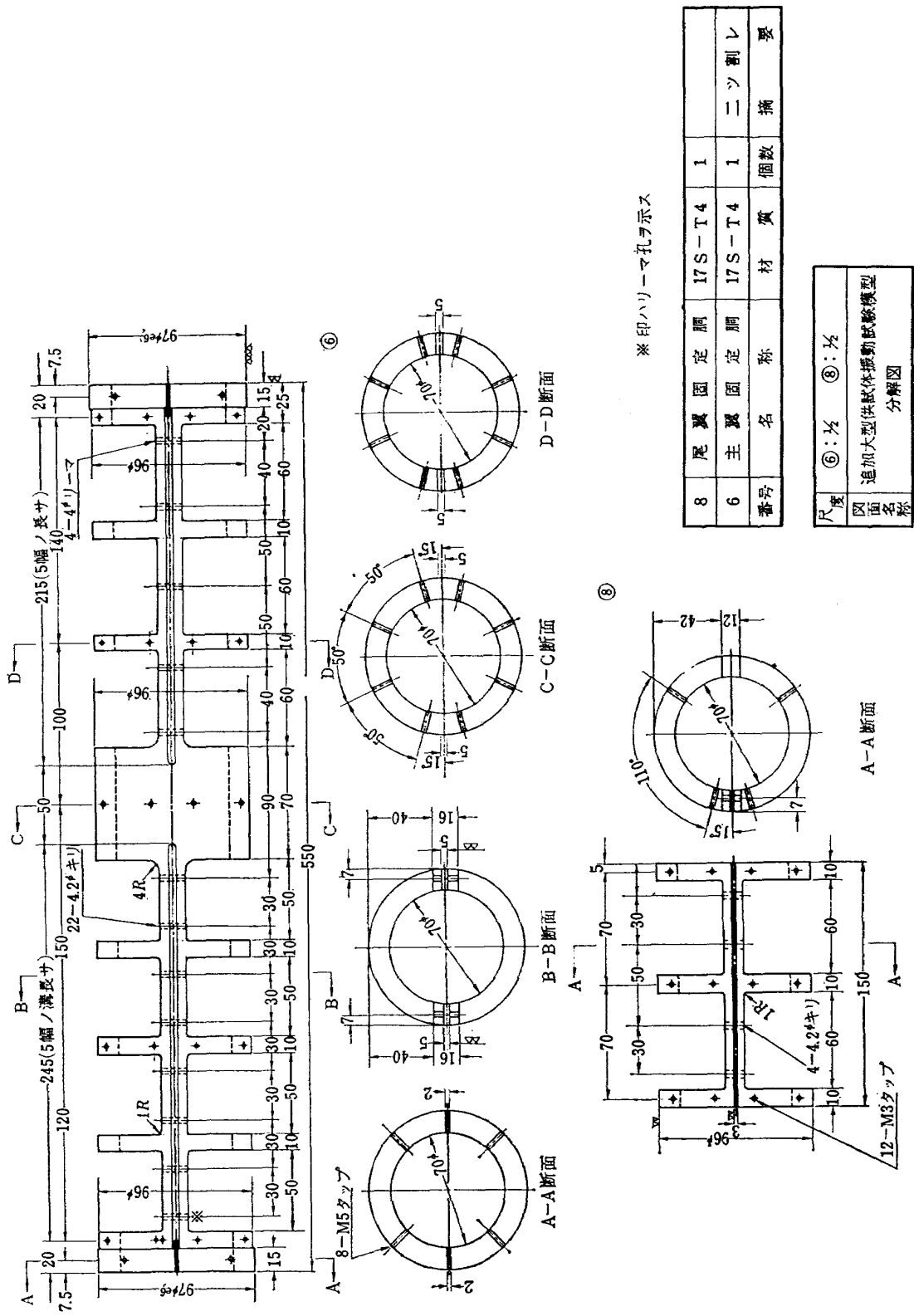
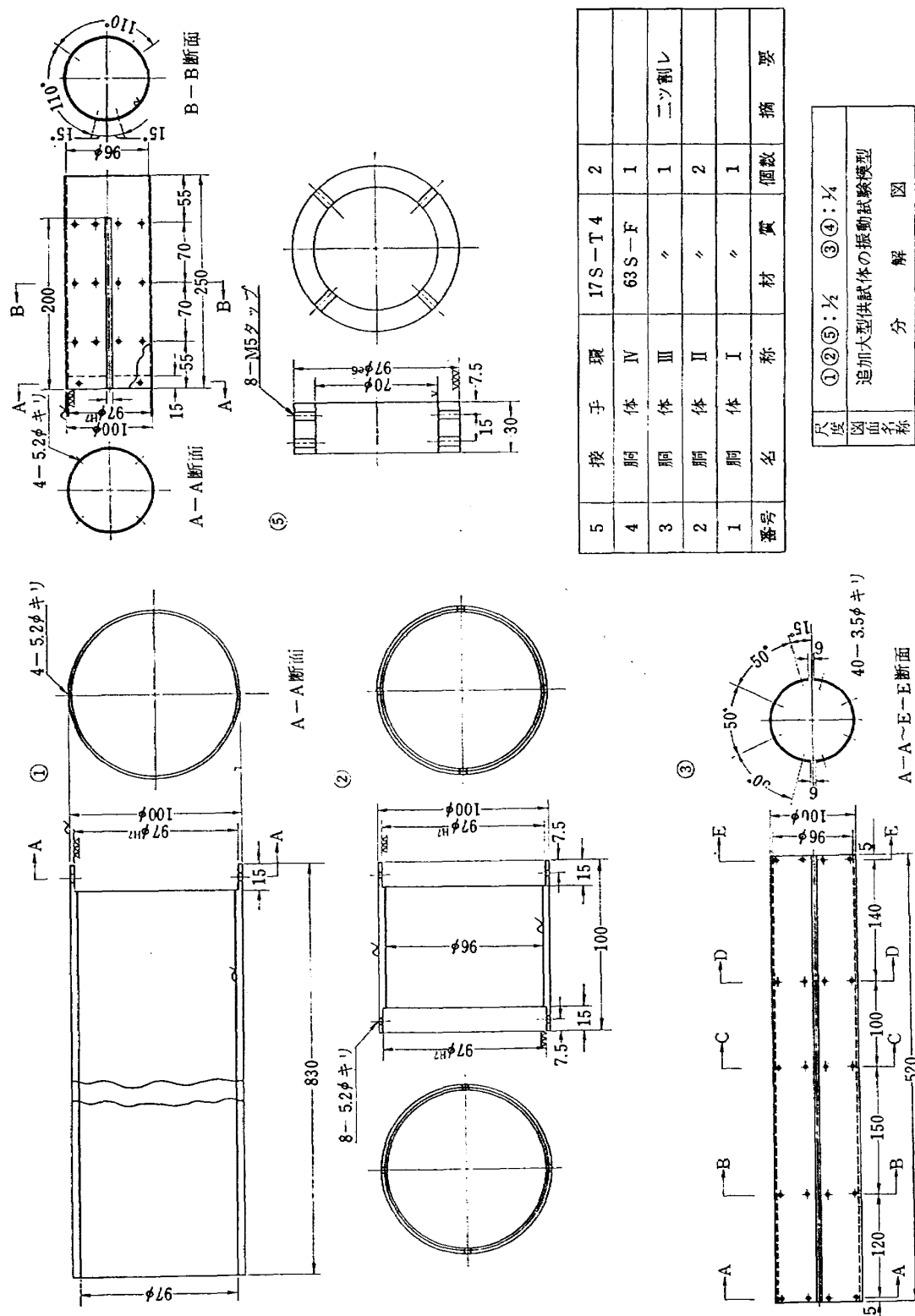


図 19 (e) 追加大型供試体寸法および諸数値



追加：大型供試体の例

前記供試体は強度試験用供試体として作ったものであることと、翼付根部および補強環の設計を変えた別の供試体を所内工作課において作製したので、この供試体についての振動解析および実験をおこなったのでその結果を併記する。この供試体は前項のものと寸法はほぼ同寸であるが、主翼と胴体とを結合する補強環の寸法がことなることと、これらを溶接で接合したものでなく、機械的にボルトで締結したものである。写真および寸法を図 19、図 20 に示した。もちろん実機の寸法構造とことなる。計算、実験とも前項の供試体と同様であるが、実験は、横置きの場合である。結果を図 21 に示す。

8. 結 語

当報告は前回の解析法¹⁾を拡張して、さらに実用的な梁、板結合構造物、すなわち梁に関しては実際の飛行体の胴体のように補強材のある変断面梁まで考慮し、また板に関しては一般的な翼形状をもつ中実の薄い変厚板まで扱うことができるような構造物の振動解析法を示した。またこの解析法を用いた実例として特に、自由飛行模型の基礎設計に関係した供試体を取りあげ、その固有振動数と振動型についての計算結果を実測結果と比較して示した。この場合翼と胴体の結合条件はかなり粗い近似と思われる仮定をおこなった計

算であるが、振動数および振動型ともに、計算結果と実験結果が実用的に十分な程度で一致しており、この解法がここで取り扱った程度の実例に対して解析的な目安をつけるには十分であることがわかった。なお、当解法をより複雑な構造物に適用することも可能であろうが、そのときには、未知パラメータの個数を増すことも必要かもしれないが、むしろ、複雑な構造物になったときにその構造物の部分構造を簡単なパラメータで表現する方向に進め、むしろ複雑になったため新たに入る結合部の条件などに注意し、これらの部分に新しい試験関数を必要としよう。

本研究を進めるに当っては、当所高速機研究会の各位からの種々な参考意見をうけることができ、また、大型供試体の精密な模型は所内工作課において製作していただいたもので、実験には機体構造研究室の戸田勸技官の協力が得られた。

最後に本研究の一部を実習実験としておこなった東海大学実習生斎藤幸治君に感謝の意を表わす次第である。

文 献

- 1) 越出，林，塙；梁，板結合構造物の振動（I），航技研報告 TR-137（1967）
- 2) 塙，越出，泉；変厚片持板の振動について，第15回応力連合会講演会前刷（1965）
- 3) 塙，越出；変厚片持板の静撓みについて，航技

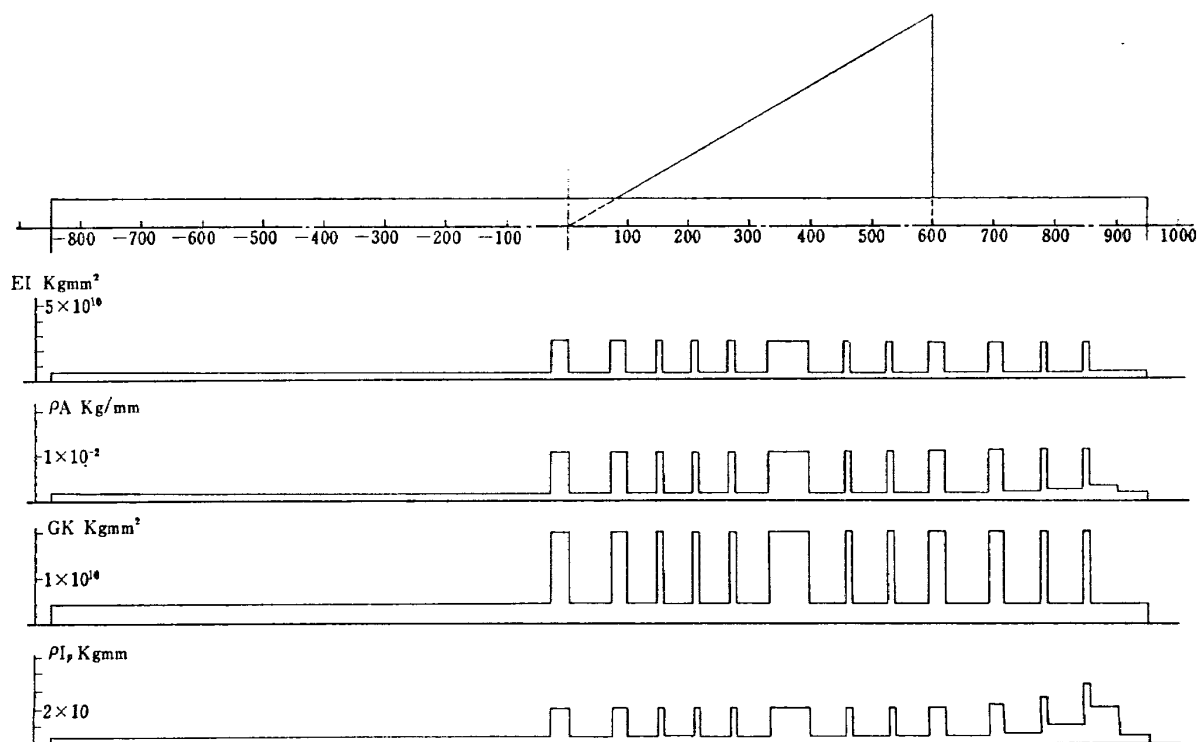


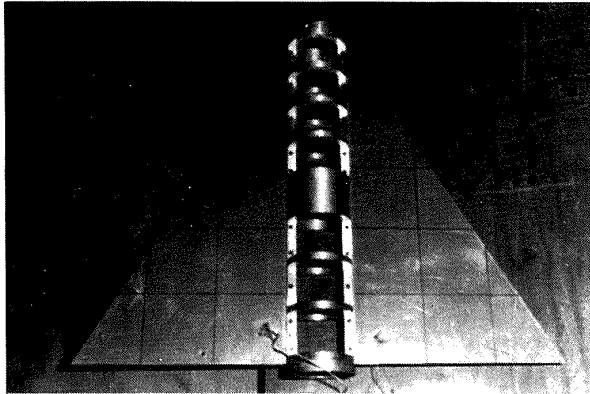
図 19 (g) 追加大型供試体寸法および諸数値

研報告 TR-138 (1967)

- 4) 川井, 塙, 戸川, 高橋, 越出; 平板翼の振動について, 航技研報告 TR-30 (1962)
- 5) 塙, 越出, 泉; 変分法直接解法において解にお

よぼす束縛の数値的影響(続), 第43期機械学会講演会前刷集 (1965)

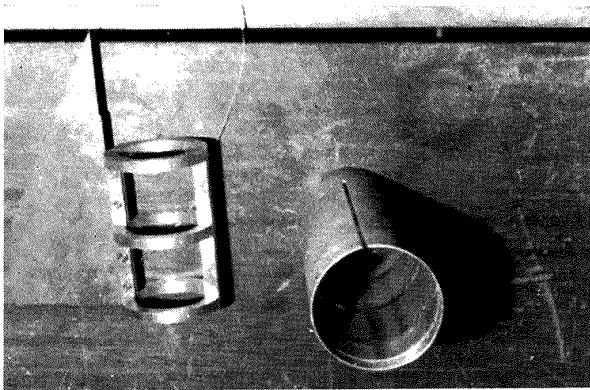
- 6) 中井, 塙, 泉; LS-A 型ロケットの曲げ剛性および振動について, 航技研資料 TM-50 (1965)



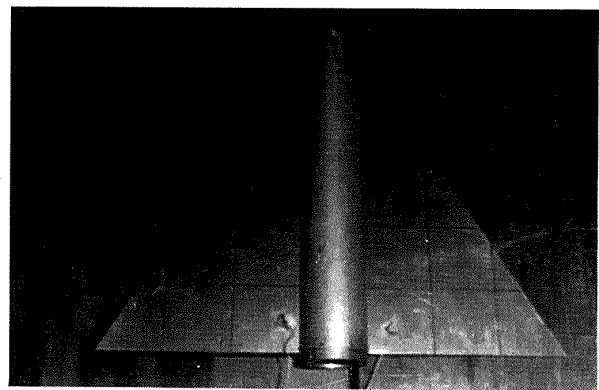
(a)



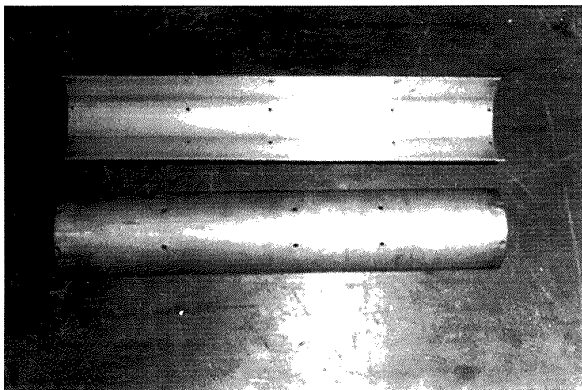
(d)



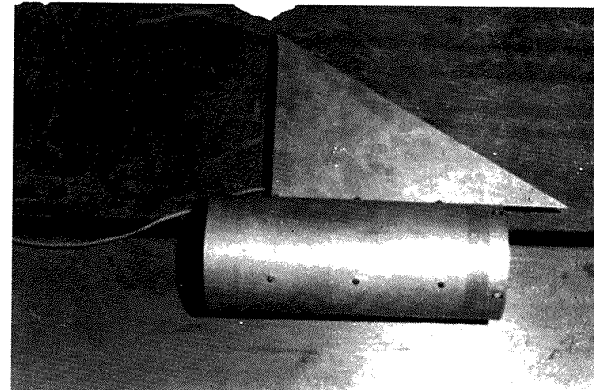
(b)



(e)



(c)



(f)

図 20 追加大型供試体

1st
 0.1000000E+01
 -0.1273191E+01
 0.3538086E+01
 -0.1464313E+02
 0.1393614E+01
 0.2396168E+02
 -0.1629955E+02
 0.7308798E+01
 -0.6774008E-01
 -0.1462362E+03
 0.8810871E+02
 0.7144477E-01
 0.3813984E+02
 -0.5113315E+02
 0.4502933E-01
 0.8020963E+02
 -0.1018616E-01
 -0.3976104E+02
 -0.7708821E-02

曲げ	
exp	cal
70.8 (71.1)	64.6

3rd
 0.1000000E+01
 -0.1253597E+01
 -0.7020413E+02
 -0.3616268E+02
 0.3049002E+00
 0.1032523E+03
 0.3662152E+03
 0.3922008E+02
 -0.1882487E+01
 -0.7364511E+03
 -0.4485081E+03
 0.2521308E+00
 0.1366502E+04
 0.1450965E+03
 0.2156221E+00
 -0.9698992E+03
 -0.5291630E-01
 0.2460087E+03
 -0.6940006E-02

曲げ	
exp	cal
273.3	197.6

2nd
 0.1000000E+01
 -0.9753225E+00
 0.8376965E+02
 0.7931059E+02
 0.7755263E+00
 -0.6686193E+02
 -0.5777772E+03
 -0.8693801E+02
 -0.3188684E+01
 0.1009867E+04
 0.7586335E+03
 0.5657811E-01
 -0.2174451E+04
 -0.2470754E+03
 0.4001065E+00
 0.1663536E+04
 -0.2126055E-01
 -0.4477344E+03
 -0.2282640E-01

exp	cal
193.3 (194.9)	164.0

4th
 0.1000000E+01
 -0.1374684E+03
 -0.6393243E+03
 0.4180508E+03
 -0.1745560E+01
 0.2510101E+04
 -0.2669821E+03
 -0.9134695E+03
 -0.1900925E-01
 -0.5805450E+04
 0.3586942E+04
 0.3410425E+01
 0.3697891E+04
 -0.1587113E+04
 0.2169840E+01
 -0.5007632E+03
 -0.4442050E+00
 -0.2423195E+03
 -0.3942144E+00

exp	cal
360 (363.4)	351.7

図 21.1 追加大型供試体計算値

図 21.2 追加大型供試体計算値

曲 げ	
exp	cal
391.2	397.9
(390.8)	

exp	cal
410.7	512.5

図 21.3 追加大型供試体計算値

1 st	振り	
	exp	cal
0.1000000E+01	106.4	119.7
-0.1075171E+01	(108.3)	
-0.5486763E+01		
-0.2473776E+01		
-0.2323969E-01		
0.1399642E+02		
0.1463880E+02		
0.2099691E+00		
-0.1790321E-01		
-0.2803435E+02		
0.1777815E+01		
0.3275525E-02		
-0.1730290E+02		
-0.4600912E+01		
0.1731671E-01		
0.4229541E+02		
0.1141643E-02		
-0.1642658E+02		
-0.4335528E-02		

2 nd	振り	
	exp	cal
0.1000000E+01	218.4	245.8
0.4443579E+02		
-0.9239703E+01		
-0.5256481E+02		
-0.1005447E+00		
-0.3336298E+03		
0.1986589E+03		
0.5586677E+02		
0.4746843E-01		
0.7154715E+03		
-0.2711169E+03		
0.7738853E-01		
-0.8287018E+03		
0.7520282E+02		
-0.4223096E-02		
0.5675178E+03		
-0.1755681E-01		
-0.1618697E+03		
-0.1326858E-02		

図 21.4 追加大型供試体計算値

3 rd	振り	
	exp	cal
0.1000000E+01	332.9	460.2
0.2324561E+03		
-0.3834945E+04		
0.1898558E+01		
-0.5309222E+00		
0.1626238E+04		
0.1197509E+05		
-0.1275807E+03		
-0.2824589E+01		
-0.3604411E+04		
-0.1189637E+05		
-0.1060557E+01		
-0.3204104E+04		
0.4010261E+04		
0.1851419E+01		
0.9056156E+04		
0.4102588E+00		
-0.4201897E+04		
-0.4161801E+00		

4 th	振り	
	exp	cal
0.1000000E+01	399.4	527.1
-0.9731928E+01		
0.4669512E+03		
0.1956586E+02		
-0.5110039E+00		
-0.3098189E+03		
-0.1593005E+04		
-0.4164109E+02		
0.1375200E+00		
0.7724839E+03		
0.1802797E+04		
0.2141756E+00		
-0.1051091E+03		
-0.6285421E+03		
0.1947858E-02		
-0.8456971E+03		
-0.3183442E-01		
0.4724361E+03		
-0.9167314E-02		

図 21.5 追加大型供試体計算値

5th		振 動	
		exp	cal
0.1000000E+01		428.4	720.6
0.5850944E+03			
-0.4034852E+04			
-0.5598901E+03			
-0.1533056E+01			
-0.1377046E+04			
0.1594948E+05			
0.5892995E+03			
-0.3996946E+00			
-0.1831985E+03			
-0.1927879E+05			
0.1794549E+00			
0.7239530E+03			
0.7314224E+04			
0.3498291E+00			
0.1700403E+04			
0.3338425E+01			
-0.1434782E+04			
-0.9328524E+01			

6th		振 動	
		exp	cal
0.1000000E+01		515.3	849.3
-0.3797928E+02			
0.2213684E+03			
0.1584027E+02			
-0.3013519E+01			
0.1051940E+03			
-0.8479752E+03			
-0.1054087E+02			
0.1038792E+01			
-0.2928994E+02			
0.1007541E+04			
0.2716300E+00			
-0.3813136E+02			
-0.3940865E+03			
-0.7181252E+00			
-0.5116418E+02			
0.4198571E+01			
0.6021462E+02			
0.1316924E+00			

図 21.6 追加大型供試体計算値

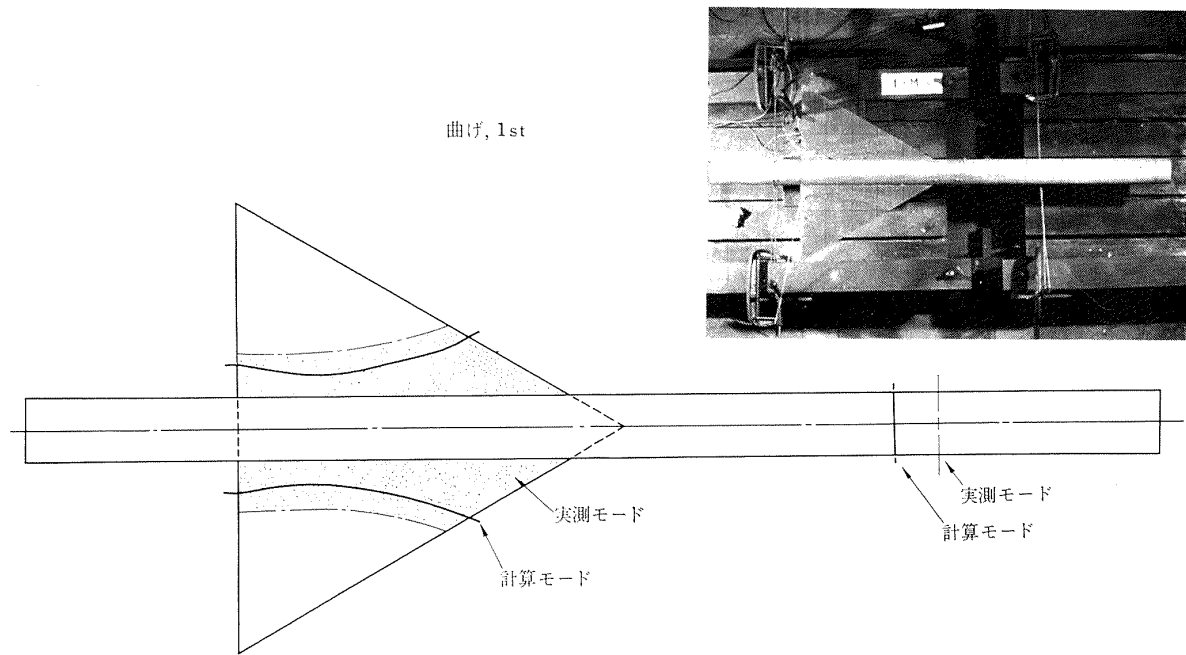


図 21.6

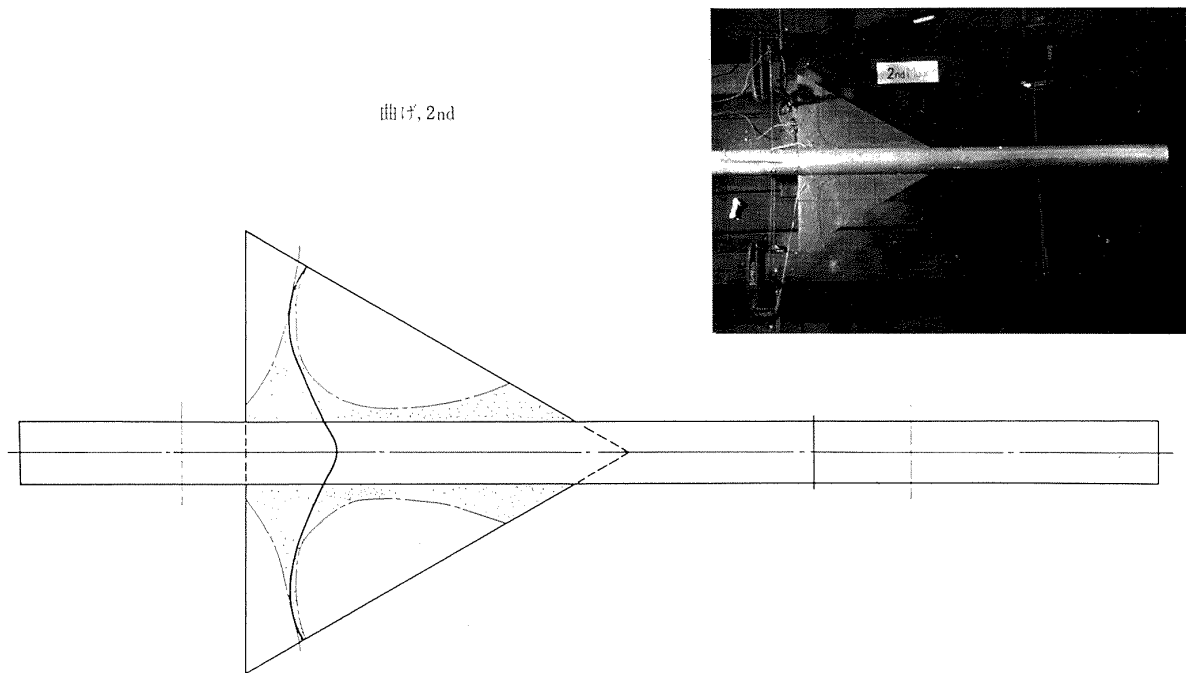


図 21.7

曲げ，3rd

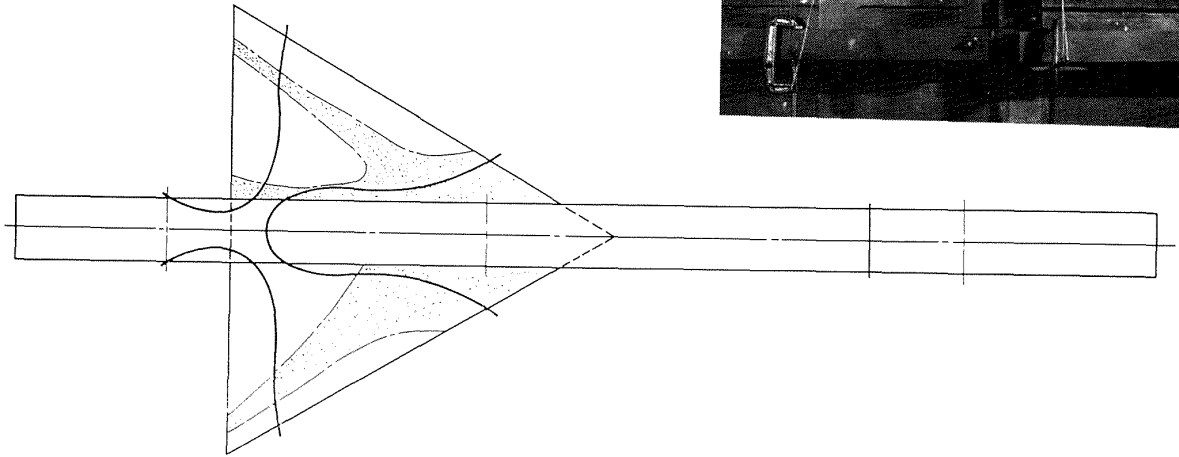
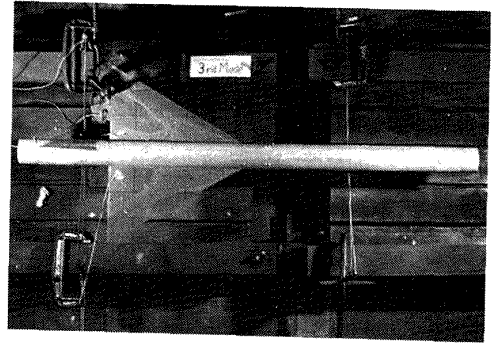


図 21.8

曲げ，4th

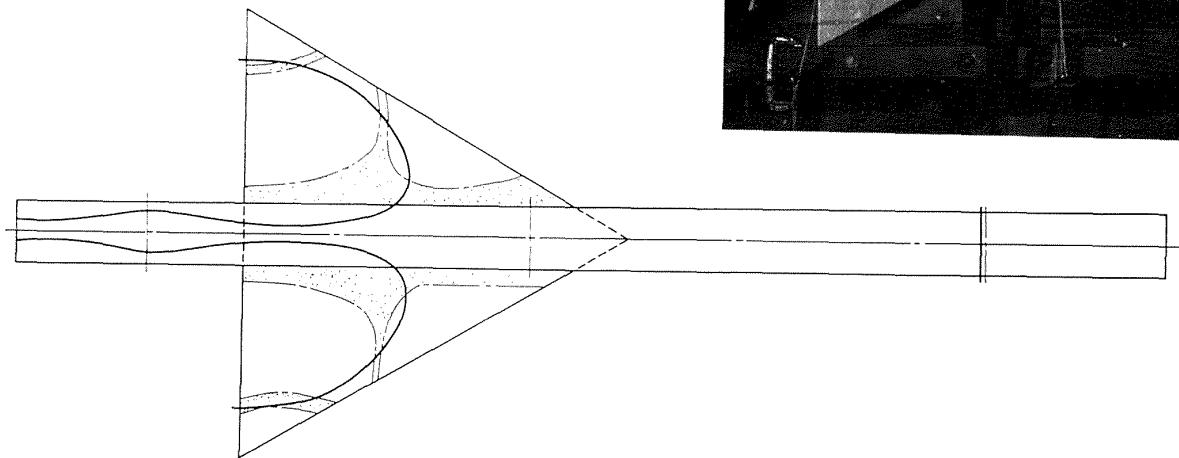
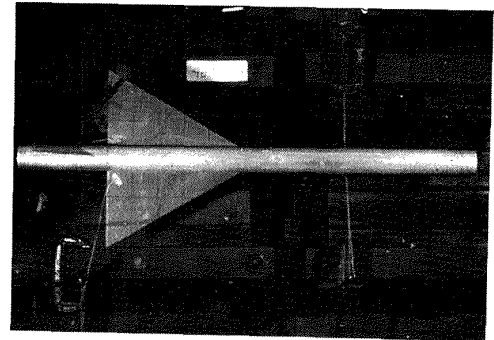


図 21.9

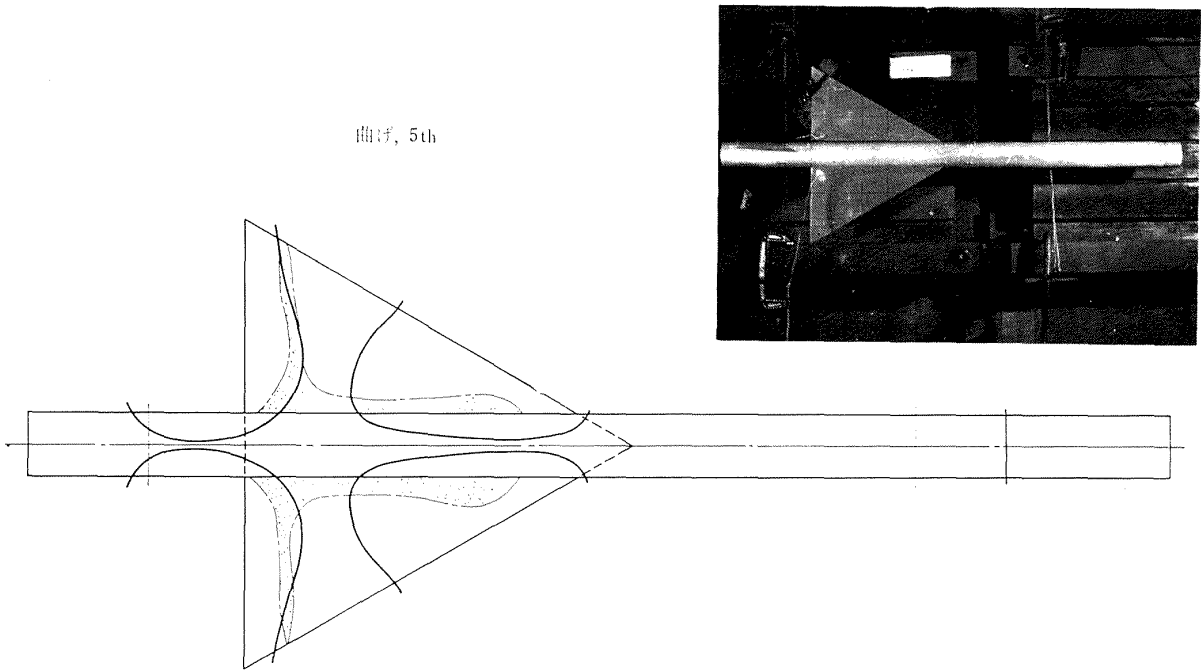


図 21.10

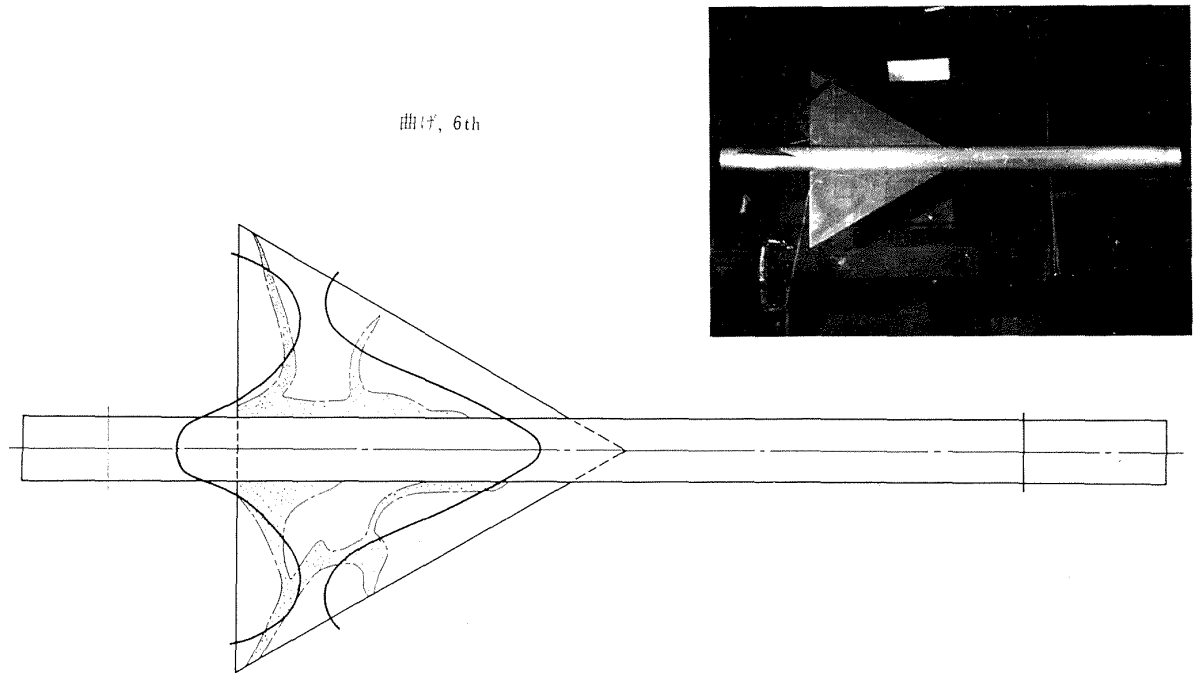


図 21.11

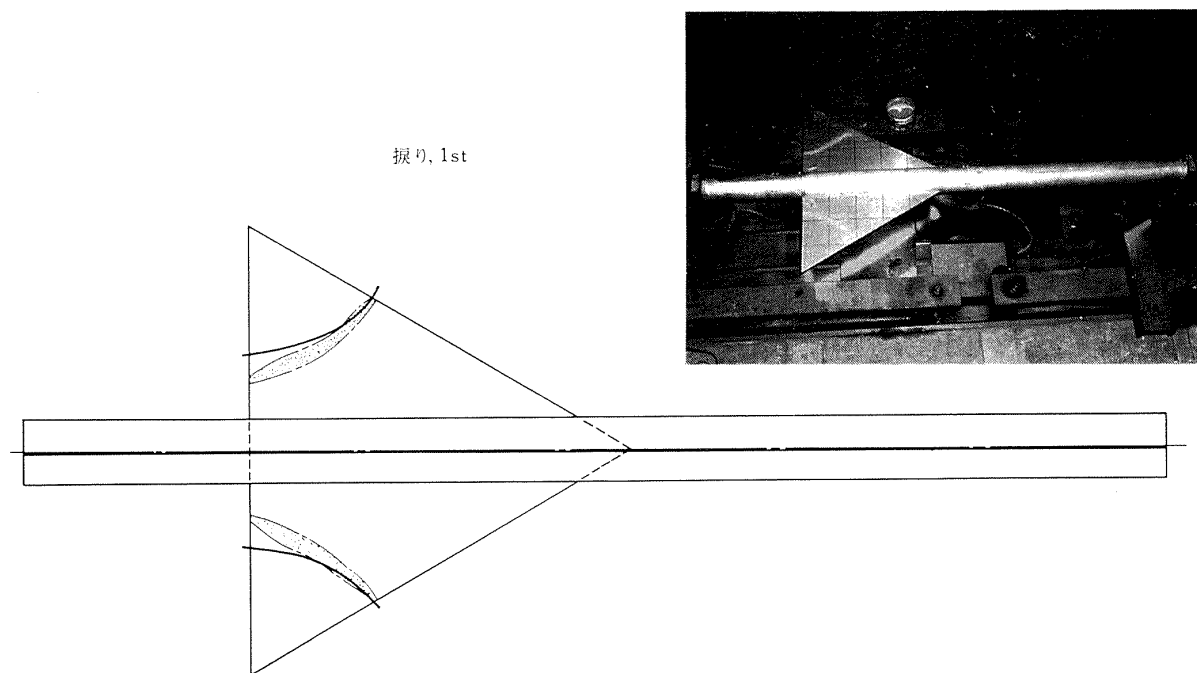


図 21.12

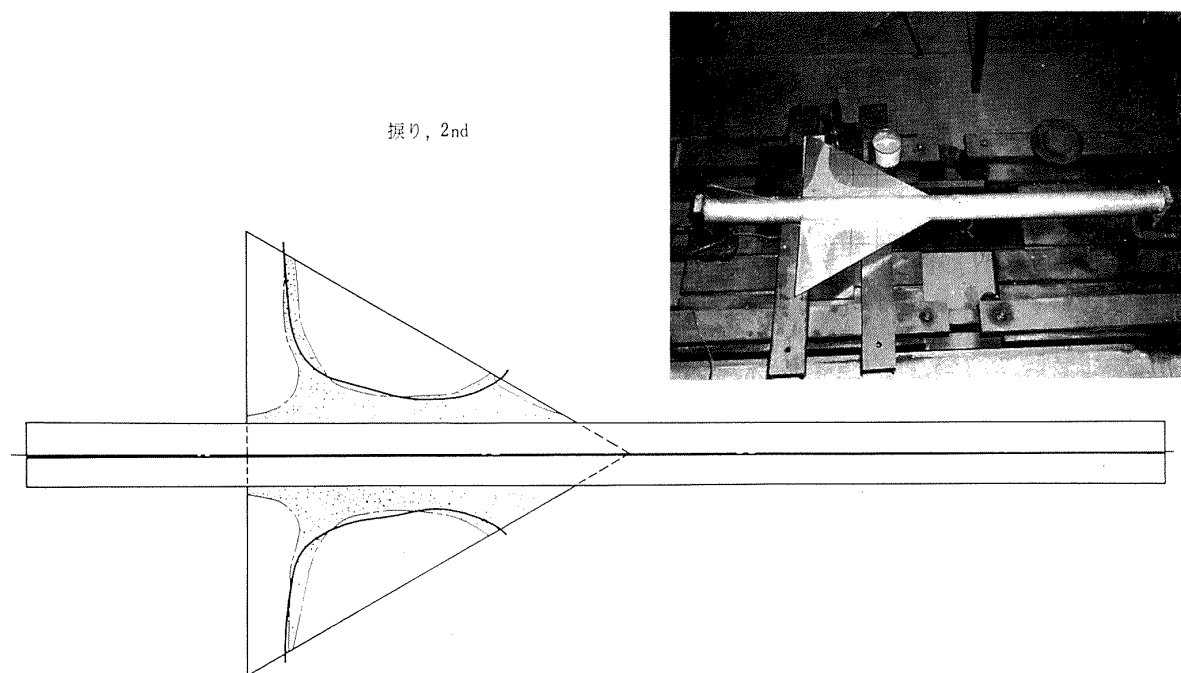
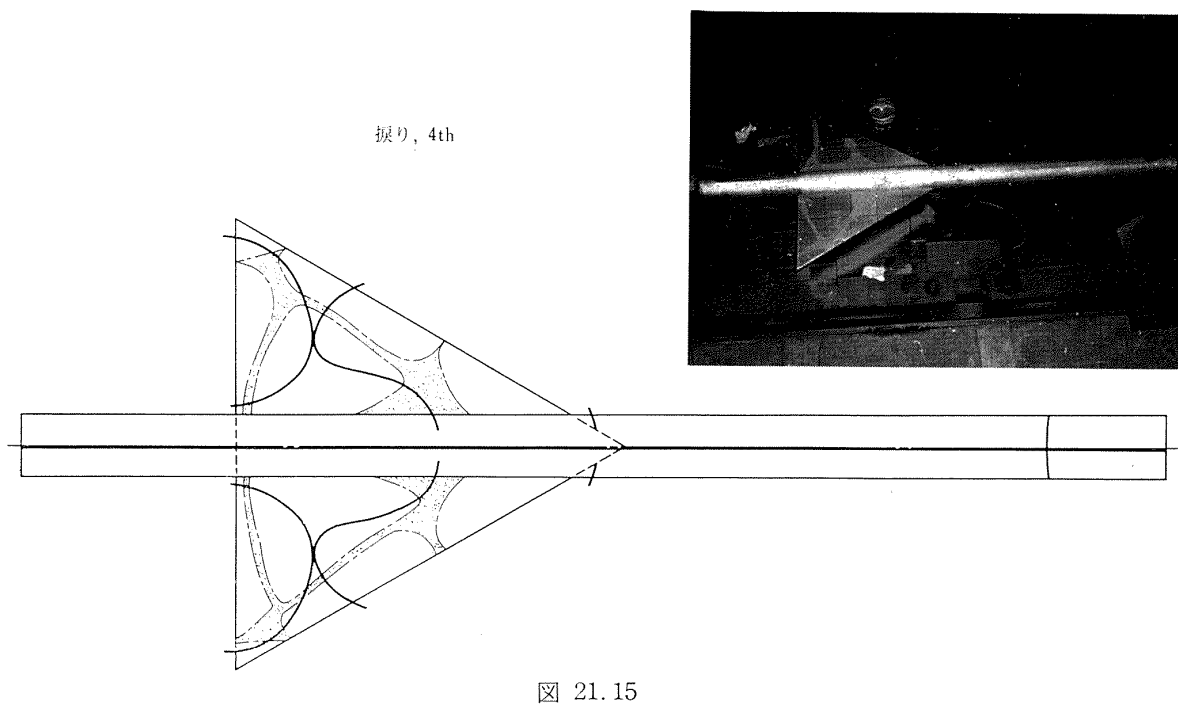
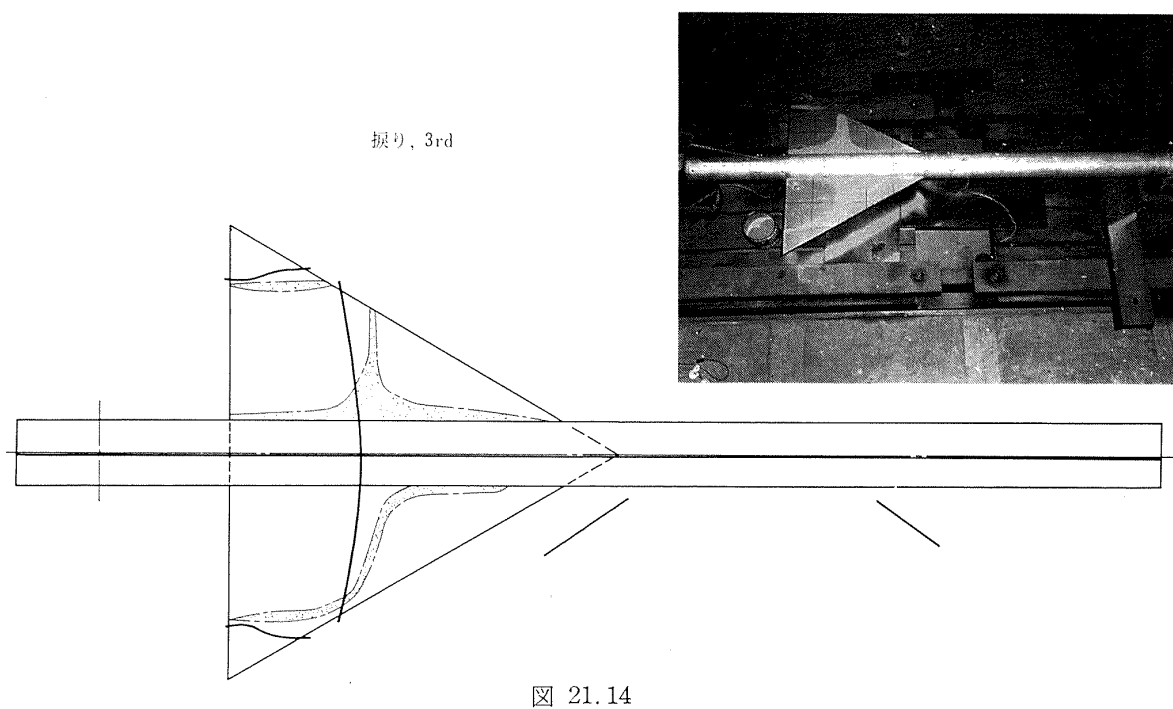


図 21.13



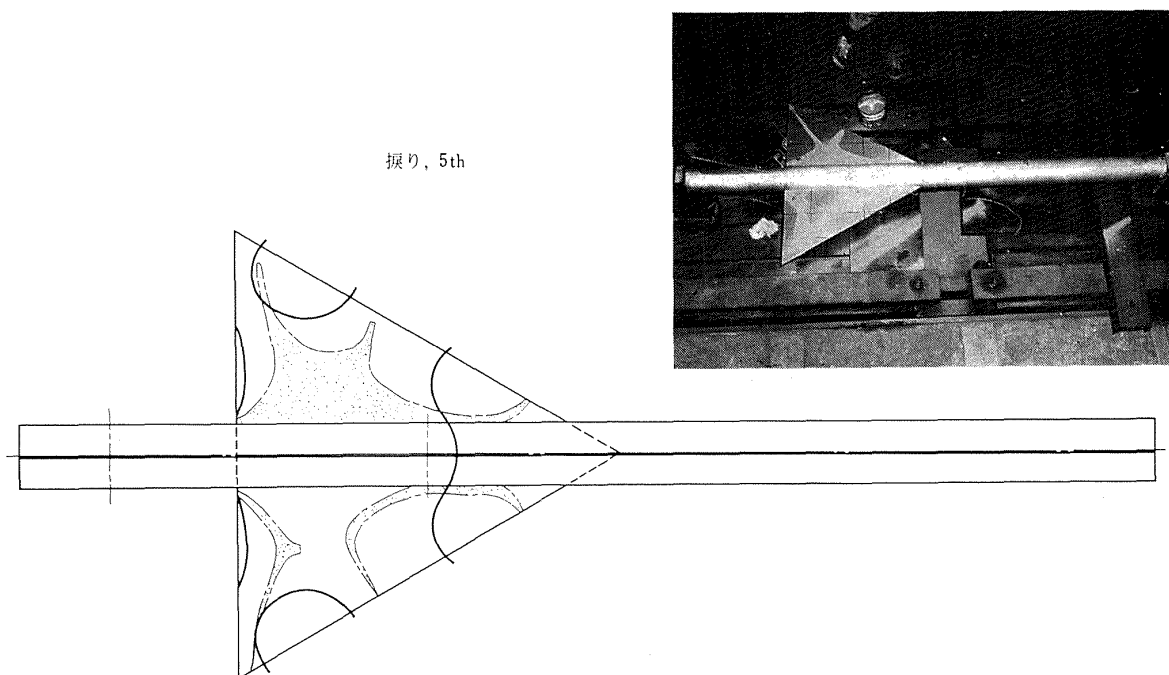


図 21.16

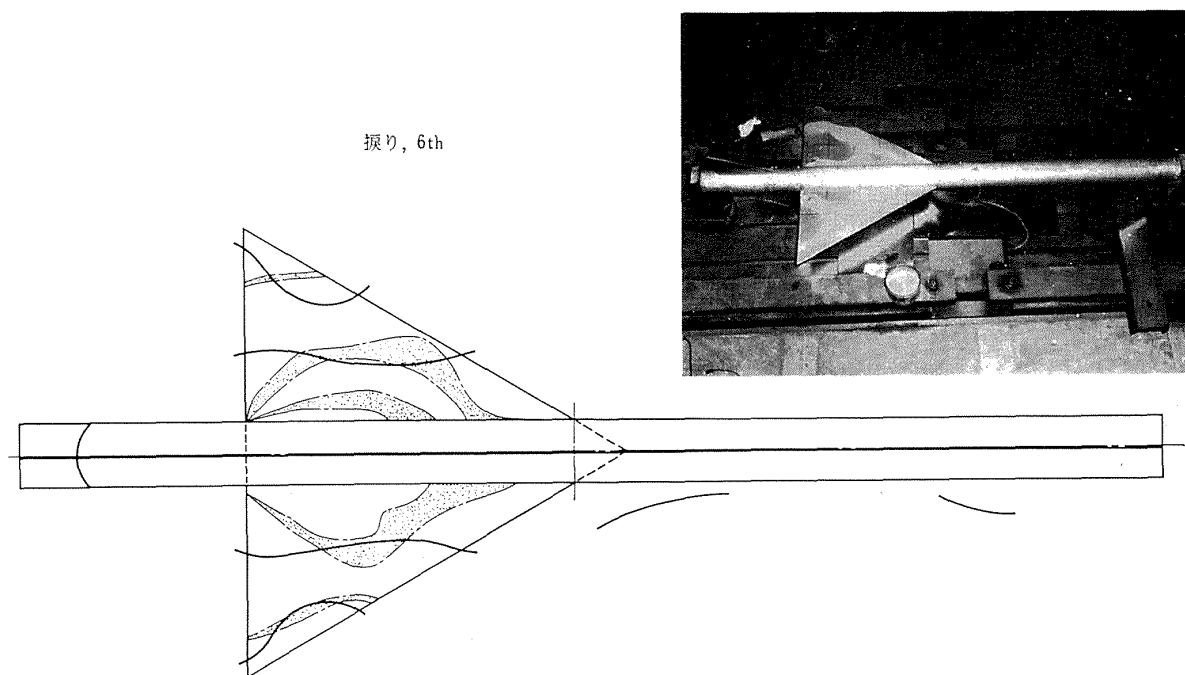


図 21.17

既 刊 報 告

- | | | | |
|-------|---|-------------|--|
| TR- 1 | 遷音速風洞測定部に関する予備実験
Preliminary Investigation of N. A. L. Transonic Wind-Tunnel Test-Section | 1960 年 2 月 | 平 木 一, 石 井 孝 雄
大 島 信 彦 |
| TR- 2 | 遷音速風洞用 22.5MW 主送風機
I. 模型送風機による性能試験
22.5MW Main Blower for N. A. L. Transonic Wind Tunnel
I. Performance Test of the Model Blower | 1960 年 5 月 | 山 内 正 男, 松 木 正 勝
塩 入 淳 平, 富 永 守 之 |
| TR- 3 | 風洞用角度計の試作実験
An Experiment on Angle Measuring Instruments of Airplane Models in Wind Tunnel Test | 1960 年 8 月 | 小 橋 安 次 郎, 長 州 秀 夫
高 島 一 明, 波 木 井 潔 |
| TR- 4 | 回転円板の強度
Strength of Rotating Discs | 1960 年 9 月 | 佐 藤 和 郎, 永 井 文 雄 |
| TR- 5 | 航空技術研究所 (60cm×60cm) 遷音速フラッタ試験設備の計画と整備試験
Design and Development of N. A. L. 60cm×60cm Transonic Blowdown Wind Tunnel for Flutter Testing | 1960 年 12 月 | 中 井 暎 一, 橋 爪 宏
中 村 泰 治 |
| TR- 6 | 高温歪ゲージの温度特性
Temperature Characteristics of High Temperature Strain Gage | 1960 年 12 月 | 竹 中 幸 彦 |
| TR- 7 | 遷音速風洞の測定部
On the Transonic Test Section | 1961 年 1 月 | 村 崎 寿 満 |
| TR- 8 | 繰返し荷重試験装置の予備試験
Preliminary Study for Development of Repeated Load Testing Rigs for Full-Scale Aircraft Structures | 1961 年 3 月 | 竹 内 和 之, 飯 田 宗 四 郎 |
| TR- 9 | 遷音速流小擾乱理論の研究 (I)
—非線型補正理論—
Studies on the Small Disturbance Theory of Transonic Flow (I)
—Non-Linear Correction Theory— | 1961 年 3 月 | 細 川 巖 |
| TR-10 | 喰違い角の大きい減速翼列の研究
Cascade Tests of High Stagger Compressor Blades | 1961 年 3 月 | 松 木 正 勝, 高 原 北 雄
西 脇 英 夫, 森 田 光 男 |
| TR-11 | 軟鋼円板の回転による降伏
Yielding of Rotating Discs of Mild Steel | 1961 年 4 月 | 佐 藤 和 郎, 永 井 文 雄 |
| TR-12 | 薄肉開断面梁の自由振動について
On the Natural Vibration of Thin-Walled Beams of Open Cross Section | 1961 年 5 月 | 川 井 忠 彦, 埴 武 敏 |
| TR-13 | 衝撃波と境界層の干渉についての実験的研究
Experimental Results of the Interaction between Shock Wave and Turbulent Boundary Layer | 1961 年 7 月 | 須 郷 道 也, 伝 田 幸 雄 |
| TR-14 | 電磁流体の圧縮性境界層
On Compressible Boundary Layer in Magnetodynamics | 1961 年 7 月 | 須 郷 道 也, 小 沢 五 郎 |
| TR-15 | 振動翼用圧力ピックアップの試作・校正
Miniature Pressure Pickups for Measuring the Pressure on Oscillating Airfoils in Supersonic Flow | 1961 年 8 月 | 石 井 孝 雄, 柳 沢 三 憲 |
| TR-16 | 放物型偏微分方程式の混合境界値問題の差分法による数値解法
On the Difference Method Solutions of the Mixed Boundary Value Problems of Parabolic Partial Differential Equations | 1961 年 12 月 | 樋 口 一 雄, 三 好 甫 |
| TR-17 | 荷電ビームによる気流密度測定の理論的考察
A Theoretical Comment on the Charge-Beam Method of Measuring Gas Density | 1961 年 12 月 | 和 田 勇, 細 川 巖
三 好 甫 |

TR-18	前置静翼翼列と喰違い角の大きい減速翼列の二次 元低速翼列性能と回転翼列性能との比較 Comparison of Inlet Guide Vane and High Stagger Compressor Blade Performance in a Rotor and in Cascade	1961 年 11 月	松木正勝
TR-19	高速翼車の回転強度 Strength of High-Speed Rotor	1961 年 12 月	佐藤和郎, 永井文雄
TR-20	Blasius 型微分方程式の両側無限遠境界値問題の 数値解法 A Numerical Method for Solving Blasius' Type Differential Equation	1962 年 1 月	樋口一雄, 戸川隼人
TR-21	遷音速における二次元線縦面の研究 (I) An Investigation of Two-dimensional Control Surface at Transonic Speed (I)	1962 年 1 月	神谷信彦
TR-22	変断面梁の曲げ自由振動について On the Free Lateral Vibration of a Beam with Variable Cross Section	1962 年 2 月	川井忠彦, 戸川隼人 林 洋一
TR-23	いくつかの型の偏微分方程式の境界値問題のモン テカルロ法による解法とその実験 Monte Carlo Solutions of the Boundary Value Problems for Some Types of Partial Differ- ential Equations	1962 年 2 月	樋口一雄, 高橋利之 鳥海良三
TR-24	航空技術研究所のターボ・ジェットエンジン要素 試験設備 Test Facilities of Turbo-jet Engine Components at N.A.L.	1962 年 2 月	航空技術研究所原動機部
TR-25	航空技術研究所 2m×2m 遷音速風洞の計画と構 造 Design and Construction of the 2m × 2m Transonic Wind Tunnel at the National Aeronautical Laboratory	1962 年 3 月	航空技術研究所
TR-26	吹出式超音速風洞のノズルの予備実験 Preliminary Tests of Supersonic Nozzles for the Supersonic Blowdown Wind Tunnel	1962 年 3 月	河崎俊夫, 岡部祐二郎 尾形吉和, 安藤 尚
TR-27	非定常遷音速流の近似解所 An Approximate Analysis for Unsteady Tran- sonic Flow	1962 年 7 月	細川 巖, 三好 甫
TR-9T	Studies on the Small Disturbance Theory of Transonic Flow(I) —Nonlinear Correction Theory—	July 1962	Iwao Hosokawa
TR-28	疲労亀裂について On Fatigue Cracks	1962 年 8 月	竹中幸彦
TR-29	1m×1m 吹出式超音速風洞の計画と構造 On the Design and Construction of the 1m × 1m Supersonic Blow-down Wind Tunnel	1962 年 10 月	空気力学第二部
TR-30	平板翼の振動について On the Natural Vibration of Plate-Like Wings	1962 年 10 月	川井忠彦, 塙 武敏 戸川隼人, 高橋利之 趣出慎一
TR-31	熱応力を受ける薄翼の安定とその微小振り振動に ついて On the Instability and Small Natural Torsional Vibration of a Thin Wing under Thermal Stress	1962 年 11 月	川井忠彦, 林 洋一 戸川隼人
TR-32	補強板の圧縮強度に関する一解析 A Method of Analysis on the Compressive Strength of Stiffened Plates	1962 年 11 月	川井忠彦, 江川幸一
TR-33	主翼繰返し荷重試験装置 Repeated Load Testing Rigs for Full-Scale Aircraft Wing Structures	1962 年 12 月	竹内和之, 飯田宗四郎 小野幸一

TR-34	高速軸流圧縮機の研究 (I) —翼型と翼列の検討— An Investigation of High Speed Axial Flow Compressor (I) —The Selection of Compressor Cascade—	1963 年 1 月	松木正勝, 大山耕一 宮地敏雄
TR-35	高速軸流圧縮機の研究 (II) —単段試験装置の設計と全体性能— An Investigation of High Speed Axial Flow Compressor (II) —Design and Over-all Performance of a Single Stage Axial Flow Compressor—	1963 年 1 月	松木正勝, 宮地敏雄 大山耕一, 吉田晃 西脇英夫, 岩部柱相
TR-36	衝撃波風洞による表面熱伝達の実験 Studies of Surface Heat Transfer Using a Hypersonic Shock Tunnel	1963 年 1 月	和田 勇, 松崎利一
TR-37T	Studies of the Flow in a Low Pressure Hypersonic Shock Tunnel Using an Electron-Beam Densitometer	Jan. 1963	Isamu WADA
TR-38	鋳鉄のような脆性材料からなる円板の回転強度 Strength of Rotating Discs of Brittle Material like Cast Iron	1963 年 1 月	佐藤和郎, 永井文雄
TR-39	高負荷燃焼器の研究 (第 1 報) —その性能におよぼす各種因子の影響の定性的考察— A Study of High Intensity Combustor (I) —Its Qualitative Analysis—	1963 年 2 月	大塚貞吉, 鈴木邦男
TR-40	胴体内圧繰返し荷重試験装置について Repeated Load Testing Facility for Full-Scale Aircraft Fuselage Structures	1963 年 2 月	竹内和之, 川島矩郎 野原利雄
TR-41	輻射熱量計の校正 Calibration of Radiometer	1963 年 2 月	竹中幸彦, 江川幸一 小川鉦一
TR-42	非定常境界層の相似解とその安定 A Similar Solution of Unsteady Laminar Boundary Layer and Its Stability Characteristics	1963 年 7 月	小橋安次郎, 恩地 瑛
TR-43	超音速における操縦面の効きについて On the Effectiveness of Control Surfaces in Supersonic Flow	1963 年 2 月	河崎俊夫
TR-44	高速翼列の実験について (流入角の大きい減速翼列の予備実験) Some Notes about the Effect of Tunnel Configuration and Testing Technique on Compressor Cascade Performance	1963 年 2 月	近藤 博, 蓑田光弘 坂口 一, 山崎紀雄
TR-45	固有値問題 ($\sum \lambda^k A_k$) $x=0$ の数値解法 A Numerical Method for the Eigenvalue Problem ($\sum \lambda^k A_k$) $x=0$	1963 年 4 月	戸川隼人
TR-46	翼の固有振動数に関する一解析法 On the Vibration Analysis of Aircraft Wings	1963 年 6 月	川井忠彦, 泉 日出夫 戸川隼人, 林 洋一
TR-47	鋳鉄円板の回転破壊におけるコリオリの力の影響 Influence of Coriolis' Force on the Burst of Rotating Disc of Cast Iron	1963 年 7 月	佐藤和郎, 永井文雄
TR-48	曲面に沿う境界層 Effects of Surface Curvature on Laminar Boundary-Layer Flow	1963 年 8 月	林 二 識
TR-49	高速軸流圧縮機の研究 (III) —翼の厚さの影響— An Investigation of High Speed Axial Flow Compressor (III) —Effects of Blade Thickness—	1963 年 9 月	松木正勝, 宮地敏雄 大山耕一, 吉田 晃 西脇英夫, 岩部柱相

TR-50	境界収縮法による偏微分方程式の境界値問題の数値解法 Numerical Method for Boundary Value Problems of Partial Differential Equations by Boundary Contraction	1963 年 9 月	樋口一雄, 能美 力
TR-51	人間の静的不安定系の制御能力 Human Control Ability of the Statically Unstable System	1963 年 9 月	武田 峻
TR-52	粒状加熱器の熱特性 Thermal Characteristics of a Pebble-Bed Heater	1963 年 10 月	林 二 識
TR-53	円管流の非定常熱伝達 (第1報) 一壁温が時間と流向距離のみによる場合— Thermal Characteristics of the Unsteady Flow through a Circular Pipe whose Temperature depends on Time and Flow-Directional Distance only	1963 年 10 月	林 二 識
TR-54	偏微分方程式の混合境界値問題の差分法による数値解法 Difference Method for the Mixed Boundary Value Problems	1963 年 10 月	三好 甫
TR-55	ボスをもった車盤の回転強度 Rotating Strength of Rotor which Has a Boss	1963 年 11 月	佐藤和郎, 永井文雄
TR-56	亜音速および遷音速における二次元非定常空気力の測定 (第1報) Measurements of the Unsteady Airloads for Two-Dimensional Flow at Subsonic and Transonic Speed Range (I)	1963 年 11 月	中村泰治, 田辺義一
TR-57T	Measurements of the Aerodynamic Derivatives of an Oscillating Biconvex-Flat Airfoil in Supersonic Flow at Mach Number 2 to 3	Jan. 1964	Takao ISHII Mitsunori YANAGISAWA
TR-58	高度 500 フィートないし 10,000 フィートにおける上下突風の測定および解析 Measurements and Analyses of Gust Velocities from 500 to 10,000 feet Altitude	1964 年 1 月	竹内和之, 小野幸一 山根皓三郎
TR-59	磁気テープデータ処理設備とその性能 The Magnetic Tape Data Reduction System and Its Performance	1964 年 1 月	田畑浄治, 中 正夫 山本芳樹, 三浦雅男
TR-60	変厚平板翼の振動について On the Natural Vibration of Plate-Like Wings of Variable Thicknesses	1964 年 1 月	塙 武敏, 趣出慎一 戸川隼人, 川井忠彦
TR-61	後退角 45°, テーパー比 0.6 の薄い片持翼の遷音速におけるフラッタ特性におよぼすマッハ数の影響の実験的研究 Some Effects of Mach Number on the Transonic Flutter Characteristics of Thin Cantilever Wings Having a Taper Ratio 0.6 and a Sweptback Angle of 45°	1964 年 2 月	中井暎一, 小原 瑛
TR-62	超音速における翼端板効果 The Effects of the End-plates at Supersonic Speeds	1964 年 2 月	尾形吉和
TR-63	非定常流中の円柱に作用する空気力について Aerodynamic Forces Acting on a Circular Cylinder in Unsteady Flow	1964 年 2 月	小橋安次郎, 遠藤 浩 北村清美
TR-64	航空力学における磁歪計器の応用 Some Developments of the Magnetostriction Type Measuring Instruments for the Study of Aircraft Dynamics	1964 年 3 月	幸尾治朗
TR-65	非定常境界層の安定に関する実験 An Experimental Investigation of Stability Characteristics of Unsteady Laminar Boundary Layer	1964 年 7 月	小橋安次郎, 恩地 瑛

TR-66	変分法による平板翼の撓み, 振動解における自然境界条件の数値的吟味 (片持平板翼の場合) Numerical Examination on the Fulfilment of Natural Boundary Conditions by the Approximate Solutions for Bending and Vibration of Thin Elastic Plates based on the Rayleigh-Ritz's Procedure (in Case of Cantilevered Wing Plates)	1964 年 6 月	川井忠彦, 塙武敏 越出慎一, 戸川隼人 落合 薫
TR-67	プラズマ発生装置の諸特性 Characteristics of a Vortex Stabilized Plasma Generator	1964 年 4 月	井上建二, 野村茂昭
TR-68	回転翼の線型理論 (I) —揚力面理論— Linearized Aerodynamic Theory of Rotor Blades (I)—Lifting Surface Theory—	1964 年 6 月	市川輝雄
TR-69	高速軸流タービンの研究 (I) —(タービンノズル円環翼列の研究)— An Investigation of the High Speed Axial Flow Turbine (I) —An Investigation of the Annular Turbine nozzle Cascade—	1964 年 7 月	鳥崎忠雄, 能瀬弘幸 森田光男
TR-70	汎用飛行シミュレータ設備の計画, 構造および特性 Design, Construction and Characteristics of Flight Simulator at National Aerospace Laboratory	1965 年 1 月	松浦陽恵, 樋口一雄 池谷光栄, 堀川勇壮 村上力, 百盛之典 三好範子, 岡部正典
TR-71	塑性の三方向せん断理論 塑性変形による異方性 塑性流動に及ぼす中間主応力の影響 応力状態と塑性変形の形 Three-Shear Theory of Plasticity Anisotropy Due to Plastic Deformation Influence of Intermediate Principal Stress on Plastic Flow Strain Ratio Relationship in Plastic Deformation	1964 年 7 月	中西不二夫, 佐藤和郎
TR-71T	Three Shear Theory of Plasticity Anisotropy Due to Plastic Deformation Influence of Intermediate Principal Stress on Plastic Flow Strain Ratio Relationship in Plastic Deformation Internal Shearing Resistances in the Three Shear Theory of Plasticity	Sep. 1964	Fujio NAKANISHI Yasuo SATO
TR-72	補助翼バズに関する一実験 Some Experiments on Control-Surface Buzz	1965 年 1 月	中村泰治, 田辺義一
TR-72T	Some Experiments on Control-Surface Buzz	Nov. 1964	Yasuharu NAKAMURA Yoshikazu TANABE
TR-73	軸対称凝み点付近の溶融層の安定性 Stability of the Melted Layer near the Axisymmetric Stagnation Point	1964 年 11 月	相原康彦
TR-74	遷音速パネルフラッタの研究 The Experimental and Theoretical Studies of Transonic Panel Flutter	1964 年 11 月	石井孝雄, 柳沢三憲
TR-75	統計流体力学の初期値問題について —Hopf 特性汎関数方程式の一般解— On the Initial-Values Problem in Statistical Hydromechanics —A General Solution of the Hopf Characteristic Functional Equation—	1965 年 12 月	細川 巖
TR-76	高速軸流圧縮機の研究 (IV) —NACA 65 系翼型を修正した近似二重円弧翼形の動翼相対入口マッハ数 1.5 までの回転翼列試験—	1965 年 1 月	大山耕一, 松木正勝 西脇英夫, 岩部柱相 片山泰治

An Investigation of High Speed Axial Flow
Compressor(Ⅳ)
—Rotor Performance at Relative Inlet Mach
Numbers up to 1.5 of NACA 65—Series
Compressor Blades Modified Approximately
to Double Circular-Arc Blades—

- | | | | |
|-------|---|------------|---------------------|
| TR-77 | Galerkin 法の収束性について
On the Convergence of Galerkin's Method | 1965 年 1 月 | 鳥海良三 |
| TR-78 | 二次元準線型双曲系の特性曲線法による数値解法
Characteristic Method for the Numerical
Solution of Two-Dimensional Quasi-linear
Hyperbolic Systems | 1965 年 1 月 | 三好 甫 |
| TR-79 | 引張りまたは圧縮をうける四角弾性平板の大振幅
振動の影響について
Influence of Large Amplitude on Flexural
Vibrations of Rectangular Elastic Plates
under Initial Tension or Compression | 1965 年 1 月 | 田寺木一, 古関昌次
泉 日出夫 |
| TR-80 | 変分法直接解法において解に及ぼす束縛の数値的
影響
—薄肉開断面片持梁の純捩り振動の例—
Numerical Effect of Constraints Calculus of
the Direct Variational Method
—in Case of Pure Torsional Vibration of
Thin Walled Beams of Open Cross Section— | 1965 年 1 月 | 塙 武敏, 越出慎一 |
| TR-81 | FRP コーティングの断熱特性
Thermal Insulation Characteristics of FRP
Coating | 1965 年 1 月 | 竹中幸彦, 江川幸一
小川 敏一 |
| TR-82 | 多段軸流圧縮機の部分負荷特性の簡易計算法
A Simple Method of Calculating the Off-design
Performance of Multi-Stage Axial-Flow
Compressor | 1965 年 2 月 | 松木正勝, 藤井昭一 |
| TR-83 | 亜音速流中のパネルフラッタとダイバージェンス
(Ⅰ)—非圧縮流理論—
Theoretical Study of Two-Dimensional Panel
Flutter and Panel Divergence in Subsonic
Flow(Ⅰ)—Incompressible Flow Case— | 1965 年 2 月 | 石井孝雄 |
| TR-84 | 遷音速タービン翼列二次元試験(Ⅱ)
Experimental Investigation on Transonic
Turbine Cascades(Ⅱ) | 1965 年 3 月 | 近藤 博, 蓑田光弘
山崎紀雄 |
| TR-85 | 回転翼の線型理論(Ⅱ)
—揚力線理論—
Linearized Aerodynamic Theory of Rotor
Blades(Ⅱ)
—Lifting-Line Theory— | 1965 年 3 月 | 市川輝雄 |
| TR-86 | 高速多段軸流圧縮機の部分負荷特性の一計算法
A Method for Predicting the Off-design Perfor-
mance of Multi-Stage Axial-Flow Compres-
sors Operating in the Transonic Flow | 1965 年 5 月 | 松木正勝, 藤井昭一
五味光男 |
| TR-87 | 亜音速流中のパネルフラッタとダイバージェンス
(Ⅱ)圧縮流理論(Ⅲ)実験的研究
Theoretical Study of Two-Dimensional Panel
Flutter and Panel Divergence in Subsonic
(Ⅱ)Compressible Flow Case(Ⅲ)Experimental
Study | 1965 年 6 月 | 石井孝雄 |
| TR-88 | 尾翼, 胴体結合構造物の地上振動試験結果に関す
る定性的な吟味
Qualitative Examinations on the Results of
Ground Vibration Tests of Tail Wing-
Fuselage Combination Structure | 1965 年 6 月 | 塙 武敏, 越出慎一 |
| TR-89 | 垂直突風および航空機の突風応答に関する実験的
研究
An Experimental Investigation on Vertical
Gusts and the Airplane Response | 1965 年 6 月 | 小野幸一, 山根皓三郎 |

TR-90	ヒステリシス・ループの形，繰返しによる形の変化および繰返し後の塑性流動応力の上昇（第1報実験，第2報ねじりの場合の理論） The Shape of Mechanical Hysteresis Loop, Its Deformation Due to Stress Repetition and Resulting Increase in Flow Stress (Part 1. Experiment, Part 2. Theory for Torsion)	1965 年 7 月	中西不二夫，佐藤和郎 永井文雄
TR-91	固体プロペラントの割れ目内への火炎伝ば(I) Flame Propagation into the Gap of Solid Propellant Grain(I)	1965 年 7 月	五代富文
TR-92	ロケット胴体をまわる超音速流の一近似解法(I) —迎角0のとき— An Approximate Calculation for Supersonic Flow Past Bodies of Vehicles(I) —Linearized Flow with Axial Symmetry—	1965 年 8 月	谷 喬
TR-93	遷音速動安定試験 Dynamic Testing at Transonic Speed	1965 年 10 月	小橋安次郎，河野長正 西 武徳
TR-94	翼幅方向に一樣な揚力分布をもつ半無限の後退翼 On the Camber Lines of Semi-Infinite Swept-back Wings which Give Uniform Spanwise Load Distribution	1965 年 10 月	河崎俊夫
TR-95	飛行機の縦の操縦特性に関する二三の考察 A Few Comments on the Longitudinal Handling Qualities of Airplanes	1965 年 11 月	荒木 浩
TR-96T	A Generalized Functional Formalism for Turbulence	Dec. 1965	Iwao Hosokawa
TR-97	圧縮性と壁形状を考慮した軸流ターボ機械の作動円盤理論(I) —軸対称流れ— A Theoretical Investigation of the Compressible Flow Through the Axial Turbo-Machines(I) —Non-Swirling Fluids in Ducts—	1965 年 12 月	藤井昭一
TR-98	後退角45°，アスペクト比4.0の薄い片持翼の遷音速フラッタ特性に及ぼすテーパ比の影響の実験的研究 Some Effects of Taper Ratio on the Transonic Flutter Characteristics of a Series of Thin Cantilever Wings Having a Sweptback Angle of 45° and an Aspect Ratio 4.0	1966 年 12 月	中井暎一，高木俊朗 安藤泰勝
TR-99	計器のよみやすさに関する研究 A Study of Dial Legibility	1966 年 2 月	三好範子，岡部正典 石川澄子
TR-100	回転翼の線型理論(III) —揚力線の方程式の解法— Linearized Aerodynamic Theory of Rotor Blades(III) —Method for Solving Lifting-Line Equations—	1966 年 2 月	市川輝雄
TR-101	航空機の着氷気象条件について(I) Meteorological Conditions on Aircraft Icing (I)	1966 年 2 月	古関昌次，田寺木一 泉 日出夫，太田幹雄 峰岸正勝
TR-102	ロケット胴体をまわる超音速流の一近似解法(II) —迎角のあるとき— An Approximate Calculation for Supersonic Flow Past Bodies of Rocket Vehicles(II) —Linearized Flow with Attack Angle—	1966 年 3 月	谷 喬
TR-103T	Basic Considerations for Treating Non-Equilibrium Fluids —A Functional Approach to Non-Equilibrium Statistical Mechanics—	Mar 1966	Iwao Hosokawa
TR-104	翼幅方向に一樣な揚力分布をもつ三次元後退翼のそり	1966 年 4 月	河崎俊夫，海老原正夫

The Camber Distribution of a Spanwise
Uniformly Loaded Subsonic wing

- | | | | |
|---------|---|-------------|---|
| TR-105 | パイロットの心理的負担に関する研究(I)
—操縦時の脈拍と呼吸の変化—
A Psychological Study on the Mental Stress
of Pilots(I)
—Pulses and Respiratory Rate During
Flight— | 1966 年 4 月 | 三好 範子, 百名盛之
岡部 正典 |
| TR-106 | 遷音速における操縦面の逆効き
On Reversal of Effectiveness of Control Surfaces
in Transonic Flow | 1966 年 5 月 | 神谷 信彦, 瀬川 晋策 |
| TR-107 | 円錐型電磁衝撃波管内の流れ
Ionized Flow in a Conical Shock Tube | 1966 年 5 月 | 松崎 利一 |
| TR-90T | The Shape of Mechanical Hysteresis Loop, Its
Deformation Due to Stress Repetition and
Resulting Increase in Flow Stress (Part 1.
Experiment, Part 2. Theory for Torsion) | June 1966 | Fujio NAKANISHI, Yasuo
SATO, & Fumio NAGAI |
| TR-108 | 二次元遷音速衝動タービン翼列の一実験
Some High-Speed Tests on Impulse Turbine
Cascades | 1966 年 6 月 | 近藤 博, 蓑田 光弘
山崎 紀雄, 古川 昇 |
| TR-109 | 大型空気エジェクタの研究
A Study on the Large-Scale Air Ejector | 1966 年 7 月 | 藤井 昭一, 五味 光男
菅原 昇 |
| TR-110 | 電磁流体の非粘性境界層
Some Investigations on Inviscid Boundary
Layer of Magnetohydro-dynamics | 1966 年 8 月 | 井上 建二 |
| TR-111T | An Asymptotic Solution of the Nonlinear
Equations of Motion of an Airplane | Aug. 1966 | Hiroshi ENDO |
| TR-112 | 圧縮性と壁形状を考慮した軸流ターボ機械の作動
円盤理論(II)
—円周速度のある流れ—
A Theoretical Investigation of the Compressible
Flow Through the Axial Turbo-Machines(II)
—Swirling Fluids— | 1966 年 8 月 | 藤井 昭一 |
| TR-113 | 地面近くでホバリングするヘリコプタ・ロータに
関する実験
Experimental Study on the Ground Effect of
a Model Helicopter Rotor in Hovering | 1966 年 8 月 | 幸尾 治朗, 岡 遠一 |
| TR-114 | フライングテストベッドの高度制御システムの検討
(I)
Analytical and Simulation Studies of the
Height Control of the Flying Test Bed | 1966 年 8 月 | 武田 峻, 甲斐 忠夫 |
| TR-115 | NAL-16 ロケットの研究試作および飛しょう実験
Single-Stage Propellant Rocket (NAL-16) | 1966 年 8 月 | ロケット性能研究室 |
| TR-116 | 50cm 極超音速風洞の計画と構造
Design and Construction of the 50 cm Hyper-
sonic Wind Tunnel at National Aerospace
Laboratory | 1966 年 9 月 | 極超音速風洞建設グループ |
| TR-117 | 弾性振動方程式の差分解に関するエネルギー不等
式
Energy Inequalities for the Difference Solu-
tions of Equations of Elastic Vibration | 1966 年 10 月 | 三好 甫 |
| TR-118 | 高負荷燃焼器の箱形模型による実験
Some Experiments on High Intensity Com-
bustor with Partial Model | 1966 年 10 月 | 大塚 貞吉, 福田 広
相波 哲朗 |
| TR-119 | 多次元 1 階準線型双曲方程式の解の存在について
On the Existence of Discontinuous Solutions
of the Cauchy Problem for Quasi-Linear
First-Order Equations | 1966 年 10 月 | 小島 清史 |

TR-120 航技研フライングテストベッドの姿勢制御方式の検討 Analytical and Simulation Studies on the Attitude Control System of the Flying Test Bed	1966 年 11 月	武田 峻, 堀川 勇 壮 小川 敏 雄, 森 幹 彦
TR-121 パルスレシオ変調回路およびその修正回路について Some Circuits for Pulse Ratio Modulation and their Modified Circuits	1966 年 11 月	村 上 力
TR-122 失速が起こるような高い迎角で, 調和振動する二次元翼に働く空気力に対する半実験的理論 Semi-Empirical Theory to Estimate the Airforces Acting on the Harmonically Oscillating Two-Dimensional Wing at High Angle of Attack Where Separation Can Occur	1966 年 12 月	磯 貝 紘 二
TR-123 姿勢制御用空気ジェットノズルの研究 Design and Experimental Study of Air Jet Nozzles for the Attitude Control of VTOL Aircraft	1966 年 12 月	滝 沢 直 人, 西 村 博 史 藤 枝 郭 俊, 田 辺 義 一 渋谷 昭 義
TR-124 FM 多重テレメータの動特性 Dynamic Characteristics of FM Multichannel Telemetry System	1966 年 12 月	新 田 慶 治, 桜 井 善 雄 松 崎 良 継
TR-125T Experimental and Calculated Results of Supersonic Flutter Characteristics of a Low Aspect-Ratio Flat-Plate Surfaces	Jan. 1967	Eiichi NAKAI, Toshiro TAKAGI, Koji ISOgai, Toshiyuki MORITA
TR-126 高負荷燃焼器の箱形模型による実験(II) Some Experiments on High Intensity Combustor with Partial Models(II)	1967 年 2 月	大 塚 貞 吉, 福 田 広 相 波 哲 朗
TR-127 周波数変換による微小回転角の計測 Measurement of Small Rotating Angle by the Frequency Modulation Technique	1967 年 3 月	大 月 正 男, 鈴 木 孝 雄 円 居 繁 治
TR-128 輻射加熱による固体の熱的物性値の測定法 Infra-red Radiation Method of Determining Thermal Diffusivity, Heat Capacity, and Thermal Conductivity of Solid Materials	1967 年 3 月	小 川 敏 一
TR-129 金属箔による円管流の熱絶縁 Thermal Insulation of Metal Foil for the Case of Circular Pipe Flow	1967 年 3 月	井 上 建 二
TR-130T An Experimental Study of the Melting Phenomena in Axisymmetric Stagnation Region of Thermally Highly-Conducting Materials	Mar. 1967	Yasuhiko AIHARA
TR-131 風があるときのロケットの運動の近似解析およびランチャ角修正法 An Approximate Analytical Solution for Dispersion of Unguided Rockets Due to Wind with its Application to the Calculation of Wind Compensation for Launching	1967 年 4 月	毛 利 浩
TR-132 軸方向に補強されたパネルの最大軸圧縮力(近似解) Ultimate Axial Forces of Longitudinally Stiffened Plate Panels	1967 年 4 月	築 地 恒 夫
TR-133 解離した極超音速流中での Teflon への熱伝達の測定 Measurements of Heat-Transfer to Teflon in Dissociated Hypersonic Flow	1967 年 4 月	野 村 茂 昭
TR-134 高速単段軸流圧縮機の研究 —二重円弧翼の性能— The Aerodynamic Performance of a Single-Stage Axial-Flow Compressor with Double-Circular-Arc Blades	1967 年 5 月	藤 井 昭 一, 西 脇 英 夫 吉 田 晃, 五 味 光 男 武 田 克 巳, 菅 原 昇

TR-135 同軸型電磁衝撃波管の作動機構 Driving Mechanism of an Electric Shock Tube with a Coaxial Gun	1967 年 5 月 松崎利一
TR-136 Nearly-Free-Molecule-Flow におけるオリフィス 型圧力管 Experimental Study of an Orifice-Type Pressure Probe in Nearly-Free-Molecule Flow	1967 年 5 月 恩地 瑛, 山本稀義
TR-137 梁板結合構造物の振動(I) On the Natural Vibration of Plate-Beam Compination Structures(I)	1967 年 6 月 越出慎一, 林 洋一 塙 武敏
TR-138 変厚片持板の静撓みについて Deflection Analysis of Variable Thickness Cantilever Plate	1967 年 7 月 塙 武敏, 越出慎一
TR-139 多発動機付ヘリコプタの片発停止時における最適 着陸操作—前進速度0の場合— Optimal Vertical Descent Procedure with Par- tial Power of Multi-Engined Helicopters —The case of Rejected Take-Off—	1967 年 8 月 古茂田真幸
TR-140 流線法によるダクト流れ Streamline-Curvature Approach to Duct-Flow Problems	1967 年 9 月 藤井昭一, 宇野威信
TR-141 マトリクス内力法による半張殻構造の応力解析に ついて Semi-Monocoque Structures Solved Numerically by the Matrix Force Method	1967 年 10 月 川島矩郎
TR-142 動的模擬模型による姿勢のオンオフ制御実験 Experimental Studies on Some On-Off Attitude Control Systems Using a Dynamic Model	1967 年 10 月 樋口一雄, 堀川勇壮 村上 力, 小川敏雄 真柳光美
TR-143 高負荷燃焼器の一次燃焼領域の研究 Experimental Studies on the Primary Zone of High-Intensity Combustors	1967 年 10 月 大塚貞吉, 鈴木邦男 相波哲朗, 石井浅五郎 広瀬健樹
TR-144 円管流の非定常熱伝達 —第2報 薄い壁の場合— Transient Heat Transfer through a Thin Circular Pipe Due to Unsteady Flow in the Pipe	1967 年 11 月 林 二識, 井上建二
TR-145 ロケット用耐熱材料の研究 Study on Heat Insulation Materials for Rocket	1967 年 11 月 古田敏康
TR-146 半導体歪ゲージを用いる小型高感度加速度計の研 究 Study on the Miniature Type Hight Sensitivity Accelerometer Using Semiconductor Strain Gages	1967 年 11 月 田畑浄治, 大坪孔治 滝沢直人
TR-147 固体ロケットモータのノズルにおける熱伝達の実 験的研究 —プロペラント内へ添加されたアルミニウムの 影響— An Experimental Investigation of Heat Transfer in the Nozzle of High-Aluminized Solid Rocket	1968 年 2 月 五代富文, 湯沢克宣 伊藤克弥, 西村久男
TR-148 失速角以上で振動する翼のまわりの流れの観察 —失速フラッタの研究(I)— Optical Observation of the Separated Flow around an Oscillating Aerofoil at High Mean Angles of Attack with Special Reference to Stall Flutter	1968 年 2 月 中村泰治, 磯貝紘二 江尻 宏
TR-149 よどみ点におけるグラファイトのアブレーション の実験的研究 An Experimental Study of the Ablation of Graphite in the Stagnation Region	1968 年 2 月 相原康彦, 野村茂昭 渡辺泰夫

- | | |
|--|---------------------------------------|
| TR-150 強化プラスチックの熱的物性値について
(輻射加熱による測定)
The Measurement of Thermal Properties of
Reinforced Plasties at Tempratures up to
150°C (Infra-red Radiation Method) | 1968 年 2 月 小川 敏一, 野口 義男 |
| TR-151 空気力学的加熱の少ない極超音速飛しょう体
Minimum Heat Transfer Body at Hypersonic
Speeds | 1968 年 3 月 相原 康彦 |
| TR-152 二次元二重円弧翼列の遷音速実験
High Speed Tests of Compressor Cascades With
Double Circular Arc Blade Sections | 1968 年 3 月 近藤 博, 義田 光弘
山崎 紀雄, 古川 昇 |
| TR-153 アーク加熱衝撃波管による物体のまわりの高温気
流の研究
Study of High Temperature Flow around Body
Using an Arc-Driven Shock Tube | 1968 年 4 月 松崎 利一, 上瀬 千春 |
| TR-154 フライングテストベッドの計画
—本体のシステムデザイナー—
System Design of Flying Test Bed for VTOL
Aircraft at National Aerospace Laboratory | 1968 年 5 月 新型航空機部 |
| TR-155 遷音速における Control-Surface Buzz に関する
研究
An Investigation on Control-Surface Buzz at
Transonic Speeds | 1968 年 5 月 中村 泰治 |
| TR-156 二次元湾曲ジェットの相似構造と乱流混合におよ
ぼす曲率の研究
Effects of Curvature on the Similar Structure
and Turbulent Mixing of Two-dimensional
Curved Jets | 1968 年 5 月 遠藤 浩 |
| TR-157 電子線密度測定法による低密度極超音速流の実験
的研究
Experimental Study of Low Density Hypersonic
Flow Using Electron-Beam Densitometry | 1968 年 6 月 和田 勇, 曾 我国 男 |
| TR-158 局所凸線形位相空間内の非線形初期値問題に対す
る近似について
On Approximations for Nonlinear Cauchy
Problems in Locally Convex Spaces | 1968 年 6 月 小島 清史 |
| TR-159 T型結合板の振動
The Vibration of T-Shape Plates Structure | 1968 年 7 月 塙 武敏, 築地 恒夫
越出 慎一 |

航空宇宙技術研究所報告160号

昭和43年8月発行

発行所 航空宇宙技術研究所
東京都調布市深大寺町1880
電話武蔵野三鷹(0422)44-9171(代表) ㊞182
印刷所 株式会社 東京プレス
東京都板橋区桜川 2〜27〜12
