

航空技術研究所資料

TM-7

慣性力形疲労試験機

竹内和之・山根皓三郎

1962年8月

航空技術研究所

慣性力形疲労試験機

竹内和之*・山根皓三郎*

1. はしがき

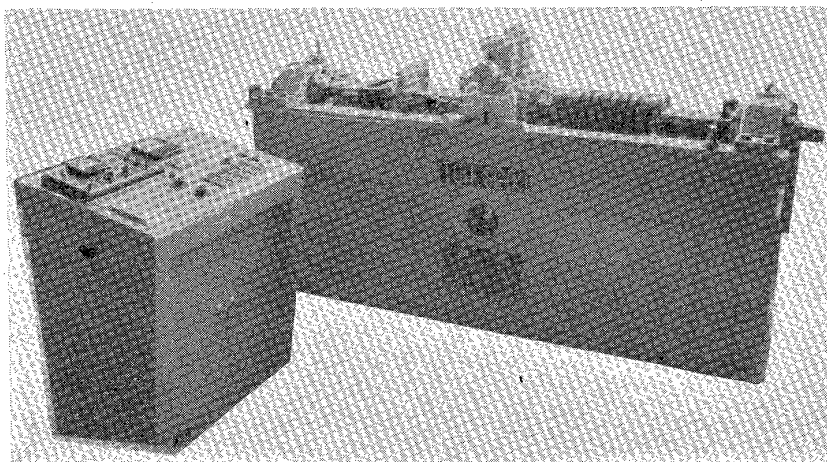
材料の疲労試験に際して、ある単一の荷重に対する寿命を試験する、いわゆる S-N 曲線を求める方法に対して、最近では実働荷重に近い荷重を数段の荷重に分けてプログラムし、このプログラム荷重に対する材料の疲労強度を問題とすることが多い。

このような多段の繰返し荷重を任意にかけうる疲労試験機として、不平衡重量を回転させて繰返し荷重をかける慣性力形疲労試験機を製作し、プログラム荷重を容易にかけうることを確認し、また、この試験機に対する荷重計測の精度を確認した。

2. 試験機の機構

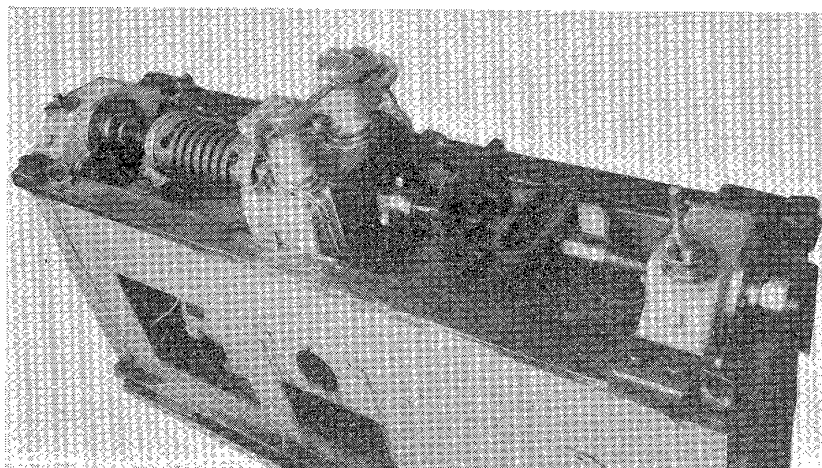
試験機の概観は第1図および第2図のとおりである。荷重負荷部分機構の概略を第3図に示す。変動荷重は2対の不平衡重量を逆方向に同じ位相で回転させることによって、一方向の正負の荷重をかけるもので、その不平衡重量部およびその運転機構を含んだ加振器と静荷重負荷用のスプリング、試験片および荷重を計測するためのループダイナモを直列に接続している。ベッドは上記の全機構を支えるもので、防振ゴムを介して床上に置いている。荷重の計測および制御は別に設けた制御盤で行なうようになっている。

静荷重負荷機構は第4図に示すように、47.6 kg/mm のバネ定数をもつ2重コイルスプリングで引張圧縮 4 ton の力に対しての伸びは直線的で、その伸びによって生ずる静荷重は静荷重変更用補

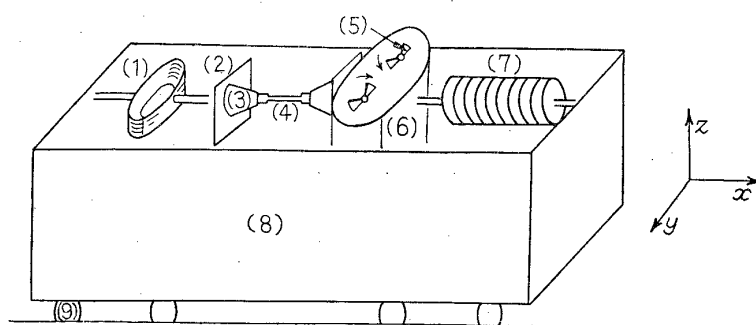


第1図 試験機外観

* 機体部 受付年月日：昭和 37 年 8 月 25 日

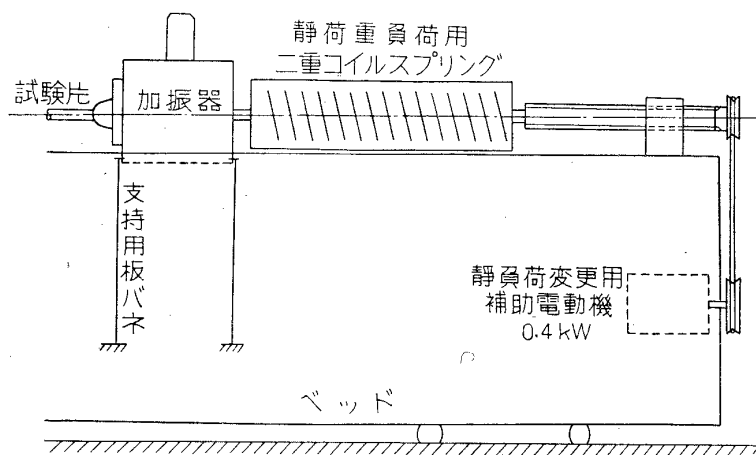


第2図 試験機外観



- (1) ループダイナモ
- (2) チャック取付板
- (3) チャック
- (4) 試験片
- (5) 不平衡重錘回転部分
- (6) 加振器
- (7) 2重コイルスプリング (静荷重負荷用)
- (8) ベッド
- (9) 防振ゴム

第3図 荷重負荷部分機構の概略

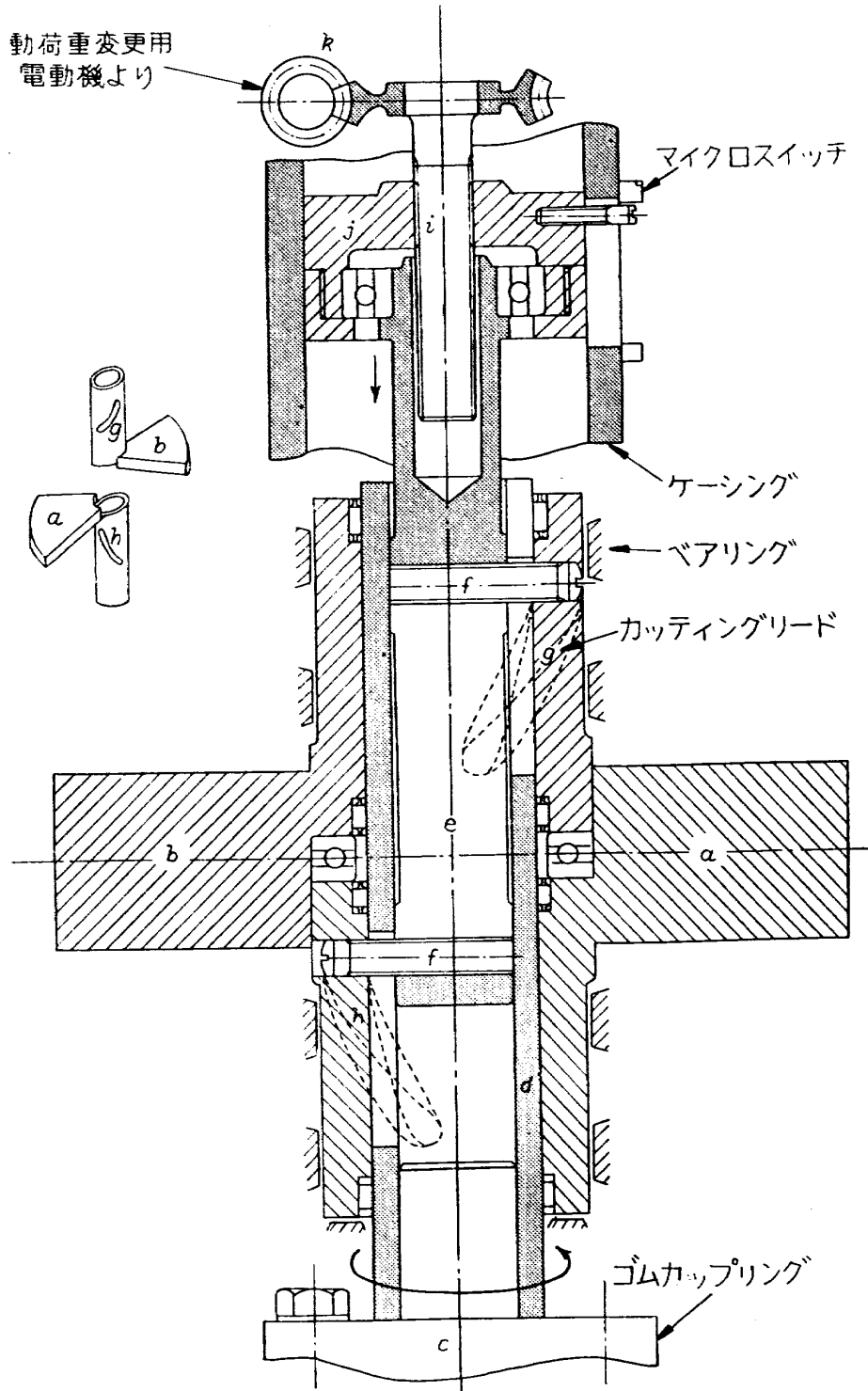


静荷重負荷用 2重コイルスプリング
バネ定数: 47.6 kg/mm

第4図 静荷重負荷機構

助電動機によって操作することができる。

変動荷重を生ずる加振器の中に含まれる2対の不平衡重量部の1対を第5図に示す。これは a, b 2個の扇形状の重錘を任意の開き角度で一軸上に固定し、その軸を回転させることによって軸に垂直方向の力を生ぜしめる。この重錘の開き角度は、動荷重変更用補助電動機によって運転中でも操作することができる。加振器主軸の回転はベッド内に設置した電動機からゴムカップリングによ



第5図 変動荷重負荷機構

って伝えられ、その回転数を自由に操作することができる。

ループダイナモには電気抵抗線式歪ゲージを添付し、その出力を増幅して鏡のついたガルバノメーターを動かし、ランプスケールに生ずる光によって荷重を読み取る機構となっている。

以上のように変動荷重の大きさを決める不平衡重量部分の開き角度および回転数の変更、さらに静荷重の大きさを決める2重コイルスプリングの伸びの変更は、全て外部からの電氣的な操作によって行なうことができる。したがって、プログラム荷重による疲労試験にさいしては簡単な電氣的な操作回路によって行なうことができる。

3. 試験機容量

本試験機の容量は次のとおりである。

加振モーメント	0 ~ 50 kg-cm
変動荷重	0 ~ ±2,000 kg
静荷重	0 ~ ±2,000 kg
運転回転数	900 ~ 2400 cpm

プログラム装置として2段プログラム運転ができる機構を付加した。これは、不平衡重錘の開き角度をタイマーによってある時間間隔で変化させるもので、20~1,800 sec, 60~6,000 sec の2種のタイマーで変動荷重を2段に切り換えることができる。

4. 本試験機の問題点およびその解決

この試験機は可動部全体が一つの振動系となっているので、加振器に生ずる力、試験片に加わる力、ループダイナモに加わる力は必ずしも一致しない。ある周波数特性をもつこととなる。すなわち、加振器にて生ずる力 P は

$$P = M\omega^2 \quad M: \text{不平衡重錘モーメント}$$

$$\omega: \text{角速度 rad/sec}$$

の式によって容易に計算できるが、この P が必ずしも試験片に加わる荷重とは考えられず、またループダイナモにおいて示される荷重が必ずしも試験片に加わっている荷重とも考えられない。

本試験機についてその周波数特性を解析および実験にて求めてみると、ループダイナモに示される荷重は 15 cps 以上においてはほぼ、試験片にかかる荷重であることを確認した（厳密には表1参照）。しかし、加振器で生ずる力と試験片に加わる力あるいはループダイナモにかかる力の間には相当の開きがある（第6図~第11図参照）。したがって、この試験機を使用するにあたっては、加振器に生ずる力をもって試験片にかかる荷重とは考えないで、ループダイナモにかかる荷重に若干の補正をして（表1）試験片にかかる力と考えなければならない。

5. む す び

プログラムが容易にできる疲労試験機として慣性力を利用する試験機を製作し、その精度を確認するとともに、プログラム試験機として十分に使用できることを確認し、またこの試験機使用上について注意すべき指針を与えた。

なお、本試験機の製作は株式会社伊藤精機によるものであり、実験にあたっては同社の西村技師、桜井技師および機体部森谷弘明君の御協力をいただいた。ここに感謝の意を表わすものである。

付 録

この試験機全体の振動特性を知るために、第 12 図のような振動系として試験機をおきかえる。すなわち、回転中心は常に重心点 G と一致するものとし、重心点の上下および横方向の振動はないものとし、減すい力は全て無視する。さらに、8 個の防振ゴムは図示の k_4, k_5 のバネ系でおきかえた。

ラグランジの運動方程式

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial V}{\partial q_i} = Q_i \quad (1)$$

$$(q_i = x_1, x_2, x_3, \theta)$$

にて

$$T = \frac{1}{2} \frac{W_1}{g} \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} \frac{W_2}{g} \dot{x}_2^2 + \frac{1}{2} \frac{W_3}{g} \dot{x}_3^2 + \frac{1}{2} I \dot{\theta}^2 \quad (2)$$

$$V = \frac{1}{2} k_1 (x_1 - x_3 - l_1 \theta)^2 + \frac{1}{2} k_2 (x_1 - x_2)^2 + \frac{1}{2} k_3 (x_3 + l_1 \theta - x_2)^2$$

$$+ k_4 (x_3 - l_2 \theta)^2 + k_5 (l_3 \theta)^2 \quad (3)$$

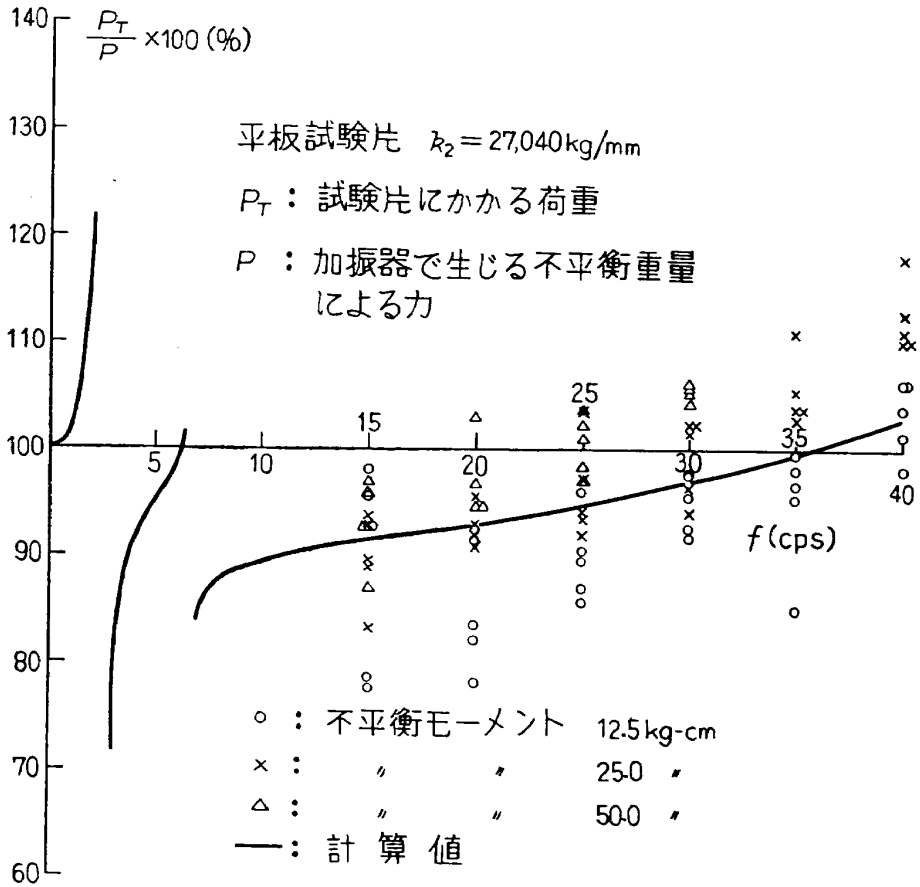
(1), (2), (3) 式より

$$\left. \begin{aligned} \frac{W_1}{g} \ddot{x}_1 + k_1 (x_1 - x_3 - l_1 \theta) + k_2 (x_1 - x_2) &= 0 \\ \frac{W_2}{g} \ddot{x}_2 - k_2 (x_1 - x_2) - k_3 (x_3 + l_1 \theta - x_2) &= P \sin \omega t \\ \frac{W_3}{g} \ddot{x}_3 - k_1 (x_1 - x_3 - l_1 \theta) + k_3 (x_3 + l_1 \theta - x_2) + 2k_4 (x_3 - l_2 \theta) &= 0 \\ I \ddot{\theta} - k_1 l_1 (x_1 - x_3 - l_1 \theta) + k_3 l_1 (x_3 + l_1 \theta - x_2) - 2k_4 l_2 (x_3 - l_2 \theta) + 2k_5 l_3^2 \theta &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

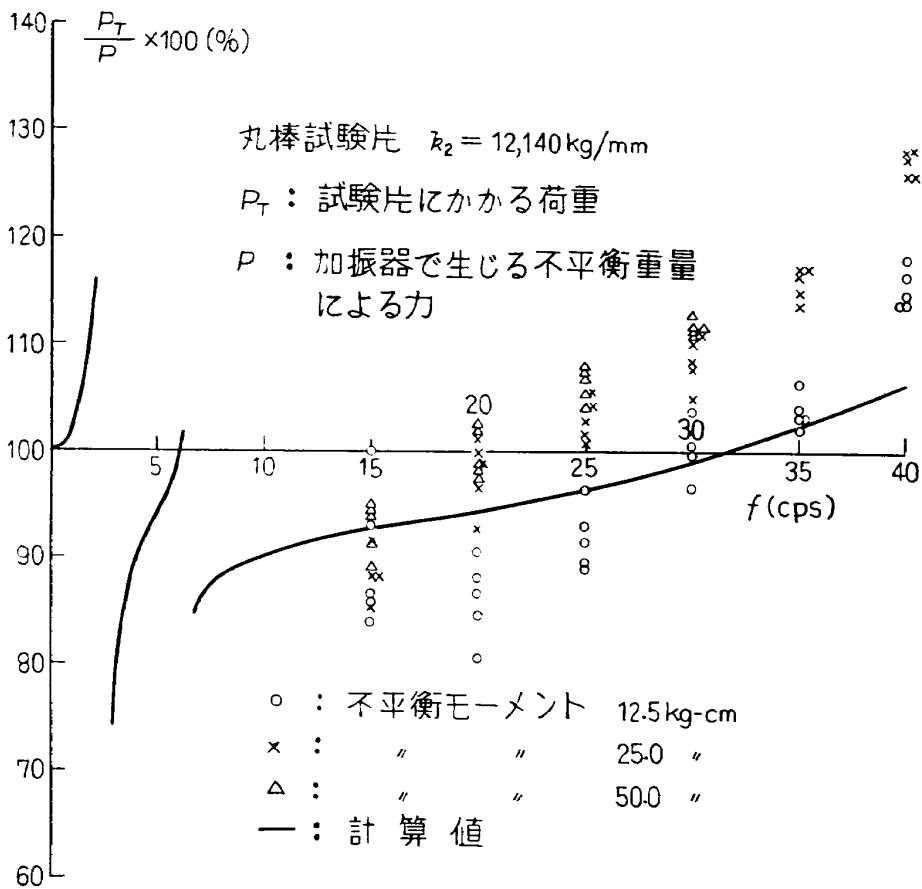
ループダイナモ、試験片各々に加わる力 P_L, P_T は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} P_L &= k_1 (x_3 + l_1 \theta - x_1) \\ P_T &= k_2 (x_1 - x_2) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

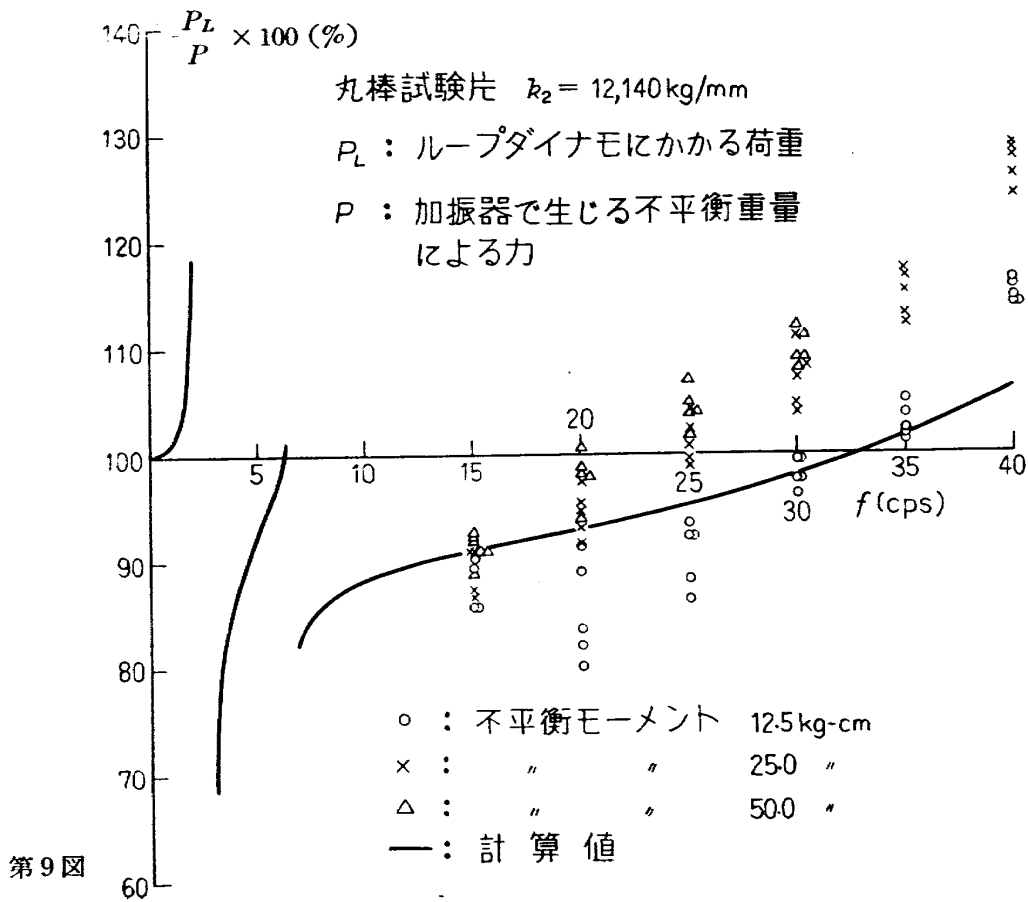
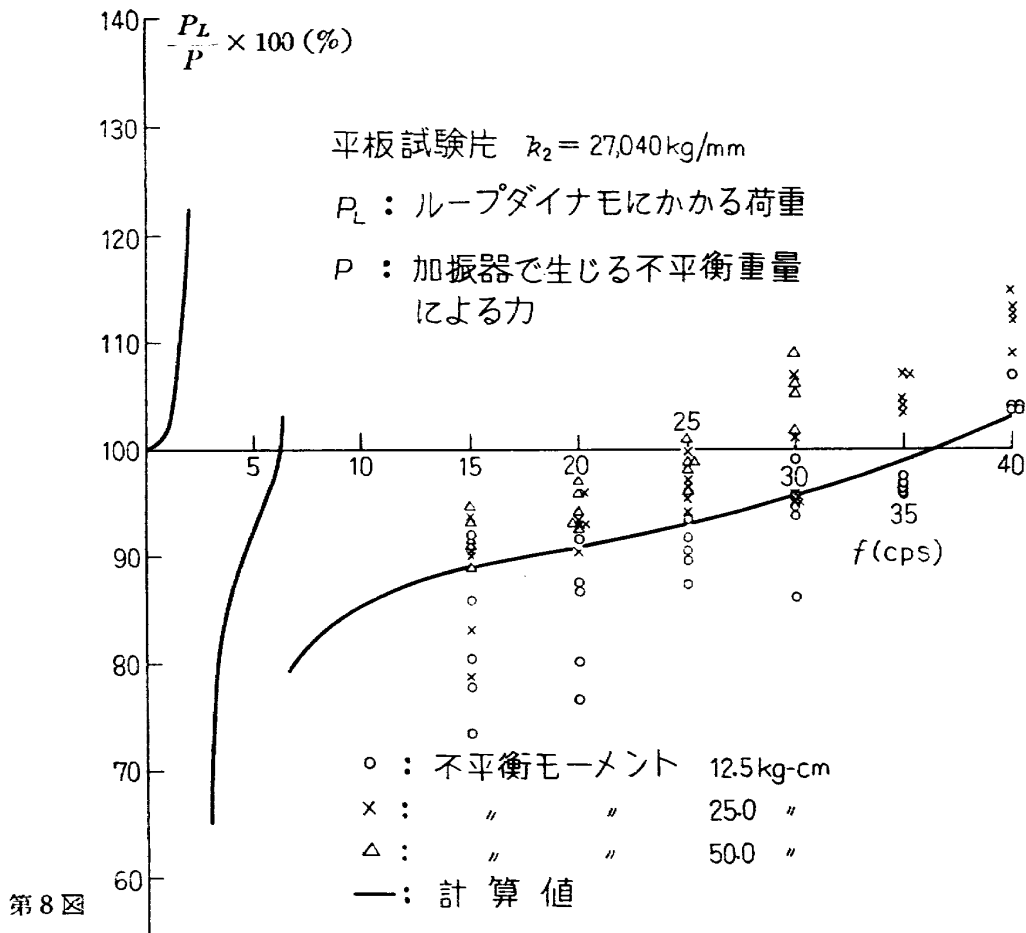
(4), (5) 式によって求めた計算値と実験値とをプロットしたものが第 6 図～第 11 図である。第 10 図と第 11 図の計算値を表示したものが表 1 である。

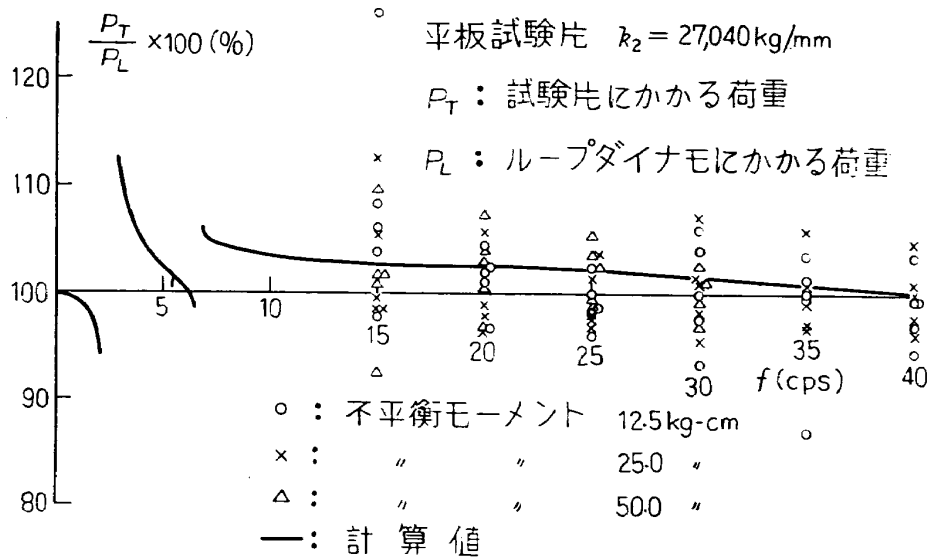


第6図

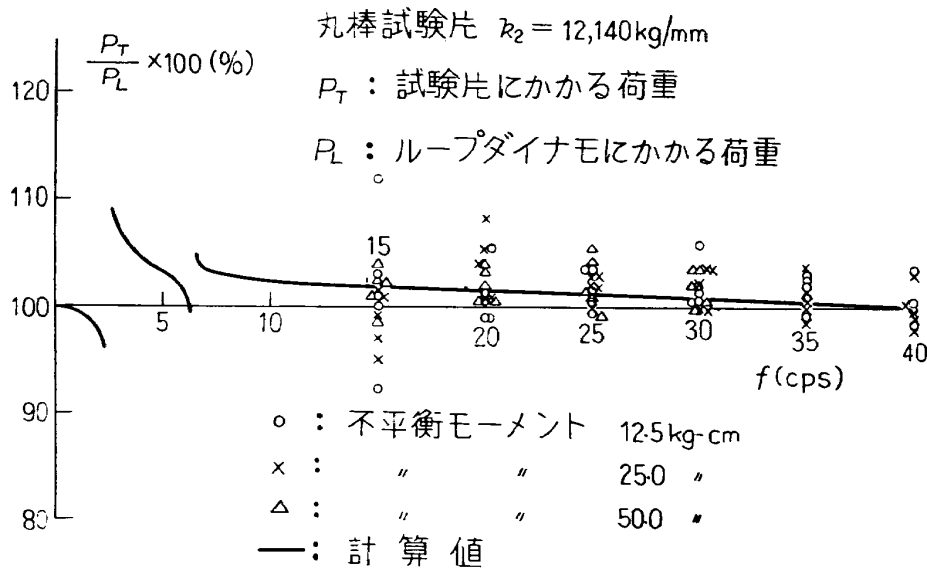


第7図





第10図

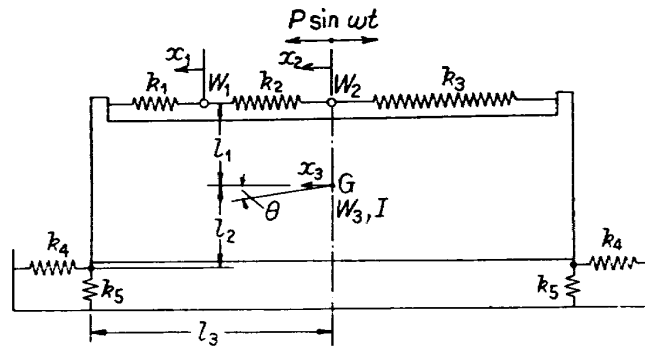


第11図

表1 試験片に加わる荷重 / ループダイナモに示された荷重 × 100 (%) の値

テストピースのばね定数	f	0	2	3	6	7	15	20	30	35	40
丸棒 $k_2=1335$		100	97.6	106.6	99.3	104.2	109.9	101.5	100.9	100.5	100.0
"	6869	100	97.5	107.2	100.6	103.2	101.7	101.6	101.0	100.4	99.9
"	12140	100	97.5	107.3	101.4	103.3	101.8	101.5	100.9	100.5	100.0
"	74130	100	95.0	102.0	100.8	103.1	101.7	101.5	100.9	100.5	99.0
平板	1360	100	95.9	110.6	98.9	106.9	103.1	102.6	101.6	100.8	100.1
"	27240	100	95.8	111.3	100.8	105.4	102.8	102.5	101.5	100.7	100.0
"	42000	100	96.0	110.8	99.9	105.8	102.9	102.6	101.4	100.9	100.0

(注) 丸棒と平板は、本試験機用に製作した掴み金具の重量の違いにより区別されている。



k_1	ループダイナモのパネ定数	8000 kg/mm
k_2	試験片のパネ定数	{ 平板 27040 " 丸棒 12140 "
k_3	二重コイルスプリングのパネ定数	47.6 "
k_4	防振ゴムの剪断力に対するパネ定数	24 "
k_5	防振ゴムの垂直力に対するパネ定数	120 "
W_1	ループダイナモ+摺み金具取付板+摺み金具の重量	
	5 kg + 17 kg + { 18 kg...平板用 3 kg...丸棒用	40 kg 25 "
W_2	摺み金具+摺み金具取付板+加振器+二コイルスプリングの重量	
	{ 18 kg...平板用 3 kg...丸棒用 } + 17 kg + 83 kg + 14 kg	132 " 117 "
W_3	ベッドの重量	1600 "
G	ベッドの重心位置 (回転中心と一致するとする)	
I	ベッドの重心まわりの慣性モーメント	$10^5 \text{ kg}\cdot\text{mm}\cdot\text{s}^2$
l_1	k_1, k_2, k_3 から G までの垂直距離	430 mm
l_2	k_4 から G までの垂直距離	500 "
l_3	k_5 から G までの水平距離	783 "
x_1	W_1 の水平方向の変位	
x_2	W_2 の水平方向の変位	
x_3	W_3 の水平方向の変位	
θ	W_3 の G まわりの角変位	

第 12 図

<p>NAL TM-7 航空技術研究所 慣性力形疲労試験機</p> <p>1962年8月 9頁</p> <p>材料の疲労試験に際して、ある単一の荷重に対する寿命を試験する、いわゆる S-N 曲線を求める方法に対して、最近では実働荷重に近い荷重を数段の荷重に分けてプログラムし、このプログラム荷重に対する材料の疲労強度を問題とすることが多い。 このような多段の繰返し荷重を任意にかける疲労試験機として、不平衡重量を回転させて繰返し荷重をかける慣性力形疲労試験機を製作し、プログラム荷重を容易にかけることを確認し、また、この試験機に対する荷重計測の精度を確認した。</p>	<p>I. 竹内和之 山根皓三郎 II. NAL TM-7 III. 620.178.3</p>
<p>NAL TM-7 航空技術研究所 慣性力形疲労試験機</p> <p>1962年8月 9頁</p> <p>材料の疲労試験に際して、ある単一の荷重に対する寿命を試験する、いわゆる S-N 曲線を求める方法に対して、最近では実働荷重に近い荷重を数段の荷重に分けてプログラムし、このプログラム荷重に対する材料の疲労強度を問題とすることが多い。 このような多段の繰返し荷重を任意にかける疲労試験機として、不平衡重量を回転させて繰返し荷重をかける慣性力形疲労試験機を製作し、プログラム荷重を容易にかけることを確認し、また、この試験機に対する荷重計測の精度を確認した。</p>	<p>I. 竹内和之 山根皓三郎 II. NAL TM-7 III. 620.178.3</p>
<p>NAL TM-7 航空技術研究所 慣性力形疲労試験機</p> <p>1962年8月 9頁</p> <p>材料の疲労試験に際して、ある単一の荷重に対する寿命を試験する、いわゆる S-N 曲線を求める方法に対して、最近では実働荷重に近い荷重を数段の荷重に分けてプログラムし、このプログラム荷重に対する材料の疲労強度を問題とすることが多い。 このような多段の繰返し荷重を任意にかける疲労試験機として、不平衡重量を回転させて繰返し荷重をかける慣性力形疲労試験機を製作し、プログラム荷重を容易にかけることを確認し、また、この試験機に対する荷重計測の精度を確認した。</p>	<p>I. 竹内和之 山根皓三郎 II. NAL TM-7 III. 620.178.3</p>
<p>NAL TM-7 航空技術研究所 慣性力形疲労試験機</p> <p>1962年8月 9頁</p> <p>材料の疲労試験に際して、ある単一の荷重に対する寿命を試験する、いわゆる S-N 曲線を求める方法に対して、最近では実働荷重に近い荷重を数段の荷重に分けてプログラムし、このプログラム荷重に対する材料の疲労強度を問題とすることが多い。 このような多段の繰返し荷重を任意にかける疲労試験機として、不平衡重量を回転させて繰返し荷重をかける慣性力形疲労試験機を製作し、プログラム荷重を容易にかけることを確認し、また、この試験機に対する荷重計測の精度を確認した。</p>	<p>I. 竹内和之 山根皓三郎 II. NAL TM-7 III. 620.178.3</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-3	YS 水平尾翼後桁取付部静荷重試験・ 疲労試験報告書	1962年2月	斎藤浩一, 多田保夫
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

注：欠番は配布先を限定したものの。

航空技術研究所資料 7号

昭和37年8月発行

発行所 航空技術研究所
東京都三鷹市新川700
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
