

模型実験によるロケットの振動数の推定法

池田 健・富田 文治

1. はしがき

多段式ロケットの曲げの固有振動数を求めるための一方法として、相似模型による振動実験の結果からそれを推定する方法を試みた。ロケットの振動を単純化して、変断面棒の曲げ振動と考えれば、原型(Prototype)と相似模型(Model)の間には、模型の縮少率に関係しない一定の振動数係数が存在するはずであるから、模型実験によって、この定数を決定することにより、逆に原型の振動数を推定することが可能である。カップⅢ型ロケットについて以上の推定法およびその結果について簡単にのべる。

2. 相似律および模型

ロケットの曲げの固有振動数 $n(1/sec)$ を規定する物理量としては、全長 $L(cm)$ 、重量 $W(kg)$ 、重力の加速度 $g(cm/sec^2)$ および適当な規準断面の曲げ剛性 $EI(kgcm^2)$ が考えられるから、次元解析における Buckingham¹⁾ の定理から無次元量 C は

$$C = nL^2 \sqrt{\frac{W/L}{gEI}} \quad (1)$$

と書き得る。この C は原型および模型に共通した定数(振動数係数)である。 W, L および EI のわかった模型の振動数 n を実測すれば計算により C が決定できるから、この C の値を用いれば原型の振動数 n は (1) 式から簡単に求められる。

模型の製作に当っては極力単純化を行い、曲げ剛性は外壁のみが受け持ち、尾翼、燃料、搭載物等による剛性は無視する。第 1 図に示すように 128 J についてはエン

の諸元を示す。断面および曲げ剛性は 128 J, 220 B の双方についてエンジン部分を以て代表させてある。なお模型における 128 J と 220 B の結合部分は、ねじ込みになっているので、原型の接手部分の剛性に比してかなり高くなっていると思われる。

3. 実験結果および考察

以上の 2 種類の模型による振動実験結果から計算した無次元定数 C の値と、秋田および富士精密における現地実験²⁾から算出した原型(ロケット)の C の値を第 2 表に示す。

第 1 表 模型の諸元

	Main Rocket					Booster				
	L	D_o	D_i	I	W	L	D_o	D_i	I	W
Model I	150.	13.0	8.0	0.118	0.08	150.	21.4	16.0	0.708	0.26
Model II	600.	13.6	0	1.68	1.05	600.	21.3	0	10.0	3.37
Prototype	128 J					220 B				

$L(mm)$: 長さ, $D_o(mm)$: エンジンの外径, $D_i(mm)$: エンジン部の内径, $W(kg)$: 重量, $I(cm^4)$: エンジン部の断面二次モーメント

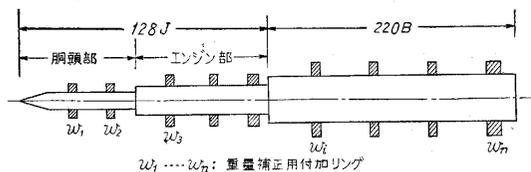
第 2 表 模型および原型の振動数係数

	128 J	128J+220B (燃料あり)	128J+220B (燃料なし)
C model I	3.33	2.11	2.06
C model II	3.38	2.42	2.27
C prototype	3.28	2.31	2.17

この表からわかるように模型および原型の振動実験から求めた C の値は、それぞれの場合についてかなりよく合っており、このような模型実験から原型の振動数を推定する方法を多段式ロケットの場合に適用しても大過ないと思われるので、異った機種 of ロケットの設計に際して曲げの固有振動数を知りたいような場合には、この方法は簡単で有力な方法と言えよう。なお、ここで使用した程度の単純化した模型では、接手部分の剛性の判定をすることは難かしいが、もっと正確な相似模型を製作すれば、 C の値の比較をすることにより、原型における接手部分が剛性低下(振動数低下)に及ぼす影響の程度も評価し得ると思われる。(1957. 10. 1)

文 献

- 1) G. H. Lee: An Introduction to Experimental Stress Analysis, John Wiley & Sons., 1950.
- 2) 森, 富田: 生産研究 Vol. 9 No. 11



第 1 図 模 型

ジン部と胴頭部の二つに分け、220 B は全体を一樣な棒と見做すことにし、各の部分の曲げ剛性と原型の対応する部分の曲げ剛性の比が一定になるように断面を決定した。各部の重量についても上述と同様の条件を満足する必要があり、このために適当なリング状の錘を付加することによって重量分布を合せることにした。

第 1 表に製作した二種類の模型とそれに対応する原型