

立体梁固有値解析プログラム DYNAPS の応力分布解の実験的検証

Comparison of Numerical Analysis by DYNAPS to Experimental Stress Distributions of Z-type Beam

大 槻 茂*・斎 藤 敏 雄*

Sigeru OTUKI and Tosio SAITO

1. 実験の目的

日本機械学会研究協力委員会所属の耐震設計法研究科会は、昭和37年3月から昭和38年5月にかけて、プラント配管の耐震設計のための研究を行ない、その振動特性を求めるために、立体梁固有値計算プログラム DYNAPS を完成させた。このプログラムによって計算された振動モードに関しては、その検証のために、これまで多くの実験がなされ、きわめて良好な一致をみている。それに反して、モーメント分布に関する実験は、ほとんど行なわれていない。今回の実験は、その不足を補うためのものである。

実験は模型を強制加振して行ない、モーメント分布を測定し、一方 DYNAPS を用いて、計算によるモーメント分布を求め、両者の比較検討を行なった。

2. 実験装置および実験法

実験は、Z型梁の模型(図1参照)を振動台上に固定し、模型全体を強制加振することにより行なった。

模型の詳細は図2のごとくである。すなわち、直径10mmの鋼材を用いてZ型の梁を作り、両端部を支持枠に固定し、この支持枠を振動台上に固定した。梁材の主要諸元は、全長 $l=1800$ mm・縦弾性係数 $E=2.1 \times 10^6$ kg/cm²・断面2次モーメント $I=0.049$ cm⁴・単位体積の重さ $\gamma=7.8 \times 10^{-3}$ kg/cm³ である。これらの値は、測定によって求めた振動数 f Hz から固有値 λ を求める場合、および DYNAPS による計算の際にも使用した。

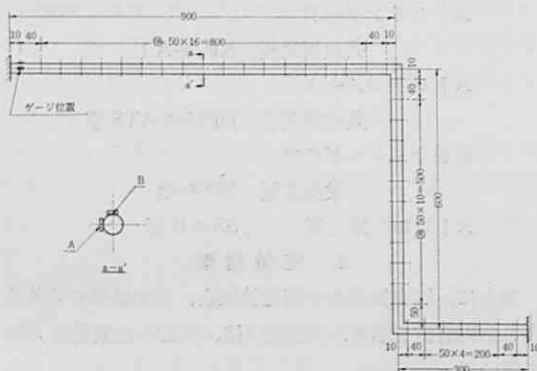


図2 模型寸法詳細

測定点の位置は、図2のごとく39点である。この実験模型のような平面梁の振動は、面外振動(Z型梁の部材によって作られる平面に垂直な方向への振動)と、面内振動(Z型梁の部材によって作られる平面内での振動)とに分れるので、面外振動の際の曲げモーメント分布を測定するためにはA面に、面内振動の際の曲げモーメント分布を測定するためにはB面にストレインゲージを貼った。したがって、使用したストレインゲージは78枚である。

データは、ストレインメータを介して電磁オシログラフに記録した。ストレインメータは8チャンネル、電磁オシログラフは12チャンネルのものを使用したので、39点の測定点を6回に分割して測定することにした。その際、900 mm 部材の固定端と600 mm 部材の上端の測定点のデータは、各回を通して記録し、記録を整理する際の規準にした。各切変えごとの振動数の一致をはかるためには、ストロボを用い、振動台のモータの回転数が一定になるように調整した。

この実験で使用した機器は以下のごとくである。

振動台	松平式振動試験機
	最大振幅容器 30 kg-cm
	最大搭載量 80 kg
	振動数変更範囲 500~3,300 c/min
	最大振動加速度 $\pm 10G$
	連続運転加速度 $\pm 7G$

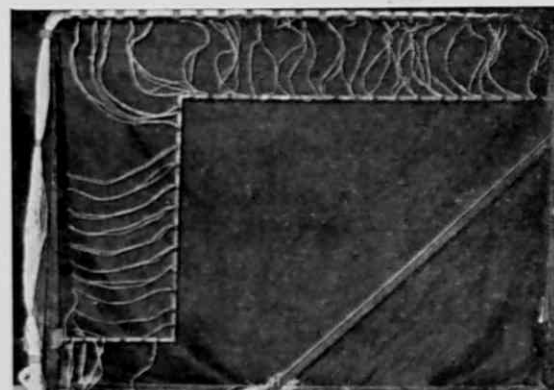


図1

* 東京大学生産技術研究所 第2部

研 究 速 報

表 1

振動次数	振 動 形	実 験		DYNAPS	
		f	λ	f	λ
1	面 外 1 次	11.2	4.20	11.65	4.285
2	面 内 1 次	30.8	6.95	29.65	6.838
3	面 外 2 次	41.2	8.05	42.77	8.213
4	面 内 2 次	46.5	8.40	48.35	8.732
5	面 外 3 次	48.8	8.74	50.98	8.965

ストレインゲージ

共和電業製 KP-3-A 1

ストレインメータ

共和電業製 DPM-8 ATS 型

電磁オシログラフ

三栄測器製 100 A 型

ストロボ 東芝製 SS-4 B 型

3. 実験結果

表 1 に、固有振動数の測定結果と、その結果から算出された固有値を示す。固有値 λ は、測定した振動数 f Hz を用いて、

$$\lambda = l \left(\frac{\gamma A}{E I g} \right)^{1/4} (2\pi f)^{1/2}$$

によって計算した。(ただし、A は梁の断面積、g は重力の加速度である。)

図 3 ~ 図 7 は曲げ応力の分布図である。このうち図 3・図 5・図 7 は面外振動の場合であり、図 4・図 6 は面内振動の場合である。ただし、これらの図は、Z 型に折れ曲った梁を直線状にのばして描いてある。図中、・点が測定結果であり、曲線は DYNAPS を用いて計算した結果である。

4. DYNAPS による計算結果

DYNAPS は、梁部材の特性を選移マトリックスで表わして、両端部の境界条件を満足するように固有振動数を求め、さらに、求めた振動数に対して、梁上に任意に定めた各点における変位と力を計算することができるプログラムである。ただし、これらの値は一定の尺度を持たない量であり、各点の変位と力の相対的な大きさを示

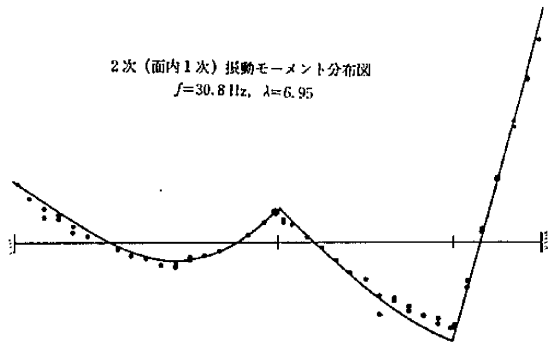


図 4

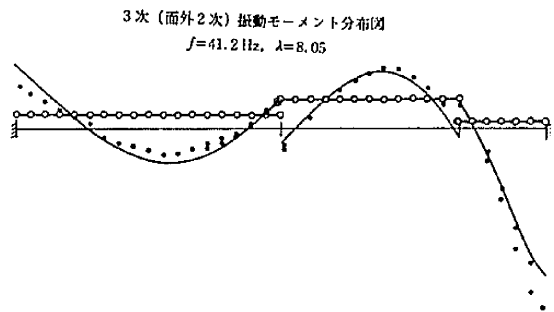


図 5

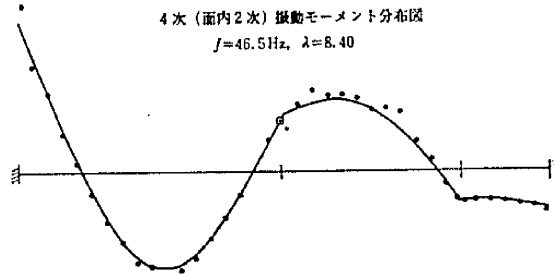


図 6

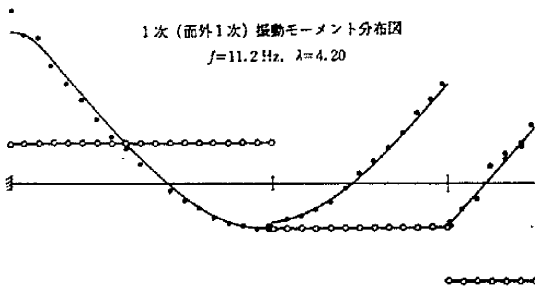


図 3

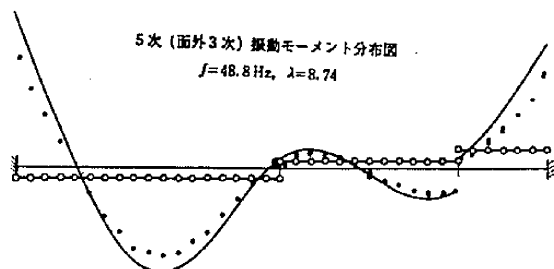


図 7

す値でしかない。したがって DYNAPS によって求め得るのは、変位と力の分布のモードである。各点について計算する値は、三軸方向の変位 $x \cdot y \cdot z$ 、三軸まわりの角変位 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 、三軸方向の力 $f_x \cdot f_y \cdot f_z$ 、三軸まわりのモーメント $m_x \cdot m_y \cdot m_z$ の合計 12 である。面外振動の場合は、このうちの $(x \cdot \beta \cdot \gamma \cdot f_x \cdot m_y \cdot m_z)$ の六つを、面内振動の場合は $(y \cdot z \cdot \alpha \cdot f_y \cdot f_z \cdot m_x)$ の六つを計算した。DYNAPS によって求めた振動数および固有値を、実験値と対応させて表 1 に示す。モーメントの分布曲線は実験値をプロットした図に曲線で示してある。ただし、図 2 の◎点で、測定値と計算したモードが重なるようにしてある。面外振動の場合は振りモーメントが作用する。図中の○点が DYNAPS で計算した振りモーメントである。実験的には測定しなかった。

5. 結 論

実験装置においては、模型を固定した支持枠の剛性、固定端の状況などに関して、理論的に考える場合と同様な厳格さを作り出すことは不可能に近い。しかしながら固定端近くの応力分布状態は、ほとんど計算結果と同様な傾向を示している。また、この実験においては、実験中に、900 mm 部材と、600 mm 部材の継ぎ目や、300 mm 部材の固定端等が再三切断し、その都度溶接をやり

直した。これらの事柄を考慮して、実験結果と、DYNAPS による計算結果を照合すると、きわめて良好な一致を見ているといえると思う。したがって、単純な例であるが、固有値や振動モード等一致の度合なども考慮して、DYNAPS の計算結果は、一応信頼できるものと考えられる。ただし、前にも述べたように、DYNAPS を用いて求められた結果は、無次元化された値であり、具体的なモーメントの値としては求められない。したがって、この実験では単に曲げモーメント分布のモードを比較するだけで終わってしまい、変形と曲げモーメントの値の関係については比較できなかった。DYNAPS の検証としては、その点に問題が残ると考えられる。

最後に、本実験をすすめるにあたって、いろいろと御指導いただいた柴田教授、柴田研重田氏、に深く感謝する。
(1969年9月25日受理)

文 献

- 1) 日本機械学会：“原子炉配管系の耐震設計法に関する研究”成果報告書 昭和 37 年度
- 2) 日本機械学会：“原子炉配管系の耐震設計法に関する研究”成果報告書 昭和 38 年度
- 3) 柴田碧・重田達也：配管系（立体はり）の振動特性（日本機械学会論文集，Vol. 29, No. 200, 昭 38.4, p. 783）

