

長崎大学工学部 学生員・竹内一博
 長崎大学工学部 学生員 野口 豊
 長崎大学工学部 正員 高橋和雄

1. 緒言 著者らは薄肉構造部材の幾何学的非線形問題に起因する非線形振動の解析的取扱いをこれまで報告してきた。しかしながら、本題に関する実験的研究はきわめて少なく、非線形振動の諸現象が確認されているものとは言い難い。そこで、著者らははりの非線形振動に関する実験を行っているが、本研究では、両端固定ばりの非線形自由振動と定常強制振動の計測結果および解析結果との比較を報告するものである。

2. 実験装置 図-1に示すような材質ジュラルミン製のはり(有効長さ30cm, 厚さ0.1cm, 幅30cm, 単位体積重量 $\gamma=2.85 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^3$, ヤング率 $E=0.68 \times 10^{10} \text{kg/cm}^2$, 1次振動数 $f_1=55.2 \text{Hz}$)と両端で軸方向変位および曲げに対して固定の条件を満足するように鉄製の治具で固定し、固定棒全体を図-2に示すように水平振動台上に加振方向に設置した。なお、はりに初期軸力が作用できるように設計されている。実験模型を図-2に示すようなアロックスダイアグラムにしたがって振動実験を行った。予備実験として、はりの中央付近を叩いて初速度を与えて生じた微小振動の固有振動数の測定を行い、固定棒の出来具合および試験片の不完美性を検証した。試験片は定尺のジュラルミンの板から50本程度切り出し、このうちから微小振動の振動数が理論値とほぼ合致するものと本実験に使用した。

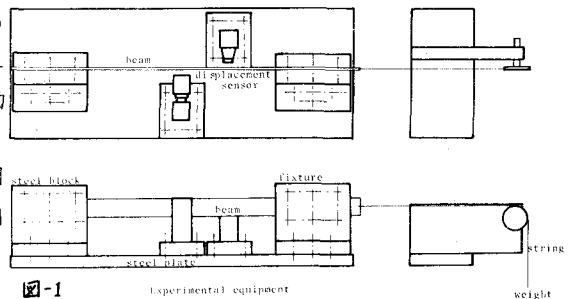


図-1

Experimental equipment

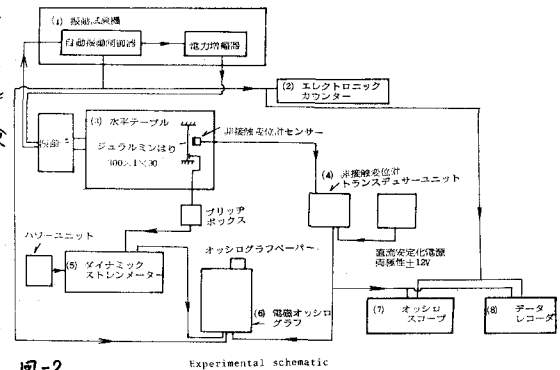


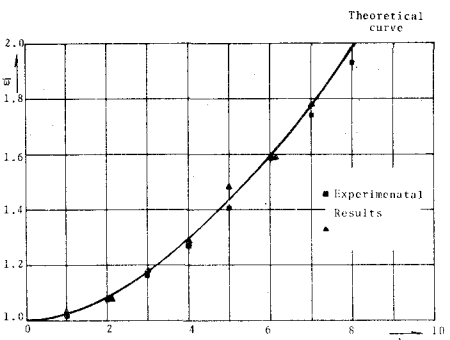
図-2

Experimental schematic

3. 非線形自由振動 定常運転状態の加振機を急停止させたばりの非線形減衰自由振動の記録よりえられたばりの動的変位を回転半径 r で無次元化($A=r/\rho$)、また任意の振幅の振動数を微小振動の振動数 ω_0 で無次元化($\bar{\omega}=\omega/\omega_0$)した。これより振幅 A に伴う振動数 $\bar{\omega}$ の変動を求めれば図-3に示すとおりである。図において、実線が解析解を示し、■および▲印が実験値を示す。自由振動数については振幅 A と振動数 $\bar{\omega}$ の関係は、理論値と実験値がよく合致している。

4. 定常強制振動 一定の加速度で慣性力により加振し、10deg/minの掃引速度で自動掃引を行った。変位計によりはりの振動によって生ずる相対変位を検出し、振動数 $\bar{\omega}$ と振幅 A の関係を示せば図-4,5に示すとおりである。図中において○印は掃引周波数を増加させた場合の実験値を、×印は減少させた場合の実験値を示す。図-3

ものである。また図中の矢印は振幅の跳躍の方向を示すものである。なお図太の実線は対応する理論解よりえられた安定な非線形応答に、一点鎖線は不安定な非線形応答にそれぞれ対応するものである。また、点線は微小変



Experimental results showing variation of frequency with amplitude of vibration

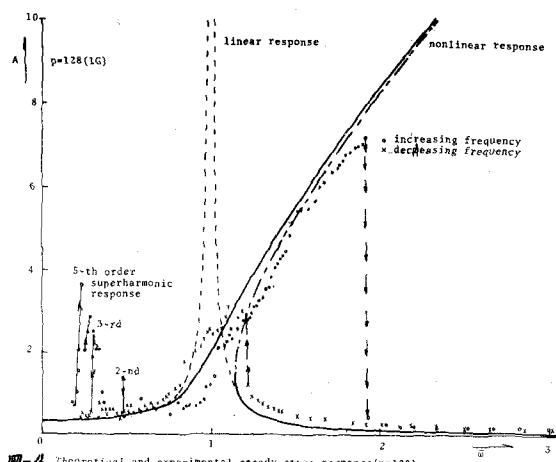


図-4 Theoretical and experimental steady-state response (p=128)

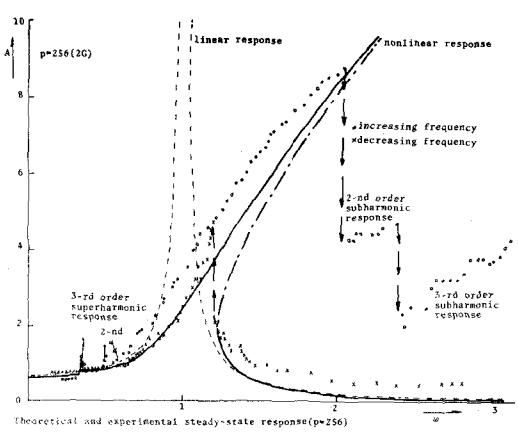


図-5

形理論からえ
られる線形応
答を示す。図
-4において $\bar{\omega}$
=1.0 付近に生
ずる共振は1
次の主共振(
図-6(a)), $\bar{\omega}$ =
0.2, 0.33 およ
び 0.5 付近の共振
は5倍, 3倍
および2倍の
高調波共振に (d)

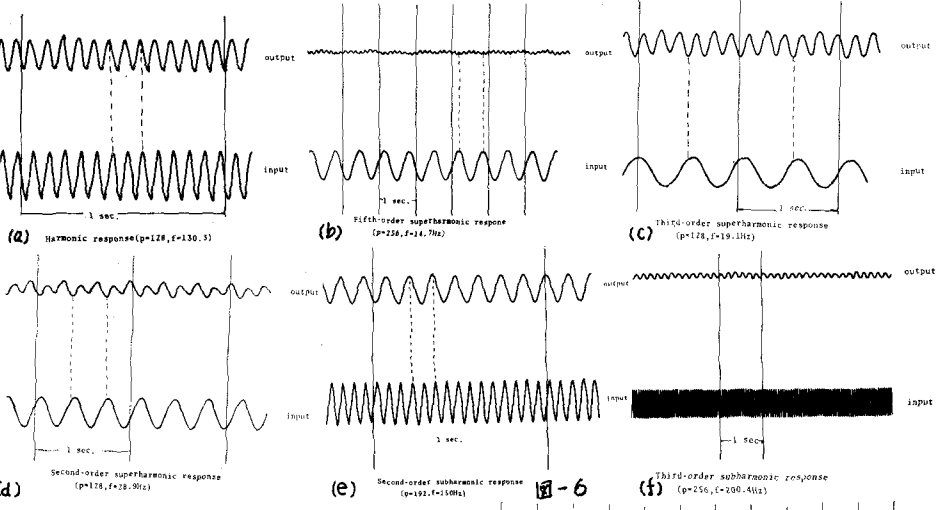


図-6

それぞれ対応するものである(図-6(b)~(d))。 $\bar{\omega}$ =1.8 および 1.2 付
近で応答曲線はジャンプをおこし、図-7のような過渡状態を伴
った振動を生じている。図-4に示すように実験値と理論値はほぼ
一致しているが、共振時の振幅は $\eta=0.004$ で計算した理論値と
一致しない。これは減衰定数が大振幅振動では異なることに起
因するものと予想される。図-5は加振力を2倍にした場合には
主共振がジャンプを起した後に2分の1および3分の1の分数
調波共振(図-6(e),(f))に飛び移っているが、大振幅振動時には
軸方向変形が生じたものと考えられる。図-5(b)に示すように
2倍の高調波共振および2分の1分数調波共振などの偶数次の
振動をいくつか共振が見受けられるが、この原因ははりにわずかな
初期にゆがみが存在することによるものである。最後に本実験に
協力いただいた研究室の学生中島・藤本両氏に感謝いたします。

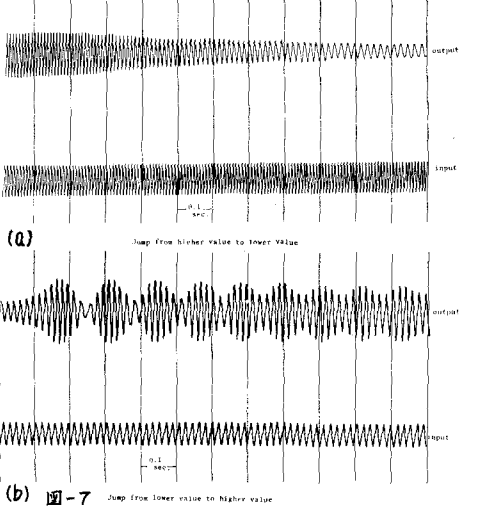


図-7

参考文献 1) Takahashi, K.: Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 24, pp. 109-120 (1976). 2) Takahashi, K. and Kawahara, K.: Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 26, pp. 491-502 (1978). 3) 野口・高橋・中原: 土木学会第32回年次学術講演会講演概要集, 第1部, 昭和52年10月