

圧縮を受ける放物線部材の振動特性

九州産業大学 学 ○中尾 学 九州産業大学 正 水田 洋司
熊本工業大学 正 平井 一男 九州産業大学 正 白地 哲也

1. はじめに

タイで結合した2本の曲がり部材の振動特性は、真っ直ぐな2本の部材の場合よりも倍増し、その程度はサグ比やタイの本数に影響されることが報告⁽¹⁾されている。本論文では、圧縮を受ける2本の放物線部材の固有振動数・固有モードが、部材のサグ比、支点の拘束条件、タイの結び方によってどのように変化するのかを調べた。

2. 解析モデル

解析には、図-1に示す8つのモデルを用いた。タイプⅠは1本の柱部材が圧縮を受けており、タイプⅡはタイプⅠの半分の曲げ剛性をもつ柱をタイで結んだもの、タイプⅢ～Ⅷは放物線部材であり、タイプⅡ～Ⅶは両端に一定の間隔($a=5\text{cm}$)をとっている。各モデルの拘束条件は、タイプⅦのみが両端ヒンジでそれ以外はすべて一端ローラー、他端ヒンジである。部材の両端にかける圧縮力 P は、タイプⅠのオイラーの座屈荷重 P_e を基準とし、その大きさは $P = \alpha P_e$ (但し、 $0 \leq \alpha$)としている。また、タイの質量は無視した。

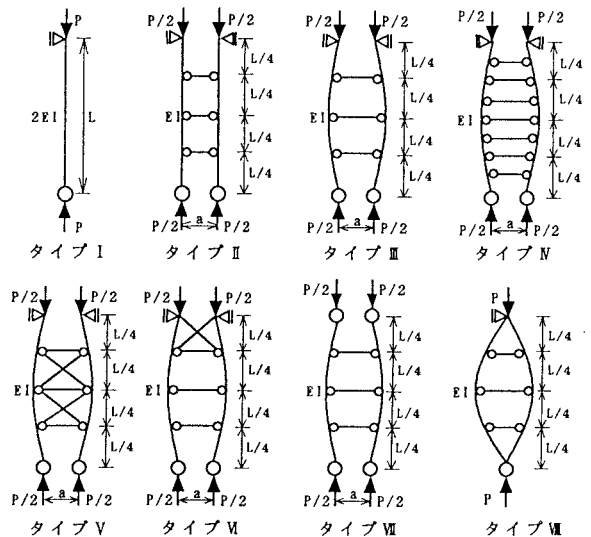


図-1 解析モデル

3. 数値計算

圧縮力を受ける単純ばりの振動方程式の解より図-3が得られる。縦軸は作用圧縮力をオイラーの座屈荷重で割った値、横軸は固有振動数を単純ばりの最小固有振動数 ω_1 で割った値、 n はモード次数を表す。本研究では柱の最小固有振動数を用いて座屈強さを検討しており、圧縮力-固有振動数の関係が図-3において $n=1$ の曲線の内側にある場合は単純ばり(タイプⅠ)より弱くなることを示し、外側にある場合は強くなることを意味する。また、計算には平面棒理論を用い、固有値解析にはQR法を用いた。

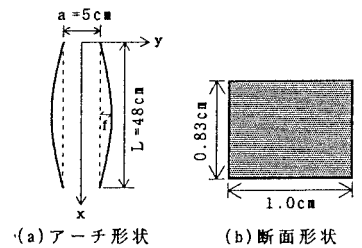


図-2 部材の座標系と断面形状

4. 計算結果

(1) 最小固有振動数と固有モード

固有値解析より得られた最小固有振動数を図-4に、対応する固有モードを図-5に示す。タイプⅠ、Ⅱの最小固有振動数は $n=1$ の曲線と一致するので図-4には表示していない。このとき、タイプⅢ～Ⅷの放物線部材のサグ比(f/L)はすべて0.05として解析している。まず、タイプⅢとタイプⅣの最小固有振動数はタイプⅠとほぼ同じにな

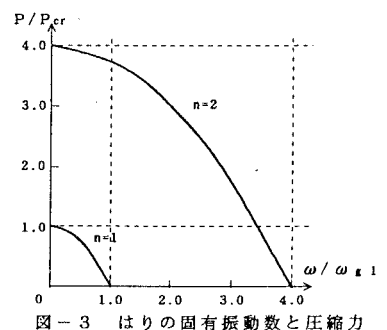


図-3 ばりの固有振動数と圧縮力

り、そのときの固有モードもタイプⅠ、Ⅱと同じ対称 1 次が現れていることから、圧縮方向に支点が移動すれば放物線部材を水平方向にタイで結合しても効果のないことが判る。また、タイプⅤの固有モードは、タイプⅢ、Ⅳと同じ対称 1 次のモードであるが、タイプⅤの最小固有振動数はタイプⅣ、Ⅵの 2 倍ほどの大きさになっている。これは、タイによるトラス化でモデル全体の剛性が上がったためと考えられる。タイプⅥ～Ⅷは、タイプⅢ、Ⅳに比べて最小固有振動数が 4～5 倍程大きくなり、そのときの固有モードは逆対称 1 次のモードが現れた。

(2) 支点移動の影響

タイプⅥは、支点移動が固有振動数に及ぼす影響を明確にするために考えたモデルであり、これはタイプⅢのローラ支点と部材とをタイで結合することで支点の移動に抵抗するようにしたものである。図-4 から、タイプⅥの最小固有振動数はタイプⅢ、Ⅳ、Ⅴよりも大きくなり、両端の支点移動が拘束されているタイプⅦの最小固有振動数に近づいていることがわかる。また、そのときの固有モードもタイプⅦと同じく逆対称 1 次のモードが現れている。このことから、放物線部材の固有振動数には支点の軸方向移動が大きく影響していることが判る。

(3) サグ比と固有振動数の関係

軸圧縮力 $P = 0.5 P_c$ のときのサグ比と固有振動数の関係をタイプⅢとタイプⅥについて調べた。その結果を図-6 と図-7 に示す。タイプⅢはサグ比が大きくなるにしたがって最小固有振動数が小さくなり、そのときの固有モードは対称 1 次のモードが現れている。それに対し、タイプⅦはサグ比が 0.03 付近で最小固有振動数が最大になり、対応する固有モードは逆対称 1 次のモードである。このことから放物線部材の固有振動数には支点の移動が大きく影響することが判る。

4. おわりに

圧縮力を受ける部材は、真っ直ぐな部材よりも放物線部材のほうが最小固有振動数を大きくできるが、それには圧縮力方向の支点移動が大きく影響することが明らかになった。支点移動を拘束した場合、最小固有振動数を最大にするサグ比が存在し、固有振動数の上昇はアーチ効果によるものであることが判った。

参考文献 (1)山尾敏孝、他 2 名：タイで結合した 2 本の曲がり部材の座屈強度と挙動について、構造工学論文集、Vol. 41A、pp. 229～234、1995年3月。

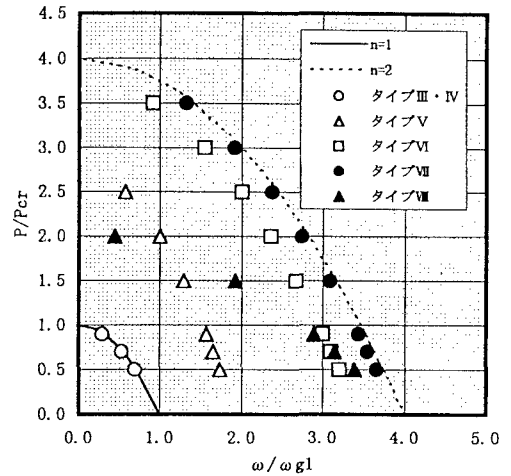


図-4 各タイプの最小固有振動数

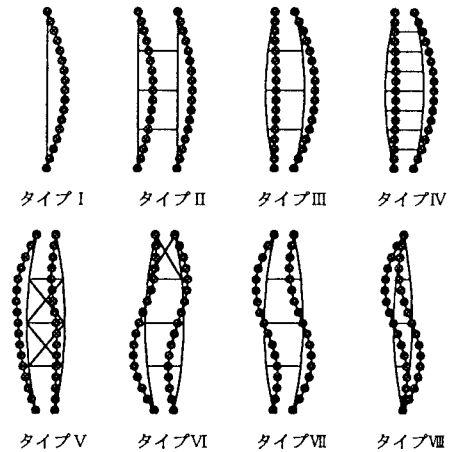


図-5 最小固有振動数の固有モード

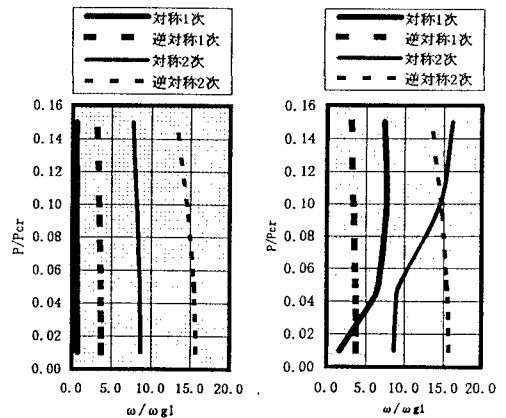


図-6 タイプⅢ

図-7 タイプⅦ