

山梨大学工学部 正員 岡村美好

山梨大学工学部 正員 深沢泰晴

1. はじめに 薄肉部材で構成される橋梁などの構造物の騒音問題や疲労問題を解析する場合には、構造物全体の動的応答だけでなく構造物を構成する薄肉部材の断面変形を考慮した動的応答の把握が必要となる。断面変形を考慮した薄肉断面材の動的問題は、中村¹⁾により薄肉箱形ばりの自由振動が検討され、能町、角田、岸²⁾により薄肉H形断面ばりの位相速度分散曲線およびモードが検討されている。

本研究では、有限帯板法³⁾を用いて、I形断面、箱形断面、C形断面ばりについて固有振動解析を行うとともに固有モードを求め、その特性を明らかにする。

2. 支配方程式 系が調和振動をする場合、有限帯板法における運動方程式は次式で与えられる³⁾。

$$([K] - \omega^2[M])\{\delta\} = 0 \quad (1)$$

ここに、 $[K]$ 、 $[M]$ 、 $\{\delta\}$ は剛性マトリクス、質量マトリクス、節線変位ベクトルであり、 ω は固有円振動数である。式(1)より固有値問題として固有円振動数と固有ベクトルを求め、固有振動モードの作図を行った。

3. 解析結果 要素数

の決定にあたっては、図-3に示すようにウェブの要素数をフランジの要素数の2倍として、桁高 H と波長 λ (部材長の2倍)との比が1.0, 5.0, 8.0の場合について要素数を変えて固有円振動数を計算した。I形断面

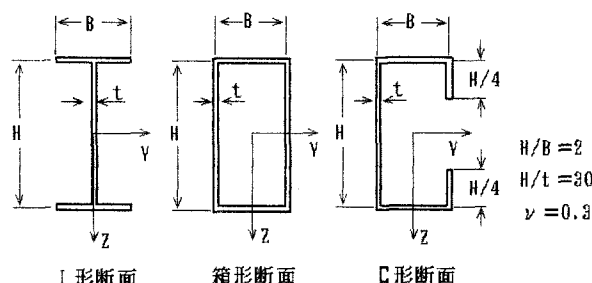


図-2 解析断面

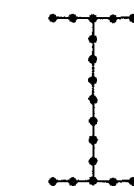


図-3 要素分割

ばりの結果を図-4に示す。図中、縦軸は要素数80

のときの固有円振動数(ω_{80})を1としてそれとの比で表した。波長が短くなるほど要素数を多くする必要があることがわかる。なお、波長が非常に短い場合にはRayleigh波を生じることが知られているが²⁾、本解析では $H/\lambda = 10$ 、要素数80としたときの結果は理論値との誤差が約2%程度となった。

図-2に示した断面のはりの代表的な固有振動モードを図-5~9に示す。図中、波線が振動前のはりの形状を、実線が振動モードを表す。I形断面と箱形断面については能町ら²⁾が示した方法により強軸回りの曲げ振動、弱軸回りの曲げ振動、曲げねじり振動、縦振動の4タイプに分類した。図-5はI形断面ばりのタイプ別固有モード(1次モード)を示したものである。縦振動においてフランジの面外への変形が卓越している。図-6は強軸回りの曲げ振動について1次から3次モードを示したものである。2次においてフランジの面外変形が、3次で部材軸方向の変形が卓越していることがわかる。図-7には $H/\lambda = 1.0, 10.0$ のはりの固有モードを示したが、 $H/\lambda = 10.0$ においてRayleigh波が生じていることがわかる。

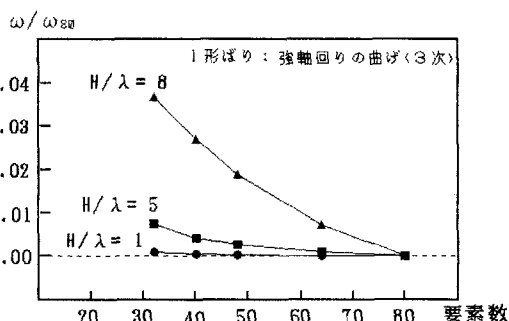


図-4 要素数と収束の関係

図-5はI形断面ばりのタイプ別固有モード(1次モード)を示したものである。縦振動においてフランジの面外への変形が卓越している。図-6は強軸回りの曲げ振動について1次から3次モードを示したものである。2次においてフランジの面外変形が、3次で部材軸方向の変形が卓越していることがわかる。図-7には $H/\lambda = 1.0, 10.0$ のはりの固有モードを示したが、 $H/\lambda = 10.0$ においてRayleigh波が生じていることがわかる。

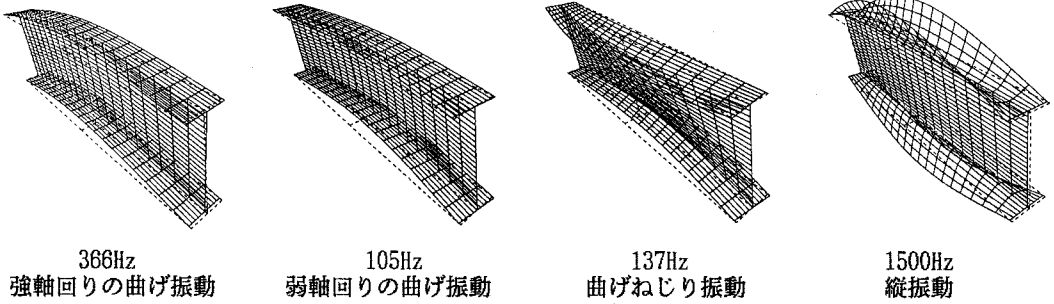


図-5 I形断面ばりのタイプ別固有モード（1次， $H/\lambda=0.1$ ）

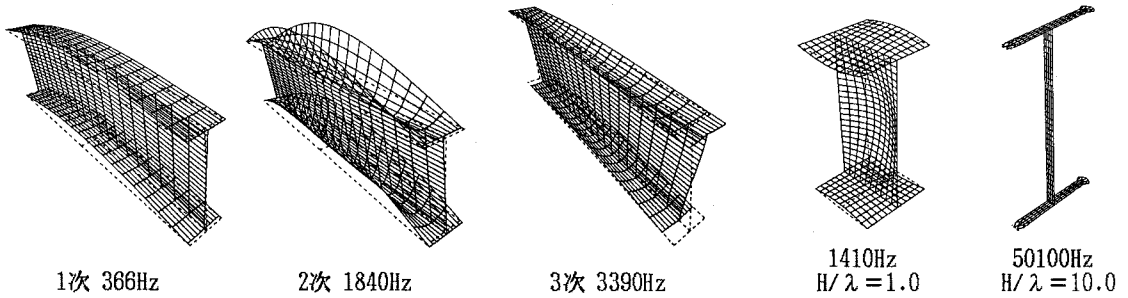


図-6 次数による強軸回り曲げ振動の固有モードの変化（ $H/\lambda=0.1$ ）

図-7 波長による固有モードの違い（強軸回りの曲げ振動，1次）

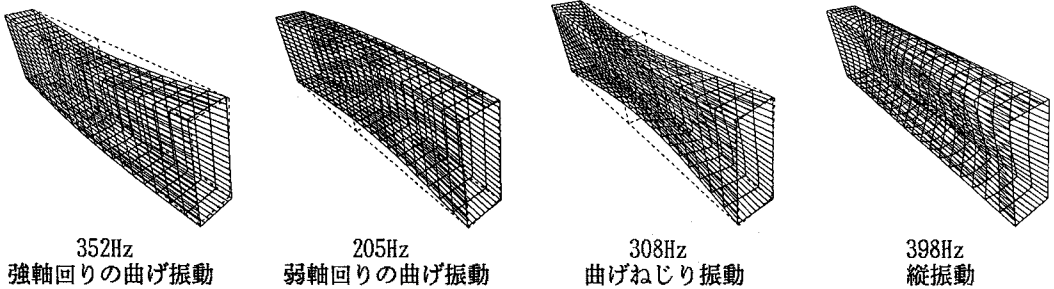


図-8 箱形断面ばりのタイプ別固有モード（1次， $H/\lambda=0.1$ ）

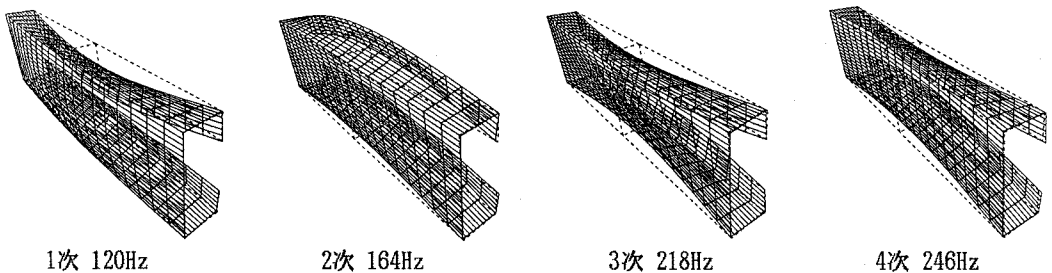


図-9 C形断面ばりのタイプ別固有モード（1次， $H/\lambda=0.1$ ）

参考文献 1)中村：断面変形を考慮した薄肉ばりの振動解析，土木学会論文報告集，第223号，pp.11～22，1974年，2)能町，角田，岸：薄肉H形断面ばりの弾性波の位相速度について，土木学会論文報告集，第244号，pp.37～45，1975年，3)Cheung,Y,K: Finite Strip Method in Structural Analysis,PERGAMON PRESS