

I-426

位相速度解析におけるRC部材のモデル化の影響

室蘭工業大学 学生員 天沼 宇雄
 室蘭工業大学 正 員 岸 徳光
 室蘭工業大学 正 員 松岡 健一
 日大生産工学部 正 員 能町 純雄

1. はじめに

構造部材の位相速度分散曲線に関しては古くから多くの研究がなされている。異種材料からなる複合成部材の位相速度分散特性としては波長が桁高と同程度以下になると平面保持を仮定する梁理論の適用が困難であることが知られている。さらに板厚あるいは梁幅が波長に比べて無視できない場合やRC梁のようなインクルージョンが存在する場合など不均一あるいは三次元的な広がりをもつ構造部材においてはその効果を合理的に組み入れた解析がなされなければならない。

本論文ではこのような構造物の衝撃問題等の動的応答解析を効率的に行うための基礎資料を得ることを目的として、RC部材をとり上げ、特に鉄筋部のモデル化がRC部材の位相速度分散特性にどのように影響を与えるかについて検討を行なっている。

2. 解析理論

図-1に示すような任意の四角形プリズム要素において、任意の*i*節点の節点力を f_{xi}, f_{yi}, f_{zi} 節点変位を dx_i, dy_i, dz_i ($i=1, 2, 3, 4$)とし、要素内の変位は x, y, z 座標に対応して u, v, w とする。プリズム内の座標および各変位は式(3)のような形状関数を用いると次のように示される。

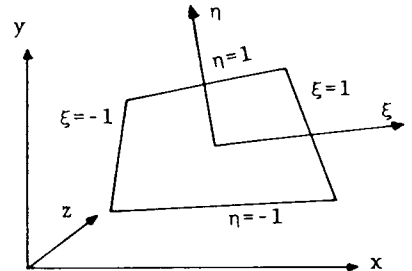


図-1 任意四角形プリズム要素

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \{N\}^T & \{N\}^T \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{x_i\} \\ \{y_i\} \end{Bmatrix} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \\ w \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \{N\}^T & \{N\}^T & \{N\}^T \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} dx_i \\ dy_i \\ dz_i \end{Bmatrix} \quad \dots\dots\dots (2)$$

但し、

$$\{N\} = \frac{1}{4} [(1-\xi)(1-\eta)(1+\xi)(1-\eta)(1+\xi)(1+\eta)(1-\xi)(1+\eta)]^T \quad \dots\dots\dots (3)$$

弾性論より求められる歪と変位の関係式に z 方向の進行波を考え仮想仕事の原理を用いて整理すると次のような有限プリズム要素に関する剛性方程式が得ることができる。すなわち、

$$\{f\} = [K] \{d\} - v^2 [M] \{d\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

但し、 $[K], [M]$ はそれぞれ剛性マトリックス、質量マトリックスであり、 $\{f\}, \{d\}$ はそれぞれ変位及び断面力ベクトルである。式(4)を各プリズム要素に適用して全体の剛性方程式を作成し、荷重ベクトルを零として固有値を求めることによって位相速度 v を求めることができる。

3. 精度の検討

本解析手法は各変位の変位関数を xy 平面に関しては線形を、 z 軸方向に関しては三角関数分布を仮定するものであるため、数値解析上解析可能な限界波長が存在するものと考えられる。本論文ではこのような要素分割と限界波長の関係を求めるためポアソン効果は無視した梁要素の曲げたわみ波動をとりあげ検討を行なった。すなわち、対称性を考え梁の四半分について幅方向に1分割、桁高方向に均等分割して解析を行ない、ILLな状態になった時の波長と1要素の桁高との関係について検討を行なった。検討結果を図-2に示す。

図中、横軸 β は1要素の桁高と梁全体の桁高との比をとり、縦軸 α は波長と梁全体の桁高との比をとっている。図より、 $\alpha=0.12$ が本プリズム法を用いた時の限界を示しているものと思われる。(= λ/H)

本論文では図-2の精度を基本にして解析のための要素の大きさ、波長の限界値を仮定し解析を行なっている。

4. 数値解析結果及び考察

ここでは桁高50cm、幅20cm、鉄筋比1%の単鉄筋矩形形梁について種々検討を行なった。解析は図-3に示すような4ケースの断面について一軸対称変形モードに限定して行なっている。また、位相速度分散曲線はコンクリートのせん断波速度に対する比速度で整理し、モード分布は4次モードまでを対象として検討を行なっている。

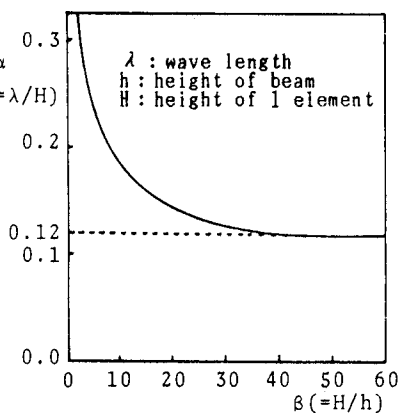


図-2 波長と分割数の関係

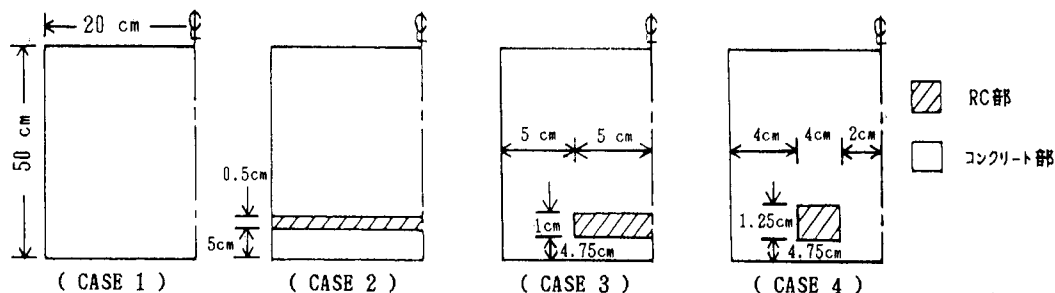


図-3 解析モデル

解析モデルにおいて、桁高方向に最も大きい要素の高さは全桁高に対して1/20であるため、ここでは $\alpha=\lambda/H=0.2$ まで解析を行なっている。図-4にはRC梁と無筋コンクリート梁の位相速度分散曲線を示している。波長が無限長の場合、RC梁は鉄筋とコンクリートとの換算断面の速度で伝播しているが鉄筋量が1%とコンクリートの容積と比較して非常に少ないために無筋コンクリート梁とほぼ同様の分散性状を示している。また、図-3に示したRC梁の配筋モデルの違いによる位相速度分散曲線の差はまったく見られなかったのでここでは示していない。また、ここでは示していないがモード分布に関しては、波長が長い場合変形モードは平面保持仮定が成立するような分布を示しているが、波長の減少とともに鉄筋部の変形モードは鉄筋周辺のコンクリート要素の変形をおさえるような分布となっている。この現象は高次モードでより顕著に示されている。また、 $\lambda/H=0.2$ 以後においては梁理論では得ることの出来ないような自由境界面でもモードが卓越している状態が示されている。ケース2～4の場合、比較的波長の長い状態ではケース1の場合とほぼ同様のモード分布を示しているが、波長が $\lambda/H<1.0$ 前後より特に高次モードにおいて鉄筋配置モデルの違いによる影響が示されている。特に $\lambda/H=0.2$ の場合にはそれぞれの配筋の状態によって鉄筋部周辺のモード分布が異なり、鉄筋部の要素の変形モードが周辺コンクリート要素より小さく示され鉄筋による3次元効果が顕著に現れている。

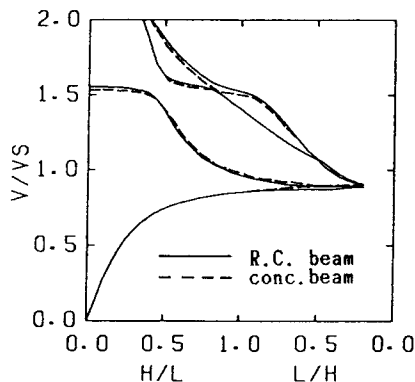


図-4 位相速度分散曲線

尚、本研究は昭和62年度文部省科学研究費補助金（課題番号 62850089 代表 能町 純雄）を受けて行なったものである。