

I-295

応力波速度解析による
構造物の健全度評価

北見工業大学 学生員 重清 浩司
同 正 員 大島 俊之
日大生産工学部 正 員 能町 純雄

1. まえがき

本研究では、老朽化した構造部材をモデル化し、老朽化の進行度が応力波速度に与える影響を数値解析により検討した。老朽化した構造物の維持補修・改築の必要度を判定するため、風化などによる表面付近の劣化が、どの程度進んでいるかを調べることは非常に興味深い問題である。ここでは、構造物を伝播する応力波速度を応用して、その判定の基礎となるようなデータを得ることを目的としている。

2. 理論解析概要^{1) , 2)}

本研究で取り扱った構造物は、軸方向に不均一材料を配置した異方性円筒体である。対称性を考慮し図1のように1/4の断面について要素分割を行い、ガラキン法を用いて解析した。解析に用いた仮定は、

- a) 各要素は要素の各節点によって結合している
 - b) 変位は直線変化で中立軸に対して対称である
 - c) 媒質中を伝播する応力波のうち、円筒体の長軸方向に調和進行する縦波動、曲げ波動モードを考える
- である。このような仮定により全断面での釣り合いは、

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

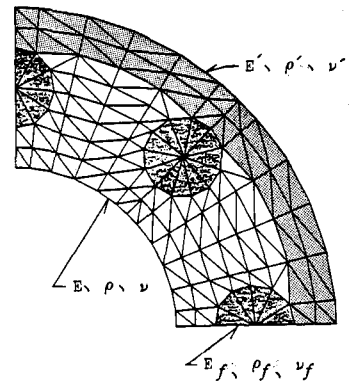


図1 要素分割図

となる。ここで、 $[K]$ は剛性マトリックス、 $\{d\}$ は変位ベクトル、 $[M]$ は質量マトリックス、 C は位相速度である。上式を固有値問題として解くことにより位相速度 C を求めることができる。解析した位相速度は、母材のせん断波速度で無次元化しており図中の結果はすべてこの表示法によっている。横軸は円筒の肉厚 h と伝播する応力波の波長 λ の比を示している。

3. 解析結果

解析は、図1に示すような円形の補強材を含む複合材料の外表層部分が劣化した場合を想定して行なった。劣化部分は健全な部分に比較して弾性定数が低下するものとし、密度は一定とした。補強材に関しては、健全な母材部分との弾性係数比および密度比をそれぞれ10、3としポアソン比は0.3とした。また、全断面に対する補強材、劣化部分の面積比はそれぞれ0.1、0.29である。

(1) 縦波動に及ぼす劣化の影響

図2は、母材劣化部分と健全な部分との弾性係数比 E'/E を 1.0, 0.7, 0.5, 0.1 と変化させたときの縦波動の結果である。破線の分散曲線は劣化のない場合のものである。

この図より、波長を長くし h/l の値を 0 に近づけると、各々の場合、位相速度は補強材、健全な部分、劣化した部分の平均的弾性係数による bar velocity の値に近づいていることがわかる。さらに劣化の影響は、 E'/E の値が小さい程、また波長が短い程大きくなっている。 $E'/E = 0.7, 0.5$ の場合は徐々に劣化のない場合との差が広がっているが、 $E'/E = 0.1$ の場合は、 $h/l = 0.4$ 付近から急激に減少しており、その減少率は $h/l = 1.0$ で 55%、 $h/l = 3.0$ では 67%にも達している。このように、波長が短くなるにつれ影響が顕著になるのは、縦波動が劣化した表面を伝わる表面波に近づくためと思われる。³⁾

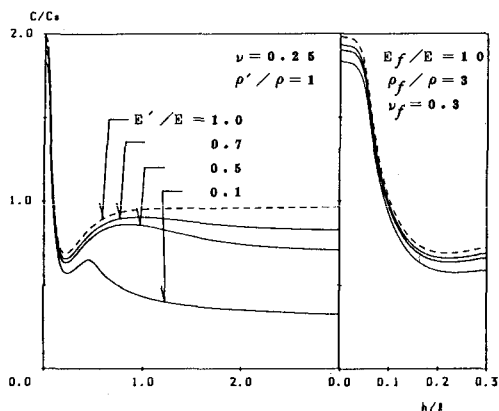


図2 劣化の影響(縦波動)

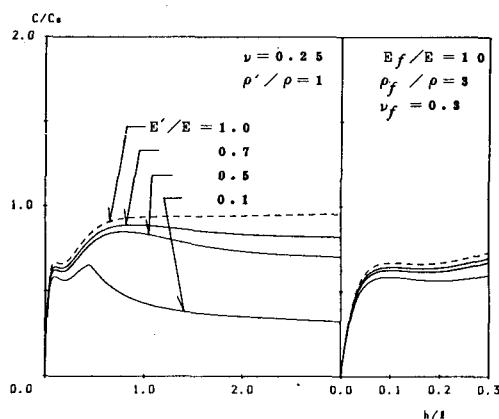


図3 劣化の影響(曲げ波動)

(2) 曲げ波動に及ぼす劣化の影響

曲げ波動に対しても縦波動と同様の解析を行なった。図3がその解析結果である。曲げ波動の場合も縦波動同様、劣化部分の弾性係数が小さくなり波長が短くなるにつれて位相速度が小さくなっている。縦波動との違いが見られるのは $h/l \leq 0.3$ の範囲であり、それ以外では、ほぼ同じ傾向を示している。これは、曲げ波動も波長を短くすると表面波に近づき劣化の影響が大きくなっているためと考えられる。

4. 結論

今回の研究により円筒の表面の劣化の影響は、縦波動、曲げ波動とも波長が短くなるにつれ大きくあらわれることがわかった。また、 $E'/E = 0.1$ の場合は、 $E'/E = 0.7, 0.5$ の場合と変化の傾向が違い波長が比較的長い $h/l = 0.4$ 付近から大きく減少することがわかり、弾性係数の大きな減少は応力波速度に大きな影響を及ぼすといえる。

参考文献

- 1) 大島, 三上, 能町, 重清; 複合材料中の応力波速度と構造物の健全度評価への応用、構造工学論文集、Vol. 32A、1986. 3
- 2) 能町, 大島, 三上, 重清; 複合材料中の応力波速度と老朽構造物の健全度評価への応用、土木学会北海道支部論文報告集、1986. 2
- 3) 松岡, 菅田, 能町, 木田; 二層同心円柱を伝わる弾性波の伝播速度、構造工学論文集、Vol. 32A、1986. 3