平板の振動特性を用いた接合不良部の検知手法の検討

はじめに

溶接不良などによる接合部に存在するわずかな欠 陥は、構造物全体で見ると、破壊を引き起こす要因と なりうる.従って欠陥検知は重要な課題であり、簡便 かつ実用的な方法の確立が必要である.

本研究では,接合部に欠陥を有する薄肉平板の動的 応答特性を利用した,欠陥検知手法の可能性を,数値 実験により検討した.

数値解析手法としては,溶接部を仮定した固定境界, 欠陥部を仮定した自由境界との混合境界条件を有する, 任意形状の薄肉平板を仮定し,薄肉平板内の物理量を 境界要素法により算定した.

境界要素法による平板の動的問題の定式化^{1),2)}

時間調和振動する薄肉平板の運動方程式は,時間因 子e^{-iwt}を省略した形で次の様に表せる.

$$(\Delta^2 - \lambda^4)u(\mathbf{X}) = (\Delta - \lambda^2)(\Delta + \lambda^2)u(\mathbf{X}) = \frac{p(\mathbf{X})}{K} \quad \cdots (1)$$

ここに、 $_{\Delta}$ はラプラシアン、uはたわみベクトル、pは 単位面積当たりの垂直荷重を表す.また、 ρ を密度、hを平板の厚さ、 ν をポアソン比、Eをヤング率、角周 波数 ω として、板合成比 Kおよび入射波波数 λ は次式 により与えられる.

 $K = \frac{Eh^3}{12(1-v^2)} \qquad \cdots (2) \qquad \qquad \lambda^4 = \frac{\omega^2 \rho h}{K} \qquad \cdots (3)$

基礎式として(1)式が定義される閉領域を設定する. (1)式に対して基本解と Green の公式により,積分方程 式が定式化される.次に定式化された積分方程式を極 限操作により境界積分方程式に変換する.さらに境界 積分方程式を離散化し,数値積分を行い所要の境界条 件を導入することにより,混合境界条件を有する薄肉 平板の動的問題に対する連立一次方程式が得られる. 最終的には得られた連立一次方程式を数値的に解き境 界上での物理量が得られる.得られた境界上の物理量 を積分方程式に代入することにより領域内部での物理 量を得る.

境界条件として,固定境界と自由境界はそれぞれ次 にように与えられる.

東海大学大学院	学生会員	○青木	由香利
東海大学海洋学部	正 会 員	川上	哲太朗

固定境界 $u(\mathbf{x}) = \partial u(\mathbf{x}) = 0$...(4)

自由境界 $\mathbf{M}_n u = \mathbf{V}_n u = 0 \quad x \in \partial D \quad \cdots (5)$

ここで、uはたわみ、 $\partial_n u$ はたわみ角、 $\mathbf{M}_n u$ は曲げ モーメント、 $\mathbf{V}_n u$ は等価せん断力を各々表す.

数值解析結果

図-2 に数値解析モデルを示す.本研究では,辺長比 b/a=1.0,自由境界長 $I_f/a=0.04$ と設定した.数値解析 パラメータは,入射波波数 λ ,振動波源位置および自 由境界部中心位置 \overline{l} とした.

図-3 に, *Î*が y=0.0, λ=0.3, 振動波源位置が平板 の中心にある場合の, 図-2 に示す各測線でのたわみ振 幅の応答分布を示す. これより測線 *I*1 での, 欠陥部付 近のたわみ振幅の形状や大きさに明らかな違いが現れ ることがわかる.

図-4 に, \bar{l} をパラメータとして, 測線 l1 でのたわ み振幅の応答分布を示す. \bar{l} が y=0.1~0.3 の場合では, 図-3 と同様に, 欠陥部付近のたわみ振幅の形状や大き さに明らかな違いが現れる. しかし, 欠陥部が隅角部 付近にある y=0.4 の場合には明確な違いが見られない.

図-5 に, \bar{l} が y=0.4, 振動波源位置が平板の中心に あり, λ =2.5 と波数を大きくした場合の結果を示す. 測線 /1 での, 欠陥部付近のたわみ振幅の形状に, わず かな違いが現れる. そこで図-6 に \bar{l} が y=0.4, λ =0.3 の場合において, 振動波源位置を(0.4, 0.4)と, より欠 陥に近づけた場合の結果を示す. 測線 /1 での, 欠陥部 付近のたわみ振幅の形状や大きさに, 明確な違いが現 れる.



図-2 数値解析モデル

キーワード 混合境界条件,薄肉平板,溶接不良,欠陥検知,境界要素法 連絡先 〒424-8610 静岡市清水区折戸 3-20-1 東海大学海洋学部 TEL 0543-34-0411



図-3 測線でのたわみ振幅の応答分布 (振動波源位置(0.0,0.0), λ=0.3, *l*:y=0.0)



図-5 測線でのたわみ振幅の応答分布 (振動波源位置(0.0,0.0), λ=2.5, *l*:y=0.4)

結論

- 本研究で示した検知手法によれば、比較的低周 波の振動であっても、接合部における欠陥検知 が可能であると考えられる。
- 振動波源が矩形平板の中心にある場合,辺の中 心から辺長の60%程度までの位置にある欠陥の 検知が可能である.
- 欠陥部が隅角部付近にある場合,振動波源位置 を隅角部に近づける事により,比較的低周波の 振動でも,欠陥検知が可能である.





図-6 測線でのたわみ振幅の応答分布 (振動波源位置(0.4,0.4), λ=0.3, *l*:y=0.4)

参考文献

1)kitahara Michihiro:Applications of boundary integral equation methods to eigenvalue problems of elastodynamics and thin,京都大学学位 論文,pp. 207~231, 1984.

2)川上哲太朗,小倉洋一:欠陥を有する薄肉平板の非 破壊評価に関する基礎的研究,東海大学紀要海洋学部 第53号,pp. 45~59,2002.