

構造物の損傷部における固有値解析と時刻歴応答解析の検討

東北学院大学 学生会員 ○神田 峻平
 東北学院大学 非会員 森下 裕太
 東北学院大学 正会員 李 相勳

1. はじめに

Accumulated SIBIE 法¹⁾の可視化の限界を改善するため、可視化の領域を低周波領域まで拡張して表示することで測定のパフォーマンスを格段に向上させる拡張 Accumulated SIBIE が提案されている。厚さ方向の伸縮剛性につながり結果的に厚さ振動数の共振振動数低下が生じることを利用し可視化を低周波数領域まで拡張して表示する方法である。これらの共振周波数の低下が、可視化へ現れるパターンは劣化・損傷パターンと共振周波数との関係を明確にするのに非常に重要な要素であり、そのため時間や手間がかかる衝撃応答解析は最小限にし、固有値解析による振動モードと固有振動数を求めることが有効と考えられる。

2. 欠陥を有するコンクリート部材の解析モデル

検討対象として内部に欠陥を有するコンクリートの梁部材を2つ想定してモデル化した。測定対象の大きさはいずれも高さ×幅×奥行で、(150×1200×100)mmであり、部材内部の欠陥が左から円の半径10mm、25mm、35mmの模型(モデルI)と半径10mmの円が左から1つ、2つ、3つある模型(モデルII)の2種類である。解析モデルをそれぞれ図-1, 2に示す。

3. 拡張 Accumulated SIBIE 法を適用した可視化

モデルIの可視化結果を図-3に示す。欠陥の位置に対する拡張 A-SIBIE 法を用いた。供試体の境界面の下の部分に赤色の模様は欠陥の大きさに比例して大きく現れていることが分かる。これは、欠陥が断面の損傷として伝播速度に反映された結果と考えられる。

4. 時刻歴応答解析と固有値解析の共振周波数比較

SIBIE も含めて固有値解析における各々の衝撃応答解析振動モードと固有振動数をモデルIについて図-4、モデルIIについて図-5に示す。また、これら振動数を損傷部における時刻歴応答解析と比較した結果を表-1に示す。衝撃弾性波法をベースにした方法は、伝播速度の設定が最も重要である。それは、共有振動数と

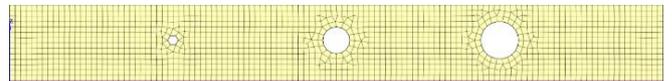


図-1 解析モデル I



図-2 解析モデル II

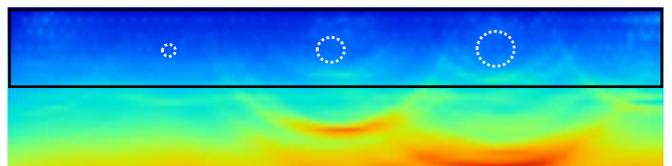


図-3 モデル I に対する拡張 A-SIBIE 図

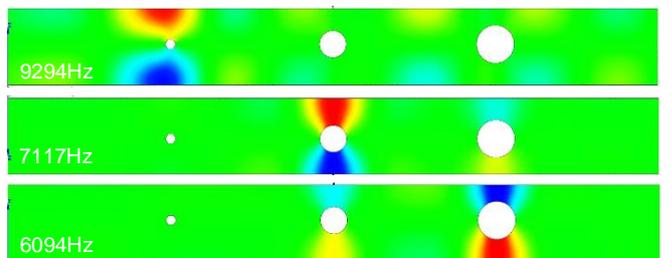


図-4 モデル I に対する固有モードと周波数

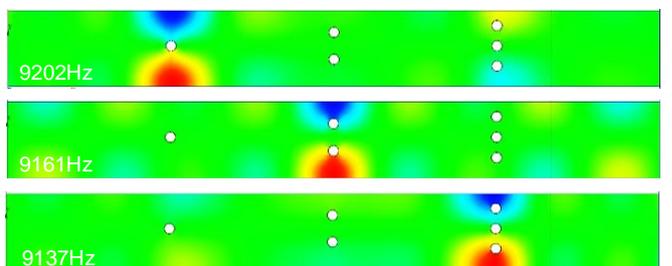


図-5 モデル II に対する固有モードと周波数

モデル I	欠陥 1 つ目	欠陥 2 つ目	欠陥 3 つ目
時刻歴	9212 Hz	7114 Hz	6094 Hz
固有値	9294 Hz	7117 Hz	6094 Hz
誤差	82 Hz	3 Hz	0 Hz
モデル II	欠陥 1 つ目	欠陥 2 つ目	欠陥 3 つ目
時刻歴	9205 Hz	9161 Hz	9151 Hz
固有値	9202 Hz	9161 Hz	9131 Hz
誤差	3 Hz	0 Hz	20 Hz

表-1 時刻歴振動数と固有値解析振動数と誤差

する。これらを議論するには、まず対象物の振動モードと共振周波数との関係を明らかにする必要がある。以上の結果により、構造物の損傷部に置ける固有値解析の固有振動数と時刻歴応答解析の振動数は一致していると考えられる。

5. 固有値解析によるコンクリート構造物の損傷と縦波伝播速度の関係に関する検討

ここでは、いくつかの損傷パターンについてパラメトリック解析を行い、欠陥の寸法や形状を推測するための基礎的検討を行う。

5.1 解析対象と解析条件

0.5m×0.5m×0.5mのモデル(要素の大きさは0.01m)でその内部に次の3パターンの損傷を想定し解析を行った。まず損傷パターン1として(図-6)欠陥の大きさを上下、左右、前後に一定間隔(0.01mずつ)で大きくさせた場合を想定した。つぎに損傷パターン2として(図-7)欠陥の大きさを左右、前後に一定間隔(0.01mずつ)で大きくさせ高さは0.01mで固定した場合、損傷パターン3として(図-8)欠陥の大きさを高さと同歩きを一定間隔(0.01mずつ)で大きくさせ幅は0.01mで固定した場合を想定した。

解析条件として解析モデルの下端の材料を剛性 ∞ とし解析を行った。材料定数は密度 2.3×10^3 (kg/m³)、ヤング係数 2.0×10^{10} (N/m²)、ポアソン比0.2とする。

5.2 解析結果

損傷パターン1では、欠陥の寸法が0.06(m)までは伝播速度にあまり影響はないがそれ以降は欠陥が大きくなるのに伴って伝播速度も徐々に低下した。損傷パターン2では、投影曲線のような図となることが分かった。損傷パターン3では、伝播速度の変化があまりなく、このことは伝播速度に影響する断面剛性はある程度の幅を持った部分に関与しているため軸方向の細い断面が大きくなっていても全体の剛性には影響を与えないことと考える。

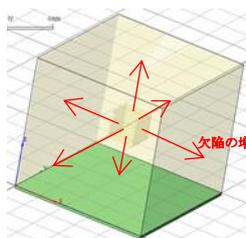


図-6. 損傷パターン1

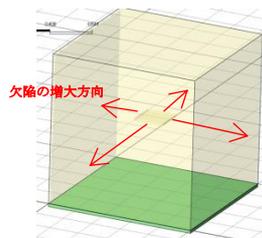


図-7. 損傷パターン2

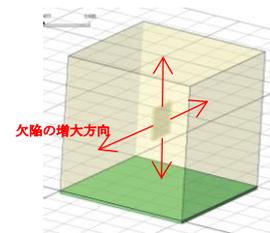


図-8. 損傷パターン3

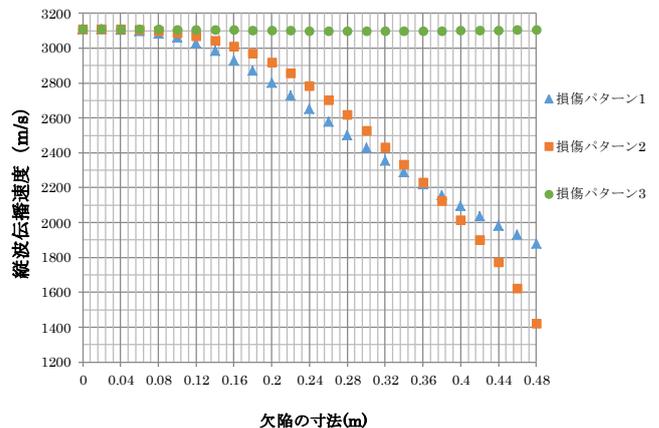


図-9 解析結果

6. 結論

4章では損傷箇所における周波数は時刻歴応答解析および固有値解析の固有モード振動数の値はほぼ同じと考えられる。よって、時刻歴応答解析を固有値解析で代用することが可能となる。

損傷パターン1では、欠陥の寸法が0.06(m)までは伝播速度にあまり影響はないがそれ以降は影響がある。損傷パターン2では、欠陥の寸法が大きくなるにつれて伝播速度へ影響する割合が大きくなる。損傷パターン3では、伝播速度の変化があまりないことが分かった。

参考文献

- 1) S.Lee,T.Kamada,S.Uchida,D.Linzell:Imaging defects in concrete structures using accumulated SIBIE,Construction and Building Materials ,Vol.67,Part B,Elsevier,180~185pp
- 2) 李相勲,鎌田敏郎,内田慎哉,遠藤孝夫:低周波数域の表示によるコンクリート構造物の欠陥測定,コンクリート構造物の非破壊検査論文集, Vol.5, 日本非破壊検査協会,153-158pp