

打音法による合成部材の未充填部検出のための有限要素法解析

早稲田大学建設工学専攻 学生会員 ○山下 雄太

早稲田大学建設工学専攻 フェロー 清宮 理

1. 目的 鋼コンクリート合成部材の施工不良により鋼殻内に発生する未充填部の非破壊検査法には、さまざまな方法がとられているが、本研究では打音法による検出を検討する。現在の打音法の問題点としては、打撃・判定が熟練した人間の手によるものであるため、連続的な測定が出来ないことや、客観的なデータが示せないため、未充填部の確認への説明力が足りないことが挙げられる。そこで、打音の波形を分析することによって未充填部をより正確に検出することを目標として、有限要素法を用いた解析を行い、過去に行った実験結果¹⁾と比較した。

2. 解析モデル 解析の対象としたのは図1に示すような実験供試体である。円柱形の空洞を持つ設計基準強度 24N/mm^2 の普通コンクリートの上面に鋼板（SS400）がスタッドジベル4本で固定されている。供試体の高さ30cm，縦横50cmである。板厚は、9,12,16,22mmの4ケースを設定した。この供試体を、8節点4角形の平面歪要素からなる、要素数6000程度の、図2のような二次元の有限要素モデルにモデル化して上面から衝撃荷重として与え、動的応答解析を行った。コンクリート部分の下面は固定境界で、周囲は自由境界とした。またひずみが小さいことから材料非線形性は考慮していない。減衰にはRayleigh減衰を用いた。必要となる係数 α 及び β は、各モデルごとに未充填部の鋼板を両端固定の梁と仮定して求めた固有振動数を基準に、減衰定数を1%に設定して計算した。打撃は、実験結果を参照して、周期0.08msecの三角波を、打撃する点への集中荷重で1/2周期分与えた。なお、最大荷重は5.0kNに設定した。数値積分は $t=0.02\text{msec}$ で2100ステップとした。

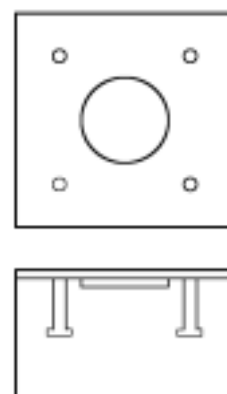


図1 実験供試体



図2 有限要素モデル

3. 解析結果 図3・図4は、比較の対象となる実験で、打音をマイクロホンで測定して得られた電圧波形である。図5・図6は解析によって得られた、未充填部及び充填部を打撃したときのモデル中央部（未充填部）での変位応答波形である。図7・図8は解析で得られた波形からFFTアナライザを用いてそれぞれのフーリエスペクトルを求めたものである。図9・図10は実験で得られた電圧波形のフーリエスペクトルである。

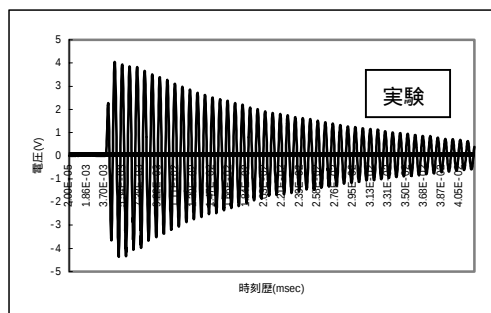


図3 電圧波形（未充填部）

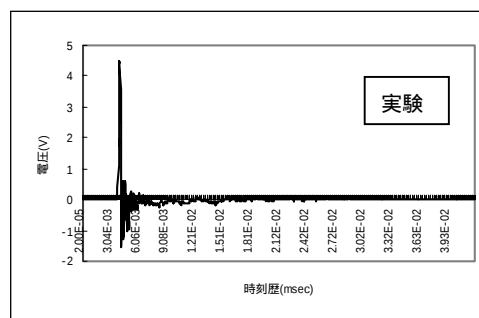


図4 電圧波形（充填部）

キーワード 打音法，有限要素法，合成部材，動的解析，

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館16F-01 TEL.03-5286-3852 FAX.03-5286-3852

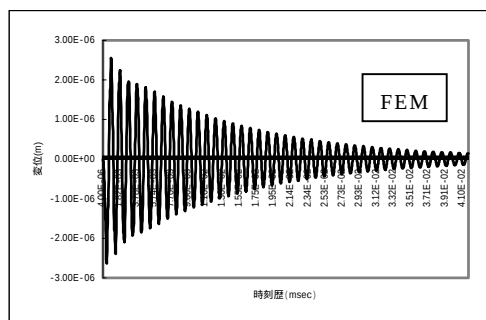


図5 変位応答波形（未充填部）

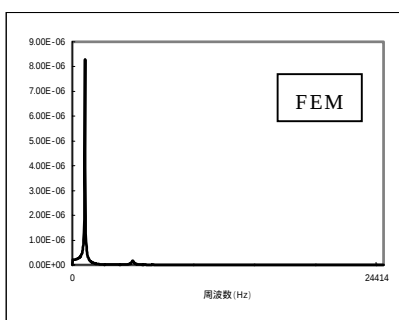


図7 フーリエスペクトル（未充填部）

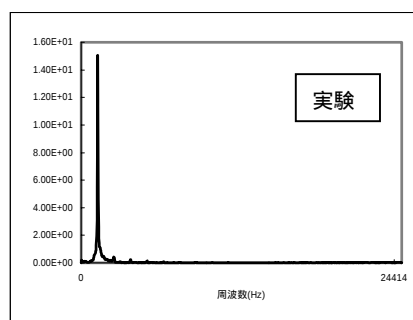


図9 フーリエスペクトル（未充填部）

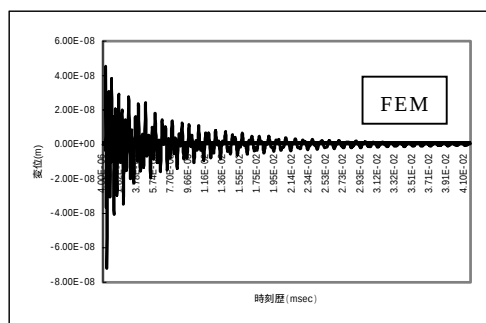


図6 変位応答波形（充填部）

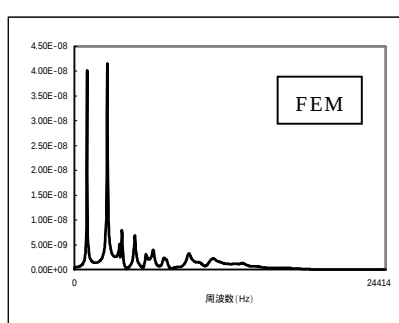


図8 フーリエスペクトル（充填部）

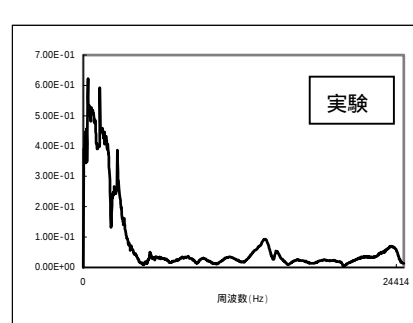


図10 フーリエスペクトル（充填部）

4. 考察

1) 波形とスペクトル： 未充填部においては、解析、実験とも空洞上部の鋼板の一次モード振動（1.2kHz程度）が卓越し高次振動が見られないことが確認された。充填部では振幅が小さくかつ約1kHzと3kHzの2個の振動数が解析では計算されたが実験では低振動数で white noise 的な振動数であった。解析結果は実験と一致する結果は得られなかった。

2) 板厚と卓越振動数： 板厚を変化させた場合について、スペクトルのピークとなる卓越振動数を比較した。実現象としては、充填部と未充填部との境界は完全固定ではなく、微小な隙間や剥離によりある程度の自由度があると考えられる。そこで、未充填部を、両端固定および両端ピンのはりであると仮定して求めた一次固有振動数の理論値を求め、実験値、FEM 解析値と比較したものが図 11 である。解析および実験の値は、二つの境界条件により求めた一次固有振動数の間にほぼ入った。このことから、打撃を与えた時の振動は、中間的な境界条件のもとで一次振動が卓越しているものと考えられる。FEM 解析においては、充填部と未充填部の境界は完全に固定されているものとしているが、両端固定のはりの値とは異なっている。また、板厚が大きくなるほど理論値から遠ざかっていた。

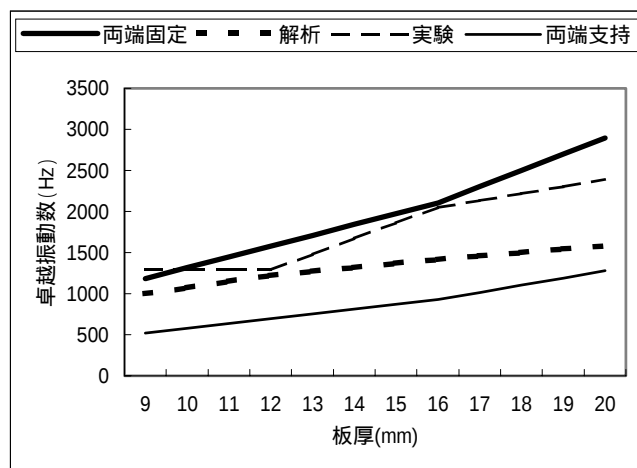


図11 板厚と卓越振動数

5. 参考文献 1) 壹岐直之, 清宮理 他 合成部材での未充填部の打音法検査, コンクリート工学年次論文集

Vol.23, No.1, pp.595-600, 2001.6 (2) 秋山哲治, 清宮理 他 合成部材での未充填部の打音検査に関する実物大実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, pp.1677-1682, 2002.6