

I-42

内包物を有する長方形ばりを伝播する応力波動特性に関する研究

北見工大 正員 三上 修一
 北見工大 正員 大島 俊之
 ㈱島田建設 正員 斎藤 隆行
 ㈱中神土木設計 正員 本間美樹治

1. まえがき

近年構造部材などに発生する局部的損傷をいち早くしかも精度良く発見することは構造部材の適切な維持管理の上で重要な問題となっている。このような構造部材中の欠陥を発見する有力な手段として超音波を用いた評価方法がある。しかし、コンクリートのような不均質な複合材料に対してはその動的挙動が複雑であることから研究の途上にある。著者らは超音波測定システムを用いたモルタル供試体の実験により Inclusionを有する長方形板の応力波動特性を明らかにしてきた¹⁾。本論文では多チャンネルの超音波測定システムを用いて、モルタル供試体にセンサーを配置して構造部材内部の応力波動伝播特性を実験的に明らかにすることを目的とする。ここではコンクリート中に内包物として存在する骨材や鉄筋、空洞をモルタル長方形板中にモデル化しこれによる応力波動の伝播特性を観測波形や周波数解析等から検討した。また、有限要素法による時刻歴応答解析も行い実験との比較を行った。

2. 実験概要

実験装置は、図1に示すような多チャンネルの超音波測定システムである。このシステムは4chのウェーブメモリーを中心に、入射・受信用に圧電型広帯域センサーを使い、受信した応力波をプリアンプを用いて増幅している。超音波の入射にはパルスジェネレーターを用い、センサーにパルス波を与えている。測定方法は、供試体を図2に示すように矢印の位置を入射点とし、△印で示す位置を測点1～測点38について測定を行った。測点間は2.5cmの等間隔とした。今回実験に使用した超音波測定システムは4chで測定を行うため測点1～4、測点5～8と4点ごとにセンサーを移動して実験を繰り返した（測点37、38は2点で測定）。センサーの設置に際しては測定条件が同じくなるようにセンサーと供試体の接触面にはグリースを塗って密着度をよくし、センサーを測定面に垂直に設置し、センサーをコイルばねで押し付けるようにして一定の圧力に調節した。データはサンプリング間隔 $0.1\mu s$ 、データ数8kwordで測定した。入射センサーには、パルスジェネレーターより継続時間 $10\mu s$ 、5Vのパルス波が入射される。これと同時にウェーブメモリーのトリガーが働き波形の記録が行われる。

供試体は、高さ30cm、長さ70cm、厚さ3cmのモルタル供試体中に長方形の内包物を作成した。モルタルは普通ポルトランドセメントと標準砂を水セメント比50%で配合し、打設後4週間水中養生してから実験を行った。内包物の位置は、図2のように中央に配置した。内包物と供試体表面までの距離（かぶり）を5cmとした。内包物は、高さ1cm、長さ10cm、厚さ3cmの鉄片と空洞の2種類とした。供試体は、モルタルのみの供試体「A00」、内包物として鉄片を有する供試体「S51」、空洞を有するもの「C51」と呼ぶことにする。これらの供試体より図2のように入射点直下に内包物として自由境界面がある場合や鉄筋等のようにモルタルに比べて弾性係数の極端に異なる材料がある場合の応力波動の伝播特性に与える影響を検討した。また、鉄片のかぶり量をパラメータとした、かぶりが3cmの供試体「S31」と1cmの供試体「S11」を作成して検討を行った。

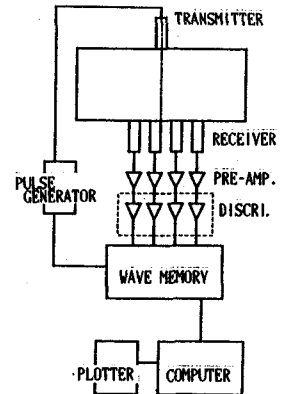


図1 多チャンネル超音波測定システム

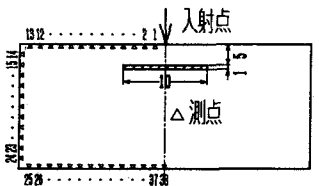


図2 測点配置

3. 実験結果

図3は供試体C51とS51の測点3で測定された波形を比較したものである。横軸は経過時間(μs)、縦軸は測定電圧(V)である。破線がS51、実線がC51を示す。この波形は伝播初期に最大振幅を示し、入射点表面を伝播する表面波と考えられる。測点1から測点3へと入射点から離れると供試体C51の最大振幅が小さくなっている。また、図4は図3と同様の比較をフーリエスペクトルで示した図である。縦軸はそれぞれのフーリエスペクトルの最大値で基準化している。また横軸は周波数(kHz)である。実線はC51、破線はS51を示す。ピークを示す周波数は破線が57kHzで実線は65kHzとわずかに大きくなっている。図5は鉄片のかぶり量を変えた場合の測点3で観測された波形を比較した図である。供試体S11、S31、S51とかぶりが大きくなると表面波の伝播が遅れる傾向がある。これは鉄片の位置によって初期波動伝播に影響があるためと考えられる。図6は、同様の比較をフーリエスペクトルで示した図である。ここで、150kHz、250kHz付近のピークはかぶりが大きくなるほどピーク高さが小さくなっている。

4. 理論解析と実験結果との比較

実験に用いた供試体内部に於ける応力波動伝播特性の検討を行うために有限要素法による時刻歴応答解析を行った。解析には北見工業大学情報処理センターのアプリケーションプログラムを用いた。モルタルの弾性係数は $300000\text{kg}/\text{cm}^2$ 、密度 $2.3\text{kg}/\text{cm}^3$ 、ポアソン比0.17、減衰定数0.03であるとした。入射波形には、実験から得られた入射点近傍の測定波形を用いた。要素寸法は波長の1/10にあたる1cmとした。計算時間間隔は $0.1\mu\text{s}$ とした。図7は、供試体S51の測点36で測定された実験波形と加速度応答結果を比較したものである。縦軸は加速度表示と測定電圧表示である。横軸は経過時間(μs)である。ここで伝播初期に於いて両者の位相はほぼ一致する。

5. まとめ

本研究では、多チャンネルの超音波測定システムを用いて、モルタル中の内包物が応力波動の伝播特性に与える影響について実験的に検討を行った。また、有限要素法による時刻歴応答解析を行い実験結果との比較を行った。理論解析による供試体内部での応力波動伝播特性の解析を進め、実験結果との比較検討を進める必要がある。本研究の実施に当り平成元年度・平成2年度文部省科学研究費奨励研究A(研究者三上修一)の補助を受けました。

参考文献

- 1) T.Oshima, S.Mikami, S.G.Nomachi: Analysis of Stress Wave Propagation in Composite Rectangular Beam in the Case of Ultrasonic Pulse Method, 土木学会論文報告集No.416/I-13, 1990.4.

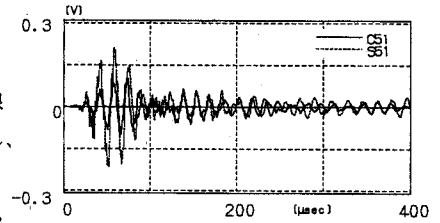


図3 内包物の材質による観測波形の比較(測点3)

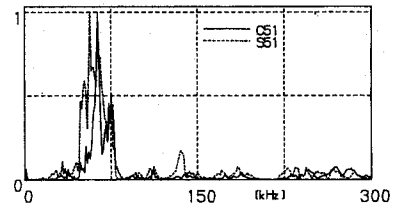


図4 内包物の材質による周波数解析の比較(測点3)

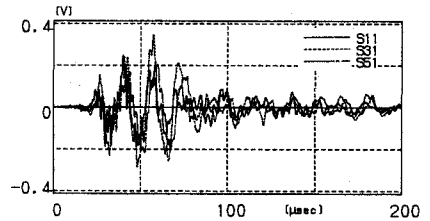


図5 鉄片のかぶりによる観測波形の比較(測点3)

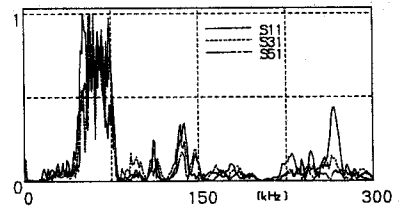


図6 鉄片のかぶりによる周波数解析の比較(測点3)

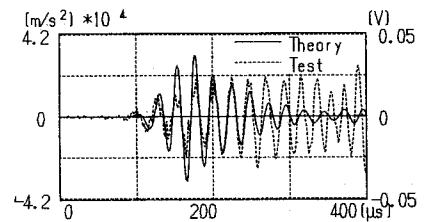


図7 供試体S51の応答波形の比較(測点36)