

空洞が弾性波動に及ぼす影響の動的 FEM による検討

東海大学○学生員 鈴木克利 正会員 笠井哲郎 正会員 極檀邦夫
アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

1. はじめに

コンクリート構造物の中にある空洞などの内部欠陥があった場合、その内部欠陥によって波動の伝搬にどのような影響を及ぼすのか実際に見ることはできない。そこで、本研究では、空洞のあるコンクリート板を鋼球で打撃し弾性波を加速度計で測定した結果と LS-DYNA によるシミュレーションを比較検討した。

2. 実験概要

2-1 供試体と測定方法

供試体は、 $900 \times 1200 \times$ 厚さ 250mm の普通ポルトランドセメント、圧縮強度 38MPa のコンクリートである。供試体下部に底面剥離 50mm を設けた部分は厚さ 200mm と薄くなっている。コンクリート表面からかぶり厚さ 50mm に発泡スチロール $200 \times 200 \times 50\text{mm}$ を埋設し疑似空洞とした。測点は供試体を縦、横方向に 5cm 目盛りの方眼である。コンクリート表面を鋼球 15mm で打撃し、約 5cm 離れた点に加速度計(PCB352C66)を手で押しつけ測定した。測定器は、2ch, サンプルングクロック $1\mu\text{s}$, 記録データ数 $8000/\text{ch}$ を使用した。

2-2 FEM 解析

コンクリート供試体の中に空洞があった場合、その空洞によって弾性波がどのような挙動を示すのか汎用解析プログラム LS-DYNA を用いて動的な FEM 解析を行った。弾性係数 36.5GPa , ポアソン比 0.20 , 密度 2400kg/m^3 とする。衝撃荷重は継続時間 $100\mu\text{s}$ の半波正弦波とし、荷重点近傍で加速度波形を出力する。解析は、空洞のない部分と空洞部分の真上の部分に 1N の衝撃荷重をかけ、それぞれの応答波形を MEM により解析する。そして、解析結果から得たデータと実際に測定した測定結果とを比較する。

3. 測定および解析結果

3-1 LS-DYNA による弾性波伝搬シミュレーション

弾性波の空洞による影響を視覚的に検討するために LS-DYNA によって供試体内部での弾性波伝搬シミュレーションを行った。図-1 に厚さ 250mm 、厚さ 200mm 、空洞 50mm 、の弾性波伝搬シミュレーション結果を示す。厚さ 250mm の場合、弾性波が円状に伝わり供試体底面に到達、底面で反射し再び供試体表面に伝

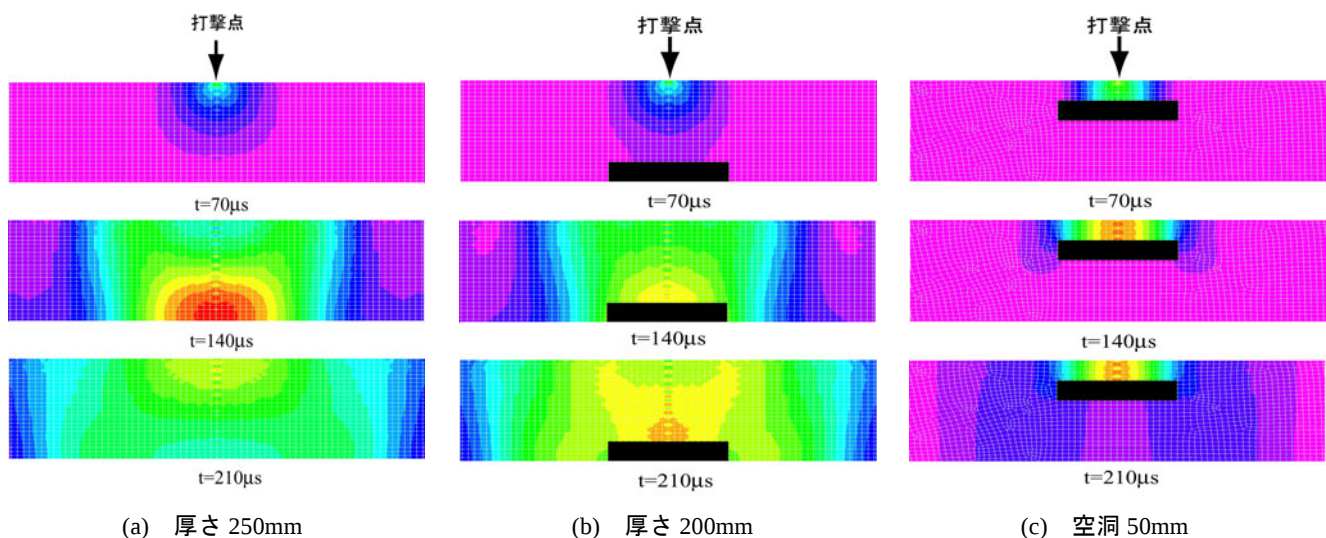


図-1 LS-DYNA による弾性波伝搬シミュレーション結果

キーワード：コンクリート、内部空洞、弾性波動、FEM 解析、MEM スペクトログラム

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学工学部土木工学科 TEL 0463-50-2054E-mail gokudan@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

搬する。つまり、弾性波が供試体表面と底面の間を往復する挙動(多重反射)を示していることがわかる。厚さ 200mm の場合も同様に、弾性波が底面で反射し、供試体の表面と底面間で反射を繰り返す多重反射が観測される。一方で、厚さ 50mm の空洞の場合は供試体表面と空洞間に存在する成分と、空洞を回折して伝搬する成分とが存在することがわかり空洞がない場合と異なる挙動を示した。

3-2 MEM スペクトログラムと LS-DYNA 波形の比較

空洞のない場合と空洞のある場合の測定結果と解析結果を比較し空洞による影響を検討する。厚さ 250mm、厚さ 200mm、空洞 50mm の真上の部分にそれぞれ衝撃荷重を作用させたときの速度波形と MEM スペクトログラムを比較する。測定および LS-DYNA より得られた速度波形と MEM スペクトログラムを図-2 に示す。測定波形と DYNA の波形ともに打撃直後直ちに減衰してしまい振幅は非常に小さい。MEM スペクトログラムにおいても厚さ 250mm にスペクトルが集中しており測定値と解析値が一致した。

図-3 に厚さ 200mm の速度波形と MEM スペクトログラムを示す。速度波形は厚さ 250mm と同様で、すぐに減衰し振幅も小さい。MEM スペクトログラムは厚さ 200mm にスペクトルが集中し測定値と解析値が一致した。図-4 に空洞 50mm の速度波形と MEM スペクトログラムを示す。空洞 50mm の測定波形では正弦波に近いきれいな波形となり、減衰も緩やかで他とくらべ振幅も大きくなる。DYNA によって得られた波形においても波形、減衰、振幅において測定波形と同じ傾向を示した。MEM スペクトログラムでは測定値ではスペクトルが厚さ 550mm 付近をうねるように時間的に変化しているのに対し、解析値では、厚さ 780mm 付近スペクトルが時間的に変化して存在している。空洞 50mm では、波形、減衰、振幅の特徴からたわみ振動が発生していると推測される。解析では 2 次元モデルを用いており、実際の 3 次元的な現象とは異なるために空洞 50mm の波形の周波数が異なったと考えられる。

4. まとめ

長方形のコンクリート供試体に底面剥離と表層空洞を設けて、鋼球打撃による弾性波動を測定した。実測の弾性波動と動的 FEM(LS=DYNA)を用いて弾性波シミュレーションをおこない検討した。

- (1) LS-DYNA による伝搬シミュレーションから厚さ 250、200mm では多重反射振動が、かぶり厚さ 50mm の空洞では、たわみ振動が発生することが理解できた。
- (2) 厚さ 250mm、200mm の空洞のない場合の実測波形と DYNA のシミュレーション波形とは、ほぼ一致した。MEM スペクトログラムによる厚さもほぼ同じになった。特に、かぶり 50mm の空洞におけるたわみ振動の様子が LS-DYNA により時系列で把握できた。

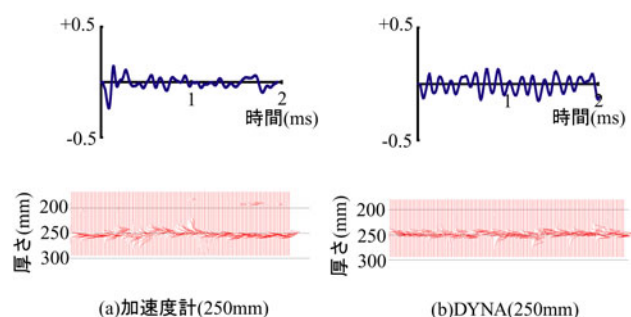


図-2 厚さ 250mm の速度波形と MEM スペクトログラム

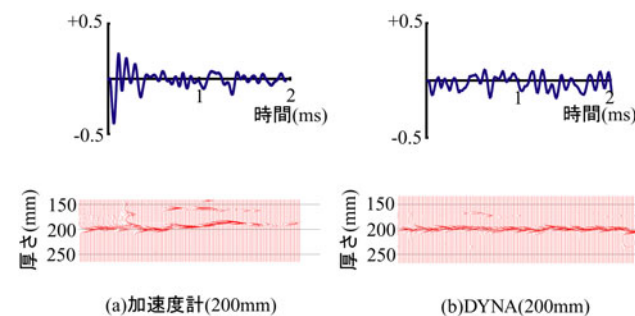


図-3 厚さ 200mm の速度波形と MEM スペクトログラム

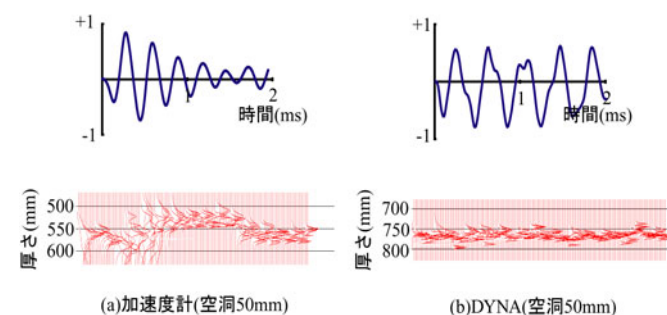


図-4 空洞 50mm の速度波形と MEM スペクトログラム