

トンネル覆工の打音調査を模擬した試験の音・振動連成解析

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○舩越 宏治 津野 究 嶋本 敬介
アドバンスソフト (株) 非会員 加藤 国男 徳永 健一 松原 聖

1. はじめに

トンネル覆工の打音調査は、簡便であり即時に結果が得られるが、検査者の経験や感覚で判定するため、結果が定性的で個人差が大きいという課題があることから、定量的に健全度を判定できる手法が望まれている。そこで、コンクリートの変状と打音時の音や振動との関連性を把握するために、トンネル覆工コンクリートを模擬した試験体において打音試験を行った¹⁾。

今回、この打音試験を対象として音響シミュレーション解析を実施し、打音試験の計測データを数値解析で再現するとともに音の伝播状況を可視化したので報告する。

2. 打音試験概要

図1に示すような幅2,000mm、高さ1,500mmの試験体の中央部をインパクトハンマーで打撃し、コンクリート表面の振動加速度を圧電型加速度ピックアップで計測した。また、コンクリート表面から30cm離れた位置に騒音計のマイクロフォンを設置して空気伝播音の音圧を計測した。

試験体は、表1に示す試験体A(巻き厚500mm、内部空洞なし)、試験体B(巻き厚500mm、内部空洞あり)の2ケースとした。なお、コンクリートの背面は砂が充填されている。

3. 数値シミュレーション

(1) 解析概要

打音試験時の試験体内の振動伝播を対象とした三次元動的解析²⁾により得られたコンクリート板表面の時刻歴振動データを入力として、打撃音の空気伝播を解析した。ここでは、音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise³⁾を用い、打撃音の空気中への伝播を周波数領域で解析している。解析モデルは、1/4モデルとし、解析領域は図2に示すように打撃振動面は幅1.0m、高さ0.75m、無限要素を1.25mと設定した。また、メッシュを四面体一次元要素の10mmサイズとし、空気の材料物性値は、質量密度を1.2kg/m³、音速を343m/sとした。



図1 打音試験の概要¹⁾

表1 打音試験の試験体¹⁾

試験体	A	B
巻き厚	500mm	500mm
空洞	なし	あり
試験体形状		

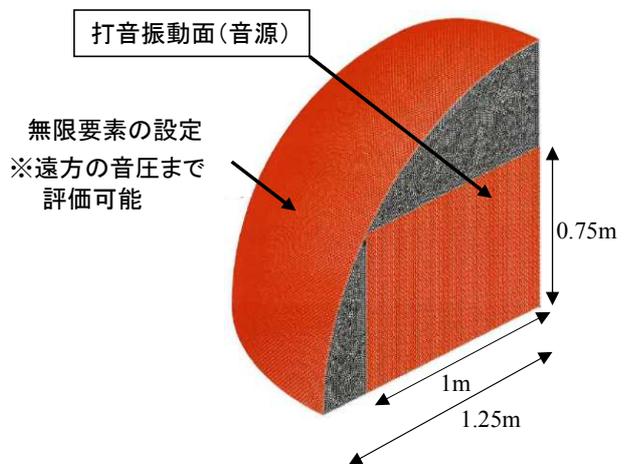


図2 解析モデル

キーワード 打音試験, トンネル, 音響解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7266

(2) 音圧

試験体 A (内部空洞なし) における打撃音の伝播に関する解析結果と打音試験でのマイクロフォンによる音圧測定結果を周波数領域で比較したグラフを図 3 に示す。解析値と計測値の音圧のレベルが周波数 1,000Hz までは比較的一致しているが、周波数 1,200Hz を超えたあたりから計測値との差がみられた。

試験体 B (内部空洞あり) における打撃音の伝播に関する解析結果と打音試験でのマイクロフォンによる音圧測定結果を周波数領域で比較したグラフを図 4 に示す。音圧の最大値とそのピーク時の周波数は明確に表れたが、解析値の音圧は計測値の 2 倍程度であった。

(3) 振動速度と音圧のコンター

試験体 A (内部空洞なし) における周波数 1,260Hz の打音振動面の振動速度 (入力値) と打撃音の音圧 (解析結果) を図 5 に示す。底面に振動速度を、2 つの側面に音の空間分布 (音の実数部) を示している。図には、打撃位置およびコンクリート位置から 30cm 離れたマイクロフォンの位置を示している。入力となる振動速度は、打撃位置付近のレベルが最も高くなっており、その入力にしたがって、音の空間分布も打撃位置付近を中心に複数の箇所へ放射されている。

試験体 B (内部空洞あり) における周波数 1,040Hz の打音振動面の振動速度と打撃音の空間分布を図 6 に示す。入力となる振動は、試験体 A と同様で打撃位置付近のレベルが高くなっているが、音の空間分布は打撃位置付近を中心としてきれいに放射している様子がわかる。

4. まとめ

打音調査時に発生する音を対象に、振動・音連成解析を行い、音の空間的分布を把握し、打音試験で得られた空気伝播音との音圧がピークとなる周波数が合う結果が得られることを確認した。

5. 参考文献

- 1) 船越宏治, 津野究, 嶋本敬介, 上野慎也, 西金祐一郎: トンネル覆工を想定したコンクリート試験体の打音試験, 第 52 回地盤工学研究発表会講演集, 2017. 7
- 2) 津野究, 嶋本敬介, 船越宏治, 菅原健太郎: トンネル覆工試験体の打音試験を対象とした数値シミュレーション, 第 72 回年次学術講演会講演概要集, 2017. 9
- 3) 松原聖: 音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise の解析手法, アドバンスシミュレーション, Vol. 15, 2013. 5

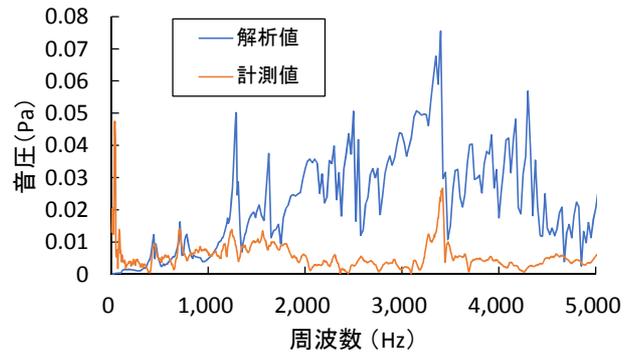


図 3 試験体 A 周波数と音圧 (30cm)

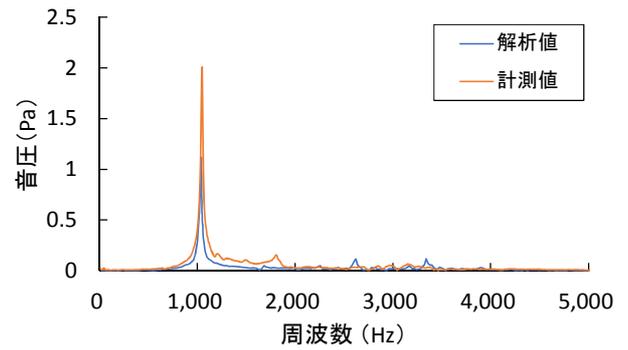


図 4 試験体 B 周波数と音圧 (30cm)

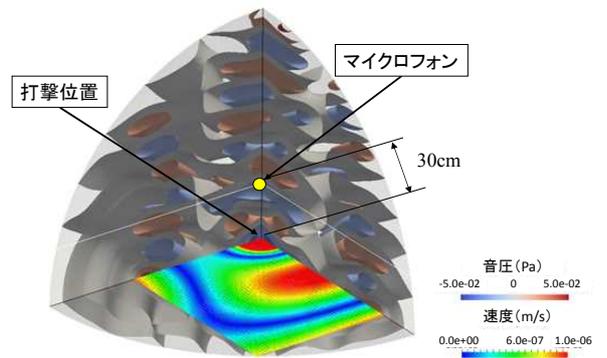


図 5 試験体 A 振動と音響のコンター (1,260Hz)

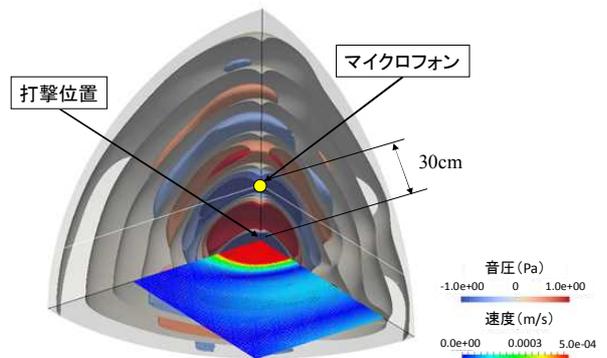


図 6 試験体 B 振動と音響のコンター (1,040Hz)