

鉄道トンネルの打音調査を対象とした音・振動連成解析

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○津野 究 舩越 宏治 嶋本 敬介
アドバンスソフト (株) 非会員 清野多美子 尾川 慎介

1. はじめに

トンネル覆工の検査においては、目視と打音調査が基本となる。今回、鉄道トンネルにおける打音調査を対象に数値解析を行い、音の伝播状況の把握を試みたので報告する。

2. 解析概要

図1に示すような鉄道トンネルを対象に、音響解析ソフトウェア Advance/FrontNoise¹⁾ を用いて、打音調査時の打撃音の空気伝播を解析した。解析モデルについては、トンネル縦断方向に対称な 1/2 モデルとし、図1のようにトンネル縦断方向に 1m の範囲を三次元ソリッド要素（四面体一次要素）でモデル化した。また、遠方への音の伝播を考慮できるように無限境界面を設定し、無限境界の曲率半径を 38.7m として、曲率半径が極力大きくなるよう設定した。解析メッシュは節点間隔が 30mm 程度となるようにした。解析メッシュの節点数は 4,184,648、要素数は 24,770,008 である。

解析においては、内部空洞がある試験体を打撃した試験（図2）を対象に三次元動的解析²⁾を行い、これより得られたコンクリート板表面（1×1.5m の範囲）の時刻歴振動データを入力値として用いた。三次元動的解析により得られた時刻歴加速度波形および振動加速度スペクトルを図3に示すが、1040Hz にピークを有する結果となっている。

なお、空気材料物性値は、質量密度を 1.2kg/m³、音速を 343m/s とした。

3. 解析結果

(1) 覆工壁面の影響

覆工壁面の影響を把握するため、左右対称とした 1/4 モデルを用いて、完全吸収条件と壁面反射条件の 2 ケースについて解析を行い、結果を比較した。

解析により得られた音圧分布のうち、三次元動的解析により得られた振動加速度スペクトルにピークが見られた 1040Hz の結果を図4に示す。これより、

キーワード トンネル、打音調査、音響解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

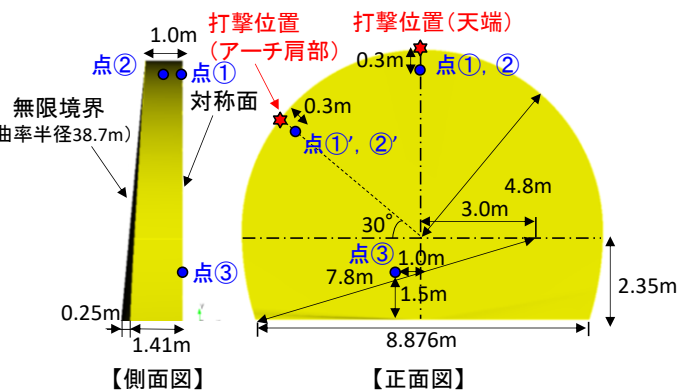
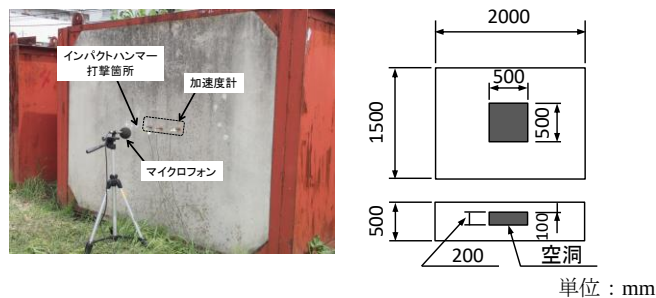
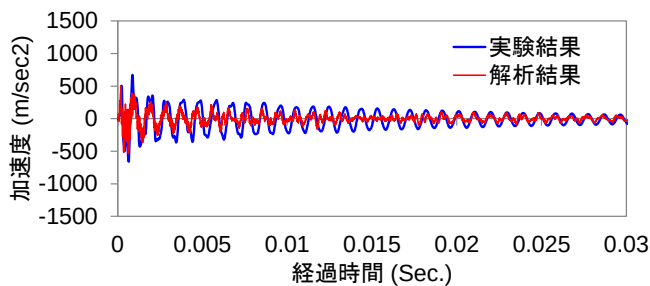


図1 解析対象

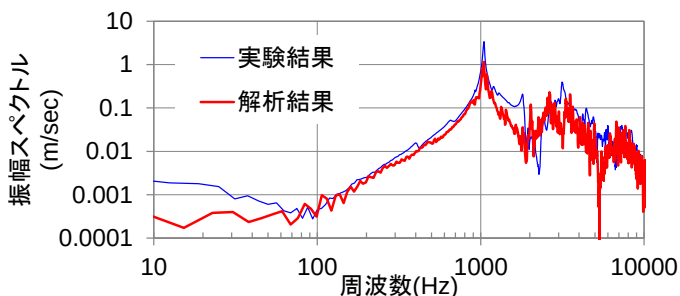


(a) 打音試験の状況 (b) 解析対象とした試験体

図2 打音試験の概要²⁾



(a) 時刻歴加速度波形



(b) 振動加速度スペクトル

図3 三次元動的解析結果の例²⁾

トンネル壁面における反射の影響があることが確認できた。

(2) トンネル内部の音圧分布

天端を打撃したケースについて、図1の点①～③における音圧スペクトルを図5に示す。これより、内部空洞がある場合には、コンクリート表面の振動特性と同様の周波数にピークが発現することが確認できた。

つぎに、天端を打撃したケースおよびアーチ肩部を打撃したケースについて、音圧の分布を図6に示す。このように、音・振動連成解析を行うことにより、音の伝播性状が空間的に把握できることが分かった、

4. おわりに

鉄道トンネルにおける打音調査を対象に数値解析を行った。これより、内部空洞がある場合には、振動特性と同様の周波数にピークが発現することや、音の伝播性状が空間的に把握できることが確認できた。

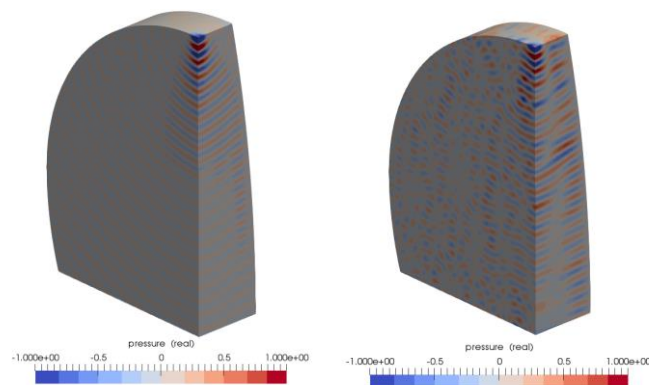


図4 音圧分布 (1040Hz)

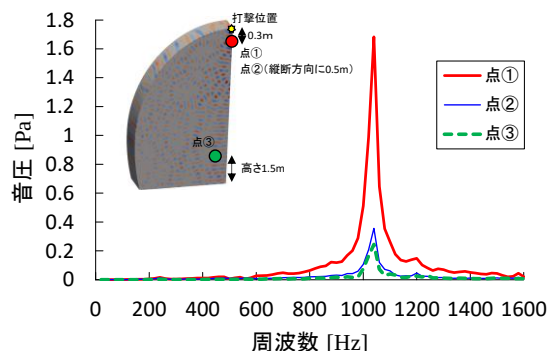


図5 音圧スペクトル

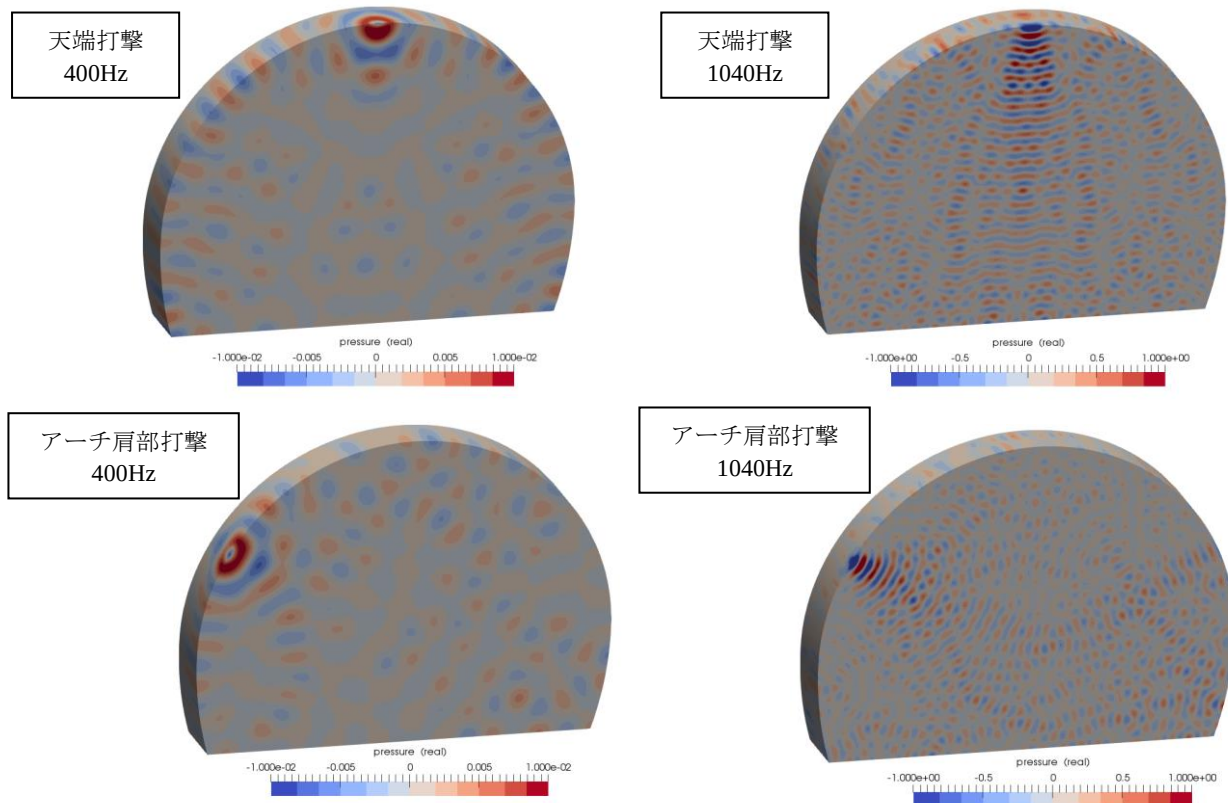


図6 音圧分布

参考文献

- 1) 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
- 2) 津野究, 嶋本敬介, 舩越宏治, 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