

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

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○津野 究 嶋本 敬介 舩越 宏治
(株)地層科学研究所 正会員 菅原 健太郎

1. はじめに

鉄道トンネルの検査の基本である打音調査を模擬した試験を行い、変状と打音時の振動特性について検討を行った。今回、この打音試験を対象としたシミュレーションを行い、試験結果と比較したので報告する。

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を用いて計測した。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）および試験体C（巻き厚100mm、内部空洞なし）の3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

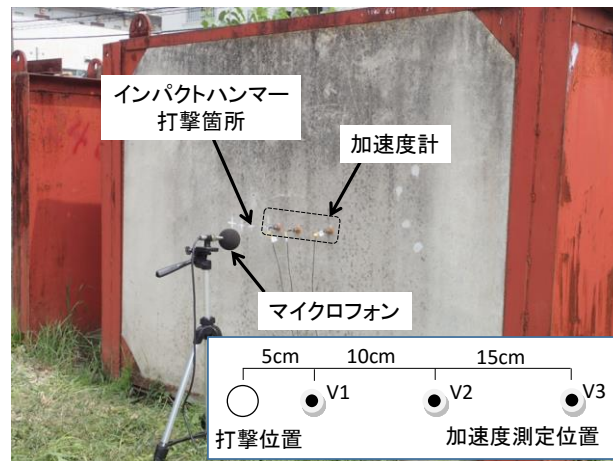
(1) 解析概要

有限差分法プログラムFLAC3Dを用いた動的解析を行った。解析モデルは、打音試験で用いた試験体が上下左右対称であることから1/4モデルとし、要素が1辺25mmの直方体となるように分割した。入力物性値については、コンクリートの弾性係数 E を $40,000\text{N/mm}^2$ 、密度 ρ を 2.3g/cm^3 、ポアソン比 ν を0.2、減衰定数 h を0.3%とした。なお、試験体Bについては、コンクリートの弾性係数 E を $18,000\text{N/mm}^2$ としている。背面の砂についてもモデル化し、弾性係数 E を 40N/mm^2 、密度 ρ を 1.5g/cm^3 、ポアソン比 ν を0.35とした。

加振については、インパクトハンマーのデータから時刻歴の加振力波形（ 1.0×10^{-6} 秒間隔、0.1秒間）を作成し、打撃位置に入力した。

(2) 時刻歴振動加速度

試験体AおよびBについて、V1測点で計測された時刻歴加速度波形を図2に示す。これより、打音試験では、内部空洞がある場合に減衰時間が長くなっているが、解析でもこの傾向が表現できていることが確認できる。

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	C
巻き厚	500mm	500mm	100mm
空洞	なし	あり	なし
試験体形状			

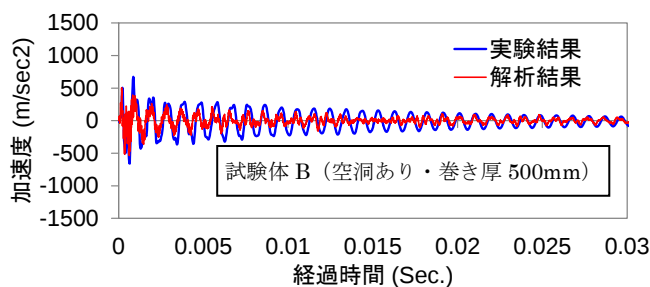
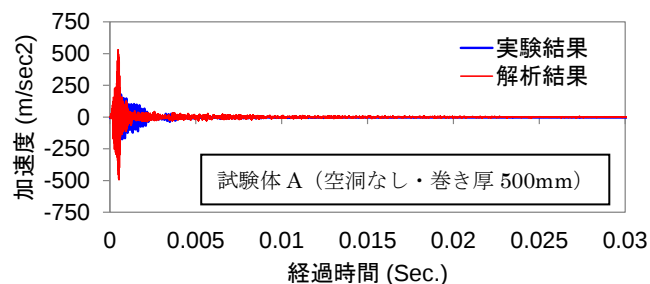


図2 時刻歴加速度 (V1 測点)

キーワード トンネル, 打音試験, 解析

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7266

(3) 振動加速度スペクトル

打音試験および解析より得られた V1 測点の振動加速度スペクトルを図 3 に示す。打音試験においては、内部空洞がある試験体 B において、空洞範囲の測点で板のたわみ振動と想定される 1000Hz 付近のピークが確認されたが、解析でも同様の傾向が確認できる。試験体 A および C についても、解析結果は試験結果と概ね対応していることが確認できる。

つぎに、内部空洞がある試験体 B について、V2 および V3 測点の結果を図 4 に示す。これより、空洞範囲の V2 測点でも 1000Hz 付近のピークが見られる一方、空洞範囲外の V3 測点ではこれが明瞭でないなど、解析結果は試験と概ね対応している。

(4) 振動加速度コンター

内部空洞がある試験体 B について、振動加速度のコンターを図 5 に示す。これより、時間とともに振動が伝播していく状況が確認できる。

4. おわりに

打音調査を模擬した試験を対象としたシミュレーションを行い、解析結果と試験結果が概ね対応することが確認できた。今後は、空洞の範囲や寸法を変えた場合の振動特性を把握したいと考えている。

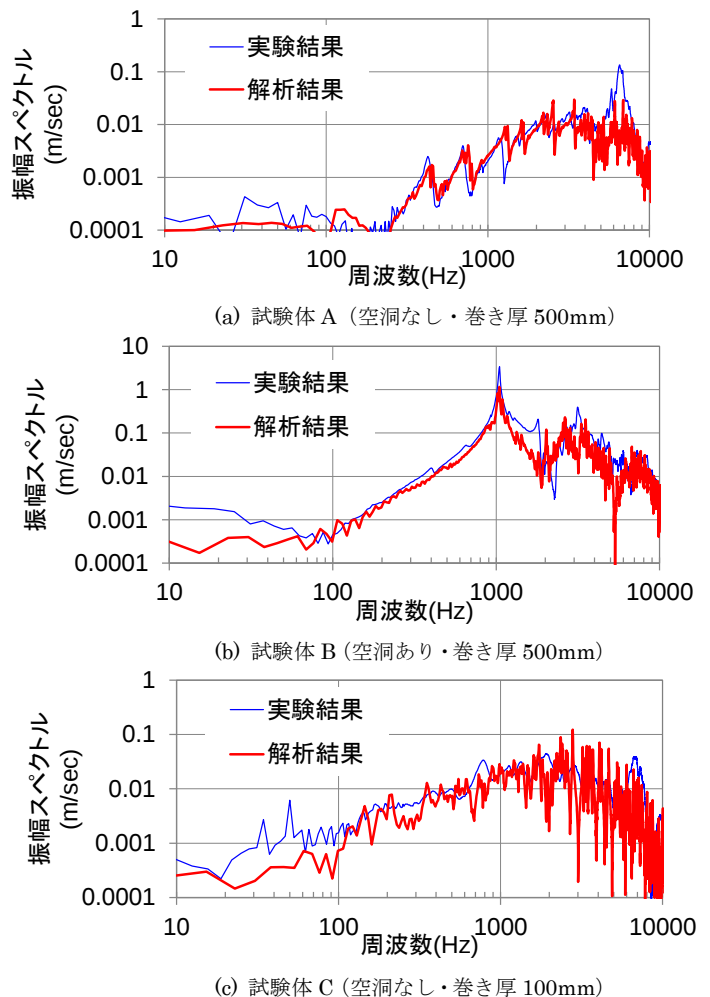


図 3 振動加速度スペクトル (V1 測点)

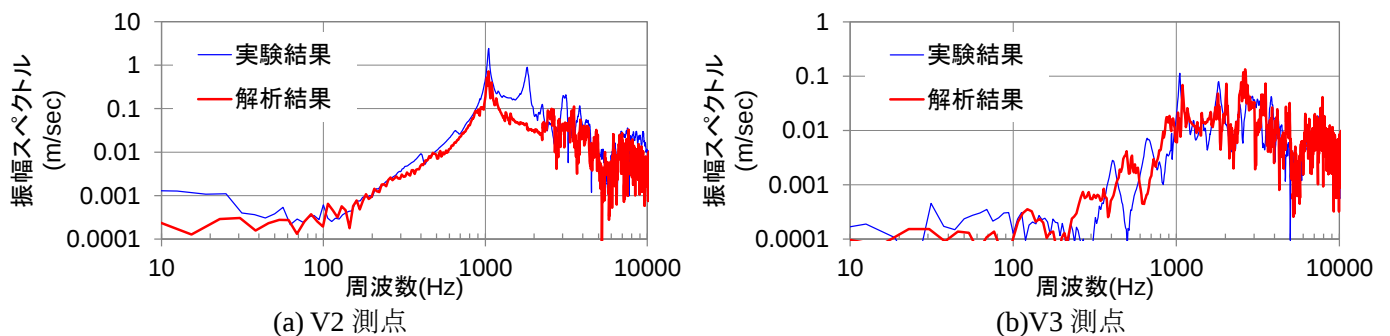


図 4 振動加速度スペクトル (試験体 B (空洞あり・巻き厚 500mm))

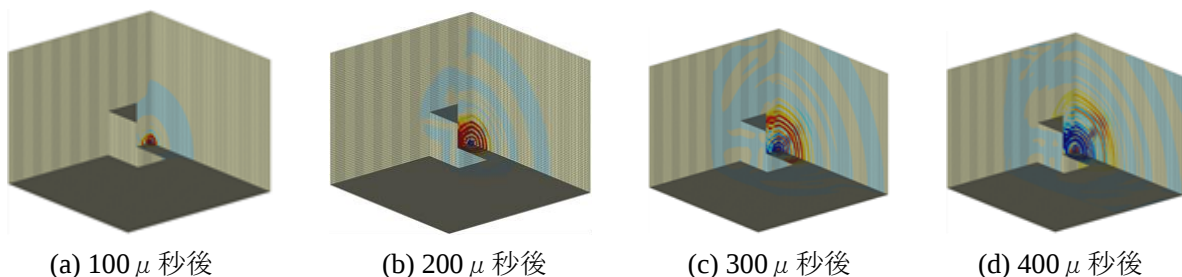


図 5 振動加速度のコンター図 (試験体 B (空洞あり・巻き厚 500mm))

参考文献

- 1) 船越宏治, 津野究, 嶋本敬介, 上野慎也, 西金佑一郎: 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