

開削トンネルのトンネル構造が列車振動伝播に与える影響の検討

早稲田大学 学生会員 ○折原 佳帆
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 津野 究
 日本工営 (株) 正会員 古田 勝

1. はじめに

地下鉄道に近接した構造物においては、列車走行に伴う振動や振動に起因した固体音が知覚されることがある。シールドトンネルについては、測定データが蓄積され、固体音で対象となる周波数帯域も含めて地盤中の振動伝播について検討されている¹⁾。しかし、開削トンネルは構造の形状が複雑であることなどから、振動伝播の性状が複雑であると考えられ、振動の伝播性状が十分に解明されていないのが現状である。そこで本研究では、開削トンネルからの振動伝播について2次元FEMを用いて解析し、トンネルの部材厚さと中壁構造についての検討を行った。

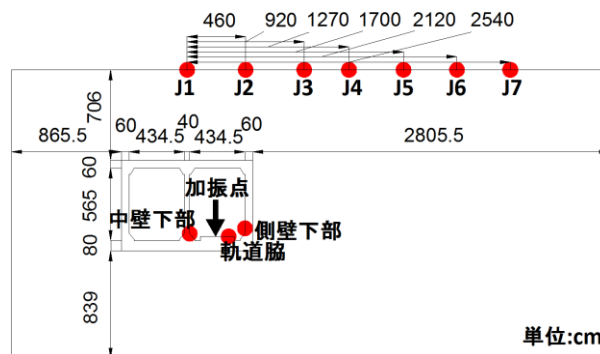


図1 解析対象

2. 解析概要

本研究では、地下鉄開削トンネルでの現場測定²⁾を実施した箇所のトンネル寸法および土被りを用いて、解析を行った。今回の対象地点では、トンネル内に3箇所、地表面に7箇所の測定点を設けている。

本解析では有限要素として8節点アイソパラメトリック要素を用い、解析範囲の側方と底面を粘性境界とした。要素数は3750、節点数は11605、基本要素長は50cmである。入力加速度波形は、1列車通過中に軌道脇で測定された鉛直方向振動加速度²⁾のうち1.024秒間を切り出し、図1に示す加振点に直接入力した。この列車における列車速度は約40km/hである。解析には、均一地盤を用いた。解析に用いた地盤およびトンネルの物性値を表1に示す。地盤減衰には式(1)に示すレイリー減衰を用い、定数 α 、 β の値は既往の研究³⁾を参考に表2の値とした。

表1 地盤物性値

	せん断波速度 m/s	単位体積重量 kN/m ³
地盤	200	18
トンネル	2500	23.4

表2 比例減衰定数

	α	β
地盤	8.43	1.760×10^4
トンネル	0.377	1.582×10^4

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K] \quad (1)$$

ただし、 $[C]$: 減衰マトリクス、 $[M]$: 質量マトリクス、 $[K]$: 剛性マトリクスである。

3. 解析結果

3.1. トンネルの部材厚さの影響

トンネルの上床板、側壁、下床の厚さが振動伝播性状に及ぼす影響について検討した。本検討では、部材厚さを30cm～100cmの範囲で変化をさせて比較を行った。

本検討では、地盤内における振動の減衰性状を示すため、軌道脇鉛直方向の1/3オクターブバンド分析による

キーワード 地盤振動、開削トンネル、地下鉄道

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学術院赤木研究室 Tel.03-5286-3405

る振動加速度レベルをトンネルの加速度の代表値とみなし、これを基準とした相対的な地表部鉛直方向の1/3オクターブバンド分析による振動加速度レベル（以下「振動伝達量」）を、地盤内の減衰と仮定して計算した。

図1に示すJ3とJ6について、鉛直方向の1/3オクターブバンドごとの振動伝達量を図2に示す。これより、部材が厚くなるにつれ、振動伝達量が大きくなる傾向がみられる。これは、部材が厚くなると開削トンネルの曲げ剛性が増大してトンネル内の振動が大きくなり、そのまま地盤へと伝わっていることによるものと考えられる。また、J6では、J3と比べて、40Hz以下でこの傾向が顕著であり、80Hz以上の周波数域では部材厚さによる影響が小さくなっている。

3.2. 中壁構造について

1層2径間の開削トンネルでは、中壁構造のほかに中柱構造が採用される可能性がある。本検討では、中壁部分の構造が振動伝播性状に及ぼす影響を検討した。本検討では、図1に示す中壁構造モデル（以下「モデルA」）のほか、中壁部の要素幅を1/2にしたモデル（以下「モデルB」）、中壁部を取り除いたモデル（以下「モデルC」）を作成して比較した。

図1に示すJ2およびJ6について、鉛直方向の1/3オクターブバンドごとの振動伝達量を図3に示す。これより、モデルAとBの間には明瞭な差がみられない。モデルCについては、J2では80Hz以下、J6では50Hz以下で、モデルA、Bに比べ振動伝達量が小さくなるが、100Hz以上ではこの差が小さくなる傾向がみられる。これより、中壁構造と中柱構造では振動伝達量の差は小さいが、中壁部分を取り除いた場合は80Hz以下で振動伝達量が小さくなることがわかった。

4. まとめ

本検討では、開削トンネルと対象として振動伝播についての2次元FEM解析を行い、トンネルの部材厚さや中壁構造が振動伝播性状に及ぼす影響について検討し、その結果、両者とも特にトンネルに近い地点では影響があることを確認した。今後も影響要因についての検討をさらに進め、周波数特性を考慮した予測法の提案を目指したいと考える。

参考文献

1)津野, 古田, 藤井, 長嶋, 日下部: 地下鉄シールドトンネルから伝播する広帯域振動の減衰特性, 土木学会論文集, No.792/III-71, pp.185-197, 2005, 2)津野, 伊積, 折原, 赤木, 古田: 地下鉄開削トンネルにおける列車走行時振動の測定例, 土木学会第69回年次学術講演会, VII-031, pp.61-62, 2014, 3)松本, 古田, 津野, 長嶋: 地下鉄走行時振動のFEM解析における要素寸法と精度に関する検討, 鉄道技術連合シンポジウム, pp.553-556, 2006

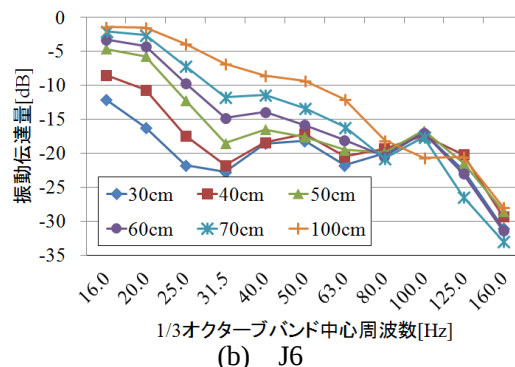
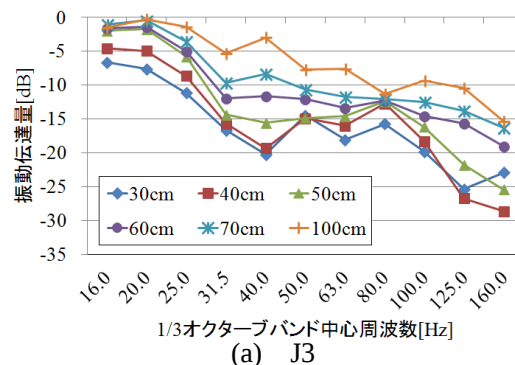
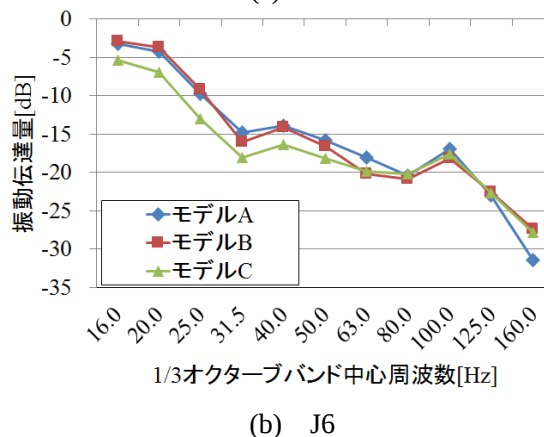
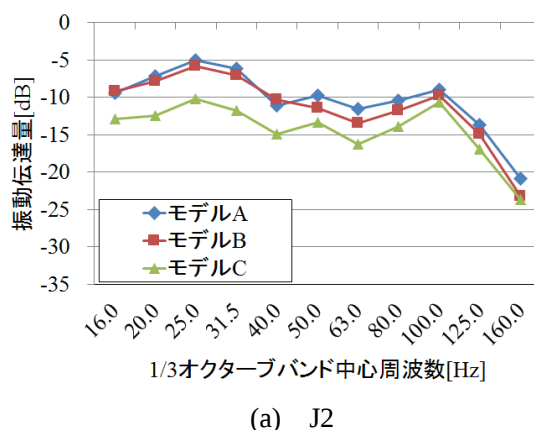


図2 振動伝達量



(b) J6

図3 振動伝達量