

IV-276

トンネル土被りの地下鉄走行時振動に対する影響について

東京都立大学 学生会員 ○池田 学
 東京都交通局 正会員 古田 勝
 東京都立大学 正会員 長嶋文雄

1 はじめに 地下鉄の列車走行に伴う地盤振動は、一般にシールドトンネルの土被りが大きいほど、地表面においては振動加速度のレベルが低くなる傾向を示すが、土被りが約20mを越える場合には振動のレベルが急激に低下する例が多く見られる。この振動の減衰傾向の理由としては、単に振動の伝播距離の増加のみでなく、トンネル周辺地盤が何らかの影響を及ぼしているものと考えられる。

本報告では、これらのシールドトンネルの敷設位置が地表面の振動加速度へ及ぼす影響を検討するため、地下鉄単線シールドトンネルを例にFEMによる振動のシミュレーション手法¹⁾により、土被りを変えたシミュレーションを行い、その結果を比較したものである。

2 FEMモデルの概要

シミュレーションモデルは、四辺形要素を用い、単線シールドトンネルが対称構造であることから、半断面のモデルとした。要素分割の方法については、振動レベル計の上限周波数の90Hzまでの精度を十分確保するために、シールドトンネルの覆工（1次覆工²⁾及び二次覆工）及び各地層の要素寸法を150HzのS波の一波長の1/4以下になる様にした。要素分割の例を図-1に示す。境界部分には粘性境界を設けている。

PS検層及び事例²⁾を参考に、シミュレーションに用いる諸係数を表-1に示す。時刻刻みは計算の安定及び試算から1/2000秒とし、1車両の通過時間に相当する1秒間の継続時間としている。また、入力波は、図-2に示す軌道の道床中央部の測定値を用いている。

3 現況再現のためのシミュレーション

シミュレーションモデルの精度を確認するため、現況再現を行い、測定値と比較した。測定値は、都営地下鉄12号線の洪積層地盤に土被り11.5m（2.2D、Dはシールドトンネルの外径寸法）で敷設したトンネルであり、防振まくらぎ軌道、ロングレール区間、列車速度63Km/hの箇所測定したものである。地層構造は、地表から7mまではローム層、以深はN値30~50の粘土及び砂れき層で構成されている。

図-3に、地上12.5m地点の測定値とシミュレーション結果の振動加速度波形を、また図-4に1/3 octaveバンド分析結果を示す。波形は、測定時の制約から同時刻のデータを示していないが、波形の形状及び振幅とも類似している。10Hz以上の周波数域の加速度レベルの分布は、同傾向を示しており、シミュレーション結果は、地下鉄振動の特徴を表わしている。

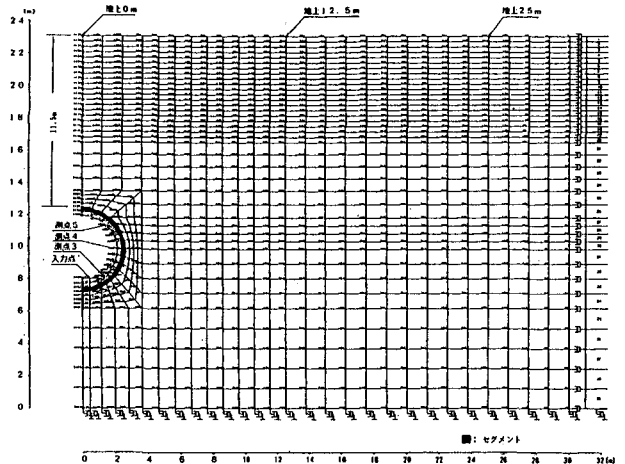


図-1 列車走行時振動のFEMシミュレーションモデル

	せん断弾性係数 (G:tf/m ²)	ポアソン比 (ν)	単位体積重量 (γ:tf/m ³)	減衰係数 (h)
セグメント (RC)	3000000	0.167	2.30	0.005
二次覆工 (C)	〃	〃	〃	〃
洪積層地盤				
ローム層 (Lm)	2200	0.485	1.42	0.2
武蔵野れき層 (Mg)	30000	0.485	2.37	0.05
東京れき層 (Toc)	40000	0.478	1.80	0.02
〃 (Tog)	51000	0.485	2.35	0.02

表-1 覆工及び地盤の諸係数

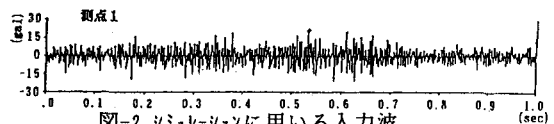


図-2 シミュレーションに用いる入力波

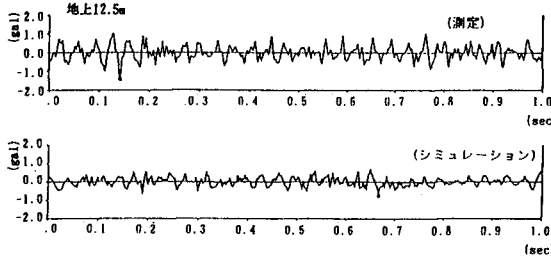


図-3 現況再現した振動加速度波形

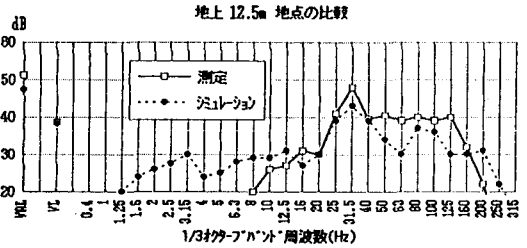


図-4 振動加速度の1/3オクターブバンド分析

4 トンネルの土被りを変えたシミュレーション

土被りが小さい例として1 D (5.3m)、大きい例として5 D (26.5m) 及び前出の2.2 D (11.5m) のシミュレーション結果の比較を行った。図-5に各測点の振動加速度レベル (VAL) と振動レベル (上下方向の体感補正を行ったもの; VL) を示す。トンネル (測点4、5) の振動加速度レベルを比較すると、1 D と5 D の差は約2～3 dBあり、土被りが増すと周辺地盤の影響を受け、レベルが低下するものと想定される。同様に地上測点を比較すると、トンネル直上 (地上0m) では、1 D と5 D では約6 dBの差が、他の測点では2～3 dBの差が認められる。トンネル直上の低下量が大きい理由としては、上記のトンネル内部の振動のレベル低下と共に、幾何学的に伝播距離が測点によって異なり、5 D は1 D に比較して距離の比率が地上12.5m及び25m測点は2～3倍であるのに対し、トンネル直上は5倍であることなどが考えられる。

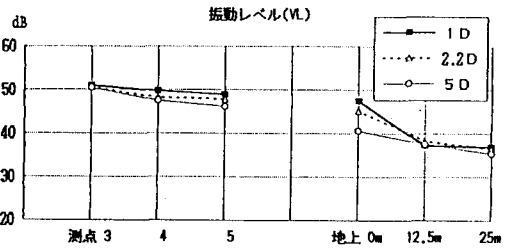
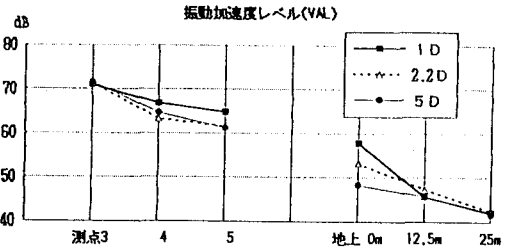


図-5 シミュレーションの結果 (VAL, VLの比較)

トンネル直上について、図-6に加速度波形、図-7に1/3オクターブバンド分析結果を示す。2.2 D、5 D は、1 D と比較して、10Hz以上の周波数成分で低下が認められ、特に高周波成分の低下は著しい。

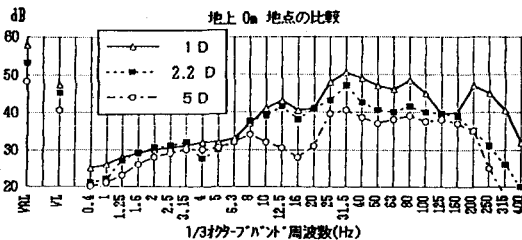


図-7 振動加速度の1/3オクターブバンド分析

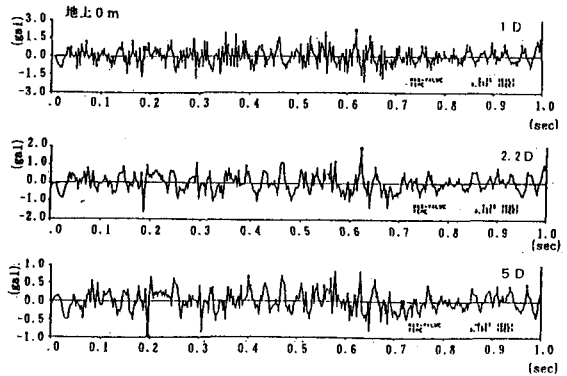


図-6 トンネル直上の振動加速度波形

5 おわりに

シミュレーションの結果から、トンネル土被りが大きくなるとトンネル直上付近の加速度レベルの低下が大きく、10Hz以上の周波数成分の低下が顕著であることが確認された。この傾向は、地下鉄沿線の環境調査の傾向と一致するものである。

参考文献: 1) 秋好・長嶋・伊藤; 地下鉄サウストンネル-地盤系の列車走行時振動応答解析, 第40回講概集, 1985. 10
2) 古田・長嶋; 地下鉄サウストンネルの振動調査と解析例, 土木学会, 第1回トンネル工学研究発表会, 1991. 12