## 地下鉄道シールドトンネルから発生する地盤振動の伝播特性の検討

### 1. はじめに

地下鉄道の列車走行時に生じる地盤振動を評価する 場合,その伝播特性を把握することが重要となる.

本研究では、有限要素法による振動のシミュレーションを行い、測定結果<sup>1)</sup>との比較を行ったので報告する.

# 2. 解析の概要

2.1 解析条件

図1に示す複線シールドトンネルを対象に,実入力加 速度波形を用いた時刻歴応答解析を行い,図中のトンネ ル①~③の水平及び鉛直方向,地表①~③の鉛直方向の 各測点について測定した振動加速度と比較している.

### 2.2 解析モデル

トンネル横断面を2次元平面問題として扱い,8接点 アイソパラメトリック要素を用いて図2に示す解析モ デルを作成した.モデルの側面および底面は,境界部 の影響を考慮して粘性境界を設けている.

2.3 入力物性值

コンクリートセグメント及び二次覆工の弾性係数は, シールドトンネルにおける S 波速度の測定結果<sup>2)</sup>から 算出した値を,地盤の弾性係数は当該箇所の PS 検層で 得た値(図1を参照.)をそれぞれ用いている.ただし, 表層の弾性係数は試計算では 80Hz の成分が卓越し,測 定結果と符合しなかったため, PS 検層の値より小さい 8MN/m<sup>2</sup>としている.

減衰係数は,周波数特性<sup>2)</sup>に着目して粘性減衰と構 造減衰を考慮する比例減衰を用いる次式とした.

> C = αM + βK (1) C:減衰マトリックス, M:質量マトリックス K:剛性マトリックス

式中のパラメータ α 及び β は,表1の値としている. この場合の各周波数の減衰係数を図3に示す.

### 2.4 入力波

入力波は、軌道脇で測定した鉛直方向の振動加速度 の時刻歴波形を用いる事とし、周波数成分を考慮して 計算の時間刻みを 1/2000 秒としている.計算の継続時 間は、1 車両の通過時間に相当する約1秒間とした. 鉄道総合技術研究所 正会員 ○津野 究 小西 真治 東京都地下鉄建設 正会員 古田 勝



鉛直

鉛直

61.2

61.4

60.9

58.5

-0.3

-2.9

地表②

地表③

キーワード:シールドトンネル,列車振動,FEM,1/3オクターブバンド分析 連絡先(185-8540国分寺市光町2-8-38・TEL 042-573-7266・FAX 042-573-7248)

-539-

# 3. 解析結果

測定結果と比較して図4,図5および表2に示す.

図4の地表①・解析結果の時刻歴波形は,測定と同様 にトンネルの波形に含まれる数百Hzの高周波成分が明 確に減衰しているとともに,振幅もほぼ対応している.

図5に示す 1/3 オクターブバンド分析の計算は、時刻 歴波形からパワースペクトルを求め、各バンドに含まれ る成分を算出することにより求めている.トンネル③の 1/3 オクターブバンド分析結果は、20Hz 付近から右肩 上がりにレベルが高くなる傾向と 50Hz 付近にピーク があり 100Hz 以上の高周波成分が含まれることが解析 でも認められる.一方、鉛直方向の振動加速度レベル は、表2に示すとおり、20Hz 以上の領域で全体的にレ ベルが小さく、VAL<sub>1-90</sub> で 7.4dB の差が生じている.な お、トンネルの弾性係数は、測定結果を基にしている が、剛性を高めることにより測定結果に近づくことを 試計算により確認している.

また,図5の地表①の1/3オクターブバンド分析結果 は、50~100Hzの成分が卓越し、100Hzを越える高い周 波数域の成分は減衰する傾向を示すなど、解析と測定 とは対応している.また表2に示したVAL<sub>1-90</sub>に関して も差が2.9dB以下とほぼ対応しており、地表部の加速度 は精度良く解析できていると言える.

図6は、解析により得られた VAL<sub>1-90</sub>のコンター図を 示す.図から地盤中での振動が減衰している状況、振 動の加振点である道床の下およびトンネルの両斜め下 付近のレベルが高い傾向を示すなどが認められる.

また,地表面の振動加速度レベルのピークは,トン ネル直上ないし直上から少し離れた位置にある<sup>2)</sup>事を 裏付けている.

現場における一般的な測定は、地表やトンネル内の 限られた位置であり、任意の位置を同時に多数計測す る事は困難である.振動のシミュレーションは地盤も 含めた系全体の伝播特性の把握に有効な手法と言える. 4.おわりに

シールドトンネルを対象に振動のシミュレーションを 行い,時刻歴波形,伝播する振動の周波数特性および振 動加速度レベル等を評価できることを示した.また,地 盤も含めた系全体の振動も把握できることがわかった.

今後は、大深度地下に鉄道トンネルが設けられるケースについて数値解析を行い、伝播特性の評価を行いたい と考える.



図 6 コンター図(鉛直方向, VAL<sub>1-90</sub>)

#### 参考文献

- 1) 津野究 他, 列車走行時振動に対するトンネル径の影響検討, 第8 回地盤工学研究発表会講演集, 2003.7
- 2)長嶋他,地下鉄シールドトンネル及び周辺沖積地盤の波動伝播特性,構造工学論文集 Vol.34A, 1988.3