

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
 東京都立大学 正会員 伊藤文人

1. はじめに

列車走行に伴う地下鉄シールドトンネル周辺の地盤振動に対し、トンネル二次覆工コンクリートはトンネルの重量化により、振動レベルの低下が見込まれるとする考え方と、トンネル断面を占める割合が一分割、部材厚さ 25cm 程度のため、殆ど低減効果を見込めないとする考え方がある。

振動レベルの低減効果は、覆工コンクリート打設前後に列車を走行させ、同一条件の元で測定すれば容易に判明するものの、大量のコンクリート施工を伴うため、實際上、測定は難しいと言える。

本報告は、図-1 に示す二次覆工コンクリートの有無に依る地盤振動に対する影響を、従来から用いられている質点系モデルと、8 節点アイソパラメトリック有限要素モデルを用いて各々計算し、比較検討を加えたものである。

2. 質点系モデルによる算定

図-2 に示す質点系モデル¹⁾は、H.Hertz の衝突理論を車輪・レール間に適用し、連続した軌道及び地下鉄トンネルを一定長の質量とばね系に置換したモデルで、応答計算から各質点の振動加速度を求めることができ、トンネル内振動加速度の増減が地盤振動の増減量に相当するという考え方に基づいている。

このモデルに軌道及びトンネルの諸係数を用いて指数表示すると、トンネルの重量及び振動加速度の関係は、重量の 0.82 乗に反比例するとされ、図-1 の場合では二次覆工コンクリートがある時、振動加速度レベルで 2.4 dB 低減することとなる。

図-2 のモデルについて、都営地下鉄新宿線に使用されている軌道構造及び図-1 のシールドトンネルを例にとり、トンネルの固有振動数は変わらないという仮定に基づき、表-1 の係数を用いて応答計算すると、軌道構造がコンクリート道床 1.5 dB、バラスト軌道 2.8 dB それぞれ二次覆工コンクリートがある場合、振動レベルが低減する結果が得られる。

以上から、質点系モデルによれば、二次覆工コンクリートによって、振動レベルは約 2dB 低下すると言える。

3. 有限要素モデル²⁾による算定

筆者等は、これまで、シールドトンネル周辺の地盤の振動特性を把握するため、振動測定とアイソパラメトリック有限要素モデルによる振動のシミュレーションを行っている。

二次覆工コンクリートの地盤振動に対する影

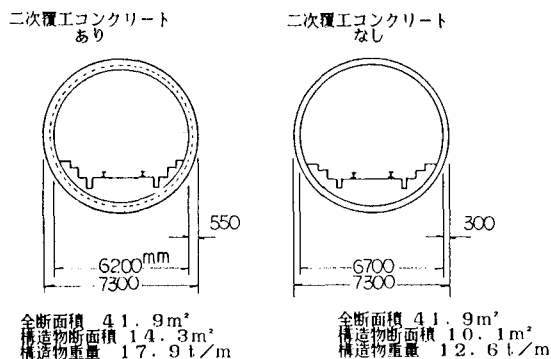


図-1. 単線シールドトンネル断面

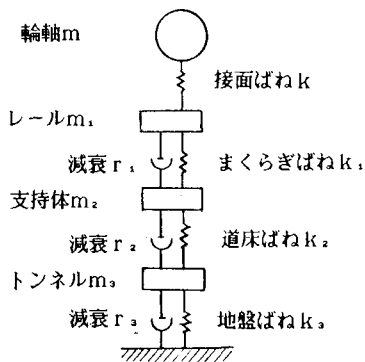


図-2. 質点系モデル

響を算定するため、N 値 0～9 のシルト質で構成されている軟弱地盤中に敷設した都営地下鉄新宿線Kシールドトンネル（単線）における測定資料³⁾を参考に、図－3に示すモデルで列車走行時の軌道における実加速度記録波を入力とし、シミュレーションを行った。

シミュレーションは表－2の諸係数を用い、1車両の通過時間に相当する約1秒間の応答計算を1/1500秒刻みで行った。

シミュレーションの結果を図－4に示す。二次覆工コンクリートがある場合、シールド側壁とトンネル直上（0m）の位置で、振動レベル、振動加速度レベルとも約 1.5 dB の増加、他の位置では殆ど差がない。

図－5は、振動レベルの増加が認められたシールド側壁の 1/3 オクターブ分析結果で、数 Hz から100 Hz まで 1～2 dB 程の差が認められる。

地質または構造物	弾性係数 (kg/cm ²)	ポアソン比	重量 (ton/m ³)
シルト	1000	0.45	1.8
細砂	1500	0.40	1.8
砂質シルト	2600	0.38	1.8
セグメント	350000	0.26	2.3
二次覆工及びインバート	250000	0.26	2.3

表－2. 地盤及び構造物の諸係数

4. おわりに

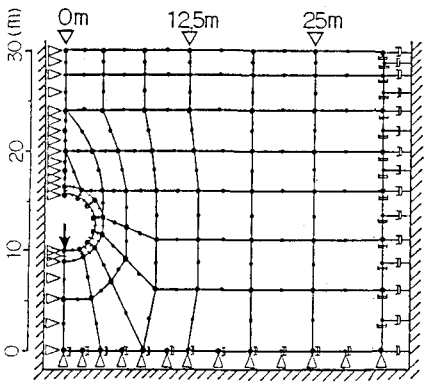
二次覆工コンクリートのトンネル周辺地盤の振動に及ぼす影響は、質点系モデルで計算した場合に 2 dB程度の低減効果、有限要素モデルによる検討では殆ど変わらないか、やや増加するという結果であった。しかし、これらの増減量は、振動レベルが人体感覚補正した振動加速度という意味から考えれば、殆ど人体では認識できない程度の変化量である。

今回の有限要素モデルでの検討は1ケースのみでそれも一様断面におけるものであったが、トンネル径や掘削位置、地質条件の違いさらに縦断方向の剛性の変化等により、その影響は異なると思われ、今後更に検討を加えて行きたいと考えている。

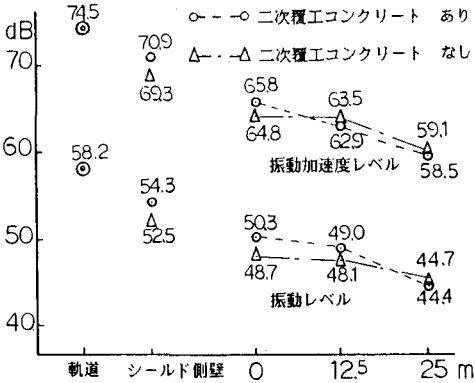
【参考文献】 1) 渡辺、中村 地下鉄の騒音振動 土木学会誌 1974.3
 2) 列車走行に伴うシールドトンネル周辺地盤の振動特性 第39回年次講概集 IV-47
 3) 軟弱地盤に敷設した地下鉄シールドトンネル周辺地盤の列車振動実態調査 第12回関東支部大会

記号	名称	コンクリート道床	バラスト軌道
m	輪軸の1/2	500.0kg	同左
k	車輪レール接面ばね	1000.0t/cm	同左
m ₁	50Nレール	50.4kg/m	同左
k ₁	軌道バット	50.0t/cm	70t/cm
m ₂	道床重量	1284.5kg/m	1606.5kg/m
k ₂	道床ばね	—	49.8t/cm
m ₃ (覆工あり)	トンネル重量	17.9t/m	同左
k ₃ (#)	地盤ばね	3528.9t/cm	同左
m ₄ (覆工なし)	トンネル重量	12.6t/m	同左
k ₄ (#)	地盤ばね	2487.2t/cm	同左

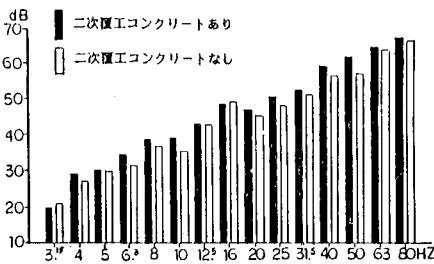
表－1. 軌道及びトンネルの係数



図－3. 有限要素モデル



図－4. 有限要素モデルの結果



図－5. シールド側壁の振動加速度1/3オクターブ分析