

(株) 間組 正員 ○ 山本 正明
 長岡技術科学大学 正員 池田 俊雄
 長岡技術科学大学 正員 小長井 一男

1. はじめに

地下鉄道を開削工法により建設する場合、トンネル構造物以外に土留壁として用いた地中壁がそのまま残存する構造になっていることが多く、周辺の地盤振動に大きな影響を及ぼしていると考えられる。本研究は地中壁を含めた地下鉄道周辺地盤の動的挙動を有限要素法により解明し、防振対策上望ましい地下鉄道トンネルの構造形式を検討したものである。

2. 解析モデル

解析の対象として剛体基盤上の厚さ16 mの沖積層内に土被り厚5 mで建設された高さ6 m、幅員10 mの鉄筋コンクリート製箱型2線式トンネル(コンクリート厚50 cm)を想定した。問題となる地中壁に関しては図-1に示す3つのケースを設定し、構造形式の違いによる地盤振動の差異について検討を加えた。なお、地中壁の先端はいずれも基盤に接していないものとする。

側方に無限に広がる地盤を有限要素でモデル化する場合、適当な場所に境界を設けざるをえず、この境界からの反射波の影響をどのように除去するかが問題となる。本研究では継続時間の短いインパルス(正弦半波)を入力として用い、側方境界から反射波が戻ってくる前に解析を終了することで、この問題の解決を図った。

有限要素法を適用する上でのもう1つの問題として、要素長を固定した場合、要素網を伝播する波の波長が短くなるにつれ解析解の信頼度が落ちる点があげられる。この点を明確にするため高さ5 m、長さ10 mの地盤モデルの固有振動数と弾性波動論による固有振動数を比較し、その結果を図-2に示す。図中の斜線部分は弾性波動論による解を正解とした場合の有限要素法による解の誤差を表わしている。この図は波長に比べ要素長が大きくなるにしたがいせん断波速度が過少評価され、本来生じえない波動の分散が生じることを意味している。以上の点に留意し、側方境界となるべくトンネルから離し、かつトンネル周辺で高周波成分を含む波動伝播をできるだけ正確に表現するため、図-3に示すような要素分割を行なった。地盤は2次元連続体要素により、構築部は梁要素により構成されている。この分割では構築周辺で100 Hzのせん断波(波長約2 m)の位相速度は約

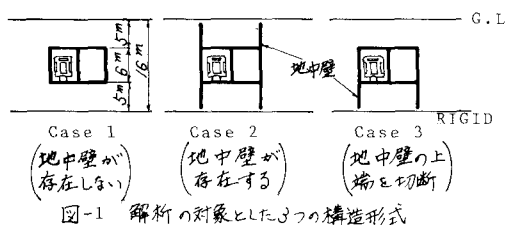


図-1 解析の対象とした3つの構造形式

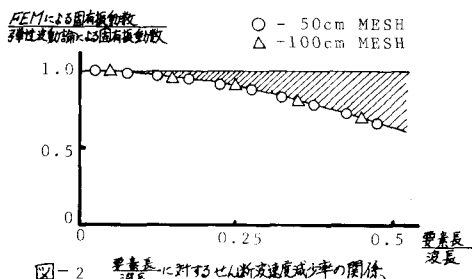


図-2 要素長に対するせん断波速度減衰率の関係

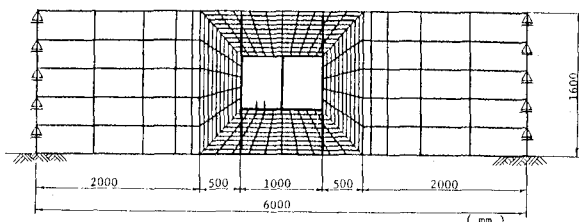


図-3 要素分割図

1割過少評価されることになる。このため生じる波動の分散現象は波形の最大値に大きな影響を与えるため、本研究では応答量の評価法として、反射波が戻ってくるまでの実効値振幅を用いた。

3. 解析結果

インパルス入力による地表の鉛直加速度応答の実効値を節点別に図-4に示す。ほとんど全節点でケース2の加速度振幅(r.m.s)が最も大きな値を示すが、特にトンネルボックス直上、および地中壁付近ではこの傾向が著しい。ケース1とケース3の鉛直加速度振幅(r.m.s)は全節点ではほぼ等しい。

地表の鉛直変位応答の実効値を節点別に図-5に示す。各ケースとも加速度応答(r.m.s)同様、トンネル・ボックス上で振幅が大きくなるが、加速度応答にみられるような節点別の振幅のばらつきは少なく、実効値を結ぶカーブはなだらかである。

各節点での鉛直加速度を振動レベルに換算し、その結果を節点別に図-6に示す。トンネル・ボックス上の地表ではケース2の振動レベルが他の2ケースと比べて大きくなっている。ケース2とケース3のレベル差は最も大きなところで6dBに達する。このことは人間の感覚というフィルターを介した段階でケース2のような構造形式は3つのケースの中ではあまり望ましくないことを物語っている。

構造形式の違いによる地盤振動の差異を検討するため、トンネル・ボックス上の地表の全節点の応答量の平均値をケース別に算出し、ケース2の応答量との比を求めたものを図-7に示す。この図は水平方向で最も大きい加速度振幅の観測されたケース3が鉛直方向では、加速度、変位、および振動レベルのどれに関しても望ましい構造形式であることを示している。

4. まとめ

地中壁の上端を切断した構造(ケース3)は水平振動を抑止する観点からは必ずしも優れた構造ではないが、人間の鉛直振動に対する感覚が水平振動に対する感覚よりも9dB敏感であることを考えれば、既振対策上望ましい構造である。

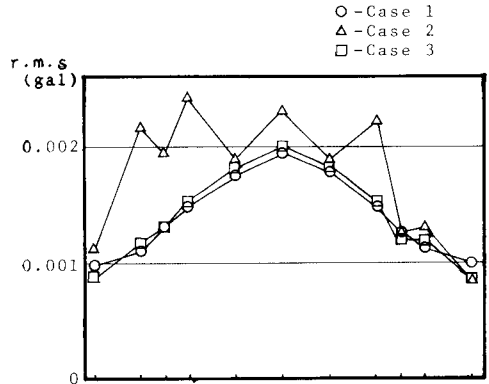


図-4 鉛直加速度の実効値

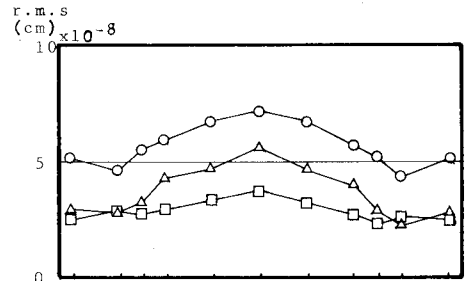


図-5 鉛直変位の実効値

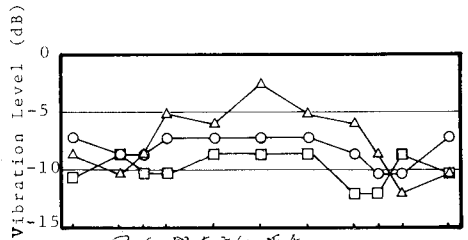


図-6 鉛直方向 振動レベル

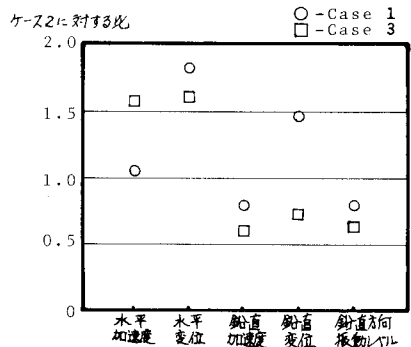
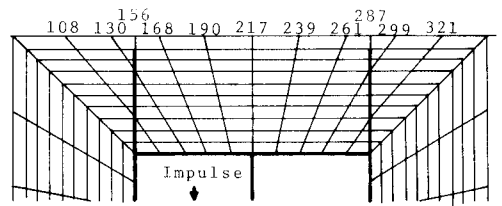


図-7 各応答量のケース2に対する比