

III-23

トンネル掘削における地震時周辺地山のFEM解析

九州文学工学部 ○学生員 英直彦 正員 平田 登基男
 九州文学工学部 正員 鳥野 清正 員 橋本 武
 清水建設(株) 正員 高崎 英邦

1. はじめに 関東平野の砂層地盤中トンネルにNATM工法の適用が計画され施工されているが、その場合トンネルの静力学的問題もさることながら、トンネル施工中をも含めて耐震性が問題になるであろう。本研究はこの点に着目し研究するもので、先ずはそのために必要な解析手法および解析モデルについて検討を加えたものである。すなわち地盤の諸物性値を得るためにボーリング調査及びPS検層調査を実施し得られたデータから地盤モデルの把握を行った。次いで提案モデルを用いて実際のトンネル地山の振動特性を吟味検討するものである。なお、数値解法としては粘性境界を用いた簡易三次元弾性解析法を採用した。

2. 解析方法 まず対象地盤のモデル化を行う。地盤のモデル化には図-1に示す、解析の対象地点で実施されたPS検層及びボーリング調査結果を参考にした。この結果から地層を7層に区分し、各層の地盤特性値として表-1に示す値を採用した。30m以深の調査は行なわなかったため、30m以深は同様な地盤が続くものと仮定した。モデルに際しては、下端を固定境界とし側方は振動エネルギーを吸収し自由地盤が続くこととほぼ同値である伝達境界を採用した。要素は四角形要素で、解析コストを考慮し要素の厚さは下層部分ほど小さくした。解析に用いたモデルの一例を図-2に示す。(要素数640、節点数706)

地盤-構造物連成系においては地盤の動的特性が構造物に多大な影響を与える。従って変位に最大の影響を与える一次振動数を現地盤とモデル地盤との間で一致させればよい。よってPS検層から求められた現地盤の固有振動数にモデル地盤の固有振動数がほぼ一致した時に、そのモデル地盤は妥当なものであると判断し、一致しない時にはモデル地盤の深さを変えて新しいモデル地盤を作り両固有振動数が一致するまで同様の解析手法を繰り返した。

3. 結果及び考察 図-3は常時微動測定結果より得られた実地盤のパワースペクトル図である。図から一次固有振動数は $f \approx 0.7\text{Hz}$ である。図-4,5は基礎梁度を100m及び183mと仮定する場合について、地表面より10m及び35mの梁度地点における伝達関数と振動数との関係を示したものである。両地点の結果を比較すると、伝達関数の値は違うものの、100mと183mの地盤モデルの固有振動数はそれぞれ

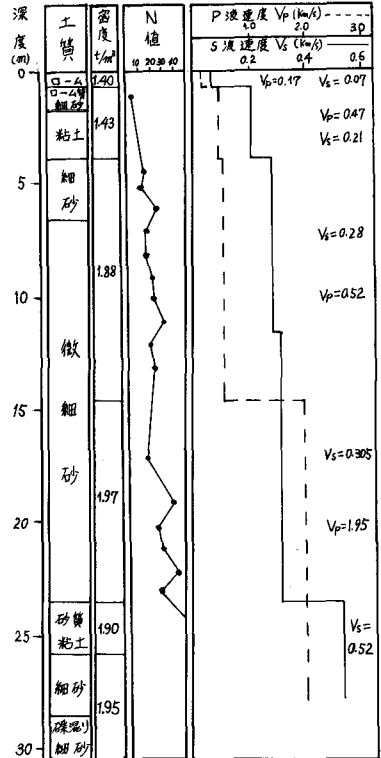


図-1 PS検層結果

表-1 モデル地盤の諸物性値

地盤区分	ポアソン比 ν	密度 ρ (t/m ³)	動せん断弾性係数 G_0 (t ² /m ²)
1	0.398	1.40	700
2	0.375	1.43	6430
3	0.296	1.88	15000
4	0.238	1.88	17800
5	0.487	1.97	18700
6	0.467	1.90	52400
7	0.467	1.95	53800

1.3Hz、0.6Hz程度であることがわかる。伝達関数と振動数との関係からモデル地盤の固有振動数を求め、モデル地盤の大きさ(深さ)との関係を示したものが表-2である。モデルの基礎深度が増すにつれて固有振動数は小さくなる(周期が長くなる)ことがわかる。実地盤の振動特性を良く表しているモデルは深さ170mと186mの両者であることがわかる。双方とも実地盤との固有振動数のずれは0.1Hz以下である。今回の解析では30mより下部の地盤特性を一定と仮定していること、及び減衰定数の値により固有振動数が変動することなどから、これ以上固有振動数の一致を追求することは意味がないと判断し、今後の解析においては解析コストの経済性から170mモデルを用いることとする。

以上、現場の地盤特性をほぼ満足するモデルについて十分な結果が得られた。これを受けて本モデル地盤を用いてトンネル掘削における地震時のトンネル及び周辺地山の応かひずみ解析を行ない、地盤-トンネル連成系での振動特性を明らかにすべきであるが、それらについては紙面の都合上割愛し、講演時に詳細を報告する予定である。

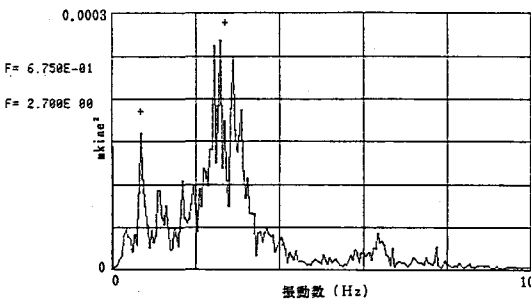


図-3 実地盤のパワースペクトル図

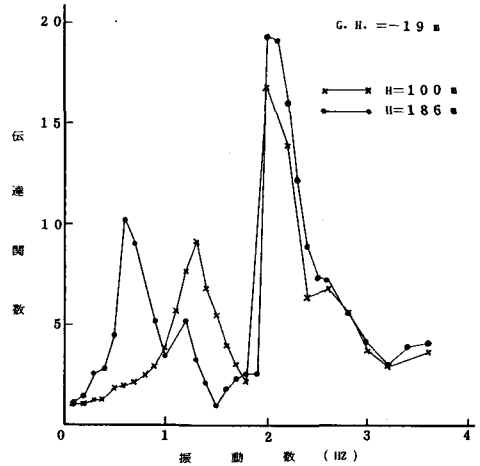


図-4 モデル地盤の伝達関数と振動数の関係(その1)

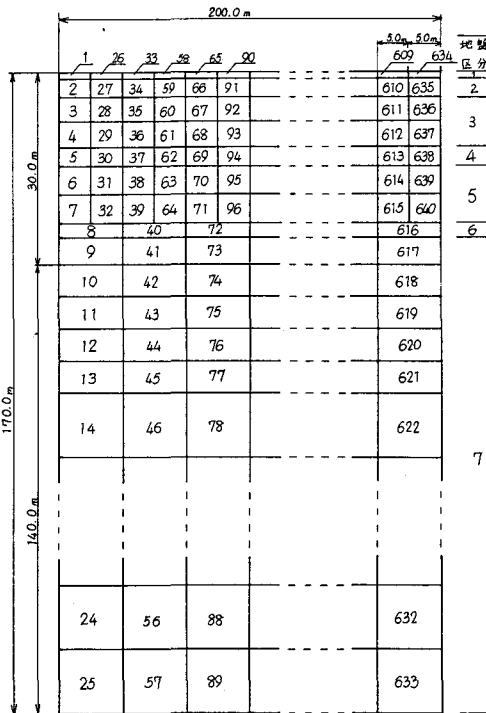


図-2 メッシュ分割図

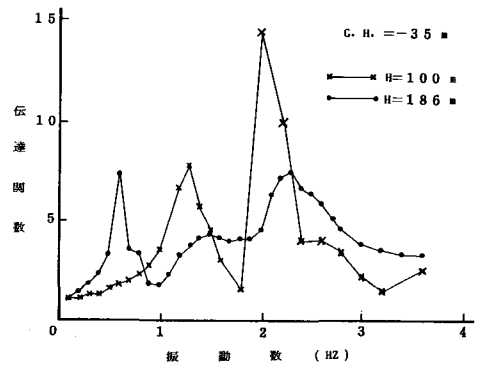


図-5 モデル地盤の伝達関数と振動数の関係(その2)

表-2 モデル地盤の深さと固有振動数の関係

モデル地盤の深さ (m)	固有振動数 (Hz)	固有周期 (SEC)
100	1.3	0.77
130	1.0	1.00
170	0.8	1.25
186	0.6	1.67