

東大生研 正員 中村 豊

東大生研 正員 田村重四郎

## 1. はじめに

著者らは、先に地中坑道内を列車が走行する時に生ずる振動を実測して、走行中に発生した衝撃力とその振動の主因的な原因であることを明らかにし、このような問題に対する数値解析法を提案した。<sup>1)</sup>

ここでは、重錘落下実験で得た加

速度波形を数値解析によってシミュレートした結果について述べる。

## 2. 落錘実験の概要

図1に落錘実験を行、たトンネルの断面とその周辺の地質図及び地表測点の位置を示す。

重錘の形状は、四角すい台で上面および下面の一边の長はそれぞれ60 cm, 30 cmで、高さは90 cmである。この外殻は鋼板で中にコンクリートを充填しており、その重量は500 kgである。

この重錘を、スチールパイプで組み立てた三脚の頂点にとりつけたチェーンブロックに針金で結びつけ、所定の高さまで吊り上げた後、針金を切断して自由落下させた。重錘の落下高は10 cm, 20 cm, 30 cm, 50 cmの4種とした。

図2は、重錘の加速度波形の例を示したもので、落下高  $H=20$  cm のときのものである。このように落下衝撃によって、正弦半波に似た単一パルスが発生する。この重錘加速度の最大値を  $\alpha_{max}$ 、 $\alpha_{max}/2$  を超える加速度となる時間と継続時間  $T$  とすると、単一パルスに含まれる各周波数成分の大きさは、 $\alpha_{max}T$  に比例する。本実験では  $\alpha_{max}T$  は落下速度  $V_0 (= \sqrt{2gh})$  にほぼ比例していた。

図3は測線 NN 上の測点の上下方向加速度の一例である。(重錘落下高  $H=30$  cm) これによると、地表測点の加速度波形は入力波形とは異なり、振動的な波形となっており、その初期部分の卓越振動数は100 Hz前後である。

## 3. 加速度波形のシミュレーション

解析モデルは、トンネル断面方向の振動性状を解析することを目的に2次元的に作成されている。これに対して、落錘実験は、点加振で行っているため、両者と比較するためには若干の

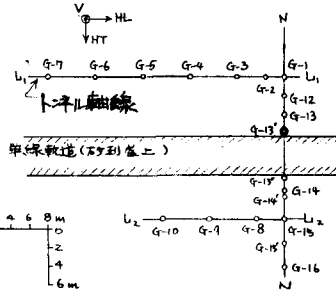
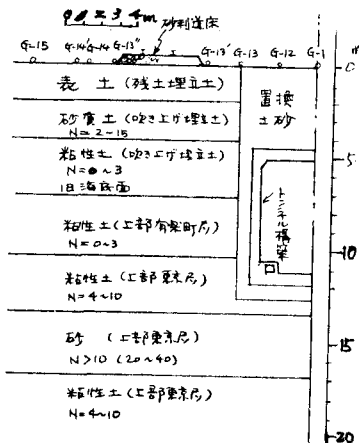


図1 トンネルの断面とその周辺の地質図及び地表測点

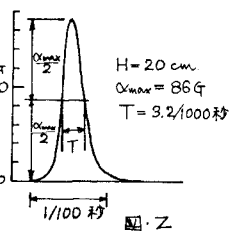


図3 地表測点 (NN測線) の加速度波形 (H=30 cm) 上下方向

変換を必要とする。このため、実験においてはトンネル軸に沿う方向の測線を設けて、この測線上で得られた加速度波形をエネルギー的に合成して、道床をトンネル軸に沿って線状に加振したときの地表の応答加速度波形を算出している。

図4は要素分割図であり、これに与えた物性値は、地質学的N値のデータとともに、実験時に行った波動伝播速度の簡単な測定の結果や近くのPS換層結果を参考に、表1のように決定した。

入力波形として落下高 $H=30\text{cm}$ とすゝる重錘加速度波形を最大加振力 $1\text{ton/m}$ に規準化したものを採用し、これを節点Aに下向きに作用させたときの①点の応答を求めて、実測波形と比較したものが図5である。図中央実線と太破線は、それぞれ合成した実測波形及び第1ピークのみをこれと一致させたG-1Vの実測波形であり、細実線、細破線はそれぞれ減衰定数を5%及び10%とした計算波形である。これらの波形は、初めの2~3波についてはほぼ同様の傾向を有し、実測による波形の最大値と、 $\eta=10\%$ として計算した波形の最大値はほぼ一致している。

加振点直上測点のG-1Vの波形と合成した実測波形はほぼ相似である。他の測点においてもこのような関係にあるとして、その大きさを、円筒波と球面波の波動の振かりの相違から、点加振の場合と線状加振の場合の応答値の相違を推算し、②、③点の加速度計算波形を点加振の場合の結果に変換して対応する実測波形と比較したものが図6である。計算は $\eta=10\%$ として行っている。これによると、初めの2~3波については波形の形状、大きさとも計算結果と実測結果はよく一致している。これから、本実験地点の減衰定数は10%程度と推定される。

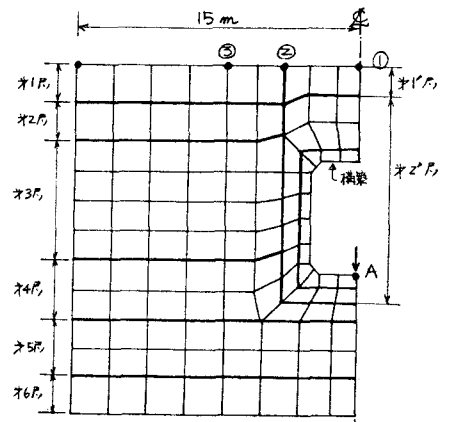


図4 要素分割図

表1 モデルの物性値

| 地層  | $E(\text{kg/cm}^2)$  | $\nu$  | $\rho(\text{g/cm}^3)$ | $V_p(\%)$ | $V_s(\%)$ |
|-----|----------------------|--------|-----------------------|-----------|-----------|
| オ1層 | $1.1327 \times 10^3$ | 0.451  | 1.7                   | 500       | 150       |
| オ2層 | $1.2340 \times 10^3$ | 0.443  | 1.8                   | 1300      | 150       |
| オ3層 | $6.5946 \times 10^3$ | 0.496  | 1.5                   | 1300      | 120       |
| オ4層 | $2.1938 \times 10^3$ | 0.493  | 1.8                   | 1700      | 200       |
| オ5層 | $5.7240 \times 10^3$ | 0.484  | 2.1                   | 1700      | 300       |
| オ6層 | $3.4186 \times 10^3$ | 0.489  | 1.8                   | 1700      | 250       |
| オ7層 | $1.3910 \times 10^3$ | 0.4792 | 1.8                   | 800       | 160       |
| オ8層 | $1.4086 \times 10^3$ | 0.4422 | 1.8                   | 1300      | 160       |
| 構築  | $3.5000 \times 10^5$ | 0.25   | 2.4                   | —         | —         |

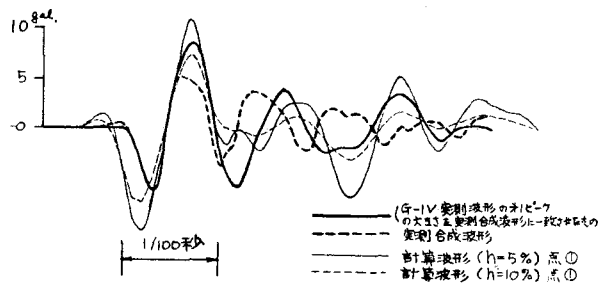


図5 実測波形と計算波形の比較

#### 4. 結論

以上のように、実測加速度波形を先に提案した数値解析法により、的確にシミュレートすることが可能であり、この数値計算法の実用性が確認された。

終りに本研究とつて、日本国有鉄道東京第一工務局ならびに新橋工務所、帝都高速度交通営団の方々にも多くの便宜を与えられた事を記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 「地下鉄構築るびその周辺地盤の振動解析の方法」 中村豊・田村重四郎, オ19回年次学術 I-246
- 2) 「構築に衝撃力を加えた場合に構築るび地盤に生ずる波動について」 中村豊・田村重四郎, オ22回年次学術 I-271

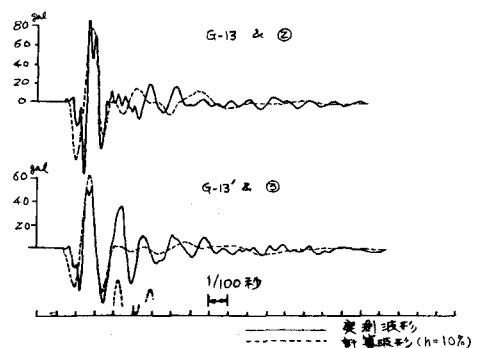


図6 実測波形と計算波形の比較