

## Ⅲ-B181

シールドトンネル縦断方向の耐震性について  
—模型振動実験とその解析—

早稲田大学 学生員 胡 仁倩  
早稲田大学 学生員 何 川 町田能章  
早稲田大学 正会員 小泉 淳

## 1. はじめに

シールドトンネル縦断方向の振動解析では、一般にトンネル軸線に沿った各点での地盤変位を地盤ばねを介してトンネルに作用させる狭義の応答変位法が用いられている。この場合に得られる解析結果は、地盤変位手法によって、かなりの差が出る。本報告は、不整形地盤を想定したシールドトンネルの模型振動実験を対象して、一次元重複反射理論および三次元FEMによる動的解析法を用いてそれぞれ地盤の時刻歴応答変位を求め、それらをトンネルに作用させた場合の解析結果と実験の結果とを比較し、これに検討を加えたものである。

| 種類  | 地盤のみ | 一次覆工のみ | 二次覆工あり |
|-----|------|--------|--------|
| 実験名 | C    | C1     | C3     |

表 1. 実験の種類

2. 解析の対象とした実験模型の概要<sup>1)~9)</sup>

図1は実験模型の概要図である。実験模型はトンネル長さ方向の中間部で洪積層から沖積層に変化する不整形地盤を想定したものである。実験の種類および呼称は表1に示すとおりである。振動台への入力波は十勝沖地震波(八戸)で、時間軸を1/5に短縮したものを最大100galでトンネル軸直角方向に入力した。また、ひずみ計測位置は図2に示すように一次覆工のみのトンネルを対象とした場合で9断面、二次覆工を有するトンネルの場合では5断面である。なお、地震波をトンネルの軸方向に入力した場合についてはすでに報告済みであり、文献1)~9)を参照されたい。

## 3. 解析方法

図3は応答変位法に用いたトンネルの縦断方向のモデルである<sup>6)~9)</sup>。モデルの地盤ばねの先端に入力する地盤変位は、地盤のみを対象とした一次元重複反射理論(地盤を40等分割した)および三次元有限要素法により求めた。図4は地盤の三次元FEMのモデルを示したものである。解析に用いた入力加速度は実験により得られた振動台の加速度とした。

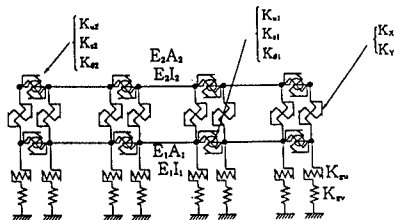


図 3. トンネルの解析モデル

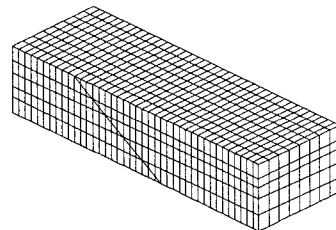


図 4. 地盤の三次元FEMモデル

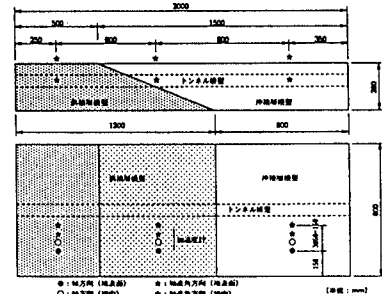


図 1. 実験模型概要図

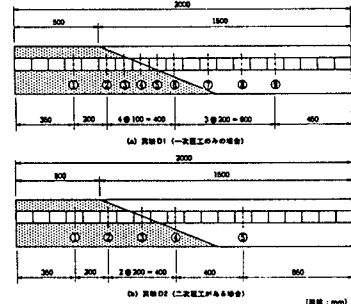


図 2. ひずみ計測断面

キーワード：シールドトンネル 耐震解析 振動実験

連絡先：〒169 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部土木工学科小泉研究室 TEL: 03-3204-1894

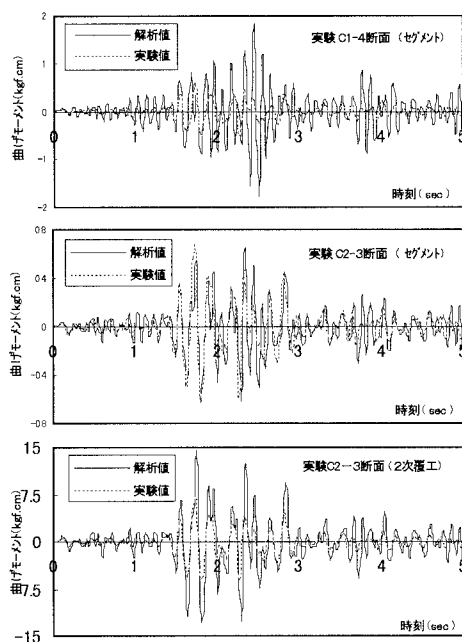


図5：一次元重複反射理論をもとにした断面力の時刻歴

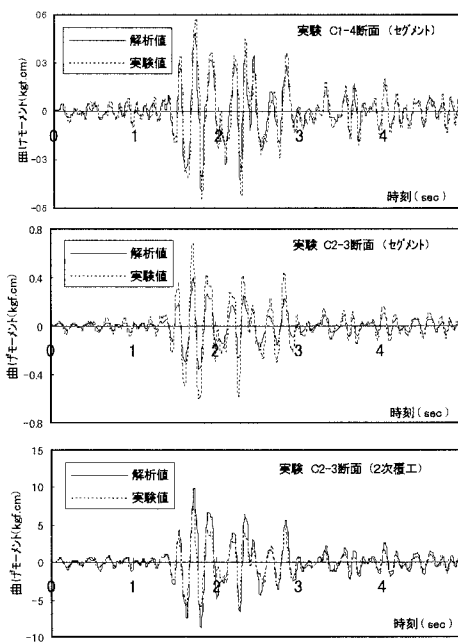


図6：三次元FEMをもとにした断面力の時刻歴

#### 4. 解析結果

図5と図6はそれぞれ実験C1、C2においてトンネル中心断面（C1-4断面とC2-3断面）に発生する曲げモーメントの時刻歴応答の解析値と実験値とを示したものである。図中、実線は解析結果を、点線は実験結果を示す。図5は一次元重複反射理論による地盤変位の時刻歴を用いた解析結果で、図6は三次元FEMによるものである。なお、それぞれの図は全体の14秒間のうち応答の大きかった0～5秒間について示した。これらの図を見ると、三次元FEMによる変位の時刻歴を用いた場合は解析結果と実験結果との位相はよく一致し、また、実験C2ではセグメントに発生する曲げモーメントの最大値がやや異なるものの、実験C1と実験C2では二次覆工に発生する曲げモーメントの最大値がよく一致した。一次元重複反射理論による変位時刻歴を用いた場合は、実験C2における曲げモーメントの最大値は概ね一致しているが、位相は異なる結果となった。特に実験C1の場合には、位相もずれ、その最大値もかなり異なっていた。

#### 5. おわりに

以上の結果から、軸直角方向に加振した場合の三次元FEMによる地盤変位の時刻歴をトンネルの縦断方向のモデルのばね先に静的に作用させる応答変位法を用いて解析を行えばシールドトンネルの挙動をよく説明できることがわかった。一方、一次元重複反射理論により、近似的に算出したトンネル軸線に沿って“うねる”ような変位分布を用いた場合、ある程度までトンネルの挙動を説明できるものの、発生する曲げモーメントなどの定量的な評価は困難であると思われる。

#### ～参考文献～

- 1)、2) 深井・高松ら：第47回年次学術講演概要集、Ⅲ—27～28、p p. 96～99、1992年9月
- 3)、4)、5) 高松・深井ら：第48回年次学術講演概要集、Ⅲ—52～54、p p. 158～163、1993年9月
- 6)、7)、8) 高松・高橋ら：第49回年次学術講演概要集、Ⅲ—675～677、p p. 1340～1345、1994年9月
- 9) 大井、高松ら：第50回年次学術講演概要集、Ⅲ—657、p p. 1314～1315、1995年9月