

早稲田大学 大井 純
東急建設(株) 高松伸行
早稲田大学 野木裕輔・小泉 淳

1. はじめに

本報告は、二次覆工されたシールドトンネルの地震時の挙動を調べる目的で行った振動実験のうち、不整形地盤を対象とした模型に実地震波を入力した場合の実験について、その結果と時刻歴を考慮した応答変位法による解析結果とを比較して考察を加えたものである。

2. 実験概要^{1)~8)}

図1は実験概要図である。地盤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ている。模型材料、計測項目、実験の種類は表1~3に示すとおりであり、各実験は便宜上C~C2と名付けている。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場合で5断面である。

表1. 模型材料

模型	材料
地盤	シリコーンゴム
一次覆工	天然ゴム
リング継手	合成ゴム
二次覆工	低密度ポリエチレン管

表2. 計測項目

模型	計測項目
地盤	加速度
トンネル	軸ひずみ

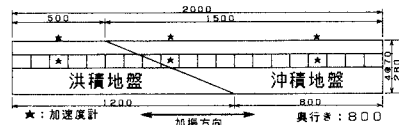


図1. 実験概要図

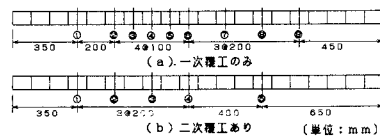


図2. ひずみ計測断面

表3. 実験の種類

種類	地盤のみ	一次覆工のみ	二次覆工あり
実験名	C	C1	C2

3. 解析方法

解析は図4に示すモデルを用いて応答変位法により行った。図4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二次元有限要素法による解析を行い求めた。図3はFEM解析で用いたモデルを示す。このモデルの基盤面に入力した加速度は実験により得られた振動台の加速度(図5)で、14秒間(サンプリング間隔0.01秒)のデジタル値である。

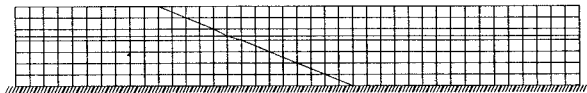


図3. 地盤のFEMモデル

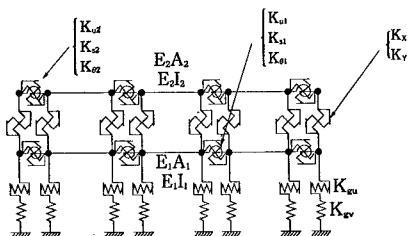


図4. トンネルの解析モデル

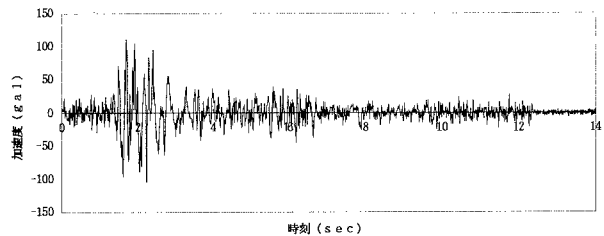


図5. 解析入力波

3. 解析結果

図6は加速度の時刻歴応答の実験値と解析値を、図7、8はそれぞれ実験C1、C2においてトンネルに発生する断面力の時刻歴応答の実験値と解析値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。なお、それぞれの図は、全体のうち応答の大きかった1～4秒間について示した。

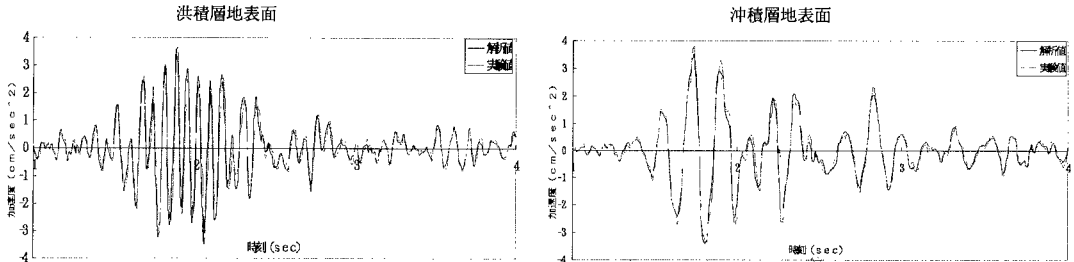


図6. 加速度の時刻歴

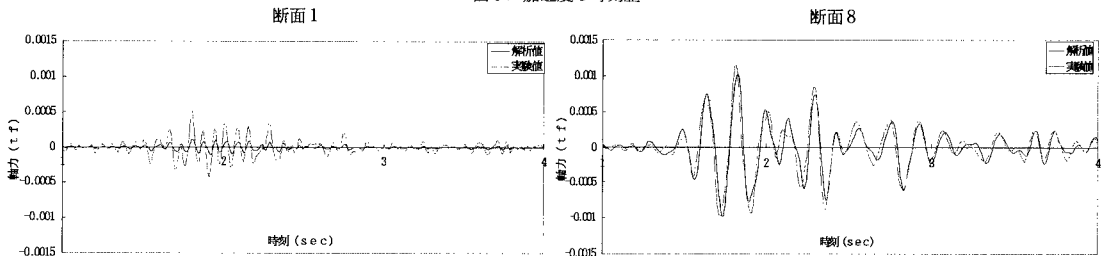


図7. 断面力の時刻歴（実験C1）

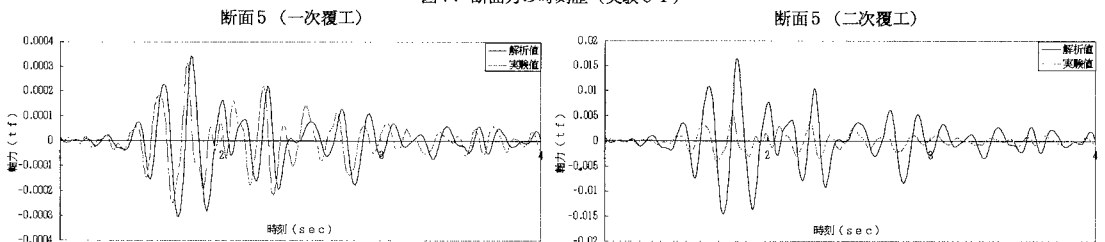


図8. 断面力の時刻歴（実験C2）

図6より、加速度の時刻歴応答は実験値と解析値とが最大値、位相ともによく一致した。このことから、FEM解析により得られた地盤変位をトンネルの解析モデル（図4）に入力することは妥当であると考えた。

断面力については、実験C1において洪積層側（断面1）で実験結果と解析結果は最大値がやや異なるものの、沖積層側（断面8）では最大値、位相ともによく一致した。実験C2では、一次覆工の断面力は若干の位相差が見られるもののその最大値は概ね一致している。一方、二次覆工の断面力に関しては解析結果の方が実験結果に比べかなり大きな値を示した。このことは、正弦波を対象として行った解析結果と同様な傾向を示しており、トンネルの剛性が地盤に及ぼす影響が大きいためと考えられる。

5. おわりに

以上の結果から、シールドトンネルの軸方向挙動はトンネルの剛性が低い場合には適切な地盤変位を用いて応答変位法による解析を行えばその挙動を説明することができると考えられる。しかしながら、トンネルの剛性が高くなる場合にはトンネルの剛性が地盤に与える影響が大きく、応答変位法ではその挙動を十分に説明することができない場合も生じてくると考えられる。後者については今後さらに研究を進めてゆく予定である。

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、pp. 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、pp. 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、pp. 1340～1345、1993年9月