

III - B 115

層厚が変化する地盤中のシールドトンネルの縦断方向の模型振動実験とその解析

——実地震波が軸直角方向に作用する場合——

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

1. はじめに

本報告は、実地震動がトンネル軸直角方向に作用する場合のシールドトンネルの縦断方向の挙動を検討したものである。まず、実物の鉄道単線トンネルを相似則を用いてモデル化し、セグメントリングのみで構成されたトンネル模型と、これに二次覆工を施したトンネル模型とを用いて、特にトンネル全体の剛性の違いによる挙動に着目し、層厚が変化する地盤中にトンネルが構築された場合の模型振動実験を行い、次に、それと広義の応答変位法による解析結果との比較を行って、地盤の挙動、トンネルと地盤との相互作用、トンネルの構造解析モデルの妥当性等を検討した。

2. 実験概要

トンネル模型を埋設した振動実験に先立ち、トンネルを埋設しない地盤のみの実験を行っている。表-1は実験の種類を示したもので、地盤のみの実験を実験 H、埋設したトンネルが一次覆工のみを実験 H1、二次覆工がある場合を実験 H2と略称する。なお：トンネル模型などについては参考文献1)を参照されたい。

図-1に示す地盤模型の底面を振動台に固定し、トンネル軸直角方向から実地震波を入力して振動実験を行った。入力波は十勝沖地震波（八戸）で、時間軸を実時間の5分の1に短縮したものを、振動台における最大加速度の目標値を約100galとして入力している。

計測項目は地盤の軸直角方向加速度とトンネルの軸方向の曲げひずみである。図-2はトンネルの曲げひずみの測定断面を示したものであり、ひずみは一次覆工のみの実験では9断面で、二次覆工がある場合の実験では5断面で測定した。

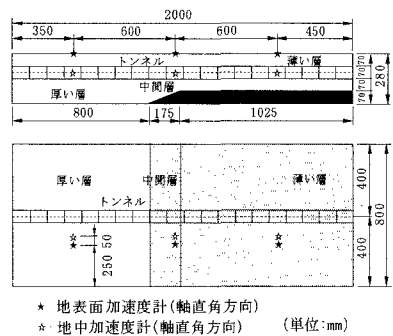
3. 解析方法

解析には広義の応答変位法を用いた。入力地盤変位には、模型地盤の三次元FEM時刻歴地震応答解析により得られたトンネル埋設位置の地盤の軸直角方向の時刻歴応答変位を用いた。これらの地盤変位は地盤ばねを介してトンネルに入力される。

図-3は地盤の三次元動的FEMのモデルを示したものであり、20節点6面体アイソパラメトリック要素を用いている。トンネルは10リング分の等価剛性を持つセグメントリング部分を棒部材にリング継手をばね部材に評価し、また二次覆工を有する場合は両覆工間の相互作用もばね部材で評価した。図-4はトンネル解析モデルを示したものである。

表-1 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	H	H1	H2



* 地表面加速度計(軸直角方向)
 * 地中加速度計(軸直角方向) (単位:mm)

図-1 地盤模型の概要

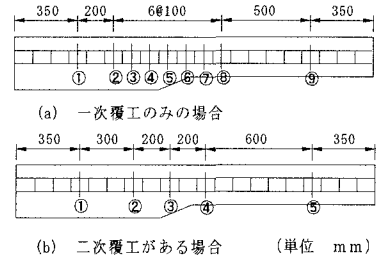


図-2 ひずみの計測断面

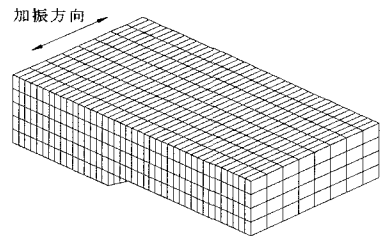


図-3 地盤の3次元FEM解析モデル

キーワード：シールドトンネル 模型振動実験 耐震解析

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部土木学科小泉研 Tel：03-3204-1894

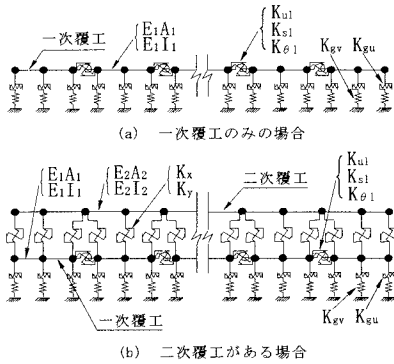


図-4 トンネルの解析モデル

4. 広義お応変位法による断面力

図-5～図-7は三次元FEMによる地盤の時刻歴応答変位を用いて算出した実験 H1 の一次覆工(断面③と断面⑦)および実験 H2(断面②と断面④)の一次覆工と二次覆工とに発生した曲げモーメントの時刻歴解析結果と実験結果とを比較した一例である。これらの図は全体の14秒のうち応答の大きかった1～4秒間について示している。これらの図を見ると、各断面では、各実験ケースの一次覆工、二次覆工ともに曲げモーメントの最大値、位相がよく一致している。この結果から、ここに示した方法により算出した曲げモーメントの解析結果は実験結果をよく説明できることがわかる。

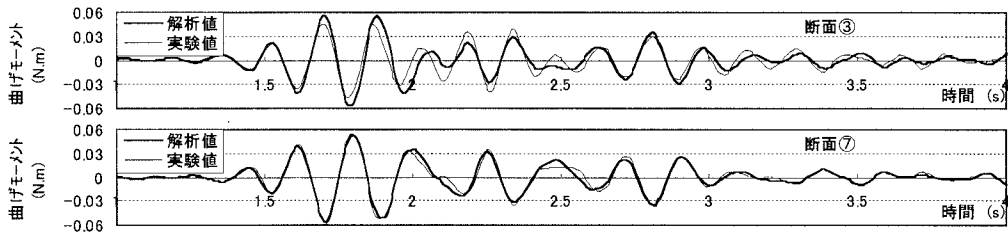


図-5 曲げモーメントの時刻歴解析結果と実験結果との比較(八戸 t/5波, 実験 H1)

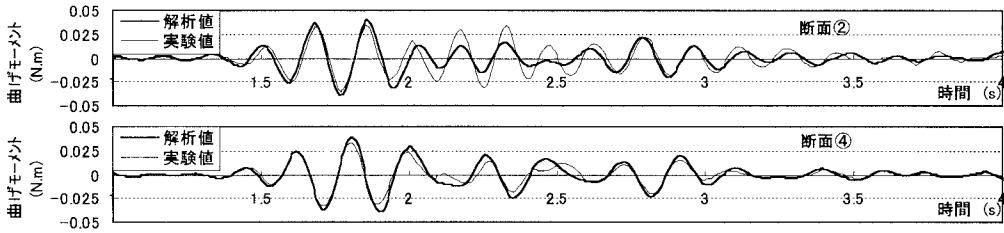


図-6 曲げモーメントの時刻歴解析結果と実験結果との比較
(八戸 t/5波, 実験 H2, 一次覆工)

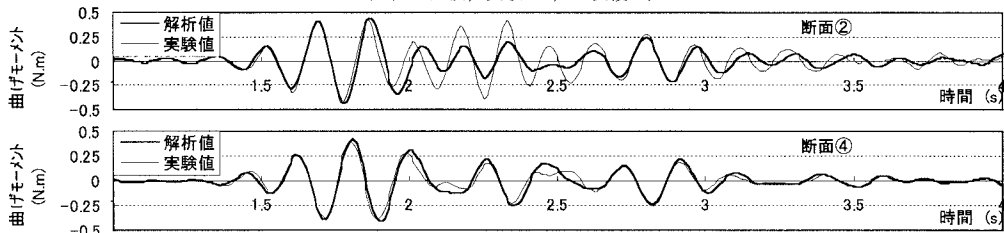


図-7 曲げモーメントの時刻歴解析結果と実験結果との比較
(八戸 t/5波, 実験 H2, 二次覆工)

5. おわりに

結論①: トンネルを軸直角方向に加振した場合には、二次覆工の有無にかかわらず、シールドトンネルは地盤によく追従して運動する。

結論②: 地盤の変位を精度よく推定できれば、提案した構造モデルを用いて、シールドトンネルの地震時挙動を説明することができる。

参考文献 1) 胡仁倩, 何川, 町田能章, 小泉淳: シールドトンネル縦断方向の耐震解析について, 第53回年次学術講演会講演概要集, III-B181, pp.362~363, 1998年10月