

Ⅲ-B114

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

——実地震波が軸方向に作用する場合——

早稲田大学 学生員 何 川

早稲田大学 学生員 胡 仁倩

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

本報告は、実地震波がトンネル軸方向に作用した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、その結果に考察を加えるとともに、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

模型振動実験には実地震波がトンネル軸直角方向に作用する場合の検討と同じ条件の地盤模型、シールドトンネル模型および入力波を用いた¹⁾。地盤のみの実験を実験 J、埋設したトンネルが一次覆工のみの場合を実験 J1、二次覆工がある場合を実験 J2 と略称する。

3. 解析方法

解析には広義の応答変位法を用いた。シールドトンネルの構造解析モデルは文献1)と同様である。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静的に入力される。

4. 広義の応答変位法による断

面力

図1～図3は三次元動的 FEM による地盤の時刻歴応答変位を用いて算出した実験 J1 の一次覆工(断面③と断面⑦)および実験 J2(断面②と断面④)一次覆工と二次覆工に発生した軸力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秒間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、二次覆工ともに軸力の最大値、位相が概ねよく一致している。この結果

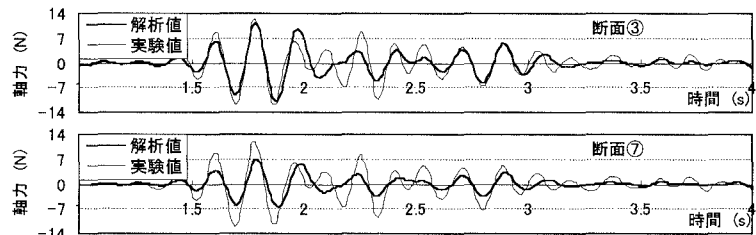


図-1 軸力の時刻歴解析結果と実験結果との比較(八戸 t/5波, 実験 J1)

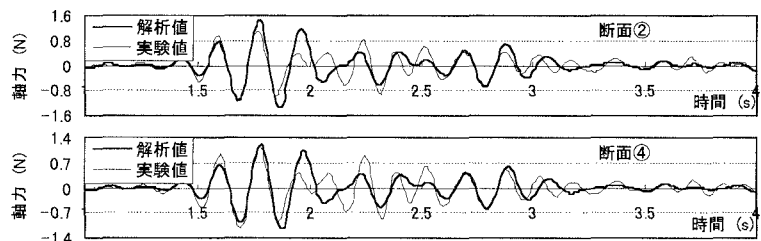


図-2 軸力の時刻歴解析結果と実験結果との比較(八戸 t/5波, 実験 J2, 一次覆工)

から、ここに示した方法により算出した軸力の解析結果は実験結果を説明できることがわかる。

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工学科小泉研 Tel: 03-3204-1894

5. 地盤とトンネルの変形挙動

地盤の解析モデル中のトンネルの中心位置にトンネルの等価軸剛性を評価したはり要素を挿入し、三次元 FEM による動的解析を行った。トンネルが一次覆工のみの場合には、20 リング分の等価軸剛性を考えて一本のはりにした。ま

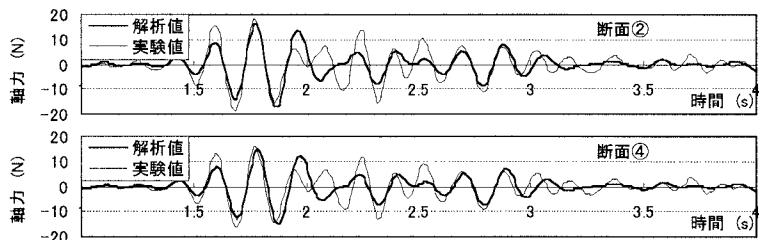


図-3 軸力の時刻歴解析結果と実験結果との比較(八戸 t/5波, 実験 J2, 二次覆工)

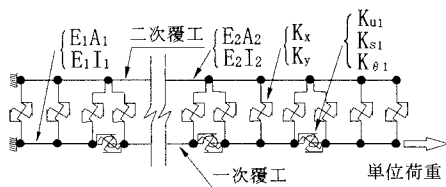


図-4 トンネルの等価軸剛性の算出モデル

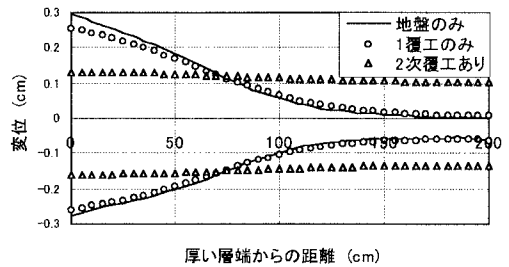


図-5 地盤とトンネルの変位分布モード(解析値)

た二次覆工を有するトンネルの場合には、これを一様な軸剛性を持つはりに置換する目的で、図-4 に示すような解析モデルの一次覆工の端部に単位荷重を軸方向に载荷し、そのときの変位量からはり要素の等価軸剛性を求めた。

図-5 はこのような解析モデルを用いて実験 J のトンネル埋設中心位置におけるの正負の変位の最大値が発生した 1.71 秒と 1.81 秒時の地盤の軸方向変位および実験 J1 と実験 J2 のトンネルの軸方向変位の同時刻における分布を示した一例(八戸 t/5 波)である。この変位分布から、一次覆工のみの場合のトンネルの軸方向変位は地盤の変位にほぼ追従して変形しているのに対して、二次覆工がある場合のトンネルの軸方向変位は地盤の変形には追従せず、比較的長い区間の地盤の平均的変位に対応して変形していることがわかる。

6. おわりに

本研究により、以下の結論が得られた。

① トンネルを軸方向に加振した場合には、トンネルの軸剛性は地盤の挙動に影響を与え、軸剛性が高い場合には、トンネルは周辺地盤にあまり追従せず、比較的長い区間の地盤の平均的変位に対応して変形している。このことは、二次覆工がある場合には一次覆工および継手部に発生する最大軸力は減少することを示している。

② トンネルの軸線に沿った軸方向の変位分布を的確に算定できれば、本研究に用いたモデルによる解析結果と実験結果とは一致しており、本研究に用いたシールドトンネルの縦断方向モデルは、地震動がトンネルの軸方向に作用する場合の解析に有効である。

③ 地震動がトンネル軸方向に作用する場合、シールドトンネルに発生する軸力を正確に算定するためには、トンネルの軸線に沿った地盤の軸方向変位を適切に算定することが解析上最も重要であり、三次元 FEM により忠実に算出された地盤変位を用いた場合にはシールドトンネルの地震時挙動を説明できる。

参考文献

- 1) 胡仁倩, 何川, 小泉淳: 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——, 土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集, III 部門, 1999 年 9 月。