

III-675

シールドトンネルの模型振動実験について(その6)

ートンネルの剛性と地盤の挙動との関係についてー

東急建設 高松伸行・早稲田大学 小泉 淳

日本シールドエンジニアリング 深井直光

早稲田大学 大井 純・村上博智

1. はじめに

線状地中構造物の耐震設計の基本的な考え方は、構造物の挙動が地盤の挙動に支配されるというものである。これは、地盤のマスに比べて構造物のそれが極めて小さいためと考えられ、このことから、その設計には一般に応答変位法を適用する場合が多い。しかしながら、最近ではかなり大規模な地中構造物が建設される場合も生じてきており、必ずしも応答変位法による設計が合理的な方法とは限らなくなってきているようである。本報告は、セグメントリングのみによるシールドトンネルと、その内側に二次覆工を施すことによって剛性がかなり大きくなったトンネルとを対象に模型振動実験を行い、トンネルの剛性が地盤の挙動に及ぼす影響を調べたものである。

2. 実験概要^{1)~6)}

実験は、トンネル模型を埋設しない地盤だけの実験(実験Cと呼ぶ)と一次覆工のみのトンネルを埋設した実験(実験C1と呼ぶ)および二次覆工されたトンネルを埋設した実験(実験C2と呼ぶ)の3種類を行っている。対象としたトンネルは、外径7.0m、仕上り内径5.8mの鉄道単線トンネルである。このトンネルを相似則を用いて模型化し、幅80cm、長さ2m、高さ28cmの不整形地盤を想定したシリコンゴム製の地盤模型中に設置して、トンネル軸方向とそれに直角な方向とから正弦波を入力して振動実験を行った。測定項目は、沖積層模型の一次共振時における地盤変位の最大値とトンネル変位の最大値であり、ぶれ写真を撮影することにより求めている。なお、本実験の詳細は、文献1)~6)を参照されたい。

3. 実験結果とその考察

図-1は、軸方向に加振した場合のトンネル埋設高さにおける基盤面と平行な面の地盤変位分布を示したものである。縦軸はトンネル埋設位置を零としたときの地盤自由端方向(幅方向)の距離を示したものである。トンネル位置を軸として対称な2点では平均した値を示した。この図を見ると、実験Cでは、それぞれの断面で地盤は均等に变形しているのに対して、トンネルを埋設するとトンネル近傍の地盤の变形はその剛性の影響により小さくなっていることがわかる。また、トンネルを埋設しても地盤模型の自由端付近ではトンネルを埋設していない場合の地盤変位とほとんど同じである。

図-2は軸直角方向に加振した場合の同様な地盤変位分布を示したものである。実験C1および実験C2における地盤変位は、トンネル埋設位置付近でその他の部分に比べやや小さくなっているものの軸方向加振時ほどその影響は

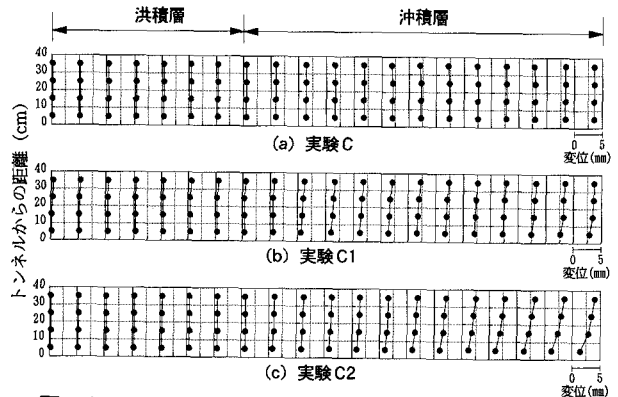


図-1 トンネル埋設高さにおける地盤変位分布(軸方向)

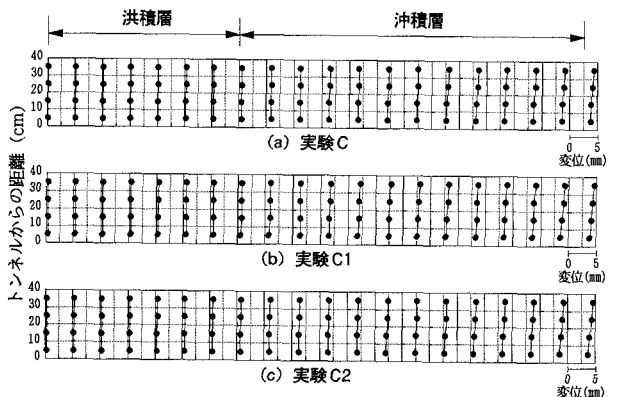


図-2 トンネル埋設高さにおける地盤変位分布(軸直角方向)

顕著でない。

これらの結果から、トンネルの剛性がある程度大きくなると、トンネル周辺地盤はトンネルの剛性の影響を受けることがわかった。また、本実験で用いた地盤模型は自由端の影響がほとんどなく、トンネルから離れた位置では無限に広がる自由地盤とほぼ同じ挙動をしていることがわかる。このことから、図-3に示す解析モデルにいわゆる応答変位法を適用すれば、その解析が可能であると考えた。

解析は、それぞれの実験における沖積層の一次共振時を対象に、実験Cにより得られた地盤変位を最小2乗法により平滑化し、その変位を地盤ばねを介して解析モデルに入力することにより行った。

図-4(a)および(b)は、実験C1とC2における軸方向加振時の地盤変位の伝達率を示したもので、図-4(c)および(d)は軸直角方向加振時の地盤変位の伝達率を示したものである。図中、黒三角印は平滑化した変位に対するトンネル変位の実験結果の割合〔伝達率(実)と呼ぶ〕を示し、黒丸印は平滑化した変位に対するトンネル変位の解析結果の割合〔伝達率(解)と呼ぶ〕を示す。これらの図を見ると、伝達率(実)は洪積層では1よりも大きな値を示しているものの、軸直角方向加振時の沖積層では、トンネルの剛性の大小にかかわらずほぼ1であるのに対して、軸方向加振時には1よりも小さくなり、また、トンネルの剛性がかなり大きくなる実験C2では、0.35程度に低下していることがわかる。

一方、伝達率(解)は、実験C2において軸方向に加振した場合を除いてほぼ1であり、軸直角方向加振時の伝達率は実験結果と解析結果とが同様の傾向を示しているのに対して、軸方向加振時の伝達率については、解析結果は実験結果を説明できたとは言いがたい。

4. おわりに

以上の結果は、模型実験のレベルにおける定性的な結果ではあるが、トンネルの剛性が大きくなる場合には、地盤の挙動はトンネルの影響をかなり受けることがわかり、応答変位法を用いる場合にはさらに検討を要することがわかった。今後、地盤ばねのばね定数を再検討するとともに、トンネルの剛性が大きくなった場合のトンネル周辺地盤の挙動の評価方法について研究を進めてゆく予定である。

参考文献

- 1) 深井直光・高松伸行・栗山雄三・小泉 淳・村上博智：シールドトンネルの模型振動実験に用いた地盤の挙動について、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-27、pp. 96～97、1992年9月。
- 2) 栗山雄三・高松伸行・深井直光・小泉 淳・村上博智：シールドトンネルの模型振動実験について、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-28、pp. 98～99、1992年9月。
- 3) 高松伸行・深井直光・小泉 淳・村上博智：二次覆工されたシールドトンネルの模型振動実験について、第22回地震工学研究発表会講演概要、No. 172、pp. 655～658、1993年7月。
- 4) 小泉 淳・高松伸行・深井直光・大井 純・村上博智：シールドトンネルの模型振動実験について（その3）、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-52、pp. 158～159、1993年9月。
- 5) 大井 純・高松伸行・深井直光・小泉 淳・村上博智：シールドトンネルの模型振動実験について（その4）、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-53、pp. 160～161、1993年9月。
- 6) 深井直光・高松伸行・小泉 淳・大井 純・村上博智：シールドトンネルの模型振動実験について（その5）、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集、Ⅲ-54、pp. 162～163、1993年9月。

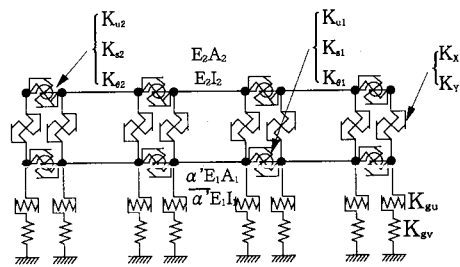
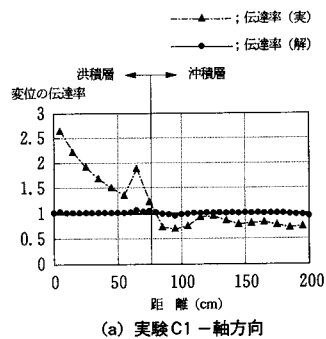
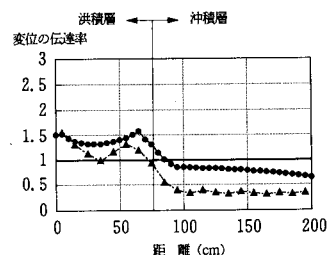


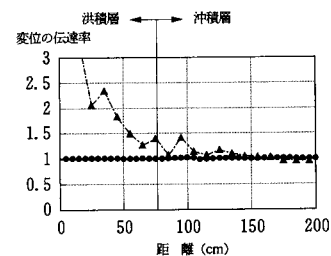
図-3 解析モデル



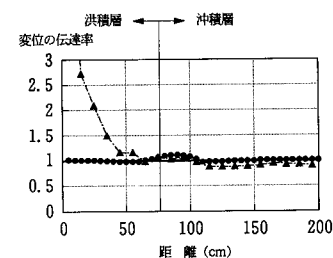
(a) 実験C1 - 軸方向



(b) 実験C2 - 軸方向



(c) 実験C1 - 軸直角方向



(d) 実験C2 - 軸直角方向

図-4 地盤変位の伝達率