

III-12 二次覆工されたシールドトンネルの 地震時挙動に関する研究

帝都高速度交通営団 萩野竹敏
東急建設 高松伸行
早稲田大学 小泉 淳
村上博智

1 研究目的

近年、都市の過密化とともにあって鉄道、道路、電力、ガス、通信及び上下水道等、市民生活の基盤となるライフラインが地下に構築されるようになってきている。それにともなって、都市部においては市民生活や都市交通を阻害しないようなトンネルの需要が増大する傾向にあり、わが国においては、これらのトンネルはシールド工法によって構築されるのが一般的となっている。

その一方で、地震国であるわが国においては、地震時の挙動を含めたトンネル軸方向の挙動を解析することが急務となっているが、このテーマに関しての研究はここ数年来漸く始められたばかりである。

本研究では、シールドトンネルを、村上一小泉法による棒一ばね構造モデルで表現すると共に、トンネルとその周辺地盤との相互作用は、この構造モデルに付した地盤ばねで評価している。

研究目的は、地盤急変部と二次覆工継目の設置位置との関係を耐震工学的に検討するところにある。

2. 解析方法

耐震設計計算にあたっては、地中構造物の一般的な設計法である応答変位法を用いた。

図1は、本研究において想定した仮想地盤の地質概要図であり、この地盤中に鉄道単線シールドトンネル（外径7m、セグメント幅1m、コンクリート平板形セグメント使用）を想定している。

図2は、本研究に用いたシールドトンネルのモデルである。シールドトンネルの一次覆工および二次覆工は、2本の並列した棒部材に置換し、リング継手および二次覆工継目はばね部材で評価する。

また、両覆工間の相互作用は同図中に示すような覆工間ばねで評価する。さらにトンネル周辺地盤は地盤ばねに置換し、一次覆工部分がこの地盤ばねに支持されているものとした。なお、対象としたシールドトンネルの総延長は長さ1kmとし、計算機の容量上の制約を受けるため、上述した棒部材とばね部材とは10リング分の等価剛性¹⁾を有する棒部材とリング継手および継目を評価するばね部材として評価している。

解析に用いた地震波は、応答変位法で求めた強制変位を最大変位振幅とし各ボーリング位置で求められた調和平均波長の平均値を波長とする単純正弦波である。この単純正弦波を200m地点の地盤急変部からトンネル軸方向に対して45°傾けて入射し、解析を行っている。

図3は、解析に用いた入力波である。

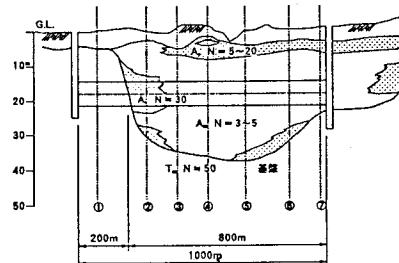


FIG:1 地質概要図

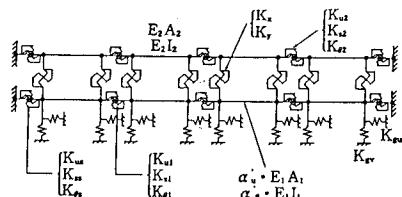


FIG:2 解析モデル

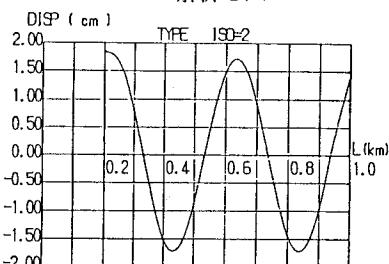


FIG:3 入力地震波

3. 解析結果と考察

図4は一次覆工のみ、図5は二次覆工に継目がない場合、図6は地盤急変部に二次覆工の継目を一ヵ所設けた場合、及び図7は地盤急変部付近に二次覆工の継目を連続して三ヵ所設けた場合のトンネルの曲げモーメント図である。なお、トンネル両端の立坑とトンネルとの接続は力学的には自由としている。

一次覆工に発生している曲げモーメントは、図4および図5に示すようにあまり変化がないことがわかる。しかし、二次覆工を施すことによって、二次覆工が分担する曲げモーメントは大きくなっている。

このことは、二次覆工を施したことによりトンネル全体の剛性が高くなるにもかかわらず、トンネルの挙動は地盤に追随するため、軸直角方向の変位が入力地震波と余り変わらないことによると考えられる。

次に、図6から二次覆工に継目を設けることにより発生する曲げモーメントが低減できることがわかる。

また、図7から二次覆工の連続した三ヵ所に二次覆工継目を設けると、一ヵ所に設ける場合よりも曲げモーメントが更に低減できることが明らかとなった。

4. 結論

本研究の結果から、二次覆工の適切な位置に継目を設けることによって、二次覆工に発生する曲げモーメントを低減できることが明らかとなった。

また、地盤急変部など応力が集中すると思われる場所に二次覆工継目を連続して用いることによって、一ヵ所にのみ二次覆工継目を設ける場合よりも、曲げモーメントの低減効果が期待できることもわかった。

トンネル軸直角方向の挙動は、二次覆工を施すことによってトンネル全体の剛性は高まるが、応答変位がほぼ地震動と同様であるため、二次覆工されたトンネルの場合でも、一次覆工に生じる断面力は、一次覆工のみの場合とあまり変わらないと言うことができる。

以上のことから、立坑との取付け位置や地盤の急変部、あるいは適切な位置に継目を設けることによって、断面力の低減を図ることができることが明らかとなり、二次覆工継目の耐震工学的な有効性が確認された。

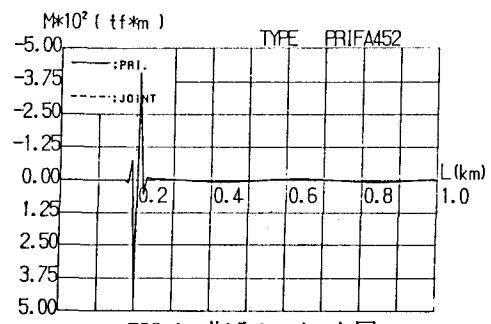


FIG:4 曲げモーメント図

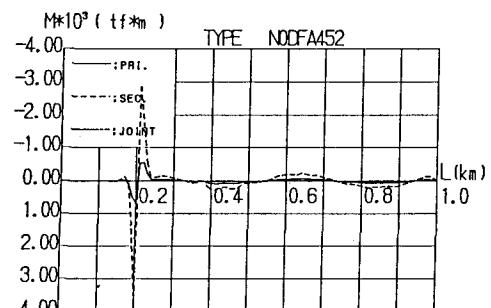


FIG:5 曲げモーメント図

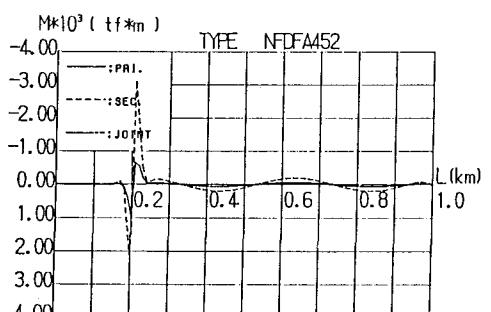


FIG:6 曲げモーメント図

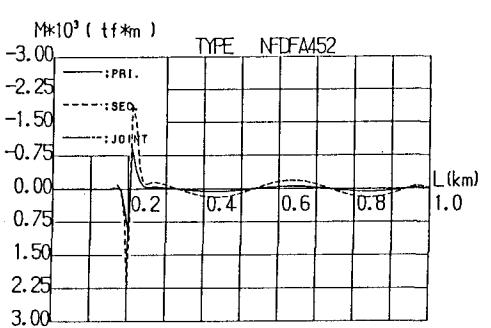


FIG:7 曲げモーメント図