

III-58

二次覆工で補強されたシールドトンネルの軸方向地震時挙動について

日本国土開発 正員 石田智朗

日本国土開発 正員 二宮康治

N T T 正員 川村賢一

東 洋 大 正員 小泉 淳

1. はじめに

シールドトンネルの軸方向挙動に関する研究は、現在のところ主にその主体構造である一次覆工のみのトンネルを対象としている。しかしながら、現実のシールドトンネルでは、二次覆工として現場打ちコンクリートを一次覆工の内側に巻くことが多く、シールドトンネルの耐震性を検討する場合には、トンネル完成後の構造系であるところの二次覆工を有するトンネルの軸方向挙動を明らかにすることが先決となる。

本報告は、一次覆工と二次覆工を個々にモデル化した上で、両覆工間にはせん断特性を評価した非線形ばねを有するシールドトンネルの構造解析モデルを提案するとともに、これを用いてシールドトンネル軸方向の地震時挙動を解析し、これに検討を加えたものである。

2. 解析

(1) 構造解析モデル

図1に本報告で提案した構造解析モデルを示す⁽¹⁾。図中の2本の梁は、それぞれ一次覆工と二次覆工とを表したものである。一次覆工を表した梁は、セグメントリングを評価する棒部材とし、リング継手の特性のうち軸方向特性を評価する軸方向ばねとからなり、これにシールドトンネルと地盤との相互作用、すなわちトンネル周辺摩擦を評価するトンネル接線方向の地盤ばねがつくモデルとなっている。また、二次覆工を表した梁は、二次覆工の剛性を評価する棒部材を基本に、一次覆工のリング継手位置に軸方向ばねを設けたモデルとなっている。このばねは、引張力が作用した場合に発生するクラックの影響を評価したものであり、引張荷重のレベルに応じてクラック発生前後の剛性をそれぞればね定数として解析に反映させるものである。さらに、一次覆工と二次覆工との接合状況に応じたせん断特性はせん断力に対するせん断ばねに評価した。

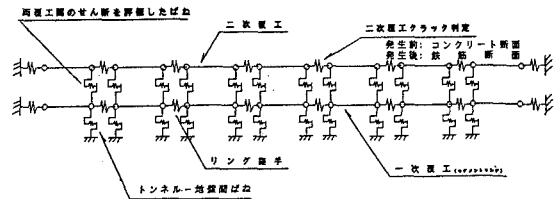


図1 構造解析モデル

(2) 解析対象および解析方法

解析は、図2に示すように、現在計画中の東京湾横断道路シールドトンネル部（外径13.9m、一次覆工厚0.65m、二次覆工厚0.45m、全長9.1km）のうち浮島側立坑から川崎人工島までの特に軟弱な地盤上にある平坦部区間約3.7kmを対象として行った。入力地震波は『東京湾横断道路シールドトンネル設計基準（案）』にしたがって、L-2地震波（最大加速度426gal）を用いた。解析には、まずトンネル位置における各時間ステップ毎の地盤変位を求め、次に得られた変位を前述のシールドトンネルの構造解析モデルに地盤のばねを介して入力することにより行った。また、一次覆工と二次覆工との間のせん断ばねのばね定数は、既応の実験に得られたせん断特性をばねに置換した値⁽²⁾を用いた。

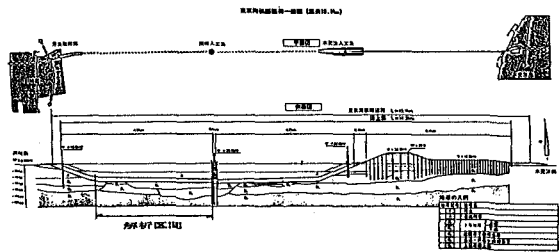


図2 解析対象区間概要図

表1 解析ケース

CASE 1	両覆工間を直打ちした場合
CASE 2	両覆工間にピン止め式の防水シートを施した場合
CASE 3	両覆工間に吹き付け式の防水シートを施した場合
CASE 4	一次覆工のみの場合

(3) 解析ケース

両覆工間のせん断特性に応じて表1に示す4つのケースについて解析を行った。

3. 解析結果および考察

時間ステップ3. 70秒における解析結果を図3から図5に示す。図3は、一次覆工に発生する断面力図である。ケース4は、実際にはケース2に重なっている。圧縮力は、どのケースの場合もほとんど同じ値になっているが、引張力は、ケース1がケース2やケース4に比べて大きい値になっていることがわかる。図4は、二次覆工に発生する断面力図である。ケース2とケース3はケース1に比べ、圧縮力も引張力もかなり小さい値になっていることがわかる。これらのことから両覆工間に防水シートを施した場合では、トンネル全体に発生する断面力のほとんどを一次覆工が分担し、二次覆工には、あまり大きな断面力が発生しないが、直打ちした場合には、二次覆工にも相当大きな断面力を分担していることがわかる。図5は、一次覆工のリング継手部の目開き量を示したものである。ケース3は、ケース2に重なっている。ケース2とケース3は、ケース1に比べて目開き量は大きくなっているが、いずれもその絶対量は0.35mm程度であり、漏水などの問題はないと考えられる。これらの結果は、その他の時間ステップにおいても同様な傾向にある。

4. まとめ

以上に述べたように、提案したシールドトンネルの軸方向構造解析モデルを用いて、二次覆工で補強されたシールドトンネルの軸方向の地震時挙動を解析し、二次覆工を直打ちする場合やシートを巻いてアイソレーションする場合の両覆工の挙動や両覆工間の相互作用を明らかにできた。提案した二次覆工を有する構造解析モデルの妥当性のより厳密な検証は、今後の課題である。

<参考文献>

- (1) 小泉, 村上, 西野: シールドトンネルの軸方向特性のモデル化について, 土木学会論文集第394/Ⅲ-9, 1989.6
- (2) 東京湾横断道路六社研究会: 東京湾横断道路シールドトンネル軸方向剛性確認実験/一次・二次覆工の力学的挙動の検証実験に関する報告書, 1989.6

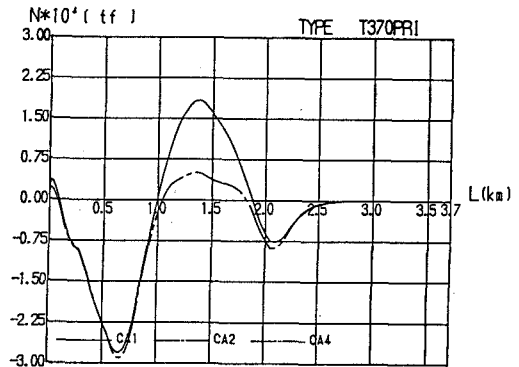


図3 断面力図(一次覆工)

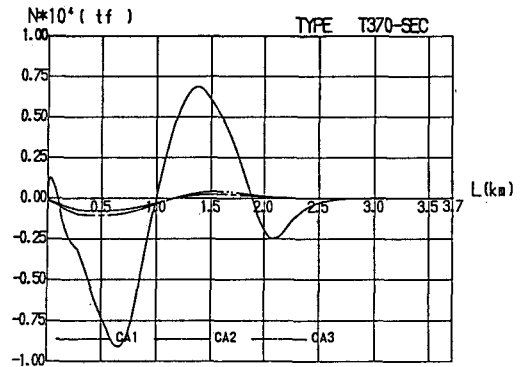


図4 断面力図(二次覆工)

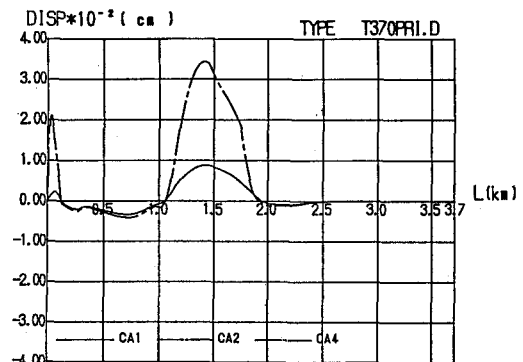


図5 リング継手部の目開き量