

III-46

二次覆工で補強されたシールドトンネルの軸方向の挙動について

早稲田大学 村上 博智・赤石沢 総光
 東洋大学 小泉 淳
 西武鉄道 井戸 明

1. まえがき

シールドトンネルの軸方向挙動に関する研究は、主として一次覆工のみによるシールドトンネルを対象としてきている。^① しかしながら現実のシールドトンネルでは、これに現場打ちコンクリートで行う場合が多い。

二次覆工を考慮した軸方向挙動に関する研究では、一次覆工と二次覆工を総合的に把握して、その軸方向剛性を定め、シールドトンネルを弾性支持された等価な梁として解析するのが一般的である。

筆者等はすでに、二次覆工で補強されたシールドセグメントリングの挙動に関する研究^②を發表している。本研究はその手法を用いて、二次覆工で補強されたシールドトンネルの軸方向挙動について検討を加えるとともに、一次覆工と二次覆工との相互作用を明らかにし、シールドトンネルの軸方向設計資料を得ようとするものである。

2. 研究の概要

(1) 構造モデル

二次覆工で補強されたシールドトンネルを、図1に示すような二本の並列梁にモデル化する。

図1において (a)の部分は、一次覆工を示す棒構造モデルである。すなわち、セグメントリングを直線棒部材に置換し、1リング分のリング継手の特性をまとめて、軸方向ばね、回転ばね、せん断ばね(K_{x1} 、 K_{y1} 、 $K_{\theta1}$)で評価するとともに、シールドトンネルと地盤との相互作用は、トンネル法線方向ばねと接線方向ばね(K_{gx} 、 K_{g1})で評価する。(文献(1)参照) (b)の部分は二次覆工を示しており、セグメントリング同様、棒部材に置換し 打ち継目部分は、二次覆工継手のばね(K_{x2} 、 K_{y2} 、 $K_{\theta2}$)で評価する。(c)の部分は、両覆工間の相互作用をばね(K_{x3} 、 K_{y3} 、 $K_{\theta3}$)で評価したものである。

図1にこの解析モデルを示す。

(2) 変位の設定

数値実験にあたっては、トンネル位置における地盤条件の変化がトンネルに及ぼす影響について考察した。想定した地盤は図2に示す如くで、トンネル中心位置における沈下量を地盤ばねを介して強制変位として、シールドトンネルに作用させた。

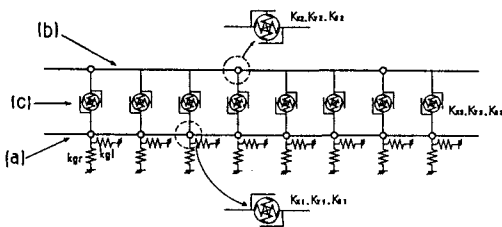


Fig 1: 二次覆工で補強されたシールドトンネルの
軸方向解析モデル

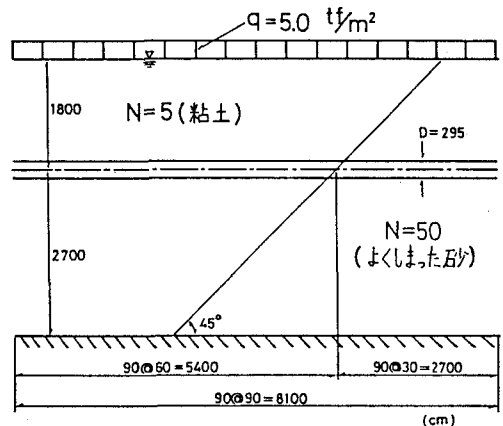


Fig 2: 地盤モデル

(3) 解析ケース

図2に示すような地盤急変部を、シールドトンネルが通過する場合を想定し、RCセグメントを用いたトンネルについて解析を行った。この場合、二次覆工継手のステップをパラメータにとり、3リングおき、6リングおき、9リングおきに1か所の打ち継目を設けた場合と、打ち継目を全く設けない場合の、計4通りについて検討した。断面剛性および継手ばね定数は、一次覆工と二次覆工とは重ね構造として挙動するものとし、二次覆工の打ち継目部の実情を考慮して、表1に示す値を採用した。また解析には、外径=2950mmの標準セグメントを用い、二次覆工仕上り内径は、2400mmとした。

Table1: 断面剛性および継手ばね定数

RCセグメント	
一次覆工断面剛性	
$A_1(\text{m}^2)$	1.10938
$I_1(\text{m}^4)$	1.10886
$E_1(\text{tf/m}^2)$	3.85×10^6
二次覆工断面剛性	
$A_2(\text{m}^2)$	1.20166
$I_2(\text{m}^4)$	0.98013
$E_2(\text{tf/m}^2)$	1.9×10^6
一次覆工継手ばね定数	
$K_{x1}(\text{tf/m})$	4.63×10^6 (引張)
$K_{y1}(\text{tf/m})$	無限大 (圧縮)
$K_{z1}(\text{tf/m})$	無限大
$K_{\theta 1}(\text{tfm})$	4.79×10^6
二次覆工継手ばね定数	
$K_{x2}(\text{tf/m})$	0 (引張)
$K_{y2}(\text{tf/m})$	無限大 (圧縮)
$K_{z2}(\text{tf/m})$	無限大
$K_{\theta 2}(\text{tfm})$	0
覆工間継手ばね定数	
$K_{x3}(\text{tf/m})$	無限大
$K_{y3}(\text{tf/m})$	無限大
$K_{z3}(\text{tf/m})$	0

3. 解析結果とその考察

解析結果の一部として、図3～6にそれぞれのステップにおける曲げモーメント図が示してある。これらの図から明らかに、打ち継ぎ部分を除きトンネル全体の曲げモーメントの大部分を、剛性の高い二次覆工が受けもっている。一方、二次覆工の打ち継目部分は曲げモーメントに

対しては、ヒンジとして挙動するものと考えたので、一次覆工がすべての曲げモーメントを負担することになっている。またこれらの図から、二次覆工の継手間隔を大ととるほど、曲げモーメントの絶対値も大きくなっている。このことは地盤急変部に築造されるシールドトンネルにおいては、二次覆工打ち継目部の間隔を、いかに定めるかが、設計上肝要なことであることを示している。

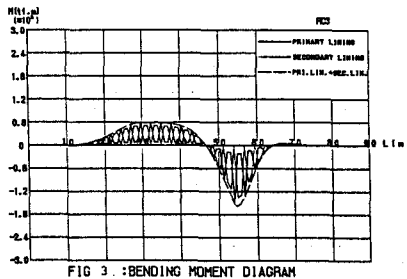


FIG 3: BENDING MOMENT DIAGRAM

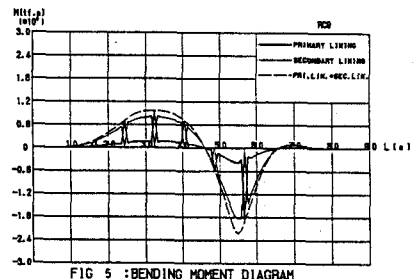


FIG 5: BENDING MOMENT DIAGRAM

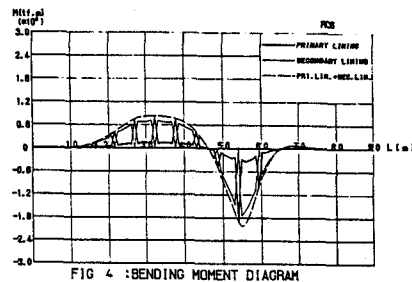


FIG 4: BENDING MOMENT DIAGRAM

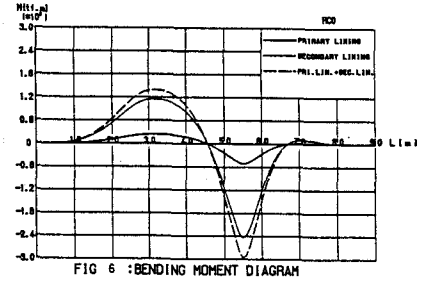


FIG 6: BENDING MOMENT DIAGRAM

4. まとめ

以上に述べたように、二次覆工施工後の軸方向の挙動について、両覆工間の相互作用を把握することができた。しかし、覆工間ばね定数や二次覆工継手ばね定数など まだ不明確な点が多いので、多くの実験、実測データを集めて、より忠実なモデルを検討する必要がある。また今回は、不等沈下のケーススタディを行ったため鉛直方向のみの荷重を検討したが、地震時の挙動のように軸方向にも力がかかる場合の検討も重要な課題であると思われる。

参考文献

- (1): 小泉・村上・西野 「シールドトンネルの軸方向挙動に関する研究」
土木学会論文集 第394号/Ⅲ-9 1988. 6.
- (2): 村上・小泉 「二次覆工で補強されたシールドセグメントリングの挙動について」
土木学会論文集 第388号/Ⅲ-8 1987. 12.