

III-301

二次覆工で補強されたシールドトンネルの挙動について

早稲田大学 村上 博智・坂本 邦隆

東洋大学 小泉 淳

日本電信電話株式会社 平野 浩治

1. まえがき

シールドトンネルでは一次覆工がトンネルの主体構造であると考え、最終荷重状態に対して、一次覆工であるセグメントリングの設計を行うのが一般的である。しかしながら二次覆工が耐荷能力を発揮出来るようになった後に荷重が累加されたり、減少する場合には、一次覆工と二次覆工とが協力して荷重の変化に対応すると考えられる。

前回までの報告では、セグメントリング1リング分、いわゆるいも継ぎリングを対象にした二次覆工を有するシールドトンネルの挙動を明らかにする解析モデルを提示した。^{(1)~(6)}

本報告は、シールドトンネルの実状により近づけるために、千鳥組みされた一次覆工に二次覆工を施したシールドトンネル模型の載荷試験を行い、実験結果をよく説明できる解析モデルに検討を加えたものである。

2. 実験の概要

実験に用いたセグメントリングとしては、そのセグメント継手を鋼管外面の軸方向に設けた等間隔6個所の切欠きで評価した鋼製円管を用いた。千鳥組の種類は現場の実状に応じて2リング1サイクル、および3リング1サイクルの2つである。リング継ぎ手は等間隔24個所に挿入した鋼製ピンで評価した。その内側にモルタルリングを打設して二次覆工で補強されたシールドトンネル模型とした。トンネル模型の形状寸法と載荷方法は既に発表したものと同一である。測定項目は円周方向の表面ひずみと直径変化量である。なお、鋼材はSS-41で、二次覆工用モルタルの諸性質は、 $\sigma_c = 42.1 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_t = 2.6 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_b = 6.7 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $E = 2.4 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ である。

3. 解析モデル

今回の実験では両覆工間にジベルを設けていないうえ、二次覆工として普通モルタルを用いたので、従来の経緯から考えて、両覆工は重ね構造として挙動するものと考えられる。文献(6)に示したように、慣用計算法は千鳥組されたセグメントリングの挙動を知るうえで、曲げ剛性の有効率 η を適切に選べば安全な設計法である。千鳥組されたセグメントリング（図1-(a)，(b)）の荷重方向直径変形量 δ_{vo} を文献(6)の方法で求め、図1-(c)に示すセグメントリングの同方向の直径変化量を η の関数として同様な方法で求めたのが図2に示す $\eta-\delta_v$ curveである。この曲線と $\delta_{vo} = \text{const.}$ の直線との交点として η_v を定める。同様にして荷重と直交する方向の直径変化量から η_h を求め、その平均値を曲げ剛性の有効率 η とすれば、得られた曲げ剛性一様（ $\eta E_s I_s$ ）リングと曲げ剛性一様（ $E_m I_m$ ）な二次覆工のモルタルリングとが重ね構造として挙動すると考えたものが、この実験に対する解析モデルである。

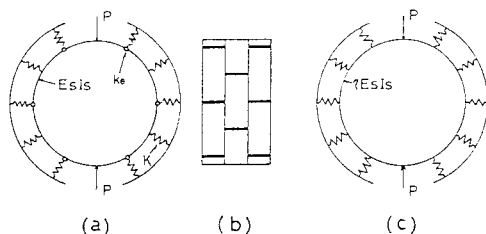
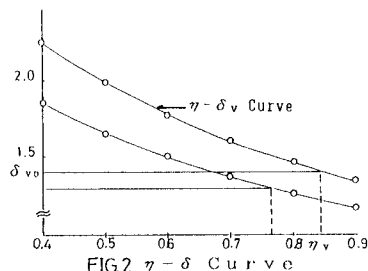


FIG1 Segment Ring

FIG2 $\eta-\delta$ Curve

4. 実験結果

2リング1サイクルの千鳥組に対する実験結果を図3～図11に示す。図3は荷重と荷重方向直径変化量との関係を示したものである。なお、ひびわれ発生後の解析はモルタルリングのひびわれ発生位置をピンで評価して行なった。図4、図5はひびわれ発生前の代表値として $P = 1500 \text{ kgf}$ の場合に対する両覆工の曲げモーメント図を示してある。また図6、図7はひびわれ発生後の代表値として $P = 9000 \text{ kgf}$ の場合に対する両覆工の曲げモーメント図を示してある。

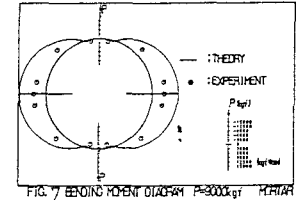
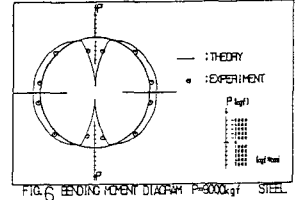
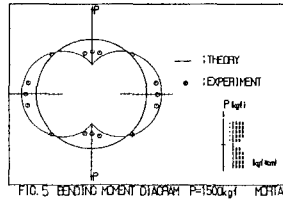
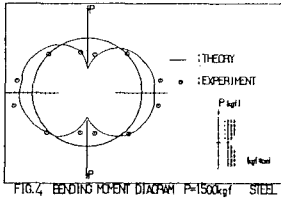
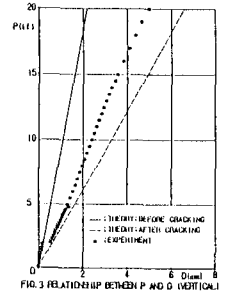
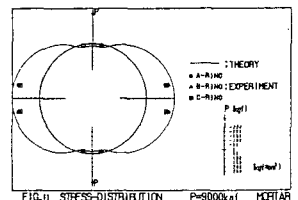
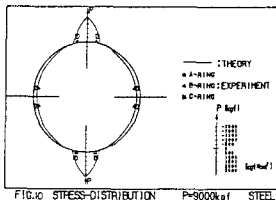
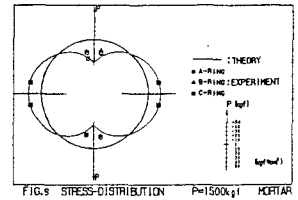
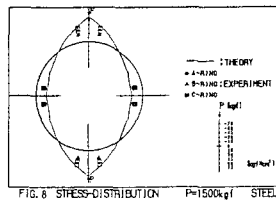


図8～図11には両覆工の表面応力図を示した。図8、図9はひびわれ前、図10、図11はひびわれ後の応力図で、引張り側を正としている。

これらの図から提案した解析モデルは実験結果をほぼ忠実に示しているといえる。3リング1サイクルの千鳥組に対する実験結果もほぼ同様であったので省略する。

5. むすび

以上に述べたように二次覆工で補強されたシールドトンネルの挙動を説明する解析モデルを提示したが、千鳥組されたセグメントリングと二次覆工リングとの相互作用を曲げ剛性の有効率を用いずに直接解析する方法について現在考案中である。



(1), (2), (3), (4), (5): 村上 博智, 小泉 淳 ほか

『二次覆工で補強されたシールドトンネルの挙動について』

土木学会第37, 38, 39, 40, 41回

年次学術講演会講演概要集

37-Ⅲ-199, 38-Ⅲ-85, 39-Ⅲ-312

40-Ⅲ-175, 41-Ⅲ-423

(6): 村上 博智, 小泉 淳

『シールドトンネルの耐荷機構について』

土木学会論文報告集第272号