シールドトンネルを対象とした大型覆工模型実験

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 〇津野 究 鎌田 和孝

1. はじめに

外力を受けたシールドトンネルの変形挙動や破壊性状を 把握するため、大型トンネル覆工模型実験装置(図1)¹⁾を 用いた載荷実験を行った.実験より得られた荷重・変位関 係や変形破壊挙動を整理したので報告する.

2. 実験概要

(1) 実験装置

載荷実験に用いた大型トンネル覆工模型実験装置¹⁾は,新 幹線標準断面(山岳トンネル)の1/5相当の覆工模型を載荷 でき,反力フレーム,載荷用油圧ジャッキ(最大載荷重 500kN),反力用油圧シリンダ等で構成される.覆工模型の 周囲には油圧シリンダ付きの皿ばね(ばね定数3,000kN/m) を配置しており,覆工と地盤との相互作用(地盤反力係数 換算16MN/m³)を模擬することができる.

(2) 覆工模型

図 2 に示すような 4 つのセグメントが 3 つの継手部によ り締結された覆工模型を作製した. 覆工模型は, 厚さ 150mm, 奥行きは 300mm である. セグメントは, 既往の RC 覆工を 対象とした実験²⁾を参考とし, D6@27mm の複鉄筋, 配力 筋およびスターラップを配筋したうえで, モルタルを打設 して作製した. モルタル打設 28 日後(載荷実験前日)の一 軸圧縮強さは 37.2N/mm² であった.

継手部はボルト継手とし,図3に示す継手板(板厚12mm) をボルト(M20)で締結した.継手部の外観を図4に示す. なお,ボルトの初期軸力については,載荷実験前に許容応 力度相当の27.4kN となるように増締めを行っている.

(3) 載荷方法

載荷方法は, 天端部の載荷用油圧ジャッキにより, 鉛直 下向きの荷重を変位制御(載荷速度 0.1mm/分)で作用させ た.載荷は, 0.2mm ずつ行い, 覆工の状況を観察するとと もに,載荷荷重,載荷点変位,覆工内面の法線方向変位, 鉄筋のひずみ,ボルトのひずみ等の計測を行った.なお, 覆工模型周囲の反力用油圧シリンダは全てトンネル覆工模 型に接触させ,覆工と背面地盤の間に空洞がない状態を想 定して載荷を行った.



キーワード シールドトンネル,模型実験,変形,破壊 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7266

-871-

-436

3. 実験結果

(1) ひび割れの進展状況

ひび割れの進展状況を図5に示す.載荷板変位&=3mmで, 天端内面の継手部ボルトボックス付近にひび割れが発生し, を8.6mm で天端に斜めひび割れが発生した.また, &=12.6 および14.4mmで,右および左アーチの継手部付近に斜めひ び割れが発生し,その後&=19.0mmで圧ざ(圧縮破壊)が発 生した.さらに, &=28.0mmの時に天端外側に圧ざが発生し た.

なお、軟弱地盤中のシールドトンネルでは、天端付近に 曲げひび割れが発生する事例が報告されているが、本実験 では載荷位置の継手ヒンジとなったことや地盤反力係数が 洪積地盤相当であることから、天端付近のモーメントが大 きくならず、ひび割れが発生しなかったものと推測される.

(2) 荷重-変位曲線

荷重 P と載荷板変位 δの関係を図 6 に示す.これより,載 荷板変位 δの増加とともに荷重 P が増加し,アーチの継手部 付近に圧ざが発生した δ=19mm で剛性が低下した.δ=28mm で,天端外側での圧ざの発生とともに一旦荷重が低下した が,その後剛性が小さくなるものの荷重は増加し,δ=70mm 付近で最大荷重となった.なお,δ=105mm まで載荷を行っ たが,最大荷重発現後も荷重の急激な低下は確認されなか った.なお,図 6 には,既往の無筋覆工のデータ²⁾も示して いるが,δ=40mm 付近までは概ね同傾向となっている.こ れは,継手部により3 ヒンジアーチとなり,無筋覆工のひ び割れが進展するのと同じ状況になったためと考えられる. (3) ボルトの軸力

継手ボルトの軸力を図7に示す.これより,載荷板変位 の増加とボルトの軸力が増加するが,天端では&=8.6mmの 斜めひび割れ発生後に,左右アーチの継手部では&=19mm の圧ざ発生後に,ボルトの軸力が低下している結果となっ ている.

4. おわりに

大型トンネル覆工模型実験装置を用いて、シールドトンネルの覆工を対象とした載荷実験ができることを確認した.今後も実験データを蓄積し、シールドトンネルの変形挙動について検討していく予定である. 謝辞

載荷実験の実施にあたっては、(株)ジェイアール総研エンジニアリングの川上義輝氏に多大なる御協力を 頂いた.ここに記して謝意を表す次第である.

参考文献

- 1) 高橋幹夫,津野究,小島芳之:大型トンネル覆工模型実験装置の開発,土木学会第61回年次学術講演会講演概要集,Ⅲ -070,pp.139-140,2006.9
- 2) 野城一栄,平田亮,岡野法之,小島芳之:種々の材料からなる山岳トンネル覆工の変形破壊挙動に関する研究,土木学会論 文集F1(トンネル工学), Vol.71, No.2, pp.78-94, 2015.



図7 継手ボルトの軸力