

継手構造がシールドトンネルの力学的挙動に及ぼす影響に関する実験的検討（その1）

（公財）鉄道総合技術研究所      正会員    ○木下   果穂      津野   究      滝川   遼  
ジェイアール総研エンジニアリング    非会員    川上   義輝

1. はじめに

外力を受けるシールドトンネルを対象に、セグメント継手構造の違いがシールドトンネルの変形挙動や破壊性状に及ぼす影響を把握するため、大型トンネル覆工模型実験装置<sup>1)</sup>を用いた載荷実験を実施したので報告する。

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<sup>1)</sup>を図1に示す。実験装置は、反力フレーム、載荷用油圧ジャッキ（最大載荷重 500 kN）、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 3,000 kN/m）を配置しており、載荷に伴い覆工と地盤との相互作用を模擬することができる。

(2) 覆工模型

覆工模型は、外径 2150 mm、厚さ 150 mm、幅 300 mm の RC セグメントから作製している。セグメントは主筋として SD345-D6 を、配筋筋とスターラップは SR24-D3 を配置している。また、モルタルの設計基準強度は 21 N/mm<sup>2</sup> とした。

本研究では、ボルト継手とくさび継手の2種類の継手構造と、継手部が天端にありと天端になしの2パターンの継手の配置からなる、全4ケースを比較した。各ケースの条件を表1に示す。

(a) 継手構造

ボルト継手の概要を図2に示す。ボルト継手は板厚 12 mm の SS400 の継手板とブラケット、SD345 のアンカー筋で構成されており、継手板を M20 のボルトで締結して覆工模型を組み立てる。

くさび継手の概要を図3に示す。今回使用した継手は、くさびをセグメントに先付けする形式であり、SS400 の金物と、SD345 のアンカー筋から構成されている。M 金物の挿入部分にはテーパをつけており、M 金物を F 金物に挿入することで覆工模型を組み立てる。

(b) 継手配置

継手部が天端にありのパターンは、4つのセグメントが天端部とアーチ肩部の3つの継手により締結されている。一方、継手部が天端部になしのパターンは、5つのセグメントがアーチ側壁部に2つずつの計4つの継手により締結されている。それぞれのパ



図1 大型トンネル覆工模型実験の状況

表1 覆工模型の条件

|       | 継手構造  | 継手配置  |
|-------|-------|-------|
| Case1 | ボルト継手 | 天端にあり |
| Case2 | ボルト継手 | 天端になし |
| Case3 | くさび継手 | 天端にあり |
| Case4 | くさび継手 | 天端になし |

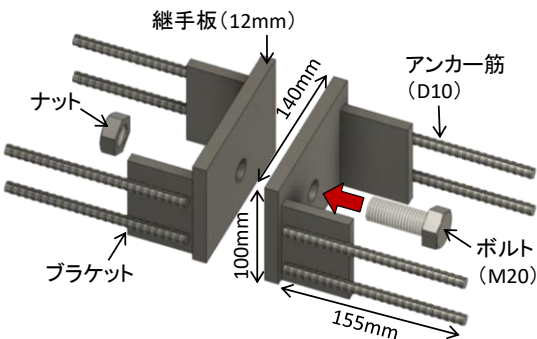


図2 ボルト継手

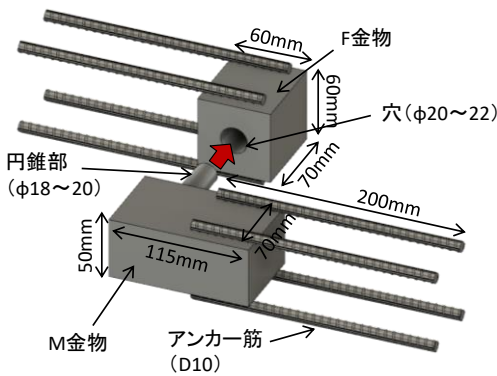


図3 くさび継手

キーワード シールドトンネル, セグメント, 模型実験, 継手, 変形

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL042-573-7266

ターンの覆工模型の概要を図4に示す。

### (3) 荷重方法

荷重方法は、天端部の荷重用油圧ジャッキにより、鉛直下向きの荷重を変位制御（荷重速度 0.1 mm/分）で作用させた。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荷重を行った。

## 3. 実験結果

全ケースの天端部における荷重—変位曲線を図5に示す。

### (1) 継手部が天端にありのパターン

継手部が天端にある Case1 と Case3 は、荷重を開始すると変位の増加とともに荷重が増加し、継手部近傍にひび割れが発生して、両ケースとも変位 23 mm 付近で剛性が低下した。最大荷重までの挙動や、一時的な荷重の低下等に若干の差があるが、最大荷重や荷重変位の挙動は概ね同じ傾向を示した。

荷重低下時の覆工模型の状況を図6に示す。Case1 では、天端の継手部にボルト位置の高さ付近に、ななめひび割れが発生しており、肩部の継手部には圧ぎが生じていた。一方、Case3 では、天端の継手部の圧縮側に複数のひび割れが発生し、肩部の継手部には Case1 と同様に圧ぎが生じていた。

### (2) 継手部が天端になしのパターン

継手部が天端にない Case2 と Case4 は、荷重を進めると天端部の覆工内側に引張りひび割れが集中的に発生し、(1)と同様に継手部近傍にもひび割れが生じた。両ケースとも変位 15 mm 付近で最大荷重に達したが、その後の荷重の低下は異なる挙動を示した。

荷重低下時の覆工模型の状況を図7に示す。Case2 では、天端の荷重位置にななめひび割れが生じており、肩部と脚部の継手部にもひび割れが生じていた。一方、Case4 では荷重位置だけではなく、肩部の継手の切欠き部分から大きなせん断ひび割れが発生した。また、脚部においては Case2 と同様に継手部にひび割れが生じていた。

## 4. まとめ

本研究では、セグメント継手構造が異なる 4 ケースの覆工模型を用いて荷重実験を実施し、継手構造の違いによる破壊性状および変形挙動の違いを確認した。今後は、地盤条件や実トンネルを考慮した数値解析を実施し、構造耐力の評価法について検討したいと考えている。

## 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

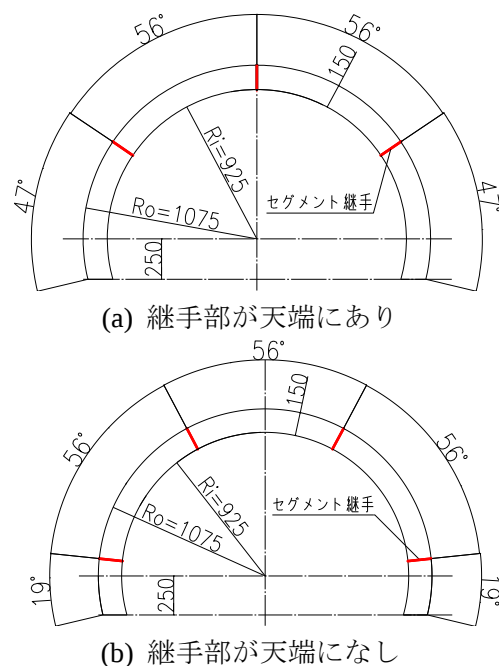


図4 継手配置パターン

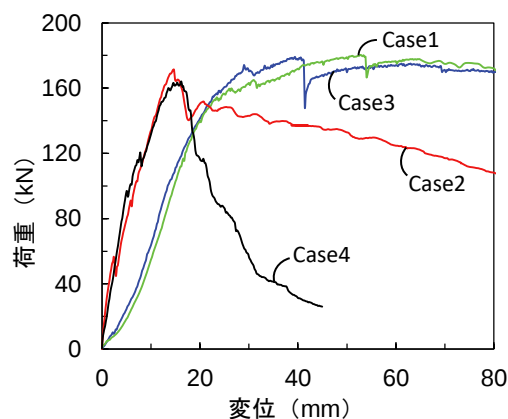


図5 荷重—変位曲線



図6 荷重低下時の覆工模型の状況 (Case1,3)



図7 荷重低下時の覆工模型の状況 (Case2,4)