

大型トンネル覆工模型実験装置の開発

鉄道総研 正会員 ○高橋幹夫，津野究，小島芳之

1. はじめに

供用中のトンネルにおける覆工の力学挙動特性の把握は、トンネルの健全度評価や対策工の設計等において、特に重要である。しかし、覆工の変形挙動は、トンネル周辺地山の相互作用によることや、ひび割れの発生等によって、その特性が大きく変化するため、その評価を困難なものにしている。

これまで鉄道総研では、トンネル覆工の力学挙動に着目した模型実験に関しては、新幹線標準断面を想定した1/30縮尺モデルの実験装置を用いて、载荷パターンや構造欠陥による影響等について成果を得てきた¹⁾。しかしながら、1/30縮尺モデルでは定量的な評価が難しいため、新たに、新幹線標準断面の1/5縮尺モデルによる大型トンネル覆工模型実験装置を開発・製作した。これにより、実際のトンネル覆工に近い変形挙動を再現できるものと考えられる。

2. 実験装置

実験装置は、新幹線標準断面を想定した模型実験装置（縮尺1/5）である（写真1，図1）。実験装置には、载荷ポイントをトンネル周方向に9箇所、それをトンネル軸方向に3列の計27箇所設け、载荷はサーボアクチュエータにより行う。以下に実験装置のシステム構成と仕様を示す（図2）。



写真1 模型実験装置の外観

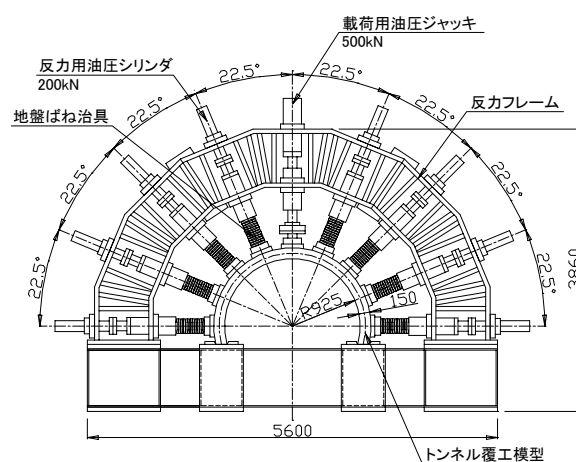


図1 模型実験装置の概要

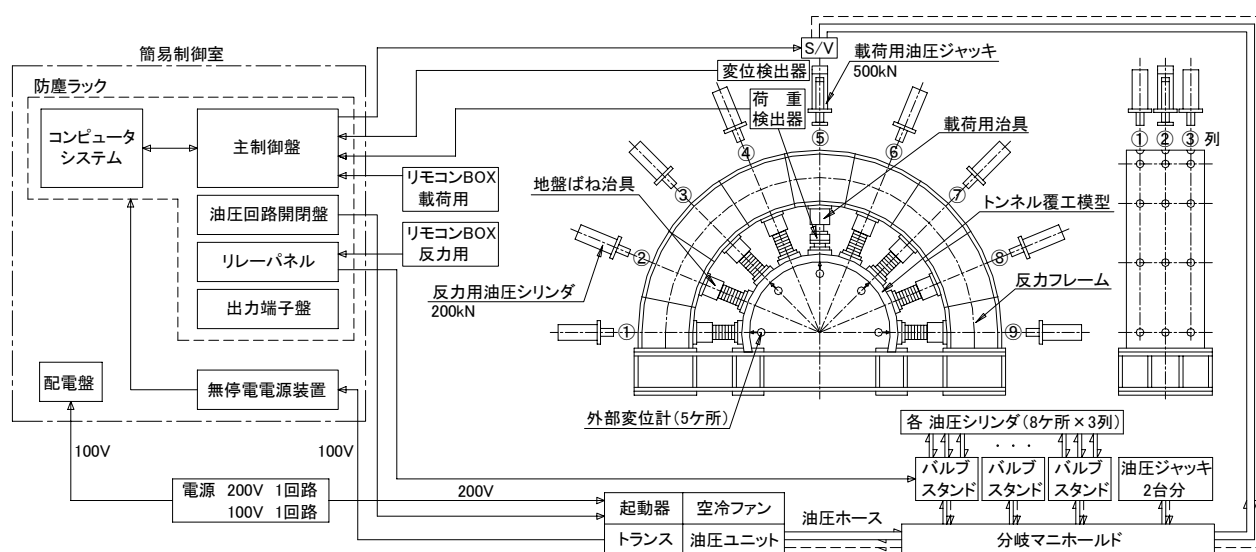


図2 システムブロック図

キーワード トンネル，覆工模型，载荷実験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38

(財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7266

(1) 荷重装置

- ・ 荷重用油圧ジャッキ（変位計・荷重計付）
最大加圧力：押 500kN（5.6MPa）
ストローク：最大 250mm
- ・ 反力用油圧シリンダ（地盤ばね付）
シリンダ内径：φ125，ストローク：最大 200mm
定格圧力：常用 16.3MPa（200kN 相当）
皿ばね：外径 200mm×内径 102mm×厚さ 12mm
20 枚/1ヶ所，ばね定数 30kN/cm

油圧シリンダの荷重設定後，ストップバルブにより荷重を保持し，荷重用油圧ジャッキで与えた試験体の変形荷重に対しては，皿ばねの変形により受ける。

- ・ 反力フレーム
寸法：幅 5,600mm×奥行き 1,200mm×高さ 3,860mm
重量：約 30t（本体フレームのみ）

(2) 油圧装置

- ・ 空冷油圧ユニット（定格圧力：常用 20.5MPa）
- ・ 分岐マニホールド（3×2 分岐）
3 ポート（500kN 油圧ジャッキ 3 台分，圧力計付）
3 ポート（200kN 油圧シリンダ 3 列分，圧力計付）
- ・ バルブスタンド（1 台あたり）
電磁弁+ストップバルブ 9 個（1 列分）による操作

(3) 試験体（覆工模型）

- 新幹線標準断面の 1/5 縮尺モデル（R=925）
寸法：幅 1,850mm（SL 内）×高さ 1,175mm（内高）
×厚さ 150mm×奥行き 300～1,200mm

3. 試験荷重

今回，試験的に鉛直 1 点荷重の実験を実施した。実験は，模型のセット完了後，初期荷重として，油圧シリンダにより 1 載荷板あたり 8.6kN（≒0.1MPa）を与え，それから荷重を開始した。荷重は，1 ステップあたり載荷板押込み量 0.5mm ずつの変位制御による段階荷重で行い，変位を与えてから 1 分間放置後に，計測データの読み込み，ひび割れ状況の確認を行う。なお，覆工材料は，コンクリート（ $f_{ck}=21\text{MPa}$ ）とし，模型の奥行きは載荷板 1 列分の 300mm とした。以下に，荷重変位曲線を図 3 に，ひび割れ・変形状況を図 4，写真 2 に示す。

実験結果から，荷重により，覆工はまず弾性的挙動を示し，ひび割れが生じて更に圧力が生じた後も荷重の増加率は低下するが荷重は増え続け，ピーク荷重が発現した後も延性破壊的な状態をある程度保持してから荷重が

低下して覆工の終局状態に至ることを確認できた。また，鉛直荷重による変形で左右のばらつきもほとんどなく，精度の良い実験ができることを確認した。

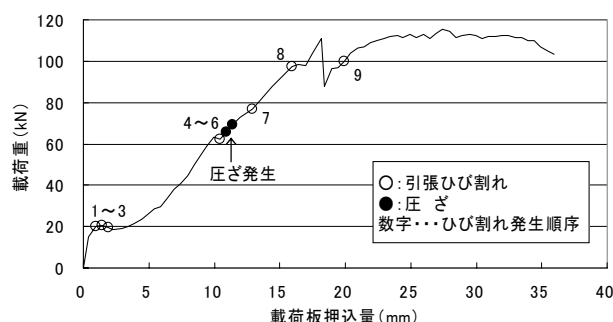


図 3 荷重変位曲線

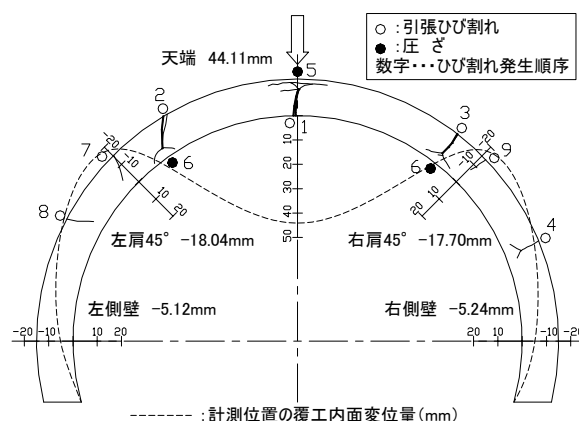


図 4 ひび割れ・変形状況（最終押込み時）



写真 2 ひび割れ・変形状況（最終押込み時）

4. おわりに

今後は，以下のような実験の実施（表 1）およびシミュレーション解析を実施し，トンネル覆工の力学健全度評価法や補強法の確立等に結び付けたいと考えている。

表 1 実験パターン例

①	鉛直圧，偏圧等を想定した様々な載荷パターン
②	構造欠陥（巻厚不足等）を持つ覆工
③	様々な覆工材料（RC，FRC，ブロック積み等）
④	実大規模の補強工法を用いた対策効果の検証

参考文献

- 1) 朝倉俊弘 他：トンネル覆工の力学挙動に関する基礎的研究，土木学会論文集，第 493 号/III-27，1994.6