

### 鉄筋コンクリート山岳トンネル覆工の変形破壊挙動に関する模型実験

J R 西 日 本 正 会 員 ○小林 俊彦, 長山 喜則  
(公財) 鉄道総合技術研究所 正 会 員 野城 一栄

#### 1. はじめに

矢板工法により施工された山岳トンネルにおいては、覆工には一般的には無筋コンクリートが用いられているが、特に地質の悪いところや坑口部等では鉄筋コンクリートが用いられている場合もある<sup>1)</sup>。トンネル覆工の主鉄筋の有無、スターラップの量が覆工耐力およびひびわれ発生荷重に与える影響を調べるため、1/5 スケール模型を用いた荷重試験を行ったので、その結果について報告する。

#### 2. 模型実験装置

実験に用いた大型トンネル覆工模型実験装置<sup>2)</sup>を図-1に示す。実験装置は新幹線複線標準断面の縮尺 1/5 であり、天端部の荷重用油圧ジャッキにより鉛直下向きに変位制御により荷重を負荷することができる。また、供試体の周囲に軟岩地山相当の地盤ばねを模擬した油圧シリンダ付きの皿ばねを配置しており、覆工が地山側へ変形する場合、この皿ばねが地盤ばねとして作用することで覆工と地盤の相互作用を模擬することができる。

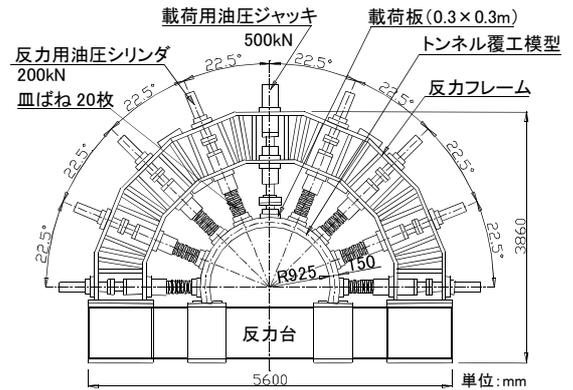


図-1 模型実験装置<sup>2)</sup>

#### 3. 実験条件

実験ケースを表-1に示す。覆工模型の巻厚はいずれも 150mm とし、奥行き方向の延長は 300mm とした。無筋コンクリート（以下無筋C）は粗骨材の最大寸法 20mm のコンクリートを用いた。鉄筋コンクリート（以下 RC）には 1:5 モルタルを使用し、実トンネルを想定した Case4 の場合は図-2に示す配筋とし、スターラップ量を変化させて 3 ケースを実施した。荷重は変位制御にて行い、荷重板押し込み量  $\delta = 50\text{mm}$  まで供試体天端を鉛直下方に荷重した。計測項目は、荷重点の荷重、変位その他、鉄筋のひずみ、コンクリートの内部ひずみである。

表-1 実験ケース

No.	材質	諸元	
		圧縮強度	スターラップ 間隔
Case1	無筋C	21N/mm <sup>2</sup> (コンクリート)	
Case2	RC	21N/mm <sup>2</sup> (モルタル)	なし
Case3	RC	21N/mm <sup>2</sup> (モルタル)	少 150mm
Case4	RC	21N/mm <sup>2</sup> (モルタル)	多 60mm

#### 4. 実験結果

##### (1) 荷重～変位関係

・図-3に荷重 P と荷重板押し込み量  $\delta$  の関係を示す。Case1では、 $\delta = 3\text{mm}$  程度で引張ひびわれの発生に伴う剛性の低下が見られるが、Case2～4は主鉄筋による曲げ補強により剛性の低下は見られず、 $\delta = 18\text{mm}$  程度までは Case1 より大きな荷重を維持した。

・Case2, 3では、 $\delta = 5\text{mm}$  程度で斜めひび割れの発生に伴い剛性が少し低下し、Case2では $\delta = 18\text{mm}$ 程度で急激な荷重の低下が見られた。Case4は斜めひび割れの発生後も剛性を維持したが、 $\delta = 20\text{mm}$ 程度でスターラップのフックの抜けが発生し、徐々に荷重が減少した。

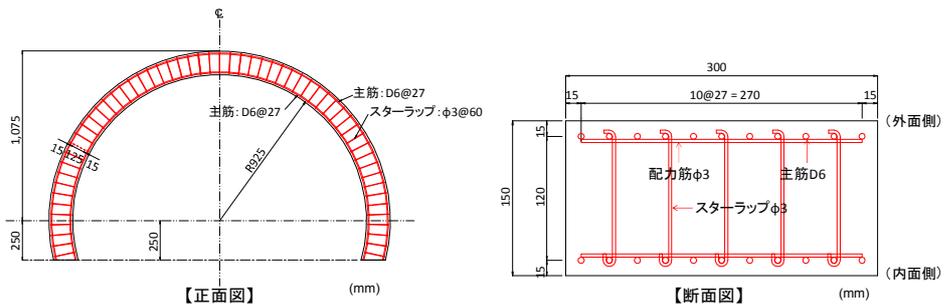


図-2 Case4 (スターラップ多) の配筋

キーワード トンネル, RC 覆工, スターラップ, 模型実験

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-4-20 中央ビル 2F TEL 06-6305-6957

・アーチ構造である覆工コンクリートにおいても、通常のRC部材と同様に、鉄筋補強により耐荷性能が向上するが、それに対応したスターラップの配置がなされると脆性的な破壊が生じることが確認された。

(2) 鉄筋ひずみ, コンクリートひずみ

・図-4に主鉄筋に取り付けたひずみゲージにより測定されたひずみの分布を示す。両肩部で負曲げ、天端部では正曲げの傾向がある。天端部はCase4では内側鉄筋の引張降伏が見られるが、スターラップが減るに従い

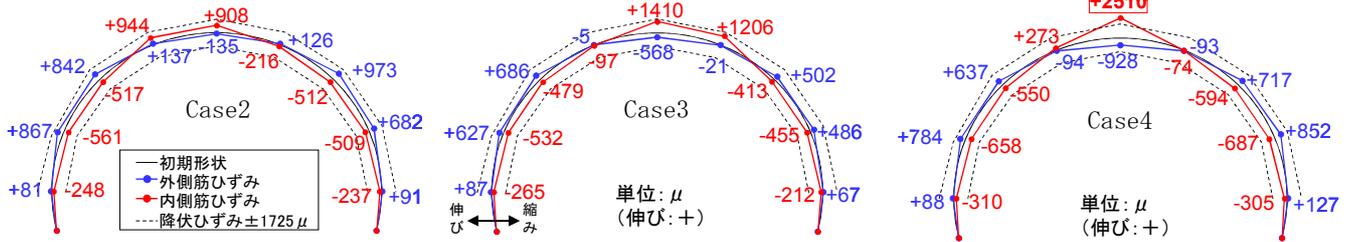
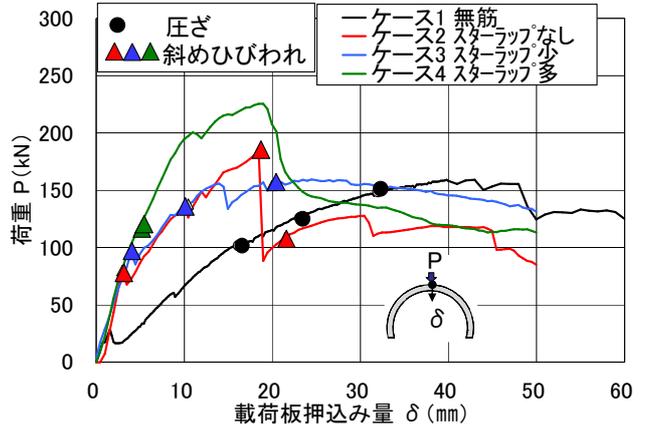


図-4 δ=5mm時の鉄筋のひずみの分布

天端部で生じるひずみが小さくなる傾向がある。スターラップが少ないCase2, 3では、斜めひび割れ箇所でも局所的なひずみが発生し、Case4よりも小さなδで押し抜きせん断破壊に至った結果、天端部ではひずみが小さくなっているものと考えられる。

・図-5にスターラップ鉄筋に取り付けたひずみゲージおよびコンクリート内部ひずみゲージにより測定された天端部の法線方向の3箇所測定した平均ひずみを示す。コンクリート内部ひずみはスターラップが増えるに従い減少している。天端部の内側鉄筋の引張力により曲率が小さくならうとして、トンネル内側にはらみだそうとする鉄筋をスターラップが拘束していることを示していると考えられる。このときCase2, 3での法線方向のコンクリートでは引張ひび割れを生じるひずみ(100μ程度)を超えているため、ひび割れが発生していると考えられる。

5. まとめ

模型実験により山岳トンネルの鉄筋コンクリート覆工の基礎的な変形破壊挙動を調べた。アーチ構造である覆工コンクリートにおいても、通常のRC構造物と同様の以下のことが明らかになった。

- ・鉄筋補強により耐荷性能が向上する。
- ・アーチ状に配置されている鉄筋に引張力が作用することにより、コンクリートに法線方向の引張ひずみを発生させ、通常の応力レベルでコンクリートに主鉄筋方向に沿うひび割れを発生させる。
- ・脆性的な破壊を防止するには適切な量のスターラップの配置が必要である。

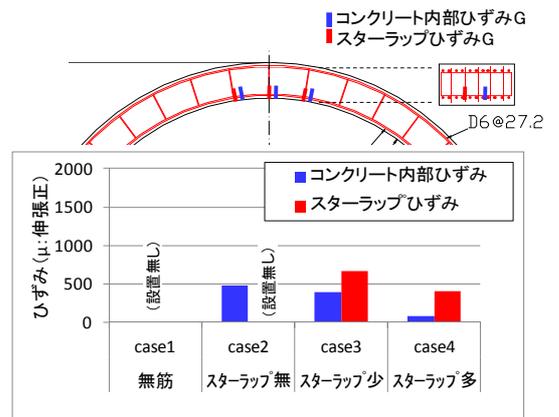


図-5 δ=5mm時の法線方向のひずみ

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書(山岳編)・同解説：1976
- 2) 岡野法之, 小島芳之, 植村義幸：大型覆工模型実験によるトンネル覆工の変形特性の再現, 第12回岩の力学国内シンポジウム講演概要集, pp.909-914, 2008.