

煉瓦積みトンネルの覆工模型載荷実験

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○岡野法之・小島芳之・津野究
京都大学大学院 正会員 朝倉俊弘

1. はじめに

鉄道トンネル（新幹線は除く）の約3分の1は煉瓦やコンクリートブロック等によるブロック積みトンネルであるが、それらブロック積みトンネルの力学的挙動は解明されておらず、耐力評価法は確立されていない。そこで、筆者らはブロック積みトンネルの力学的挙動を把握する目的で、1/30 覆工模型実験¹⁾等を実施しているところである。今回はアーチ部に着目した $S = 1/2$ の煉瓦積み覆工模型載荷実験について報告する。

2. 実験概要

載荷試験装置および供試体の形状・寸法を図1に、実験ケースを表1に示す。アーチの半径は鉄道トンネル単線断面の2分の1とした。

煉瓦2層の場合の供試体作成方法は、①アーチの木製型枠の作製、②煉瓦の切削（ $6 \times 10 \times 20\text{cm}$ を $3 \times 5 \times 20\text{cm}$ に）、③1層目の煉瓦を所定の位置にセット、④目地材の打設、⑤2層目の煉瓦を所定の位置にセット、⑥2層目の煉瓦の間への目地材の打設、⑦養生ののち供試体を載荷フレーム下の所定の位置にセット、⑧供試体とアバットおよび供試体と載荷治具との取り付け部への無収縮モルタル打設の順である。

使用した煉瓦は、トンネルに用いられている煉瓦の物性に近い煉瓦A²⁾を基本とした。計測項目および計器設置位置を表2および図1に示す。

載荷は煉瓦積み供試体を変位制御、無筋コンクリート供試体（以下、「無筋覆工」と呼ぶ）を荷重制御とした。載荷ステップは変位制御の場合 $1\text{mm}/\text{min}$ 、荷重制御の場合 $100\text{kN}/\text{min}$ の速度で30秒載荷したのち、2分間のインターバルをおいた。

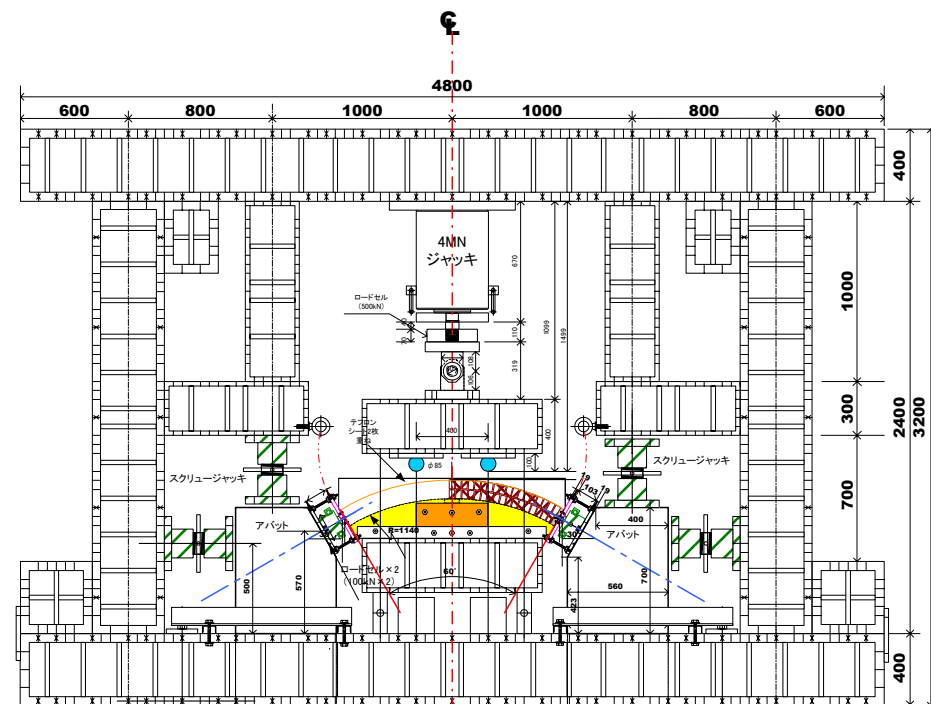


図1 実験装置

表1 実験ケース

No.	母材*1・層数	目地・強度*2
1	煉瓦A・2層	健全・強
2	煉瓦A・2層	やせ*3・強
3	煉瓦A・2層	健全・弱
4	煉瓦A・1層	健全・強
5	JIS煉瓦・2層	健全・強
6	無筋コンクリート ・23N/mm ²	—

*1 煉瓦の強度 A: 約 $10\text{ N}/\text{mm}^2$

JIS: 約 $100\text{ N}/\text{mm}^2$

*2 目地の強度 弱: 約 $7\text{ N}/\text{mm}^2$

強: 約 $14\text{ N}/\text{mm}^2$

*3 目地やせは1層目の半分まで

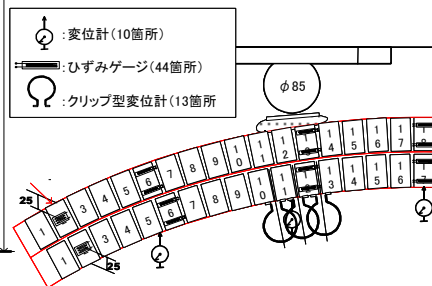


図2 主な計測項目と位置

キーワード 煉瓦トンネル, 耐力評価, 模型実験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 Tel: 042-573-7266 Fax: 042-573-7248

3. 実験結果

天端沈下量と載荷荷重との関係を図3に示す。初期剛性（ $P-\delta$ 曲線の初期勾配）はケースNo.5の煉瓦強／目地健全・強のケースNo.5が無筋コンクリートのケースNo.6とほぼ等しく、今回のケースの中で一番高い。さらに、特筆すべきは、1mmを超えたあたりから無筋より勾配が大きくなり、3mm前から4mm前にかけて傾きがやや小さくなるものの、その後無筋より勾配が大きくなる。最大荷重を見ても、無筋は約230kN（ $\delta c \div 7\text{mm}$ ）で破壊したのに対し、ケース5は支点ロードセルの容量オーバーのため試験を途中で打ち切ったが、約275kN（ $\delta c \div 7\text{mm}$ ）以上であることがわかる。

上記の2ケースと1層のケース4を除く3ケースは、初期剛性が上記2ケースのおよそ半分であり、母材が同質のものであれば、目地材の強度や目地やせ具合は初期剛性にあまり影響を及ぼさないことがわかる。ただし、最大荷重には差異が現れており、目地材：健全・強、目地材：健全・弱、目地材：目地やせ・弱の順となっている。特に、目地が健全な場合は徐々に勾配が小さくなるのに対し、目地やせがある場合は3.5mm付近をピークに顕著な剛性低下が見られる。

次に、煉瓦2層のケースはいずれも載荷点と端部との間の1層と2層の目地部にクラック（層間剥離）が発生したのが特徴（写真1参照）である。この層間剥離が生じると、図4に示すように、煉瓦積み覆工は重ね梁として挙動するようになり、図3中のケースNo.1の初めて載荷荷重が減少した天端沈下量と一致する。

4. おわりに

今回、実際のトンネル形状とは異なるアーチの載荷実験ではあったが、煉瓦積み覆工と無筋コンクリート覆工との力学的挙動を把握できた。今後は、必要な実験ケースを追加し、本実験結果のシミュレーション解析を通じて、トンネル覆工の力学的挙動を明らかにしていきたいと考えている。最後に、実験に際しいろいろとご協力いただいた(株)フジタの吉川氏ならびに藤倉氏に、末筆ながら、御礼申し上げる次第である。

<参考文献>

- 岡野，津野ら：ブロック積み覆工トンネルに関する実験的研究，トンネル工学研究論文・報告集，2002. 11
- 栗林，岡野ら：煉瓦積みトンネル覆工におけるあと施工アンカーの適用性に関する実験，第58回年次学術講演会講演概要集 2004. 09

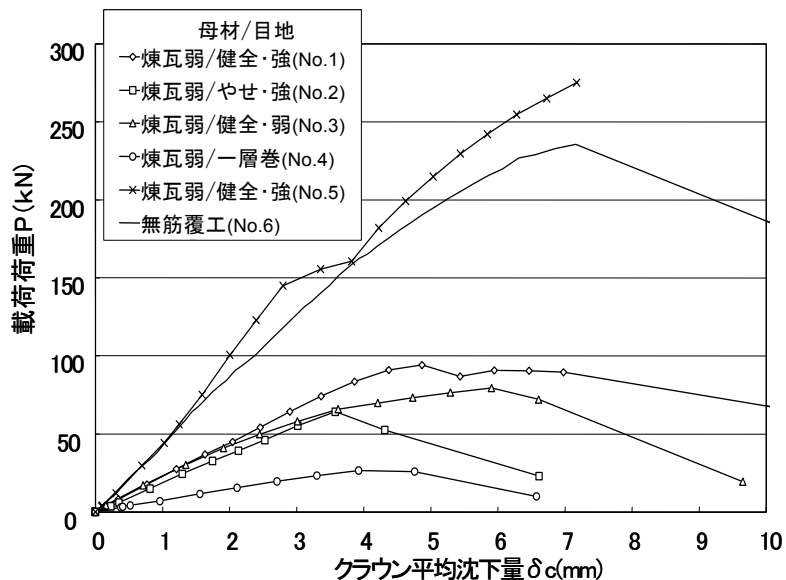


図3 各ケースの天端沈下量と載荷荷重の関係

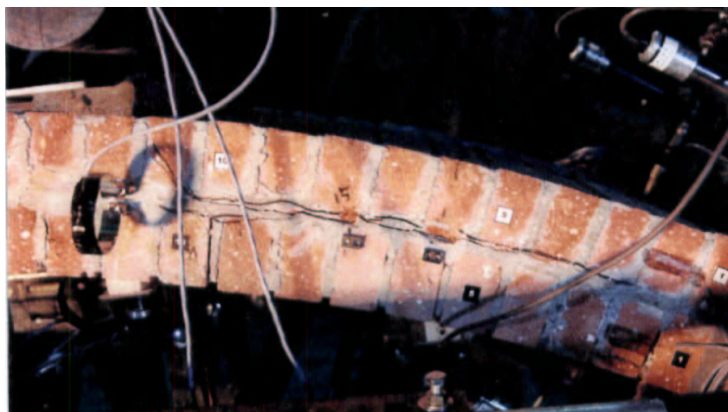


写真1 ケースNo.1の破壊状況

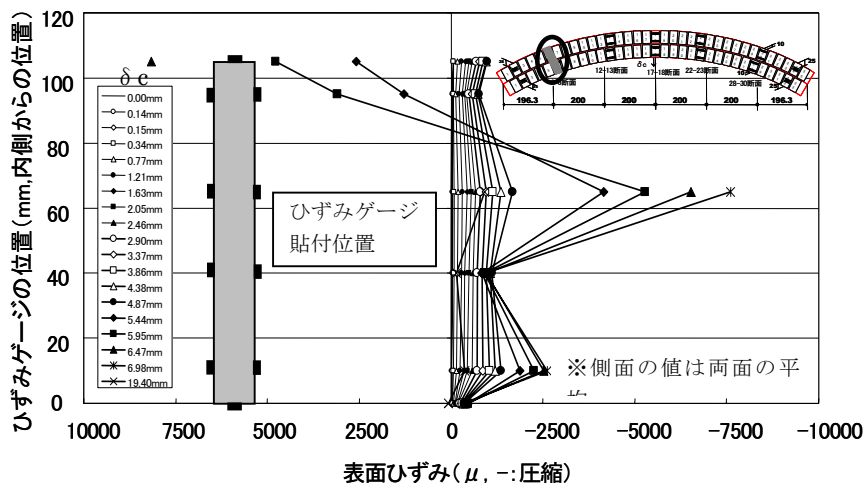


図4 ケースNo.1の天端沈下量（ δc ）毎における表面ひずみ（6-6断面）