

軸力を導入したバサルト帯板補修工の耐荷力に関する基礎的検討

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○秋元優太郎, 浦越拓野, 正会員 野城一栄
 コニシ株式会社 正会員 伊藤秀治
 戸田建設株式会社 正会員 田中徹
 西日本旅客鉄道株式会社 正会員 鎌田和孝

1. はじめに

鉄道トンネルでは経年を重ねたトンネルが多く依然として覆工片の剥落が維持管理上の課題となっている。対策として、覆工に接着するタイプの剥落対策工が開発され、広く適用されているが、トンネルによっては覆工表面の付着強度が小さい場合があり、その場合は適用が難しい可能性がある。覆工表面の付着に期待しない工法として、補修材を覆工にアンカー等で固定する工法があるが、施工後にアンカー自体の維持管理が必要となる。

筆者は、これまでバサルト帯板を覆工に接着するとともにアンカーで固定する「バサルト帯板補修工法¹⁾」を開発して現場に展開してきた。今回、バサルト帯板の厚さを増加させ、かつ軸力を加えることで、比較的小さな剥落物に対する耐荷力を確保した上で、付着力を期待できない覆工にも適用でき、かつアンカーを省略可能な改良工法（「軸力導入型バサルト帯板補修工法」）の開発を行った。

ブロック積みトンネル（れんがが相当）を模擬した供試体を用いて、開発工法の耐荷力を確認する基礎的検討を行ったので、その結果について報告する。



図1 建研式引張試験状況

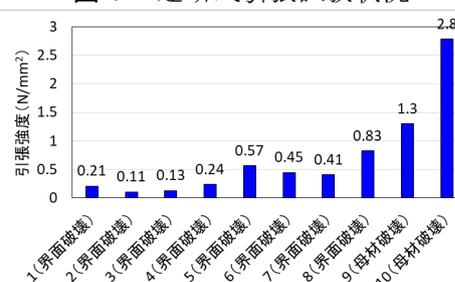


図2 建研式引張試験結果



図3 下地処理後のれんが表面

2. れんがトンネルの付着力に関する調査

開発工法の試験に先立ち、れんがトンネル覆工表面の付着力の調査を行った。調査対象は1899年に建設され、1983年に新線への付け替えに伴って廃止されたれんがトンネルである。本トンネルにおいて、れんが母材の建研式引張試験を実施した（図1）。試験はディスクサンダーにより下地処理を行ったうえで実施した。なお、漏水が認められた場合には、仮止水により、表面をドライにした上で試験を実施したため、漏水自体が付着力に影響を与えることはない。

試験結果を図2に示す。多くの箇所で引張強度は1.5N/mm²を下回っており、付着力に期待する剥落対策工の適用は厳しいという結果となった。

破壊形態を確認すると、接着剤とれんが母材の界面で剥がれるケースが多く確認された。また、れんが表面を観察するとクリーム状の付着物がついていることが確認された（図3）。これは、念入りに下地処理をしても完全な除去は困難なもので過去に走行していたSLに起因するばい煙由来の付着物と下地処理により削られた母材が混ざり合わさったものと考えられた。この付着物が覆工表面に残存した状態で、接着剤を塗布して試験を実施したことにより、強度が小さくなったものと想定された。

以上のことから、付着力の小さい覆工を有するトンネルが存在し、付着力を期待しない剥落対策工法のニーズがあることを確認した。

キーワード 山岳トンネル, 覆工, バサルト帯板, 剥落対策工, 基礎的研究, れんが

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総研構造物技術研究部トンネル TEL053-573-7266

3. 開発した工法の概要

開発工法の概要を図4に示す。本工法は、バサルト帯板3枚を現場で張り合わせて厚みをこれまでの工法より増加し、更に軸力を導入することにより、付着力に依存せず一定の耐荷力を確保しつつ、アンカー数を削減する工法である。

4. 載荷試験

押し抜き試験により開発工法の耐荷力を確認した。

実験の概要を図5に示す。トンネル覆工を模擬するためにアーチ状に加工した鋼材に、れんがを接着剤で固定した。ここで、ブロック状の中規模な剥落を模擬するため、載荷箇所を中心とした5個のれんがはアーチ状の鋼材に接着していない。次に、れんがの内側にバサルト帯板を設置した。従来型の工法ではアンカーボルトを50cm間隔で打設して固定しつつ、帯板と覆工を接着剤で接着するが、今回の試験では中間部のアンカーボルトの打設や接着は省略した。

実験においては、片側端部からジャッキにより軸力を導入し(図6)、次に天端の載荷ロッドにより剥落を想定した荷重を付与した(図7)。載荷ロッドにはロードセルを設置し、試験中の荷重と変位を測定した。なお、実験ケースは、導入軸力を1kNずつ変化させ、0kN~4kNの5ケースとした。

荷重と変位の関係を図8に示す。同じ変位レベルで比較すると、導入した軸力が大きいほど荷重が大きくなった。例えば変位15mmでは、軸力4kN導入時には0.8kN程度の荷重を保持した。これは、事象として、れんが(1個あたり2kg程度)が天端部から目地やせ等に起因して落下すると想定した場合、約40個のれんがを保持することに相当する。

変位については、軸力を付加することにより、荷重を受けた時の内空側への変形量を低下させることができ、例えば、0.5kN(れんが25個相当)の荷重が作用した場合でも3mm程度となり、軸力のない場合(13mm程度)の2割程度とすることができる。このように万一の剥落の場合でも建築限界を侵すリスクを低下させることも可能である。

5. おわりに

覆工面の付着が期待できないトンネルにおける剥落対策工として軸力導入型バサルト帯板工法を開発し、載荷試験を行った。その結果、導入軸力が高まると剛性が高まり、天端部からの荷重増加に伴う変位量が小さくなることを確認した。

今後は、実施工で導入すべき軸力の大きさを検討するとともに、実トンネルでの施工方法を検討する。

参考文献

1)岡野法之, 水谷真基, 山中崇雅: バサルト帯板を用いたトンネル覆工の補修工の概要と施工例, 日本鉄道施設協会誌, pp.739-742, 2018.11.

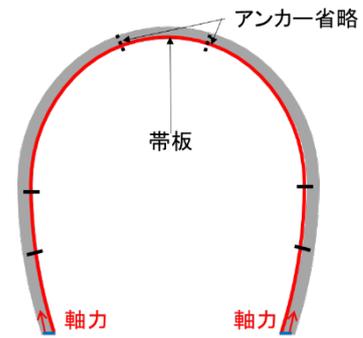


図4 工法の概要

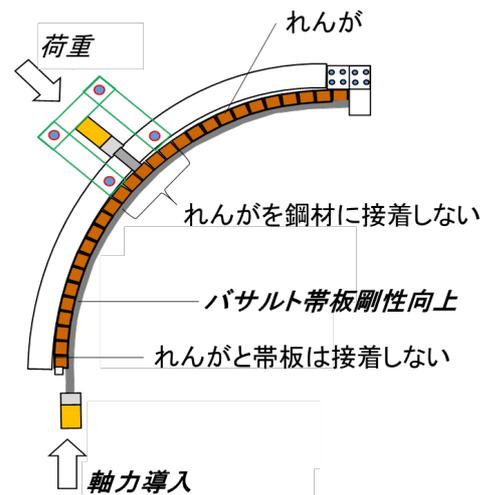


図5 実験の概要(模式図)



図6 軸力の導入の状況

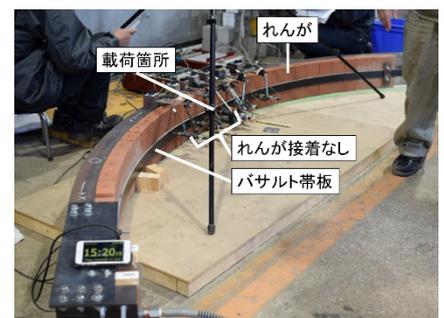


図7 載荷の状況

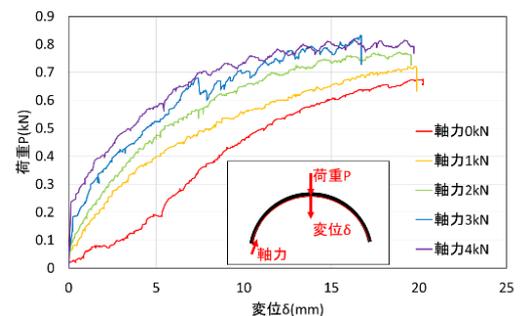


図8 荷重と変位