

繊維シート接着工によるトンネル覆工コンクリートの剥落対策における覆工曲率の影響

鉄道総合技術研究所 正会員 ○六車崇司、小島芳之、吉川和行

1. はじめに

平成 11 年に相次いで発生した鉄道トンネルの覆工コンクリートの剥落事故を踏まえて、JR 等の鉄道事業者は、トンネルを対象として「初回全般検査」^{1), 2)}を行っている。その結果に基づき様々な剥落対策が講じられつつあり、これらの対策の中でも、炭素、アラミドなどの繊維材料を用いた繊維シート接着工の実績が増えている。

鉄道総研では、「変状トンネル対策工設計マニュアル」(1998.2)において地圧対策を目的とした繊維シート接着工の設計法を提案した。しかし、繊維シート接着工の剥落対策への適用性やメカニズムは解明されておらず、その設計法の確立が望まれていた。

そこで、トンネルを模擬した曲率をもつコンクリートアーチに繊維シート接着工を施し、局部荷重を作用させる押し抜き実験を行い、FRP (Fiber Reinforced Plastic) の剥離形状や剥離強さを把握した。

2. 実験概要

図1に実験状況を示す。

実験には、アーチ曲率によるFRPの剥離特性を二次元的に見るためのはり供試体と、三次元的に見るための平板供試体を用いた。アーチ曲率 R は、① $R=\infty$ (曲率なし)、② $R=4750$ (新幹線複線断面)、③ $R=2220$ (在来線単線断面)の3種類とした。

実験方法は、はりや平板のコンクリート供試体を線上に配置した支点に設置し、供試体の中央から変位制御方式で直接FRPに局部荷重を作用させた。はりの場合は、供試体下面に設けた切欠きと繊維シートとの間から丸鋼を用いて線状に強制変位を与えた(図2)。平板の場合は、供試体の中央に円孔を設け、その中にコンクリート製の圧子を挿入し強制変位を与えた(図3)。このとき、荷重、載荷点変位、FRP表面のひずみを計測し、載荷点変位 2mm 毎のFRPの剥離範囲をマーキングした。

繊維シートには二方向炭素繊維シート(目付量:200g/m²、引張弾性係数:2.3×10⁵N/mm²、1層)、含浸接着剤はエポキシ樹脂を用いた。

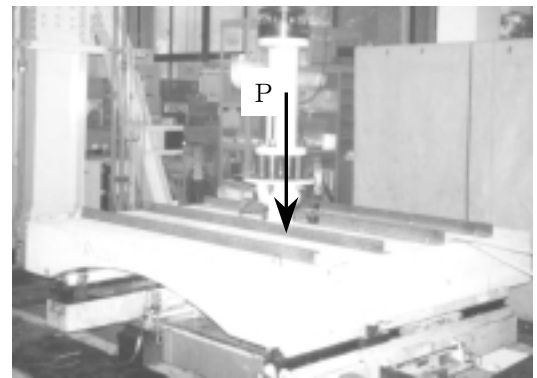


図1 実験状況(平板の場合)

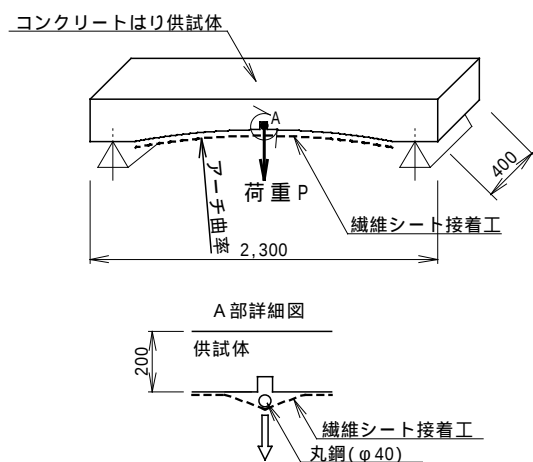


図2 はりの実験要領

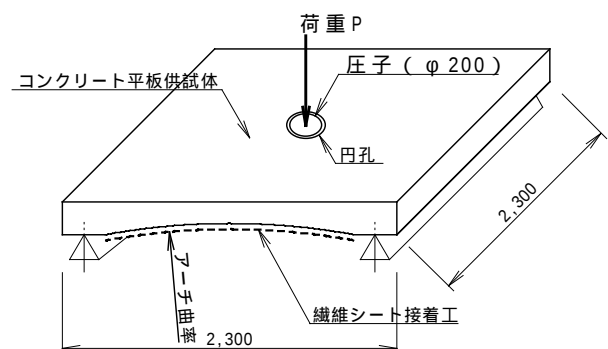


図3 平板の実験要領

キーワード：トンネル、剥落対策、繊維シート接着、模型実験

〒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

図4に平板におけるFRPの剥離形状を示す。剥離の方向は繊維方向に異方性を持っており、曲率があると軸方向(アーチ直角方向)に剥離が卓越して進展している様子が分る。

図5に荷重と載荷点変位の関係を示す。図中の○印はFRPの剥離が始まったことを示し、()内は試験の終了要因を示す。図5(a)はりにおいて、剥離が始まるまでは曲率に関わらず同じ挙動を示すが、剥離が進行し始めると曲率がきついほど荷重が急激に低下し、載荷点変位が増加する。図5(b)平板においては、剥離後も荷重の低下は見られないが、曲率がきついほど荷重の増加の度合が顕著に小さくなった。

図6に平板の荷重(P)と剥離周長(L)の関係を示す。図6よりPとLは線形関係にあることが分る。これらの傾きを単位剥離強さ(s_p)とすると、 $R=\infty$ では4.8kN/m、 $R=2220$ では1.8kN/mとなり曲率により低下する。

図7に平板 $R=2220$ の軸方向とアーチ方向のひずみと載荷点変位の関係の例を示す。これより、曲率によりFRPのひずみは軸方向に卓越する。

4. まとめ

繊維シート接着工のトンネル覆工の剥落対策への適用性を評価するため、アーチを模擬したはりおよび平板の押抜き実験を行い、次の知見を得た。

- ①単位剥離強さは、剥離前までは曲率の影響は少ないが、剥離進行後は曲率の影響を顕著に受けて低下する。
- ②FRPの剥離は、曲率があることにより軸方向に卓越して進行し、ひずみも同方向が大きい。
- ③単位剥離強さは、 $R=2220$ では $R=\infty$ の 1/3 程度となる。

5. おわりに

現在、実験結果のシミュレーションやFRPの耐久性試験、施工試験等も行っている。その結果に基づきトンネルの剥落対策工の選定・設計マニュアルを作成する予定である。

なお、本研究は、国土交通省(旧運輸省)の鉄道技術開発費補助金を得て行ったものである。また、TSC研究会のメンバーの方々には実験に関するご助言とご協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

文献

- 1) トンネル安全問題検討会報告書—事故の原因推定と今後の保守管理のあり方—、平成12年2月28日
- 2) 鉄道総合技術研究所:トンネル保守マニュアル(案)、2000.5

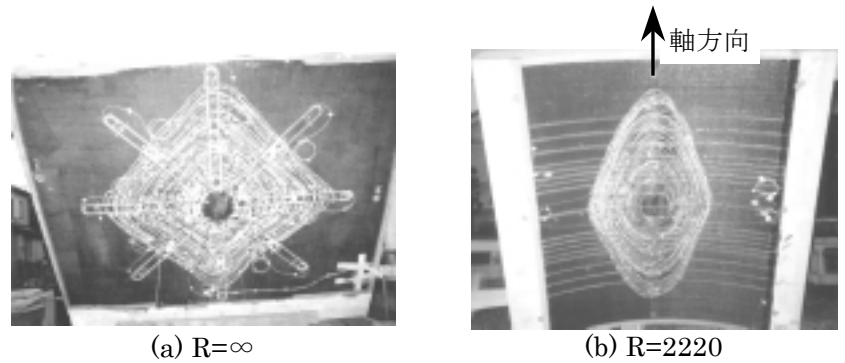


図4 FRPの剥離形状(平板)

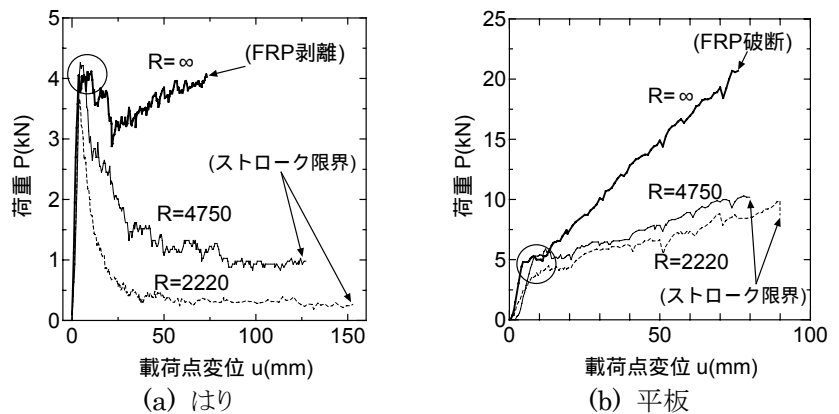


図5 荷重と載荷点変位の関係

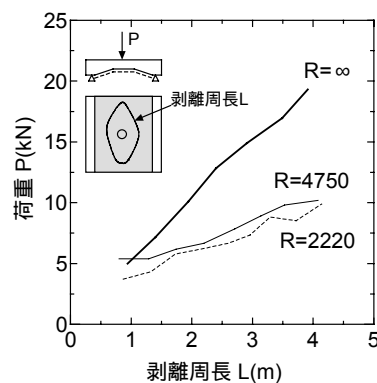


図6 平板の荷重と剥離周長の関係

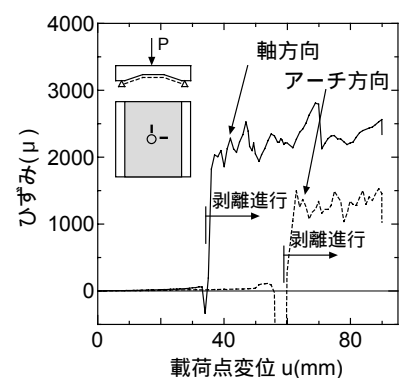


図7 ひずみと載荷点変位の例
(平板 $R=2220$)