

トンネル修繕工に使用する補修用アンカーの改良

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○籠 雅貴
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 齋藤 昌久
 東日本旅客鉄道株式会社 齋藤 英之

1. 目的

トンネルの維持管理においては、覆工の劣化部の剥離・剥落や漏水の滴下を防止することを目的として、剥落対策や漏水対策等の修繕を実施している。これらのトンネル修繕工には、アンカーを使用して補修材を覆工に固定する工法が適用される場合が多い。特に、鉄道トンネルにおいては、長期的に列車通過時の負圧等の繰り返し荷重が作用する環境下であるほか、レンガ等のブロック積み覆工に接着系のあと施工アンカーを打設する場合には、目地部の空隙等から接着材が漏出する恐れがあるため、接着材を充填する際の施工管理が重要となる。

本稿では、トンネル修繕工に使用することを目的として開発された先端拡張機能を有する接着系のあと施工アンカー（以下、「先端拡張式樹脂併用アンカー」という）を対象として、施工時の品質管理を確実に実施できるようにアンカー筋の構造や接着材の充填方法を改良したので、開発の概要と施工管理上の留意点を述べる。

2. 先端拡張式樹脂併用アンカーの概要

先端拡張式樹脂併用アンカーは、充填した接着材が硬化するまでの間は金属系アンカーとして削孔面に仮固定した状態となり、接着材が硬化した後は接着系アンカーとして定着力を発現するものである。改良前の先端拡張式樹脂併用アンカーの施工手順を図-1に示す。

レンガ等のブロック積み覆工に先端拡張式樹脂併用アンカーを適用する場合には、コンクリート覆工と比較して母材の強度が小さいため、アンカー筋の周面に接着材が充填されていた場合でも、アンカー筋の降伏前に引抜けが発生する。そのため、列車通過時の最大負圧等を基にアンカーの引抜力（以下、「必要引抜力」という）を算出し、アンカーの定着力が必要引抜力を上回ることを試験等により確認する必要がある。

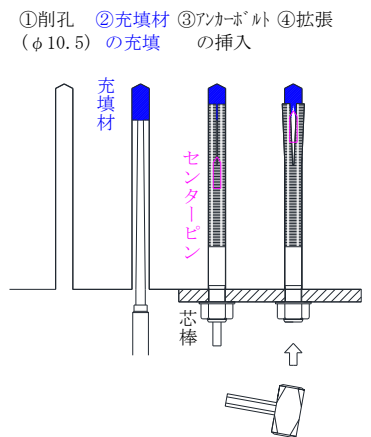


図-1 施工手順（改良前）

3. 先端拡張式樹脂併用アンカーの課題

改良前の先端拡張式樹脂併用アンカーの課題を以下に示す。

- 1) 接着材の充填方法が先充填型（接着材を充填してからアンカー筋を挿入する手順）であるため、接着材が抵抗となり、先端部の拡張が不十分となる場合がある。一方で、先端部の拡張を容易にするため、接着材の充填量を減じた場合、母材とアンカー筋の定着力が不足する。
- 2) 覆工面にひび割れや目地やせ等がある箇所では、接着材が隙間から漏出する可能性がある。
- 3) 所定の削孔径を確保した場合、孔内でアンカー筋の偏心が生じ、接着材の充填が不均等になる恐れがある。
- 4) 接着材が十分に充填されたかどうかを、施工後の外観だけで確認することは困難である。

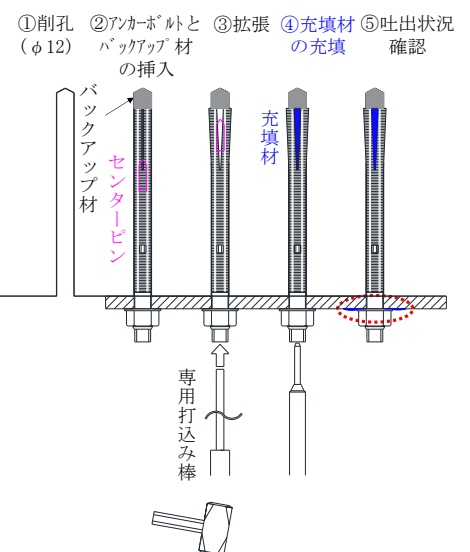


図-2 施工手順（改良後）

4. 先端拡張式樹脂併用アンカーの改良

上記の課題を踏まえて、先端拡張式樹脂併用アンカーについて、以下の改良を実施した。

キーワード あと施工アンカー、接着系アンカー、引抜力、引抜試験

連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 新宿住友ビル31階 TEL 080-7946-5298

- 1) 接着材の充填方法を先充填型から後充填型（先にアンカー筋を挿入し、アンカー筋の先端部を拡張後に、接着材を充填する手順）に変更した。改良後の施工手順を図-2、部品を図-3に示す。
- 2) 接着材の漏出防止のため、アンカー筋の先端にバックアップ材（発泡ポリエチレン製）を設置した。
- 3) 孔内でのアンカー筋の偏心防止のため、アンカー筋の周面に偏心防止用リブを設置した。
- 4) 接着材がアンカー筋の周面に充填されたことを外観で判断できるようにするため、ワッシャーに切欠き部を設け、図-4に示すように、充填完了時に切欠き部からの接着材の吐出を目視で確認できるようにした。



図-3 アンカーの部品



図-4 接着材の吐出状況

表-1 試験施工の条件

No	アンカーの状態	孔内の清掃方法	施工姿勢	試験本数
1	仮固定	ワイヤーブラシ	クラウン部	各10本
2			アーチ肩部	
3			スプリングライン部	
4	本設	ワイヤーブラシ	クラウン部	各10本
5			アーチ肩部	
6			スプリングライン部	
7	本設	ワイヤーブラシ + 水洗浄	クラウン部	各10本
8			アーチ肩部	
9			スプリングライン部	

5. 改良品の試験施工と引抜試験

改良した先端拡張式樹脂併用アンカーの性能や施工性を確認するため、レンガ覆工の廃線トンネルにおいて試験施工を実施した。試験施工では、表-1に示すように、アンカーの状態や施工姿勢、孔内の清掃方法等の条件を変えてアンカーを打設し、全数に対して引抜試験を実施した。ここで、必要引抜力は、単線の鉄道トンネルにおける列車通過時の負圧等の計測や数値シミュレーションを基に算出しており、3.1kN/本となる。表-1のNo. 4～No. 6の結果を図-5に示すと、覆工が健全な箇所では全数において必要引抜力を上回る定着力を発現すること、施工姿勢の違いによる定着力への影響がないことを確認した。同様に、孔内の清掃方法の違いによる定着力への影響がないこと、仮固定の状態においても必要引抜力を上回る定着力を発現することを確認した。一方で、覆工の状態が悪い箇所（覆工面に漏水が生じている箇所や削孔時に孔壁・孔底の崩壊が確認された箇所）では、定着力が必要引抜力を下回るものも確認した。これは、覆工の母材が脆弱な状態であったこと、母材の破損箇所や目地部の空隙等から接着材が漏出したことが原因と考えられる。そのため、施工管理上の留意点として、アンカーの打設前に覆工の状態を十分に確認するとともに、ワッシャー切欠き部からの接着材の吐出が確認できないものは、健全な箇所に打直す必要がある。

なお、コンクリート供試体を用いた室内試験を実施し、改良した先端拡張式樹脂併用アンカーをコンクリート覆工にも適用できることを確認している。

6. まとめ

本稿では、トンネル修繕工において使用される先端拡張式樹脂併用アンカーを対象として、施工時の品質管理を確実に実施できるようにアンカー筋の構造や接着材の充填方法を改良した。今後は、この先端拡張式樹脂併用アンカーをトンネル修繕工に適用するとともに、施工管理上の留意点を技術基準類に整理する予定である。

謝辞

先端拡張式樹脂併用アンカーの改良にあたり、サンコーテクノ株式会社の関係各位に御協力を頂きました。ここに記して、感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針（案），2014
- 2) 井口，勝山，内藤，大野，松田：接着系あと施工アンカーの耐久性に関する検討，SED45，2015

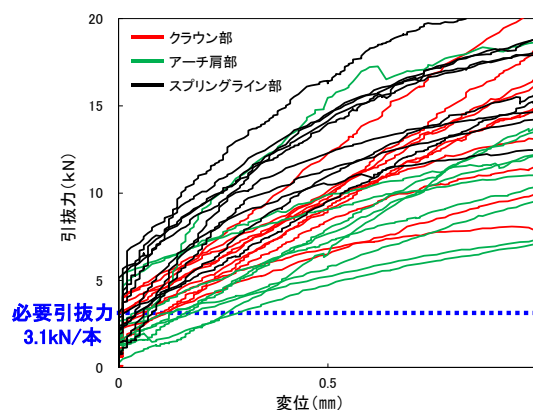


図-5 引抜試験の結果（表-1のNo. 4～No. 6）