

繊維シートによる覆工のひび割れの補修・補強があと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす影響に関する基礎的実験

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○小泉悠 日下敦 巽義知

1. はじめに

道路トンネル内にはジェットファン等の附属物が設置されており、それらの多くは金属系あと施工アンカー（以降、アンカーと称する）等の取付部材により覆工に固定されている。道路トンネル定期点検要領¹⁾では、覆工のみならず、これら取付部材にも着目して点検することが記載されている。ただし、アンカーの取付状態がその耐荷力に及ぼす影響は十分に解明されておらず、著者らは主に室内での引抜き試験により、アンカーの打込み状態や、アンカーを支持する母材コンクリートの強度、ひび割れ等がアンカーの引抜き耐力に及ぼす影響に関する調査研究を進めてきた。ひび割れに関しては、ひび割れ幅が大きくなるにつれて、アンカーの引抜き耐力が小さくなる等の知見を得てきた²⁾。維持管理段階にあるトンネル現場では、ひび割れ等の変状に対し、発生要因等に応じた措置が施されるが、多用される対策工の一つに繊維シート接着工がある。そこで、室内引抜き試験により、ひび割れに対して接着した繊維シートがアンカーの引抜き耐力に及ぼす影響を評価した。

2. 試験ケースおよび試験方法

試験ケースを表-1に示す。ひび割れの無いコンクリートをアンカーの母材とするケース1については、既往の研究³⁾等に示されるデータを活用し、アンカーの引抜き耐力とコンクリートの一軸圧縮強度の関係を図-1において整理した。ケース2および3は、いずれも母材コンクリートにひび割れを導入し、スリーブ打込み式アンカーを打設した。ケース3では、さらに繊維シートを接着の上、引抜き試験を実施した（図-2）。ケース2-1と2-2、またケース3-1と3-2では、試験の実施時期のみが異なり、試験体作製および引抜き試験の実施方法は同様とした。引抜き試験実施時のコンクリートの一軸圧縮強度は、ケース2-1と3-1で29.8N/mm²、ケース2-2と3-2で28.6N/mm²であった。本報告では、その平均値29.2N/mm²を図-1中の近似曲線に代入して得られる41.9kNをケース1の引抜き耐力とみなす。

3. 引抜き試験の結果およびその考察

各ケースの引抜き耐力（最大荷重）を図-3に、ケース2および3の荷重-変位曲線を図-4に示す。図-3では、ケース1の引抜き耐力（41.9kN）を100%としたときの各ケースの引抜き耐力（3試験の平均値）の比率を併記した。ケース2および3の計6試験では、最大荷重に達した後、基本的にひび割れの左または右のいずれか片側のコンクリートが引張破壊により剥離した（写真-1）。ただし、ケース3-1③でのみ、ひび割れの左右両側のコンクリートが剥離した。

表-1 試験ケース

ケース	ひび割れ	繊維シート	π型変位計によるひび割れ計測	試験数
1	無し	無し	—	—
2	2-1	有り	有り	3
	2-2	有り	無し	3
3	3-1	有り	有り	3
	3-2	有り	無し	3

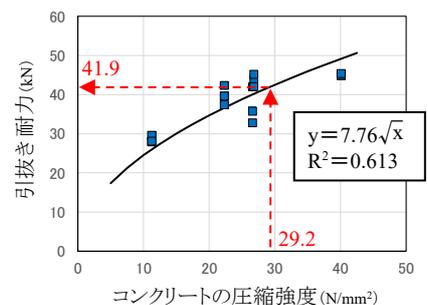


図-1 標準ケースでの引抜き耐力

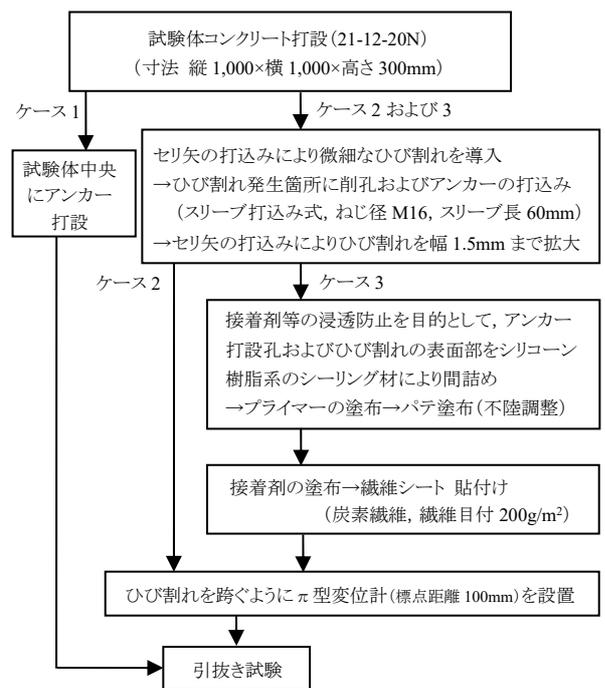


図-2 試験実施の手順

キーワード トンネル、あと施工アンカー、引抜き耐力、ひび割れ、繊維シート
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 TEL 029-879-6796

ひび割れを導入したケース2 (2-1 および 2-2) の引抜き耐力は、ケース1 の3~4 割減となり、既往の試験結果²⁾と整合した。引抜き耐力が低下する要因は、ひび割れが無ければコーン状破壊⁴⁾となるところが、ひび割れによりコーンが半分となり、コンクリートの引張抵抗が発揮される面積が半分程度となったためと考えられる。これに対し、繊維シートを接着したケース3-1 の3 試験では、引抜き耐力がケース1 の引抜き耐力の9割程度となった。ケース2 とケース3-1 の引抜き耐力の差異に関して、 π 型変位計により計測した载荷中のひび割れの開口変位 (アンカー打設位置の前後30mm に設置した変位計の平均値)の推移を図-5 に示す。ケース3-1 では、各荷重段階での開口変位がケース2-1 の40%程度に抑制されており、これによりアンカーとコンクリートの孔壁間の摩擦力が一定程度保持されたと考えられる。

一方、ケース3-2 は、ケース3-1 と同様の作業手順で試験を実施したが、引抜き耐力が最も小さかった。引抜き試験後のアンカーの状態を確認したところ、ケース3-1 では軸部のコーンの先端がスリーブの内側まで潜り込んでスリーブが拡張されていたのに対し、ケース3-2 ではスリーブの外側に留まってスリーブは拡張されていなかった (写真-2)。また、スリーブに付着物が認められ、固化したプライマーである可能性が考えられる。以上より、繊維シートを接着する際、アンカー打設孔の表面部をシーリング材により間詰めしたが、ケース3-1 に比較してケース3-2 ではその処置が十分でなく、アンカーの軸部とスリーブの間隙がプライマーで充填された可能性がある。その結果、スリーブとコンクリートの孔壁間で所定の摩擦力が発揮されないまま、軸部とスリーブが一体となって引き抜かれ、引張抵抗を発揮するコンクリートの面積が比較的小さな状態で破壊に至ったことが、引抜き耐力の低下の要因となった可能性が考えられる。

4. まとめ

ひび割れが生じた覆工を繊維シートにより補修・補強した状況を模擬した試験体を作製し、スリーブ打込み式アンカーの引抜き試験を実施した。母材コンクリートへのひび割れの導入により、アンカーの引抜き耐力が3~4割低減したのに対し、ひび割れの導入後に繊維シートを接着した試験ケースでは、6試験中3試験で引抜き耐力が一定程度回復した。一方、残りの3試験の結果からは、同様に繊維シートの接着作業を行った場合でも、アンカーの引抜き耐力が低下し得る可能性が示された。その要因として、プライマーがアンカーの構造内部に含浸したことで、载荷時にスリーブが拡張されず、所定の摩擦力が発揮されなかった可能性が考えられた。今後更なる検討を進め、これらアンカーに関連する維持管理上の留意点等をまとめていく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局：道路トンネル定期点検要領，p.57，2019。
- 2) 中村英佑ら：あと施工アンカーの耐荷力の低下要因に関する基礎的考察，土木技術資料，Vol.60，No.18，pp.24-27，2018。
- 3) 日下敦ら：トンネル内の金属系あと施工アンカーの引抜き耐力に関する基礎的実験，トンネル工学報告集，Vol.27，I-46，pp.1-5，2017。
- 4) 土木学会編：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)，pp.43，2014。

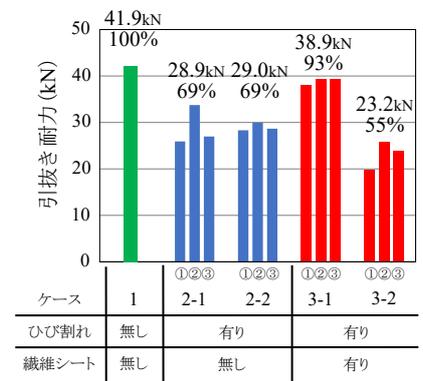


図-3 引抜き耐力

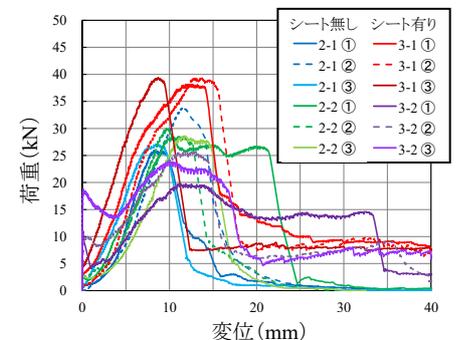


図-4 引抜き荷重-変位曲線

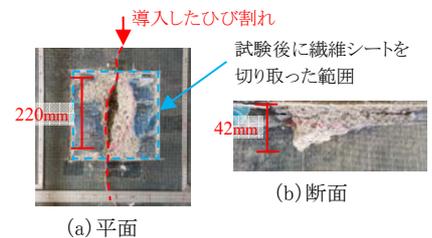


写真-1 コンクリートの破壊状況 (ケース3-1 ①)

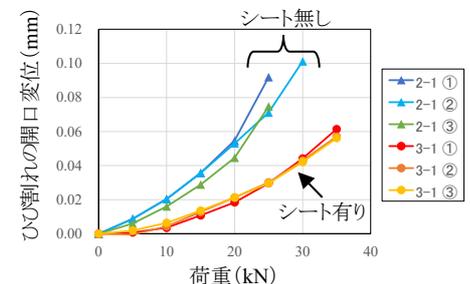


図-5 ひび割れの開口変位の推移

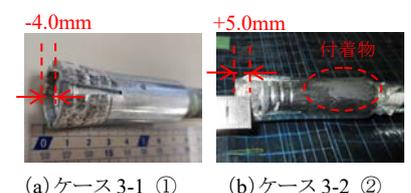


写真-2 アンカー軸部のコーン先端とスリーブとの位置関係