

トンネル内の金属系あと施工アンカーの施工状態と アンカー引抜き耐力の関係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 ○日下敦, 小出孝明, 岸田展明, 砂金伸治

1. はじめに

道路トンネル内では種々の附属物を設置するための取付金具として、覆工に金属系あと施工アンカーが設置されることが多く、今後のトンネルの維持管理においては、覆工のみならず、このような取付金具類の点検も行うこととされている。ただし、アンカーの詳細な点検手法は限られており、目視や触診等により経験的に判断しているのが現状である。これらのことを踏まえ、本研究では、アンカーの打込み不足や削孔長の過不足といった施工に起因する不具合がアンカーの引抜き耐力に及ぼす影響について、実験により検討を行った。

2. アンカー引抜き試験の概要

図-1 にアンカー引抜き装置の概要を示す。供試体は長さ 120 cm×幅 80 cm×厚さ 30 cm のコンクリート（設計基準強度 18 N/mm²）製の直方体とした。実験の手順は図-2 に示す通りであり、供試体に削孔した後、金属系あと施工アンカー（スリーブ打込み式、ねじ径 M16、スリーブ長 60 mm、ステンレス製）を打設し、アンカー引抜き試験を行った。アンカー引抜き装置の下部には内径 32 cm の支圧板を設置した。

なお、本研究で用いたスリーブ打込み式のアンカーは、先端部が広がったテーパ付きのボルトと、その外側に設置されるスリーブの 2 つの部品で構成されている。アンカー打設においては、スリーブを打ち込むことによりスリーブ先端が広がり、スリーブが孔壁に食い込むことにより定着するという構造となっている。すなわち、アンカーはスリーブ先端において集中的に定着している。また、ボルトを引き抜くとスリーブはより孔壁に食い込むことになり、引抜き試験においてアンカー自体が抜け出る可能性が低い構造であると考えられる。

実施ケースは表-1 および図-3 に示すとおりとした。ケース 1 は、通常のアンカー施工を行ったものである。ケース 2 は、通常の削孔を行った後、アンカー打設時のスリーブ打込み不足を想定したケースである。通常のアンカー施工では、供試体表面よりも深い位置（本研究のケース 1 においては 2～3 mm 程度）までスリーブが打ち込まれるのに対し、ケース 2 では供試体表面より 5 mm 程度スリーブが突出した状態で打込みを終了した。ケース 3 は、削孔長が不足した場合を想定し、標準削孔長 68 mm のアンカーに対し、20 mm 短い 48 mm 程度の削孔長とした。ケース 4 は、削孔を過剰に行った場合を想定し、標準削孔長より 20 mm 長い 88 mm 程度の削孔長とした。なお、アンカー引抜き試験実施日における供試体のコンクリートの一軸圧縮強さはいずれのケースにおいても 27 N/mm² であった。

3. 実験結果および考察

アンカー引抜き試験におけるアンカーの荷重-変位関係と、引抜き耐力（最大荷重）をそれぞれ図-4 および図-5 に示す。なお、いずれのケースにおいても、図-2 のステップ 4 に示したような供試体のコーン破壊が生じることにより実験が終了した。

通常の施工を行ったケース 1 においては、6 回の試験を行った。荷重-変位曲線の傾きは試験を行うごとに大きく異なる結果となった。引抜き耐力

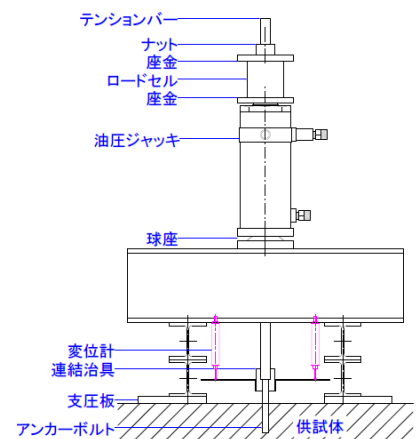


図-1 アンカー引抜き装置の概要

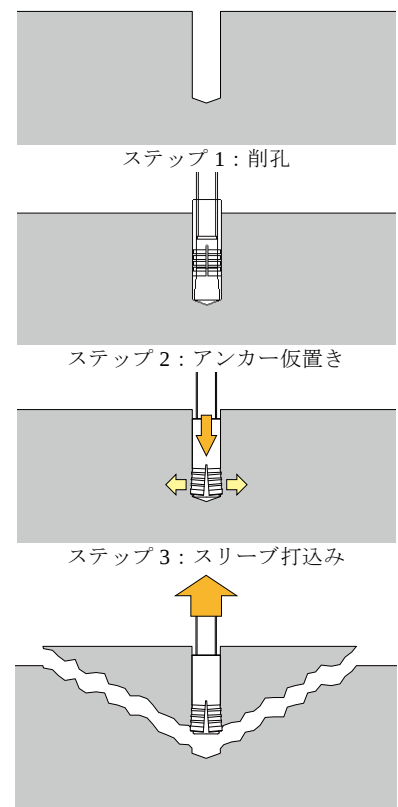


図-2 アンカー引抜き実験の手順

キーワード トンネル, 覆工, あと施工アンカー, アンカー引抜き試験

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 道路技術研究グループ(トンネル) TEL 029-879-6791

は平均で 40 kN となったが、6 回の試験における引抜き耐力の最大値は 45 kN、最小値は 36 kN であり、平均値 ± 1 割程度のバラツキがある結果となった。本研究において実施したようなアンカー引抜き試験により引抜き耐力を評価する際は、このようなバラツキを生じる可能性があることを考慮する必要があると考えられる。

スリーブの打込み不足を想定したケース 2 においては、3 回の試験を行った。荷重-変位曲線の傾きは他のケースと比較して小さいものとなった。これは、スリーブの打込み不足によりスリーブが十分に開いておらず、ボルトの引抜きにともなってスリーブが開くことによりボルトの変位が大きくなったためと考えられる。また、引抜き耐力は平均で 32 kN となり、ケース 1 と比較して 2 割程度低下する結果となった。これはスリーブの先端部の位置がケース 1 と比較して浅く、コーン破壊面の面積が小さくなることにより、引抜き耐力の低下につながったものと考えられる。なお、ケース 2 において引抜き試験を実施する前にボルトを手で揺らすと、ぐらつきがあったことから、このようなケースは触診により異常を確認できる可能性があると考えられる。

削孔長の不足を想定したケース 3 においては、4 回の試験を行った。荷重-変位曲線の傾きはケース 1 や 4 と比較して大きく変わらないが、引抜き耐力の平均は 25 kN となり、ケース 1 と比較して 4 割程度低下する結果となった。ケース 3 は、ケース 2 と比較してもスリーブの位置が浅く、コーン破壊面の面積が小さくなることにより、引抜き耐力のさらなる低下につながったものと考えられる。

削孔長が標準よりも長くなった場合を想定したケース 4 においては、4 回の試験を行った。荷重-変位曲線の傾きはケース 1 や 3 と比較して大きく変わらず、引抜き耐力の平均も 53 kN でケース 1 よりも大きな結果となった。これはスリーブの先端部の位置がケース 1 と比較して深く、コーン破壊面の面積が十分確保されることにより、通常の施工を行ったケース 1 同等以上の耐力が得られていたものと考えられる。

4. まとめ

以上の結果より、道路トンネル内に設置されたスリーブ打込み式のあと施工アンカーの維持管理を行ううえで、以下の点について留意することが有用であると考えられる。

- ただし、これらの結果は、覆工コンクリートにひび割れもなく材質劣化もないなどの理想的な条件での要素実験から得られたものであり、実際の維持管理においては個別の条件を十分に考慮する必要があると考えられる。
- ・設置されているあと施工アンカーのスリーブ位置が他より浅い場合は、引抜き耐力が低い可能性がある。
- ・アンカー引抜き試験を行った際の荷重-変位曲線の傾きが極端に小さい場合は、スリーブ打込み不足等の施工不良があった可能性がある。
- ・削孔長がやや過剰である場合は、引抜き耐力に及ぼす影響は大きくはなかったが、このような場合はスリーブの打込みに困難が生じることにより定着が十分に取れないなどの不具合が生じる可能性もあり得ると思われることから、定着状況等を十分に確認する必要があると考えられる。

表-1 実験ケース一覧

ケース	アンカーボルト打設方法	概要	削孔長 (mm)	試験回数
1	通常	通常のアンカーボルト施工	68	6
2	打込み不足	アンカーボルト施工において、スリーブが供試体表面から約5mm出た状態で打込みを終了	68	3
3	削孔不足	削孔長を通常より20mm短くしてアンカーボルトを施工	48	4
4	削孔過剰	削孔長を通常より20mm長くしてアンカーボルトを施工	88	4

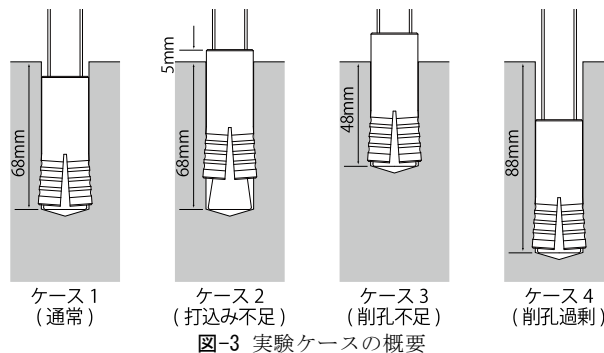


図-3 実験ケースの概要

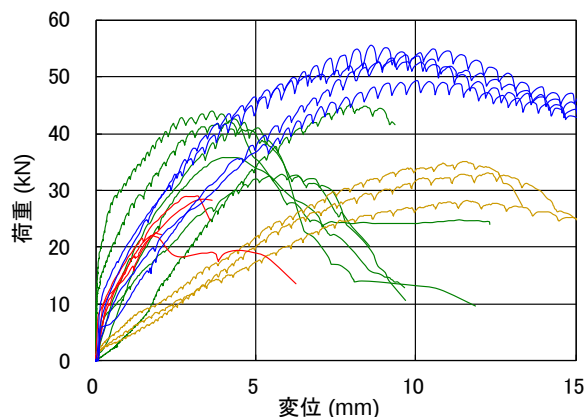


図-4 アンカー引抜き試験における荷重-変位図

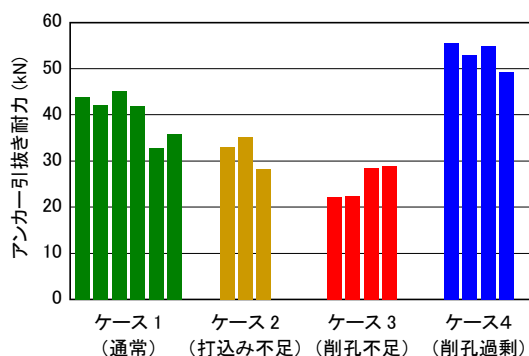


図-5 アンカー引抜き試験における引抜き耐力