

トンネル内あと施工アンカーの引抜き試験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, 淡路動太, 河田皓介, 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を使用するが多い。今後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た¹⁾が、点検時に発見されることがあるアンカー周辺の覆工のひび割れや、取付金具の設置時に実施したナットの締付け力がアンカーの引抜き耐力に及ぼす影響に関して検討された事例はほとんどない。本研究では、覆工コンクリートを模擬した供試体に設置した金属系あと施工アンカーに対して引抜き試験を実施し、アンカー周辺のひび割れの存在やナット締付けの影響について検討した。

2. 実験の概要

(1) 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 120cm×幅 80cm×厚さ 30cm のコンクリート（設計基準強度 18 N/mm²）製の直方体とした。この供試体に、スリーブ打込み式で、ねじ径 M16、スリーブ長 60 mm のステンレス製あと施工アンカーを設置した。その後、ケースによっては、後述するように、曲げ载荷により供試体にひび割れを発生させ、あるいはナット締付けを行ったうえで、アンカー引抜き試験を行った。なお、引抜き装置の下部には内径 32cm の支圧板を設置した。実施ケースの一覧は表-1 のとおりである。

(2) ひび割れ発生のための曲げ载荷の概要

ケース 2 においては、供試体の中央付近にアンカーを設置した後、図-2 に示すように供試体に 3 点曲げ载荷を行った。载荷は荷重ピークを超過するところまで行ったうえで除荷するという手順で行い、写真-1 に示すようにアンカーのスリーブをまたぐひび割れを発生させた。アンカー近傍でのひび割れ幅は 0.3 mm で、目視観察では供試体全幅でほぼ同様のひび割れ幅であった。なお、供試体にはひび割れ誘発用の切欠きを設けるとともに、脆性破壊防止を目的として D16 の鉄筋を 4 隅にかぶり 3 cm で設置した。

(3) ナット締付けの概要

ケース 3 においては、M16 普通ボルトの標準締付けトルクである 106 Nm（実験で用いたアンカーボルトの標準締め付けトルクの約 1.6 倍）で締付けを行った。標準的なナット等の場合は、この締付けにより 33 kN の標準軸力がボルトに発生することになるが、本研究で用いたナットには緩み止め機構が備えられており締付け時の摩擦が大きいいため、実際に発生した初期軸力はこれよりも小さいものと考えられる。

3. 覆工コンクリートのひび割れの影響

図-3 にアンカー引抜き試験における荷重-変位関係を示す。図中のケース番号に付した枝番 (-n) は、複数回行ったケースの n 回目を示す。なお、いずれのケースにおいても、写真-2 に例示するような直径約 32cm のコーン破壊形状を示した。

図中に赤色で示したケース 1（基本ケース）においては、引抜き耐力は 3 回の平均で 37 kN であった。一方、緑色で示した、ひび割れを導入したケース 2 においては、引抜き耐力は 29 kN となり、基本ケースと比べて約 2 割低減した。また、载荷初期における荷重-変位曲線の傾きも小さくなった。これは、ひび割れの存在によりアンカーの定着力の低下に影響を及ぼして

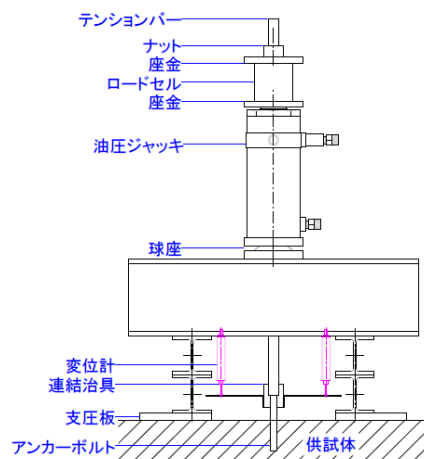


図-1 アンカー引抜き装置の概要

表-1 実験ケース		
ケース	概要	試験回数
1	基本ケース	3
2	ひび割れ発生	1
3	ナット締付け	4

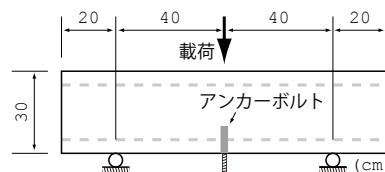


図-2 ひび割れ導入曲げ载荷の概要



写真-1 アンカー周辺のひび割れ発生状況

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

いる可能性があることを示していると考えられる。

以上の結果から、アンカー周辺にひび割れが存在する場合は、アンカー引抜き試験における荷重-変位曲線の傾きが緩やかになるとともに、健全なアンカーに比べて引抜き耐力が低下する可能性があることが分かった。ただし、ケース2は1回しか実施されていないこと、支圧板によりアンカー引抜き試験時にひび割れ幅の増大が抑制されている可能性があることに留意する必要がある。

4. ナット締付けの影響

ナット締付けを行った場合のアンカー引抜き試験における上下方向の力のつり合いを模式的に図-4に示す。ジャッキからの引抜き荷重 P 、アンカー定着部に作用する引抜き荷重 F 、トルク締付けによる軸力 T (=供試体からの反力)の関係は、

$$F = P + T \quad (1)$$

となる。簡単のため、アンカー引抜き試験における引抜き変位 δ はアンカー全長にわたって一定(すなわちアンカーボルトは剛体)とし、 T はばね定数 k_T を介して δ と一次の関係にあると仮定すると、

$$T = T^* - k_T \delta \quad (2)$$

となる。ここで T^* はナット締付けによる初期軸力であり、 k_T は供試体からの反力ばねに相当する値(ただし $T \leq 0$ では $k_T = 0$ となるノーテンションばね)である。また、ナット締付けがない場合のアンカー引抜き試験時の荷重-変位曲線の傾きを k とすると、初期軸力 T^* を考慮する場合のアンカー定着部の引抜き荷重 F は以下の式で表される。

$$F = T^* + k\delta \quad (3)$$

式(2)(3)を式(1)に代入することにより、ジャッキによる引抜き荷重 P と変位 δ の関係が次式により求まる。

$$P = (k + k_T)\delta \quad (4)$$

すなわち、ナット締付けにより、アンカー引抜き試験における荷重-変位曲線の傾きは、締付けが無い場合に比べて k_T の分だけ大きくなる。ただし、ナットが母材から離れて $T = 0$ となった時点で $k_T = 0$ となり、従来の傾きになる。これを図化すると図-5のようになる。

図-6は、図-3からケース1と3のみを抽出し、载荷初期段階の部分を拡大して示したものである。実験結果からも、上述の通り载荷初期段階ではケース3の荷重-変位曲線の傾きが大きくなっているが、ナット締付けによる初期軸力を超過する引抜き荷重(10~15 kN程度)が作用した時点以降は、ケース1と同等の傾きとなっていることが分かる。これは、ナットで締付けられたアンカーの引抜き試験を現場で行う場合は、初期の荷重-変位曲線ナット締付けの影響(k_T に相当)を受け、傾きが大きくなることに留意する必要があることを示唆していると言える。なお、ケース3の最大荷重は4回の平均で40 kNであり、ケース1とほぼ同等のものであった。

5. おわりに

本研究で得られた主な結論は以下のとおりである。ただし、限られた条件において限られた数量のアンカー引抜き試験から得られたものであることに留意する必要がある。

- アンカー周辺に曲げひび割れが存在する場合は、アンカー引抜き試験における荷重-変位曲線の傾きが緩やかになるとともに、健全なアンカーに比べて引抜き耐力が低下する可能性がある。
- アンカー引抜き試験における荷重-変位曲線の傾きは、ナット締付けにより大きくなる。

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 平成26年6月，2014。

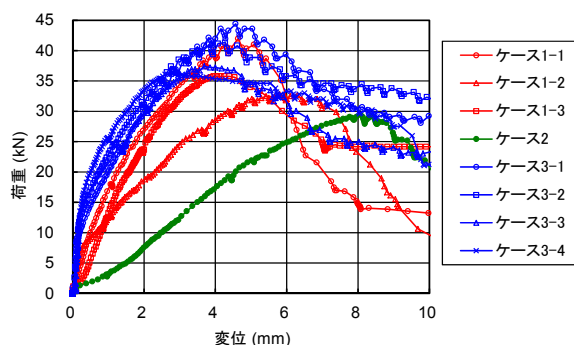


図-3 アンカー引抜き試験における荷重-変位曲線



写真-2 コーン破壊の例(本研究の実験ケースとは無関係)

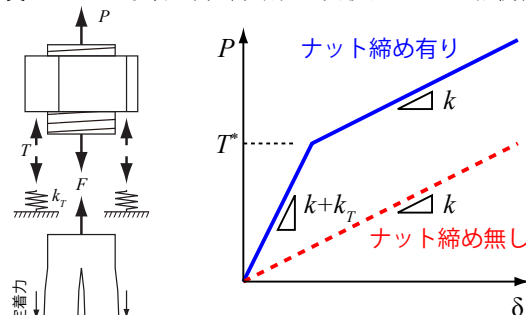


図-4 力のつり合い 図-5 初期の荷重-変位曲線(概念図)

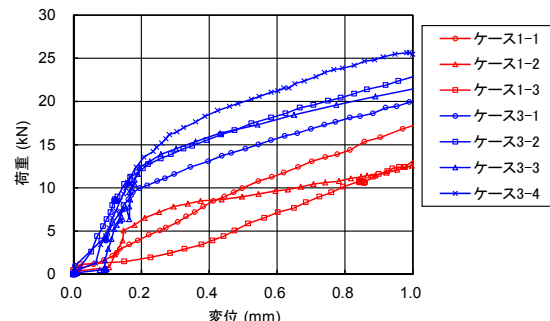


図-6 アンカー引抜き試験における荷重-変位曲線(拡大)