

トンネル内ジェットファンの吊金具を用いた 金属系あと施工アンカーの引抜き載荷実験

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○日下敦, 小出孝明, 砂金伸治, 原翔平

1. はじめに

道路トンネルにおいて換気用のジェットファン（以降、JF）を設置する場合は、覆工に吊金具を設置し、複数の金属系あと施工アンカー（以降、アンカー）で固定されることが多い。これらの取付金具の設計においては、一般に JF 本体の静荷重の 15 倍以上の強度が確保されていることが照査されていることになっている¹⁾。この照査においては、複数のアンカーに均等に荷重が作用することが前提となっているが、複数のアンカーが 1 つの吊金具を介して斜め方向に引張荷重を受けた場合の荷重分担の考え方は明確になっていないのが現状である。本研究では、実大規模の JF 吊金具を 4 本のアンカーで固定し、吊金具に斜め方向の引張荷重を作用させた場合のアンカーの荷重分担について、載荷実験により確認を行った。

2. 実験の概要

実験においては、写真-1 および図-1 に示すように、覆工を模擬した 1200mm×1000mm×400mm の直方体のコンクリート供試体に、JF の吊金具を模擬した 400mm×250mm の金具を、4 本のアンカー（スリーブ打込み式の金属系あと施工アンカー、ボルト径 M24、スリーブ長 140mm）を用いて固定した。

吊金具の固定においては普通ナットとワッシャーを使用し、トルクレンチを用いて施工管理を行った。目標トルクは実際の施工での実績を参考に 195Nm と設定し、アンカー A、D、B、C の順で目標トルクの 120% のトルクで締め付けを行った後、各アンカーで目標トルクがかかることを再度確認した。

載荷方向は、JF を吊り下げる場合は斜め方向にターンバックルが取り付けられることが多いことから、図-2 に示すように載荷治具を組み立てて斜め方向 45°とした。

計測項目としては、吊金具の引抜き荷重、各アンカーの内部に設置したひずみ計によるアンカー引抜き荷重、吊金具のアンカー近傍のアンカー引抜き方向変位について計測を行った。なお、測定間隔は 0.1 秒とした。荷重は引張が正、変位はアンカーが抜け出る方向を正とした。

3. 実験結果および考察

図-3 および図-4 に、アンカー軸力および変位の時刻歴を示す。図中には、破線で吊金具に作用する荷重も併せて示す。

載荷前には、ナット締め付けによる初期軸力が平均 21kN でほぼ均等に作用していることが分かる。

載荷は計測開始から約 60 秒後に開始され、147 秒経過した載

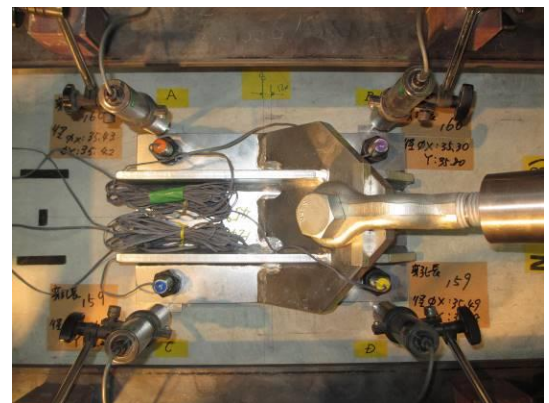


写真-1 実験供試体の状況（吊金具部分）

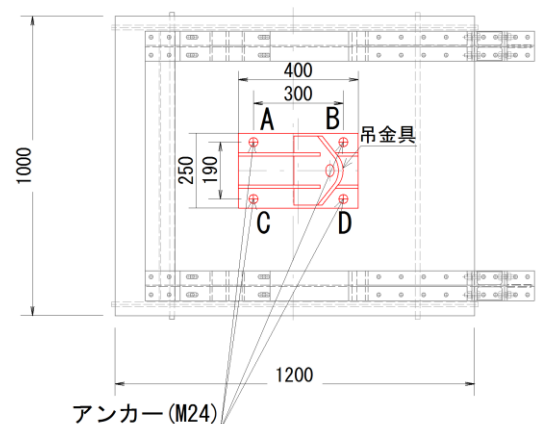


図-1 実験供試体の寸法

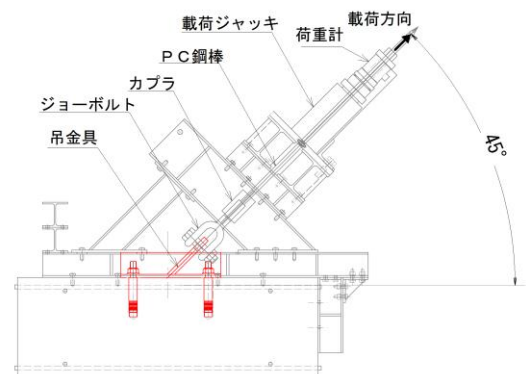


図-2 載荷方法の概要

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、ジェットファン吊金具

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

荷荷重 40kN 程度まではアンカー軸力・変位とも若干の変動はあるものの大きな変化は見られなかった。道路トンネルの JF は大型のものでも重量が 23kN 程度であること、JF を 4 本の金具で支持する構造が一般的であることを考慮すると、鉛直ではなく斜め方向に吊り下げることによる軸力割増しを見越したとしても、本研究で実施した条件下では、4 本のアンカーの軸力の分担率は JF の自重による静的荷重程度であれば大きくは変わらないと考えられる。

一方、147 秒以降は、アンカー B、D の軸力が低下し、アンカー A、C の軸力が比較的大きくなる傾向となった。これは、斜め方向に載荷することにより、アンカー B、D が押さえつけられる側、アンカー A、C が引き抜かれる側になっているためと考えられる。ただし、変位を見ると、アンカー A、B が引き抜かれる変位モードとなっていることから、吊金具の変形モードとアンカーの軸力モードの関連性については今後の検討課題である。

ここで、アンカーに設置した軸力計は、ひずみゲージ埋め込み式であり、30kN までの引張荷重で算定した校正係数により軸力換算しているものである。すなわち、載荷荷重が大きくなり、軸力とひずみの線形性が失われた時点で軸力計としての信頼性を失うものである。本研究で使用したアンカーの材質は SUS304 であり JIS に示された機械的性質として降伏強度 205MPa 以上であること、M24 並目ねじのボルトの有効断面積が 353mm²であることを考慮すると、両者を乗算した 72kN 以上の軸力ではアンカーが降伏している可能性があり、アンカー C でそれ以上の軸力となった 330 秒以降は軸力分担率等の考察が困難であると考えられる。

なお、最終的には載荷荷重 325kN で覆工コンクリート供試体の側面にひび割れが入って載荷終了となったことから、本研究において実際の破壊モードを再現できているかは今後検証が必要である。すなわち、347 秒以降に見られたアンカー A の軸力の正負の逆転が実構造でも起こり得る現象なのかなどを含め、載荷荷重の大きい範囲でのデータの取り扱いについては今後の検討課題である。また、載荷終了後に吊金具等を撤去してアンカーの状態を目視観察すると、アンカーにせん断力が作用したと考えられる残留変形があったことや、コンクリート供試体のアンカー周辺部で支圧破壊が発生したようなひび割れがあったことから、アンカーの破壊モードについても今後検討が必要であると考えられる。

4. まとめ

以上をまとめると、JF の吊金具を介した 4 本のアンカーの引抜き実験から、本研究で実施した限定的な条件下ではあるが、4 本のアンカーの軸力の分担率は JF の自重による静的荷重程度であれば大きくは変わらないことが明らかとなった。ただし、荷重が大きくなると、変形モードと軸力モードが複雑になり、4 本のアンカーの軸力分担率が変化する可能性がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路トンネル技術基準（換気編）・同解説，pp.136-137，2008.

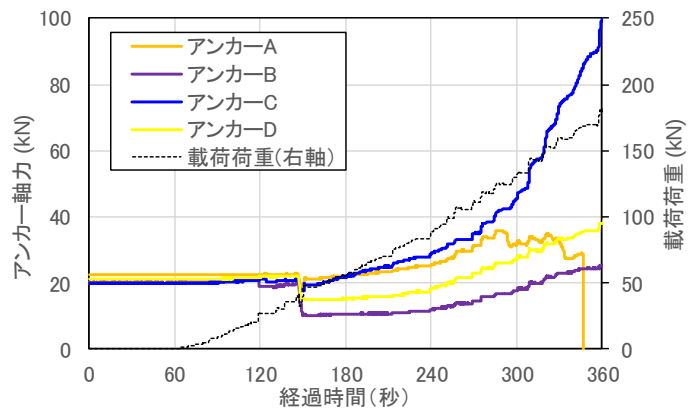


図-3 アンカー軸力の経時変化

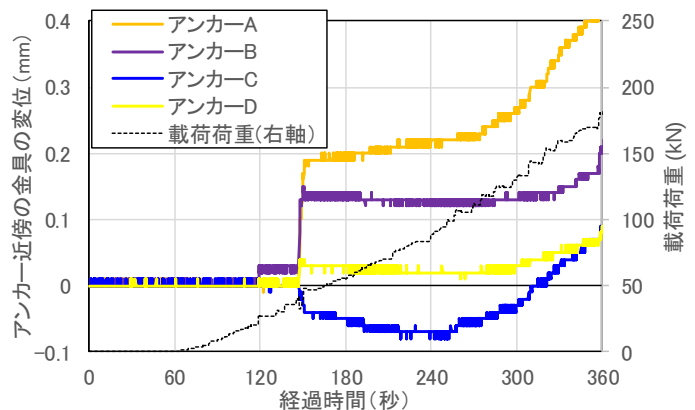


図-4 アンカーの変位の経時変化