

金属系あと施工アンカーのナット締付けで生じる軸力に関する実験的検討

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○加藤祐哉、小田部貴憲、古賀裕久

1. はじめに

道路トンネル用ジェットファンの取付けには、通常、金属系あと施工アンカー（以下、アンカー）が用いられる。その際、コンクリートに固着されたアンカーに吊金具等をナットで締め付け固定するが、締め付け力が高くなるとアンカーが破損するおそれがあるため、トルクレンチで締め付けトルクを測定するなどして、締め付け力が制御される。このときアンカーボルトにはナット締め付けによる軸力（以下、軸力） T が作用し、固着部が支える荷重 F と1本のアンカーが負担する取付物の静荷重 P の関係は図1および式(1)のとおりとなる。

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

何らかの理由で軸力が不足し、 $T = 0$ となるとナットが座面から離れるなどの不具合が生じる可能性があるため、締め付けトルクは適切な軸力を導入できるものである必要がある。

一方、締め付けトルクの管理で導入される軸力にはばらつきが大きいことも指摘されている¹⁾。しかし、初期に締め付けトルクによって導入される軸力（初期軸力）やその経時変化について明らかにした報告はほとんどない。そこで、これらを把握するために実験的検討を行った。

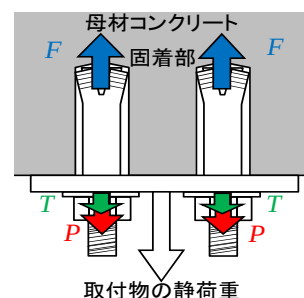


図1 アンカーに作用する荷重の模式図



写真1 ゲージ埋込みアンカー（M16）

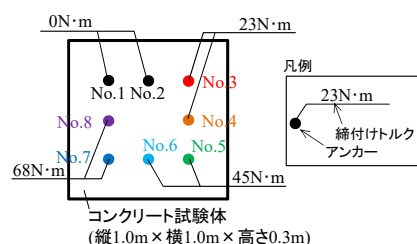


図2 アンカー（No.1～No.8）を固着した試験体（平面図）

2. 試験概要

写真1に示す軸力測定用のひずみゲージ埋込みアンカー（SUS304系、M16スリーブ打込み式）を、「普通 24-8-20N」のレディーミクストコンクリートで製作した図2の試験体（寸法：縦1.0m×横1.0m×高さ0.3m）に互いに干渉しないような十分な間隔（25cm）で8本固着させた。次に、トルクレンチを用いて0～68N・mのトルク（No.1,2: 0N・m、No.3,4: 23N・m、No.5,6: 45N・m、No.7,8: 68N・m（製造者指定の締め付けトルク））でナット締め付けを行い、室内（室温は年間10～35℃の範囲、日変化は5℃程度）に1年間静置して軸力の経時変化を確認した。また、1年後にナットを弛めて軸力が作用していない状態とし、弛め直前の値との差を1年後の残留軸力として求め、1年間の出力値の変化を加えて初期軸力（＝残留軸力＋経時変化（低下）量）を求めた。

測定結果については次章で示すが、締め付けトルクの大きさと各アンカーに導入された軸力の関係が明確ではなかった。このため1年後に改めてNo.3～8のアンカーで締め付けと弛めを10回（No.7のみ8回）繰り返して締め付けトルク23、45、68N・m時の個々のアンカーの軸力を測定した。

3. 試験結果

(1) 初期軸力および経時変化

軸力を作用させていないNo.1,2の平均値を基準として、No.3～8の軸力の変化量を図3に示す。

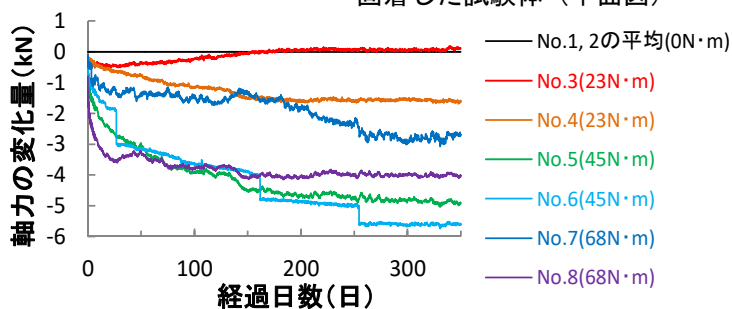


図3 1年間の軸力の変化量
（No.1,2の平均値を基準とした変化量）

キーワード あと施工アンカー、金属系、締め付けトルク、初期軸力、ナット弛み

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6（国研）土木研究所 先端材料資源研究センター TEL 029-879-6761

軸力を作用させた No.3～8 のアンカーは、締付け後まもなく軸力の低下が確認され、特に初期に大きく低下し、経過日数が増加すると変化は比較的緩やかとなる傾向を示した。

図 4 に、各アンカーの締付け時に導入された初期軸力と 1 年後の残留軸力の比較結果を示す。締付けトルクの等しい No.3, 4, No.5, 6, No.7, 8 を比較すると、初期軸力については、No.7, 8 はほぼ同等だが、No.5, 6 は 1.4 倍程度、No.3, 4 は 2 倍程度の差があり、締付けトルクと初期軸力は比例していなかった。また、1 年後の残留軸力は、No.3 を除き初期軸力から 3～8 割程度低下した。製造者指定のトルク (68N・m) でナットを締め付けた No.7, 8 の初期軸力はそれぞれ 8.0kN、7.0kN だったものが、1 年後にはそれぞれ 5.4kN (約 3 割低下)、2.9kN (約 6 割低下) となった。

初期軸力の大きさと 1 年間の低下量の関係を図 5 に示す。初期軸力が大きいほど軸力の低下量が大きい傾向を示すことがわかった。また、No.6 では図 3 より急な軸力の低下が 3 回記録されており、静置期間中に固着部ですべりが生じた可能性が考えられる。

軸力の経時的な低下は、固着部の状態、軸力の大きさ、日々の温度変化 (アンカーやコンクリートの微小な寸法変化の繰返し) などが影響したと考えられるが、本実験の範囲では明確ではない。

なお、No.3 の残留軸力が初期軸力を上回った理由は明確ではない。

(2) 軸力の再導入

図 4 に示したように、締付けトルクと初期軸力の関係が不明瞭であった。そこで再度締付け力を導入し、各アンカーの締付けトルクと軸力 (平均) の関係を図 6 に、締付けトルクと 10 回測定した軸力の関係の例 (No.4, 6) を図 7 に示す。

図 6 より、軸力の最も小さな No.4 と最も大きな No.6 では約 4 倍の差が生じており、各アンカーによって軸力の入り方が大きく異なることがわかった。

一方、図 7 より、1 本のアンカーにおいては、締付け・弛めを繰返した場合でも、同じ締付けトルクで導入された軸力のばらつきは個々のアンカーに導入された軸力の差と比べて少なかった。他のアンカーも同様であった。

同一条件で締付けを行っても、アンカーによって軸力が大きく異なるのは、固着部の削孔状態や粗骨材の分布などのコンクリートの状態、ナット座面の摩擦等が完全に同一ではないことが影響していると思われる。

4. まとめ

実際に取付物を固定する際は、弛み防止機能を備えたナットを用いる場合がある。本検討では、実験上の理由から締付け・弛めが可能なナットを使用した。その条件下において、以下の知見を得た。

- (1) 1 本のアンカーにおいては、ナット締付け・弛めを繰り返しても、同じ締付けトルクで生じる軸力のばらつきは比較的少なかったが、同一条件で施工したアンカーでも、個々のアンカーによって導入される軸力は、最大で 4 倍程度の差があり、大きく異なっていた。
- (2) 軸力が作用した状態でアンカーを静置した場合、軸力が経時的に 3～8 割程度低下していた。

参考文献

- 1) (一社)日本建築あと施工アンカー協会：あと施工アンカー点検・診断要領(案)―取付物固定用一、p.付録 7-3、2019.11

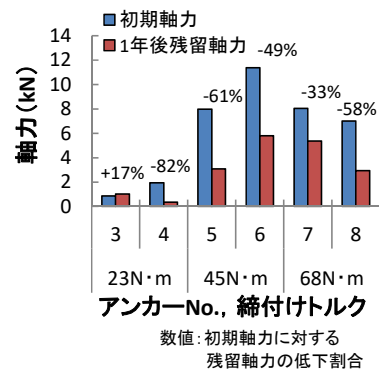


図 4 初期と 1 年後残留軸力の比較

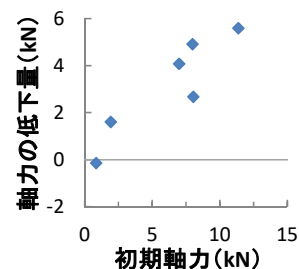


図 5 初期軸力と低下量の関係

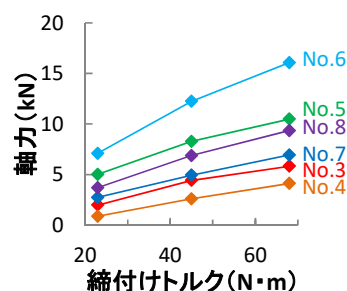


図 6 複数アンカーにおける締付けトルクと軸力 (平均) の関係

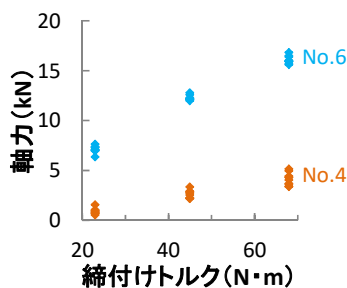


図 7 アンカーの締付けトルクと複数回測定した軸力の関係の例