

曲げを受けたPC鋼アンカーの引張りによる破断時軸荷重について

グラウンドアンカー 引張り強さ 抑止工

川崎地質(株) 正会員 ○高梨俊行
 三重大学生物資源学部 国際会員 酒井俊典 学生会員 平田晃真・高橋翔太
 (国研)土木研究所 正会員 宮武裕昭・近藤益央・藤田智弘・横山一輝
 北海道土質コンサルタント(株) 山下英二
 (株)相愛 正会員 常川善弘
 日本地研(株)国際会員 田口浩史
 アジア航測(株) 正会員 阪口和之
 (株)エスイー 早川道洋
 KTB 協会 正会員 小松晃二
 VSL JAPAN(株) 正会員 高原正樹

1. はじめに

切土のり面の斜面安定工や地すべり対策に用いられるグラウンドアンカー工(以下、アンカー)は、維持管理が必要な土構造物の一つであり、土木研究所・日本アンカー協会共著「グラウンドアンカー維持管理マニュアル¹⁾」の発刊が契機となり近年アンカーの点検、健全性調査が急速に普及しつつある。これらの点検・調査の中で発見されるアンカーの破断飛出しは、場合によって第三者に被害を与える恐れがあり、破断飛出しが予見される場合には、その原因とアンカーの状態に応じた対策の実施が重要である。一方で、アンカーの破断現象は発生後に確認されるケースが殆どであるため、破断時の挙動を理解するには実物試験装置による再現が必要である。

現在までのアンカー試験装置による破断に関する評価は、軸方向の引張荷重により引張り強度を求めることが一般的であり、実際の地盤のようにアンカー自由長区間に曲げやせん断方向の変位が作用した場合の破断の評価は行われていない。筆者らは、アンカー試験装置を用いてPC鋼より線を使用したアンカーについて、垂直方向のせん断変形を与えた場合の破断荷重に関する基礎実験を進めており²⁾、本報では、アンカー実物試験装置を用いてテンドンに垂直変位を与えた上で、軸方向に荷重を増加させた場合の破断時軸荷重について報告する。

2. 試験方法

本試験で用いたアンカー試験装置を写真-1、試験装置模式図を図-1に示す。試験装置は全長6000mmの鋼製アンカー懸架台からなる。本実験では、所定の緊張力(0.4Tus≒104kN)にて供試体を定着した後、定着側から625mmの位置で軸荷重が0.5Tus~0.65Tusになるよう垂直方向に変位を与え、さらに供試体が破断するまで軸方向に引張り力を加え、その際の軸力を計測した。なお、破断したテンドンが周辺に影響を及ぼさないよう、せん断位置からアンカー頭部定着位置まではφ100mmのアルミケーシングを配置した。

供試体は素線1本毎がエポキシ塗膜にて被覆されたアンカーA、素線7本が全てエポキシ塗膜されたアンカーB、エポキシ管で被覆されたアンカーCの3種類を用いた(写真-2)。なお、いずれもPC鋼より線φ15.2mm、引張強度Tus=261kN、降伏強度Tys=222kNである。

破断時の軸荷重を計測するために、定着側はアンカー頭部先端に鋼板を配置し試験装置側壁にボルトで密着固定させ、頭部側は定着具(アンカーヘッド・くさび)での固定のみとした。垂直ならびに軸荷重の計測には荷重計(東京測器社製 KCE-1MNA)、垂直変位の計測にはレーザー変位計(キーエンス製、LG-G505A)を使用し、データの収集には同社製 NR-600+NR-ST04により行った。



写真-1 アンカー試験装置

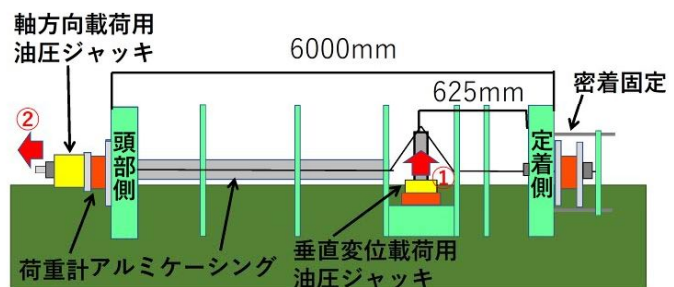


図-1 試験装置模式図

Evaluation of breakage axis load in PC steel anchors receiving tensile deformation in the state of bending deformation

T.Takanashi / Kawasaki Geological Engineering Co.,Ltd T.Sakai, K.Hirata, S.Takahashi / Mie University H.Miyatake, M.Kondoh, T.Fujita, K.Yokoyama / Public Works Research Institute E.Yamashita / Hokkaido soil consultant Co.,Ltd Y.Tsunekawa / Soai Co.,Ltd K.Taguchi / Nihon Chiken Co.,Ltd K.Sakaguchi / Asia Air Survey Co.,Ltd M.Hayakawa / SE Co.,Ltd K.Komatsu / KTB Associatin / M.Takahara VSL JAPAN Co.,Ltd



写真-2 供試体テンドン (左: アンカーA 中央: アンカーB 右: アンカーC)

3. 試験結果

本実験で得られた垂直変位導入後軸荷重と破断時軸荷重の関係を図-2、垂直変位導入後の軸荷重(引張強度 T_{us} 比)と破断時軸荷重の関係を図-3、垂直変位導入時の垂直変位量と破断時軸荷重の関係を図-4に示す。

実験の結果、アンカータイプに係わらず、いずれも垂直変位を与えた上で軸荷重を増加させると、引張強度($T_{us}=261\text{kN}$)以下で破断が発生することが判った。

また、アンカータイプに着目すると素線 1 本毎にエポキシ塗膜が施されるアンカーA (■) は、垂直変位量に係わらず 200kN 以下で破断するのにに対し、PC 鋼より線が全周エポキシ塗膜されるアンカーB (●) は、垂直変位導入時の引張強度比 55%、垂直変位量 65mm 前後までは降伏荷重 ($T_{ys}=222\text{kN}$) 以上の破断荷重を示したが、これよりも垂直変位量が大きくなると破断強度が急激に低くなる傾向を示した。なお、アンカーC (◆) はこれらの中間的な破断特性を示した。

このことは、各アンカーの防錆のために施された被覆材の影響によるものと考えられ、アンカーA は素線 1 本毎のエポキシ塗膜であり初期破断は素線 1 本毎に生じやすいため破断時軸荷重が低くなるが、アンカーB は PC 鋼より線全体がエポキシ塗膜で頑丈に被覆されているため、少々の変形(垂直変位)では破断時軸荷重は低下しにくく、アンカーC はアンカーB ほどではないがポリエチレン管による拘束力が作用し、アンカーA よりも若干高い破断時軸荷重を示したものと考えられる。

4. まとめ

本研究により垂直変位が作用したテンドンの破断時軸荷重は、引張強度よりも低いことが判明した。また、その破断荷重は被覆材により差異があることが判った。

この事象を実際の現場に当てはめると、地すべり等により変形が生じているアンカーのり面で自由長区間に曲げが作用した際には、特に大きく変形した場合には引張強度以下でテンドンが破断に至る可能性を考慮することができる。実際のアンカー設計では、設計アンカー力をテンドンの引張強度の 60%以下とすることで、このような事象によるテンドン破断に対し安全を担保している。しかし、冒頭にも述べたように近年アンカー維持管理に関する点検・調査が急速に普及する中で、許容アンカー力を大幅に超過したアンカーも散見されている。本実験で得られた結果を踏まえると、アンカーのり面の維持管理を進めるにあたり、安心・安全な状態を確保するためには、既設アンカーの荷重管理が非常に重要であることが判る。

なお、今回の実験は変形量 45~70mm 前後について実施したが、実際の現場ではこれよりも小さい変形が生じているケースも考えられる。今後も、実験条件を変えながら破断実験を継続する予定である。最後に、本実験の実施ならびに論文作成にあたって、関係諸氏には多大なるご助力とご支援を頂いた。本紙面をお借りして御礼申し上げる。

なお、今回の実験は変形量 45~70mm 前後について実施したが、実際の現場ではこれよりも小さい変形が生じているケースも考えられる。今後も、実験条件を変えながら破断実験を継続する予定である。最後に、本実験の実施ならびに論文作成にあたって、関係諸氏には多大なるご助力とご支援を頂いた。本紙面をお借りして御礼申し上げる。

《引用・参考文献》1) (独)土木研究所(社)日本アンカー協会共編：グラウンドアンカー維持管理マニュアル, 2008 2) 平田晃真他：曲げ変形を受けた PC 鋼アンカーの破断時軸荷重について, 第 54 回地盤工学研究発表会論文集, 2018(投稿中)

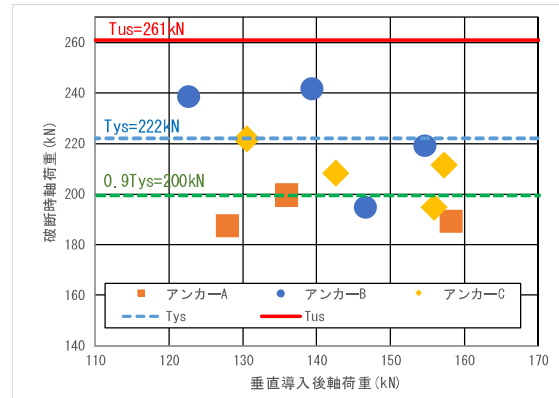


図-2 垂直変位導入時軸荷重と破断時軸荷重

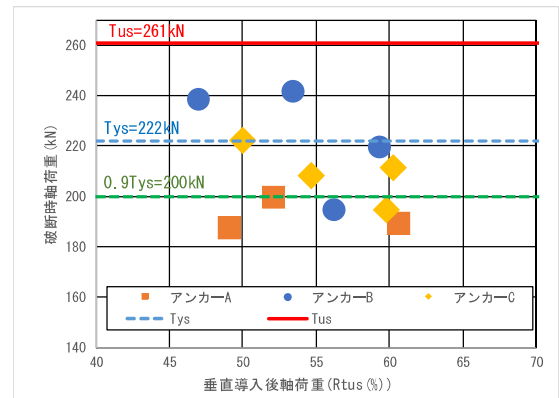


図-3 垂直変位導入時軸荷重(R_{tus})と破断時軸荷重

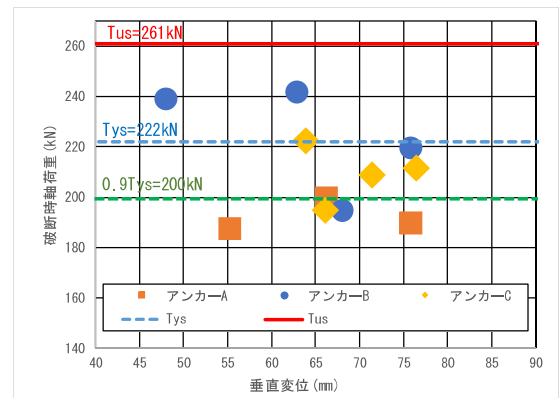


図-4 垂直変位導入時垂直変位量と破断時軸荷重