

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04595

研究課題名(和文) 曲げ変形を受けるアンカーの破断特性を考慮した維持管理手法の開発

研究課題名(英文) Development of maintenance management method considering the breakage characteristics of anchors subject to bending deformation

研究代表者

酒井 俊典 (Sakai, Toshinori)

三重大学・生物資源学研究所・教授

研究者番号：90215591

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：のり面や斜面の安定を保持するために利用されているグラウンドアンカー工に対して、地震や豪雨などによって発生する破断の原因とその対策について検討を行った。その結果、アンカーの破断は、従来考慮されていなかった地すべり等によって生じる地盤内の曲げ変形を受けることで発生することを明らかにした。実物大試験装置を用いた実験において曲げ変形によるアンカーの破断について検討を行った結果、曲げ変形を受けた場合、設計に用いられる引張り強度より低い強度で破壊することが明らかとなった。また、アンカー破断による飛び出し防止対策として、ゴムを用いた摩擦抵抗による方法が利用できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、現在まであまり行われてこなかったアンカーの破断に対し、その発生状況や破断原因について詳細な調査を行うとともに、実物大アンカー試験装置を用いた試験を実施し、不確実性を有する土工構造物であるアンカーに対して、地すべり等により地盤内にすべりが発生した場合、すべり面における曲げ変形によりアンカーに破断が発生することを明らかにした。また、曲げを受けた破断時の強度は、設計に用いられる引張り強度以下の強度であることを示すと共に、ゴムによる摩擦を用いた破断時のアンカーの飛び出し防止対策を提案した。これらの成果は、今後のアンカーの適切な維持管理の推進に繋がるものとなっている。

研究成果の概要(英文)：A ground anchor uses to maintain the stability of slopes. We studied the causes of breakage of ground anchors and their countermeasures. It was clarified that the breakage of the anchor is caused by the bending deformation in the ground due to the landslide, which has not been considered in the past. As a result of the breakage of ground anchor due to bending deformation in a full-scale experiment, it was clarified that the breakage of anchor was performed at a strength lower than the tensile strength used in the design. It was also clarified that a method using frictional resistance using rubber can be used as a measure to prevent popping out due to anchor breakage.

研究分野：地盤工学

キーワード：グラウンドアンカー 破断 曲げ変形 緊張力 維持管理 実物大装置 地震 豪雨

1. 研究開始当初の背景

急峻な地形を呈する我が国において、自然斜面や切土のり面の安定化を図る目的で、グラウンドアンカー工(以下、アンカー)が数多く施工されてきている。アンカーは、1957年に我が国に導入されて60年以上が経過し、二重防食が義務づけられた新タイプアンカーとなってからでも30年近くが経過している。アンカーは、地すべり対策やのり面の安定性を保持する抑止工として数多く施行されて来ているものの、過去に「永久アンカー」と呼ばれていたこともあり、維持管理に対する認識は高くなかった。しかし、近年アンカーの劣化等による機能の不具合が散見されるようになり、アンカーに対する維持管理の必要性が示されるようになってきた。

アンカーは、地震時や豪雨時の斜面変状に対して大きな抑止効果を発揮する事例が数多く見られ、我が国にとって有効な抑止構造物の一つとなっている。しかし、維持管理が十分でないアンカーにおいては、テンドンの引抜け・破断、クサビの損傷、あるいはアンカー頭部の落下や飛出しなど、種々の問題が散見されているようになってきている。アンカーは、地盤内に数百kN以上の大きな緊張力を作用させることで、締め付け効果や引き止め効果を発揮させ、斜面やのり面の安定性を保持する抑止構造物である。このため、常時大きな緊張力が作用した状態で保持されており、地山変状等による外力の増加や、アンカーの劣化の進行に伴い破断が発生すると、アンカー頭部あるいは受圧板の落下や、場合によってはアンカーテンドンの飛び出し等により、第三者被害につながる可能性が考えられる。このような事から、平成29年6月には道路土工構造物点検要領が改訂され、はじめて切土・盛土の土工構造物に対する維持管理の方針が示され、アンカーの維持管理の必要性が明確に定義された。アンカーは、PC鋼より線、鋼材、グラウト等の種々の材料が組み合わされて出来ている複雑な構造をし、上述のように数百kN以上の緊張力が常時載荷された状態で保持されているとともに、そのほとんどが地盤内に埋設され、外観から健全性を判断することが難しい構造物である。

著者は、現在までアンカーが施工された現場調査を多数実施し、損傷の見られるアンカーは、想定外の外力等による地山変状の顕在化により発生することがあることを明らかにしている。ところで、現在アンカーを設計する際のアンカー強度の評価は、使用材料の引張り強度を基本に行われている。しかし、アンカーが施工されたのり面において地山変状が発生した場合には、すべり面においてアンカーに曲げやせん断の作用が発生することが考えられるものの、この点については全く考慮されていない。実際に破断したアンカーの破断状況を見ると、アンカーの引張り強度を超えた力で破断するものだけでなく、曲げ変形を受けて破断した事例が散見されている。これからのアンカーの維持管理を適切に行う上で、アンカーの破断の発生やその対策を考えに入れる場合、現在設計に用いられている引張強度だけでなく、地すべりなどの地山変状の発生に起因した、曲げ変形等による破断についての検討を加える必要があると考えられる。さらに、アンカーは各社から種々の規格のものが出ており、アンカーの破断状況はアンカーの規格によって異なることが考えられ、アンカーの破断に対してアンカー規格の影響についても検討を行うことが必要である。また、アンカーは大きな緊張力で保持されており、破断時に飛び出し第三者被害に繋がる懸念されることから、アンカーが破断した際のアンカーの飛び出し対策に対する検討も課題となっている。

2. 研究の目的

本研究は、抑止構造物として現在まで国内で数多く施工されてきたアンカーに対し、国が進めるインフラ長寿命化計画に対応し、アンカーの維持管理を適切に推進するための新たな方策を示すことを目的に、従来評価が行われていないアンカーの破断に対する検討を行うものである。

現在まで行われてきたアンカーの設計においては、アンカーに使用されるPC鋼より線が示す強度が引張り強度まで耐えうることを前提に進められてきた。しかし、アンカーが施工される斜面やのり面において、地すべり等により地盤内にすべり面が発生し地山変状が見られると、すべり面においてアンカーに曲げやせん断の変形を受けることが考えられる。一般の材料強度を考えた場合、曲げやせん断が作用した強度は、引張り強度より低い強度で破断が発生する。このため、アンカーの維持管理を考える上で曲げやせん断による影響を考慮に入れる必要がある。

本研究では、現在まであまり調査が行われていないアンカーの破断状況や、アンカーの破断原因について、地震や豪雨により想定外の外力が作用して破断が発生したのり面、並びに変状の見られないのり面において、破断が発生したアンカーを対象に調査を実施し、アンカーの破断状況の検討を行う。その上で、実物大アンカー試験装置を用い、現地調査結果から得られた地すべり挙動に基づく地山変状を想定した曲げ変形を受ける各種アンカーに対し、曲げ変形を受けた場合の破断に至るまでの特性を明らかにする。また、これらの結果から、アンカー破断時の飛び出し対策手法の検討を行う。これらの研究成果は、現在まで適切な維持管理が行われてこなかった不確実性を有するのり面に施工される土工構造物のアンカーに対し、新たに曲げ変形を受けたアンカーの破断のメカニズムを示すと共に、破断時のアンカーの飛び出し防止対策について提案するもので、これらの成果が、今後の適切なアンカー維持管理の推進に寄与できるものとなることを目指している。

3. 研究の方法

本研究は大きく以下の3つに分けられる。

- 地震や豪雨により地山変状が発生しアンカーに破断が見られた現場、およびのり面に変状が見られないもののアンカーに破断が見られたのり面における現地調査
- 実物大アンカー実験装置を用いた曲げ変形を受けたアンカーの破断実験
- アンカー破断時の飛び出し防止対策に対する検討

3.1 破断アンカーの現地調査

地震および豪雨による地山変状によりアンカーに破断が発生したのり面、および変状がなく安定していると考えられるのり面においてアンカーに破断が発生したのり面を対象に、アンカーの破断状況の調査と共に、アンカーが施工されたのり面のアンカー残存緊張力調査を実施し、これら地点で実施された従来までの調査結果とあわせてアンカーの破断について検討を行った。

調査対象地区は、地震被害箇所として2014年11月22日に発生した長野県北安曇郡白馬村を震源とする長野県神城断層地震(M 6.7)により被災したのり面A,B、2016年4月16日に発生した熊本県熊本地方を震源とする平成28年(2016年)熊本地震により被災したのり面C、豪雨被害箇所として2011年9月の台風12号による豪雨によって地すべり活動が活発化し、アンカーが被災した和歌山県新宮市ののり面D、あわせて変状等がなく安定しているのり面にもかわらずアンカーの破断、飛び出し等が見られた三重県松阪市ののり面Eの5箇所である。

本研究では、地震や豪雨によって破断が見られたアンカーとあわせ、のり面に変状が見られず破断が発生したアンカーを対象に、上記5地点ののり面におけるアンカーの破断状況の詳細な調査を行うとともに、のり面に施工されたアンカーの残存緊張力調査とあわせ、アンカーに荷重計を設置しアンカー荷重変化の結果から、破断したアンカー状況について検討を行った。また、豪雨により地すべり変状が見られたのり面Dにおいて、破断し飛び出しが見られたアンカー箇所を対象に、シース管が残置しているアンカーについてシース管内にファイバースコープ(オリパス社製 IPLEX YS)を挿入し、アンカーが破断した付近の観察、並びに破断したアンカーの破断状況の観察を行い、これらの結果からアンカーの破断原因について検討を行った。

3.2 実物大アンカー破断実験

全長6mの実物大アンカー装置を用い、曲げ変形を受けたアンカーの破断時の特性について検討を行った。装置は向かって右側の定着側から625mm離れた位置に幅350mmの垂直載荷部を設け、ここに設置された油圧ジャッキによってアンカーに垂直変位を与えることでアンカーに曲げ変形を与えて破断させた。使用したアンカーは7本の素線で構成されるPC鋼より線で、実験は7本のPC鋼より線全数が破断するまで曲げ載荷を行った。使用したPC鋼より線は、被覆状況が異なる4種類のアンカーで、各アンカー径は15.2mmである。使用した各アンカーの被覆状況は、アンボンドチューブ内のPC鋼より線が防錆油で充填されているタイプ、PC鋼より線全体がエポキシ樹脂でコーティングされシース管に挿入されているタイプ、PC鋼より線1本毎に塗装被覆されポリエチレンで被覆されているタイプ、防錆油を充填した被覆材により全長が二重防食構造となっているタイプである。使用したPC鋼より線の引張り強度(T_{us})は261kN、降伏強度(T_{ys})は222kNとなっている。試験では、まず軸方向の載荷により、 $0.4T_{us}$ 、 $0.6T_{us}$ 、 $0.9T_{ys}$ の3種類の定着荷重を目標にアンカーの定着を行い、その後載荷部のジャッキにより垂直変位を与え、曲げ変形により破断させた。試験では、曲げ変形にともなう垂直変位、および軸荷重の計測を行い、垂直変位はキーエンス社製LG-G505Aのレーザ変位計を、軸荷重は東京測器社製KCE-1MNAの荷重計を使用した。データ収集はキーエンス社製NR-600NR+NR-ST04により行った。

3.3 飛び出し防止対策

劣化し破断の危険性が考えられるアンカーに対して適切な飛び出し防止対策が求められている。本研究では、簡便なアンカー飛び出し対策手法を提案するため、アンカー飛び出し時の速度を摩擦によって低減させることで、飛び出しエネルギーの低減を図る手法について検討を行った。検討にあたり、アンカー破断時の飛び出し速度をハイスピードカメラ(ナックイメージテクノロジ社製HX-3)を用いて撮影し、この画像から破断アンカーの飛び出し速度を求めた。その上で、弾性体と考えられるアンカーの緊張力に基づく弾性エネルギーと、アンカー飛び出し時の運動エネルギーとの関係から、摩擦損失がない場合両者が一致することを確認した上で、運動エネルギーが飛び出し速度の2乗に比例して大きくなることから、アンカー飛び出し時のエネルギー低減を、飛び出し速度の低下により行う手法を考え、自転車などのブレーキに使われるゴムを用いた摩擦による速度低下方法について検討を行った。

4. 研究成果

4.1 現地における破断アンカーの状況

(1) のり面A

のり面Aでは地震後に7本のアンカーに損傷が見られた。こののり面に対し、5本のアンカーを対象にSAAMジャッキを用いたリフトオフ試験を実施し、残存引張り力の調査を実施した。地震後の破断アンカー周辺のアンカー緊張力は、2008年発行のアンカー維持管理マニュアルの健全度判定では、健全度区分C+(許容アンカー力の1.1倍)~健全度区分B-(定着時緊張力の80%)

となっている。破断したアンカーのうち約 3m の飛び出しが確認されたアンカーについて破断状況の調査を実施した。アンカーは支圧板から約 4.3m の接続カップラーの付け根付近で破断し、破断面は脆性破壊形状であることが確認された。

(2) のり面 B

のり面 B では地震後に 7 本のアンカーに損傷が見られた。こののり面に対し、9 本のアンカーを対象に SAAM ジャッキを用いたリフトオフ試験を実施し、残存引張り力の調査を実施した。地震後の破断アンカー周辺のアンカー緊張力は、上述のマニュアルにおける健全度判定では、健全度区分 A (設計アンカー力) ~ 健全度区分 C- (定着時緊張力の 50%) となっている。破断したアンカーのうち約 10cm の飛び出しが確認されたアンカーについて破断状況の調査を実施した結果、アンカーは支圧板から約 3.4m の接続カップラーの付け根付近で破断し、破断面は脆性破壊形状であることが確認された。

(3) のり面 C

のり面 C では地震後に 2 本のアンカーに損傷が見られた。こののり面に対し、15 本のアンカーを対象に SAAM ジャッキを用いたリフトオフ試験を実施し、残存引張り力の調査を実施した。破断箇所周辺の地震後のアンカーの緊張力は、上述のマニュアルにおける健全度判定では、健全度区分 D+ (許容アンカー力の 1.1 倍) ~ 健全度区分 C- (定着時緊張力の 50%) となっている。このうち約 6.5m の飛び出しが確認されたアンカーについて破断状況の調査を実施した結果、アンカーは、支圧板から約 14m の位置で破断し、破断箇所はポリエチレン製の被覆材が引きちぎられた状態で、アンカーの破断面は、カップアンドコーン型破壊形状が確認された。本アンカーの推定アンカー長は 14 ~ 19m であることから、破断位置はアンカー体付近と推定された。

(4) のり面 D

地すべり指定区域で豪雨時にアンカーの破断や飛び出しが確認されているのり面のアンカーを対象に検討を行った。現地は、施工から 4 年経過時に来襲した台風による豪雨で、アンカーキャップの破損および支圧板の回転が見られるとともに、U 字水路やのり面等に変状が見られた。また、翌年には豪雨後に 6 本のアンカーに破断が確認された。現地では日雨量 300mm 以上で連続雨量が 400mm を超えることで地すべり活動が活発化し、これに伴ってアンカーの破断が断続的に進行している。2019 年 9 月現在では全 88 本中 52 本のアンカーに破断が確認されている。

現地では当初の 1 本のアンカーの損傷時に、31 本のアンカーについて SAAM システムを用いたリフトオフ試験が実施され、残存緊張力分布が求められている。残存緊張力分布は、のり面中央から左側の領域で降伏強度 (T_{ys}) の 90% を超える過緊張状態となっており、2019 年 9 月時点でこの領域のほとんどのアンカーにおいて、アンカーの破断や飛び出しが確認されている。

破断したアンカーを対象に、ファイバースコープ(オリンパス製: IPLEX YS スコープ長 30m) をシース管に挿入してアンカーの破断深度や変形・損傷状況等の調査を実施した。すべり面付近のシース管の変状状況は、外部からの圧縮力により楕円形状に変形し、断面が半分程度潰れた状態となっていた。この結果より、アンカーは想定すべり面付近での地すべり変位により、シース管の損傷を伴う曲げ等の変形を受けていたと考えられた。また、シース管内に水を注水した結果、注水した水はシース管の損傷部から速やかに排水され、シース管の損傷部周辺では破損によりアンカーに求められる遮水性が損失し、高い通水性を有していることが確認された。以上から、地すべり等の変位により曲げ変形を受けることでアンカーに損傷・破断が発生し、損傷したシース管からは地下水が流入・流出し、アンカーの防食機能を損失させることが明らかとなった。

(5) のり面 E

継続的に荷重計測を行い、のり面に変状の見られないと考えられる地点において、平成 24 年度に続き、令和 2 年、令和 3 年にアンカーに破断が発生した。こののり面を対象にアンカーの破断状況の確認を行った結果、破断位置はアンカー背面付近であった。また、破断した PC 鋼より線の状況を観察すると、腐食および発錆が確認され、破断形態は腐食破断で一部カップアンドコーンが確認された引張り破断であった。現地において各アンカーの施工角度を計測した結果、設計の許容範囲である 2.5° を超えたアンカーが全 87 本中 55 本確認され、そのうち最大のものは 7.5° を超えていた。アンカーの破断原因として、アンカー施工角度が大きくなることにより、施工時にアンカー頭部に折れ曲がりが発生し、これによってラップシースの破損が発生し、そこから水が浸入してアンカーが錆びることで破断に至ったものと考えられた。

4.2 実物大アンカー破断実験

実物大試験装置を用い、曲げ変形を受けたアンカーの破断状況の検討を行った。実験には被覆状況の異なる 4 種類のアンカー規格を用いた。使用した各アンカーの引張り強度 (T_{us}) は 261kN、降伏強度 (T_{ys}) は 222kN となっている。

比較実験として、アンカーを軸方向に引っ張ることで破断させた実験(引張り試験)を行った結果、いずれのアンカーも規格値の引張り強度程度以上の強度で破断が発生した。

アンカーの定着荷重を $0.4T_{us}$ 、 $0.6T_{us}$ 、 $0.9T_{ys}$ の 3 段階に変化させ、素線すべてが破断に至るまでの各アンカーの垂直変位と軸荷重の関係を調べた。その結果、いずれの定着荷重においても破断は 7 本の素線が一挙に破断するものと、数本ずつ順次破断が進行するものに分けられ、順次破断が進行する場合は、破断に伴って緊張力が順次低下した。各アンカーの初期破断時の軸荷重と定着荷重の関係は、いずれのアンカーも引張り強度 (T_{us}) より低い荷重で初期破断が発生した。曲げ変形を受けたアンカー破断時の初期破断時の緊張力は、定着荷重が小さいほど小さくなった。

4.3 ハイスピードカメラによる確認

曲げ変形を受けて破断したアンカーの飛び出し状況をハイスピードカメラにより動画撮影を行い、アンカーの破断時の飛び出し状況の検討を行った。アンカーの飛び出し状況の確認においては、アンカー頭部に基準点を設け、10000fps で撮影されたフレーム毎に基準点が移動した距離を求め、これを基に飛び出し時の速度を求めた。PC 鋼より線が順次破断し、破断に伴って緊張力が低下するタイプでは、破断により緊張力が低下しているため、飛び出し時の速度は 5m/s 程度であったが、全数の破断が一挙に起きるアンカーでは、速度は 30~35m/s 程度であった。アンカーが破断し飛び出す際に作用していた緊張力と、飛び出し時の最高速度との関係は、緊張力が大きくなるのに従い飛び出し時の最高速度が大きくなる傾向が見られた。また、アンカー緊張力から求めた弾性エネルギーと、実験から求めた運動エネルギーとは概ね一致し、摩擦損失がない場合両者に線形関係が見られた。このことから、破断時の飛び出し速度はアンカーに作用する緊張力に依存するものと考えられた。

4.4 飛び出し防止対策

アンカー破断時の飛び出しエネルギーは、アンカー緊張力に依存した弾性エネルギーと、破断によって飛び出す際の速度に依存した運動エネルギーとは、エネルギー保存則により一致することを確認した。運動エネルギーは飛び出し時の速度の 2 乗に比例するため、飛び出し時の速度を低下させることでエネルギーの低減を図る手法について検討を行った。車や自転車などではブレーキパッドなどの摩擦材を用いて速度低下を図っており、アンカーにおける飛び出し時の速度低下も、ブレーキ用ゴムの摩擦によって低減する方法を採用しこの検討を行った。

実験にはシリンダー長 15cm、厚さ 9mm の鋼製円筒を用い、シリンダー頭部側を厚さ 9mm の鉄管を溶接して閉じた円筒直径が 5cm、10cm、15cm の 3 種類の円筒内に、ブレーキ用ゴムを挿入してこのゴムと鋼管円筒周面の摩擦の効果について検討を行った。直径の異なる円筒における実験結果より、応力とひずみの関係が円筒直径にかかわらずおおむね下記の 2 次方程式で近似できることを提案し、この近似式を基にアンカーの飛び出し対策の検討が行えることを明らかにした。

$$\sigma = 5 \times 10^7 \varepsilon^2 + 1 \times 10^6 \varepsilon$$

ここで、 σ = 応力 (kN/m²)、 ε = ひずみ

実際の飛び出し防止対策として、ゴムを挿入した鋼製円筒を地山に固定する場合を想定し検討を行った。鋼製円筒の地山への固定にあたりケミカルグラウト等を用いる場合、現在使用されているケミカルグラウトは最大 120kN 程度までの引き抜き強度が発揮できる。この点を考慮に入れて飛び出し防止について実験を行った結果、厚さ 2mm の鋼管を円筒として使用し、その中にゴムを挿入したブレーキシステムを用いる場合、ケミカルグラウトの耐荷重 120kN を得るためには、直径を 5cm、長さ 15cm の円筒を 2 機設置することで対応が可能である事を示した。

4.5 まとめ

本研究において、従来行われてこなかったアンカーの破断に対する検討を、現地調査および実物大試験装置により行うとともに、アンカー飛び出し防止対策について検討を行った。その結果下記の通りまとめられる。

アンカーに破断が見られた現地調査

地震や豪雨、および変状の見られない 5 箇所ものり面を対象に、破断が発生したアンカーについて調査を実施し、アンカーの破断状況の検討を行った。その結果、地すべり活動が見られるのり面におけるアンカー破断原因として、従来アンカーの設計では考慮されていなかった曲げ等による変形がすべり面で発生することで、アンカーに破断が発生することが明らかとなった。また、変状等が見られないのり面におけるアンカーの破断原因として、施工時のアンカー施工角度の影響により、施工時にアンカーシース管が破損することで発錆し、アンカーの劣化が進行することで破断に至ったことが明らかとなり、適切なアンカーの施工を行うことの重要性が示された。

実物大アンカー装置を用いたアンカー破断実験

長さ 6m の実物大アンカー試験装置を用い、現地調査により確認された曲げ変形による破断の影響について、4 種類の規格のアンカーを用いた検討を行った。その結果、いずれも曲げ変形を受けることで、従来設計に用いられる引張り強度以下で破断が発生することが明らかとなった。アンカーの破断はアンカーの規格によって異なり、構成される 7 本の PC 鋼より線が一挙に破断する場合と、徐々に破断する場合に分けられた。アンカーの緊張力は PC 鋼より線が順次破断する場合、破断に従って低下することが明らかとなった。また、曲げ変形を受けたアンカーの破断は、定着荷重が小さいほど破断時の緊張力は低下することが明らかとなった。

アンカー破断時の飛び出し防止対策

アンカーの飛び出し時のエネルギーは、アンカーが定着された緊張力に依存する弾性エネルギーと、アンカー破断時の飛び出し速度に依存する運動エネルギーとが、摩擦損失がない場合一致することを実験により確認した。この結果を基に、速度を低下させるゴムを用いたブレーキシステムについて検討を行った結果、鋼製円筒内にゴムを挿入したブレーキシステムを用いることで、飛び出し防止対策を行えることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 常川善弘, 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央, 藤田智弘	4. 巻 15
2. 論文標題 直下型地震におけるグラウンドアンカーの破断に関する調査 - 地震がアンカー破断に及ぼす影響について -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地盤工学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 339-354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3208/jgs.15.339	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山崎充・酒井俊典	4. 巻 76
2. 論文標題 グラウンドアンカーの緊張力低下と地質条件の関係についての検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集C (地圏工学)	6. 最初と最後の頁 411-428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejge.76.4_411	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 常川善弘, 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央	4. 巻 78
2. 論文標題 地すべり変位による曲げ変形を受けたグラウンドアンカーの破断についての研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会論文集C (地圏工学)・掲載決定	6. 最初と最後の頁 96-115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejge.78.2_96	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央, 小出央人, 西田洋介, 山下英二, 山木正彦
2. 発表標題 冬期間におけるグラウンドアンカーの緊張力変化
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央, 小出央人, 西田洋介, 山下英二, 山木正彦
2. 発表標題 寒冷地におけるアンカー荷重と荷重計温度との関係
3. 学会等名 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井俊典, 弘田朋志, 東豊一, 谷崎優也
2. 発表標題 不具合アンカーが存在する法面の健全性評価について
3. 学会等名 第69回農業農村工学会大会講演会講演要旨集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平松良太, 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央, 小出央人, 西田洋介, 田口浩史, 高梨俊行, 東豊一, 山下英二
2. 発表標題 アンカー施工に伴うアンカー荷重変化と健全性調査結果
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshihiro TSUNEKAWA1 and Toshinori SAKAI
2. 発表標題 Investigation on rupture of ground anchors due to landslide fluctuations
3. 学会等名 6th Int. Conf. on Science, Engineering & Environment (SEE) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央, 藤田智弘, 西田洋介, 山下英二, 横田憲将
2. 発表標題 のり面におけるアンカー施工に伴うアンカー荷重変化
3. 学会等名 第54 回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋翔太, 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央, 藤田智弘, 西田洋介, 田口浩史, 高梨俊行, 東豊一, 山下英二
2. 発表標題 テンドンの被覆が曲げ変形を受けたアンカーの破断特性に及ぼす影響
3. 学会等名 第54 回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井俊典, 秋山康之, 奥田康三, 川嶋直人
2. 発表標題 圧力ディスクを用いたアンカー荷重計測における温度影響について
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋山康之, 酒井俊典, 佐藤正俊
2. 発表標題 施工時の詳細記録のない旧タイプアンカーのり面の健全性評価事例
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎充, 酒井俊典
2. 発表標題 グラウンドアンカーの緊張力の増加と降雨量についての一考察
3. 学会等名 第58回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mitsuru Yamazaki and Toshinori Sakai
2. 発表標題 EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE DECREASE IN THE TENSILE LOAD OF GROUND ANCHORS AND GEOLOGICAL CONDITIONS
3. 学会等名 9th Int. Conf. on Geotechnique, Construction Materials and Environment (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央, 小出央人
2. 発表標題 アンカー破断時の飛び出しエネルギーについて
3. 学会等名 第56回地盤工学発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井俊典, 宮武裕昭, 近藤益央, 小出央人, 山木正彦
2. 発表標題 冬期のアンカー緊張力変化と地表温度・地中温度との関係について
3. 学会等名 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------