

# 変朽安山岩層における斜面对策工について

島畑 郁朗・松田 晃汰

九州地方整備局 鹿児島国道事務所 管理第二課 (〒892-0812鹿児島県鹿児島市浜町2-5)

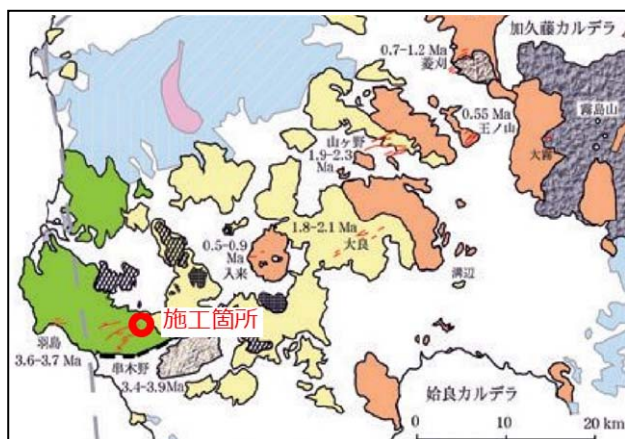
南九州西回り自動車道川内道路が通過する鹿児島県いちき串木野市には、地下からの熱水作用により変質した変朽安山岩が分布している。変朽安山岩は黄鉄鉱を含むため、酸性濃度が高く、施工された構造物や鋼材に劣化や腐食の進行が確認された。この変朽安山岩分布区間で2010年にアンカー工が施工された切土法面において、2011年に変状の発生・拡大が確認されたことから、現在の状況及び変状発生原因を確認するために、2014年から現地調査やリフトオフ試験等を実施している。

ここでは、法面の調査結果および、法面对策設計について紹介する。

キーワード 変朽安山岩、酸性地盤、リフトオフ試験、アンカー荷重計、増打ちアンカー

## 1. 変朽安山岩の特徴

当該地区切土法面の周辺は古期火山岩類からなる丘陵性の山地が連なり、過去豊富な金鉱石が採掘されていた串木野鉱山と同種の変朽安山岩が分布する。変朽安山岩には熱水変質に伴い晶出する黄鉄鉱が含まれており、黄鉄鉱は硫化鉄の一種で、地表での雨水や酸素の影響により風化・変質を受けやすく、酸化や加水分解等の作用によって赤鉄鉱や褐鉄鉱等に変化し褐色を帯びる。その際に硫酸分が遊離するため、黄鉄鉱を多量に含む岩盤や土壌からの浸透水は酸性となる。



変朽安山岩

鉱脈



## 2. これまでの経緯

①当切土法面は尾根地形を層厚約20mをオープンカットで掘削した最大5段の法面で、2005年に工事が行われ、当該区間は2007年3月に該当区間は供用開始された。②2008年に法面内や小段で開口亀裂や道路側へせり出す変状が確認されたことから、地質調査、解析、対策工設計が実施された。③2010年に法面对策工としてアンカー工(132本)が完成した。④2011年に法面内で変状の進行が確認されたため、新規に防災カルテが作成された。⑤カルテ点検でその後も変状の拡大が確認されたため、2014年にアンカー工・受圧板の目視点検により異常箇所抽出を行い、その結果から2015～2017年にアンカーの健全性確認を目的としてリフトオフ試験(14本)を実施した。⑥施工時の定着時緊張力からアンカー荷重の増加が認められた範囲を対象として2017年に地質調査、パイプ歪計設置・観測と地下水位観測、そしてアンカー荷重計設置・観測を実施し、現在各計測器により斜面変動の監視を行っている。



写真-1 調査地全景(アンカー施工切土法面)

図-1 北薩の火山岩と金鉱床の分布図<sup>1)</sup>

### 3. リフトオフ試験結果

リフトオフ試験は、現在アンカーにかかっている荷重（緊張力）より大きな荷重でアンカー体を引っ張ることにより、現在のアンカー緊張力（残存引張力）を確認する試験である。

リフトオフ試験結果から、No. 6+9.0を境に起点側は荷重が増加し、終点側は健全～荷重低下傾向といえる。

また、No. 4+9.0～No. 6+9.0区間の第2法面は荷重増加に伴いリフトオフが確認出来なかったため、現在のアンカー緊張力を確認することが出来なかった。

第1法面は、第2法面より荷重は小さいが定着時緊張力から1.5～2倍に増加していることから、法面下部に大きな力が作用しているといえる。

表-1 残存引張力とアンカー健全度の目安

| 残存引張力の範囲    | 健全度 | 状態           | 対処例              |
|-------------|-----|--------------|------------------|
| 0.9Tys      | E   | 破断の恐れあり      | 緊急対策を実施          |
| 1.17a       | D   | 危険な状態になる恐れあり | 対策を実施            |
| 許容アンカー力(Ta) | C   | 許容値を超えている    |                  |
| 設計アンカー力(Td) | B   |              | 経過観察により対策の必要性を検討 |
| 定着時緊張力(Pt)  | A   | 健全           |                  |
| 0.8Pt       | A   | 健全           |                  |
| 0.5Pt       | B   |              | 経過観察により対策の必要性を検討 |
| 0.1Pt       | C   | 機能が大きく低下している | 対策を実施            |
|             | D   | 機能していない      |                  |

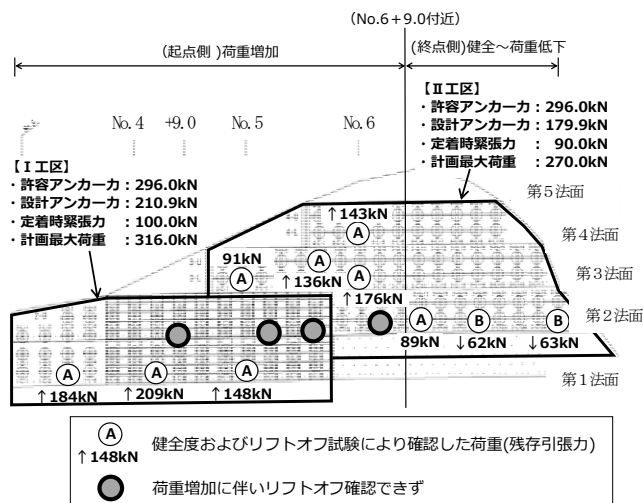


図-2 リフトオフ試験結果

### 4. アンカー荷重計観測

#### (1) アンカー荷重計設置理由

荷重の増加に伴い、危険な状態になっていると推定されるアンカーが確認されたため、2017年に既設アンカーに取付が可能である荷重計（既設アンカー緊張力モニタリングシステム（Aki-Mos））を3基設置している。

当該技術は、リフトオフ試験のサイクルの中に組み込

むことができ、軽量な部材であるため、取付作業が安全かつ迅速に行うことができる。また、各種アンカー・規格に対応でき、取付けた日より観測を行うことが可能である。

アンカー荷重計の設置箇所は、地質調査を実施したNo. 5測線にてアンカー過荷重となっている第1法面、第3法面に各1基（上:3-L-2、下:1-L-11）、同じく地質調査を実施したNo.6測線にてアンカー過荷重となっている第3法面に1基設置した。（上:3-L-8）

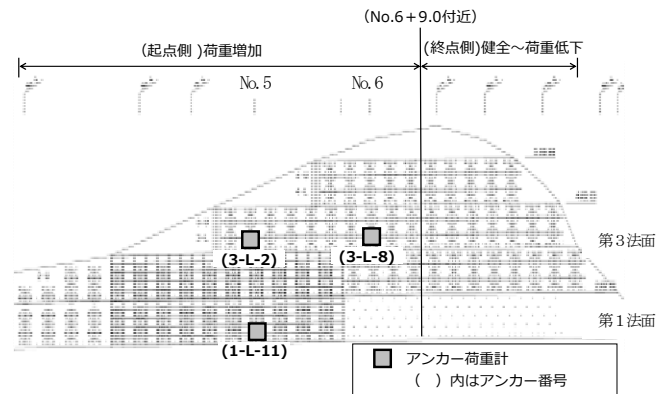


図-3 アンカー荷重計設置・観測位置図



写真-2 アンカー荷重計設置写真

#### (2) 施工上の課題、解決方法

当該地区でアンカー荷重計の設置に当たり、酸性地盤でアンカーに腐食のおそれがあり、腐食が進行している場合は、少しの荷重変化で破断する可能性があった。また、設置のため残存緊張力以上の荷重をかけ、アンカーヘッドを浮かせる必要があり、その際にアンカーテンドンの破断が懸念された。

以上の課題を解決するため、対象アンカーや周辺アンカーのヘッド部、くさび状況を目視で確認を行い、腐食はないと判断し設置した。



写真-3 アンカー頭部確認状況写真



### (3) アンカー荷重計観測

設置した2017年より3基のアンカー荷重計観測を実施している。荷重は気温で変化が認められることから、1日6回データを記録している。

3基共、荷重は累積して増加しており、観測開始時から4年弱で3-L-2、3-L-8は約20kN、1-L-11は約40kN増加している。また、荷重は気温との相関も認められ、気温が高い夏場の日中は荷重が増加する傾向にあった。

荷重計が未設置で定着時から荷重が2~3倍以上に増加しているアンカーもさらに荷重が増加し、より危険な状況になっていることが懸念される。

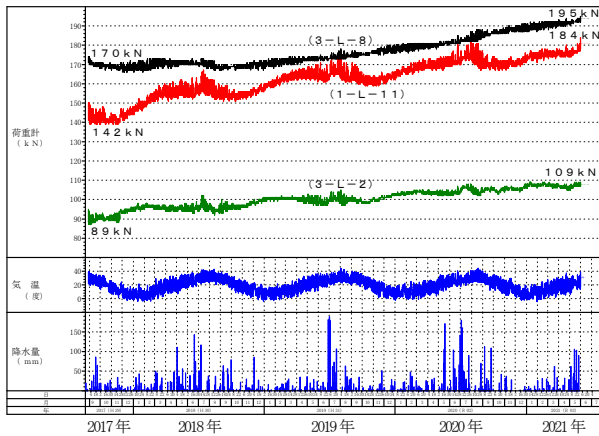


図-4 アンカー荷重計変動図

### (4) アンカー荷重計活用効果

設置より4年弱観測を実施しているが、故障や異常値等も確認されておらず、法面の動態観測に十分活用できている。また、当該地区の荷重が増加傾向にあることをより把握することができ、その他アンカーも荷重の増加が想定できるため、荷重の増加が大きい範囲に応急対策工として、2018年に飛び抜け防止装置を設置する等、活用されている。

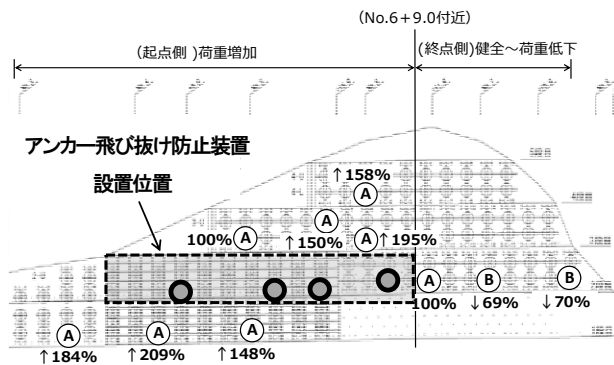


図-5 アンカー飛び抜け防止装置設置位置



写真4 飛び抜け防止装置設置写真

## 5. 変状発生原因の推定

### (1) 現在のアンカー状況の推定

アンカー頭部から防錆油が浸み出すアンカーも確認されるため、鋼材内に酸性水が浸透しているアンカーが存在するおそれや、また、現場打受圧板から漏水も確認されるため、内部の鉄筋が腐食しているおそれがあった。しかしながら、アンカー頭部の目視調査では機能していないアンカーの存在は確認されていないため、荷重の増加により、危険な状態になっているアンカーはあるものの、破断等による現象は発生していないと考えられる。

### (2) アンカー荷重増加の原因推定

①大規模切土による応力解放の影響で法面の膨張や押出し、地盤の劣化による土塊の緩み等による力がアンカーに作用し荷重が増加した。現在もアンカー荷重は増加しており、法面の膨張等は進行していると考えられる。

②パイプ歪計に明瞭な累積変動が確認されていないため、地すべりのように一つのブロックとして滑动している兆候は認められあない。そのため、膨張や押出し等が進行している箇所アンカー荷重が増加していると考えられる。

## 6. 法面对策（増打ちアンカー）設計・工事

既設アンカーの荷重増加を抑制するために増打ちアンカー設計を行った。

リフトオフが確認出来ず荷重の増加が3倍以上と想定される第2法面は酸性が強いため、当該箇所の下名地区は腐食環境下であると言える。下名地区ではアンカーの腐食は確認されていないが、同路線の下名地区から起点側約500mに位置する変朽安山岩地帯にアンカーが設置されている芹ヶ野地区では鋼材の腐食によりアンカーが数本破断している。そのため、下名地区でも今後荷重増加

により防食部材に破損が発生した場合、アンカーの腐食が懸念されることから、増打ちアンカーは腐食しない材料である炭素繊維より線を用いたアンカー材を採用し、受圧板は硬化性樹脂発泡体をガラス長繊維で強化した材料を採用した。

増打ちアンカーを計画するにあたって、現段階で既設アンカーに最大でどのくらいの荷重が作用しているのか推定する必要がある。

既設アンカーに破断は確認されていないため、現段階で既設アンカーの引張荷重(492kN)までは荷重が増加していないものと推定し、増打ちアンカーは、許容引張(引張荷重の0.6倍)が492kNに対応できる規格(許容荷重525kN)とした。

当該地区は令和2年4月より増打ちアンカー工事を実施している。(増打ちアンカー 78本、受圧板 78基、アンカー荷重計 6基)

増打ちアンカーにも荷重計を設置する予定としており、今後は既設アンカーと増打ちアンカー両方の荷重状況を確認しながら効果判定及び安全管理を行うこととしている。



写真5 破断したアンカー (芹ヶ野地区)

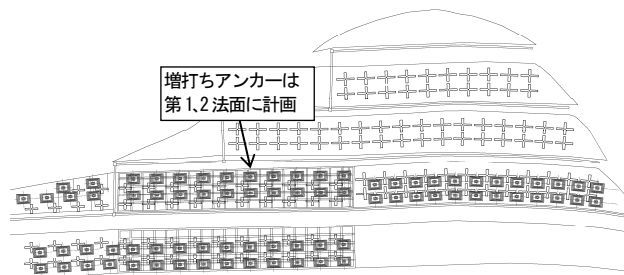


図6 増打ちアンカー設計



写真6 施工状況写真

#### 参考文献

- 1) 井沢論文 (2004) : 北薩の火山岩と金鉱床の分布図
- 2) グラウンドアンカー維持管理マニュアル : (独)土木研究所、(社)日本アンカー協会