

# 平成 23 年台風 12 号の豪雨によるグラウンドアンカーの被災状況の調査 (Investigation of Damaged Anchor caused by the heavy rain of the typhoon No. 12)

酒井俊典<sup>1</sup>，藤原優<sup>2</sup>，常川善弘<sup>3</sup>

1 三重大学大学院生物資源学研究科・sakai@bio.mie-u.ac.jp

2 三重大学大学院リサーチフェロー・y.fujiwara.w@gmail.com

3 三重大学大学院生物資源学研究科，(株)相愛・tsunekawa@soai-net.co.jp

## 概 要

平成 23 年 9 月の台風 12 号による豪雨によりアンカーに変状が確認された 2 地点 (A, B 地点) を対象に、アンカー被災状況調査、残存引張り力調査、既設アンカーへの荷重計設置による緊張力モニタリング調査を実施した。その結果、A 地点においては、1 カ所でアンカー頭部キャップの割れ、支圧板のズレが確認されるとともに、U 字水路の変形、吹き付けコンクリートの割れ等の変状が見られた。B 地点においては、斜面崩壊による急激な荷重増加により、アンカーの破断、テンドンの飛び出し、独立受圧板のずれ・落下等の被害がみられた。両地点においてリフトオフ試験により求めた  $R_{\tan \theta}$  のばらつきを変動係数 ( $CV_{\tan \theta}$ ) として評価した結果、 $CV_{\tan \theta}$  は 0.5 を超え不健全な法面と判断された。また、A 地点においては、現地踏査により確認できた変状カ所と過緊張領域と緊張力低下領域の境界が一致することが確認されたものの、アンカーの荷重変化と気温との相関は高く、現時点で法面の変状は拡大していないと考えられた。

キーワード：グラウンドアンカー，リフトオフ試験，残存引張り力，荷重計，台風

## 1. はじめに

グラウンドアンカー工 (以下、アンカー) は、1957 年に日本に導入されて以降、地すべり、法面安定等の対策工法として数多く施工が行われてきている<sup>1)</sup>。アンカーは、必要抑止力に見合った緊張力を導入することで定着を行い、この状態を保つことによって法面の安定性を保持する構造物である。このため、外力の増加等により法面の安定性に必要な抑止力が不足した場合、アンカーへの負担が増加しアンカーが被災することが考えられる。紀伊半島では、平成 23 年 9 月初旬に来襲した台風 12 号による豪雨により、河川の氾濫、斜面崩壊、各種施設被害等、各所で甚大な被害が発生した。その中で、アンカーにおいても被害が確認された。抑止構造物であるアンカーの設計・施工および維持管理を適切に行う上で、被災したアンカーの状況を把握しておくことは重要であると考えられる。そこで本報では、豪雨により発生した斜面変状によって被災したアンカーに対し、アンカーの被災状況の調査、および小型軽量ジャッキ (SAAM ジャッキ)<sup>2)</sup>を用いたリフトオフ試験による残存引張り力調査、並びに既設アンカーへの荷重計設置によるアンカー緊張力のモニタリング調査を行い、これらの結果から被災したアンカーの状況について報告を行う。

## 2. 現地状況

調査は、平成 23 年台風 12 号の豪雨によりアンカーに被害が見られた和歌山県内の A 地点、および三重県内の B 地点の 2 地点を対象に行った。図-1 に A 地点のアンカー施工付近の平面図を示す。A 地点は、アンカーが施工された地すべりブロックより上部に比較的大きな地すべりブロックが多数存在し、本ブロックはその末端に位置する。本ブロックのアンカーは、北側斜面に崩壊が発生したためその対策として施工された。アンカーは、3 段のコンクリート擁壁に施工が行われ、施工本数は下段が 23 本、中段が 30 本、上段が 33 本の計 86 本で、使用アンカーはスーパーフローテックアンカー (SFL-3)、設計アンカー力は 414.5KN である。なお、定着荷重は待ち受け効果を期待し、設計アンカー力の 50%程度となっている。施工されたアンカーのアンカー長は、当初崩壊が発生した北側領域では 9m 程度と短いのにに対し、南側領域ではアンカーの定着層までが深いため、アンカー長は 30m 程度と長くなっている。なお、アンカー体長はいずれも 4.5m である。現地では、写真-1 に示すように 1 カ所のアンカーにおいて頭部キャップに割れ、支圧板のズレが確認されるとともに、U 字水路の変形、吹き付けコンクリートの割れ等の変状が確認された。図-2 は、平成 23 年 1 月から 12 月までのボーリング A-1 における GL-9.5m の位置での歪計の観測値と、新

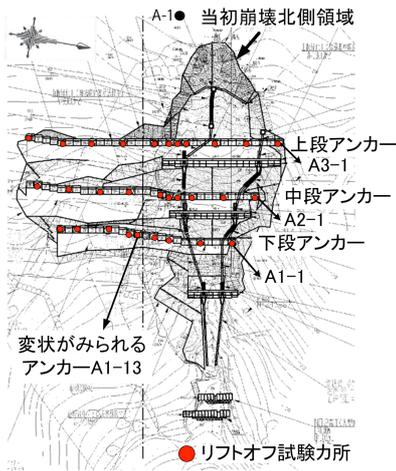


図-1 A 地点の平面図



写真-1 A 地点の被災状況

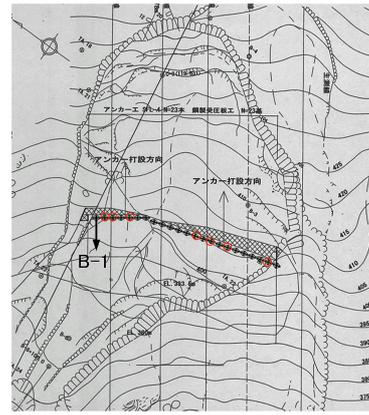


図-3 B 地点の平面図

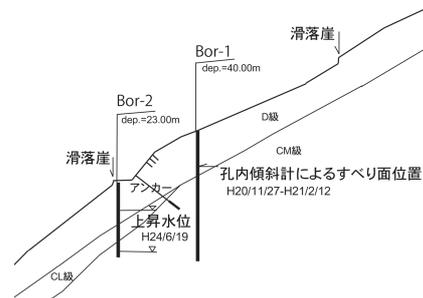


図-4 B 地点の断面図

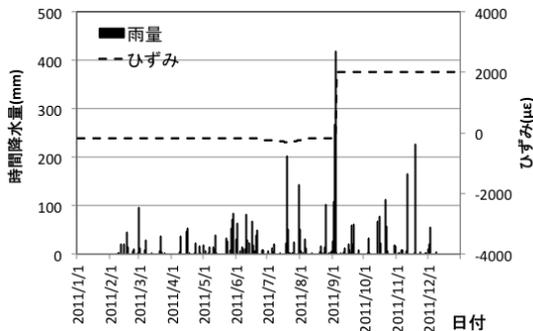


図-2 歪計変化と降水量の関係

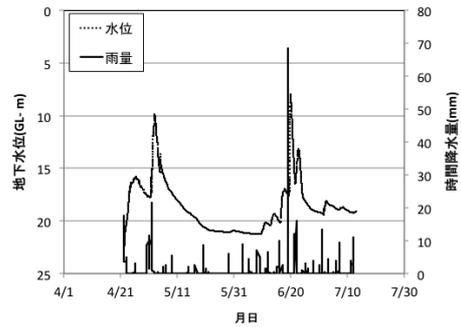


図-5 地下水位と降水量の関係

宮のアメダス観測点の日雨量を示したものである。新宮では、台風 12 号により 8 月 31 日から 9 月 4 日にかけて累積 827mm の降水量が見られ、9 月 4 日には 1 時間 132.5mm の雨量を記録した。歪計の値の変化は、台風 12 号による 8 月 31 日から 9 月 4 日の降雨直後に大きく増加しており、この降雨により斜面の動きが発生したことが考えられる。しかし、この降雨後の歪計の値は一定値を示しており、現在の斜面の動きは顕著ではないと考えられる。図-3 に B 地点の平面図を示す。B 地点は、平成 16 年 9 月 28 日から 29 日にかけて台風 21 号による累積降水量 758mm、最大時間降水量 119mm の豪雨により、幅約 100m、長さ約 250m の崩壊が発生し、この崩壊に対する斜面の安定を図るため、23 列×6 段の計 138 本のアンカーの施工が予定されていた。アンカーは、平成 22 年度から施工が行われ、平成 23 年台風 12 号による被災時は、逆巻き施工で上段 1 段目の 23 本のみ施工が完了した状態であった。施工されたアンカー



写真-2 B 地点の被災状況

は、スーパーフレックアンカー (SFL-4) で、アンカー長(L) および定着長(L<sub>a</sub>)はそれぞれ L=13.0m~16.5m、L<sub>a</sub>=4.5m、設計アンカー力(T<sub>d</sub>)および定着荷重(P<sub>i</sub>)は 524.5kN である。図-4 は被災アンカー付近の断面図である。平成 16 年の被災後にボーリング Bor-1 が施工され、孔内傾斜計による観測が行われていた。その結果、GL-11m 付近に累積変位が確認されたことからこの位置にすべり面が存在すると考えられた。図-5 は、平成 23 年の斜面崩壊

後に設置された Bor-2 のボーリング孔における平成 24 年 4 月 22 日から 7 月 13 日までの地下水位と、アメダス宮川観測点の時間降水量の関係を示したものである。地下水位は降水量に連動し、集中豪雨時には推定すべり面である GL-11m を超える位置まで上昇がみられる。なお、宮川アメダス観測点では、台風 12 号により平成 23 年 8 月 31 日から 9 月 4 日にかけて最大時間降水量 80mm 程度の連続的な降雨が続き、この間の累積降水量は 1600mm を超える降水量となっていた。写真-2 にアンカーの被災状況を示す。豪雨による斜面崩壊により、受圧板の落下、PC 鋼より線の飛び出し、アンカー頭部のずれ、くさびの浮き上がり等が多数確認された。なお、斜面崩壊により多くのアンカーが埋没していたため、今回の調査において埋没したアンカーについては掘り出しを行った。写真-3 は、平成 16 年および平成 23 年の斜面崩壊後の空中写真である。平成 23 年と平成 16 年の斜面崩壊の状況を比べると、両者の崩壊領域に明瞭な差がなく、平成 23 年において崩壊頭部からの大規模な崩壊には至っておらず、建設途中の状態であってもアンカー施工による斜面崩壊に対する抑止効果がある程度発揮されていたものと考えられる。



写真-3 平成 19 年 (左)、平成 23 年 (右) の空中写真

### 3. リフトオフ試験

アンカーは導入された緊張力により法面の安定性を保持する構造であるため、アンカーに作用している緊張力を管理することが重要である。一般にアンカーに作用している緊張力は、リフトオフ試験による求まる残存引張り力により評価される。リフトオフ試験の実施にあたっては、従来大型で重いセンターホール型のジャッキを用いて行われているため、クレーン等を用いた機器の搬入・撤去、足場の仮設が必要な場合があり、災害時あるいは高所等の難条件において迅速な調査の実施が難しい。このため、本調査では基本的に人力での試験が可能な小型軽量ジャッキ (SAAM ジャッキ) を用いて試験を実施した。SAAM ジャッキの構成は、ジャッキ本体、ラムチェアー、アタッチメント、止めナットで、設置にあたっては、アタッチメントをテンドン余長あるいはアンカー定着具に取り付けたあと、ラムチェアー、シリンダーの順に装着し、最後に止めナットで固定するのみである。SAAM ジャッキによるリフトオフ試験の状況を写真-4 に示す。リフトオフ試験は、A 地点においては、図-1 に示す下段、中断がそれぞれ 10 本、上段が 11 本の計 31 本について、また、B 地点については、多数のアンカーが損傷しているため、全数のアンカーに対し頭部外観目視調査を実施し、アンカー頭部の損傷が少ない図-2 に示す 7 本のアンカーを対象に実施した。



写真-4 リフトオフ試験状況 (左 : A 地点, 右 : B 地点)

表-1 は、A 地点において実施したリフトオフ試験の結果を示したものである。リフトオフ試験においては、1 サイクル目は引張り材とシースの付着抵抗あるいはかみ合わせ等の影響が考えられることから予備載荷とし、2 サイクル目の結果を採用した<sup>3)</sup>。図-6 に示すようにリフトオフ試験における荷重-変位関係において、アンカーテンドンの降伏引張り力 ( $T_{ys}$ ) の 90% を載荷してもリフトオフが確認できない過緊張アンカーが、下段においては A1-14 より、中断においては A2-13 より、上段においては A3-17 より南側の領域に存在した。本地点の各アンカーの定着時緊張力は、待受け効果を期待し 146kN から 220kN 程度と、設計アンカー力 414.5kN に対し 50% 程度の定着であることから、過緊張が確認されたアンカーは、定着時と比べ著しく緊張力が増加した状態となっていると考えられる。一方、北側の当初崩壊が発生した領域については、定着時に対し緊張力の低下が見られ、一部 30% 程度の緊張力を示すアンカーも存在する。図-7 はリフトオフ試験より求めた残存引張り力と設計アンカー力の比 ( $R_{ld}$ ) の分布を示したものである。 $R_{ld}$  の分布では、南側の過緊張領域と北側の緊張力低下領域の境界が明瞭に認められた。この境界は現地踏査により頭部キャップに割れ、支圧板のズレが確認されアンカー位置、および U 字水路の変形、吹き付けコンクリートの割れ等の変状が確認されるカ所と一致していた。

表-1 A 地点のリフトオフ試験結果

	アンカー番号	Td(kN)	Pt(kN)	残存引張り力 Pe(kN)	リフトオフ
A1	A1-1	414.5	198.73	56	○
	A1-5	414.5	198.73	82	○
	A1-9	414.5	183.45	128	○
	A1-10	414.5	183.45	307	○
	A1-11	414.5	168.49	509	○
	A1-13	414.5	165.64	169	○
	A1-14	414.5	159.16	609	×
	A1-17	414.5	156.01	601	×
	A1-21	414.5	152.91	607	×
	A1-23	414.5	152.91	561	○
	A2	A2-1	414.5	226	58
A2-5		414.5	180.64	91	○
A2-9		414.5	180.6	87	○
A2-11		414.5	165.64	104	○
A2-12		414.5	165.64	303	○
A2-13		414.5	165.64	604	×
A2-17		414.5	153.47	603	×
A2-21		414.5	156.01	606	×
A2-25		414.5	153.47	607	×
A2-29		414.5	148.5	601	×
A3	A3-1	414.5	190.14	84	○
	A3-5	414.5	178.11	88	○
	A3-9	414.5	168.49	94	○
	A3-13	414.5	168.49	230	○
	A3-14	414.5	161.04	464	○
	A3-15	414.5	161.04	566	○
	A3-17	414.5	161.04	604	×
	A3-21	414.5	157.49	602	×
	A3-25	414.5	154.67	600	×
	A3-29	414.5	154.05	609	×
	A3-33	414.5	146.31	602	×

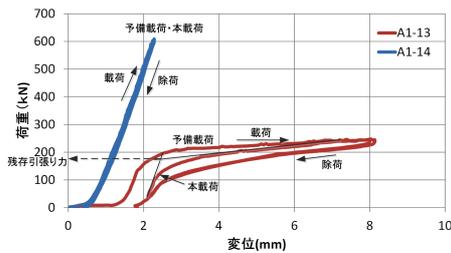


図-6 荷重-変位関係

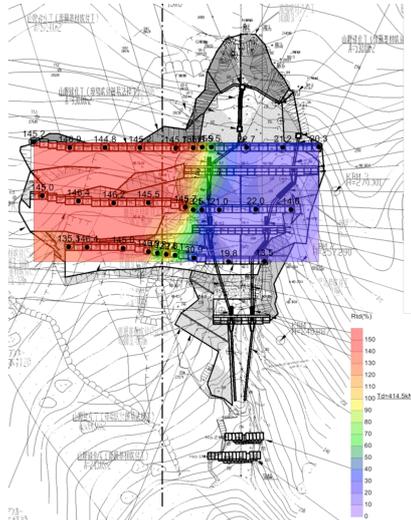


図-7 R<sub>ld</sub>の分布

表-2は、B地点におけるアンカー頭部の外観目視点検およびリフトオフ試験の結果を示したものである。外観目視点検の結果、B-3、B-13のアンカーを除き頭部キャップに何らかの破損が見られ、テンドンの全破断によるアンカー頭部の落下、並びに受圧板のずれ・落下、テンドンの飛び出しが多数確認された。施工されたスーパーフローテックアンカーは、4本のテンドンがアンカー頭部でくさびにより定着された構造となっているものの、写真-5に示すように、テンドンの飛び出し等により4本で定着できていないものが多数確認されるとともに、破断し飛び出したテ

表-2 B地点の頭部点検およびリフトオフ試験結果

アンカー番号	頭部キャップ	定着テンドン数(本)→テンドン状況	Td(kN), Pt(kN)	残存引張り力	備考
B-1	×	0→全破断			
B-2	▲	4	524.5	312	
B-3	○	4	524.5	523	
B-4	▲	未確認			
B-5	▲	3→1本破断	524.5	-	20kNで引抜け
B-6	▲	3→1本破断			
B-7	▲	未確認			
B-8	×	0→全破断			
B-9	×	0→全破断			
B-10	×	0→全破断			
B-11	×	0→全破断			
B-12	△	未確認			
B-13	○	4	524.5	729	
B-14	△	未確認			
B-15	△	3→1本破断	524.5	65	
B-16	△	未確認			
B-17	△	4	524.5	200	
B-18	×	0→全破断			
B-19	▲	未確認			
B-20	▲	未確認			
B-21	▲	未確認			
B-22	▲	3→1本破断	524.5	94	
B-23	×	0→全破断			

○: 頭部破損なし  
 ×: 頭部落下  
 ▲: 頭部破損(穴)  
 △: 頭部ヒビ



写真-5 アンカーの被災状況



写真-6 頭部のずれ



写真-7 B-5アンカーの状況

ドンの中には数十 m 先で確認されたものも存在した。破断面の観察を行った結果、延性破壊形状のカップアンドコーンの破断面<sup>4)</sup>であった。また、B地点においてもA地点のアンカーと同様、くさびによりテンドンがすべて定着されているものの、アンカー頭部キャップの割れ、支圧板のズレが見られるアンカーが存在した。リフトオフ試験により求めた残存引張り力と設計アンカー力に対する比(R<sub>ld</sub>)を見ると、ほぼ100%が1カ所、130%を超える過緊張アンカーが1カ所、4%~60%程度の緊張力低下したアンカーが5カ所であった。このうち、設計アンカー力とほぼ等しいB-3のアンカーについては、写真-6に示すように頭部定着具のずれが確認された。また、写真-7に示す6m程度のテンドンの飛び出しが確認されたB-5のアンカーにおいては、リフトオフは確認できず、設計アンカー力の4%程度にあたる20kN程度の引張り荷重で推移し、アンカーの引抜けの可能性が考えられた。

#### 4. 法面の健全性評価

アンカー維持管理において、アンカー機能の健全度を評価する基準として次式で示される設計  $\tan \theta$  が用いられる。

$$\text{設計 } \tan \theta = EA/L_f$$

ここで、E: テンドンの弾性係数、A: テンドンの有効断面積、L<sub>f</sub>: テンドンの引張り長

ここでの設計  $\tan \theta$  は、アンカー引張り材の理論伸び率に相当するもので、この結果とリフトオフ試験における荷重-変位関係より求まるリフトオフ後の直線の傾き(試験  $\tan \theta$ )を比較することで、アンカー材料の健全度の評価が行われる。グラウンドアンカー設計・施工基準、同解析<sup>5)</sup>においては、リフトオフ試験から求まる試験  $\tan \theta$  が、EA/1.1L<sub>f</sub>からEA/0.8L<sub>f</sub>の範囲にある場合、アンカー機能が正常な状態であると規定している。

表-3、表-4に、A地点およびB地点のリフトオフ試験よ

り求まる試験  $\tan \theta$  と設計  $\tan \theta$  の比 ( $R_{\tan \theta} = \text{試験 } \tan \theta / \text{設計 } \tan \theta$ ) および残存引張り力を示す。A 地点において緊張力が低下しているアンカーは、おおむね健全と判断される  $0.9 \tan \theta$  から  $1.25 \tan \theta$  の範囲にあるものの、過緊張と判断されるアンカーは設計  $\tan \theta$  より大きな値を示す。B 地点においては健全な範囲に入るアンカーは、部分破断が認められた B-15 のアンカーのみで、その他のアンカーはいずれも設計値と比較し大きな  $\tan \theta$  の値を示す。一般にアンカーが外力の作用により引張り材が拘束された場合、 $L_f$  が短くなることで  $\tan \theta$  の値は大きくなるのが考えられる。このため、本調査において  $R_{\tan \theta}$  が大きくなっている理由としては、斜面変状によりアンカーが地盤内で拘束され  $L_f$  が短くなっている可能性が考えられる。

法面に複数本施工されるアンカーは、アンカー背面の地盤状況等に対応して緊張力が個々に変化し、法面全体の安定性を面的に保持する特性を有していると考えられる<sup>6)</sup>。このため、変状等が見られない安定した法面の場合、各アンカーに作用する緊張力には大きなばらつきは生じないものの、地すべり等により変状がみられる法面においては、変状の状況に応じて法面に施工された個々のアンカーに対する負担が異なり、各アンカーの緊張力が変化すると考えられる。アンカー材料の健全性の評価に利用されるリフトオフ後の試験  $\tan \theta$  に着目すると、変状等により健全性に問題が考えられる法面では、アンカーの引張り材への負担や材料の劣化が個々のアンカーで異なるため、法面に施工されたアンカーの  $\tan \theta$  のばらつきが大きくなる<sup>7)</sup>。そこで、調査を実施した A 地点および B 地点において、調査アンカー毎の  $R_{\tan \theta}$  を求め、この結果から調査アンカーの  $R_{\tan \theta}$  のばらつきを変動係数 ( $CV_{R_{\tan \theta}}$ ) としてとらえて法面の健全性の評価を行った。その結果、A 地点では表-3 に示すように変状の見られない北側領域では  $R_{\tan \theta}$  はおおむね 1 前後でばらつきは小さいものの、変状が見られる南側領域では  $R_{\tan \theta}$  が 1 を超えればらつきは大きくなる。また、B 地点においては、表-4 に示すように  $R_{\tan \theta}$  は 0.89 から 4.70 とばらつきが大きい。両地点の  $CV_{R_{\tan \theta}}$  は、A 地点で 0.74、B 地点で 0.57 となり、どちらも健全度区分において不健全な法面と判断される 0.5 を超えている<sup>8)</sup>。

アンカーに設置された荷重計が示す値は外気温によって変化し、アンカー背面地山が安定している場合、両者の相関は高くなることが報告されている<sup>9)</sup>。そこで、過緊張領域が認められる A 地点において、過緊張アンカーに荷重計を設置し、外気温との相関から法面の安定性の状況について検討を行った。既設アンカーへの荷重計の設置にあたっては、一般には定着具を取り外しアンカーに導入されている緊張力を解放する大がかりな作業が必要となるた

表-3 A 地点の  $R_{\tan \theta}$

アンカー番号	設計 $\tan \theta$	試験 $\tan \theta$	$R_{\tan \theta}$	Pe(kN)	
A1	A1-1	14.8	11.9	0.80	56
	A1-5	14.8	11.9	0.81	82
	A1-9	6.8	9.5	1.40	128
	A1-10	6.8	7.9	1.16	307
	A1-11	6.8	9.3	1.37	509
	A1-13	5.1	14.9	2.93	169
	A1-14	5.1			599以上
	A1-17	4.1			599以上
	A1-21	4.1			599以上
	A1-23	4.1	16.8	4.09	561
A2	A2-1	18	17.1	0.95	58
	A2-5	9.5	9.5	1.00	91
	A2-9	9.5	9.2	0.97	87
	A2-11	5.6	6.7	1.19	104
	A2-12	5.6	6.7	1.19	303
	A2-13	5.6			599以上
	A2-17	5.2			599以上
	A2-21	4.5			599以上
	A2-25	4.5			599以上
	A2-29	3.6			599以上
A3	A3-1	10.8	10.4	0.96	84
	A3-5	8.5	8.1	0.95	88
	A3-9	6.8	7.0	1.03	94
	A3-13	6.8	6.7	0.99	230
	A3-14	5.2	14.6	2.81	544
	A3-15	5.2	27.4	5.26	566
	A3-17	5.2			599以上
	A3-21	5.1			599以上
	A3-25	4.6			599以上
	A3-29	4.1			599以上
A3-33	2.8			599以上	

表-4 B 地点の  $R_{\tan \theta}$

アンカー番号	設計 $\tan \theta$	試験 $\tan \theta$	$R_{\tan \theta}$	Pe(kN)	備考
B-2	12.5	30.8	2.46	312	
B-3	12.5	28.0	2.24	523	
B-5	12.5		-		20kNで引抜け
B-13	8.8	41.4	4.70	729	
B-15	8.8	7.1	0.81	65	
B-17	8.8	18.5	2.10	200	
B-22	8.8	14.0	1.59	94	

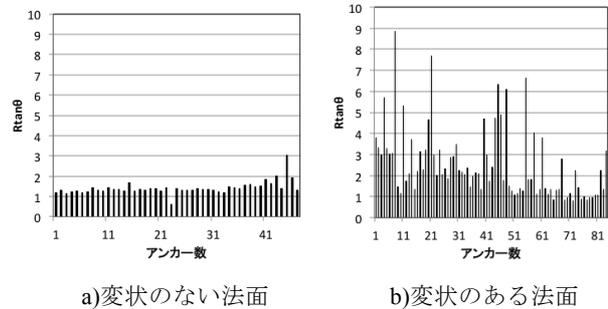


図-8  $R_{\tan \theta}$  の値

め、本調査では既設アンカーに対し容易に荷重計の着脱が行える SAAM ジャッキを用いた荷重計設置手法を用いて実施した。荷重計の設置は、写真-8 に示すように支圧板を介して荷重計、SAAM ジャッキの順に設置し、SAAM ジャッキ並びに荷重計による荷重値を確認しながら、前もってリフトオフ試験により求めた残存引張り力値を参考に、アンカー頭部が浮き上がり所定の荷重が得られるまで載荷を行い、荷重計に荷重が伝達されることを確認後、新設止めナットで荷重計を固定し、SAAM ジャッキを撤去した後頭部キャップを設置する<sup>10)</sup>。図-10 は、荷重計による荷重値とアンカーに設置した温度計の気温変化を示したものである。アンカーが示す荷重値は、一定ではなく 452kN から 474kN の幅で変化する。荷重値と気温の変化を比較すると、荷重計の値は気温の変化に追従して増減し、図-11

に示すように両者の  $R^2$  は 0.94 と高い相関を示す。法面に継続的な変状が見られ安定していない場合、法面変状に依存するアンカーの荷重変化が卓説するため、気温との相関が低くなることが考えられる。本法面では荷重計値と気温との相関が高いことから、豪雨により法面に変状が見られアンカーが過緊張の状態であるものの、その後の法面の顕著な変状の進行はないものと考えられる。法面変状後に一定値を示す歪計の変化とあわせ、本地点においては、現在顕著な変状の拡大は見られないと考えられる。



写真-8 荷重計の設置

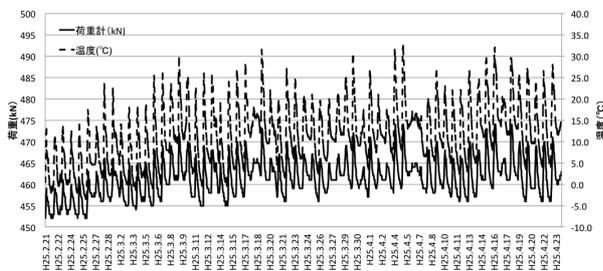


図-10 荷重計と気温の関係

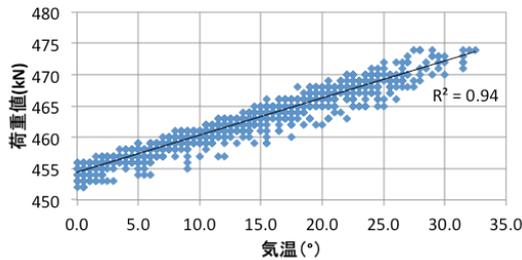


図-11 荷重計値と気温の相関

## 5. おわりに

平成 23 年 8 月 31 日から 9 月 4 日の台風 12 号による豪雨による斜面変状により被災したアンカーに対する調査を A, B の 2 地点で実施した。その結果、A 地点においては、1 カ所のアンカーでアンカー頭部キャップの割れ、支柱板のズレが確認されるとともに、U 字水路の変形、吹き付けコンクリートの割れ等の変状が見られた。リフトオフ試験により残存引張り力分布を求めた結果、過緊張領域と緊張力低下領域の境界が明瞭に認められ、その境界は現地踏査により確認できた変状カ所と一致していた。また、過緊張が確認できたアンカーは、 $T_{ys}$  の 90% を超える過緊張状態であるものが存在した。調査アンカーの  $R_{tan\theta}$  の変動係数 ( $CV_{tan\theta}$ ) を求めた結果 0.74 となり、健全度区分に

おいて不健全な状態と判断された。しかし、荷重計によるモニタリングおよび歪計の計測より、現時点で法面の変状は拡大していないと考えられた。

アンカー建設途中であった B 地点においては、豪雨により発生した斜面崩壊による急激な荷重増加により、アンカーの破断、テンドンの飛び出し、独立受圧板のずれ・落下等の被害がみられた。アンカーの頭部点検および 7 箇所のリフトオフ試験を実施した結果、いずれのアンカーも機能が大きく低下し、変動係数 ( $CV_{tan\theta}$ ) も 0.57 と不健全な状態と判断された。現地においては、アンカーに大きな被害が見られたものの、アンカー施工所より下側に続く大規模な斜面崩壊まで至っておらず、アンカーの抑止力が不足している場合であっても、アンカー施工による抑止効果はある程度発揮されていた可能性が考えられた。

アンカーは施工後約 40 年以上経過したものも存在し、その中には施工当初の機能を維持できていないものも散見される。このため、既設アンカーにおいてもアンカーの機能低下により抑止力が大きく不足した場合、斜面変状等による外力の増加により、テンドンの破断等のアンカー損傷が発生する可能性が考えられる。また、アンカーは構造が複雑であるとともに、その大部分が地中に埋設されているため状況を直接確認することが困難である。これらのことから、抑止構造物であるアンカーを長期にわたり機能を維持し、安全に利用するためには、アンカーの残存引張り力特性を踏まえた適切な維持管理の実施が重要である。

本研究を実施するにあたり、和歌山県東牟婁振興局地域振興部林務課、三重県松阪農林事務所およびアンカーアセットマネジメント研究会にご協力いただきました。関係各位に深謝いたします。

## 参考文献

- 1) (独) 土木研究所・(社) 日本アンカー協会：グラウンドアンカー維持管理マニュアル，鹿島出版会，2008。
- 2) 酒井俊典：SAAM ジャッキを用いた既設アンカーのり面の面的調査マニュアル，SAAM ジャッキを用いた効果的なアンカーのり面の保全手法の開発委員会，2010。
- 3) 藤原優・酒井俊典：グラウンドアンカーのリフトオフ試験方法に関する検討，土木学会論文集 C(地圏工学)，Vol67(4)，558-586，2011。
- 4) 小寺沢良一：材料強度学要論，朝倉書店
- 5) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説，2012。
- 6) 酒井俊典・常川善弘・後藤大輔・福田雄治：既設グラウンドアンカーに対する面的評価方法の検討，第 44 回地盤工学研究発表会，1101-1102，2009。
- 7) 藤原優・酒井俊典：グラウンドアンカーの残存引張り力分布特性に着目したアンカー法面の維持管理，土木学会論文集 C(地圏工学)，Vol68(2)，260-273，2012。
- 8) グラウンドアンカーが施工された法面の健全性評価に関する検討：第 52 回地すべり学会研究発表会，2013 (投稿中)。
- 9) 藤原優・酒井俊典：グラウンドアンカーの残存引張り力のモニタリング手法に関する検討，土木学会論文集 C(地圏工学)，Vo. 68(3)，547-563，2012。
- 10) 藤原優・横田聖哉・酒井俊典・常川善弘：クサビ定着タイプの既設グラウンドアンカーへの荷重計の設置方法について，土木学会第 66 回年次学術講演会，657-658，2011。