

2.2.4 概査結果の評価と対応

点検者は概査結果に基づいて「健全度評価」を決定し、施設管理者へ伝達する。さらに、総合的な視点から施設管理者へ伝達すべき情報として、「対応の目安」を示す。

ここでは、「施設(群)の健全度」と「対応の目安」との関係を下記の表のように設定した。アンカー工に対する健全度評価では、「①施設の健全度による点数」「②異常割合による点数」および「③加点（詳細調査の必要性の判断）」の組み合わせによって、「対応の目安」を算定する方式とした。

ただし、点検者は、この表を原則としつつ、各施設の特性や周辺状況を考慮した上で、必要に応じて判断の目安と異なる対応を選択する。下記の表に示す原則とは異なる「対応の目安」を選択する場合は、その理由(判断する上で施設の健全度以外で考慮したこと等)をコメント欄に必ず記入する。

表XI-2.2.15 ①施設の健全度による点数

点数	判定基準
0	:施設の健全度が i である場合(部位の健全度全てが A の場合)
1	:施設の健全度が ii である場合(部位の健全度で B が一つでも含まれる場合)
2	:施設の健全度が iii である場合(部位の健全度で C が一つでも含まれる場合)
4	:施設の健全度が iv である場合(部位の健全度で D が一つでも含まれる場合)

表XI-2.2.16 ②異常割合による点数

点数	判定基準
0	:異常アンカーが全数の 20%未満
1	:異常アンカー全数の 20%～50%
2	:異常アンカー全数の 50%以上

表XI-2.2.17 ③加点（詳細調査の必要性の判断）

点数	判定基準
+1	:①+②の合計点が 4 以上のとき、要因や対応方法が明確でない場合
0	:上記に当てはまらない場合

ここで、表XI-2.2.15～表XI-2.2.17に基づく①～③の各点数の合計の組み合わせと「対応の目安」の関係を表XI-2.2.18に示す。表XI-2.2.18に想定される組み合わせを黒字で示す。なお、①～③で判断された点数は数字で見ればどのような組み合わせもあり得るが、点検結果として「定義上あり得ない組み合わせ」も存在する。そのうち、特に間違われやすいものを参考までに灰色字[×]で示す。

表XI-2.2.18 「施設(群)の健全度」と「対応の目安」の関係

対応の目安	判断の目安 (対応点数※1)	①施設の健全度と②異常割合の組み合わせ
問題なし	0	[1] ①施設の健全度が i (Ⅰ)である場合(=0) + ②異常アンカーが全数の 20%未満(=0)
監視	1～2	[1] ①施設の健全度が ii (Ⅱ)である場合(=1) + ②異常アンカーが全数の 20%未満(=0) [2] ①施設の健全度が ii (Ⅱ)である場合(=1) + ②異常アンカー全数の 20%～50%(=1) [3] ①施設の健全度が iii (Ⅲ)である場合(=2) + ②異常アンカーが全数の 20%未満(=0) [×]①施設の健全度が i (Ⅰ)である場合(=0) + ②異常アンカー全数の 20%～50%(=1)※2 [×]①施設の健全度が i (Ⅰ)である場合(=0) + ②異常アンカー全数の 50%以上(=2)※2
軽微な補修	3	[1] ①施設の健全度が ii (Ⅱ)である場合(=1) + ②異常アンカー全数の 50%以上(=2) [2] ①施設の健全度が iii (Ⅲ)である場合(=2) + ②異常アンカー全数の 20%～50%(=1)
補修・更新	4	[1] ①施設の健全度が iii (Ⅲ)である場合(=2) + ②異常アンカー全数の 50%以上(=2)※3 [2] ①施設の健全度が iv (Ⅳ)である場合(=4) + ②異常アンカーが全数の 20%未満(=0)
要詳細調査	5 以上	[1] ①施設の健全度が iv (Ⅳ)である場合(=4) + ②異常アンカー全数の 20%～50%(=1)※4 [2] ①施設の健全度が iv (Ⅳ)である場合(=4) + ②異常アンカー全数の 50%以上(=2) ※4 [3] ①施設の健全度が iii (Ⅲ)である場合(=2) + ②異常アンカー全数の 50%以上(=2) + ③施設の健全度が iii または iv である場合、かつ要因や対応方法が明確でない場合(=+1)※5

※1 表XI-2.2.15～表XI-2.2.17に基づく①～③の各点数の合計

※2 施設の健全度がⅰである場合(部位の健全度全てが A の場合)とは、「異常がない」状態を示すものであるため、「異常割合」は定義上 0%である。

※3 「施設の健全度がⅲである場合(部位の健全度で C が一つでも含まれる場合)」かつ「異常アンカーが全数の 50%以上」である場合は、大規模な補修や施設の更新をすることが適切と考えられる。

※4 「施設の健全度がⅳ(Ⅳ)である場合(部位の健全度で D が一つでも含まれる場合)」で「異常アンカー全数の 20%～50%」または「②異常アンカーが全数の 50%以上」である施設の状態は、大規模な変状によって施設の機能を失っていると解釈される状態であり、詳細調査を行って対策方針を明らかにした上で、大規模な補修や施設の更新をすることが適切と考えられる。なお、本手引き(案)では、アンカー工の設計時に計画安全率 1.20 と設定することが多いことから、20%分を超えるアンカーに異常がみられる場合は、設計時に意図された機能に余裕がない状態と想定している。

※5 「施設の健全度がⅲである場合(部位の健全度で C が一つでも含まれる場合)」かつ「異常アンカーが全数の 50%以上」である場合(※3 参照)において、表XI-2.2.17に基づき、「要因や対応方法が明確でない場合」に当てはまるのであれば、「③施設の健全度がⅲまたはⅳである場合、かつ要因や対応方法が明確でない場合」に該当するとして加点を行い、要詳細調査を行うものとする。

なお、アンカー工における詳細調査は次章に示す通り、大規模な機器類等を用いた費用や時間のかかるものを想定しており、本当に必要な場合のみに絞って詳細調査を行うことが推奨される。

2.3 詳細調査

2.3.1 詳細調査計画

詳細調査計画は、基本情報調査及び概査等現地点検において把握されたアンカー工の異常発生状況に対して、現地状況も踏まえ具体的な調査試験内容を検討するものである。

ここでは、概査結果の評価を基にして①異常要因の推定、②調査手法の選定、③調査箇所の設定、④調査計画などについて、仮設方法や制約条件、または概査後の異常の拡大状況等、提案事項に対する調査の適否も含めて検討を行う。

(1) 異常要因の推定

概査で得られた異常の事象や評価のまとめから、その異常の要因を検討する。概査で抽出した異常は、アンカー工の抑止機能と維持機能の低下に関わる要因となるため、これらの関係性を考慮して推定することが重要である。

抑止機能は、直接目視して確認できるものではないため、抑止機能の喪失によって現れるアンカー頭部の状態から類推する。部材の据え付けの不安定さ（例えばプレートが手で回転可能であることなど）やテンドンの飛び出しなどは異常を示す顕著な現象である。一方、アンカー工の維持性能に対しては、部材の劣化・損傷に着目する。中でもアンカー工は鋼製部材が多く使われているため、錆などの腐食に留意しなければならない。

腐食の要因は、設置地盤の環境等に大きく左右され、地下水などは重要な影響因子となる。そのため、アンカー工には防食構造が取り入れられている。ただし、この防食構造が劣化することで腐食が進行している場合もある。また、旧タイプアンカーでは、この防食構造がもともと不十分で、アンカー頭部背面の止水具がなく水密性が確保できていないこともある。そのため、調査時にはこうしたアンカー工の防食構造にも留意する。

なお、旧タイプアンカーは、頭部保護が頭部コンクリートや鋼材である場合が多く、頭部コンクリートの場合は錆汁が見られたり、鋼材の場合は発錆したりしていることが多い。

（２）調査手法の選定

１）詳細調査の手法

詳細調査の手法は、概査までの結果と施設や周辺の状況、以前の詳細調査の結果等を勘案して選定する。ここでの調査は、異常要因の推定のために実施するものと、アンカー工の健全性を把握するために、施設自体に対して行うものがある。異常要因の推定のために行う詳細調査には、例えば地すべり調査や水質分析などが含まれる。こうした調査は、異常要因ごとに多くの選択肢があるため、目的に合った調査手法を選択する。

本手引きでは、アンカー工の健全性を把握するため、施設自体に対して行う調査手法についてとりあげる。ここに示す調査手法は、頭部保護を外すものではあるが、アンカーの緊張力は維持したまま実施できる。そのため、比較的容易な調査ではあるが施設機能の健全性について一定の評価ができることから、概査結果を踏まえて優先的に検討するとよい。

表XI-2.3.1 本手引きでとりあげる詳細調査の手法

調査手法	概要
頭部露出調査	頭部キャップまたは頭部コンクリートを外して、アンカー頭部におけるテンドンや定着具等の状態を直接目視するもの
リフトオフ試験	緊張ジャッキをセットし、残存引張り力（試験時のテンドンに作用している引張り力）を求めるもの

「頭部露出調査」は、主に部材の劣化状態などを確認するもので、維持機能を評価する目的で行う。

「リフトオフ試験」は、主に残存引張り力（試験時のテンドンに作用する引張り力）を計測し、定着時緊張力（緊張・定着作業時にテンドンへ作用させた荷重）やテンドンの許容引張り力（テンドンが引張り力に対し降伏しないように定めた許容値）などと比較することで、抑止機能を評価することを目的に行う。

なお、この他にアンカー工に対して、「防錆油試験」「超音波探傷試験」「頭部背面調査」「維持性能確認試験」などの調査を行うこともあるが、詳細は専門書を参考とする。

２）詳細調査の流れ

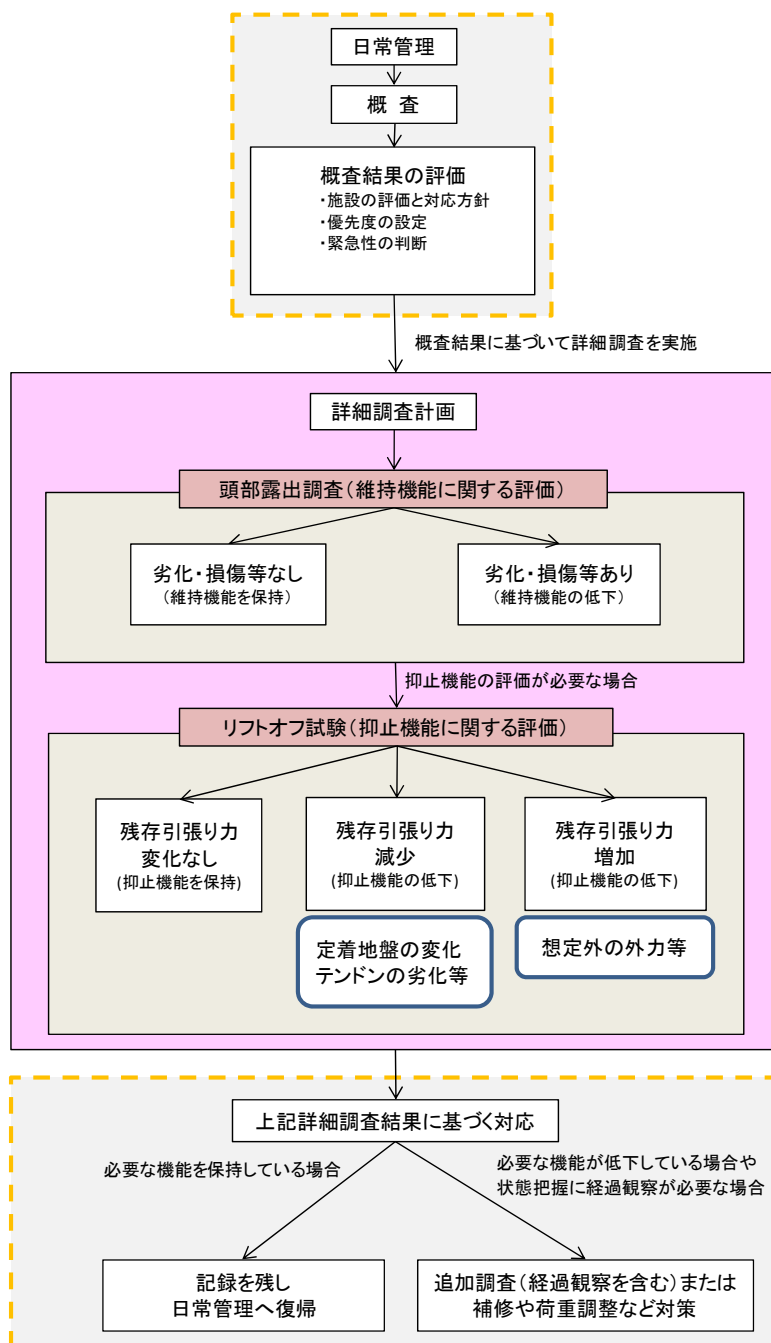
詳細調査は、アンカー工の機能に応じて選定することが有効である。基本的には、図XI-2.3.1 に示すフローに沿って、調査を進めることが望ましい。

その上で、施設を評価するにあたり、より詳細な調査が必要と考えられることもある。

その場合は、把握すべき調査内容を整理した上で、追加すべき調査手法を検討する。

なお、リフトオフ試験は、アンカー頭部の再緊張余長を引っ張り、その荷重を計測するものであるが、図XI-2.3.2 に示すように再緊張余長が極端に短い場合、試験の実施が困難になることもある。また、例えばアンカー工設置後に地すべり活動があり、残存引張

り力がテンダンの降伏荷重に近くなっているような（過緊張）場合は、载荷によりテンダンは破断する可能性があるため、残存引張り力の確認はできない。



図XI-2.3.1 詳細調査の選定フローの例

実際には施設の状態等から、フローに沿った調査ができない場合もある。調査方法を選定する際は、施設の状態を確認した上で実施可能か判断する。



図XI-2.3.2 テンドンの再緊張余長部の例

(3) 調査箇所の設定

詳細調査を実施するアンカーの数量・位置は、表XI-2.3.2 を基本に異常が見られたアンカーの位置や推定される異常要因を踏まえて検討するものとする。

個々の施設の状態を把握することとは別に、顕在化していない異常の抽出、異常の要因が及ぶ範囲を把握すること等を目的に、設置施設全体の状態を把握できるように計画することが望ましい。

表XI-2.3.2 調査箇所の目安

調査方法	調査箇所の目安	備考
頭部露出調査	概査で異常が見られたアンカー全数、及びその周辺の代表的な箇所	リフトオフ試験をするアンカーでは、原則として全数で実施する。
リフトオフ試験	概査で異常が見られたアンカーの代表箇所（結果の比較が必要な場合は健全な場所での実施もある）	概査で異常が認められたアンカーとその周囲、及びそれを除いた本数の 10%かつ 3 本以上を目安とする*。

※ 独立行政法人土木研究所・社団法人日本アンカー協会 共編『グラウンドアンカー維持管理マニュアル』、鹿島出版会(2008) に基づいて示した目安

（４）調査計画

詳細調査の計画は、現場条件に合わせて適切に検討する必要がある。詳細調査では、油圧ジャッキ等の器具を用いる場面が多く、電気設備が必要となる。場合によっては足場仮設等の設置も必要であるため、現地に合った調査計画を立案する。

アンカー工の詳細調査で荷重の導入、解除を行う場合は、テンドンの飛び出し防止の処置を行って周辺に対する安全確保をすることを原則とする。

調査計画では、①調査手順、②仮設計画、③使用機器・材料、④品質管理、⑤安全管理などについて検討する。

各調査で必要な使用機器の例を、表XI-2.3.3 に示す。

表XI-2.3.3 各調査の使用機器例

調査方法	主な使用機器	仮設その他
頭部露出調査	電動ピック、スパナ等	（頭部コンクリートの場合）電気設備、落下防止対策等
リフトオフ試験	油圧ジャッキ、変位計等	電気設備、テンドン飛び出し防止対策等

2.3.2調査方法

アンカー工に対する詳細調査方法の例について、下記に示す。

（１）頭部露出調査

頭部露出調査は、アンカー頭部の状況を確認するために行う。通常のアンカー工は、地表部を頭部キャップまたは頭部コンクリート等で覆っているため、これらを外して内部の状態を確認する。また、頭部キャップ内には防錆油があるため、ヘラやブラシ、布等で拭き取る（図XI-2.3.3）。



図XI-2.3.3 防錆油除去の状況

頭部コンクリートの場合は、それをはつて作業しなければならないため、調査後の頭部保護の復旧方法を検討しておく必要がある。復旧は、原則として頭部キャップを設置するものとする。



①頭部コンクリート
この状態で容易に頭部露出することは不可能。



②はつり作業
コンクリートブレーカー等を使用して、頭部コンクリートをはつり、アンカー頭部を露出する。電気設備などが必要となる。



③アンカー頭部露出
写真例はくさびタイプの定着具を使用している事例。



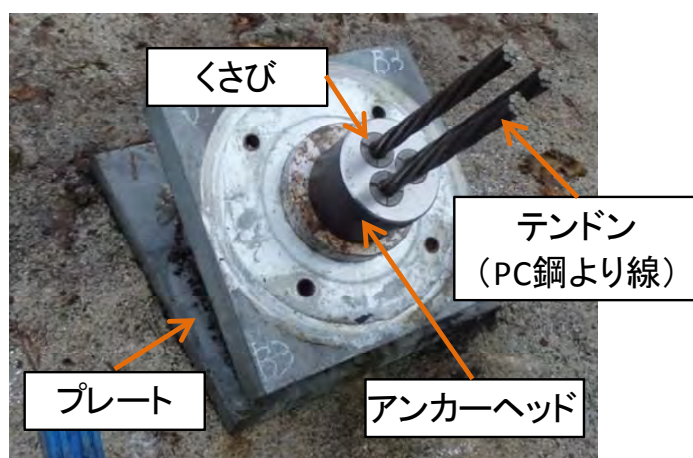
④頭部補修
コンクリートによる保護は、維持管理上適当でないため、調査後は原則として頭部キャップを採用する。頭部キャップの取り付けに対しアンカー頭部周辺の加工が必要。

図XI-2.3.4 頭部コンクリートの場合の頭部処理
出典：独立行政法人土木研究所・社団法人日本アンカー協会 共編
『グラウンドアンカー維持管理マニュアル』、鹿島出版会

頭部露出調査は、以下の項目について目視観察を行う。

- ①頭部キャップ : キャップの破損・変形・劣化、周辺部シール・Oリングの状況
- ②防錆油 : 油脂漏れ状況、防錆油の減少・変質の状況
- ③再緊張余長 : テンドン腐食状況、テンドン余長の引き込まれ状況・長さ測定
- ④定着具 : アンカーヘッドやくさびやナットの腐食状況、有害な挟在物の有無
- ⑤プレート : プレートの浮き、腐食状況、プレート背面からの湧水

頭部露出したアンカーの例を、図XI-2.3.5に示す。

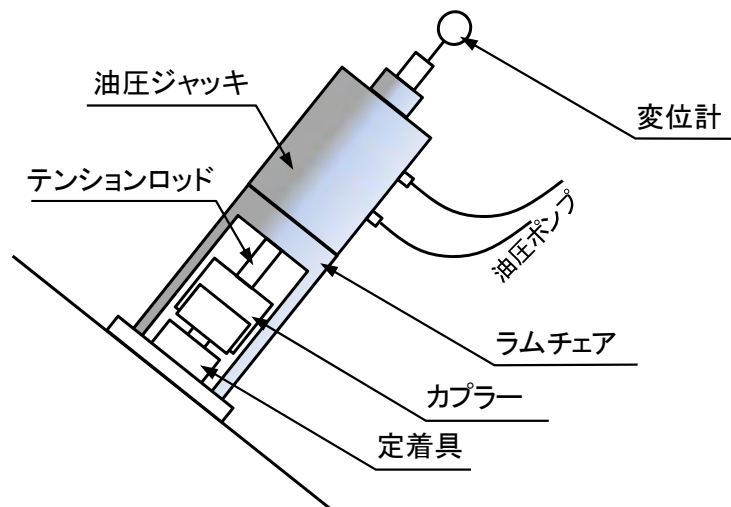


図XI-2.3.5 頭部露出したアンカーの例

(2) リフトオフ試験

リフトオフ試験は、载荷に伴うテンドンの変位量の傾向からアンカーの残存引張り力を求めるものである。また、試験によって得られた荷重－変位量曲線図から、アンカーの異常の有無や状態を判定する。

リフトオフ試験は、図XI-2.3.6 に示す油圧ジャッキ等が使用される。最近は、図XI-2.3.7 のような小型軽量ジャッキも普及し始めている。



図XI-2.3.6 リフトオフ試験装置の例



図XI-2.3.7 リフトオフ試験状況（小型軽量ジャッキ）

ここでいうリフトオフとは、テンドンを引っ張ることでアンカー頭部の定着具が持ち上がる状態のことを指し、このときの荷重は残存引張り力にほぼ等しいとされている(図XI-2.3.8)。すなわち、リフトオフ前までの载荷(残存引張り力以下)では、荷重の増加に対するテンドンの伸び量はあまりないが、リフトオフ後の载荷(残存引張り力を超えた荷重)では、リフトオフ前に比べ荷重の増加に伴う弾性変位量が増大するため、アンカー頭部の定着具に持ち上がりが生じる。

リフトオフ試験では、アンカーの抑止機能を荷重として直接測定するため、比較的精度の高い施設の健全度評価が行える。

ただし、アンカーの状態によっては、テンドンの破断や抜け上がり(定着部破断等)が生じることも考えられるため、試験荷重の設定には留意する。



図XI-2.3.8 リフトオフ状況(定着具の変位)

なお、アンカーの残存引張り力に影響を及ぼす要因としては、表XI-2.3.4 に示す事象等が知られている。

表XI-2.3.4 アンカー荷重の増減要因

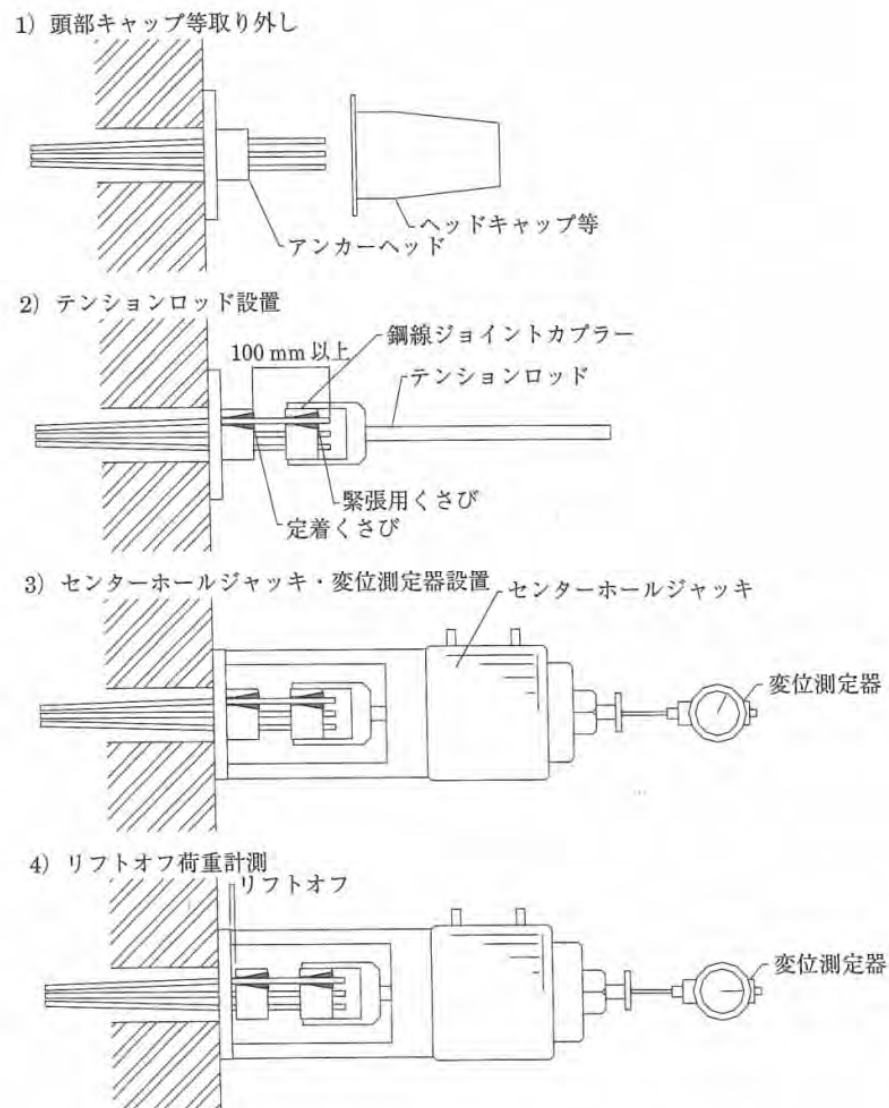
荷重状態	原因
減少	テンドンの劣化、リラクセーション※、局所的な損傷 定着地盤の劣化 受圧構造物の沈下 等
増加	想定外の外力 一部アンカーへの荷重の集中 地盤の凍上 等

※テンドンの緊張力が時間の経過とともに減少すること

1) 試験手順

試験の全体的な手順は、図XI-2.3.9 の通りである。試験荷重については、以下を参考に決定する。

- ①アンカー軸方向にあわせて載荷装置（油圧ジャッキ）を取り付け、想定されるリフトオフ荷重の1割程度で固定させる。変位計を定着具の変位が計測できる位置に取り付ける。
- ②予備載荷を行い、概略のリフトオフ荷重の目安を決める。概略のリフトオフ荷重は、載荷による定着具の変位が確認できた荷重を目安にできる。
- ③本載荷を実施する。試験最大荷重は、予備載荷で確認した概略のリフトオフ荷重の1.1倍とし、設計荷重の1.2倍、テンドンの降伏荷重の0.9倍を超えない荷重とする。
- ④試験時は、荷重の増加に伴うテンドンの伸び量を数10kN程度ごとに連続して計測する。



図XI-2.3.9 リフトオフ試験実施手順

出典：独立行政法人土木研究所・社団法人日本アンカー協会 共編
『グラウンドアンカー維持管理マニュアル』、鹿島出版会

2) 試験結果の整理

①リフトオフ荷重（残存引張り力）

荷重－変位置曲線図（図XI-2.3.10）から、リフトオフ前の直線①の傾きとリフトオフ後の直線②の傾きの交点（勾配変化点）を求め、そのときの荷重をリフトオフ荷重（残存引張り力）とする。

②変位増加による荷重増加比（a）

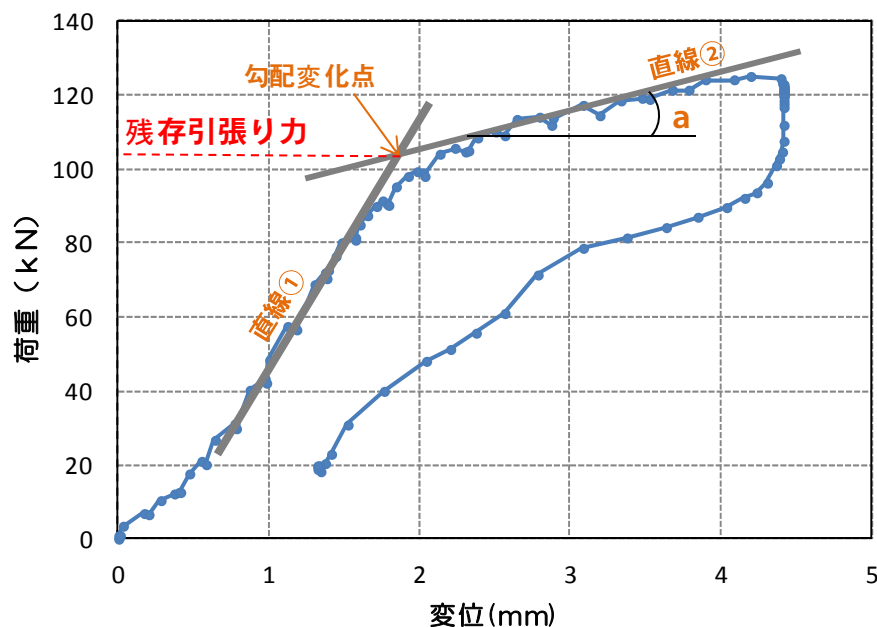
荷重－変位置曲線から、リフトオフ後の直線②の傾きをaとして求める。なお、健全な状態のテンドンでは、理論上の変位増加による荷重増加比（a₀）を、以下により求めることができる。このa₀に対するリフトオフ試験時の傾きaから、アンカーの材料状態を判断する。

$$a_0 = \frac{E_s \cdot A_s}{l_f}$$

l_f：テンダンの引張り長（見かけ自由長）

E_s：テンダンの弾性係数

A_s：テンダンの有効断面積



図XI-2.3.10 リフトオフ試験の結果の整理例（荷重－変位置曲線）

2.3.3 アンカー工詳細調査結果の評価

詳細調査結果の評価は、①維持機能に関する評価と②抑止機能に関する評価に分かれる。維持機能に関する評価は「頭部露出調査」から、抑止機能に関する評価は「リフトオフ試験」から判断する。また、詳細調査結果の評価は、「対策不要」「監視（経過観察）」「対策を検討」の具体的な対応方針に振り分ける。

<維持機能に関する評価>

（１）評価の視点

維持機能に関する評価は、アンカー工の長寿命化を目指し、「頭部露出調査」の結果から劣化・損傷の有無により評価するものとする。

維持機能に関する評価の視点は、①抑止機能に直接影響する異常の有無と②その後の対策の容易さにある。

「抑止機能に直接影響する異常」とは、テンドン及び定着具に対しての錆の発生などが挙げられる。こうした異常は、確実な防錆処理で防ぐことができるものであるが、異常を放置しておくとなかなか重大な危険につながる恐れもある。「その後の対策の容易さ」とは、維持機能の回復が部材の交換や簡単な処理だけで十分できることを指し、アンカー工の場合はアンカー頭部などが複数の部材で組み立てられており、こうした箇所の部分的な交換や補修が、比較的容易にできるところに特徴がある。

なお、間接的に抑止機能に影響する異常として、緊張部材ではない頭部キャップやプレートなどに見られる異常が挙げられる。これらの異常は、程度が小さいものであれば供用期間中大きな問題とならないこともある。また、維持機能に関する異常は、程度が小さい初期段階では部材の交換や錆取りなどその後の処置が比較的容易であり、状態が悪くなる前に処置した方が施設の長寿命化に有効である場合も多い。

（２）評価結果と対応方針

維持機能に関する評価は、個々のアンカーに対して行う。ここに示す評価区分は、維持機能に係る健全度の区分を指し、その後の対応も踏まえて決めたものである。

本手引きでの評価区分は３つとし、評価Ⅰ～Ⅲで判断する。各評価と対応方針は、表 XI-2.3.5 の通りである。なお、評価に応じた対応を適切に行った後は、詳細調査結果と対応について基本情報調査に追記するとともに、再び施設の状態変化を把握するための日常管理に復帰し、定期・臨時の巡視を継続していく。

評価Ⅲ：対策不要（記録を残し日常管理へ復帰）

評価Ⅱ：監視（経過観察）

評価Ⅰ：対策を検討（補修・補強）

監視（経過観察）の場合は、日常管理へ復帰するとともに要観察箇所に留意し、異常の進行性を把握する。維持機能で検討する対策については、補修・補強までとし、増し打ちや更新などの施設更新や代替工法による対策などは、抑止機能を評価した上で改めて検討することとする。

表XI-2.3.5 維持機能に関する評価区分

評価	状態	具体例	対応の目安
Ⅲ	問題がない状態	新設とほぼ同じ状態	対策不要
Ⅱ	軽微な劣化・損傷が認められる状態	頭部キャップやプレートの腐食（全体に錆が表面を覆っていても、深部まで及んでいない）	監視 （経過観察） ※軽微な補修を含む
Ⅰ	抑止機能に直接影響はないが維持機能に影響する劣化・損傷がある状態	頭部キャップの劣化や損傷（損傷により防錆油の漏れが生じている、錆が深部に至り、表面の浮きやはがれ等があるもの）	対策を検討 (補修・補強)
	維持機能の低下で間接的に抑止機能に影響を及ぼす可能性がある状態。	防錆油の漏れや劣化、止水部材の劣化・損傷	
	維持機能の低下で抑止機能の低下を招くリスクがある状態。	テンドン、定着具の腐食や損傷 定着部地盤の損傷	

劣化や損傷の程度により状態を判断するときは、以下を目安とする。

評価Ⅲ：劣化・損傷が認められないか、わずかな点錆程度がある状態をいう。

評価Ⅱ：維持機能を直接低下させてはいないが正常な状態とは異なる場合で、部材の軽微な変形や変質がある状態をいう。腐食の場合は、全面に錆が認められていても、表面だけにとどまっている状態とする。

評価Ⅰ：維持機能の低下に直接つながるものとし、水密性が失われている場合などに相当する。腐食などの場合は、錆が深部に至り板厚膨張が見られたり、肉厚の減少を伴うものとする。

それぞれの評価に対する対応の目安は、個々のアンカーに対する基本的な対応を示している。アンカーの維持機能に関する具体的な対策は、軽微な補修や部材の交換等が主体である。場合によっては詳細調査と同時に行えるものもあり、積極的に対策を講じていくことが望ましい。ただし、評価Ⅰのアンカーがあっても、定着具などの部材の交換は、アンカーの緊張力を解除しないと行えないので、別途準備が必要となる。そのため、調査結果が評価Ⅰとなった場合、調査者はその異常に対する対策案とその数量を示し、追加調査の必要性や詳細調査を行っていないアンカーに対する対応など等も検討した上で、最終的な対策実施の必要性または効果をまとめ施設管理者に報告する。

＜抑止機能に関する評価＞

（１）評価の視点

抑止機能に関する評価の視点は、アンカーの荷重の大きさとその荷重を伝達させる構造の健全性による判断であり、「リフトオフ試験」の結果から判断する。

抑止機能の評価は、①定着時緊張力を基準にその増減から判断するものと、②鋼材の引張り耐力などから判断するものがある。

定着時緊張力が把握されていれば、その初期状態からの変化で現在の荷重の状態を評価することができる。アンカーの緊張力は増減することも多く、詳細な状態の評価は定着時緊張力を基に行う必要がある。ただし、現実的には定着時緊張力が不明な場合も多い。

定着時緊張力を設計アンカー力にほぼ等しく施工した施設では、定着時緊張力が不明な場合でも、設計アンカー力を目安に評価することができる。ただし、地すべり対策のアンカー工では、定着時緊張力を設計アンカー力以下としている場合も多く、このときの評価を上記と同じ方法で一律にできないこともある。このような場合、残存引張り力そのものではなく残存引張り力の面的な不均一さを評価対象にし、個々の残存引張り力の評価と、法面全体としての荷重バランスを踏まえ評価するとよい。

（２）評価結果と対応

抑止機能に関する評価は、個々のアンカーに対して行う。ここに示す評価区分は、抑止機能に係る健全度の区分で、その後の対応も踏まえて示したものである。

本手引きでの評価区分は３つとし、評価Ⅰ～Ⅲで判断する。各評価と対応方針は、次の通りである。

評価Ⅲ：対策不要（記録を残し日常管理へ復帰）

評価Ⅱ：監視（経過観察）

評価Ⅰ：対策を検討（更新を含む）

ここで、抑止機能に対応した対策は、残存引張り力の調整が主体であり、抑止機能を低下させた要因の除去を検討する場合もあるが、通常は困難なことが多い。

監視（経過観察）の場合は、日常管理へ復帰するとともに要観察箇所に留意し、異常の進行性を把握する。残存引張り力の変化を把握するためには、一定期間において再度リフトオフ試験を行う方法や、アンカー頭部に荷重計を設置する方法もある。

表XI-2.3.6 抑止機能に関する評価区分

評価	状態	対応の目安
Ⅲ	健全	対策不要
Ⅱ（＋） Ⅱ（－）	機能低下の傾向がある	監視（経過観察） ※モニタリングを含む
Ⅰ（＋） Ⅰ（－）	破断の恐れあり 危険な状態になる恐れあり 機能が大きく低下している 機能していない	対策を検討 (更新を含む)

※評価にある（＋）（－）は、評価Ⅲの状態を基準にした残存引張り力の増減を示す。（＋）（－）の目安は表XI-2.3.7を参照されたい。

抑止機能の評価は、残存引張り力の大きさにより定量的に評価する。それぞれの評価における視点は、以下のとおりである。

評価Ⅲ：残存引張り力が定着時緊張力とほぼ等しく、所定の緊張力が得られていると判断する。また、現状の残存引張り力は、テンドンの引張り耐力に対して安全である。

評価Ⅱ：何らかの要因で、定着時緊張力が保持されず変化している。評価Ⅱ（＋）となる荷重の増加要因には、地盤の凍上などのように荷重が回帰性を示すものから、地すべり活動のように荷重が累積するものもある。一方、評価Ⅱ（－）となる荷重の低下は、テンドンや地盤の劣化が影響していることが多く、通常は荷重が自然に回復することはない。また、荷重の低下がどこで収束するか不明で、本来のアンカー工としての機能が発揮できなくなる恐れもある。このため、荷重の変化要因が明らかでない段階で、短期的に施設の評価を行うことはできない。現状での施設の機能はある程度維持していても、今後の荷重の変化に注意を要するため、評価Ⅱではモニタリングを含む経過観察を行い、将来的な施設の安全性や地すべり安定性を踏まえて対応を検討する。

評価Ⅰ（＋）：残存引張り力が許容値を超えて増加しており、テンドンの破断の恐れがある。また、地すべりや想定外の外力による影響が考えられるため、荷重の増加要因についても検討を行う必要がある。

評価Ⅰ（－）：残存引張り力が大きく低下し、アンカー本来の抑止機能が発揮されていない恐れがあり、場合によっては地すべりの安定性に影響がある。また、荷重の低下要因がテンドンや地盤の劣化である場合も考えられる。

評価Ⅰ（＋）で「対策を検討」となった場合は、荷重を設計アンカー力以下にしなければならないが、残存引張り力が既に降伏荷重付近に達していると、荷重調整の際にテンドンが破断する可能性もある。このため荷重調整による対策ができないことも多い。

また、残存引張り力の増加には、地すべり活動が関係していることが多いため、最終的な対応は地すべりの安定性も踏まえて検討しなければならない。

一方、評価Ⅰ（－）で残存引張り力が減少傾向にある場合もリフトオフ試験のみでその原因を特定することはできず、具体的な対応が決められないこともある。

このため、評価Ⅰのアンカーがある場合、調査者は追加調査の必要性を検討し、調査が必要な場合は、調査方法や調査数量について施設管理者に示すものとし、調査が不要と判断されるときは具体的な対応方針を提案する。

なお、地すべりの安定性は複数のアンカーによって保持されているため、局所的な異常が直接地すべりの不安定化に直結しないことも多い。対策の必要性については、施設の規模や保全対象、また異常の分布等に地すべりの安定性も加味して総合的に判断する。

評価Ⅱ「経過観察」となった場合、経過観察の方法には一定期間後に再度リフトオフ試験を実施する方法や後付け荷重計を設置して残存引張り力を計測する方法がある。後付け荷重計を設置して残存引張り力を計測する場合、アンカーの緊張力を解除しなければならないが、特殊な治具を用いて荷重計を設置することになるが、アンカーの状態によっては取り付け困難なこともあるため、設置条件を整理して対応を決める。

また、補修・補強の対策工行った後は、詳細調査結果と対応について基本情報調査に追記するとともに、施設の状態変化を把握するため、再び日常管理に復帰する。

1) 荷重の大きさによる評価

リフトオフ試験やモニタリング試験から得られる残存引張り力を評価指標に、抑止機能を評価する目安を表XI-2.3.7に示す。なお、残存引張り力は増減するものであるため、荷重が増加傾向にある時は(+)、減少傾向にある時は(-)を評価に付す。

表XI-2.3.7 残存引張り力と抑止機能評価の目安

残存引張り力の範囲	評価	状態
$0.9T_{ys}^{※}$	I(+)	破断の恐れあり
$1.1T_a$	I(+)	危険な状態になる恐れあり
許容アンカー力(T_a)	I(+)	許容値を超えている
設計アンカー力(T_d)	II(+)	機能の低下傾向がある
定着時緊張荷重(P_t)	III	健全
$0.8P_t$	III	健全
$0.5P_t$	II(-)	機能の低下傾向がある
$0.1P_t$	I(-)	機能が大きく低下している
$0.1P_t$	I(-)	機能していない

(上記の表は、独立行政法人土木研究所・社団法人日本アンカー協会 共編『グラウンドアンカー維持管理マニュアル』、鹿島出版会(2008)を参考に作成した。)

※リフトオフ試験の試験最大荷重は設計アンカー力の1.2倍を超えないように設定することが多いが、アンカーが過緊張状態にある場合、設計アンカー力の1.2倍($1.2T_a$)を超えてテンドンの降伏荷重付近($0.9T_{ys}$)まで載荷することで、アンカーの状態をより詳細に把握できる場合がある。その場合、十分に考慮した載荷計画により実施し、試験時にアンカーに問題等が確認された場合は、直ちに試験を中止する等の配慮が必要である。

- テンドンの降伏引張り力 (T_{ys})

テンドンの降伏点から求められる荷重に相当するもの

- 許容アンカー力 (T_a)

テンドンの許容引張り力、許容拘束力及びアンカーの許容引抜き力のうち最も小さい荷重を指す

「テンドンの許容引張り力」：引張り力に対してテンドンが降伏しないように定めた許容値

「テンドンの許容拘束力」：引張り力に対してテンドンとアンカー体のグラウト間に生じる付着力などが安全に作用できる範囲として定めた許容値

「アンカーの許容引抜き力」：引張り力に対してアンカー体と地盤との間に生じる付着力などが安全に作用できる範囲として定めた許容値

- 設計アンカー力 (T_d)

設計に用いる引張り力で、必要な地すべりの抑止力等から求められる

- 定着時緊張力 (P_t)

緊張・定着作業が終了したときにテンドンに作用させた緊張力をいう

なお、定着時緊張力が不明な場合は、その値が設計アンカー力に等しいと仮定し、表 XI-2.3.7 を目安にして判断する。ただし、地すべり対策のためのアンカー工は、定着時緊張力が設計アンカー力に比べ低く設定されることも多く、そのまま適用すると評価が下がることが考えられる。この場合は、リフトオフ試験をできる限り法面全体で実施し、周辺のデータとも比較して施設の状態を判断するとよい。

また、アンカー工の荷重に関する設計・施工情報が得られない場合は、現地で確認できるテンドンの種類から、その降伏引張り力を参考に評価を行う。表XI-2.3.8に参考の目安を示す。

なお、表XI-2.3.8は、テンドンの耐荷性のみから評価するものであり、許容アンカー力や設計アンカー力などは考慮されていない。これらは、テンドンの耐荷性以外にアンカー体と地盤の付着力なども考慮して決定されている。したがって、地盤の劣化が生じる場合やアンカー体と地盤の付着力などが極端に小さい場合は適用に留意する。また、このような場合は複数回リフトオフ試験を行うなどして、残存引張り力の経時的変化に着目するとよい。

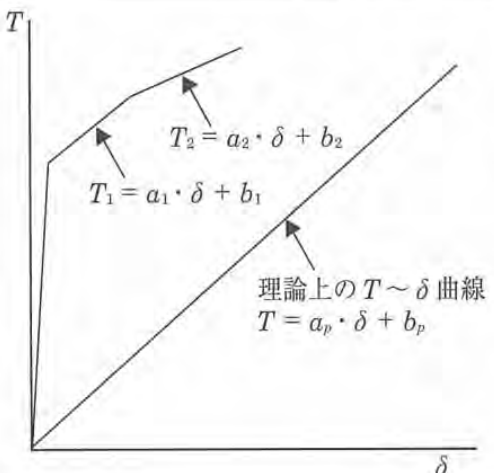
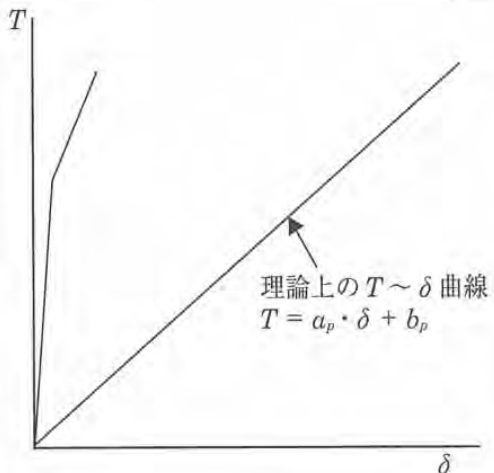
表XI-2.3.8 残存引張り力と抑止機能評価の目安（定着時緊張力が不明な場合）

残存引張り力の範囲	評価	状態
$0.9T_{ys}$ $0.7T_{ys}$ $0.3T_{ys}$ $0.1T_{ys}$	I(＋)	破断の恐れあり
	I(＋)	許容値を超えている可能性あり
	Ⅲ	ある程度の抑止機能は保持されている
	Ⅱ(－)	抑止機能の低下の可能性あり
	I(－)	機能していない

2) リフトオフ試験の荷重－変位量曲線による直線勾配 a による評価

リフトオフ試験で得られる荷重－変位量曲線から、リフトオフ後の直線勾配を a とした場合、この直線の傾きから、アンカーの異常を判断する（表XI-2.3.9）。

表XI-2.3.9 リフトオフ試験結果の評価

タイプ	荷重 T ～ 変位量 δ 特性分類	
リフトオフが明瞭な場合	 理論上の $T \sim \delta$ 曲線 $T = a_p \cdot \delta + b_p$	$\frac{E_s \cdot A_s}{1.1 \cdot l_f} \leq a \leq \frac{E_s \cdot A_s}{0.8 \cdot l_f} : \text{正常}$ （ただし、設計値どおりの傾きとならない場合も考えられる） ・リフトオフ後の傾きが急激に変化する場合（図中の a_1, a_2）や、荷重が下がっていくアンカーなどは、注意が必要。
リフトオフしないもしくは不明瞭な場合	 理論上の $T \sim \delta$ 曲線 $T = a_p \cdot \delta + b_p$	・アンカー軸線と台座の偏芯や地山の滑動などにより、テンドンがアンカー孔壁や構造物と接触して折れ曲がったような状態や、自由長部シース内にグラウトが浸入したなどの理由により、自由長部が拘束された場合。 ・オーバーロードになっている場合。

出典：独立行政法人土木研究所・社団法人日本アンカー協会 共編
『グラウンドアンカー維持管理マニュアル』、鹿島出版会(2008)

リフトオフ後の直線勾配は、テンドンの弾性係数に依存し、設計上のアンカーの伸び率の範囲と比較することで、テンドンの評価をする。

$$\frac{E_s \cdot A_s}{1.1 \cdot l_f} \leq a \leq \frac{E_s \cdot A_s}{0.8 \cdot l_f} : \text{正常}$$

ただし、 a ：リフトオフ後の直線勾配（アンカー見かけ自由長の伸び率）

E_s ：テンドンの弾性係数

A_s ：テンドンの断面積

l_f ：アンカー自由長

a の値が理論値から外れ低下していく場合は、基盤とアンカー体の付着の破断や、テンドンに何らかの劣化が生じていることが想定される。

引用文献・参考文献

【引用文献】

- ・農林水産省農村振興局、社団法人農業土木学会 「土地改良事業計画設計基準 計画「農地地すべり防止対策」基準書、技術書」 2004 年 6 月
- ・食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会技術小委員会 「農業水利施設の機能保全の手引き」 2015 年 3 月
- ・国土交通省砂防部保全課 「砂防関係施設点検要領(案)」 2014 年 9 月
- ・北海道建設部土木局砂防災害課 「北海道砂防技術指針 (案)(技術基準編)」 2011 年 4 月改訂
- ・のり面診断・補修補強研究会 「吹付のり面診断・補修・補強の手引き」 2015 年 9 月
- ・独立行政法人土木研究所、社団法人日本アンカー協会 「グラウンドアンカー維持管理マニュアル」 2008 年 7 月
- ・酒井俊典,他(2013)「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」,地盤工学会中部支部シンポジウム
- ・豊住健司(2009)「奈良名張線における既設アンカーの老朽化調査と維持管理について」,国土交通省国土技術研究会
- ・弘和産業株式会社:「グラウンドアンカー維持管理技術」カタログ
- ・末吉達郎(2010)「既設アンカーの補修・補強事例」,基礎工 vo138,No9, pp61-64
- ・「グラウンドアンカーのり面の維持管理調査事例について」,全地連「技術フォーラム 2014」
- ・畠山徹・他(2007)「貯水池法面における既設 PC アンカーの補修について」,東北地方整備局技術研究発表会 、国土交通省ホームページ
(www.mlit.go.jp/chosahokoku/h21giken/program/kadai/pdf/ippan/ippan2-04.pdf)
- ・熊田 泰幸 「グラウンドアンカー工法を活用した砂防堰堤の補強工事について」
関東地方整備局ホームページ (www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000105744.pdf)

【参考文献】

- ・農林水産省農村振興局企画部資源課「水抜きボーリングの目詰まり原因とその対策～農村地域地すべり対策施設機能維持検討調査の概要～」平成20年3月
- ・奥山武彦・黒田清一郎「地すべり対策集水ボーリング末端における閉塞の要因と対策」農工研技報 209 p.1 ～ 6 , 2009年
- ・国土交通省砂防部保全課「砂防関係施設点検要領(案)」2014年9月
- ・會田 和広「砂防施設の劣化診断と維持管理のあり方について」
- ・清水武志、泉山寛明、藤村直樹、瀬戸秀治、石塚忠範、青池邦夫、稲崎富士、「地中レーダー探査を適用した土石流による砂防堰堤の損傷に伴うひび割れ分布調査」, 第64回 平成27年度砂防学会研究発表会概要集
- ・公益社団法人日本道路協会「道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」平成21年6月
- ・公益社団法人日本道路協会「道路土工 切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」平成21年6月
- ・社団法人 地すべり対策技術協会 , 「地すべり鋼管杭設計要領」, 2003年
- ・太田資郎、野口恒久、酒井幸雄、石田雅博、秋田直樹 , 「橋梁基礎構造の調査に関する研究(その 3)—ボアホールレーダーを用いた橋梁基礎構造の調査方法の開発—」, 土木学会第54回年次学術講演会(平成11年9月)
- ・鈴木一彦、入手麻美, 「磁気探査を用いた既設橋台基礎杭の配列調査」, 既設構造物の耐震補強に関するシンポジウム 論文集
- ・独立行政法人土木研究所、社団法人日本アンカー協会「グラウンドアンカー維持管理マニュアル」2008年7月