

3.6 詳細調査（定量的な測定等）

3.6.1 目的

詳細調査は、概査によって「詳細調査を検討」となったアンカー工に対して、①アンカー工の機能（抑止機能、維持機能等）の診断、②異常が発現した要因の分析を行うために実施し、概査において異常が確認されたアンカー工の健全性を評価し、対策の必要性を判断するものである。

詳細調査の結果は、アンカー工の維持管理方針に反映され、場合によっては対策工の設計条件にも利用される場合があるため、目的を明確にして必要な調査方法を選択する必要がある。

これらの調査は、専門技術者が行うこととし、調査結果をもとに今後の対応方針を総合的に検討する。なお、詳細調査の実施については、概査結果の評価で示された優先度も考慮して決める。

3.6.2 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態、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（表 3-39）。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 3-39 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¹。

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 3-26 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 3-27 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ドンの降伏荷重に近くなっているような（過緊張）場合は、載荷によりテンドンが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。

1 例えば「グラウンドアンカー維持管理マニュアル」（土木研究所・日本アンカー協会共編，2008）など

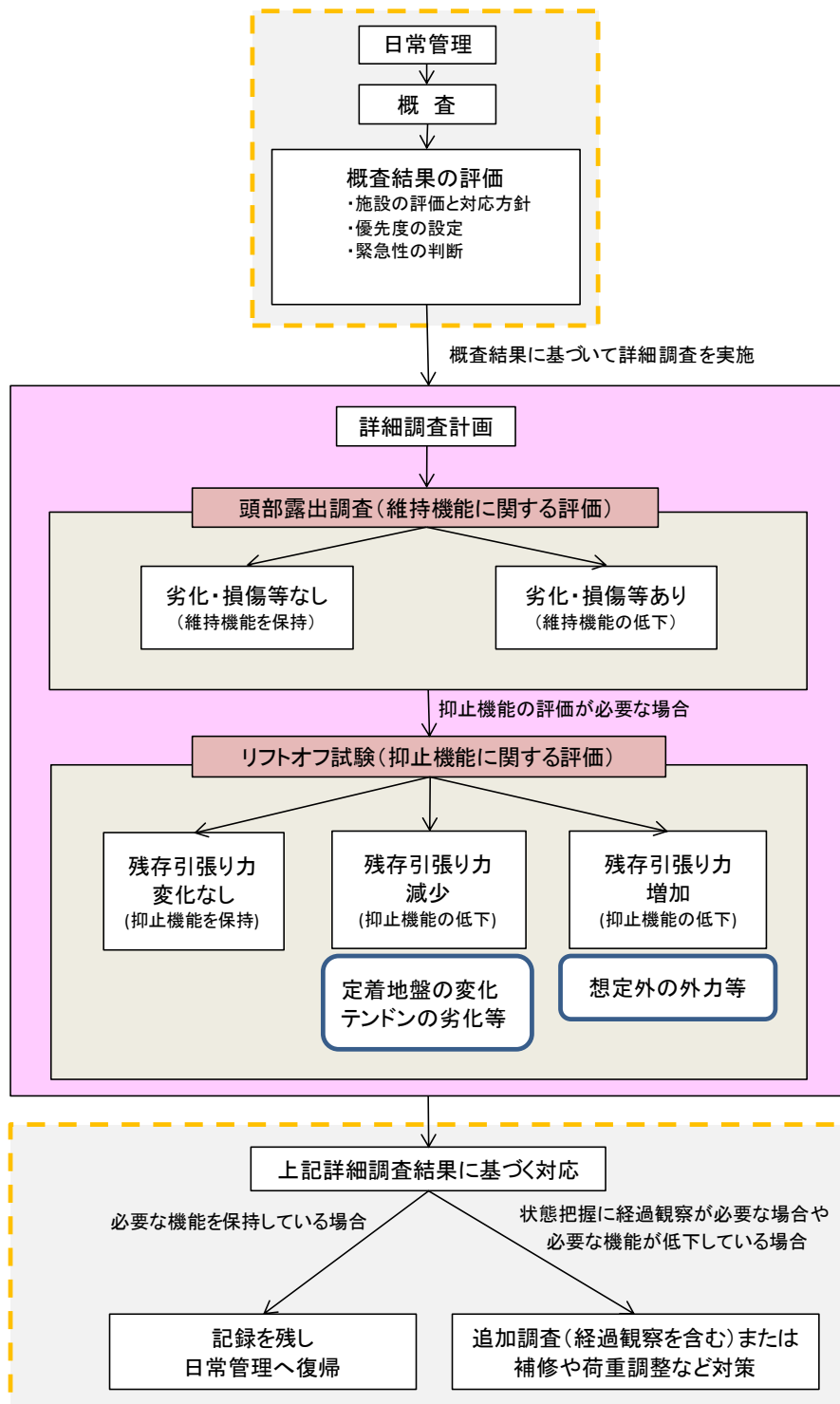


図 3-26 詳細調査の選定フローの例

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 3-27 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 3-40 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、異常の要因が及び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 3-40 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*。

*グラウンドアンカー維持管理マニュアル（土木研究所・日本アンカー協会共編，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求められるため、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 3-41 に示す。

表 3-41 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

3.6.3 調査方法

(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 3-28)。



図 3-28 防錆油除去の状況

頭部コンクリートの場合は、それをはつっ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。復旧方法は、原則として頭部キャップで行うものとする(図 3-29)。



①頭部コンクリート
この状態で容易に頭部露出をすることは不可能。



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 3-29 頭部コンクリートの場合の頭部処理
(土木研究所・日本アンカー協会共編, 2008)

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 3-30 に示す。

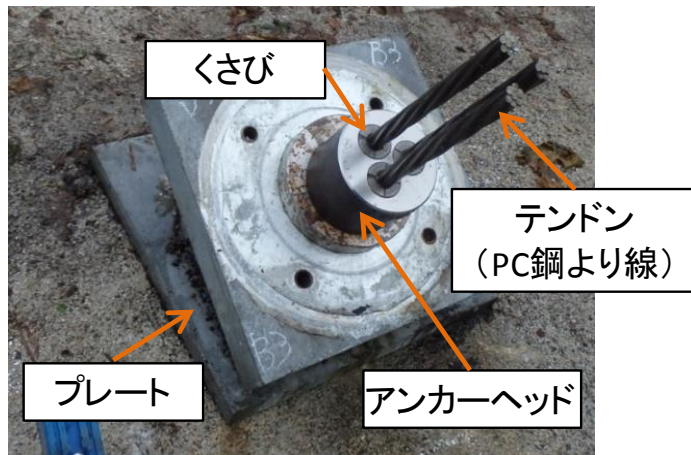


図 3-30 頭部露出したアンカーの例

(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 3-31 に示す油圧ジャッキ等が使用される。最近は、図 3-32 のような小型軽量ジャッキも普及し始めている。

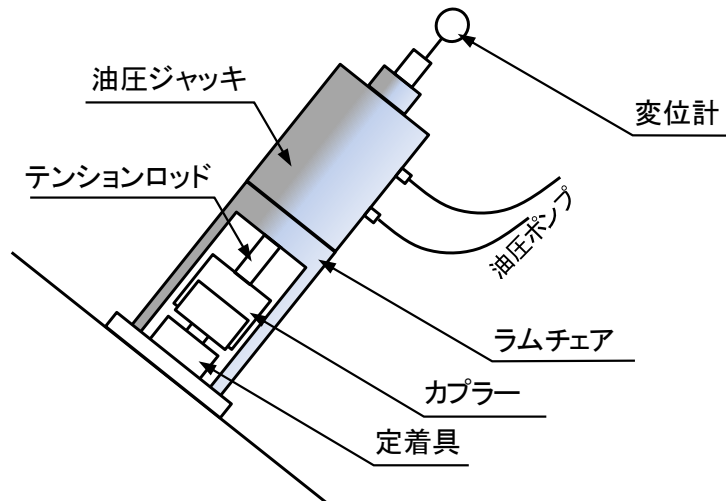


図 3-31 リフトオフ試験装置の例



図 3-32 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 3-33）。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 3-33 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 3-42 に示す事象等が知られている。

表 3-42 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 3-34 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。

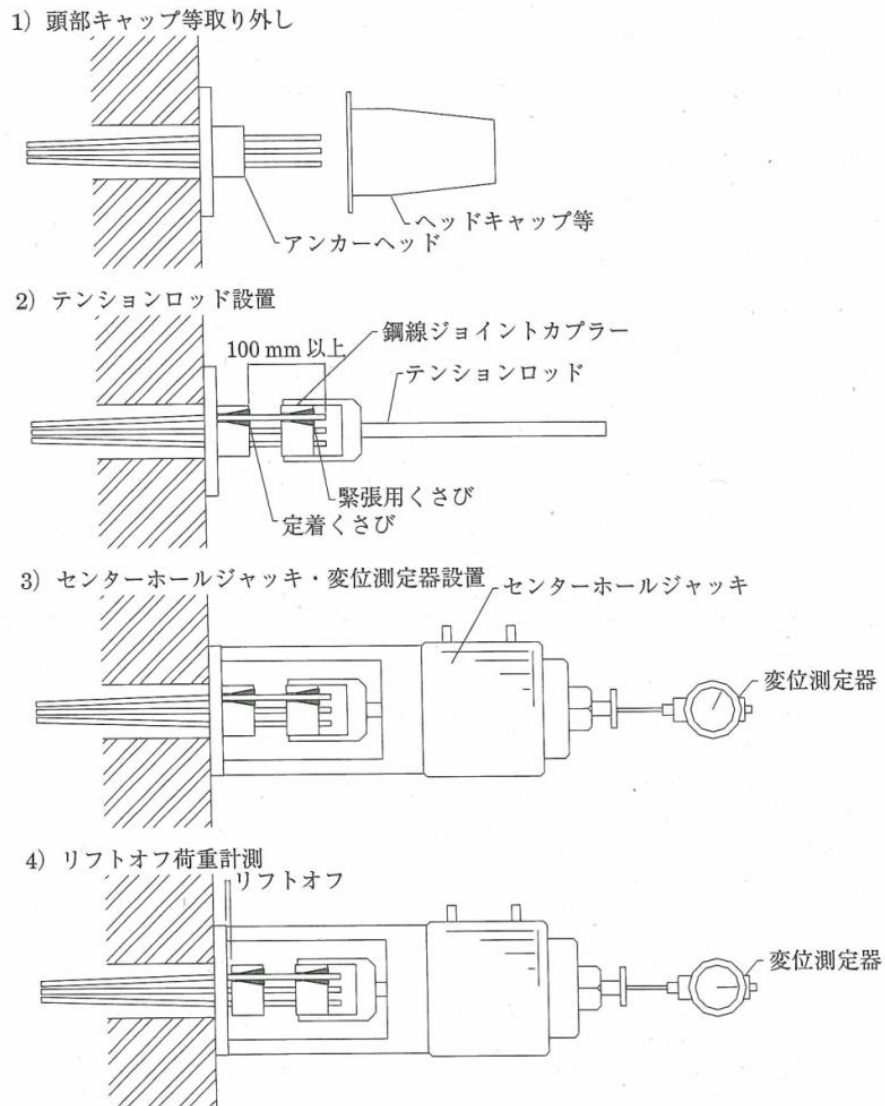


図 3-34 リフトオフ試験実施手順
(土木研究所・日本アンカー協会共編, 2008)

2) 試験結果の整理

①リフトオフ荷重（残存引張り力）

荷重－変位量曲線図（図 3-35）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－変位量曲線から、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 tendon では、理論上の変位増加による荷重増加比（ a_0 ）を、以下により求めることができる。この a_0 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 : テンドンの引張り長 (見かけ自由長)

E_s : テンドンの弾性係数

A_s : テンドンの有効断面積

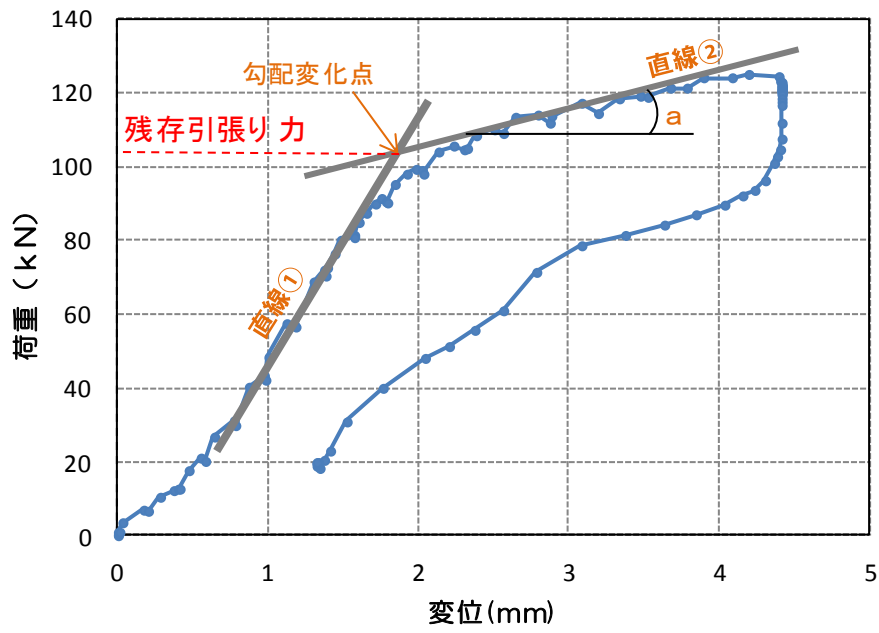


図 3-35 リフトオフ試験の結果の整理例 (荷重—変位置曲線)

3.7 詳細調査結果の評価

本手引きでは、詳細調査結果の評価を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け、維持機能に関する評価は「頭部露出調査」、抑止機能に関する評価は「リフトオフ試験」、それぞれの結果から行う。

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。

3.7.1 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は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 3-43 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 3-43 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。	tendon、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。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応案を示し、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て管理者に報告する。

3.7.2 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視点を置き、「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設計アンカー力や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あり、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、定着時緊張力の詳細が不明な場合でも、設計アンカー力を目安に評価することができる。ただし、定着時緊張力を設計アンカー力以下としている場合もあり、そのような場合、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、表 3-44 の通りである。

表 3-44 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 (+)	健全性に懸念がある	監視（経過観察）
Ⅱ (-)		
Ⅰ (+)	破断の恐れあり 危険な状態になる恐れあり	対策を検討 (更新を含む)
Ⅰ (-)	機能が大きく低下している 機能していない	

※評価Ⅰ及びⅡに付した (+) (-) 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

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となる。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、要因の除去が困難で施設が抑止機能を保持できない場合は、新たなアンカー工の設置や他の地すべり防止対策等の検討を行う。

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、一定期間を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。

なお、補修・補強、更新等の対策を行った後は、詳細調査結果と対応について基本情報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。

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行う。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。例えば、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。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、経過観察を行って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回復しない場合、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調整することを検討する。ただし、残存引張り力が降伏荷重付近に達している場合（表 3-45 の $0.9T_{ys}$ を超える残存引張り力）には、荷重調整が困難な場合がある。また、過緊張のアンカーは、テンドンが破断する可能性があるため、飛び出し防止対策等を検討する。残存引張り力の増加には、地すべり活動が関係している場合があり、その場合の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、最終的な対応を検討するにあたってリフトオフ試験のみでその原因が特定できない場合がある。そのような場合、保全対象との位置関係や緊急性等もあわせて考慮し、追加の詳細調査の必要性を検討する。

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管理者に示す。また、追加調査は不要と判断される場合も、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ある。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Ⅰのアンカーが確認された場合等に残存引張り力のモニタリングを行う際、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する方法がある。なお、後付け荷重計は、以前はアンカーの緊張力の解除が必要となったが、最近では緊張力を維持したまま簡便に設置する手法が開発されている。

1) 荷重の大きさによる評価

リフトオフ試験や荷重計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 3-45 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 3-45 残存引張り力と抑止機能評価の目安¹

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

※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 ($0.9T_{ys}$) まで载荷することで、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、十分に考慮した载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。

¹ 「グラウンドアンカー維持管理マニュアル（土木研究所・日本アンカー協会共編，2008）」を参考にした

- 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 3-45 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あり、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推定する降伏引張り力を参考に評価を行う。表 3-46 に参考の目安を示す。

なお、表 3-46 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が難しい。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。

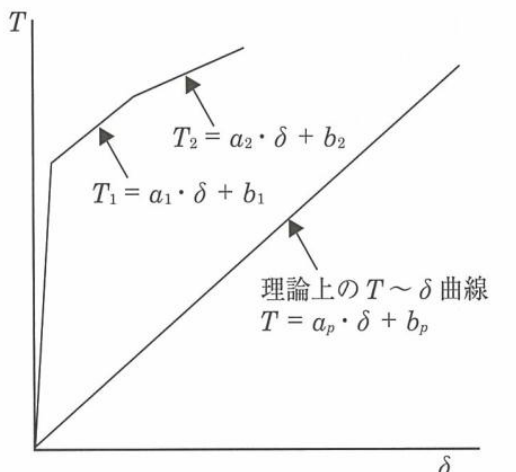
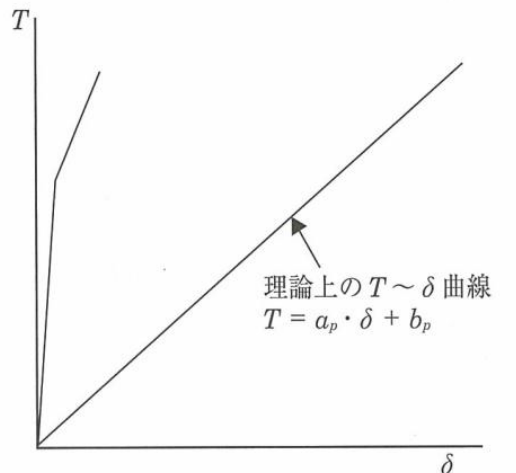
表 3-46 残存引張り力と抑止機能評価の目安（定着時緊張力が不明な場合）

残存引張り力の範囲	評価	状態
$0.9T_{ys}$	I(+)	破断の恐れあり
	I(+)	許容値を超えている可能性あり
$0.7T_{ys}$	Ⅲ	ある程度の抑止機能は保持されている
$0.3T_{ys}$	Ⅱ(-)	抑止機能の低下の可能性あり
$0.1T_{ys}$	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 3-47)。

表 3-47 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		<p>・ $\frac{E_s \cdot A_s}{1.1 \cdot l_f} \leq a \leq \frac{E_s \cdot A_s}{0.8 \cdot l_f}$: 正常</p> <p>(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)</p> <p>・ 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。</p>
リフトオフしないもしくは不明瞭な場合		<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。</p> <p>・ オーバーロードになっている場合。</p>

(土木研究所・日本アンカー協会共編, 2008)

リフトオフ後の直線勾配は、テンダ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、テンダンの評価をする。

$$\frac{E_s \cdot A_s}{1.1 \cdot l_f} \leq a \leq \frac{E_s \cdot A_s}{0.8 \cdot l_f}$$
$$= \frac{a_0}{1.1} \leq a \leq \frac{a_0}{0.8} : \text{正常}$$

ただし、 a ：実測した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）
 a_0 ：理論上のリフトオフ後の直線勾配（p.74-75 に説明あり）
 E_s ：テンダンの弾性係数
 A_s ：テンダンの断面積
 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、基盤とアンカー一体の付着の破断や、テンダ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】

- ・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
- ・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

【参考文献】

- ・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」 2007年3月
- ・農林水産省農村振興局農村環境課「地すべり防止施設の機能保全の手引き～抑制工編～」
2013年6月
- ・公益社団法人地盤工学会 「グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説」 2012年6月
- ・一般社団法人日本アンカー協会 「平成26年度版グラウンドアンカー技術ガイドブック」
2014年4月
- ・一般社団法人日本アンカー協会 「平成26年度版グラウンドアンカー積算ガイドブック」
2014年4月
- ・酒井俊典 著・編 「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(案)」
2010年3月