

◆ 報 文 ◆

グラウンドアンカーの健全性診断・補修技術

宮武裕昭* 大下武志** 小野寺誠一***

1. はじめに

グラウンドアンカー（以下、「アンカー」という。）は、我が国に導入されて以来50年近く経過している。導入初期には、施工技術や防食技術が開発途上であり、初期に施工され、その後長期間を経過したアンカーの中には、アンカーが機能を失ったためにのり面に変状が生じたり、アンカーの部材が腐食等によって破断してアンカー頭部が飛び出したりするなどの問題も見られる。

こうしたアンカーの健全性診断の手法や健全性診断を行った結果として行われる補修・補強技術は様々なものが考案されているが、未だ体系的に整理されておらず、アンカーの点検から、健全性診断、補修に至る維持管理のしくみづくりが必要である。土木研究所は、2002年から（社）日本アンカー協会の協力を得てアンカーの健全性診断と補修技術に関する研究をスタートし、2005年度には共同研究を実施した。本稿では、共同研究の成果となるグラウンドアンカーの健全性診断・補修技術について報告する。

2. 研究の背景

2.1 既設アンカーの実態

1977年に土質工学会（現・地盤工学会）がグラウンドアンカーに関する学会基準となる「アースアンカー設計施工基準」を制定したが、1988年に「グラウンドアンカー設計・施工基準」¹⁾として改訂された際、アンカーの腐食対策が強化され、永久アンカーについては、二重の防食を施すことが原則となった。この改訂を受けてアンカー各工法における防食・信頼性向上のための技術開発が急速に進んだ。一方で、改訂以前の基準に基づいて設計施工されたアンカー（以下、「旧タイプアンカー」という。）については、部材の防食が十分ではない可能性が特に高いと考えられる。旧タイプアンカーの総数は、全ての工事のデータが揃っ

ていないため明らかではないが、道路工事が最も多く、（社）日本アンカー協会の調査によると、その施工件数は約14,000本にのぼると考えられる。

調査の実施に当たっては、まず既設のアンカーの実態を把握するため、施工から長期間が経過したアンカーの実現場における現状調査を行ない、既設アンカーに発生する主な変状・損傷を把握・整理した。

2.2 アンカーの損傷・変状

現場において観察される主な変状・損傷を以下に示す。

①アンカー頭部の浮き上がり

テンドンの破断やアンカー体の引き抜け等によるアンカーの飛び出しや受圧構造物の沈み込みが原因と考えられる。

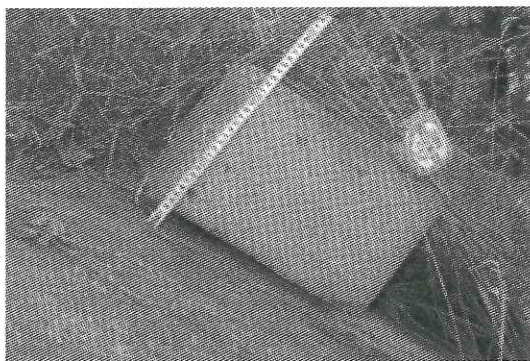


写真-1 頭部コンクリート浮き上がり

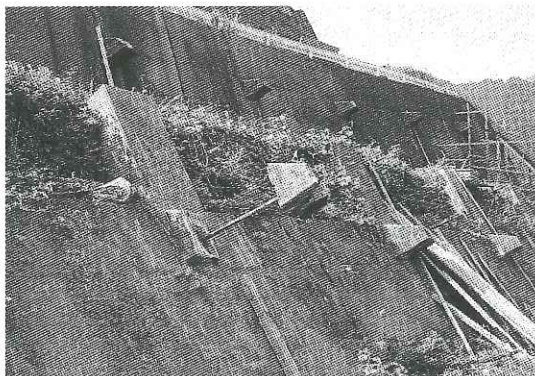


写真-2 頭部コンクリートの突出

②アンカー頭部の突出

緊張力が作用したテンダンの腐食や過度の引張り力によりアンカーが急激に破断したためにアンカー頭部が飛び出す。

③アンカー頭部の劣化・破損

頭部コンクリートの劣化、落石や機械の接触などの外力の作用が原因と考えられる。

④アンカー頭部の落下

外力の作用やテンダンの破断、コンクリートの劣化等により頭部のコンクリートが落下する。

⑤アンカー頭部からの遊離石灰の流出

アンカーが湧水等にさらされ、腐食環境下にある可能性が高い。

⑥アンカー頭部からの防錆油の流出

防錆油の漏出によりアンカー頭部が水や空気などの異物に接触し、腐食環境下にある可能性がある。

⑦頭部背面のテンダンの腐食

頭部背面は、構造上、アンカーとは不連続となるため、防食が不十分な場合に鋼材が腐食しやすい部位である。

⑧反力構造物の劣化・変状

反力のり枠等の劣化や変状が生じている場合、のり面全体の機能低下を起こす場合がある。

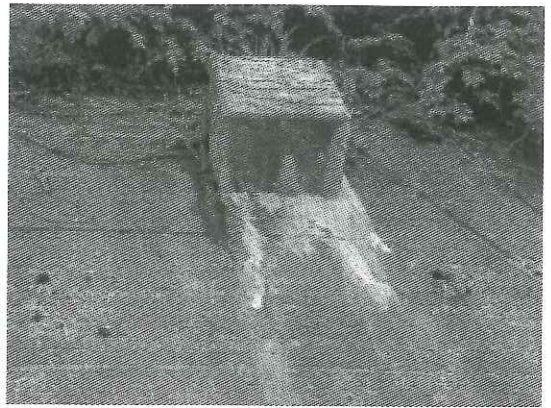


写真-3 遊離石灰の流出痕跡



写真-4 防錆油の流出した痕跡

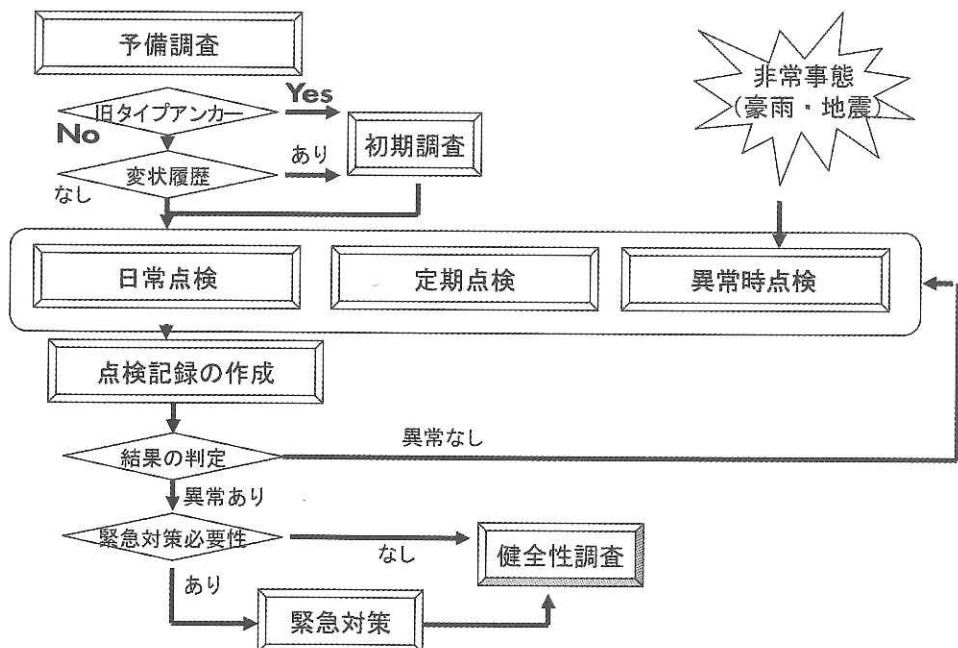


図-1 点検から健全性調査への流れ

3. アンカーの維持管理手法の提案

アンカーの健全性診断および維持管理に関わる技術は様々なものが開発され、導入されているが、アンカーの具体的な変状に対してどのような技術を適用するべきか、日常の構造物等の点検作業の中でどのように実施するべきか、変状等が検出された場合に健全性をどのように判定するべきかといった点が十分に整理されていない。そこでアンカーの維持管理を点検、健全性調査、補修・補強の三段階に分けて体系化し、既存の技術をどのように用いるかを整理したアンカーの維持管理手法を提案した。以下にその概要を示す。

3.1 アンカーの点検

アンカーの点検は、日常の施設の維持管理の中で行われる定期的な点検と豪雨や地震などの非常事態の発生後に行われる異常時点検からなる。これらの点検によってアンカーの健全性に疑問が生じた場合は、個別のアンカーに対して健全性調査を実施することになる。点検から健全性調査に至るフローを図-1に示す。

3.1.1 予備調査

アンカーの点検に先立って、施工時の資料や周辺の地質条件などの状況の把握を行う。予備調査は、原則として文献資料の収集によって行う。前述の通り、旧タイプアンカーについては、部材の防食が十分ではない可能性があるため、対象となるアンカーが新旧いずれの基準に基づいて設計施工されているかは特に留意する必要がある。また、過去にアンカーやのり面に変状の履歴がある場合も留意が必要となる。予備調査においてこれらの留意すべき点が見つかった場合は、アンカーおよびのり面の現状把握を目的とした初期調査を行うこととする。

3.1.2 初期調査

初期調査では、アンカーおよび構造物・のり面の諸元、アンカー、頭部及び受圧板の状態等について調査を実施する。例えば、アンカーの設計・施工年、工法名から判定したり、現地調査において頭部キャップの有無やその形状から防食処理の適否を判定したりする。初期調査は、既設のアンカーについて、資料が適切に記録・保存されていないことを補うために実施するものであるから、その結果は調査台帳に記録・保存し、点検において利用することとする。また、初期調査の結果、健全性に問題がある可能性が大きいと判断される

場合には、健全性調査を実施し、健全性評価を行う。

3.1.3 点検

点検には、日常点検、定期点検および異常時点検がある。

日常点検は原則として目視により、アンカーおよびアンカー頭部、受圧構造物の状態について異常の有無を確認する。日常点検は、施設管理者により通常の巡回点検の中で実施される。例えば一般国道の場合は日常点検は車中からの点検となるため、半年から一年に一回実施する定期点検の項目と組み合わせて行うよう考慮するとよい。

定期点検は、目視を原則とするが、必要に応じて打音検査や寸法計測などの車中からではなく、アンカーに近づく近接調査も実施するとよい。目視は全数調査を原則とするが、近接調査は全アンカー数の10%かつ3本以上を目安とした抽出調査としてもよい。この場合、調査対象アンカーが重ならないように抽出し、複数回の定期調査でのり面全体の状態が把握できるようにするとよい。

異常時点検は、豪雨や地震等の異常事態の発生直後に行う他、一般からの通報などでも行う場合がある。異常時点検は、迅速に安全性を確認することが重要であるため、全数を目視で行うことを基本とする。ただし、日常点検等で軽微な変状が認められているアンカー等については優先的に詳細な調査を行うなどの留意が必要である。

いずれの点検についても、健全性に問題がある可能性が大きいと判断されるような異常が発見された場合は、健全性調査を実施するものとし、また点検結果については調査台帳に記録・保存するものとする。

3.2 アンカーの健全性調査

アンカーの点検によって健全性に問題がある可能性が大きいと判断されるような異常が発見された場合は、アンカーの健全性調査を実施し、健全性を判定する。アンカーの異常は、個々のアンカーの部材の性能不良によるものだけでなく、設計・施工法や湧水などののり面の環境などによる可能性もあるので、健全性調査は、点検によって異常が発見されたアンカーに対してのみ行うのではなく、その周辺のアンカーに対しても一定の割合で抽出調査することとする。健全性調査は、近接点検による他、機器を設置しての大きかりな調査を行う場合もある。主要な健全性調査の方法について、以下に述べる。

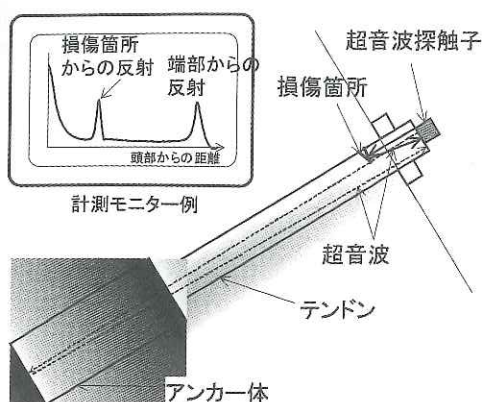


図-2 超音波探傷のしくみ

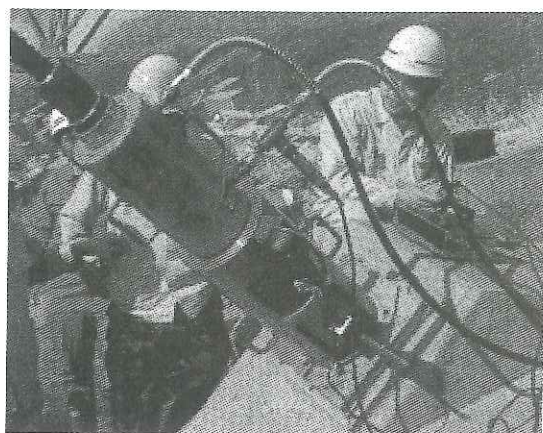


写真-5 リフトオフ試験

3.2.1 アンカー頭部詳細調査

アンカー頭部詳細調査は、目視や打音による概略調査の他、引張り材や定着具の腐食状態、背面からの湧水状態、テンドンの余長、防錆油の充填・変質状態などの確認を行う。

3.2.2 超音波探傷試験

超音波探傷は、超音波を引張り材に発振し、その反射から損傷状態を探傷する試験で、後述するリフトオフ試験や維持性能管理試験、再緊張などの実施前に安全性を評価するための予備調査として用いられる。

3.2.3 リフトオフ試験

リフトオフ試験は、残存引張り力を測定するために行う試験で、荷重～変位特性からアンカーの見かけの自由長やアンカーの異常の有無を確認する目安となるほか、頭部背面調査、維持管理確認試験や再緊張の実施の適否を判定する資料ともなるため健全性調査の対象となったアンカーについては、実施することが望ましい。

3.2.4 頭部背面調査

緊張力を解除して頭部金具を外すことが可能なアンカーについて、引張り材の腐食状況、背面の防錆材の充填状況および変質の有無、防食構造の状況や地下水の浸入状況などを調査する。

3.2.5 維持性能確認試験

緊張力を解除したアンカーについて、荷重～変位特性からアンカー体の定着力やテンドンの引張り強度、テンドンの見かけの自由長などを確認し、健全性評価の資料とする。

3.2.6 防錆油の試験

頭部キャップを外して防錆油の流出や変質を確認するほか、必要に応じて緊張力を解除して頭部支圧板を外して防錆油のサンプルを採取し、化学

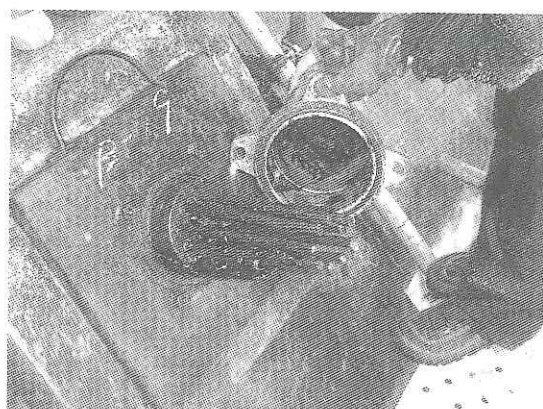


写真-6 劣化して黒変した防錆油

的な試験を実施する。防錆油の流出による空気や水の混入の他、熱や酸化による劣化が起こっていないかどうかを確認する。

3.2.7 残存引張り力のモニタリング

アンカーの健全性の指標である残存引張り力を確認する手法としては、リフトオフ試験や維持性能確認試験が一般的であるが、連続的に計測するために軸力計を設置することがある。

3.2.8 補足調査

以上の調査のほか、周辺の土質や地下水の化学的性状などアンカーの健全性に問題が発生する恐れがある場合は、pHや酸度、嫌気性硫酸塩還元細菌の繁殖度などを調査する場合もある。

3.3 アンカーの補修・補強

健全性調査と健全性判定の結果を受けて、何らかの対策が必要と判断された場合は補修・補強対策を実施する。一般にアンカーはアンカー体の緊張力に代表されるように、施工後の時間経過とと

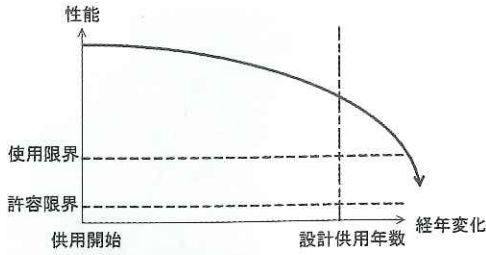


図-3 正常なアンカー

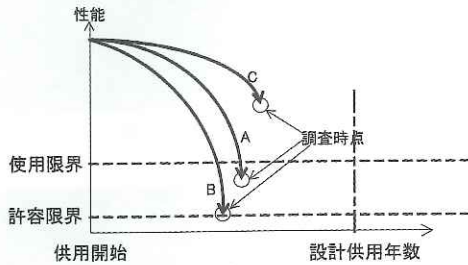


図-4 異常なアンカー

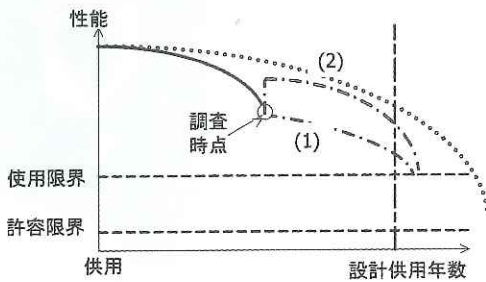


図-5 耐久性向上対策のイメージ

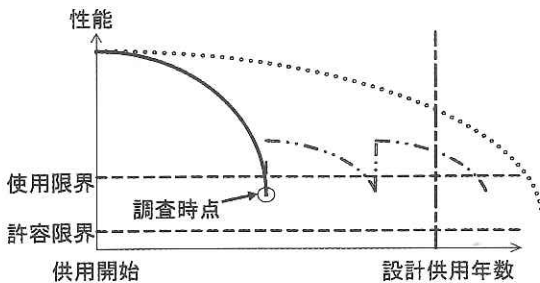


図-6 補修のイメージ

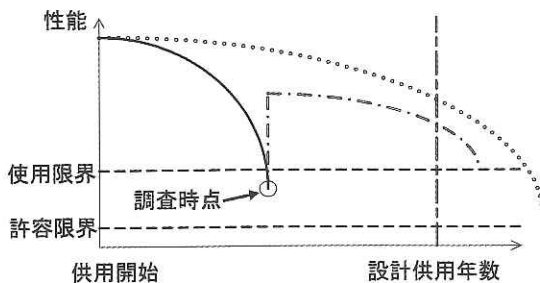


図-7 補強のイメージ

もに性能が低下する（図-3）。設計供用年数の間、使用に耐える性能を保持するものが正常なアンカーであるが、調査の実施時点で所要の性能を下回っている（図-4A および B）、あるいは設計供用年数以内に所要の性能を下回ると予想されるアンカー（図-4C）については何らかの対策が必要と判断される。このようなアンカーについては、調査時のアンカーの性能と残存設計供用年数に応じて、耐久性向上、補修および補強、更新のいずれかの補修・補強対策を講じるものとし、必要に応じて応急対策や緊急対策も合わせて行う。

3.3.1 耐久性向上

図-5に示すように調査時点では十分に使用に耐えうるが、設計供用期間内に試用限界レベルを下回ると予想される場合に実施する。性能低下の原因を除去し、その後の性能低下を緩和する方法と性能を向上させて供用期間内の性能を確保する方策がある。

3.3.2 補修および補強

調査時点で既に使用に耐えないレベルにまで性能が低下している場合、性能を向上させて使用に耐えうる性能を確保する必要がある。設計供用期間内に複数回の対策を実施することを想定した対策を狭義の補修（図-6）、一回で供用期間内の性能を確保する対策を狭義の補強（図-7）と呼ぶ。

3.3.3 更新

耐久性向上や補修および補強により性能の確保が困難である場合は、新たなアンカーを施工し、性能の確保を図る。これを更新と呼ぶ。

3.3.4 応急対策と緊急対策

調査時点で使用限界レベルを著しく下回り、何らかの対策が必要であるが、対策費用等の理由から本格的な対策実施までの間を要するような場合は、当面の応急対策を実施する場合もある。また構造物の破損などによる第三者への被害や対策中の危険が懸念される場合などは安全性確保のために緊急対策を実施することもある。

3.3.5 延命化

調査時点ではアンカーは正常であるが、設計供用年数を超えて使用できるようにする対策を延命化と呼ぶ。延命化にも耐久性向上と同様に性能低下の緩和策と性能を向上させる方策がある。

3.3.6 アンカーの補修・補強対策例

アンカーの対策の考え方は上述の通りである。具体的な方策としては、アンカーの再緊張（図-8）、頭部背面などの部材の補修更新などの方法がある。

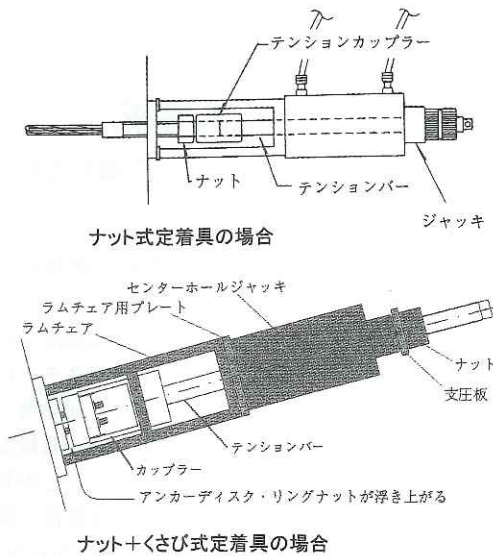


図-8 アンカーの再緊張

アンカーの再緊張を行うに当たっては、アンカー材やテンドン等に腐食や損傷があると再緊張中に破断したり、再緊張してもすぐに性能が低下したりするなどの問題が生じることがあるので、対策の前に各部材の健全性を確認することが必要である。また、頭部背面などの部材の補修更新についても、一度緊張を解除してから行う場合が多く、同様に部材の健全性を確認しながら進めないと事故等が起る危険がある。

4. おわりに

これまでアンカーの維持管理手法は体系的に整理されておらず、アンカー性能の低下により構造物の機能が損なわれたり、不適切な対策の実施により経済的な損失が発生したりしていた。

しかし日常の点検から健全性判定、対策に至る維持管理のフローを提案することでアンカーを利

用した構造物の安全性の確保と維持管理コストの低減が図られると考えられる。今後は、提案された維持管理手法を実際の現場で運用しながら、より実用的な内容に順次改訂していくことが必要である。

また、現在アンカーの設計・施工については地盤工学会基準が策定されているが、維持管理に関する記述は充実しているとは言い難い。維持管理手法の中には、記録の保存、軸力計によるモニタリングなど、設計・施工の段階から維持管理のための取り組みを行うことで効果が高められるものも多いことから、実際の現場における運用で、提案した維持管理手法の精度を高めるとともに、その成果を今後の学会基準改訂に反映し、設計・施工・維持管理のライフサイクルを通じた基準へと発展させていくことが必要である。

また、過去にアンカー材の防食に関する基準が策定されたことにより防食技術の開発が促進されたように、維持管理手法を具体的かつ体系的に整理したことによって、既設アンカーの維持管理技術の開発が進められることを期待したい。特に劣化の可能性がある部材の交換補修が容易な構造物の開発と評価などの開発が必要である。

最後に、本調査の実施にあたっては、(社)日本アンカー協会加盟各社の多大な協力を得たことを記して謝意に替えたい。

参考文献

- 1) (社)地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説, 2000.3.23
- 2) (社)日本アンカー協会：グラウンドアンカー施工のための手引書, 2003.5.26

宮武裕昭*



独立行政法人土木研究所つくば
中央研究所技術推進本部施工技術
チーム総括主任研究員
Hiroaki MIYATAKE

大下武志**



独立行政法人土木研究所つくば
中央研究所技術推進本部施工技術
チーム主席研究員
Takeshi OSHITA

小野寺誠一***



国土交通省中部地方整備局静岡
国道工事事務所（前 独立行政
法人土木研究所つくば中央研究
所技術推進本部施工技術チーム
主任研究員）
Seiichi ONODERA