

メンテナンスサイクルに対応したグラウンドアンカーの維持管理手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 26～平 30

担当チーム：地質・地盤研究グループ（施工技術）

研究担当者：宮武裕昭、近藤益央

【要旨】

グラウンドアンカーは 1957 年（昭和 32 年）に我が国に導入され、1988 年（昭和 63 年）に土質工学会（現：地盤工学会）が「グラウンドアンカー設計・施工基準」（JSF:D1-88）を制定した後に急速に普及し、施工後 25 年以上のアンカーが急速に増加している。道路斜面ではグラウンドアンカーの施工実績が特に多いことから、変状が急増することが懸念される。そのため、変状が起こる前に顕在化した要因・損傷に対して対応を怠ると部材の落下等により第三者被害につながるおそれがあるため、中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故を契機とした H25 道路ストックの総点検でも点検の対象構造物となった。既存のグラウンドアンカーが破断してしまう前に、顕在化した要因・損傷に対して道路管理者が適切に対応することが望まれており、「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」（2014.4.11）でメンテナンス技術の戦略的な技術開発を推進することが盛り込まれ、今後はグラウンドアンカーに対する点検も拡大することが国土交通省から示唆された。さらに、グラウンドアンカーの機能低下につながる損傷要因を、人的技量によらない簡便な方法で点検できる手法の確立は、メンテナンスサイクルを実施する上でも重要となった。

本研究では、2013 年度道路ストックの総点検等の点検結果を踏まえ、「道路インフラ健診」も見据えながら、損傷に対する維持管理手法を構築することを目的としている。

キーワード：軟弱地盤対策、複合型地盤改良、浅層混合処理、深層混合処理、ガイドライン

1. はじめに

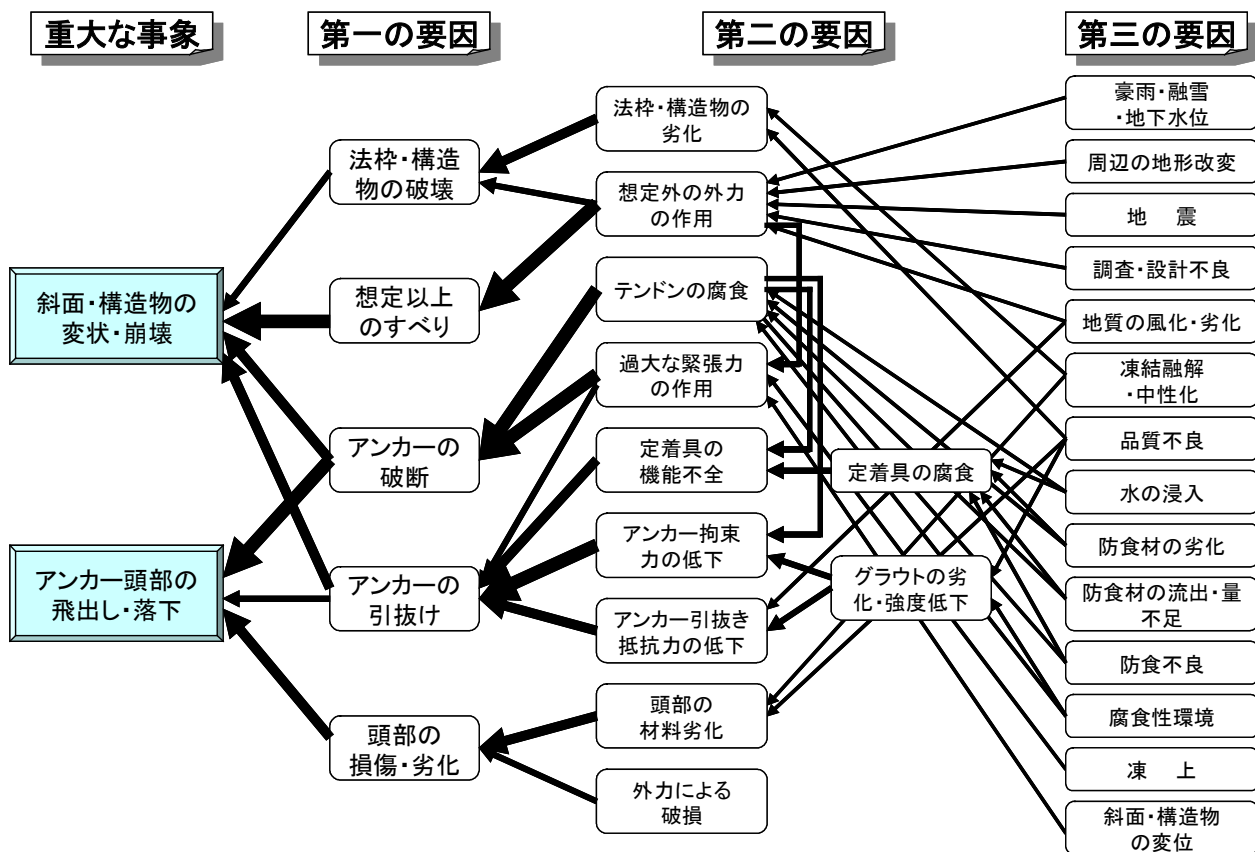
グラウンドアンカーは 1957 年（昭和 32 年）に我が国に導入され、1988 年（昭和 63 年）に土質工学会（現：地盤工学会）が「グラウンドアンカー設計・施工基準」（JSF:D1-88）を制定した後に急速に普及し、施工後 25 年以上のアンカーが急速に増加している。道路斜面ではグラウンドアンカーの施工実績が特に多いことから、変状が急増することが懸念される。そのため、変状が起こる前に顕在化した要因・損傷に対して対応を怠ると部材の落下等により第三者被害につながるおそれがあるため、中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故を契機とした H25 道路ストックの総点検でも点検の対象構造物となった。既存のグラウンドアンカーが破断してしまう前に、顕在化した要因・損傷に対して道路管理者が適切に対応することが望まれており、「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」（2014.4.11）でメンテナンス技術の戦略的な技術開発を推進することが盛り込まれ、今後はグラウンドアンカーに対する点検も拡大することが国土交通省から示唆された。さらに、グラウンドアンカーの機能低下につながる損傷要因を、人的技量によらない簡

便な方法で点検できる手法の確立は、メンテナンスサイクルを実施する上でも重要となった。本研究では、2013 年度道路ストックの総点検等の点検結果を踏まえ、「道路インフラ健診」も見据えながら、損傷に対する維持管理手法を構築することを目的としている。

2. グラウンドアンカーの損傷要因（要因）を見つけるための点検の高度化

アンカーの変状は、周辺の地形、地質の変化、豪雨融雪、地下水位の変化、防食材の劣化・流出・不足、防食不良等の要因により想定外の外力の作用、過大な緊張力の作用、法枠構造物の劣化、テンドンの腐食、アンカーの引抜き抵抗力の低下、アンカー頭部材料の劣化等が起こり、想定以上のすべり、法枠・構造物の破壊、アンカーの破断・引抜け等が発生する。そして、斜面・構造物等の変状・崩壊、アンカー頭部の飛び出し・落下等の重大な事象を引き起こすこととなる。

アンカーで補強された一般的な斜面・構造物等において想定される重大な事象とその要因及び関連性を整理すると図-2.1 の様になる。重大な事象と要因との関連性は、



※重大な事象と第一の要因、第一の要因と第二の要因間の矢印の太さは、要因の影響度を表す

図-2.1 アンカーの変状の要因と関連図

現場条件により異なることが考えられる。アンカーの維持管理において確認できる異常・変状は、図-2.1に示す各種要因が直接的に現象として現れることは少ない。維持管理段階で実際に確認できた異常・変状からアンカー内部及び斜面・構造物に生じている異常とその可能性を類推し、最終的に起こり得る事象とその影響を想定することにより、効果的な補強・補修等の対策を講じる必要がある。

そこで、テンドンの腐食によりアンカーの破断に至る損傷パターンを想定し、この場合の要因としてあげられる水の浸入を検知する技術について検討を行った。

2.1 水の浸入を検知するための技術の検討

アンカー孔内に存在する湧水の影響を、熱赤外線カメラで撮影したアンカー受圧構造物表面の熱画像から検出できるかについて検討を行った。熱赤外線映像法¹⁾は吹付のり面の背面空洞や湿潤の状態を判定する方法として実施されている。モルタル吹付のり面の老朽化診断として他の診断方法に比べ、効率的・簡易であり、高所作業のリスクが軽減できる有効な調査方法であるとされている。そこで本研究では熱赤外線映像法を土工構造物内部の点検手法としての適用を目指し、熱赤外線カメラを用いたグラウンドアンカーの点検手法の検討を行った。

2.1.1 熱赤外線カメラを用いたアンカーの点検手法の検討

アンカーの維持管理は、遠望目視を主体とする日常点検、近接目視や打音等の近接点検、さらに高度な健全性調査を段階的に行い、措置を実施するが²⁾、遠望目視だけでは外観には現れない異常を見逃してしまう。またアンカーの破断は、アンカーの損傷の最終状態であり、斜面・構造物崩壊抑止の機能不全のみならず、第三者災害にもつながる。そのため、破断要因を早期に検出し、状態が悪化する前に処置を施す必要がある。特にアンカー孔内の湧水の存在はアンカーの腐食破断の要因であると考えられる。

アンカー受圧構造物の表面温度とアンカー孔内の湧水との関係について、図-2.1.1に示すような次の仮説をたてた。①アンカー受圧構造物は、日中、日照により温められて時間とともに表面温度が上昇するが、アンカー孔内周辺部は、孔内の空気の影響によって温度上昇が鈍くなる。またアンカー孔内に湧水がある場合は、さらに孔内周辺部の表面温度が上がりにくくなる。②アンカー受圧構造物の中で、アンカー孔内周辺部と、さらに孔内から離れた外周部(以降、外周部と略)の表面温度の差は、湧水のあるアンカーの方が、湧水のないアンカーよりも

大きい。①②の仮説を検証するために、熱赤外線カメラでアンカーのり面を撮影し、アンカー孔内にある湧水の影響が受圧構造物のアンカー孔内周辺部の表面温度に現

れるかを検討した。またアンカー孔内周辺部とその外周部の表面温度差からアンカー孔内の湧水有無を判断できないかを検討した。

撮影は、アンカー実現場（北海道古宇郡神恵内村大字赤石村）において熱赤外線カメラで9本のアンカーを撮影して、表面温度の計測を連続的に行った。9本のアンカーのうち、2本（X4-Y2、X5-Y2）は外観目視から湧水がアンカー孔内にあることを確認しており、それ以外の7本（X3-Y2、X3-Y3、X3-Y4、X4-Y3、X4-Y4、X5-Y3、X5-Y4）は、外観目視から湧水は確認できておらず、アンカー孔内の湧水有無は不明である。撮影日の天候は晴れで、9時41分～14時52分間に約30分に1回の頻度で撮影を行った。表面温度の計測点位置を図-2.1.2、実際に撮影したアンカーの可視画像及び熱赤外線カメラ画像の一例を写真-2.1.1にそれぞれ示す。受圧構造物の表面温度計測点は、アンカーキャップ中心から等距離になるように、上下左右にアンカー支圧板直近（a、c、e、g）とアンカー支圧板幅分離れた位置（b、d、f、h）の計8点を設定した。9本のアンカーについて同一画角に入るように熱赤外線カメラで撮影し、その撮影画像から計測点a～hについてそれぞれ表面温度を整理した。撮影角度により測点がアンカーキャップ等と重なって見えない場合や、のり枠に繁茂した植物及びそれらの影によって温度計測に影響が出る場合には、その測点の計測結果はデータ整理には用いないこととした。

アンカー孔内に湧水がある場合、受圧構造物のアンカー孔内周辺部の表面温度に湧水の影響が現れるかを検証するため、アンカー孔内周辺部表面温度の経時的な計測データから次の結果を得た。アンカー受圧構造物に設定した8計測点の表面温度の中で、湧水による影響を受けやすいのはアンカー孔内周辺部（a、c、e、g）である。

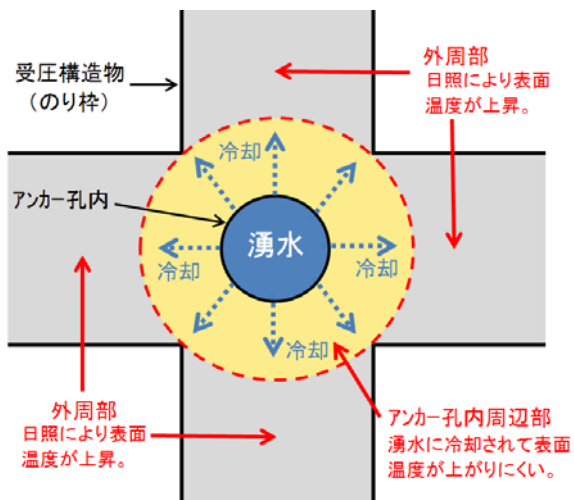


図-2.1.1 湧水があると仮定した場合の想定モデル

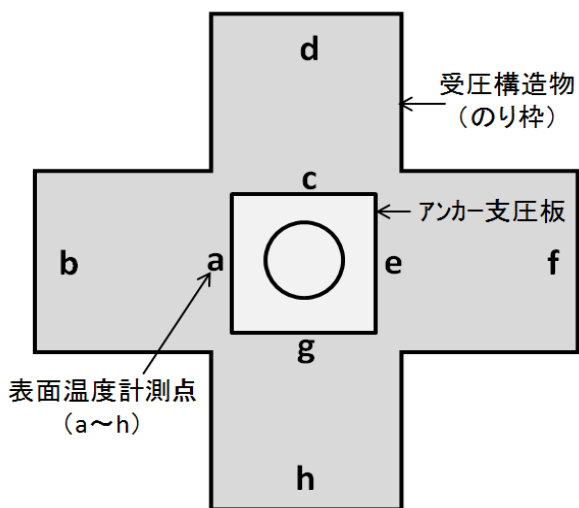


図-2.1.2 温度計測の測点位置

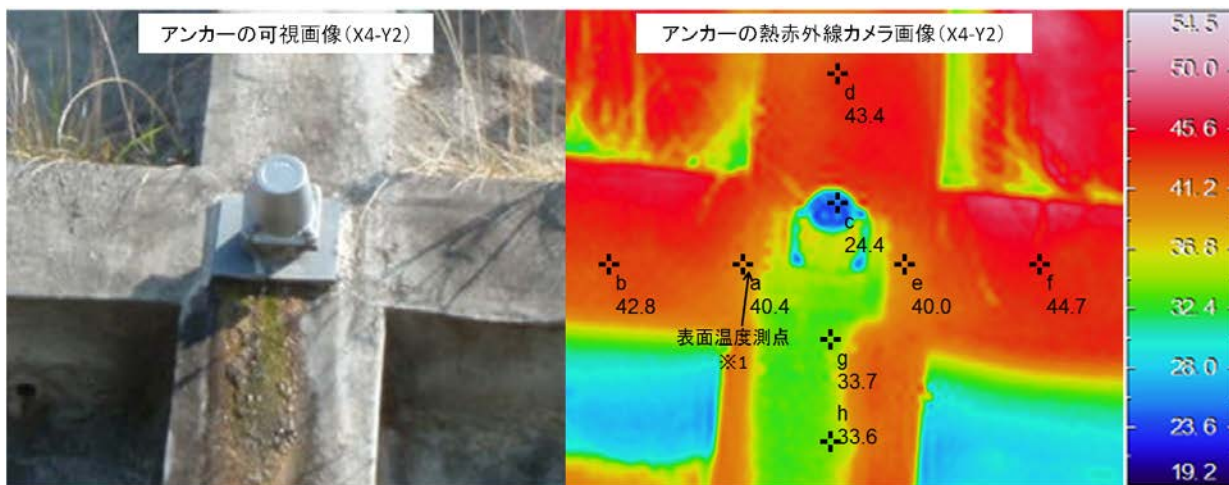


写真-2.1.1 アンカーの可視画像及び熱赤外線カメラ画像（アンカー孔番：X4-Y2）

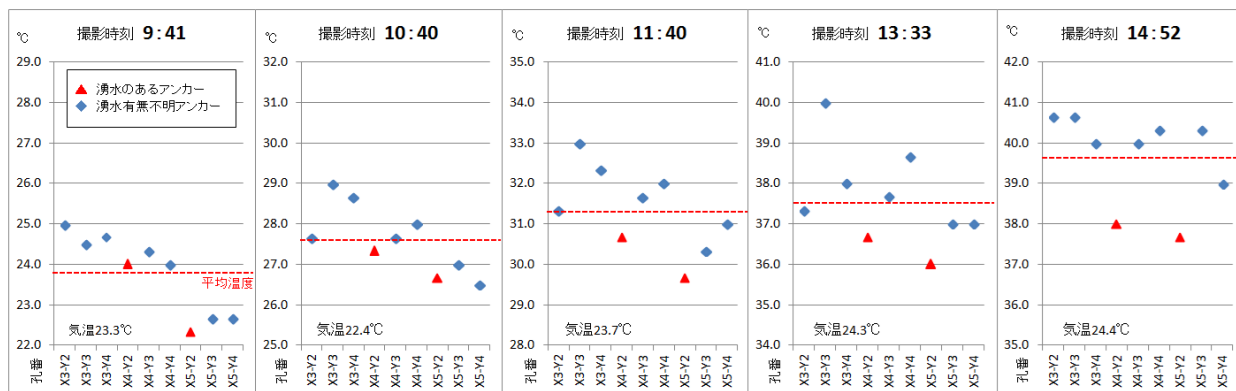


図-2.1.3 アンカー受圧構造物の孔内周辺温の経時的な計測結果

表-2.1.1 各アンカー受圧構造物の表面温度データの整理結果

No.	アンカー孔内の湧水有無	孔番	各測定の表面温度(°C)※1								表面温度データの整理結果(°C)※2		
			a	b	c	d	e	f	g	h	①孔内周辺温	②外周温	②-①温度差
1	湧水あり	X4-Y2	40	43	-	43	40	45	34	34	38	44	6
2		X5-Y2	36	42	-	44	40	45	37	41	38	44	6
3	湧水有無不明	X3-Y2	41	44	-	45	41	44	40	42	41	44	4
4		X3-Y3	42	43	-	44	40	45	40	41	41	44	3
5		X3-Y4	40	42	-	45	40	43	40	42	40	43	3
6		X4-Y3	39	43	-	41	40	44	41	42	40	43	3
7		X4-Y4	40	42	-	44	41	44	40	40	40	43	3
8		X5-Y3	40	-	-	44	41	44	40	44	40	44	4
9		X5-Y4	39	41	-	44	39	43	39	44	39	43	4

以下、キャップの影になって計測不可であったcを除く、a、e、gの表面温度の平均値を孔内周辺温とする。撮影時刻9時41分、10時40分、11時40分、13時33分、14時52分の5つの代表的な時間帯で孔内周辺温の比較を行った。この孔内周辺温の経時的な計測結果を図-2.1.3に示す。同図のグラフ中の破線は9本のアンカー孔内周辺温の平均温度である。同図から、時間が経過するごとに各孔内周辺温は上昇するが、湧水のある2本のアンカー(X4-Y2、X5-Y2)の孔内周辺温は、9本のアンカーの孔内周辺温の平均温度から徐々に離れていく傾向にあった。

次に、アンカー受圧構造物に設定した8点の表面温度計測点の中で、孔内周辺温に対して、湧水による影響を受けにくいのが、アンカー孔内から離れた位置(b、d、f、h)である。以下、湧水が孔内から下に向かってアンカー受圧構造物表面または背面を流れた場合に表面温度に影響を受けてしまう可能性があるhを除く、b、d、fの表面温度の平均値を外周温とする。そこで、温度計測した9本のアンカーの孔内周辺温と外周温との温度差を比較した。計測結果から孔内周辺温と外周温の温度差が最も大きくなる時間帯が13時30分～15時付近であったので、14時52分撮影時の各アンカーの各計測点の表面温度を表-2.1.1のように整理した。熱赤外線カメラ画像から読

み取った表面温度データを整理した結果、孔内周辺温と外周温との温度差は、孔内に湧水のある2本のアンカー(X4-Y2、X5-Y2)で6°Cであった。それに対して外観目視から湧水が確認されない孔内の湧水有無が不明な7本

のアンカー(X3-Y2、X3-Y3、X3-Y4、X4-Y3、X4-Y4、X5-Y3、X5-Y4)の孔内周辺温と外周温との温度差は3～4°Cとなり、湧水のある2本のアンカーの方がそれ以外のアンカー7本より温度差が大きい値を示すことを確認した。

また、別日にアンカーのり面をより広範囲に他のアンカーについて熱赤外線カメラで撮影し、同様に表面温度の計測点8点(a～h)を設けて、アンカー受圧構造物の表面温度データを整理した。その結果においても、孔内に湧水のあるアンカーの方がそれ以外の湧水有無が不明なアンカーより温度差が大きい値を示すことを確認した。

熱赤外線カメラを用いたアンカー受圧構造物の経時的な表面温度変化の検討から、アンカー受圧構造物は、日中、日照時間とともに表面温度が上昇していくが、孔内に湧水のあるアンカーの孔内周辺温は、他のアンカーに比べて表面温度上昇率が小さく、時間とともに湧水のあるアンカーとそれ以外のアンカーとの孔内周辺温の温度差が開いていく傾向がみられた。この現象はアンカー孔内周辺部がアンカー孔内にある湧水の影響を受けるためと考えられ、熱赤外線カメラで経時的に撮影した受圧構造物の表面温度変化から、孔内周辺温への湧水の影響を読み取ることができた。また、アンカー受圧構造物の孔内周辺温と外周温との温度差が最も大きくなる時間帯において、アンカー孔内に湧水のあるアンカーの方が孔内

周辺温と外周温との温度差が他のアンカーよりやや大きい傾向を示すことを確認した。しかし、湧水が表面に流れ出していないがアンカー孔に湧水が確認されたアンカーでは、アンカー孔内に貯まっている湧水の温度の方が湧水のないアンカー孔内温度より高く、アンカー孔周辺温には差が無いこともわかった。本研究ではアンカー孔内の湧水温が外気より低いという仮定で検討を行ったが、アンカー孔内に滞留した湧水温が、必ずしもアンカー孔内温度より低いとは限らないことから、今後も更に検証が必要である。

3. グラウンドアンカーの損傷を検知する健全性調査の高度化

グラウンドアンカーの健全性調査の1つとして頭部背面調査が行われている。頭部背面調査は、頭部定着具を除去して、アンカー孔内のテンドンの状況を直接目視により調査するものである。テンドンには定着荷重を作用させることにより、テンドンの伸びが発生した状態で頭部定着部に固定されている。そのため、残存緊張力を除荷するとテンドンの伸びが解消される。そのため、頭部背面調査を実施するためには除荷によりテンドンが縮む長さ以上の余長が必要となる。必要な余長は定着荷重やアンカー自由長等により異なるが、くさび定着方式のアンカーの場合、余長が5cm程度と短いことが非常に多い。そこで、アンカー余長が短く、緊張力を除荷ができないアンカーに対して、工業用内視鏡カメラを用いた頭部背面調査について検討を行った。

3.1 内視鏡カメラを用いたアンカーの背面調査方法の検討

グラウンドアンカー維持管理マニュアル³⁾では、「アンカーの点検により健全性調査が必要と判定されたアンカーを対象に健全性調査を実施して、より詳細にアンカーの状態を確認し健全性を評価するものとする」としている。表-3.1 に示す健全性調査および試験方法については、対象とするアンカーの状態や現場条件などを考慮して適切な手法を選定することとなっている。

アンカーの損傷事例として報告される鋼線破断は、頭部背面で破断している場合がしばしば見られ、頭部背面調査はアンカーの健全性診断のため重要な調査の1つであると考えられる。しかし頭部背面調査を実施するためには、写真-3.1 に示すように、緊張力除荷のための十分な再緊張余長が必要であることや、緊張力を完全に除荷してアンカーヘッドを取り外す必要があったり、調査後に再緊張を行う必要があったりと、時間と手間やコスト

表-3.1 健全性調査として行う調査・試験例

調査・試験名称	調査方法	調査項目	主な使用機器	仮設など	備考
頭部詳細調査	頭部目視調査	浮上り、破損状況 遊離石灰	ハンマー		緊張力解除前
	頭部露出調査	鋼材、定着具の腐食状況 防錆油の充填・変質状況	電動ビック スベナなど	電力設備 はつりカスなど飛散防止	〃
防錆油性状調査	目視調査 専門試験場	防錆油の性状	各種試験装置		緊張力解除前 緊張力解除後
超音波探傷試験		PC鋼材の探傷	超音波探傷器 探触子、ハンコン ディスクグラインダー	電力設備	緊張力解除前 緊張力解除後
リフトオフ試験		残存引張り力 変位特性	センターホールジャッキ または特殊ジャッキ 変位量測定装置	電力設備 テンドンなど飛散防止	緊張力解除前
頭部背面調査	緊張力解除	-	センターホールジャッキ ジャッキチェアー、テンドンバーなど特殊治具	電力設備 テンドンなど飛散防止	
	目視調査	PC鋼材の腐食状況 支圧板背面調査 防錆油の充填状況			緊張力解除後
アンカー維持性能確認試験	緊張力解除後 1サイクル確認試験	アンカー耐力 変位特性	センターホールジャッキ ジャッキチェアー、テンドンバーなど特殊治具 変位量測定装置	電力設備 テンドンなど飛散防止	〃



写真-3.1 アンカーの再緊張余長の例

表-3.2 調査アンカー諸元と調査数量

	アンカー規格	施工時期 (年度)	設計荷重 (kN)	頭部余長 (mm)	調査数量 (本)
調査地①	FLO-1	H11~12	107.8	200	5
調査地②	KTB K5-5H	H17	479.0	30	3



写真-3.2 使用した内視鏡カメラ

が掛かる等のデメリットがある。そこで、頭部背面に内視鏡カメラを挿入して、カメラ映像で内部状況を把握することを試みた。

調査は、前述の調査地①と調査地②のアンカーのり面2地点で実施した。調査項目は、外観目視調査、頭部詳細調査、リフトオフ試験、頭部背面調査を実施し、頭部背面調査は目視調査と内視鏡カメラ調査の2種の方法で行った。調査地のアンカー諸元と頭部背面調査数量を表-3.2 に示す。内視鏡カメラは写真-3.2 に示す工業用ビデオスコープ(スコープ外径φ4mm、挿入長2.0m)を使

表-3.3 健全性調査結果と内視鏡カメラ調査結果の一覧



- ・カメラを挿入しやすくするためガイド管等のツールを使用。
- ・カメラ操作や挿入にはある程度テクニックが必要である。

写真-3.3 内視鏡カメラ挿入状況 (調査地①)

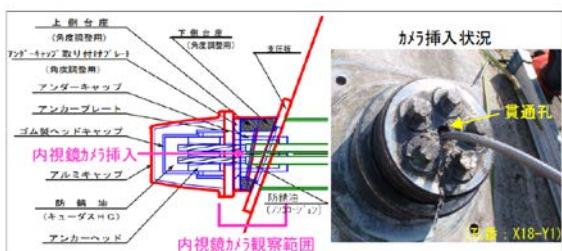


図-3.1 内視鏡カメラ挿入位置 (調査地②)



写真-3.4 アンカーの内視鏡カメラ画像 (調査地①)

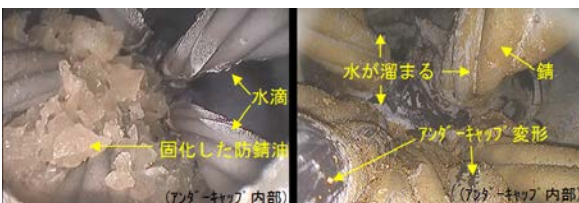


写真-3.5 アンカーの内視鏡カメラ画像 (調査地②)

用した。

調査結果一覧表を表-3.3に示す。調査地①ではアンカー5本に対して頭部背面調査を実施した。アンカー3本(アンカー孔番X15-Y1、X16-Y2、X19-Y7)については、頭部詳細調査及びリフトオフ試験を実施し、その後に緊張力を除荷して定着具を取り外して目視調査する従来法と、孔内へ内視鏡カメラを挿入して調査する内視鏡カメラ法と2種類を行った。また写真-3.3に示すように、支圧板と受圧構造物との間に隙間があるアンカー2本(アンカー孔番X13-Y1、X22-Y2)については、緊張力を除荷

調査地① 調査結果				
アンカー孔番	外観目視	頭部詳細調査	リフトオフ試験	背面調査(内視鏡カメラ)
X13-Y1	支圧板がずれてのり棒との間に隙間がある	未調査	未調査	ジョイントシース割れ、防錆油無し、鋼線錆無し、孔口150cm深で土砂が堆積
X15-Y1	損傷無し	損傷無し	残存引張力:228kN 設計アンカー比:20.4%	ジョイントシース割れ、防錆油無し、鋼線錆無し、孔口30cm深でクラック発生
X16-Y2	支圧板下のり棒割れ	防錆油の漏れ	残存引張力:196kN 設計アンカー比:19.8%	ジョイントシース割れ、防錆油無し、鋼線錆無し、孔口30cm深でクラック発生
X19-Y7	孔口から遊離石灰	損傷無し	残存引張力:76kN 設計アンカー比:70.5%	ジョイントシース割れ、防錆油無し、鋼線錆無し、孔口30cm深でクラック発生
X22-Y2	支圧板のり棒にめり込み、孔口から植物類灰	未調査	残存引張力:58kN 設計アンカー比:53.8%	孔口付近で土砂に埋没した土砂にぶつかり、以降挿入不能

調査地② 調査結果				
アンカー孔番	外観目視	頭部詳細調査	リフトオフ試験	背面調査(内視鏡カメラ)
X4-Y0	損傷無し	未調査	未調査	アンダーキャップ内湧水滞留、防錆油未確認、鋼線錆無し、アンダーキャップ底部土砂堆積
X18-Y0	損傷無し	未調査	未調査	アンダーキャップ内水溜まり、防錆油が凹陥状に(半透明)に硬化、鋼線錆無し、アンダーキャップ変形
X18-Y1	損傷無し	変形は無いが、キャップ内湧水滞留	残存引張力:282kN 設計アンカー比:58.8%	アンダーキャップ内湧水滞留、防錆油が凹陥状に(半透明)に硬化、鋼線錆無し、アンダーキャップ底部に錆びたものが見える

せずにその隙間から内視鏡カメラを挿入して調査を行った。頭部背面調査結果から、緊張力を除荷し定着具を取り外して調査した3本のアンカーについては、いずれのアンカーにおいても、頭部背面でジョイントシースが破損していること、防錆油(止水樹脂)が無いことを、目視調査と内視鏡カメラ調査の両方で確認した。また、緊張力を除荷せずに支圧板と受圧構造物との間の隙間から内視鏡カメラを挿入して頭部背面調査を実施したX13-Y1のアンカーも、写真-3.4(調査地①)のように前述の3本と同様の損傷を確認した。X13-Y1のアンカー同様に、緊張力を除荷せずに支圧板と受圧構造物との隙間から内視鏡カメラの挿入を試みたX22-Y2のアンカーは、孔口付近で外部から侵入した土砂(グラウト材ではない)により、それ以降の挿入ができなかった。

調査地②の頭部背面調査については再緊張余長が短く緊張力の除荷が不可能であったため、図-3.1に示すようにアンカーヘッド中央の貫通孔(防食材注入孔)から内視鏡カメラを挿入して調査を実施した。図-3.1に示したアンカー頭部詳細のように、アンダーキャップが取り外せないため、今回の調査ではアンカーキャップ内の状態を内視鏡カメラで観察した。調査を実施した3本のアンカーは外観目視点検では損傷は確認されず、健全性調査の対象とはならないアンカーであったが、写真-3.5(調査地②)に示すように3本全てでアンダーキャップ内の湧水または水滴を確認した。また、2本のアンカーにおいて防錆油(防食防錆弾性シール材)の硬化や、鋼線の錆を確認した。

4. グラウンドアンカーの損傷に対する維持管理手法の提案

健全性調査を実施したアンカーのり面で、残存緊張力が設計アンカー力に対して 50%を下回るアンカーがあった。これらのうち**写真-4.1**に示す、緊張力低下が見られ受圧板が法枠にめり込んだアンカーA、荷重低下が著しいアンカーB、荷重低下は見られないが法枠に欠損が認められるアンカーCの3箇所について、設計アンカー力程度の緊張力を導入し再定着を行い、アンカー荷重および温度のモニタリングを行った。

図-4.1は、荷重計測をした3箇所のアンカー荷重と温度の関係を示したものである。アンカー荷重と温度とは

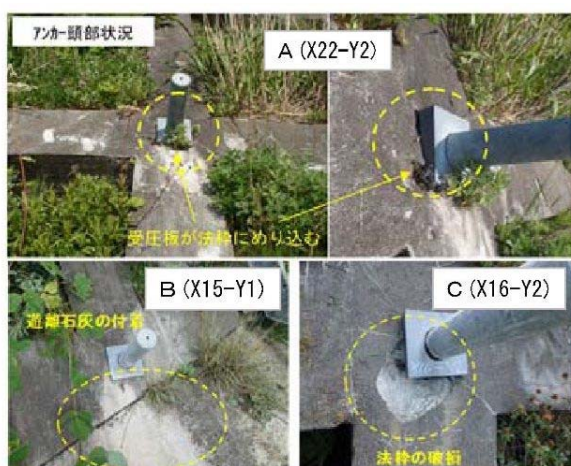


写真-4.1 頭部変状状況

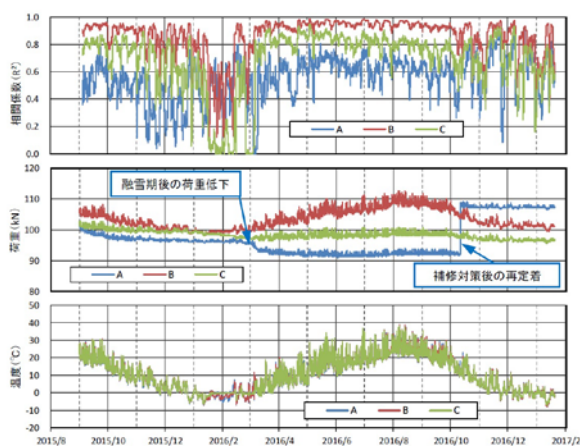


図-4.1 荷重と温度の関係

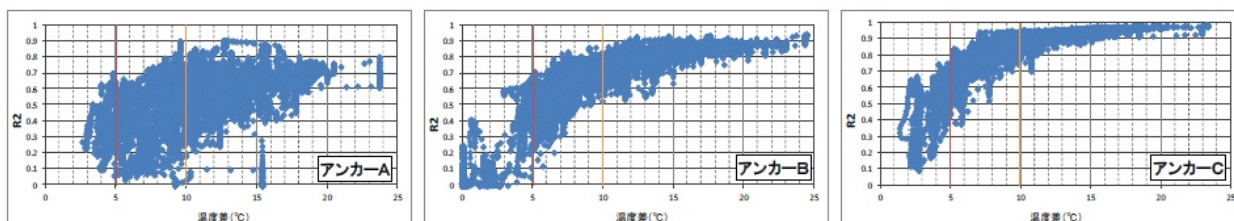


図-4.2 温度とR2の関係

高い相関を示すといわれるが、96 時間の温度変化が 5°C を下回ると両者の相関は大きく低下し、適切な評価が行えない事と考えられている。

緊張力低下が顕著だったが設計アンカー力程度の緊張力を導入し再定着を行ったアンカーBと、法枠の欠損が見られたものの緊張力低下は無かったアンカーCについては、**図-4.2**に示すように温度と荷重の相関が高く、温度差が 10°C以上では、R2 が 0.8 以上を示している。

受圧板が法枠にめり込んだアンカーAは温度差が 10°C以上であっても**図-4.2**に示すように R2 が平均で 0.61 と低い。また、アンカーAに於いては2016 年3 月以降の融雪期に 5kN 程度の荷重低下が見られ、その後夏季に於いても荷重増加は見られない。荷重低下や温度相関の低さは受圧板が法枠にめり込んだ事によるアンカー機能の低下と考え、アンカーAに対する補修対策を実施した。

平成 28 年 10 月に、アンカー荷重と温度の相関が低かったアンカーAに対して、**写真-4.2**法枠欠損部を覆う形の大型鋼製支圧板を設置して、再定着を行った。受圧板のめり込みは、法枠の劣化等による欠損と思われ、欠損部をカバーできる大きさ(36 cm×36 cm×36 mm)の鋼製支圧板を設置した上に、既設の受圧板およびアンカーヘッドで設計荷重程度に再定着し、荷重計も再設置した。

図-4.3に受圧板の補修前3 ヶ月の温度と R2 の関係を、**図-4.4**に受圧板の補修前後3 ヶ月の温度と R2 の関係を示した。補修前は夏季にあたり温度差が 10°C以上でありながら R2 は 0.5~0.7 を示し、補修後については冬季になるため温度差も 10°Cを下回っているが、R2 はバラツキがあるものの 0.6~0.8 を示し、若干ではあるが補修効果があったと考えられる。

5. まとめ

平成 26 年度～平成 30 年度の研究内容から次のことが明らかになった。

- ・グラウンドアンカーの機能低下につながる要因である湧水の有無について熱赤外線カメラによる判別手法について検討を行ったが、受圧構造物表面に湧水が流れ出している場合には受圧構造物表面温度に差



写真-4.2 法枠の補修状況

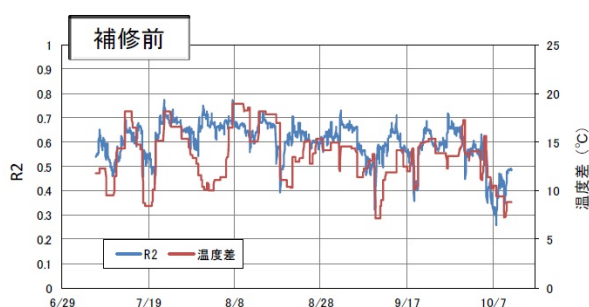


図-4.3 補修前の温度とR2の関係

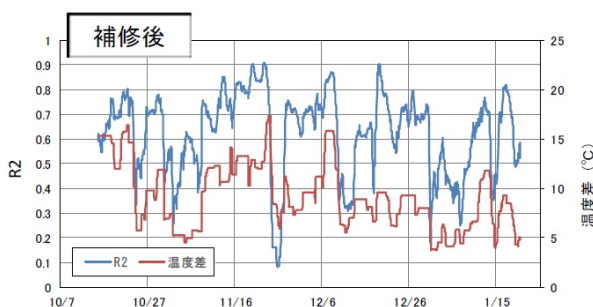


図-4.4 補修後の温度とR2の関係

異が表れたが、湧水がアンカー孔内に滞留している場合には受圧構造物表面温度に差異が表れなかった。

- ・アンカー余長が短く、荷重の除荷ができないアンカーについて、工業用内視鏡カメラによる調査の可能性について検討し結果、アンカーヘッドに未使用のアンカー孔や防錆剤注入孔等の内視鏡カメラを挿入できる孔があれば、頭部背面の状況を確認出来ることがわかった。
- ・アンカーヘッドに内視鏡カメラを挿入する孔がない場合でも、リフトオフ試験等により受圧構造物と頭部定着部との間に3mm以上の隙間を作ることができれば頭部背面調査ができることがわかった。
- ・内視鏡カメラを挿入して頭部背面調査を行う場合、アンカーの種類によってはアンダーキャップ等の部

材により頭部背面を広く観察できない場合がある。

- ・コンクリート受圧構造物が劣化等により損傷している場合には大型の鋼製受圧板を挿入することで、機能低下したアンカーの機能回復が可能になった。

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会道路分科会：「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」、2014
- 2) 社会資本整備審議会道路分科会道路メンテナンス技術小委員会：「道路のメンテナンスサイクルの構築に向けて」、2013
- 3) 土木研究所、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
- 4) 土木研究所：熱赤外線映像法による吹付のり面老朽化診断マニュアル、1996
- 5) 近藤益央、宮武裕昭、藤田智弘：グラウンドアンカーの損傷事例分析について、2015.9、第50回地盤工学研究発表会論文集
- 6) 横山一輝、近藤益央、藤田智弘、宮武裕昭：熱赤外線カメラによるグラウンドアンカーのり面の観察、2016.9、第71回年次学術講演会論文集
- 7) 横山一輝、近藤益央、藤田智弘、宮武裕昭、酒井俊典：内視鏡カメラを用いたグラウンドアンカーの背面調査について、2016.9、第51回地盤工学研究発表会論文集
- 8) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説、2012
- 9) 高梨俊行、岩垂真一、近藤益央、藤田智弘、酒井俊典：地震被災を受けたグラウンドアンカーの調査事例について、2016.9、第51回地盤工学研究発表会論文集
- 10) 平松良太、山下英二、酒井俊典、近藤益央、藤田智弘、田口浩史、高梨俊行、常川善弘：グラウンドアンカーの外観目視からの健全性予測、2016.9、第51回地盤工学研究発表会論文集
- 11) 常川善弘、酒井俊典、近藤益央、藤田智弘、横山一輝、高梨俊行、田口浩史、山下英二：グラウンドアンカー工の効果的な維持管理に関する検討、2016.9、第71回年次学術講演会論文集
- 12) 平松良太・山下英二他：グラウンドアンカーの外観目視からの健全性予測、第51回地盤工学研究発表会、2016.9
- 13) 酒井俊典・川島直人：グラウンドアンカー工におけるアンカー荷重と温度のとの関係について、土木学会論文集C(地圏工学)、2016
- 14) 平松良太、酒井俊典、宮武裕昭、近藤益央他：グラウンドアンカー荷重計測の考察、2017.9、第52回地盤工学研究発表会論文集

A Research on Inspection and Maintenance of Ground Anchors

Research Period : FY2014-2018

Research Team : Geology and Geotechnical Research Group
(Construction Technology Research Team)

Author : MIYATAKE Hiroaki

KONDOH Masuo

Abstract : There are many ground anchor constructions on the road slope, and there is concern that the number of deformations will increase rapidly. If maintenance is neglected, there is a risk of third party damage due to falling parts. Establishing a method that can inspect the damage factors that lead to a decrease in the function of the ground anchor by a simple method that does not depend on human skills has become important for the maintenance cycle. Therefore, examination of the method of verifying the presence or absence of springs that cause deterioration of the function of the ground anchor using a thermal infrared camera, examination of the investigation method using an industrial endoscope camera for the anchor that is difficult to investigate the back of the anchor head, We examined how to recover the function of the degraded anchor.

Key words : ground anchor, inspection, maintenance, maintenance cycle, lift-off test