

V-2 アースアンカーの健全度診断・補強方法に関する研究

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 14～平 17

担当チーム：技術推進本部（施工技術）

研究担当者：大下武志、小野寺誠一

【要旨】

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 年近く経過しており、これらの中には当時の施工技術や防食技術が開発途上のものもあり、長期間経過したアンカーにおいては、のり面の変状や腐食等に伴う引張り材の破断や頭部の飛び出しなどの問題も見られてきている。このため、これらの問題が発生する前にアンカーの健全度を調査する手法を開発するとともに、アンカーの点検・健全度調査から補修までの維持管理の仕組み作りが必要である。本研究においては、長期間経過したアンカーの実態調査とともに、アンカーの健全度調査手法として超音波探傷試験の適用性に関して一連の試験を行った。また、これらの結果に基づき、アンカーの点検・健全度調査・補修マニュアル（案）の作成を行った。

キーワード：グラウンドアンカー、健全度調査、超音波探傷試験、腐食、点検、補修

1. はじめに

アンカーは、1957 年に我が国において初めて導入されて以来、既に 50 年近く経過しており、その施工実績は年々大きく増加している。これらの中には既に施工後長期間経過したものも多く、初期に施工されたアンカーでは当時の設計・施工技術や防食技術が開発途上のものもあり、引張り材（テンドン）等の腐食や過度の荷重の作用に伴う破断、アンカー頭部の飛び出し、斜面のはらみ出しなどの問題も発生している。このため、これらの問題が発生する前にアンカーの健全度を調査する手法を開発するとともに、点検・健全度調査に基づき補強・補修を行う仕組み作りが必要である。

全体の調査項目を図-1 に示す。本研究では、施工後長期間経過したアンカーの実態を調査し、アンカーの現状・問題点の把握を行うとともに、アンカーの健全度調査手法として超音波探傷試験に着目し室内試験や実現場での調査を行い、適用性の検討を行った。さらにこれらの結果を踏まえて、アンカーの点検・健全度調査・補修マニュアル（案）を作成した。

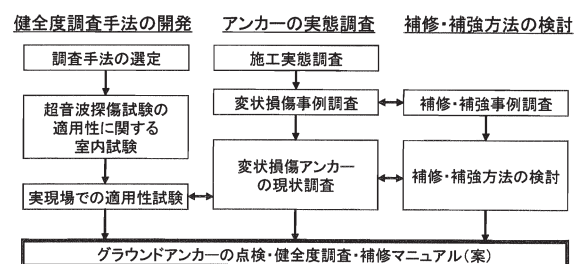


図-1 調査フロー

2. 既設アンカーの実態

2.1 アンカーの施工実態

アンカーは、我が国で初めて施工されて以来、既に 50 年近く経過している。設計・施工基準類についても、1977 年に旧土質工学会にて学会基準が制定されて以降、2 回の改訂を経て現在に至っている。この内、第 1 回の改訂（昭和 63 年、出版：平成 2 年）においてアンカーの腐食対策が強化され、永久アンカーの場合に二重の防食を施すことが原則となった。これを受けてアンカー各工法において防食・信頼性向上の技術開発が急速に進んだ。このことから、第 1 回の学会基準改定前のアンカー（以下、「旧タイプアンカー」という。）において防食が十分でない可能性が高いと考えられる。

これらの施工実態として、昭和 58 年から旧タイプアンカーが施工されていたと考えられる平成 5 年までの施工実績を図-2, 3 に示す。これらの調査は、施工実績が多いと思われる工法協会及びアンカー工事実績の多い施工会社（6 社）の施工実績から、発注機関が公的機関の実績を主体に取りまとめたものである。

図-2 より施工件数が年々増加し、平成 5 年以前の総数は約 3,300 件であり、これらの多くが旧タイプアンカーであると考えられる。アンカーの種類では初期には鋼棒タイプが多いが、その後鋼より線タイプの実績が伸びている。対象構造物は、図-3 に示すように道路が最も多い。施工本数は、全ての工事のデータが揃っていないが、少なくとも道路においては平成 5 年まで

に約 14,000 本は施工されていると考えられる。

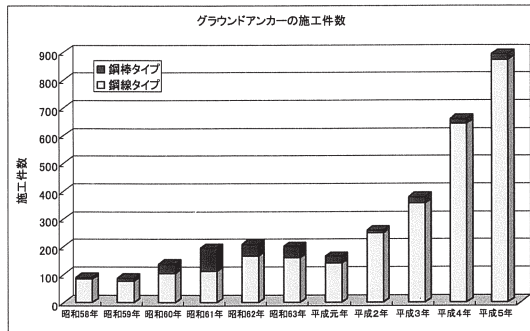


図-2 旧タイプアンカーの施工実績(タイプ)

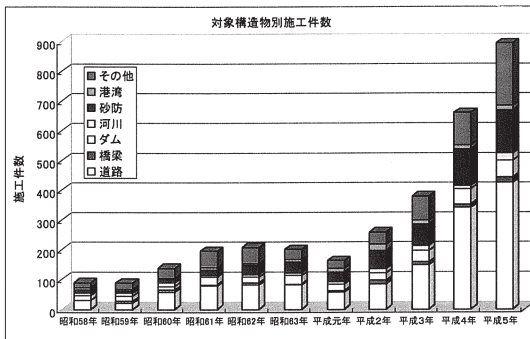


図-3 旧タイプアンカーの施工実績(対象構造物)

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記す。

①アンカー頭部の浮き上がり (図-4)

テンドンの破断やアンカー体の引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。

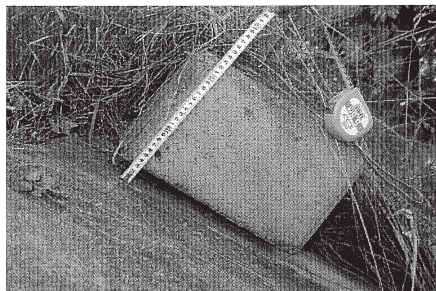


図-4 頭部コンクリートの浮き上がり

②アンカー頭部の突出 (図-5)

緊張力が作用したテンドンの腐食や過度の引張り力による破断の衝撃により、アンカー頭部が飛び出す。



図-5 アンカー頭部の突出

③アンカー頭部の劣化・破損

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

④アンカー頭部の落下 (図-6)

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

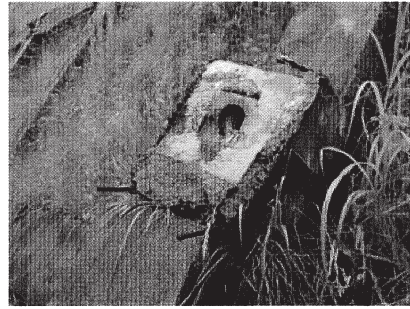


図-6 頭部コンクリートの落下

⑤アンカー頭部からの遊離石灰の流出

内部のアンカーテンドンやアンカー頭部が湧水等の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 (図-7)

アンカー頭部が腐食環境にある可能性がある。



図-7 頭部キャップからの防錆油漏れ

⑦頭部背面のテンドンの腐食 (図-8)

頭部背面は構造上不連続となりやすく、防食が不十分だと鋼材が腐食しやすい。



図-8 頭部背面のテンドンの腐食

⑧反力構造物の劣化・変状

反力法枠等の劣化・変状により、のり面全体の機能低下を起す可能性がある。

3. 健全度調査手法に関する試験

3.1 健全度調査手法の選定

テンドンの腐食等に伴うアンカーの問題が発生する前にテンドンの健全度を調査する手法として、超音波探傷試験法に着目した。アンカーは、その構造の殆どが地中に埋設され、外部から調査できるのはアンカー頭部のみであり、アンカー頭部から延長方向のテンドンの状態を調査する手法として、図-9に示すように超音波探傷試験法が有力である。テンドンに用いるPC鋼材は、長期間腐食環境に曝されると荷重と腐食の相互作用より脆性破壊する遅れ破壊を引き起こす事があるが、この過程において微細なクラックが発生すると言われており、このクラックを確認するために超音波探傷試験を適用する。

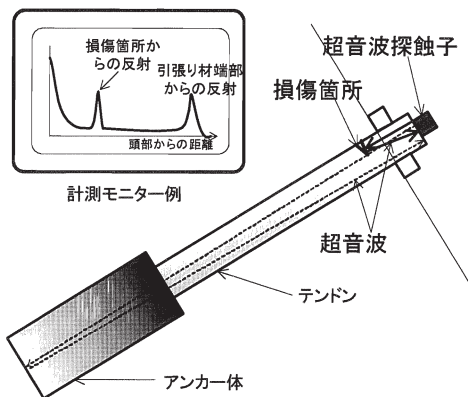


図-9 超音波探傷試験による健全度調査のイメージ

3.2 適用性に関する室内基礎試験

アンカーの構造には各種あり、その状況は現場により異なる。超音波探傷試験をアンカーの健全度調査法として適用した場合に測定結果に影響を及ぼすと考えられる各種要素を整理すると図-10の様になる。

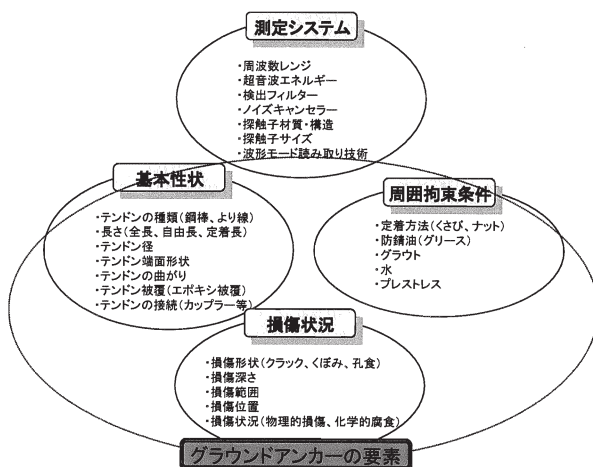


図-10 超音波探傷試験に影響を及ぼす要素

これら要素の影響を把握するために、以下のとおり段階的に確認試験を行った。

予備試験：測定システムの特徴把握

- フェーズⅠ：アンカーの基本性状の影響把握
- フェーズⅡ：損傷程度の影響把握（物理的損傷）
- フェーズⅢ：周辺拘束条件の影響把握
- フェーズⅣ：化学的腐食の検出可能性

以下に各試験結果の概要を記す。

3.2.1 予備試験（測定システムの特徴把握）

アンカーの超音波探傷試験の測定システムには、表-1に示すように、高周波タイプ（3.5～7.5MHz程度）と低周波タイプ（50kHz～2.0MHz程度）があり、高周波タイプにはコンポジット探触子、低周波タイプにはアクティブ探触子を用いた。これら測定システムの特徴を把握するために、健全なPC鋼材を用いた予備試験を実施した。なお試験に用いたテendonは、径26mmのPC鋼棒と径12.7mmの7本より鋼より線である。

表-1 試験に用いた測定システム

探触子	探触子径	周波数	備考
コンポジット探触子 (高周波タイプ)	6mm	5.0MHz	AgfaNDT製 (旧クラウトレーマー製)
	13mm	3.5MHz	
		5.0MHz	
		7.5MHz	
アクティブ探触子 (低周波タイプ)	20mm	50kHz～ 2.0MHz	アイ・エス・エル製

この結果、低周波タイプの方がより遠くの検出が可能であり、予備試験ではPC鋼棒、PC鋼より線ともに6mまで端面の検出が可能であることを確認した。

また、PC鋼より線の様に細長い試験体では、側面での音波の反射の影響により鋼材内の伝搬速度は見かけ上遅くなり、通常（5,950m/sec）の2割程度低い値（約4,900m/sec）になることが分かった。

3.2.2 フェーズⅠ（基本性状の影響把握）

アンカーの基本性状のうち、テンドンの被覆、曲がり、接続の影響に関して試験を行った。

防食のためにテンドン表面をエポキシ樹脂により塗膜される場合があるが、この塗膜の影響について試験を行った。この結果、PC鋼棒では塗膜の影響をあまり受けないが、PC鋼より線の場合には、断面積に対する表面積の割合が大きく、塗膜による波形の減衰の影響を大きく受ける結果となった。

また、PC鋼より線は施工の際に蛇行形状で組み立てられる場合があり、PC鋼棒はカップラーで接続される場合があり、これらの影響について試験を行った。この結果、PC鋼より線の曲げの影響は無いが、PC鋼棒では接続部よりも奥の検出は難しい結果となった。

3.2.3 フェーズⅡ（損傷程度（物理的損傷）の影響）

PC鋼棒及びPC鋼より線に人工的に損傷を再現し、その損傷の検出可能性について試験を行った。再現し

た損傷は、鋼棒に対しては幅 0.3 mmの切欠き、深さ 5 mmのドリル穴、径 10 mmのくぼみ穴であり、切欠きの深さ、ドリル穴数、くぼみ深さ等を変えて試験を行った。PC 鋼より線に対しては素線を切断することにより損傷を再現した。

模擬損傷検出の測定波形の例を図-11 に示す。また、PC 鋼棒の 0.5m 位置の損傷の高周波タイプによる検出結果を図-12 に示す。図中のエコー高さはゲイン値 43dB の基準値に合わせた場合の損傷のエコー高さを示す。図より、損傷位置が 0.5m の場合深さ 2mmのくぼみ穴以外は損傷の検出が可能である。損傷距離が 1.0m の場合も全体的にエコー高さが小さくなるが、おおよそ同様の傾向が見られる。一方、低周波タイプでは明確な反射エコーは得られず検出は困難であった。

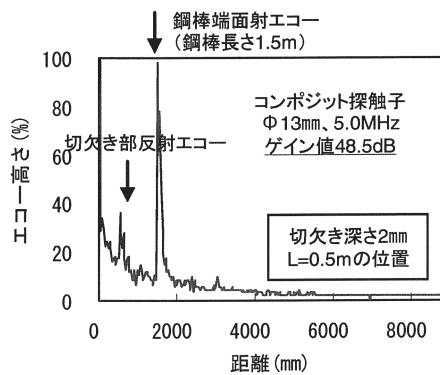


図-11 損傷部検出波形の例

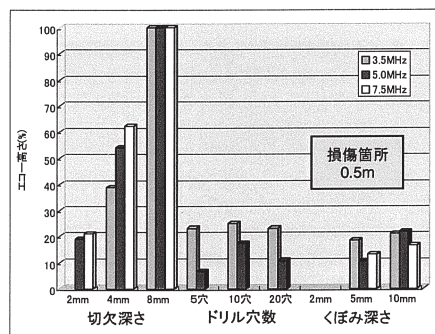


図-12 PC鋼棒損傷検出結果(高周波タイプ)

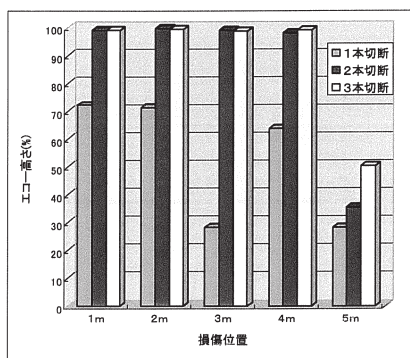


図-13 PC鋼より線損傷検出結果(低周波タイプ)

被覆の無い PC 鋼より線に対する低周波タイプによる測定結果を図-13 に示す。PC 鋼より線では、素線

1 本程度の切断でも損傷距離 5.0m まで検出可能である。高周波タイプでも、同様の結果が得られている。一方、被覆された PC 鋼より線では、低周波タイプにより 2.0m 程度までの検出が可能であるが、それ以上の検出は難しい結果となった。

3.2.4 フェーズⅢ (周辺拘束条件の影響把握)

実際のアンカーのテンドン周囲の条件として超音波探傷試験に影響を及ぼすと考えられる要素に対する試験結果は以下の通りである。

①頭部定着 (くさび)

アンカー頭部の定着は PC 鋼より線ではくさびが使用されており、定着によりくさびキズが鋼線周囲に付くことにより測定結果に影響を与えることが予想された。このため、くさびキズを再現した試験体に対し、その先の鋼線損傷の検出可否について試験を行った。

低周波タイプの測定波形の例を図-14 に示すが、低周波タイプではくさびキズの影響を受けずに損傷箇所の検出が可能である。一方、高周波タイプではくさびキズの反射エコーも検出するが、その先の損傷も検出できることが確認できた。

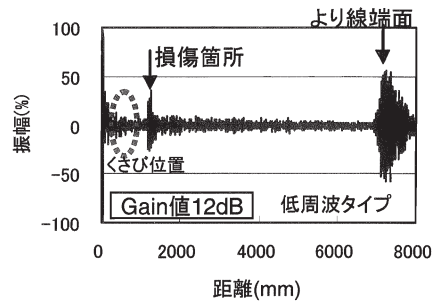


図-14 測定波形の例(素線0.5本切断)

②テンドン周囲の条件 (防錆油、水、グラウト)

実際のアンカーのテンドン周囲は、防錆油 (グリース) による保護、セメントグラウトの固結、また地下水以下では水浸状態の場合があり、これらの影響について試験を行った。試験は、人工的に再現したテンドン損傷の周囲をこれらの材料で充填した場合、及び防錆油やグラウトが不連続となった箇所に損傷が発生した場合を模擬し、損傷検出の可否の試験を行った。

試験結果によると、PC 鋼棒の場合には、これら周囲の拘束条件に拘わらず損傷の検出が可能である。一方、PC 鋼より線では水の影響はあまり受けないが、グリースやグラウトの影響は大きく受ける結果となった。ただし、グリースを鋼線表面に薄く塗った状態や固結したグラウトの不連続箇所に損傷がある場合には損傷検出が可能なる場合も見られた。

③プレストレスの影響

テンドンにプレストレスを作用させ、両端を定着した状態での影響を試験した。PC 鋼棒ではプレストレスの有無に拘わらず試験結果に影響は無かった。一方、PC 鋼より線では低周波タイプでは影響を受けないが、高周波タイプではくさび定着の影響を受け、その先の検出が困難な結果となった。くさびキズのみではその先の検出が可能であったが、プレストレスが作用してくさびが鋼線に食い込んだ状態では、その影響が大きいことが分かる。

3.2.5 フェーズV (化学的腐食の検出可能性)

化学的に腐食された鋼材の損傷検出への適用性について、塩水噴霧により長期間腐食された供試体とチオシアン酸アンモニウム溶液で急速腐食させた供試体に対して試験を行った。

①塩水噴霧による腐食供試体

PC 鋼棒、PC 鋼より線に対して、図-15、表-2に示すように緊張力を作用させた状態で、恒温室内(20℃)で塩水噴霧によりPC 鋼材を部分的に長期間腐食させ腐食箇所の検出の可否を試験した。

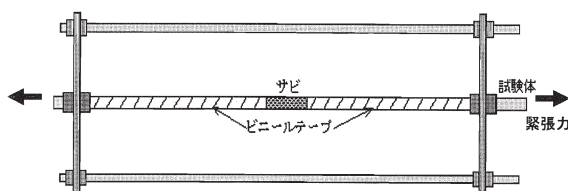


図-15 供試体形状

表-2 供試体諸元

種類	径	緊張力部長さ	緊張力
PC鋼棒	Φ26mm	1.0m、1.5m	300kN
PC鋼より線	7本より φ12.7mm	1.0m、1.5m	100kN

33ヶ月後の鋼棒、より線の腐食状況を図-16、17に示す。鋼棒は、塩水噴霧した箇所全体にわたり腐食が進行し、部分的に大きく断面欠損している。しかし、明確なクラックは確認されない。一方鋼より線は、外側の鋼線の腐食が進行して断面欠損が進み、数本の鋼線が切断されていた。

これらに対して、超音波探傷試験を行った結果の測定波形例を図-18に示す。鋼棒タイプの場合には、腐食による断面減少であり、プレストレスが作用した状態及びプレストレス解除後においても腐食箇所の検出は難しかった。PC 鋼より線では、緊張部長さが1.0m(探傷面からは腐食箇所まで約1.2m)の場合にはプレストレスが作用した状態でも定着くさびの影響を受けるがその先の腐食損傷部の検出が可能であった。しかし緊張部1.5mの場合には、プレストレス作用時にはく

さびの影響で損傷検出は難しいが、プレストレス解除後には損傷検出が可能となった。

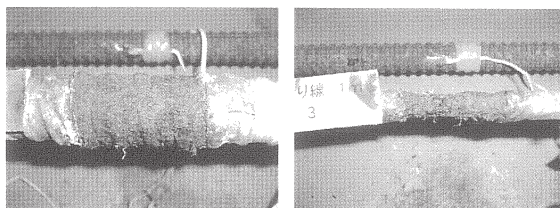


図-16 PC鋼棒の腐食状況 図-17 PC鋼より線の腐食状況

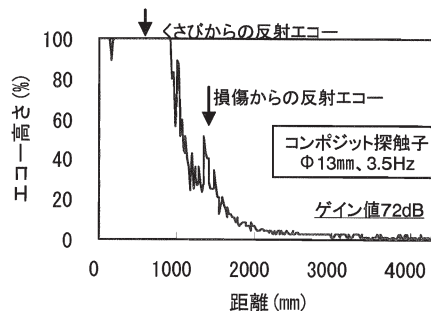


図-18 PC鋼より線の損傷測定波形例

このことから、PC 鋼より線の場合で頭部背面の様な近い距離において腐食により鋼線が大きく断面欠損している場合にはその検出の可能性があることが分かる。また、PC 鋼より線の場合には、外側の鋼線が腐食により破断するとその鋼線のプレストレスが解放され、各鋼線の拘束力が弱まりプレストレス力の低下及びより線端部断面での鋼線のバラツキなどが見られる。このことから、実際の現場においては、アンカー頭部のより線端面の状態を見ることによりテンドンの状態をある程度推定できると考えられる。

②チオシアン酸アンモニウム溶液による急速腐食供試体

PC 鋼棒に対して、塩水噴霧による腐食では応力腐食によるクラック発生までには至らなかった。このため、塩水噴霧に替わり鋼材を急速に腐食させることが可能なチオシアン酸アンモニウム溶液を用いて試験を行った。

試験は図-15と同様の供試体を3体作成し、鋼棒の中央部分に密閉した容器を取り付け、その中にチオシアン酸アンモニウム溶液(20wt%、約60~70℃)を充填させた状態で放置した。約420時間後に1体の供試体の破断を確認した段階で、破断していない他2体の供試体に対して超音波探傷試験を行った。この結果、図-19に示すように腐食箇所に明確な反射エコーが確認され、鋼棒の応力腐食による微細なクラックが検出できた。試験後に腐食箇所の調査を行うと、図-20の様に断面方向に深さ3mm前後の微細なクラックが入っていることが確認された。

以上より、超音波探傷試験により腐食による鋼棒の破断前にその異常を検出可能であることが確認された。

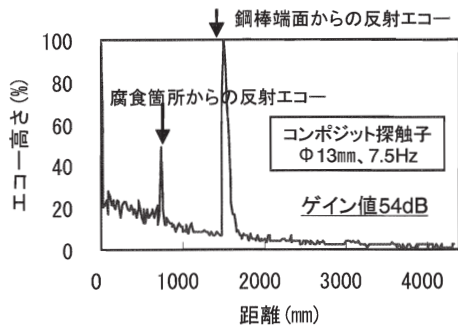


図-19 腐食箇所からの反射エコー例

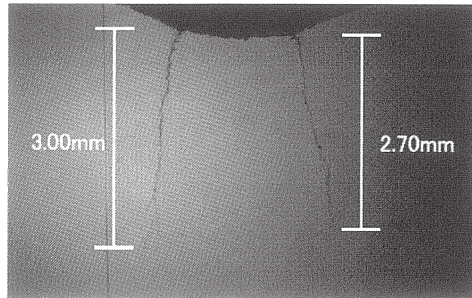


図-20 腐食した鋼棒のクラック

3.2.6 超音波探傷試験の適用性

以上の一連の試験結果から超音波探傷試験のアンカーの健全度調査手法としての適用性を整理すると表-3のとおりとなる。これより、実際のアンカーへの適用としては、アンカー頭部背面のテンドンの損傷検出や破断したテンドンの長さ測定、テンドン接続位置の確認などに適用可能であると考えられる。

表-3 超音波探傷試験の適用性

	PC鋼棒		PC鋼より線	
	高周波タイプ (コンポジット探触子)	低周波タイプ (アクティブ探触子)	高周波タイプ (コンポジット探触子)	低周波タイプ (アクティブ探触子)
長さ ¹⁾	6mまで確認	6mまで確認	6mまで確認	6mまで確認
基本性状				
テンドンの曲がり ²⁾	○	○	○	○
テンドンの被覆	○	○	○	△
テンドンの接続 ³⁾	×	×	○	○
損傷形状				
くぼみ・孔食	△	×	○	○
クラック	○	×	○	○
系統欠損	○	○	○	○
損傷長さ	2mm程度まで	×	0.5本程度欠損まで	0.5本程度欠損まで
損傷位置	2m程度まで	×	5m程度まで	5m程度まで
周辺検査条件				
定着方法	ナット定着	○	○	○
	くさび定着	○	○	○
	グリース	○	○	△ ⁷⁾
	グラウト	○	○	×
	水	○	○	△
	プレストレス	○	○	△ ⁸⁾

○: 影響を殆ど受けない △: 影響を受けるが検出可能な場合がある ×: 影響を受け検出不可
 注: 1) 長さの適用範囲は、室内試験にて確認検出の試験を行った範囲であり、条件によってはこれ以上の可能性も有る
 2) PC鋼より線の高周波タイプによる実験は未実施のため判断出来ない
 3) 塗膜層が薄い場合には影響をそれ程受けない場合がある
 4) カップラーによるPC鋼棒損傷の箇所損傷箇所より遠くからの検出の可能性
 5) くぼみ・孔食は、ドリルにより再現した損傷に対する試験結果
 6) くさび定着の影響は、影響を大きく受けて検出できない場合もある
 7) グリースは固結度が低い場合や被覆層が薄い場合には影響が小さい場合がある
 8) PC鋼より線の場合には、プレストレス作用時のくさび定着の影響が大きい

4. 実現場のアンカーの現状調査

長期間経過したアンカーの状態の把握及び健全度調査法の適用性を検討するために、実現場でのアンカーの調査を行った。

4.1 鋼棒アンカーの調査

4.1.1 調査概要

のり面保護として設置されたPC鋼棒タイプの長さ約15mのアンカーである。施工は、昭和59年に行

れ、防食が十分に行われていない旧タイプアンカーである可能性が高い。1本のアンカーで鋼棒の破断により頭部が突出し、破断したアンカー及び周囲のアンカーの調査を実施した。調査は、外観調査、超音波探傷試験、リフトオフ試験、頭部背面調査を行った。

4.1.2 調査結果

(1) 破断したアンカーの調査

破断したアンカーは頭部より約3mの位置でPC鋼棒が破断し、頭部が約50cm突出した。破断した鋼棒を抜き出して観察すると、破断部周辺は一様に錆が進行しており、破断面においても孔食が認められ、図-21に示すように、孔食部を起点として脆性的に破断したものと推測される。

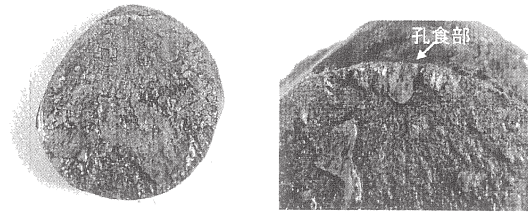


図-21 鋼棒の破断面

シース内には滞水が確認され、また表面水がのり枠と台座コンクリートとの隙間等から浸入した跡が確認され、アンカー頭部背面の防食が不十分だったことから、鋼棒周囲に水が滞水し腐食が進行したものと推測される。

(2) 周囲のアンカーの調査

周囲のアンカーは、図-22に示すように頭部コンクリートの劣化や水の浸入による遊離石灰の発生が確認された。アンカーの頭部背面調査によると、シース内への水の浸入が確認され、また頭部背面の防食が不十分なことから鋼棒の表面にも腐食が確認された。

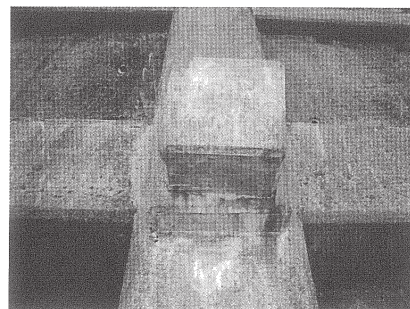


図-22 周囲アンカーの状況

周囲のアンカー鋼棒の損傷の有無を超音波探傷試験により調査した。この結果、各段においてほぼ同一の距離(約3~4.5m)からエコーが確認されたが、これらは鋼棒のカップラー接続部と考えられ、それ以外の損傷等による明確なエコーは確認されなかった。

4.2 鋼より線アンカーの調査

4.2.1 調査概要

地すべり抑止の目的で施工された PC 鋼より線タイプ ($\phi 12.7\text{mm} \times 9$ 本) のアンカーであり、長さは約 20~50m、1 本当たりの定着緊張力は約 300kN/本である。施工は昭和 62 年~63 年にかけて行われており、旧タイプアンカーである可能性が高い。

アンカーの調査は、外観調査、頭部詳細調査、リフトオフ試験、頭部背面調査、維持性能確認試験、超音波探傷試験を行った。

4.2.2 調査結果

(1) 外観調査

アンカー頭部及び周辺のり枠に変状が確認され、特に緊張力が抜けて頭部が浮いた状態のアンカーも数本見られた。

(2) アンカー頭部詳細調査

頭部キャップ内の防錆油の変質が一部で確認され、頭部の tendon も薄い 錆も一部で確認された。

(3) リフトオフ試験

外観調査において頭部の浮きが確認された周囲のアンカーでは緊張力が大きく低下している傾向にあり、頭部の浮きの原因としては、アンカーの破断ではなく、地山の変状に伴うアンカー緊張力の減少によるものと考えられる。

(4) 頭部背面調査

頭部背面は防食処理が十分に行われておらず、防錆油の変質や土砂の混入、鋼線の錆やキズなどが確認された。

(5) 維持性能確認試験

アンカー体の定着力及び引張り材の耐力が設計アンカー力(900kN)以上であるか確認するために維持性能確認試験を行った。この結果、アンカー頭部の変状が確認されたアンカーでも所要の定着力、引張り材耐力が確認された。

しかし、1 箇所アンカーにおいて試験中に tendon が 1 本、頭部から約 25m の箇所で破断した。破断箇所周辺の鋼線の状態を図-23 示すが、破断箇所周辺約 1.5m の範囲で腐食による大きな欠損がみられ、広範囲にわたり腐食環境にあったと考えられる。腐食箇所の鋼線の引張り試験の結果、伸びが小さい段階で脆性破壊を起こしており、今回の破断は鋼線の腐食によるものと推測される。破断箇所はアンカー自由長部とアンカー体との境界部と推定され、アンカー体グラウトに引張りクラック等が発生し防食効果が低下したのが原因と推定される。

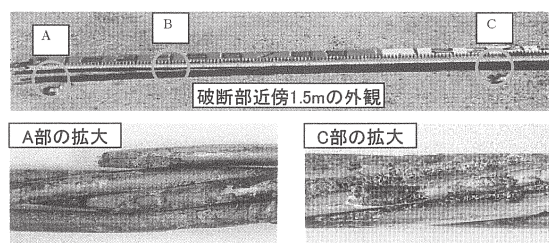


図-23 鋼線の破断箇所の状況

(6) 超音波探傷試験

アンカー頭部から PC 鋼より線の損傷を調査した。検出されたエコーの例を図-24 に示す。このアンカーでは頭部背面調査において、図のように端面から 190mm 付近でくさび傷、約 290mm の箇所で傷が確認されている。低周波タイプでは、くさび傷からのエコーが検出されるがその奥の傷は確認されなかった。一方、高周波タイプでは、図の様にくさび傷よりも奥の損傷が検出できる場合もあった。

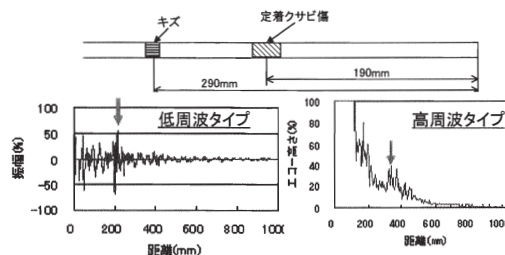


図-24 探傷試験結果の例

5. アンカーの点検・健全度調査・補修マニュアル案

以上の調査・検討を踏まえ、実現場においてアンカーの維持管理を行う際の指針として、「グラウンドアンカーの点検・健全度調査・補修マニュアル(案)」を(社)日本アンカー協会と共同で作成した。マニュアルは、表-4 に示すように計 6 章から構成され、アンカーの維持管理の流れに沿った構成となっている。また最終章には今後アンカーの設計施工や維持管理において望まれる技術開発の方向性についての提案も行っている。

表-4 マニュアル案の目次構成
「グラウンドアンカーの点検・健全度調査・補修マニュアル(案)」

目次構成	
はじめに	
第1章 総則	
第2章	グラウンドアンカーの維持管理の基本的な考え方
第3章	グラウンドアンカーの点検
第4章	グラウンドアンカーの健全度調査
第5章	グラウンドアンカーの補修・補強
第6章	今後の対応と課題

アンカーの点検から健全度調査、補修までの流れを図-25 に示す。基本的な流れは、健全度に問題のある可能性のアンカーについては初期調査に行き実態把握を行った後、点検において異常の把握に努める。こ

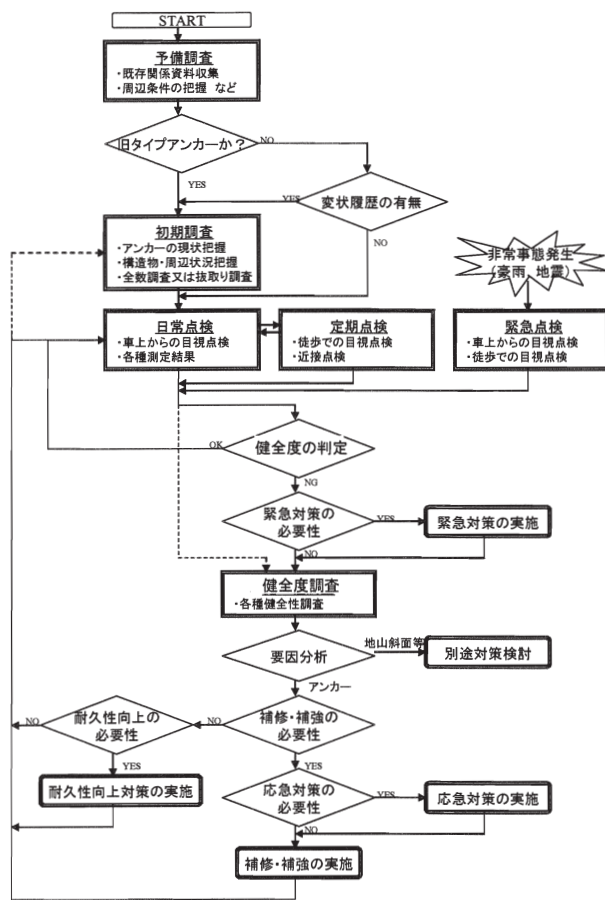


図-25 アンカーの維持管理フロー

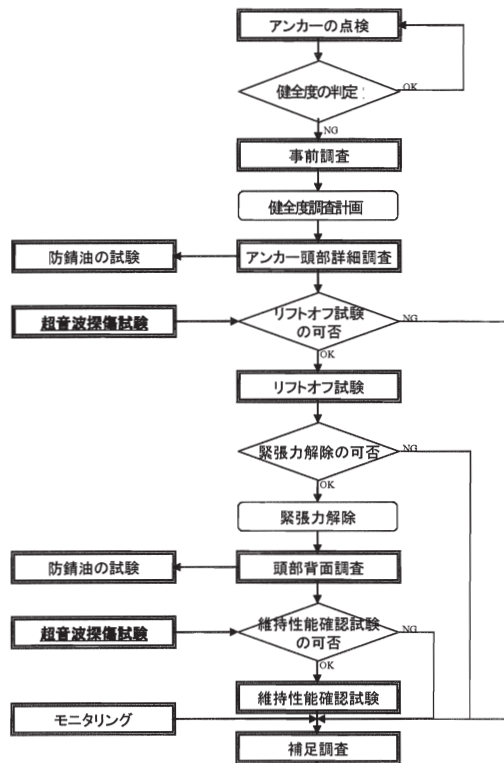


図-26 健全度調査フロー

これらの点検結果から健全度に問題がある可能性が高いと判断される場合には、より詳細な健全度調査を実施する。この調査結果から総合的にアンカーの健全度を評価し補修・補強、耐久性向上などの対策を実施する。

また、健全度調査の主な流れを図-26に示す。

アンカーの健全度の判定・評価に当たっては、これまでの実現場でのアンカーの調査結果などを踏まえて、図-27に示すようにアンカーの変状要因関連図を整理し、この関連図に基づき健全度判定の考え方を新たに提案した。

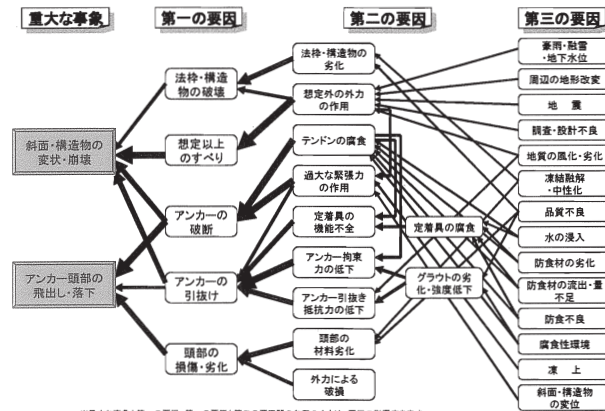


図-27 アンカーの変状の要因関連図

また、アンカーの維持管理を長期間にわたり効果的かつ効率的に実施するために、点検結果を維持管理用カルテとして記録保管する必要があり、各記録簿の様式案を実現場での調査で試行しながら作成した。

6. まとめ

長期間経過したアンカーの腐食等による問題が発生する前にアンカーの健全度を調査する手法を開発するとともに、実際のアンカーの問題も踏まえてアンカーの点検・健全度調査・補修マニュアル案の作成を行った。これらの結果、以下のことが明らかとなった。

- ・初期に施工され長期間経過したアンカーはテンドンの腐食など各種問題を抱えている場合がある
- ・アンカー頭部背面のテンドンの健全度調査に超音波探傷試験が適用可能である
- ・点検や各種健全度調査手法を組み合わせることにより、アンカーの健全度をある程度評価できる。

今後は、実現場において標記マニュアルの運用を図るとともに、アンカー奥部の健全度調査手法や補修・補強対策など、更なる研究開発が望まれる。