

グラウンドアンカー維持管理の現状と課題

藤田智弘・宮武裕昭・近藤益央

1. はじめに

2012年12月2日に発生した中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故等を受けて、2013年5月には道路法等の一部を改正する法律が成立し、点検に関する技術的基準は政令で定める等の改正がなされた。また、2013年6月に社会資本整備審議会の道路分科会が、道路構造物の適切な維持管理方法の考え方としてメンテナンスサイクルの構築という方針¹⁾を示した。メンテナンスサイクルの構築とは、点検→診断→措置→記録→(次の点検)という維持管理の業務サイクルを通して、施設に求められる適切な性能をより長期間保持するための寿命化計画等を作成・充実し、構造物の維持管理を効率的、効果的に進めることである。

土工構造物については、損傷や変形の形態、崩壊のメカニズム、地質構造が複雑で多岐にわたるために、単発の点検や調査結果から健全性を判定することは困難である。そのため、点検を定期的に繰り返し、過去の点検結果との比較により、変状の進行過程を把握し健全性を判断する等の点検に軸足を置いたメンテナンスサイクルを構築することが有効である。これまでも、点検により状態の変化を見つけて、診断で対応の必要性を判断し、変状・損傷の状況に応じて補修・補強などの対策を行うという考え方は道路土工指針などに示されてきた。しかし、広く土工構造物について、健全性を時系列の変化から判定するために、データを体系的に蓄積することは一般的に定着していない。

グラウンドアンカー（以下、「アンカー」という。）については、部材にかけた緊張力の変化がアンカーの健全性に密接に関わるという特徴を有する。(独)土木研究所は、(社)日本アンカー協会との共著で2008年に、「グラウンドアンカー維持管理マニュアル」²⁾（以下、「維持管理マニュアル」という。）を発刊し、その中で継続的なデー

タの蓄積を前提とした、時系列の変化からアンカーの健全性を判定する方法を示している。

本稿では、土工構造物のメンテナンスサイクル構築の参考となる、アンカーの維持管理マニュアルの基本的考え方を示す。

また、アンカーのメンテナンスサイクル構築には、点検方法、診断方法の高度化も必要である。既存の点検方法や診断方法では検知することが困難な損傷事例について、(独)土木研究所で実施した再現実験を報告する。

2. 維持管理マニュアルの基本的考え方

維持管理マニュアルでは、予備調査を踏まえた点検、健全性調査、対策を維持管理の基本としている。点検から対策までの維持管理のフロー（図-1）に基づき、アンカー維持管理のプロセスの基本的な目的を以下に示す。

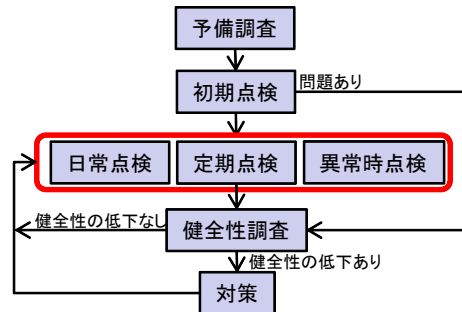


図-1 アンカー維持管理のフロー

2.1 予備調査

アンカーの場合、1988年制定の(社)土質工学会基準で二重防食が義務付けられる以前のアンカーを旧タイプアンカーと呼ぶ。旧タイプアンカーは腐食による問題が多く発生している³⁾。旧タイプアンカーか否かは、現地では見分けることができず、設計資料が必要である。また、過去にアンカーの変状履歴があるものは、繰り返しアンカーに問題が発生することが多い。変状の履歴も、現場では確認することができず、変状履歴を記録した防災カルテなどが必要である。そこで、第1のプロセスに文献調査を主とする予備調査を実施することとしている。

2.2 初期点検

時系列の変化からアンカーの健全性を判定するには、維持管理のデータを蓄積する必要がある。データの蓄積は台帳への記録を基本として行うこととしており、初期点検は、維持管理のデータの基盤となる調査台帳を作成する作業である。

2.3 日常点検・定期点検・異常時点検

時系列の変化を把握するために、平常時に行う日常点検・定期点検と、豪雨または大地震時等の異常時に行う異常時点検を組み合わせる実施する。

(1) 日常点検

日常点検は、車上からの目視により、1日に1回程度の頻度で行うことを想定しており、全体を見渡しながらアンカーの異常を早期に発見するものである。

(2) 定期点検

定期点検は、徒歩による目視、または必要に応じて近接調査や打音調査を行うことを想定しており、詳細に点検する代わりに日常点検よりも頻度を下げて実施し、アンカーの異常を定期的に監視・発見するものである。

(3) 異常時点検

異常時点検とは、異常気象時やその後に、目視点検で、事故等により生じた変状等を把握するものである。

このように、多頻度低精度の日常点検と低頻度高精度の定期点検等の組み合わせにより災害の予兆を的確に捉えることを基本としている。

2.4 健全性調査

健全性調査は、点検により健全性に問題がある可能性が高いと判断されたアンカーに対し、より詳細にアンカーの状態を確認し、健全性を確認するために行う。健全性に問題がある可能性が高いと判断されたアンカーに対して健全性調査を実施するという二段階にしたのは、以下の理由がある。

- ・対象となる構造物の数が多い
- ・変状の有無だけで健全性低下を判断できない

健全性調査は、主にテンドン破断の危険性を判定することを目的としており、テンドンの残存引張り力の増減を確認するリフトオフ試験やテンドンのクラックの有無を確認する超音波探傷試験(写真-1)等に代表される健全性調査から必要な調

査を選定して実施する。

2.5 対策

対策は、健全性調査の結果、健全性が低下しているアンカーについて何らかの措置を行い、所要の安全性を確保するために行う。対策は、調査時点における性能が使用限界、終局限界に対してどの程度なのか、調査時点における性能から判断して設計供用期間内に供用上必要な性能を維持できるかを考慮し、補修、補強(図-2)、更新などから適切な措置を選定して実施する。



写真-1 超音波探傷試験

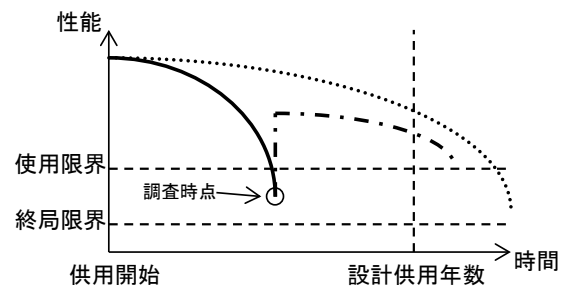


図-2 アンカーの補強のイメージ

3. 点検により検知困難な損傷事例の再現

前述の通り、旧タイプアンカーは腐食による問題が多く発生する。維持管理マニュアルの基本的考え方は、旧タイプアンカーを洗い出し、健全性の問題の予兆や要因を定期的に監視または発見することで、腐食による問題に対応することとした。

しかし、アンカーのテンドンとして一般に用いられているPC鋼材が、長期間、腐食環境に曝されると、ほとんど塑性変形を伴わずに脆性的な破壊(遅れ破壊)を引き起こすことがあり、破断事例がいくつか報告されている³⁾。遅れ破壊は、既存の点検方法や診断方法では予兆を捉えることが困難な現象の一つといえる。

以下に、(独)土木研究所で実施した遅れ破壊の再現実験について紹介する。

3.1 腐食した鋼材の引張試験

静的な荷重が継続的に負荷される鋼材が腐食環境下に置かれた場合、応力腐食割れおよび水素脆性割れが起こり、それらが相互に作用して遅れ破壊が生じると報告されている。そこで、32mm

(耐力:1,076N/mm²,引張強さ:1,219 N/mm²)のPC鋼棒を、388.2kN(極限引張力の0.6倍)の引張力をかけた状態で腐食させた(図-3)。

腐食方法は、ポリカーボネイト性の容器に90℃の20wt%硝酸アンモニウム溶液を入れ、PC鋼棒の中心150mmの箇所を溶液に浸して急速に腐食させた。溶液の温度を高温に保つため、ヒーターで容器ごと溶液を温めた。PC鋼棒を溶液に浸す時間等を変えて腐食度合いの異なる14本の試験体(腐食なしも含む)(写真-2)を作成した。

このほか、1本のPC鋼棒は破断するまで腐食させた。

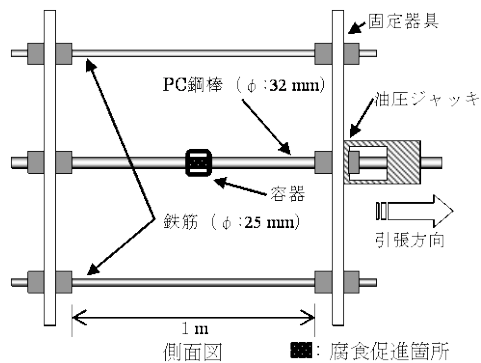


図-3 PC鋼棒腐食方法の概図

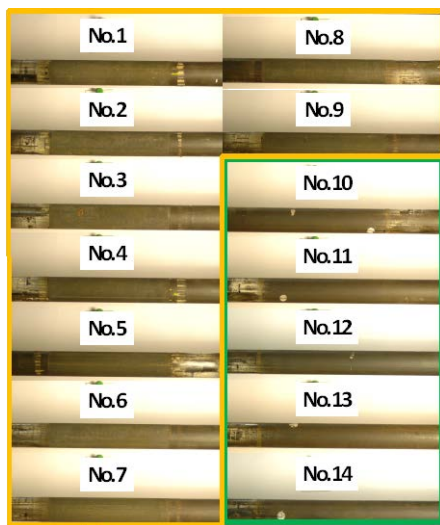


写真-2 試験体(黄枠:腐食あり, 緑枠:腐食なし)

万能試験機による引張試験で試験体の残存耐力を計測した。引張速度はJIS G 3109に定められている規定速度範囲内とした。破断に至るまで試験体に引張力を加え、最大引張荷重を計測した(図-4)。最大引張荷重の減少率は、試験体の最大引張り力を腐食がない試験体(No.14)の最大引張り力で除した値を1から引いた値と定義した。

また、引張試験終了後の試験体の破断面画像をデジタルカメラで撮影した。腐食させた試験体の破断面は、現場で採取した遅れ破壊により破断し

たとえられるアンカーの破断面と同様、絞りを伴わず(写真-3)、破断面には断面の欠損箇所が確認できた(写真-4)。それに対して、腐食無しの試

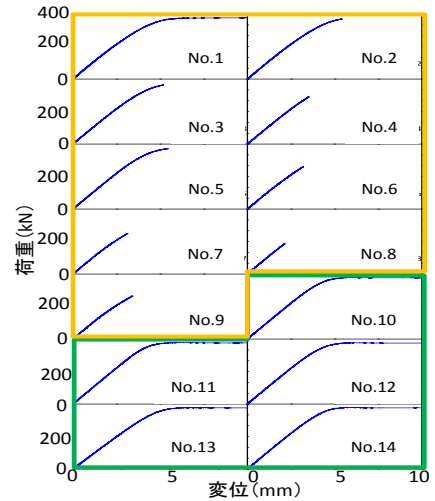


図-4 引張試験の変位-荷重関係*
*プロットの途切れはその時点で破断

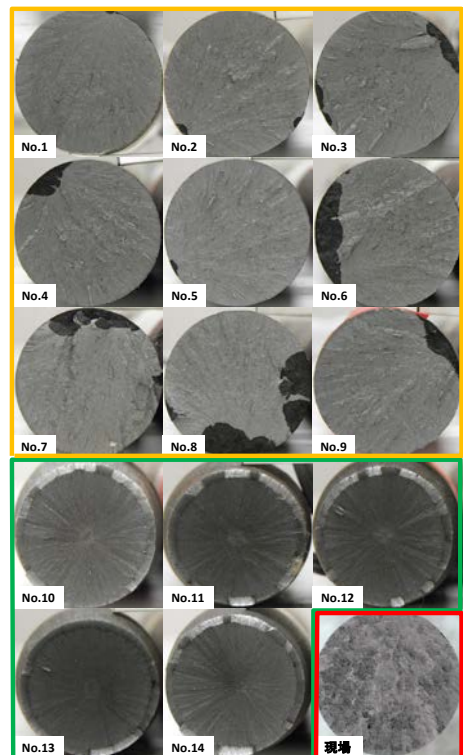


写真-3 PC鋼棒破断面の比較(赤枠:現場採取)



写真-4 PC鋼棒の断面の欠損箇所

験体は絞りを伴う破断面であった(写真-3)。撮影した写真で、画像のピクセル数から断面の欠損率(以下、「断面欠損率」という。)を測定した。本実験では、断面欠損箇所のピクセル数を全断面のピクセル数で除した値を断面欠損率と定義した。図-5は、断面欠損率と最大引張荷重の減少率の関係を整理したものである。図-5から、断面欠損率と最大引張荷重の減少率には、正の相関がある。また、腐食による最大引張荷重の低下は、断面欠損率の低下に比べて減少率が大きい。例えば、地盤工学会基準に定められたテンドンの許容引張り力(地震時 $0.9T_{ys}$ 、 T_{ys} :降伏引張り力)を最大引張荷重が下回らないうちに検知するためには、断面欠損率が数%に満たないうちに検知する必要がある。一方で、土木研究所で別途実施した超音波探傷技術による断面欠損箇所の検知に関する研究では、小さな断面欠損の検知には適用が困難という知見があり、今後の課題である。

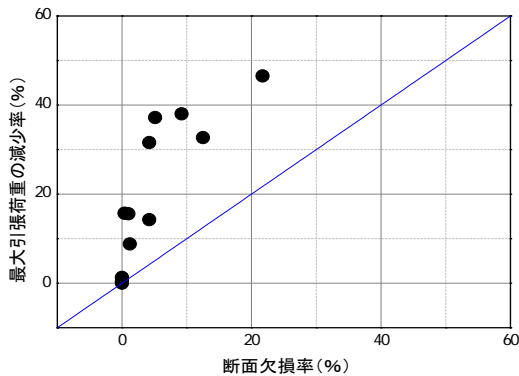


図-5 断面欠損率と最大引張荷重の減少率

また、図-6は破断するまで腐食させたPC鋼棒のひずみの変化を示したものである。ひずみの値は、鋼棒の表・裏に張ったひずみゲージの値の平均を示す。ひずみが周期的に変化するのには、主にヒーター等による温度変化の影響だと考える。ま

た、破断にいたる直前にひずみの変化が大きくなる傾向が確認できる。ひずみの変化等のモニタリング技術についても、今後の課題である。

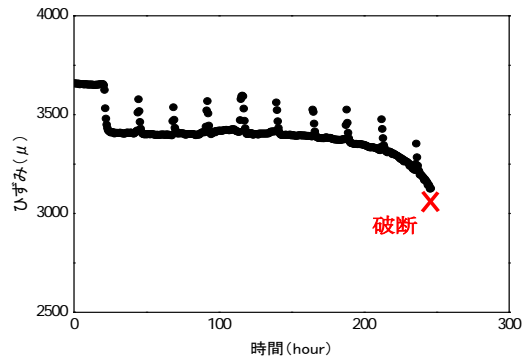


図-6 腐食で破断させたPC鋼棒のひずみの変化

4. まとめ

2008年に発刊されたアンカーの維持管理マニュアルで示した維持管理の基本的な考え方は、維持管理のフローの見直しや点検・診断技術の高度化が必要であるものの、アンカーの維持管理には有効であり、さらには土工構造物のメンテナンスサイクル構築の参考となる内容である。

遅れ破壊に関しては、部材に着目した遅れ破壊の検知は困難なため、防錆油の交換を定期的に行うことで、テンドン周りが腐食環境にならないように維持するなどの対応が重要であると考えられるが、今後はメンテナンスサイクルの考えに基づくデータ蓄積を通じ、外観の変化から腐食要因の有無を推定し、効率的に防錆油の交換を実施することが期待される。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：道路メンテナンス技術小委員会の中間とりまとめについて、2013.6
- 2) (独)土木研究所、(社)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、2008.7
- 3) FIP：Corrosion and corrosion protection of prestressed ground anchorages、2008.7

藤田智弘



(独)土木研究所つくば中央研究所
地質・地盤研究グループ施工技術チーム 研究員
Tomohiro FUJITA

宮武裕昭



(独)土木研究所つくば中央研究所
地質・地盤研究グループ施工技術チーム 上席研究員
Hiroaki MIYATAKE

近藤益央



(独)土木研究所つくば中央研究所
地質・地盤研究グループ施工技術チーム 主任研究員
Masuo KONDOH