

特殊高所技術

従来技術では近接が困難または不可能な、高所での点検、調査および補修を可能に

山口 宇玄

株式会社 特殊高所技術

1. はじめに

1-1. 予防保全はまず点検から

農業分野では、全国の農道で橋梁調書を含めた農道台帳の整備と点検結果に基づく維持管理がすすめられている。また、利水施設であるダム、堰堤、水門、水路の適切な維持管理による長寿命化が求められている。

社会インフラの維持管理で直面している最も大きな問題は“予算がない”という事である。効率的なマネジメントによって維持管理費用を抑えるため、予防保全が求められている。それには、既存構造物の点検が適切になされていることが前提条件となる。しかし現状では、まず初めにやるべき点検さえ十分にできていない構造物が数多く存在している。

1-2. 高所作業が原因で点検ができない

点検を実施していない理由の一つは、高所作業である。一般的な足場や重機を利用した高所作業では様々な問題から点検を断念しているケースが多くある。具体的な理由は主として以下の通りである。

- ・高所作業車を設置するスペースがない
- ・交通規制が行えず重機設置ができない
- ・点検のために施設の運用を長期間止められない
- ・仮設足場の費用が高額で予算がとれない
- ・重機のリース料が高額で予算がとれない
- ・交通規制の費用が高額で予算がとれない

では、このような制約条件下で、今まではどのような点検が行われていたのか。もっとも一般的な手法は“双眼鏡等による遠望目視点検”の実施である。比較的予算のある場合は、以下の遠隔診断技術を選択することもある。

- ・熱赤外線モニタリング
- ・レーザープロファイリング
- ・精密写真測量

しかし多くの場合、これらの点検手法は、構造物の劣化状況を的確かつ定量的に捉え、補修・補強に必要な情報を正確に得るには不向きである。

1-3. 新技術による高所作業の実現

当社の社名であり、技術名称にもなっている“特殊高所技術”は、以下の特徴を備えている。

- ・従来手法では困難または不可能であった、構造物の高所部位に、技術者が直接到達し作業をする
- ・足場や高所作業車で行うのと同様以上の精度で点検、調査、簡易補修等を行える

そして、当社は日本各地の以下の様な場所で、足場や重機では対応できない箇所の点検、調査、補修を担っている。

- ・橋梁
- ・ダム
- ・水力発電施設
- ・風力発電施設
- ・水門
- ・岩壁
- ・水路
- ・大規模地下構造物
- ・ドーム型球場

本稿では、従来技術では近接が困難または不可能な高所での作業を可能にする特殊高所技術を、具体的な適用事例を通じて紹介する。

2. 特殊高所技術の概要

特殊高所技術は重機や仮設足場を必要とせず、高強度のロープと装備により技術者が対象物に安全に近接することが可能な技術である。(写真 2-1、2-2 参照)



写真 2-1 作業の状況



写真 2-2 使用装備の装着状況

当社はこの特殊高所技術に用いる機材を提供販売するのではない。特殊高所技術を駆使して点検、調査、補修を行う技術者を提供し、構造物の維持管理、補修、補強に必要な情報を現場で得て発注者へ報告することが主たる業務である。

2-1. 技術登録

特殊高所技術は、ARIC の新技術には No.0389 で登録されている。また、国土交通省の NETIS（新技術情報提供システム）には No.SK-080009-V で登録されている。特に、NETIS からは活用の促進を図るべき有用な新技術として評価認定を得ている。

2-2. メリット

本技術の最大の特徴は、重機や仮設足場を使用しないことによる①コスト縮減、②工期短縮、③省スペース、④省エネルギーが挙げられる。

① コスト縮減

- ・仮設足場の設置、撤去、リース費用が不要
- ・重機の設置、撤去、リース、オペレーターの費用が不要
- ・重機設置による路上交通規制のための費用が不要

② 工期短縮

- ・仮設足場の設置、撤去の時間が不要
- ・重機の設置、撤去の時間が不要
- ・交通影響に配慮した夜間作業による工期の長期化がない
- ・鉄道など数時間の施設運用停止時間内で作業が可能
- ・即日設置→作業→即日撤去が可能

③ 省スペース

- ・人が通れる空間があれば実施可能
- ・設置される設備はロープ程度で場所をとらない
- ・既存施設の運用に与える影響を最小化できる

④ 省エネルギー

- ・基本的に人力で移動作業を実施
- ・エンジンやモーター等の動力を必要としないため、山中での電力確保、地下空間での換気確保が不要

また、点検、調査の品質は以下の理由から遠望目視調査や、写真測量などの遠隔調査技術より高精度かつ高機能である。

- ・技術者が直接、近接目視調査を行う
- ・打音調査、サンプリング、非破壊試験、微破壊試験が可能
- ・寸法の実測が可能
- ・発見した損傷に対して、簡易補修を実施可能

2-3. 技術者の保有資格

特殊高所技術は、高度な高所作業能力のみで構成されているのではない。実作業にあたる技術者は点検調査補修業務に応じた技能と資格を有している。現在、社内ではコンクリート診断士や各種の非破壊試験資格をはじめ 34 種以上の資格を延べ 80 人以上が保有している（表 2-1 保有資格一覧を参照）。

表 2-1 保有資格一覧

資格名称	
一級土木施工管理技士	二級土木施工管理技士
一級建築施工管理技士	二級建築士
コンクリート診断士	コンクリート技士
博士（地球環境科学）	技術士補（建設部門）
測量士補	小型移動式クレーン
あと施工アンカー主任技士	あと施工アンカー技術管理士
有機溶剤作業主任者	第 1 種あと施工アンカー施工士
管理技術者資格（建築）	第 2 種あと施工アンカー 施工士
火薬類取扱保安責任者（乙）	危険物乙種（第 4 類・第 6 類）
橋梁点検技術研修了者（財）	海洋架橋・橋梁調査
JIS Z 2305 非破壊試験技術者	浸透探傷試験 Lv2
JIS Z 2305 非破壊試験技術者	磁粉探傷試験 Lv2
JIS Z 2305 非破壊試験技術者	超音波探傷試験 Lv1
JIS Z 2305 非破壊試験技術者	渦流探傷試験 Lv2
地山の掘削及び土止支保工作作業主任者	
配筋探査技術者（NDT）	建築物等の鉄骨組立作業主任者
陸上特殊無線取扱者第 3 級	ガス溶接作業者
1 級・2 級小型船舶操縦士	アーク溶接作業者・
酸素欠乏硫化水素危険作業主任者	

3. 実際の適用事例

3-1. 橋梁

国土交通省の策定した橋梁定期点検要領(案)では、国道に架かる道路橋のうち橋長 2m 以上のものについては 5 年毎に全ての部材に対して近接目視点検を行うこととなっている。一方、農道の維持管理は、財産の管理者である地方公共団体がその責務として適切に行うこととされている。しかし、平成 20 年時点での全国にある 15m 以上の農道橋 3,120 橋のうち点検診断が行われていたも

のはわずか3.7%である。¹⁾

通常、道路橋の定期点検は、高所作業車・橋梁点検車等を現場条件に応じて選択し、行うのが一般的である。全ての部材に近接しようとする、吊り足場を仮設する必要がある橋梁は多いが、実作業が数日間で終了する定期点検の度に、吊り足場を組むのは経済的ではない。

また、橋面上で橋梁点検車を使用するためには路上の交通規制が必要だが、橋梁の前後にトンネルがある場合は、規制距離が数kmを超えてしまうこともある。そのような場合には交通規制そのものの困難さ、費用面から点検が困難と判断されることもある。しかし、特殊高所技術を活用すると、これらを必要としない。そのため、工期の大幅な短縮が可能であり、結果としてコストの大幅な縮減が出来る。

さらに、海上部や河川部また、峡谷に位置する高い橋脚の調査を実施する場合、通常の重機では橋面上からも基部からも近接するのが困難な事例は珍しくない。また、斜張橋で主塔頂部への昇降装置がない場合がある。上記のいずれの条件でも、特殊高所技術の適用が可能である。

本技術の適用の条件としては、ロープ等を固定するための支点が確保できることである。しかし、過去の実績から適用不可能であった橋梁は無く、橋梁の規模による制約も受けない。むしろ、大規模な橋梁ほど重機による点検が出来ない範囲が多く、特殊高所技術を用いて、その部位の点検を行うことが多い。

※写真の説明



橋梁 1：上路トラス橋点検 - 峡谷に架かるため高所作業車の適用は不可能、幅員も狭く橋梁点検車の適用が不可能



橋梁 2：PC斜張橋主塔及びケーブル定着部 - 離島と本土を結ぶ唯一の生活道路。1車線のためいずれの重機も使用は困難



橋梁 3：PC斜張橋ケーブル点検



橋梁 4：PC箱桁橋コンクリート詳細調査 - 海上部 40m に位置し重機の使用不可。桁下面をアンカー打設により移動



橋梁 5・6・7：鋼床版点検 - 目視のみならず、各種非破壊検査（PT・MT・ET・UT）を行うことが可能。写真は ET 実施状況



橋梁 8：コンクリートコア採取 - 海上部に位置するアンカレイジコンクリートにて



橋梁 9：RC レーダによる配筋探査 - 河川部に位置する橋脚



橋梁 10：超音波板厚測定 - パイルベント橋脚にて

3-2. 利水施設（ダム・水路・発電施設）

利水施設で調査・点検業務を行う際、留意すべき点として、「現地業務期間の可能な限りの短縮」が挙げられる。水路構造物であれば業務のために取水を止め、断水・放水を行わなければならない。よって、利水停止期間の長期化は施設利用率の低下による経済損失となる。施設の予防保全的観点からすると絶対的に必要な業務であっても、工期は短いほど良い。

水力発電施設での実例を挙げると、直径 11m・高さ 140m の調圧水槽内面でコンクリートの変状調査を行う場合、このような構造物に高さ 140m にわたって仮設足場を組むことは現実的ではない。一方、特殊高所技術では、8 人の技術者が 2 日間という短期間で詳細な調査を実施できる。このように、特殊高所技術の活用により発電停止期間を最大限短縮することが可能である。

その他では、ダム堤体や水門周辺の調査・点検に適用されている。特にダム堤体越流部や水門付近での業務を行う場合、仮設足場と決定的に異なるのは、数十分間の猶予があれば、作業者が安全な場所に退避ができるため、ゲート操作をして放流を開始できる点にある。よって、ダム上流水域での出水時や、降雨の多い時期での緊急の業務であっても作業をすることが可能である。

また、地中に埋設された水路構造物のうち、伏せ越し部などを震災後に調査するといった例もある。

※写真の説明



水力1：重力式ダム堤体越流部 - コンクリート変状調査



水力2：アーチ式ダム堤体越流部 - コンクリート変状調査



水力3：水力発電所調圧水槽 - コンクリート変状調査



水力4：水力発電所調圧水槽 - コンクリート変状調査(直径11m
高さ140m - 現地調査期間2日間)



水力5：ダムゲートピア部 - コンクリート変状調査



水力6：水圧鉄管路 - 内部変状調査及び超音波による板厚測定

3-3. 風力発電施設

風力発電施設も、他の構造物と同様に予防保全の重要性は周知の事実となりつつある。風車のブレード（羽根）の損傷の早期発見、早期補修により LCC(ライフサイクルコスト)の低減を図ることが望まれている。

一方で、ブレードの故障・事故の8割近くを占めるのが落雷によるものである。その中でも6割以上のケースで復旧までに31日以上もの長期停止を強いられている。それは、以下のような理由にものである。

- ・ブレードの点検を双眼鏡での遠望目視で行っている
- ・ブレードの長さは40m超、地上高さは20m～80m
- ・双眼鏡での点検では大きな損傷しか発見できない

このような点検環境では、損傷の早期発見はできない。よって、損傷規模が深刻化するまで運用されることが多く、補修が大がかりになる。双眼鏡での観察では1m程度のわれ損傷に見えるものでも、近接してみると15mもの深刻なわれ損傷に至っていた事例もある。

ブレードの点検や補修に高所作業車を使う場合、地上50m～100mの箇所に近接する能力が高所作業車に求められる。しかし、そのような高所作業車は規模が大きく、現場までの進入路や設置用地が確保できない場合がある。さらに、費用も高額である。よって、点検目的のみで高所作業車を使用することは費用面で困難である。

対して、特殊高所技術では容易に検査対象に近接することが可能である。重機と比較しても突風等による事故リスクが少なく、安全性も極めて高い。そして、ブレードに限らず、タワーや発電機の格納された塔頂部のナセル、風力発電サイトに併設されている防雷鉄塔など適用範囲は非常に広い。また、今後展開されてゆく洋上風発電に対しても、特殊高所技術を適用する上での障壁は見当たらない。

※写真説明



風力1・2：FRP ブレード - 近接目視及び詳細調査(ブレード表面の切削により内部の損傷確認)。



風力3：風力発電サイトに併設されている防雷鉄塔 - フランジ継手の浸透探傷試験

3-4. 建築物

平成20年4月1日から、建築基準法第12条に基づく定期報告制度が見直され、特殊建築物等については竣工、外壁改修等から10年後に全面打診等による調査を行うことが義務付けられている。しかしながら、ゴンドラ等の建築物保守設備が設けられていない物件では、仮設足場を設けるなど多大な費用が発生する。

また、多目的イベント施設のような商業施設の場合、長期間の足場設置による美観の低下が懸念される場合もあるが、特殊高所技術の活用により、上記のような問題を解決することが可能である。

※写真説明



建築物1・2：ビル外壁打診・劣化調査





建築物 3・4：多目的イベント施設外壁劣化調査

3-5. 岩壁・急傾斜地・法面

特殊高所技術の適用範囲は人工構造物に留まらず、岩壁や急傾斜地などでの各種調査・試験にも対応が可能である。山間部の道路では、定期的な道路防災点検や詳細調査の結果に基づき、道路上方斜面からの落石等の土砂災害に対して防災施設の設計を行うことになる。しかし、道路からの遠望目視や空撮、歩ける範囲を踏査した結果の判別では、急峻な岩壁部に存在する浮石や不安定岩塊の安定度を詳細に把握するのは困難である。

また、岩盤に電極や受振器・ケーブル等を設置して行う必要がある物理探査では、作業員が対象の岩壁に安全に近接することが求められるが、特殊高所技術により安全かつ効率的に近接することが可能である。

※写真説明



岩壁 1：一般国道落石源調査



岩壁 2・3：柱状節理の発達した岩壁での物理探査支援業務

3-6. 補修・改修

基本的に、人が足場や高所作業のバケットから行っている各種の補修工事や交換工事、改修は、特殊高所技術でも実施できる。具体的には以下の工種で実績がある。

- ・コンクリートのひびわれ注入補修
- ・鋼橋の塗替え工事
- ・コンクリート剥落部のモルタルやポリマーセメントを使用した補修
- ・繊維補強シートによる、コンクリート表面保護補修
- ・ビル外壁タイルの浮き補修
- ・建物内防災設備（煙感知器等）の交換工事
- ・風力発電所風車の FRP ブレード積層補修
- ・航空障害灯の交換工事
- ・各種ボルトの増し締めトルク管理

各種補修状況写真	
	
コンクリートひび割れ補修	コンクリートひび割れ補修
	
鋼橋の塗替え工事	コンクリート剥落部の補修

	
繊維補強シート	外壁タイル浮き補修
	
風車 FRP ブレード積層補修	ボルト増し締め作業

4. 安全性

人がロープにぶら下って作業をするという手法自体は決して新しいものではない。しかし、安全に作業することを体系的に確立した点に本技術の特殊性がある。

4-1. 安全を実現するための3条件

安全な高所作業を実現するためには3つのハードルをクリアする必要がある。

- 1) 使用する機材の強度、衝撃吸収性能、品質が十分であること
 - 機材強度は、1名荷重で12kN以上。レスキュー時の2名荷重を考慮する必要がある機材は22kN以上の強度があること。
 - 荷物ではなく、人体を保持する目的で製造された専用機材を使用すること
- 2) 機材の使用方法が確立されルール化されていること
 - 墜落とその抑止時に、人体に6kN以上の衝撃荷重を与えないようにしつつ、最小限の墜落距離となるように、機材のシステムを構築すること
 - フェイルセーフ思想に基づいたシステム構成とし、一つのミスを犯しても重大事故に至らない安全システムを構築し運用すること
 - 常にリスクアセスメントによる最適なシステム構成を検討すること
- 3) 技術者が上記の1) 2)を理解し、正しく実践できるように十分な教育、訓練を実施すること

4-2. 安全の最重要課題は教育と訓練

高所作業の安全性を高める上で最も困難な課題は、3)の技術者に対する教育と訓練である。機材とルールがどれほど優れていても、最終的な安全性はそれを実際に運用する人間にかかっている。

特殊高所技術は、特殊高所技術指導要領に則った講習を修了し検定に合格した者のみが特殊高所技術者として現場で作業に当たることを許され、以下の要件を満足し

なければならない。

- ・96時間以上の訓練
- ・訓練内容に対しての講師の技能承認
- ・定期的な救助技術講習

さらに、主任特殊高所技術者は以下の要件を満足しなければならない。

- ・1000時間以上の実務経験
- ・144時間以上の訓練

救助技術は非常に高度な技術が要求されるが、日常業務では経験を得ることが困難である。このため、定期的な救助技術講習の受講が義務付けられている。

絶対な安全は存在しない。しかし、常に安全を迫及し続けることが事故を防ぐために必要である。このように技術者が認識するよう教育、訓練を行っている。

5. おわりに

特殊高所技術は、調査対象まで安全に近接するための手段ということだけではない。優秀な調査技術者と各種の調査手法との組み合わせによって、社会資本の維持管理に必要な情報を得ること。具体的に言えば、構造物の健全度、劣化具合を調査し、補修、補強に必要な資料を持ち帰って報告すること。さらに、状況に応じて劣化の進行を抑えるための補修等を実施すること。これらの業務を通じて社会に貢献していくことが特殊高所技術の役割であると考えている。

今後、特殊高所技術を社会資本の維持管理に役立つ一手法として、皆様と新しい活用分野を模索しつつ、さらに技術の革新を行い、社会に貢献していきたい。

6. 参考文献

- 1) 総務省：社会資本の維持管理及び更新に関する行政評価・監視 - 道路橋の保全等を中心として一結果報告書 H22年2月p49～61