

モニタリング技術も含めた定期点検の
支援技術の使用について

(参考資料)

令和2年〇月

国土交通省 道路局 国道・技術課

— 参考資料の位置付けについて —

省令に基づく定期点検の適切な運用のために必要と考えられる技術的な留意点は、定期点検要領（案）の付録としてまとめられています。これに対して、参考資料は、定期点検要領（案）の付録の内容のうち特定の項目について必要に応じて参考にできる事例・モデルや詳細な技術情報、定期点検に関連する維持管理を効果的に行うために参考にできる一般的な技術情報等、必要に応じて取捨選択し参考にできる技術情報を随時提供するものです。

以下が、令和 2 年〇月現在までに公表している参考資料の一覧です。

1. 特定の条件を満足する溝橋の定期点検に関する参考資料
平成 31 年 2 月 国土交通省 道路局 国道・技術課
2. 水中部の状態把握に関する参考資料
平成 31 年 2 月 国土交通省 道路局 国道・技術課
3. 引張材を有する道路橋の損傷例と定期点検に関する参考資料
平成 31 年 2 月 国土交通省 道路局 国道・技術課
4. 記録様式作成にあたっての参考資料（道路橋定期点検版）
平成 31 年 2 月 国土交通省 道路局 国道・技術課
5. 記録様式作成にあたっての参考資料（道路トンネル定期点検版）
平成 31 年 2 月 国土交通省 道路局 国道・技術課
6. 記録様式作成にあたっての参考資料
（シェッド、大型カルバート定期点検版）
平成 31 年 2 月 国土交通省 道路局 国道・技術課
7. モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について
（参考資料）令和 2 年〇月 国土交通省 道路局 国道・技術課
8. 監視計画の策定とモニタリング技術の活用について（参考資料）
令和 2 年〇月 国土交通省 道路局 国道・技術課
9. トンネルの定期点検における本体工（覆工）の状態把握の留意点
（参考資料）令和 2 年〇月 国土交通省 道路局 国道・技術課
10. トンネル定期点検における附属物の状態把握の留意点（参考資料）
令和 2 年〇月 国土交通省 道路局 国道・技術課

（順不同）

目 次

1. はじめに.....	1
2. モニタリング、センシング技術、非破壊検査技術等の特徴.....	2
3. モニタリング、センシング技術、非破壊検査技術等の活用 の留意点.....	3

1. はじめに

道路トンネル定期点検要領や道路橋定期点検要領等（いずれも国土交通省道路局平成31年2月）では、健全性の診断の根拠となる状態の把握は、近接目視により行うことを基本とするとされている。これについて法令運用上の留意事項では、定期点検を行う者は、自らの近接目視によるきと同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した方法でも、健全性の診断をする対象構造物の現在の状態を把握することができることになっている。また、付録にて、機器等を用いて状態を把握する場合について、用いる機器等の選定は、定期点検を行うものがその特性や結果の利用方法を検討し、適切に行うものであるという留意点が記載されている。

定期点検を行う者が機器の特性を検討し、適切に利用を行うことを支援するため、国土交通省では、「新技術利用のガイドライン（案）」や「点検新技術性能カタログ（案）」を整備してきた。また、支援技術のうちモニタリング技術等についても、社会インフラの管理での活用について議論が進められ、委託研究なども行われた。令和元年には、特に、「点検新技術性能カタログ（案）」を更新するために、道路構造物の定期点検を支援する技術を対象に公募を行い、令和2年3月に更新するに至った。

モニタリング技術についても、「新技術利用のガイドライン（案）」などを参考にその特徴を踏まえた活用方法について適切に計画することで、その他の点検支援技術と同様に定期点検においても適宜活用することができる。そこで、この資料は、「新技術利用のガイドライン（案）」の記述を補うように、モニタリング技術も含めた点検支援技術の特徴の概要をまとめた。

なお、道路トンネル定期点検要領や道路橋定期点検要領等の付録1の2（9）では、監視において、各種のモニタリング技術の活用も検討するのがよいことが助言されている。これについては、今般、別途「監視にモニタリング技術の使用を計画するにあたっての参考資料（国土交通省道路局国道・技術課 令和2年3月）」を作成しているので、そちらを参考にされたい。

2. モニタリング、センシング技術、非破壊検査技術等の特徴

目視、打音・触診では情報に占める定性的な部分の割合が多いことに比べ、モニタリング技術、センシング技術、非破壊検査技術はいずれも構造物の応答や挙動を表す工学量を、精度・頻度等を明らかにしたうえで、計測・検知するための点検支援技術である。

モニタリング、センシングなどの用語には、多数の技術者が想像する概念は類似すると考えられるものの、必ずしも定まった定義はない。たとえば、モニタリングについては、対象物の計測・検知方法という点ではセンシングとも言えるし、空間的な多点・多種の計測結果から逆解析技術で変状の位置や分布を推定するなどは非破壊検査とも言える。

また、構造物の移動や部材等の形状の変化等を捉えるには測量が行われることも多く、これを点検支援技術などで置き換えるなどの研究がなされている。そこでは、時間的な変化、変動に関わる計測結果からの傾向・特徴の抽出やそこからの逸脱と物理現象を関連付けることを試みるなども研究されており、これらもモニタリング、センシングと呼ばれることもある。

以上のように、モニタリング、センシングは、多様な概念を含むものである。いずれも、点検支援技術の範疇に入れることもできる一方で、目的等によっても別な分類ができる。

機器等を用いた点検支援技術の特徴は、以下のとおりである。

- 変位、ひずみ、加速度等について、定量的な情報の取得が可能であること。
- 同じ条件、環境下であれば、一定の誤差等の範囲で再現性が得られると期待されること。
- 点検支援技術を遠隔操作することで、現地に必ずしも人が滞在する必要がないこと。

部材の有効断面やそこに含まれる材料の物理的・機械的性質の推定には、それを目的にしたサンプリング（破壊）検査、非破壊検査を用いることがより直接的である。また、診断や措置においても設計基準に則して部材等の限界状態（強度や破壊形態）の評価、又は、強度の評価を行うためには、部材等の有効断面やそこに含まれる材料の物理的・機械的性質を把握する必要がある。

一方で、機器等によっては、特定の部位・事象に着目し、独自の着眼点で健全性を評価するなど、いわゆる診断の部分についても自動化を目指すものもある。本資料における点検支援技術の概念を超えているが、それらの情報の利活用自体は否定されるものではない。ただし、利活用するとしても、知識と技能を有するものが、構造物毎に、その解釈と活用方法について適切に位置付けたうえで用いることが肝要である。

これらの技術では、計測したい工学量に対して、実際には直接その量を計測するのではなく、別途計測した値から何らかの方法で換算するものもある。また、加速度の向きなどから傾斜角度を算出したり、画像の解像度を利用して長さの次元を持つ量を算出したりなども行われる。

すなわち、

計測値・取得情報 ⇒ (変換) ⇒ 工学量の推定・換算値 ⇒ (変換)
⇒ 別の工学量の推定・換算値・・・ ⇒ 着目する工学量の導出値

のように、着目する導出値を算出するまでに、計測条件や推定・換算の過程で不確実性、適用限界等が生じる。これらをここでは適用条件や誤差特性と呼ぶことにする。なお、ある工学量から別の工学量に変換する場合や、計測したい工学量を直接計測できるものなど計測結果が導出値になる場合もあり得る。

3. モニタリング、センシング技術、非破壊検査技術等の活用の留意点

変状の進行性、最終的な部材等の破壊形態に与える影響、診断の目的も考えれば、変状の原因や変状の種類や程度やその組み合わせについては、その把握に求められる精度は異なる。また、温度変化の影響、構造物の左右上下の温度差など構造物を取り巻く状況は一日の中でも常に変化し、また、構造物は常に応答しつづけていることに、結果の解釈の際には注意する必要がある。したがって、それぞれの技術が対象とする物理量、計測原理、及び、原理上やむを得ない理論的な誤差特性、過去の室内試験や現地の計測などで把握された誤差特性を知ったうえで、それらを受け入れて用いることができるように使用の計画を立てるものである。計画にはこれらの計画策定にあたっての背景も、計測結果の利用や計画の見直しを行うときに第三者も遡って参照できるように記録しておくとうよい。

換言すれば、機器等の側が有する計測の誤差等は、機器等の使用の計画でも考慮することが原則である。計測や導出の原理、適用条件、誤差特性については、たとえば、点検新技術性能カタログ（案）に記載のある技術では、統一的な表記項目と表示方法について、今回、公募した技術の開発者と共同で整理を試みている。そして、点検新技術性能カタログ（案）に記載の機器については、開発者が機器等の設計値としている動作条件や誤差特性、開発者が保証する適用条件や誤差特性等を記載している。記載のない機器についても、同様の情報を開発者に求めることで比較検討すればよい。ただし、開発者が全てを事前に想定できるものではないので、各機器の原理等も参考に、実際の適用や結果の解釈や利用は、利用者が行うことになる。

モニタリング、センシング技術によっては、特定の部位、部材に対する初期値（現状値）を計測したうえで、変位等の増加を直接計測できるものもある。それらの活用の留意点については、「監視にモニタリング技術の使用を計画するにあたっての参考資料（国土交通省道路局国道・技術課 令和2年3月）」も参考にされたい。

この他、学会等でも様々な図書類があり、適宜参考にするとよい。例えば、国土交通省が過去に設置した「社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会」にて検討した成果の一つとして、「土木構造物のためのモニタリングシステム活用ガイドライン（案）（令和元年12月 モニタリングシステム技術研究組合（RAIMS）」がある。ただし、これらの文献は本資料の主旨に沿って記載されている訳ではなかったり、必ずしも個別の使用目的とは一致しなかったりするので、本資料の主旨も踏まえて適切に参考にする必要がある。