

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート整理結果

平成 29 年 1 月 9 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発（和田秀樹）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会（2016/11/05）における参加者の立場

MA（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ、アドバイスシートに記入する。
(14 人)

オブザーバー：制約はあるが、意見を述べ、アドバイスシートに記入する。(10 人)

聴講者：意見を述べず、アドバイスシートにも記入しない。(1 人)

(合計回答者数 25 人)

以下の記載は、※MA の回答を (→) で表記、オブザーバーの回答を (⇒) 表記する。

1. 実業務への適用範囲

提案されている技術のみで、実業務に適用できると思う。(1 人)

既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。(9 人)

→本技術を使用する場合の「直接経費」+「UAV を含む準備の手間」と現場の適用性を勘案することで、直接目視及びハンドタッチのスクリーニングに使用できると考える。

他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。(12 人)

→特に人との点検場合分け。

その他 (1 人)

→垂直検査は可能であるが、側面検査が可能となる事が必須条件と考える。

2. 提案技術の利用についての実務面からの印象

積極的に利用したいと思う。(2 人)

理由

→RC 床版の走行写真撮影は非常に有効と考えられる。

→床版だけでなく、ホロー桁や PCBOX 桁などフラットな面を有する橋梁では、スムーズに利用できるのではないかと考える。

発注者からの指示であれば利用する。(13 人)

理由

→現時点では、点検車の利用と併用となる。

⇒点検の精度、適用範囲を明確にしておく必要を感じたため。

⇒打音において、人が検査していれば、落下しそうなものの除去が可能。本システムは、現状では時間を要する（後処理）と思われる。

⇒有効性がはっきりしなかったため。機能操作をマスターするのに時間がかかりそう。

⇒使うことを前提とした業務であれば、これを拒む理由がないため。

→UAV の安全運行にかかる要領等が公開され、地元への周知が必要とされた。受注者側か

らみると、安全確保のハードルを高く設定された印象を持つ。11/6 にホビーの UAV で操縦者の事故死の件もあることから、閉鎖空間の確保の要求が強まると思われる。安全空間領域の確保の負担は予想以上に大きくなると推測されるため、発注者の支持が必要と考える。

→詳細点検を念頭に置いた点検システムであり、中小橋梁に対する基本点検に対してはやや過剰な仕様である。従って、効率性、経済性の面で有利となる対象橋梁の条件（適用範囲）などを示しておく必要がある。また、現時点では点検システムとしての完成度は必ずしも高くは無いとの印象を持った。

⇒高い操作スキルが必要で、点検時間を短縮できそうにない。また、点検できない箇所があるため、別方法でも点検を実施する必要がある。

→側面検査（水平方向）が可能になることが条件であり、端部等、橋脚等構造物付近は目視検査が必要。

→橋の一部のみであっても試行導入して実績と経験を積むのも有効だと思う。

→人力（近接目視）の代替えとしての取り扱い次第。

□ 使えない（使いたくない）と思う。（8人）

理由

→まだ研究途上である。コストが不明である。

⇒[補完技術として適用可能と思う] 細部の点検は、現状では難しいと考えられる為、点検範囲と用途を限定した上での使用を考えていくことが必要と思われる。

⇒打音点検の代替えではなく、打音点検（人が近づけない場所）の補完技術として考えた方が良いのでは。

→[現時点] コンクリートの下面のみしか使用できないため。点検が必要な部材は非常に多く複雑である。

→桁端部等の調査ができないところは、橋梁点検車が必要になるのであれば、全て点検車で点検する。

→開発課題がまだ多いが将来性はある。

⇒点検要領に基づいた詳細な点検は難しいと考えるが、河川内や谷部における重大な変状に至る前に確認するためには有効。

⇒ドローンの航空法では、目視での操作が必要となるため桁下からの操作が必要となる。橋上からの操作は難しいのではないかと。

⇒使えないわけではないが、機能的に使う（使える）場面が極めて限定される印象を受けた。

⇒撮影近接画像の位置情報の取得が面倒で、また、画像を用いた点検に対して支援が不十分だと感じた。

⇒ケーブルで保留されるため機体の逸失はないが、点検区域外への逸走や墜落、また、橋面外への飛び出しなど、第三者に対する安全対策が不十分で、現時点では、リスクがメリットを上回っているとの印象を受けた。

3. 提案技術が優れていると思った項目

- 既存技術に比べて、提案技術が優れていると思われる項目、機能等
- ⇒画像と打音を合せて、データ収集することができる。
 - 走行技術と連続撮影。
 - 離れた位置から、コンクリート表面の打音検査ができる。
 - 点検結果がデータとして残り、色々な利用ができる。
 - 打音検査、マーキングが可能である。(MA2 人, オブザーバー3 人)
 - 叩く機能は優れている。ただし、第三者点検ではなく、浮きの確認(有無)を補完する程度のものである。
 - 床版下面を走行するところ。
 - 位置情報を取得できるところ。特定する手法。(MA2 人)
 - 現状の点検に比べて簡易である。
 - ⇒メカニカル・ピストンによる打撃力。
 - 有線給電であること。時間制限がない。(MA2 人, オブザーバー2 人)
 - ⇒ひび割れを自動検出処理により、正確に把握できる点。補修設計に活用できる。
 - ⇒高所や狭所など人が入れない所へ、大きな設備を用いず点検できる点。
 - ⇒橋面上に設備が不要な点。
 - 走行車両が付いていて、走行が安定している様に見える。作業の安定性が、飛行体のみと比べて格段に向上している。(MA1 人, オブザーバー1 人)
 - タイヤを付けて、ドローンと既設構造物の間隔を保持できる点。
 - 点検大型機械や交通規制、足場を不要とでき、安全性の向上、人員の削減、点検コストの縮減が期待できる点。(MA1 人, オブザーバー1 人)
 - 目的が明確: UAV 技術をスクリーニング技術と位置づけたこと。全橋全数を近接目視+ハンドタッチで行う費用負担を軽減することを目的とし、本技術の導入による縮減金額を提示したこと。
 - 目的を達成するための技術の展開と位置づけが明確なので、応募者が技術を選択し、開発したプロセスが理解しやすかった。
 - MA からの質問・疑問に対し、既に技術的な課題として取り組みが進行中であることを説明されたことで、本 SIP が目指す課題に対し応募者が共通認識を持つことが理解できた(出席している MA と同じ価値観をもって着実に課題に取り組んでいることを示した)。
 - UAV で可能な限り多くの検査をする多機能の追及が開発のコンセプトであること。
 - ロボットの移動性能(飛行, 走行方式の組み合わせ)に工夫がみられ、点検条件によっては点検精度および点検作業の自由度向上が期待できる。
 - ⇒範囲は限られるが打音点検ができるため、損傷を見逃しにくい。
 - 垂直方向に下から $2\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧力を一定にしてドローンを操作できるところ。
 - 自動打音検査により音響解析を行い、空洞等を検出する技術。
 - ドローンの非 GPS での安定飛行。
 - 橋梁点検車の代替となること。

4. 提案技術への改良提案

- 岐阜県内での実装に際して、充実させて頂きたい項目、機能等
- 既存の点検との役割分担を考える。
 - 走行速度を、人の歩行スピードと同程度まで上げる。
 - コンクリート橋の下面・側面（垂直面）などを打音点検する。（MA5 人，オブザーバー2 人）
 - 打音点検に的をしぼり，動作性能を上げ，作業効率をアップさせる。
 - 高橋脚の PC ラーメン橋，連続 PC 高架橋をターゲットにする。
 - ⇒主桁がある上部工での適用よりも，高橋脚，高橋台への適用。
 - 桁端部での点検能力の確守。（MA2 人）
 - ⇒河川等で飛行させる場合，風もあるので耐風能力の確認。
 - ⇒点検要領通りの 100%はできないので，スクリーニングとしての活用を考えていけたら。
 - 人が桁下に入らなくても運転できる。
 - コンクリート片の落下に対する飛行安全性の確保。
 - 給電ケーブルの無線化。
 - ⇒打音時，危険と判断できる部材を除去できる機能。
 - ⇒小型化による，橋梁部材の細部・狭さく部の点検。
 - 歩道がない橋梁も多い．その場合道路規制が必要にならないような工夫。
 - ⇒リスク対策を実装したうえでの現場作業を前提とした性能，あるいは適用場面の明示。
 - GIS に掲載可能なデータの作成：県域統合型 GIS に載せる．岐阜県は県域統合型 GIS を作成し，（公財）岐阜県建設研究センターはその GIS データを維持管理している。橋梁点検等の調査結果を GIS に載せることで，関係機関がデータを共有できるようにしたい。
 - 対象橋梁の範囲，条件などを示した適用指針。
 - 現場で技術者が点検成果を確認し，健全度（判定区分）をほぼ判断できるような機能。現在のシステムでは，現場においてデータ収集オペレータと点検技術者との連携がイメージできない。
 - モニターによるロボットの操縦機能が欲しい。目視操縦が困難な場合，橋上からの操縦，点検及び損傷部位の確認などのために必要と考える。
 - ⇒打音点検できる範囲の拡大。
 - ⇒マルチコプターを現認できない箇所の点検。
 - 近接目視に代わる画像解析技術の一般化。画像からひび割れ幅の判別ができないか。（MA2 人）
 - 打音はもっと多くの点で（細かいピッチでくまなく）行う必要があるのではないか。

5. 提案技術の別な用途での利用提案

- 開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等
- 清浄ロボット，さび取りロボット。
 - 「多くのことが出来る」＝「何もできない」とならない様にした方が良い。
 - まずは得意な機能に技術をしぼり，他の部分は次のステップで考えた方が良いのではないか。
 - ⇒打音検査の代替えとしての機能に特化した活用検討。

- トンネル、シェッド、建築物外面等の点検，うき検出。(MA2人，オブザーバー1人)
- ⇒屋内の天井の清掃や電球交換。
- ⇒簡易点検等への活用。
- ⇒打音検査のスクリーニング点検として，大まかな変状や点検必要箇所をしぼることで打音点検の効率化が図れる。
- ⇒専用化しており，異なる方面での利活用は難しいのではないかと。
- ⇒ハチの巣除去（高所）。
- ドローンとは切り離して，打音検査の異常値を自動感知出来るシステムが開発されるとよい。

6. 提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると，更に使いたくなると思うこと等

- 新技術で置き換える必要性は無いと考える。
- 人が点検している間に，小型化して直線的な走行部位をスクリーニングする。
- 以前の名古屋大学での橋梁研修会で，即座に CAD に図化できるシステムを見学したことがある。そのような機能を組み合わせれば，自動的に作図が可能になるのではないかと。
- ⇒ジャイロの積分情報に加えて，走行車輪側にエンコーダを設置する（可能なら設置力を測る力センサ），あるいは，ドローンから検査対象にレーザ（マウスの技術）を照射して位置（移動距離）を測距。（聴講者より）
- 簡易なひび割れ補修やケレン，防錆処理などが行える技術。
- ⇒3D データの自動作成。
- 打音判定プログラムの取込：判定基準の客観化，定量化。
打音が可能な機構は非常に優れていると考える。打音機構の衝撃力の向上を目指していることから，打音検査全体の精度向上が期待できる。
打音データを自動解析するソフトの開発を自社に限定せず他の組織の成果取込を積極的に図ってはどうか。現在は後処理のようだが，リアルタイムでの打音の判定処理が可能になれば，打音検査箇所の特定につながると考える。
- 自動掃除機「ルンバ」のように，所定の範囲をくまなく自動で動く仕組み。

7. 提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は，インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として，システム化されたインフラマネジメントを構築でき，インフラの事故を未然に防ぎ，維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

- 大いに期待できると思う。(5人)

期待できる項目

- 走行速度。
- 点検者の技術に左右しないデータの収集が出来る。
- 自動のマッピング，CAD化。
- ⇒インフラの事故を未然に防ぐための第一歩として。
- スクリーニングによる近接目視及びハンドタッチ箇所の抽出。

画像データの撮影で目視の、打音機構でハンドタッチのスクリーニング。
⇒打音点検ができる点。

□ 改良等を行なえば期待できると思う。(11人)

改良が必要と思われる項目

⇒点検すべてを代替せず、既存技術との役割分担を考慮した利用法を提案するのがよい。

⇒細部の点検対応への改善。

→桁端部、垂直面の点検。

⇒機能が限定的である点。

⇒点検車に乗った人間ができる事のほとんどが可能とならなければならない。

⇒使い方とそれに見合う機能が揃えば使用できると思う。

→リアルタイムでのデータ確認方法。

→現在のシステムは、条件によってはかなり高度かつ高精度の点検成果が得られる点は評価できる。しかし、点検技術者が点検精度を参照するまでにかかなりの時間を要するのが難点である。劣化の状況など必要最低限の点検結果は、短時間のうちに現場で参照、確認できるようにするとよい。その意味でも、モニターを見ながらロボットの操縦および点検（基本点検程度）ができる機能を搭載すると良い。

⇒水平方向の検査、及び構造物の隅までドローンを操作する技術開発。

□ 本日の説明だけでは、期待できないと思う。(6人)

期待できないと思う理由

→かなり欲張りな印象を受けた。開発の方向性をもう一度議論したほうが良いのでは。

点検調書を作ることが点検の目的ではなく、「問題なし」「予防保全」「補修が必要」「危険」という診断をすることが求められている。コンクリート面積が大きな長大橋で、打音検査が確実に・高速にできるという技術にしぼり込めば、社会実装が早いのではないか。

多くのメニュー、高精度を求めすぎると、返って使いづらいものになる気がする。

⇒安価かもしれないが、構造物の適切な処理として不十分と思う。

⇒期待できないというよりは、リスク対策を実装したときに、「メリット>リスク」となる具体的な場面の有無、程度がよくわからなかった。

→UAVの操縦に高いスキルを要し、作業者が限定される。

回転翼の接触防止機構を備えていて、応募者からの訓練により新しい操作者の育成が可能ではあろうが、飛行担当者と画像及び打音担当者の役割分担等のそれぞれの技術に高い熟練が必要なため、このシステムは応募者に発注が限定されると思われる。

→応用可能な橋梁が単純な床版桁または鉋桁に限定される。

床版桁または鉋桁でUAVの使用を検討する大きな橋梁は、岐阜県内では少ないと考える。

→桁端部や桁間などは接触事故の可能性が高そう。

→リアルタイムでできることと後処理でできる事を明確にすることが必要。点検の実施計画（フロー）と、本技術の能力との関係を明確にすれば、利用価値は十分にあると思う。

8. 提案技術に対する追加質問など

- ① 使用している GPS の使用方法は単独測位又はどのような干渉測位を使用していますか。
- ② CAD データが無い橋の計測場所の位置づけはどのように行いますか。
- ③ 追加した機構がある橋ではどのように位置づけを図示しますか。新たに CAD を作成しますか。

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート整理結果

平成 29 年 1 月 9 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

橋梁の打音検査ならびに近接目視を代替する飛行ロボットシステムの研究開発（大野和則）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会（2016/11/05）における参加者の立場

- MA（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ、アドバイスシートに記入する。
(14 人)
- オブザーバー：制約はあるが、意見を述べ、アドバイスシートに記入する。(9 人)
- 聴講者：意見を述べず、アドバイスシートにも記入しない。(1 人) 無 (1 人)。
(合計回答者数 25 人)

以下の記載は、※MA の回答を (→) で表記、オブザーバーの回答を (⇒) 表記する。

1. 実業務への適用範囲

- 提案されている技術のみで、実業務に適用できると思う。(7 人)
- 既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。(12 人)
- 他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。(3 人)
- その他、記載無 (3 人)

2. 提案技術の利用についての実務面からの印象

- 積極的に利用したいと思う。(14 人)

理由

→RC 床版の点検、ハイピアーには活用可能である。

→点検前の点検に利用できる。

→点検調書の作成機能がある。

→点検時間の縮減につながる。

→狭隘部に入り込み点検が可能のため。

→現地点検後の再確認（見落としの有無など）。

⇒ひび割れの検出率があがれば。

→スクリーニングとしての利用は可能。

→ドローンが接写した映像から、橋梁の点検展開図を自動復元できる技術が良い。

→ある程度の点検精度と効率化がすでに確立されているから。

⇒本技術のみで点検を完結することができないが、例えば設計や調査に際して特定の部位や部材のみ撮影して活用するといった使い方には、現状でも十分に耐えられる印象。

⇒機体の逸走や墜落、橋面側への飛び出しによる第三者被害対策が不十分と思われるので、実務において適用できる橋梁は限られる。

→飛行時間が短く逸走距離が短く墜落範囲が狭まる点については有利に働く。

→本システムの完成度は十分ではないが、基本点検程度であれば現状でも実務への導入可能である。

→本システムはドローンを操縦しながら画像による近接目視が可能であり、リアルタイムで点検技術者が損傷状況を見ながら健全度（損傷区分）を判定、記録することができる可能性。現時点で完成度が高く、橋梁点検の一次スクリーンに適している。

□ 発注者からの指示であれば利用する。(6人)

理由

→飛ばし易そう（扱い易い）。

→使うことを前提とした業務であれば、拒む理由がないため。

→UAVの安全運行にかかる要領等が公開され、地元への周知が必要。受注者側からみると安全確保のハードルを高く設定された印象。11/6にホビーのUAVで操縦者の事故死の件もあることから、閉鎖空間の確保の要求が強まると思われる。安全空間領域の確保の負担は予想以上に大きくなるため発注者の指示が必要。

⇒1フライトの時間が短いのでトータルでの時間が長くなりそう。

⇒現行での点検方法も行う必要があるので2度手間となる。

→法的点検要領によると近接目視が条件となっているがこれが必要でないような点検であれば、十分活用可能。近接目視の代替としての取り扱い次第。

□ 使えない（使いたくない）と思う。(0人)

理由

□ 記載無 (5人)

3. 提案技術が優れていると思った項目

既存技術に比べて、提案技術が優れていると思われる項目、機能等

→点検調書の作成まで自動作成ができることで、内業の時間短縮、コストダウンの可能性。(MA1人、オブザーバー1人)

→撮影写真におけるひび割れチェックの展開写真自動化。

⇒1m角の隙間があれば飛行可能（球殻ドローン）。

→球殻によりドローンを保護している点。

→ほぼ点検対象の全体像が明らかにできるため。

⇒全体を示すパノラマ画像をクリックして、詳細画像が確認できるのが良い。

⇒点検大型機械や交通規制を不要とでき、安全性の向上、人員削減、点検コストの縮減が期待。

⇒機械の操作が簡単。

→狭隘な場所や、構造物に近接しないと確認できない箇所近づける。(MA2人)

→UAV技術を画像によるスクリーニング技術と位置づけしたこと。

⇒上向きと横向きのカメラが備わっており、撮影箇所の取り損ねを防止していること。

4. 提案技術への改良提案

岐阜県内での実装に際して、充実させて頂きたい項目、機能等

⇒打音検査が同時に実施できることが必要。

→鋼橋の疲労に関するディープラーニングを充実させ、疲労損傷の検出を可能とする。

- 1 フライトの時間をもう少し長いと良い。有線による受電機能を搭載する。
- 桁端部での点検能力の確立。
- サーモグラフィによる浮きの確認。
- ひび割れ幅、欠損寸法の計測。
- ⇒球体のロープを透明にすると良い。
- ⇒暗みの対策。照明をつけるなど。
- 橋面上の交通規制が困難で幅員が広い鋼橋への適用での実績検証。
- ⇒「メリット>リスク」となる場面や条件の明示。
- ⇒機体の逸走や墜落、橋面側への飛び出しによる第三者被害対策の実装。物理的な安全対策。
- GIS に掲載可能なデータの作成。岐阜県は県域統合型 GIS を作成し、(公財)岐阜県建設研究センターはその GIS データを維持管理している。橋梁点検等の調査結果を本 GIS に載せることで関係機関がデータを共有できるようにしたい。
- 本システムは詳細点検を念頭において仕様が設定されているが、必ずしも詳細な点検成果を必要としない基本点検用に、機能を簡略化したドローンも有用である。点検技術者がモニターより劣化状況を観察して、その場で健全度をほぼ判定するような活用法。
- 実際の近接目視の結果と当技術による損傷判定の比較。

5. 提案技術の別な用途での利用提案

開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等

- 風速 9.9m 時の安定性を利用して変位測定、吸着してひずみ測定。
- ダム、擁壁などコンクリート面の点検。
- ⇒画像処理のパノラマ化は、既存の点検調書の損傷図より、損傷図としての精度向上の可能性があるとされる。
- ⇒球殻構造で守るということ自体が他の用途に利用可能。
- ⇒近接撮影を目的とし、対象物に球殻が引っかかる突起がなければ、幅広く利活用できる。
- 橋梁に限らず他の構造物点検への適用が可能。
- ⇒洞門の上面検査
- ひび割れ判定のためのソフトを開発している点は他の用途でも使用できる可能性あり。

6. 提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると、更に使いたくなると思うこと等

- 打音検査、ひずみ計測 (モニタリング)
- ⇒うきの範囲を特定できる技術が、ひび割れと同時にできれば床版はすべて点検完了できる。
- 打音機構及び打音判定プログラムの取込：判定基準の客観化、定量化。
- 現在の滞空時間では打音計測は困難とは思いますが、画像撮影時にリアルタイムで打音箇所を抽出し打音検査を行うことができると利用範囲が広がる。
- 打音自動判定プログラムの導入より、打音計測者は計測現場の周囲の雑音の影響を受けない、客観的な判断をサジェスションとしてうけとることができる。

7. 提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として、システム化されたインフラマネジメントを構築でき、インフラの事故を未然に防ぎ、維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

大いに期待できると思う。(16人)

期待できる項目

→点検前のスクリーニング利用に有効である。

→1回目の点検で健全性ⅠまたはⅡと判定された橋梁の2回目の点検に使える。点検内容も実務レベルに近くて期待。

→自動的にマッピングできる技術。

⇒ひび割れの自動測定。

→目視点検の代替。

→点検対象橋梁の優先順位の検討。

→未検査橋梁(歩道橋, 人道橋)の致命的損傷の検出。

⇒システム化されたインフラマネジメントの構築。

⇒点検にとどまらずメンテナンスサイクルの様々な段階での利用。

⇒機体及び制御技術の進歩が第三者被害対策とみなせるまでは、限定的な利用に留まる。

→本技術をスクリーニングによる近接目視抽出に限定。

→球殻保護機構により橋梁の形状の制約を受けずに近接撮影が可能なこと。

→球殻保護機構により操縦者に高い操縦スキルを要求しないので自前での運用が可能。

→打音計測を行わずにパノラマ合成画像解析だけでは劣化個所の抽出を行うため、判定ソフトの依存が大きいため判定精度の向上が必須。

⇒橋梁点検の一次スクリーニング。海外展開可能では。

→ラフな点検として利用できる。

改良等を行なえば期待できると思う。(5人)

改良が必要と思われる項目

⇒打音検査が同時に実施できること。

⇒細部の点検精度の向上(2人)。

→稼働時間の延長。

→ドローンによる点検システムの基本機能は、データ収集もさることながら、現場で「技術者の目, 手」の代わりになることが重要で、その他の機能は診断支援と位置付けられるものと考えたい。

本日の説明だけでは、期待できないと思う。(1人)

期待できないと思う理由→

記載無(3人)

8. その他, 質問など

→使用しているGPSの使用方法は単独測位又はどのような干渉測位を使用していますか?

- CAD データが無い橋の計測場所の位置づけはどのように行いますか？
- 橋ではどのように位置づけを図示しますか？
- 新たに CAD を作成しますか？

SIP 維持管理技術へのアドバイスシート整理結果

平成 29 年 1 月 9 日

研究開発の技術名称（研究責任者）

高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システムの開発（安田 亨）

岐阜大学 SIP 実装プロジェクトの説明会（2016/11/05）における参加者の立場

- MA（メンテナンスアドバイザー）：自由に意見を述べ、アドバイスシートに記入する。
(11 人)
 - オブザーバー：制約はあるが、意見を述べ、アドバイスシートに記入する。(7 人)
 - 聴講者：意見を述べず、アドバイスシートにも記入しない。(3 人)
- (合計回答者数 21 人)

以下の記載は、※MA の回答を (→) で表記、オブザーバーの回答を (⇒) 表記する。

1. 実業務への適用範囲

- 提案されている技術のみで、実業務に適用できると思う。(16 人)
 - 既存技術の一部を補完する要素技術として適用できると思う。(2 人)
- 理由
- 本技術を使用する場合の「直接経費」と現場の適正によって、直接目視及びハンドタッチのスクリーニングに使用できる。
- 他の要素技術や既存技術との組合せによって利用の可能性は広がると思う。
 - その他 ()

2. 提案技術の利用についての実務面からの印象

- 積極的に利用したいと思う。(16 人)
- 理由
- 開発者の考え通り「スクリーニング」は可能。
 - 完成度が高く、使ってみたいと感じた。(MA3 人、オブザーバー1 人)
 - 交通規制が不要で、短時間に高精度な測定ができる。(MA2 人、オブザーバー1 人)
 - トンネルのデータ化、アセットマネジメントに活用できる。
 - 完成度が比較的高く、技術者が健全度評価をする際に有用となる多くのデータを一括して収集できる。
 - 法定近接目視と併用して利用できる。特に空洞検査率 80~90%は素晴らしい。
 - ⇒点検の補完技術として、完成度が高い。(疑問：成果のソフトは別納品か。CAD 化されたデータか。)
- 【開発者からのコメント】納品は、共通仕様の帳票、CAD データ、およびビューア機能をもつ DB ソフトとしている。

⇒ひび割れ位置を手書きでチョーキングした場合、端部が不明瞭になるため画像に残るのは、定量的で良い。

- 発注者からの指示であれば利用する。(1人)

理由

→費用。

- 使えない(使いたくない)と思う。(0人)

理由

3. 提案技術が優れていると思った項目

既存技術に比べて、提案技術が優れていると思われる項目、機能等

→交通規制することなく、1回の走行で多様なデータが取得できる。(5人)

→新旧の比較ができる。(MA1人、オブザーバー1人)

→正確な損傷位置の記録ができる。(MA1人、オブザーバー1人)

→理想的な技術でレーザ、データベース、走行性が優れている。(MA1人、オブザーバー1人)

→人が行う目視点検を支援という位置づけがしっかりしている。(MA1人、オブザーバー1人)

→完成形に近いと思われる

→十分に支援システムとして活用できると思う。

→多種類の計測：位置＝レーザ、外観＝画像、内部構造＝レーダーと3種類あること。

⇒空洞、うきの検出が可能。(2人)

⇒客観的に記録をデータベース化することができる事。

⇒レーザ、レーダー、画像を組み合わせた技術。

⇒前回点検時との比較が容易。

4. 提案技術への改良提案

岐阜県内での実装に際して、充実させて頂きたい項目、機能等

→代替になるかどうか、法定点検のロボット点検マニュアルが必要。

→汚れているトンネルの点検。

→GISに掲載可能なデータの作成：県域統合GISに載せる

→漏水の有無も重要な情報となるので、漏水箇所検査機能の搭載の検討。

【開発者からのコメント】漏水箇所は画像から判断し、変状展開図に記載できる。

→点検後、速やかに(可能であれば現場で)技術者が点検結果の参照、確認ができると良い。

→覆工コンクリートが厚い場合や、土砂が崩落して背面に堆積している場合の調査精度はどの程度か。

【開発者からのコメント】厚い覆工コンクリート背面に空洞があっても喫緊の問題にならないと考えている。背面が空洞で土砂が堆積している場合、ある程度判定することができる。調査精度は、堆積物の比誘電率で変化する。

⇒計測結果がその場で分析・可視化できれば、当日に打音確認・叩き落としができるのでは。

【開発者からのコメント】計測結果のその場での分析・可視化は可能であるが、叩き落としのために交通規制が必要となるため、現実的には近接目視を行うタイミングで実施することになると思われる。ただし緊急性が高い場合は、規制をして速やかに処理することになる。

⇒うき検出の精度、背面空洞の精度の向上。(キャリブレーションを利用し、95%程度に)

⇒次期の点検に活かすため、全トンネルのデータを取得すること。

【開発者からのコメント】点検する1本のトンネルについては、全線のトンネルデータを1日の走行計測で取得する。

5. 提案技術の別な用途での利用提案

開発意図とは異なる方面での利活用ができると思われる項目等

→RC床版への利用。

→橋梁、スノーシェッド、ロックシェッドへの利用。

→盛土、切土面などの斜面構造物の経年劣化及び変位、及びコンクリート背面の水分の有無。

→ダム堤体内の満水時、最低水位時のダム軸の挙動の把握。

→船に積ませるなどして、用水路やダム水路等の内部。

【開発者からのコメント】断面が小さい場合には搭載は困難である。小断面用の別のシステム（保有）が活用できる。

⇒舗装の点検、床版の土砂化への利用。(MA1人、オブザーバー2人)

6. 提案技術と他の新技術との組み合わせの提案

実装に際して他の技術と組み合わせると、更に使いたくなると思うこと等

→トンネルの覆工だけでなく、路面状態も測定できれば良い。

【開発者からのコメント】レーザによる路面計測は現状で可能である。画像撮影について現在開発中である。

→MCI計測の併用：周囲の変形が路面の性状に影響することの解析で異常個所の抽出ができると考える。

7. 提案技術に対する技術的発展の期待度

本技術提案は、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として、システム化されたインフラマネジメントを構築でき、インフラの事故を未然に防ぎ、維持管理やメンテナンスの負担軽減を図ることが期待できますか。

□ 大いに期待できると思う。(17人)

期待できる項目

→トンネルの安全性確保に対して大変有効。(3人)

→竣工後から供用時までの状態がすべて自動的にデータベース化されること。

【開発者からのコメント】時系列データベース機能を持つソフトは開発済みである。

→点検補助，施設のデータ化，診断。

→トンネル点検の合理化。

→近接目視箇所及び打音計測箇所の抽出スクリーニングに限定。

→点検環境が悪いトンネル点検において，効率よく有用な資料を一括に得ることができる。

→コストが下がればさらに広く浸透可能だと考える。また，海外への展開も可能では。

→交通規制による一般道への影響回避。

⇒詳細調査が必要な箇所の発見を短時間でピンポイントに特定することができる事により，時間短縮，コストダウンにつながる可能性がある。

⇒前回点検との比較ができるのは良い。

□ 改良等を行なえば期待できると思う。(2人)

改良が必要と思われる項目

⇒現在の調査費と同程度の場合，危険箇所があった時，別途詳細点検に人件費が必要になるため。

□ 本日の説明だけでは，期待できないと思う。(1人)

期待できないと思う理由

→採用は困難：費用が既存の技術費用を超過。

- ・高度なシステムのため経費が高い。現状で交通規制+近接目視+打音より高額。

【開発者からのコメント】当日説明したとおり、交通規制+全面近接目視+打音に相当する既往点検コストで、画像、レーザ、レーダ計測+抽出近接目視+抽出打音+近接目視打音時の規制が同等の価格でできることを目指している。一度データをきちんと取得しておけば、2回目以降コストダウンが図れる。

- ・市町村管理の短いトンネルでは費用面でメリットは少ない。
- ・県管理若しくは市管理の長大トンネルのみ利用可能であると思われる。

8. 疑問，その他

疑問

→使用している GPS の使用方法は単独測位またはどのような干渉測位を使用していますか。

【開発者からのコメント】単独測位で，車載している 3 基の GPS で衛星を補捉し自己位置を求める。

→CAD データが無いトンネルの計測場所の位置づけはどのように行うか。新たに CAD を作成するか。

【開発者からのコメント】断面の CAD データという意味では，レーザ計測によって断面測量するため問題はない。変状展開図の CAD データという意味なら，レーザ計測により位置情報をもった展開図を作成する。計測位置はレーザ計測に基づいて算定する。