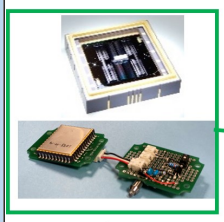
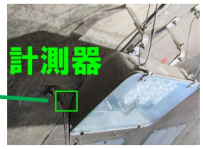
1. 基本事項

技術番号	TN030009-V0225					
技術名	附属物検知デバイス「フリークエンター」（電源フリー）					
技術バージョン	1.1				**作成：**	2025年 1月
開発者	(株)構研エンジニアリング/(株)鷺宮製作所/(株)建設技術研究所/国立大学法人京都大学/国立大学法人北海道大学					
連絡先等	TEL：	011-522-7379 04-2953-3187 03-3668-4309	E-mail：	https://www.koken-e.co.jp/contact/ https://www.saginomiya.co.jp/contact-us/ https://www.ctie.co.jp/contact/	（株）構研エンジニアリング防災施設部 （株）鷺宮製作所R&Dセンター （株）建設技術研究所東京本社道路・交通部	
現有台数・基地	20台		**基地**	埼玉県狭山市		

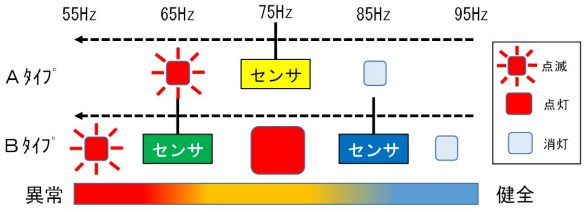
技術概要

【概要】
附属物等の点検を補助する装置。照明灯具等に取り付けられたMEMSエナジーハーベスタ（環境発電を用いた微小な電気機械システム）が、指定した周波数でランプを点灯または点滅することにより、点検を支援するものである。管理値（周波数）は、チューニング可能であり、幅広い附属物形状に適用することができる。また、電池交換不要で使用できるため、追加電源は不要で設置が容易である。
【特徴】
・附属物の健全性の診断支援は、附属物の取り付け状態等により生じる振動の特徴的なピーク周波数で発電するMEMSエナジーハーベスタに取り付けられたランプが点灯または点滅することによって、取付状態や取付金具の健全性の定量的な評価に必要な情報を把握する
・ピーク周波数の低下が確認された附属物について、従来の近接目視点検と触診（揺すり）を行い異常の有無を把握することで、重点的な監視等が可能
・機器は、MEMSエナジーハーベスタを用いるため、外部電源を必要としない。このため、トンネル内に追加電源やケーブル等を設置する必要がなく、既存附属物へのアドオンが容易・附属物の周波数は、形状や大きさ、取り付けされている環境により異なるが、検知したい周波数に応じてチューニングが可能である。また、複数のピーク周波数のチェックポイントを設けることにより、状態の把握が可能


ｾﾝｻﾓｼﾞｭｰﾙ



計測器設置状況

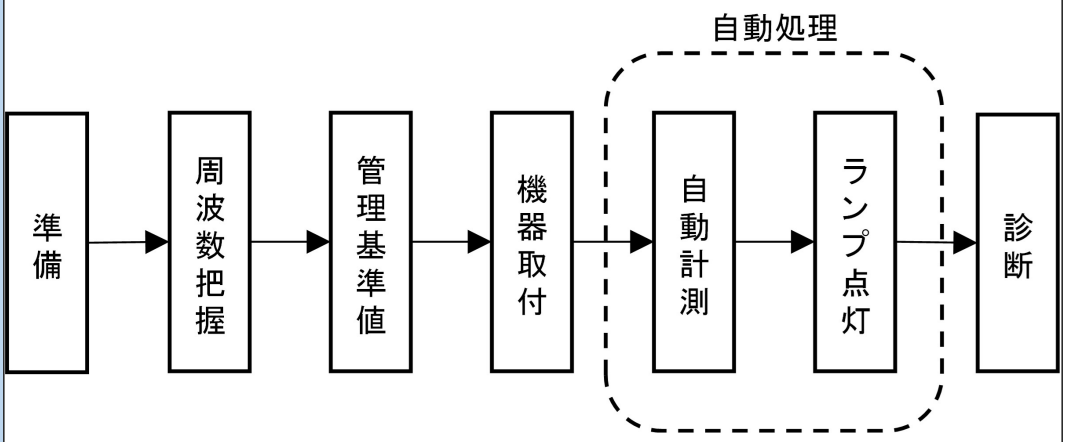


管理基準値の設定例
（例：ｾﾝｻ値に反応して点灯・点滅する）

ー ー
ー ー
ー ー
ー

技術区分	**対象部位**	吸音板 照明 ケーブル類 警報表示板 標識 ジェットファン その他附属物
	検出原理	その他（周波数）
	検出項目	付属物等の振動数

2. 基本諸元

計測機器の構成			・MEMSエナジーハーベスタ（環境発電を用いた微小な電気機械システム）と、その発電された微小な電気により点灯または点滅するLEDランプを具備（必要に応じてLEDランプを点灯するための電池を搭載する場合がある）
移動装置	移動原理		・対象施設に設置される計測機器であることから、移動は不要 ・高所作業車等で対象施設へ近づき本計測機器を設置する。設置後は、路面上や監視員通路面からの日常点検により、ランプの点灯状態を確認
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
	外形寸法・重量		-
	搭載可能容量 (分離構造の場合)		-
	動力		-
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)		-
計測装置	設置方法		・異常等を知らせるLEDが一体となったMEMSエナジーハーベスタユニットを照明灯具本体等に磁石やステンレスバンド等で固定
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)		・計測装置（一体型）：最大外形寸法（幅82mm×奥行46mm×高さ36mm）、最大重量（0.3kgf）
	センシングデバイス		・MEMSエナジーハベスタ「フリークエンター」　鷺宮製作所製　タイプA
	計測原理		・トンネル附属物に三軸加速度センサを設置し、振動データを計測する。計測した振動データから固有値解析を行い、附属物の異常変化（腐食やゆるみ等）と固有値振動数の関係について把握 ・上記から管理基準値となる周波数を設定し、その周波数にチューニングした検知デバイスを取付 ・管理基準値となる周波数を検知したときに、それがスイッチとなりLEDを点灯 ・緩みにより周波数が低下していくため、管理基準値となる周波数で発電しているタイミングで日常点検が実施されない可能性がある。このため、管理基準値となる周波数で内臓した電池によりLEDランプを点灯（ボタン電池で半年間連続点灯）
	計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		・本計測機器の設置のため、対象となる施設の計測部位に近接できる必要がある。また計測部位周辺に本計測機器が取付作業が出来る隙間が必要 ・取付箇所は汚れなどを取り除き平滑面を確保 ・雨水が極力あたらない位置に設置
	精度と信頼性に影響を及ぼす要因		・トンネル坑内の環境によっては、環境振動による附属物の励起力が十分でない可能性もあることから、その場合は励起力を補助する装置の併用が必要 ・腐食の著しい部材に取り付ける場合は、設置面を平滑にするなどの事前処理が必要
	計測プロセス		①照明灯具等のトンネル内附属物に設置した検知デバイスにより振動加速度を計測し周波数を把握 ②管理基準値は、対象の附属物の形状や設置状況で異なるため、設置してある状態でのピーク周波数等を計測し、その値に基づいて管理基準値を設定 ③MEMSエナジーハーベスタは、その管理基準値（周波数）で発電するようにチューニングし、附属物に設置 ④設定した管理基準値までピーク周波数が低下すると、LEDランプが点灯（点滅）し、取付状態の健全性が何らかの要因で損なわれたことを表示 ※標準的なトンネル照明においては、取付金具の腐食やボルトの緩みにより、照明灯具本体の振動特性を表すピーク周波数が低下する傾向であることが知られていることから、この原理を活用する 【計測フロー】 
	アウトプット		・設定した周波数になると、ランプが点灯・点滅・消灯（無線送信も可能） ・複数の周波数のチェックポイントを設けることで、取り付け状態の劣化診断が可能
	計測頻度		・常時計測可能（ただし車両走行などの交通イベントにより計測）
	耐久性		・IP66

	動力	・無（MEMSエナジーハーベスタ）
	連続稼働時間 (バッテリー給電の場合)	・無制限（周波数監視に電力は不要、電池自体の寿命は最長で20年程度） （異常を検出しLED点灯のための電池寿命は半年～1年、異常修理時に電池交換可能）
データ収集・通信装置	設置方法	-
	外形寸法・重量 (分離構造の場合)	-
	データ収集・記録機能	-
	通信規格 (データを伝送し保存する場合)	-
	セキュリティ (データを伝送し保存する場合)	-
	動力	・特になし（一体構造）
	データ収集・通信可能時間 (データを伝送し保存する場合)	-

3. 運動性能

項目	性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
適用可能なトンネルの最小寸法	・最小所要空間寸法　幅1m × 高さ1.5m程度	・人が入れる大きさ
適用可能なトンネルの最大寸法	・特になし	―
障害物回避	・特になし	・計測機器が取り付けられる空間があること

4. 計測性能

項目			性能		性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測装置	計測レンジ (計測範囲)		性能確認シートの有無　※	無	
			・周波数レンジ：50 Hz～1kHz ・加速度レンジ：0.01Grpm以上		―
	感度	校正方法	・トンネル点検、設備点検時等に動作確認		―
		検出性能	性能確認シートの有無　※	有	
			性能値	・検出率100% ・励起装置により、指定の周波数を検出（点灯）するか確認	―
		検出感度	性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・加速度レンジ：0.01Grpm以上で任意に設定可能	―
	S/N比		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・S/N比＝20dB	―
	分解能		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	・周波数分解能：0.1Hz	―
	計測精度		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	標準試験方法（-） 実施年　2021年 ・任意設定	―
	計測速度 (移動しながら計測する場合)		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	―	―
	位置精度 (移動しながら計測する場合)		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	―	―
	色識別性能　(画像から計測する場合)		性能確認シートの有無　※	無	
			性能値	―	―

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

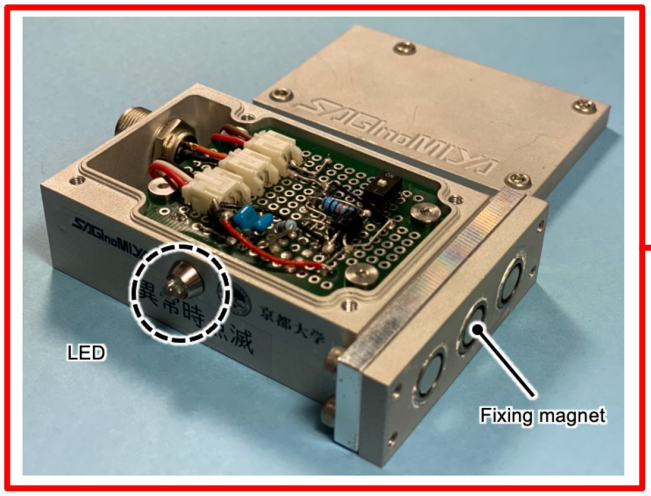
5. 留意事項（その1）

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
点検時現場条件	作業範囲	・特になし ・人が入っていける広さであること	―
	安全面への配慮	・特になし ・機器設置・撤去時等、交通規制を行う場合は「注意喚起の看板の設置」	―
	無線等使用における混線等対策	・特になし	―
	交通規制の要否	・不要 ・機器設置、撤去時は片側交互交通規制が必要	―
	交通規制の範囲	・不要 ・機器設置、撤去時は片側交互交通規制が必要	―
	現地への運搬方法	・人による運搬	―
	気温条件	・-20～+60℃	―
	トンネル延長の制約	・特になし	―
	車線数の制約	・特になし	―
	断面形状の制約	・特になし	―
	その他	・すす汚れがある場合等は、検知デバイスが取付づらい場合があるため、必要に応じて清掃などが必要	―

5. 留意事項（その2）

項目		適用可否／適用条件	特記事項(適用条件)
作業条件・運用条件	調査技術者の技量	・特になし	—
	必要構成人員数	・点検員1人、点検補助員1人	—
	操作に必要な資格等の有無	・特になし	—
	操作場所	・特になし	—
	計測費用	［トンネル条件］ ・延長500mのトンネル照明灯具（2車線、速度50km/h、ｺﾝｸﾘｰﾄ舗装）の標準的な基数を80基（40基×2車線）と仮定 ・片側車線40基を検知ﾃﾞﾊﾞｲｽ10基を4回転用して計測・計測後規制車線を変更し計測 ［費用①］延長500mのトンネル1本のみ計測の場合 ・従来の人力点検による費用　850千円（外業:550千円/1日、内業300千円/2日） ・新技術活用による費用　950千円（外業:750千円/1日、内業200千円/1日） ※機械の輸送費は、外業（連絡車で運搬）に含む ※旅費・交通費は別途必要 ［費用②］延長500mのトンネル10本を一括して計測する場合 ・従来の人力点検による費用　4,850千円（外業:4,400千円/8日、内業450千円/3日） ・新技術活用による費用　4,650千円（外業:4,150千円/8日、内業500千円/3日） ※機械の輸送費は、外業（連絡車で運搬）に含む ※旅費・交通費は別途必要 ［費用算定上の条件］ ・新技術活用による費用には従来点検との併用によって生じる、「人力による点検」部分は、日数、費用に含めない	【費用算出において想定している活用方法（ユースケース）】 ・照明、標識等のトンネル内附属物全般の状態監視に使用
	保険の有無、保障範囲、費用	・加入していない	—
	時間帯(夜間作業の可否)	・特になし	—
	計測時の走行速度条件	・特になし	—
	渋滞時の計測可否	・特になし	—
	車両から対象部位までの距離条件	・特になし	—
	トンネル内照明の消灯の必要性	・特になし	—
	可搬性(寸法・重量)	・特になし	—
	自動制御の有無	・無	—
	利用形態:リース等の入手性	・すべて自社機材	—
	関係機関への手続きの必要性	・必要なし ※機器の設置・撤去時は交通規制を必要とするため、トンネル管理者及び警察との協議を要する	—
	解析ソフトの有無と必要作業 及び費用等	—	—
	不具合時のサポート体制の有無 及び条件	・無	—
	センシングデバイスの点検	・トンネル点検や設備点検時に動作確認 ・簡易ポータブル振動発生器でLED点灯確認	—
	その他	【特許状況】 ・無 【気象条件】 ・無 ※トンネル坑口付近で雨水の影響を受ける箇所は極力避ける 【作業条件】 ・トンネル上部の設置・撤去には高所作業車等が必要 【適用できない（適用できなかった）条件等】 ・附属物の形状や隙間によって機器が取り付けられない場合は適用できない ・人が入っていけない狭小断面の場合は適用できない	【その他】 ・トンネル点検システム「ロードビューワ」（覆工撮影～調書作成）等と組み合わせることで、計測の位置情報を持つことが可能となり、継続的な管理が可能 ・腐食状態の照明灯具を継続的に計測・解析中。劣化曲線等から標準的な管理基準の目安値を検討中 ・現在、トンネル坑内の環境振動（大型車通過時の風圧等が附属物等の振動挙動に及ぼす影響度合い）を継続的に計測・解析中である。その結果と本申請技術を組み合わせることで、トンネル内附属物全体の維持管理が可能

6. 図面



MEMSエナジーハーベスタ

照明灯具への取付状況