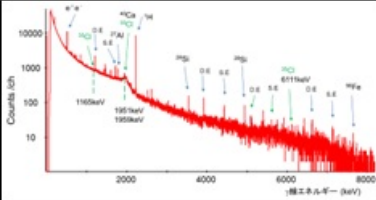


## 1. 基本事項

技術番号	BR020032-V0124			
技術名	非破壊塩分検査装置「RANS- $\mu$ 」			
技術バージョン	RANS- $\mu$ タイプ07	作成:	2024年3月	
開発者	オリエンタル白石株式会社、理化学研究所、ニュートロン次世代システム技術研究組合T-RANS			
連絡先等	TEL: 048-260-6250	E-mail: info@t-rans.or.jp	担当者: 高村 正人 (T-RANS)	
現有台数・基地	1	基地	埼玉県和光市	
技術概要	中性子をコンクリート表面から照射し、即発 $\gamma$ (ガンマ) 線のエネルギースペクトルを分析することで、橋梁などコンクリート構造物に内在する塩化物イオン濃度を非破壊 (コア抜き等不要) で測定し、塩害に対する劣化診断に必要な情報を取得する装置である。この技術では、元素としての塩素の量、およびコンクリート表面からの深さ方向の分布が測定できる。			
技術区分	橋種	鋼橋 コンクリート橋		
	対象部位	上部構造 (主桁, 横桁, 床版) 下部構造 (橋脚, 橋台) 路上 (高欄, 地覆)		
	損傷の種類	鋼	-	
		コンクリート	-	
		その他	-	
		共通	-	
検出原理	カリフォルニウム線源を用いた即発 $\gamma$ 線分析			
検出項目	塩化物イオン濃度			

## 2. 基本諸元

計測機器の構成		<p>[モニターゲットステーション]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中性子線源:カリフォルニウム線源</li> <li>・中性子遮蔽:ポリエチレン、ボロンゴム、LiFタイル</li> <li>・ガンマ線遮蔽:鉛</li> </ul> <p>[ガンマ線検出]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中性子遮蔽:LiF</li> <li>・ガンマ線遮蔽:BGQシンチレーター</li> <li>・ガンマ線検出器:ゲルマニウム半導体検出器</li> </ul> <p>[検出器制御・データ収集系]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Ge検出器制御・データ収集:CAEN社製MCA</li> <li>・MPPC制御・データ収集:CP社製ヘッドアンプ</li> </ul>	
移動装置	機体名称	-	
	移動原理	<p>【設置型】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測装置を橋梁点検車等に設置して計測する。</li> <li>・検査装置筐体は10kg前後の部品に分割可能であり、橋梁点検車に人力で搭載し、組み立てる(所要時間15分以内)</li> <li>・上下駆動装置による位置調整により、検出器有感部を点検部位に接近させることが可能。</li> <li>・測定環境に合わせて、地上(地面や足場)に設置、台車等を用いた移動も可能。</li> </ul>	
	運動制御機構	通信	-
		測位	-
		自律機能	-
		衝突回避機能(飛行型のみ)	-
	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)	-		
設置方法	<p>「移動装置と一体的な構造」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・検査装置筐体は10kg前後の部品に分割可能であり、橋梁点検車に人力で搭載し、バケット、もしくは歩廊内で組み立てる(所要時間15分以内)。</li> <li>・橋梁点検車のバケット、もしくは、歩廊を、橋梁の点検部位に移動する。</li> <li>・上下駆動装置で計測部を上下移動し、点検部位に近づける。</li> <li>・測定環境に合わせて、地上(地面や足場)で組立・設置も可能。</li> </ul>		
外形寸法・重量(分離構造の場合)	<p>[装置本体+筐体]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外形寸法:30cm x 50cm x 70cm</li> <li>・重量:約53kg</li> </ul> <p>以下、測定環境に合わせて組み込む</p> <p>[上下駆動装置]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・30cm x 30cm x 50~80cm</li> <li>・重量:約14kg</li> </ul> <p>[固定用筐体]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・35cm x 45cm x 120cm</li> <li>・重量:約9kg</li> </ul> <p>[ポータブル電源(ノイズ対策用ノイズカットトランスとアルミ板を含む)]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・35cm x 40cm x 20cm</li> <li>・重量:約18kg</li> </ul>		
センシングデバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カリフォルニウム線源(3.75MBq以下) [アイソトープ協会]</li> <li>・ゲルマニウム半導体検出器 [ミリオンテクノロジーズ・キャンベラ※](液体窒素で常時冷却)</li> <li>・MCA※ [CAEN] (最大45W)</li> <li>・ヘッドアンプ※ [クリアパルス] (USB給電 +5V, 0.5mA以上を供給可能なもの)</li> </ul>		
計測原理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カリフォルニウム線源の中性子をコンクリート表面から照射し、モニターゲットステーション内の遮蔽体やコンクリート内で減速された中性子が、内在する塩素に捕獲されることにより生じたガンマ線をゲルマニウム検出器で測定する。MCAで得られたガンマ線エネルギースペクトル(図)のピーク面積を解析し、塩分濃度を導出する。</li> </ul> <p>図:ガンマ線エネルギースペクトル</p>		

計測装置		
計測の適用条件 (計測原理に照らした適用条件)		<p>■コンクリート材料条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化物イオン濃度1kg/m<sup>3</sup>以上。ただし、1kg/m<sup>3</sup>以上は最深領域(深さ6~9cm)での条件であり、最浅領域(深さ0~3cm)では0.6kg/m<sup>3</sup>以上。※今後、精度向上の可能性有り。</li> </ul> <p>■コンクリート表面条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雨天後など、濡れていないことが望ましい。※濡れていても計測可能。</li> <li>・極度の凸凹がないこと。※凸凹があっても計測可能。</li> </ul> <p>■天候※1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・晴れ・曇りが望ましい。</li> <li>・外気温は、0℃~50℃。※ただし、湿度(装置類の結露)に注意すること。</li> <li>・その他、点検車稼働条件に準ずる。</li> </ul> <p>■風速の条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・点検車を使用する場合は、点検車稼働条件に準ずる。</li> <li>・地上(地面や足場上)で行う場合は制約は無いが、装置や足場が倒れないことを担保すること。</li> </ul>
精度と信頼性に影響を及ぼす要因		<ul style="list-style-type: none"> <li>・中性子は水分(水素)の影響を特に受けるので、降雨によるコンクリート表面およびコンクリート内の水分の増減により、中性子の散乱条件が変わり、即発ガンマ線の発生確率が変化する。</li> </ul> <p>ただし、当該装置を用いて取得したスペクトルには水素のピークが見られるため、検査日の前後に関わらず、乾燥時のデータを取得・比較することにより補正可能である。また、水セメント比の分かっている対象物であれば、検量データやシミュレーションにより補正可能である。</p>
計測プロセス		<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検箇所へ検査装置を設置</li> <li>・中性子照射を開始</li> <li>・ガンマ線を検出</li> <li>・ガンマ線スペクトルの解析</li> <li>・塩分濃度分布の表示</li> </ul>
アウトプット		<ul style="list-style-type: none"> <li>・塩分濃度がPC画面上に表示される</li> </ul>
耐久性		<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測機器(センシングデバイス)に特段の防水・防塵・衝撃対策なし。カリフォルニウム線源の半減期は約2.6年で、使用寿命としては約2年程度。</li> </ul>
動力		<ul style="list-style-type: none"> <li>・バケット式点検車の場合、計測機器の電力はバケット部100Vコンセントより給電。</li> <li>・歩廊式点検車等、給電機能がない環境の場合は、ポータブルバッテリーを使用。</li> <li>・地上(地面や足場上)で計測を行う場合、給電環境が無い場合はポータブルバッテリーを使用。</li> </ul>
連続稼働時間(バッテリー給電の場合)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・5時間 ※700Whのバッテリー容量およびノートPCのACアダプタを繋げた場合</li> </ul>
データ収集・通信装置		<p>[データ収集系]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・検査装置筐体に取り付け一体型として設置</li> </ul> <p>[通信装置]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ノートPC+USBケーブル</li> </ul> <p>外形寸法・重量(分離構造の場合)</p> <p>-</p> <p>データ収集・記録機能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・計測データは、ノートPC内のハードディスク内に保存</li> </ul> <p>通信規格(データを伝送し保存する場合)</p> <p>-</p> <p>セキュリティ(データを伝送し保存する場合)</p> <p>-</p> <p>動力</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ノートPCはバッテリー駆動(ポータブルバッテリー(AC)への接続も可能)</li> </ul> <p>データ収集・通信可能時間(データを伝送し保存する場合)</p> <p>-</p>

## 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
3-1 安定性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-2 進入可能性能	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-3 可動範囲	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-
3-4 運動位置精度	性能確認シートの有無 ※	-	
	性能値	-	-
	標準試験値	-	-

※「有」の場合は、付録2「技術の性能確認シート」に添付する。

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	4-1 計測速度(撮影速度)	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	4-2 計測精度	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	塩化物イオン濃度 ・計測精度:±20%	・計測深さ(かぶり)9cm以内 ・塩化物イオン濃度1~20kg/m <sup>3</sup> 。ただし、下限値1kg/m <sup>3</sup> は最深領域(深さ6~9cm)での条件であり、最浅領域(深さ0~3cm)では0.6kg/m <sup>3</sup> 。※今後、精度向上の可能性有り。 ・Cf線源強度が3.7MBqの場合。 ・測定面と装置が2mm以内で密着していること。 ・測定面が濡れていないこと。 ・計測時間1時間 ただし、上記条件を満たせない場合でも、計測時間を延ばす、補正などにより、対応は可能。
		標準試験値	・未検証	-
	4-3 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 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	4-4 色識別性能	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
		標準試験値	-	-
	計測レンジ(計測範囲)	性能確認シートの有無 ※	無	
		性能値	・塩分物イオン濃度1~20kg/m <sup>3</sup> 。ただし、下限値1kg/m <sup>3</sup> は最深領域(深さ6~9cm)での条件であり、最浅領域(深さ0~3cm)では0.6kg/m <sup>3</sup> 。※今後、変わる可能性有り。	・「4-2 計測精度」の条件を参照
	感度	校正方法	・所定位置での中性子検出器によるカリフォルニウム線源強度の校正	・公的機関による
		検出性能	性能確認シートの有無 ※	無
			性能値	検出率100%
		検出感度	性能確認シートの有無 ※	-
	性能値		-	-
	S/N比	性能確認シートの有無 ※	-	
		性能値	-	-
分解能	性能確認シートの有無 ※	無		
	性能値	・塩分物イオン濃度分解能:0.1kg/m <sup>3</sup> ・表面からの深さ方向分解能:3cm ※計測結果は、1層目(0~3cm)=**kg/m <sup>3</sup> 、2層目(3~6cm)=**kg/m <sup>3</sup> 、3層目(6~9cm)=**kg/m <sup>3</sup> と表示される	・「4-2 計測精度」の条件を参照	

※「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)

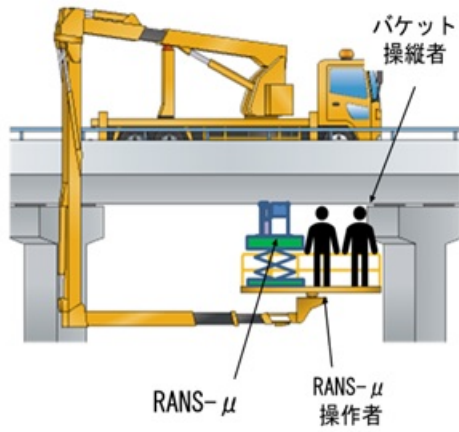
項目	適用可否/適用条件	特記事項(適用条件)	
点検時現場条件	道路幅員条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検車(橋梁点検車や高所作業車など)を使用する場合は、その使用条件に準ずる。</li> <li>・地上(地面や足場上)で行う場合は、最小で装置外寸(30cm×50cm×70cm)程度あれば良く、特に制限は無い。</li> </ul>	-
	桁下条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器の設置が可能であれば桁下条件は問わない</li> </ul>	-
	周辺条件	-	-
	安全面への配慮	<p>■Ge検出器付属の液体窒素デュアーの取り扱い※1, 2 液体窒素デュアーの液体窒素充填率や、受け渡し時の傾きや振動から、デュアーの液体窒素補充口から液体窒素が漏れ出る可能性があるので注意すること。</p> <p>■Cf線源の取り扱い※1 線源からの放射線量は十分低く※3、人体に影響が及ぶ心配はないが、放射線源取り扱いの基本に則り、下記に配慮することが望ましい。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Cf線源部の装置への取り付けは、装置類の測定準備が整った後に取り付けること。</li> <li>・測定中はなるべく線源から距離を取ること。参照値※2:線源中心から76cm(操作用PCの位置)離れて立った場合、床からの高さ160cm(身長175cmの人の目の高さくらい)で1<math>\mu</math>Sv/h弱の中性子線量(3.7MBqの強度の線源を用いた場合)。</li> </ul> <p>尚、Cf線源は「表示付認証機器」として公的認証を受けたものであり、取り扱いに特段の資格は不要。</p> <p>※1:今後、変わる可能性有り。 ※2:現在手持ちの装置の場合 ※3:実測ならびに放射線輸送シミュレーションで確認済み</p>	-
	無線等使用における混線等対策	-	-
	道路規制条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・点検車(橋梁点検車や高所作業車など)を使用する場合は、その使用条件に準ずる。</li> <li>・地上(地面や足場上)で行う場合は、特に道路の規制は必要無い。</li> </ul>	-
	塗装剤条件	-	-
	躯体条件	<p>■コンクリート材料条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・塩化物イオン濃度1kg/m<sup>3</sup>以上。ただし、1kg/m<sup>3</sup>以上は最深領域(深さ6~9cm)での条件であり、最浅領域(深さ0~3cm)では0.6kg/m<sup>3</sup>以上。※今後、精度向上の可能性有り。</li> </ul> <p>■コンクリート表面条件</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雨天後など、濡れていないことが望ましい。※濡れていても計測可能。</li> <li>・極度の凸凹がないこと。※凸凹があっても計測可能。</li> </ul>	-
	躯体温度条件	-	-
その他	<p>■天候</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外気温は、0℃~50℃</li> <li>・湿度(装置類の結露)に注意すること。</li> <li>・雨に濡れない場所であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・晴れ・曇りが望ましい。</li> </ul>	

## 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)
調査技術者の技量	-	・技術者に資格は必要ないが、精密機器、高圧機器、重量物(10kg前後)の取り扱いが生じるので、機器の取り扱い説明書を熟読すること。
必要構成人員数	・装置操作者1人、補助員1人 合計2名	・点検車を使用する際は、車の運転1人、デッキなどの操作1人が別途必要となる。
操作に必要な資格等の有無、フライト時間	-	・装置操作に資格は必要ないが、精密機器、高圧機器、重量物(10kg前後)の取り扱いが生じるので、機器の取り扱い説明書を熟読すること。
作業ヤード・操作場所	・装置運搬者の駐車スペース、運搬車から装置類の積み下ろしスペースが必要。	・点検車を使用する際の必要スペースは点検車の使用条件に準ずる。
作業条件・運用条件 点検費用	・調査費用 外業:¥140,000~¥700,000、内業¥35,000~¥200,000 ・機械経費 RANS-μ(一式)¥200,000~¥400,000 ※上記について、Rans-μ操作、計測結果の解析等を委託した場合の現時点での想定直接費単価。 ※現場条件に応じて、都度見積が原則。	・1日あたりの計測箇所最大6か所(現場条件による) ・点検車を使用する場合は、別途橋梁点検車レンタル費用等が必要。 ・ニュートロン次世代システム技術研究組合T-RANS <a href="https://t-rans.or.jp/">https://t-rans.or.jp/</a> (㈱福山コンサルタント、パシフィックコンサルタンツ㈱、大日本タイヤコンサルタント㈱、㈱ジャスト、他)または、㈱ランズビューが受託して調査。
保険の有無、保障範囲、費用	・保険未加入	-
自動制御の有無	・自動制御無し	-
利用形態:リース等の入手性	・計測サービスとして提供	・将来的に販売も行う予定。
不具合時のサポート体制の有無及び条件	・サポート体制有り	-
センシングデバイスの点検	・製造元により定期的(使用頻度による)に点検実施	-
その他	・計測箇所に近接できない場所、装置を安全に設置できない場所には適用不可	-

6. 図面

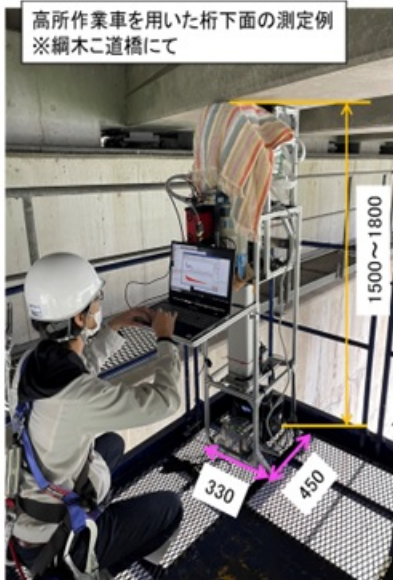
バケット式橋梁点検車を用いた測定イメージ



バケット式橋梁点検車を用いた測定例  
※福島ロボットテストフィールドの試験橋梁にて



高所作業車を用いた桁下面の測定例  
※綱木こ道橋にて



橋脚の測定例

