

中性子によるコンクリート塩分濃度非破壊検査の技術研究開発

- ・体制: 理化学研究所、オリエンタル白石 担当: 東北地方整備局
連携: ニュートロン次世代システム技術研究組合、土木研究所
- ・目的: 橋梁塩害予防のために、塩分濃度を現場で非破壊で測定・分析・評価できる橋梁点検車に搭載可能な中性子塩分濃度計(塩分計)の開発
- ・目標: 表面から7cm奥まで塩分濃度 $1.0 \pm 0.2 \text{kg/m}^3$ (精度20%)非破壊検出
計測時間: 15分@かぶり3cm、1時間@かぶり7cm
サイズ: 100x80cm以内、重量: 100kg以下
- ・背景: 老朽化するインフラの急速な増加。
予期せず起こる塩害による重大事故の予防措置。
塩害に対する補修費の削減、長寿命化の要請。

塩害による鋼材腐食の実態、突然起こった事故例



妙高大橋で発見された
鋼材の著しい腐食

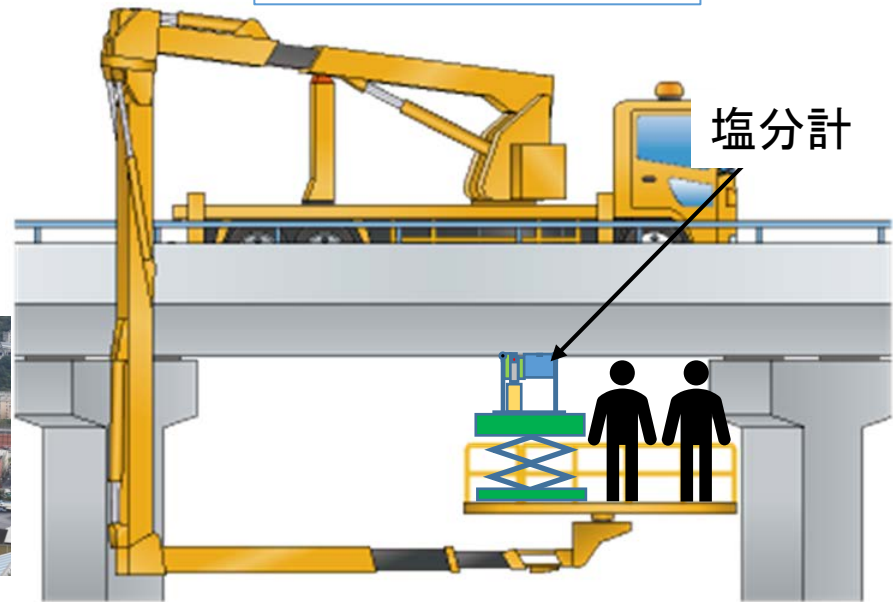


米国・I-70跨道橋落橋事故
(2005.12.28)



伊・モランディ橋崩落事故
(2018.8.14)

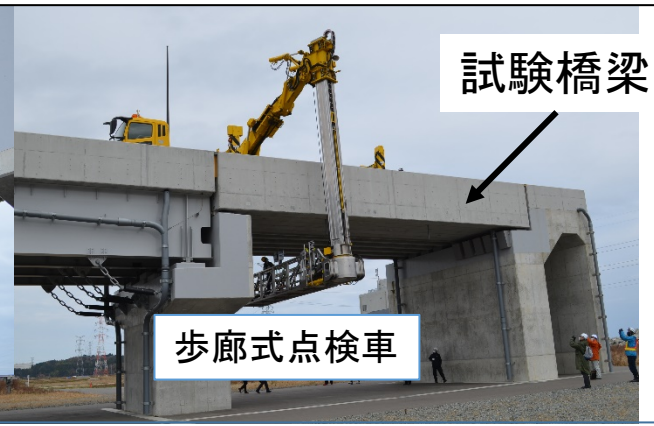
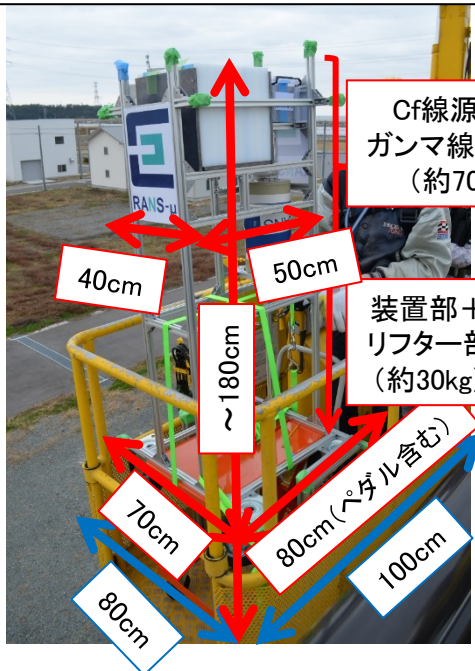
橋梁点検車による 塩分計測定イメージ



研究項目(1)中性子ポータブル塩分濃度計の試作

活動状況: 福島RTFでのモック搭載テスト

目的: バケット式および歩廊式点検車に乗る大きさ・重さ、問題点・改良点の確認



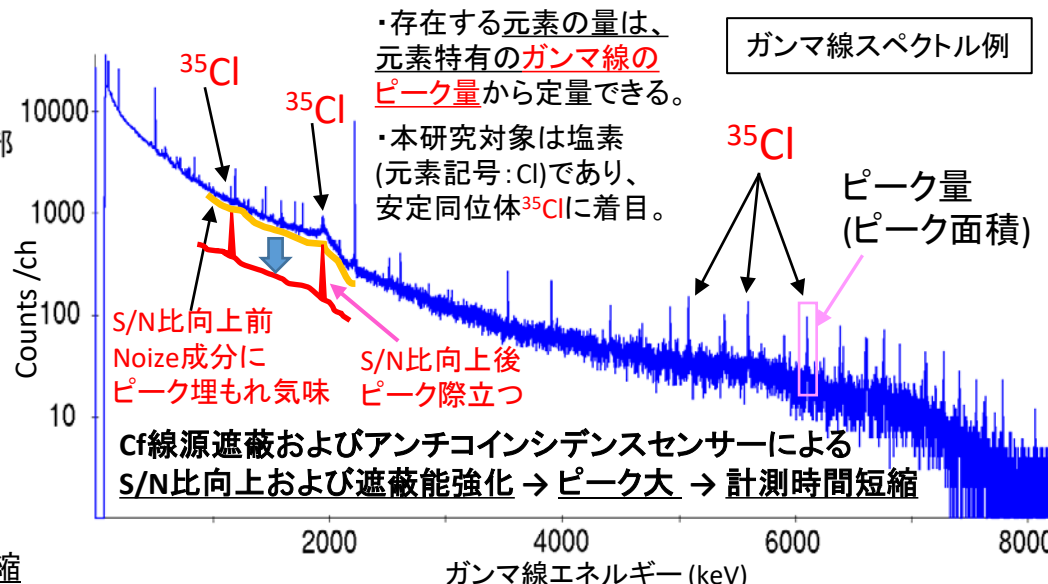
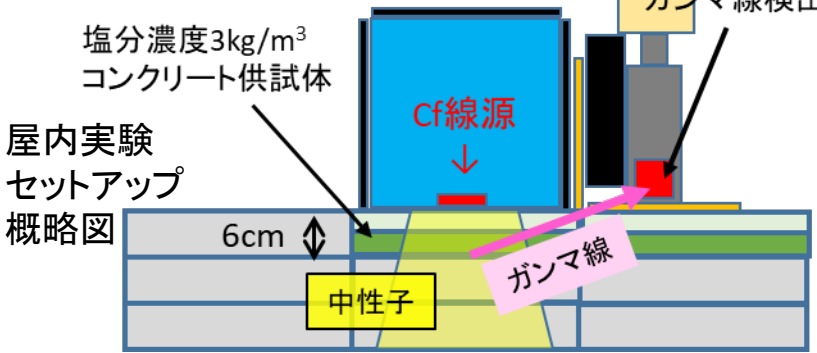
目標クリア

- ✓全重量~100kg
- ✓バケットに収まる大きさ
- ✓桁下面に届く上下リフト
- ✓バケット部100V電源からのノイズ確認

新たにクリアすべき点: 現場組立時間の短縮化など
↓
R3年度の屋外試験に向けて
実装置搭載型の試作へ

研究項目(2)Cf線源およびアンチコンプトンシールド法の開発⇒S/N比向上および遮蔽能強化、(3)塩分濃度分解能の検証

活動状況: コンクリート供試体を用いた性能検証
3cm厚の塩分入りコンクリート供試体を設置。
3cm深さ、6cm深さ、として検出感度を測定。



Cf線源遮蔽最適化による
コンクリート中の中性子量増加 → ガンマ線増加 → 計測時間短縮

R2年度研究項目

進捗状況まとめ

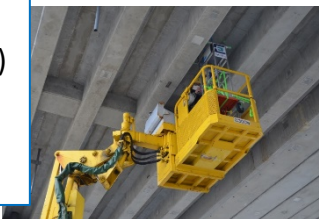
目標達成のための研究開発項目

(1) 中性子ポータブル塩分濃度計の試作

・東北地整の協力のもと、橋梁点検現場2か所の見学を行った。
 ・福島ロボットテストフィールドにて、橋梁点検車(歩廊式、バケット式)を利用し、搭載可能モデルの試作、積載実証を行った。

R2結果

・サイズ(70x80cm²)、重量(100kg以内)のモデル作成完了、積載検証実施
 ・桁下面までのリフトアップ機能(~180cm)



サイズの目標クリア

R3以降

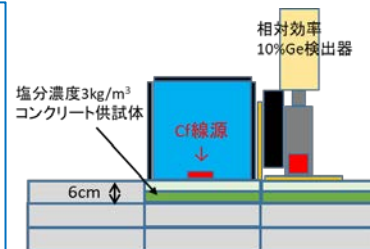
現場組立時間の短縮化など改良し、屋外用試作機の製作へ

(2) カリフォルニウム線源(以下、Cf線源)およびアンチコンプトンシールド法の開発

① Cf線源設計(数値シミュレーション実施→R2年度末製作完了)
 ② アンチコインシデンスセンサー試作機(BGOシンチレーター+相対効率10%Ge検出器)の動作テストを行った。
 ③ 「Cf線源+10%Ge検出器」による塩分濃度3kg/m³コンクリート供試体を用いた塩分検出感度の検証を行った。

R2結果

① 大きき30x30x15cm、重量60kgで設計検討実施。
 ② S/N比向上確認。
 ③ 10%Ge検出器で3kg/m³、1.5時間、かぶり6cmまで計測



計測時間や精度など、目標達成のため開発必要

R3以降

「相対効率50%Ge検出器を組み込んだアンチコインシデンスセンサー高度化」、「Cf線源遮蔽最適化」により、1kg/m³、かぶり7cm、短時間化を実現へ

(4) 点検支援技術性能カタログ(以下、カタログ)掲載に向けた検討

意見交換ならびにカタログ掲載に向けた検討(計測性能項目)から目標値設定を行った。

目標値: かぶり7cmで塩分濃度 $1.0 \pm 0.2 \text{ kg/m}^3$ (精度20%)で検出、計測時間: 1時間

条件: バケットに乗るサイズ・重さ、使用に資格など不要の3.75MBq以下のCf線源の使用

R2結果

・カタログ掲載項目の内容検討
 ・左記、目標値&条件の設定

4. 計測性能		性能	性能(精度・信頼性)を確保するための条件
計測レンジ(計測範囲)	塩分の有無の記載 否		
	塩分濃度: 1~20kg/m ³		
検出方法	*測定位置での中性子検出器によるナトリウムとアンチコインシデンスの検定		
検出位置	検出の有無の記載 否		
検出時間	[深さ: 非検出時間] 0分~7分、1時間		
検出感度	[深さ: 塩分濃度] 0分~7分、1kg/m ³		
SN比	塩分の有無の記載 否		
分解能	塩分の有無の記載 否		
計測精度	塩分の有無の記載 否		

引き続きカタログ掲載検討、意見交換を行う

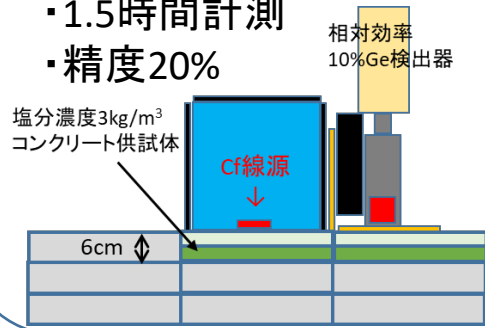
R3以降

カタログ記載へ向けて目標値の達成、屋外用塩分計製作へ

目標値達成への見通し・取り組み

R2の検証実験

- ・相対効率10%Ge検出器
- ・塩分濃度3kg/m³
- ・6cm深さまで
- ・1.5時間計測
- ・精度20%



R3以降

- ・相対効率50%Ge検出器+BGOシンチレーターの組み合わせを用いた、S/N比向上とガンマ線遮蔽能強化のためのアンチコインシデンスセンサーの改良
- ・コンクリート中の中性子量増加およびガンマ線遮蔽能強化のためのCf線源遮蔽の最適化、
- ・塩分濃度導出精度向上のための塩分濃度導出手法の開発、などによる計測短時間化 & 高精度化に取り組み、目標値を達成する。

目標値: 1 ± 0.2 kg/m ³	
かぶり3cm	かぶり7cm
15分計測で1 ± 0.2 kg/m ³	60分計測で1 ± 0.2 kg/m ³

短時間 + 高精度化へ

短時間化により、1橋梁(1日)あたりの点検箇所数もUP

研究項目

R3年度計画

R4年度計画

1) 中性子ポータブル塩分濃度計の試作

屋外用試作機製作
(更なるコンパクト化に向けた取り組み、塩分濃度検査システム開発など含む)

検証・改良・とりまとめ
(組立時間短縮化改良や屋内試験による性能評価含む)

2) Cf線源およびアンチコンプトンシールド法の開発

検証・改良
(50%Ge検出器+BGOシンチレーター強化など、更なる短時間化・高精度化の取り組み)

3) 土木研究所撤去橋梁による屋外試験

屋外試験実施
(土木研、もしくは、福島RTFにて実施予定)

4) 実橋梁での測定トライ

実橋梁試験計画
(時期、場所、計測箇所などの検討。※1橋梁に対して、数か所の計測も可能。)

実用化(実機製作)に向けた改良・取り組み
(検出システム改良によるガンマ線検出精度向上、筐体の改良など)

検証・とりまとめ

実橋梁試験実施
全体とりまとめ