

可搬型線形加速器駆動中性子源を用いた社会インフラ水分分布測定技術の開発 Development of Moisture Distribution Measurement Technology for Social Infrastructure using Mobile Linac-driven Neutron Source

* ベレデ ジャンミシェル¹⁾, 三津谷 有貴²⁾, 土橋 克広²⁾, 田中 泰司³⁾, 高橋 佑弥⁴⁾, 草野 謙⁵⁾, 上坂 充¹⁾

¹⁾ 東大原子力国際専攻, ²⁾ 東大原子力専攻, ³⁾ 東大生産技術研究所, ⁴⁾ 東大社会基盤学専攻, ⁵⁾ (株) アキュセラ

概要

鉄筋コンクリート構造物における鉄筋腐食は構造物の耐力低下につながり、余寿命減少における大きなファクターとなっている。鉄筋腐食はコンクリート内部が二酸化炭素で中性化された上に鉄筋に液状水が到達することで発生するため、コンクリート内部の水分検出は喫緊の課題である。先行研究において、コンクリート内部の水分検出手法として 3.95MeV X 線源とベリリウムおよびヘリウム3検出器を組み合わせた後方散乱中性子水分検出システムを開発し、水分検出の性能を実証実験で確認した。本研究では、既存の非破壊検査手法で可視化することが困難であったコンクリート内部の水分分布データを取得することを目標としており、その一環の基礎的検討として数種類の水セメント比・含水率のコンクリート標準試料の水分検出・水分量評価実験を行った。

キーワード: 非破壊検査, 可搬型電子線形加速器, 橋梁検査, 水分検出, 中性子源

1 社会インフラにおける水分検出技術の必要性

日本の重要な社会インフラである鉄筋コンクリート橋 (RC 橋) やプレストレストコンクリート橋 (PC 橋) に向けた可搬型小型 X 線源を用いた内部欠陥検出技術が開発されている [?]。一方で、将来的な破断リスクの定量化も社会的に重要である。RC 橋および PC 橋の強度を担保する鉄筋・PCワイヤーの腐食はコンクリートの中性化または塩分の浸入と、液状水の浸入の組み合わせで起こる。ゆえに、コンクリート内部の水分分布情報は鉄筋腐食リスクや橋梁余寿命の評価の上での重要な指標となる。本研究で開発した水分測定システムはコンクリート内に存在する水素を主とする軽元素によって減速された後方散乱熱中性子を検出することで水分の情報を取得するものであり、現場で使用可能な優れた水分非破壊検出技術である。

2 水分測定システムの構成

本システムは可搬型 3.95MeV ライナック駆動の X 線源を入力とし、 ${}^9\text{Be}(\gamma, n){}^8\text{Be}^*$ の核反応により中性子ビームを得る。Be ターゲット周囲は中性子遮蔽用のホウ酸レジン層、即発 γ 線遮蔽用の鉛層、さらに中性子の減速を防ぐための鉛コリメーター層で構成される (図??)。発生中性子量は全立体角で $10^6 \sim 10^7$ n/sec 程度、ビーム出口での中性子強度は $10^3 \sim 10^4$ n/sec/cm² 程度である (MC によるシミュレーション値)。本システムにおける検出器はコンクリート内部において減速された熱中性子の検出効率の高さが求められ、さらに X 線/ γ 線ノイズが存在する環境で使用されることが前提となるため、熱中性子の検出性能に優れ光子との反応断面積が小さい ${}^3\text{He}$ 比例計数管を用いている。検出器は中性子源と同じ側に設置され、後方散乱中性子のみを検出するように測定対象側にスリットが空いたボロン製カバーを取り付けている。

3 コンクリート含水率測定実験

本測定システムを用いた先行実験 [?] によりコンクリートの下に存在する水分サンプルの検出および水分量評価において一定の性能が確認されている。前述の実験に加え、同測定システムを用いたコンクリート内含水率測定実験を行った (図??)。測定サンプルとして水セメント比 (W/C 比) が 36%、50% の 10cm × 10cm × 10cm サイズのコンクリートそれぞれを含水率 0% (乾燥機による)、100% (真空飽和による) に調整した合計 4 種類のサンプルを作製した。600 秒の測定を行った結果、表??に示されるように W/C 比 36% と 50% のいずれのサンプルにおいても含水率 0% から 100% の中性子カウント数の増加量がほぼ同じとなっており、本測定システムにおける測定値はコンクリート内の水分量を反映したものになっていると考えられる。

4 まとめおよび将来の展望

本研究においてはコンクリート内部の水分分布を測定するための基礎的検討としてコンクリート含水率測定実験を行い、先行する水分量測定実験の結果と合わせて、本水分測定システムによって水分量情報をコンクリートの配合によらずに取得できることが示された。今後の課題として、中性子ターゲットの改良および検出システムの最適化により水分分布情報を知る上で重要となる水分のコンクリート内部での位置情報を取得することを目指す。以上の実験室の実績を踏まえて、原子力規制庁と所定の手続きを行い、2017 年秋以降に土木研究所での屋外試験を経た上で実橋梁における屋外測定を行うことを目指す。

参考文献

- [1] M. Uesaka et al. : J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 47(2014) 234008 (9pp).
[2] J.M. Bereder et al. : Modified Design of Mobile 3.95 MeV X-band Linac Neutron Source, AESJ Aut. Meeting, Sep. 2016, 1O03.

*Jean-Michel Bereder¹⁾, Yuki Mitsuya²⁾, Katsuhiko Dobashi²⁾, Yasushi Tanaka³⁾, Yuya Tanaka⁴⁾, Jo Kusano⁵⁾, Mitsuru Uesaka¹⁾

¹⁾Dept. of Nuclear Engineering and Management, Tokyo Univ., ²⁾ Dept. of Nuclear Professional School, Tokyo Univ., ³⁾ Institute of Industrial Science, Tokyo Univ., ⁴⁾ Dept. of Civil Engineering, Tokyo Univ., ⁵⁾ Accutheria Inc.

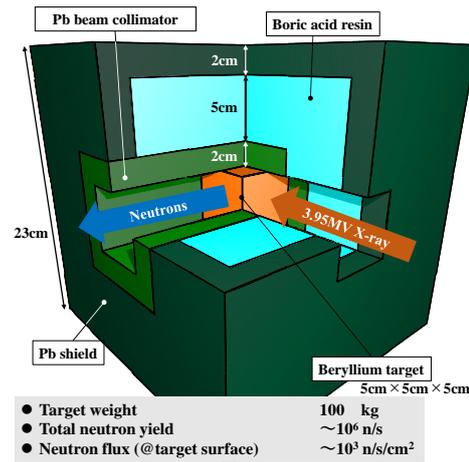


図1 中性子ターゲット設計および諸性能

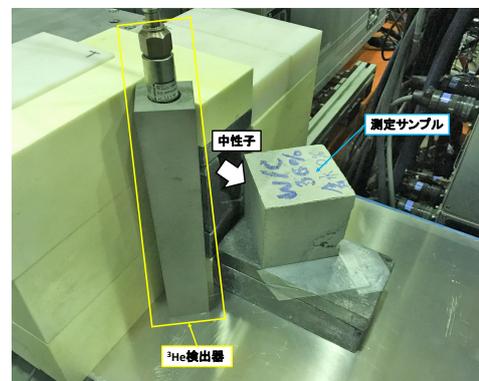


図2 コンクリート含水率測定実験体系

表1 コンクリート含水率測定実験結果 (${}^3\text{He}$ カウント数/600 秒)

W/C 比	含水率		増加量
	0%	100%	
36%	7991	10386	2395
	9319	11594	2275