インフラ構造物のエックス線非破壊検査技術の進展

㈲研産業技術総合研究所
計量標準総合センター 分析計測標準研究部門／サステナブルインフラ研究ラボ
首席研究員
鈴木良一 Ryoichi Suzuki

我が国には高度成長期に建設された膨大な社会インフラや産業インフラがあり，その維持・管理・有効利用のためにインフラ構造物の検査が必要とされている。しかし，検査すべき箇所が膨大で年を追う毎に増加傾向にあるのに対し，熟練した検査員の確保が難しくなっているといった課題があり，効率的で熟練者でなくても検査が可能な新たな検査技術の開発が望まれている。

インフラ構造物の外面状態の検査については，近年，ドローン等のロボット技術やデジタルカメラ技術，AIによる画像認識技術などが進展し，目視検査に代わる効率的な検査技術についてはある程度の目途がたちつつあるようであるが，インフラ構造物の内部を非破壊で検査する技術についてはいろいろ課題も多い。そこで産業技術総合研究所では，サステナブルインフラ研究ラボという組織を立ち上げ，様々な分野の研究者が結集してインフラに関する課題解決を目指しており，我々はこの中でインフラなどの現場で利用できるエックス線技術を用いた新たな非破壊検査技術の研究開発に取り組んでいる。

エックス線は，医療分野では以前から体のレントゲン検査に用いられてきたが，近年，CR（Computed Radiography）やDR（Digital Radiography）などデジタル的にエックス線画像を記録できる検出器の開発が進展し，エックス線撮影や画像データの管理が容易になってきている。また，エックス線CT（Computer Tomography）技術が進展し，体の中の断層像や3次元像を得ることができるようになり，確度の高い診断ができるようになってきている。たとえば，最近のコロナ肺炎の診断もエックス線CTを使えば，他の病気との区別やどの程度症状が進んでいるか容易に把握できるようである。

しかしながら，インフラ構造物のエックス線検査では，鉄筋コンクリートや大口径の鋼管など，人体よりもエックス線を透過しにくい物が多く，それに対応するためエックス線源は人体用のものよりエックス線のエネルギー（エックス線管の管電圧）が高く透過能が高い装置，検出器は長時間露光可能なものが必要とされる。これまではこのようなエックス線源は，ヒーターやフィラメントを用いたエックス線管（熱陰

極型真空管）を搭載し商用電源（AC100Vでは足りずAC200Vを用いるものも多い）を用いるもので，大型で重い（20kg以上）という課題があった。また，医療診断で用いられているようなデジタル的に画像を撮影する検出器は長時間露光が難しいため，現像が必要なエックス線フィルムを使ってインフラ構造物の検査がなされる場合も多い。

このように，現状のインフラ構造物の検査に使われている技術は，熱陰極真空管とフィルムを使ったアナログ技術が多く使われており，医療分野のようなDX化があまり進展していない。そこで我々は，インフラなどの現場でのエックス線非破壊検査のDX化を目指した研究開発を行なっている。

現場でのエックス線非破壊検査のデジタル化に必要な要素技術としては，エックス線源，検出器，ロボット等の自動化機構，画像処理技術，安全対策技術など多岐にわたる。この中で，検出器技術は最近，分オーダーの長時間露光が可能でフィルムよりも感度の高いフラットパネルデジタル検出器が開発され，フィルムからの転換も可能になりつつある。エックス線源についても，ヒーターやフィラメントを使わない冷陰極エックス線管でも熱陰極エックス線管と同程度のエックス線を出すことができるようになってきている。これは，エックス線撮影時しか電力を消費しないことから，最新のバッテリーや高電圧発生技術と組み合わせて，小型軽量なバッテリー駆動エックス線源を構成できる。これをロボット等に搭載すれば，自動撮影も可能になる。また，様々な場所の漏洩エックス線の線量を検出し，リアルタイムでサーバー等に送信できるIoT型の線量計により，漏洩エックス線対策を迅速に効率的に行なうこともできるようになってきている。これらの技術の進歩により，今後インフラ現場のエックス線検査のDX化が進展すると予想される。また，インフラ構造物のエックス線検査技術は，効率性・安全性を追求した検査技術であることから，開発される要素技術は医療診断の分野や工業製品の検査などでも利用価値があると考えられ，相互に新たな技術を取り入れてそれぞれの分野が発展していくことが期待される。