

7 コンクリート内部を可視化する 後方散乱X線装置の開発



研究責任者 (国研)産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門 研究グループ長 豊川弘之
共同研究グループ (株)BEAMX、名古屋大学

研究開発の目的・内容

背景

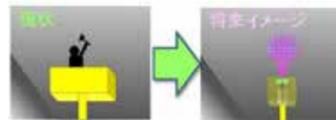
- 日本は海岸線が長いので、塩害によるコンクリート中の鉄筋腐食が多く発生。
- 古い橋では、プレストレストコンクリートのシー管グラウト未充填による鋼材損傷が発生。
- 表面で見える状況では手遅れ。非破壊で内部を見なくてはならない。
- 高速道路床版や大型橋桁などX線透過撮影法が使えない場合も多く、新しいイメージング技術の開発が必要とされている。

研究開発の目的

- 橋梁やトンネルなどの劣化・損傷に起因する大事故を未然に防ぐため、放射線計測と電子加速器分野の最新技術を使った検査技術を開発する。

研究開発の内容

- 道路橋の床版、RC橋の鉄筋減肉、PC鋼材の破断などを非破壊で高精細にイメージングする装置を試作し、検査の高効率化と高精度化を実現する。



■X線透過試験(従来法)

- 利点: 空間分解能が高い
- 欠点: 位置合わせが難しい、厚いものは長時間測定

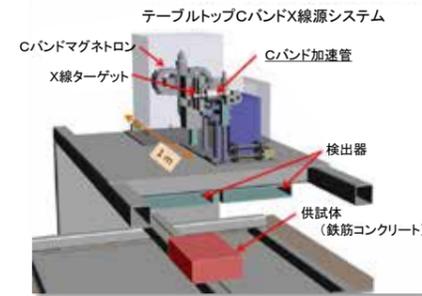


■後方散乱X線イメージング(提案)

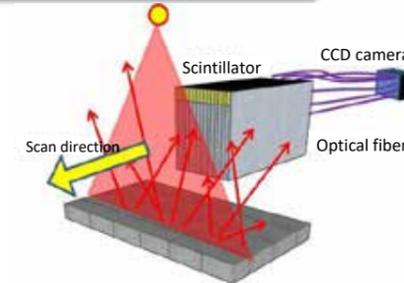
- 反射型なので現場で使い易い
- 厚いものや複雑な形状でも短時間で撮影可能
- 表面近傍の構造を鮮明に(mmオーダー)可視化

現状の成果②

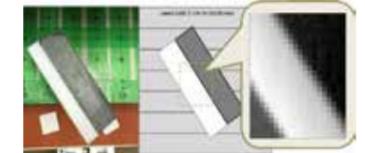
後方散乱イメージングの実証(平成28年)



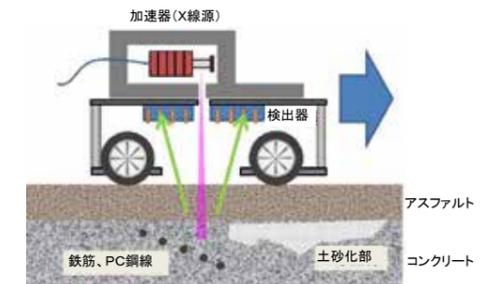
本プログラムにおいて、従来の装置よりも約3倍エネルギーの高いX線源の開発に成功しました。このX線はコンクリート深さ10cmにある異物を反射して見ることができる性能があります。X線源と合わせて本プログラムで開発した後方散乱X線イメージング用検出器を組み合わせ、高エネルギー後方散乱X線画像の取得に成功しました。これは小型電子加速器技術と先端放射線計測技術を融合して得られた世界初の成果です。



CバンドX線源を用いて撮影した後方散乱X線画像



豊川 第63回応用物理学会春季学術講演会(H28.3月)



この技術を使うと、アスファルトの下にある空洞や、土砂化している部分、あるいはコンクリート内部に損傷している鉄筋、異物などを、従来技術よりも鮮明に画像として見ることができます。この装置を牽引車両に搭載して、道路を走りながら道路を後方散乱X線で検査することも夢ではありません。今はまだ解像度は深さ3cmで数cm程度ですが、今後、X線エネルギーの最適化や検出器の性能向上によって、10cmの深さを数mmの解像度で撮影できる装置の開発を目指しています。

最終目標

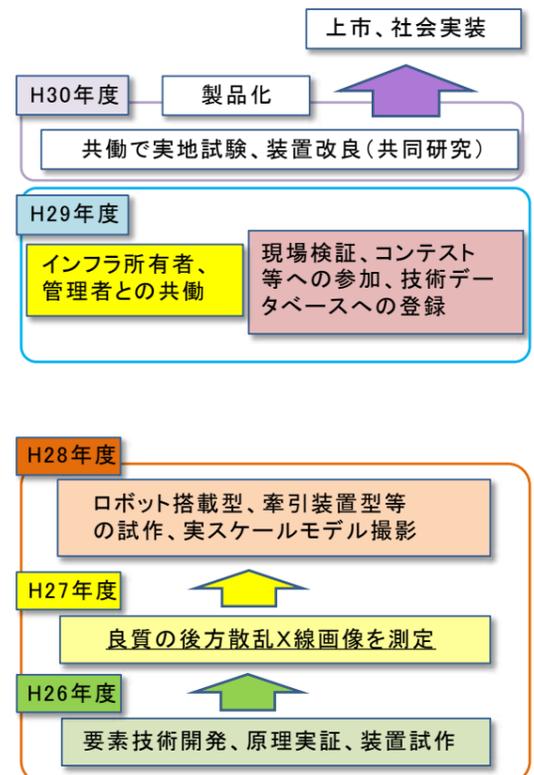
達成目標と達成度

実施項目	達成目標	達成度
コンクリート内部の鉄筋イメージング	かぶり10cm、鉄筋直径1cmを可視化	かぶり10cm、鉄筋直径1cmの可視化に成功
道路床版の劣化診断	土砂化を検知できる装置の性能を決定	アスファルト下コンクリート密度20%低下の検知に成功
	ポットホール検出	アスファルト8cm下のポットホール検出に成功(目標達成)

本技術の社会実装イメージ

- 橋梁コンクリートの鉄筋劣化診断
- PC橋梁のPC鋼線、グラウト材劣化診断
- 道路床版のコンクリート劣化診断

- 上記3種の検査装置(X線発生部は共通化可能)の製品化を目的として、平成29・30年度にプロトタイプ機の製作を行い、実際の現場において実証試験を行う。
- その後の製品化は、平成31年度から5年間を目途に、全国に約70万ある道路橋、鉄道橋の1割を対象とした定期点検に対応できるよう自治体、インフラ管理者またはメンテナンス関係者への供給を行っていく。



現状の成果①

装置開発(平成26~27年)

・現場に持ち出せるテーブルトップ加速器X線源の開発に成功!

①電磁界シミュレーション

モード	周波数 (GHz)	計測 (GHz)
M1	5.0392	5.0405
M2	5.1427	5.1429
M3	5.2564	5.2968
M4	5.4363	5.4357
M5	5.5394	5.5363

②加速器開発

③テーブルトップ加速器X線源

④鉄筋(透過像)撮影

最高エネルギー0.9 MeVの制御X線
最大線量は2000mSv/hまで可能



・後方散乱X線イメージング用のX線カメラ開発に成功!

①放射線シミュレーション

②撮像素子の開発

③後方散乱X線イメージング用X線カメラ