

5 インフラの見える化 / 電柱内鉄筋の水素脆化予測技術 / 導波路型センシング技術

老朽化した社会インフラを安心・安全に メンテナンスするインフラ見える化技術

NTT 先端集積デバイス研究所（先デ研）のソーシャルデバイス基盤研究部（ソデ部）では、社会インフラを安心・安全にメンテナンスするための技術開発を、経済性も考慮したうえで検討している。以下では、①電柱内鉄筋の水素脆化予測技術、②塗装式導波路型センシング技術について述べる。

NTT グループの通信インフラの現状

——「インフラ見える化」の必要性について

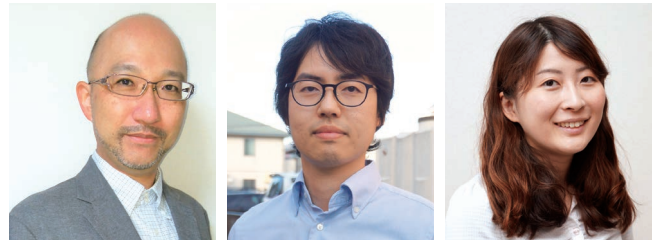
高度経済成長期以来、さまざまな社会資本が構築されてきた。現在、その設備のうち建設後 50 年経過したものが増加し、老朽化が進行しており、維持管理や更改にかかるコストが課題となっている。また、日本社会では、人口減少や少子高齢化、それに伴う生産年齢人口の減少、あるいは厳しい財政状況といった制約条件の下で災害に備え、加速する社会資本の老朽化に対応していかなければならない。

図 1 に、NTT グループが所有する通信インフラの一例を示す。NTT グループにおいても日本社会全体と同様に、この膨大な量の通信インフラについて、その維持管理サイクルの

効率化や長寿命化を図る必要がある。

近年では、IoT (Internet of things)、ビッグデータ、AI (人工知能)、ロボット、センサといった技術開発により、社会経済のあり方が大きく変化しようとしており、イノベーションを創出し、生産性を飛躍的に高め、さまざまな課題を克服し、持続的な経済成長を実現しようとする試みが進められている。

先デ研においても、センサ技術や材料そのものに関する知見を要素技術として、通信インフラの劣化状況や異常の有無を「見える化」する基盤技術を構築し、通信インフラの安全性や信頼性、経済性の向上の実現をめざしている。以下では、電柱内鉄



NTT 先端集積デバイス研究所 ソーシャルデバイス基盤研究部
(左から) グループリーダー 津田 昌幸氏
研究主任 上庄 拓哉氏
研究員 松永 恵里氏

筋の水素脆化予測技術と塗装式導波路型センシング技術について述べる。

電柱内鉄筋の水素脆化予測技術

——電柱内鉄筋の水素脆化による劣化

NTT が保有するコンクリート製電柱は全国に 700 万本あるといわれている。コンクリート製電柱は、内部の鉄筋により強度が担保されており、通常の使用条件では問題ないが、材料特性や引張応力などの条件が重なると、破断する恐れがある (図 2)。その原因は、鉄筋に水素が侵入してもろくなるいわゆる「水素脆化」という劣化現象が進行するためである。電柱は、日常の生活圏内に存在する身近な通信インフラ設備であり、劣化による折損などの事故が起こらないよう維持管理されているが、一度

電柱	1,184万本	日本国民の10人に1本
ケーブル	230万km	地球と月を約3往復
管路	62万km	地球15周半
とう道	651km	日本の地下鉄路線の約0.8倍

2018年度末(インフォメーションNTT東日本、データブックNTT西日本より著者ら作成)

図 1 NTT グループの保有設備量 (一例)

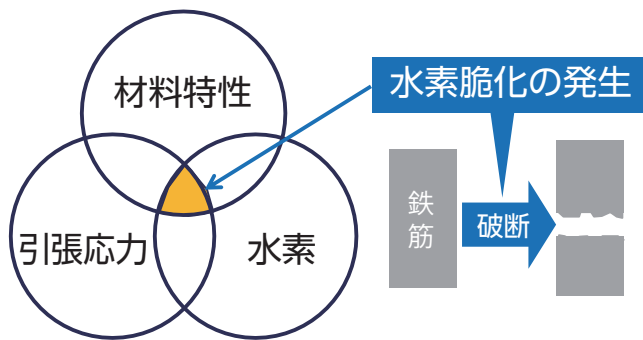


図2 水素脆化の発生条件

事故が起こると社会的にも被害が大きくなる。万が一にも電柱の事故を起こさせないためには、水素脆化という現象の理解と、水素脆化を予測する技術の確立が重要となる。

——現在の研究開発状況

著者らは、2017年に「コンクリート環境を模擬した水素脆化試験技術」を開発し、この技術は電柱内鉄筋の品質管理の標準的な試験方法としてNTT東日本、NTT西日本で採用されている。

現在、開発した水素脆化試験技術を応用し、鉄筋の破断確率や破断寿命を予測する技術の研究に取り組んでいる。水素脆化による鉄筋の破断は、同じ環境条件であっても破断する場合と破断しない場合があるといったように、確率的な挙動を示す

より様々な条件のもとでの破断確率データ・破断寿命データを大量に収集し、統計的データ解析を行うことで実環境での破断確率・破断寿命の予測を試みている。一方、予測結果を検証するため、大学とも連携して材料科学的観点から水素脆化機構のモデル化に向けた研究も進めている。

塗装式導波路型センシング技術

——任意形状で作製可能なパッシブ型センサ

インフラ構造物の定期点検として目視点検や打音調査などの各種検査を行っている。しかしながら、初期段階の変状の見極めは点検者の経験に依存する部分が大きく、また小さな変状やボルトのゆるみなどの発見は極めて困難である。さらに、インフラ設備は死角となる箇所も多く、目視点検が困難なことも多い。点検者に依存せず、また目視点検が困難な場所でも変状を検知する手段として、センサを用いた自動点検が期待されている。

インフラ構造物は、表面形状が複雑かつ多様であり、またボルトなどの付帯物も表面に多いという特徴がある。著者らは、任意の表面形状に沿って作製でき、かつ、電子部品や電池が不要で導入・運用コストを低減可能なパッシブ型センサとして、塗装式の導波路型センサを提案している(図3)。

構造物の異常を検出したい場所に塗装などによって導波路型センサを作製する。センサに結合したアンテナに、ドローンなどの外部機器から電磁波を送信し、塗装領域に伝搬させる。そして、塗装領域からの反射波の情報をアンテナに返すことで異常を検出する。このとき、構造物の検出対象領域内に亀裂などの異常や変状が発生すると、塗装にも亀裂が生じるなどの異常や変状が反映され、塗装領域内に伝搬させた電磁波の反射波も変化する。この反射波の変化によって生じる共振周波数の変化や、異常の発生前後での特定の共振周波数の有無などを観測することで、変状の発生を判定することができる。

——ボルトの締め・緩みの検知技術

現在は、導波路型センサでの異常検知技術の実例構築に向け、塗料以外にも材料の幅を拡げながら研究を進めている。その一例として取り組んでいるのがボルトの緩みの検知である。ボルトの締め・緩みによるセンサの共振条件の違いに起因する共振周波数のシフトを観測することで検知に成功している。また、塗装式アンテナと結合させたパッシブ型センサとして、無線給電による検知も可能であることを確認した。

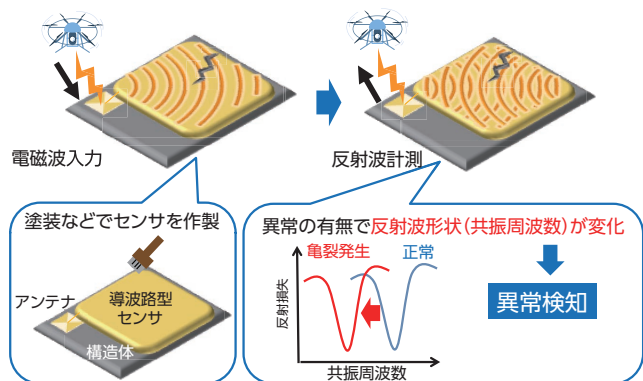


図3 導波路型センサによる異常検知技術