

社会基盤の維持管理に関する Iot と AI による支援化の課題の考察

三重大学社会連携特任教授 ○ 正員 桜井 宏
北見工業大学前技術職員 正員 岡田包儀
日本大学客員教授 正員 鈴木明人
北海道大学名誉教授 フェロー 佐伯 昇
桜コンサルティング LLC 桜井智子
慶応大学特別招聘教授 豊崎禎久

1. はじめに

1.1 背景 現在、我国は道路、鉄道、港湾空港等交通施設、河川、海岸、山岳斜面等をはじめ膨大な社会基盤や防災施設の維持が課題となっている。しかし、少子高齢化進行中、特に理工系人材や産官学等の担い手人材確保が困難となり、さらに財政逼迫から社会基盤維持管理や防災等財源が不足している。これらを総合的に強化の一環として、政府与党はサイバー・経済・安保を統括する日本版 NEC (米国国家経済会議 (NEC) をモデル) 構築等を目指している。しかし、社会基盤施設等管理や防災等は人員や予算等の面で年々厳しさを増している。

筆者等もスマート道路維持管理モニタリング等研究一環の予備研究調査として、一例として、使用条件が変化し設計条件が適合しない冬期の内陸山岳地帯の融氷剤使用や橋梁伸縮装置等からの排水等が橋床版裏面、支承、同定着部が損傷で RC や PC のコンクリートや補強鋼材等の耐久性に著し影響や常時安全性や地震時の耐震性能等に影響を及ぼした事例等を調査した。これらはケーブルセンサー等の常時計測や、このデータ等活用した安全性信頼性基礎の劣化診断、劣化予測、補修補強方法の高精度かつ効率的、経済的判定等が重要になっている。

また、最近温暖化の影響で、都市河川の氾濫による人的や社会産業基盤重大な被害が増加している。これらの防災の Iot の導入を実装的推進事例等を調査検討した。

1.2 目的 本研究は、最近人材不足や財政上から、急務となっている社会基盤維持管理と防災に関する Iot と AI 等による支援化の課題を考察する。

2. 検討方法 筆者らが抽出調査した社会基盤の維持管理の現状の一例として、積雪寒冷地のコンクリート橋事例等から、その被害状況等に関して、公開資料等の分析、現地踏査や技術者、研究者等のヒアリング等を通じて調査検討し、維持管理に必要なモニタリング技術や最近の Iot や AI 等の活用状況や担い手人材の養成確保課題を検討考察する。

3. 検討結果及び考察

3.1 調査検討結果

1) 社会基盤の維持管理の現況 筆者らが一例として、調査した積雪寒冷地のコンクリート橋の事例では、北海道だけではなく、積雪寒冷地の東北や中部山岳地方でも、

例えば、視察させて頂いた国道 18 号線妙高大橋 (PC 箱桁橋) は、内陸の積雪寒冷地にあり、冬期間交通の安全性確保するために、大量の融氷剤が散布されている。例えば、積雪寒冷地において、冬季間道路交通の安全性を確保してきたスパイクタイヤが、路面が削られ派生する粉塵 (車粉) 公害が原因で、1990 年 6 月「スパイクタイヤ粉じんの発生防止に関する法律」が發布施行され、1991 年には禁止施行、翌年には罰則規定施行により、融氷剤が冬期間大量に使用されるようになり、当初想定された使用条件が異なり、当時の設計条件に無い、融氷剤に大量に含まれる塩分による、鉄筋の腐食や凍結融解作用等によるコンクリート橋梁等の劣化が著しく、内陸でもコンクリート橋梁の維持管理上の耐久性能等に融氷剤排水止水性能等が重大影響を及ぼしている。同橋梁施工時の昭和 47 年は、積雪寒冷地では、スパイクタイヤの使用が可能であったため、大量の融氷剤散布が想定されていなかった事例で、全国積雪寒冷地に多数事例がある。



写真1 妙高大橋 PC 箱桁内部劣化と各種センサー計器等やファイバー状センサーによるモニタリング状況

融氷剤の融水が橋梁伸縮装置ジョイント部から、床版下面や箱桁内に浸水し、PC ケーブルシース内に融氷剤排水滲出し、PC 著しく想定外の腐食し、現在安全性を確保するためアウトサイドケーブルで補強している(写真 1)。

2) 劣化の特長と対策事例の類型化 劣化と共に橋梁伸縮装置止水性が低下した場合の判断と、対応する補修が重要で、容易に改修できる技術開発と、同装置の止水性能の耐用年数向上が必要事例で、積雪寒冷地等の各地域のニーズを良く把握し、さらに、交通安全性向上のため首都圏等でも頻繁に使用される傾向もあり、各地域の寒さ

のレベルや融氷剤使用量等を把握し適切に対応する事も重要で、この様な劣化現象認識と対策が類型化され、適切な専門家の判断が、AI活用で判定される必要がある。

3)最近のセンサー、Iot、AI、情報基盤等の整備状況

最近、従来の歪ゲージ、たわみ、温度センサー、加速度計測定と並行して、ファイバー状センサーで常時、歪、たわみ等を測定可能になったが、これらのデータ等から安全性に与える劣化の閾値を設定し、理論的合理的に状況等判断判定する必要がある。データは膨大に発生する為、閾値に達するトリガー的な値を、転送される大量データから抽出する判断の為に、クラウド上のスパコン等高速情報処理システムで行う事が必要である。また、劣化の検出から、劣化種類の判定や、今後の劣化予測、補修補強方法等の判定が重要になる。

技術者がデータから診断した劣化現象判定や、劣化予測、補修補強の方法、時期、コスト等の診断プロセスを多数類型化して、AIに学習させるプロセス構築する必要がある。また、それに対応可能な担い手を、政府等が理工系等学生教育や社会人再教育等で至急積極的に要請する必要がある。さらに、センサー等を通じて入ってくるデータのプロセスを人手介しない様に至急Iot化し、4Gから100倍の情報量やスピードに対応する5Gに2~3年内に強化される為、クラウド化した管理用情報システムを活用し、Iot及びAI化する必要がある。また、情報システムをサイバー攻撃から護る、政府総務省等から今後義務化が求められているプロテクトが大変重要になる。データ改竄を防止し、かつ研究開発が促進する様に、産学官等でオープン化し合理的かつ経済的に管理するためにブロックチェーン化する必要がある。また、特に維持管理・防災に関し、低コスト省電力のLPWAN(Low Power Wide-Area Network)のデータ通信網の活用も有効で、都市河川水路に適用実装を進め、都市水害防止に実験的活用事例があり今後普及が必要だ(写真-2)。

3. 2 考察

1)変化する劣化要因状況に対応 例えば、外的要因の塩分量は、従前の潮風等の海岸距離要因卓越から変化し、現在は融氷剤使用によるコンクリート橋の凍結融解と塩害による複合劣化が顕著で、内陸でも使用融氷剤塩分量を外的要因因子にする事が必要不可欠になった等状況に対応できる的確な判断が必要で、専門家精査の下で、AI等活用での判断プロセス化が重要である。

2)変化する内的要因への対応 例えば、近年橋梁伸縮装置の止水性能が影響し、橋梁床版や支承部、橋脚への影響は、舗装の止水性能、排水樋管の設置形状及び橋梁伸縮装置等の止水性能等に依存する内的要因の設計要因が卓越している。それらの形状や設計、施工性能が重要で、止水性を検査する維持管理も必要だ。特に止水性を確保するためには、止水機能を果たす伸縮装置部分の適切な

設計施工と維持管理が重要で、前項判断とAI化判断させる。特に補修補強等に関しては、交通遮断時間を環境への影響等を抑制可能で安全、耐久性、信頼性等に優れた例えば放電破碎工法等最新施工技術判断もAI化する。

3)最新の技術者研究者等ヒアリング結果のAIへの適用

特に、近年問題になっている橋梁の維持管理上の課題として、橋梁の床版や支承部、橋脚等の部材への融氷剤の劣化への影響は、舗装の止水性能や排水樋管の設置形状や橋梁伸縮装置等の止水性能等に依存し、適切で耐久性があり、止水部の取り換え可能な技術開発等が必要で、止水機能を果たす部位の設計施工と維持管理必要性をAI化する。

4)最近のセンサー、Iot、AI、情報基盤等の整備実装状況

最近の激甚な防災対策として、Iotセンサーの実装試験が重要で、島根県益田市、(一社)MCSCC等の先進的な事例等もあり(写真2)、普及型の簡易水位センサーとLPWAN実装等の試験的運用も、今後のサイバースマートシティ化には有効かつ重要である。

4. まとめ 社会基盤の維持管理や防災に関するIotとAI等による支援化の課題の考察の結果以下結論を得た。

①技術者がデータから診断した劣化種類や、劣化予測、補修補強の方法、時期、コスト等の診断プロセスを多数データ化して、AIに学習のプロセス構築する必要がある。

②対応する担い手人材を学生や社会人再教育等で至急積極的に要請する必要がある。

③センサーを通じて入ってくるデータのプロセスを人手介せず4Gから100倍情報量やスピードに対応する5Gに2~3年の内に強化されるクラウド化した管理用情報システムIot化する必要がある。省電力のLPWAN(Low Power Wide-Area Network)のデータ通信網活用が有効。



写真2 水位センサーとLPWAN実装状況

(島根県益田市、(一社)MCSCC等の事例, 2019. 4撮影)

【謝辞】本研究に御指導御協力頂いた国土交通省、(一社)MCSCC、益田市、慶大*豊崎禎久教授、(株)KSK、長岡科技大、北大、東大、三重大等関係各位様に深謝致します。

【参考文献】1) 桜井宏, 鮎田耕一, 鈴木明人, 百崎和博: コンクリート構造物の経年変化推定のための劣化要因の検討と考察、コンクリート工学年次論文報告集, 第9巻第1号, pp. 549~554、1987、6
、2) S. SAKURAI, T. AOKI, K. MOMOZAKI, A. SUZUKI: Simulation and Evaluation of Deterioration of Reinforced Concrete Structures, IABSE REPORT Volume 54. IABSE COLLOQUIUM DELFT pp. 319~328, 1988、3) 小泉倫彦、樋口敏、原崎郁夫: 直轄国道橋の支承・伸縮装置の点検、北陸技術事務所技術情報管理室、4) 村下剛、小林健一、大平英生、斎藤玄: 一般国道18号妙高大橋の損傷と現況報告について、国土交通省北陸整備局高田河川国道事務所、5) 桜井宏、若林勇二、石戸杏奈、佐伯昇: コンクリート橋梁の耐久性能と融氷剤排水止水性能に関する考察、セメント技術大会講演論文集、2017.5、6) 土木学会・鋼構造委員会伸縮装置資料 NO. 58747-0111. pdf, pp. 111 他多数