

安全・安心な社会の構築

— 情報技術を活用したこれからの社会基盤整備と維持管理 —

京都大学が東京・品川の「京都大学東京オフィス」で開く連続講演会「東京で学ぶ 京大の知」のシリーズ 16「社会に浸透する情報技術」。10 月 1 日の第 3 回講演では、工学研究科の杉浦邦征 教授が「安全・安心な社会の構築—情報技術を活用したこれからの社会基盤整備と維持管理—」と題して、社会基盤整備をどんな情報技術が支えてきたのかを紹介した。

●研究の場で使われる ICT



「安全・安心で持続可能な社会の構築のためには、“インフラの長寿命化”へと考え方をシフトしていく必要がある」と杉浦教授

工学研究科の杉浦邦征教授が専門とする土木工学とは、道路や鉄道、河川や港湾などの社会基盤施設の整備などに関する技術や理論を研究する学問。「今シリーズのテーマは“社会に浸透する情報技術”ですから、これら社会基盤施設の建設や維持において、情報技術、とりわけ ICT (Information and Communication Technology = 情報通信技術) がどのように活用されてきたのか。各種場面を例にご紹介したいと思います」

まずは、研究の場における ICT の活用はどうだろうか。

杉浦教授は、土木工学の中でも、主に橋梁を対象に構造物の力学（構造力学）を研究している。

構造力学は、構造物の設計・製作・維持に必要な各種技術を研究し、構造物の安全性を評価する分野。一般的に、構造物に作用する種々の荷重を与えて構造物の変形や応力状態を評価するため、さまざまな実験・解析が必要となる。

「私の恩師である福本昉士先生がアメリカに留学していた 1960 年当時、実験による構造物の性能評価はすべて手作業でした」

手動の加圧装置で構造物を破壊して耐力を調べ、実験の経過の記録も手書きであった。

それから 20 年後。1982 年の京都大学の広報誌に、「計算機の構造実験への導入」の記事がある。日本で初めて、マイクロコンピュータを使って構造物の破壊実験を行ったとして紹介されている。

1990 年頃になると、加圧装置の制御も構造物の状態の計測もすべて、コンピュータでコントロールされるようになる。1990 年代半ば、構造物実験はさらに複数の状態量の組み合わせでの制御が必要になり、デジタル装置の導入が加速する。

その頃に、杉浦教授はマルチジャッキシステムを構築。これは、構造物の部材が持つ 6 自由度すべてを独立して制御できる、三次元構造物試験機である。

そして 2000 年初頭。インターネットが普及し、インターネットを介した実験装置の制御が行われるようになる。離れた場所にある実験施設を連携させるリモートハイブリッド実験では、別々の場所にある橋脚モデル、橋梁上部構造モデルを、1 つのコンピュータで構造システムとして組み上げて、実験・解析を制御して、構造物の地震時応答を評価することが可能である。

「インターネット上での公開実験が行われるなど、ICT の活用が研究の進展に大きく貢献しました。さらに、コンピュータの発展により、種々の汎用構造解析プログラムの開発も進んでいます」

杉浦教授自身は、現在、橋梁の計算機上のシミュレーションと実観測結果を比較しながら、構造物の異常検知の手法開発や、健全度の管理システムの構築に取り組んでいる。

●ものづくり現場における ICT の活用

「次に、土木のものづくり現場での ICT 活用について、鋼橋製作工程を例に見てみましょう」

設計図が決定してから製作工程に入るには、まず設計図面をもとに部材ごとの切断・孔あけ・溶接等の加工情報を作製する「原寸作業」が必要になる。ここで使用されるのが、製作情報システムである。これは、設計図のモデリングから、数値シミュレーションによる仮組立までを行えるシステムのこと。

現在、部材の加工は、NC (numerical control)、つまり数値制御による機械の加工が主流だ。そこで、この製作情報システム上で、施工の作業性、完成形の精度も含めた加工情報を部材ごとに NC データとして設定すると、罫書き情報、切断情報、孔あけ情報がそれぞれ機械に転送されて、加工処理されていくのである。

「こうしてできあがった部材は、図面通りかどうかの確認作業が必要です。つまり仮組立ですが、これは大きな労力と費用と時間のかかる作業です」

しかし、製作情報システムなら、実仮組立をせずとも、部材を計測して座標を組み合わせ、橋梁全体の完成形の精度を確認するシミュレーション仮組立検査を行うことができる。作業方法としては、部材にターゲットを取り付け、デジタルカメラで撮影するだけだ。

シミュレーション検査で問題がなければ、現地架設となる。

「ICT の活用が、建設コストの縮減に貢献している例と言えるでしょう」

●社会基盤施設の管理における ICT の活用

土木は基本的に公共事業であり、国や地方自治体が事業者かつ管理者となる。

では、国は管理において、ICT を活用してどのような取り組みをしているのだろうか。

代表的なものが、建設 CALS である。これは、「公共事業支援統合情報システム」のこと。従来は紙で交換されていた情報を電子化し、ネットワークを活用して、各業務プロセスをまたぐ情報の共有・有効活用を図り、生産性の向上やコストの縮減を実現するためのシステムだ。

「さらに今、国土交通省は CIM の導入を急ピッチで進めています」

CIM (Construction Information Modeling) は、ICT ツールと 3 次元データモデルを活用することで、公共事業全体の生産性向上を図る取り組み。設計段階から 3 次元モデルを導入し、構造物を可視化することで、設計ミスの削減や、施工・維持管理の効率化につなげることができる。ちなみに、建設分野ではすでに、BIM (Building Information Modeling) と呼ばれる 3 次元の建物情報管理システムの活用が進んでいる。

もちろん、民間企業でも、さまざまな取り組みがなされている。

「私も開発に参加している、“阪神高速道路アセットマネジメントシステム” を例に見てみましょう」

同システムは、道路構造物の今後の維持管理を最適に行うためのシステムで、将来の劣化予測、ライフサイクルコストの分析等を含め、効率的な維持管理を目指している。

「維持管理の基本は正しく状態を知ること。つまり情報が必要なのです」

その情報とは、設計情報はもちろん、構造物の点検・保守状況などあらゆるものが含まれる。特に、健全度を把握するために重要なのが点検だ。点検の原則は近接目視。阪神高速道路の技術者も日常的に点検を行っており、「水漏れがある」、「さびがある」といった情報が、システム上で蓄積・管理をされている。

「それらの情報を点数化し、損傷度を明確にすることで、補修工事等の投資判断を行っていくわけです」

阪神高速道路アセットマネジメントシステムでは、電子地図や航空写真などの地理情報を活用。さらに、地震時の被害レベルを予測して、より効率的な臨時点検を支援する機能を追加するなど、システムのさらなる充実を図っている。

●社会基盤施設の維持管理の今後

土木工学が目指すのは、インフラ整備による安全・安心な社会の構築である。

「しかし、インフラを整備すればそれで終わり、というわけではありません。“より便利に、より安全に”。求められるニーズはどんどんレベルが高くなっていきます。それを実現できるような新しい技術を開発していかなければなりません」

従来、国の設計基準では、社会基盤施設の供用期間は約 50 年とされ、変化スピードの速い社会の中で、作り替えることが当たり前と考えられてきた。

「しかし今後、少子高齢化が加速し、人口が減少、さらに技術者も不足していく中で、インフラを 50 年というサイクルで作り替えて、社会は本当に持続可能なのか。そういうことを真剣に考えざるを得ない状況になってきています」

つまり、次々に新しい技術を投入して作り替えるのではなく、既存構造物の維持管理を徹底して、修繕を省力化・低コスト化し、長寿命化を図り、そして効率よく次世代に引き継いでいく、という考え方にシフトしていく必要があるということだ。

『AMERICA IN RUINS』という、アメリカ政府の役人が著した本がある。

1980 年以前、アメリカ経済は不況にあえぎ、道路や橋梁の維持管理が十分になされず、「荒廃するアメリカ」と呼ばれるほど劣悪な状態に陥っていた。そんな中、著者は「維持修繕に力を入れるべきだ。安全なインフラが国力を支える」と唱えた。

1990 年代、生活基盤維持の重要性が叫ばれるようになり、財源が増強され、技術者の育成にも力が入れるようになる。それでも、2004 年時点、全体の 30%弱に当たる欠陥橋梁が存在していた。「インフラの維持管理には、長期スパンの計画が必要であることを示しています」

日本もようやく動き始め、国土交通省は 2013 年を「社会資本メンテナンス元年」と位置づけ、インフラの総点検を実施、更新のあり方などを検討し始めたところだ。

こうした状況について、杉浦教授は次のようにまとめた。「インフラが未来にわたってその便益を発揮できるように、情報技術を駆使しながら、研究者も技術者もそれぞれの立場から技術開発、システム構築に取り組んでいるのです」



「CIM、BIM の浸透」について質問があり、「建物はプライベート資産であるため情報管理の必要性が高く、BIM の導入は比較的進んでいる。しかし、インフラにはあらゆる構造体があり、CIM の導入は始まったばかりの段階」と杉浦教授