

インフラ空間創造・再生技術の今後の展望

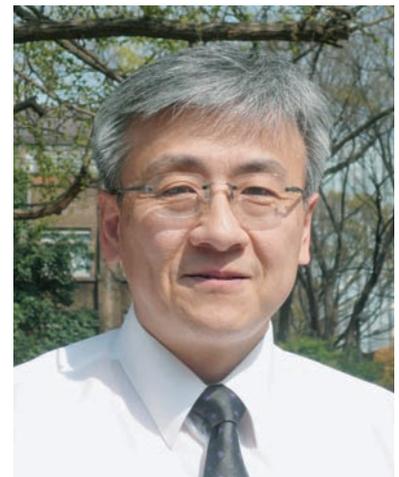
東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻 教授
前川 宏一

幼少のころ、近隣の京都を訪れる度に不思議な思いに駆られた。歴史ある都市の下には昔の都市が眠っている。その下にはさらに古い時代の都市が埋まっている、というのである。事実、世界の歴史都市における地下鉄建設で、地下深くから古代の遺構が出現している。建設時に発見された遺構などを構内に展示している駅もある。そもそも一体誰が埋めたのか、何故埋めたのか（埋まったのか）、どこから土を運んできたのか、など子供心に不思議で仕方なかった。最近では塩野七生氏の「ローマ人の物語」を読んで、カルタゴの勃興、盛衰、再興の歴史と戦略拠点としてのシラクサの辿った経緯とシチリアの繁栄に触れ、改めて都市変容の時間スケールに思いを馳せた。

人類はインフラ整備に基づく巨大な都市空間を得たが、人間活動に伴う森林環境の激変や天変災害、戦火と国家の存亡、産業の興亡などで都市も姿を大きく変えてきたのである。造っては直し、再生し、建増し、取り壊しの繰り返しを営々と進めてきた。長い時間軸のもとに都市の変化はダイナミックに連なって今に至る。先の大戦後から1970年半ばに至る新設インフラ整備中心の時代を経て、ストックの更新・再生・アップグレードと維持の時代へと移行しつつあるが、二千年の時間軸で見れば、都市の新陳代謝の一コマに過ぎないのかもしれない。新規のストック整備と維持管理に関わる技術を別個に括るのではなく、両者を都市の変容を支える技術の集合と捉えるのが本来、相応しいように思われる。

設計・施工・製造に関する指針類は戦後、短期間に社会基盤整備を可能とし、大きな役割を果たしてきた。技術の進歩や発展は、これらの技術文書に書き込まれることで弾力的に実用化され得た事は特筆すべきである。インフラを地盤、下部構造、上部構造、基礎構造などの構成要素に仕分けして、それぞれ単独で設計を可能とする仕組みが整備された。荷重や境界条件は安全側となることを配慮しつつ経済的に無理なく簡略化されることで、多数の技術者の手によって活用された。基本的に新設が対象であり、諸元と構成材料が簡便に決定される流れが提示された。マニュアル化の効用は過去半世紀に遺憾なく発揮され、急速な工業化と基盤ストックの蓄積を支えた。マニュアル化や官僚機構の弊害はしばしば議論上がるが、膠着化が問題なのであって、常に進化するマニュアルであれば、それは最強である。

戦後の工業化社会におけるストックの量的整備の速度は、1970年半ばにピークを迎えている。ストックの質を求める時代に入って既に四



Profile

略歴

- 1957年 兵庫県西宮市に生まれる
- 1982年 東京大学大学院工学系研究科土木工学専攻修士課程修了
- 1982年 長岡技術科学大学助手
- 1986年 東京大学助教授（土木工学科）
- 1990-92年 アジア工科大学院助教授（派遣）
- 1996年 東京大学教授（土木工学専攻）



突然の橋梁崩壊事故：部材端部の劣化と不適切な施工と配筋
Commission of Inquiry into the Collapse of a Portion of the de la Concorde Overpass,
Government du Quebec http://www.cevc.gouv.qc.ca/UserFiles/File/Rapport/report_eng.pdf

半世紀が経過し、社会構造の変化に対してインフラや建築物の機能は常に変更を求められている。既存ストックと新設の両者を総合した都市の再生技術は、持続可能な社会の実現に少なからず必要である。都市の変容は千年スケールで継続することを歴史から再認識し、空間創造と維持の技術を統合する方向に技術を一層発展させることを意識すべきではないだろうか。問題解決の高度化には、技術の組み合わせの範囲を限定しない方が得策である。交通基盤と空間創造・再生技術に関連するものとしては、以下を提案したい。

第一は、地盤・基礎・下部・上部構造の分類は大量の基盤施設を短期に整備可能とするための工学的判断に基づいたものであり、インフラ再生維持管理には、これらで総合されたシステムを第一義に据えるべきであること。構造物の耐震補強に多大な困難や経済的負担が伴う場合、周辺地盤の特性を変えることで地盤-構造システムの応答を制御し、構造への損傷を軽減することは、これに該当する。周辺地盤の液状化の危険性がある場合には、液状化した地盤を免震デバイスとして逆手にとって活用し、過大な沈下を制御しつつ構造への地震入力と損傷を回避する方法も提案され、一部、実用化に至っているものもある。

一昨年、カナダ・ケベック州で道路橋梁が突然、落橋した。主鋼材定着部に腐食劣化が進行し、不適切な構造設計も相まって崩壊した。埋め込まれた鉄筋や鋼材の端部定着領域は、点検で損傷等を発見するのが困難な部位である。また、損傷を修復することが施工空間の制約から困難を極め、既往の補強法の効果もあまり期待できない。悪いことに定着部損傷は急速に部材の耐力を奪うことが知られている。このような状況～例えば発見が困難で、見つかっても手術困難な癌～になったとき、私たちはどうするであろうか。体の入れ換えは無理である。心身を健康に保ち、癌とともに生きつつ長寿を求め、寿命を全うすることを考えるであろう。基盤施設も同様に危険領域の存在を前提条件とし、排除不可のリスクを柔軟に回避して、構造性能を低下させないように健全部位に予防的な措置を施すことも一計である。

これらの事例には、空間を新設するときの指針類をそのまま適用することのみでは問題の解決にならないことが多い。既往の技術を組み合わせ、構造システムの冗長性の向上や耐荷機構の転換で空間の価値を維持することは、都市の持続的な変容にも自然に整合するように感ずる。そのためには基盤施設全体の応答と構成要素の状態、

機能を事前評価する解析技術や実験的な手法を持つことも不可欠である。過去10年に亘る性能設計の整備は、これを有効に利用できる枠組みを与えようとするものでもある。同時に、柔軟にマニュアルを更新して進化させる根拠と環境を与えるものである。

第二は、蓄積された基盤整備に関わる知見や要素技術をもとに、インフラストックの寿命推定を可能とすること。膨大なデジタルデータからキーワードで検索して情報を選択して取り出す方法は、定量的な寿命推定に混乱を与える場合が少なくない。インフラ維持管理に有益な情報は、様々に異なる対象寸法（ナノ～キロメートル）に対して得られたものの集合である。知識や技術を融合する際に、適用寸法の不整合を避けることが不可欠なのである。既往の設計施工指針類は、これらを有機的に使える形に纏めたものといえる。ここで適用範囲や対象を類型化することが前提である。そのため、インフラをシステムとして捉えるときに困難が伴うのである。対象を広くシステムとして取り込み、インフラの安全性や耐久性、環境負荷等の機能を事前確認する技術として、境界条件の制約から比較的自由であるシミュレーション技法を取り入れる方向は、技術展開の一つの方向と考えている。過去から連なる現在の社会基盤を今後も有効活用しつつ、変容する都市機能のニーズに応えることは、ほかならぬ技術者の役割と責務である。

