

安全に向けての高速道路 インフラストラクチャーのマネジメント

東京大学大学院工学系研究科 教授

藤 野 陽 三

我が国の高速道路は建設の時代から保守の時代に本格的にシフトしている中で、大地震などの災害への備え、事故防止、効率的な維持管理などの課題に対して長期的視点に立って対処する必要がある。高速道路各社はそれを実行できる人材と組織、そして経験を備えており、日本における道路インフラの維持管理サービスの範を示す責務がある。

ハザード、脆弱性そしてリスクの高い日本⁽¹⁾⁽²⁾

日本は国土も気候も変化に富み、美しい国土を形成している。我々はいろいろな面でその恩恵を享受している。しかし、世の中はよいことばかりではない。移動する大陸プレートの沈み込むところに位置するため、さまざまな力を受ける日本の国土は急峻な地形から構成され、地盤も軟弱なため、脆弱性が高い。そこに建設される高速道路はトンネル、橋梁、盛土、切土の連続となり、人工物の比率が非常に多い。橋やトンネルは鋼やコンクリートでできており、これらは時間とともに劣化し、脆弱化する。イギリスやフランスのように自然地形の上に載っていて、人工物の比率が少ない高速道路のものとは大きく異なっている。ストックをマネジメントする必要度が高いのが日本なのである。

その上、世界有数の地震国、台風の常襲地帯でもある。集中豪雨も多く、ハザードに満ちている。リスクという現象は物理的には、ハザードと脆弱性の積で表わされると言われているが、両者

ともに高く、リスクの高さは世界でもトップクラスであり、事実、自然災害の損失額では世界一、二を争っている。慎重な国民性はリスクの高さを肌で感じているためかもしれないが、いずれにせよ、リスクには背を向けられない状況に置かれている。高速道路は我が国の動脈であり、ストックマネジメントに加えて、リスクマネジメントも極めて重要である。

地震リスクへの対応

(1)東北地方太平洋沖地震と地震レトロフィットの^(注)効果

2011. 3.11の東北地方太平洋沖地震では、甚大な津波の被害に加えて原子力発電の事故があり、歴史的な地震となった。その中で、東北自動車道や常磐自動車道などの高速道路の被害は軽微で、本震後、約20時間で緊急輸送路としての機能を発揮した。物資の輸送による救助、経済活動の復旧等に大きく貢献したことは間違いない。その健闘ぶりは大いに称えられるべきものであった。ひとえに地震レトロフィットのお陰と言える。もし、地震レトロフィットが行われていなければ、高速道路は寸断され、復旧には数カ月以上を要したと推測される。損傷があるレベル以上になると

(注) 我が国では、耐震補強という言葉が広く使われているが、免震技術や制震技術なども使われる事例も多く、本文ではあえて「地震レトロフィット」を用いることとした。

地域がなかなか再生しないことは過去の地震被害が示しており、東北地方の経済的ダメージは計り知れないものになったであろう。

振り返ってみると、私などには記憶がまだ鮮明である、18年前の1995年の兵庫県南部地震による被害も衝撃的であった。典型的な直下地震であり、その激しい地震動により、神戸市内の新幹線、都市内高速高架橋などが崩壊を含め大きく損傷した。神戸での地震動を踏まえてレベル2の地震動（500年とか1000年に1度程度しか発生しない極めてまれな揺れ）に備えた道路橋の耐震設計基準体系が整備された。新設はもとより、既設の橋梁にも適用され、国の主導のもとに国道、高速道路の地震レトロフィットが全国ベースで精力的に進められてきた。それが今回の東北地方太平洋沖地震で報われたのである。

(2)過去の地震被害に学ぶ謙虚さを

1995年の兵庫県南部地震の前に地震レトロフィットを実施していれば……、と思う人もいるかも知れない。今から考えると、その契機になることはあったように思う。

それは1978年の宮城県沖地震に遡る。強い揺れにより、当時建設中の東北新幹線コンクリート高架橋の柱にせん断型と呼ばれる損傷が発生したり、道路橋のRC橋脚にも大きな損傷がでた。以来、土木研究所のメンバーが中心となって強震動に備えたすぐに復旧できる程度の損傷を許容する設計法が研究されていった。

そのような中で1989年10月にはロマ・プリータ地震が起きた。この地震で、サンフランシスコ市内の都市内高架橋が壊滅的な被害を被った。私も調査に参加したが、ベイブリッジの連結桁が落ち、市内のダブルデッキ高架橋の被害は原型をとどめないものであった。地震の後、カリフォルニア州運輸局は、地震工学の父と言われるハウズナー教授（カリフォルニア工大）を委員長とする被害調査委員会を立ち上げた。翌年5月に出されたその報告書のタイトルは、Competing against time（時間との闘い）であった。ハウズナー先生らしく簡潔な、そして本質を突くタイトルである。地震はいつくるか分からないのだから、地震レトロフィットを一刻も早く、優先的に進めよという勧告が内容であった。アメリカでもロスアンジェルス一帯を襲った1971年のサンフェルナンド地震以来、地震レトロフィットの必要性は指摘されていたが、州の財政問題から予算措置が進まない

状況にあった。この報告書は地震レトロフィットの重要性を改めて指摘するもので、以来、カリフォルニアだけでなく、全米で地震レトロフィットが最緊急課題として進められた。5年後、1994年1月17日にノースリッジ地震がカリフォルニア南部を襲った。地震レトロフィットしていなかった橋梁は確かに被害を受けたが、地震レトロフィットした橋梁は被害から免れ、全体としては少ない被害で済んだ。地震レトロフィットの有用性を如実に示した地震となった。ちょうどその1年後の同じ日に兵庫県南部地震が発生したのである。失った人命の数や、倒れた橋や家屋の数はノースリッジ地震に比べ圧倒的に多い。

1989年のロマ・プリータ地震の被害に対し、我々は何と言っていたか？「日本ではあのような被害は起きない」という意見が支配的で、日本の橋梁の耐震性を見直す雰囲気は私を含めて乏しかったように覚えている。確かに、サンフランシスコで経験した揺れのレベルは当時の日本での設計地震動（レベル1）程度かそれ以下であった。その程度の揺れであれば、日本の橋脚は大きく損傷はしなかったであろう。しかし、学ぶべきであったのは、設計地震動を超える揺れが起こりうることを、そしてそのような地震が来たとき、脆い構造では崩壊してしまうこと、もっと大事なことは、古いものは概して設計地震動も小さく、構造的にも未熟なところがあり、耐震性が低く、いわば既存不適格であって直ちに地震レトロフィットをすべきであるということであった。既存不適格というのは通常、法的な基準を満たさないものを指す。今では使わない構造形式、工法やディテールを使っているのも性能としては問題があり、そのようなものも含めて、広い意味で「既存不適格」という言葉をここでは意図的に用いている。

土木研究所を中心にまとめられた強震動を念頭においたレベル2的な部分的な損傷を許容する設計も、ロマ・プリータ地震のハウズナー委員会の報告書が出た1990年に道路橋示方書に採用された。しかし、「地震レトロフィット」の重要性を強く社会に訴えることをしなかったのである。時代的には、日本は当時、高速道路の新規建設も極めて盛んであった。また、バブルの最盛期で、ジャパンアズナンバーワンの国と言われている時であった。これらのことが関係しているかどうかは分からないが、他国の出来事であったにせよ、ロマ・プリータ地震での一連の出来事から学ぶという謙虚さに欠けていたことは私も含めて事実で

あり、大きく反省している。

(3) 将来の地震に備えて丁寧な検討を

ハウズナー教授からの言葉で私の頭の中に残っているのに“Earthquakes always show us to be stupid”というのがある。「地震は起こるたびに、我々の知識の至らなさを知る機会を、そして新しいことを学ぶ機会を与える」という意味と理解している。

2011. 3.11の東北地方太平洋沖地震での高速道路の被害は確かに軽微であった。しかし、今回の地震で高速道路が大地震の洗礼を受けたと思うのは間違いである。地震動が土木構造物で問題となる周期帯域でレベル2よりもかなり低かったからである。にも関わらず、ゴム支承の損傷、吊形式橋梁での被害、トラス橋の格点部での破断、橋梁からの落下物など気になる被害がところどころに出ている。高速道路には長大橋など複雑な構造物も多い。建設年が経過しているものも多くなってきている。地震レトロフィットが済んでいるのが多いと思われるが、それでも橋、トンネル、盛土、切土一つひとつが地震でどのように振舞うか、弱点はないか？見落としはないか？から始まって地震による小物の落下の危険性までを含め丁寧に検討することが欠かせない。

地震は動的な現象であり、地面の揺れと構造物の応答の記録から、その挙動を理解することができる。コンピュータの進歩で、かなりのことが計算できるようになっていることは事実であるが、計算すれば……の雰囲気が無きにしても非ずを感じている。計算された結果が真である保証はまったく無く、実測結果と突き合わせてはじめてモデルの信頼度が得られるのだ。これだけセンサー技術が発達してきたのに、地震後のリアルタイム情報としても活用できる、橋梁などの地震応答計測モニタリングが下火傾向なのは全く残念なことである。計測システムの簡素化によるコストダウンなども課題である。得られたデータの処理や分析の課題もあるが、このようなことは大学とのうまい連携があるように思う。計測+コンピュータのバランスある検討が行われることを強く望みたい。

維持管理と事故の防止

(1) 安全と無駄は紙一重

維持管理において最も避けるべきことは事故である。ここで言う事故とは交通事故や工事中の事故ではなく、橋やトンネルなどの供用中での事故

を指す。

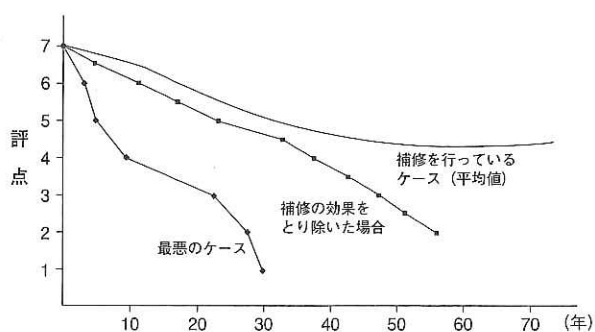
海の向こうのアメリカにおいてインフラの事故として最も有名なのは、1967年のシルバー橋の落橋事故である。建設後40年が経過した橋の1本のアイバーの破断により橋全体が崩壊し、川の中に落ち、46名もの死者が出た。以来、アメリカでは死者を伴う事故が続発し、「荒廃するアメリカ」と呼ばれる時代に入る。我が国の建設ラッシュはアメリカから10年から20年あとにずれている。まだまだ日本は、とっていたところがあるが、今回、極めて残念なことに、維持管理が関わるところで死者を巻き込む事故がはじめて起きてしまった。

新たに構造物を設計する場合、設計荷重に対し、1.5とか2とか、場合によっては3とか4という安全率を確保して設計する。そのくらいの余裕、言いかえればある種の無駄が認められているのである。しかし、建設され、維持管理に回れば、話しが大きく変わる。変状が無ければ、当然なるべく長く使うということになる。真の安全率が1.0を下回らないぎりぎりの限界まで使うことが期待される。インフラの管理では、人間の健康管理に例えられることが多い。人間の最期は概して周りの人に迷惑をかけないのに対し、インフラでは臨終を迎えると人間を巻き込んだ事故になる可能性が高い。その前に、取り壊して代替えを用意しないといけないわけで、ここは人間の場合とは大きく違うところであり、また難しいところである。「もったいない」という考えは重要であるが、ケチれば事故につながるということも重要な点である。

(2) 寿命⁽⁵⁾

最近、メディアでは「老朽化」という言葉でインフラが語られることが多い。我が国のインフラは本当に老朽化していると言えるのであろうか？

インフラの寿命には機能的寿命と物理的寿命がある。前者は、交通荷重や交通量の増大とか河川改修などによって取り壊される時の寿命で、後者は錆とか疲労クラックなど損傷のために取り壊される時の寿命である。日本では様々な理由で前者が多く、後者の事例は少ないと認識されている。後者に関しては、ニューヨークの橋守と言われるヤネフ博士が調べた⁽⁶⁾ニューヨーク市内の橋梁の経年劣化のデータ(図-1)が恐らく唯一のものであろう。縦軸は点検の結果による評点で、横軸は年齢である。このような統計は橋梁点検を前々か



図一1 ニューヨーク市内の橋梁のレーティング (評点) と経年数

ら行い、その結果から橋梁ごとの評点をつける仕組みをもっているアメリカならではのものである。日本では点検の実績も乏しいので、このような寿命曲線を求めようとしても無理である。

図一1から分かることは、橋梁の状態は初期の点7から次第に落ちていくが、最悪なのは30年で評点1(使用禁止)になり、平均では50、60年で、補修を行えば、あるところで劣化は定常的になるという結果になっている。当時のアメリカの橋と、日本の橋を比較できる保証はないが、維持管理を何もしないで30年経過したら、危険なものが出てもおかしくないということを理解すべきである。高速道路の橋梁の平均年齢は30年か40年であり、重交通ではあるが、一般道路に比べ、維持管理レベルはかなり高いので、ニューヨーク市内の当時の橋梁よりは圧倒的に条件がよいはずである。しかし、この30年、40年で採用される基本的な構造形式、設計基準、ディテールなどが大きく改善されてきており、逆に、昔のものは「既存不適格」に該当するところも多く、一つひとつの構造物の性能を丁寧にチェックすることは大事なことである。

老朽化というと、もう余命……という印象を与えてしまう。図一1から分かるように維持管理をしていれば、構造全体の評点は十分に使えるレベルに留めることができるということであり、「老朽化」という言葉を安易に使うことは橋に関しては避けたい。

(3)事故の要因と点検

過去の橋の重大事故をみると、劣化だけが原因である例は極めて少ない。そもそもの設計や施工が悪いとか、他の要因が大きく関係している例が多い。

前述の1967年のシルバー橋のアイバーの破断

事故は、全くメンテナンスをしなかったから起きたことであるが、1本の破断が全体崩壊につながるという冗長性のない構造そのものが今から見れば悪かったとみなせる。冗長性のないために生じた2007年のミネソタのトラス橋の落橋の基本的な原因は設計ミスで、劣化ではなかった。点検において、問題のトラス格点部の微小ではあるが異常な変形を見つけられなかったことが付加的な原因と言えるかもしれない。2006年のカナダ・ケベックでの桁落下事故の原因は、事故調査委員会によると、劣化が原因の1つであるが、設計、施工、点検を含めた維持管理体制が大きく関与しているとのことである。

現在の点検は基本的には悪くなったという変化を見る作業である。目視や打音点検で全てのことが分かるわけでもない。点検と併せて構造の脆弱度、すなわち1カ所の破断とかキレツが橋全体の崩壊につながる冗長性のない構造なのかどうかは大きなポイントであり、図面に戻っての構造全体はもちろん細部や2次部材、付属物も含めて検討を行うことが重要である。

(4)これからの点検

膨大な数の橋などのインフラを高い頻度でやみくもに点検する……となると想像するだけで大変な負荷である。ポイントは、事故防止、すなわちリスク低減を保持したままでどれだけ点検の負荷を下げられるかである。これが学術であり、技術である。点検を定期的に行うというのは大事であることは間違いない。橋の崩壊に繋がるような事故を防止することが大切なわけで、そのためには橋の構造(図面)から冗長性の少ない橋を抽出し、ディテールなどが悪い要注意の部材を同定し、注目点をはっきりとさせた重点的な点検を行うことである。図面通りできているとは限らないわけで、点検では図面と実際の構造物の相違点にも注意することが肝心である。また、点検というと悪くなったところを見つけるというイメージが強いが、「性能を点検するのだ」という意識で臨むことが必要に思われる。

アセットマネジメント

ストックやリスクのマネジメントの上位に立って資産そのもの、それに加えて組織、財務そして基本的なデータを管理するのがアセットマネジメントと理解している。

(1)データの管理の重要性

管理するインフラに関する様々なデータを常に取り出せる形で持ち、それを使って判断することがマネジメントの基本である。耐震に対する検討、構造の脆弱性に関する検討などに欠かせないのは設計図面であり、今の時代であればCAD化された数値情報である。高速道路関係ではこの辺は対応できているであろうか？ さまざまな検討を行う際、現在ではコンピュータを使うわけで、様々な情報が数値化されていれば、格段に効率に行える。紙の図面のCAD化は初期コストを要するが、これから30年、50年と使っていくことを考えれば、必要だと思う。

管理している途中途中で発生するデータも重要である。たとえば、点検結果、補修や改築の履歴とその図面ならびに要した費用、特別の調査や検査をしていればその記録などである。2007年のミネソタの落橋事故のあと、ミネソタ州運輸局は、点検記録、調査報告書などをすぐに公開したことに驚きを感じた。日本では、できるのであろうか？ 向こうではすべてファイル化されているのである。

民営化される前であるが、筆者は、高速道路がどのような補修・補強を行い、それにどの程度の費用をかけてきたのかを調べようとしたことがある。本社では分からないので、管理事務所まで行き、ベテランの助役さんに助けられながら倉庫にある書類を探しまくって、⁽⁹⁾ やっとの思いである程度の情報を得た経験がある。2005年の民営化以後は保有機構に報告するためもあって、帳簿がしっかりし、データの管理も進んだが、公団時代の補修歴、補修費用などは把握できていないのが現状のようである。過去の分も含めてシステムの管理が必要である。

(2)モニタリング⁽⁷⁾⁽⁸⁾

広い意味でのセンサーによるモニタリングの活用も検討すべき時期に来ているように思う。橋梁などの構造物の脆弱性の洗い出しや、地震時応答からの問題点抽出など、使い方は多様である。定量的なデータに基づいて、必要ならばリアルタイムに判断を下せるようにするのが将来の姿であろう。外国では、やみくもにセンサーを配置した橋梁がいくつもあるが、その目的が明確でない。何のために、どのようなデータをどのような精度でどのくらいの期間に亘ってセンシングするのかを考えたモニタリングを考えれば、有用なモニタリ

⁽¹⁰⁾ングに繋がるのである。

おわりに

インフラのマネジメントの重要性が認識されてからかなりの時間が経過した。理論的な研究はいろいろ成果が発表されているが、データが無い中で、それをどのように補い、学術にも裏付けされた実践型のマネジメントを行うのか？ 残念ながら、大学人にも扱いにくいテーマであり、まだまだ研究不足のように思う。

ニューヨーク市の橋梁の点検、維持管理を20年以上に亘って改善し、橋梁マネジメントを築きあげてきた友人のヤネフ（博士）さんが650ページを超す本を出し、その訳を出版する機会に恵まれた。そのとき、原書にはない、私としては気に入っている副題をつけた。それは「——技術・経済・政策・現場の統合——」である。高速道路会社は、建設や保全、本社と現場など間の垣根を極力低くしたシームレスな組織のもとで、上の4つの要素を統合したマネジメントを構築し、実践していただくことを強く希望する。

参考文献

- [1] 大石久和、『国土と日本人——災害大国の生き方——』、中公新書 2151、2012年2月。
- [2] 藤野陽三、「社会・都市基盤の事故災害リスクの低減とモニタリング」、『技術と経済』No.519、pp.16-25、2010年5月。
- [3] 後藤洋三・家村浩和・川島一彦・藤野陽三、「ロマプリータ地震によるサイプレス高架橋の被災特性の検討（耐震工学委員会報告）」、『土木学会論文集』、[422/I-14]、pp.33-43、1990年。
- [4] ロマプリータ地震被害報告書（委員長 G.W. Housner）、Competing against time、カリフォルニア州運輸局、1990年5月。
- [5] 藤野陽三、「土木構造物の寿命——橋を中心に——」、『総合論文誌（建築雑誌）』日本建築学会、No.9 pp.19-22、2011年1月。
- [6] B. Yanev（藤野らによる訳）、『橋梁マネジメント——技術・経済・政策・現場の統合——』、技報堂出版、p.696、2009年9月。
- [7] 藤野陽三、「インフラ事故——常時モニタリングで防止を——」、『朝日新聞「私の視点」』、2006年6月27日。
- [8] 藤野陽三・阿部雅人、「[報告] カナダ・ケベック州跨道橋崩壊事故の調査報告」、『橋梁と基礎』、pp.59-62、2009.1。
- [9] 藤野陽三・夏目惣治・平栗一哉、「鋼橋の防食設計とLCC評価（その5）——事例調査——」、『橋梁と基礎』、pp.43-48、2004年5月。
- [10] 日本建設情報総合センター、「インフラのヘルスマニタリング」、『JACIC情報（特集号）』、No.97、pp.5-84、2010年3月。

インフラストラクチャの事故を防ぐために



藤野の陽三

昨年一二月に中央自動車道の笹子トンネルでは天井板が二三〇mにわたって落下し、九名もの命を奪う事故が起きてしまった。吊下げられたコンクリートの板がトンネルの頭上にあるとは社会基盤構造学が専門の私でも知らなかった。

トンネル本体ならば永久構造的な考えで設計施工される。しかし、本体のあとに設置されたこの換気ダクトは付属物であり、明確なルールのない中で、いざれ交換するであろうという考えのもとで、厳しい工期もあって、簡便な対応で済む構造になったものと思われる。二〇一一年三月一日の東日本大震災でも建物

や体育館の吊天井の落下で死傷者が出る被害が数多くあったが、あれも吊天井も付属物である。残念なことに、付属物では十分な注意が行き届かない場合が出てしまう。

笹子トンネルの場合、どこか一ヶ所で不具合があったとき、隣が支え、大きな損傷になる前に兆候を示すような構造になっていればよかつたのであるが、思いもせず、ドミノ倒しのように連鎖的に壊れたことが事故の規模を大きくしてしまった。ヨーロッパのトンネルでも同様な構造があり、事故の後、調査が入ったと聞いている。笹子トンネルでは完成してから三五年間

にわたって大きな問題も発生せず、目視や打音による点検でもほとんど異常が無かつたと言われている。見た目に何も異常が無ければ費用もかかり通行者にも迷惑をかける改良工事を行うのには抵抗が大きい。このことが今回のような大事故に繋がってしまった。インフラを保守することの難しさを象徴しているとも言える。

インフラ

我が国の高度成長期、すなわち一九六〇年代、七〇年代には道路、上下水道、港湾などのインフラが大量に建設され、現在、供用してから四〇年、五〇年が経過したものが急増している。

かつては工期に迫られた突貫工事がごく普通であった。急げば「質」の面でも問題を残すものが出てくる。また、当時の技術水準は今のに比べ低く、現在では許されない、使われない構造も多い。一九九五年の阪神淡路大震災以降、耐震補強はある程度実施されているが、それ以外となると手がついていないケースが多い。インフラの保全の重要性は頭の中では理解されているが、補修したところでその効果が目で見てわかるわけではなく、ついつい新設インフラにお金がかかるのが現実である。

昨年は首都高速道路が口火を切る形で、今後五〇

年、一〇〇年にわたり日本の高速道路を健全な状態に保つために必要な更新、大規模修繕を訴える動きが始まった。そのための費用を算定しているところに、笹子トンネルの事故が起きたのは極めて皮肉なことである。

欧米の教訓

インフラ建設という意味で先を行くアメリカでは一九六〇年代後半から、橋の事故が続発した。最初の事故がシルバー橋で、建設後四〇年経過した一九六七年に、腐食のために鋼材が切れ、橋全体が河に落ち四六名もの犠牲者が出た。その後も事故が続き、「荒廃するアメリカ」と呼ばれる時代が続くことになる。このような状況を踏まえ、七〇年代はじめに、連邦政府は全ての道路橋に二年に一度の点検を義務化し、点検体制を整えた。大変な決定であったと思うのだが、アメリカはこういうことを果敢に決めるところが凄い。現在は、毎年約三〇万の橋の点検のために一〇〇〇億円を超えてお金を連邦政府は支出している。

アメリカでは、点検で蓄積されていくデータから、傷みの進行が激しい部位の同定、損傷した部位の余寿命などを明らかにし、それを使ったインフラの維持管理マネジメントを確立した。しかし、全てがうまくい

写真1



自らのぼって橋を調べるヤネフ博士

インフラの寿命
 ニューヨーク運輸局のヤネフさんはコロンビア大学で博士号をとった方である。彼はつなぎを着て、市内の八〇〇余りの橋を自ら見て回り(写真1)、悪いところを見つけ、補修の優先順位を決め、費用を議会に認めてもらい、補修したあとはその効果を明らかにする。そういうことを三〇年やってきた。橋が傷んでいると、橋の泣き声がそばを通ると聞こえてくると彼は言う。ニュー YORK市の橋守と呼ばれている。ヤネフさんは、データの上から橋は何も手を入れな

らは、このことがなかなか理解されないのは残念なことである。

ったわけではない。それは点検と言っても、近くに行つて目で見る近接目視であり、判定には個人差が出る。見えないところは手の打ちようがなく、見落としも出てくるからである。非破壊検査やセンサーを使つて、もう少し客観的なインフラの状態監視ができないかということでも国のプロジェクトが始まった矢先に起きたのが、まだ記憶に新しい二〇〇七年八月のミネソタでの橋の崩壊事故である。

このトラス橋の鋼材には前々から疲労クラックが発生し、以前から問題の多い橋であった。二〇〇〇年以降、二度にわたつて大規模な調査も行われた。調査では致命的に悪いところは見つからず、点検の間隔を一年程度に短くするということが落ち着き、観察状態にあった。ただ、補修すべきところが多々あり、二〇〇七年夏、補修工事が始まり、橋の上に重い補修資材が置かれ、その下にある鋼部材をつなぐ板がその重みのために切れ、橋全体が崩壊したのである。よく調べてみるとその板があるべき厚さの半分しかなく、資材の重みに耐えられず、切れたのであった。

この橋はシルバー橋が落ちた一九六七年に完成し、四〇年間は無事であったが、懸念されていた疲労クラックとは全く関係ない、当初の設計ミスが原因で、補修資材の重みがトリガーとなって崩壊するという皮肉

な結果になってしまった。「想定外」とは正しくこのことである。

ヨーロッパも過去に橋梁の大規模な崩壊事故をいくつか経験している。一九六〇年、七〇年代に作られたのは質が悪く、今その対応に苦慮していると聞く。点検や検査を専門とする友人のエンジニアによると、それは価格競争のせいだと言う。ミネソタの崩壊した橋梁もアメリカが徹底的な競争入札を行っていた時代の産物であった。

材料を少なくするためにぎりぎりの設計を行い、入札で安く受ければ、赤字を出さないために、どうしても品質が悪る、余裕の無いものを作ることになる。同一のものが大量に出回る電化製品や自動車などでは、その善し悪しは数年で判明するが、インフラの場合は一つ一つが異なる単品生産であるため、二〇年、三〇年使わないと品質がなかなか分からない。品質が悪るのは、後々での維持管理の負荷が著しく大きくなる。橋を作り変えようとすると、その間の交通への対処もあるので、新規に作る費用の三倍以上がかかる。

競争は大事である。しかし、価格主体の競争となると概して品質に影響し、後の世代にツケを残すことになる。少しぐらい高くとも、質のよい橋を作るのがインフラ建設の原則と私は思っている。経営という面か

いと、危険域に達するには平均が六〇年で、劣化の速いのは三〇年。ただし適切な補修を施せば、物理的な寿命は八〇年を越す、という結果を明らかにしている。ニューヨークに行くと、損傷事故により死者を出したため四〇年で取り壊された高架橋がある一方で、維持管理、補修補強ができていて七〇年経過しても全く問題がなく、これから三〇年も四〇年も使えそうな橋がある。寿命は維持管理によって大きく変わってくる。

我が国の橋梁などのインフラで心配なのは地方自治体の管理しているものである。市や町ではどれだけインフラをもっているかさえ把握していないところがある。点検はもとより維持管理が全くされていないものも多い。危険域に入っている橋があり、今後多数出てくると理解すべきである。

インフラの事故をなくし、長持ちさせるために

高齢化、老朽化しているのは橋やトンネルだけではなく。地面の下にあるので目立たないが下水道などはすでに深刻な状態になりつつあると言われている。劣化に起因した事故のリスクも高まる。これは国家的な問題と言える。

最近、予防保全という考えが浸透しつつある。事が

起きてから事後的に対応するのではなく、致命的に悪くなる前に、処置をするという考えである。また、事故防止に向けたフェイルセーフの考え方も知られている。これらを実行すると当然、付加的な費用が発生してくる。この費用を無駄なことではなく、余裕のため、安全のためのものと見る文化が、絶対的に必要であることを指摘しておきたい。

多種多様なものがあるインフラのメンテナンスでは様々なことが発生する。劣化の速度も一般には緩やかであり、その中で重要な変状を初期の段階で見つけ、対応することが必要となる。「最先端のセンサー技術を使って」というのはよく出る話である。私もその方面の研究をしており、期待も大きいですが、損傷は概して局所的であり、膨大なインフラにセンサーを付け始めたらしきりがなく、事はそんな簡単ではない。このような状況の中では、インフラを保全する組織にはニューヨークのヤネフさんのような目利きが絶対に必要である。しかし、二、三年で担当が変わる今の日本の組織ではそのような人材は育ちようがない。数年間から一〇年にわたって、インフラの面倒を責任をもって継続して見るプロの人を育てる必要がある。

もう一つはビジネスとして成立する仕組みを作ることである。メンテナンス、補修補強は工事規模とし

ては小さい。鉄やコンクリートなどのモノには払うが、ノウハウとか技術へ投資する風土が乏しいのが我が国である。メンテナンスに絡む仕事は調査、検討項目も多く、高度な判断を要するので技術料をしっかりと見積る仕組みにならないと、魅力あるビジネスにはならず、有能な人は来ない。

インフラのメンテナンスというのは新設のインフラとは対照的に新しい富を生むわけではない。しかし、ミネソタの橋の崩落事故では、直接損失の何十倍もの間接損失を生んだと言われており、一つの事故が大きな経済的損失をもたらす。インフラを安全な状態に保持することは、膨大な損失可能性を減らしているわけで、見方を変えれば、経済効果が大きい。このような地味で大事な、そして頭脳、技術を使う仕事をビジネスとして成立させ、有能な人がこの世界に入ってくるようにすることが、インフラの安全につながると思はるのである。

（東京大学名誉教授、特任教授・東大・工修・工・昭47）

學士會會報

GAKUSHUKAIKAHO July No.501 2013-IV

