

100万km、1万本の道路技術

高橋敏彦

1. はじめに

現在、我が国の舗装延長は100万km、トンネル数は1万本を超えている。これらの膨大なストックを管理するため、社会資本の点検が義務付けられ、予防維持修繕の準備が整えられた。

予防修繕を実現するためには、人の力と予算が必要であるが、少子・高齢化が人手の確保を難しくし、ひっ迫した財政が予算の確保を難しくしている。これらの問題に対応するためには、インフラの現状を国民に理解してもらうための見える化が必要であり、一方で、調査・設計・施工・管理の各段階における生産性の向上が必要である。

これらを踏まえ、AI（人工知能）の活用を含めた100万km、1万本の道路技術を展望したい。

2. イノベーション

イノベーションと聞くとコンピューターやバイオの分野の話で、土木は縁遠いと考える者が多い。これは、コンピューターの性能向上がムーアの法則^{注1}の様に日進月歩なのに対し、土木分野は標準工法の繰り返しとと思っているからではないか。

シュンペーター^{注2}は、イノベーションを当初、新たな財貨の生産や新たな生産要素の導入等「新結合」と表現した。1980年に発売され大ヒットした任天堂のゲームウォッチは、当時、既に電卓に使われていた液晶と半導体技術をゲームの世界に導入したもので、開発者の横井軍平は、これを「枯れた技術^{注3}の水平思考」と呼んだ。ゲーム分野における新たな組み合わせ、新結合である。

車の世界にはリコール制度があるが、大規模なものは経営を揺るがしかねない。従って、素性の知れた「枯れた技術」を活用することがカギである。「先進の〇搭載」と言っても、車にとっての先進で、他分野では「枯れた技術」である。

土木の分野はどうであろうか。1800年代後半から鉱山ではロックボルト技術が使われてい

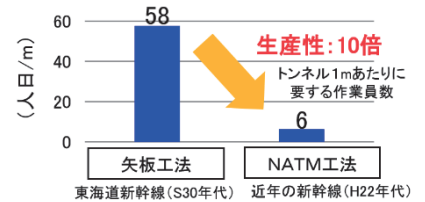


図-1 トンネル工事の生産性向上 (日本建設業連合会資料)

た。この技術を1960年代にトンネルへ水平展開したのがNATM（新オーストリアトンネル工法）であり、生産性は飛躍的に高まった（図-1）。

近年の科学技術の進展は著しく、10の360乗という膨大な組み合わせのため、単なる計算では対応できないはずの囲碁の世界でもAIが人を勝る時代となった。自動運転は2020年にレベル4が実現する。このような技術を土木の世界に活用することは必然である。

3. 100万kmの技術（舗装）

今、100万kmの舗装は、じわじわと浸食されている。インフラの中で唯一車と直接接し、過酷な環境にある

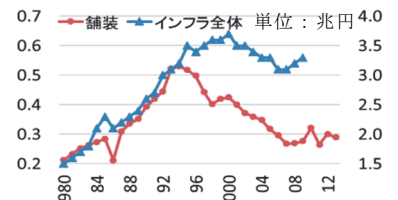


図-2 維持管理費の推移 (全体:国土交通白書、舗装:道路局資料)

舗装は他の構造物に比べ寿命が短い。そして、インフラ全体の維持修繕予算がバブル崩壊後も増加または横ばいなのに対し、舗装の維持修繕予算は大きく減少している（図-2）。今、舗装分野で行うべきことは、100万kmのマネジメントであり、その中核は、予算拡大と長寿命化である。

3.1 予算拡大

予算拡大とは如何にも行政的に聞こえるが、研究所の役割としては、舗装の現状や破壊メカニズムが見える化し、財政当局や国民に予算拡大の理解を促すことである。

現状の見える化については、平成28年10月に舗装点検要領を作成したことで進展するものと考えられる。破壊と補修費用のメカニズムについて、図-3の概念があるが、この過程を一層見える化することで、道路管理者が適切な対応を行い、国民負

Road Technology for One Million Kilometers and Ten Thousand Tubes

注1) コンピューターの性能は18カ月で2倍になる

注2) 経済学者（1883年・1950年）

注3) 既に広く使用されてメリット・デメリットが明らかになっている技術

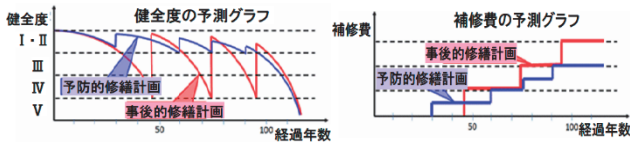


図-3 舗装健全度と補修費の予測

担を最小にしていることを理解してもらうことである。また、観点は異なるが、東京オリンピックで話題の遮熱舗装の定義の明確化も重要である。

3.2 長寿命化

舗装の長寿命化では、舗装そのものの耐久性向上と耐久性を保つ仕組みが重要である。

耐久性向上については、舗装面が壊れる原因のひとつが表層・基層を支える路盤、路床の問題であることから、舗装と路床を一体と捉え設計を行うための研究（路床の施工管理、新たな試験法の導入や舗装の耐久性を精緻に表す手法の開発等）が必要である。

寿命の長いコンクリート舗装に関する研究も必要である。また、セメント安定処理は、コンクリートとアスファルトのハイブリッドと考えることもできるが、i-Pavement を踏まえた設計施工の研究も重要である。舗装の傷みが早い交差点付近の舗装設計、地味な話だが、水の侵入経路になり易い施工継目の研究も重要である。さらに、紫外線による劣化対応、リサイクルが常識となったアスファルトの繰返し使用による品質低下対応、床版防水に配慮した橋面舗装の研究も必要である。

次に、耐久性を保つための修繕の仕組みを考えて見たい。舗装は問題の早期発見、早期対応がコスト的に有利である。従来、直轄における舗装マネジメントはMCI（舗装維持管理指数）により行われてきたが、管理者が修繕したい箇所とMCI値に乖離が生じたため、平成18年にひび割れ率等の個別指標へ見直しを行い、昨年、早期劣化の時間概念を追加、順次高度化されてきた。しかし、最も重要な指標のひび割れ率は、質を量に置き換えている（図-4）。舗装のプロはひび割れ状態から舗装の傷みを目利きする。100万kmの舗装すべてに専門家を配置することは不可能だが、AI

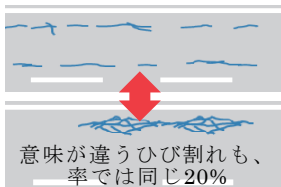


図-4 舗装のひび割れ例



写真-1 開発中のMWD

は可能である。舗装は構造物、質を質として評価し、ひび割れの形・幅・密度、その進展具合等から対策箇所を抽出し早期対応することが、舗装マネジメントを進化させる。これに、FWD（舗装たわみ測定装置）調査を連続的に行うことができるMWD（動的舗装たわみ測定装置、写真-1）を組み合わせると一層効果的である。

また、予算や技術者不足から、舗装の傷みを適切に判断できず、表層の下（基層や路盤等）から修繕すべき状態であっても、表層修繕で終わっている場合がある。これでは舗装はすぐに壊れてしまうため、修繕のルール作りが重要である。

4. 1万本の技術（トンネル）

我が国の道路トンネルは1万本を超え、この20年で延長は2倍になった。今後も増加傾向は続くであろう。

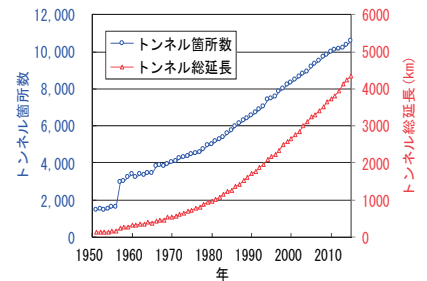


図-5 日本の道路トンネル数と延長推移（道路統計年報）

この様な中で重要なのは、建設の生産性向上、安全性の確保とストックの効率的な管理である。

4.1 建設生産性の向上

NATMの導入により、トンネル工事の生産性は飛躍的に増大した。一方、我が国の地質は複雑なため、1回の掘進長に制約がある。現行基準は、岩質と掘進長が一對一に対応するため、弾力的に運用することができないが、安全性の下で弾力的に運用することが、トンネルの建設や拡幅工事の生産性を向上させる。

欧米ではTBM（トンネルボーリングマシン）が普及しているが、複雑な地質の我が国では普及が進んでいない。我が国のNATMの掘進速度は、100m/月程度のものであるが、TBMは条件が良ければ1000-2000m/月という実績が欧米を中心に存在する。このため、複雑な地質の我が国においても超高速掘進TBMの活躍が期待される。既に500m/月の技術開発が国の助成等により進みつつあり、現地への適用が模索されている。実現すればNATM以来のイノベーションとなり得る。ただし、TBMは初期コストや排出土量の課題があ

る。i-Constructionのコンクリートの生産性向上では、設計思想を見直し、規模の経済の効果を享受することとした。トンネルも同様に考えるなら、掘削断面の規格化等マシン転用の環境づくりが初期コストの課題を解決する。また、円形掘削による排出土量増大の課題は、円形トンネルは力学的に強い、避難路を併設できるメリットに置き換える。そして、これらの技術を地質が複雑な海外へ展開することも考えられる。設計思想の見直しは新たな技術の展開につながる。

4.2 安全性の確保とストックの効率的な管理

近年、地中の状況変化に工事が対応できず、陥没事故が多発している。このため、リスクを



写真・2 地質地盤リスク (福岡市HP)

考慮した計画策定手法やトンネル工事の補助工法選定手法の研究が急務となっている。

車の環境性能の向上は、換気問題を軽減するが、換気施設は火災等の非常用施設も兼ねていることから、単に設備を縮小すれば良いというものではなく、排気や避難路等の設置基準が必要である。

付属施設の脱落や劣化したコンクリートの剥落は小さなものでも高速走行する車両や人命に影響を与える。コンクリートの剥落が生じやすい覆工コンクリートの施工継目の問題解消、付属施設については、固定する機械式ボルトの定着や施工後の安全性の確認技術の研究が重要である。また、膨張性地山に対するインバートの設計やシールドトンネルの維持管理手法の検討も必要である。

トンネルについてもAIや画像処理、ビッグデータ等の活用が欠かせない。トンネル切羽の岩質とトンネルのひび割れやその進行具合などは大いに関係しているものとする。そして、その関係は、維持管理の場面に活用されるだけでなく、設計にもフィードバックされる。我が国ではトンネル建設前のボーリングデータは少ないが、建設中の切羽のデータは残されている。これらのデータの一層の活用を進めることが重要である。

点検技術のイノベーションも進めなければならない。定期点検の義務化によりコンクリートの剥落事故は減少すると考えるが、点検しようとした

矢先にコンクリート片が落下したという話も聞く。ひび割れ検知、人手の打音検査に代わる技術など民間技術開発を促進するニーズや要求水準の提供、技術評価が重要である。

5. おわりに

以上100万km、1万本の道路技術を展望した。ステレオタイプに理解してはいけないが、マネジメントの確立を目指す舗装、建設が続くトンネル、それぞれの技術が必要であり、それらが現場の労力を緩和し、国民負担を軽減する。

技術の進展は社会やインフラに影響を与える。完全自動運転や可燃性が低い全個体電池の開発は、車の安全性を高め、超長大道路トンネルの建設を後押しする。ネット販売の拡大で需要が増える物流は、物流専用トンネルを後押しするかもしれない。また、自動運転によって貨物車のルートや走行車線等の管理が可能になると、それに合わせた舗装設計が効率的に舗装の長寿命化を可能とする。一般車のドライブレコーダーの画像で舗装管理を行う時代になるかもしれない。

イノベーションは新たな技術の組み合わせと考ええると、土木でも幾らでも考えられる。その時、公共調達市場において、開発側の力を引き出す重要な点は、仕組みづくりを含めた活用側の積極姿勢である。そうでないと開発側の力が入らない。

土木の研究者の中には、AI活用の研究は邪道だと考える者がいる。しかし、AIに必要な教師データは、メカニズムを知るための研究者の教師でもある。AIはメカニズムを示さない。一方、対策にはメカニズムを知ることが欠かせない。AIの進展は、研究者の位置づけを一層高める好機だと考えると良い。

高橋敏彦



土木研究所道路技術研究グループ長
Toshihiko TAKAHASHI