

NEXCO 西日本高速道路学共同研究講座

大阪大学大学院工学研究科
特任教授

吉田 幸信

1. はじめに

西日本高速道路株式会社（以下「NEXCO 西日本」）は、2005年（平成17年）10月、日本道路公団（以下「公団」）の分割民営化により、それまで公団が行ってきた事業のうち、西日本地域の事業を継承することを目的として設立されました。事業エリアは、概ね琵琶湖付近から西側（小浜・八日市・甲賀土山の各インターチェンジが境界）の沖縄までを含む西日本地域で、関係する府県数としては、過半数の24府県になります。

2012年（平成24年）末現在、NEXCO 西日本が営業中の道路延長は、約3,388kmです。域内での利用台数は、平成23年度の実績で約272万台/日、同じく、営業収入は約5,574億円/年です。このほか、新名神高速道路や東九州自動車道など約180kmの区間において、新たな供用に向けての建設事業を展開中です。

この様に高速道路を取り巻く情勢としては、道路の建設を推進してきた時代は過ぎ去り、整備された高速道路を上手に“使い熟す”と同時に、国民の重要な資産である高速道路を“着実に保全”していく時代への過渡期を迎えています。

2. NEXCO 西日本管内の高速道路の特徴

西日本エリアを中心に事業を展開中のNEXCO 西日本ですが、営業中の高速道路については、幾つの特徴が挙げられます。

まず、北近畿地方や山陰地方などの日本海側の積雪寒冷地から亜熱帯の沖縄地方まで、営業域内が気候の多様性に富むことです。それぞれの地域特性の影響を受けて、風土病さながら、道路（構造物）の劣化現象等にも多様性が見られます。また、四国地方や九州地方は、台風シーズンはもとより、多雨性の気候を呈する地域として知られています。加えて、地球温暖化が一因と言われています近年の降雨強度の高まりについても、被災の要因化しつつあります。このような自然災害から高速道路を守るための対策については、新たな課題への対応も加わって、一層の拡充を図るための基

礎的な研究が求められています。

次に、建設（供用）後の経過年数の高い路線、すなわち、古い道路資産が多いことです。NEXCO 西日本が営業管理する高速道路の中で、約三分の一の区間が、建設後30年以上を経過した道路です。これら道路については、健全性維持のための各種点検手法や老朽化防止のための保全対策を進めていく上での研究、および対策工法の開発などが急がれています。

さらに、高速道路の性格には、通過する地域特性を背景に、産業道路としての重交通量路線から山間部を貫く僅少交通量区間まで、幅広いものがあります。これからは、それぞれの路線が有している特性に基づいた維持管理費用配分の最適化や効率的な道路保全計画の立案などに資するための新たな知見が求められてくるものと思われます。

この様に様々な課題を抱える高速道路です。そこでNEXCO 西日本では、地域の特性や道路の性格などを考慮した上で、具体的な諸課題を一つ一つ解決しながら、NEXCO 西日本に適した高速道路を創り上げていくため、その基盤を形成する“高速道路学”という新しい学究的な領域の創成を目的に、2011年（平成23年）7月、『NEXCO 西日本高速道路学共同研究講座』を開設しました。

3. 高速道路整備の歴史

国内での高速道路整備の歴史は、1957年（昭和32）年10月の名神高速道路小牧～西宮間の施行命令に遡ります。翌年（昭和33年）10月に着工、5年後の1963年（昭和38年）7月には、このうちの栗東～尼崎間が、国内高速道路の最初の区間として供用されました。1966年（昭和41年）には『国土開発幹線自動車道建設法』が制定され、全国の市町村から概ね2時間以内で最寄りのインターチェンジへ到達可能というコンセプトの下、総延長が7,600kmの高速道路網が決定されました。この法律では、第1条の目的の条項において、「国土の普遍的開発をはかり、画期的な産業

の立地振興および国民生活領域の拡大を期するとともに、産業発展の不可欠の基盤たる全国的な高速自動車交通網を新たに形成させるため、(中略)これと関連して、新都市および新農村建設等を促進すること」と謳っています。1969年(昭和44年)5月には、同法制定前より個別の路線建設法に基づいて既に着工済であった大井松田～御殿場間の供用により、東名高速道路が全線開通しました。



写真1 開通当初の名神高速道路(京都山科付近: 写真の奥左方が京都東インターチェンジ)

その後、高度経済成長の追い風の中で高速道路の整備は順調に進み、1970年代は主として、国土の背骨を形成する東北・中央・北陸・中国・九州の各縦貫自動車の整備が推進されました。この間、1976年(昭和51年)には供用区間の総延長が2,000kmを突破、1982年(昭和57年)には同3,000kmを突破しました。1983年(昭和58年)3月には、待望の中国自動車道が全線開通し、関西地方と北部九州地方が高速道路で結ばれました。



写真2 建設中の中国自動車道(吹田ジャンクション付近: 写真の奥右方に日本万国博覧会々場の日本館が見られる)

1980年代に入ると高速道路の整備は、主として縦貫道から肋骨を形成する枝線として、太平洋側と日本海側とを結ぶ横断道に軸足を移します。この時代で特筆されることは、1987年(昭和62年)に『国土開発幹線自動車道建設法』が改正され、全国の市町村から概ね1時間以内で最寄りのインターチェンジへ到達可能という新たなコンセプトの下、総延長が11,520kmの高速道路網の拡充計画が策定されたことです。同年には、供用区間の総延長が4,000kmを突破します。以降、1991年(平成3年)には5,000kmを突破、1995年(平成7年)には、念願であった九州自動車道の全通により、青森から鹿児島・宮崎までの間約2,150kmが高速道路で直結されました。そして、その翌年の1996年(平成8年)には、供用区間の総延長が6,000kmを突破します。

2000年代に入ると、新東名高速道路や新名神高速道路の幕開けとなります。新東名高速道路および新名神高速道路の構想は、1987年(昭和62年)に閣議決定された『第四次全国総合計画』に端を発します(当初の道路名は、「新」ではなく「第二」を冠しました。)が、決定後の足取りは重く、建設凍結や大幅な建設コスト削減を命題とした整備計画変更を経て、着工に至りました。その結果、2008年(平成20年)に、新名神高速道路の亀山～草津間が、2012年(平成24年)に、新東名高速道路の御殿場～浜松いなさ間が供用されました。なお、NEXCO西日本エリアにおける新名神高速道路については、現在、大津～神戸間約80kmの区間で、鋭意建設が進められています。



写真3 供用された新名神高速道路(近江大鳥橋: 平成18年度の土木学会「田中賞」を受賞)

4. 大阪大学大学院との共同研究

これまで述べてきたとおり、NEXCO西日本は、公団から承継した分も含めると、約半世紀に亘り、高速

道路の建設や管理に携わってきました。この間、高速道路の計画から管理まで多くの技術力を培いました。また、有料道路の事業運営では、資金調達・料金収受・収益事業などを通じて経営力を取得できました。今後は、これら有形・無形の技術および知見を、独立した普遍的な学問・研究の対象として捉えて、体系化していく必要性を感じています。

また、近年の傾向として、“道守役”である最前線の技術者からは、道路の老朽化に伴う合理的な保全対策のあり方や、その前段としての道路構造物の劣化を知るための高度な点検技術、道路周辺地山の経年的な風化に伴う安定性の評価技術の開発等々、多くの新たな課題が提起されています。他方ソフト面では、将来的に高速道路を一層使い熟していくための施策や評価手法等に関する調査研究の深化が求められています。この様なハイレベルの研究テーマに対処するため、これまでも大学との共同研究体制を構築して研究を進めてきたところです。

しかしながら、土木工学の領域を中核とした高速道路の建設には、使用材料の不均質性や非定常性などの土木工学特有の宿命的な問題が横たわっています。また供用中の道路では、立地環境や補修履歴などに代表される異質性が見られます。そのため例えば、道路構造物の劣化推移のモデル化などの研究は、複雑多岐となってしまいます。さらに、それらの研究に必要な技術データ類、つまり臨床事例とも言える技術面での公開情報も多くありません。従って、これら複雑性と閉鎖性ゆえに、これまでの共同研究では、技術実務者と大学研究陣との間で、満足できる一体感の醸成ができずに、空回りとなってしまった事例も散見されます。

その様な反省点に立って期待されるものが、大阪大学大学院における共同研究制度の活用です。この制度において、委託者（企業）側は、大学キャンパス内に研究室を設け、社員が研究員として常駐できるようになります。常駐により、研究を進めていく上で必要な一体感を、これまで以上に醸成できることが最大の魅力です。なぜならば常駐によって、総合大学の特性を活かした他の学部などはもとより、キャンパス内に共同研究講座を設置している異分野他企業との接触機会が格段に増加します。この貴重な機会が、技術交流の芽となり、技術面での融合が図られれば、新技術開発への進展が期待されます。また学内において、研究室や実験室などの活動場所が確保され、大学教員と対等

の立場で、共通テーマについて共同で研究を進めることができる点も魅力の一つです。

NEXCO 西日本では今後、大阪大学大学院と共に磨き上げていく研究成果の集大成を“高速道路学”と名付けました。共同研究講座開設の究極の目標は、この高速道路学の独立体系化と、高速道路学に対する社会的認知の獲得という夢の実現にあります。

5. “高速道路学”のねらい

“高速道路学”とは、前章までに述べてきたことを背景として、NEXCO 西日本が、『NEXCO 西日本高速道路学共同研究講座』を開設するにあたり創作した造語です。すなわちNEXCO 西日本が、これまで蓄積してきた高速道路資産の建設および運用に関するノウハウを一層、高度化・総合化し、学究的な領域として新たに形成する特定の研究分野です。

高速道路学の体系化では、高速道路資産の価値評価やリスク評価に基づく価値喪失の最小化を実現可能とするための『高速道路評価学』と、代表的な社会基盤である高速道路の最適な運用を行うための『社会基盤経営学』により組み立てることが最適であると考えています。これら二つの学究的専門小領域により、高速道路学全体を支える構図をイメージしています。現状では、まだまだ普遍性を有した名称ではありませんが、将来的には固有名詞として十分通用する語句にまで成長させたいと考えています。

6. 高速道路評価学が目指すところ

高速道路評価学の領域では、高速道路資産の現状価値を適切に評価し、その評価値を将来的に極力低下させないための普遍性の高い診断法などについての研究を進めます。研究の成果は、高速道路の資産価値の一層の向上へ寄与します。また、経年に伴う資産の劣化が不可避とされる情勢下、劣化進行の防止対策を実施する上での最適な時期や方法などを追究して、学術的な根拠を有した意思判断システムなどへ発展させるための研究を進めます。

一例としては、高速道路の資産価値を定量化できる技術的手法（ツール）の開発を挙げることができます。かつて、コンクリート構造物については、「半永久的構造物」などの表現が用いられた時代がありました。しかしながら近年では、劣化現象に予想以上の急進性が散見され、「長寿命化（対策）」などの表現が珍しく

ない時代となった感があります。

現在、コンクリートに限らず、道路構造物の劣化の進行状況を、簡便かつ正確に把握できる各種測定機器の開発が求められています。実務では、調査対象物が膨大な量ゆえに、調査手法としてのスクリーニング技術などの並行した研究も必要と思われます。さらに、当然のことながら現状を評価するためには、評価基準値が伴わねばなりません。測定機器の開発と評価基準値の研究とは、荷車の両輪の関係にあるのです。

近年、高速道路は勿論のこと、鉄道や港湾なども含めた社会資産の保全のあり方が、しばしばマスコミで話題となっています。過年、国は厳しい財政状況下において、保全対策の基本方針を、従来の損傷発生後に対処してきた『事後的管理』から、事前点検の充実により致命的な欠陥が発現する前に速やかに措置するという『予防的保全管理』へと大きく方向転換を図りました。その様な転換期を迎えている状況は、今後、保全のための諸対策を研究開発していく上でも、大きな変革期が到来しているものと考えています。

7. 社会基盤経営学が目指すところ

社会基盤経営学の領域では、暗黙知の形而上学、つまり、暗黙知として蓄積された内包知識（一般的には経験知とも言われている）について、専門知としての“見える化”を図るための研究を進めます。研究の成果は、蓄積してきた技術力を、有効的かつ普遍的に後世へ伝えることができる点で寄与します。また、有料道路としての確実な償還を阻害する潜在的リスクを発掘し、リスク発生確率の低減化策、或いはリスク発生が避けられないと判断される場合には、リスク発生に伴う損失の最小化に向けた方策に関する先駆的研究も進めます。

一例としては、橋梁（部材等）の劣化状況を把握するために、長年に亘って定期的実施してきた点検記録結果を挙げることができます。点検員による点検結果は点検報告書（記録簿）として蓄積されていますが、記録としての蓄積に終始すれば暗黙知の単なる集積にほかなりません。補修履歴の蓄積等についても同様です。ここで重要なことは、蓄積した暗黙知の“形式化（見える化）”による活用であり、工学性の追究だと考えています。暗黙知の形式化にあたっては、統計解析学などの知識を必須とします。そこには、これまでの土木工学の領域を超えた知識も必要となってきます

が、統計解析手法については、例えば近年、金融工学などの分野において著しい進展が見られます。つまり、異業種分野での研究成果の導入による研究の深化が期待できるのです。さらに、解析対象の事象を増やして信頼性を高めることができ、そこに普遍性が見出されれば、『道路（橋）保全工学』としての独立した体系化が図られることになるでしょう。そして、その結果は、保全工学を中心とした、将来性を有した新たな技術的専門領域の萌芽へと繋がっていくものと考えています。

8. シーズ技術として求める基礎的な技術の例示

本稿の執筆を機に読者との間で、NEXCO 西日本が欲している“現場でのニーズ”に関して、ニーズの実現に寄与できる“シーズ”との出逢いがあれば、願ってもないことです。そのためには、共同研究講座サイトとしても、継続して情報を発信していくことの重要性を認識していますが、ここでは、誌面の制約もあり、“現場でのニーズ”について、以下4点を紹介します。

① コンクリート構造物の内部診断のための技術

コンクリート構造物の劣化要因としては、鋼材の劣化またはコンクリートの劣化、あるいは両方の劣化があります。鋼材は、腐食によって断面（積）が減少すると耐荷力が低下します。また鉄筋は、腐食に伴って体積が増える（膨張する）結果、その膨張圧によって、コンクリート構造物の表面部分（被り）の剥落を生じさせます。調査結果では、後者が圧倒的に多いのですが、放置しておけば前者の原因へと進行します。

管理しているコンクリート構造物の保全対策を検討する上で、現状の診断（評価）データは不可避ですが、現状その手法は、専門技術者の“技術力”頼みの状態です。具体的には、医師による病人の診断時における打診と同様、主として点検用ハンマーによる打撃音などの反応（聞き分け）により行われています。ただ、この手法は、プロの技術者によって長年磨かれた“技術力”とは言え、実施者の主観に頼らざるを得ない面で、旧態依然とした手法であることには違いありません。

そこで研究室では現在、非破壊・非接触などの方法より迅速で、合理かつ客観的に点検作業が実施できて、しかも、高精度で正確な結果が得られる手法に関する研究に取り組んでいます。

② ポットホールの兆候予知のための技術



写真4 橋梁床版背面における鉄筋コンクリートの劣化状況

高速道路の舗装は、厚さが異なるアスファルト合材（碎石などをアスファルトにより結合させた混合物）の層を、複数重ねた層状構造になっています。上部の層ほど薄く、表層と呼ばれる最上の層は通常4cm程度です。表層は、走行する車両のタイヤに接する部分であり、車両の通行時の衝撃を直接受ける役目を負っています。

ところが、舗装路面においては、施工後の経年劣化に伴い表層にひび割れが発生して、ひび割れの成長に伴って雨水等の浸透が見られるようになります。雨水等が浸透した結果、下位層との接着力が次第に弱体化していきまます。その結果、タイヤの衝撃荷重によって表層（材料）の一部が剥離して飛散します。飛散した跡に出現する穴状の窪みがポットホールです。ポットホールの存在が円滑で安全な走行の妨げとなることは、言うまでもありません。

そこで研究室では現在、ポットホール発生の可能性の高い箇所を特定できる方法に関する研究に取り組んでいます。走行中の車両上から調査が可能な方法で、調査のための通行止めなどの交通規制を伴うことが無いとの条件下での模索です。イメージとしては、新幹線の事業用検査車両である『ドクターイエロー』の高速道路版です。

③ 道路周辺山地部（地山）の崩壊予知のための技術

NEXCO 西日本エリア特有の多雨性気候は、常に道路のり面の崩壊の潜在的危険性と隣り合わせの現実を作り出しています。適切に防災対策が施されたのり面での危険性は払拭（低減）されているものの、未施工区間については未知状態と言っても過言では無いでしょう。併せて、切土のり面の頂部から上方に続くの



写真5 ポットホールの出現箇所（橋梁上）

り面背後の地山部分については、大部分が私有地であり、調査を必要とする対象域も広範なため、手付かずの状態にあります。

換言すれば、高速道路用地外の地山上部からの土砂崩壊の潜在的危険性を予知することの重要性です。道路を建設する時点での調査結果では、問題なしと評価されていても、建設後の経年に伴う地山の風化は自然現象であり、風化の進行は避けられません。そこで研究室では現在、広範な調査対象域を念頭に置いて、スクリーニング技術を併用した調査方法および評価手法に関する研究に取り組んでいます。つまり、最初の段階では、広い範囲を俯瞰する中で危険性の差別化を行います。その後、危険性が懸念されるとして特定（抽出）された箇所について、詳細な調査を行おうとする考え方です。



写真6 高速道路用地外からの地山の崩壊状況

④ トンネル内部における走行視環境改善のための技術

道路トンネルの特徴は、換気設備・照明設備・非常用設備（車両火災対策）などの諸々の付帯設備が必要となることです。諸設備の中でも照明設備は、閉鎖空間であるトンネル内を走行する際の視距を確保するた

めの環境（視環境）を創出するもので、運転者にとって、自動車の円滑かつ安全な走行に欠かせないものです。

近年、トンネル内照明用光源として、白色LEDが試験的に採用され出しています。白色LEDについては、急速な技術開発に伴う発光効率の向上が顕著です。近い将来、トンネル内照明用光源として、従来からの蛍光灯などに取って代わり、白色LEDが主流となる時代の到来が予期されます。

そこで研究室では現在、LED光源特有の配光特性を活かした均斉度の高い、いわば路面上での配光のムラを解消したトンネル照明の設計手法や、CO₂削減対策の切り札とも言われている太陽光発電システムとの組合せによる、省エネルギー化が進んだムダを解消した需給システムに関する研究など、次世代の道路トンネル照明技術に関する研究に取り組んでいます。



写真7 トンネル内での視環境の改善

9. おわりに

NEXCO 西日本高速道路学共同研究講座は、開設後、今夏で2周年を迎えます。この様に、講座開設後の日も浅いため、本稿については残念ながら、具体的な研究成果のご紹介まで至らず、共同研究講座の紹介記事

と、共同研究に対する考え方のご紹介に終始した拙稿となりました。ただ本共同研究講座では、この日の浅さを活かし、土木工学に限定された狭い領域に留まらず、その垣根を内側から乗り越える斬新な研究室スタイルを目指した研究手法を模索中です。

幸いにも大阪大学大学院には、学風として、既存の専門領域の垣根を超えて研究を進めようとする“超域の精神”が脈々と根付いており、非常に心強い限りです。これからは、大阪大学大学院の一員として、超域精神の追い風を活かしつつ、意義ある研究の推進に努めていきたいと考えています。同時に、大阪大学大学院に在籍中の方々のみならず、社会の第一線でご活躍中の卒業生の方々へは、関連した技術情報の提供（ご縁）を是非お願い致します。この様な意図において本稿が、出逢いの起爆薬となれば望外の喜びです。

自動車の製造技術は、メーカーの弛まぬ努力による技術革新によって、常に進化し続けています。自動車交通社会が続く限り、インフラとしての高速道路の役割自体が変わることはないものと思われれます。高速道路の役割の重要性を考えれば、国民の資産である高速道路の健全なる保全是、国民共通の願いに他なりません。その願いに応えるためにも、高速道路学の体系化と諸課題の解決へ向けた道筋作りは急務と考えています。そして諸課題の解決は、大阪大学大学院が有する理工学分野での高度な知見および技術と、NEXCO 西日本が培ってきた高速道路事業に対する技術および知見との融合によって実現できるものと確信しています。

末筆となりましたが、今回、寄稿という貴重な機会をお与え頂きました一般社団法人大阪大学工業会の皆様方へ、深甚なる感謝の意を表させていただきます。

(学 界)