

(一般財団法人) 災害科学研究所の特定研究紹介

－ 社会基盤維持管理研究会 －



企業レポート

松井 繁之*

Specially Promoted Research on Maintenance for Infrastructures

Key Words : international collaboration, social contribution, deterioration of bridge, maintenance of structure, renewal of slab

はじめに

道路や鉄道は人間・社会の活動を支えるネットワークの基本である。人々の生命を守り、実りある社会を形成するためには、人々は移動し、食料を始めとする種々の物資を移動させなければならない。近年の情報化時代においてもやはり各種通信機器や情報処理機器の輸送、通信システムの建設・保守にも技術者の移動が必要である。高度な社会活動の維持には、高速でかつ安全な移動機材の進歩も必要であるが、移動路の建設・整備が不可欠である。昔はこの移動路や移動機材が鉄道や鉄道車両であったが、今やほとんどが道路と自動車に代わっている。最近では自動車を自動運転させる技術の開発に凌ぎがけずられている。

1964年の東京オリンピック、1970年の大阪万博の開催に向けて、名神・東名高速道路、首都高速道路、阪神高速道路が1950年代半ば頃から急ピッチで建設され、我が国の高速道路が誕生したわけである。一般の道路でも自動車交通に代わるとして整備と拡幅が諸所で行われ、近代的道路のネットワーク構築が進んだ。そして、物資の移動が“駅から駅へ”から、“戸口から戸口へ”に変わった。道路のネットワークは山が多く、起伏が激しいわが国では、必ずや川を渡り、山を貫かなければならない。スムーズな車両の移動を可能にするために橋やトンネルが

建設され、これらは道路網の要となっている。道路構造物は人の生命を守り、社会活動を支援する社会基盤構造物である。

社会基盤維持管理研究会の設立と当初の活動

昭和30年代の後半から、我が国の経済高度成長に合わせて、高速道路を始めとして近代的な道路ネットワークが構築され、新材料・新工法の開発も促進された。しかし、昭和47年(1972)に高速道路中の橋梁の路面を形成している鉄筋コンクリート床版(RC床版)において、コンクリートが局部的に抜け落ちる陥没事故が発生した。このため、土木学会関西支部や阪神高速道路で調査研究委員会や技術検討会が発足し、道路橋RC床版の損傷メカニズム、損傷度あるいは健全度の評価方法、補修・補強工法等について精力的に検討されてきた。筆者もこれらの委員会に招聘され、現地調査や既往文献調査と解析に協力した。ただし、損傷メカニズムの議論においては、材料系の委員らは材料や施工が原因であると主張をしたが、筆者を含む構造系の委員は、損傷の進行過程を考えると過積載車両による疲労であると反論をした。しかし、既往の実験データからは説明が困難であった。苦悩の末、閃いたのが「橋梁上では車両が橋の上を走り抜けるが、既往の疲労実験は床版の中央で、上下に脈動する繰り返し荷重をかけるものであり、移動する荷重をかける必要あり」というアイデアであった。しかし、このような試験機はどこにも見当たらず、途方に暮れていた。そこに経済支援と試験機の製作に全面的に支援頂ける天の助けを頂き、昭和59年(1984)にわが国初めての輪荷重走行試験機を造り上げることができた¹⁾。この試験機による実験で、予想どおり実橋床版と同様の損傷を発生させることに成功した。特に車の走行方向に直角に全厚を貫通するひび割れが発生し、



* Shigeyuki MATSUI

大阪大学大学院 工学研究科 構築工学専攻 博士課程単位取得退学(1972年)
現在、大阪大学名誉教授、大阪工業大学客員教授、災害科学研究所研究員、同社会基盤維持管理研究会会長
E-mail : shigeyuki.matsui@oit.ac.jp

それらの貫通ひび割れ間の床版が車輪のエッジを起点にして、橋軸方向断面がせん断破壊する機構を見出した。実験を嵩ね、貫通ひび割れ間隔を定量的に明らかにして、RC床版の抜落ち破壊に着目したS-N曲線を求めることができた。その後、この疲労損傷に加え、舗装に浸み込んだ雨水が床版劣化を加速させることも解明し、舗装と床版の間に防水層を設置すべきであると提言できた。写真-1に一般的に見られる床版下面のひび割れ損傷状態を、写真-2に水の影響を受けた床版上面のコンクリートの劣化状態の一例を示す。

これらの初期のRC床版に関する研究成果は広く認められ、現在でも多くの機関や企業から技術相談を受け、災害科学研究所(CSI)で特定研究(SPR)ならびに連携研究(COR)の依頼が続いている。当然、諸所の道路管理機関から維持管理の技術相談があり、陥没破壊に至る前に適切に補修・補強して延命化する判断・時期・施工方法、ならびに効果評価の維持管理業務が増えた。今なお各種相談も続いている。

上記のような研究が大阪大学で軌道に乗る状況になって、多数の技術者、ならびに、優秀な学生・留学生も集まったので、研究の発展と成果の実用化を目指すために、「橋梁の維持管理研究会」を平成4年(1992)に立ち上げた。また、韓国からの最初の留学生・文兌景君から、韓国の橋梁もわが国と同じような示方書で設計・製作していることと、過大な過積載車が走行していることが分かり、この研究会全員で韓国を訪問し、文君の母校であるソウル大学の張教授の研究室で橋梁の維持管理に関する出前の講演を行った。その結果、先方から橋梁の維持管理について技術交流をしようと提案が得られた。この時の出前講演会を「第一回橋梁の維持管理に関する日韓ジョイントセミナー」と名付け、3年毎に相互訪問の形で技術交流することとなった。現在もこの国際貢献活動が継続している(第6回から日本側代表を金祐哲阪大名誉教授、鎌田敏郎阪大教授に引き継がれた)。

国内では近代構造物として建設されてきた橋梁において、経年と共に損傷が全国的レベルで発生し、平成5年(1993)に国道での構造物を適切に維持管理する必要から、学識経験者に技術支援を求めるための防災ドクター制度が設立された。近畿地方整備

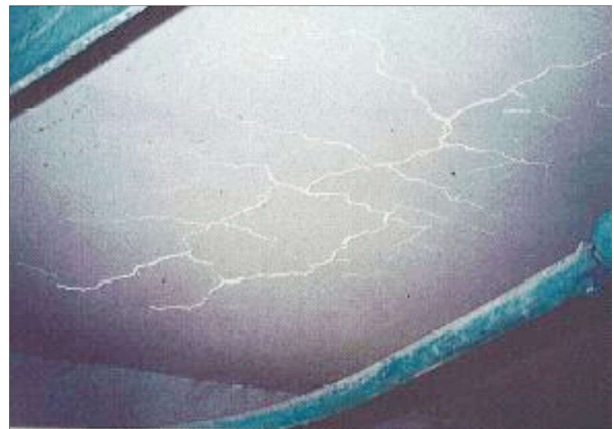


写真-1 床版下面でのひび割れ状況



写真-2 アスファルト舗装下の床版上面
コンクリートの劣化状況

局でも約15名程度の大学教員がドクターとして委嘱された。筆者もその一人であり、主に橋梁を担当した。1.で述べた技術検討委員会等も継続しており、床版以外の他の部材や、他の構造物にも劣化損傷が顕在化してきたため維持管理する構造物の範囲も大幅に拡大した。このため、平成12年(2000)に社会基盤維持管理研究会と言う名に名称変更した。その時から、筆者が大阪大学を平成18年3月に定年退職する予定であったので、これまで床版の耐久性や維持管理に関する適切な参考書が全く無かったことに気づき、35年間で蓄積したノウハウを専門の技術書に纏めたいと提案し、社会基盤維持管理研究会のメンバーに執筆分担して頂くこととなった。平成19年(2007)9月に写真-3左のような「道路橋床版一設計・施工と維持管理」が森北出版(株)から出版できた。そして、平成18年3月の定年退職を機に、上記研究会を平成19年12月(2007)、(財団法人)災害科学研究所に籍を移し、ここを活動拠

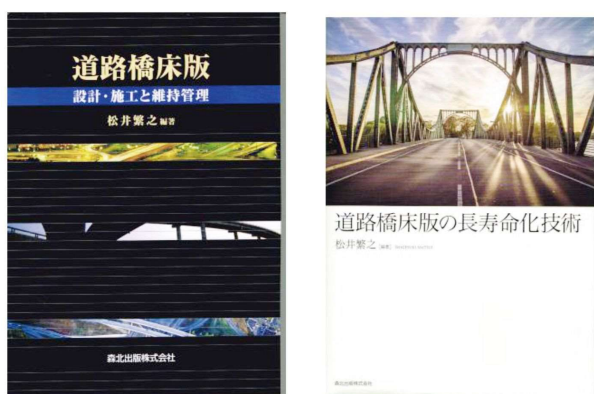


写真-3 道路橋床版の出版物（森北出版）^{2,3)}

点とし現在に至っている。

災害科学研究所での最近の活動

現在の社会基盤維持管理研究会（会長：松井繁之）は委員総数 77 名（法人会員 24 社、個人会員 28 名）に膨らんでいるが、高度経済成長期に建設された構造物が当時の設計寿命 50 年に到達しつつあり、2020 年以降は毎年 2000 橋以上の規模で到達するストックの多さから取替えることは大変難しく、適切な補修・補強を施して延命させなければならない時代となっている。このため、社会基盤の維持管理業務が益々重要課題となっており、研究会活動も非常に活発になってきた。さらに、これまでの構造物の維持管理の主体は国道や高速道路が主体であったが、地方公共団体、特に市町村の道路における橋梁の維持管理がほとんどされていないことが判明したので、国土交通省がそれらの道路における構造物の維持管理を適切に実施する指導を 5, 6 年前から行ってきた。そのような中、平成 25 年（2013）の 12 月に中央道の笹子トンネルで車道部とその上の換気部とを分けるための天井板が落下する事故が発生して、数名の方が命を落された。この事故が契機に、平成 26 年に限度を超えて老朽化した構造物では、これまでのような補修・補強よりも取り換えをして、安全・安心を得るよう政策変更がなされた。これに伴って、例えば寒冷地で凍結防止剤を散布してきた橋梁では RC 床版（写真-2 参照）を耐久性の高い PC 床版や合成床版に取替える予算案が確立され、順次取替が実施されていく予定である。

このような道路環境の中で、我々の社会基盤維持管理研究会では高耐久性床版の開発支援も課題に加

わってきた。紙面も限られているので詳細な説明は出来ないが、本研究会の活動内容を下記のように要約できる。

- 1) 構造物の維持管理および補修・補強・取替に関する技術の推進
- 2) 安全性・使用性等の評価技術の向上
- 3) 上記をもとにした維持管理の専門書やマニュアルの作成
- 4) 社会基盤管理者への技術支援等の社会貢献活動の推進
- 5) 鉄道橋の維持管理手法の技術革新

これらの項目を具体に実施するため、研究会を定期的に開催し、新しい技術成果に基づく講演会、現場見学会を企画した。それらの成果を、一般技術者を対象にした講習会、研修会で公開してきた。講習会等では維持管理の基本である「構造物を見る・診る・看る」を印象付けるようにしている。

そして、3) に関しては、「道路橋床版」の続編として、道路橋の長寿命化を目指す技術のイノベーションを展開した専門書「道路橋床版の長寿命化技術」（森北出版）が刊行できた（写真-3 右）。床版のみならず橋梁全体の長寿命化技術を纏めている。これをテキストにした講習会も実施した。

4) に関しては、近畿建設協会からの技術支援の要請によるもので、同協会が実施する構造物の巡回点検結果に対する、損傷の原因究明と対策について指導する評価活動を行い、国道に架かる橋梁や周辺構造物の維持管理に関する支援を社会貢献活動として実施している。最近では、都道府県のみならず市町村の道路構造物の維持管理を支援する国土交通省のプログラムの後方支援にも拡大している。平成 29 年度には市町村の技術職員にインハウスエンジ

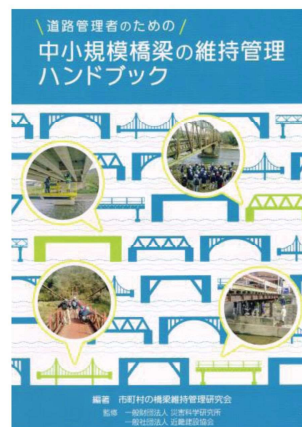


写真-4 地方公共団体職員向け維持管理のハンドブック（近畿建設協会）⁴⁾

ニアとして成長してもらうために写真-4に示したようなテキストを近畿建設協会と共著で出版すると共に、合同で講習会を都道府県単位で実施している。

災害科学研究所に移籍してからの主だった活動は表-1のとおりである。

最後に、筆者が本研究会を25年間に亘り維持できましたのは、私を支えて頂いた歴代の幹事長ならびに幹事の献身的なサポートによるものであるとここに記し、ここに厚く御礼申し上げる次第であります。歴代の幹事長のみ紹介したい。

- ・初代 葛目 和宏 ((株) 国際建設技術研究所代表取締役)、
- ・2代目 横山 雅臣 (元鹿島建設(株)、平成12年博士(工学)取得(大阪大学))、
- ・3代目 故・林 秀侃 (元阪神高速道路公団、阪大構築69年卒、平成10年博士(工学)取得(大阪大学))、
- ・4代目 石崎 茂 ((株) 富士技建、阪大構築72年卒、平成15年博士(工学)取得(大阪大学))。

あとがき

今回、(一社) 生産技術振興協会編集の「生産と技術」の平成30年度春号に、災害科学研究所の研究会活動を紹介する機会を頂き、深甚の謝意を表します。どのように書くべきかと迷ったが、道路の要である橋梁の重要性とそれを健全に守る維持管理の重要性を、設立から現在までの活動内容を紹介することでご理解頂ければ幸いです。今後も我々の研究会を活発に進めたいと思っていますので、ご支援を賜りますようお願いいたします。

参考文献

- 1) 松井繁之：橋梁床版の新技術開発と輪荷重走行試験機の貢献、生産技術振興協会創立50周年記念出版—科学と技術の礎—、pp.77-86、1999年1月。

表-1 災害科学研究所での本研究会の主な活動

平成19年度	・研究会会則の検討と委員会名簿の作成 ・近畿建設協会からの要請で、公共設備の変状調査検討WGを結成
平成20年度	・研究会にて2件の話題提供(鋼床版補強と混和剤の性能評価)と討議 ・研究会にて2件の話題提供(維持管理の優先順位、JR鋼橋の維持管理)と大阪工業大学八幡工学実験所の実験の視察
平成21年度	・特別講演「欧州における防水システム調査報告」2つの団体との共催 ・2回の研究会にて話題提供(合成床版の疲労耐久性と性能照査型設計法)および(イェメンにおける社会基盤の維持管理) ・阪神高速道路・東大阪線の通行止めによる補修工事の見学 ・近畿管内3国道事務所管内橋梁の維持管理議事評価
平成22年度	・研究会にて2件の話題提供(スタッドを用いた合成床版、開閉トンネル床版の取換) ・研究会にて2つの鉄道橋の発表(鋼橋の塗膜防食、損傷析の耐力と維持管理) ・災害科学研究所の優秀研究所を受賞 ・講習会「橋梁を視る・診る・看る」を建設交流館にて実施(151名の参加) ・近畿管内3国道事務所管内橋梁の維持管理議事評価
平成23年度	・研究会にて講演(韓国での社会基盤整備の一端) ・講演会「最近の欧州橋梁補修と床版防水」(英国道路研究所のRジョーダン氏) ・橋梁の析洗浄実験の見学会を企画実施 ・近畿管内2国道事務所管内橋梁の維持管理議事評価
平成24年度	・研究会にて2件の話題提供(道路管理と構造物点検、鋼鉄道橋の長寿命化) ・土木学会主催「道路橋床版の維持管理・防水システム講習会」を後援 ・近畿管内の2地域の現地踏査し、損傷評価の社会貢献
平成25年度	・研究会にて2件の話題提供(橋梁洗浄による橋の延命、プレキャスト床版設置後に析をジャッキアップ・ダウンしてプレストレスを導入する連続合成析橋の構築) ・近畿管内の3地域の現地踏査と損傷度判定と対策検討
平成26年度	・第3回講習会「橋梁を視る・診る・看る」を実施、特別講演2題(メンテナンスを取巻く最近の話題、赤外線検査もグラフィーを用いた橋梁床版の非破壊評価技術) ・研究会にて3件の話題提供(コンクリート構造物の補修工法、橋梁の新しい点検調査方法、近畿建設協会との橋梁調査) ・近畿管内の3地域の現地踏査と損傷度判定と対策検討
平成27年度	・研究会にて2件の話題提供(下面増厚工法における鉄筋の重ね継手長、超高強度繊維補強コンクリートを用いたESCON床版の開発研究) ・近畿建設協会職員を対象とした橋梁の維持管理に関する講習会 ・近畿管内の3地域の現地踏査と損傷度の評価 ・2市町村での橋梁維持管理に関する研修会を実施し、技術支援
平成28年度	・新出版「道路橋床版の長寿命化技術」のテキストにした講習会(230名の参加) ・近畿管内の2地域の現地踏査し、損傷度の評価

- 2) 松井繁之編著：道路橋床版—設計・施工と維持管理、森北出版、2007年10月。
- 3) 松井繁之編著：道路橋床版の長寿命化技術、森北出版、2016年9月。
- 4) 社会基盤維持管理研究会内市町村の橋梁維持管理研究会編著、一般財団法人災害科学研究所・一般社団法人近畿建設協会監修：道路管理者のための中小規模橋梁の維持管理ハンドブック、近畿建設協会、2017年8月。