



松井 繁之 (マツイ シゲユキ)

大阪大学名誉教授・大阪工業大学客員教授 工博

プロフィール

1966年 3月 大阪大学工学部構築工学科卒業
 1971年 3月 大阪大学大学院博士課程・単位取得退学
 1971年 4月 大阪大学助手・工学部土木工学科
 1985年 4月 同上 助教授
 1991年 4月 同上 教授
 2006年 4月 大阪大学名誉教授・大阪工業大学特任教授
 2013年 4月 同上 客員教授
 現在に至る

1985年 土木学会田中賞受賞（論文部門）
 2010年 土木学会田中賞受賞（研究業績部門）
 2019年 日本橋梁建設協会・伊藤學賞受賞

道路橋RC床版の高耐久性PC床版への取替について

平成24年に発生した中央道笹子トンネル天井板崩落事故を契機にして、平成25年をインフラメンテナンス元年とし、国土交通省は維持管理手法を抜本的に見直した。またNEXCO 3社は平成26年に、損傷を受けたRC床版にこれまでどおりの補修・補強を加え続けても十分な耐久性確保が保証できないと判断し、PC床版に取り替える計画を検討し、平成27年に大規模更新・大規模修繕を10年程度で行うための合計3兆円の予算を計上した。床版に限定すると1兆8千億円の予算が当てられており、すでに実施に移って5年が経過しているが粛々と進行している。

道路橋において床版の損傷問題が顕著になったのは、昭和39年の道路橋示方書で設計した床版に始まったと言える。高強度異形鉄筋が開発され、コンクリートの品質もよくなり許容応力度を大きく取れて、曲げに着目した最適設計をして床版厚を小さくしたことが主因である。1964年の東京オリンピックと1970年の大阪万博の開催が決まり、東名・名神、首都高速ならびに阪神高速の建設が突貫工事と経済設計が至上命題となったためである。

結果として、昭和40年代の初めころから鋼橋のRC床版にひび割れ損傷が発生し、その対策等議論が活発になっていた。そして昭和47年、供用後わずか5年度でRC床版の一部コンクリートが抜け落ちる事故が発生し、土木学会関西支部や阪神高速道路公団にて検討委員会が発足し、あの抜け落ち現象は超過積載車による局所破壊であるとか、材料と施工が悪かったためとの意見が大勢を占めた。その研究会に板理論と構造解析に堪能な教授2人とまだ若造であった私の3人が、ひび割れの進展履歴を見て疲労損傷であると論陣を張ったが、それを証明する試験方法が無く、会議終了後に3人でお酒を飲んでうっ憤を晴らしていた。しかし時間が経っても橋の上を自動車が走り抜ける疲労現象を再現する夢は途絶えたことが無く、いつも試験機の構想を練っていた。昭和56年頃にある橋梁管理者から「その試験機を作ってください。その成果を持って我々が管理している橋梁床版の検証をしてくださることで十分です。」との強力な支

援者を得た。しかし、これまで経験のない20トン前後の荷重を与えながら2～3mを動移動させる試験機を製作した試験機メーカーが無く、藁をも掴む思いで紹介してもらった栗本鉄工所の機械部長に輪荷重走行試験機のアイディアを3時間かけて説明した。部長から「判りました。少し時間を下さい。」と言われ帰学した。それから約5ヶ月位経過したので、先方に電話したところ、「そろそろ組み上げようと思っています。」との驚きの言葉を頂いた。土木の世界では、発注者と受注者の間では図面と計算書をやり取りして合意の上製作されるが、機械部門ではそのような面倒なことはやらずに、発注者の希望を聞いてその意向に合ったものを試作し、仮納めして試運転をしながら発注者の考えに合うように手直しを加え、すべてに納得が得られれば、納品となるとの慣習を学んだ。学内での細かな問題点や手続きを経て、昭和58年に無事一号機の輪荷重走行試験機（ゴンゴロ号）が誕生した。この試験機による試験データが建設省土木研究所の西川橋梁室長（現、独立行政法人土木研究所・理事長）の目に届き、同研究所に床版関連で相談に訪問した民間業者の方々に、「阪大の松井の所に行き、相談しなさい。」と言われ、多数の訪問者に技術開発の支援をさせて頂いた。そして、西川室長は土木研究所でも必要と考えられ、大きな載荷能力の輪荷重走行試験機2基（ゴンゴロレッドとゴンゴロイエロー）を揃えられて、あの有名な160kNから400kNまでの階段載荷法も考案された。このような経緯から、私は今日まで床版研究一筋に過ごすことができた。すなわち、RC床版の合理的設計法、疲労耐久性、損傷を受けた床版の補修工法、さらに他の形式の高耐久性床版の開発と評価まで盛り沢山の研究を行うことができた。加えてRC床版の疲労劣化には舗装に含浸した雨水が床版上面に発生しているひび割れに浸入して固いコンクリートをジャリ化させ、疲労破壊を加速させていることが発表できて、高耐久性の床版防水層開発の起爆剤となり、多数の高機能防水材料が開発されている。

この種々の研究や開発が基礎となって、橋梁の維持管理が各道路機関で鋭意実施されてきた。しかし、冒頭で述べたように、中央道の笹子トンネル内の天井板が崩落すると言う大惨事が発生し、これまでの維持管理手法が抜本的に見直しされ、5年周期で全橋梁を近接目視で点検するよう改訂された。これに呼応してNEXCO 3社では、これまでいろいろ手を尽くして床版の延命化を計ってきたが、同様な既存工法を続けても補修・補強の効果は上がらないと判断し、損傷したRC床版を耐久性の高いPC床版に取り替えて、100年以上の耐久性を確保するとの英断が平成27年になされた。高速道路では疲労に加え、凍害（寒冷地や山岳地を通過のため）と塩害（スパイクタイヤの使用が禁止になり凍結防止剤を多量に撒くため）を併発する複合劣化に対処すると共に予防保全も考慮するためである。令和3年10月現在、上記取替工事は約1/3程度は進んでいるようであるが、交通規制を含めた安全を確保しつつ工事を進めるため、予定どおりに進まないようである。また、ある区間の工事を行っていると予定に入っていない箇所でも損傷が発見され、次期の工事計画に計上されることが少なく無いようである。順調にいても今後20年程度は必要かと思われる。

かかる床版取替工事は、幅方向では10～14m程度の最大3車線分の長さで、橋軸方向に2.5m幅のPCa板パネルで工場製作し、トレーラーで現地搬入し、大型クレーンで架設していくものとなる。このため、各PCa板パネルには橋軸方向の継手を設けなければならない。この継手についてNEXCOではループ継手と呼ばれるものを開発しているが、主桁間隔4mまでの床版厚の小さい取替床版には鉄筋加工の制約で採用できない。このため、配力鉄筋の先にナッ

ト等の形状の金物を定着具としたものをPCa板パネル外に出し、それらの鉄筋どうしを結束無しで約30cm長さをラップさせ、それらの上側下側に主鉄筋を配置したのち、この30cm間に間詰めコンクリートを打設して連続化していくのが基本形となった。橋軸方向の幅は最大2.5mに制約されるので、上記継手筋を片側約25cmずつ、両側で計50cm程度は配力鉄筋を突出させたまま、中央の約200cm部分だけコンクリート打設したプレキャスト版を作製する。現場にて鉄筋をラップさせる約30cm間が現場コンクリート打設部となる。これらの継手部の現場作業の省力化と耐久性向上、ならびに工期短縮を目指した継手部構造の開発が望まれると共に、受注競争の要となっている。

現在、5種ほどが公開されているが、その中の一つが、熊谷組が中心となって開発したコッター式継手と呼ばれる機械式継手を導入した「コッター床版工法」であり、大変合理的なものと評価を受けて東北道に多数採用されている。この継手は定着部を付けた鋳物製のC形状金具をパネル縁に直角に差し入れてコンクリートを打設し、現場でパネル設置後に2つのパネルのC形状金物のC字の開口部にH形状の金物を挿入、ボルトによってこのH形状金物をスライドさせて嵌合させる。その際、2つのパネルが引き寄せられないように2cm厚の固定金具を入れておくことが要である。全幅でこの嵌合作業が終了すると専用の目地材を充填し表面を平滑に仕上げて終了となる。この7行で記した作業を順次行うことで連続床版が形成されていくので、大型機材の使用も無く、現場作業は人数も少なく済むのが本継手の特長となっている。もう一つの特長はPCa板を運搬可能幅2.5mぎりぎりまで大きく製作でき、現場コンクリート打設が無い効率性の高いものとなっている。さらに、将来一つのパネルで損傷が発生するようになった場合には、この目地部でカッター切断し、H形状金物上部の目地材をウオータージェットで除去し、切残したH形状金物を外すと損傷したPCaパネルが抜き取ることができて、新しい同型のPCa板を嵌合して目地部を仕上げることで取替えが簡単にできることも挙げられる。

ところで、最近の公的機関による発注金額が大型化しており、従来のように橋梁1橋ずつの発注形式が少なくなり、2つのインターチェンジ間のすべての工種、例えば橋梁のリニューアル、トンネルの改修保全、舗装工事、土工の改修などを一括発注するようになっているので、規模の小さい橋梁会社では受注出来ず、大手ゼネコンが応札有利となっている。PCaPC床版を自社で製作・架設が可能となれば、大変有利に受注競争に臨むことができる。ただし、これらの技術は不断の開発努力と誠実な技術の積み上げによって培われるものである。コッター床版工法に関しては基本的な実験と解析、ならびに床版の耐久性評価法として確立された輪荷重走行試験による評価が十分行われて、確立されたものであり、令和2年度の土木学会の技術開発賞が授与された。現在、コッター床版工法は幅員方向にはプリテンション方式でプレストレスされており十分な疲労耐久性を有していると評価している。しかし、過酷な寒冷地や山間部ではこの継手が塩害による損傷を発生する確率もあると危惧する技術者も少なくはない。このような危惧を払拭するため、橋軸方向にもポストテンション方式でプレストレスするケースが存在している。余剰な追加プレストレスと言う技術者もいるが、その是非については未だ誰も検証できていない。コッター床版工法にも要求される可能性もあるので、今後とも研究開発を継続して欲しいと願っている。橋の床版の長寿命化を図ることは人と物流の要となる高速道路の安全安心を確保するための遠大なる社会貢献であり、熊谷組にはこの先陣を張る資格と技量があると確信している。