

プレキャスト PC 床版

角 昌隆*

西日本高速道路(株)は現在、高速道路 2 873 km、一般有料道路 384 km、合計 3 257 km の道路を管理している。このうち 30 年以上経過した道路の延長比率は約 20 %である。構造物の延長比率としては土工 70 %、橋梁 18 %、トンネル 12 %で、橋梁の橋種別延長比率は鋼橋 26 %、PC 橋 41 %、RC 橋 33 %となっている。

橋梁でこれまで大規模な改良等を行った事例は、名神の橋梁改築の事例があげられる。鋼橋では蟬丸橋や下植野高架橋のように剛性不足で疲労により鋼部材にクラックが入り、全面的に補強を行った事例。PC 橋では釈迦ヶ池橋、70m 支間中央にヒンジを有するタイプで、クリープにより中央のたわみが進行したため、耐震補強も考慮して支間中央に橋脚を追加し、ヒンジを無くして連続化した事例。また石山高架橋は 5 径間のゲルバー桁を有する PC 連続桁であったがゲルバー受桁部にクラックが発生したため、抜本的な対策としてゲルバー部の径間の桁を撤去し、新たに PC 単純箱桁を架設した事例などがある。

大規模な改良ではないが次にあげられる補修事例は、東名と新規五道(東北、中央、北陸、中国、九州)の鋼橋 RC 床版の損傷対策である。損傷の原因としては、荷重の増加、床版厚の不足、配筋筋不足などが主原因とされているが、建設時に乾燥収縮や温度応力等により発生した上面ひび割れに水が浸入することが床版の損傷を早める要因であるともいわれている。

私事になるが、昭和 55 年に日本道路公団の試験所コンクリート試験室に配属になり RC 床版の損傷原因究明に携わることになった。当時は原寸大の床版での移動繰り返し疲労試験を行っていた。床版の損傷メカニズムとしては、荷重により下面に格子状ひび割れが発生し、次に繰り返し荷重によりひび割れが進展するとともに、ねじりモーメントにより上面にもひび割れが発生し、上下のひび割れがつながり床版の抜け落ちが生じると考えていた。しかし疲労試験では格子状ひび割れの再現はできても、現場で見られる

損傷や部分的な抜け落ちなどは再現できなかった。そこで当時の上司の藤田主任に連れられて床版の部分打替えの現場に行き損傷床版の調査を行った。打替え部より採取したコンクリート片を観察すると、下側(引張側)鉄筋の節目ははっきりとしていたが、上側(圧縮側)鉄筋の節目はこすれたようで節目跡がはっきりしない状態であった。また床版上面のひび割れ付近に付着していた粉の成分はコンクリートであることもわかった。以前橋面の排水マスの周りが土砂化していたので、その物質の成分分析を行うと同じようにコンクリートが土砂化したものであった。私達は両方に共通なのは水であるという結論に至り、名神の部分的な線形改良で撤去した下今須橋の床版上面に水を張って疲労試験を実施した。試験中に上面ひび割れから噴水のように水が飛び出してくるのを確認するとともに、疲労試験において現場で見られるような上面ひび割れの損傷状況を再現することができた。このことにより、床版損傷の評価手法を床版下面のひび割れ密度から床版上面のひび割れ状況(直接は舗装のひび割れ)と下面の遊離石灰の有無で床版の損傷程度を判断する手法に変更した。

昭和 55 年にレオンハルト博士を海外技術導入で招聘しその時日本道路公団の技術者と RC 床版の損傷に関しても議論がなされている。博士の主な意見を記すと、ヨーロッパでは日本のような床版の損傷は見られない。RC 床版の疲労に対する抵抗は良好な鉄筋の付着力である。疲労に耐える RC 床版に必要な条件は①品質の良いコンクリート ($W/C = 45\% \sim 50\%$ 、シリンダー強度 350 kgf/cm^2 以上) ②小さい径の鉄筋 (D 19 を D 16 にする。床版厚 22 cm で D 19 は大きすぎる。鉄筋径が大きいと付着による応力が大きくなる。許容応力度は $1 800 \text{ kgf/cm}^2$ でよい。) ③充分なかぶり(下面は 30 mm) という内容である。ここで注目しなければいけないことは、荷重により鉄筋に発生する応力とコンクリートの強度や品質の関係にレオンハルト博士は強く言及されていたということである。日本では床版損傷の問題を重交通により発生する鉄筋応力に主眼がおかれ、建設では桁本数を増やすことで床版支間を短くし、床版厚も厚くさらに鉄筋の許容応力度も下げるなどの対策をとった。管理では縦桁増設と床版上面増厚が主な対策工法とされた。建設時の初期ひび割れ対策についてはいろいろな検討がなされたが、コンクリート強度(設計基準強度 240 kgf/cm^2)と鉄筋応力の関係やコンクリートの品質(とくに水セメント比)についての議論は少なかった。

次に日本道路公団で床版形式について検討が行われたのは平成になってからである。この頃はバブルで労働力不足ということで建設時における省力化の検討をしており、床



* Masataka SUMI

西日本高速道路(株) 管理事業本部
管理事業部 部長

版ではプレキャスト RC 床版（設計基準強度 300 kgf/cm²）の勉強をしていた。この時の問題点は、プレキャスト RC 床版は初期コストが高くなることと、軸方向にプレストレスを導入しなければならない点であった。軸方向にプレストレスを導入する方法だと床版の一部が損傷したときに径間全部の床版を対象とした補修が必要となるからで、上信越自動車道の栃木川橋で数枚のパネルをプレストレスすることで部分的な取替えが可能な方法も試みられたが初期投資が非常に大きくなるという結果になった。この解決策の一つとしてループ継手が提案されていた。

平成 4 年頃から第二東名神用の新しい橋梁形式の検討が始まった。第二東名神の構造物比率は今までの路線より高く、建設費の縮減が課題であった。橋梁では工事費で 15% 縮減のノルマが与えられた。また当路線は重交通なので床版の耐久性も高める必要があった。そのなかで提案された橋梁形式の一つが少数主桁 + PC 床版（設計基準強度 500 kgf/cm²）である。この形式は第二東名の東海 IC ~ 名古屋南 IC 間（5.1 km）に採用された。この区間は名港トリトンのある伊勢湾岸道路と同時開通が至上命令であり、上下部工の施工期間の短縮が求められ、床版としては支間 6 m、床版厚 27 cm で橋軸方向の継手はループ継手を有するプレキャスト PC 床版を採用した。しかし床版支間を大きくする事やループ継手に関して不安視する意見もあった。そこで、当時すでに床版の損傷メカニズムを試験室で再現できる輪荷重走行試験が開発されていたので、実物大で試験できる疲労試験機を作り疲労試験を実施した。この疲労試験結果や FEM 解析を行うことにより 6 m 支間床版の耐久性やループ継手の性能は十分であることを確認した。

また、日本道路公団としてはコンクリートの品質管理にはとくに力を入れていたが、施工時に RC 床版にひび割れが発生する事例は少なくなかった。このようなことからプレキャスト床版の採用は工期短縮が主な要因であるが、コンクリートの品質の面も考慮した結果である。

プレキャスト床版の品質管理は、工場のプラント検査、コンクリート配合試験、コンクリート打設試験、現場納入時の製品検査と厳密な管理を行った。現場ではループ継手部には膨張コンクリートとしたが、橋梁端部の現場打ち部は横締めクリープの影響を避けるため目地を設け普通コンクリートとした。コンクリート打設などは注意して施工を行ったが橋梁端部の現場打ち部の床版下面に 0.05 mm 程度のひび割れが発生した。端部にも膨張コンクリートを使用すべきであったと反省している。

さて話を管理に戻す。昨年中央道の子野川橋の床版を取替えた。子野川橋は昭和 50 年に供用され、平成 9 年に床版上面増厚が実施されたが、数年後には舗装にポットホールが発生し始め、部分的には増厚したコンクリートも剥がれ維持補修の頻度が日増しに増加していった。上面増厚して数年で損傷が出始める原因としては、上面増厚の施工に問題があったか、既設床版の劣化が進みすぎて増厚の効果が十分に発揮できなかったことなどが考えられる。取替え

時に既設床版の断面を観察すると増厚部と既設床版との境界、それと下鉄筋の上部に水平ひび割れがあった。また床版を切り出す前数日間、雨は降っていないがひび割れ部は湿潤状態であり、一部細粒化していた。他の損傷した床版でコアを採取すると子野川橋と同じような水平ひび割れが見られる事例は多い。

西日本高速で現在管理している鋼橋 RC 床版は約 230 万 m² で、このうち何らかの対策が必要なものが約 30 万 m² 程度ある。この損傷床版の対策として床版上面増厚で対応するか、床版取替えで対応するかの判断を行うには以下の事項を考慮する必要がある。まずは床版の劣化状況の把握である。劣化状況を把握する指標としては ①床版上面のひび割れ（舗装面のひび割れから推定できる）②床版下面の遊離石灰 ③床版内の水平ひび割れ（ひび割れの有無は衝撃弾性波法で測定）が考えられる。次に既設床版のコンクリートの品質、とくに西日本では昭和 40 年代の後半から海砂が使用されておるので、内部塩分量も考慮する必要がある。また上面増厚の施工方法としては、交通を確保しながらの施工が要求されるので、一車線ごとの施工となりどうしても打継目が生じる。この打ち継目部の止水が充分でないと、打継目から水が浸入し、増厚コンクリートの剥離を促進させる原因となる。このようなことを考慮すると、損傷床版対策は上面増厚より床版取替えを採用した方が LCC の観点から良いように思う。

それでは取替え床版に要求される条件はどうであろう。①短期間の交通規制で取替えが可能 ②重交通に耐える耐荷力 ③塩害に対する抵抗性 ④経済性などがあげられる。とくに供用している高速道路であるので交通規制時間が短いことは大きな要素である。子野川橋では 3 週間（土日連続施工では 2 週間）で 150 m の床版を取替えた実績はすばらしいもので、取替え床版としてプレキャスト PC 床版はもっとも有力な床版形式だと考えている。ただ子野川橋では橋軸方向の連結にプレストレス導入方式（土日交通開放が条件であった）を採用しているが、私としては前述したループ継手を検討したい。ただ今度の床版厚は 20 cm 程度となるので、軸方向鉄筋の内曲げ半径と床版厚の確認、それと施工性を良くするために鋼織維補強コンクリートを使用することにより、ループ内に配置する鉄筋をなくすることができるかの確認試験が必要だと考えている。

維持管理の時代といわれて久しい。維持管理費が制限されるなか、試行錯誤で考えられる補修・補強が行われてきた。また高速道路ネットワークが未熟なため、抜本的な対策が取れなかったこともあった。あと 15 年程度で一定の高速道路のネットワークが出来上がる。公共のインフラを長期に維持するには、抜本的な改良計画を立て計画的に遂行していくことが重要だと考えている。今まで述べてきた鋼橋 RC 床版の取替えも早急に取り組む課題だと認識しており、私なりに取替えの床版形式の提案を行ったが、読者からさらなる良い床版形式の提案がいただけたら幸いに思う。

【2006 年 9 月 15 日受付】