

PC 床版の補強について

神木 剛*

1. はじめに

道路構造物において、床版は、舗装を介して直接、輪荷重の作用を受ける環境にあってつねに過酷な条件にさらされており、また、万一、損傷が生じた場合に、通行車両などに与える影響も大きい。したがって、PC 橋の維持補修においても、床版の健全性の維持は、もっとも重要な項目の1つである。ここでは、首都高速道路における事例を中心に、PC 床版の補修・補強について述べさせていただく。

2. 床版の疲労

鉄筋コンクリート床版（以下 RC 床版）の疲労については、輪荷重試験機による実験により疲労現象の解明がなされ、繰り返し荷重の作用により生じる押抜きせん断破壊であることが判明している¹⁾。RC 床版の疲労損傷過程は、PC 床版の床版損傷を理解する際にも重要であるが、乾燥収縮や連続桁の中間支点部付近の負曲げなどの要因により床版に生じている微細なひび割れが、輪荷重の作用などにより主筋と並行方向に進展して床版の異方性が増大し、床版としての挙動が梁部材の挙動に変わり、その後、ひび割れが二方向から亀甲状に進展して、破壊に至るとされている。昭和 40 年代初頭に施工された鉄筋コンクリート床版の場合、当時の示方書では配筋筋の量が少なく、経済設計のために床版厚を薄くしているケースも多い。当時から床版の損傷が問題となりはじめたため、配筋筋量が増やされ、最小床版厚も厚くされ、さらには大型車に対する設計荷重の割増しも規定されていった。また、床版上面に生じているひび割れから水が浸入すると、疲労寿命がさらに短くなり、いわゆる骨材化などの現象が生じることも明らかにされたため、平成 14 年度の道路橋示方書では床版防水の施工も規定された。

これと比べて、1 方向もしくは 2 方向にプレストレスが作用している PC 床版の場合は、プレストレスによりひび割れの発生や進展が抑制されることから、RC 床版に比べて高い疲労耐力が期待できるとされている^{2)~4)}。PC 箱桁

の上床版などは、床版支間方向にプレストレスを導入する PC 床版とする場合が多く、主桁にプレストレスを導入する際には主桁断面の一部である上床版にもプレストレスが導入される。このように、2 方向にプレストレスが導入された床版の損傷メカニズムおよび疲労耐久性については、異方性が抑えられることから 1 方向のみプレストレスが導入された床版と比較してさらに高い疲労耐久性を有するとされている。近年、各種のプレキャスト床版や複合床版が開発、実用化されてきており、プレストレスを作用させた状況での疲労試験なども行われ、各種の基準も整備されてきているが^{5) 6)}、疲労に関して大きな問題は報告されていない⁷⁾。つまり、PC 床版は、RC 床版と比べて、疲労に対して高い耐久性を有していると考えられる。

3. PCT 桁間詰め床版の損傷

先に述べたように、PC 床版そのものは疲労耐久性が高いと考えられているが、問題も抱えてきた。それが、PCT 桁の間詰め床版部の損傷である。T 桁間に間詰めコンクリートを打ち、横締めを行って一体の床版とする場合、この T 桁の上フランジと間詰めの打継部から、遊離石灰がでることがあり、放置しておくとも損傷が進行して床版の抜け落ちにまで至ることになる（図 - 1）。また、この打継部から侵入した水分が PC 鋼棒や鋼材に作用すれば、腐食破断する可能性もある。したがって、床版間詰めからの遊離石灰には十分に注意する必要がある。昭和 43 年ごろ、首都高速道路で床版損傷が発見され、エポキシ樹脂で鋼板を接着する補強を行った経緯があるが、この床版が PC 床版であった。エポキシ樹脂を土木構造物の補修補強に使用することは当時の日本ではあまり例がなかったため、実験を行って効果などを検討し、補修補強へのエポキシ樹脂の適用に関する特許も取得している。

この損傷の進行は輪荷重試験などでの解明はなされていないが、経年により進行することから、通行する車両荷重



* Takeshi KAMIKI

首都高速道路公団 保全施設部
保全技術課

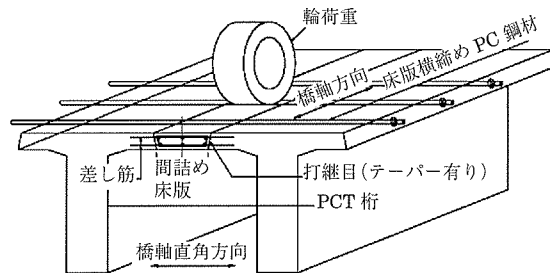


図 - 1 PC 床版の間詰めの概念

の影響が大きい、広義の疲労損傷の一種であると考えられる。輪荷重の繰り返し作用によりひび割れが発達し、浸透してきた水分の影響もあって、抜け落ちにつながると考えられる。この抜け落ちについて、考慮すべきことは3点挙げられる。1つは当時の設計法、もう1つはテーバー形状などの詳細構造、そして最後にプレストレスの量である。最初に挙げた「設計法」というのは、当時はPC床版の設計が示方書などに定められていなかったことをさす。昭和36年に制定された鋼道路橋示方書には鉄筋コンクリート床版の設計手法が示されているが、PC床版の設計法が示されたのは昭和43年のプレレストコンクリート道路橋示方書からである。鋼道路橋示方書に示されていた床版の曲げモーメント算出式は、コンクリート橋のように、床版端部の固定度が鋼橋と比較して大きい場合には、そのまま使用できないとの考えもあり、昭和43年に規定されるまでは「Pigeaud方法」や「Y. Guyonの方法」等が用いられていた⁸⁾。「Pigeaudの方法」とは床版の縦横比ごとの中央に等分布荷重を受けた場合の曲げモーメントの数値表により、床版支間方向と直角方向の曲げモーメントを計算するものである。また、「Y. Guyonの方法」とは、床版内にアーチ作用が起こったときの荷重の軸力を計算し、プレストレス力を算出する方法で、曲げモーメントによる照査は行わない。一般的には、Pigeaudの方法よりも経済的とされている。ただし、昭和34年の実験結果では、Guyonの方法で算定されたひびわれ（目地切れ）荷重は、弾性理論許容荷重に比べ精度が高かったとの報告がなされており⁹⁾、これらの設計手法に大きな問題があったというわけではない。このあと、昭和46年3月の建設省通達「鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計について」により、床版の設計荷重に、大型車の交通量に応じて大型車に対する割り増しが規定され、 $T = 8.0$ tfが $T = 9.6$ tfに変更された。つまり、床版の設計手法および設計荷重が昭和43～46年に変わっていることを意味し、この年代を境に、建設されたPC床版の安全率が変化している可能性が高く、当時の設計方法の確認は補修補強の必要性の検討の際には重要な意味をもつ。

二番目の「詳細構造」というのは、当時の配筋や床版厚、形状をさす。PCケーブル、鋼材をのぞいては配筋が少ないか、あるいはまったくない場合が多い。これは、1方向にプレストレスされている場合、もう一方方向は通常のRC版として設計されるが、前述のように当時の設計基準では、通常のRC床版の鉄筋量は、現在の基準に比べかなり少ない規定になっているためである。また、昭和40年ごろは、T桁の上フランジ端部形状をテーバー状にするとの規定は一般的ではなかったとされる。たとえば、ポストテンション方式T桁にテーバーが付けられるようになったのは、昭和44年に制定された建設省標準設計の図面からであり、プレテンション方式T桁の場合は、昭和46年ごろから、JIS桁の改訂でテーバーのあるものが標準になった。それまでの桁は、上フランジ端部の打継目、まっすぐ切り落とした形状になっている場合がほとんどであり、この構造では、間詰めコンクリートとフランジの間の接着が切れた場合、床版の抜け落ちに対する抵抗は摩擦のみに頼ることになる

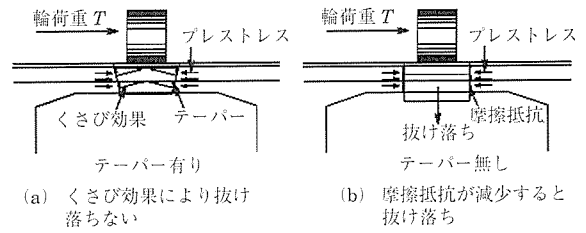


図-2 テーバーの有無による影響

(図-2)。

最後が「プレストレス量の低下」である。昭和40～50年代の基準をみると、たとえば横締めPC鋼棒とシース管の間隙は数mmとかなり狭く、グラウト注入などが不完全な場合のあることが予想され、腐食により破断するなどした場合、設計で想定した以上のプレストレスの低下が生じている可能性もある。これらPC鋼棒、鋼材の健全性の低下がどれほどのものなのか、一般的なデータがないために定量的な判定はできないが、点検の際には留意しておくべき事項といえる。さらに、文献10)においても、静的載荷試験の結果などにに基づき、間詰め部を有する床版の破壊耐力の低下にはプレストレス量の減少の影響が大きいことが示されている。

4. 床版間詰め部の補強検討

PC床版間詰め部の損傷の進展は曲げひび割れから押抜きせん断へと進展する広義の床版疲労損傷の一種と考えられるため¹⁰⁾、その補強に際しては、まず床版の疲労寿命の延伸が重要となる。具体的には、鋼板接着などによる床版の応力の低減、防水工の施工による床版内への水の浸入防止などである。

首都高速道路公園では、これらの対策に加えて、万一、床版の抜け落ちが発生した場合に備えて、照査により所定の安全性が確保できない箇所に対しては、鋼板にリブを付けて剛性を高め、アンカーによる固定も行って、仮に抜け落ちが生じた場合でも下から支持する構造の、リブ付き鋼板接着工法も施工している。(図-3)

抜け落ちの照査においては、床版の健全性の低下を考慮

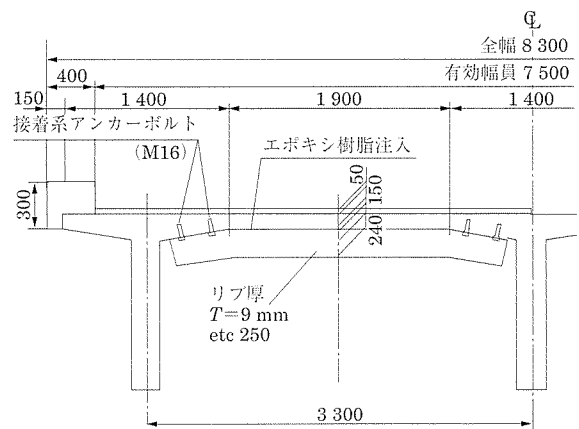


図-3 リブ付き鋼板接着の設計例

して設計時のプレストレスを低減し、疲労により T 桁や鉄筋との付着が失われた状態、つまり低下したプレストレスに起因する摩擦力のみを考慮して、T 荷重 100 kN (一輪) が作用したときの落下の有無を検討している。テーパがある桁は、その形状からして比較的、安全性が高く、新しい基準で設計されている可能性も高いことから、抜け落ちは生じないとしている。

6. 終わりに

筆者の経験が限られているため、本稿では、首都高速道路の事例を主に述べさせていただいたが、PC 床版の維持補修に際し、なんらかの参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 前田, 松井: 鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐荷力の評価式, 土木学会論文集 No. 348/V-I, p. 133 ~ 141 (1984, 8)
- 2) 松井: 床版の技術開発, 橋梁と基礎, p. 84 ~ 94, (1997, 8)
- 3) 西川, 内田: PC 合成床版 (PC 合成げた橋) の耐久性に関する実験的研究, 第 22 回日本道路会議論文集 pp. 842 ~ 843
- 4) 松井, 東山: 外ケーブル方式によるコンクリート床版へのプレストレス導入に関する研究, PC 技術協会第 6 回シンポジウム論文集 p. 159 ~ 162 (1996)
- 5) 寺田, 本間, 河西, 松井: 長支間場所打ち PC 床版の設計施工マニュアル (上), 橋梁と基礎, Vol. 36, No.11, pp. 21 ~ 28, (2002.11)
- 6) 寺田, 本間, 河西, 松井: 長支間場所打ち PC 床版の設計施工マニュアル (下), 橋梁と基礎, Vol. 36, No.12, pp. 29 ~ 38, (2002.12)
- 7) 碓山ほか: 鋼道路橋コンクリート系床版の構造と設計の現状と課題, 第 3 回道路橋床版シンポジウム講演論文集, p. 33 ~ 40 (2003)
- 8) 玉置: 首都高速道路 432 工区 (その 2) 工事の計画と施工について, プレストレストコンクリート Vol. 5, No.3, p. 34 ~ 42 (1962, 7)
- 9) 猪股俊司: PC 桁橋の床版試験について, 第 5 回日本道路会議論文集, 第 3 部会 p. 680 ~ 681, (1959)
- 10) 高木ほか: プレストレストコンクリート T 桁橋の抜け落ち損傷と横締めプレストレスの関係, 第 25 回日本道路会議論文集, 10009 [2005 年 2 月 14 日受付]



刊行物案内

プレレストレストコンクリート技士試験 講習会資料

平成 16 年度 PC 技士試験講習会

資料のほか、過去 3 年間の試験問題、正解及び解説が掲載されています。

(平成 16 年 6 月)

頒布価格 : 3 500 円 (送料を含む)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会