

道路橋床版の最小版厚について

ショーボンド建設(株) 正員 横山 広
大阪工業大学 正員 堀川都志雄
大阪大学 フェロー 松井 繁之

1. はじめに

道路橋鉄筋コンクリート床版(以下、RC 床版という)の初期ひび割れを引き起こす原因として、自動車荷重の増大、材料強度の不足、施工不良、床版厚や鉄筋量の不足、鋼桁拘束によるコンクリートの乾燥収縮、等が挙げられる。これらのひび割れを引き金に RC 床版のひび割れ損傷が発生し、輪荷重の走行繰返し作用によってひび割れが増加・進展する疲労現象であると指摘されている。走行実験の観察によれば、ひび割れ損傷の初期時での劣化過程は、a)輪荷重の曲げモーメントによって橋軸直角方向に初期ひび割れ(残留ひび割れ幅:0.05mm ~ 0.1mm)が発生する。b)輪荷重の走行作用により橋軸方向のひび割れが生じ、a)の過程と相まって格子状のひび割れ網を形成する。ひび割れ面同士が互いに接触し合って、ひび割れ面のすり減りや角欠け現象を招く(残留ひび割れ幅:0.2mm 程度)。c)振りモーメントによる上面ひび割れが起こり、繰返し作用を受けて次第にひび割れ幅が拡大する(残留ひび割れ幅:約 0.1mm 位)。このような段階を経て RC 床版は徐々に崩壊に至る。したがって、輪荷重を直接担う床版は常に自動車の走行による疲労作用の影響下にさらされていることを考慮すれば、床版に発生する初期ひび割れをいかに防止するかが、床版の耐久性向上への第一歩となる。

本研究では、床版の初期ひび割れの発生が、輪荷重による床版下面の曲げ引張応力 σ_{bt} と構成材料の曲げ引張強度 f_{bk} との大小関係から決まると仮定し、厚板理論による力学的見地から考察を加える。現行道路橋示方書に規定されている最小版厚と支間長に言及し、安全かどうかを検討する。次に、少数主桁橋床版に用いられる PC 床版を例に、長支間用床版の曲げ引張応力と橋軸直角方向に導入されるプレストレスによる圧縮応力の関係を求める。

2. 最小床版厚と支間長

現行道路橋示方書での版厚は単純版で $4L+11$ 、連続版で $3L+11$ と規定されており、さらに交通量を勘案した係数 k_1 と付加曲げモーメントによる係数 k_2 を乗じている¹⁾。ここでは初期ひび割れを起こす曲げ引張応力に着目しているの、床版の最小版厚は床版の全厚と同じである。一般に、RC 床版の上面にはアスファルト舗装が敷設されており、舗装を介して床版に伝達される輪荷重の分散効果は、床版内の応力算定に大きく影響する。つまり曲げ引張応力の計算モデルは、舗装と床版からなる 2 層板の厳密な解析によらねばならない(図-1)。

また、引張応力が主として輪荷重の大きさ(衝撃係数 i を含む)や載荷位置に支配されることはもちろんであるが、舗装や床版自身の自重にも影響される。ここでは、輪荷重値として $P(1+i)$ を採用し、荷重位置は図-2 の 4 つの状態を考える。すなわち、床版に作用する外荷重はそれぞれの自重と一番不利な荷重位置による輪荷重との和で与えられる。なお、床版のコンクリートの設計基準強度 f_{ck} を 29N/mm^2 とすれば、床版の曲げ引張強度 f_{bk} は 4.0N/mm^2 、弾性係数は 25.2kN/mm^2 と算出される。またアスファルト(舗装厚 7.5cm)の弾性係数(夏期時)を 1.9kN/mm^2 としている。図-3 は単純版における支間長と床版厚で生ずる床版下面での曲げ引張応力と曲げ引張強度との関係を表している。

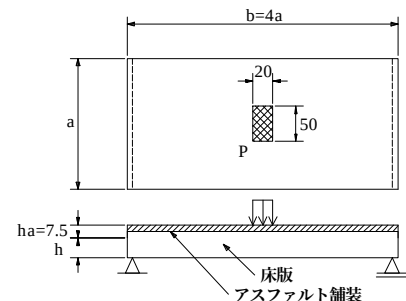


図-1 計算モデル

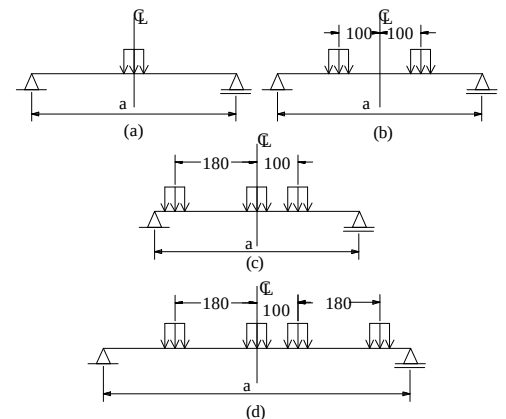


図-2 輪荷重位置

キーワード：道路橋床版、最小版厚、曲げ引張応力、ひび割れ、厚板理論

連絡先 〒 305-0003 茨城県つくば市桜 1-17 補修工学研究所 TEL0298-57-8101 FAX0298-57-8120

外荷重による曲げ引張応力が曲げ引張強度 f_{bk} を下回る場合には $\times$ 印を、 f_{bk} の値以上であれば $\circ$ 印を付けている。現行道示の $1.25(4L+11)$ の規定は作用する引張応力よりも安全側に位置する。同様に、図-4 には連続版での結果を掲げている。係数 k_1 を乗じた値は十分安全な領域にあることが判る。

3. 長支間用の床版厚とプレストレスの大きさ

一般に、長支間床版には疲労作用に対しても強いと言われている PC 床版や鋼・コンクリート合成床版が検討されているが、床版の版厚と支間長との関係は未だ確立されておらず、道示のコンクリート橋編の規定に準拠している。しかし、この規定を支間長 6m 以上の場合に適用すれば、最小版厚は大きな値になることが予測される。今日では性能照査型設計が注目されており、版厚に関しても見直すことが必要であると考えられる。版厚を薄く出来れば床版の自重も軽くなり、主桁や下部工への負担も軽減されるので、これらの部材に対しても性能型設計が可能になると推測される。本節では前節と同様の外荷重、舗装と床版の自重および輪荷重(衝撃を含む)を受ける PC 床版(設計基準強度: 49N/mm^2) の例を示す。図-5 は単純版(支間長: 5m)における版厚と床版下面での曲げ引張応力($\times$ 印)の関係を表している。版厚が薄くなる程、引張応力が大きくなっている。曲げ引張応力と同値の有効プレストレスを導入すれば、床版はフルプレストレス状態になる。この状態での上面の圧縮応力($\circ$ 印)は版厚 23cm で約 16N/mm^2 に、また版厚 28cm で 12N/mm^2 と得られる。床版をフルプレストレスで設計するには、導入すべき有効プレストレスの圧縮応力は床版中央部で 5.7N/mm^2 以上が必要となる。支間長が 7m での試算結果を図-6 に示す。例えば版厚が 28cm の床版をフルプレストレス状態にする時の最大圧縮応力は 18N/mm^2 となり、設計基準強度 f_{ck} の $1/3$ を超過する。また 35cm 版厚では有効プレストレスが 6.2N/mm^2 以上でフルプレストレス状態になり、この値以下ではパーシャルプレストレスの設計が必要になることが判る。

4. まとめ

- 1) アスファルト舗装による輪荷重の荷重分散を考慮できる手法を適用することによって、現行道路橋示方書の最小版厚に関する規定が、床版下面での曲げ引張応力に起因するひび割れの発生を防止できる内容であることが判った。
- 2) 長支間用の PC 床版を対象として、フルプレストレス状態を保持するための有効プレストレスと版厚との関係を求めた。PC 床版の性能照査型設計を行う際には、版厚と曲げ引張応力が床版の耐久性を検討する上で重要なファクターであると言える。

参考文献

- 1) 河西龍彦、小林朗：RC 床版の設計法の変遷と今後の課題，第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集，pp. 1～4，1999.11.

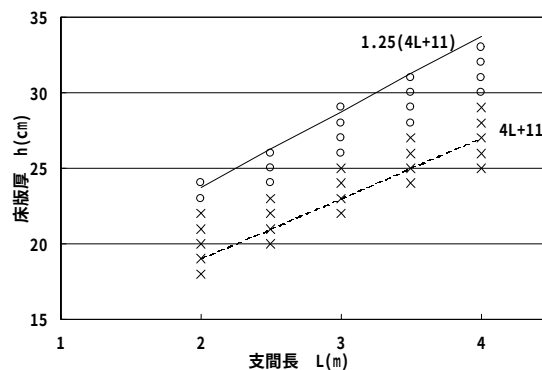


図-3 支間長と床版厚 (単純版)

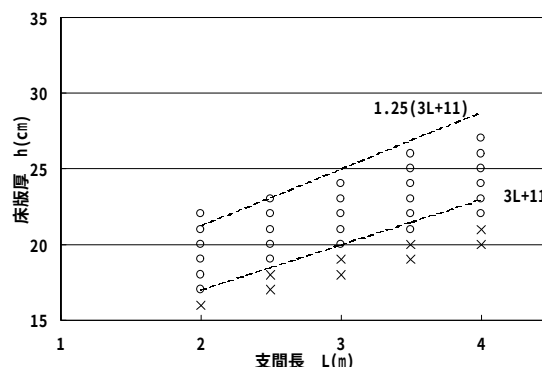


図-4 支間長と床版厚 (連続版)

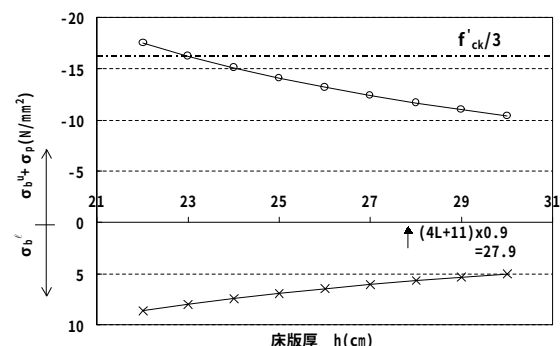


図-5 上・下面応力と床版厚 (L=5m)

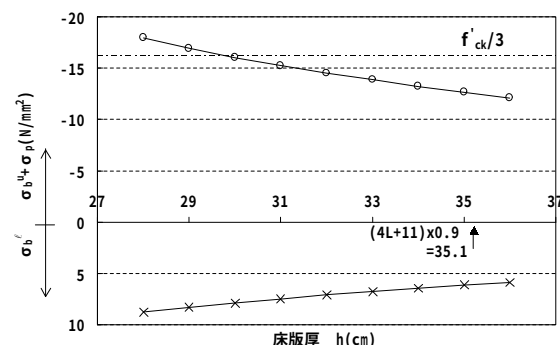


図-6 上・下面応力と床版厚 (L=7m)