

プレストレスを導入した長支間床版の設計曲げモーメント式に関する研究

株式会社 春本鐵工所 正員 ○江頭慶三
大阪大学工学部 正員 松井繁之

1. はじめに

近年、鋼橋の合理化の1つとして、少数主桁の研究が進められている。この形式では、直接交通荷重を支持する鉄筋コンクリート床版(以下、RC床版とする)の支間が大きくなり、道路橋示方書¹⁾(以下、道示とする)で規定されている範囲を超えることが予想される。このような長支間床版は耐久性と経済性を考慮して、プレストレスを導入することが考えられ(プレストレストコンクリート床版 以下、PC床版とする)、その導入方向としてはいくつか考えられる。本研究では橋軸および橋軸直角の2方向に導入した場合と橋軸直角方向のみの2ケースについて、活荷重による設計曲げモーメント式を提案することを目的として解析を行った。

2. 床版の挙動について

道示ではRC床版を等方性版として解析しているが、乾燥収縮や移動輪荷重の繰返しにより、床版下面には橋軸方向と橋軸直角方向のひび割れが発生し、主鉄筋断面と配力筋断面の剛性の差から、直交異方性版の挙動を示すことが知られている²⁾。筆者らもRC床版についてこれまでに、直交異方性を考慮した長支間床版の曲げモーメント式の提案を行ってきた³⁾。また、2方向PC床版は、ひび割れが生じないので等方性版として取り扱うことができるが、1方向では、やはり直交異方性版として挙動すると考えるべきであろう。

3. 解析方針

解析方法は、相対する2辺で単純支持された等方性(直交異方性)無限単純版として有限要素法を用いて行い、床版支間の方向は車両進行方向に直角の場合とした。また、荷重は自動車後輪10tを、200×500mmの長方形等分布荷重とし、床版全厚の1/2の面まで45°の角度で拡大分布すると仮定した。舗装厚はこの分布には寄与しないものとした。さらに、前輪を現行の自動車諸元の中で最も軸距の短いダンプトラックを想定して、図-1に示すように载荷した。そして、このT荷重を道示の規定に従い、橋軸方向には1組、橋軸直角方向には制限なく、支間中央付近に最大曲げモーメントが生ずる位置に载荷した。床版厚は道示の規定の $t=0.9(3L+11)$ [L:床版支間]の値を最低厚とし、解析値による応力照査を行った(床版の設計基準強度 $\sigma_{ck}=500\text{kgf/cm}^2$)。また、今回は基礎的なデータを得る意味から、単純版に限って解析を行った。

4. 結果と考察

4.1. 2方向PC床版の設計曲げモーメント式

前述したように、2方向PC床版はひび割れが発生しないので、版剛性はコンクリートの厚さだけで算出し、解析を行った。等方性版であることから、道示式によく一致している。さらに床版の施工誤差や解析上の仮定と実際の差を余裕量としてこれに加えるべきであるが、道示が10~20%考慮しているのに対し、床版支間が2mの時20%とし、12mで0%になるように1次式ですりつけて加えた。これは、床版支間が2mの時はT荷重が1台なのに対し、12mでは5台载荷しているので、このような载荷ケースは頻繁には起こらないと考えられるからである。その結果を図-2に示す。

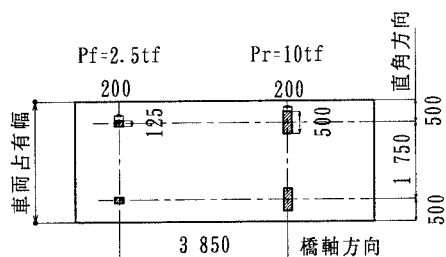
以上より、活荷重による設計曲げモーメント式は、

主鉄筋方向曲げモーメント $M_y=(0.11L+0.17)P$ (tf・m/m)

配力筋方向曲げモーメント $M_x=(0.09L+0.14)P$ (") ここに、P:後輪荷重(=10.0tf)

また床版の応力は道示の規定厚で、満足することを確認した。

図-1. 前輪を考慮したT荷重(1組)



4.2. 1方向PC床版の設計曲げモーメント式

橋軸直角方向のみにプレストレスを導入した場合、主鉄筋断面はコンクリート全断面が有効になる。これに対し、配力筋断面はRC構造のままであるから、圧縮側コンクリートと鉄筋のみで抵抗する。版剛性の初期値は、道示の規定で設計される鉄筋量により決定した。この時の版剛性比すなわち直交異方性度 ($\alpha = I_x/I_y$ I_x :配力筋断面の版剛性、 I_y :主鉄筋断面の版剛性)は0.23~0.32の範囲にある。次にこの版剛性を用いて有限要素解析により、曲げモーメントを算出し応力照査を行った。この繰り返しによって、版剛性と曲げモーメントの値の収束を図った。その結果ほぼ $\alpha=0.25$ となり、主鉄筋方向曲げモーメントは、道示式と比べて大きく上回り、逆に配力筋曲げモーメントは下回っている。結果を図-3に示す。

以上より、2方向PC床版と同じように余裕量を加えて、活荷重による設計曲げモーメント式は、

主鉄筋方向曲げモーメント $M_y = (0.16L + 0.22)P$ (tf・m/m)

配力筋方向曲げモーメント $M_x = (0.06L + 0.08)P$ (")

また床版の応力は道示の規定厚で、満足する。

4.3. 設計時の注意事項

(1) 1方向PC床版の設計は、直交異方性度 $\alpha=0.25$ を条件としているので、曲げモーメントに対する応力照査と共に、設計断面が α を満足している必要がある。なお、このような極端な直交異方性度は、多くの損傷例がある昭和39年制定の旧道示の床版のものよりもさらに大きい。したがって、できるだけ配力筋断面の版剛性を高めてやるのが重要であろう。例えば、ループ継手を用いるプレキャスト版等では、配力筋を最も外側に配置しても継手部分が主鉄筋により結束されているから、万が一不慮の事態が生じても配力筋が落下するようなことは無いと考えられる。このような配置で、 $\alpha=0.4$ 程度になる。直交異方性度の変化に伴って、図-4のように曲げモーメントは変化する。

(2) 2方向PC床版と1方向PC床版の、単純版の曲げモーメント式の提案ができた。しかし床版の設計は、単に曲げ応力度の照査だけでは不十分である。前述の旧道示に従ったRC床版を有する鋼桁の多くから、床版の剛性不足に起因する疲労亀裂が発見されている。このような事例から、現在道示では床版厚を更に厚くするための割増係数が与えられているが、4m以上の床版支間に対しても、この検討が必要になる。特に、PC床版は版厚を薄く設計できるので、この特性を生かしつつ、同様の問題が発生しないように、床版支間と鋼桁の疲労の相互関係を見出す等の検討を行い、必要厚を決定するのが良いと考えられる。

[参考文献] 1) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編、平成6年2月、2) 阪神高速道路公団・阪神高速道路管理技術センター:道路橋RC床版のひびわれ損傷と耐久性、平成3年12月、3) 松井、江頭、山本 :長支間床版の設計曲げモーメント式に関する研究、土木学会関西支部年次学術講演会概要集、平成7年5月

