

大阪大学工学部 正員 松井繁之 株式会社 春本鐵工所 正員○江頭慶三
大阪大学工学部 学生員 山本 将

1. はじめに

近年、鋼橋の合理化の1つとして、少数主桁を採用する気運が高まっている。この形式の採用にあたっては、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4mを超えることが予想される。したがって本研究では、このような現状をふまえ、長支間床版の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. 解析の対象とする床版について

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⁾。また、床版支間の増大に伴って、プレストレスを導入することが考えられる（プレストレストコンクリート床版 以下、PC床版とする）。PC床版はプレストレスの方向によっては、それぞれ異なった挙動を示すことが予想されるが、今回は2方向フルプレストレスの構造とした。この場合、2方向ともひび割れが発生しないので、等方性版として取り扱うことができる。

以上のことから、解析はRC床版を対象とした直交異方性版と、2方向PC床版を対象とした等方性版の2種類について行った。

3. 解析方針

解析方法は道示に準拠し、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った。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、道示では前輪の影響を無視しているが、床版支間が増大すると無視できなくなるので、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に示すように前輪を考慮した。そして、このようなT荷重を道示の規定に従い、橋軸方向には1組、橋軸直角方向には組数に制限なく、最大曲げモーメントが生ずる位置に載荷した。床版厚は道示の連続版($t=3L+11$

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い、鉄筋間隔が100mm以下になる場合は増厚した。また、今回は基礎的なデータを得る意味から、単純版に限り解析を行った。

4. 結果と考察

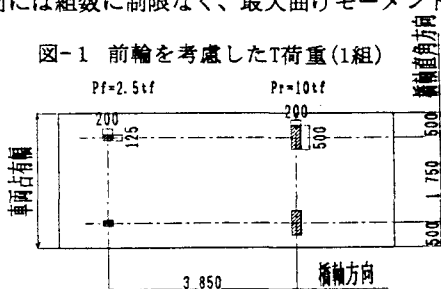
4.1. RC床版の設計曲げモーメント式

直交異方性版の解析を行う場合の版剛性の初期値は、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0.6~0.5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 $\alpha=0.45$ となり、主鉄筋方向曲げモーメントは、道示式を大きく上回る結果となっている。逆に配力筋曲げモーメントは余裕がある。結果を図-2,3に示す。

以上より、活荷重による設計曲げモーメント式は

$$\text{主鉄筋方向曲げモーメント } M_y = (0.12L + 0.14)P \quad (\text{tfm/m})$$

$$\text{配力筋方向曲げモーメント } M_x = (0.08L + 0.06)P \quad (\quad) \quad \text{ここに、P:後輪荷重}(=10.0\text{tf})$$



また床版厚は、 $t=3L+13$ (cm) $<0 \leq L \leq 5>$ 、 $t=6L-2$ (cm) $<5 < L \leq 6>$ で与えられる。

4.2. 2方向PC床版の設計曲げモーメント式

前述したように、この構造は床版に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。床版支間はRC床版よりさらに延長し、12mまで行った。等方性版であることから、道示式によく一致している。その結果を図-4に示す。

以上より、活荷重による設計曲げモーメント式は

$$\text{主鉄筋方向曲げモーメント } M_y = (0.12L + 0.07)P \text{ (tfm/m)}$$

$$\text{配力筋方向曲げモーメント } M_x = (0.10L + 0.04)P \text{ (tfm/m)}$$

また床版厚は道示の規定で、 $t=0.9(3L+11)$ で与えられているが、今回の解析でもこの値を用い、応力が満足することを確認した。

4.3. 設計時の注意事項

(1) RC床版の設計は、直交異方性度 $\alpha=0.45$ 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、設計断面がこれを満足しているかどうかの照査を行う必要がある。

(2) 道示では、床版の施工誤差や解析上の仮定と実際の差を考慮し、余裕量として解析値の10～20%を設計曲げモーメント式の中に見込んでいるが、上式にはそれが考慮されていない。したがって、設計時にはこの余裕を加える必要がある。床版支間12mの解析にはT荷重が5台載荷されているが、このようなケースは希であると考えられるので、余裕をみることは不経済であると思われる。逆に床版支間2mの時は1台であるから20%の余裕とし、12mで0%になるように1次式で余裕量をすりつけるのが、適当かと思われる。

(3) RC床版と2方向PC床版の、それぞれの構造特性の差を考慮した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、単に曲げ応力の照査だけでは不十分である。昭和39年に制定された道示によって設計された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の床版支間を超えるものに対しても、この検討が必要になる。特に、PC床版は薄く設計できるが、この特性を生かしながら、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。

図-2 収束後のRC床版の直交異方性度 α

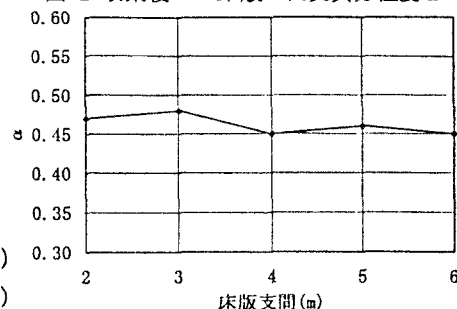


図-3 RC床版の活荷重曲げモーメントの比較

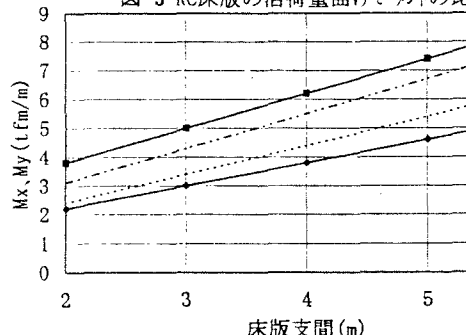
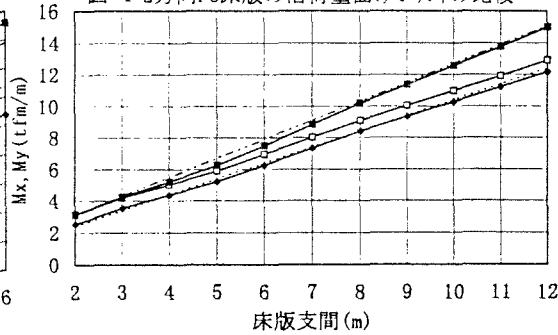


図-4 2方向PC床版の活荷重曲げモーメントの比較



—●— Mya: $\alpha=0.45$ としてFEM解析した主鉄筋方向曲げモーメント
 —■— Mxa: $\alpha=0.45$ としてFEM解析した配力筋方向曲げモーメント
 - - - Mys: 道示式による主鉄筋方向曲げモーメント
 Mxs: 道示式による配力筋方向曲げモーメント

—●— Mya2: FEM解析による主鉄筋方向曲げモーメント (前輪考慮)
 —■— Mya1: FEM解析による主鉄筋方向曲げモーメント (前輪考慮せず)
 —▲— Mxa: FEM解析による配力筋方向曲げモーメント
 - - - Mys: 道示式による主鉄筋方向曲げモーメント
 Mxs: 道示式による配力筋方向曲げモーメント

[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