

I - A181

主桁たわみを考慮した長支間PC床版の断面力に関する解析検討

NKK 正会員 長山 秀昭 正会員 新谷 卓也

NKK 正会員 川畑 篤敬 正会員 柳原 則行

1. はじめに

少数主桁橋では、主桁本数の減少に伴って支間が大きくなるため床版厚は厚くなり、多主桁橋の場合より床版自体の剛性は増加する。一方、床版剛性に比して剛性のあまり大きくない鋼桁で支持すると、鋼桁部分だけ見れば耐荷力等への影響は少ないが、鋼桁たわみによって床版に付加される曲げ応力の影響は無視できないことが推測される。そこで、主桁たわみが床版断面力に与える影響についてFEM解析により検討を行った。本報告はその結果の一部について述べるものである。

2. 検討条件

図1に対象橋梁の検討断面を示す。橋長50mの2主1桁橋(単純合成桁)で主桁間隔10m、張出し長さ3.755m、桁高3m、PC床版の床版厚は35cmとした。輪荷重は図2のT荷重を床版厚の1/2まで45°で拡大分布する長方形等分布荷重とした。図3に輪荷重の載荷状態を示す。T荷重を橋軸方向に1組、橋軸直角方向に4台載荷することとし、橋軸方向には後輪位置を橋長1/2の位置に配置した。解析モデルは3次元有限要素モデルとし、主桁と床版はシェル要素に、横桁はビーム要素でモデル化し、床版と主桁は合成桁を想定して剛結合した。解析は、汎用解析ソフト(NASTRAN)を用いて行った。

主桁剛性は、道路橋示方書のプレートガーダーに対するたわみ制限〔 $L > 40\text{m}$ で $\delta/L = 1/500$ (δ :主桁たわみ、 L :主桁支間長)〕を考慮して、図3の載荷荷重による解析で得た主桁曲率 δ/L が1/1000、1/500、1/300となるように主桁断面を求めて設定した。なお、主桁たわみを無視した場合については、2辺単純支持版の平面FEM解析を行った。

床版剛性については、版剛度比 $\alpha = D_x/D_y$ (D_x :橋軸方向曲げ剛性、 D_y :橋軸直角方向曲げ剛性)が1.0、0.5、0.25の3種類とした。

3. 解析結果と考察

(1) 等方性版の場合

図4は床版を等方性版として、支間曲げモーメント(M_x :橋軸方向曲げモーメント、 M_y :橋軸直角方向曲げモーメント)と主桁曲率との関係を示したものである。橋軸直角 M_y はほぼ一定であるが、橋軸 M_x は主桁たわみに比例して増加する。例えば、 $\delta/L = 1/500$ では、橋軸 M_x は主桁たわみを無視した場合の1.8倍程度、また橋軸直角 M_y の1.5倍程度と橋軸方向の曲げモーメントが支配的となり、主桁たわみによって橋軸方向の断面力で断面決定する必要も考えられる。

合成桁の場合、床版には橋軸方向に曲げモーメントに加えて軸力が発生する。本解析では主桁曲率 $\delta/L = 1/1000$ 、 $1/500$ において、軸力分布に大きな相違はなく、橋軸方向には主桁直上で単位幅あたり35tf前後、

キーワード 長支間PC床版/主桁たわみ/2主1桁橋/FEM解析/主桁曲率

連絡先 〒210 川崎市川崎区南渡田町1-1 TEL:044-322-6592 FAX:044-322-6519

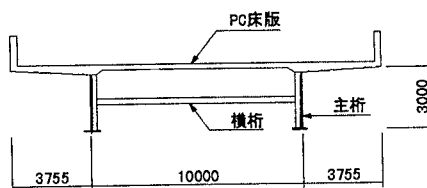


図1 検討断面

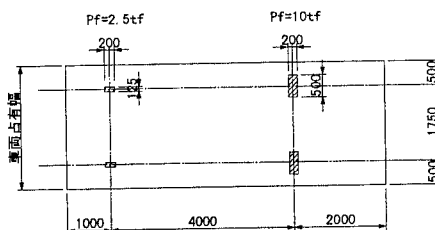


図2 T荷重

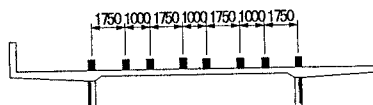


図3 輪荷重の載荷状態

床版中央で 30tf 程度の圧縮力が生じる結果が得られた。なお、この結果は後述の異方性版においても同様であった。

床版応力への影響を把握するために、図5の床版断面で橋軸方向の床版応力を計算した結果を表1に示す。表1より、床版応力は主桁がたわむと著しく大きくなるが、例えば、主桁曲率 $\delta/L=1/1000$ と主桁たわみを無視した場合の鉄筋引張り応力はほぼ同等であり、主桁たわみ制限を設けかつ軸力を考慮することで付加曲げによる応力増加を抑制できることが分かる。

（2）異方性版の場合

主桁たわみと直交異方性を考慮した場合の曲げモーメント分配作用を把握するために、表2に主桁曲率 $\delta/L=0$ と $1/1000$ における曲げモーメントを比較して示す。図6は同じ解析結果を版剛度比 α と M_x/M_y の関係で示したものである。表2、図6より、直交異方性の影響で橋軸 M_x はかなり小さくなることが分かる。 $\delta/L=1/1000$ で1方向PC床版（文献1）より $\alpha=0.25$ の場合、橋軸直角 M_y は等方性版による曲げモーメントの1.3倍程度となるが、橋軸 M_x は橋軸直角 M_y の1/2程度の曲げモーメントに低減される。合成桁では橋軸方向圧縮力が生じ、橋軸方向の床版応力はさらに低減されるので橋軸直角方向にプレストレスを導入し、橋軸方向をRC構造とする1方向PC床版でも設計可能と考えられる。

4. まとめ

PC床版2主I桁橋（単純合成桁）で床版支間10mを想定し、主桁曲率 δ/L をパラメータとしたFEM解析により、主桁たわみが床版断面力、床版応力に与える影響を検討した。数値解析による限定された検討ではあるが、以下のことが明らかとなった。

①等方性版では、主桁たわみによって橋軸方向に大きな付加曲げモーメントが発生する。床版応力と主桁曲率の関係より、付加曲げによる影響を小さくするためには、主桁曲率 δ/L を目安として $1/1000$ 程度以下とする必要がある。

②異方性版では、主桁たわみを考慮した場合でも直交異方性によって橋軸方向曲げモーメントを橋軸直角方向より小さくできる。合成桁では橋軸方向圧縮力も加わるので、橋軸直角方向に主部材を配置する1方向PC床版でも対応が可能となる。

<参考文献> 1) 江頭、松井：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、土木学会第50回年次学術講演会、I-173、平成7年9月

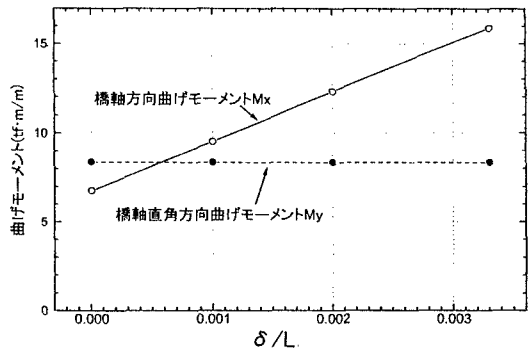
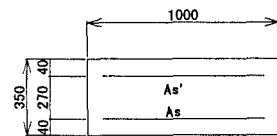


図4 支間曲げモーメントと主桁曲率との関係



$$A_s = A_{s'} = D25 \times 150 = 33.78 \text{ cm}^2$$

図5 床版断面

表1 橋軸方向の応力照査(衝撃含む)

δ/L	0	1/1000	1/500	備考
$M_x(\text{tf} \cdot \text{m}/\text{m})$	9.04	12.72	16.40	
$N(\text{tf}/\text{m})$	0	30	30	
応力 $\sigma_c(\text{kgf}/\text{cm}^2)$	37	58(53)	73(68)	$\sigma_{ca} = 165(\text{kgf}/\text{cm}^2)$
応力 $\sigma_s(\text{kgf}/\text{cm}^2)$	985	989(1387)	1386(1788)	$\sigma_{sa} = 1400(\text{kgf}/\text{cm}^2)$

注1)カッコ内数値は、軸力 $N=0$ と仮定した場合の応力度を示す

注2) M_x は、解析値に衝撃 ($i=0.333$) を加えた値

表2 主桁曲率 $\delta/L=0, 1/1000$ における曲げモーメント比較

	主桁曲率 $\delta/L=1/1000$			主桁曲率 $\delta/L=0$		
	$M_x(\text{tf} \cdot \text{m}/\text{m})$	$M_y(\text{tf} \cdot \text{m}/\text{m})$	M_x/M_y	$M_x(\text{tf} \cdot \text{m}/\text{m})$	$M_y(\text{tf} \cdot \text{m}/\text{m})$	M_x/M_y
$\alpha=1.0$	9.54 (1.00)	8.35 (1.00)	1.14	6.78 (1.00)	8.37 (1.00)	0.81
$\alpha=0.5$	6.94 (0.73)	9.42 (1.13)	0.74	5.47 (0.81)	9.36 (1.12)	0.58
$\alpha=0.25$	5.30 (0.56)	10.70 (1.28)	0.50	4.50 (0.66)	10.60 (1.27)	0.42

注1) M_x : 橋軸方向曲げモーメント、 M_y : 橋軸直角方向曲げモーメント

注2) カッコ内は、等方性版による曲げモーメントとの比較

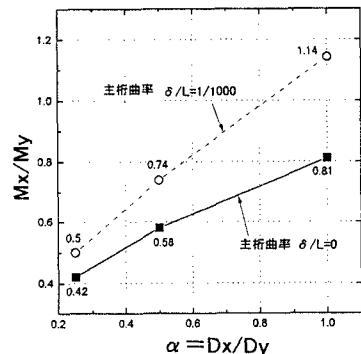


図6 版剛度比 α と M_x/M_y の関係