

I-A 508

長支間床版の設計曲げモーメント式について

株式会社 春本鐵工所 正員 江頭慶三 大阪大学工学部 フェロー 松井繁之
大阪大学工学部 坂 晃昭

1. はじめに

近年、鋼橋の合理化の1つとして、少数主桁橋の研究・試験施工が行われている。この形式では鋼桁の設計・施工法が従来と異なるだけでなく、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、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、その設計法の確立が急がれている。そこで筆者らはこれまでに設計法の基本となる活荷重による長支間床版の設計曲げモーメント式を提案してきた²⁾。これらの式は道示に準じ、相対する2辺で単純支持された無限単純版として有限要素法を用いて算出している。ただし、道示では床版を等方性版としているが、これらの式は床版コンクリートのひび割れによって生じる直交異方性を考慮している。本論文はこれらの式をさらに鋼主桁で支持した連続版にまで拡張し、各着目点における設計曲げモーメント式の提案を行うものである。

2. 鋼主桁の影響について

道示の設計曲げモーメント式には支持桁の剛性が著しく異なる場合を除き、鋼主桁のたわみの影響が考慮されていない。これは主桁活荷重たわみ値の制限、必要な格子剛度を満足する荷重分配横桁の設置により、影響が小さい（設計曲げモーメント式の15%まで）と考えられているからである。しかし今回、同じ剛性を持つ2,3本の主桁で支持された床版の解析において、その影響が道示で想定している以上の値が発生することが明らかになった。したがって、設計曲げモーメント式は主桁のたわみの影響を加えることにし、パラメータとして相関剛比 $H(=EsI_g/LD)$ を用いた。（ EsI_g :主桁の曲げ剛性、 L :主桁支間、 D :床版の曲げ剛性）

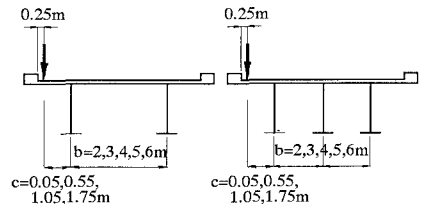
3. 解析方針

RC床版は、乾燥収縮や移動輪荷重の繰り返しにより、床版下面に橋軸および橋軸直角方向のひび割れを発生し、主鉄筋断面と配力鉄筋断面の剛性の差から、直交異方性版の挙動を示す。直交異方性度（ $\alpha=I_x/I_y$ I_x, I_y :それぞれ配力鉄筋、主鉄筋断面の断面2次モーメント）は、これまでのRC床版の解析により、 $\alpha=0.45$ の結果が得られている³⁾。この結果を用いて解析を行い、設計曲げモーメント式の検討を行った。

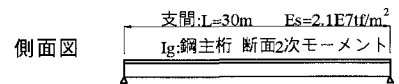
また、プレストレスを導入し床版のひび割れを抑制するPC床版ならば、道示と同様に等方性版と仮定できるので、このケースについても検討を加えた。

解析モデルは2本と3本の主桁で支持された2ケースを考え、支間 $L=30\text{m}$ 、主桁間隔は $b=2,3,4,5,6\text{m}$ とした。相関剛比は一般的な値とされている $H=5,10,15,20$ と ∞ を考えた。また片持部支間（輪荷重位置から外桁までの距離）を $c=0.05,0.55,1.05,1.75\text{m}$ として有限要素法を用いて解析した。解析モデルを図1に示す。

荷重はB活荷重の後輪($Pr=10\text{tf}$)を、 $200\times 500\text{mm}$ の分布荷重とし、床版全厚の1/2の面まで 45° で拡大分布するものとした（舗装厚はこの分布には寄与しない）。前輪($Pf=2.5\text{tf}$)についても、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、後輪から 3.85m 離れた位置に載荷した。載荷台数は道示に準じた。なお、車両進行方向は床版支間に直角の場合のみを考えている。

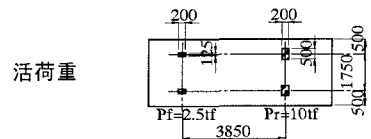


断面図



側面図

床版設計基準強度

RC床版 $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$, PC床版 $\sigma_{ck}=500\text{kgf/cm}^2$ 

活荷重

図1 解析モデル

4. 床版厚および設計条件

解析に用いた床版厚を表1に示す。これらの式は解析値で応力照査した結果、許容応力度にほぼ等しくなるように数回の収束計算を行って求めた。その時の鉄筋径はD19あるいはD22で間隔を100mm程度とし、100mm以下となる場合は1cm増厚することとした。

解析モデルは非合成桁とし、応力照査時の鋼とコンクリートのヤング係数比は $n=15$ 、解析時は $n=8.4$ を用いた。

5. 解析結果

1) RC床版

3本主桁では、主鉄筋・配力鉄筋方向の全てにおいて、主桁の影響が認められる。また直交異方性の影響も加わり、主鉄筋方向は道示の値を超える。結果を図2に示す。

片持版の主鉄筋方向曲げモーメントは、主桁間隔 b の影響がとくに顕著である。 b が長くなると道示の設計値を超える場合があり、注意が必要である。また収束計算の結果 $\alpha=0.25$ になり、主鉄筋断面で活荷重をほとんど支持することになる。図3にこれを示す。

2) PC床版

PC床版は、等方性版であるから配力鉄筋方向曲げモーメントの分担する割合が高く、さらに主桁の影響も加わり、相関剛比の小さい（主桁剛性が低い時）場合に示方書の値を超える。また、中桁上の主鉄筋方向の曲げモーメントはRC床版と同様に示方書の値を超える。

以上、直交異方性と主桁の影響を考慮したことにより、道示式を上回るケースが存在することが明らかとなった。

6. 設計曲げモーメント式

床版支間を6mまで拡張した曲げモーメント式を表2に示す。文献2)にて求めた単純版の式から衝撃を除いて基準式とした。考慮すべき衝撃係数として、相関剛比 H を含む項に主桁支間 L に対する $i=20/(50+L)$ 、それ以外の項に床版支間 b に対する $i=20/(50+b)$ を加える。なお、本式には解析・施工の誤差等に対する余裕として、支間2mで20%、6mで12%程度になるように加えてある。したがって、実設計に用いるRC床版の最低厚は、表1の値に1~2cm程度を加えておく必要がある。

表 2 床版の設計曲げモーメント式($\text{tf} \cdot \text{m/m}$) P:後輪荷重 (単位: tf, m)

		主鉄筋方向: M_y	配力鉄筋方向: M_x
RC	単純版	支間部 $M_{y0} = +(0.09b + 0.14)P(1+i)$	先端付近 $M_{x0} = +(0.06b + 0.07)P(1+i)$
	2本主桁橋	支間部 $+(0.05b + 0.71)M_{y0}$	$+(0.07b + 0.47)M_{x0} + (0.17/H)P(1+i)$
	3本主桁橋	支間部 $+(0.04b + 0.62)M_{y0} + (0.39/H)P(1+i)$	$+(0.04b + 0.57)M_{x0} + (0.16/H)P(1+i)$
	主桁上	$-(0.005b + 1.2)M_{y0} + \{(b^2 - 1.5b + 3)/40/H\}P(1+i)$	-
	片持版	主桁上 $-(0.12c^2 + 0.45c + 0.055b + 0.005)P$	先端付近 $+(0.14c + 0.02)P(1+i) + (0.23/H)P(1+i)$
PC	単純版	支間部 $M_{y0} = +(0.09b + 0.10)P(1+i)$	$M_{x0} = +(0.07b + 0.08)P(1+i)$
	2本主桁橋	支間部 $+(0.07b + 0.52)M_{y0}$	$+(0.05b + 0.64)M_{x0} + (0.55/H)P(1+i)$
	3本主桁橋	支間部 $+(0.02b + 0.84)M_{y0} + (0.3/H + 0.05)P(1+i)$	$+(0.03b + 0.71)M_{x0} + (0.57/H)P(1+i)$
	主桁上	$-(0.13b + 2.2)M_{y0} + (0.16b - 0.02b^2 - 0.24)P(1+i)$	-
	片持版	主桁上 $-(0.19c + 0.12 + 0.03)P(1+i)$	先端付近 $+(0.13c + 0.04)P(1+i) + (0.35/H)(1.01 + c)P(1+i)$

[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)松井、江頭、石崎:長支間床版の設計曲げモーメント式に関する2,3の考察、鋼構造年次論文報告集第3巻、pp215-220,1995,11

表 1 床版厚(cm)

(単位: m)

RC	単純版(文献2)	$3b+13$	$(0 < b \leq 5)$
		$6b-2$	$(5 < b \leq 6)$
	連続版	主桁上	$3b+14$
			$(0 < b \leq 5)$
		支間部	$7b-6$
			$(5 < b \leq 6)$
PC	片持版	$(1.25b+15.50)c+0.25b+16.50$	$(0 < c \leq 0.55)$
		$(-0.25b+11.50)c+1.08b+18.70$	$(0.55 < c \leq 1.75)$
	単純版および、連続版	$0.9(3b+11)$	$(b \leq 6)$
		$0.9(28c+16)$	$(0 < c \leq 0.25)$
	片持版	$0.9(8c+21)$	$(c > 0.25)$

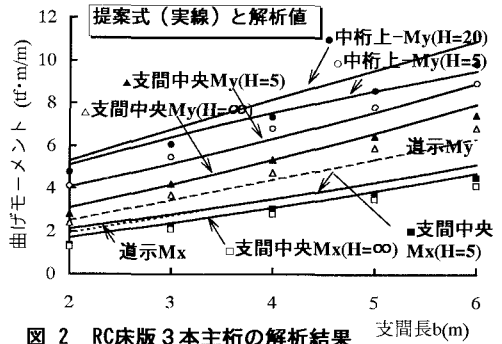


図 2 RC床版3本主桁の解析結果

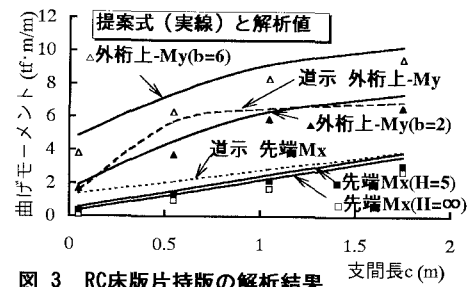


図 3 RC床版片持版の解析結果