

北海道大学工学部 正会員 荻澤 憲吉

北海道大学工学部 正会員 芳村 仁

1. まえがき 曲線床版の有効幅は曲率の影響をうけるという点で直線床版の有効幅と異なるが、その影響の程度を数量的に調べたのがこの報告である。

2. 解析の手法 図1に示すような多数の並列された主桁と床版よりなる曲線多主桁構造を考える。この桁の上に荷重が作用すると、主桁の曲げに伴って床版には主桁との接合線に沿って面内せん断力が生じ、床版内の面内変形はいわゆる shear lag を起す。

任意の i 番目の主桁の曲率半径を R とし、その主桁 i とはさむ床版を $(i-1, i)$, $(i, i+1)$ とし、床版の幅を $2b$ とする。変形に伴って床版の境界に働く面内せん断力を図2(a)に示すようにそれぞれ T_j ($j=0\sim3$) とする。また、多主桁構造であるから主桁 $i-1, i, i+1$ の内側および外側の構造によって半径方向変位は拘束されるものとする。以上より床版 $(i-1, i)$, $(i, i+1)$ の内側および外側の境界辺に対して、

(1) 面内せん断力は T_j , (2) 半径方向変位は 0 という境界条件が与えられるので、扇形平板の面内変形問題として曲線床版 $(i-1, i)$ と $(i, i+1)$ は解かれる。ただし、ここで T_j ($j=0\sim3$) は未知量として残る。

次に床版の変形状態を考えると図2(b)のようである。床版のそれぞれの境界辺における桁軸方向の変位を v_j と対応させて、 v_j ($j=0\sim3$) とすると、主桁 i との接合辺において2つの床版の変位が等しくなるから

$$v_1 = v_2$$

という連続条件が与えられる。

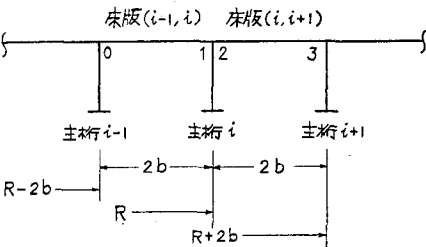


図1. 曲線多主桁構造

さらに、曲線床版の桁軸方向変形量は曲率中心から外側にいくほど大きくなると考えられることから、床版の主桁との接合辺における変位はその位置の曲率半径に比例すると仮定して、

$$\frac{v_0}{R-2b} = \frac{v_1}{R} \left(= \frac{v_2}{R} \right) = \frac{v_3}{R+2b}$$

とくと、先の連続条件と合わせて3つの条件が v_j に関して得られる。これらを用いることにより、未知であった T_j ($j=0\sim3$) の大きさの関係を求めることができる。したがって曲線床版 $(i-1, i)$ および $(i, i+1)$ の内部の桁軸方向の応力 N_ϕ の shear lag による分布形状が解析的に得られる。

実際には曲線床版の面内変形の解が桁軸方向に級数展開された形で与えられるので、 T_j , v_j も級数展開形で与え、各項ごとに条件を適用することになる。

3. 曲線桁の有効幅 主桁 i とはさむ床版 $(i-1, i)$ と $(i, i+1)$ の桁軸方向応力 N_ϕ は、図3に示すように主桁との接合位置において最大となる曲線分布となる。ここで曲線ばりの応力分布を、各床版の両境界の最大応力を結んだ直線 $\bar{N}_{\phi 1}$, $\bar{N}_{\phi 2}$ で近似して、主桁 i の内側床版 $(i-1, i)$ においては、

$$\int_{R-\phi_1 b}^R \bar{N}_{\phi 1} dr = \int_{R-b}^R N_\phi dr$$

主桁 i の外側床版 $(i, i+1)$ においては、

$$\int_R^{R+\phi_2 b} \bar{N}_{\phi 2} dr = \int_R^{R+b} N_\phi dr$$

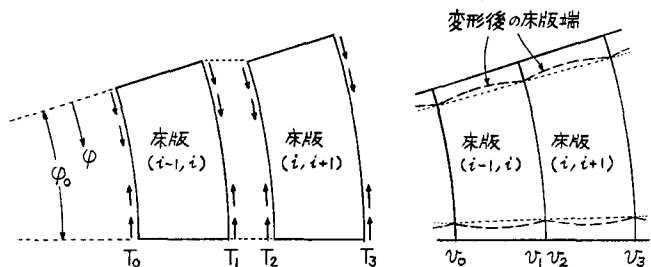


図2.(a) 曲線床版の境界に働く面内せん断力 (b) 曲線床版の変形

となるように有効幅 $\phi_1 b, \phi_2 b$ を定義する。ここで、 ϕ_1, ϕ_2 は有効幅と b の比であり有効幅比という。この定義式において、 $\bar{N}_{\phi 1}, \bar{N}_{\phi 2}$ は両端の $N_{\phi, \max}$ から決められる 1 次式で、また右辺の積分は床版の面内変形解析から理論的に式が誘導されるので、結局、有効幅比 ϕ は数値積分を用いることなく代数計算式から求められる。ここで得られる ϕ は、主桁 i のスパン長を $\ell (=R \cdot \phi_0)$ とすると、ポアソン比 ν 、床版幅 b/ℓ の他に、曲率半径 R/ℓ の項を含んでいる。

4. 曲率の影響 以上の解析手法と有効幅の定義の下で有効幅比 ϕ の数値解析を行った。ここでは、曲線床版の境界に作用する T_i と $T_j = T_i \cdot \cos \frac{\pi}{\phi_0} \phi$ とした。これは桁上に半正弦波形分布荷重が作用する場合に相当し、この場合では有効幅比は桁のスパン方向どの位置においても同じ値をとることになる。

曲線床版の有効幅にふくまれる曲率の項の影響の程度を調べるために、曲率半径をかえて ϕ_1, ϕ_2 を計算した結果が表 1 である。そのうち、 $R=\infty$ (直線桁) の場合と、 $R=4\ell$ の場合の比較をグラフに示したのが図 4 である。

$R=4\ell$ という曲率半径は実用上かなり強い曲率に相当することと考えると、床版有効幅における曲率の影響は一般の曲線橋のときは無視することができ、直線橋の有効幅と同じに考えていいもののように思われる。

解析は $\nu=0.17$ の場合も行ったが、ここに示したものと同様な傾向が認められた。

5. あとがき ここに報告したものは曲線多主桁橋の有効幅についてであり、2 主桁または 1 主桁のような場合では床版の境界条件として別の条件が当然与えられるものと考えている。

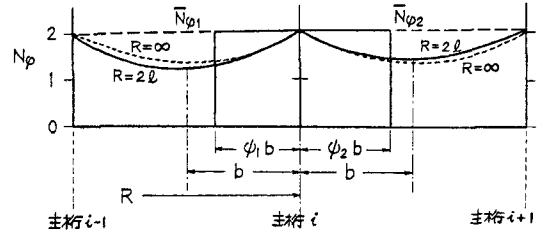


図 3. 曲線床版内の桁軸方向応力 N_{ϕ} の分布と有効幅の定義 (ここに示した N_{ϕ} 分布は、 $b/\ell=0.2, \nu=0.3, T_2=1 \cdot \cos \frac{\pi}{\phi_0} \phi$ の場合)

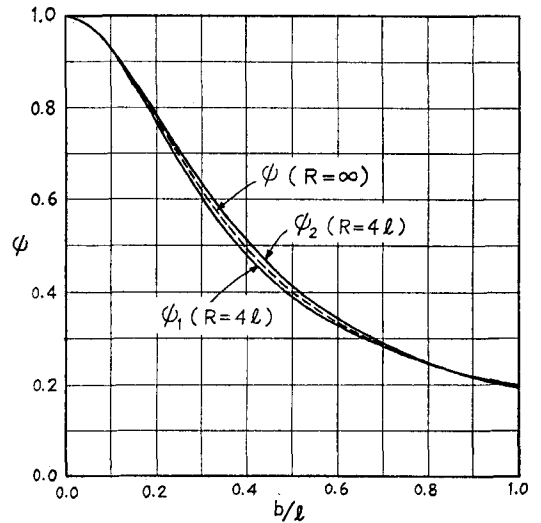


図 4. 曲線床版の有効幅比と直線床版の有効幅比の比較

b/ℓ		0.02	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$R=2\ell$	ϕ_1	0.997	0.981	0.926	0.845	0.754	0.587	0.467	0.386	0.328	0.283	0.247	0.217	---
	ϕ_2	0.997	0.982	0.934	0.868	0.794	0.650	0.529	0.434	0.362	0.306	0.262	0.228	---
$R=4\ell$	ϕ_1	0.997	0.981	0.928	0.851	0.765	0.600	0.475	0.387	0.326	0.281	0.247	0.219	0.197
	ϕ_2	0.997	0.982	0.932	0.863	0.785	0.632	0.508	0.413	0.342	0.289	0.249	0.217	0.193
$R=6\ell$	ϕ_1	0.997	0.981	0.929	0.853	0.768	0.605	0.479	0.390	0.326	0.280	0.246	0.218	0.196
	ϕ_2	0.997	0.982	0.932	0.861	0.781	0.627	0.501	0.406	0.337	0.285	0.246	0.216	0.192
$R=10\ell$	ϕ_1	0.997	0.981	0.929	0.855	0.771	0.609	0.483	0.392	0.327	0.280	0.245	0.217	0.196
	ϕ_2	0.997	0.982	0.931	0.860	0.779	0.622	0.496	0.402	0.334	0.283	0.245	0.216	0.193
$R=20\ell$	ϕ_1	0.997	0.981	0.930	0.856	0.773	0.612	0.486	0.394	0.328	0.280	0.245	0.217	0.195
	ϕ_2	0.997	0.982	0.931	0.859	0.777	0.619	0.492	0.399	0.331	0.282	0.245	0.216	0.193
$R=\infty^*$	ϕ	0.997	0.982	0.930	0.857	0.775	0.616	0.489	0.396	0.330	0.281	0.244	0.216	0.194

表 1. 曲線床版の有効幅比 ϕ ($\nu=0.3$ の場合)

* $R=\infty$ の値は直線床版の場合の計算値