I-149　2ーボックス・主げた橋の床版の断面力の性状について

日本大学理工学部 土木教室　正員　遠藤篤康

要旨

近年けた橋の代表となった2ーボックス主げた橋はP.C構造の発展と共に急激に活用されるようになった。この橋は主げたの端部と中間に横げた配置する場合が多いが，端部の横げたの必要性は十分認識できるが，中間横げたは床版との取り付け具合によっては床版部分に移動荷重による応力集中を生じる原因ともなるので長年月には弱点になる可能性も生じる。また，主げた数も少ないので必然的に床版の支間も大きくなり，近年では特に活荷重の通過も頻繁となるので床版の役割が益々重要となってくる。さらに床版の曲げ剛性の高いものが要求されるので，活荷重の荷重分布は格子構造となって伝わり設計にはこれらに対応したものでなければならない。特にR.C構造又はP.C構造の橋ではコンクリートの引張強度が期待できないので，鋼構造の橋のように各種応力の最大値のみで安全をチェックする設計はできない。この場合いかなる小さな引張応力でも取り扱った応力移還を十分考慮した設計が必要となろう。

以上から床版の曲げ剛性を考慮した格子構造と仮定した場合，この床版の曲げ剛性はボックス主げたの捩り剛性にも連がるので，主げたの捩り剛性を考慮した格子理論を展開したもので，2ー主げた橋では主げたの曲げ剛性のみでは両主げた間の荷重分配は生じないので2ー主げた独特の格子理論となる。

理論の解法の手法としては2大主流があり，前者はGuyon－Massonetの格子理論と，HombergおよびLeonhardtの格子理論であって，前者は釣合方程式の4次の微分方程式を解いたもので一種の平版理論であって，実用設計には非常に計算が簡便であるが，集中荷重を取り扱った場合その荷重点下の断面力値が無限大の値となって，実用計算には僅かな活荷重の輪帯幅を考慮して断面力の最大値を収束させて設計しているが，この僅かな輪帯幅の函数で断面力の最大値を決定して断面の諸要素の形状を規めるにはいささかの疑問が生じざるを得ない。特に床版のように直接集中荷重が載荷するものについては応力集中の問題が最重要となるので一目の不安が残る。後者の理論は平面的に交叉しているけたの結合点の変位量が同一であると云う仮定から釣合方程式を立て各種断面力を誘導したもので一種のけた理論の展開であって高次の不静定マトリックスを仕事式から解いたものであり，実用計算には弾性方程式そのものが複雑となって冗長となるが，近年では計算機がこれに代わるので使用されるようになった。この手法は集中荷重を取り扱っても断面力は収束するので応力集中の問題を検討するには最も優れている。この理論で最も定評の高いHombergの主げたの捩り剛性を持つ格子理論でも，集中荷重が自由に載荷した場合の不静定量の釣合方程式の一般式は誘導していない。実用計算として各横断面を9等分してそれぞれの各点に独立して集中荷重を載荷させて各種断面力の弾性方程式を解いた結果を表にしたものであって，集中荷重の移動に伴なう応力の変遷は観察できない。諸者はこの点に一番力をそそぎ，任意位置における集中荷重の弾性方程式を補助坐標を加えることによって一応の成功をみた。主げたの捩り剛性を考慮した場合，この主げたの捩りによっても各種断面力が追加されるので篤者はこれについても弾性方程式を誘導したものである。

理論

床版は支間方向に単位幅の荷重分配横げたと仮定した，図ー1参照，横断方向には図ー2を参照して床版(横げた)がバネ常数 W(曲げ剛性)，W_T(捩り剛性)の弾性支承上に釣合っているものと仮定した。不静定力量は横断面の中心線上を切断して(各点 No.5)せん断力 $X_{1\cdot v}$ および $\overset{\curvearrowright}{X}_{1\cdot v}$，曲げモーメント $X_{2\cdot v}$ および $\overset{\curvearrowright}{X}_{2\cdot v}$ を選んだ，集中荷重Pの影響によるもの $X_{1\cdot v}$ および $M_{2\cdot v}$，主げたの捩り力によるものを単位モーメント荷重Mの載荷のものを $\overset{\curvearrowright}{X}_{1\cdot v}$ および $\overset{\curvearrowright}{X}_{2\cdot v}$ と区別してそれぞれの弾性方程式を解いた。

支間方向には弾性支承上のけた(C)図から弾性反力 p_x の場合の釣合方程式は次の通りである。

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^4 Z_x}{dx^4} - m^4 Z_x = 0 \\ &p_x = m^4 Z_x, \qquad m^4 = \frac{1}{w}\left(\frac{1}{EJ}\right) \end{aligned}\right\} \cdots(1)$$

横げた数 n 個の格子げたでは主げたの曲げ剛度および捩り剛度は $n=1,2,3\cdots\cdots n$ 間に上式から次式が成立する。

$$\left.\begin{aligned} &Z_{(n)} = \frac{48\cdot l}{n^4\pi^4}\cdot Z = 0.4928\,\frac{l}{n^4}\,Z \\ &Z_{T(n)} = \frac{4\cdot l}{n^2\pi^2}\cdot Z_T = 0.4053\,\frac{l}{n^2}\,Z_T \end{aligned}\right\} \cdots(2)$$

$$Z = \frac{6EJ_Q}{a^3}\cdot w = \left(\frac{l}{2a}\right)^3\frac{J_Q}{J}, \quad Z_T = \frac{EJ_Q}{2a}w_T = \left(\frac{l}{8a}\right)\frac{E\cdot J_Q}{G\,J_T}$$

不静定力量.（$P_v=1$）

$$X_{1\cdot v(n)} = -\frac{\left[Z_{(n)} + \frac{6}{a}Z_{T(n)}v + \frac{\beta}{8}\left\{\frac{3}{2}\gamma^2\left(\frac{4\cdot v^2}{a^2\gamma^2}-1\right) + \frac{2\cdot v_1}{a}\left(1-\frac{v_1}{a}\right)\right\}\right]}{2\left[Z_{(n)} + 3Z_{T(n)} + \beta^2(K+1/4)\right]} \cdots(3)$$

$$X_{2\cdot v(n)} = \frac{\left[12\cdot Z_{T(n)}v - \frac{3}{8}a\cdot\gamma^2\left(1-\frac{4\cdot v^2}{a^2\gamma^2}\right) + \beta\cdot v_1(K+3/4)\right]}{2\left[12\,Z_{T(n)} + \beta(4K+3)\right]} \cdots(4)$$

不静定力量.（$M_v=1$）

$$\overset{\curvearrowright}{X}_{1\cdot v(n)} = \frac{\left[6\cdot Z_{T(n)} + \frac{6}{a^3}\cdot v^3\right]\frac{1}{a}}{2\left[Z_{(n)} + 3\cdot Z_{T(n)} + \beta^3(K+1/4)\right]} \cdots(5)$$

$$\overset{\curvearrowright}{X}_{2\cdot v(n)} = -\frac{\left[12\cdot Z_{T(n)} + 8(2+\beta)\cdot v^3/a^3\right]}{2\left[12\cdot Z_{T(n)} + \beta(4K+3)\right]} \cdots(6)$$

$n=1,2,3\cdots n$

$$a = b+c, \quad \beta = b/a, \quad \gamma = c/a, \quad K = \frac{1\cdot c}{2\cdot b}\cdot\frac{J_Q}{J_{Q1}}$$

床版の断面力（$P_v=1$）

$$M_{xy\cdot u\cdot v} = M^0_{yv} + y'_1\frac{2}{l}\sum_1^n S_{x(n)}\cdot S_{u(n)}\,X_{1\cdot v(n)} + y'_2\frac{2}{l}\sum_1^n S_{x(n)}S_{u(n)}X_{2\cdot v} \cdots(7)$$

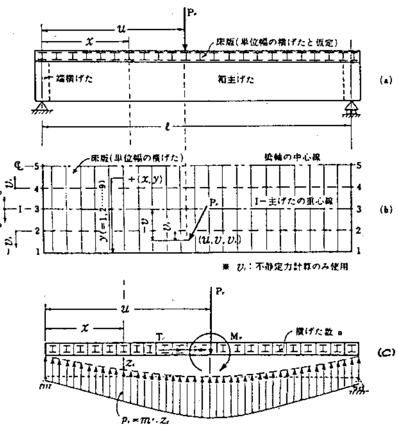
$$Q_{xy\cdot u\cdot v} = Q^0_{yv} + y''_1\frac{2}{l}\sum_1^n C_{x(n)}S_{u(n)}X_{1\cdot v(n)} + y''_2\frac{2}{l}\sum_1^n C_{x(n)}S_{u(n)}X_{2\cdot v} \cdots(8)$$

床版の断面力（$M_v=1$）

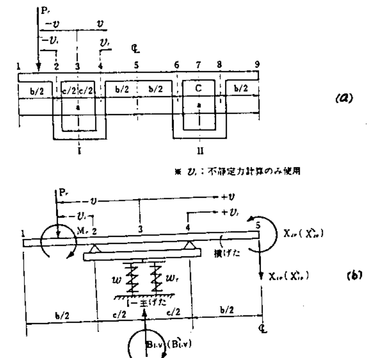
$$\overset{\curvearrowright}{M}_{xy\cdot u\cdot v} = y'_1\cdot\frac{2}{l}\cdot\sum_1^n S_{x(n)}\cdot S_{u(n)}\,\overset{\curvearrowright}{X}_{1\cdot v(n)} + y'_2\cdot\frac{2}{l}\cdot\sum_1^n S_{x(n)}S_{u(n)}\overset{\curvearrowright}{X}_{2\cdot v(n)} \cdots(9)$$

$$\overset{\curvearrowright}{Q}_{xy\cdot u\cdot v} = y''_1\cdot\frac{2}{l}\cdot\sum_1^n C_{x(n)}\cdot S_{u(n)}\overset{\curvearrowright}{X}_{1\cdot v(n)} + y''_2\frac{2}{l}\sum_1^n C_{x(n)}S_{u(n)}\overset{\curvearrowright}{X}_{2\cdot v(n)} \cdots(10)$$

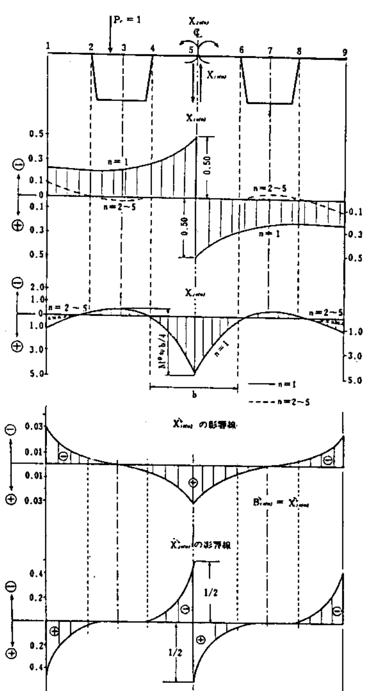
$S_{x(n)} = \sin n\pi\, x/l$, $C_{x(n)} = \cos n\pi\, x/l$, $S_{u(n)} = \sin n\pi\cdot u/l$



図−1



図−2



図−3

※　むすびは紙面の都合上講演時に譲り度い。