

中間横げたを省略した細幅箱げたの床版解析

日本車輛製造(株) ○ 正会員 近藤 真司
 日本車輛製造(株) 正会員 峯田 敏宏
 日本車輛製造(株) 正会員 山田 忠信

1. まえがき

近年、鋼橋の省力化施工の研究が行われ、PC 床版または合成床版を用い、床版による荷重分配を期待することで、中間横桁を全て省略した細幅箱げたが合理化構造として注目されている。しかし、この場合の床版の設計曲げモーメント算定方法、および、床版による荷重分配方法が明確にされていないのが現状である。そこで、本稿では、中間横桁を省略した細幅箱げたで支持した床版の解析方法を提案し、輪荷重に対する応答について検討を行う。

2. 解析上の仮定

解析上の仮定は、鋼げた上の床版を対象として次のとおりとする。

- ① 床版を支持するけたは単純支持けたとし、曲げ剛性およびねじり剛性を考慮する。床版は主げたの方向と同じ方向に主軸を有する長方形直交異方性版として扱う。
- ② 床版は主げたの支承線位置で全幅にわたって単純支持され、これと直交する他の相対する2辺は自由縁とする。また、主げた位置においては主げたにより弾性的に線支持されているものとする。
- ③ 主げたと床版の接点は上下方向および主げたのねじれ方向には一体として挙動し、橋軸方向には移動自由とする。ハンチおよび地覆の影響は無視する。

3. 基本式

版の基本式は、床版構造として PC 床版または合成床版を対象とするため、直交異方性版とし、集中荷重 P が作用する場合の版の基礎式を H.Olsen にならって次式で表す。

$$B_1 \frac{\nabla^4 w}{\nabla x^4} + 2\sqrt{B_1 B_2} \frac{\nabla^4 w}{\nabla x^2 \nabla y^2} + B_2 \frac{\nabla^4 w}{\nabla y^4} = P \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $B_1 = \frac{1}{1-g^2} EJ_1$, $B_2 = \frac{1}{1-g^2} EJ_2$, w : 版のたわみ関数

EJ_1 , EJ_2 : x, y 方向の版の曲げ剛性 n : 版のポアソン比 P : 鉛直荷重

図-2 に示す、相対する2辺が単純支持、他の2辺が自由縁である式(1)の解を無限帯状版の場合の式(2)を特解として一般解を式(3)のように表す。

キーワード：直交異方性版、細幅箱げた

連絡先：〒475-0831 愛知県半田市 11 号地 20 番地

TEL 0569-22-7511

FAX 0569-22-7577

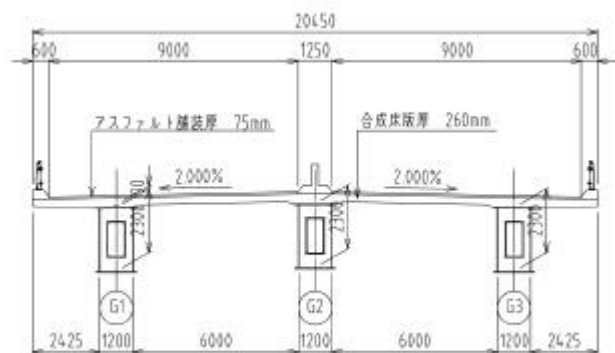


図-1 細幅箱げた断面図

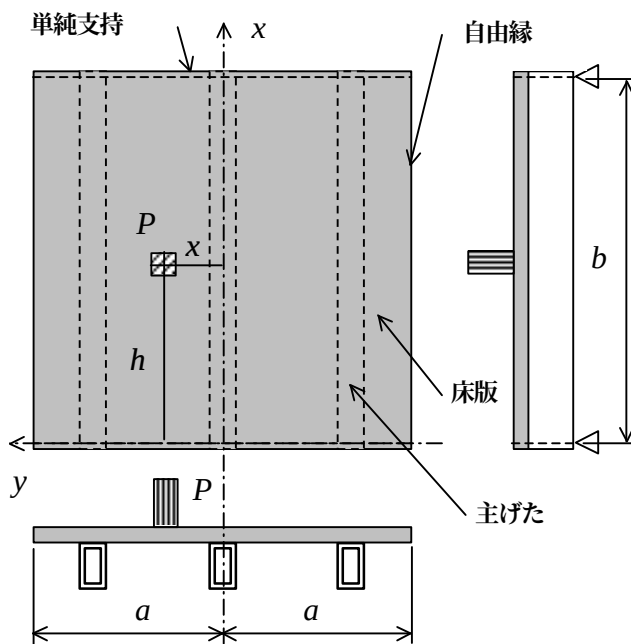


図-2 解析モデル

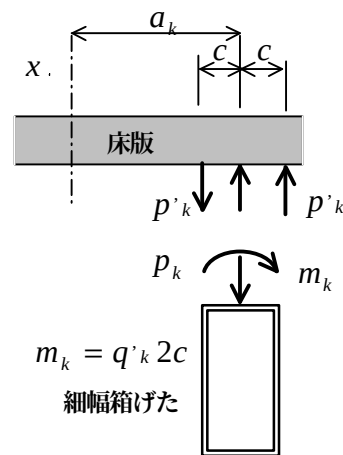


図-3 解析モデル

$$w = \frac{P}{2bB_1} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1+j_n|x-x|)}{j_n^3} \exp\{-j_n|x-x|\} \cdot \sin b_n h \sin b_n y \quad (2)$$

$$w = \frac{P}{2bB_1} \sum_{n=1}^{\infty} \left[(1+j_n|x-x|) \exp\{-j_n|x-x|\} + (A_n + B_n j_n x) \exp\{-j_n(a+x)\} + (C_n + D_n j_n x) \exp\{-j_n(a-x)\} \right] \frac{\sin b_n h}{j_n^3} \sin b_n y \quad \cdots (3)$$

$$\text{ここに, } j_n = 4\sqrt{\frac{B_1}{B_2} b_n}, \quad b_n = \frac{np}{b}$$

A_n, B_n, C_n および D_n は積分定数で式(4)の境界条件より決定される。

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + n \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0 \quad \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + \sqrt{\frac{B_2}{B_1}} \left(2 - n \sqrt{\frac{B_2}{B_1}} \right) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} = 0 \quad \cdots (4)$$

式(4)を式(3)に代入して積分定数を求め、式(3)に代入して整理した結果を $\Omega(x, x)$ とすると図-2 に示すような相対する2辺を単純支持した長方形版のたわみ w は次のように求められる。

$$w = \frac{P}{2bB_1} \sum_{n=1}^{\infty} \Omega(x, x) \frac{\sin b_n h}{j_n^3} \cdot \sin b_n y \quad \cdots \cdots (5)$$

また、版の曲げモーメントは次式となる。

$$M_x = -B_1 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + n \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \quad M_y = -B_2 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + n \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)$$

4. ねじり剛性のある梁で支持した解

図-3 に示すように、版と梁の接点に働く y 方向の分布反力を q_k, m_k ($k=1 \sim r$, r : 主げた本数) とし、

$$q_k = \sum_{n=1}^{\infty} q_{kn} \cdot \sin b_n y, \quad m_k = \sum_{n=1}^{\infty} m_{kn} \cdot \sin b_n y$$

と表す。 q_k および m_k による版の任意点のたわみ $w_k, \bar{w}_k$ は、式(6)および式(7)となる。

$$w_k = - \int_0^b \frac{q_k dh}{2bB_1} \sum_{n=1}^{\infty} \Omega(x, x) \frac{\sin b_n h}{j_n^3} \cdot \sin b_n y \quad \cdots \cdots (6)$$

$$= - \frac{1}{4B_1} \sum_{n=1}^{\infty} \Omega(x, a_k) \frac{q_{kn}}{j_n^3} \cdot \sin b_n y$$

$$\bar{w}_k = - \frac{1}{4B_1} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Omega(x, a_k + c) - \Omega(x, a_k - c)}{2c} \frac{q_{kn} \cdot 2c}{j_n^3} \cdot \sin b_n y$$

$$= - \frac{1}{4B_1} \sum_{n=1}^{\infty} \Gamma(x, x) \frac{m_{kn}}{j_n^3} \cdot \sin b_n y \quad \cdots \cdots (7)$$

したがって、版のたわみは式(8)となる。

$$w = w_0 + \sum_{k=1}^r (w_k + \bar{w}_k) \quad \cdots \cdots (8)$$

一方、主げたに対し、分布反力が作用すると次式が成り立つ。

$$\left[EI_k \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right]_{x=a_k} = \sum_{n=1}^{\infty} q_{kn} \cdot \sin b_n y \quad \cdots \cdots (9)$$

$$\left[GK_k \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} \right]_{x=a_k} = \left[GK_k \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} \right]_{x=a_k} = - \sum_{n=1}^{\infty} m_{kn} \cdot \sin b_n y \quad \cdots (10)$$

EI_k, EK_k : 主げた k の曲げ剛性およびねじり剛性

q : 版の x 方向のたわみ角

式(9)、式(10)の両辺に $\sin b_n y$ をかけて 0 から b まで積分し、式(6)、式(7)、式(8)を考慮すれば次式を導くことができる。(式を整理し、 $\Gamma(x, x), \Theta(x, x), \Lambda(x, x)$ で表す。)

$$q_{kn} \frac{B_1}{EI_k} \frac{4j_n^3}{b_n^4} + \sum_{m=1}^r \Omega(a_k, a_m) q_{mn} + \sum_{m=1}^r \Gamma(a_k, a_m) m_{mn} = \frac{2P}{b} \Omega(a_k, x) \sin b_n h \quad \cdots \cdots (11)$$

$$m_{kn} \frac{B_1}{GK_k} \frac{4j_n^2}{b_n^2} + \sum_{m=1}^r \Theta(a_k, a_m) q_{mn} + \sum_{m=1}^r \Delta(a_k, a_m) m_{mn} = \frac{2P}{b} \Theta(a_k, x) \sin b_n h \quad \cdots \cdots (12)$$

式(11)および式(12)より、未知反力 q_k, m_k が求まり、式(8)、式(4)に代入し、床版のたわみおよび曲げモーメントが算出できる。以上は、版に集中荷重が作用した場合のものであるため、図-2 に示す輪荷重を想定した長方形の部分分布荷重を対象とする場合は、式(5)を荷重領域に対して積分する。

5. 数値計算例とまとめ

計算例として、図-1 の断面において、G1 げたに $P=1000\text{kN}$ の荷重を載荷した状態での、載荷横断線上的主げたたわみを図-4 に示す。けたのねじり剛度を考慮すると、床版による荷重分配が良くなること解る。

本解法によれば、床版曲げモーメントおよび床版とけたの分布反力も計算でき実務設計への適用も可能と考えられる。

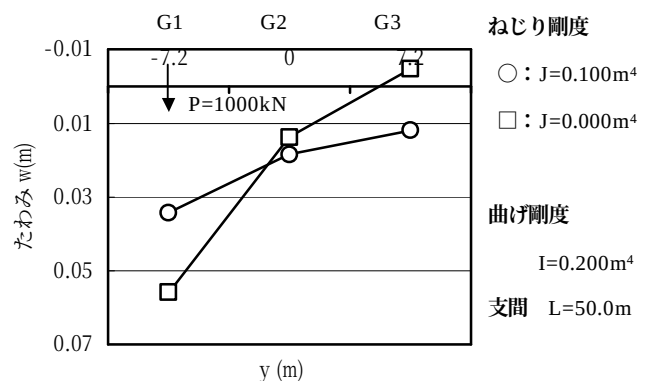


図-4 けたねじり剛度とたわみの関係

6. 参考文献

鋼道路橋鉄筋コンクリート床版の曲げモーメント計算法、橋梁と基礎、pp.29~34 (1985.3)