

# I-180 合成桁橋の挙動を求める構造モデルと解析手法

熊本大学 正員 山尾 敏孝 大成建設㈱ 正員 福井 学  
熊本大学 正員 崎元 達郎 川崎製鉄㈱ 正員 湯治 秀郎

## 1. まえがき:

鋼とコンクリートからなる橋梁構造物の損傷、特にRC床版のひび割れや、鋼桁の疲労損傷が著しく、補修・架け換えなどの維持管理が必要なケースが増加している。このような橋梁構造物の損傷度つまり劣化度を合理的に判定し、その補修、補強の時期を正しく推定する方法の開発が望まれている。本報告は橋梁構造物の劣化度を合理的に診断・評価する方法を確立するアプローチとして、鋼とコンクリートからなる合成桁橋の全体挙動や応力状態を、横桁や対傾構の剛性を考慮して解析できる手法の開発を試みたものである。解析方法としてはコンクリート床版を板要素に鋼桁をはり要素にモデル化し、両者を結合することにより橋梁全体を平板要素として解析する。また、非合成桁においては鋼桁とコンクリート床版の間に幾分のずれが生じるので、ずれ止めをばね構造に置き換え、不完全な合成作用も考慮できるようにした。ここでは、このモデル化及び解析手法の妥当性について検討を行った。

## 2. 解析手法の概要:

図1に示すような鋼桁とコンクリート床版よりなる橋梁構造物を解析対象とする。床版部分は等方性板の平面応力要素と直交異方性板の平板曲げ要素からなる長方形板要素とし、鋼桁は床版の要素と同じ長さに分割し、鋼桁の中立軸を代表させたはり要素とする<sup>1)</sup>。図2は解析モデルの一例を示すが、この図において、節点 $i_p$ に接合する床版の中立面及び鋼桁の中立軸の変形状態について考える。いま図3に示すように床版の中立面を $N_p$ 、鋼桁の中立軸を $N_b$ 及び節点 $i_p$ に接合している鋼桁の節点を $i_b$ とすると弾性変形により、節点 $i_p$ 、 $i_b$ がそれぞれ $i_p'$ 、 $i_b'$ に移動したと考えると次式となる。

$$U_{ib} = U_{ip} + \Delta U_{ip} + h \cdot \theta_{zip} \quad (1.a)$$

$$V_{ib} = V_{ip} \quad (1.b)$$

$$\theta_{zib} = \theta_{zip} \quad (1.c)$$

ここに、 $U_{ib}$ 、 $V_{ib}$ 、 $\theta_{zib}$ 及び $U_{ip}$ 、 $V_{ip}$ 、 $\theta_{zip}$ はそれぞれ節点 $i_b$ 、 $i_p$ の $x$ 、 $y$ 方向変位、 $z$ 軸まわりのたわみ角を示す。また $\Delta U$ は節点 $i_p$ における床版と鋼桁の間に発生するずれを、 $h$ は $N_p$ と $N_b$ の距離を表わす。ずれは橋軸方向の力により発生するので<sup>2)3)</sup>、この力を $X_{ip}$ 、これに対応するずれ止めのばね係数を $k$ とおくと次式となる。

$$X_{ip} = k \cdot U_{ip} \quad (2)$$

式(2)の両辺を $k$ で割り、式(1.a)に代入すると、

$$U_{ib} = U_{ip} + X_{ip}/k + h \cdot \theta_{zip} \quad (3)$$

となる。式(3)を変形し、これと式(1.b)、(1.c)より、はり要素の節点変位が結合マトリックスと板要素の節点変位を用いて次式のように表わされる。

$$\{\delta\}_{ib} = [G_m]_{ip} \cdot \{\delta\}_{ip} \quad (4)$$

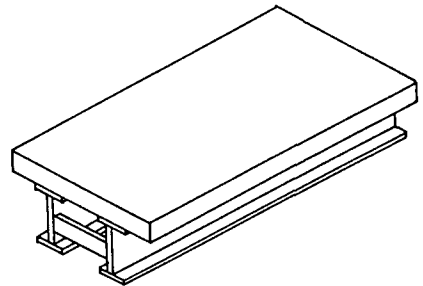


図1 橋梁構造物

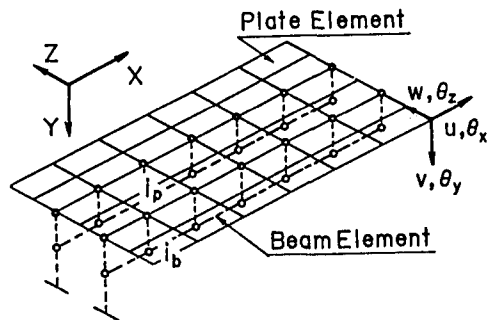


図2 解析モデル

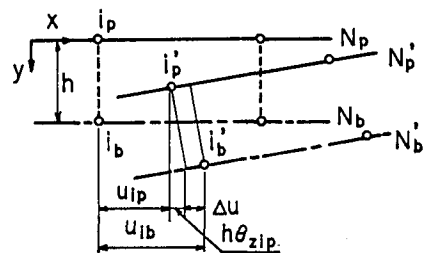


図3 床版の中立面と鋼桁の中立軸の関係

ここに、 $\{\delta\}_{ib}$ は節点 $i_b$ の節点変位ベクトル、 $\{\delta\}_{ip}$ は図2の節点 $i_p$ を囲む4つの平面応力要素の節点変位ベクトルと節点 $i_p$ の平面曲げ要素の節点変位からなる節点変位ベクトルである。 $[Gm]_{ip}$ は結合マトリックスであり、端断面では $6 \times 21$ 他の断面は $6 \times 30$ のマトリックスとなる。いま板要素の全節点変位を独立変位 $\{\delta n\}$ 、はり要素の全節点変位を従属変位 $\{\delta m\}$ とすると、全体の剛性マトリックスは式(5)で表される。ここに $[\bar{K}nn]$ 、 $[Kmm]$ は剛性マトリックス、 $\{\bar{F}n\}$ 、 $\{Fm\}$ は外力ベクトルを表し、 $\bar{\cdot}$ は縮小により置き換えられることを意味する。また、式(6)の $[Gm]$ は式(4)の $[Gm]_{ip}$ をモデル全体について集成した結合マトリックスであり、鋼桁の全節点変位はずれ止めのはね定数を介して床版の節点変位に置き換えられたことになる。式(5)と式(6)より $\{\delta m\}$ を消去すれば式(7)になる。

$$\begin{Bmatrix} \bar{F}n \\ Fm \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [\bar{K}nn] & [O] \\ [O] & [Kmm] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta n \\ \delta m \end{Bmatrix} \quad (5)$$

$$\{\delta m\} = [Gm] \cdot \{\delta n\} \quad (6)$$

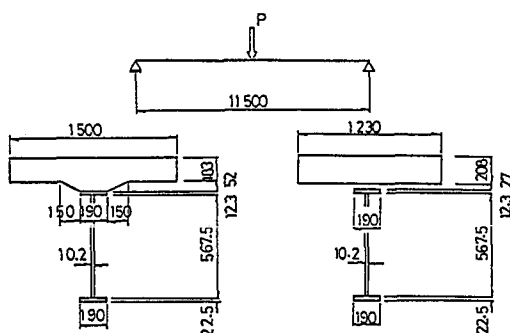
$$\{F n\} = [K n n] \cdot \{\delta n\} \quad (7)$$

ここに、

$$[K n n] = [\bar{K} n n] + [G m]^T \cdot [K m m] \cdot [G m]$$

$$\{F n\} = \{\bar{F} n\} + [G m]^T \cdot \{F m\} \quad (8)$$

式(6)、(8)の計算により、鋼桁の剛性マトリックスを床版の剛性マトリックスに結合マトリックスを用いて組み込むことができ、同じ剛性を持つ板要素のみからなる剛性方程式が得られる。また、ずれの発生がない合成桁については、ずれ止めのはね係数を無限大にすればよいことになる。よってこの解析方法により、非合成及び合成桁の全体挙動の解析が可能となる。横桁と対傾構を有するより一般橋梁物に近いモデルについては、はり要素と共有節点を持たないので鋼桁部分の主桁・横桁・対傾構をそれぞれ同じ剛性から成るトラス部材に置き換え、この解析方法を適用することにより解析ができる。



(a) 実験供試体

(b) 解析モデル

図4 合成桁の断面形状

### 3. 解析例：

図4に示すような形状、寸法を持つ一本の合成桁の実験供試体を解析例として行った<sup>3)</sup>。解析モデルは実験供試体のハンチ部分を考慮して図4(b)に示す断面形状とした。材料定数、ずれ止めばね係数 $k$ は、図5の表に示すものを用いた。また、分割は、橋軸方向に20、橋軸直角方向に2等分とした。図5は、はり中央部の荷重—鉛直たわみの関係を示している。はり理論値に比べて実験値のたわみは大きめであり、ずれの影響が表れている。これに対し、解析値は多少大きめにでているが、ずれの影響はうまく計算されているようである。他の計算結果については当日発表する予定である。

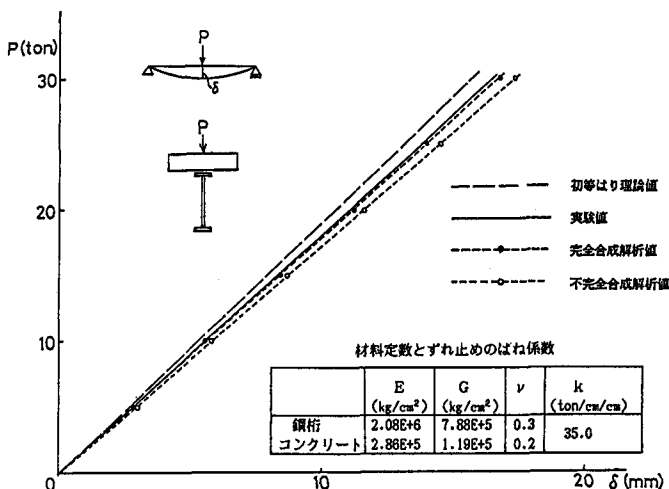


図5 荷重—たわみ曲線

参考文献： 1)山尾他：板要素とはり要素・・・，構造工学論文集，Vol.32A，1986.3 2)小松他：不完全合成格子桁橋・・・，土木学会論文報告集，第329号，1983.1 3)大阪市土木局他：旧神崎橋の耐荷力に関する研究報告書，昭和58年3月