

福井高専 正員 佐々木 孝
大阪大学 正員 小松 定夫

1. まえがき 不完全合成箱桁橋について¹⁾ Moffattらの研究がある。これは有限要素法を用いて、数値解析を行ない、鋼桁上フランジにおける、すれ止めの横方向分布と合成桁橋の縦方向弾性挙動との関係を示し、さらに、桁の単位長さ当りのすれ係数とすれ止めの横方向分布によって定まるすれ止めの分布係数を用いて、すれ止めに作用する力を求める式を導びいた。そして、せん断連結の程度よりすれ止めの横方向分布を問題にした。著者らはI型断面の鋼桁を用いた合成桁橋²⁾について、コンクリート床版と鋼桁との接合面におけるすれを考慮して、設計を行なう簡易計算法を提案した。そして、この簡易計算法を用いて、いろいろな場合について、鋼桁断面の決定を行ない、この計算法が実際の設計に用いられるべきである事を示した。ここでは、この簡易計算法を合成箱桁橋の設計に応用するために、図-1に示すような2本の鋼箱桁と主桁に用いた、実物大のモデルについて、パラメータ解析を行なった。その結果、桁の単位長さ当りのすれ止めのバネ定数によって定まるフレキシビリティ定数 S と弾性挙動との関係と、せん断連結の程度を表わす合成効果低減係数の一般式を得た。

2. パラメータ解析 図-1に示すような断面を持つ実大寸法のモデルについて、有限要素法を用いて、パラメータ解析を行なった。解析法は文献2)の方法を拡張したもので、次の仮定を行なう。

1) 箱桁の断面は十分に剛性の大きいゲイアフラムが取付けられるものとして、剛体変位を行なう。2) 桁のねじり剛性は主桁のみに考慮し、主桁を曲げ剛性とねじり剛性を持つ1本の棒と考える。3) コンクリート床版と鋼桁とのせん断連結は橋軸方向のみを考える。4) 主桁の上フランジ上の床版要素(図-3の斜線で囲まれた部分の要素)については平面応力要素のみを考え、平板曲げ要素は考えない。5) 横桁は箱桁のウェブに接合され、その接合点において、主桁のねじり角と横桁のねじり角が一致する。

これらの仮定により、主桁のねじりに関する剛性マトリックスを用いる事と、

横桁の剛性マトリックスを端部のモーメントとたわみ角を含むように変更する事によって、文献2)の方法が応用される。

図-3は床版の $1/4$ の部分の要素分割を示したもので、主桁、縦桁は床版と同じ位置で分割され、横桁は縦桁と交差する点で分割される。荷重は20tの集中荷重を支間中央に載荷し、主桁の一方に載荷する場合をCase A、縦桁の一方に載荷する場合をCase Bとする。Case Bは縦桁と考えるので、載荷点(橋支間中央断面)が縦桁の支間中央になるように、

図-3の水印の位置に横桁を配置換えした。パラメータにはフレキシビリティ定数 S 、主桁のウェブ間隔及び縦桁間隔 b 、主桁支間長 l を用いた。フレキシビリティ定数 S はすれ止めの寸法と配置により定まるもので、0から5の間で変化させた。 $S=0$ は完全合成の場合に相当する。 b は2.0 m、2.5 m、3.0 mと変化

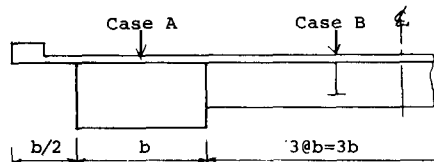


図-1 解析モデル

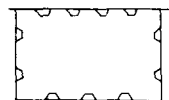


図-2 主桁断面

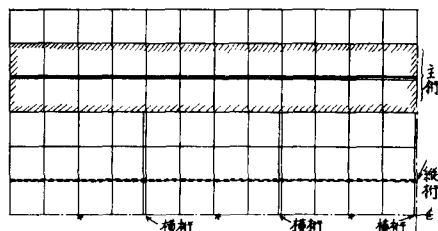


図-3 要素分割

表-1 主桁の断面2次モーメント

$b \setminus L$	30	40	50	60	70m
2.0	555	730	987	1228	1496
2.5	655	852	1157	1436	1748
3.0m	755	973	1326	1645	2000

($\times 10^4 \text{ cm}^4$)

させ、 l は30m～70mの間を10m間隔で変化させた。主桁の断面2次モーメント及びねじり剛性は完全合成の場合について、死荷重と道路橋示方書による活荷重を載荷し、鋼材にSM50を用いるものとして計算を行ない、表-1、2の値が用いられた。主桁の断面は図-2のように、閉断面の縦リブを持つものとし、リブの数は変化させず、寸法のみを変化させた。縦桁、横桁の断面2次モーメントにはそれぞれ、 $3 \times 10^5 \text{ cm}^4$ 、 $5 \times 10^5 \text{ cm}^4$ を用いた。コンクリート床版の厚さは22cmとし、縦桁についてハンチを7cmとした。コンクリートの弾性係数、ポアッソン比をそれぞれ、 $0.3 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、 $1/6$ とした。

図-4は支間50m、縦桁間隔2.5m、Case Aの場合について、載荷点の主桁のたわみ w 、曲げモーメント M 、軸力 N とフレキシビリティ定数 S との関係を示したもので、それぞれ、 w/w_0 、 M/M_0 、 N/N_0 となる比で示されている。分母は $S=0$ の場合の値を示す。軸力比 N/N_0 について見ると、 $S=5$ で $N/N_0 \approx 0$ となっており、 $S>5$ で鋼桁と床版との合成作用が行なわれなくなると考えられる。この傾向は主桁にI桁を用いた場合と良く一致している。たわみ及び曲げモーメントについても、I桁の場合と良く似た傾向が見られるが、その比の値がI桁の場合に比較して小さくなっている。これはコンクリート床版に対して鋼桁の曲げ剛性が大きくなっているためと考えられる。

3. 合成効果低減係数の一般式 パラメーター解析
の結果について、縦軸に合成効果低減係数 $\eta = N/N_0$ を取り、横軸に $x = S(b/l)^B / \{1 - A(I_s/I_m)^2\}$ を取る。ここに、 A 、 B はパラメーターで、 I_s 、 I_m はそれぞれ、縦桁及び主桁の断面2次モーメントである。 A 、 B に適當な初期値を代入して、 η の値(105個)をプロットし、最小自乗法により x に関する4次の近似式を求める。この近似式について標準偏差を求め、この値ができるだけ小さくなるように、 A 、 B を変化させて反復計算を行ない、 A 、 B を求めた。 A 、 B の最終値に対する標準偏差はCase Aで0.013、Case Bで0.025である。その結果を図-5、6に示す。又、その近似式を次に示す。

$$\text{Case A: } \eta = 1 - 0.036x - 5.101x^2 + 7.097x^3 - 2.902x^4$$

$$\text{Case B: } \eta = 1 + 0.247\hat{x} - 1.998\hat{x}^2 + 1.462\hat{x}^3 - 0.316\hat{x}^4$$

$$x = s(b/l)^{0.4} / \{1 - 96(I_s/I_m)^2\}$$

$$\hat{x} = s(6b/l)^{0.384} / \{1 - 1.98(I_{m0}/I_m)^2\}$$

ここに、 I_{m0} は主桁の基準断面2次モーメントで 10^5 cm^4 とした。

参考文献

- 1) Moffatt, K.R. and Dowling, P.J., The Longitudinal Bending Behaviour of Composite Box Girder Bridges Having Incomplete Interaction, The Structural Engineer, Vol. 56B, No. 3, 1978.
- 2) 小松、佐々木：不完全合成格子桁橋の理論と近似計算法について、

論文報告集 329号。 3) 小松、佐々木：不完全合成桁橋の設計法について、第38回年講概要集。

表-2 主桁のねじり剛性

$b \setminus L$	30	40	50	60	70m
2.0	561	789	955	1075	1261
2.5	794	1105	1358	1541	1813
3.0m	1044	1438	1789	2046	2413

($\times 10^{10} \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$)

