

琉球大学工学部 正会員 ○有住 康則
琉球大学工学部 正会員 浜田 純夫
琉球大学工学部 正会員 大城 武

1. まえがき 近年、道路橋において曲線合成桁が多く用いられるようになってきた。曲線合成桁は、曲率面外の荷重を受けると曲げモーメントのみならず、ねじりモーメントおよび曲げねじりモーメントが作用し、設計においてはそれらを考慮して構造計算を行う必要がある。特に、コンクリートスラブと鋼桁の面のずれ止めには橋軸方向および曲率半径方向に水平せん断力が作用し、ずれ止めの配置はそれらを考慮して決定しなければならない。曲線合成桁については、Calville¹⁾ および前田²⁾ の理論的、実験的研究が報告されている。しかし、それらはI型断面を有する曲線合成桁であり、曲線合成多支桁橋および曲線合成箱桁橋のずれ性状を含んだ挙動解析はほとんど行われていない。本研究では、コンクリートスラブと鋼桁の面にずれの生じる不完全曲線合成桁の三次元的解析手法を示す。すなわち、コンクリートスラブと鋼桁をそれぞれ曲線帯板要素で、ずれ止めを二次元のパネ要素でモデル化し解析を行った。この解析手法を用いて、1室曲線合成箱桁橋について解析を行い、特に、接合面のずれ性状に注目して検討を行った。

2. 解析法 Fig.1に示すように、コンクリートスラブと鋼桁を曲線帯板要素で、ずれ止めを二次元のパネ要素でモデル化し解析を行った。ここで、接合部において浮き上がりは無いものとし、ずれ止めは橋軸方向に密に連続的に等分布配置されているものとした。なお、有限帯板法の詳細については文献(3)を参照願いたい。

Fig.2に示すように、橋軸方向にずれ止めに働く力を F_θ 、半径方向に働く力を F_r とし、それぞれの方向のずれを $\Delta\theta$ 、 Δr とすると、ずれ止めに働く力とずれの関係は次のように示される。

$$F_\theta = k_\theta \Delta\theta, \quad F_r = k_r \Delta r \quad (1-a, b)$$

ここで、 k_θ 、 k_r はずれ止めの剛性である。一方、ずれ止めは、それぞれの曲線帯板要素の中性線上に配置されているものとする、ずれ $\Delta\theta$ 、 Δr は次のように示される。

$$\Delta\theta = v_{is} - v_{nc} + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial w_{is}}{\partial \theta} z_s + \frac{\partial w_{nc}}{\partial \theta} z_c \right) \quad (2-a)$$

$$\Delta r = u_{is} - u_{nc} + \psi_{is} z_s + \psi_{nc} z_c \quad (2-b)$$

ここで、 z_s 、 z_c は上フランジおよびコンクリートスラブ重心軸から接合面までの距離である。仮想仕事の原理より、ずれ止め要素の内部仮想仕事 δW_{sc} は、

$$\begin{aligned} \delta W_{sc} &= r \int_0^a k_\theta \Delta\theta \delta \Delta\theta d\theta + r \int_0^a k_r \Delta r \delta \Delta r d\theta \\ &= \{\delta u_{sc}\}^T [K_{sc}] \{u_{sc}\} \end{aligned} \quad (3)$$

となる。ここで、 $[K_{sc}]$ はずれ止め要素の剛性マトリックスであ

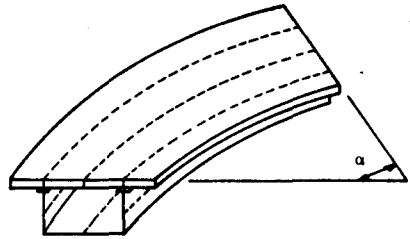


Fig.1 A curved composite girder bridge

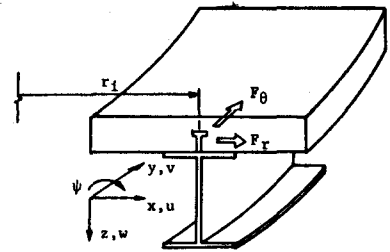


Fig.2 Forces acting a shear connector and displacements

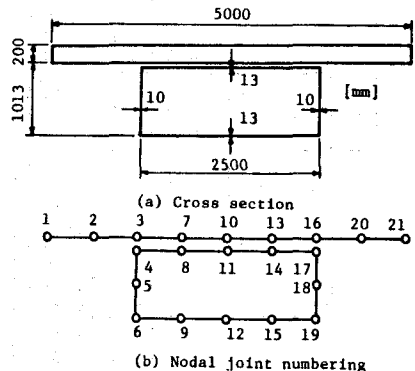


Fig.3 Details of composite box girder

る。不完全曲線合成桁の接合面における変位の適合条件式は、

$$w_{nc} = w_{is} \quad , \quad \psi_{nc} = \psi_{is} \quad (4-a, b)$$

となる。従って、不完全合成桁のオム項のつり合い式は、

$$[K]_m \{u\}_m = \{P\}_m \quad , \quad [K]_m = [K_s]_m + [K_{sc}]_m \quad (5-a, b)$$

となる。ここで、 $[K_s]_m$ は帯板要素の剛性マトリックスであり、 $\{P\}_m$ は荷重項である。

3. 解析結果 Fig.3に示す肉断面鋼箱桁を有する曲線合成桁について解析を行った。中心半径は $R=25m$ であり、中心角は $\alpha=\pi/5$ 、また、コンクリートおよび鋼桁の材料定数は、

$$E_c = 2.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2, G_c = 9.0 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2, \nu_c = 0.167$$

$$E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2, G_s = 8.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2, \nu_s = 0.3$$

である。ずれ止めは上フランジ4等分点上にそれぞれ配置した。Fig.4に等分布荷重($1t/m^2$)が作用した場合の中央断面におけるたわみおよび橋軸方向の応力分布を示す。Fig.5,6に橋軸方向および半径方向のずれ分布を、Table 1にずれ止めにかかる力の分布状態を示す。これらの図表から明らかのように、ウェブ上に配置されたずれ止めには大きな水平せん断力が作用しており、これより、ウェブ上に配置されたずれ止めによって大部分の力がコンクリートスラブと鋼桁間に伝達されていると考えられる。一方、ウェブ上に配置されたずれ止めでは橋軸方向の力が卓越しており、その他のフラジ上では半径方向の力も大きい。

4. 参考文献 [1] Colville, J., Proc. ASCE, Vol.99(ST 7), pp.1555-1570, 1973. [2] 前田 幸雄 他, 2径間曲線連続合成桁の静的載荷試験, 大阪大学, 1973. [3] Meyer, C., et al., Proc. ASCE, Vol.97(ST 10), pp.2459-2479, 1971.

Table 1 Horizontal shear forces in kg/cm

θ		0	0.1α	0.2α	0.3α	0.4α	0.5α
A	F_θ	161.8	148.0	115.8	79.6	41.8	0
	F_r	0	-6.1	-9.6	-10.7	-10.8	-10.0
	F	161.8	148.1	116.2	80.3	43.2	10.8
B	F_θ	38.3	34.5	26.4	18.5	10.3	0
	F_r	0	1.8	-1.4	-6.7	-8.9	-8.9
	F	38.3	34.5	26.4	19.7	13.6	8.9
C	F_θ	21.2	18.0	12.3	8.6	5.4	0
	F_r	0	-6.8	-12.4	-16.5	-19.1	-20.1
	F	21.2	19.2	17.5	18.6	19.8	20.1
D	F_θ	22.0	18.9	13.1	8.7	5.0	0
	F_r	0	-12.7	-18.5	-20.1	-22.3	-23.9
	F	22.0	22.8	22.7	21.9	22.9	23.9
E	F_θ	84.4	73.0	49.7	30.7	16.2	0
	F_r	0	8.2	12.1	12.6	12.8	13.1
	F	84.4	73.5	51.2	33.2	20.6	13.1

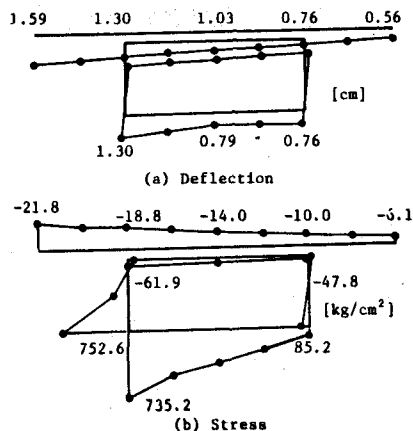


Fig.4 Deflections and stresses at mid-span

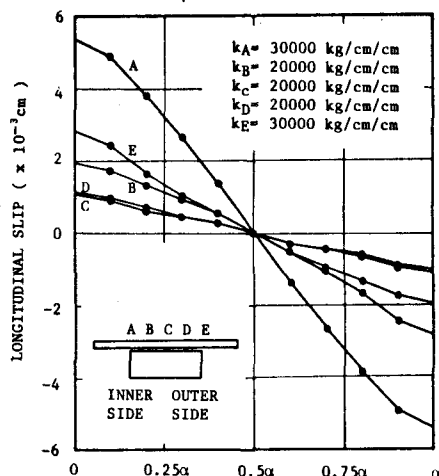


Fig.5 Longitudinal slip distributions

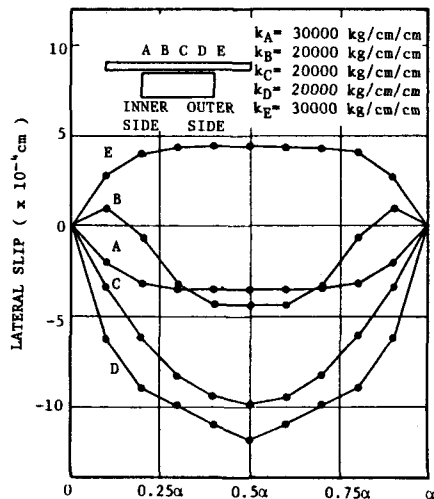


Fig.6 Lateral slip distributions