

水平荷重を受けるランガートラス橋の構造解析

岩手大学 正員 宮本 裕
久慈高校 ○正員 安彦敏郎
岩手大学 正員 嵯峨耕咲

本研究は、水平荷重を受けるランガートラス橋を、上横構のある場合、ない場合に分けて解析し、さらに、吊り材を1本おきに取り去った場合について、同様に解析し、比較研究したものである。

解析法としては(図-1-a)のように、吊り材の一端を固定と考えた立体ラーメンとして行ない、全体座標軸および部材座標軸を(図-1-b)のように定める。なお、諸元は、盛岡市にある南運橋のものを用いた。

1. 立体ラーメン解析の理論

(1) 部材剛性方程式

$$\{m^s\}_i = [K^s]_i \{s^s\}_i \quad \dots (1)$$

ここで $[K^s]_i$: 部材座標系に関する剛性マトリックス

(2) 座標変換マトリックス

$$[K^s]_i = [T^s]^T_i [K^s]_i [T^s]_i \quad \dots (2)$$

ここで $[K^s]_i$: 全体座標系に関する剛性マトリックス

$[T^s]_i$: 座標変換マトリックス

(3) 部材回転マトリックス

$$[T^s]_i = \begin{bmatrix} [C^s]_i & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [C^s]_i & [0] & [0] \\ [0] & [0] & [C^s]_i & [0] \\ [0] & [0] & [0] & [C^s]_i \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

ここで $[C^s]_i$: 部材回転マトリックス

(a) Y-Z-X 変換の時

$$[C^s]_i = \begin{bmatrix} C_x & C_y & C_z \\ -C_x C_y \cos \psi_y - C_z \sin \psi_y & \sqrt{C_x^2 + C_z^2} \cos \psi_y & -C_y C_z \cos \psi_y + C_x \sin \psi_y \\ \sqrt{C_x^2 + C_z^2} \sin \psi_y & -C_y C_z \sin \psi_y - C_x \cos \psi_y & \sqrt{C_x^2 + C_z^2} \end{bmatrix}$$

ここで C は方向余弦を、 ψ は ψ 角を示す。

(4) 方向余弦

(図-2-a) で X, Y, Z は全体座標である。

ここで $\bar{X}_p = X_p - X_i, \bar{Y}_p = Y_p - Y_i, \bar{Z}_p = Z_p - Z_i$

$$L_i = \sqrt{(X_p - X_i)^2 + (Y_p - Y_i)^2 + (Z_p - Z_i)^2}$$

$$C_x = \frac{X_p - X_i}{L_i}, C_y = \frac{Y_p - Y_i}{L_i}, C_z = \frac{Z_p - Z_i}{L_i}$$

(5) ψ 角 (図-2-b)

(a) Y-Z-X 変換の時

$$\sin \psi_y = \frac{Z_{ap}}{\sqrt{Y_{ap}^2 + Z_{ap}^2}}, \cos \psi_y = \frac{Y_{ap}}{\sqrt{Y_{ap}^2 + Z_{ap}^2}}$$

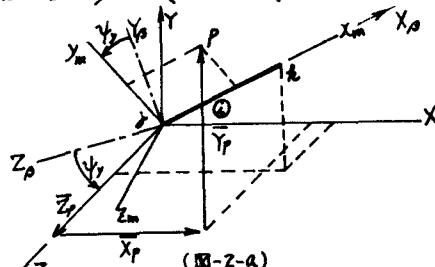
ここで $X_{ap} = C_x \bar{X}_p + C_y \bar{Y}_p + C_z \bar{Z}_p$

$$Y_{ap} = \frac{C_x C_y}{\sqrt{C_x^2 + C_z^2}} \bar{X}_p + \sqrt{C_x^2 + C_z^2} \bar{Y}_p - \frac{C_z C_y}{\sqrt{C_x^2 + C_z^2}} \bar{Z}_p$$

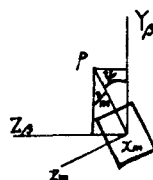
$$Z_{ap} = -\frac{C_x C_z}{\sqrt{C_x^2 + C_z^2}} \bar{X}_p + \frac{C_z}{\sqrt{C_x^2 + C_z^2}} \bar{Z}_p$$

(b) Z-Y-X 変換の時

$$[C^s]_i = \begin{bmatrix} C_x & C_y & C_z \\ -C_x C_z \sin \psi_z - C_y \cos \psi_z & -C_y C_z \sin \psi_z + C_x \cos \psi_z & \sqrt{C_x^2 + C_y^2} \sin \psi_z \\ \sqrt{C_x^2 + C_y^2} \cos \psi_z & -C_x C_z \cos \psi_z - C_y \sin \psi_z & \sqrt{C_x^2 + C_y^2} \end{bmatrix}$$



(図-2-a)



(図-2-b)

(b) Z-Y-X 変換の時

$$\sin \psi_z = \frac{Z_{ap}}{\sqrt{Y_{ap}^2 + Z_{ap}^2}}, \cos \psi_z = \frac{Y_{ap}}{\sqrt{Y_{ap}^2 + Z_{ap}^2}}$$

ここで $X_{ap} = C_x \bar{X}_p + C_y \bar{Y}_p + C_z \bar{Z}_p$

$$Y_{ap} = -\frac{C_x}{\sqrt{C_x^2 + C_z^2}} \bar{X}_p + \sqrt{C_x^2 + C_z^2} \bar{Y}_p$$

$$Z_{ap} = -\frac{C_x C_z}{\sqrt{C_x^2 + C_z^2}} \bar{X}_p - \frac{C_z C_y}{\sqrt{C_x^2 + C_z^2}} \bar{Y}_p + \sqrt{C_x^2 + C_y^2} \bar{Z}_p$$

2 水平たわみ、および、軸力

水平たわみは(図-3-a),(図-4-a), 軸力は(図-3-b)(図-4-b)のとおりである。なおここで、()内の数値は、斜材を取り去った時の値を示す。

3. 結論

(1) 横構のある場合と横構を取り去った場合についての比較(簡単のために、吊り材11本の場合をA、1本おきに取り去った場合をBとする)

a. 横構を取り去ると、水平たわみが約6倍になる。その傾向は、Aで6.2倍、Bで6倍と、吊り材11本の方が、やや大きくなる。

b. 断面力としては、y軸まわりのねじりモーメント(主として強軸まわりのねじりモーメント)が大きな値を持つ。

c. y軸まわりのねじりモーメントは、吊り材で約6倍、中央部のアーチリブでは11~12倍と大きくなる。その傾向は、つり材でA 6.4, B 6.1, 中央部のアーチリブでA 12, B 11と、吊り材11本の方が、やや大きくなる。

d. 吊り材の軸力は、ほとんど変わらないが、支点から、スパンの1/3付近の吊り材の軸力が2~3倍と、やや大きくなる。

e. アーチリアの軸力は、極端に小さくなり、中央部のアーチリブほどその傾向は大きく、Aで約1/40, Bで約1/5となり、吊り材11本の場合の方が、この傾向が特に大きい。

f. アーチリアに直交する部材の軸力は、ほとんど変わらない。

g. 以上のことから、横構を取って解析することは適当ではない。

h. アーチを立体解析しても、ライズに比べて橋長が長いので、一連の平面ラーメン(ダブルワーレントラスとフレンドール桁の組み合わせたもの)と見なされる。

i. フレンドール桁に代えて、トラス部材の効果は非常に大きい

(2) 吊り材11本の場合と、吊り材を1本おきにした場合との比較
a. 吊り材を1本おきに取り去ると、水平たわみ、強軸まわりのねじりモーメント共に約1.6~1.7倍となる。

b. 軸力は、すべての部材について、支点付近では、ほとんど変わらず、スパン中央付近では、約2倍となる。

c. 以上の傾向は、斜材のある場合の方が、わずかに大きくなる

d. 以上のことから、吊り材を1本おきにしても、水平たわみ、断面力共大きな値はないので、吊り材を1本おきにして解析してよい。

4. 参考文献 F.W.ビューフェル著、成岡昌夫訳：コンピュータによる骨組構造解析、培風館

