

I-125

鋼床版曲線桁橋のそりねじり解析と実験

北海道大学工学部 正員 平沢 秀之
 北海道大学工学部 正員 渡辺 昇
 北海道開発局 正員 新山 惇
 北海道開発局 正員 本多 満

1. まえがき

曲線桁においては従来ねじり剛性が大きい箱型断面が多用されており、開き断面はあまり用いられていない。しかし箱型断面は使用鋼重が大きくなり不経済となるという欠点を有している。そこで、Uリブを用いた鋼床版断面の曲線桁の供試体を製作し、そりねじりを考慮した解析と実験を行ったので、本論文においてその概要を報告する。

2. そりねじりを考慮した曲線桁のたわみ及びねじり角

Rを曲線桁の半径とし、 θ 、 f をそれぞれねじり角、たわみとする。さらに、

$$\phi = \theta + \frac{f}{R} \quad (1)$$

とおくと、曲線桁に関する微分方程式は、次のようになる。

$$W = -EC_M \phi'' \quad (\text{そりモーメント}) \quad (2)$$

$$T_2 = W' = -EC_M \phi''' \quad (\text{そりねじりモーメント、2次ねじりモーメント}) \quad (3)$$

$$T_1 = GJ_T \phi' \quad (\text{純ねじりモーメント、1次ねじりモーメント}) \quad (4)$$

$$T = T_1 + T_2 = GJ_T \phi' - EC_M \phi''' \quad (\text{全ねじりモーメント}) \quad (5)$$

これらの式と曲線桁の微小要素におけるつり合い式とから、集中荷重P、集中トルクTによる任意断面の f 、 ϕ を求めると、次のような式となる。

$$f = \frac{R^2}{EI} \left\{ (PR - T) \frac{1+k(1-\eta)}{2} \left\{ \frac{\sin \omega'}{\sin \Phi} \rho \cos \rho - (\omega \cos \omega' + \sin \omega' - \Phi \frac{\sin \omega}{\sin \Phi}) \frac{\sin \rho}{\sin \Phi} \right\} \right. \\ \left. - kPR \left(\frac{\sin \omega'}{\sin \Phi} \sin \rho - \frac{\omega'}{\Phi} \rho \right) + k \{ PR \eta^2 + T(1-\eta) \eta \} \left(\frac{\sin \omega'}{\sin \Phi} \sin \rho - \frac{\sinh \lambda \omega' \cdot \sinh \lambda \rho}{\lambda \sinh \lambda \Phi} \right) \right\} \quad (6)$$

$$\phi = \frac{R}{GJ_T} \left\{ (T - PR)(1-\eta) \frac{\sin \omega'}{\sin \Phi} \sin \rho + PR \frac{\omega'}{\Phi} \rho - \{ PR \eta + T(1-\eta) \} \frac{\sinh \lambda \omega' \cdot \sinh \lambda \rho}{\lambda \sinh \lambda \Phi} \right\} \quad (7)$$

3. 曲げ及びねじりによる応力

曲げ荷重が作用する桁には曲げモーメントMによる垂直応力 σ_m とせん断力Qによるせん断応力 τ_q が生じており、ねじり荷重が作用している桁にはそりモーメントWによる垂直応力 σ_w と純ねじりモーメント T_1 によるせん断応力 τ_1 、そりねじりモーメント T_2 によるせん断応力 τ_2 が同時に生じている。また、 T_1 はSt.Venantの部分 T_{1s} とBredtの部分 T_{1b} に分離でき、開断面においては、 T_{1s} により生じるSt.Venantのせん断応力 τ_{1s} 、閉じ断面においては、 T_{1b} により生じるBredtのせん断応力 τ_{1b} が生じている。したがって曲げ荷重とねじり荷重が同時に作用する桁の断面には、これらを総和した垂直応力 σ 、せん断応力 τ が生じていることになる。

$$\sigma = \sigma_m + \sigma_w \quad \tau = \tau_q + \tau_2 + \tau_{1s} + \tau_{1b} \quad (8)$$

4. 実験供試体及び実験方法

実験供試体は、図1に示すようにUリブを2つ用いた鋼床版断面桁とし、支間の1/4、2/4、3/4の断面には門型の横桁を配置した。中心線の支間は6m、半径は10mである。本実験では、支間中央及び3/8の断面において、外桁上、せん断中心軸上、内桁上のそれぞれの点に油圧ジャッキに

より鉛直荷重を載荷させた。支承は曲げに対しては単純支持、ねじりに対しては固定となるようにし、特に、ねじりによって支承の浮きが生じないように留意して設置した。測定断面は、支間の3/8、4/8、5/8の各断面とし、ダイヤルゲージでたわみ及びねじり角を、ひずみゲージで垂直応力、せん断応力を測定した。

5. 実験結果と解析

載荷点位置を4/8の断面の外桁上とし、鉛直荷重30tを載荷させた場合の理論値と実測値を図2から図5に示す。この場合、断面力を計算するための外力としては、集中荷重が、 $P=30\text{t}$ 、集中トルクが、 $T=P \times e$ 、(e はせん断中心と外桁との距離)を用いる。理論値と実測値を比較すると一部局部応力が発生しているものの全体の傾向はよく一致しており、ウェブの中立軸の位置もよく一致している。たわみは式(6)の f より、ねじり角は、式(7)の ϕ の式と、式(1)より θ を計算することにより求められる。載荷点を4/8の断面の外桁上、荷重を30t、着目点を5/8の断面としたときの f 、 θ を求めると、

$$f = 0.211(\text{cm}) \quad \theta = 0.002520(\text{rad})$$

となる。これに対し、ダイヤルゲージによる測定からたわみ、ねじりの中心及びねじり角を求めると、図6のようになる。図6は、たわみ及びねじり角に関しては、理論値よりやや大きめの値となっているが、ねじりの中心はせん断中心にかなり近いといえる。

6. あとがき

本実験では、応力とたわみ及びねじり角を測定したが、全体的に、かなり理論値に近い結果が得られた。本供試体は主桁2本、横桁3本の格子構造と見なすことも可能であるが、実験結果から分かるように断面が一体としてねじれており、断面の形状保持がほぼ満たされているので棒理論で計算することが可能である。実橋においては、幅員に応じてUリブの個数が増えるため、そり座標やせん断中心を計算することが、非常に困難となるが、文献3)にあるパソコンのソフトも開発されているので、複雑な開断面の計算も容易である。

<参考文献>

- 1) 渡辺 昇：曲線桁の理論と計算、技報堂、1967
- 2) 高岡宣善：構造部材のねじり解析、共立出版、1974
- 3) 林 義税、渡辺 昇：薄肉断面桁橋のパソコンによるそりねじり解析、土木学会北海道支部 論文報告集 昭和63年度
- 4) 渡辺 昇：開き断面連続桁と閉じ断面連続桁の曲げおよび拘束振れによる応力の計算、工学研究 Vol.12、No.2、3、5、6、昭和38年2、3、5、6月
- 5) R.Dabrowski：Gekrümmte dünnwandige Träger、Springer-Verlag、1968
- 6) Bornscheuer：Systematische Darstellung des Biege-und Verdrehvorganges unter besonderer Berücksichtigung der Wölbkrafttorsion、Stahlbau.1952

