

連続曲線箱桁橋のそりねじり応力の簡易計算法

大阪市立大学工学部 正員 中井 博
大阪市立大学工学部 正員 谷 俊寛

1. まえがき 曲線箱桁橋でいわずにねじり定数比($K = \frac{2\sqrt{GK}}{EI_w}$)が30以上の場合、曲げねじりによる垂直応力 σ_y が曲げによる垂直応力 σ_x の5%以下であり、曲線箱桁橋は曲げと純ねじりを考慮した曲がりばり理論で解析しても実用上十分であることが明らかにされている。しかし、長大曲線箱桁橋においてそりねじり応力のほかに、断面変形による応力も生じることと考えると、最終的にはこれらの応力も照査できる簡易計算法について検討しておく必要がある。そこで、本文はその一例として2箱桁曲線橋を対象として、種々な数値計算により集中トルクが作用する点でそりねじり応力が卓越することを確かめ、単純ねじり理論により、これらの応力を容易に算定できることを明らかにするものである。

2. 解析方法 曲線箱桁橋を全橋断面一体として解析する場合、曲げねじり理論と伝達マトリックス法を用いる。

曲線箱桁橋を格子桁として取扱う場合は、個々の主桁の曲げ剛度と純ねじり剛度のみを考慮して、結合法を用い伝達マトリックス法で解析を行なう。

3. 数値計算例 曲げねじり理論と格子桁理論により、図-1に示す連続曲線箱桁橋(実橋をモデル化)を解析し、下フランジとウェブの接合点④での垂直応力を比較する。表-1には、この曲線箱桁橋の断面諸定数を示す。

図-2は、種々な荷重状態(TT-43荷重、L荷重)に対して、曲率半径を変化させ2つの理論値を比較したものである。図より、L荷重に対しては中間支点到に着目した場合、そりねじりによる応力が曲げによる応力の5%以下であることが確認できるが、TT-43荷重のような集中荷重では、中心角 α が大きいとき、そりねじり応力が曲げ応力の10%ぐらいになることも考えられる。

4. そりねじり応力の簡易計算法

図-3(a)は図-1の連続曲線箱桁橋のスパン中央外桁に集中荷重(100t, TT-43荷重想定)を作用させたときの外桁のねじりモーメント図である。図-3(b)は、同じ荷重のもとで、2つの理論値の差をそりによる垂直応力 σ_y と考え、曲げ応力 σ_x (格子桁理論)に対する比で表わし、スパン方向

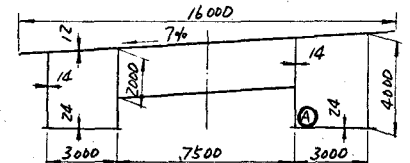
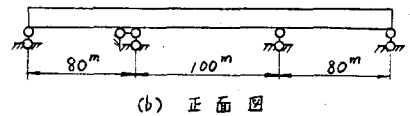
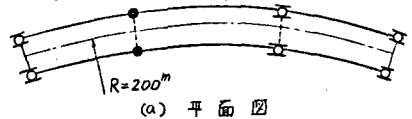


図-1 (c) 断面図

解析方法	断面二次モーメント I_x	断面二次モーメント I_y	ねじり定数 GK	ねじり定数 K	$K \cdot \frac{2\sqrt{GK}}{EI_w}$
曲げねじり理論	1.301×10^8	1.014×10^8	39.525×10^6	9.95	
格子桁					
外桁	0.762×10^8	0.582×10^8	0.642×10^6	59.13	
内桁	0.527×10^8	0.438×10^8	0.317×10^6	73.00	

表-1 断面諸定数

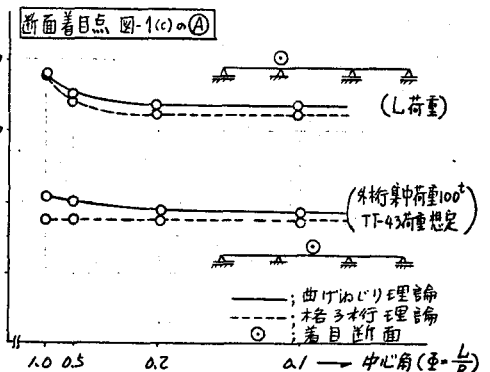


図-2 理論値の比較

の変化として示したものである。これらの図を比較すると、ねじりモーメントが作用する偏心荷重載荷点、あるいは、中間支点においてそりによる垂直応力が大きくなることがわかる。

そこで、まず簡単のために単純直線桁橋のスパン中央にねじりモーメント M_T (橋軸方向に時計まわりが正) を作用させた場合を考えよう。この場合の曲げねじりモーメント M_{ω} は、ねじり定数比が大きく ($K \geq 10$) なるものを考慮すると、以下のように式を変形できる。

$$M_{\omega} = -\frac{M_T}{\alpha} \frac{\sinh^2 \alpha \frac{l}{2}}{\sinh \alpha l} \cong -\frac{1}{2\alpha} M_T \quad \dots (1)$$

そして、上フランジと下フランジの接合点でのそり関数 ω をつぎのようにおくと、

$$\omega = \lambda \cdot \frac{bh}{4} \quad \dots (2) \quad \begin{array}{l} b: \text{下フランジ幅} \quad h: \text{上フランジ高さ} \\ \lambda: \text{断面形状により決まる定数} \end{array}$$

であり、したがってそりねじり応力 σ_{ω} は次のようになる。

$$\sigma_{\omega} = \frac{M_{\omega}}{I_{\omega}} \omega = -\frac{E}{G} \frac{\lambda bh}{8\sqrt{K} I_{\omega}} M_T \cong -\frac{h}{5K} \left(\lambda \sqrt{\frac{K}{I_{\omega}}} \right) M_T = -\frac{h}{5K} \gamma M_T \quad \dots (3)$$

$$\text{すなわち、} E = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2, G = 0.81 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

ここで、種々な形状をもつ断面について γ を求めると、図-4 に示すように γ の上限値は 5 となる。すると、式(3)は IDR と同じ提案式になる。

$$\sigma_{\omega}^* = -\frac{h}{K} M_T \quad \dots (4)$$

上では、集中トルク荷重によるそりねじり応力を求めているが、分布トルク荷重が作用するときもスパン中央においてそりねじり応力が最大となる。しかし、式(4)の数%となるため、式(4)では省略する。

つぎに、曲線桁橋の曲げねじり特性を図-5 のパラメータ解析結果に示す。パラメータ γ はねじり曲げ剛比である。この図より、曲線桁橋の曲げねじり特性は直線桁と比較してほとんどかわらないことがわかる。

そこで、数値計算結果と IDR の提案式が曲線桁橋にも適用できるものとして σ_{ω}^* を求めたものを表-2 に示す。ここに、 $\Delta T (\equiv M_T)$ は図-3(a) のねじりモーメントのステップ量である。表より、外桁断面は $\gamma \cong 2$ となるため、提案式による値 σ_{ω}^* が計算例 σ_{ω} の 2~3 倍の安全側に出るようになり、ところが傾向はよく一致しているように思われる (内桁は $\gamma \cong 2$ に対する値)。

5. あとがき 単純ねじり理論でそりによる垂直応力が計算できたら簡易さと、安全側の値を与えらということを考えて、IDR の式を曲線桁橋に適用してもよいように思われる。

参考文献: 1) 峠、朝谷, 土木学会論文報告集, No. 255, 1976 2) 小松鉄, 葉肉構造物の理論と計算 I 3) Interim Design and Workmanship Rules, 1973

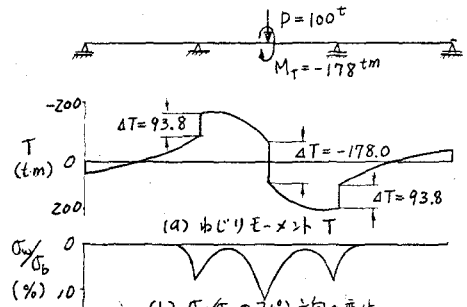


図-3 ねじりモーメントと理論値の差との関係

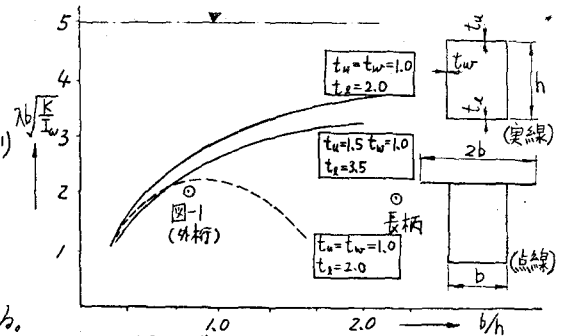


図-4 断面形状と γ 値の関係

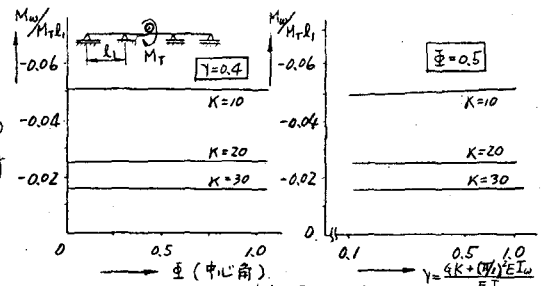


図-5 曲線桁橋の曲げねじり特性

荷重載荷点着目	曲げねじり理論	ねじり理論	(1) σ_{ω}	(2) ΔT	σ_{ω}^*
外桁外側	386.9	343.6	43.3	-17.80	(68.1)
外桁中央	359.9	336.0	23.9	-5.71	(21.9)
中央径間中央	573.1	577.1	-4.0	0.01	(0.0)
中間支点	-684.4	-667.5	-16.9	10.74	(-41.1)

表-2 理論値と提案値との比較