

薄肉曲線橋の二、三の特性について

京都大学工学部 正員 小西一郎

京都大学工学部 正員 神部俊一

日立造船 K.K 正員 O 重見五男

1. まえがき

この研究は閉断面薄肉曲線橋の二次せん断をすみと考慮した場合の断面力、応力の分布の特性について種々検討をした。

2. 基礎方程式¹⁾

$$\frac{d^2 M_x}{d\theta^2} + M_x = -R_s (m_x^* + R_s \varphi_x^*)$$

$$\frac{d^2 M_x}{d\theta^2} - \mu^2 M_x^* = -K R_s (M_x + R_s M_x^*) \quad \mu \equiv R_s \frac{1}{1+\mu^2} \frac{GJ_T}{EC_s^2}, \quad K \equiv \frac{1}{1+\mu^2}, \quad \frac{1}{\mu} \equiv R_s \frac{J_T}{EC_s^2} \int_F (\bar{x} - \bar{x}_0^*) \frac{dA}{A}$$

$$\frac{d^2 \varphi}{d\theta^2} + \varphi = -\frac{\mu^2}{GJ_T} M_x^* - \frac{R_s}{GJ_T} (K + \beta) M_x - K \frac{K_s}{GJ_T} M_x^* \quad \beta \equiv \frac{GJ_T^*}{EJ_s^2}, \quad \frac{1}{EJ_s^2} \equiv \frac{J_T}{E(J_y^2 + J_z^2)}, \quad K = 1 - K$$

$$\frac{d^2 u_x^*}{d\theta^2} = -\frac{R_s}{EJ_s^2} M_x - R_s \varphi$$

$$\varphi_x^* = \frac{1}{R_s} \left(\frac{d\varphi}{d\theta} - \frac{1}{R_s} \frac{d u_x^*}{d\theta} \right)$$

ここに、 u_x^* : せん断中心軸の面外変位

$$T_s^* = GJ_T \varphi_x^*$$

 φ : 断面のねじれ回転角

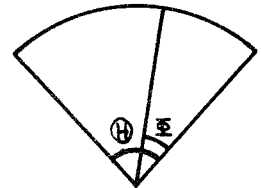
$$T_x^* = \frac{1}{R_s} M_x^*$$

 φ_x^* : せん断中心軸のねじり率

3. 基礎方程式の解式

せん断中心に鉛直集中荷重 P が作用した場合と、集中トルク T が作用した場合について示す。

曲げモーメント M_x		
鉛直集中	$R_s P \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \sin \theta$	$(0 \leq \theta \leq \bar{\theta})$
荷重が作用	$R_s P \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \sin \bar{\theta}$	$(\bar{\theta} \leq \theta \leq \theta_0)$
集中トルク	$T \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \sin \theta$	$(0 \leq \theta \leq \bar{\theta})$
が作用	$T \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \sin \bar{\theta}$	$(\bar{\theta} \leq \theta \leq \theta_0)$



曲げねじりモーメント M_x^*		
鉛直集中	$R_s P \frac{K}{1+\mu^2} \left\{ \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \sin \theta - \frac{\sinh \mu(\theta - \bar{\theta})}{\sinh \mu \theta} \frac{1}{\mu} \sinh \mu \theta \right\}$	$(0 \leq \theta \leq \bar{\theta})$
荷重が作用	$R_s P \frac{K}{1+\mu^2} \left\{ \frac{\sin \bar{\theta}}{\sin \theta} \sin(\theta - \bar{\theta}) - \frac{\sinh \mu \bar{\theta}}{\sinh \mu \theta} \frac{1}{\mu} \sinh \mu(\theta - \bar{\theta}) \right\}$	$(\bar{\theta} \leq \theta \leq \theta_0)$
集中トルク	$R_s T \frac{1}{1+\mu^2} \left\{ \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \sin \theta + \mu \frac{\sinh \mu(\theta - \bar{\theta})}{\sinh \mu \theta} \sinh \mu \theta \right\}$	$(0 \leq \theta \leq \bar{\theta})$
が作用	$R_s T \frac{1}{1+\mu^2} \left\{ \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \sin \bar{\theta} + \mu \frac{\sinh \mu \bar{\theta}}{\sinh \mu \theta} \sinh \mu(\theta - \bar{\theta}) \right\}$	$(\bar{\theta} \leq \theta \leq \theta_0)$

一次ねじりモーメント T_s^*		
鉛直集中	$R_s P \left\{ \frac{K+\mu^2}{1+\mu^2} \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \cos \theta + \frac{K}{1+\mu^2} \frac{\sinh \mu(\theta - \bar{\theta})}{\sinh \mu \theta} \cosh \mu \theta - \frac{\theta - \bar{\theta}}{\theta} \right\}$	$(0 \leq \theta \leq \bar{\theta})$
荷重が作用	$-R_s P \left\{ \frac{K+\mu^2}{1+\mu^2} \frac{\cos(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \sin \bar{\theta} + \frac{K}{1+\mu^2} \frac{\cosh \mu(\theta - \bar{\theta})}{\sinh \mu \theta} \sinh \mu \bar{\theta} - \frac{\bar{\theta}}{\theta} \right\}$	$(\bar{\theta} \leq \theta \leq \theta_0)$
集中トルク	$T \left\{ (K+\mu^2) \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \cos \theta - K \lambda \frac{\sinh \mu(\theta - \bar{\theta})}{\sinh \mu \theta} \cosh \mu \theta \right\}$	$(0 \leq \theta \leq \bar{\theta})$
が作用	$-T \left\{ (K+\mu^2) \frac{\sin \bar{\theta}}{\sin \theta} \cos(\theta - \bar{\theta}) - K \lambda \frac{\sinh \mu \bar{\theta}}{\sinh \mu \theta} \cosh \mu(\theta - \bar{\theta}) \right\}$	$(\bar{\theta} \leq \theta \leq \theta_0)$

二次ねじりモーメント T_x^*		
鉛直集中	$R_s P \frac{K}{1+\mu^2} \left\{ \frac{\sin(\theta - \bar{\theta})}{\sin \theta} \cos \theta - \frac{\sinh \mu(\theta - \bar{\theta})}{\sinh \mu \theta} \cosh \mu(\theta - \bar{\theta}) \right\}$	$(0 \leq \theta \leq \bar{\theta})$

荷重が作用	$-R_s P \left\{ \frac{\mu}{1+\mu^2} \frac{\cos(\theta-\phi)}{\sin\theta} \sin\pi + \frac{\mu}{1+\mu^2} \frac{\cosh\mu(\theta-\phi)}{\sinh\mu\theta} \sinh\mu\pi \right\}$	($\pi \leq \theta \leq \phi$)
集中トルク	$\tau \frac{\mu}{1+\mu^2} \left\{ \frac{\sin(\theta-\pi)}{\sin\theta} \cos\theta + \mu^2 \frac{\sinh\mu(\theta-\pi)}{\sinh\mu\theta} \cosh\mu\pi \right\}$	($0 \leq \theta \leq \pi$)
が作用	$-\tau \frac{\mu}{1+\mu^2} \left\{ \frac{\cos(\theta-\phi)}{\sin\theta} \sin\pi + \mu^2 \frac{\cosh\mu(\theta-\phi)}{\sinh\mu\theta} \sinh\mu\pi \right\}$	($\pi \leq \theta \leq \phi$)

数値計算例として右図の

ごと断面形状を有する単

純合成箱桁を考える。こ

に、曲率半径 $R = 48710\text{m}$

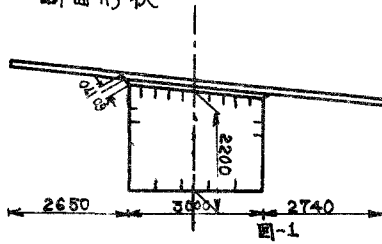
中心角 $\phi = 39.75^\circ$

ねじり定数 $J_T = 2.475 \times 10^6 \text{cm}^4$

曲げねじり定数 $C_w = 8.219 \times 10^6 \text{cm}^6$

$\nu = 0.311$

断面形状



T_s^* $x(\tau)$

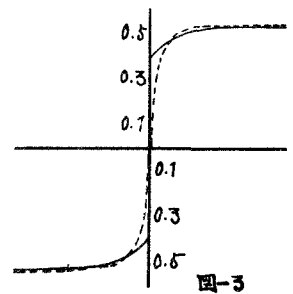


図-3

T_w^* $x(\tau)$

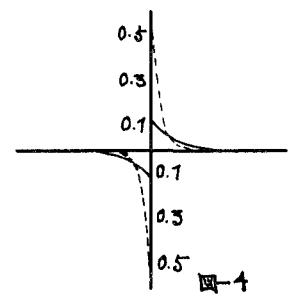


図-4

4. 考察

(図-2~図-4)において実線は $\nu=0.311$ M_w^* の場合(二次せん断ひずみを考慮)と、 $x(10^{-6}\tau)$

点線は $\nu=\infty$ の場合(二次せん断ひずみを考慮しない)と示している。また、 0.2 からは集中トルクがスパン中央に作用した場合の断面力、また 0.6 はその 0.6 断面上のせん断流を示したものであり、 0.8 ①曲げねじりモーメント M_w^* は一般に 1.0 横断面形状が同一なスパン長が

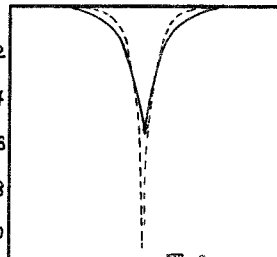


図-2

なるほど局部的かつ S_x Tennant のせん断流 ($10^{-6}\tau/\text{cm}^2$)

大きなものとなるが $\nu=\infty$ では局部的な傾向はより顕著で、その値は過大なものも示している。

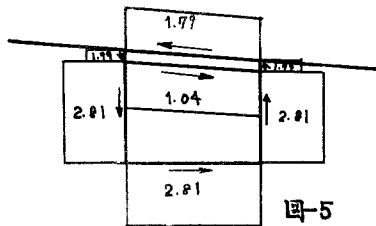


図-5

二次せん断流 ($10^{-6}\tau/\text{cm}^2$)

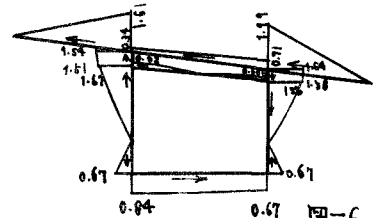


図-6

①一次ねじりモーメント

T_s^* と二次ねじりモーメント T_w^* の場合ねじりモーメントは $\nu=0.311$ と $\nu=\infty$ と一致するか集中トルクの作用断面付近では(図-3,4)の如く著しく異なっている。したがって、その断面のせん断流の分布が大きく異なる。すなわち、 $\nu=0.311$ の場合のせん断流の分布は図-5であり、 $\nu=\infty$ の場合のせん断流の分布は図-6の分布と約4.22倍に拡大したものである。

合せん断流 ($10^{-6}\tau/\text{cm}^2$)

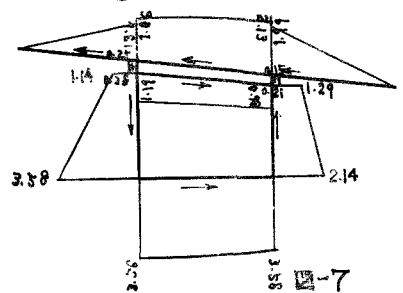


図-7

参考文献

- 1) 小西, 白石, 神部: 円弧曲線桁の曲げねじり理論について, 第14回橋梁, 構造工学発表会講演集