

6. せん断力またはねじりモーメントを受ける部材

6.1 部材断面のせん断強度

部材断面のせん断強度は式(6.1)の値を標準とする.

$$S_u = A_e \tau_u \quad (6.1)$$

ここに,

S_u : 部材断面のせん断強度(N)

A_e : せん断力を受け持つ有効断面積(mm²)

τ_u : せん断強度(N/mm²), $\tau_u = F_u / \sqrt{3}$. ただし, 局部座屈で決まる場合には周辺支持板

としての局部座屈強度 τ_{ul} を用いるものとする.

F_u : 材料規定で与えられる設計基準強度 (N/mm²).

6.2 部材断面のせん断強度の照査

部材断面のせん断力に対する照査は, 式(6.2)により行うものとする.

$$S_d \leq S_u \quad (6.2)$$

ここに,

S_d : 断面に作用するせん断力(N).

6.3 部材断面のねじり強度

断面の終局純ねじりモーメントは

$$T_{su} = \frac{K}{h} \tau_u \quad (6.3)$$

ここに,

T_{su} : 断面の終局そりねじりモーメント(Nmm)

K : 断面のねじり定数(mm⁴)

h : 純ねじりモーメントに対する換算縁端距離(mm)

$$= \begin{cases} t & \text{(開断面の場合)} \\ \frac{2A_c}{t \int (1/t) ds} & \text{(閉断面の場合)} \end{cases} \text{(mm)}$$

t : 板厚(mm)

A_c : 板厚中心線が囲む面積(mm²)

s : 板厚中心線に沿った座標

断面の終局そりねじりモーメントは

$$T_{\omega u} = \frac{I_{\omega}}{(Q/t)_{\max}} \quad (6.4)$$

ここに,

$T_{\omega u}$: 断面の終局そりねじりモーメント(Nmm)

I_{ω} : そりねじり定数 (mm⁶)

Q : そり1次関数(mm⁴)

断面の終局バイモーメントは

$$M_{\omega u} = \frac{I_{\omega}}{\omega_{\max}} \phi_o F_u \quad (6.5)$$

ここに,

ω : そり関数(mm²)

ϕ_o : 部材強度係数(0.92)

F_u : 材料規定で与えられる設計基準強度(N/mm²).

6.4 せん断力とねじりを受ける部材断面の照査

せん断力とねじりを受ける部材断面の照査は、式(6.6), (6.7), (6.8)により行うものとする.

$$\frac{S_d}{S_u} + \frac{T_{ds}}{T_{su}} + \frac{T_{d\omega}}{T_{\omega u}} \leq 1 \quad (6.6)$$

$$\frac{M_{dz}}{M_{tuz}} + \frac{M_{d\omega}}{M_{\omega u}} \leq 1 \quad (6.7)$$

$$\frac{M_{dz}}{M_{cuz}} + \frac{M_{d\omega}}{M_{\omega u}} \leq 1 \quad (6.8)$$

ただし、式(6.9)に示すねじり定数比 κ が、 $\kappa < 0.4$ の場合には純ねじりモーメント T_{ds} を、 $\kappa > 10$ の場合にはそりねじりモーメント $T_{d\omega}$ をそれぞれ無視することができる.

$$\kappa = l \sqrt{\frac{GK}{EI_{\omega}}} \quad (6.9)$$

ここに,

T_{ds} : 断面に作用する純ねじりモーメント(Nmm)

$T_{d\omega}$: 断面に作用するそりモーメント(Nmm)

M_{dz} : 断面に作用する曲げモーメント(Nmm)

$M_{d\omega}$: 断面に作用するバイモーメント(Nmm)

M_{tuz} : 断面の引張側における終局曲げモーメント(Nmm)

$$M_{tuz} = \frac{I_z}{y_t} \phi_o F_u$$

M_{cuz} : 断面の圧縮側における終局曲げモーメント(Nmm)

$$M_{cuz} = \frac{I_z}{y_c} \phi_o F_u$$

I_z : 強軸まわりの断面2次モーメント(mm⁴)

- y_t, y_c : y 軸の原点 (中立軸) からそれぞれ引張縁, 圧縮縁までの距離(mm)
 κ : ねじり定数比
 l : ねじりに関する支間長(mm)
 G : せん断弾性係数(N/mm²)
 E : ヤング係数(N/mm²).

【解説】 道路橋示方書¹⁾に規定されている内容を断面力表現を用いて定めている。

せん断力を受ける部材の照査式である式(6.2)は、プレートガーダーあるいはそれと類似の構造部材における腹板の照査を目的とした略算式である。この場合には、図 6.1 に示すようにせん断力が腹板内で一定であるとして、腹板の面積が照査する断面のせん断力を受けもつ有効断面積 A_w となる。しかし、フランジについては、上記のような略算式を用いて照査することはできないので、せん断力が板の中心線にそった方向に流れるとして考えるせん断流理論により応力度を算出した後、フランジのせん断力に対する照査が必要となる。

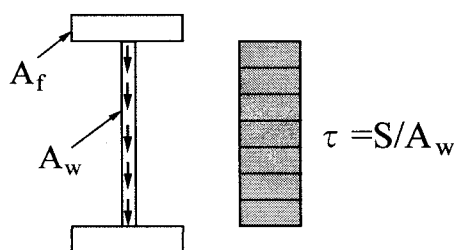


図 6.1 腹板のせん断応力

せん断力に加えてねじりモーメントの影響を考慮する場合の安全性の照査は、曲線部材の曲率面外方向で断面の強軸方向に荷重が作用してねじりの影響が無視できない場合に適用される。プレートガーダーあるいはそれと類似の薄肉断面部材では、ねじりモーメントは純ねじりモーメントとそりねじりモーメントの和となる。純ねじりモーメントは断面内にせん断応力のみを生じさせ、そりねじりモーメントはそりねじりに伴う直応力とそれにつり合うせん断応力を生じさせる。式(6.6)において、 T_{ds} が純ねじりモーメントを、 T_{d_w} が曲げねじりによるそりねじりモーメントを表している。式(6.7)、式(6.8)では、 M_{ds} が強軸曲げモーメントを、 M_{d_w} がバイモーメントを表している。ねじりモーメントを受ける薄肉部材では、純ねじりモーメントとそりねじりモーメントが共存しているが、一般に箱形断面のような閉断面部材では純ねじりモーメントの方が大きく、I 形、 π 形、U 形断面のような開断面部材ではそりねじりモーメントの方が大きい。これらの分担の比率が式(6.9)で示されるねじり定数比 κ で判断できるため、条文のように、 $\kappa < 0.4$ の場合は純ねじりモーメント T_{ds} を無視してそりねじりモーメント T_{d_w} のみを考慮すればよいとし、 $\kappa > 10$ の場合にはそりねじりモーメント T_{d_w} を無視して純ねじりモーメント T_{ds} のみを考慮すればよいとしている。また、 $0.4 < \kappa < 10$ の場合には、純ねじりモーメント T_{ds} とそりねじりモーメント T_{d_w} を考慮した曲げねじり理論に基づいて安全性の照査を行う必要がある。通常、大きなねじりモーメントが作用する部材には、ねじり抵抗の大きい箱形断面部材が使用される。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I 共通編，II 鋼橋編），2002.3.