

MSS モデルを使用した場合の部材の応答について

MSS モデルのせん断バネの剛性と耐力を「SNAP テクニカルマニュアル 3.6.1 バネの剛性と耐力」に基づいて計算したときを考えます。ここでは簡単の為、部材のせん断剛性と耐力は x 方向、y 方向で同じとします。

$$k_{s0} = \frac{K}{n/2} \quad \dots(1)$$

ここに、

k_{s0} : せん断バネの剛性

K : 部材のせん断剛性

n : せん断バネの本数

$$Q_{s0} = \frac{Q_0}{\sum_{i=1}^n \sin \theta_i} \quad \dots(2)$$

ここに、

Q_{s0} : せん断バネの耐力

Q_0 : 部材のせん断耐力

n : せん断バネの本数

このとき MSS モデルのせん断バネの履歴が非線形の領域ではせん断バネの本数によって変形-荷重の関係に差が生じます。ここでは MSS モデルのせん断バネの本数を 2 本とした場合と 4 本にした場合の x 方向の応力-変形関係について考えます。

(1) 線形弾性の場合

(a) せん断バネを 2 本とした場合

部材の x 方向のせん断剛性を K とすると、せん断バネの剛性は式(1)より K となります。

x 方向について 0° 方向のせん断バネの変形 D に対してせん断力 Q は式(3)で表されます。

$$Q = KD \quad \dots(3)$$

ここに、

K : 部材のせん断剛性

(b) せん断バネを 4 本とした場合

せん断バネの剛性は式(1)より $K/2$ となります。

x 方向について 0° 方向のせん断バネの変形 D に対してせん断力 Q は式(4)で表されます。

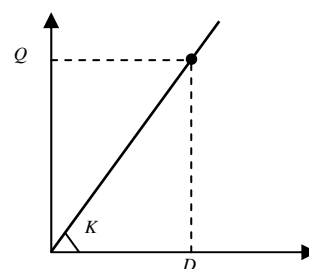


図 1: せん断バネを 2 本とした場合

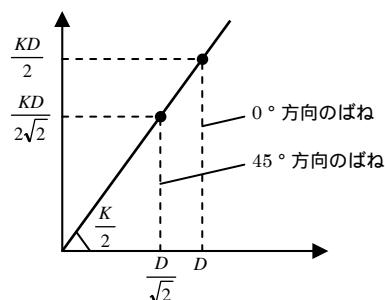


図 2: せん断バネを 4 本とした場合

$$Q = \frac{K}{2}D + 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{K}{2} \frac{D}{\sqrt{2}} \quad \dots(4)$$

$$= KD$$

ここに、

K : 部材のせん断剛性

式(3)、(4)より両者のせん断力 Q は同じになります。

(2) 非線形の場合

部材の剛性が変形に応じて変化する場合を考えます。
部材のせん断力が Q_0 のときに部材のせん断剛性が低下するものとします。このときの部材の剛性の低下率を β とします。

(a) せん断バネを2本とした場合

x 方向について 0° 方向のせん断バネの変形 D に対してせん断力 Q は式(5)より求まります。

$$Q = Q_0 + \beta K(D - D_0) \quad \dots(5)$$

$$= \beta KD + (1 - \beta)Q_0$$

Q_0 : 部材のせん断耐力

(b) せん断バネを4本とした場合

せん断バネの耐力は式(2)より次のように求まります。

$$\frac{Q_0}{\sum_{i=1}^4 \sin \theta_i} = \frac{Q_0}{1 + \sqrt{2}} \quad \dots(6)$$

Q_0 : 部材のせん断耐力

x 方向について 0° 方向のせん断バネの変形 D に対してせん断力 Q は式(7)から求まります。

$$Q = \frac{Q_0}{1 + \sqrt{2}} + \beta \frac{K}{2}(D - D_0)$$

$$+ 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \left(\frac{Q_0}{1 + \sqrt{2}} + \beta \frac{K}{2} \left(\frac{D}{\sqrt{2}} - D_0 \right) \right)$$

$$= \frac{Q_0}{1 + \sqrt{2}} + \beta \frac{K}{2} \left(D - \frac{2}{1 + \sqrt{2}} \frac{Q_0}{K} \right)$$

$$+ 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \left(\frac{Q_0}{1 + \sqrt{2}} + \beta \frac{K}{2} \left(\frac{D}{\sqrt{2}} - \frac{2}{1 + \sqrt{2}} \frac{Q_0}{K} \right) \right)$$

$$= \beta KD + (1 - \beta)Q_0 \quad \dots(7)$$

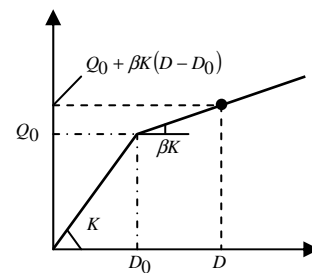


図3: せん断バネを2本とした場合

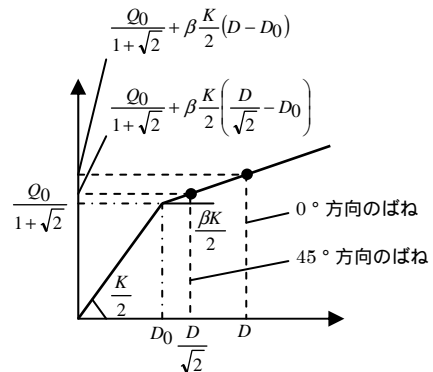


図4: せん断バネを4本とした場合

式(5)、(7)より両者のせん断力 Q は同じになります。

(c) 0° 方向のばねと 45° 方向のばねの剛性が異なる場合

x 方向について 0° 方向のばねの剛性が変化して、
 45° 方向のばねの剛性は変化していないとき(図 5
 のような状態のとき)について、 x 方向について 0° 方向
 のばねは剛性が $\beta K/2$ となっていますが、 45° 方向のばね
 の剛性は $K/2$ となっています。

x 方向に平行なバネの変形 D に対してせん断力 Q は

式(6)より求められます。

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Q_0}{1+\sqrt{2}} + \beta \frac{K}{2} (D - D_0) \\ &+ 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{K}{2} \frac{D}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{Q_0}{1+\sqrt{2}} + \beta \frac{K}{2} \left(D - \frac{2}{1+\sqrt{2}} \frac{Q_0}{K} \right) \\ &+ 2 \times \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{K}{2} \frac{D}{\sqrt{2}} \\ &= \frac{1+\beta}{2} KD + \frac{1-\beta}{1+\sqrt{2}} Q_0 \end{aligned}$$

...(8)

この場合、式(5)、(8)から求まるせん断力 Q は異なる
 値となります。

このように部材の剛性が変化する場合にはせん断バネ
 の本数によって異なるせん断力となる状態が起こり、
 応答が異なることがあります。

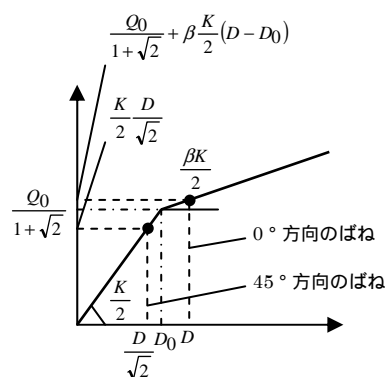


図 5: せん断バネを 4 本とした場合