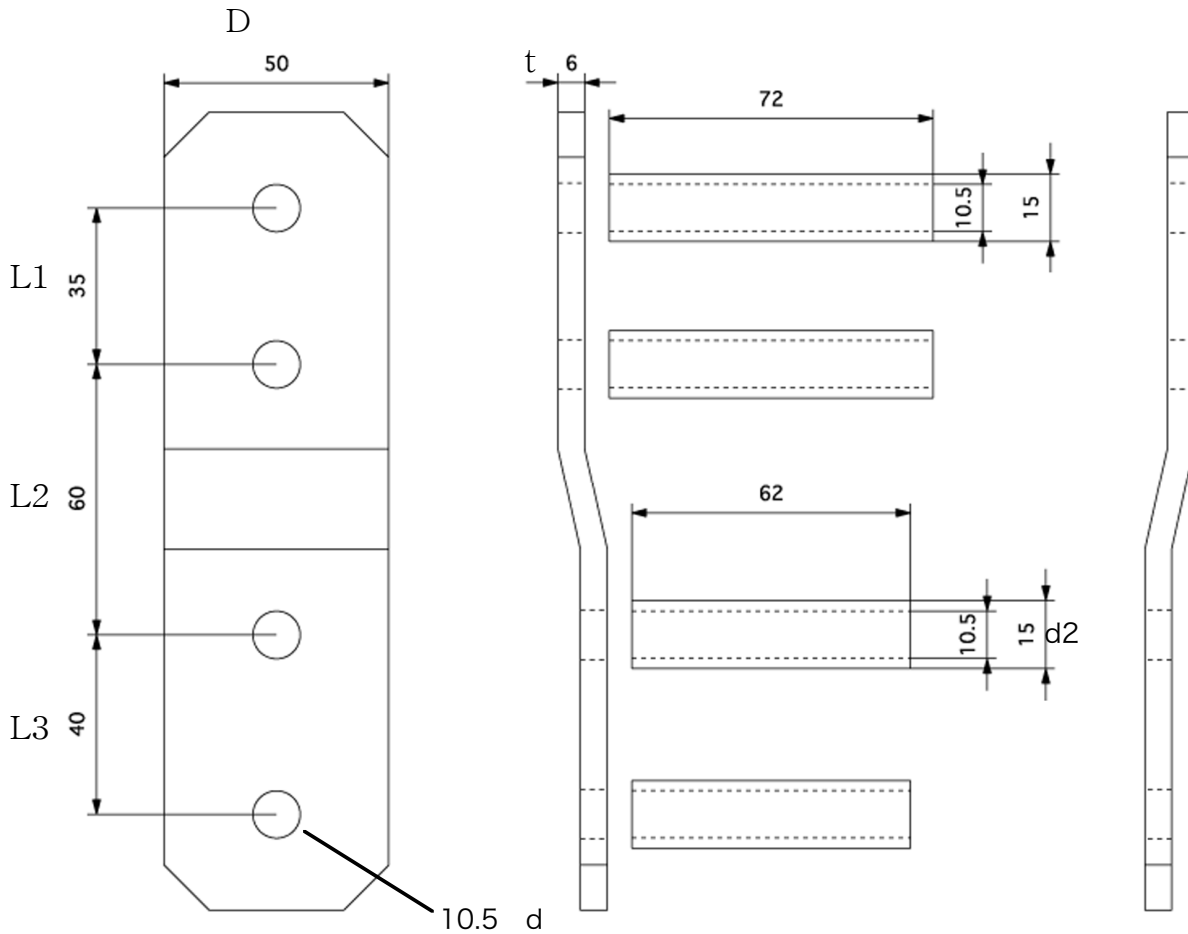


シャックルの強度計算書 (後)

シャックル及びシャックルピンの外観



シャックルの諸元表

材質	SS400		
材料の剪断強さ	γ_{λ}	20.4	kg/mm ²
後軸の許容限度	W	860	kg
シャックルピンの間隔L1	L1	35	mm
シャックルピンの間隔L1	L2	60	mm
シャックルピンの間隔L1	L3	40	mm
シャックルの巾	D	50	mm
シャックルピンの内径	d	10.5	mm
シャックルピンの外径	d2	15	mm
シャックル厚さ	t	6.00	mm

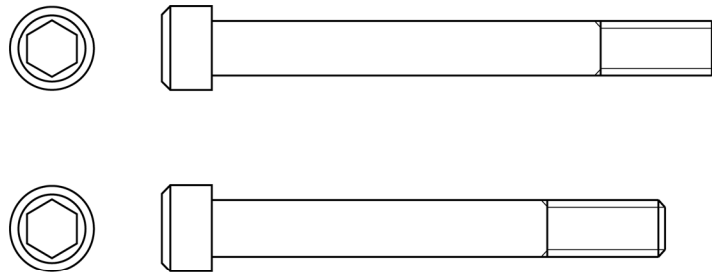
(参考) 材質SS400の引張り強さ $\sigma_{\lambda}=40.8\text{kg/mm}^2\sim 52\text{kg/mm}^2$

剪断強さ $\gamma_{\lambda}=\text{引張り強さの2分の1}$

定数/材料	鋳鉄	軟鋼	硬鋼
σ_c (kg/mm ²)	56	34	49
a	$\frac{1}{1600}$	$\frac{1}{7500}$	$\frac{1}{5000}$

n:端部条件係数 (=1)

シャックルピンボルトの外観



シャックルピンボルトの諸元表

材質	SCM435ベーキング処理
ネジの呼び ・ ピッチ	M10 ・ 1.25mm
強度区分	10.9
有効断面積	58.00 mm ²

参考：強度区分10.9の六角穴付きボルトの引張り強度 σ_A 1,040 kgf/mm²
 降伏強さ(0.2%耐力) σ_Y 940 kgf/mm²
 剪断強さ γ_2 1040 x 0.6 = 624 kgf/mm²

シャックルピンが4本あるのでそれぞれの間隔で座屈強度を求める

1-1 L1の座屈強度 (ランキンの式使用)

(1) 断面二次半径 K

$$K = \sqrt{\frac{(D^3 - d^3)}{12(D - d)}} = 1,158.38$$

$$K^2 = \frac{(D^3 - d^3)}{12 \times (D - d)} = \frac{\left(\frac{50}{50}\right)^3 - \left(\frac{10.5}{10.5}\right)^3}{12 \times \left(\frac{50}{50} - \frac{10.5}{10.5}\right)} = 407,647.82$$

(2) 座屈応力 σ_λ [材料 (鋳鉄・軟鋼・硬鋼)]

$$\sigma_k = \frac{\sigma_c}{1 + \frac{a}{n} \left(\frac{L}{K}\right)^2} = \frac{34}{1 + \left(\frac{0.000133}{1}\right) \times \left(\frac{35}{1,158.38}\right)^2}$$

$$= 34.0000001 \quad \text{kg/mm}^2$$

(3) A-A'部断面積 A

$$A = (D - d) t = 50 - 10.5 \times 6 = 237 \text{ mm}^2$$

(4) 座屈荷重 P_λ

$$P_\lambda = A \times \sigma_R = 237.00 \times 34.00 = 8058.00 \quad \text{kg}$$

(5) 安全率 S_λ

$$S_\lambda = \frac{P_\lambda}{\frac{W}{8}} = \frac{8,058.00}{\left(\frac{860.00}{8}\right)} = \frac{8,058.00}{107.50} = 74.96 \geq 1.6$$

1-2 L2の座屈強度（ランキンの式使用）

(1) 断面二次半径 K

$$K = \sqrt{\frac{(D^3 - d^3)}{12(D - d)}} = 1,158.38$$

$$K^2 = \frac{(D^3 - d^3)}{12 \times (D - d)} = \frac{\left(\frac{50}{50}\right)^3 - \left(\frac{10.5}{10.5}\right)^3}{12 \times \left(\frac{50}{50}\right) - \left(\frac{10.5}{10.5}\right)} = 407,647.82$$

(2) 座屈応力 σ_λ [材料（鋳鉄・軟鋼・硬鋼）]

$$\sigma_k = \frac{\sigma_c}{1 + \frac{a}{n} \left(\frac{L}{K}\right)^2} = \frac{34}{1 + \left(\frac{0.000133}{1}\right) \times \left(\frac{60}{1,158.38}\right)^2}$$

$$= 34.0000001 \quad \text{kg/mm}^2$$

(3) A-A'部断面積 A

$$A = (D - d) t = 50 - 10.5 \times 6 = 237 \text{ mm}^2$$

(4) 座屈荷重 P_λ

$$P_\lambda = A \times \sigma_R = 237.00 \times 34.00 = 8058.00 \quad \text{kg}$$

(5) 安全率 S_λ

$$S_\lambda = \frac{P_\lambda}{\frac{W}{8}} = \frac{8,058.00}{\left(\frac{860.00}{8}\right)} = \frac{8,058.00}{107.50} = 74.96 \quad \cong 1.6$$

1-3 L3の座屈強度（ランキンの式使用）

(1) 断面二次半径 K

$$K = \sqrt{\frac{(D^3 - d^3)}{12(D - d)}} = 1,158.38$$

$$K^2 = \frac{(D^3 - d^3)}{12 \times (D - d)} = \frac{\left(\frac{50}{50}\right)^3 - \left(\frac{10.5}{10.5}\right)^3}{12 \times \left(\frac{50}{50}\right) - \left(\frac{10.5}{10.5}\right)} = 407,647.82$$

(2) 座屈応力 σ_λ [材料（鋳鉄・軟鋼・硬鋼）]

$$\sigma_k = \frac{\sigma_c}{1 + \frac{a}{n} \left(\frac{L}{K}\right)^2} = \frac{34}{1 + \left(\frac{0.000133}{1}\right) \times \left(\frac{40}{1,158.38}\right)^2}$$

$$= 34.0000001 \quad \text{kg/mm}^2$$

(3) A-A'部断面積 A

$$A = (D - d) t = 50 - 10.5 \times 6 = 237 \text{ mm}^2$$

(4) 座屈荷重 P_λ

$$P_\lambda = A \times \sigma_R = 237.00 \times 34.00 = 8058.00 \quad \text{kg}$$

$$S_\lambda = \frac{P_\lambda}{\frac{W}{8}} = \frac{8,058.00}{\left(\frac{860.00}{8}\right)} = \frac{8,058.00}{107.50} = 74.96 \quad \cong 1.6$$

2. 剪断強さ

$$(1) \text{ 剪断応力 } \tau = \frac{W}{8A} = \frac{860}{8 \times \frac{237}{4}} = 0.45 \quad (\text{kg/mm}^2)$$

$$(2) \text{ 安全率 } S_\lambda = \frac{\gamma_\lambda}{\tau} = \frac{20.40}{0.45} = 44.97 \geq 1.6$$

3. シャックルピンの曲げ強さ

(1) 曲げモーメント M

$$M = \frac{W \times l}{4 \times 8} = \frac{860.00 \times 135.00}{32} = 3,628.13 \quad \text{kg/mm}$$

※等分布荷重としアクスル中心はバネ中心としピンにかかる荷重は1/4Wとする。
※曲げ強さは車体及びリーフスプリングに締結されているピンのみ計算する。

(2) 断面係数 Z

$$Z = \frac{\pi \times d^3}{32} = \frac{3.14 \times 15.00^3}{32} = 10,597.50 \quad \text{mm}^3$$

(3) 曲げ応力 σ_A

$$\sigma_A = \frac{M}{Z} = \frac{3,628.13}{10,597.50} = 0.34 \quad \text{kg/mm}^2$$

(4) 安全率 S

$$\text{破壊安全率 } S_\lambda = \frac{\sigma_A}{\sigma_r} = \frac{1,040.0}{0.3} = 3,037.8 \geq 1.6$$

$$\text{降伏安全率 } S_r = \frac{\sigma_r}{\sigma_y} = \frac{940.0}{0.3} = 2,745.7 \geq 1.3$$

4. シャックルピンの剪断強度

シャックルを貫通しているのはピンボルトのみであるので剪断強度についてはピンボルトの強度のみを求める

※ピンは両端固定支持のため1本のピンにつき2カ所の剪断が発生する。

また、ピンは4本あるので8カ所で剪断が発生し荷重は分散される。

(1) 剪断応力 γ_1

$$\text{材料の剪断強さ } \gamma_2 = 624.00 \quad \text{kg/mm}^2$$

$$\gamma_1 = \frac{W}{8 \times \frac{\text{ボルトの有効断面積}}{4}} = \frac{860.00}{2 \times \text{ボルトの有効断面積}} = 7.41 \quad \text{kg/mm}^2$$

(2) 安全率 S

$$S = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{624.00}{7.41} = 84.17 \geq 1.6$$

よって適合する