

車枠強度計算書の作成方法

車枠の強度計算書を作成するにあたり、まず最初に車枠と車枠より上部(ボディー部)にかかる重量の各数値を計測する必要がある。

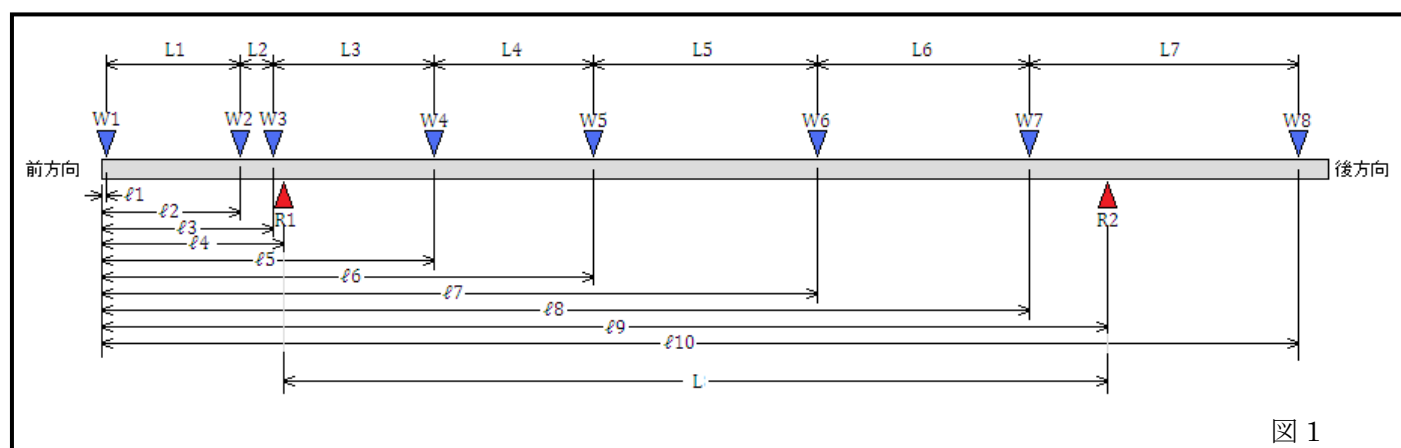
ボディー部には様々なステー等が取り付けられており、細かな荷重を計算するとその手間が膨大なものとなるため、通常主だったものを計測し、10kg 以下程度の物はその他の部分に担保させる方法とをとることが一般的である。

主に数値として計測される地点には以下のようなものがある。

- * ボディーとフレームの締結部分
- * エンジンマウント部分
(左右にて取り付け位置に違いがある場合は左右別に計測のこと)
- * フロントクロスメンバー部分
- * ミッションメンバー部分
(左右にて取り付け位置に違いがある場合は左右別に計測のこと)
- * 燃料タンク取り付けステー部分
- * リアクロスメンバー部分
- * 車枠に取り付けられた架装品部分
(ユニット式クレーン、ヒッチメンバー等)

ここで、上記の各部分において左右にて取り付け位置に違いがある場合については、左右それぞれについて別個に算出する必要がある。

その場合は、各部にかかる荷重並びに反力について左右別個に計算しなければならないため、1/2 にして計算する必要がある。



上図において、各部分にかかる荷重点をそれぞれ $W1, W2, W3 \cdots Wn$ とし、その反力をそれぞれ $R1, R2$ 、各部の距離をそれぞれ $L, L1, L2 \cdots Ln, l1, l2, \cdots ln$ とする。

なお、 $W1, W2, W3 \cdots Wn$ については車輛総重量時の数値をもとに設定していくこととする。

反力 R は、反力の発生地点がスプリングのフレーム側取り付け位置となり、その荷重は以下の数式によって算出する。

反力 R1,R2 (kg)の算出

支点 R1 周りの回転モーメントのつり合いより

$$R2 \times L = W1(\ell1 - \ell4) + W2(\ell2 - \ell4) + W3(\ell3 - \ell4) + W4(\ell5 - \ell4) \dots$$

$$R2 = \left[W1(\ell1 - \ell4) + W2(\ell2 - \ell4) + W3(\ell3 - \ell4) + W4(\ell5 - \ell4) \dots \right] \div L$$

$$R1 = (W1 + W2 + W3 + \dots + W8) - R2$$

と、なる。

また、上記図はコイルスプリング、またはエア式サスペンションの場合の一例であり、リーフスプリング形状の場合反力はスプリングアンカー部分とシャックルピボット部分の 2 か所に分散されることとなる。

この場合はまず、個別に R1 と R2 を純粋に車軸の位置にて算出し、その後各部の重量を算出していくものとする。

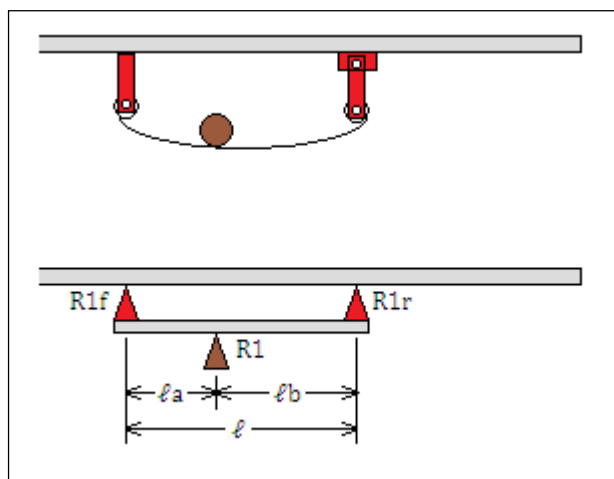


図 2

左図、図 2 の場合反力 R1 を χ kg とすると、
R1f と R2f にかかる反力はそれぞれ以下の通りとなる。

$$R1f \text{ (kg)} = \chi \times \ell b \div \ell$$

$$R1r \text{ (kg)} = R1 - R1f$$

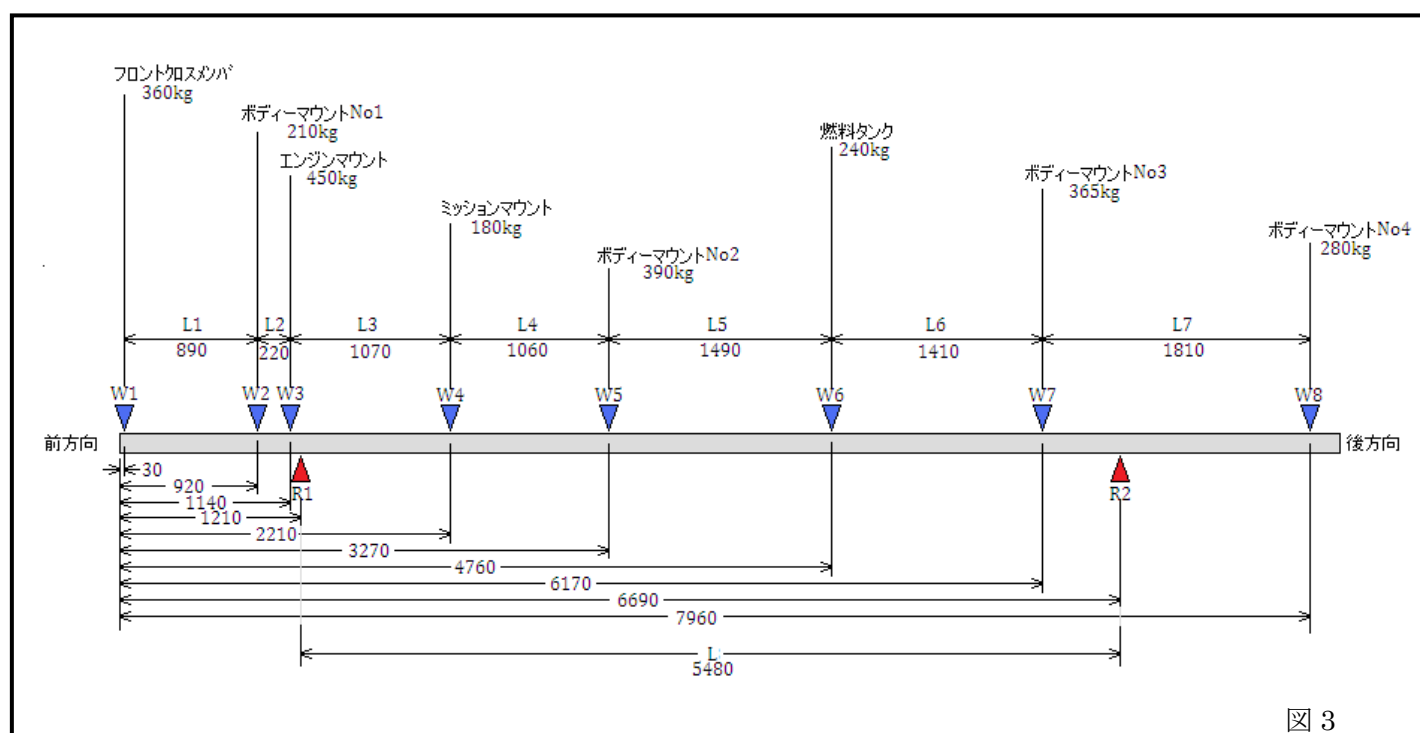


図 3

ここで仮に図3のような数値と仮定した場合、反力 R1 と R2 は

$$R2 = \left[360(30-1210)+210(920-1210)+450(1140-1210)+180(2210-1210)+390(3270-1210)+240(4760-1210) \right. \\ \left. +365(6170-1210)+280(7960-1210) \right] \div 5480$$

$$\div 915 \text{ kg}$$

$$R1 = (360+210+450+180+390+240+365+280) - 915$$

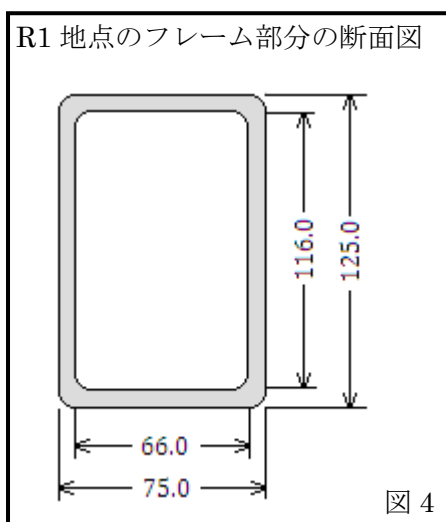
$$\div 1560 \text{ kg}$$

この場合、各点のモーメント表は別表1の通りとなる。

ここで最大曲げモーメントの絶対値を見てみると、R1 地点が最大で 517200kgf・mm となる。

・・・(数値の±はモーメントの向きであるため、符号は無視して絶対値で選択すること)

つづいて R1 地点の断面係数を算出する。



左図のような断面形状の場合、断面係数の算出方法は以下の通りとなる。

長方形断面の断面係数算出

$$\begin{aligned} \text{断面係数 } Z &= (b_2 h_2^3 - b_1 h_1^3) \div 6 h_2 \\ &= (75.0 \times 125.0^3 - 66.0 \times 116.0^3) \div (6 \times 125.0) \\ &= 57953.65 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

ただし、車枠は左右で2本あるため、

$$\begin{aligned} &= 57953.65 \times 2 \\ &= 115907.3 \end{aligned}$$

その他の形状の断面係数の算出法は資料項参照のこと。

曲げ応力の算出

曲げ応力 σ = 最大曲げモーメント M_{\max} \div 断面係数 Z

$$= 517200 \div 115907.3$$

$$= 4.46 \text{ kg/mm}^2$$

なお、通常フレームの材質として一般に使用されている鋼材は SAPH45 であるため、当該車輛の車枠も同一の材料を使用しているものとする。

SAPH45

引っ張り強度 45kg/mm²

降伏点 31kg/mm²

とすると、

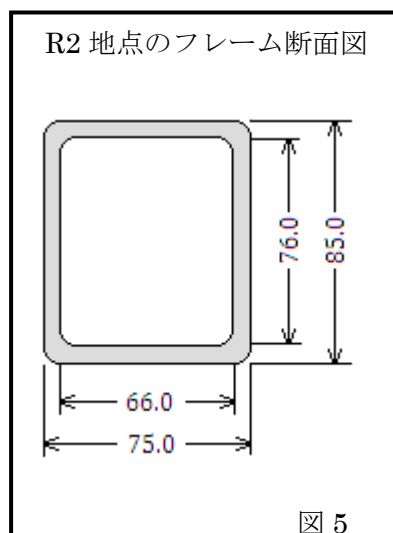
破壊安全率 $fb = \frac{\sigma_b}{n \times \sigma} = \frac{45}{2.5 \times 4.46} = 4.04 > 1.6$ (n は負荷倍数 n=2.5)

降伏安全率 $fr = \frac{\sigma_r}{n \times \sigma} = \frac{31}{2.5 \times 4.46} = 2.78 > 1.3$ よって安全率を満たす

また、通常はこれで車枠の強度検討が終わりとなるが、例えば車枠の一部にキックダウン加工等を施している場合については、別途その部分の強度検討が必要となる。

計算方法については上記の方法と全く同じであるが、例えばキックダウン加工を施されたものについては当然車枠の断面形状が変更となっているため、キックダウン加工等を施されている部分の断面係数の算出と、最大曲げモーメントの数値を該当する箇所へと置き換えて計算することが必要となる。

たとえばここで、後軸車軸上部にキックダウン加工を施していたとすると、この場合経緯さんに使用するモーメントの数値は、R2 地点の 351200 Mkgf・mm となる。



R2 地点の断面係数算出

$$\begin{aligned} Z &= (b_2 h_2^3 - b_1 h_1^3) \div 6 h_2 \\ &= (75.0 \times 85.0^3 - 66.0 \times 76.0^3) \div (6 \times 85.0) \\ &= 33503.84 \text{ mm}^3 \\ \text{ただし、左右とも同様に加工を施した車枠が 2 本存在するため、} \\ &= 67007.68 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

曲げ応力の算出

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力 } \sigma &= \text{最大曲げモーメント } M_{\text{max}} \div \text{断面係数 } Z \\ &= 351200 \div 67007.68 \\ &= 5.24 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

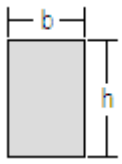
車枠に使用されている材質が先に計算したものと同一の物とすると

破壊安全率 $fb = \frac{\sigma_b}{n \times \sigma} = \frac{45}{2.5 \times 5.24} = 3.43 > 1.6$

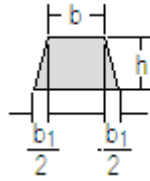
降伏安全率 $fr = \frac{\sigma_r}{n \times \sigma} = \frac{31}{2.5 \times 5.24} = 2.36 > 1.3$ よって安全率を満たす。

これにより、加工された車枠は強度を満たす。

断面係数の算出方法

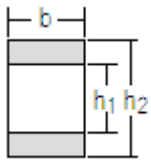


$$Z = \frac{1}{6}bh^3$$

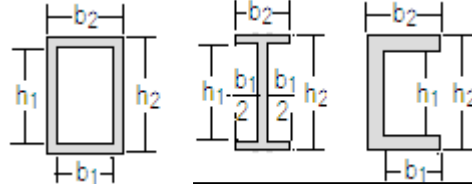


$$e_1 = \frac{1}{3} \times \frac{3b+2b_1}{2b+b_1} h$$

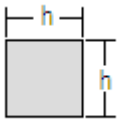
$$Z_1 = \frac{6b^2+6bb_1+b_1^2}{12(3b+2b_1)} h^2$$



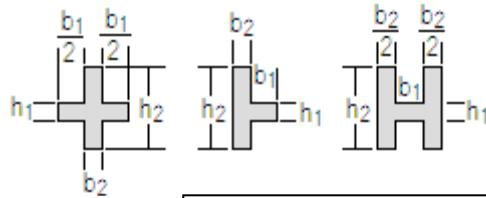
$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{b(h_2^3 - h_1^3)}{h_2}$$



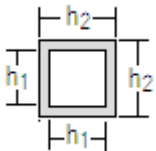
$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{b_2 h_2^3 - b_1 h_1^3}{h_2}$$



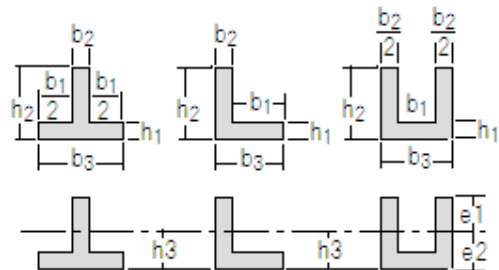
$$Z = \frac{1}{6}h^3$$



$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{b_1 h_1^3 + b_2 h_2^3}{h_2}$$

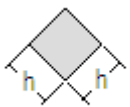


$$Z = \frac{1}{6} \times \frac{b(h_2^4 - h_1^4)}{h_2}$$

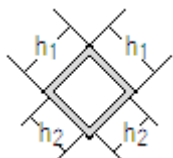


$$I = \frac{1}{3}(b_3 e_2^3 - b_1 h_2^3 + b_2 e_1^2)$$

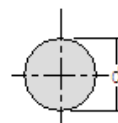
$$e_2 = \frac{b_1 h_1^2 + b_2 h_2^2}{2(b_1 h_1 + b_2 h_2)}$$



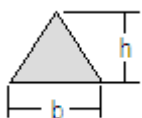
$$Z = \frac{\sqrt{2}}{12} h^3$$



$$Z = \frac{\sqrt{2}}{12} \times \frac{h_2^4 - h_1^4}{h_2}$$

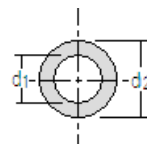


$$Z = \frac{\pi}{32} d^3$$



$$e_1 = \frac{2}{3} h, e_2 = \frac{1}{3} h$$

$$Z_1 = \frac{1}{24} b h^2, Z_2 = \frac{1}{12} b h^2$$



$$Z = \frac{\pi}{32} \times \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2}$$