

資料番号:	kirikuzudo-techmemo004-20200407		1/8 ページ
資料名:	吊り治具(その1)の強度計算についてのメモ		
<p>1. 目的</p> <p>本資料は、長尺の重量物をラフテレーンクレーン(以下、ラフター)等で吊り上げる際に使用する、吊り治具の計算について示すものである。</p> <p>吊り治具(その1)は、一般に「吊り天秤」と称される、長尺重量物を2本のワイヤスリング等で吊り下げる際に使用する治具とする。</p> <p>2. 参考資料</p> <p>(1) 「鉄骨構造 基礎知識」 (橋本篤秀・岡田久志・山田丈富 著、市ヶ谷出版社、2010年)</p> <p>(2) JIS B 8817 ワイヤロープスリング (1988年制定、1991年改正)</p> <p>(3) 大洋製器工業株式会社 シャックルラインナップ カタログ</p> <p>(4) JIS G 3192 熱間圧延形鋼の形状、寸法、質量及びその許容差 (1954年制定、2014年改正)</p> <p>(5) JIS G 3466 一般構造用角型鋼管 (1966年制定、2018年改正)</p>			
承認	点検	作成	記事
		切屑堂 2020/ 04/07	

資料番号:	kirikuzudo-techmemo004-20200407	2/8 ページ
資料名:	吊り治具(その1)の強度計算についてのメモ	

3. 想定する吊り上げ形態

ここでは25tonラフター(加藤製作所 MR-250等)で、長さ10[m]、質量9000[kg]の長尺重量物を吊り上げることを想定する。

長尺重量物の寸法は直方体で長さ10[m] 幅2.5[m] 高さ3[m]とする。また、長尺重量物の上面四隅には吊りポイントとしてアイボルトが取り付けられているとする。

吊り治具とラフターフック間のワイヤ開き角度は90[deg]とする。また、吊り治具と長尺重量物間のワイヤ開き角度は60[deg]とする。吊り治具は長さ10[m]とし、両端に2点の吊りポイントを持つ。

想定する吊り上げ形態を図1(7ページ)に示す。

4. 荷重の確認

想定する荷重のつりあいを図2(8ページ)に示す。

長尺重量物の質量は9000[kg]であり、重力加速度 $9.82[m/s^2]$ により発生する荷重は $9000[kg] \times 9.82[m/s^2] = 88380[N] \doteq 88.4[kN]$ である。

荷重は四隅の吊りポイントに均等に割り振られると考え、吊りポイント1点あたりの荷重は22.1[kN]となる。これを F_{1V} とする。

F_{1V} に対して F_1 および F_{1H} は、ワイヤ開き角度が60[deg]なので、
 $F_1 = F_{1V} / \sin(2\pi \times 60/360) = 22.1[kN] / 0.866 = 25.52[kN]$
 $F_{1H} = F_1 \times \cos(2\pi \times 60/360) = 25.52[kN] \times 0.5 = 12.76[kN]$
 となる。

吊り治具の両端下部にそれぞれ $2F_{1V} = 22.1[kN] \times 2 = 44.2[kN]$ の荷重がかかることになる。

また、吊り治具下部のシャックルは少なくとも $2F_1 = 51.04[kN]$ 以上の定格荷重を有している必要があり、吊りポイントそれぞれのワイヤおよびシャックルは少なくとも $F_1 = 25.52[kN]$ 以上の定格荷重を有している必要がある。

(次ページへ続く)

資料番号:	kirikuzudo-techmemo004-20200407	3/8 ページ
資料名:	吊り治具(その1)の強度計算についてのメモ	

4. 荷重の確認(続き)

吊り治具の両端下部にそれぞれ $2F_{1V} = 22.1[\text{kN}] \times 2 = 44.2[\text{kN}]$ の荷重がかかっており、 F_{2V} はこれとつりあうため、
 $F_{2V} = 44.2[\text{kN}]$ となる。

F_{2V} に対して F_2 および F_{2H} は、ワイヤ開き角度が $90[\text{deg}]$ なので、
 $F_2 = F_{2V} / \sin(2\pi \times 45/360) = 44.2[\text{kN}] / 0.7071 = 62.509[\text{kN}]$
 $F_{2H} = F_{2V} = 44.2[\text{kN}]$
 となる。

吊り治具の両端には吊り治具を軸方向に圧縮する荷重がかかり、その大きさは $2F_{2H} = 44.2[\text{kN}] \times 2 = 88.4[\text{kN}]$ となる。吊り治具はこの圧縮荷重に対して座屈しない構造となっている必要がある。

また、吊り治具上部のワイヤおよびシャックルは少なくとも $F_2 = 62.509[\text{kN}]$ 以上の定格荷重を有している必要があり、ラフターのフック部(ワイヤが2つかかる部分)は少なくとも $2F_2 = 125.018[\text{kN}]$ 以上の定格荷重を有している必要がある。

5. 吊り治具の座屈評価

吊り治具にかかる荷重は軸方向の圧縮荷重のみであり、この圧縮荷重に耐えられる構造となっている必要がある。

細長い構造物(長柱)に対して両端から圧縮荷重が作用した場合、構造は座屈現象により破壊するため、座屈に耐えられるか評価する必要がある。

長柱の座屈はオイラー座屈とも呼ばれる。
 オイラー座屈が起こる荷重は下記の式で求められる。

$$P_{cr} = \pi^2 \cdot E \cdot I / L^2$$

P_{cr} : 座屈荷重[N]

E : 材料のヤング率[Pa] = 206×10^9 [Pa] (構造用鋼材の場合)

I : 断面二次モーメント[m⁴]

L : 長柱の長さ[m]

(次ページへ続く)

資料番号:	kirikuzudo-techmemo004-20200407	4/8 ページ
資料名:	吊り治具(その1)の強度計算についてのメモ	

5. 吊り治具の座屈評価(続き)

$P_{cr} > 2F_{2H}$ であれば座屈は起きないので、吊り治具に必要な断面二次モーメントは

$$I = 2F_{2H} \cdot L^2 / (\pi^2 \cdot E) = 88.4[\text{kN}] \times 100[\text{m}^2] / (9.87 \times 206 \times 10^9[\text{Pa}])$$

$$I = 434.78 \times 10^{-8}[\text{m}^4] = 434.78[\text{cm}^4]$$

となる。

この座屈評価は静荷重に対するものであり、吊り上げにおいて地切りの瞬間に発生する動荷重を考慮し、M.S.(安全率)を3.0として、必要な断面二次モーメントを $434.78[\text{cm}^4] \times 3.0 = 1304.3[\text{cm}^4]$ とする。

6. 吊り治具の主構造選定

前項の座屈評価により、吊り治具の主構造に必要な断面二次モーメントは $1304.3[\text{cm}^4]$ となった。

座屈はどの断面方向にも発生しうるので、弱軸が存在しない、丸型鋼管あるいは角型鋼管を主構造材料とするのが望ましい。

ここでは加工性および運用性を考慮し、角型鋼管を主構造材料とする。

JIS G 3466 一般構造用鋼材角型鋼管 より、断面二次モーメントが $1304.3[\text{cm}^4]$ 以上となっているのは、 $t9.0 \times 150 \times 150$ 断面のものである。($I_x = I_y = 1580[\text{cm}^4]$)

以上より、吊り治具の主構造材料は SKTR400 $t9.0 \times 150 \times 150$ 角型鋼管 (単位質量 $38.2[\text{kg}/\text{m}]$) とする。

吊り上げ形態から、吊り治具は $10[\text{m}] = 10000[\text{mm}]$ の長さが必要だが、SKTRの定尺は $6000[\text{mm}]$ となっている。溶接でつなげて $10000[\text{mm}]$ とする方法もあるが、4トントラックで輸送可能な長さとするため、 $5000[\text{mm}]$ の角型鋼管の両端にフランジを設けて、現場でボルト締結し、 $10000[\text{mm}]$ とする方法を採用する。

ボルトは取り外しを行うため、トルク法による弾性域締結とし、呼び径は入手性・作業性のよい M16 とする。
(弾性域締結のため、高力ボルトは使用しない)

(次ページへ続く)

資料番号:	kirikuzudo-techmemo004-20200407	5/8 ページ
資料名:	吊り治具(その1)の強度計算についてのメモ	

7. 吊り治具の部品選定

7.1 長尺重量物の吊りポイント用シャックル

長尺重量物の吊りポイント用シャックルは、
 $F_1 = 25.52[\text{kN}]$ 以上の定格荷重を有している必要がある。

大洋製器工業のシャックルカタログより、
使用荷重が5[ton] (49[kN]) となっている
軽量シャックル RS 5ton (No.1059561) を選定する。

7.2 長尺重量物の吊りポイント用ワイヤ

長尺重量物の吊りポイント用ワイヤは、
 $F_1 = 25.52[\text{kN}]$ 以上の定格荷重を有している必要がある。

JIS B 8817 ワイヤロープスリング より、6x24構成の24Gワイヤから、
25.52[kN]以上の基本使用荷重となっているロープ径は
20[mm](基本使用荷重:30[kN]以下)である。

別紙1の図より、吊りポイント用のワイヤは2500[mm]以上の
長さが必要となるので、
JIS B 8817準拠 6x24 20[mm] 両端シンプル付 圧縮止め 3[m]
の製品を選定する。

7.3 吊り治具下部のシャックル

吊り治具下部のシャックルは、
 $2F_1 = 51.04[\text{kN}]$ 以上の定格荷重を有している必要がある。

大洋製器工業のシャックルカタログより、
使用荷重が8[ton] (78.4[kN]) となっている
軽量シャックル RS 8ton (No.1059579) を選定する。

7.4 吊り治具上部のシャックル

吊り治具上部のシャックルは、
 $F_2 = 72.181[\text{kN}]$ 以上の定格荷重を有している必要がある。

大洋製器工業のシャックルカタログより、
使用荷重が8[ton] (78.4[kN]) となっている
軽量シャックル RS 8ton (No.1059579) を選定する。

(次ページへ続く)

資料番号:	kirikuzudo-techmemo004-20200407	6/8 ページ
資料名:	吊り治具(その1)の強度計算についてのメモ	

7. 吊り治具の部品選定

7.5 吊り治具上部のワイヤ

吊り治具上部のワイヤは、
 $F_2 = 72.181[\text{kN}]$ 以上の定格荷重を有している必要がある。

JIS B 8817 ワイヤロープスリング より、6x24構成の24Gワイヤから、
72.181[kN]以上の基本使用荷重となっているロープ径は
36[mm](96[kN]以下)である。

※規格表では35.5[mm]となっているが、製品は36[mm]となる。

別紙1の図より、吊りポイント用のワイヤは6900[mm]以上の
長さが必要となるので、
JIS B 8817準拠 6x24 36[mm] 両端シングル付 圧縮止め 7[m]
の製品を選定する。

(以上)

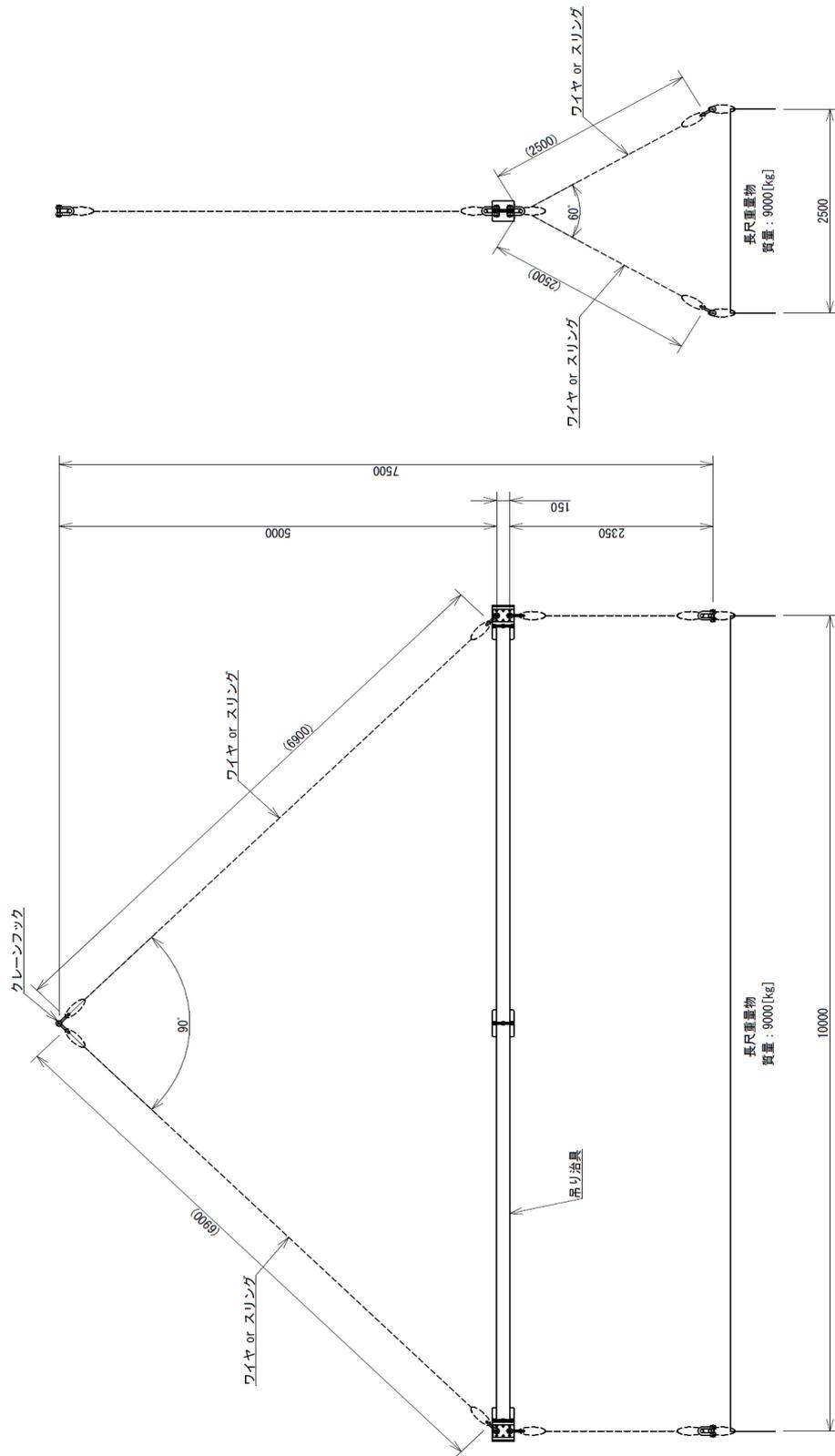


図 1

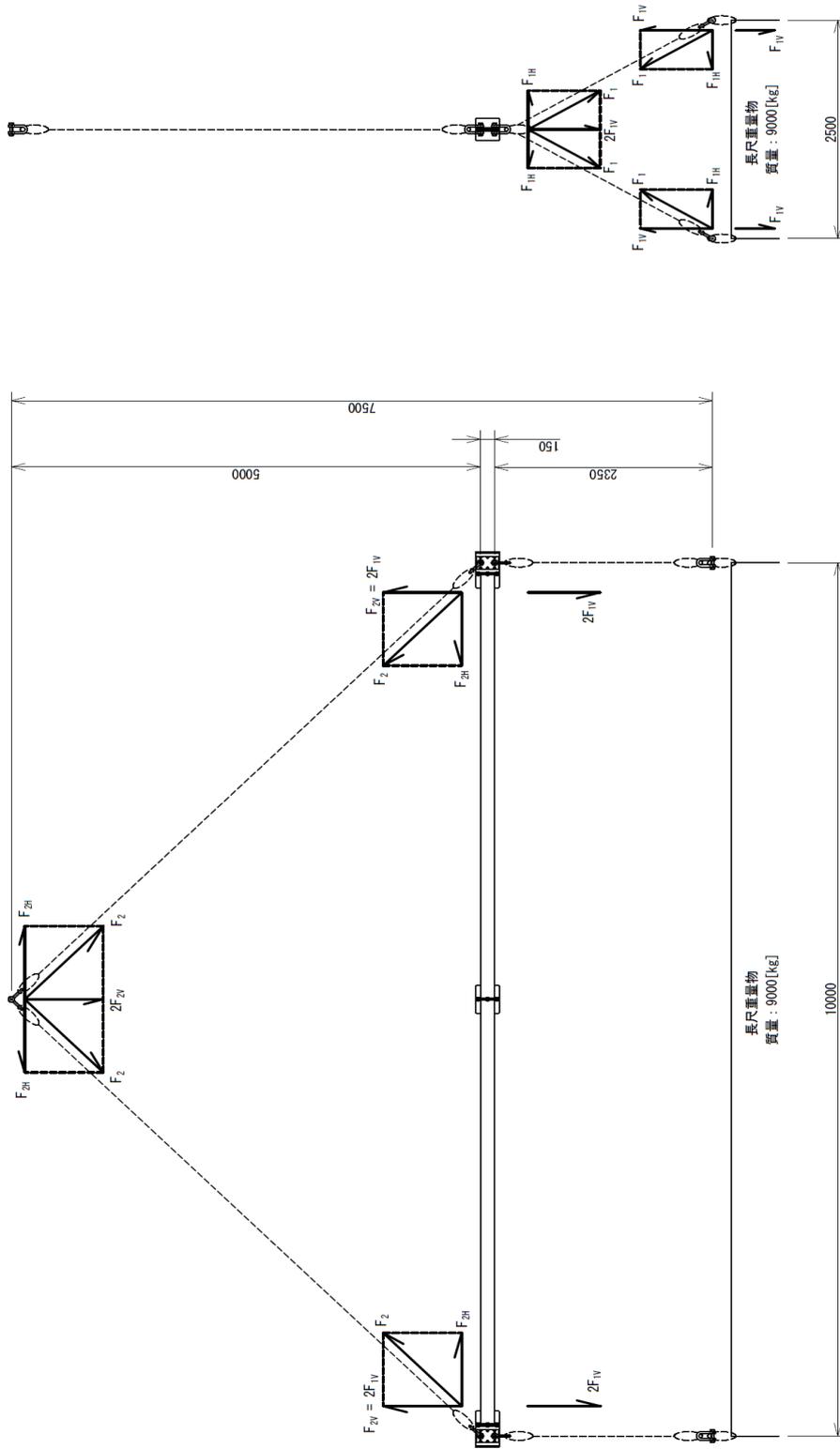


図2