# 避　　難　　口

［レクスター　ＲＥ５Ｂ］

# 強　度　計　算　書

設置建物名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ヤマトプロテック株式会社

## §１．　一般事項

### １－１．　設計条件

ａ）計算の準拠

本計算書は「避難器具の基準」（消防庁告示第七号）に基づいて計算する。

ｂ）設計荷重

自重＋積載荷重

ｉ）上蓋積載荷重

１８００Ｎ／㎡・・・・・日本建築学会基準

ⅱ）はしご吊り下げ部積載荷重

当はしごの最上段部の横さんから最下部の横さんまでの部分について２ｍ

又はその端数ごとに１９５０Ｎ

ｃ）許容応力度

ｉ）鋼材及びボルト

| 応力種別 ＼ 材料種別 | 許容応力度（Ｎ／ｍｍ²） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 圧縮(ｆc) | 引張(ｆt) | 曲げ(ｆb) | せん断(ｆs) | 支圧(ｆp) |
| 一般構造用鋼材 | 240 | 240 | 240 | 140 | 450 |
| ボルト | | 240 | | 180 | |

ⅱ）溶接

| 応力種別 ＼ 材料種別 | 突合せ溶接（Ｎ／ｍｍ²） | | | 隅肉溶接 |
|---|---|---|---|---|
| | 圧縮(ｆc) | 引張(ｆt) | せん断(ｆs) | |
| 一般構造用鋼材 | 210 | 210 | 120 | 120 |

ⅲ）ステンレス材と鋼材の比較

| 応力種別 ＼ 材料種別 | 機　械　的　性　質 | | |
|---|---|---|---|
| | 引張強さ(Ｎ／ｍｍ²) | 耐力(Ｎ／ｍｍ²) | 伸び(%) |
| ＳＵＳ３０４（焼鈍） | 650 | 350 | 55 |
| 冷延普通鋼板（焼鈍） | 350 | 200 | 44 |

注）　上記ｉ）、ⅱ）、ⅲ）よりステンレス材と鋼材の機械的性質を以後同等として扱うことにする。

d）本計算書に使用する力学記号

| | | |
|---|---|---|
| $l$ | ：部材長 | （mm） |
| $t$ | ：板厚（上蓋） | （mm） |
| $t_1$ | ：板厚（アンカー） | （mm） |
| $a$，$L_1$，$L_2$ | ：長さ | （mm） |
| $d$ | ：ねじ部最小径 | （mm） |
| $A$ | ：断面積 | （$mm^2$） |
| $E$ | ：ヤング係数 | （$N/mm^2$） |
| $\lambda$ | ：細長比 | |
| $W$ | ：設計荷重 | （N） |
| $w$ | ：上蓋にかかる設計荷重 | （N） |
| $\delta$ | ：たわみ | （mm） |
| $\tau$ | ：せん断応力度 | （$N/mm^2$） |
| $Z$ | ：断面係数 | （$mm^3$） |
| $M$ | ：曲げモーメント | （N／mm） |
| $Q$ | ：せん断力 | （N） |
| $C$ | ：圧縮力 | （N） |
| $F_D$ | ：ボルト引張力 | （N） |
| $\sigma max$ | ：最大曲げ応力度 | （$N/mm^2$） |
| $\tau max$ | ：最大せん断応力度 | （$N/mm^2$） |
| $n$ | ：応力に係るボルト数 | （本） |
| $i$ | ：応力に係る固定アンカー数 | （個） |

e）応力度の種別

曲げ応力度　$\sigma b = \dfrac{M}{Z}$

曲げ応力度　$\sigma c = \dfrac{W \cdot C}{A}$

引張応力度　$\sigma = \dfrac{F_D}{A \cdot n}$

せん断応力度　$\tau = \dfrac{Q}{A}$

最大せん断応力度　$\max \tau = K \cdot \dfrac{Q}{A}$

$$\begin{cases} K = \dfrac{4}{3} & \cdots \text{円形断面} \\ K = \dfrac{3}{2} & \cdots \text{矩形断面} \end{cases}$$

f）許容応力度の種別

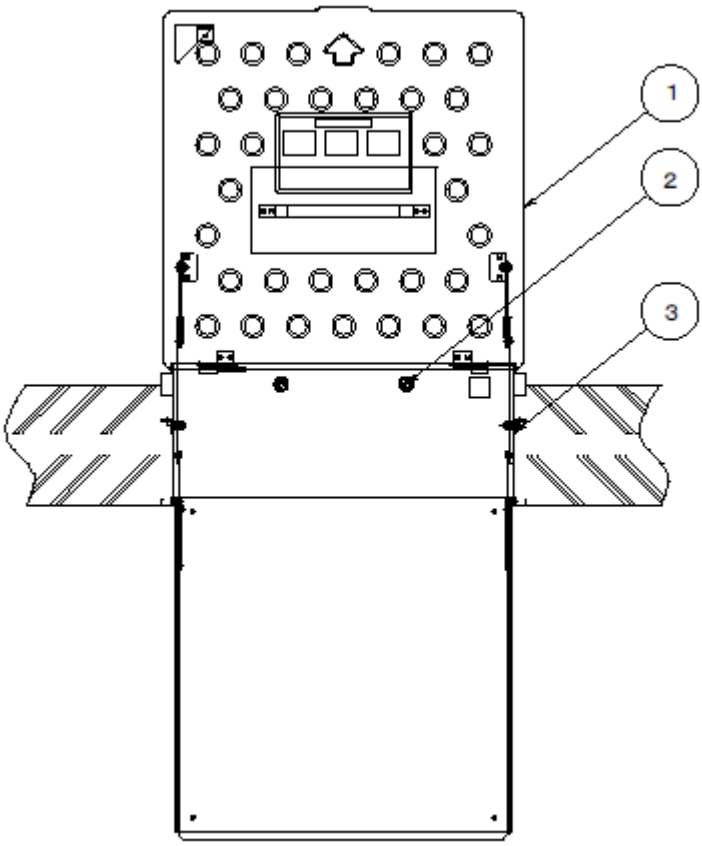
許容曲げ応力度　f b

許容圧縮応力度　f c

許容引張応力度　f t

許容せん断応力度　f s

§２．概略図（○内数字は部材番号を示す）



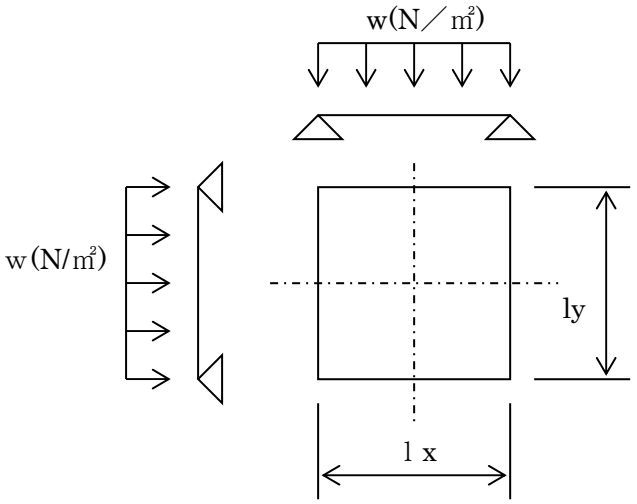
## §３．　応力算定及び部材断面積

### ３－１．算定方針

本計算書は、ステンレス材に対して検討する。

### ３－２．上蓋部分

ａ）上蓋（部材番号①の検討）




４辺単純支持板に等分布荷重が
作用するものとして検討する。

板厚 t＝1.5mm

lx＝600mm

ly＝520mm

$$\lambda = \frac{ly}{lx} = \frac{520}{600} = 0.86$$

| | | |
|---|---|---|
| １㎡当り単位重量 | １７２Ｎ／㎡ | （上蓋とリンクの重量） |
| ＋１㎡当り積載過重 | １８００Ｎ／㎡ | （日本建築学会基準より） |
| | １９７２Ｎ／㎡ | |

設計荷重　　ｗ≒２０００Ｎ／㎡＝０．２Ｎ／ｃｍ²＝０．００２Ｎ／ｍｍ²

【最大曲げ応力度】

$$\sigma_{max} = \beta \cdot \frac{w \cdot l_Y^2}{t^2} = 0.35 \times \frac{0.002 \times 520^2}{1.5^2}$$

$$= 84.1\,N/mm^2 \quad < fb = 240\,N/mm^2$$

※上記の応力度は許容応力度以下であるので可となる。

【最大せん断応力度】

$$\tau_{max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{w \cdot l_X \cdot l_Y}{l_Y \cdot t} = \frac{3}{2} \cdot \frac{0.002 \times 600 \times 520}{520 \times 1.5}$$

$$= 1.2\,N/mm^2 \quad < fb = 140\,N/mm^2$$

※上記の応力度は許容応力度以下であるので可となる。

【最大たわみ】

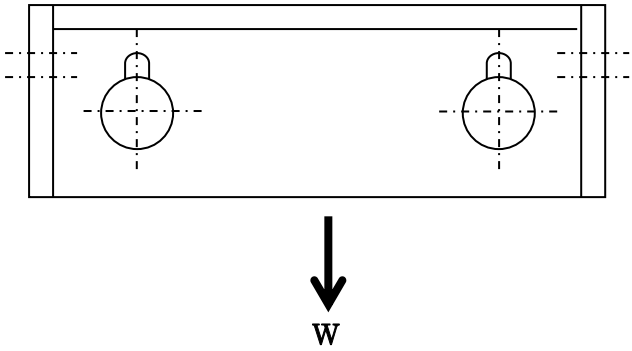
縦弾性係数（ヤング率）　　Ｅ＝１．９３×１０⁵Ｎ／ｍｍ²

$$\delta_{max} = \alpha \cdot \frac{w \cdot l_Y^4}{E \cdot t^3} = 0.058 \times \frac{0.002 \times 520^4}{1.93 \times 10^5 \times 1.5^3}$$

$$= 13\,mm$$

但し、α値、β値、E 値は機械工学便覧による。

３－３．はしご取付ボルトのせん断及び引張強さの検討（部材番号②の検討）




| はしご XC、XE 型の場合 | はしご XD、XF 型の場合 |
|---|---|
| 作用荷重 | 作用荷重 |
| 最長使用はしご：１２段 | 最長使用はしご：１２段 |
| 有効長さ：0.343×11＝3.773m | 有効長さ：0.343×11＝3.773m |
| **はしご質量（XC、XE 型）：14.3kg（140N）** | **はしご質量（XD、XF 型）：14.8kg（150N）** |
| 積載荷重：1950N×2×2＝7800N | 積載荷重：1950N×2×2＝7800N |
| 設計荷重：W＝140N＋7800N＝7940N | 設計荷重：W＝150N＋7800N＝7950N |

使用ボルト　　Ｍ１２

ねじ部最小径　　ｄ＝10.1ｍｍ

ねじ部最小断面積

$$A=\frac{\pi}{4}\cdot d^2=\frac{3.14\times10.1^2}{4}=80\mathrm{mm}^2$$

ボルト２本の許容せん断力

ｆｓ＝80×2×180＝28800 N

（ａ）せん断強さ

設計荷重Wがボルト２本にせん断力として作用する場合を考える。

せん断力をτとすると

**XC,XE 型の場合**

$$\tau=\frac{W}{A\times2}=\frac{7940}{80\times2}=49.7\mathrm{N/mm^2}\leqq f_s=180\ \mathrm{N/mm^2}$$

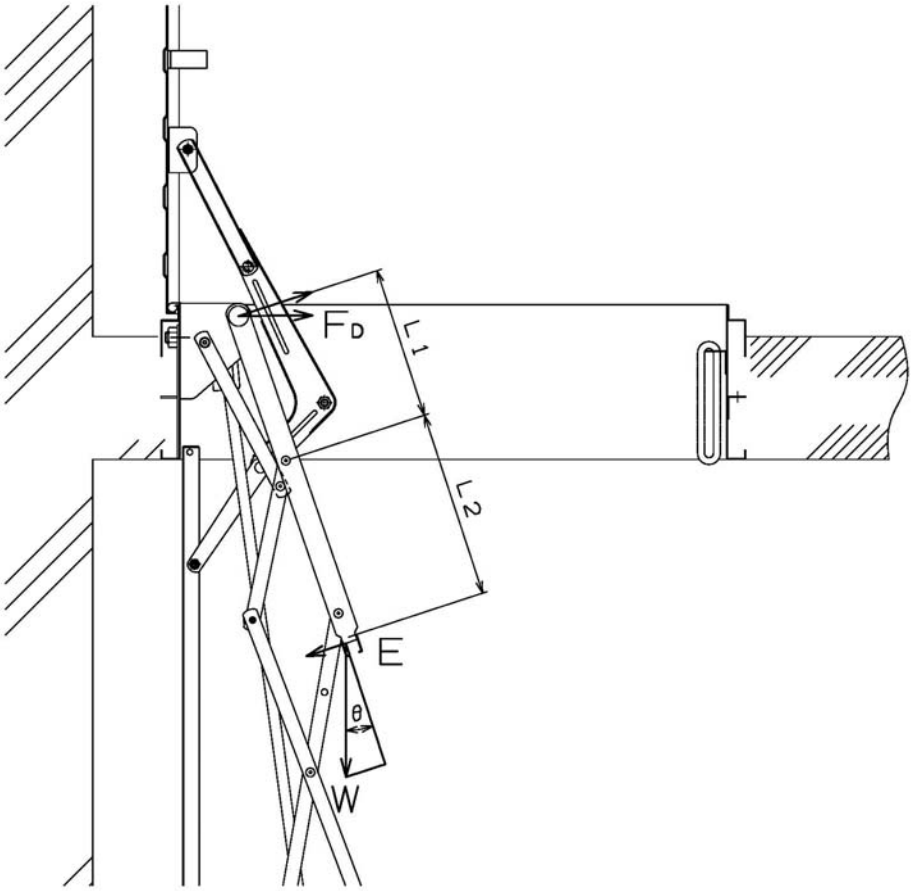
**XD,XF 型の場合**

$$\tau=\frac{W}{A\times2}=\frac{7950}{80\times2}=49.7\mathrm{N/mm^2}\leqq f_s=180\ \mathrm{N/mm^2}$$

※上記の応力度は許容応力度以下であるので可となる。

（ｂ）引張り強さ

ステップＥに設計荷重Wが作用した時に吊り下げ金具のシャフト貫通部Ｄに引張り力$F_D$が働くと考えると




| XC,XE 型の場合 | XD,XF 型の場合 |
|---|---|
| $F_D$＝L２／L１・Wsinθ・cosθ | $F_D$＝L２／L１・Wsinθ・cosθ |
| ＝210／167×7940N×sin20°×cos20° | ＝210／167×7950N×sin20°×cos20° |
| ＝3210N | ＝3220N |
| L1＝167 ㎜ | L1＝167 ㎜ |
| L2＝210 ㎜ | L2＝210 ㎜ |
| θ＝20° | θ＝20° |
| 引張り力$F_D$をボルト２本で受けるとし、引張り応力をσとすると。 | 引張り力$F_D$をボルト２本で受けるとし、引張り応力をσとすると。 |
| σ＝$F_D$／A×２ | σ＝$F_D$／A×２ |
| ＝3210／80×2 | ＝3220／80×2 |
| ＝20.1N／mm² ≦ ft＝240N／mm² | ＝20.1N／mm² ≦ ft＝240N／mm² |

※　上記の応力度は許容応力度以下であるので可となる。

（ｃ）せん断力と引張り力を同時に受ける場合

引張りとせん断を同時に受けるボルトの強度

①τ≦ｆｓ

②σ≦（ｆｔとｆtsの最小のもの）ただし、ｆts＝1.4ｆｔ－1.6τ

ここに、τ：ボルトに作用するせん断応力度

σ：ボルトに作用する引張り応力度

ｆｓ：せん断のみを受けるボルトの許容せん断応力

ｆｔ：引張りのみを受けるボルトの許容引張応力度

ｆts：引張りとせん断力を同時に受けるボルトの許容引張り応力度

ただし、ｆts ≦ ｆｔ

せん断力と引張り応力を同時に受ける場合の許容応力ｆtsは

ｆts＝1.4ｆｔ－1.6τ

で表される。ただしこのｆtsは

ｆts≦ｆｔ

及び

τ≦ｆｓ

が成り立つ時に許容応力として採用する。

ｆts＝1.4ｆｔ－1.6τ

＝1.4×240－1.6×49.7

＝256.48 N／mm² ＞ｆｔ＝240 N／mm²

上記②のσ≦（ｆｔとｆtsの最小のもの）の定義より

ｆｔ ＝240 N／mm²を許容応力として採用する。

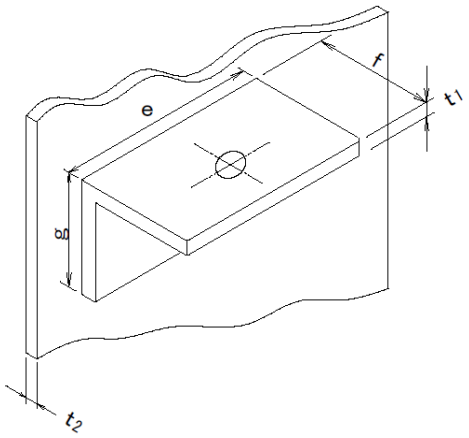
よって、ページA－７の

σ＝＝20.1N／mm² ≦ ft＝240N／mm²

となり、許容応力以下となるため強度条件を満足する。

３－４．　アンカーの検討（部材番号③の検討）

アンカーの数は８個として計算する。




| |
|---|
| e ＝40mm |
| f ＝32mm |
| g ＝28.25mm |
| 板厚（アンカー）　$t_1$＝1.5mm |

**XC,XE 型の場合**

質量＝１６.７１Ｋｇ（避難口質量）＋１４．３Ｋｇ（はしご質量）＝３１．０１Ｋｇ＝３０４Ｎ

積載過重：７８００Ｎ

設計荷重：Ｗ＝３０４Ｎ＋７８００Ｎ＝８１０４Ｎ

アンカー１ヶ所（ｉ＝８個）に作用する力

Ｑ＝Ｗ／ｉ＝８１０４／８＝１０１３Ｎ

最大せん断応力度

$$\text{Max}\ \tau = \frac{3}{2}\cdot\frac{Q}{e\cdot t_1} = \frac{3}{2}\cdot\frac{1013}{40\times 1.5}$$

$$= 25.3\,\text{N/mm}^2 \leqq f_s = 140\,\text{N/mm}^2$$

本体枠とスポット溶接の検討

本体枠とスポット溶接１点の単せん断力　　$Q_1$＝６５０Ｎ（板厚１．２の場合）

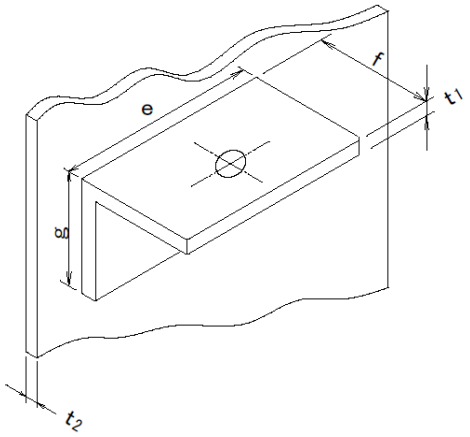
スポット溶接点数　　ｎ＝２点

アンカー１ヶ所に作用する力　　Ｑ＝１０１３Ｎ

Ｑ＝１０１３Ｎ ≦ $Q_1$×２＝６５０Ｎ×２＝１３００Ｎ

となり、十分な強度を有する。

※$Q_1$の値は機械工学便覧より抜粋




e ＝40mm
f ＝32mm
g ＝28.25mm
板厚（アンカー） $t_1$＝1.5mm

**XD,XF 型の場合**

質量＝１６.７１Ｋｇ（避難口質量）＋１４．８Ｋｇ（はしご質量）＝３１．５１Ｋｇ＝３１０Ｎ

積載過重：７８００Ｎ

設計荷重：Ｗ＝３１０Ｎ＋７８００Ｎ＝８１１０Ｎ

アンカー１ヶ所（ｉ＝８個）に作用する力

Ｑ＝Ｗ／ｉ＝８１１０／８＝１０１４Ｎ

最大せん断応力度

$$\text{Max}\ \tau = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{e \cdot t_1} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1014}{40 \times 1.5}$$

$$= 25.4\,\text{N/mm}^2 \leqq f_s = 140\,\text{N/mm}^2$$

本体枠とスポット溶接の検討

本体枠とスポット溶接１点の単せん断力　　$Q_1$＝６５０Ｎ（板厚１．２の場合）

スポット溶接点数　　ｎ＝２点

アンカー１ヶ所に作用する力　　Ｑ＝１０１４Ｎ

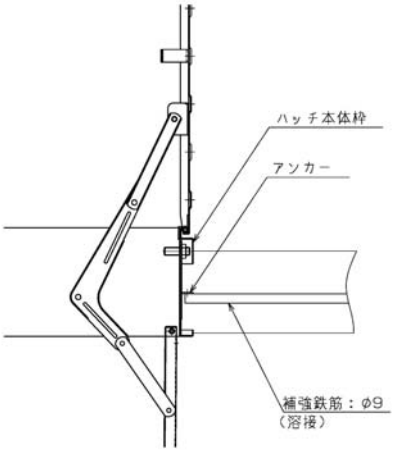
Ｑ＝１０１Ｎ ≦ $Q_1$×２＝６５０Ｎ×２＝１３００Ｎ

となり、十分な強度を有する。

※$Q_1$の値は機械工学便覧より抜粋

３－５．補強筋の検討

①本体枠周囲に補強鉄筋を走らせる場合




使用ハッチ　　６００×５２０（内寸法）
使用梯子　　最長使用はしご：１２段の場合で検証する。

設計荷重　　８１０４Ｎ（ＸＣ，ＸＥ型）（詳細はページＡ－９を参照ください。）
　　８１１０Ｎ（ＸＤ，ＸＦ型）（詳細はページＡ－１０を参照ください。）
使用部材　　φ９鉄筋
断面積　　Ａ＝６３．６mm²
せん断許容応力度　　１４０Ｎ／mm²

アンカー１ヶ所に働くせん断力
Ｑ＝１０１３Ｎ（ＸＣ，ＸＥ型）（詳細はページＡ－９を参照ください。）
Ｑ＝１０１４Ｎ（ＸＤ，ＸＦ型）（詳細はページＡ－１０を参照ください。）

補強鉄筋にもこの荷重が伝わりますので、補強鉄筋のせん断応力τは、

**ＸＣ，ＸＥ型**

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{1013}{63.6} = 16.0\text{N/mm}^2 < 140\text{N/mm}^2$$ となります。

**ＸＤ，ＸＦ型**

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{1014}{63.6} = 16.0\text{N/mm}^2 < 140\text{N/mm}^2$$ となります。

許容応力以下となるので強度条件を満足します。