

## ロードセル用語と定義

本説明は日本工業規格(JIS B 7612-2)からの抜粋です。※印は対照のため、旧用語を併記しています。

<b>最大容量 (E<sub>max</sub>)</b> 定格容量*	ロードセルがその仕様を保って測定し得る定められた荷重の最大値。
<b>定格出力 (R.O.)</b> 定格荷重出力 (R.O.)*	最大容量負荷時出力から無負荷時出力を差し引いた値で、デジタルロードセルの場合は通常カウント値で示す。スパンと呼ぶこともある。
<b>組合せ誤差 (%R.O.)</b>	無負荷時出力と最大容量出力を結ぶ直線(基準直線)と荷重増加時および荷重除荷時の校正曲線との最大偏差で、最大容量出力の%で表す。
<b>繰り返し誤差 (%R.O.)</b> 繰り返し性 (%R.O.)*	同一の負荷条件ならびに同一の周囲条件において、同じ荷重を繰り返し負荷した時の出力の差の最大値で、最大容量出力の%で表す。
<b>温度補償範囲</b>	出力およびゼロバランスが仕様の温度影響範囲を保つように保証されている温度範囲。
<b>許容温度範囲</b>	ロードセルの特性に永久変化を生ずることなく使用できる温度範囲。

<b>最小測定量出力への温度影響 (%R.O./°C)</b> ゼロ点の温度特性 (%R.O./°C)*	周囲温度の変化に起因するゼロバランスの変化で、通常は周囲温度変化1°C当たりの値を、最大容量出力の%で表す。
<b>感度への温度影響 (%Load/°C)</b> 出力の温度特性 (%Load/°C)*	周囲温度の変化に起因する出力の変化で、通常は周囲温度変化1°C当たりの、負荷荷重に対するゼロバランスを除外した出力変化値で、その出力の%で表す。  *ゼロバランスおよび出力の温度特性は、クボタでは10°Cごとの変化率(%R.O./10°C)で表しています。
<b>許容過負荷 (%E<sub>max</sub>)</b>	仕様特性の永久変化を生ずることなく負荷できる最大荷重で、最大容量の%で表す。
<b>限界過負荷 (%E<sub>max</sub>)</b>	構造上の損傷を生ずることなく負荷できる最大荷重で、最大容量の%で表す。



ISO-14001 環境マネジメントシステム認証取得  
株式会社クボタ 久宝寺事業センター



ISO-9001 品質マネジメントシステム認証取得  
株式会社クボタ 久宝寺事業センター

# Kubota

# DIGITAL LOAD CELL

クボタ デジタル ロードセル

クボタ デジタル ロードセル  
LOAD CELL  
DIGITAL

●注意事項  
仕様・外観等は改良のため予告なく変更することがあります。  
記載の内容については万全を期して編集しておりますが、万一の誤記や記入漏れ等ございましたら弊社までご連絡ください。また、その結果による影響につきましては責任を負いかねますので、ご了承願います。

株式会社クボタ 《精密機器営業部》

《販売店》

東京 東京本社 ☎103-8310 東京都中央区日本橋室町三丁目1番3号 ☎03(3245)3912・FAX 03(3245)3919

大阪 久宝寺事業センター ☎681-8688 大阪府八尾市神武町2-35 ☎072(993)1932・FAX 072(993)1929

営業拠点 札幌 仙台 宇都宮 名古屋 広島 福岡

ホームページアドレス <http://www.keisoku.kubota.ne.jp/>  
クボタお客様ご相談窓口《コールセンター》 ☎0120-732-058 (フリーダイヤル)

No.1124 '14.01.05.CH



平成25年12月

# DIGITAL LOAD CELL

クボタ デジタル ロードセル

## 高精度と、高い安定性の“核心”。 クボタはデジタルロードセル

アナログからデジタルへ。お客様の計量作業に満足と安心を。

クボタのデジタルロードセルは、耐ノイズ性、メンテナンス性、そしてコストパフォーマンスに優れた「質量・カセンサ」。

約80年の歴史と実績に培われたクボタだからこそ生まれた核心技術です。

産業界のジャンルを超えて“はかる”の心臓部となり、これからもたくさんのお客様に喜びを与え続けたい。

それは、デジタル化する世の中から必然として生まれたトレンドなのです。



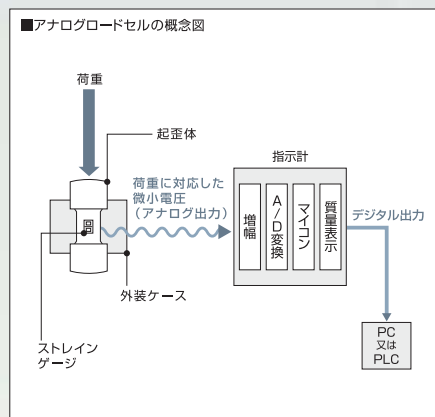
イントロダクション [高精度と、高い安定性の“核心”。クボタはデジタルロードセル]	01-02
D-LC (デジタルロードセル) のポテンシャルを解剖	03-04
タンクスケール、ホップスケール等 設計の際のガイドライン	05-06-07-08-09-10
施工上の注意事項	11-12
精度低下の要因について	12
現場写真 (D-LC設置例)	13
当て式振れ止め機構について (LU-BD)	14
プレート式振れ止め機構について (LU-FD)	14
転倒防止用ロッドの設計について	15-16
チェックロッドの設計について	17-18
総合精度の計算式	19
配管等の精度影響度合いの目安について	19
防爆について	20
指示計選定表	21-22
ロードセル選定表	21-22
圧縮型デジタルロードセルユニット LU-BD-SRシリーズ / 耐圧防爆・圧縮型デジタルロードセルユニット LU-BD-EX-SRシリーズ	23-24
圧縮型デジタルロードセルユニット LU-FD-SRシリーズ / 耐圧防爆・圧縮型デジタルロードセルユニット LU-FD-EX-SRシリーズ	25-26
圧縮型デジタルロードセルユニット LU-GD-SRシリーズ	27
圧縮型デジタルロードセルユニット LU-AD-SRシリーズ	28
本質安全防爆圧縮型デジタルロードセルユニット LU-AD-SR-ESシリーズ	29
引張型デジタルロードセル TB-XD-SRシリーズ	30
ビーム型デジタルロードセル LB-XDシリーズ / 高耐食ビーム型デジタルロードセル LB-XD-HCシリーズ	31
重量式レベルセンサ [レベルセル] LE-VD-SRシリーズ	32
デジタルロードセル用 指示計	33-34
ジャンクションボックス	35
AD変換ユニット	35
充実の試験設備	36
ロードセルスペックシート	37-38
ロードセル用語と定義	裏表紙

# D-LC (デジタルロードセル) のポテンシャルを解剖

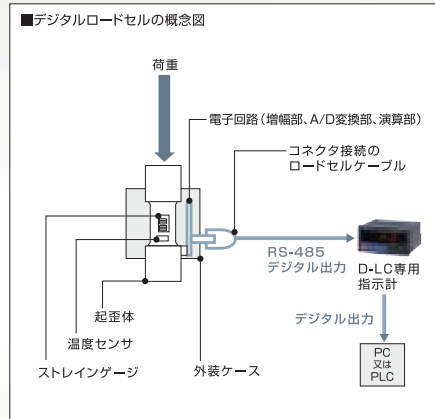
D-LCのポテンシャルがもたらす効果は、単に精度や安定性の向上だけでなく、導入後のメンテナンスにまで及びます。お客様がそのメリットを理解し、D-LCを導入いただけるならば、信頼性の向上はもとより、設備メンテナンスの節減や業務負荷低減などのさまざまな課題を達成されることでしよう。ここでは、D-LCの優れた特長をわかりやすく説明しておりますので、ご検討の際には是非お役にたください。

## 01. アナログとデジタルの違い

デジタルロードセルは、検出した質量値をダイレクトにデジタル信号として出力します。



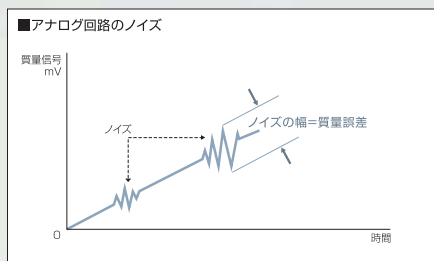
アナログロードセルは、ロードセルに加えられた荷重を微小な電圧の変化としてアナログ出力しこれを接続する指示計で増幅、A/D変換、演算をして計量値としています。ロードセルのみならず、指示計およびロードセルケーブルの温度影響が相互に計量精度に影響します。



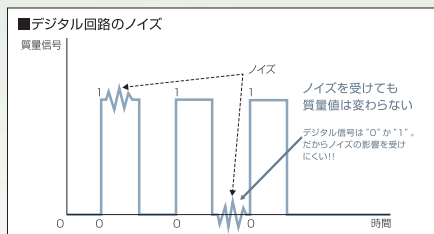
アナログロードセルの計量精度は、指示計やロードセルケーブルの周囲温度によって影響を受けます。デジタルロードセルは、ロードセル本体に増幅部、A/D変換部、演算部を組み込んでいますので、このような影響を受けずに温度特性の良い計量をおこなえます。また、質量値がデジタル出力 (RS-485) なので、ロードセルケーブルの長さを変更しても計量精度に影響を与えません。

## 02. デジタル出力するメリットは？

ノイズの影響を受けにくいため、ケーブル長を変更しても出力に影響が出ません。

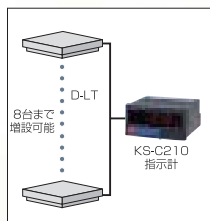


アナログロードセルは、ロードセルと指示計間のノイズが計量精度に直接影響します。ノイズ以外にも、ケーブル長の変更による抵抗値の変化、配線接続部の接触抵抗なども計量精度に影響を与えます。



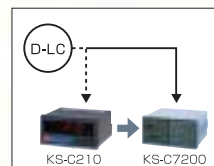
デジタルロードセルでは、デジタル信号をダイレクトに出力するので動力源のノイズの影響を受けにくく、RS-485での長距離伝送が可能です。また、ケーブルの抵抗や配線接続部の影響も受けないので、信頼性が向上しました。

指示計1台で最大8台まで監視できます。



D-LCにすれば、1台の指示計でD-LT (デジタルロードテーブル) なら最大8台までを監視できるので、設備を節減でき、コスト削減につながります。(検定対象外)

指示計の交換やアップグレードも簡単。



D-LCの計量精度はロードセルケーブルや指示計の状態に影響を受けません。指示計の交換やアップグレードは、アナログロードセルのように特別な校正作業をおこなう必要は無く、パラメータ入力だけの簡単操作でおこなえます。(検定対象品は別途、検定が必要です。)

## 03. メンテナンス機能が充実

出荷時にオールデジタル校正済み。



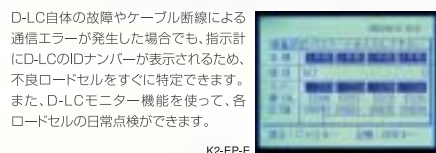
工場出荷時に全数「分銅による校正」を行っていますので、分銅調整ができないタンクやホッパに最適です。(適正に設置した場合、1/1000程度の精度であれば調整を省けます。) 設置の状態、配管などの外部からの影響を確認するために、分銅確認をおすすめします。

IP67コネクタ接続だから設置・取り替えが簡単。



D-LC (LU-BD-SR, LU-FD-SR) は、IP67に準拠したコネクタ接続方式を採用しています。D-LCは、オールデジタル校正済みのため、アドレスを設定するだけで簡単にD-LC自体を交換することができます。\*但し、防護タイプ、LB-XD-SR、LE-VD-SRは、コネクタ接続ではありません。

IDナンバーで異常ロードセルの特定が可能。



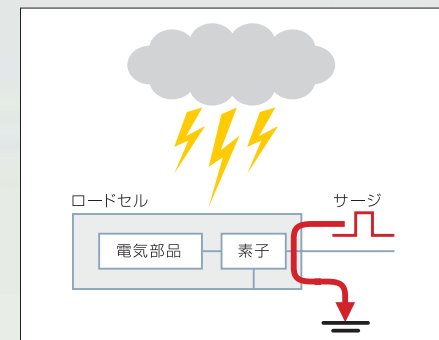
D-LC自体の故障やケーブル断線による通信エラーが発生した場合でも、指示計にD-LCのIDナンバーが表示されるため、不良ロードセルをすぐに特定できます。また、D-LCモニター機能を使って、各ロードセルの日常点検ができます。

偏置誤差調整が容易。

D-LCはデジタル出力だから、指示計側で各D-LCの偏置誤差調整が可能です。マルチロードセル式計量器の場合にも、アナログロードセルのように和算箱内で精密抵抗による調整は不要です。

## 04. 雷サージに強い

D-LCの心臓部は異常電圧吸収素子で保護。



クボタのD-LCは、異常電圧吸収素子 (バリスタ、アレスタなど) を装着しています。この吸収素子は、電圧が一定レベルまでは抵抗値が高く、一定の電圧を超えると急激に抵抗値が下がり、異常な電圧成分を抑圧する働きがあります。

\*但し、LB-XD-SR、LE-VD-SRでは、異常電圧吸収素子を装備しておりません。

■ IP等級について (IPは、異物や水に対する保護等級の国際規格です) 水や異物 (ホコリやゴミ) の侵入に対してどの程度保護がなされているかを表示する方法として、IEC (国際電気標準会議) やJISなどでは、「IP\*\*」という表示をします。

IP	
0 (無保護)	0 (無保護)
1 (≧直径50mm)	1 (垂直滴下)
2 (≧直径12.5mm)	2 (滴下(15°)傾斜)
3 (≧直径2.5mm)	3 (散水)
4 (≧直径1.0mm)	4 (飛沫)
5 (防塵型)	5 (噴流)
6 (耐塵型)	6 (異噴流)
	7 (一時的な浸水)
	8 (継続的な水没 <sup>(注1)</sup> )

弊社では、上記表の関連規格を参照し、自社確認にて記載  
\*関連規格: IEC 60529、JIS C 0920  
(注1)「継続的な水没」とは、水深1mに100時間水没させても有害な影響がないこととします。(弊社定義)

例) IP67  
 一時的な浸水: 規定の水没30分にて異常が無いこと。  
 耐塵型: 粉塵が内部に侵入しないこと。

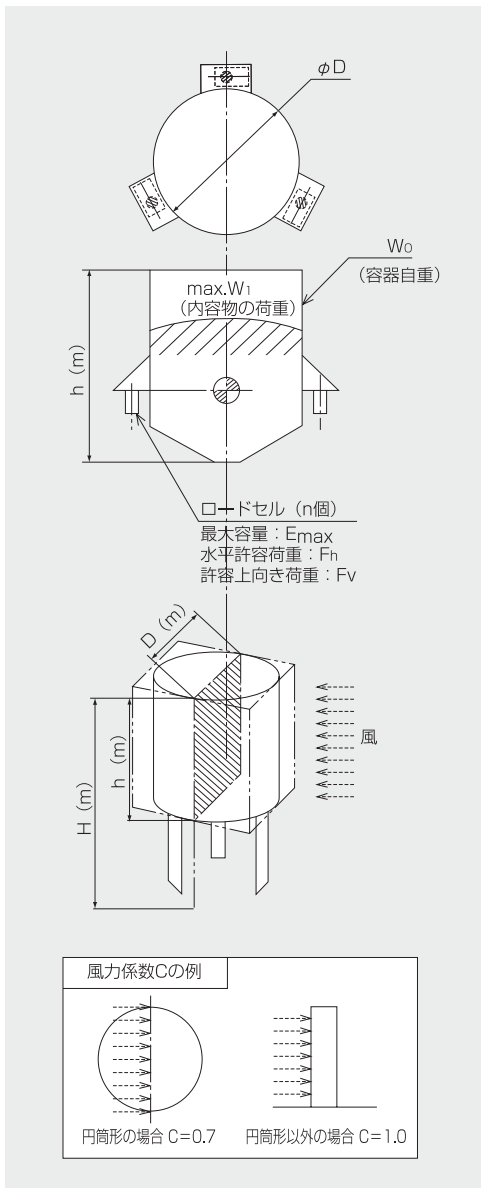
# タンクスケール、ホップスケール等 設計の際のガイドライン

以下は、ガイドラインを示すものですので、詳細は個別にご検討ください。

外力の検討にあたっては、建築基準法施行令ほか、関連する法令をもとに算出してください。

## 1. 荷重や外力の検討

下記のように、水平荷重や上向き荷重を考慮してご使用ください。



### 1) ロードセル1個に加わる通常の荷重 W

全荷重  $W_e$  の計算  
 $W_e = W_0 + W_1$  (kN)  
 $W_0$ : 容器自重 (容器の質量による荷重) =  $M_0 \times g$  (kN)  
 $W_1$ : 内容物の荷重 (内容物の質量による荷重) =  $M_1 \times g$  (kN)  
 ここで、  
 $M_0$ : 容器の質量 (t)  
 $M_1$ : 内容物の質量 (t)  
 $g$ : 重力加速度 ( $m/s^2$ )  
 ロードセルには均等に荷重が加わるとして、  
 ロードセル1個に加わる荷重  $W_i$  は、

$$W_i = \frac{W_e}{n} \text{ (kN)}$$

ここで、 $n$ : ロードセルの個数

### 2) 地震の際に加わる水平外力 $F_e$

地震の際に発生する水平方向の外力は、荷重に係数 (水平震度) をかけたものです。この水平震度は、基準震度に地域や構造物の種類により低減率をかけたものです。例として、水平震度を0.3とすると、

$$F_e = 0.3 \times W_e \text{ (kN)}$$

\*水平震度については実際の設備、設置条件等により異なります。お客様の設計基準にもとづき決定願います。

### 3) 屋外設置の場合の風による外力 $F_w$

屋外構造物についての風による外力  $F_w$  は、建築基準法施行令ほか、関連法令により決まる風圧力  $P$  ( $kN/m^2$ ) によって、

$$F_w = P \times D \times h \text{ (kN)}$$

で表される。(D, h) は、左図の寸法

建築物の風圧力  $P$  ( $kN/m^2$ ) は、  
 $P = C \times Q$   
 ここで、 $C$ : 風力係数 (構造物の形状で決まる)  
 $Q$ : 速度圧 (構造物の高さや周辺地域の状況等で決まる)  
 例として次の計算方法で求める。  
 $Q = 0.588 \sqrt{F}$  ( $kN/m^2$ )

(例) 円筒形タンクで、  
 $D=3m, H=6m, h=2m$  の場合

$$\begin{aligned} P &= C \times Q \\ &= 0.7 \times 0.588 \times \sqrt{6} \\ &= 1.008 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ F_w &= 1.008 \times 3 \times 2 \\ &= 6.05 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

この円筒形タンクには、風により水平方向に、6.05 (kN) の力が加わる可能性がある。

## 2. ロードセル最大容量の選定検討

### 1) ロードセル最大容量 $E_{max}$ の検討

ロードセルを均等に配置し、荷重がほぼ均等にかかる場合、ロードセル最大容量の30%~70%で使用すると考えて、

$$0.7 \times E_{max} \times g > W > 0.3 \times E_{max} \times g$$

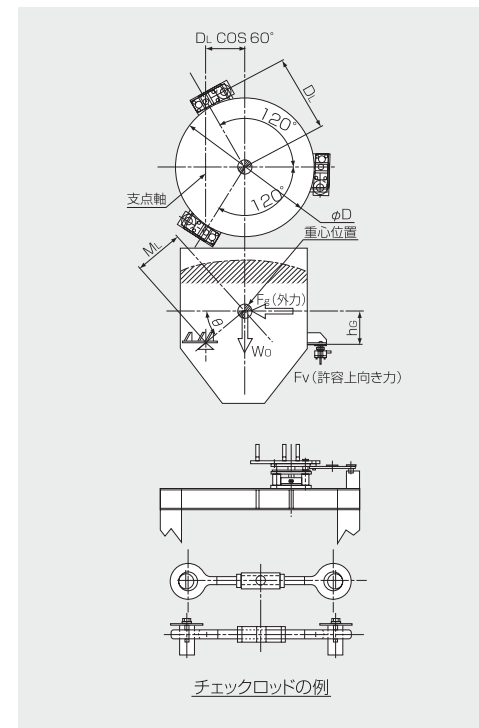
ロードセルに偏荷重が加わる場合は、その最大、最小荷重が上記範囲にあること。

(例) タンクの風袋質量が2tで、内容物の質量が最大3tで、ロードセル3点支持にて考える場合  $n=3$  なので、

$$W_i = \frac{W_e}{n} = \frac{(M_0 + M_1) \times g}{n} = \frac{(2+3) \times 9.8}{3} = 16.3 \text{ (kN)}$$

ロードセル最大容量が5tのもの3個使用すると仮定すると、  
 $E_{max} = 5t$  だから、  
 $0.7 \times E_{max} \times g = 0.7 \times 5 \times 9.8 = 34.3$  (kN)  
 $0.3 \times E_{max} \times g = 0.3 \times 5 \times 9.8 = 14.7$  (kN)  
 $\therefore 16.3 \text{ (kN)} > 14.7 \text{ (kN)}$  かつ  $34.3 \text{ (kN)} > 16.3 \text{ (kN)}$  だから、  
 最大容量5tのロードセル3点支持での計量器は使用できる。

### 3) 被計量物の転倒及び水平力の検討



### 2) 表示の安定性の検討

ロードセル最大容量を大きくすれば、色々なひょう量のはかりに使用できますが、測定したい目量 (最小表示量) が小さすぎると表示が安定しくなくなります。

目量を  $e$  とすると、安定しているとみる範囲を以下のように決めています。

$$\frac{e}{E_{max}} \times R.O. > 2.0 \sqrt{n}$$

$R.O.$ : ロードセル定格出力 (LU-BD-SRの場合は600,000)

(例) 先の例で目量を1kgとすると、上式の左辺は、

$$\frac{1}{5000} \times 600,000 = 3.000$$

右辺は、

$$2.0 \times \sqrt{3} \approx 3.5$$

$\therefore 3.000 > 3.5$  だから、十分表示は安定する。

### \*転倒の検討

左図のように負荷が加わった場合を考える。  
 ここで、  
 $F_g$ : 外力  $F$  1項で計算した地震荷重、もしくは風圧力のうち大きい方  
 $W_0$ : 容器自重  
 容器の重心に対するモーメントアーム  $M_L$  は、

$$M_L = \sqrt{(D_L \cdot \cos 60^\circ)^2 + h_c^2}$$

自重と外力によって左図支点軸を中心に転倒しようとするモーメント  $F_t$  は、

$$F_t = M_L \times (F_g \times \sin \theta - W_0 \times \cos \theta)$$

$$\text{ここで、} \theta \text{ は } \tan \theta = \frac{h_c}{D_L \cdot \cos 60^\circ}$$

この  $F_t$  が負の値であれば転倒しないが、正の値であれば、転倒の可能性がある。この時、

$$F_v \times 0.8 > \frac{F_t}{D_L \cdot (1 + \cos 60^\circ)}$$

ここで、 $F_v$  は許容上向き荷重

であれば、ロードセルユニットにて転倒防止が可能です。従って、特に転倒防止の方策をとらずにご使用いただけます。

それ以外の場合は、別途転倒防止策を検討してください。「転倒防止用ロードの設計について」(P.15・16)を参照願います。

### \*水平力の検討

水平力については、

$$F_h \times 0.8 > F_g$$

ここで、 $F_h$  は、水平許容荷重

であれば、ロードセルユニットのみで十分耐えることができます。 $F_g$  が上式を満足しない場合は、別途チェックロッド等の追加を検討してください。

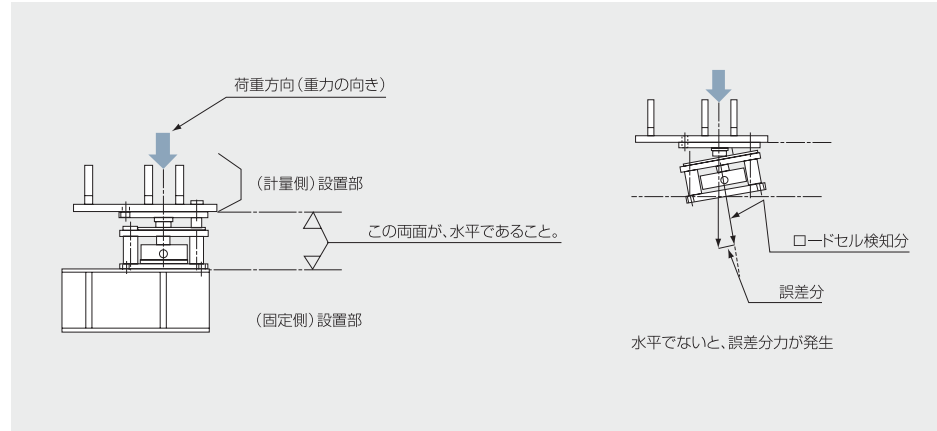
「チェックロッドの設計について」(P.17・18)を参照願います。

# タンクスケール、ホップスケール等 設計の際のガイドライン

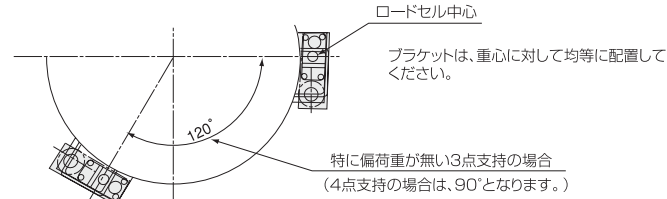
以下は、ガイドラインを示すものですので、詳細は個別にご検討ください。

## 3.ロードセル（計量側）設置部の検討

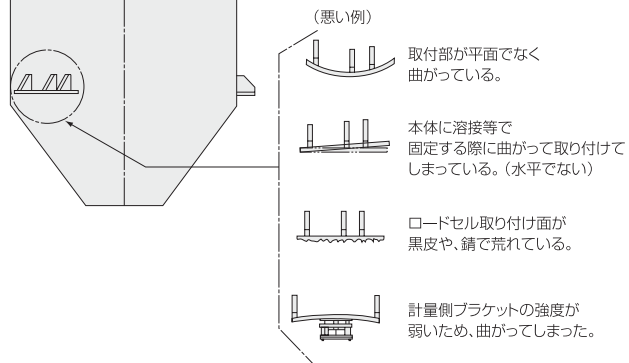
ロードセルに加わる荷重の向きは、一般的に鉛直方向ですから、ロードセルに鉛直に荷重が加わるようにすることが重要です。  
 (水平度は、±0.5°以内が目安) 鉛直に加わらないと、誤差の発生原因になります。



### 1) (計量側) 設置部の配置について



### 2) (計量側) 設置部の取付について



### 3) 設置高さ及び向きについて

【設置高さ(タンクに対しての設置高さ)】

タンクの形状や設置条件によってはチェックロッドの設置の検討を必要とする場合があります。

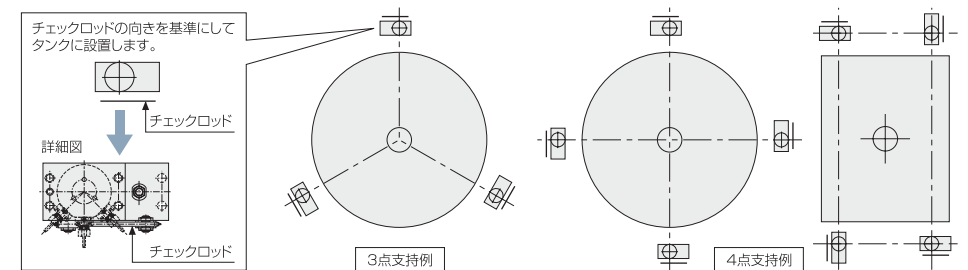
設置高さ	重心と同じ	重心より高い	重心より低い
側面図			
攪拌機あり	攪拌による水平荷重を算出し、複合許容水平荷重と比較する必要があります。		

重心より高い位置に設置すると、水平荷重が働いたときに、ロードセルに過負荷がかかる恐れがあります。  
 重心より低い位置に設置すると、水平荷重が働いたときに、タンクが浮き上がろうとします。  
 「タンクの重心の求め方」(P.10)を参照願います。

【設置向き】

タンクの熱膨張の方向を考慮して、振れ止め金具を据え付ける必要があります。

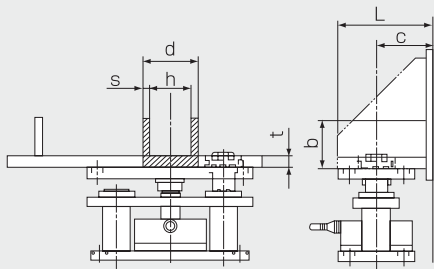
LU-FD-SRのようなチェックロッド一体型ロードセルの推奨する設置向き



# タンクスケール、ホップスケール等 設計の際のガイドライン

以下は、ガイドラインを示すものですので、詳細は個別にご検討ください。

## 4) (計量側) 設置部の強度について



(計算例)  
上図の諸元を以下とする。(単位:mm)

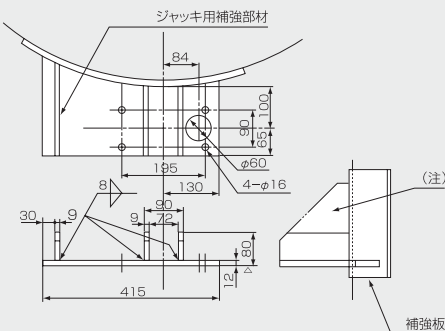
d=90, s=9, h=72, b=80, c=100, t=12

受け持つ荷重  
W=9.8 (kN)とする場合

- 1項より、A=2304 (mm<sup>2</sup>)
- 2項より、g=52.75 (mm)
- 3項より、I=1402608 (mm<sup>4</sup>)
- 4項より、Z=26590 (mm<sup>3</sup>)
- 5項より、M=980 (kN・mm)
- 6項より、σ<sub>b</sub>=36.9 (N/mm<sup>2</sup>)  
( < 120 (N/mm<sup>2</sup>) )

従って、仮定した条件で使用できる。

### ■ 上記計算例による設置部設計例



(注) 溶接強度を検討の上、リブ長さを決定ください。

左図のように諸元を決める。  
強度検討の断面をハッチング部とする。  
このハッチング部の強度計算は、概略以下のようなになる。

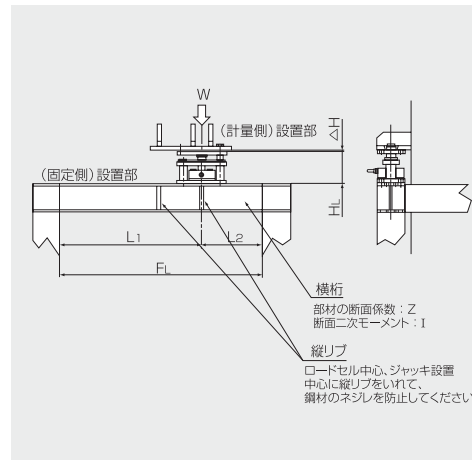
1. 断面積 A=b・d-h(b-t)
2. 中立軸より線までの距離 g は、  
 $g = b - \frac{2b^2s + ht^2}{2bd - 2h(b-t)}$
3. 断面二次モーメント I は、  
 $I = \frac{2sb^3 + ht^3}{3} - A(b-g)^2$
4. g, I から、断面係数 Z は、  
 $Z = \frac{I}{g}$
5. 曲げモーメント M は、  
M=W・C  
W:ロードセル1個あたりに分担される荷重
6. 荷重により発生する曲げ応力 σ<sub>b</sub> は、  
 $\sigma_b = \frac{M}{Z}$

材質がSS400等の鋼の場合、引張応力の60%の1/2として、

$$\sigma_b < 400 \times 0.6 \times \frac{1}{2} = 120 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

となるように、諸元を決定してください。

## 4.ロードセル(固定側)設置部の検討



### 1) 発生応力の確認

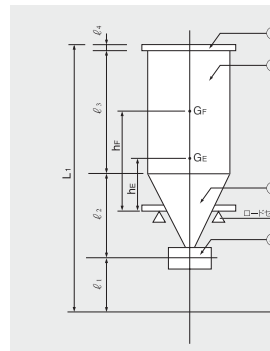
本紙では、横桁の強度のみ検討し、簡単のためにL<sub>1</sub>=L<sub>2</sub>とする。

1. 発生する最大曲げモーメント M<sub>max</sub> は、  
 $M_{max} = \frac{W \cdot FL}{8}$
2. 最大曲げ応力 σ<sub>m</sub> は、横桁の断面係数をZとすると、  
 $\sigma_m = \frac{M_{max}}{Z}$
3. SS400, SUS304等の鋼ではσ<sub>m</sub> < 120 (N/mm<sup>2</sup>)であることを確認する。

### 2) たわみの検討

1. 最大たわみ量の計算  
L<sub>1</sub>=L<sub>2</sub>の時、最大たわみ量 σ<sub>max</sub> は、  
 $\sigma_{max} = \frac{W \cdot FL^3}{192EI}$  ここで E:ヤング率, I:断面二次モーメント
2. 最大たわみ量検討  
最大たわみ量は、スパン(ここでは、FL)の1/1000以下とします。従って、  
 $\sigma_{max} < \frac{FL}{1000}$  となるように横桁を選定します。

## タンクの重心の求め方



パーツ	容器自重	内容物の荷重	合計
①	W <sub>1</sub>	—	W <sub>1</sub>
②	W <sub>2</sub>	W <sub>2</sub> '	W <sub>2</sub> +W <sub>2</sub> '
③	W <sub>3</sub>	W <sub>3</sub> '	W <sub>3</sub> +W <sub>3</sub> '
④	W <sub>4</sub>	—	W <sub>4</sub>
計	W	W'	W+W'

### [重心の高さ]

● 空のとき (G<sub>E</sub>)

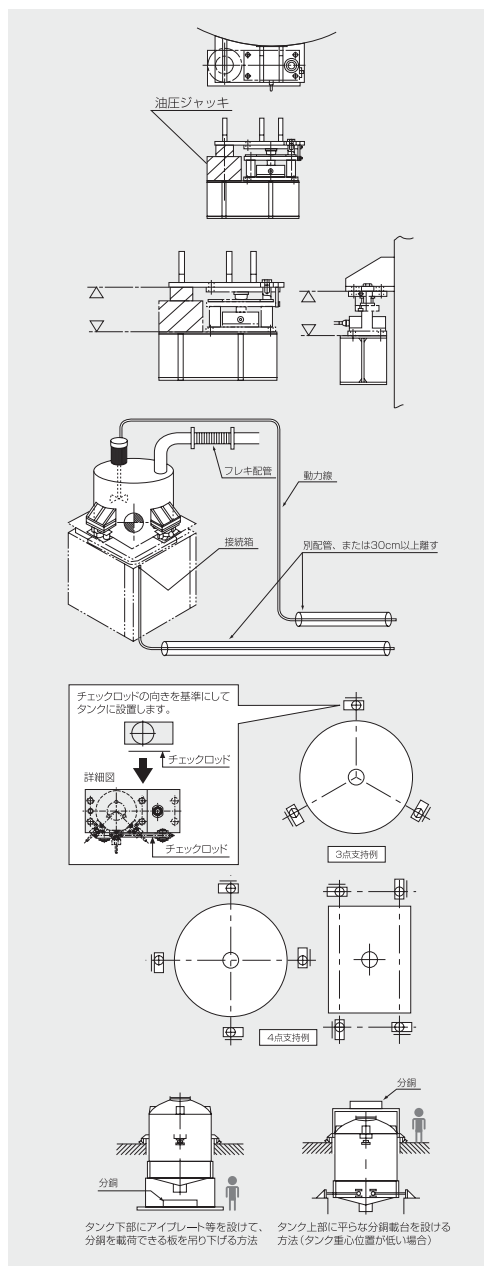
$$h_E = \frac{\{W_1 \times (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \frac{\ell_4}{2})\} + \{W_2 \times (\ell_1 + \ell_2 + \frac{\ell_3}{2})\} + \{W_3 \times (\ell_1 + \frac{\ell_2}{2})\} + \{W_4 \times \ell_1\}}{W}$$

● 満のとき (G<sub>F</sub>)

$$h_F = \frac{\{W_1 \times (\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \frac{\ell_4}{2})\} + \{(W_2 + W_2') \times (\ell_1 + \ell_2 + \frac{\ell_3}{2})\} + \{(W_3 + W_3') \times (\ell_1 + \frac{\ell_2}{2})\} + \{W_4 \times \ell_1\}}{W + W'}$$

### [転倒モーメント]

M<sub>E</sub> = F × h<sub>E</sub>  
M<sub>F</sub> = F × h<sub>F</sub>  
但し、F:水平外力



1) メンテナンス用に油圧ジャッキを設置できるスペースを設けてください。

2) ユニット設置面と上部取付面は、水平でかつ、平行な面にしてください。

▽印の面は、各々水平度±0.5"以内になるように、シム調整してください。水平度が出ていないと計量誤差が発生する可能性があります。

3) 設置位置は、被計量物の重心高さに近づけて設置してください。

また、被計量物への配管などの接続部品は、計量誤差を生じないように柔軟なものにしてください。

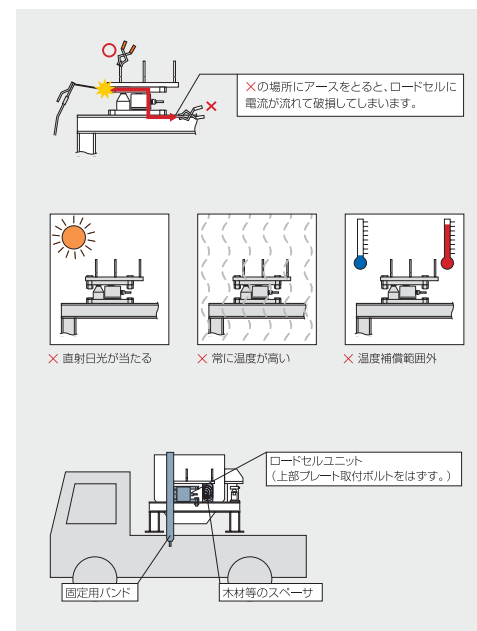
目安については「配管等の精度影響度合いの目安について」(P.19)を参照願います。

4) ロードセルケーブルの配線は、交流電源や動力配線とは十分(30cm以上)離してください。

5) タンクが熱膨張する方向を考慮して、振れ止め金具を据え付けてください。

6) 定期点検時など、タンクスケールの分銅検査を実施する場合には、安全に分銅を載荷するための機構をご準備ください。

高所作業で分銅を重搬したり、不安定なタンク上面に分銅を載せたりする作業は極めて危険です。設計時にあらかじめ安全に分銅を吊り下げたり、載せたりできる機構をご採用願います。



7) 溶接時のご注意

ロードセルユニットを機器に溶接加工で取り付ける場合は、ロードセル本体を取り除いてから行うか、アースを溶接箇所側に接続して作業してください。

8) 据付場所についてのご注意

温度補償範囲外でのご使用は避けください。また、次のような場所では、温度補償範囲内であっても、計量誤差が発生する可能性があります。

- 直射日光が当たる場所
- 常時多湿な場所
- 室温より熱い(冷たい)ものに取り付ける場合

9) 硫酸、硝酸など、腐食性ガス・液体を取り扱う現場への設置は避けてください。

10) 輸送時のご注意

ロードセルユニットを機器に組み込んだ状態で搬送される場合は、荷物固定用具の力や搬送時の衝撃が加わらないようご配慮願います。ユニットについている固定板は据付まで取り付けたままでも構いませんが、図のように機器を載せた状態でのストッパーとしては強度が不足しますので、スペーサ等の処置をお願いします。

## 精度低下の要因について

No.	要因	対策
1	偏荷重	タンク・ホップ自体の荷重バランスが不均一でない場合は、それを受ける各ロードセルの荷重バランスが悪くなり、負荷特性が低下することがあります。D-LCIは指示計で個別に出力を確認できるので、そのデータを見ながらレベル調整をするなど要因を取り除いてください。
2	ロードセルの温度特性	ロードセルに極端に温度差があると、その温度特性が精度低下につながる場合があります。屋外の場合特定のロードセルに直射日光が当たらないようにしてください。
3	ロードセルの取付面	取付面が不安定であれば、ロードセルが水平に保たれないことがあります。シム等で、水平度±0.5"以内になるよう調整してください。
4	ロードセル設置部の強度	梁のたわみによりロードセルが水平に保たれないことがあります。たわみ量は梁のスパンの1/1000以下としてください(「ロードセル(固定側)設置部の検討」(P.10)を参照願います)。
5	タンク・ホップの熱膨張	プレート式振れ止め機構(LU-FD-SRに装備)や、フレキシブル継手などにより対策を実施してください。
6	配管・チェックロッドの不適合	配管材の取付に不備はないか、チェックロッドの長さ・太さが適正か確認してください(「チェックロッドの設計について」(P.17・18)を参照願います)。
7	内圧変化	圧送の空気圧(粉体の場合)、入・排出口開閉時の圧力変動(内圧タンクの場合)、攪拌によるタンク内の圧力差(攪拌機付きの場合)の影響を考慮してください。
8	電気関係	接地(アース)、ノイズの影響を考慮してください。

LU-BD-SRシリーズ



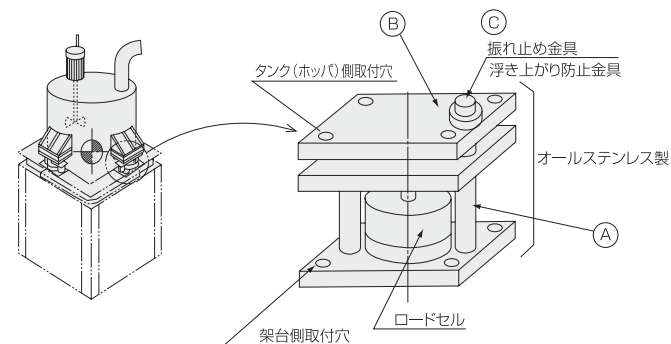
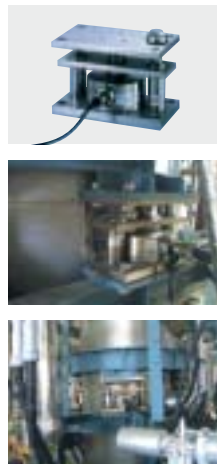
▼シャボン玉石けん株式会社様に、撮影のご協力をいただきました。



LU-FD-SRシリーズ



LU-BD-EX-SRシリーズ



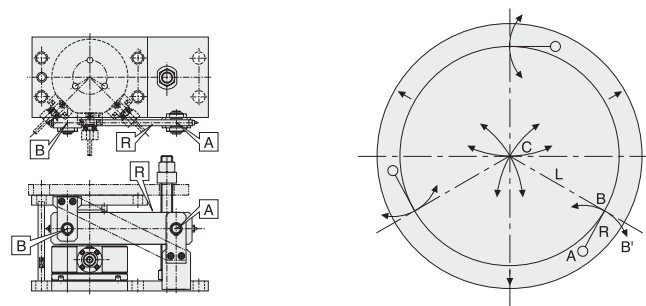
ベースプレート (架台側) から支柱 A が立ちっており、それが上部プレート (タンク・ホッパ側取付側) B を貫通しています。タンク・ホッパの移動に従い上部プレートが水平方向に移動すると上部プレートが支柱に当たり、その移動が規制されます (支柱の直径と上部プレート穴の直径の差は4mmなので、片側4mmの移動が可能)。併せて、支柱先端に転倒防止ストッパ C をボルトで固定し、上部プレートが支柱から抜けない構造となっています。

プレート式振れ止め機構について (LU-FD-SR)

クボタでは、ロードセルの振れ止めや浮き上がり防止用として、横揺れしないプレート式振れ止め機構をご用意しています。プレート式振れ止め機構には次のような長所や利点があります。

- タンクやホッパの設置に従来必要であったチェックロッド及びその受けブラケット等がロードセルユニットに内蔵されていますので、お客様で用意していただく必要がありません。
- タンクやホッパの設置時の面倒なチェックロッドの張り調整が不要です。
- タンクやホッパの横揺れを完全に防く一方、温度変化等によるタンクの伸縮を逃げる構造であるため、ロードセル精度等に対する影響がありません。
- 直下型地震対策等の浮き上がり防止ボルトが簡単に取り付けられるようになっています。
- タンク等の周囲に余分なもの (チェックロッド、ブラケット等) がないため、スペースが有効利用でき、見掛けもスマートです。

[横揺れ防止及び熱膨張、収縮逃げの原理・構造]



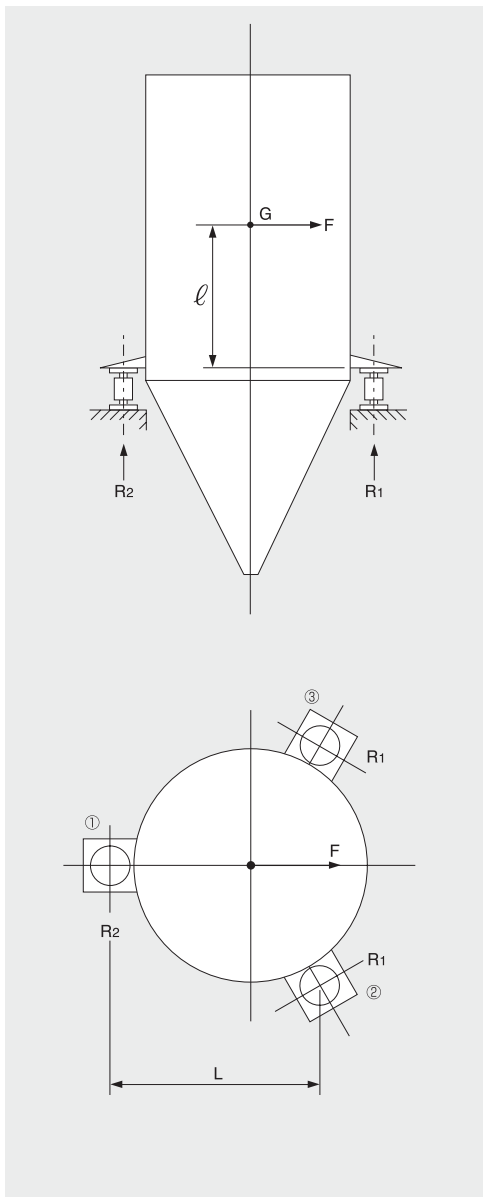
- ・ A点位置は不動の固定点で、ボールジョイントまたはピンジョイントになっており回転可動です。
- ・ B点はホッパまたはタンクブラケットに対し固定で、その可動軌跡はA点を中心としたロッドの長さRを半径とする円周上です。また、B点はボールジョイントまたはピンジョイントになっており回転可動です。
- ・ C点はホッパまたはタンク中心点 (または3個のB点の中心) で、その可動軌跡はB点を中心とした半径Lの円周です。

各3点のB点を中心としたC点の可動軌跡はC点で交差するため、C点 (タンク中心) は完全に不動となります。タンクが膨張 (収縮) した場合、B点は自由にB'点に移動できるため、タンクの膨張 (収縮) は自由に逃げられます。



# 転倒防止用ロッドの設計について

LU-BD-SRシリーズ、LU-FD-SRシリーズは、浮き上がり防止機構付のユニットですが、タンク・ホッパーの形状等により別途転倒防止機構を設計する場合の参考資料として以下に示します。詳細は個別にご検討ください。



## 1) 転倒モーメント

タンクにロードセルを取り付けた場合、転倒モーメント M は、次式で示される。

$$M = F \times l$$

F : 水平外力  
l : 重心Gとロッドとの距離

このモーメントによりロードセルにはモーメントに対してタンクの転倒を防ぐための力が作用し、鉛直方向に作用する力の合計に対する固定側からの反力 (R1、R2) がそれぞれのロードセルに作用する。  
左図の向きに水平外力が作用した場合、 $R_2 \leq 0$  となったとき、タンクは転倒する。

## 2) 転倒条件と浮き上がり力の計算

タンクを上から見て正三角形の3脚に配置されている場合 (3点支持) と、正方形の4脚に配置されている場合 (4点支持) について示す。

### [3点支持の場合]

左図の通り、ロードセル間の距離をL、ロードセル (3個) にかかる全荷重を  $W_G$  とすると、①~③に作用する反力  $R_1$ 、 $R_2$  は、次式で示される。

$$R_1 = \frac{W_G}{3} + \frac{M}{2L}$$

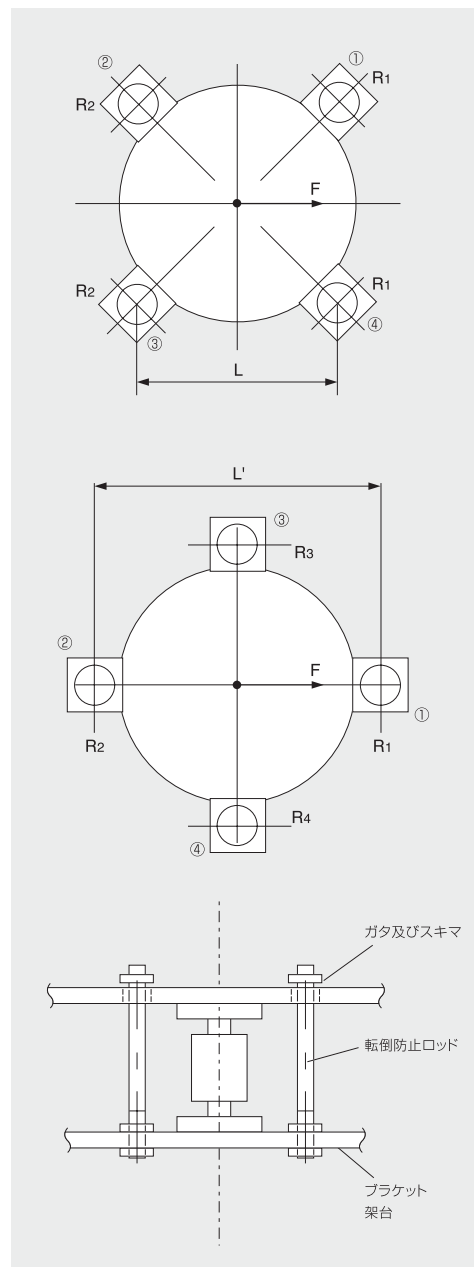
$$R_2 = \frac{W_G}{3} - \frac{M}{L}$$

転倒条件は、 $R_2 \leq 0$  なので、

$$M \geq \frac{W_G L}{3}$$

浮き上がり力  $F_u$  は、

$$F_u = -R_2 = \frac{M}{L} - \frac{W_G}{3}$$



### [4点支持の場合]

左図の通り、ロードセル間の距離をL、ロードセル (4個) にかかる全荷重を  $W_G$  とすると、①~④に作用する反力  $R_1$ 、 $R_2$  は、次式で示される。

$$R_1 = \frac{W_G}{4} + \frac{M}{2L}$$

$$R_2 = \frac{W_G}{4} - \frac{M}{2L} \dots (1)$$

転倒条件は、 $R_2 \leq 0$  なので、

$$M \geq \frac{W_G L}{2}$$

浮き上がり力  $F_u$  の計算に際しては左図のような場合も考慮する。

この場合、ロードセル間の距離を  $L'$ 、ロードセル (4個) にかかる全荷重を  $W_G$  とすると、ロードセル①~④に作用する反力  $R_1 \sim R_4$  は、次式で示される。

$$R_1 = \frac{W_G}{4} + \frac{M}{L'}$$

$$R_2 = \frac{W_G}{4} - \frac{M}{L'} \dots (2)$$

$$R_3 = R_4 = \frac{W_G}{4}$$

$R_2 \leq 0$  のときロードセル②が浮き上がりを開始する。

浮き上がり力  $F_u$  は、(1) 式と (2) 式で示される  $-R_2$  の大きい方で示される。比較すると、 $L' = \sqrt{2} \times L$  なので、(2) 式より、

$$F_u = -R_2 = \frac{M}{L'} - \frac{W_G}{4}$$

## 3) 転倒防止ロッドの設計

転倒防止用ロッドは一般的に左図のような構造となり、ロッドにかかる応力はその径  $\phi$  を用いて、次式で計算できる。

$$\sigma = \frac{F_u}{S} = \frac{F_u}{\frac{\pi}{4} \phi^2}$$

ここで、Sはロッドの断面積 (mm<sup>2</sup>)

材質がSS400等の鋼の場合、引張応力の1/2として、

$\sigma = 200$  (N/mm<sup>2</sup>) となるように諸元を決定してください。

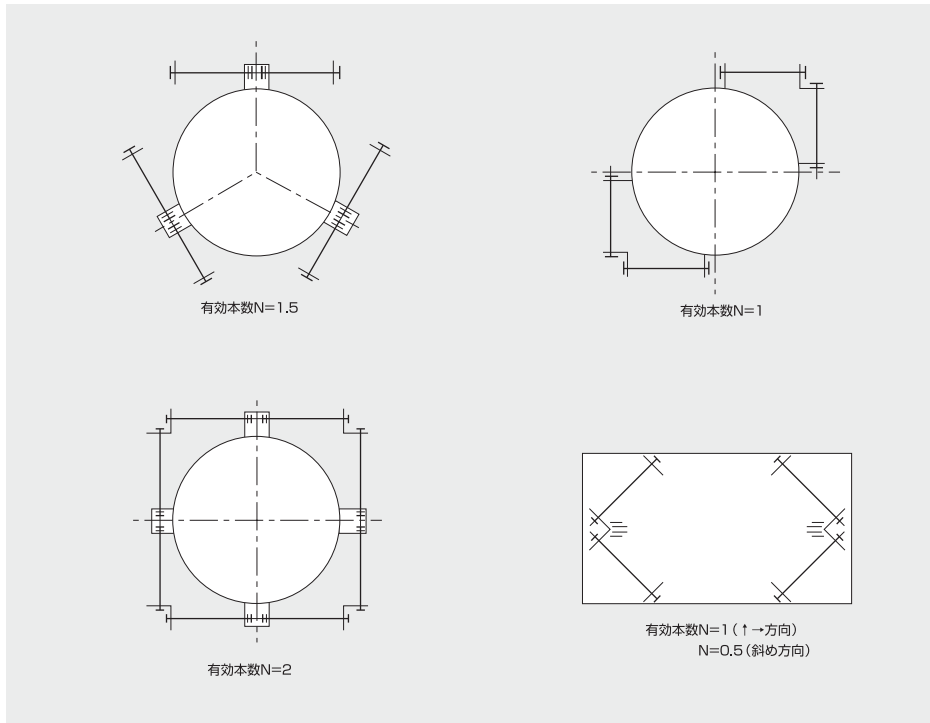
# チェックロッドの設計について

LU-BD-SRシリーズ、LU-FD-SRシリーズは、振れ止め金具付のユニットですが、タンク・ホッパーの形状等により別途振れ止めの設置が必要な場合の参考資料として以下に示します。詳細は個別にご検討ください。

## 1) 取付位置

- チェックロッドは風や地震による水平外力を吸収し、ロードセルへの横荷重を支えるために取り付けられるもので、タンクの荷重方向に対しては自由度を持つ構造としなければならない。
- チェックロッドの取り付け位置は、タンク重心に近く、タンクの上部が望ましい。また、タンクの重心に対してロードセル取り付け位置と対称に取り付けるのが望ましい。
- チェックロッドは、タンクの接線方向に取り付けるのが望ましい。

## 2) 取付例と有効本数



## 3) チェックロッドの許容バネ定数

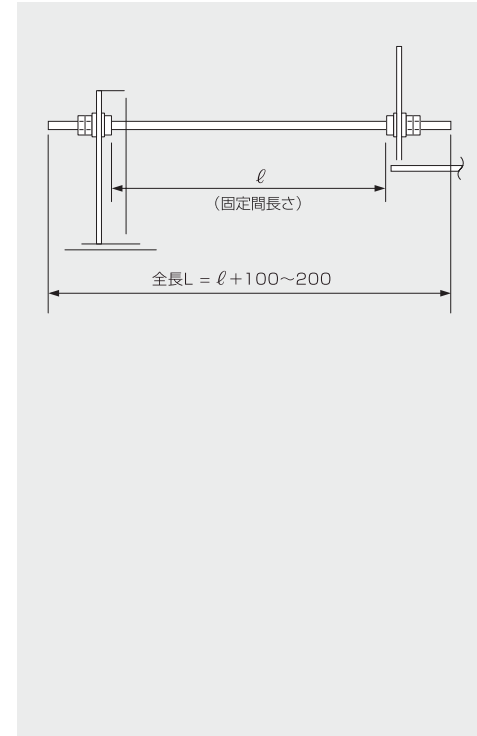
使用するロードセル最大容量を $E_{max}(t)$ 、個数を $n$ とすると、全体の水平許容バネ係数 $K$ は、 $K=0.04 \times E_{max} \times 9.8 \times n$  (kN/mm)

配管等のバネ係数を $K_1$  (kN/mm)、チェックロッドの本数を $N$ とすると、チェックロッド1本あたりの許容バネ定数 $K_0$ は、

$$K_0 = \frac{K - K_1}{N} \text{ (kN/mm)}$$

## 4) チェックロッドの強度

下図に示す形状の場合、チェックロッドの径  $d$  および、有効長さ  $\ell$  は、次式で計算できる。



最大水平荷重 $Fg$ を、  
地震による水平荷重 $F_e =$  (前出) または、  
風圧による水平荷重 $F_w =$  (前出) の大きいほうとする。

但し、  
 $W_0$ : タンクの全荷重 (kN) (容器自重 + 内容物の荷重)  
チェックロッドの有効本数を $N$ とすると、  
チェックロッド1本あたりにかかる水平荷重 $P$ は、

$$P = \frac{Fg}{N} \text{ (kN)}$$

このとき、チェックロッドの断面積 $A$ は、

$$A = \frac{P}{(\delta - \delta')} \text{ (mm}^2\text{)}$$

但し、  
 $\delta$ : チェックロッド材の許容応力 (一般構造鋼の場合、 $\delta = 200 \text{ N/mm}^2$ )  
 $\delta'$ : 熱応力による変化分  
 $\delta' = E \times \gamma \times t$   
 $E$ : 弾性係数 = 206 (kN/mm<sup>2</sup>)  
 $\gamma$ : 線膨張係数 =  $11 \times 10^{-6}$  (1/°C)  
 $t$ : 想定温度変化量

チェックロッドの径 $d$ は、

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \text{ (mm) で計算できる。}$$

これを満足するチェックロッド (ねじ) の外径を $D$ とすると、チェックロッドの有効長さ  $\ell$  は、次式で計算できる。

$$\ell \geq \sqrt{\frac{12 \times \pi \times E \times S \times D^4}{64 K_0}}$$

$S$ : 安全率 = 2

## 総合精度の計算式

従来のアナログ式ロードセルシステムでは、温度変化に関する誤差がロードセル部と指示計部に発生していました。デジタルロードセルの計量システムでは、デジタルでロードセルからデータが出力されるため、指示計部での誤差が発生しません。従って、ロードセルの総合誤差が、計量システムの総合誤差となります。

### 【総合精度の計算方法】

#### 計量器の仕様

Wfs: 計量システムのひょう量 [kg]  
 Wz: 計量システムの風袋 [kg]  
 n: ロードセル個数

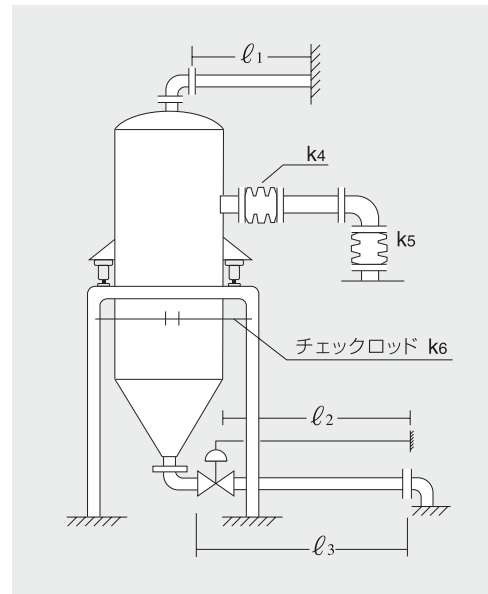
#### 計量器の仕様

E<sub>max</sub>: ロードセルの最大容量 [kg]  
 E<sub>1</sub>: 組合せ誤差 [%R.O.]  
 E<sub>2</sub>: ゼロ点の温度特性 [%R.O.]  
 E<sub>3</sub>: 出力の温度特性 [%R.O./°C] (\*1)  
 Δt: 温度変化幅 [%R.O./°C] (\*1) (\*1)カタログ値は、10°C当たりが記載されているので、カタログ値の1/10の値を代入してください。 [°C]

$$\text{総合精度 } Et = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + (E_3 - \Delta t) \frac{E_{\max}}{W_{fs}} + (E_3 \times \frac{(W_{fs} + E_z)}{W_{fs}} - \Delta t)^2}$$

この2乗和の平方根の考え方は、無限大の母集団から無作為にn個のロードセルを抽出した場合の計算方法であり、実際の計量精度を保証するものではありません。(実際の計量器では、この計算式で算出された値より誤差が大きくなる場合もあります。) 一般的に、タンクスケール等での精度計算に多用されています。

## 配管等の精度影響度合いの目安について



### 1) バネ定数について

配管等のバネ定数は、その径および長さから求められる。それらにチェックロッドのバネ定数を合わせたものが全体のバネ定数となり、タンクの定格荷重に対して無視できればよい。

左図に示す例の場合、一般的な基準として次式で示される。  
 $\Sigma K < 0.04 \times E_{\max} \times 9.8 \times n$   
 $k_6 < 0.02 \times E_{\max} \times 9.8 \times n$

但し、ロードセル最大容量: E<sub>max</sub> (kg)

使用個数: n

ℓ<sub>1</sub>部のバネ定数: k<sub>1</sub>

ℓ<sub>2</sub>部のバネ定数: k<sub>2</sub>

ℓ<sub>3</sub>部のバネ定数: k<sub>3</sub>

フレキ(水平)のバネ定数: k<sub>4</sub>

フレキ(垂直)のバネ定数: k<sub>5</sub>

チェックロッドのバネ定数の合計: k<sub>6</sub>

バネ定数の合計:  $\Sigma K = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 + k_6$

### 2) 配管についての注意事項

- ・配管の熱膨張による影響がある場合は、曲げ部を設けたりフレキを挿入して影響の軽減を図る。
- ・フレキに関しても取り付けの制約がない限り水平方向に取り付けることが望ましい。
- ・水平部の配管の傾きは、3°以内が望ましい。

## 防爆について

クボタの防爆台はかり、ロードセル、指示計の銘板には、その機器の防爆構造、防爆性能や使用できる危険場所の条件を示す記号を明記しています。本カタログに示す防爆電気機器は、IEC整合規格(技術的基準)に適合しています。

### 1) 防爆記号の表示例

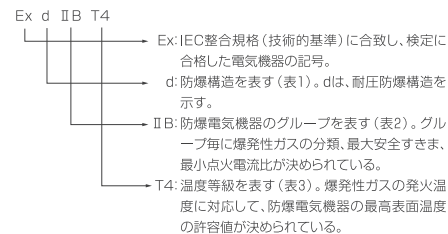


表1 防爆構造の表示

防爆構造の種類	技術的基準による表示
本質安全防爆構造	iaまたはib
耐圧防爆構造	d
内圧防爆構造	p
安全増防爆構造	e
油入防爆構造	o
樹脂充填防爆構造	maまたはmb
非点火防爆構造	n
特殊防爆構造	s

表2 グループを示す記号

防爆構造の種類	グループを示す記号
本質安全防爆構造	II A、II B、II C
耐圧防爆構造	II A、II B、II C
内圧防爆構造	II
安全増防爆構造	II
油入防爆構造	II
樹脂充填防爆構造	II
非点火防爆構造	nc、nL; II A、II B、II C nc、nL以外: II
特殊防爆構造	II

表3 温度等級

温度等級	電気機器の最高表面温度
T1	450°C以下
T2	300°C以下
T3	200°C以下
T4	135°C以下
T5	100°C以下
T6	85°C以下

\* 温度上昇限度は、周囲温度=40°Cの場合

### ガス・蒸気の種類

温度等級	グループ	II A	II B	II C
T1	アセトン、ベンゼン アンモニア	アクリロニトリル シアン化水素	水素	
	エタン、トルエン メタン、酢酸 シクロプロパン	CO		
T2	メタノール、ブタノール プロパン、ブタノール ブタン	エタノール、エチレン エチレンオキシド	アセチレン	
	メタクリル酸メチル	アクリル酸エチル		
T3	ヘキサン、ペンタン オクタン	アクリルアルデヒド ジメチルエーテル		
T4	アセトアルデヒド トリメチルアミン	エチルメチルエーテル ジエチルエーテル ジブチルエーテル		
T5				
T6	亜硝酸エチル		二硫化炭素	

参考: ユーザーのための工場防爆設備ガイド

### 2) 危険場所の分類 - ガス・蒸気危険場所

使用場所	定義
特別危険箇所 (IIB2種場所)	継続して危険雰囲気を生じ、または生成されるおそれがある場所。
第一類危険箇所 (IIB1種場所)	通常の状態において、危険雰囲気を生じ、または生成されるおそれがある場所。
第二类危険箇所 (IIB2種場所)	異常な状態において、危険雰囲気を生じ、または生成されるおそれがある場所。

### 4) 防爆構造の種類と使用できる危険箇所

規格	記号	防爆構造の種類	特別危険箇所 (IIB0種場所)	第一類危険箇所 (IIB1種場所)	第二类危険箇所 (IIB2種場所)
技術的基準	ia	本質安全防爆構造	○	○	○
	ib	本質安全防爆構造	×	○	○
	d	耐圧防爆構造	×	○	○
	p	内圧防爆構造	×	○	○
	e	安全増防爆構造	×	○	○
	o	油入防爆構造	×	○	○
	ma	樹脂充填防爆構造	○	○	○
	mb	樹脂充填防爆構造	×	○	○
	n	非点火防爆構造	×	×	○
	s	特殊防爆構造	—	—	—

○: 適する。

×: 適さない。

—: 個別に適否を判断する。

