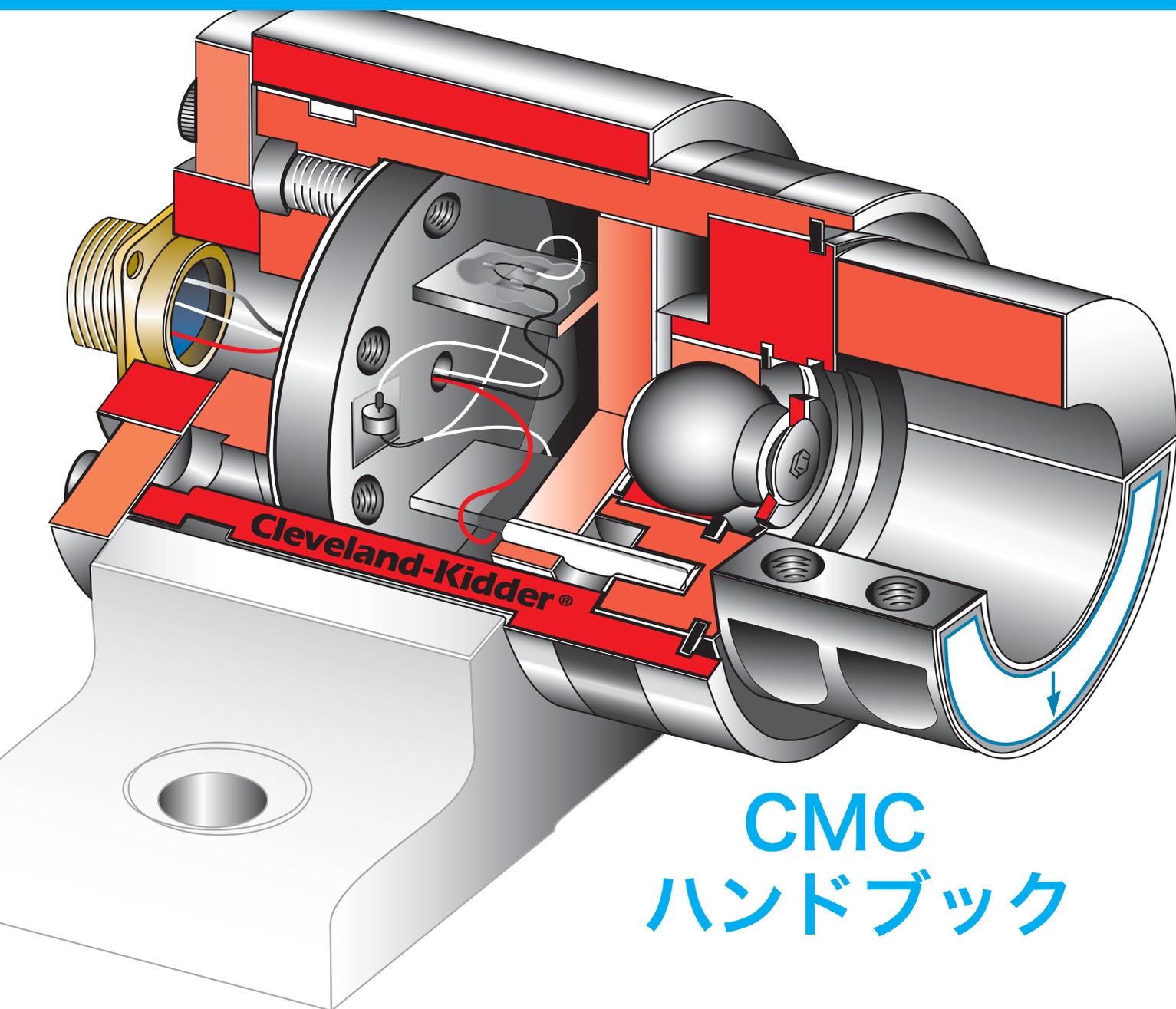
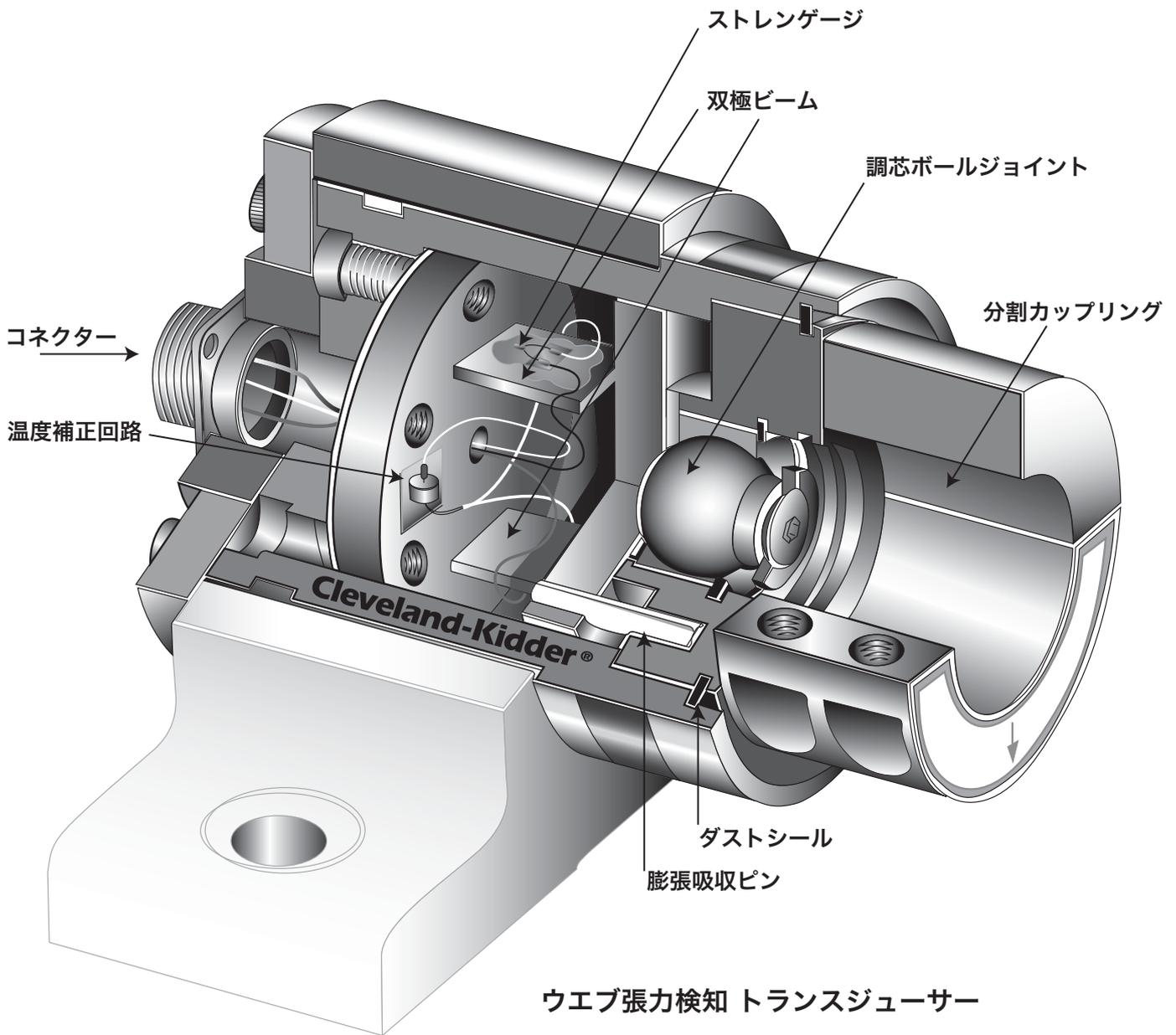


先進のウェブ加工プロセス



ウェブ加工ライン効率化のための
テンション コントロール最適化



ウェブ張力検知 トランスジューサー

CMCのトランスジューサーは過去50年以上世界の市場で採用されその性能に対して高い評価を得てきましたが、その分野は紙やフィルムの分野のみならず、テキスタイル、鉄鋼業界など多岐にわたっています。連続して流れるウェブ加工ラインの効率化や品質の向上を図るには、テンション制御の最適化が最も重要な要素の一つなのです。

CMC テンション トランスジューサー



目次

概説	1	ロードセルの設定	20
テンションコントロールの基礎	1	・適切なロードセルの位置を決める	20
・テンション コントロールで何?	1	・ローラーの重量に注意	21
・コントロールに必要なもの?	1	・風袋 (ローラー荷重) 重量の計算	22
・何故コントロールが大切?	2	・ラップ角度に注意	25
・ロードセル、トランスジューサー? ...	3	・ラップ角を維持する	26
・何故ロードセルが必要?	3	・安全係数を配慮する	27
・実際のロードセルの働き	6	・現実に即した張力制御	27
最適なロードセルを選ぶ	8	・機械搬送時のロードセル取り外し	27
・ロードセルのタイプを選ぶ	8	ロードセルについての考察	29
ステップ1 ウェブは巾広か細巾あるいは		・どのロードセルもが同じではない	29
ワイヤーですか	10	・ロードセル方式が最も信頼される? .	29
ステップ2 ローラーシャフトは固定型		・L.C がウェブパスの邪魔?	29
それとも回転型?	11	・L.C がローラーの芯ズレを救済?	30
ステップ3 張力の範囲を知る	12	・出力信号の強さは?	30
ステップ4 取り付け条件の検証	14	・ロードセルの応答性は?	30
ステップ5 取り付け場所の環境	14	・L.C の繰り返し精度と直線性は?	31
ステップ6 最適なロードセルを決定	14	・ロードセルの温度補正は?	31
かけられる負荷に対応したサイズ	16	・L.C はシャフトの膨張を許容?	31
・何故サイズの考慮が必要?	16	・ロードセルの信頼性と強度は?	32
・サイズを決定するための式	17	要約	32
・サイズ決定式の適用	18		

ウェブ加工ライン最適化のための ロードセルの機種選定とサイズ決定方法

始めに

.....
多くのエンジニアや機械オペレーターにとってテンションコントロールにおけるロードセルの実際的かつ適切な理解と運用方法はあまりなじみのないものかも知れません。このハンドブックはウェブ加工ラインが求める最適なロードセルの選定とサイズの決め方についての理解を深めていただくために段階的に説明して行きます。

良く受ける質問とそれに対する回答という形を踏みながら、テンションコントロールについての基本や技術的背景、選定に際しての考慮事項など色々有益な技術情報を交えながら説明して行きます。勿論その途上で何らかの疑問が生じた場合にはいつでも近くの技術担当者がその疑問にお答え致します。

いずれにせよ、このハンドブックの内容をより注意深く読み、ご理解いただくことで最適な機種選定が可能になり、今携わっておられるアプリケーションをより高いレベルで成功させることができるようになるでしょう。

ウェブテンション コントロールの基礎

..... Q. テンション コントロールって何？

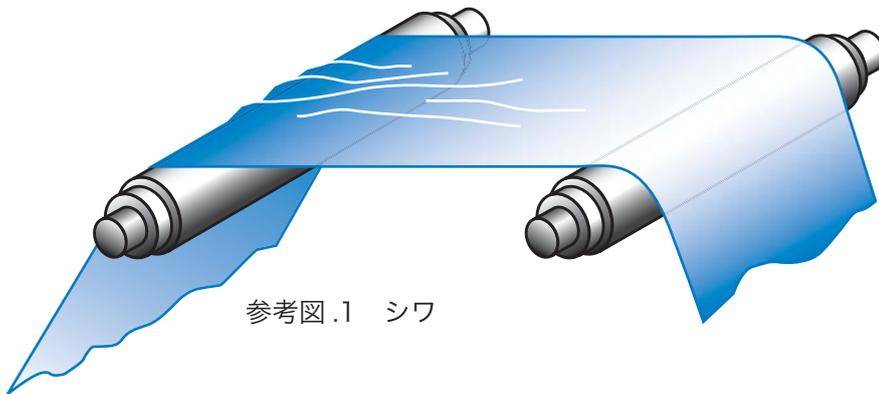
連続したウェブが走行するとき、この張力を計測したり制御するには色々な方法があります。このハンドブックで述べるウェブとはどんな材料であれロールから巻き出されて何らかの加工が加えられるものを云い、テンションとはそのウェブを引き延ばしたり、広げたりする計測可能な力を云います。このテンション（張力）を制御する方法としては、勘に頼る方法から手動によるものまた、最新の技術によって自動で計測し制御する方法などさまざまな手段があります。

Q. どんな場合にテンション コントロールが必要？

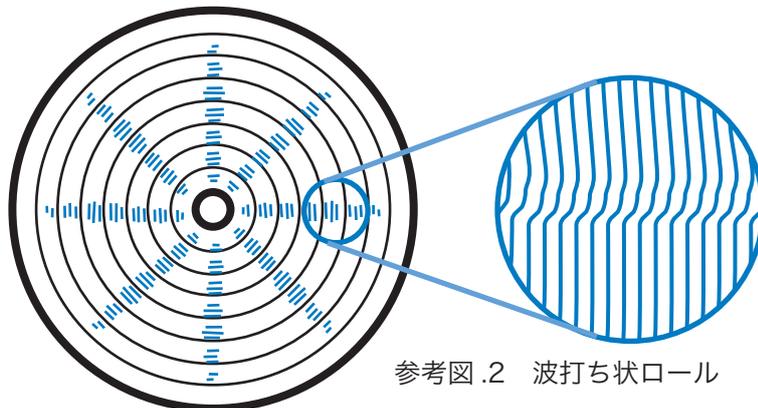
紙やフィルム、プラスチック、箔、布地、ワイヤーなどを製造したり加工する工程ではそのほとんどの場合テンションを適切に制御する必要があります。又その加工にはロール状に巻いたり、印刷、コーティング、貼り合わせ、スリットなど様々な工程がありますが、このハンドブックではそれらのウェブが連続で流れる工程のみを対象としており、シート状の材料が加工される工程は対象としていません。

Q. なぜ テンション コントロールが重要なのです？

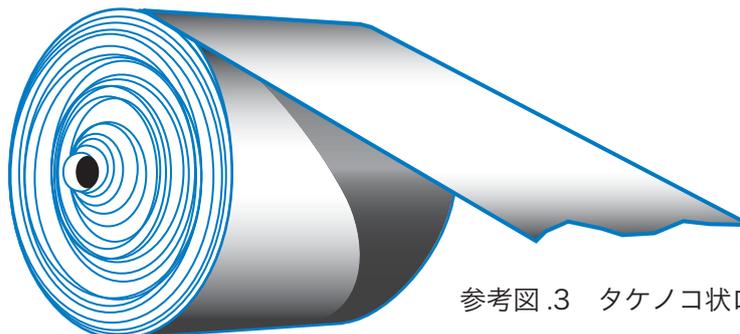
正しくテンションコントロールがなされている加工ラインでは、その製品の品質が良くなり、また生産性が大幅に向上します。もしテンション制御が適切でないと、ウェブにシワがよりそれが欠点になることでロスが出ます。(参考図.1)、又もしテンション制御なしにウェブをロール状に巻き取ると、外側が内側を押しつぶして不均一な波打ったロールになってしまったり、(参考図.2) 中側が外側に飛び出してタケノコ状のロールになってしまったりして加工プロセスの品質や効率を甚だしく阻害します。(参考図.3) 印刷工程では不適切なテンション制御によってトンボのずれが起こり質の悪い印刷の仕上がりになってしまいます。またテンションが強くなり過ぎた時には、限界以上にウェブが引き延ばされ製品にならなくなってしまったりするので、**適切なテンション制御は、製品ロスを出すことなく、より加工速度を上げるための重要なファクターなのです。**



参考図.1 シワ



参考図.2 波打ち状ロール



参考図.3 タケノコ状ロール

Q. ロードセルとトランスジューサーって何？

ロードセルとトランスジューサーという用語は走行しているウェブの張力を正確に計測するセンサーとして同義語として使われています。一般的にロードセルは荷重を計るセンサーの用語で、この用語がウェブの張力を計るためにも似たようなセンサーが使われるため、同じ用語が使われるようになったものです。トランスジューサーという用語はあるひとつの運動エネルギーを他に伝えるものを現す用語として用いられます。すなわちテンショントランスジューサーとはテンションの値を電気エネルギーに変換するセンサーという意味なのです。このハンドブックでは2つの用語が同義語として用いられます。

Q. なぜロードセルが必要？

連続したウェブの張力を計測するための、唯一正確な方法がロードセルによる計測なのです。正確にテンションの値を知ることによって、プロセスの生産性を向上させるための精細な調整が可能になります。

一般的なウェブの加工ラインでは、ロールから巻き出されたウェブに途中で色々な加工が加えられ、再度巻き取られますが、このそれぞれの区間における正確なテンション値を知ることがラインを正しく調整する上で重要なので、それぞれのゾーンはそれに合った固有のテンション値に制御されることが必要です。その制御手段は色々で中には非常に精密な方法もありますが、いずれにせよ正しく計測されたテンション値はそのラインの生産性を向上させるための制御に用いられます。

正確なテンション値を知ることなしに、安定して生産性や品質を向上させることは不可能です。すなわち**根本はまず、如何に正確なテンションを知るか**ということで、それがあって始めて制御の方法論が来るのです。

テンション制御（昔ながらの方法）

熟練したオペレーターがウェブを手でたたいて見て、勘によってテンションがどの程度か推量し、それを修正するために手動でブレーキやダンサー荷重、ギヤレシオなどを変更して調整し、製品の結果を見ながら再調整を加えて行きます。この方法はあくまで勘と手動による調整なので時間が掛かり、結果としてよりたくさんの損紙を出してしまいます。

このような勘に頼る方法では、正確なテンションを知ることや常に一定した制御結果を得ることは難しいので、それを補う意味で、その時の調整値、すなわちモーター速度やブレーキの空気圧、ダンサーの荷重などを記録し、次の仕掛かりに生かします。しかし、ブレーキのパッドや機械の摩耗などの機械的変動要因でテンションレベルは変化し、作業環境温度や、材料の性質なども変動要因になります、さらに別のオペレーターは、違うテンション値が適正と云うかも知れません。

このような様々な変動要因が常に安定した品質を作り出す上での阻害要因となるのです。

また正しいテンション値が判らなると、その機械の速度をどこまで上げて良いのかわかりません。もし速度を上げ過ぎるとウェブに過大なテンションが掛かり引き延ばしたり、破断させたりするかも知れません。逆に製品の品質を最重要な要求として速度を落とすと、今度は生産性を落とすことになりかねないのです。

テンション制御（より進歩した方法）

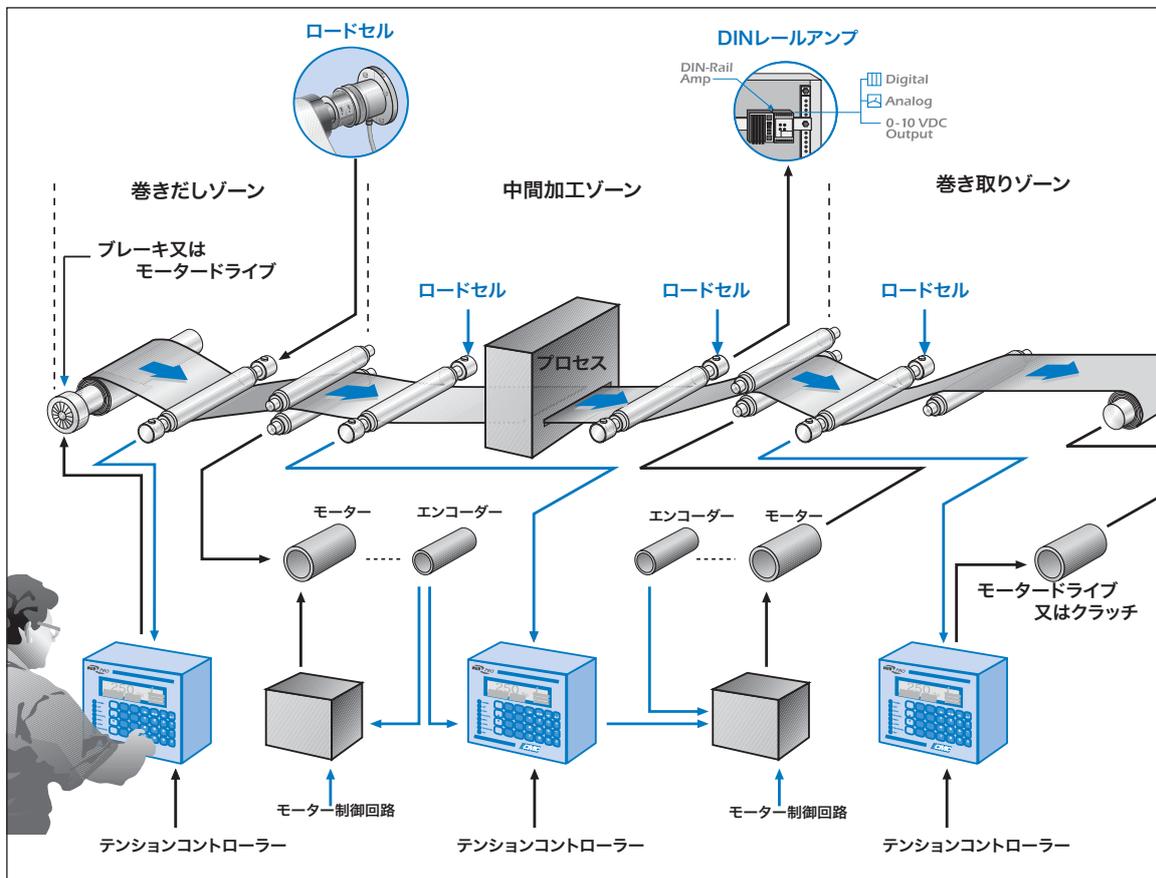
テンション値を知るためにロードセルを用い、その値が表示器に示されるので、オペレーターはそれを見ながら手動による調整を行います。この方法ではまだ熟練したオペレーターによる人的介入が必要です。

ロードセルはテンションゾーンにあるローラーやプーリーなどに組み込まれ、これがテンション値を計りその値が表示器やスクリーンに表示されるので、オペレーターはこれを見ながら、ブレーキやダンサーまたギヤレシオなどの変更で所望のテンション値になるように調整を繰り返します。この方法では調整が手動であることには変わりはありませんが、読み出されるテンションは正確で記録による追認が可能になるので、正しいテンション値を知るという意味では、前記より正確な再現性を期待することが出来るだけでなく、オペレーターの熟練度によらない一定した結果を得ることが出来るというメリットがあります。しかしながら、この方法は依然として制御に関してはオペレーターの手動に頼ることになるので、その点での変動要因は変わらず、前項の方法より非常に進歩した方法論とはいえ、安定性という点でまだ完璧な手段とは言えないのです。

今は正しいテンション値が判るので、ウェブが伸びたり破断する寸前まで機械速度を上げることが出来るようになりました。ただし手動で制御出来る範囲までに限られます。手動による方法ではそれまでにより長い時間がかかるだけでなく、その限界値を知ることが大変難しいのです。この方法では未だ生産性を最大限に引き上げることが困難なのです。

テンション制御 (ベストな方法)

ロードセルと制御のコントローラーおよびブレーキなどのアクチュエーターが組み合わさって、完全自動でテンションの計測 / 制御を行います。



テンションが変化する各ゾーンのローラーにはロードセルが組み込まれ、それはその値を表示する表示器やブレーキやクラッチなどのアクチュエーターとそれらを制御するためのコントローラーとにつながっています。オペレーターは所望のテンション値をコントローラーに設定しこれを一定に保つようにコントローラーがアクチュエーターを自動で働かせます。コントローラーは単独のシステムであったり、またはPLCやソフトウェアで機械全体の一機能として働いたりすることができます。こうした機能をクローズループ方式と呼び、システムは連続的に設定されたテンションに対して現状がどうなっているかを比べ、一定以上の差がでるとアクチュエーターに指令を出し、設定値を維持させるように働きます。

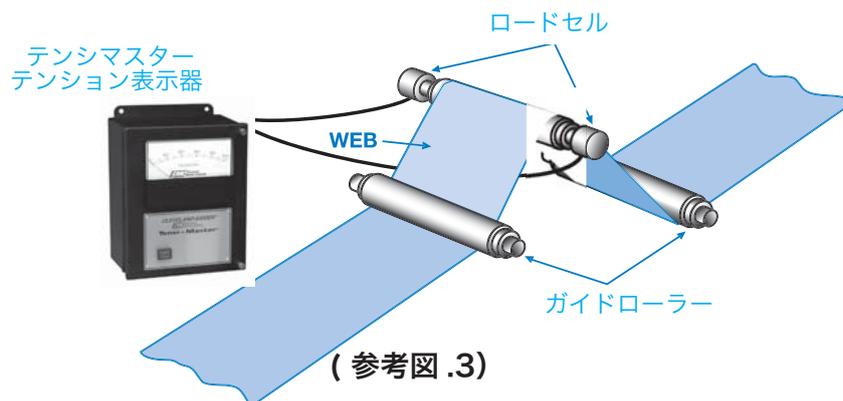
この方式で始めて、コンスタントなテンション値の読み出しと、それに対する一定した制御が可能となるのです。この制御は自動的に行われるので人手を煩わせることなく、従って製品の品質がより良く安定したものになると同時に、制御反応がより早くなるので、損紙率も大幅に下げることが可能になるのです。

このシステムでは、正しいテンションが常に認識されているので、ウェブを伸ばしたり、破断させたりする以前にライン速度を加工ラインが制御できる限界まで上げる事が出来ます。 高度な応答性を持つクローズループのテンション コントロールでは非常に微細なテンション変動に対して対応する事が出来るので、生産性の一段の向上を図ることが可能になります。 このシステムにおける制約事項があるとすれば、それはクローズループ システムの応答性と加工ラインそのものが持つ技術的限界なのです。

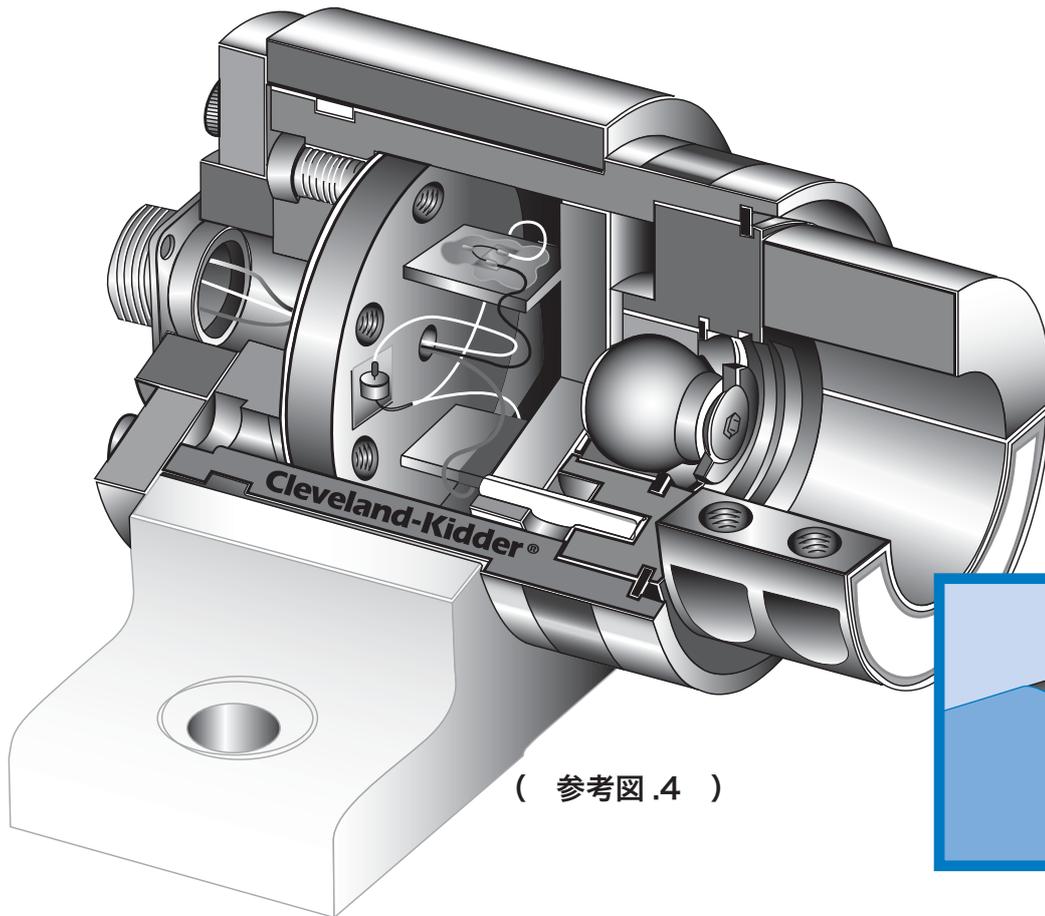
Q. ロードセルは実際にどういうふうに働く？

ロードセルには歪み計が装着されています。 このセンサーの主たる素子としては一般的に LVTD, 直線変位型作動トランスなどが使われており、電気/機械的デバイスとして機能します。 この仕組みについてより理解していただくために CMC のカートリッジスタイルのロードセルを例にとって説明致します。

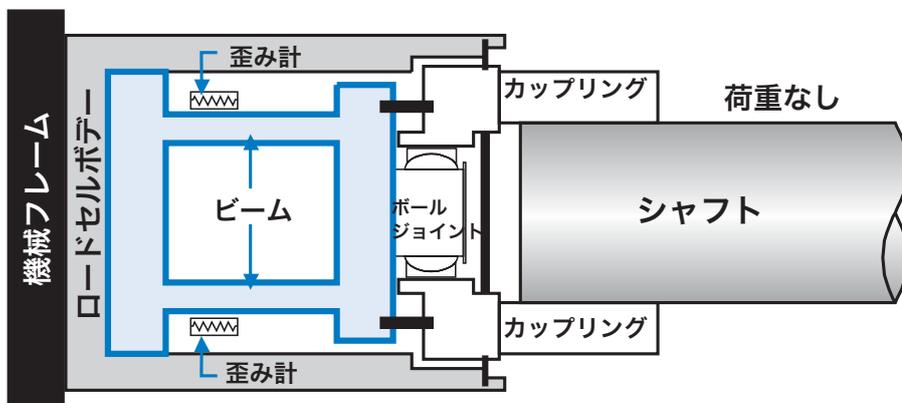
ロードセルは機械上に固定されると同時にその片側をアイドルローラーに固定され、ウェブがそのローラーに一定の角度をもって巻き付きます。(図 .3 を参照) ローラーの両側に設置されたロードセルの中にはバネ鋼製の一組のビームに歪み計が装着されています。(次ページ図 .4 参照) この仕組みは CMC 特有のもので、双極ビームと云いますが、これらは片側がハウジングに固定され、一方はローラーにつながった状態でフリーになっているので、ローラーに荷重が掛かるとその力は直接ロードセルに伝わるようになっています。



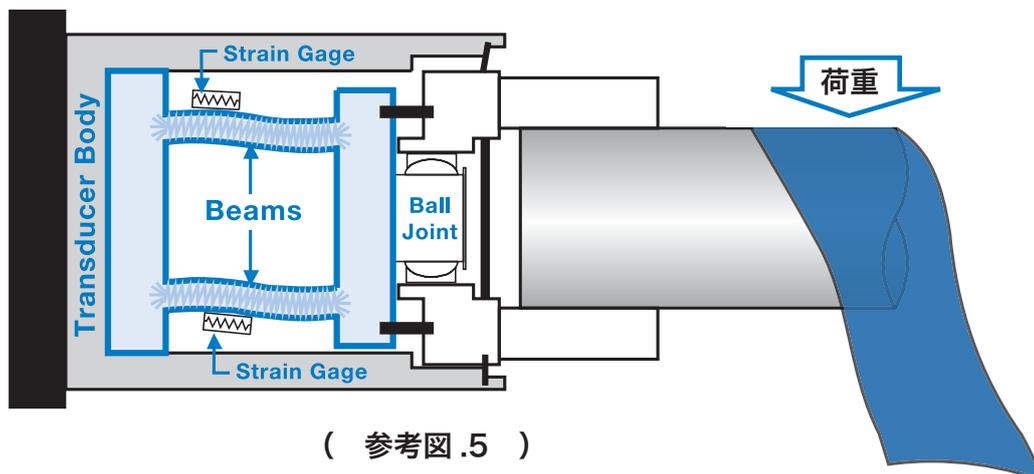
ビームに直角に掛けられた荷重は、それを曲げる力になります。(図 .5 参照) CMC の場合この偏差が 0.05 から 0.1mm の間でビームにわずかな歪みを与えます。 そしてこの歪み量を加えられた力に対して正しく比例した電気信号に変換されフィードバックされます。 この値がすなわち表示器で示されるテンションの値になるのです。 (説明文は p.8 に続く)



(参考図 .4)



双極ビーム トランスジューサー



(参考図 .5)

より大きな荷重を要するアプリケーションに対応するためには、ビームの幅や厚さを広げたものが用意されています。最大荷重 (MWF) が大きくなればなるほど、ビームもそれに対応した強固なものが使われています。例えば、150lb 仕様のビームは 25lb 仕様のビームよりも大型のビームが使われています。またいずれのロードセルにもオーバーロード保護機能が付加されており、カートリッジスタイルの場合 150 - 300%です。

最適なロードセルを選ぶ

Q. ロードセルのスタイルはどうやって決めますか？

アプリケーションに最適なロードセルを選定するとき最初に決めなければいけないのが、どのスタイルのロードセルにするかということです。例えば、あるスタイルはより広いウェブのアプリケーションに向いていますし、また別のものは細幅のウェブ用に特化しています。まず**基本的に考慮すべきは、使われるローラーのシャフトが固定タイプかまたはローラーとシャフトと一緒に回転するタイプか**ということです。(p.9 の内容を参照) また例えば UPB というスタイルのように市場で流通しているピローブロック・ベアリングと一緒に使うモデルもあります。また取り付け場所のスペースもスタイルを決めるうえでの一つのファクターになります。またさらに使用環境が湿度の高い環境であるとか、化学薬品などの劇物に触れる可能性がある場合には腐食や耐水性能を高めたモデルを選択するなどの選択肢がありますし、選ばれたスタイルによって対象とするテンションのレンジも様々です。
(参考図 .6) (説明は P.10 に続く)



(参考図 .6)

耐水、耐腐食性能を高めたシールドタイプ

クリーブランドキッター ロードセル スタイル 選択肢

1. 広幅のウェブに適したモデル

1-1. 固定シャフトローラーに適応



- ・幅広い環境温度に対応
- ・シャフトの芯ズレや膨張を許容
- ・幅広い取り付けスタイルのオプション

カートリッジタイプ

- ・幅広い MWF レンジ 25 - 1000lb 仕様
- ・どの方向のウェブパスにも対応
- ・微細なビーム変位に対する大きな信号出力による高い応答性
- ・CE 規格に準拠



スリムセルタイプ モデル SS

- ・薄型デザインでフレーム内への取り付けが容易
- ・MWF レンジ 10 - 1000lb
- ・完全なシールドデザインで高い耐水、耐腐食性能を発揮
- ・どの方向のウェブパスにも対応
- ・過負荷保護レート 500 - 1000%
- ・CE 規格に準拠

1-2. 回転シャフトローラーに適応



- ・完全なシールドデザインとハウジングの選択肢
ステンレス 410 かアルマイト合金 6061

UPB 水洗対応型 LC

- ・ピロブロックベアリングとの組み合わせで使用
- ・MWF レンジ 25 - 30000lb
- ・薄型デザインで取り付け自由度大
- ・過負荷保護レート 500%
- ・CE 規格に準拠



スリムセルタイプ モデル RS

- ・特に低張力仕様に最適
- ・その他仕様は SS モデルに準ずる

2. 細幅のウェブに適したモデル

片持ちローラータイプ モデル CLT



- ・片持ちのローラーやプーリーに対応
- ・ユーザーが供給するほとんど全てのローラーに取り付け可能
- ・幅広い MWF レンジ 0.1 - 500lb
- ・メンテナンスコストを削減
- ・ユーザー仕様に合わせたカスタムデザインによるローラー製作が不要
- ・カートリッジスタイルに準じたデザインであらゆる方向のウェブパスに対応
- ・CE 規格に準拠

片持ちローラータイプ モデル CR



- ・幅広い MWF レンジ 5 - 150lb
- ・ユーザーが供給するプーリーに取り付け可能
- ・微細なビーム変位が生み出す大きなリニア信号出力が高い応答性と一貫したシステムの安定性を保証
- ・あらゆる方向のウェブパスに対応
- ・CE 規格に準拠

ロードセルの選定 ステップ.1

ウェブは巾広か細巾かあるいはワイヤーですか？

広巾ウェブ：

一般的に広巾ウェブと云うときは、おおむね 500mm 以上の巾のウェブのことを云い、ロードセルはローラーの両端にペアで組み込まれます。広巾ウェブのアプリケーションとしては紙、フィルム、フォイル、などがあり、それに印刷やコーティング、スリッティング、ラミネートなどの加工が加えられます。

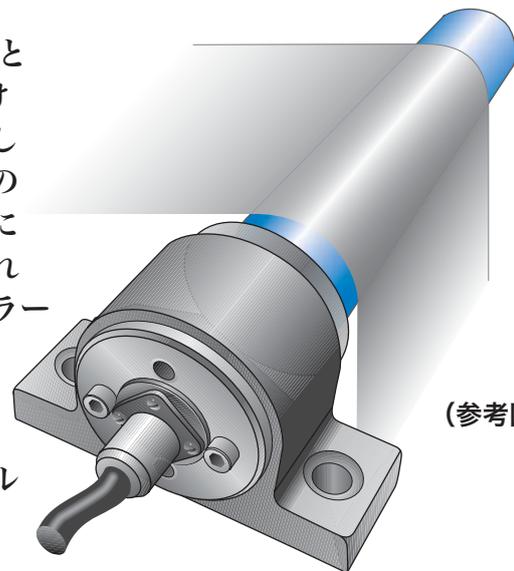
CMC のモデルで広巾のウェブに適応するのは、カートリッジスタイル、スリムセルスタイルおよび UPB 洗浄対応スタイルのロードセルです。このケースでは、ローラーの両端にペアで2個のロードセルを設置する必要があります。

細巾ウェブ / ワイヤー：

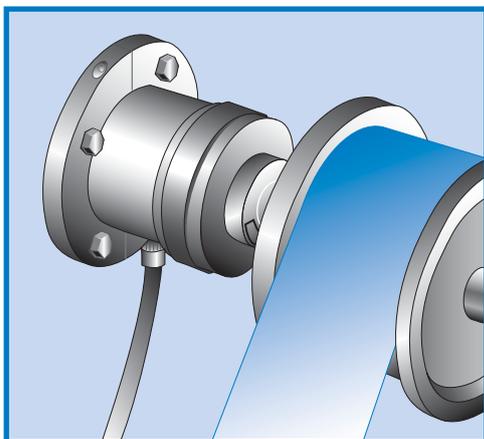
通常 500mm 以下の巾のウェブは細巾と呼称し、CMC ではローラーの片側だけにロードセルを設置する片持ち型が適しています。このケースではローラーの外側スリーブは中にベアリングが両側にはめ込まれ、ロードセルに取り付けられた固定シャフトの回りを回転し、ローラーはロードセル側だけで支えられて反対側はオープンになっています。

(参考図 .8 を参照)

ウェブに掛かる荷重は片側のロードセルにだけ掛かるので、このスタイルでは最大ウェブ巾が 500mm 以内に限定されるのです。



(参考図 .8)



(参考図 .9)

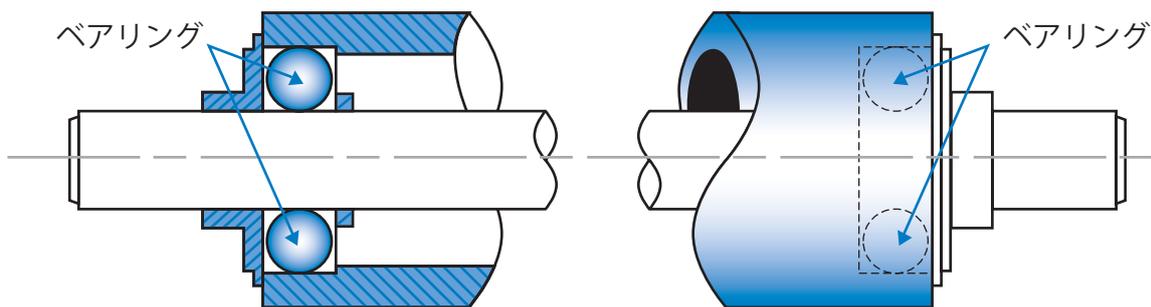
CMC の細巾用ロードセルはウェブだけでなくグラスファイバーやフィラメントまた医療用に用いられる特殊な製品などにも幅広く使われていますが、この場合はローラーの代わりにプーリーを装着して使用されます。(参考図 .9 参照) またプーリー以外の特殊な仕様にも対応可能です。

ロードセルの選定 ステップ.2

ローラーシャフトは固定型それとも回転型ですか？

固定型シャフトローラー :

ウェブ加工用のローラーは大別して固定型シャフトか回転型シャフトかに分かれます。固定型シャフトはローラーの中心を貫通しており、外側のローラースリーブにはめ込まれたベアリングによって、シャフトは回転せず外側のスリーブのみが回転します。(参考図 .10 参照)



(参考図 .10)

細巾の片持ち型ローラーやプーリーの場合は通常は固定型シャフトになります。これに合わせて CMC 社からは CLT と CR という 2 つのモデルが用意されています。CR タイプは巾の狭いリボンやワイヤーなどに適したプーリーが使われ、常にその中心に荷重を受けるようにデザインされています。これに対して **CLT タイプ** はプーリーでもローラーでも装着可能で、ウェブはローラーのどの位置にあっても常に一定したテンション値を計測することが出来ます。

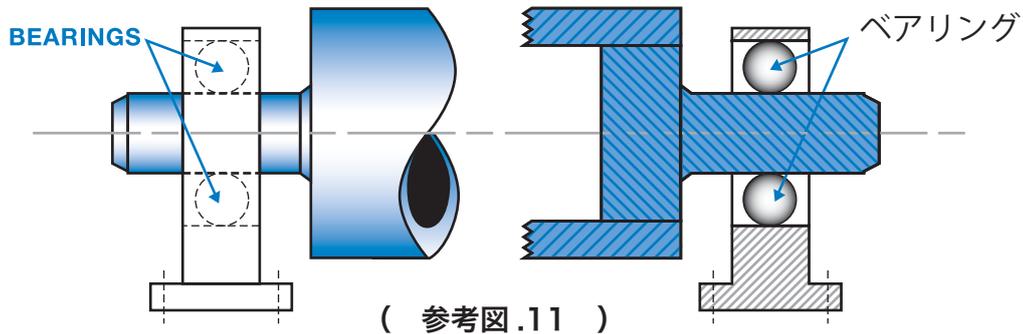
カートリッジスタイルまたスリムセルスタイル SS のロードセルは巾広のウェブに対応しており、ローラーの両側に 2 個そして固定シャフトタイプに使用します。カートリッジスタイルは取り付けブラケットが数種類オプションで用意されているので、機械への取り付け方法についての自由度が大変広がっています。

スリムセルスタイルはボデーの巾が狭い (スリム) なので機械フレームの内側外側を問わず、既設機械の改造にも楽に対応することが可能です。スリムセルスタイルは標準的に水洗対応の完全シールタイプとなっており、腐食性のある雰囲気にあっても長期間の安定した稼働を期待することが出来ます。

固定型シャフトローラー :

回転型シャフトローラーはシャフトとローラースリーブが一体となって回転するように作られており、その間にはベアリングが介在しません。(参考図 .11 を参照)

回転型シャフトローラー



UPB の洗浄対応型 LC スタイルおよびスリムセル RS スタイルは巾が広く、しかもシャフトがローラーと一体で回転するケースに対応します。UPB はそのボデー上面に市販のピローブロックを取り付けて使います。スリムセル RS は薄いデザインのボデー中心にメンテナンスフリーで回転摩擦の大変小さなベアリングが標準で装着されています。

固定型シャフトと回転型シャフトの比較

様々なアプリケーションにおいて固定型か回転型シャフトかの論議がなされますが一例として非常に高速なプロセスの場合は一般的に回転型シャフトローラーが使われます。それは固定型シャフトローラーよりも、より高い共振周波数を示すからです。また大口径、高テンションの場合にも回転シャフトローラーが好まれ、この場合は UPB スタイルが適しています。固定シャフトタイプのローラーも多くのアプリケーションに用いられますが、それはローラーそのものの製作が用意で納期対応にも優れているからです。

ロードセルの選定 ステップ .3

適切な張力範囲を決定する

多くの場合プロセスの管理者はどのテンション範囲が適切であるかについての良い知識を持っていますが、もしそうでない場合には仕掛かり材料のタイプや厚さによってだいたいの数値を導き出すことができます。次ページの参考データ .12 はそうした場合の助けとなります。必要なテンション値を知るには、これらの数値ポンド / インチにウェブ巾を掛け合わせます。

適切なテンション値を巾の広いウェブに対して推量する場合にはウェブが走行状態の場合のテンション値を導き出して下さい。そして選定されたロードセルがそのテンションに対応しているかを確認して下さい。

代表的なコンバーティング材料の標準テンション値

(参考データ .12)

1. 材質による基本

材質	テンション (ポンド / インチ)	材質	テンション (ポンド / インチ)
アルミ фоль	0.5 - 1.5 (平均 1.0)	セロファン	0.5 - 1.0
アセテート	0.5	ポリエステル	0.25 - 0.30
ポリエチレン	0.25 - 0.30	ポリスチレン	1.0
サラン	0.5 - 2.0 (平均 1.0)	ビニール	0.5 - 2.0 (平均 1.0)

2. 紙とラミネーションのケース

20 #/R - 32.54g/ m ²	0.5 - 1.0
40 #/R - 65.08g/ m ²	1.0 - 2.0
60 #/R - 97.62g/ m ²	1.5 - 3.0
80 #/R - 130.1 g/ m ²	2.0 - 4.0

3. 材質とその厚さによるテンション

Mylar	プロピレン	および	ポリエステル	紙		
0.0005"			0.25	15lb/ リーム	(3000sq.ft)	0.5
0.001			0.5	20	"	0.75
0.002			1.0	30	"	1.0
				40	"	1.5
				60	"	2.0
				80	"	2.5
				120	"	3.5
				160	"	4.5
				200	"	5.5
				240	"	6.5
				280	"	7.5

4. 厚紙

8 pt.	3.0
12	4.0
15	5.0
20	7.0
25	9.0
30	11.0
35	13.0
45	15.0
65	19.0

1 pt = 0.001"

ロードセルの選定 ステップ .4

取り付け場所の条件を検証する

ロードセルの選定に当たっては、それを取り付ける場所のスペースなどの条件を考える必要があります。もし改造案件でローラーがピロブロックを使うものであれば、UPB-LC モデルが適切ですし、機械フレーム上に乗せられず、またフレーム内側のスペースも狭いのであれば、スリムセルタイプが適当かもしれません。カートリッジスタイルは取り付け場所についての適用範囲が広く色々な方法を考察することができます。（参考図 .13 を参照）

場所に合わせて、ローラーのシャフト径をチェックして下さい。シャフト径が細い場合、ロードセルの標準ボアに調整ブッシュを入れる必要があるかも知れません。逆にローラーシャフトの径がロードセルのボアより大きい場合には、シャフト末端を細くする必要があるかも知れません。

ロードセルの選定 ステップ .5

取り付け場所が求める環境条件を検証する

もし取り付け場所の近辺が高湿度である場合には、水密性と耐腐食性の高いものを選定する必要があります。また化学薬品による雰囲気があるようなケースでは、ハウジングがステンレスのものを使う必要があるかも知れません。スリムセルタイプと UPB モデルはこうした環境に適した選択肢が用意されており、さらにこれらのモデルでは高温環境（最高 150°C や真空環境に適したモデル）も選択することが出来ます。

ロードセルの選定 ステップ .6

最適なロードセルのモデルを決定する

今までのステップを全て検証した段階で、最終的なモデルを決定する準備は出来たこととなります。ここでロードセル選択のデータシート（図 .22 選定ガイド）を参照してください。

CMC のロードセルを選定する時には必ず代理店を通して CMC 社のアドバイスを受けながら進めることをお奨めします。過去の多様な経験から最も適した設置方法やモデルの選定のお役に立つことでしょう。

カートリッジスタイル 取り付けオプション
(参考図.13)



ウェブ テンションに適合したロードセルのサイズを決める

Q. なぜサイズ決定が重要なのですか？

ロードセルは電気/機械的デバイスなので、おのずからデザイン上技術的な制約がありますので、それが許容する以上のテンション値に対して機能することが出来ません。もし荷重が大きすぎれば、それを受ける機械的部分がストレスを受けダメージを受けてしまいます、またもし荷重が小さすぎれば、出力される信号が小さすぎてシステムが反応することが出来ません。こうした理由によって全てのスタイルのロードセルは、それぞれテンションレンジ毎のモデルに区分けされているのです。すなわち MWF (最大許容荷重) が設定されています。

MWF はその範囲内で使われる限りストレングージに機械的負担を掛けずに、その本来の能力を出せる最大値を示していることとなります。

テンションレンジとは必要とする最大のテンション値を最小のテンション値で割ったものです。

例 : 所望最大テンション 80lb
所望最小テンション 10lb

$$80/10 = 8 : 1 \text{ (テンションレンジ)}$$

もし、必要とするテンション範囲が、8 : 1 とか、より小さな範囲に限定されるのであれば、ロードセルの選定はそう難しいものではありません、通常であれば低いレンジのテンション値にたいしても問題なく機能するからです。もしその範囲がより大きい、例えば 20 : 1 とか 30 : 1 とかが必要な場合は、MWF を必要最小限で出来るだけ小さい方に選ぶ必要があります、そうすることで低い方のレンジに問題なく対応出来るように備えるのです。レンジを超えた場合にどの程度の機能を発揮できるかは、あくまでそのロードセルの固有の性能によります。

MWF を計算するための公式はロードセル自身の設計要件から導きだされます。これらの公式がロードセルのサイズを決定する基礎となるので、公式に求められる数値を正しくはめ込むことで、これからやろうとするアプリケーションに必要なロードセルのサイズが決定できるのです。

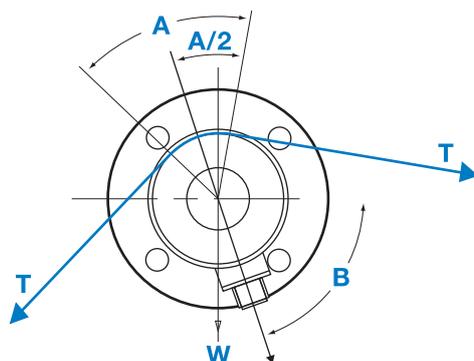
Q. 最適なサイズのロードセルを選択するための計算式は？

必要な計算式はロードセルのタイプによって異なります。(参考図 .14)
ロードセルのスタイルによって公式にはめ込むパラメーターが違うからです。
ロードセルに加えられる力はラップ角や実際にウェブに加えられるテンションによって変化します。 重要なのは最大と最小のテンション値を知ること、ガイドローラーの重量、そしてウェブのパスの方向と角度なので、設計で求められるウェブパスを知ること、始めて計算式をたてるのが可能になります。 適切なパラメーターを計算式にはめ込むことで、最大の荷重(MWF)を求めることができるので、ロードセルのサイズ表から最適なモデルを選定することが出来ます。

片持ち型 (CLT) サイズ選定計算式

$$MWF^* = 2TxKx\sin(A/2) \pm **Wx\sin(B)$$

MWF= 最大荷重 (lbs)
T= 全巾最大テンション (lbs)
K= 瞬間過負荷係数
(通常 1.4-2.0)
A= ラップ角度
B= 荷重方向角
w= 片持ちローラー重量



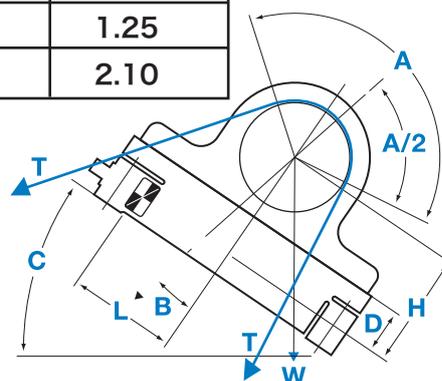
*MWF は個々のロードセルに定義します。
**もし角度Bが水平ラインより下の場合には計算式に+を、水平ラインより上になる時には-とします。

UPB モデル サイズ選定計算式

$$MWF^* = \frac{< 2KT\sin A/2 > \times H\sin B + L\cos B}{2L} \pm ** W< L\cos C - H\sin C >$$

MWF= 最大荷重 (lbs)
T= 全巾最大テンション (lbs)
K= 瞬間過負荷係数
(通常 1.0)
A= ラップ角度
B= 荷重方向角
w= 片持ちローラー重量
C= 取り付け角度
H= ベアリング高さ+D

サイズ	L(in)	D(in)
UPB 1	2.5	0.98
UPB 2	4.5	1.25
UPB 3	6.5	2.10



*MWF は個々のロードセルに定義します。
**もし角度Bが水平ラインより下の場合には計算式に+を、水平ラインより上になる時には-とします。

スリムセル スタイル サイズ選定計算式

$$MWF^* = T \times K \times \sin(A/2) \pm^{**}(W/2) \times \sin(B)$$

MWF= 最大荷重 (lbs)

T= 全巾最大テンション (lbs)

K= 瞬間過負荷係数
 (通常 1.0-1.5)

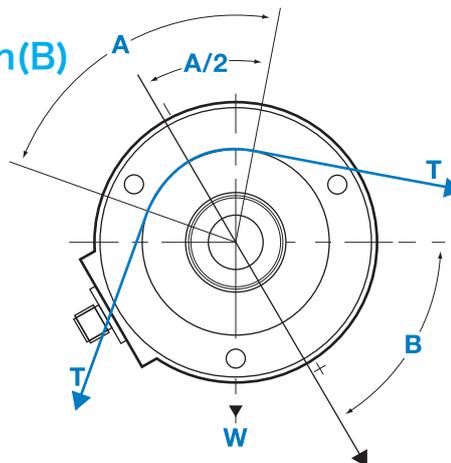
A= ラップ角度

B= 荷重方向角

w=ローラー重量

*MWF は個々のロードセルに定義します。

**もし角度Bが水平ラインより下の場合には
 計算式に+を、水平ラインより上になる時
 には-とします。



カートリッジ スタイル サイズ選定計算式

$$MWF^* = \frac{2T \times K \times \sin(A/2) \pm^{**}W \times \sin(B)}{2}$$

MWF= 最大荷重 (lbs)

T= 全巾最大テンション (lbs)

K= 瞬間過負荷係数
 (通常 1.4-2.0)

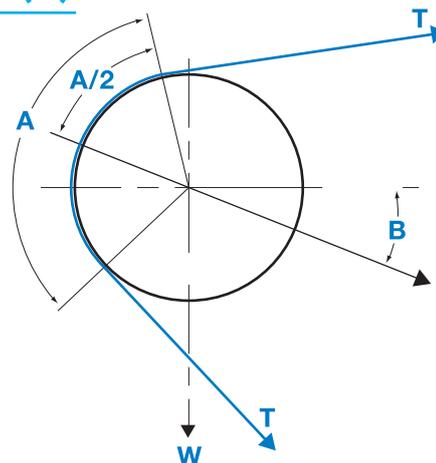
A= ラップ角度

B= 荷重方向角

w=ローラー重量

*MWF は個々のロードセルに定義します。

**もし角度Bが水平ラインより下の場合には
 計算式に+を、水平ラインより上になる時
 には-とします。



Q. 計算式をどのように当てはめたら良いのですか？

(参考図 .15) は RR Donnelle&Sons 社がそのアプリケーションで実際に上記の計算式に即してロードセルを選択したときの実例です。それは又ウェブのラップ角とテンションの掛かる方向の決め方についても述べています。この実際例では最初の計算ではローラーの重量が重すぎるということがわかり軽量タイプに変更することで成功したと述べています。

最適なロードセルをどう選ぶか

RR Donnelley & Sons では CMC のロードセルを 1 組購入しウェブテンションの計測と制御に供することにした。MWF は以下の計算式に基づいて算出した。

$$MWF^* = T \times K \times \sin(A/2) + (W/2) \times \sin(B)$$

MWF= 最大荷重 (lbs)

T= 全巾最大テンション (lbs)

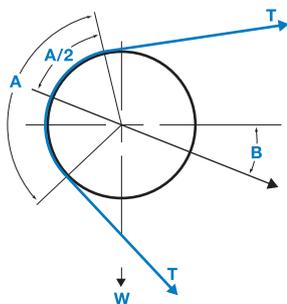
**K= 瞬間過負荷係数
(通常 1.4-2.0)**

A= ラップ角度

B= 荷重方向

w= ロールー重量

CMC 社の Don Strenio 氏によれば、計算式は以下の手順で進めるべきことである。まず当該のローラーに対してウェブがどの方向から入り、どの方向に出て行くかをスケッチすることであり、そのポイントはウェブがどの点でローラーに接しているかを見ることである、すなわち、ウェブのローラーに対する接面を見極めるといことである。この後、スケッチのローラーの中心からこの入出の接点に線を引き、この線に囲まれた角度がウェブのラップ角となる。荷重方向 B はこのラップ角 A の 1/2 の線と水平線が作る角度が B である。この角度がもし水平線より下に来る場合には計算式に + B、上に来る場合には - B として計算する。



次に全巾最大テンション T と最低テンションを求めねばならない。これが不明の場合には、CMC に問い合わせてデータとしてある典型的なテンション値を当てはめて計算を進める。その次は当該のローラーの重量を計るか、設計データから計算で求める。これが数値 W である。数値 K は安全係数で今回の場合 1.4-2.0 の間の数値を求める。これらの数値を計算式にはめ込んで MWF を求めるのである。

計算は最小テンション値のケースでもしなければならない。これで導き出された数値がすなわち最小テンション値の場合の MWF となる。もしこのテンションレンジがあまりにも小さい場合 (通常は 20 : 1 ないし 30 : 1 より小さい) ラップアングルを増やすかローラーの重量を減らす必要があるかも知れない。そうすることでロードセルは低いテンションの場合にも問題なく機能することができるのである。

Strenio 氏はさらに正しいサイズでありモデルを選択するには細部にわたった検証が必要であり、アプリケーションそのものについての正しい理解と計算の進め方が重要であるが、計算が出来たからといってすぐに機種を選定し注文せず、必ずメーカーに確かめる事を勧めている。多くの場合アプリケーションの成功は、ユーザーがメーカーの助言を信頼し密な協力関係を築くことによってより確実に成されるからである。

プロセスが動き出したとき、一定のテンションを維持する上で最も重要なドロローラーの重量が重すぎることが判明し、このためロードセルの機能が十分には出ていなかったのを、それを軽量の複合材ローラーに変更したところ、ロードセルの能力が完全に発揮され著しい生産性の向上を達成することが出来たのである。

(参考例 .15)

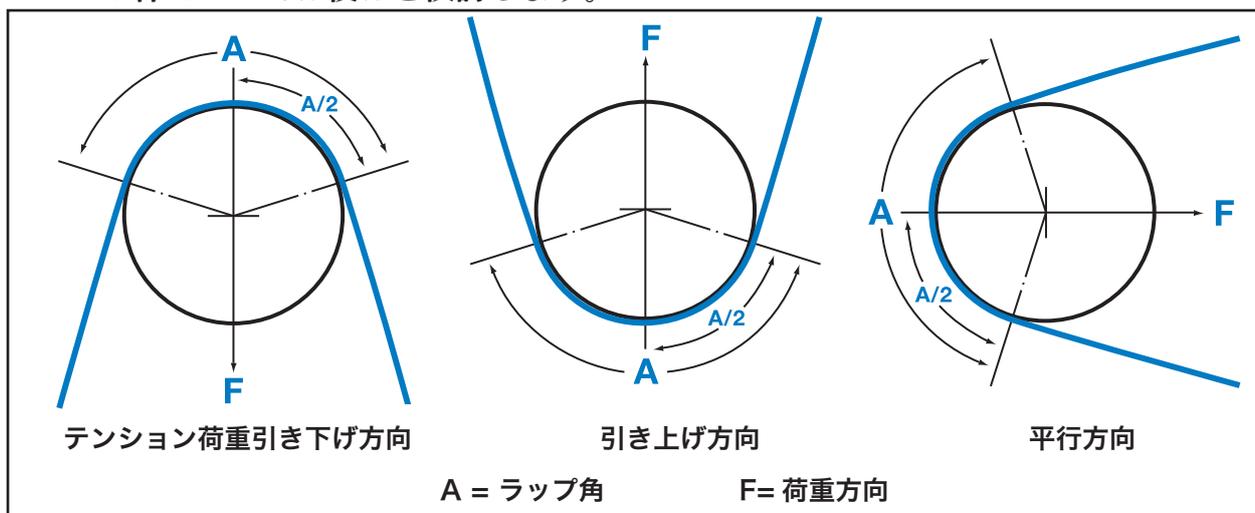
Q. このロードセルから得られる最大のポイントは何？

以下の例は、カートリッジスタイルを対象にしており、他のスタイルの場合にはそれぞれ別の公式が成り立ちます。 但し基本的な点は同じなのでこれを参考にしてください。

ロードセルを正しい向きにセットしてください

ロードセルを設置するときには、正しい向きを正確に合わせる必要があります。これはウェブからローラに掛けられた荷重が正しくビームに伝わり、それがテンションの値として正しく反映されるためです。

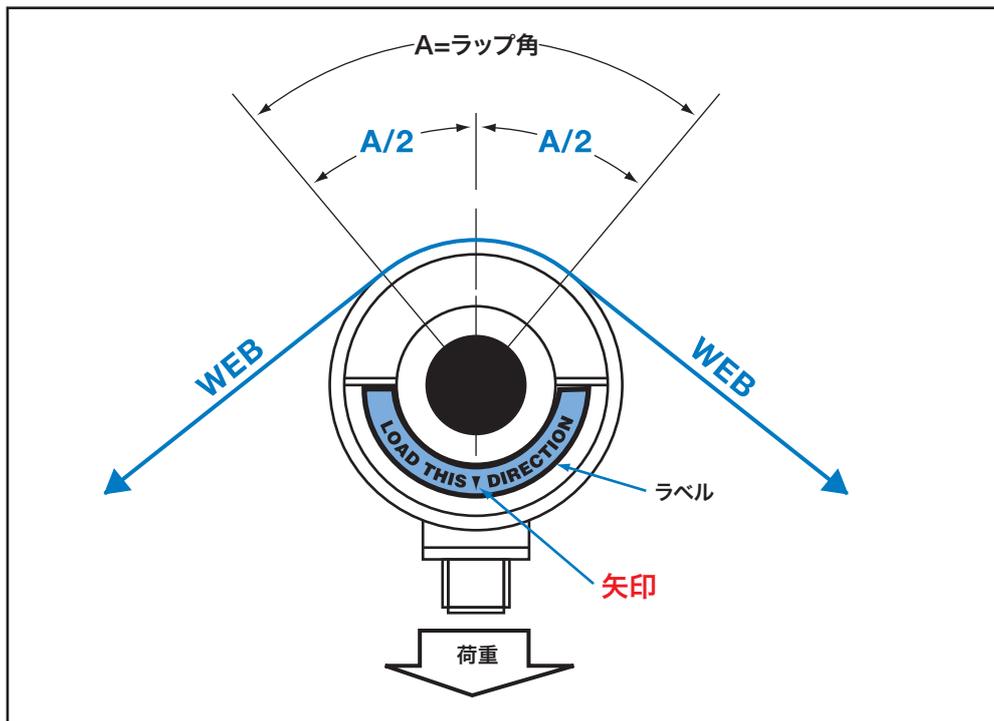
ウェブテンションはローラに掛かるラップアングルの丁度 1/2 の線に加わります。もしその中心ラインが垂直でウェブが下方に引っ張られる方向であればテンションは真下に向かって加わり、もしウェブが上に引き上げられる方向であれば、力は真っ直ぐ上に働くことになり、もし水平線に平行に力が加わる場合はロードセルにたいするローラ重量のファクターは帳消しになることになり、この件については後ほど検討します。



(参考図 .16)

CMC カートリッジスタイルのシャフト側端面には**矢印**がマーキングされています。ロードセルをセッティングされる時には、カートリッジを回してこの矢印を荷重方向 F に合わせます。(参考図 .17 参照) こうすることで、テンションは正しく垂直にビームに加えられることになり、ビームはその最大限の位置まで歪むことが出来るようになります。 荷重方向が正しくセットされることでビームは与えられた力に対して最大限の信号を出力することが出来ます。 という事は、このセッティングが正しくないと、ロードセルが本来持っている最大限の能力を発揮出来ないという事でもあるのです。

もしロードセルが正しい方向にセッティングされていないと、本来より低い信号しか出力されないことになるので、これは非常に重要な点です、ただしそのセッティングは目視で合わせるだけで十分です。 信号出力が正しくされているかどうかは、ビーム表面に対して荷重方向が合致しているかどうかにかかっていますが実際にはアライメントの角度が5度ずれた場合で信号出力の低下は約1%程度です。ちなみに、15度のずれで4%程度、また30%ずれることでは13%の出力低下を招くことになります。



(参考図 .17)

ローラーの重量に注意してください

ロードセルがテンション値を計測する時には、ローラーの重量も含めた値で計測します。 ローラー重量との総合値でロードセルに計測された力は「自重」という言葉で知られていますが、これはローラーとの総合荷重が重力に関連するのは常に地球側に引っ張られる力が真っ直ぐ下に向かって与えられるからです。

ビームを曲げる力はそれが垂直に下に向かっているときに最大になり、曲がりが大きくなればなるほど、出力信号は大きくなります。 従って、ウェブ方向が上に向かうか下に向かうかでローラーの自重がテンション値そのものに与えるファクターとして大変影響するのです。

設置当初に行うカリブレーション（0設定）ではローラー自重のファクターは除かれテンション値のみが計測されるように設定します。この設定はコントローラーのタイプによりソフトから自動で行ったりあるいはアナログのテンションメーターから行ったりします。

もし、ローラー自重による出力信号が過大になる時にはテンション値を得るための総合出力を減じることで対応することができます。これは特にローラー重量が所望のテンション値に比べて大きい時に重要な処置になります。

原則として、ローラー自重はロードセルのテンションレンジ（MWF）の2/3以下になるようにする必要があります。こうすることでテンションを余裕をもって計測することが約束されるのです。もし最大、最小のテンション範囲が2:1とか4:1という小さいものであればその限りではありませんが、範囲が20:1 30:1という大きなものになる場合には、この自重をゼロにする方向にウェブパスを変更する必要があるかも知れません。

もしローラー自重が非常に大きい場合には、それを軽くするかウェブパスを変更することによってその影響を減らすことができます。

自重の計算をして、それを役立てよう

自重の計算はロードセルのサイズ選定の一段階です。参考図 .14 でカートリッジスタイルのロードセルを例にとって見て下さい。計算式の内 $\pm(W/2) \times \sin(B)$ はローラーの重量によってビームに加わる重力に関したものです。ロードセルの端面には矢印がマーキングされていますが、設置の時にこの部分を回して、ラップ角の中心線に向くようにします。アングル B は水平線との間に出来る角度ですからこれは常に0から90°の間になります。W はローラーの重量です。

B角が90°になる時、荷重方向は垂直に上か、下に向かうことを意味します。 $\sin 90^\circ$ は1になります。係数 B に90°を計算式に当てはめて自重 $\pm W/2$ の式を与えます。これはローラー重量の半分を意味しますが、それはカートリッジスタイルの場合その重量は両側のロードセルで半分ずつ支えるからです。

荷重方向が垂直に下に向かう場合、ローラー自重 W/2 はテンションの荷重方向と同じであるのでこれがプラスされロードセルへの総合負荷が増えることになります。

逆に上に向かう場合には、ローラー自重 W/2 はテンション方向と逆になるため、トータルの荷重はテンションからローラー自重を引いたものになります。

参考例

最大テンションが 50lb, ローラー重量が 60lb, ラップ角 180° この条件でカートリッジスタイルを選択、MWF を違ったウェブパスにも計算してみる。安全係数 K は 1 として計算

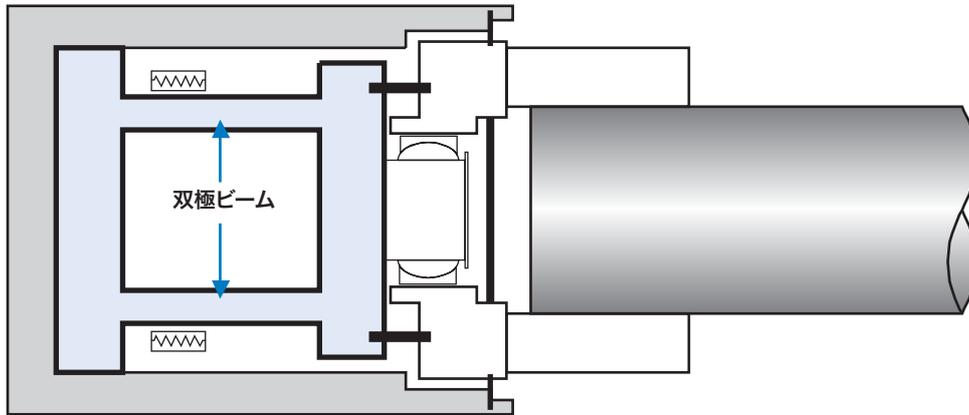
まずパスが真下に行く方向で計算してみると、MWF は 80lb となる、この内 50lb はテンション値で 30lb がローラー自重の 1/2 である。従ってこのパスに対する CMC のロードセルは MWF100lb 仕様が適当という事になる。

もし、ウェブパスが逆で、上に向かうようにセッティングすると、MWF は 20lb という事になる。テンション 50lb からこの場合自重 1/2 の 30lb をひくのでこの結果になるわけである。この場合の選択肢は MWF25lb 仕様となるが、この場合 25lb 仕様は選ぶべきではない、それはローラー自重が 30lb であるのでこれがロードセルの MWF レートを超えているからである。この場合の次善の選択肢は 50lb 仕様と云うことになる。

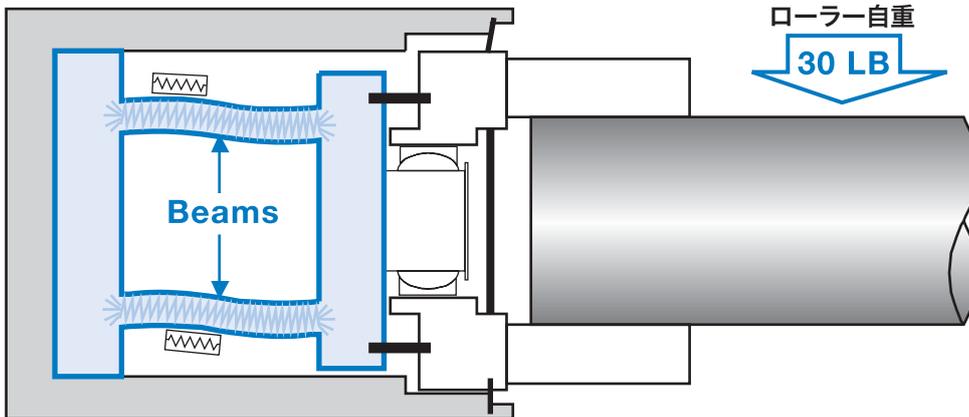
ウェブパスを下でなく上に向かわせる時、ビームはその中心位置から下に向かって歪もうとする。これはローラーの自重 30lb がビームに掛かるからで、その後テンションの 50lb が掛かることで今度は上に歪む力が働くのである。(参考図 .18 を参照) このストレインゲージは双極になっており、ビームが上下両方向に歪む時の信号を出す仕組みになっており、この場合 +50lb から -50lb の力に対して機能する。またローラーを上を持ち上げる方向に使う場合、条件によっては計測範囲を 2 倍に引き上げることが可能になる。

ウェブパスを下から上方向に変えることで、ロードセルは 100lb 仕様から 50lb 仕様に変えることが出来るので、感度は 2 倍になり、さらに低いレンジのテンションをより鋭敏に検知する能力が高まる事になる。すなわち MWF レンジの低いもの程、より低いテンションに対する感度が上がるのである。すなわち MWF レンジを選択する場合は、必要にして最小限のレンジを選択すべきということである。

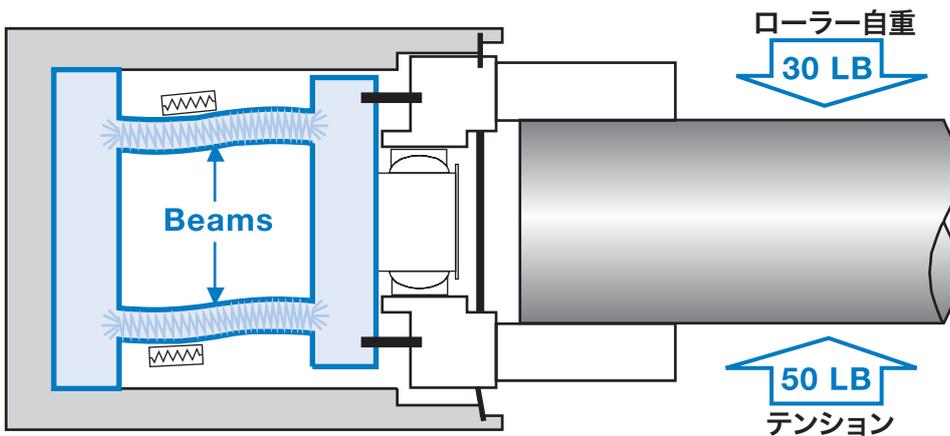
この観点から、最初に検討すべきウェブパスはラップ角 180° で垂直に上に向かうレイアウトという事になる。この方法がロードセルの能力を最大限に引き出す最善の方法と言えるのである、(参考図 .16 参照) 勿論常にこのレイアウトが可能という訳ではないので、その場合は常に次善の策を求めるべきである。



ビーム平行位置



ビームにローラー自重のみが掛かった状態



ビームにローラーとテンションが掛かった状態

(参考図.18)

もし角度 B が 0 の場合、テンションは水平軸と平行にローラーに対してかかることになる。(参考図 .16 参照) $\sin 0$ は 0 なので、計算式の B には 0 を入れる、この場合ローラー自重は 0 と計算され、この場合にもローラー自重による影響は帳消しすることができる。

参考例

ウェブの最大テンションは 15lb でローラー重量が 25lb、ラップ角 180° でカートリッジスタイルのロードセルを選択。ウェブパスを平行にする方法で、安全係数 $K=1$ とし MWF を計算する。

計算の結果 MWF は 5lb となった。これはローラー自重が 0 となった結果である。この結果に見合うカートリッジスタイルの最小レンジは 25lb 仕様であるのでこれを選択する。この場合信号出力は純然とテンション値のみ、すなわちローラーからの負荷がないので、定格 25lb の 20% という余裕のあるアプリケーションになるのである。この意味するところは、読み出されたテンションは純粋にウェブテンションのみであると云うことを意味しており、このことにより、ローラー重量がテンション値より大きくても、より低いレンジのテンションに対して鋭敏に反応することができるのである。

しかし原則として、計算上のローラー自重が 0 であっても、実際にはロードセルはそのローラーを支えているのであるから、ローラーの基礎重量が MWF を超えるような選択は絶対にしてはならない、そうしないと突然の過負荷によってダメージを与えるか、ローラー重量に関する電子的な 0 設定が出来なくなる可能性があるからである。

ラップ角度に注意を払って下さい。それがメリットをもたらします

テンションの値とラップ角は共にロードセルサイズ選定計算の要素です。カートリッジスタイルの計算式 (参考図 .14) を参照して下さい。計算式の $2T \times \sin(A/2)/2$ はウェブがある角度をもってかけるテンションを表しています。ここでは式が 2 で割算されていますが、これはローラーの両側に 2 個ロードセルが設定されているからです。この場合安全係数 k は 1 として計算しています。

テンション T はローラーを両方から引っ張るようにかかるので、2 倍の T がかかることになり、テンションの割合はラップ角の度合いによって変わります。ラップ角とはローラーに対してウェブが進入する最初の接点と離れて行く時の点の間の角度のことを云います。

ラップ角度に関連したテンションの係数は $\sin(A/2)$ と表されます。 \sin の最大値は1で、ラップ角が 180° の時にそうなります。 ロードセルに加えられる最大のテンションはラップ角 180° の場合で、係数 A が0の時には、ローラーに対するラップ角は0であるので加えられる力も0になります。

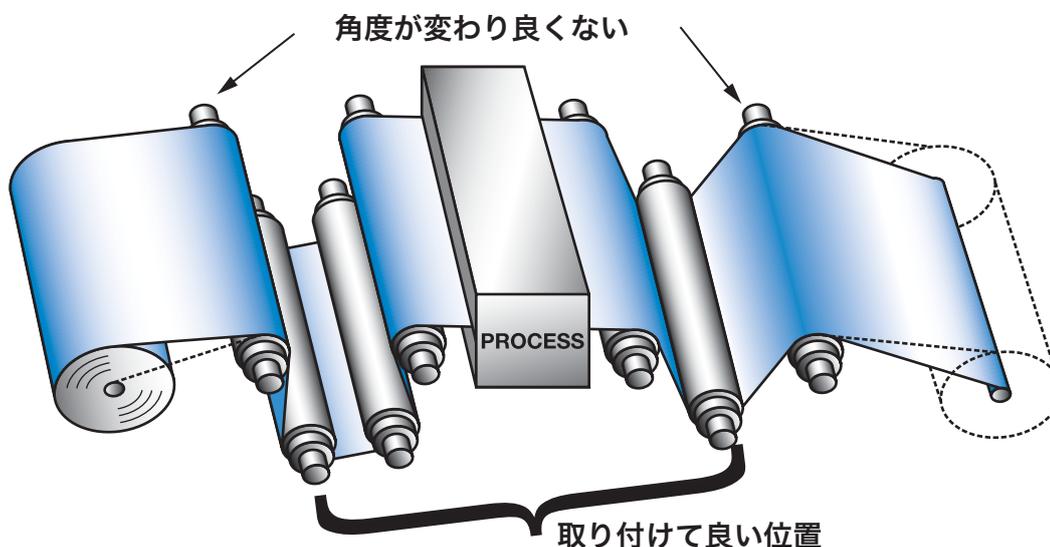
多くのアプリケーションの場合、特に低いテンション値の場合には出来るだけラップ角を多く取った方が賢明です。 それはこれにより、より大きな信号の出力が得られるからです。

多くの設計者達はこのラップ角を最低 30° 与えることをルールとしています。 30° のラップ角はラインテンションの25%をロードセルに与えるという事になり、これはまだ十分に信号出力が機能的に使われる範囲であることを意味するからであり、ほとんどの場合この角度を保てばウエブがローラーにきっちり密着して走行できるからでもあります。 薄い材料、低いテンション値で高速走行させると空気が巻き込まれやすくなり、ローラーからウエブ表面が浮き上がる原因となります。 この観点から、ロードセルにとってはラップ角が小さい方が良くとしても、機械そのものの機能性という点では安全を見た角度を要求するのです。

あるアプリケーションでは、より小さなロードセルを使いたいためにラップ角を多少減らすこともあります。 これは特にテンション値がかなり大きいケースで、この場合にはロードセルの出せる最大出力を出し切るような設定を行います。

ラップ角度を常に一定に保たねばなりません

もし、ロードセルのローラーにかかるラップ角がその都度変わるとロードセルに加わる負荷が変わり、不安定な制御が行われることとなります。 従ってロードセルは角度が絶対に変化しない位置に取り付けねばなりません。



安全係数に留意して下さい

安全係数 K はロードセルに瞬間的にかかるかも知れない過負荷に対する対策として用いられる係数です。過負荷によってはロードセルにダメージを与えることが考えられます。あるモデルは他のものより高い負荷に耐えるようデザインされています。カートリッジスタイルの過負荷レートは定格の 150% で、このモデルには係数 K に 1.4 から 2.0 を用います。これによって、過負荷に対するトータルのレートは 210% から 300% になります。

この過負荷許容度という点では、UPB モデルの場合は 500%、スリムセルの場合には何と 1000% という高い数値に耐えられる設計になっています。従って、アプリケーションの状態とロードセルのタイプによりますが、これらのモデルでは通常、係数 K を 1 以上にして計算する必要はありません。

どこまで安全を担保するかというのは、最大テンションの値やラインに対する走行条件などを勘案して決められるべきものです。それは安全係数を高く取りすぎるとすなわち、必要以上に MWF レートの高いロードセルを選ばなければならなくなるからです。勿論小さすぎる MWF レートはロードセルのダメージの原因となり得ます。またテンションレンジが 20 : 1 とか 30 : 1 という広いケースでは大きすぎる MWF の選択ではパフォーマンス低下の原因となりますし、逆のケースではより大きな安全度を得ることになります。

テンションコントロールについて現実的な視点を持つ

テンションが如何に良く制御されるかと云うことは、ロードセルが如何に機能的に働くかということにも増して、その他の様々なファクターに左右されます。一つには機械のデザインそのものであったり、機械の摩耗などによる劣化、ライン速度、又システムの電氣的、機械的なレスポンスなどが考えられます。全てのシステムは固有の振動周波数を持っており、それによってレスポンスや制御機能が制限されます。(参考データ .20 を参照) システムのエンジニアがテンションレンジを 20 : 1 や 30 : 1 で制御したいと考えた時に許される公差は非常に小さなものになります。CMC はロードセルの能力だけを頼りに、テンションレンジ 20 : 1 や 30 : 1 というシステムを考えられることをお勧めしません。こうしたレンジを達成するにはその他の要素についての非常に高度で密なケアが要求されるからです。

こうしたレンジを実現させるためには、ウェブパスについて見直し、最適なラップ角を設定することも一つのステップと言えます。

機械を運送するときにはローラー及びロードセルを外してください。

機械をトラックなどで搬送するときには、ロードセルに思わぬショックを与える危険性があります。こうした場合には必ず取り外して、一個ずつ慎重に梱包して搬送してください。

帯域幅と応答

2つの数値 - 帯域幅と応答性 - はシステムからの指令に対する反応能力のことを云います。

どんなシステムにあっても帯域幅はシステムが励起されてしかも安定性を損なわずに機能できる最大の周波数の範囲を云います。この幅はそのシステムが持つ固有の振動周波数をり小さいものです。例えば：機械的システムで機械にスプリングが取り付けられている場合の振動数は、 $W = \sqrt{K/m}$ と表されます。Wは放射数/秒の固有周波数、K=スプリング強度(単位Nm)、m=慣性質量もしこの装置がこの固有振動数で励起されると制御不能の振動を発生し、システムの安定性が損なわれます。

電氣的システムでも同じような理屈で作動します。サーボシステムの場合、帯域幅は入出力信号として与えられる10%あるいはそれ以下という小さい信号変化の中であり出力は入力の0.707 (-3dB)下がります。

サーボの帯域幅はヘルツで、また放射/秒で表されます。Hzからrad/秒に変換するには、Hzに 2π を掛けます。擬似的サーボシステムは100Hzのバンド域を持っていますが、同時に628rad/sとも表すことができます。

応答時間

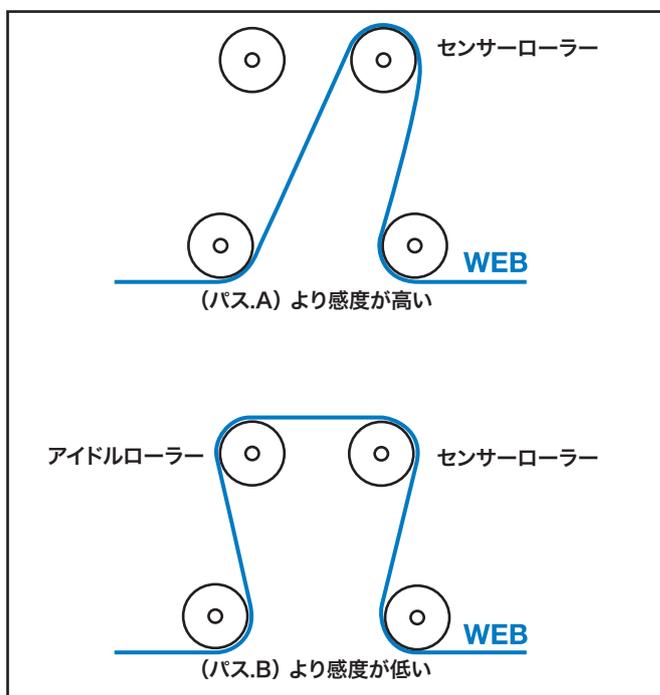
応答時間は通常秒またはミリ秒の単位で表し、速度や何らかの作動指令の信号が通常はその最大値の10%以内で与えられた時にどれ位でその指示を達成できるかの時間を云います。わずかに過小減衰したシステムや多くのサーボシステムの場合はこの範疇に入り、応答時間をrad/sで表すと帯域幅の逆数の約3倍、

例えば、100Hz(628rad/s)の帯域幅のサーボの応答時間は、 $3 (1/628\text{rad/s}) = 0.005\text{s}(5\text{ms})$ このサーボの場合指令から5msかかるということになります。

通常、小さな入力変化に対して、ACブラシレスサーボは100Hzの帯域幅で応答時間5msというのが普通ですが、これが一般的な可変速度変換ドライブの場合、周波数帯は3Hzそして応答時間は0.16sになってしまいます。

もし10%以上という、より大きな信号変化が必要な場合、システムのレスポンスには加速時間が計算されなければなりません。というのは、負荷時のイナーシャや加速電流値、など他の要素を考慮しなければならないからです。

(参考図 .21)



(参考データ .20)

ロードセルの何に注目すべきか？

多くのユーザーはロードセルをセンサーとしてあまりパツとしないものだと決めつけています。それは彼らがそれぞれの性能差についての知識をあまり持っていないからです。その結果そうしたユーザーは、使っているロードセルがうまく働いていないか、問題に気がついていないだけなのです。以下に取り上げる質問はロードセルの性能差を見比べる参考になります。

CMC のロードセルをその比較のための基準とします。それはこれが世界中で既に 50 年以上も様々なアプリケーションに使われて来たという実績とその性能や安定性についての高い評価が定まっているからです。

Q. ロードセルの根幹をなす技術は高い評価を得ているもの？

ロードセルに使われている根本的な技術には、ひずみゲージを使った物や、LVDT、磁気弾性効果、またその他のものがあります。これらはそれぞれメリットについて色々議論がありますが、より深く考察すると一般に知られていない点が明らかになります。CMC は主要なコンポーネントとしてひずみゲージ方式を採用しています。それはこれが応答性において非常に直線性が良く、また信頼性が高いものとしてすでに技術的に確立したものだからです。ロードセルの根本としてひずみゲージが世界で最も多く採用されている事実を見れば分かります。またこれはその他の非常に精度を要求されるアプリケーション、例えば計量器、F1、NASCAR レース、航空宇宙分野などで多く使われている事実を見ればよく分かります。

Q. ロードセルがウェブパスに影響を与えない？

テンションセンサーとしてロードセルを設置する時に考えなければならない重要な点とは、ロードセルの作動状況によって走行中のウェブパスが乱れないようにすることです。すなわちテンションによるロードセルの機械的変位を出来るだけ小さくしなければならぬということです。この変位量が大きいとそれによってウェブの安定した走行が乱されることが起こるからです。CMC のロードセルの双極ビームはこの変位量が 0.05 から最大 0.1mm 程度しかありません。(参考図 .4 を参照) このわずかな変位量のおかげでウェブ走行の乱れを起こす事を防ぐことが出来ているのです。他社のあるブランドのロードセルではこの変位量が最大荷重時で 2.5mm も出るケースが見られるのです。

Q. ロードセルはシャフトの芯ズレを許容することができますか？

完璧な世界では、機械のローラーというローラーは隣どおし完璧に調芯されている事でしょうが、普通はどんなに正確にやろうとしても、必ずいくばくかの芯ズレを避けることは出来ません。従ってピロブロックスタイルのロードセルにローラーを設置する場合には調芯タイプのベアリングを選ぶでしょうし、ローラーに直接ロードセルを取り付ける場合には、シャフトの芯ズレを許容できるような作りになっていなければなりません。CMCのロードセルはシャフトの端から端までの間で最大 $\pm 1^\circ$ の芯ズレを許容出来るように設計されています。これを可能にしたのは航空産業グレードのベアリングにテフロンコートを施したボールジョイント機構が組み込まれているからです。(参考図 .4 参照) テフロンコートが擦過腐食を防ぐ役目をしています。擦過腐食とは、2つの金属が振動によってこすれ合っている内に起こる腐食のことで、永い期間の内にメタル表面を腐食させ、ついには錆びつきのような状態にしています。

シャフトの芯ズレについては、全てのロードセルメーカーがこれに対応しているわけではないので、これが起こるとウェブにストレスがかかり、ロードセルはそれを通常のテンションと一緒に認識して検出してしまうことになります。

あるメーカーでは、これに対応するためにダイヤフラムを使っていますが、これは時と共に常に曲げが繰り返されるので劣化し、その内ひびが入ったり破断したりしてしまいうのです。

Q. 出力の大きさはどの程度なのか？

20 : 1 や 30 : 1 という大きなテンションレンジを可能にするためには、それを可能にするだけの大きな出力が必要です。CMCが採用している半導体素子のストレインゲージは非常に高いゲージファクター (100) を持っており、上記のような非常に小さなビーム変位に対して高い出力を出すことができます。CMCのロードセルでは実に 100mV から 350mV という信号を出力することが出来るのです。ちなみに、あるメーカーのものでは 21mV しか出力、出来ない事が分かっています。

Q. ロードセルの応答性はどうですか？

ロードセルはテンションの変化にたいして迅速に応答しなければなりません。これは特にクローズループシステムの時に特に重要な点です。CMCのロードセルは高い固有周波数を持つように設計されているので、非常に高い応答性を発揮します。また、それに付帯するコントローラーやアンプなどがそれに適応出来るように設計されているので、この応答性を 100% 発揮することができます。一般的にはビームの機械的変位量が大きく、従って慣性が大きくなるので必然的に応答性に限界が出来てしまうのです。

Q. ロードセルの信号の直線性や繰り返し精度はどうか？

メーカーは良くカタログデータとしてヒステリシス最大出力の $\pm 5\%$ とか再現性 $\pm 0.2\%$ とかの数値を掲げていますが、その出力値がどれ位あるかということを書けずに出すことがほとんどです。CMC はそうではなくより穏健で控えめな表現方法として、最大の許容リミットを数値として提供しています。しかしながら、そのパフォーマンスは遙かに優れたものなのです。

全てのシステムはそれ固有の振動数を持っているので、それが応答性や制御性能に制限を加えます。現実的に機械設計上のそうした機械的、電気的制限要素がテンションコントロールの性能にも制限を加えます。こうしたロードセル以外の制限要素が絡み合っただけでパフォーマンスは決定されるのです。

Q. ロードセルには温度補正の機能が備わっていますか？

華氏温度の 0.02% の温度変化がロードセルの感度に与える影響について見てみましょう。CMC のロードセルには温度補正回路が組み込まれています（参考図 4 参照） 周囲温度の変化によって出力が変動しないことは大変重要なファクターの一つです。この回路を持たないメーカーもたくさんあります。

Q. ロードセルはシャフトの熱膨張を許容することが出来ますか？

ローラーのシャフトは温度が上昇することによって、軸方向に膨張し、これが取り付け部にストレスを与える事になり、もしこのストレスが取り除かれずとロードセルはそれをテンションと勘違いして信号を出してしまいます。

ピロブロック スタイルのロードセルの場合にはベアリングがこの膨張を吸収出来るようになっていなければなりません。もしロードセルが直接ローラーに取り付けられる時には、ロードセルがこの膨張を吸収出来なければならないのです。

CMC のロードセルは独自の膨張吸収ピン機構によって 2.5mm のシャフト膨張を吸収出来る構造になっています。

多くのメーカーは片側のロードセルはしっかり固定し、反対側に逃がしを作ってこれを吸収するように求めています。このやり方を成功させるためには設置時にフィラーゲージを使うなどして大変慎重な取扱いが必要です。こうしたやり方は装置の性能の良否について、後日それを設置した工事者の責任が問われる事にもなりかねません。特に機械の移設などの時にこうした扱いに慣れていない作業員による間違っただけで設置がされてしまうことがよく起こることなのです。

Q. ロードセルの信頼性と耐久性はどうか？

ロードセルの構造について検証してみましょう。 そのロードセルは外気にオープンな構造ですか、それともシールされていますか？ もしセンサー内に埃が侵入するような構造だとセンサーのエレメントの寿命を短くしてしまいます。 そのボデーは鋳造ですか、機械加工品ですか、あるいはシートメタル製ですか？ シートメタルデザインはそれほど頑強なものではありません。 そのデザインでは何かしら、スプリングとかの可動部がありますか？ これら要素は時間と共に摩耗して0点調整に問題を与えたりします。 ロードセルのメーカー自身の応答性はどうか？ そのメーカーはこの仕事で何年位の実績を持っていますか？ 良い評判は通常良い製品を作り続けるからこそ得られるものです。

CMC のロードセルは鋳造または機械加工品によって製作され、それらは防塵のためのシールが施されています。 またモデルによっては耐水性構造にもなっています。 ほとんどの CMC 製品には可動部がなくメンテナンスフリーです。 CMC のロードセルが 20 年以上も立派に機能しているのは別段特別なことではありません。 CMC はロードセルを作り続けて 50 年以上になりますがこの間、クリーブランドキッターというブランドはこの業界におけるトップブランドと云われるまでになっているのです。

要約

貴方がロードセルのサイズやモデルの選定を熟知すればするほど、貴方が関係するアプリケーションを成功させる確度が高まります。 高い性能を持つロードセルがなぜ必要なかを真に理解されることは非常に重要なことなのです。 CMC 社の技術、営業に携わる全ての社員は、これからも今までと変わりなく CMC に寄せられるご質問や課題に常に真摯な姿勢で取り組んで行きます。

CMC 社は、過去 50 年以上にわたって培ってきたテンションコントロールの技術にさらに新しい血を注ぐことによって、ますます世界中のユーザーのご期待に応えられるような専門技術集団となっていこうとしております。

これからも、CMC 製品に信頼をおかれ、御社のアプリケーションに取り入れられて、確かな成功を取められんことを願ってやみません。