

特集	／	食品製造現場における
最新	乾燥技術と	ハンドリング

食品粉粒体搬送について—マルチ電磁コンベア—

谷口 巧*

最近、賞味期限の問題や異物混入の問題などで食の安全性に対する関心がますます高くなってきている。食品粉粒体の搬送機器に関しては、異物混入の危険性がなく、また、搬送機器自体が感染源とならないものが望ましい。

粉粒体においては、多くの特性の異なる材料があり、これらを搬送するには、フィーダ、コンベアなど種々のものがあるが、その中で代表的なコンベアでは次のものがあげられる。

- ① ベルトコンベア
- ② スクリューコンベア
- ③ チェーンコンベア
- ④ エプロンコンベア
- ⑤ バケットコンベア
- ⑥ 振動コンベア

上記コンベアの中で振動コンベアは、搬送物と接する部分にステンレス鋼板を採用し、密閉構造にすることも可能で、食品粉粒体の搬送に必要な異物の混入や衛生面でほかの種類のコムベアに比べて、メリットがある。

当社は、そのメリットを活かし、さらに、駆動源にモータを使用せず、電磁石を採用することで、軸受の油による汚れない、より食品業界に適した、マルチ電磁コンベアを製品化したので、ここに紹介する。

1. 振動コンベアの種類と特長

振動コンベアは、トラフ（U字形の樋）上の粉粒体（図1）などをトラフに一定の振動投射角 θ で直線振動を与え、トラフから粉粒体を放り投げ、放物線運動による前進で粉粒体を搬送する搬送装置である。

この直線運動をトラフに与える機構（方式）により振動コンベアが分類される。その代表的な種類の

み紹介する。

振動系により、1自由度の振動系（強制タイプ）と2自由度の振動系（共振タイプ）に分類され、共振タイプは、2質量タイプと完全バランス型と呼ばれる3質量タイプに分類される。

1-1. 強制タイプ

写真1に強制タイプの例を示す。構造はトラフにユーラスパイププレート2台を取り付けた単純な構造である。2台のパイププレートで、直線振動をトラフ

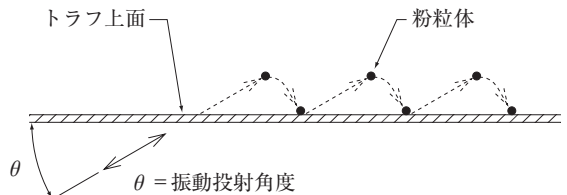


図1 トラフ上面の粉粒体の動き

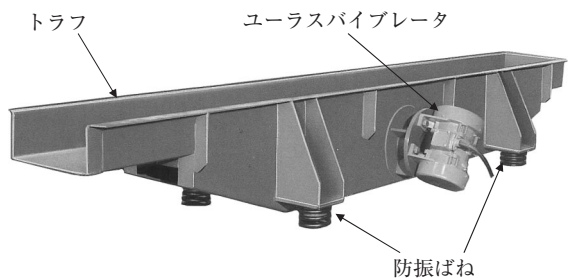


写真1 強制タイプ振動コンベア

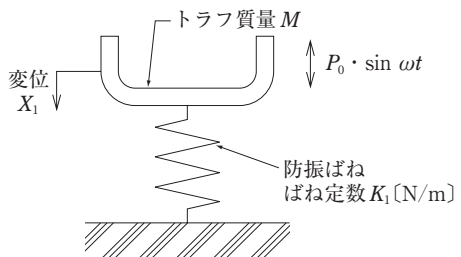


図2 強制タイプ

* Takumi TANIGUCHI；(株)村上精機工作所 技術品証グループ (Tel.093-601-1037)

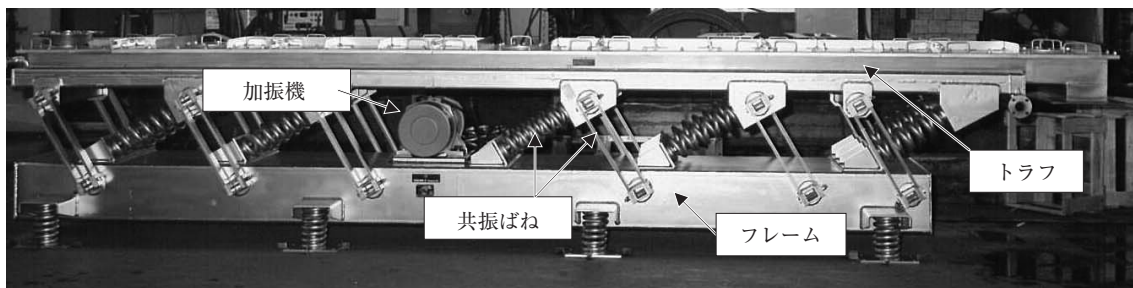


写真2 2質量共振タイプ振動コンベア

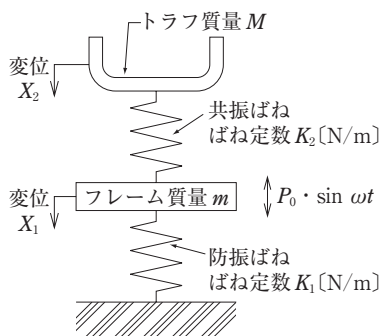


図3 2質量タイプ

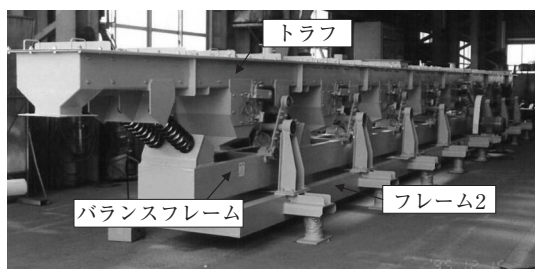


写真3 完全バランス型振動コンベア

に与え搬送する。

強制タイプは基礎に伝達する振動が大きいといわれている。振動系を最も単純化したモデルで示すと図2となる。

基礎に伝達する動荷重 F_b は防振ばねのばね定数 (K_1) と変位 χ_1 、すなわち、振動振幅 α の積 $F_b = K_1 \times \alpha$ となる。

一般に強制タイプが使用されるのは、小型のコンベアであり、 F_b は大きな問題になりにくい。

1-2. 共振タイプ

(1) 2質量タイプ

写真2に示す通り、トラフと加振機を配置したフレームの2質量の間を共振ばねで結合した構造であり、図3に示す振動モデルとなる。この系の固有振

動数 $\sqrt{\frac{K_2}{M}}$ を加振機の運転周波数 ω と等しいように選定すると、フレーム m は振動せずに、振動系 K_2 、トラフ M が振動し、そのばねの力が加振機の力 $P_0 \cdot \sin \omega t$ と反対向きで等しい大きさをもつ。このようにフレームに加わる力は全体として、ゼロになり、振動せず、トラフのみを振動させることができる。

実際は、コンベアを構成する際、フレーム m をトラフ M に対し大きくするには限界があり、また、共振周波数(固有振動数)で運転すると、トラフの振幅を制御するのが難しく、機械的強度の面からも、共振周波数から5~10%下方にずらした周波数で運転するように設計されている。

したがって、フレームの振動を完全にゼロにはできず、基礎に伝達する動荷重 F_b は、コンベアの静荷重の数%~10%発生する。

(2) 完全バランス形

振動モデルは、基本的に2質量形と同じであるが、写真3に示す通り、原則として、トラフと同じ質量のバランスフレームをもち、この2質量が180度位相をずらした動作をさせ、その動作の中心点をフレーム2で支える構造をとる。

このようにして、基礎に伝達する動荷重 F_b を抑えているのであるが、 F_b はゼロにはならず、2質量系よりは、小さいが、コンベアの静荷重の数%~10%発生する。

(3) 完全バランス形マルチ電磁コンベア

こので紹介するマルチ電磁コンベアは、駆動部に電磁石を使用し、共振点追従駆動方式の新しい3質量の完全バランス形のコンベアである(図4)。

マルチ電磁コンベアは、トラフ側共振ばねとバランス側の共振ばねのばね定数を合わせることでバランスの質量 M を軽減した。

専用コントローラにて電磁石で振動を与えると、本体を支えているフレームに対し、トラフと balan

サは 180 度位相をずらした動作をし、発生する力はキャンセルされる。

よって、フレームには小さな振動伝達となり、防振ばねを介して基礎に伝わる振動値はごくわずかとなる。

図 5 は、マルチ電磁コンベア（トラフ幅 300 mm・トラフ長さ 5,000 mm）4 連結までの、砂（かさ密度 $\rho = 1.2 \text{ kg/l}$ ）搬送時の負荷（層厚）ごとの床面に伝わる動荷重を静荷重比で示した実測データである。床面への伝達割合が少ないことがわかる。

また、これまでの共振コンベアの運転は、コンベアの共振周波数 f_n から 5~10% 下方にずらした運転周波数 f で行っていたため、負荷の変動や搬送物の付着により、コンベアの共振周波数 f_n が下がり、振幅変動が発生した。マルチ電磁コンベアはトラフに取り付けられた付属の加速度センサ（写真 4）により、負荷の変動や搬送物の付着によるコンベアの共振周波数の変化を、逐一専用コントローラへデータをフィードバックし、常に共振周波数 f_n で運転するため、少ない消費電力で安定した搬送が可能となった（運転周波数を図 6 に示す）。

1-3. マルチ電磁コンベアの特徴

これまでの振動コンベアは、トラフに 25~45 度の振動投射角度で振幅 $\alpha = 3 \sim 20 \text{ mm}$ の振動を与えることにより、トラフ内の被輸送物を搬送するという機構から、他のタイプのコンベアと比較すると次の特徴がある。

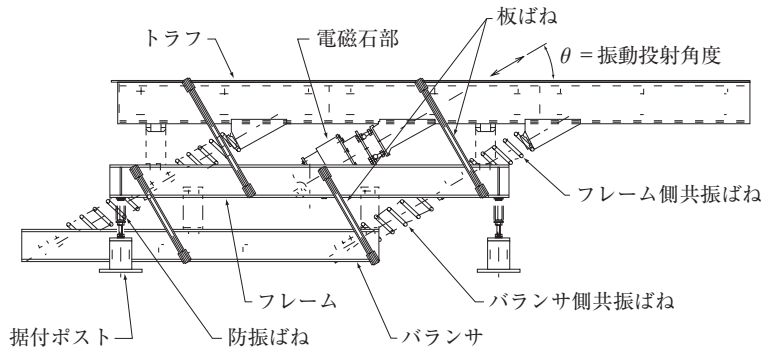


図 4 完全バランス形マルチコンベア

① トラフをふた（カバー）で密閉することが容易

外部からの異物の混入なく、搬送可能。また、コンベアトラフ内をガス置換し、たとえば、酸化を防止しながらの搬送も可能。ファインケミカル分野・食品分野でも応用されている。

② 密閉構造のトラフ

輸送材料の飛散がなく、工場を汚すことがない。

③ トラフの洗浄が容易

密閉用のふたを開けると、トラフのみ。したがって、洗浄が容易。品種替えの多い食品および化学工場などで使用可能。



写真 4 加速度センサ

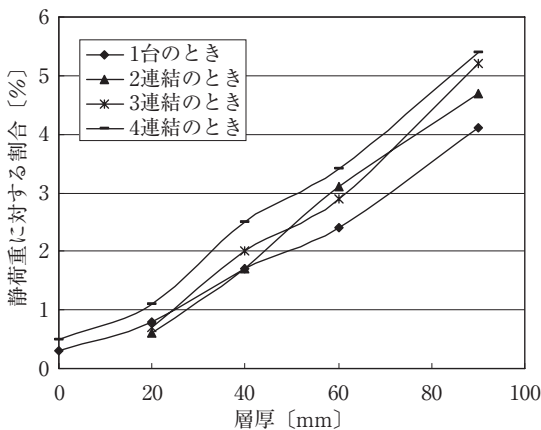


図 5 トラフ上層厚に対する床面に伝わる動荷重

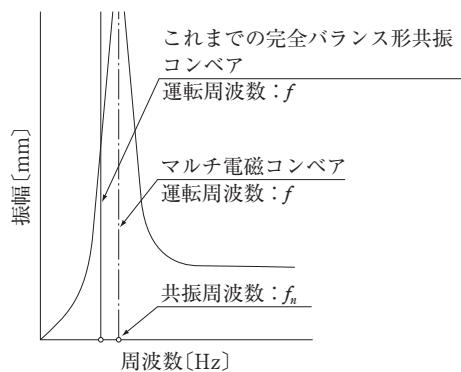


図 6 振幅と運転周波数

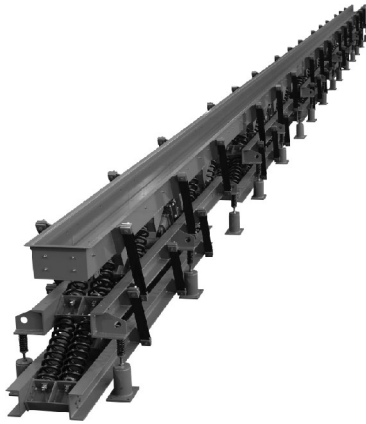


写真5 完全バランス形マルチ電磁コンベア



写真6 コントローラ

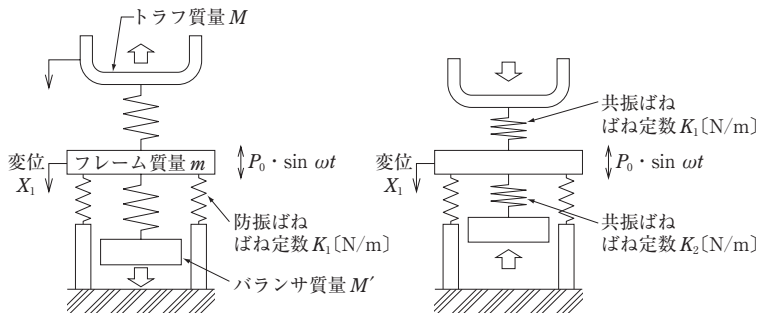


図7 床に伝える振動を大幅に低減

- ④ 二重トラフ構造（またはジャケット付）として、内部を冷却・加熱などの熱媒体を通すことで、乾燥・冷却との同時操作が可能
とくに輸送しながら次工程までに冷却する場合などに最適である。
- ⑤ 多数の供給口・排出口の取り付けが可能
トラフ上のどの位置からでも、コンベアに供給が可能で、かつ排出ダンパーを取り付けることが可能。したがって、計量混合プロセスなどで多く使用されている。
- ⑥ 被輸送物を跳ね上げながら搬送
トラフの幅方向に均一に分散する作用がある。この特徴を利用して、ごみ処理場の再生不適物の除去などの手選別ラインの搬送機として使用されている。ベルトコンベアのようにベルトなどの移動がないため、作業者が巻き込まれるなどの心配がない。薬品・食品工場での検査ラインにも使用できる。
- ⑦ トラフ表面に回転体・移動体がない
輸送物の形状を問わず、何でも搬送できる。都市ごみや、粗大ごみの破砕品などのように、針金・鉄片・ガラス・鋭利な刃物などが混入していても、粒

子を挟み込むなどのトラブルなしに搬送可能で、ごみ処理設備で活躍している。また、各種切削屑の輸送に機械工場でも活躍中。

- ⑧ トラフが銅板製
 casting直後の高温铸件などの搬送が可能。
マルチ電磁コンベアは、上記の振動コンベアの特徴に加えて、次の特徴を備えている。

- ① 自由に組み合わせ、連結し、30 m までの長尺ものに対応可能
本体の標準シリーズは、トラフ幅が 300 mm～150 mm とびで 1,350 mm、長さが 3 m、4 m、5 m のユニットとしているので、レイアウトの変更が生じた場合、ユニットを連結、取り去ることにより、長さの変更ができる。写真5は、トラフ幅 300 mm の 5 m のユニットを 5 台連結した 25 m の長尺コンベア。
- ② シンプルな構造で保守性を向上
トラフ、バランス、フレームと電磁石部を共振ばねと板ばねで組み合わせたシンプルな構造により、保守性が向上。駆動部が電磁石であり、軸受がなく給油や軸受交換が不要で、メンテナンスフリーである。

③ 床に伝わる振動を大幅に低減

図7のようにトラフが振動搬送するときにはバランスがトラフと180度逆方向に振動するため、発生する力はキャンセルされフレームに伝わる振動は非常に小さくなる。この部分を防振ばねで受けるので、取り付けベースに伝わる振動は非常に小さい(特許出願中)。

④ 電磁共振追従駆動方式で高効率な搬送省エネを実現

これまでの共振式と異なり、精度の高い専用コントローラ(写真6)と電磁石および共振ばねとの組み合わせにより、完全に共振点に追従するメカニズムを開発(特許出願中)。また、定振幅制御により小さい入力で安定した大量輸送が可能。

⑤ 輸送量の調整が容易

新開発の専用コントローラにより、無段階に輸送量を調整することが可能。

⑥ 精度の高い停止性能

電磁式で、停止指令(P61)により、わずかな楕送ですみやかに停止。秤量設備に前段にも使用可能。

⑦ 清潔な作業環境

密閉構造はもちろん、軸受・ベルト・ゴム製品を使用しないため、据え付けフロアへの油汚れや摩耗粉がなく、機器周辺は清潔な作業環境を保てる。

2. マルチ電磁コンベアの用途

食品(砂糖・スナック菓子など)、化学(樹脂・無機薬品など)、鉱業・砕石、土木・建築、鉄鋼・非鉄、窯業・土石、ごみなど廃棄物をはじめ、多種多様な粉粒体の搬送に利用できる。

3. むすび

マルチ電磁コンベアは、振動コンベアとして従来のものに比べて、上述のように数々の優れた点もっており、コンベアユニットを数台連結した長尺コンベアは、今後据え付け、保守の容易さの点で種々の用途に使用されると考えられる。標準シリーズ以外の応用品でも相談に応じており、スクリーン機能を追加することも可能である。

採用に当たっては、搬送条件など仕様を明確に指示していただくことをお勧めする。マルチ電磁コンベアがユーザーの参考になれば幸いである。