

大深度立坑用掘削土砂垂直搬送コンベヤ 『スパイラル式バッチカルコンベヤ』の紹介

片 股 博 美・北 澤 剛・横 幕 歩

大深度立坑・掘削土砂垂直搬送用として開発したスパイラル式バッチカルコンベヤは、搬送物をベルトで袋状に包み込み、吊下げ構造にすることにより、落鉤（落石）及び発塵を抑制し安全にクリーンに搬送することを可能とし、また、騒音を抑制し、搬送可能な「上昇角度」を、従来の水平コンベヤの「15°」から「20°～30°」までアップさせることができる。さらに曲送（半径1m）が可能なことから、乗り継ぎを必要とせず搬送ラインを自在に屈曲させ延長することができる。

垂直方向に限らず、水平方向の長距離搬送が求められる施設、騒音・発塵抑制など環境性能を求められる都市部や山間部の課題にも対応できる。

キーワード：ベルトコンベヤ、大深度、垂直搬送、長距離、高揚程、環境負荷軽減

1. はじめに

大深度地下利用は今後益々増加することが見込まれ、大深度地下工事に有利なシールド工事ではその発進・到達に「立坑設置工事」がコスト縮減や工期短縮等の優位性から数多く採用されている。

従来、掘削土砂を立坑から地上に搬出する垂直コンベヤは、2枚のベルトで掘削土砂を挟み込んで運搬するため、ベルトやローラの損傷が大きく補修が頻繁に発生する問題や、戻りベルトからの落鉤が多く、安全衛生管理上の問題等が課題とされている。

これに対して、今回開発したスパイラル式バッチカルコンベヤは、搬送物をベルトで包み込み袋状に形成したまま立坑の周囲壁面に沿ってスパイラル状に3次元的に上昇搬送するものである。

この新方式では、ベルトやローラの損傷が小さく落鉤はほぼ無く騒音振動を低減させることが可能である。これらを検証するため工場に実証機（図-1）を設置し検証試験を行ったので、その概要を報告する。

2. 従来の垂直搬送方式

従来方式は図-2の通り4方式に大別される。当社は約30年前にサンドイッチ方式の垂直コンベヤを開発し20機程度の納入実績を有するが、その他の方式も含め、下記の主要な問題点があった。

・2枚のベルトで挟み込んで運搬するため、ベルト

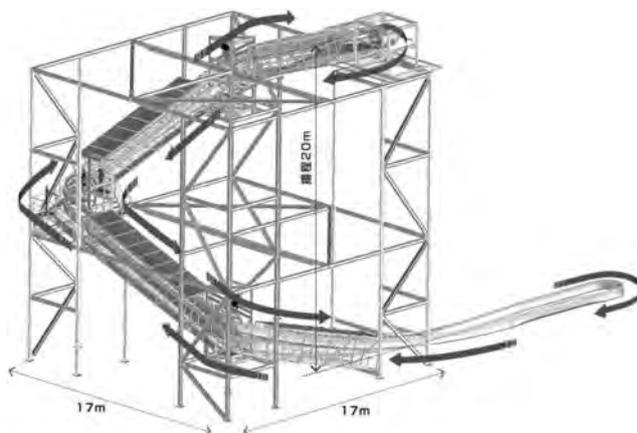


図-1 工場実証機



図-2 従来の垂直搬送方式

やローラの損傷が大きい。

- ・土砂を載せているベルト面が戻り側経路全般で下向きとなり落鉤（落石）が発生し、メンテナンスの手間が掛かる。

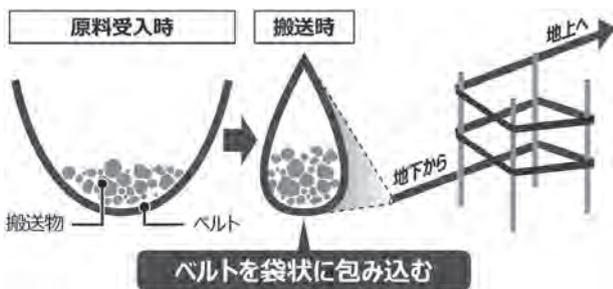
- ・ 中間部に駆動部を設置できないため大きな動力が必要となり大きな張力がベルトに掛かる。そのためベルト仕様の要求性能が高くなり製造に限界が出てくる。つまり垂直搬送高さに限界が生じる。
- ・ 停電等の緊急停止時に荷のずり落ちによる詰まりでトラブルの可能性がある。

3. スパイラル新方式の概要

今回の新方式は従来の垂直搬送方式の概念にとらわれない全く新しい発想で生まれたもので、搬送物をベルトで包み込む形状にすることにより、搬送可能な「上昇角度」を、従来の水平コンベヤの「15°」から「20°～30°」までアップできるとともに、曲送が可能なことから立坑の周囲壁面に沿って上昇させ搬送するものである（図—3）。

新方式を可能とするベルト構造は図—4の通りである。ベルト端部のプロファイル部（耳部）を上下に重ね合わせ、プロファイル部の下部をサポートローラで支持し、全体を受け持っている。プロファイル部の内部には芯体としてスチールコードが埋め込まれていてベルトの伸びを小さくしている。また、プロファイル部を上下に重ね合わせることでベルトを曲げやすくしており、半径1mのプーリで90°以上の曲げを行うことが出来る。

さらに、ベルトを袋状にしているので、搬送物の粒



図—3 スパイラル新方式



図—4 スパイラル新方式

SICON®は ContiTech Transportbandssysteme GmbH 社の登録商標

度を問わず搬送をでき、また密閉することで、落鉱（落石）及び発塵を抑制し安全かつクリーンに搬送することができる。

そして、ローラと搬送物間で接触が無いので衝撃が発生せず、低騒音、低振動である。

4. スパイラル方式の特長

今回の新方式の特長を8分類し（図—5～12）、詳述する。

(1) 大揚程搬送が可能

シールドマシンの発進立坑を利用し、地下から高さ100mの連続搬送を1本の搬送ラインで実現する（図—5）。

(2) 自由自在のライン

従来、搬送ラインの方向を変えるときは別のコンベヤに乗継ぐ必要があったが、本コンベヤはカーブの自由度が高く乗継ぎの無いラインを実現でき、清掃や部品交換の頻度が大幅に低減できる（図—6）。

(3) 落鉱（落石）を削減

従来の垂直コンベヤでは経路全般で落鉱（落石）が発生していたが、本コンベヤは往復密閉構造により、発生範囲が限定的かつメンテナンス頻度が低い（図—7）。



図—5 大揚程搬送



図—6 自由自在のライン



図-7 落鉱(落石)の削減



図-10 粒度が不ぞろいでも搬送可能

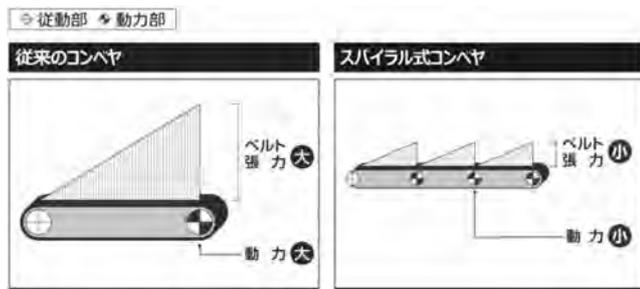


図-8 動力部を分散

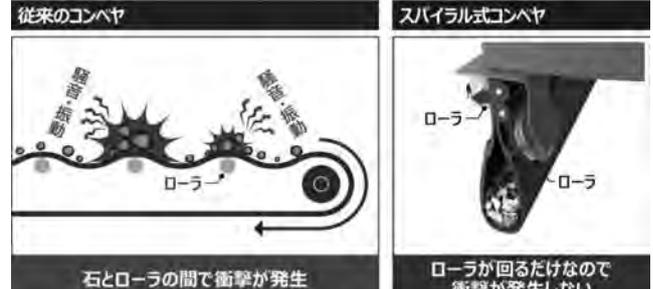


図-11 低騒音, 低振動

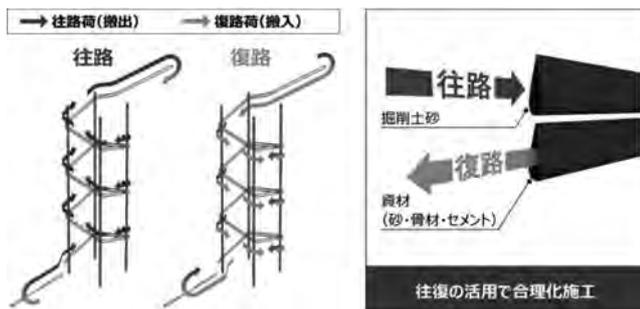


図-9 往復搬送が可能



図-12 負荷再起動可能

(4) 動力部を分散

従来コンベヤは駆動部を両端にしか設置出来ないためベルト張力が大きくなったが、本コンベヤでは駆動部を分散できるので、ベルト張力が小さくて済む(図-8)。

(5) 往復搬送が可能

坑内からの土砂搬出だけでなく、復路側でもベルトを活用し、坑内へ必要な資材の搬入が可能である(図-9)。

(6) 粒度が不ぞろいでも搬送可能

大きな石と小さな砂が混じっても充填できるため、所要の搬送能力をフルに発揮できる(図-10)。

(7) 低騒音, 低振動

従来コンベヤと比較し騒音, 振動, 衝撃が小さく高寿命化, 省エネにつながる(図-11)。

(8) 負荷再起動可能

搬送中に緊急停止させても、袋状に包まれているため、荷のずり落ちによる詰まりで動かなくなることが無い(図-12)。

5. 実証機の仕様, 構造概要

今回の新方式は搬送物をベルトで包み込む形状にして立坑の周囲壁面に沿って上昇させ垂直搬送するという過去に例のない取り組みであったため、工場に実証機(写真-1)を設置し実証機検証試験を行った。

今回の実証機は、円形立坑としては内径24m相当の円に収まる大きさに設定した。地上での屋外設置となるため、縦17m, 横17mの鉄骨枠組みの中に配置している。また、上昇角度は20°に設定し、スパイラルとなるように3コーナ(ターン部)を設けて高さ20mまで搬送物を持ち上げヘッドディスチャージ部(搬送物排出地点)にて放出し、その後斜めシュート

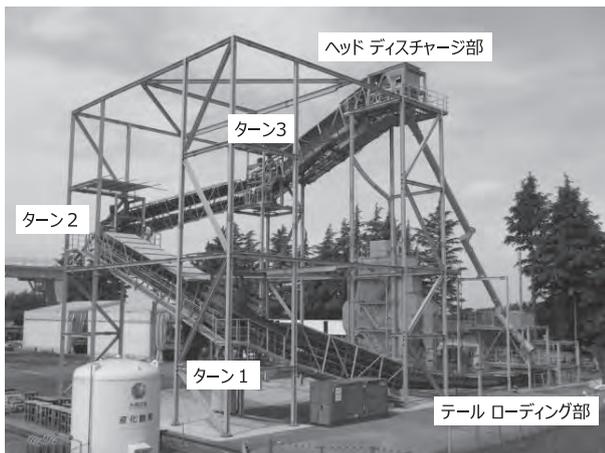


写真-1 実証機全景

表-1 実証機仕様

想定立坑サイズ (m × m)	17 × 17	
ベルト幅 (mm)	1,400	
ベルト速度 (m/min)	230	300
上昇角度 (°)	20	
搬送量 (t/h)	750	1,000
揚程 (m)	20	
水平機長 (m)	70	
モータ動力 (kW)	37 × 3	

でテールローディング部（搬送物受け入れ地点）に戻し循環させている。各コーナにはモータを設置し、搬送に必要な動力伝達を行っている。搬送物受け入れ地点と搬送物排出地点のみベルトを広げその他の場所ではベルトは袋状になっている。

実証機の仕様は表-1の通りである。ベルト速度は、230～300 m/min、搬送量は750～1,000 t/hで実証機検証試験を行った。

6. 実証機検証

実証機検証点は粒形が異なる搬送物の搬送、モータ・減速機・軸受等の温度上昇推移、ベルト・ローラの摩擦推移、騒音、振動、性能、メンテナンス、落鉤（落石）の発生状況、非常停止時の再起動等として実証試験を行った。

下記に粒形が異なる搬送物の搬送状況（写真-2）連続運転時のモータ・減速機・軸受等の温度上昇推移状況（図-13）及びベルト速度と搬送量の関係（図-14）の代表例を示す。

粒度の異なる搬送物を混載して搬送を行っても、ベルト断面に能力一杯まで充填することができ、負荷再起動も問題無く行うことができた。また連続運転時の温度測定より、各部の飽和した温度は外気温プラス



写真-2 搬送物（左：割栗石、右：RC40相当砕石）

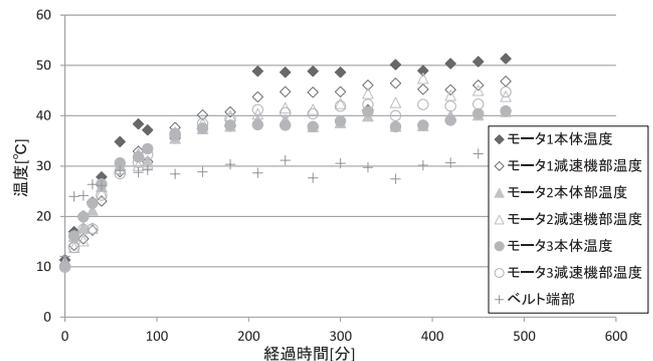


図-13 温度上昇推移

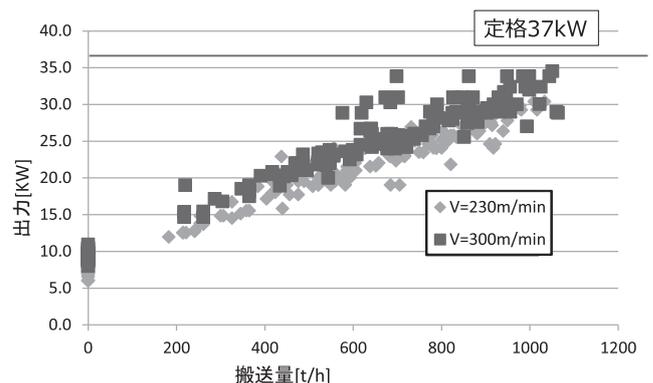


図-14 ベルト速度と搬送量

40℃未満であるため設計の妥当性を確認できた。そして搬送量および出力の測定により、20 mの揚程にて、ベルト速度230 m/min時で750 t/h、300 m/min時で1,000 t/hという想定通りの搬送能力を発揮することが確認できた。

騒音値についても無負荷条件で230 m/min運転中の中間部機側1 mで測定した結果約70 dBとなり、同程度のコンベヤと比較して5～7 dB低い値となった。

7. 今後の用途例

立坑に限らず平面線形において自由自在に屈曲するコンベヤや地上置きホッパ・サイロへ投入する用途にも活用できる。

図-15の従来と新方式の比較において、従来のコンベヤは途中障害物がある場合に、その障害物を回避

してコンベヤラインを決めるため、複数のコンベヤを組合せて配置することとなる。屈曲部に設けられる乗り継ぎでは、騒音や粉塵の発生、ベルトの摩耗・損傷が発生する問題があった。

一方、今回のスパイラル新方式は、屈曲部において、曲率半径1mで自由自在に搬送ラインを変えられることができるために、乗り継ぎなく一本のコンベヤで配置することができる。従って、乗り継ぎ部を起因とする騒音、粉塵、ベルトの摩耗・損傷などの問題は発生しない。

図-16の地上置きホップ、サイロへ搬送物を投入する場合、従来方式ではコンベヤが上昇する傾斜角度に限界があるため、敷地面積を大きく必要とする。新スパイラル方式では、ホップ・サイロ回りにスパイラル状に上昇させることができるため、小さい敷地面積で効率的なレイアウトが可能となる。

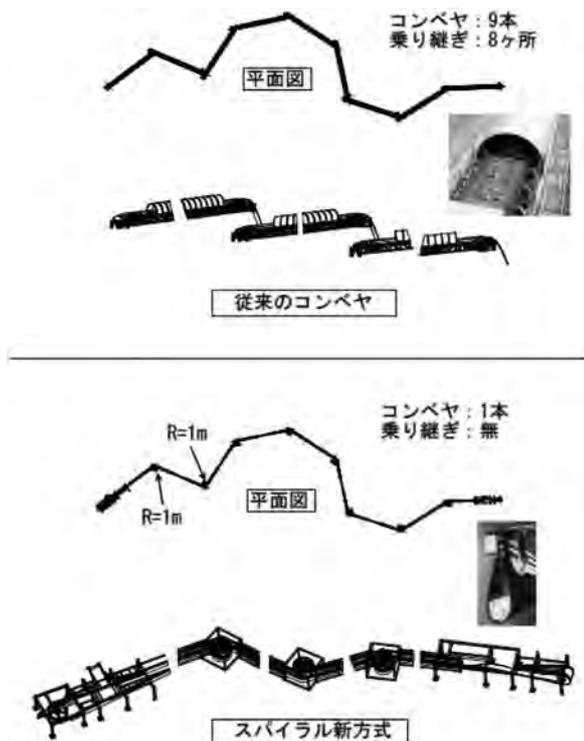


図-15 従来と新方式の比較

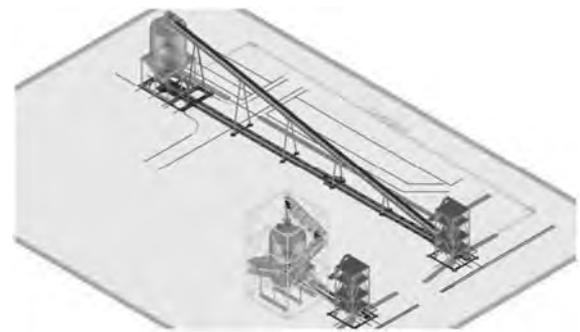


図-16 ホップ・サイロ投入例

8. おわりに

今回の実証試験で搬送物をベルトで包み込む形状にして立坑の周囲壁面に沿って上昇させ垂直搬送する方式が可能であることが確認できた。現在、実証試験を継続し、摩耗状況、保守点検のデータ取りを行い、完成度を高めている。

今後は、立坑に限らず平面線形において自由自在のラインが力を発揮できる分野や、低騒音、発塵抑制などの環境性能を求められる都市部や山間部、袋状での搬送に適した高付加価値原料搬送などを視野に、実証を重ねながら、様々なニーズに応えられる製品に仕上げたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 片股 博美, 北澤 剛, 横幕 歩, 藤掛 旭久: スパイラル式バーチカルコンベヤ, 産業機械 / 日本産業機械工業会 (通号 809) 2018-2 p.12-16
- 2) 片股 博美, 北澤 剛, 横幕 歩, 藤掛 旭久: スパイラル式バーチカルコンベヤ, 建設機械 / 建設機械編集委員会 編 54 (8) (通号 642) 2018-8 p.70-74

【筆者紹介】



片股 博美 (かたまた ひろみ)
古河産機システムズ(株)
コントラクタ本部
主席技師長



北澤 剛 (きたざわ つよし)
古河産機システムズ(株)
コントラクタ本部
技術部長



横幕 歩 (よこまく あゆむ)
古河産機システムズ(株)
コントラクタ本部
上級技師長