

軌間内散布可能なミニホキの開発

Development of a gauge in sprayable Minihoki



佐々木 亨*



佐竹 宣章*

JR East, in order to cope with harsh environment, such as 3D(hard,dirty,danger) and labor shortages in track maintenance in the future, in the maintenance works of the current, and performs mechanization, so as to reduce labor power and work efficiency.

Crushed stone replenishment work by Minihoki the current, it took a great deal of effort for work writing crushed stone to the gauge in is being performed by human power.

Therefore, development of a gauge in sprayable Minihoki has been required.

Then, in this development, based on the control mechanism of the screw conveyor type, in consideration of driving safety by riding up, we have developed a Minihoki that can be spraying a constant amount to inside gauge.

●キーワード：砕石散布、制御、軌間内、スクリーコンベア

1. はじめに

現行の砕石補充作業は、軌間外はミニホキによる砕石散布、軌間内は軌間外から人力により、かき込み作業で砕石散布を行っている(図1)。特に、人力による軌間内へのかき込み作業は多大な労力を要しており、現場からのニーズとして、軌間内散布可能なミニホキの開発が求められている。しかし、現行のミニホキの散布構造(レバー操作による蓋の開閉式)を、軌間内に適用するだけでは、砕石の撒き過ぎによって、車輛限界を支障し、走行不能や脱線にいたる可能性がある。そのため、軌間内へ一定量の砕石散布量の制御を可能としたミニホキの開発に取り組むこととした。

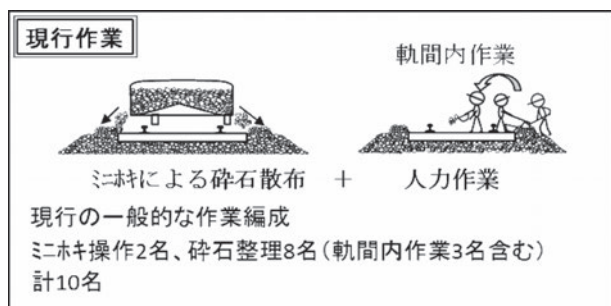


図1 現行の砕石補充作業

2. 砕石散布量制御機構の検討

ミニホキにより軌間内へ散布可能な機構を検討するにあたり、散布量を制御する機構について検討したものを表1に示す。

ベルトコンベア方式はベルトコンベアの速度により散布量を制御できるが、砕石排出口でのシャッター機構と搬送用ベルトコンベアの2つの機構が必要となるため、機構が複雑になり、製品コストがかかる。スクリーコンベア方式ではスクリーコンベアの速度により散布量が制御でき、操作もスクリーコン

表1 砕石散布量制御機構の検討

制御機構方式	ベルトコンベア	スクリーコンベア
散布量制御方法	シャッター開閉制御により砕石をベルトコンベアに卸し、ベルトコンベアの速度により制御	スクリーコンベアのピッチ(容量)と速度により制御
操作	2段階操作(シャッターとベルトコンベア)	1段階操作(スクリーコンベア)
評価	△	◎

ベアのための操作であるため、機構がシンプルであり、かつ製品コストも安く抑えることが可能である。よって、スクリーコンベア方式を採用することとした。また、現行ミニホキの今後の老朽取替えを見据え、現行の軌間外散布も可能なスペックを有する構造を検討することとした。

3. 砕石散布量制御機構の要素開発

3.1 スクリューコンベアの設計

スクリーコンベアにおける散布量の制御は、スクリー1回転あたりの搬送量により、一定量に制御可能である。スクリーの外径はモーター回転による騒音を配慮し、低回転で大量の砕石を搬送できるように大きな径が望ましいと考えるが、ミニホキに搭載する形状の制約や搬送量、モーターにかかる負荷、騒音等があるため外径は400mmとし、1ピッチの長さは、人力による砕石補充作業の砕石散布量(マクラギ間:約0.025m²)を考慮し、500mmとした。以下にスクリーコンベアの外径とピッチを示す(図2)。

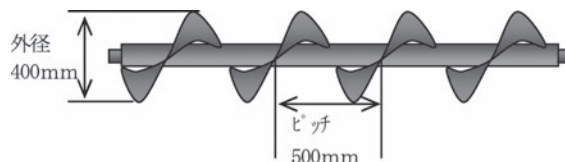


図2 スクリューコンベアの外径とピッチ

スクリーコンベアの材質については、加工性や碎石に対す
る耐摩耗性、コストを考慮し、軟鋼 (SS400) を素材とする
溶接加工により試作することとした。

3.2 スクリューコンベアの性能確認試験

(1) 試験方法

- ①ミニホキを想定した荷箱内にスクリーコンベアを設置し、
荷箱内に碎石を投入する。
- ②スクリーコンベアの排出口の下にベルトコンベア (速度
2km/h設定) を設置して、一定時間動作させ、碎石を
排出させる。
- ③排出された碎石の質量を測定し、密度から散布量を算
出する。

(2) 試験結果

表2 試験結果

表2より碎石散布量はほぼ安定し
た量で散布可能となった。

No	散布量 ($\text{m}^3/100\text{m}$ あたり)
1	3.3
2	2.1
3	3.2
4	3.3
5	4.2

4. 碎石誘導機構の要素開発

4.1 誘導機構形状の考案

荷箱 (ホッパー) 内の碎石を軌間内、軌間外に散布可能
な形状を検討したところ、軌間外散布は、現行通りの人の操
作による蓋の開閉式とすることにした。理由としては、軌間内
散布の際のスクリーコンベア故障の際に、荷箱から碎石の
取卸しを可能とするためである。よって、誘導機構の形状は、
以下とする。

- (1) 軌間内に碎石散布するときは、スクリーコンベアによる
回転制御方式とし、軌間外のフタは閉じたまま碎石をスク
リーコンベアに誘導する。
- (2) 軌間外に碎石散布するときは、フタの開閉量により散布
量を制御する方式とし、スクリーコンベアは動作させず
に碎石の流れをフタから外に向かう様に誘導する。

4.2 誘導機構の設計

(1) 荷箱の斜角度選定試験

荷箱 (ホッパー) 内の碎
石をスムーズに排出口に誘
導するための適正な斜面
角度 (図3) が不明であった
ため、基礎試験を実施した。

① 試験方法

荷箱の斜面角度を変更
できる試験機 (図4) を用い、
図3 ホッパー荷箱角度の位置図
碎石散布流量を測定し、碎石を流すのに最適な斜面角度を
求めた。同時に碎石を排出する散布口フタ (以下、開口部

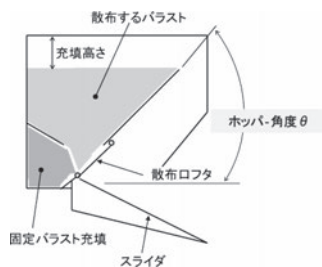


図3 ホッパー荷箱角度の位置図

とする) の大きさを変化させ、
碎石同士が噛み合わさり、
排出されないブリッジ現象が
発生しないか観察した。

② 試験結果・評価

荷箱内の斜面の角度は
35°から40°が散布流量が多
く、かつブリッジ現象が発生しないため、スムーズに碎石を
誘導できることが試験よりわかった (図5)。その中で荷箱の
容積がコンパクトに9m³を満足するように斜面角度35°とした。
図3の散布口フタ (以下、開口部とする) の大きさについては、
120mmから320mmの範囲で試験を行い、ブリッジ現象が発
生しないためには、142mm以上の高さが必要であることが
わかった。この結果を踏まえ開発品は200mmの開口部高さ
とした。



図4 斜角度選定試験機

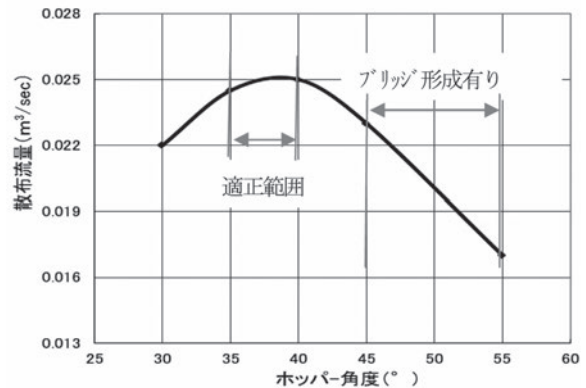


図5 ホッパー荷箱角度試験結果

(2) 散布位置試験

散布位置の設計寸法は以下とする (図6)。

- ・軌間内散布は、軌道中心より散布幅が650mm以内
- ・軌間外散布は、軌道中心より1000mm以上

散布位置試験を行った結果、設計寸法を満たすことを確
認した (図7、8)。

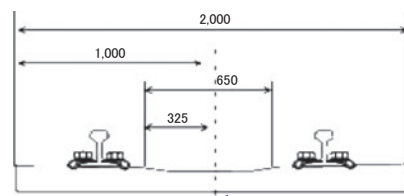
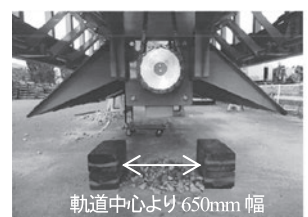


図6 散布幅の設計寸法



軌道中心より1000mm以上

図7 軌間外散布位置試験



軌道中心より650mm幅

図8 軌間内散布位置試験

5. 軌間内散布可能なミニホキの全体設計

5.1 全体設計概要

これまでの要素開発の知見を基に、全体設計を行った。ホッパーは碎石が9m³入る容量とし、スクリーコンベアは2.5mの長さを2本使用し各々が独立して動作する構造とした。スクリーは、碎石散布量制御の要素試験における結果及び製作精度を考慮し、形状は直径400mmの鋼製で、ねじれ角は21.8°程度とし、荷箱との隙間は10mm、製作公差±3mmとした。動力は油圧発生装置を搭載し、ディーゼル内燃エンジンにより油圧ポンプを回し、油圧を発生する。油圧ポンプの斜板を電気信号によって制御することで、流量を調整し、油圧モーターの回転数をコントロールする。油圧モーターの回転は弾性継手を介しスクリーに直接伝達される。全体写真は、以下となる(図9)。



図9 軌間内散布可能なミニホキの全体写真

5.2 基本仕様

(1) 機械諸元

開発したミニホキの機械諸元を以下に示す(表3)。

表3 主な機械諸元

項目	寸法・性能
全長	11500mm以下(自動連結器含む)
全幅	2400mm以下
全高	2300mm以下(操作モニター含む)
自重	17000kg
エンジン	3気筒 立形直列水冷4サイクルディーゼル機関
定格出力	18.0kW/2800min ⁻¹
油圧ポンプ設定圧力	21.0MPa(流量 0~140L/min)

(2) 速度同調機能

軌間内走行散布の際に一定量の散布量を確保するためには、走行速度と散布量を同調させる必要がある。よって、作業速度の範囲内で速度の加減速に関わらず、一定量の散布量が可能となる機能を設けた。機構としては、ボギー台車の車軸に速度センサー(図10)を取付け、作業走行速度(0.5~10km/hの範囲内)に合わせて、スクリー回転数を同調させるものである。範囲を0.5km/hからに設定した理由は、停止時にスクリー1ピッチ分(0.005m³)の碎石落下量が確認されたことにより、このムラを0.5km/h~0km/h(停止)までの約2m間の惰性走行で碎石落下量をなじませるためである。また、バラスト散布量を操作パネル(図11)にて3段階「大・中・小」での制御が可能である。散布量設定の試験データを以下に示す(図12)。



図10 車軸速度センサー



図11 操作パネル

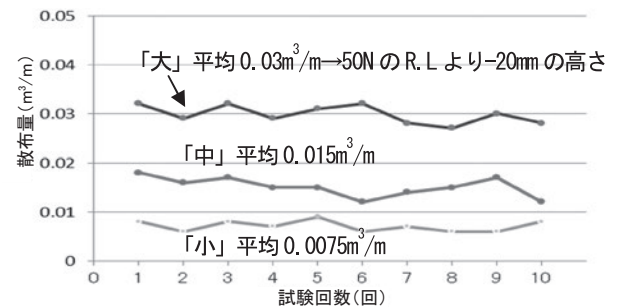


図12 速度同調の散布量3段階のデータ

(3) 正転・逆転機能

異物混入等によるスクリーの噛み込みによる停止を防止するために、操作パネルに正転・逆転ボタンを設けた(図11)。噛み込み現象が発生し、スクリーが停止した場合には逆転ボタンを押し、逆回転させることにより、噛み込み現象が解消される。

5.3 安全機能

本開発品に取付けた主な安全機能を以下に記す。

(1) 軌間内散布超過検知棒

撒き過ぎ等により、検知棒がバラストに抵触した際に、スクリーの停止及びMCとミニホキへの非常ブレーキが作動する機構である。検知位置は、レール面上50mmの高さに設定した(図13)。



図13 軌間内散布超過検知棒

(2) カメラモニター機能

軌間内散布の排出口にカメラ(図14)を取付け、操作パネルのモニター及びMCの運転席モニター(図15)で散布状況の確認ができるようにした。



図14 軌間内散布監視カメラ



図15 散布量確認モニター

(3) 非常停止ボタン

①緊急停止ボタン

操作パネルの脇に緊急停止ボタン(赤)を設置した(図16)。地上設備がある場所での道床散布等、操作者が危険を察知したときに、緊急停止ボタンを押すことにより、スクリューの停止及びMC及びミニホキへの非常ブレーキが作動する。

②遠隔操作用スクリュー停止ボタン

無線式の遠隔操作により、スクリューを停止できる機能を設置した(図17)。無線の飛距離は約100mであり、遠隔操作により、スクリュー停止が可能である。



図16 緊急停止ボタン



図17 遠隔操作用停止ボタン

5.4 砕石品質確認試験

散布した砕石の品質確認のため、粒度・形状試験を実施した。試験方法は、道床バラスト製作積込工事標準仕様書(社内規程)によるものとする。試験の条件分けとしては、散布量「大・中・小」の各回転数での試験とその中で高回転である散布量「大」では、さらに砕石の荷箱の積載9m満車、1/2、1/4積載時の各条件にて実施した。結果、各測定値が規定値内にあることを確認した。例として、一番条件が厳しい高回転・満車積載時の試験結果を以下に示す(図18、19)。

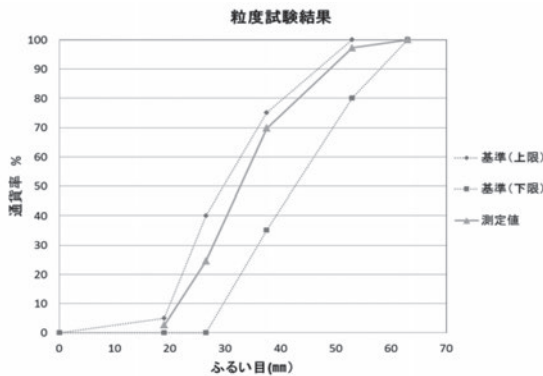


図18 高回転・満車積載時の粒度試験結果

試験測定表

残留ふるい目 (mm)	試験前の重量	扁平度 (ケージ目盛を通るもの)		細長さ (ケージ目盛を通らないもの)	
		ケージ目盛	試験後の重量 kg	ケージ目盛	試験後の重量 kg
53.0	0	37.1	0	111.4	0
37.5	7.61	29	4.22	86.9	0.81
31.5	5.82	22.1	1.40	66.2	0.63
19.0	14.70	16.2	3.89	48.5	4.71
合計	28.13	—	9.51	—	6.15

試験結果
 扁平度 (基準45%)
 $\frac{9.51}{28.13} \times 100 = 33.81\%$
 細長さ (基準60%)
 $\frac{6.15}{28.13} \times 100 = 21.86\%$

図19 高回転・満車積載時の形状試験結果

6. 営業線試験

(1) 試験概要

外房線(御宿-勝浦駅間)にて、性能確認試験を行った。線形条件としては、直線区間、曲線区間(R=300m、C=105mm区間含む)において、計4日間実施した。

(2) 試験結果

軌間内の速度同調散布が正常に作動することを確認した。但し、試験2日目の線形(R=500m、C=101mm 左曲線)で、スクリューが噛み込みロック現象が発生した(図20)。このことから、下記(3)の改良を行う事とした。

(3) 原因及び改良結果

最大カント105mmになると、砕石流入量が約8%増加する。この流入量の負荷が、スクリューの回転力を上回っているため、砕石の噛み込んだ後のロック現象が発生することが分かった。よって、砕石流入口の断面積の10%(2割余裕)を銅板で防ぐ処置を行い(図21)、スクリューの負担力を減したところ、続く3、4日目の同様な線形条件では、ロック現象が発生しなかった。



図20 ロック現象の状況図



図21 砕石流入口のカバー

7. まとめと今後の展開

これまで、要素開発を行い、各性能を確認して、全体設計を行った結果、性能を満足できる機構を開発することができた。

今回の開発品は、量産先行車の位置づけとし、今年度耐久性試験を実施している。営業線で年間を通して、使用して、これまで確認できなかった部材・機器の耐久性性能や曝露試験、月次点検、年次点検によるメンテナンス項目の精査を行っている。また、各パートナー会社が開発品を使用して頂き、操作性等の問題点も抽出し、製品版に反映していく予定である。製品版は、2015年度からの生産予定である。