

# サンドブラスト作業の省力化技術の開発

棚原 靖、金城 洋、大濱博達\*

サンドブラストとはショットブラストの一種で、投射材として珪砂（サンド）をワークに衝突させて、ワークの汚れや錆、塗装除去などの表面加工を行うものである。この作業は、対象物の種類が多様であるため手動で行っており、ブラスト材の再利用のための回収作業も手動で行っている。また、ブラスト材の飛散防止や粉塵対策のため閉鎖空間で行っており高温で厳しい環境での作業を強いられている。そこで、これらの問題を解決するため、サンドブラスト作業のリモート操作技術や使用済みブラスト材の回収装置ならびにブラスト作業環境の改善など一連の省力化技術の開発を行った。

## 1 はじめに

平安座総合開発株式会社では、サンドブラスト作業を屋外の専用作業場で行っているが、ブラスト材の飛散防止や粉塵対策のため、閉鎖環境の中で1名の作業者が従事している。ブラスト材を供給するブラストパットやエアコンプレッサーは作業場から離れた場所にあり、ブラストの開閉バルブもブラストパットに搭載されていることから、ブラスト作業とは別にバルブのオンオフ操作を行う作業が必要である。さらに、ブラスト作業者の作業環境の監視を兼ねた開閉バルブ操作の合図を送る作業員も必要であり、現在は合計3名の作業者が従事している状況である。（図1参照）

また、ブラスト作業時には、ブラスト材として約300kgの珪砂を使用しており、作業終了後に作業場に飛散・堆積した使用済み珪砂を回収して再利用している。この回収作業には3名の作業者でも約1.5時間かかり、全ブラスト作業時間の2割を占めている。

一方、先に記載した通り、ブラスト作業はブラスト材の飛散防止や粉塵対策のため閉鎖空間で行っていることから作業場には排気ダクト等の換気設備を設けているが、排気効率が悪いことから絶えず霧がかかった様な状況下で作業を行っている。

これらの問題を解決するため、サンドブラスト作業のリモート操作技術や使用済みブラスト材の回収装置ならびにブラスト作業環境の改善など一連の省力化技術の開発を行った。

本報では、主に当センターが担当した使用済みブラスト材の回収装置の設計を中心に、リモート操作機器の選定や排気設備の能力評価などを通して得られた知見を報告する。

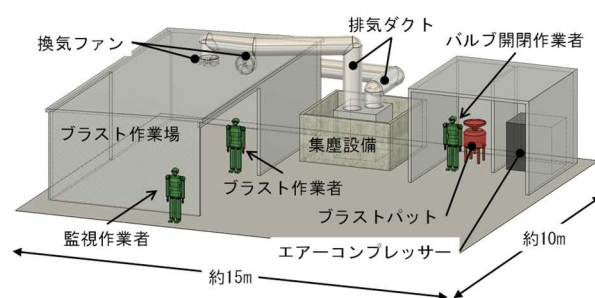


図1 サンドブラスト作業環境

## 2 実験方法

### 2-1 サンドブラストリモート操作技術の開発

ブラストパット側で実施しているバルブのオンオフ操作についてブラスト作業場からの遠隔操作を可能にする方法を検討した。

### 2-2 使用済みブラスト材の回収装置の開発

#### 2-2-1 回収装置の設計・製作

2トンクラスの部材を搭載可能なグレーチングの強度計算や回収ホッパーの傾斜角などの計算を行うとともに、バキューム装置の選定など回収装置の総合的な設計を行った。

#### 2-2-2 使用済みブラスト材の再利用に関する検討

ブラスト材は、再利用しているが利用回数が増すごとに微細な粉塵量が増加し、視界不良となることで作業環境の悪化をまねていることから、再利用するにあたって微細な粉塵の除去を目的に振りい機の利用とその再利用条件を検討した。

また、使用済みブラスト材中には、錆や鉄粉などの鉄系不純物が混入していることから、それを除去するためのマグネットの選定ならびに回収装置への設置個所について検討を行った。

\*平安座総合開発株式会社

## 2-3 ブラスト作業環境の改善

### 2-3-1 換気設備の設計・施工

作業環境を改善するため、換気ファンの容量計算や設置場所等の検討を行い、作業場の容積を考慮した排気設備の改良を行った。

## 3 実験結果および考察

### 3-1 サンドブラストリモート操作技術の開発

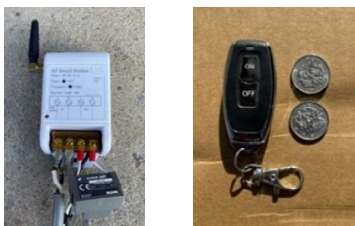
ブラストパットに搭載されているオンオフバルブの開閉作業を省力化することを目的に、バルブ開閉の自動化について検討を行った。当初は、エアー駆動型のリモート開閉バルブを検討したが、ブラスト作業場まで、駆動用のエアー配管が必要となることから、配管コストおよび配管スペースの制限から電磁バルブによるリモート開閉システムの構築を目指した。

また、手動バルブを電磁バルブに置き換えることも想定していたが、故障時の対応を想定して、コンプレッサーから電磁バルブへの流路と手動バルブへの流路を併設し、電磁バルブのオンオフにはワイヤレスリレースイッチを組み込むことで、遠隔操作が可能なシステムを構築した。使用した電磁バルブならびにワイヤレスリレースイッチは、既設の電源設備が利用できるようAC100V仕様を選定した。

ワイヤレスリレースイッチは315MHz帯の無線通信で、カタログ上の有効距離は、遮蔽物がない条件で50 mである。現状のブラストパット設置場所と作業場までの間には、遮蔽物がいくつか存在するが、距離が約10 m程度とカタログスペックの1/5程度の距離であったことから、受信器と手元操作スイッチの通信環境は良好であった。



a) ブラストパットとオンオフバルブ



b) ワイヤレスリレー リモートスイッチ

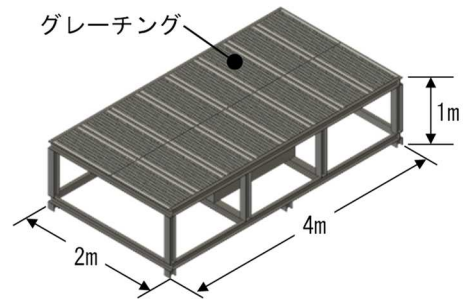
図2 構築したリモート操作システム

### 3-2 使用済みブラスト材の回収装置の開発

### 3-2-1 回収装置の設計・製作

ブラスト作業場に持ち込まれる主なワークは2トンクラスであるが、最大で7トンクラスのワークも行うことがある。そのため、開発目標である使用済みブラスト材の回収装置は、両方に対応すべく移動可能な構造とする必要がある。また、現在のブラスト作業場は、約4 m×4 m程度の大きさであることから、回収装置もそのスペースに設置可能な大きさにする必要があるが、天井クレーン等も設置されていないため、必然的にフォークリフトによる設置ならびに撤去が可能な構造が求められる。

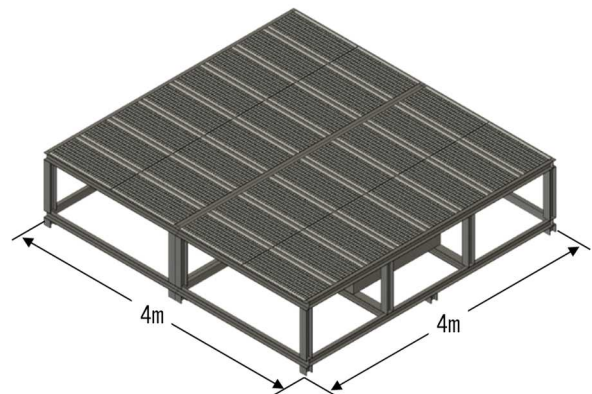
そこで、可搬性を考慮した2 m×4 mの回収装置を2台組み合わせることで、所定の作業面積を確保する構造を採用し設計・製作を行った。初期の設計案を図3に、負荷荷重2トン(19,613 N)時における解析結果を図4に示す。



a) 回収装置 (グレーチングあり)

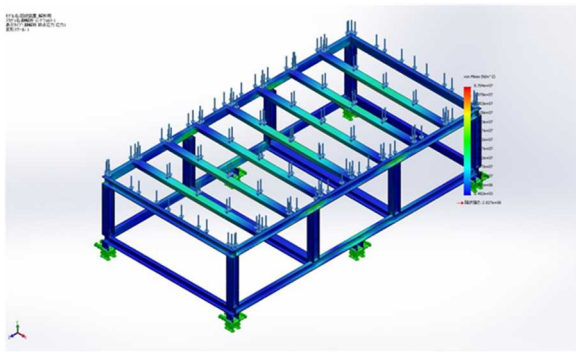


b) 回収装置 (グレーチングなし)

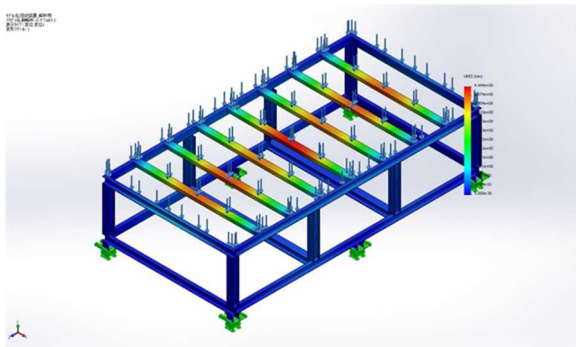


c) 回収装置 (2台設置)

図3 使用済みブラスト材回収装置初期設計案



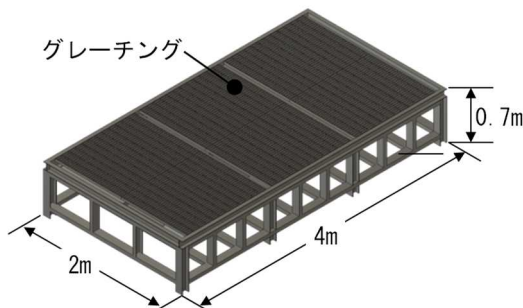
a) 応力 (最大 :  $8.704e+07$  N/m<sup>2</sup>)



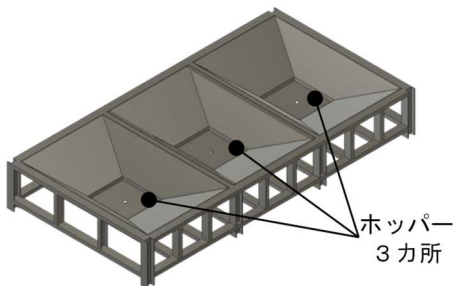
b) 変位 (最大 :  $4.444e+00$  mm)

図4 解析結果 (19,613N負荷時)

初期案では、大きさや強度的には目標をクリアしているものの、改修装置の高さが1 mとなっており、対象物の搬入搬出や作業員の作業性に問題があったことから、高さを0.7 m程度に縮小して再設計することとした。



a) 回収装置 (グレーチングあり)



b) 回収装置 (グレーチングなし)

図5 使用済みプラスト材回収装置再設計案

さらにホッパー部を中央の1カ所に集約すると十分な傾斜角が得られないことから、ホッパー部を長手方向に3分割した。図5に再設計した図を示す。これにより、1カ所集約時には最小傾斜角が約12度だったが、3分割再設計案では最小傾斜角を約25度確保することができたことから、再設計案を基に使用済みプラスト材回収装置の製作を行った。製作した回収装置を図6に示す。



図6 製作した使用済みプラスト材回収装置

本装置は、ホッパーにより中央部に集約されたプラスト材を、バキューム装置を利用して回収することを前提に設計していることから、バキューム装置には吸引能力が求められる。

バキューム装置の選定にあたっては、数機種と比較検討を行い、カタログの仕様書に記載されている風量、真空度等からバキュームホース先端の流速を概算し、導入装置を決定した。

製作したプラスト回収装置により使用済みプラスト材が1カ所に集約されるようなホッパーを設け、さらに集約された箇所にはバキューム装置を設ける事で、人手による回収作業時間を短縮することが可能になった。

ただし、1箇所から吸引しているため、バキュームに近いホッパー部のプラスト材が無くなるとその部分で正圧となり、残り2箇所のホッパー部の吸引力が低下するため、プラスト材が回収されたホッパー部に開閉機構を設けるか、バイブレータの設置などの検討が必要である。



### 3-2-2 使用済みプラスト材の再利用に関する検討

使用済みプラスト材の再利用については、研究開発時点でも行っていたが、再利用回数が増すごとに粉塵の量が増加し、視界不良となることで作業環境の悪化をまねいていたことから、再利用するにあたって振るい機を利用した再利用条件の検討を行った。

図7に新材および使用回数毎の粒径589 μm以上の回収率のグラフを示す。新材に含まれている割合が多い粒径として、閾値を589 μmに設定した。グラフより、1回使用済みならびに2回使用済みの回収率は45～47%であるのに対し、3回使用済みでは19%となっており、極端な低下がみられたことから再利用は2回までが有効であると考えられる。

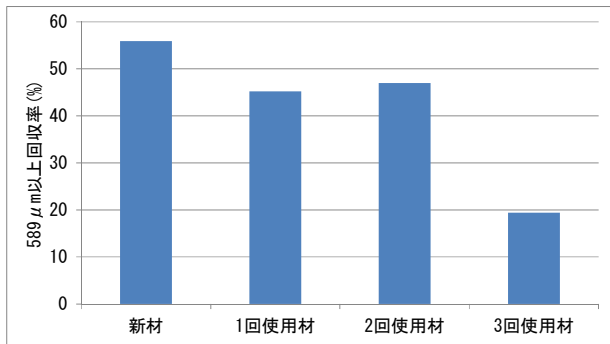
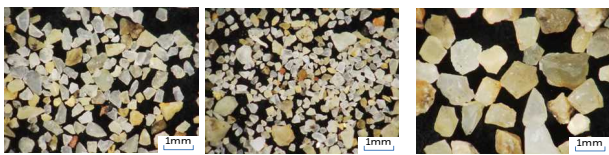


図7 粒径589 μm以上の回収率の比較

図8にプラスト材の写真を示す。a) は1回使用済み、b) は3回使用済み、c) は粒径589 μm以上に振るいを行った状態である。使用回数を重ねるごとに粉砕により細かくなっており、粒径589 μm以上のプラスト材と比較してもその違いは明らかとなっている。



a) 1回使用済み b) 3回使用済み c) 589 μm以上

図8 プラスト材の拡大写真

次に鉄分の除去について検討を行った。図9に2回使用済みプラスト材の鉄系不純物含有率のグラフを示す。測定は、2種類の磁束密度の違う磁石を使用して、元の砂の重量と磁石に付着した鉄系不純物の重量から求めた。磁束密度の違いについても比較した。グラフより、鉄系不純物の含有率は、粒径589 μm以上では0.2%程度であるのに対し、粒径589 μm以下では2%以上となっており10倍程度の違いが見られた。磁束密度の比較では400 mTの磁石の方がより除去率が高いものの、粒径の違いほどの差は見られなかった。

このことから、粒径約600 μm以上の使用済みプラスト材を再利用すれば、磁選別を行う必要性はあまりないものと考えられる。

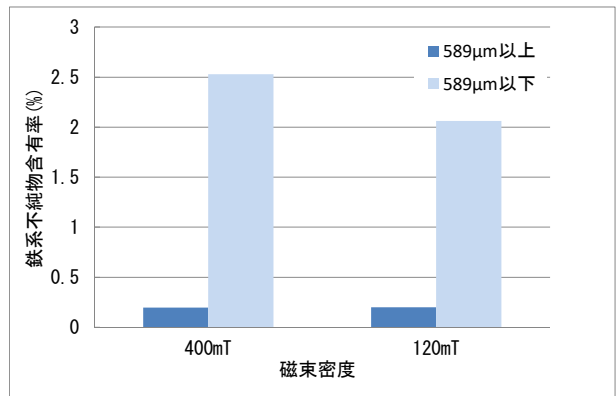


図9 鉄系不純物含有率

### 3-3 プラスト作業環境の改善

現状の換気設備に関して、既設の換気ファン（2カ所）の能力を概算するため、換気ファンの流速を測定した。測定の結果、換気ファンの入り口での流速が3～6 m/sであったことから、ダクト内の平均流速を4 m/sと仮定し、換気能力の概算を行った。

$$\text{平均流量} Q = VS = 2.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

(平均流速V: 4 m/s, ダクト直径r: 800 mm,

$$\text{ダクト内面積} S = \pi r^2 : 0.5 \text{ m}^2)$$

$$1 \text{ 時間当たりの総換気量 } Q_{\text{all}} = Q \times 3600$$

$$= 7,236 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$1 \text{ 時間当たりの換気回数} = Q_{\text{all}}/A$$

$$= 113.1 \text{ 回/h (作業エリア容積} A : 64 \text{ m}^3)$$

概算より、既設の換気ファン1基でも4 m×4 m×4 mのエリア内は、1時間当たり110回程度換気できる能力があることが分かったことから、既設の換気ファンをそのまま使用することとした。

しかしながら、2基の換気ファンがダクトを通じて集塵設備に集合される構造となっていることに加えフィルターによる排気抵抗も大きく、時折、逆流現象が発生する場合があったことから換気ファン1基による排気効率の検証を行うこととした。

図10に集塵設備の改善写真を示す。排気抵抗となっていたフィルターを一部取り外して、排気効率を向上させると同時に、開放型であった集塵エリアを遮蔽し、集塵回収用ミスト並びに貯水槽への粉塵の接触量を増大させることで、外部への粉塵排出量も減少させることが可能となった。



改造前（集塵部）



改造後（集塵部）

図10 集塵装置の改善状況



改善前の作業状況



改善後の作業状況

図12 ブラスト回収装置を使用した作業状況

### 3-3-2 排気効率の検証

これまで2基の換気ファンを用いていたが、換気ファンの能力や設置個所の見直しによって、排気集合部の拡大につながり、換気を1基で行うことが可能となった。これによって、消費電力の削減や余剰の換気ファンを予備機とすることが可能になった。その一方で、作業場の視界はそれほど大きく改善されていなかった。

そこで、作業場の出入口の網の上から風などを透過させないシートを用いて閉鎖する事により、作業場を負圧化することで、排気効率が良くなり良好な視界を確保することが可能となった。



図11 シートによる遮蔽状況

## 4 まとめ

サンドブラスト作業にかかる諸問題を解決するため、サンドブラスト作業のリモート操作技術や使用済みブラスト材の回収装置ならびにブラスト作業環境の改善など一連の省力化技術の開発を行った。その結果、以下の結論を得た。

- ・ブラストパットでのバルブ開閉作業について、電磁バルブを設置するとともに、ワイヤレスリレースイッチを組み込むことで、ブラスト作業の遠隔操作が可能となった。

- ・使用済みブラスト回収装置を設計・製作し、装置上での作業性の確認やブラスト材の回収作業に対する有効性を確認した。

- ・既設の換気設備の能力確認を行うとともに、改善案を提案したところ、改善前と比較して良好な視界を確保することが可能となった。

本研究は令和4年度 ものづくり生産性向上支援事業「サンドブラスト作業の省力化技術の開発（2022技018）」として実施したものである。

## **Development of labor saving technology for sandblasting work**

Yasushi TANAHARA, Hiroshi KINJO, Hirotatsu OOHAMA\*<sup>1</sup>

Okinawa Industrial Technology Center

\*<sup>1</sup>Henza Sogo Kaihatsu Co.,Ltd

Sandblasting is a type of shot blasting that performs the surface processing of the removal of dirt, rust, and paint from a workpiece by using silica sand as the projection material that collides with the workpiece. Since the types of objects are of great variety, this work is manually performed, and the recovery operation for recycling the blast material is also performed manually. In addition, since it is performed in a closed space to prevent the scattering of the blast material and to implement countermeasures for the dust, the workers are forced to operate in a high temperature and strict environment. Therefore, in order to solve these problems, we developed a series of laborsaving technologies, such as remote operation technology for blasting work, a recovery system for used blast material, and improvement of the blasting work environment.

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。