

全自動吹付システム 「Automatic-Shot R」の開発

永岡 藤彦¹

¹ライト工業(株) 施工技術本部 機械統括部

のり面吹付工における ICT 活用技術として、吹付機オペレータ個人の技量に依存しない新たな吹付システムを構築することを目的とした全自動吹付システム「Automatic-Shot R」を開発した。本開発により従来機械の吹付プラントに比べ、プラント人員が3名から1名に削減できた。また、全ての機械が自動化されたことにより、非熟練者でも運用が可能となった。その他にもホース閉塞時の緊急吐出停止は吹付機が自動で判断して実施できることで安全性が向上し、更に2本ノズル施工の全自動運転により従来施工に比べて1.66倍の生産性向上を実現した。生産性向上による工期短縮効果により従来施工に比べて40.1%の燃料消費量及びCO2排出量の削減を達成できた。

キーワード： のり面吹付工、ICT化、安全性向上、省人省力化、生産性向上、CO2削減

1. はじめに

モルタル・コンクリート吹付技術は、出来高や品質の確保が吹付機オペレータ個人の技量によって左右されているのが現状である。また、近年の生産年齢人口の減少に伴う新規就労者の減少と熟練技能者の引退などで技術の伝承が危ぶまれている。こうした社会情勢に鑑み、吹付機オペレータの技量に依存しない新たなのり面吹付システムとして全自動吹付システム「Automatic-Shot R」を開発した。本稿では「Automatic-Shot R」の概要と現場導入による効果の検証を紹介する。

2. 開発背景

のり面の分野ではロープ足場によるのり面上での作業が多く、専門性の高い技能者の確保が必須であるが、近年の建設業界においては全般的な作業員不足に陥っている。また、吹付機の操作においても熟練の操作技術が必要であるが、熟練オペレータが年々減少してきており生産性が上がらない原因の一つである。これらの問題を解決すべく従来の課題を抽出して新たなのり面吹付システムを開発した。

(1) 従来機械の吹付プラントの課題

機能面および施工面での課題を以下に記す

- ・全ての機械が手動操作のため熟練作業者が必要である
- ・オペレータの技量により施工能力が大きく影響される
- ・2～3名のプラント人員が必要である
- ・各材料の計量値の記録保存ができない
- ・吹付け仕上がり具合等はノズルマン側での判断が多いが吐出量調整やホース閉塞時の緊急吐出停止等は吹付機側でないとできない
- ・2本ノズル吹付は経験豊富な限られた一部の熟練オペレータのみが可能である

(2) 「Automatic-Shot R」の開発コンセプト

前項に記載した課題を解決すべく以下を開発目標と定めた

- ・全ての機械を自動化し非熟練者でも運用を可能とする
- ・オペレータの技量に依存しない全自動吹付システムを構成する
- ・プラント人員を1名で運用可能とし省人省力化を図る
- ・各材料の計量値の記録保存を可能とする
- ・吹付吐出量の調整をノズルマン側からでも可能とする
- ・ホース閉塞時の緊急吐出停止は吹付機が自動で判断して実施できるようにする
- ・2本ノズルの全自動吹付運転を可能とする

3. 「Automatic-Shot R」の概要

「Automatic-Shot R」は、オペレータ個人の技量に生産性や品質が依存されるという問題があった吹付機を全自動化し、更に計量器搭載ミキサーや9 t減算計量式セメントサイロ等の付帯機器との連携も自動化することで、非熟練者でも運用を可能とした。また、プラント人員の省人化及び安全性、生産性も大幅に向上させている(写真-1、図-1)を参照。以下、各構成機器について説明する。



写真-1 「Automatic-Shot R」プラント全景

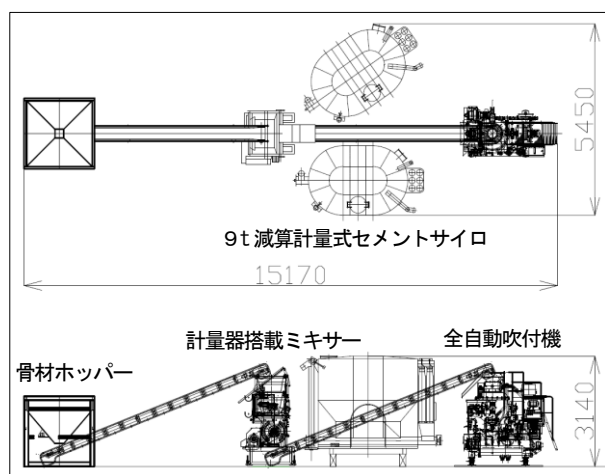


図-1 「Automatic-Shot R」プラント外形図

(1) 全自動吹付機 (RLSW-AT)

吹付機とは、モルタル・コンクリート等をエア圧送し、のり面に吹き付ける機械である。全自動吹付機 (RLSW-AT)は、「Automatic-Shot R」を構成する主たる機械である。従来型吹付機(写真-2)は、オペレータの技量に生産性が依存されるという問題があった。よって、全自動吹付機を新規開発するにあたり、熟練オペレータのノウハウを数値化する必要があった。従来型吹付機において熟練オペレータの各種パラメータ(空気流量、圧力、材料切替間隔等)を取得したグラフが(図-2)になる。これらのパラメータを元に全自動吹付機的设计を行っ

た。新規に開発した全自動吹付機(写真-3)では、空気流量や圧力等の各種パラメータを自動制御することにより熟練オペレータと同等以上の生産性を確認できた。また、全自動吹付機で取得した各種パラメータは、従来型吹付機のデータと比較すると均一で安定しており、各種制御がうまく機能していることが確認できた。全自動吹付機の吹付データは(図-3)を参照のこと。



写真-2 従来型吹付機 (8LG-800#AEL)

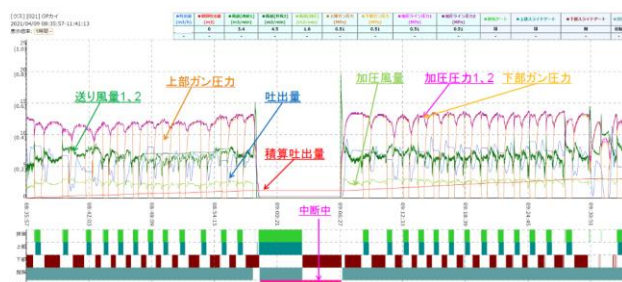


図-2 従来型吹付機の吹付データ



写真-3 全自動吹付機 (RLSW-AT)

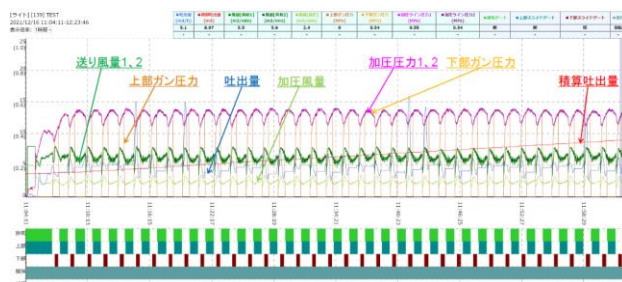


図-3 全自動吹付機の吹付データ

全自動吹付機には無線操作リモコンを採用しており、プラントマン用とノズルマン用を付属している。プラントマン用では、吐出の中断/再開や非常停止等の操作ができ、ノズルマン用ではそれらに加えて吐出量の調整が可能となっている。これらの機能により従来型吹付機に比べて格段に操作性と安全性が向上している。また、全自動吹付機の操作盤にはグラフィックモニターを採用しており、非熟練者でも吹付機の稼働状況が把握しやすくなっている。機械のトラブル時でも警報やメッセージ等が表示され、解決方法へ導く仕様となっている。安全面に関し、従来型吹付機ではホース閉塞時にはオペレータが手動操作により吐出停止を行い釜圧を排気させるが、機械の構造上、材料投入中は排気できない等の迅速な対応が難しい点がある。これに対して全自動吹付機は、ホース閉塞時には迅速に吐出停止が可能である。緊急吐出停止となる基準圧力を予め設定しておくことでホース閉塞時の緊急吐出停止が自動で実施される仕組みとなっている。



写真-5 バッチャースケール

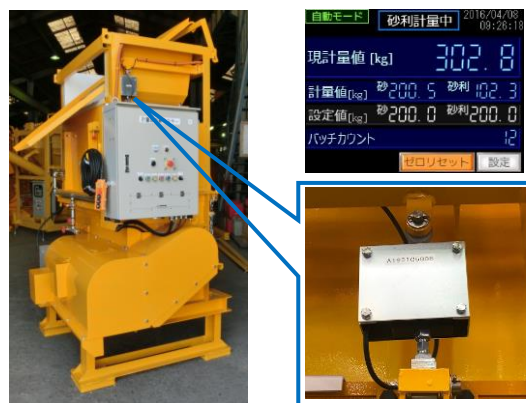


写真-6 ロードセル式計量器搭載ミキサー(KTM-7.5LC)

(2) 計量器搭載ミキサー (KTM-7.5LC)

計量器搭載ミキサーは、骨材とセメントを混練りするミキサーである。従来型計量器搭載ミキサー(写真-4)は、計量器としてバッチャースケール(写真-5)を使用しておりバッチ毎の骨材計量値を記録保存することができない。また、セメント投入は基本的に袋セメントでの対応となり空練りモルタルの製造能力は約4 m³/hで、袋セメント投入に作業員1名が必要となる。「Automatic-Shot R」で採用している計量器搭載ミキサーは、ロードセル式(写真-6)でありバッチ毎の骨材計量値を記録保存ことができ、更に計量精度が37.5%向上している。また、セメントサイロの使用に対応しており空練りモルタルの製造能力は約9 m³/hとなり従来型に比べて製造能力が約2.2倍向上している。更にミキサーに作業員が不要となり省人化に寄与している。

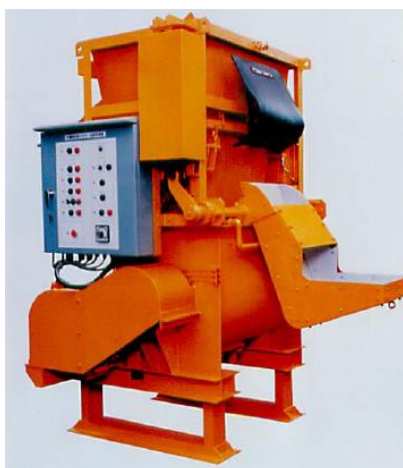


写真-4 従来型計量器搭載ミキサー(KTM-7.5)

(3) 9t減算計量式セメントサイロ

9t 減算計量式セメントサイロ(写真-7)は、ロードセルの上にサイロ本体が乗っており、スクリーンによりセメントが排出されると本体重量が減算していく仕組みのサイロである。投入できるセメント重量が最大9tである。「Automatic-Shot R」では、ローリー車の搬入効率を考慮して、当サイロの2基使用を標準としている。また、当サイロでは、計量値のアナログ出力機能を有しており、バッチ毎のセメント使用量を記録保存できる。当サイロの重量は2.3tであり、現場内でプラント移動がある場合でも2.9t吊りユニック等で移設が可能である点も優れている。

尚、「Automatic-Shot R」では、一般的な計量器付きの縦型セメントサイロも使用可能である。計量精度の関係上、計量器が500kg仕様のものを推奨している。



写真-7 9t減算計量式セメントサイロ

4. 「Automatic-Shot R」導入による効果

(1) 安定した出来高と工期短縮効果

「Automatic-Shot R」を4,624 m³(t=10cm)のべた吹き
の現場に初導入した。その結果、全自動吹付運転により
非熟練オペレータでも熟練オペレータと同等以上の安定
した出来高を上げられることが確認できた。また、2本
ノズル吹付の全自動運転(写真-8)により従来型機械の1
本ノズル吹付と比較して、1.66 倍の出来高向上効果及
び14.4 日の工期短縮を実現した(図-4)。



写真-8 2本ノズル吹付の全自動運転状況

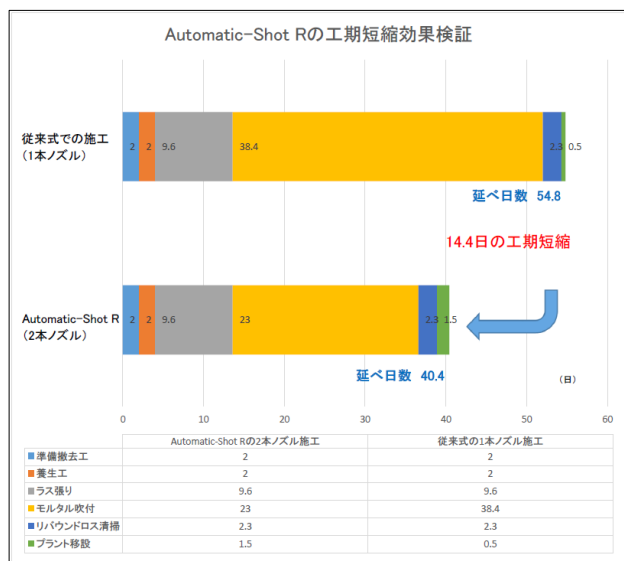


図-4 Automatic-Shot Rの工期短縮効果検証

(2) 省人省力化

従来型吹付プラントの人員構成(図-5)では、各機器が
単独での手動操作であるために最低2~3名を必要としたが、
「Automatic-Shot R」のプラント人員構成(図-6)は、
全ての構成機器が自動で連動されているので1名で賄え
る。さらに、非熟練作業者でも運用が可能となっている。
「Automatic-Shot R」では、吹付機の吐出量調整や中断

再開動作等がノズルマン側から無線リモコンで操作可能
なため、プラントマンは約30分毎に骨材を補給しつつ、
プラント周りで他の雑作業に従事することができ作業の
効率化を図ることができる。

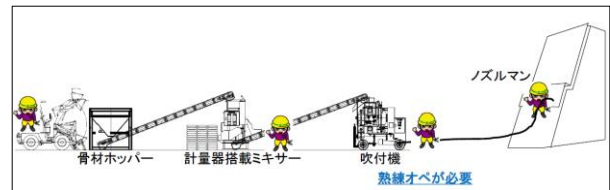


図-5 従来型吹付プラントの人員構成

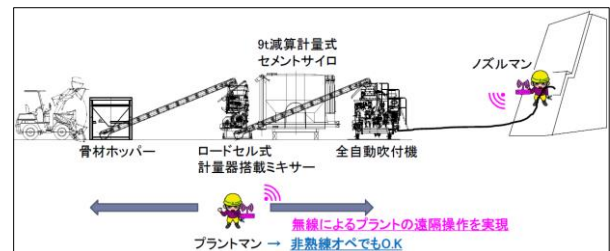


図-6 「Automatic-Shot R」のプラント人員構成

(3) 品質の確認

従来型吹付プラントでは、各機器の仕様上、各材料
の計量値の記録保存ができない。「Automatic-Shot R」
では、骨材計量はミキサーのロードセル計量、セメント
計量はサイロのロードセル減算計量、水計量は電磁流量
計による計量が可能である。また、各バッチ毎のデータ
を記録保存でき、全自動吹付機側で一括管理(図-7)が可
能となっており、品質の確認ができる(図-8)。

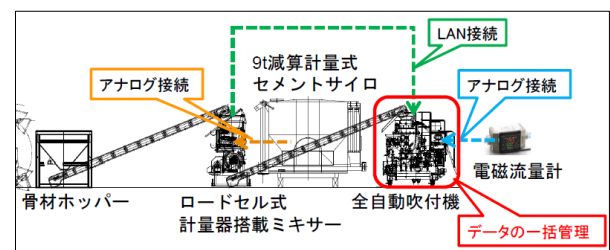


図-7 各種計量値の信号系統図

計量データ		2022年 7月 15日					
バッチ数	時刻	セメント (kg)		砂 (kg)		水 (kg)	
		実績	設定	実績	設定	実績	設定
37	11:15	61.0	60.0	249.5	250.0	33.4	33.0
36	11:13	60.0	60.0	248.8	250.0	33.8	33.0
35	11:11	61.0	60.0	249.1	250.0	33.5	33.0
34	11:10	62.0	60.0	249.9	250.0	33.1	33.0
33	11:08	62.0	60.0	248.5	250.0	32.9	33.0
32	11:06	61.0	60.0	249.0	250.0	33.5	33.0
31	11:05	61.0	60.0	248.6	250.0	32.9	33.0
30	11:03	62.0	60.0	249.2	250.0	33.3	33.0
29	11:01	60.0	60.0	249.5	250.0	33.1	33.0
28	10:59	61.0	60.0	248.8	250.0	33.1	33.0

図-8 各種材料のバッチ毎の計量値

(4) 燃料消費量及びCO2排出量の削減

前述で述べた工期短縮効果により、燃料消費量及びCO2 排出量に関しては従来型施工に比べて 40.1%の削減効果(表-1~3)となった。

表-1 付帯設備の燃料消費量

機械名	仕様	燃料消費量 (L/h)	燃料消費量 (L/日)
コンプレッサー	190HP	22.0	132.0
発電機	45KVA	8.1	48.6
合計			180.6

表-2 Automatic-Shot Rの燃料消費量の削減率

	施工日数	燃料消費量 (L/日)	総燃料消費量 (L)
従来型施工	38.4	180.6	6,935.0
Automatic-Shot R	23.0	180.6	4,153.8
燃料消費量の差			2,781.2

40.1%の削減率

表-3 Automatic-Shot RのCO2 排出量の削減率

	総燃料消費量 (L)	CO2排出係数 (kg/L)	CO2排出量 (kg)
従来型施工	6,935.0	2.58	17,892.3
Automatic-Shot R	4,153.8	2.58	10,716.8
CO2排出量の差			7,175.5

40.1%の削減率

5. 今後の展開

今回は、べた吹き施工での効果検証を行ったが、今後は、のり枠施工での効果検証を実施する予定である。

「Automatic-Shot R」は現状、モルタル・コンクリート吹付のみの運用であるが、緑化基盤材吹付への対応も進めており早期運用に向けて改良中である。また、各現場からの要望や意見を参考に、改善改良を進めて完成度を高めていく予定である。

6. おわりに

吹付機オペレータ個人の技量に依存しない新たなのり面吹付システムとして「Automatic-Shot R」の開発に成功したが、まだまだ実績現場数が少ないのが実状である。今後は様々な条件の現場を施工することで有効なデータを蓄積し、どのような条件下でも熟練オペレータの技術を実実に再現できるように自動制御の精度を向上させていくことが重要であると考えます。