

n

NIKKO
TECHNICAL REPORT

2021

04

NO.002

NIKKO TECHNICAL REPORT NO.002



本 社

〒674-8585

兵庫県明石市大久保町江井島1013番地の1
TEL.078-947-3131(代)

事業本部

〒101-0062

東京都千代田区神田駿河台3丁目4番地の2
(日専連朝日生命ビル5F)
TEL.03-5298-6701(代)

<https://www.nikko-net.co.jp/>

*n*からはじまる未来創造

沿革

- 1919- 1919 兵庫県神戸市に出資金50万円を以て「日本工具製作株式会社」設立
1920 兵庫県明石市に工場を新設
初商品となるショベルを発売
1921 本社を明石市に移転
- 1940- 1949 大阪証券取引所に上場
1951 コンクリートミキサ・ウインチなどの建設機械の製造を開始
1956 生コンクリートプラントの製造を開始
1958 アスファルトプラントの製造を開始
- 1960- 1962 江井島工場(敷地約10万m²)を新設し、製造を開始
東京証券取引所第一部に上場
パイプサポートの製造を開始
1963 パイプ足場の製造を開始
1966 各種コンベヤの製造を開始
1968 日本工具製作株式会社を日工株式会社に社名変更
合材サイロの製造を開始
1969 アスファルトプラントのオペレーター研修センターを開設
1971 日工電子工業(株)設立
1974 西独ベニングホーヘン社と技術提携
1977 代理店組織“トンボ会”を結成
1979 米国ボーイング社との技術提携
- 1980- 1981 生コンクリートプラントオペレーター研修始まる
1986 東京技術サービスセンターを開設
1988 台湾連絡事務所開設(現:台北支店)
1989 日工取引先持株会発足
協力工事店組織“アキツ会”を結成
財団法人日工記念事業団設立
1991 ベニングホーヘン社(ドイツ)と資本提携
決算期を11月30日から3月31日に変更
1994 ニッコーバウマシーネン(有)設立
資本金91億9,760万円に増資
トンボ工業(株)設立
1995 日工セック(株)設立
1999 北京駐在員事務所開設(現:日工上海北京事務所)
(社)日本建設機械化協会奨励賞受賞
- 2000- 2000 海外事業部開設
油汚染土壌浄化システムの製造・販売を開始
2001 プラスチック再商品化プラントの製造・販売を開始
中国現地法人日工(上海)工程機械有限公司設立
環境計量事業所を開設
2002 Bilfinger Berger Umwelt社(ドイツ)と汚染土壌浄化事業で業務提携
(株)新潟鐵工所とアスファルトプラント部門スポンサー引き受けについて基本合意
(株)新潟鐵工所との財産等譲渡契約書の正式締結
2004 日工(上海)工程機械有限公司、嘉定工業区への工場新設及び移転
2008 株式会社前川工業所の全株式の取得により子会社化
2018 自走式破碎機等を取り扱うモバイルプラント事業部を発足
2019 創立100周年を迎える
2020 NIKKO ASIA (THAILAND) CO., LTD. 設立
NIKKO NILKHOSOL CO., LTD. 設立

NIKKO TECHNICAL REPORT

2021.04

NO.002

**NIKKO
TECHNICAL REPORT**

巻頭言

- 05 …… ゼロカーボン時代にむけた燃焼関連機器開発
京都大学 林 潤准教授

論文

- 07 …… フォームドアスファルト発生装置の開発
[出典]オリジナル
堀口 諒 他
- 15 …… ミキサ回転方向による高強度コンクリート練混ぜへの影響について
[出典]オリジナル
籠谷 武 他
- 21 …… 熱分析装置(TG-DTA)を用いた再生骨材のアスファルト含有量測定方法の検討
[出典]オリジナル
下田 勝

製品紹介

- 27 …… 生コンプラント向け操作盤 Cyber Advance
- 31 …… 自走式破砕機 MC100R(i) EVO
- 33 …… 小型ユニット式破砕機「チョイ割るのジョー」
- 37 …… アスファルト合材プラント リフォーメーション
- 43 …… 防水板(タウンガード)
- 45 …… 前川工業所製 ファインジョークラッシャー
- 49 …… ラク²タラップ

製造設備紹介

- 51 …… ファイバーレーザー切断加工機の実務と導入効果
- 57 …… 小物部品自動溶接ロボットユニットによるエレベーター用バケット溶接

編集後記

- 61 …… 編集後記

ゼロカーボン時代にむけた燃焼関連機器開発

京都大学 大学院 エネルギー科学研究科
エネルギー変換科学専攻 准教授
林 潤



創立から100周年を超える会社の技術報告書として創刊2号目に対する巻頭言のご依頼をいただき大変光栄です。私は、燃焼工学を専門としており、特に液体燃料を微粒化した噴霧の燃焼と石炭を微細化した微粉炭燃焼を対象に、実験的に現象を理解し、効率が高かつ燃焼排出物が少ない燃焼技術を開発することを目標に研究を行っております。私と日工(株)様との関係としては、噴霧燃焼、微粉炭燃焼の技術課題に対する相談を頂戴しております。巻頭言のご依頼にあたり、既存燃焼技術とこれからの時代に求められる燃焼関連機器、燃焼技術に対する内容を含めるということでしたので、広範な部分も含まれますが、ゼロカーボン時代に求められる燃焼技術に関して寄稿いたします。

産業発展以後、化石燃料から機械エネルギーや電気エネルギーを取り出す燃焼機器や、電気炉では不可能な熱負荷による物質生成や工業製品の開発における燃焼機器は我々の生活の根幹を支えてきました。現在でも、世界の一次エネルギーの供給の8割以上は燃焼技術によって賄われており、エネルギーの獲得方法、利用方法として燃焼技術の重要性は増していると言えます。

一方で、近年ではエネルギーを取り出す技術として有用な燃焼技術が、二酸化炭素の主たる排出源であることから化石燃料を用いたエネルギー獲得を廃止し、自然エネルギーからのエネルギー獲得を目指す取り組みが活発化しています。持続可能な開発目標(Sustainable development goals; SDGs)のうち7番「Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all」、9番「Industry, Innovation and Infrastructure」、11番「Sustainable cities and communities」、13番「Climate Action」[ref-1]は燃焼技術と深く関連している項目であり、二酸化炭素排出低減および環境に負荷を与える燃焼排出物を低減しつつ、効率の良いエネルギー獲得、製品製作を目指して、化石燃料から新燃料(バイオマス、水素、アンモニアなど)への転換や化石燃料を使用する燃焼機器の高効率化に関連する研究開発が世界的に進められています。

日本では、産学官の連携を図ったプロジェクトとして自動車エンジンの高効率化を目標としたSIP「革新的燃焼技術」[ref-2]が実施されました。このプロジェクトでは、目標である正味熱効率50%を達成しており、産学官の連携によってこれまでの熱効率を大幅に改善しています。この目標の達成には、燃料が希薄、かつ強い乱流条件における反応始動や、熱効率を最大化するための熱発生制御方法が課題として研究開発が進められました。また、燃焼機器の熱効率の向上と同様に近年注目を集めている傾向に、燃料転換が挙げられます。このうちの一つの傾向は、カーボンフリー燃料の利用であり、革新的燃焼技術と同様にSIP「エネルギーキャリア」[ref-3]が国家プロジェクトとして進められました。その中でも、特にアンモニアを燃料として利用する直接燃焼の研究開発は、世界に先駆けたアンモニア専焼によるガスタービンの実証、および工業炉、天然ガス混焼ガスタービンや石炭混焼ボイラ等の開発に成功しています。今後の方向性として、アンモニア専焼による運用に先駆けて、化石燃料との混焼

技術による低炭素化技術の開発が進められると考えられます。これらの燃焼機器の効率向上および燃料転換に関する取り組みは、エネルギー供給を行う分野や輸送分野だけでなく、ゼロカーボン時代において、持続可能な社会を形成するために製造分野にとっても同様に求められています。

燃焼技術は、熱負荷の高さとともに温度制御の応答性から、特に製品製造においては、他の手法に変えることが難しい技術として認識されています。炭化水素燃料の利用方法として輻射熱を用いる場合には、水素やアンモニアなどの輻射による伝熱量が低い燃料への転換は容易ではありません。したがって、低炭素化に対する取り組みは、短・中期としては、現状の燃焼機器内の燃焼現象の改善で対応する他にないと言えます。

燃焼技術のさらなる向上のためには、燃焼現象そのものを理解し、燃焼機器に合わせて適切に運用することが重要であると考えます。燃焼機器で用いられる混相燃焼技術としては、単位時間あたりの燃焼負荷を上昇させる目的で、液体燃料を用いる場合には噴霧が燃焼する噴霧燃焼、石炭などの固体燃料を用いる場合には、微細化した粒子の燃料(石炭の場合は微粉炭燃焼)が用いられます。噴霧火炎は、液体粒子が群になって燃焼反応が進行するため、同じ燃料流量、同じ酸化剤流量であっても、平均的な粒子径や粒子径の分布が異なる条件では、燃料液滴の空間的な分散、蒸発が完了するまでの時間が変化することから、温度分布だけでなく、火炎構造(すすの生成を伴う輝炎(拡散火炎)が火炎中に占める割合)が大きく変化します[ref-4]。また、微粉炭火炎中のすす生成に関しては、近年になってようやく実験室規模の火炎に対するレーザー計測が可能になってきました[ref-5]。噴霧燃焼、微粉炭燃焼ともに、分散相である燃料粒子の特性(平均径、粒子径分布)と流れ場が相互に影響を及ぼし、燃焼機器ごとにその様相が変化することから、そのまま個別の燃焼機器に適用することは困難です。

一方で、近年の計算技術の向上によって、大規模の燃焼機器の計算が可能となり、現象の解釈に基礎的な場で得られ知見を用いることが可能となってきています。このように、近年の詳細な計測、計算の結果を燃焼機器の効率的な利用のために利用できる下地が整った状況であり、経験に裏打ちされた知見とともに内部の燃焼現象を理解した試行錯誤を行うことで、ゼロカーボン時代に利用することが可能な燃焼技術の研究開発が可能になると考えています。

燃焼学において検討されている基礎的な項目が、産業における燃焼現象の解釈の裏付けとして有効に活用されて、日工(株)様の今後の研究開発が、ますます発展されますことを祈念して巻頭言とさせていただきます。

[ref-1] <https://sdgs.un.org/goals>

[ref-2] SIP「エネルギーキャリア」 ホームページ <http://www.jst.go.jp/sip/k04.html>

[ref-3] SIP「革新的燃焼技術」 ホームページ <http://www.jst.go.jp/sip/k01.html>

[ref-4] Jun Hayashi, Hiroaki Watanabe, Ryoichi Kurose and Fumiteru Akamatsu, Effects of fuel droplet size on soot formation in spray flames formed in a laminar counterflow, Combustion and Flame, 158-12(2011), 2559-2568.

[ref-5] Jun Hayashi, Nozomu Hashimoto, Noriaki Nakatsuka, Hirofumi Tsuji, Hiroaki Watanabe, Hisao Makino and Fumiteru Akamatsu, Soot Formation Characteristics in a Lab-scale Turbulent Pulverized Coal Flame with Simultaneous Planar Measurements of Laser Induced Incandescence of Soot and Mie Scattering of Pulverized Coal, Proceeding of the Combustion Institute, 34-2(2013), 2435-2443.

フォームドアスファルト発生装置の開発

Development of Foamed Asphalt Device

堀口 諒 ・ 浜辺 拓真 ・ 喜多 勇介 ・ 山本 健児 ・ 田中 翔太

HORIGUCHI Ryo, HAMABE Takuma, KITA Yusuke, YAMAMOTO Kenji, TANAKA Syota

日工株式会社

概要

我が国は、2013年を基準として温室効果ガスを2030年までに26%削減する中期目標を挙げている。各業界で温室効果ガス削減への取り組みが行われている中、道路舗装業界では中温化アスファルト混合物製造に向けた取り組みが広まっており、様々な技術が開発・実用化されている。その中で、製造コストの低減や、大量製造が比較的容易であるということから、フォームドアスファルトを適用する機会が多くなっている。当社では、中温化アスファルト混合物製造を通じて温室効果ガス削減に貢献できる、フォームドアスファルト発生装置(以下、フォームド装置)の開発に着手した。装置開発に向けて試験機を製作し、フォームドアスファルトの特徴を把握した上で当社独自の方式を開発した。

1. 緒言

我が国は、2013年を基準として2030年までに温室効果ガスを26%削減、そして2020年12月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が示され、2050年には実質ゼロにすることを目標としている。またアメリカは2025年までに2005年基準26～28%削減、EUは2030年までに1990年基準40%削減、中国は2030年までに2005年基準60～65%削減を目標値として定めており、温室効果ガス削減へ向けた取り組みは、世界各国でより一層重要となっている¹⁾。

我が国の道路舗装業界では、温室効果ガス削減へ向けた対策として加熱アスファルト混合物の製造・施工温度を、通常の約160℃より30℃程低減する、中温化アスファルト混合物製造の技術が開発・実用化されている。中温化アスファルト混合物を採用することで、骨材や再生材の加熱時における燃料消費量の削減に伴い、温室効果ガス排出量を減少させることができる。また、道路補修工事における早期交通開放も期待でき、さらに高い締固め性を発揮することから、施工時の作業性改善にも効果があるとされる。

我が国では再生アスファルト混合物が主流であり、近年では加熱アスファルト混合物の全出荷量に占める割合は約75%にも達し、現在最も多く使用される混合物となっており、再利用率が非常に高い。しかし、再生骨材の繰り返し使用に伴う品質の低下が懸念されており、今後は再生アスファル

ト混合物の良好な品質を確保することが重要な課題になると考えている。その品質確保における方法の一つとして、上述した中温化技術の適用が挙げられる。

中温化技術の普及率が高い米国では、製造コストの低減や大量製造を比較的容易に行うことが可能な機械式フォームドアスファルトを多く採用しており、中温化技術の約85%を占めている。現在、我が国も幾つかの中温化技術が開発されているが、米国と同様に合材製造工場へ機械式フォームド装置の設置が進みつつある。

既に流通しているフォームド装置はあるが、バッチ式プラントに装備可能なシステムにするべく、当社では独自にフォームド装置の開発を行った。

2. フォームド装置

2.1 フォームドアスファルト

フォームドアスファルトとは、高温のアスファルトに少量の水を添加し、水が蒸気となり発泡することで生成される。この時アスファルトの容積が増加し、見掛けの粘度が低下するため、製造時には混合性が向上する。また、施工時には残存する泡のベアリング効果によって締固め性が向上し、さらに施工後に温度が低くなれば泡の影響はなくなり、混合物の品質は維持できるとされる。

2.2 機器フロー

現在、国内外で多く流通しているフォームド装置の機器フローを図1に示す。これは、アスファルト計量器からミキサへアスファルトを送液する際に、水を高圧で噴射する方式である。この方式は機器点数が少ないという利点はあるが、送液中のアスファルトへ均一に水を噴射することが困難であるため、当社はこの点を改善すべく、図2に示すフォームドアスファルトを循環させる機能を有する装置を考案した。

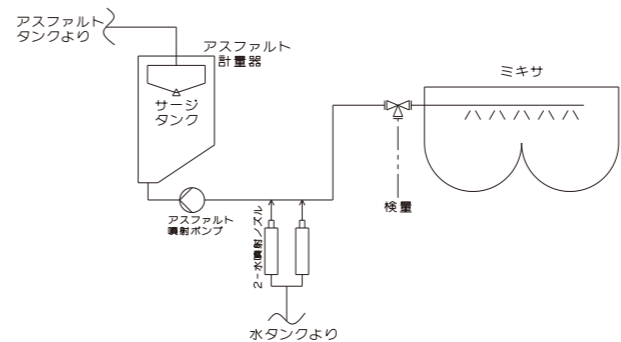


図-1 一般的なフォームド装置機器フロー

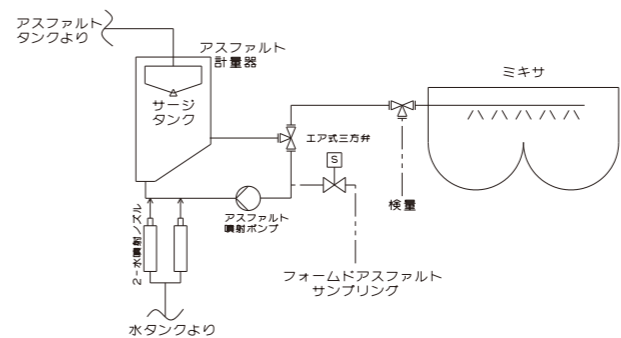


図-2 循環式フォームド装置機器フロー²⁾

アスファルト配管に新しくエア式三方弁を追加することで、循環経路を構築した。アスファルトが計量器から放出される際にエア式三方弁が循環経路に切り替わり、アスファルトは発泡しながら一定時間配管内を循環し、その後ミキサへ送液される。この循環方式にすることで、以下の利点がある。

- (1) アスファルト循環中における、水噴射開始のタイマ調整が容易となる。
- (2) ギアポンプを経由することで、施工性改善に寄与するとされる微細泡をより多く残存させることが可能である。

上述した方式の違いでどのような発泡挙動を示すか把握するため、社内試験を行った。

3. 傾向確認試験

3.1 試験目的

本試験では以下の項目を確認する。なお後述する半減期とは、最大発泡倍率から、その1/2の倍率となるまでに要する時間を示し、泡の持続性評価に使用する。

- (1) 循環させない場合の最大発泡倍率、半減期
- (2) 循環させた場合の最大発泡倍率、半減期
- (3) 使用上の安全確認

3.2 試験機

試験機全体図を図3に、試験機写真を写真1から写真4に、また試験機の仕様を表1に示す。この試験機は図1、図2に示す機器フロー共に選択・使用できる構造としている。また、納入時の仕様決定まで行えるよう、アスファルト供給ポンプや噴射ポンプはアスファルトプラント実機相当の能力を有する機器を設置している。

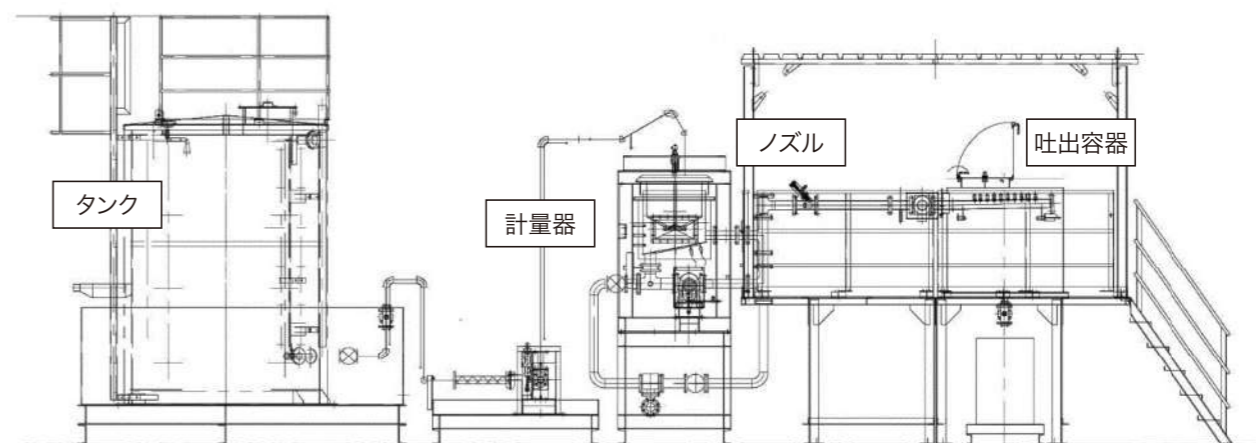


図3 試験機全体図



写真1 アスファルトタンク

表1 テスト機仕様

機器名	仕様
アスファルトタンク	5000L
アスファルト計量器	最大 160kg 計量
アスファルト供給ポンプ	T-14M 5.5kWx6P
アスファルト噴射ポンプ	T-30M 11kWx6P
水噴射ポンプ	TR-709KVR 5.5kWx4P
水噴射ノズル	日工製



写真2 アスファルト供給装置



写真3 水ポンプユニット



写真4 水噴射ノズル

3.3 発泡倍率測定方法

本試験ではフォームドアスファルトを吐出してから約24時間後の、アスファルトが冷え固まった状態を基準値とし、吐出直後からアスファルト容積の経過を確認した。図4に発泡倍率測定の様式図、及び発泡倍率の算出式を(1)に示す。また液面高さの測定には写真5に示すKEYENCE製レーザーセンサ(型式:LR-TB5000)を用い、アスファルトを吐出する容器は写真6に示す3Lペール缶を使用した。

なお、今回使用したアスファルトは針入度60/80のストレートアスファルト(設定温度150℃±1℃)である。

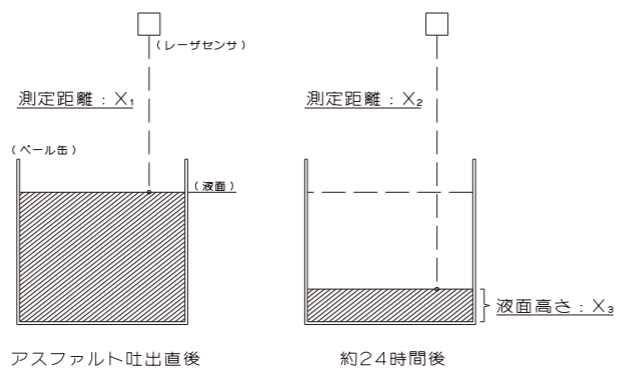


図4 発泡倍率算出様式図

$$E = \frac{X3+X2-X1}{X3} \dots (1)$$

ここで、Eは発泡倍率(-)、X1はアスファルト吐出直後の測定距離(mm)、X2は約24時間後の測定距離(mm)、X3は約24時間後の液面高さ(mm)を表している。



写真5 KEYENCE製レーザーセンサ



写真6 吐出容器

4. 傾向確認試験結果、考察

4.1 水噴射量確認

水ノズル噴射口オリフィス径を1mmとし、圧力と水噴射量との関係を測定した結果を図5に示す。ばらつきはあるが、流量が圧力の平方根に比例していることを確認した。

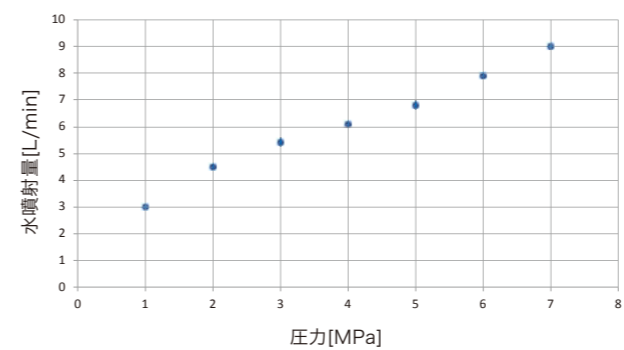


図5 圧力、水噴射量の関係

4.2 循環無し、発泡挙動確認試験

試験機の機器フローを図1とし、アスファルトを循環させない場合の発泡倍率、及び半減期を確認する。また、基準値を水の膨張率1240倍として、どの程度発泡したかを示す有効発泡率も確認する。

アスファルト計量値を20kg、また水噴射圧を7MPaとし、水噴射量を0.2L(添加率1%)、及び0.4L(添加率2%)とした場合の発泡挙動を、図6、図7に示す。

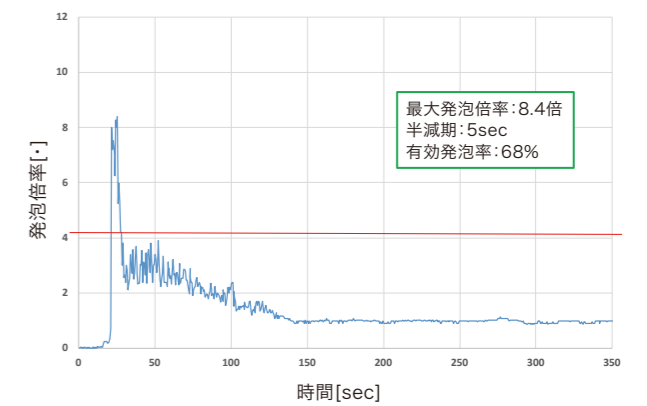


図6 水添加1%試験

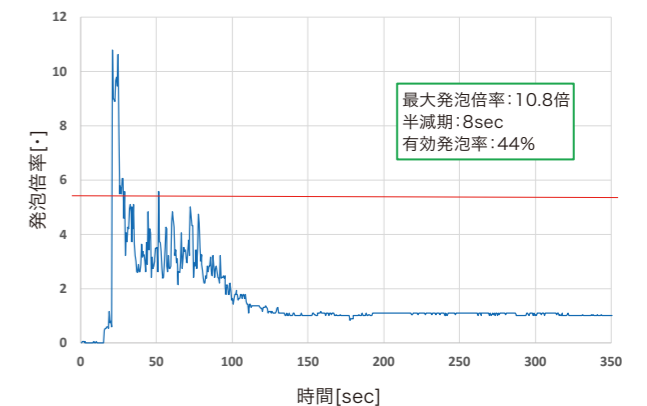


図7 水添加2%試験²⁾

水の添加率1%における最大発泡倍率は8.4倍、半減期は5秒、有効発泡率は68%となった。また、水の添加率2%における最大発泡倍率は10.8倍、半減期は8秒、有効発泡率は44%となり、この結果から添加量が多いほど発泡することが分かった。しかし、その後の試験で水の添加率を3%としても顕著な倍率変化は見られなかった。

水は気化するためアスファルトから熱を奪い、水1%添加時にアスファルト温度が12℃、2%添加時に24℃低下する。1%添加時に比べ、2%添加時の方が発泡を持続できる要因は、温度低下に伴いアスファルトの動粘度が高くなることで、気泡が残存しやすくなるためであると考えられる。また、添加率を3%としても挙動に変化が見られない要因は、添加率2%を超える水量をアスファルト中に残存させることが出来ないためであると考えられる。

4.3 循環有り、発泡挙動確認試験

試験機の機器フローを図2とし、アスファルトを循環させた場合の発泡倍率、半減期、及び有効発泡率を確認する。アスファルト計量値を20kg、また水噴射圧を7MPaとし、水噴射量を0.2L(添加率1%)、及び0.4L(添加率2%)とした場合の発泡挙動を、図8、図9に示す。

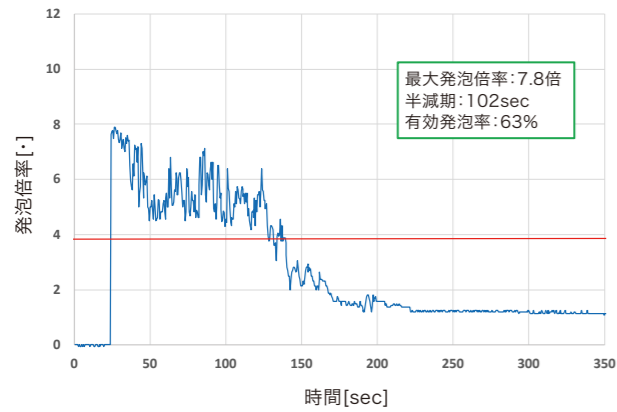


図8 水添加1%試験

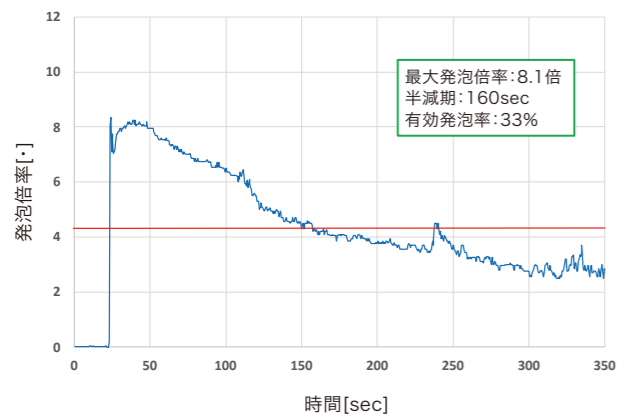


図9 水添加2%試験²⁾

水の添加率1%における最大発泡倍率は7.8倍、半減期は102秒、有効発泡率は63%となった。また、水の添加率2%における最大発泡倍率は8.1倍、半減期は160秒、有効発泡率は33%となった。4.2試験結果と比較し、有効発泡率は低くなるが、発泡をより長く維持することが出来た。

この要因は、発生した気泡がエアポンプで細かくされることで、アスファルト中に消失しにくい微細泡が多く残存しているためであると考えられる。また、半減期に差が生じた要因は、4.2と同様2%添加時にアスファルトの動粘度が比較的高くなり、気泡が残存しやすくなったためであると考えられる。

これらの結果から、施工性改善に寄与するとされる微細泡を製造できる循環方式を採用し、実機仕様決定を見据えた試験を行う。

5. 実機仕様確認試験、結果

5.1 試験内容

循環方式を試験する上で、循環時に増加したアスファルトの容積に対応出来るタンク等の設置が必要である。また、アスファルト計量値やタンク容量に許容上限値があり、その確認試験も行うため、試験機の改造が必要となった。

改造後の機器フローを図10に示す。ここではアスファルト最大計量値やタンク容量を決定するため、図11に示すバッファタンクを設置し、循環中のフォームドアスファルト液面高さを測定することで、最大発泡倍率を確認する。

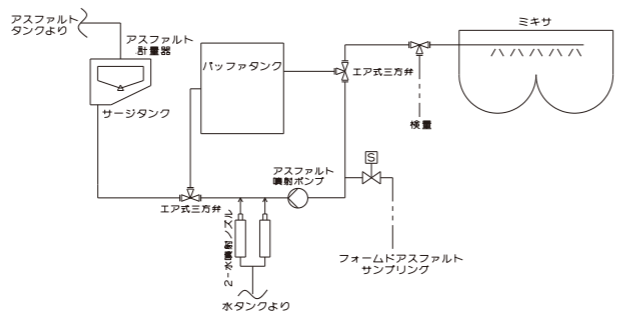


図10 改造後フロー²⁾

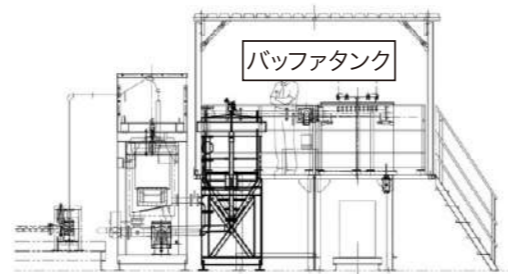


図11 改造全体図

5.2 試験結果

各条件の試験結果を表2に示す。この結果から、水吐出圧が高いほどアスファルトへ水をより多く添加でき、また水添加率が高いほどアスファルト動粘度の上昇が要因となり、より気泡を残存させることが出来る。

循環中の発泡倍率と、アスファルトプラントにバッファタンクを増設した場合における動線確保の観点から、フォームド装置使用時はアスファルト最大計量値100kg、また設置するバッファタンクの容量は600L以上とする

表2 試験結果

AS計量値 [kg]	水吐出圧 [MPa]	水添加率 [%]	発泡倍率 [-]
50	5.0	1	4.2
50	5.0	2	3.3
50	7.0	1	4.6
50	7.0	2	5.5
100	5.0	1	4.3
100	5.0	2	4.1
100	7.0	1	5.1
100	7.0	2	5.6

5.3 実機仕様

これまでに行った試験の結果から、当社フォームド装置 TOMBO BLUEの仕様は表3となる。TOMBO BLUEを新設されるアスファルトプラントへ納入する場合や、または増設する場合といった配置上の違いに対応するため、機器フローは図2、図10に示す2つの方式で対応する。

またTOMBO BLUEには上記以外、以下の機能も実装している。

- (1)アスファルト計量器、またはバッファタンク上面にレベルセンサを追加し、過剰に発泡した場合にタンクから溢れないよう、レベル計検知時はアスファルトをミキサへ放出する。
- (2)フォームドアスファルトを安全にサンプリング出来るよう、ペンダントスイッチを追加。
- (3)配管からノズルを安全に取り外せるよう、アスファルトの供給や放出を停止するメンテナンスキースイッチを追加。
- (4)旧工操作盤との連動。
- (5)操作盤上で循環の有無を選択できる。

表3 TOMBO BLUE仕様

項目	使用条件
水添加率	AS計量値に対し1~2%(変更可)
水吐出圧	5.0~7.0MPa(変更可)
AS計量値	上限100kg(水添加のみ)
水吐出量	約9.0L/min(at7.0MPa)
バッファ容量	600L以上

6. まとめ

施工性改善に寄与するとされる、微細泡をより多く製造できる循環方式を採用したフォームド装置、TOMBO BLUEを完成することができた。また社内試験では様々な条件毎のデータを取得したため、実機における発泡挙動の予測を立てることができるようになる。しかし、フォームドアスファルトの送液には時間を要するため、バッチサイクルは通常の配合より長くなる。そのためバッチサイクルを優先する場合もあると勘案し、循環させずに利用することも可能となっている。

2019年度版の東京都土木材料共通仕様書に、温度管理は通常の混合物と同じ温度で製造・施工ではあるが、混合物の製造方法としてフォームド装置が対象となったことから、事前審査においても東京都工事の東京都仕様混合物に適用可能となった³⁾。今後さらにフォームド装置が設置され、TOMBO BLUEの普及により中温化混合物の普及が高まり、温室効果ガス削減に貢献できると期待している。

References

1. 経済産業省資材エネルギー庁コンテンツ
(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2018/html/003/>)
2. 一般社団法人 日本アスファルト合材協会
アスファルト合材No.135,P26-P31,2020/07
アスファルト合材プラント リフォーメーション
3. 一般社団法人 日本道路建設業協会
道路建設No.779,P86-P89,2020/03
「中温化アスファルト混合物」の紹介

筆者紹介



HORIGUCHI Ryo
堀口 諒
2011年入社
開発部



HAMABE Takuma
浜辺 拓真
2015年入社
開発部



KITA Yusuke
喜多 勇介
2011年入社
設計部



YAMAMOTO Kenji
山本 健児
2009年入社
エンジニアリング部



TANAKA Syota
田中 翔太
2015年入社
設計部

ミキサ回転方向による 高強度コンクリート練混ぜへの影響について

籠谷 武・田村 彰啓
日工株式会社

要旨:近年、高強度・高流動コンクリートのような高粉体量の配合が多くなってきている。これらは、従来の低スランプコンクリートに比べ、粗骨材割合が少ないため、コンクリートミキサによる練混ぜ時間は長くなる傾向にある。そのため2軸強制練りミキサの高性能化が求められている。筆者らはミキサの回転方向に着目し、回転方向によるミキサ内での流動の違いを可視化実験手法により明らかにした。本研究では、その可視化実験の実証試験としてテストミキサにて高強度コンクリート配合のモルタルを練混ぜてその影響の違いを確認した。そして、回転方向を組合せ新しい練混ぜ方式のミキサを考案しその性能を検証した。

キーワード:2軸強制練りミキサ, 回転方向, 高流動コンクリート, 新型ミキサ

1. はじめに

近年、高強度コンクリート、高流動コンクリート、超高強度モルタル等の数多くの高性能コンクリートが出現している。これらは構造物の設計や施工の概念を大きく変化させるだけでなく、配合設計や練混ぜ等の製造技術に対しても大きな影響を与える結果となった。これらのコンクリートは、超微粒子であるシリカフェームや高炉スラグ微粉末、フライアッシュなどの混和材を混合し、従来に比べ粉体量が多い。高粉体配合の高性能コンクリートは、普通コンクリートに比べ、材料本来の性能を発揮する状態まで練混ぜるのに時間を長くとる必要がある。例えば100N/mm²を超える超高強度コンクリートの練混ぜ時間は、通常120秒以上を必要とする。このため、レディーミクストコンクリート工場では、供給能力の低下が問題となっている。この原因は、高強度コンクリート配合が、高粉体量であり、かつ単位粗骨材量が850kg/m³前後で極端に粗骨材量が少ないことにより、粗骨材粒子群の回転・衝突による練混ぜが期待できないためである。そのため、高性能コンクリートの練混ぜ時間の短縮を可能とする2軸強制練りミキサの高性能化が要求されている。

これまで橋本¹⁾は、2軸強制練りミキサのコンクリート練混ぜ機構の解明を目的とし、フレッシュコンクリートの可視化モデルを用いて、ミキサ内のコンクリートの挙動をビデオ画像で記録する試験方法を提案した。この手法を用いて、吉田²⁾は、ブレード形状の違いによる混合度を定量的に評価し、練混ぜ性能への影響を明らかにし、ミキサの性能向上へと役立てた。また、籠谷³⁾はミキサ回転方向による流動の違いを明らかにした。

本研究では、粉体量が多い高強度コンクリートに適したコンクリートミキサの新たな可能性を追求すべく、ミキサの回転方向に着目し可視化実験で得られた流動の違いを実際に

テストミキサにて高強度コンクリート配合のモルタルを練混ぜることでその影響を確認した。また、その際に発生した課題を改良し新しい練混ぜ方式のミキサを考案した。

2. 2軸強制練りミキサの流動形態

図-1に2軸強制練りミキサの練混ぜに寄与する2つの流動機構の概念を示す⁴⁾。図(a)より、1本のシャフト回りには、“らせん流動”が形成される。隣り合ったシャフトから逆位相に発生するらせん流動によりミキサ内を循環する“巨視的な練混ぜ”は「全体循環流動」と呼ばれ、投入された粒度が大きく異なる各種粉体材料を均一に混合する流れを形成する。図(b)の2本のシャフト間において逆位相のらせん流動が交互に衝突し合うことにより形成する“微視的な練混ぜ”は「局部交錯流動」と呼ばれ、セメント粒子と水の接触頻度を高め、セメントの水和反応を活発にする作用を与える流れを形成する。

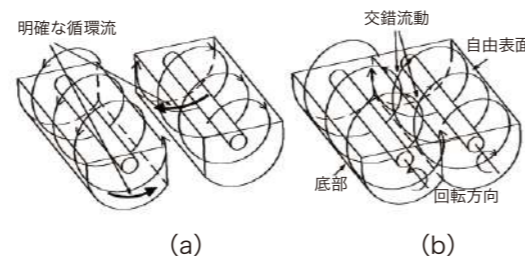


図-1 2軸強制練りミキサの流動形態⁴⁾

3. 2軸強制練りミキサのブレードの回転方向

2軸強制練りミキサの回転方向を図-2に示すように、外側から内側へ回転する方向を正回転、内側から外側へ回転する方向を逆回転と定義する。コンクリート分野での2軸

強制練りミキサのブレード回転方向は、正回転方向である。その理由の一つにブレードとケーシング間への粗骨材の噛み込みの影響を緩和することが挙げられる。一般的な練混ぜ量の場合、練混ぜ中の材料高さはミキサ軸中心より下に位置するため、ブレードがケーシングへ接近するときの粗骨材を噛み込むスペースを極力少なくできようになっている。これを逆回転方向に回した場合、ブレードが粗骨材を運びながらケーシング中央へ進入するため、粗骨材を噛み込みやすくなるのである。

一方、化学や食品分野においては、ニーダ⁵⁾のように逆回転方向に回すミキサは存在する。ニーダとは2本の混合翼が互いに逆方向に回転し、混合物をせん断・圧縮・引き伸ばして練り混ぜる装置のことであり、主に粘性材料に使用される。しかし、噛み込みの懸念のある材料では一般的に使用されない。冒頭での説明のように近年の高強度コンクリートのように高粉体配合が増えており、これらをいかに早く練混ぜることができるかが重要であるため、ブレードの回転方向による練混ぜへの影響を解明することは必要である。

4. 実験概要

4.1 使用ミキサ

本実験で用いたモデル2軸強制練りミキサを写真-1に示す。実験に用いたモデル2軸強制練りミキサの定格容量は75ℓ、回転数は59min⁻¹である。ブレードは連続らせん形状とし、ブレード回転方向による直接的な影響を確認するため軸はない構造とした。

4.2 配合と使用材料

配合は高粉体量で流動性の性状を確認しやすい高強度コンクリート配合のモルタルとし、設計圧縮強度100N/mm²、水/粉体(セメント+混和材)比20%とした。示方配合を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント(比表面積≥2500cm²/g)で、細骨材は砕砂(密度:2.6、吸水率1.24%、FM2.7)、混和材として高炉スラグ微粉末を使用し、混和剤は超高強度コンクリート用の高性能減衰剤を使用した。

4.3 実験パラメータ

4.3.1 ブレードの回転方向

テストミキサのブレード構成と回転方向を図-3に示す。パラメータは正回転、逆回転の2パターンとした。正回転のブレード構成で逆回転させると、材料が逆方向に送られ、ケーシング内を循環しないため、逆回転時は、シャフトを左右入替えて、ブレードが材料を循環させる方向になるように変更した。

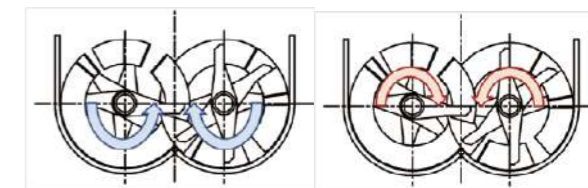


図-2 ブレードの回転方向



写真-1 本実験で用いたミキサ

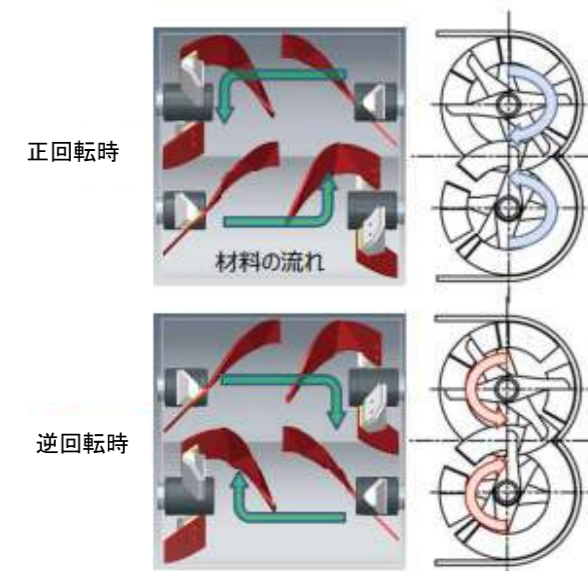


図-3 テストミキサのブレード回転方向

表-1 実験に用いた示方配合

目標フロー	単位数 (kg/m ³)				
	水	セメント	細骨材	高性能減水剤	高強度混48
250mm	243	1034	920	12	182

4.4 実験方法と評価方法

実験手順を以下に示す。

- (1)練混ぜ容量は40ℓ/Bとし、各材料を計量した後、細骨材、混和材、セメントの順で投入する。
- (2)ミキサを起動し、水(高性能減衰剤を含む)を投入する。
- (3)所定の練混ぜ時間90秒、120秒、180秒にてミキサを停止し、排出後に以下の試験を実施した。

評価方法を以下に示す。

- ・ミキサ内目視による流動性発現評価
- ・モルタルフロー値、200mm到達時間、停止時間
- ・圧縮強度試験(7日、28日)φ50×100mm供試体

写真-2にミニフロー値測定、空気量測定風景を示す。



写真-2 実験風景 左:ミニフロー測定 右:空気量測定

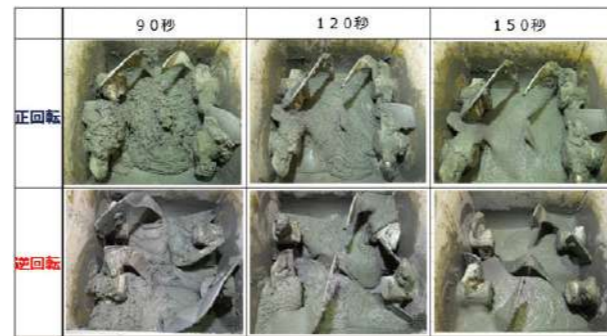


図-4 目視による流動性評価

5. 実験結果および考察

各練混ぜ時間におけるミキサ内目視による流動性評価を図-4に示す。ミキサ運転停止時のモルタルの広がりやすさで流動性を判断したが、逆回転の方が流動の発現が早く、正回転と比べ約30秒程度早いことを確認した。次にフレッシュ試験結果(ミニフロー値、200mm到達時間、停止時間、空気量)を図-5に示す。ミニスランプフロー測定結果からは90秒時点で逆回転が250mm、正回転が230mmと逆回転の方がフローが大きくなった。また、200mm到達時間と停止時間からも逆回転の方が短時間で伸びて止まっていることが確認された。空気量は、逆回転が正回転より全体的に高く、練混ぜ時間180秒で7.5%と最も高くなった。

次に練混ぜ時間と28日圧縮試験強度結果および供試体密度の関係を図-6に示す。逆回転では練混ぜ時間90秒で所定の圧縮強度を得られているが、練混ぜ時間が長くなると圧縮強度が低下しており、密度に関しては練混ぜ時間180秒で低下が確認された。この理由については、練混ぜ時間が増えると空気量が増加していることから練混ぜ中にエンラップトエアが増加しモルタル内の密度が低下したことで強度が低下していると推測される。

以上の結果から考察すると、逆回転は正回転より短い時間で高強度モルタルを練混ぜる特性があると考えられる。これは図-7に示すように逆回転ブレードがケーシング内の壁面へ押し付けるように圧縮せん断効果が高まり効果的に作用しているためと考えられる。その一方、エンラップトエア発生に関しては、回転の性質上モルタルの粘性発現後に材料が2軸間で分断されそれぞれの場所で滞留するように動きため、何度も同じところをブレードで掻きあげられることが原因でエアーを巻き込んでいると推察される。

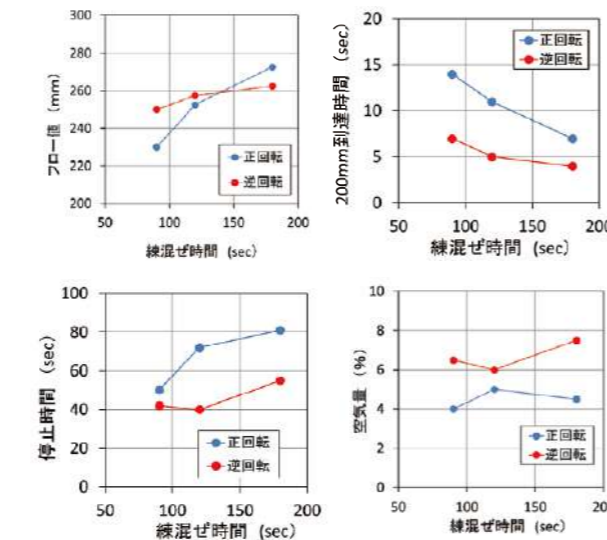


図-5 フレッシュ性状測定結果

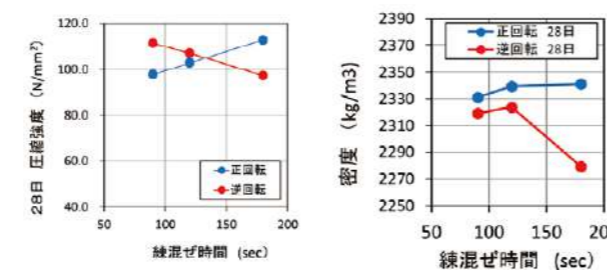


図-6 圧縮強度試験結果

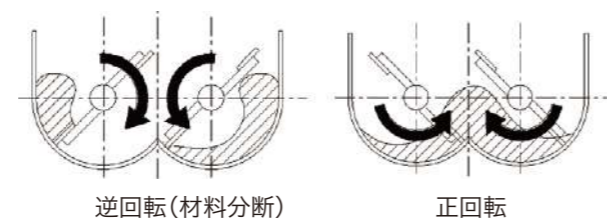


図-7 逆回転の課題解説

6. 回転方向を組合せた新タイプミキサ

6.1 ミキサ解説

前章で述べた逆回転時の材料の滞留を解消するために考案したのが図-8に示す正回転と逆回転を組合せた新タイプのミキサである。まず軸を無くしブレードを軸方向の中心にて分離することで回転方向の制約を無くし、正回転、逆回転を交互に配置し材料をケーシング内で循環させることで材料の滞留を解消した。また逆回転のブレードとケーシングとの圧縮やブレード間での交錯領域にてせん断効果も期待できる構造とした。本章では、この新タイプミキサと現行の高性能汎用タイプミキサにて高強度コンクリート配合のモルタルを練混ぜ比較することで性能評価を行った。

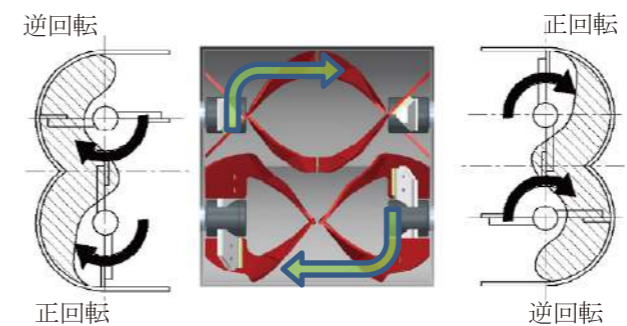


図-8 新タイプミキサ回転方向解説

6.2 実験概要

写真-3に新タイプと汎用タイプの写真を示す。新タイプは定格容量75ℓ、回転数50min⁻¹で現行タイプは定格容量60ℓ、回転数59min⁻¹とした。回転数は周速を合わせた。また練混ぜ容量は定格の50%で新タイプは37.5ℓ、汎用タイプは30ℓとした。試験配合および評価方法は前章と同様とし、実験手順は、練混ぜ時間を60秒、90秒、120秒とした。



写真-3 使用ミキサ 左:新タイプ 右:汎用タイプ

6.3. 実験結果および考察

本試験で得られた目視による流動性評価を図-9に、フレッシュ試験結果(ミニフロー値、空気量)を図-10に示す。目視による流動性評価では、フロー発現までの練混ぜ時間が新タイプが約90秒であるのに対し、汎用タイプは120秒以上かかることが確認された。また、ミニフロー値測定結果では新タイプは60秒で240mmと十分に流動性がでていますが汎用タイプは130mmとまだ練混ぜ途中であることがわかる。汎用タイプのフロー値が90秒から大きくなっている理由は目視からも練混ぜがまだ不十分であり水分が表にでていたためと推測される。また、空気量測定結果では新タイプと汎用タイプで大きな差はなかったため、逆回転のようなエンラップトエアの増加はなかったと思われる。

次に練混ぜ時間と28日圧縮試験強度結果および供試体密度の関係を図-11に示す。圧縮強度100Nに到達するのに必要な練混ぜ時間は新タイプでは60秒であるのに対し、汎用タイプでは180秒程度かかっていることがわかる。また、供試体密度に関しては、両タイプにおいて大きな差は見られず逆回転時のように密度の低下は確認されなかった。これらの結果から、回転方向を組合せミキサ内を循環できるように改良したことで、逆回転のメリットであった高流動モルタルへの圧縮せん断作用による効果的な練混ぜ性能を持ちながら、デメリットであった材料の滞留によるエンラップトエアの巻き込みを解消できたと考えられる。

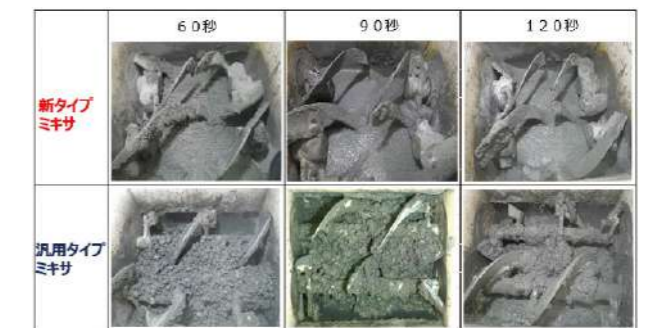


図-9 目視による流動性評価

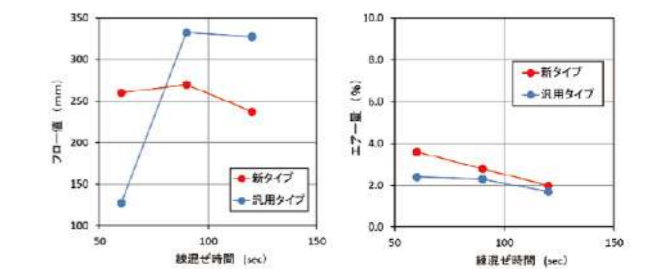


図-10 フレッシュ性状測定結果

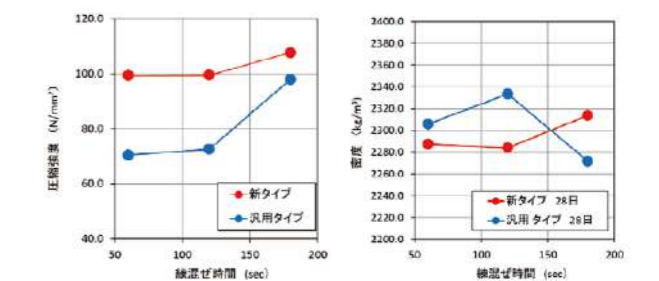


図-11 圧縮強度試験結果

7. まとめ

本研究は、回転方向による高強度コンクリート配合のモルタルへの練混ぜの影響を確認し、正転逆転を組合せ高粉体配合に有効な新しいタイプのミキサを考案した。本研究の結果について以下のことが確認できた。

- 1) 逆回転による練混ぜは正回転に比べ流動性発現までの練混ぜ時間が短くなることを確認した。
- 2) 逆回転時にはミキサ内で材料が分断される方向に動き滞留する傾向があることを確認した。
- 3) 新タイプミキサは高性能な汎用タイプミキサよりも短い時間で練混ぜることを確認した。
- 4) 逆回転による壁面および羽根交錯領域での圧縮・せん断作用によって高粘性な高粉体配合を効果的に練混ぜるミキサであることを確認した。
- 5) モルタルの粘性発現後も容器内全体で材料は流動しており、逆回転のみの課題であった材料の滞留とエントラップトエア増加は解消された。

本ミキサの特徴である材料を中心へ寄せながら圧縮やせん断により練り上げる挙動は高強度コンクリートのような高粘性材料において材料自体に強制的に混練力が作用しやすい構造となっている。今後コンクリート材料のみならず幅広い分野においての有効性を確認していきたい。

参考文献

- 1) 橋本 親典, 平井 秀幸, 辻 幸和, 田村 真: 2軸強制練りミキサ内のコンクリートの練混ぜ機構の可視化, コンクリート工学年次論文報告集, Vol15, No.1, pp.1037-1041, 1993
- 2) 吉田 元昭, 橋本 親典, 渡邊 健, 水口 裕之: 2軸強制練りミキサのブレード形状が超高強度コンクリートの練混ぜ時間の短縮化に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1639-1644, 2009
- 3) 籠谷 武, 中島 翼, 橋本 親典, 渡邊 健: 3次元画像解析手法を用いた2軸強制練りミキサの流動解析とその定量化, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.1263-1268, 2018
- 4) 橋本 親典, 辻 幸和, 杉山 隆文: 練混ぜ時間が2軸強制練りミキサの練混ぜ性能に与える影響, セメント・コンクリート論文集, No.51, pp.582-587, 1997.1
- 5) 日本粉体工業協会編 編集委員長 矢野 武夫: 混合混練技術, 日刊工業新聞社発行, 6.3.3双腕形ニーダ, p198, 1980

筆者紹介



KAGOTANI Takeshi
籠谷 武

2004年入社
日工(株)テクノセンター
開発部 開発2課リーダー



TAMURA Akihiro
田村 彰啓

2014年入社
日工(株)テクノセンター
開発部 開発3課

熱分析装置 (TG-DTA) を用いた再生骨材のアスファルト含有量測定方法の検討

下田 勝

日工株式会社 テクノセンター 開発部 開発3課

概要

舗装調査・試験法便覧G028アスファルトの抽出試験方法によると、再生骨材のアスファルト含有量測定方法として、ソックスレー抽出法が用いられている。ソックスレー抽出法は、アスファルト混合物のアスファルトを溶剤で抽出してアスファルト含有量を測定する方法で、溶剤を使用する。溶剤は一般的性状として毒性、可燃性、引火性をもつものが多い。

溶剤を使用しない試験方法の1つとして検討されているのが、G028に記載されている燃焼法であるが、今回の燃焼法に属する熱分析装置を用いた再生骨材のアスファルト含有量測定方法を検討したので報告する。

1. はじめに

当社では従来より再生骨材のアスファルト含有量をソックスレー抽出法により測定してきた。

ソックスレー抽出法は、再生骨材に含有するアスファルトを固液抽出(アスファルトを有機溶剤に溶出させる)させ、アスファルト含有量を測定する方法である。

ソックスレー抽出法では、アスファルトを溶解させる目的で多量の溶剤を使用する。

この溶剤に関しては、一般的性状として毒性、可燃性、引火性をもつものが多い。

従来より塩素系の溶剤が多く使用されてきたが、人体及び環境への影響が知られている。

特に環境への影響では、オゾン層の破壊物質として取りざたされており、モントリオール議定書によると、1,1,1トリクロロエタン(CH₂Cl₃)は1995年末をもって製造が禁止された。

最近では塩素系溶剤の代替として植物系及び石油系溶剤が検討されている。しかし、引火性を考慮した沸点が高いものが多い傾向にあり、抽出の際のハンドリングが難しいと考えられる。¹⁾

このような背景において、当社では溶剤を使用しないでアスファルト含有量を測定する熱分析装置を用いた再生骨材のアスファルト含有量測定方法について検討を行った。

2. 測定の概要



写真1 ハンマークラッシャー



写真2 破砕前の再生骨材



写真3 破砕後の再生骨材

2.1 前処理方法

再生骨材の代表的な規格として、粒径が13~0mm²⁾のものがある。この再生骨材は粒度の異なった骨材にアスファルトが付着したものであることから、アスファルト付着量は骨材粒度により差が生じる。この差をなくすために、ハンマークラッシャーにより再生骨材をパウダー状にして粒度を限りなく均一にする前処理が必要となる。

ハンマークラッシャーは、三庄インダストリー製のものを使用した。破砕方法として、第一段階でメッシュ2mmのスクリーンを使用、第二段階でメッシュ0.4mmのスクリーンを使用した。これは、メッシュの小さいスクリーンほど強度が弱く、スクリーンを粒度の大きい再生骨材の衝撃から守るために2段階で破砕を行った。

ハンマークラッシャーを写真1に、破砕前後の再生骨材を写真2、写真3に示す。

2.2 測定方法

JISK 0129:2005によると、熱分析は「物質の温度を一定のプログラムによって変化させながら、その物質のある物理的性質を温度の関数として測定する一連の技法」³⁾⁴⁾と定義されている。

今回再生骨材のアスファルト含有量測定に差動型示差熱天秤を使用した。

差動型示差熱天秤は、示差熱分析(Differential Thermal Analysis)と熱重量測定(Thermo Gravimetry)の両方を兼ねそろえた装置である。以下TG-DTAとする。

DTA分析とは、試料を一定の速度で昇温し、試料と基準物質との温度差を測定することで、温度における試料の状態変化を知ることが出来る分析法である。再生骨材では、アスファルトの熱分解による燃焼、アスファルトの炭化残留物による燃焼、石粉(炭酸カルシウム)のCO₂分解の状態変化を知ることが出来る。

TG測定とは、試料を一定の速度で昇温し、試料の重量変化を記録することで、試料に含有する物質の含有量を測定することが出来る。再生骨材では、アスファルト含有量を測定することが出来る。

今回再生骨材のアスファルト含有量測定にリガク製の差動型示差熱天秤TG-DTA8121を使用した。差動型示差熱天秤の全景を写真4、装置の仕様を表1、装置の運転条件を表2に示す。



写真4 差動型示差熱天秤TG-DTA8121

表1 装置の仕様

測定温度範囲	室温~1500°C
昇温速度(最大)	100°C/min
測定方式	水平差動型トリプルコイル方式
試料量	最大1g
TGレンジ	500mg
TGレンジ分解能	0.1µg
DTAレンジ	2000µV

表2 装置の運転条件

項目	条件
試料セル	アルミナ容器
基準物質	アルミナ (Al ₂ O ₃)
測定雰囲気	Air
昇温速度	20°C/min
測定温度	常温~1000°C

2.3 空気雰囲気下における再生骨材中のアスファルトの燃焼について

石油系の試料を空気雰囲気下で燃焼させた場合、熱分解による燃焼と炭化残留物による燃焼の2段燃焼が起こることが知られている。³⁾⁵⁾よって、熱分析装置を用いて再生骨材を空気雰囲気下で燃焼させた場合も2段燃焼が起こることが予想される。

ここで、熱分析測定前にすでに再生骨材の中に加熱により生成したカーボンが存在するのかが検証する必要がある。再生骨材中のカーボン有無における熱分析測定前後のアスファルト状態変化を図1に示す。

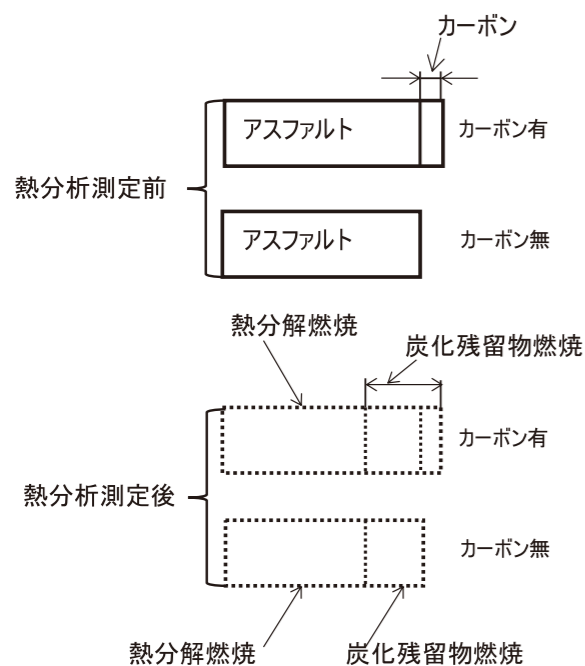


図1 再生骨材中カーボン有無における熱分析測定前後のアスファルト状態変化

カーボンが存在しない場合は、熱分析測定後の熱分解による燃焼と炭化残留物による燃焼の合計がアスファルト量になる。カーボンが存在する場合は、熱分析測定後の炭化残留物の燃焼にこのカーボンが含まれることになり、熱分解による燃焼と炭化残留物による燃焼の合計が実際のアスファルト量よりも多い結果となって、正確にアスファルト量を測定出来ない。これらの検証は、クロスチェックとしてソックスレー抽出法によるアスファルト含有量測定を行い、熱分析のデータと比較する。

仮にカーボンが存在する場合は、補正が必要となり、その補正方法は、カーボンがゼロと考えられるストレートアスファルトを熱分析装置にかけ、熱分解による燃焼と炭化残留物による燃焼の比率を求めて補正する。

しかし、補正において上記比率がアスファルトの種類、再生骨材中のアスファルトにおいては劣化度合いにより差異が生じることも考えられる。よって、ストレートアスファルトを使用して補正を行うことの整合性についても検証が必要となる。この場合の検証も熱分析のデータとクロスチェックのデータを比較する。なお、ストレートアスファルトは80-100を使用する。

3. 結果と考察

3.1 再生骨材TG-DTA測定結果

図2に再生骨材のTG-DTA測定結果を示す。

図よりDTA分析では、横軸は常温～1000℃までの温度、右の縦軸は状態変化の大きさを電圧(μV)で表している。再生骨材の状態変化は、390℃付近のピークが示すアスファルトの熱分解による燃焼、530℃付近のピークが示すアスファルトの炭化残留物による燃焼、830℃付近のピークが示す石粉(炭酸カルシウム)のCO₂分解となる。

アスファルトの熱分解による燃焼及び炭化残留物による燃焼は発熱反応であり、ピークは上向きになる。石粉のCO₂分解は吸熱反応でありピークは下向きとなる。

TG測定では、横軸は温度、左の縦軸は重量変化をmg又は%で表している。DTA分析の各ピーク温度における重量変化より再生骨材に含有する成分の含有量を得ることが出来る。今回測定する再生骨材のアスファルト含有量は、アスファルトの熱分解による燃焼の重量減量分をもとに求められる。アスファルトの熱分解による燃焼減量分は、図2に示す測定開始から熱分解による燃焼の傾き接線と炭化残留物による燃焼の傾き接線の交点(変曲点)までとした。

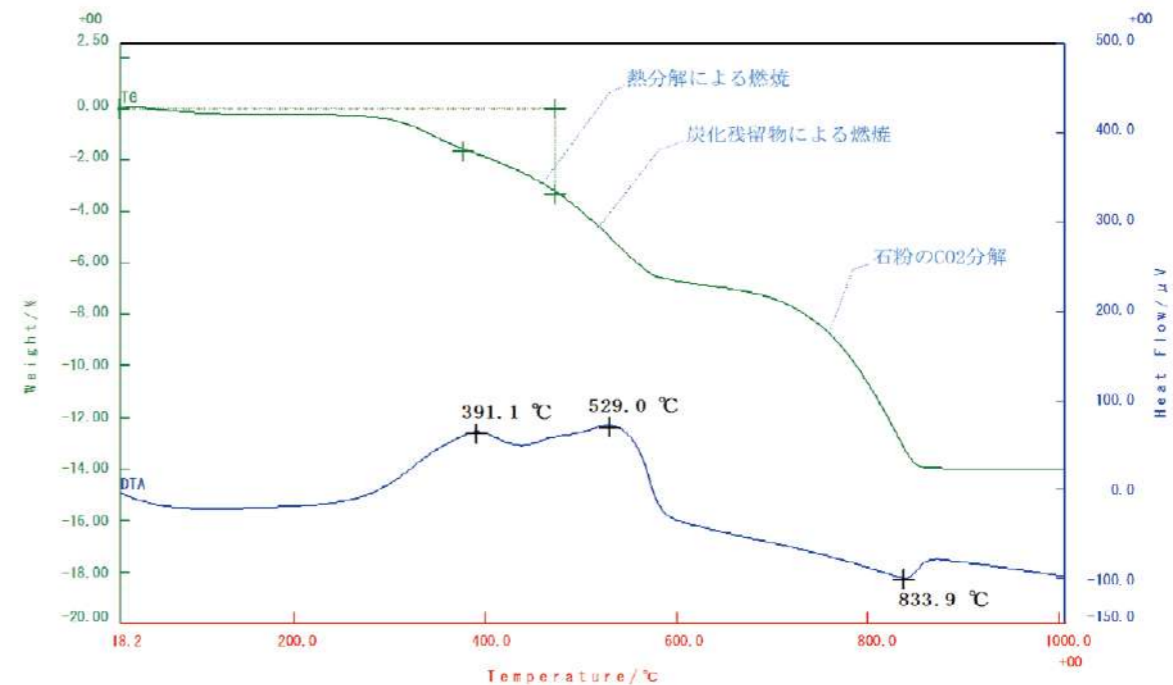


図2 再生骨材のTG-DTA測定結果

3.2 ストレートアスファルト(80-100)による補正

図3にストレートアスファルト(80-100)のTG測定結果を示す。測定結果より、アスファルトの熱分解による燃焼と炭化残留物による燃焼の比率が62.54%:37.22%となった。今回この結果を用いて再生骨材のアスファルト含有量を補正する。具体的には、TG測定の熱分解による燃焼減量分は、実際のアスファルト含有量の62.54%に相当する。100%時のアスファルト含有量に換算してアスファルト含有量を補正する。

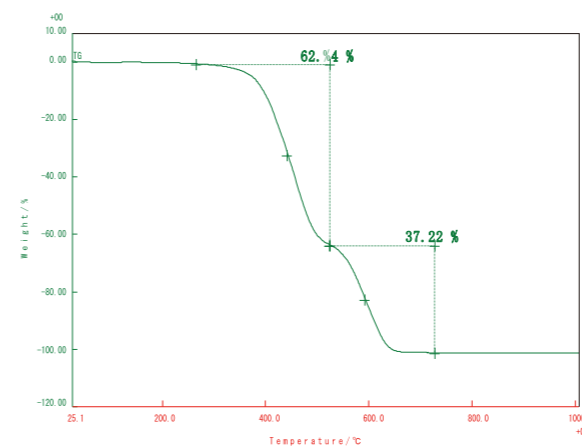


図3 ストレートアスファルトのTG測定結果

3.3 再生骨材のアスファルト含有量における熱分析測定結果とクロスチェック測定結果の比較検証

再生骨材のアスファルト含有量について熱分析測定結果とクロスチェック測定結果を比較し検証する。熱分析の測定では、A現場及びB現場の2現場について、同一試料で5回繰り返しを行い、平均値及び変動係数を求めた。3.2の補正をしない測定結果を表3、表4に、クロスチェック測定結果を表5に示す。なお、クロスチェックによる測定は、今回、道路コンサルタントに依頼した。

表3 再生骨材アスファルト含有量測定結果(A現場)補正なし

測定回数 (N=5)	1	2	3	4	5
再生骨材アス含有量(%)	6.62	6.49	6.60	6.66	6.28
平均値(%)	6.53				
変動係数(%)	2.10				

表4 再生骨材アスファルト含有量測定結果(B現場)補正なし

測定回数 (N=5)	1	2	3	4	5
再生骨材アス含有量(%)	5.24	5.25	5.32	5.10	5.52
平均値(%)	5.29				
変動係数(%)	2.59				

表5 再生骨材アスファルト含有量
クロスチェック測定結果

各現場	A現場	B現場
再生骨材アス含有量(%)	5.32	4.63

※ ソックスレー抽出法

※ 使用溶剤 1-プロモプロパン¹⁾

表3及び表4の測定結果は、表5のクロスチェック測定結果よりもアスファルト含有量が大きい結果となった。よって、再生骨材の中には、熱分析測定前にすでにカーボンが存在している可能性が高いと考えられる。

この結果より、3. 2による補正が必要と考えられるため、実際に3. 2の補正を行った結果を表6、表7に示す。

表6 再生骨材アスファルト含有量
測定結果(A現場)補正あり

測定回数 (N=5)	1	2	3	4	5
再生骨材アス含有量(%)	5.26	5.36	5.39	5.44	5.34
平均値(%)	5.36				
変動係数(%)	1.11				

表7 再生骨材アスファルト含有量
測定結果(B現場)補正あり

測定回数 (N=5)	1	2	3	4	5
再生骨材アス含有量(%)	4.67	4.62	4.56	4.65	4.67
平均値(%)	4.63				
変動係数(%)	0.89				

表6及び表7の測定結果は、表5のクロスチェック測定結果とほぼ一致する。この結果より、3. 2の補正方法は正しいと考えられる。さらに、3. 2のストレートアスファルトを使用した補正で、再生骨材中のアスファルト含有量を測定出来る目途が立ち、2. 3に記載した内容を検証出来たと考えられる。

そして、熱分析装置を用いて再生骨材のアスファルト含有量を測定出来る結果を得たと考える。

3.4 測定結果のばらつきについて

測定結果のばらつきについて考察すると、表6及び表7に示すA現場及びB現場の再生骨材アスファルト含有量の変動係数は、それぞれ1.11と0.89と小さいことから、ばらつきが小さい結果となった。このばらつきは、前処理のばらつきと差動型熱天秤による測定の結果の和であり、このばらつきが小さいことにより、前処理の再生骨材をパウダー状にして骨材粒度の差を小さくする操作と差動型熱天秤による測定が良好であると考えられる。

さらに、トータルのばらつきを考慮すれば、再生骨材集積場からの採取においても粒度のばらつきがあり、その結果アスファルト含有量にばらつきが生じることが考えられる。

骨材試験では、均一化をはかるために、従来より四分法又は試料採取器による縮分⁶⁾が実施されてきた。しかし、縮分後の試料が同じ粒度であるかはわからない。よって、トータルのばらつきをより小さくするためには、採取した再生骨材の粒度調整が必要と考えられる。

4. おわりに

再生骨材のアスファルト含有量測定は従来より有機溶剤を使用したソックスレー抽出法が採用されてきた。有機溶剤を使用する以上なんらかの有害性は発生する。そのため、有機溶剤を使用しない方法でアスファルト含有量を測定出来ないか検討してきた。そこで注目したのが熱分析装置である。熱分析装置は、試料の物性あるいは含有量を測定する目的でいろいろな分野で使用されている。

今回試行錯誤した結果、熱分析装置を用いて再生骨材のアスファルト含有量の測定を行うことが出来たと考える。

参考文献

- 1) 舗装調査・試験法便覧(第4分冊)
(平成31年版)
公益社団法人日本道路協会
pp. [4]-329, [4]-331-332, 2019
- 2) 舗装再生便覧(平成22年度版)
公益社団法人日本道路協会
pp.173, 2010
- 3) 熱分析 原理とデータの読み方
株式会社島津製作所
分析計測事業部GADC
- 4) 熱分析の高分子材料評価
最新熱分析での新しいアプリケーション
- 5) JOGMEC 石油・天然ガス資源情報
ウエイブサイト
- 6) JISA1158:2014(試験に用いる骨材の縮分方法)の制定について
建材試験センター
建材試験情報7' 14

筆者紹介



SHIMODA Masaru
下田 勝

1992年入社
開発部 開発3課

— 製品紹介 —

生コンプラント向け操作盤 Cyber Advance

1. はじめに

従来の操作盤は自社で設計したプリント基板をメインとして開発されていたが、1997年～2000年頃、Windowsパソコンの普及が本格化すると共に、日工ではパソコンを使用した操作盤開発に取り組んできた。IT技術の飛躍的な進歩と共に日工操作盤もソフトウェア技術のトレンドに乗り、創業100周年となる2019年には最先端の技術を取り入れた、生コンプラント向けの新型操作盤を開発した。

本稿では最新モデルとなる「Cyber Advance」の特徴と実力について紹介する。

<最上位モデルの歴史>

1999年「it's-B」

Windowsパソコン操作盤の初期モデルを開発した。



2004年「Super it's-B」

初期モデルから更なる機能アップを果たした。



2008年「TRINITY」

高品質、デザイン、サポートが三位一体となり、更に進化した。



2014年「ULTIMATE」

ワイド画面に対応し、よりスマートになった。



2019年「Cyber Advance」

オペレーションシステムから情報マネジメントシステムとなり、タブレット付き、最新モデルを開発した。



「Cyber Advance」は過去に経験のない大きなモデルチェンジを果たし、その進化は今も続いている。プログラミング言語を「Delphi」から「C#」へ変更し、Microsoft .NET Framework上で稼働するアプリケーションへ一新することで、これまでのシステムでは難しく諦めてきた様々な要素が実現できるようになった。最新モデル「Cyber Advance」の開発で、単にプラントを制御するだけの操作盤から、情報マネジメントの役割を持ったシステムとして進化した。

2. 特徴

最大の特徴は、標準でタブレットが付属し、場内に設置したアクセスポイントを介して、操作盤機能の一部を操作室から持ち出すことが可能となった事である。タブレットで機械装置の目の前で機器の操作が出来る「手元安全操作」機能を備えた。これにより各装置の調整や洗浄作業等のメンテナンス時に、操作や調整する人の無線機やインターホンのやり取りが不要となった。開発当初、タブレットで装置を動作させるということに安全性の面で様々な議論を交わした。例えば、今までのように無線機からの声を頼りに機器を調整するよりも、実機を目の前にして動作させる方が安全であること、万一のときには安全側へ動作するシステム設計への十分な配慮等である。無線LAN上での通信速度は重要課題であり、レスポンス向上には技術的な挑戦があった。Windows Communication Foundation (WCF) 技術の積極的な活用である。

これによりネットワークの先にあるプログラムの関数を実行出来ると共に、メモリ上のデータにアクセス出来る。ネットワーク経由で接続されたアプリケーション同士の連携が格段にやり易くなり、且つ操作レスポンスも向上した。

<タブレット計量手動操作>



<タブレット洗浄操作>



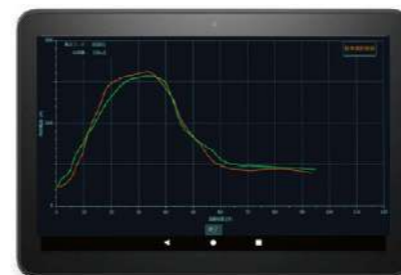
計量ゲート調整における開／閉動作や、ミキサ洗浄時の起動／停止も違和感なく操作が出来る。

また、タブレットは工場にいる全ての方が使える便利な端末とするために、オペレーターの出荷作業を邪魔することなく配合設定、演算設定、タイマ設定が出来る「どこでも設定」機能を設けた。更に計量実績、出荷実績の確認も場所を選ばず可能である。生コン品質の目安に重要な役割を果たすスランプ波形を持ち運んで、タブレット片手に操作室に限らず試験室でも確認出来る。同時開発した新製品「SL-Aqua」(スランプ管理装置)と連動していれば、基準波形登録や目視スランプの入力も操作盤の機能の一部として利用出来る。これらの機能を開発するには、今までのローカルデータベースからクライアント・サーバー型のデータベースへ変更し、一から構築する必要があった。それは想像を超えるほど途方もなく膨大な作業であったが、これまで諦めていた機能や性能の向上にも繋がった。

<タブレットどこでも設定メニュー>



<タブレットスランプモニター>



<主画面デザイン>



万一、操作盤パソコンのトラブルの際にはタブレットを一時的に操作盤として使用し、応急的に出荷を行うことが出来る「代替操作盤」機能も見逃せない点である。タブレットの活用方法には、アイデア次第で可能性が多分にあり、今後も機能をアップデートしていく予定である。

3. 画面デザイン

パソコンOSのデザインの流れとして、Windows7までは画面の中に現実の物体を表現するスクューモーフィックデザインが主流となっており、これまでの操作盤も装置をいかに立体的でリアルに表現できるかが意識されてきた。しかし、今回搭載しているWindows10は時代と共に、よりシンプルで最小限のデザインとなり、「Cyber Advance」もフラットデザインを意識して開発を進めた。表示項目のグルーピングや、スペーシング、色数をおさえることによる探しやすさなど、徹底的に「見やすさ」「扱いやすさ」を追求した。プログラマーやシステム屋にとってデザイン的なセンスは苦手な分野ではあるが、デザイナーと一体となって高級感を高め、且つシンプルなデザインを目指した。基本的な操作感や、かゆいところに余裕を持って手を届かせるための改善は一見地味かもしれないが、使えば使うほどその性能を実感できる。これは商品開発において何よりも重要な点だと言える。

強調色以外の色のトーンを抑え、より見たい場所に自然と目が行く。表示している情報量は増えているのに、すっきりしたデザインとなった。

4. 日エインターネットコンテンツサービス (NICS)

トラブル時の早期復旧など日エカスタマーサポートセンターによるリモートメンテナンスはもちろんだが、プラント運転、エラー情報、設備情報などをWEBブラウザから確認できる「日エインターネットコンテンツサービス (NICS)」との連携も可能である。今回の開発に合わせて、「プラント点検表」機能を追加した。日々の紙ベースの点検表から、インターネットを経由して日次点検表、月次点検表、年間修理実績を電子データとして管理出来るようになった。また、操作盤のデータをNICSサーバーにバックアップし、パソコン故障やデータ損失からの復帰が出来る「データお預かりクラウドサービス」が利用可能となった。今後もクラウドコンピューティングを利用して、ユーザーに価値あるサービスを提供していきたい。

筆者紹介



MORISHITA Kazuma

森下和真

2000年入社

開発部 開発4課

<NICSプラント点検管理>

5. 更なる進化

将来においては、労働力確保、業務効率化、働き方改革など、ユーザーの課題を解決していくためには、現在のテクノロジーを存分に活用した操作盤に進化していく必要性を感じている。サイバー空間にあるデータと、IoTによるリアル空間から多くのデータを収集し、人工知能 (AI) による「認識」「分析」「制御」と組み合わせることによって更なる進化が期待できる。「データ×AI×IoT」の活用における環境、即ちプラットフォーム的役割を担うのが次世代の「Cyber Advance」である。

— 製品紹介 —

自走式破砕機 MC100R(i) EVO

1. はじめに

昨年より、コロナウイルスの感染拡大の影響により都市部では公共、民間工事の減少に伴い、生コンクリートの生産量やアスファルト舗装材の出荷量が減少してきております。それらの主材料を占める骨材も減少傾向にあります。一方地方では台風による河川の氾濫や土砂災害の増加に伴い、自然災害防止工事の需要が非常に高まっております。中でも河川の高規格堤防やダム建設が増加しており、建設に必要な骨材の材料の需要が拡大しています。更に近年、土砂災害防止に向けての取り組みとして蛇籠石(100mm~200mmの玉石(たまいし)や栗石(くりいし)を籠に詰め込んだもの)も普及してきており、通常よりも強度の大きい碎石の需要が拡大してきています。

当社はそうした需要に対応すべく、創業100年となる2019年にモバイルプラント事業部を発足し、世界トップの自走式破砕機メーカーKLEEMANN社の日本総代理店として、今日まで自走式破砕機や自走式スクリーンの販売活動を行っております。

従来、日本では定置式破砕プラントが主流でした。しかし定置式プラントは更新や新設にかかるインシヤルコスト(電気設備・基礎等)のみならず、冬場のプラント休止期間にかかる電気代等のランニングコストも負担となってきます。そして何より定置式プラントは老朽化に伴いリニューアルする場合、スクラップ・基礎解体などを行う必要があります。

対して自走式プラントであれば、納入すればその日から稼働が可能で、冬場の休止期間はヤードで保管・メンテナンスすることが出来ます。更には、自走式プラントは中古重機として販売が可能で、その後の設備投資のハードルも軽減される等のメリットがあります。

このように、近年自走式プラントが普及し固定式プラントのデメリットが業界内で浮彫となってきており、変化する需要に対し手間とコストがかからない自走式プラントのニーズが非常に増えています。

2. 自走式破砕機の構造

自走式の大きなメリットは本体シャーシの上に搭載された機械設備を本体ごとクローラで自走可能であるということです。MC100R(i) EVOの場合、ホッパーや破砕機、コンベア、磁選機、制御装置等のさまざまな機械設備が搭載されております。(資料B「MC100R(i) EVO外観」)また、製造する品目に合わせて自由に組み合わせが出来る他、現場内移動や事業所間移動が容易な為、ダンプトラックなどの運搬費用等のランニングコストを抑えることが出来るという点が業界内で定評を得ております。



資料B「MC100R(i) EVO外観」

3. 破砕方式(ジョークラッシャ)

骨材に適した破砕方式は3種(ジョークラッシャ、インパクトクラッシャ、コーンクラッシャ)あり、それぞれに特徴がありますが、本稿ではジョークラッシャを紹介致します。(資料C「ジョークラッシャ 外観」)

ジョークラッシャは固定された固定歯に対して、振幅する動歯が動き、まるで動物の顎で噛むように碎石を噛み砕く方式です。また、生産材料のサイズ調整は動歯の背面にあるプレートを油圧で調整し、動歯と固定歯間の距離を変化させることで材料サイズを調整する事が可能です。

また、弊社のMC100R(i) EVOでは破砕機内のセンサにより破砕室内の負荷を常時監視しており、異常負荷を検値すると動歯を開き、破砕室が自動で保護されるシステムが内蔵されております。



資料C「ジョークラッシャ 外観」

4. 製品紹介

本稿では、当社の人気自走式破砕機のMC100R(i) EVOの主機能をご紹介します。

4.1. ハイブリッド駆動方式

本製品は、破砕行為においては一切油圧を使用せず、流体クラッチを介したディーゼルエンジンとダイレクトに駆動します。(資料D「ハイブリッド駆動方式」)さらに、フィーダや磁選機およびベルトコンベアはエンジンから発電された電気を供給しているため、ハイブリッド駆動方式で圧倒的な低燃費を実現しております。

当社調べによると、破砕材料にも依存するが、当社MC100R(i) EVOの燃費約11L/h(碎石強度・投入塊により変わります)に対し、同等機種は約30L/hとなっており、この低ランニングコストが業界内で好評価を頂いております。

また、上記でも申し上げた通り本製品はエンジンから流体カップリングを介してダイレクトに駆動する為、非常に強力な破砕能力を兼ね備えております。今まで国内の業界では割ることが困難と言われていた玉石や御影石等もMC100R(i) EVOでは難無く破砕することが可能です。



資料D「ハイブリッド駆動方式」

4.2. CFS搬送制御システム

CFSシステムとは破砕室へ材料を効率良く、継続的に供給する独自の材料搬送制御システムです。(資料E「CFS搬送制御システム」)破砕室上部の超音波センサの満量レベルを常時監視し、センサが破砕室内の満量レベルを感知すると自動的にフィーダの振幅を減少させ、材料搬送量を常に適量に調整します。

これにより、高効率な破砕が可能となり、更には材料の詰りリスクの最小化を実現することが出来ました。



資料E「CFS搬送制御システム」

4.3. MC100R(i) EVOの主仕様

●破砕能力

供給口寸法: 950×550mm

破砕機出力: 165kW

破砕能力: 95~105t/h (CSS60mm)

130~150t/h (CSS85mm)

●機種サイズ

運搬寸法: 12,950×3,000×3,200mm

重量: 30t

筆者紹介



SHINOHARA Wataru

篠原 航

2018年入社

モバイル事業部

— 製品紹介 —

小型ユニット式破砕機「チョイ割るのジョー」

1. はじめに

開発営業部ではコア技術を用いた新しい市場の開拓、新しい製品の開発というものをミッションとしております。日工のコア技術はこれまで「乾燥」「混練」「搬送」「制御」という4つの技術を指しておりましたが2008年に破砕機メーカーである前川工業所をグループに迎え、2014年からアスガラの破砕プラントの販売再開、2015年から自走式破砕機の輸入販売を開始するなど「破砕」という技術を新たなコア技術とすべく現在活動しております。今回開発営業部ではこの「破砕」という技術を利用した新製品を開発しましたので紹介させていただきます。

2. 開発経緯

これまで日工では「マルチドライヤ」という乾燥装置や「リサイクル4」という空き缶選別圧縮装置などを開発販売しております。これらの装置はいずれも中心部分がユニット構造になっています。ユニット構造にすることで据付工事期間が比較的短期間ですむことや、設計の標準化による短期対応など多くのメリットがあります。今回新製品を開発するに際しまず考えたのが何かユニット構造の製品を新しく作ることができないか?ということでした。ユニット型の混練装置やユニット型の分級装置など色々なユニット型の装置を検討する中で最終的にたどり着いたのがユニット型の破砕装置です。破砕機は先に紹介しました前川工業製のジョークラッシャーを採用することとしました。前川工業所は創業70年以上の破砕機メーカーで3000台以上の破砕機を製造販売しております。前川工業所では基本的に破砕機単品を製造販売しており、例えば投入装置や排出装置あるいは破砕機を中心としたプラントの設計製作はあまり行っておりません。日工は逆にプラントの設計製作や搬送装置の設計製作を得意としており、たまたまですが今回お互いの得意不得意をうまく補える製品を開発することができたのではないかと思います。



2-1. マルチドライヤ



2-2. リサイクル4

3. コンセプトとネーミング

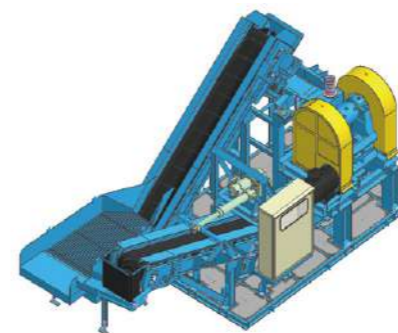
今回紹介させて頂く製品は小型ユニット式破砕機「チョイ割るのジョー」という製品です。コンセプトは「ちょっと割りたい、でもしっかり割りたい」というものです。ネーミングについてはちょっと割りたいをチョイ割ると表現し搭載している破砕機がジョークラッシャーであることからチョイ割るのジョーとしました。発表当初はネーミングについて批判もあるかと思っておりましたが現在までのところ好評を頂いております。今後はチョイ割る破砕機シリーズとして他の破砕機のユニット化も予定しております。



3. チョイ割るのジョー

4. 構造と仕様

構造は投入装置、破砕機、排出装置、制御をワンユニット化したものになっております。投入装置は日工のスーパーモジュラーコンベヤ(クライマベルト)を採用しております。またコンベヤから破砕機への乗り継ぎに振動フィーダーを採用することで破砕機への安定供給を実現するとともに装置の高さを抑えております。破砕機は前川工業所製のジョークラッシャーSC1007を搭載しております。破砕機の型式に使用される数字ですが、これは投入間口の大きさを表しております。1007というのは10インチ×7インチの間口を表しており、今回搭載している破砕機の投入間口は250mm×180mmとなります。排出装置は日工のスーパーモジュラーコンベヤ(中寄ベルト)の首折れタイプを採用しております。また制御に関しては投入コンベヤをインバータ制御としている他、破砕機の投入部分にセンサーを付け投入量の調整やブリッジが起こった場合の投入装置の自動停止機能などを設けております。



4. 3D CAD図

5. 能力とオプション

まず本製品の対象ワークと対象顧客についてですが、ジョークラッシャーの特性として硬いものを割るということから、例えば天然石や鉱石やレアメタル、他に陶磁器類や金属など硬いもの全般が対象ワークとなります。対象顧客につきましては上記を取り扱う製造業者様、中間処理業者様となります。次に本製品の処理能力についてですが、カタログスペック上は0.5t/h~2t/hとしております。実際の処理能力につきましては対象ワークの大きさや比重など性状により変わってきます。また能力に幅があるのは破砕機の出口スキマを5mm~20mmの間で変更することができるためです。ちなみにジョークラッシャーで出口スキマを5mmまで狭められるのは国内では前川工業所製のみです。次に主なオプションについてですが、先に述べたように様々な業界のお客様をターゲットにしていることから投入部分については簡単なホッパーを標準とし、例えば異物を除去できるようなテーブルであったり重機で投入できるようなホッパーフィーダーなどオプションとして用意しております。他には集塵機や発電機、マグネットプーリーなどもオプションとして用意しています。また今回最大の特徴としてアームロール車で持ち運びが可能になるオプションを用意しております。アームロール車に積載できるフラットデッキコンテナの上に本製品をセッティングし排出コンベヤに折り曲げ機構を付けることで自由に持ち運びすることが可能となります。

5-1

破砕例			
破砕前			
	スラグ(<200mm)	金属シリコン(<100mm)	セラミック(<100mm)
破砕後			
	スラグ(開5mm)	金属シリコン(開10mm)	セラミック(開10mm)

5-2

仕 様	
型式	NCU-J1007
能力	0.5~2t/H
投入口 (破碎機)	250mm×180mm
出口スキマ (破碎機)	5mm×20mm (変更可能)
動力	11kW
設置面積	2000W×5000L



製品紹介



製品紹介動画

↓ 5-3
4tアームロール車積載可能



筆者紹介



IWASAKI Tetsuya
岩崎 哲也
1994年入社
開発営業部

6. おわりに

今回ユニット型の破碎機を開発した目的のひとつは日工という会社が破碎機のメーカーであることを社内外に広くしてもらうことにありました。コロナの影響もあり十分な営業活動はできておりませんがキャッチーなネーミングとSNSのおかげで社内外から多くの問い合わせを頂いております。今後は販売を強化していくとともにこのチョイ割るのジョーを呼び水として様々な業界の破碎プラントの引き合いを獲得していければと考えております。

— 製品紹介 —

アスファルト合材プラント リフォーメーション

Asphalt Mixture Plant Reformation

木村 道明 KIMURA Michiaki (日工(株)テクノセンター 設計部設計4課 課長代理)
 堀口 諒 HORIGUCHI Ryo (日工(株)テクノセンター 開発部開発1課 係長)
 武智 直也 TAKECHI Naoya (日工(株)テクノセンター エンジニアリング部東京技術室)

1. はじめに

道路資材であるアスファルト合材を製造する設備であるアスファルト合材プラントは、時代と共に変革が求められている。

先ずアスファルト合材プラントとは、骨材(砕石、砂等)を乾燥加熱し、粒度毎に篩い分け、配合通りに計量を行い、石粉、アスファルトと共に混練し、アスファルト合材を製造する設備である。これは国産アスファルト合材プラントができた昭和の時代から大きく変化していない。

しかしながら、アスファルト合材プラントを取り巻く環境の変化に伴い、アスファルト合材プラントも合材サイロやリサイクルユニット等の付帯設備、脱臭装置等の環境設備が増設され、**図1**に示すようなアスファルト合材プラントのシステムフローとなった。このように複雑化したアスファルト合材プラントをより安全に、より便利に、より品質を、と価値向上を求められるようになってきている。以下に、価値向上の事例を紹介する。

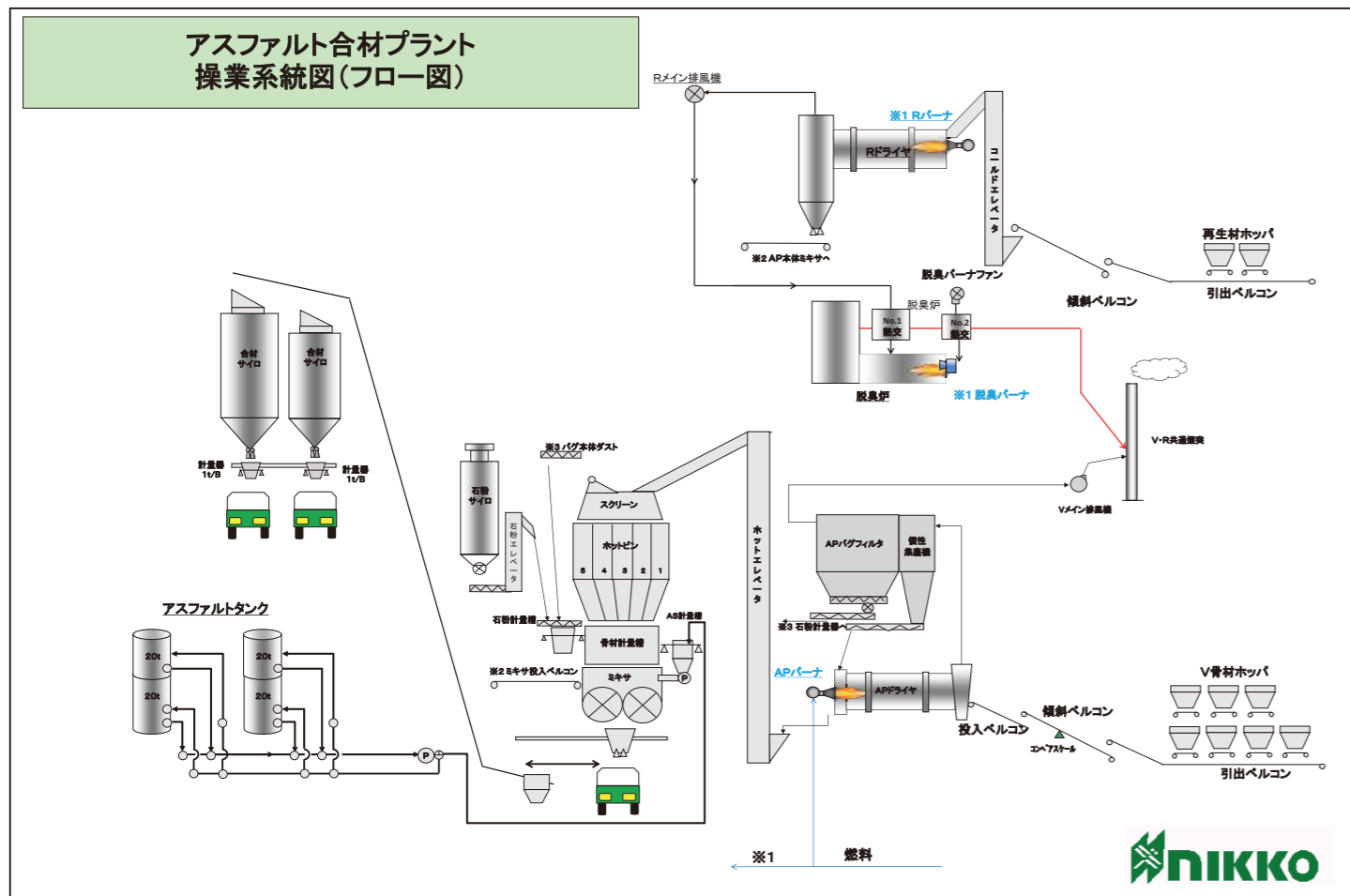


図1 アスファルト合材プラント フローシート

2. より安全なプラントへ

近年、アスファルト合材プラントの安全への要求が高まっており、その要求に答える為、安全装置が見直されている。

重大事故に陥らない様に稼働部にはカバーの充実。また、点検時には強制的に動力を落とす様メンテナンスBOX設置、カバーにはキースイッチを設置しカバーを外す際にはインターロックの組み込み等の様々な対応を取っている。以下には、アスファルト合材プラント特有の装置であるドライヤ、スキップエレベータ、移動計量器、合材排出部の安全装置を紹介する。

① 安全装置

(1) ドライヤ駆動部カバー

写真1は、フリクションローラ・減速機・ベルト・サイドローラ等の稼働部に直接触れることを防止するための安全設備である。また、ドライヤに引き綱スイッチを取付け、メンテナンス時にドライヤの動作を停止させるインターロック機能を追加することが出来る。



写真1 ドライヤ駆動部カバー

(2) スキップエレベータ安全柵

写真2は、スキップエレベータ下部周りに人が侵入することを防止するための装置である。安全柵の扉にリミットスイッチ等を取付け、内部に人が立ち入る時は、スキップエレベータのすべての動作を停止するインターロック機能を追加することが出来る。掃除やメンテナンスの際に容易に着脱できる構造とすることも出来る。



写真2 スキップエレベータ安全柵

(3) R材移動計量器安全柵

写真3は、再生材をサージピンよりミキサに移送するR材移動計量器周りに人が侵入することを防止するための安全柵である。メンテナンス用手元BOXを取付け、内部に人が立ち入る時は移動計量器の動作を停止させる機能を追加することが出来る。



写真3 R材移動計量器 安全柵

(4) 合材排出時安全対策

ダンプ通路には物理的な安全柵を取付けることが出来ない為、センサにて人間かダンプかを認識して排出動作を行わない等のインターロックを設ける。また、そのセンサ感知と連動してパトライトを点灯させることで注意喚起も行う。

ダンプ通路の両側にセンサを取付け、横軸センサエリア①③と縦軸センサエリアABCが同時に感知した場合に、ダンプが進入していると判断する。**(図2)**

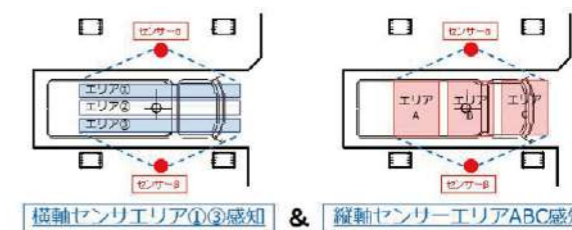


図2 ダンプ進入時

横軸センサエリア①③もしくは縦軸センサエリアABCの一部のみ感知した場合には、人間や障害物が侵入していると判断する。**(図3)**

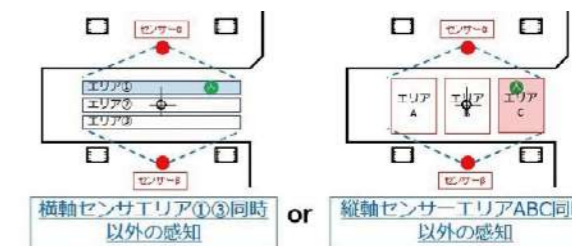


図3 人、又は障害物侵入時

また、ダンプ通路だけでなくスキップエレベータ等の、その他搬送装置がある危険エリアに設置することも検討している。

②より安全なアスファルト合材プラント (Value - Pack)

安全性を高める事が一番できるのは、装置点数を少なくすることである。図4に示すようなValue-Packは、ミキサをプラント中心に配置し、R材計量器を固定式にしている。従来のR材ミキサ投入コンベヤや移動計量器等の再生材運搬装置を廃止することにより、巻き込まれ事故の撲滅を行い安全性の向上を考慮したプラントとなっている。

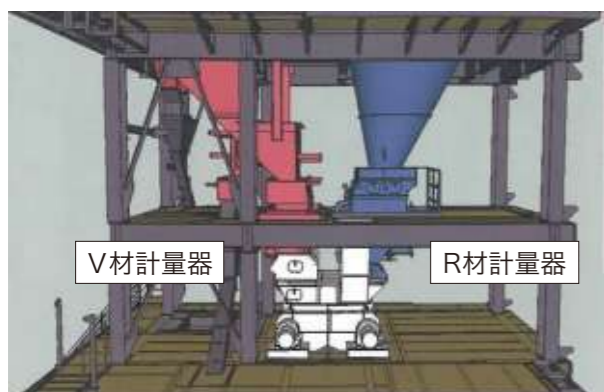


図4 Value-Pack ミキサ・計量器フロア

3. より便利なプラントへ

従来はダンプ運転手へのオペレータからの情報伝達は、スピーカによる案内を行っている。これを、電子機器等を用いて案内する合材工場が増えてきており、スムーズな出荷体制や騒音対策につながる。以下に、代表的な車番表示器と合材の積込支援を紹介する。

① 車番表示機

車番表示機は操作盤と連動して、車両番号を表示し、積込車両運転手に順番を案内し、工場構内における円滑な車両の通行・誘導を支援する。プラント本体だけでは無く、合材サイロに設置することも可能(写真4)。

また、車番表示機と合材配合名表示機とを合わせることで、合材の誤納リスクを更に減らすことができる(写真5)。

従来のLED表示灯では無く、屋外型のモニタを採用し、視認性を表示部が3段の為、「配合名:1段+車両番号:2段」といった組み合わせで表示を行う。文字色等に比較的自由度が高い(写真6)。



写真4 車番表示機

写真5 配合名表示機



写真6 配合名・車番表示機

② 出荷口積込支援装置「みえ〜る君」

写真7に示している出荷口積込支援装置(みえ〜る君)・カメラをプラント合材出荷口に設置することで、積込車両の運転手が合材積み込みの様子を運転座席から乗り出すことなく、安全にモニタで確認が可能となる。モニタの映像内に落ち口に印を付けたり、誘導線を引くといった簡単な加工も可能で、車両停止位置が作成可能となる。

また、残バッチ数を表示し、運転手が積込完了前に、勘違いで出車してしまうリスクも低減できる。



写真7 出荷口積込支援装置(みえ〜る君)

4. より価値あるプラントへ

近年、中温化アスファルト混合物製造に向けた様々な技術が開発・実用化されており、中でも製造コストの低減や大量製造が比較的容易であるということから、機械式フォームドアスファルトを適用される場合が多くなっている。この方式は加熱されたアスファルトへ水を添加・混合し、微細泡を発生・分散させることで、アスファルトの容積が増加し、見掛け粘性が低下する為、施工時に残存する泡のベアリング効果によって施工性が改善する。さらに施工後は泡の影響が無くなり、混合物の品質は維持出来るとの報告がある。特に我が国では、再生加熱アスファルト混合物の割合が多く占めており、新アスファルト量が少ない中で施工性改善等の効果を得るためには、このフォームドアスファルトが重要となる。既に欧米諸国で流通しているフォームドアスファルト発生装置(以下、フォーム装置)はあるが、日工では独自に2つの方式で装置を開発した。

①日工式フォーム装置

(1) コンセプト

日工ではフォーム装置の方針を調査し、発泡挙動に関する試験を行ってきた(写真8・写真9)。その中で、図5・図6で示すように発泡したアスファルトを循環させたと、循環しない場合に比べ発泡倍率は劣るものの、発泡を長く維持することが出来た。この素因として、発生した気泡がギアポンプで細かくされることで、アスファルト中に消失しにくい微細泡が多く残存しているためであると推定する。施工性改善等に寄与するとされる微細泡を製造出来るこの方式を、日工で考案した。なお、この方式はバッチ式が主流である日本により適した方式と考えている※1。



写真8 日工フォームド試験装置



写真9 フォームドアスファルト

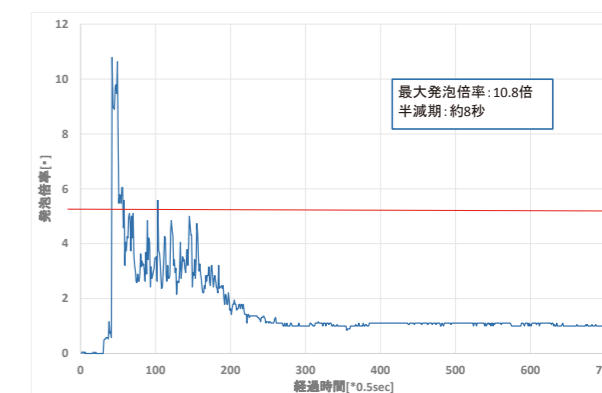


図5 発泡倍率推移-アスファルト循環無し※2-

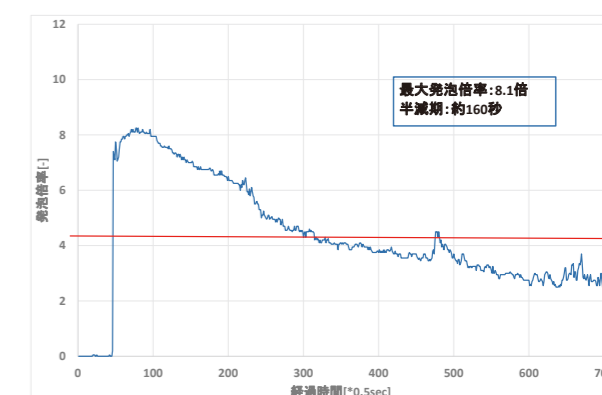


図6 発泡倍率推移-アスファルト循環有り※3-

(2) 方式説明

この装置を新設されるプラントへ納入する場合や、プラントに増設する場合といった計画・配置上の違いに対応するため、2つの方式を考案した。まずアスファルト計量器循環式は、アスファルト計量器のサージタンクを通常より大きく設計している。それに対しバフファタンク循環式は、計量器サージタンクを大きく設計することが配置上困難な場合、代用としてバフファタンクを増設する。それぞれの装置構成を、図7・図8に示す。

フォームドアスファルトの生成工程としては、ドライミキシング中にアスファルトへ水を添加することで発泡し、ポンプとタンクの区間内で循環する。その後、ウェットミキシングが開始するタイミングでミキサへ放出され、アスファルト合材が造られる。これら2つの方式を相対比較した一覧を、表1に示す。

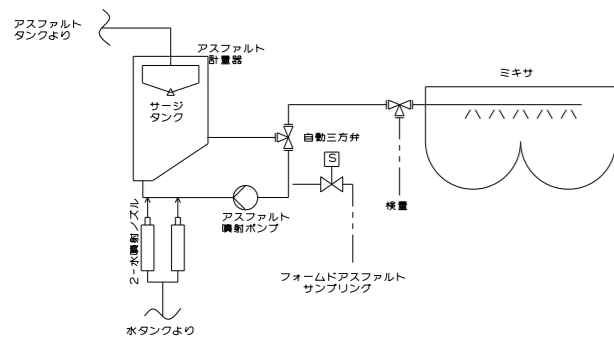


図7 アスファルト計量器循環式-装置構成

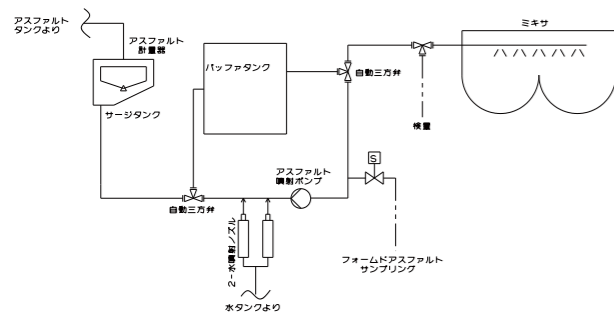


図8 バッファタンク循環式-装置構成

表1 方式比較

	計量器循環	バッファタンク循環
機器点数	少ない	多い
機器設置範囲	狭い	広い
循環配管長さ	短い	長い
新設プラントへの納入	可	可
既設プラントへの増設	困難	可

(3) 課題と対策

いずれの方式でもドライミキシング中に水を添加する時間があり、またウェットミキシング中では発泡したアスファルトをポンプで輸送するため、ミキサへの放出は通常より時間が掛かる。

この課題に対応するため、水添加や三方弁を切り替えるタイミング、またアスファルト放出に要する時間を任意に変更するといった時間短縮へ向けた対策を行い、循環式フォームドアスファルトのメリットを活かしつつ出荷能力を落とさず運転が可能か、今後確認していく。

(脚注)

- ※1:約5倍の発泡倍率まで許容する。
- ※2:半減期とは最大発泡となった倍率から、その1/2の倍率となるまでに要する時間。

※3:循環時に200ml程ペール缶にサンプルを取り、発泡倍率の推移を測定した。発泡倍率は採取する容器の開口面積により変わるため、実機での倍率とは異なる。

5. おわりに

アスファルト合材プラントは、機能、外観共に改善の余地は充分にあると考えられる。IoT技術の導入も進んできているが、働き方改革に寄与する為、将来に向けた完全自動運転や無災害プラントに向け、一層の開発を行っていき、道路会社と共に日本の将来への道を担っていきたい。

出典

「アスファルト合材プラント リフォーメーション」
アスファルト合材、No.135、P26-31、2020/07
(一社)日本アスファルト合材協会より許諾を得て掲載。

筆者紹介



KIMURA Michiaki
木村 道明
2005年入社
設計部



HORIGUCHI Ryo
堀口 諒
2011年入社
開発部



TAKECHI Naoya
武智 直也
2015年入社
エンジニアリング部

製品紹介

防水板(タウンガード)

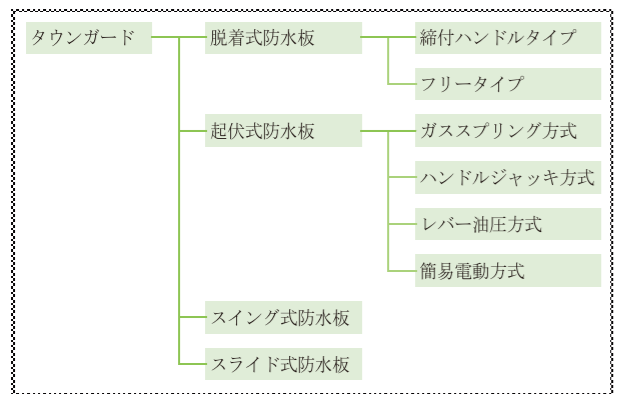
1. 防水板 人と街を守る

近年の都市部を中心に発生する浸水災害は、局部的大雨(ゲリラ豪雨)、温暖化による台風の大型化など猛烈な雨が降ることにより発生しています。この降雨による水量がスムーズに排水されれば浸水被害は発生しません。しかし近年の都市部には、それを妨げる問題点が存在しています。

地盤への浸透面積の減少、想定下水処理能力越え、洪水氾濫危険区域への都市の拡大等があげられます。都市部では地下鉄、地下街といった地下空間の利用も増えており、路面上に溢れ出した水が地下空間へ浸水し被害をもたらすこともあり、実際死亡事故も発生しています。

- ・平成5年8月
東京都心部、台風11号で河川氾濫・地下鉄不通
- ・平成11年6月
福岡県福岡市の集中豪雨で博多駅周辺地下1階浸水
- ・平成11年7月
東京都新宿区の集中豪雨でビル地下室浸水
- ・平成11年8月
東京都渋谷区の集中豪雨で渋谷駅地下コンコースまで浸水
- ・平成12年9月
名古屋市内、東海豪雨により地下鉄浸水・地下街浸水

国土交通省では浸水想定区域図、洪水ハザードマップなどを策定し、浸水した場合に想定される水深を公表して都道府県ごとに注意喚起を行っています。これらを背景に浸水被害を防ぐために、日工マシナリーでは長年培った水門技術を生かして、防水板(タウンガード)をラインナップしています。



この中から当社主力商品である、脱着式アルミ防水板を紹介させていただきます。

2. 防水板の歩み

日工グループの一員として水門の技術、知識を生かして、防水板をタウンガードシリーズとして2003年2月より設計・製造・販売をさせて頂き、実績を積み重ねてまいりました。



3. 脱着式アルミ防水板(縮付ハンドルタイプ)

① シンプルな構造で高い止水性を誇る防水板

あらゆる所に設置可能なスタンダードな防水板で止水高さはパネルを積み重ねることにより調整が可能であり、止水幅は中間支柱を設置することによって間口幅に対応することが可能です。また床面に下部レールを設置することにより、より高い止水性が保たれます。



パネルを積み合わせての3連4段式H1.600m



パネルを連ねての9連2段式W1.690m

② 軽量で容易に設置

■アルミ押し出し成形で軽量化

- ・最小板厚 1.4mm
- ・単位重量 20kg/m²
- ・厚み 50mm

■耐食材料で長期使用可能

- ・パネル(アルミ押し出し型材)
- ・側部レール(ステンレス)
- ・中間支柱(ステンレス)
- ・下部レール(ステンレス)

■止水高さ(寸法) 200~2000mm(50mm毎)

■止水間口(寸法) 700mm~無制限(中間支柱を使用)

③ 高強度

■強度試験

- ・テスト機(2.0W×1.0H)で水深1.0m迄のたわみ量を計算値と実測値で検証します。

・テスト結果

水深 (m)	0.25	0.5	0.75	1
たわみ量 (mm)	0.1	0.5	0.7	1.4
たわみ率	1/16050	1/3210	1/944	1/472

- ・たわみ率も旧電電公社基準の2m以下、2m超1/300以下の目安をクリアしています。
- ・実測値では計算値以内の結果となり、より安全な強度判定となっています。

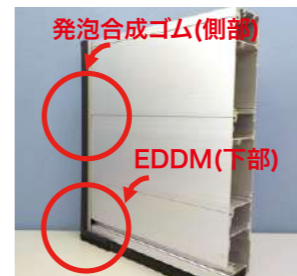
④ 新シール方式で高水密

(1) 止水パネルはアルミ押し出し型材を使用し、より簡単に組立が出来る構造としています。またパネル噛み合わせ部に丸紐状の合成ゴムを埋め込み、噛み合わせて圧着することで高い止水性能を確保することが出来ます。



丸紐状合成ゴム

(2) パネルとレールの水密を保つには、発泡合成ゴム(側部)・EDDM(下部)を使用し、漏水を防ぐ構造となっています。



発泡合成ゴム(側部)

EDDM(下部)

(3) 品質管理体制において、H29年に(一財)建設試験センター中央試験所の浸水防止性能のテストを受け、下記の認証を受けています。

- ・床じか置き型で2等級
(単位浸水量0.01を超えて0.02m³(h・m²以下))
- ・床溝掘込み型で5等級
(単位浸水量0.01m³(h・m²以下))

4. 脱着式アルミ防水板(フリータイプ)

① 軽量かつすぐれた止水性。現地工事は不要。

脱着式防水板ラインナップとして、ドア枠などに直接取付が出来、建物の景観を損なわず止水が出来る防水板です。材質も縮付ハンドルタイプと同じアルミ押し出し型材を使用し、パネル厚30mm(重量17.0kg/m²)と薄く縮付ハンドルより軽量で取付やすい性能となっています。ドア枠・サッシ枠などの寸法がフリータイプの標準仕様であれば、現地工事も不要となりコスト面でも削減出来ます。止水性能も20ℓ/h・m²以下(実験値)と従来の防水板の性能をみたくしています。止水高さは200~1000mm(100mm単位)パネル限界長さは2000mm(H1000mm・W1900mmまで)中間支柱を使用することによって連結使用も可能となります。



5. 今後の取り組み

防水板の製造販売を始めて十数年になりました。今後もお客先様の様々な要望にお応えし、『人と街を守る』災害対策に貢献出来るよう努力してまいります。

筆者紹介

MAEDA Masahiko
前田 雅彦
2005年入社
日工マシナリー(株)
関西支店 支店長

— 製品紹介 —

前川工業所製 ファインジョークラッシャー

1. はじめに

破碎機は破碎対象物の性状(硬さ、大きさ、形状、比重、水分等)や破碎後サイズ、処理能力、稼働条件などにより適した機種を選定します。その種類は、ジョークラッシャー、ロールクラッシャー、ハンマクラッシャー、シュレッダーなど破碎原理により各種あります。

その中でもジョークラッシャーは強力な圧縮破碎力で、硬くて大きな原料を小さく破碎することができ、構造も簡単で故障が少なくメンテナンスも容易な為、一次破碎機として多く使用されている破碎機の一つです。

今回は前川工業所の主力製品であるファインジョークラッシャーについてご紹介致します。



図1 ファインジョークラッシャー SC-1610型 外観

2. ファインジョークラッシャーの特徴

2-1 鋳鋼製一体形のフレームを採用

一般的にクラッシャーのフレームは鋼板の溶接構造が多いですが、ジョークラッシャーは特に強い衝撃を受けますので、微量のフレームひずみ等で軸受けが早期破損することもあります。当社製のフレームは鋳鋼の一体構造で、溶接構造に比べ堅牢で、耐久性、長期安定性において優れています。このため、一般的なジョークラッシャーでは破碎が困難な硬くて粘り原料の破碎も対応できるケースが多くあります。

2-2 細割仕様を標準採用

一般的なジョークラッシャーの破碎後サイズは最小でも20~30mm程度までですが、弊社は小型機種で5mmアンダー、中型機種で10mmアンダー程度まで破碎可能な細割仕様を標準採用しています。

3. 構造

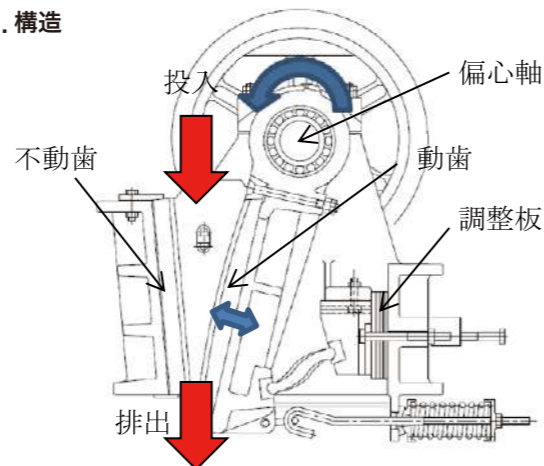


図2 ジョークラッシャー構造

- ・ 上部から投入された原料は、偏心軸の回転により前後運動を行う動歯と、フレームに固定された不動歯との間で圧縮破碎され徐々に小さくなりつつ下部に落ちて行き出口隙間より排出されます。
- ・ 出口隙間の大きさにより破碎後サイズが決まります。
- ・ 出口隙間は調整板の抜き差しにより任意に調整が可能です。

4. シリーズ

型式	投入口 (mm)	モータ (kW)	破碎後サイズ(mm)
SC-0605	150*125	3.7	5~40
SC-1007	250*180	7.5	10~50
SC-1610	410*250	15	20~60
SCL-2010	510*250	22	40~80
SC-2415	610*380	37	50~100

※投入可能サイズは投入口寸法×0.8程度まで

※破碎後サイズは目安

投入口サイズ 150×125mm の試験室用から処理能力 1日5t未満に対応する小型機、投入口サイズ 610×380mm の大型機までシリーズ化しています。

5. 破碎対象物

基本的に硬い物で、力を加えて変形しなければ破碎可能です。力を加えて曲がる、凹むもの(鉄、銅、軟質プラ、木材、ゴム等)は破碎困難です。また、水分や付着性のある材料も閉塞する為、困難です。

当社ファインジョークラッシャーで実績のある処理物の例を以下に示します。



図3 合金鉄

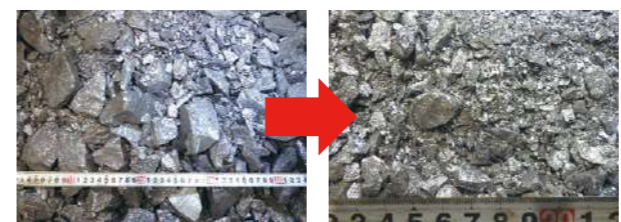


図4 金属シリコン



図5 瓦

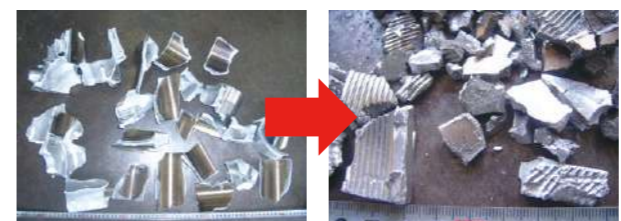


図6 アルミダイカスト



図7 超硬ドリル

6. 納入先

金属、冶金、ガラス、製鉄、化学、セラミックス、建設、リサイクル等で納入台数は1700台以上です。

納入先事例を以下に示します。



図8 日工(株)チョイ割のジョーに搭載



図9 合金系 SC-1007型



図10 コンクリート廃材 SC-1610型



図11 滑石(タルク)SC-1610型



図12 金属シリコン SC-1610型

7. 特殊歯板

原料と接触する歯板の材質は、通常は高マンガン鋼ですが、お客様のご要望により、セラミックスや超硬を使用する場合があります。



図13 セラミックス製歯板



図14 超硬製歯板

8. おわりに

破碎機選定にあたり、実際の原料を使用しての破碎テストが必要です。テストせずに仕様決定するとトラブルの原因となります。

前川工業所ではテスト機20台以上(ジョークラッシャーは6機種)を常設し、テストにて破碎後粒度、処理能力等の確認を

行って破碎機の最終仕様を決定しています。



図15 常設テスト機



図16 破碎テスト風景

破碎機のお問合せの際には、下記についてご連絡ください。破碎可否ふくめて検討させていただきます。

- 処理物(名称、水分、付着性など)
- 破碎前サイズ(最大何mm、平均何mmなど)
- 破碎後希望サイズ(何mmアンダー何%など)
- 希望処理能力(何t/h、何kg/h)

お気軽にご相談ください。

筆者紹介



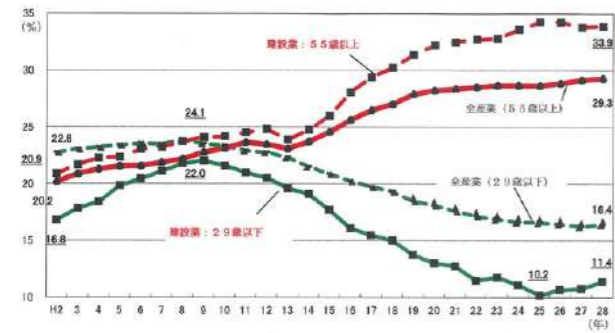
KOZAI Masahiro
小財 昌浩
1996年入社
(株)前川工業所 取締役

製品紹介

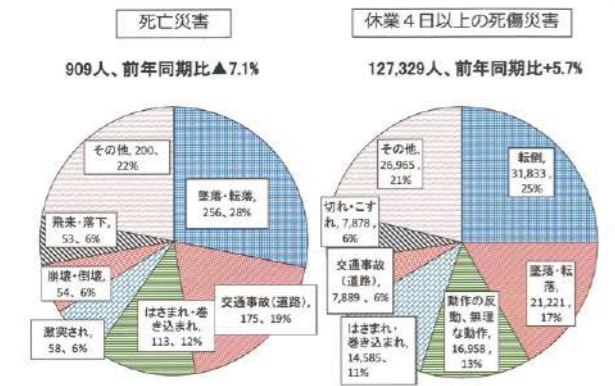
ラク²タラップ

はじめに

建築・土木現場にて生産性だけでなく、近年では安全性も追及されるようになってきた。現場における労働災害(死亡事故)の発生状況は約50%が墜落・転倒によるものである。また、職人の不足や高齢化が進みつつあり、これからは安全で簡単に設置/施工できる足場が求められる時代になってきている。



総務省 労働力調査



出典:労働者死傷病報

従来の設置

従来の方法では単管・杭・クランプ・自在ステップを組み合わせる事で階段の設置を行っていた。自在ステップに関しては、傾斜の角度・蹴上り寸法の調整を一枚一枚行わなければならない為、設置までの作業時間を多く要していた。



組み立て手順

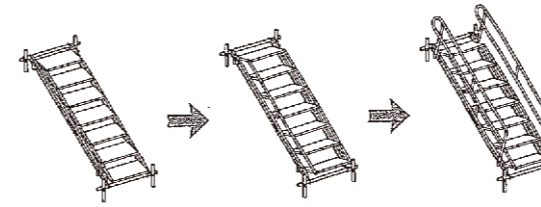


ラク²タラップの設置

ラク²タラップではユニット化されており、単管等に掛けるだけで設置が可能となる。アルミ合金製の為、軽量で持ち運びや設置が容易である。また、蹴上寸法と角度が均一になる構造で、安全性と大幅な作業効率向上が出来ます。



組み立て手順



開発商品

現場での多種多様なニーズに対応できるようラク²タラップの種類を増した。今までの長さ3種類(LT14・24・38)に加え、2段ステップと3段ステップを追加した。また、下部にはフラットな金具を使用することにより、設置がより一層容易に出来ます。両商品ともに標準/ミドル/ワイドの3種類の幅の設定も設けた。



※左からワイド/ミドル/標準となっております。

可変式の自在ソケットも追加設定を行い、手摺を変動できるようにした。この事により、使用場所/使用方法が広がり、ニーズの拡大に繋がっていくと考えられる。



斜面ノリダーとの併用でより安全な昇降設備が可能となる。(NETIS商品KT-150055-VR)
※垂直高さ7mまたは法長10mごとに踊り場を設ける。(JISA8972)



おわりに

冒頭の通り、これから職人の不足・高齢化が進み、ますます労力・時間の削減が、求められてくると思います。安全性と作業効率向上が求められる軽量の製品が必要になってくると感じております。これからも私たちは現場や利用者の方々の声を吸い上げニーズにあった製品作りを目指していききたいと思います。

筆者紹介



SAITO Issei
齊藤 一誠
2016年入社
日工セック(株)東部営業部

— 製造設備紹介 —

ファイバーレーザー切断加工機の実務と導入効果

1. はじめに

技報第一号で紹介したように、当社では2020年1月と2月にファイバーレーザー切断加工機を2台導入した。初めて導入した事もあり、当初は様々な問題が発生していたが、現在は大きな問題もなく、日中稼働だけでなく夜間の無人稼働も安定し、その効果を発揮している。

ファイバーレーザーでは、ノズルやレンズのわずかな汚れや傷などで加工不良が発生し、エアや電源が不安定になれば切断不良や稼働停止に直結する。オペレータが安定稼働させるために行っている日常の点検保守などの具体的な作業と改善活動を紹介します。

2. ファイバーレーザー1号機(以下F1とする)

2.1 設備概要

～主仕様～

メーカー	㈱アマダ
型式	EN3015AJ AJ9000
レーザー発振器	ENSIS9000 9kW アマダ製
有効切断幅×切断長	1550mm×3070mm
多段ストッカー	5'×10' 14段
付属	セカンドステーション
切断方式	HPEZ カット or 酸素カット

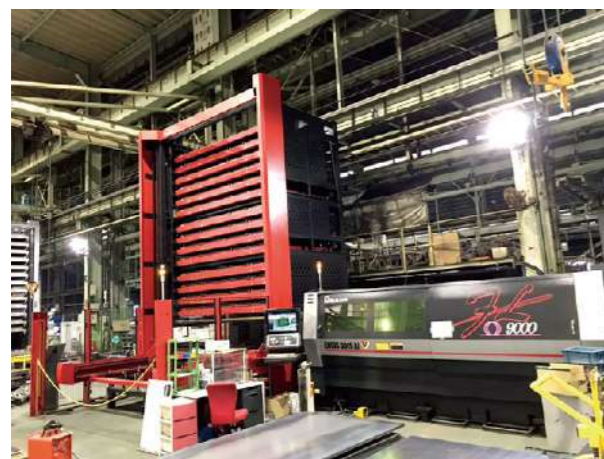


図1 F1本体外観

アマダ製のF1は切断加工領域がフルカバーで覆われており、安全が確保されている為、高速での切断加工が可能になっている。当時最高レベルの9kWの発振器を搭載し、HPEZカット(特殊なフィルターを用いて、コンプレッサエアから酸素を除

去し、窒素約98%のアシストガスで加工を行うアマダ独自のカット方式)で、SS材t2.3～t9、SUS材t1.5～t9を切断している。酸素カットで、SS材t12～t22の切断を行っている。HPEZカットでは、SUSにおいても純窒素切断に近い(切断部が酸化しにくい)高品質な切断ができ、専用の窒素ガスが不要なため低コスト且つ高速で切断が可能となっている。オプション仕様で多段ストッカーとセカンドステーションを備えており、スムーズな片付け作業ができ、夜間の無人運転も可能である。また、高速切断を生かして、赤紙や黄紙等の特急品もこなす万能機として重宝している。

2.2 日常点検作業

切断速度が速く切断品質も良いF1にも弱点はあり、高速切断のため、ほんの少しの異常で加工不良が発生する。加工不良を発生させない為に欠かすことの出来ない3大日常点検作業を紹介する。

2.2.1 レンズ清掃作業



図2 加工ヘッド

図3 レンズ



図4 クリーンルーム

図5 清掃セット

加工ヘッドに付いているレンズホルダー(図2)の中に集光レンズと保護ガラスの2枚(図3)がついており、少しの埃が原因でレンズが傷む恐れがあるので、簡易クリーンルーム(図4)で作業を行っている。クリーナーで汚れを拭き取り、手動ブローで埃を吹き飛ばす(図5)。この作業を汚れが落ちるまで繰り返す。これを怠ると、レンズやノズルに傷が付き、加工不良に繋がるので、慎重に丁寧に作業を行っている。

2.2.2 ノズル確認と清掃作業



図6 ノズルチェンジャー 図7 ノズル本体 図8 ノズル交換セット

F1はノズルチェンジャー(図6)を搭載しており、8個のノズルを材質や板厚に対して使い分け、プログラムで自動交換している。チェンジャーに保管しているノズルに汚れや欠陥があると夜間の無人運転で切断不良の欠陥品を大量生産してしまったり、異常停止して夜間運転が進まないなどのトラブルが発生する。毎日ノズルを目視にて確認し(図7)、汚れがあれば清掃を行い、欠けや傷があればノズルを交換している。(図8)

2.2.3 ノズル芯出し作業

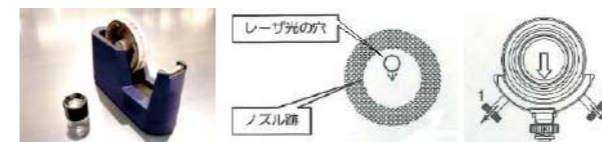


図9 センタリングセット 図10 セロハン拡大図 図11 調整機構

全てのレーザー加工機は、レーザー光がノズルの中心から発射するように調整を行う芯出し作業が必須である。本機では、最も小径のノズルに交換し、ノズル先端にセロハンを貼り、レーザー光を出す。穴が開いたセロハン、ルーペ(図9)を用いて見ると、図10の様な模様が見える。このレーザー光が周りの円の中心になるように、加工ヘッド部の左右の調整ネジを回して調整する(図11)。この調整の精度により、切断品質が良くも悪くもなり、精度が悪いと加工不良が起こる。調整ネジを少し回すだけで大きく動くため、感覚が身に付けば1回で完了する事もあるが、不慣れな人では10回程度行う事もある。

2.3 その他の点検作業

上記で述べた3大日常点検作業が最も大事であり、毎日行わなければ即、加工不良に繋がる作業である。異常が起こった時にまず確認する項目でもある。それ以外にも安定稼働を行うための作業がいくつかあるので、それを紹介する。

2.3.1 スノコ改良履歴



図12 切断品傾き

図13 剣山スノコ



図14 剣山スノコ交換

図15 エキパンスノコ

レーザー加工機では、切断材料の下に敷くスノコが必要で、切断材料の支え、切断した製品の落下防止等の役割がある。材料とスノコの接地面が多いとレーザー光が抜けず、ドロスが大量に付着し切断面が粗悪になってしまう。材料とスノコの接地面が少ないと切断品が傾き、加工ヘッドが材料に衝突してしまい、加工ストップとなる(図12)。これらを起こさないように当社ではスノコの改良を行ってきた。

メーカー標準の1方向剣山では切断材料の落下が頻発したので、格子状構造で隙間を少なくした剣山スノコ(図13)を開発した。当初切断良好で成功と思われていたが、スノコ交換の際に大きな手間がかかることが分かった。ドロスが付着して剣山同士が固まり、全ての剣山スノコが一体となって交換するのに相当苦勞した。この交換には全ての押さえカバーを外し、天井クレーンにて持ち上げ、本体に引っ掛からないように持ち上げる必要があった(図14)。再検討し、現在はエキパンでの運用を試している(図15)。切断品質がわずかに悪くなったが許容範囲である。エキパンスノコと機械側支持部が干渉するため、この部分にガス切断で穴を開ける手間はあるものの、交換時間は大幅に減らすことが出来た。

2.3.2 給脂

レーザー加工機に限った話ではないが、月一回各部の給脂を実施している。F1は摺動面やチェーン部が多数あり、それぞれで推奨とされるグリスが違うため、数種類のグリスを使い分けられている。高速で動く部分も多い為、特に忘れてはならない作業であり、予防保全の最たるものである。

2.3.3 各種フィルター清掃



図16 HPEZ装置+チラー 図17 ラインエア装置 図18 集塵装置

F1では、2.1で説明したようにHPEZカット(窒素富化切断)のため、別に中圧の圧縮機とHPEZカット専用装置を付けている(図16左2台)。これらの装置のエアフィルター等が目詰まりを起こすと、ガス圧が足りず加工がストップする。当初、夜間運転のエラー停止でこの現象が最も多く発生した。限られた工場スペースで背面で溶接作業を行い、一般的な設置環境と比べ劣悪であった。このため、月1回のエアブロー清掃と6ヶ月ごとのフィルター交換を行い、ストックヤやセカンドステーション用のコンプレッサも同様の作業を行っている(図17)。

レーザ加工機にはチラーと呼ばれる純水の冷却装置が必須であり、このフィルター清掃と純水の定期交換も行っている(図16右)。

レーザ切断の際に発生するヒュームの集塵装置のダスト廃棄も随時行わなければならない(図18)。当社では独自にユーザック製の集塵機を別途購入して運用している。ユーザック製集塵機の脱塵方法は一般的なパルスジェットではなく、MachWaveと呼ばれる衝撃波作用を用いた技術で集塵ダストを脱塵する。一般的な集塵ダストは、パウダー状で飛散しやすい状態(図19)になり、収集廃棄時に飛散しやすく作業性がとても悪い。ユーザック製の集塵機から出る集塵ダストはフレーク状(図20)に固まって排出されるため、飛散しにくく作業性が良い。また、消石灰など、ろ布へのプレコートが不要なメリットもある。



図19 一般的なレーザ集塵ダスト 図20 F1の集塵ダスト

3. ファイバーレーザ2号機(以下F2とする)

3.1 設備概要

～主仕様～

メーカー	日酸 TANAKA(株)
型式	FMR II 35-TF6000
レーザ発振器	FF6000i-A 6kW FANUC 製
有効切断幅×切断長	3600mm×9000mm
多段ストックヤ	5' ×10' 13段
切断方式	酸素カット(窒素カットも可)



図21 F2本体

日酸TANAKA製のF2は従来のCO2レーザと同様、操作盤ごと加工機本体が移動するガントリー式であり、5'×10'サイズの材料だけでなく、8'×20'サイズの材料も切断することが出来る。F2はF1のような密閉式ではない為、安全性の観点から、速度は控えめに設定してあるが、速度を抑えている分、頑丈な設計思想で材料と軽く衝突したぐらいでは止まらず、夜間加工でも朝方まで動き続けている。F2ではSS材t6～t32の幅広い板厚を加工しており、F1とは異なる魅力がある。

3.2 日常点検作業

F1同様、3大日常点検は欠かすことが出来ない。同じ目的でも、作業方法は異なるので紹介する。

3.2.1 レンズ清掃作業



図22 加工ヘッド 図23 レンズホルダー 図24 保護ガラス



図25 清掃作業 図26 グリス

加工ヘッド(図22)からレンズホルダー(図23)を抜き取り、専用治具を用い、保護ガラス(図24)を外す。治具の上に乗せたまま、クリーナーで汚れを拭き取る(図25)。仕上げにホルダー周りにグリスを塗る(図26)。集光レンズは通常取り外さず、切断不良が改善しない場合の最終確認場所である。ホルダーを外した後の穴も養生テープで塞ぐ等、埃に気を遣う作業である。

3.2.2 ノズル確認と清掃作業



図27 ノズル 図28 新旧ノズル

F2は、SS材の薄板から厚板までを1種類のノズルで運用しており(図27)、在庫管理がしやすい。ノズルの内部の汚れや、先端の欠けがあると(図28左)、加工不良となるので夜間切断前には必ず確認を行っている。当初、厚板切断時にノズルの摩耗が異常に早いという現象が起こっていたが、メーカーとともに試行錯誤して、切断条件を変更する事で厚板時でもノズル寿命が向上した。

3.2.3 ノズル芯出し作業



図29 黒鉛シート 図30 確認シート

F2の芯出し作業は、まず黒鉛(図29)をノズル先端に擦り付ける。その後シール(図30)を貼り、レーザを照射すると図のような跡が残る。円の中心に穴が開いているかどうかを確認し、加工ヘッドの前後左右に付いている4つの調整ネジで穴位置を調整する。4方向あるのでF1よりも感覚的にわかりやすいが、それなりに慣れは必要である。

3.3 その他の点検作業

3.3.1 スノコの交換



図31 ダイヤブロック 図32 ドロス除去作業

F2では、メーカー純正のダイヤモンドブロックと呼ばれるスノコ(図31)を使用しており、切断面が悪くなってきたら交換している。部分的に交換できるので簡単な作業であるが、スノコ下に溜まったドrossを清掃する場合には、大変な作業になる。図32

はストックヤ側の切断場所にカチコチに固まったドrossをアンカードリルで除去している写真であるが、大板切断場所に溜まったドrossを除去する際は、この時の数倍の労力が必要で、おそらく5年以内に1回は掃除を実施しなければならない。

3.3.2 給脂

F2の給脂は主に本体のXYZ軸である。F1ほど早くは動かず、切断速度がF1よりも遅いが、朝方まで夜間稼働をしており、総稼働時間が長い為、各部に週1回程度の給脂を行っている。また、ストックヤにも摺動面とチェーン部があるため、こちらは月一回程度で給脂を行っている。F1と同じく、最も大事な予防保全と言えるので、忘れないよう気を付けている。

3.3.3 各種フィルター清掃



図33 チラー 図34 エア装置 図35 本体フィルター

F2のフィルター関係は、チラーのフィルター(図33)、駆動エアのフィルター(図34)、本体後方に取り付けてあるフィルター(図35)がある。これらを定期的に清掃・交換を行っている。本体フィルターの最後尾についているエアフィルターに水が回った場合、レーザユニットが損傷し高額修理になってしまうので、手前のフィルターを特に注意して管理している。

4. 設備導入効果

導入して約1年が経過し、不具合はゼロではないが、2台とも順調に稼働している。レーザ加工では、特急品対応に備えた登録材と呼ばれる、定尺サイズから少量数個だけ製品を切断して全部使いきっていない鉄板を一部運用している。このため切断した定尺の枚数をプログラムで自動抽出する事が困難ではあるが、それを踏まえて157期4～11月の(旧)CO2レーザ2台(L2+L3)と158期4～11月の(新)ファイバー2台(F1+F2)の生産性などを生産技術室にて算出したので紹介する。



4.1 加工重量比較

(単位：ton)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	平均
(旧) L2+L3	130.5	119.5	141.6	163.2	124.3	108.2	121.1	133.6	130.3
(新) F1+F2	213.1	194.4	303	326.5	239.1	242.5	295.0	276.6	261.2

上記の表より、約130(ton/月)UPLしており、2倍の量を切断出来ている事がわかる。

4.2 加工能力比較

(単位：kg/h 対就業時間)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	平均
L2+L3	771.8	777.8	826.7	873.1	766.7	768.9	807.7	809.1	800.2
F1+F2	1109.6	1194.3	1456.5	1569.7	1299.2	1317.7	1418.0	1383.2	1343.5

上記の表より、約540(kg/h)UPLしており、約1.7倍速く切断出来ている事がわかる。

4.3 材料課一次加工ライン全体での効果

一次加工ラインは材料の切断職場であり、紹介したレーザー切断加工機以外にも、プラズマ切断機、タレパン等の機械があり、二次加工ラインでは、切断後材料の曲げやロールなど塑性加工を行っている。ファイバーレーザー導入後は、従来6日かかっていたリードタイムが約5日できている。また、繁忙期に同時対応しなければならぬ、膨大な特急切断に、かつてはなすすべもなく大変苦勞していたが、以前と比べて格段に対応できるようになった。

4.4 ランニングコスト

4.4.1 ガス・電気代

～従来機との軟鋼切断比較～

(単位：円/m)

機種	ガス	板厚				
		t3.2	t4.5	t6	t9	t12
L2	酸素	—	—	21.8	25.5	30.6
F1	酸素	—	—	6.7	8.4	9.9
F2	HPEZ	1.0	1.4	2.1	4.5	7.0

～HPEZカットのSUS切断のメリット～

(単位：円/m)

機種	ガス	板厚				
		t4	t6	t8	t12	t15
F1	窒素	7.5	12.3	20.8	54.4	106.0
F1	HPEZ	1.2	1.9	2.8	6.0	10.5

上記の表のとおり、従来CO2レーザー(L2)と比べるとファイバーレーザー(F1,F2)の切断1mあたりのガス・電気代はかなり

安くなっている。

今回F1にて導入したHPEZカットは、SUS切断において、純窒素ガスが不要であり、コンプレッサエアーを使用する事により、大幅なコスト削減ができています。

4.4.2 保守・消耗品

従来のCO2レーザーでは年3回のミラークリーニングが必須であり、定期的に高額部品である高圧プロアの交換が必要であった。保守・消耗品の実績費用で、平均350万/年使用していた。今回導入したファイバーレーザーでは上記のような高額部品はほとんどなく、ノズルやレンズ等の安価な消耗品費がほとんどである為、大幅な保守コスト削減にもなっている。

5.おわりに

従来のCO2レーザーに比べ、加工速度が格段に速くなったが、慎重な前作業や保守点検が必要であり、オペレータの負担は増えたと感じられる。簡単そうに見える作業でも、オペレータしか分からない苦勞があり、加工ロスを減らし、切断品質維持に日々頭を悩ませている。

今回、ファイバーレーザーという新しい技術を使用した設備を2台導入するという大きな挑戦を行い、生産性の向上やコスト削減が実現できたのは、こうしたオペレータの努力による所も少なくない。今後もさらなる生産性向上を推進できるよう、製造部一丸となって努力していきたい。

筆者紹介



TANAKA Takahiro
田中 隆浩
2015年入社
製造本部 本社工場 生産技術室



NUMATA Hayato
沼田 隼人
2013年入社
製造本部 本社工場 材料課

— 製造設備紹介 —

小物部品自動溶接ロボットユニットによる エレベーター用バケット溶接

1. はじめに

本社工場にて製作を行っているエレベーター用バケットは、ホットエレベーター用バケット、コールドエレベーター用バケット、石粉エレベーター用バケットの3つに分類され、これらの標準品(海外向け含む)は31種類ある。しかしながら、向先によって形状を変える事も少なく、向け先変更があっても標準図面と同寸法であることが多い。また、エレベーター1台当たりで少なくとも60個程度、多い場合で100個近くのバケットを必要とするため、一度の製作量が多い特徴がある。

ホットエレベーター バケット	石粉エレベーター バケット	コールドエレベーター バケット
NAP-ABD NAP-BD NBD,CBD etc...	NAP-BD NAP,CBD A-TOM etc...	NRU NRU-TOP ATOP etc...
11種	9種	11種
合計 31種		

表1 バケット種別毎の機種例と数

このような、少品種多量の製作物はロボットでの溶接が作業効率の向上に非常に効果的である。サイズ、重量が人間の手で持ち運びできる製品の場合、ロボット導入は比較的しやすい。本稿は自動溶接ロボット導入におけるエレベーター用バケット溶接について紹介する。

2. 溶接ロボット導入のメリット

溶接をロボットで行うことによって得られるメリットは「作業員を選ばない点」と製作スピード向上である。溶接の品質は溶接トーチの角度、トーチスピード等、作業員の経験に依存している部分が多い。しかし昨今、製造業界全体では人手不足により技術の継承が不十分である事や、作業員そのものが確保できない等の問題が提起されている。当社の本社工場も例外ではない。そこで溶接の大部分をロボットで行うことにより、溶接経験の浅い作業員でも効率的に製造可能となる。

3. 従来の溶接方法

溶接前のバケットは主に上板、底板、側板2枚で構成されており、場合によってはリップをつける機種も存在する。従来はバケットを構成する各板を仮付けして位置決め、本溶接で製作を行ってきた。また、治具を製作するにしてもエレベーター用バケットの種類分(31種類)が必要であった。

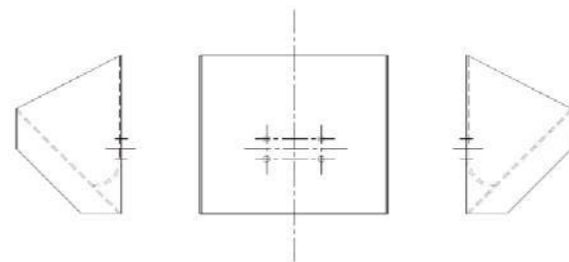


図1 コールドバケット図面 topα30

この方法だと位置決め仮付けに手間がかかり、作業に不慣れた作業員が行えば製作効率は顕著に落ちる。また、本溶接の過程でワークのポジションを何度も変える必要があるため手間がかかり製作スピードがある領域以上には改善できなかった。

4. 溶接方法の工夫

溶接ロボットを導入する上で肝となるのはワークの固定方法である。ロボット溶接の性質上、決まった位置に固定できていなければ溶接位置がずれてしまう。更に、従来の治具の考え方では治具の種類が増加する上、バケットの形状を保持するために内側に梁のような治具を設置しなければならない。内側を溶接する際に、溶接動作の障害(干渉)となってしまう問題があった。そこで考え方を改めて、治具を無くしてしまうバケットの固定方法を考案した。

1) バケット材料の「はめ込みパネル化」

ロボットで溶接を行うには、製作したい形状に保持しておく必要がある。更にロボットの特性上、ワークの姿勢を変えて溶接することは溶接位置のずれに繋がりがやすいため、極力一度の保持で全ての溶接を行う事が望ましい。

そこで、バケットの各材料に対して「はめ込みパネル化」を行った。バケットの材料そのものに切欠きや差込穴を設ける事で立体パズルのような組み立てが可能となった(写真1)。バケット自身で形状を保持する方式であるため仮付けも不要で、内側の溶接時にも障害となるような梁も不要である。

その結果、内側に溶接トーチの入る空間が確保できるため

内・外の溶接を一度の保持で可能となった。その上、組立時に位置決め寸法がずれることがないため、作業が容易で作業員を選ばずに短時間で材料保持を行えるようになった。

また、昨年導入したアマダ製のファイバーレーザー切断機により高精度なパネル作成が可能になったことも推進を加速できた理由で、写真2のように凹凸にはめ込むことで取付部材の間違い防止と位置決め精度の向上が達成できた。

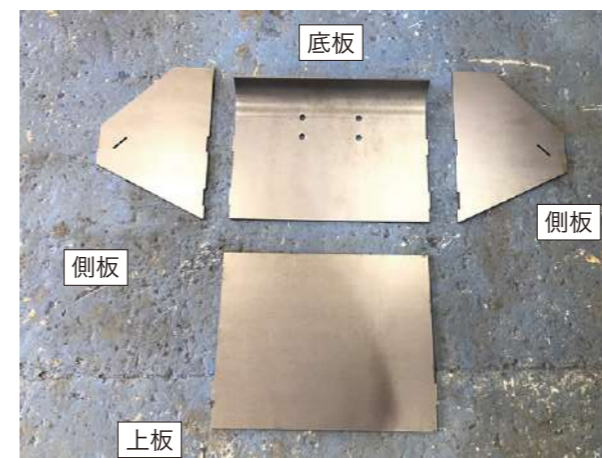


写真1 NRU.TOP30 コールドバケット パネル

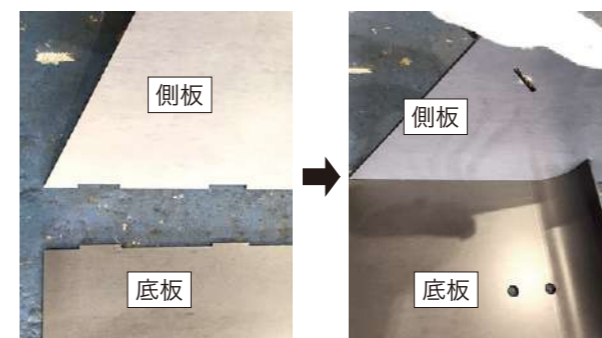


写真2 パネル接合部詳細

2) バケット材料の組立

写真3~6は実際に溶接ロボットで溶接する前のバケット組立の様子である。溶接ロボット担当のベトナム技能実習生クオン氏にご協力いただいた。機種はNRU.TOP30 コールドバケットである。写真3~6で分かるようにリップ無バケットの組立は4ステップで可能である。また、リップ有バケットでもリップとバケットを写真7のような形状にすることで、バケットを組み上げてから写真8のように差し込むだけなので容易である。これによって仮付けにて材料保持する必要がなくなった。クオン氏は溶接経験も全く無かったが、溶接の基礎を学び始めてからロボットの担当になるまで二か月もかからなかった。そのほとんどが溶接基礎の習得であり、バケットを仮組みし登録したプログラムを起動して溶接させるだけならば習得に1日もかからない。



写真3 ステップ1 底板の設置



写真4 ステップ2 側板の設置



写真5 ステップ3 反対側の側板の設置



写真6 ステップ4 上板の設置

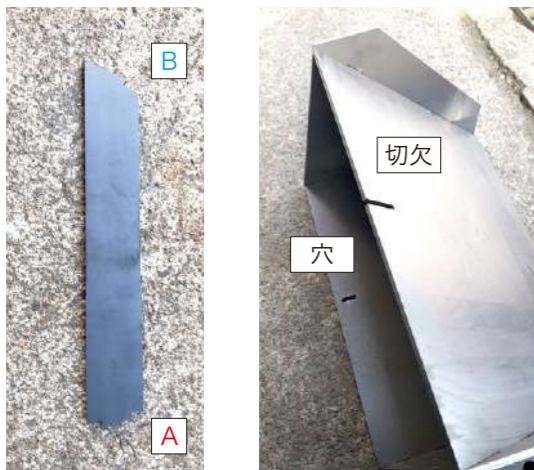


写真7 リブとリブ有バケット



写真8 リブ板差込の様子

3) 固定定盤2台による生産性向上

バケットの固定にはSiegmond社(ドイツ)製の溶接作業用3D定盤を採用した。この定盤2台とロボット、ジブクレーンを一つの架台にセットしユニット化することで、まとめて設置とレベル出しが可能となり、工場のレイアウト変更に柔軟に対応できる。
また、定盤を左右に配置することで片側の定盤でロボットに溶接させている間に、反対側でバケットパネルの組立と溶接を終えたバケットのチェックと手直しを行う事が可能である。



写真9 溶接ロボットユニット

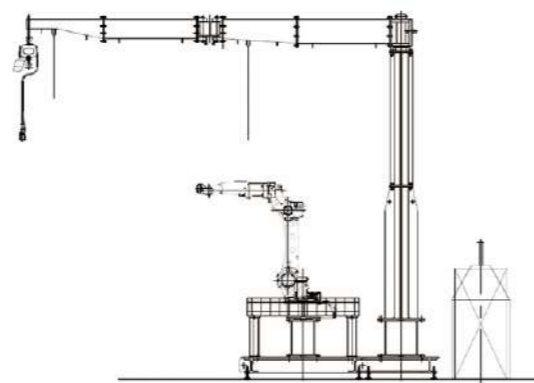


図2 溶接ロボットユニット側面図

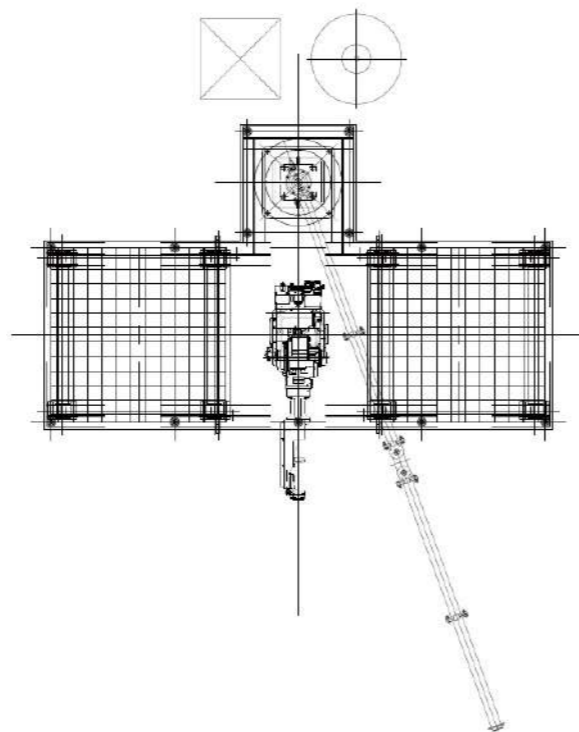


図3 溶接ロボットユニット 平面図

4) 溶接の様子

溶接ロボットでのバケット溶接の様子を動画で撮影した。
(下記QRコードにてYouTubeにジャンプ)



動画を見て分かるように、溶接をロボットに任せている間に、手直し等の別作業に時間を充てられるため生産スピードが約2倍に向上した。さらに、溶接品質も安定するため製品自体の品質向上も見込め、一つ一つ手作りで製造するよりも効率的に安定した品質でバケット製作が可能となった。

4. 今後の方針

新たにロボットにて溶接を行う製作物としてガセットが挙げられる。ガセットとはプラント建屋の鉄骨つなぎ目の部分に用いられ、同一形状のものが一度に複数個必要になる部品である。



写真10 ガセット

現状、ロボット溶接を行う際のワークの固定は、仮付けて形状を保持し簡易治具に乗せて行っている。今後はバケット溶接のように仮付けをせず治具のみの保持での溶接方法を検討していく。

また、今後は溶接ロボットへのアークセンサー導入を検討している。アークセンサーとは、溶接時のアークの状態を検知し溶接位置を判別するもので、ワークの多少のずれ、ばらつきに追従してトーチの狙い位置を自動補正することが可能となる。現状、コールドバケットと石粉バケットの底板に角度曲げの部分があり、多少の曲げ寸法のずれとばらつきが現れやすい。バケット溶接の更なる品質向上や溶接ロボットで製作可能な物の幅を広げる事が期待できる。

5. おわりに

4項で述べたように、溶接ロボットの活用には、まだまだ改善の余地が残っている。溶接ロボットは、ほぼ一品物の製作物ではプログラムに手間がかかり推進できないが、対象物を絞り、使用方法や環境などを深く考えて付帯機器も含めて工夫することで、今回のような便利な生産設備を考案することができた。

今後も長い将来にわたって作業者が便利と思って使ってもらえる設備を提案できるように尽力していきたい。

最後になるが、本設備の考案導入やテストにご協力くださった製造部各課の皆様、生産技術室の皆様、撮影にご協力してくださったクオン氏に厚く御礼を申し上げる。

<付録 タイムラプス動画>

溶接ロボットの作業風景、バケット溶接及びガセット溶接のタイムラプス動画を撮影しましたので、是非ご覧ください。
(YouTubeへジャンプ)



バケット溶接 タイムラプス



ガセット溶接 タイムラプス

筆者紹介



IWASAKI Yuta
岩崎 雄太
2019年入社
製造本部 本社工場 生産技術室

編集後記

この度、昨年に引き続きまして、弊社技報「日工テクニカルレポート」の第二号を無事発刊することができました。

本技報の製作・発刊にご協力頂きました各関係者の皆様方、特にご多忙中にもかかわらず、巻頭言をご執筆頂きました京都大学准教授の林潤様には、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

昨年は、新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、世界中が未曾有の危機に直面し、今もなお非常に厳しい状況下にあります。日常生活は勿論、経済活動におきましても、テレワークやリモート営業の導入等、従来のやり方から「ニューノーマル」への移行・変革を余儀なくされております。その様な中、今年はワクチン開発等の明るいニュースも聞こえてきており、楽観視はできないものの、この危機が一刻も早く終息することを切に願っております。

弊社におきましても、この一年、「ニューノーマル」への対応を図る一方で、留まることなく技術開発・製品開発に邁進して参りました。本技報を通じましてご紹介致します弊社の最新の技術情報・製品情報が、皆様が抱えておられます様々な課題や問題を解決する一助となることを願っております。

今後も、「日工テクニカルレポート」は、より充実した内容となるよう努めてまいりますので、引き続き宜しくお願い致します。

日工株式会社
会社情報



日工テクニカルレポート 第二号

令和3年4月発行
〈非売品〉

編集兼発行

日工株式会社 日工テクニカルレポート編集委員会
〒674-8585 兵庫県明石市大久保町江井島1013番地の1
TEL.078-947-3131(代)

印刷所

株式会社マテックス
〒651-0071 兵庫県神戸市中央区筒井町2丁目1-38
TEL.078-261-8484



営業品目

- ▶▶ アスファルトプラント
- ▶▶ コンクリートプラント
- ▶▶ 各種電子制御機器
- ▶▶ 容器包装リサイクルシステム
- ▶▶ 汚染土壌改良プラント
- ▶▶ パイプ枠組足場
- ▶▶ 各種仮設機材
- ▶▶ 破碎機
- ▶▶ スコップ
- ▶▶ リサイクルプラント
- ▶▶ ベルトコンベヤ
- ▶▶ 排水処理装置
- ▶▶ 建設副産物リサイクルシステム
- ▶▶ 設備用コンベヤシステム
- ▶▶ パイプサポート
- ▶▶ モバイルプラント
- ▶▶ ミキサショベル
- ▶▶ 防水板