

SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES TECHNICAL REVIEW



住友重機械技報

No.186

Mar.2015

ISSN 0387-1304



産業車両特集

Special Issue for Industrial Vehicles

住友重機械技報 No. 186 2015

産業車両特集

技術解説	新型林業機械6型シリーズの特長と機能	岩崎誉至郎	1
	ホイール式アスファルトフィニッシャ HA60W-8	富田幸宏	3
	新型ゲースアスファルトフィニッシャ HGP55W	菱沼英雄	7
	アスファルトフィニッシャの特長と概要	大関昌幸	11
新製品紹介	新型0.9~3.5tガソリンエンジン式フォークリフト		15
	バッテリー式フォークリフト QuaPro-B Dual		16

論文・報告

	射出成形加工における量産効率向上と高付加価値化		17
	くりこみ群分子動力学法による回転塑性加工シミュレーション 第3報 塑性加工シミュレータの現場実証	大西良孝, 檜垣孝二, 市嶋大路, 広瀬良太, 小林義崇	23

Special Issue for Industrial Vehicles

T/INVITATIONS	Features and Functions of New Forest Machine Type 6 Series	Yoshiro IWASAKI	1
	Wheeled Paver HA60W-8	Yukihiro TOMITA	3
	Guss Asphalt Paver HGP55W	Hideo HISHINUMA	7
	Features and Summaries of Paver	Masayuki OOSEKI	11
NEW PRODUCTS	New 0.9~3.5 t Gasoline Engine Forklift Truck		15
	QuaPro-B Dual		16
T / PAPERS			
	Mass Production Efficiency and High Added value in Injection Molding Process	Ryuichi TOKUNOU	17
	Rotating Plastic Forming Simulation Using Renormalization Molecular Dynamics Part3 Field validation of plastic forming simulator	Yoshitaka OHNISHI, Koji HIGAKI, Daiji ICHISHIMA, Ryota HIROSE, Yoshitaka KOBAYASHI	23

Special Issue for Industrial Vehicles

産業車両特集



新型林業機械 6型シリーズの特長と機能

Features and Functions of New Forest Machine Type 6 Series

● 岩崎 誉至郎*
Yoshiro IWASAKI



図1 SH75X-6 Aハーベスタ仕様機
SH75X-6 A Harvester



図2 SH135X-6ハーベスタ仕様機
SH135X-6 Harvester

1 はじめに

住友建機株式会社は、優れた燃費性能、作業性能および安全性能を持つ油圧ショベルLEGEST(レジェスト)シリーズをベースマシンとした各種林業機械を展開している。本報では最新のエンジン排出ガス規制に対応してモデルチェンジした新型林業機械SH75X-6 A(図1)およびSH135X-6(図2)についてその特長を解説する。

日本の林業の現場では、作業道などのスペース上の制約から、14tクラス以下の油圧ショベルをベースとした林業機械が多く使われている。なかでも狭い空間での作業性に優れた後方超小旋回機をベースとした機械が近年では多く使われており、現場のスペースや木材のサイズに合わせて、7tクラスと14tクラスが使い分けられている。

2 主要仕様

表1に、ベースマシンとなっている油圧ショベル2機種の主要仕様を示す。

新型機械における油圧ショベル本体側の主な改善項目を次に示す。

(1) 燃費性能

優れた燃費を誇る現行機から、さらに燃費を低減した。

(2) 作業性能

新油圧システム搭載でパワフル、スムーズ、スピーディになった。

(3) 安全性能

安全性が向上したキャブ(運転室)、独自のFVM(ワールドビューモニター)システムを採用した。

3 ベースマシンの装備

(1) FVM(標準装備)(図3)

狭い現場での使用が多い林業機械では周囲の安全確認

が重要である。FVMは、左右および後方の3つのカメラの画像を合成して7インチの大型モニタに表示することにより230°の後方視界をカバーし、作業時の安全確認を容易にする。画面表示を後方のみ、後方と右側面に切り替えることも可能で、状況により最適な表示を選択することができる。夜間も見やすい高性能カメラを採用し、林業仕様機では枝などとの接触からカメラを保護する金属製のカバーを追加している。FVMはその安全性が認められ、NETIS(国土交通省の新技术情報提供システム)にV登録(事後評価済み技術 登録番号 KT-110057-V)されている。

(2) 高剛性キャブ

キャブ構造の最適化や各部の強化により、キャブの強度を向上させてオペレータの安全性を高めた。新型機はキャブ単体で労働安全衛生規則ヘッドガード付き相当の強度を有しており、林業機ではさらにキャブ前面のガードを標準装備している。

(3) 視界の改善

キャブの梁や窓の形状を見直し、前側の上方や右下の視界を改善した(図4)。

4 林業機の専用装備

今回のモデルチェンジに当たっては、林業機械を使用している顧客の現場を訪問して改善要望を聞き、新しい機械に反映させた。

(1) オートアクティブソーモード(ハーベスタ仕様機標準装備)

ハーベスタ仕様機を使用している顧客の「木材のハンドリング作業などはエンジン回転を多少下げて燃費低減を図りたい。しかし、ハーベスタの玉切りなどチェンソーを使用する作業は、エンジン回転を上げないと切断スピードが遅くなり材割れしやすい。エンジン回転の調整

表1 主要仕様
Main specifications

		SH75X-6 A(ブレード付き)		SH135X-6(ブレード付き)	
		ハーベスタ仕様	木材グラップル仕様	ハーベスタ仕様	木材グラップル仕様
適合排出ガス規制		2014年規制 (取得予定)	←	2011年規制	←
定格出力	kW	40	←	74.9	←
運転質量 ^{※1}	kg	8280	8140	15300	15000
後端旋回半径	mm	1350	←	1550	←
最大作業半径	mm	6030 ^{※2}	5360 ^{※3}	7970 ^{※2}	7090 ^{※3}

※1 エンドアタッチメントを除く ※2 ハーベスタリング先端ピン中心 ※3 アーム先端ピン中心



図3 FVM
FVM



図4 上方視界
Upward visibility



図5 ラジエータ枯葉侵入対策
Dust-filter for radiator



図6 キャブ上ライト(ガード付き)
Working Light (with guard)



図7 コーナーガードポール
Corner guard pole



図8 キャブ前工具置き
Tool space



図9 プロポーションナルスイッチ
Proportional switch

が不要になる何か良い方法はないか」との声に応え、エンジン回転を下げてハーベスタを使用しても、チェーンソーを操作すると自動的にエンジン回転が上がる機能を考案し、ハーベスタ仕様機に標準装備した。この機能は、安全性を考慮し一定エンジン回転数以下では作動しない(ソー操作してもエンジン回転が上がらない)。実際に使用した顧客からは、燃費低減の効果だけでなく周囲の騒音も静かになるとの評価も得ている。

(2) ラジエータ枯葉侵入対策(標準装備)

ラジエータに枯葉や木屑などが詰まるとオーバーヒートなどを起こすことがある。これを防ぐには定期的にラジエータを清掃する必要があるが、その頻度を低減すべくラジエータ吸気口の目を細かくして枯葉を吸い込みにくくした(図5)。

(3) 排気マフラカバー(標準装備)

落葉などの可燃物が排気マフラのテールパイプに直接触れないようにカバーを標準装備した。

(4) キャブ上ライト(ガード付き)(標準装備)

基本的には昼間に作業を行う林業作業でも繁忙期には早朝や夕方の林内作業もあるということに対応し、キャブ前側上部にライトを2個標準装備した。林内走行中に木の枝などに接触してライトを破損しないようにガード付きとしている(図6)。

(5) コーナーガードポール(オプション)

現場で稼働する林業機には、機体の右前コーナー部にガードを追加している例が見られる。これは狭い作業道

上で長い材をハンドリングする際に右前にぶつけやすく、機体内部の油器を破損させてしまうことを防ぐ目的で設置されている。そこで新型では機体の右前方を保護するガードポールをオプションで用意した。ポール位置は、輸送性や整備性を損なわないように配置している(図7)。

(6) キャブ前工具置き(オプション)

後方超小旋回型の油圧ショベルをベースとした林業機械に対する要望として多かったのが収納スペースの拡大である。新型機ではキャブの床下に工具などを収納するスペースを標準装備し、さらにチェーンソーなどを置ける工具置きをオプション設定した(図8)。

(7) 燃料給油ポンプ(オプション)

林業現場では一般の土木現場と異なり、機械の場所まで給油車が来られないことが多く、ドラム缶や携行缶を使って給油されている。この燃料給油を容易にすべく、電動の燃料給油ポンプをオプション設定した。

(8) プロポーションナルスイッチ(木材グラップル仕様機オプション)

グラップルの開閉と回転を操作レバーのスライドスイッチで操作できるオプションである。スイッチの操作量に応じてグラップルのスピードが変化するので微操作が容易になる。グラップル操作に足を使わないので、傾斜地で体を支えやすいというメリットもある(図9)。

5 おわりに

- (1) 日本の林業現場では、14tクラス以下の油圧ショベルベースの林業機械が多く使われている。
- (2) 燃費性能、作業性能および安全性能の向上が図られている。
- (3) 安全確認にFVMを、オペレータの安全性に高剛性キャブを採用し、視界の改善にキャブの梁および窓の形状を見直した。

※ 「FVM」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

ホイール式アスファルトフィニッシャー HA60W-8

Wheeled Paver HA60W-8

● 富田 幸宏*
Yukihiro TOMITA



図1 アスファルトフィニッシャー HA60W-8
Wheeled paver HA60W-8

1 はじめに

アスファルトフィニッシャーは道路舗装工事に使用される建設機械で、アスファルト混合物を規定の幅・厚さで敷きならし、締め固め、道路の舗装を連続的に行う機械である。その機種構成は、最大施工幅が4.5m未満のミニ、4.5~6.0mの中型およびそれ以上の大型に分類される。また、走行方式でホイール式とクローラ式に分類される。

本報では、中型に分類される最大施工幅6.0mのホイール式アスファルトフィニッシャーHA60W-8について述べる。

本機種の開発コンセプトは次の通りである。

- ・Eco-Friendly(最新の環境規制に対応した機械)
- ・Human-Friendly(使用者に優しい機械)
- ・Repair-Friendly(ライフサイクルコストとマシンダウンタイムが最小な機械)

図1にHA60W-8の外観を、表1に主要仕様を示す。

2 製品の特長

開発コンセプトを実現することを目的とした具体的な内容として、アスファルトフィニッシャーHA60W-8の特長を次に示す。

2.1 Eco-Friendly

現在、建設機械の環境性能に関する基準として排出ガスに対するものと騒音に対するものがある。

- (1) 2011年基準適合エンジン搭載
特定特殊自動車排出ガス規制等に関する法律(オフロ

ード法)に適合したエンジンを搭載し、公道走行可能な大型特殊自動車として、ディーゼル特殊自動車に対する2011年規制に適合させている。

本機種は、最適な燃料噴射をかなえるコモンレール式燃料噴射システムをはじめ、クールドEGR、VGターボなどの採用により、低燃費・低排出ガス・低騒音といった環境性能を達成している。

(2) 低騒音化

燃料噴射を多段階に行い、エンジン本体の強度もアップすることで、エンジン自体の発する騒音を低減した。

さらに、吸音材と遮音材を適所に配置して低騒音化を図り、国土交通省超低騒音型建設機械指定を取得した。優れた静粛性により、住宅地や市街地、夜間工事に適した仕様としている。

2.2 Human-friendly トラクタ

利便性や安全性を追求して使用者に優しい機械とすべく、さまざまな技術を搭載した。

(1) カラーモニターの採用

運転席のコントロールスタンドには7インチワイド液晶モニターを、左右のスイッチボックスには3インチの液晶モニターをそれぞれ装備し、各種メータ類やメッセージを見やすく表示している(図2)。

(2) 安全規格への準拠

安全性に関わる規格は地域ごとにさまざまであるが、そのなかでも欧州規格は玩具、医療機器および機械一般など多岐にわたっており、広く知られている。

表1 主要仕様
Main specifications

寸法	全長	mm	6930
	全幅	mm	2490
	全高	mm	2575
	質量(標準仕様)	kg	13670(TV)/13470(V)
舗装能力	舗装幅	m	2.3~6(無段階)
	舗装厚	mm	10~300
	舗装速度	m/min	1~20
	締固方式	—	TV/V
	ホッパ容量	t	11
エンジン	メーカー 型式	—	いすゞ 4JJ1X
	総排気量	L	2,999
	定格出力	kW	92.2/2200(r/min)
	最大トルク	N·m	390/1800(r/min)



図2 モニタの表示例
Display on monitor example



図3 FVMの表示例
FVM example

HA60W-8では、手摺り、滑り止めおよび電磁両立性(EMC)などを欧州規格に準拠させることで、安全性を確保している。

(3) FVM(フィールドビューモニター)の採用

FVMとは、油圧ショベルの後方および周辺監視用に開発した画像合成技術で、今回アスファルトフィニッシャー用に開発を行った。

機械の左側面、前方および右側面の3つのカメラ映像を、1つの映像に合成して表示することで、ホッパ内の合材量や周辺の安全を同時に確認することを可能とした(図3)。これにより、機械周辺の死角を大幅に削減し安全性を向上させた。

(4) 稼働管理システム(G@Nav)の採用

GPS、携帯通信網を利用した、G@Navを搭載することにより、次の機能を提供できる。

- ・機械の位置やアワーメータなどの機械管理
- ・使用状況にもとづく省エネルギー運転支援
- ・不正操作を検知する盗難抑止
- ・定期メンテナンスの時期および故障情報を利用したサービス支援
- ・各種情報をまとめた支援レポート作成

2.3 Human-friendly スクリード

2.3~6.0mまで伸縮できるJ・Paver方式スクリードは、その利便性と舗装性能により高い評価を得ている。

かつては、1段伸縮で2.3~6.0mの伸縮は難しいとされてきたが、サイドプレートをフレーム内部に取り付けるレイアウトとするなど種々の工夫を行い、現在は1段伸縮方式を採用している。

この1段伸縮は、2段伸縮に比べて摺動部の隙間の影響を半減させることができるので、スクリードの剛性を確保するうえで優位な構造であり、舗装品質向上へつなげている(図4、図5)。

(1) 施工機能

スクリードは、剛性確保とストライクオフ・タンパなどの締固め装置の寸法を最適化することにより、一般的な密粒合材の舗装から薄層舗装や積雪寒冷地材料など、幅広い合材への対応が可能になっている。

加熱方式は、ガス加熱仕様と電気加熱仕様をラインナップしている。どちらの加熱仕様も、フロントフレームの中央まで加熱機構を配置することで、中央部の加熱性能を向上させ、より均一にスクリードプレート全面が加熱されるように考慮した。

ガス加熱仕様ではサイドプレートにも熱風を送る構造とし、電気加熱仕様ではオプションでサイドプレートヒータを設定し、端部の仕上がりに向上させている。

また、以前はリヤスクリードプレートの前端までしか配置されていなかったサイドプレートを後端部まで延長することにより、舗装端部の成形が可能となり、舗装敷



図4 リヤスクリードのガイドパイプ配置
Placement of guidepipe of rear screed

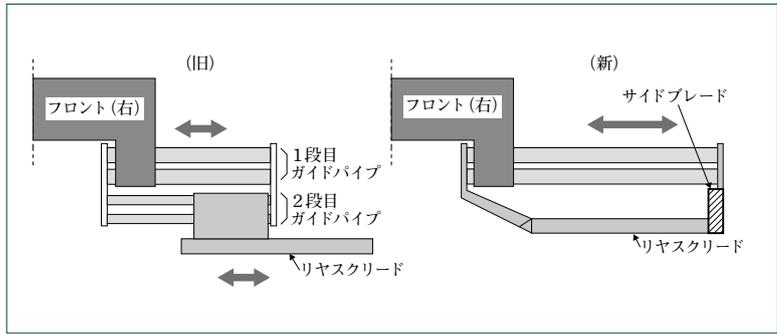


図5 伸縮構造の比較
Comparison of extendable screed structures



図6 サイドプレートによる端部の成形
Molding of end part by side plate



図7 伸縮モールドボード油圧上下機構
Hydraulic up and down mechanism of extendable mold board

きならし面全幅にわたる品質の向上を図っている(図6)。

(2) 利便性・安全性

以前は、手動でリヤスクリード前の合材量を調整していたが、本開発機から油圧シリンダで上下させるパワー伸縮モールドボードを開発し、標準装備とした。

油圧上下伸縮モールドボードの操作は、ステップ上からスイッチで操作可能であり、外側から調整する手動式と比べ、施工中に規制車線外である機械の外側に出る必要がなくなり、利便性と安全性が向上した(図7)。

(3) メンテナンス性

タンパ式の宿命であるノロ侵入対策として、タンパとフレーム間のスラセ板を別体式にし、ノロの侵入を防ぐ構造とした。

2.4 Repair-Friendly

機械の故障に備えて次の冗長機能および緊急脱出機能を装備することで、マシンダウンタイムのミニマム化を図っている。

(1) モニタでの操作系冗長機能

アスファルトフィニッシャーの操作は、スイッチとポテンショメータで行っている。しかし、スイッチなどの機構部品において、接触不良などの不具合を完全にゼロにするのは困難である。そこで、スイッチやポテンショメータからの入力と同じ信号をモニタからも送信できるようにして、万一の不具合が発生しても、施工の継続が可

能となった(図8)。

(2) 手動ポンプによる緊急脱出機能

道路の舗装を行うアスファルトフィニッシャーにとって、時間制限のある交通規制を行っている道路上や空港で、機械不具合により立ち往生してしまうのは避けなければならない事態である。

そのようなときに機械搬出を可能にするには油圧源が必要であるが、エンジンが動かない状況になると機械の入替えすら困難である。このような最悪の事態に対応すべく、手動の油圧源によるバックアップ機能を搭載可能とした(図9)。

(3) 消耗部品の耐久性向上

コンベヤやスクリュは、常にアスファルト合材の中で動作している装置であり、摩耗しやすい部品である。また、各部の寿命が異なる場合はその都度整備を行うか、一部の部品を寿命よりも早目に交換することで対応していた。

そこで、必要十分な時期に一度に整備できるように、肉厚や形状の見直しを行い各部の摩耗寿命のバランスを取った。

この稼働管理システムは、メンテナンス時期を連絡することでライフサイクルコストの低減にも寄与している。

(4) 自動給脂装置

高温の合材の中で稼働するアスファルトフィニッシャー

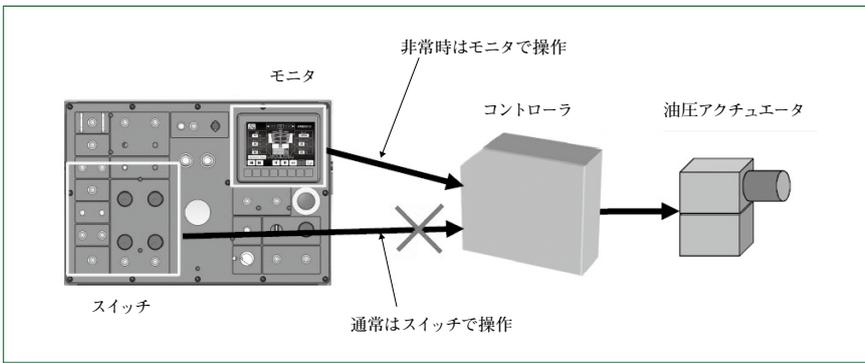


図8 モニタによる操作系の冗長
Redundancy of operation system by monitor

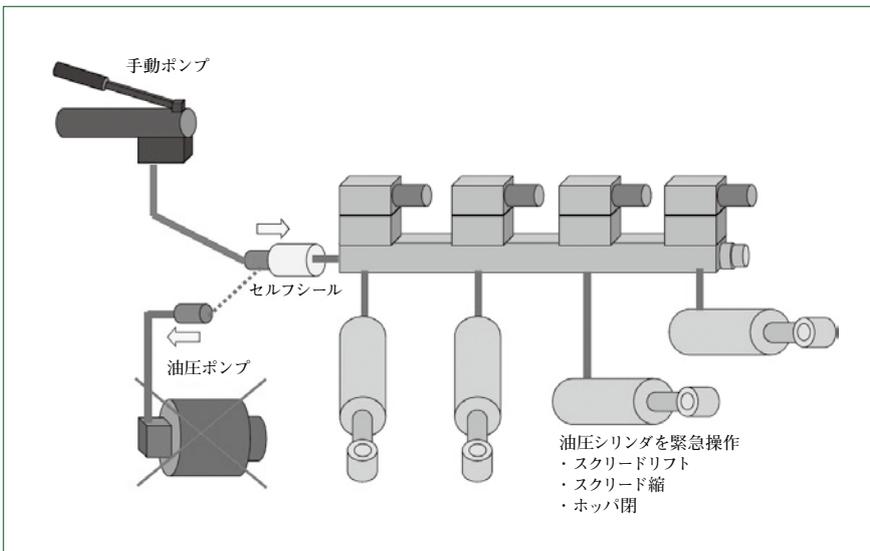


図9 緊急脱出機能
Emergency escape function

にとって、侵入してくる合材を排出し軸受の潤滑状態を保つグリス給脂は、機械寿命を延ばすうえで重要な整備ポイントである。しかし、日常的に数多くのポイントへ給脂するのは煩雑な作業であることから、労力を低減すべく電動ポンプでグリスを各給脂ポイントへ圧送する集中給脂装置をオプションにて搭載可能とした。

※ 「FVM」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

「G@Nav」および「J・Paver」は、住友建機株式会社の登録商標です。

3 おわりに

- (1) 建設機械の環境性能に関する基準に適合したエンジンを採用し、低燃費・低排出ガス・低騒音を達成した。
- (2) 利便性や安全性を追求すべく、液晶モニタのカラー化、安全規格の欧州規格準拠、FVMおよびG@Navを採用した。
- (3) スクリードにJ・Paver方式を採用し、施工機能、利便性・安全性およびメンテナンス性の向上を実現した。
- (4) マシンダウンタイムのミニマム化を実現すべく、モニタでの操作系冗長機能、手動ポンプによる緊急脱出機能の装備と消耗品の耐久性向上および自動給脂装置を搭載した。

新型グースアスファルトフィニッシャ HGP55W

Guss Asphalt Paver HGP55W

● 菱沼 英雄*
Hideo HISHINUMA

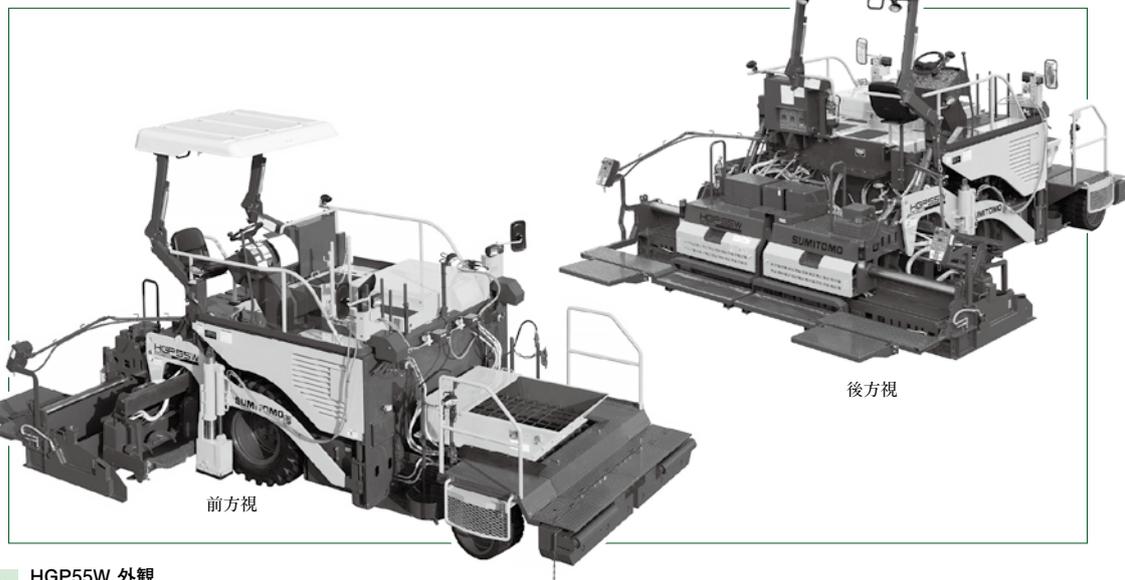


図1 HGP55W 外観
Appearance of HGP55W

1 はじめに

グースアスファルト舗装は、ドイツで開発された舗装技術で日本国内でも広く利用されている。舗装にはグースアスファルトと呼ばれる高温(240℃前後)で流動性の高い特殊なアスファルト混合物を用いた流し込み工法が主体である。

グースアスファルトは、不透水性でたわみ追随性や耐衝撃性に優れていることから、主に橋梁の鋼床板の防水層(基層)として利用されている。さらに、低温でもひび割れしにくいなどの特長もあることから、寒冷地の表層としても利用されている。

日本国内では、グースアスファルトフィニッシャと呼ばれる舗装機械で敷きならす工法が一般的で、クッカ車と呼ばれる特殊運搬車両から、アスファルト混合物の供給を受けながら敷きならす。今回は、住友建機株式会社で新規開発したグースアスファルトフィニッシャHGP55Wの特長について述べる。

図1に本機の外観を、表1に主要仕様を示す。

2 製品の特長

アスファルトフィニッシャには環境性能や舗装性能、安全性、メンテナンス性および輸送性などの向上が求められており、グースアスファルトフィニッシャのような特殊舗装機械もその例外ではない。本機はグースアスファルトフィニッシャを保有するユーザから得られた数多くの意見や要望をバランスよく取り込み、各機能を充実させた機械である。

2.1 環境性能の向上

建設機械の環境性能を示す基準として、エンジンの排気ガスに対する基準と、騒音に対する基準がある。近年ではそのほかに環境性能の目安としてCO₂の排出削減や燃費量の低減などもあげられる。

本機は、住友建機の標準ホイール式アスファルトフィニッシャHA50W-7をベースマシンとし、国土交通省第3次排出ガス基準値ならびに低騒音型建設機械の基準値に適合している。

さらに、HA50W-7の標準装備でもあるエコモード機能も搭載し、エンジンの高回転域を2段階で切り替えることが可能で、施工負荷に応じて切り替えることで、燃料消費量を抑えるとともに騒音の低減にも効果がある。

特に、流動性の高いグースアスファルト混合物では、通常のアスファルト混合物に比べて、コンベヤやスクリュにかかるとともに騒音の低減にも効果がある。

2.2 舗装性能の向上

(1) 超低速走行時の安定性

グースアスファルト舗装の必須機能の一つに、超低速性能があり、本機はこの要求を満たした最低舗装速度0.5m/minにおける安定走行を実現している。

この機能を実現するに当たり、高速走行と低速走行を両立させるべく、減速率の大きな走行装置が必要不可欠であったが、これも要求仕様を満たす走行装置を備えたHA50W-7をベースマシンにすることで実現した。

表1 主要仕様
Main specifications

寸法	全長	mm	5790
	全幅	mm	2490
	全高	mm	2555
	質量	kg	11550(最大12050) セルフローダによる輸送が可能
エンジン	メーカー 型式	—	いすゞ 4JJ1X
	総排気量	L	2.999
	定格出力	kW	70.9/2000(r/min)
	最大トルク	N・m	359/1600(r/min)
舗装能力	舗装幅	m	2.4~4.5(油圧伸縮)
			最大5.5(EXT付き)
	舗装厚	mm	10~100
	舗装速度	m/min	0.5~12
	締固方式	—	V
	ホッパ容量	t	1.4
	コンベヤ	t/h	70(スクリュ式)
スクリュ	—	油圧伸縮式	

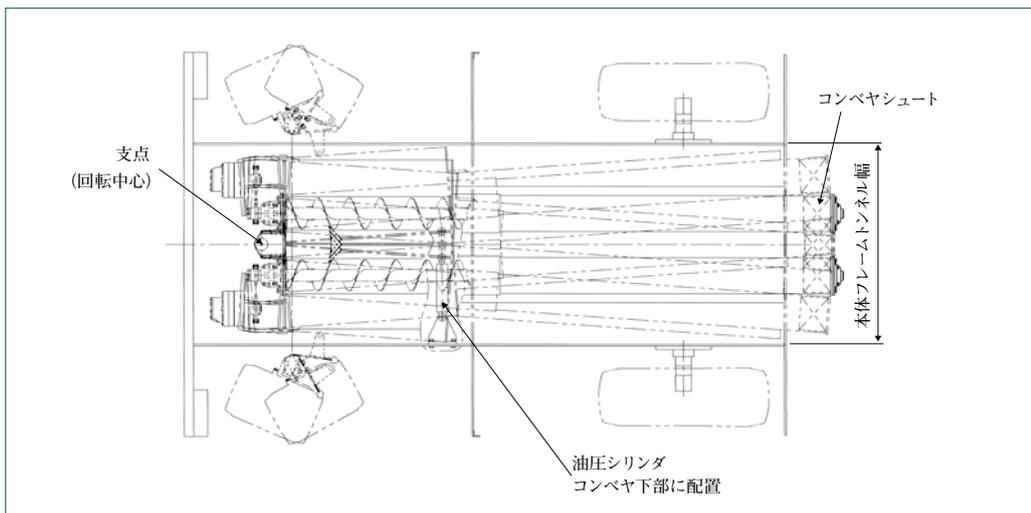


図2 オーガ式コンベヤ装置
Auger conveyor equipment

HA50W-7をベースマシンとした理由は、この走行安定性によるところが最も大きい。

(2) 合材送り能力の向上(コンベヤ装置)

グースアスファルトフィニッシャのコンベヤ装置には、合材が漏れ出ないように密閉性に優れたオーガ式のタイプが一般的である。しかしこの場合、コンベヤのシュート部分の幅の広さはスクリュ羽根径よりも少し大きいくらいで、左右方向への撒出しは機械後部の撒出しスクリュ装置に頼る部分が多かった。

本機ではこのコンベヤ装置全体を油圧シリンダでスイングさせることで、シュート部分を幅広い範囲で動かす構造を有している。本体フレームのコンベヤトンネル幅をスイングさせる空間として使うことにより広い範囲で合材を投下することを可能にした(図2)。

さらに、この機能のもう一つの利点は、横断方向に勾配の付いた現場でその性能を発揮することである。流動

性の高いグースアスファルト混合物は、投下後重力の影響で傾斜に沿って流れ落ちやすいことから、少しでも勾配の上流側に合材を投下した方が、より効率良く撒き出すことが可能である。

(3) 合材送り能力の向上(スクリュ装置)

横方向の撒出しスクリュ装置に旧型機でも定評のあった、油圧伸縮式を採用した。

さらなる撒出し性能の向上に向けて、スクリュケーシングを外側に配置することでフロントスクリュからリヤスクリュへの合材の乗継ぎを改善し、スクリード端部まで安定した合材供給を可能とした。

また、エクステンション装着時もスクリュの羽根をスクリュケーシング内側に配置することで、フロントからリヤへのアスファルト混合物の乗継ぎが悪くならないように配慮している。

スクリュに連動して伸縮するリテイニング(チェーン

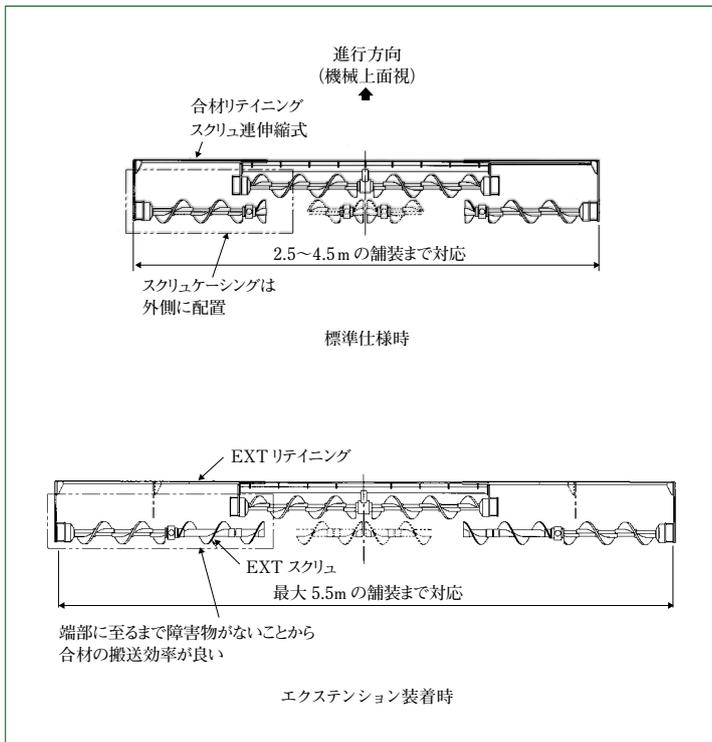


図3 伸縮スクリュー装置
Extendable screw equipment

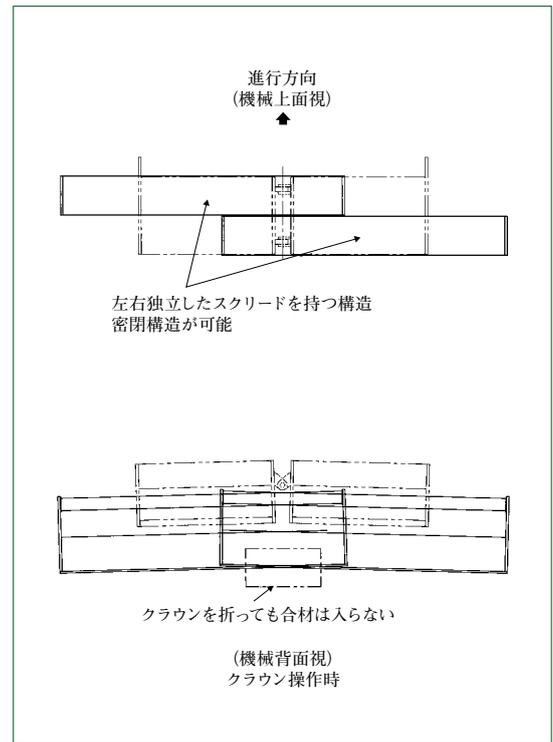


図4 伸縮スクリード装置
Extendable screed equipment

式)も備えており、下り坂の舗装で合材が前に流れ出てしまうのを広い範囲で防ぐことが可能である(図3)。

(4) デュアルマット(2枚式)スクリード

スクリードには、バイブレータ式2枚スクリード(デュアルマットスクリード)を採用した。左右のスクリードが独立していることにより密閉構造とすることが可能となり、スクリード内部へ合材が侵入しやすいグースアスファルト舗装に適している。

特にクラウンを付けた際に、左右対称(3枚)式では中央に隙間が生じて合材が侵入しやすくなるのに対し、2枚式では隙間が生じないという利点がある。これが2枚式を採用した理由である(図4)。

スクリードプレートには、高温なグースアスファルト混合物でも熱歪みが生じにくい厚板(t=14mm)の耐摩耗鋼板を採用し、熱によるスクリードプレートの変形を防止している。さらに、舗装厚調整と同時に段差装置の調整も必要で、その操作頻度も多いことから、段差装置にも油圧式を採用し容易に調整可能としている。

舗装厚制御には、従来のレベルローラ方式とリフトシリンダ(吊下げ)方式を採用している。いずれも操作が容易な油圧シリンダ式である。

油圧シリンダには、微小な舗装厚調整に適し、かつ耐リーク性能にも優れたものを採用している。また、舗装厚制御にはAGC(オートグレードコントローラ)の使用が可能で、特にタイヤの弾みの影響を受けやすいリフトシリンダ(吊下げ)方式においてその効果を発揮する。

(5) 伸縮式プッシュローラ

各ユーザが保有するさまざまな形状を持つクッカ車に

対応すべく、プッシュローラには前後伸縮機構を採用した。プッシュローラのストロークは前後方向200mmを確保しており、クッカ車が接車した際に、クッカ車のシュートとホッパの関係を最適位置に調整することができる。

プッシュローラの伸縮には、オプションで油圧シリンダ式も設定しており、油圧式の場合は無段階で位置調整が可能で、より扱いやすいものとなっている。

2.3 安全性の向上

グースアスファルトフィニッシャは、240℃という高温のアスファルト混合物を扱うことから、加熱装置にも相当の火力が求められる。グースアスファルトフィニッシャには、スクリードの加熱装置に加え合材を保温すべくコンベヤ装置にも加熱装置を設けている。

それぞれの加熱方式にはトーチバーナやラインバーナによる直火加熱方式を採用している機械がほとんどで、温度制御機能もなく作業中は常時焚きっぱなしであった。これにより火災の発生率が高く、作業員は常に火災の危険にさらされていると言っても過言ではなかった。

ユーザからは、加熱装置の安全性の向上を求める声も多いため、本機の加熱装置には火災の発生率が低く、均一加熱性能の高いLPG熱風式ヒータを採用した。

さらに、失火検知機能(失火時にガスラインを自動的に遮断)も備え安全性を高めている。万一火災が発生しても、非常停止ボタンで機械を停止させると同時にガスラインも即断する。非常停止を解除してもガスラインだけは手動で操作しない限り復帰できないように安全回路も備えている。そのほかの機能として、自動温度制御機能も備えており、過加熱防止やガス消費の低減を図っている。

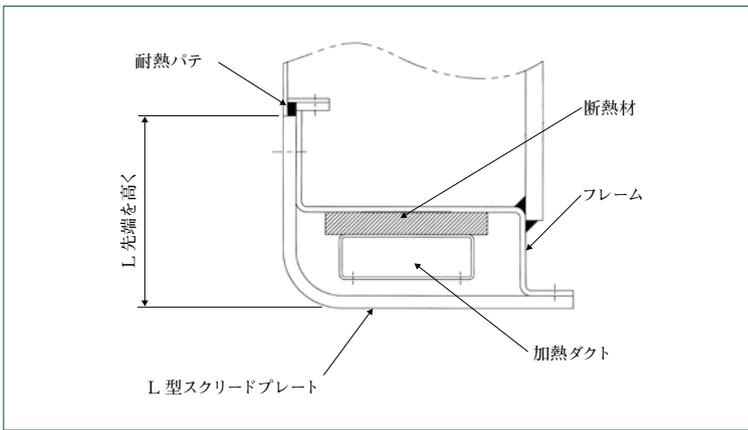


図5 スクリード構造
Structure of screed

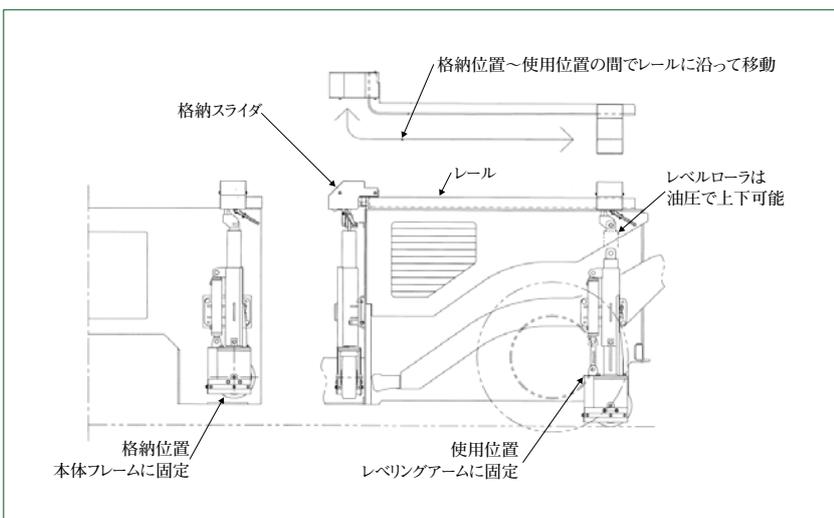


図6 レベリングローラ装置
Leveling roller equipment

2.4 メンテナンス性の向上

グースアスファルト混合物は流動性が高いことから、旧型グースアスファルトフィニッシャではスクリードの隙間から合材が侵入するケースが多く、侵入した合材の影響で加熱性能が低下することから、こまめに清掃をする必要があった。

本機では、スクリードプレートの形状を従来機同様L型曲げ形状とし、プレート高さを十分高くすることでプレート上部からの合材の侵入を防いでいる(図5)。

2.5 輸送性の向上

グースアスファルト舗装厚制御には、前途にあるレベルローラを使用することが多かった。これはレベリングアームに取り付けて使用するものだが、取り付け際に本体の幅からはみ出てしまい、その状態ではセルフロードによる回送ができなくなるという不都合も生じる。ユーザは回送と施工の度にレベルローラを着脱する必要があった。

また、レベルローラは重量物でもあることから着脱作業には危険が伴っていた。

このような問題点にも着目し、輸送性を向上させるべくレベルローラを容易に着脱できる格納装置を設けた。さらに、レベルローラを使わないときは輸送幅以内に格納できるスペ

ースも機械本体に確保した(図6)。

3 おわりに

- (1) グースアスファルトフィニッシャにも環境性能、安全性、メンテナンス性および輸送性などの向上が求められている。
- (2) 環境性能として国土交通省第3次排出ガス基準値および低騒音型建設機械の基準に適合した。
- (3) コンベア装置に合材が漏れない構造のオーガ式と合材を広く投下できるスイング式を採用した。
- (4) スクリードプレートの形状変更により、合材の侵入を防ぎメンテナンス性を向上させた。
- (5) レベルローラを容易に着脱できる格納装置を設け、輸送性を向上させた。

アスファルトフィニッシャの特長と概要

Features and Summaries of Paver

●大 関 昌 幸*
Masayuki OOSEKI



ホイール式アスファルトフィニッシャ HA60W-8
Wheeled paver HA60W-8

1 はじめに

アスファルトフィニッシャは道路舗装工事に使用される建設機械であり、アスファルト混合物を規定の幅・厚さで敷きならし、締め固め、道路の舗装を連続的に行う機械である。

アスファルトフィニッシャは、最大舗装幅や重量により大型からミニと言われるクラスに分けられる一方、施工方法の多様化により、特殊な機能や構造を持った機械も開発されている。

本報では、一般的な道路舗装施工方法と多種多様な機種がある建設機械のなかでも、あまり知られていない道路舗装機械について述べる。

2 道路舗装施工

2.1 アスファルト舗装

一般の車道に用いられている道路舗装を大別すると、アスファルト系の表層を持つ舗装と、コンクリート系の表層を持つ舗装に分けられる。

アスファルト系の舗装は、アスファルト舗装要綱に基づき、路盤の上に加熱アスファルト混合物による表層と基層を作る作業である。

アスファルトフィニッシャでの施工はアスファルト系の舗装が大部分を占めるが、路盤材による路盤の施工にも使用される。また、特殊なアスファルトフィニッシャとして、コンクリート系の混合物を施工できる機械もある。

アスファルト舗装は、交通荷重と路床の支持力をもとに、

気象条件などを考慮して設計された層から成り、表層、基層および路盤に分けられる。路床の支持力に応じて、各層が荷重を相応に分担するように設計されている。

アスファルト混合物は、アスファルトと一緒に混合される碎石や砂の大きさにより、密粒度、細粒度、粗粒度および開粒度などの多数の種類がある。また、最近では騒音低減や交通安全に大きな効果のある排水性・透水性アスファルト舗装などに用いられる特殊混合物もある。

2.2 舗装施工

舗装施工としては、加熱アスファルト混合物を製造している合材工場において、適切な温度管理および品質管理のもとで製造されたアスファルト混合物(150~160℃)を、ダンプトラックで舗装現場に搬入し、アスファルトフィニッシャ前部に設けられたホッパに投入する。そのアスファルト混合物を規定の幅・厚さで敷きならし・締め固めを行う。その後ローラにより転圧を行う(図1)。

3 アスファルトフィニッシャ

3.1 アスファルトフィニッシャの要求機能

アスファルトフィニッシャに求められる要求機能を次に示す。

- (1) 平坦で不陸がない
敷きならしされたアスファルト混合物の路面にうねりや不陸と言われる凹凸がなく、平坦に仕上がる。
- (2) 舗装面がきれい
敷きならしされたアスファルト混合物の路面に傷がな

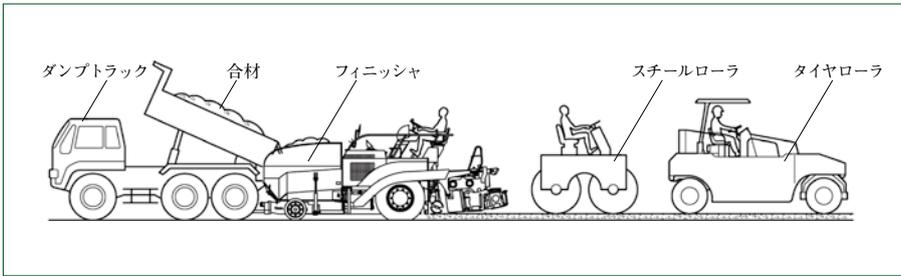


図1 舗装施工
Pavement construction

表1 アスファルトフィニッシャーのクラス
Classes of pavers

	舗装幅 (m)	重量 (t)
大型	2.5~16.0	15~30
中型	2.3~6.0	11~15
小型	2.3~5.0	8~11
ミニ	0.8~4.0	2.5~6

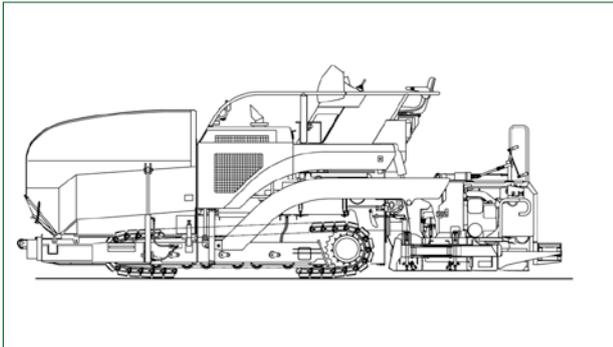


図2 中型クローラ式アスファルトフィニッシャー
Tracked paver of middle class

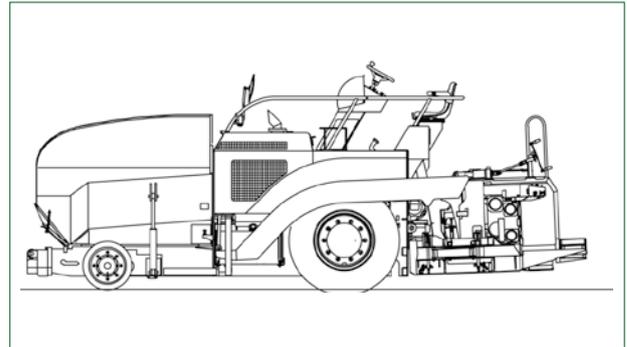


図3 中型ホイール式アスファルトフィニッシャー
Wheeled paver of middle class

く、滑らかに仕上がる。

(3) 締め固めが十分である

敷きならしたアスファルト混合物を均一に締め固めできる。

3.2 アスファルトフィニッシャーのクラス

アスファルトフィニッシャーの大きさは、おおむね1回の施工で舗装できる最大の舗装幅(最大舗装幅)と総重量で分けられている(表1)。

3.3 アスファルトフィニッシャーの種類

アスファルトフィニッシャーの種類は、走行形式で大きく分けられている。また、その走行形式により、それぞれに特長を持った機械となっている。ゆえに施工方法、施工現場およびユーザの好みにより選択される。

アスファルトフィニッシャーの走行形式にはクローラ式とホイール式がある。以前はクローラ式が主流であったが、近年はホイール式が半数以上を占めるようになっており、走行駆動方式も機械式が主流であったが、最近のアスファルトフィニッシャーではほぼ全機種で油圧駆動方式を採用している。その油圧駆動方式のなかでも走行駆動回路にH.S.T.(静油圧式無段変速機)方式を採用したものが主流となっている。

(1) クローラ式アスファルトフィニッシャー(図2)

クローラ式は、路盤が軟弱なときや坂路など、路盤状態の悪い現場での作業性が良い。また、所要の平坦性を確保しやすく、牽引力が大きい。

しかしその一方、自走速度が遅く回送に時間がかかる。また、一般公道を走行できず、駐機場所と施工現場が離れている場合には別途回送車が必要となる。

(2) ホイール式アスファルトフィニッシャー(図3)

ホイール式は、自走速度が速く機動力があり、大型特殊自動車としてナンバーを取得して一般公道を自走することが可能である。このことから切り返しの多い場所や施工現場が飛び離れ分断されている場合に最適である。

しかし、坂路や路盤の弱い箇所での施工には適さず、このときに得られる平坦性は、クローラ式に比べてやや劣る。ただしホイール式も最近ではタイヤのスリップを防止すべく全輪駆動(4WD)方式のものが主流となり、平坦性や駆動力についても大きく改善されている。

3.4 アスファルトフィニッシャーの構造(図4)

アスファルトフィニッシャーの構造は本体とスクリードと呼ばれる作業装置に大別でき、本体は走行機構を備えており、スクリードを牽引する。また、本体にはホッパーがあり、ダンプトラックで運搬されてきたアスファルト混合物を受け入れ、コンベヤ装置およびスクリュ装置でスクリード前部にアスファルト混合物を搬送する。

一方、スクリードはスクリードアームによって本体と連結されており、本体に牽引されながら路面上のアスファルト混合物を敷きならして舗装体を形成していく。舗装の路面はミリメートル単位で仕上げなければならないので、アスファルトフィニッシャーにとってスクリードは非常に重要な装置である。

このスクリードはフローティングスクリードと呼ばれ、モーターボートに引っ張られる水上スキーによく似た、力のバランスを利用した敷きならし装置である。舗装厚さを厚くする場合は、レベリングシリンダと呼ばれる本体と、スクリー

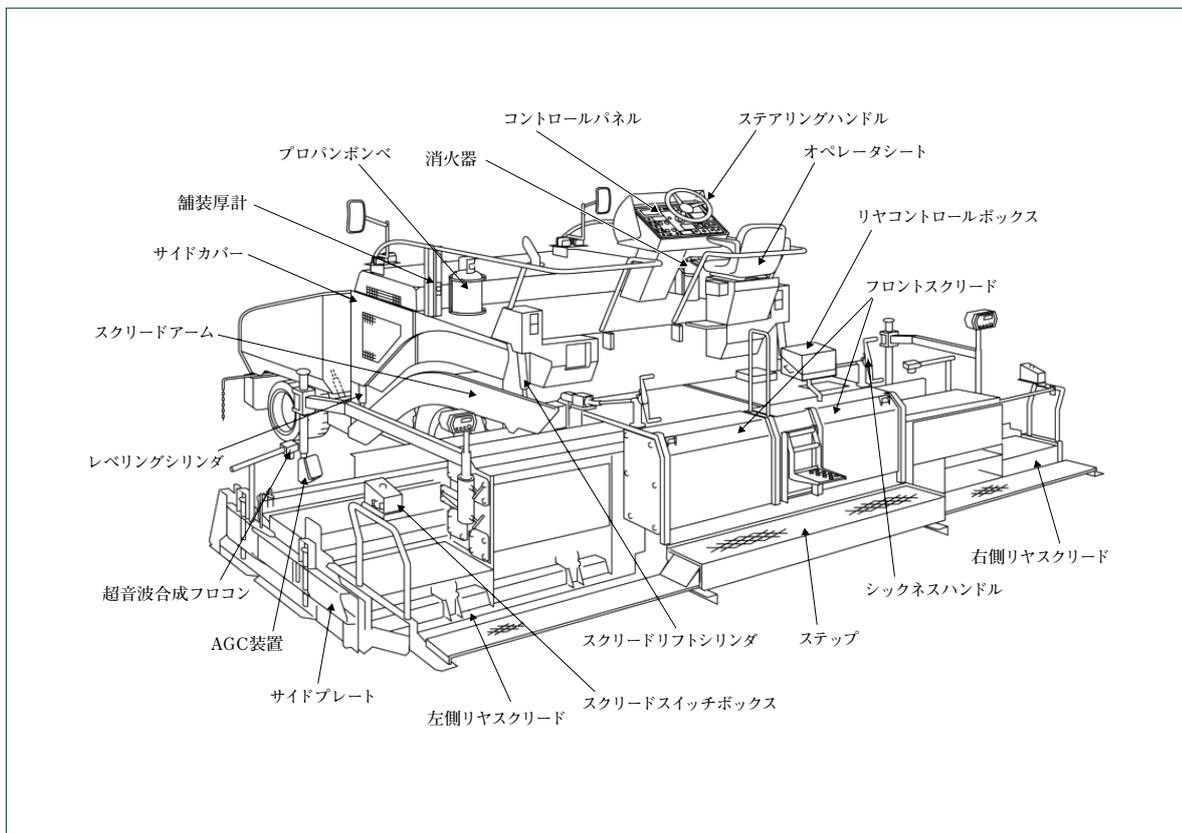


図4 アスファルトフィニッシャの構造
Structure of paver

ドを連結しているスクリードアームに取り付けられたシリンダに圧油を送り、スクリードを引っ張っている位置を高くする。また薄くする場合は、引っ張っている位置を低くする。このレベリングシリンダに圧油を送るソレノイドバルブのON/OFFを、超音波を用いたセンサにより基準高さになるように制御することもできる。

走行用回路としては、制御性の良さや、ブレーキ機能を有していることによりH.S.T回路を採用している。

アスファルトフィニッシャに求められる機能は、アスファルトフィニッシャの舗装原理として力のバランスを用いたスクリードによることから低速安定性および定速安定性である。これらを実現すべく、通常のアスファルトフィニッシャではマイクロコンピュータを搭載し、走行速度によるフィードバック制御を行い、負荷変動によらない低速安定性および定速安定性を確保している(図5)。

4 特殊舗装機械

通常のアスファルトフィニッシャとは別に、特殊な機構を持った舗装機械を紹介する。

これらの機械は、現在求められる環境負荷低減を目指した機械である。

4.1 乳剤散布装置付きアスファルトフィニッシャ(図6)

通常の舗装作業では、アスファルト混合物を敷きならす前に、舗装面に乳剤と呼ばれる液体を散布する必要がある。通常この作業はディストリビュータを使い一定量の散布が行わ

れる。乳剤散布装置付きアスファルトフィニッシャは、この作業をアスファルト混合物の敷きならし作業と同時に行うことができる。

この機械の特長は、ダンプトラックのタイヤへの乳剤の付着がないことから周辺道路を汚さないことである。またダンプトラックの進入により乳剤散布面を乱さないのも、アスファルト混合物と路面を確実に接着することができ、ディストリビュータによる散布作業がなくなることで工期の短縮も図れる。

4.2 マルチアスファルトペーパー(図7)

2種類のアスファルト混合物を1回の工程で2層に敷きならすデュアルアスファルトペーパーメント(DAP)工法や、車輪の通過箇所(わだち発生部)とそのほかの部分で異なったアスファルト混合物を敷きならすマルチレーンペーパーメント(MAP)工法が可能である。マルチアスファルトペーパーは、1998年に開発されてから10余年経ち、これらの工法はすっかり定着してきている。

4.3 グースアスファルトフィニッシャ(図8)

グースアスファルト舗装は、ドイツで開発された舗装技術で、日本国内でも広く利用されている。舗装にはグースアスファルトと呼ばれる高温(240℃前後)で流動性の高い特殊なアスファルト混合物を用いた流し込み工法が主体である。

グースアスファルトは、不透水性でたわみ追従性や耐衝撃性に優れていることから、主に橋梁の鋼床板の防水層(基層)として利用されている。さらに低温でもひび割れしにくいな

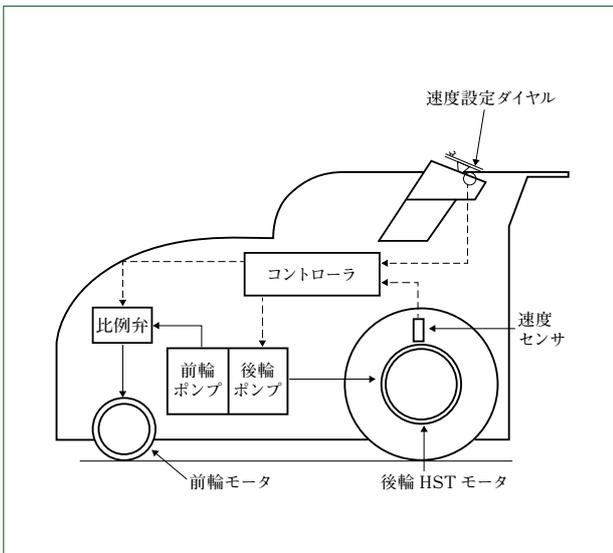


図5 ホイール式アスファルトフィニッシャ走行システム
Running system of wheeled paver



図6 乳剤散布装置付きアスファルトフィニッシャ
Paver with emulsion sprayer



図7 マルチアスファルトペーバ
Multi asphalt paver



図8 グースアスファルトフィニッシャ
Guss asphalt paver

どの特長もあることから、寒冷地の表層としても利用されている。

日本国内では、グースアスファルトフィニッシャと呼ばれる舗装機械で敷きならす工法が一般的で、クッカ車と呼ばれる特殊運搬車両からアスファルト混合物の供給を受けながら敷きならしていく。

5 おわりに

- (1) 道路舗装を大別すると、アスファルト系表層舗装とコンクリート系表層舗装に分けられる。
- (2) アスファルトフィニッシャの要求機能は、平坦性、舗装面状態および締固めがあり、クローラ式やホイール式などの走行形式で選択される。
- (3) 環境負荷低減を目的とした特殊な機構を持つ舗装機械がある。

新型0.9～3.5tガソリンエンジン式フォークリフト

New 0.9～3.5t Gasoline Engine Forklift Truck



新型ガソリンエンジン式フォークリフトFG0.9～3.5tは、現行機種からエンジンを一新し、力強さと経済性を両立させた車両としてマイナーチェンジを行った。

近年、フォークリフトではバッテリー車へのシフトが進んでいるが、屋外での使用、長時間の連続使用および機動力を重視する使用などにおいてはエンジン車がいまだ必要不可欠である。

エンジン車においては環境問題の高まりから排ガス規制が適用されている。さらにディーゼルエンジンでは規制値が順次強化され、次期規制では高額な先端技術の盛り込みが必要となることから、大幅な車両価格の上昇が避けられない状況である。対するガソリンエンジンは、より安価な技術で排ガス規制への対応が可能なことから、今後はディーゼルエンジン車からのシフトが想定される。

今回ディーゼルエンジン車からの置換えも見据え、ディーゼルエンジン車と同等の性能を備えた新型ガソリンエンジン車として開発を行った。

主要仕様

11FG25PAXII25D

定格荷重	2500kg
揚高	3000mm
走行速度(無負荷時)	19.5km/h
走行速度(負荷時)	18.0km/h
上昇速度(無負荷時)	640mm/s
上昇速度(負荷時)	625mm/s
牽引力	25100N

登坂角(負荷時)	34%
エンジン 型式	K25
総排気量	2488cc
定格出力	45kW/2700r/min
最大トルク	169N・m/1600r/min

特 長

- (1) 平成19年排ガス規制に適合したクリーンエンジンを採用し、最適な燃料燃焼技術による高出力と低燃費の両立を実現した。太いトルクで低速域からのスムーズな立ち上がりを可能とし、従来車比で走行性能は20%向上し、燃料消費は最大20%低減した。エコモード機能を標準で装備しており、エコモード選択時には標準モード時に対してさらに最大15%の燃費低減を可能とした。
- (2) 高い強度と安定感を備えた、信頼と実績のある足回りを従来車より継承している。耐久性が高く長時間のハードな作業にも安定的かつ安全な使用が可能である。
- (3) 従来車から継承した高視界マストによりフォーク先端が見やすく、足元が広い運転席は楽な姿勢での運転を可能としている。また、トルクアップしたエンジンによりアクセル操作が軽減されたことで、さらに優れた操作性を実現した。
- (4) エンジンルーム内の機器レイアウトはサービス時のアクセス性を高め、長時間オイル交換インターバルの設定によりメンテナンス性を向上させた。

(住友ナコマテリアルハンドリング株式会社 加藤恭正)

バッテリー式フォークリフト QuaPro-B Dual

QuaPro-B Dual



QuaPro-B Dualは、バッテリーの長時間稼働と長寿命を基本コンセプトに、鉛バッテリーとリチウムイオンバッテリーの2つの異なるバッテリーを組み合わせたDualバッテリーユニットを搭載したカウンタバランス式フォークリフトである。

従来のフォークリフトで一般的な鉛バッテリーの場合、稼働状況によってはバッテリーが1日持たないことから、予備バッテリーを用意し途中で交換したり、休み時間に補充電をして稼働時間を確保している。

しかしながら、バッテリーの交換には手間がかかり、予備バッテリーを置いておくスペースを必要とする。また、鉛バッテリーにおいて補充電はバッテリー寿命に影響を与える原因となる。

QuaPro-B Dualは、リチウムイオンバッテリーと鉛バッテリーの両者の特性を生かした最適構成により、稼働時間とバッテリー寿命という2つの問題を同時に解消する。

リチウムイオンバッテリーは補充電を繰り返してもバッテリーに大きなダメージを与えないことから、補充電を積極的に活用することでバッテリーの交換なしで長時間の稼働を実現する。さらにバッテリー寿命については、リチウムイオンバッテリーが組み合わさることにより、鉛バッテリーの放電電流のピークカットと放電量の抑制が可能となり、長寿命が期待できる。

QuaPro-B FB1.0~4.0tを対象機種とし、その特注仕様車両としてラインナップした。

主要仕様

	FB1.0~1.8t	FB2.0~2.5t	FB3.0~4.0t
公称電圧(V)	48	48	72
相当容量(5HR)(Ah)	549	674	594

特長

- (1) リチウムイオンバッテリーが再生エネルギーを効率良く回収することにより、消費エネルギーの低減を可能とした。
- (2) 繰返し急速補充電により、1日当たり12時間の長時間稼働を可能とした。また、バッテリーの交換も不要なので、急な作業量の変動にも対応できる。
- (3) リチウムイオンバッテリーを優先使用することにより、鉛バッテリーの負担を減らし大電流放電時のダメージを防ぐ。さらに、放電量を抑えることにより、現状比最大2倍のバッテリー寿命が期待できる。
- (4) 鉛バッテリーの劣化につながる過放電によるサルフェーションをリチウムイオンバッテリーが防止する。
- (5) リチウムイオンバッテリーおよび鉛バッテリーの残量と、バッテリーのエラーを表示する機能を追加した。
- (6) Dualバッテリーユニットの構造と配置は、鉛バッテリーのメンテナンスや車両のサイズに影響がないように配慮した。

(住友ナコ マテリアル ハンドリング 岩本武輝)

射出成形加工における量産効率向上と高付加価値化

Mass Production Efficiency and High Value-added in Injection Molding Process

● 徳 能 竜 一*
Ryuichi TOKUNOU



SE-EVシリーズ
SE-EV Series

当社は、2008年に革新的な成形プロセスの提案として、Zero-moldingを搭載した、SE-DUZシリーズ、SE-HDZシリーズ、SE-HSZシリーズおよびCLシリーズをリリースした。その後2011年には、Zero-moldingの持つ可能性を最大限に引き出すことを目的に開発設計をしたSE-EVシリーズをリリースしている。

また、当社は、旭化成株式会社が開発した炭酸ガスを用いた加工技術AMOTEC(Asahi Molding Technology with CO₂)の実施許諾権を2001年に取得し、射出成形機を含めた成形システムとして販売している。

本報では、Zero-moldingによる低型締力および低射出圧成形の実現とその効果、AMOTEC利用技術の取組みについて報告する。

In 2008, as a proposal for the innovative molding process, SHI released various machine series like SE-DUZ, SE-HDZ, SE-HSZ, and CL, all equipped with the Zero-molding. And more recently, in 2011, SE-EV series, which was designed and developed for the purpose of extracting the maximum performance from the Zero-molding capabilities, was brought to the market. In addition, in 2001, SHI was granted with the license rights for AMOTEC (Asahi Molding Technology with CO₂), which is a molding technology using carbon dioxide developed by Asahi Kasei Corporation, and has been providing the process technology mounted on the injection molding machines as system solutions. This paper reports a realization of molding with a lower-than-usual clamping force and its positive effects by Zero-molding, and some application examples of AMOTEC.

1 まえがき

プラスチックの加工技術において、射出成形法は最も汎用的に使用されている技術であるが、樹脂の収縮などに起因する問題が多く発生しており、常に技術革新が必要とされている。プラスチック部品の高付加価値を追求すべく、製品の薄短小化、部品一体化によるモジュールの小型化、金属部品をプラスチック化して軽量化を図るなどさまざまな方策がとられている。一方で付加価値を付けにくい部品は、海外生産体制による人件費および輸送コストの削減などの努力がなされている。

このようななか当社では、量産効率向上の支援システムと

してZero-moldingと、高付加価値製品の新たな加工技術として炭酸ガスを用いた加工技術AMOTECを販売している。

2 Zero-molding システム

2.1 低型締力成形のメリット

図1に、トグル式射出成形機に金型を搭載したときの設定型締力と射出成形機プラテンを含んだ金型の変形イメージを示す。横軸は型締プロセスを型閉動作から順番に示している。金型は高精度部品の組合せ部品であり、型閉動作とともにPL (Parting Line) 面が一部接触→全面接触→金型が圧縮され反力がタイバーが伸ばされ、高圧型締力が発生する。

金型は、設計の意図としては定盤上で組みあげて金型を閉

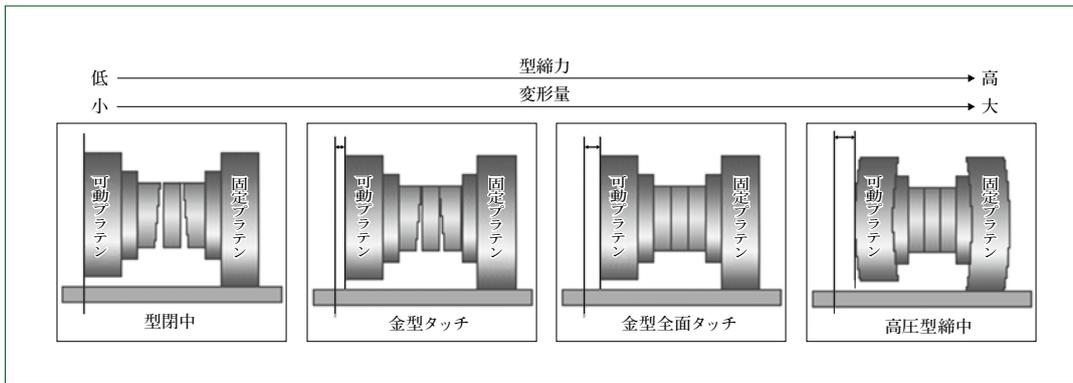


図1 型締力と金型変形量の関係
Relationship between clamping force and mold deformation

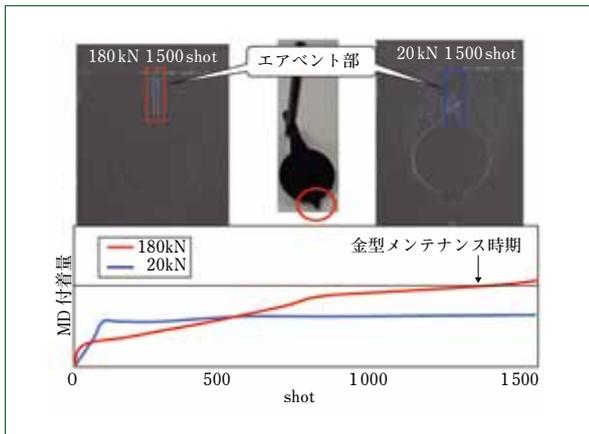


図2 型締力と金型メンテナンス周期の関係
Relationship between mold clamping force and mold maintenance periods

じたときに最も理想に近い精度が出るように製作される。しかし総じてタイバー4本付近が最も面圧が高く、ロケット部付近が面圧の低い圧縮状態になる。またエジェクタプレートの間隙で圧縮力が伝わらず、均等な圧縮状態にはならない。だからこそ、成形メーカーは同じ金型には同じ射出成形機を選定し、設備変更による外乱を防ぎリスクを回避する。このことから、特定の設備のスケジュールが詰まり、量産コストを圧迫する場合がある。

単純な平板形状であれば、型板剛性アップやシム調整により補正が可能である。ところがアンダーカット形状でスライドやアンギュラピンが搭載されていたり、スライド嵌合の位置決め装置やコアピンがあると、金型部品への変形が高压型締により連続運転中にかかったままとなる。嵌合部品やしゅう動部品は、細かい部品ほど早期に摩耗・折損する。量産現場では、射出成形機を不定期に停止し、金型を下ろし、メンテナンス後に量産を再開することになり機械停止による量産コスト圧迫は避けられない。

図2に、型締力の違いによるモールドデポジット量の堆積差を示す(180 kNクラスの射出成形機を使用)。成形品は、図2の中央部に示すように流動末端部にガスベントが収まる設計になっている。樹脂とともに金型に侵入したガスは金型表面に付着するが、これをカメラで毎ショット撮影し、ガス堆積量を数値解析しグラフ化している。



図3 最小型締力検出機能
Minimum clamping force detection

高型締力の成形ではガスベント部にガスが集中し、ガスベント溝自体も金型の変形により目標値以上につぶれてしまう。ベント部には早期にガスが堆積し、やがてベント部がつまり製品がショートショット不良(未充填)になる。これを防ぐには、成形の中止と金型の清掃が必要となる。一方、低型締力の成形は、樹脂ガスがPL面全面から抜けることでベント部にガスが集中せずメンテナンス周期を延長できる。この方法を発展させれば、金型のベント加工をなくした成形も可能となる。

これらの事例から、金型設計者の意図する金型精度を再現し金型のメンテナンス周期を延長するには、型締力は限りなく低い設定が望ましいと言える。当社は、低型締力設定のまま成形できる機械を追及した。

2.2 最小型締力検出機能(図3)

当社の射出成形機には、搭載した金型の必要最小型締力を計算する機能がある。射出成形機が使用している金型で数回型締動作を実施し、PL面が密着するのに必要な最小型締力を計算するのでユーザはガイダンスに従って型締力を可能な限り下げた値で設定できる。

また、成形品にバリが出ると不良になってしまうので、従来機より射出圧力を低下させるFFC(Flow Front Control)成形を併用する。

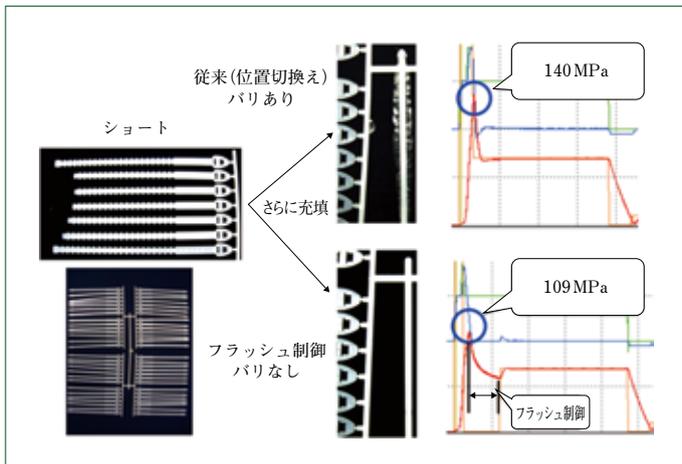


図4 フラッシュ制御
Flash control

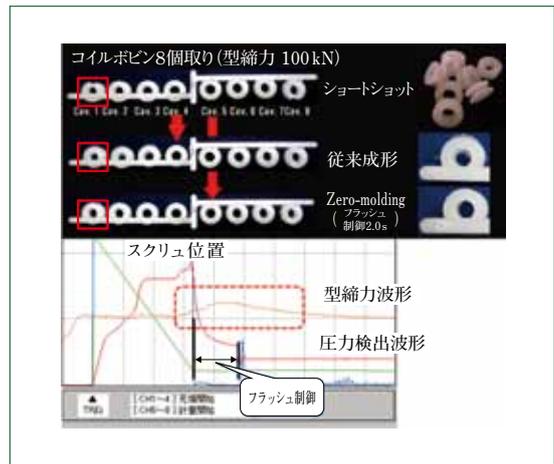


図5 MCM成形
MCM molding

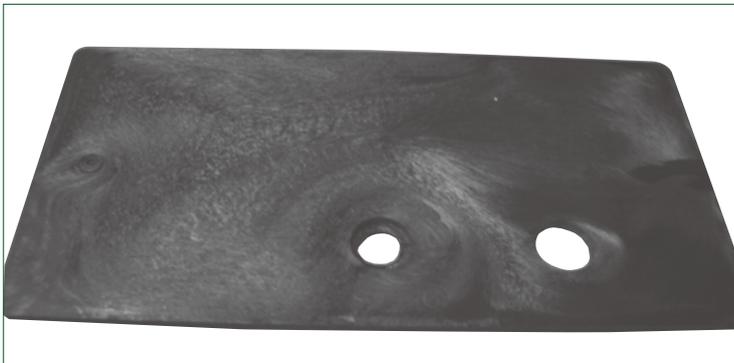


図6 スワールマークの例(当社製金型)
Examples of swirl marks(our mold)

2.3 FFC成形

当社の射出成形機には、射出成形工程の射出と保圧の間に、フラッシュ制御という設定を設けている。フラッシュ制御中は、射出動作に制限がかかる。

図4は、射出成形機3500kNクラスで結束バンド56本取りの成形事例である。左側にショートショット状態の写真があるが、これを位置切換えで追い込んだ成形と、フラッシュ制御を使った成形の2種類の成形結果を見ることができる。

位置切換えで追い込んだ場合、製品を完全充填させるピーク圧は140MPaが必要となり、最大型締力でもランナ部にバリが発生する。一方、フラッシュ制御を使うとピーク圧が低いまま充填でき、バリは発生しない。

このような成形は、フラッシュ制御と当社独自のハード(高精度・低慣性・ダイレクトドライブ機構の組み合わせ)により可能である。フラッシュ時間は手動設定のほか、設定が面倒にならない自動設定モードも選択できる。

図5に、型締力を限りなく下げた成形を示す。射出成形機1000kNで、設定型締力を100kNにし、コイルボビン8個取りを成形した事例である。射出成形機には型締力センサが装備され、成形中の型締力をモニタした。フラッシュ制御から保圧に工程移行するときに型締力の波形がいったん上昇し、

冷却中に元の状態に還元している。この状態でも成形品にバリは発生しない。トグル機構および型厚移動装置は成形中に動かない。射出圧力で金型が開かれ、その反力を受けてタイバーが必要分だけ伸ばされ、型締力が発生するというメカニズムである。この状態であれば、金型への型締力歪みが最小限に抑えられ、製品寸法精度の狂いも少なくなる。

3 AMOTECの利用技術

3.1 AMOTECとは

超臨界状態のガスを可塑性シリンダに混入し成形品を量産するシステムでは、さまざまな利点が報告されている。多くは、発泡による成形品の軽量化である。

一般的に、重量比2%のCO₂ガスを、ポリスチレンなどの溶融樹脂に溶かし込めれば、粘度が1/2に低下すると報告されている。樹脂軽量化だけでなく、成形性や金型の設計自由度を向上させるなど、さまざまな可能性を秘めている。

しかし、シリンダ内の樹脂にガスを溶解させ、そのまま射出すれば樹脂内部のガスがマイクロバブルから大きく成長し、図6に示すような発泡痕(スワールマーク)となって製品表面に現れる。このことから、金型内部にあらかじめ予圧(カウンタプレッシャ)をかけた状態で充填すれば、バブルが起きな

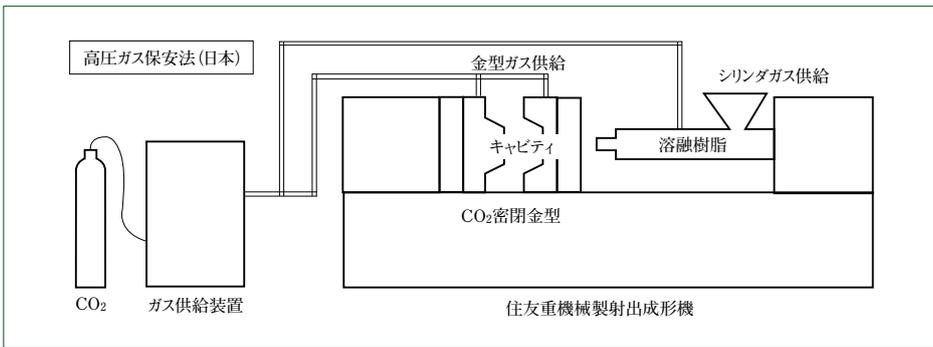


図7 AMOTECシステムの構成
Structure of AMOTEC system

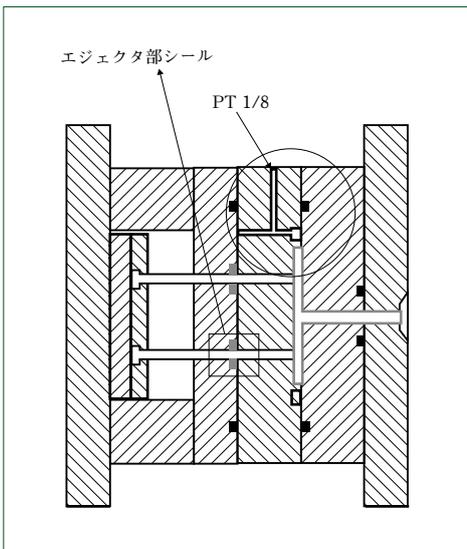


図8 ガスシール構造
Gas seal structure

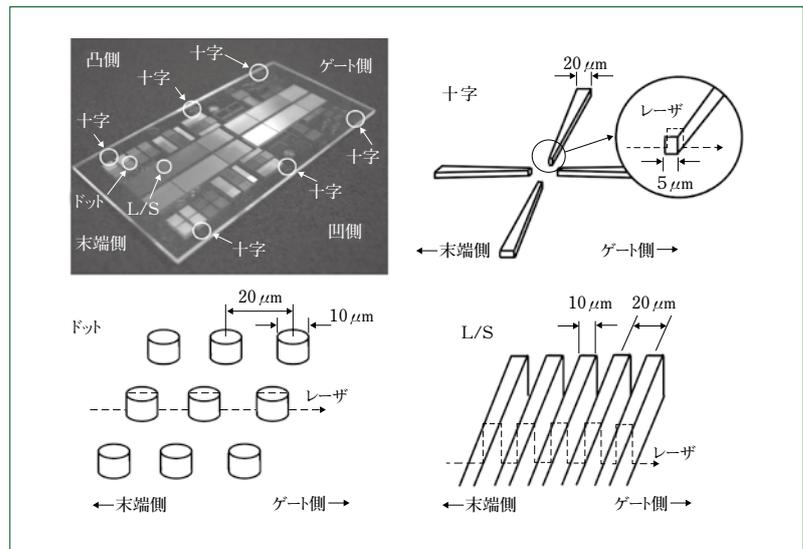


図9 成形品写真と転写測定箇所
Molded products photos and transfer measurement points

いまま樹脂を固化できる。

3.2 AMOTECシステムの概要

図7に、当社にて販売しているAMOTECシステムの概要を示す。本システムの機能は、AMOTEC-1、AMOTEC-2に分けられる。

AMOTEC-1は、可塑性シリンダ内に炭酸ガスを混入し、樹脂とガスを一緒に計量・混練することで樹脂にガスを溶かし込み、流動性を上げる。

AMOTEC-2は、射出成形機を型締・ノズルタッチし、樹脂射出前に、金型に炭酸ガスを注入する。AMOTEC-1と併用すれば、カウンタプレッシャとなり発泡によるスワールマークを減失できる。装置の構成を次に示す。

(1) AMOTECスクリュアセンブリ

AMOTEC専用のスクリュを有し、ガスが漏れないようにシャットオフノズル構造としており、スクリュ構造はベント方式である。第1ステージで樹脂を溶融させ、第2ステージの根元にあるガス注入口から、射出成形機のガス注入指令に従ってガスを送り、計量・混練させることでガスを溶かし込む。ガス注入弁は、旭化成株式会社が開発した専用逆流防止機構をベースに、当社独自の改良を加えている。なおAMOTECスクリュア

センブリを外して通常スクリュを搭載すれば、通常射出成形機として使用可能である。

(2) AMOTEC専用金型

カウンタプレッシャを有効にすべく、金型内部が正圧を維持できるよう各部にOリングを搭載する(図8)。成形テストで最もよく起きるトラブルは、シールし忘れによるガス漏れである。スブルブッシュからのガス抜け、可動型板のエジェクタ穴やキャピコア入れ子内部のボルト穴からのガス抜け、PL面のOリング入れ忘れ、水穴へのガスの入り込みなど、設計段階から注意する必要がある。

(3) ガス供給装置

ガスボンベ内にある5～6 MPaのCO₂をガス供給装置内部で昇圧・調温し、14.5 MPaのガスとして装置内に1次貯蔵する。その後射出成形機からのガス供給信号に従い、減圧弁を介してガスをシリンダおよび金型に供給する。ガス配管はすべて高圧ガス専用チューブを使用し、ガス供給装置内部の部品も日本の高圧ガス保安法の認定品で製造・組立がなされる。ガス供給装置は、単体では、高圧ガス保安法の第2種処理設備に相当する。工場内の既納設備のガス処理能力と総合して、第1種または第2

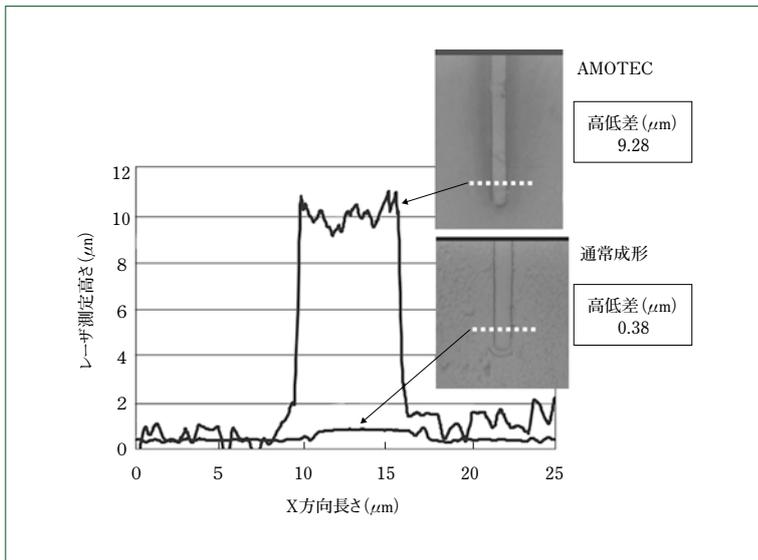


図10 転写高さの比較(十字パターン)
Comparison of transcription heights (Cross pattern)



図11 100 μmオーダのシャープエッジ転写
Transcription of sharp edge of the order of 100 μm

種の保安全管理者が必要となる。設備担当者は、高圧ガス機器に関する基礎知識が必要である。

(4) インターフェース

射出成形機とガス供給装置は、AMOTEC成形を実施するインターフェース配線につながっている。金型カウンタ圧は、射出成形機の型締とノズルタッチをトリガとして、タイマ制御によりガス供給→保持→脱圧される。シリンダ側には、発泡樹脂が飛散しないよう、パージカバーに飛散防止シャッターが搭載され、その中でのみパージングできる。最新射出成形機には、AMOTEC有無の成形が簡単に確認できるよう、専用設定画面も設けられている。

3.3 AMOTEC効果事例(転写性向上)

当社でのAMOTECの適用実験は、流動性向上、ウエルドレスと進められたが、研究開発レベルを超えなかった。そこでサブミクロン・ナノオーダの転写性向上を目指して、通常成形の代替技術として特化し、成形用途開発を進めた。

高アスペクト比の金型になると、通常の成形では、微細形状の末端まで樹脂を入れ込むことが難しくなる。通常の射出成形と比較し、AMOTECで転写性を向上できた事例について説明する。

成形品は、28×55×0.8mmのポリカーボネート平板の表面に高アスペクト比のパターンを転写させたサンプルである(図9)。通常成形とAMOTECを使用した成形を行い、連続成形でサンプルを採取し、成形品の表面形状をレーザ顕微鏡で測定した。その結果、AMOTECの方が通常成形よりも転写性が向上することを確認した(図10, 図11)。

転写高さが通常設備の射出成形機で不可能な領域で、かつ自社の転写成形品のニーズと合致した場合、AMOTECは量産設備としての価値を持つ。これが見つかるまでAMOTECの設備は研究用途の領域を出ない。顧客の適用製品、コスト計算までクリアになっていると、顧客への導入可否もスムーズになる。当社ではAMOTECの試作トライを実施できる体制を整えている。

また、AMOTECとコア圧縮を同時に使用すると、転写性はさらに向上する。本来AMOTECの成形法はT_g(ガラス転移温度)点下ががることを利用して転写性を向上させている。このことから、全体的に転写性は向上するが、通常成形と同じようにゲート遠方の転写性は悪くなる傾向にある。しかし、同時にコア圧縮を使用すると成形品全体に圧力を加えることができ、ゲート遠方部の転写性は良くなる傾向にある。

図12の測定結果は、プリズムパターンの成形品中央部とゲ

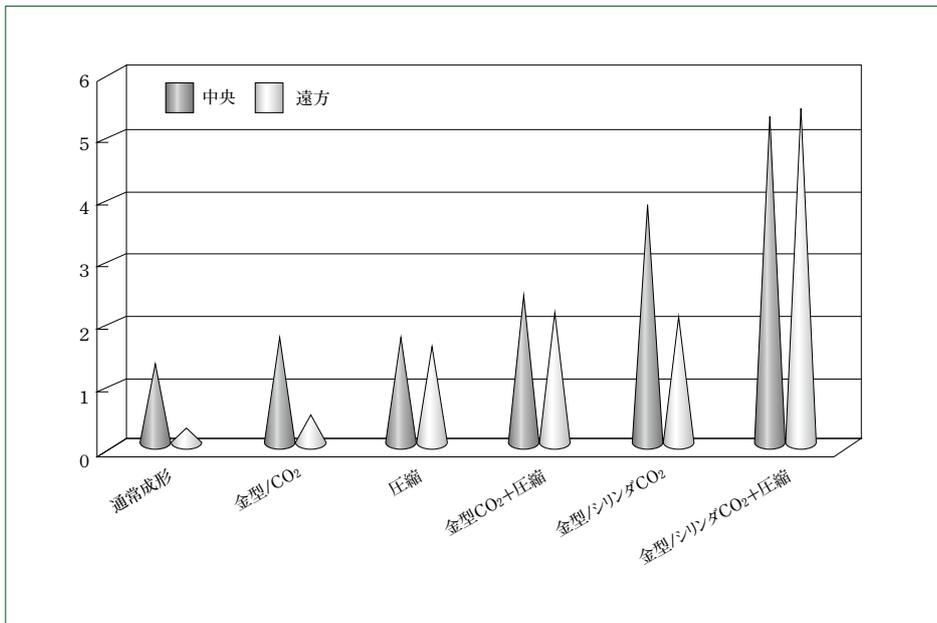


図 12 V溝形状の転写高さ
Transcription heights of V-groove shape

ート遠方の2箇所について表面形状測定器にて測定した値である。左から順に通常成形、金型のみCO₂ガスを入れた成形、圧縮成形、金型のみCO₂ガスを入れた圧縮成形、金型と可塑化シリンダの両方にCO₂ガスを入れた成形、金型と可塑化シリンダの両方にCO₂ガスを入れた圧縮成形という6つの成形方法についての転写高さである。

圧縮の効果については、特にゲート遠方について転写性の改善効果があることが分かる。金型のみCO₂ガスを入れた場合には、全体的に転写性が向上している。シリンダと金型両者にCO₂ガスを入れると、1 μm程度しか転写していなかったものが、一気に4 μm程度まで向上する。

4 むすび

本報では、Zero-molding, AMOTECについて述べた。

- (1) Zero-moldingは、その機能を使用することにより、量産中の金型損耗コストや金型メンテナンスコストの削減が可能であることを示した。本機能は、当社の最新射出成形機(SE-DUZ, SE-HDZ, SE-HSZ, CL, SE-EVシリーズ)に標準搭載されている。これまで使用していなかったユーザへも、その利便性を伝えていきたい。
- (2) AMOTECシステムを利用した成形事例の適用については、ノウハウを蓄積していく必要がある。今後も射出成形機、成形技術および金型加工技術のさらなる向上や技術革新に向けた研究開発に取り組み、高いユーザーズに積極的に応えていく所存である。

※「Zero-molding」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。

くりこみ群分子動力学法による回転塑性加工シミュレーション

第3報 塑性加工シミュレータの現場実証

Rotating Plastic Forming Simulation Using Renormalization Molecular Dynamics Part3 Field validation of plastic forming simulator

●大西 良孝*
Yoshitaka OHNISHI

檜 垣 孝 二**
Koji HIGAKI

市 嶋 大 路*
Daiji ICHISHIMA

広 瀬 良 太*
Ryota HIROSE

小 林 義 崇*
Yoshitaka KOBAYASHI



日本スピンドル製造株式会社製 フローフォーミングマシン
FLOW FORMING MACHINE and simulation result

当社は、くりこみ群分子動力学法 (Renormalization Molecular Dynamics RMD) を用いた塑性加工シミュレータの開発を行い、従来手法では困難であった加工時の摩擦による発熱エネルギー、温度上昇、自由電子を考慮した熱伝導および温度による物性変化などの連成を可能にし、回転加工マシンの反力を5%以内の誤差で再現可能であることを示した⁽¹⁾⁽²⁾。これにより、塑性加工に必要な機能はほぼシミュレータに反映され、原理実証は終了した。しかしながらシミュレータの実績としては円盤の増肉加工のみにとどまっておらず、ほかの加工方法へ適用した場合の議論はなされていない。そこで、さらに適用する事例を増やし、設計現場における定量的な評価に耐え得ることを実証するのが本報における目的である。具体的には中実・中空シャフトの縮管を対象とし、実際の加工条件を考慮したシミュレーションを実施した。この結果、実測値と比較して±5.5%以内の精度で再現可能であることを確認した。

SHI developed Renormalization Molecular Dynamics (RMD) method that made it possible to conduct coupled analysis, which cannot be performed by conventional methods, where the thermal energy generated by tooling friction, an ensuing temperature rise, the heat conductivity based on free electron migration, and other temperature-dependent material properties are all considered in a naturally coupled manner. And, by this method, it was proved to be possible to reproduce reaction force of the rotating tooling machine within the error of ±5%.⁽¹⁾⁽²⁾ Consequently, most of all functions needed for plastic forming were integrated into the simulator, and thus, the operational principles were verified. However, the only case where the method was successfully applied was disk thickening, and the applicability to other forms of tooling has not yet been proven. Given this situation in mind, we aimed, as the purpose of this report, to demonstrate that, by describing the applications to other cases, RMD method is reliable for quantitative evaluation at real design sites. Specifically speaking, the simulations regarding shrinkage of solid and hollow shafts were performed, taking into account actual conditions of rotating forming. As a result, it was confirmed that the process can be reproduced within ±5.5% accuracy in comparison with the actual measured values.

1 まえがき

回転塑性加工において積極的に板厚を変化させ、さまざまな形状に変化させる加工がフローフォーミングであり、材料

と加工後の形状や材料とローラの回転軸の角度などにより加工の種類は数多くある。日本スピンドル製造株式会社では、フローフォーミングマシンを製造・販売するほか、各種のフローフォーミング加工の試作テストも受託している。当社は

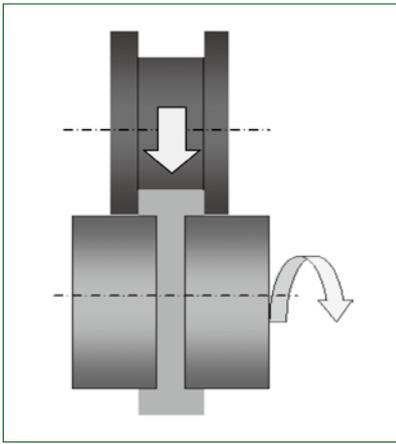


図1 増肉加工
Rotating plastic forming

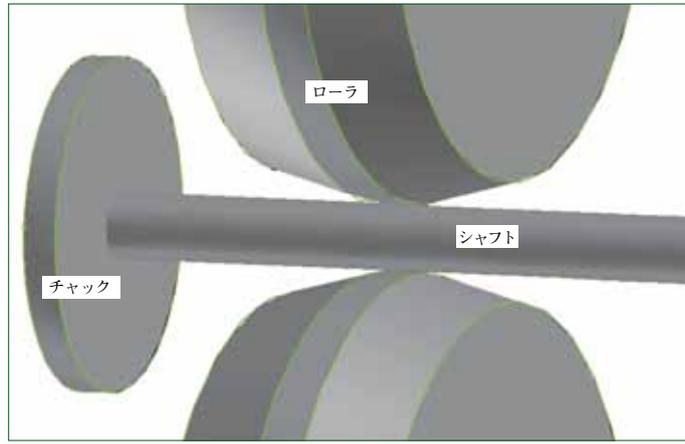


図2 装置の概観
General view of apparatus

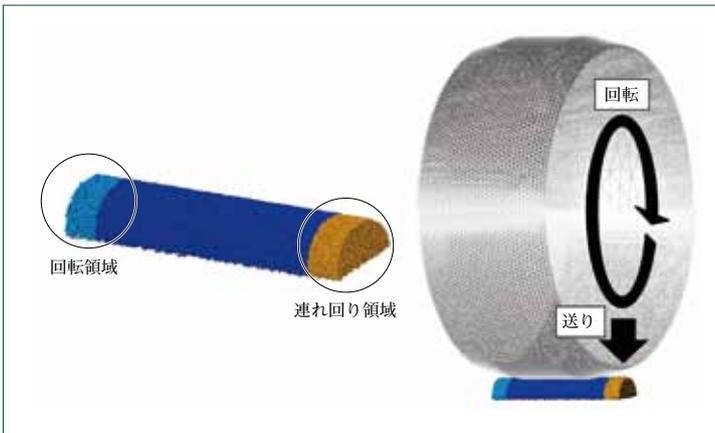


図3 計算モデル
Simulation model

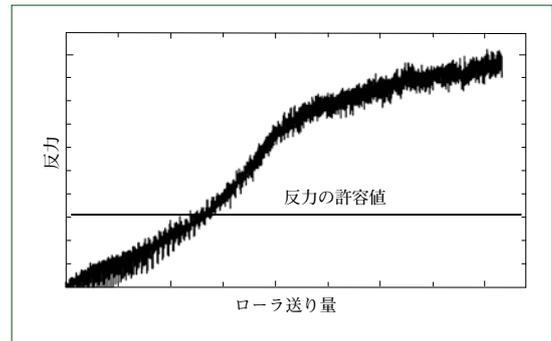


図4 中実シャフト縮管の反力のプロファイル
Time dependence of reaction force of solid shaft shrink work

これまで加工方法の一つである増肉加工を取り上げ、くりこみ群分子動力学法 (Renormalization Molecular Dynamics RMD) を用いたシミュレーションを実施した^{(1)~(4)}。増肉加工とは、図1に示すように、円盤形の材料を両側から金型で挟みこみ、溝形状を有する加工ローラを押し込むことにより、材料の先端を矩形に増肉する加工である。シミュレーションには加工時の発熱エネルギー、温度上昇、自由電子を考慮した熱伝導および温度による材料の物性変化など熱的な現象をできる限り反映させた。その結果、従来手法では再現困難とされていた金属のめくれ込みの現象を再現し、加工時の反力のプロファイルを±5%程度の誤差で定量的に再現することに成功した。この開発により、塑性加工に必要な機能はほぼシミュレータへ反映され、原理実証は終了している。しかしながらシミュレータの実績は増肉加工への適用にとどまっておらず、ほかの加工方法を定量的に評価した実績がない。

そこで本報では、増肉加工以外の加工方法を実施し、シミュレータの有用性を実証することを目的とした。今回選択した加工方法は中空・中実シャフトの縮管加工であり、計算で得られた反力について実測値との比較を行った。

2 シミュレーション適用事例

2.1 中実シャフト縮管加工

図2に、縮管加工装置の概観を示す。被加工材であるシャフトを図2左端でチャックし、回転させる。その後、上下の

ローラをシャフトに接触するまで押し込み、さらにシャフトの回転と連れ回りながら押し込みを続けることで縮管を行う。

2.1.1 計算モデル

計算モデルを簡略化すべく次のモデル化を行った。

- (1) シャフトの長さはローラの幅と同程度とする。
- (2) シャフトの左端を強制回転領域、右端を連れ回り領域とし、連れ回り領域は回転運動と軸方向の運動を許すこととする。これにより、左端はチャックされた領域、右端はシャフト右の長い領域を模擬することができる。
- (3) モデルは1/2対称モデルとする。

図3に、計算で用いたシャフトと全体のモデルを示す。計算規模はシャフトの粒子数で91403個であった。

2.1.2 計算結果

図4に、加工中にローラが受ける反力の時刻歴を示す。送り量の増加とともに許容値を大きく超えた反力が導出されている。実際の加工では、目的の加工量を得る前に破断していることから、加工不可であることがシミュレーションで予測できる。実際の加工では、途中で破断はしたものの破断に至るまでの反力の実測データは取得されている。図5に、反力との比較を示す。実測値とのプロファイルをよく再現しており、定量的にも3%程度の誤差で結果を保証していることが分かる。

2.2 中空シャフト縮管加工

次に中空シャフトの縮管加工を行った。計算モデルは図6

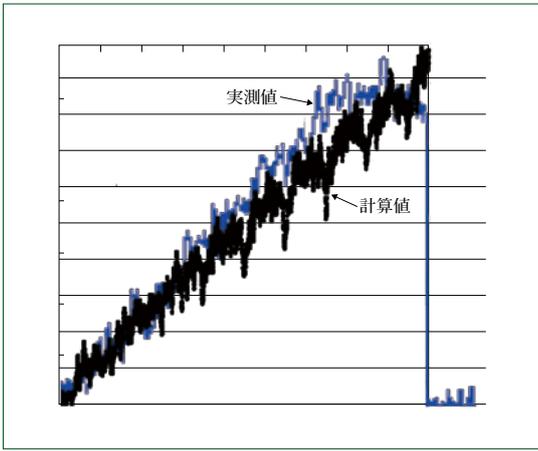


図5 測定結果との比較
Comparison of simulation results with actual data

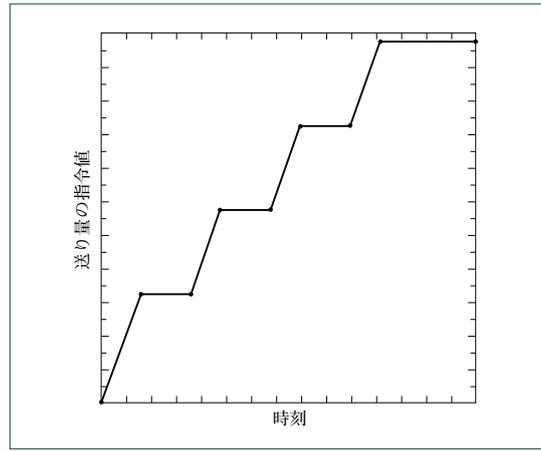


図7 送り量の指令値のプロファイル
Time dependent command of feeding

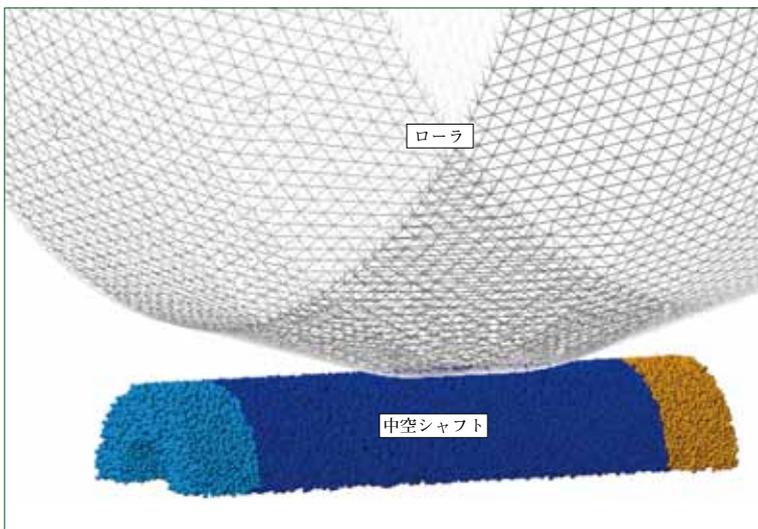


図6 中空シャフト計算モデル
Simulation model of hollow shaft

の通りであり、加工される素材を中実シャフト(図3)から中空シャフトに入れ替えたモデルである。

2.2.1 一定の送り速度での加工

ローラの送り速度を一定として中空シャフトの縮管加工を実施した。中実シャフトに比べると反力の上昇は緩やかではあるものの、ローラにかかる反力は目標形状の加工前に許容値を超えてしまった。実際に加工を行ったところ、シャフト表面に焼きつきが起こるなどの現象が確認され、加工不可であることが確認された。

2.2.2 送り速度を変更した加工

送り速度を一定とする加工法では縮管を行えないことが判明した。そこで実際の加工条件において、送り量を一定速度とせず、少し加工を行った後、数秒なじませる方法を選択した。図7に、指令値のプロファイルを示す。この加工の結果、実測した反力のプロファイルは図8のようになり、最終形状まで加工することに成功した。

この加工法をシミュレートすべく、図7の指令値通りにローラを強制的に送る計算を行った。図9に、反力の結果を示す。加工途中ではあるが、実測に比べて3倍近くの反力が発生していることが分かる。これはローラを強制的に変異させ

たことに問題があると考えられる。本来、指令値の速度および位置により駆動力が制御されているはずである。この例のように強制的に移動させることは外部から無限大のエネルギーを供給されていることに等しく、計測値から外れる一因と言える。実際ローラの位置は指令値からずれていることが確認されている。

そこで、今回はローラ駆動に(1)式のように簡単な1次制御系を施すこととする。

$$M \frac{dv}{dt} = \frac{M}{\tau} (v_t - v) \quad \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 M は制御部分の質量、 v は速度、 t は時間、 v_t は目的速度、 τ は制御の強さを表す時間のパラメータである。(1)式の右辺第一項を(2)式のように置くと、制御の強さを力のパラメータ F_t で表すことができる。

$$F_t = \frac{M}{\tau} v_t \quad \dots \dots \dots (2)$$

本加工機械の反力の大きさと F_t は同程度であると仮定する

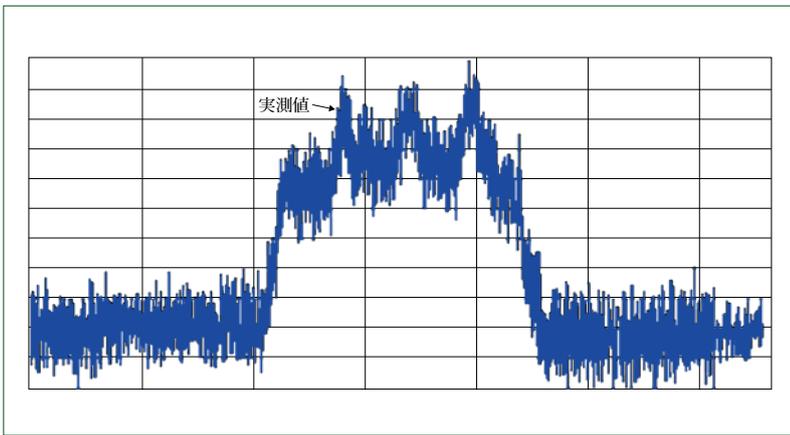


図8 反力の実測値
Actual data of time dependence of reaction force

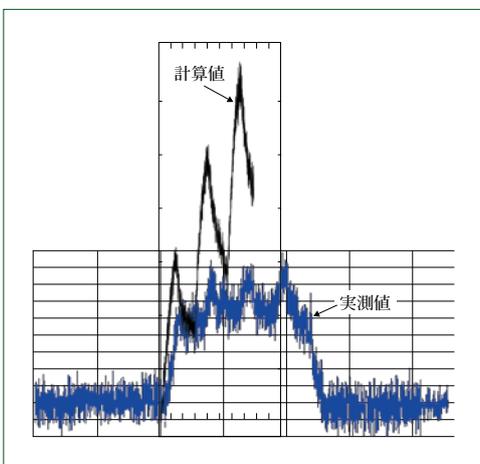


図9 送りを強制した場合の反力のプロファイル
Time dependence of reaction force for forced-feeding case

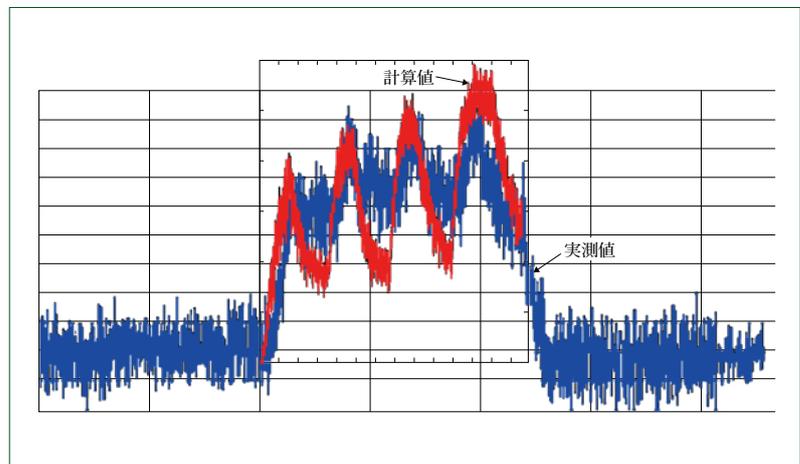


図10 送りを制御した場合の反力のプロファイル
Time dependence of reaction force for controlled-feeding case

ことで、(3)式から τ を逆算できる。

$$\tau = \frac{M}{F_l} v_l \quad \dots\dots\dots (3)$$

こうして求められた τ を用いて(1)式を解くことで、制御機構を連成したシミュレーションを行うことが可能となる。

図10に、シミュレーションにより得られた反力を測定値とともに示す。最大値で誤差を計算すると約5.5%となっており、制御システムが妥当なものであることを示している。

3 むすび

- (1) 機構、弾塑性および摩擦による加工時の発熱や、自由電子を考慮した熱伝導および温度上昇を反映させたシミュレータを縮管加工に適用した。
- (2) 中実・中空シャフトともに、シミュレーションによる加工可否の判断が可能である。
- (3) 定量的には±5%程度の誤差で現象をシミュレーションで示されることが示された。

今回シミュレータは、制御機構など実際に近い条件を入力

すれば定量的に評価できる結果を導き出せることを示した。今後は、さらにほかの加工方法にも適用して実績を積みとともに、高分子材料なども視野に置き多機種への展開を模索していく予定である。

(参考文献)

- (1) 大西良孝, 檜垣孝二, 市嶋大路, 広瀬良太, くりこみ群分子動力学法による回転塑性加工シミュレーション 第2報 発熱・伝熱を考慮した温間加工解析への適用, 住友重機械技報, no.182, 2013.
- (2) 大西良孝, 檜垣孝二, 市嶋大路, 広瀬良太, くりこみ群分子動力学法を用いた回転塑性加工の計算機実験 第2報 発熱・伝熱を考慮した温間加工解析への適用, 塑性加工連合講演会講演論文集, 2013, p41~42.
- (3) 大西良孝, 檜垣孝二, 市嶋大路, 広瀬良太, くりこみ群分子動力学法による回転塑性加工シミュレーション, 住友重機械技報, no.179, 2012.
- (4) 大西良孝, 檜垣孝二, 市嶋大路, 広瀬良太, くりこみ群分子動力学法を用いた回転塑性加工の計算機実験, 塑性加工連合講演会講演論文集, 2012, p305~306.

住友重機械技報第186号発行に当たり

住友重機械技報第186号をお届け致します。

本誌は、当社が常々ご指導いただいている方々へ、最近の新製品、新技術をご紹介申し上げ、より一層のご理解とご協力をいただくよう編集したものです。

本誌の内容につきましては、さらに充実するよう努めたいと考えますが、なにとぞご意見賜りたく、今後ともよろしくご支援下さるよう、お願い申し上げます。

なお、貴組織名、ご担当部署などについては、変更がございましたら裏面の用紙にご記入のうえ、FAXでお知らせいただきたくお願い申し上げます。また、読後感や不備な点を簡単に裏面用紙にご記入願えれば幸いに存じます。

2015年3月

〒141-6025 東京都品川区大崎2丁目1番1号 (ThinkPark Tower)

住友重機械工業株式会社

技術本部 技報編集事務局

(宛先)

(発信元)

住友重機械工業(株)
技術本部 技報編集事務局 行
FAX 横須賀 046 - 869 - 2358

貴組織名
担当部署
氏 名
TEL No.
FAX No.

住友重機械技報第186号の送付先の確認と読后感などの件

送 付 先 変 更	(旧送付先)	(新送付先)
	送付番号 _____	送付番号 _____
	組織名称 _____	組織名称 _____
	担当部署 _____	→ 担当部署 _____
	所在地 _____ 〒 _____	所在地 _____ 〒 _____

新 規 送 付 先	新しい部署ができた場合ご記入下さい。
	組織名称 _____
	担当部署 _____
	所在地 _____ 〒 _____
	必要部数 _____ 部

本 号 の 読 後 感 に つ い て	1. 本号で、一番関心を持たれた記事は。
	2. 本号を読まれたご感想をお知らせ下さい。(○印でご記入下さい。)
	1 興味深かった 2 特に興味なし
	その理由をお聞かせ下さい。

キ
リ
ト
リ
線



住友重機械工業株式会社
Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

