

大容量ストリッパークレーン

Large Capacity Stripper Cranes

最近のストリッパークレーンは、転炉の大容量・高能率化と鋼塊の大形に伴い大容量・高速化されてきた。また高稼働率で操業されるストリッパークレーンは、信頼性が高く、運転性に優れ、保守・点検の容易なクレーンが要求される。

本稿は日立スクリューストリッパークレーンの概要について述べ、更に、スクリューストリッパークレーンの保守・点検の難点とされたスリップ装置を使用しない「日立ノン・スリップ抽塊機構」、運転・作業性の向上を図る台車上での「無衝撃抽塊運転機構」及び抽塊時の衝撃を減少させる「ゴムばねの採用」とゴムばね採用に当たっての、モデルによる確認実験の結果を説明し参考に供したい。

米田隆志* Yoneda Takashi
中原 淳* Nakahara Jun

1 緒 言

近年鉄鋼の大幅な需要に対し、大形高炉と高能率・大容量の転炉が建設されている。ストリッパークレーンは、転炉造塊と分塊の中間に位置し、鋼塊の大形化と転炉の高能率に伴い、大容量・高速化されるとともに、高い稼働率で操業される。

このため、高い信頼性、容易な保守・点検及び優れた運転性が望まれている。日立ストリッパークレーンは、

(1) スクリュー式の最大の問題点であったスリップ装置を使用しない「ノン・スリップ方式」を開発し、実機に適用している。これは信頼性の向上を図るとともに、保守・点検の手間を省いたものである。その内容については3.で述べる。

(2) 抽塊作業での衝撃を緩和させる「ゴムばねの採用」は、スクリューストリッパークレーンの信頼性を向上させるものである。その内容については4.で述べる。

(3) ストリッパークレーンの主作業である台車上での抽塊作業に、トンク閉じから巻上停止まで自動化した方式と「台車上無衝撃抽塊機構」は、運転・作業性の向上だけでなく、台車や軌条に損傷を与えることがない。その内容については5.で述べる。

など、いずれも信頼性・運転性の向上を図るものである。

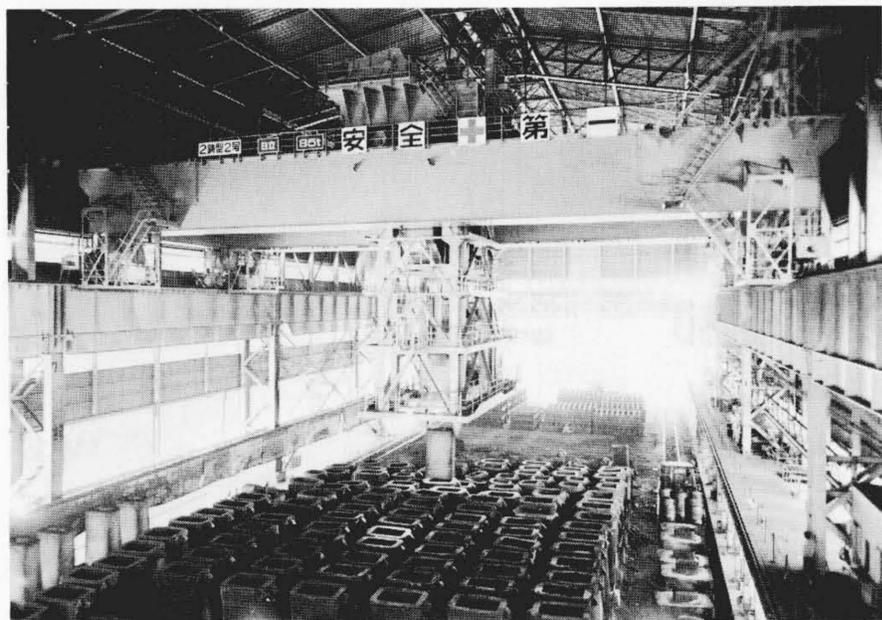


図1 85t×30mストリッパークレーン 鋼塊運搬中のストリッパークレーンを示す。

表1 85tストリッパークレーン仕様 抽塊力4,000kN {400×10³kgf}をもつスクリューストリッパークレーンの仕様を示す。

項 目	仕 様	
形 式	日立ノン・スリップ・スクリュース式	
巻 上 質 量	85t	
抽 塊 力	4,000kN {400×10 ³ kgf}	
つかみ上げ質量	冷塊42t	
ス パ ン	30m	
リ フ ト	9.5m	
トンク開閉寸法	0~2.9m	
定格速度	巻 上 げ	13m/min
	横 行	50m/min
	旋 回	6 min ⁻¹
	トンク開閉	2.4 min ⁻¹
走 行 レ ー ル	73kgクレーンレール	
電 源	AC 440V, 60Hz	

2 日立スクリューストリッパークレーン

図1は最近、日新製鋼株式会社呉製鉄所に納入した、85t×30mストリッパークレーンである。本機は国内最大級の容量をもった、最新のスクリューストリッパークレーンで、その仕様は表1に示すとおりである。

- 日立ストリッパークレーンは次のような特長をもっている。
- (1) スクリュー式抽塊装置の保守上の難点とされていた、スリップ装置をもっていない。
 - (2) つかみ・抽塊用ばねに従来の金属ばねに替わり、ゴムばねを使用し、抽塊時の衝撃を緩和している。
 - (3) 台車上での無衝撃抽塊運転及びトンク閉じから巻上停止までを自動化した運転方式としている。
 - (4) キャット鑄型の取扱いが可能なトンク開閉方式としている。
 - (5) つかみ力・抽塊力の調整が広範囲にわたり可能である。
 - (6) 抽塊装置が台車などに載り、巻上ロープが緩めば、自動的にロープを巻き取る「ロープ緩みとり機構」を採用している。
 - (7) つかみ力を運転室内で確認できる、「つかみ力表示装置」を設けている。

* 日立製作所笠戸工場

2.1 各部構造

2.1.1 ガーダ部分

ガーダはレール下に形鋼を使用したワイドボックスガーダとし、内部を電気品室として各制御盤を取納している。またガーダ電気品室には、冷房装置を取り付け、メンテナンス時の環境を良くしている。

2.1.2 一般機械部分

減速機は旋回最終段を除き、すべて全段油浴式とし、軸受への給油はオイルスプラッシュ方式として給油の手間を省略している。また各軸の貫通部はオイルシールを使用せず、メカニカルラビリンス方式としている。

軸受は旋回装置の一部を除き、ドラム軸、車輪軸など重負荷部分に至るまで全面的にころがり軸受を採用している。更に軸受への給油は集中給油方式とし保守・点検を容易にしている。

横行・走行車輪は、JIS E5402の鍛造車輪を使用し、ホイールフランジ塗油器の採用により、車輪の寿命は大幅に向上している。

シーブは大容量化に伴いその数も増え、保守に便利なクイルマウント方式としている。

軸継手はいずれも鋳鋼あるいは鍛造製で、フレキシブルカップリングとギヤカップリングである。

2.1.3 走行装置

走行装置はトラックに電動機、減速機などを取り付けたトラックマウント方式とし、保守が容易に行なえる構造としている。車輪は全数16輪でそのうち8輪を駆動する $\frac{1}{2}$ 駆動とし、減速機よりギヤカップリングを介して、車輪軸を直接駆動している。走行駆動装置はガーダの四隅に配し、1電動機故障のときは、残りの電動機による非常運転が可能である。

2.1.4 巻上装置

クレーンの大容量化に伴い、2電動機・2減速機方式とし、それぞれの電動機はギヤカップリングを介して、機械的に連結されている。また巻上ロープエンドには、緩衝用のばねを設けており、地切り時の衝撃を緩和している。

2.1.5 旋回装置

旋回装置は電動機及び減速機などをすべて抽塊装置に取り付けており、従来の旋回立て軸を省略し、保守に便利な構造としている。また歯車装置には過負荷防止用の多板式クラッチを設けている。

2.1.6 抽塊装置

大容量ストリッパークレーンでは、抽塊力が4,000kN {400×10³kgf} 以上になることから、抽塊電動機は2電動機駆動方式とし、歯車を介して機械的に連結されている。また最近のスクリー式抽塊装置は、つかみ及び抽塊時にもばねを使用し更にノン・スリップ方式を採用したので、過負荷防止用のスリップ装置をもっていない。

トング開閉装置は、上広鋳型、下広鋳型、キャップド鋳型などの取扱いが可能な、ローラ・レバー方式としている。

2.1.7 給電装置

トロリーへの給電はケーブルキャリヤ方式、抽塊装置への給電はケーブル懸垂方式とし、安全で塵埃によるリーク事故の解消と、保守・点検の簡易化を図っている。

2.2 制御方式

巻上げは二次抵抗—ダイナミックブレーキ併用制御、横行・走行は二次抵抗—逆相制動併用制御とし、旋回は一次リアクトル減電圧始動制御方式を採用している。巻上げにはトルクモータ特性をもたせて、抽塊電動機と連動させる無衝撃抽塊

及び自動運転制御方式としている。

旋回は常用旋回は1電動機駆動とし起動時の衝撃を減少させ、湯口のねじ切り時は2電動機駆動ができるように選択開閉器を設けている。走行、横行、旋回などの駆動電動機は、いずれも複数駆動方式で、1電動機故障時には、他の電動機での待避運転や低稼働運転が可能である。

3 日立ノン・スリップ式抽塊機構(日立製作所特許789872)

スクリー式抽塊装置は、抽塊電動機の回転力を減速機を経てスクリーに伝達し、ナットを介してつかみばねにエネルギーを吸収させ、ばねの反発力によりラムを引き上げてトングにつかみ力を与えている。図2にスクリー式抽塊装置の上部機構を示す。ここに使用する抽塊電動機の容量は、従来抽塊力又はつかみ力より経験的に選定されていた。しかし、抽塊過程やつかみ過程で、電動機の回転は急速に停止させられることから回転体の慣性トルクが附加される。したがって、電動機の電氣的トルクと回転体の慣性トルクを完全に吸収できないつかみばね容量では、過負荷を避けるためスリップ装置を必要とした。

また抽塊時にばねを使用しない機構では、スリップ装置を設けることは絶対必要条件である。スリップ装置は、図2に示すスリップコーン式から摩擦係数の安定しているディスククラッチ方式へと変わってきているが、保守・調整のいかに

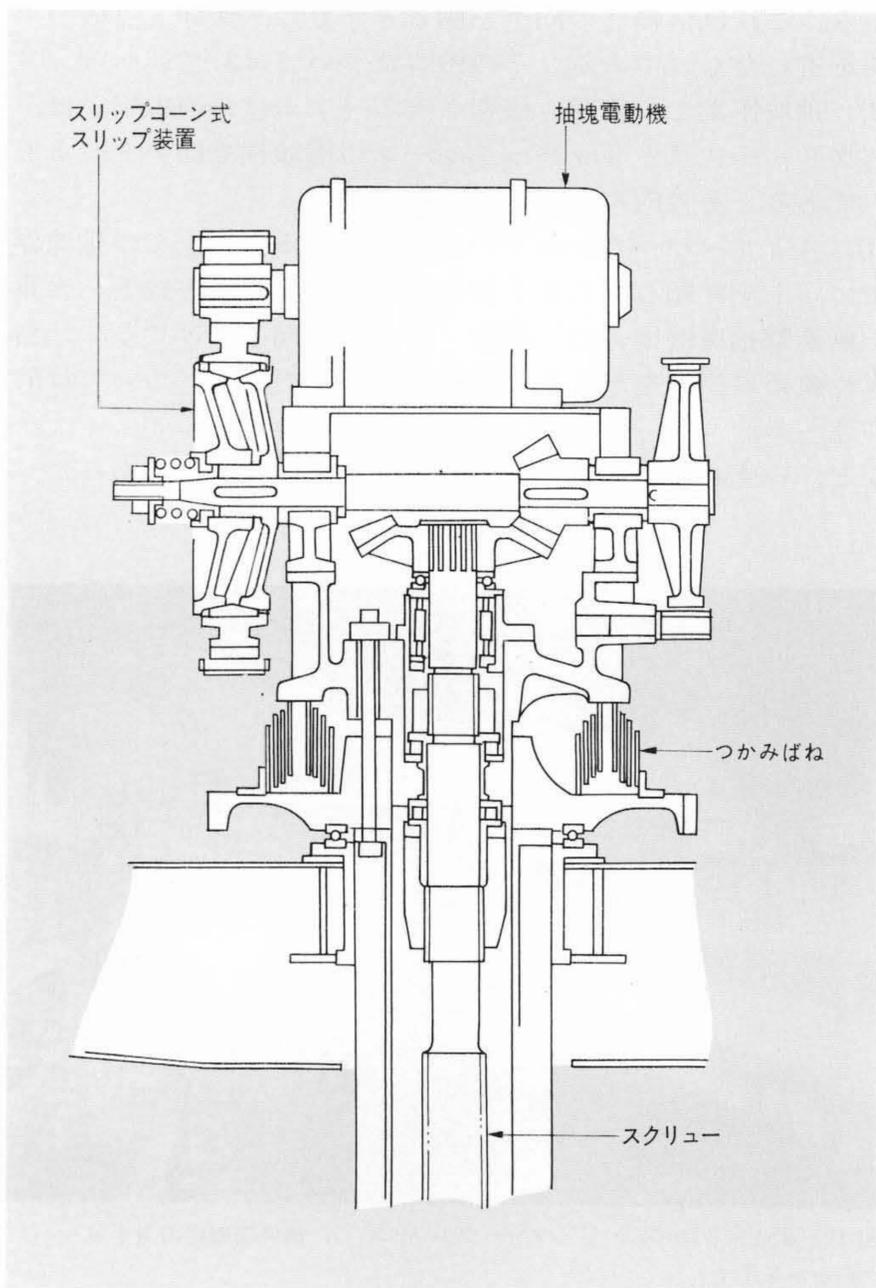


図2 スクリュー式抽塊装置 従来型の抽塊装置の上部機構でスリップコーン式の滑り機構をもっている。また、抽塊時にはばねを使用しない機構である。

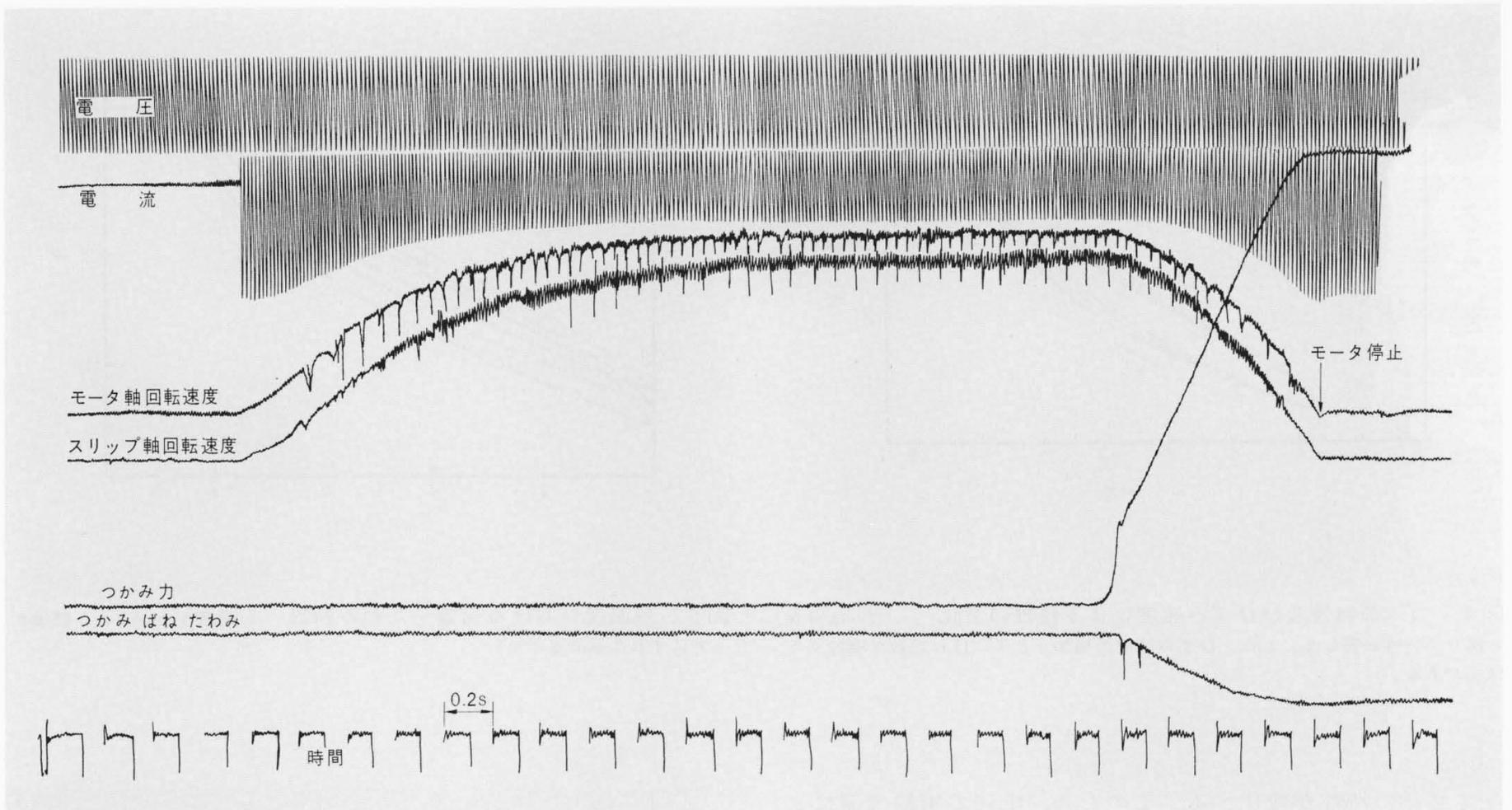


図3 日立ノン・スリップつかみ機構のつかみ動作オシログラム
度とは最後まで平行で滑りを生じていない。

モータ軸速度とスリップ軸速

によっては過負荷となる危険があり、保守上の難点とされていた。

日立スクリー式ストリッパークレーンは、抽塊時にもばねを使用する機構とし、更にノン・スリップ方式の採用と相まってスリップ装置を設けていない。

日立ノン・スリップ方式の概要は次に述べるとおりである。

- (1) つかみ又は抽塊用ばねは、電動機の電氣的トルクと回転体の慣性トルクを完全に吸収できる容量とする。
- (2) 電動機はハイスリップのトルクモータ特性とし、電動機の回転が停止してからブレーキが完全に作用するまでは、トルクモータとしてばねの戻りを抑える。

つかみ力又は抽塊力は前述のばね特性、電動機特性及び回転体の GD^2 の三つの要素から決まり、それらから最適な特性を選定することによって、ノン・スリップ方式とするものである。

図3に日立ノン・スリップつかみ(抽塊)機構のオシログラムを示す。モータ速度とスリップ軸速度は最後まで平行を保っており、両者の間に滑りが生じていないことを示している。

日立ノン・スリップ抽塊機構は、次のような特長をもっている。

- (1) 過負荷を生ずることがないため、スリップ装置を必要としない。
- (2) 回転体の慣性トルクをすべて利用することから、電動機容量を従来のものより小さくすることができる。
- (3) 電動機の特徴が単純簡潔なハイスリップ形曲線1本のため、操作回路及び機器が簡単となる。
- (4) 運転操作は「トング開き」、「トング閉じ」の各1ノッチで済む。
- (5) ブレーキはスリップ装置を設けないため、高頻度形で動作性の良い直流電磁ブレーキをモータ軸に設けることができる。

以上述べたように、ノン・スリップ方式はスクリー式ストリッパークレーンの信頼性を向上させるとともに、保守・点

検の手間を大幅に省略することができる。

4 ゴムばねによるエネルギーの吸収(特許出願中)

スクリー式抽塊装置でのばねの目的は、電動機の回転力などをばねに蓄えて、その反発力によりトングにつかみ力を与え保持するほかに、抽塊力(又はつかみ力)をコントロールする重要な部品である。

前述したスリップ装置を使用しない完全なノン・スリップ機構にするためには、抽塊時にもばねを使用することは絶対必要条件である。しかし、ただ単にばねを抽塊側に組み込むだけでは抽塊時に鋼塊が瞬時に抜けた場合、ばねの急激な解放により抽塊装置は大きな衝撃を受ける。このことはばねが戻るときは、小さな反力となるヒステリシス特性をもったばねが効果的である。

ゴムは図4に示すような行きの特徴と戻りの特徴に差があるヒステリシス特性をもっている。このため、抽塊時の衝撃を減少させることができるのでストリッパークレーンのつかみ、抽塊ばねとして使用した。ゴムばねはSBR(スチレンブタジエンゴム)を鋼板に加硫・加圧し成形したもので、数枚を重ね一組みとして使用するものである。

ゴムばねをストリッパークレーンに採用することは、初めての試みであり、更に使用条件に合ったゴムばねのデータが少ないことから、実際に使用するゴムばねの $\frac{1}{3}$ のモデルを製作し各種実験を行ない、実機への適用を確認した。

ストリッパークレーンのつかみ・抽塊ばねとしての必要条件は次のものである。

4.1 ゴムばねの特性

4.1.1 ばね定数

スクリー式抽塊装置で完全なノン・スリップ方式にするためには、正確なばね定数が必要であるが、ゴムの場合計算により正確な値を求めることができず、更にひずみ速度によ

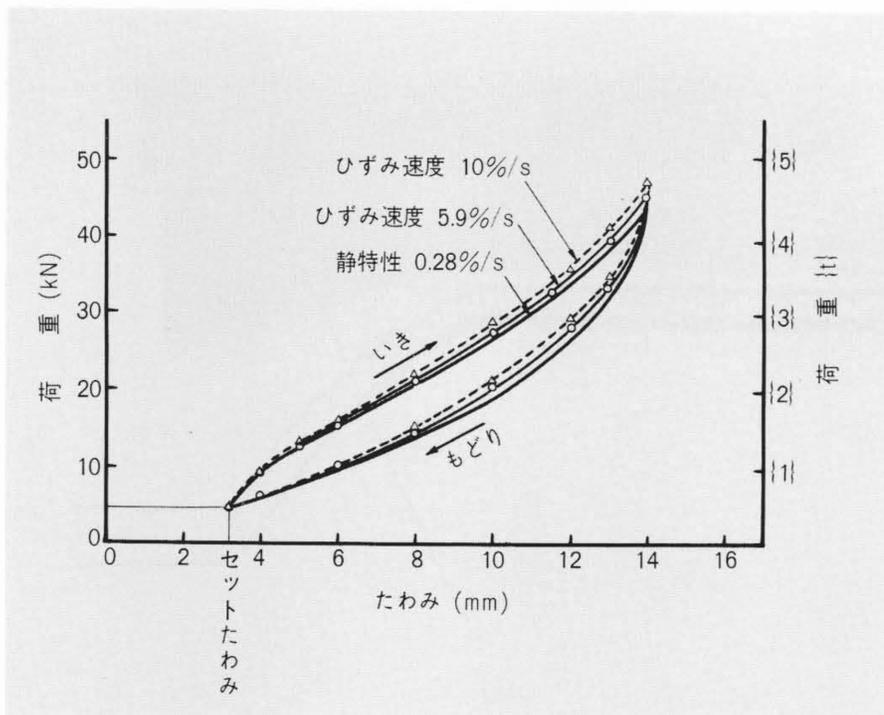


図4 ゴムの特性及びひずみ速度による特性の変化 ゴムは行きと戻りの特性が異なる。また、ひずみ速度の増加とともにばね定数が増加する傾向がある。

ってもその特性が変化する。このため、前述の実験装置によりひずみ速度を変えて測定を行なった。その結果を図4に示す。ひずみ速度の増加とともにばね定数が増加している。実機でのひずみ速度(10%/s)では静特性(0.28%/s)の1.15倍であることが分かった。

4.1.2 ゴムばねの温度による特性の変化

ストリッパークレーンの使用環境で、ゴムばねに影響する要素として周囲温度が高いことが挙げられる。このため、冷房実験室で室温(10°C)から60°Cまで周囲温度を変えて測定を行なった。その試験結果を図5に示す。温度が上昇すると特性が上方へずれたようになっている。このずれは、ゴム自身の熱膨張によって自由高さが増加したことによるセット荷重の上昇である。このように、セット荷重が若干増加するが、ばね特性そのものには変化はない。

4.1.3 繰返し負荷による特性の変化

ストリッパークレーンに使用されるばねは、その使用頻度が高いことから繰返し負荷による特性の変化が重要な問題であった。繰返し速度 7.8min^{-1} の繰返し負荷をかけたときの試験結果では、へたりによる特性のずれがみられるが、ばね特性そのものはほとんど変化していない。このへたりの状況は使用開始時に大きく、繰返し数とともに減少している。

4.2 つかみ保持能力

ストリッパークレーンは抽塊作業のほかに、鋼塊などをつかんで運搬する作業があり、ばねの反発力を利用してつかみ力を保持していることから、急激な荷重低下があつてはつかみ落としの原因となる。

ゴムの場合、一定のたわみを与えたときにその反発力がゴムのクリープによって時間とともに低下することは十分考えられ、ストリッパークレーンに適用できるか重要な問題であった。

このため、実験装置により、最大ひずみを与えて停止し、10~20分間保持し荷重の変動を測定した。その結果を図6に示す。荷重の低下は20分後で約4%あり、つかみ力もそれに伴い4%程度低下することが考えられるが、実用上は問題にならない値である。また温度変化によるつかみ保持能力は、室温(10°C)と変化がないことを確認した。

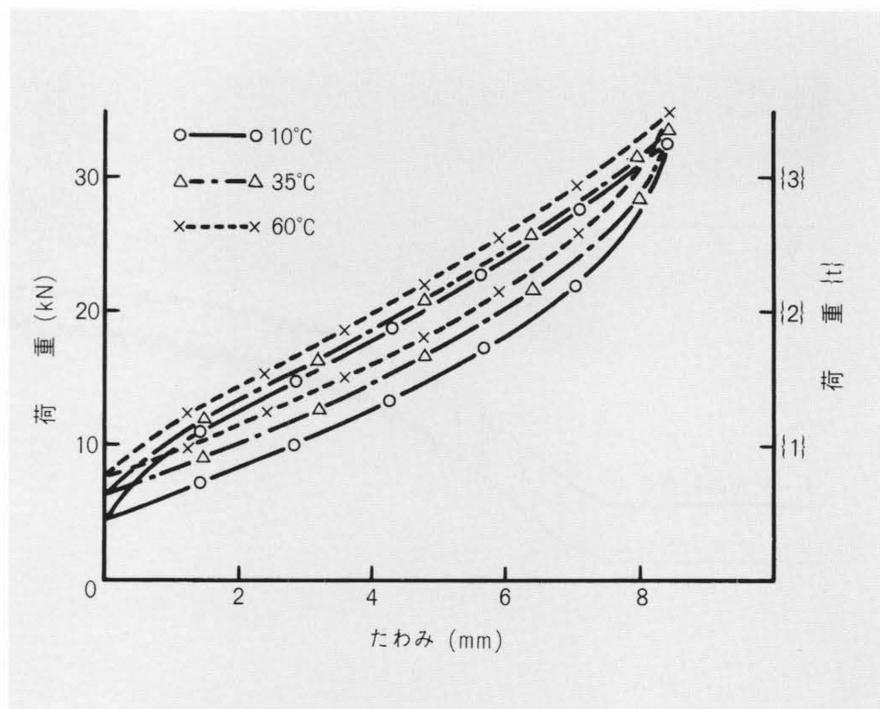


図5 各温度における荷重—たわみ特性 温度が上がると、特性が上方にずれる傾向を示す。

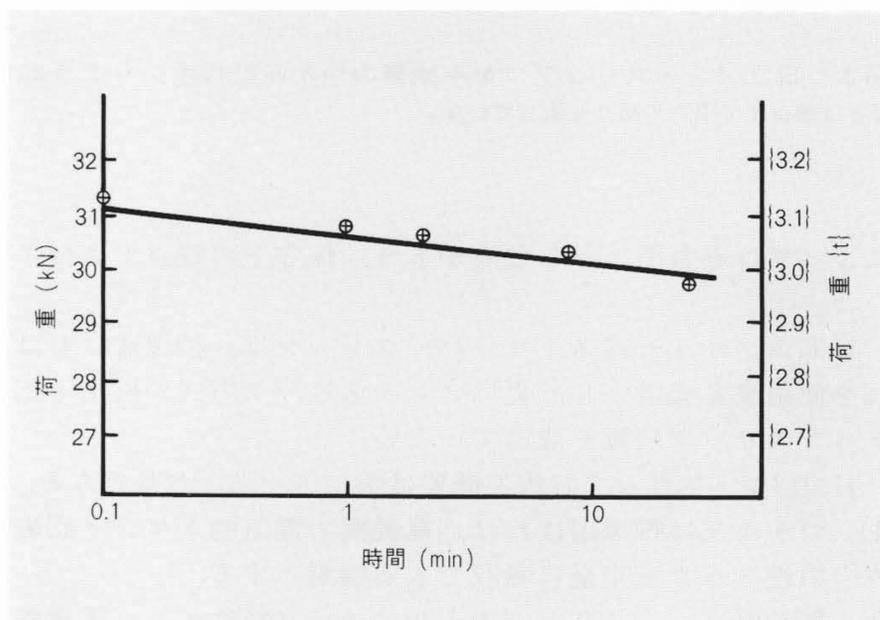


図6 定変位加圧時の時間的荷重変化 20分後でおおよそ4%の荷重低下が見られる。

4.3 ゴムばねの耐久性

ゴムの寿命は、周囲温度、大気中の酸素など使用環境によって変化するため正確に求めることはできないが、モデル実験及びゴムの疲れ寿命線図より、おおよそ従来の金属ばねと同等の寿命は得ることができると言える。また、ゴムばねは金属ばねのような切損がないため、急激に使用不能とならない利点がある。

以上の実験データから、ゴムばねをストリッパークレーンに適用できることが確認され、つかみ・抽塊ばねとして採用した。実機での性能試験の結果、つかみ力、抽塊力とも所期の性能を発揮し、抽塊時の衝撃も金属ばねに比べ緩和されている。

5 日立無衝撃抽塊運転機構(特許出願中)

従来の台車上での抽塊運転方法は、鋳型を若干巻き上げた状態で鋼塊を押し抜いている。このため、抜けた鋼塊は台車に衝突し、台車や軌条に悪い影響を与えていた。

日立無衝撃抽塊運転機構は、台車上に鋳型を置いたまま、抽塊コントローラ1回の操作により(1)トング閉じ、(2)無衝撃

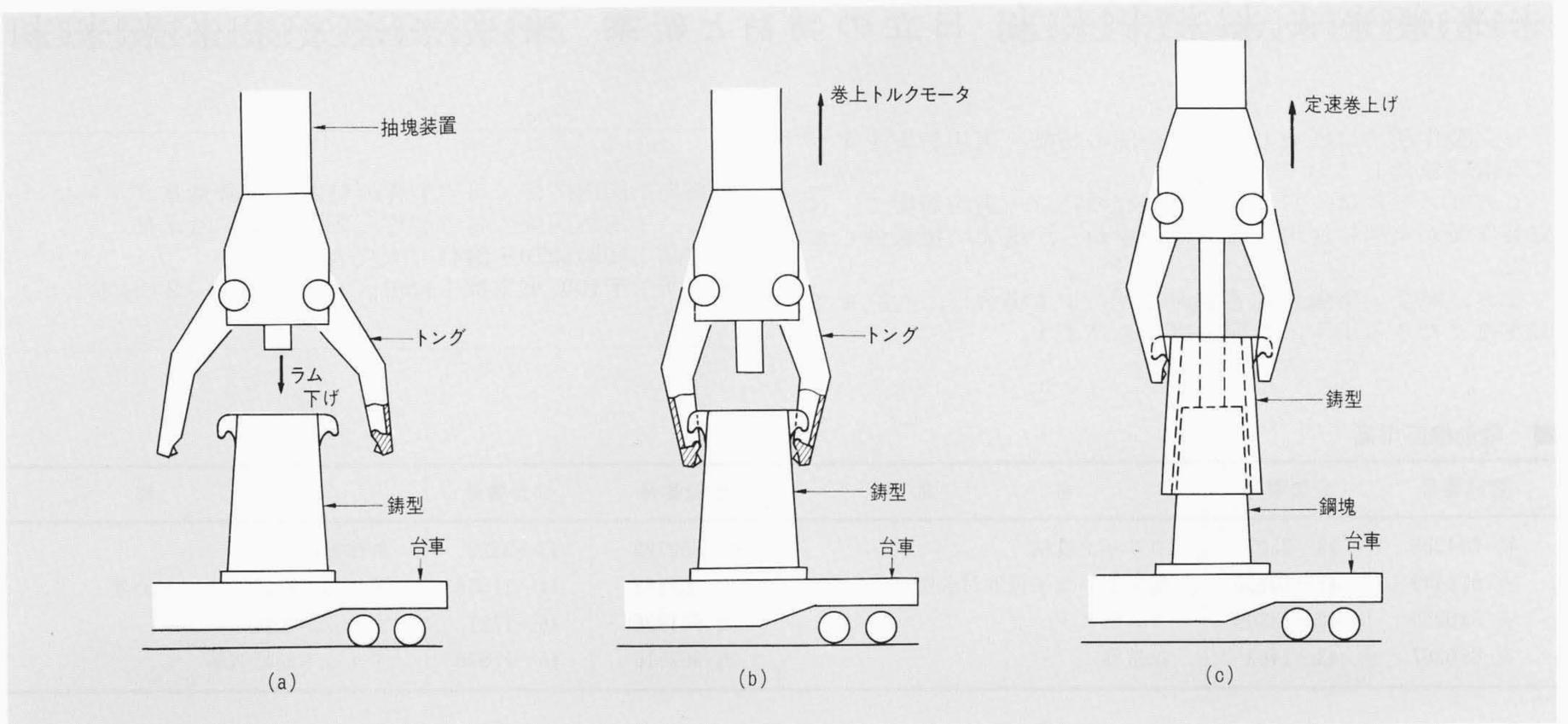


図7 台車無衝撃抽塊運転の要領 (a) トングを最大開きにして、鑄型に位置合せ。(b) トングが鑄型に接すると巻上モータは、トルクモータとなる。(c) 抽塊完了を巻上速度で検出し、定速巻上、自動停止を行なう。

抽塊、(3)自動巻上、(4)巻上停止までプログラム化し、自動運転を行なうものである。図7に台車無衝撃抽塊運転の要領を示す。

- (a) トングは最大開きの状態で台車上の鑄型に横行、走行、旋回などにより位置を決めて巻下げを行なう。
- (b) 抽塊コントローラは従来の「トング開き」「トング閉じ」のほかに「無衝撃抽塊」のノッチが設けてあり、コントローラを「無衝撃抽塊」に入れるとラムは降下し、トングは閉じ始める。トング先端が鑄型に当たると同時に巻上電動機は、トルクモータ運転を行ない抽塊装置を巻き上げ、トングは鑄型にはまり合う。

巻上電動機のトルクモータ特性は、二次抵抗を多く挿入し巻上トルクを制限した図8のトルク曲線でトルクモータ運転を行なう。同図中の特性①が無衝撃抽塊運転時のトルクモータ特性である。巻上電動機のトルクは抽塊装置自重と鑄型自重より若干大きくセットされているため、鑄型を巻き上げただけで抽塊できる場合は、巻上速度検出器の指令により無衝撃抽塊運転はリセットされ、自動的にラムは停止し、巻上加速する。

鑄型が抜けない場合はラムは更に降下を続け、ラム先端が鋼塊に当たり、抽塊装置の抽塊力により鋼塊を押し鑄型を巻き上げる。

- (c) 鑄型が抜け始めると、巻上電動機はトルクモータ運転を継続しているため、抽塊装置と鑄型とを自動的に巻き上げる。もし、ラム速度に対して巻上速度が追従できず、抽塊装置の自重の一部が台車にかかれば、巻上ロープエンドに設けたバックアップ装置の検出により、自動的に巻上電動機は図8の特性②に入り、巻上トルクを大きくし巻き上げを行なう。ラム速度以上に巻上速度が上がれば、巻上速度検出器の信号によりラムは停止し、巻上電動機は順次短絡され定速巻上運転となる。更に、設定した巻上高さになれば巻上電動機は停止する。

以上の制御方法により、(1)抽塊コントローラだけで、トング

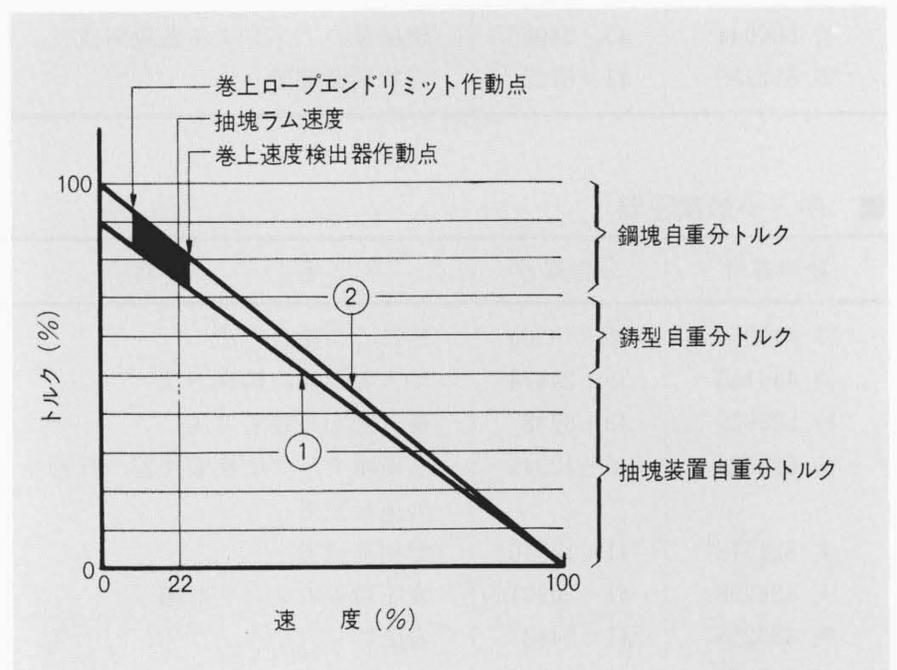


図8 巻上電動機のトルクモータ特性 特性①が無衝撃抽塊運転時の特性である。

グ閉じから台車無衝撃抽塊、そして巻上停止までをプログラム化した自動運転を行なうため、運転操作が簡単容易である。(2)鋼塊を台車に置いたまま抽塊を行なうため、台車などに衝撃を与えることがない。

6 結 言

以上、スクリー式ストリッパークレーンの信頼性の向上と運転・作業効率向上としての「ノン・スリップ方式」、「台車無衝撃抽塊及び自動運転」などについて述べたが、今後とも、更に信頼性の高い、保守・点検の容易なクレーンとするよう努力を続けたい。

最後に本稿に引用した85t ストリッパークレーンの設計製作に当たっては、日新製鋼株式会社呉製鉄所の関係各位に終始御指導をいただいた。ここに厚くお礼を申し上げる。