U. D. C. 621. 869. 2 : 621. 877 : 627. 352

最近の大容量陸揚設備

Recent Progress in Large-capacity Bulk Unloaders

今仲信夫*
Nobuo Imanaka

要　　旨

経済規模の急速な発展に伴う流通規模の拡大は，荷役機械をますます大形化する傾向にあるが，鉄鋼業における原料荷役の立役者であるアンローダの大容量化は，実にめざましいものがある。

昭和33年新日本製鐵株式會社戸畑製造所にわが国最初の1,000 t/h アンローダが2台設置されて以来，この種アンローダが約30台設置され，その陸揚能力も最大1,800 t/h に達し，ごく最近では3,000 t/h 級のものまで計画されるに至った。陸揚能力のみならず対象船舶の大形化に伴い，規模も想像以上に大形化する傾向にあるが，これら大形，大容量のアンローダの形式，制御方式などについて，最近の製作実績を含めて簡単に述べる。

1. 緒　　言

近年，産業界の発展に伴い流通単位は大形化の一途をたどり，荷役設備においても大形化，高能率化，高性能化が要求されている。特に製鉄所における原料輸送用専用船の大形化はめざましいものがあり，既に 100,000 D. W. T. 級が就航，さらに 300,000 D. W. T. 級の専用船まで計画されている。

このような専用船の大形化は当然の結果として，アンローダの大形・大容量化をもたらし，既に 1,800 t/h 級が稼働にはいり，さらにそれ以上に大形化する傾向にある。

大形・大容量化は単に従来のものをスケールアップするのみでは問題が解決せず，構造，制御などについて種々検討すべき技術的な問題を内蔵しているので，以下これらの点について簡単にその要点を述べる。

2. 大形アンローダの形式

アンローダの形式が

マントロリ式　　ロープトロリ式　　水平引込クレーン式

の3形式に大別されることは，よく知られているとおりであるが，最近までの例では，1,000 t/h 級のアンローダには，マントロリ式が採用されてきた。

これはマントロリ式では，運転室がトロリに設備され，運転手がトロリとともに移動して，グラブバケットを常に監視しながら荷役するため荷役効率が高く，かつ構造も割合簡単であるため，保守が容易である点が高く評価されたためである。しかしながらこの形式は，トロリに巻上げ，横行の各駆動装置はもちろん制御盤に至るいっさいの機器をトロリにとう載するため，トロリ重量が大きく，設備重量したがって設備費がかさむという欠点がある。

設備重量の増大は設計の合理化，高級材料の使用など，軽量化のため種々の改良が加えられたが，大形化に伴う重量増加を全面的にカバーすることは不可能で，陸揚能力が 1,500～1,800 t/h と増大するに伴って，マントロリ式が再検討されるに至ったのも，やむを得ないことである。

一方，ロープトロリ式は機体重量が軽く，設備費の安いという利点はあるが，反面ロープの消耗が大きく，これが保守にかなりの手間を必要とし，かつロープのたるみによる荷振れなどより操作性が劣るという欠点の方が重視され，大形アンローダにはあまり使用されなかった。

しかしながら前述のようにアンローダが大形化するに伴って，設

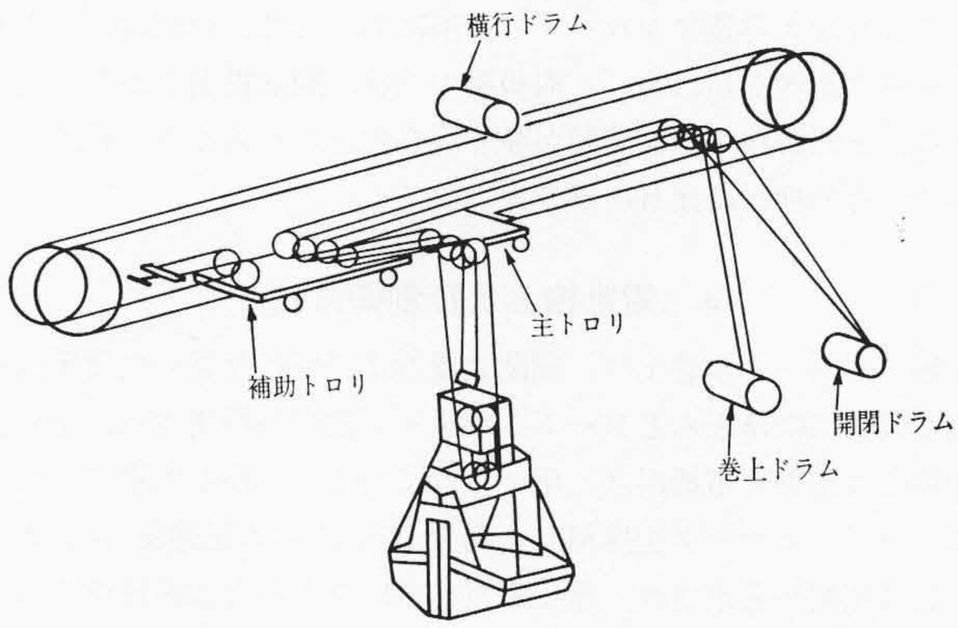

図1　ロープトロリ式アンローダロープ配置

備費が大幅に増大するに至り，設備費の安いロープトロリ式が改めて見直され，アメリカおよびヨーロッパにおいて 1.500～1.800 t/h 級のロープトロリ式アンローダが出現した。わが国でも昭和41年ごろより 1,500 t/h 級のロープトロリ式アンローダが各地に設備され，今日に至っている。

ロープトロリ式のトロリは単にロープ車のみを有し，巻上げ・横行の駆動装置および制御機器はすべてけた上に設置されるため，動荷重がきわめて小さく，機体重量がマントロリ式に比べて著しく軽くなる。

したがって設備費はもちろん，基礎荷重も小さく最も経済的なものとなるが，1,500 t/h 級以上となると，直径 40 mm 前後のワイヤーロープを長い距離にわたって張りめぐらすため，これらロープの消耗および取替えが，保守上大きな問題となる。

巻上げ，開閉ロープについては，ドラムに補助ロープを巻き込み，これを利用して交換するとか，あるいはあらかじめ予備ロープを巻き込んでおいて順次繰り出して使用するなど，比較的簡単に行なわれるが，横行ロープの交換はかなりの人員と時間を必要とする。この欠点を解決するため，ロープ交換用ウィンチを別に設け，巻上げ，開閉，横行ロープをきわめて単時間で交換できる構造を開発した。(特許申請中)

運転室はトロリとともに移動するのが最も見通しよく運転性能も良好であるが，運転手の肉体的疲労は大きい。逆に運転室を固定すれば運転手の肉体的疲労は少ないが，見通し悪く荷役能率は低下し，精神的な疲労が増加するなど，一長一短があり簡単に優劣はつけがたい。

最近，後述するような制御方式の進歩により，ホッパ上でのバケッ

* 日立製作所亀有工場

トの自動振れ止め装置を併用した自動運転が採用され，ホッパ上での起動，停止，グラブバケットの開閉を監視する必要がなくなったため，運転室はけた下面をトロリとは別個に移動する形式として，荷役中は船上の見通しのよい位置に固定して運転する方式が採用される傾向にある。

なおロープトロリ式にはロープの張り方によって二，三の形式があるが，現在使用されているのは，補助トロリ式で，ほかの形式はあまり一般的でないので説明を省略する。

前述のような大形専用船を対象とする場合，そのアウトリーチはきわめて大きく，岸壁法線から35～40 m 程度となる。このようなアンローダを水平引込クレーン式にすると最大半径は50 m 以上必要となり，かつ運転室の突出距離も短いため，見通し悪く実用的でない。

現在のところ水平引込クレーン式は陸揚能力700 t/h，最大旋回半径40 m 程度が限度と考えられ，本論で取りあげたような大容量アンローダに使用された例はない。

このような大容量アンローダの計画にあたって，連続荷役によるアンローダが考えられるが，取扱物の性状，船倉構造上からの制約などに，まだ解決すべき問題が多く現在のところあまり一般的でないので，その検討は後日に譲りたい。

3. 電動機および制御方式

大形アンローダの巻上げ，開閉装置および横行などの主要電動機の速度制御にはほとんどワードレオナード制御が採用され，その電力変換には電動発電機が多く用いられている。しかし大形アンローダにワードレオナードを採用した場合，高ひん度の正逆転，きわめて高い加減速度が要求され，電圧電流の早い立上りと加減速時の電流制限さらに等容量2電動機式の巻上装置に対しては，全負荷巻上げ時の巻上ロープと開閉ロープにかかる負荷平衡や空バケット巻下げ時の両ロープ間の速度平衡を自動的に制御する必要がある。従来この要求に合う電動機として600番シリーズ直流電動機が主として使用されてきたが，使用材料の進歩，加工技術の向上により，同一わく寸法で出力が約35%増大した800番シリーズがJEMに制定されるにいたり，加減速性能のすぐれたものとして最近広く採用されている。

一方，制御方式としては従来発電機界磁電源に回転増幅器，磁気増幅器が用いられていたが，SCR の開発，その後の応用技術の発達に伴いこれらをSCR に置き換えたSCR 励磁ワードレオナードが広く用いられるようになった。さらに大容量 SCR の開発により発電機の励磁回路のみならず発電機本体を静止化した静止レオナードが一部採用されている。静止レオナードは消耗部分がないため保守が容易である。さらに回転部分がないため損失が少なく高い効率が得られるなどの利点を備えているが，現在では大容量SCR は価格が高く，まだ一般化の域に達していない。しかし量産体制が進むにつれ，従来の電動発電機式より安価になる可能性を含んでおり，近い将来，静止レオナードが全面的に採用されるものと考えられる。

4. 自 動 運 転

大容量化の方法としてまず第一に考えられるのは運転速度の高速化であり，現在陸揚げのサイクルタイムは42～43秒が一般化している。かかる高速運転を行なうには運転者に高度な熟練が要求され，作業中の精神的緊張はきわめて大となり疲労度も大きい。このような疲労を軽減するため，さらには熟練を要しない操作に置き換えるため極力自動化する方法が採用されている。

アンローダの陸揚げサイクルは船のホールド内におけるグラブバケットのつかみ動作から始まり，巻上げ，横行，ホッパ上でのグラブバケットの開き，横行，巻下げの繰り返しとなるが，能率良く陸揚げ作業を行なうには，ホールド内の荷の状況に応じて，つかみ位置を運転手が選択する必要があるため，つかみ開始および巻下げ停止を手動とし，船倉内での横行停止を手動補正可能な構造としている。図2（a）は新日本製鐵株式會社広畑製鐵所納入の1,500 t/h アンローダに採用された自動運転の動作ダイヤグラムで，自動運転コースは図3に示すとおりである。図中ホッパへの横行はグラブバケットがプリセットされた位置まで巻上げられたときに開始され，船倉への横行時の巻下開始点は巻上停止点を記憶することにより行なわれる。さらに自動運転時の危険を防止するため自動運転範囲をプリセットし，誤操作などによりこの限界を越え衝突のおそれが生じた場合は直ちに停止する構造としている。

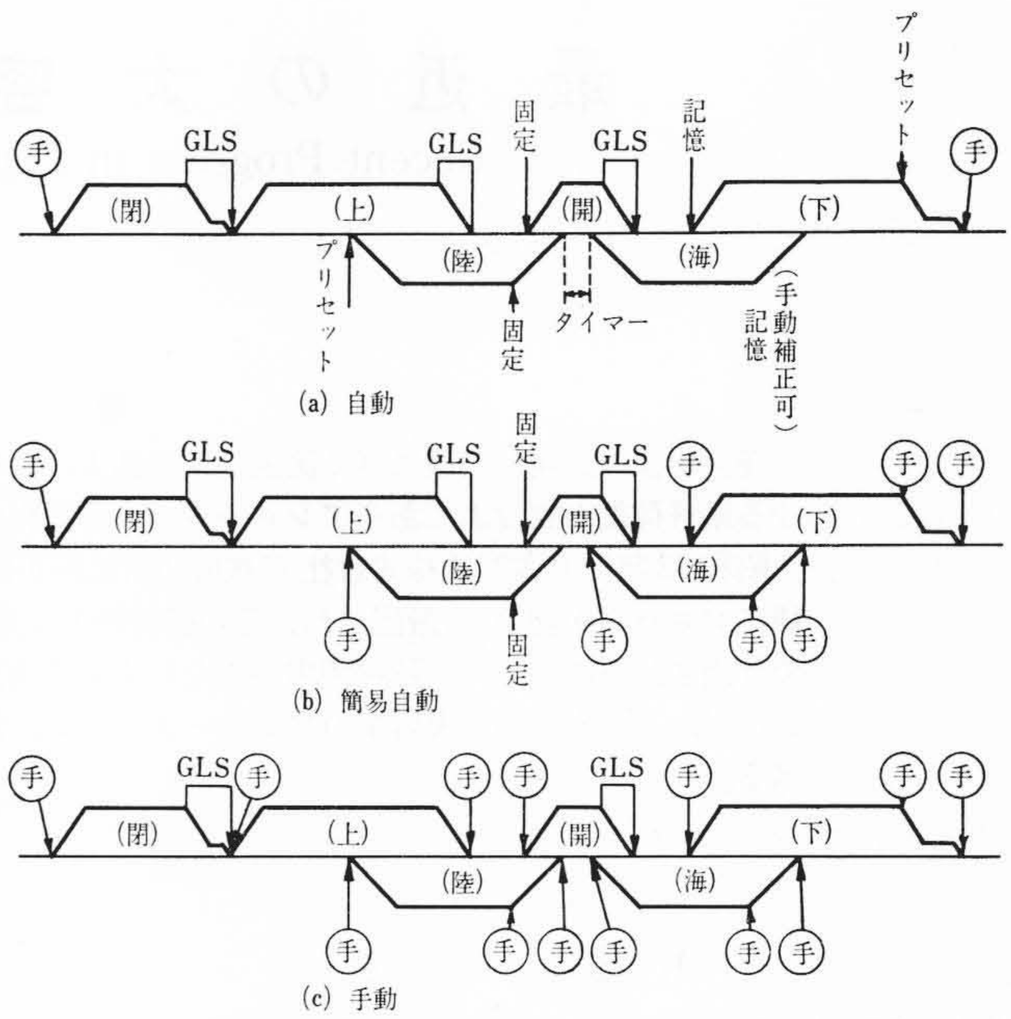

図2 動作ダイヤグラム

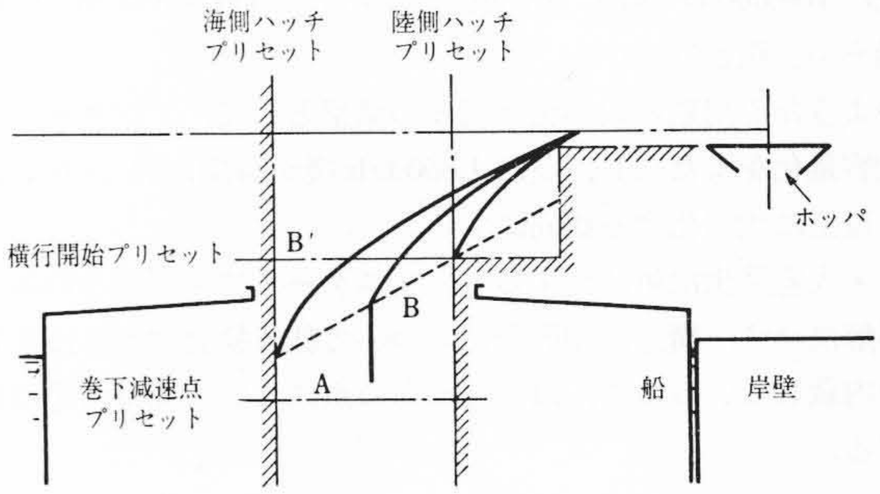

図3 自動運転荷上げ曲線

上記自動運転は対象船が50,000 D. W. T. 級以上の大形専用船に対して有効であり，中形船以下の場合はグラブバケットの大きさとハッチ大きさの関係，横行移動距離の減少などのため，手動的な要素が多く，自動運転ではかえって能率が低下するおそれがある。この場合の運転方式としては，ホッパ上のみを自動化した簡易自動運転がある。すなわちホッパ上の横行停止，グラブバケットの開きのみを自動とし，そのほかの動作は手動で行なうもので，その動作ダイヤグラムは図2（b）に示すとおりである。

これら自動運転を行なう場合，特に問題となるのはホッパ上でのグラブバケット開き時の落鉱防止対策である。最も簡単な方法としては，グラブバケットの振れに関係なくトロリがホッパ上にあることを検出し，グラブバケットを開く方法があるが，ホッパを特に大き

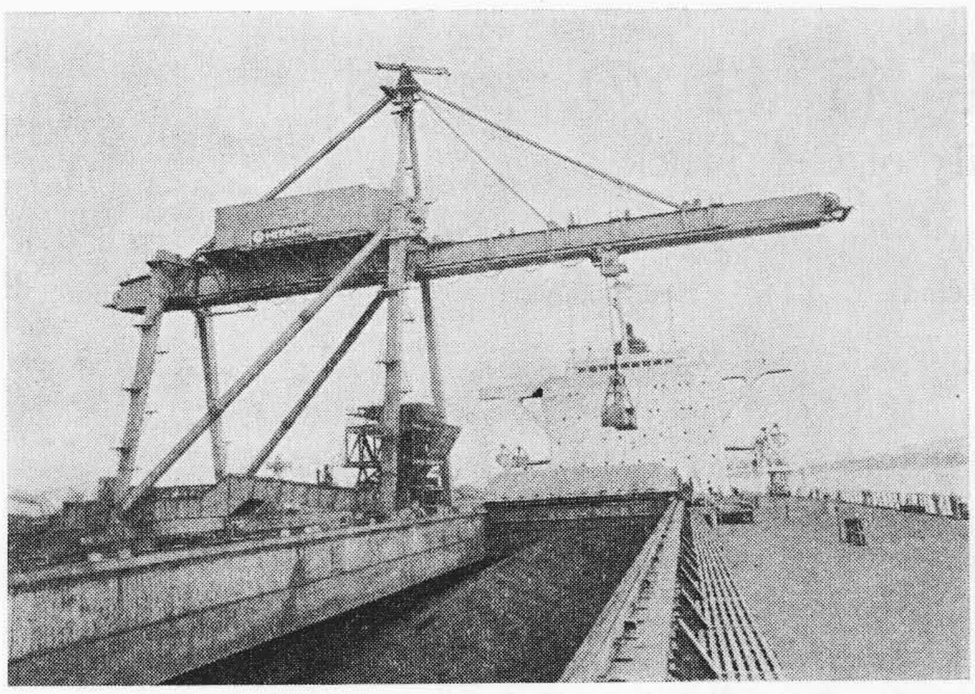

図4　1,500 t/h ロープトロリ式アンローダ

くする必要がある。これに対してホッパの大きさは通常のままで，グラブバケットが開くとき自動振れ止め制御する方法が考えられる。この自動振れ止め制御は，ホッパ上ではロープの長さがほぼ一定であるため，トロリがホッパ上に到達したとき，グラブバケットの振れができるだけ残らないよう，トロリの速度をプログラムにより制御する方法とロープの振れ角度を検出して，これにより横行速度を制御するフィードバック方法とがある。前者は対象船の大きさがほぼ一定の場合には，実用的に問題ない程度の制御が可能であるが，対象船の大きさが変化する場合は，1組のプログラムでは不じゅうぶんな場合も起こる。

5. グラブバケットの軽量化

グラブバケットのつかみ量はアンローダの能力に直接影響するため，その選定には特別の考慮が必要である。

アンローダ能力の増大により，現在1,500 t/h 級のアンローダにおいては，つかみ量は20 t を越え，これに対するグラブバケット自重との合計巻上荷重は40t 前後におよぶ大容量となっている。巻上荷重の増大は直接アンローダの設備費に影響するため，グラブバケット自重の軽量化が種々試みられている。

一般にグラブバケットのつかみ量は次式で表わされる。

$$Q=\rho V\eta$$

ここに，Q：グラブバケットのつかみ量

ρ：取扱物の見掛比重

V：グラブバケットの称呼容量

η：グラブバケットのつかみ効率

ηは粉炭，粉鉱などの粒度の細かい取扱物に対してはほぼ一定の数値を示すが，鉱石塊が大きくなるにつれその値はばらつきが大きくなる。したがって能率よく荷役を行なうには，それぞれの取扱物に対しつかみ効率が良く，しかも安定した値を示す適当なグラブバケットを使用しアンローダの能力を最大限に発揮させる必要がある。

グラブバケットのつかみ量は，グラブバケットの自重，つかみ力，刃幅，刃先角度，開き寸法などにより影響されることは従来から知られているが，自重についてはほぼつかみ量程度必要と考えられていた。しかしながらグラブバケット自重の軽減はきわめて重要な問題で，新日本製鐵株式會社と共同研究の結果，前記の諸要因とつかみ量との関係を究明し，自重の約120％程度の安定したつかみ量を確保する軽量バケットの開発に成功し，機体重量の節約に役だてることができた。

表1　ロープトロリ式アンローダ製作実績

納入先	国際埠頭株式会社	新日本製鐵(広畑)	新日本製鐵(戸畑)
取扱物	工業塩	鉄鉱石・石炭	鉄鉱石・石炭
能力 (t/h)	1,000	1,500	1,500
つり上荷重 (t)	28	38	40
定格荷重 (t)	15	20	22.5
グラブバケット自重 (t)	13	18	17.5
最大対象船(D.W.T)	144,000	125,000	150,000
スパン (m)	48	33.1	30
海側アウトリーチ (m)	35	30	38
巻上速度(m/min)	120	100	100
開閉速度(m/min)	120	110	120
横行速度(m/min)	180	180	180
走行速度(m/min)	20	20	20
走行レール (kg)	74 単線	74 複線	74 海複線陸単線
電源	6,000V 50 Hz	3,300V 60 Hz	3,300V 60 Hz
制御方式	励磁レオナード	静止レオナード	励磁レオナード

6. 付属設備

従来からアンローダは生産ラインの入口に位置する関係上，高稼動効率を上げるための操作の容易さはもちろんのこと，保守の容易さも要求される。さらに最近の労働人口の減少と相まって省力化の方向に進むとともに，運転手の環境改善が考えられている。

前述の自動運転も，操作の単純化により運転手の負担を軽減する一つの方法ではあるが，反面フィーダ，コンベヤなどの運転と監視装置を運転室に設け，一人の運転手によりすべてを操作する省力化の一端でもある。

ロープトロリ式の最大の難点と考えられるロープの交換に対しては，地上および機上にそれぞれ専用のウィンチを備えるほか，ロープ交換時必要とするガイドシーブを各部に取り付け，ウィンチ操作のみでロープ交換が可能な構造としている。

そのほか機内通話装置，溶接機用電源設備，各種故障表示装置などを備え保守の容易化を図るとともに，ホッパ周辺の発塵(じん)防止のための散水装置，運転室の冷暖房装置，さらにはエレベータまでも備える傾向にある。

7. 大形ロープトロリ式アンローダの実例

日立製作所で製作納入したものの具体例を示すと**表1**のとおりである。

8. 結　　言

以上簡単に最近のグラブバケット付きアンローダについて述べたが，ばら物原材料の取扱量は今後ますます増大し，これに対処するためアンローダもさらに大形化が要求されると考えられる。

グラブバケットの軽量化，自動振れ止め制御を含めた完全な自動運転連続荷役方式など，まだ本機種に残された課題はあるが，たゆまぬ努力研究により大形化の需要に対処してゆく所存である。関係各位の忌憚（きたん）のないご批判とご指導をお願いする。

参　考　文　献

（1）　村上，薮：　日立評論　50，366（昭43-4）
（2）　川崎：　機械学会誌 Vol. 72 No. 605（昭44-6）
（3）　JIS B 8809-1968