

鉱石専用船を対象とする大形アンローダについて

A Large-sized Unloader Exclusive for Ore Freighter Service

井 上 忠 雄*

Tadao Inoue

内 容 梗 概

鉱石輸送の増大に伴って時代の脚光を浴びて登場した鉱石専用船の特長とそれを対象とする大形アンローダの概略を述べ、わが国最初の専用船アンローダとして八幡製鉄株式会社に納入した 1,000 t/h マントロリ式アンローダの特長および構造について説明する。

1. 緒 言

鉱石の陸揚荷役方法としてはグラブバケットによる方法が現在最も有効な方式として世界的に採用されているが、鉱石輸送が一般貨物船によるかぎり船体構造から制限を受けて荷役条件がきわめて悪くなり、実際の荷役能力は条件の悪い場合には公称能力の25%程度になることがある。かかる状態ではグラブバケットの大形化、運転速度の高速化を採用してもいたずらに設備費がかさむだけで荷役能率の向上は期待できない。したがって荷役能率の向上を計るためには船体構造を荷役機械に適応せしめる必要が生じ鉱石専用船の出現をみるに至った。しかしながら専用船は経済上大形となりこれが荷役設備もこれまで設備されていた程度では到底処理しきれず、専用船を対象とした大容量アンローダを必要とするのもまた当然の結果である。元来専用船は陸上荷役設備に合致するように作られたものであるから、一般貨物船に見られるような荷役上の悪条件がなく、グラブバケットの大形化と運転速度の高速化とはただちに能率向上に役立ち、一般貨物船に比べて2倍以上の荷役能率が期待できる。反面アンローダの大形化は機体重量の増加による基礎荷重

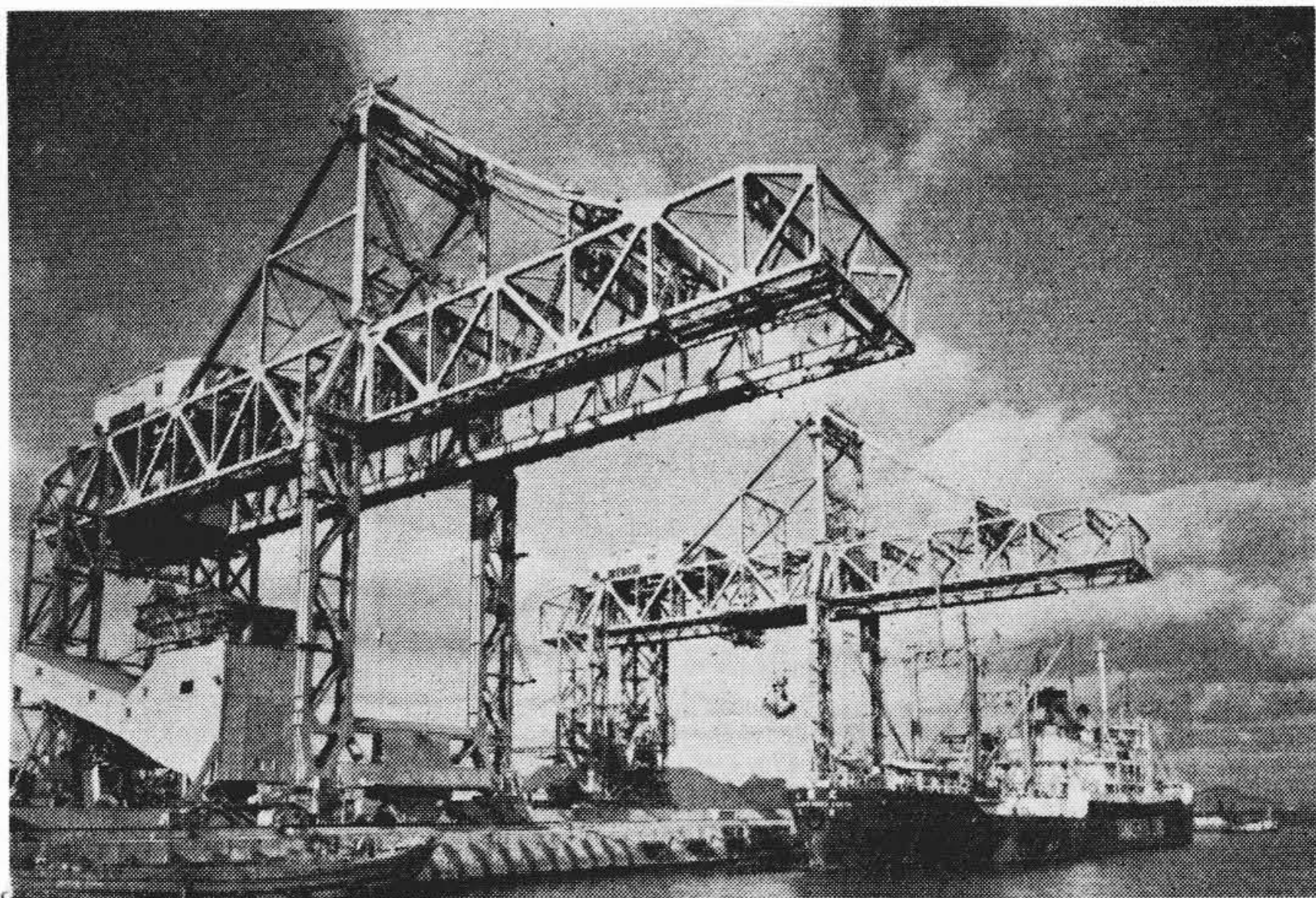
の増大、大容量処理に伴う種々の問題をもたらし、その計画、選定には十分な検討を必要とするが、筆者は次に専用船の特長と大形アンローダ、特に本邦最初の鉱石専用船を対象とした 1,000 t/h アンローダの構造および特長を述べ、鉱石陸揚設備計画の参考に供したいと思う。

2. 鉱石専用船の必要性と特長

最近における鉄鋼需要の増大は大量の原鉱を必要とし、その輸送量を増加するとともに原料資源を遠く海外に求める結果、輸送距離が長くなり大量の鉱石を経済的に輸送する必要に迫られてきた。元来鉄鋼原価における原料輸送費の占める割合は非常に大きく、特にわが国のように所要鉱石の大半を輸入に依存するところでは輸送費の変動が製品原価に大きく影響するため輸送費の低廉かつ安定を計ることはきわめて重要な問題である。

従来鉄鉱石などのばら荷には運賃が安い老朽一般貨物船が使用されてきたが、これら貨物船は二層、三層甲板を備え、さらに船艙内にシャフトトンネルそのほかの障害物があり積込、陸揚にきわめて悪条件となり、荷役時間が長びき碇泊日数が長くなる。一方低速老朽船のため航海日数も長く稼航率が減少し運賃がかえって割高になる。近年における輸送量と輸送距離の増加は船舶の高速、大形化を必要とすると同時にますます荷役時間の短縮を要求するゆえ、この目的に合致した大形鉱石専用船建造の気運が盛り上がってくるに至った。

鉱石専用船と同様な形式の船舶はアメリカおよびカナダの5大湖地方で内航用として古くから使用されてきたが、外航用専用船として発達したのは1950年ころからで Bethlehem Steel Co. がベネズエラおよびチリーよりの鉱石輸送に使用したのが最初であるといわれている。欧米ではその後大形専用船の建造が進められついに 60,000 D. W. T. の巨船の出現をみるに至った。一方わが国においても



第1図 1,000 t/h マントロリ式アンローダ

* 日立製作所亀有工場

鉱石専用船採用の気運が濃化し、すでに 15,000 D.W.T. 級の準専用船が就航、さらに最近では 35,000 D.W.T. の大形専用船が計画されている。

前に述べたように鉱石専用船は埠頭荷役設備に船体構造を適応せしめたものであるため、その構造は一般貨物船とは異なり次のような特長を備えている。(1)一層甲板で荷役の障害となる二層、三層甲板がない。(2)グラブバケットによる荷役を容易にするためハッチ口の大きさと船艙底面との幅をほぼ同一とし、さらにかき寄せを少なくするため側壁は垂直か下部を内側に向って傾斜させてある。(3)積込みおよび陸揚時におけるクレーンの移動を容易にするため甲板上の構造物はできるだけ小さくしかつ船尾機関形を採用してある。(4)十分な容量のバラストタンクを有するため荷役中船体の高さを調整することができる。(5)ハッチカバーが鉄製で自動開閉式となっているため、取はずしが簡単で、一般貨物船のように補強ビームの取はずしにむだな時間を費すことがない。

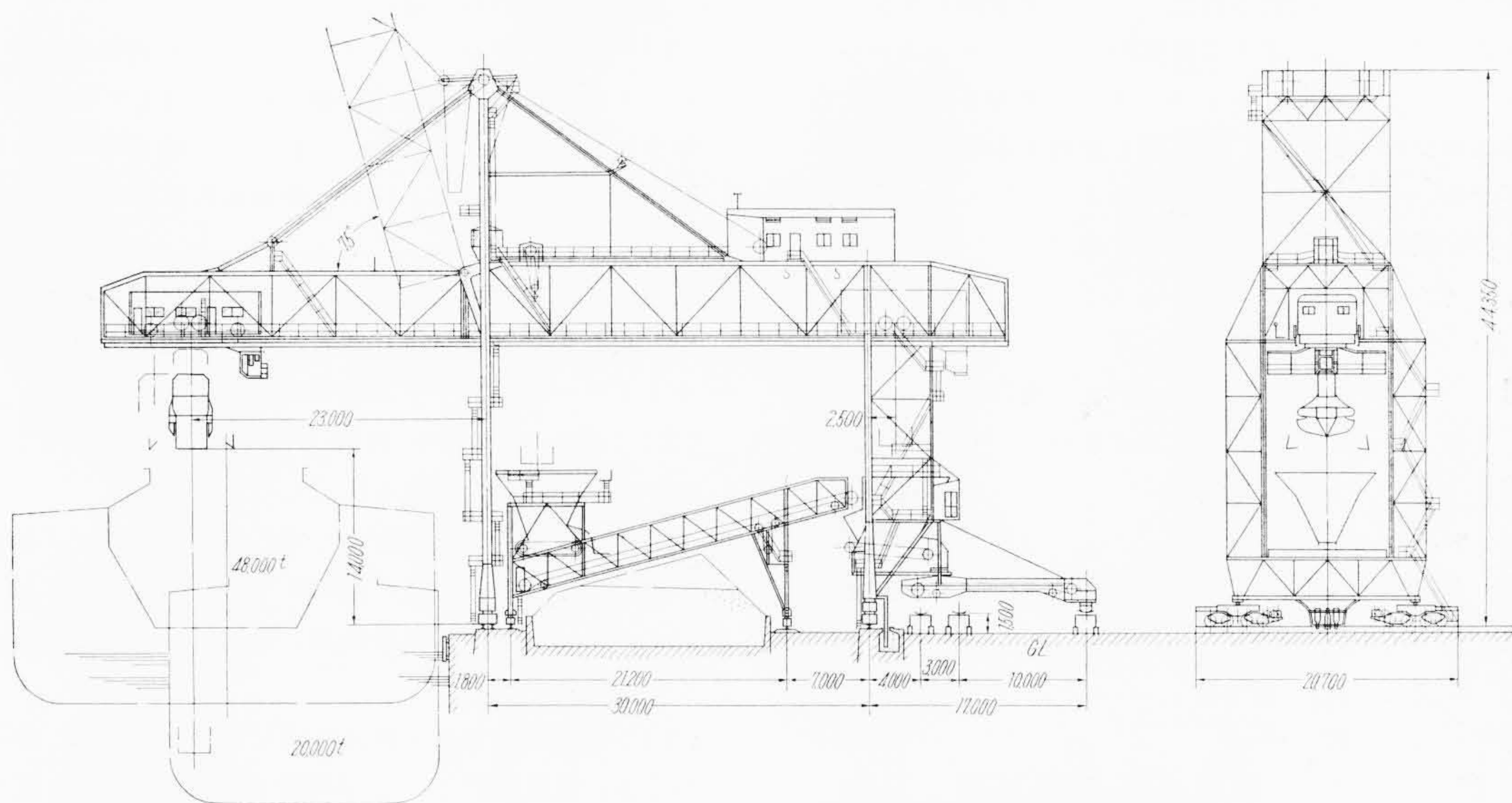
3. 鉱石専用船に対する埠頭荷役設備

埠頭荷役設備には積込設備と陸揚設備とがあり、積込設備としてはアメリカおよびカナダでは海上高架棧橋方式を採用、貯鉱槽、シュートを利用して船が棧橋に着くと各ハッチにいっせいに積み込むことができるようになっており、多数の大形船に同時に積込作業が行える大規模のものがあ、大いに専用船の経済性を発揮している。これに引きかえわが国への鉱石積出港の主要地域であるフィリピン、インド、マレーなどでは荷役設備にみる

べきものの少なく、まことにりょうりょうたる有様で、今後の専用船による大量輸送を考えると早急に改善される必要がある。

一方陸揚設備としては古くからグラブバケット付の各種アンローダが使用されてきたが、鉱石専用船の出現は超大形アンローダを必要とするに至った。すなわち鉱石専用船を対象とするアンローダは船体構造上の特長を十分活用した構造となり、大形グラブバケットの採用と運転速度の高速化とをもたらしアンローダを著しく大規模、高能率なものとした。しかしアンローダの大形化はばく大な設備資金を必要とし、しかもその選定が適切でないと全体計画に重大な支障をきたすため、形式および陸揚能力の選定は立地条件、岸壁の構造、入荷量のピーク、入港船舶の大きさおよび種類などを考慮して慎重に決定されるべきである。

従来大形アンローダの代表的な形式としてマントロリ式、水平引込クレーン式などが採用されてきたが、専用船を対象とする場合それぞれ一長一短あり簡単に優劣をつけることはむづかしい。すなわち大容量の確保は大形グラブバケットで1時間80回程度の荷役回数を必要とし、マントロリ式を採用するときは大形マントロリを高速で桁上を横行せしめるため機体重量が増加して建設費がかさむのは免れない。一方水平引込クレーン式は軽量のブームの引込運動によるため、軽量となり建設費が節約できる。しかし大形、高速化は同時に運転操作の簡単を必要とし、特に見通しの良否が荷役能率に大きく影響するため、運転手がグラブバケットとともに移動するマントロリ式のほうが水平引込クレーン式より能率上有利



第2図 1,000 t/h アンローダ全体寸法図

となる。現在アメリカなどにおける事例はすべてマントロリ式を採用、操作容易による能率化に重点をおき、設備費の増大を設計、製作の合理化による軽量化と荷役能率の向上によってカバーする傾向にあり、わが国においても最近計画された八幡製鉄株式会社戸畑岸壁では同様な理由からマントロリ式が採用された。

以上いずれの形式を採用するも従来に比べて著しく大形となり取扱量もばく大となるため、付帯設備のフィーダ・ベルトコンベヤなどはアンローダのピークを処理するに十分な能力とし、付帯設備によってアンローダの能力が制限されることのないよう留意すべきで、特にわが国のように鉱石銘柄の多い場合は鉱石性状の変化に対処できる構造を必要とする。またグラブバケットは鉱石の性状により著しくつかみ効率が変化するので、グラブバケットの交換が簡単にできる構造として鉱石銘柄に応じたグラブバケットを数種準備して最も能率的な荷役を行うよう計画すべきである。

4. 本邦最初の鉱石専用船用アンローダの実例

さて本邦における最初の実例として日立製作所が八幡製鉄株式会社に納入した 1,000 t/h マントロリ式アンローダについてその特長および構造を説明する。本機は八幡製鉄株式会社戸畑地区に目下建設中の鉄鋼一貫工場における原料鉄鉱石陸揚用として計画されたもので、20,000～50,000 t 級の鉱石専用船を対象として設計され、能力・性能において世界的な規模を備え、昭和33年8月に1号機、同年11月に2号機の据付けを完了、目下好調裡に稼動中で所期の目的を十分に発揮、その偉容を誇っている。その構造は第1,2図に示すようにそれぞれ別個の走行レール上に設置されたアンローダ本体とコンベヤカーより構成され、本体は俯仰桁を有するマントロリ式アンローダで陸側脚にホッパ・フィーダおよび旋回するブームコンベヤを備え、貯鉱場と連絡する3条の地上コンベヤのいずれにも鉱石が送れるようになっている。次にその仕様の主要なものを記載する。

4.1 仕様

(A) マントロリ式アンローダ

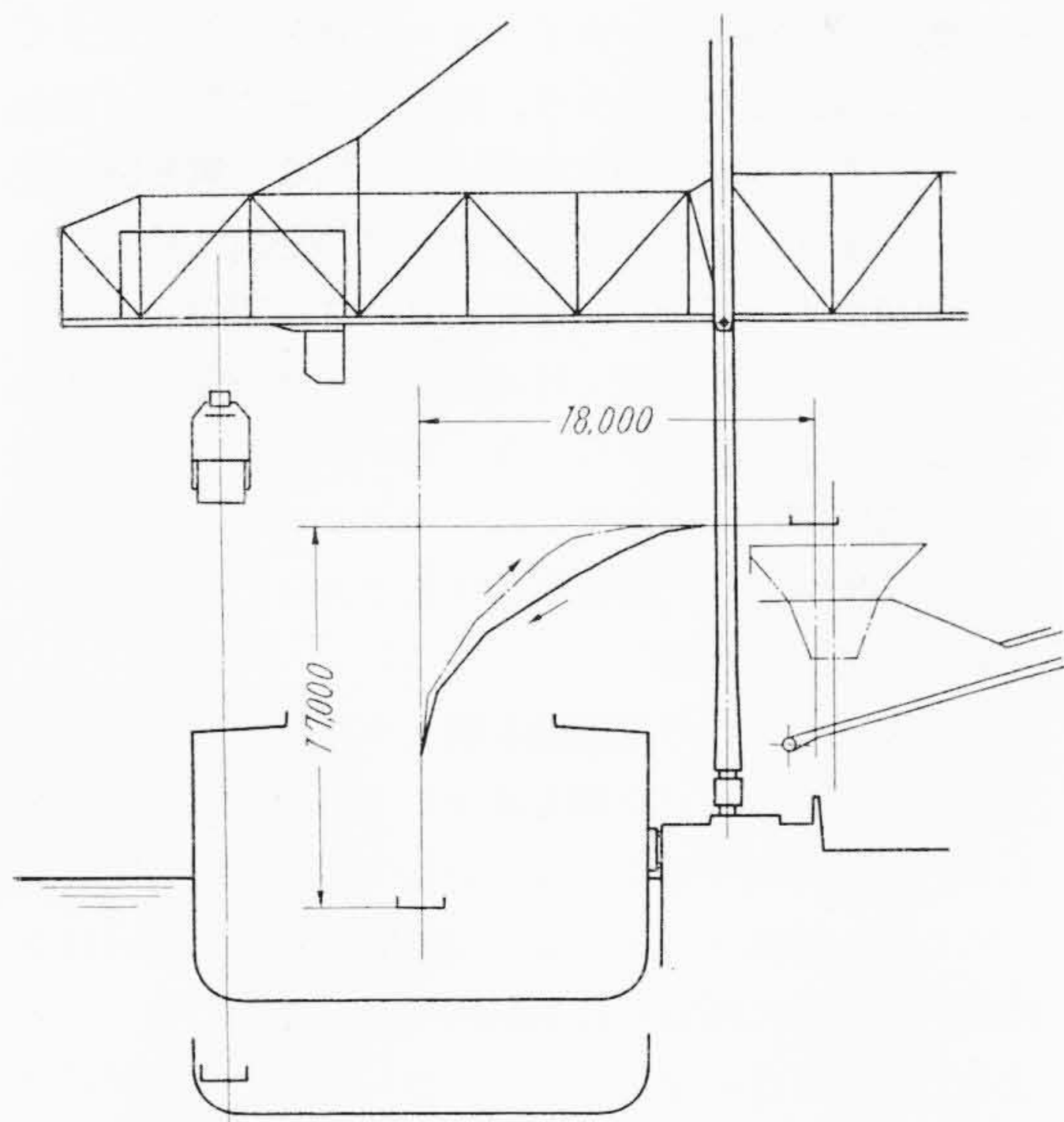
形 式	グラブバケット旋回形マントロリ式アンローダ (UT-MG)		
能 力	鉄鉱石	1,000 t/h	
グラブバケット	容 量	7m ³	
巻 上 荷 重		30 t	
経 間		30 m	
桁 全 長		約 71 m	
揚 程		26 m	
走行レール	海側 2線 陸側 1線	74 kg	
電 源	A C	3,300 V	60～

支 持	90 m/min	300 kW (400 HP)	
開 閉	110 m/min	300 kW (400 HP)	
旋 回	2.5 rpm	7.5 kW	
横 行	160 m/min	2×75 kW (100 HP)	
俯 仰	約 5 min	75 kW (100 HP)	
走 行	20 m/min	4×48 kW (65 HP)	
レールクランプ		4×4.8 kW (6.5 HP)	
ブームコンベヤ旋回		5 kW	
ブームコンベヤ	能力 1,200 t/h		
	ベルト幅 1,350 mm	11 kW (15 HP)	
フ ィ ー ダ	能力 1,200 t/h	15 kW (20 HP)	
(B) コンベヤカー			
ベルトコンベヤ	能力 1,200 t/h		
	ベルト幅 1,350 mm	40 kW	
フ ィ ー ダ	能力 1,200 t/h	15 kW (20 HP)	
走 行	20 m/min	30 kW	
径 間		21.2 m	
走行レール	海側 74 kg 陸側 50 kg		

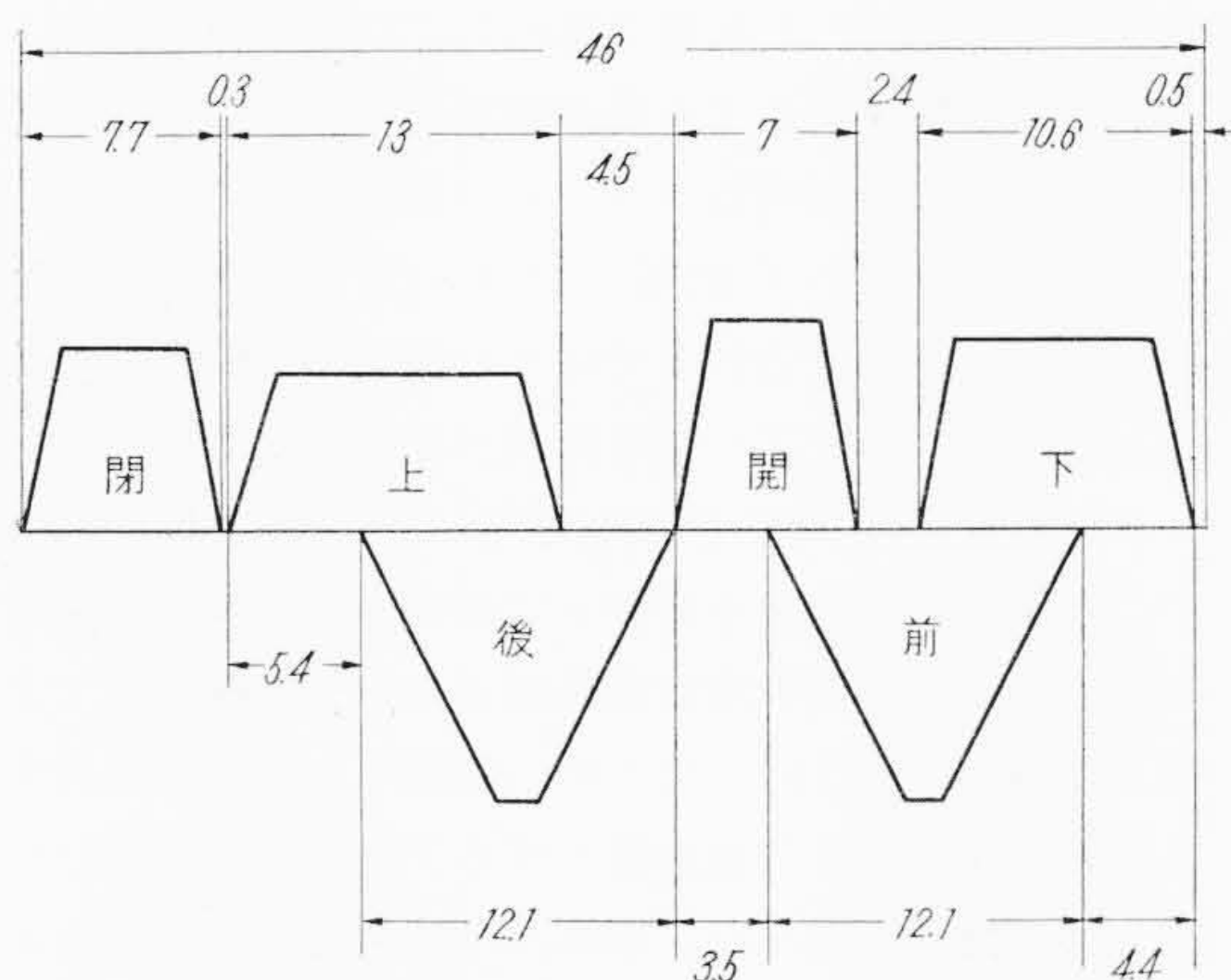
4.2 特 長

本機のように大容量のアンローダにおいてはその運搬系統にささいな障害が生じてもちまち重大な困難に直面するため、簡単に従来の考え方をそのまま大形化するのみでは到底遂行できるものではなく運搬系統各部はあらゆる条件に対処できるよう綿密に検討されねばならない。特に取扱う鉱石は300 mm大の大塊より粘着性の強い粉鉱まであらゆる種類に及び、大塊と粘着性の強い粉鉱の処理には互に相いれない問題もあり、いずれの場合にも能力が低下せぬようコンベヤの配置、フィーダの構造、ホッパ・シュートの設計には特別の考慮を必要とする。次に本機の特長を概括的に説明する。

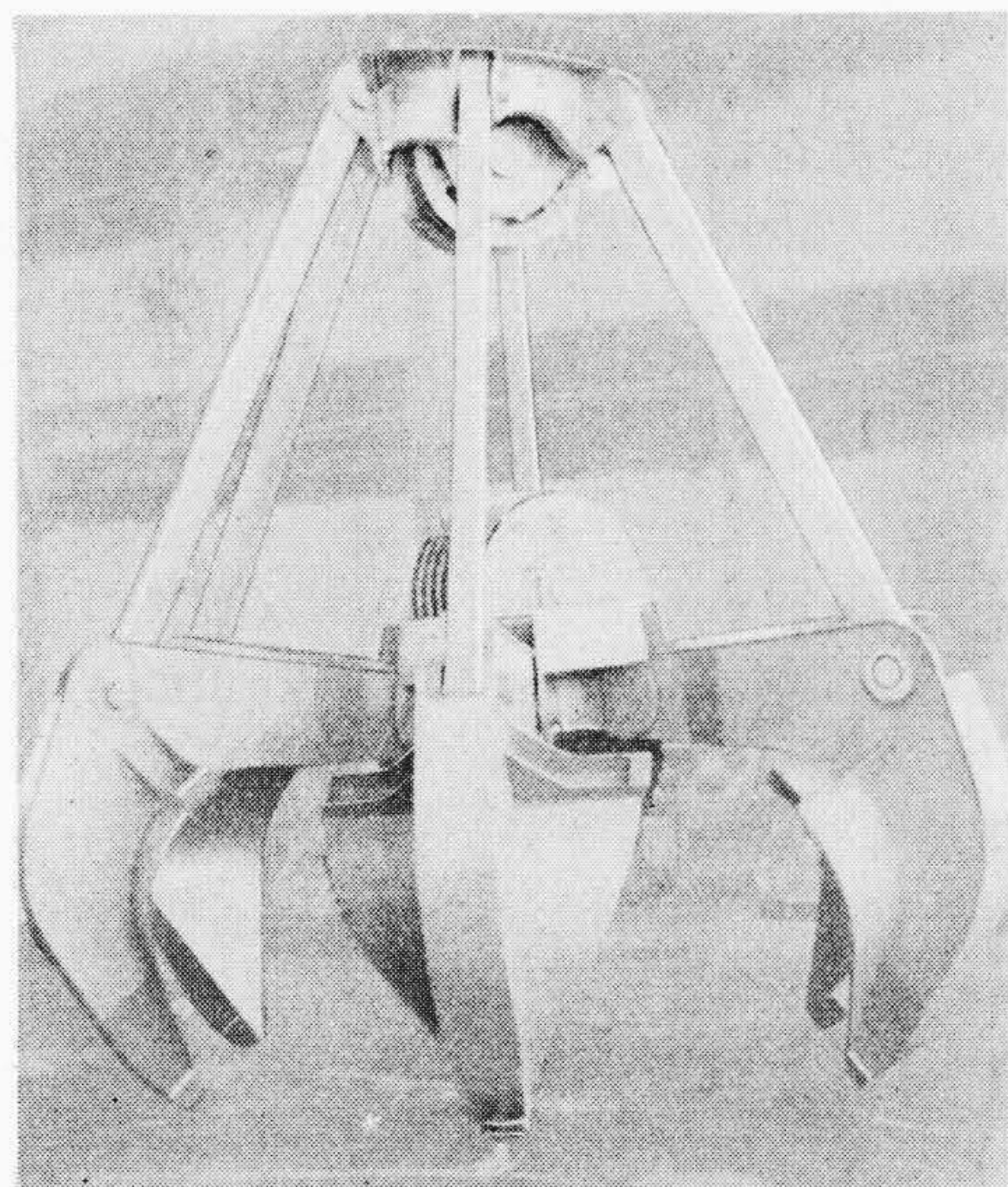
- (1) 本体アンローダとコンベヤカーを別個の走行レール上に設置し、粘着性の強い粉鉱に対してはコンベヤカーを本体より切り離して船より直接スパン内の仮揚場に陸揚できるようにし、乾燥後貯鉱場に送る構造とした。
- (2) コンベヤカーのフィーダを高マンガン鋼製のがん丈なエプロンフィーダとして、大塊がグラブバケットより一時に落下する衝撃に耐える構造とした。
- (3) zero-pressure type の緩衝ローラを使用してコンベヤベルトの損傷を防止した。
- (4) 速度の制御性能をよくするためレオナード制御を採用し、さらに支持、開閉横行および走行にはHTダイナモ（日立式回転増幅器）を使用して速応性をよくした。
- (5) 電動機は加速・減速時間を短縮するため GD² の小さい重負荷形として AISE 600# 形のものを採用した。



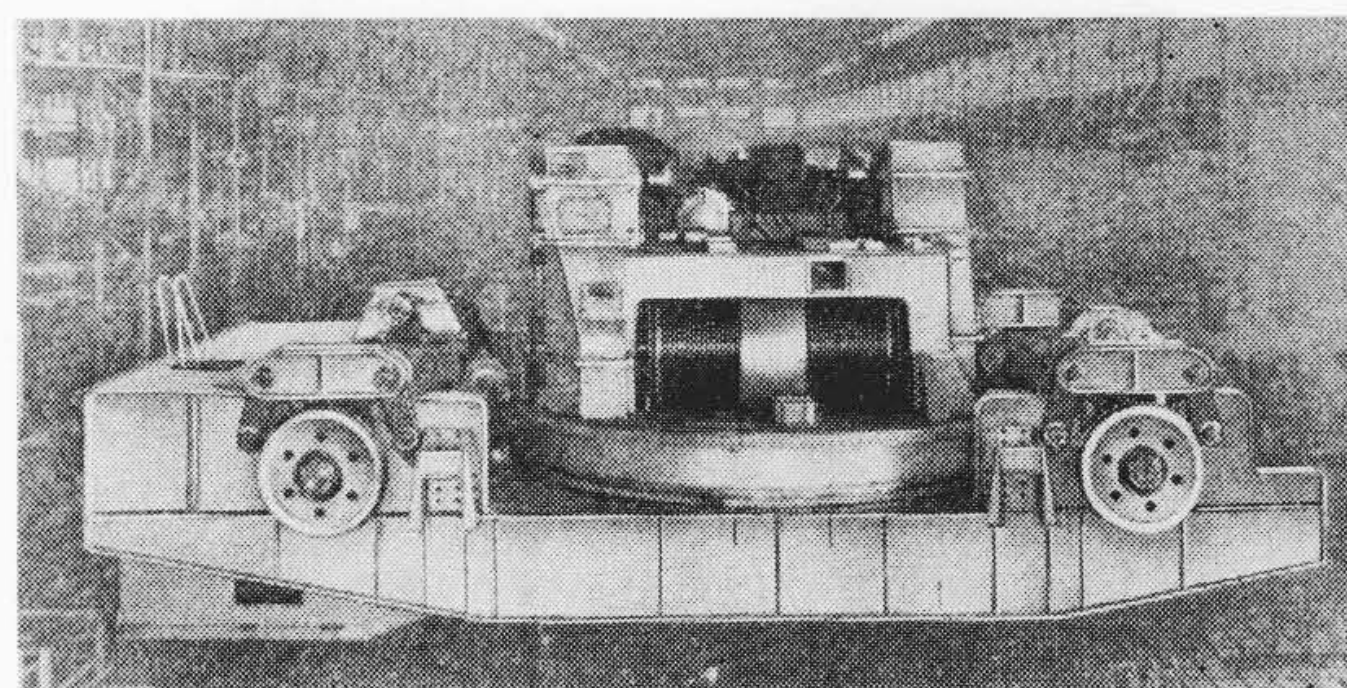
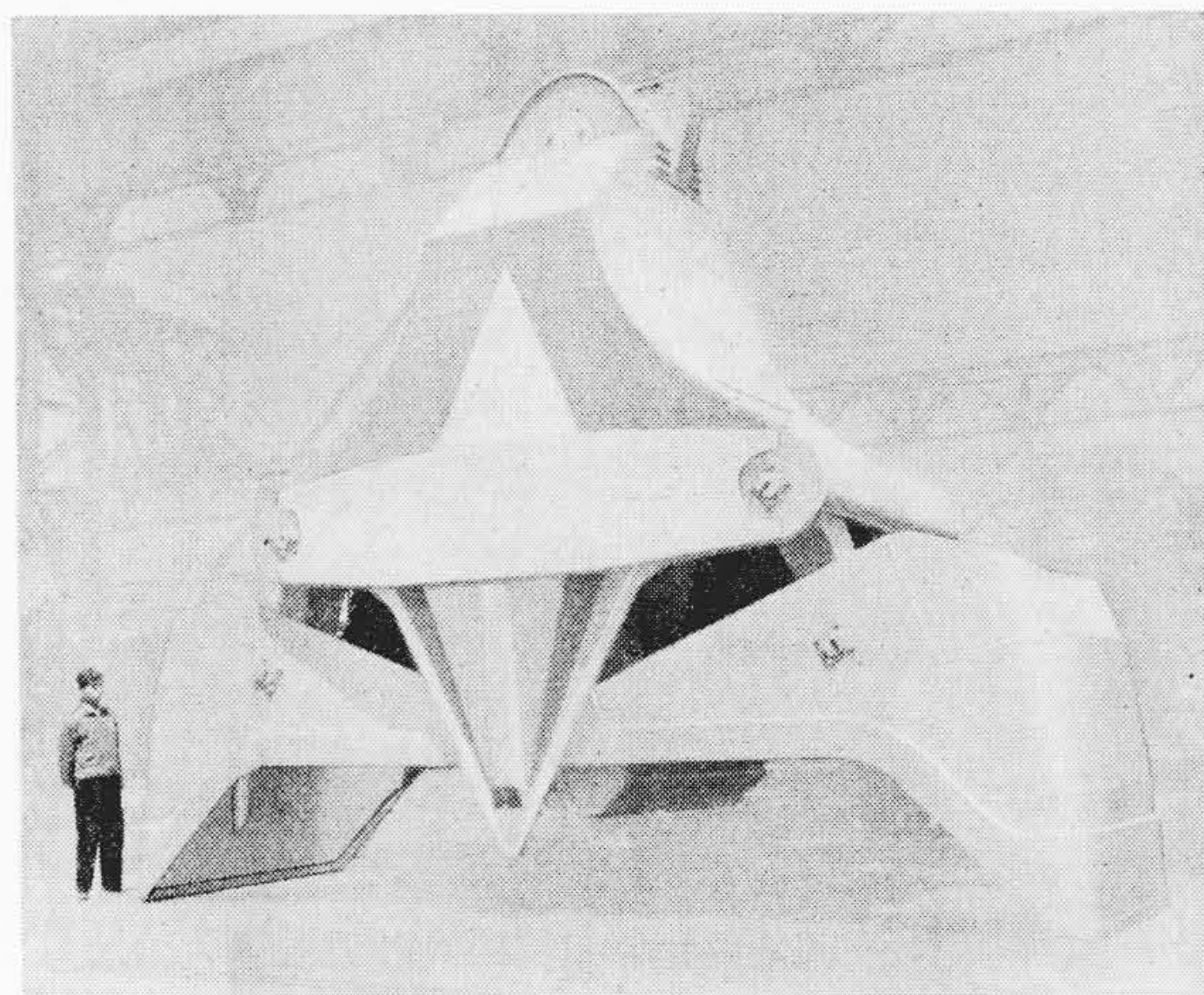
第5図 7 m³ 甲冑形グラブバケット



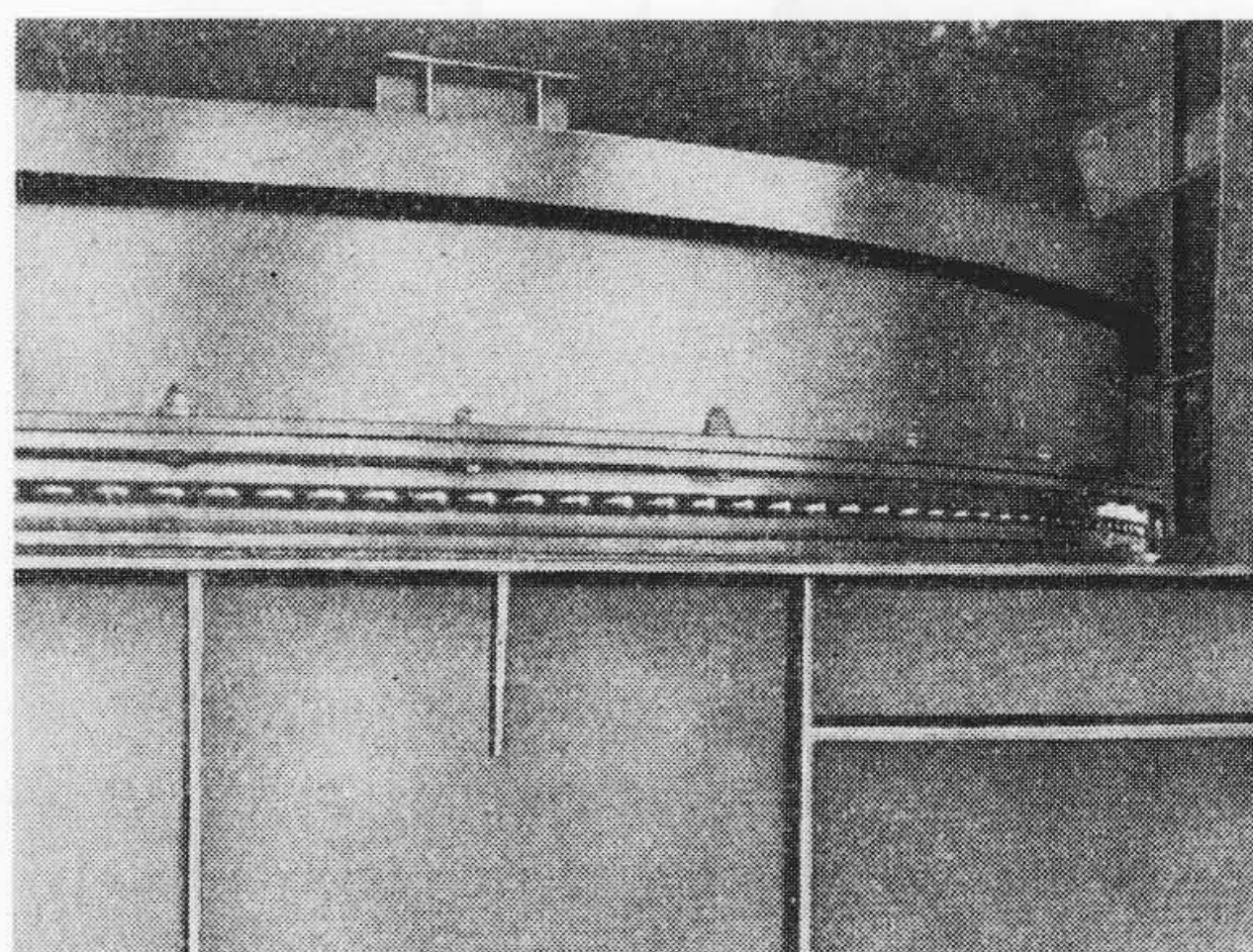
第3図 作業線図



第4図 7 m³ ポリッパ形グラブバケット



第6図 工場内で組立中のマントロリ

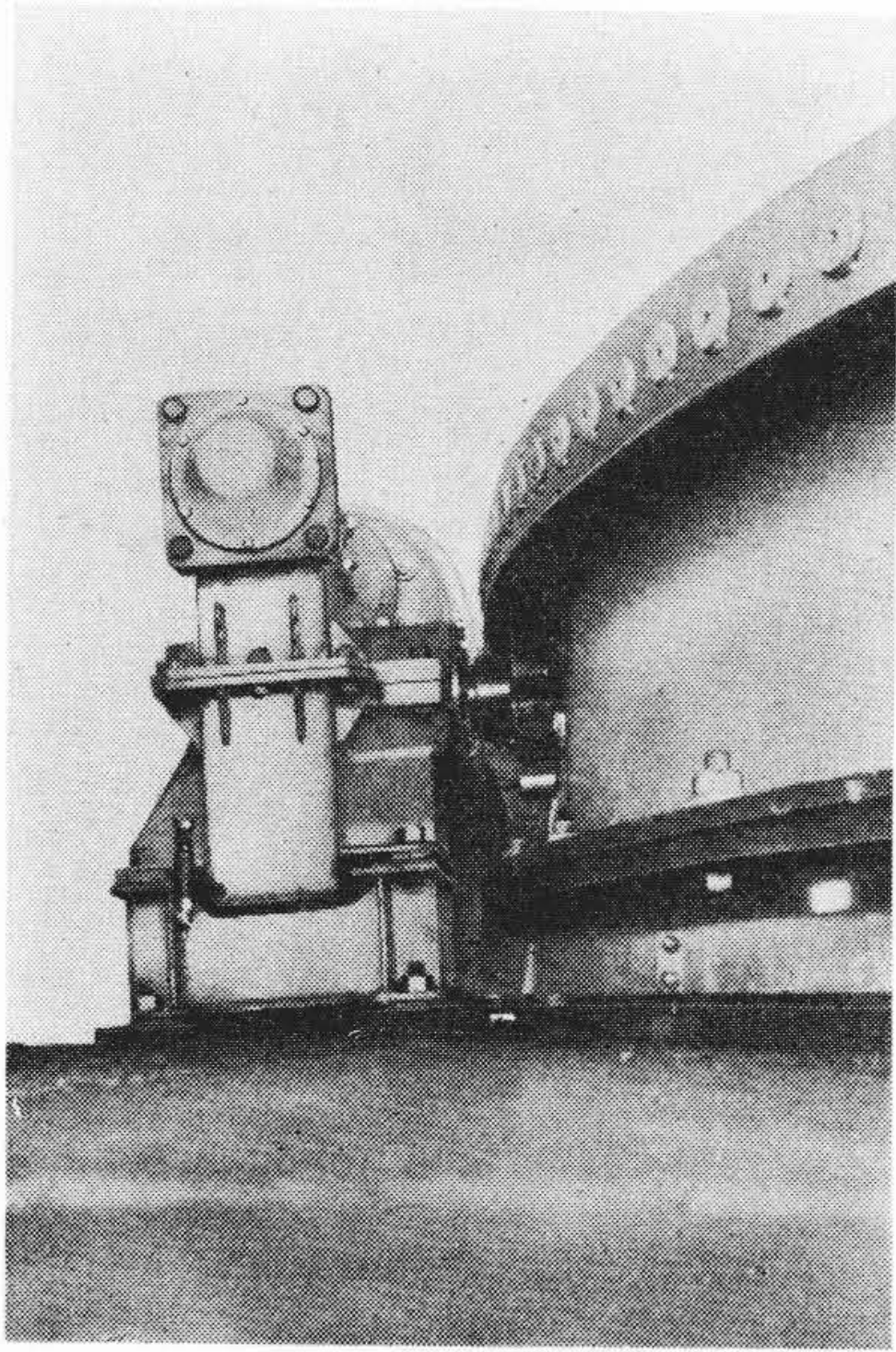


第7図 巻上装置ターンテーブル (ボールレース部分詳細)

(6) 第3図作業線図に示されるとおり、1サイクル46秒、毎時78回という高能率を発揮するよう計画されている。

(7) 船艙内での荷役を容易にするため、マントロリの巻上装置をターンテーブル上に設置して旋回形とした。

(8) 軽量化を計るためマントロリおよび鉄骨部分には特殊鋼・高張力鋼・軽合金を使用すると同時に、合理的な断面形状を Built-up により製作した。



第8図 旋 回 装 置



第9図 デ ス ク セ ッ ト

(9) あらゆる性状の鉱石に対しても常につかみ量を確保するため、グラブバケットとしては大塊用に 7m^3 ポリッパ形(第4図), 一般塊鉱用に 7m^3 甲冑形(第5図), 粉鉱用に 5m^3 普通形, さらに小形船舶用に 2.5m^3 甲冑形が準備され, それぞれの場合に応じて最も適したグラブバケットを使用するよう計画されている。

4.3 各部の構造詳細

(1) マントロリ

巻上装置は等容量2電動機式で各電動機には Pilot Generator と Load Balancer とを備えて両電動機の負荷が絶えずバランスするようにしてあるため, 昇降中グラブバケットが開口または閉口する傾向が全然認められない。また第7図に示すように巻上装置は多数の鋼球で支持されたターンテーブル上に組み立てら

れ, 放射状の特殊ピンホイールとスプロケットによって旋回する構造となっており, 鋼球とレース部分は完全にシールして塵埃の侵入を防止してある。第8図は旋回装置を示す。次にグラブバケットの交換は補助ロープの使用によって行うが, 補助ロープと開閉ロープとは特殊ソケットで連結し特に補助ロープの配置には考慮を払いドラム長さが長くないようにした。交換に要する時間は実際のアンローダについて実施した結果わずか30分弱で, 将来熟練すればさらに短縮されるであろうと考えられる。

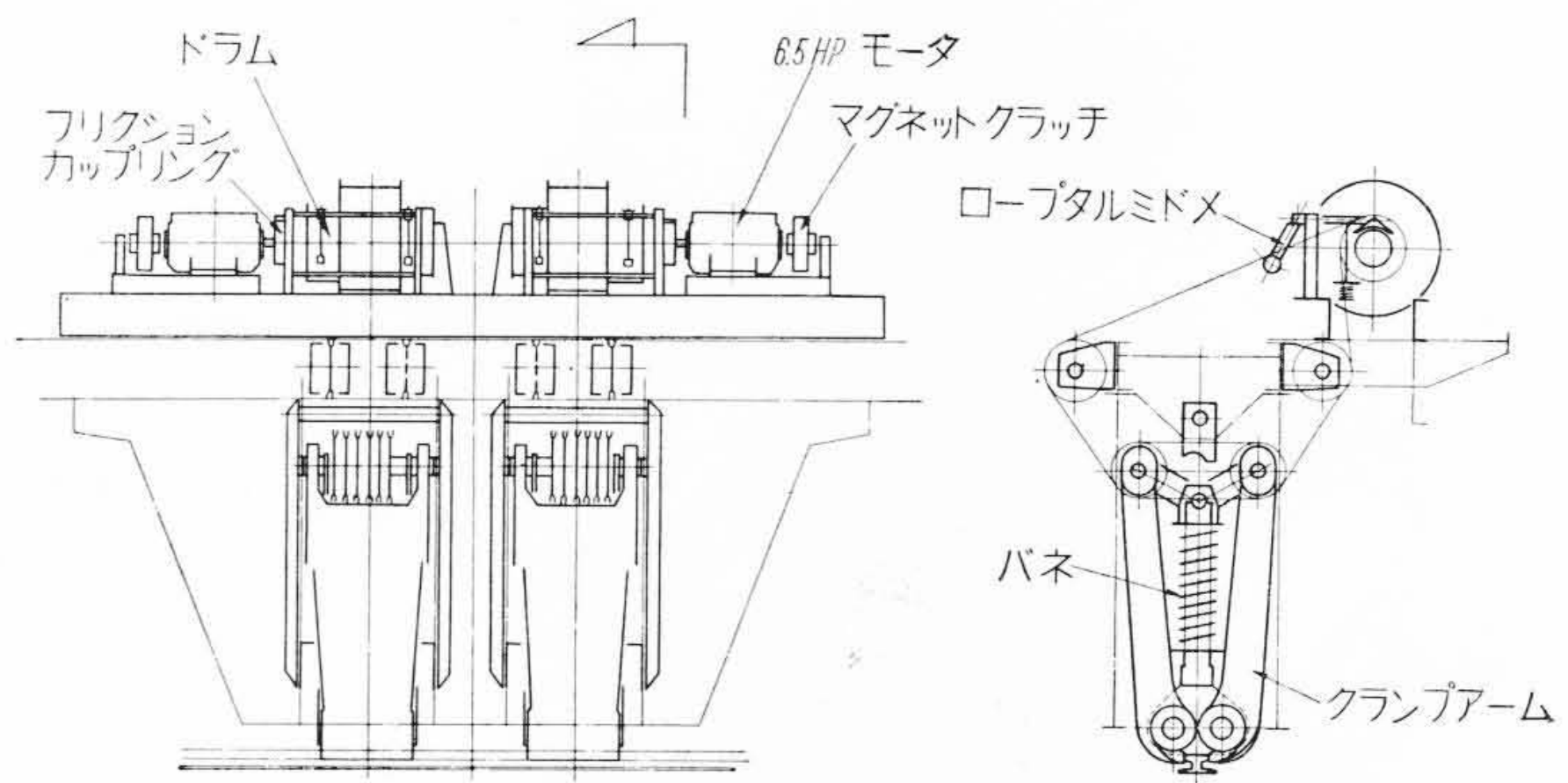
横行装置は2台の電動機を備え全車輪を駆動する形式で, 片錨付テーパ車輪を使用して斜行を防ぐ構造とした。横行に対する安全装置としては桁両端の極限近くになると絶縁トロリにより自動的に減速する(日立特許)と同時に極限には制限開閉器を設けて安全に停止せしめるようになっている。さらにスプリングバッファとオイルバッファを設けて万全を期してある。なお俯仰桁が俯仰した状態で運転している場合も絶縁トロリと制限開閉器により海側脚手前で安全に停止せしめるとともに機械的なストッパが併用されている。

次に旋回部分への給電にはケーブルを使用, Slip Ring を使用せずこれまでにその例をみないまったく新しい方式のケーブル巻取装置が採用されている。

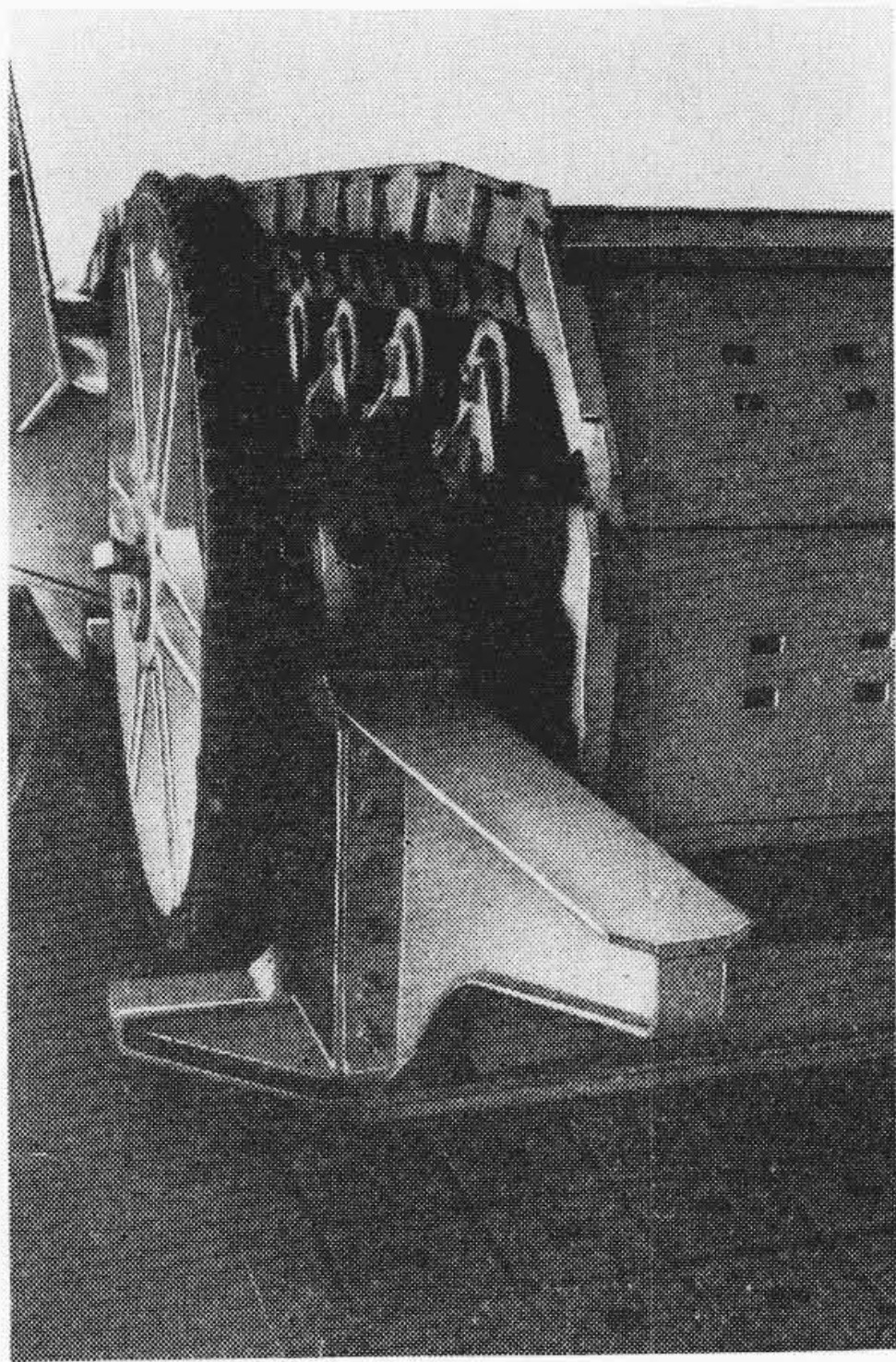
また軽量化のため機械室建屋は軽合金を使用した, 潮風による腐食を考慮して耐食性のアルミニウム合金とした。運転室は特殊構造の窓枠を採用して水平力に耐えるようにしたため, 側面に水平力を支持する側壁がなくなり全面を窓とすることができ見通しがきわめて良好となった。制御器は第9図に見られるような Desk Set を使用, 機器をまとめて運転操作を容易にした。

(2) 走行装置

海側2線16輪, 陸側1線8輪合計24輪の両錨付車輪を有し, 駆動装置は各脚トラックにそれぞれ単独の



第10図 レ ー ル ク ラ ン プ



第11図 高マンガン鋳鋼製エプロンフィーダ

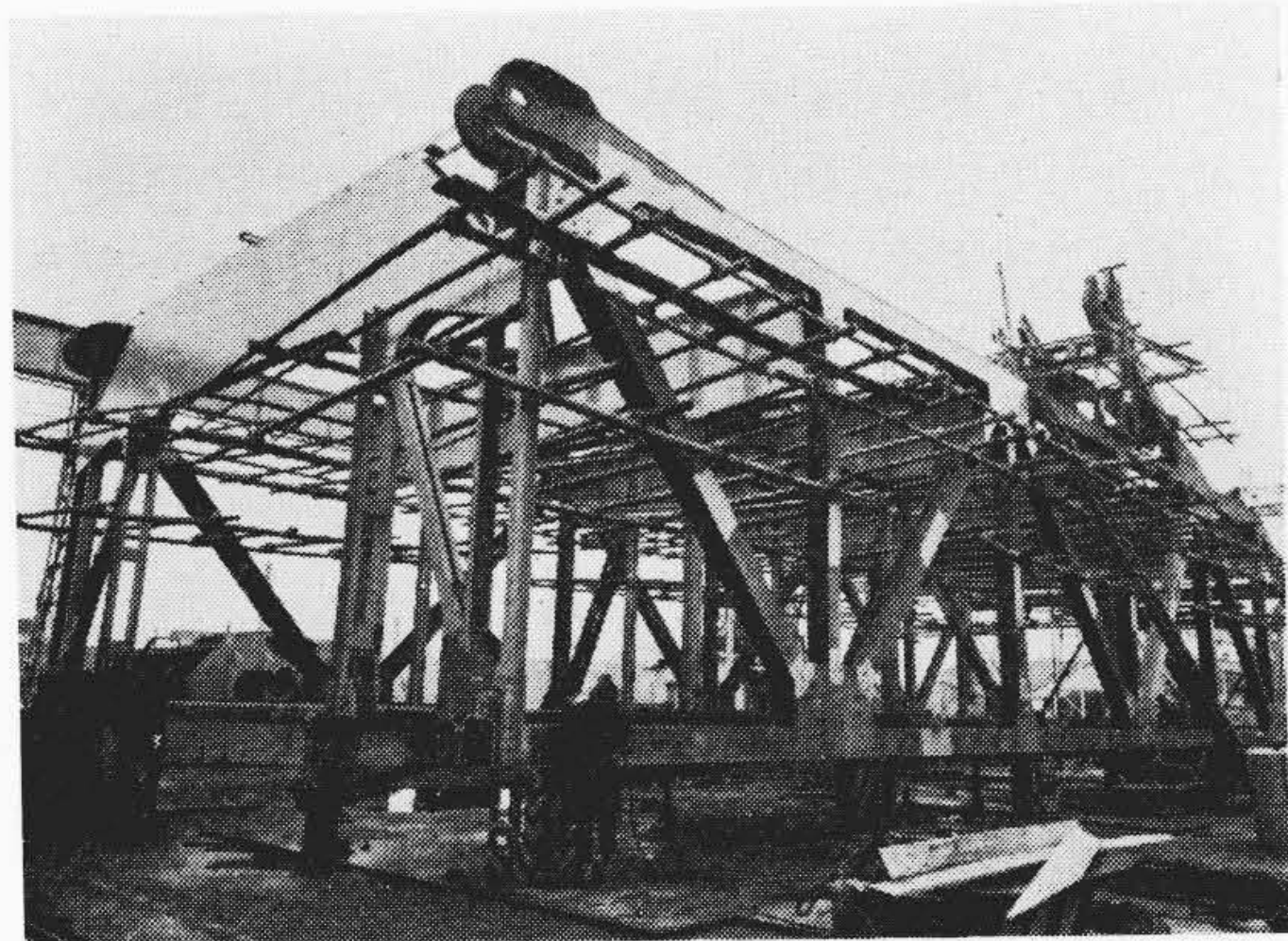
電動機を備え、機械的には全然連結せずコントローリングセルシン機構により電氣的に Balance させる方式とした。したがって従来のように両脚を連結する軸回りの給油・保守に要する手間が省略され保守が著しく容易となった。制御方式は両脚のセルシンモータにより斜行量を検出して指示計に表示するとともに、電圧の変化を増幅して走行電動機に補正電圧を加えて走行速度を補正し、絶えず両脚が同一速度で走行し斜行を防止する構造となっている。また風速計を備えて風の速度と方向を指示し、15 m/s 以上に達すると警報ランプが点灯、サイレンを吹鳴して警報を発するようになっている。

(3) レールクランプ

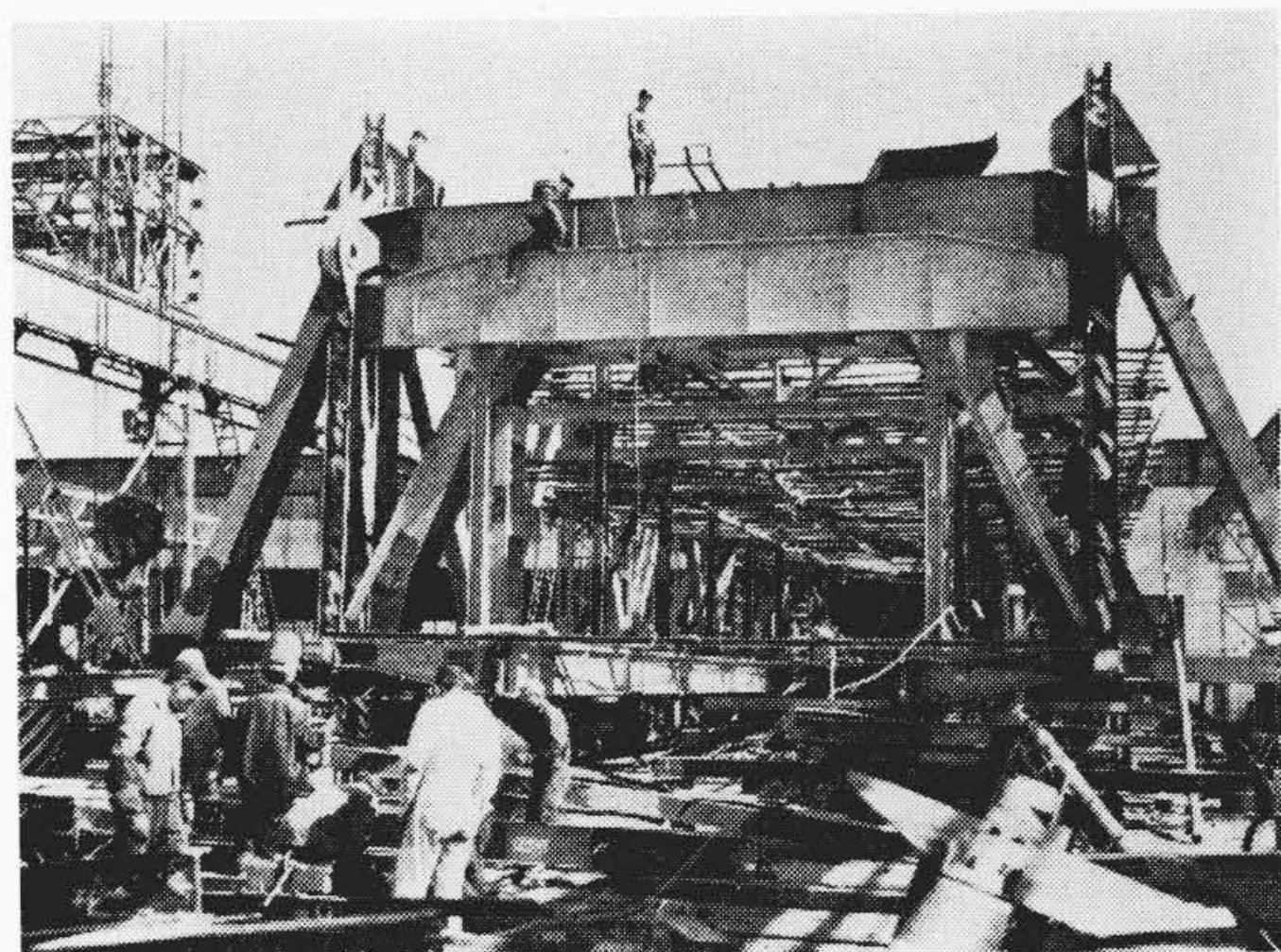
レールクランプは暴風時に備えて設備するもので、いついかなる場合にも迅速・確実に動作することが要求され、特に信頼度が高く、保守容易な構造でなければならない。本機のように大形機ではクランプ容量も大きくなり重錘・ネジ式では大規模となり動作の迅速も期待できない。したがって本機では第10図のようにトッグル式のつかみ機構を採用スプリングで締付力を与える形式とした。この構造は動作時間が非常に短縮され押ボタンを操作してから7秒以内で完全に作用する。クランプのゆるめはアーム上部のシーブに巻き付けたロープを日立独特の完全密閉形ドラムウィンチにより巻き取って行う。

(4) ブームコンベヤ

陸側脚に設けたホップ・フィーダより鉱石を受けて貯鉱場に通ずる地上コンベヤ3条に払い出すもので、



第12図 工場内仮組立中の俯仰桁



第13図 工場内仮組中の主桁

脚フレームに大形スラストボールベヤリングで支持されている。地上コンベヤへの振分けは旋回によって行うが、先端スカートは旋回角度に関係なく常に地上コンベヤの方向と一致する構造とし、旋回時スカートが地上コンベヤと接触しないよう inter-lock してスカートを折り畳んだ後ブームコンベヤが起動するようにしてある。

(5) ホップ・フィーダ

ホップは本体陸側脚とコンベヤカーとに設けられているが、いずれもその角度を 65 度以上としさらにバイブレータを取り付けて鉱石の流れをよくしてある。コンベヤカーのホップには格子を設けて 375 mm 以上の大塊を選別、特に設備した巻上装置により格子上の鉱石をすべて仮揚場に落せる構造とした。

陸側脚ホップ下部のベルトフィーダは特に粉鉱処理用として設計されたベルト幅 1,600 mm を有する超大形フィーダで、押ボタン操作によりベルト速度を変え能力 400~1,200 t/h の広範囲にわたって調整できる構造を有する。ローラは鉄製として鉱石落下時の衝撃はホップ・フィーダ全体をスプリングで支持することに

よって緩和する方式を採用した。

コンベヤカーに設けたエプロンフィーダは塊鉱を対象としたもので、エプロンは衝撃荷重に対する強度が高く加工硬化性の強い高マンガン鑄鋼で製作され第11図に示すようにエプロン自重および鉱石落下による衝撃荷重はフレームに取り付けられたローラで支持し、動力を伝達するリンクのピンに過大な応力が作用しない構造としてきわめてがん丈に製作され、ベルトフィーダ同様押ボタン操作により400~1,200 t/hの範囲にわたって輸送量を調整することができる。

(6) 鉄構部分

鉄構部分は各種熔接構造に関する多年の研究を基礎として、構造および使用鋼材、熔接棒の選択には特に留意し、施行を厳重に管理するとともに主要部分は超音波探傷器により欠陥の有無を検査し万全を期した。部材構成にあたってはボックス断面およびH断面とし、一部には高張力鋼(WEL-TEN 50)を使用するなど機体重量の軽減を計った。特にテンションバーの眼棒部は光弾性実験により補強板の応力集中に及ぼす影響を確認し、最も合理的な断面を決定した。この外細部構造については俯仰桁と主桁との連結部の構造に特に考慮を払いマントロリが通過する際の衝撃を少なくし、また横行レールは内側に傾斜せしめてマントロリの斜行を防止すると同時に、独特の取付方法を採用して車輪側圧によって取付ボルトにゆるみの生じない構造とし、さらにレール継目を熔接して横行の衝撃を少なくした。一方鉄構部分にとってゆるがせにできない発錆に対しては最高級の塗装を施し、ボックス断面の採用と相まって防錆に完全を期した。第12, 13図は工場内で仮組立中の俯仰桁および主桁を示す。

(7) コンベヤカー走行装置

コンベヤカーは海側脚のみ駆動する方式とし、陸側車輪はボールベヤリング入として走行抵抗を極力少なくした。コンベヤカーの走行は本体との追従運転を建前とし、給電は本体脚に設けた絶縁トロリにより行う。コンベヤカーの走行速度は本体よりやや早くして本体とコンベヤカーの関係位置が一定距離以上離れると自動的にコンベヤカーの走行電動機が起動・停止して円滑に追従するようにしてある。コンベヤカーの放置はトロリ線の電源をたてて行う。このほか陸揚中後方貯鉱場設備の都合により仮揚げに切り換える際、ケーブルを使用してコンベヤカーのみを単独に走行せしめる構造としてある。

以上本邦最初の1,000 t/h マントロリ式アンローダの主要部分について設計上および構造上の要点を説明したが、このほか電気設備などについては本誌掲載の1,000 t/h アンローダの電気設備の項を参照されたい。

5. 結 言

以上最近における鉄鉱石輸送上の問題およびこれが解決策として鉱石専用船の採用をみるに至った経過を述べ、鉱石専用船を対象としたアンローダとして八幡製鉄株式会社に納入した1,000 t/h マントロリ式アンローダの特長および構造を説明した。本機は日立技術の粋を集めて製作された世界的水準のもので今後大いにその偉力を発揮して、わが国鉱石荷役に一転期を画することと確信するが、鉱石専用船はタンカーの例よりみても今後ますます大形化する傾向にあり、これに伴ってアンローダもさらに大容量のものが要求されるであろう。日立製作所は本機を基礎としてさらに研究を重ね江湖の期待に沿うべく努力を続けている。

「日立評論」綴込カバー

特価 1組 ￥50 (送料共)

「日立評論」の綴込み用として美しい綴込みカバーを発売いたしております。

御希望の方には実費でおわかり致しておりますから下記に御申込み下さい。

東京都千代田区丸の内1の4(新丸ビル7階)

日立評論社

振替口座 東京 71824

日立造船技報

Vol. 20

No. 2

目 次

- ◎機関車形ボイラの外火室を補強する横ステーの強さの研究
- ◎熔接部欠陥と強さとの関係について
- ◎鉄塔用Y形断面材に関する研究
- ◎わん曲管の組合せ曲げねじり降伏について
- ◎船舶におけるけい光灯照明
- ◎放電加工法に影響する諸因子
- ◎各種ステンレス鋼の適正使用に関する研究

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願いたします。

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町