

トピー工業株式会社豊橋製鋼所納
H 形 鋼 圧 延 設 備
Wide Flange Mill for Topy Industries Co., Ltd.

加 藤 孝 之* 今 井 史 郎**
Takayuki Katô Shirô Imai

内 容 梗 概

1964年6月、トピー工業株式会社豊橋製鋼所に据付け完了し、好調裡に、稼働にはいったH形鋼圧延設備は、可逆式ユニバーサルミル、エッジャーミルおよび仕上ユニバーサルミルをそなえた国産第1号の記録的設備であり、その精整設備にも、可変ピッチ矯正機、自動検査台など、種々斬新な装置がとり入れられている。本稿はその全ぼうならびに特長の概略を紹介するものである。

1. 緒 言

近年わが国においても“H形鋼”の名称で知られている形鋼が、脚光を浴びてきて、その生産が土木、建築業界から強く要望され、昭和36年頃から市場に、その姿をあらわしてきた。その後、数社においてH形鋼圧延のユニバーサルミルが輸入され、H形鋼の生産が始められたが、今回トピー工業株式会社において、昭和36年納入した大中形鋼圧延設備と並列にH形鋼設備が増設された。

本設備の製作に当たっては、諸外国のこの種圧延設備に対し、十分な調査、検討が加えられ、全体の配置計画およびユニバーサルミル、精整設備、矯正機などの構造に多くの斬新な設計が取り入れられ圧延技術者と機械、電気技術者との密接な連携によって国産1号機が完成された。その結果、昭和39年6月、試圧延開始第1日目において、数回の圧延の後、規格公差内の製品を圧延するという予期以上の成果をあげたのである。本圧延設備のおもな特長は、

- (1) 普通形鋼圧延ラインとH形鋼圧延ラインとが横送機を介して並列に配置され切換えが簡単にできる。
- (2) 高精度の圧延が可能なるよう主軸受、圧下装置、ガイド関係、電気制御関係などに細心の注意が払われている。
- (3) カードプログラムコントロールシステムにより能率のよい圧延が可能である。
- (4) 可変ピッチ矯正機を採用しているので矯正範囲が広く、矯正効果が高い。
- (5) 精整設備は普通形鋼、H形鋼ラインに対し共用であり、経済的配置である。
- (6) 最終製品は自動検査台自動級別仕分装置および特殊仕分クレーンにより、能率よく処理される。

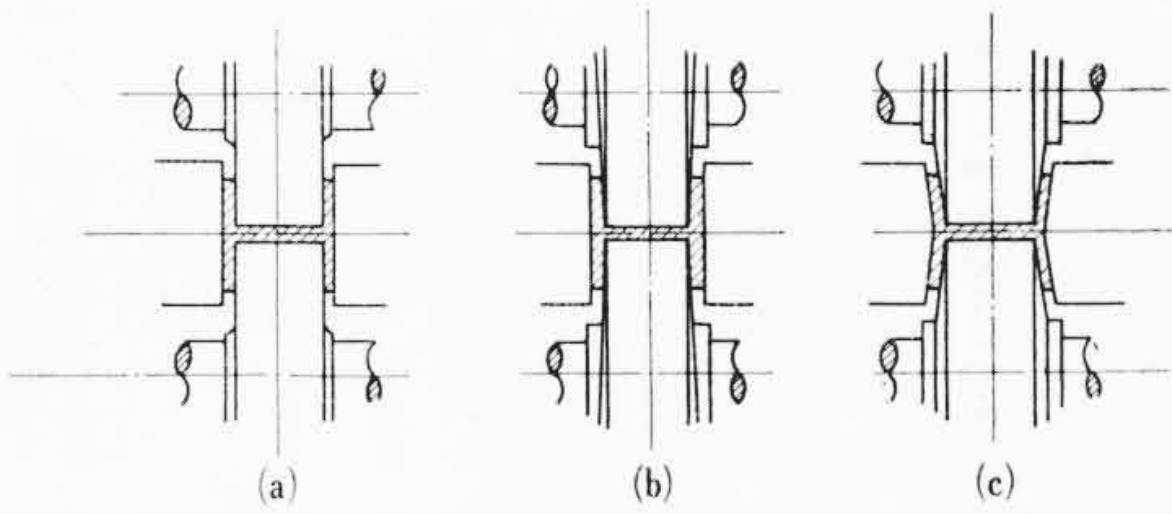
2. H 形鋼圧延設備の概要

ワイドフランジビームすなわちH形鋼を圧延するユニバーサルミルは、すでに20世紀初頭欧州において創案され、当時はまだビームのフランジは平行でなく内側に9%のテーパーを有する形状であったが、従来のI形鋼より合理的な形状の鋼材が生産された。その後、アメリカのU.S. Steel社のHomsted工場、South Chicago工場、Bethlehem Steel社のLakawana工場に大形ユニバーサルミルが操業し始め、完全に平行なフランジの形鋼が生産され、建築物

第1表 わが国におけるH形鋼圧延設備

会社名	製作年月	形 式	構成圧延機 (mm)	最大成品 (mm)	機械設備製作会社
川崎製鉄 (釜谷)	1961.10	カートリッジ式	R.U.M. 1,000φ(800φ) E.M. 800φ F.U.M. 1,000φ(800φ)	H200×200	SIEMAG
八幡製鉄 (堺)	1961.11	カートリッジ式	BL.M. 1,200φ BR.M. 1,000φ R.U.M. 1,370φ(1,000φ) E.M. 1,050φ F.U.M. 1,370φ(1,000φ)	H1,000×450	SACK-石川島
富士製鉄 (広畑)	1963.3	クロスビーム式	BL.M. 1,320φ BR.M. 1,075φ R.U.M. 1370φ(1,050φ) E.M. 1,070φ F.U.M. 1,300φ(910φ)	H1,000×450	U.E.
トピー工業 (豊橋)	1964.6	形鋼並列式	BL.M. 750φ BR.M. — R.U.M. 1,000φ(800φ) E.M. 650φ F.U.M. 1,000φ(800φ)	H200×200	日立
富士製鉄 (釜石)	1964.11 (建設中)	形鋼直列式	BL.M. (既設) R.U.M. 1,060φ(830φ) E.M. 750φ F.U.M. (既設)	H250×250	日立

(注) BL.M.=分塊圧延機 BR.M.=ブレードダウンミル R.U.M.=粗ユニバーサルミル
E.M.=エッジャーミル F.U.M.=仕上ユニバーサルミル () 内は垂直ロール径を示す



第1図 ユニバーサルミルロールの形状

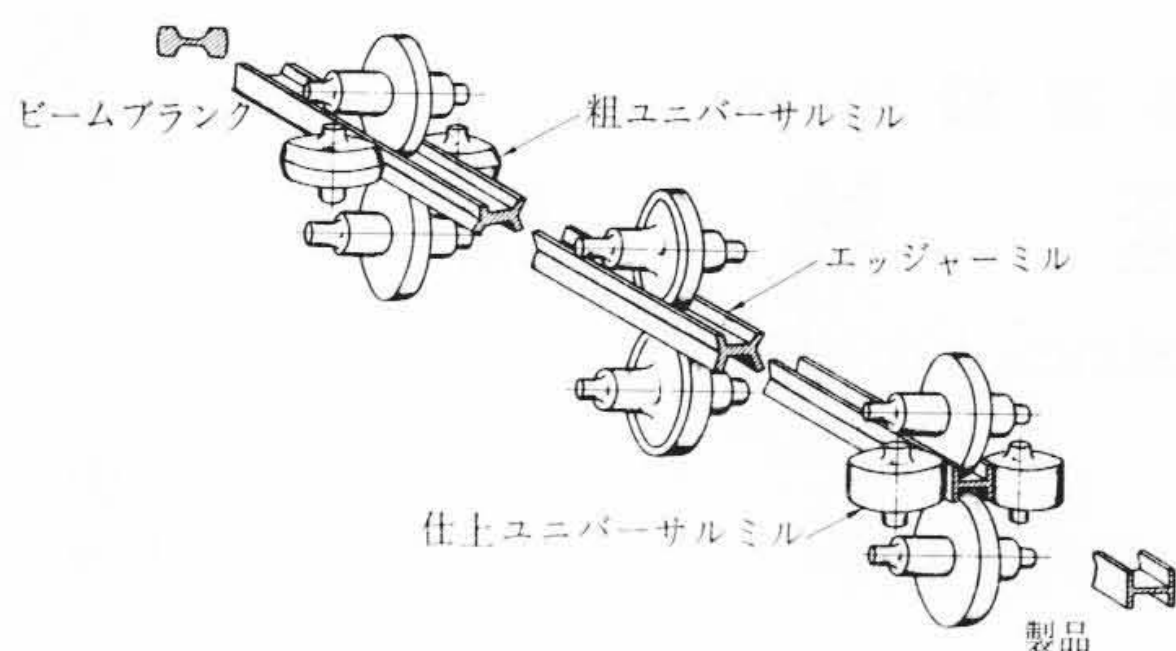
や橋梁の鋼材として広く使用されたといわれている。その後、1955年ころより急速にワイドフランジビーム専門工場の建設や既設形鋼工場の改造が実施されて、今日では世界に30工場以上もあるといわれている。

わが国でも昭和34年6月以来、八幡製鉄株式会社において大形鋼圧延機を改造して生産を開始したのを始めに第1表に示すとおり、専門工場が逐次建設された。

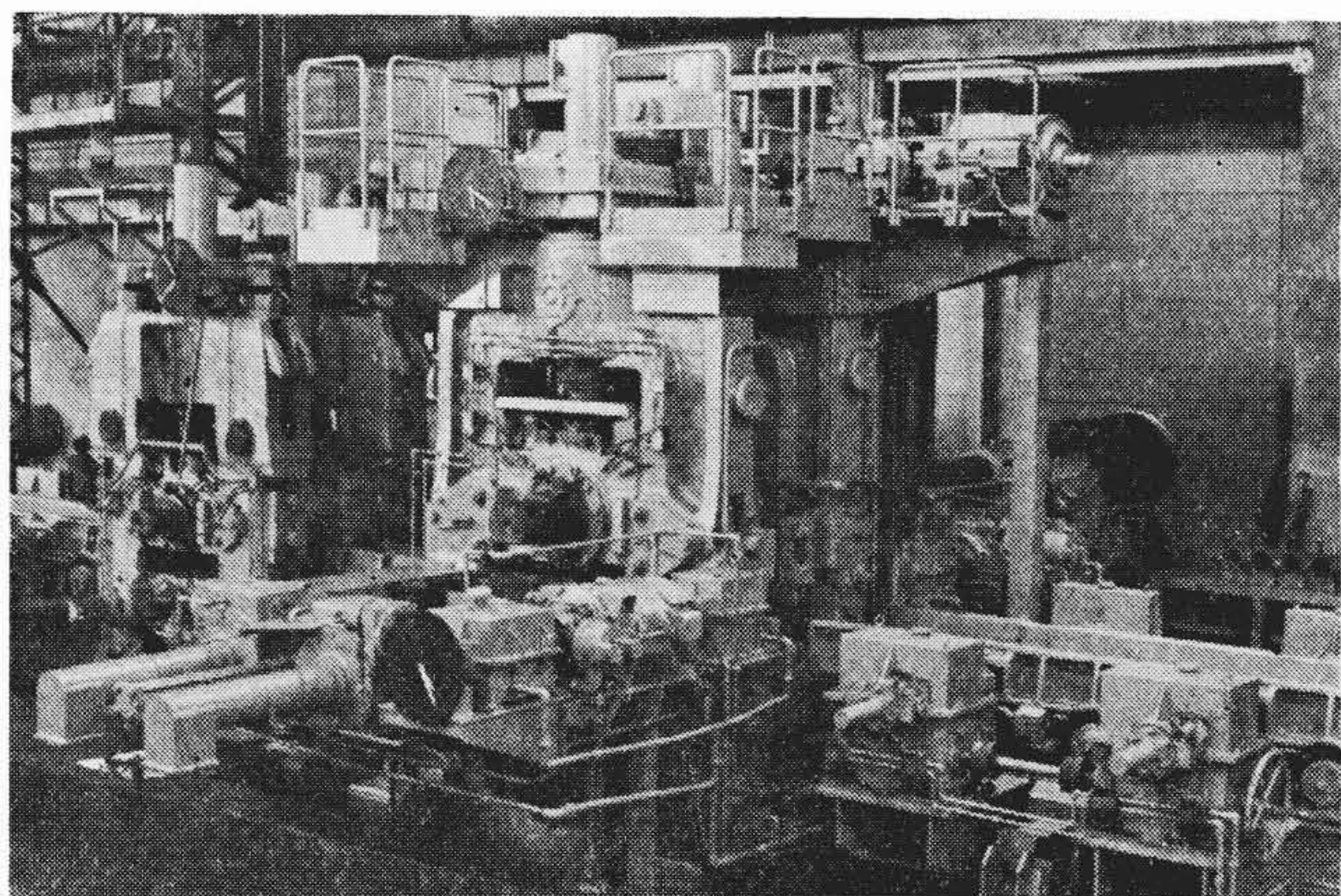
次にH形鋼圧延設備の機構配置に関連ある圧延法について簡単に述べる。

一般形鋼の圧延は孔型による方法であり、その孔型と同じ形に成形圧延するので、どうしてもフランジ内側にテーパーが残るとともに孔型の深さ(すなわち、フランジ幅)に限界があるため、広幅平行フランジの形鋼を圧延することは不可能である。これらの諸欠陥を完全に克服し、H形鋼圧延に決定的な意義を与えるミルとして、一対の垂直ロールと水平ロールとを有し、しかも垂直ロールと水平ロールの軸が同一平面にあるユニバーサルミルが創案された。このミルは一般に水平ロールを駆動し、垂直ロールは摩擦により回転する。この4本のロールは別々に加圧することが可能であり、所要の

* 日立製作所日立工場
** 日立エンジニアリング



第2図 H 形 鋼 の 圧 延



第3図 粗ユニバーサルミルおよびエッジャーミル

厚さのH形鋼を圧延することができ、広いフランジ、薄いウェブのH形鋼の圧延もきわめて容易である。

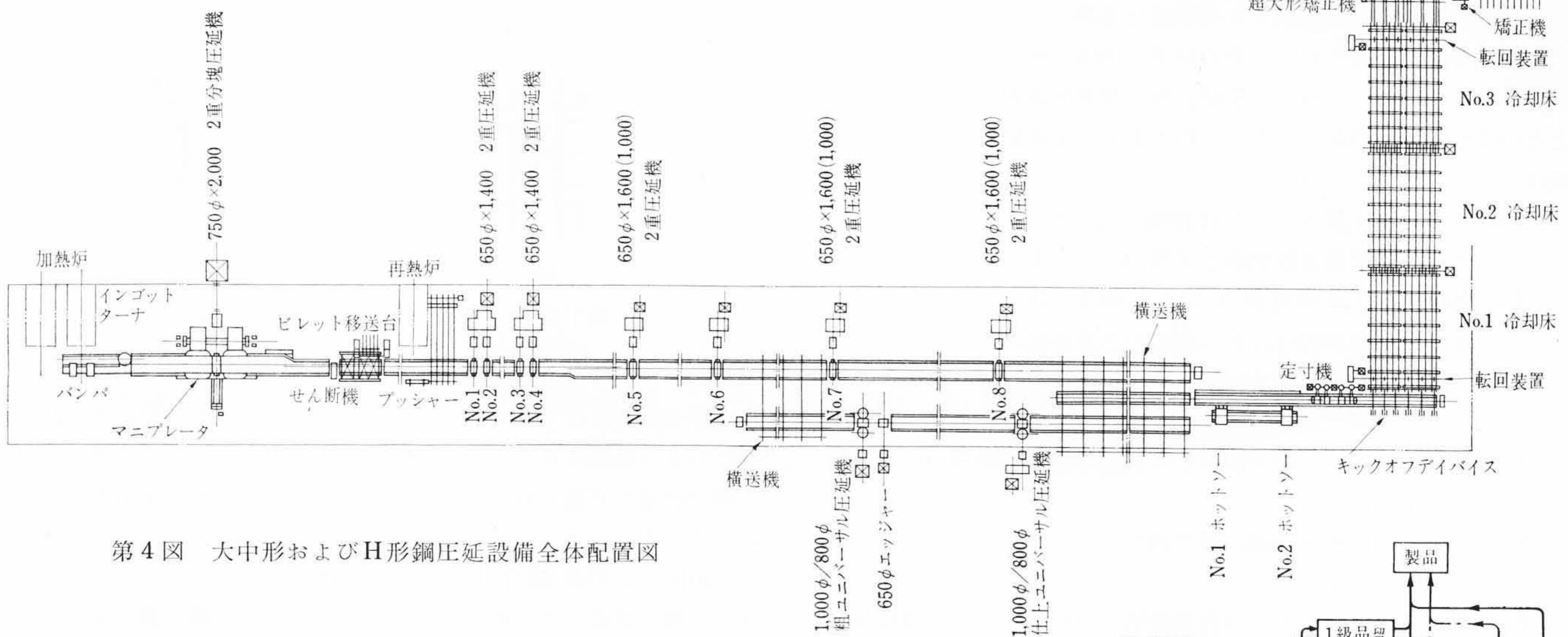
ユニバーサルミルのロール表面形状には第1図に示す3種類があ

第2表 圧 延 品 種 一 覧 表

圧 延 ラ イ ン	圧 延 品 種	圧 延 サ イ ズ
H 形 鋼 圧 延 設 備	H 形 鋼 ジュニアースタンド	100×100～200×200 150×47～300×76
普 通 形 鋼 圧 延 設 備	等 辺 山 形 鋼 不 等 辺 山 2 形 鋼 溝 形 鋼 I 形 鋼 軌 条 付 属 鋼	L 75×9～L 200×20 L 100×75×7～L 150×100×12 □ 125×65×6～□ 200×90×8 I 125×75×5～I 200×100×7 大中形リム、履板

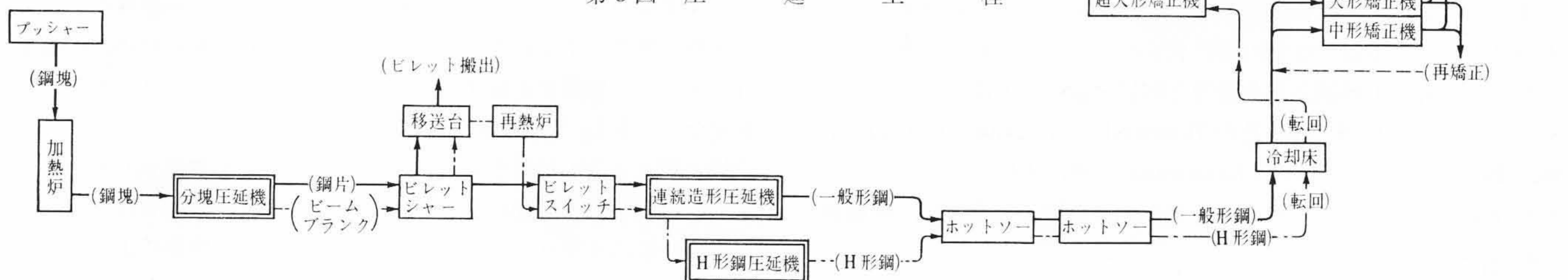
り、(a)の形状のロールを使用すると平行フランジを圧延することができるがロールの摩耗が激しい。(b)の場合はフランジの圧下には便利な形状でロールの摩耗も少ないが、フランジ内側のテーパが残る。(c)の場合はフランジの圧下にも適し、平行フランジをも作ることができるが、フランジの折り曲がりを直すため、仕上ミルに(c)を有する圧延機を組合せ設置する必要がある。

上記の (a) または (b) のロール形状のものを H. Grey 方式と呼び、イギリスの Dorman Long が代表的設備である。(c)のロールを粗スタンド、(a)を仕上スタンドに使用する方式を H. Sack 方式といい、アメリカの U. S. Steel 社の South Chicago 工場はその代表例である。本設備もこの方式を採用している。第2図は、この Sack 方式を模型的に示したものである。



第4図 大中形およびH形鋼圧延設備全体配置図

第5図 圧 延 工 程



3. 本設備の概要および配置

3.1 圧延品種ならびに生産能力

第2表は今回増設されたH形鋼設備および既設大中形圧延設備による圧延品種である。この表に示されるように昭和36年納入された大中形鋼圧延設備により生産される山形鋼、みぞ形鋼、I形鋼などの一般形鋼にH形鋼関係が付加され、広範囲の品種が圧延可能となった。本H形鋼圧延設備の圧延能力は18,000 t/月である。

3.2 配置および圧延作業

すでに、稼働中の既納タンデム式大中形鋼圧延設備に本H形鋼設備を増設し、さらにこれに伴い、精整設備および超大形矯正機を増設した。その概略配置図を第4図に示す。

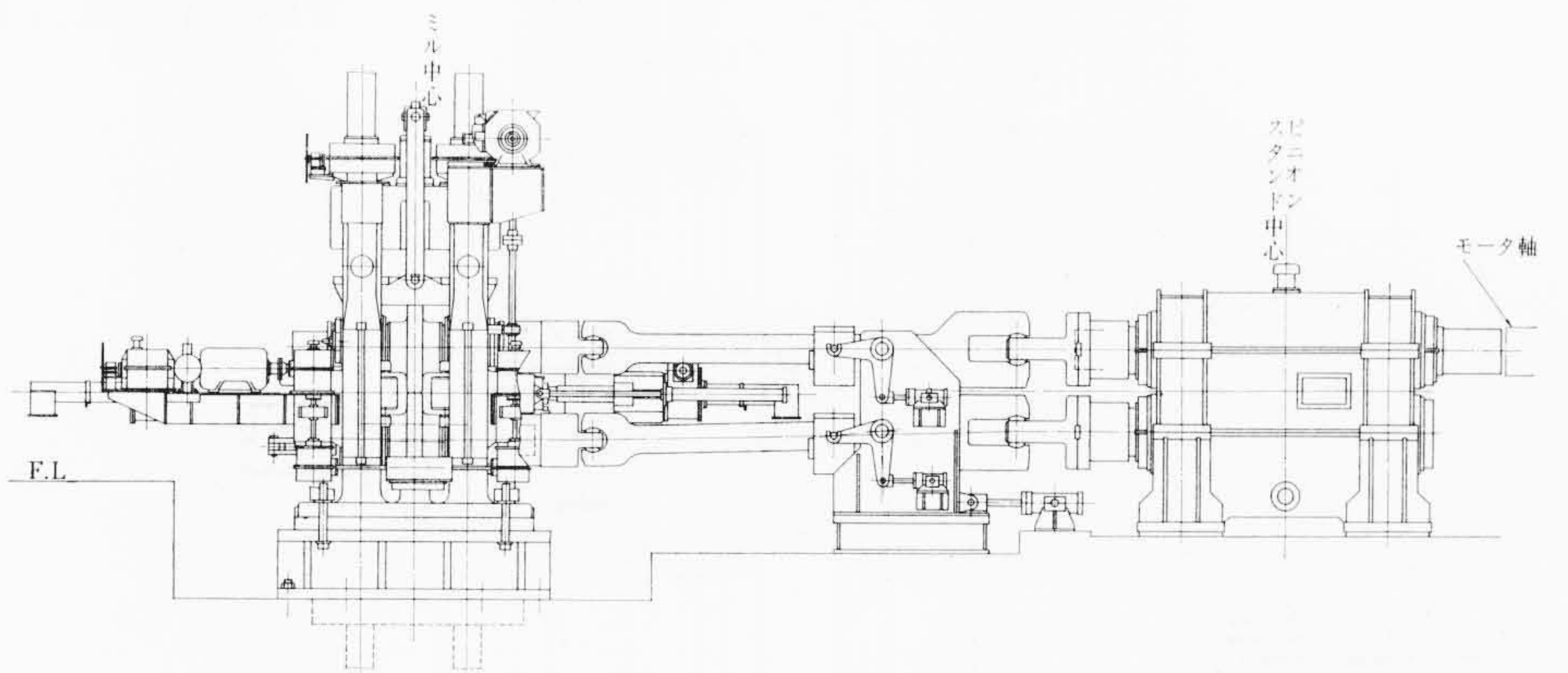
H形鋼の圧延に関して、その概略工程を述べる。鋼塊2 t (390/505×420/540×1,550), 1.5 t (340/440×370/470×1,550) および1 t (250/390×280/420×1,550) からなり、分塊圧延機にて、オープンカリバで15~21パス圧延により、ビームブランクを成形する。ビームブランクはビレットシヤに送られ、分割後移送台に乗って再熱炉に送られる。再加熱されたビームブランクは既納大中形鋼圧延機No. 1, 3, 5, 6の4スタンドを通過して圧延された後、横送機でH形鋼ラインに横送される。粗ユニバーサルミルとエッジャーミルとは3.5 mの間隔でタンデムに配置され、ここで5~11パス可逆圧延されて、仕上ユニバーサルミルに送られる。

粗ユニバーサルミルでは約20%程度の圧下に加えられ、フランジ部の圧下はウェブ部より数%多くの圧下に加えられ、エッジャーミルではフランジ幅部に対してのみわずかの圧下に加えられ成形される。垂直ロールの表面水平ロール側面には若干の傾斜がつけられていて、フランジを折り曲げた形で圧延する。したがって仕上ユニバーサルミルでは、この曲がりを直すと同時に、数%の圧下に加えられる。仕上ミルの垂直ロールは圧延材のかみ込みを容易にするため回転を与えておいてから材料をかむ機構になっている。

圧延後、所定の長さに2台のホットソーにより切断され冷却床に送られるのであるが、冷却床に送り込まれるとき、転回装置によって、Hの姿勢からIの姿勢に転回されI状態で冷却される。冷却床出口には入口と同様、転回装置があり製品を再びIから矯正姿勢であるHに戻し、今回新設された可変ピッチ片持式の超大形矯正機で矯正され、検査台に送られる。矯正された圧延材は検査台上を横送され途中に転回装置が設置されていて表、裏面ともに検査される。この検査台は2面あり交互使用により、1チャージ分ずつ自動的にかつ連続的に検査できる構造となっている。検査を終わった材料は検査台から運び出され、級別仕分装置により仕分けられる。各級別に仕分された材料は、特殊クレーンにより必要に応じた数量に堆積、搬出される。この精整設備においては材料の操作が高度に自動化さ

第3表 機器仕様一覧表

名 称	台 数	形 式	主 仕 様	備 考
加 熱 炉	1 基	3 帯式復列連続式		(他社製)
分 塊 圧 延 機	1 基	2 重 逆 転 式	ロール寸法 750φ×2,000L 主電動機 D.C. 1,860 kW	1 台 (既 設)
ビレットシヤ	1 台	電動ダウンアンドアップカット式	せん断力 320 t 刃物最大開き 280 mm せん断回数 15 回/分 電動機 A.C. 75k W	
再 熱 炉	1 基	複列ウォーキングビーム式		(他社製)
造 形 圧 延 機	8 台 中 4 台使用	2 重 開 頭 式	ロール寸法 650φ×1,400L (No. 1~No. 4) 650φ×1,400L (No. 5~No. 8) 主電動機 合計 A.C. 7,210 kW	
粗 圧 延 機	1 台	逆転ユニバーサル式	ロール寸法 水平ロール 940φ~1,000φ 垂直ロール 750φ~ 800φ 主電動機 D.C. 2,200 kW	1 台 (新 製)
エッジャー	1 台	2 重 開 頭 式	ロール寸法 650φ×660 L 主電動機 D.C. 600 kW	1 台 (新 設)
仕上圧延機	1 台	ユニバーサル式	ロール寸法 水平ロール 940φ~1,000φ 垂直ロール 750φ~ 800φ 主電動機 A.C. 1,000 kW	1 台 (新 設)
ホ ッ ト ソ ー	2 台	水平動形油圧式	のこ刃径 2,500 mm 送り速度 3~6 m/min (往) 14 m/min (戻) 主電動機 A.C. 75 kW	(既 設)
超大形矯正機	1 台	可変ピッチ片持式	ローラー本数 7 本 ローラーピッチ 900 mm~1,400 mm 主電動機 D.C. 55 kW	4 台 (新 設)



第6図 粗ユニバーサル全体配置

れ操業に必要な人員の節減を図っている。

3.3 おもな機器の仕様

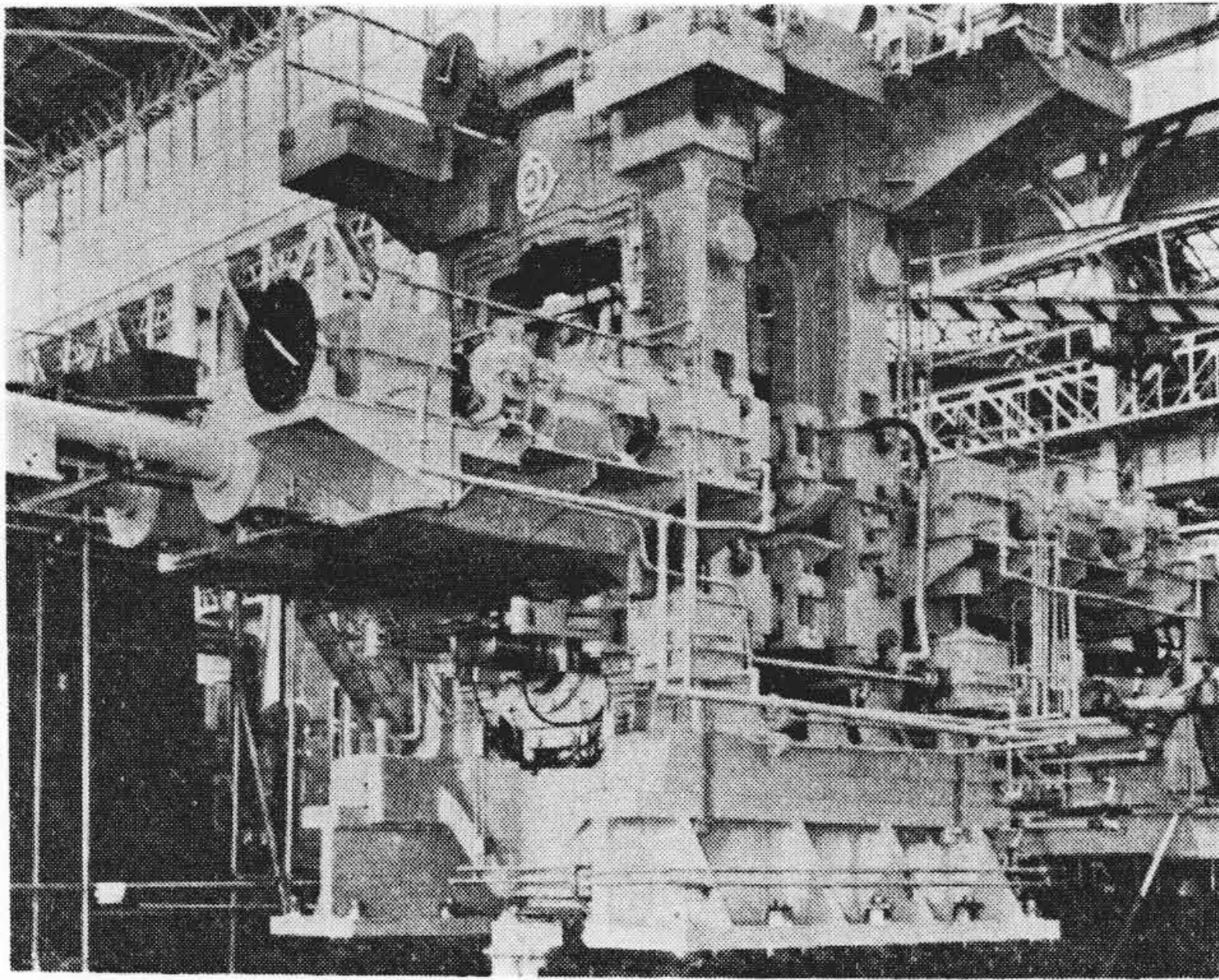
第3表はH形鋼の圧延に際して必要な既納大中形鋼圧延設備をそのおもな機器と合わせ記入されている。

4. 主要機器の構造

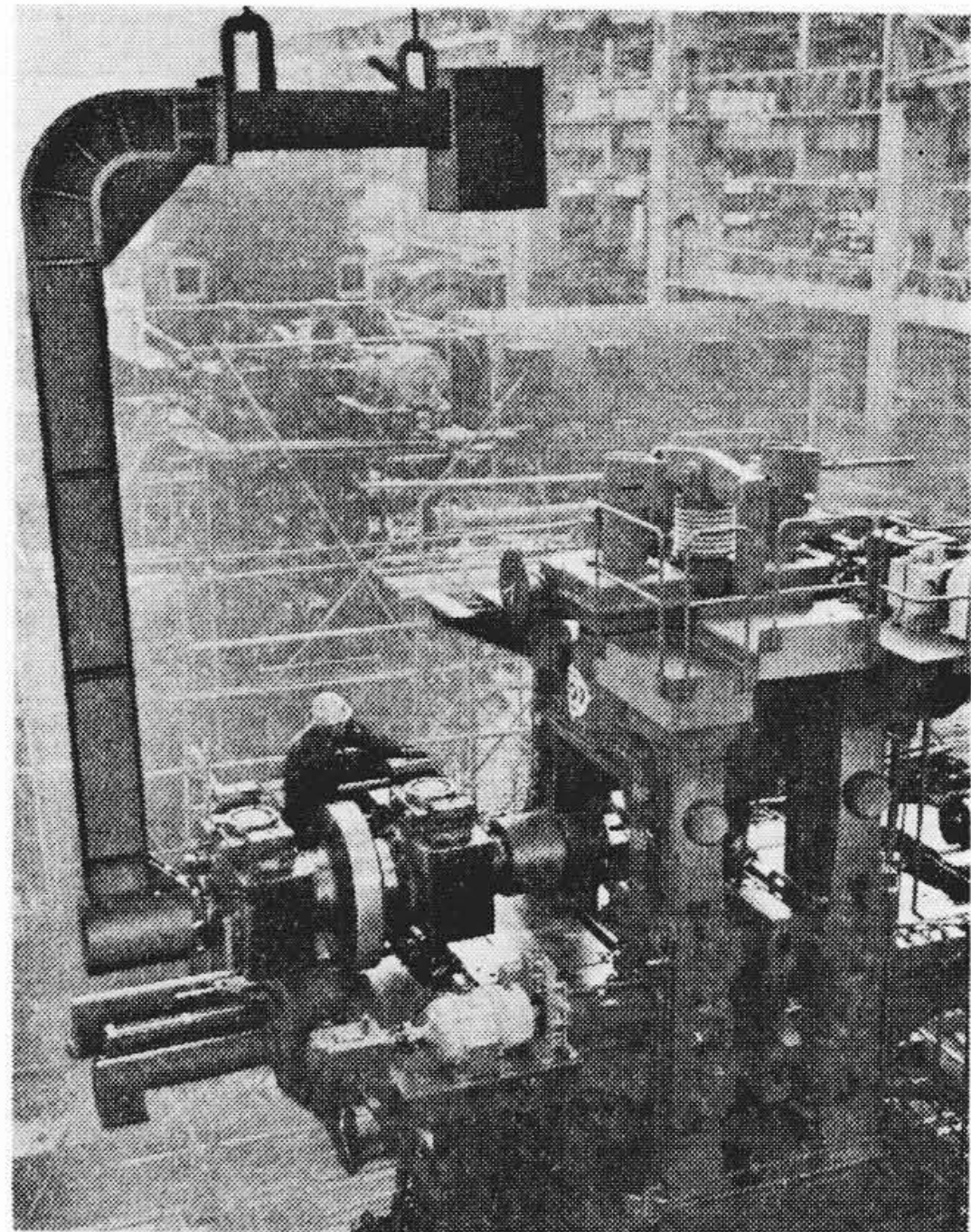
4.1 粗ユニバーサルミルおよび付属機器

4.1.1 ロール軸受

ユニバーサルミルのロール軸受部は4本のロール軸が一平面上にあり、利用可能な空間が極度に限定されるため、その軸受の選定および水平ロール径に対する垂直ロール径の比、垂直ロール面長の比などの決定は、ミル全体の大きさを左右するものであり十分な検討が必要であり、きわめて重要な問題である。本設備では、水平ロール、垂直ロールともに軸受として4列テーパローラベアリングが採用され、製品精度の向上、保守の簡便さ、軸受の寿命の問題などについて特別の考慮が払われている。特に垂直ロールはフリーロールであるので、ベアリングとしては外輪回転、垂直組込み、激しい衝撃荷重、給脂の困難、ロール冷却水の



第7図 粗ユニバーサル圧延機



第9図 ユニバーサルミル上水平ロール組替作業

平ロールの水平度，零点調整は上，下ロールが完全に連動して正確に行なわれるようになっている。また，垂直ロールも同様に左右連動され，左，右のフランジ厚みは均一に確保される。圧下速度は圧延能率を左右するとともに，圧延精度に対して大きな影響を与えるので，その選定に当たっては主電動機の逆転時間，圧延材料の操作時間，必要製品精度，電気制御精度，機械各要素の製作精度などについて，種々検討のうえ設計されている。

ユニバーサルミルにおいては，ロール締切りの危険性があり，その防止装置としてチョックと圧下スクリューとの間にクサビ式のかみ込解除装置が設けられている。圧下指示はダイヤルインジケータ，セルシン装置による遠隔指示方法が併用され，さらに C.P.C (Card Program Control) による自動圧下方式が採用されている。

4.1.4 ロール組替装置

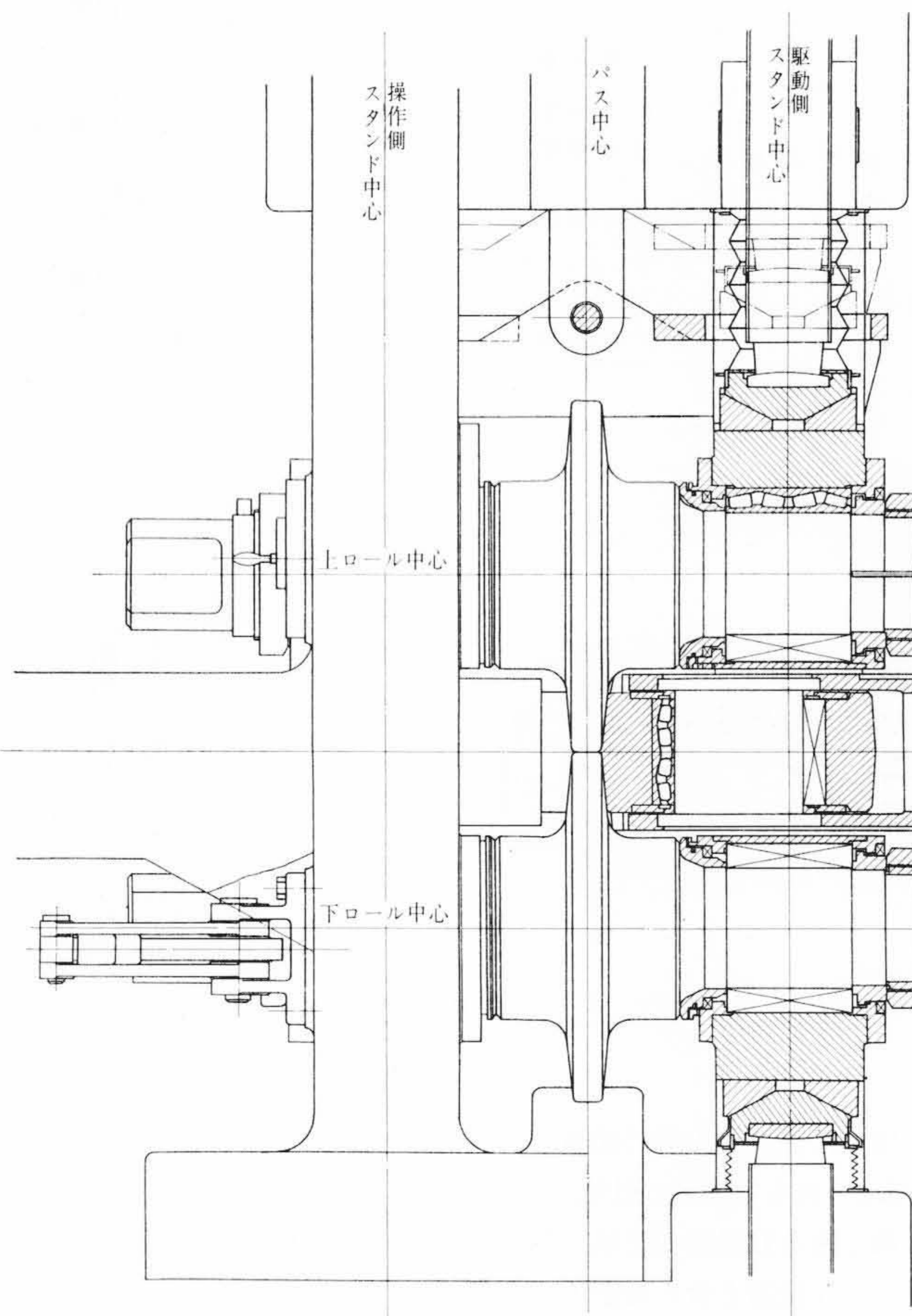
ロール組替は第9図に示す2点支持式のCフックにより行なわれる。クレーンの主巻と補巻とで組替作業が行なわれるため，ロールをつる場合，水平に保つことが容易であり，特にユニバーサルミルで最初につり出す，上ロールの組替において，その空間が狭いにもかかわらず簡単に組替作業ができる。エッジャーロールの組替に際しては，アダプタを用いて同一のCフックで作業する。また，ユニバーサルミル，エッジャーミルともスピンドルにはプルバック機構が採用され，油圧によりロール側カップリングとの着脱が行なわれ，ロール組替を便ならしめている。

本ユニバーサルミルでの組替順序は上水平ロールをCフックで，左右垂直ロールをクレーンで，最後に下水平ロールをCフックで組み替える。

なお，ロール組替方法についてはカートリッジ方式，クロスビーム方式，スタンド組替方式，Cフック方式などがあるが，本設備では既設備との関係，経済性など考慮し，Cフック方式を採用している。

4.1.5 ガイド関係

第10図はユニバーサルミルガイド，中間ガイド，エッジャーミルガイドの関係を示したものであるが，ミル出，入口ガイドは



第8図 ユニバーサルミル軸受組立図

浸入防止困難などの悪条件が重なっている。なお，粗スタンドではロール表面に傾斜があり，左右ロールのベアリングの軸方向すき間の不均一が左右ロール中心の高さの差となり，製品形状に影響するためバラツキの少ないベアリングが要求される。したがって，この垂直ロール用ベアリングには各方面から十分な検討が加えられた。第8図はロール軸受部の断面図を示す。

4.1.2 圧下装置

圧下装置としては各ロールとも，それぞれ別個に圧下できるように4セットの圧下装置が設けられ，水平の上下ロール圧下はシフター式ギヤーカップリングで連動され，また垂直の左右ロール圧下もシフター式ギヤーカップリングで連動されているので，水

上下にウェブガイド、左右にフランジガイドを設け、ウェブ上下面、フランジ外面をガイドする。フランジガイドの中央部は垂直ロール用軸受箱に取り付けられ、ロールと連動する機構となっている。ユニバーサルミルとエッジャーとの間の中間ガイドには、上下でフランジ耳部を、左右にフランジ外面をガイドするサイドガイドを設け、4枚の板ガイドでもって箱形を成形する。

ミル出、入口のウェブガイドはストリップの先端がロールに接触し、常にロールの上下動に追従する機構で、このストリップが特殊構造のガイドボックスに取り付けられる。このガイドボックスはレストバーを動かすことなく高さの調整ができる。ガイドボックスはユニバーサル、エッジャーともに互換性を持つように考慮されている。ミルサイドガイドは組込み後、調整する必要のない構造となっていて、ガイドの調整時間の短縮と適確なセットに便ならしめるよう工夫されている。

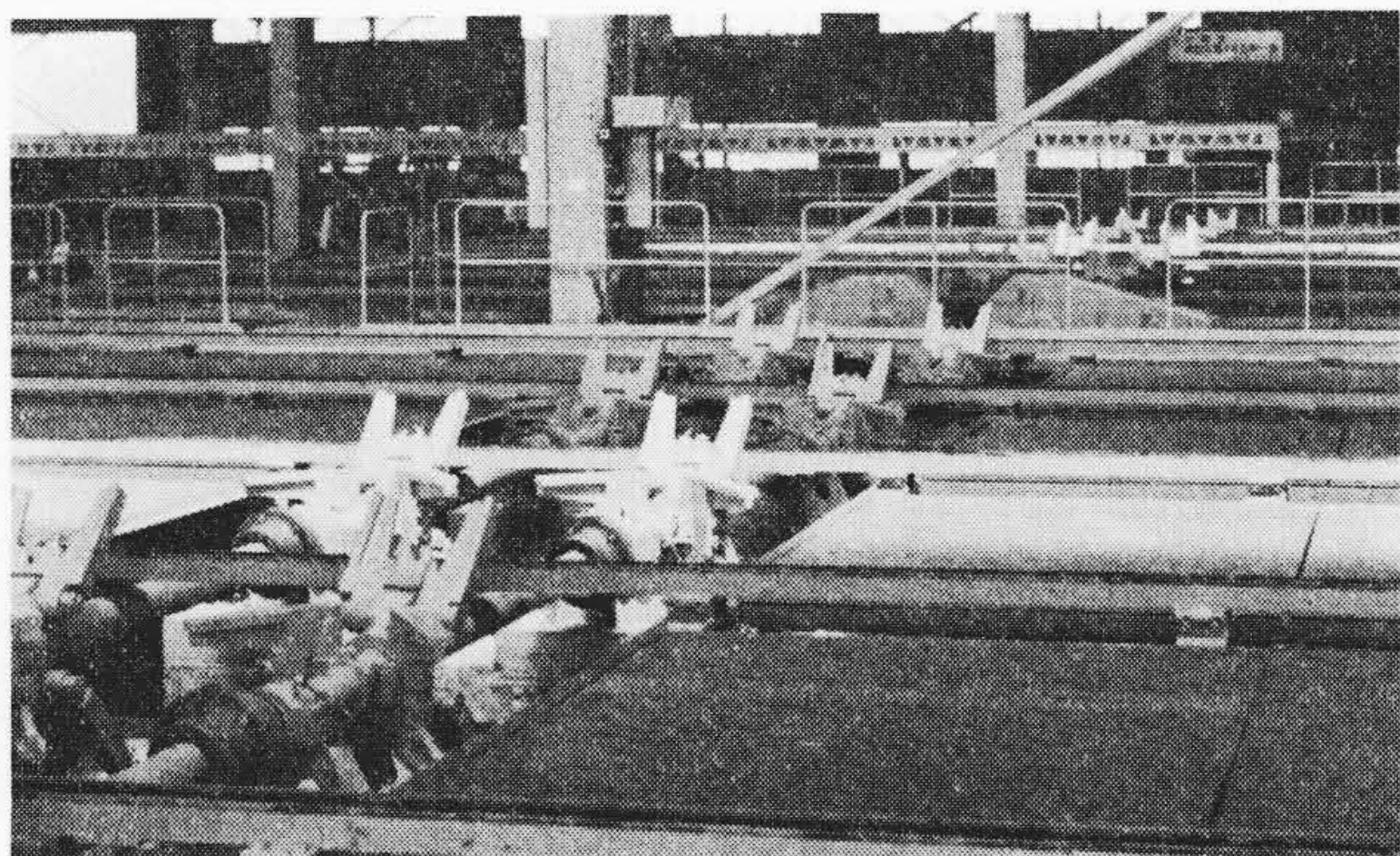
中間ガイドは圧延前セットするのみであるが、ミルウェブガイド、中間ガイドとの相対関係について種々検討が加えられており、その成果があがっている。

4.2 エッジャーミル

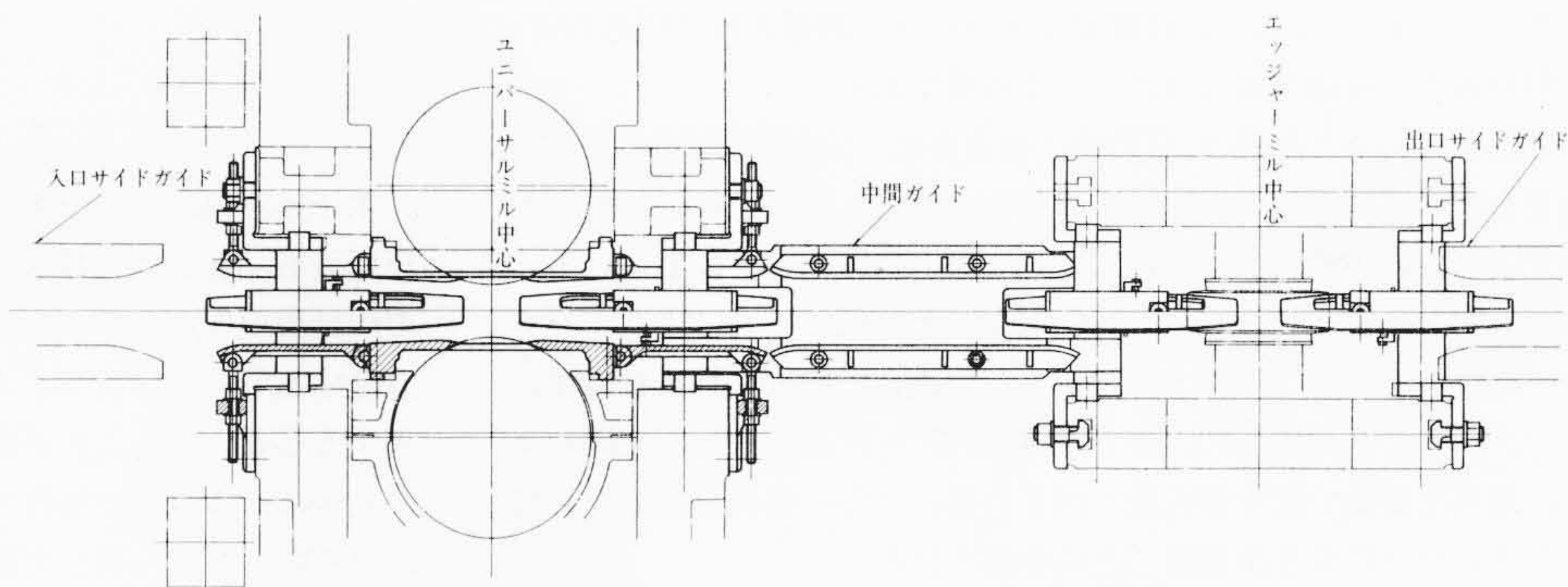
エッジャーミルは、従来の2重可逆式と同様の構造である。ロール軸受には4列テーパローラベアリングを採用した。エッジャーミルでの圧延はフランジの幅方向の圧延のみであるが、ユニバーサルミルと3.5mの距離をおいてタンデムに配置されるので、主電動機はスピードマッチのため、ユニバーサルミルの圧下量補償、相互のロール径補償、ドループング特性と許容張力値、加減速特性などについて十分な検討が行なわれ、その容量、回転数などが決定されている。

4.3 仕上ユニバーサルミル

仕上ユニバーサルミルは粗ユニバーサルミルとほとんど同じであるが、相違点としては、まず圧延が1パスのみの一方向圧延であるため各ロールは圧延前、セットすれば圧延途中にてほとんどセット調整する必要がないことである。また圧延材の温度降下が激しくかみ込み時の抵抗が大きくて、かみ込みが困難になることが考えられるので、あらかじめ垂直ロールを回転することが望ましい。そのため油圧機構により垂直ロールを水平ロールにタッチさせ垂直ロールを回転させることができる構造となっている。なお垂直ロールは圧延材のかみ込み直前に所定の位置まで戻され圧延を行なうようになっている。



第11図 検査台付近の転回装置



第10図 粗スタンド群のガイド関係図

4.4 チルチングテーブルおよびサイドガイド

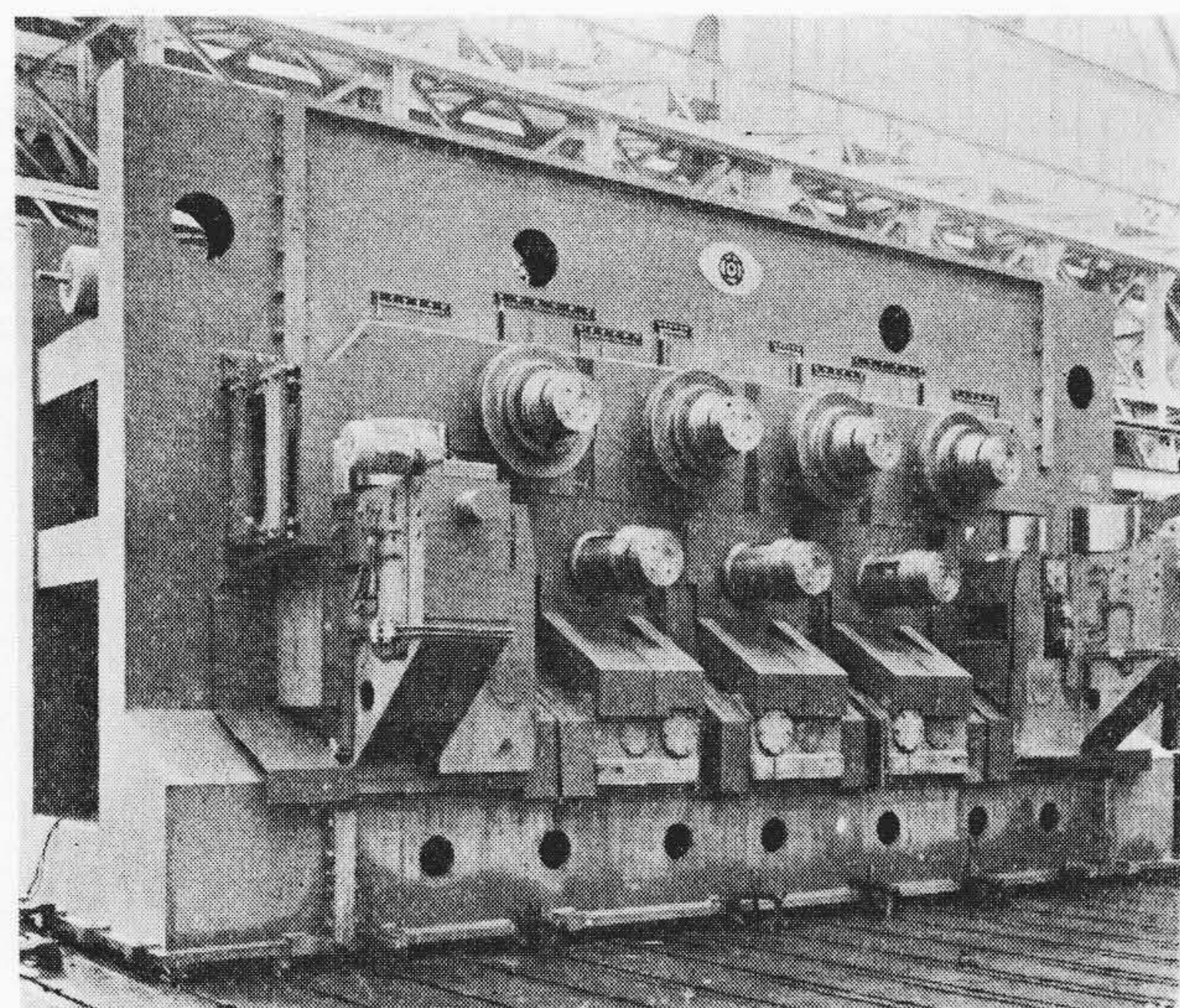
粗ユニバーサルミル前面、エッジャーミル後面および仕上ユニバーサルミル前面にチルチングテーブルが設置され、圧延品種によってはミル側を片持ち上げ、延長テーブルとミルのパスラインを合わせるようにしてある。

粗ユニバーサルミル前面、エッジャーミル後面のチルチングテーブルには電動式サイドガイドが積載されており、各パスごとにその開き量を調整して圧延材を常にロール中心に導くようにしてある。仕上ユニバーサル前面のチルチングテーブルにもサイドガイドが積載されている。

4.5 精整設備および超大形矯正機

前にも述べたが2台のホットソーで定尺に切断された製品はキックオフデバイスで冷却床に送り出された後、H状態からI状態にする装置で転回される。この装置は電動回転軸に回転羽を取り付ける方式のもので、回転羽の回転アーム長さを容易に数段階に変えることができ、製品寸法により最適のアーム長さにする。この回転羽のアームの長さは自由にかつ簡単に調整できるので、回転中に圧延材がアーム上をすべることなく方向をかえることができる。

冷却床において冷却された圧延材料は、次に矯正機に送りこまれるが、本設備のように、広範囲の形鋼を効果的に矯正するには、製品寸法に適したローラピッチで矯正する必要がある。そのため、H形鋼設備の増設に伴い、可変ピッチ片持式の大形矯正機が設置された。本矯正機は上ローラ4本が直流電動機により各個駆動され、下ローラ出入口ガイドローラとともにモータでピッチが調整される。ローラの取り付けには特殊締付ナットとリング機構が採用され、ローラの交換が簡単であり、かつゆるみどめに対しても新しい工夫が



第12図 可変ピッチ矯正機

なされている。出、入口には縦ガイドローラが設置されているので、材料の送りこみ送り出しはきわめて円滑である。

矯正を終わった材料は、自動的に検査台に一定間隔で横送される。検査台中央には回転羽式転回装置 2 台が直列に設置され、材料を 1 個ずつ完全に 180 度転回させ、その表裏の検査を容易にしている。また転回を必要としない時は回転羽を完全に倒すことにより、パスラインから下に逃げるができる。検査台で級別された材料は、テーブルにより運搬され、横送機およびストップ式転回装置により、適当な姿勢で仕分場に送り出される。さらに特殊電磁石を装備したクレーンにより所要数ごとに堆積される。

以上のように精整設備関係についても、まったく新しい方式が各所にとり入れられ、能率のよい作業が行なわれるようになって

いる。

5. 結 言

本圧延設備は国産第 1 号の記録的設備であり、それがわずかの試圧延後製品としての H 形鋼が順調に生産されていることは、わが国の圧延機製作ならびに圧延技術水準が欧米諸国と同等であることを立証するものであって、これによりこの種圧延設備は、外国より輸入する必要のないことが明らかになった。

最後に、本設備の製作の機会を与えられ、設計製作より営業運転に至る間、終始一貫して熱意あるご指導、ご援助をいただいたトピー工業株式会社およびトピー工業株式会社豊橋製鋼所関係各位に対し厚く感謝申しあげる。



新 案 の 紹 介



登録新案 第 727138 号

田 上 八 十 次

空気バネ台車用制動圧力可変荷重弁装置

この考案は、制御膜板ピストンの足と供給弁および排気弁管を具備する荷重制御膜板ピストンの足とを、てこの両端に回転自在に連結し、てこの支点ころを空気バネ圧力に応じて移動するピストンに連結し、かつ運転中の振動による空気バネ圧力の変動を支点ころに伝達しないようにしたダッシュピストンを設けたことを特長とする空気バネ台車用制動圧力可変荷重弁装置である。

制御弁よりの制御圧力が通路 9 を経て膜板ピストン室 7 に供給されると、制御膜板ピストン 6 は押し下げられ足 5 はてこ 35 の右端を押し、てこ 35 は支点ころ 32 の頂点を支点として足 11 を押し上げる。したがって排気弁管 12 は戻しバネ 19 に抗して供給弁 20 を押し開き、通路 17 を経て弁室 18 に導かれた元圧力空気は、膜板ピストン室 14 より通路 16 を経て中継弁または制動筒に供給される。この圧力は、足 5 に与えられた膜板ピストン室 7 の圧力に対しててこ 35 が支点ころ 32 の頂点を支点とするてこ比に応じた圧力であって、膜板ピストン室 14 がこの圧力に達すると、供給弁 20 は戻しバネ 19 により閉弁し排気弁管 12 は供給弁 20 下面に密着したままとなり、膜板ピストン室 14 にはこの圧力が保圧される。膜板ピストン器 7 内圧力が減圧されるとてこ比による足 5 のてこ 35 に対する押力が足 11 の押力より小となり、排気弁管 12 は供給弁 20 下面より離れ、膜板ピストン室 14 およびこれに通ずる中継弁または制動筒圧力は排気弁管 12 より下部膜板ピストン室 15 および通路 10 を経て排出され、したがって膜板ピストン室 7 内圧力に対して膜板ピストン室 14 内圧力は常にてこ比に応じて一定圧力に保持され、制動全域に作用する。

てこ 35 の支点となる支点ころ 32 の位置は、ピストン棒 30 で直結されたピストン 21 とともに変位するもので、空車時においては加減ばね 24 は通路 22 を経てピストン室 23 に導かれた空気ばね圧力と均衡してピストン 21 は左端の位置に保たれ、支点ころ 32 がてこ 32 の中心に位置した場合、膜板ピストン室 7 と 14 とは同圧に保たれる。空気バネ圧力は荷重の増加に応じて高くなり、加減ばね 24 を圧縮して支点ころ 32 を左方に移動せしめ、満車時においては加減ばね 24 は全圧縮され、この場合のてこ比に応じて膜板ピストン室

14 内の荷重制御圧力は膜板ピストン室 7 内圧力に対する最高値に確保される。

前台車と後台車との空車時の荷重の相違に対しては、低荷重側を基準とし、また空気バネ径の相違による空車時と満車時とのバネ圧力差に対処する場合および任意の荷重ブレーキ率制御を行なわんとする場合は、それに応じて加熱バネ 24 の剛性を選定すればよい。運転中における空気ばね圧力変動に対しては、ダッシュピストン部によって緩衝されるから、ブレーキ率に変化を及ぼすことはない。

この考案によれば、荷重対応のブレーキ率が制動全域にわたって制御され。空気ばね径の大小による満車および空車時の空気バネ圧力差ならびに空車自重の大小にかかわらず任意の制動曲線が加減ばね剛性の交換により容易かつ正確に選定され、空気バネ圧力変動に対する緩衝機構は簡単に付加でき、構造が簡易化される効果がある。

