

日本鉱業株式会社納め ザイール鉱山開発株式会社向け

2,400kW スキップ, 1,300kW ケージ立坑巻上設備

2,400kW Skip and 1,300kW Cage Winders for Vertical Mine Shoft Supplied to Nippon Mining Co.,Ltd.(Compagnie De Developement Minier Du Zaire)

The Mushoshi Mine of the Republic of Zaire (AFRICA), which started operation in October, 1972, was developed by Japanese copper mining companies headed by Nippon Mining Co. in their first attempt at overseas developing activities. The hoisting equipment for service at its main shaft about 620 meters deep was delivered from Hitachi, Ltd. With its huge capacity of 140,000 tons/month, the equipment is used for the systematic transportation of ores (by skip), personnel (by cage), mining equipment and the like, chiefly on an automatic operation basis.

高原 健* Takashi Takahara
早川 清* Kiyoshi Hayakawa
大谷 大* Hiroshi Otani
市川博昭** Hiroaki Ichikawa
荒木 律** Tadasu Araki

1 緒 言

本鉱山は急増する銅需要に応ずるため、わが国の海外自主開発の第1号として日本鉱業株式会社をはじめとする産銅各社が協力して、アフリカ・ザイール共和国 ムソシ地区に開発されたものである。

この鉱山設備の一環として今回日立製作所が納入した立坑巻上機設備は、出鉱量140,000t/月と、国内記録品に比べ約3倍にも及ぶ大規模なもので、地下620mからシステム化された自動運転を主体に、鉱石、人員、機械、ずりなどの運搬を行なうもので、昭和47年10月好調に稼(か)動を開始し、その優秀性が実証されたので、ここにその全容を紹介して批判を仰ぎたい。

2 設備の概要

本立坑巻上機設備は図1および図2に示すように、鉱石運搬用スキップ巻上設備と、人員、機材、ずり運搬用ケージ巻上設備の2系統から成る複式立坑で、巻上機は速度制御は、ワードレオナード方式を採用し、直流発電機の界磁制御にはサイリスタを使用した。

本設備の基本条件および納入範囲は表1に示すとおりである。

3 機器の仕様

おもな機器の仕様は、表2に示すとおりである。

4 機器の構造

4.1 2,400kW スキップ巻上機

本機は図3に示すとおり、1本ロープケーベ形巻上機で、巻上機本体、制御装置、制動装置、運転デスクおよび電気設備から構成され、積込み設備と連動した連続全自動運転、1/2サイクル自動運転、手動運転、低速立坑点検運転および停電時のバッテリー非常運転が可能で、特に次の特長を有している。

(1) 巻上機本体

本機は摩擦駆動式ケーベ形巻上機であるため、特にロープ

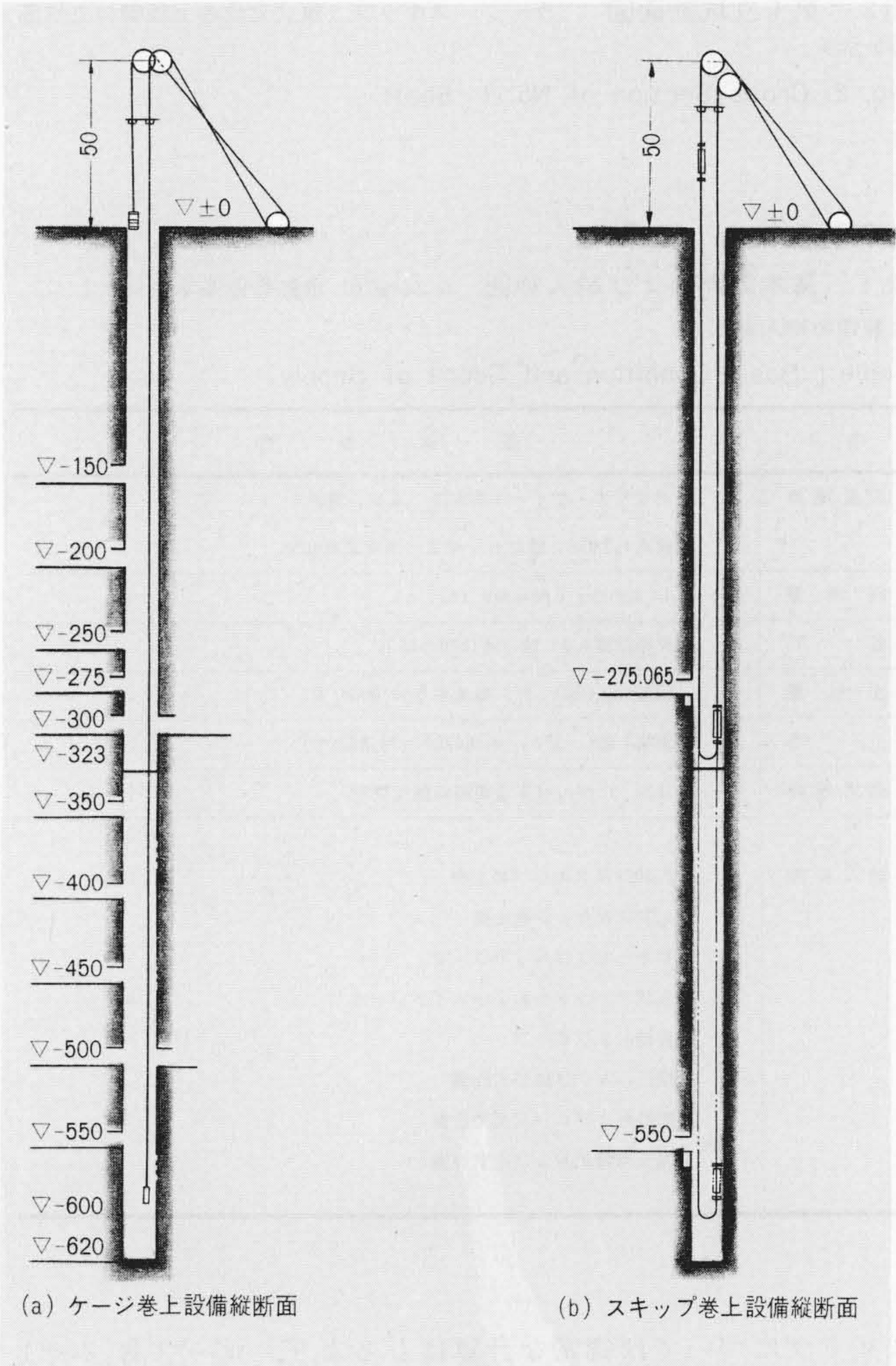


図1 第1立坑縦断面図 ケージ、スキップ、複式立坑巻上設備の立坑縦断面を示す。

Fig. 1 Longitudinal Section of No. 1 Shaft

* 日立製作所亀有工場 ** 日立製作所大みか工場

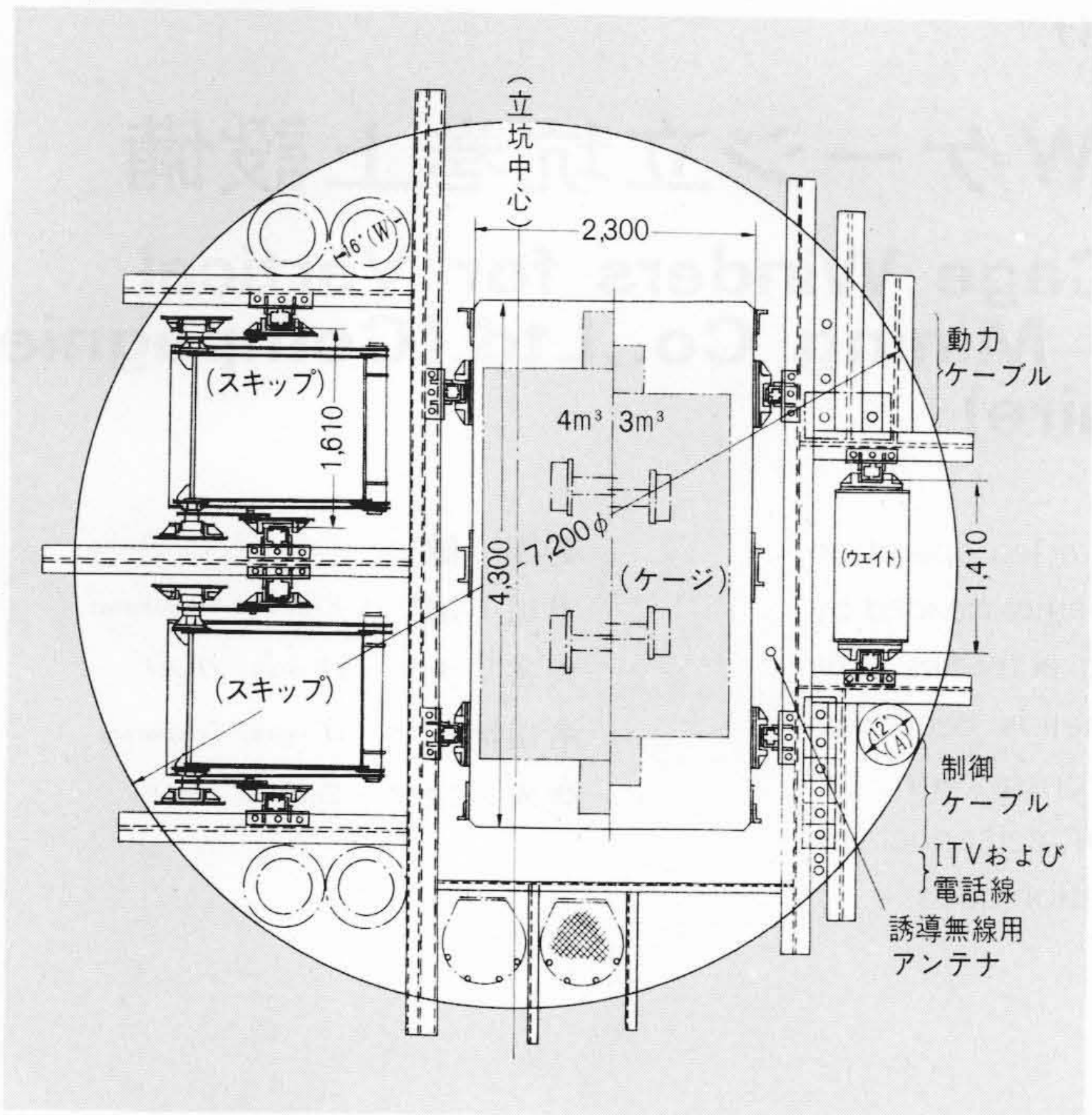


図2 第1立坑断面図 ケージ、スキップ、複式立坑巻上設備の立坑断面を示す。

Fig. 2 Cross Section of No. 1 Shaft

表1 基本条件および納入範囲 ムソシ鉱山, 出鉱計画基本条件および日立製作所納入範囲

Table 1 Basic Condition and Scope of Supply

項目	基本条件
設置場所	アフリカ・ザイール共和国 ムソシ地区 標高1,330m 温度0～40℃ 湿度最高80%
埋蔵量	11,000万t, 銅品位2.1%
鉱石	見掛比重1.7 塊寸法152mm以下
出鉱量	粗鉱140,000t/月, 掘進すり50,000t/月
立坑	直径7.2m 深さ, 当初420m (将来620m)
適用規格	JIS, JEM, 日本金属鉱山保安規則
納入範囲	2,400kW スキップ巻上機 1基 1,300kW ケージ巻上機 " やぐらおよびヘッドシーブ " 立坑内バントンおよびガイドレール 一式 搬器およびロープ " 積込みおよび積替え設備 " 搬器およびロープ交換設備 " 同上用電気および圧気設備 "

スリップについては綿密な計算はもとより、ロープ溝(みぞ)部には国内はもちろん、ドイツ、フランスなど諸外国から取り寄せた供試材を日立製作所独特の摩擦係数試験機で実験したデータに基づき、摩擦係数大で、耐摩耗性、耐抗性が良く、かつ油、水などの外的条件に対しても摩擦係数の変化が少ない塩化ビニル系特殊ロープライニングを使用している。

なお、現地試験結果においても、計算スリップ限界加減速度でスリップのないことを確認済みである。

表2 機器の仕様 日立製作所納入分のおもな機器仕様をスキップ巻上設備とケージ巻上設備に分け示す。

Table 2 Particulars

項目	スキップ巻上設備	ケージ巻上設備
運搬能力	140,000t/月	50,000t/月
運搬方式	2 スキップ, バランス巻	1 ケージ, 1 カウンタウエート, バランス巻
用途	鉱石運搬用	人員, 機械, すり運搬用
形式	1 KS-NPAP (1本ロープケーベ形巻上機)	SD-NPAP (単胴複巻形巻上機)
ロープ張力	当初36,400kg (将来38,900kg)	当初32,000kg (将来35,000kg)
不平衡張力	" 12,200kg (" 13,000kg)	" 13,700kg (" 16,500kg)
ロープ速度	" 10m/s (" 12.5m/s)	7.1m/s
ドラム寸法	直径6,000×幅1,230×つば径6,020 (mm)	直径5,200×幅5,000×つば径5,600 (mm)
ロープ寸法	主: 直径60mm	主: 直径58mm
構成	構成, 195+8×F(a+10)A種	構成: 6×F { (3×2+3)+12+15 } B種
	テール: フラット形 厚さ33mm×幅170mm	
	構成: 8× { A+4(a+5+11) }	
巻上距離	当初308.6m (将来583.6m)	当初403m (将来603m)
制動機	主: ドラム用, 下方支点ポスト形圧気操作式	主: 同左 (無衝撃制動装置付)
	補助: 電動機軸継手用, 下方支点ポスト形圧気操作式	補助: 同左 (")
	非常: 主制動機兼用	非常: 主制動機兼用および同上 (")
減速歯車	1段減速 (やまば歯車)	2段減速 (1段めやまば, 2段め平歯車)
深度計	運転デスク組込(位相修正装置付)	運転デスク組込
運転デスク	1本ハンドル, 自動手動切換ハンドル, 非常ハンドル, 深度計, 計器, スイッチ, 表示灯付	同左のほか, 通信装置, スキップ巻上設備用テレビ監視装置付
電源	交流: 3,000V 50Hz 三相	同左
電動機	直流: 2,400kW 400rpm (将来500rpm)	直流1,300kW 600rpm
制御方式	ワードレオナード方式	同左
保安装置	所定位置および全域速度監視	同左
運転種類	連続自動運転 (積込設備連動)	自動運転 (積換設備手動)
	1/2サイクル自動運転 (積込設備手動)	手動運転 (")
	手動運転 (積込設備手動)	立坑点検運転 (クリーブ速度)
	立坑点検運転 (クリーブ速度)	非常運転 (停電時の非常人員脱出)
搬器	非常運転 (停電時のバッテリー運転)	バッテリー運転
	形式	2段デッキ形ケージ (ストッパおよび無線器付)
	積載量	容量: 7.7m³ 重量: 13,000kg
	ガイド	鋼製ボックス形, 側面2本ガイド式
付帯設備	ガイドローラ	ソリッドゴムタイヤ形3ローラ式
	つり金具	クレムカウシエ形
	自重	15,500kg (付属品付)
	カウンタウエート	鋼板積層形, 自重18,900kg
積込および積替設備	フィーダ形2元計量式積込設備	定置形圧気操作式積替設備
		圧気式立坑とびらおよびジャンクションレール
		圧気式油圧ダンパ付カー ストッパ
	電子式計量機 秤(ひょう)量13,000kg	圧気式カーブッシャ
付帯設備	圧気式ホッパおよびシュート	圧気式カーブッシャ
		電動式カー プーラ 能力3m³実車1車
付帯設備	やぐらおよびヘッドシーブ	やぐら: 形式 R形 (片控え脚やぐら) 高さ 66mm 用途 スキップ, ケージ巻上機兼用
		ヘッドシーブ: 形式 形鋼鋼板製二つ割 直径 5,600mm

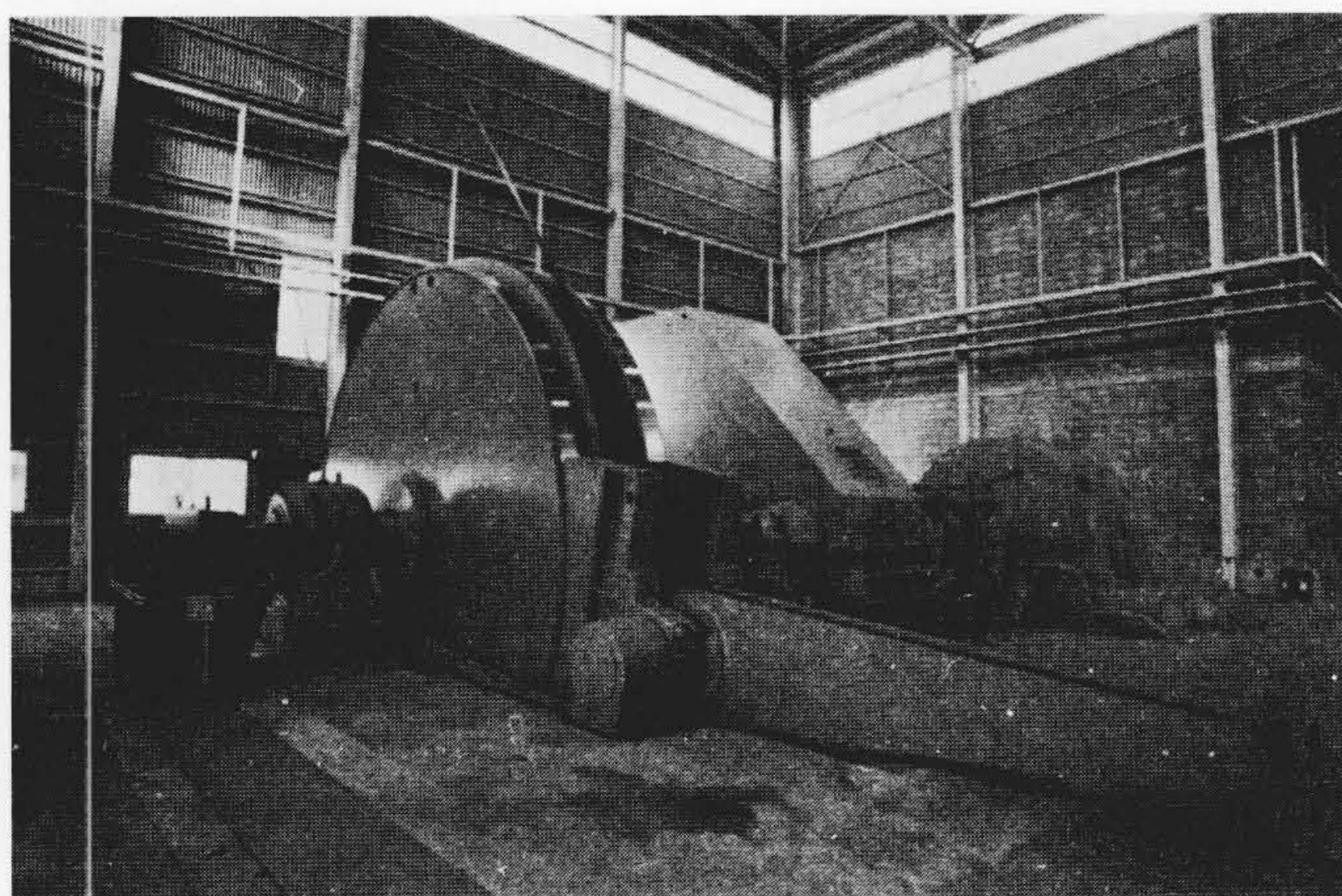


図3 2,400kW スキップ巻上機 ドラム直径6,000mmの1本ロープケーベ形巻上機を示す。

Fig. 3 2,400kW Winding Machine

(2) 制御装置

本装置は図4に概略図を示すとおりで、あらかじめ決められた計画運転プログラムどおりに運行させるための主要装置である。なお本機は、摩擦駆動方式の特性上、ロープとケーベドラム間にはクリーピング現象による位相ずれは避けられ

ないため、制御カム、深度計などにずれが生じた場合は自動的に修正される位相調整装置を備えている(1,300kW ケージ巻上機もほぼ同様)。

(3) 制動装置

本装置は、圧気を動力源としたポジティブ形常用制動機と、故障または危険時に急速制動させるネガティブ形非常制動機の2系統から成り、きわめて安全確実で速応性の良い日立速動形ブレーキエンジンを採用している。

(4) 運転デスク

本デスクは図5に示すとおり、1本ハンドル、非常ハンドルおよび自動、手動切換ハンドルの運転ハンドルをはじめ、深度計、計器など運転操作に便利よう整然と配置されている。前述した1本ハンドルは、ブレーキ操作とコントローラ操作を組み合わせた日立製作所独特な機構で、手動運転操作が簡単でしかも高度な安全性が確保されている。

(5) 電気設備

本機は鉱石運搬用のため特に計画運搬能力を確保する必要があるため、積込み設備と連動した完全自動化を図るとともに高度な速度制御が要求されたので、規定運転プログラムどおり運行されるワードレオナード方式電気設備を採用している。

(a) 速度制御

本機はサイリスタ(SCR)、トランジスタ演算増幅器(TOA)

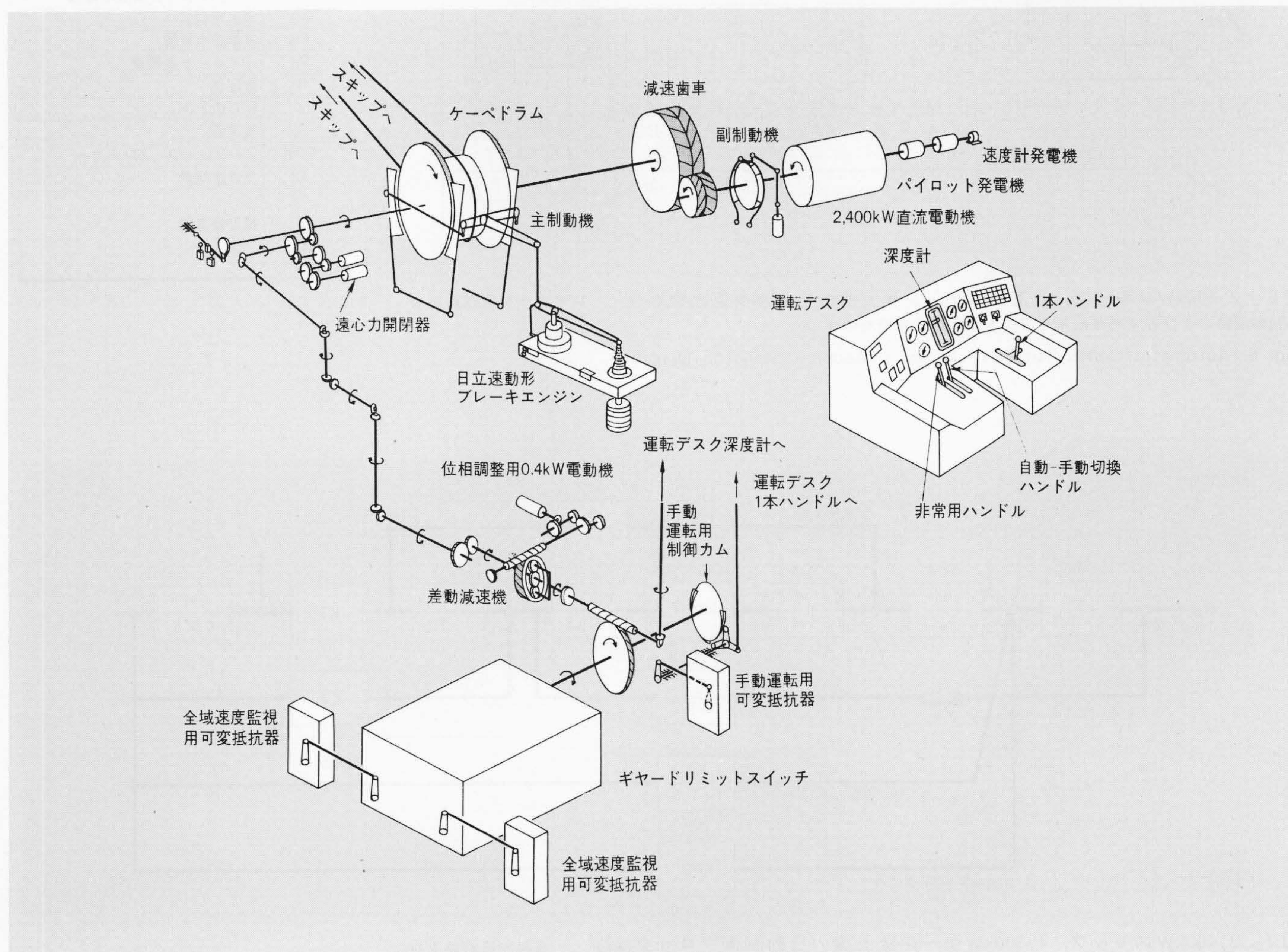


図4 制御装置機構 2,400kW スキップ巻上機用制御装置の概略図を示す。

Fig. 4 Control Section Mechanism Diagram



図5 運転デスク外観 2,400kW スキップ巻上機用運転デスクを示す。
Fig. 5 Control Desk

などすべての電子機器を用いて、指令と実機速度(PG)との突き合わせにより速度差を検出し、定速度制御(ASR)を行なっている。

巻上機は他の機械に比べ GD^2 が大きく、機械的時定数が大きいので、加減速時における電気回路の時間遅れを特に小さくし、また逆に進み補正を考慮している。

図6は本制御系の概略図を、図7はそのブロック線図を、図8は現地自動運転オシログラムを示すものである。

(b) 保安装置

(i) 所定位置速度監視

本設備はすべての無接点位置検出器を立坑内に取り付け、スキップ通過を検出し、これをトランジスタ回路によりメモリされているため、12.5m/sの速度でスキップが通過しても確実に検出できるものである(1,300kW ケージ巻上機も同様)。

(ii) 全域速度監視

本装置は、前述した減速中の所定位置速度監視とは別に設

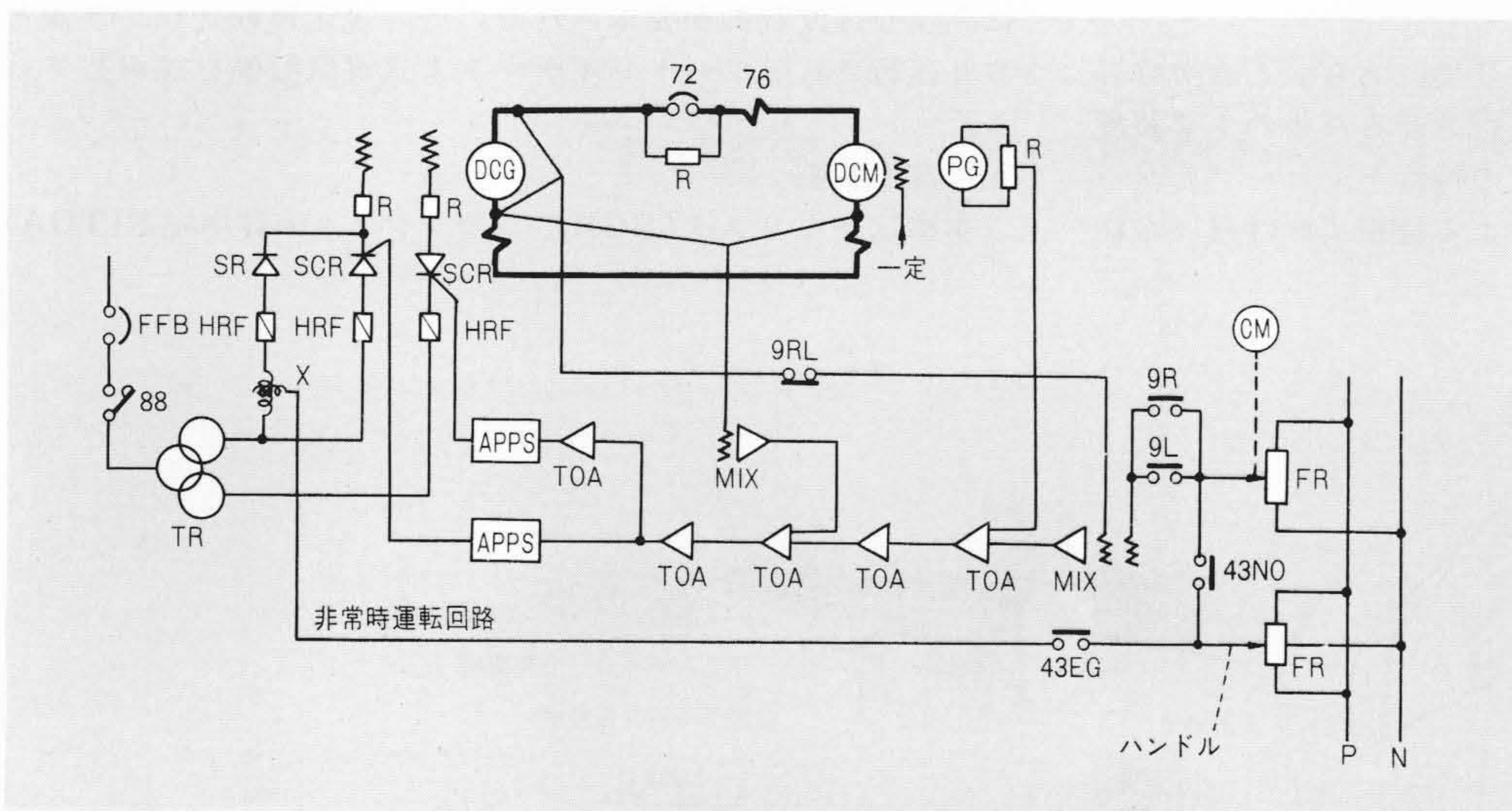


図6 2,400kW スキップ, 1,300kW ケージ巻上機の自動制御回路概略図 レオナード主回路と自動制御回路および非常時運転用リアクトル回路の概略を示す。

Fig. 6 Automatic Control of D. C. Winding Machine Skeleton Diagram

略号	名称
DCG	直流発電機
DCM	直流電動機
72	主回路しゃ断器
76	過電流継電器
R	抵抗器
SCR	サイリスタ
HRF	ハイラップヒューズ
APPS	自動パルス移相器
TOA	トランジスタ式演算増幅器
MIX	絶縁増幅器
FR	速度指令装置
PG	パイロット発電機
TR	変圧器
X	リアクトル
SR	整流器
FFB	ノーヒューズ ブレーカー
88	交流接触器
9R	補助継電器
9L	
9RL	
43NO	
43EG	

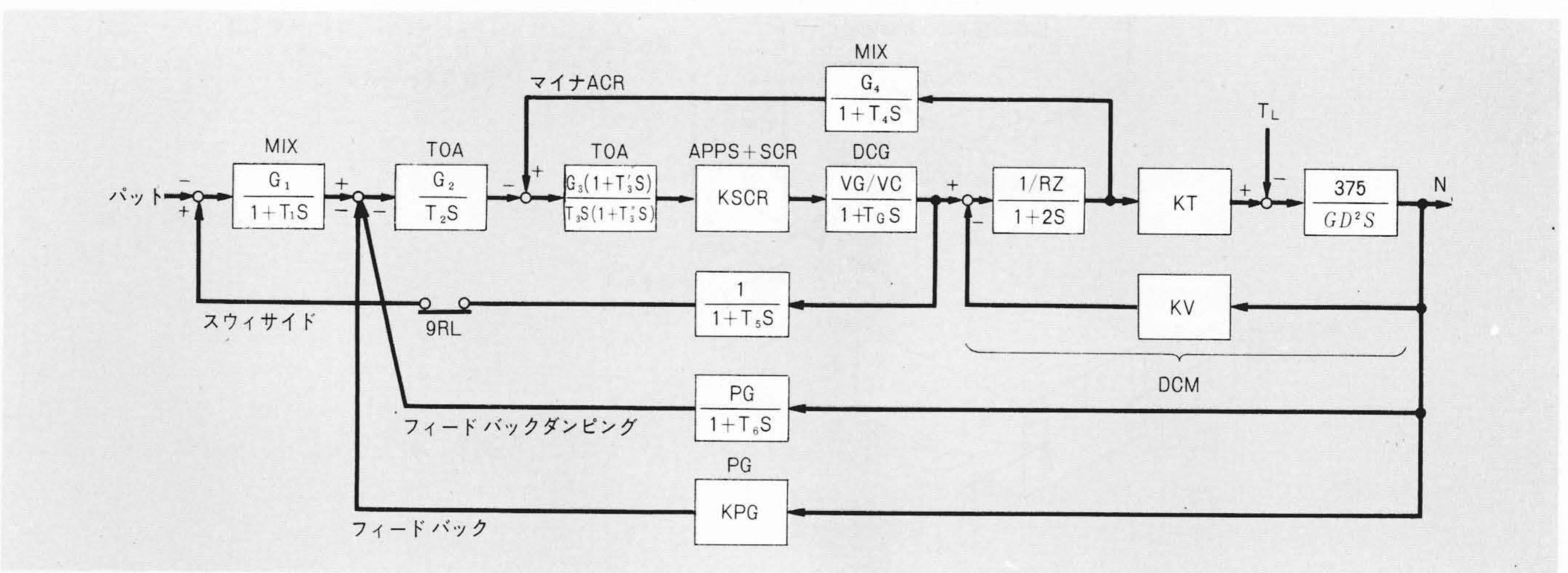


図7 2,400kW スキップ, 1,300kW ケージ巻上機の自動制御ブロック線図 自動制御回路ブロック線図を示す。

Fig. 7 2,400kW & 1,300kW Winding Machine Automatic Control Block Diagram

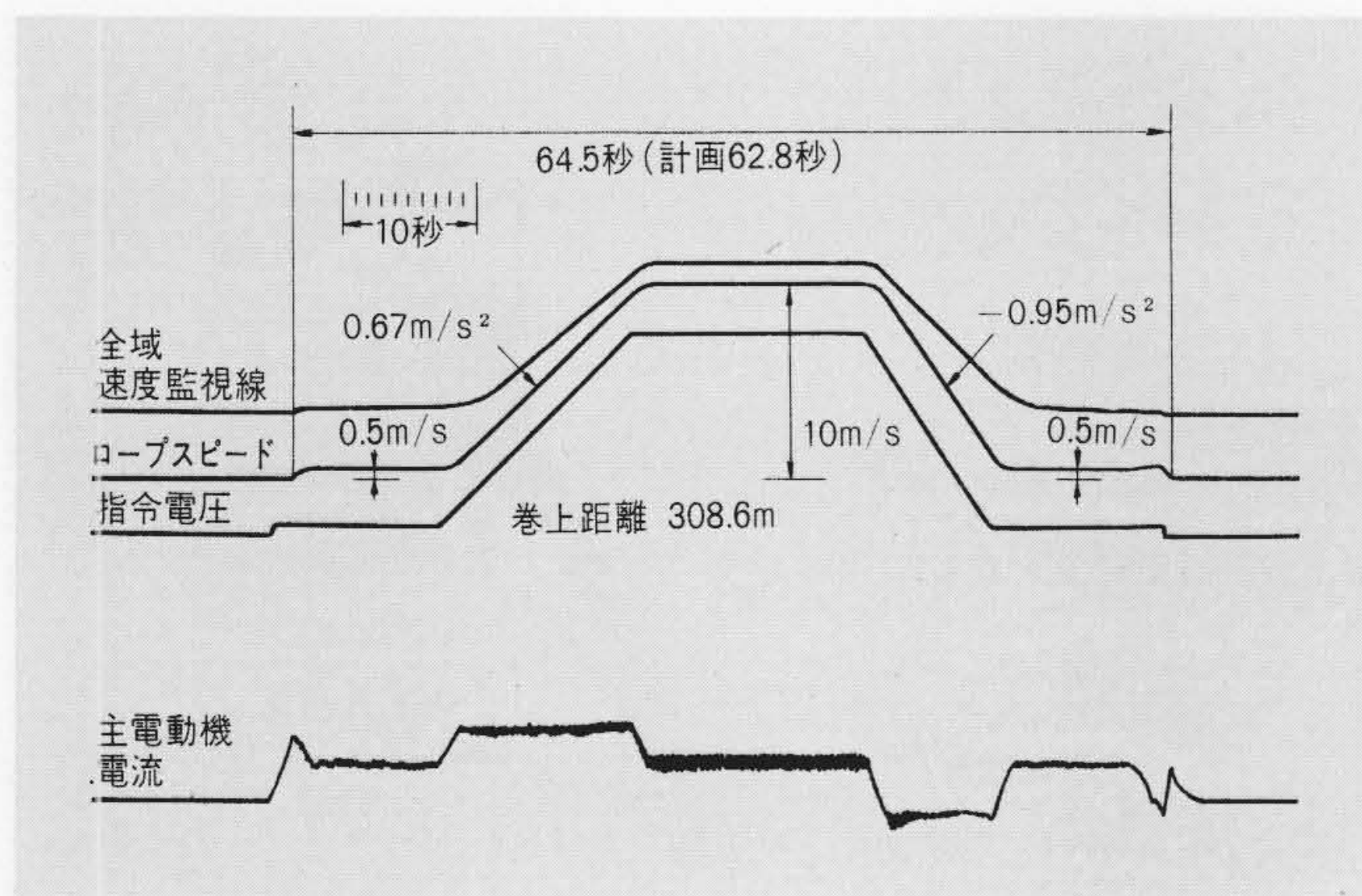


図8 自動運転オシログラム 2,400kW スキップ巻上機の実測オシログラムを示す。

Fig. 8 Oscillogram of Normal Duty Automatic Control

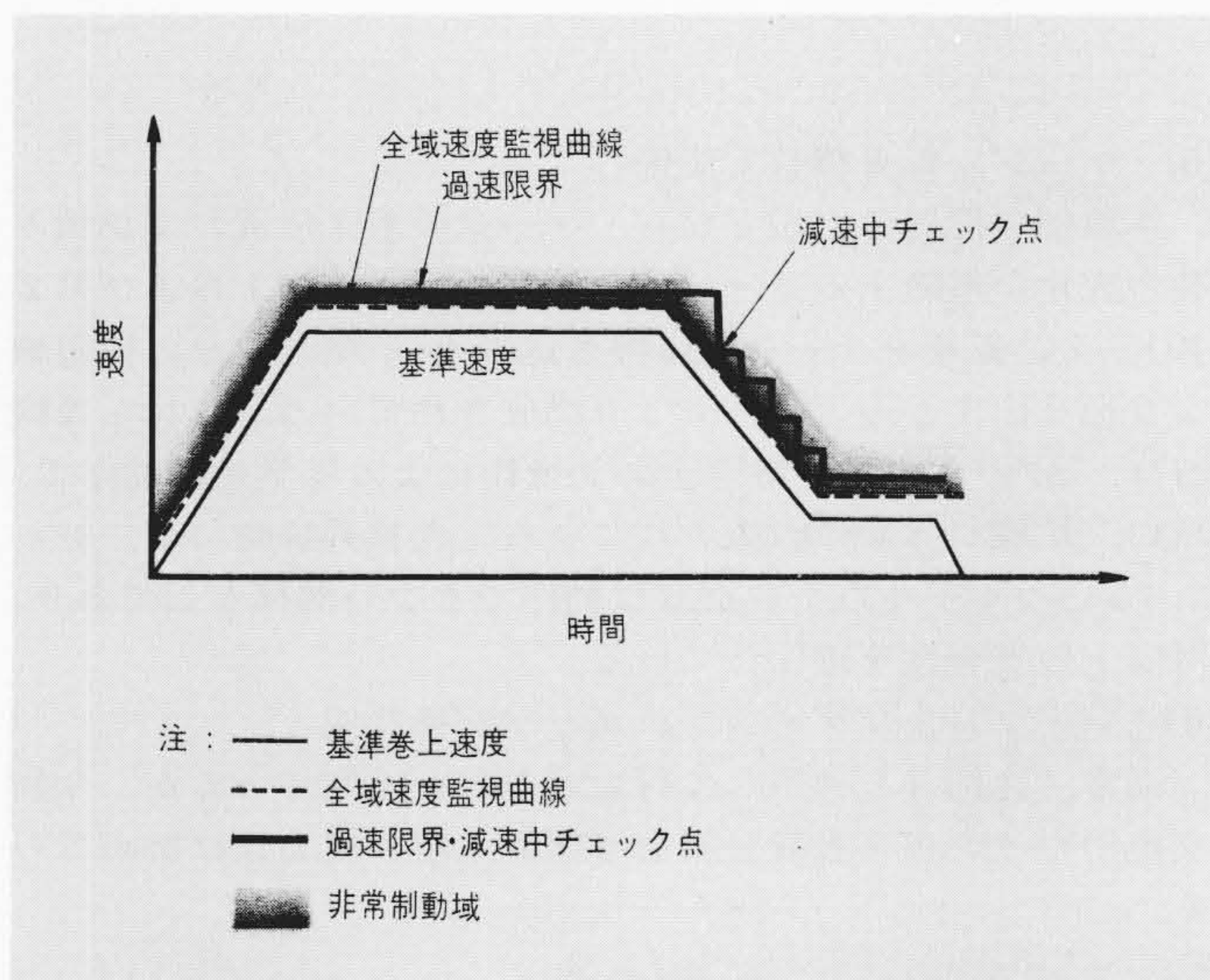


図9 速度監視説明図 2,400kW スキップ, 1,300kW ケージ巻上機の巻上速度と全域速度監視曲線, 過速限界および減速中の各チェック点を曲線図で示す。

Fig. 9 Speed Check Drawing for Explanation

けられた運転区間全域にわたり速度を監視する装置で、巻上機に連動の基準速度監視装置とPGとを突き合わせ、巻上速度のほうが高くなった場合は非常停止させるものである。

図9は速度監視説明図で、点線曲線が全域速度監視線を示している。(1,300kW ケージ巻上機も同様)。

4.2 1,300kW ケージ巻上機

本機は図10に示すとおり、単胴複巻形巻上機で、前述したスキップ巻上機とほぼ同様の品目から構成されており、自動運転、手動運転、低速立坑点検運転および停電時のバッテリー非常運転が可能で、特に次の特長を有している。

(1) 巻上機本体

本機はケージの積み荷変動が大きいので、巻取式単胴複巻形とし、ドラムの左右両端に内蔵したマガジンドラムからそれぞれ1本のロープを引き出し、上綱側はケージ、下綱側はカウンタウエートを昇降させる巻上機である。

このドラムは自重90tという超大形であるため、輸出制限から8分割された鋼板製溶接構造となっている。

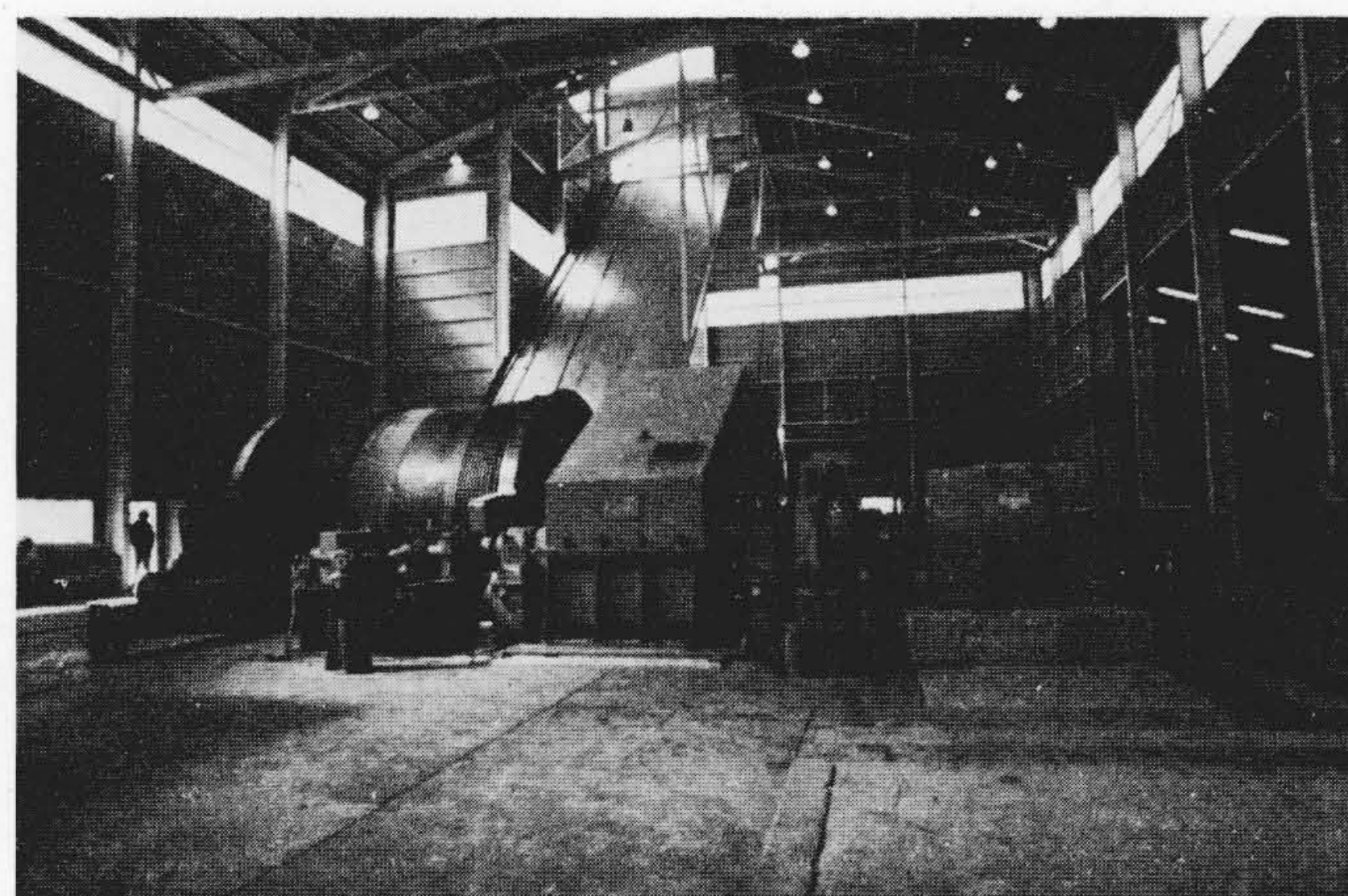


図10 1,300kW ケージ巻上機 ドラム直径5,200mmの単胴複巻形巻上機を示す。

Fig. 10 1,300kW Winding Machine

(2) 制動装置

本装置はスキップ巻上機同様、日立速動形ブレーキエンジンを使用しているが、本機は特に人員運搬がおもな目的であるため、荷重条件に関係なく常用なみに非常停止時にも乗員にショックを与えない緩和された一定の減速度で制動可能な日立製作所独特な無衝撃制動装置を備えている。

その構造は、操作部分、減速度検出部分、圧気源装置から成り、減速度が設定減速度以外になった場合は、巻上機よりプラネタリギヤを介して駆動されているフライホイールの慣性力で検出した反力を圧気に変換し、制御弁にフィードバックするもので、どのような負荷条件においても設定された減速度で巻上機を停止させるものである。

(3) 運転デスク

本デスクはスキップ巻上機とほぼ同様であるが、人員運搬がおもな目的であるため、ケージ内と巻上機運転員との通話通信装置を備えている。なお、スキップ巻上機は、おもに無人化自動運転を行なっているため、本デスク上に鉱石放出部を監視するテレビ装置を備えている。

(4) 電気設備

本機は前述したとおり、負荷変動が大きいにもかかわらず広範囲な速度制御を円滑に行なうため、スキップ巻上機同様ワードレオナード方式電気設備を採用している。

(a) 速度制御

前記したスキップ巻上機とほぼ同様であるが、特にケージの着床精度を良くするため、クリープ速度の安定を図っている。

図11は現地自動運転オシログラムを示すものである。

4.3 付帯設備

(1) 巻上やぐらおよびバントン ガイドレール

本巻上やぐらは図12に示すように、巻上機側にバックステーを配したR形で、やぐら内には、巻上ロープ用ヘッドシーブ、スキップよりの鉱石放出用ダンピングレール、ケージ落下防止用セーフティキャッチ、人員、鉱車積替え機器、航空標識、避雷針などを備えている。立坑内バントンは、スキップ、ケージの可動体との最小すきま、パイプおよびケーブル、人員階段などの固定体の取付けを考慮している。また立坑壁施工用型わく制限より、バントンピッチを3mとしている。(図2参照)。ガイドレールには長さ6m/本のボックス形を使用し、継目部の製作精度を高めて運行中の衝撃を少なくし、

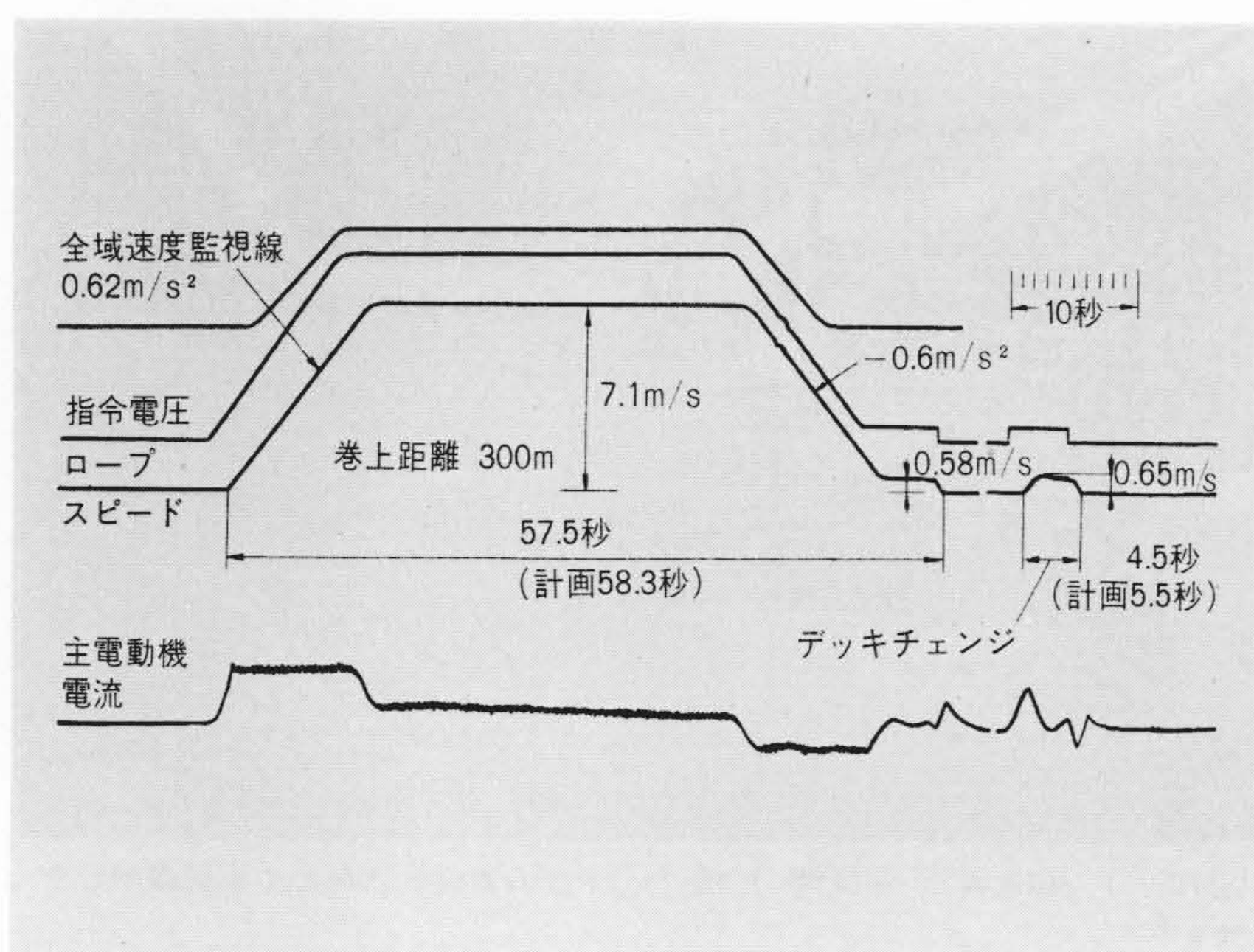


図11 自動運転オシログラム 1,300kW ケージ巻上機の実測オシログラムを示す。

Fig. 11 Oscillogram of Normal Duty Automatic Control

また簡単に取り替えられる構造としてある。

(2) ケージ

ケージは、人員および鉱車の運搬がおもな目的であるが、長尺物および重量物運搬も可能であるとともに、ケージ内には誘導無線装置を設け、巻室間との通話通信ができる特長を有している。ケージにはソリッドゴムガイドローラを取り付け、高速走行中の衝撃を吸収し、乗員の乗りごちを高めている。

(3) スキップおよび坑口放出設備

スキップは、スイング式で運行中立坑内に鉱石の異常放出を防止するため、絶えずしまり方向に回転モーメントが働くようスキップつり軸の位置をずらすとともに、ゲート下部のロッキングアームと止め金により、運搬中でのゲートの異常開きを二重に防止している。坑口放出部は、スキップがクリープ速度でダンピングレールに進入し、ダンピングローラがガイドにより、スキップ本体を前方に引き出し、下部リンク機構によりスムーズにゲートを開放する。シュートとゲートは十分なラップ量をもって鉱石を放出するため、立坑内への落石はほとんどない。

(4) スキップ積み込み設備

鉱石は、坑底貯鉱ビンよりフィーダ、コンベヤ、メジャーリングホッパを経て、移動シュートによりスキップに積み込まれる。

設計にあたっては信頼性の向上、機構の簡素化を基本とし、フィーダ、コンベヤなど電動式を除いた機器は圧気操作とし、特に立坑内への落鉱を防ぐよう移動シュートには落鉱防止装置が取り付けられている。スキップが坑底積み込み動作範囲内に停止すると、移動シュートが圧気動作によりスキップ積み込口に前進し、メジャーリングホッパ内の鉱石をスキップ内に放出する。スキップへの鉱石の投入が完了すると、移動シュートは後退し巻上げ開始の自動指令を発信して巻上機が起動するとともに、フィーダ、コンベヤは運転され鉱石をメジャーリングホッパに供給する。このほか一定時間信号およびLS(リミットスイッチ)による指令も与えられホッパへの過積みを防止している。当初計画の予想時間に対し、実動積み込み時間は大幅に短縮され、140,000t/月出鉱に対し十分余裕をもって現在稼動中である。

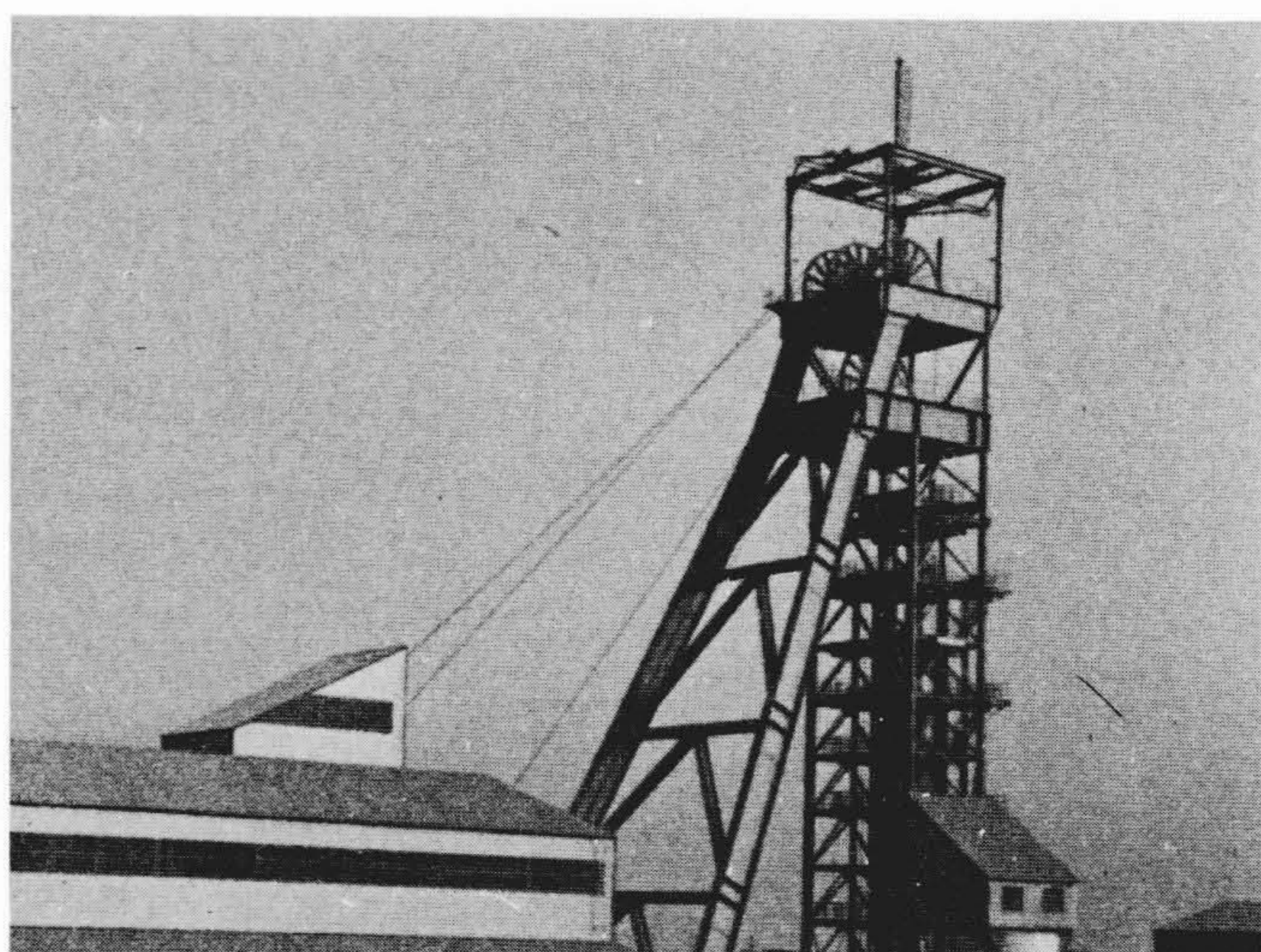


図12 巻上やぐら全体(現地写真) 第1立坑複式巻上設備の巻上やぐらおよび巻室の現地写真を示す。

Fig. 12 Arrangement of Head Frame

(5) ケージ、鉱車積み替え設備

本設備の機器は立坑とびら、ケージの着床位置および積み荷の変化に追従するジャンクションレール、第1および第2ストッパ、鉱車をケージ内に押し込むカープッシャーと待避線より送り出すカープラーにより構成されている。これらの機器は、カープラーを除きデスク操作による圧気連動動作で、坑口、坑底レベルに設置されている。人員昇降時には、ジャンクションレール以下の機器は動作できない機構としてあり、保安上の安全性を確保している。

(6) ロープおよびケージ、スキップ交換設備

通常、連休日を利用して行なうことが原則であるが、今回交換用ウインチを設置し緊急事態発生時の省力化に努めている。

5 結 言

以上簡単にムソシ鉱山向け立坑巻上設備の紹介をした。本設備はこれまでの貴重な経験を生かし、信頼性はもとより、保守、保安および省力化に重点をおき設計製作されたものである。現地試験には多数の人員と日時を費やし、最新の測定技術を駆使して幾多のデータを得るとともに、後日に対する多くの示唆を得た。今後はこれらを基にさらに研究開発を行ない、鉱山業界の期待に沿うよう努力する所存である。本立坑計画ならびに現地据付試験に際して、種々ご指導、ご援助をいただいた日本鉱業株式会社、ザイール鉱山株式会社およびザイール鉱山開発株式会社の関係各位に対し深謝する次第である。

参考文献

- (1) 種田：「巻上機の巻胴の強さについて」日本機械学会誌，65 562 (昭37-11)
- (2) 渡部ほか2名：「巻上機用無衝撃形制動装置」日立評論，46 781 (昭39-5) 巻上機用無衝撃形制動装置，日本機械学会誌，71, 921 (昭43-7)
- (3) 高原ほか2名：「同和鉱業納め，800kW立坑巻上設備について」日立評論，44, 1524 (昭37-10)