

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.41 July 1967

荷役運搬機械用電機品特集
ビル用輸送機特集

7

経団連会館に納入した 三菱GLエレベータの乗場



昭和42年 第41巻 第7号

三菱電機技報



荷役運搬機械用電機品／ビル用輸送機特集

目次

《特集論文》 荷役運搬機械用電機品特集

クレーン制御の基本的事項と最近の傾向	吉田 太郎・高岡 明雄	857
クレーン用電動機の選定と最近の傾向	和田 義彦・藤田 寿昭・林 昌 宏	861
クレーンにおける交流電動機の制御と最近の実例	川 合 弘・佐竹 幸雄・原田 浩治・佐藤 征男	871
クレーンにおける直流電動機の制御と最近の実例	香川 重光・田中 藤重	892
コークス炉用作業機械の最近の制御	今掘 信彦・滝沢 義知	898
クレーン用制御器具	石井 明・丸地 謙二・川 合 弘・辻 照紀・森 一平	903
電気ホイスト	藤木 博愛	914
クレーン用電気機器の保守点検	波多野 功・平岡 浩司	919

《特集論文》 ビル用輸送機特集

三菱新 ASP-A 方式シンクログライド高速度エレベータ	高村 明・板垣 晃平・篠崎 裕久	929
エレベットの進歩	山田 春夫・浅川 元治郎	939
油圧エレベータの最近の進歩	瀬原 田三郎・乾 昌 雄	941
三菱トラベータ	鬼頭 勝巳・浅野 勝	946
シミュレーション手法によるエレベータ設備の計画	藤田 明・寺山 佳佑・吉江 高明・櫻田 英夫	953

《新製品紹介》

シリコントランジスタ化船舶用データロガー MELDAP-1300 完成・三菱テレビ 19 K-970 形発売・三菱テレビ 16 T-760 形発売	962
---	-----

《ニュースフラッシュ》

尼崎市水道局向けサイリスタ式静止セリブス装置完成・高圧水中モートルあいついで完成・東海製鉄経由中外炉工業向け強圧送風機完成・バーチファイナ完成	966
---	-----

《特許と新案》

浮動小数点表示2進数の高速加減算装置・中性子回析装置・周波数変換回路	927
------------------------------------	-----

《表紙》

経団連会館に納入した三菱 GL エレベータの乗場

41 年 11 月大手町経団連会館に納入した三菱 GL エレベータの乗場である。

この会館は、日本経済界の中核たるにふさわしく最高級の技術が駆使された重厚で近代的な地上 16 階建の高層建築である。

写真の如く乗場のとびらは力強いかきの木目模様の手書きされている。また、かご室は白色化粧板の壁と赤色じゅうたんの床が光天井で照明され、これら落ち着きとはなやかさを兼ね備えた意匠は建物全体のふんい気によく調和している。

エレベータは 4 台が一群となった自動群管理方式の 16 人乗 150 m/m でありこれと向い合って 4 台の日立エレベータが設備されている。





SPECIAL COLLECTION OF ELECTRIC EQUIPMENT FOR CARGO HANDLING AND TRANSPORTATION FACILITIES FOR BUILDING

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS OF ELECTRIC EQUIPMENT FOR CARGO HANDLING

Fundamental Items and Recent Trend of Control.....	857
Tarō Yoshida • Akio Takaoka	
Selection of Crane Motors and their Latest Tendency.....	861
Yoshihiko Wada • Toshiaki Fujita • Masahiro Hayashi	
Control of AC Motor for Crane Use.....	871
Hiroshi Kawai • Yukio Satake • Kōji Harada • Yukuo Satō	
Control of DC Motors for Cranes.....	892
Sigemitsu Kagawa • Tojuu Tanaka	
The Latest Control of Coke Furnace Machines.....	898
Nobuhiko Imahori • Yosichika Takizawa	
Control Apparatus for Crane Use.....	903
Akira Ishii • Kenji Maruchi • Hiroshi Kawai • Akinori Tsuji • Ippei Mori	
Electric Hoists.....	914
Hiroyoshi Fujiki	
Maintenance and Inspection of Electric Equipment for Cranes.....	919
Isao Hatano • Hiroshi Hiraoka	

SPECIALLY COLLECTED PAPERS OF TRANSPORTATION FACILITIES FOR BUILDING

Mitsubishi New ASP-A System Synchro Glide High-Speed Elevator.....	929
Akira Takamura • Kōhei Itagaki • Hirohisa Sinozaki	
Progress of Mitsubishi "Elepet"	939
Haruo Yamada • Motozirō Asakawa	
Progress of the Latest Mitsubishi Hydraulic Elevators.....	941
Saburō Seharada • Masao Inui	
Mitsubishi Travators.....	946
Katsumi Kitō • Masaru Asano	
Studies of Elevatoring by Simulation.....	953
Akira Fujita • Keisuke Terayama • Takaaki Yoshie • Hideo Kunugida	

NEW PRODUCTS.....	962
-------------------	-----

NEWS FLASH.....	966
-----------------	-----

PATENT AND UTILITY MODEL.....	927
-------------------------------	-----

COVER EXPLANATION

1. Illustrated is one of elevator landing floors of the Federation of Economic Organization Building at Otemachi, Tokyo, in which Mitsubishi GL elevators were delivered in November, 1966. The building is sixteen storied and of the most modern, substantial construction with the highest architectural technology taken up so as to manifest the center of the economic world in Japan.

As is seen in the picture, the doors to the hoistways are finished by hand-painted grains imitating persimon boards. The interior walls of the car of white panelling in beautiful contrast with a scarlet carpet on the car floor, all being lighted with a luminous ceiling to form elegant but sedate appearance, thus the design being in good harmony with the atmosphere of the edifice. The Mitsubishi elevators installed are under automatic control, each comprising four units of 16 passengers in capacity and 150 m/min, in speed. Opposite to the installations are four Hitachi elevators.

UDC 621.87-5

クレーン制御の基本的事項と最近の傾向

吉田太郎・高岡明雄

三菱電機技報 Vol.41・No.7・P 857～860

荷役運搬機械の産業界に占める地位の重要性について述べクレーンの種類の概略を述べている。その負荷トルクの特長について触れ、それらの負荷と電動機トルクの関係をわかりやすく図解している。またそれらの負荷に適した電機品を選ぶための手引きとなる基本的な事項、モータ容量の算定および制御方式の特長と優劣について論じ、最後にクレーン用制御装置の進むであろう将来の方向についても言及している。すなわち、制御装置の耐久性最適制御の選定、遠隔操縦化、自動運転化の方向に向うであろうことを述べている。



UDC .669.16:621:52

コークス炉用作業機械の最近の制御

今堀信彦・滝沢義知

三菱電機技報 Vol.41・No.7・P 898～902

コークス炉回りの作業機械（コークス押出機・石炭装入車・コークガイド車・消火車）は最近無人化の計画が進み、その第一歩として各作業ごとの自動運転が実施されるようになった。走行関係においては数mm以内の停止精度が要求され、リアクトル制御による自動定位制御装置を製作し、その要求を満足した。

また石炭装入車の給炭作業や、押出機とコークガイド車の炉ふた脱着作業においてもシーケンス制御により操作の簡略化を計っている。



UDC 621.313:621.87

クレーン用電動機の選定と最近の傾向

和田義彦・藤田寿昭・林 昌宏

三菱電機技報 Vol.41・No.7・P 861～870

わが国では、クレーン用電動機としてJEM規格が一般に使用されていたが、ヨーロッパにおけるIEC規格のあり方を参考として、実用にそくした規格として見直すべき段階に達し、現在審議が進められている。本論文は最近のクレーン用電動機の傾向にかんがみ、反復定格を基準定格として、負荷時間率と出力との関連、起動ひん度が、負荷時間率におよぼす影響および起動ひん度と最大トルクの関連等について述べ、さらに現在新規格に準拠して開発の完了した交流および直流クレーン用電動機の概要を紹介したものである。



UDC 621.87:621.316.5:621-59

クレーン用制御器具

石井 明・丸山謙二・川合 弘・辻 昭紀・森 一平

三菱電機技報 Vol.41・No.7・P 903～913

クレーン用制御器具のうちとくにブレーキ、コントローラ、電磁接触器に機種をしほり構造・外形寸法・性能・特長などについて論じている。クレーンの高能率化にともない器具の使用限界を明確にすることもこの論文の一つの目的でもある。



UDC 621.313.3:621.316.718:621.87

クレーンにおける交流電動機の制御と最近の実例

川合 弘・佐竹幸雄・原田浩治・佐藤征男

三菱電機技報 Vol.41・No.7・P 871～891

クレーン用電動機は主として三相誘導電動機が用いられ、直流電動機は特殊な用途と大容量のクレーン以外はほとんど使われていない。交流電動機は構造が簡単でしようぶであるため、保守点検が簡単となる。それに伴ってその制御装置も保守点検の簡単なものが要求されている。

クレーンは起動・停止が一般に激しく電気機器の使用ひん度は高いので、機器の選定および制御方式の決定は十分検討しなければならない。

当社で製作している各種のクレーン制御方式についてその概要と最近の実例について紹介する。



UDC 621.876.1-83

電気ホイスト

藤木博愛

三菱電機技報 Vol.41・No.7・P 914～918

最近の三菱電気ホイストについての紹介文である。電気ホイストは使用範囲が広まるにつれ安全性、操作しやすさ、高信頼性、消耗部品の耐久度の増大、保守点検の簡易さなどがとくに強く要望される。また三相誘導電動機をじか入れ起動する方式のため、インテグレーションによる荷役が常用され、起動・停止のさい各構造部品に衝撃力がくり返し作用するため大きな応力が発生する。これら諸条件に対して最近の三菱電気ホイストがどのような構造方式を採用しているか、従来のものととくに変わった点につきのべている。



UDC 621.313.2:621.316.718:621.87

クレーンにおける直流電動機の制御と最近の実例

香川重光・田中藤重

三菱電機技報 Vol.41・No.7・P 892～897

クレーンに対して直流電動機を用いる場合、直流電動機自体の持つ特性について述べ、次に直流定電圧に対して直接操作方式、間接電磁操作方式、可変電圧方式としてワードレオナード方式とサイリスタレオナード方式についてそれぞれ説明した。実例として最も典型的なものを示した。



UDC 621.87:621.313/316.004.9

クレーン用電気機器の保守点検

波多野功・平岡浩司

三菱電機技報 Vol.41・No.7・P 919～926

最近のクレーン用電気機器に対する要求は、性能、寿命、信頼度ともに高度なものとなってきた。このため保守点検もその重要性が強調されるようになった。保守点検上の重点事項に対して機器別に説明をくわえ、点検作業の際点検を確実に実施する一助として点検表の例を掲げた。またこの点検細目をわずかに読み換へることにより検査基準表となるように構成されている。



UDC 621.876

三菱新ASP-A方式シンクログライド高速度エレベータ

高村 明・板垣晃平・篠崎裕久

三菱電機技報 Vol. 41・No. 7・P 929~938

国内においても、超高層ビルの建設が活発になつてきて、高層ビル用エレベータとしては、従来の150m/minでは不十分であることがかなり常識化してきた。すでに国外向けとして150m/minを超える高速エレベータを世界各地に多数納入してきた三菱電機は、国内向けにも42年にはじめてわが国最初の本格的な高速エレベータとして、240m/min 名鉄ビル向け3台をはじめ、日本不動産、デックビル向け等、高速エレベータ群を続々送り出した。

本文ではようやく国の内外で活躍の開花期を迎えた、三菱高速高性能シンクログライドエレベータと、高層ビルへの納入実績よりますますその管理機能を充実してきた最近のASP-A方式について、その全容を紹介する。

UDC 621.876.001.57:681.142.29

シミュレーション手法によるエレベータ設備の計画

藤田 明・寺山佳佑・吉江高明・樺田英夫・並川信輔

三菱電機技報 Vol. 41・No. 7・P 953~961

最近のエレベータ設備の計画は、建設の超高層化、大規模化に伴ってその重要性を増し、現実の計画においても豊富な精度の高いデータを要求される傾向にある。当社では設備計画の今までの実績を基礎に、新しく電子計算機によるシミュレーション手法を開発し、実際の計画にも適用し成功をおさめた。この稿は事務所ビルに対する設備計画の手法について、従来の方法とその問題点を考察し、新しくシミュレーションを用いた手法を提示した。シミュレーションを用いることにより、エレベータホールの待ち人数・待ち時間など過渡的な交通状況を明確にはあくすることが可能になり、設備計画の精度は著しく向上した。

UDC 621.876

エレベットの進歩

山田春夫・浅川元治郎

三菱電機技報 Vol. 41・No. 7・P 939~940

当社の標準形エレベータ「エレベット」は国内はもちろんのこと、海外においても圧倒的に数多く採用されている。

さらに、広範囲の需要に答えるために、当社は昭和41年度に静粛な運転、快い乗心地および高級建築にもマッチする意匠を中心にした、画期的な改良を加え高級エレベータに劣らぬ品質を得た。

この改良により、エレベットは標準形エレベータの決定版としてますますご期待にそえるようになった。

UDC 621.876

油圧エレベータの最近の進歩

瀬田原三郎・乾 昌雄

三菱電機技報 Vol. 41・No. 7・P 941~945

油圧エレベータの各用途、各仕様に対応する駆動方式、油圧制御方式について述べる。シリンダを昇降路底部に埋設し、プランジャをカゴに直結して押上げる従来の方式に対し、プランジャ長さが行程の1/2の油圧ジャッキを昇降路内カゴ側面に置き、ロープがけで増速するサイドプランジャ方式は、シリンダ埋込み穴が不要であるとともに油圧機器が高圧小流量化し経済的であり、またエレベータの高速高行程化が可能である。油圧制御方式には高圧小流量実用形および中圧大流量高級形があり、三菱電機で製作している両方式のパワーユニットの構成、特性を示す。

UDC 621.876

三菱トラベータ

鬼頭勝巳・浅野 勝

三菱電機技報 Vol. 41・No. 7・P 946~952

動く歩道にはバレット式、ベルト式、ベルトバレット式などがあるが、バレット式が安全性、寿命などの点ですぐれている。この信念にもとづいて、当社は長年バレット式動く歩道「三菱トラベータ」を製作してきたが、このほど旧来のものに改良を加えた新しい「三菱トラベータ」を開発した。これはアメリカの安全条件に合致した構造としてさらに安全性を高めたもので、輸送能力が9,000人/時の1,200形と6,000人/時の900形の2種類があり、ベルト式では困難な(四)走行部が可能であるほか、多くの特長を備えている。

クレーン制御の基本的事項と最近の傾向

吉田 太郎*・高岡 明雄*

Fundamental Items and Recent Trend of Crane Control

Nagoya Works Tarō YOSHIDA・Akio TAKAOKA

Cargo handling has the same grade of importance as machining materials or assembling parts in the process of manufacturing. When it is called for increasing productivity, logicalizing and automatizing industries, the cargo handling comes in as the most important factor in the solution of the problems. On the other hand it is one of the most difficult problems to turn into automatic operation. Then the selection of electric apparatus to be combined with the crane is to be made with the utmost care for the effective work. From the above viewpoint, discussion is made herein about the fundamental items of crane control and the latest trend of electric crane control apparatus.

1. ま え が き

製品を作成する過程において、運搬するということは加工したり組立てたりすることと同程度の意義をもつものである。とくに製鉄、造船など重工業においては、加工・組立てをする以上に重要な役割りを果たすものである。そのうえ生産性の向上、合理化、自動化をはかる場合には運ぶという仕事は最も重要な要素であり、問題解決のかぎとなるものである。

しかしまた一方、自動化の最もむずかしいものの一つでもある。人間の持っている最も高度な技術、すなわち操縦技術を活用する必要のあるもので、クレーンなどは自動車などの操縦技術と同程度の操縦感を要求されるものもある。そこで荷役運搬機械の効率をあげることは、工場全体の生産性を高めることに大きく貢献するもので、そのためには電気機器、制御技術の有効な活用が必要である。すなわち機械の目的に合致した電気機器の選定、あるいは機械の目的を実現できるような制御方式の開発が必要であらう。場合によっては反対に電気機器の特長を生かすように機械のほうの機能を変更、改善しなければならぬこともあるであらう。いずれにしても機械と電気を一体化することが肝要で、そのためには荷役運搬機械関係の電機品を機械メーカー関係者、ならびに需要家の関係者に理解していただくことが望ましく、ここにその総括的な概要ならびに基本的事項を紹介するとともに、こんごの方向について説明しようと思う。

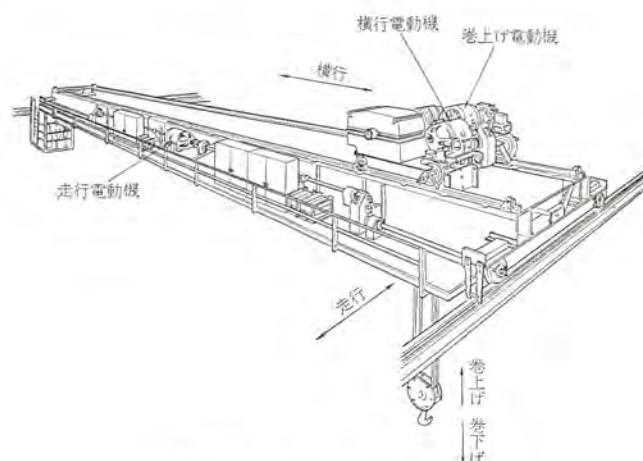


図 2.1 天井走行クレーン
Fig. 2.1 Overhead travelling crane.

2. クレーンおよびホイストの概要

クレーンとは図 2.1 にしめすように巻上げドラムを減速機を通じて回す電動装置をもち、この巻上げ装置の一部または全部を前後左右等に動かし、二次元または三次元の運動を行ない荷を運搬する機械の総称である。

ホイストは図 2.2 のようにモータ、巻きドラム、ブレーキを一体に組んだ巻上機で、電動機はかご形誘導電動機がほとんどである。運転手を配置せず作業者が直接床上で、ペンダント式押しボタン操作するものが大部分である。

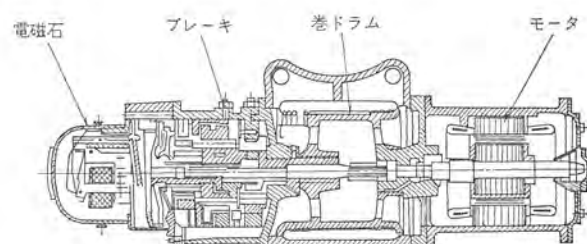


図 2.2 電気ホイスト
Fig. 2.2 Electric hoist.



図 2.3 橋形クレーン
Fig. 2.3 Gantry crane.

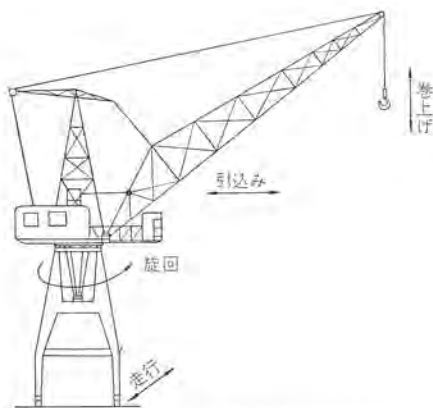


図 2.4 ジブ式水平引込みクレーン
Fig. 2.4 Level luffing jib crane.

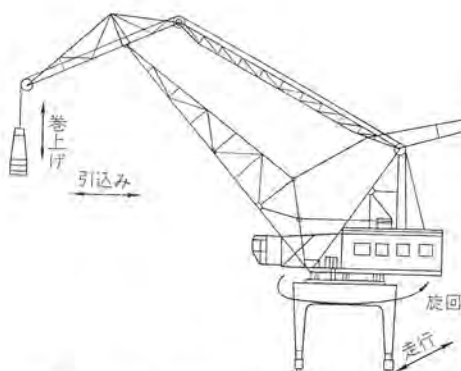


図 2.5 ダブルリンク式水平引込みクレーン
Fig. 2.5 Double link level luffing crane.

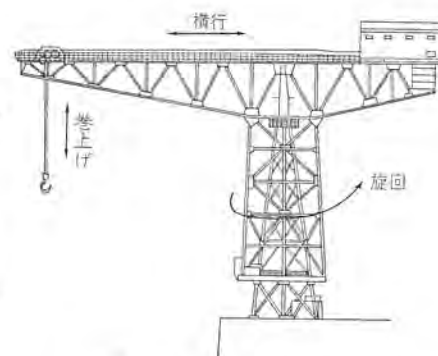


図 2.6 つち形クレーン
Fig. 2.6 Hammer head crane.

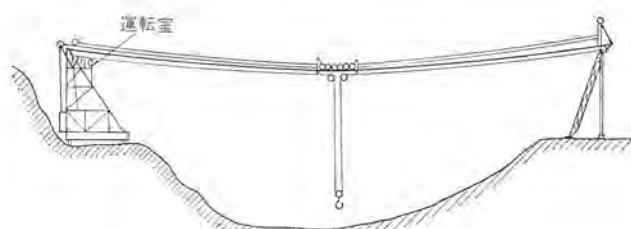


図 2.7 ケーブルクレーン
Fig. 2.7 Cable crane.

クレーンは図 2. 1 のような天井走行クレーン (Over Head Travelling Crane) が最も代表的なものであるが、形状および用途に応じて分類すれば概略つぎの種類がある。

天井走行クレーン

鉄鋼用：レールクレーン、クロークレーン、ストリップクレーン、ソーキングピットクレーン、装入クレーン、精整クレーン、原料クレーン。

一般用：組立用天井クレーン、倉庫用天井クレーン。

橋形クレーン (Gantry Crane) (図 2. 3)

屋外組立作業およびばら物荷役に用いられる。

水平引込クレーン (Level Luffing Crane)

ジブ式 (図 2. 4) およびダブルリンク式 (図 2. 5) の 2 種あり、屋外組立作業、アンローダ (揚炭機) に用いられる。

つち形クレーン (Hammer Head crane) (図 2. 6)

造船所用がおい、最近あまり用いられない。

ケーブルクレーン (Cable Crane) (図 2. 7)

ダム建設用。

3. 負荷の特性

前節に述べた各クレーンのおおのの動作を行なわせるために、それぞれ別個の電動機を使用するのが普通であるが、その電機品にどのような特性が要求されるかを知るために負荷トルクの特性を知ることが必要である。これらの負荷特性は、巻上げと引込みにおいてあらわれるような電動機を加速しようとする負荷（一般にマイナストルクとよばれるもの）と定常状態においてはつねに電動機トルクに反抗する負荷の 2 種に大別される。すなわち回転体に関する運動の方程式

$$T_m = I \cdot d\omega/dt + T_L \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

ただし T_m = 電動機トルク、 I = 負荷および電動機の慣性性能率

ω = 角速度、 T_L = 負荷トルク

において前者は $T_L < 0$ 、後者は $T_L > 0$ となる。定常状態においては $d\omega/dt = 0$ であり、式 (3.1) から $T_L < 0$ のとき $T_m < 0$ 、 $T_L > 0$ のとき $T_m > 0$ となって平衡状態を保つ。すなわちマイナストルクに対しては電動機は制動トルクを発生しなければ定常状態を保てないことを示す。このほかにも過渡状態もふくめて考えると、電動機トルクと負荷トルクの関係は図 3. 1 のように 4 種類の場合が考えられる。図において M は電動機を L は負荷を V は負荷の速度を示し、その他の記号は式 (3.1) と同様である。また (a) 図をわかりやすく説明したのが (b) 図である。

図 3. 1 の各領域について説明すると、つぎのとおりである。

①の領域

電動機トルクは正で負荷の負トルクとつりあい、正速度で安定する領域

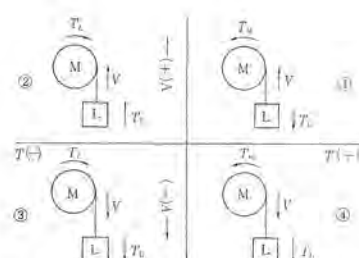


図 3. 1 (a) 負荷トルクの特性
Fig. 3. 1 (a) Characteristics of load torque.

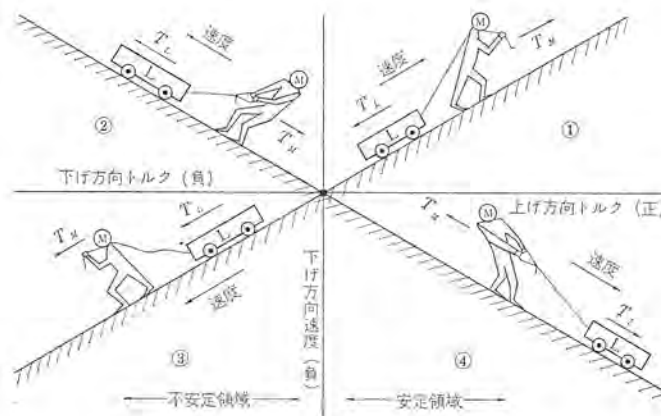


図 3. 1 (b) 負荷トルクの特性
Fig. 3. 1 (b) Characteristic of load torque.

②の領域

電動機トルクは負で、負荷が正トルクを発生し電動機を加速しようとする領域。もし負荷が正トルクを持続的に発生しうるならば、電動機トルクと平衡を保つが負荷トルクが負である一般の巻上げ動作の場合には、巻上げちゅうに急に減速するときなどに過渡的にあらわれる領域である。

③の領域

電動機トルクは負で負荷トルクも負、速度も負であり電動機はますます加速して速度は安定しない。巻下げちゅうに過渡的にあらゆる領域ですぐ④の領域に移行して安定状態にはいる。

④の領域

電動機トルクは正で負荷の負トルクとつり合い、速度は負で安定となる。すなわち制動をかけながら安定状態で巻きおろす領域である。

4. 運搬動作の種類と負荷との関係

クレーンの各動作を最も効果的に行なわせるためには、その動作目的に適した電動機ならびに制御装置を選定する必要がある。そのためにはまず運搬動作の目的、特長と負荷の性質、特性とを関連させて総括的にはあくすることが肝要である。クレーンにおける運搬動作はつぎの三つに大別できる。

- (a) 垂直に上げ、下げするもの。
- (b) 水平に運搬するもの。
- (c) その他(a)(b)を組合せたもの。

これらは負荷の性質 (GD^2 の大小、あるいは一方向の負荷が摩擦負荷かなど) と密接な関連をもって考える必要がある。

4.1 垂直運搬

クレーンの巻上げ、巻下げ動作は典型的な垂直運動でこの場合の負荷は重力によるもので常に巻下げ方向である。停止状態においても巻下げ方向にかかっているのでブレーキにより保持する必要がある。そして起動・停止の際においてブレーキと電動機との間で保持力の受け渡しがうまく行なわれねばならない。このために特別の考慮を払う必要がある場合がある。(うまく行なわれないと巻上げ運転を始めたとき一度下がってから上るとか、停止直前にずり落ちることなどがある。)

また負荷の GD^2 は電動機の GD^2 に比べると少ない。これは一般に重力が力となっていることと、慣性が品物自体であるためで過渡状態を検討する場合は慣性モーメントは半分以上は電動機の回転子と考えてよい。したがって垂直運動の応答性は非常によい。すなわち全速度に達するのに 0.3~1.0 sec くらいであろう。一般に容量が大きくなると時間がかかる。しかし逆の見方をすれば電動機の GD^2 により応答性が制約を受けることになる。したがって容量の大きいもの (100 kW 以上) においては電動機の加減速時間のことを考慮する必要がある。とくに極数変換電動機を使用する場合は注意を要する。

巻上げ下げ動作は単に品物を上げ下げするだけでなく、組立工場におけるクレーンでは定位置停止が必要とされることがある。すなわち位置合せの際、1 mm、2 mm のインチング動作が必要とされる。このような場合にはクレーンの動作としては低速 (10~20% 速度)、微速 (5% 以下の速度) が出せることと、起動停止の応答性のよいことが要望される。クレーンの能率を上げるためには運転中は高速で、起動・停止のときは低速微速でということになり、高級な制御特性をもった電動機と制御装置が必要とされる。用途、目的、要求の度

合により適切な制御方式の選定をする必要がある。

4.2 水平運搬

クレーンの横行走行は典型的な水平運搬で、この場合の負荷は直接重力は関係せず、一般に摩擦抵抗が負荷となる。すなわち可動部の重量に摩擦係数をかけたものが負荷となり、動く方向に対しそれを抑制する方向に作用し、前項の負荷とは本質的に異なる。巻上げ巻下げの場合の負荷重量は品物自体が大部分を占めるが横走行の場合は巻上げ装置、ガータなど品物自体の数倍もの重量物を運搬することになる。また一般に走行距離は長いので走行速度は巻上げ速度 (数 m/min) の 10 倍程度が普通である。したがって電動機軸換算の慣性モーメントはかなり大きくなり (電動機の数倍から十数倍で電動機の GD^2 は無視される)、電動機の目的はむしろ加速・減速するためのトルクを出すことになる。もっとも走行抵抗は軸受の種類によりかなり異なり、ころがり軸受の場合はかなり小さく安定しているが、スリープ軸受の場合はかなり大きくまた時には不安定でもあるので、とくに注意を要する。

最近の傾向としてはころがり軸受が大部分である。スリープ軸受の場合走行抵抗は 70% 以下 (電動機定格トルクに対して)、ころがり軸受の場合 30% 以下くらいに選ぶのが普通である。横走行は品物のあるところまで運ぶことが目的であるので定位置停止が要求され、低速運転が必要であるが慣性モーメントが大きいので、むしろ加速・減速制御により位置制御が行なわれる。すなわち手動制御の場合は電動機としてはトルク制御でよい。しかしクレーンの運転を自動化する場合には、高速より中速・低速とおとし定位置停止をする必要があるので一定の低速運転ができる制御方式を採用する必要がある。

4.3 その他

前述の二つの傾向の動作を組合せたものもある。水平引込みクレーンの引込み動作がそれで、負荷は巻上げ巻下げの場合のような一方向負荷と走行の場合のような摩擦抵抗をもった慣性モーメントの大きな負荷を組合せたものである。とくに荷の位置により負荷トルクがプラスになったりマイナスになったりすることが特長で、単純な交流電動機の二次抵抗制御では安定した低速運転はできない。この場合はさらに荷の動揺を少なくするために加減速を円滑にすることが望ましく、直流電動機のワードレオード制御とか交流電動機のリアクトル制御等が最も適しているとれさせている。

5. 電機品の選定

5.1 電動機容量の算定

一般に電動機の容量は熱的容量と機械的出力によって決まる。熱的容量の検討は電動機の項で詳細に記述されるので、ここでは機械的出力の決め方についてのみ論ずることとする。

5.1.1 巻上用電動機

この場合一般に負荷の慣性は小さいので加速に要するエネルギーは無視し、定常状態における負荷の仕事率と機械のそれとが等しいことから求める。

負荷の重量 = W (ton) (つり具の重量もふくむ)

負荷の速度 = V (m/min)

電動機出力 = P (kW)

減速機効率 = η

とすると、負荷の仕事率 = $W \times V \times 10^3 / 60$ (kg-m/s)

= $W \times V \times 10^3 \times 9.8 / 60$ (J/s)

= $W \times V / 6.12$ (kW)

表 5.1 制御方式の比較表
Table 5.1 Comparison among various control systems.

電動機	制御方式	制御特性	価 格	保 守	適した作業	制限容量
直 流	ワードレオナード	最もすぐれている	最も安価	かなり困難	大形アンローダなど	なし
	定電圧	すぐれている	高価	困難	鉄鋼用大形クレーン	なし
交 流 (誘導電動機)	二次抵抗制御	最も劣る	最も安価	容易	ほとんどの横走行旋回など	なし
	MB 制御	やや劣る	安価	やや困難	動作ひん度少ない運搬作業(巻上のみ)	75kW
	AS 制御	手動式	普通	容易	かなり動作ひん度多い運搬作業	100kW
		自動式	すぐれている	やや高価	かなり動作ひん度多い組立作業	100kW
	DC ダイナミック	普通	普通	容易	アンローダ等大形クレーン(巻上のみ)	なし
	リアクトル制御	移相式	すぐれている	やや高価	精密組立作業用天井クレーン	なし
		ブリッジ式	かなりすぐれている	やや高価	無接点化もかねた広範囲の高ひん度用途、鉄鋼大形クレーン用など	なし
	サイリスタ制御	非常にすぐれている	相当高価	やや困難	無接点化もかねた広範囲の高ひん度用途、鉄鋼大形クレーン用など	なし

機械的出力の仕事率 $P = P \times \eta$ (kW)

$$P = W \times V / 6.12 \times \eta \dots\dots\dots (5.1)$$

ゆえに、極数変換電動機の場合は、高速時には加速に要するエネルギーが無視できないので横走行の場合と同様な計算を行なう必要がある。

5.1.2 横走行用電動機

巻上げが重力に反抗した仕事であるのに対して、横走行では走行抵抗に対する仕事である点が異なる。さらに前章で説明したように慣性が大きく加速エネルギーが無視できない。

クレーンの自重(走行のとき)、クローの自重(横行のとき) = W_t (ton)

走行抵抗 $= K$ (kg/ton) とすれば、

走行抵抗に対応する電動機出力 P_t (kW) は式 (5.1) よりつぎのとおりとなる。

$$P_t = \frac{K(W + W_t) \times V}{6.12 \times \eta} \dots\dots\dots (5.2)$$

一方、

電動機軸にかかる全はずみ車効果 $= GD^2$ (kg-m²) ($= 4I$)

全速までの加速時間 $= t$ (sec)

全速時の電動機軸回転数 $= N$ (rpm) ($= \frac{\omega}{2\pi} \times 60$)

とすると加速のための仕事率 P_a はつぎのようになる。

$$P_a = 1/2 \cdot I \omega^2 \cdot 1/t = 1/730 \cdot GD^2 \cdot N^2 / t \times 10^{-3} \text{ (kW)}$$

誘導電動機は加速中に回転体にあたえたエネルギーと同量の熱を二次抵抗中で発生するので、電動機一次側からみた電動機容量は $2 \cdot P_a$ を見込む必要がある。これを式 (5.2) に加え、かつ加速中の電動機の平均トルクは、定格の K_a 倍は発生しうるとすれば電動機容量は次式で表わされる。

$$P = \frac{1}{K_a} \left\{ \frac{K(W + W_t) \cdot V}{6.12 \cdot \eta} + \frac{GD^2}{365} \cdot \frac{N^2}{t} \cdot 10^{-3} \right\} \text{ (kW)} \dots\dots (5.3)$$

K_a は電動機使用率と熱的容量によって決まるが、だいたい 1~1.5 であるから GD^2 の項が走行抵抗による項の値の半分より小さい場合は $P < P_t$ となるが、そのときは P_t のほうを電動機出力として採用すべきであるのは当然である。

5.2 最適制御方式の選定

交流クレーンの巻上げの制御には、巻下げ時のマイナストルクの制御

のために、いろいろな制御方式がある。それらは価格、性能をふくめて一長一短があって、用途に応じて最も適した方式を選定する必要がある。当社で製作されている各制御方式の特長を表にすると表 5.1 のようになる。

6. 今後の方向

産業の規模が大形化するにつれ荷役量も増大するのは当然であるが、高能率化のためにクレーンの速度は高速化する傾向があり、両者からする単体電動機の大容量化が最近の著しい傾向である。また高能率化のために定格速度は速くし、定位付近で低速をうるようより精密な速度制御が要求される傾向にある。これらの傾向をまとめてみると、

(a) 単体容量の大形化に伴い高圧 (3,000 V) の交流電動機の使用が計画されるようになる。

製鉄用クレーンやアンローダなどでは近年大形化の一途をたどりつつあり、単機容量では 500 kW を越えるものも要求されるようになったが、配線の電圧降下が大きいクレーンの場合高圧電動機を採用したほうが有利である。その際問題になるのは主回路の開閉に使用する電機品である。高圧電磁接触器はアークによる短絡事故の可能性がある、さらに寿命的な限界もあってほとんど採用できないであろう。サイリスタまたは可飽和リアクトルによる主回路の無接点開閉が最も適しているが信頼性の点では後者がすぐれている。

(b) 高ひん度の使用に対して電機品の長寿命化と保守の軽減を考慮した無接点制御が多く採用されるようになる。

前記のように高圧電動機の制御に使用するもの、低圧ではあるが高ひん度使用のために無接点化したほうが経済的であるもの、および周囲条件が悪く防爆防じんのために無接点化しなければならぬものの三つにわけられる。これらにはサイリスタなどの半導体スイッチング素子を使用したもの、可飽和リアクトルによって無接点开閉を行なうものの二つがあるが、高圧大容量のものには現状では後者が価格・信頼性の面ですぐれている。防爆防じんのための無接点化は主回路のみならず制御回路についても行なわねばならないが、それにはトランジスタサイパックや無接点コントローラなどが多く用いられている。

(c) 最適制御方式の採用により緻密に検討されるようになる。

高速化、高ひん度化が進むにつれ電動機自身で制動トルクを発生できるワードレオナード制御、サイリスタ制御、リアクトル制御の活用が多くなる傾向にある。一方の一般天井クレーンでは価格競争により極度に切りつめた制御方式が採用されるようになり、したがって中間的な制御方式は存続意義を失いつつある。

(d) 作業条件の改善および人件費節減のために遠隔操縦や無人運転(プログラム運転)がさかんに採用されるようになるであろう。

運転手を他の仕事と兼務で床上に配置し、床上より無線または有線でクレーンを操作する方式はすでに多く採用されているが、さらに数台のクレーンを集中的に遠隔制御することがあらかじめ定まっている工程を、プログラムに従って無人運転するなどの方式が倉庫用クレーンやアンローダなどを中心に今後発展するであろう。

7. む す び

以上クレーンの負荷の問題および電動機容量の算定について触れたが、熱的検討については電動機の項を参照いただきたい。そのほか基本的事項についても次項以下の詳論にまつところが多く、ここには全体の見通しについて簡単に述べた。

クレーン用電動機の選定と最近の傾向

和田 義彦*・藤田 寿昭*・林 昌宏**

Selection of Crane Motors and Their Latest Tendency

Nagoya Works Yoshihiko WADA・Toshiaki FUJITA
Kōbe Works Masahiro HAYASHI

The JEM standards have been applied in general to crane motors in this country. But now it is the time to take up the IEC standards for reference as the ones adaptable for practical conditions and the matter is under consideration. In view of the latest trend of crane motors, discussion has been made on the relation between the cyclic duration factor and output with the intermittent periodic duty taken as the reference standard, the effect of starting frequency on the cyclic duration load factor and the relation of the starting frequency with the maximum torque. At present, there are several kinds of AC and DC crane motors developed based on the new standards, their brief explanation being given together with.

1. ま え が き

荷役機械および製鉄用補機としてのクレーン用電動機は、最近の工業技術の進歩と、それに対応する制御方式の著しい進歩により、高い使用ひん度と迅速な応答速度とを要求されつつある。しかしながら従来のクレーン用電動機は実用とは関係の少ない時間定格を採用していたため、実用上電動機の使用限界が明らかでなく、使用上の不便があり、また、使用者側からの高ひん度条件の要求に対して、その選定問題に対する考え方が一貫性を欠いていたきらいがあった。

わが国においては、クレーン用電動機として JEM 規格が従来より一般に使用されていたが、米国における AISE 規格の改訂、ヨーロッパにおける IEC 規格、DIN 規格等のあり方を参考にして、クレーン用電動機の JEM 規格も、実用にそくした規格として見直すべき段階に達し、現在日本電機工業会において交流機・直流機とも新規格制定の審議が重ねられ、すでに最終段階に達し規格として公布されようとしている。

本論文は上記のクレーン用電動機の傾向にかんがみ、高ひん度使用において、最も検討を必要とする交流クレーン用電動機の反復使用率および最大トルク選定の問題と、IEC 寸法を採用した新形交流クレーン用電動機の紹介を主として論じ、さらに新形クレーン用直流電動機の概要を述べたものである。

2. 交 流 電 動 機

2.1 反復使用率、最大トルク選定の問題

2.1.1 定格と出力との関係

(1) 時間定格と反復時間定格

従来のクレーン用電動機は 30 分定格とか、1 時間定格といったような時間定格で称呼されていたが、この称呼は使用方法に適合したものではなく、実際の使用状況に適合した反復定格 (%ED) の採用が検討されつつある。

今、 T_a : 電動機運転中の熱時定数 (Hr)

T_b : 電動機休止中の熱時定数 (Hr)

t : 電動機の時間定格 (Hr)

ε : 負荷時間率 $\varepsilon = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$

α : 1 サイクル中の運転時間 (Hr)

β : 1 サイクル中の休止時間 (Hr)

とし、起動時における損失および熱時定数の変化を無視し、電動機の運転周期は熱時定数に比べ、無視できるほど小さいとすれば、次の関係式が成立する。

$$t = T_a \log \left[1 + \frac{\varepsilon}{\frac{T_a}{T_b}(1-\varepsilon)} \right] \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\varepsilon = \frac{\frac{T_a}{T_b}(1-e^{-\frac{t}{T_a}})}{1 - (1-e^{-\frac{t}{T_a}})\left(1 - \frac{T_a}{T_b}\right)} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

T_a/T_b をパラメータとして、反復定格と時間定格の関係を求めれば図 2.1 のようになる。 T_a/T_b は運転時間と休止時間中の熱時定数の比を与えるもので、 T_b は電動機の保護形式に応じ、若干の変化はあるが、ほとんど一定と考えることができるのに対し、 T_a は冷却方式・保護方式によって大いに変化する。電動機の熱時定数は表面冷却係数に逆比例するので、冷却のよい電動機ほど T_a/T_b は小

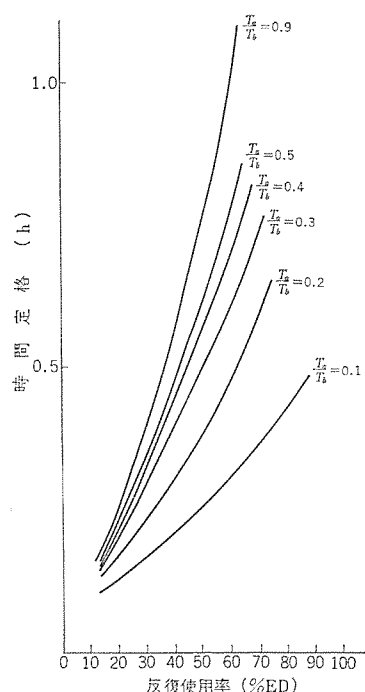


図 2.1 反復使用率と時間定格の関係
Fig. 2.1 Relations of % ED with time ratings.

さくなる。一般に全閉自冷形の場合は $T_a/T_b=0.9$ 、全閉外扇形の場合は $T_a/T_b=0.3\sim 0.4$ 、開放形の場合は $T_a/T_b=0.1\sim 0.2$ と考えられるので各冷却方式に応じ、反復定格と時間定格との関係を図 2.1 から求めることができよう。なお、図 2.1 は、同一の損失配分をもち、表面の冷却面積をほぼ一定とした電動機を考え、この電動機を全閉自冷形として使用したときの T_a の値を 1 Hr として求めたものである。

実際には、反復定格時の起動時損失、起動時の熱時定数等の影響のため、この図で示すより大きい時間定格を必要とするが、一応の目安を与えるものと考えられる。

(2) 反復定格と出力増減率

クレーンの使用においては基準 % ED にこだわることなく適宜その使用条件、負荷の種類等に応じ、基準 % ED とは異なった定格で使用される場合が多い。この場合 % ED に対してどのように出力が変化するかを決定しておくことは使用者側に便を与え、さらにクレーン用電動機の使用の幅を明らかにすることになる。

反復使用の場合と連続使用の場合との温度上昇の関係は、起動時の損失を無視し、内部の損失配分を一定と考えれば次の式が成立する。

$$\theta = \theta_f \frac{\alpha}{\alpha + \frac{T_a}{T_b} \beta} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

ここで θ は反復定格時の最終温度上昇、 θ_f は連続定格時の最終温度上昇を与える。

反復定格と出力増減率の関係は、主として電動機の温度特性によって決まるもので、絶縁種別によって与えられた温度上昇限度に電動機の発熱部の一部が達したときをもって決定されるべきである。この決定の主因をなすものは、各発熱部の損失の割合と外被の冷却効率および内部温度こう配である。

一般に全閉形式の電動機の等価熱回路は図 2.2 で示される。図 2.2 において、温度上昇と損失との間に次の関係が成立する。

θ_1	B_{11}	B_{12}	B_{13}	$Q_1 + K_1 \theta_f$
θ_2	B_{21}	B_{22}	B_{23}	$Q_2 + K_2 \theta_f$
θ_3	B_{31}	B_{32}	B_{33}	$Q_3 + K_3 \theta_f$

..... (2.4)

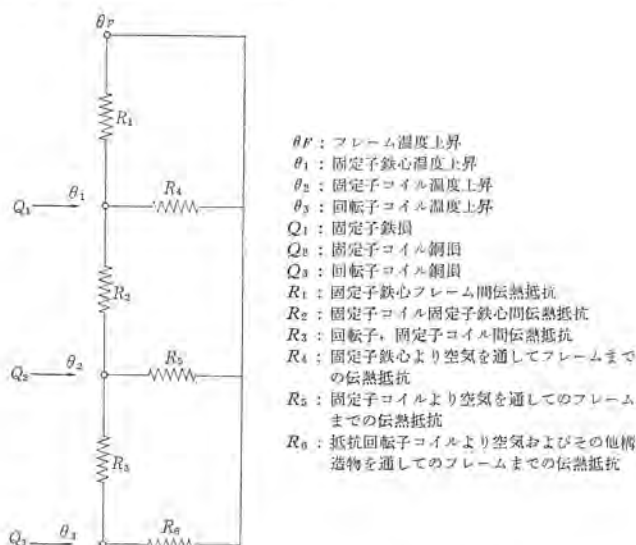


図 2.2 全閉形式の等価熱回路
Fig. 2.2 Equivalent thermal network of enclosure type motor.

ここで $B_{11} \dots B_{33}$ は熱貫流抵抗 $R_1 \dots R_6$ より求めた熱貫流率を示し、 K_1, K_2 および K_3 は各発熱部より表面まで熱貫流率を示すものである。

全閉形電動機の最高温度上昇は、最もフレーム部分より遠いところに発生する損失と考えることができるので、出力増減率決定の対象として、回転子コイルの温度上昇 θ_3 のみを取り上げることとする。損失 Q_1, Q_2 および Q_3 の場合の連続定格の温度上昇を基準とし、この場合の回転子コイルの温度上昇を θ_3 とする。次に同一電動機を出力増加率 C により運転し、このときの温度上昇を θ_3' とする。式 (2.4) より

$$\theta_3 = B_{31}Q_1 + B_{32}Q_2 + B_{33}Q_3 + K' \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\theta_3' = B_{31}Q_1 + B_{32}C^2Q_2 + B_{33}C^2Q_3 + K' \cdot (Q_1 + C^2Q_2 + C^2Q_3) \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$K' = \frac{1}{\alpha F} (K_1 B_{31} + K_2 B_{32} + K_3 B_{33})$$

ここで αF はフレーム表面熱放散率である。

この電動機を反復定格で運転し、そのときの回転子コイルの温度上昇が θ_3 になったとする。式 (2.6) より

$$\begin{aligned} \theta_3 &= B_{31}Q_1 + B_{32}C^2Q_2 + B_{33}C^2Q_3 \\ &+ K' \cdot \theta_f \cdot (Q_1 + C^2Q_2 + C^2Q_3) \quad \dots\dots\dots (2.7) \end{aligned}$$

が導かれる。式 (2.7) は損失全体は反復定格時の出力増加により増大するが、フレーム表面の温度上昇が θ/θ_f 倍となるため、回転子の温度上昇が出力増加以前の値と等しくなったことを意味する。式 (2.5) と式 (2.7) より C の値を求めれば式 (2.8) が与えられる。

$$C = \sqrt{1 + \frac{K'}{B_{33}} \left(1 - \frac{\theta}{\theta_f}\right) \frac{\left(1 + \frac{Q_1}{Q_2} + \frac{Q_3}{Q_2}\right)}{\left(1 + \frac{B_{31}}{B_{32}} \cdot \frac{Q_1}{Q_2}\right)}} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

図 2.2 の熱回路より、計算を簡単にするため R_1, R_5 および $R_6 = \infty$ とすれば

$$\frac{B_{31}}{B_{32}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot \frac{B_{33}}{B_{32}} = 1 + \frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{B_{31}}{B_{32}}\right) \quad \frac{K'}{B_{33}} = \frac{R}{R_1 + R_2} \quad R = \frac{1}{\alpha F}$$

となる。すなわち K'/B_{33} は表面の熱放散抵抗とフレームから一次銅損発生源までの熱抵抗の比を与えるもので、一次銅損発生源までの温度こう配を示す定数であり、 B_{33}/B_{32} はフレーム表面より二次銅損発生源までの温度こう配を示す定数と考えられ、電動機の形式によりほぼ一定の値をとるものと考えられる。

K はフレーム表面からの熱放散抵抗を与えるもので、運転中と休止中ではそれぞれの熱時定数の比に等しい開きを生ずる。したがって K' の値は負荷時間率により変化する。式 (2.8) において K' を連続定格の場合の表面熱放散抵抗とすれば、反復定格時には式 (2.9) が成立する。

$$C = \sqrt{1 + \frac{K'K''}{B_{33}} \left(1 - \frac{\theta}{\theta_f}\right) \frac{\left(1 + \frac{Q_1}{Q_2} + \frac{Q_3}{Q_2}\right)}{\left(1 + \frac{B_{31}}{B_{32}} \cdot \frac{Q_1}{Q_2}\right)}} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$K'' = \frac{T_a \beta}{\alpha + \beta}$$

全閉外扇形では $(T_a/T_b=0.35\sim 0.4)$ の値はほぼ 1 に等しいと考えられる。また、 B_{33}/B_{32} は約 2.5 と考えられる。

図 2.3 は $T_a/T_b=0.9$ (全閉自冷形)、 $T_a/T_b=0.35$ (全閉外扇形) について連続定格出力を 1 とした場合の反復定格時の出力増加率を示したものである。全閉自冷形の場合は $K'/B_{33}=3.0$ として考えた。

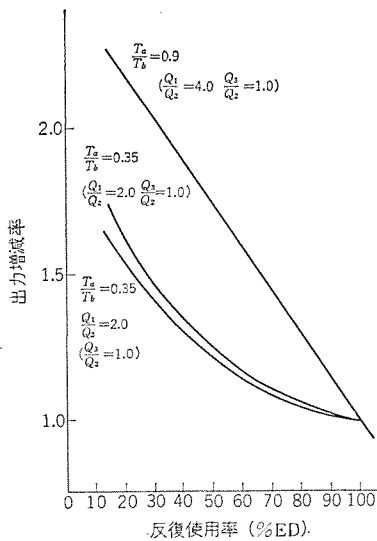


図 2.3 反復使用率と出力増減率 (連続定格時出力を 1.0 としたものの)

Fig. 2.3 Relations of % ED with multiply constant of out-put. (Out-put of cont, Rating=1.0)

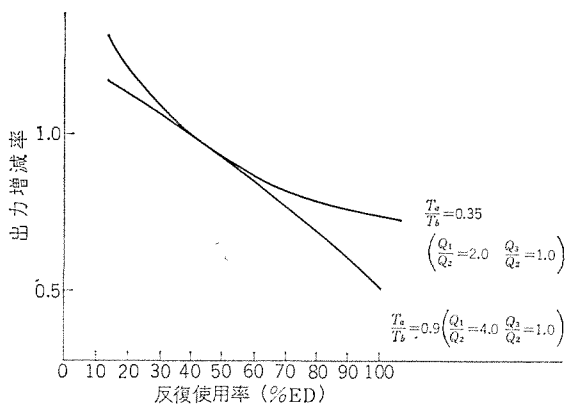


図 2.4 反復使用率と出力増減率 (40 % ED の出力を 1.0 としたものの)

Fig. 2.4 Relation of % ED with multiply constant of out-put. (Out-put of 40% ED=1.0)

この図で明らかなように T_a/T_b が大きいほど出力増加率が大きく、 T_a/T_b が小さいほど、その差は小さくなる。全閉自冷形ではある基準の % ED を与えたとき、それ以上の高いひん度で使用するときは、出力の低減率を大きくしなければならぬこと、また低いひん度においても、出力増加率はさほど高くとれないことを示している。逆に全閉外扇形では、基準 % ED に対しひん度の高い場合は出力の低減率は全閉自冷形よりも少なくすることができ、ひん度の低い場合は逆に高くとることができることを示している。図 2.4 は 40 % ED を基準としたときの出力増減率の比較を示したものである。損失の配分率の影響は大きく、全損失中において銅損とくに 2 次銅損のしめる割合の高いほど出力増加率は減少する。

したがって、出力増減率は冷却能力・損失配分率等により大きく変化するので、設計内容の具体的な値を決定しないと正確には決定しがたい面をもつが、冷却形式に合わせた損失配分率は、ほぼ一定と考えられるので大体の基準を決定できよう。

(3) 起動ひん度と出力増減率

起動時の損失を無視した場合、負荷時間率と出力増減率の関係は式 (2.3) および (2.9) を適用して求めることができるが、実際には

起動条件に応じた起動時の損失および起動時間が存在するため、これを無視するわけにはゆかない。

巻線形電動機の二次抵抗起動のように起動時の損失が比較的定格時の損失に近いものでは、起動ひん度の少ない場合、これを無視することができるが、起動ひん度がある程度以上になればこれを無視することはできず、出力増減率に大きく影響をおよぼすようになる。今、起動時間を t_s 、運転時間を t_R とし、かつ起動時の発生損失を定格出力時の P 倍とすれば、起動ひん度を与えた場合の反復定格時の最終温度上昇 θ' は次式で与えられる。

$$\theta' = \theta_f \frac{1 + P \cdot \frac{T_a}{T_s} \cdot \frac{t_s}{t_R}}{1 + \frac{T_a}{T_s} \cdot \frac{t_s}{t_R} + \frac{T_a}{T_b} \cdot \frac{\beta}{t_R}} \quad (2.10)$$

t_R と t_s の和は 1 サイクル 中の運転時間

ここで T_s は起動時の電動機熱時定数である。

この場合の出力増減率 C' は式 (2.5) および (2.7) を適用し、次のように与えられる。

$$\theta_3 = B_{31}Q_1 + B_{32}Q_2 + B_{33}Q_3 + K'\theta_F \quad \text{連続定格時,}$$

$$\theta_3 = B_{31}Q_1 + \left(\frac{P t_s + t_R}{t_s + t_R} \right) C'^2 (B_{32}Q_2 + B_{33}Q_3) + \left(\frac{\theta'}{\theta_f} \right) \cdot K'\theta_F'$$

反復定格時

$$\therefore C' = \sqrt{\frac{1 + \frac{t_s}{t_R} \left(1 + \frac{K'K'''}{B_{32}} \left(1 + \frac{\theta'}{\theta_f} \right) \left(\frac{1 + \frac{Q_1 + Q_3}{Q_2}}{1 + \frac{B_{33}}{B_{32}} \cdot \frac{Q_3}{Q_2}} \right) \right)}{1 + P \frac{t_s}{t_R}}} \quad (2.11)$$

$$K''' = \frac{T_s \cdot t_s + t_R + \frac{T_b \beta}{T_a}}{\alpha + \beta}$$

クレーン用電動機を図 2.5 に示す方法で起動した場合の起動時間 t_s および起動時の回転子損失 Q_{3s} は次式で与えられる。

$$t_s = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{N_s}{T} \cdot \frac{1}{T_M - T_F} [(1-m) \log 20(1-m) + (m-m^2) \log 20(m-m^2) + (m^2-m^3) \log 20(m^2-m^3) + \dots] \quad (2.12)$$

$$Q_{3s} = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{60} \right)^2 GD^2 \cdot N_s^2 \cdot (1+m)^2 \cdot S \cdot$$

$$\left[\frac{1}{1-S} + \frac{m^2}{m-S} + \frac{m^4}{m^2-S} + \dots \right] \quad (2.13)$$

ここで $GD_2 = GD_M^2 + GD_F^2$ GD_M^2 は電動機の GD^2 , GD_F^2 は負荷の GD^2 , T_M および T_F は T を 1 とした場合の電動機トルクおよび負荷反抗トルク、 T は電動機定格トルク、 S は二次定格短絡時の正味の電動機トルク特性において T_M を生ずるときのスベリ、 m は T_F/T_M ,

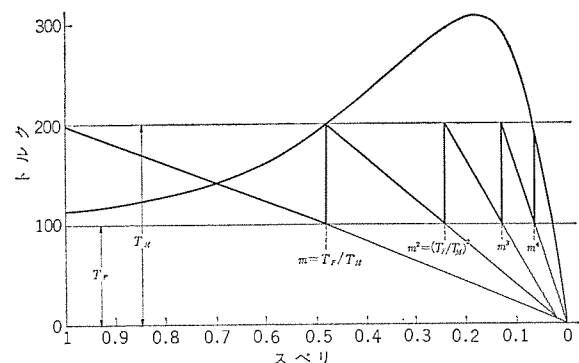
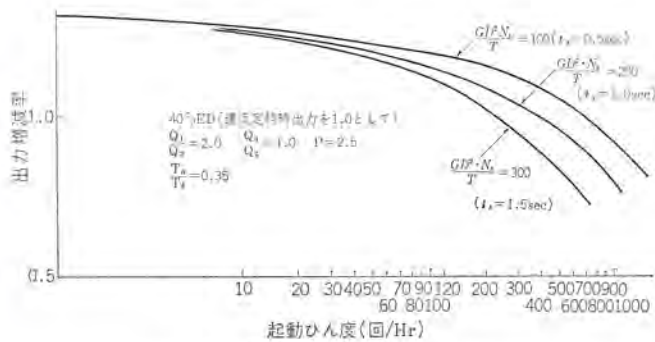
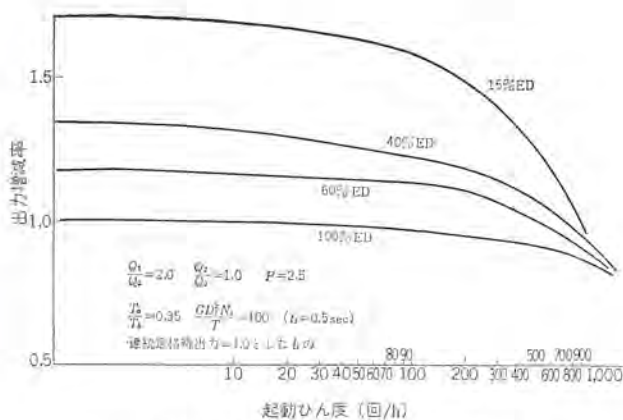


図 2.5 クレーン用電動機の起動トルク特性

Fig. 2.5 Starting torque characteristics of AC crane motor.



(a) $\frac{GD^2 \cdot N_s}{T}$ をパラメータとしたもの



(b) % ED をパラメータとしたもの

図 2.6 起動ひん度-出力増減率曲線

Fig. 2.6 Duty cycle vs. multiply constant of out-put.

N_s は同期速度を与える。

式 (2.12) において T_M および T_F を与えれば、起動時間 t_s は $\frac{GD^2 \cdot N_s}{T}$ に比例する。負荷の GD^2 は電動機の GD^2 に比べ一般に小さい (普通は 10% 程度といわれている) とすれば、電動機出力・極数および GD_M^2 により起動時間は決定される。当社のクレーン用電動機の場合、 $\frac{GD_M^2 \cdot N_s}{T}$ は 50 c/s では 100~200、60 c/s では 150~270 の範囲にあり、 T_F を 1.0 とし、 $T_M = 2.0$ を与えたときの起動時間は 0.5~1.5 秒程度である。 P の値は式 (2.13) を適用し、 $(Q_3/t_s)^2$ をもって求めてもよいが、通常は $T_M = I_M$ すなわち図 2.5 での使用範囲ではトルクと電流は比例するとして求めてもよい。実際は最大トルクをいかにとるかによって $T_M = I_M$ が成立しない場合があるが、正確にはトルク特性を含めた出力増減率を検討する必要がある。図 2.6 (a) は 40% ED の場合、 $\frac{GD_M^2 \cdot N_s}{T}$ をパラメータとして起動ひん度と出力増減率の関係を、図 2.7 (b) は % ED をパラメータとして起動ひん度と出力増減率との関係を求めたものである。

$T_b/T_a = 0.35$ で 200% 起動のとき $T_F = 1.0$ とすれば、 $P = 2.5$ である。この場合図 2.7 より起動ひん度 180 回/Hr 程度までは、起動ひん度を無視した場合と大きな差はないが、240 回/Hr を越えるとだんだん差が大きくなり、600 回/Hr ではすでに連続定格程度の出力しか期待できぬことを示している。すなわち 40% ED で適正な温度上昇値をもつものは、反復運転のひん度によって図に示す出力減少率の 2 乗に逆比例して、温度上昇が高くなることが理解できよう。

(4) 最大トルクと出力増減率

起動時回転子に発生する損失は式 (2.13) で与えられる。この式で明らかなように、巻線形電動機の二次抵抗起動では、回転子に発生

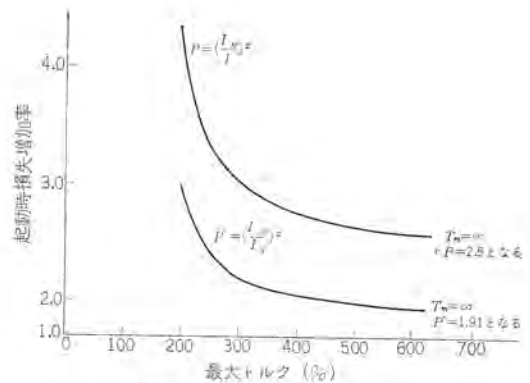


図 2.7 最大トルクと起動時損失増加率の関係

Fig. 2.7 Relation of max torque with multiply constant of out-put at starting.

する損失は T_M を生ずるスベリにほぼ比例すると考えてよい。すなわち T_M を生ずるスベリ S を小さく設計する電動機ほど、 Q_{3S} を小さくでき、式 (2.11) の P の値を同一起動条件においても小さくすることができる。 S の値はほぼ最大トルクの大きさに逆比例するので、最大トルクを大きく設計する電動機では起動ひん度の影響を減少させることができる。

式 (2.13) のような表現は電流を基礎としていないので、式 (2.11) との関連がつけがたい。したがって起動条件を与えたときの損失の増減を電流基本で考えてみる。今、二次電流を定格時 I 、トルク T_M のとき I_M を与えれば、一次抵抗を無視するとき次の関係が成立する。

$$\left(\frac{I_M}{I}\right)^2 = T_M^2 \frac{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{I}{T_M}\right)^2}}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T_M}{I}\right)^2}} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

ここで T_m は最大トルクである。すなわち P の値は T_m の値に影響を受ける。したがって起動条件を図 2.5 とすれば

$$P = \left[\left(\frac{I_M}{I}\right)^2 + 1 \right] / 2 \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

で与えられる。ただし式 (2.15) は起動時間の変化割合が一定としたもので、正確にはこのようにならない。図 2.7 は $T_M = 2.0$ すなわち 200% 起動のときの最大トルクと P との関係を示したもので、 T_m が大きいほど P の値は最低値 2.5 に接近する。

一次電流についても定格時 I_0 、 T_M なるトルクのとき I_{0M} とすれば次の関係式が成立する。

$$\left(\frac{I_{0M}}{I_0}\right)^2 = \frac{T_M^2 \frac{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{I}{T_m}\right)^2}}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T_M}{I}\right)^2}} + k^2}{1 + k^2} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

ここで k は無負荷電流と定格時の出力電流との比である。この考え方を式 (2.5) および (2.7) に適用すれば、次のように与えられる。

$$\text{連続定格時 } \theta_3 = B_{31}Q_1 + B_{32}Q_2 + B_{33}Q_3 + K[Q_1 + Q_2 + Q_3]$$

$$\begin{aligned} \text{反復定格時 } \theta_3 = & B_{31}Q_1 + \frac{Pt_s + t_R}{t_s + t_R} \cdot \frac{C'^2 + k^2}{1 + k^2} B_{32}Q_2 \\ & + \frac{Pt_s + t_R}{t_s + t_R} C'^2 B_{33}Q_3 + \left(\frac{\theta}{\theta_f}\right)' K' \\ & \left[Q_1 + \frac{Pt_s + t_R}{t_s + t_R} \cdot \frac{C'^2 + k^2}{1 + k^2} Q_2 + \frac{Pt_s + t_R}{t_s + t_R} C'^2 Q_3 \right] \end{aligned}$$

$$\therefore C'' = \sqrt{\frac{t_s + t_R}{P t_s + t_R} \left[1 + \frac{K' K''}{B_{32}} \left(1 - \left(\frac{\theta}{\theta_f} \right)' \right) \left(\frac{1 + \frac{Q_1 + Q_3}{Q_2}}{1 + k^2 + \frac{B_{32} Q_3}{Q_2}} \right) \right]} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

$$P = \frac{1}{2} \left[\frac{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1}{T_m} \right)^2}}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T_M}{T_m} \right)^2}} + 1 \right]$$

式 (2.17) は起動ひん度と最大トルクを考えに入れた負荷時間率と出力増減率を示すものであるが、正確には起動時間の運転時間に対する割合および起動時間の変化割合が C'' を決定する大きな要因となるので、個々の場合について P の値と $\frac{t_s}{t_R}$ の値を検討し、計算する必要がある。

2. 1. 2 クレーン用交流電動機選定の条件

クレーン用電動機の選定にあたっては通常の電動機選定要目のほかに起動ひん度および最高負荷時間率を考慮せねばならない。

これらに 2. 1. 1 項で述べた諸式を適用することにより、使用条件にあった最適の電動機を決定することができる。負荷時間率と出力との関係は、あらかじめ大体のところは決定できるものであるが、これらを含めた保護形式と電動機の大さの決定および起動ひん度と最大トルクをどう結びつけるかが選定条件の大きな要因となろう。ここでは形式の選定と、起動ひん度と最大トルクをどう関連づけるかを検討してみたい。

(1) 形式の選定

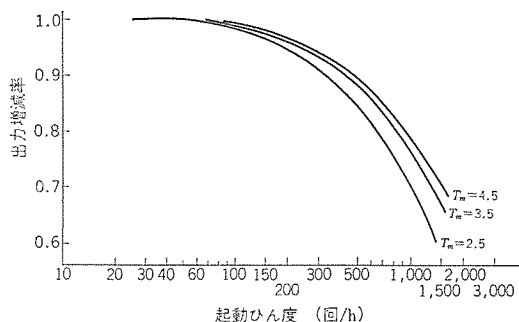
図 2. 1 より明らかなように T_a が小さく、しかも T_a/T_b が大きいものほど、小さい時間定格で大きい負荷時間率が得られる。また、同一定格を与えたときは、小さい時間定格ほど小形に電動機を設計できる。実際には起動ひん度等の影響のため、図 2. 1 のとおりの負荷時間率は適用できないが、傾向は一定していると考えてよい。

また、電動機設計上の一つの制約を与えるものにトルク特性がある。そのため、時間定格と電動機の大さとの関係はほぼ 30 分定格・1 Hr 定格・2 Hr 定格・および連続定格の 4 種に限定されると考えられる。したがって図 2. 1 から 15 % ED 以下ではどんな形式の電動機でも大さは同一になるといえるが、負荷時間率の高くなるほど形式の影響は大きくなり、60 % ED 以上では全閉形では連続定格が必要であるのに対し、全閉外扇形では 30 分～1 Hr 定格、閉鎖通風形では 30 分定格程度でよく、形式と電動機の大さに大きく差を生ずるに至る。

図 2. 4 は 40 % ED で定格出力の電動機での負荷時間率の変化と出力との変化の関係を示したもので、この図で明らかなように T_a/T_b の小さいものほど、負荷時間率の変化に対して有利な出力の変化をすることがわかる。すなわち一定の定格をもった電動機においても、その保護形式によっては使用の範囲を拡大できるものも、あるいは定格付近か、または大きく定格を下げないかぎり使用に耐えないものもある。

一般的にまとめれば、全閉形式の場合 % ED の低い用途 (15 % ED 程度以下) では全閉形式でも、その他のもっと冷却のよい形式でも大差はない。25～60 % ED では全閉外扇形が望ましく、それ以上は外被強制通風形がよい、といえよう。そして反復使用に対しては周囲の条件さえ許せば開放形の使用が最も望ましい。負荷時間率が条件によって広く変化するような用途には全閉外扇形または強制通風形が望ましく、全閉形は電動機をいたずらに大きくするのみで不適といえよう。

クレーン用電動機の選定と最近の傾向・和田・藤田・林



40% ED 起動ひん度 0 のときの出力を 1.0 として
 $\frac{GD \cdot N_s}{T} = 100$ の場合 負荷 GD^2 は電動機 GD^2 の 10% の場合
 $T_M = 2.0$

図 2. 8 起動ひん度—出力増減率曲線 (最大トルクをパラメータとしたもの)

Fig. 2. 8 Duty cycle vs. multiply constant of out-put curves.

(2) 起動ひん度と最大トルク

2. 1. 1 項の各式に示されるように起動ひん度によって出力増減率は大きく影響される。すなわち $\left(1 + \frac{t_s}{t_R} \right) / \left(1 + P \frac{t_s}{t_R} \right)$ が大きく関係する。この式で $P \cdot t_s/t_R$ をできるだけ小さくすることが必要である。

巻線形電動機の二次抵抗起動においては

$$t_R = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{N_s}{T} \cdot \frac{1}{T_M - T_F} [(1-m) \log 20(1-m) + (m-m^2) \log 20(m-m^2) + \dots]$$

が成立する。ここで $m = T_F/T_M$ である。しかし、起動時の発生損失はほとんど抵抗起動の第 1 ノッチにおいて発生するので、第 1 ノッチ部分のみについて検討すれば十分である。第 1 ノッチの段階における損失の定格時損失に対する比率 P は、次式で与えられる。ただし起動は定格運転時のスベリの 5 % 手前で完了するものとした。

$$P = 1 + \frac{1 - I_M + I_M^2}{2 \log 20(1-m)} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

I_M はトルク T_M において起動するときの電流で、定格電流を 1 として求めたもので

$$I_M^2 = T_M^2 \frac{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1}{T_m} \right)^2}}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{T_M}{T_m} \right)^2}}$$

で与えられる。

この関係を式 (2.17) に入れ、 T_M と T_m との関係において 40 % ED における起動ひん度と出力増減率の関係を図 2. 8 に示す。この図によれば $T_M = 2.0$ という起動方式においても、 T_m が高いほど高ひん度において有利となる。すなわち 250 % 最大トルクと 450 % 最大トルクの電動機においては、1,200 回/Hr という高ひん度においては約 20 % 後者のほうが出力が大きくとれることを示している。

図 2. 8 は 1 例にすぎないが、一般に最大トルクおよび起動時のトルクの高いほど高い起動ひん度に耐えうるもので、電動機の選定上、最大トルクをいかに決定するかはきわめて重要な因子といえよう。普通は 240 回/Hr まではとくに考慮を要せず、250 % 程度でまず問題ないが、600 回/Hr の高ひん度においては 450 % 以上の高最大トルクで、しかも高い起動トルクで起動するような方式をとる必要がある。

2. 2 クレーン用電動機の最近の傾向

クレーン用電動機選定上の要素として、実用状態に近い定格を採用することが必要条件であることは 2. 1 節における考察から明らかであり、わが国において従来採用されてきた定格の考え方が、実用

表 2.1 負荷使用率と出力増減(40 % ED の出力を 1 とし)
Table 2.1 Load factors and output changes.

% ED	15	25	40	60	100
出力増減率	約 1.35	約 1.15	1.0	約 0.83	約 0.7

状態とはかけ離れた不明確なものであることが使用者側および製造者間に認識されるにつれ、実用化に近い定格の設定が望まれるに至った。さらに、国際的な観点から IEC 寸法採用も考慮され、クレーン用電動機の新規格の審議がなされている。以下 クレーン用電動機の最近の傾向を紹介する。

(1) 主要寸法系列

IEC 寸法の採用が決定され、DIN 規格等を参考にした国際的視野に立って主要寸法が協約寸法として決定される見通しである。なお、現行 JEM 規格の考え方も合わせて取入れられ、軸端・据付等に関する基本形状は、現行 JEM の線が生かされるものと考えられる。

(2) 形式

高い負荷時間率に対して、より有効な全閉外扇形が標準形式として決定された。なお T_a/T_b が比較的小さく、しかも負荷時間率が一般に低いと考えられる小容量機に対しては、全閉自冷形の併用も考えられている。

(3) 標準定格

定格の表示は負荷時間率をもって表わすこととなり、標準定格として 40 % ED が決定されている。さらに需要家側の便宜を図るため、標準定格電動機を他の異なった負荷時間率に使用するときの出力の変化を明確にすることが考えられている。表 2.1 は負荷時間率と出力増減率との概略の関係を示したものである。

(4) 絶縁階級

現行 JEM は A 種絶縁であるが、電動機の小型化を図るため E 種絶縁が標準絶縁階級として決定されるものと考えられる。

(5) 最大トルク

実用時における起動ひん度と電動機の最大トルクとは重大な関係があることは、すでに述べた。高起動ひん度に耐えるためには、電動機の最大トルクを高く設定することが必要であるが、実用上予想される起動ひん度と考える場合、それに合った電動機の最大トルクを決定するのが最も好ましいと考えられる。一般的には 200~300 回/Hr の起動ひん度が、標準的使用方法での最高限度と考えることができる。図 2.8 で明かなように、この程度であれば 250 % 最大トルクで十分であり、出力減少の割合もわずかである。標準的なクレーン用電動機では、最大トルクは 250 % として決定されるものと考えられる。なお過激な起動ひん度を要求される場合には、それぞれの場合に見合った最大トルクの設定が必要であることはいまでもない。

(6) 高速化

現行 JEM の標準回転数よりも高速化を図り、電動機をより小形化する方向に進むものと考えられる。45 kW 以下は 6 極、それ以上 90 kW までは 8 極、110 kW 以上は 10 極と高速化される見通しである。

(7) 二次電圧

完全な協約化を達成するため、二次電圧の値とその許容差が決定される見通しである。許容差は規格値の $\pm 15\%$ の範囲になることが予想される。現行 JEM ではこの点に拘束力がなく、完全協約化



図 2.9 三菱新形 クレーン用交流電動機 (IEC 寸法適用)
Fig. 2.9 New Mitsubishi AC crane motor.

を果たし得なかったが、この問題は、今後は正されるものと期待できよう。

(8) 起動ひん度

負荷時間率の設定と同様、標準的なクレーンでの最高起動ひん度を規定する方向に動くものと考えられる。起動ひん度の設定は、回転系の GD^2 と負荷時間率に関係するもので、これら要因をとりいれ、需要家側の便宜を図るよう起動ひん度と負荷時間率との乗数を与えて、使用状態を表現する方向に進むものと考えられる。なお、出力ごとの電動機の最大 GD^2 は規定される動きにある。

2.3 IEC 寸法適用三菱クレーン用電動機

日本電機工業会での IEC 寸法適用の新 クレーン用電動機の規格制定審議の開始とほぼ時を同じくして、当社においても IEC 寸法適用の新形標準 クレーン用電動機の開発と系列化に着手し、このほどその目的を達した。この開発は規格制定前であったため、工業会での審議内容、DIN 規格等を参考にし、規格案の内容と計画との間にくいちがいなきたさなよう十分の注意を払って行なわれた。全閉外扇形の採用、反復定格率の採用、反復定格率と出力増減率の明確化および起動ひん度が温度上昇に与える影響等、総合的な見地から計画がなされたもので、現在ほとんど審議が完了し、新 JEM として公布の運びになると考えられる新規格に十分満足する特性を得ることに成功したものである。

(1) 特長

(a) 全閉外扇形の採用

DIN のゆき方にならい全閉外扇形を採用した。これにより、高ひん度の反復定格に対する出力を増大し得た。

(b) 小形化された

高速化により現行 JEM の全閉形よりさうとう小形化し得た。

(c) 40 % ED を標準定格とした

従来の時間定格の表示とは異なり、反復時間率をもって定格を表現したので、使用時間と出力との関係が明確になり、使用者にさうの便宜を与えるものと考えられる。

(d) E 種絶縁の採用

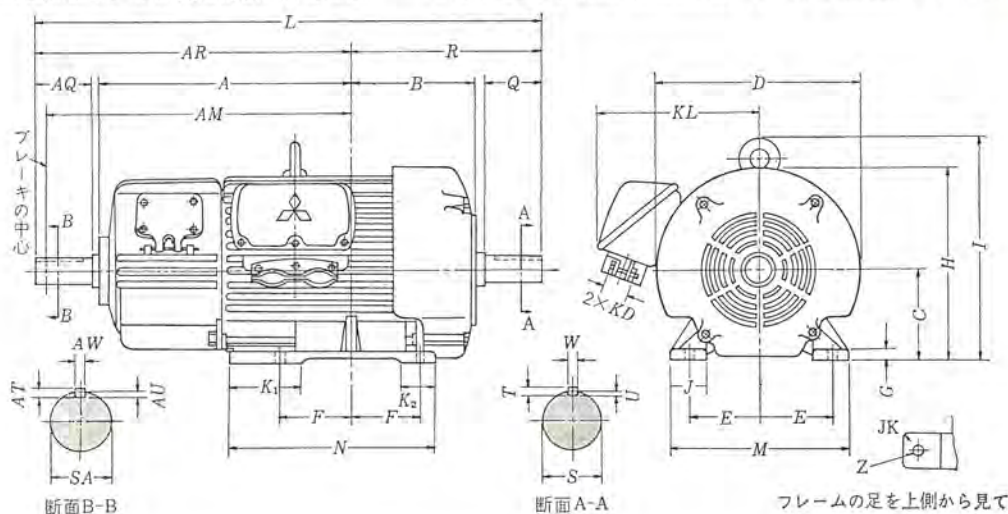
完全 E 種絶縁を採用した。これにより耐熱性が著しく向上したので、電動機をより小形化することができた。また、適切な絶縁材料の選定により、使用中瞬間的に発生する二次電圧の急騰にも十分耐えうる特性をもたせることができた。

(e) 低い温度上昇

適切な冷却構造の採用により温度上昇は A 種許容値程度に押えることができたので、E 種絶縁の採用により絶縁の安定性をいっさう高めることができた。さらに負荷時間率の増加に対しても出力減少を最小にとどめることができた。

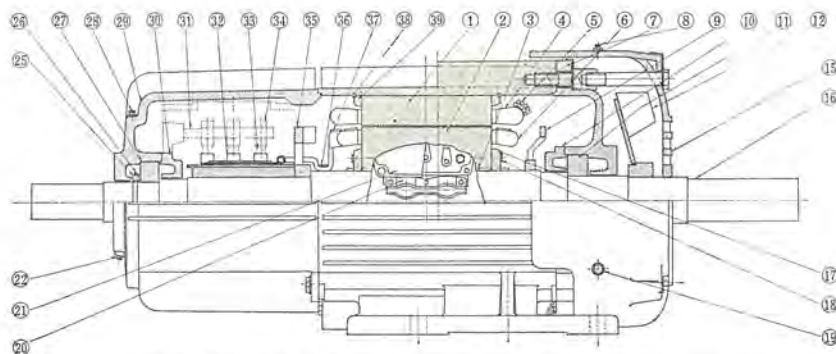
表 2.2 三菱新形 クレーン 用交流電動機外形寸法

Table 2.2 Outline dimensions of new Mitsubishi crane AC motors.

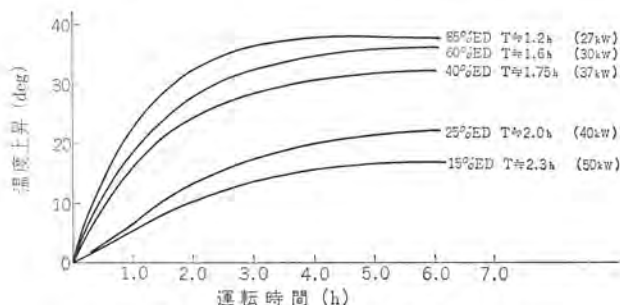


kW	極数	わく番号	電 動 機																軸 端 (連 結 側)						軸 端 (反連結側)								
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	JK	K ₁	K ₂	KD	KL	L	M	N	Z	Q	R	S	T	U	W	AQ	AR	SA	AT	AU	AW
3.7 5.5 7.5	6	KE 160 M	430	193	160	350	127	105	20	335	395	55	6	110	60	55	305	868	310	310	15	110	323	48	8	4.5	12	110	545	42	8	4.5	12
11	6	KE 160 L	452	215	160	350	127	127	20	335	395	55	6	110	60	55	305	912	310	354	15	110	345	48	8	4.5	12	110	567	42	8	4.5	12
15	6	KE 180 L	491	236	180	402	139.5	139.5	22	381	435	70	6	140	70	55	325	980	350	410	15	110	370.5	55	10	5	15	110	609.5	48	8	4.5	12
22	6	KE 200 L	546	260	200	440	159	152.5	25	420	490	85	6	145	85	65	375	1,088	400	445	19	140	425.5	60	10	5	15	110	662.5	55	10	5	15
33	6	KE 225 M	599	274	225	480	178	155.5	28	465	545	85	8	150	90	65	400	1,160	440	450	19	140	444.5	65	12	6	18	110	715.5	55	10	5	15

kW	極数	わく番号	電 動 機																		軸 端 (連 結 側)						軸 端 (反連結側)						
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	JK	K ₁	K ₂	KD	KL	L	M	N	Z	Q	R	S	T	U	W	AQ	AR	SA	AT	AU	AM
37, 45	6	KE 250 M	708	307	250	525	203	174.5	30	513	585	90	8	232	100	75	440	1,337	506	568	24	140	482.5	75	13	7	20	140	854.5	60	10	5	15
55	8	KE 280 M	742	365	280	608	228.5	209.5	32	584	656	95	10	224	105	75	485	1,459	570	630	24	170	569.5	85	16	8	24	140	889.5	70	12	6	18
75, 90	8	KE 315 M	819	404	315	710	254	228.5	35	670	756	105	12	226	110	85	545	1,613	636	675	28	170	614.5	95	16	8	24	170	998.5	85	16	8	24
110, 132	10	KE 355 L	955	523	355	780	305	315	38	745	853	120	12	200	120	95	610	1,914	750	820	28	210	779	110	18	9	28	170	1,135	100	18	9	28
160, 200	10	KE 400 L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

図 2.10 三菱新形 クレーン 用電動機構造 (IEC 標準寸法)
Fig. 2.10 Construction of new Mitsubishi crane motor.

- ① 固定子鉄心
- ② 回転子鉄心
- ③ 回転子鉄心キー
- ④ 固定子コイル
- ⑤ 固定子口出線
- ⑥ 回転子コイル
- ⑦ ブラケット
- ⑧ 注油口
- ⑨ バランスリング
- ⑩ 軸箱カバー
- ⑪ コロ軸受
- ⑫ 外扇ファン
- ⑬ 外扇カバー
- ⑭ 軸
- ⑮ 回転子クランパ
- ⑯ コアベッ
- ⑰ 排油口
- ⑱ 口出線締付金具
- ⑲ 端子箱
- ⑳ 排油口
- ㉑ ナット
- ㉒ 座金
- ㉓ 玉軸受
- ㉔ 注油口
- ㉕ ブラケット
- ㉖ 軸箱カバー
- ㉗ ブラシ取付棒
- ㉘ スリップリング
- ㉙ カーボンブラシ
- ㉚ ブラシ保持器
- ㉛ 内部ファン
- ㉜ 回転子口出線
- ㉝ バインド線
- ㉞ 固定子クランパキー
- ㉟ 固定子クランパ

図 2.11 外わく温度上昇曲線
Fig. 2.11 Frame temperature rise curves.

(f) 振動および騒音がきわめて少ない

溝数組合せの適切な選定, 回転子スキューの全面的実施および構造部分に十分な考慮が払ってあるので, 振動・騒音はきわめて少なくなっている。

(2) 標準と外形寸法

新形 IEC 寸法適用 クレーン 用電動機の標準出力に対する外形寸法表を表 2.2 に示す。

(3) 構造

(a) 構造一般

図 2.10 に新形 IEC 寸法適用 クレーン 用電動機の構造を示す。形

表 2.3 一般特性の例

Table 2.3 Example of general performance.

15 kW 8 P

電 圧 V	周 波 数 c/s	全負荷電流 A	効 率 %	力 率 %	ス ペ ー %	停動トルク %	温 度 上 昇 の 1 例 deg					
							70 % 負 荷 運 続			40 % ED (180 回/h) 付加 GD ² =3.0 kg-m ²		
							固定子コイル	回転子コイル	外 わ く	固定子コイル	回転子コイル	外 わ く
200	50	68.2	87.3	72.6	4.6	300	65.0	69.0	49.0	51.0	62.5	38.0
220	60	57.9	88.2	77.0	3.7	313	48.0	52.0	32.0	41.0	51.0	29.5

37 kW 8 P

電 圧 V	周 波 数 c/s	全負荷電流 A	効 率 %	力 率 %	ス ペ ー %	停動トルク %	温 度 上 昇 の 1 例 deg					
							70 % 負 荷 運 続			40 % ED (180 回/h) 付加 GD ² =5.0 kg-m ²		
							固定子コイル	回転子コイル	外 わ く	固定子コイル	回転子コイル	外 わ く
200	50	161	89.3	74.6	4.1	303	53.0	59.0	37.0	41.0	51.0	33.0
220	60	140	90.5	76.7	3.3	315	43.0	51.5	33.0	37.0	50.0	28.0

式は全閉外扇形で内気循環方式を採用した集電部分を電動機に内蔵する関係上、外扇ファンは負荷側に設けられている。端子箱は負荷側からみて左側にあるのを標準構造とした。外部リードの取付け、取りはずしおよび点検を容易にするため固定子および回転子の口出線を1個所にまとめた。そのため端子箱は1個で、フレームの中心部で斜め 45° 上の位置に配置されている。各種締付ボルトには完全なゆるみ止めが施され、過酷な運転条件にも支障を生じないよう留意している。軸受はコロガリ軸受を使用し、200 L 以下のものは負荷側・反負荷側ともボールベアリング、225 M 以上のものでは負荷側にはローバアリングを、反負荷側にはボールベアリングを採用している。反負荷側にはブレーキホイールが取付けられるため、両軸端出しを標準構造としている。

(b) 固定子構造

a. フレームおよびブラケット

フレームおよびブラケットはすべて鋳鉄製である。フレームには軸方向に冷却フィン設け、外扇形の冷却効果を増すと同時に電動機停止中の放熱効果も向上させ、 T_a/T_0 を増加させるよう留意している。冷却フィンはクリーン用電動機としてのたくましさ表現し、しかも高い冷却効果をもつような形状に決定されている。フレームの内面には内気の循環のため通風路としてリブが数箇所設けられている。この構造は通風路の形成のみではなく、フレーム自体の強度の増加にも役立っている。

ブラケットにも表面に冷却フィンが設けられている。これらの冷却フィンは冷却効果の増加のほか、構造的な美観と安定観を与えるにも役立っている。280 M 以上のブラケットにはジャッキボルト穴を設け、分解組立の便宜をはかっている。

フレームには端子箱取付用の座が設けられている。反負荷側ブラケットの上面には集電環点検用の窓と、下部には清掃の便宜をはかるための窓が設けられている。

b. 固定子コイル

固定子コイルは完全E種絶縁で特殊熱硬化性ワニスにより処理され、耐熱性と耐湿性が著しく向上している。

(c) 回転子構造

クリーン用電動機は通常運転時において過激な起動停止が繰返され、さらに負荷の種類によっては過速度となったり、急激な逆回転が繰返し行なわれる。したがって、回転子構造はこれらの機械的衝撃に対して十分な強度をもつよう考慮されている。

a. 回転子鉄心およびコイル

回転子鉄心にはすぐれた特性で、十分な機械強度をもつケイ素鋼板が使用され、とくに回転子歯部については過速度による過激な遠心力に耐えうるようその寸法を決定している。315 M 以下のものでは鉄心自体をクランプでリベット締めして、軸に圧入する方法が採用されており、355 以上のものでは回転子スパイダに鉄心を直積みしたのち、クランプでかきめる方式を採用している。

回転子コイルも固定子コイル同様、完全E種絶縁で特殊熱硬化性ワニスにより処理され、耐熱・耐湿性が著しく向上している。バインド線には高抗張力鋼を使用し、2 倍の過速度に対して十分な安全率をもち、さらに機械的衝撃をも十分考慮して設計している。

b. 集電環部

集電環部は定格二次電圧、二次電流に対してももちろんのこと、ブラッキングまたは再生制動時の二次電圧の急上昇に対しても十分の絶縁耐力をもつよう考慮している。

スリップリングは銅合金材料製で、リング表面には集電特性を良好にするためラセンの溝が設けられている。また定格二次電流および突入電流に対し余裕のあるようその大きさを決定し、冷却効果と絶縁耐力の両面からリング間隔を選定している。絶縁材料にはB種絶縁相当品を全面的に採用し、リング間表面は特殊な方法により平滑に仕上げ、カーボン粉末の付着が少なくなるよう考慮している。

集電用ブラシについては、リング表面の状況・周速・周囲温度および電流密度などを考慮した実用寿命試験を実施して、摩耗・温度上昇についてのデータをまとめたうえで、適確な選定を行なっている。

c. 軸受

200 L 以下の電動機では、両側ともボールベアリングを、225 M 以上のものでは負荷側にローバアリングを、反負荷側にボールベアリングを採用している。いずれも過酷な使用条件に対して十分な寿命をもつようとくに負荷容量の選定には留意している。

軸箱構造は全部ハウジング形を標準として採用した。いずれもグリース潤滑であり、グリースの入口にはセクタを設け、新しいグリースは必ずボールを通過する構造とし、グリースの給排を効果的に行なうようにしている。軸貫通部はグリースパッキン方式により、軸受内のグリースが漏れないようにしている。

(4) 性能

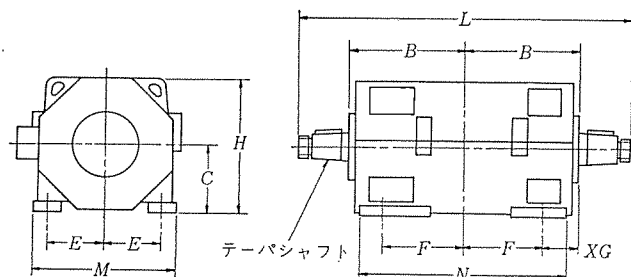
一般特性は新 JEM 案の特性値を完全に満足している。最大トルクも 250 % をゆうに越す値である。温度上昇値は基準 % ED はもち

表 3.1 直流電動機の定格 (定格電圧 220 V)

Table 3.1 Ratings of DC motors (Rated voltage 220 V).

わ く 番		全 閉 1 時 間、強 制 通 風 連 続					全 閉 直 巻 30 分		※ 全 閉 30 % ED 5 分 周 期						最高安全 速 度 rpm
		kW	rpm				kW	rpm	直 巻		複 巻		分 巻		
			直 巻	複 巻	純 分 巻	加 減 速 度			kW	rpm	kW	rpm	kW	rpm	
J E M 技 術 資 料 第 86 号	802 A	3.7	900	1,000	1,025	1,025/2,050	4.9	750	4.1	840	3.7	1,080	3.7	1,130	3,600
	802 B	5.5	800	900	900	900/1,800	7.5	675	6.0	780	5.5	950	5.5	1,000	3,600
	802 C	7.5	800	900	900	900/1,800	10	675	7.5	800	7.1	940	6.7	1,000	3,600
	803	11	725	800	800	800/2 000	14	620	11	725	11	840	10	880	3,300
	804	15	650	725	725	725/1,800	19	520	15	650	14	775	13	800	3,000
	806	22	575	650	650	650/1,950	29	500	22	575	21	690	18.5	715	2,600
	808	37	525	575	575	575/1,725	49	450	30	570	28	625	26	630	2,300
	810	52	500	550	550	550/1,650	67	440	45	550	39	615	34	600	2,200
	812	75	475	515	515	515/1,300	100	420	63	510	55	580	45	565	1,900
	814	110	460	500	500	500/1,250	150	400	86	515	82	565	63	560	1,700
816	150	450	480	480	480/1,200	198	400	110	500	104	540	82	535	1,600	
818	185	410	435	435	435/1,100	242	360	138	485	123	490	97	470	1,500	
J E M 1109 (1964)	620	205	370	390	390	390/975									
	622	280	340	360	360	360/1,080									
	624	370	320	340	340	340/1,020									

注) ※をつけた 30 % ED 5分周期とは、5分周期のうち負荷時間1.5分、無電停止時間3.5分の反復負荷連続使用定格をしめす。ただし界磁は連続励磁。



JEM 技術資料第 86 号より抜粋

わ く 番	寸 法 (mm)								
	B	C	E	F	H	L	M	N	XG
802	304	193	158	210	400	834	380	520	94
803	342	215	178	228	440	940	432	598	114
804	367	228	190	240	470	990	458	648	127
806	394	254	210	265	520	1,074	508	698	129
808	445	285	238	315	580	1,208	578	795	130
810	475	311	260	330	635	1,276	622	825	145
812	520	339	285	362	690	1,396	685	915	158
814	590	374	318	405	760	1,542	762	1,055	185
816	659	406	342	445	830	1,714	825	1,188	214
818	698	450	380	495	920	1,792	915	1,265	203
620	762	530	458	560	1,070	1,980	1,055	1,320	202
622	838	584	508	655	1,182	2,192	1,155	1,575	183
624	914	609	535	710	1,234	2,444	1,205	1,728	204

図 3.1 KM 形標準直流電動機基本寸法
Fig. 3.1 Fundamental dimensions of type KM standard DC motors.

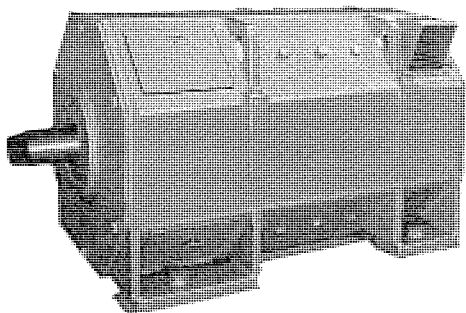


図 3.2 KM 800 番形直流電動機
Fig. 3.2 KM 800 series DC motors.

ろんのこと、その他の % ED についても新 JEM 規定の出力増減率において合格している。

表 2.3 は 15 kW 6 P および 37 kW 8 P の特性値を示したものである。図 2.11 は 37 kW 8 P の外被温度上昇特性を示したもので、これによれば 37 kW 8 P の場合の熱時定数は 15 % ED で約 2.3 Hr, 40 % ED で 1.75 Hr, 85 % ED で約 1.2 Hr で、 $T_a/T_b=0.4$ とした場合の冷却率の関係にほぼ比例した数字が得られた。

この図には各 % ED 時の出力が明記してある。それぞれの出力での外わく温度上昇の比較は興味深いものである。ここで示した出力は、ほぼ新 JEM の規定の出力増減率に沿ったものであり、いずれも許容温度上昇内にある。外わく温度上昇の差は、出力の増大によって生ずる銅損の増加のための内部温度こう配に差を生ずることを示すものといえよう。

3. 直流電動機

クレーン用には、圧延補機用として多数の実績を有する通称 600 番形の直流電動機 (現行 JEM 1109 規格準拠) が一般に用いられているが、アメリカ AISE 600 番規格が 1965 年 12 月に改定されたのを契機に、わが国でも規格化すべく電機工業会で審議中である。すでに日本電機工業会 (JEM) 技術資料第 86 号として、表 2.1 および図 3.1 のとおり定格表と基本外形寸法の審議を終わっており (昭和 42 年 2 月)、これは基本的に AISE 規格と同じである。

新規格直流電動機は、800 番形 (802~818) とよばれ、その特長は 600 番の取付寸法を守りながら容量を平均 1.36 倍アップしている点にあり、クレーン用としても、今後は 800 番系列 (ただし 802~818 まで) が用いられることになろう。なお 620~624 は 600 番系列のまま存続される。

三菱 800 番形は、数千台におよぶ三菱 600 番形の製作経験と最新の設計技術を駆使し、さらに使用者側の要望を参考として開発した新形標準直流電動機である。本系列は、600 番形と同様に負荷変動が激しく、ひんばんな起動・停止・逆転をくり返す。過酷な条件に適するよう電氣的・機械的にがん丈に計画されており、すでに使用者側の要求に応じて続々生産中である (図 3.2 参照)。

当社の圧延補機用直流電動機を総称して KM 形とよんでおり、か

ずかずの特長を有するが、その一端はつぎのとおりである。

- (1) 同一わく番に対して電機子の互換性を有する。
- (2) GD^2/kW の値が小さいので制御性能がよい。
- (3) 過負荷耐量が大きい。全閉自冷1時間定格の電動機定格トルクを100%とした場合、基底速度において250%トルク1分間に耐える。
- (4) F種エポキシ絶縁を採用し、温度上昇限度はB種なみにおさえているので、寿命が長くなり耐振性・信頼度が高い。
- (5) フレームは二つ割構造としており、かんたんに開くことができるので内部点検が容易である。
- (6) KM 818 以下は600番形と取付寸法が同一のため、既設の600番形を800番形に置換えることにより、容易に出力増加の目的を達することもできる。

4. む す び

以上、クレーン用電動機の選定に関して必要な負荷時間率、起動ひん度と出力との関係、起動ひん度と最大トルクの関係、およびクレーン用電動機標準定格のあり方に関する最近の傾向について論じ、さらに当社の新形交流および直流クレーン用電動機について紹介した。

この論文で特筆できることは起動ひん度を考慮に入れて、反復運転時の負荷時間率と出力との関係に関する考え方を一応確立できたことである。このことは使用者側から好評をもってむかえられるも

のと考える。さらに、使用条件に合わせての電動機の形式の決定、および起動ひん度と電動機の最大トルクの関係についても考察を加えた。

これらの実用状態に対する検討が加えられた結果、クレーン用電動機の傾向としては負荷時間率定格をもって称呼されるようになってきた。さらに負荷時間率と出力との関係および起動ひん度の取扱い方についての明文化が検討され、使用者側の便宜に供する方向に進むものと考えられる。

新形クレーン用電動機は、とくに交流機について詳しく述べた。

当社のクレーン用交流電動機はJEMの全閉形から、その改良品を経て、IEC寸法の全閉外扇形に至った。そして負荷時間率の考え方が標準定格に採用された。高ひん度・高出力の点からみて好ましい形式に至ったものと考えられる。

新形直流機は形式の概要の紹介のみにとどめたが、交流機で述べた定格・温度上昇の考え方は、そのまま適用できるものと考えている。今回論じた諸公式が活用されて、使用者側がクレーン用電動機の使用に関していっそうの理解を深められ、さらに新形クレーン用電動機が従来品同様愛用されることを願って筆をおく次第である。

参 考 文 献

八木，和田：新形起重機用電動機「三菱電機技報」38，No.6

クレーンにおける交流電動機の制御と最近の実例

川 合 弘*・佐竹 幸雄*・原田 浩治*
佐藤 征男**

Control for of AC Motors Crane Use

Nagoya Works Hiroshi KAWAI・Yukio SATAKE・Kōji HARADA
Communication Equipment Works Yukuo SATO

For crane drives are mainly used, a-c wound rotor motor and there are numerous methods available for the control of these motors.

Secondary resistor control, MB control, AS control, DC dynamic control, reactor control and thyristor control are used for starting, accelerating and regulating the speed of wound rotor motors. As these control systems have each their specific characteristics, it has been tried to take a look into them. Some of the systems are available only for travelling or bridge trolley crane drives.

The purpose of this paper is to discuss some of the forms which the control may take in the crane driving.

1. ま え が き

クレーンの種類によっては非常に精密な位置合わせを必要とする場合や、きびしい使用条件のもとで運転されることがある。これらのあらゆる条件のもとで、誘導電動機はクレーンの駆動電動機として広く使用されている。一般に誘導電動機は直流電動機に比べて、制御特性において劣るとされているにもかかわらず前者のほうが広く使用されているのは誘導電動機がじょうぶで、安価であることなどがそのおもな理由である。そして制御特性に関しても相当高級な速度制御方式が開発されてきており、直流機の制御特性に劣らぬ現状である。

クレーンの電動機制御方式は数多くあり、いずれも一長一短あってどの方式がどのクレーンの用途に対して最適であるという判定は簡単に決定できないが、制御方式の決定にはクレーンの用途によって十分検討しなければならない。

最近製鉄関係のクレーンのなかで、リアクトル制御方式で計画されるものが目だってきている。当社ではリアクトル制御方式のクレーンをいち早く製作し、多数の実績を持っている。可飽和リアクトルが電磁接触器の代用もできるので、電動機の無接点開閉としても今後リアクトル制御方式は広まるものと期待されている。一方サイリスタの大容量化とその信頼性の向上に伴ない、サイリスタ制御も可飽和リアクトルによるリアクトル制御方式にとって代わる傾向があるのでサイリスタ制御についても製作をすすめている。電動機の大容量化に伴ない 3,000 V のクレーンモータを採用する傾向にあるが、高圧電磁接触器のひん繁な正逆切換は問題であるので、リアクトル、サイリスタによる方式に切替えて採用される傾向にある。

本文はクレーン制御の各方式について主として適用上注意すべき点および最近の実例について述べる。

2. クレーンの制御方式

クレーンの駆動電動機としては巻線形三相誘導電動機が多く用いられており、その制御方式にはいろいろな方式がある。この項では巻線形誘導電動機の各種の制御方式の概略と制御上の技術的問題について述べる。

2. 1 二次抵抗制御

二次抵抗制御は電動機の二次回路に抵抗を接続し、その抵抗値を加減することにより速度を制御する方法である。この方法は簡単であってとくに横行・走行・旋回などの用途に最も広く使用されている。欠点としては、電動機の負荷が軽いときは二次抵抗を増しても低速が得られず、速度変動が大きい。また巻下げなどのマイナス負荷のとき同期速度以下の制御ができず、二次抵抗を増すと逆に同期速度以上に加速して危険である。電動機の一次可逆および二次抵抗の加減方法として

- (1) 電動機を制御器により直接駆動する直接制御 (40 kW 以下)
- (2) 電動機の二次抵抗のみ制御器で直接加減する半間接制御 (60 kW 以下)
- (3) 制御器操作により電磁接触器を作動させて電動機の制御を行なう間接制御 (容量に関係ない)

などの三つの操作方式がある。いずれの操作方式も制御特性としては変わらないが(1)、(2)の操作方式は二次不平衡短絡を行っており、また巻下げのときは制御器ノッチの進めを早くしないと過速となるおそれがあるので操作上注意せねばならない。この節では二次抵抗制御におけるマイナス負荷時の制御上の問題点および電動機の同期運転方法について述べる。

2. 1. 1 マイナス負荷の制御

二次抵抗制御は前述のごとく、マイナス負荷に対して同期速度以下の制御ができない。図 2. 1 はクレーン巻上用に二次抵抗制御を使用した場合の速度—トルク特性を示したものである。負荷トルクは常に巻下げ方向で大きさは速度に無関係であるから、これとつり合うため電動機トルクは、たとえば負荷直線(L)とひとしくしなければならない。巻上げのときは制御器ノッチを進めると二次抵抗は順次短絡されて #1, #2, #3, #4 のような曲線となり、これと負荷直線(L)との交点 a, b, c, d で電動機と負荷トルクはバランスする。すなわち巻上げの場合は二次抵抗を加減することによって a, b, c, d の 4 段階速度が得られる。

巻下げのときは電動機トルクと負荷トルクの方向が一致するので同期速度以下ではバランスせず、同期速度を越えて電動機が誘導発電機

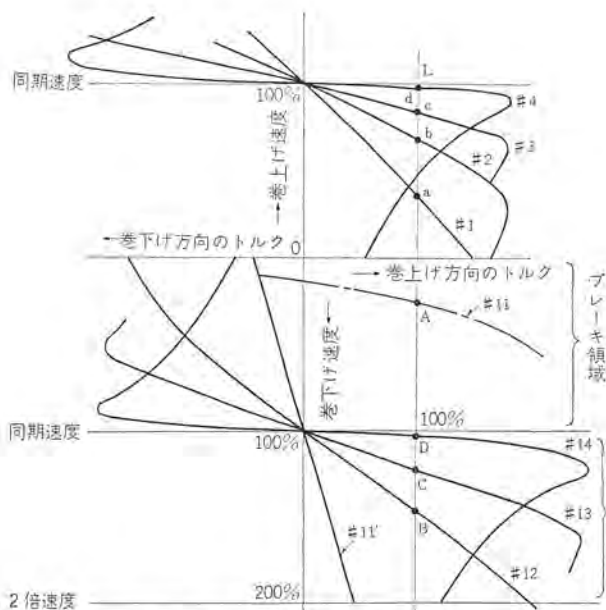


図 2.1 速度-トルク 特性 曲線
Fig. 2.1 Speed-torque characteristic curve.

となつてはじめて負荷に反抗するトルクを発生し、バランスする。これは負荷によってなされた仕事を電力に換えて電源に返していることになり、回生制動の領域になっていることを示す。この領域では二次抵抗が大きいほど負荷とつり合うトルクを発生する速度が上昇する。たとえば図 2.1 で曲線 #12, #13, #14 と抵抗を減らしていくに従って、負荷と電動機トルクの平衡点すなわち速度は B, C, D と変化する。

以上述べた巻下げ時の過速については運転者が制御器のノッチ進めを早く行なえばある程度防ぐことはできるが、間接制御の場合は制御器を早く最終ノッチに進めても抵抗短絡は時限を経て短絡を行なうので、全抵抗短絡前に速度は同期速度を大きく越えることが多い。これは一度同期速度を越えてからまた同期速度付近までもどってくるという現象で、特性としては好ましくない。抵抗短絡の時限を短くすればよいが、時限は巻上げのときに調整しているのでこれ以上短くすると巻上げの加速が円滑にできなくなってくる。

そこで同期速度近くまで加速されたことを検出して、二次抵抗を全部短絡して #14 の曲線にすれば円滑にブレーキ領域から回生制動領域に移ることができる。当社では同期速度検出方法として電動機の二次電圧を検出する同期速度継電器を使用している。この同期速度継電器は機械的な速度継電器と異なり、電動機速度に比例する電動機の二次スベリ電圧を検出すればよいので、機械的の取付けには関係なく使用することができるのが大きな特色である。またこの同期速度継電器は、リアクトル制御、AS 制御（渦流制御）、MB 制御（油圧押し上機制御）など低速運転を行なう各制御方式においても用いられ、過速に対する安全性を高めるとともにブレーキ領域から回生領域の移行も円滑になるよう考慮している。

直接制御・半間接制御の場合二次抵抗短絡は制御器で直接短絡を行なうので操作方法に注意すれば、過速になるおそれはない。すなわち巻下げのときは巻上げのときより早く制御器のノッチを進めることが必要である。

以上述べたごとく、二次抵抗制御をクレーンの巻下げに使用するときには低ノッチほど高速になるので、クレーン巻上げにはほとんど使用されている。また横行・走行の制御方式として最も多く採用されて

いる。

2. 1. 2 2 電動機の同期

クレーンの走行伝動軸が長くなることから、駆動電動機を 2 台に分割して同一速度で運転することがある。誘導電動機の同期運転は同じ二次電圧の電動機であれば、二次回路を並列接続して共通二次抵抗にすれば可能であるが大きな欠点もある。それは同期化トルクが小さく、また一度同期をはずれると互いに別個の電動機として駆動トルクを発生して加速し、しかも互いに二次回路を通じて他の電動機の二次側を短絡状態にするため、すべりが大きいときは過大な電流が流れて、電気的・機械的ショックをクレーンに与えるからで、これは好ましくない。

さらに、停止時に電動機を電源から切離して機械ブレーキをかけるため、当然ながらブレーキトルクの差により完全に同期して止めることができない。このような状態で二次共通にして起動しても加速中に同期化することはほとんどできない。当社では 2 電動機の同期運転方法として以上述べた共通二次抵抗方式にパワーセル方式を組合わせた新しい同期運転方式を採用して好評を得ている。

図 2.2 は新しい同期運転方式の接続図を示したものである。図において #3, #4 は同期化がはずれたときに「開」となる電磁接触器で電流リレー (CR) により動作する。#3, #4 の電磁接触器が「開」となった場合は一次単相のパワーセル方式の接続になるので、電動機駆動トルクは発生せず大きな同期化トルクのみ出す。

一次を単相にした場合と三相にした場合とでは同期化する偏角の範囲が、図 2.3 のように単相のほうがはるかに広いので、より同期化しやすくなる。図 2.3 では A および B の範囲では偏角の増加にしたがい同期化トルクも増加するので、偏角の増加を妨げる方向に力が働く。すなわち同期化しようとする。A または B 以上の偏角になると同期化トルクは弱まるのでは引きもどされることなく、ますます偏角が大きくなっていく。偏角 B のほうが偏角 A より大きいので、一次単相のほうが同期化できる範囲が広いということがわ

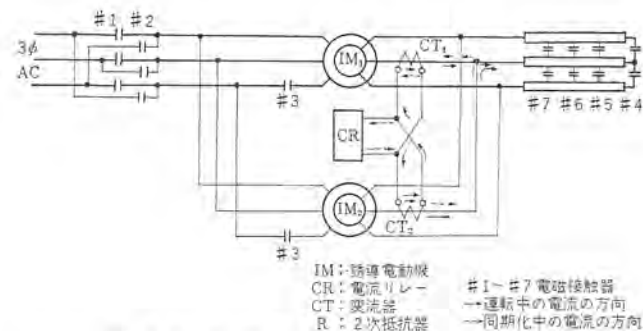


図 2.2 2 電動機同期運転の接続
Fig. 2.2 Main connection two-motor synchronizing operation.

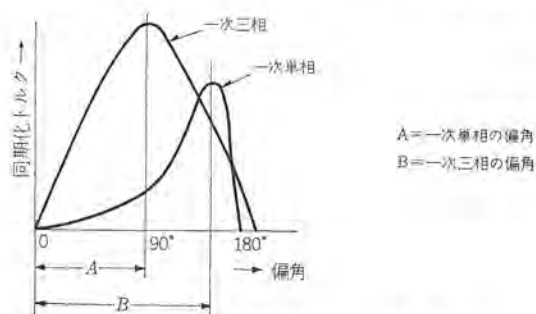


図 2.3 同期化トルクの比較
Fig. 2.3 Comparison of synchronizing torque.

表 2.1 2 電動機同期運転の接触動作
Table 2.1 Operational sequence of two-motor synchronizing operation.

記 号	同期化中	1 ノッチ	2 ノッチ	3 ノッチ	4 ノッチ	コチまたは スグはチ	0 ノッチ 止	備 考
#1 or #2	○	○	○	○	○	○	×	電動機主回路開閉
#3	×	○	○	○	○	×	×	CR と連動
#4	×	○	○	○	○	×	×	CR と連動
#5	×	×	○	○	○	×	×	抵抗 1 段
#6	×	×	×	○	○	×	×	抵抗 2 段
#7	×	×	×	×	○	×	×	抵抗 3 段
CR	○	×	×	×	×	—	—	同期はずれのとき動作
○印は閉 ×印は開	運転中に同期がはずれると電流リレー (CR) が動作して同期化中の状態に自動的になり、同期がとれるとまた運転中の状態に戻る。					完全に停止後 #1 or #2 開		

かる。

表 2.1 は同期運転に必要な電磁接触器の動作を表わしたものである。同期運転で注意しなければならないのは、両電動機にかかる負荷の不均衡の度合に応じて共通二次運転時の同期化トルクを大きくするために最終段で全抵抗を短絡せず、いくぶん抵抗を残しておくことである。このために電動機のすべりは若干大きくなるので、定格速度の選定には注意を要する。

次に走行軸が長いからという理由で、駆動電動機を 2 台に分割しても必ずしも同期運転をしなくてもよい場合がある。それはクレーン走行軸がじょうぶで相離れた車輪が剛体となっている場合である。機械ががんじょうな剛体となっていれば、同期化トルクによる電気的補正がきかなくなり、同期運転回路を付ければ両電動機間には常に同期化トルクを出しながら、しかも同期ができず電動機の二次回路に循環電流が流れたまま運転を続けることになり、好ましくない結果となる。

また走行距離が非常に長い場合は車輪の径の誤差による両車輪の走行距離が異なるため、クレーンがねじれる可能性があるので機械設計において注意しなければならない。

2.2 MB 制御 (油圧押上機制御)

前述の二次抵抗制御ではクレーン巻下げにおいて同期速度以下の速度制御ができない欠点があった。油圧押上機ブレーキによる速度制御方式を当社では MB 制御と呼んでいるが、この方式を採用すれば同期速度の 20~30% の制御が可能となるので、小容量のクレーンに多く用いられている。この方式は機械的ブレーキで電動機の制動を行なうためブレーキライニングの摩耗に注意しなければならない。ここでは MB 形速度制御用ブレーキの特性と適用上の問題点について述べる。

2.2.1 MB 形速度制御用ブレーキの特性

MB 形速度制御用ブレーキは押上機、ブレーキ機構、ホイールからなり、一般停止用の電磁ブレーキ・押上機ブレーキと同様に圧縮ばねで制動し押上機で緩める機構になっている。ただ一般のブレーキと異なりホイールは摩擦熱の放熱効果を高めるため、ホイールにファン効果を持たせ空気を吸出するようになっている。この MB ブレーキを図 2.4 のごとく巻線形誘導電動機の二次側に接続することにより、ブレーキの押上力が電動機の回転数に応じて変化して、電動機の制御が行なわれる。

クレーンにおける交流電動機の制御と最近の実例・川合・佐竹・原田・佐藤

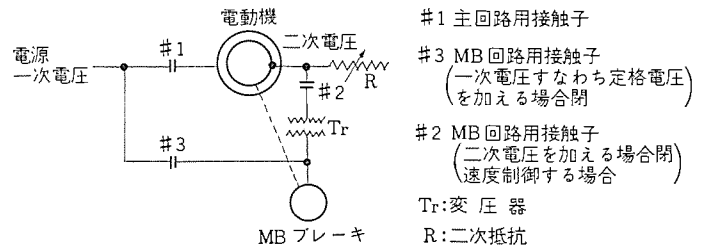


図 2.4 MB ブレーキによる速度制御回路
Fig. 2.4 Skelton connection of MB control system.

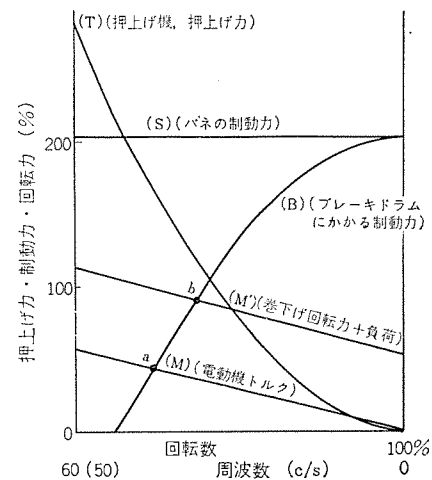


図 2.5 MB 制御の特性曲線
Fig. 2.5 Characteristic curve of MB control system.

巻線形誘導電動機の二次周波数、二次電圧はすべりに比例するので、これに押し上げ機の操作電動機 (かご形) を接続すれば、操作電動機は可変周波数電源に接続されたと同様に、クレーン駆動電動機のすべりに応じて回転数が変わる。そして押し上げ力は操作電動機の回転数の 2 乗に比例して図 2.5 のようになる。この関係を式で表わせば次のようになる。

操作電動機の回転数を N とすれば

$$N = \frac{120}{p} f_2 \quad (2.1)$$

p : 極数

f_2 : 二次周波数

駆動電動機の二次周波数 f_2 はすべりを s とすれば

$$f_2 = s f_0 \quad (2.2)$$

f_0 : 電源周波数

式 (2.1), (2.2) より操作電動機の回転数は式 (2.3) のごとく s に比例する。

$$N = \frac{120}{p} s f_0 \quad (2.3)$$

一方、押し上げ力は回転数の 2 乗に比例するので押し上げ力 T は式 (2.4) で表わされ図 2.5 の (T) のような特性曲線となる。

$$T = K N^2 = K \cdot \left(\frac{120}{p} f_0 \right)^2 s^2 = K' s^2 \quad (2.4)$$

K, K' : 定数

MB ブレーキの制動特性としては図 2.5 の (B) のように駆動電動機のすべり、すなわち回転数に応じて変化する。MB 制御において設定速度を決定する要素は三つある。

- (1) ばね制動力の大きさ
- (2) 電動機の発生トルク

(3) 負荷の大きさ

(1)の要素はMBブレーキの設計において決定され大きく調整はできない。ばね圧力を強くすれば押上機の押上力が不足することになる。逆にあまり弱くすると低速が得られなくなる。

(2)の要素は二次抵抗の設計によってできるだけ電動機トルクを小さく押える。あまり小さくすると無負荷で巻下げを行なうとき速度が遅くなり過ぎる結果になる。

(3)の要素は当然のことながら負荷の変動のことで軽負荷程低速になる。

以上のことを考慮して定格荷重巻下げに対して20~30%の低速が得られるように(1)、(2)の要素を決定する。

2.2.2 適用上の問題点

MB制御の長所は無電圧時にMBブレーキは制動トルクを発生して停止ブレーキの働きもするので、停止ブレーキが万一故障しても安全である。そして他の巻下げ時の速度制御方式に比較して価格が安価である。しかしブレーキライニングの摩耗に注意しなければならない。すなわちこの方式は機械ブレーキで制動するので、ライニングの摩耗が激しくなると制動力が変わることになる。またブレーキシューの発熱の問題もあって高速まで制御ができない。制御範囲は同期速度の20~50%に限られる。

最近AISE規格、(新JEM)のクレーン電動機の採用が目だっているが、これらの規格の電動機は極数が一般に少なくなっており、したがって高速化されているので油圧押上機ブレーキによる速度制御方式を採用する場合は、ライニング摩耗とブレーキシューの発熱の問題に注意する必要がある。

MB制御はクレーン巻下げ時の制御に最も多く用いられているが、ときには水平引込クレーンの引込み動作にも用いられる。この場合巻下動作と異なり、引込み動作においては負荷トルクが(+)から(-)に変化するので運転操作に注意を要する。そのために引込角をリモットスイッチにより検出して、マイナス負荷のときのみMB制御ができるようにするとよい。MB制御を行なうときは電動機トルクは前述のごとくできるだけ小さくしているので、もしプラス負荷のときにMB制御を行なえばトルク不足となり電動機は停止してしまう。

以上のごとくMB制御はあくまでもマイナス負荷に対する制御であるので、あらゆる用途に使用するということはできない。この問題に関してはあとで述べるDCダイナミック制御と同じである。

2.3 AS制御(渦流制御)

渦電流ブレーキ(当社商品名ASブレーキ)の制動トルクを利用して低速運転を行なうのがAS制御である。ASブレーキにおける制動トルク発生原理は、前節で述べたMB制御とまったく異なり、電気的方法であるので保守点検の必要はない。電動機に直結されたASブレーキの励磁電流を変えることにより制動トルクを変えることができるが、制動トルクはまたASブレーキの回転数によっても変化する。

ここではASブレーキの特性と適用上の問題点について述べる。

2.3.1 ASブレーキのトルク特性

ASブレーキのトルク特性は図2.6のごとく励磁電流と回転数の二つの要素により制動トルクは変化する。ASブレーキは外力により回転を与えられて初めて制動トルクを発生するもので、静止時には励磁電流だけ流しても制動トルクは発生しない。

図2.6においてASブレーキの制動トルクはある回転数以上になると、トルクはほとんど変わらず励磁電流の値によってのみ変化する。それ以下の低回転数では同じ励磁電流でもトルクは回転数にしたが

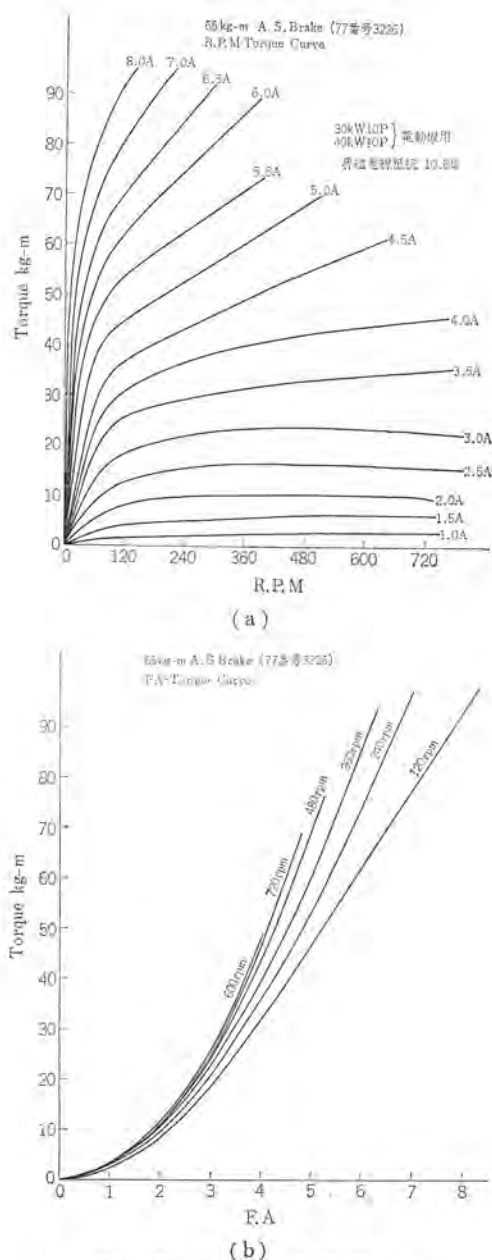


図 2.6 ASブレーキの特性

Fig. 2.6 Characteristic curve of AS brake.

って変わっている。ASブレーキが制動トルクを発生しているときは、渦電流により多量の熱を発生する。このためASブレーキの使用率%EDが決められているので、クレーン稼働率とASブレーキの使用率に注意しなければならない。ASブレーキは構造が簡単で、しかも摩耗部分がないので巻上関係の制御に多く使われている。

AS制御には二つの方式がある。“手動制御方式”と“自動制御方式”である。前者は一定の励磁電流をASブレーキに流して制御を行なうもので、この方式は負荷の変動に対して速度も変わる。これに反して自動制御を行なう方式ではどのような負荷変動に対しても常に一定の速度を得ることができる方式である。一般に自動制御を行なう場合には電動機速度に比例した指速発電機を必要とするが、この方式においては速度検出方法として電動機の二次電圧を速度電圧としているので指速発電機は不要となる。図2.7、図2.8は二つの方式の速度-トルク特性である。

2.3.2 適用上の問題点

前項のMB制御はほとんど巻上げのときの制御には使用しないが、AS制御の場合は巻上げのときも制御を行なう場合が多い。巻上げ

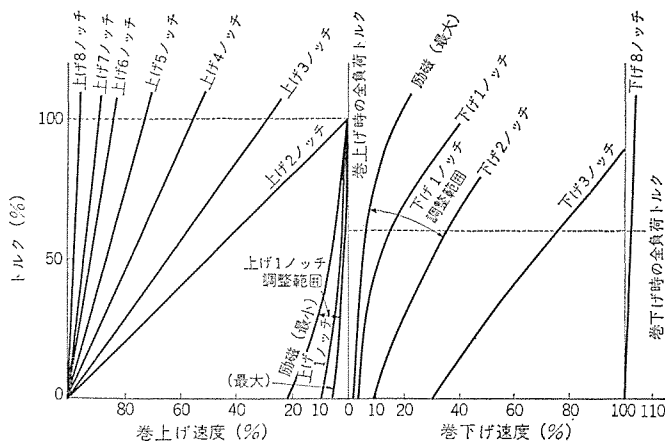


図 2.7 AS 制御手動速度-トルク特性
Fig. 2.7 Speed-torque curve of AS manual control system.

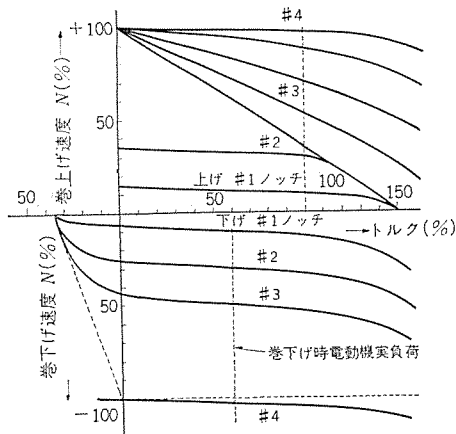


図 2.8 速度-トルク 特性曲線
Fig. 2.8 Speed-torque curve of AS automatic control system.

のときに AS 制御を行なった場合、設定された速度においては電動機の電流は負荷の大小にほとんど関係なく一定である。手動制御の場合 AS ブレーキの制動トルクが一定であるので、負荷が軽くなれば速度が上昇して電流は減少するが、AS 自動制御の場合常に速度は一定になるよう自動制御されているので、図 2.8 の速度-トルク特性からもわかるように電動機の発生トルク（または電流）は変わらない。負荷の大小に応じて AS ブレーキの制動力が自動的に変わり、常に次の関係を保っている。

電動機 トルク=巻上負荷 トルク+AS 制動 トルク

すなわち無負荷で巻上げるときでも電動機 トルクは定格荷重を巻上げるときと変わらないことになる。

一般に渦流制御方式は電動機電流を制御して電動機の発生トルクを制御するのではなく、発生したトルクを負荷の量に応じて渦流ブレーキが制動を行なう方式であるため効率は悪くなる欠点がある。しかしクレーンにおいては断続使用であるため効率はあまり問題にしていなくて、また割合安価であるので速度制御方式としては最も多く使用されている。渦流制御の使用において、渦流ブレーキの GD^2 が停止ブレーキの制動容量に不足をきたすことがある。そのために停止時にもある一定時間 AS ブレーキに電流を流し制動トルクを発生させて、停止ブレーキの制動を助けるようにしている。

2.4 DC ダイナミック制御

DC ダイナミック制御は誘導電動機の一次に直流電流を流し、外力で

クレーンにおける交流電動機の制御と最近の実例・川合・佐竹・原田・佐藤

回転子をまわすと二次に交番電圧を誘起し、二次回路に電流が流れる。その電流と一次直流磁界の間に制動力を発生することができる。すなわち外力のエネルギーを誘導電動機の二次抵抗において、熱エネルギーとして消費することにより制動力を発生する方法である。

速度-トルク特性は、直流励磁電流の大きさ、および二次抵抗の大きさによって変化できる。また直流励磁電流の大きさを一定にして二次抵抗の大きさを変化すると、トルクを比例推移することができるのでこれを利用して、マイナス負荷の速度制御を行なうことができる。

DC ダイナミック制御の特長は次のようである。

- (1) 巻下げ時（マイナス負荷）における中間速度の制御ができる。
- (2) 二次抵抗の変化により速度-トルク特性を簡単に変えることができるので、速度制御が容易にできる。
- (3) トルクは回転数が小さくなるにしたがい小さくなり、停止状態では 0 である。

このことは制動用とした場合は逆相制動のように逆転しないので有利であるが、巻上用とした場合、0 付近での速度制御は困難であり、また停止時の荷重の保持は機械的ブレーキによらなければならない。

(4) 二次抵抗制御の場合と同じく軽負荷時の速度制御が困難である。

(5) 電氣的に制動トルクを発生することができる。したがって機械的制御ブレーキ（MB 制御）のように機械的摩耗部分がない。

(6) 電動機をそのまま制動トルク発生装置として用いるので、渦流ブレーキ制御（AS 制御）のように GD^2 の増加に伴うトラブルがない。

(7) 直流電源設備を必要とする。

本節においては、DC ダイナミック制御の原理・特性、適用上の問題点および当社の制御方式の特長について記述する。

2.4.1 原理・特性

三相誘導電動機の固定子に直流励磁を行なった場合、一相分の等価回路は、図 2.9 のごとくなる。したがって、トルクは式(2.10)で表わされる。

$$T = \frac{I_1^2 X_m^2 (R_2 \omega_s / \omega_2)}{(R_2 \omega_s / \omega_2)^2 + (X_2 + X_m)^2} \quad \text{.....(2.10)}$$

上式において、 X_m は鉄心の不飽和状態においては一定であるから定数項は X_m 、 ω_s 、 X_2 である。したがって、トルク T の大きさは I_1 、 ω_s 、 R_2 によって決まる。また、 $R_2 \omega_s / \omega_2 = \text{一定}$ であればトルクは一定である。すなわち $R_2 / \omega_2 = \text{一定}$ の関係を保てばよいから比例推移が成立する。

式(2.10)の最大値は、

$$R_2 \omega_s / \omega_2 = X_2 + X_m \quad \text{.....(2.11)}$$

のときであり、

$$T_{\max} = \frac{I_1^2 X_m^2}{2(X_2 + X_m)} \quad \text{.....(2.12)}$$

となる。

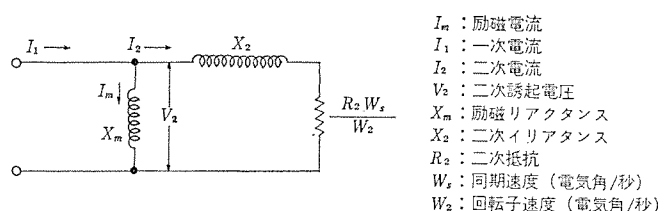


図 2.9 DC ダイナミックの等価回路
Fig. 2.9 DC Dynamic-braking equivalent circuit.

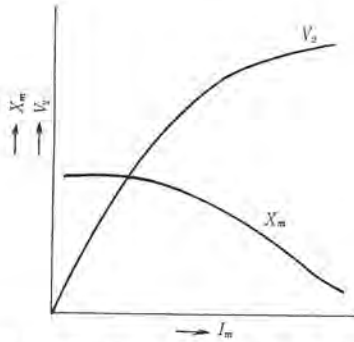


図 2.10 誘起電圧の飽和特性
Fig. 2.10 Saturating characteristic curve of inductive voltage.

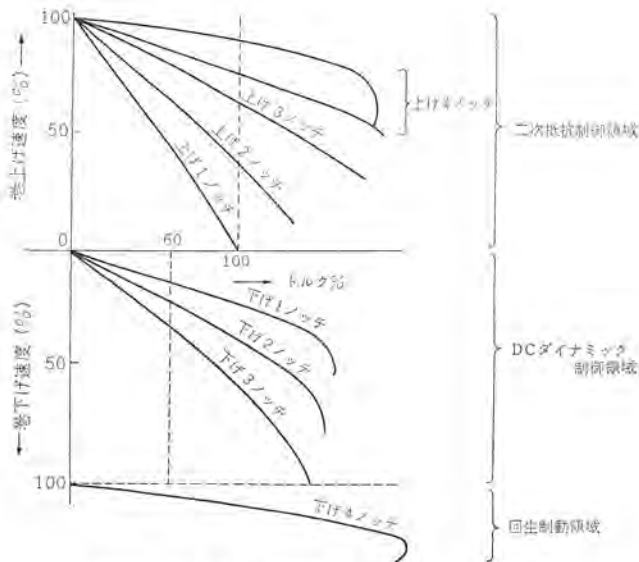


図 2.11 DCダイナミック制御の速度—トルク特性
Fig. 2.11 Speed-torque characteristic curve of DC dynamic control.

式(2.12)をみると、 X_m 一定であれば I_1 を大きくすればするほど T_{max} は大きくなるが、電動機の熱容量を考慮すると、おのずから I_1 の大きさに制限をうける。すなわち I_1 の大きさの決定は交流定格の場合と等価なものにしなければならないからである。

また X_m は一定の値ではなく鉄心の飽和特性により決まる値であるため、 I_m を増加していくと図 2.10 のごとく小さくなる。したがって T_{max} は I_1 と X_m との兼ね合いによって決まる値であるのでおのずから限度があり、当社の設計においては電動機の種類によって多少の変動はあるが、

$$T_{max}=130\sim 180\%$$

の範囲内になっている。

図 2.11 に巻上げ制御に DC ダイナミック制御方式を用いた場合の代表的な速度—トルク特性を示す。

2.4.2 適用上の問題点

DCダイナミック制御を採用するにあたり、その制御特性に限界があり、また付属設備として直流電源を必要とする点を考慮して、制御対象の要求に合致しているかどうかを検討しなければならない。

(1) 用途

速度制御を要求するものと、単なる制動用として用いる場合の2種類がある。前者は巻下げ時の中間速度の制御を行なうものである。

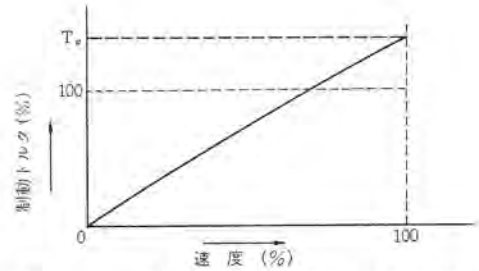


図 2.12 DCダイナミック制動トルク特性
Fig. 2.12 DC dynamic braking torque curve.

この場合、図 2.11 に示すごとく速度は負荷トルクによって決まるので軽負荷時の速度は低くなってしまいます。すなわち負荷による速度変動率が大きくとくに下3ノッチのときの速度の変動は0~50%にも達する。

以上から明らかとなり高精度を必要とする組立工場用のクレーンにはあまり適さない。しかし電動機に直結される制御装置が不要であるため、 GD^2 の増加をみないで大容量の電動機の高ひん度の制御には適しており、製鋼クレーン、造船用クレーン等には広く用いられている。

つぎに制動用としては高速において制動トルクが大きく低速になるにしたがって小さくなり、停止状態ではトルクが0となるので円滑な制動に適している。

走行とかマントリー式クレーンの横行等の GD^2 の大きな用途では、従来はコースチングノッチを用いてフリクションによって自然減速を行っていたが、最近のクレーンは駆動軸にコゴリ軸受を用いる場合が多いため、フリクションが非常に小さくなっている。したがってコースチングノッチのみによっては減速がすみやかにできないため、DCダイナミック制動が用いられる場合が多い。図 2.12 は DC ダイナミック制動における速度—トルク曲線を示す。

制動トルク T_{Br} は次の式で表わされる。

$$T_{Br}=T_F+T_0 \cdot N$$

T_F : 摩擦トルク

T_0 : 同期速度におけるトルク

N : 電動機回転数

(2) 直流電源設備

付属装置として電源設備を必要とする。半導体整流器を用いる方法と、M-Gを用いる方法があるが、最近ではシリコン整流素子の大容量化と信頼度の向上にあいまって保護方式も確立され、前者の方法がほとんどの場合に採用されるにいたっている。

しかしいずれにせよこの設備を必要とするため、単独で60kW以下の制御を行なう場合、この設備に対する設備比率が大きく価格上割高になる。したがってAS制御もしくはMB制御のほうが有利となることがある。

2.4.3 誘導電動機の残留電圧の消去法

前述したとおり、DCダイナミック用の電源はほとんどの場合シリコン整流素子を用いるのが通例となっている。この項では当社の実施している誘導電動機の残留電圧消去法について述べる。

DCダイナミック時において直流励磁を行なう場合の直流電圧は、定常的には20V以下で十分である。したがって直流電源の電圧は20Vで設計すればよい。しかし電動機に交流電圧を印加していた状態からDCダイナミックに移行する場合に残留電圧が発生し、それが過渡的には交流定格電圧に達する。

したがって電動機側からシリコン整流素子へ印加される電圧が、交流電源電圧に達するため、その耐圧によって素子を選定するものとすれば、定常的には20Vで足りたものが10倍ないし20倍の耐圧を考慮しなければならず非常に不経済である。それゆえに、この残留電圧をすみやかに減衰することができれば経済的であり、また信頼度を高めることになる。

図2.13(a)は電動機を二次短絡状態から、一次側を開放したとき二次回路の減衰直流電流と、残留磁束により一次側へ定格電圧に近い電圧が誘起され、なかなか減衰しないことを示したオシロである。当社において種々検討した結果次の方法が残留電圧減衰法として最も有利であり、またDCダイナミックへの移行も円滑に行なえることが実証された。(新案 昭37-25630)

二次抵抗そう入→一次開放→一次二相短絡
→直流電流印加

この方法は一次、二次の結線に関係なく有効であることが実験的にも確認されている。図2.13(b)はその状態を示すオシロである。一次開放後0.024秒で完全に残留電圧は除去することができる。このようにして当社のシリコン整流素子を用いた場合のDCダイナミック

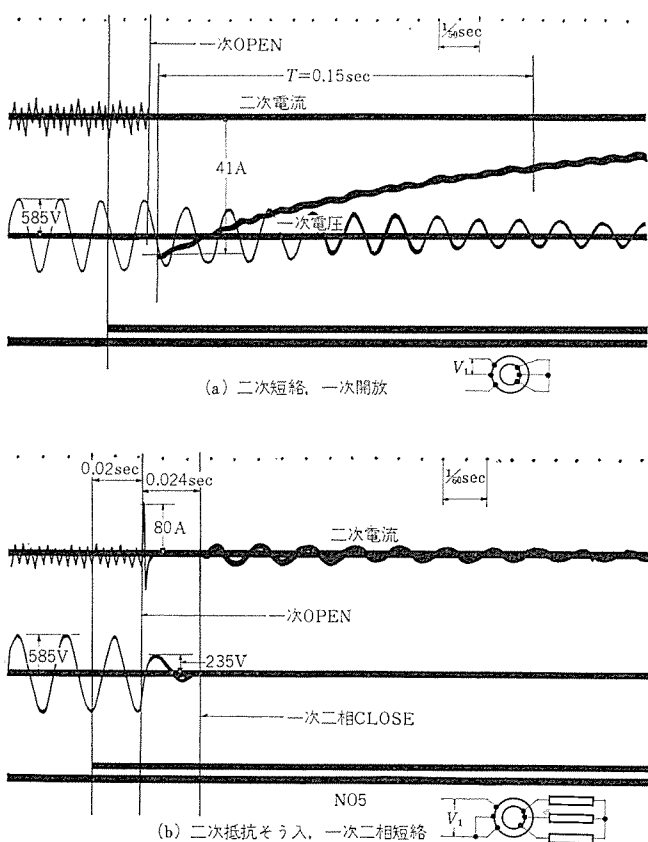


図 2.13 残留電圧の減衰状況
Fig. 2.13 Oscillogram of decreasing state of residual voltage.

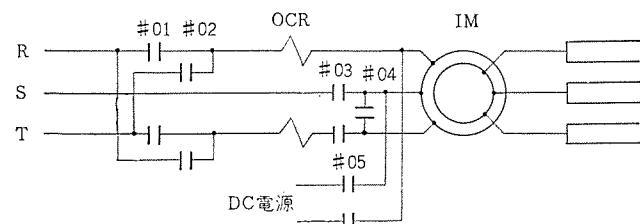


図 2.14 DC ダイナミック主回路の構成
Fig. 2.14 Main connection DC dynamic control.

の操作方式が構成されている。

図2.14はDCダイナミック制御の主回路の接続図である。図2.14によりDCダイナミックへの移行法を説明すると、巻下げ再生制動よりDCダイナミックへ移行した場合#02 offと同時に二次抵抗そう入→#04 on 一次側二相短絡→#05 onで、DCダイナミック開始、この場合交直混触を防ぐために#03と#05は電気的および機械的インターロックがつけられており、同時にはonにならないように考慮がはらわれている。

2.5 リアクトル制御

巻線形誘導電動機は速度制御の方式として、可飽和リアクトルを用いるリアクトル制御がある。この方式は可飽和リアクトル（以下リアクトルと呼ぶ）により、電動機電流を無段階に制御してトルクを加減できることを利用して、電動機速度を自動制御するものである。

リアクトル制御は、機械的制動方式（MB制御）または電気的制動方式（AS制御）のように常に電動機トルクに反抗する制動力を加減するために、常に損失を必要とする制御方式とは異なり、電動機みずからのトルク、またはブレーキトルクの大きさを加減することができる。したがって能率のよい精度の高い制御特性を得ることができるので、直流のワードレオード方式に匹敵するものとして広く利用されている。

この制御方式の特長は次のようである。

- (1) プラス負荷からマイナス負荷の全域にわたって連続的に速度制御ができる。
- (2) この制御に必要な装置はすべて静止機器である。
- (3) リアクトルは電動機に対して電気的なクッションとして作用し、電気的・機械的衝撃を軽減する。
- (4) 速度の変化は速度の基準のみによって行なえるので、融通性が高く、2台以上の電動機の連動運転等の高度な制御が容易にできる。
- (5) 速度が0の付近でも速度制御が可能であるため、巻上げ等でブレーキを開いたままで荷重を保持したり、超低速の制御が可能である。
- (6) リアクトルは静止器で堅固で保守を要しない。
- (7) リアクトルで電動機一次側の可逆接触器を代用して主回路を無接点化できる。

以上のごとき特長を有するが、当社の長年の実績により種々の制御特性の改善がなされて実現されるにいたっている。

当社で実施している制御方式として、ブリッジ式・移相式・三相平衡式の3種類があるが、なかんずくクレーン用制御方式として最も良好な特性を有し、活用分野の広いブリッジ式について集中してこの節で扱う。すなわち以下においてブリッジ式の制御方式を紹介し、採用上の問題点を指摘し、次に当社の制御方式の特長を掲げ、最後に特殊な制御方式について記述する。

2.5.1 ブリッジ式リアクトル制御方式

ブリッジ式リアクトル制御のブロック図は図2.15のごとくである。2対のリアクトルSx0.1, 0.2およびSx0.3, 0.4が可逆接触器と同様の関係に接続されているため、一方の1対のリアクトルを励磁すれば正相トルクを発生し、他の一対を励磁すれば逆相トルクを発生する。この制御電流の移行を連続的にすみやかに行なうことによって速応性に富んだ制御特性を得ることができる。

同じブリッジ式に属するものでも、その用途によって異なった形式が派生する。それらの対照一覧を表2.2に示す。ブリッジ式を採用

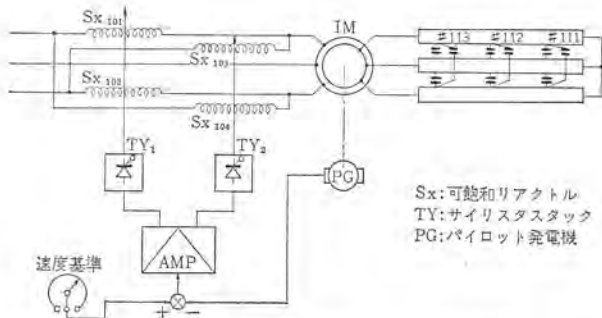


図 2.15 ブリッジ式リアクトル制御ブロック図
Fig. 2.15 Circuit diagram of bridge connected reactor control.

表 2.2 ブリッジ式リアクトル制御形式一覧
Table 2.2 Kinds of bridge connected reactor control.

分類	形式	概 略	用 途	リアクトル容量	そ の 他
垂 直 運 動 (巻 上 げ・俯 仰)	BL-1 V 形 リアクトル対称形	巻上げ・下げとも対称なトルクを発生せしめるものでリアクトル可逆を行ない主回路を無接点化するものである。巻下げ時最高速度では回生制動を行なう。	高ひん度重負荷クレーンに適用。 ローダ } 巻上げ用 アンローダ } 巻下げ用 製鋼クレーン	上げトルク用 2 台 100 % 定格 下げトルク用 2 台 100 % 定格	高 価
	特性曲線 図 2.16				
垂 直 運 動 (巻 上 げ・俯 仰)	BL-2 V 形 リアクトル非対称形	垂直運動の性質上、巻上げトルクに対し、巻下げトルクは約 50 % 以下でよい。したがってリアクトル容量は巻下げのほうは 50 % でよいので経済的である。可逆接触器不要、巻下げ時の回生制動は行なわれない。	精度を要求される組立用クレーンに適用。 組立工場用 O. H. T. C. 造船クレーンの巻上げ用	上げトルク用 2 台 100 % 定格 下げトルク用 2 台 50 % 定格	BL-1 V に比べてやや安価
	特性曲線 図 2.17				
水 平 運 動 (横 行・走 行・引 込 み)	BL-1 H 形 リアクトル対称形	BL-1 V 形と同じくリアクトルによる可逆を行ない、主回路を無接点化するものである。	高ひん度の重負荷クレーンに適用 引込クレーンの引込用停止精度、速度制御の要求される横行 2 台以上のせん速運転する用途	正トルク用 2 台 100 % 定格 逆トルク用 2 台 100 % 定格	
	特性曲線 図 2.18				

するにあたって最も注意を要することは、高速領域において安定な制御を行なうためには約 10 % スリップの二次抵抗を残しておかなければならないことである。したがって巻上げまたは水平運動の定格速度が 90 % 同期速度で機械設計を行なわなければならないと同時に、電動機容量の決定は機械計算出力の 10 % 増にしなければならない。

BL-1 V と 2 V 形との使いわけには前者は回生制動を行なうため巻上定格は 90 % 同期速度に対し巻下定格は 106 % となる。したがって平均すれば 98 % となり、後者が巻上げ・下げとも定格は 90 % であるため高効率を要求するものは 1 V 形が適している。しかし 1 V 形は巻下げ最高速度では速度自動制御を行なわないので高精度の速度制御を行なう用途には 2 V 形が適している。

BL-1 H 形において運転過程においてプラス負荷よりマイナスに移行するような用途、たとえば水平引込み等では定格速度は 90 % 同

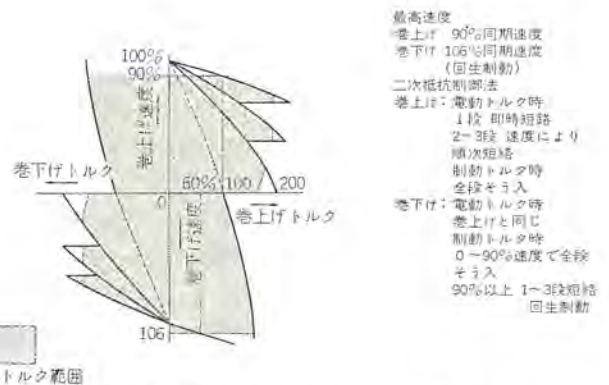


図 2.16 BL-1 V 形速度—トルク特性
Fig. 2.16 Speed-torque characteristic curve of type BL-1 V control system.

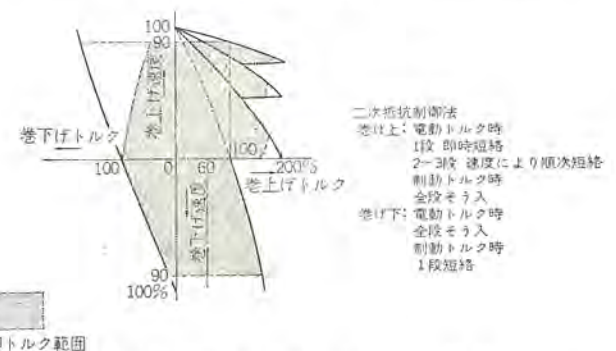


図 2.17 BL-2 V 形速度—トルク特性
Fig. 2.17 Speed-torque characteristic curve of type BL-2 V control system.

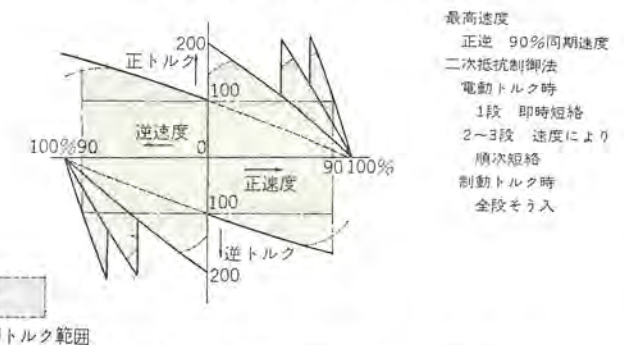


図 2.18 BL-1 H 形速度—トルク特性
Fig. 2.18 Speed-torque characteristic curve of type BL-1 H control system.

期速度で行なわなければならない。

2.5.2 当社のリアクトル制御の特長

制御特性を高めるために今日まで種々の改善が積重ねられてきた。それらのおもなものを記述する。

(1) 可飽和リアクトル

形式としては主回路の接続法によって、直列形と並列形とがあるが、前者のほうが時定数は $1/4$ 以下になるので直列形を採用するに至っている。しかしこの場合偶数調波の環流回路を制御巻線側に設けなければならない。当社のリアクトルは巻鉄心の M コアを用いているため、鉄心の接合面で発生する損失が小さく、したがってうなりが非常に小さい。また構造上外鉄形を採用しているため磁束の漏れが少ない。以上のような特長を有するものである。

(2) 制御特性

リアクトル制御においてはリアクトルが高次遅れをもっているため速

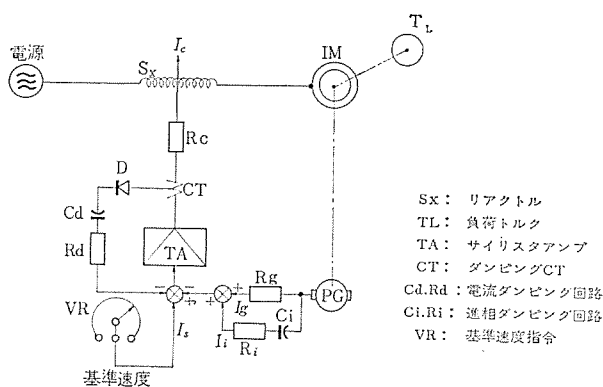


図 2.19 自動制御系の単線図
Fig. 2.19 Regulated control system diagram.

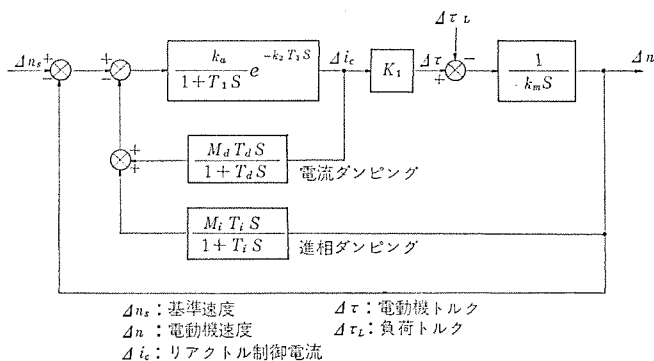


図 2.20 ブロック線図
Fig. 2.20 Block diagram.

応性、安定性がワードレオードに比べてややおとる点がある。これらの欠点を克服すべくいろいろの方法がとられている。つぎにその代表的なものを記述する。

図 2.19 は自動制御系の単線図である。これをブロック線図で表わすと図 2.20 のようになる。ブロック線図から明らかなように速応性を高めるためには、

- (a) リアクトルの時定数 T_1 を小さくする。
- (b) ルーゲイン k_a を大きくする。

またブロック線図には示されていないが、正側のリアクトルから逆側のリアクトルに制御電流が移行する場合、すみやかに正側の制御電流を減衰することによって制御特性を改善できる。その方法として

- (c) 強制消磁法（特許出願中）

がある。以上(a)~(c)について説明を加える。

- (a) リアクトルの時定数 T_1 を小さくする。

これは制御回路の直列抵抗を大きくすることによって時定数を短くすることができる。しかし等アンペアターンを得るためには直列抵抗が大きいと高い電圧を必要とする。したがって耐圧の高いサイリスタが必要となるので、おのずから限界がある。実用上 0.2~0.3 sec ぐらいにすることができる。この問題については 2. 8. 1 項主回路の無接点化において詳述する。

- (b) ルーゲイン k_a を大きくする。

k_a を大きくすることは、速応性を高めると同時に速度変動率を小さくする結果になって望ましいが、制御系の安定性をそなうため、あまり大きくすることはできない。したがって当社においては $k_a=30$ 以下が妥当な値としている。

- (c) 強制消磁法（特許出願中）

制御電流の立ち上りを時定数によって短くできるが、逆に減衰もす

みやかに行なわなければならない。普通この種のサイリスタスタックの形式は図 2. 21 に示すような形式のものが多い。これらの 2 例はともに制御電流 I_c の減衰は R_c , L_c , D を通じて自然減衰させるものである。この形式のものをを用いた場合一方のリアクトルから他方のリアクトルへ I_c が移行したとき、前者のリアクトルに I_c の残留が流れている間に他方の I_c が立上ると、過渡的に両リアクトルが励磁されている期間がある。このとき両方のリアクトルを通じてクロス電流が流れるため、過渡的に大きな電流が流れる。そのうえ、電動機端子からみると回転位相の変化が鋭敏に現われないため、速応性がそこなわれるという不都合が生ずる。

当社においては強制消磁法を採用することによって著しく特性を改善している。図 2. 22 はその概略結線を示す。単相ブリッジ形のサイリスタスタックに図のようなゲートパルスが印加されている。制御パルス

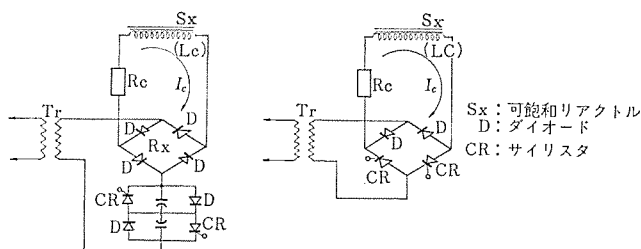


図 2.21 一般のダイオード・サイリスタスタックの形式
Fig. 2.21 General used thyristor stack.

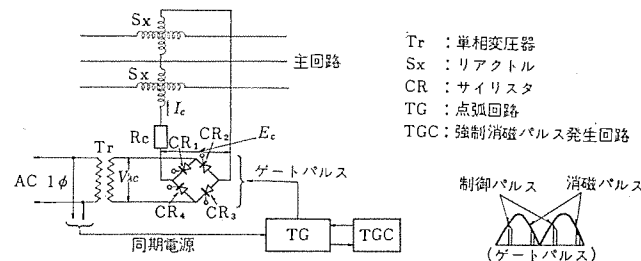


図 2.22 強制消磁法の結線図
Fig. 2.22 Circuit diagram of forcedly decreasing control current.

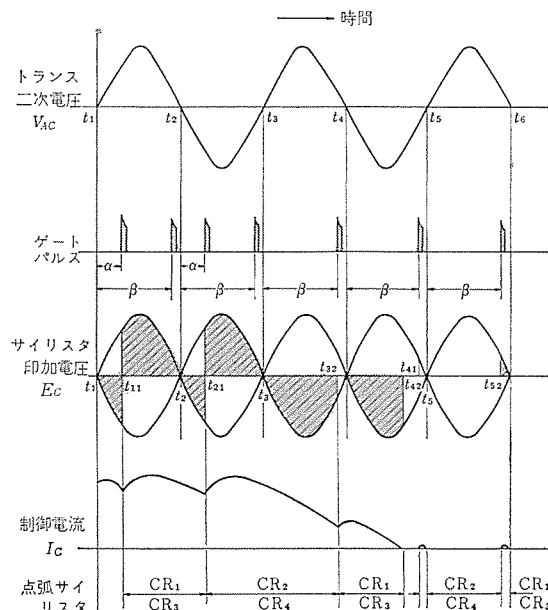


図 2.23 強制消磁の動作状況
Fig. 2.23 Operational sequence of forcedly decreasing circuit.

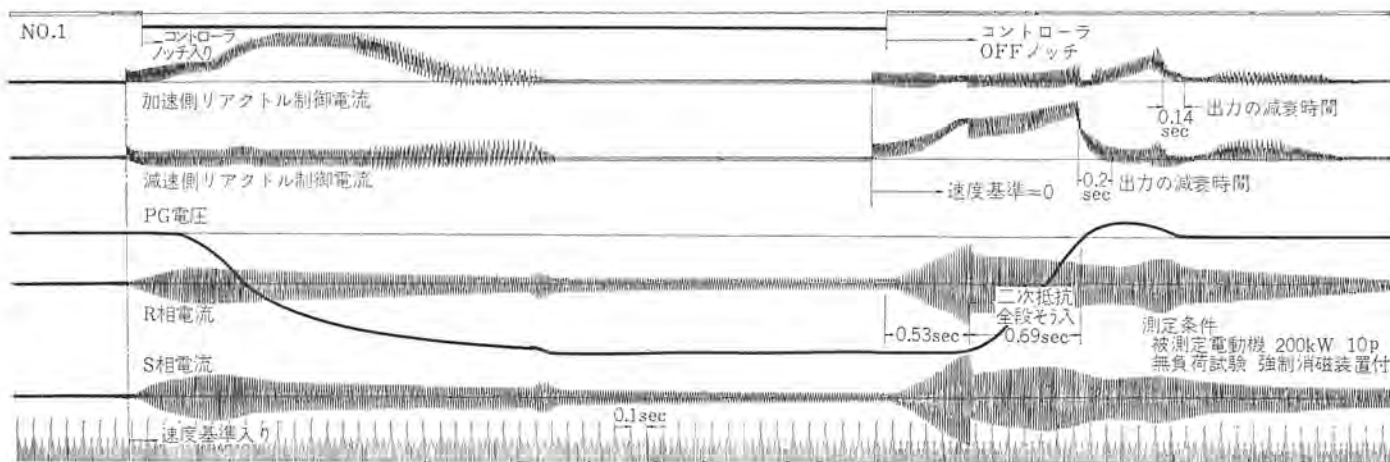


図 2.24 強制消磁付きリアクトル制御の過渡状態
Fig. 2.24 Transient state of reactor control provided with forcedly decreasing feature.

は I_c を制御するものであり、消磁パルスは各サイクルの終わり近くで発生しており、このパルスによっては I_c を流すことはほとんどできない。

図 2.23 によって I_c を強制減衰される過程を説明する。

時間 $t_1 \sim t_3$ の期間では制御パルスが点弧角 α で各サイクル出ており I_c の電流を流していた。 t_3 を経過後制御パルスは消滅し、消磁パルスのみ点弧角 β で出ている状態となった。 t_3 より t_{32} の期間は CR_2 、 CR_4 が点弧しているが、電圧は逆バイアスされているために I_c は電源トランスへ吸収される形となっている。すなわち電源への回生が行なわれている。一方その間では CR_1 と CR_3 は順方向にバイアスされているが点弧パルスがはいらないので阻止状態にある。 t_{32} にいたってパルスがはいるので、今まで逆バイアスされつつ I_c を流していた CR_2 と CR_4 はターンオフし、代わりに CR_1 と CR_3 がターンオンし I_c は順バイアスされているサイリスタに転流される。しかし t_4 を過ぎると、 CR_1 と CR_3 は逆バイアスされて同様に電源回生されて I_c は急激に減衰する。このように常に I_c が逆バイアスされたサイリスタに流してやることによって、自然減衰よりもはるかに速く I_c を消滅させることができる。

図 2.24 に強制消磁方式を採用した場合のオシログラムを示す。

(3) 操作方式

リアクトル制御は特有の操作方式を必要とする。当社において実施しているおもなものを紹介する。

(a) ブラッシング指令

リアクトル制御では電流の制御を行なうと同時に、電動機の二次抵抗を適当なものに操作してやらなければならない。図 2.25 において、速度 N に基準速度を設定した場合、 N よりも電動機速度が低いとき、正相トルクを発生して速度上昇につれて二次抵抗を順次短絡していけばよい。速度が N に達したとき、負荷トルクがプラスであれば二次抵抗は N に見合った分だけ短絡して電動機は負荷とつり合った正相トルクを発生する。

しかし負荷がマイナスであった場合、自動制御装置は自動的に逆トルク側のリアクトルに制御電流を流すが、二次抵抗をその速度に見合ったままにしておくと二次抵抗の小さい状態で逆相電圧をかけることになり、電流は多く流れた割には制動トルクを発生しない不都合が生ずる。

当社ではこの不都合を解決するため、ブラッシング検出を自動的に行ない、その指令によって二次抵抗の最大そう入を行なうようくふう

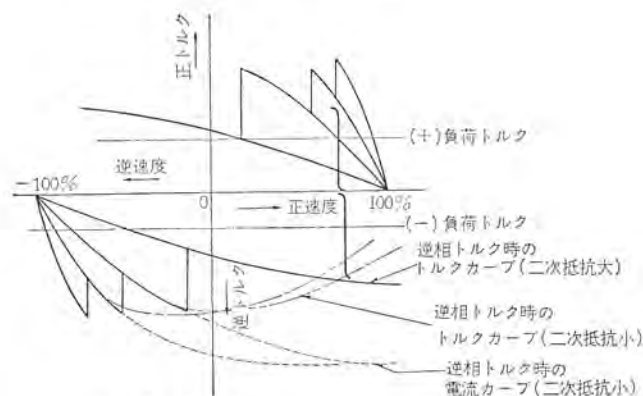


図 2.25 正相・逆相トルクと二次抵抗の関係
Fig. 2.25 Proper 2 ry resistor according to motor torque.

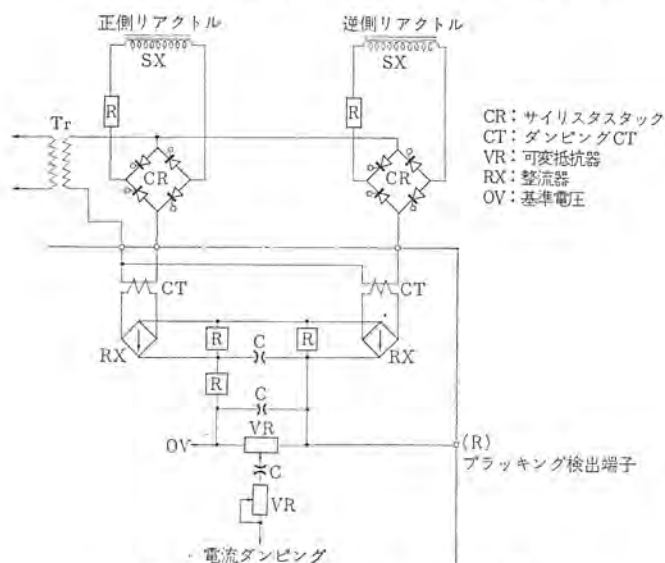


図 2.26 電流フィードバック回路
Fig. 2.26 Current feedback circuit diagram.

されている (特許出願中)。図 2.26 は制御系の安定化回路と上記の用途を兼ねた回路である。すなわち R 端子の極性によって、いずれのリアクトルに制御電流が流れているかを知る方法である。

(b) ブレーキの釈放と印加

巻上制御の場合、リアクトルの立上りがブレーキよりもやや遅いので同時に動作させると荷重がずり落ちることがある。この現象は組立工場のような用途では不具合であるので、巻上時はブレーキの釈放を

タイムによって若干遅らせる方法をとっている。

また停止時は巻上げに限らずブレーキの消耗を防ぐために、リアクトル制御による制動を併用している。水平引込みのような用途は荷振れを防ぐために円滑な停止が要求される。このようなときはPG電圧を検出して電氣的制動により速度がある程度減衰してからブレーキを印加する方法がとられている。

(c) サイリスタ出力 チェック

半導体が万一破損した場合、電流を阻止することができなくなることがある。このようなとき制御系からの指令は不導通であっても制御電流を流すので、たとえば正方向のサイリスタが破壊しているとき off ノッチの状態では正トルクを発生してブレーキで拘束していることになり、そのまま放置しておくで電動機を焼損するおそれがある。またノッチを進めても飛び出したり、逆転したりして危険である。このような故障が万一おきたときはすみやかに運転手に警告し、電源から切離さなければならない。

当社では前述の図 2. 26 の R 端子の検出とコントローラの off ノッチ指令と組合せて故障の場合は電源を切離し、表示を行なっている。なお急激なコントローラの操作を行なえば off ノッチに戻してからある時間はいずれかのサイリスタが出るので、この期間についてはタイムによりインターロックし動作させないようにしている。

(d) 逆転検出 リレ

とくに超低速 ッチノを設備した組立用 クレーン 等において、運転室から荷重の移動方向を認知することが困難である。このような場合、逆転検出 リレ を設け、運転手の操作方向と逆方向に荷重が動いておれば、コントローラの近くに付けられた表示灯を点灯して運転手に知らせる。また運転手が気付かない場合にそなえて、ある時間その状態が続行したら、ブレーキをかけて停止せしめる方法をとっている。

(e) 過速保護

巻下げ時において万一の故障で制動トルクを制御できなくなると逸走する危険がある。このような事態にそなえて PG の電圧を検出してある限度以上になれば、ブレーキを締めて緊急停止させる。また停電の場合も同様にただちに停止せしめる方法をとっている。

2. 5. 3 特殊制御方式

これまではブリッジ式リアクトル制御の基本形式について説明してきた。この項においては、特殊な応用例を示す。

(1) 高速巻下げ方式

巻下時に約 160 % 同期速度の高速巻下げ特性をそなえた方式である。このような特性をもたせることによって、高い作業能率を要求される用途に歓迎されている。図 2. 27 にその制御単線図を示す。この方式を採用するにあたり、保守すべき器具を極度に少なくする目的で、二次抵抗段数を最小限にして短絡段数を一段とした。この場合リアクトル制御電流の設定を若干大きくする必要がある。図 2. 28 はこの方式の速度—トルク特性を示す。巻上げおよび巻下げ 100 % 速度までの制御方法は従来のものと変わらないので、省略して高速巻下げについてのみ説明する。

高速巻下げ ノッチにコントローラを進めると、巻下げ リアクトルは全励磁されて、荷重は巻下げ方向に加速されて、同期速度を越え回生制動領域にはいる。全負荷のときは速度 N_1 のところで負荷トルクと制動トルクとつり合う。その後回生制動領域での速度制御が行なわれる。速度基準としてはコントローラによって 157 % があたえられているので、制御系としては速度を下げる必要がある。すなわち巻下げ リアクトルの制御電流を減らして回生制動のトルクを小さくして、

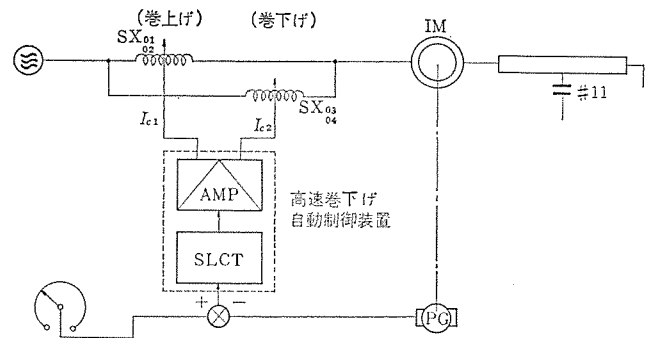


図 2. 27 高速巻下げ制御のブロック図
Fig. 2. 27 Circuit diagram of reactor control provided with high speed lowering feature.

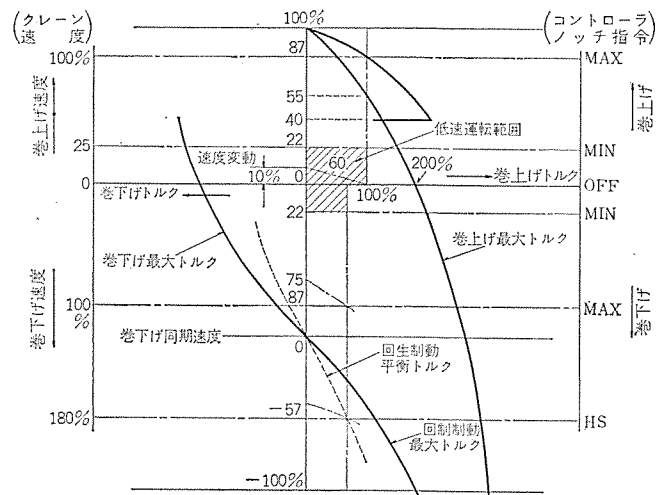


図 2. 28 高速巻下げ方式の速度—トルク特性
Fig. 2. 28 Speed-torque characteristic curve of reactor control with high speed lowering feature.

負荷トルクと 157 % の速度でつり合わせる。ここで注目すべきことは、制御系の関係がまったく逆になることである。

速度基準を I_s 、PG からのフィードバックを I_f とすると、

巻下げ速度 < 100 % 速度においては

$I_s + I_f > 0$: (速度速過ぎる)

SX_{01} , SX_{02} を励磁する。 I_{C1} を増加。

$I_s + I_f < 0$: (速度遅過ぎる)

SX_{03} , SX_{04} を励磁する。 I_{C2} を増加。

それに対し、巻下げ速度 > 100 % 速度 (高速領域) においては

$I_s + I_f > 0$: (速度速過ぎる)

SX_{03} , SX_{04} を励磁する。 I_{C2} を増加。

$I_s + I_f < 0$: (速度遅過ぎる)

SX_{03} , SX_{04} を励磁する。 I_{C2} を減少。

以上から明らかなように高速領域においては、 $I_s + I_f$ の極性を反転すると同時に、巻上げ方向のリアクトル SX_{01} , SX_{02} に制御電流 I_{C1} が流れないようにインターロックしなければならない。

図 2. 27 において上記の動作を行なわせる部分が SLCT で表わしたユニットである。この SLCT と AMP の部分の動作ブロック図を図 2. 29 に示す。この自動制御装置はシリコンコンダクタを用いた増幅器であり、上記のような高度の機能をもたせることができた。

(2) せん(揃)速運転方式

機械的に結合されていない 2 台以上の電動機を等しい速度で運転する方式である。図 2. 30 はこの方式の基本ブロックである。

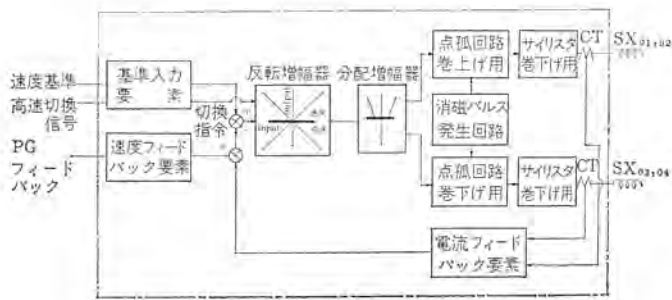


図 2.29 高速巻下げ自動制御装置のブロック図
Fig. 2.29 Block diagram of regulated circuits with high speed lowering apparatus.

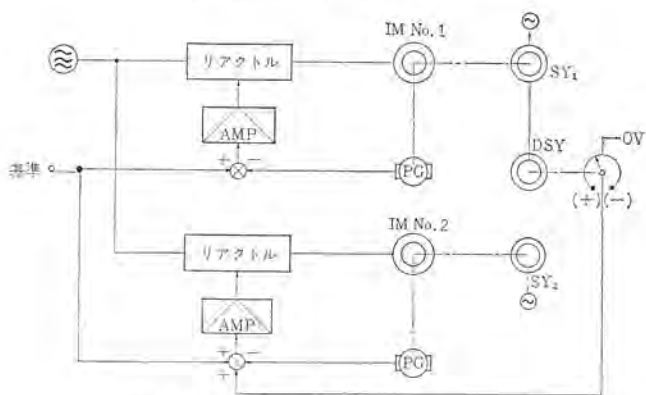


図 2.30 せん速運転のブロック図
Fig. 2.30 Block diagram of synchronous operation.

I. M. No. 1 の速度を基準にして I. M. No. 2 の速度の偏差分を修正することにより両電動機の回転数をそろえる方式である。No. 1 と No. 2 はおのおの独立した制御系を有しており、同一基準を与えても、制御系の各要素の特性は同一ではなく、また負荷分担も等しくないため、両 I. M. の速度の不ぞろいは過渡的に必ず現われる。これらの運転過程に発生した偏差は積分されて、両電動機の移動距離が大きくない違いを生じ、荷重のともつり、あるいは揺脚構造の門形クレーンの走行のような用途には好ましくない。

このような要求に対して、この方式が考え出されたのである。すなわち過渡的な偏差をできるだけ早く修正して定常的な移動距離の偏差をなくする方法である。おのおの電動機にセルシオン発信機を直結し、両セルシオンの回転差で回転する差動セルシオンを設け、それに直結されたポテンシオメータの出力で No. 2 の I. M. の速度を修正する。

この方式を採用することによって揚程が数 10 m に達する長いせん速運転において、最高速度 6.2 m/min で過渡偏差 100 mm 以内におさえることができた。この方式を採用するにあたって注意すべきことは、まず速度の不ぞろいは過渡的に必ず生ずること。すなわち過渡的な偏差をも修正できるようにポテンシオメータの出力のゲインを高くすると、被修正電動機は速度制御を安定にすることができないので、あまり期待することができない。また過渡偏差の量は最高速度の大きさによって決まること。および被修正電動機を決めるときは、容量に余裕のあるほうを選ぶべきである。

2.6 サイリスタ制御

大容量サイリスタの製品化・信頼性の向上・ならびに価格の低下などにより、気軽に実用できるようになってきた。交流電動機のサイリスタ制御にはいろいろな方式があり、用途・目的に応じた特長のあるものを選択する必要がある。大別すると次の 3 種類の方式がある。

- (a) 可変周波数制御方式
- (b) 静止セルビウス方式
- (c) 一次または二次電圧制御方式

可変周波数制御方式は図 2.31 に示すように交流を直流に変換し、それをサイリスタにより可変周波数の交流に変換して誘導電動機に供給する。サイリスタの点弧周波数を増減することにより、任意の周波数の交流が得られ、電動機は速度制御が自由にできる。交流電動機は速度制御特性としては理想に近いが、価格のかなり高く、クレーン関係には実用的でない。また、マイナス負荷に対しては制動トルクが十分でないで制御できない欠陥もある。

静止セルビウス方式は図 2.32 に示すように、巻線形誘導電動機において二次巻線電圧を直流に変換し、それをサイリスタにより交流にして電源へ変換する。

サイリスタの点弧位相角を制御することにより、0～90% まで連続的に速度制御ができる。効率および速度制御特性はよく、一般の用途における誘導電動機は速度制御方式としては、実用的なものである。しかし、これもマイナス負荷に対しては制動力がないことと、このままでは正逆転ができないため、クレーン用途には適当でない。

クレーン用途としては、一次または二次の電圧制御方式が最も一般的である。これは前二者に比べて低速運転時の電力効率はよくないが（すべり分は損失になる）、マイナス負荷に対して制動力が出せること、正逆転がサイリスタでできることなどの長所があり、クレーン用としては最も適している。クレーンの場合は起動ならびに停止時に低速・微速運転ができることが必要であるが、これは時間的にはそれほど長くないので、そのときの電力効率はほとんど問題にならない。したがってこの方式の欠陥は実際的には欠陥とならない。

2.6.1 一次または二次電圧制御

(1) 原理

一次または二次電圧制御には図 2.33 に示すように、負荷の性質・用途により種々の方式がある。クレーン用として使用するとき、その用途により負荷の性質を考えてみると、まず巻上げ用では巻下げ時には負荷は常にマイナスであり、水平引込みクレーンの場合は運転

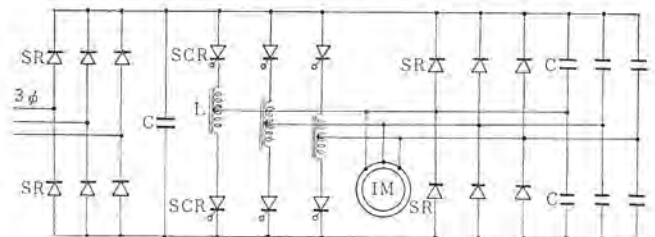


図 2.31 可変周波数制御
Fig. 2.31 Variable frequency inverter.

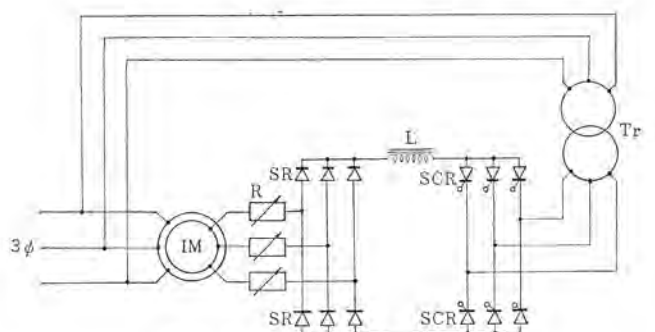


図 2.32 静止セルビウス制御
Fig. 2.32 Static Scherbius control.

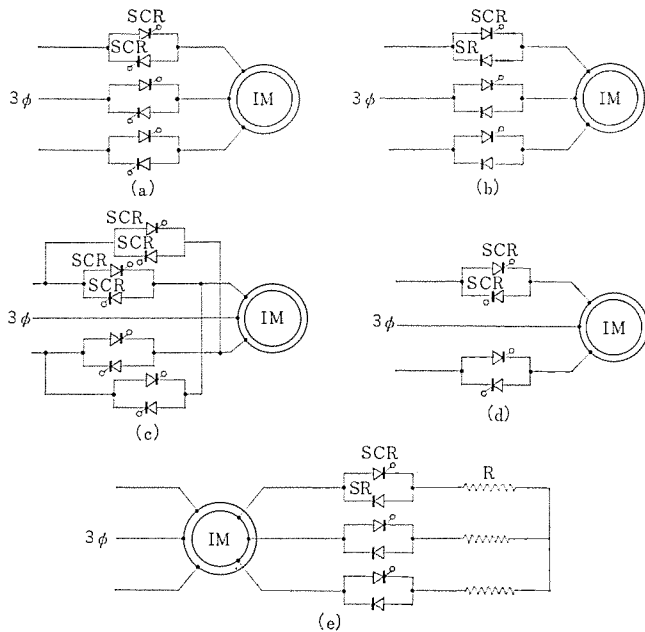


図 2.33 一次または二次電圧制御
Fig. 2.33 First or secondary voltage control.

途中で負荷トルクは(+)より(-)に、または(-)より(+)に変わる。しかし、(-)トルクのときは電動機が制動トルクを発生しなければ、同期速度以下で安定に運転することはできない。

電動機に制動トルクを発生させるには、逆相制動が用いられる。また、速度指令の変化(減速)に対して、すみやかに応答させるためにも逆相制動が必要である。したがって極性が反転する負荷に対して、(+)から(-)まで安定した運転を行なうためには、(c)のように瞬時に相回転が反転できる状態、つまり逆並列サイリスタの可逆接続としなければならない。さらにサイリスタを可逆電磁接触器の代わりとなし得ることはリアクトル制御の場合と同じである。しかも電磁接触器の開閉動作より短い時間で、ON・OFF できるだけの速応性をもたせることができるので、とくに速応性の要求される一般的な負荷に対しても容易に主回路の無接点化ができる。

(2) 制御特性

誘導電動機にパイロット発電機を設けて速度を検出し、指令入力と比較し、トランジスタ増幅器で回転方向(PGの極性)を判別すると同時にそれを増幅し、各相のサイリスタ点弧回路に入れ点弧位相を制御する。そして電動機がつねに指令入力に相当する速度で運転するよう自動制御を行なう。

この場合の制御系のブロック図は図 2.34 のようになる。このブロック図からわかるとおり、時間遅れはほとんど電動機の慣性だけで一次遅れであり、本質的に安定性にすぐれている。このため制御系のループゲインを大きくすることが容易である。速度の変動率は制御系のループゲインによって決定されるから、ループゲインを 50 ないし 100 にすることにより、それだけ変動率を小さくおさえられるが、一般のクレーンの用途では 30 程度が適当とされている。

図 2.35 は運転特性の一例を示すオシログラムであるが、線電流および出力端子電圧の立ち上がりが非常にけわしく、サイリスタ制御の特長である速応性が十分発揮されている。またオーバーシュートはなく、制御系が本質的に安定性にすぐれていることがわかる。

(3) リアクトル制御との比較

制御特性

クレーンにおける交流電動機の制御と最近の実例・川合・佐竹・原田・佐藤

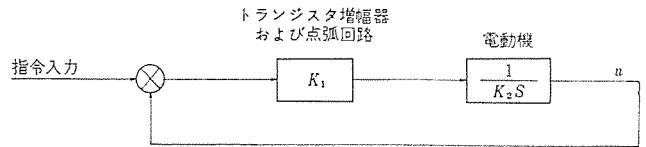


図 2.34 サイリスタ制御のブロック図
Fig. 2.34 Block diagram of thyristor control.

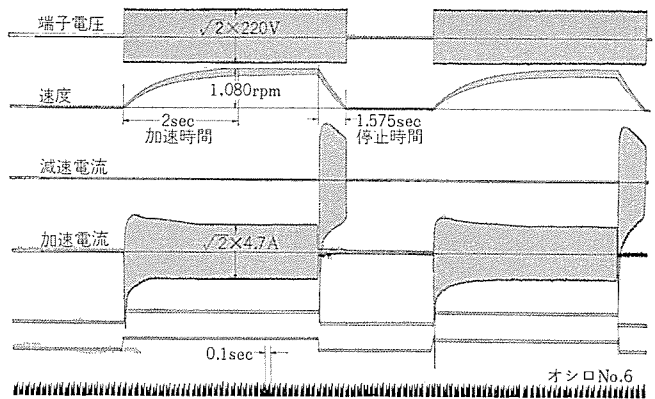


図 2.35 運転特性
Fig. 2.35 Driving characteristics.

制御系が本質的にすぐれた安定性をもっているために、ダンピング回路はとくに設けなくてもよいが、必要な場合でも C-R 回路だけでよい。したがって制御系の調整が容易になり、このことは実用上の利点である。制御系のループゲインを大きくすることができ、速応性、速度変動率の非常にすぐれたものができる。

(a) 電動機トルク

リアクトル制御の場合、リアクトル飽和時の電圧降下が約 10% あるのに対して、サイリスタの順電圧降下がわずかであるので、全点弧のときの電動機端子電圧はほぼ電源電圧と一致し、十分な電動機トルクを発生させることができる。

構造および重量

サイリスタを用いているため小形軽量である。とくにサイリスタを盤内に収納できるので、据付場所・配線などが有利となる。

保守点検

過酷な周囲条件などに十分耐え得るような保護装置を完備し、またサイリスタの選定についてもとくに注意すれば、リアクトル制御と同程度に多少の悪条件下でも使用できる。ただし、とくにじんあい等のひどい場所での使用にさいしては、冷却フィンへのじんあいの付着をできるだけ少なくするような注意、あるいは定期的な点検が必要である。

(b) 価格

サイリスタ制御では主回路素子が装置の価格を左右する。図 2.36 はリアクトル制御およびサイリスタ制御の価格の傾向を示したものである。両曲線の交差している点より、現段階では電動機容量が 200 kW 前後が分岐点となり、それ以上の容量ではリアクトル制御のほうが安価である。しかし近い将来、サイリスタの大形化あるいは、トライアックの普及により分岐点はますます右寄りになる傾向にある。

2.6.2 自動制御回路の構成

図 2.37 (a) は自動制御回路の概略である。

(1) 点弧回路

交流の誘導負荷にサイリスタを使用するとき、ゲートに供給されるパルス信号の幅が小さいと、サイリスタを流れる電流が力率相当分だけ遅

れて流れるので、電流を続けて流し得るまで（ラッチング電流）上昇する以前にパルス信号が消えて、サイリスタはふたたびカットオフの状態となる。

また逆並列の場合は、一方向のサイリスタの電流が遅れて流れていると、逆並列側にパルス信号を与えたとき、信号の幅が小さいと先

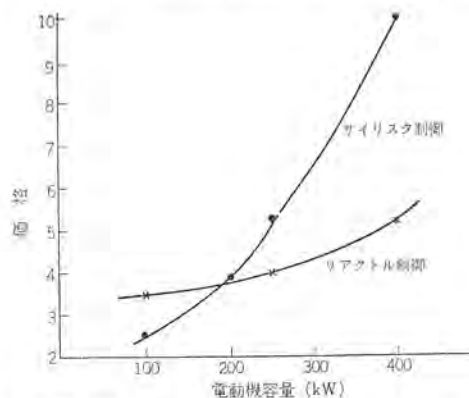
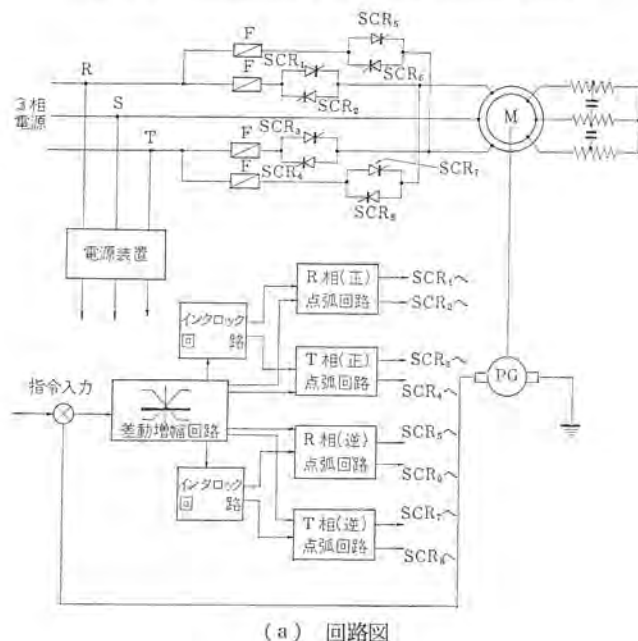
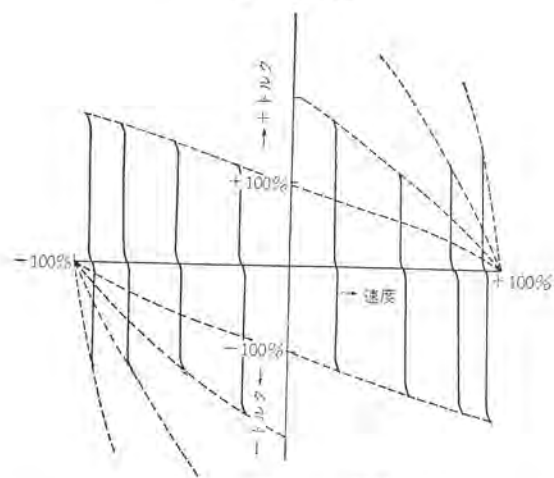


図 2.36 リアクトル制御との価格比較
Fig. 2.36 Comparison with reactor control system.



(a) 回路図



(b) 速度—トルク 特性

図 2.37 自動制御回路と速度—トルク特性
Fig. 2.37 Regulated control system and speed-torque characteristic.

に流れている電流のために点弧することができない。この点弧失敗の様子を図 2.38 に示す。

図で、ある時点で点弧位相を α_1 より α_2 に変えようとしても、電気角で ϕ 度だけ先の電流と重なり、しかもパルス信号 t の幅が重なり ϕ より小さいために点弧できない。このような点弧の不確実さを解決するためには、パルス信号の幅を十分大きくして、電流が遅れて流れても、電流がゼロになったときただちに点弧できるようにしておく必要がある。図 2.39 はこのようなパルス信号を発生させる回路で、図 2.37 (a) における R 相分 SCR1, SCR2 へ供給するゲートパルス発生回路である。

図 2.39 において変圧器 Tr_2 の一次側には電源に同期した長方形波の交番電流が流れる。そこで適当な移相回路よりある位相のゲートパルス（幅が小さくてもよい）をスイッチングサイリスタ SCR11, SCR12 に入れてスイッチしてやると、主回路サイリスタのゲートには、電源と同期した 0 度より 180 度幅の点弧信号を供給することができる。

次に各相のサイリスタ点弧回路の同期電源であるが、図 2.40 に示すものは、R 相サイリスタに関しては R-S 線間電圧を、T 相サイリスタについては S-T 線間電圧をそれぞれ同期電源としたときの各部波形である。波形からわかるとおり、T 相サイリスタは全点弧することができず電気角で約 30 度ぐらいの不導通部分が残る。しかし電動機負荷の場合のサイリスタを流れる電流が、力率相当分だけ遅れて流れるので、実質的には点弧位相が進んだことになり不導通部分が小さくなるか、あるいは全点弧できるようになり、図 2.41 に示すように各相電流波形のひずみは改善され、出力端子電圧は電源電圧に近づく。

(2) 相間短絡防止回路

サイリスタを可逆接続して、常に指令入力に相当する速度に自動制御するために、また減速・停止をすみやかにするためには、いつも

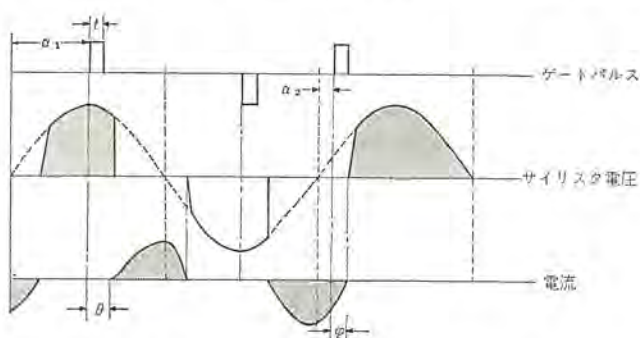


図 2.38 遅れ電流による点弧失敗
Fig. 2.38 Failure of igniting according to lagging current.

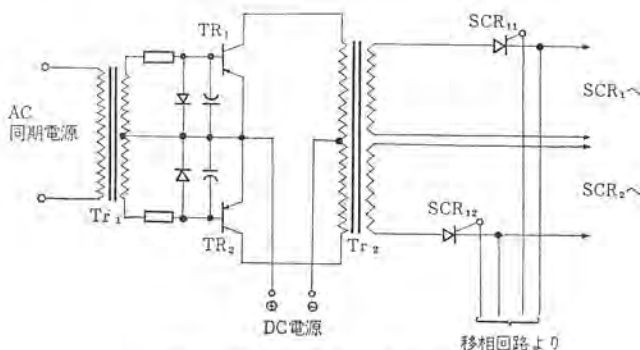


図 2.39 点弧パルス発生回路
Fig. 2.39 Igniting circuit.

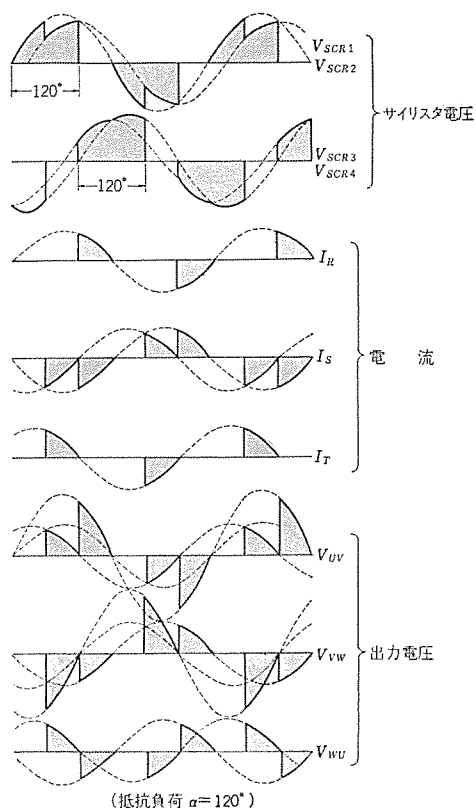


図 2.40 サイリスタにかかる電圧および電流・出力電圧

Fig. 2.40 Impressed voltage of thyristors, output current and voltage.

逆方向サイリスタが点弧できるようにしておかなければならないことは前述のとおりである。しかし指令入力のはいるのは任意のときであるので、正方向で点弧した直後に指令信号が変わったときは、正方向電流はその電圧サイクルの終わりまで流れ続けるのに対して、逆方向も点弧してしまうので相間の短絡となる。図 2.42 はこの状態を示したものである。

したがって減速・停止あるいは逆転の指令信号はいつから最低半サイクルの間は逆方向サイリスタに点弧信号を与えてはならない。この事故を防止するには、ある時間（1～1.5 c/s）は点弧パルスが出ないように、点弧回路をインタロックする方法が用いられる。この方法は非常に簡単にインタロックできるのが特長であり、温度による誤差の小さいコンデンサを用いているので、ばらつきの小さい時限が得られる。（特許出願中）

そのほかの方法としては、

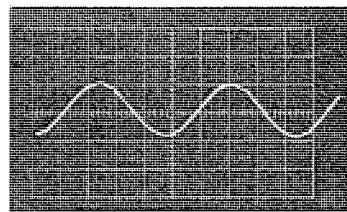
(a) 電流が完全にゼロになったことを検出してから点弧信号を出す。

(b) 逆方向への切り換えを同時に行なわずに、相間短絡とならない相より順を追って行なう。

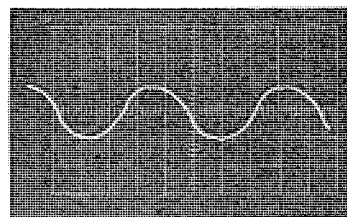
などがある。前者はたとえば電流リレーを使用して線電流を検出するもので、確実性があり、大容量のサイリスタを用いる場合に有利である。後者はリングカウンタなどを使って切換のシーケンスを設けるので複雑になるが、切換時に単相制動も同時に行なえる利点がある。

(3) 差動増幅回路

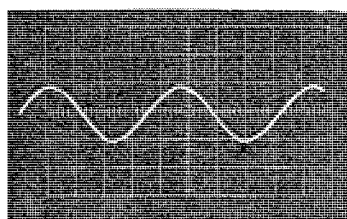
直流増幅器のうちで、広く用いられている回路で、電源電圧の変動などに対して安定な平衡回路である。回路が完全に平衡している場合、図 2.43 に示す入力-出力特性のように正の直流入力に対す



(a) R相電流



(b) S相電流



(c) T相電流

図 2.41 電動機負荷における各相電流

Fig. 2.41 Each line current in motor loaded. ($\alpha=0^\circ$)

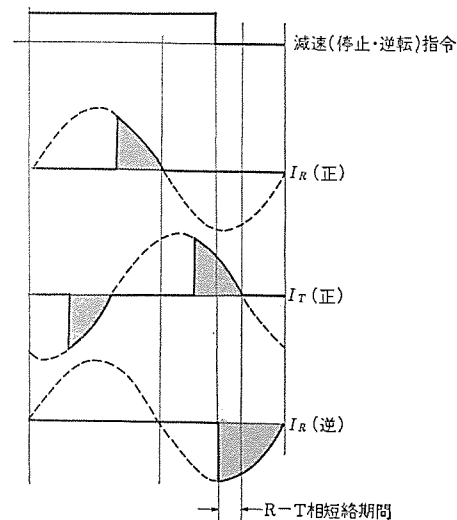


図 2.42 相間短絡

Fig. 2.42 Short circuit between phases.

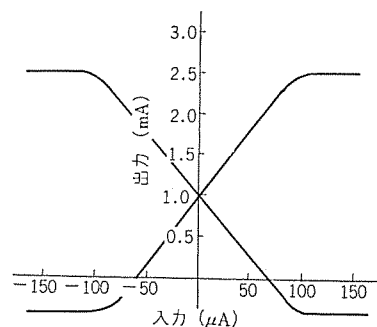


図 2.43 入力-出力特性

Fig. 2.43 Input-output characteristics.

る一方の直流出力の値と、同じ値の負の直流入力に対するもう一方の直流出力の値とが同じ大きくなるので、基準入力量と PG のフィードバック量の差の極性を判別すると同時に増幅され、点弧回路の入力となる。サイリスタ制御では 2 段増幅し、2 段目からフィードバック抵抗を通して 1 段目に負帰還することによって温度特性の補償、利得の安定化をはかっている。

(4) ブラギング検出回路

二次側抵抗値が小さいところで負荷とつり合って運転しているとき、急に逆相電圧を印加して逆相制動を行なおうとしても、大きな電流が流れる割には十分な制動トルクが得られないという不都合が生じる。また、主回路のサイリスタの容量を経済的に決定するためにも、あまり大きな電流を流すことは好ましくない。

したがってブラギングの指令を検出して、二次抵抗をそう入し、電流を押えると同時に制動トルクを十分大きくする必要がある。指速発電機 PG の極性とサイリスタの極性を比較することによりブラギングを判断する方法がとられる。当社ではすべてトランジスタを用いて、十分早く判断できるようにし、かつその信頼性を高めている。図 2.44 はそのブロック図である。

(5) その他の安全装置

サイリスタが破壊したような場合、ブレーキはゆるんでいるのに電動機は無電圧となり、荷は自然落下し危険である。当社ではこれを防止するためにいち早く素子の破壊・ヒューズの溶断等を検出し、運転員に警報すると同時にブレーキを締める回路を設けている。（特許出願中）また巻下げ運転時、なんらかの原因で十分な制動トルクが得

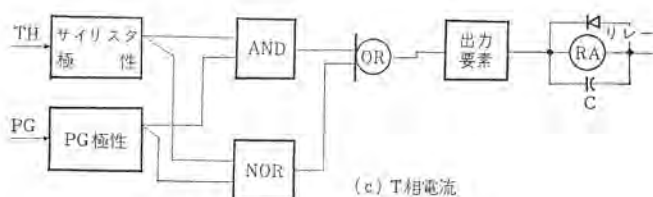


図 2.44 プラギング検出回路
Fig. 2.44 Detecting circuit of plugging.

ず過速した場合、あるいはプラギング指令がでていても装置の故障でプラギングがかからない場合等も、それを検出しブレーキを縮める回路を設けている。

2.7 バケットクレーンの制御

バケットクレーンは石炭、鉄石などのばら物の荷役に用いるクレーンで、グラブバケットをつけたアンローダに多い。その他くず鉄荷役専用のポリツバケットがあり、それぞれ材料の特質に応じてバケットの大きさ、形状はいろいろ異なっている。しかしいずれもバケットを支持するローと、開閉するローの先にバケットを取りつけ、二次元以上移動させたりえて開閉することにより荷役を行なうのは同じである。

バケットの開閉をどのような機構によって行なうかによって次のような方式にわけられ、おのこの方式により電動機制御については注意せねばならない。

2.7.1 1電動機式

1台の電動機をクラッチで切換えて巻上げ・開閉に用いる方式である(図2.45)。クラッチをONにすれば巻上げ下げができ、OFFにして電動機を起動させれば開閉ができる。そのとき支持ドラムにはブレーキをかけておく必要がある。クラッチのON-OFFは切換スイッチで行なう場合と、ユニバーサルコントローラによって切換える場合の二つの方式がある。

電動機の制御方式は本質的には普通のフック式の制御と何ら変わらない。したがって天井クレーンで採用されている制御方式はすべて採用可能である。しかし1電動式のバケットクレーンは安価な方式であるから制御方式も安価な二次抵抗制御、MB制御(後記)DCダイミック制御が多く用いられる。

1電動機方式はクラッチの保守に問題があるが次の2電動機式のようにローたるみの問題がない。

2.7.2 等容量2電動機式

支持と開閉を別個の電動機で操作するもので、巻上げ下げ時には二つの電動機を同時に並列に運転し、かつ同じ速度であることが要求されるので電動機の数トルク特性を等しくするために同一容量の電動機が採用される。この方式は巻上げ下げのとき両方の電動機に負荷が分割されるので、一つの電動機で巻上げるよりも電動機容量は少なくなくて済み、また補用品なども1種類ですむので経済的な方法である。(図2.46)

しかしこの方式は巻上げ・開閉の二つのロー間に機械的の連係がなく、別個の電動機で駆動され、しかも両電動機にかかる負荷は異なるのでロー速度を完全に一致させることが困難である。その結果次のようなローたるみの問題が生じ、その補正が必要となってくる。

(a) 開き巻下げのときバケットは閉じる傾向があり、着床時にふたたび開き動作をしてからつかみ動作にはいらなければならないので非常に作業能率が低下する。図2.47(a)のように開き巻下げのときには支持電動機にバケットの全自重がかかり、開閉用電動機には

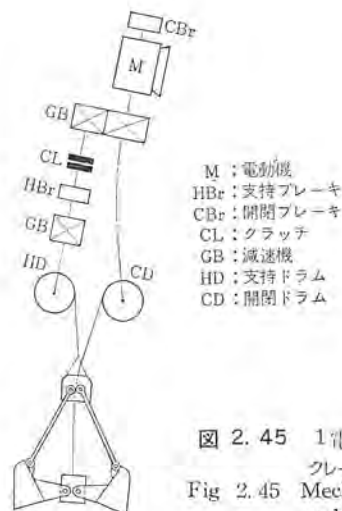


図 2.45 1電動機式バケットクレーンの機構
Fig. 2.45 Mechanism of one-motor grab bucket.

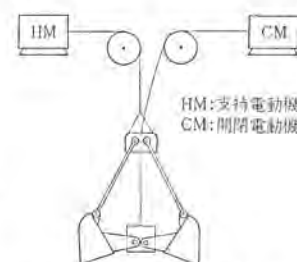


図 2.46 2電動機式バケットクレーンの機構
Fig. 2.46 Mechanism of two-motor grab bucket.

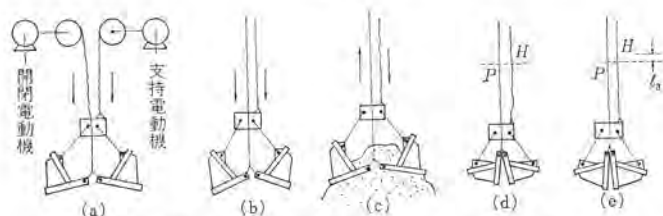


図 2.47 2電動機式バケットのつかみ動作
Fig. 2.47 Grasping operation of two-motor grab bucket.

ほとんど負荷はかからないので支持電動機のほうが開閉よりも速くなり、その結果開閉ローが引張られて(b)のようにバケットは閉じてくる。通常のバケットはつかみ荷重と同じくらいの自重があるので支持電動機は全負荷状態で、開閉電動機は無負荷状態で運転されることになる。

ローたるみの根本原因は両電動機にかかる負荷状態が異なっているにもかかわらず、両電動機を機械的に連結せずに同時運転を行なっていることである。それは起動時の加速距離の差・定常運転中の電動機すべりの差・停止時の停止距離の差となって表われ、いずれも支持ローが開閉ローより長くなる。

このバケットの閉じ傾向を防ぐ方法として、起動時支持電動機が同期速度になったことを同期速度リレーにより検出し、開閉電動機も強制的に同期速度まで加速させる。また停止時には支持電動機のみで電氣的制動または機械的制動をかけて開閉電動機の停止時間と同じか、または早く支持電動機を停止させれば、バケットの閉じる傾向を取除くことができる。

(b) 沈みつかみのとき支持ローはたるむ傾向があり、このたるみは巻上げのとき材料のつかみ残しを生ずることになる。

図2.47の(c)のように材料をつかむ場合には、閉じ動作とともに支持電動機のブレーキは開放してバケットを自重で十分沈ませる“沈みつかみ”を行なうのが普通であるが、そのとき支持側の惰性などでバケットの沈み量以上に支持ローが繰り出されたり、巻下げ時に不必要にローを繰り出し過ぎたりした場合には、完全にバケットが閉じない状態で閉のリミットスイッチが切れる。

図2.47の(d)は支持ローのたるんだ状態を示す。この状態で巻上げに移れば(e)のようになってつかみ残しを生ずることになる。

この不具合を補正するにはつかみ終わるまでに支持ローのたるみをとる必要がある。しかし支持ローを引張り過ぎるとつかみ量が減る。この両者の要求を合致させる方法として、二次制リアクトル

図 2.48 (a)は二次リアクトル制御のトルク特性と接続図を示したものである。可飽和リアクトルを支持電動機の二次側に入れて、バケットが設定された沈み速度より早くならなければ電流を制限して、支持ロープを巻上げるに要するトルクのみを発生するように制御を行ない、図 2.48 (b)のようなトルク特性を得る。

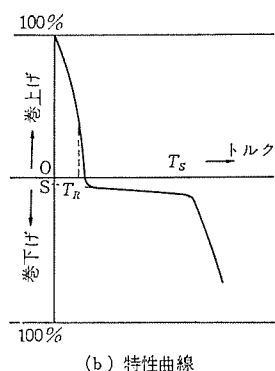


Fig. 2.48 Hold motor control system using secondary saturable reactor.

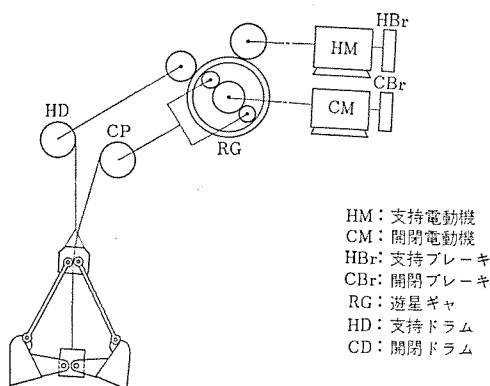


図 2.49 ボックスウィンチ 式 バケツクレーンの機構
Fig. 2.49 Mechanism of box winch type grab bucket.

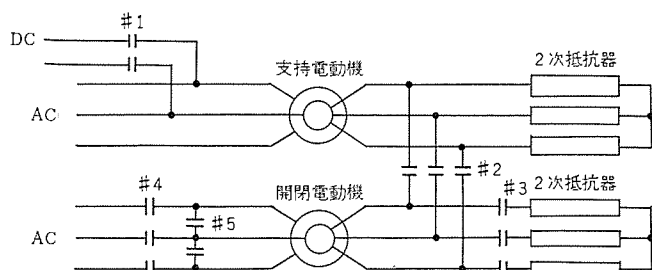


図 2.50 2 電動機式 バケットクレーンの低速同期運転方式の展開接続図
Fig. 2.50 Main connection of low-speed synchronous operation of two-motor grab bucket.

可飽和リアクトルは非常にじょうぶで過電流にも耐えるのでどんな過酷な使用にも適用できるのが大きな特長である。図 2.52 はかど形誘導電動機 の正転・逆転をひん繁に行なう用途に使用した回路図

である。図において操作スイッチまたは制御器により正転・逆転の動作を行なうことができる。

FOR の指令が与えられると SX_1, SX_2 の可飽和リアクトルが励磁され正転動作を行なう。逆に REV の指令が与えられると SX_3, SX_4 の可飽和リアクトルが励磁され逆転動作ができる。

可飽和リアクトルを使用して電動機の開閉を行なう場合に注意しなければならないのは、可飽和リアクトルの時定数の問題である。可飽和リアクトルはインダクタンスを持っているため、どうしても信号伝達に遅れを生じる。しかし開閉器のように 0.1 秒程度の速応性を期待することはむずかしいが、可飽和リアクトルとその制御回路の設計に注意すれば、0.2 秒程度の時定数にすることは経済的にも可能である。クレーンおよび製鉄圧延ロールモータ用の静止スイッチとして使用する場合は 0.2 秒の速応性が要求される。

リアクトル制御回路の時定数は次式で与えられる。

$$T_c = \frac{1}{4f_0} \left(\frac{N_c}{N_L} \right)^2 \frac{R_L}{R_c}$$

T_c : 時定数 (sec)

f_0 : 電源周波数 (c/s)

N_c : 可飽和リアクトルの励磁巻数 (回数)

N_L : 可飽和リアクトルの主回路巻数 (回数)

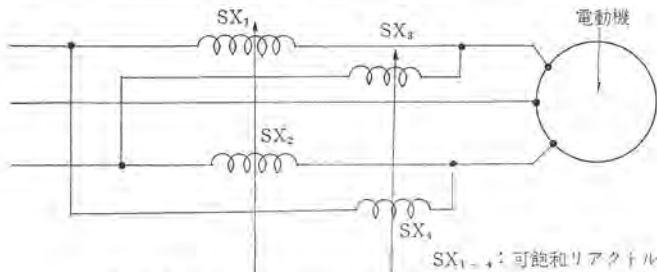


図 2.51 可飽和リアクトルによるスイッチング回路
Fig. 2.51 Switching circuit by saturable reactor.

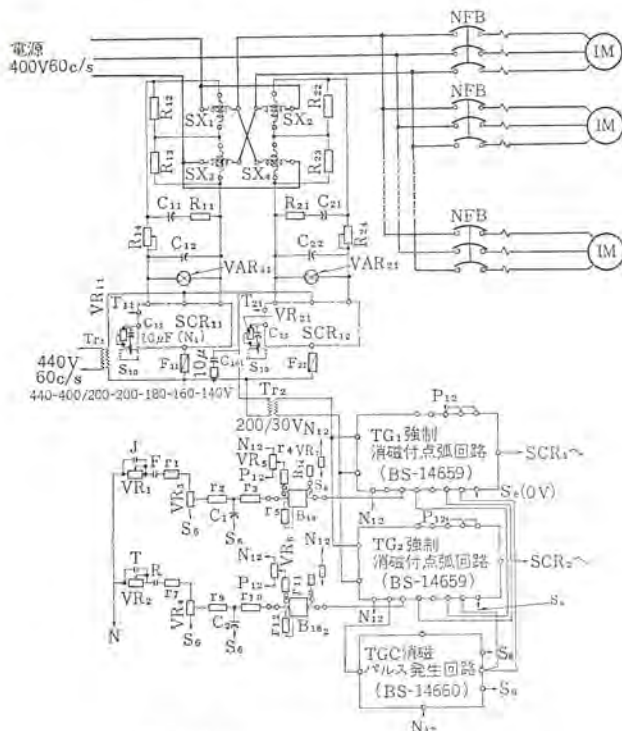


図 2.52 プレートミル制御回路
Fig. 2.52 Control diagram of platemill.

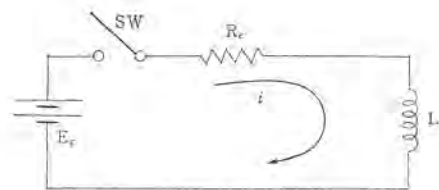


図 2.53 可飽和リアクトルの励磁回路
Fig. 2.53 Exciting circuit of saturable reactor.

R_L : 負荷の抵抗 (Ω)

R_c : 可飽和リアクトル励磁側の抵抗 (Ω)

前式において各定数をいかに選ぶかによって時定数の大小が決定される。 N_c/N_L は小さくすればその効果は 2 乗で減少するので、非常に有効であるが可飽和リアクトルの増幅度である N_c/N_L はあまり小さくするのは望ましくない。簡単な方法として励磁回路の抵抗 R_c を大きくするとよい。この R_c を大きくすることは図 2.53 の回路からも当然考えられることである。すなわち可飽和リアクトルの励磁巻数のインダクタンスを L とすれば R-L 回路の時定数は L/R で与えられるので、 R を大きくすることは時定数を小さくすることになる。インダクタンス L を小さくすることも有効であるがこれは励磁巻数の巻数を少なくすることに等しく、前述の N_c/N_L を小さくする結果となってしまふ。したがって励磁回路の直列抵抗 R_c を大きくすることが、応答を早くするための有効な手段となる。この場合制御電圧が若干高くなるのはやむを得ない。

次に正転から逆転、さらに逆転から正転の動作を短時間に切り換える場合は、可飽和リアクトルの励磁電流の減衰をできるだけ早めなければならない。それは励磁電流の減衰が遅いと電動機の電流しゃ断が早くできず、この状態で電動機回転方向の切換指令を与えると、電源は瞬間短絡された状態となり、過電流が流れる結果となるからである。

たとえば正転から逆転を急に行なう場合 SX_1, SX_2 の可飽和リアクトルの励磁電流が完全にゼロに減衰しないうちに、逆転指令を与えると、 SX_1, SX_2 の主巻線にはまだ電流が流れている状態で、逆転出力の電流が SX_3, SX_4 との間が相間短絡されることになる。

この欠点を取除くために励磁電流の減衰を早くする方法としてリアクトル制御の項で述べた強制消磁回路を設けるとよい。

以上の方法を用いるとまったく理想的に正逆切換のスイッチングが可能となる。

2.8.2 制御回路の無接点化

制御回路を無接点化すれば次の利点がある。

- (1) じんあいなどの障害による接触不良の除去
- (2) 接点摩耗に対する保守の簡易化
- (3) 制御装置の小形化

当社ではトランジスタサイバックという商品名で無接点式リレーを製作しているが、クレーンにおいても前記の目的で使用しており、その信頼性は高い。無接点化を計れば上記の利点は得られるが、あまり簡単な回路に適用すると価格的には割高となる。

天井走行クレーン、バケットクレーンなどの制御にトランジスタサイバックを使用した結果は非常に良いようである。トランジスタなどの半導体を使う場合は常に周囲温度が問題になるが、60°C の周囲温度（盤内温度）に耐えることができるので、とくに冷房器などで冷却する必要はほとんどない。

トランジスタサイバックの取扱いについては、制御用電磁継電器と同様

にプラグイン式としているため簡単である。

2.9 クレーンの無線操縦装置

最近の半導体技術の進歩により、従来人間が直接制御していた電力機器も環境条件のよい遠方より、自由に制御することが可能となってきた。クレーンの無線操縦もこのような遠方監視制御装置の一分野として、当社でも数年前から研究開発を進めてきた。

当初のCW-1形からはじまり、CW-2形へと改良を進め、今回性能・保守・機能・安全面において、十分に満足のおけるCW-3形を開発した。その外観は図2.54と図2.55に示す。

装置は操縦者が携帯する送信装置と、クレーン上に設置され、実際にクレーンを制御する受信装置および充電器、アンテナ等の付属品、予備品から構成され、おもな特長としては次のとおりである。

- (1) 送信装置は携帯に便利のように小形軽量とした。
- (2) 回路構成はプラグインユニット化して、カードおよび接せん(栓)を使用して、保守・調整を簡単にした。
- (3) 制御スイッチは感覚のすぐれた、また誤操作の少ないユニバーサルハンドル(デッドマンタイプ)を採用した。電源の入切は安全の面からキースイッチを採用。
- (4) 送信装置の電源にはニッケルカドミウム蓄電池を使用したもので、数百回のくり返し充電ができ、1回の充電により、10時間以上の連続使用が可能となった。
- (5) 出力リレーはパワリレーを使い、中継用の補助リレーを不要とした。
- (6) 誤動作防止には2信号1動作方式と雑音検出回路を併用し、安全性を高めた。
- (7) 試験・調整時に試験スイッチを使用すればクレーンを動作させることなく、試験ランプにより動作確認ができるようにした。
- (8) 回路を標準化して構成を簡単にし、部品は信頼性の高いものを使用した。

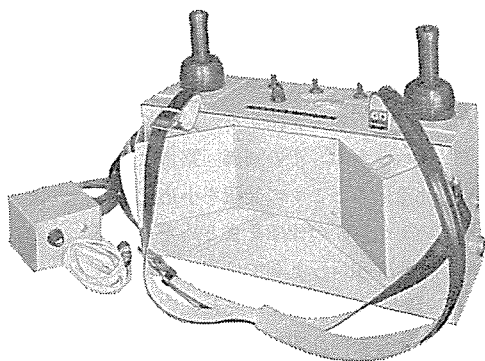


図 2.54 CW-3 形 送 信 装 置
Fig. 2.54 Type CW-3 wireless control transmitter.

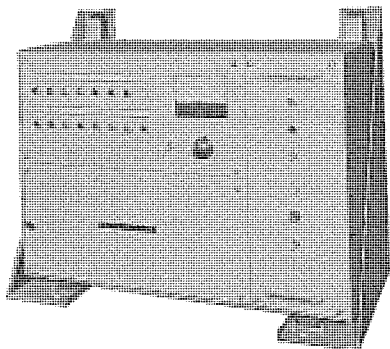


図 2.55 CW-3 形 受 信 装 置
Fig. 2.55 Type CW-3 wireless control receiver.

のを使用した。

- (9) 無線周波数は雑音の比較的小さい周波数帯を選んだ。

おもな電気的定格は次のとおりである。

- | | |
|------------|---|
| (1) 無線周波数 | 150~200 Mc の 1 波 |
| (2) 送信出力 | 100 m 離れた地点で電界強度 15 μ V/m 以下の微弱出力(無免許波) |
| (3) 信号方式 | 400~3,000 c/s の最大 18 波による周波数組合せ方式 |
| (4) 制御範囲 | 100 m |
| (5) 連続使用時間 | 1 回の充電により 10 時間以上 |
| (6) 変調方式 | FM |
| (7) 信号分離方式 | 複合式電圧音差 |
| (8) 出力接点容量 | AC 200 V 3 A (無誘導負荷) |
| (9) 使用温度 | -10°C~+50°C |

3. 最近の実例

クレーンの制御方式のなかで最近では渦電流ブレーキ制御方式が多くなってきている。一方リアクトル制御方式も電動機主回路の無接点化とあいまって、著しく製作実績もふえている。三菱重工長崎造船所に納入した 300 t グライアスクレーンの制御はすべてリアクトル制御方式を採用し、250 kW 電動機 2 台の制御を可能にした。

最近クレーンは無線操縦化と自動化の傾向にあり、とくに自動化する場合は、なんらかの速度制御が必要となっている。定められた位置に自動停止しなければならず、クレーンの定位置制御の必要もでている。この例として製鉄工場の連続酸洗設備におけるコイルトランスファの自動化を AS 制御方式で計画し納入した。

表 3.1 は最近のおもなクレーン用電機品製作実績である。おのこのクレーンの制御方式は簡単に表に記入しているが、次節でとくに技術的内容のあるものについて 2, 3 紹介する。

3.1 250 t/h アンローダ

クレーンの大容量化と高速化に伴い、電動機の容量も一段と大きくなってきている。大容量になった場合、渦流制御・押上機制御等は適用できなく、制御方式は DC ダイナミック制御かリアクトル制御に限定されてくる。電源開発向けのアンローダもリアクトル制御を採用し、速度制御を行なうとともに無接点化を計った。表 3.2 は 250 t/h アンローダの概略仕様を示したものである。各用途の制御方式の概略は次のとおりである。

(1) 巻上げの制御方式

ブリッジ式リアクトル制御方式を採用し、リアクトル励磁回路に強制消磁回路を付けたので加減速の応答がきわめて早くなっている。制御器を無段階とし +100%~-100% の負荷に対して任意の速度設定ができるようにした。一次側には従来の可逆電磁接触器の代わりに、リアクトルによって可逆を行なうため無接触開閉ができるとともに、可飽和リアクトルによる電流制御により電氣的・機械的衝撃を小さくできる。

沈みつかみを行なうとき、巻上電動機のブレーキを開放して、適当な大きさの巻上げトルクを簡単に出すことができるので巻上げロープのたるみを防ぐことができる。

(2) 開閉の制御方式

バケットが閉じ終わったとき開閉ロープに荷重がかかることを防止するために、閉じ終了直後に単相制動をかける。

(3) 引込みの制御

表 3.1 おもなクレーン用電動機品製作実績表
Table 3.1 List of electric equipment for crane manufactured results.

納入先	クレーン名称	電動機容量 kW	制御方式
A 社	100/20 t 天井走行クレーン	主巻 75, 補巻 40 横行 10, 走行 50	主, 補巻—リアクトル制御 (無接点方式) 横, 走行—リアクトル制御 (無接点方式)
B 社	300 t×61 m ガントリークレーン	(上部) 主巻 2×250, 横行 2×45 補巻 2×45 (下部) 主巻 250, 横行 45, 補巻45 走行 8×45	主, 補巻, 横, 走行—リアクトル制御 リアクトル制御による同期運転ができる
C 社	250 t/h アンローダ	巻 175, 開閉 60 引込 40, 旋回 30	巻—DC ダイナミック制御 制御回路はトランジスタサイバックによる無接点方式
D 社	600 t/h ホイールリタレーマ	旋回 15, ふ仰 15 走行 40	旋回—リアクトル制御 速度制御はステップレスに可変できる
E 社	3 t ホイスト付クレーン	走行 3	無綫操縦 カゴ形モータ制御
C 社	2.5 t つかみ GB 付ジブクレーン	巻上げ 50, 開閉 50, 旋回 10 ふ仰 7.5, 走行 1.5	巻上—DC ダイナミック制御
F 社	70 t/70 t/35 t×22 m スクラップ装束クレーン	主巻 2×150, 補巻 250, 走行 2×67 主横行 2×15, 補横行 30	主, 補巻—DC ダイナミック制御 補巻—極数変換
G 社	60 t/40 t×28 m クレーン	主巻 95, 補巻 67 横行 15, 走行 67	主補巻—AS 制御
H 社	250 t/h アンローダ	巻 200, 開閉 60, 引込 30 旋回 30, 走行 2×30	巻—リアクトル制御, 引込—リアクトル制御 ……一次可逆コンタクタ使用せず
C 社	3 m ³ 5 t GB ツキクレーン	巻上げ 50, 開閉 50 横行 5, 走行 30	巻上げ, 開閉—二次リアクトル制御 “沈みつかみ” は二次リアクトル制御を採用
I 社	25/40 t×28.5 m リーキングビットクレーン	巻上げ 250, 補巻 50, トンク開閉 60, トンク旋回 15, 横行 50, 走行 2×50	主, 補, トンク開閉—DC ダイナミック制御 横, 走行—コースティングノッチ付ブラッキング制動
G 社	30 t/40 t×29.8 m ソーキングビットクレーン	主巻 2×150, 補巻 67, トンク開閉 95, トンク回転 15, 横行 95, 走行 2×67	主, 補, トンク開閉—DC ダイナミック制御 横行, 走行—停止時ブラッキング制動

表 3.2 250 t/h アンローダの一般仕様
Table 3.2 General specification for 250 t/h unloader.

能力	250 t/h	ベルトコンベア 350 t/h
つり上げ荷重	8.5 t	
バケット容量	石炭用 5m ³	自重 4 t
定格荷重	4.5 t	
試験荷重	定格荷重の 125 %	
揚程	レール面上 11 m+レール面下 11 m=22 m	
	速度 m/min	kW rpm 定格 制御方式
巻上げ	100	200 720 連続 リアクトル制御 ブリッジ方式 強制消磁方式
開閉	100	60 720 60 分 抵抗制御
引込み	80	30 720 連続 リアクトル制御 ブリッジ方式 強制消磁方式
旋回	1.6rpm	30 720 60 分 抵抗制御
走行	20	2×30 720 60 分 抵抗制御
ベルトコンベア	120	11 1,200 連続 全電圧起動
レールクランプ	—	2×3 1,200 30 分 コンデンサブレーキ方式
フイーダ	電磁振動式 2.8 kW	
主電動機回路	440 V 3 φ 60 c/s AC	
制御回路	110 V DC	
一般照明回路	110 V 60 c/s AC	

ブリッジ方式を採用している。荷が揺れるのを防止するため減速点を2箇所設けて、第1減速30%、第2減速で停止するようにしている。制御器のハンドルを0ノッチにしたとき、すぐにブレーキを締めると荷が揺れるので、十分速度が減速するのを検出してからブレーキが締るように考慮を払っている。

(4) レールクランプの制御

レールクランプにはコンデンサを用いて電気制動を行なうコンデンサ制動

方式を採用した。コンデンサ制動は電気制動であるにもかかわらず、停電時にも動作する特長がある。

3.2 300 t ゴライアスクレーン

このクレーンは交流電動機を使用した最大容量のもので、制御方式はすべてリアクトル制御方式を採用している。制御の詳細については本誌で紹介されているので省略するが、いくとおりもの運転操作できるようにしているため、その制御回路にはトランジスタサイバックを使用して無接点化を計るとともに装置を小形化した。

表 3.3 はこのクレーンの仕様をまとめたもので、主巻 250 kW 2 台のリアクトル制御はクレーンとしては記録品である。

走行の駆動は剛脚・揺脚のそれぞれに電動機 45 kW を4台取付け、おのおのの4台を同期運転しなければならないので、差動セルシ回路を用いて走行軸の回転を同一に制御する。しかも速度制御の必要もあるので、リアクトルブリッジ方式として円滑に加減速および速度制御ができるよう設計している。

3.3 5 t グラブ バケット付きクレーン

バケットクレーンの沈みつかみ動作において、支持ロープがたるむと巻上げ開始のときに支持電動機が早く加速して、支持開閉の両ロープが張りきるまでバケットは口を開いたまま巻上げられてしまう。これを防ぐためにつかみ終わるまでに支持ロープのたるみをとらねばならない。ロープたるみの方法としては、二次リアクトル制御方式がある。この方式は支持電動機の巻上げトルクが自動調節されるので、ロープたるみはもちろなくなるが、斜面の材料をつかむときなどバケットの自重でバケットが倒れるのも防ぐことができる。

最近納入したものでは支持電動機 50 kW の二次に単相可飽和リアクトル2台をそう入して、沈みつかみにおけるロープたるみを防いで

表 3.3 300 t グライアスクレーンの一般仕様
Table 3.3 General specification for 300 t.

		径間	容 量 t	速 度 m/min	揚 程	電 動 機	制 御 方 式
上 部 ト ロ リ	主 巻(遅)	64 m	300	6.2	64 m	2×250kW 8P	リアクトル制御 ブリッジ方式逆励磁
	主 巻(早)		100	18.6			
	補巻 No.1		5	41		45 kW 6 P	リアクトル制御 A方式
	補巻 No.2		5	41		45 kW 6 P	リアクトル制御 A方式
	横 行			40		2×45kW 6 P	リアクトル制御 ブリッジ方式
下 部 ト ロ リ	主 巻(遅)	64 m	165	6.2	64 m	250 kW 8 P	リアクトル制御 ブリッジ方式逆励磁
	主 巻(早)		50	18.6			
	補 巻		5	41		45 kW 6 P	リアクトル制御 A方式
	横 行			40		45 kW 6 P	リアクトル制御 ブリッジ方式
走 行				50		8×45kW 6P	リアクトル制御 ブリッジ方式
電 源	主電源電圧	3,300 V 3φ 60 c/s AC					
	主電動機回路	440 V 3φ 60 c/s AC					
	投光器回路	220 V 1φ 60 c/s AC					
	一般照明回路	110 V 1φ 60 c/s AC					
	制 御 回 路	110 V DC, 220 V 3φ 60 c/s AC					

いる。図 2.48 はバケットクレーンにおける二次リアクトル方式の接続図である。

図において沈みつかみにはいとHが投入され、支持電動機は巻上げ方向のトルクを発生するが、Mを開いてリアクトル(Re)を二次に接続するので、トルクの大きさはリアクトルの励磁電流 I_c によって0～100%まで変化できる。 I_c はサイリスタ(SCR)の点弧角を変えることにより制御でき、点弧角は直流増幅器 B_{18} によって制御される。沈み速度に合わせて VR_2 の分圧比を調整しておく。

バケットが転倒したりして沈み速度を越えようとするとき、電動機の二次電圧は上昇して RX_2 による(+)入力の方が VR_2 による(－)

入力よりも大きくなるので、増幅器 B_{18} の特性によってサイリスタの点弧角は進んで I_c は増加し、バケットを支持するのに十分なトルクを発生する。

ロープの自重を巻上げるに要するトルクは揚程に応じて VR_1 で調節し、また沈み速度は VR_2 で調節できるので、つかむ材料が変化したときでも自由に沈み速度を変えることができて便利である。

3.4 その他のクレーン

クレーンの高速化に伴い高速回転軸には、摩擦抵抗および摩擦の少ないころがり軸受を使用することが多い。走行の制御には二次抵抗制御が最も多く使われているが、走行軸にころがり軸受を使っている場合は、減速のとき抵抗を増加させただけではなかなか減速しない傾向がある。そのために走行制御のときに二次抵抗コースチング制御のほかに逆相制動(ブラキング制動)を併用するとよい。逆相制動をかけるにあたっては、速度の大小に応じて逆相制動が自動的にかかるようにすると停止時のショックを和らげることができる。この方法は製鉄関係の鋼塊クレーンに当社では多く採用しており、停止時間を短縮してクレーンの能率を高めるとともに、ブレーキライニングの寿命を延ばしている。一般天井クレーンにおいて逆相制動で走行の停止を行なうと、フックが振れるおそれがあるのでほとんど使用していない。

4. む す び

以上、交流クレーンの各制御方式の概略と適用上の注意点などを述べてきたが、まだこの他にも述べなければならない問題は多くある。同じ容量のクレーンでも使用用途によって制御方式の検討を行なわねばならないし、機器の選定も異なってくる。

今後、信頼性の高い制御精度の高いしかも安価な制御方式の開発を進めていくと同時に、AS制御・リアクトル制御などの各制御方式の特性をさらに改善するよう努めていきたい。

クレーンにおける直流電動機の制御と最近の実例

香川 重光*・田中 藤重*

Control of DC Motors for Cranes and Their Applications

Kobe Works Shigemitsu KAGAWA・Tojuu TANAKA

DC motors have excellent torque characteristics and control characteristics for use with cranes. There are two kinds of system to apply the DC motors to the crane operation. One is to make the best use of the characteristics inherent to the DC motors. This is realized by operating the motors at constant voltage. The other is to have the motors develop their best efficiencies through the combination with automatic control systems. That is, the operation is made on a variable voltage system. At present to meet the requirement of logical arrangement the Ward-Leonard system and a thyristor-Leonard system are chiefly employed for large cranes of high performance. Their distinctive features and examples of practical applications are stated herein.

1. ま え が き

クレーンに直流電動機を用いることは、直流電動機自体の持つすぐれたトルク特性や制御特性が高度に発揮される場合には、設備全体としての能力を向上させることになり、最近各方面ですすめられている生産性の向上、自動化、電力費の節減などの点からもますますさかんに用いられるようになってきている。ここでは直流電動機に対する各種制御方式の特長と応用例について述べる。

2. 直流電動機の種類と特性

直流電動機については別項に述べられているが、制御との関連において簡単にふれておくことにする。直流電動機の種類として界磁の励磁の方法によって、直巻・分巻・複巻の3種類がある。

直巻電動機は図2.1(a)に示すように界磁巻線と電機子とを直列に接続したもので、一定電圧の電源で駆動したときの回転数 N トルク T および電機子電流 I_a との関係は図2.2(a)のようになる。負荷の大きいときには回転数が下る代わりに大きなトルクが得られ、負荷の小さいときには高い回転数が得られる。たとえば巻上電動機

として用いる場合に、重量物は低速で巻上げ軽量物は高速で巻上げることが可能となるので、作業時間を短縮できるし、一つの電動機で広い範囲の作業を行なえる。反面、負荷の変動による速度変動率の大きい点と負荷がゼロまたは負になることは危険なので注意が必要である。したがって巻上電動機では巻下げ時には界磁を切換えて分巻特性にして使用する。

分巻電動機は図2.1(b)に示すように電機子と界磁巻線は別個にわかれており、電機子の電圧電流とは関係なく分巻界磁の励磁を行なって使用する。電機子に一定電圧を与えたときの回転数 N トルク T および電機子電流 I_a との関係は図2.2(b)のようになる。すなわちトルクは正から負の両範囲においてほぼ電機子電流に比例し、回転数は負荷の変化に対してあまり変動しない。したがって負荷の大小正負にかかわらず一定速度を保つことが容易に行なえる。とくに可変電圧方式によって制御する場合、本質的に制御性能がすぐれているので、定速度制御・負荷制限制御・定位置停止等、速応性高精度の制御が要求される場合には他の電動機他の制御方式では実現できない性能をうることができる。したがって大容量高性能のクレーンにはこの分巻直流電動機をワード・レオナード制御方式で用いられる。

複巻電動機は図2.1(c)に示すように一定励磁される分巻界磁と電機子電流により励磁される直巻界磁とがあり、特性も図2.2(c)のように直巻と分巻との中間的なものである。この場合も直巻電動機と同様定電圧電源により駆動される。

3. 直流電動機の制御方式

クレーンに用いられる直流電動機の制御方式は次のように分けられる。

- (1) 直接操作方式
- (2) 間接電磁操作方式
- (3) 可変電圧制御方式

3.1 直接操作方式

この方式は比較的小容量の電動機に用いられる方式で、電動機主回路の正逆極性切換、速度調整用に主回路にそう入する抵抗器の調整用接点の開閉等を直接主幹制御器の接点で行なう方式である。用途により直巻複巻、分巻各電動機を使いわけ、電源として直流定電圧電源(通常220Vときには110Vを使用)が必要である。最近ではシリコン整流器等で簡単に直流電源を作れるため、小容量でもひんばんな動作をくり返すクレーンに対しては、最も適した方式である。

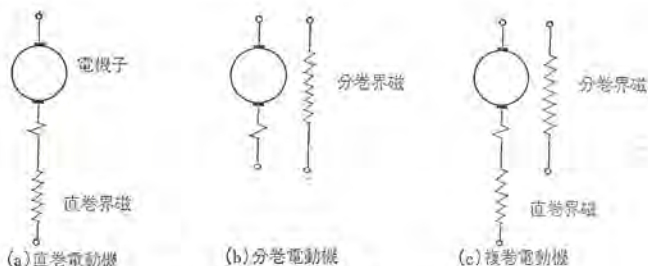


図2.1 直流電動機の接続
Fig. 2.1 Connection of DC motors.

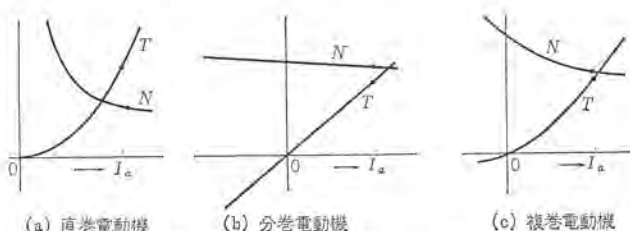


図2.2 直流電動機のトルク速度特性
Fig. 2.2 Torque and speed characteristics vs. armature current of DC motors.

回路方式や特性については次の間接電磁操作方式とほぼ同様である。

3.2 間接電磁操作方式

直流定電圧を電源とした約 150 kW 以下の中容量機に使用され、主幹制御器により電磁接触器を操作し、その接点で正転・逆転および速度制御を行なう。直接式に比べて大電流の開閉を電磁接触器で行なうので、主幹制御器を小形にすることができ操作が軽くなる。接点間のインタロック時限操作・電機品・機械品の保護などが電磁接触器、リレーを使用して簡単にできる。交流定電圧方式に比べて低速運転が簡単にできるなどの利点があり、特別な特性を要求される場合をのぞき一般に使用される。

3.2.1 直巻電動機の世界速度制御

(a) 電機子直列抵抗による方法

電機子に直列抵抗をそう入し、これを加減することにより速度制御を行なう。図 3.1 (a) に直列抵抗 R_s を変化させた場合の速度—トルク特性を示す。一定負荷において R_s を大きくすると電動機速度が低下し、 R_s を小さくすると速度が上昇する。この方式では低速で大きいトルクが得られるので、起動トルクの大きな負荷たとえば巻上げ用などに適す。軽負荷では速度が増大し危険なため軽負荷や無負荷になるものには適さない。

(b) 電機子並列抵抗による方法

電機子直列抵抗のほかに並列抵抗 R_p をそう入し、これを加減することにより速度制御を行なう。図 3.1 (b) に R_s 一定で R_p を変化させた場合、および R_p 一定で R_s を変化させた場合の速度—トルク特性を示す。この場合無負荷になっても有限速度となり逸走する危険がない。この方式では図 3.1 (b) からわかるように、高速から低速運転にするととき R_p をそう入すれば制動トルクが働き急速

な減速ができる。また軽負荷で低速がほしいときなどに使用され巻上げ 1 ノッチに適している。

(c) 巻下げの際分巻接続し発電制動する方法

直巻電動機は、負荷が負トルクとなるような巻下げでは速度が増加して逸走する。速度が増加すれば逆起電力も増加し、その増加とともに電機子電流すなわち直巻界磁電流がますます小さくなり、逆起電力が端子電圧より高くなることができない。そのため電動機は発電制動できず、巻下げ運転は直巻電動機特性では安定な運転ができない。それで巻下げのときは分巻に変更して発電制動が行なえるようにする。このとき速度制御は図 3.1 (c) に示すように界磁抵抗 R_f を変化して行なう。

3.2.2 分巻電動機の世界速度制御

直巻電動機と同様

(a) 電機子直列抵抗による方法

(b) 電機子並列抵抗による方法

(c) 界磁抵抗による方法などがある。

(c) の方法では定格基低速度以下の速度を出すことができないので、荷役機械関係ではこの方法単独で用いることはほとんどない。

図 3.1 (d) に分巻電動機の電機子直列抵抗、図 3.1 (e) に界磁抵抗を変化させたときの速度—トルク特性を示す。

3.2.3 複巻電動機の世界速度制御

これは直巻と分巻の中間特性を有す。そのため低速ではかなり大きなトルクが得られ、無負荷になっても逸走する危険はない。速度制御は

(a) 電機子直列抵抗による方法

(b) 電機子並列抵抗による方法

(c) 界磁抵抗による方法

などがあり、直巻電動機とともに巻上げ・走行・横行などに使用される。具体的な回路については後述するが、上記の方法を組合わせて運転上必要な特性をうるようにしている。

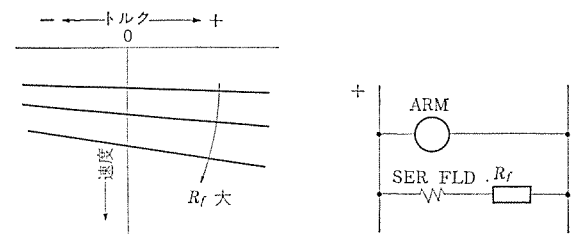


図 3.1 (c) 発電制動による巻下げ時の界磁抵抗を変化したときの速度—トルク特性

Fig. 3.1 (c) Speed-torque curves of DC series motor with various amounts of field resistance in dynamic braking lowering.

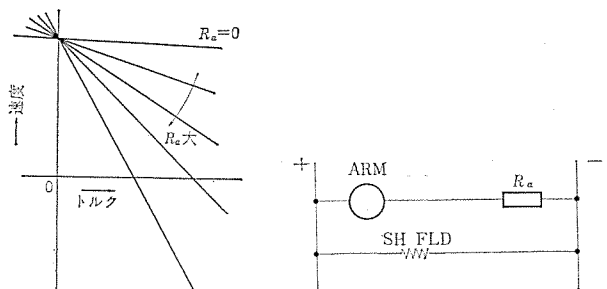


図 3.1 (d) 分巻電動機の直列抵抗を変化したときの速度—トルク特性

Fig. 3.1 (d) Speed-torque curves of DC shunt motor with various amounts of armature resistance.

図 3.1 (a) 直巻電動機の直列抵抗を変化したときの速度—トルク特性

Fig. 3.1 (a) Speed-torque curves of DC series motor with various amounts of series resistance.

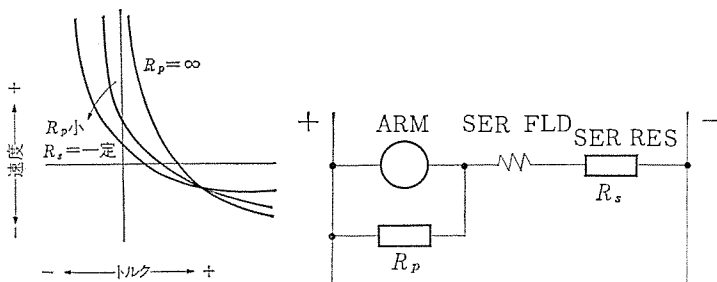


図 3.1 (b) 電機子並列抵抗を有する直巻電動機の並列抵抗、直列抵抗を変化したときの速度—トルク特性

Fig. 3.1 (b) Speed-torque curves of DC series motor with various amounts of armature shunt resistance, series resistance in shunted armature connection.

3. 2. 4 複数電動機の制御

一つの負荷を2台以上の電動機で駆動することが機械側の構造上や容量上の制約により採用されるが、この場合抵抗域では電動機を直列に接続して1台にかかる電圧を小さくし、高速域では並列に接続すると抵抗器が小さくてすみ、また効率もよくなる。横行走行旋回用などにはよく用いられる。しかし電動機間の機械的連結が完全になされていない場合には、負荷平衡がうまくいかず振動が出たり機体にひずみを生じさせることがあるので注意が必要である。

3. 2. 5 加速

電動機は起動の際電動機に直列抵抗をそう入して、過大な突入電流を制限する必要がある。この抵抗は起動完了後短絡して規定の速度をだす。加速時の電流は電動機の定格過負荷電流以下に制限しながら数段階にわけて抵抗を短絡していく。

(a) 限流加速法

規定電流以下で動作する加速リレーを数個使用する。起動突入電流が規定電流以下となると、1段加速リレーが動作して抵抗を短絡する。以下同様最終抵抗を短絡して起動完了する。

(b) 逆起電力加速法

規定電圧以上で動作する加速リレーを数個使用する。電動機は速度が上がって電動機逆起電力が次第に上昇してくると、まず1段加速リレーが動作して抵抗を短絡する。以下同様最終抵抗を短絡して起動完了する。

(c) 限時加速法

限時リレーを数個使用する。起動指令によりある時間後に1段抵抗を短絡、その後順次短絡して最終抵抗を短絡して起動完了する。抵抗器短絡時間間隔は平均負荷状態において円滑な加速と一様なピークを保持するように調整しておく。

(a) (b) の方式は起動加速時におけるそれぞれの電流、逆起電力を検出し、それによって起動抵抗を短絡していく方法であるから電動機負荷が変化すれば必然的に加速動作が変わってくる。すなわち軽負荷のときは加速時間が短く、重負荷になると加速時間が長くなり、ある場合には加速完了しないことすらあり、起動抵抗器が焼損するようなことも起こる。(c) の方式ではもし特別重負荷で1段階

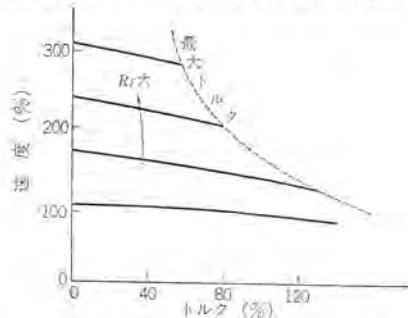


図 3. 1 (e) 分巻電動機の界磁抵抗を変化したときの速度—トルク特性

Fig. 3. 1 (e) Speed-torque curves of DC shunt motor with various amounts of field resistance.

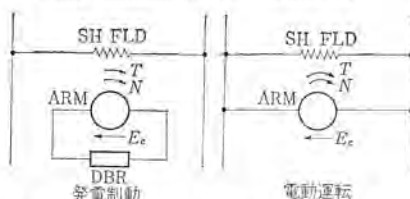


図 3. 1 (f) 分巻電動機の発電制動結線

Fig. 3. 1 (f) Dynamic braking connection of shunt motor.

で起動失敗するとしても、ある一定時間後に次段抵抗が短絡されて起動トルクを増大させる。このような状態では加速電流は規定値より高くなり強制的に起動し、以後は加速をつづけることができる。

3. 2. 6 発電制動

分巻、複巻電動機の場合は図 3. 1 (f) のごとく界磁回路はそのままにしておき、電動機を電源から切り離し抵抗を通じて閉ループを作り、そこに電流を流すことにより電動機のもっている回転エネルギーを抵抗器で発生する熱エネルギーとして消費させてしまう。

直巻の場合は図 3. 1 (g) のごとく自励式にするか、図 3. 1 (h) のごとく他励式に切り換える。発電制動は高速では制動トルクが大であるが、速度が減少するとともに制動トルクが減少し、停止時には制動トルクがゼロになる欠点があるので電磁制動と併用するのが普通である。

3. 2. 7 ブラッキング

電動機を急速に停止させる方法で、電動機が正転しているとき電動機の接続を逆転して電動機が負荷に逆トルクを与えて減速させる。

この場合、大体正規電圧の2倍近い電圧がブラッキングの瞬間に電動機に印加されるので、起動抵抗のほかにブラッキング抵抗をもそう入して過大な電流を抑える必要がある。

3. 3 可変電圧制御方式

直流電動機は速度（またはトルク）を調整する場合、上述の定電圧直流電源を使用した方式では、調整が段階的であり、また主回路の大電流を接点で開閉するので、電磁接触器の保守に手数がかり、また主回路に抵抗を入れて制御するため抵抗器の重量や発熱量が大きくなり、電力損失も大きくなるなどの欠点がある。

これに対しワードレオード方式、サイリスタレオード方式を代表とする可変電圧制御方式は次のようなすぐれた特長を持っており、大容量機、高精度高性能の要求されるものに対しては最適の方式で、とくに最近ではさかんに使用される傾向がある。

(a) 制御性能

可変電圧方式は本質的に制御性能がすぐれているが、とくに最近では自動制御理論および制御増幅器類（サイリスタ増幅器・磁気増幅器・トランジスタ演算増幅器など）の急速な進歩により、速度制御、トルク制限、定位置停止など任意の制御が可能であり、速度は正転から逆転まで全範囲に対して（もちろんゼロ速度近辺も）連続的かつスムーズに制御することができる。また急速な加減速を行なうためには、電流制限回路により一定電流（トルク）を保ちながら短時間での加減

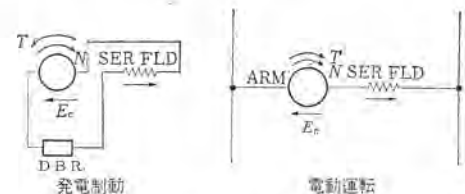


図 3. 1 (g) 直巻電動機の発電制動結線

Fig. 3. 1 (g) Dynamic braking connection of series motor.

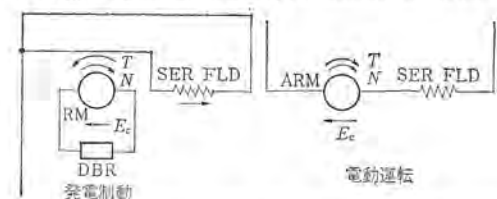


図 3. 1 (h) 直巻電動機の発電制動結線（励磁一定）

Fig. 3. 1 (h) Dynamic braking connection of series motor.

速が容易にできる。もちろん制御信号に対する応答速度も 0.2~0.5 秒と速いものも必要に応じ可能である。

(b) 無接点化

可変電圧制御方式では主回路には、保護上のしゃ断器や電磁接触器は設けるとしても、通常の運転中には開閉は行なわず、制御増幅器の基準入力として信号を与えるのみでよい。ため接点の保守そのものはほとんど不要であり、完全に無接点化することも可能である。このことはひんばんな動作を行なう用途に対して非常に望ましいこととなる。

(c) 電力損失

主回路に抵抗器を使用しないこと、ならびに重量物を巻下げる時のみならず常時の制動に対しても回生制動を行なうため、電力の使用量は他のあらゆる方式に対し著しく低減される。したがって年間の実動時間が多く、動作のひんばんな用途に対しては、運転費用が安くなるので、建設費が多少高くついても十分引きあうことになる。とくにサイリスタレオナードにおいてはこの点すぐれている。

(d) 大容量化

電動機容量が 200 kW をこえると電磁接触器の容量その他に制約をうけ、定電圧電源を使用する方式は採用が困難となるが、可変電圧方式では、数千 kW まではそのような制約はなく、荷役機械用としては実際問題として、いくらでも大容量のものができるといえる。

以上は可変電圧方式の長所であるが、短所としては他の方式より高価な点である。しかしこれは設備全体として考えるときには必ずしも大きな比率でなく、また保守運転費用の低減および実動時の高い生産性により十分補いのつくものとなる。

3. 3. 1 ワードレオナード方式

可変電圧方式では分巻(他励)電動機を使用し、電動機の電源として専用の発電機を使用する。発電機は誘導電動機か同期電動機にて駆動され MG セットの形で適当な場所に設置される。横行走行時のショックに対しては設置場所および方向に対して注意が必要である。

同期電動機を使用すると制御がやや複雑となるが、力率の改善等の点で大容量機に適している。

船舶用や建設機械用として、商用電源の得られない場合に電動機の代わりにディーゼルエンジンで直流発電機を駆動することもあるが、その場合には電力回生量が高くなりすぎないように、制限する必要があるほかは MG セットの場合と何等変わらない。

図 3. 2 に電流制限付速度制御の場合の簡略接続図を示す。電動機界磁は定電圧電源より一定励磁を行ない、発電機はサイリスタ増幅器出力により励磁している。この点弧移相回路は磁気増幅器形のものを使用し、前置増幅器として、1,600 c/s 自励電源を内蔵した磁気増幅器を使用している。基準巻線 PW に所要の回転方向とノッチ数に応じた電流を流すと、前置増幅器—サイリスタ増幅器—発電機を経て電動機は回転しはじめ、電動機に直結したパイロット発電機の電圧が速度制御巻線 SCW に負帰還され、所要の回転数が得られたところで PW と SCW が平衡する。この場合に制御系として十分高いループゲインを取ることにより、発電機界磁、機械系の慣性等があっても速度の応答は速くでき、負荷の変動、交流電源電圧の変動にかかわらず一定の速度を保つことができる。

加減速時あるいは過負荷により主回路に過大な電流が流れようとした場合、電流制限巻線 CLW に電流が流れ前置増幅器出力電流を打消すように働き、主回路の電流はほぼ一定値に制限される。

図 3. 3 にトルク T と回転数 N の各ノッチに対する特性を示す。

以上は回転数基準として 4 段階に与えた場合であるが、これを連続的に与えていわゆる ノッチレス の形とすることは簡単にできる。また前置増幅器として磁気増幅器を使った場合について説明したが、トランジスタ演算増幅器を使用して同様の制御を行ない、さらに高性能を得ることができる。しかしどの部品を制御部品として採用するかについては、要求される特性、設置される環境およびふん囲気などに対する十分な検討が必要である。

3. 3. 2 サイリスタレオナード方式

ワードレオナード方式の MG セットの代わりに整流器を使用した静止レオナードとして、水銀整流器・可飽和リアクタ・サイラトロン等も使用されていたが、サイリスタ (SCR) 素子および応用技術の急速な進歩により、静止レオナードは完全にサイリスタによって行なわれるようになった。可逆運転をサイリスタレオナードで行なう方式として、主回路切換方式、電動機界磁切換方式、および逆並列接続方式があるが、荷役機械用としては逆並列接続方式が最も適している。図 3. 4 にその場合の制御簡略図を示す。サイリスタ素子は整流器であり、一方方向の電流しか流さないため正方向の電流を F グループで、逆方向の電流を R グループでそれぞれ受持たせると正逆両方向の電流を流すことができ、電圧も正逆共に出すことができる。そこで図 3. 4 の特性を得ることができるが、図 3. 3 の左半分は R グループが、右半分は F グループが受持つことになる。したがって巻上電動機の場合にはからツックを巻下げる場合を除き、R グループは必要ないため、F と R は同じ容量を持たす必要はなく、サイリスタ素子の並列数および直流リアクタの容量は小さいものでよい。

図 3. 4 では制御増幅器としてトランジスタ演算増幅器を使用した場

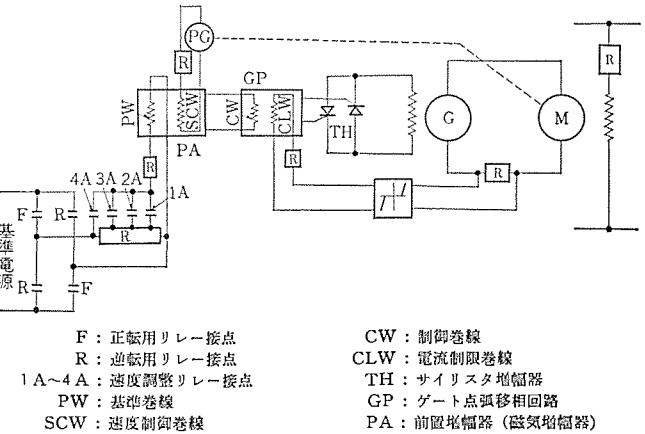


図 3. 2 ワードレオナード方式速度制御簡略接続図
Fig. 3. 2 Schematic connection diagram of speed control by Ward-Leonard system.

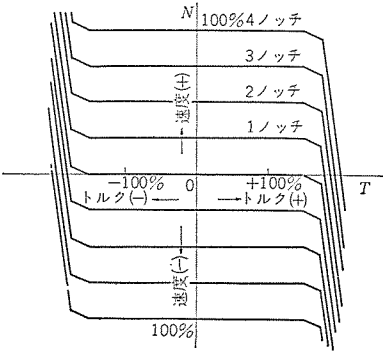


図 3. 3 電流制限付可変電圧速度制御によるトルク-速度特性
Fig. 3. 3 Torque-speed characteristics of variable voltage speed controlled DC motor with current limit.

合を示しているが、速度制御増幅器 SC は与えられた速度基準電圧とパイロット発電機の電圧とを比較して増幅し、その出力が電流制御増幅器 CC の電流基準値となる。その電流となるように点弧パルスに移相回路 GP により調整し、結果的に所定の速度を得ることができる。演算増幅器出力はリミッタにより一定値以上にはならないようにしているため、速度制御増幅器 SC のリミッタ電圧により主回路の最大電流が決定され、これが電流制限値となる。

3.3.3 ワードレオナードとサイリスタレオナードとの比較

ワードレオナード方式に比較してサイリスタレオナードは、現在急激に進歩しつつある状態であり、両者の得失について簡単に結論を下すのはむづかしいが、現状では荷役機械用としてはワードレオナード方式に歩があり、特殊な高性能の要求される場合にのみ有利となる。以下両方式の得失について述べる。

(a) 価 格

与えられる条件によっても異なるが、1,000~1,500 T/H のアンローダについて試算した場合 MG セットのみとサイリスタセットのみとの価格の比は現時点では 1:2 に近く、電動機その他を含めた全電機品としても 20% 程度高くなる。しかしこの差はサイリスタ素子の価格の急速な低下などにより小さくなりつつある。

(b) 制御性能

ワードレオナード方式は本来他の方式に比較して、はるかに制御性能（応答速度・速度精度・制動特性など）は、はるかにまきっているが、サイリスタレオナード方式では、発電機界磁の大きな時定数がなくなるため、さらにすぐれたものとなる。したがって制御性能が高度に要求される用途には適しているといえる。

(c) 静止化

サイリスタセットは冷却ファン以外は完全に静止器であるのに対し MG セットは重量物が回転しており、しかも整流子があるため、振動保守などの点でサイリスタレオナードはすぐれている。しかし反面停電時には MG セットは慣性でまわっているため、制御が瞬間的にきかなくなることがなく、電磁ブレーキのしまるまでの短時間の間は発電制動を確保できる点では MG セットの方が安心できる。

(d) 効 率

容量その他の条件にもよるが、交流電力と直流電力との変換効率では MG セットではせいぜい 85% に対し、サイリスタセットでは 90% 以上となる。しかも軽負荷時や無負荷時の損失はサイリスタセットでは負荷に応じて下るので、実際の電力効率の差はさらにひろがる。

(e) 力 率

サイリスタレオナードでは、とくに低速運転時には力率が低い。

一方同期電動機駆動の MG セットでは進み力率としても運転でき、この点ではすぐれている。

(f) 重量およびスペース

クレーンの場合、重量およびスペースの点で制約をうけることが多いが、現状ではまだ重量スペースともサイリスタセットのほうが大きく小容量のものになると床面積はサイリスタセットのほうが小さくなっていく。

4. 直流クレーンの実例

直流電動機を一般の工場クレーンに用いることは少なく、専用クレーンに用いるのが大部分である。多くの場合動作ひん度が高く制御精度は高く要求され、とくに最近では、自動運転自動制御を取り入れて少人数で高度の運転能率を上げることが多い。したがって可変電圧方式の大容量のものが主体となっている。しかし反面、複雑な制御を用いた交流クレーンの代わりに簡単な制御でありながら、すぐれた性能を持つ定電圧直流クレーンを好んで用いる場合もある。

4.1 ストリップクレーン

ストリップクレーンは鋳型から凝固したインゴットを抽出するもので、鋳型の外側をトンダで引っ掛け鋳型を中つりにするとインゴットが抽出されるのが普通である。インゴットが抽出されない場合はその上部をストリップで押し出す。巻上げ・横行・走行・ストリップ上下（ラム上下）・トンダ・トンダ開閉旋回などの動作を行なう。以下最近の実例について述べる。巻上げは無負荷になることはなく、大きな起動トルクを必要とし重負荷では低速で、軽負荷ではかなり高速で使用して高能率運転し巻上げ・走行・横行とも繰返ひん度が高く（一行程/分）中容量機であるため直流定電圧電源による直流電動機駆動方式を採用している。

4.1.1 回転機

直流電動機はすでに製鉄補機用として多数の実績がある 600 番形電動機を採用し、ひんばんな正転・逆転・過負荷などの過酷な運転に適するものである。主要機器を表 4.1 (a) に示す。

4.1.2 主 巻

主巻用には直巻電動機を使用しているので巻上げ第 1 ノッチで電機子に並列に抵抗をそう入して低速が得られるようにしている。第 5 ノッチでは起動抵抗を短絡して最高速度になるようにしてある。巻下げの場合は分巻に接続して発電制動を行ない、速度制御は界磁抵抗を調整する。停止時の制動は発電制動および電磁制動を併用している。図 4.1 (a) に主回路、図 4.1 (b) に各ノッチにおける速度—トルク特性を示す。

4.1.3 横行・走行

複巻電動機を使用し速度制御は直列抵抗で行ない正転・逆転は各 4 ノッチで各第 1 ノッチはコースティングノッチとして利用している。停止時の制動は発電制動および電磁制動を併用し、正転・逆転切換え時は

表 4.1 ストリップクレーン 主要電機品
Table 4.1 Main electric equipment of stripper crane.

用 途	容 量 kW	台 数	回転数 rpm	速 度 m/min	電 圧 V	備 考
巻 上	110	1	450	14	220	JEM 1109 S# 616
走 行	37	2	550	100	220	JEM 1109 S# 610
横 行	19	1	650	50	220	JEM 1109 S# 606
ラ ム					220	油圧電磁弁
トンダ(開閉)					220	油圧電磁弁
トンダ(旋回)					220	油圧電磁弁

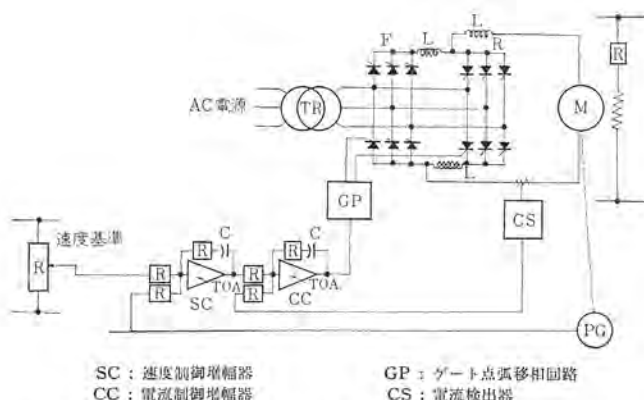


図 3.4 サイリスタレオナード方式速度制御簡略接続
Fig. 3.4 Schematic connection diagram of speed control by thyristor Leonard system.

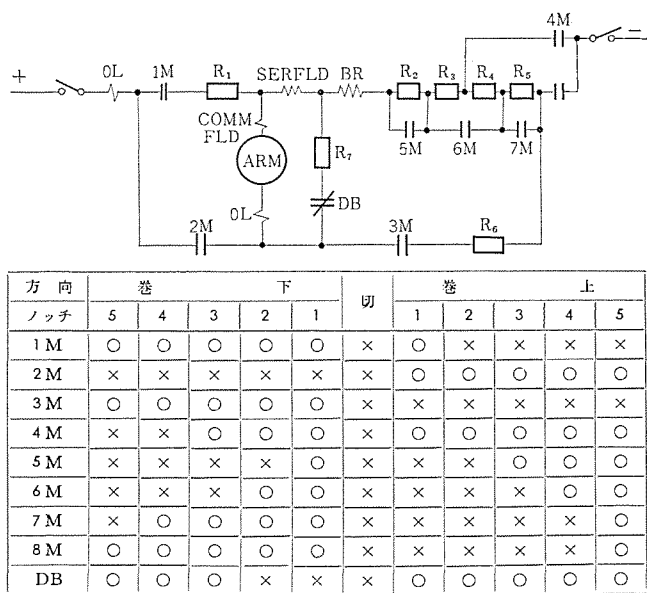


図 4.1 (a) 巻上げ主回路
Fig. 4.1 (a) Power circuit of hoist controller.

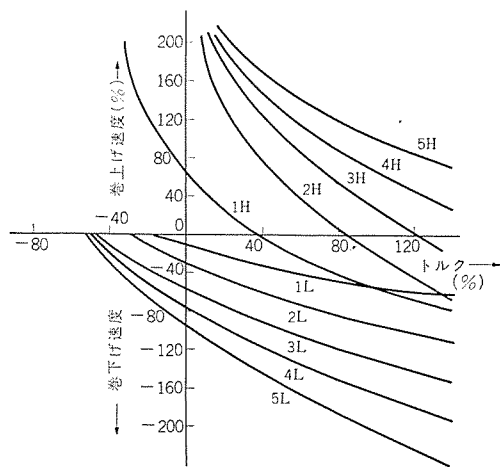


図 4.1 (b) 巻上げの速度トルク特性
Fig. 4.1 (b) Speed-torque characteristics of hoist controller.

ブラッキング制動を行なっている。図 4.1 (c) に主回路、図 4.1 (d) に各ノッチにおける速度トルク特性を示す。

4.2 鉱石アンローダ⁽¹⁾

鉄鉱石や石炭などを荷上げるための専用クレーンであり、最近の臨海大製鉄所には必ず設置される。多くは数万トンの鉱石専用船から、1,500トン/時間、1,000トン/時間、小形のもので300トン/時間の率で荷上げる。形式としてマントロー形、グラブロー形、ローブロー形、水平引込形などがあるが、いずれもグラブケットにより一つかみ8~20トン程度で40~50秒を周期として、くりかえし船倉からコンベヤにつながるホップまで往復運動を行なう。等容量2電動機方式が大部分で、巻上げ・開閉・横行(引込)をはじめ、走行・ふ仰(旋回)にもワードレオナード方式を採用することが多い。直流電動機としては製鉄補機の600番シリーズ、あるいは800番シリーズが主として用いられる。発電機の制御は、当社ではサイリスタ増幅器により行ない、すぐれた運転特性を得ている。

大形高速のアンローダでは、運転者の負担が大きくなるので、それを助けるため、自動運転方式で船のデッキ上からの無線操縦が用いられているが、当社ではさらに無線操作によるプリセット自動運転方式を計画し、デッキ上で自動運転の設定値すなわちケットの経路、その他を遠隔操作できるようになった。この方式によるとデッキマン

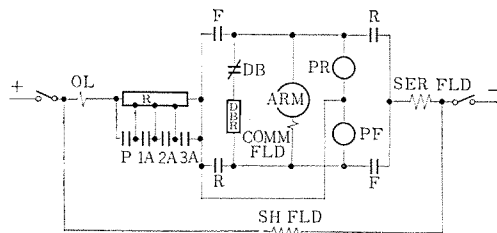


図 4.1 (c) 横行・走行主回路
Fig. 4.1 (c) Power circuit of reversing controller.

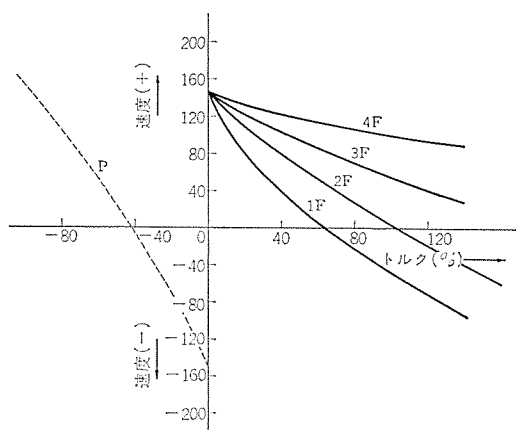


図 4.1 (d) 横行・走行の速度トルク特性
Fig. 4.1 (d) Speed-torque characteristics of traveling controller.

一人で、荷上げを行なえるようになる。

4.3 コンテナアンローダ

最近船舶輸送の合理化の一つとして、コンテナ船による輸送があげられているが、貨物すなわちコンテナの積みおきおよび荷上げ設備としてのクレーンがコンテナアンローダである。荷上げ能力を上げるためワードレオナード方式が主として用いられる。当社では現在コンテナ船自体に設置されるワードレオナード方式によるクレーン用電機品を製作中であるが、陸上に設置されるものに対しても、近く製作する予定である。

4.4 ケーブルクレーン⁽²⁾

ダム建設の際、大量のコンクリートを所定の位置へ運ぶために用いられるもので、ケットの巻上げおよび横行にワードレオナード方式が用いられる。他の方式に比べて運転能力がよく、また所要電力が少なくてよい。

4.5 造船所用クレーン

ゴライアスクレーンを代表とする、近代造船用クレーンには、交流電動機をリアクタ制御方式により使用することが多いが、ワードレオナード方式により、巻上げ・横行・走行を制御することにより、さらに高性能のものが得られる。当社としては、需要家の求めに対しいずれの方式のものでも応ずることができる。

5. む す び

荷役設備用として直流電動機の制御と用途例について述べたが、電機品だけの価格でなく、設備全体としての価格、また運転費用運転能力等の面で検討した場合、設備合理化の手段として直流による高性能化ということは、見のがせない面があると思う。

(昭 42-5-8 受付)

参 考 文 献

- (1) 林、香川：三菱電機 35, 1,740 (昭 36)
- (2) 紙谷：三菱電機 28, 501 (昭 29)

コークス炉用作業機械の最近の制御

今堀 信彦*・滝沢 義知*

The Latest Control of Coke Furnace Machines

Nagoya Works Nobuhiko IMAHORI・Yosichika TAKIZAWA

With the increase in the installations of coke furnaces by steel mills in this country, shortage of workers becomes so acute a problem that automatic operation of machines about the coke furnaces is seriously considered. Under the circumstances, coke pushers, coal charging cars, coke guide cars and quenching cars are now being turned into unattended operation. As its first step automatization of each process has come to be realized. In the running motion accuracy of bringing the apparatus to stop within several millimeters is required. This has been met with through the introduction of automatic fixed position control apparatus by means of reactor control.

For coal feeding by charging cars and operation of the pushers or the guide cars, sequence control is taken up to simplify the work.



図 1.1 コークス炉全容
Fig. 1.1 Full view coke furnace.

1. ま え が き

景気回復に伴う設備投資の影響で国内の各製鉄所においては続々と高炉の建設が予定されている。高炉装入用原料であるコークスを製造するコークス炉も、高炉の需要に合わせるためつぎつぎと増設が計画されているが、最近の人手不足とコークス炉周囲の悪環境は、コークス炉まわりの作業員の減少をよぎなくされ、作業機械の自動化が、近い将来には無人化の実用が迫られている。

当社ではその要求にあうよう既存の制御方式に新しい方式も取入れて自動化の計画をたて、一部ではすでに実用化し良好な結果を得ている。最近のこれらコークス炉用作業機械の電機品についてその概要と今後の計画の一端を述べる。

2. コークス押出機

コークス押出機はコークス炉内で1,200°C前後の高温で乾留を終了した赤熱コークスを、コークス炉室外に押出すための押出し装置・炉ふたの脱着装置・コークス炉に装入された石炭を均一にするならし装置および走行装置を備えている。図2.1はコークス押出機の運転プログラムの一例を示す。

2.1 押出しのAS制御方式

押出しはカム形リミットスイッチによりプログラム制御を行なって運転手の操作を簡便にし、AS制御（渦流ブレーキ制御）によりコークスの

かま出しに最も適した速度で押出しを行なうように制御している。押出運転におけるシステムを図2.2に示す。

起動押しボタンを押すと押出ラムは炉前(P₁)点まで前進しいったん停止する。P₁点で運転手は押出ラムと炉口の位置合わせを確認し、ふたたび起動押しボタンを押す。このときコークス側側のコークガイド車と消火車がかま出し準備を完了していないと、起動できないようにインタロックをとり作業の安全を計っている。P₁点からP₂点まではAS制御を行ない、押出ラムは低速で前進し押出しを開始する。

図2.3に示すように押出ラムがコークスにふれて負荷が増大したとき速度は遅くなり、負荷が少なくなるにつれて速度を早くする、これはコークスを押しつぶしたり炉壁にむりな横圧が加わらないようにするためである。コークス炉内P₂点に達するとASブレーキを解放し、押出ラムの速度を二次抵抗短絡とともに増していく。コークスを消火車へ積み終わるとP₃点でASブレーキをかけ押出速度を減速し、P₄点で押し上りブレーキにより停止する。停止後電動機は逆転し押出ラムは引き動作にはりり定位寸前のP₅点でASブレーキをか



図 2.1 コークス押出機の運転プログラム
Fig. 2.1 Program running of coke pusher.

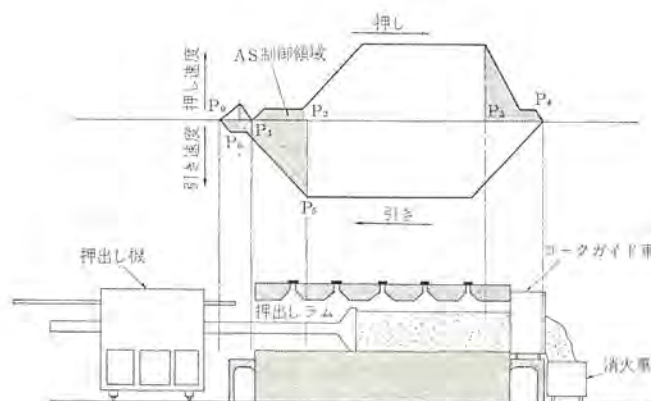


図 2.2 コークス炉の断面と押出しのプログラム
Fig. 2.2 Section diagram of coke furnace and running program of pusher.

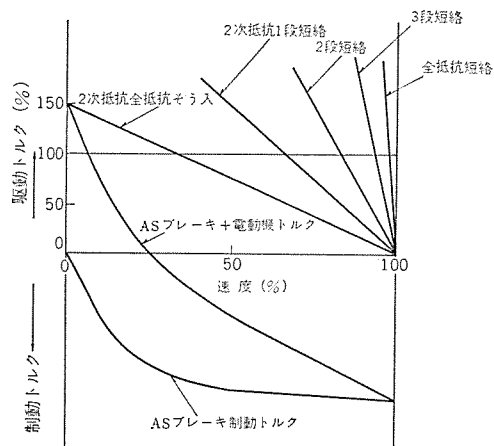


図 2.3 押し出し速度—トルク特性
Fig. 2.3 Speed-torque characteristic curves of pusher.

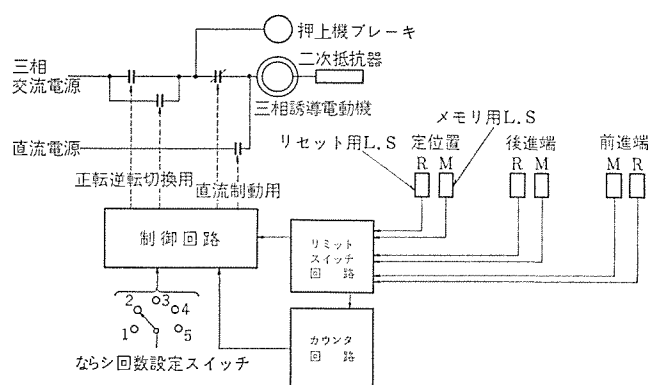


図 2.4 ならしの回路図
Fig. 2.4 Circuit diagram of leveller.

け減速し、 P_6 点で押し上げブレーキをかけて停止し押し出しの行程を完了する。

2.2 ならし制御方式

ならし作業は、コークス炉上部の石炭装入口から石炭を装入すると石炭が山積みとなるので、ならし棒をコークス炉に押し込み往復運動をさせて平均にならす作業を行なうが、ならし棒は 60~90 m/min の高速で往復運動するため加速時間・減速時間を縮小させることが望まれ、前進限・後退限における停止の際、押し上げブレーキと同時に誘導電動機の一次直流励磁による直流制動をかけている。直流制動を用いることにより減速時間が縮少できる。

ならし往復回数をセットする方法としては、タイマによって一定時間ならし棒を往復させる方法と、往復回数をカウンタによって検出し所定の回数だけ往復させる方法などがあるが、つぎにカウンタによるならし制御回路の概要を図 2.4 に示す。

ならし位置検出用 リミットスイッチは使用ひん度が激しく、高速で通過するため無接点 リミットスイッチが使用される例が多く、制御回路、主回路なども無接点化の傾向にある。図 2.5 は制御回路の無接点化された制御盤の一例を示す。

2.3 走行定位置制御

押し出し機の走行については運転手による主幹制御器の操作により炉口と押し出し機などの位置合わせを行っていたが、こんかい押しボタン操作によって、右 2 かま走行・左 2 かま走行・右 5 かま走行の自動定位置停止を試み良好な結果を得て作業の迅速化と操作の簡略化に寄与し、自動化の第一歩として注目を集めている。

2.3.1 走行装置の概要と性能

押し出し機車体重量 180 t を巻線形三相誘導電動機 40 kW 10 極 2 台コークス炉用作業機械の最近の制御・今堀・滝沢

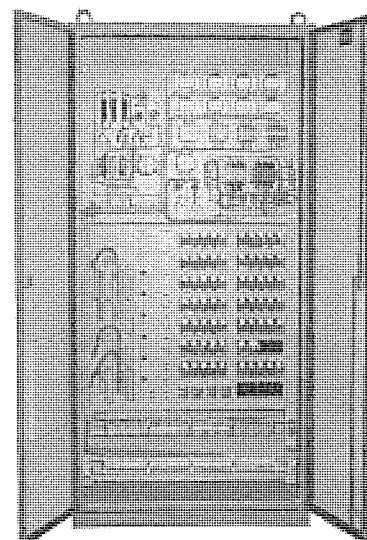


図 2.5 無接点化されたならし制御盤
Fig. 2.5 Control panel for leveller.

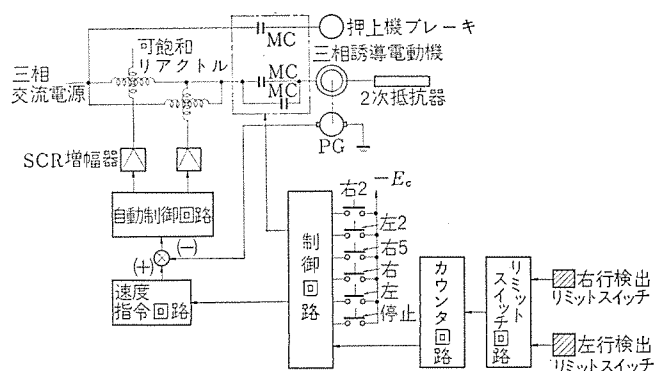


図 2.6 走行回路図
Fig. 2.6 Circuit diagram of travelling.

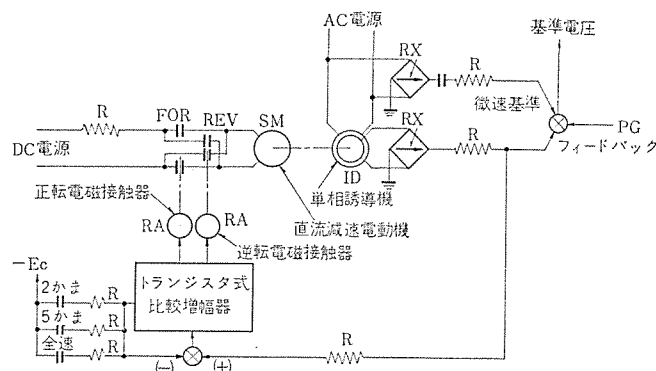


図 2.7 走行速度指令装置回路図
Fig. 2.7 Circuit diagram of speed programmer.

により駆動している。走行速度は、最高 65 m/min で停止精度は風速 15 m/sec 以内において炉のセンタに対し ± 10 mm である。そのためリアクトル制御方式を採用し、停止直前においては最高速度の 5 %まで減速し、押し上げブレーキにより停止させている。

2.3.2 制御回路の概要

図 2.6 は制御回路の概要を示す回路図である。

走行自動運転は操作盤上の押しボタン「右 2」「左 2」「右 5」いずれかを押すことにより起動し、トランジスタサイパックからなっている指令回路からの指令により速度基準回路にあらかじめ与えられた速度が設定され、その速度にしたがって加速する。

速度基準回路は図 2.7 に示すように 2 かま(案)・5 かま・全速

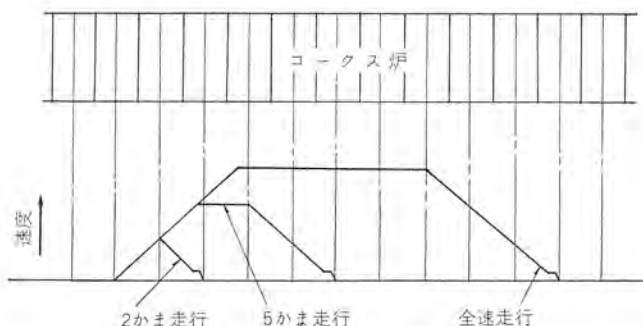


図 2.8 速度指令電圧の変化
Fig. 2.8 Speed program of travelling.

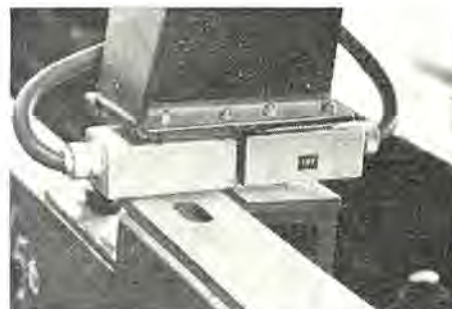


図 2.9 無接点 リミットスイッチ 設置状況
Fig. 2.9 Installation of limit switch.

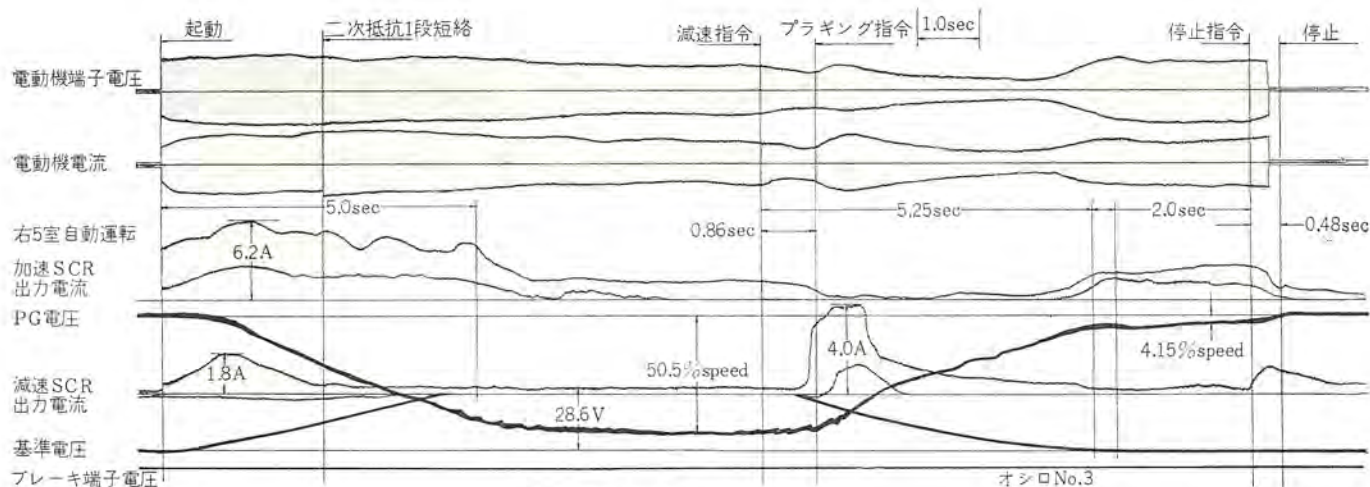


図 2.10 右 5 かま走行特性
Fig. 2.10 Characteristics of travelling.

の指令電圧と、誘導電圧調整器 ID からの出力電圧をトランジスタ式比較増幅器において比較し、正逆いずれかの電磁接触器を励磁し、直流減速電動機 SM を回転させ、SM に直結された ID の出力を指令電圧にひとしくなるまで徐々に変化させるようにしている。

走行するにしたがって押出機の脚部に取付けられた無接点 リミットスイッチは 1 かまごとに埋設された地上の鉄片を検出し、カウンタを働かす。2 かま走行の場合は 1 かまのカウンタで速度基準回路の指令電圧を 0 にし、SM を逆転させて ID の出力を徐々に減少させ、速度基準電圧を減少させて停止少し手前で速度基準電圧は低速部のみとなり全速の 5 % 程度の速度で走行し、2 かまめのカウンタ信号で押上機ブレーキを同時に働かせ停止する。5 かま走行の場合も同様に加速し、3 かまめのカウンタで減速させ、5 かまめのカウンタで停止する。図 2.8 は 2 かま・5 かま・全速走行の場合の基準速度を示す図である。

2.3.3 停止精度

押出機の走行自動運転においては $\pm 10 \text{ mm}$ 以内の停止精度を必要とするが、リアクトル制御の採用により十分満足できる結果が得られた。

停止誤差の要因としてはつぎの三つが考えられる。

- (1) 停止位置検出の検出誤差。
- (2) 停止ブレーキなどの特性のばらつき。
- (3) 停止前の速度の変動による誤差。

停止位置の検出については今回差動式無接点 リミットスイッチを使用し、被検出用鉄片と検出用 リミットスイッチの間隔を 10 mm 以内に取付けることにより検出誤差はほとんど 0 に近い。図 2.9 は無接点

リミットスイッチと鉄片の設置状況である。

定位置停止用の停止ブレーキとしては応答速度の早い電磁ブレーキがのぞましいが、コークス炉用作業機械においては防じんに対する保護・保守・使用ひん度などを考慮して一般に押上機ブレーキが使用される。今回も防じん形の押上機ブレーキを採用し、ブレーキ指令から実際にブレーキがかかるまでの遊び時間については、リアクトル制御により停止点検分を行なった後も、電動機が完全に停止するまでリアクタによるブラッキング制動をかけ、押上機ブレーキの遅れを補うよう考慮している。そのため停止ブレーキの動作時間のばらつきによる停止誤差は非常に小さい。

停止誤差に最も大きな影響を及ぼすのは停止前の速度のちがいであるが、これはリアクトル制御の採用により停止前の速度を非常に低くすることが可能であり、速度変動率も小さいため十分誤差範囲に収められる。図 2.10 に右 5 かま走行の実運転オシログラムを示す。

3. 石炭装入車

石炭装入車は石炭塔のホッパ内に貯蔵されている原料炭を一定量装入車のホッパに積み込み、ひょう(秤)量後コークス炉へ走行し、装入されるもので、走行装置・装入および炉ふた(蓋)取装置が装備されている。図 3.1 は石炭装入車の運転プログラムの一例を示す。

3.1 給炭プログラム制御

コークス炉上には 1 かまにつき普通 3～5 の装入口があり、装入車のホッパからコークス炉内へ石炭を装入するには、ふた取機によって炉上のふたを取上げ、その後へ石炭装入口を近づけホッパのゲートを開けてテーブルを回転させ、ホッパ内の石炭を順次炉内へ装入する。



図 3.1 石炭装入車の運転プログラム
Fig. 3.1 Program running of coal charger.

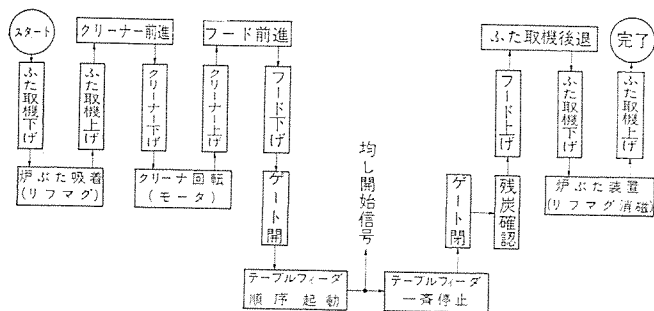


図 3.2 給炭プログラム
Fig. 3.2 Coal charge program.

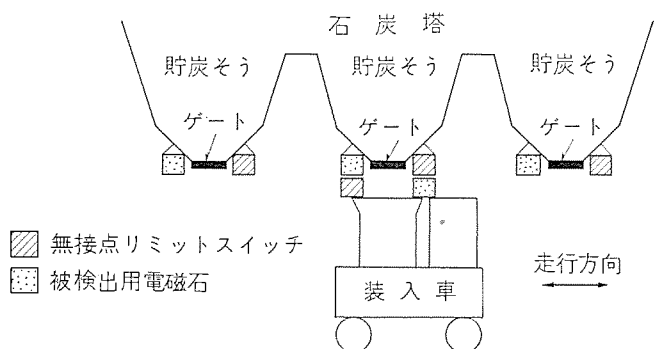


図 3.3 遠隔受炭用リミットスイッチ配置図
Fig. 3.3 Arrangement of limit switch for remote controlled coal carrying.

装入が完了すると炉ぶたを装着して、給炭作業が完了する。

炉ぶた取機には絶縁階級H種の強力なリフマグが使用され、炉ぶたを吸着してつり上げ後は炉上の鉄片・鉄くず等を吸着して、炉内にはいらないように電磁石の励磁を1段階弱める方法がとられている。また装着時には残留磁気によって炉ぶたが離れないのを防止するため、一定時間逆励磁することもある。

ホッパ内の石炭の装入は普通、かご形誘導電動機によりテーブルを回転させるが、装入速度を変えたい場合にはかご形極数変換電動機による方法や、さらに広い範囲で速度を変えるには巻線形誘導電動機を用いて二次リアクトル制御をする方法も実施されている。つぎに給炭プログラムの一例を図3.2に示す。

3.2 遠隔受炭

石炭塔の原料炭を装入車に積み込むには、地上にある石炭塔のホッパゲートを開く必要があるが、トローリ線を使用すればゲート開の信号を地上に送って、装入車車上から操作することができる。

つぎに磁気誘導形無接点リミットスイッチを使用して車上からホッパゲートを操作する方法について述べる。図3.3に示すように貯炭そう(槽)側に検出用の磁気誘導形無接点リミットスイッチを取付け、装入車には被検出用の電磁石を30~50mmの間隔で取付ける。装入車を貯炭そうの下に停止させ装入車内から、電磁石を励磁すると無接点リミットスイッチがこれを検知し、貯炭そうのホッパゲートを開き装入車に石炭を積載する。石炭が満杯になると装入車内の満炭リミットスイッチで検出して、電磁石を消磁し、無接点リミットスイッチが切れてホッパゲートを閉じる。

貯炭そう側に被検出用電磁石を、装入車側に無接点リミットスイッチ

を取付け、ホッパゲートの全開で電磁石を励磁すれば、ゲートが閉じていないと装入車が走行できないようインタロックをとることもできる。また貯炭そうがいくつかある場合には装入車を停止させようとする貯炭そうの電磁石のみ励磁しておけば、無接点リミットスイッチがそれを検知して自動停止させることが可能である。

3.3 走行自動運転

走行は普通2台の巻線形三相誘導電動機で駆動され、押出機の走行装置と同様地上側に鉄片を取付け、装入車上のリミットスイッチによりカウントして自動定位置停止することができる。

ただし走行距離は押出機と異なり、一定していないため、そのつどセッティングが必要がある。また走行位置指令までを自動化した自動運転についても現在可能な段階にきている。

4. コークガイド車

コークガイド車にはコークサイドの炉ぶたの脱着装置、赤熱コークスが押し出されるときコークス炉と消火車の間の継ぎの役めをするガイドの出入装置、および炉ぶた脱着装置とガイドをかま出し位置につけるための走行装置が備えられている。

炉ぶたの脱着およびガイドの出入は電動機あるいは油圧シリンダにより駆動され、図4.1に示すような動作がリミットスイッチあるいはタイマの組合せによりシーケンス制御される。

走行は巻線形三相誘導電動機により駆動され、押出機走行装置と同様リアクトル制御により走行速度を自動制御し、地上各かまごに埋設された鉄片を車上の無接点リミットスイッチにより検出、カウントして起動から定位置自動停止までプログラム運転が可能である。

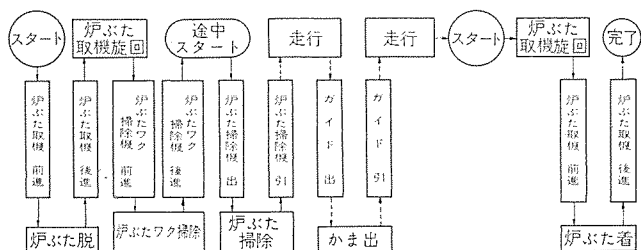


図 4.1 コークガイド車の運転プログラム
Fig. 4.1 Program running for coke-guide car.

5. 消火車

消火車は押出機より押し出された赤熱コークスを受けて消火塔へ走行、消火塔で散水消火後コークワフへ移行して消火されたコークスをダンプする。これで一つのサイクルを終わり、つぎにかま出しされる炉前に行って待機する。消火車は電気機関車によりけん引され電気機関車には走行電動機、空気ブレーキ用コンプレッサが装備されている。

5.1 走行自動運転

電気機関車の走行は、かま出し時に押出速度と消火車の長さによって決められる一定の低速度で、赤熱コークスを消火車全長にわたって均一に積む必要があり、また自動運転の際は消火塔前、コークワフ前で自動停止させるためリアクトル制御を採用した。従来はかま出し時の低速運転を必要とするところから、極数変換の巻線形誘導電動機が採用されていたが、消火車にリアクトル制御を採用したことはつぎのような特長がある。

(1) かま出し時の低速度は一定で設定速度を自由に定めることができる。

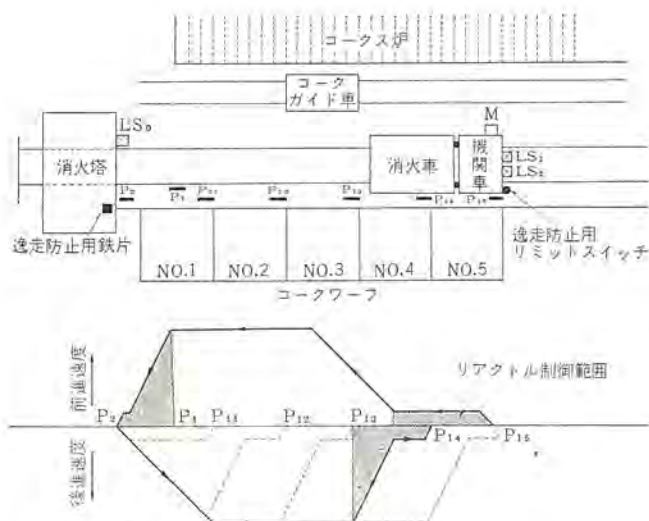


図 5.1 消火車プログラム運転システム
Fig. 5.1 Program running system of coke quencher.

- (2) 三相誘導電動機は標準品の使用が可能である。
- (3) 減速・停止の際も電気制動をかけるため、空気ブレーキの機械部分の摩耗が少なくなると同時に車輪の摩耗も半減する。
- (4) 自動定位置停止の際の停止前の速度を一定の低速にできるため停止誤差が小さくなる。

図 5.1 に消火車の運転システムを示す。

消火車の走行運転システムをコークスカマ出しから順を追って説明すると、押出機の押出しの起動により赤熱コークスのかま出しが始まると、消火車はリアクトル制御により前進低速運転にはいり、消火車には赤熱コークスが均一に積載される。押出しの終了とともに消火車は消火塔に向かって高速で走行し、二次抵抗制御により順次二次抵抗を短絡、加速され、消火塔の手前で無接点リミットスイッチ LS_1 が地上の鉄片 P_1 を検知すると、リアクトル制御により停止前の低速度まで減速され、さらに無接点リミットスイッチ LS_2 が地上の鉄片 P_2 を検知すると、空気ブレーキも同時に作用し停止する。

つぎに消火塔内で散水、水切りの完了した消火車は、コークワーフに向かって高速で進行し、コークワーフ前においても消火塔前の自動停止と

同様地上の鉄片を無接点リミットスイッチにより検知して、減速・停止命令を出しコークワーフ前に自動停止する。

コークワーフ定位置で停止するとエアシリンダによりとびらを開閉してコークスをおろし、つぎのかま出し位置に向かってガイド車のある方向に走行する。

5.2 自動散水

消火車が赤熱コークスを積んで消火塔内に停止すると、地上側消火塔の散水弁を開き赤熱コークスを消火する。この場合図 5.1 に示すように消火車側に電磁石 M を取付け、地上消火塔側に磁気誘導形無接点リミットスイッチ LS_0 を取付ければ、消火車が消火塔内に停止すると励磁された電磁石 M が無接点リミットスイッチ LS_0 に接近し、 LS_0 が電磁石 M を検知して自動的に散水用電磁弁を開き、タイマーで一定時間散水を行ない、さらに一定時間水切りを行なうことができる。なお電磁石 M は消火車に赤熱コークスを積載しているときのみ励磁し、それ以外のときはたとえ消火車が消火塔内に進入しても散水しないようにしている。

6. む す び

以上コークス炉回りの押出機・装入車・コークガイド車・消火車個々の電機品について、その概要と最近の傾向について述べたが、これらの作業機械の動作は相互に関連があり互いにインタロックをとって作業の安全を計る必要がある。現在これらは運転手同志の合図によっているが、無人化の際には確実な電氣的インタロックをとらねばならないため、今後はその方法についていろいろと提案されるであろう。近い将来これらがすべて自動化されるならば、地上に指令室を置きそこから各機械を無人運転するような方向に進むものと思われる。

なお無人化を進めるには各作業機械ごとの自動化を完成しなければならない。それには高温でじんあいが多いなどの周囲環境から、ジョーケンス制御に必要なリミットスイッチなどの検出装置の設置場所や方法に制限を受け、走行位置検出の方法など自動化を行なうについて困難なところも多いが、今後一つずつこれらを解決し、一日も早く所期の目的を達成できるようになることを期待している。

クレーン用制御器具

石井 明*

丸地 謙二**・川合 弘**・辻 昭紀**・森 一平**

Control Apparatus for Crane Use

Kōbe Works Akira ISHII

Nagoya Works Kenji MARUCHI・Hiroshi KAWAI・Akinori TSUJI・Ippei MORI

There are many types of control apparatus to be used for cranes. Of them brakes, controllers and magnetic contactors play important parts in the crane operation. As it is a usual practice that no definite information is given of the operation frequency prior to the application, ample margins are often taken up in the design of apparatus for crane use. However, with growing demands for heavy duty crane selection of control apparatus has come to be made under severe conditions. From this viewpoint, to know the limit of the capability of control apparatus is now regarded as a vital factor of successful application. Mitsubishi has developed many magnetic brakes controllers and magnetic contactors for the purposes, the salient points being introduced herein.

1. ま え が き

クレーン用制御器具としてはいろいろあるが、使用にあたって比較的問題の多いブレーキ、コントローラ、電磁接触器についてのべることにする。大部分のクレーンは、あらかじめ使用ひん度が明確に定まっていないのが普通であるため、クレーン用器具は従来十分余裕をとって適用される傾向が強かった。しかし、クレーンの高能率化が進むにつれて制御器具の選定もきびしくならざるを得なくなってきた。そこで制御器具自体の限界をあらかじめ知って正確に適用することが必要となってくるのであるが、そのために器具の内容を以下に述べ適用の便に供したいと思う。とくに電磁ブレーキは最近開発された新しいものであり、電動機の高速化に応じた配慮がなされている。

2. 交流電磁ブレーキ

交流電磁ブレーキは、直流電磁ブレーキに比べて動作時間が早く、また、交流電動機と並列に接続して使用できるので、DC電源が不要のため、安価に取り付けることができるという長所はあったが、電磁石の吸引時における衝撃による寿命の低減や、マグネットのうなりなどの点で直流ブレーキに劣るものが多かった。今回これまでの交流電磁ブレーキの欠点をすべて解消し、堅固な全閉構造の新しいZB形交流電磁ブレーキのシリーズ化を完成したので、その概要を報告する。ZB形交流電磁ブレーキは常時制動のシュー形電磁ブレーキで、おもにクレーン用として設計されたもので、クレーン用に最も適している

が、そのほか惰走防止や停止中の拘束に広く利用することができる。また、据付寸法と特性は新JEMのクレーン用電動機に対応できるようになっている。

2. 1 構造および動作原理

図2.2はZB形交流電磁ブレーキの組立構造図であり、制動部・電磁石部およびダッシュポット部に大別することができる。

2. 1. 1 制動開放時の動作

電磁石が励磁されると可動鉄心⑦および固定鉄心⑧の間に吸引力が発生する。この吸引力は圧縮コイルばね⑬の圧力より大きな値であるので、電磁石のストロークだけさらにコイルばねを圧縮する。この際可動鉄心の動きは連結棒⑨、ポストB⑬、左側のシュー⑩、ライニング⑪と伝えられ、また、固定鉄心の動きはポストA②、右側のシュー⑩、ライニング⑪と伝えられて、左右のライニングとホイール①とにすきまを生じ、ホイールの回転を自由にする。可動・固定鉄心が吸着した状態ではポストB・連結棒・ポストA・ベース④の間で4リンクが形成される。この4リンクでは、ポストAの部分が高の部分に比べて重いので、自重で右側へ回転しようとするが、ベース上に左右すきまの調整ボルト⑬が設けられているので、左右のシューとホイールのすきまが等しくなる位置でその回転力を受け止めている。また、開放時のすきま調整用にリンク⑪も設けられているので、シューの上部および下部のホイールとのすきまが等しくなる。

2. 1. 2 制動時の動作

電磁石の励磁を解除すると、圧縮コイルばね⑬の圧力により、開放時と逆の動作を行ない、左右のライニング⑪がホイール①を締め付け、摩擦力を発生して必要な制動トルクを与える。

2. 1. 3 ライニングおよびホイール

ライニングは摩擦係数の大きいレジンモールド成型品を使用しており、表面にスリット加工して鳴き止め、ホイールの放熱、また摩擦粉の排除に効果をあげている。ホイールの温度上昇が200 deg になっても摩擦係数の変化は5%以下であり、高ひん度の使用にも耐えるよう設計されている。ライニングの取り換えに際しては、従来多くあったリベット止めのライニングと異なり、シュー上部のライニング止め板を取りはずすことにより簡単に取り換えられ、またライニングの厚さが3mmになるまでは使用可能であり、ライニングの取り換えひん度もかなり少なくてすむ。

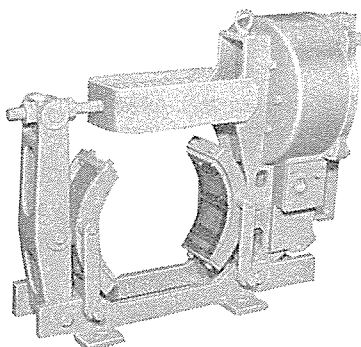
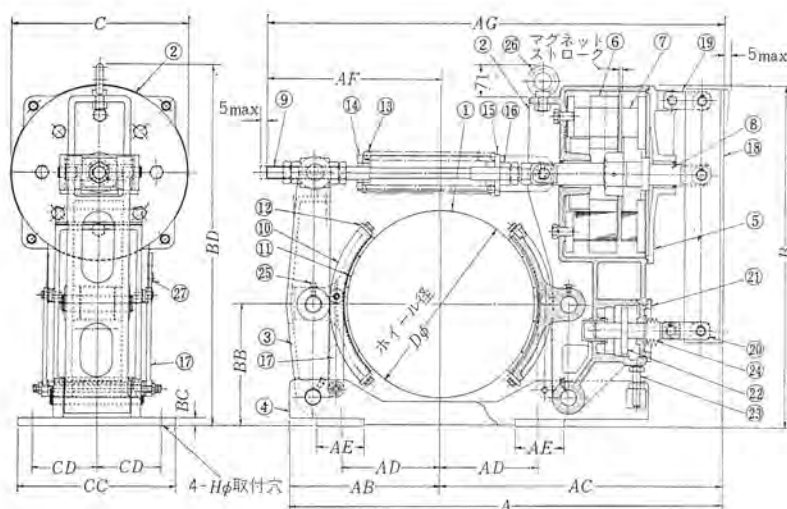


図 2. 1 ZB 形交流電磁形電磁ブレーキ
Fig. 2.1 Type ZB AC magnetic brake.



- 符号説明
- ① ホイール
 - ② ポストA
 - ③ ポストB
 - ④ ベース
 - ⑤ マグネットカバー
 - ⑥ 固定鉄心
 - ⑦ 可動鉄心
 - ⑧ 主軸
 - ⑨ 連結棒
 - ⑩ シュー
 - ⑪ ライニング
 - ⑫ ライニング止め板
 - ⑬ 圧縮コイルばね
 - ⑭ ばねさきえ
 - ⑮ ばね押え
 - ⑯ トルク調整用ナット
 - ⑰ すきま調整用リンク
 - ⑱ リンク
 - ⑲ リンク
 - ⑳ リンク
 - ㉑ オイルダッシュポットカバー
 - ㉒ ピストン
 - ㉓ すきま調整用ボルト
 - ㉔ シュー防じん(塵)カバー
 - ㉕ オイルカップ
 - ㉖ 取り付けボルト
 - ㉗ 油面指示形

新 JEM 電動機に適合する電磁 ブレーキ

ブレーキ 形 名	制動トルク kg・m max	ホイール径 Dφ	外 形 寸 法																取付ボルト ISO ねじ
			A	AB	AC	AD	AE	AF	AG	B	BB	BC	BD	C	CC	CD	H		
ZB-160	20	203	582	190	392	127	65	208	600	427.5	160	10	481	235	292	122	19	M 16	
ZB-180	30	254	670	235	435	139.5	65	256	691	515	180	10	556	270	300	126	19	M 16	
ZB-200	40	254	697	235	462	159	65	279.5	741.5	545	200	10	608	290	312	132	19	M 16	
ZB-225	55	330	822	262	560	178	90	295	855	612.5	225	11	661	295	362	151	22	M 20	
ZB-250	80	330	835	270	565	203	90	332	897	715	250	17	729	358	446	187	28	M 24	
ZB-280	130	406	970	330	640	228.5	100	377	1,017	830	280	17	824	425	452	190	28	M 24	
ZB-315	210	486	1,155	390	765	254	125	455	1,220	915	315	20	917	455	470	197	28	M 24	

KE-A 電動機に適合する電磁 ブレーキ

ブレーキ 形 名	制動トルク kg・m max	ホイール径 Dφ	外 形 寸 法																取付ボルト インチねじ
			A	AB	AC	AD	AE	AF	AG	B	BB	BC	BD	C	CC	CD	H		
ZB-20 K	20	203	642	250	392	200	65	208	602	517.5	250	10	571	235	200	73	22	W 3/8	
ZB-25.1 K	30	254	685	250	435	200	65	256	691	585	250	10	626	270	210	80	22	W 3/8	
ZB-25.2 K	40	254	749	287	462	230	65	279.5	741.5	625	280	11	688	290	240	80	22	W 3/8	
ZB-33 K	80	330	882	317	565	250	90	332	897	785	320	17	799	358	370	136	25	W 7/8	
ZB-40 K	130	406	992	352	640	250	100	377	1,017	870	320	17	864	425	370	136	25	W 7/8	
ZB-48 K	210	486	1,189	424	765	287.5	125	455	1,220	945	345	20	947	455	400	165	28	W 1	

図 2.2 ZB 形電磁 ブレーキ 組立構造

Fig. 2.2 General assemblies of type ZB AC magnetic brake.

2.1.4 すきま調整装置

制動開放時にライニングとホイールのすきまが、ライニングの上部および下部で均一にならないと、ライニングが片当たりするおそれがあり、完全な開放が期待できないと同時にライニングの摩耗も片減りする。

ポスト、シューすきま調整用リンク、ベースの間で平行リンクを形成しており、開放時にはライニングはベースと平行に移動するので、シューとホイールのすきまは常にどこでも均一になり、ライニングの片当たりをさけている。

また、据付の際生ずるホイールとブレーキのセンタのくずれ、ライニングの摩耗にも追従できるようにリンクの一部にさらばねが設けられている。

2.1.5 オイルダッシュポット

図 2.3 は電磁石のストロークと吸引力、制動力(制動用圧縮ばねの圧力)の関係を示している。この図からわかるように、吸着寸前になると電磁石の吸引力はばねの圧力よりかなり大きくなり、オイルダッシュポットがない従来のものでは可動鉄心を急激に加速し、衝突寸前にはかなりの速度になる。したがってかなり大きな運動エネルギー(1/2 MV²)をもって衝突するので、機械的寿命に悪影響を与える。オイルダッシュポットを用いると速度に比例した反力が生ずるので、結果的には大体一定の速度で動き、あまり加速されない。したがって鉄心衝突時の運動エネルギーはダッシュポットのないものに比べ、数分の1か

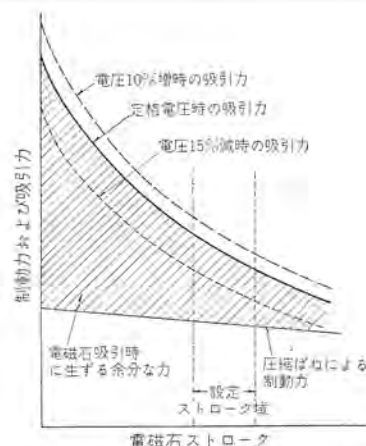


図 2.3 ストロークおよび吸引力の関係
Fig. 2.3 Characteristics of magnet stroke vs. force.

ら10分の1程度となり、機械的寿命はきわめて長くなる。

オイルダッシュポットで生ずる反力 f は次式で表わされる。

$$f = P \cdot A \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

$$P = \frac{8\pi\mu LA}{a^2} \cdot v + \frac{\rho LA^2}{2a^2} \cdot v^2 \quad \dots \dots \dots (2.2)$$

P : ダッシュポットで生ずる油圧

v : ピストンの移動速度

a : オリフィスの断面積
 l : オリフィスの長さ
 A : ピストンの断面積
 ρ : 流体密度
 μ : 粘度
 L : 圧力降下係数

2.2 電磁石

電磁ラレーキの電磁石には、一般に平板形もしくは馬蹄形のものが多く採用されているが、直流用電磁石にはウナリの心配がないので、このタイプのものを使用しても別に問題はないが、交流用電磁石はコイル励磁中に各相における電圧位相が互いに $2/3\pi$ の位相角でずれ、鉄心の吸引中において、磁束交番による吸引力が脈動するため、このタイプのものは構造上ウナリを生じ、かつ吸引力が不均衡になるため好ましくない傾向にある。ZB形交流電磁ラレーキはとくにうなり、吸引力の不均衡を解消するため新しく図2.7に示したような円形磁石を採用している。いま図2.4の結線図において、図2.5に示した二相の磁束ベクトルを考える。磁束 ϕ_2 が磁束 ϕ_1 に対して位相が $\pi/2$ 進んでいるとすると、

$$\phi_1 = \phi_m \sin \omega t \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\phi_2 = \phi_m \sin (\omega t + \pi/2) \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

各磁束 ϕ_1, ϕ_2 についてそれぞれの吸引力 f_1, f_2 は

$$f_1 = \frac{\phi_1^2}{2\mu s} = \frac{\phi_m^2 \sin^2 \omega t}{2\mu s} = \frac{\phi_m^2}{4\mu s} (1 - \cos 2\omega t) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$f_2 = \frac{\phi_2^2}{2\mu s} = \frac{\phi_m^2 \sin^2 (\omega t + \pi/2)}{2\mu s} = \frac{\phi_m^2}{2\mu s} \times \frac{1}{2} (1 + \cos 2\omega t) \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

となり、したがって ϕ_1, ϕ_2 により生ずる合成力を式(2.5)、(2.6)より求めると

$$\text{合成力} = \frac{\phi_m^2}{2\mu s} \left\{ \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) + \frac{1}{2} (1 + \cos 2\omega t) \right\} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

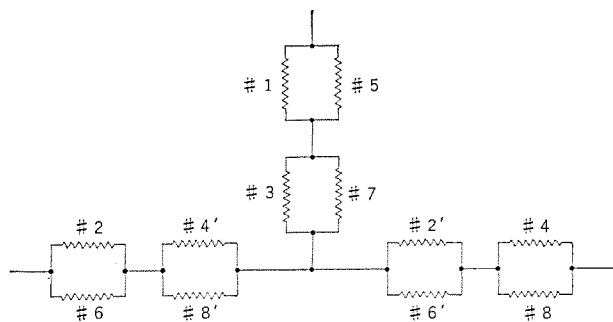


図2.4 円形電磁石コイル結線図
Fig. 2.4 Coil wiring diagram for circular magnet.

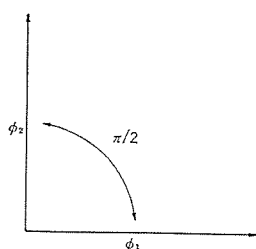


図2.5 磁束 ϕ_1, ϕ_2 のベクトル図
Fig. 2.5 Vector diagram of magnetic flux.

となる。また、式(2.7)の振動項は0となって消去されるから、けっきょくこの合成力すなわち、このとき発生する電磁石の吸引力は次式で表わすことができる。

$$f = \frac{\phi_m^2}{2\mu s} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

f = 吸引力 μ = 透磁率
 ϕ = 磁束 ω = 角速度 ($2\pi n$)
 ϕ_m = 最大磁束 t = 時間
 s = 磁極面積

式(2.8)に示すように振動項はなくなり、交流電源における磁束変化は位相角に関係なく、鉄心磁極面は直流と同様に常時一定の力で吸着しており、ウナリを生ずる原因がなくなる。図2.6に示したように鉄心の磁極番号#1~#8のうち、偶数番号(図中#2, #4, #6, #8)の磁極は同位相で吸引し、これより位相が $\pi/2$ おくれて、奇数番号(図中、#1, #3, #5, #7)の磁極も同位相で吸引する。この二つの吸引力は互いに合成され、前にも述べたとおり鉄心の吸着面は振動しなくなる。鉄心の吸着力は磁極面の任意の部分ではすべて一定であり、とくに吸引力の作用点が機械的に最も安定した位置、円の中心になるので、常にバランスした吸引力が得られる。

(1) 電磁石の構造

可動鉄心・固定鉄心はケイ素鋼板製の巻鉄心を使用している。固定鉄心はとくに図2.7に示したとおり、鉄心円を八等分したコイルみぞを設けてその中にコイルを入れ、図2.4のような結線方法にて各コイルはそれぞれ接続されている。コイルは鉄心と一体にモールドして固定してあるので、吸引時における衝撃には十分耐えることができる。巻鉄心構造は他の成層構造のものと異なり、成層する際のかしめ部やピンなどは使用していないので、かしめ部に生じる渦電流損が少ないため、温度上昇も非常に小さい。

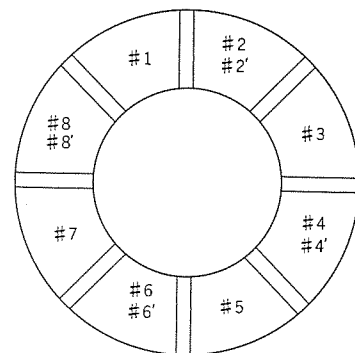


図2.6 鉄心の磁極番号
Fig. 2.6 Pole number of magnet.

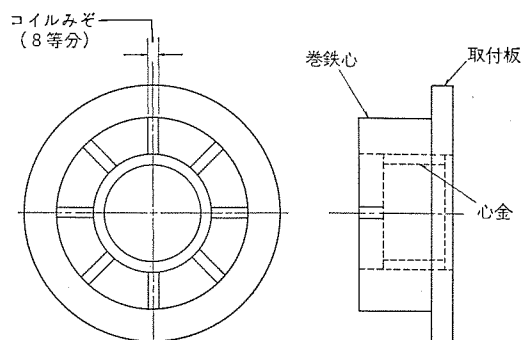


図2.7 円形電磁石の固定鉄心
Fig. 2.7 Fixed core of circular magnet.

(2) 電磁石の特性

a. コイル 定格

次の2種類を標準とする。

(a) 200 V 50 c/s, 220 V 60 c/s 共用

(b) 400 V 50 c/s, 440 V 60 c/s 共用

b. 吸引力の余裕

調整不要の最大ストロークにおいて、電圧が定格の15%降下したときにおいても、最大定格制動トルクを発生せしめる力の約1.5倍はあるようにしている。

(3) 電磁石の特長

a. うなりがない。

b. 各磁極面において、バランスした吸引力が得られる。

c. コイルと鉄心は一体にモールドして固定してあるので、吸引時の衝撃力に十分耐え、かつコイルと鉄心の絶縁を確実にしない、機械的・電気的保護が十分なされている。

b. 巻鉄心構造は渦電流損の少ない構造であるため、温度上昇が非常に小さい。

e. 各部分は堅固な構造としてあるため、長期の寿命を保障できる。

2.3 性能および仕様

表2.1は新JEMのクレーン用電動機に適合するZB形交流電磁ブレーキの性能・仕様を示す。

表 2.1 ZB 形交流電磁 ブレーキの性能・仕様一覧
Table 2.1 Feature of Type ZB AC magnetic brake.

電動機容量 kW	ブレーキ 形名	制動トルク max kg-m	制動トルク min kg-m	ブレーキホ イールの径 mm	電動機回転 数 rpm	制動容量 max kW·sec min	KE-A 形電動 機使用のとき のブレーキ形名
11	6 ZB-160	20	11.6	203φ	1,200	34	ZB-20 K
15	6 ZB-180	30	17.3	254φ	1,200	55	ZB-25.1 K
22	6 ZB-200	40	23.1	254φ	1,200	39	ZB-25.2 K
30	6 ZB-225	55	32	330φ	1,200	75	—
37 45	6 ZB-250	80	38	330φ	1,200	121	ZB-33 K
55	8 ZB-280	130	75.2	406φ	900	120	ZB-40 K
75 90	8 ZB-315	210	121	483φ	900	230	ZB-48 K

2.4 動作特性

(1) ブレーキ 開放特性

電磁石を励磁すると、可動鉄心と固定鉄心間には互いに吸引力が働き、電磁石のストローク分だけ制動ばねを圧縮して、ブレーキが開放する。この開放時における電磁石の吸引動作は、電磁石の吸引時に生ずる余分な力をダッシュポットの緩衝効果によって吸収されるので、電磁石の吸着寸前に、鉄心面に加わる衝撃力は小さくなる。このときの動作時間は0.1~0.2秒である。

(2) 制動時の特性

電磁石の励磁をとくと、同時に電磁石は制動ばねの反抗力によって元のストロークに復帰する。このとき、電磁石の復帰時間すなわち、制動動作時間は0.1秒以内の短時間で確実に制動することができる。復帰時にはダッシュポットの影響はほとんどないため、制動動作時間はブレーキ開放時間の約3分の1程度の速さで動作する。

以上新形交流電磁ブレーキについて述べてきたが、下記にそのおもな特長を要約する。

(1) 構造は堅固で電磁石の吸引力はリンク内で処理され、リンク外部には伝達しない。

(2) オイルダッシュポットにより、交流電磁ブレーキの欠点であった電磁石吸引時の衝撃力を緩和しているので寿命が長い。

(3) すきま調整装置が設けられており、制動解除の際は常にライニングとホイールのすきまはどこでも均一となり、ライニングの片減りの心配がない。また、ブレーキの取り付け、取りはずしも容易である。

(4) 電磁石部分およびダッシュポット部分とはくに防じんに注意が払われており、ちりが多い場所でもそのまま使用できる。

(5) 電磁石はすでにくわしく述べたとおり、うなりがなく電気的・機械的寿命が長い。

3. 直流電磁ブレーキ

シュー形直流電磁ブレーキとしては、従来から広く使用されているDB形に加えて今回新しくTM形を開発した。いずれも直流電動機あるいは交流電動機と組合せて使用することができる。

DB形およびTM形電磁ブレーキはいずれも圧縮ばねの力により制動をかけ、直流電磁石により制動をとくブレーキであり、直流電磁石としてDB形ではプランジャ形電磁石を、TM形ではクラップ形電磁石を使用している。図3.1および図3.2にこれらの電磁ブレーキの外観を示す。

DB-20 M形からDB-58 M形までと、TM-20 A形からTM-58 A形までとは、いずれもJEM-1120「圧延補機および起重機用直流電動機用電磁ブレーキ」によっており、DB形とTM形との対応するわく番のブレーキ間では定格トルク、ブレーキ車寸法や取付寸法が等しく互換性がある。DB-70 MはJEM-1120の規定外の大形電磁ブレーキであり、TM形ではさらに大形のTM-76 A形を設けた。これはJEM-1120の母体であるAISE Standard No. 11の最新版に新たに規定された従来より一段上の大形ブレーキに準拠したものである。

DB形およびTM形ブレーキの定格トルクを表3.1に示す。時間定格が変わると、ばねのしめ込み量を変えることによってトルク定格を変える。DB形電磁ブレーキの外形寸法を図3.3に、TM形電磁ブレーキの外形寸法を図3.4に示す。



図 3.1 DB 形直流電磁 ブレーキ
Fig. 3.1 Type DB D-C magnetic brake.

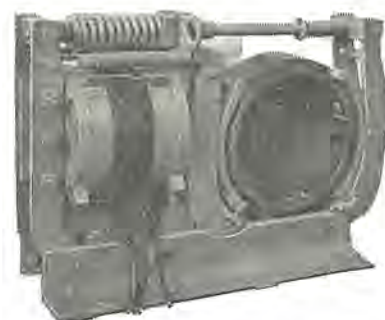


図 3.2 TM 形直流電磁 ブレーキ
Fig. 3.2 Type TM D-C magnetic brake.

表 3.1 直流電磁ブレーキの定格
Table 3.1 Ratings of DC electromagnetic brake.

ブレーキ形番	制 動 ト ル ク kg・m			
	直 巻 コ イ ル		分 巻 コ イ ル	
	1/2 時間	1 時間	1 時間	連 続
DB-20 M, TM-20 A	13	10	13	10
DB-25 M, TM-25 A	26	20	26	20
DB-33 M, TM-33 A	72	55	72	55
DB-40 M, TM-40 A	130	100	130	100
DB-48 M, TM-48 A	260	200	260	200
DB-58 M, TM-58 A	520	400	520	400
DB-70 M, —	830	700	830	700
— TM-76 A	1,170	900	1,170	900

(6) コイルが2個あるので、万一片方のコイルが故障したときも残りのコイルだけで動作する。

(7) 万一、コイルの取換えが必要なときは、図 3.5 に示すように、アームをかたむけて簡単に行なうことができ、制動をといたり、トルクの設定値をくずすことなく取換えができる。

(8) ラインングやシューは図 3.6 のように、ロッドをはねあげて簡単に取換えることができる。この場合もトルク設定値をくずすことなく取換えができる。

すでに1,000万回におよぶ繰返し動作試験を完了したが、ブレーキ各部ともななら損傷なく、さらに長期の使用に耐えることを確認した。

荷役運搬用機械に電磁ブレーキを使用したとき、使用方法が適正でないとブレーキホイルやラインングが過熱したり、摩耗がはげしい場合がある。これは電磁ブレーキに能力以上のエネルギーを吸収させた場合に生ずる。ブレーキの吸収すべき制動エネルギーは次式で表わされる。

$$E = \frac{T_B}{T_B + T_L} \times \frac{GD^2 \times N^2}{7150} \dots\dots\dots (3.1)$$

ここに

E : 1回の制動エネルギー (kg・m)

T_B : ブレーキの平均動摩擦トルク (kg・m)

表 3.1 に記載したブレーキの定格トルクは静摩擦トルクである。動摩擦トルクは諸種の条件によって変わるが、平均的には表 3.1 の定格トルクの 75% 程度と考える。

T_L : 負荷トルク (kg・m)

負荷トルクは制動を助ける方向に作用するとき(たとえば巻上げ時)は正に、逆の方向に作用するとき(たとえば巻下げ時)は負にとる。

GD^2 : ブレーキホイル軸に換算した系の全 GD^2 (kg・m²)

N : 制動開始時におけるブレーキホイル軸の回転速度 (rpm)

式 (3.1) により求めた制動エネルギーを一定の許容限界内におさえる必要がある。図 3.7 はブレーキホイルの温度上昇限度から求めた制動ひん度と許容制動エネルギーとの関係で、この限界を超えるとブレーキホイルやラインングが過熱するおそれがある。また、ブレーキの使用ひん度が高い場合には、ラインングの寿命の点からみて図 3.7 の許容限界より十分低いエネルギーで使うことが望ましい。制動エネルギーが大きく、しかも制動ひん度の高いときは、摩耗のためラインングをひん繁に取換える必要が生ずるので、このようなことが予想される場合には、電気制動やその他の制動方式との併用によりラインングの寿命を長くすることを考慮すべきである。

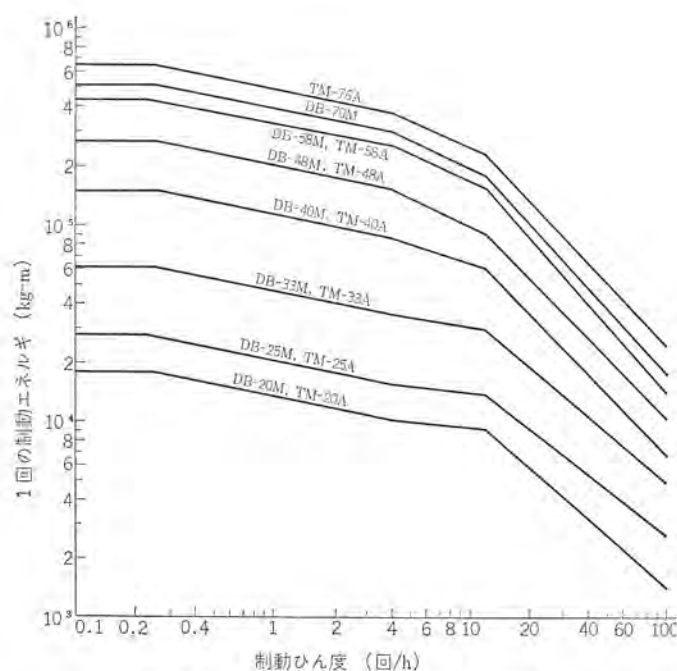


図 3.7 ブレーキホイルの許容制動エネルギー
Fig. 3.7 Allowable energy absorption of brake wheels.

4. RB 形油圧押上機ブレーキ

油圧押上機ブレーキは電磁ブレーキと同様におもにクレーン用電動機の停止用として用いられ、一般には電氣的制動方式に組合せて惰走防止、停止中の拘束用として使われるのが普通である。ブレーキ本体の機構を操作している電動油圧押上機は油圧を利用しているので、電磁ブレーキに比べるとブレーキ開放時間および制動動作時間が若干長くなり、急停止を要求されるものには適さないが、動作時間が問題となる場合以外は騒音がなく、締まるときに緩衝効果をもち、また、押上機の仕事量に余裕があり、ストローク内の任意の位置において押上力は常に一定の力を保つ。さらに油圧用モータは過負荷運転になるおそれはないから、電磁ブレーキよりもすぐれた特長をもち、工業用各分野において停止用ブレーキとして広く利用されている。

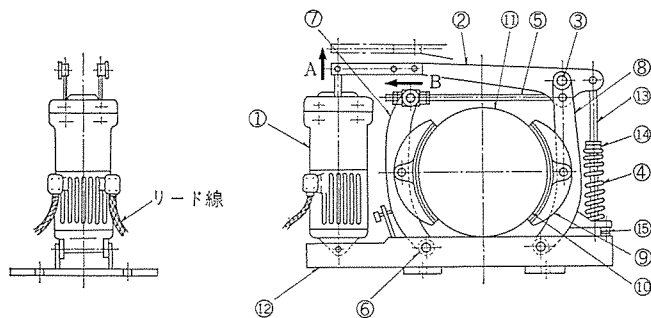
4.1 動作原理

この油圧押上機ブレーキの構造は図 4.2 で示したとおり大別すると、押上機とブレーキ本体である機構部分からなり、動作原理は次のとおりである。

押上機①に電源を入れると、この中に内蔵されている油圧電動機が駆動して押上力を発生する。この押上力によってレバー②をA方向へ持ち上げ、ピン③を支点として制動ばね④の制動力に打ち勝つ



図 4.1 RB 形押上機ブレーキ
Fig. 4.1 Type RB thrustor operated brake.



符号説明

- | | |
|------------|--------------|
| ① 電動油圧押し機 | ⑨ シュー |
| ② レバー | ⑩ ライニング |
| ③ レバーささえピン | ⑪ ホイール |
| ④ 制動ばね | ⑫ ベース |
| ⑤ 連結棒 | ⑬ 制動ばね取付棒 |
| ⑥ 腕ささえピン | ⑭ トルク調整用ナット |
| ⑦ 腕左 | ⑮ ギャップ調整用ボルト |
| ⑧ 腕右 | |

図 4.2 RB形押し機ブレーキ機構
Fig. 4.2 Mechanism of type RB thruster brake.

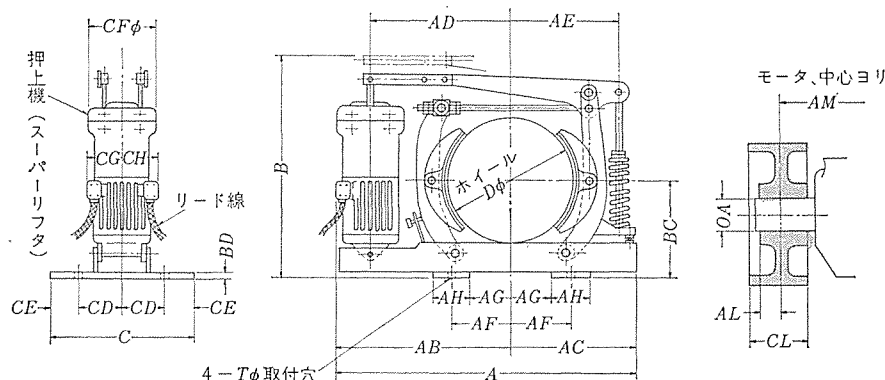


図 4.3 外形寸法
Fig. 4.3 Outline dimensions of thruster brake.

重量はホイールを含む

押し機 kg×mm	ブレーキ ワッ希	ブレーキ トルク kg・m	押し機			ホイール					外形寸法														重量 kg	
			CF	CG	CH	D	CL	OA	AL	AM	A	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	B	BC	BD	C	CD	CE		T
25× 50	RB-200	11	160	108	—	203	83				623	395	228	287	198	82	42	80	458	178	15	190	73	22	18	55
25× 50	RB-250	22	160	108	—	254	95				705	425	280	317	243	102	57	90	477	213	16	204	80	22	18	69
40× 75	RB-330	55	160	112	—	330	146				829.5	497	332.5	385	290	146	96	100	575	250	18	280	114	26	22	120
60×100	RB-400	110	175	117	—	406	171				969	569	400	452	343	190	130	120	695	308	22	340	136	34	28	189
60×100	RB-480	200	175	—	117	483	222				1,077	610.5	466.5	493.5	406.5	235	165	140	796	336	24	400	165	35	32	277
120×150	RB-580	400	230	—	116	584	286				1,270	710	560	590	485	298	213	170	930	403	30	490	203	42	35	470

て、連結棒⑤をB方向に動かすと同時にピン⑥を支点とする腕⑦⑧を左右に動かし、それらの腕に固定されているシュー⑨をそれぞれ両側に広げることによって、ブレーキライニング⑩とホイール⑪との間にごくわずかなすきまをつくって、電動機の回転を自由にする。停止時には押し機①の電源を切って油圧電動機の駆動を停止すると同時に、制動ばね④の反力によって開放動作とは逆に、シュー⑨がブレーキライニング⑩を介してホイール⑪を締め付け、その摩擦力によって電動機の回転を止める。

4.2 特長

- (1) 電磁ブレーキに比べて仕事量(押し力×ストローク)の余裕がとれる。
- (2) 押し力は負荷の荷重に関係ないので、過負荷運転になるおそれがない。
- (3) 騒音がなく、押し機のストローク内では任意の位置において、押し力は常に一定であり、全ストロークを通じて円滑な運転ができる。
- (4) 締まるときに緩衝作用があり、クレーンではとくに横行・走行の停止用に適している。
- (5) 押し機の取付位置、ブレーキ本体の操作機構等、構造全体がむりなく、ほぼ正方形状でよくまとまっている。
- (6) 保守・点検が容易である。
- (7) 押し機およびブレーキ本体とも構造が堅固であり、長期使用に耐える。

5. クレーン用制御器

クレーン用の制御器には、電動機の主回路を制御器によって直接に開・閉する形式と、電動機的主回路を電磁接触器によって開・閉する形式とがある。前者の形式を当社ではCN形可逆制御器、後者をDM形主幹制御器と呼んでいる。(以下これらを〇〇形制御器と呼ぶ)

CN形制御器は40kW以下の直接・半間接制御に用いる。DM形制御器は間接制御のときに使用し、電動機の開閉は電磁接触器により行なうので、電動機容量の制限は受けない。

ハンドル操作においては、DM形制御器のほうが軽い。CN形制御器を使用した場合、制御装置が簡単になるので40kW以下の制御にはCN形制御器が多く使われている。

ここではCN形とDM形の二つの制御器の特長・種類などについて述べる。

5.1 CN形制御器

5.1.1 特長

- (1) 電氣的・機械的寿命が長い。
- (2) シャ断特性がすぐれている。
- (3) 小形で重量が軽くまた取付けも容易である。
- (4) 操作が軽い。
- (5) 外部配線が容易である。

表 5.1 CN 形制御器接触子の性能
Table 5.1 Performance of contactor for type CN controllers.

種 類	定 格	性 能 (※ 2)			用 途
		閉路および 断電容量	電氣的 寿 命	機 械 的 寿 命	
主接触子(銀接点)	AC 220 V 100 A	500 A	100 万回	250 万回	主 回 路
(合金接点)	{AC 440 V 100 A}	500 A	100 万回	250 万回	主 回 路
	{AC 220 V 150 A} (※ 1)	750 A	100 万回	250 万回	主 回 路
補助接触子	AC 220 V 30 A	150 A	100 万回	250 万回	補助回路

(注) ※ 1 接触子 2 個を直列接続したものを使用。
※ 2 適用規格は JIS C 8325 B 級 2 号 2 種による。



図 5.1 CN 形制御器
Fig. 5.1 Type CN controller.

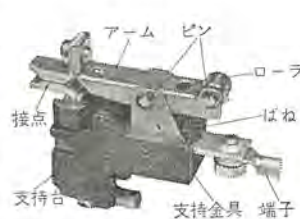


図 5.3 CN 形制御器の主接
触子
Fig. 5.3 Main contacts of type
CN controller.

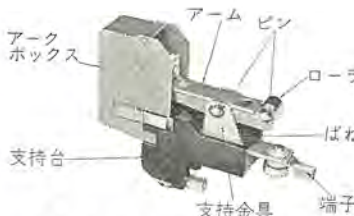


図 5.2 CN 形制御器の主接
触子
Fig. 5.2 Main contacts of type
CN controller.

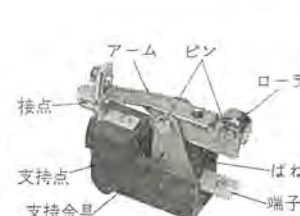


図 5.4 CN 形制御器の補
助接触子
Fig. 5.4 Auxiliary contacts
of type CN controller.

(6) 配線には丸形圧着端子を使用しているの、振動による接触不良または配線がはずれるおそれがない。

5.1.2 性能および構造

接触子の性能は表 5.1 のとおりである。図 5.1 は制御器本体の外観を示す。図に示すように本体は天板・底板・側板・ささえ板およびカム軸からなり、カム軸以外は銅板製である。接触子には主接触子と補助接触子の 2 種類あるが、それらはすべて図 5.1 に示すようにささえ板に取付けてある。

接触子の開閉はカムによって接触子のローラが押されるか、押されないかによってなされるいわゆる押し切り開閉機構になっている。主接触子の構造は図 5.2、5.3 に示すように、主として接点・ローラ・支持金具・支持台・端子台およびアークボックスからなり、補助接触子の構造も図 5.4 に示すようにほとんど主接触子と同様の構成要素によってなっているが、小形であることとアークボックスがない点が異なる。

ハンドルは 0 ノッチストップ機構がついており、つまみを押さなければ、ハンドルはまわらないようになっている。

5.1.3 種類

操作ハンドルの種類により、水平ハンドル式・たて形ハンドル式・ロープ操作式の 3 種類にわけられる。また制御方式別に対して 5 種類にわかれ、さらに直接・半間接の区別がある。形名のとりかたは次のようになっている。

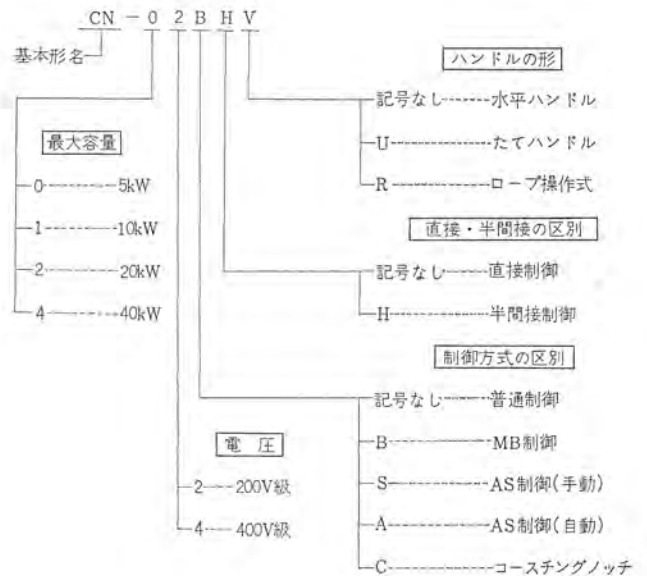


図 5.5 CN 形立形ハ
ンドル式制御器
Fig. 5.5 Type CN ver-
tical handle direct con-
troller.



図 5.6 CN 形ロープ操作式直接制
御器
Fig. 5.6 Type CN rope operated
direct controller.



図 5.7 CN 形ユニバーサル制御器
Fig. 5.7 Type CN universal controller.

5.2 DM 形主幹制御器

5.2.1 特 長

- (1) 操作が非常に軽い。
- (2) 電氣的・機械的寿命が長い。
- (3) 接点のシャ断特性がすぐれている。
- (4) カムで強制的に接点を開放させるため溶着の心配がない。
- (5) 操作台組込みも可能でクレーン以外にも用途は多い。

表 5.2 DM 形制御器接触子の性能
Table 5.2 Performance of contact of type DM controller.

電 圧 V	通電容量 RS-1 形 RS-2 形 A	しゃ断容量 A				
		誘導回路 DC		抵抗回路 DC		抵抗回路 RS-2 形 AC
		RS-1 形	RS-2 形	RS-1 形	RS-2 形	
250	25	1	2	15	25	25
600	25	—	—	—	—	15

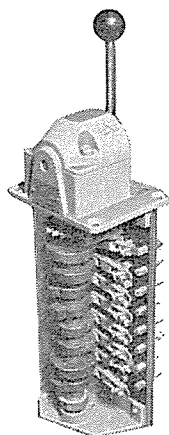


図 5.8 DM 形制御器の内部
Fig. 5.8 Interior of type DM controller.

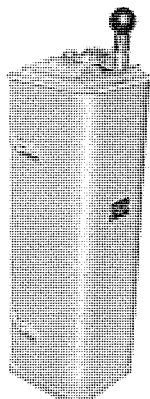


図 5.9 DM 形主幹制御器
(水平ハンドル式)
Fig. 5.9 Type MD master controller (with horizontal handle)

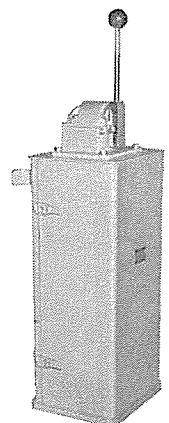


図 5.10 DM 形制御器
たて形ハンドル式
Fig. 5.10 Type DM master controller (with vertical handle)

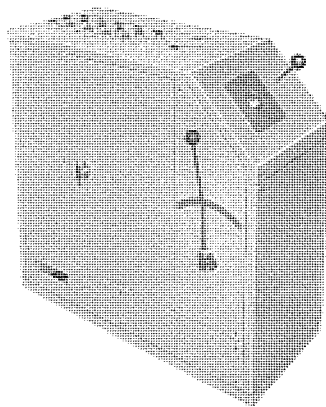


図 5.11 DM 形ユニバーサル制御器 (操作台式)
Fig. 5.11 Type DM universal controller.

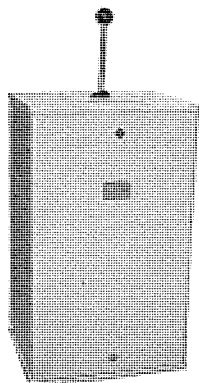


図 5.12 DM 形ユニバーサル制御器
Fig. 5.12 Type DM universal controller.

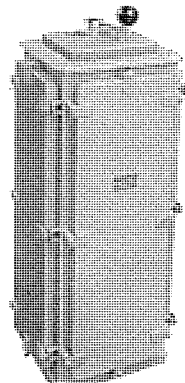


図 5.13 DM 形防水式制御器
Fig. 5.13 Type DM waterproof master controller.

5.2.2 性能および構造

表 5.2 は DM 形制御器の接触子の性能を示したものである。接点ユニットは二重ブレード銀接点を持ち、直流重負荷の場合はアーク消用の永久磁石をつけている (RS-2 形)。

DM 形制御器の構造は図 5.8 に示すようににかみよる押切開閉機構になっている。操作ハンドルは握りやすい樹脂製のグリップをつけている。軸受部分は全部玉軸受を使用しているのできわめて軽く操作できる。最大 14 回路まで製作可能で、ノッチ数は 4 ノッチを標準としている。

ハンドル形式は、たてハンドル・水平ハンドル・ユニバーサルハンドルなどがある。図 5.9～5.13 は DM 形制御器の外観を示したものである。

6. 電磁接触器

6.1 種類と定格

クレーンの間接制御用として電磁接触器 (以下接触器という) は、一次回路の正逆切換用、二次回路の起動加速抵抗短絡用として、また一次保護盤用として多く使用されている。三菱電磁接触器はクレーン用として長年多数の実績をもち、N 形 (交流操作)・ND 形 (直流操作) さらに小形軽量化された高性能長寿命の M 形 (交流操作)、および MD 形 (直流操作) が数多く使用されている。ここでは交流電動機用の M、MD 形について、クレーン使用接触器としての定格・適用・構造の概略、およびその開閉責務・寿命について述べる。種類と定格は表 6.1 に示すように交流操作用として M-15 B～305 形、

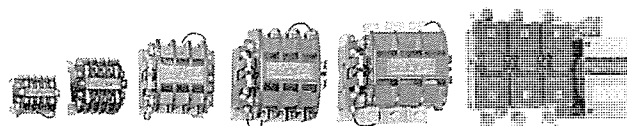


図 6.1 M 形電磁接触器シリーズ
Fig. 6.1 Type M magnetic contactor series.

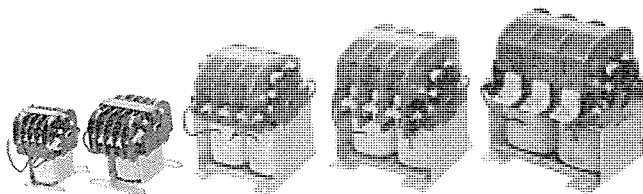


図 6.2 MD 形電磁接触器シリーズ
Fig. 6.2 Type MD magnetic contactor series.

表 6.1 クレーン用電磁接触器定格一覧
Table 6.1 List of ratings of magnetic contactors for crane use.

電磁接触器形名		一次回路正逆切換用				保護盤用				二次回路 起動加速 抵抗 短絡用 (A)
		200 V (kW)	400 V (kW)	200 V (kW)	400 V (kW)	200 V (kW)	400 V (kW)	200 V (kW)	400 V (kW)	
交流操作	直流操作	一般作業用	重作業用	一般作業用	重作業用	合計	1 台の最大	合計	1 台の最大	
M-15 B	MD-15 B	3	2	3	2	—	—	—	—	20
M-35 C	MD-35 C	5	3	7.5	5	10	7.5	—	—	40
M-65	MD-65	15	7.5	20	15	20	15	30	20	75
M-75	MD-75	20	10	30	20	30	20	50	30	80
M-105 (125)	MD-105 (125)	30	15	50	30	40	30	80	50	120
M-155	MD-155	40	20	75	40	60	40	125	75	200
M-205	MD-205	50	30	80	50	75	50	150	80	220
M-305	MD-305	75	40	150	75	125	75	250	150	330
N-405	ND-405	100	50	200	100	150	100	300	200	400
N-605	ND-605	150	75	300	150	250	150	500	300	600

(注) 重作業用の動作回数 15～40 万回 (1～2.5 年の耐用年数) として選定。

N-405, 605 形の 11 種で、はん用の JIS C 8325 交流電磁開閉器、および JEM-1038 交流電磁接触器に準拠する A 級 1 号 1 種の性能の接触器を、クレーン用として定格したものである。直流操作用は M 形および N 形の操作電磁石部分を直流用に変更したもので、連続定格の信頼性の高い長寿命の MD-15 B~305 形および ND-405, 605 形の計 11 種類である。性能面の特長としては、とくに開閉部の能力向上すなわち接点の耐溶着性および消耗の点ですぐれており、ひんばんなクレーン用として適しているといえる。

6.2 M 形および MD 形の構造

M および MD-205 形以下はコンパクトで簡単な構造の水平動作式、305 形はリンク式の動作機構である。水平動作式の構造は、図 6.3 の MD-105 形の断面に示すように端子と固定接触子を取りつけたベース部分、操作電磁石とコイル、操作電磁石の可動部と可動接触子をもったクロスバー部分および取付板部分とからなり、また M-65 形以上は消弧室を備えている。

305 形については大容量化による高さ寸法の増加、電磁石と接触部の直接連結による衝撃おどりのなどの悪影響をさけること、およびしゃ断容量・絶縁の強化のためリンク機構を採用している。これらは保守点検についてはいずれもドライブ 1 本で実施できる。

(1) 開閉接触部

接点は 2 点切りの突合せ接触で、耐アーク性・耐溶着性・消耗の点ですぐれた Ag-CdO 接点を使用し、また投入時のおどりの減少のため可動部重量減少・投入衝撃の緩衝・接点圧力を大きくし、また大容量のものはファイオングリット付きの消弧室でしゃ断能力を上げ、クレーン用としてひん繁・過酷な開閉に耐え、長寿命とする考慮を払っている。

(2) 操作電磁石

交流用は EI 形で投入衝撃の減少、鉄心摩耗ですさまじく減少による

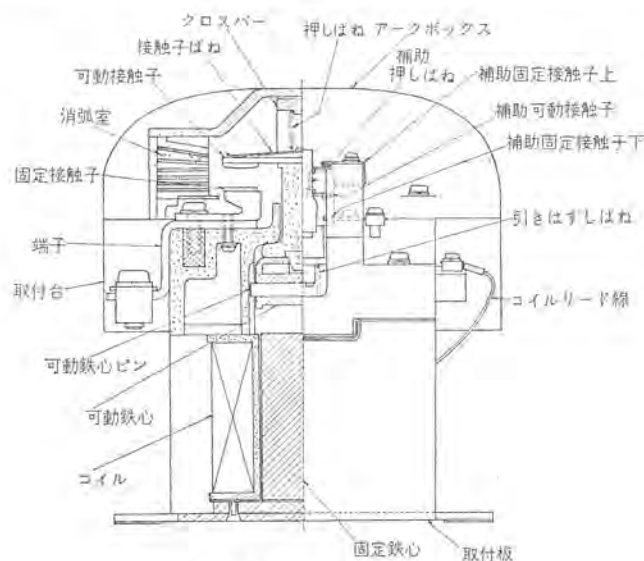


図 6.3 MD-105 断面
Fig. 6.3 Cross section of MD-105.



図 6.4 M-2X 形可逆式電磁接触器シリーズ
Fig. 6.4 Type M-2X reversing magnetic contactor.

残留磁気のトラブル防止、くまとりコイルの切損防止、可逆動作の切換安全時間の確保などを計っている。直流用は連続定格の直流専用の電磁石で MD-15 B 35 C 形は 1 コイル、65 形以上は 2 コイルで、100 V 使用は並列、200 V 使用は直列接続としており、投入時の衝撃によるおどりは皆無で、また摩耗もきわめて少なく信頼度は高い。コイルは PEW 線使用で、65 以上はサーモセットワックス真空含浸で周囲ふんい気の影響を減している。

(3) 補助接点

本体組込みの 2a2b 付きで電氣的に独立している。

(4) 機械連動子

可逆形は電氣的インターロックのほかに機械的インターロック用の連動子をつけ、誤操作および衝撃等による事故の防止に考慮を払っている。

6.3 N 形および ND 形の構造

大容量 400 A 600 A クラスで、図 6.5 に示すように鋼板の取付板にクラッパタイフ操作電磁石および固定接触子・消弧室を各極別に取付け、両端のベアリングでささえられた絶縁軸に可動接触子を並べて取付け、可動鉄心の動作で回転する構造で、開閉部は一点切りで接触部はジルコン磁器製側板とファイオングリットで構成した消弧室のなかで開閉され、接点は特殊 Ag-CdO, Ag-WC の採用とともにしゃ断容量・耐アーク性・耐溶着性に強く消耗が少なく長寿命である。

6.4 特性

各機種動作電圧・操作電磁石の入力および閉路しゃ断電流量については表 6.2 にあげる。操作電磁コイルは、M-205 形以下の各機種および N-405 形は 2 端子 3 定格共用 (例 200 V 50 c/s 200~220 V 60 c/s), M-305 形は 3 端子 50 60 c/s 別, N-605 形は 2 端子 2 定格 (例 200 V 50 c/s, 220 V 60 c/s), MD ND 形は単一定格で

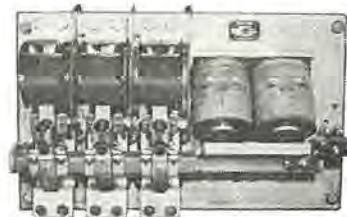


図 6.5 N-605 形電磁接触器
Fig. 6.5 Type N-605 magnetic contactor.

表 6.2 M (MD) 形電磁接触器特性一覧
Table 6.2 List of characteristics of type M(MD) magnetic contactor.

形 名		通電容量 A	閉路しゃ断電流量 A		操作電磁コイル		
			A		交 流		直流入力 W
					入力 VA	損失 W	
交流操作	直流操作	A	AC 250 V	AC 600 V			
M-15 B	MD-15 B	20	180	100	22	6	15
M-35 C	MD-35 C	40	350	250	40	8	20
M-65	MD-65	75	650	500	65	12	50
M-75	MD-75	80	800	600	65	12	50
M-105	MD-105	120	1,200	1,000	140	30	55
M-155	MD-155	200	1,500	1,500	180	42	60
M-205	MD-205	220	2,000	1,500	180	42	60
M-305	MD-305	330	3,000	3,000	350	75	90
N-405	ND-405	400	3,000	3,000	400	80	80
N-605	ND-605	600	6,000	6,000	750	150	140

は定格電流を上げて使用しうる。また二次側用はD級（閉路5倍）として、連続通電容量を定格として十分である。

クレーン用の環境条件で耐振動耐衝撃性が問題とされるが全機種10~50 c/s(600~3,000 c/m) 1 Gの振動で共振点なく、16.7 c/s(1,000 c/m)複振幅4 mm 2 Gで前後・上下・左右各1時間の耐久試験に合格しており、また衝撃も約10 Gに耐える十分な性能を有している。

6.5 クレーン用としての開閉責務と適用

接触器の開閉責務は、クレーンの種類・用途・動作別また作業の差により千差万別であり一律には考えがたいが、一般的な責務として電気学会荷役機械用電気品専門委員会で、

(1) 鉄鋼用(重作業用)は平均動作回数120回/時、始動ひん度600回/時、使用率50% EDがシビ側の平均動作責務

(2) 一般産業用(天井クレーン)としては平均動作回数50回/時、始動ひん度300回/時、% EDは30%

と報告され、図6.6のように責務が考えられる。

これらの責務でM形電磁接触器を開閉したときの開閉電流と動作回数(寿命)の関係を図6.7で重負荷責務、図6.8で一般責務で表わしている。寿命年数は年間動作時間 $8 \times 25 \times 12 = 2400$ hrとしての開閉回数から求めている。これらの図で適用電動機の容量(定格電流)から予想されるクレーンの動作回数、および接触器の寿命回動作電圧はいずれも温度上昇後定格電圧の85%以下である。

閉路しゃ断電流容量についてはいずれもかご形電動機用としてのA級の容量をもっており、クレーン用の巻線形電動機の一次開閉用としては、B級(閉路しゃ断5倍)で十分な余裕をもち、一部の機種数・寿命年数が求められるが、この開閉責務はかなり過酷な条件で、

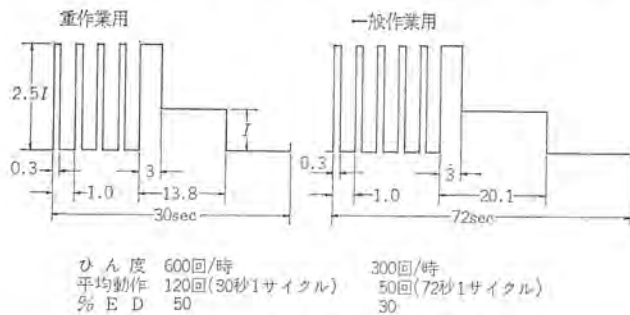


図 6.6 クレーン用電磁接触器開閉責務

Fig. 6.6 Operation duty of magnetic contactor for crane use.

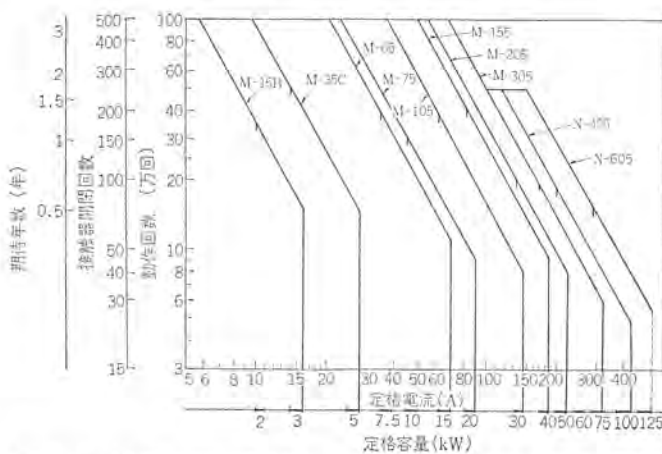


図 6.7 M(N) 形電磁接触器 動作回数一定格電流(容量) 200 V 責務一重作業用(1回動作 閉路5回)

Fig. 6.7 Type M(N) magnetic contactor.

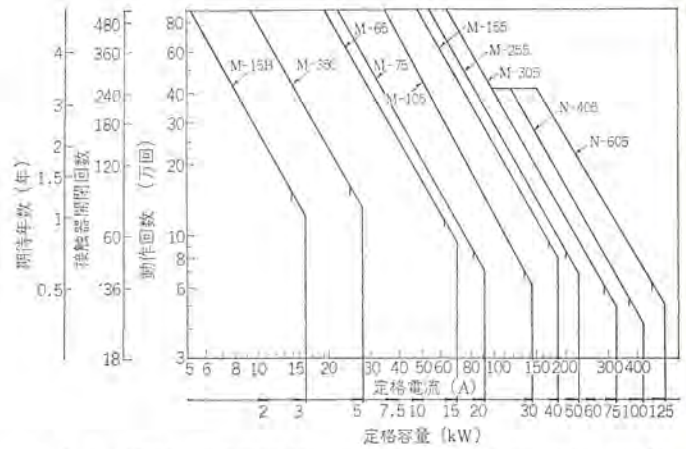


図 6.8 M(N) 形電磁接触器 動作回数一定格電流(容量) 200 V 責務一一般作業用(1回動作 閉路6回)

Fig. 6.8 Type M(N) magnetic contactor.

表 6.3 クレーン用電動機使用電磁接触器選定
Table 6.3 Selection of magnetic contactors for use with crane motor.

電動機 (200 V)				接 触 器 形 名			
容 量 kW	極 数 P	全負荷電流 A		一次回路正逆切換用		二次回路起動加速用	
		JEM-1065	KE-A ME形	一般作業用	重作業用	人 結 線	△ 結 線
2	6	11.4	10	M-15 B	M-15 B	M-35 C	M-15 I
3	6	16	14.3	M-15 B	M-35 C	M-35 C	M-15 B
5	8	27.6	25	M-35 C	M-65	M-35 C	M-35 C
7.5	8	39	36.5	M-65	M-65	M-65	M-35 C
10	8	50	46	M-65	M-75	M-65	M-35 C
15	8	71.1	65	M-65	M-105	M-75	M-65
20	8	91.9	86	M-75	M-155	M-75	M-65
30	10	143	130	M-105	M-205	M-105	M-75
40	10	185	175	M-155	M-305	M-105	M-75
50	10	228	206	M-205	M-305	M-155	M-105
60	10	268	245	M-305	N-405	M-155	M-105
75	10	330	250	M-305	N-605	M-155	M-105
100	10	433	380	N-405	N-605	M-205	M-105
125	10	534	460	N-605	—	M-305	M-155

(注) 二次回路は KE-A ME 形に適用するとき

一般使用の寿命年数は1.5~2倍と考えてよい。直流操作にDM形を使用したときM形に比べ長寿命で約20%増の寿命となる。図6.3は200V電動機に対する寿命を考慮して、一次回路正逆切換および二次抵抗短絡用へのM形電磁接触器の適用表であるが、クレーン用電気品の故障保守状況の調査では、接触器の故障が全体の約25%をしめ、その内訳は接点溶着または破損と接触不良が50%であり、クレーン用の過酷な使用および環境の影響が大きいことを示し、接触器の重要性とその定格選定がたいせつであることを示している。したがって用途・開閉ひん度を考慮した正しい接触器の選定により、十分な性能を発揮させる使用を望むものであり、また接触器メーカーとしてもより信頼度の高い長寿命の接触器に発達させていきたいと考えている。

7. む す び

以上新製品の紹介と従来製作していたものの説明および適用について述べたが、これらをもとにしてより効果的に制御器具を使用し、それぞれの器具の性能が十分に発揮されるように期待するものである。

電 気 ホ イ ス ト

藤 木 博 愛*

Electric Hoists

Fukuoka Works Hiroyoshi FUJIKI

As the application range of the electric hoist expands, the safety, easy operation, high reliability, long life of expendable components and simple and easy maintenance have become particularly necessary. In the operation the line starting of three phase induction motors is an usual practice and the inching operation comes in together. This brings about repeated impacts on various structural parts in starting and stopping of the machine, producing large stress in the members. Mitsubishi hoists of the latest design fully withstand severe operation through ingenious construction. The article describes the salient points of the improvements made on the old apparatus.

1. ま え が き

電気ホイストは昭和30年を境として急速に需要が高まり、現在では当時の10倍以上の生産量を示している。巻上容量も当時1/2～5tであったものが、現在では小は100kgから大は20tまで、いろいろの機種がそろっており、用途も工場や倉庫での一般的荷役はもちろんのこと、最新式自動車工場の生産ライン用高ひん度使用専用自動ホイストから町の商店や食堂の簡易リフトに至るまで、あらゆる所で使用されるようになった。

電気ホイストは安全と機能の最低の基準を示すものとして、JIS C 9620 (電気ホイスト) やクレーン等安全規則 (昭和37年労働省令第16号) があるが、上記のような専用ホイストや、また反対に機械とはあまり縁のないような人が取扱うホイストが多くなってくると、ホイストの持つ特性中、安全性と取り扱いやすさ、激しい使用に対して絶体的とまでいえる信頼性と耐久度、それに保守の簡便さなどがとくに強く要望されることになる。一方ホイストは高所に設置されていて足場が悪いため、完全な保守が期待できないうえ、かご形誘導電動機を使用しているのでインチング(寸動)による荷役運転が常用され、電気的にも機械的にもこの条件が満足されねばならないので、起動停止時の過度現象の解明と点検保守の手間を省く方策がホイスト設計上の重点となる。

当社ホイストも開発以来すでに30余年、技術の進歩とともにいくたびか改良を重ねてきた。電気ホイストについては本誌32巻8月号に当時の概要を紹介したことがあるが、最近のものは当時のものにくらべて機種も増大し、構造的にもいろいろの点で改良されているので、そのおもなものを次にご紹介して参考に供したい。

2. 機種と仕様

当社ホイストの製作機種一覧を表2.1に示す。HW形は低騒音形でウォーム歯車減速機構と低騒音玉軸受の採用により、ホイストから1mの距離における音の大きさを55フォーン以下に抑え、静けさを要する場所での使用に適するようにしたものであり、現在、単相および三相の100kg容量のものがある。

HJ形は特殊差動歯車減速機構を巻胴に内蔵させ、すべてに小形簡素化をはかったもので単相と三相の100kg、三相の

200, 500 kg, 1t, 2tがあり、「ワイヤブロック」と呼んでいる。

HN形は遊星歯車減速機構を巻胴に内蔵させた小形のもので三相250, 500 kgがある。

HB形はメカニカルブレーキを内蔵した遊星歯車減速機構の巻上歯車箱を持つもので三相1, 2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20tがあり、いろいろの特殊品への応用もできるものである。

B形は昭和37～38年に電動機のE種化や電磁ブレーキの改良およ

表2.1 電気ホイスト製作機種と概略仕様
Table 2.1 Kinds of electric hoists manufactured and their brief specifications.

区 分		機 種															特 殊 品								
名		HJ					HJ-B					HN-D					HB-B					HN-D (1HP)			
1	形 名	36	36	36	36	36	1	2	3	5	7.5	10	15	20	30	40	50	50	50	主としてHB-B					
2	容 量	(kg)	100	100	100	100	500	250	250	1	2	3	5	7.5	10	15	20	20	20	1.5, 2.5, 4.5など中間容量					
3	巻 上 高 (m)	低 吊 程	6	4	6	4	4	4	4	6	6	6	6	6	8	8	8	20	20	15(1~20t) 24(1~20t) 30(1~3t) など					
4	ワイヤロープ 直径 (mm)	1本ツリ																							
		2本ツリ	4	4	4	4	4	6	8	4	6	8	12	14											
		4本ツリ								8		6	8	10	14	16	18	22	26						
5	形 状	普通形																		長物用: チャージングホイスト, ダブルバケットつなぎなど					
		ローハケット																							
		ダブルレール																							
6	すべり付 または 走行方向	懸垂形																		普通形の巻上器					
		手押形																		ロープ駆動走行方式					
		積込形																		ラック走行形など					
		電走形																							
		巻上形																							
7	電 動 機	標 準	出力 (kW)	50	0.25	0.2	0.25	0.2	0.4	0.5	1.0	1.0	0.45	0.9	2.2	3.7	5.5	7.5	7.5	11	16	3	5		
			速度 (m/min)	50	5	3	5	6	6	4	4	2	10	10	10	7.5	7.5	6	4	3	3	3			
		標 準	出力 (kW)	50	6	3.6	6	7.2	7.2	4.8	4.8	2.4	12	12	12	9	9	7.2	4.8	3.6	3.6	3	25		
			速度 (m/min)	50															5.5	11	11	16			
		標 準	出力 (kW)	50																					
			速度 (m/min)	50															4	6	4.5	4.5			
	力 走 行	モ ー ト ー	出力 (kW)	50							2×0.055	0.4	0.75	1.1	2	2	2								
			速度 (m/min)	50								21	21	20	20	20	15	10							
		モ ー ト ー	出力 (kW)	50								25	25	25	25	25	25	18	12						
			速度 (m/min)	50															15	15	15	15	15		
		ダ ブ ル レ ー ル	出力 (kW)	50															0.75	0.75	1.1	1.5	2	3	3
			速度 (m/min)	50															12	12	12	12	12	12	12
8	実 行 用 I 形 鋼 材	75 mm																							
		100 mm																							
		125 mm																							
		150 mm																							
		175 mm																							
9	機 作 方 式	引き込み 押ボタン																							
10	電 源	1φ100V 3φ200V																							
11	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
12	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
13	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
14	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
15	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
16	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
17	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
18	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
19	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
20	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
21	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
22	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
23	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
24	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
25	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
26	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
27	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
28	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
29	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
30	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
31	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
32	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
33	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
34	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
35	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
36	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
37	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
38	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
39	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
40	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
41	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
42	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
43	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
44	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
45	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
46	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
47	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
48	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
49	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
50	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
51	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
52	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
53	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
54	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
55	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
56	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
57	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
58	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
59	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
60	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
61	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
62	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
63	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
64	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
65	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
66	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
67	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
68	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
69	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
70	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
71	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
72	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
73	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
74	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
75	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
76	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
77	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
78	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
79	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																							
80	注 意 点	JISC 9620による30分点検																							
81	保 護 機 造	簡 易 形 (屋内 使用)																				</			

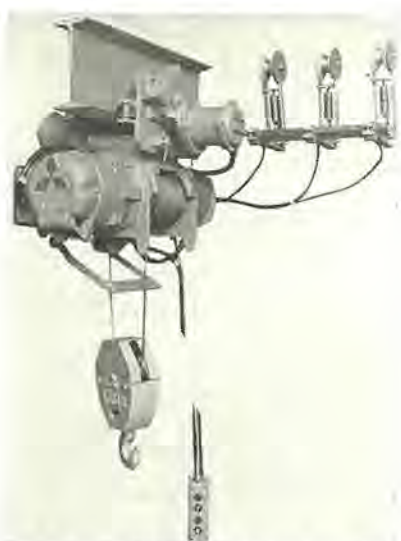


図 2.1 HN-1/2 D-LM 形 ホイスト
Fig. 2.1 Type HN-1/2 D-LM electric hoist.

び走行 ブレーキ の標準採用などの改良形である。

D形は昭和41年にHN形のみをさらに小形化するとともに、走行屈曲半径が小さいものにも使用できるようにしたものであり、図2.1に外観を示す。

3. 構造上の改良点と特長

現在のホイストも従来のホイストの持つ長所はそのまま受け継いでいるが、最近是小形軽量化と性能向上および消耗部品の長寿命化と保守信頼性の向上に重点を置き、実用上の種々の問題点について研究を重ね、新しいアイデアも採り入れて次のようないろいろな特長を持たせている。

3.1 電動機のE種小形化

B形以後のホイストはすべてE種絶縁とし極力小形化をはかっている。またはん用品として50/60 c/s 共用の機構を使うため、電動機は同一トルクを発生できればよく、50 c/s 地区では60 c/s 地区の5/6の出力で十分である。このためHJ-B、HN-D形などでは50 c/s と60 c/s の出力を変え2定格とし、小形化するように設計している。

一方ホイストはかご形誘導電動機を使用するためインチャングによる寸動は常用され、そのたびごとに回転体の加速および制動がくり返されるので、回転部のGD²を極小にすることが望ましい。この意味でE種絶縁電動機はホイストに最適なものというべく、またロータのGD²が小さくなった分だけ電磁ブレーキの寿命が延長されることになるとともに、制動時の電動機軸応力の減小にも効果的で副次的にも大きな利点が生ずる。なおこのような特性の30分定格のE種電動機を用いたホイストをJIS C 9620による30分定格の実負荷試験を行なうと、電動機の温度上昇値はA種の規格を下まわってはいるが、これは高いひん度使用用途への余裕分として有効と考える。

3.2 巻上減速機構

HJ-B、HN-D、HB-B形ホイストの巻上部分の構成機構を図3.1～3.3に示す。HJ、HN形は巻胴、HB形は歯車箱に内蔵した遊星歯車機構で減速しており、適度の修正歯によりすべり率を極力小さくする設計となっている。HB-B形は高速形ホイストに改造する場合があるので止むを得ないが、HJ-B、HN-D形は遊星歯車のかみ合いが単純化され、「0点合わせ」を不要にして組立ておよび保

守の簡易化をはかっている。なおHJ、HN形ではころがり軸受けを大幅に採用してグリス潤滑とし、注油の手間を省くよう考慮している。ただしHB-B形はメカニカルブレーキを歯車箱に内蔵しているため制動面の過熱放散のため油浴式としている。

3.3 電磁ブレーキ

電磁ブレーキはホイストの回転部分の回転エネルギーを急速に吸収して停止させ、かつ荷重の支持も行なうもので、制動トルクはクレーン構造規格による基準トルクの150%以上確保できるものとしている。ホイストを使用するに従ってブレーキ板は摩耗し、このためブレーキ解放用の電磁石の可動コアと固定コアの間げきがだんだん増加するので、ある回数制動したらコア間げきを調整してやる必要がある。制動回数と調整間隔はホイストの容量および用途と使用ひん度によって異なるが、だいたいの目安を図3.4に示す。

コアギャップの点検および調整は作りつけのリミットゲージを目安として行なうが、点検しやすいようブレーキカバーに点検用透視穴を設け、点検のつどカバーを開く手間を省くとともに、最近ではカバーをちょうつがい式にかけられるよう改良している。

ギャップの調整を4～8回行なうとブレーキ板を交換する必要があるが、ブレーキ板内径部を歯車セレイション方式によりはめあいすることにより取付け・取りはずしを簡易化している。なおブレーキ板は図3.5に示すように耐摩耗性が非常にすぐれた改良形のものを使用し、レバー比を小さくしてコアギャップの開きを少なくし、ブレーキ歯車とまさつ面に独特の冷却構造を採用して熱の放散を良好にし、高いひん度使用に耐えるようにしている。ブレーキ板枚数は容量別使用ひ

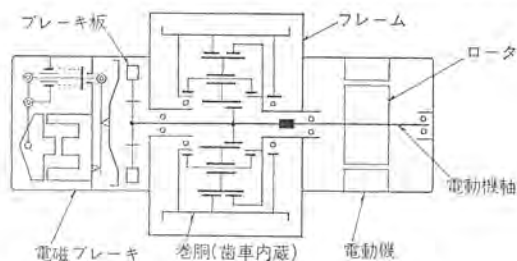


図 3.1 HJ-B 形巻上部分構成機構
Fig. 3.1 Mechanism of type HJ-B electric hoist.

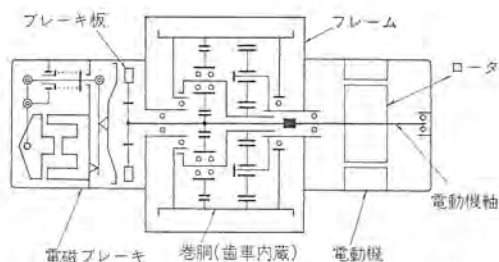


図 3.2 HN-D 形巻上部分構成機構
Fig. 3.2 Mechanism of type HN-D electric hoist.

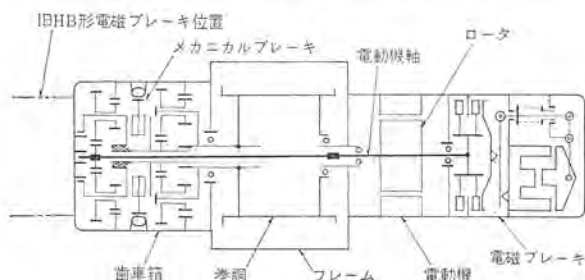
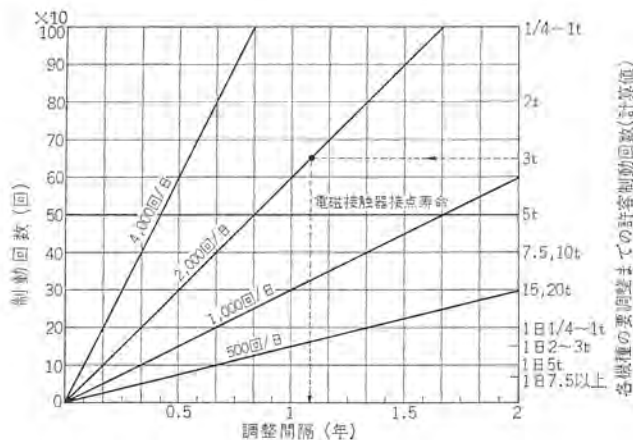


図 3.3 HB-B 形巻上部分構成機構
Fig. 3.3 Mechanism of type HB-B electric hoist.



- 注) (1) 使用日数 300 日/年とする
 (2) 電磁ブレーキは衝撃はげしいので点検は毎月行なうことが望ましい
 (3) ブレーキ板 1 枚形は 4 回、2 枚形は 8 回の調整で、ブレーキ板厚さが 4 mm となれば取り換える
 (4) 周囲の条件とくにちり、ほこりなどにより摩擦が助長されるので注意を要す
 (5) 一例として HB-3 B 形で条件がそろえば 1 日 2,000 回 (インテング回数を含む) の制動をしても 1 年間はコアギャップの調整をしなくてもよい

図 3.4 電磁ブレーキ制動回数と調整間隔

Fig. 3.4 Number of operations of electric brake vs. adjusting distances.

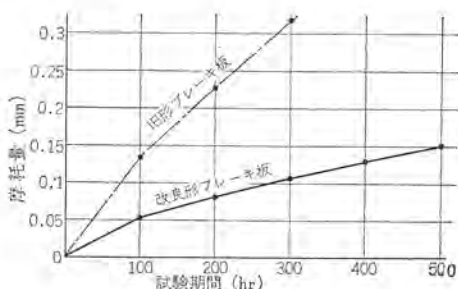


図 3.5 ブレーキ板摩耗試験値

Fig. 3.5 Test values of brake load wear.

ん度と寿命を勘案し小形は 1 枚、大形は 2 枚としている。

電磁ブレーキの電磁石は 30 分定格で小形化を要求されるため磁束密度が比較的高く、吸引力が強いためコアの損傷が多かった。このためコアと支持フレームとの間に緩衝用ゴムシートを設けるとともに、固定コアはブレーキコイルもろとも締めつけ、セージングコイルを合成樹脂で固定コアと一体化するなど損傷を防止して長寿命化をはかっている。これに関し 50 c/s と 60 c/s とで電磁石の吸引力を同様にするため、コイルから 3 本のリード線を出している。つまり図 3.6 に示すようにはん用品は 60 c/s 用に結線しておき、50 c/s 地区では結線変更により使用しようというものである。

なお次にのべる軸応力を軽減するよう、可動コアのはね返りにより衝撃的制動力が発生するのを防止する緩衝ブッシュを設けており、また HB-B 形では従来巻上歯車箱側にあった電磁ブレーキを電動機のフー側に持ってくることににより、油漏れによる制動不良その他のトラブルの絶滅と、次に述べる理由により電動機軸のトルクを激減し、軸折れ事故を皆無にすることに成功した。

3.4 巻上部分の構成と電動機軸応力

ホイスの巻上部分の構造は図 3.7 (a), (b) に大別される。HJ, HN 形および一般のホイスは構造 A であり、HB-B 形は構造 B である。この構成を変えるだけで軸応力に大差があることは特筆すべきことと思うので、次にごく簡単にふれておこう。

今、同一仕様のホイスを考えてみると、定常回転のときは (a), (b) ととも変わらない。つまり d を電動機軸径、 T を電動機全負荷ト

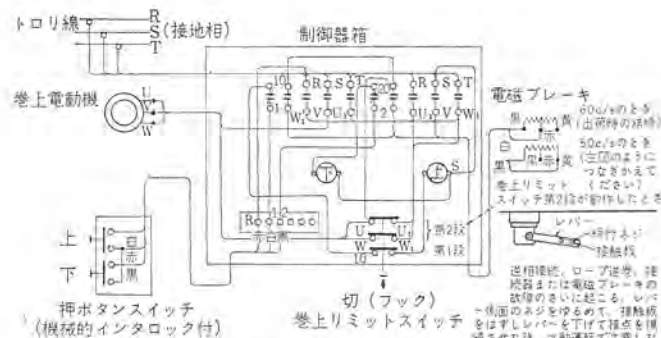


図 3.6 電気ホイス電路接続

Fig. 3.6 Circuit connection of electric hoist.

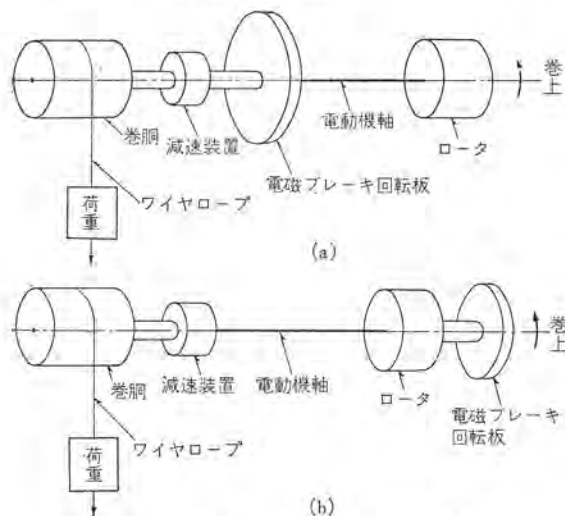


図 3.7 電気ホイス巻上部分構成 2 例

Fig. 3.7 Two examples of the construction.

ルクとすると軸応力 τ は (a), (b) と同

$$\tau = 16T / \pi d^3 \dots \dots \dots (3.1)$$

となる。ところが起動・停止のさいは、各構成部品の慣性モーメントと軸・歯車・ワイヤロープなどの剛性が関係して (a) と (b) とではかなりの差が生ずる。次に巻上起動のばあいを考えてみることにするが、荷重はやわらかいワイヤロープでつり下げられ、しかもホイスは高減速率のため電動機軸換算の慣性モーメントは小さいので、その影響も少なく (a), (b) は近似的には図 3.8 に示す振動系として置きかえられ、その運動方程式は次式で表わされる。

$$\begin{cases} I_1 \ddot{\theta}_1 + C(\theta_1 - \theta_2) = T_s \\ I_2 \ddot{\theta}_2 - C(\theta_1 - \theta_2) = 0 \end{cases} \dots \dots \dots (3.2)$$

ここに I_1, I_2 : 軸の原動側、負荷側の慣性モーメント
 θ_1, θ_2 : I_1, I_2 の角変位置
 C : 軸のねじり剛性値
 T_s : 電動機の起動トルク

とする。式 (3.2) をといて整理すれば、最終的には軸に生ずる最大トルク T_{max} は

$$T_{max} = T_s \times 2I_2 / (I_1 + I_2) \dots \dots \dots (3.3)$$

となり、 T_s を同じとすれば、 $I_2 < I_1$ となるほど T_{max} は小、つまり負荷側慣性モーメントが原動側慣性モーメントにくらべて小さいほど軸に加わる最大トルクは小さく、(b) の軸応力が (a) のものよりも小さいことがわかる。

図 3.9 は両構造の巻上起動時の軸応力のオシロを比較したもので、B 構造の HB-B 形が A 構造の HB 形より軸応力が激減していることが実証される。

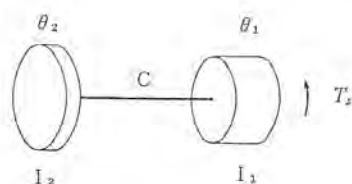


図 3.8 ホイスト 巻上部分の
等価振動系
Fig. 3.8 Equivalent dia-
gram of hoist.

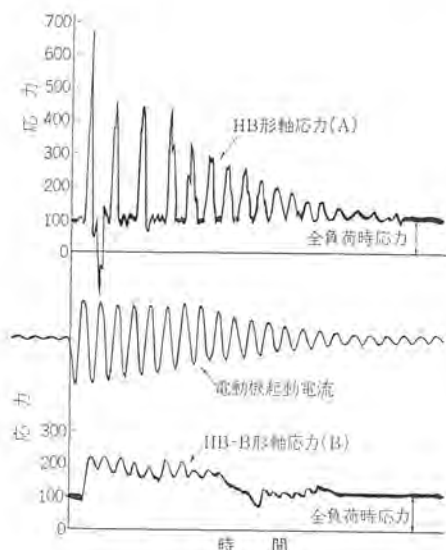


図 3.9 巻上起動時の軸応力の オシログラム
Fig. 3.9 Starting stress oscilograms of motor shaft.

3.5 ワイヤロープ

ワイヤロープは昭和39年10月にJISの改正があり、標準数による直径の称呼に改められた。ホイストに使用されるワイヤロープ径は4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 22, 26であり、将来は4, 6.3, 8, 10, 12.5, 14, 16, 18, 22.4, 25に変更されることになるが、スパー部品の関係もあるのでしばらくは旧サイズのままとする。

ワイヤロープは定期点検により損耗の度合が目視により確認されるため、安全管理上は非常によいが、その寿命は保守の良否とロープの構成により数倍の差がある。JIS C 9620(電気ホイスト)に定められているワイヤロープは6×19および6×37であり、これは従来からクレーン用に使われているが、無給油で使用したばあいは巻上回数5,000～10,000回でワイヤロープの交換を行なう必要があり、もっと長寿命のものが切望されていた。

これらのワイヤロープはSよりのストランド6本を麻心のまわりにZよりにより合わせたものであり、各素線が点接触を起こすことになり、潤滑が悪いと巻胴やシープへ巻き付けられるときの素線の曲げ応力のほかに各素線相互間に発生する二次的応力が大となり、これがワイヤロープの疲労および摩耗を助長し寿命を短くするものと考えられる。これに対しフィラー形やウォーリントン形の平行ワイヤロープでは、これらの応力も小さく寿命も長い。構成が6×19, 6×37, 6×Fi(19+6)の各ワイヤロープの寿命試験の結果、フィラー形が普通形にくらべ数倍も長寿命であることがわかったので、8φ以上のワイヤロープは全面的にフィラー形に変更した。6mm以下についてはフィラー線が細すぎて製作できないため従来どおりとしているが、別途長寿命品を研究中である。

3.6 走行装置

走行装置で特筆すべきは、モノレール形のHB-B形ホイストに走行ブレーキがあることおよびHN-D形においてレール屈曲半径が1.2mという小さなカーブでも走行できるようになったことと思う。

(1) HB-B形走行ブレーキ

HB-B形のモノレール形には走行ブレーキをつけている。これは走行電動機と歯車箱の中間に介在した機械的なもので、走行防止を主目的としているため制動トルクも電動機全負荷トルクの15～20%の小さなものとしている。ただホイストのばあい荷物をワイヤロープでつり下げているため、あまり制動トルクが大きいと急激な停止による荷重の揺れが起こり危険であり、むしろ緩制動が望ましいわけで、このブレーキはホイスト走行用として最適なものといえる。

ブレーキの構造は図3.10に示すようにブレーキばね、推力カム、駆動子、従動子兼ブレーキ車からなり、電動機に通電してトルクを発生すると、電動機軸に直結された駆動子の突起部が従動子に取り付けられた推力カムの斜面を押してまさつ面を放し、さらにこの突起の側面を駆動子内径部緩衝ゴム部に押しつけてクラッチとしてトルクを伝達し、電動機の電流を切ればトルクがなくなるため、ブレーキばねの作用により従動子はカム斜面に沿ってすべり落ち、まさつ面が圧着されて制動される方式のものである。緩衝ゴムはクラッチかみ合い時の過大な衝撃トルクを緩和するためのもので、材質はポリウレタンゴムとし従動子内径部にモールドしている。

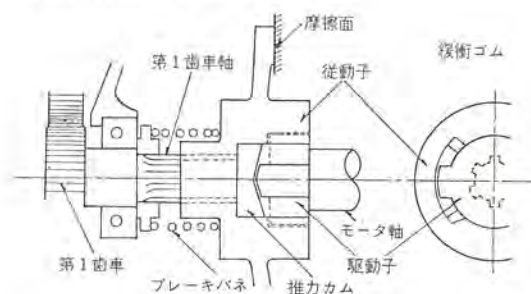


図 3.10 走行ブレーキ構造
Fig. 3.10 Construction of travelling brake.

(2) HN-D形

図3.11にHN-D形の走行部分構成を示す。この走行装置の特長は走行車輪のフランジを後退させ、代わりにガイドローラを設けたことと歯車装置をケース内に密閉したこともあるが、とくに変わった点は図に示すように2台の電動機を走行レールに対し両側に対称的に配置し、4輪中2輪をおのおの別個に駆動する方式としたことである。このため走行レールの曲率半径が1.2mという小さなカーブに対してもスムーズに走行することができる。また走行のひん度が高いばあい、従来問題となっていたレールフランジの摩耗も減少し、そのうえ走行歯車への給油をやる必要がないため保守の手間を激減することができる。これらの改良をまず小形のHN形に適用したのは、

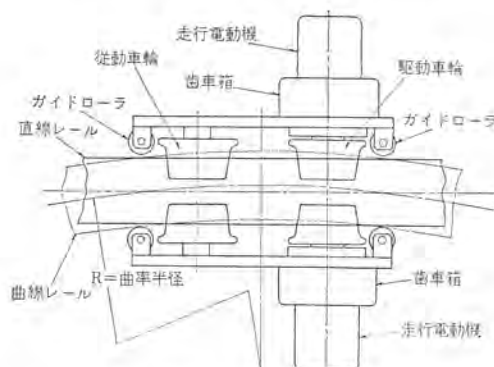


図 3.11 HN-D形 走行部分構成
Fig. 3.11 Two motor drive system for type HN-D electric hoist.

最近自動車工業の発展にともない、これら小形のホイスがその生産ラインに多数使用されるようになったためであるが、このような高性能化はホイスの使用範囲が広まるにつれ大形のホイスへも発展させる必要があると考えている。

3.7 安全装置

ホイスは一般に電気および機械に精通した人が使用するとはいえないし、かりにそのような人が使用するにあいでも重量物を取り扱う関係上、そのほうに全神経が集中されるから、ホイスの操作はきわめて単純化し、誰が使用しても安全なよう考慮すべきことはもちろんである。このような観点から当社ホイスは開発以来押しボタン操作を固守してきたが、最近さらに安全なよういろいろの方法を採用したり研究を行なっている。

(1) 押しボタンスイッチ (図 2.1 参照)

押しボタンスイッチは 2, 4, 6 点の標準品はケースをプラスチック化し漏電による事故の絶滅をはかっている。材質は衝撃に強く他の特性も平均して良好な合成樹脂を採用し、手荒な取扱いにも破損しにくいように考慮している。耐熱性も一般の使用には問題ないが、炉上に放置するなど高温での使用は問題があるので、これらに対しては別途接地端子を内蔵するアルミケースのものを準備している。またホイスでもっともダウンタイムのネックとなっている押しボタン用キャプタイケールは、特殊仕様の断線しにくいものを使用するとともに、ケーブルに張力が加わらないよう保護するためのクサリが従来より切れるという実績に対処するため、ショックに強いワイヤロープで保護する方式に変更している。

(2) 過巻きリミットスイッチ (図 3.6 参照)

ホイスの過巻きリミットスイッチは、巻上げ最高位置においてフックシーブによりレバーを押し上げて電流を切断する直動式リミットスイッチであり、クレーン構造規格によれば、巻上停止後 50 mm の余裕があればよいことになっているが、当社のものはこの余裕寸法を規格以上に十分にとっている。

また一般にこのリミットスイッチの回路は、巻上げの電流のみを切断するようになっているため、誤まって逆相に接続し、しかも「下」のボタンで巻上がるのをそのまま放置しておくと、巻上最高位置でリミットレバーを押し上げても回路が開かないため、フックシーブがホイスのフレームに衝突してこれを破損したり、ワイヤロープを切断して荷物を落下させるなどの事故の原因となる。もちろんこれは日常点検またはホイス使用前のチェックを完全に行なっていれば当然発見できるミスではあるが、使用者が不慣れなときた起りうる可能性がある。このため最近では 2 段切りのリミットスイッチに改良し、常用は 1 段目で「上」の操作回路を切断するが、上述のような異常使用をしたばあいは、2 段目の電動機主回路が開いて上下回路とも切断するようにしている。また万一電磁接触器の接点が融着するようなことが生じても、2 段目の回路が開くのでホイスは停止し安全に保護できる。

(3) 過負荷保護

ホイスの電磁接触器には過電流継電器をつけてない。その理由はホイスはインッチング運転が非常に多く、そのたびに起動電流が流れるため、一般に使用されているサーマルリレーでは役に立たないことと、

ホイスが高所に設置されていて運転者は地上で押しボタンのみを操作しているので、もしサーマルリレーが作動したばあいのリセットに問題があるためであり、ホイスに適した過電流継電器が開発されるまでは取りつけない旨 JIS C 9620 (電気ホイス) の解説にも述べてある。

しかしながら安全の見地から、荷重がホイスの定格を超過したときには巻上電流を切断したり、なんらかの警報装置をつけることは望ましいことであり、当社でも過荷重時に作動する安全装置を研究している。

4. 保守点検について

ホイスを設置し使用する際にはクレーン等安全規則と密接な関係があり、概要を表 4.1 に示す。

ホイスを安全にかつ能率良く使用するには保守に対する細心の配慮が必要であり、とくに量産工場においてはダウンタイムを極小にするよう予防保全の措置がとられている。クレーンの保守点検については昭和 41 年 11 月に日本クレーン協会から「天井クレーン点検基準」が発行されているが、ホイスについては各メカおよび使用者が独自の基準を作成したり、またメカと使用者間で保守契約を結ぶなどの手段がとられているが、国内での統一した方式も作成されつつあり、別途で紹介するつもりである。

表 4.1 ホイスとクレーン等安全規則との関係
Table 4.1 Safety code in regard to cranes, hoists and the like.

クレーン等の種類	容 量		クレーン製造者	クレーン等の使用者		
			製造認可	設置認可 性能検査	設置報告	保守の義務
クレーン およびテルバ	つり上げ 荷 重	3 以上	○	○		○
		1/2 以上 3 未満			○	○
簡易リフト	積載荷重	1 以上		○		○
		1/2 以上 1 未満			○	○

注) (1) クレーンとは動力を用いて荷をつり上げ、これを水平方向に移動 (手動、動力いづれでも) するものをいう。
(2) テルバとはモノレール走行形ホイスなどのように走行用レールは固定され、ホイスのみが巻上走行を行なうものをいう。
(3) 簡易リフトについては「簡易リフト構造規格」(昭和 37 年 労働省告示第 57 号) を参照。

5. む す び

以上最近の当社ホイスの構造上の改良点を主体に、電気ホイスについての概要を述べた。技術の進歩は目ざましいものがあり、ホイスは今後ますます広い範囲に大量に使用されることは確実であり、より安全な、使いやすい、保守の簡単な、寿命の長いものにするよう日夜研究努力を続けている。設計のさいももっとも留意すべき点は、本文中にも述べたように起動・制動時に衝撃的に発生する各構造部の過渡応力の処理である。

また、電磁石の吸引時の衝突現象やホイスがレールのストッパに衝突した際に生ずる構造部材の衝撃応力の解明などもあるが、これらは稿を改めて発表したい。

クレーン用電気機器の保守点検

波多 野 功*・平 岡 浩 司*

Maintenance and Inspection of Electric Equipment for Cranes

Nagoya Works

Isao HATANO・Hiroshi HIRAOKA

Transportation is one of indispensable factors in modern industries. Of them crane operation is to handle three dimensional movement and play a very important part. With the advancement of manufacturing technique, industries have come to demand cranes of high speed, high capacity and highly frequent operation, their high reliability becoming predominant requisite. In the light of the situation electric equipment for use with cranes needs careful maintenance and inspection. When various items to be taken care of are tabulated, a very elaborate list for inspection has been formed for the help to secure dependable maintenance. With slight modification the list also serves as a standards of test on the electric equipment.

1. ま え が き

近代の産業において運搬は欠くことのできない条件の一つであり、とくに三次元の運搬手段である起重機には技術の革新、産業の合理化、生産の向上などの一要素として、高速化、大容量化、高ひん度化が進み、その動作の信頼性をよりいっそう要求されるようになってきた。このためクレーン用電気機器に対する保守点検もその重要性が強調されるようになった。

クレーン用制御装置の点検には主として運転士が毎日仕事前または後に少なくとも1回行なう日常点検、点検担当者または整備担当者が月1回実施する月例点検、これらの見回り点検と異なり、点検担当者または整備担当者による分解点検を主体とした年次点検とに分

類される。ここでは分解点検を主体とした年次点検についての参考事項について述べる。

2. クレーン用制御装置の保守状況

電気学会荷役機械用電気品専門委員会が行なった、重作業用起重機を主体とした保守状況の実態調査の要約を表2.1に示す。⁽¹⁾

3. 電 動 機

3.1 据 付

クレーン用電動機はその用途の特異性から振動が発生しやすく、またこの振動が保守上の問題となることが多いので、振動の防止に対する一般的事項について述べる。

表 2.1 クレーン故障集計

Table 2.1 Tabulation of troubles on cranes.

(%)

機 種	比 率 別	責 任 別						現 象 別										故 障 個 所										
		点 検 作 業 不 良	運 転 作 業 不 良	修 理 作 業 不 良	部 品 不 良	設 計 不 良	そ の ほ か	絶 縁 不 良	過 負 荷	湿 気	自 然 劣 化	材 質 不 良	自 然 摩 耗	整 流 不 良	接 触 不 良	配 線 不 良	給 油 不 良	そ の ほ か	接 触 器	制 御 器	抵 抗 器	回 転 機	集 電 装 置	配 線	制 動 機	継 電 器	ト ロ リ ー	そ の ほ か
クレーン全般 故障集計	件数比率	30.0	7.5	5.7	6.9	3.9	46.0	8.7	4.5	1.3	13.8	4.2	8.2	0.8	22.8	8.3	1.0	26.4	28.5	7.4	3.9	11.3	8.4	9.1	7.5	3.8	7.7	12.4
	時間比率	27.7	11.4	7.6	5.8	5.1	42.4	15.2	7.0	1.9	14.1	3.5	5.4	1.4	16.7	7.5	1.0	26.3	18.5	6.5	3.2	28.2	9.6	9.3	7.0	2.4	7.1	8.2
スクラップクレーン の故障状況	件数比率	29.5	11.5	5.8	9.4	4.3	39.5	5.8	2.2	2.2	13	2.8	8.6	0.7	18	12.2		34.5	23.7	9.4	5	11.5	5	10.8	15.1	2.2	10.8	6.5
	時間比率	26.5	13.7	7.1	9.7	7.6	35.4	10.5	1.7	5.7	9.9	4.3	7.7	0.1	19.5	11.5		29.1	20.4	8.8	5.9	15.8	4.8	8.1	16.4	1.1	13.3	5.4
チャージングクレーン の故障状況	件数比率	43.9	9.8	15.9	6.9	2.3	21.2	14.4	3.0	1.5	10.6	4.6	3.0	0.8	21.2	9.8	2.3	28.8	15.8	9.1	7.1	23.4	7.6	11.4	4.6	2.3	9.1	9.1
	時間比率	33.3	17.7	11.2	8.1	2.8	26.9	16.3	6.5	2.1	6.6	6.3	1.8	7.2	14.7	7.1	1.3	30.1	8.7	5.5	2.9	41.2	10.3	7.3	8.2	1.0	11.1	3.8
レードルクレーン の故障状況	件数比率	26.6	5.3	5.8	6.4	2.7	53.2	14.9	3.2	1.1	8	2.7	9.1		17.4	8	2.1	33.5	30.3	6.9	1.6	10.1	2.1	6.9	9.1	4.8	6.4	21.8
	時間比率	25.4	12.2	8.9	10.9	2.5	41	25.8	1.2	1.2	4.0	2.4	5.3		13.3	13.9	1.0	31.9	23.6	3.7	1.5	28.3	0.8	12.7	9.0	2.1	6.3	12.0
ストリッパークレーン の故障状況	件数比率	19.5	7.0	9.8	16.8	7.0	39.9	10.5	2.0		7.1	12.5	6.3		21.7	9.8		30.1	34.9	7.7	4.2	10.5	7.7	9.1	4.9	4.2	10.5	6.3
	時間比率	22.0	13	19.0	9.2	12.8	24.0	16.0	5.3		3.7	5.3	3.9		14.1	10.3		41.4	16.3	5.5	9.2	23.3	12.3	16.5	3.2	3.1	7.2	3.4
トランスポートクレーン の故障状況	件数比率	26.5	6.1	4.1	1.4	4.1	57.8	1.4	2.7	4.7	21.9	2.7	6.8	0.7	20.4	6.1	2.0	30.6	19	1.4	5.4	6.8	18.4	9.6	11.6	4.8	15.5	7.5
	時間比率	31.1	12.9	4.6	0.6	4.1	46.7	1.1	8.1	5.2	31.7	1.5	6.4	0.2	12.9	5.9	3.2	23.8	15.6	0.8	2.2	34.4	9.5	7.9	11.4	2.6	11.1	4.5
アンローダ の故障状況	件数比率	33.8	5.8	1.8	3.4	2.7	52.5	8.5	6.7	0.6	17.1	3.7	17.1	1.8	29.2	5.5	0.6	14.7	34.1	9.1	3.4	12.4	9.8	7.3	3.7	4.3	3.1	13.0
	時間比率	28.8	6.8	3.1	3.0	4.0	54.3	17.6	10.3	1.1	17.1	3.5	6.1	1.1	19.6	3.3	0.9	17.5	20.0	9.5	2.2	28.6	12.9	6.1	3.6	3.0	3.5	10.6
スタッカ の故障状況	件数比率	17.1	17.1	2.8	8.6	2.8	51.6		11.4		17.1		5.7		14.4	11.4		40.0	30.7				11.4	14.4	14.4	5.7	5.7	11.4
	時間比率	16.9	13.9	2.6	15.9	2.6	48.4		9.2		19.1		5.2		11.7	18.3		36.5	28.9				10.4	17.8	16.9	5.2	6.5	14.3
ジブローダ の故障状況	件数比率	30.8	15.4	2.6		7.7	43.5	7.7	10.3		15.4		5.1		30.8	7.7		23.0	23.0	7.7	2.6	10.3	12.8	12.8	5.1			25.7
	時間比率	19.8	22.8	24.0		7.1	43.5	28.5	6.7		12.4		1.1		19.1	12.2		20.0	14.4	10.2	4.5	26.7	6.4	20.5	2.2			15.1
その他のクレーン の故障状況	件数比率	30.0			20.0	10.0	40.0		7.5		17.5	2.5	10.0		27.5	15.0		20.0	42.5	10.0	2.5			10.0	5.0	2.5	7.5	20.0
	時間比率	32.3			17.4	11.5	38.8		2.8		17.3	0.7	19.9		27.9	14.5		16.9	39.7	11.3	1.0			9.7	3.4	6.7	12.5	15.7

3. 1. 1 台 板 (ベース)

電動機を、据付けようとする台板の強度は、電動機の発生する振動周波数に共振しないよう、とくに考慮しなくてはならない。

これは、その台板のもつ、固有振動周波数が、電動機の発生しやすい振動周波数、たとえば、電動機回転部の不つり合いによるもの(回転数/60)、または電氣的(磁氣的)原因によるもの。(電源周波数の倍数)に近い場合は、電動機自体の発生する振動が、たとえ小さくても、台板の共振となって、異常に大きい振動となることがある。天井走行 クレーン、ガントリークレーン等の場合は、とくに注意が肝要である。

3. 1. 2 センターリング

センターリングの方法には、電動機を基準にして、相手機械を調整する方法と、相手機械を基準にして調整する方法とがあるが、原則として相手機械を基準にして、センターリングを行なう。

センターリングは、円、面、ともに、0に行なうのが望ましいが、一般に荷役機械用の場合は、円、面、ともに、相対差で5/100 mm/mまで許容される。

3. 1. 3 カップリングの合マーク

カップリングを新しく、取付ける場合は、カップリングの、製作精度も向上しているので合マークがないものが多い。しかし一度運転されると、各当たり面の摩耗があるので、合マークを付けて以後は同じ組合わせになるようにしなくてはならない。

3. 2 保守、点検

3. 2. 1 温 度

電動機はその内部に発生する熱損失のため、運転時に各部の温度が上昇するが、温度が上がり過ぎると各部絶縁劣化を促進しコイル焼損等の重大事故を起こす危険があるので、温度のチェックはきわめて肝要である。また温度を継続してチェックすることにより、絶縁以外の機械的な故障の早期発見の一助とすることもできる。

なお温度の測定方法には温度計によるもの、抵抗法によるもの、埋込温度計法によるものなどがあるが、クレーンの場合の日常点検には手ざわりによる方法で十分管理できる。温度上昇限度は誘導機の規格に各絶縁種別ごとに表 3. 1 のとおり定められている。

なお温度が規格範囲内にあっても、電動機の工場試験成績、または正常運転時にくらべ、温度上昇値が大きくなったときは、その原因について点検する必要がある。

(注) 外被の温度より巻線温度を推定する場合電動機的设计によ

表 3. 1 誘導機の温度上昇限度(°C)
Table 3.1 Temperature rise limits of induction machines.

誘導機の分類	外被の形の種類	A 種絶縁			E 種絶縁			B 種絶縁			F 種絶縁			H 種絶縁		
		温度計法	抵抗法	埋込温度計法	温度計法	抵抗法	埋込温度計法	温度計法	抵抗法	埋込温度計法	温度計法	抵抗法	埋込温度計法	温度計法	抵抗法	埋込温度計法
巻線関係	開放	50	60	60	65	75	75	70	80	80	85	100	100	105	125	125
	全閉	55	60	60	70	75	75	75	80	80	90	100	100	110	125	155
スリップリング		60			70			80			90			100		
ブラシ保持器ブラシなど		機械的に支障なく、かつ付近の絶縁物に損傷を起こさない温度														
軸 受		表面で測定するとき……40°C、メタルに温度計素子を埋入して測定するとき……45°C														

りおのおの異なるが、外被の温度にくらべ巻線温度は、約 15°C 高いとみてよい。

3. 2. 2 振動と音響

振動や音響の変化から、電動機の故障を発見できる場合が非常に多い。したがって振動の日常点検は怠ってはならない。

振動の測定器は各種市販されているが、クレーン用電動機の日常点検は、手ざわりで十分管理できる。振動に変化を生じたらつぎの要領で原因を調査、調整をおこなう。その場合試運転時の各部の振動計測値を記録しておき振動の基準にするといっそう有効である。

なを振動の原因は複雑多岐であるので、据付け後に発生すると思われる要点のみを記す。

1. 電動機の単独運転で発生する振動

(a) 回転子の不平衡、回転子巻線、バランスウエートのゆるみ

(b) 回転子巻線回路の不平衡

回転子巻線および外部抵抗の断線、接触不良、スリップリング、ブラシの不具合、接触不良

(c) 電源電圧の不平衡

(d) 軸受油隙の過大過小

(e) 軸受潤滑油の不適當および劣化

(f) 各部はめ合い部のゆるみ

(g) 基礎および据付け不良

(h) 軸の曲り、ジャーナルのた(梢)円キズ

2. 負荷と直結された状態で発生する振動

(a) 基礎と台板のゆるみ、すきによる共振現象の発生

(b) 基礎の不等沈下、台板のゆるみによる センターリングの不良

(c) 軸受温度不均一による センターリングの狂い

(d) かみ合接手のピッチの不同

(e) 回転子冷却の不均一による軸曲り

(f) 負荷時軸受潤滑油の不適當

(g) 負荷時の回転子巻線回路の不平衡

(h) 相手機械からの振動の伝達

(i) その他

振動の許容値については使用条件により異なるが一般的には、振動の加速度が、重力の加速度 g の 1/10 以下であれば実用上障害はないといわれている。しかしクレーン用電動機のように回転数の低い場合は 1/20 以下がよい。

3. 2. 3 軸 受

電動機の軸受温度は表 3. 1 のように規格で定められており、外部より測定するとき温度上昇 40 deg、メタルに温度計素子を埋込みして測定するときは 45°C であるが、潤滑油が高温になることは、油の劣化を促進させることになるので、一般に 70~80°C を最高とし、50~60°C 以下の温度で使用するのが安全である。なお軸受の点検に回転音による判定も重要なものである。

1. ころがり軸受の異常温度上昇のおもな原因

(a) 外輪、内輪のはめ合が不適當およびそれにともなう軸受すきまの過少

(b) 潤滑油の不適當、および過多、過少または劣化

(c) 据付、直結の不良

(d) 振動の過大

(e) 異常推力(接手の不ぐあいおよび相手機械よりの推力)

(f) 軸受自体の欠陥

2. ころがり軸受の異常音の原因

(a) 転走面および球の傷 (打こん(痕), 圧こん(痕), はく(剥離))

(b) 軸受のすきま過小

(c) 潤滑油の不足, 劣化

(d) 異物の浸入

(e) 軸受自身の欠陥

3. 潤滑油の補給について (表 3. 2)

3. 2. 4 スリップリングとブラシ

クレーン用電動機には巻線形回転子を使用される場合が多く, 電動機の事故もスリップリング, ブラシに関するものが多い。とくにスリップリング, ブラシ保持器のごみ, ブラシの摩耗粉, 湿気などの付着により発生する短絡焼損または, ブラシの動きを悪くし, 接触不良となるなどいずれも日常の保守点検により防げる場合が多いので十分な管理が必要である。

なお電動機を運転しスリップリング, ブラシが正常であれば, 数日でブラシの当たっているリングの面は暗褐色の均一な光沢面となる。不均一な色やおうとつ (凹凸) の面, 条こん, またはブラシに火花が発生している場合などの原因については, つぎのことが考えられるので早急に処置をしなくてはならない。

(a) ふん囲気にごみ, 湿気, 酸性の蒸気があるとき

(b) 過度の振動があるとき

表 3. 2 ころがり軸受のグリース補給基準
Table 3. 2 Standards of greas supply to roller bearings.

ベアリング No.	補給量 g	回 転 数 rpm									
		500	600	720	750	900	1000	1200	1500	1800	
		補 給 期 間 h									
ボ ー ル ベ ア リ ン グ	6310	20	8500	8500	8500	8500	8000	6500	5000	4000	
	6311	20	8500	8500	8500	8500	7500	6000	4500	3500	
	6312	20	8500	8500	8500	8500	8000	7000	5500	4000	3500
	6313	30	8500	8500	8500	8500	7500	6500	5000	4000	3000
	6314	30	8500	8500	8500	8500	7000	6000	5000	3500	2500
	6315	30	8500	8500	8500	8500	6500	6000	4500	3500	2500
	6316	40	8500	8500	8500	8000	6500	5500	4500	3000	2500
	6317	40	8500	8500	7500	7500	6000	5000	4000	3000	2000
	6318	50	8500	8500	7500	7000	5500	5000	4000	2500	2000
	6319	50	8500	8500	7000	7000	5500	4500	3500	2500	1500
	6320	50	8500	8500	7000	6500	5000	4500	3500	2000	1500
	6321	60	8500	8500	6500	6000	5000	4000	3000	2000	1500
ロ ー ラ ー ベ ア リ ン グ	6322	60	8500	8000	6500	6000	4500	4000	3000	2000	1000
	6324	80	8500	7500	5500	5500	4000	3500	2500	1500	1000
	NU 310	20	8500	7000	5500	5500	4500	4000	3000	2500	2000
	NU 311	20	8000	6500	5500	5000	4000	3500	3000	2000	1500
	NU 312	20	7500	6000	5000	4500	4000	3500	2500	2000	1500
	NU 313	30	7000	6000	5000	4500	3500	3000	2500	2000	1500
	NU 314	30	7000	5500	4500	4000	3500	3000	2500	1500	1000
	NU 315	30	6500	5000	4000	4000	3000	3000	2000	1500	1000
	NU 316	40	6000	5000	4000	4000	3000	2500	2000	1500	1000
	NU 317	40	6000	5000	3500	3500	3000	2500	2000	1500	1000
	NU 318	50	5500	4500	3500	3500	2500	2500	2000	1000	1000
	NU 319	50	5500	4500	3500	3500	2500	2000	1500	1000	900
	NU 320	50	5500	4000	3500	3000	2500	2000	1500	1000	800
	NU 321	60	5000	4000	3000	3000	2500	2000	1500	1000	700
	NU 322	60	5000	4000	3000	3000	2000	2000	1500	1000	700
	NU 324	80	4500	3500	2500	2500	2000	1500	1000	800	500

(c) ブラシ と ブラシ 保持器のすきまが不適當なとき

(d) ブラシ 圧力の不適當なとき

(クレーン 用の場合 350~450 g/cm² がよい)

(e) ブラシ を取り換えたとき リング 面との曲率不一致

(f) ブラシ 材質の不ぞろい

(g) 温度上昇が過大のとき

なお ブラシ に水分や油が付いていると摩耗が数倍になる ので注意すること。

紙面の都合で保守の方法については, ほとんど省略したが, 事故原因を考慮した保守を実施するようにする, なお従来保守の状況からみて, 日常点検のために防じん構造の密閉装置が十分活用されず, かねて事故が発生している場合が多いので注意が必要である。

4. 電 磁 制 御 盤

4. 1 電磁接触器, 電磁継電器, 限時継電器

故障のおもなものは接点の溶着, 接触不良と操作電磁石のうなり, コイル 焼損に要約されよう。

接点の溶着の原因としてあげられる事項は (1) 異状電流の通過, (2) 過度の開閉, (3) 接触圧力の低下等であり, (1) および (2) 項は正常な状態では発生しにくく, 通常保守上問題になるのは (3) 項である。接触圧力の低下は接触子の消耗, 開閉機構の消耗等による接触子のオーパトラベルの減少と接触子ばねのヘタリによって起こる。

オーパトラベル は製造時の 50 % になったときを接点取換えの時期とし, 接触圧力は メーカーの指定範囲または銀系接点のおおざっぱな見当として, 接点定格電流値の 10 倍のグラム数より大きくははずれている場合は接触子ばねを交換する。これらは 2 点しゃ断の接点の場合, 1 しゃ断点について適用することはもちろんである。補助接点の場合は異状電流の通過による溶着がほとんどであるから, その回路に使用されている電線および器具の定期的な点検が必要である。

接触不良は, 接触子の接触圧力およびアーックによる Clean-up 効果の少ない制御回路にその大部分が発生している。この原因の大部分は, 空气中に浮遊しているじんあいの接点表面への付着, および銀系接点ではその表面の硫化水素による硫化銀被膜の形成, ならびにこの両者の競合である。じんあいに対しては盤の保護構造の改良, 定期的な接点回りの清掃等で対処するが, いずれも決定的な効果はなくむしろ接点の並列使用のほうが好結果が得られる。

硫化は最近の工業都市では従来考えられなかったほどの進行を示し, 銀系接点を使用するかぎり避けることができないが, 接触促進剤の塗布または噴霧により点検周期をいくらか延ばすことが可能になる場合もある。両者とも定期的な接触部の手入れが必要であるが, 接点表面をみがく場合, 接触圧力の少ない継電器および補助接点にはサンドペーパー の使用は禁止すべきで, 清浄な細目 ヤスリ または金切りのこの歯を利用して作ったナイフ 状の接点みがきを使用する。この場合, 接点表面を手で触れないよう注意しなければならない。機械工場等ではオイルミストのため接触部に油分が付着することがあるが, 接触不良を誘発しやすいので, 接触部の定期的な清しよく (拭), または溶剤による洗浄乾燥を行なう。

接点の交換時期の判定は 1 台分の接点のうち, 接点重量 が 40 % 減少するか, または オーパトラベル が 50 % 減少した接点が 1 組 でも発見された場合, 全体の接点を同時に新品と交換する。実務的には購入時に全 ストローク と接点 ギャップ を測定し, この差の 1/2 に接点

ギヤップを加えた寸法のゲージを2個作成し、ゲージが同時に上下接点ギヤップに入ったときを交換時期とする。このとき過去の使用実績と点検周期を考慮に加えてゲージを作成すると便利である。銀系接点の表面の手入れは、単に黒味を帯びたり細いおうとつが発生した場合は不要で、局部的なやや大きい突起の場合、ヤスリでけずりとする程度に止める。接点表面状態に関係なく、一定期間ごとに接点表面をみがくことは意味がなく単に接点の消耗を早めているだけのことが多い。(接触障害予防のための手入れを除く)

交流操作電磁石は、しばしばうなり音を発する場合がある。器具単体または盤取付面より50cm程度の距離で聞き取れないくらいのは無害であり、明らかに聞き取れるが、電磁石部分で可動鉄心の振動が手で触れなければならないような場合は、早い機会に手入れが必要であり、大きな振動を伴ううなりは即刻手入れが必要である。うなりの原因の大半は鉄心吸着面に異物が介在するため、この異物は空中に浮遊している細じん、または鉄心自身のさび(錆)による場合が多い。いずれも除去すれば正常になるが、使用頻度の少ない鉄心の再発せいの防止はやや困難である。さびの防止のため鉄心吸着面に油を塗布することは、落下不能事故を起こす可能性があり行なってはならない。このほか大きな振動を伴う、くまどりコイルの断線または脱落があるが、この場合は機構的にも摩耗している場合が多いので新品と交換したほうが無難である。

コイル焼損を事前に発見することは非常に困難であるが、交流の場合のはうなりの大きさ、交流、直流とも温度上昇に留意し、危険性のあるものを排除していくことは可能である。温度のチェックは示温塗料によるのが便利である。万一焼損、断線事故が発生した場合は原因を調査し、原因に対応した対策をたてるべきである。

操作電圧を一定に保つことは非常に困難であるが、寿命、性能に

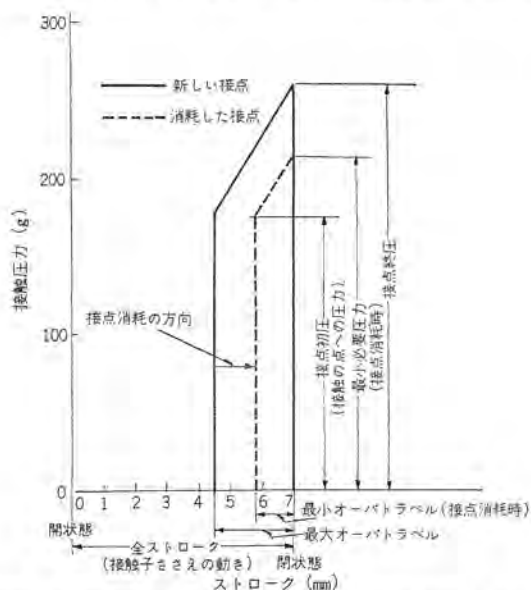


図 4.1 接点消耗と接触圧力、オーバーラベルの関係(例)
Fig. 4.1 Relation between contact wearing and contact pressure, overtravel.



図 4.2 接点手入れ法
Fig. 4.2 Mending of contacts.

関係することが非常に大きいので、少なくとも定格電圧の+5%—10%の範囲内にはいるようにし、この範囲外になる場合はコイル定格を変更するか、操作電圧の変更を行なうべきである。

4.2 過電流継電器

設定値を確認し、タッシュポット内に指定のタッシュポットオイルが規定油面まではいっていることを点検する。このとき同時に手で接点駆動部を操作し、動作が円滑であることを見ておく。このほか端子部の締付状態、変色の有無を点検する。

4.3 ナイフスイッチまたはデアイオンスイッチ、NFB

端子部分の締付け状態を点検し、円滑に開閉操作できることを確認する。ナイフスイッチの刃と刃受けには定期的に注油し、銅接触面の荒損を防止しなければならない。

4.4 半導体

元来無保守が建前であるが、じんあいの付着による放熱不良あるいは絶縁低下、締付けゆるみによるサイリスタ、ダイオードおよびトランジスタの放熱不良は寿命を短くするので注意が必要である。抵抗器、コンデンサ等は目視により変色や取付けの異状がないことを確認する。プリント板も変形、変色のないことを確認し、必要あれば自然乾燥のシリコンワックスをスプレーする。ハンダ付け部は振動の加わる点を重点的に点検し、部品または配線の支持が確實適切であることを確認する。

なにかの都合で配線のチェックをしなければならないとき、かならずテストで導通を確かめることとし、決して絶縁抵抗計、ベルまたはブザーで導通をみてはならない。また同様に主回路に直接接続されない半導体回路の耐電圧試験を実施する場合は、全線を一括し商用周波数の500Vで行なう。ただしサイリスタのゲート回路のように直接主回路に接続されている場合は、その回路の試験電圧にしたがう。

長期間使用してきた場合、半導体の諸定数の変化または抵抗器の抵抗変化等の原因で増幅器の特性がシフトしていることもあるので、数年に1回は特性の初期値との照合あるいは製作者による特性の確認を行なうことを推奨する。

4.5 盤内配線および端子

使用時に振動衝撃を受けるので、盤内配線の支持がゆるんでいると電線被覆を傷つける可能性があるので注意が必要である。また同じ理由で端子等の締付けゆるみが発生しやすく、このため発熱し焼損する場合もある。定期的な点検が必要であるが、端子部に示温塗料を塗布しておくことによって、日常点検時に容易に端子部の異状を発見し得る。

5. ブレーキ

5.1 電磁ブレーキ

保守上一番問題になるのはライニングと制動トルクの維持である。新形(ZB形)ブレーキではブレーキホイール材質にマッチしたはり付け形レジンモールド・ライニングが使用されているので、ホイール、ライニングともに著しく寿命が延びている。はり付け形のライニングは機械的にも裏金が露出する直前まで実用上なら問題なく使用可能であるが、摩耗限度を使用前のライニング厚さの1/3とすれば十分である。

ライニングの摩耗とともに電磁石のストロークは増大し、吸引電圧は上昇してくるので、定期的に電磁石のストロークの調整を実施しなければならない。このとき同時に機構部全体を点検し異状摩耗、ガタ等のないことを確認し、ピン部分に注油する。ブレーキホイールは使用するうちに表面におうとつができてくるが、山と谷の差が2~3mmに達した場合削正し、リム部厚さが使用前の1/2に達した場合新品

と交換する。ブレーキホイールの摩耗面は多少のおうとつがあってもなめらかでなければならず、もし異状摩耗やきれつ（亀裂）の発生が認められた場合は早急に原因を探究し、処置しなければならない。使用中のブレーキホイールの温度上昇限度は200℃でこれを越すと、ライニングの摩耗が急激に増大するので、使用ひん度を下げるか、または電氣的なブレーキを追加する必要がある。この温度も示温塗料をリム部内側に塗布しておくことにより、容易に確認することができる。制動力の変化率は少ないにせよ電磁石のストローク増大とともに減少するので、この見地からもストロークの管理は重要である。またストロークが過大のまま使用を続けると不必要な仕事を電磁石がなし、それをオイルダッシュポットを含む機構部で吸収するので摩耗が増大し、機械的寿命を短縮するので注意が必要である。

新形（ZB形）ブレーキの電磁石コイルは鉄心と一体にモールドされており、温度上昇は低く設計され信頼度は高くなっている。年次点検の際、鉄心吸着面の点検を行なうとき同時に清掃を行なう程度で十分である。もし運転中にうなりが発生した場合は、鉄心吸着面に異物が介在している場合が多いので分解清掃する。

このほか月例点検時にダッシュポットオイルの油面を点検し、低下しているならば補充するが、同時に油面低下の原因を調査し処置する。

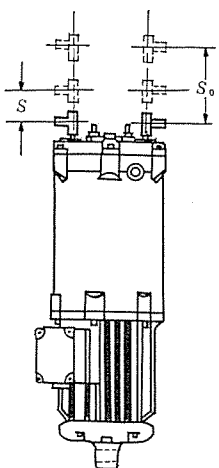
5.2 電動油圧押し機ブレーキ

電動油圧押し機ブレーキ特有の事項について説明する。ストロークは図5.1に示すように使用前または再設定時には全ストロークの1/2とし、減少限度を全ストロークの1/4とする。いかなることがあっても、押し棒上部のカップリングが電動油圧押し機に接するまで放置せずライニングの摩耗に合わせて、ストロークを調整すべきである。

電動油圧押し機には電気絶縁油2号を使用し、2～3年に1回新油と交換する。押し棒貫通部より漏油している場合はオイルシールが摩耗しているので新品と交換する。

5.3 AS ブレーキ

速度制御用のうず電流ブレーキで電動機に準じた保守点検を実施する。



形 名	全ストローク SO	設定時最大 ストローク S	許容最小 ストローク S
NL-25	50	25	10
NL-40	75	37	15
NL-60	100	50	20
NL-120	150	75	30

図 5.1 電動油圧押し機 ストローク 表 (mm)
Fig. 5.1 List of stroke of motor driven oil pressure lifter.

6. 抵抗器

端子締付け部およびグリッド抵抗器ではグリッドの締付け点検を運転開始直後は月例点検ごとに、3～4ヵ月経過後は半年または年次点検ごとに実施する。許容温度は350℃であり、この温度では抵抗体の変色は起こらないが、万一変色が認められる場合は、使用ひん度が高いか過負荷が原因である場合が多い。電動機のトルク不足または回転数が上昇しない事故のうち、二次抵抗の折損が原因の場合

がある。

7. 制御器

7.1 直接制御器（CN形制御器）

接点部分は電氣的寿命が長く、しかも銀系接点を採用しているため点検周期は長くてよい。月例点検時にアークボックスを取はずし、接点部の点検を行なうが、電磁接触器の接点に準じて保守すればよい。このとき端子部の締付け点検、回転またはしゅう（摺）動部への注油および内部の清掃を行なう。

接点のオーバートラベルが使用前の1/2以下となったとき新品の接点と交換するが、接点間ギャップ7±1mm、食違い0.5mm以下、片当たり0.05mm以下になるように調整する。接点の消耗が早い場合は使用ひん度が高いかノッチ進めが早い、または抵抗器の接続誤りの可能性があるので調査する必要がある。

7.2 間接制御器（DM形制御器）

直接制御器とほぼ同一であるが小電流回路、または低電圧回路を含む場合があるので、接触不良発生の可能性があり注意が必要である。電磁継電器の接点と同様に接点表面を清しよくしてから接触促進剤を塗布すると、点検周期を延ばし得る場合がある。

接点のオーバートラベルは1.0mmに設定し、0.5mmに減少したとき新品と交換する。このとき直流のアーク吹消し磁石付きの接点の場合は、アークが外側に吹消されるような磁石の極性としなければならない。

8. リミットスイッチ

接点部分については今まで述べてきたことを参照されたい。回転部分に対する給油は月例点検のつど実施する。チェーンで駆動する場合はチェーンのち（弛）度に留意し、張り過ぎ、ゆるみすぎのないようにしなければならない。点検のためにカバーをはずし、そのまま放置したためじんあいにより接触不良を起こした例があるので、カバーは確実にしめておく必要がある。

9. その他の機器

9.1 パイロット発電機

ブラシおよび整流子の状態を使用率に応じ3ヵ月～1年ごとに点検する。整流子表面が光沢を有するチョコレート色を呈しているのは正常であるが、オイルミストの多い工場等では暗黒色で湿った感じのする場合がある。このときは清浄なボロで根気よくぬぐい、同時にブラシホルダーおよびブラシも清掃する。

半導体を使用した応答速度の高い自動制御系では、パイロット発電機発生電圧のリップルが問題となることがあるので、整流子面、ブラシの圧力、チェーン駆動の場合はチェーンのち度、スプロケットホイールの締付け等に注意を要する。

9.2 可飽和リアクトル、移相変圧器、制御変圧器等（乾式）

端子部の締付け点検を主とし、月例点検ごとに目視により外観の異状の有無を点検する。年次点検時には圧縮空気等を利用して付着したじんあふを吹き飛ばしながら絶縁物、端子等を点検し、異状を認めた場合原因調査のうえ処置する。

9.3 誘導器

制御器内に組み込まれている小形の単相誘導電圧調整器のことで変圧器に準じた保守を行なえばよい。回転子口出線が回転子に近い側で他の配線等に当たっている場合は、このため屈曲部より口出線

なく行なうためのチェックリストと、判定のよりどころとなる検査基準があれば便利である。表 9.1 はこの目的のために例として作成したもので、点検細目の項は……かで結ばれているが、これを……であること、と結べば検査基準となるように構成されている。

クレーン、用電気機器の点検を実施するに当たり、点検を確実にもれ

表 9.1 三菱クレーン用電機器点検表(その1)

924

表 9.1 三菱クレーン用電気機器点検表(その2)
Table 9.1 Inspection of electric equipment for Mitsubishi cranes.

機器	点検項目	点検細目	良	否	処 置	完
制電器	過電流継動	端子	1. 締付けは良好か 2. 過熱のあとはないか		1. 増し締めする 2. 増し締めする、はなはだしい場合は新品と交換する	
		コイル	1. 変色、焼損のあとはないか 2. じんあいの付着はないか		1. 新品と交換する 2. 圧縮空気等で吹き飛ばす	
		接点操作機構	1. 円滑に動作するか(各相ごとに点検する) 2. ばねその他にきびはでないか		1. 清掃しても円滑にならないときは新品と交換する 2. 新品と交換する	
		動作	1. 200%電流で規定時間範囲内で動作するか 2. 接点の接触状態は良好か		1. 再設定する 2. 良品と交換する	
		ブランジャーおよびダッシュボット	1. ブランジャーに発せはないか 2. ダッシュボットオイルは規定油面までであるか 3. ダッシュボット内に異物が混入していないか 4. ピストンの固定は確実か		1. 清掃するか新品と交換する 2. 規定の油(添付品)を規定油面まで入れる 3. 清掃後新油を規定油面まで入れる。軽度の異物混入の場合口紙で口過すればダッシュボットオイルは再使用可 4. 締付ける	
	半導体応用回路	端子	締付けは良好か		増し締めする	
		配線	1. 固定は良好か 2. 損傷はないか		1. 損傷しないように固定する 2. 配線を引き換える	
		プリント板および部品	1. じんあいの付着はないか 2. 変色、変形等の異状はないか		1. 圧縮空気等で吹き飛ばす 2. 特性に影響する場合は交換する	
		動作	1. 規定の入力(動作)を加えて規定の出力(動作)がでること		1. 再調整または新品と交換する	
	とくに詳細な半導体応用回路の点検は一般に製作者側に依頼する					
	端子および配線	端子	1. 導線の締付けは良好か 2. 過熱のあとはないか 3. 取付けは確実か 4. バリヤ等の破損はないか		1. 増し締めする 2. 増し締めする、はなはだしい場合は新品と交換する 3. 増し締めする 4. 新品と交換する	
		内部配線	1. 固定は良好か 2. 損傷はないか 3. 制御回路等の細い線に素線切れはないか 4. 圧着端子のヒビ入りはないか 5. ワイヤーマークのはがれはないか 6. じんあいの付着はないか		1. 固定する 2. 配線を引換え、確実に固定する 3. 配線を引換える 4. 不良端子を切り取り再圧着する 5. 新品のワイヤーマークをはり付ける 6. 圧縮空気等で吹き飛ばす	
	絶縁抵抗		各盤 0.5MΩ 以上あるか		不良部品を交換する	
電磁ブレーキ	電磁石		1. うなりは小さいか 2. ストロークは許容範囲内か 3. 温度上昇は規定値以下であるか		1. a. 鉄心吸着面の異物を取り除く b. 操作電圧が低い場合は正規にする c. 制動トルクが大き過ぎる場合は規定範囲にする 2. a. ライニング摩耗によりストロークが増大した場合はストローク調整をする b. ビン類が摩耗した場合は新品と交換する 3. a. 鉄心吸着面の異物を取り除く b. 上記でも下らぬ場合は鉄心コイルを新品と交換する	
			1. 摩耗は限度内にあるか(ライニング厚さが使用前の 1/3 になったときが限度) 2. プレーキ開放時、左右のギャップが等しいかまた運転中ホイールにすらないか 3. 異状摩耗していないか		1. 新品と交換する(左記の基準ははり付形ライニングの場合) 2. 調整する 3. a. 制動容量不足の場合は 1 段上の容量にするか、電気制動を付加するか使用率を下げる b. 周囲条件が悪い場合は保護を考える	
		ブレーキシュー				

機器	点検項目	点検細目	良	否	処 置	完
電磁ブレーキ	ダッシュボット	1. 効果は良好か 2. 油面は許容範囲内か 3. 油もれはないか			1. 機構部分を調査する 2. 補充する 3. Oリング、ダストキーパーを新品と交換する	
		1. 制動トルクは規定どおりか 2. ビン類には給油されているか 3. じんあいが堆積していないか			1. 再設定 2. 給油する 3. 清掃する	
	ブレーキ	1. 摩耗限度内にあるか(リム部厚さが使用前の 1/3 になったときが限度) 2. 異状摩耗していないか(おうとつとの差 2mm 以内) 3. 使用時表面温度が 200°C を越えないか 4. 軸とのハメ合せは良好か			1. 新品と交換する 2. a. 削正する b. 削正すると摩耗限度近くなる場合は新品と交換する c. ライニングも調査する必要がある 3. 200°C を越えたらライニングの異状摩耗が起ころ、ブレーキシュー 3 項参照 4. キーに変形ある場合は関係寸法を変更する	
		下記以外は電磁ブレーキを参照する				
電動油圧	油圧機	1. 油面は許容範囲内か 2. 油の老化はないか 3. 押し棒の動作は正常か 4. 温度上昇は規定値以下か(温度上昇値は巻線の抵抗法で 55°C、ただし周囲温度 40°C、したがって温度では 95°C)			1. 補充する電気絶縁油 2 号(トランス油)を使用する 2. 2~3 年ごとに 1 回新油と交換する 3. a. 油もれて油が不足している場合は、油もれ修理のうえ油を補充する b. 電動機が回転していない場合は、回路または巻線を調査する c. 60 c/s 用を 50 c/s で使用している場合は、羽根車を交換する 4. a. 車組運転の場合は回路を修理する b. 軸受等の損傷は新品と交換する c. 50 c/s 用を 60 c/s で使用している場合は、羽根車を交換する	
		軸巻温度上昇	電動機と同じ電動機と同じ 1. 規定値以下か		1. 低速で長時間使用する場合は容量変更か、使用率を下げる	
		直操作	1. 円滑に操作できるか 2. ノッチ感覚は良好か 3. 零ノッチストッパーの動作は良好か		1. 軸受部、スターホイール部に給油し、効果のない場合は不良部品を新品と交換する 2. スターホイール部ばね、コロを調整する 3. 新品に交換する	
電磁ブレーキ	(CN) 制御器(間接(DM)制御器)	1. 摩耗限度内か(オーバートラベルが新製時の 1/3 になったときが限度) 2. 消耗は正常で、大きなおうとつはないか 3. 接触圧力は規定範囲内か 4. リード線の素線切れはないか 5. 接点の締付けは良好か 6. 外部配線の締付けは良好か 7. アークボックスは正常か			1. 新品の接点と交換する。このとき a. 片当り 0.5 mm 以下 b. 食違い 0.5 mm 以下 c. 開位置での接点間ゲキ 7.0±1.0 mm 2. 大きなおうとつはヤスリでほぼ平面になるように仕上げる。微細なおうとつのみで黒くなった程度では手入れ不要 3. 規定範囲外のものはコンタクトブロックごとと交換する 4. 10%以上の断線が認められるものはコンタクトブロックごとと交換する 5. 増し締めする 6. 増し締めする 7. 新品と交換する	
		端子	1. 締付けは良好か 2. 過熱のあとはないか		1. 増し締めする 2. 増し締めする、はなはだしい場合は新品と交換する	

図 9.1 三菱クレーン用電機器点検表 (その3)
Table 9.1 Inspection of electric equipment for Mitsubishi cranes.

機器	点検項目	点検細目	良	否	処置	完
抵抗器	ダリッド	1. 折損、き裂はないか 2. 過熱のあとはないか (許容温度 350°C)			1. 良品と交換する 2. a. 過負荷の場合は正常負荷にもどす b. 使用率が高すぎる場合は規定使用率まで下げる c. 上記でも下らぬ場合は製作者に申し出る	
		3. 締付けは良好か (タイロッドの締付)			3. 増し締めする、とくに運転開始直後は、ゆるみやすいので月例点検ごとに安定するまで増し締めする	
抵抗器	構造、外部配線	4. じんあいの堆積はないか 5. 振動でグリッド片同士が接触しないか			4. 圧縮空気等で吹き飛ばす 5. a. 支持を強固にするか取付の向を変える b. グリッド片を交換する	
		1. 締付けは良好か 2. 過熱の影響はないか 3. 外部配線の被覆は異状はないか			1. 増し締めする 2. 通風、防熱板を考慮する 3. 配線経路を変更する	
電動機に準ずるが下記を追加する (温度上昇振動は通常問題にならない)						
パワロッド発電機 (PG)	整流子	1. 全面が光沢あるチョコレート色になっているか 2. ブラタバーはないか 3. 汚損はないか			1. 清浄なボロで清掃する。すぐまた黒くなる場合はブラシも変えてみる 2. 電機子巻線に異状があるので修理する 3. ブラシ摩耗粉は吹き飛ばす	
		1. リップルは大きくないか (3%を限度とする)			1. a. 整流子を点検する b. 上記で異状なければ電機子巻線の断線、層間短絡をチェックし、不良であれば良品と交換する c. 上記で異状なければ駆動系を調査する	
パワロッド発電機 (PG)	電圧波形	1. 規定値以上あるか (半導体回路の場合 1 MΩ 以上)			1. 分解清掃し良好とならない場合は良品と交換する。分解する場合ブラシホルダー (0 側ブラケット) とフレームに合マークを入れること	
		絶縁				
乾式変圧器可飽和リアクトル	端子	1. 締付けは良好か 2. 過熱のあとはないか			1. 増し締めする 2. 増し締めする。はなはだしい場合は端子板を新品と交換する	
		1. じんあいの堆積はないか 2. 変色はないか			1. 圧縮空気等で吹き飛ばす 2. 過熱による場合は新品と交換する (乾式は修理不能)	
乾式変圧器可飽和リアクトル	鉄心	1. 締付けは良好か 2. さびが出ていないか			1. 増し締めする 2. ワイヤブラシ等で磨き自然乾燥ワニスを塗布する	
		1. 締付けは良好か 2. 取付はゆるんでいないか 3. 接地は確実か			1. 増し締めする 2. 増し締めする 3. 磨いて十分締付ける	
乾式変圧器可飽和リアクトル	端子、回転子口出線	1. 締付けは良好か 2. 回転子口出線の配線処理は良好か			1. 増し締めする 2. 全長で自由に回転できるようにする。万一断線した場合は余裕をもたせて再配線する	
		1. 回転は円滑か 2. グリースの状況は良好か			1. 軸受けを良品と交換する 2. グリースを規定量補充する	
乾式変圧器可飽和リアクトル	巻線	1. 絶縁抵抗は規定値以上あるか (固定子、回転子とも 1 MΩ 以上) 2. じんあいが堆積していないか 3. 変色はないか			1. 清掃しても良好にならない場合は修理する 2. 圧縮空気等で吹き飛ばす 3. 過熱による場合は新品と交換する	
		1. 零点は狂っていないか (最少 2 次電圧点)			1. 再設定する	
乾式変圧器可飽和リアクトル	振動	1. 防振ゴムは良好か			1. 異状あれば新品と交換	

11. む す び

以上、主要なクレーン用電機器の保守点検について述べたわけであるが、これに過去の使用実績および経験を加えてより完全なものとして利用されることを希望する。

おわりに、当社クレーン用電機器の進歩発展にあたって、ご指導ご助力賜った関係各位に対し、深甚なる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

(1) 電気学会：電気学会技術報告 (I 部) 第 77 号 (昭 41)



特許と新案

浮動小数点表示2進数の高速加減算装置

発明者 中塚正三郎

この発明は浮動小数点方式で表わした2進数を高速で加減算する装置に関するものである。浮動小数点方式で表わした2進数は一般に次の形である。

$$2^a \cdot A, A < 1$$

ここに a を指数部、 A を仮数部と呼び、 a および A はいずれも2進数で表示する。たとえば

$$\begin{aligned} 720 &= 1024 \times 0.703125 \\ &= 2^{10} \times 0.703125 \end{aligned}$$

を 10101011010 として表わす。ここに最初の4ビットが指数部でそれ以下7ビットが仮数部である。このような数を二つ加算する場合を例に説明すると

いま、上記 10101011010 A と

別数の 01011101011 B との加算を考える。

両者の指数部は、一致していないからそのまま加算できず、指数の小さいほうの数を補正して両者の指数部を一致させる必要がある。

すなわち B の指数部に1を加え、その代わり仮数部を1ビット右へ移動させると

$$01100110101$$

となる。これでもまだ一致しないので、これを3回繰返すと

$$10010000110$$

を得る。これで指数部の3ビットが一致した。あとは最後の1ビットが異なるのみである。そこで上記操作をもう一度繰返すと数 B は

$$10100000011$$

となり数 A と指数部が一致したから、仮数部について通常の加算操作を行えばよい。この発明はこの操作を高速に行なうものである。

図1にこの発明の装置を示す。まず最高けたの E_n と F_n を比較する。 $E_n=1, F_n=0$ のときはアンドゲート G_{dn} により母線 S_f に信号が、 $E_n=0, F_n=1$ のときはアンドゲート G_{en} により母線 S_e に信号が印加される。このときはアンドゲート G_{bn} 、 G_{cn} は閉じているから第 $n-1$ けた以下第2けたまでの比較回路のアンドゲートはすべて閉じられ、 $E_n=1, F_n=1$ または $E_n=0, F_n=0$ のときは、信号はアンドゲート G_{bn} または G_{cn} により、オアゲート G_n を経て第 $n-1$ けたの比較回路

の各アンドゲートに印加される。第 $n-1$ けたの E_{n-1}, F_{n-1} が等しくないときは同様に、これらが等しくなるまで母線 S_e, S_f のいずれかに信号が印加されている。以下同様にして第 n けたから第2けたまでの数が1けたでも異なれば、小さいほうの信号母線に信号が現われる。アンドゲート G_{en}, G_{en} は指数部の最低けた E_1, F_1 が等しくないとき開かれるゲートで、すなわち $E_1=1, F_1=0$ のときはアンドゲート G_{e2} 、オアゲート G_{1a} を経て、 $E_1=0, F_1=1$ のときはアンドゲート G_{e1} 、オアゲート G_{1a} を経てアンドゲート G_{e3} または G_{e5} に信号が印加される。このとき母線 S_e または S_f の信号は、 S_1E または S_1F に現われ1ビットシフト信号出力が生じる。1ビットシフト信号により小さいほうの数の指数部に1が計数加算され、仮数が1ビットシフト移動されたら指数部の最低けたは一致する。このとき $E_1=1, F_1=1$ のときはアンドゲート G_{e7} により、 $E_1=0, F_1=0$ のときはアンドゲート G_{e8} により信号がアンドゲート G_{f1}, G_{f3} に印加され、母線 S_e または S_f の信号は端子 S_2E または S_2F に現われ2ビットシフト信号出力が生じる。すなわち、指数部の最低けたが等しくないときは1ビットシフト動作が、最低けたが等しくなったら2ビットシフト動作が行なわれ、けた合わせがきわめて敏速に行なわれる。指数部の各けたが等しくなったらアンドゲート G_{f3} により演算用端子 A に信号出力が生じ、加算または減算が行なわれる。(特許第475483号)(同上記)

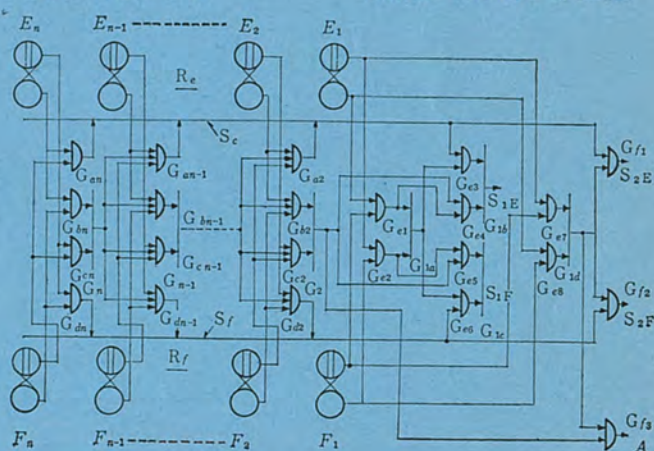


図1

中性子回析装置

考案者 菰原 智

この考案は中性子回析装置に関するものである。図1は従来の装置を示す。すなわち、炉心(1)からはしゃへい物(2)を貫通して水平方向に並んだ2本の中性子通路(3)(4)が設けられており、この

通路(3)(4)を通して導出された中性子ビームは、それぞれモノクロメータ(5)のモノクロ単結晶(6)(7)に当たるようになっている。またしゃへい体(33)にはモノクロ単結晶(6)(7)で反射された中性子ビー

ムが、外部のゴニオメータ(8)(9)に設けられた資料(10)(11)に当たるように中性子導出孔(12)(13)が設けられている。

この従来の装置によれば、モノクロ単結晶(6)(7)にはそれぞれある特定の波長の中性子しか取出せない欠点を有している。すなわち、通路(3)(4)の位置および導出孔(12)(13)の位置は決定されているので、モノクロ単結晶(6)(7)を回転させることができない欠点を有している。この考案はこの欠点を改良したものである。

図2はこの考案の装置の一部断面横断面図、図3は一部断面上面図である。すなわち、モノクロメータ(5)は中性子通路(4)からの中性子ビームに対向するモノクロ単結晶(7)、中性子通路(3)からの中性子ビームに対向するモノクロ単結晶(6)、モノクロ単結晶(7)を収容する上部シャヘい体(15)、モノクロ単結晶(6)を収容する下部シャヘい体(16)および上部の別個のシャヘい体(17)から構成されている。上部シャヘい体(15)と下部シャヘい体(16)とは同軸上に配置され、ベアリング(18)によって相対向に回転する。モノクロ単結晶(6)(7)はそれぞれシャヘい体(16)(15)の軸上に位置し、同一垂直線上に上下でき、支持台(19)(20)の近傍に設置されたマイクロモータ(図示せず)によ

て回転される。また支持台(21)は下部シャヘい体(16)と連動し、かつアーム(22)を介してゴニオメータ(9)と結合されており、下部シャヘい体(16)とゴニオメータ(9)とは一体となって回転する。

一方、上部シャヘい体(15)には結合部材(23)を介してアーム(24)が固定されており、このアーム(24)にはゴニオメータ(8)が設けられている。また装置(27)(28)は検出器(25)(26)と試料(10)(11)とを2対1の角度比で回転させるよう構成されている。

以上のようにこの考案によれば、モノクロ単結晶(6)(7)はそれぞれ回転可能であり、しかもモノクロ単結晶(6)(7)を収容する下部上部シャヘい体(16)(15)もそれぞれ相対的に回転可能であり、おのおののシャヘい体(16)(15)にはそれぞれゴニオメータ(9)(8)が固定されているので、モノクロ単結晶(6)(7)を角度 θ 回転させ、さらにそれに対応するシャヘい体(16)(15)を角度 2θ 回転させることによって、次々と種々の波長の中性子を取り出せる、すなわち同時に二つの試料の試験の中性子の波長を次々と変化させながらできるわけである。

(実用新案第793677号)(岡上記)

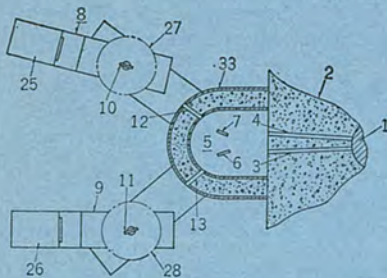


図 1

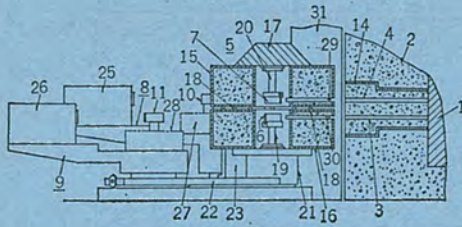


図 2

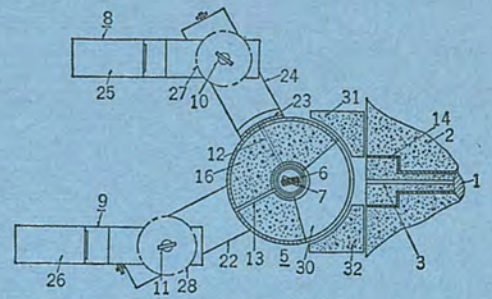


図 3

周波数変換回路

考案者 川井 尚・大木 滝夫

この考案はマイクロモジュール、固体回路などに適した周波数変換回路に関するものである。

この考案の回路において、トランジスタ9はベース帰還方式であるから、そのエミッタは高周波的に接地されるべきであるが、混合回路のトランジスタ4のエミッタの入力インピーダンスが低いから、そのエミッタに上記エミッタを直接接続しても発振動作に支障をきたさなく、トランジスタ4の発振勢力の注入はエミッタ回路を通じて直接行なわれる。またトランジスタ4のエミッタも高周波的に接地されることが望ましいが、トランジスタ9のエミッタに直接接続することにより信号成分に対するエミッタ入力インピーダンスが低いため、負帰還作用による利得の低下はそなわれない。また中間周波段の検波出力を帰還させることにより容易に自動利得制御を行なうことができる。

以上のように、混合回路および発振回路にそれぞれトランジスタを設け、混合回路のトランジスタ4の動作特性を改善し、またトランジスタ4, 9の直流動作点を共通のベースバイアス抵抗7, 8で与えることがで

きるため回路構成が簡単になる。

(実用新案第791925号)(岡上記)

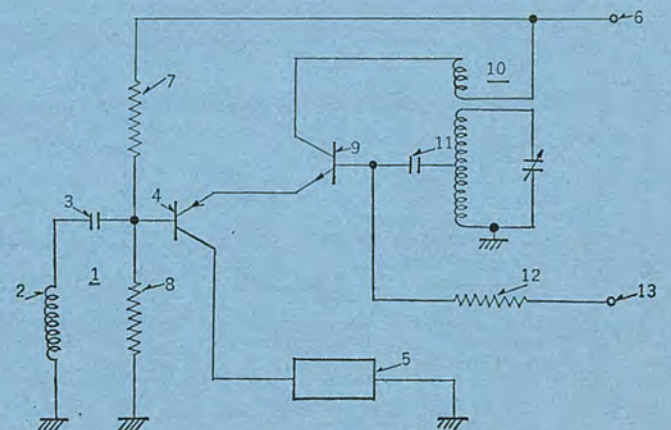


図 1

三菱新ASP-A方式シンクログライド高速度エレベータ

高村 明*・板垣 晃平*・篠崎 裕久*

Mitsubishi New ASP-A System Synchro Glide High-Speed Elevators

Inazawa Works Akira TAKAMURA・Kōhei ITAGAKI・Hirohisa SHINOZAKI

With an active trend of constructing lofty buildings in this country too, elevators running at a speed of 150 m/min, have come to fall behind the demand of high speed operation appropriate for the service. Under the circumstances, Mitsubishi has developed and exported a good number of elevators with speeds exceeding 150 m/min to several foreign countries. For domestic demands too, the Company built this year the first regular high speed machines, supplying 3 units of 240 m/min elevators to Meitetsu Building. In the wake of this groups of high speed products have been supplied to Nippon Fudōsan, Dick Building and other edifices.

This article reports on the latest ASP-A system which has been verified to fulfill the function asked for as well as Mitsubishi high speed high performance synchro glide elevators.

1. ま え が き

国内の高層建築建設のピッチがどんどん活発になってきた昨今では、高層ビル用の高速高性能エレベータとしては、従来の150 m/minでは、不十分であることがかなり常識化してきた。三菱電機では、いち早くすでに国外向けとして、ホンコン マンダリンホテルをはじめ世界各地に多数の150 m/minを越える高速エレベータを納入したが、ひるがえって国内向けには、42年にはいりわが国最初の本格的な高速エレベータとして、240 m/min 名鉄ビル向け3台をはじめ日本不動産、ディックビル向け等の高速エレベータ群が、続々実動を開始している。

高速高行程エレベータになるほど、建築全体に対するエレベータのしめる面積が大きくなるので、エレベータ設備のよしあしが重要になり、ある程度設備費が高くなっても、高性能エレベータをできるだけ台数を少なく据付けて、しかも輸送能力を確保する必要がある。ところでエレベータ設備のよしあしを決定する最大の要素は次の3点にしばられる。

(1) ビルの利用計画を十分にねり上げたいうえで、それに合ったエレベータの配置、サービス階の分割等を行ない、よい設備計画をたてること。

(2) 個々のエレベータとしては乗りこちよく、床から床までの時間が短い、故障の少ない高速高性能エレベータを選ぶこと。

(3) 群管理機能がすぐれていること。

これらの問題については、当技報⁽¹⁾でも繰返し種々の観点から報告、紹介してきたが、今回は主として、高速高性能エレベータとして、ようやく国の内外で活躍の開花期にはいったシンクログライドエレベータの進歩、改良の跡と、高層ビルへの納入実績によりますますその管理機能を充実してきた最近のASP-A群管理方式のユニークな全容を紹介する。

2. シンクログライド方式高速高性能エレベータ

エレベータの運行基本サイクルは図2.1に示すように、乗降時間と床から床までの時間で構成され、乗りこちよい状態のまま、その時間を短縮することが運行特性改善の最大のポイントであるということとは従来から繰返し述べてきた。本章では、その後世界一を誇る稲沢製作所試験塔を中心に研究、改良を行なった結果、主として床か

ら床までの時間の短縮と乗りこちの改良に対して得られた成果について説明する。

2.1 300 m/min 高速エレベータの実運転試験結果

シンクログライド高速エレベータの納入実績は、すでに国内国外を合わせて50台を越える活況を示しているが、一方試験塔での実運転試験も順調に進行し42年1月末300 m/minの高速に達した。

図2.2に各種運転経路におけるオンログラフを示したが、図2.3に示す理想運転曲線と比較すると、その運転成績の優秀さがはっきりするであろう。元来理想的な速度パターン発生装置は、常にいわゆ

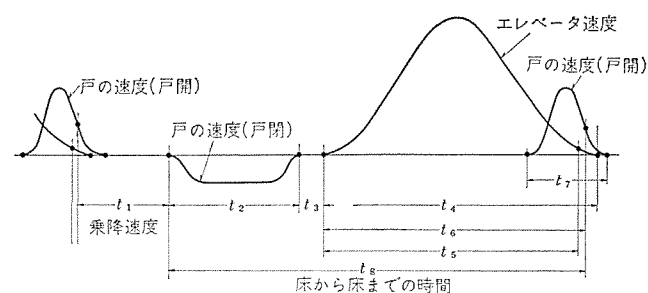


図 2.1 エレベータの標準運転シーケンス
Fig. 2.1 Typical operation sequence in elevator systems.

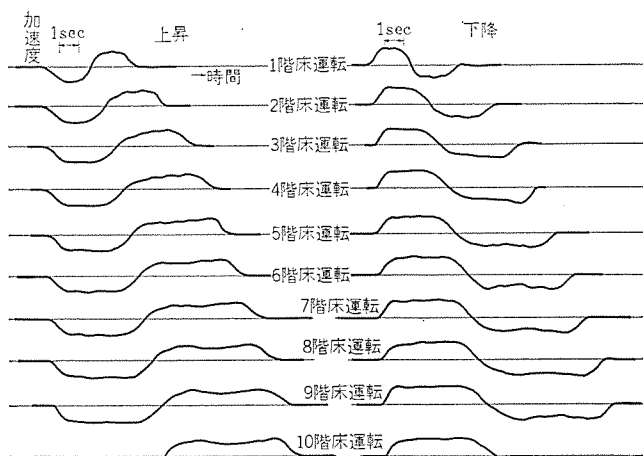


図 2.2 300 m/min 高速エレベータ実測加速度曲線 (ホテル用)
Fig. 2.2 300 m/min actual acceleration curves for high speed elevators (Hotel use).

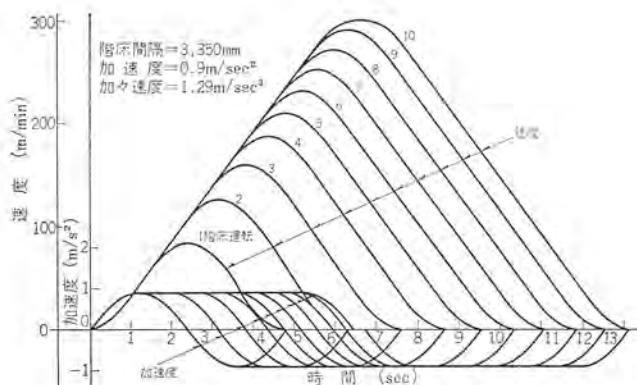


図 2.3 理想速度曲線 (ホテル用)
Fig. 2.3 Ideal performance curves (Hotel use).

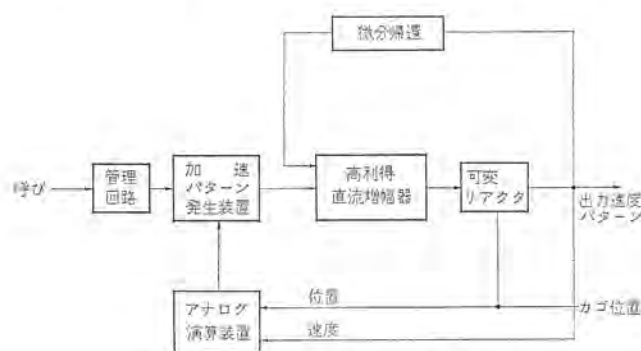


図 2.4 DMA アクセレータの原理図
Fig. 2.4 Block diagram of type DMA accelerator.

る走行距離と調和のとれた最高速度を正確に選択し、中間速まで出して折り返す際、最高速度で定常運転することなく減速に移り床前のクリープなしで着床できるものでなければならぬ。

三菱シンクログライド DMR 方式では、この理想的パターン発生装置のすべての条件を満足するシステムをたくみに、経済的に構成して快適な運行特性を実現している。加速パターン発生は、図 2.4 に原理を示す DMA アクセレータによって行なわれ、減速パターンはおもにセレクト内のリアクタで行なわれる。

アクセレータは出力を微分帰還する形の高利得飽和積分増幅器であって、しかもその出力部にかごの位置に 1:1 の関係を保ちながら速度基準を与える可変インピーダンスのリアクタを含んでいるために、加速から減速への切り換えが円滑に行なわれる。

すなわち図 2.5(a) において加速度が正弦波動的立ち上りを示す加速開始部分と、次の一定加速度発生部分、正の加速度から負の加速度に切り換わる部分、一定減速度発生部分および減速度が正弦波動的なおさまりを示す着床部分にわけて考えると、そのうち $t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow t_3$ の期間は減速、着床動作に無関係に希望の加速基準を与え、忠実にその基準に沿って加速すればよいために、比較的簡単である。しかし期間 $t_3 \rightarrow t_4 \rightarrow t_5$ では次の種々の理由から非常に制御がめんどうになる。

- (1) 各運転履歴が変わっても $t_3 \rightarrow t_4 \rightarrow t_5$ の時間は一定であるが、各履歴に対応して瞬時速度は種々変わり一定でない。
- (2) したがって t_3 の点は着床階までの距離およびエレベータの瞬時速度に対応して選ばねばならぬ。
- (3) t_5 の点から着床に備えて増幅器は完全に飽和してリアクタインピーダンスのみで決まる位置速度制御系にすり換わねばならぬ。

三菱シンクログライド DMR 方式ではかご位置、瞬時速度に非線形要

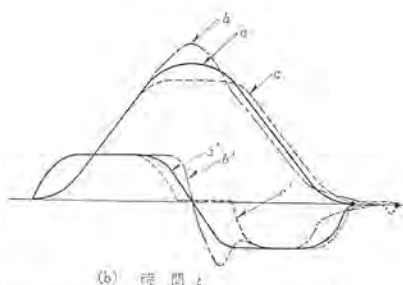
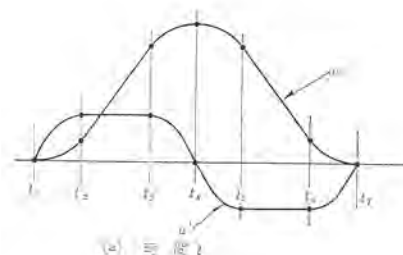


図 2.5 理想連続曲線とやや悪い運転曲線例との比較
Fig. 2.5 Ideal performance curves & poor performance curves.

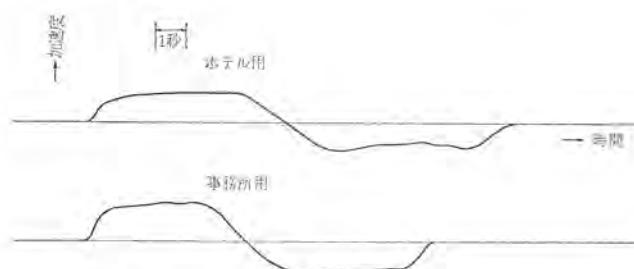


図 2.6 300 m/min 高速エレベータ実測加速度曲線の比較 (ホテル用対事務所用)
Fig. 2.6 300 m/min actual acceleration curves for high speed elevators of hotel use vs. office use.

素をかみ合わせた一種のアナログ演算回路 (特許出願中) を利用して、巧妙に t_3 の時点を選択し、加速パターン発生装置に指示する。すると、加速パターン発生装置は t_3 から t_5 にかけて関数発生器により、所定の加速基準を作り増幅器に入力として与え t_5 に至って増幅器は飽和する。したがって $t_5 \rightarrow t_6$ の期間は、アナログ形セレクト内のリアクタのみで制御されるが、リアクタの特性を繰返し改良した結果、図 2.2 に示すようなみどりの加速度曲線を得た。この曲線が等減速度になるような減速度制御から生れた曲線ではなく、位置に対応した速度基準に沿ってかごが走行した結果の減速度曲線であることに注目いただきたい。

この方式では実際の着床に当たっては、さらに位置精度をあげるため、ほぼ t_6 の点で昇降路に直接とりつけたインダクタに速度基準を切換えるわけだが、その切換の際にもまったく加速度曲線は乱れずに、乗りこちよく、床前のクリープもなく、きれいに着床できている。図 2.5(b) に乗りこちが悪いうえに運行時間の長い例、(b 曲線) 乗りこちは良いが最高速度の種類が少なすぎる点、減速パターンに位置に関する成分ははいっていない点等に欠点があるため、運行時間の長い例 (c 曲線) を示したが、これに比べて当社の実測データがいかにすぐれたものかよくわかりいただけるものと思う。この運転特性は、図 2.4 の加速パターン発生装置、アナログ演算装置等に含まれるつまみを調整することにより、輸送能力と乗りこちのいずれを重視するかの好みに応じて変えることができる。その実際の運転曲線の例を図 2.6 に示す。

以上主として、上下方向の運行特性について述べたが一方 300 m/min の高速に達すると水平方向の振動(横ゆれ)も非常に重要になってくる。試験塔における数多くの横ゆれに対する試験の結果、品質目標としては水平加速度 4 gal を限界とする必要があることがわかった。上下方向の運行特性の場合は背反条件として、運行時間を考慮する必要があるが、横ゆれの場合は経済条件が許す限り理想的には 0 になることが望ましい。

この横ゆれを決定する要素としては、レール、ガイド、かご室の防振の 3 点がある。われわれは試験塔における実測に並行してレール、かご室支持の防振ゴム、ローガイドなどの各要素器具の特性を実測、レールの据付不整合を入力としたアナログ計算器によるシミュレーションの結果を参考にして、実際の器具、システムを改良し、その効果を確かめるというサイクルを繰返した。とくに高層ビルでは昇降行程が長いこと、柔構造ビルであること等のために、レールの設定条件を理想状態に保つのが容易でない。

この点については高速エレベータにおいて世界的に有名なウェスチングハウス社の技術を基礎に、これに試験塔での試験を加えレールパッキング、レール継目、スライディングレールクリップ、レールサイズ等のレール関係の設計・製作・据付面についてとくに入念な検討を加えた。その結果、総合性能として図 2.7 に示すように、許容値内の横ゆれでおだやかに走行し、従来の 150 m/min に劣らぬ好成績を得た。

2.2 扉の開閉時間について

床から床までの時間のうち、とびらの開閉に要する時間はかなりの大きな割合を占めている。そのうえ、最近速度制御系の進歩はますます目ざましく、ランニングオープンの際の安全確保と運行効率向上の両面から、とびらの開閉時間を極力短縮する必要が強くなってきた。そのため従来の AA 型戸閉装置をしのぐ高性能のものとして K₁ 型電動戸閉装置を開発、すでに標準として採用している。性能上の特長を列記すると

(1) 中央開きのとびらをかご側から左右別々につかんで駆動し、リンク構造、支点の位置等について十分に配慮して、とびらの開閉動作の反作用が左右バランスして打消しあいかがゆれるようなことがないようにしたので高速開閉が可能になった。

(2) 各部の剛性、潤滑、防じんをていねいにし衝突部に特殊ゴムを使っているので、高速開閉を繰返しても非常に静粛であり、摩擦によるガタが出ず、メンテナンスフリーに近づいた。

(3) 反転動作が素早く円滑に行なわれるように電動機制御回路を改良したので、高速開閉であるにもかかわらず、セーフティシューにふれるだけでとびらにはほとんどふれずに反転開ひ(扉)する。(特許出願中)

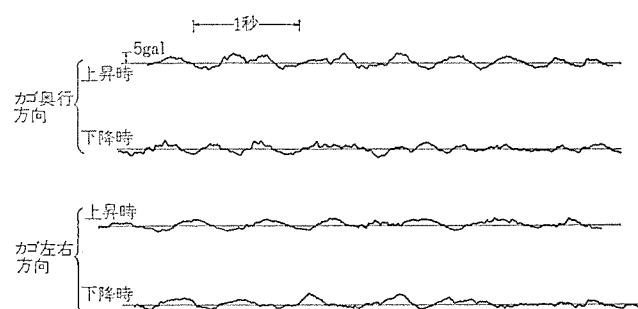


図 2.7 300 m/min 時のかご横ゆれ実測曲線
Fig. 2.7 Horizontal vibration oscillograms in operation at 300 m/min.

(4) セーフティシューを根本的に改良、強化したので、その動作はいっそう円滑静粛となり、ほとんど保守の必要がない。

図 2.8 に開動作、閉動作、反転動作の代表オシロを示す。とくに反転動作が敏速な点、開動作所要時間が従来より大幅に短かい点に注目いただきたい。

2.3 高速エレベータの床から床までの時間短縮の効果

以上シンクログライド高速エレベータが、良い乗りこちのまま、床から床までの時間を短縮するのに成功した結果のうち、おもなものを紹介した。引続き本章では時間短縮が輸送能力、サービスの向上に与える影響についてやや詳細に説明する。

元来輸送能力に余裕のある場合は利用者の不満は、“待ち時間が長い”“乗りこちが悪い”というような比較的ぜいたくな面に限られるが、いったんラッシュ時になると、“乗れない”とか、交通渋滞によるだんだん運転が表われ“はなはだしく待ち時間が長い”というような根本的な不満になる点はエレベータも一般輸送機関と大差ない。

図 2.9 は従来からたびたび紹介したように床から床までの時間が短い理想的なエレベータと、床から床までの時間が理想より 2.0 秒長いエレベータのアップピーク時の 5 分間輸送力の比較図である。

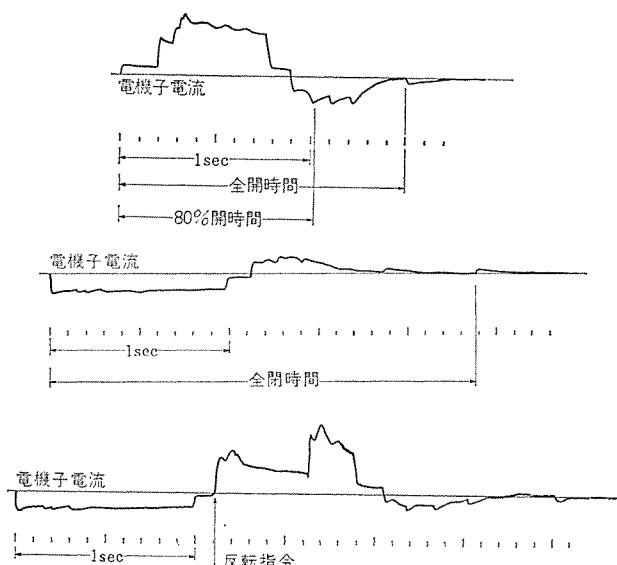


図 2.8 K₁ 型戸じめ機械運転特性代表オシロ
Fig. 2.8 Typical oscillograms of type K₁ door closing system.

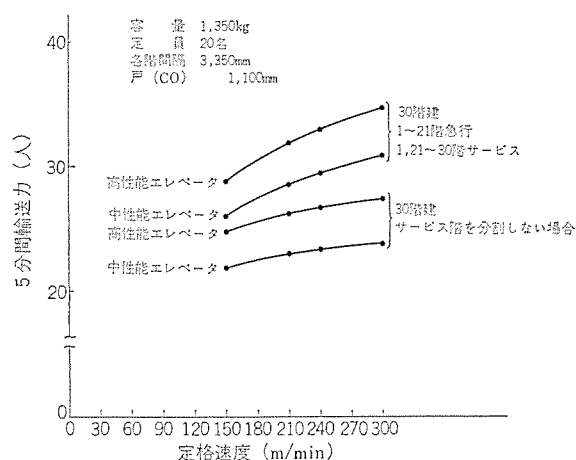


図 2.9 30 階建事務所ビルにおけるエレベータ定格速変と輸送力
Fig. 2.9 Rated speed vs. passenger carrying capacity of elevator in office buildings with 30 floors.

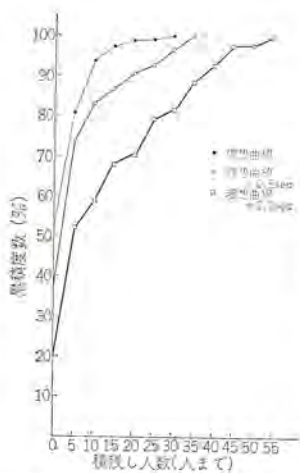


図 2.10 積残し累積度数分布
Fig. 2.10 Comparison of number of remaining passengers at the 1st floor corresponding to various floor to floor time operation.

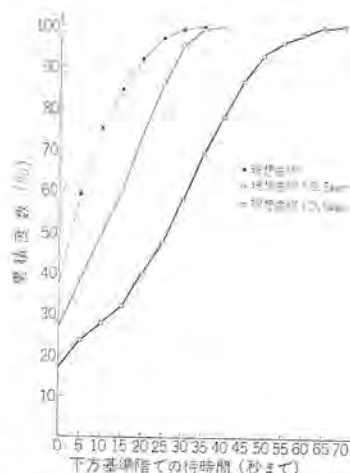


図 2.11 待ち時間累積度数分布
Fig. 2.11 Comparison of waiting times corresponding to various floor to floor time operations.

この5分間輸送力は、普通1階から毎回エレベータの定員の80%の乗客が乗って上昇し、各階に平均して運ばれるとの仮定に基づいて計算される。定員の100%ではなく、80%で計算する理由は、実際の輸送時には到着分布が相当にみだれ、60~110%の乗客が乗って上昇した場合にも、ひどい積残しが出ない程度の輸送力が既算できるという長年の経験にもとづいている。

一方、所要5分間輸送力、すなわち、最大5分間交通需要は、ビル 성격とその周囲の交通事情等により、ビルの利用人口の10~25%と、大きな差があることが数多くの実測結果からわかっているが、ビルの計画時にある程度以上、正確に予測することは困難である。

5分間輸送力を予想される所要5分間輸送力とほぼ等しく選ぶことが望ましいのであるが、前述のとおり所要輸送力は、ある程度以上正確に予測できない事情もあって、設備費を安くあげるために残念ながら能力が不足気味に選ばれることが多いのが現状である。

今回、エレベータの床から床までの時間の長短が実際の待時間分布、積残し分布等のサービスの質にどの程度影響するかを検討するために、実例の到着分布を入力として電子計算機による、シミュレーションを行なってみた。

条件、乗客到着分布 某ビルにおける9時から9時10分に至る実測 data による。

パターン	昇りピーク
台数	8台
容量	1,150 kg 17人乗
速度	300 m/min
サービス階	1→21~30階
床から床までの時間	(a) 理想運転曲線(図2.1の t_0 が約6.6secのもの)により略適正な輸送能力を確保しているもの (b) (a)より0.5sec長いもの (c) (a)より2.0sec長いもの

上記条件で(a)(b)(c)の3種類についてエレベータ運行曲線を画かせたが、ここではサービスの質を示す基準として図2.10、図2.11に待時間と積残しの状況を示した。このシミュレーションプログラムは簡単にするためまだ混雑して乗降しにくいとめとか、乗りのこされまい

と出入口で押し合うための交通渋滞による影響が、少な目にしかはいってこないが、将来、さらに改良したいと考えている。しかしこの結果から見ても、輸送能力が不足している場合はもちろんのことほぼ適正に選ばれている場合でさえ0.5sec、2.0secの時間増加が図2.9に比べて意外に大幅に輸送能力を下げサービスの質を低下することにご注目いただきたい。

このシミュレーションの結果から得られたポイントとしては

(1) 到着分布が変わると大幅にサービス状況が変わる。したがってエレベータ設備の計画段階においてビル内人口、到着分布等について、できれば将来の拡張予定を含めて精確に調査予想することが非常にたいせつになる。

(2) 計画段階ではかなり短い床から床までの時間を使って計画を進めておきながら、実際に運転にはいると乗りこちをよくすることのみにこだわり計画時より床から床までの時間を2~3sec延ばしている例がよくあるが、さきざき輸送能力が不足気味の場合は、その影響が非常に大きい。

(3) とくに高層ビルほど冒頭に述べたように、エレベータ設備が全体に与える影響が大きくなるので、これ等のポイントはますます重要になる。

以上、乗りこちが悪くならない範囲であらゆる点に時間節約のために細かい技術的努力が払われている場合と、時間は二の次として乗りこちさえよければという立場からむだがあっても、とにかくゆっくりとおとなしく運行している場合と比べると、意外とサービスの質が変わり、はなはだしい場合は乗場の混乱が無視できない状態になる。なおこの問題については、客先のご協力を得て一度実際のビルで床から床までの時間を増減して、交通実測を試行してみたいと考えている。

3. 超高層ビルにおける自動群管理全自動エレベータ

超高層ビルが経済的にその価値を十分発揮するためには、各個のビルエレベータが高速高性能であるとともにエレベータバンクとしてむだがなく、バンク全体としての総合効率の高い合理的な運転を行なうことが必要である。

当社では、超高層ビルにおける複雑な交通需要に対処するため、シミュレーションによるエレベータの群管理運転の解析を電子計算機によって徹底的に行ない、従来から好評であったオートセレクトパターンオート方式(以後ASP-A方式と略す)をさらに改良して、高速高性能エレベータが持っている性能をフルに発揮し、超高層ビルおよび大規模ビルにいったん適した新しい自動群管理全自動方式エレベータを開発した。すなわち、地下への運行ひん度の高いことに起因する運転間隔の乱れの問題、あるいは昼食時等における両方向のはげしい混雑の処理の問題など日本のビル特有の問題を解決し、さらに従来はなかった超高層ビルの急行区間のために生ずる問題の解決等、数多くの改良を施した、超高層ビル、大規模ビルにふさわしい新しいASP-A方式である。

高速高性能な三菱DMR方式と、この新ASP-A方式を総合して完成された自動群管理全自動エレベータは、今後いっそう超高層ビルの経済価値を高めるものである。

ここにその主要な点を紹介してご参考に供する。

3.1 パターンの種類とその選択

新ASP-A方式においては、長年の経験と実績および電子計算機によるシミュレーションにもとづいて、エレベータバンクに対する交通状態

表 3.1 パターンの種類とその適用
Table 3.1 Kinds of patterns and their applications.

	8パターン方式	7パターン方式	5パターン方式	ベーシック
適用基準	朝の出勤時におけるピーク状態がとくに激しく、所要5分間輸送力が利用人口の16%を超えるバンクで4台以上のバンクに属する	同時出退勤のためにピーク状態を呈するバンクで、所要5分間輸送力が利用人口の12~16%のバンク	同時出退勤のない貨事務所、ホテルなどにサービスするバンクで所要5分間輸送力が利用人口の12%以下のバンク	事務所やホテル等で比較的混雑せず、それほど良質なサービスを必要としないバンク
平常時	1. 分割上りピーク (Intense Up Peak) 2. 上りピーク (Up Peak) 3. バランス (Balanced) 4. 上り混雑 (Heavy Up) 5. 上り下り混雑 (Heavy Up Down) 6. 下り混雑 (Heavy Down) 7. 閑散 (Off Hours) 8. 下りピーク (Down Peak)	1. 上りピーク 2. バランス 3. 上り混雑 4. 上り下り混雑 5. 下り混雑 6. 閑散 7. 下りピーク	1. バランス 2. 上り混雑 3. 上り下り混雑 4. 下り混雑 5. 閑散	1. 平常 (Off Peak) 2. 閑散

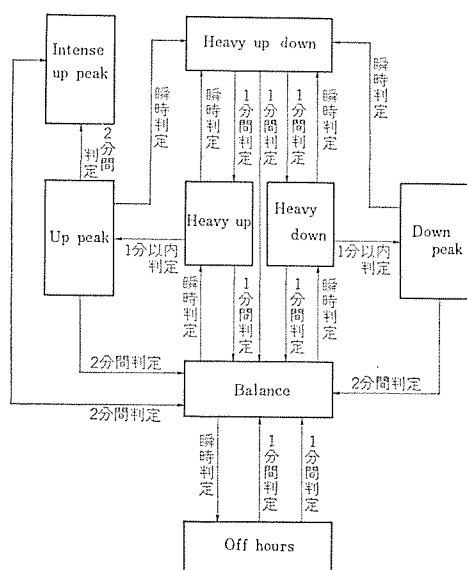


図 3.1 パターンの選択ブロック図
Fig. 3.1 Block diagram of pattern selection.

に応じて経済的な方式を選択できるようにベーシック方式、5パターン方式、7パターン方式、8パターン方式の4方式を用意している。各方式が有するパターンと、どの方式をどのようなビルに適用するかは、表 3.1 に示すとおりである。

ASP-A 方式はここに示す八つのパターンを基本として、各パターンごとに、各パターンが分担する交通状態に適応する特長ある多数の動作を有している。

各パターンは、図 3.1 に示すようにエレベータバンクに対する交通状態を示すあらゆる要素、たとえばかご内の乗客数、登録されたかご呼び、かごの位置と方向、かごの停止の数、登録された乗場呼びの方向とその数および、乗場呼びの登録時間等を電氣的に検出して、中央管理盤に組込んだ電子計算機に集積し、需要予測を行なって総合的に適切なむだのないパターン選択を行なうので各パターンが有する動作をフルに発揮でき、変動する交通需要に応じた運転が常に可能となる。したがってこの方式を用いれば、いかに熟練した管理者や運転手をもってしてもおよばない優秀な自動群管理運転ができる。

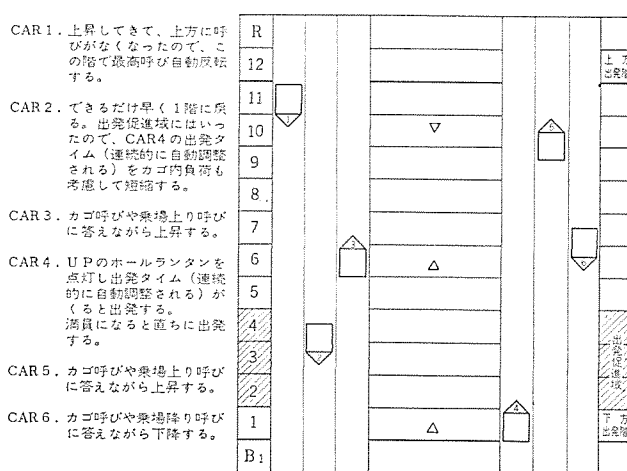


図 3.2 アップピーク時の運転
Fig. 3.2 Operation during up peak hour.

3.2 パターンの特長

以下新 ASP-A 8パターン方式を主体として、その特長ある動作について説明する。図 3.2~3.4、3.7~3.10 は各パターンにおけるかごの運転状態を示すものである。あらかじめ説明において用いるおまな言葉の意味と図中に示すおまな記号について説明する。

下方出発階： ビルの主たる入館口のある階床を下方出発階とする。おもに1階であるがビルによっては地下であることも2階であることもある。

地下： 本文では下方出発階より下方にある階床を地下として扱っている。したがって下方出発階のとり方によってビルの実地の地下とは異なることがある。

- △： 乗場昇り呼びがあることを示す。
- ▽： 乗場降り呼びがあることを示す。
- ▼： 長時間待ち呼びがあることを示す。
- ： 上り方向のかごを示す。
- ： 下り方向のかごを示す。

3.2.1 アップピーク

出勤時に見られるように下りの客はほとんどなく、大部分が下方出発階から上昇する客であるような交通状態では、アップピークのパターンによって大量の上り客を能率的に運ぶことができる。

アップピークのパターンにおいては、地下や屋上にサービスするかごを特定の1台に限定し、かごは下方出発階から先発順に出発信号を受けて出発し、上り客を選び終わると直ちに反転して下方出発階に戻り、上り客の輸送に専念する。

下方出発階からは他号機の位置や方向およびかご内の乗客数などの情報より、需要予測をして連続的に最適値に自動調整される出発タイム（三菱特許）によって、先発順に出発を制御するので輸送力の増強を計ることができる。また、下方出発階においては強制戸閉が有効に働いて、無理な乗り過ぎを防いで安全を確保すると同時に出発おくれを防ぎ、運転能率の向上を計っている。アップピークのパターンで処理できないほどに、上り客が集中するときは、次に述べるインテンスアップピークのパターンに移ってこれを解決する。図 3.2 はアップピーク時における各かごの動きを示すものである。

3.2.2 インテンスアップピーク

このパターンは8パターン方式特有のパターンであり、朝の出勤時において、アップピークのパターンをもってしても積残しの乗客が出るほ

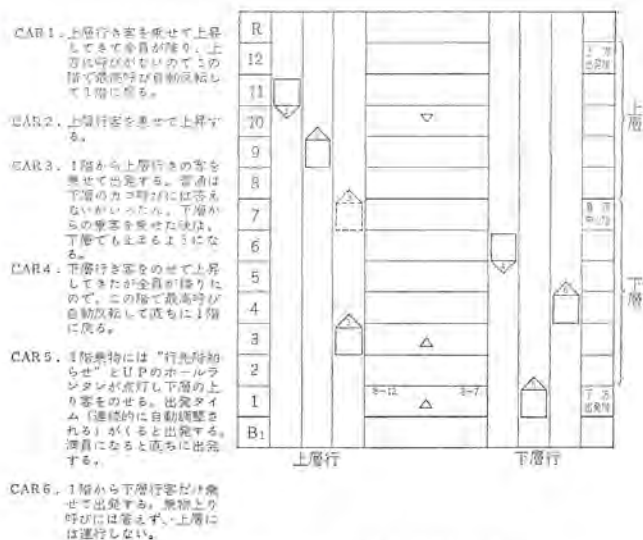


図 3.3 インテンスアップピーク時の運転
Fig. 3.3 Operation during intense up peak hour.

どに上り客が集中するバンクでは、このパターンによって乗客を処理する。インテンスアップピークでは、アップピークのときより、約15%程度輸送力を向上できる。とくにわが国のビルでは諸外国に比べて人口密度が高く、しかも通勤者の大部分が公共の交通機関を利用するため、出勤時ははげしいピークを呈する場合が多い。一般に、超高層ビルにおいては、高層急行バンク、中層急行バンク、低層急行バンクに分割するが、これらのバンクのうち、前記のようにのはげしいピークがかかるバンクではこのパターンは不可欠である。

インテンスアップピークが選択されると、一つのバンク内においてエレベータは上層行きグループと下層行きグループにわかれ、負荷中心階（上層行きグループと下層行きグループの分担する負荷がバランスする階）を境として、サービスゾーンも上層と下層にわけサービスゾーンの上層を上層行きグループがサービスし、下層を下層行きグループがサービスするようになる。したがってエレベータの1周時間が大幅に短縮し、そのうえ地下や屋上にサービスするのをいっさいやめて、上り客の輸送に専念するので輸送力を大きく向上することができる。

負荷中心階の選定は重要な問題となるので、ビルの人口構成の経年変化を予想して、スイッチ一つで容易に上下に1階床ずつ切替えることができるようにしている。

(1) インテンスアップピークを選択する場合の考慮

以上で述べたように、このパターンでは、輸送力の大幅な向上を望めるが、これは上層と下層へ行く乗客がバランスしているときに言えることであって、ただ単に朝の出勤時であるという理由だけで、たとえば時計などによって不用意にこのパターンを選択すると、上層と下層へ行く乗客がバランスしていなければ、かえって大きく輸送力の低下をきたすことになる。

当社のASP-A方式においては独得な方法による上層、下層の負荷バランス検出装置（三菱特許）を採用しているため、真に必要な交通状態のときだけ、このパターンが選択されるので前述したような不具合を生じることなく、一つのバンクを上層行きと下層行きグループに分割することによって大幅に輸送力の向上を計ることができる。

図 3.3 はこのパターンにおけるかごの動作を6台バンクの場合について示すものであり、1～3号機が上層行きグループ、4～6号機が下層行きグループである。

(2) パターン切替時の動作

インテンスアップピークが選択されたときには、運転の切換えをよほど慎重にやらないと、乗場の客が混乱したり、すでに乗り込んでいる乗客が目的を達せられないなどのふぐあいを招くおそれがある。

新ASP-A方式においては、インテンスアップピークが選択されると、乗場で待つ客に対しては見やすい行先階知らせが点滅して、行先別に並びかえるように予告を与え、すでに乗り込んでいる乗客や乗ろうとしている客はそのままでも、乗りかえずに目的の階に行けるように考慮が払われているので、サービス階分割の過渡期における混乱はなくスムーズな乗り込みができるようになっている。乗客の並びかえがすむと行先階知らせの点滅は止り、このパターンが解消するまで点灯を続ける。

(3) その他

下方出発階ではアップピークの時と同様に、強制戸じめが有効に働いて、乗過ぎによる運行能率の低下を防ぐようになっている。

また、途中階からの上り客に対しては上層行きグループのかごが応答して、乗換えることなく目的の階床へ速やかに行くことができるよう細心の考慮が払われている。

3.2.3 オフピーク

オフピークのパターンには表 3.1 に示すようにバランス、ヘビーアップ、ヘビーアップダウン、ヘビーダウンの四つのパターンが含まれている。バランスは待時間を短く、しかもそのバラツキを少なくして、各階の待客に平等なサービスをするを主目標としている。一方、他の三つのパターン、とくにヘビーアップダウンにおいては、各階に平等なサービスはもちろんのこと、大きな輸送力を発揮するものでなければならない。

(1) バランス

このパターンでは前に述べたように各階での待時間を短くし、そのバラツキを少なくすることが最もたいせつである。このことを実現するために上下の出発階や後に述べる出発階床域から先順順に適当な出発タイムで出発させる方式を用いている。以下に新ASP-A方式の出発タイムの自動調整と出発階床域について説明する。

a. 出発タイムの自動調整（特許）

エレベータに対する交通状態はたえず変動しており、また同一時点においても個々のエレベータの負荷にはかなりの差違があるため、個々のエレベータの1周時間はかなり大幅に変動する。したがって出発タイムがパターンごとに固定していれば、エレベータをうまく分散させて待ち時間を短くかつそのバラツキを少なくすることはできない。むしろエレベータをかためてしまう傾向が出てくる。交通需要が多いときには1周時間が長くなるので、出発タイムをのばし、交通需要が減少したときには1周時間が短くなるので出発間隔を短縮する必要がある。このように出発タイムを交通需要に応じて連続的に自動調整し、しかもかごがかたまってしまう前に処置をしてはじめて、待ち時間を短く、かつそのばらつきを少なくし、よいサービスを提供することができる。

新ASP-A方式では、出発階の数階手前から構成される出発促進域にはいつてきたかごの台数やかご内負荷の状態により、すなわち交通需要そのものと、その予測から0～50秒にわたって、連続して出発タイムを自動調整するので、待ち時間をそのときの交通需要に対して適正に保ち、またかごの片寄りが生じた場合でも早く正常に戻すことができる。

これでも運行が遅れるようなことがあれば、一時的に最高呼自動反転をきかしてかごの遅れを取り戻し、すべての階床に対して平等な良好なサービスをはかるなどの細い考慮を払っている。

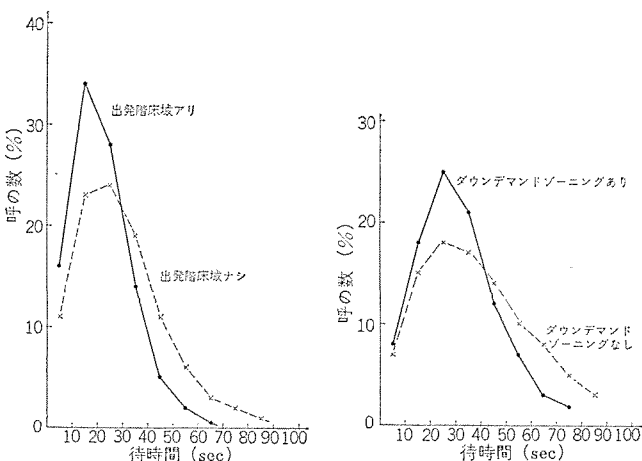
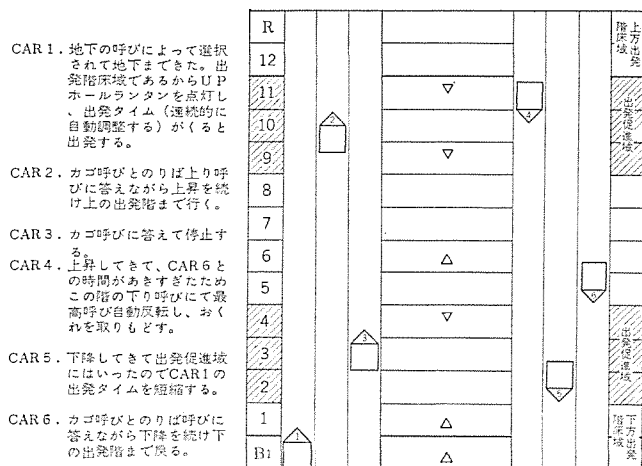


図 3.5 出発階床域の効果
Fig. 3.5 Effect of starting floor zone.

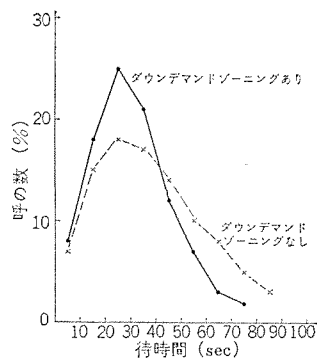


図 3.6 ダウンデマンドゾーニングの効果
Fig. 3.6 Effect of down demand zoning.

図 3.4 はバランスにおけるかごの動作を示すものである。

b. 地下や屋上がある場合の考慮＝出発階床域（特許出願中）

諸外国のように地下や屋上がごく限られた人々のみ利用されるだけで、エレベータの運行ひん度が少ない場合には、上下出発階からの出発管理のみで十分かも知れないが、日本のビルのように地下に地下街が通じていたり、または地下や屋上に食堂や売店、喫茶室あるいは談話室などがあって、エレベータの地下や屋上に対する運行ひん度が比較的に多い場合は、前述のように上下出発階からだけの出発管理だけでは、待ち時間のばらつきを少なくすることはむづかしい。なぜなら地下から上昇する乗客を1階で、時間調整のために長く待たせたりすると、いらいらするであろうし不合理でもある。一方逆に時間調整なしに出発させると当然かごの間隔を乱すことになり、待ち時間のばらつきが大きくなり、サービスの質を低下することになる。これ等の点を十分考慮して、当社の新 ASP-A 方式においては、独得な出発階床域による出発方式（特許出願中）を採用することによって、この難題を解決し、サービスの質と輸送力の向上を計っている。

出発階床域を用いない一般の方式と、三菱の出発階床域を用いた方式に対して、電子計算機によるシミュレーションを行ない、おのおのについて待ち時間分布を求めると図 3.5 に示すとおりで、いかに出発階床域を用いた方式がサービスの質を向上できるか一目瞭然である。

出発階床域による出発方式はエレベータの出発管理において、どこにもその例を見ない、画期的な方式である。この方式においては、上方出発階と屋上を含めて上方出発階床域を構成し、下方出発階と地下を含めて下方出発階床域を構成して、出発階床域と言うゾーンの中で先発かごを選択し、出発タイムは先発かごがどの階床にいるかを考慮して、前述したように自動的に自動調整するので、待ち時間が短くなり、そのばらつきも非常に少なくなって各階に平等なサービスを行なうことができる。

また出発階床域においては、先発かごは戸を開き、ホールランタンを点灯して乗客を誘導し、非先発かごは戸をしめて待機するので乗客は迷うことなく、能率的に目的のかごに乗り込むことができるようになっている。

乗客が迷うことなくスムーズに目的のかごに乗れるためには、点灯か不点灯かが、はっきりわかる大きなホールランタンを設けることがたいせつであって、どんなに優秀なエレベータであっても、この点をおろそかにすると持てる機能を十分発揮することができず、乗りにくいエレベータとなるので、建築関係者のご理解とご協力をお願いするところである。

(2) ヘビーアップダウン

昼食時に見られるヘビーアップダウンの状態では、大きな輸送力が必要となる。わが国のビルでは朝夕の出退勤時におけるピークよりも、むしろ昼食時における上り下り両方向への混雑が問題になる場合がある。

このような交通状態では、乗客が乗場で長時間待たれたり、かごのかたよりが発生しがちとなり、すべての階床の待ち客をいかに能率的に、かつ公平にサービスするかが重要な問題となる。しかし一般の群管理方式においては、両方向混雑に対するパターンすらなく、とくにビルの上層部以外の待ち客はエレベータが満員通過となって、なかなか乗れない不公平なサービスを受けることがよく見受けられる。

当社の新 ASP-A 方式においては、この点をかんがみてヘビーアップダウンにおける輸送力をいっそう向上するため、新しくウェスチング社の MARK-IV 方式の特許を利用して、ダウンデマンドゾーニング方式を開発し、これを用いることによって、輸送力を従来より 10% 以上も向上するとともに、すべての階床に平等なサービスを提供することができるようになった。

a. ダウンデマンドゾーニング

この方式においては、エレベータのサービスゾーンを数個のゾーンに分割し、各ゾーンの下の需要とそのウェイトを常に監視して、かごが方向反転するとともに、ウェイトの高い下り需要のあるゾーンに、次々とかごを指定する。指定を受けたかごは指定のゾーンに直行してサービスするので、満員通過などによる不公平なサービスはなくなり、全階片寄りのない平均したサービスをうることができる。

従来の ASP-A のヘビーアップダウンとダウンデマンドゾーニングを設けた新 ASP-A のヘビーアップダウンについて、電子計算機によるシミュレーションを行ない、待ち時間分布を比較してみると、図 3.6 に示すごとくであり、当社新 ASP-A のダウンデマンドゾーニングの効果の大きいことがわかる。

図 3.7 はダウンデマンドゾーニング付きヘビーアップダウンにおけるかごの動作を示すものである。

3.2.4 ダウンピーク

退勤時に見られるように、各階からの下り客が非常に多く、下方出発階に帰着するかごの大半が満員となるような交通状態において、

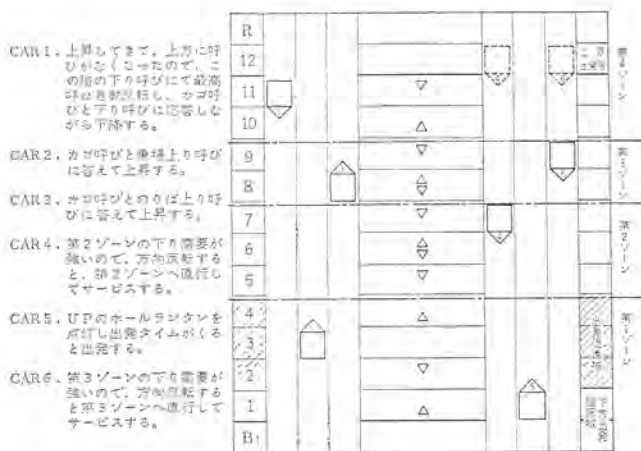


図 3.7 オフピークヘビーアップダウンのときの運転
Fig. 3.7 Operation during off-peak heavy up and down time.

このパターンが大きな輸送力を発揮する。

ダウンピークのパターンが選択されると、インテンスアップピークのときに述べたと同様に、サービスゾーンを負荷中心階を境に上層と下層とに2分割し、エレベータも一つのバンク内で、上層行きグループと下層行きグループにわかれて、主として上層の下り客を上層行きグループがサービスし、下層の下り客を下層行きグループがサービスするようになる。地下や屋上にサービスするかごを特定の1台に限定して、各層の下り客の輸送に専念する。

(1) ダウンピークにおけるかご動作

ダウンピークにおいては、ダウンデマンドクォーターカウンターが働いて、常に上層と下層の交通需要の多少を監視し、通常は上層行きグループは上層からの下り客を選び、下層行きグループは下層からの下り客を運ぶことを基本動作としているが、下層の下り客が少なくなれば下層行きグループが上層を応援し、上層の下り客が少なくなれば上層行きグループが下層を応援する相互援助を行なう。

したがって、下層行きグループのかごは下方出発階から、乗客が降り次第、ただちに出發して上り客には一さい応答せず、下層で最高呼び自動反転して、下層の下り客を運ぶのが普通であるが、下層の下り客が少なくなると、下層で方向反転せずそのまま上昇を続けて、上層にはいっていき、上層で最高呼び自動反転して、上層と下層の下り客を運ぶようになる。また上層を上昇中にダウンデマンドクォーターカウンターが下層の下り客が増加したことを検出すると、ただちにもより階で方向反転して、下層の下り客を運ぶため下層に直行するようにもなる。

上層行きグループのかごは、下方出発階で乗降がすむと、直ちに出發し、上層で最高呼び自動反転して上層の下り客を順次拾いながら下降し、下層を通過するのが普通であるが、上層の下り客が少なくなったとき、あるいは下層に長時間待たされた客がいるときには、下層の下り客にも応答して救うようになる。また途中階からの上り客に対しては、上層行きグループの特定かごが応答して、インテンスアップピークにおけると同様に、乗り換えることなく目的階に運ぶようになっている。

以上、述べたように、下層行きグループと上層行きグループの相互援助が適切に働くので、サービスに片寄りがなく各階の下り客に平等なサービスを与えるとともに、大きな輸送力を発揮できる。

図 3.8 と 3.9 はダウンピークにおけるかごの動作を示すものである。

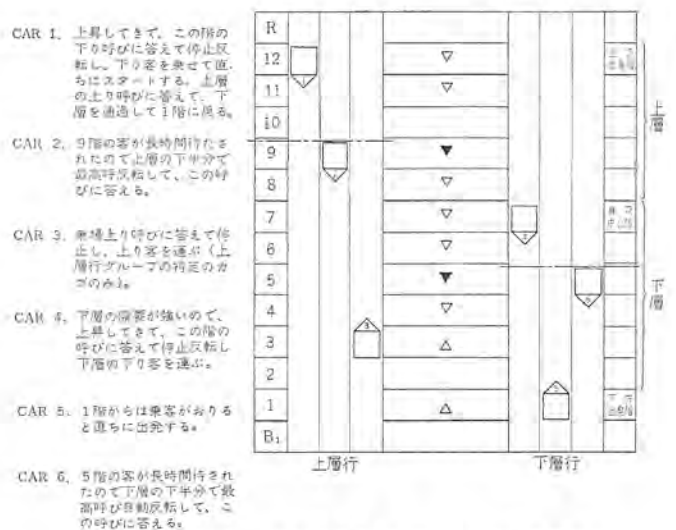


図 3.8 ダウンピークにおける上層、下層とも交通需要が多いときの運転

Fig. 3.8 Operation during the time of heavy traffic demand by the upper and down floors at down peak.

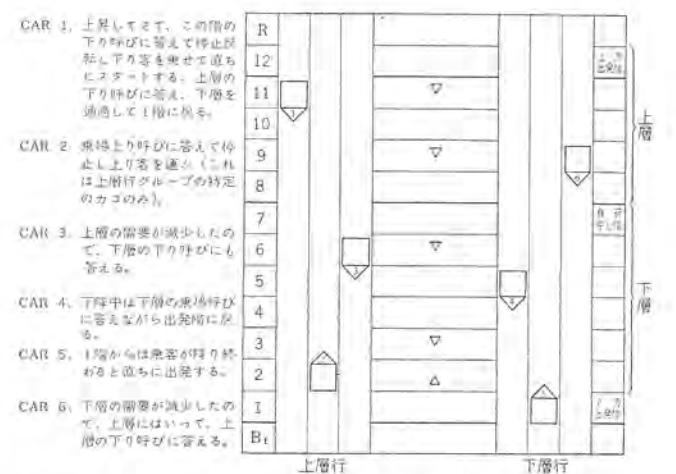


図 3.9 ダウンピークにおける上層あるいは下層の交通需要が減少したときの運転

Fig. 3.9 Operation during the time of reduced traffic demand by the upper and lower floors at down peak.

(2) 長時間待ち呼び動作

以上で述べたように、ダウンピークにおける上層行きグループと下層行きグループは各グループが分担する層をサービスするのが基本とした運転を行なっているのであるが、それでもなお上層と下層がともにこんでいると、各層の上部で満員になったかごが、下部を通過するために、下部の待ち客は上部の下り客が減少するまで、エレベータを利用しないことがある。

当社の ASP-A 方式においては、このような事態が生じると、長時間待ち呼び動作が働いて、上層あるいは下層をさらに2分割して次にその層を上昇するかごが、下半分で方向反転して、下部で長く(40~50 sec)待たされた客を救いサービスの公平を期するように細心の考慮が払われている。

3.2.5 オフアワー

退勤時が過ぎた後の夜間とか、休日における閑けつ的な交通状態に対してオフアワーのパターンが選択される。このパターンにおいては無用な運転を避け需要が生じたときだけ運転し、閑けつ的な交通需要をてぎわよく処理しなければならない。

(1) MG の自動休止

オフアワーになると、用のすんだかごは次々と下方出発階に帰着し、ある一定時間経過しても、需要が生じなければ電動発電機（以後 MG と略す）を自動的に休止し、かご内のファンや照明も大半消して電力の節約を計る。乗客が呼びを登録すると先発かごが MG を起動して、サービスに出発する。引き続き継続して、呼が登録されるようになると、長く待せることなく順次必要な台数だけ MG を起動してむだのない良好なサービスができるようになっている。

(2) オフアワー スポットティング

従来程度の高さのビルでは前に述べた方法で十分その目的は達せられた。しかし最近のように超高層ビルがどんどん建設され、高層行き急行、中層行き急行等の急行ゾーンを有するエレベータが多くなると、オフアワーになって用済みのかごを次々と下方出発階に帰着して MG を自動休止する方式は必ずしも得策でない場合がある。

退勤時後に残業その他の用事によって居残った人による急行ゾーンより上方サービス階からの間けつ的な交通需要に対して、いちいち下方出発階から MG を起動し、急行ゾーンを走行してサービスに出発するのは時間的にも、距離的にもむだが多く乗客が長く待たされたりしてサービスの効率が悪い。したがって、必要がある場合には次に述べる オフアワー スポットティング動作（特許出願中）を設けることができる。

当社の新しい ASP-A 方式においては、このような急行ゾーンを有するエレベータバンクでは交通が閑散になると、用済みのかごをすべて下方出発階に戻すのではなく、下方出発階と上方出発階にあるいは下方出発階とサービスゾーンの最下階にわけて待機させる オフアワー スポットティングが有効になる。たとえばサービスゾーンの最下階に準出発階的な性格を持たせて、下方出発階や地下からの乗客に対しては下方出発階に待機するかごがサービスし、サービスゾーンからの乗客に対しては準出発階に待機するかごがサービスするように自動的に切換わるので、急行ゾーンを有するバンクにおいてもすべての階からの乗客に対して迅速な効率よいサービスができる。この オフアワー スポットティング動作はすべての超高層ビルに必要なというわけではないが、中層あるいは高層の主体が事務所であるような超高層ビルにおいては、閑散時のサービスを今後いっそう向上するものであろう。図 3. 10 は超高層ビルにおける閑散時のかご動作を示すものであり、この場合 6 台バンクの ASP-A 方式において、下方出発階に 2 台、最初のサービス階

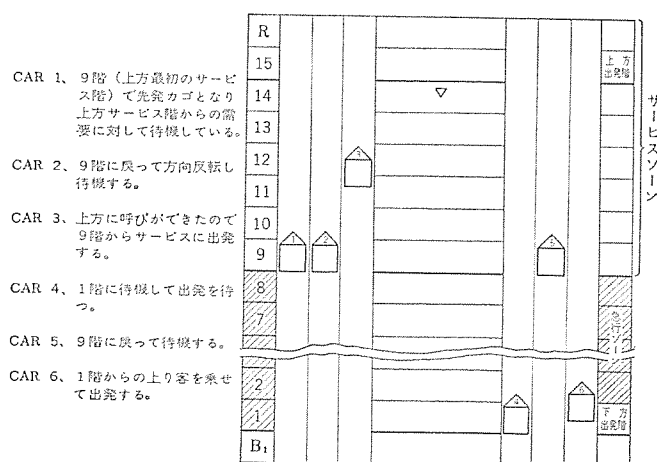


図 3. 10 急行ゾーンを有するバンクにおける閑散時の運転
Fig. 3. 10 Operation during off hours at a bank having express zone.

に 4 台待機する例を示す。

3. 3 トラフィックセンチネル

運転手なしエレベータの輸送能力と乗りやすさは戸の制御の仕方によって大きく左右される。

エレベータがいかに優秀な群管理によって運転され、いかに高速高性能を誇っても、利用客にとって乗りにくいエレベータであっては何にもならない。

ところが、一般の単なる安全装置として、機械式セーフティシュー、光電装置、エレクトロニクディテクタなどを採用している場合には、大別して次の二つの不具合がある。

一つは、戸を開いておく時間（不干渉時間）を、乗場の遠い所にいる客でも、また乗降客が多いときでも、十分に乗り降りできるように長く設定しておくことと逆に乗降客が少ないときには、乗降がおわっても戸が開いたままで、むだに不干渉時間の終了を待つことになる。このむだ時間は、停止のたびごとに繰り返すことになるため、運行率は低下し、乗客は焦燥感にかられて、いらだたく戸じめを押して戸がしまる時期を早めるようになる。

他の一つは、このむだ時間を減らすために無理に不干渉時間を短かく設定した場合である。この場合はエレベータから遠い所にいる客は非常にせかせかと乗り込まねと乗りそこなうことになり、また乗降客が多いときには、乗降が終わらないうちに戸がしまりだすので、乗客は手でセーフティシューあるいはエレクトロニクディテクタを押えながら乗降することになって、不慣れな人は乗り込むのをあきらめてしまう。

これに対して三菱特許のトラフィックセンチネルは、かごの出入口を横切る 2 本の光線を、乗降客がさえぎることによって出入を検出し、かごがすいているかこんでいるか、乗場に待ち客がいるかないか、出入するのが最初の客か 2 番目以降の客か、出発階に停止したのか中間階に停止したのか、などのあらゆる状況を監視して、乗降客が多いときでも、少ないときでも乗降が続いている間は不用意に戸がしまってくることなく全開を保っており、乗降がすみ次第、直ちに戸をしめはじめるので、ちょうど親切で機敏な運転手が操作するのと同様である。

したがって、客に何の不安感も与えず、乗降しやすく安全で、しかも運行率を 5~10% も向上できる。

また出入口に立って故意に戸じめを妨げていると、強制戸じめが働いて戸はしまりはじめ、運転効率の低下を防ぐようになっている。

トラフィックセンチネルは、自動群管理全自動エレベータにとってぜひ必要な装置である。

3. 4 ホールランタン

複数のかごが一つのグループとして自動運転される場合、とくに 4 台以上のグループになると、乗場でインジケータを見比べて自分の希望する方向へ行くかごの内から早く到着するかごを予測しようとしても、実際には予測したかごと別のかごが先に到着したり、予測したかごが途中から方向反転したりして、正しく予見することが困難になる。さらにインジケータの場合には、インジケータに気を取られゴングによって他のかごの到着を知らされても気がつかなかったり、あるいはゴングがなってから改めて到着するかごをさがして歩き出すので時間がかかったり、また予測したかごの近くでかごの到着を待っていて予測がはずれ、予測していたかごからずっと離れたかごが先に到着したような場合では、予測していたかごの前から長い距離を歩行しなければならず、時間がかかるので乗りそこなわないように急

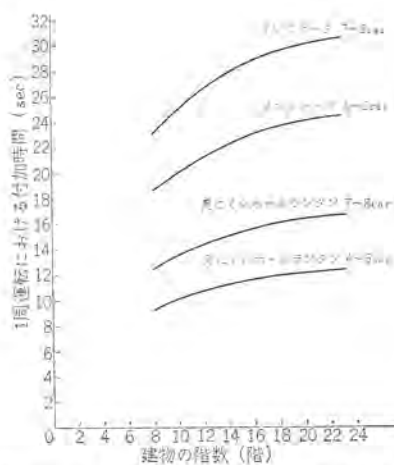


図 3.11 乗場表示灯が1周時間にあたる影響
(中程度の交通状態)

Fig. 3.11 Effect of pilot lamps at the landing place
on the round trip time.

いでかけつけなければならなかったり、乗りそこなったりするチャンスが多くなる。このような不具合を救うためにかごの停止時間を延長すると1周時間が長くなってエレベータのサービスおよび輸送力の低下を招くことになる。

したがって4台以上からなる自動群管理方式のエレベータにおいては、ホールランタンを採用することによって誤りなく、能率よく乗場の待ち客を目的のかごに誘導することがぜひ必要となる。

ホールランタンであれば、インジケータの場合のように乗客が予測したかごに近い所で待っていることもなく、ほぼホールの中央で待つことが多く、しかもかごが到着する約4秒前にはゴングあるいはチャイムになって、同時にホールランタンが点灯してかごの到着と次に出発する方向をはっきりと予告するので、待ち客はかごの到着に先立ってとびらの前に移動して待つようになって、余裕のある乗り込みが可能となる。

このように乗り場の信号装置は無視できない重要な問題であり、乗り場の表示灯が1周時間にいかに大きな影響を与えるかは図3.11から明らかである。したがって前にも述べたようにホールランタンを採用する場合はできるだけ単純で、しかも乗場のどの位置からも点灯、不点灯の区別がはっきりわかるものでなければならない。3台のバンクにおいては、比較的待ち時間が長びくことが多いので、待ち客のいらした気持ちを救うため、ホールランタンのほかに総合インジケータを設けると効果がある。この場合でも各かごごとにインジケータを設けると、前述した不具合に近い不具合が起きやすいため、各かごごとにインジケータを設けることは避けて、総合インジケータとしてホールの1個所にまとめるほうがよい。

3.5 その他の付加動作

3.5.1 昼食時動作

地下に食堂やレストラン等があって、昼食時に地下が非常に混雑するようなビルにおいては、昼食時に地下の混雑を検出すると、昼食時動作が有効になって、下方出発階が地下の食堂階に移ったように、かごは食堂階から先発順に出発信号を受けて出発するようになる。したがって地下食堂からの乗客に対して、途中階からの乗客に対しても良好なサービスを与えることができる。

3.5.2 自動応急処置

ASP-A方式においては、万一異常が生じた場合でも、安全はもちろんのこと、乗客に与える迷惑を極力少なくし、かつバンク全体の機能の低下を防ぎ、同時に警報により復旧を早めるため、以下の自動応急処置が設けてある。

(1) 管理回路の電源ヒューズが溶断したときは、直ちに励磁機電源に切換わって管理回路の機能を保持し、支障なく管理運転を続ける。

(2) 過速して調速機が動作すると、直ちに減速しても、より階に正規着床して戸を開き、乗客が降りられる状態になった後に群管理から除外するので乗客は安全であり、同時にかんづめから守られる。また過速が急激な場合には直ちに非常停止し、いずれの場合も、過速の原因を除き調速機をリセットするまでは再起動することはできない。

(3) MGが徐々に過負荷になった場合には、かごは正規に着床して戸を開き、乗客が降りられる状態になった後にMGを停止し、群管理から除外するので、(2)項同様、乗客はかんづめになることもなく安全である。(三菱特許)

(4) 出発管理装置が故障した場合は、直ちに補助出発指令装置に切換わってかごの出発管理を行なうので、支障なく運転を続けることができる。

(5) バンクの1台が何らかの原因によって、出発が遅れたならば、一応速やかに群管理運転から除外し、残りのかごの運行に影響を与えないようにする。出発をじゃましている原因が取り除かれると、かごは直ちに出発し、同時に群管理下にはいり常態に復する。

以上述べた以外の異常が起こった場合でも適切な処置が行なわれ、監視員室の警報盤において異常の種類を知らせる表示灯が点灯しベルがなるので、異常の早期発見と早期復旧を行なうことができる。

4. む す び

以上超高層ビルを対象に、三菱ショックライド DMRW方式と新しいASP-A方式について、その改良点、特長、考え方を紹介したが、今後ますます増加するであろう超高層ビルに対するエレベータ選択のご参考となれば幸いである。

エレペットの進歩

山田 春夫*・浅川元治郎*

Elepet

Inazawa Works Haruo YAMADA・Motoziriō ASAKAWA

Mitsubishi standard elevators, named Elepet, have been on the markets both domestic and over-seas and are favorably commented on by the users of their economical operation. With this pride, the Company has kept studying incessantly the improvement of the apparatus and now is successful in building much more comfortable and quieter elevators in riding. If practicability and economy are thought much of, Elepet standard is to be employed, but if the prices are a second item to be taken into account and good appearance to match with the fine finish of buildings is desired, Elepet de-luxe is recommended to answer the purposes.

1. ま え が き

当社の標準形エレベータである「エレペット」は、あらためてここにご紹介するまでもなく、最も合理的で、かつ経済的なエレベータとして、いまではこの方面の代名詞ともなり、国内はもちろんのこと、ホンコン、マレーシアをはじめとする東南アジア諸国および南米各国など、海外でも欧州製規格形エレベータにまじって堂々と打ち出し、圧倒的に数多く採用をいただき大いに活躍している。

当社はこの種のエレベータのパイオニアとしての誇りをもってたゆまぬ研究を続け、昭和41年度には性能面およびデザイン面に画期的な変更を施して、さらにご期待に添いうるよう改良した。

また、「エレペットスタンダード」は、実用性・経済性に重点をおいて簡潔な仕様で標準化しているが、経済的に余裕があり、ビルの高度な内装にさらにマッチさせたいというご要望にこたえて、とくに、意匠を高級化した「エレペットデラックス」を発売して、広範囲な需要にこたえることができた。

この稿では、エレペット改良の要点について概略を説明する。

2. 改良の要点

中小ビル向けの標準形エレベータでは、ビルの性格が多様なこと、エレベータの専任管理者がいないこと、エレベータに不慣れな人も利用すること、および昇降路・機械室の近くに居住室がある場合が多いことなどの事情から、次の要素を備えている必要がある。

- (1) 安全であること。
- (2) 故障が少ないこと。
- (3) 運転が簡単であること。
- (4) 運転時、ビルに騒音、振動などを伝えないこと。
- (5) 乗りこちがよいこと。
- (6) しかも安価であること。

これらの諸事項について、細部にわたって改良を重ねた結果、この種のエレベータとしては、ほぼ完璧に近い性能にまで改善された。

2.1 安全性の増大

エレベータの安全性については、ここに改めて述べることは省略するが、この種の小形エレベータの共通的な欠陥として、これまでかご室内の乗客が故意にとびはねたりすると、その上下動によってエレベータの定格速度に、かごの固有振動の波形が重なり、その瞬時過速度のために調速機がトリップして、非常停止することがあった。

当社ではこの欠陥を解決するために、調速機は瞬時過速度には応えず、一定時間以上持続する過速度（何らかの本来の事故発生時の場合）のみに応動する装置（実用新案申請中）を考案して、この問題を根絶した。

2.2 乗りこちの向上と静粛な運転

当社では「エレペット」開発当初から経済性の許す範囲で防振、防音構造に関しては細かい配慮をしてきたが、中小アパート・ホテル・病院においては、機械室・昇降路に接して居室がある場合が多いことから、とくに運転音が問題となりがちであった。これを解消するとともに、さらに高度な時代的要請にこたえて、乗りこちをいっそう向上させるため、徹底的に各部の構造に検討を加えた結果、高級エレベータと同格の品質になったといっても過言ではないと確信している。

この問題の運転音の発生源には、次の二つがある。

- (1) 機械室内設置の機器の動作音と振動。
- (2) 昇降路内の各機器の動作音としゅう(摺)動音。

これらの動作音の減少および振動・騒音のシャ断については、以下に述べるような具体的な改良対策を施した。

- a. かご室を防振ゴムで支持するとともに、かごわくおよび、かご室の剛性を増したことで振動騒音をシャ断し、乗りこちを改善した。
- b. 巻上機自体の剛性増加、モータ取付方法の改良、防振据付方式との併用により、建物に対する固体伝達の防振効果を高めた。
- c. 耳ざわりな駆動モータの磁気音・風音を新設計モータの適用により、無音に近い状態にまで減少した。
- d. 制御盤を防音構造とし、防振据付方式と併用した。
- e. ドア開閉装置は、従来の歯車減速機とリンク機構で構成される高級エレベータと同一機構のものに加えて、ハンガローに特殊防音材料を採用して静粛円滑な開閉にした。
- f. かごのスライディングガイドシュアの防振構造を改良し、また、シュアの材料を特殊材料に変更し、静粛な運転とともに耐摩耗性を向上した。
- h. ロープシャックルのスプリングについても、そのばね定数を適切に選択して防振効果を高めた。

3. 意匠関係のモデルチェンジ

「エレペット」の意匠デザインは、エレベータの本来的な機能を果たすと

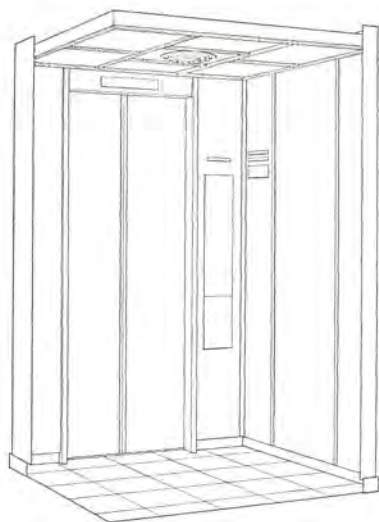


図 2.1 エレパットデラックス かご室
Fig. 2.1 Car of elepet de luxe.

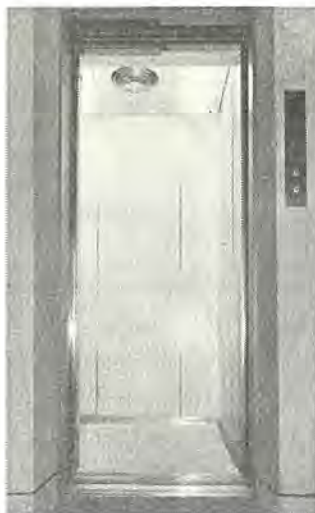


図 2.2 エレパットスタンダード かご室
Fig. 2.2 Car of elepet standard.



図 2.3 エレパットスタンダード 乗場部分
Fig. 2.3 Landing hall of elepet standard.

ともに、建物施設との総合的な調和を保つように取扱う他の面もあって、いろいろとむずかしい問題点をもっているが今回研究改良の結果、これを全体に調和のとれたデザインにまとめることができた。いわば、だれにでもすなおに受け入れられる、開放的で軽快なデザインとしたことである。一方、さらに、高級な建築内装に溶け込む必要性のために「エレパットデラックス」を設定して、要求に応じうる体制を整えた。しかも、「デラックス」を標準的に製作することによって、個別生産の場合に比べてお値うちな価格で提供できることになった。

以下、それぞれの改良の要点につき、概略を説明する。

- (1) 照明の照度を高くするとともに、器具のデザインも目新しいものとした。
- (2) かご内位置表示器は独立形とし、出入口上部に設置した。
- (3) 非常用電話器箱をかごと操作盤と連続形のデザインとして、意匠を向上した。
- (4) 出入口柱、かご室内のアクセントのアルミ目地等のデザイン、および仕上げを改良して外観を向上した。
- (5) 乗場インジケータを機能的で最新のデザインにした。
- (6) 標準塗色をこれまでの3色から18色に増加し、軽快な色調を大幅に取り入れた。
- (7) 従来のかご室内の換気装置は、かべかけファンを採用していたため、空間を占有していたが、これを天井埋込みのデフューザイ

プに改善した。これにより、エレパットの風格が一段と向上し、高級化した。

- (8) 幅木部分に換気孔を設けて換気効果を向上した。
- (9) 意匠品の塗装仕上の向上。

従来は、ややつやを落して落着きを出していたが、その反面、塗装面が汚損しやすい欠点があったので、今回全つやに準ずる仕様に改善した。

(10) 「エレパットデラックス」においては、かご室およびドアに「デコウ」または「アルミ化粧板」を使用して、それぞれビルデザインの調和するものを選べるようにした。

4. む す び

当社が他社に先駆けて開発した標準形エレベータは、これまでのエレベータの概念を一新してごくすなおに身近なものとしたことから、あらゆる性格の中小ビルにも手軽にご採用いただけるようになった。

「エレパット」は、今や当社エレベータ生産の過半数を占めるに至ったことと、これに寄せられる幅広い顧客各位のあることを、改めて認識し、これからの建築界の動向に即応すべく、たえず研究を続け、ご期待にこたえる所存である。

油圧エレベータの最近の進歩

瀬原田 三郎*・乾 昌雄*

Progress of the Latest Mitsubishi Hydraulic Elevators

Inazawa Works Saburo SEHARADA・Masao INUI

Hydraulic elevators do not need the installation of machine rooms at the top of hoistways, so they have been used as elevators carrying automobiles to underground garages. Recent improvement of their performance, however, has made them to extend their application to passenger and freight service as well as that of motor cars in the transportation of the lower floors of buildings. The hydraulic elevators of a new driving system and a hydraulic control system are the main topic of description herein. To be in more details, the side-plunger type (indirect) driving system and high pressure-small delivery and medium pressure-large delivery oil control systems are under discussion.

1. ま え が き

油圧エレベータの最大の特長は、その油圧源であるパワーユニットの配置が自由であるため、電動ロープ式エレベータのように昇降路頂部に機械室を設置しなくてもよいという点にある。地下駐車場に自動車を運搬するエレベータの場合、2階を機械室にしないでもよいということは建築のレイアウト上大きな利点であるため、ほとんど油圧エレベータが用いられてきた。最近ではこの特長が認められてきたこと、および性能の向上により、ビルの低層階サービス用の乗用および荷物用油圧エレベータの需要も増加している。それにともなってエレベータの仕様は従来の低速、小行程、大積載量という仕様から中速、中行程の範囲まで広がってきている。

当社は自動車用油圧エレベータを多数製作してきたが、さらに研究をかさね、エレベータの各用途、仕様に対応する新駆動方式、油圧制御方式を開発標準化して、乗用および荷物用油圧エレベータの分野でも数多くの成果をあげている。本文では、これらの駆動方式および最新の各油圧制御方式を紹介し、需要家のご参考に供したいと思う。

2. 駆 動 方 式

2.1 直結プランジャ式の構造

この方式は従来から一般的に採用されてきた方式で、その構造略図を図2.1に示す。油圧シリンダを昇降路底部に埋設し、プランジャ上端をかごに直結して押し上げる方式である。かご上昇時にはパワーユニットで発生した圧油をシリンダに送り込んでかごを押し上げ、かご下降時にはかご全重量とプランジャ自重によりシリンダ内の油を適切に制御しながらパワーユニットへ還流する。

直結プランジャ式の長所は次のとおりである。

まず長所として

(1) かごおよびジャッキの全重量を昇降路底部で受けており、建物上部に荷重がかからない。

(2) つり合いおもりを使用しないから、昇降路スペースは電動式ロープ式およびサイドプランジャ式に比べて小さくてよい。

(3) 駆動機構が簡潔で摩耗部品が少なく保守が簡単である。

(4) 油圧装置の機構上、下降時最高速度は一定に制限され、過速の心配がなく非常止めを必要としない。したがってエレベータレール適用にこだわる必要がないので、積載量10トン以上の特大積載量の場合でも製作可能である。

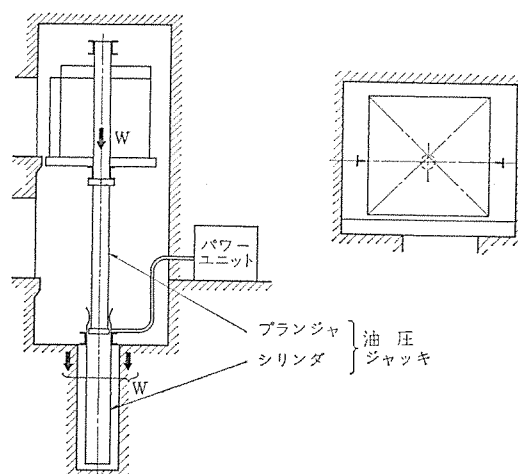


図 2.1 直結プランジャ式油圧エレベータ
Fig. 2.1 Direct-plunger type hydraulic elevator.

短所としては

(1) シリンダ埋込用穴掘りが必要である。とくに地下水がわき出る場合、穴掘り作業は多くの費用を要する。

(2) 大昇降行程、高速度の仕様には不向きである。現状では行程約15メートルがジャッキ製作上の経済的限界である。また行程の増加とともに耐屈強度上プランジャの径が大きくなり、高速度では大流量の油圧装置を必要とするが、流量の増大は油圧装置の価格の急増を招く。

2.2 サイドプランジャ式の構造

この方式は前節直結プランジャ式の短所を解決するため新しく開発した方式で、その構造略図を図2.2に示す。通常のロープせり上げ式機構に油圧ジャッキを組合わせたいわゆる間接式である。

ジャッキの上下ツナ車にロープをかけてロープ速度をプランジャ速度の4倍に増速し、せり上げ式のローピングで $\frac{1}{2}$ に減速するため、けっきょく1:2ローピング(かごの動きはプランジャ動きの2倍)となっている。したがってジャッキの長さは昇降路内におさめることができる。

サイドプランジャ方式ではせり上げ式、片持ち式その他の方法が一般に採用されているが、当社はせり上げ式を採用している。当社のせり上げ式サイドプランジャ方式の長所は次のとおりである。

(1) シリンダ埋込用穴掘りが不要である。

(2) せり上げ式のため、つり点はかごの重心と一致し、かごわく構造は電動ロープ式と同様、無理がなく合理的な構造にでき、ガイ

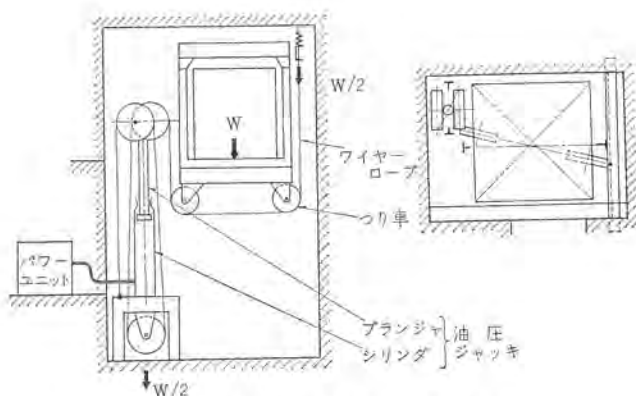


図 2.2 サイドプランジャ式油圧エレベータ
Fig. 2.2 Side-plunger type hydraulic elevator.

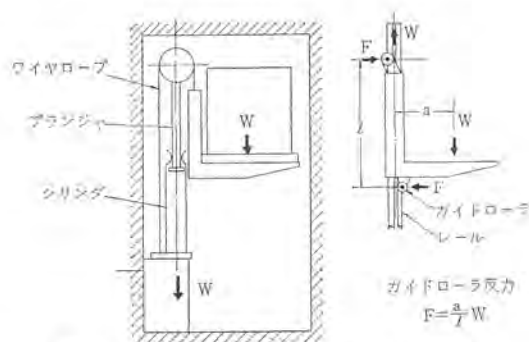


図 2.3 サイドプランジャ片持式油圧エレベータ
Fig. 2.3 Side-plunger side-supporting type hydraulic elevator.

ドシュー 反力も小さいため、昇降路壁に不当な力をかけない。

(3) 油圧装置は直結式と同様、過速の心配はないが、万一のロープ破断に備えて非常止め、調速機を備えている。非常止めには電動ロープ式と同じ早ぎまたは次第ぎき非常止めを用いているので、その動作は確実である。

(4) 油圧装置は高圧化、小容量化され経済的となった。またエレベータの高行程化、高速化が可能である。(次節に詳述)

(5) 建物上部にかかる荷重は電動ロープ式の約 $1/4$ 程度と少なく、軽量構造ビルにも適する。

参考までに通常使用されている片持式の構造を図 2.3 に示すが、この方式はロープが簡単であるという利点はあるが、一方次のような大きな欠点がある。すなわち片持式はつり点がかごの中心と一致しないため、常時かご全重量が偏心荷重として働き、とくに非常停止時および大積載量の場合、ガイドローラ反力(図 2.3 における F)が非常に大きくなる。そのためかごわく、レールの強化、サイズアップの必要があり、一方昇降路壁にかかる力も不当に大きくなる。

外国における油圧ジャッキの構造配置に関する状況を見ると、ヨーロッパでは乗用エレベータ高行程化のため、2~3段の同調形テレスコープ式ジャッキを用いた例がある。シリンダ穴掘り深さは行程の $1/3 \sim 1/4$ だが、ジャッキの構造が複雑でコストアップおよび保守の問題がある。アメリカにおいては大部分が直結プランジャ式で低圧大流量油圧方式を採用しているのは、長尺ジャッキ、大流量油圧機器の入手が容易なことおよびシリンダ埋込穴掘りが機械化されているためと思われる。

2.3 直結およびサイドプランジャ式の適用範囲

プランジャの許容圧縮荷重は細長比が大きい場合、次のオイラーのび屈強度の式からきまる。

$$F = \frac{n\pi^2 EI}{l^2 f} \quad (2.1)$$

ただし

$$\lambda = l \sqrt{\frac{A}{I}} \geq \pi \sqrt{\frac{2E}{\sigma_0}}$$

$$I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}, \quad A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

ここで F : 最大許容圧縮荷重 (kg)

n : プランジャ支持条件による係数。両端回転支持の場合は 1

E : 材料の縦弾性係数 2.1×10^6 (kg/cm²)

I : 断面 2 次モーメント (cm⁴)

l : プランジャ支点間距離 (cm)

f : 安全率。建築基準法では 4 以上

λ : 細長比

A : プランジャ正味断面積 (cm²)

σ_0 : 材料の降伏点。2200 (kg/cm²).....STKM-38

D : プランジャ外径 (cm)

d : プランジャ内径 (cm)

簡単のためプランジャ自重を省略し、 d/D 一定とすると式 (2.1) より、かご全重量 W (kg)、かご速度 V (m/min)、昇降行程 S (m) が同一でかつプランジャ安全率が等しい場合の直結式およびサイドプランジャ式油圧装置の各数値関係は表 2.1 のようになる。

この表から次のことがわかる。すなわち同一エレベータ仕様に対して、サイドプランジャ式は直結式に比べて、油圧装置は圧力では約 3 倍の高圧化が可能、流量は約 $1/3$ に減らすことができ、油圧機器(ポンプ、バルブ、配管、タンク、ジャッキ)は小形小容量のものとなり経済的である。いいかえると同一ポンプ吐出量に対してサイドプランジャ式は約 3 倍に高速化できることになる。

式 (2.1) において安全率 $f=4$ 、 $d/D=0.7$ とおき、表 2.1 の圧力および吐出量の関係式を代入し整理すると、次の関係式が得られる。

直結式

$$S = 559 \sqrt{\frac{W}{P}} \quad (2.2)$$

$$V = 5,590 \frac{Q}{S \sqrt{W}} \quad (2.3)$$

サイドプランジャ式

$$S = 1,580 \sqrt{\frac{W}{P}} \quad (2.4)$$

$$V = 15,800 \frac{Q}{S \sqrt{W}} \quad (2.5)$$

これらの関係を線図に表わしたのが図 2.4 である。 $V-S$ 線図は

表 2.1 直結およびサイドプランジャ式の比較
Table 2.1 Comparison between direct and side-plunger type.

項目	方式	直結プランジャ	サイドプランジャ
プランジャ圧縮荷重	F /kg	W	$2W$
プランジャ有効長	l /cm	S	$S/2$
断面 2 次モーメント	cm ⁴	I	$I/2$
プランジャ外径	cm	D	$D/\sqrt{2} = 0.84D$
プランジャ全断面積	cm ²	$A' = \pi D^2/4$	$A'/\sqrt{2} = 0.707A'$
圧力	kg/cm ²	$p = W/A'$	$2\sqrt{2} W/A' = 2.83p$
ポンプ吐出量	l/min	$Q = A'v/10$	$Q/2\sqrt{2} = 0.354Q$
プランジャ正味体積	cm ³	AS	$AS/2\sqrt{2} = 0.354AS$

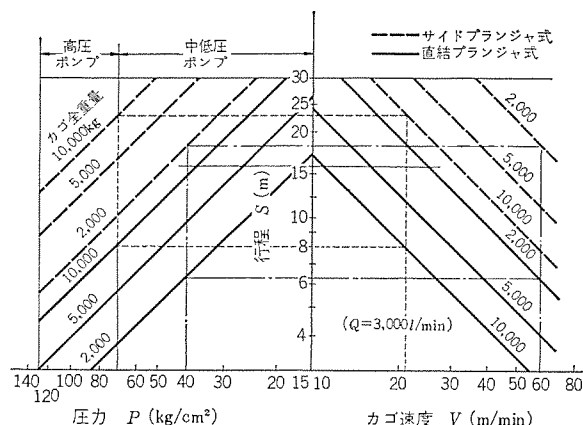


図 2.4 かご全重量、速度と行程の関係
Fig. 2.4 Relation among stroke to car, total weight and speed.

各種パルプおよびポンプが入手容易で経済的な流量の最大値として $Q=300 \text{ l/min}$ とした。また $P-S$ 線図において圧力 70 kg/cm^2 までの範囲はスクリーポンプ適用範囲を示し、 $70 \sim 130 \text{ kg/cm}^2$ は高圧ギヤポンプ適用範囲を示す。(ただしギヤポンプの場合吐出量の最大値が低いので $V-S$ 線図は上図と変わる) また昇降行程 S の限界は直結式で 15 m 、サイドプランジ式では 30 m であり、これはジャッキ製作上の経済的限界である。一方この行程の限界から見て、かご速度は 60 m/min が実用的な最高速度といえる。

さて上記線図はもっとも小さい直径のプランジ (安全率 4) で、もっとも有効に速度を出す場合を示している。この線図および式 (2.2) ~ (2.5) から次のことが明らかとなる。

(1) かご速度は昇降行程およびかご全重量の平方根に反比例する。すなわち高行程では高速度が得られない。また大積載量では高速は無理である。

(2) サイドプランジ式は直結式に比べて、より高行程または高速度が得られる。(図中一点鎖線で一例を示す)

(3) 大積載量の場合、低行程だと安全率 4 のプランジでは高圧すぎるので、とくにサイドプランジ式は太いプランジにせねばならず、直結式との速度差は少なくなる。図 2.4 に破線で示すように、かご全重量 $10,000 \text{ kg}$ でスクリーポンプ使用の場合、行程約 8 m 以下となれば両方式とも速度は同じ、プランジ重量も同じとなり、サイドプランジ式の長所は減り、むしろ駆動系統が単純で建物上部にも荷重をかけない直結式のほうが有利となる。

(2) 高圧ポンプを使用すれば、(3)項の限界行程は下がるが、高圧ポンプは吐出量が 100 l/min が限界なので速度にかなり低下する。

3. 油圧制御方式

3.1 MD 方式

この方式は油圧装置の簡易化を目的とした高圧小流量油圧制御方式で、 10 m/min の低速荷物用および低速自動車用のサイドプランジ式エレベータに用いる。前節図 2.4 の圧力 $70 \sim 130 \text{ kg/cm}^2$ の範囲を使用し、小形ジャッキ・小形パワーユニットというサイドプランジ式の特長を生かしている。その回路を図 3.1 に、パワーユニットの写真を図 3.2 に示す。

動作説明をすると、まずかごの上昇指令がかごまたは乗場のボタンによって出されると、モータが起動しポンプから圧油がジャッキへ送られ、かごが上昇を始める。ポンプ定格吐出量がかご定格速度が出るように選定されている。着床階手前で着床スイッチにより停止指令が

油圧エレベータの最近の進歩・瀬原田・乾

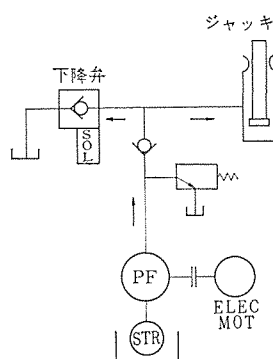


図 3.1 MD 方式油圧回路
Fig. 3.1 Hydraulic circuit diagram type MD.

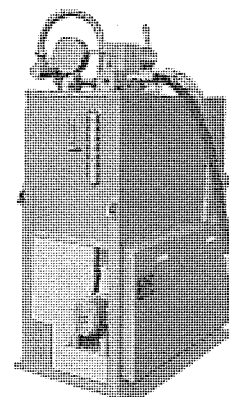


図 3.2 MD 方式パワーユニット
Fig. 3.2 Power unit type MD.

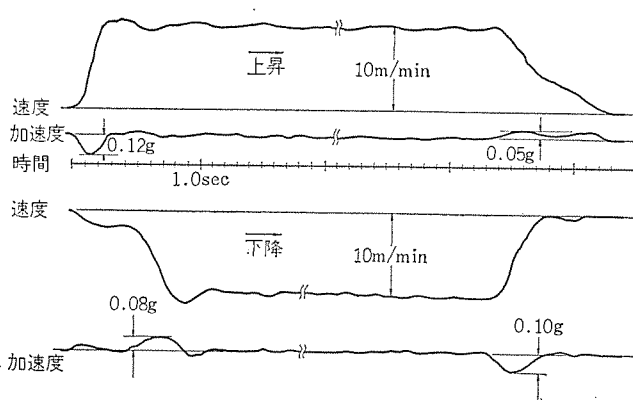


図 3.3 MD 方式特性曲線 (中形車積載時)
Fig. 3.3 Characteristic curve of MD type.

出されモータが減速停止し、ポンプからの送油が止まりかごも減速停止する。かごの加速度減速度はモータの GD^2 と負荷トルクによってきまり、なめらかな加減速および正確な着床を行なうようモータに適切なフライホイールを取付けている。下降時はとくに新設計したスプールがスロー閉閉を行なう下降電磁弁により、ジャッキ内の油をタンクへ戻してかごを発進停止させる。その際のかご加減速度および最大速度は下降電磁弁の絞りにより調節する。

以上のようにモータはかご上昇時のみ運転するので電力消費量が少なく、油温の上昇も少ないため油の劣化がわずかで、タンクの小型化にも役立っている。

ポンプには小形高圧ギヤポンプを使用しパルプ類も必要最小限の種類であり、パワーユニットはきわめて小形簡易な構成となっており、低速でもさしつかえないエレベータ用として実用的経済的な油圧制御方式といえる。

この方式の自動車用エレベータの試験結果を図 3.3 に示す。最大加速度は $0.08 \sim 0.12 \text{ g}$ と良好な特性を示している。

3.2 HVC 方式

この方式はエレベータのスムーズな加減速および精密着床をねらいとした中圧大流量油圧制御方式で、 $30 \sim 60 \text{ m/min}$ の中速乗用および $20 \sim 30 \text{ m/min}$ の自動車用、荷物用エレベータに用いる。油圧エレベータはこれまで騒音の点で問題を起こしやすいだったが、乗用エレベータにも適用するに当たって、静粛化・防振・防音についても十分な対策を施した。

油圧回路略図を図 3.4 に示す。この回路は従来当社が自動車用直結プランジ式油圧エレベータに使用し良好な特性を得ていたものを、

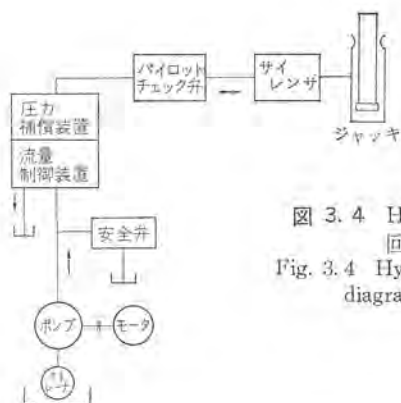


図 3.4 HVC 方式油圧回路
Fig. 3.4 Hydraulic circuit diagram type HVC.

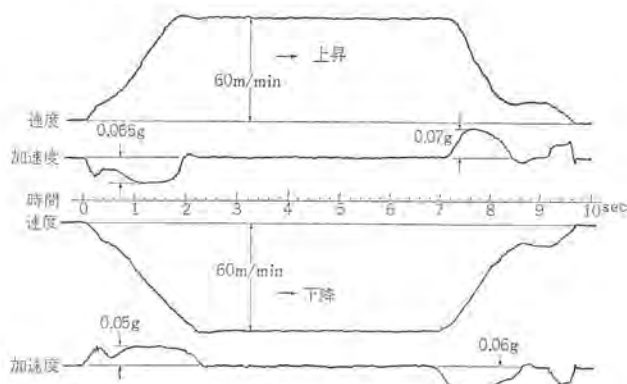


図 3.5 HVC 方式特性曲線
Fig. 3.5 Characteristic curve of HVC type.

さらに圧力補償装置により加減速特性を改良し、最高速度を負荷によらず一定に保つよう改善したものである。

まずかごの上昇指令によりポンプは無負荷で起動し、流量制御装置によりジャッキへ送る油量を制御して加速・減速・停止を行なう。下降時はパイロットチェック弁が開き、次いで同様に流量制御装置によりジャッキからタンクへ戻る油量を円滑に制御する。このようにエレベータの加減速・着床はすべて流量制御装置で行なわれるが、通常製作されているようなスプールの開閉をパイロット回路で行なう純油圧式流量制御弁では、負荷（圧力）および油温（粘度）によって加減速特性が変動する。これに対し当社の流量制御装置ではスプールを制御モータによって機械的に駆動するので、圧力補償装置の働きと相まって、常に一定のなめらかな加減速特性を示し、中高速乗用エレベータに最適であり、世界的にも最高級の制御方式といえよう。

さらにポンプは欧米でも広く用いられ、騒音や圧力脈動が少ないことで定評のあるスクルーポンプを使用している。パワーユニットは吸音材付カバーでおおうとともに、防振ゴムにより建物に伝わる固体伝達音をカットしている。またパワーユニットとジャッキの間にポンプの圧力脈動除去用サイレンサを用いて、かごの振動および昇降路配管からの騒音をカットし、騒音対策には十分注意をはらっている。

この方式の乗用エレベータの試験結果を図 3.5 に示す。最大加減速度は 0.6~0.7 g で、ほぼ満足な特性が得られた。

4. サイドプランジャ式エレベータ標準仕様

当社は乗用、荷物用、自動車用の各用途に対して直結およびサイドプランジャ両方式の油圧エレベータを製作しているが、以下サイドプランジャ式乗用および自動車用エレベータの標準仕様をご紹介します。

なお一般に油圧エレベータパワーユニットは電動ロープ式巻上機にくらべて騒音が大きいので、機械室は居住区域から極力離すことが望まし

表 4.1 サイドプランジャ式乗用エレベータ標準仕様
Table 4.1 Standard specification of side plunger type passenger elevators.

形 式	積 載 量		制御 方式	操作 方式	速 度 m/min		出入口 幅 J	かご内法 A×B	昇 降 路 X×Y				
	定員	kg			Up	down							
P-9-2S	9	600	HVC	2 BC (AS)	30		850	1,250×1,260	2,000×1,800				
P-9-CO							800	1,400×1,130	2,150×1,700				
P-11-2S	11	750					900	1,300×1,450	2,050×1,950				
P-11-CO							800	1,450×1,300	2,200×1,770				
P-13-2S	13	900			60	60	950	1,350×1,550	2,140×2,050				
P-13-CO							850	1,550×1,350	2,340×1,800				
P-15-2S	15	1,000					1,050	1,450×1,650	2,240×2,150				
P-15-CO							950	1,700×1,400	2,490×1,850				
P-17-2S	17	1,150			30		1,100	1,550×1,700	2,340×2,200				
P-17-CO							1,050	1,900×1,400	2,690×1,860				
P-20-2S	20	1,350			45		1,100	1,650×1,800	2,440×2,300				
P-20-CO							1,100	2,000×1,500	2,790×1,950				

とくに記入のない数字の単位は mm

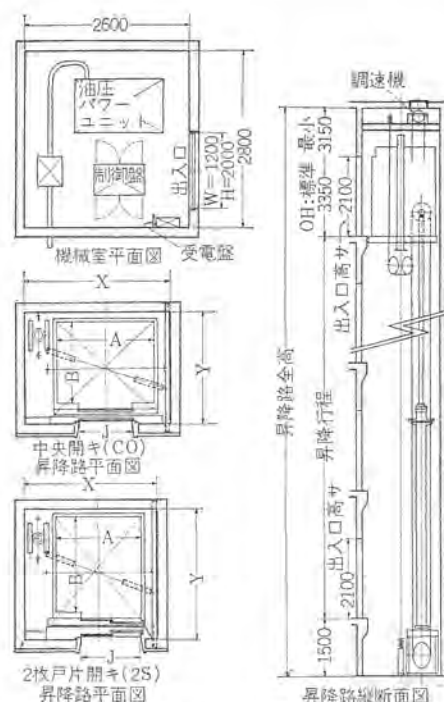


図 4.1 サイドプランジャ式乗用エレベータ据付
Fig. 4.1 Layout of passenger elevator.

い。やむをえず居住区域の近くに機械室を設ける場合は、機械室の壁を防音壁にするなどの対策が必要である。

4.1 乗用エレベータ

かご速度は上昇時 30, 45, 60 m/min, 下降時はすべて 60 m/min を標準とする。銀行、ホテル、事務所ビルなどの低層階だけをサービスするエレベータ（6カ所停止程度）として適当である。HVC 油圧制御方式の採用により、静粛で快適な乗心地が得られる。表 4.1 に標準仕様、図 4.1 に標準据付を示す。

4.2 低速簡易形自動車用エレベータ

このエレベータは4カ所停止すなわち地下3階程度までサービスでき、油圧装置、かごとも簡易で経済的なことを特長とし、一般ビル地下ガレージ用として最適である。

油圧エレベータではかご自重プラス積載量を押上げる必要があるため、かご自重軽減はプランジャの小形化およびモータ小容量化に大きな効果がある。そのためこのエレベータではかご床の軽量化と同時に、自重のうち大きな割合を占めるかご室・かごの戸・かご戸閉装置を全廃し、かごの両側に高さ 1,400 mm の金網壁を設けた簡易形かご

表 4.2 サイドプランジャ式自動車用エレベータ標準仕様
Table 4.2 Standard specification of side plunger type car elevator.

	記 号	低速簡易形 (かご室かごの戸なし) を標準とする			中速形 (かご室かごの戸付を標準とする)		備 考
		中小形車用	大 形 車 用		中 小 形 車 用	大 形 車 用	
積 載 量 kg		2,000	2,600	3,000	2,000	2,400	
制 御 方 式		MD			HVC		
操 作 方 式		1 BF			1 BF, 1 (DWA)F, 1 BRF-MS, 1 BRF-MA		
速 度 m/min	Up	10			20	20	
	Down	10			30	30	
電 動 機 kW		11	15	19	37	37(50 ∞), 45(60 ∞)	
かご室内法間口	A	2,350	2,750	2,900	2,350	2,600	
かご室内法奥行	B	5,500	6,200	6,800	5,400	6,150	
出 入 口 幅	J	2,350	2,750	2,900	2,350	2,600	
昇 降 路 間 口	X	3,205	3,605	3,755	3,205	3,455	
昇 降 路 奥 行	Y	5,775	6,475	7,075	5,750	6,500	1 方 口
		5,800	6,500	7,100	5,850	6,600	2 方 口
		5,825	6,525	7,125	5,800	6,550	1 方 口
		5,900	6,600	7,200	5,950	6,700	2 方 口
オ ー バ ー ヘ ッ ド	OH	3,350	3,350	3,700	3,500	3,500	2 枚戸上下開き
		3,480	3,480	3,700	3,500	3,500	2 枚戸上開き
標準最大昇降行程	S	12.4	10.8	9.9	18	20	

注 ○ とくに記入のない数字の単位は mm ○ 中速形で光電装置付の場合、Y 寸法は上表の数値より 25 mm (1 方口) または 50 mm (2 方口) 大きくすること。

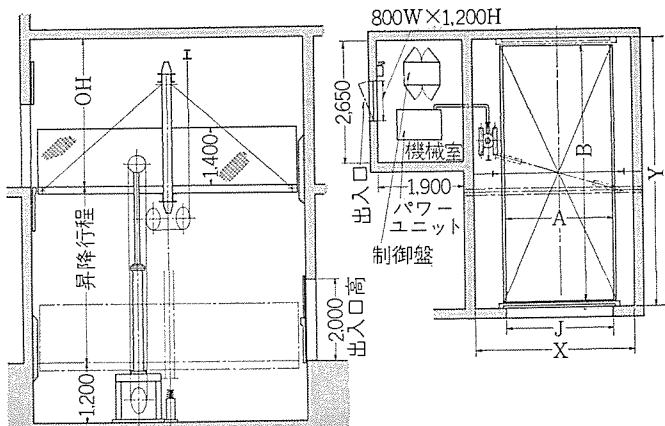


図 4.2 低速簡易形自動車用エレベータ据付
Fig. 4.2 Layout of low-speed simple type elevator for automobiles.

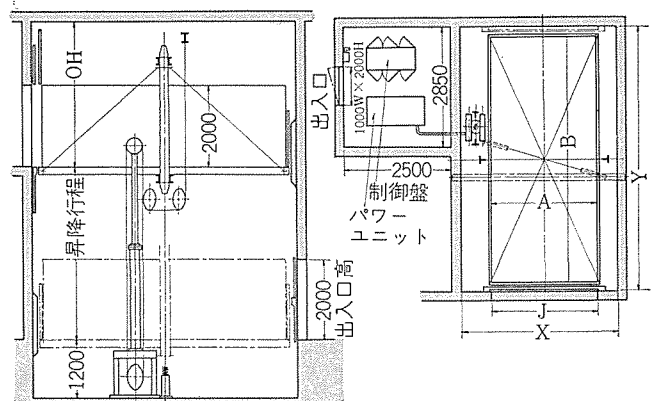


図 4.4 中速形自動車用エレベータ据付
Fig. 4.4 Layout of medium speed elevator for automobiles.

種用意している。表 4.2 に標準仕様、図 4.4 に標準据付図を示す。

5. む す び

以上、当社の最近の油圧エレベータについて述べてきたことをまとめると次のようになる。

(1) 直結プランジャ式油圧エレベータは建物上部に荷重をかけられない場合、大積載量、低行程、低速度の場合に適當である。

(2) サイドプランジャ式油圧エレベータは小中積載量、高行程、中速度の場合に適當である。

(3) サイドプランジャ式では、当社のせり上げ式のほうが片持式よりも構造が合理的で、建物にも不当な力をかけない。

(4) 高圧小流量の MD 方式は経済的、実用的な油圧制御方式で、低速簡易形自動車用および低速荷物用サイドプランジャ式エレベータに適當である。

(5) 中圧大流量の HVC 方式は高級油圧制御方式で、とくにすぐれた乗心地により中速乗用、20~30 m/min の高級自動車用および荷物用エレベータに適當である。

最近の日本の油圧技術分野における技術的進歩および生産の伸びは目ざましいものがある。一方最近ではビルの規模が大きくなるとともに多目的化し、油圧エレベータの特長も見直されてきた。当社はさらに研究をかさね各種の用途に対してご期待に沿いたいと願っている。

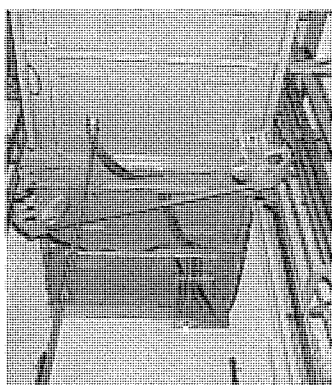


図 4.3 サイドプランジャ式自動車用エレベータ
Fig. 4.3 Side-plunger type elevator for automobiles.

を標準としている。自動車の安全はかご端部に設けた光電装置によって確保され、かご床の固定形車止めにより停車位置知覚の補助としている。表 4.2 に標準仕様、図 4.2 に標準据付図、図 4.3 に昇降路内部写真を示す。

4.3 中速形自動車用エレベータ

昇降行程 17~18 m まで可能な中速形エレベータである。高級形をねらい、かご室、かごの戸付きを標準とし、操作方式も 1 BF (シングルオートマチック F) から、かごの行先ボタンを押すこと以外はかごの呼び寄せ戸の開閉などをすべてを自動的にこなす 1 BRF-MA 方式まで各

三菱トラベータ

鬼頭 勝巳*・浅野 勝*

Mitsubishi Travators

Inazawa Works

Katsumi KITŌ・Masaru ASANO

Moving walks known by such models as the pallet type, belt type and belt-pallet type have been developed and installed in many places. But there remain a number of questions unsettled about their safety. Since the introduction of its trial product as the first moving walk in this country, Mitsubishi has been working hard to build the machines with the safety first and has now completed "Mitsubishi Travators". They have wide uses with long life and marked economy. Similar to escalators they are of a chain-pallet type provided with numerous fine pitch cleats, conforming to the American Standard Safety Code for Moving Walk. Their traffic capacities are of two kinds; one is 9,000 persons per hour and the other 6,000 persons per hour. They are walkable on a concaved path that is impracticable for the belt type.

1. ま え が き

ここ数年わが国でも動く歩道は遊園地や娯楽場のサービス施設として、あるいはスーパーマーケットなどで、エスカレータの代わりに各所で設置されるようになってきている。また1965年に開催されたニューヨーク世界博では、二十数台の動く歩道を縦横に駆使して、入場者をきわめてスムーズにさばいと伝えられる。さらに1970年(昭和45年)に開催予定の大阪万国博にも延長6kmにおよぶ動く歩道が設置される計画である。

このように動く歩道はサービス輸送機関としての用途のほかは鉄道やバスなどのターミナル、地下街連絡通路など大勢の人が集まる場所に設置し、集団の流れや群集をさばく横の交通機関としての用途が注目されるようになってきた。

三菱電機では昭和33年わが国最初の動く歩道「三菱トラベータ」を発表⁽¹⁾して以来改良を重ね、これらのあらゆる用途に適応し、高い安全性と長い寿命を誇る本格的な動く歩道「三菱トラベータ」を完成したので紹介する。



図 1.1 三菱トラベータ
Fig. 1.1 Mitsubishi Travator.

2. 動く歩道の各種形式

動く歩道は踏み面の構成、駆動方式などにより表2.1に示すよ

表 2.1 動く歩道の分類
Table 2.1 Classification of moving walks.

パレット式	チェーン駆動形……三菱電機、オーチス社、モントゴメリ社
	パレット駆動形……ウェスチングハウス社
ベルト式	ローラベッド形……サンドビック社、ステファニズアダムソン社
	スライダベルト形……サンドビック社、ステファニズアダムソン社
ベルトパレット式	ベルトパレット固着形
	ベルトパレット分離形——ベルト駆動形 ——パレット駆動形

うに分類できる。

2.1 パレット式 (Pallet Type)

エスカレータのステップとだいたい同じ大きさの踏み板をつないで一連の連続した踏み面を構成する。この踏み板のことを通常パレット (Pallet) と呼称することからパレット式と呼ばれる。パレットは一般にアルミダイカストで製作されるので、パレット上面にはクリート (Cleat) と呼ばれるさん(棧)を設けることが容易であり、安全性が高いとともに乗心地がよい。パレットの駆動形式によりさらに分類される。

2.1.1 チェーン駆動式

図2.1(a)に示したように、おのおののパレットをチェーンによって連結し駆動する形式で、一般にチェーンパレット方式と呼ばれ、わが国では三菱トラベータのみが採用している。チェーンパレット方式は最もオーソドックスで安全性の高いものと考えられており、オーチス社が昭和35年(1960年)にロンドンの地下鉄に設置した全長95mのものもこの方式である。またアメリカで動く歩道の大手メーカーであるモントゴメリ社 (MONTGOMERY) も最近この方式を採用しはじめた。

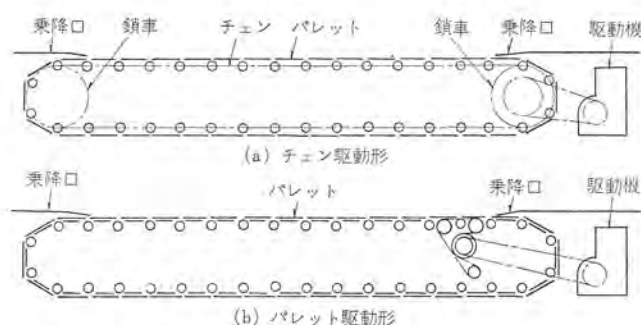


図 2.1 パレット式動く歩道
Fig. 2.1 Moving walk, pallet type.

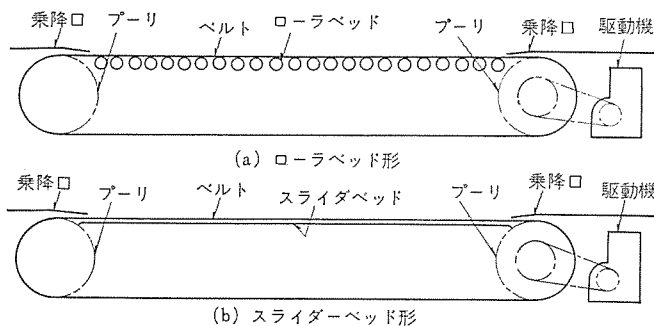


図 2.2 ベルト式動く歩道
Fig. 2.2 Moving walk, belt type.

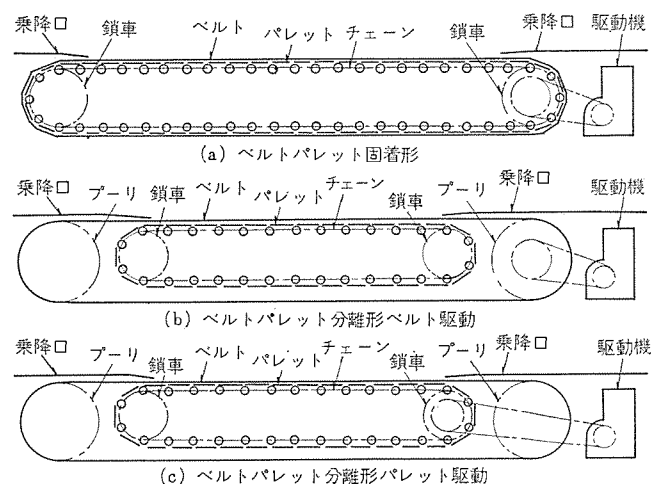


図 2.3 ベルトパレット式動く歩道
Fig. 2.3 Moving walk, belt pallet type.

2. 1. 2 パレット駆動式

図 2. 1(b) に示したように、おたがいに隣接したパレットが直接結合されて一連の連続した踏み面を構成し、パレットを直接駆動する形式である。米国ウエスチングハウス社 (WESTINGHOUSE) が採用している。

2. 2 ベルト式 (Belt Type)

エンドレスベルトが踏み面を構成するもので、このエンドレスベルトは一般に合成ゴムで作られる。アメリカで作られた世界最初の動く歩道はこのベルト式であり、またわが国で設置された動く歩道の大部分はこの方式である。ゴムベルトに連続してクリートを設けることは技術的、経済的にある程度の困難さをともなうことから、国内に既設の大部分のものはベルトがフラットなきわめて危険度の高いものであった。最近ではゴムベルトにもクリートがつけられるようになったので安全性はかなり改善されている。ベルト式は、このベルトの支持方法によってさらに分類される。

2. 2. 1 ローラーベッド形

図 2. 2(a) に示したようにベルトの下側全長にわたってローラーを並べ、このローラーによってベルトを支持する形式で、構造が簡単なことから広く採用されているが、ベルトがローラー上を乗越える際乗客に不快な波動感を与えるため乗心地はあまりよくない。米国のステファーズ・アダムソン社 (STEPHENS-ADAMSON) スウェーデンのサンドビック社 (SANDVIK) が採用している。

2. 2. 2 スライダベッド形

図 2. 2(b) に示したようにベルト下側全長にわたって摩擦係数の小さい平面でささえた形式で、乗心地は改善されるが動力消費が大

きいので、短機長のものに限られる。米国 ステファーズ・アダムソン 社、スウェーデンのサンドビック 社が採用している。

2. 3 ベルトパレット式

連続したパレットの上にエンドレスベルトを設けて踏み面とするもので、前述のパレット式とベルト式を組み合わせたようなものである。

2. 3. 1 ベルト、パレット固着形

図 2. 3(a) にその一例を示したように駆動パレットにエンドレスベルトを固着したものである。

2. 3. 2 ベルト、パレット分離形

パレットにエンドレスベルトを沿わせ、この両者の間の摩擦力によって両者が一体に動くようにした形式である。図 2. 3(b) にその一例を示したように、ベルトを駆動してパレットを従動させるベルト駆動形と、図 2. 3(c) にその一例を示したように、パレットを駆動してベルトを従動させるパレット駆動形⁽³⁾とがある。

3. 安全の重要性

一般大衆の集まる場所に設置し、集団の流れや群衆をさばく交通機関としての動く歩道は言うまでもなく高い安全性を具備することこそ最大の条件と言わねばならない。国内において動く歩道はたびたび痛ましい乗客事故を引き起こしており、また動く歩道の発祥地であるアメリカにおいてすらその初期のものは、大きな事故を経験したと聞く。

わが国ではこの 10 年間に数千台におよぶエスカレータが設置され、デパート、ターミナルステーションなどで、日夜サービスを行なっているが、このような痛ましい乗客事故の発生は、ほとんどない。一方動く歩道はこの 5 年間にせいぜい数十台が設置されたにすぎない。それにもかかわらず新聞紙上をにぎわすほどの大きな乗客事故を経験している。

エスカレータは、ステップ上面に細いクリート(棧)がついており、乗降口にはかならずくし(櫓)があって、ステップのクリートとかみ合っており、ステップ上のものを確実にすくい取るので事故は皆無である。一方事故をおこした動く歩道は、大部分がベルトにクリートのない、いわゆるフラット(平面)ベルトであり、降り口においてベルト上面の物体をすくい取る作用が不確実なために事故をおこしたものである。

さすがに最近ではこのように危険なフラットベルト式にかわって、クリートベルト式が登場するようになり、安全性がかなり改善されたのはよこばしいことである。

三菱電機では昭和 33 年、わが国最初の動く歩道「三菱トラペータ」を試作して以来 10 年間、一貫してパレット式の動く歩道を採用してきた。パレットをアルミダイカスト製にすることにより、エスカレータのステップと同じような細いクリートが、容易につけられること、踏み面は過酷な使用条件のもとでも半永久的であること、万一クリートが破損しても補修が容易であることなど、いつまでも高い安全性を保持できる利点がある。

動く歩道が広く普及しているアメリカでは、重大な乗客事故を起こすや、いち早く安全条例を制定し、踏み面に細いクリートをつけることをはじめ、各部構造に非常にきびしい安全規定を設けた。

この安全条例は A. S. A. CODE⁽²⁾ と言われるもので、歴史の古いエレベータ、エスカレータについては、すでに 1921 年に制定されているが、比較的歴史の浅い動く歩道については、1962 年 (昭和 37 年) に初めて制定された。A. S. A. CODE は、世界的に最も権威ある安全条例の一つであり、安全性を重視するこれらの輸送機関は、最

少限この安全条例に合致することが必要である。わが国では、残念ながら動く歩道に関する安全条例がまだ制定されていないので、野放し状態と言えるが、三菱トラベータは A. S. A. CODE⁽²⁾ に合致した、きわめて安全性の高い動く歩道である。

参考までに、とくに重要と思われる安全規定を、A. S. A. CODE⁽³⁾ より抜粋要約して紹介する。

(a) 踏み面のクリートピッチ P は 12.7 mm (1/2 in.) 以下、みぞの幅 W は 6.35 mm (1/4 in.) 以下、クリート高さ H は 4.76 mm (3/16 in.) 以上であること。(図 3.1 参照)

(b) 踏み面の傾斜角度は最大 15° であり、速度は乗降口の傾斜角度および中間部の傾斜角度の大きさによって、表 3.1 に示す範囲であること。

(c) 踏み面有効幅は 406.4 mm (16 in.) 以上で、最大許容幅は表 3.2 に示す。

(d) 荷重条件

構造物に対しては 488 kg/m² (100 lb/ft²)、踏み面、ブレーキ能力、負荷伝達装置関係はいずれも 366 kg/m² (75 lb/ft²) の負荷とする。

(e) 欄干は両側にかならず設けなければならない。

(f) 移動手すりは両側にかならず設けなければならない。

ただし傾斜が 3° 以下で、かつ速度が 21.34 m/min (70 fpm) 以下のものはこの限りではない。また踏み面幅が 533 mm (21 in.) 以下のものは片側だけでもよい。

表 3.1 A. S. A. CODE⁽²⁾ による許容最大速度
Table 3.1 Maximum treadway speed according to A. S. A.

乗降口の踏み面最大傾斜角	許容最大速度 m/min (fpm)
3° まで	54.86 (180)
3° をこえ 5° まで	48.77 (160)
5° をこえ 8° まで	42.67 (140)
8° をこえ 12° まで	39.62 (130)
12° をこえ 15° まで	38.10 (125)
中間部踏み面最大傾斜角	許容最大速度 m/min (fpm)
8° まで	54.86 (180)
8° をこえ 15° まで	42.67 (140)

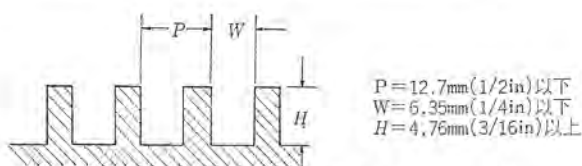


図 3.1 A. S. A. CODE⁽²⁾ によるクリート形状
Fig. 3.1 Size of the cleats by A. S. A.

表 3.2 A. S. A. CODE⁽²⁾ による許容最大踏み面幅
Table 3.2 Maximum moving walk width according to A. S. A.

踏み面最大傾斜角	許容最大踏み面幅 mm (in)	
	速度 42.67 m/min (140 fpm) までのもの	速度 42.67 m/min (140 fpm) をこえ 54.86 m/min (180 fpm) までのもの
3° まで	制限なし	1,016 (40)
3° をこえ 5° まで	2,794 (110)	1,016 (40)
5° をこえ 8° まで	1,981 (78)	1,016 (40)
8° をこえ 12° まで	1,016 (40)	—
12° をこえ 15° まで	1,016 (40)	—

4. 三菱トラベータの特長

4.1 基本構造

すでに述べたように、三菱トラベータは、子どもから老人にいたるまで、だれでも安心して利用いただける、きわめて安全性の高いチェーンパレット式の動く歩道である。すなわちチェーンによりエンドレスに連結されたパレット、駆動機構、移動手すりなど、その基本構造はすべてエスカレータと同じで、A. S. A. CODE⁽²⁾ に合致している。図 4.1 に三菱トラベータの中部断面を示す。

4.2 パス

パスは、パレットローラーをささえるレールを展開することにより、垂直方向に自由に屈曲させることができる。図 4.2 に示すように、直線形はもちろん、乗降場付近に水平部を設けた形式(エスカレータ形)や、途中の障害物や通路をさけたオーバーパス形、アンダーパス形など、直線と曲線を自由に組み合わせて、どんな形状のパスにすることもできる。

踏み面は傾斜部走行中は動く歩道の傾斜にならって傾むき、乗客は不自然な姿勢で立たされることになる。したがって、最大傾斜角は 10° とし、また傾斜角が 5° をこえるものについては、上下乗場に水平部を設けるのを標準とした。

一般にゴムベルト式はベルトが浮き上ることから、おう曲部を設けることが困難なため、下部乗場付近には水平部を設けないのが普通である。したがって傾斜角度が 5° を越える場合でも乗り口から直接傾斜がつくことになり、乗客に不安を与えるおそれがないとはいえない。三菱トラベータはおう曲部を設けることがきわめて容易であ

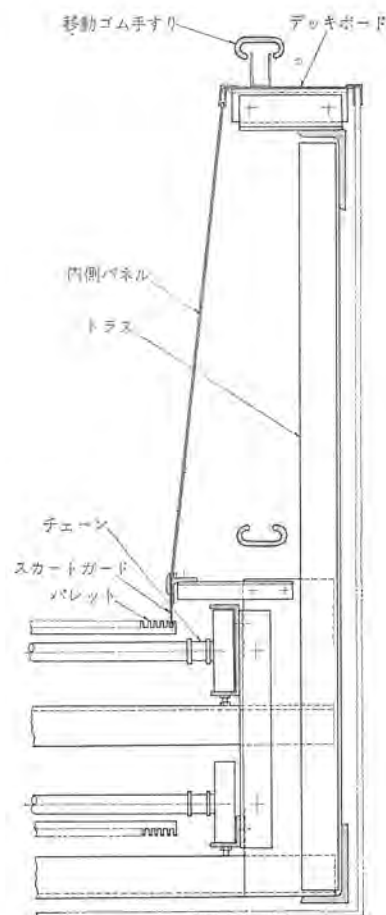


図 4.1 中部欄干断面 Fig. 4.1 Detail of balustrade.

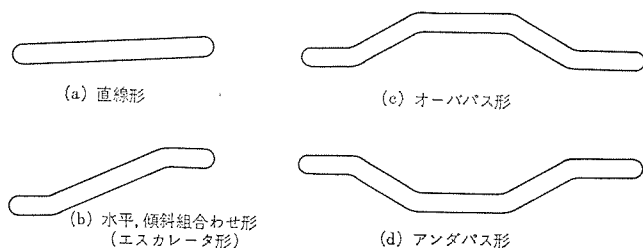


図 4.2 パスの代表例

Fig. 4.2 Typical arrangement of moving walks.

るから、傾斜角度が 5° をこえる場合は、乗降口付近に水平部を設け、乗降の際の不安感を取り除いてある。しかし乗降の際とくに不安感を与えない 5° 以下のものについては、水平部を設けない。

4.3 パレット

4.3.1 細いクリート

パレットはアルミダイカスト製で、エスカレータステップと同一形状の細いクリートがつけてある。アルミダイカストはピッチがこまかく、たけ(丈)の高いクリートが容易につけられるが、ベルト式は合成ゴム製ベルトを採用するのが普通であり、ゴム製ベルトにピッチがこまかく、たけの高いクリートをつけると、乗客の重量に耐えられなくなり、クリートがたわんだりつぶれたりすることになる。このようなことより、ベルト式のクリートはピッチ、たけなどについて大きな制約をうけるのでアルミダイカストと同程度のクリートをつけることは非常に困難である。

一般にクリートのピッチはこまかいほど、またたけは高いほど乗降口におけるくしとのかみ合いが確実となり安全性は向上するが、実用上はエスカレータのステップと同程度の形状であれば、十分に安全と言える。したがってアルミパレット式はベルト式より安全性が高いと言える。

4.3.2 半永久的な寿命

乗客はパレット踏み面を歩くことも予想されるが、エスカレータで十分な実績をもっているアルミパレットは摩耗が少く、長年の使用に十分耐えることができる。また強度が大きく破損することはほとんどないが、たとえ破損しても、破損した一部パレットの交換のみで簡単に補修でき、いつまでも美しく正常な安全機能を保持できる。

一方ベルト式は摩耗強度がアルミパレットより劣るため、乗客の多い場所に使用すると、数年の使用でベルトを取りかえる必要が生じ、またクリートが破損した場合は部分的な補修が困難なため、ベルト全部を取りかえなければ正常な安全機能を保持できない。

ベルトはかなり高価なもので、アルミパレットを一部交換するのにくらべて、ベルト一式を交換することは非常に大きな費用をユーザーに負担させることになる。

このように三菱トラベータが安い維持費で半永久的に高い安全機能を保持できることは、ベルト式には備え得ない大きな特長である。

4.3.3 パレット境界

隣接パレットとの境界ギャップはできるだけ小さくし、連続した踏み面が得られるよう境界形状を図 4.3 に示すようにジグザグ状にかみ合わせ、直線状のスリットができないようにしたので、たとえ境界ギャップの上に乗っても安全である。

4.3.4 快適な乗心地

パレットは特殊合成ゴム製ローラーで支持されているので、十分な負荷能力を有し、回転部分には玉軸受を採用したので、動きは円滑で、乗心地は快適である。

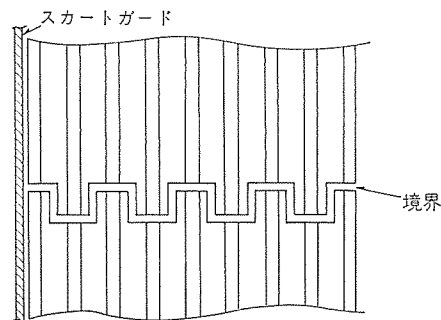
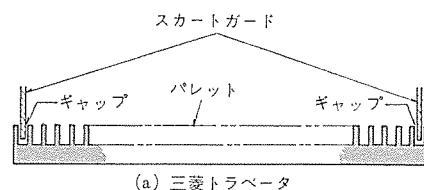
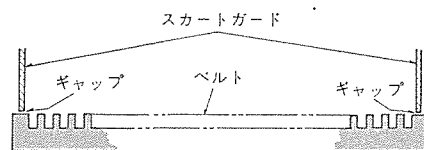


図 4.3 パレットの境界

Fig. 4.3 Interlocking pallets of Mitsubishi travator.



(a) 三菱トラベータ



(b) 一般のベルト式動く歩道

図 4.4 スカートガードの比較

Fig. 4.4 Comparison of skirt guards.

4.4 欄干スカートガード

欄干内側板の幅木に相当するスカートガードは、移動するパレットと静止した欄干の境界にあって安全上重要な機能を持っている。スカートガードは図 4.4 (a) に示したようにパレットみぞの中に差し込まれており、パレットは全長にわたって横方向にもガイドされているので(蛇)行がなく、パレットとスカートガードとの間に生ずるギャップは常に一定である。また、たとえスカートガードが足などで強く押されてもスカートガードは裏側のクリートにささえられて、このギャップは、パレットみぞ幅とスカートガード板厚との差以上にはひろがらず非常に安全である。

しかしベルト式では、ベルトの全長にわたって横方向をガイドすることが困難なため、ベルトのだ行は避けられない。したがってスカートガードは図 4.4 (b) に示したよう、ベルト上面にギャップを設けて取りつけることになり、足などがこのギャップにくっついておそれがないとは言えない。

4.5 チェン

パレットを連結して運行するチェンは、エスカレータと同一で駆動機側ターミナルと緊張側ターミナルに配置した鎖車にかけられて駆動される。この鎖車の直径は十分に大きくしたので、高精度でピッチのこまかいチェンと相まって、なめらかな乗りごちと静粛な運転が保証できる。またチェンは吟味した特殊材料を使用しているため、長年の過酷な使用にも十分耐えることができる。

4.6 トラス

全長にわたってトラスを設けるトラス形と、両端部のみにターミナルフレームを作り、中間部は短かい間かくで支持台を設けて受けるトラスレス形の2種類の方法にわけ実用的にした。(図 4.5 参照)

トラス形は比較的短かい建物内の階間輸送や、道路と地上階を結ぶ場合などに、トラスレス形は通路と同一面に設置する場合などに適用

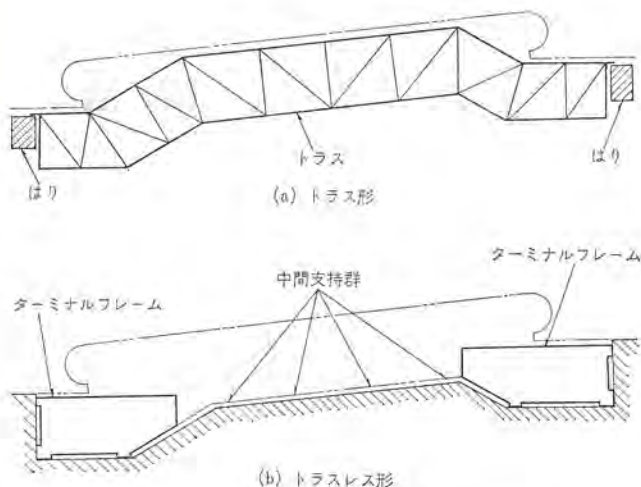


図 4.5 トラス形状
Fig. 4.5 Shape of structure of Mitsubishi travator.

するが、おのこの設置計画の際有利な方法を選択していただければよい。

5. 標準仕様

種々の用途に適応し、安全で実用的な動く歩道「三菱トラベータ」を提供することを目標に、各種資料や実験データに検討を加え、表 5.1 に示すように定めた。

欄干幅は大人 2 人が楽に並んで乗れる 1200 形と、おとなと子どもが並んで乗れ、しかもスーパーマーケットなどでショッピングカートが乗せられる 900 形の 2 種類とした。速度は 30, 35, 40 m/分の 3 種を標準と定めた。A. S. A. CODE⁽²⁾ によれば、水平の場合の最高許容速度は表 3.1 にあるように 54.86 m/min となっているが、われわれ

表 5.1 三菱トラベータの標準仕様
Table 5.1 Standard specification of Mitsubishi travators.

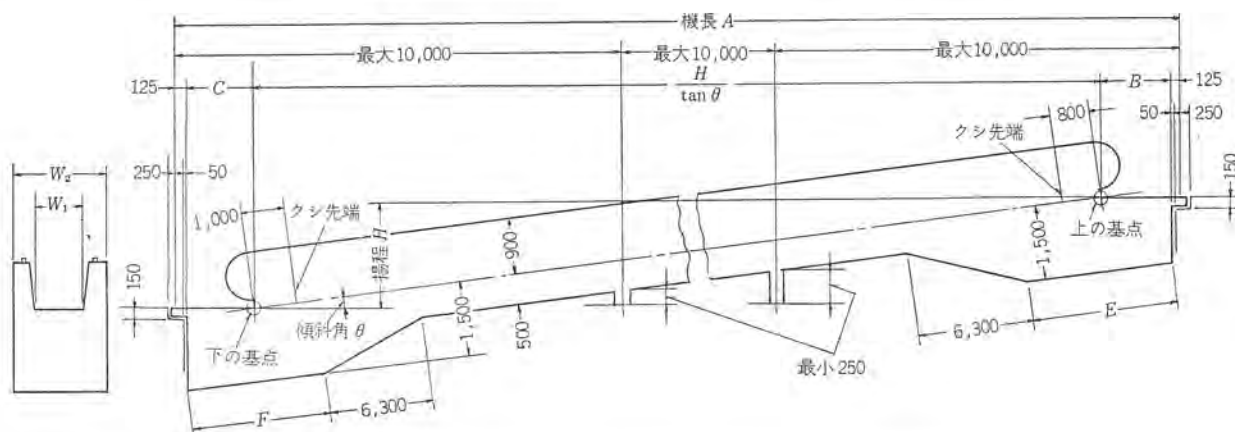
形 名	900 形	1200 形
踏 面 幅 mm	670	1,015
輸 送 能 力 (人/時)	6,000	9,000
速 度 V m/min	30, 35, 40	
傾 斜 角 θ (度)	0~10	
最 大 機 長 Amax	図 6.3, 6.5 参照	図 6.4, 6.6 参照
運 転 方 式	可 逆 式	
移 動 ゴ ム 手 す り	両 側	
内 側 パ ネ ル	ステンレス鋼板またはメラミン樹脂化粧板	

れは実験によって、一般の大衆が安全に乗降できるのは 40 m/min までであることを確認した結果、最高 40 m/min とし、また輸送能力は速度とは関係なく 1200 形が 9,000 人/h, 900 形が 6,000 人/h とした。一般に速度が大きくなれば輸送能力は増加するように考えがちであるが、われわれの経験した結果では速度が 30 m/min 以上になると、輸送能力は乗り込み能力によって押さえられてしまうので、速度を大きくしても輸送能力は増えないことが明らかとなった。したがって 1200 形において、30 m/min のとき、各パレットに 2 人ずつ乗り込むと輸送能力は

$$\begin{aligned} \text{輸送能力 } P \text{ (人/h)} &= \frac{\text{速度 (m/min)} \times 2 \text{ 人}}{\text{パレット長さ (m)}} \times 60 = \frac{30 \times 2}{0.4} \times 60 \\ &= 9000 \text{ (人/h)} \end{aligned}$$

となり、これが乗り込み能力に相当する。

また、移動手すりは安全性を重視して両側に設け、強力合成セylonを心体に、三菱エスカレータで定評ある三菱ハイドロン合成ゴムでおおったもので、長年にわたって美しい表面を保持することができる。



0° ≤ 傾斜角 θ ≤ 5°, 寸法表 単位は A, H は mm, V が m/min									
形 名	k	θ (概略は図 6.3~6.6 に示す)	B	E	C	F	W ₁	W ₂	k および g の 算 式
900	≤ 12.39	$\tan \theta = H / (A - q)$	1,810	2,750	q - 2,060	C + 1,650	670	1,550	$k = (30 + 1.74V)(A - 4,960) \times 10^{-6} + H \times 10^{-3}$ $(A - 3,160) / H$ q ≤ 28 3,160 > 28 4,060
	> 12.39	$\tan \theta = H / (A - q - 1,180)$	2,990	3,950					
1200	≤ 8.26	$\tan \theta = H / (A - q)$	1,460	2,400	q - 1,710	C + 1,650	1,015	1,900	$k = (30 + 1.34V)(A - 4,610) \times 10^{-6} + H \times 10^{-3}$ $(A - 2,810) / H$ q ≤ 28 2,810 > 28 3,710
	> 8.26	$\tan \theta = H / (A - q - 1,180)$	2,640	3,600					

図 6.1 直線形の標準レイアウト

Fig. 6.1 Standard layout of Mitsubishi travator without horizontal at landing.

6. レイアウト

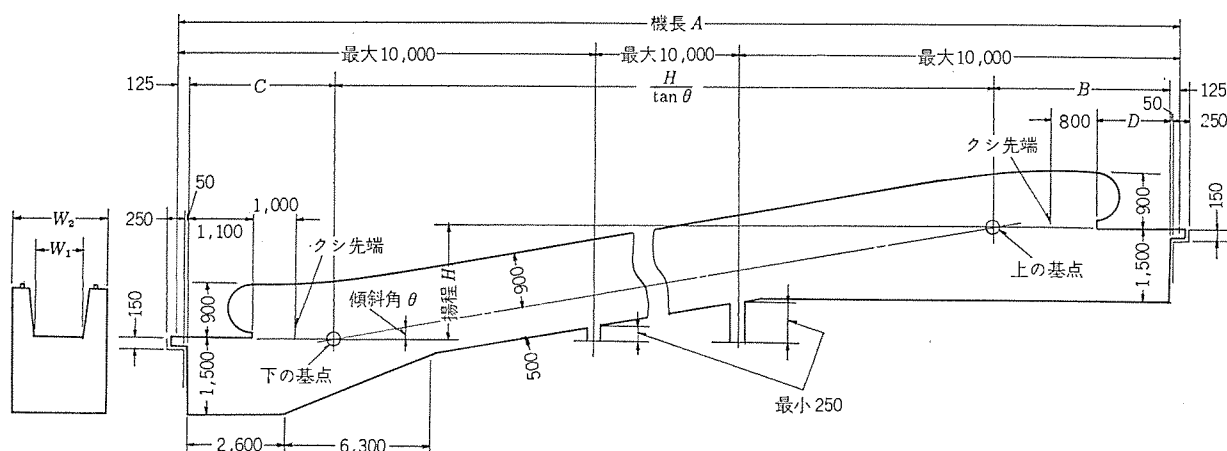
図 6. 1, 6. 2 に水平形および傾斜形の標準レイアウトを示す。傾斜角が 5° までは乗降口を直線で結ぶ直線形とし、 5° をこえ 10° 以下のものは、図 6. 2 に示したように乗降口に水平面を設ける。

図 6. 3 は 900 形、図 6. 4 は 1200 形について直線形の場合の機長、揚程、傾斜角の関係および標準限界を、また図 6. 5 は 900 形、

図 6. 6 は 1200 形について乗降口に水平部を設けた場合の機長、揚程、傾斜角の関係および標準限界を示す。設備計画の際ご利用いただきたい。また標準レイアウト以外のものについては当社へご照会願いたい。

7. 用 途

(a) 鉄道、バス、港、空港などのターミナルステーションの人の交通緩



5° < 傾斜角 $\theta \leq 10^\circ$ 寸法表 単位は A, H が mm, V は m/min								
形 名	k	$\theta^\circ = \beta^\circ - \alpha^\circ$ (概略は図 6.3~6.6 に示す)	B	D	C	W_1	W_2	k および q の算式
900	≤ 12.39	$\tan \beta = (A - 4,400) / (40,000 - H)$ $\cos \alpha = (40,000 \sin \beta) / (A - 4,400)$	$20,081 \tan \frac{\theta}{2} + 2,150$	1,700	$19,919 \tan \frac{\theta}{2} + 2,000$	670	1,550	$k = (30 + 1.74V)(A - 4,850) \times 10^{-6} + H \times 10^{-3}$
	> 12.39	$\tan \beta = (A - 5,600) / (40,000 - H)$ $\cos \alpha = (40,000 \sin \beta) / (A - 5,600)$	$20,081 \tan \frac{\theta}{2} + 3,350$	2,900				
1200	≤ 8.26	$\tan \beta = (A - 4,050) / (40,000 - H)$ $\cos \alpha = (40,000 \sin \beta) / (A - 4,050)$	$20,081 \tan \frac{\theta}{2} + 1,800$	1,350	$19,919 \tan \frac{\theta}{2} + 2,000$	1,015	1,500	$k = (30 + 1.34V)(A - 4,500) \times 10^{-6} + H \times 10^{-3}$
	> 8.26	$\tan \beta = (A - 5,250) / (40,000 - H)$ $\cos \alpha = (40,000 \sin \beta) / (A - 5,250)$	$20,081 \tan \frac{\theta}{2} + 3,000$	2,550				

図 6. 2 乗降口に水平部をつけた場合の標準レイアウト
Fig. 6.2 Standard layout of Mitsubishi travator with horizontal at landing.

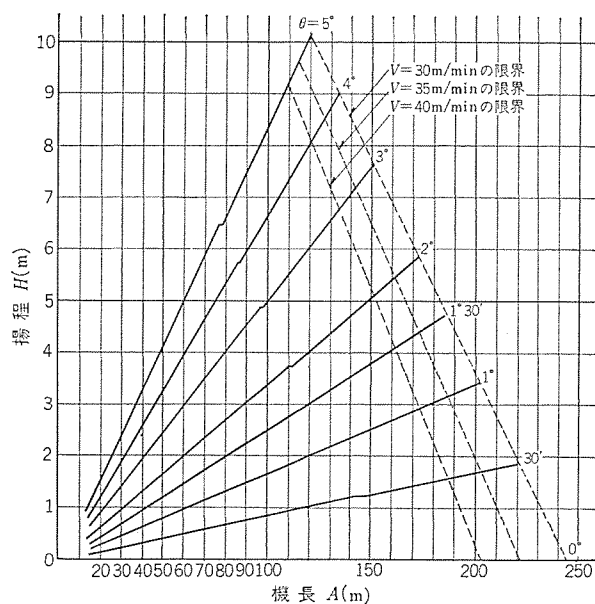


図 6. 3 900 形トラベータ (直線形) の機長、揚程、傾斜角の関係および標準限界
Fig. 6.3 Diagram of length, rise, slope angle and standard limitation of type 900 Mitsubishi travator without horizontal at landing.

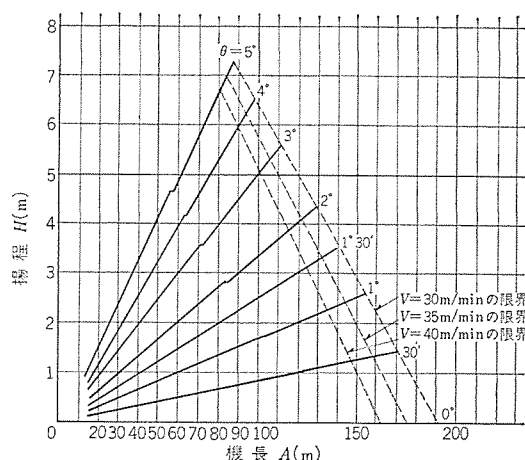


図 6. 4 1200 形トラベータ (直線形) の機長、揚程、傾斜角の関係および標準限界
Fig. 6.4 Diagram of length, rise, slope angle and standard limitation of type 1200 Mitsubishi travator without horizontal at landing.

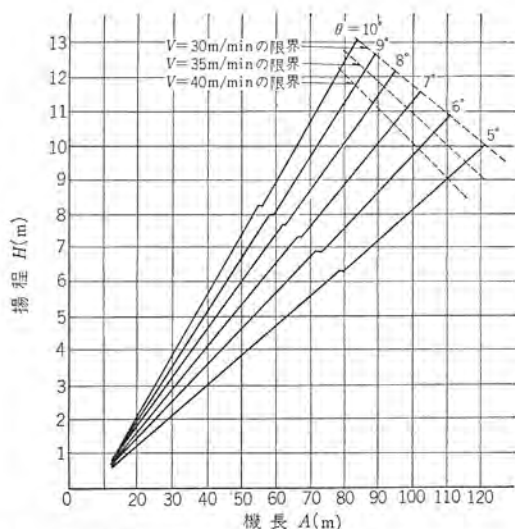


図 6.5 900 形トラベータ (乗降部水平) の機長、揚程、傾斜角度の関係および標準限界

Fig. 6.5 Diagram of length, rise, slope angle and standard limitation of type 900 Mitsubishi travator with horizontal at landing.

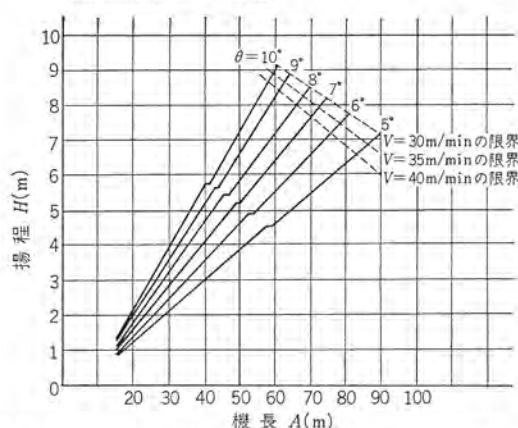


図 6.6 1200 形トラベータ (乗降部水平) の機長、揚程、傾斜角度の関係および標準限界

Fig. 6.6 Diagram of length, rise, slope angle and standard limitation of type 1200 Mitsubishi travator with horizontal at landing.

和とサービス

大勢の人が行きかうこれらの場所に設置することにより、人の流れを能率よく整理できる。わが国にはまだこの種の設置例はないが、今後の発展が予想され、三菱トラベータの性能を十分に発揮できる場所であると信ずる。

(b) 地下鉄からのお客の誘導

地下鉄駅に接続するデパート、商店街など、改札口との間に設置して、お客を積極的に誘導することができる。

(c) 地下連絡通路、道路の上をまたぐ歩道橋

歩かずに目的地まで運んでくれる。トラベータのみでもよいが、エスカレータと組み合わせることによって、おののおののもちあじを生かし、



図 7.1 三菱ショッピングカート
Fig. 7.1 Mitsubishi shopping cart.

効果をあげることができる。

(d) 遊園地や博覧会場などのレジャー 観光施設の サービス 輸送

入口から会場までの案内、会場内の誘導に利用できる。途中の観覧物を歩くことなく見まわれる。とかく疲れるこの種の会場にはトラベータの設備が必要であろう。

(e) スーパーマーケットなどの階間輸送

エスカレータの代わりに設置すれば、ショッピングカートも乗せることができる。とくに当社製のショッピングカートは、図 7.1 に示したように、傾斜したパレットに乗せてもところがいかならないような自動定着装置 (実用新案第 823904 号) を備えているので、楽に運搬することができる。

8. む す び

過去 10 年間、当社は一貫してアルミダイカスト製パレット式が、安全性、堅ろうさ、経済性の点にすぐれていることを主張しつづけてきた。今回の改良開発で三菱トラベータは、旧来からの主張の正当性をさらに確立したものと信ずる。

この稿により動く歩道に対する認識がいっそう深まり、新しい需要が生まれ、三菱トラベータが人の交通混雑の緩和や、サービス輸送に役だつことを確信する。

参 考 文 献

- (1) 河合：三菱電機 32, 1296 (昭 33)
- (2) American Standard A 17.1 ; Safety Code for Elevators, Dumbwaiters, Escalators, and Moving Walks.
- (3) 神, 杉本：日立評論 43, 883 (昭 36)

シミュレーション手法によるエレベータ設備の計画

藤田 明*・寺山 佳佑*・吉江 高明*

樺田 英夫*・並川 信輔*

Studies of Elevatoring by Simulation

Head Office

Akira FUJITA・Keisuke TERAYAMA・Takaaki YOSHIE

Hideo KUNUGIDA・Sinsuke NAMIKAWA

As the heights and scales of buildings enlarge, of late, the planning of elevator installation increases of its importance, bringing about the trend of calling for much information of high accuracy in practice. Based on the actual results and experience on the elevator installations, Mitsubishi has developed a simulation method by means of electronic computers to determine necessary data in the design and has been successful in practical application. It has then become possible to acquire such information as the number of waiting persons and time spent for waiting to understand transient traffic condition at the elevator hall through the simulation technique. This is innovation in the design of elevator facilities to suit the most appropriate and effective operation.

1. ま え が き

わが国の建築界が超高層建築時代を迎え、着々とその成果をあげつつある今日、建築設備の一つである昇降機が果たすべき役割は大きい。昇降機設備が建物内にあって十分その機能を発揮し、ビル機能の向上に結びつくためには、昇降機の機器そのものが優秀であることはもとより、その設備計画もすぐれていなければならないことは論ずるまでもない。設備計画の重要性は建築の超高層化・大規模化に伴う建築設備の比重の増大によりますます大きくなり、計画にあたっては豊富な精度の高いデータを要求されるようになってきた。

当社では昇降機の設備計画については長い研究と実測データを蓄積してきており、前記の要求に対しても電子計算機を用いたシミュレーション手法を開発し、すでに実際の設備計画にも適用し、成功をおさめてきた。本稿ではおもに事務所ビルにおけるエレベータ設備の計画手法について、従来からの方法とその問題点に触れた後、エレベータホールにおける待ち行列と、サービス状況の適確なはあくによる設備計画の質的向上を期したシミュレーション手法について述べることにする。

2. エレベータ計画手法の現状

2.1 現在のエレベータ計画の手法

エレベータの計画は対象としているビルの規模・目的・性質・立地条件などからビル内人口、居住者の集中度、垂直・水平交通動線などを推定し、そのビルが必要とする輸送能力・待ち時間を満足しコストが最小になるようにエレベータのバンク割り、位置と配置、台数・容量・速度・操作方式を選定することである。

計画の方法は一般に図2.1の手順によっており、まずビルの居住人口・集中度の推定からエレベータ利用者数を算出する交通需要の算出があって、次にエレベータのサービス計画と仕様の仮定にもついでエレベータ設備の輸送能力・平均運転間隔を計算し、交通需要を処理しうるエレベータ設備規模を見出す交通計算がある。最後に求められた仕様のエレベータ設備をビルの建築計画に組み入れ、そのおさまりを検討することになる。このうちで交通需要の設定はビルの使われかたに密接に関連した問題で、これの決定はビルの性格の決定づ

けを行なう建築設計者の分野に属する問題なので、この稿ではとくに取り上げて検討していないが、エレベータ計画の成否はたぶんこの交通需要の予測が適切であったか否かによるほど重要な項目である。

一方、交通計算作業の要点はエレベータの一周時間（かごが出発階に到着してから次に出発階に到着するまでの時間）を算出することであり、この値はエレベータの性能に関係するため、エレベータメーカー側が算出すべき値として、今までにもたびたび本誌にグラフにして発表されている。一周時間の算出は表2.1の様式によっており、これはエレベータの運転状況を一樣と見なし、確率的ならびに平均値的な計算を行なったものである。一周時間を構成する項目とその性質は次のとおりである。

(1) 走行時間

走行時間はエレベータが急行運転を行なう区間と、ローカルサービスを

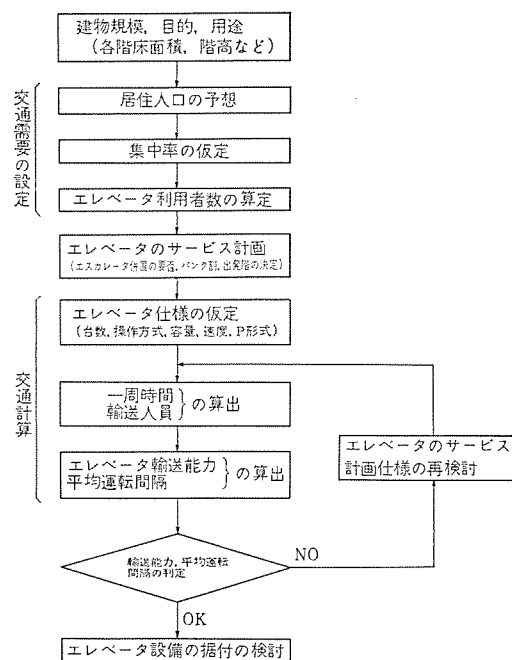
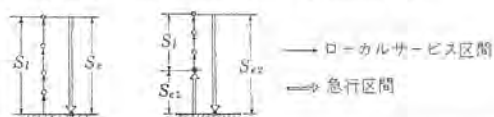


図 2.1 エレベータ計画の手順
Fig. 2.1 Order in elevator planning.

表 2.1 一周時間算出様式
Table 2.1 Calculation form of round trip.



		記号	1. express zone	2. express zone
定格速度	m/min (m/sec)	v	エレベータ仕様による	エレベータ仕様による
一周走行における乗客数	人	r	エレベータ仕様による	エレベータ仕様による
サービス階数 (基準階を除く)		n		
予想停止階数 (Local)		f_1	$n \{1 - (\frac{n-1}{n})^r\}$	$n \{1 - (\frac{n-1}{n})^r\} - 1$
予想停止階数 (Full speed)		f_e	1	2
全停止階数		F	$f_1 + f_e$	$f_1 + f_e$
走行区間 (Local)	m	S_1		
走行区間 (Express)	m	S_e		$S_{e1} + S_{e2}$
平均走行距離 (Local/停止)	m	j	S_1/f_1	S_e/f_1
平均走行時間 (1 周)	sec	r_1	j より計算する	j より計算する
走行時間 (Local)	sec	t_{r1}	$r_1 \times f_1$	$r_1 \times f_1$
走行時間 (Express)	sec	t_{r2}	$S_e/V + t_{ra} \times f_e$	$a_e/V + t_{ra} \times f_e$
戸開閉時間	sec	t_d	$t_{da} \times F$	$t_{da} \times F$
乗客出入時間	sec	t_p	$t_{pa} \times r$	$t_{pa} \times r$
(損失時間)	sec	t_l	$0.1 \times (t_d + t_p)$	$0.1 \times (t_d + t_p)$
一周時間 (Round Trip Time)	sec	RTT	$t_{r1} + t_{r2} + t_d + t_p + t_l$	$t_{r1} + t_{r2} + t_d + t_p + t_l$

注) t_{ra} : 加減速付加時間 t_{da} : 1 回当たりの戸の開閉時間
 t_{pa} : 1 人当たりの乗客出入時間

行なう区間の走行時間に分けることができる。エレベータの速度を増加した場合には、急行区間では明らかに速度の増加とともに走行時間は短縮されるが、もともと定格速度も出せないローカルサービス区間では、定格速度には無関係に、実効速度の大小と区間内での停止数によって走行時間は定まってしまう。しかも走行時間の大部分はローカルサービス区間でついやされる。そこで走行時間を短縮するには実効速度の高いエレベータを採用するとともに、ローカルサービス区間での停止数を少なくすることなどが必要である。超高速エレベータは長い急行区間がある場合以外は不経済なものこれらの理由による。

(2) 戸開閉時間

これは 1 回当たりの戸の開閉時間に一周の停止数を掛けたものである。1 回当たりの戸の開閉時間は戸形式によって大幅に異なり、2 枚戸中央開きが最も短く、同じ戸形式では出入口幅が広がるほど長くなる。ここでのいう戸の開閉時間とは静的な状態でのものではなく、エレベータの縦の動きに関連した戸の動作時間である。すなわち戸開きの際のランニングオープンの時間、戸しめではエレベータがスタートするまでの時間遅れも考慮したものでなければならない。戸しめ時間を短縮するには停止数を少なくする一方、出入口幅次の乗客出入時間との兼ね合いにおいてできるだけ広く、しかも必要以上にはとらないことである。

(3) 乗客出入時間

一周時間中かなり大きな比重を持つにもかかわらず、人間が対象となるため不確定要素の多い部分である。しかし種々実測した結果によれば、乗客の乗降時間は出入口幅、かご室の大きさ、形状に関係するとともにエレベータホールならびにかご内の混雑状況に強く影響される。乗降時間は出入口幅が広いほど短くなり、かご室形状も開口の広い奥行きが浅いほうが有利である。しかし出入口幅を広くとりすぎた場合には、小人数の乗降に際しては 1 人当たりの乗降時間はほとんど変わらないのに、戸開閉時間は延び、エレベータの運行能率

はかえって低下することになる。かご内が混雑している場合には、乗降時間は長くなるが、とくに定員あるいは定員以上の人数が乗り込んだかご内から 1~2 人が降りる時間は、さらに長くなるからエレベータの運行能率を低下させないようにするには、この面から混雑を生じない余裕をもったエレベータ設備とすることが望ましい。

一周時間が算出されれば、これを基礎にエレベータの 5 分間輸送能力・平均運転間隔が次式より求められ、エレベータ設備のサービス水準の検討が可能になる。

$$5 \text{ 分間輸送能力} = 300 \cdot r \cdot n / No \cdot R \cdot T \cdot T \cdot (\%)$$

$$\text{平均運転間隔} = R \cdot T \cdot T / n \text{ (秒)}$$

ここに $R \cdot T \cdot T$: 一周時間 (秒)

n : 1 パンク内のエレベータ台数 (台) r : 一周の乗客数 (人)

No : エレベータがサービスする階層の全居住人口 (人)

したがって求めるエレベータの設備規模は目標とするサービス水準—一般に事務所ビルでは 5 分間輸送能力で 12~25 % (エレベータ利用者の集中率によって異なる)、平均運転間隔で 30 秒以下—に達するようエレベータの台数・容量・速度等を選択すればよい。具体的な方法は、本誌 Vol. 39 1965 年 12 月号「大ビルの昇降機設備」に詳しいのでご参照願いたい。

以上の方法によればエレベータの仕様を変えた場合、たとえば容量・速度を変えた場合の輸送能力・平均運転間隔の変化分が容易には握できるので、目的とする設備規模を簡単に見出すことができ、また出勤時のようなピーク時に一時的にサービス階を上層・下層の二つに分割することの効果、その際の最適分割階 (上層・下層おのこのエレベータ輸送能力がバランスした階を分割階とする) も容易に求めることが可能である。すなわち、エレベータの交通状況をマクロ的・平均的にとらえた現在の方法は、エレベータホールにおける過渡的な積み残しを問題にしない範囲では十分実用性を持っており、かつ手法も簡単なので建築計画の変更に対しても直ちに応ずることができ、結果の見通しもよくきくなどの多くの長所を持っている。

2.2 現在の手法の問題点とその解決策

ビルが超高層、大規模化し、エレベータ設備の重要性が高まるとともに、最近の傾向としてエレベータ設備を計画する場合、従来のような手法によって得られる平均化されたデータに加えて、さらに厳密なサービス上の諸問題—エレベータホールにおける待ち行列・待ち時間とその分布・サービス時間など—について、より正確な解答を求められるようになってきた。とくに待行列の項目はエレベータの設備規模を決定するための基本的な問題であるばかりでなく、その大きさはエレベータホールの所要面積を左右するものであり、したがって、建築設計時の平面計画に大きく影響する、きわめて重要な要素である。

このような要求にこたえるためには、どうしてもエレベータの交通現象を過渡的にとらえ、定量的なデータによって考察をしなければならない。しかしながら、現在の解析的な手法は次に述べるような仮定要素を含むため、過渡現象を取扱う手法としては本質的に不適當である。すなわち、

(1) 基本的要素である乗客の到着分布の取扱いがきわめて平均的・定常的であり、出勤時のピーク中の 5 分間に対象人口の何 % がエレベータホールへ集中するかを、ビルの性質と実測データその他から推定し、単に 5 分間の乗客の絶対数だけをサービスの対象としている。

(2) 1 人当たり乗客出入時間は出入口の有効幅・かご室面積とその縦横比、1 回停止当たりの乗降人員、乗降の際の乗場とかご室内の混雑状況など、多数の要素が複雑に関係して決ってくるが、こ

の扱い方が平均的に出入口の幅だけの関数となっている。

(3) 1台のエレベータが下方の基準階から上り方向に毎回運ぶ乗客数は、常にかごの定員数に対して一定の割合でとられている。

(4) エレベータの停止数は確率計算によって近似的に求められるが、どの階に停止するかは不明である。

(5) したがって、エレベータは常に目的のサービス区間の最下階と最上階に停止させるようにしている。

(6) サービス区間の1回停止当たりの走行距離は、サービス区間距離を確率的に求めた予想停止数で割った値であるから、実際の停止距離ではなく、平均走行距離である。

実際のエレベータ交通現象ではいうまでもなく、乗客の到着間隔はほとんどランダムであり、したがって、(2)~(6)項も到着分布と複雑に関連して常に変動する。この結果、エレベータのサービス時間もランダムに変動することになる。しかしながら、(1)~(6)項の要素を定常化すれば、必然的にエレベータサービス時間は常に一定にならざるを得ない。注意してみると、これらの要素はいずれも乗客、すなわち不安定な人間の動きにかかわるものであり、近似的な平均化がむづかしく、問題となる部分であることがわかる。

以上のことから、現手法では、平均的に求められた一周運転時間によって、平均的な輸送能力や運転間隔は求めることはできても、時々刻々に変化するホールでの待行列や積み残しの大きさ、待ち時間の分布などの過渡的なデータは求めることができない。さらに、各種のエレベータ操作方式の特有な運転動作を、計算式の中へ取り入れることが困難なため、輸送能力や平均出発間隔に及ぼす操作方式の影響が正確には握できない欠点もある。したがって、エレベータのサービス状態の厳密な考察や、エレベータホールの所要面積と、それに関連する建築平面計画のためのデータ提供という点では高い精度は期待できない。

このようなエレベータ交通の問題を解く方法として、まず考えられる方法は、待合せ理論の応用であろう。しかしながら、エレベータ問題の場合、エレベータの運行はその時点におけるその系全般の状態に従属しており、問題はきわめて複雑である。すなわち、

(a) サービスを受ける乗客の到着分布はまったくランダムである。(ただしごく短時間をとれば、乗客の到着をポアソン分布とみなしてよいであろう)

(b) エレベータのサービス時間は、サービスを受ける乗客との関係(到着分布・行先階・行動様式など)によって変動する。

(c) エレベータが複数でサービスする場合は、運転管理方式によっては、交通状況の変化に対応してエレベータ相互の関連動作が変化し、システム全体のサービス状態も変化する。

したがって、時々刻々変化してゆくエレベータの運転状況と乗客との関係をミクロ的にとらえようとするのに、待合せ理論等による解析的な手法を用いることは不可能に近いし、また、仮定要素を多くして解析しても、結果は抽象的となり、けっきょく平均化されたデータになるであろう。

われわれは、このような性質の問題を解くためには、仮定要素を排し、エレベータの交通現象をできるだけ忠実にモデル化してシミュレーションを行なうのが最適であり、必要な方法であると考え。この場合、シミュレーションの精度を高めるためには、乗客の到着分布や乗客の乗降時間などのインプットデータは実測値から求め、一方、エレベータの運転様式そのものも、実際の動き方をできるだけ忠実に再現することが必要であろう。

3. シミュレータの構成

3.1 シミュレーションに要求される事柄

シミュレーションの必要性は上述のとおり、現手法の欠点を補ぎながら

(1) 待ち行列の大きさとその時間的変化の状況

(2) サービス状態の適確な把握

をできるだけ実際と同じ条件のもとにとらえ、設備計画の妥当性を確認することにある。すなわちシミュレーションの結果として要求される項目は次のとおりである。

(1) 待ち行列の大きさ(任意の時刻における)

(2) 最大の待ち行列の大きさ

(2') エレベータ輸送状況(エレベータの出発時点と乗客数)

(3) 乗客の待ち時間の平均値と分布

(4) サービス時間の平均値と分布

現手法に対応する結果として

(1) 一周時間の平均値と分布

(2) 平均運転間隔の平均値と分布

(1)(2)項の待ち行列に関する結果は、エレベータホールの広さを決定するためのデータとして、超高層ビルのエレベータ計画においては非常に大きな意味をもっている。超高層ビルではエレベータの占める割合が非常に大きくなり、従来の9階建て程度のビルでは大きな問題にはならなかったエレベータの占有面積が、ビルのレンタル比に大きな影響を与えることから、エレベータホールの広さは待ち行列の大きさから算出される最小の面積に押えるよう努力されている。

一方建物の基本計画から決められた柱スパンを重視して、この面からまずエレベータホールを定め、このホールから待ち客があふれないような輸送力を有するエレベータ設備を選択するような計画のやり方も行なわれるようになった。いずれにしても問題になるのは、エレベータホールでの待ち客の大きさと、それがどのように変化するかである。これを握するのはやはりエレベータの運行を乗客の到着に合わせて、最初から忠実にシミュレートするのが最も良いと考えられる。待ち行列の発生要因は非常に不安定なもので、エレベータの輸送能力が十分あるときでも、エレベータが出発階に待機していないときに利用者の大きな到着があると、それが一時的に大きな待ち行列となる。ただしエレベータの輸送力が十分ある場合には、この行列は比較的短時間に解消されてしまう。したがってホールの混雑状況を判断し、待ち行列の実効値ともいべき値をとらえるには、単に待ち行列の面からのみこれを見るのではなく、エレベータの運行状況とも組み合わせこれを検討する必要がある。エレベータの運行状況は、エレベータの到着・出発の時点と、そのときのかご内乗込み人数ならびに積み残しの大きさで表わせばよいと考えられる。これらのデータが得られれば、発生した待ち行列がエレベータの到着遅れに起因したものであれば、1, 2回満員のかごが続けて出発することによって、あとの積み残しはなくなるであろうし、出発するかごがいずれも満員であるにかかわらず、積み残し人数がどんどん増加するということは、エレベータの輸送能力が絶対値で不足する結果である。前者ならば、ホールの大きさを定める際に多少の安心感を持つことができるのに対し、後者の場合には、ホールの広さで解決するよりエレベータの台数や仕様を上げて解決しなければならない問題になる。

(3)(4)項の結果は、エレベータのサービス状態の良否を判定するためのデータとするものである。従来サービス状態を判断する手からはエレベータの平均運転間隔のみであったが、これは必ずしも、エ

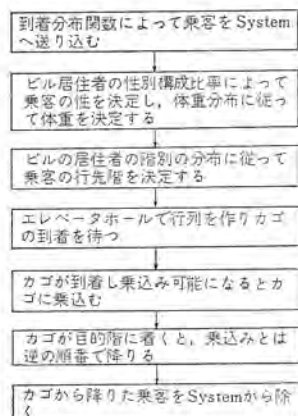


図 3.1 (a) 乗客の動きのプログラム

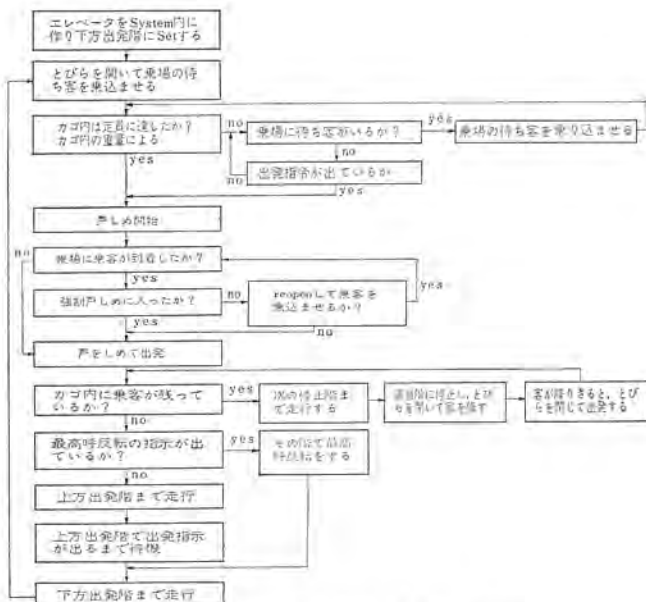


図 3.1 (b) エレベータの動きのプログラム

エレベータのサービス程度をだれしもが納得いく形で表わしているとは言いがたい。平均運転間隔は一周時間を1バンクのエレベータ台数で割った値であり、利用者の平均待ち時間はこの1/2という考え方は非常にマクロ的な考えであり、疑問をいだかれるかたも多いはずである。一般に待ち合わせ問題でのサービスは窓口の数（この場合はエレベータの台数）が増せば比例的に良くなるのではなく、窓口の増加の割合以上に改善されるのが普通である。したがってサービス状態を適確には握するためにはやはり乗客1人1人について待ち時間を出し、さらに待ち時間にエレベータの乗車時間を加えたサービス完了時間の両方で判断するのが望ましい。ただし待ち時間・サービス時間の許容値をどこにとるかは建物の設計方針にそって設計者が決めるべき問題である。

図 3.1 (c) エレベータの動きをコントロールするプログラム

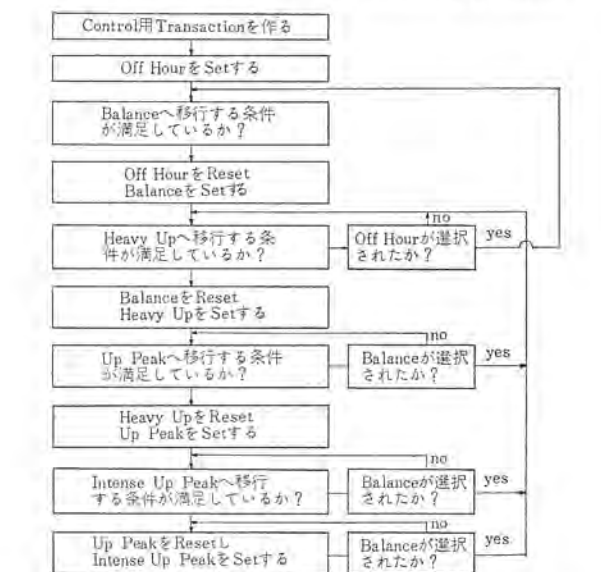


図 3.1 (d) パターンの選択を行なうプログラム
(パターンの解消も上図と同様なフローで行なわれる)

れが乗客の到着数の変動とともにホールの待ち行列に大きな影響を及ぼすので、乗客の到着をどのような形でシミュレータに与えるかは大きな問題である。

待ち合わせ理論においては、一般に乗客の到着をポアソン分布に当てはめて待ち合わせ問題を解析しているが、エレベータの場合には、乗客の到着をごく短い時間間隔で調査してみると、図 4. 3 のように、建物周辺の交通信号により人の流れがチェックされた結果の周期的な変動が観察される。一方エレベータの待ち行列は短時間に乗客が集中するほど大きくなるので、たとえ 5 分間での到着数が同じでも、ほぼ一定の割合で到着する場合と、図 4. 3 のような到着とでは待ち行列の大きさにはかなりの差異を生じることになる。したがって乗客の到着は、一般の待ち合わせ理論のように乗客の到着を、たとえば 5 分間の平均到着間隔を一定とするような単純なポアソン分布に置きかえることは危険であり、周期的な変動を含ませるか、あるいは、類似ビルの短時間間隔の実測データを基にした到着分布によらなければならないと考えられる。シミュレータは、計画ごとにつぎごとのよい到着分布を与えてもよいように、上記のいずれでも受け入れられるように作成した。

(2) エレベータホールの待ち行列はエレベータの動きにも影響されるので、シミュレータでは、実際の操作方式にのっとってエレベータの動きをシミュレートしなければならない。エレベータの操作方式は、ビル規模が大きくなりエレベータ台数も4台以上になると、輸送計画自動選択式自動群管理方式(オートセレクトボタンオート方式)が採用される。この方式では、5~8種類の運行プログラム(ボタンと呼ぶ)を交通量に応じて自動的に選び、エレベータの出発は各ボタンの持つ出発間隔を基準として、他のかごの位置、かごに乗込んだ乗客数などによって

表 3.1 シミュレーション結果と実測値の比較
Table. 3.1 Comparison between the results of simulation and actual measurement values.

	運行回数 回	サービス人員 (人)			一周時間 s	待ち行列 (平均値) 人	エレベータ 乗車人数 (平均値) 人
		3 階行	4 階行	5 階行			
シミュレーション結果	16	42	16	80	57.0	4.9	7.6
実 測 値	15	42	15	79	60.8	5.2	7.6

自動調整されて出発指令が与えられる。すなわちシミュレータもこれと同じ機能を持たなければ、エレベータの出発時点を正確に決定することができず、ホールの待ち行列の様子も実情からずれてくるおそれが多分にあるので、シミュレータには実際の操作方式の機能とほとんど同じものが組み入れられている。とくにボタンについては交通量の変化にしたがい、閑散・パルス・偏昇・上りピーク・分割上りピークの各ボタンが自動選択されるようになっており、ことにピーク時の運転ボタンである分割上りピークを選択を自動的にこなうことは、シミュレーションから人間の任意性を排除する点で大きな利点である。もしこのボタンが自動選択されないとすると、適当な時期に人為的に分割上りピークの運転を行なわせるか、あるいはシミュレーションをピーク時のみに限って最初から分割ピークの運転をさせることになるが、これでは、シミュレーションの結果が人為的にゆがめられたことになり好ましくない。すなわち精度の高いシミュレーション結果を期待するためには、最初の乗客の到着からシミュレーションを開始し、連続的なボタンの移り変わりの内で分割上りピークが選択されるようなシミュレータにしなければならない。

(3) エレベータは一種の人間機械系であるから、シミュレーションにおいても積極的に人間の動きを有効にシミュレートする方法を求める必要がある。人間の動きが問題になるのは乗客の乗り降りであるが、これは乗客がかごに乗る場合と、かごから降りる場合とに分けて考えてみる。乗車の場合、数人がかごに乗込む時間は、一度に乗込む人数によって1人当たりの乗車時間は平均的に図4.4のような傾向をとる。しかし、一度に乗込む人数がかご室の定員を越えるくらいになると、乗込みに際して混乱が起こることがしばしば観察されている。またエレベータ出発直前にかごに乗込む乗客に対しては、エレベータの戸は開戸・再戸じめ動作を繰り返すが、ついには強制戸じめ動作にはいることもある。このような混乱の起こるひん度と度合はエレベータホールの待ち行列の大きさに関すもと考えてよく、待ち人数が多くなり積み残しが生じる場合には、正常状態の乗車時間にこれらによる遅れ分を付加する必要がある。

降車の場合、降車する人数とそのときのかご室の混みぐあいによって降車時間は大幅に変わり、乗客1人当たりの降車時間はかご内の人間が一度にすべて降りる場合が最も短く、乗客中の1人だけが降りる場合が一番長く、他の場合はこれらの中間値をとると予想される。この予想はかご室の模型を用いた実験で確かめられ、降車時間は図4.4の傾向に従い、かご内人数 n 人の中から k 人が降車する場合の1人当たりの降車時間 $f'_{n(k)}$ は次式で表わしてよいことがわかった。

$$f'_{n(k)} = f_{k(k)} + (f_{K(k)} - f_{k(k)}) (n - k) / (K - k)$$

ここに $f_{k(k)}$: かごの人間がすべて降車する場合の降車時間

$f_{K(k)}$: かご内人数 K より k が降車する場合の降車時間

K : かごに乗りうると予想される最大人数

シミュレーションのプログラムは以上の点を考慮に入れて次の3部分より構成した。

- (a) 乗客の動きをシミュレーションする部分 (図3.1(a))
- (b) エレベータの動きをシミュレーションする部分 (図3.1(b))
- (c) (a), (b) を結びつけエレベータでの動きをコントロールする部分 (図3.1(c))

図2.1はシミュレーションのフローを示したもので、エレベータの操作方式がオートセレクトボタン・オート、8ボタン方式のものである。

シミュレーションの精度については、既設ビルについて実測した乗客の到着分布を用いて、同ビルのエレベータ設備のシミュレーションを試験的に実施してみたが、表3.1に示すとおり実際の運行状況とほぼ一致する結果が得られ、十分信頼しうることがわかった。

4. シミュレーションによるエレベータの計画

4.1 シミュレーションの利用の方法

シミュレーションを用いてエレベータの計画を進める場合には、幾とおりかの方法があげられるが、筆者らは図4.1に示すようなルートの中でシミュレーションを用いるのが最も効果的であると考えている。この方法では、シミュレーションはエレベータの仕様等が従来の解析的な交通計算方法によってほとんど決定されてから実施されるべきで、最初から全面的にシミュレーションを用いてはいないのは次の理由による。

(1) シミュレーションを行なうにも、まずエレベータの仕様を予想される交通需要に適合するように何らかの方法で選択しなければならない。それならできるだけ適確な選択を行なっておいたほうが、後の作業がやりやすい。

(2) 現在の電子計算機のプログラム手法では、交通需要を与えておくのみで、電子計算機が自動的に仕様を変えながらシミュレーションを繰返し、最適エレベータ仕様を見出すプログラミングを行なうことは、不可能ではないにしてもいたずらにプログラムが膨大となって実用に適さない。いくらかの仕様案の中から最適仕様を見出すためのおおよその見当をつけるには、従来の交通計算手法によるほうが容易である。

(3) シミュレーションの結果に対する数量的な評価はむずかしく、数種類のエレベータ仕様についてシミュレーションを行なった場合に、各案間の優劣ならびにその差を一般的な方法で簡単に表わすことがむずかしい。いくつかの仕様の中から一つを選ぼうという段階では、シミュレーションプログラムでは非常に不便である。

(4) 一つのシミュレーションは任意の条件の1ケースについての模擬実験であるから、インプットデータの与え方、計算機内の乱数の発生のさせ方によっては、その結果が必ずしも起こりうるすべてのケースの待ち行列・待ち時間での平均値的なものを示しているとは限らない。したがって最初からシミュレーションのみで計画を検討したのでは、特殊なケース同志比較検討を行なう場合もありうるわけでこれは不具合である。すなわちシミュレーションはある程度の結果の予測のうえに立って用いないと、その目的を誤まることもある。

(5) 電子計算機でシミュレーションを行なうにはかなり費用がかさむので、できるだけ少ないシミュレーション回数で最大の効果が上げられるよう配慮する必要がある。

図4.1のルートの後半は、シミュレーションの結果を用いてエレベータホールの広さの検討をするようになっている。従来のエレベータ計画では、とかくこのエレベータホールの広さに対する検討がなおざりにされてきたが、その理由については前に述べた。待ち行列についてはシミュレーションによりデータが得られ、かつ超高層建物においては、エレベータホールの広さもビルの経済性に密接に関連するならば、エレベータ

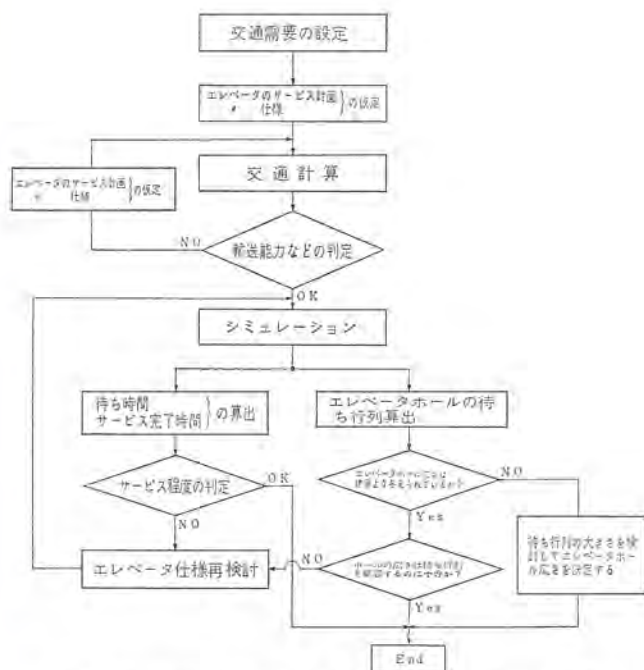


図 4.1 エレベータ計画におけるシミュレーション利用の方法
Fig. 4.1 Making use of simulation in elevator planning.

計画の一環としてホール広さの検討を落すわけにはいかないであろう。ただし、待ち行列のデータに基づいて実際にホールの広さをどうするかを決定を行なうのは、あくまでも建築設計者であり、メーカーはその決定のために有効なデータを提供するにとどまる。

4.2 エレベータ計画例

図 4.1 の検討ルートに沿ったエレベータの計画例について述べることにする。本方法により当社で実際にエレベータ計画に参画した超高層ビルはすでに数例に達するが、ここでは今までの例を参考にしたモデルビルを仮定して、それについて解析を行なってみることにする。

(a) 建物規模

用途：貸事務所ビル。(ビルの約 1/3 を 1 社 (社員数 1,133 人) が使い、他はフロア貸しとする)

地上 32 階 (地下階は考慮に入れない)。
階高 一階 7.2 m 二階以上各階 3.9 m
有効床面積 900 m²/階

(b) 交通計画の基本方針

(i) 乗用エレベータの始発階は一階として、地下階にはサービスしない。注 (高速エレベータを高効率で運転するための必要条件である。なお地下階についてはパブリックスペース的な階へはエスカレータで結び、機械室・監視室などへは人荷用エレベータでサービスするのがよい)

(ii) エレベータは 3 分割運転とし、乗継ぎ階は設けない。エレベータのサービス階はテナントの入居計画にもとづいて次のとおりとする。

2~12 FL } フロア貸
13~22 }
23~32 一社専有 (社員数 1,133 名で 1 人当たりの平均占有面積を 8 m²/人としたときに必要床面積は 8,800 m²でこのビルでは 10 階床分を使用することになる)。

注) エレベータのサービス階を分割する場合には、サービス階にまたがって同一テナントが入居するような分割は絶対に避けなければならない。またサービス階を分割する単位は 8~12 階床がよく、この例では 3 分割が適当になる。

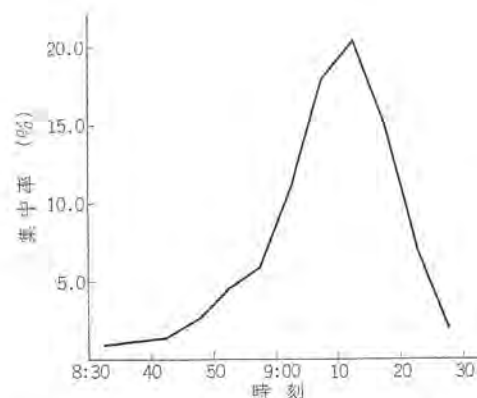


図 4.2 モデルビル集中度曲線
Fig. 4.2 Concentrate curve of model building.

(c) 交通計算

交通計算は 3 分割したサービスゾーンの上層のものについてのみ示したが、中層、下層についても方法は同じである。

(i) 交通需要の予測

上層部居住者数 1,133 人はビル計画当初与えられた数字として、これらの居住者の集中の程度を次のとおり予測する。5 分間当たりの集中度の変化は図 4.2 のとおりで、短時間内のエレベータ利用者の到着は図 4.3 のとおりである。集中度はできるだけ交通実測を行ない、その結果にもとづいて定めなければならない。ここに用いたデータは今までの実測調査結果を統合して仮定したものである。とくに短時間のエレベータ利用者の到着状況は、丸の内地区某ビルでの交通調査結果を用いたが、到着状況は周囲の信号に影響されている状況が明確に表われているのは注目すべきである。

最高の集中度は 20.4 % であるから、エレベータは 5 分間に 1,133 人 \times 0.204 = 231 人を輸送しうる能力が必要になる。

なお居住者数の各階の客人口は三菱電機ビルその他の代表的な一社専有ビルにおける分布を参考に表 4.1 のとおり選んだ。

(ii) エレベータ仕様の選択

本誌 1965 年 12 月号“大ビルの昇降機設備 (一般乗用エレベータ)”の方法に従って選択する。

- (イ) 出発階 一階 (建物条件より)
- (ロ) 速度 300 m/min (建物階数 32 階、サービス区間、3 分割の高層)
- (ハ) 操作方式 オートセレクトパターンオート、7 パタンまたは 8 パタン (5 分間所要輸送能力 16 % 以上)
- (ニ) 容量および台数 次の交通計算により選定する。

(iii) 交通計算

- (イ) 容量 1,150 kg 定員 17 人と仮定した場合

計算結果は表 4.2 No. 1 のとおりで、分割運転としない場合はエレベータの所要台数は 8 台であるが、分割運転を行なった場合には 7 台でよい。また平均運転間隔も分割なしの場合は、最小許容間隔をわずかに上まわるところで理想的であり、分割運転時でも 40 秒以下で満足しうる結果になっている。

しかし計算結果を詳細にながめると、分割運転時の下層サービスの実所要台数は 3.17 台で、エレベータ 1 台当たりの輸送力が多少上がれば、これは 3 台にすることが可能である。したがって次の段階として定員 20 人の場合を検討することにする。なお分割階の決定については、分割階を 26, 27, 28 FL の 3 とおりについて仮定し、おののに対し交通計算を行ない、上層行きエレベータと下層行きエレベータ

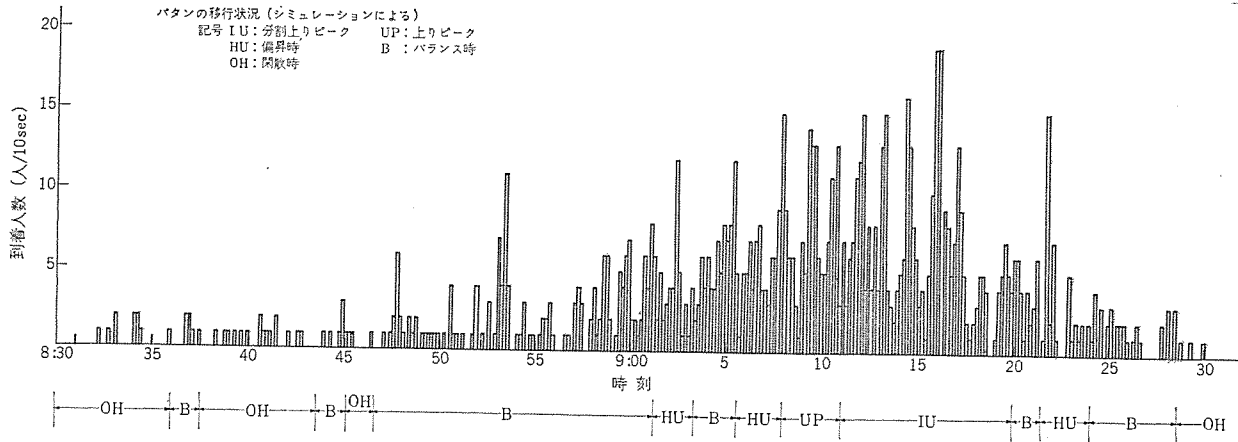


図 4.3 エレベータ利用者の到着人数 (10 秒間隔)
Fig. 4.3 Arriving number of elevator riders (at 10 sec. interval).

表 4.1 階別収容人口
Table 4.1 Number of passengers classified by floors.

階	収容人口 (人)
32	76 (6.7%)
31	120 (10.6%)
30	117 (10.3%)
29	94 (8.3%)
28	126 (11.1%)
27	141 (12.4%)
26	111 (9.8%)
25	102 (9.0%)
24	124 (11.0%)
23	122 (10.8%)
計	1133 人 (100%)

表 4.2 交通計算結果
Table 4.2 Result of traffic volume calculation.

	No. 1			No. 2			参 考		
エレベータ仕様	1,150 kg 17 名 300 m/min			1,350 kg 20 名 300 m/min			1,600 kg 24 名 300 m/min		
サービス形態	全階サービス	分割サービス		全階サービス	分割サービス		全階サービス	分割サービス	
サービス階 (階)	23~32	23~27	28~32	23~32	23~27	28~32	23~32	23~27	28~32
5 分間所要輸送人員 (人)	$1,133 \times 0.204 = 231$	$6,000 \times 0.204 = 122$	$533 \times 0.204 = 109$	231	122	109	231	122	109
一周時間 (s)	138.0	111.3	119.0	146.4	117.6	125.3	156.8	125.4	133.1
5 分間輸送人員 (人/台)	29.6	36.6	34.3	32.8	40.8	38.3	36.8	45.9	43.2
所要台数 (台)	$231/29.6 = 7.8$	$122/36.6 = 3.33$	$109/34.3 = 3.17$	$231/32.8 = 7.05$	$122/40.8 = 2.99$	$109/38.3 = 2.85$	$231/36.8 = 6.28$	$122/45.9 = 2.66$	$109/43.2 = 2.52$
		4	3		3	3		3	3
	8	計 7		7	計 6		7	計 6	
平均運転間隔 (s)	17.3	27.8	39.7	20.9	39.2	41.8	22.4	41.8	44.4

表 4.3 分割階決定のための計算
Table 4.3 Calculation for determining dividing floors.

分割階	26 階の場合		28 階の場合	
サービス階 (階)	23~26	27~32	23~28	29~32
5 分間所要輸送人員 (人)	$459 \times 0.204 = 94$	$674 \times 0.204 = 138$	$726 \times 0.204 = 148$	$407 \times 0.204 = 83$
一周時間 (s)	104.7	122.5	119.3	114.1
5 分間輸送人員 (人/台)	39.0	33.3	34.2	35.8
所要台数 (台)	$94/39.0 = 2.41$	$138/33.3 = 4.15$	$148/34.2 = 4.33$	$83/35.8 = 2.32$
	3	5	5	3
平均運転間隔 (s)	34.9	24.5	23.9	38.0

タの台数などが最もよくバランスしている階すなわち 27 階とした。
この場合の計算結果を表 4.3 に示す。

(ロ) 容量 1,350 kg 定員 20 名の場合

計算結果は表 4.2 No. 2 に示すとおりエレベータ台数は分割運転を行えば 6 台でよい。平均運転間隔は 40 秒前後で許容しうる運転間隔の限界に近い。エレベータの定員をさらに増せば輸送力の点では余裕が出てくるが、平均運転間隔はのびるのでエレベータの仕様は、
容量 1,350 kg 定員 20 名 台数 6 台 分割運転付きが妥当と考えられる。

なお参考までに容量 1,600 kg 定員 24 名にした場合の計算を同表に掲げておいた。

(iv) シミュレーション

シミュレーションは上記の結論にもとづいて次のエレベータ仕様について

シミュレーション手法によるエレベータ設備の計画・藤田・寺山・吉江・樺田・並川

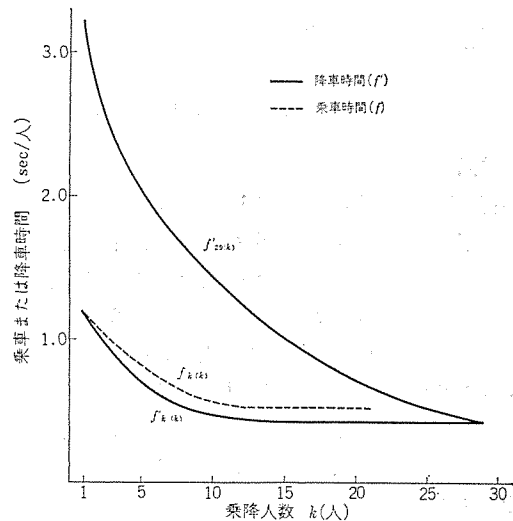


図 4.4 乗客出入時間
Fig. 4.4 Time spent for leaving and entering by passengers.

て実施した。シミュレーションは 3.2 節に説明したものによっており、シミュレータに与えたおもなインプットデータは運転諸元に示した。

エレベータ仕様

台数 6 台 容量 1,350 kg 20 名
速度 300 m/min
操作方式 オートセレクトボタンオート
8 パタン方式 分割階 27 階
戸形式 2 枚戸中央開き、出入口幅 1,100 mm

時刻 (分)	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機	8号機	9号機	10号機	11号機	12号機	13号機	14号機	15号機	16号機	17号機	18号機	19号機	20号機	21号機	22号機	23号機	24号機	25号機	26号機	27号機	28号機	29号機	30号機	31号機	32号機	33号機	34号機	35号機	36号機	37号機	38号機	39号機	40号機	41号機	42号機	43号機	44号機	45号機	46号機	47号機	48号機	49号機	50号機	51号機	52号機	53号機	54号機	55号機	56号機	57号機	58号機	59号機	60号機	61号機	62号機	63号機	64号機	65号機	66号機	67号機	68号機	69号機	70号機	71号機	72号機	73号機	74号機	75号機	76号機	77号機	78号機	79号機	80号機	81号機	82号機	83号機	84号機	85号機	86号機	87号機	88号機	89号機	90号機	91号機	92号機	93号機	94号機	95号機	96号機	97号機	98号機	99号機	100号機
9. 7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
時刻 (分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
9. 7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
時刻 (分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	8																			

運轉諸元

走行特性 最大加速度 1.1 m/sec² 最大加速度 1.73m/sec³

戸開閉時間 戸開時間 0 sec (80 % 以下の負荷のとき)

(これは ランニング オープン をして着床時に戸は
開き切っていることを示す)

0.2 sec (80 %以上の負荷のとき)

乗客の出入時間 3.2 節の方法に従って乗車時間および降車時間の上限と下限を実測結果にもとづいて図 4.4 のとおりとした。

出発階基準出発 タイム

下方出発階 パターンにより 20~40 sec

上方出発階 パターン 0~40 sec

乗客の到着分布 図 4.3 の到着分布を使用

行先階分布 各階の収容人口に等しいと仮定した。

(v) シミュレーション結果とその考察

(イ) エレベータ運行状況

エレベータの運行状況は図 4.5 に示すフォームでシミュレーションの全時間にわたってアウトプットされるが、ここでは交通量の多くなる 9:07~9:12 の 6 分間について掲げた。

この運行図はエレベータの運行状況を具体的に示すとともに、ホール

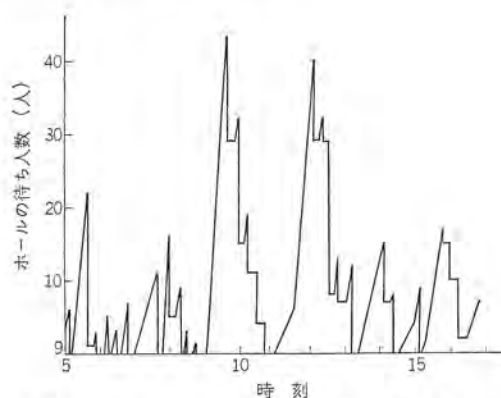


図 4.6 エレベータホールにおける待ち人数の変化
Fig. 4.6 Variation of waiting members at the hall.

での待ち行列、エレベータ乗車人数との関係も示しており、エレベータの輸送状況が容易には握できる。パタンの選択の状況もこの運行図に一部記入されているが、入館者の到着に合わせたものを図 4. 3 に示した。パタンの選択はシミュレーションにおいても非常に理想的に行なわれており、これはシミュレータが完全に本物のエレベータの機能を写しとっていることによるものと考えられる。

(ロ) 待ち行列

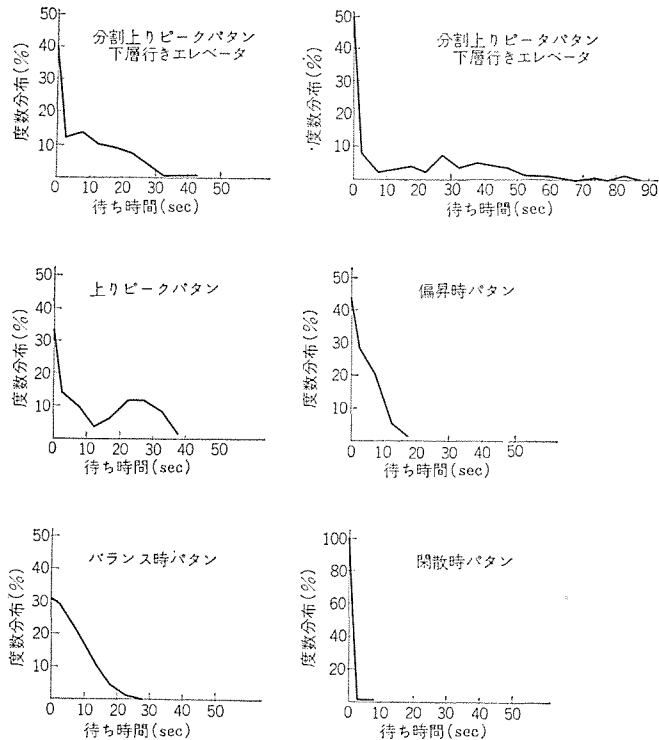


図 4.7 待ち時間分布
Fig. 4.7 Distribution of waiting time.

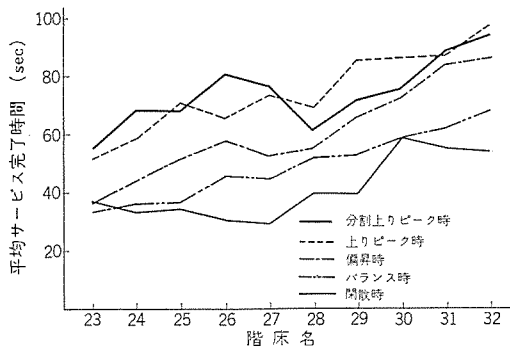


図4.8 階別平均サービス完了時間
Fig. 4.8 Average service completion time classified floors.

最大の待ち行列は9時9分45秒に発生した43人であるが、これも30秒後には15人と定員数以下に減っており、また9時12分0秒40人の待ち行列も40秒で解消されている。この最大待ち行列が生じている時間帯における待ち行列の変化は図4.6に示すとおりである。

エレベータホールの広さを検討するには、この例では最大待乗客が待ち合わせしうる広さがあれば十分と考えることができる。なお分割運転時の各層行きエレベータ別の最大待ち行列は、上層行き21人・低層行き29人であるから、最悪の状態でも待ち行列は50人程度であると予想される。

(ハ) 待ち時間の分布

待ち時間は交通量の大小によって変わるので、交通量別に統計をとることが重要である。このシミュレーションでは選択されているボタンがそのときの交通量を表わしていると考え、待ち時間に関する統計はボタン別に集計した。図4.7は各パターン別の待ち時間の分布を示したものであるが、オフアワーのパターンを除く他のパターンでは、利用

表 4.4 1周時間ならびに平均運転間隔の平均値
Table 4.4 Mean value of round trip time and average operation intervals.

選択されているボタン	一周時間 s	平均運転間隔 s
分割上りピーク { 上層行き 下層行き	112.8 106.4	34.6 31.6
上りピーク	122.0	17.4
偏昇時	102.5	17.2
バランス時	100.8	13.8
閑散時	147.3	42.2

者数の30～47%が待ち時間0でエレベータに乗りしており、エレベータ利用者がホール(到着した時に戸を開いて待機しているカゴがある状態)においては大部分の人数の待ち時間は30秒以下で、これをこえるのは全利用者数わずかに4.7%にすぎず、しかも待ち時間の最大は90秒である。したがってエレベータのサービス状況は満足すべき状況にあると考えられる。

(ニ) サービス完了時間

サービス完了時間とはエレベータ利用者がホールに到着してから目的階でエレベータから降車するまでの時間で、待ち時間と乗車時間の和で表わされる。待ち時間が短かくても、エレベータの性能が悪くて走行時間が長くなる場合、エレベータの計画が悪くて目的階に到達するまでに数多く停止する場合などはサービス完了時間は長くなる。したがってサービス完了時間もエレベータのサービス程度を示すための指標を与えることになる。

図4.8に各階別平均サービス完了時間を示すが、ほぼすべての階で90秒以内におさまっており、この点からもエレベータのサービスは良好と考えられる。

なお図4.8において分割パターンを用いることによって、サービス完了時間が上層階において極端に長くなることなくほぼアップピーク時と同程度にあることは、分割パターンが交通混雑時には非常に有効であることを表わしている。

(ホ) 一周時間・平均運転間隔

シミュレーションにおける一周時間・平均運転間隔の平均値は表4.4に示すとおりである。一周時間については4.2節(c)の結果と異なっているが、これは平均乗車率が異なるためである。試みに利用者の到着が最も多い9:10～9:15についてみれば、エレベータの平均乗車率は85%で、このときの一周時間の平均値は上層行きエレベータ123.5秒、下層行きエレベータ112.0秒でほぼ4.2(c)節の結果に一致する。シミュレーションにおける平均運転間隔も一周時間をバンク内台数で除した値になっており、4.2節(c)の計算方法が妥当であったことを示している。

5. む す び

以上述べてきたとおり、エレベータの設備計画にシミュレーション手法を用いることは、計画の精度を向上させるうえで非常に有効であった。今後は出勤時の交通のみでなく、さらに複雑な交通状況を呈する日中の交通問題にもこの手法を拡張して行く予定であるが、シミュレーションで良い結果を得るには、ビルが使われ方などに対して十分な検討を加え、シミュレータに与える実測データの精度を高めることが是非必要であり、この点については、ビル管理者ならびに建築関係者各位のご指導とご協力をお願いする次第である。



新製品紹介

シリコントランジスタ化船用データロガー MELDAP-1300 完成

三菱重工業長崎造船所から受注し、製作中であった米国 SIGNAL OIL 社 OIL & ORE CARRIER MARGARET CMOSHER 号 (71,450 D/W) 向けの船用データロガーが完成した。

この装置は三菱重工業と標準機種として仕様・性能・構造などにわたり十分な検討を重ね、また日本海事協会の規格をはじめ、諸外国の船級協会が発表している船舶自動化の勧告を取り入れて製作したものであり、国内向けおよび輸出向けの両面に適するよう考慮してある。

■ 特 長

- (1) シリコントランジスタおよびダイオードを全面的に使用しており、高温の環境で安定した運転が行なえる。
- (2) 寿命が長い。A/D 変換器をはじめ制御回路は全面的にトランジスタ回路を使用しているため、リレー式の同種の装置と比べて寿命は永久的といえる。
- (3) 保守性がよい。トランジスタ回路はパッケージ方式となっているため、保守・点検が容易である。
- (4) 制御回路はメンテナンスフリー。トランジスタ回路が、リレー式の同種の装置で定期点検時に行なうリレーの交換、接点の清掃などの保守上の悩みを解決した。
- (5) 徹底した耐振構造。全面的トランジスタの使用と、すぐれた組立技術が振動と衝撃によるトラブルの不安を解決した。

■ 仕 様

スキャン速度	0.5 秒/点 5 秒/点 切換え
入力点数	100 点を標準 50 点単位の拡張可能
機 能	走査監視 異常値記録 異常値表示 定刻記録 任意記録 呼出し表示 走査表示 設定値表示
休止および入力 カット	可能

セルフチェック

タイプライタ

環境条件

電 源

有り 精度ほか 8 種

IBM 735 形 (ゴルフボール式)

周囲温度 55°C 湿度 95 %

傾斜 30° 衝撃 2 G (MAX)

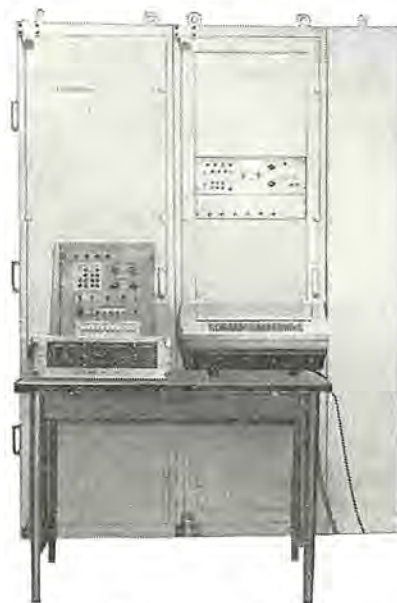
振動周波数 300~3,000 cpm

振 幅 1.5 mm (MAX)

加速度 1 G (MAX)

AC 440 V または 110 V 1 φ

60 c/s 1 kVA



MELDAP-1300 船用データロガー 本体

(注) 机の上に置かれたタイプライタ、デジタル表示器操作盤はコントロール・コンソールに収容する。

日本の美・桂離宮をデザインした
三菱テレビ 19 K-970 形〈桂〉新発売

■ 19 K-970 形テレビの特長

(1) 日本の美、桂離宮のもつ古い優雅な造形美をテレビにデザインしたまったく新しい感覚のテレビである。高級仕上げの木材を豊富に用いた豪華なキャビネットは、桂と銘ずるにふさわしい奥ゆかしさとともに近代感覚も盛り込んだもので、広範囲の顧客層に満足し

ていただけるものである。

(2) メモリチューニング式 VHF チューナ

かねてから好評を得ている 13 分割超高度感度チューナに、メモリチューニング機構 (MFT) を装備した新形チューナを採用している。このチューナは各チャネルごとに独立して最適微調状態を記憶設定できると



三菱電機技報・Vol. 41・No. 7・1967

電 源：100 V (110 V 切換 タップ付き) 50/60 c/s

使用真空管：14 球

使用真空管：14 球

ダイオード：ゲルマニウムダイオード 5 個

シリコンダイオード 2個

受像管：シェルボンド方式 ティンテッド 16 形 400 AJB 4 114 度偏向

メタルバック 静電集束 電磁偏向方式

キャビネット：テーブル 脚付 幅562×高さ366×奥行309.5mm

(脚をつけたときの高さ 775 mm)

重量：19.5 kg（パッキングケース込み）

2 GK 5

高周波增幅

4 GS 7

局部発振および混合

3 BZ 6

第一映像中間周波増幅

3 BZ 6

第二映像中間周波増幅

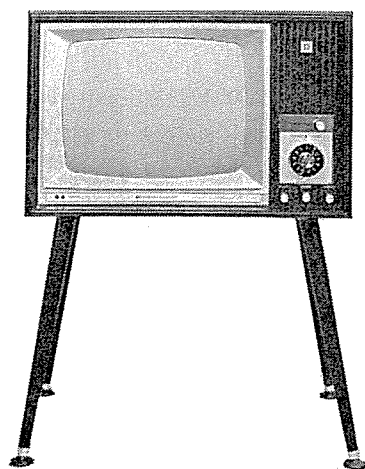


図 1 16 T-760 形三菱テレビ
現金正価 ￥49,800
月賦正価 ￥53,800 (12回)

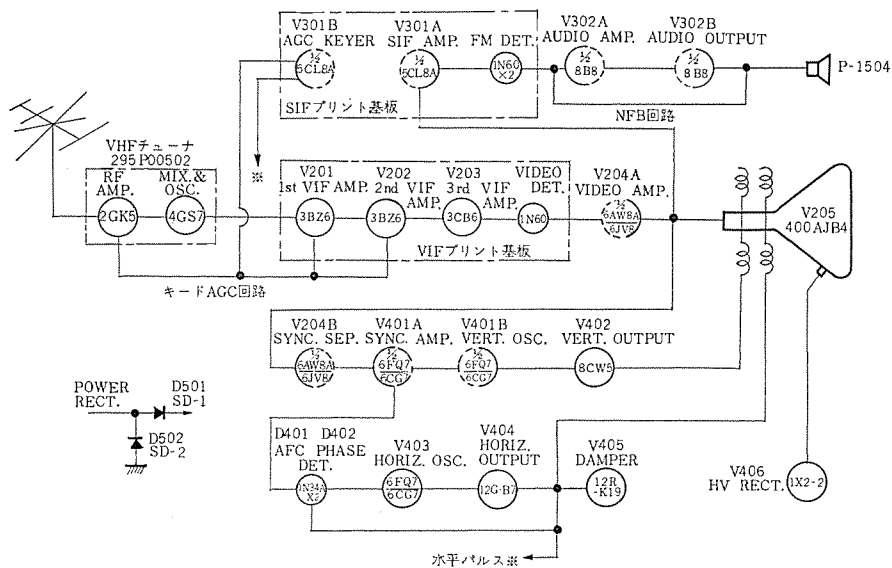


図 2 16 T-760 形三菱テレビブロック線図

NEWS FLASH

■ 尼崎市水道局向けサイリスタ式 静止セルビウス装置完成

尼崎市水道局向けとして鋭意製作中であったサイリスタ式静止セルビウス装置が、このほど完成し現地に発送された。送水ポンプ用 850 kW 誘導電動機 3 台を、1 台のサイリスタインバータでせん（揃）速制御するもので、静止セルビウス装置としてはわが国最大容量の記録品である。おもな特長をあげると次のとおりである。

(1) サイリスタ変換装置の電力返還効率は非常に高く、誘導電動機を含めた総合効率は 91 % 以上であるので、二次抵抗制御より維持費が安く、経済的である。

(2) 制御系は安定であり、速度のオフセットエラーは同期速度の 0.1~0.2 % の高精度である。

(3) この装置は、誘導電動機 3 台を、1 台のサイリスタインバータで制御する方式を採用しているのので、インバータの利用率高く、床面積も小さく経済的である。

以上あげた特長のほかに、据付・保守の容易なこと、二次抵抗器起動により二次短絡運転ができることなど、一般的な静止セルビウス装置の特長はすべて備えている。

定格は

誘導電動機：4 台（1 台予備）

850 kW 8 P 3,300 V 60 c/s

速度制御範囲 30 %

サイリスタインバータ：1 台

出力 1,050 kW

形式 三相均一ブリッジ結線

トレイ構造

シリコン整流器：4 台（1 台予備）



サイリスタインバータ盤

出力 350 kW

形式 三相全波ブリッジ結線

スタック構造

設備の大容量化の傾向につれて、可変速駆動装置の効率は、無視できないものとなるので、今後、速度制御を要する広い分野に、静止セルビウス装置が採用されるものと思われる。

当社は、ほかに 1,500 kW と 1,200 kW 誘導電動機用静止セルビウス装置を現在製作中である。

■ 高圧水中モートルあいついで完成

昭和 40 年 6 月、わが国第 1 号機の 3,300 V 級高圧水中モートルを岐阜市水道部へ納入し、営業運転にはいつてからすでに約 2 年を経過したが、現在までまったくの無事故で運転中である。

この好成績に刺激され、あいついで受注が決定し、すでに一部は完成し営業運転にはいつている。

現在までの高圧水中モートルの実績は次のとおりである。

(1) 岐阜市水道部（久保田鉄工所経由）

150 kW 4 P 3,300 V 60 c/s 1 台

75 kW 4 P 3,300 V 60 c/s 1 台

(2) 日産化学富山工場（電業社経由）

160 kW 6 P 3,150 V 60 c/s 2 台

昭和 42 年 2 月から営業運転中

(3) 王子製紙春日井工場（荏原製作所経由）

160 kW 6 P 3,300 V 60 c/s 1 台

昭和 42 年 2 月納入済み

(4) 千葉県葛西土地改良区（荏原製作所経由）

75 kW 12 P 3,000 V 50 c/s 1 台

昭和 42 年 2 月納入済み

(5) 栃木県那須土地改良区（荏原製作所経由）

240 kW 4 P 3,000 V 50 c/s 1 台

昭和 42 年 3 月納入済み

(6) 天馬製紙（静岡）（荏原製作所経由）

100 kW 2 P 3,000 V 50 c/s 1 台

昭和 42 年 5 月納入済み

いづれも水封式水中モートルである。なお、注目点の絶縁抵抗は、岐阜市水道部での約 2 年間の連続運転後においても納入当時とまったく変化なく、当社高圧水中モートルの絶縁の安定性を確認し得た。



高圧水中モートル
WSE-W 形 240 kW
4 P 3,000 V 50 c/s
Y-Δ 起動方式



■ 東海製鉄經由中外炉工業向け強圧送風機完成

今回、東海製鉄所へ燃焼空気押込送風機として 2100 番 シリーズ の下記仕様のものを納入した。以下この送風機の特長、構造などについて述べる。

(1) 仕様

形式	KB-2166 片吸込送風機
風 圧	1,200 mmAq
風 量	1 400 m ³ /min
回転数	1,770 rpm
ガス温度	20°C
電動機	450 kW 4 P 60 c/s
扇車外径	1,690 mm
納入台数	2 台

(2) 特 長

(a) 比較回転数が従来の翼形よりも小さい。

扇車の直径に対して羽根幅がせまいものを使用しており、回転数を小さくできる。

(b) 翼形の羽根を使用していて効率がよい。

高風圧の出るような翼形を使用している。

(3) 構 造

(a) 扇 車

羽根は翼形状とし内部は中空にした。扇車外径の大きい割に羽根幅が狭いので、羽根を主板および側板にリマボルトで締付ける方法を採用した。主板および側板の応力が大きいので材料に高張力鋼板を使用した。リマボルトにみぞを切り、特殊な舌付座金を使用しゆるみを防止した。リマボルトは締付け力が均一になるよう十分注意をはらった。

(b) ケーシング

ケーシングは十分な厚さの鋼板を溶接形成し、必要な個所は形鋼で補強した。扇車の出し入れおよびケーシングの運搬に便利ように 2 分割した。

(c) 吸込口

吸込口の構造は扇車と吸込口とのすきまを自由に調整できるようにし、各部品の製作誤差・組立誤差を補った。

(4) その他

写真は吸込口 ダンパ を全閉にして、軸受温度上昇試験およびダイミックバランス 施行中のものである。

この 2100 番 シリーズ 送風機には、標準として 5 種類の形番があり下記使用範囲に適する。

風 量 250~1,500 m³/min

風 圧 1,000~1,600 mmAq (20°C において)

回転数 1,800 rpm

用途としては、炉内燃焼空気送風用を初め一次空気送風用・微粉炭噴射用などである。

■ パーチファイナ完成

三菱重工業と共同でパーチファイナを完成した。パーチファイナは、それぞれ 1 個の固定 ディスク と回転 ディスク からなる立形の高速 シングルディスクリファイナで、電動機を一体に組込み コンパクト にまとめている。

ディスク部分で生ずるスラスト荷重が比較的大きいので、軸受にはキングスベリ形スラスト軸受を、またラジアル荷重の支持にはころがり軸受を採用し、ディスクの回転精度を高めている。パーチファイナはスライディングヘッドと本体とにわかれ、ディスクすきまの調整装置はスライディングヘッドのカバー内に収納されている。

おもな特長は次のとおりである。

(1) 駆動用電動機はかご形の誘導電動機で、コイルの絶縁には耐水性にすぐれているエポキシ樹脂を用いてあり、このような用途にも十分な信頼性がある。

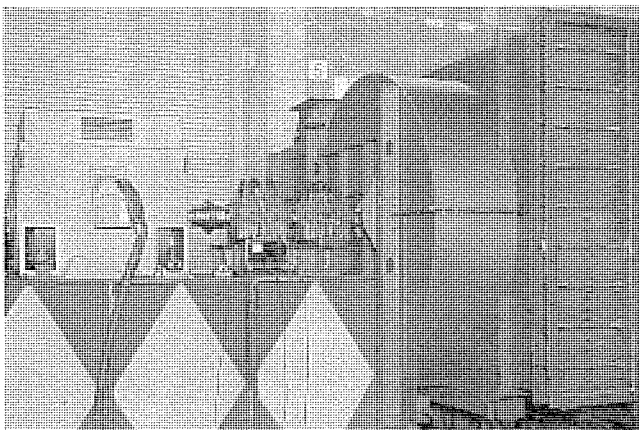
(2) 機械装置と電動機をコンパクトにまとめているので、掘付け面積が小さく掘付けも容易である。

(3) 重力落下による原料の供給が可能で処理が均一にできる。

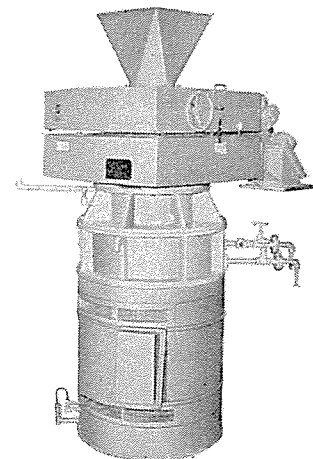
(4) 遠心力が大きいので、発生蒸気が内部にこもらない。

(5) 高濃度処理が可能で、機械 パルプ の場合、従来の リファイナの処理濃度が 20 % 程度であるのに対し、30 % 以上の濃度で処理可能である。

(6) 余分な水分がなく高温処理となるため、繊維に柔軟性が加わり、また水分の急激な蒸発によって原料中の有色物質が蒸発し、パルプの白色度が高まる。



強 圧 送 風 機



パーチファイナ完成写真

次号予定

三菱電機技報 Vol. 41 No. 8

マイクロエレクトロニクス特集

特別寄稿

○マイクロエレクトロニクス 特集号に寄せて

特集論文

○マイクロエレクトロニクス 特集号の発行に当って

○集積回路工業の問題点

○半導体集積回路のチップ面積と価格解析

○TTLの設計

○リニア集積回路の設計技術

○集積回路の拡散工程と拡散不純物源

○感光性樹脂の不純物分離法

○Si熱酸化膜の電子顕微鏡観察

○サファイア上シリコン結晶とその応用

○薄膜抵抗直接エッチング方式

○薄膜トランジスタ

○半導体工場の最近の傾向

○簡易形IC機能試験装置

○DTLの布線雑音

○全集積回路化電子計算機の自動設計

○MELCOM-3100 電子計算機演算制御部の集積回路化

○全集積回路化計算機 MELCOM-350 における集積回路の実装法

○4線式 PAM スイッチ網の集積回路化

技術講座

○三菱半導集積回路の標準機種

三菱電機技報編集委員会

委員長	小倉弘毅
副委員長	片岡高示
常任委員	明石精
"	石川理一
"	上田重夫
"	宇佐見重夫
"	大野寛孝
"	神崎遼
"	北川和人
"	小堀富次雄
"	鈴木正材
"	祖父江晴秋
"	山田栄一
"	横山茂
委員	尾畑喜行
"	片山仁八郎
"	黒田忠光
"	南日達郎
"	林昇寿
"	松元雄蔵
	(以上50名順)

昭和42年7月22日印刷 昭和42年7月25日発行
「禁無断転載」定価1部 金100円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目12番地 小倉弘毅

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町1丁目 高橋武夫

発行所

三菱電機株式会社内 「三菱電機技報社」
東京都千代田区丸の内2丁目12番地 (三菱電機ビル内)
(電) 東京 (212) 大代表 6111

発売元

東京都千代田区神田錦町3の1 株式会社オーム社書店
電話 (291) 0912 振替東京 20018

本社・営業所・研究所・製作所・工場 所在地

本 社	東京都千代田区丸の内2丁目12番地 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111
大 阪 営 業 所	大阪市北区梅田町8・西阪神ビル (電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3の88・名古屋ビル (電) 名古屋 (561) 大代表 5311
福岡営業所	福岡市天神2丁目12番地1号・天神ビル5階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌営業所	札幌市北二条西4の1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
仙台営業所	仙台市大町4の175・新仙台ビル (電) 仙台 (21) 代表 1211
富山営業所	富山市桜木町1番29号・明治生命館 (電) 富山 (31) 代表 3151
広島営業所	広島市中町7番32号・日本生命ビル (電) 広島 (47) 大代表 5111
高松営業所	高松市鶴屋町5番地の1 (電) 高松 (51) 代表 0001
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2の12・三菱電機ビル (電) 東京 (212) 大代表 6111
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町8の1 (電) 大阪 (344) 大代表 1231
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3の88・名古屋ビル (電) 名古屋 (561) 大代表 5311
福岡商品営業所	福岡市天神2丁目12番地1号・天神ビル5階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌商品営業所	札幌市北二条西4の1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
仙台商品営業所	仙台市大町4の175・新仙台ビル (電) 仙台 (21) 代表 1211
富山商品営業所	富山市桜木町1番29号・明治生命館 (電) 富山 (31) 代表 3151
広島商品営業所	広島市中町7番32号・日本生命ビル (電) 広島 (47) 大代表 5111
高松商品営業所	高松市鶴屋町5番地の1 (電) 高松 (51) 代表 0001
新潟営業所	新潟市東大通1丁目12番地 (電) 新潟 (45) 代表 2151
長崎出張所	長崎市大黒町3番1号・長崎交通産業ビル (電) 長崎 (23) 代表 6101
横浜出張所	横浜市中区富士見町2の12 (電) 横浜 (65) 2691~3
長野出張所	松本市白坂212番地 (電) 松本 (3) 1453
京都出張所	京都市中京区壬生坊城町5・古橋ビル (電) 京都 (82) 1245
神戸出張所	神戸市生田区西町36・三菱信託ビル (電) 神戸 (33) 0606~7
静岡出張所	静岡市七間町9の10・池田ビル (電) 静岡 (53) 代表 9186
岡山出張所	岡山市西長瀬字村北122の1 (電) 岡山 (24) 代表 0331
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
商品研究所	鎌倉市大船782番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目 (電) 神戸 (67) 大代表 5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号 (電) 長崎 (23) 大代表 6211
稲沢製作所	稲沢市井之口町1100番地 (電) 稲沢 (32) 代表 4121
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地 (電) 和歌山 (23) 代表 7231
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地 (電) 鎌倉 (6) 大代表 1111
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池1番地 (電) 伊丹 (72) 大代表 5131
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町18丁目1番地 (電) 名古屋 (721) 大代表 2111
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地 (電) 福岡 (88) 代表 0431
福山製作所	福山市緑町1番8号 (電) 福山 (2) 代表 2800
姫路製作所	姫路市千代田町840番地 (電) 姫路 (23) 大代表 1251
相模製作所	相模原市小山字久保224 (電) 相模原 (72) 大代表 5131
静岡製作所	静岡市小笠110番地 (電) 静岡 (85) 大代表 1111
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号 (電) 中津川 (5) 大代表 2121
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
郡山製作所	郡山市栄町2番25号 (電) 郡山 (2) 1220~3
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (電) 太田 代表 4311
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字園所1 (電) 京都 西山 (92) 大代表 4171
京都製作所	尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
ラジオ工場	三田市三輪町字父々部85番地 (電) 三田 (4) 371~5
伊丹製作所	東京都世田谷区池尻町3丁目1番15号 (電) 東京 (414) 代表 8111
三田工場	三田市三輪町字父々部85番地 (電) 三田 (4) 371~5
相模製作所	相模原市小山字久保224 (電) 相模原 (72) 大代表 5131
世田谷工場	東京都世田谷区池尻町3丁目1番15号 (電) 東京 (414) 代表 8111
札幌営業所	札幌市北二条東12丁目98番地 (電) 札幌 (22) 3976
札幌工場	札幌市北二条東12丁目98番地 (電) 札幌 (22) 3976