

羽田線モノレール信号保安設備

Signaling and Safety System for Haneda Monorail Line

後 藤 隆 雄*
Takao Gotô

仲出川 義 夫**
Yoshio Nakadegawa

岩 本 小 三 郎***
Kosaburô Iwamoto

内 容 梗 概

東京モノレール株式会社羽田線は、モノレールとして初めての本格的旅客輸送路線で、信号保安装置も、列車の高速、高密度運転に対処して、最新の電子信号技術によって開発された各種の新方式が採用された。従来実施例のなかったモノレール用自動閉塞信号方式としては、チェックイン・チェックアウト計数方式を採用し、連続誘導式の車内信号現示、自動列車停止を実施している。さらに地上機器の集中制御、列車位置表示など、一般の鉄道信号システムをも含めて、近代的な信号保安システムの好個の実施例となっている。

1. 緒 言

羽田空港—浜松町駅間 13.1 km 複線の日立—アルウェーグ式モノレール羽田線は、1964 年 9 月 17 日営業を開始した。この羽田線モノレールには最新の電子技術を駆使した新しい信号設備を設け、運転保安の万全を期している。すなわち、連続誘導式による車上信号機、自動列車停止装置、点制御速度照査方式によるポイント用自動停止装置および駅端末用自動停止装置などの保安設備があり、また第 1 種継電連動装置（進路てこ式）が浜松町駅および昭和島信号所に設けられ、昭和島運転指令所（信号扱所）には全線の列車の運行を監視できる列車位置表示装置が設けられている。これらはいずれも電子機器を多く使用し、従来の継電器のみを使用したものに比べて、面目を一新した近代的な保安装置となっている。以下主要機器の機能および動作について説明する。第 1 図は羽田線におけるシステムの概要を示したものである。

2. 自動閉塞信号方式

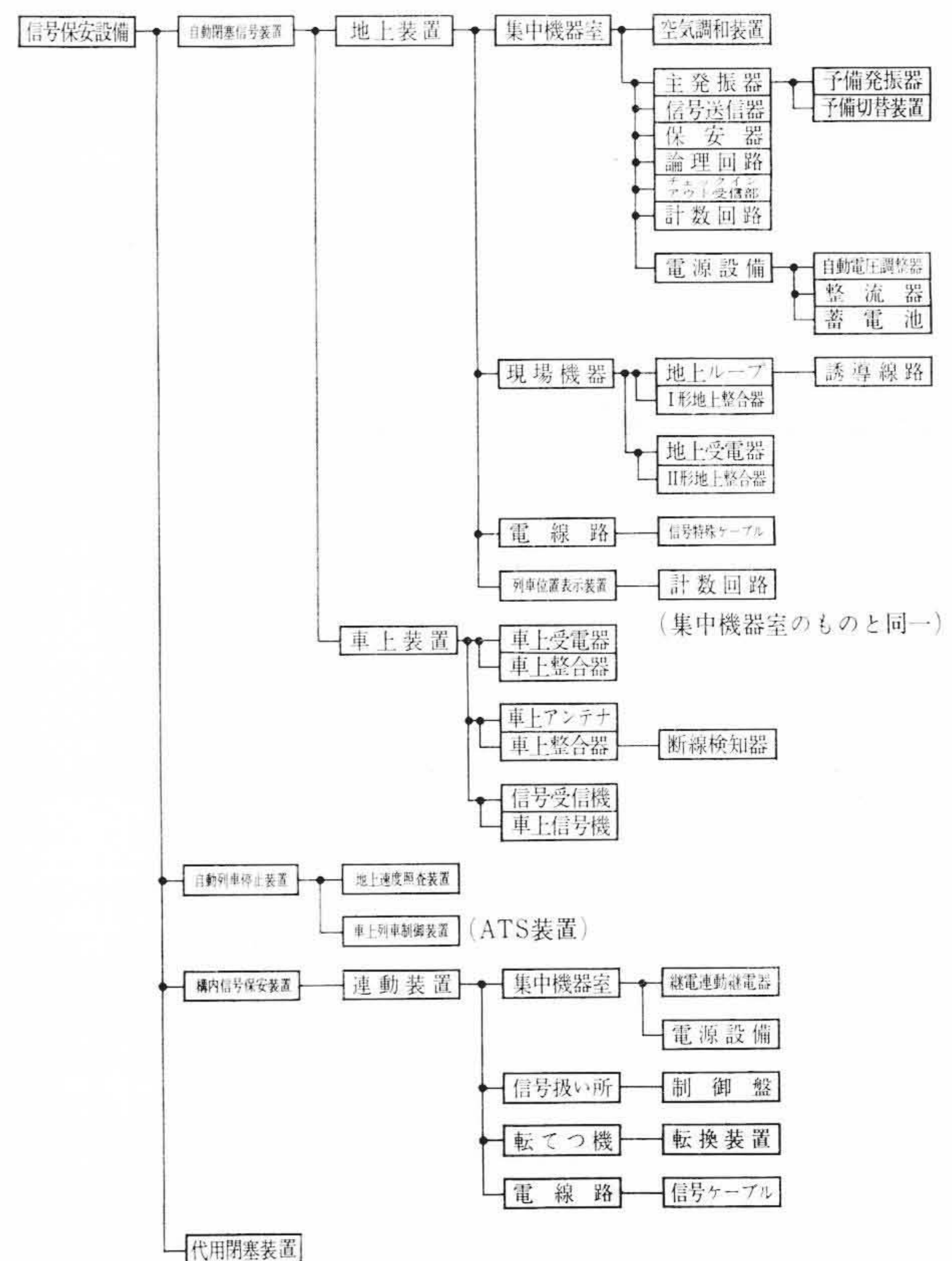
1 線路に複数の列車を運転する場合には、列車間の安全を確保するためなんらかの方法、すなわち信号設備がなければならない。モノレールの場合には、軌道がコンクリートまたは鋼製（表面コンクリートスラブ取付）のけたより成っており、車両はゴムタイヤで走行するため、従来の車輪および車軸による軌道短絡を利用した信号方式を実施することはできない。また電車線レールと集電靴を利用して、信号電流を短絡する方式もあるが、高压電源と信号機器の結合の問題、集電靴と電車線レールの間の離線ならびに雑音の影響など多くの実施上の難点を含んでいる。これらについて種々検討の結果、閉塞方式として次に述べるようなチェックイン・チェックアウト計数方式を採用し、これに基づいた自動信号方式を開発した。

2.1 チェックイン・チェックアウト計数方式

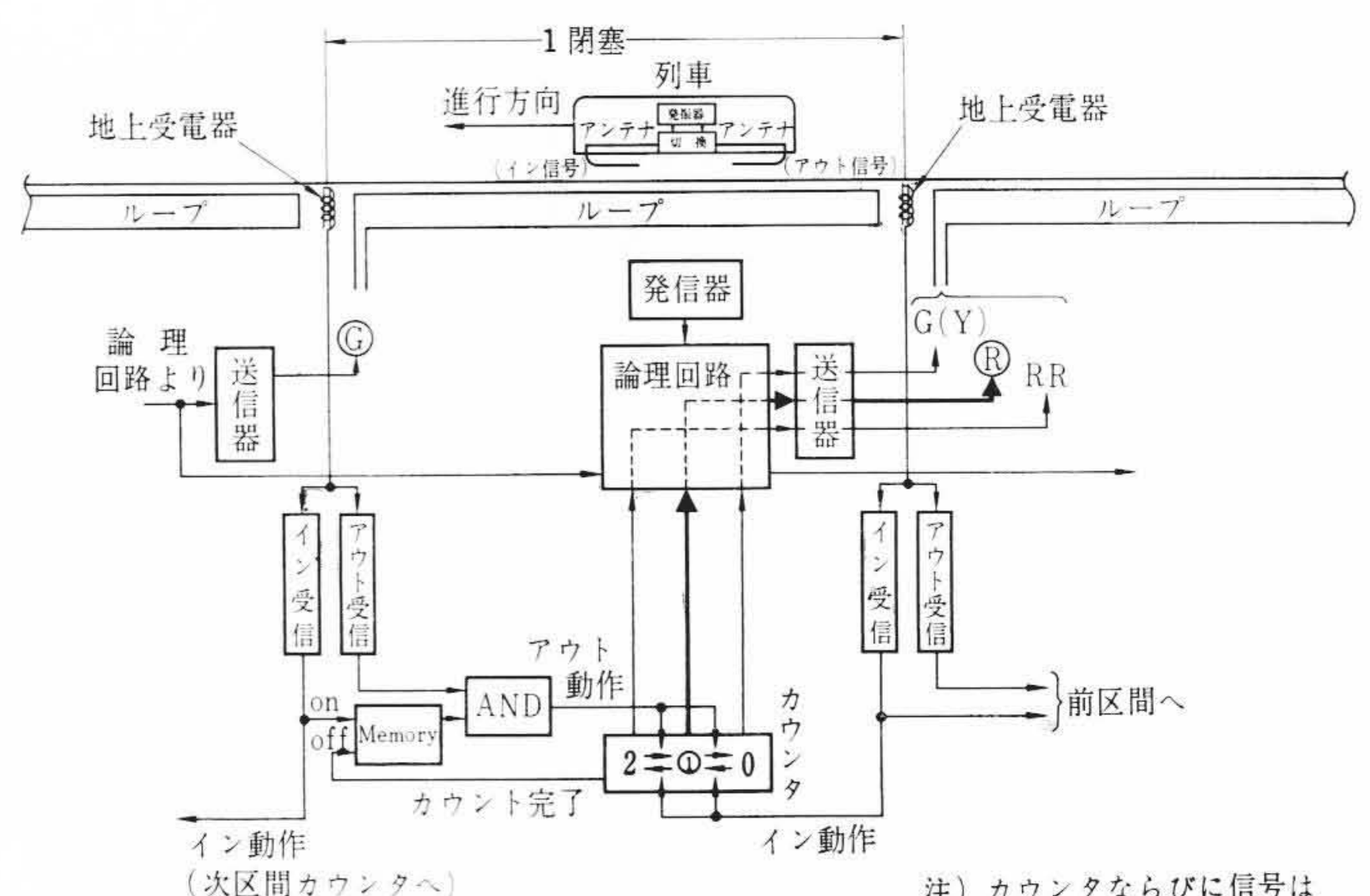
2.1.1 原 理

この方式は固定閉塞方式に属し閉塞区間における列車の有無を地上の計数器の計数量により検知するものである。第 2 図は本方式の原理を示すもので、列車には前部、後部にそれぞれアンテナを設け、その列車が運行中は常に前部アンテナにチェックイン周波数、後部アンテナにチェックアウト周波数の高周波電流を流す。

地上では地上受電器、受信機によりその高周波信号をとらえ、チェックイン周波数の場合には、今より進入しようとしている区



第1図 羽田線信号保安設備の構成



第2図 チェックイン・チェックアウト方式原理図

* 日立製作所水戸工場

** 日立製作所車輛事業部

*** 日本信号株式会社与野工場

間に対応する計数器に対し、その計数量が「0」であったものを「1」とし、「1」であったものを「2」にするように加算的に働き、チェックアウト周波数の場合には、今から抜出ようとしている区間に対応する計数器に対し、逆に減算的に働く。これら計数器の計数量が「0」の場合「列車不在」を、「1」の場合「1列車在」、「2」の場合「2列車在」をそれぞれ示すこととすれば、2個の地上受電器間の列車数を検知することが可能となり、これを一閉塞区間と考えれば自動信号が成り立つことになる。この方式をチェックイン・チェックアウト計数方式と呼びモノレール用に最適なものとして羽田線に適用した。

本方式においては万一、チェックアウト周波数に相当する雑音が生じ地上受電器に飛び込み、その時手前の閉塞区間に列車がいたときには、その列車は計数量より消されてしまい、後方の閉塞区間に対して「列車不在」を示すので非常に危険な Fail Out となる。本実施例においてはこれを防止するため、チェックインが次の閉塞区間に確実になされたことを条件としてチェックアウトを有効にしている。またチェックインの受信は、常に受信継電器を励磁しておき、車上アンテナからのチェックイン周波数を受信したときのみ受信継電器を落下させ、それをもって行なう方法を取り、システムの Fail Safe をはかっている。

2.1.2 信号現示法

モノレール路線において地上信号機を設けることは建設費用および、保守上から好ましいことではない。そのため本方式では連続誘導式の車内信号現示によることとした。このため軌道けたの両肩に絶縁線を埋め込みその端末をループ状にして、これを1閉塞区間に原則として1回路ずつ設備した地上ループ回路を設け、それに信号送信機および発信器を接続し、前述の計数器の計数内容により、信号発信器の出力周波数を選択して流すようにした。(第2図参照)

車上には受電器、受信機を備え、地上の各ループに流される信号電流を受信し、それを運転室の車上信号機に現示する。その現示内容を第1表に示す。

2.2 構成および設備仕様

2.2.1 地上装置

第2図に示したように、地上設備品は軌道けたに付属する地上受電器および地上ループの整合トランス類と、チェックイン・ア

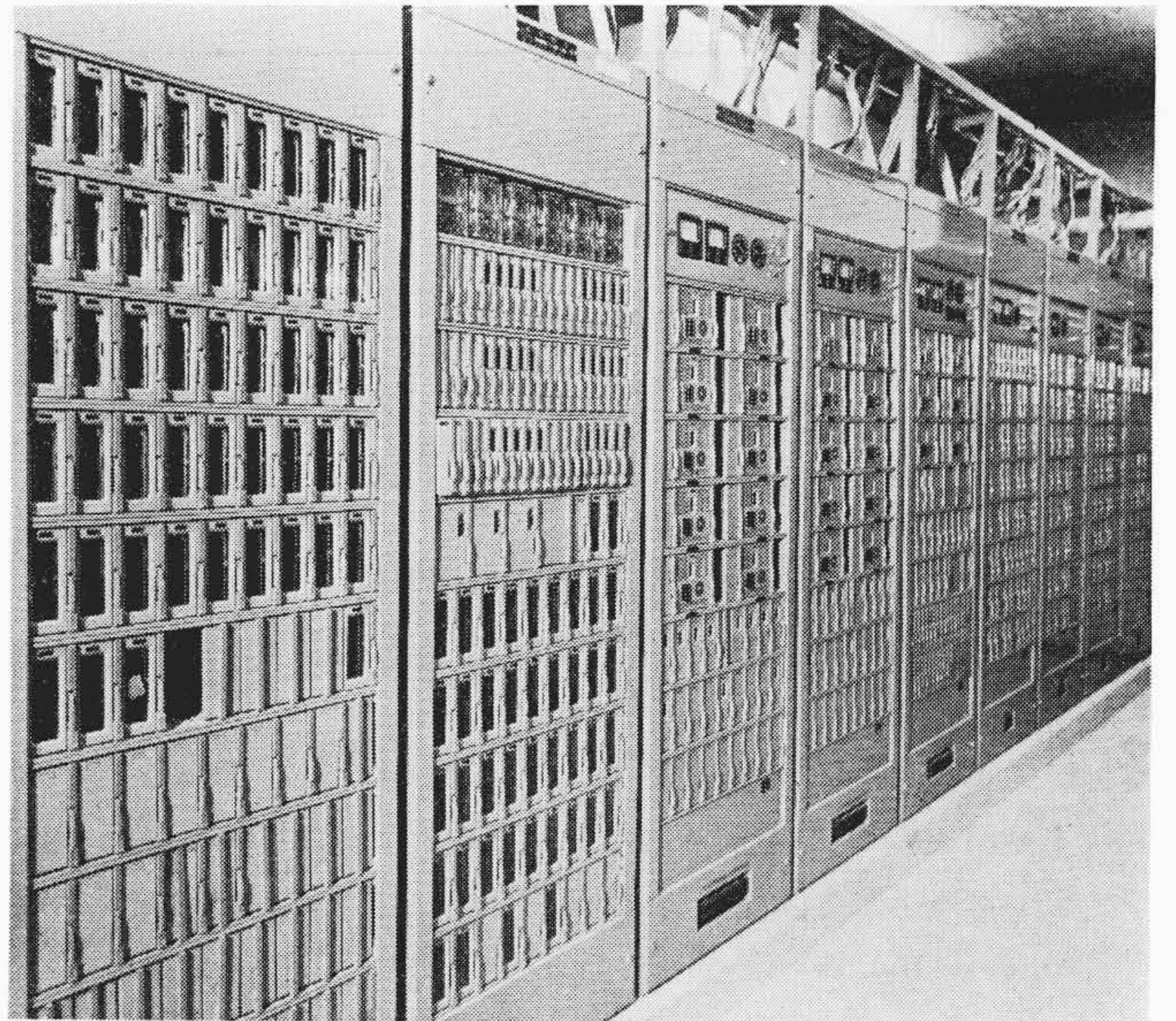
第1表 信号現示

信号記号	車内現示	扱 い 別
G	緑 (1個)	進 行 信 号
Y	黄 (1個)	注 意 信 号
R	赤 (1個)	許 容 停 止 信 号
RR	赤 (2個)	絶 対 停 止 信 号
Z	赤 (2個) 白 (1個)	誘 導 信 号
UB	—	R 現 示 解 錠 信 号

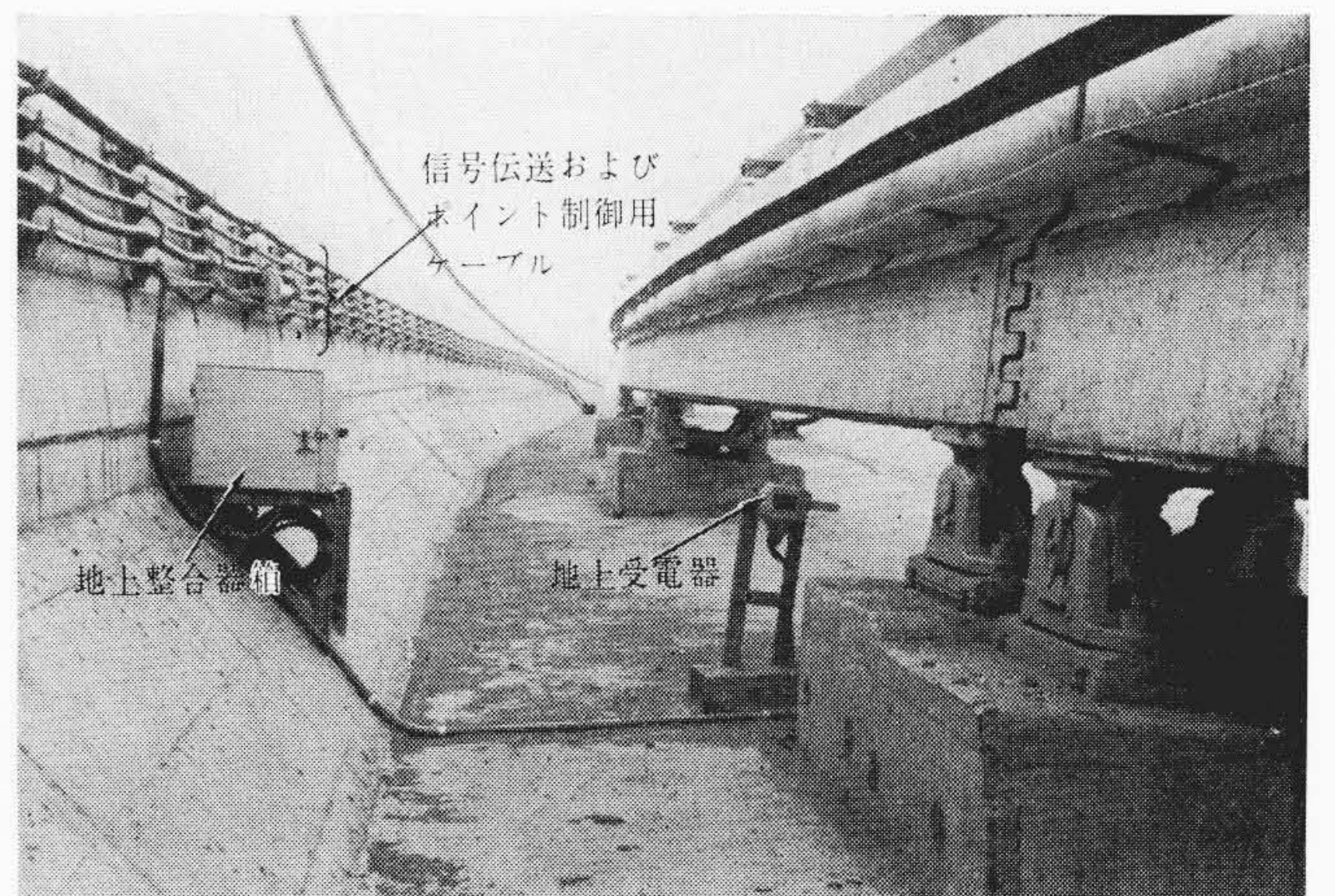
第2表 中央集中機器および現場機器構成

名 称	略 号	員 数	
		浜 松 町	昭 和 島
主 発 振 架	SCD	1	1
信 号 送 信 架	S B	3	5
チェックイン・アウト架	C B	3	4
保 安 架	SFB	4	5
中間自動信号用継電器架	R B	3	4
I 形 地 上 整 合 器		(26)	(40)
II 形 地 上 整 合 器		(21)	(34)
地 上 受 電 器		(21)	(34)

浜松町分担域 8.2 km～13.1 km 分
昭和島分担域 0 km～8.2 km 分



第3図 集中機器室の設備状況



第4図 現場機器布設状況（穴守ずい道入口）

ウト信号受信系および信号送信系などに分けられる。一般鉄道においては通常、信号機器は現場に器具箱を設け、そこに収容しているが、モノレールの場合、保守点検のうえで非常に不便であるとともに、羽田線の場合には海岸線に沿っているため、塩害による支障も考えられるので、現場に設ける機器は最少限にとどめ主要部分をすべて機器室に集中設置する方式を採っている。集中機器室は昭和島と浜松町の2箇所に設けられ、羽田駅起点約8.2kmを境として、それぞれ羽田側、浜松町側の機器を設備している。これらの機器は機能別にユニット化されたトレイより構成され、系統別に架に実装され、故障表示方式に考慮を払うなど保守の簡易化がはかられている。

第2表にその構成品と員数を、第3図および第4図に設備状況例を示す。以下現場機器および機器室収容機器にわけて機能の概要を述べる。

現場機器は地上受電器および整合器箱に大別される。

地上受電器は車上アンテナよりのチェックイン・チェックアウト信号を受信するためのもので、イン信号受信系を Fail-Safe 化するため、回路照査用信号を受電器を通して受信系に与えるための巻線を有している。現場器具箱は、軌道ループと信号現示用高周波信号送信系との整合を目的とするもの、および地上受電器とチェックイン・チェックアウト受信系との整合のために用いられるものの2種に分かれる。それぞれI形、II形と称し、密閉二重

第3表 主 発 振 器 架 内 容

ル ー プ 信 号 用			チェックイン・チェックアウト用		
発振器名	周 波 数 (c/s)	信号記号	発振器名	周 波 数 (c/s)	用 途
SOSC ₁	4,200	Z	OSC1	6,500	イン試験用
SOSC ₂	4,280	R	OSC2	7,000	アウト試験用
SOSC ₃	4,360	Y	OSC3	6,000	イン照査用
SOSC ₄	4,440	G ₁	COSC	200	イン照査用の 信号断続用
SOSC ₅	4,520	G ₂			
SOSC ₆	4,600	UB			

構造を採用している。一方第2表記載の機器中、前記現場機器以外のものは中央機器室に収容され、それぞれ次のような機能を有している。

(a) 主 発 振 架

主発振架には、車上信号機に現示させるべき各信号の発振器と、チェックイン照査用発振器および試験用発振器を収容しており、その内容は第3表のとおりである。

(b) 信 号 送 信 架

主発振架の各信号を、けたに埋設したループに伝送ケーブルを通して送出するための電力増幅器、および送信する信号を切り換えるための切換用継電器を内蔵している。

(c) 保 安 架

各機器と伝送ケーブルとの間の整合変成器および雷害防止用避雷器を内蔵する。

(d) チェックイン・アウト架

地上受電器の出力をⅡ形地上整合器、伝送ケーブル、保安架を経て受信し、イン継電器を落下させるチェックイン受信器と、アウト継電器を動作させるチェックアウト受信器を収容している。

(e) 中間自動信号用継電器架

イン継電器、アウト継電器の各動作によって計数動作を行なう計数器、および論理回路などを構成する継電器を収容している。

以上の各機器の機能をブロック図であらわせば第5図および第6図のようになる。

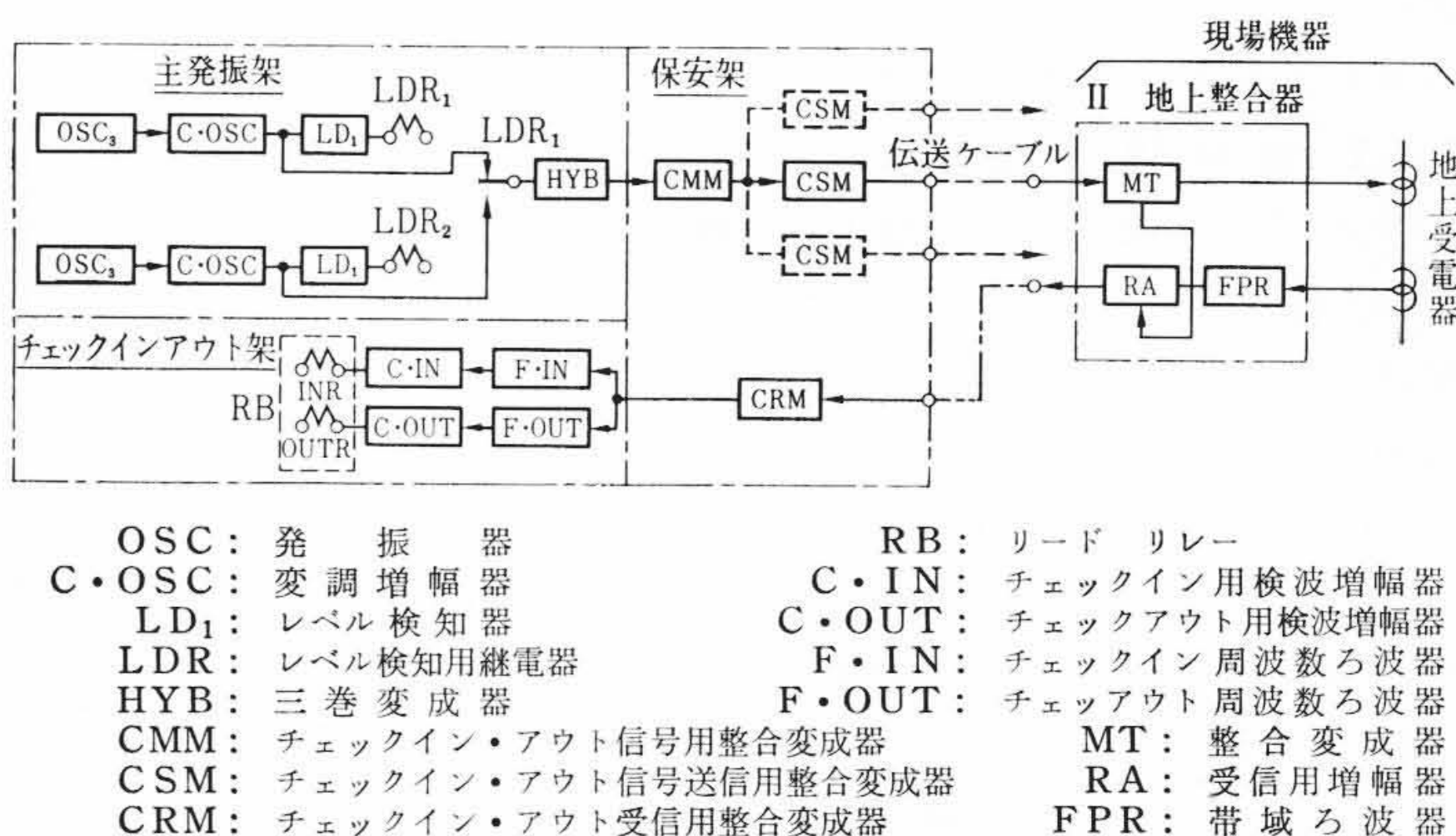
一般に、信号機器の故障は、列車の運行上重大な支障を招くものである。羽田線の場合もこの点を考慮し、主発振器に収容しているループ用信号発振器 SOSC1~6 およびチェックイン照査用発振器を常用、予備の2重系とした。常用系においては、おのこの発振器の出力レベルを常に監視し、そのレベルが所定値より低下した場合、自動的に個別に予備系の発振器に切り換わるとともに故障表示灯を点灯する。予備系は SOSC1~6 を集中監視し、系のどの発振器でも所定値より出力レベルが低下したときは同様に故障表示するようになっている。特に信号用電源は、常時は交流電源を整流して使用しており、予備電源に蓄電池を有し、万一停電の場合でも、2時間連続して信号機器の動作に支障のないように考慮している。

2.2.2 車 上 装 置

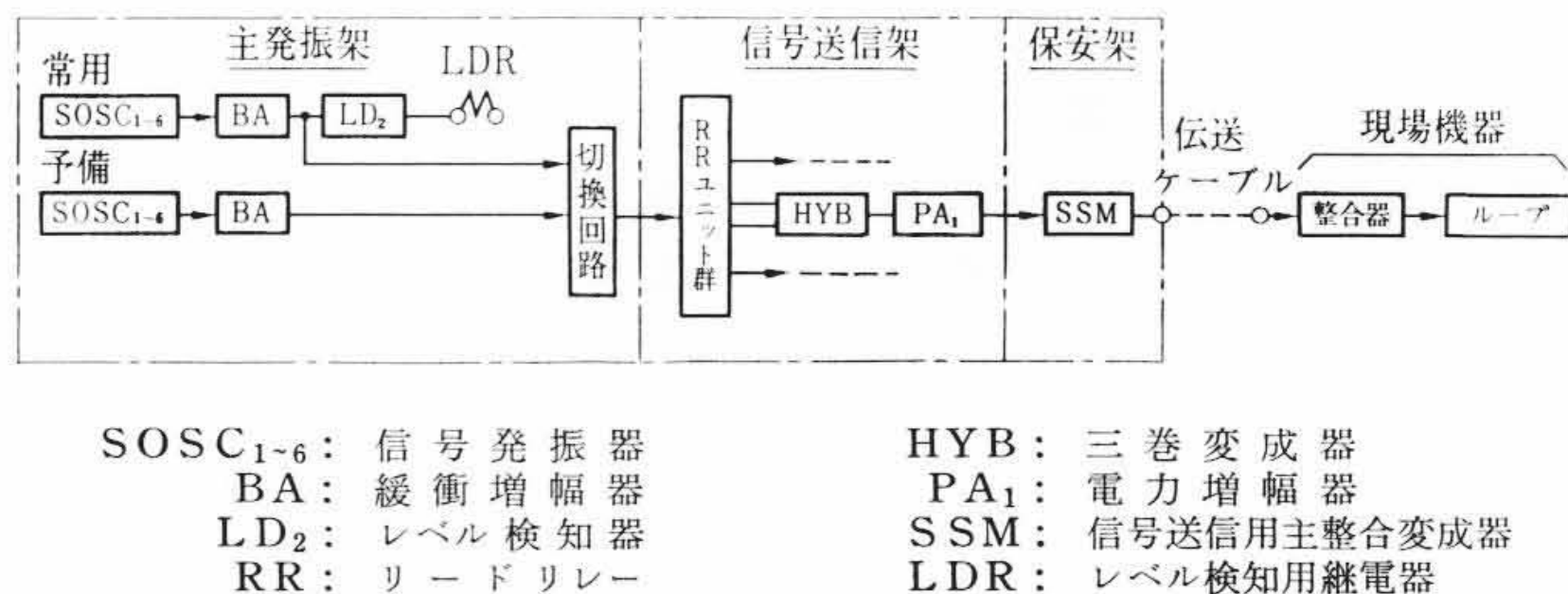
車上装置の信号受信およびチェックイン・チェックアウト送信系のブロック図を第7図に示す。インおよびアウト周波数はそれぞれ6,500c/sおよび7,000c/sで、図中 OSC₁、OSC₂ の発振器によって発生する。これらは、列車の進行方向によって継電器 X1R、X2R の接点を通して、進行方向前部アンテナにはイン周波数、後部アンテナにはアウト周波数を与える。アンテナは、長さ約5mで車体下部にループ状に張られたもので、最高時速100km/hのときで

も地上受電器に対し、約0.2秒間信号を与えることができるので、地上装置のチェックイン・アウト動作を確実ならしめている。また、発振器の故障やアンテナの断線などは、前に述べた列車の計数動作を誤らせることとなるので、それを防止するために常に送信レベル（アンテナ電流）を照査して、レベルが異常に低下した場合には、照査継電器 LCR を落下させ、後述の自動停止装置によって非常停止させるようになっている。受信系は、車上受電器を列車の両端に設備して、進行方向によって切り換えて使用し、受信機を1台としたが、引き通し線による信号の減衰を補償するため、受電器出力を車上整合器において増幅している。

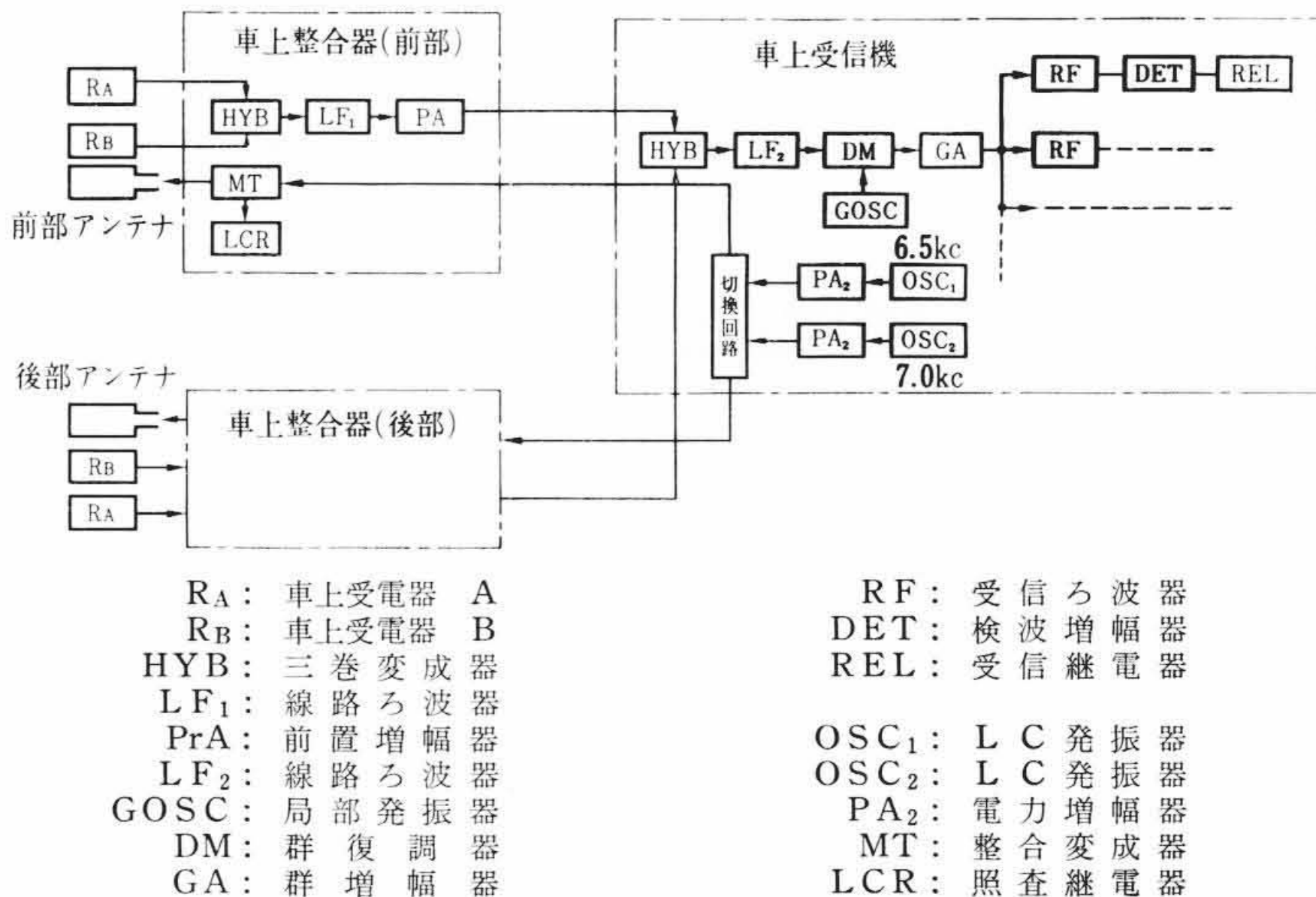
受信機は、地上のループに流されている無変調の高周波4,200~4,600c/sを受信した後、局部発振器 GOSC の3,120c/sで1,080~1,480c/sの信号波に周波数変換し、1波ずつ狭帯域の受信ろ波器によって分離する。これらの信号は、各出力継電器 G1R~ZR を動作させ、この継電器の接点によって現示を得ている。なお、信号現示のGには、G1とG2の2種があるが、これは現示内容が異なるものではなく、ループ境界において、磁束の位相がずれ



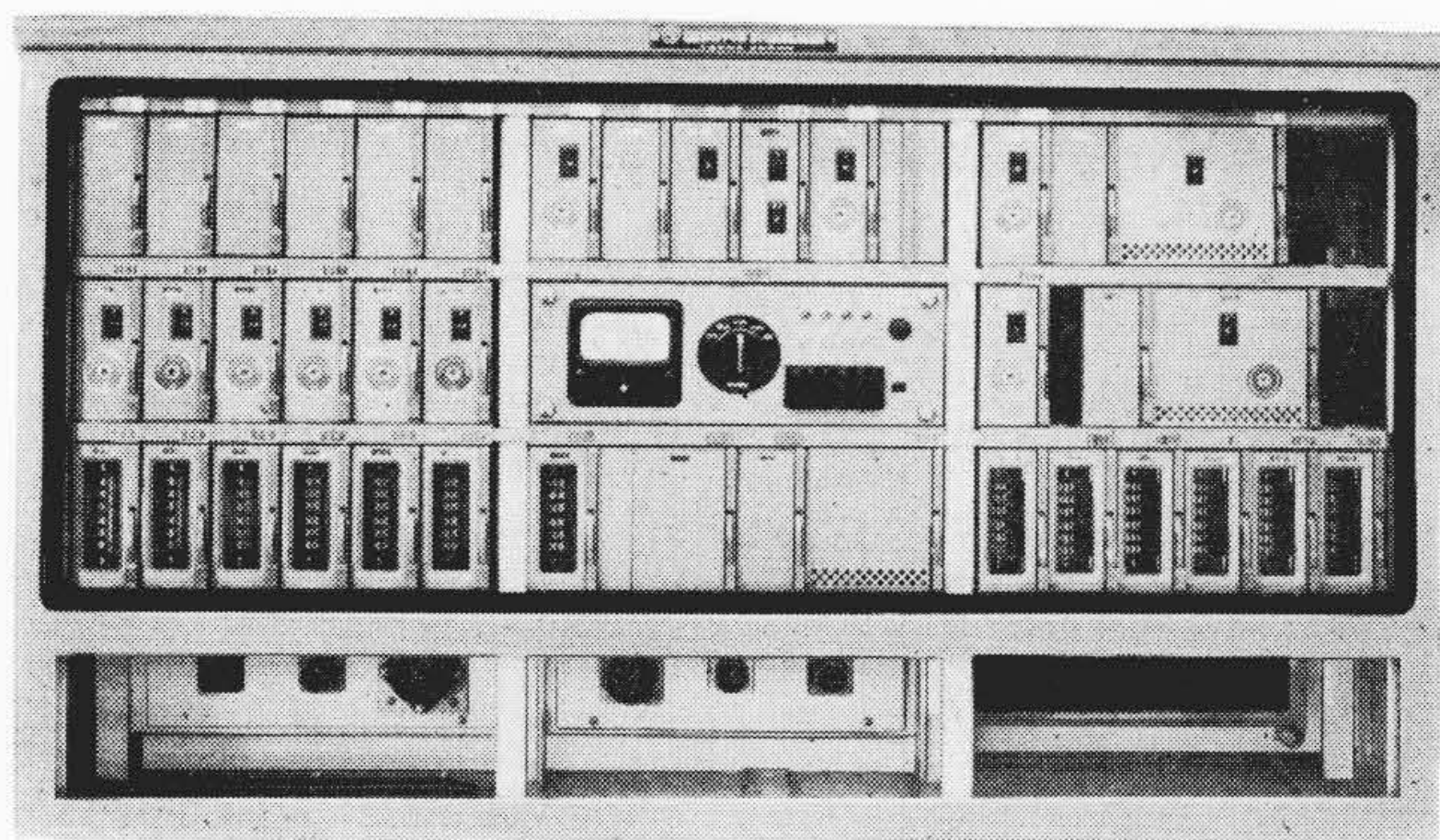
第5図 地上チェックイン・チェックアウト系ブロック図



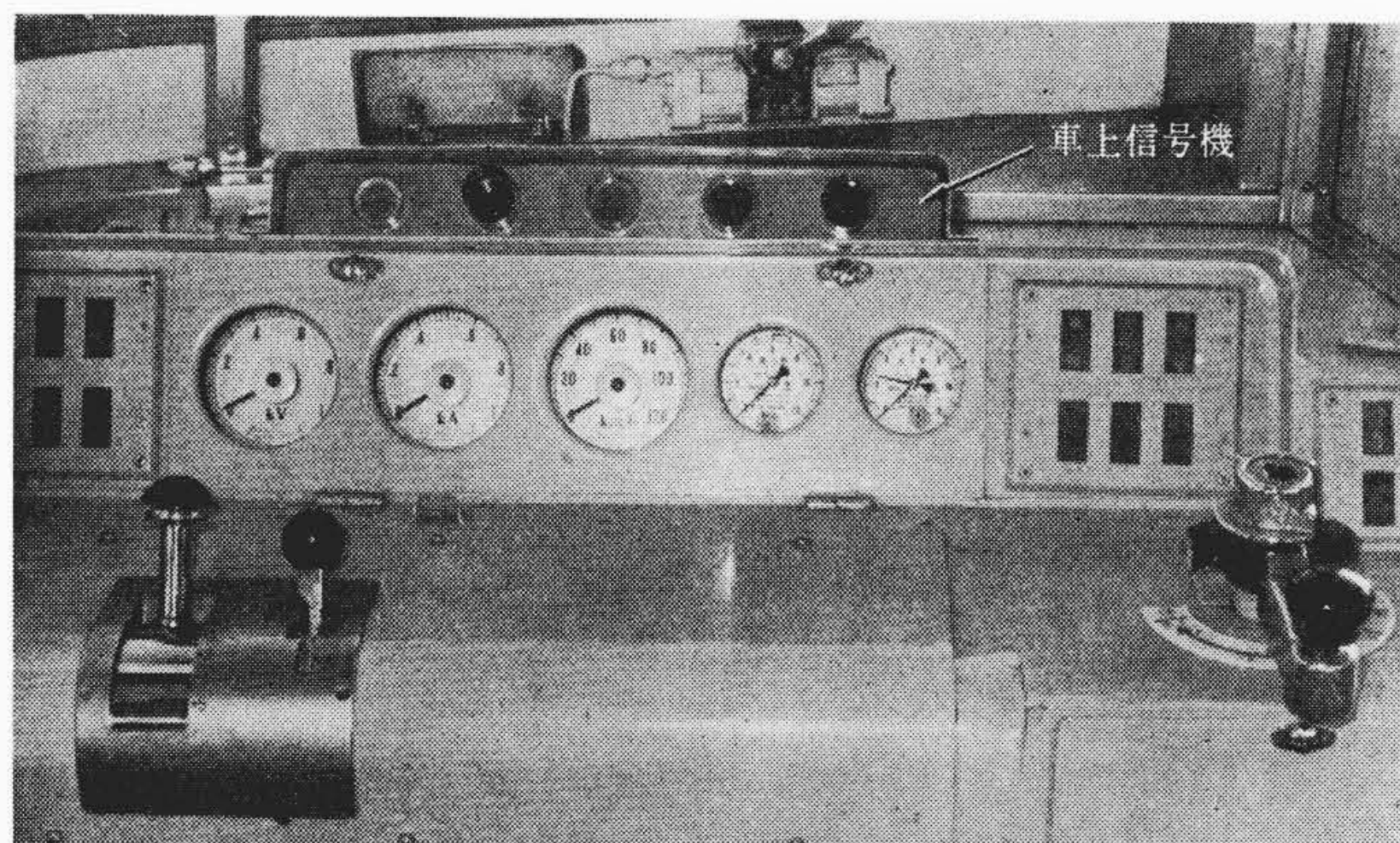
第6図 地上信号送信系ブロック図



第7図 車上信号送受信系ブロック図



第8図 車上受信機外観（表ふたを開いた状態）



第9図 車上信号機取付状況

た場合に、互いに相殺されて電氣的に死区間の生ずることを防止するため、隣接ループに異なる周波数を配置する必要上、設定されたものである。

この車上受信機の外観を第8図に、車上信号機取付状況を第9図に示す。車上受信機は、すべて部分回路をユニット化してプラグイン形とし、塩害防止のためプリント板は合成樹脂でおおい部品の保護をはかっている。

2.2.3 伝送ケーブルおよび信号用ループ線

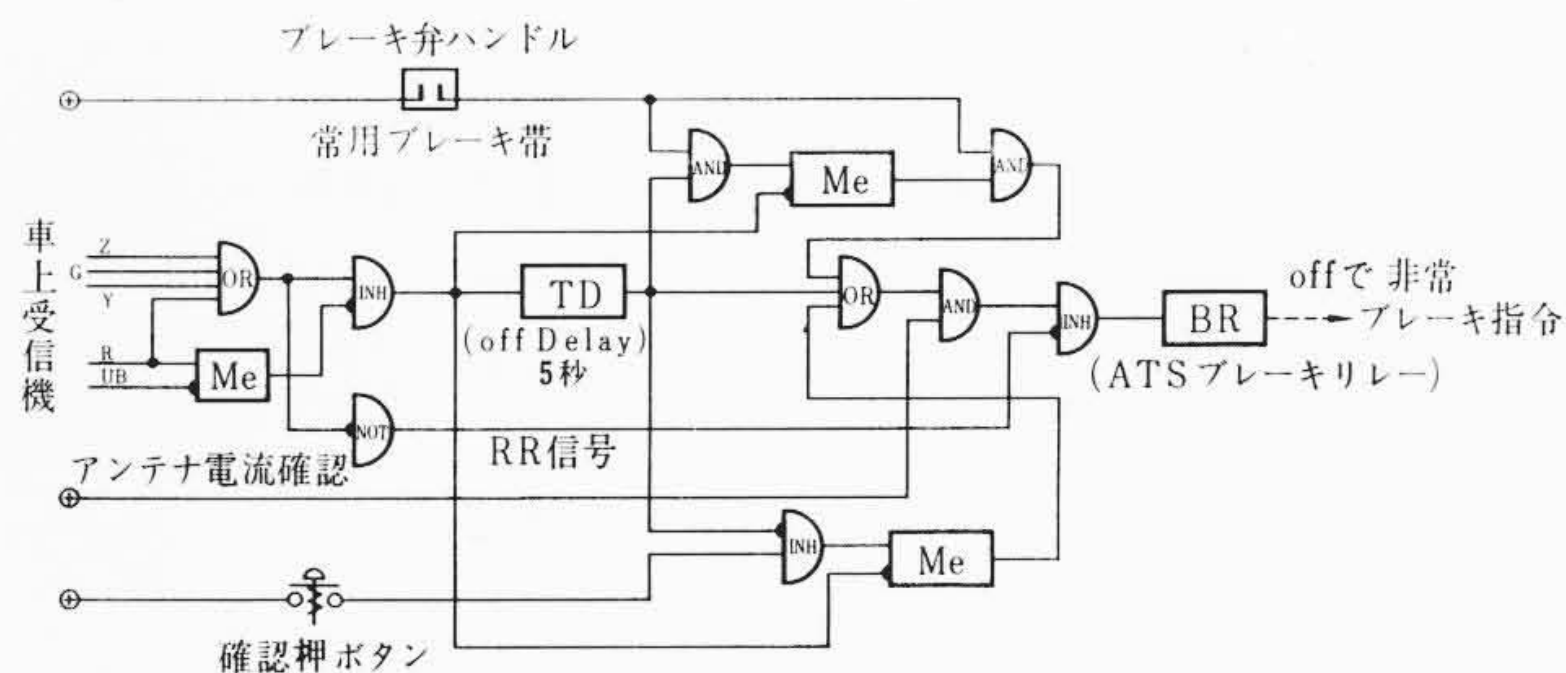
信号伝送線路の設備計画においては、信号にキロサイクル波を使用するため、特に次の事項について検討した。すなわち

- (1) 減衰量、特性インピーダンス
- (2) 漏話および平衡度
- (3) 他の電気設備からの誘導障害

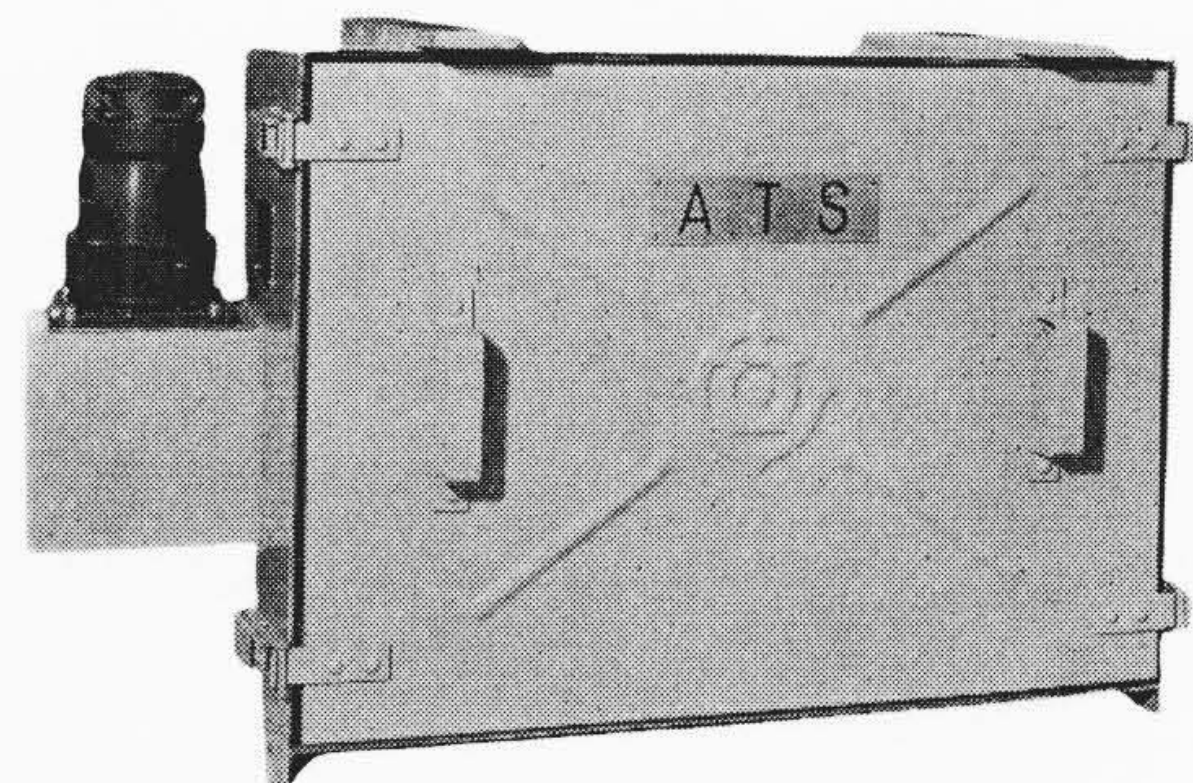
である。(1)の線路特性に対しては、発泡ポリエチレン絶縁ポリエチレンシース市外星ケーブルを使用し、使用周波数4~7kc/sに対して、減衰量は約0.5 dB/km、特性インピーダンスは200~150Ωという好結果を得ている。漏話減衰量については、同一シース内の回線伝送距離が異なるため、各対間のレベル差が大きく、当初心配されたがこれもS/Nを確保でき、ランダム接続を行ない得た。

誘導障害としては、伝送ケーブルが軌道けたの下部に電車線と平行して懸垂設置されることによるもの、および地上受電器より誘導するものなどが予想されたため、各変電所にろ波器を設置し、電車線に寄生する高調波リップルを抑制した。また、浜松町駅付近の国鉄新幹線との平行部における静電誘導は、この部分が鋼けたであることと相まってループ長を短くしたため特に問題とならず、同じく電磁誘導は電磁遮へいケーブルをこの平行部に使用したため、なんら問題ないことが確認された。

軌道回路のループ線には5.5 mm²のIV線を使用した。特に鋼



第10図 ATS基本動作ブロック図



第11図 自動停止装置本体

けた区間については減衰がコンクリートけたよりやや大きいので、1閉塞区間内でループ線の長さを短縮し、分割送信する方法を採ることによって全ループとも、同一の送信レベルとなっている。

3. 自動停止装置

羽田線においては、保安用として車上に自動停止装置を設備した。この自動停止装置は、ポイント破線の場合の過走防止にも使用されるものである。すなわち、本自動停止装置は、

- (1) 運転士の許容停止信号(R)受信時5秒以内のブレーキ弁操作の要請、および操作しないときの自動停止作用
- (2) 絶対停止信号(RR)による自動停止作用
- (3) 地上速度照査装置による過速検知後、絶対停止信号による過速防止用の自動停止作用

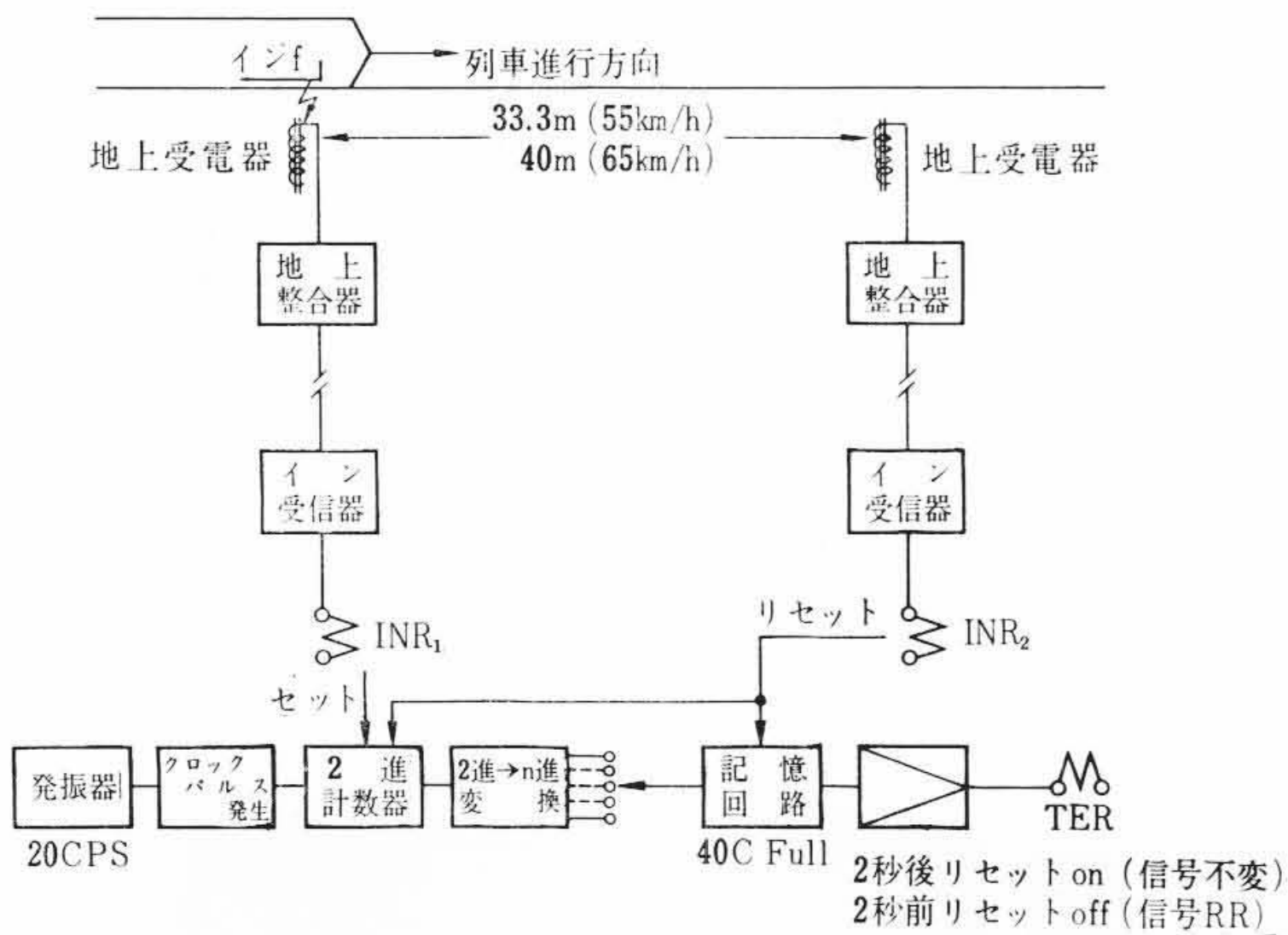
などの機能をあわせ持っている。

本装置の基本動作ブロック図を第10図に示す。この基本動作において、許容停止信号で自動停止した場合には、運転指令の指示により、確認押ボタンを操作して確認走行ができる。このとき、次の区間にはいると、軌道短絡式の信号方式ではないため前の閉塞区間のループ信号をそのまま受信するので非常に危険である。それを防止するために、許容停止R信号は記憶され、次に、たとえG信号を受けたとしてもそれだけではG信号は現示されず、特殊なUB信号がG信号に重畳されたときにはじめてR信号が解除されるようにしてある。すなわちUB信号は、通常G、Y信号と重畳されているが、計数器容量が2のときはその区間にG、Y信号が与えられていてもUB信号は重畳されない。このようにして列車の追突を完全に防止している。

本自動停止装置本体の外観を第11図に示す。

ここで過走防護法についてやや詳しく述べる。

端末においては、駅接近区間で進入速度を一度照査し、過速を検知した場合には、自動的に非常ブレーキが作用するように、ループ信号を無電流の絶対停止信号とすることとし、照査速度以下のときも注意信号によって進行させ、安全運転を要請する方式としている。



第 12 図 速度照査装置構成図



第 13 図 中央運転指令所に設備した連動制御盤

またポイント部においては、同一の閉塞区間を適当な長さに分割し、破線しているときには、注意、許容停止、絶対停止とループ信号を順次、低位に設定し、万一過走しようとするときでも自動停止による安全停止を行なわせ、さらに注意信号区間においては、所定速度以下かどうかを照査し、過速を検知したときには、ループ信号を無電流の絶対停止信号になるよう構成している。

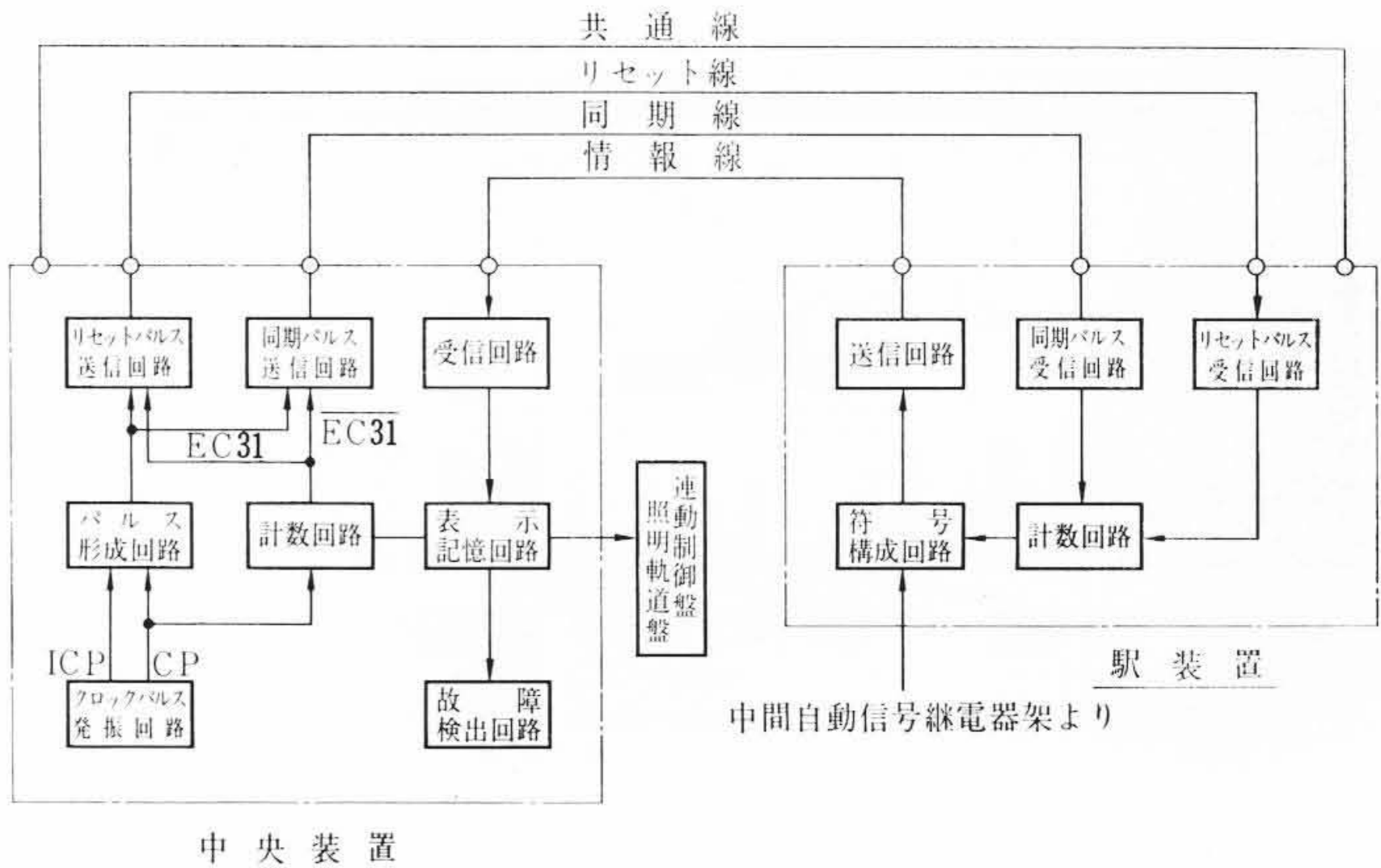
これら端末過走およびポイント部過走防止用の速度照査は、照査すべき地点に地上受電器 2 個を一定間隔に配置し、列車の前頭部の車上アンテナより発信しているチェックイン信号を、この 2 個の受電器で受信する時間間隔をもって行なう方法によっており、照査速度 55km/h (一部 65 km/h) で照査時間が 2 秒になるよう設定してある。本照査装置の構成図を第 12 図に示す。

4. 継電連動装置

モノレールは、他の鉄道と軌道の構造が異なり、転てつ器が正常な方向に転換していなければ完全破線となる。したがって従来の鉄道のようにダキコミや割出しなどの脱線はないが、脱線転落という最悪の事態を惹起する。このような事態を防止するために、保安装置として現在最も保安度の高い継電連動を設置している。

4.1 継電連動方式

継電連動方式には各種の方式があるが、羽田線に設備したものは第 1 種電気継電連動進路てこ式である。本方式は、各停車場構内の転てつ器動力に電気を利用し、継電連動装置の制御盤で操作できる



第 14 図 列車位置表示装置構成図

ものであり、また進路てこ式であるため構内の列車運転に必要なすべての進路を記憶して、進路ごとに定められた進号てこを反位にすることで、進路上のすべての転てつ器を自動的に必要な方向に開通し、鎖錠し、進行可能の信号が出るものである。本方式は、進路数の多い場合は進路選別式に比べて取扱いが複雑となるが、羽田線の場合には、進路数は少なく、進路てこ式のほうが得策である。

4.2 連動装置と信号扱所

羽田線においては、転てつ器の設備のある浜松町駅、昭和島信号所、穴守信号所、羽田空港駅の各連動を取り、これらの機器を浜松町、昭和島の 2 箇所に集中して設置し、それぞれに信号扱所を設けている。浜松町の信号扱所では、浜松町駅転てつ器とその接近区間の連動を扱い、これらの進路てこ、転てつ器用てこおよび表示灯などを収容し、軌道照明盤を組み込んだ制御盤一基を設置している。これには自動切換 SW を設けて、てこを自動側に扱えば、列車の動きに応じて転てつ器が転換し、それぞれの進路に応じた信号が自動的に出るようになっている。一方、昭和島の信号扱所は、全線にわたる列車の運行を管理する中央運転指令所を兼ねており、昭和島入出庫用転てつ器、穴守信号所転てつ器、羽田駅転てつ器およびそれらの接近区間の連動を扱い、これらの進路てこ、転てつ器用てこおよび表示灯などを組み込んだ制御盤一基を設置している。これには全線の軌道照明盤が組み込まれており、列車の運行状態をは握できるようにしてある。この中央運転指令所に設備した連動制御盤を第 13 図に示す。

これらおのおのの連動用継電器は、すべて各集中機器室に収容されており、前述の第 2 表に示した機器室の設備に対し、連動用継電器架として、昭和島集中機器室に 2 架、浜松町集中機器室に 1 架とそれぞれ設備されている。

5. 列車位置表示装置

前項で述べたように、中央運転指令所の連動制御盤には、全線の列車の位置がわかるように軌道照明がほどこされている。これはラインライト方式によって、進路の開通を白色灯で表示し、列車の進入により白色灯が赤色灯に変わるようなものとなっている。この列車位置表示を採用したことで、海上、運河上などを走行するという特殊条件のもとにおける列車の運行管理を、列車無線による指令とともに、確実に行なうことができる。

列車位置表示の制御装置は、浜松町、昭和島に 2 分割された集中機器室の間で、昭和島の中央運転指令所が、浜松町の機器室の担当する閉塞 (15 閉塞分) の列車の有無の情報を遠方監視するもので、基本方式は同期信号によるスキャンニング方式である。従来この種の装置は、継電器動作による情報伝送を行なってきたが、継電器の情報伝送速度は 20 ボー程度であるうえに、高速、高ひん度の使用に

対して、寿命的に問題があるので、本装置では全トランジスタ化した方式とした。これによって、通信速度は200ボーときわめて速く、容量は29情報までとれ、伝送距離も20kmという性能を有するものになった。

回路構成は第14図に示されるようなもので、中央運転指令所に置かれる中央装置と、浜松町駅に置かれる駅装置を、信号伝送用ケーブルの信号送信用のうち4本の線を接続したもので構成されている。

6. 結 言

以上、東京モノレール株式会社羽田線に設備された信号保安装置

の概略構成について述べたが、本信号設備には最近の電子信号に関する技術を全面的に採用し、特にモノレール用として世界でも最大の規模を有する近代的な自動閉塞信号システムを開発し、一般の鉄道と同等以上の水準を具備させたことは、今後のモノレールシステム発展に対する基本的条件を確立したものといえる。

また、地上一車上の情報伝送システムおよびそれらの情報処理装置の中央集中化は、モノレール、一般鉄道を問わず、これからの信号システム構成のあり方を示しており、この意味においても本信号設備の完成は非常に意義深いものといえよう。

最後に、種々ご指導ご教示をいただいた東京モノレール株式会社の関係各位に深甚なる感謝の意を表する次第である。



登録新案 第733951号

新 案 の 紹 介



宮本光二・後藤貞信

防音変圧器におけるリード保護管引出し装置

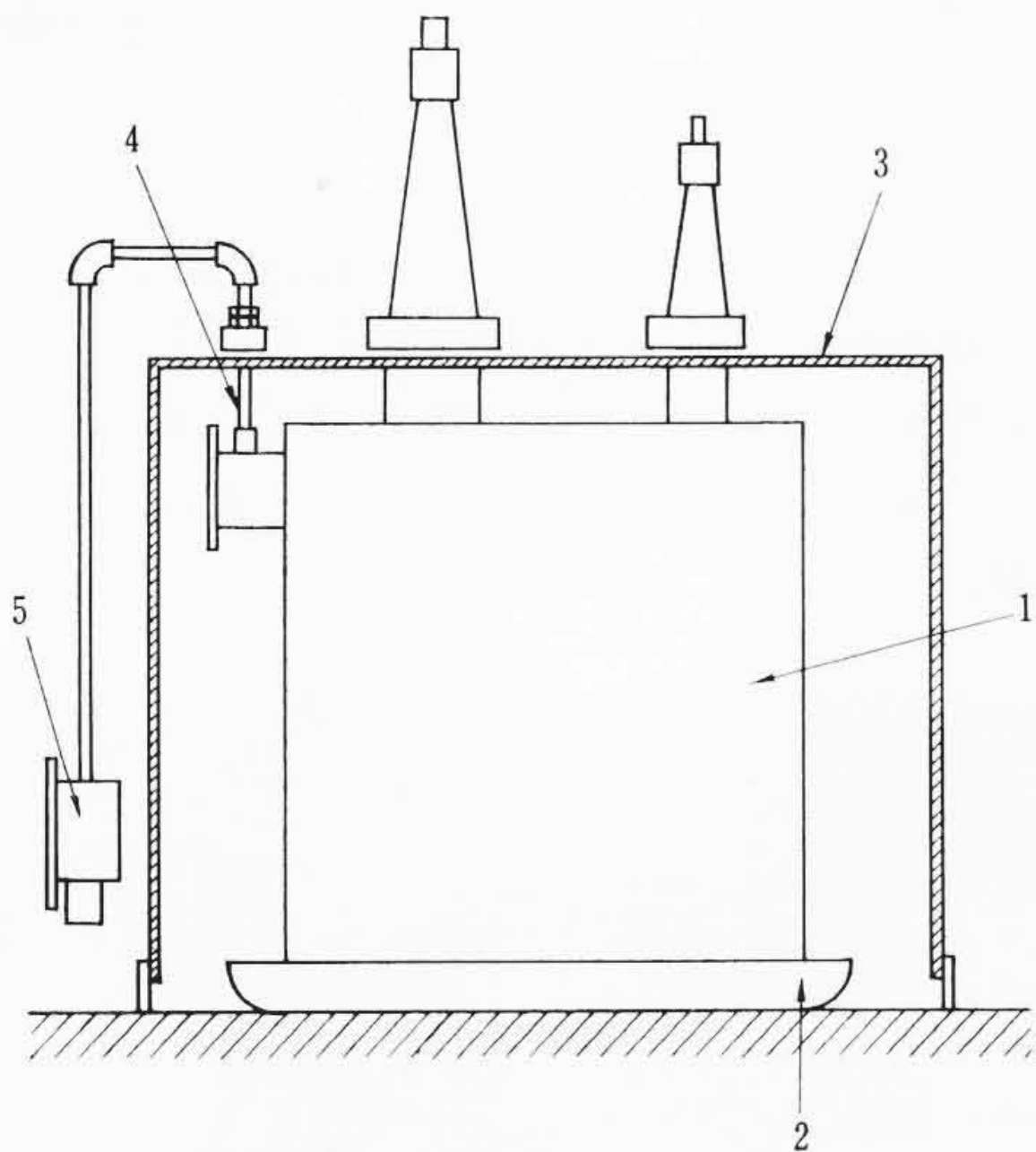
都心部に設置される大容量変圧器では、変圧器本体や付属機器より発生する騒音を低減するため第1図に示すように、基台2上に据え付けた変圧器1を防音壁3にて包囲して構成するが、付属機器のリード線などを端子箱5に引出すための保護管4などが防音壁3を貫通する部分の防音、防水構造の簡易化が望まれている。

この考案は、第2図に示すように防音壁3の一部に設けたリード保護管引出口Aに引出筒6を設け、この引出筒6にはゴム筒7をか

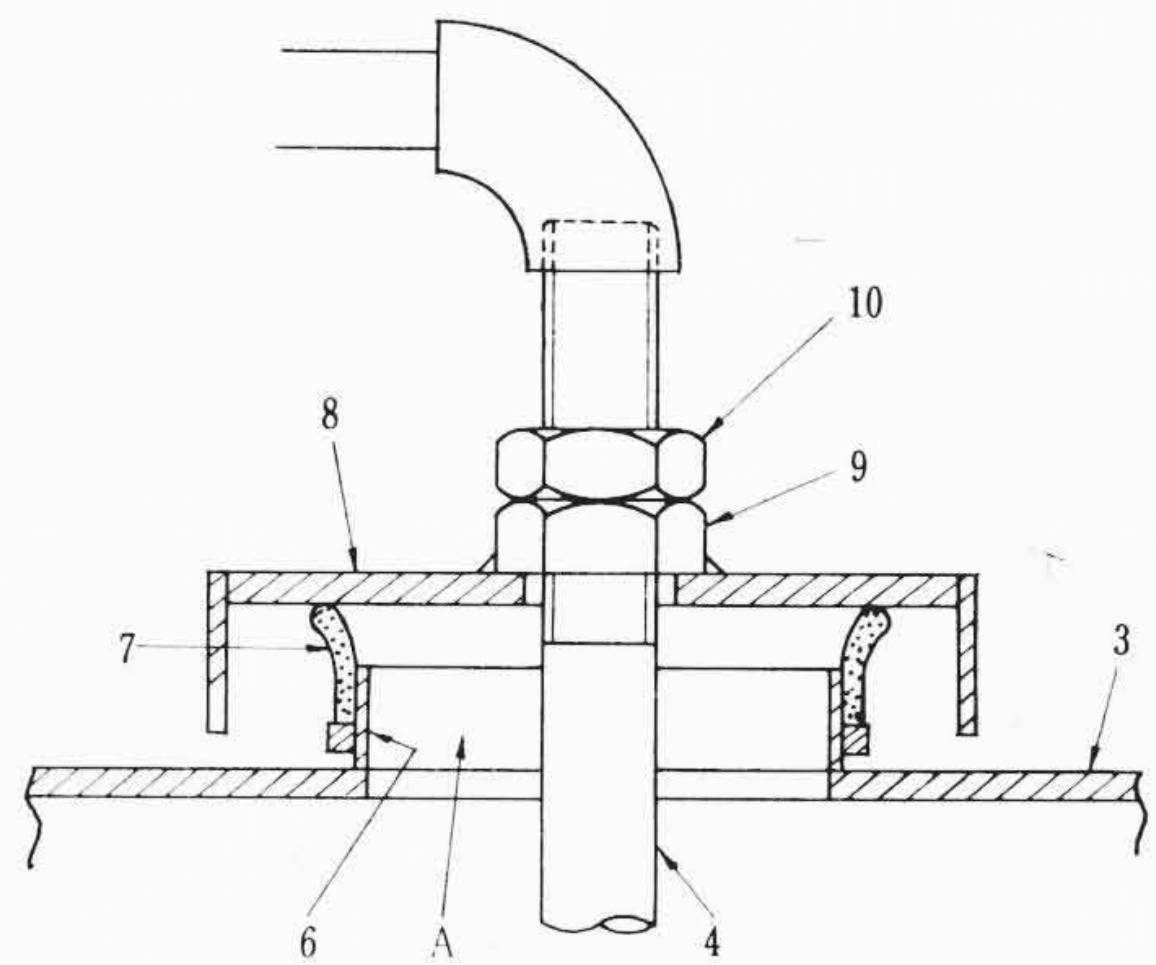
ん合し、保護管6に取付けたキャップ8をナット9、10によってゴム筒7の上端を圧着遮へいするように構成したものである。

この考案によれば、キャップ8とゴム筒7で引出口Aを密閉できるから、簡単な構造で引出口Aからの騒音の漏れを完全に防止できるし、キャップ8により水が内部に浸入することも防ぐことができるから防音壁内部の吸音材を雨水から保護することができる。

(白土)



第1図



第2図