

関門国道トンネルの中央監視制御

Central Control System for the Kanmon Vehicular Tunnel

三 田 勝 茂*

Katsushige Mita

内 容 梗 概

本州—九州を結ぶ関門国道トンネルには自動車の排気ガス換気のため、4箇所の立坑を設け、これに換気装置を設備している。このうち下関立坑には中央監視室があり、日立パルスコード型遠方監視制御装置により各立坑の換気装置群を集中遠方制御している。またCO量の自動測定、トンネル内自動車台数の計数、交通信号、火災表示、排水ポンプ所水位の測定などトンネル全般の状況が把握できるようになっており、合理的な換気装置の運転とトンネルの管理が行われている。

する次第である。

1. 緒 言

昭和33年3月開通をみた本州—九州間の関門国道トンネルは海底部780mを含み、全長3,461.4mにおよぶ世界第一の海底トンネルで、その諸設備にはわが国技術の粋が集められている。

本トンネルは自動車用であるので、その排気ガスが内部に充満すれば人命に危険を及ぼすこととなり、このため棕野、下関、門司、古城の4立坑を設け、ここに換気装置を設備⁽¹⁾している。この換気装置はトンネル内の一酸化炭素（以下COという）を常に一定値以下におさえるよう各立坑ごとに自動運転⁽²⁾されるが、同一トンネルの換気を4箇所において行うものゆえ、1立坑の換気装置の運転状態は必然的に他立坑の運転にも影響を与え、これらは有機的な関連を有している。それゆえこれら換気装置群を一箇所において集中制御すればきわめて合理的な運転が可能となり、かかる見地から下関立坑に中央監視室を設け、遠方監視制御装置により換気装置の中央監視制御が行われている。

一方トンネル内のCO量は自動車の通過台数に比例し、換気装置の運転は交通状況に応じて行う必要があるので、中央監視盤は、CO量の遠方測定、自動車台数の表示、トンネル内の交通信号、火災表示、また別に排水ポンプ所の水位測定などトンネル全般の状況を把握、管理できるようになっており、非常事態発生時には換気装置の集中遠方制御はもちろん、必要な指令を各所に発することができ、トンネルの頭脳ともいえる役目を果している。

この中央監視制御装置は換気装置（送気機を除く）とともに一式日立製作所が製作納入したもので、以下本装置の概要を紹介し、各位の御参考に供

* 日立製作所国分工場

2. 中央監視制御方式

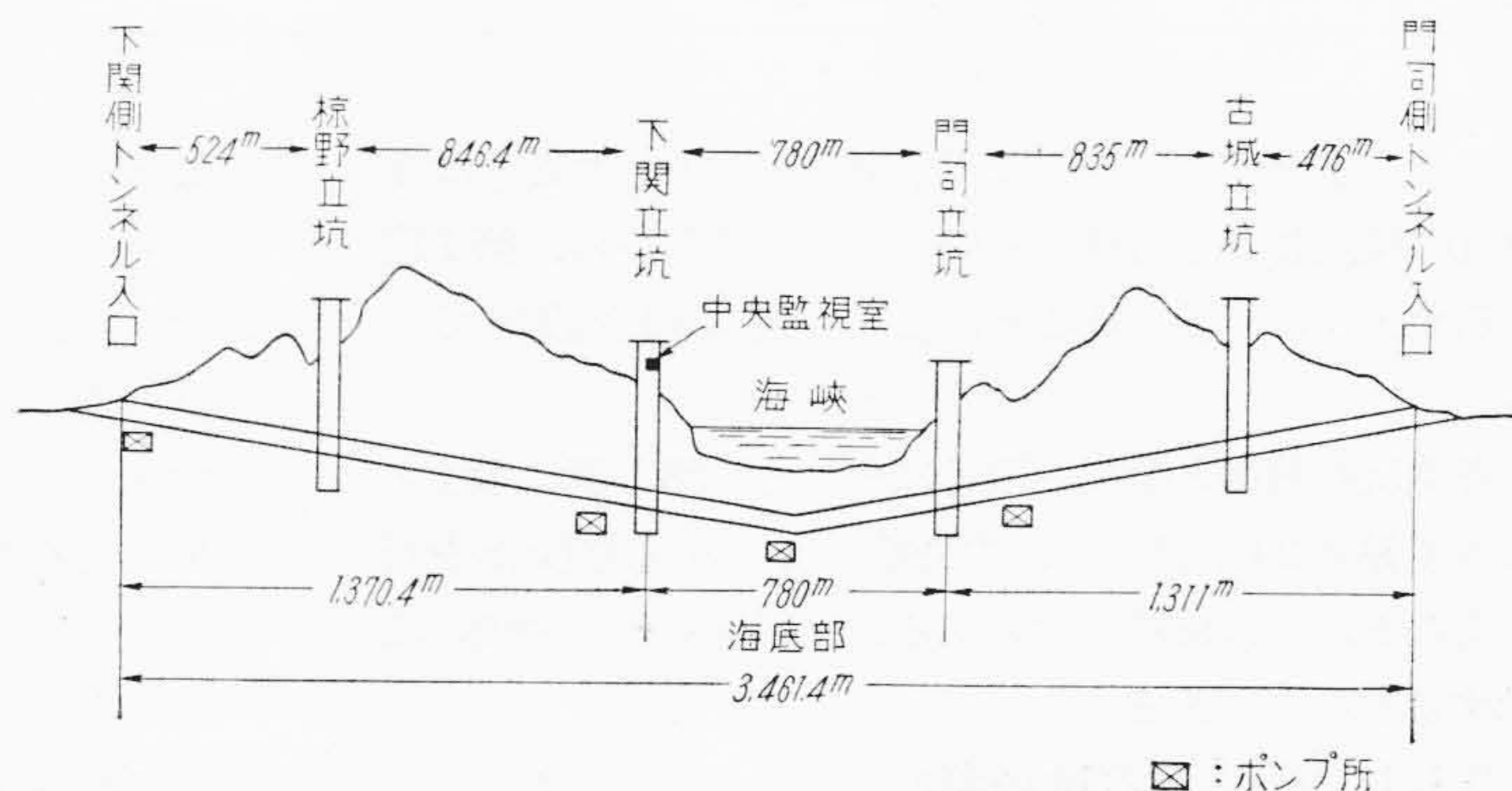
関門国道トンネルの横断面は第1図のとおりで、トンネル換気用の4立坑はそれぞれ約800mをへだてて位置し、中央監視室は下関立坑に設けられている。換気装置の中央集中制御にはトンネル全般の状況を把握するという観点から、下記の項目を中央において監視、制御できるよう計画された。

- (1) 各立坑の換気装置の遠方操作および故障表示
- (2) 各立坑のCO量および換気装置ノッチ位置の指示、記録、またポンプ所水位の指示
- (3) 自動車の通過状況、トンネル内の現在台数表示および通過台数の積算記録
- (4) トンネル内交通信号および火災表示

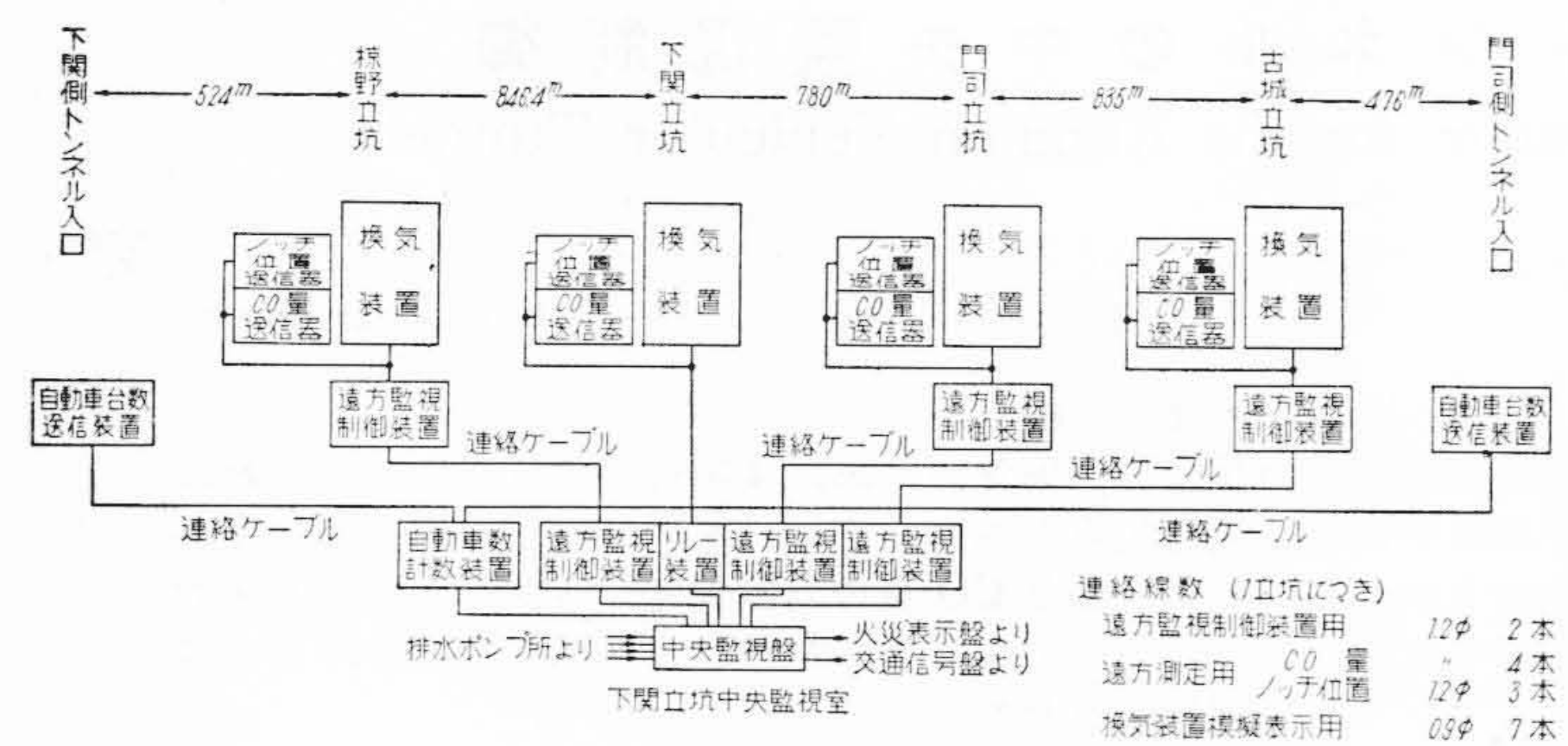
2.1 換気装置の集中制御

下関立坑の中央監視室から棕野、門司、古城の3立坑に分散設置された換気装置の制御および監視を行うため直接制御ケーブルを布設することは経済的に不利である。

それゆえ被制御機器数に無関係に2本の連絡線により制御できる日立パルスコード型遠方監視制御方式が採用



第1図 関門国道トンネル横断面



第 2 図 関門国道トンネル中央監視制御装置ブロックダイアグラム

第 1 表 各立坑遠方監視制御項目

No.	選択位置		機 器 種 別	操 作	ランプ表示	備 考
	群	個別				
1	1	1	CO 量過大 No.1		CO 過大 No.1	被制御所にて、機器の自動状態変化または故障発生ときは制御所に警報，ランプ表示（表示内容左記）を行う 故障継続中は表示しつづけ故障復帰すればふたたび制御所に警報，表示を点滅させる
2		2	CO 量過大 No.2		CO 過大 No.2	
3		3	排気温度過高 No.1		排気高温 S-1	
4		4	排気温度過高 No.2		排気高温 S-2	
5	2	1	CO 検出部故障 No.1		CO 故障 No.1	
6		2	CO 検出部故障 No.2		CO 故障 No.2	
7		3	主遮断器「切」		主遮断器切	
8		4	直接操作中		直接，間接	
9	3	1	送気機故障 No.1		B-A	
10		2	送気機故障 No.2		B-B	
11		3	送気機故障 No.3		B-C	
12		4	予 備			
13	4	1	排気機故障 No.1		E-A	
14		2	排気機故障 No.2		E-B	
15		3	排気機故障 No.3		E-C	
16		4	予 備			
17	5	1	遠方—自動操作切替	遠方↔自動	遠 方，自 動	操作後の機器の状態に応じ表示
18		2	主幹制御器	上昇↔下降		
19		3	予 備			
20		4	試 験	試 験		

された。またトンネル内に非常事態が発生したときは 4 立坑の換気装置を同時に集中制御する建前から、第 2 図に示すように、各立坑ごとに独立の連絡線を設けている。

各立坑の制御と監視の項目はそれぞれ第 1 表に示すとおりで総数 20 項目とし、中央監視室から遠方操作を行うものと、単に機器の故障あるいは異常状態を中央に表示するものがある。

2.1.1 換気装置の遠方操作

換気装置は各立坑とも送気機，排気機各 3 台とダン

パーの組合せからなっており，風量の調整は回転数の切替，翼角度の調節，運転台数の増減，ダンパーの開閉位置の組合せによるが，この整定は電動制御器のノッチ位置によって一元的にプログラム制御される。

各立坑においては直接操作によりノッチコントロールを行って運転することもできるが，本来 CO 検出装置による自動運転を建前としている。遠方操作は緊急時，必要に応じて中央から制御できるようにしたものである。したがって CO 検出装置による自動運転と遠方操作の切替も中央から行うことができるようになっている。

2.1.2 換気装置の故障および状態表示

遠方監視制御装置による機器の故障あるいは状態表示には次のものが選ばれている。

すなわち最も重要なものとして，CO 量の過大と排気温度の過高を警報表示する。次に送，排気機の故障，CO 検出装置の故障表示があり，なお別に 3 kV 電源遮断器の状態，立坑における機器の直接操作の有無がある。詳細は第 1 表に示すとおりで換気状況と機器の異常を把握することが目的である。

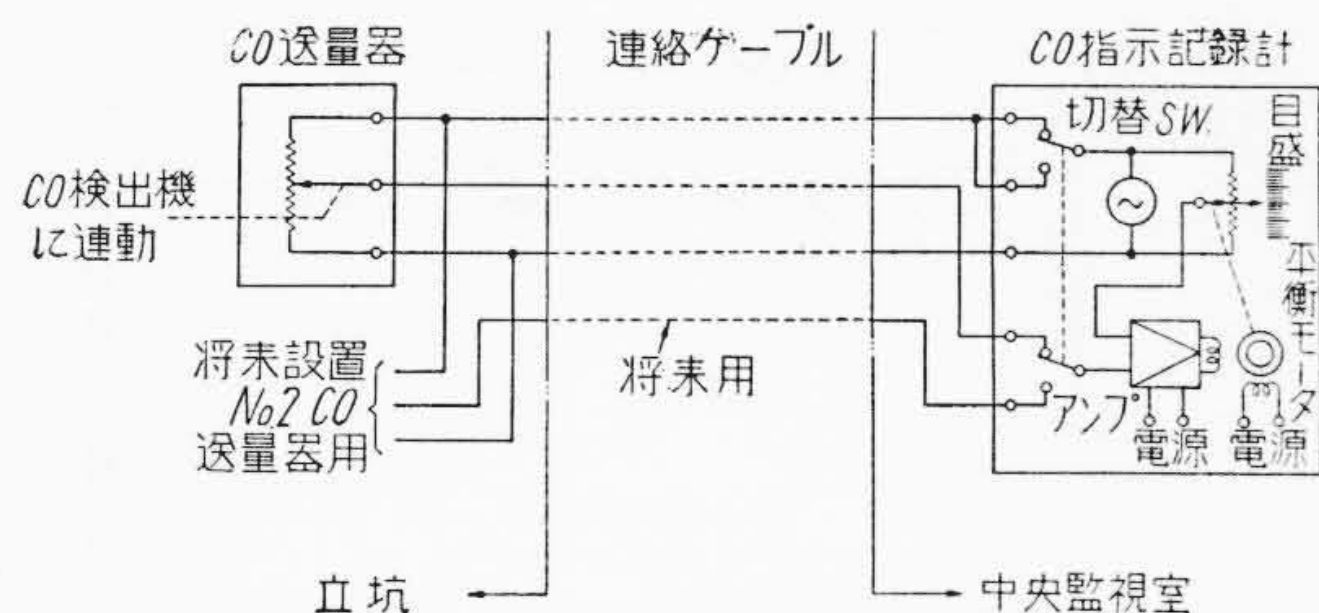
2.2 遠方測定

換気装置の操作には CO 量の計測が必要であり，またその操作は 12 のノッチ位置制御となっているので，遠方操作に対応するノッチ位置

の表示が必要で，このため CO 量およびノッチ位置の二つを中央に指示，記録せしめている。

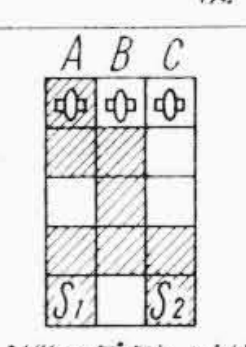
この両者はいずれも第 3 図に示すように電子管式平衡記録計方式によるもので，CO 量あるいはノッチ位置は各立坑において摺動抵抗上の位置変化として与えられ，中央監視室の記録計はこれに平衡する位置の指示，記録をする。

上記とは別にトンネル内には第 1 図に示すように，4 箇所排水ポンプ所があり，この水位も常時指示される。



第3図 電子管式平衡記録計によるCOガス量の遠方測定

第2表 換気装置運転状態表示

No.	表示項目	備考
1	1機2ダクト (A機運転)	 S ₁ S ₂ はダクトを示す 各立坑は送気機用(緑色)排気機用(橙色)の2種よりなる
2	" (B機運転)	
3	1機2ダクト (C機運転)	
4	2機2ダクト (AB機運転)	
5	" (BC機運転)	
6	2機2ダクト (CA機運転)	
7	3機2ダクト (ABC機運転)	

2.3 換気装置の運転状態表示

換気装置の運転は一応ノッチ位置記録計に指示されるが、緊急時などこれらの状況を一見して把握できることが望ましく、このため運転状況の模擬表示を行った。送、排気機の運転は第2表に示すとおりで、これらは同表に例示したように運転状況に応じて表示器を電光表示させる。各立坑につき送気機系と排気機系とにわけ、同一のもの2組を色別によって区別する。

本表示は、非常事態発生時、遠方制御による操作を優先させるため、遠方監視制御装置にはよらず、別途通信用連絡線7本を使用している。

2.4 自動車通過状況監視

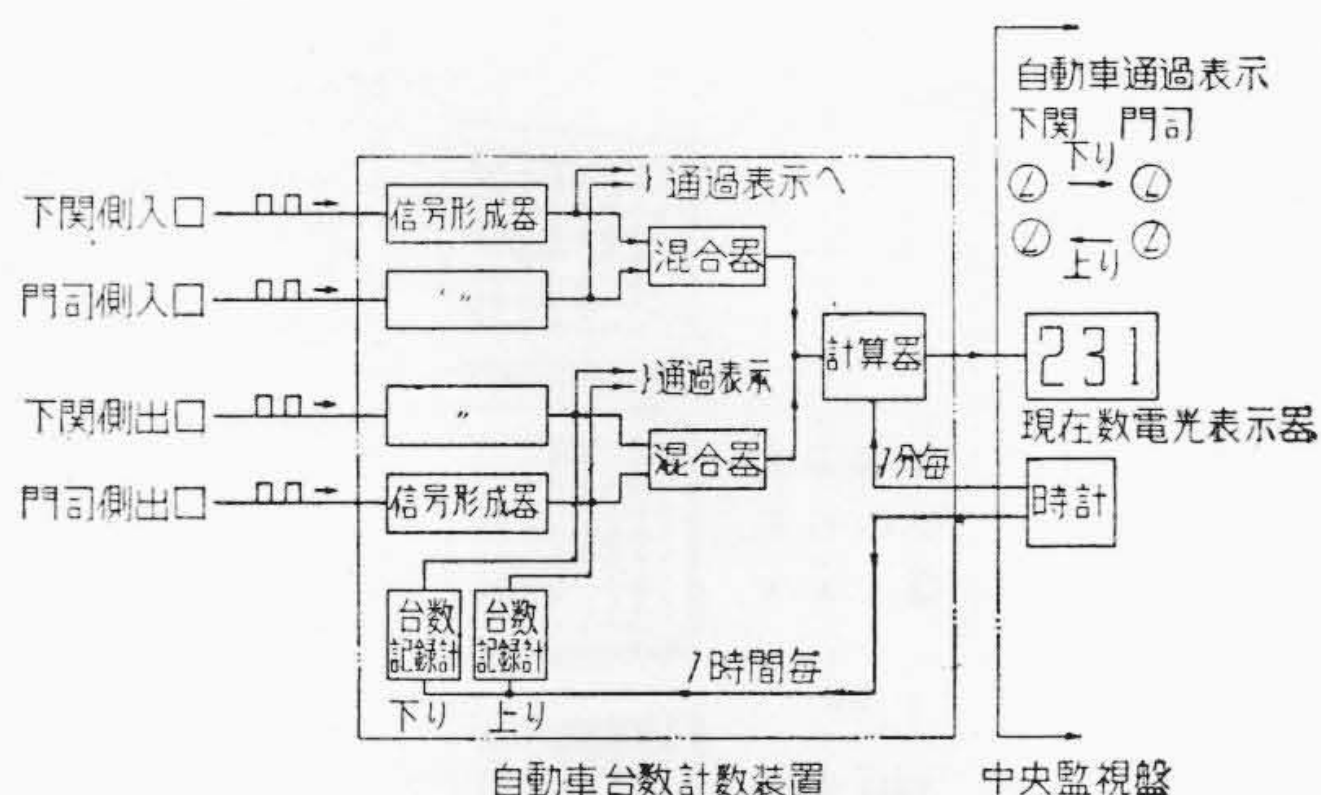
トンネル内の交通状況を把握するためトンネルの両入口、出口に自動車台数送信装置をもうけ、(第2図参照)車軸計数方式により、1台の自動車につき車軸数だけのパルス(通常2個)を有線により中央に送り、これを電子管による自動車台数計数装置により計算する。第4図に本装置のブロックダイアグラムを示す。

2.4.1 自動車通過状況表示

両入口、出口より送られたパルスは第4図に示すように、信号形成器にて波形を正し、これはそのまま監視盤の通過表示灯に接続される。通過表示灯は下関、門司各出、入口用として計4個あり、自動車が通過するたびに点灯し、その点滅状況によって通過頻度をみることができる。

2.4.2 トンネル内自動車台数の表示

一方パルスは算出装置の混合器にて入口、出口ごと



第4図 自動車台数計数装置ブロックダイアグラム

に加えられる、さらに計算器によって出、入口の減算を行う。この計算は監視盤上の時計より発せられる1分ごとの指令により行われ、1分ごとにトンネル内の現在台数を監視盤上の電光表示器に表示し、刻々の交通状況を把握できる。

2.4.3 自動車通過台数の記録

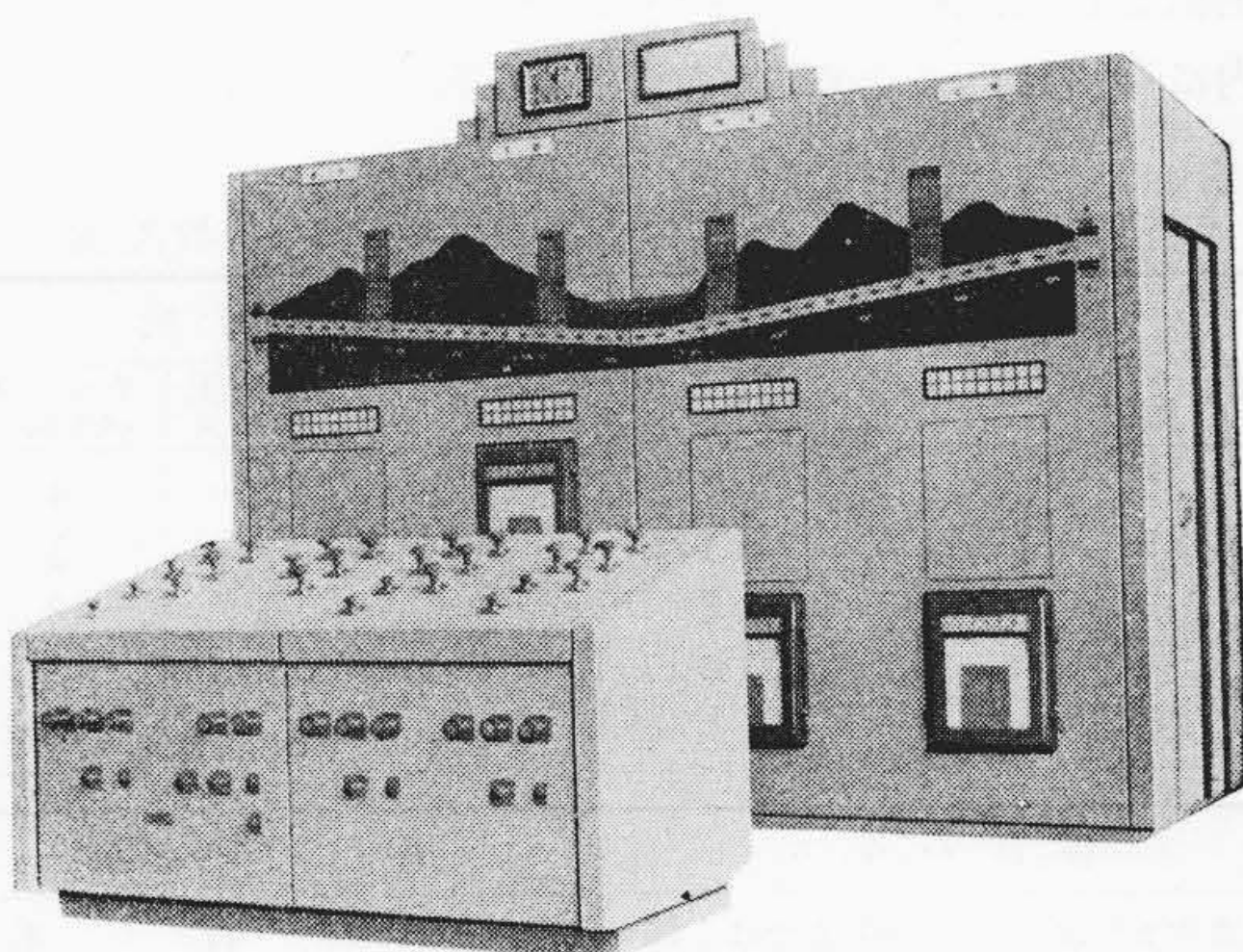
トンネル両出口よりのパルスは別に自動車台数記録計に入り、1時間ごとに通過台数を上り、下り別に印字記録する。

2.5 トンネル内交通信号および火災警報表示

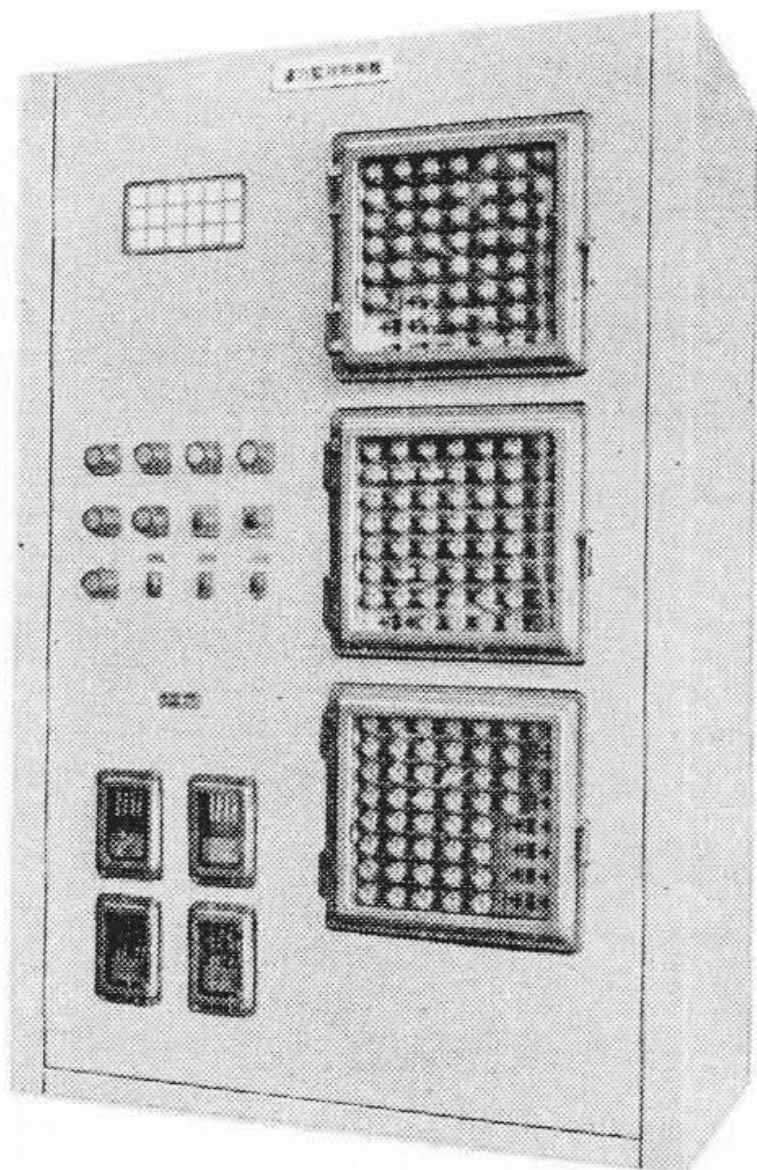
トンネル内には上り、下り各11組の交通信号器と、また自動車火災事故に備えて総数40個の火災警報装置が設置されており、これらはそれぞれ別置の交通信号盤、火災警報表示盤により統制されるが、中央監視盤にも表示せしめている。

2.6 中央監視制御盤

以上の各装置はすべて第5図に示す中央監視制御盤上にトンネルの模擬図形をもうけ、これに実配置と相似的に設置して監視に便ならしめている。なお遠方操作は監視盤前面に設置されたBD型操作盤において下関を含む4立坑全部を行うことができる。



第5図 下関立坑設置中央監視制御盤



第6図 棕野，門司，古城各立坑設置遠方監視制御
継電器盤

第6図は被制御所である，棕野，門司，古城各立坑に設置された遠方監視制御継電器盤を示す。なお本設備に必要な各立坑間の所要制御ケーブル数は第2図に示すとおりである。

3. 日立パルスコード型遠方監視制御装置

本中央監視制御装置の中核をなす遠方監視制御方式としては日立パルスコード方式が採用されている。

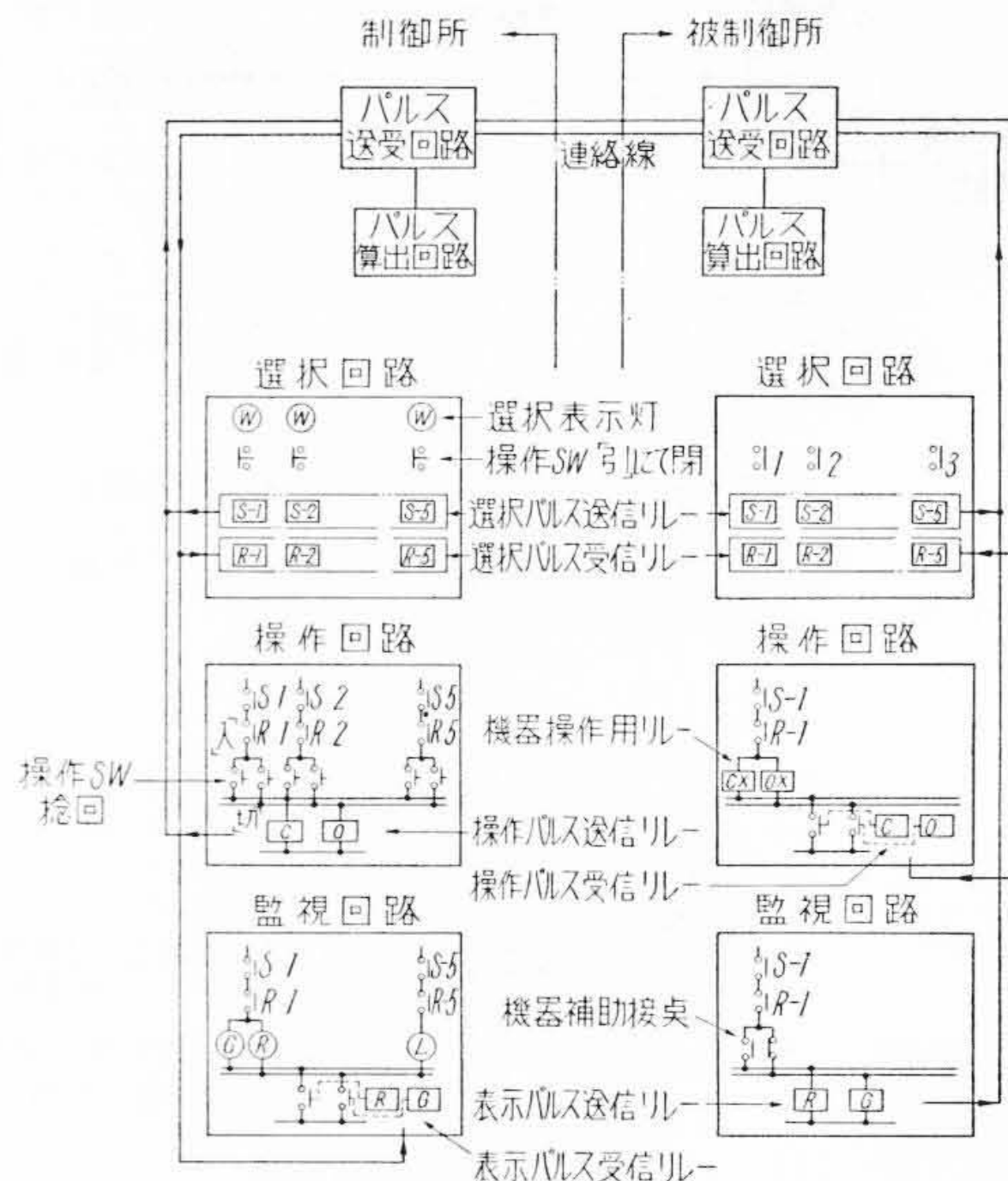
本方式は電話用継電器のみの組合せからなり，2本の連絡線を使用し，多数の機器を自由に操作，監視することができるもので，機器の選択，操作，表示はすべてパルス数のコードにより行われる。パルスコードとしては選択とその照合のためのチェックのパルス数を全機器について一定数となし，これにより正確な機器の選択を行うものである。

今回の換気装置の制御のためには選択数20のものを使用し，これらは第1表に示すように5群にわかれ，群選択と個別選択によりすべての機器を迅速かつ同一時間内に選択することができる。第3表にパルスコードの配

第3表 選択，操作および表示用パルス数配置

群 選 択			個 別 選 択		
機 器 No.	選 パ ル ス	チ ェ ッ ク パ ル ス	群 内 機 器 No.	選 パ ル ス	チ ェ ッ ク パ ル ス
1	1	5	1	1	4
2	2	4	2	2	3
3	3	3	3	3	2
4	4	2	4	4	1
5	5	1			

操 作 パ ル ス		表 示 パ ル ス	
遠方または上昇	自動または下降	遠方または故障	自 動
3	5	5	3



第7図 日立パルスコード型遠方監視制御装置説明図

置を示す。なお操作電源としては各立坑とも DC 110V を使用し，連絡線はビニールシースポリエチレン絶縁の1.2φ 径のものを使用している。

第7図は本方式の説明図で制御所，被制御所（以下それぞれ制，被という）とも選択，操作，監視の各回路よりなり，これにパルスの送，受信回路とパルス算出回路が付属されている。

3.1 中央監視室よりの操作

遠方操作が通常の直接操作と異なる点はまず操作せんとする機器の選択を要することで，この選択と操作は1個の操作開閉器の「引」と「捻回」の2段操作となっている。操作開閉器の「引」動作により選択装置が起動して機器の選択を行い，選択終了すれば開閉器に付属した白色の選択表示灯が点灯し，正しい選択が確認される。以後は操作に従って操作信号がパルスコードとして被に送信され，機器の操作が行われる。操作によって機器の状態が変化すれば被から表示信号が返信される。操作終了後は開閉器をもとにもどせば復帰信号が自動発信され，制，被両所の装置は元に復し次の操作が可能となる。第8図(a)は第1表の第5群第1番目に示す中央監視盤から立坑換気装置の操作切替えを行う場合のパルスの送，受状況を示したものである。

3.2 各立坑機器の故障表示

各立坑で機器に故障が発生すれば自動的にその機器の選択を行い制に警報，表示する。第8図(b)に送気機 No.2 故障（第1表参照）の例を示す。

同時に多数の故障が発生しても選択順位の順に選択，表示の動作が繰り返えされ，洩れなく警報表示される。また一つの故障表示動作が終らぬうちにほかの故障が発

パルスの種別	制 御 所	被 制 御 所
群選択パルス		
群選択チェックパルス		
個別選択パルス		
個別選択チェックパルス	④ 選択表示灯 点灯	
表示パルス (自動)	④ 「自動」 そのまま	
操 作 (遠方) パルス		操作「遠方」完
表示パルス (遠方)	④ 「自動」→④ 「遠方」	
復帰用ロングパルス		

(a) 制御所よりの遠方操作時におけるパルス送受説明

パルスの種別	制 御 所	被 制 御 所
群選択パルス	ベル警報	
群選択チェックパルス		
個別選択パルス		
個別選択チェックパルス		
表示パルス	④ 「排気機No2故障」点灯	
復帰用ロングパルス		

(b) 被制御所にて故障発生、これの制御所への表示のためのパルス送受説明

第8図 パルスコード形遠方監視制御装置動作説明図

生しても前者の動作終了をまって選択、表示が行われる。しかし制から選択中の場合に限って故障表示は優先し、被よりの選択復帰信号により制からの選択を一時的に消去して故障表示のための選択、表示動作を行い、これが終了後自動的にもとの選択位置に戻る方式となっている。

上記とは別に本装置は常時、被制御機器に無関係に装置自体の試験、すなわち選択動作の段階的チェック、状態表示の校正、制、被各単独でのパルス送受試験、操作機器の状態チェックなどを行うことができ、また試験中の被の状態変化も装置に記憶され、試験後ただちに警報表示される。

上記のように本装置は

- (1) 選択動作はパルスコード方式によって、チェックバック方式となっているので誤選択を起すことがない。
- (2) このパルスコードは各機器についてその総和が一定となっているので回路が簡単でかつ全部の機器が同一の短時間内に選択できるとともに、一つの機器の選択はほかの機器に影響を及ぼさない。
- (3) 連絡線は2本のみで、搬送方式としても1チャンネルでたり、かつ実用上制、被間の距離に制限がない。
- (4) 操作、表示もまたパルスコードによっているので、同一選択位置で「入」、「切」の2種の操作または表示のみでなく、他の任意の操作、表示も行い得る

上、複数信号を使用するので誘導などによる誤操作、誤表示の危険がない。

(5) 装置は同一タイプの継電器のみの組合せによっているので保守が容易で信頼度が高い。

など幾多の特長をもつもので広く一般に中央監視制御を行うのに適している。今回関門国道トンネルの中央監視制御にも遺憾なくその特長を発揮している。

4. 結 言

以上関門国道トンネルの中央監視制御方式とこれに使用された日立パルスコード型遠方監視制御方式についてその概要を述べた。

中央集中制御方式は相互に関連を有し、かつ散在した機器群の最も合理的な運転に不可欠のもので、またこれにより被制御所を無人化し、避地での悪条件下の勤務を不要とすることもでき、発、変電所などの制御に広く採用されているが、これのみでなく、今回のトンネル換気装置を中心とした集中制御のごとく広く一般の機器の中央監視制御にも応用しうるものである。この意味から本文がいささかでも今後の応用のため参考となれば望外の喜びである。

なお本関門国道トンネルの中央監視制御に関しては九州大学葛西教授、建設省関門国道事務所伊吹山課長はじめ、関係者各位の御指導に対し深甚なる謝意を表すものである。

参 考 文 献

- (1) 六角、土肥：日立評論 40, 457 (昭 33-4)
- (2) 鈴木：日立評論 40, 467 (昭 33-4)

日 立 評 論

Vol. 40 No. 11 創刊 40 周年記念号

目 次

- ◎JRR-3 (国産1号実験用原子炉) の設計
- ◎中性子の熱エネルギー化とエネルギースペクトル
- ◎発 変 電 用 機 器 の 歩 み
- ◎風 水 力 機 器 40 年 の 歩 み
- ◎動 力 車 の 発 達
- ◎汎 用 モ ー ト ル の 歩 み
- ◎日 立 通 信 機 の 歩 み
- ◎コ イ ル 含 浸 用 絶 縁 材 料 の 歩 み
- ◎電 線 用 絶 縁 材 料 の 歩 み
- ◎鉄 鋼 製 品 の 歩 み

発行所 日立評論社
取次店 株式会社オーム社書店