

栗子トンネル防災設備について

東北地方建設局 福島工事事務所 大沼清寿

概要 最近道路の長大トンネル施工が多くなっているが、トンネル内機器、防災設備機器は安定したものが少ない。栗子トンネル（東2.376米、西2.675米）は、41年5月照明設備完成と同時に使用開始となったが、交通量の急激な増加をみたため、当初計画の換気並に防災設備を再検討の上、41年8月より設計に入り、43年3月殆んどの設備を完了するが、火災感知器、煙霧透過率測定装置、信号設備、車輛識別装置、一酸化炭素検出装置等栗子で開発した機器を設置し成果をあげている。又トンネル火災に対処するため トンネル内において燃焼、発煙実験を行い半横流式における火災時の運転制御方法、内部設備の設置位置 防災設備のあり方、構造物及換気設備のりける損傷等の説明を行った。

目次	1 トンネル維持管理施設の概要	頁	3. 非常時の防災設備	頁
	2 平常時の防災設備	頁	4 火災実験	頁

I トンネル維持管理施設の概要

13号線福島～米沢間に7本のトンネルがあり、栗子トンネルは、東トンネル2.376米 西トンネル2.675本の2本で二車線半横流式のトンネルである。

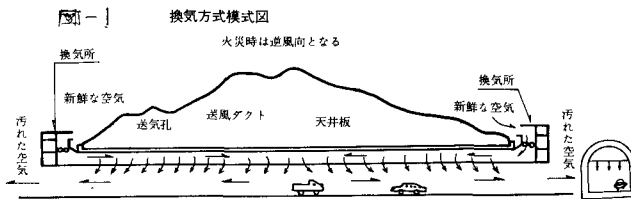
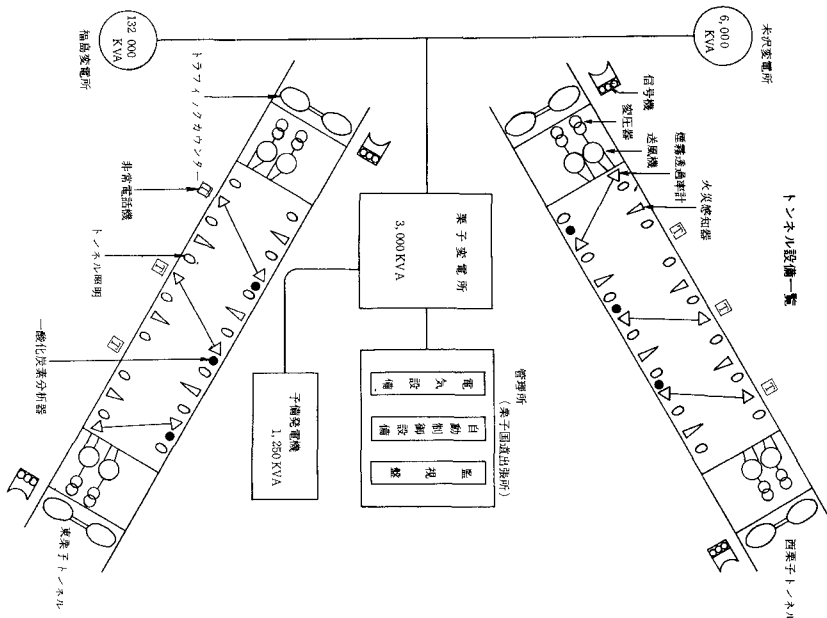


図-2



2. 平常時の防災設備

平常時はトンネル内を通行する自動車の運転障害を除くための設備として、照明、V1計、CO計、交通信号装置、トラフィックカウンタがあり、いずれも菓子で開発した機器を設置し効果をあげている。

2.1 煙霧透過率測定装置 (V1計)

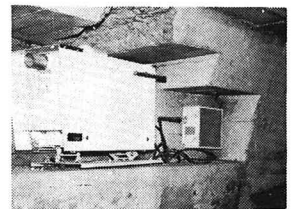
2.1.1 概要 トンネル内の自動車等の排気ガス、塵埃及び煙霧等を光学的に検出し、自動車の運転障害に起因する事故を防止するため常時測定監視するのがV1計である。測定方法は大気中の光が通過する際、霧や煙など光が乱反射又は吸収されるが、ある距離だけ離れた2点の透過率を測定すればその時の霧や煙等による目標を認め得る限界を測定することが可能である。この原理を基に光を投射する投光部と100米離れた地点に、その距離向における光の減衰量を検出するための受光部を設け、その減衰量に応じて記録計に表示させる制御部を設置し、常時トンネル内の煙霧状況と監視するものである。光源の種類によって連続光方式と日本で初めてのパルス光方式を採用している。

2.1.2 煙霧透過率測定装置の欠点と改良案

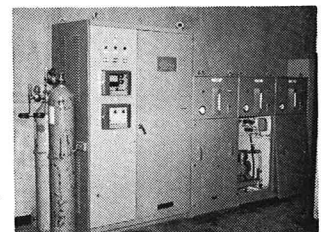
- (1) 従来方式の欠点 ① 光と交流光にチョツパするための機械部が故障が多い。 ② 1台毎に制御部を置き測定するためバラツキがある。 ③ 測定制御部がトンネル坑内に設置しているため温度湿度変化、ガス等による作動不良となる。 ④ 投光部、受光部のレンズ、ランプが塵埃の付着、劣化等により透過率の低下となって現われる。 ⑤ 連続光のため光源ランプの寿命が短い。
- (2) 連続光方式の改良案 ① 機械部分を出来るだけ少なくし制御部をトンネル坑外に設置した。 ② 3箇所各受光部から伝送される信号は、1台の制御部で順次切替て測定し、3台に記録される。 ③ 制御部の増幅度の低下による誤差を少なくするため、24時間1回自動校正回路を設けた。 ④ レンズの汚れ、ランプの劣化による測定誤差を少なくするため、自動補正回路を設けた。 ⑤ ランプの性能低下及び投光部、受光部ファンの電源断等の警報回路を設けた。
- (3) パルス光方式の改良案 ① 外來光を区別するため、フセノンフラッシュランプを用い、約30秒に1回割合で発光させている。② パルス光源の光量及び増幅器の変動を自動的に校正し、常に投光源から出力信号までの利得を一定に保つよう設計している。なお、一日一回自動校正を行なわせ、校正結果を記録計に記録し測定結果の修正を計っている。③ 光源のフセノンランプは、200万回発光が可能である。また光源が規定値以下になった時に警報が出るようになっている。

2.2 一酸化炭素検出装置 (CO計)

2.2.1 概要 一酸化炭素 (CO) は人体には非常に有害で大気中にごく少量含まれても危害を及ぼすおそれがあります。本トンネルのように長大で、自動車の交通量の多い所では大気汚染の監視が重要な課題である。この装置はCOの赤外線吸収スペクトルを利用して、その濃度を連続分析しその指示を記録し、また100PPMで警報を發し常時監視すると共に換気制御を行うものである。



煙霧透過率測定装置



一酸化炭素検出装置

2.2.2 従来方式の改良案 ① 分析計の校正は、手動で行われてきたが精度を良くするためタイマーにより24時間1回スパンガス、ゼロガスにより自動校正を行わせる。② サンプリングフィルタの目詰りを監視するため、吸気パイプに流量計を設け規定値以下になれば警報が出る。

2. 3 交通信号装置及警報装置

2.3.1 概要 交通の安全と流通性を高めるため案子で開発した機器である。赤青黄の灯色を表示し、また表示板によりトンネル内の障害状況を字幕により表示し、交通規制を行うものでトンネル各坑口左側コーベニングに設置し、管理所制御室から遠隔操作される。また、現場で手動操作も出来る。

2.3.2 機能 ① 字幕はすべて遠隔操作され、8項目の字幕と赤、黄、青の信号は連動されている。

② 火災発生時には、火災感知器と連動し直ちに「止まれ」の赤信号、警鐘吹鳴が自動的に行われる。

③ 高電停電時には、自動的に「ライトつけよ」黄信号フラッシュとなり停電復旧と同時に停電前の表示に自動復帰する。④ フラッシュ回路はシリコン制御整流子を使い無接点方式を採用。

⑤ 夜間は、字幕裏面に設けてある蛍光灯により文字が鮮明に浮かび出される。なお停電り場合は自然電灯に切替える。⑥ 遠隔操作により、確実な動作が終了し希望する文字、信号が表示された時遠隔操作盤でランプ表示により動作完了が確認出来る。

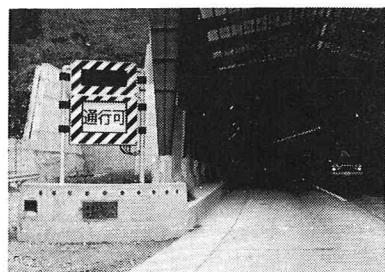
⑦ 字幕と信号灯り連動標示

「止まれ」… 赤 「除行」… 黄フラッシュ

「作業中」… 黄色フラッシュ 「ライトつけよ」…

黄色フラッシュ 「作業車あり」… 黄色フラッシュ

「通行可」… 青



交通信号装置

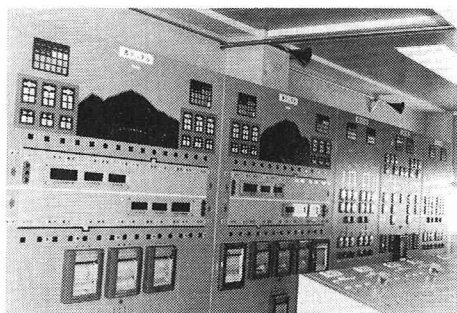
2. 4 車輛選別計数装置 (トラフィックカウンタ)

2.4.1 概要 トンネル内を通過する車輛を車種別に選別して制御室に電光表示させ、交通管理と換気管理の監視資料とするため各坑口4箇所ルーパー部にループコイルを埋設し、2個のループコイルに引続いて検知された状態の時を大型、1個のループコイル単独に検知された時を小型に判定し、通過自動車を上り下り別に大型、小型及びトンネル内滞留台数を監視盤に表示するとともに、プリンターを動作し30分、1時間、12時間毎に累計印字記録し、将来交通量による換気制御を考えた設計を施す。

2.4.2 機能 ① 自動車、原付二輪車、自動二輪車等及びループコイルの埋没積1/3以上を通過しない車輛は検知しない。② 逆方向に通過する(後退するものを含む)車輛は検知しない。③ 大型車小型車の識別境界は、6米±0.2である。

3. 非常時の防火設備

火災発生及び停電時における管理系統の機能による設備を行フが、従来誤動作又は不動作で問題となつ

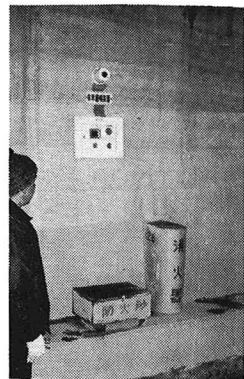


制御盤及びグラフィックパネル

ていた火災感知器を開発し、専任レタものとして関連設備の効果的運用を図っている。

3.1 火災感知装置

3.1.1 概要 本器は、従来熱式の感知器と不適当とする場所の火災を感知するため、栗子トンネルで開発レタもので、火災時に多量に発生する赤外線輻射エネルギーを感知レタ警報を發する輻射式火災感知器である。この新型の感知器は路面から1.8米の高さで、両側壁30センチ間に配置している。構造は火焰より發する赤外線のみを鋭敏に感知させるため、特殊な赤外線フィルタを用い、感知素子としては従来光電変換素子（フォトリジスタ、光電セル等）に比べて信頼性の高い太陽電池を使用している。火災規模は感知器面で120度線上17mの長さで1m×1mの火災でガソリン4Lを燃焼させ15秒以内に感知し、パトカーの赤色回転灯、自働車のヘッドライトの照射、ナトリウム灯、自然光等にも誤動作しない設計とレタ。



火災感知装置

3.1.2 従来の火災感知器の欠点

- (1) c d s 等の経年変化のある感知素子を使用レたため信頼性がうすかつた。
- (2) ちらつき式は10サイクル前後のため、パトカーの赤色回転灯、自働車のヘッドライトの照射、ナトリウム灯、自然光等に対する誤動作が多かつた。
- (3) 火災規模は道路中心で1m²の想定で30秒の感知感度であつたが、これは最悪の条件である側壁部を換算すると3m²の火災となり現実と合致しない。
- (4) 片側24m干島であつた。

3.1.3 改良開発レタ感知器

- (1) 経年変化の殆んどない太陽電池を用い信頼性を高めた。
- (2) 火焰より發生する赤外線エネルギーを感知させ、太陽電池素子の数と傾斜角度によって種々の照射条件に対する誤動作をなくレタ。
- (3) 火災規模は感知器設置の最悪条件の箇所（120度線上17m）で1m²とし、120度の範囲ではどの地点でも同一感度となるよう設計レタ。これを相対感度とよぶことレタ。
- (4) 従来の24m干島であつたものを、以上の改良から30m干島とレ至るの節減を図る事も出来た。

3.1.4 構造

(1) 回路構成 本器は図-5に示すとおり、視角を限定するフード、赤外線フィルタ、太陽電池、増幅回路、レベル回路、積分回路、警報回路、回路を保護する定電圧回路及び火災感知信号によつて警報ベル、グラフディスプレイに表示するための警報盤からなつてゐる。

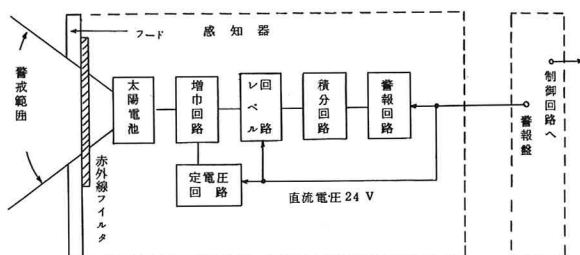


図-5 火災感知器回路構成

- (2) 感知器の機能 ① 感知器から警報盤へ送る信号送出用スイッチング素子には、シリコン制御整流素子を使用し、無接点方式を採用している。
- (2) 感知器の誤動作を防止するため、正面より左右各々2度の時の相対感度は0.8以上にレてある。
- ③ 火災発見者が手動で警報を發

する事が出来るよう、押釦回路を内蔵している。

④ 単独試験回路を設け、試験中は警報盤への信号を遮断している。

(3) 火災警報盤の機能 ① 感知器より送らぬ火災信号を、制御室グラフィックパネルに赤ランプで表示すると共に、ベルを鳴動させ火災発生を知らせる。 ② 火災信号によりトンネル坑口の信号装置、非常用警鐘及び送風機を制御するための回路をかつている。 ③ 表示灯及び警報盤から感知器までの電路の導通状態を異常検出する回路をかつている。 ④ 電源は蓄電池から供給し、フローティング方式とし、停電時でも支障をきたさないよう設計してある。 ⑤ 送風機は自動停止する。

3.1.5 火災感知器の実験結果

(1) 動作試験 実験は旧13号栗子隧道ニッ子屋トンネルにおいて、栗子トンネルに設置した場合と同一条件にして感知器警報範囲内で最低感度位置における感知器の動作試験を数回試験を要として行った。図-6の条件においてトンネル内風速 $1.5 \text{ m/sec} \sim 2.7 \text{ m/sec}$ において数回実験を行ない、2.8秒 ~ 4.2 秒で動作し良好な結果を得た。但し風速が大なる場合は坑下の感知器が煙のため不感知となる場合もあり得ることとなり、感知器としては従来の火災直近で感知すればよいとする考え方には改めねばならない。従って最長距離での火災検出で感知する設計とれたものである。

(2) 不動作(誤動作皆無確認)試験

① パトロールカーの警戒灯、最も接近した位置で不動作。

② ヘッドライトの不動作試験

側面照射…感知器直前まで不動作。

正面照射…0mまで不動作。③ 自然光 1370LXで動作。④ 遠近所における自動車の方向変換等による正面照射においても不動作。

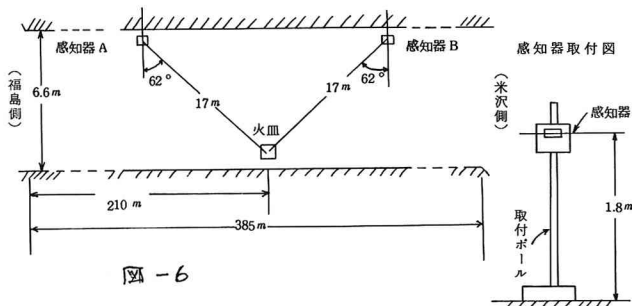
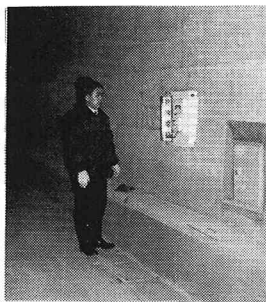


図-6

3.2 非常電話装置

本電話機は、トンネル坑内道路上の通行の安全と円滑を図るために用いられ、自動車の運転者または通行人が、道路管理者に緊急事項を容易にかつ迅速に通報するものである。トンネル側壁に半埋込式に設置されている。通話方法は正面カメラを上方向に引上げることであり、ドアスイッチが動作レスピーカー及び送話口が接続され、管理所操作室に呼び出し、一動作ですべて通話状態となるよう設計されている。



非常電話装置

3.3 送風ダクト噴霧冷却装置(スプリンクラー)

トンネル内で火災が発生した時、送風機を逆回転して火災による煙を排出するが、熱による送風機損傷を防ぐため送風ダクト内に、水噴霧装置を設けた。換気所近く地下に30m³の貯水槽を設け、送風機の逆転と同時にポンプで8 m^3/min 起動させ、熱気が 65°C に達すると冷水が自動的に噴霧される。1) 取水槽(地下式) 30m³ 2) 吐出ポンプ 800 $\text{g/min} \times 15 \text{ kW}$ 3) 取水ポンプ 8 l/min 4) 消火栓 350 $\text{g/min} \times 2 \text{ 口}$ 。

消火対象が主に自動車であるため、消火には特別な考慮は必要ではない。火災が発生すれば、後続自動車に事故が発生し、トンネル内に充満する煙の灰め人間の脱出が困難にかちいる事が予される。当初計画では消火設備が考慮されていなかったため配管計画がなく、さしあたり消火器と袋と両側壁ケーブルダクト上に置き、50m間隔で設置した。将来泡滅火栓の設置も考慮し、水槽の容量を決定した。消火器の種類はいずれの火災にも卓越した効力を発揮するABC火災用粉消火器を使用している。大型強化液消火器はA火災には良いが、油火災には効果が期待出来ない。

名 称	数 量		計	規 格	概 要
	東 トンネル	西 トンネル			
送 風 機	4	4	8	120kW/65kW 62㎡ 日立 175kW/55kW 70㎡ 石川島	トンネル内を換気するもので常時運転し、火災時運転する。
V I メーター	3	3	6	連続光方式(5台) 早川 パルス光方式(1台)	自動車の排気ガスによつて発生する煙霧を常時検定する。
C O メーター	3	3	6	赤外線分析式 日立	自動車の排気ガスに含まれる一酸化炭素を常時検出する。
非 常 電 話	5	6	11	壁型トア引上スピーカ 式 400 m間隔	非常発災時にトンネル内から菓子国道出張所へ通報出来る。
火 災 感 知 器	158	176	334	赤外線放射式 圧傾り 30℃	トンネル内で火災が発生すると自動的に出張所へ通報される。
火 災 報 知 器	158	176	334	押ボタン式	上記感知器に押ボタンを設け、手動で通報出来る。
電光表示板及び 緊急サイレン	2	2	4	電光表示式	出張所から遠隔操作で両者状況を表示し、警報を発する。
信 号 装 置	2	2	4	字幕表示式 赤黄青	出張所から遠隔操作で両者状況を表示し、交通規制を行なう。
照 明 設 備	461	380	1,041	60 Wナトリウム灯 30 L X 階天、機天、夜間降電、 一般 5 段切換自動点滅	トンネル内の照明
送 風 機 用 サブインター	2	2	4	熱感知自動式、送風機用	火災発生時に生ずる熱風を冷却し、送風機損傷を防止する。
予 備 発			1	出張所 1,250 kVA	購入電流が停電の際総小限の電気を供給する。
特高発電所及び 受変電設備			1	出張所 3,000 kVA	
監視装置及び 制御装置			2	出張所 制御室	
操 作 卓			1	“ “	
無停電装置 用バッテリー				96 V 150 Ah特等照明用 96 V 500 Ah 出張所用 48 V 80 Ah 交換機用 24 V 300 Ah 無線機用	購入電線の停電から予備発電機までの停電を防止する。
トラフィック カウンタ	2	2	4	ループコイル式、大型、 小型、上り下り別	トンネル内を通る自動車の通過台数を測定する。
マイクロ設備					菓子国道出張所と福島及び山形工事事務所の連絡用電話

[illegible]

- [illegible]