

トンネル内交通の安全環境対策

近藤 正*

道路トンネル内に設置されている各種の設備について述べる。これらは換気設備、照明設備、非常用施設、抗門・内装であり、平常時での安全環境の確保と、非常時での人命保護、被害拡大防止に、相互に連動しながら機能しているものである。高速自動車国道においては、トンネル延長比率が今後著しく増大していくことから、これらの設備についての認識が一層望まれる。

Safe Environment Countermeasures for Traffic in the Tunnels

Tadashi KONDO*

This paper states about many kinds of facilities equipped in road tunnels. These are ventilation system, lighting system, emergency equipment and portal, interior finish. They function relating mutually to assure the safe environment at ordinary times, also to protect human life and to prevent the damage from spreading in an emergency. Since the extension rate of tunnels in the National Expressway network will increase remarkably in future, these facilities will be expected to be well recognized.

1. まえがき

昭和54年7月、東名高速道路の日本坂トンネルで発生した車両火災事故は、空前の大惨事となって世間の耳目を驚かせた。直接の起因が非常識な運転マナーにあったとはいえ、トンネル内という特殊な空間における安全な自動車交通のあり方に対して、この惨事が投げかけた波紋はきわめて大きいものであった。

道路利用者にとっても道路管理者にとっても、トンネルという閉塞空間は好ましいものではない。トンネルは、各種の条件に照らして、必要上やむを得ず設置されているものであって、許されることなら、トンネルで通過することをできるだけ避けるのが通念である。しかしながら、道路の規格がある程度以上高度になり、しかもこれに必要な走行速度を確保しながら、地形的な制約を克服し、あるいは競合する施設との接触を回避するためには、トンネル構造を採用せざるを得ないケースがまま発生する。

高速自動車国道は、昭和58年末現在、整備計画区間の延長が5,849kmである。そのうち既供用区間の延長は約3,383kmで、その約2.5%はトンネル延長が占めている。これに対して工事区間の延長は約

2,466km。このうちトンネル延長が占める比率は15.3%にも達する。これは、これまでの建設工事の主体であった縦貫道に対して、これからの工事の主体となっていく横断道が、いかにわが国の背梁山脈による地形の制約を強く受けるかを示しているにほかならない。

長大なトンネルで交通の安全環境を確保するためには、少しでも外部環境と同じ条件に近づける工夫が必要である。そこには、少しでも明るく広々とした空間と新鮮な空気とが提供されていることが望ましい。しかし、限られた空間内で、いかに万全の換気設備、照明設備、内装などを設置したところで、外部環境に匹敵するだけの快適な空間と新鮮な空気とを提供することは不可能である。

実際の外部環境レベルとトンネル内での各種設備を設置して得られる内部環境レベルとのギャップを、少しでも埋めるために設置されているのが非常用施設と、これに関連する諸設備である。

以上の各種施設は、平常時におけるトンネル内交通の安全環境の確保と、非常時における人命保護・被害拡大防止に、相互に連動しながら機能しているものであり、以下に各施設ごとの概要について述べる。

2. 換気設備

換気設備は、トンネル内を走行する車両から排出される煤煙や有毒ガスを許容レベルまで稀釈するた

* 日本道路公団技術部長
Director, Engineering Department, Japan Highway
Public Corporation
厚稿受理 昭和58年12月26日

Table 1 換気方式の種類と特徴
Comparison of ventilation system

換気方式	縦流式			横流式	半横流式		
基本的特徴	換気風は車道を縦方向に流れる				送排気両方のトンネルダクトを有し、換気風は車道を横流する。車道内の濃度分布は一様である。	トンネルダクトにより送気または排気され、車道を縦流して坑口より排気または吸気される。	
代表的型式	ジェットファン式	サッカルド式	立坑送排気式		送気半横流式	排気半横流式	
型式の特徴	ジェットファン群の昇圧による	噴流送気の昇圧による	立坑集中送排気による		トンネル内送気ダクトによる一様送気	トンネル内排気ダクトによる一様排気	
換気系略図							
車道内圧							
車道風速							
有害ガス濃度分布							

めの設備である。

延長が短い場合や交通量が少ない場合には、自然風あるいは交通換気風による換気に間に合うが、延長が長くなり、あるいは交通量が多くなると、トンネル内に煤煙による視界低下が生じ、または、許容限界値以上の有毒ガスが存在するようになる。そのため、送風機や排風機を設置して、強制的に機械換気を行うことが必要になってくる。

2-1 換気の対象物質と濃度

自動車用燃料はすべて炭化水素からなっているから、排気ガスの組成は本質的には二酸化炭素 CO₂、水蒸気 H₂O、空気中の窒素 N である。しかし実際には、不完全燃焼や燃料中の不純物などにより、一酸化炭素 CO、窒素酸化物 NO_x、炭化水素 HC、アルデヒド HCHO、亜硫酸ガス SO₂、鉛 Pb および煤煙などの有害物質が排気ガス中に含まれている。

これらのうち、NO_x、HC、HCHO、SO₂、Pb などは量が微少で、通常の換気が行われていれば、その濃度は人体に有害とは考えられない程度である。したがって、トンネル換気の対象物質としては、人体生理上有害とされている一酸化炭素と走行中の視距障害の原因になる煤煙との2種類がとりあげられている。

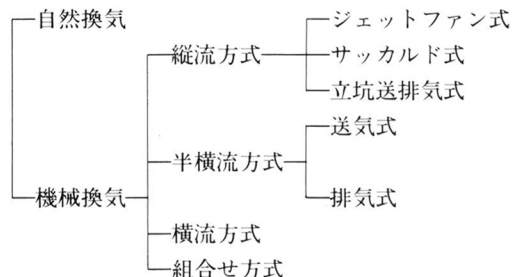
一酸化炭素によって生ずる一酸化炭素中毒症は、呼気中の CO 濃度、呼吸時間、作業強度などによって異なるので、自動車がトンネル内に滞留する時間、

自転車、歩行者の通行の有無、トンネル内保守管理作業の方法の3点を考慮して、トンネル内空気の一酸化炭素濃度の設計目標値は、道路種別によらず100 ppm を目安とされている。

一方、煤煙に対しては運転者の安全視距を確保することが必要であるが、トンネル内視距は煤煙濃度以外にも照明の明るさ、光源の種類、舗装の種類などによって変化するので、設計速度と併せてこれらの要因も考慮し、トンネル内空気中の煤煙濃度 (100m 透過率) の設計目標値は、一種・二種の道路において50%、三種・四種の道路において40%を目安とされている。

2-2 換気方式の種類

換気方式の種類は、車道における空気の流れに基づき、一般に次のとおりで大別されている (Table 1)。



道路トンネルの種類には、水底トンネル、都市トンネル、山岳トンネルなどがある。一般的にいて、

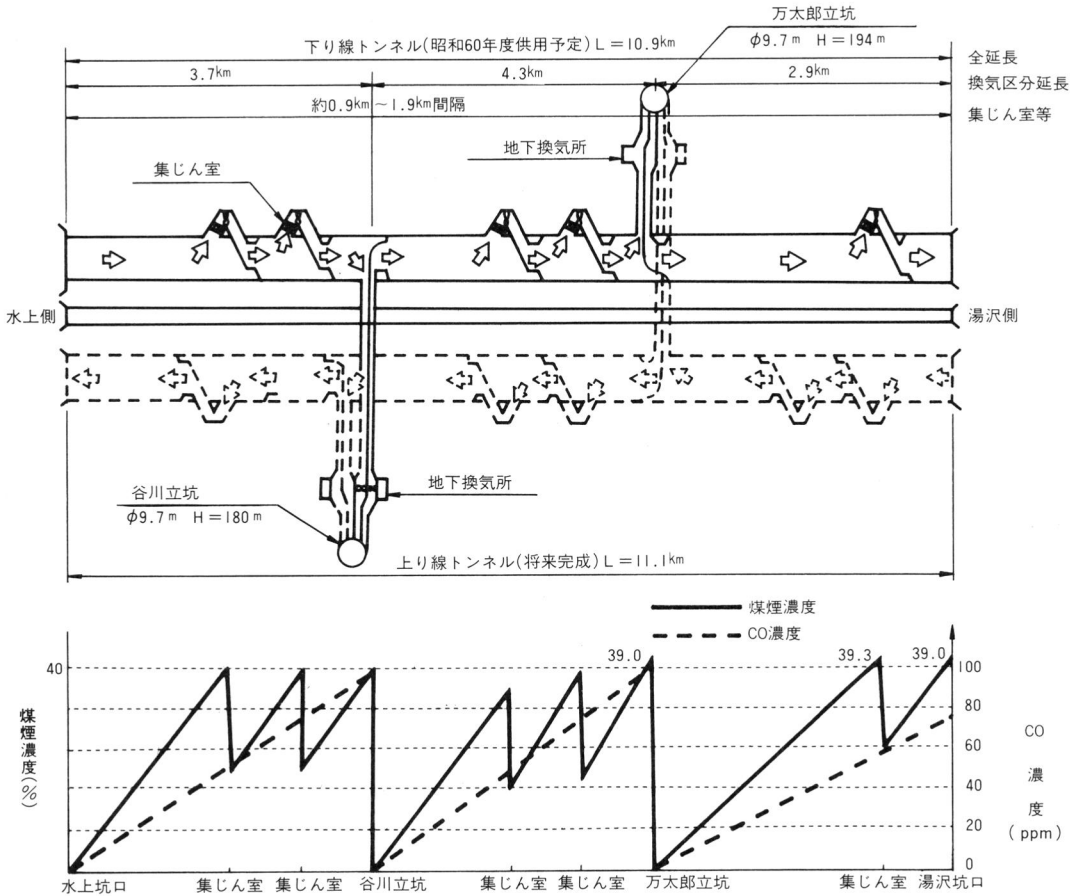


Fig. 1 関越トンネルの換気系統
Ventilation system of Kan-Etsu tunnel

水底トンネルの換気には、重要性和安全性とから、横流式のような信頼性の高い方式が採用されている。とくに構造断面形状が円形の場合には、車道の上下の空間を送排気ダクトとして使用できる利点がある。都市トンネルの換気には、交通量が多くかつ交通の流れが不安定であるため、安定した換気の可能な横流式または半横流式が適当である。山岳トンネルの換気には、経済性を考慮して半横流式または縦流式が多く採用されている。

また、交通方向、交通量、車種構成、走行速度、交通密度などの交通条件も、換気方式を選定する場合の要因である。たとえば、一方交通で速度が大きい場合には、車両のピストン作用を有効に利用できる縦流式が適当である。逆に、交通量が多くしばしば渋滞が発生するような場合には、交通状態にあまり左右されない横流式または半横流式が望ましいことになる。

2-3 電気集塵機付立坑送排気型縦流換気方式

この長い名前の換気方式は、昭和60年度全線供用を目指して工事が進んでいる関越自動車道の関越トンネルに設置される、世界で初めての換気方式の名称である。

前節で述べた換気方式は、いずれも通気のために本坑断面を増大したり、別に換気用ダクトトンネルとそれに付随する立斜坑・機械設備を設けたりすることが必要で、それに要する経費はトンネル全体工費の30~50%という大きい割合を占めていた。しかしながら、最近になって、排出ガス規制等による自動車の改良で有毒ガス発生量が漸減したこと、一方では、電気集塵機によりディーゼル車排出の煤煙除去が実現したことから、トンネル延長や交通形態にかかわらず、この方式が採用できるようになったものである。

この方式の特徴は、交通換気力を有効に利用し、

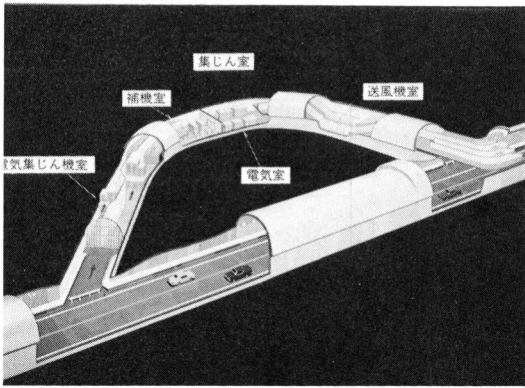


Fig.2 集塵室の模式図
Scheme of electric dust precipitator

しかも換気用ダクトなどの諸設備を必要としないことであり、横流換気方式に比して工費が約20%軽減され、電力消費量も大幅に低減できるものと見込まれるなど、経済的メリットの高い換気方式として注目されている。

すでに実験的には北陸自動車道の敦賀トンネルで実用化されているが、完成時には日本一の長大トンネル（延長10.9km）となる関越トンネルにおいて、本格的採用の第1歩を印したものである。

関越トンネルの換気系統は Fig. 1 に示すとおりで、この方式を機能させるために集塵室5か所、地下換気所2か所、車道内の空気を吸排するための立坑と換気塔2か所、地下換気所と立坑とを連結する換気横坑2か所が建設されている。

昭和60年度に供用を予定しているのは下り線トンネルである。このトンネルの場合、Fig.1に示すように水上側坑口から吸気される新鮮な空気は、途中2か所の集塵室でくり返し煤煙濃度を低下しながら谷川立坑まで縦流する。この地点で一酸化炭素濃度が許容目標値に接近するので、汚染空気は立坑内の半断面ダクトを通じて外部へ排出する。同時に残り半断面ダクトから新鮮な空気を吸入し、同じ過程をくり返したのち、万太郎立坑で外部へ排出する。ここで吸入する新鮮な空気は、同じ過程をくり返して湯沢側坑口から排出するのである。

Fig. 2 は集塵室の模式図であり、車道内の汚染空気を側壁部から吸入し、電気集塵機を通過させて煤塵等を除去したのち、浄化した空気を送風機により再び車道へ吹き出す部分を示している。

Fig. 3 は、すでに偉容を現わした万太郎立坑の換気塔である。

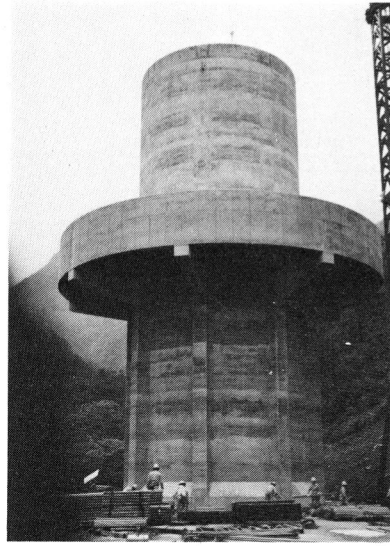


Fig.3 万太郎立坑の換気塔
Ventilation tower of Mantaro Shaft

3. 照明設備

トンネル内は一般道路部と違い、両側が側壁等で制約された暗黒の閉塞空間であり、道路の中で走行上とくに注意が必要とされる部分である。したがってトンネル内では、昼夜を問わず安全性と快適性を維持するための照明が行われている。

照明設備の計画は、理論的に必要とされる路面の輝度等の水準と合わせて、トンネルの延長、線形、野外輝度、設計速度、交通量などに応じた内容になるよう決定されている。

トンネル照明の種類は、設置目的および設置位置から、基本照明と緩和照明とに分けられる (Fig. 4)。また、照明の光源と照明器具とは、それぞれの特徴や性能をよく発揮できるものが選定されている。

3-1 基本照明

基本照明は、トンネルを走行する運転者が、前方の障害物を走行速度に応じた十分な視距で視認、判別するのに必要な明るさを与えるための照明であり、原則として延長100m以上のトンネルの全域にわたって設置されている。

基本照明による路面輝度の標準値は次のとおりである。

設計速度 (km/時)	路面平均輝度 (nt)
100	9.0
80	4.5
60	2.3
40	1.5

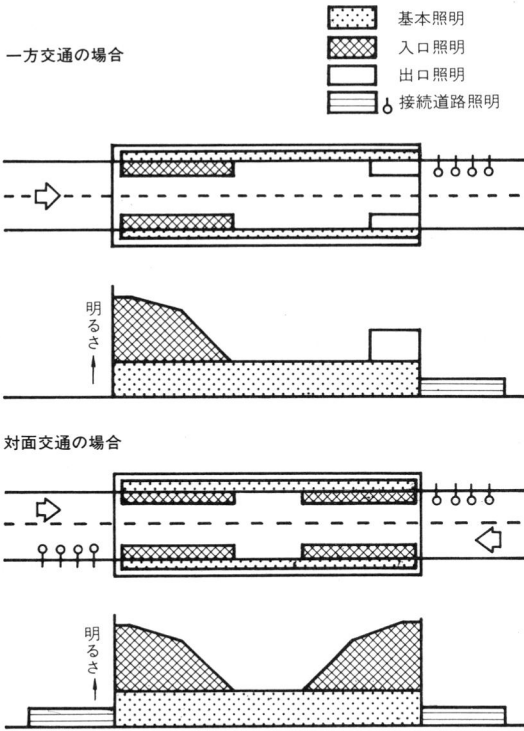


Fig. 4 トンネル照明の構成
Composition of tunnel lighting

この標準値は、トンネルの重要度と交通量に応じて、0.5~2.0の範囲の係数を乗じて増減することができる。なお、夜間の路面輝度については、暗順応の問題がないうえ交通量も一般に少なくなるので、安全に支障をきたさない範囲で減光してよいことになっている。

3-2 緩和照明

緩和照明には、昼間時、トンネル出入口部で内外の明るさの激しい差によって生じる見え方の低下を、基本照明を増強することによって防止するためにトンネル出入口部に設置する入口照明および出口照明と、夜間時、照明を設置したトンネルから暗い接続道路に出るときに起こる見え方の低下を防止するために出口の道路に設置する接続道路の照明とがある。

入口照明は、とくにブラックホール現象と暗順応の遅れとを防ぐことを目的として、原則的に延長100m以上のトンネルの入口部に設置されているものである。照明区間の長さや所要輝度とは、野外輝度、設計速度、トンネルおよび接続道路の線形、トンネル延長などによって決定されている。なお入口照明は、人工照明によるほかに、自然光ルーバーなどの適当な特生をもつ遮光体により、遮光調節して所要



Fig.5 恵那山トンネルのルーバーと換気塔
Portal louver and ventilation tower of Enasan Tunnel

の輝度を得る方法もあり、とくに著名なトンネルでは、自然光ルーバーのデザインを工夫して、ランドマークの目的を兼ねさせているものもある (Fig. 5)。

出口照明は、設計速度80km/時以上の交通量の多い一方交通トンネルで、延長が400m以上、かつ内部より見た出口部の野外輝度が6,000nt以上のトンネルの出口部に、80mにわたって設置されている。

接続道路の照明は、全長200m以上のトンネル、または、200m以下でも出口接続道路の線形が急激に変化している場合に設置されている。照明区間の長さや所要輝度とは、それぞれ設計速度と夜間時トンネル内輝度によって決定されている。

3-3 光源・照明器具

トンネル照明の光源としては、けい光ランプ、ナトリウムランプ (低圧)、けい光水銀ランプがあり、それぞれが異なった特徴をもっている。

けい光ランプには白色、昼光色などの光色があって、連続的に調光・減光ができる、演色性 (対象物固有の色の見え具合) がよい、始動時間をほとんど要しない、などのメリットと、低温で光束が落ちるなどの欠点をもっている。

ナトリウムランプは橙黄色の単光色で、煤煙に対する透過性はよいが、調光・減光が実用上困難である、演色性が悪い、始動時間は約20分、などの欠点がある。

けい光水銀ランプは光色が白色で、約50%まで減光できるが、演色性はけい光ランプよりやや劣る、

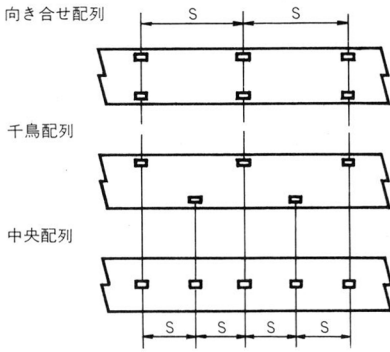


Fig. 6 照明器具の配列
Allocation of lighting unit

始動時間は約8分、などの特徴がある。

技術の進歩と共に、演色性と耐久性とに優れた新光源の開発が進み、すでに高圧ナトリウムランプ、メタルハライドランプ、ハロゲン電球などは一般照明の分野で実用に供されている。

照明器具は、使用する光源からの光束を効率よくトンネル内に照射すると同時に、ランプを保護して性能を長く保持させるためのもので、光源の種類やワット、取付場所、取付方法などによって形状を異にする。器具の配置、配列には、Fig. 6に示す向き合わせ、千鳥、中央の3種類があるが、視線誘導効果、良好な路面の輝度分布、まぶしさとちらつきの制限、夜間の減灯、ランプ・器具の保守作業などを考慮して、最適のものが選ばれている。

4. 非常用施設

トンネル内交通の安全対策として重要なのは非常用施設である。非常用施設は防災設備とも称され、いい替えれば、トンネル内自動車火災（事故）対策といえるかもしれない。

統計によると、日本道路公団管理の道路におけるトンネル内自動車火災事故の発生頻度は、自動車1億台キロ走行当り約0.3件である。この頻度は、たとえば、日交通量3万台の道路に延長1kmのトンネルがあった場合、30年間に1件発生する程度である。

しかしながら、トンネルという閉塞区間のため、非常時の対策には配慮が図られており、基本的には「道路トンネル非常用施設設置基準（建設省局長通達）」の定めるところによっている。この基準では、Fig. 7に示すとおり、トンネルを延長と通過交通量との関係からAAからDまでの5等級に区分し、各等級区分に応じて、Table 2に示す施設を設置する

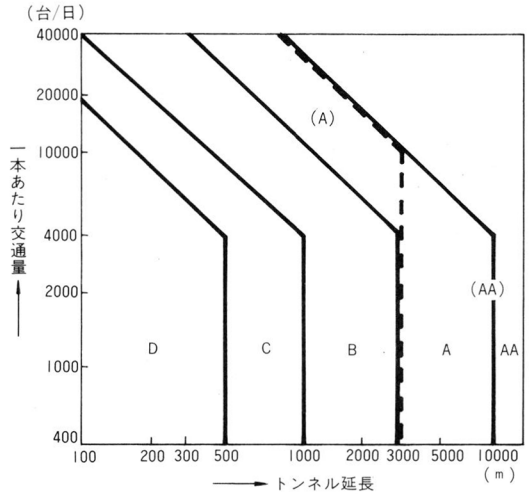


Fig. 7 トンネル等級区分
Grading of tunnel

Table 2 トンネル等級別の非常用施設
Emergency facilities for tunnel grades

非常用施設		トンネル等級				
		AA	A	B	C	D
通報・警報設備	非常電話	○	○	○	○	
	ボタン式通報装置	○	○	○	○	
	火災検知器	○	△			
	非常警報装置	○	○	○	○	
消火設備	消火器	○	○	○		
	消火栓	○	○			
避難誘導設備	誘導表示板	○	○	○		
	排煙設備または避難通路	○	△			
その他の設備	給水栓	○	△			
	無線通信補助設備	○	△			
	ラジオ再放送設備または拡声放送設備	○	△			
	水噴霧設備	○	△			
	監視装置	○	△			

(注) 上表中「○印は原則として設置する」、「△印は必要に応じて設置する」ことを示す。

よう定めている。

しかし Fig. 7において、高速自動車国道のような設計速度の高い道路で延長が長いトンネルにあっては、1階級上位の等級とすることが望ましいとされているので、日本道路公団では Fig. 7のAAとAとの区分に破線で示した区分線を採用し、Aの範囲を(A)まで縮小するとともに、AAの範囲を(AA)まで拡大することによって対処し、各等級区分に応じて Table 2を適用している。

Table 2に示すように、非常用施設には通報設備、

警報設備、消火設備、避難誘導設備およびその他の設備がある。

4-1 通報設備

通報設備は、トンネルにおける火災事故等の発生をトンネル管理所等へ通報し、非常警報装置の制御や消火・救援活動等に役立たせることを目的とするもので、この設備には、非常電話、押ボタン式通報装置のような手動通報設備と火災検知器による自動通報設備とがある。

火災検知器は、火災時に発生する熱、煙、光のうち、光の中の赤外線を自動的に検出する方式が一般的である。火災の初期段階を的確に検知することは当然で、一方、自動車のヘッドライト、緊急自動車等の回転灯、トンネル内照明などによる誤発報を生じることがあってはならない。

4-2 警報設備（非常警報装置）

非常警報装置は、トンネル内における火災その他の事故の発生を視・聴覚信号によって、トンネル後の後続車または対向車の運転者に知らせ、二次的災害を軽減させる設備である。この装置は、通報設備の通報を受けて動作する機能を有する制御装置と警報表示板とから構成されている。

警報表示板の表示内容は「トンネル内事故発生」「火災発生」などであり、これに黄または赤色の点滅灯を併用する。また、「進入禁止」の表示内容と連動して、警報音発生装置により警報音を吹鳴することにしている。

4-3 消火設備

消火設備は火災の初期消火に用いるための設備であり、この設備には消火器と消火栓とがある。

消火器は一般利用者が使用できるように取扱いが容易なこと、油・電気火災のいずれにも有効なこと、有害ガスを発生しないこと、という条件から、一般に手さげ式の粉末消火器6kg型が設置されている。

消火栓も、操作方法を熟知していない一般利用者が使用できるよう、取扱いが容易なことが必要である。一般の人が一人で操作するという前提で、口径40mm、放水量130l/分、放水圧力3.0kg/cm²、ホース長さ30m以上が標準であり、消火栓を3個同時に使用した場合にも放水量と放水圧力が満足できるものとし、40分程度の放水時間を確保するだけの水源を設置するようにしている。

4-4 避難誘導設備

避難誘導設備は、トンネル内で火災その他の事故に遭遇した利用者を、トンネル外へ安全に誘導・避

難させるための設備である。避難を間接的に支援するために出口まで、または避難通路までの距離、方向、位置等の情報を表示する誘導表示板と、避難を直接的に支援するために換気設備を利用して避難環境の向上を図る排煙設備、トンネル内の利用者をトンネル外へ避難させるために本線トンネルに接続して設置されている避難通路とがある。

避難通路には、避難坑、避難連絡坑、避難口がある。避難坑は本線と別に設けた避難用のトンネルである。避難連絡坑は平行する本線トンネルと避難坑または併設された本線トンネル相互を結ぶ避難用の連絡通路であり、併設の一方交通トンネルでは約750m、縦流換気方式の対面交通トンネルでは約350mの間隔で設けられる例が多い。避難口は都市トンネルなどで地上へ脱出するために設けた通路である。

4-5 その他の設備

その他の設備は、消火活動、避難行動を容易にするために、通報・警報設備、消火設備および避難誘導設備を補完する設備であり、給水栓、無線通信補助設備、ラジオ再放送設備、拡声放送設備、水噴霧設備、監視装置などがある。

給水栓は、消防隊による本格消火に資するための設備で、口径65mmを標準にしている。2個同時に放水した場合、40分程度放水できるだけの水源を確保するようにしている。

無線通信補助設備は、トンネル内の救助活動、消火活動などに際して、トンネル外部との連絡に供するための設備で、漏洩同軸ケーブルとこれに付帯する装置から構成されている。

ラジオ再放送設備は、トンネル内に誘導アンテナを設置し、平常時はトンネル近傍の標準ラジオ放送をトンネル内でも明り部と同様の受信可能な状態にする設備である。緊急時には標準放送を中断し、道路管理者から運転者に情報伝達ができる機能をもっている。

拡声放送設備は、トンネル内にスピーカーを配置し、車両を離れた利用者に情報を伝達する設備である。

水噴霧設備は、微細な粒子状の水を噴出して、その冷却作用、水蒸気による窒息作用等の相乗的効果を利用して火勢を抑制するとともに、トンネル施設を冷却保護し、ふく射熱を遮断して消火活動を容易にし、併せて車両の延焼を防止するための設備である。放水区間は50m以上、また放水量は6l/m²/分を標準とし、40分程度放水できる水量を確保するよう

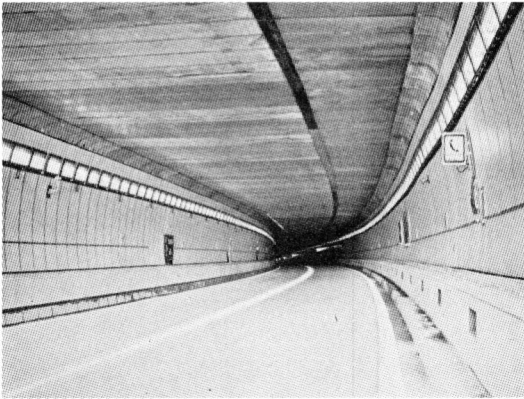


Fig.8 石綿板による内装
Interior finish with asbestos boards

にしている。放水の操作は、火災発生を火災検知器の作動によって自動的にとらえ、受信制御機で自動弁を選択するとともに加圧ポンプを起動させ、管理者が監視装置 (ITV) により火災地点等を確認してから自動弁のロックを解除して放水する方式が一般的である。

監視装置 (ITV) は、平常時は交通状況を把握して交通管制に資するとともに、非常時には通報装置から受けた情報を確認し、また、消火活動、避難行動などの状況を監視するための設備である。トンネル内全体および坑口付近を一様に監視できるように設置したカメラ、管理所などに設置したモニターテレビ、ビデオ装置、映像制御伝送装置などから構成されている。

5. 坑門、内装

坑門および内装は、トンネル内の交通の安全、快適な走行に寄与する構造部分であり、しかもトンネル全体の化粧仕上げでもある。

5-1 坑門

トンネルの坑門には、その規模と性質に応じて種々の機能が要求される。その主なものは次のとおりである。

(1)坑門本来の機能

- 付近の地山を安定化し、落石・崩土・崩雪より坑口を保護する。
- トンネルのシンボルとして、周囲の風景との調和を図る。
- 走行車両がスムーズにトンネルに進入できるようにする。

(2)換気設備を有するトンネルの場合

- 換気所とトンネルとの間のダクトを収納する。

(3)照明上の機能

- 運転者の視野の輝度を低下させる。
- ルーバーとして自然光を緩和照明に利用するとともに、車両進入側における光幕現象*を除去する。坑門の型式には、大別して面壁型、突出型、各種の組合せ型などがあり、坑門に必要とされる機能や周囲の地形、地質、景観などを配慮して選定されている (Fig. 5)。

また、坑門の色は、運転者の視野の輝度を低下させて暗順応を早くするために、暗色の仕上げとしていくことが多い。

5-2 内装

トンネル内装は、トンネル内の環境を改善することを目的として設けられている (Fig. 8)。環境を改善するための要素は見え方と騒音であり、次のような項目が考慮の対象にされている。

(1)機能

- 壁面の反射率を高めて照明効果を大にするとともに、汚れにくく清掃しやすくする。

(2)美観

- コンクリート・ライニングの仕上げの不揃いを調整する。
- 漏水が壁面に露出しないようにする。
- 電気配線、諸配管等をできるだけ隠ぺいする。

(3)騒音

- トンネル内の騒音を吸収する。

しかしながら、これらの項目のうち、美観については主観的な要素が多く加わり、また、機能、騒音については内容の価値判断が時とともに変化するという問題があって、内装の効果の度合いを一義的に規定することは大変困難である。

内装工法には、大別してブロック張り工法、パネル張り工法、タイル張り工法、塗装工法があり、目的に応じて、工事費、施工性、洗浄性、反射率および吸音率の保持特性を考慮して選択することになる。内装の一般的な留意点は次のとおりである。

- a. 照明効果と吸音効果を同時に満足するような単一材料は得られていない。また、複合材料による内装は極めて高価となり、全般的に採用されるに至

* 光幕現象：暗い室内に隙間から日光が射しこむと、室内の埃が浮き出して見え、その向こう側がほとんど見えなくなるように、車両進入側の坑口に日光が射しこむと、内部の埃などが浮き出して幕を張ったように見え、その先の光のあたらないトンネル内部が見えにくくなる現象をいう。

っていない。

- b. 内装面の汚損は交通状態および換気状態に左右されるが、実際には予想外に早く進行する。内装の反射率および吸音率の保持特性は最も重要な検討事項である。
- c. 内装は車両の接触によって破損することが多い。とくに監視通路のないトンネルでは、内装面破損による二次的災害事故の少ない、しかも修復の容易な工法を採用する必要がある。
- d. 内装材料の耐火性を重視する必要がある。耐火性は、材料が高温にさらされたとき構造的に原型を保ち、内装材の破損によって起こる二次的災害を予防できること、また、高温にさらされ、あるいは燃焼したときに、人体に有毒なガスを発生して有害な影響を与えるものではないことなどに留意しなければならない。

6. あとがき

トンネル内を走行する交通の安全環境を確保するために設置されている各種の設備について、その概要を述べた。

技術の開発は日を追って進められている。トンネルの各種設備においても、今後とも新たな技術が導入されていくことは疑いない。たとえば、一酸化炭素の除去技術が実用化されれば、トンネル換気のあり方は一大飛躍を遂げ、したがって、トンネル自体の計画の考え方にまで大きい影響を与えることになろう。

トンネルという閉塞された空間において、その環境水準を改善するために、いかに多くの施設が設置され、またそのために、いかに多額の投資が集中的に行われているかを認識していただければ幸甚である。