

第12章 付帯設備

第12章 付帯設備

12.1 照明設備	4-12-1
12.1.1 照明設備一般	4-12-1
12.1.2 調査	4-12-1
12.1.3 設置計画	4-12-2
12.1.4 光源、灯具の選定	4-12-3
12.1.5 基本照明	4-12-4
12.1.6 緩和照明	4-12-5
12.2 非常用施設	4-12-6
12.2.1 非常用施設一般	4-12-6
12.2.2 非常用施設の種類	4-12-6
12.2.3 トンネルの等級区分	4-12-7
12.2.4 非常用施設設置計画	4-12-8
12.2.5 通報設備	4-12-9
12.2.6 警報設備（非常警報装置）	4-12-10
12.2.7 消火設備	4-12-10
12.2.8 避難誘導設備	4-12-11
12.2.9 その他の設備	4-12-13
12.2.10 防災盤箱抜き方法	4-12-14
12.3 換気設備	4-12-16
12.3.1 換気設備一般	4-12-16
12.3.2 調査	4-12-16
12.3.3 換気の対象物質及び濃度	4-12-16
12.3.4 交通量	4-12-17
12.3.5 機械換気の必要性の検討	4-12-17
12.3.6 換気方式の選定	4-12-19
12.3.7 換気量	4-12-19
12.3.8 換気計算	4-12-20
12.3.9 換気機（送排風機）	4-12-20
12.3.10 換気機の取付方法	4-12-20
12.4 内装工	4-12-25
12.5 非常駐車帯	4-12-26
12.6 銘板、標示板および巻厚の標示	4-12-28

第12章 付帯設備

12.1 照明設備

12.1.1 照明設備一般

- (1) トンネル照明は照明学的に必要な明るさを基本として設計速度、交通量、線形等に応じた適切なものとしなければならない。
- (2) 基本照明はLED照明を基本とし、他照明機器を含めた比較検討を実施して決定する。
- (3) 本章に規定しない事項については、「道路照明施設設置基準同解説」（日本道路協会）を参照のこと。

【解 説】

トンネル照明は、一般道路部と違い昼間における照明を必要とすることや、周囲が側壁等で制約されているため走行上特に注意を要する等いくつかの特色を持っている。したがって、照明の計画においては、理論的に必要とされる路面の輝度等の水準を考慮して、更に設計速度、交通量、線形等に応じて必要とされる安全性と快適性の面から照明の内容が決定されなければならない。

12.1.2 調査

照明の計画にあたっては、事前に下記の調査を行わなければならない。

- (1) トンネル付近の環境
- (2) トンネルの構造
- (3) 交通の状況
- (4) 付帯設備の状況
- (5) 維持管理の状況

【解 説】

トンネルの照明のレベル、トンネル出口照明または、出口接続道路の照明の要、不要等を決定するために次のものについて調査する。

トンネル付近の環境：トンネル野外輝度、トンネル付近の地形、トンネルの方位、出入口付近の視野状況、トンネルに接続する道路の線形(曲線、こう配など)や照明状況、及び気象状況等を把握する。

トンネルの構造：照明器具及びランプの選択、照明器具の取付位置、及び照明率の算出のために、トンネル延長、幅員の構成、断面の形状、建築限界、線形ならびに路面、壁面、及び天井面の種類、反射率等を把握する。

交通の状況：照明のレベル、光源の種類、及び保守率の決定等に必要交通量、設計速度、一方交通か、対面交通か、自動車専用か、混合交通か等を把握する。照明計画に用いる交通量は、設計交通容量、または計画目標年次の推定交通量とする。

付帯設備の状況：電気配線設計、照明器材の決定のために道路標識その他の設置場所や電源の状態換気装置の有無等を把握する。

維持管理の状況：照明レベルの確保のためにトンネル内面のよごれの程度清掃方法や回数等を把握する。

12.1.3 設置計画

トンネルの延長、線形、野外輝度、設計速度、交通量等を勘案して、必要に応じて、下記の照明を計画するものとする。

- (1) 基本照明
- (2) 緩和照明
 - 1) トンネル出入口の照明
 - 2) トンネル接続道路の照明

【解 説】

運転者の視野に寄与する昼間時の自然光の差し込み区間は、一般的に入口部で約10m、出口部で約40mである。したがって、長さ約50m以上のトンネルには、何らかの照明が必要と思われるが、国内の100m以下のトンネルが交通量の少ない地方部に分散していること等を勘案して、照明を必要とするトンネルは、長さ100m以上のトンネルと考えてよい。

なお、100m以下のトンネルでも、市街部のトンネル、設計速度が高いか又は交通量が大であるトンネルの場合にはトンネル照明を行うことが望ましい。又照明を省略するトンネルで、自転車や歩行者を通すトンネルには、誘導施設又は防犯灯の設置を検討する必要がある。

トンネルの照明の種別は、基本、緩和照明がありその設置目的及び、設置方針の概略は、下記のとおりとする。

- (1) 基本照明
トンネルを走行する運転者が、前方の障害物を知覚するのに必要な、明るさを与えるための基本的な照明で、上記の100mまたは50m以上のトンネルのほぼ全長にわたり設置するものとする。
- (2) 緩和照明
 - 1) トンネル出入口の照明
昼間時に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ずる見え方の低下を防止するために、基本照明を増強する照明で、トンネル出入口部に設置する。
トンネルの出入口の照明は、トンネルの延長、野外輝度、設計速度、交通量及び線形等を勘案して、計画するものとする。
 - 2) トンネル接続道路の照明
夜間、入口部においてトンネル入口付近の幅員の変化を明示するため、あるいは出口部においてトンネル内から出口に続く道路の状況を把握させるために設置する。
トンネル出口の接続道路に照明がなく、トンネル全長が200m以上のトンネルまたは、トンネル全長が200m以下の場合でも出口接続道路の線形が急激に変化しているトンネルには接続道路の照明の検討が必要である。

トンネル照明設計における設計速度の考え方は下記の通りとする。

【一般国道】

- ・トンネル本体の設計速度によることを基本とする。
ただし、トンネル本体の設計速度が80 km/hの場合は、現地状況を勘案し、その必要性について十分検討すること。

【新直轄、高規格B、A'】

- ・新直轄、高規格B、A'においては、トンネル本体の設計速度によった場合、過度な設計となる場合があるので、規制速度による設計について十分検討すること。
- ・暫定2車線計画路線においては、将来計画（4車線化）を十分検討の上、設計速度を決定すること。
- ・完成2車線計画路線において、トンネル区間の車線分離方式により規制速度が限られる場合があるので注意すること。

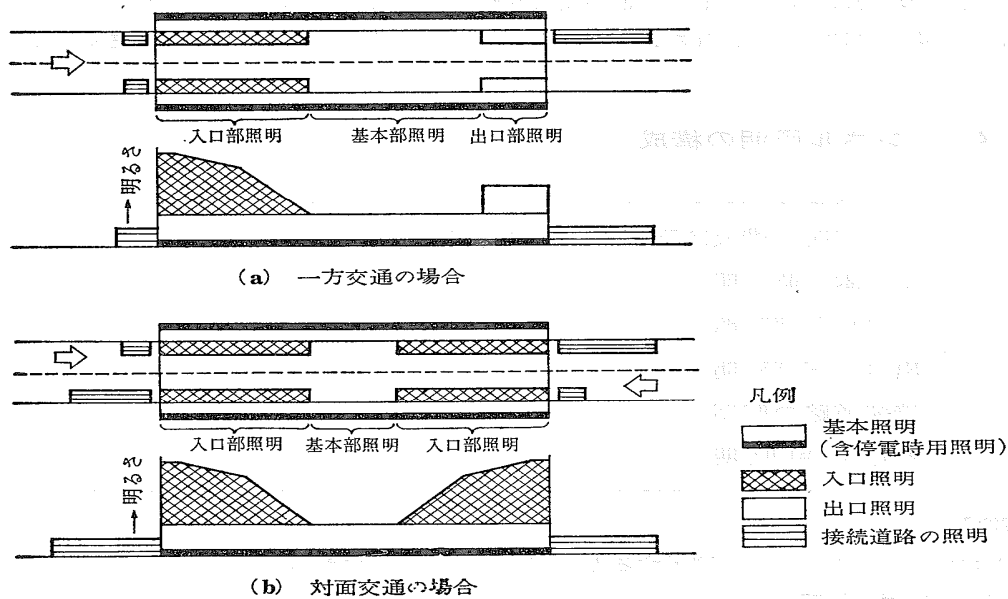


図12.1.1

12.1.4 光源、灯具の選定

(1) 光源の選定

トンネル照明に使用する光源および安定器には、効率、寿命、光束、経済性、互換性、排気ガスに対する効果等を考慮して選定しなければならない。

(2) 灯具の選定

トンネル照明に使用する灯具の選定にあたっては、当該トンネルの構造、保守作業に適した構造、材料及び光学特性を考慮しなければならない。

【解 説】

(1) 光源の選定について

トンネル照明に使用する光源としては、低圧ナトリウムランプ、高圧ナトリウムランプ、蛍光ランプ、蛍光水銀ランプ、メタルハライドランプ、セラミックメタルハライドランプ、蛍光水銀ランプ、発光ダイオード等がある。

光源は、周囲が閉鎖された空間であるため、灯具の取付け位置やその大きさに制限があり、排気ガスにより光の透過率が悪くなることや、昼間には入口部及び出口部で明るさが急変するので、これを緩和するために高いレベルの照明が必要であることなど、トンネルの特殊性を考慮して選定する必要がある。

(2) 灯具の選定について

1) 光学特性

灯具の役割は、光を有効適切に利用することである。トンネル内の視覚環境を快適にし、障害物の見え方を良くするためには、路面、壁面、天井面に対して光束が適切に配分されるようにする必要がある。

2) 構造

器具型式は埋込形またはじか(直)付形とし、防雨型を原則とするが、保守時に水の直接噴流によって洗じようする場合は防噴流構造とする。

3) 材料

器具の材料は耐久性に富み、劣化及び腐蝕の少ないものでなければならない。また内部配線は器具内の温度上昇に耐えられるものとする。

12.1.5 基本照明

- (1) 明るさ
基本照明の明るさについては、障害物の視認及び快適性において効果的であるように設計速度、交通量等を勘案して決定しなければならない。
- (2) 配置
器具は建築限界外に取付けるものとし、配置の決定にあたっては、下記の項目を考慮しなければならない。
 - 1) 視線誘導効果
 - 2) 輝度分布
 - 3) まぶしさ及びちらつき
 - 4) 保守作業の難易
- (3) その他
電気設備の故障等により停電時にも危険のないよう、設計速度、線形、交通量を考慮し、必要に応じて、停電時の照明を設けるものとする。

【解説】

- (1) 明るさについて
トンネル内部の基本照明は、トンネル内の運転者が安全かつ快適に走行できるように、道路上にある障害物を走行速度に応じた十分な視距で判別、視認できうる明るさとすることが必要である。
- (2) 配置について
照明器具の配置すなわち、取付け高さ、取付け間隔は、照明の質及び、保守作業の難易度に大きく影響する。決定するにあたっては、視線誘導効果、路面の輝度分布を良好に保ち、「まぶしさ」や「ちらつき」による不快さが最小となるように、また清掃・ランプ交換等の保守作業が容易となるよう考慮しなければならない。
- (3) その他について
設計速度が高い等の理由により急な停電が走行上危険であるトンネルには、停電時、直ちに蓄電池電源等に接続される照明器具を設ける必要がある。
停電用の照明を設置する場合の明るさ及び点灯時間は、設計速度、線形、交通量等を勘案して決定し、配置にあたっては、側壁の位置及び進路を明示するための誘導照明の役割を果たすよう配慮しなければならない。

12.1.6 緩和照明

- (1) 明るさ及び照明区間
緩和照明の明るさ及び照明区間は、入口部または出口部における見え方の低下を防ぐよう野外輝度、設計速度、線形、延長等を勘案して決定しなければならない。
- (2) 入口照明の低減
入口照明はトンネルが接続する場合、交通量が少ない場合、野外輝度が減少した場合等に所要輝度を低減することができる。
- (3) 実施方法
緩和照明は、照明灯または適当な特性を有するしゃ光体により実施するものとする。
- (4) 配置
緩和照明を照明灯で実施する場合は、基本照明の配置に準ずるものとする。

【解説】

- (1) 明るさ及び照明区間について
入口照明については、ブラックホール現象と、暗順応の遅れによる見え方低下を防ぎ、出口照明については、主に先行車との距離感の低下を防ぐよう決定しなければならない。
夜間時、出口道路部に設置する緩和照明については入口照明と同様の見え方の低下を防ぐように決定するものとする。
また、これらの諸要素に加え、快適性についても考慮して決定しなければならない。上記の目的を効果的に満足しかつ経済的合理的な照明とするため、照明区間及び設計輝度(または照明)は野外輝度、設計速度、線形、延長等を勘案して決定しなければならない。
- (2) 配置について
基本照明に準ずるが、入口及び出口照明の設計輝度は基本照明に比較して高いために、器具照明が短くなり、実際上は輝度分布や「ちらつき」は問題にならなくなる。
- (3) 実施方法について
しゃ光体による方式とは、ガラス材やプラスチック材のような半透明材、格子ルーバー、植樹やへい等により昼間時の自然光をしゃ光するものであり、緩和照明(主として入口部)を照明灯によるか、このしゃ光体により実施するかという選択は、経済性及び、付近の地形等の状況を考慮して決定するものとする。

12.2 非常用施設

12.2.1 非常用施設一般

非常用施設の設置にあたっては、非常用施設のトンネル防災全体における役割を認識するとともに、設置目的および管理運用方法を明確にして計画しなければならない。なお非常用施設の運用にあたっては関係機関との連携に配慮するものとする。

12.2.2 非常用施設の種類

非常用施設の種類は下記の通りとする。

- (1) 通報・警報設備
通報設備には非常電話、押ボタン式通報装置、火災検知器がある。
警報設備には非常警報装置がある。
- (2) 消火設備
消火設備には消火器、消火栓がある。
- (3) 避難誘導設備
避難誘導設備には誘導表示板、排煙設備、避難通路がある。
- (4) その他の設備
その他の設備には給水栓、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、監視装置等がある。

12.2.3 トンネルの等級区分

トンネルの非常用施設設置のための等級区分は、その延長及び交通量に応じて図12.2.1に示すように区分する。

ただし、高速自動車国道等設計速度が高い道路のトンネルで延長が長いトンネルまたは平面線形、もしくは縦断線形の特に屈曲している等見通しの悪いトンネルにあつては一階級上位の等級とすることが望ましい。また、明かり区間が50m程度以下で連続するトンネルの場合は、1つのトンネルとして等級区分を決定するものとする。

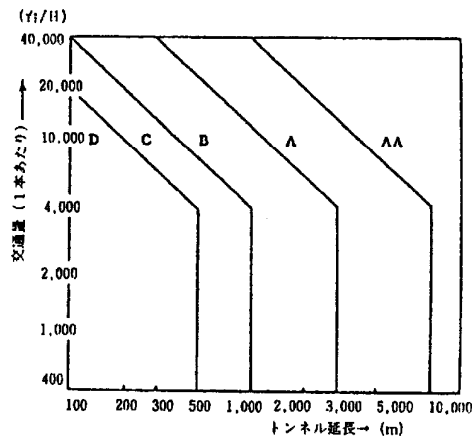


図12.2.1 トンネル等級区分

【解 説】

一階級上位の等級とすることが望ましいトンネル

トンネル等級を区分する場合には、トンネル延長と交通量によるのみ区分するのではなく、当該トンネルが有する特殊性にも十分留意することが望ましい。

以下に示す条件に該当するトンネルでは、一階級上位の等級とすることが望ましい。

1) 設計速度の高い道路トンネル

高速自動車国道、自動車専用道路などの設計速度が高く（80km/h以上）、延長が長い（3,000m以上）対面通行の道路トンネル

2) 見通しの悪いトンネル

トンネル区間の道路線形要素に、道路構造令に定められた規定値を超えた値を採用しているトンネル

12.2.4 非常用施設設置計画

トンネルには、火災その他の非常の際の連絡や危険防止、事故の拡大防止のため、トンネル等級区分に応じて、表12.2.1に示す施設を設置するものとする。

表12.2.1 トンネル等級別の非常用施設※

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	○	○	○	○	
	押ボタン式通報装置	○	○	○	○	
	火災検知機	○	△			
	非常警報装置	○	○	○	○	
消火 設備	消火器	○	○	○		
	消火栓	○	○			
誘導 避難 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	○	○	○	○	○
	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。

※「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説」表-3.1に加筆

【解 説】

高規格道路の場合

トンネル等級Aの火災検知器は換気設備のないトンネルでは省略できる。

トンネル等級Aのうち、一方向交通かつ縦流換気方式を採用するトンネルで交通量が4,000台/日未満の場合は、水噴霧設備は設置しない。また、延長が3,000m以上で交通量が4,000台/日以上の一方向交通かつ縦流換気方式を採用するトンネルで水噴霧設備を設置しない場合は消火器を増量するものとする。

ラジオ再放送設備を設置するトンネルは拡声放送設備を併設することとする。

12.2.5 通報設備

通報設備はトンネル内における火災その他の事故の発生を管理所等へ通報し、非常警報装置の制御、消火、救助活動等に役立たせるための設備である。

- (1) 非常電話
 - 1) 扱い方が簡単で、利用者と管理所等との同時通話が可能な方式とする。
 - 2) 設置間隔は200m以下とする。
- (2) 押ボタン式通報装置
 - 1) 扱い方が簡単な方式とし、押ボタンスイッチの構造は昭和56年6月20日自治省令第17号「火災報知設備の感知器及び発信機に係わる技術上の規格を定める省令」に規定するP型発信機に準ずるものとする。
 - 2) 設置間隔は50mを標準とする。
- (3) 火災検知器
 - 1) 排気ガスや換気流等に影響されず、火災の初期段階を的確に検知できる方式とする。
 - 2) 設置位置は、火災検知能力や水噴霧設備の放水区画等との関連及び保守点検の容易さ等に留意し決定するものとする。

【解説】

(1) 非常電話

1) 設置形式（高規格道路の場合）

トンネル通話時の交通騒音、換気騒音を遮断し、連絡を確実にする目的から、側壁部に切込部を設け、その内部に扉構造の電話ボックスを設け、電話機を設置することを標準とする。

2) 設置間隔

非常電話の設置間隔は片側200m以下とする。ただし、対面通行のトンネルにおいては、設置間隔が片側200m以下の千鳥配置も可能とする。

(2) 押ボタン式通報装置

押ボタン式通報装置は、トンネル内火災や事故等の発生を道路管理者等へ通報し、非常警報装置の制御、消火・救助活動等に役立たせることを目的としており、トンネル利用者等が迷うことなく使用できることが重要であるため、銘板の表示名称は「非常通報装置」を標準とする。

12.2.6 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運転者等に知らせ、二次的災害の軽減を図るための設備である。

なお、非常警報装置は通報設備または管理所からの信号により、警報表示が行える機能を有するものとし、警報表示板と制御装置より構成するものとする。

- (1) 警報表示板
 - 1) 視認性、情報表示の即応性に優れたものとする。また、警報効果をあげるため点滅灯と警報音発生装置を取り付けることを標準とする。
 - 2) 設置位置は、表示内容の視認性、判読性に留意して決定するものとする。
- (2) 制御装置
通報設備等からの信号を受けて表示板を操作して警報表示を行うほか手動でも同様の操作ができるものとする。

【解説】

- (1) トンネル坑門部非常用点滅灯
非常用警報設備設置(済、予定)トンネル両坑門部に、警報表示の二次的効果を目的とした、赤の点滅灯を設置することができる。
- (2) トンネル内作業中安全確保のため必要な場合、黄色の点滅灯を設置することができる。

12.2.7 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る。

- (1) 消火器
 - 1) 扱い方が簡単で、有毒なガス等を発生しないものを選定するものとする。
 - 2) 設置間隔は50mを標準とする。
- (2) 消火栓
 - 1) 扱い方が簡単な構造とする。
 - 2) 設置間隔は50mを標準とする。
 - 3) 口径は40mm、放水量は130ℓ/min、放水圧力は0.29MPaを標準とする。
また、水源は消火栓3個同時に、40分程度放水できる容量を確保することが望ましい。

【解説】

消火栓(給水栓も含む)の計画にあたっては、給水の方法、冬期間の凍結対策について十分配慮すること。(本局と協議)

12.2.8 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運転者等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。

- (1) 誘導表示板
出口までの距離、または避難通路までの距離、方向、位置等の情報を表示し、トンネル内の運転者等をトンネル外へ誘導するための設備である。
設置間隔はトンネル延長、避難通路の有無等に留意して決定するものとする。
- (2) 排煙設備
換気設備を利用して、避難環境の向上を図るための設備である。
排煙設備の設計に際しては、常時の換気方式、交通方式等に留意するものとする。
- (3) 避難通路
本線トンネルに接続して設置される通路で火災時等にトンネル内の運転者等をトンネル外へ避難させるための設備である。
避難通路の設計に際しては、トンネル延長、交通方式、排煙設備等に留意するものとする。

【解 説】

避難通路の計画

避難通路には、避難坑と避難連絡坑がある。

避難坑： 対面通行トンネルの場合に本線トンネルとは別に設けられた避難用に供するトンネルをいう。

避難連絡坑： 一方通行トンネルで並行する上下線トンネル相互間あるいは本線トンネルと避難坑間の連絡路をいう。

- (1) 縦流換気方式を採用する延長3,000m以上で交通量の多い対面通行トンネルは、避難通路を設置することが望ましい。ただし、暫定的に対面方式で供用するトンネルにおいて、その期間が短い場合は、省略することができる。
- (2) その他のトンネルについては、トンネル延長、交通量、換気施設の有無、換気方式、交通方式などを考慮して決定するものとする。
- (3) なお、歩行者専用トンネル、点検用通路、作業坑および換気用坑道については、避難通路として活用するとよい。換気施設が設置されている場合には、換気能力の範囲で排煙にも利用できるようにするとよい。
- (4) 避難連絡坑の設置間隔は、上下線トンネル間の連絡路の場合は700m～800m程度、対面通行トンネルにおける本坑と避難坑間の連絡路の場合は300m～400m程度の間隔で設けられる例が多い。

避難坑の内空断面は図-12.2.2(a)を、避難連絡坑の内空断面は図-12.2.2(b)参考とする。

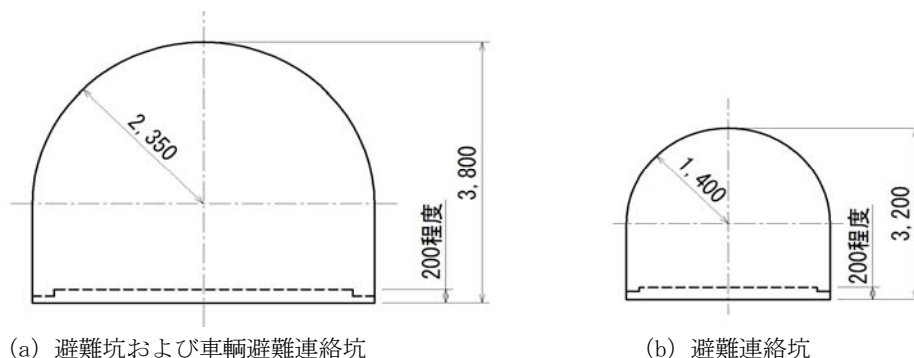
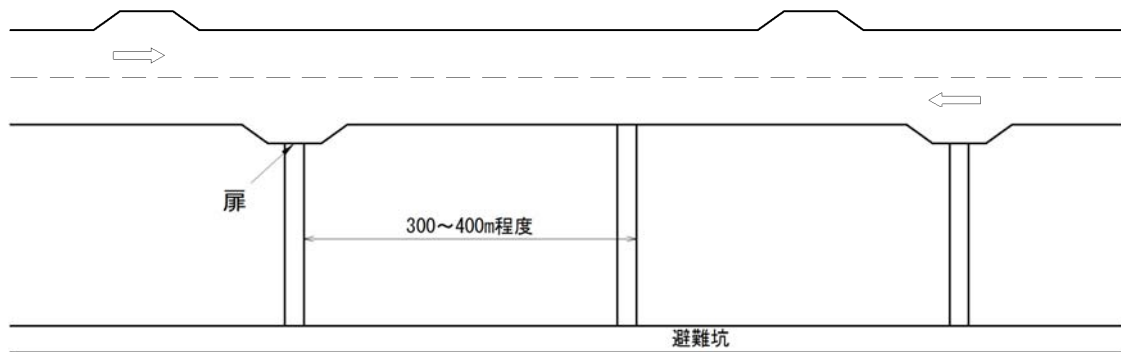


図-12.2.2 避難通路の内空断面（参考）

「設計要領 第三集 トンネル編 東日本高速道路株式会社」より引用



(a) 上下線トンネルの避難連絡坑配置



(b) 対面通行トンネルの避難連絡坑配置

図-12.2.3 避難連絡坑の配置 (参考)

12.2.9 その他の設備

その他の設備は通報・警報設備、消火設備及び避難誘導設備を補完し、消火活動等を容易にするための設備である。

(1) 給水栓

消防隊による本格消火に資するための設備である。なお、給水栓を設置する場合は、必要に応じて消防ポンプ等からトンネル内給水栓への送水用として送水口を設けるものとする。

1) 給水栓

- ① トンネル両坑口付近に設置することを標準とし、必要に応じてトンネル内非常駐車帯または避難連絡坑口付近に設置するものとする。
- ② 口径は65mm、放水量は400ℓ/min放水圧力は2個同時放水した場合で0.29MPaを標準とする。また、水源は2個同時放水した場合40分程度放水できる容量を確保することが望ましい。

2) 送水口

- ① トンネル両坑口に設置するものとする。
- ② 口径65mm、双口型を標準とする。

(2) 無線通信補助設備

トンネル内の救助活動、消火活動等に際して、トンネル外部との連絡に供するための設備である。無線通信補助設備は、漏洩同軸ケーブル等とこれに付帯する装置をもって構成するものとする。

(3) ラジオ再放送設備

トンネル内で、運転者等が道路管理者からの情報を受信できるようにするための設備である。

トンネル前後におけるラジオ放送の難聴状況に関わらず、200m以上のトンネル内ではラジオ放送を受信できるようにする。

設計に際しては、電波法及び同法設備規則を遵守するものとする。

(4) 拡声放送設備

拡声放送により、トンネル内の火災その他の事故の発生を、道路管理者から運転者に伝達するための設備である。

設計に際しては、トンネル内の騒音、残響音等に留意するものとする。

(5) 水噴霧設備

微細な粒子状の水を放水することによって火災の延焼、拡大を抑制し、消火活動を援助するための設備である。

- 1) 放水区間は50m以上とする。
- 2) 放水両は6ℓ/min・m²を標準とする。また、水源は40分程度放水できる容量を確保することが望ましい。
- 3) 放水制御方式はトンネル延長、トンネル構造、換気方式等に留意して決定するものとする。

(6) 監視装置

通報装置から受けた情報の確認、消火活動、避難行動等の状況監視を行うための設備(I.T.V設備)である。

テレビカメラの設置位置は、トンネル内及び坑口付近を一様に監視できるように決定するものとする。

【解説】

ラジオ再放送設備の計画

- (1) 200m以上のトンネル新設時には、トンネル内のラジオ受信状況を確認し、ラジオ再放送設備を設置する。
- (2) 200m未満のトンネルにおいても、トンネル内のラジオ受信状況を確認し、必要に応じてラジオ再放送設備を設置する。
- (3) AA及びA等級のトンネルでは割り込み機能付きとする。B等級以下については本局との協議により決定する。

12.2.10 防災盤箱抜き方法

一般国道は「覆工内埋込み型」とし、高規格道路及び長大トンネルで箱抜き寸法が覆工厚をこえるものについては「完全埋込み型」とする。

【解 説】

非常用設備の箱抜き(高規格道路の場合)

トンネルの側壁部等には、非常電話ボックスその他の非常用設備関係機器等の設置のための空間(箱抜き)を設けるものとする。

トンネル内には、一般に、非常電話ボックス、消火栓、水噴霧自動弁等の防災設備関係の機器が設置される。これらの機器は、通常は側壁部に設置されるが、トンネル断面の余裕が少ないため機器寸法の大きなものは、あらかじめ覆工等に収納するための箱抜きを設ける必要がある。箱抜きの形状寸法が小さいものについては、一般に覆工等の補強は必要としないが、形状寸法の大きな箱抜き(例えば、非常電話ボックス)は、覆工等に悪影響を及ぼすこともあるので、必要に応じて、覆工等の補強を考慮しておかなければならない。

注)「覆工内埋込み型」：二次覆工の増厚を行わない型式

「完全埋込み型」：二次覆工を増厚する型式

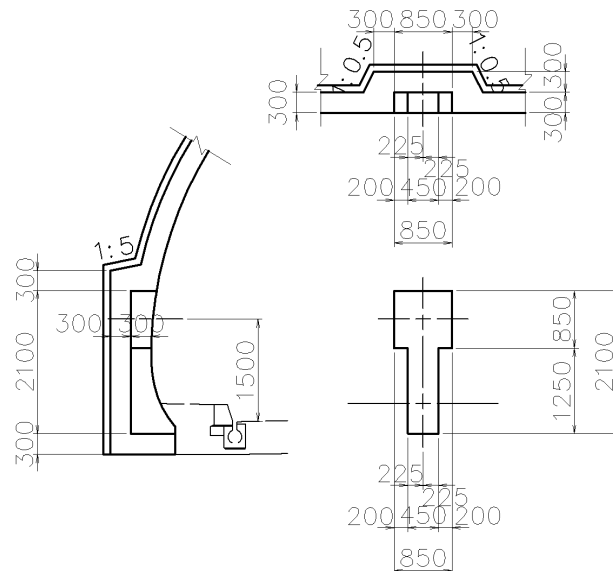


図12.2.4 端子盤箱抜き図(例)

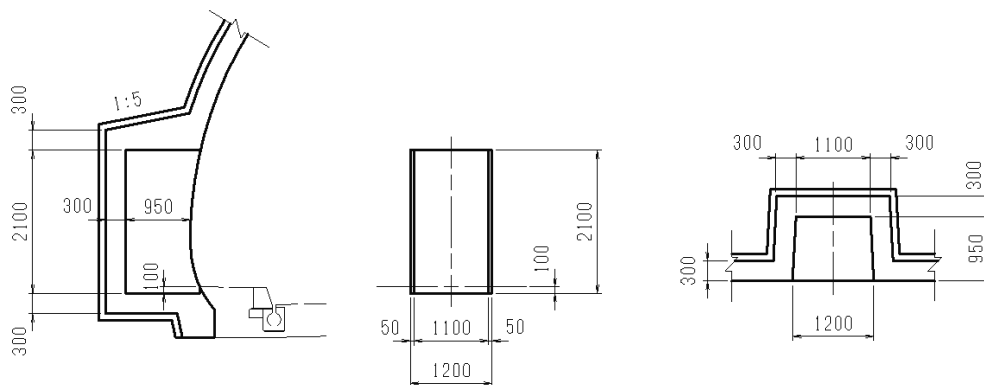


図12.2.5 非常電話ボックス箱抜き図(例)

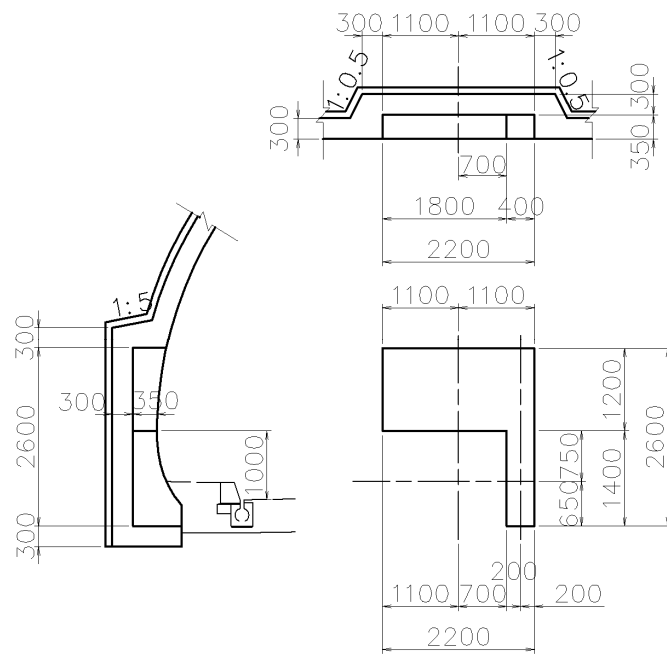


図12.2.6 消火栓箱抜き図

注) 箱抜き寸法は、トンネル延長や地域で異なる場合があるので、施設整備課との打合せが必要である。

12.3 換気設備

12.3.1 換気設備一般

道路トンネルの換気計画は、トンネル建設の全体計画の一環として綿密に行わなければならない。

【解 説】

換気計画については、「道路トンネル技術基準（換気編）・同解説」（日本道路協会）を参照し、トンネル建設計画の時点においてトンネル工本体と併行して十分検討するものとする。

また、換気設備の計画に際して交通量の推移、トンネル本体の建設計画等を勘案し、段階建設を行う場合もあるが、この場合には、あらかじめ最終段階における換気設備の姿を見極めたいうで段階建設を進める。

12.3.2 調査

換気の計画に当っては、交通、気象、環境及び地形、地質などの調査を行わなければならない。

【解 説】

換気計画に必要な調査は、上記の調査に合わせて下記の項目について、適切な時期に必要な期間行うものとする。

- (1) 交通調査：将来の交通量及び車種構成の調査
- (2) 気象調査：自然換気力の算定のための坑口間圧力差、風速、風向の調査
- (3) トンネル内現況調査：既設のトンネルにおける場合の交通量、CO濃度、煤煙濃度等の調査
- (4) トンネル外環境調査：換気により生ずる排気ガス、騒音等の影響が及ぶと思われる範囲の環境の調査
- (5) 地形・地質調査：換気所、立坑、及び斜坑等の換気用構造物の位置の選定のための調査

12.3.3 換気の対象物質及び濃度

換気的设计の対象とする有害物質は一酸化炭素及び煤煙とし、その濃度はトンネル内の交通の安全性と快適性及び保守管理作業の安全性を確保するために必要な値とする。

【解 説】

自動車の排気ガス中に含まれる生理的な影響を及ぼす有害物質には、一酸化炭素（CO）、遊離炭素（黒煙）、炭化水素（HC）、窒素酸化物（NO_x：NO：NO₂など）、硫黄酸化物等、多種類の成分があるが、一酸化炭素に対して必要とする換気量で換気を行えば、その他の有害成分は安全な濃度になる。したがって、換気の対象物質としては、人体生理学上有害とされている一酸化炭素と走行上の視距障害を起こす煤煙とを採りあげるものとする。

換気量の算定に用いる、トンネル内空気の一酸化炭素及び煤煙濃度の設計目標値は、トンネルの存在する道路の種別に応じ、安全性及び快適性を考慮して表12.3.1の値を目安とする。

表12.3.1 トンネル内の一酸化炭素および煤煙濃度の設計目標値

設計速度	一酸化炭素濃度	煤煙濃度(100m透過率)
80km/h以上	100ppm	50% 注)
60km/h以下		40% 注)

注) 照明条件、舗装の種類等によってこの値よりもさらに高くすることが必要な場合もある。

12.3.4 交通量

換気計画における交通量は道路の区分に応じ、当該トンネルの設計交通容量を用いることを原則とする。ただし、計画目標年次の設計時間交通量が上記の設計交通容量を大幅に下まわる場合には、交通容量として計画目標年次の設計時間交通量を用いることができる。

【解 説】

換気量算定の対象とする交通量は将来の交通量の伸びと道路の計画水準を考慮し、道路の区分に応じた設計交通量を用いるものとする。ただし、トンネルの場合、完成ののちに断面や線形などを変更することはほとんど不可能であるので、換気設計は、この点を考慮して単に計画目標年次の計画交通量を基にした設計時間交通量のみでなく、そのトンネルの通常の姿での利用限界である設計交通容量に対応できるよう考慮することが必要である。

ただし、道路の計画目標年次の計画交通量が著しく低い場合には、トンネルの構造から決まる設計交通容量をそのまま用いることは必ずしも計画妥当ではないので、このような場合には、上述の設計交通容量の変わりに、計画目標年次の計画交通量から定まる設計時間交通量を用いてよい。

12.3.5 機械換気の必要性の検討

機械換気の必要性は、トンネル延長、勾配、交通量、車種構成、気象条件等を考慮し検討するものとする。

【解 説】

換気設備を設けないトンネルの限界延長は、トンネルの交通形態、交通量の車種構成、縦断勾配、標高等の要因によって異なり一概に規定しがたい。したがって、個々に交通量、車種構成、走行速度等によって算定される交通換気力と気象条件、地形条件等によって算定される自然換気力とを勘案して、所要換気量との比較を行い、機械換気設備の必要性を検討する。

当局では、次の各号のうち(1)、(2)の条件を満たし、かつ(3)、(4)の条件のうちいずれか(あるいは両者)を満たす場合、換気設備を設置することを原則とするが、設置の設計計画にあたっては交通量の増大によって設備を段階的に増設出来るよう配慮すること。

なお、設置にあたっては本局と協議するものとする(道路計画課、道路維持課)。

- (1) 2車線トンネルにおいて、延長がおおむね500m以上あること。
- (2) トンネル延長と交通量の間に、おおむね次の関係が成り立つこと。

① 対面通行トンネル $L \cdot N > 1,000$

② 一方通行トンネル $L \cdot N > 3,000$

ここで、 L : トンネル延長 (km)
N : 時間交通量 (台/時)

交通量は、当該トンネルの設計交通容量を用いることを原則とする。ただし、計画目標年次の推定交通量が上記の設計交通容量を大幅に下まわる場合には、交通容量として計画目標年次の推定交通量を用いることができる。

- (3) 許容CO濃度
許容CO濃度 $\leq 100\text{ppm}$
- (4) 許容煤煙濃度

表12.3.2 許容煤煙濃度

設計速度	80km/h以上	60km/h以上
許容透過率 r	50%	40%

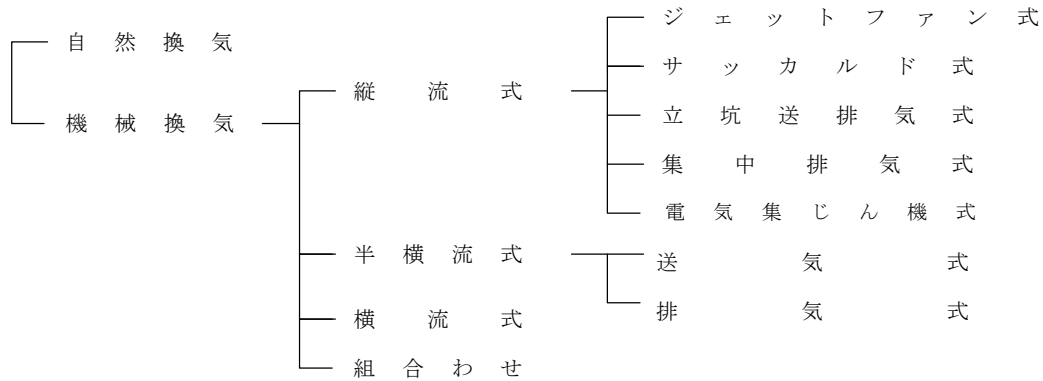
注) r は100mあたりの透過率

12.3.6 換気方式の選定

換気方式はその特徴を十分生かし、トンネルの種類と延長、地形、地質、交通条件、気象条件および環境条件等に応じ、最も有効かつ経済的な方式を選定するものとする

【解 説】

換気方式の種類は、車道における空気の流れから一般に次のとおり大別できる。



換気方式の選定は、トンネルの延長、概略換気量、周辺環境条件などの基本的な条件を元に換気方式を選定する必要がある。

この際、交通条件、地形・地物・地質、歩道の有無、車道内風速、周辺環境への影響、火災時の換気機の運用、維持管理、経済性、段階建設、その他の条件について留意した上で総合的な検討を行い、最も適切な方式を決定することが必要である。

12.3.7 換気量

所要換気量は、12.3.3「換気の対象物質および濃度」に示す値を確保するよう算定するものとする。

【解 説】

所要換気量は、一酸化炭素および煤煙の設計目標値を満足するよう算定した各単位換気量($\text{m}^3/\text{h}(\text{s}\cdot\text{km}\cdot\text{台})$)をもとに、トンネルの延長、勾配、ならびに標高に対する補正を行い、一酸化炭素および煤煙に対する、両者の換気量を比較して大きい方を採用するものとする。

12.3.8 換気計算

換気計算は、対象とする換気系において所定の換気量を満足するような所要風圧の算定を行うものであり、検討及び設計の各段階に応じて必要かつ十分な精度で行わなければならない。

【解説】

算定した所要換気量をもとに、換気方式の選定及びそれに伴うトンネルダクト、連絡ダクト等の換気系、換気機仕様等の検討を行う。換気計算は検討の各段階に応じて必要かつ十分な精度で行うものとする。

12.3.9 換気機(送排風機)

換気機は使用上の条件に合致し、経済的かつ合理的となるよう設計しなければならない。

【解説】

換気に用いる換気機(送排風機)には、遠心式と軸流式があるが、大風量、低風圧となるトンネル換気用としては、通常軸流式が適している。換気機の使用は所要換気量及び所要風圧によって決定されるが、その他に据付場所等の制約から、換気量の大きさや重量等の制限があり、また、風量調整の方法等による使用条件によっても多少異なった設計を行うことがある。換気機の所要台数は、並列運転時のサージング運転防止、及び換気機の故障時の危険分散等を考慮して決定するが、一般には1換気系に対して、3台程度の並列運動を行うのが望ましい。

また、換気機用の動力としては電動機を原則とする。

12.3.10 換気機の取付方法

換気機は覆工コンクリートの劣化等により、不安定化しないよう確実に取り付けなければならない。

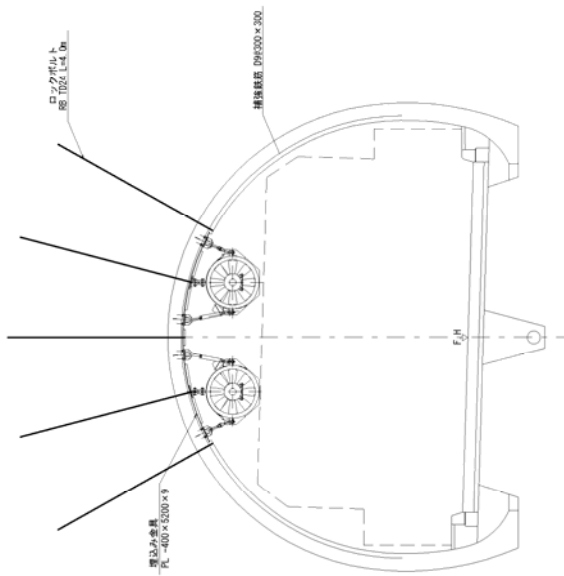
【解説】

一般に換気機にはジェットファンが選定されているが、その固定方法は覆工コンクリートにアンカーを打ち込んでいる場合が多い。しかし、アンカーの引き抜き強度が満足していても、将来的には覆工の劣化等によりジェットファン自体が不安定化し、第三者被害に繋がる可能性が懸念されることから、地山条件や施工条件等を十分考慮して適切な取り付け方法を選定する必要がある。

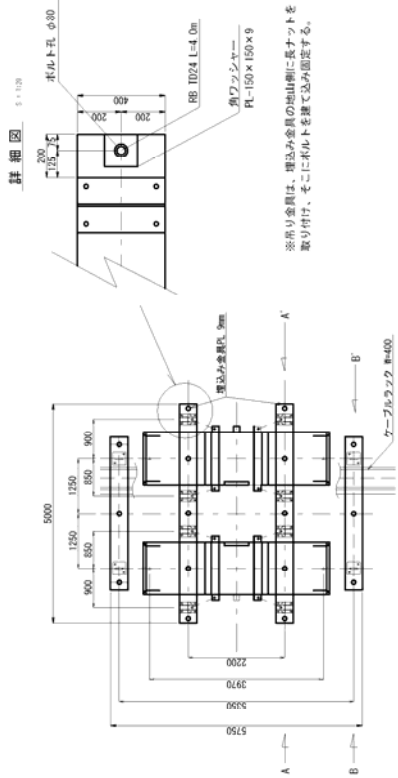
なお、基本的に覆工コンクリートの補強は不要とするが、現場条件により別途考慮するものとする。次頁には参考資料として、地山にロックボルトを打ち込んだケースの資料図および計算書を添付する。

ジェットフアン取付部補強図

ロックボルト配置図(A-A') S = 1:100

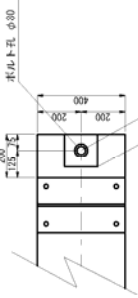


埋込み金具配置図 S = 1:100

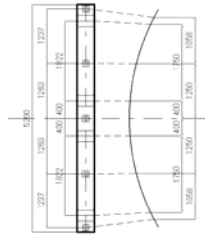


※吊り金具は、埋込み金具の取付面に長ナットを取り付け、そこにボルトを挿して締め固定する。

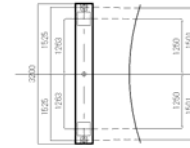
詳細図 S = 1:30



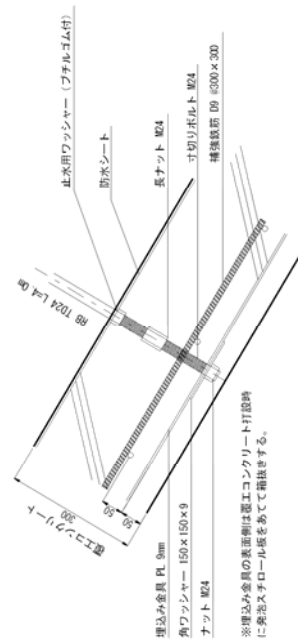
埋込み金具(A-A')



埋込み金具(B-B')



埋込み金具設置詳細図 S = 1:100



吊り金具詳細図

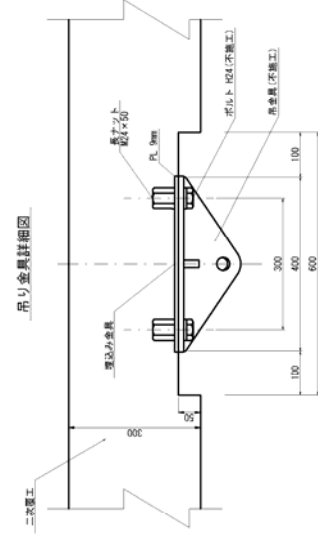
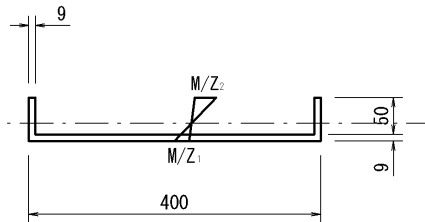


図12.3.1 ジェットフアン取付部補強図 (参考図)

【 設計計算例 】

1. 部材諸元

埋込み金具形状寸法



断面積	A (m ²)	0.0045
断面二次モーメント	I (m ⁴)	0.838 × 10 ⁻⁶
断面係数	Z ₁ (m ³)	0.806 × 10 ⁻⁴
	Z ₂ (m ³)	0.172 × 10 ⁻⁴

2. 荷重条件

質量 M(kg) のジェットファンに静荷重の 20% が動荷重として加わるものと想定し、4 本のターンバックルで支持した場合、垂直荷重の釣合いより垂直成分張力 T_z(N) は、次のとおり求められる。

$$\begin{aligned}
 T_z &= (1+0.2) \times M \times 9.8 / 4 \\
 &= 1.2 \times 1,300 \times 9.8 / 4 \\
 &= 3,822 \text{ (N)}
 \end{aligned}$$

(ジェットファン JF-1000 の重量 1,300kg)

また、張力 T はターンバックルと同一線上に作用するため、張力の成分比は長さの成分比と等しくなり次式より求められる。

$$T = T_z / \cos \alpha \text{ (N)}$$

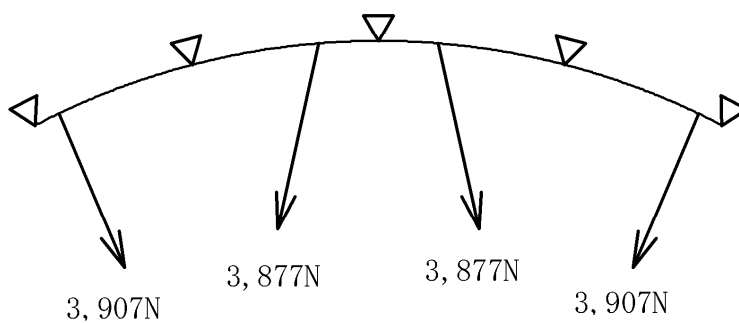
計算より求めたターンバックルの張力を埋込み金具への載荷重として下表に示す。

吊り金具	ターンバックル張力 : T (kN)
L	3.877
R	3.907

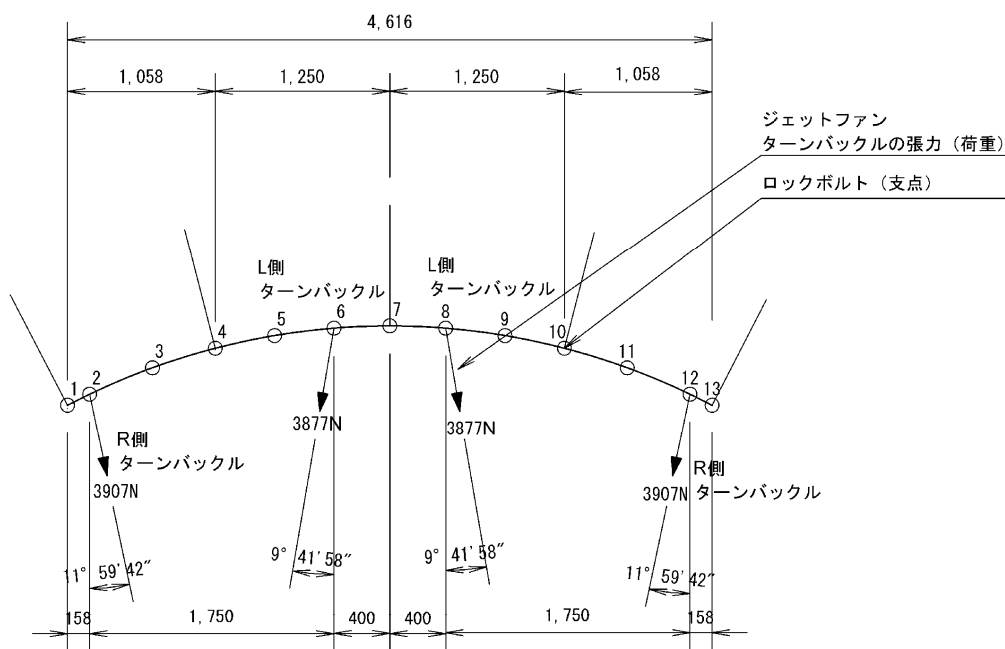
3. 検討モデル

ロックボルトを単純支持点とした以下のモデルにより、埋込み金具とロックボルトに発生する断面力を算定する。

検討モデル



取付概要図



※数字は格点番号を示す。

4. 検討結果

(1) 埋込み金具 (SS400)

① 最大断面力 (フレーム計算結果より)

	曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)
下側引張	0.415	7.508
上側引張	-0.507	7.602

② 実応力度の照査

$$\sigma_s = N/A \pm M/Z \leq 140\text{N/mm}^2$$

		実応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)
下側引張	Z ₂ (上端)	25.80	140.00
	Z ₁ (下端)	-3.48	
上側引張	Z ₂ (上端)	-27.79	
	Z ₁ (下端)	7.98	

実応力度に対して許容応力度は5倍以上の余裕を有している。

(2) ロックボルト

① ロックボルト軸力 (支点反力 (フレーム計算結果より))

部位	水平反力 H(kN)	鉛直反力 V(kN)	角度 α (°)	作用軸力 T(KN)
中央	0.0	3.702	0	3.702
端部	6.472	5.865	27.5	2.214

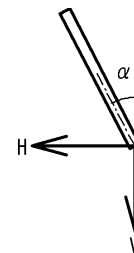
$$\text{※}T = V\cos\alpha - H\sin\alpha$$

② ロックボルト (TD24) 許容軸力

降伏荷重 $T_y = 179.3\text{kN}$

③ ロックボルトの引き抜き耐荷力

ロックボルトに作用する最大引き抜き力は $T = 3.7\text{kN}$



④ 安全係数

強度計算を行うにあたり、安全係数は以下の値を満足することを基準とする。

安全係数：15倍以上 (道路トンネル技術基準 (換気編)・同解説 P.130 参照)

$$\text{安全係数 } 179.3\text{kN} / 3.70\text{kN} = 48.5 \text{ 倍} > 15 \text{ 倍} \quad \text{OK}$$

12.4 内装工

- (1) 図12.4.1に示すトンネルの内装等級区ⅠおよびⅡのトンネルでは、内装工設置の必要性の検討を行うものとする。
- (2) トンネル内装はその目的を十分考慮し、耐久性、耐食性、耐火性、施工性および維持管理の難易を勘案して設計するものとする。また、使用する材料は、耐久性を重視したものとする。
- (3) 坑口付近の道路騒音を低減する必要のあるトンネルには、吸音内装を設置することができる。

【解 説】

トンネル内は、良好な視環境の確保による走行条件の向上等を目的としてトンネル壁面に内装を設けることがある。

特に、高速道路のトンネルでは、走行する車両の速度が高いことから、運転者にとって良好な視環境の保持は極めて重要なことである。内装は、限られた空間（断面）における視環境を高めることを第一義として計画されなければならない。

設計にあたっては、「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説」（日本道路協会）第3編7-1の当該項を参照のうえ進めるものとする。

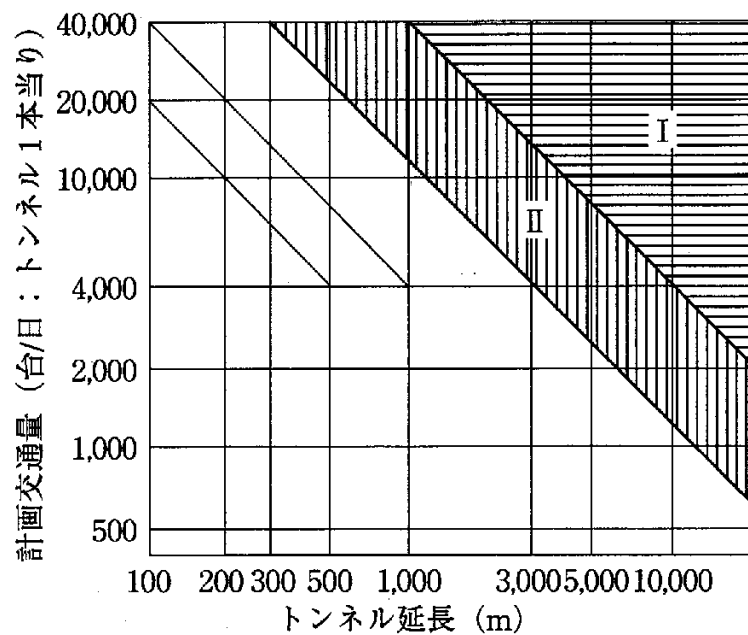


図12.4.1 内装工の適用範囲と内装等級

12.5 非常駐車帯

- (1) トンネル内には、必要に応じて適当な間隔で走行車線側に非常駐車帯を設置するものとする。
- (2) 段階建設を行うトンネルでは、将来の追越車線側にも非常駐車帯を設置するものとする。

【解説】

トンネル内は、左側路肩が狭いうえ、全周が覆工で閉鎖された空間である。従って、事故及び故障車の発生が円滑な交通を乱し、事故を誘発する恐れや火災発生に伴う車両転換、退避等が円滑になされないうこと等を考慮し、以下のように非常駐車帯を設けることとした。

非常駐車帯は構造上やや不利な形状となる場合が多いため、駐車帯の間隔のバランスが若干悪くなくても、非常駐車帯はできるだけ地山条件の良好な箇所に選定すべきである。

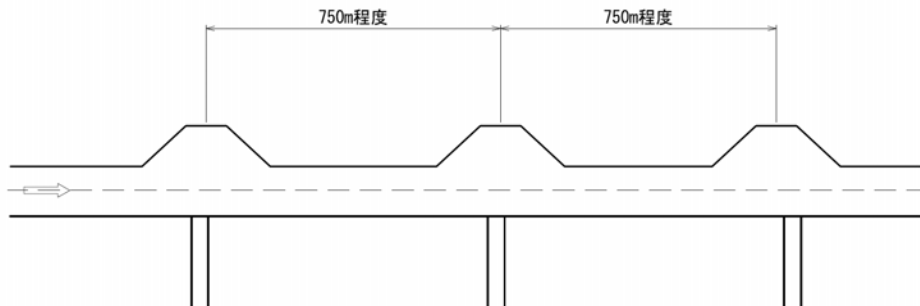
高規格道路における非常駐車帯は、延長750m程度以上のトンネルに設置するものとし、一方向交通トンネルの場合は、750m程度の設置間隔で設ける必要がある。避難連絡坑を設ける場合は、非常駐車帯と対で設置される。暫定対面交通の場合は、将来の追越し車線側についても同等なレベルの配置が望ましく、通常非常駐車帯との相互の端部距離を50m程度の距離を確保する。

これに対して、一般国道の非常駐車帯は、道路構造令や過去の設置事例に従い片側車線につき1500m程度の間隔に設けるものとする。

1) 設置間隔

① 高規格道路

i) 一方交通の場合



ii) 暫定的対面交通の場合

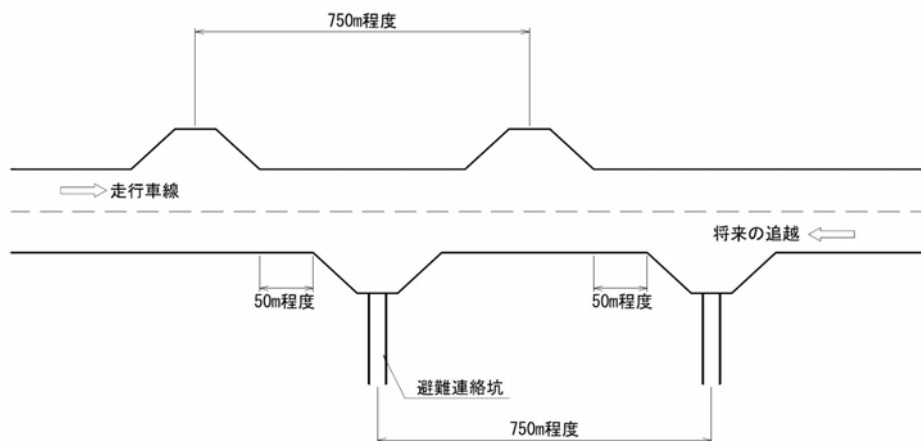
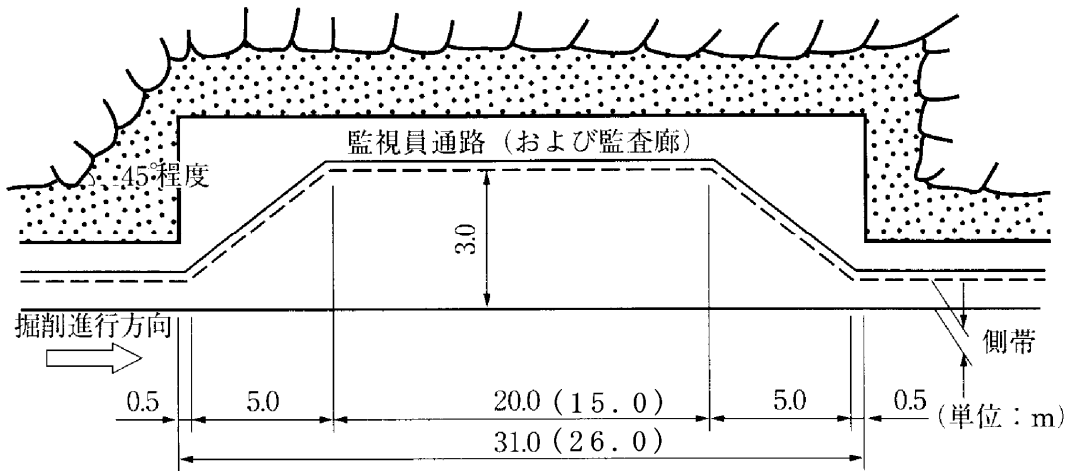


図-12.5.1 非常駐車帯の設置間隔

2) 構造概要



- 注1) 図中の寸法は高規格道路及び、一般国道の3種1級を示す。
また、()内は、3種2、3、4級のものである。
- 注2) すり付け部の取付角度は45°程度とする。
- 注3) 棲壁部のロックボルトは設けるものとする。

図12.5.2 非常駐車帯の構造概要

- 3) 設置位置
非常駐車帯の設置位置については、地質状況等を十分考慮し、適宜判断のうえ決定すること。
- 4) すり付け部及び棲壁部の補強
ロックボルト長、延長、周方向ピッチは非常駐車帯支保パターンと同様にする。
棲壁は、吹き付けコンクリートとロックボルトにより補強するものとする。

12.6 銘板、標示板および巻厚の標示

銘板は美観・その他を考慮し、トンネル両坑口付近に取り付けるものとする。
標示板および巻厚の標示は「仕様書」による。