第10章 トンネル

10-1 適 用

- 1. 本章はNATMにより施工する内空幅16m程度までの道路トンネルの設計・施工に適用する。
- 2. 本要領に定めのない事項については、表 10.1の関係図書によるものとする。

表 10. 1 関係図書

関 係 図 書	発行年月	発 行
道路トンネル技術基準(構造編)・同解説	H15.11	(公社)日本道路協会
道路トンネル技術基準(換気編)・同解説	H20.10	(公社)日本道路協会
舗装の構造に関する技術基準・同解説	H13. 9	(公社)日本道路協会
舗 装 設 計 施 工 指 針	H18. 2	(公社)日本道路協会
道路トンネル観察・計測指針	H21. 2	(公社)日本道路協会
道路トンネル維持管理便覧(本体工編)	R 2.8	(公社)日本道路協会
道路トンネル維持管理便覧(付属施設編)	H28.11	(公社)日本道路協会
道路トンネル非常用施設設置基準・同解説	R 1.9	(公社)日本道路協会
道路照明施設設置基準・同解説	H19.10	(公社)日本道路協会
トンネル標準示方書(山岳工法編)	H28. 8	(公社)土木学会
道路トンネル安全施工技術指針	H8.10	(公社)日本道路協会
トンネル標準示方書(シールド工法編)	H28. 8	(公社)土木学会
トンネル標準示方書(開削工法編)	H28. 8	(公社)土木学会
ずい道等建設工事における換気技術指針 《 設 計 及 び 粉 じ ん 等 の 測 定 》	R 3.3	建設業労働災害防止協会
電気通信施設設計要領・同解説(電気編)	H29. 9	(一社)建設電気技術協会
電気通信施設設計要領・同解説(通信編)	H29.11	(一社)建設電気技術協会

(注) 使用にあたっては、最新版を使用するものとする。

10-2 基本計画

10-2-1 調 査

安全かつ合理的なトンネルの計画、設計、施工および維持管理を行うための基礎資料として必要な地形、地質、環境等に関する調査を実施しなければならない。

トンネルの建設段階とそれぞれの調査内容を表 10.2 に示す。地質調査の内容に関しては第 16 章地質調査の手引き(案)を参照し、各設計段階で必要な情報が不足しないよう調査計画を立案しなければならない。

予備設計や実施設計段階においてトンネル設計施工上重大な問題点が判明したとしても、道路の位置を変更することはすでに困難であるため、路線計画の段階において、トンネルが計画される範囲について地形地質、環境(騒音、振動、大気汚染、水質汚濁、生態系等)に関して重大な問題がないか十分に調査しなければならない。特に大規模な地すべり、急崖を形成する岩盤斜面直下に坑口を設けると、施工時に地すべりや岩盤崩壊を誘発する可能性が有るとともに、将来の安全管理、維持に問題を生じる可能性がある。資料調査だけでなく地表地質踏査などの現地における調査により問題の有無を確認することが重要であり、とくに坑口予定地ではその重要性は高い。

調査の結果は計画、設計に十分反映しなければならない。

表 10.2 トンネル建設の段階と必要な調査

区分	時間	作業内容	区分	目的	内 容	範 囲	着眼点
構想・計画段階	比較路線の検討から トンネル位置の決定 まで	路線の線形、トンネルの位置、延長、概略の構造、施工法費を加工法費を加工法費がよびこれらの比較検討を行う	路線選定のための調査	地形・などの条件に定と 環境合性に適と 会性に適と 会した路構造、面などの 機略の施設工 法、検討すおよめたかの 技術を があるため が次の基礎 での調査 での調査 での調査 での に の の 選近 に を と の を と と を と を と と と を と と と と と と と	既往資料の収集検 討、1/50,000~ 1/2,000地形図の作 成、地形・地質、環 境調査、その他一般 に概略的な調査		トンネルの建設上大きな大変に変した。 おいれいの はいれい かい
設計段階	トンネル位置の決定 後、工事着工まで	トンネルの詳細な構造、施工法、施設計画、施工法、施設計画、環境 極工計画、環境 保全対策および建設 費を定める	設計・施工計画のため	地形・地質、その他 環境などの条件に適 合した実施設計・値 工計画の作成および 積算などに必要な基 礎資料を得ること	1/1,000~1/500地形 図の作成、地形・地 質、環境調査・その 他精密な地間で調査を 具体的な周辺対策を 考慮した調査および 工事関係諸施設など のための調査など	トンネル建設関連箇 所およびそれらの周 辺地	地形・全般的な は との
施工段階	施工中	施工を実施するとと もに、支保構造等の 現設計、施工法、環 境保全対策などの妥 当性および設計変更 の必要性を検討する	施工中の調査	施工中に生ずる問題 点の予測および確 認、施工管理、補償 のための資料を得る こと	地質調査、環境調査、測量、計測など 地質調査は坑内 における調査が 主、トンネル周 辺の環境る影響 および対策の効 果判定が主		切羽の自立性、湧水 の状況、当初設計条 件と異なる世界など の状況、トンネルの 内空変位や地表変位 の状況、工事中の環 境保全
施工終了後	施工後	トンネル坑内の点 検、トンネル周辺の 環境調査	施工後の調査	施工中、施工後に生 じた問題点の確認、 補償あるいは変状の 対策、維持管理のた めの資料を得ること	計測、点検、トンネ ル周辺の環境調査、 その他	工により影響を受け る恐れがある範囲	路面、覆工のひび割れ、トンネル内から ・シネル内から の湧水および排水状 沢、大気汚染、騒 音、周辺河川流量、 井戸水位

(道路トンネル技術基準(構造編)表-2.2.1参照)

10-2-2 トンネルの位置の選定

予定路線に関する調査結果に基づき、トンネル位置に関して十分な検討を行わなければならない。

トンネルは道路の線形をコントロールする重要な構造物であるから、トンネルの位置は道路設計の早い段階から 検討を始めなければならない。トンネルの位置選定にあたっては、調査結果に基づき下記の事項について十分検討 を行わなければならない。とくに坑口位置の選定にあたっては十分な調査結果をもとに慎重に検討を行うことが重 要である。

1) 地形・地質条件 2) 気象条件 3) 沿道環境 4) 災害の危険性 5) 既存施設に対する影響

10-2-3 線 形

(1) 平面線形

トンネルの平面線形は、原則として直線あるいは大半径の曲線とする。

(道路トンネル技術基準(構造編) 2. 2-1参照)

トンネルの平面線形は、走行の安全性、施工性、経済性等を勘案し、**表 10.3** に示す値以上とすることが望ましい。 小さい曲線を設けると、視距確保のための拡幅や片勾配の影響によりトンネル断面が大きくなることがある。また、 坑口部では無理なハンドル操作とならないよう、前後の取付部も含めた検討が必要である。

表 10.3 トンネル断面の視距拡幅が不要な最小曲線半径

設計速度	視 距	車線の幅員	路肩の幅員	最小半径	備考
(km/h)	(m)	(m)	(m)	(m)	
80	110	3. 5	0.50	670	3種1級
60	75	3. 25	0.50	330	3種2級
50	55	3. 0	0.50	190	3種3級
40	40	2. 75	0.50	160	3種4級

(注) この表では視線が建築限界内に入ることとして計算してある。設計速度 40km/hの最小半径は曲線部の拡幅量を考慮した。建築限界から覆工までの空間に視界を遮るものがなければさらに小半径でよい場合もある。しかし、路面凍結のおそれがある場合は制動距離が長くなり必要な視距も長くなるので、坑口付近などでは別途算出し安全を確認すること。

(2) 縦断線形

トンネルの縦断線形は、排水を妨げないように最小 0.3%以上とし、また換気上の問題などから、4%程度 以下とすることが望ましい。ただし、延長が短い等特殊な場合はこの限りではない。

トンネルの縦断勾配は、施工中および完成後の排水および換気を考慮して決定する必要がある。施工中の排水が確保されれば施工上の問題はなく、0.3%以上確保されればよい。一方、「道路トンネル技術基準(換気編)」によると、4%を超えると排気ガスの増加傾向が急になるため、換気設備を要するトンネルでは特別な場合でも4%程度以内とするのがよい。

両坑口から掘進するトンネルの場合は、凸型の拝み勾配とするのが望ましい。また、トンネル内で加速が生じないよう、トンネル前後の取付部の縦断線形との組み合わせに配慮しなければならない。

(3) 近接施工

- 1. 双設トンネルの中心間隔は掘削幅の3倍または30m以上を標準とする。
- 2. 他の構造物等と近接する場合は、相互の影響について十分検討しなければならない。
- 1) トンネルを2本以上近接して掘削する場合や既設構造物と近接施工となる場合には、断面形状、施工方法等を考慮の上、適切な間隔を取る必要がある。道路トンネルでは、一般にトンネル中心間隔を掘削幅の3倍かつ30m程度取れば、近接施工との影響を無視できる範囲とされている。しかし、地質状況がとくに悪い場合や大断面トンネルの場合などでは十分な検討が必要である。また、地形条件、線形条件により十分な間隔を確保できない場合は別途検討する。

管理機関によってはトンネルからの離隔に関して独自の基準を設けている場合があるので、既存のトンネルに 近接して新たなトンネルを計画する場合には管理者との協議により確認することが必要となる。

2) 他の構造物と近接する場合は、施工方法、施工の順序、地質条件および位置関係を考慮し、影響の有無を検討の上、必要な対策を講じなければならない。

(4) トンネルに接続する道路の線形等

- 1.トンネルに接続する道路の線形は安全な走行を確保するとともに、トンネルの特性を考慮した平面および縦 断線形としなければならない。進入側にあっては十分な距離からトンネル坑口を識別できるよう、またトンネ ルから出る側にあっては余裕をもって接続する道路の線形、路面の状態に対応できるよう配慮する。
- 2. トンネル部と明かり部で路肩幅員が異なる場合は、設計速度に応じたテーパー長で摺り付けを行うものとする。

(道路トンネル技術基準(構造編) 2. 2-4参照)

1) トンネル内部と一般部では路面状態や明るさなど、走行環境が著しく異なるため、運転者に急激なハンドル操作、ブレーキ操作を強いる道路線形では事故を誘発する。トンネル接続部道路の平面線形の計画にあたっては、できるだけ早くトンネルの存在を知り、十分な距離からトンネル坑口を視認できる線形とするとともに、トンネル区間の線形とのバランス、連続性に配慮しなければならない。

縦断線形の計画にあたっては、平面線形との組み合わせにも十分配慮して視認性を高める工夫が望まれる。また、走行速度の変化、トンネルの換気設備規模への影響を考慮しながら、トンネル区間も含めて検討を行うことが必要である。

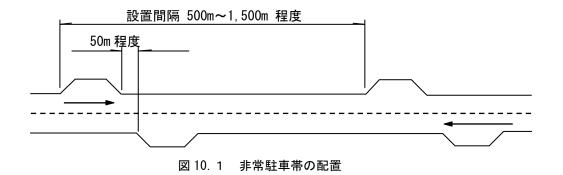
- 2) トンネル区間に交差点の付加車線摺り付け区間が及ばないよう、相互の位置関係を検討しなければならない。
- 3) 自動車がトンネルに出入りする際になめらかに走行できるよう、走行速度に応じたテーパーを設け、この区間で路肩幅員を摺りつける。テーパーの標準値を**表 10.4**に示す。摺り付けは、道路の構造に応じて、縁石、ガードレール、マーキングで行うものとし、擁壁などの構造物による摺り付けを行わない。

	テー	パー
設計速度 km/h	地方部標準値 (1、3種の道 路)	都市部標準値 (2、4種の道 路)
80	1/50	1/40
60	1/40	1/30
50	1/30	1/25
40	1/25	1/20

表 10.4 テーパーの標準値

10-2-4 非常用施設

- 1. 延長 1,500m以上のトンネルには、非常駐車帯を設置することを基準とする。
- 2. トンネルには、自動車火災等の非常時の安全を確保するため、非常用施設を設けなければならない。 非常用施設の計画にあたっては、道路トンネル非常用施設設置基準・同解説((公社)日本道路協会)による。
- 1) 延長 1,500m以上のトンネルには非常駐車帯を設置するものとし、設置間隔は 500m~1,500m程度とする(図 10.1 参照)。4 車線道路の2 車線一方通行トンネルでは走行車線側に設けるものとする。非常駐車帯は地山条件の良好な位置に設定するものとし、相互に50m程度離して配置する。



2) トンネルの非常用施設設置のための等級は、その延長および交通量に応じて**図 10.2**に示すように区分することを標準とする。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っては、必要に応じて一階級上位の等級としてよい。

また、交通量が 40,000 台/日以上のトンネルにおいては、交通状況、トンネル周辺の状況等を考慮し、個別に 等級を定める。

非常用施設の設置は表10.5によるものとする。

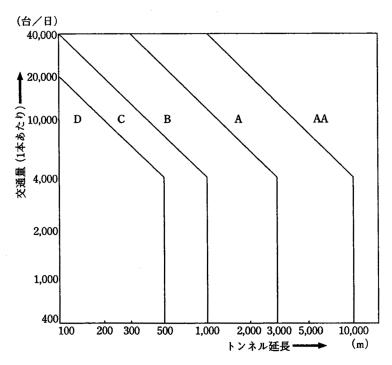


図 10.2 トンネルの等級区分 (道路トンネル非常用施設設置基準)

表 10.5 トンネルの等級別の非常用施設

非常用施設	等級	ΑA	A	В	С	D	備考
	通話型通報設備	0	0	0	0		
通報設備	操作型通報設備	0	0	0	0		
	自動通報設備	0	\triangle				
警報設備	非常警報設備	0	0	0	0		
消火設備	消火器	0	0	0			
何久政/岬	消火栓設備	0	0				
	誘導表示設備	0	0	0			
避難誘導設備	避難情報提供設備	0	Δ				注2)参照
近宋E105 号 IX III	避難通路	0	Δ				
	排煙設備	0	Δ				
	給水栓設備	0	\triangle				
その他の設備	無線通信補助設備	0	\triangle				
	水噴霧設備	0	Δ				
	監視設備	0	Δ				

- 注1)上表中○印は「設置する」、△印は「必要に応じて設置する」ことを示す。詳細は「道路トンネル非常用施 設設置基準・同解説」による。
- 注2) 避難情報提供設備として、ラジオ(AM, FM) 再放送設備を整備する場合は、割込み機能を有するものとする。 詳細は「電気通信施設設計要領・同解説 (通信編)」による。
- 3) 避難通路の設置等は「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説」によるものとし、避難坑および避難連絡坑の断面は図10.3 を標準とする。

避難坑および避難連絡坑の覆エコンクリートは、設計段階では省略することを基本とするが、施工時の変位状 況等で必要になる場合を考慮し、覆工を考慮した断面を確保するものとする。

支保構造は、「道路トンネル技術基準 (構造編)・同解説 第 3 編 4-7 標準的な支保構造の組み合わせ」を参考に設計するものとする。

なお、段階建設を行うトンネルで避難連絡坑を設ける場合は、一期線トンネル施工時に将来の設置位置に 10m 程度先行施工する計画とする。

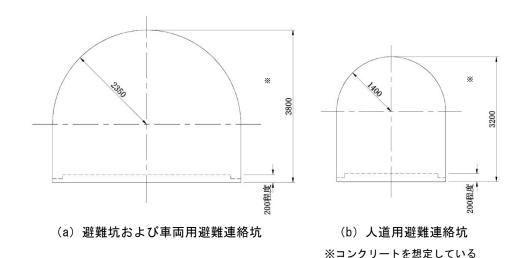


図 10.3 避難坑および避難連絡坑の内空断面

10-2-5 断面設計

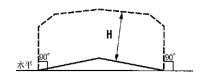
(1) 建築限界と余裕量

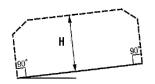
1. 車道および歩道の建築限界は図10.4のとおりとする。 2. トンネル内空断面は建築限界とは別に、以下の余裕を見込むものとする。 ※1:舗装、覆工等の補修等の余裕量20cm(路肩部5cm) ※2:覆工の施工誤差の許容範囲の余裕量5cm **×2 %**1 [₹] 0.05m ×10 Н ĕ 監査歩廊 車道+路肩 歩道 (監査歩廊兼用) H: 重要物流道路 H=4.8m、その他道路 H=4.5m ※1:舗装、覆工等の補修等の余裕量 ※2:覆工の施工誤差の許容範囲 図 10.4 建築限界と余裕量

1) トンネル車道部の建築限界高さは、重要物流道路は 4.8m (路肩部 4.1m)、その他の道路は、4.5m (路肩部 3.8m) とし、舗装や覆工等の補修等の余裕を考慮し、20cm (路肩部 5 cm) 余裕量を見込むものとする。

指定路線における I S O コンテナ等特殊車両の通行を考慮する場合、非常駐車帯を除き、縁石前面で鉛直に 4.1 m、片勾配区間は路面に垂直に 4.1 mとし、舗装や補修等の余裕を考慮し、 5 cm の余裕量を見込むものとする。 建築限界の上限線は路面と平行にとるものとする。また、両側線は図 10.5 に示すとおり、標準の横断勾配を有する区間では鉛直、片勾配を有する区間では路面に直角にとるものとする。ただし、標準の横断勾配以下の勾配となる区間については鉛直にとるものとする。

配を有する区間では鉛直、片勾配を有する区間では路面に直角にとるものとする。ただし、標準の横断勾配以下の勾配となる区間については鉛直にとるものとする。





H:重要物流道路 H=4.8m その他の道路 H=4.5m

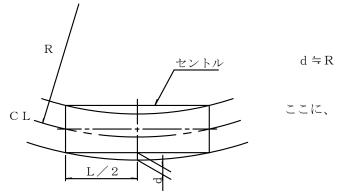
(a)標準の横断勾配を有する場合

(b) 片勾配を有する場合

図 10.5 建築限界線のとり方

(道路トンネル技術基準(構造編)図-3.3.1参照)

- 2) トンネル内空断面は建築限界とは別に、覆工の施工誤差の許容範囲を見込んで断面を決定するものとし、車道部・歩道部の建築限界に5cmの余裕量を確保する。また、監査歩廊の余裕量は0cmとする。
- 3) 平面曲線区間において覆エコンクリートを打設する際のセントル移程量を施工余裕に加えるものとする。ただし、移程量が余裕量に比べて小さい場合は施工余裕内に納めることができるものとする(図10.6参照)。
- 4) 歩道、監視員通路(監査歩廊)の建築限界と車道の建築限界が相互に干渉しないものとする。



 $d = R - \sqrt{R^2 - (L/2)^2}$

ここに、d;平面曲線に起因する余裕 (m)

R;平面曲線半径(m)

L;セントル長 (m)

図 10.6 曲線区間の施工余裕

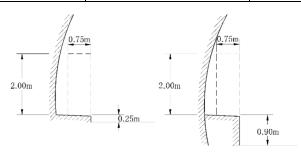
(2) 監査歩廊、監視員通路

監査歩廊および監視員通路は、トンネル内において維持管理に従事する作業員の安全を確保することを目的とし、トンネルの延長、交通量、交通形態等を総合的に判断して設置するものとする。

- 1) 監査歩廊および監視員通路の設置位置は、一方通行の場合は片側(原則として走行車線側)、対面通行の場合は両側に設けることが望ましい。
- 2) 歩道・自転車歩行者道が設置される場合は、監査歩廊を兼ねるものとする。
- 3) 監査歩廊を標準とするが、以下の場合は必要に応じて監視員通路とする。
 - ①非常用施設のトンネル等級 AA およびAのトンネル。
 - ②トンネル連続区間で、非常用施設のトンネル等級Bのトンネル
 - ③監視員通路を有する2つのトンネルの中間あるいは監視員通路を有するトンネルの端末に近接するトンネルで、明かり区間が短く同通路の設置により日常の維持管理が効率的に実施できると考えられるトンネル。
- 4) 監査歩廊・監視員通路の幅員及びマウントアップ高さは表 10.6 および図 10.7 を標準とし、非常用設備の維持管理頻度・維持管理方法、維持管理時の点検者の安全、トンネル設備用配管等の収納スペース等を考慮し、設定するものとする。なお、横断勾配は 1.0%を標準とする。

表 10.6 監査歩廊・監視員通路の幅員及びマウントアップ高さ(標準)(単位:m)

種 別	幅 員	マウントアップ高さ
監査歩廊	0.75	0. 25
監視員通路	0.75	0. 90



(a) 監査歩廊

(b) 監視員通路

図 10.7 監査歩廊・監視員通路の幅員及びマウントアップ高さ

(3) 断面

- 1. 内空断面は、建築限界および照明・換気・非常用・管理施設・内装等の設置スペースを包含するよう決定しなければならない。
- 2. トンネル断面は、地形・地質等を検討して設計しなければならない。
- 3. 断面区分は「道路トンネル技術基準(構造編)」に準じるものとする。また、断面区分は、表 10.7 によるものとする。
- 1) 換気設備が必要なトンネルにおいては、換気設備の配置方法が内空断面に影響をおよぼすため、換気の検討を行ったうえで断面を検討する。ジェットファンを設置する場合はオーバーレイの余裕を見込んだ建築限界上限線の上部の空間に収めること。照明用灯具は建築限界の上限線より上に生じる余裕スペースに取り付けるものとし、灯具設置のための余裕を見込むことはしない。

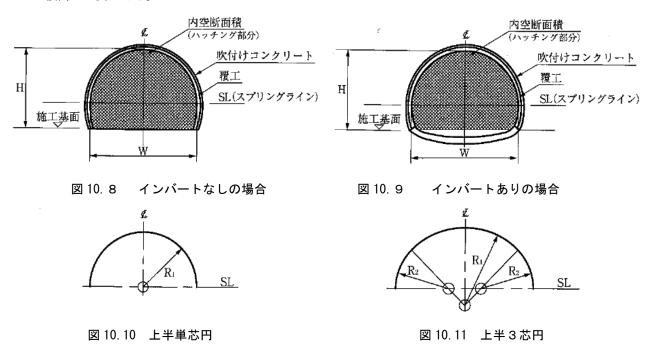
「道路トンネル非常用施設設置基準」のAランク以上のトンネルでは、内装工の設置を検討するものとするがトンネル設計段階では考慮しないことを基本とする。なお、内装工を設置する場合は、建築限界に影響を及ぼさない範囲に施工することを標準とし、内装のための余裕は見込まないものとする。内装工の設置高さは車道路面より 2.5mとする。

区分 通常断面 大断面 小断面 項目 内空幅(m) 8.5~12.5程度 12.5~14.0程度 14.0~ 3.0~5.0程度 一般的に 一般的に 一般的に 一般的に 内空形状 上半単心円 上半単心円断面 上半三心円断面 上半三心円断面 側壁部鉛直断面 内空縦横比 概ね0.6以上 概ね0.57以上 概ね0.57以上 概ね0.8以上 内空断面積(m²) 40~80程度 80~100程度 100~120程度 8~16程度 (参考値)

表 10.7 断面区分

- 注1)内空幅とは、スプリングライン上での内空幅をいう。(図 10.8,図 10.9 に示すWをさす。)
- 注2) 内空縦横比 (H/W) は図10.8,図10.9に示す内空高さ(H)と内空幅(W)の比で表示した。

- 注3) 内空形状は上半 (スプリングラインより上) を形成する円弧の数で図 10.10, 図 10.11 に示すように上半単心円 (三心円) と上半三心円 (五心円) とした。
- 注4) 内空断面積は断面形成(内空縦横比など)の影響を受けやすいため、この影響を受けない内空幅により断面を区別する。参考値として各断面のおおよその内空断面積を表に示した。なおここでいう内空断面積とは、図10.8,図10.9に示すようにインバート(盤下げ)を含まない覆工内側の内空断面積をいい、換気計算に用いる車道内空(舗装面の上部)とは異なる。
- 注5) 大断面における非常駐車帯の内空断面の設定にあたっては、側壁部の形状を共有する形で拡大すると、極度に扁平になることも考えられるため、一般部の内空形状を相似拡大する案も含め、地山条件などに応じた検討が必要である。



- 2) 覆エコンクリートの足付位置は、両勾配、片勾配にかかわらず、車道の最小路盤厚が確保できる最下端の位置 とし、片勾配により左右異なる場合は低い方に合わせる。なお、スプリングライン(SL)から足付位置までの高さは 10cm 単位に切捨て丸めるものとする。この高さはトンネル全区間に対し一定とすることが多い(図 10.12 参照)。
- 3) トンネル内空断面の検討においては、上半半径および道路計画高からスプリングラインまでの高さを 5 cm 単位、道路中心とトンネル中心とのシフト量を 1 mm 単位とする。

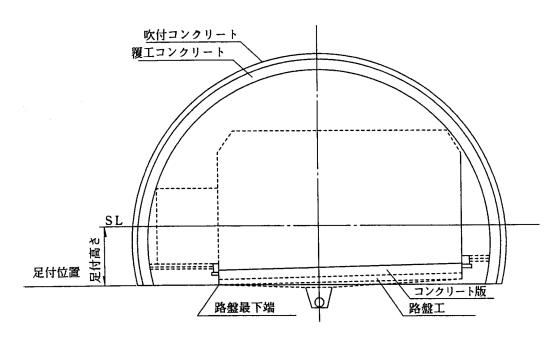


図 10.12 覆エコンクリートの足付位置

10-3 地山分類

トンネルの設計にあたっては、地質調査結果に技術的判断を加えて地山分類を行なわなければならない。

地山分類は、地表地質踏査、弾性波探査、ボーリング調査、土質岩石試験等の地質調査から得られた資料を地山判定の指標とし、道路トンネル技術基準(構造編)「1-2地山分類」により判定するものとする。

10-4 掘削工法

- 1. 掘削工法は、断面の大きさ・形状・地山条件・延長等を総合的に検討し、適切な工法を選定しなければならない。
- 2. 掘削方式は、地山条件・掘削工法等を考慮して選定しなければならない。
- 3. 上、下半の加背割区分位置は、スプリングライン(SL)の位置を標準とする。
- 1) 掘削工法は、全断面工法・上半先進(ベンチカット)工法・導坑先進工法・中壁分割工法に大別される。また、 上半先進工法には上下半交互併進工法、上下半同時併進工法などがある。標準的な大きさのトンネルでは、掘削区 分および掘削方式に応じて表 10.8に示す工法を標準とする。大断面トンネルの場合は、地形地質条件を踏まえ、 十分検討の上決定すること。

	20.0	加州とガスで加州上海(水中町面)
掘削方式	掘削区分	掘 削 工 法
	С	補助ベンチ付全断面工法
発破工法	D	上半先進ベンチカット工法、上下半交互併進工法 (ショートベンチカット工法)
機械掘削	C, D	上半先進ベンチカット工法、上下半同時併進工法 (ショートベンチカット工法)

表 10.8 掘削区分及び掘削工法(標準断面)

注)掘削区分Bは別途考慮する。

2) 掘削方式は発破掘削・機械掘削・人力掘削に大別されるが、施工性・経済性から発破掘削と機械掘削を主体とする。

発破掘削は硬岩〜土砂まで適用できるが、中硬岩〜硬岩地山が主体となるトンネルに適用する。

機械掘削は新第三紀層以後の泥岩・シルト岩・砂岩・凝灰岩にあって一軸圧縮強度が、49N/mm²程度以下の軟岩地山に適用する。

中壁分割工法では、発破方式を採用すると中壁に発破衝撃による損傷を与えるので、機械掘削とする方が望ましい。 各方式の長所・短所は以下のとおりである。

(発破掘削)

長所: 幅広い地山に適用でき、岩質変化に柔軟に対応できる。

短所 : 火薬を用いるため騒音・振動対策および保安管理を要する。余掘り量が大きく地山を痛め易い。

(機械掘削)

長所: 騒音・振動が少ない。余掘り量が少なく発破工法に比べて地山を緩めない。

短所 : 急激な岩質の変化に対応が困難となる場合がある。

- 3) 導坑断面は、その導坑の目的、トンネルの地質、地形、トンネル規模、使用機械、工程等の条件を考慮して設計する。
- 4) ずり出し方式は、タイヤ方式を標準とする。ただし、湧水が多く施工基面が泥化しタイヤ方式では施工困難な場合等においては、レール方式も検討する。
- 5) 加背割の区分は、地山の自立性・機械の作業性を考慮してスプリングライン(SL)位置を標準とするが、機械の組合せ等を検討して必要な場合には変更することができる。ただし、支保工の安全性について十分検討するものとする。標準断面における一般的な加背割図と施工順序の例を図 10.13 に示す。

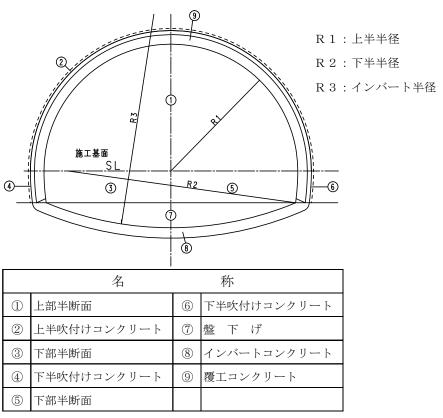


図 10.13 加背割と施工順序

6) 余掘余巻

余掘、余巻及び余吹厚は表10.9を標準とする。

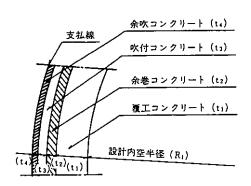
変形余裕量については 10-5 支保工の設計を参照のこと。なお、変形余裕量は施工中の計測により適時変更していく必要がある。また、膨張性地山では類似工事の施工例を参考に変形余裕量を定める。

掘削区分DⅢは、DⅡに準じる。

表 10.9 余掘、余巻及び余吹厚 (cm)

掘削方式	掘削区分	余 掘 厚	余 巻 厚	余吹厚(N 1)
	CI	22	17	5
発破工法	СП	20	13	7
光陂上伝	DΙ	17	10	7
	DII	17	10	7
	CI	13	8	5
114 54 444	СП	13	8	5
機械掘削	DΙ	13	8	5
	DII	13	8	5

- 注1) 設計巻厚、設計吹付けコンクリート厚及び設計掘削断面に対する割増し厚さである。
- 注2) 非常駐車帯・避難連絡坑等についても上表を適用する。
- 注3)変形余裕量を見込む場合は余掘・余巻は、上表より5cm減じ掘削断面に変形余裕量を加えるものとする。
- 注4) 設計値との支払線の関係を図10.14 および図10.15 に示す。
- 注5) 掘削区分Bは別途考慮する。



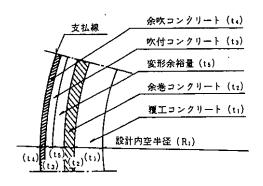
設計掘削半径 = 設計内空半径(\mathbf{R}_1)+覆エコンクリート厚(\mathbf{t}_1)+吹付けコンクリート厚(\mathbf{t}_3)

支払掘削半径 = 〔設計内空半径 (\mathbf{R}_1) +覆エコンクリート厚 (\mathbf{t}_1) +吹付けコンクリート厚 (\mathbf{t}_3) 〕 +余掘

= 設計掘削半径+余掘

※余 掘 = 余巻コンクリート(\mathbf{t}_2)+余吹コンクリート厚(\mathbf{t}_4)

図 10.14 変形余裕を見込ない場合



設計掘削半径 = 設計内空半径 (R_1) +覆エコンクリート厚 (t_1) +吹付けコンクリート厚 (t_3) +変形余裕量 (t_5)

支払掘削半径 = 〔設計内空半径(\mathbf{R}_1)+覆エコンクリート厚(\mathbf{t}_1)+吹付けコンクリート厚(\mathbf{t}_3)+変形余裕量(\mathbf{t}_5)〕 + 余掘

= 設計掘削半径+余掘

※余 掘 = 余巻コンクリート (t_2) +余吹コンクリート厚 (t_4)

図 10.15 変形余裕を見込む場合

10-5 支保工の設計

10-5-1 標準支保パターン

- 1. 支保工の設計にあたっては、標準支保パターンを適用することを原則とする。ただし、特殊な地山の場合で標準支保パターンの適用が困難な場合は、類似条件における設計の適用もしくは解析手法を用いて支保を設計する。
- 2. 掘削時に観察・計測を実施し、必要に応じて設計の変更を行う。
- 3. 地震の影響を受けやすい特殊区間ではトンネルの構造等に耐震上必要な措置を行う。
- 1) 内空幅 8.5m~14.0m程度の上部半断面工法、補助ベンチ付全断面工法、中壁分割工法の場合における標準支保パターンは、道路トンネル技術基準 (構造編)「4 7標準的な支保構造の組み合わせ」によるものとする。また、内空幅 14m以上の場合は、表 10.10 を参考とする。

著しい編土圧が作用する場合、膨張性の地山、湧水が多く標準支保パターンでは施工困難な場合等については 類似条件での設計の適用または解析手法の適用により支保工の設計を行う。

また、アーチアクションが期待できない低土被り区間の支保構造については、数値解析などを用いて個別に設計するのが望ましい。

表 10.10 内空幅 14m以上における支保構造の組み合わせの目安(参考)

[]機械掘削

	大 断 面 (内空幅14.0m~)															
	口;	ックボ	ルト	鋼	製支保	:I	吹	覆	1	金	余	余	余	変形	余裕量	(cm)
地		施工	間隔	上	下	建	付け	工厚	ンバ	網	吹き	余巻き	堀	니	下	イ
山 等	長さ	周方	延 長	半部	半部	込み	厚	7	1	//1-3	Ú	Ú	УШ	半部	半部	ンバ
級	m	向	方向			間隔	cm	cm	cm		сш	cm	cm		, Fi	ا ا
		m	m			נדויו										
В	4. 0	1.5	1.5	_	-	1.5	15	40	-	-	4 [5]	23 [8]	27 [13]	0	0	0
СІ	4. 0	1.2	1.5	H150	H150	1.5	15	40	(50)	_	5 [5]	17 [8]	22 [13]	0	0	0
СП	4. 0	1.2	1.2	H200	H200	1.2	20	40	50	天端90°	7 [5]	13 [8]	20 [13]	0	0	0
DΙ	6. 0	1.0	1.0	H200	H200	1.0	20	40	50	上下半	5 [5]	10 [8]	17 [13]	0	0	0
DΙΙ	6. 0	1.0	1.0 以下	H200	H200	1.0 以下	25	45	55	上下半	5 [5]	10 [8]	17 [13]	注7 0	0	0

- 注1)地山等級A・Eについては地山条件を考慮して、別途支保パターンを設計するものとする。
- 注2) トンネル内の交差部については別途考慮する。
- 注3) 設計吹付け厚は基本的に最小吹付け厚とする。
- 注4) ロックボルトについて
 - ① ロックボルトの径は、施工性等を考慮してφ25mm 程度を標準とする。
 - ② 切羽天端に先受け工を施工した場合においても、その部分のロックボルトを省略しないものとする。

注5) インバートについて

- ① 欄内に示した厚さのインバートを設けることを標準とするが、CⅡ、DⅠ等級地山においては、支保の長期的な安定性、および岩の長期的安定性が確証される場合は、インバートを省略することができる。
- ② () 内に示した地山等級範囲において、第三紀層泥岩、凝灰岩、蛇紋岩などの粘性土岩や風化結晶岩、温泉 余土など、長期的に安定性に問題がある地山の場合はインバートを設置する。
- ③ 早期の断面閉合が必要な場合は、吹付けコンクリートにてインバート閉合を行うものとするが、その厚さについては上下半部の吹付け厚さを参考にして個々に決定するものとする。また、吹付けコンクリートによるインバートはインバート厚さに含めることができるが、現場打ちコンクリートによるインバート部分の厚さが覆エコンクリート厚さを下回ってはならない。

注6) 金網について

- ① 地山等級がCⅡにおいては天端付近に、DⅠ、DⅡでは上下半に設置できる。
- ② 上記以外の地山等級であっても、必要に応じて天端付近に設置できる。また、鋼繊維補強吹付けコンクリート (SFRC) を用いる場合は金網を省略できる。

注7)変形余裕量について

- ① 地山等級 DⅡにおいて当初設計で変形余裕を見込んで設計する場合は、上半部 10cm を計上し、施工中の計測 結果で適宜変更を行うものとする。
- ② 変形余裕量を見込む場合は、余巻きは上表より 5 cm を控除し、掘削断面に変形余裕量を加えるものとする。

注8) 掘削工法について

① 中壁分割工法を採用する場合、本坑には上記に支保の組み合わせを適用することとするが、中壁の支保構造の組み合わせは、現地条件を考慮し決定するものとする。また、中壁分割工法は後進トンネル掘削時に頂部での

先進トンネルとの支保工の接合部分が弱点になることがあることから、接合部の処理に関して慎重に検討を行う必要がある。更に、発破方式では発破の衝撃により中壁が掘削と同時に破損し、本来の中壁の果たすべき役割が発揮できないことから、発破との併用は好ましくない。

② 加背の高さを決定するに当たっては、支保の規模、大きさを十分に勘案したうえで、安全で効果的な施工が行える高さを決定しなければならない。

注9)補助工法の適用について

- ① 補助工法の選定に当たっては、その特徴を十分把握し、その特徴によっては、支保の形態、掘削工法等の変更を行う必要があるので注意を要する。
- 2) 施工にあたっては地山および切羽の状況、計測の結果等を総合的に判断し、支保工の見直しを行うこと。 表 10.11 に設計の修正の考え方を参考として示す。

	現象	検 討 事 項	修 正 方 法
設計を軽減する必要がある場合	・変位量が小さい ・ロックボルトの軸力が小さい ・吹付けコンクリートの応力が 小さくかつ変状がない ・切羽が安定している	・不連続面の間隔、状態・湧水の多少・地山強度比が大きい	・支保構造の軽減 ・一掘進長の延伸 ・断面分割の変更 ・変形余裕量の減
設計を増強する必要がある場合	・変位量が大きい ・吹付けコンクリートに変状がある ・ロックボルトに過大な軸力が作用している ・鋼アーチ支保工に変状がある ・切羽が安定しない	・初期変位速度 ・変位の収束性 ・地山の応力・歪状態 ・ゆるみ領域の大きさ ・地山強度比が小さい ・切羽の自立性 ・湧水の多少	 ・支保構造の増加 ・切羽付近の補強 (フォアポーリング鏡吹付け等) ・断面の早期閉合 ・断面分割の変更 ・掘削断面の変更(インバートの曲率を大きくする等) ・変形余裕量の増

表 10.11 設計の修正の考え方

3) 地山等級を2ランク以上変える場合は安全性を考えて緩衝帯を設けることが望ましい。軽い支保から重い支保へと2ランク以上地山等級を変更する場合は安全性を確保する観点から緩衝帯を設けることは行わず、直ちに必要とする支保規模を確保することが必要である(平成14年度 第9回道路トンネル担当者会議より)。よって、低速度帯を抜けた後などで2ランク以上の地山等級差が生じる場合に、緩衝区間を20m程度設けるものとする。ただし、DⅡはDⅢと同様に大変形が生じる地山が対象なので、DⅢからDIに移行する場合には緩衝帯を設けないこととする。

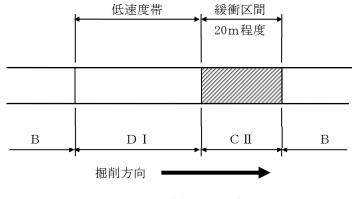


図 10.16 緩衝区間の例

- 4) 地震による影響を受けやすい特殊条件とは、以下のいずれかに該当する区間である。
 - ① 突発的な大量の湧水により施工を長期間中断した箇所、またはこれに準ずる箇所
 - ② 切羽の著しい崩落により施工を長期間中断した箇所
 - ③ 地山の不安定性に起因して大規模な補助工法を使用した箇所
 - ④ 地質が急変して2パターン以上の支保パターンの変更を伴った箇所(ただし、坑口部支保パターンとの接続部を除く)
 - ⑤ 縦断的・横断的に地質の剛性が大きく変化する箇所
 - ⑥ 極端な偏圧を受ける箇所
 - ⑦ 極端に土被りが小さい箇所
 - ⑧ 地山等級DⅡおよびそれよりも不良と評価される箇所 (断層・破砕帯等を含む)
- 5) 設計段階において、地震による影響を受けやすい特殊条件が該当すると判断される区間では、以下に示すトンネル構造について検討する。
- ① インバートを設置してトンネルをリング構造とし、力学的により安定な構造とする
- ② 吹付けコンクリート、鋼アーチ支保工、ロックボルトに代表される支保工を十分な構造とする
- ③ 地震により覆工に破壊が生じたとしても、大規模な覆工コンクリート塊が崩落することのないよう、覆工に単鉄筋補強するなどの措置を講じる

表10.12 標準的な支保構造の組み合わせの目安の試案(通常断面トンネル 内空幅8.5~12.5m)

		標準		ロッ	クボル	 -	鋼	アーチ支	保工			覆工厚		赤m~	
地山 等級	支保パターン	標準 1掘 進長 (m)	長さ (m)	施工 周 方向 (m)	間隔 延長 方向 (m)	施工範囲	上半部種類	下半部 種類	建込 間隔 (m)	吹付け 厚 (cm)	アーチ ・側壁 (cm)	イン バート (cm	補強	変形 余裕 量 (cm)	掘削工法
В	В	2.0	3.0	1.5	2.0	上半 120°	-	-	-	5	30	0	-	0	
CI	CI	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	-	-	-	10	30	(40)	-	0	補助べ
CII	CII-a CII-b	1.2	3.0	1.5	1.2	上・下半	- H-125	-	1.2	10	30	(40)	-	0	ンチ付全断面
DI	DI-a DI-b	1.0	3.0 4.0	1.2	1.0			H-125	1.0	15	30	45	-	0	工法ま たは上 部半断
DII	DII	1.0 以下	4.0	1.2	1.0 以下	上・下半	H-150	H-150	1.0 以下	20	30	50	単鉄筋	10	面工法

- 注 1) 4) ① \sim ⑦ に示す特殊条件が、地山等級 B \sim D I において見られた場合は、5) に示す事項の実施について、必要に応じて検討を行うものとする。
- 注2) 覆工に単鉄筋補強する場合は、坑口部(支保パターンDⅢa)の覆工で用いられている配筋が参考となる。 (平成28年熊本地震を踏まえた道路トンネルの耐震対策に関する留意点について(参考資料))

10-5-2 吹付けコンクリート

吹付けコンクリートは、使用目的・地山条件・施工性等を考慮の上、支保部材として必要な強度が発揮されるように設計し、地山条件によっては補強を行う。

(1) 吹付けコンクリートの作用効果

吹付けコンクリートの作用効果として、①岩盤との付着力、せん断抵抗による支保効果、②内圧効果、リング 閉合効果、③外力の配分効果、④弱層の補強効果、および⑤被覆効果が挙げられる。これらの効果を発揮させる ためには、掘削直後に吹き付けする必要がある。

(2) 吹付けコンクリートの施工法

吹付けコンクリートの施工法には、大別して「湿式」と「乾式」とがあるが、品質の管理や粉じんの発生を考慮し、「湿式工法」を標準とする。なお、各工法の特徴を表 10.13 に示す。

また、吹付コンクリートの粉じん対策は「ずい道等建設工事における換気技術指針」H24.3に準拠する。

項目	乾 式	湿 式
コンクリートの 管 理	・配合のうち、水セメント比の調整は骨材 の含水量に影響される。	・普通コンクリートの場合に近く、スランプ管 理吹付けコンクリート量、吹付け圧力管理に 注意を要する。
圧 送 距 離	・300m程度まで可能であるが、150~200m 程度までが望ましい。	・一般に 100m程度までポンプ圧送が可能である。
粉じん・はね返り	一般に多い	一般に少ない
吹付機械の大きさ	小~中	大
その他の施工性	・細骨材の表面水管理が重要、練混ぜから 吹き付けまでの時間が長くとれる。・清掃が容易、比較的小面積を何回にも分 けて施工する場合にも適する。	・コンシステンシーの管理が重要である。 ・練混ぜから吹き付けまでの時間に制約がある。 ・吹き付け終了時または中断時に機械の洗浄 を要する。 ・練混ぜプラント、吹付け機の洗浄水の処理を 必要とする。

表 10.13 吹付工法の特徴

(3) 吹付けコンクリートの配合

吹付けコンクリートの配合は、必要な強度、耐久性、水密性、付着性および施工性の良いコンクリートが得られるものとする。セメントは普通ポルトランドセメントとし、湿式工法の配合は表 10.14 を標準とする。

強度 スランプ W/C 粗骨材最大寸法 摘要 (N/mm²) (cm) (%) 粗骨材最大寸法 摘要 δ 28=18 δ 1=5 10±2 56 15 湿式

表 10.14 吹付けコンクリートの配合例

(4) 吹付けコンクリートの厚さ

吹付けコンクリートの厚さは道路トンネル技術基準 (構造編)「4-7標準的な支保構造の組み合わせ」によるものとするが、設計に示す厚さは基本的に最小厚さとする。図 10.17 に標準断面について吹付けコンクリートとロックボルトとの位置関係を示す。

パターンB	パターンC I	パターンC Ⅱ	パターンD I	パターンD Ⅱ	パターンDⅢ
吹付け厚 5cm	吹付け厚 10cm	吹付け厚 10cm	吹付け厚 15cm	吹付け厚 20cm	吹付け厚 25cm
<u>ロックポルト</u> 7月月月日	ロックボルト	ロックボルト H-125	ロックボルト フリー	ロックボルト 	ロックボルト S H - 200 金網

図 10.17 吹付けコンクリートとロックボルトの位置(標準断面)

(5) 吹付けコンクリートの補強

地山条件が悪い場合には、原則として吹付けコンクリートの補強として金網を設置する。金網の設置による効果は次のとおりである。

- ① 吹付けコンクリート施工時の剥落防止。
- ② 吹付けコンクリート施工時の落石防止。
- ③ 吹付けコンクリート施工後の亀裂、剥落防止。

金網の規格は、構造用溶接金網 150×150×5 ϕ とし、 J I S - G - 3551 の規格品を標準とする。

なお、設置位置は10-5-1標準支保パターンに準じる。

10-5-3 ロックボルト

ロックボルトの設計にあたっては、その使用目的・地山条件・施工性等を考慮しなければならない。

(1) ロックボルトの作用効果

ロックボルトの作用効果として①縫付け効果(吊下げ効果)、②はり形成効果、③内圧効果、④アーチ形成効果および、⑤地山改良効果がある。

(2) ロックボルトの規格

ロックボルトは、異形棒鋼・ねじり棒鋼・全ねじ棒鋼に大別され、径は 25mm 程度、材質は SD345 程度が用いられる。また、地山等級とロックボルトの耐力の関係は表 10.15 による。ロックボルトの機械的性質は道路トンネル技術基準(構造編)表 - 3.4.3 ロックボルトの機械的性質に示される値を確保すること。

表 10.15 ロックボルトの材質

地山等級	材 質
В、СІ	異形棒鋼同等品以上(耐力 117.7 kN 以上)
CII, DI, DII	ねじり棒鋼同等品以上(耐力 176.5 kN 以上)

(3) ロックボルトの配置

ロックボルトの配置および規格は、10-5-1標準支保パターンに準じる。

(4) ロックボルトの定着

定着方法には、先端定着型とロックボルトの全長をセメントモルタルで地山に固定する全面接着型とがあるが、定着の確実性から本要領では全面接着型を標準とする。なお、湧水等がある場合には、注入急結材(無収縮混和材)の使用を検討する。

接着材はドライモルタルを標準とする。

(5) ロックボルトの省略

切羽天端に先受け工を施工した場合においても、その部分のロックボルトを省略しないものとする。

(6) 特殊地山のロックボルト

一般に用いられる異形棒鋼、ねじり棒鋼の他、**図 10.18** に示す各種のロックボルトがある。このうち、特殊な 地山で比較的よく採用されるロックボルトは下記のものである。採用にあたっては地質調査の結果および類似 工事の実績を十分検討すること。

① 自穿孔ボルト

ロックボルト挿入孔の孔壁が自立せず、ロックボルトの挿入が困難となりやすい崖錐や破砕帯部に効果的である。

② 鋼管膨張型ロックボルト (スウェレックスボルトなど)

湧水により定着用のモルタルが充填できないようなケースや開口亀裂や空隙があり定着剤が流失するような地山では、鋼管状のボルトを膨張させ孔壁に押しつけることで摩擦力により引き抜きに耐える鋼管膨張型ボルトが効果を発揮する。

同じく摩擦力により定着するタイプのロックボルトとしてスリットばね型ボルトがある。

③ FRPボルト

膨張性地山や塑性地圧が作用するような地山で鏡面が自立しない場合、鏡面にロックボルトを打設し、切羽の安定を維持する。このような場合は後で掘削しやすいよう、せん断抵抗の小さいグラスファイバー製の FRPボルトが用いられる。

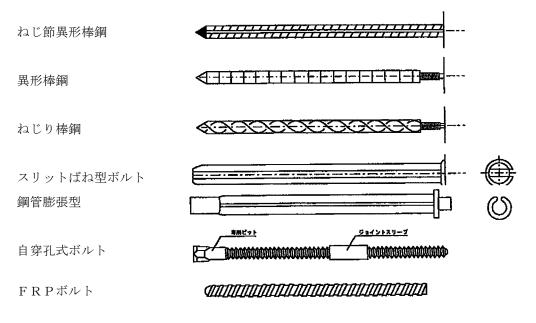


図 10.18 各種ロックボルトの形状

10-5-4 鋼製支保工

鋼製支保工は、使用目的に応じた強度を有し、使用条件に適合したものを設計しなければならない。

(1) 鋼製支保工の効果

鋼製支保工には以下に示す効果が期待される。

- ① 吹付けコンクリートが固まるまでの支保
- ② 先受工の反力受け
- ③ 落盤及び崩壊性地山の安全対策
- ④ ロックボルト及び吹付けコンクリートとの協調支保

(2) 鋼製支保工の断面・材質

鋼製支保工は、作用荷重のほか吹付けコンクリートの厚さ・施工方法等を考慮して適切な断面形状寸法を有し、延性が大きく、かつ曲げや溶接等の加工が正確容易に行えるものを選定しなければならない。鋼製支保工には原則としてH形鋼を用いるものとする。

鋼製支保工の規格は道路トンネル技術基準(構造編)表-3.4.4 鋼製支保工の規格に準じるものとする。

(3) 鋼製支保工の断面と建込間隔

鋼製支保工の断面と建込間隔は、道路トンネル技術基準(構造編)「4-7標準的な支保構造の組み合わせ」を参照のこと。

(4) 鋼製支保工の継手等

支保工の継手位置および構造は、掘削断面・施工性・断面力の大きさと分布を考慮して決定する。また、支保工の転倒を防止するために適切なつなぎ材を設ける。標準断面における継手材料規格は表 10.16 を標準とする。地すべり地や偏土圧が作用する場合は内ばり式とする。

表 10.16 鋼製支保工の継手材料規格 (標準断面)

	СП	DI	DΙΙ	DⅢ(坑口部)
継 手 板 (天端継手)	$PL-155\times180\times9$ $n=2$	$PL-155\times180\times9$ $n=2$	$PL-180\times180\times9$ $n=2$	$P L - 230 \times 230 \times 16$ n = 2
継 手 板 (上・下半継手)	_	$PL-155\times180\times9$ $n=4$	$PL-210\times250\times9$ $n=4$	$P L - 230 \times 230 \times 16$ n = 4
ボルト・ナット	$\phi 22 \times 70 \qquad n = 2$	$\phi 22 \times 70$ n = 6	$\phi 22 \times 70$ n = 6	$\phi 25 \times 75$ n = 6
底板	$P L - 180 \times 230 \times 16$ n = 2	$P L - 230 \times 230 \times 16$ n = 2	$P L - 250 \times 250 \times 16$ n = 2	P L $-300 \times 300 \times 19$ n = 2
継ぎ材	ϕ 16×1, 270	φ 16×1, 070	ϕ 16×1, 040	φ16×990 または 内梁 STK60.5×2.3 タイロッドφ19×1,150

10-6 覆 エ

- 1. 覆工はトンネルの使用目的に適合し、長期の安全に耐える構造とする。
- 2. 覆エコンクリートの配合は耐久性・施工性・強度等を考慮して決定する。
- 3. 覆エコンクリートの品質確保のため、施工において十分に留意する。
- (1) トンネル供用中に第三者に直接見えるのは、覆工の部分であり、第三者被害を防止し、維持管理の負担を軽減するためにも、覆工コンクリートは、「化粧巻」ではなく「重要な部位」という認識で品質確保に努めなければならない。
- (2) 覆工の厚さは設計巻厚線で表わすものであり、地山区分に応じて、道路トンネル技術基準(構造編)「4-7 標準的な支保構造の組み合わせ」により設計する。

早期の断面閉合が必要な場合は、吹付けコンクリートによりインバート閉合を行うものとするが、その厚さは上下 半部の吹付け厚さを参考に個々に決定する。また、吹付けコンクリートによるインバートはインバート厚さに含める ことができるが、現場打ちコンクリートによるインバート部分の厚さが覆エコンクリートの厚さを下回ってはなら ない。

覆工のひび割れ対策として、吹付けコンクリートと覆工コンクリートの間に緩衝材を設置する。緩衝材の設計は10-8-1防水工によるものとする。

(3) 覆工コンクリートの配合は表 10.17 を標準とする。

区分 種別	粗 骨 材 の 最 大 寸 法	スランプ	単位セメント量	設計基準強 度
トンネル覆工	40 mm	15 ст	270 kg/m³以上	$18\mathrm{N}\mathrm{/mm}^{2}$
インバート	40 mm	8 cm	_	$18\mathrm{N}\mathrm{/mm}^{2}$

表 10.17 覆エコンクリートの配合

- (4) 型枠の取り外し時期の決定にあたり、条件を同じくした供試体によりコンクリートの強度特性を把握し、脱型時強度に達していることを確認すること。
- (5) 坑口部覆工の補強鉄筋は、道路トンネル技術基準(構造編)「6-1坑口部の設計」により設計する。
- (6) 施工時における覆工コンクリートの品質確保の留意点を以下に示す。
 - ①施工中に生じる不具合及び施工に起因するひび割れの抑制

コンクリートの充填不良や締固め不足、ブリージングの除去不足などにより、打ち重ね線や色むら、比較的大きな気泡の残留、水はしりや砂すじなどの施工中に生じる不具合及び施工に起因するひび割れに留意する。

②施工目地部の不具合の抑制

施工目地部は、ブリージングが集まりやすいため、他の箇所と比較して脆弱なコンクリートになりやすい傾向にある。このため、まず施工目地部のブリージングを除去し、密実なコンクリートを充填するなど脱型後の施工目地の開きによって生じる施工目地部の不具合に留意する。

③温度応力ひび割れ、乾燥収縮ひび割れの抑制

脱型後にコンクリートの収縮変形を拘束することによって発生するひび割れに留意する。

10-7 補助工法

切羽の安定・トンネルの安全性確保ならびに周辺環境の保全のため、地山条件の改善を図る目的で、補助工法 を用いることができる。

補助工法採用の目的は、トンネル施工の安全性確保(切羽安定対策、湧水対策等)と周辺環境の保全(地表面沈下対策、近接構造物対策等)であり、これら目的に適合する補助工法を総合的に判断して、効果的で経済的な工法を選定しなければならない。

トンネル切羽における肌落ちによる労働災害を防止するため、地質調査の結果等から肌落ち発生の可能性を検討し、対策が必要と判断される場合は、トンネルの工法および地山の特性に適応する肌落ち防止対策を選定すること。 補助工法選定のフローを図 10.19 に示すとともに、一般的な補助工法を表 10.18 に示す。

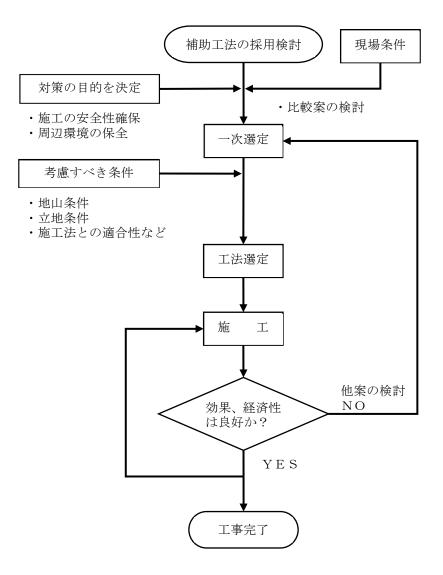


図 10.19 設計・施工における補助工法検討の流れ

表 10.18 補助工法の分類表

	目的と適用地山			補助工法	去の目的	J		適	用地山乡	件
工法		天端の 安定 対策	鏡面の 安定 対策	脚部の 安定 対策	湧水 対策	地表面 沈下 対策	近接 構造物 対策	硬岩	軟岩	土砂
	フォアポーリング	0	0				0	0	0	0
	注入式フォアポーリング	0	0			0	0	0	0	0
先受工	長尺鋼管フォアパイリング	0	0			0	0		0	0
兀又工	パイプルーフ	0	0			0	0		0	0
	水平ジェットグラウト	0	0	0		0	0			0
	プレライニング	0	0			0	0		0	0
鏡面の	鏡吹付けコンクリート		0					0	0	0
補強	鏡ボルト		0					0	0	0
	支保工脚部の拡幅			0		0			\circ	0
脚部の	仮インバート			0		0			0	0
補強	脚部補強ボルト・パイル			0		0			0	0
	脚部改良			0		0				0
	水抜きボーリング	0	0		0			0	0	0
湧水対策	ウェルポイント	0	0		0					0
	ディープウェル	0	0		0					0
地山補強	垂直縫地工法	0	0			0		0	0	0

注) ◎:比較的よく用いられる工法 ○:場合によって用いられる工法

補助工法の採用に当たっては、全方位長尺補強システム(GFRP管 or スリット鋼管)、超長尺先受け工法および油圧削岩機を使用する高圧攪拌噴射による先受け工法等の新技術・新工法も同時に検討すること。

(道路トンネル技術基準 (構造編)表-4.6.1参照)

10-8 防・排水工

10-8-1 防水工

覆工内面への漏水を防止するため全区間に防水工を設けるものとし、材料は耐久性・施工性を確保し、施工時に破損しないものを選択する。

防水工の工法には、シート工法と吹付工法の2工法に大別されるが品質・施工性・覆工コンクリートのひびわれ防止効果等から「シート工法」を標準工法とする。

防水工に使用する防水シートは、厚さ 0.8mm 以上のビニールシートとし、**表 10.19** の規格に適合するものでなければならない。

表 10.19 防水シートの規格

項目	試 験 法	規格値
比重	JIS K 6773 (20℃)	0.95 ± 0.05
引張強さ (N/mm²)	II.	15.7以上
伸 び (%)	II	600 以上
引き裂き強さ(N/mm)	JIS K 6252 (20℃)	49.0以上

注) JISK6773 は2007年、JISK6252 は2007年による

上記の防水シートと、ひびわれ防止対策として使用される透水性緩衝材(3mm)と防水シート(0.8mm 以上)とを組 合せた材料を上下半の全周に設置することを原則とする。

10-8-2 排水工

トンネルの湧水および路面水を円滑に排水するため、次の排水工を設計する。

- (1) 裏面排水工 (2) 中央排水工 (3) 路面排水工
- (4) 横断排水工

排水工の配置は図10.20 又、8-7-3 トンネル内舗装を参照するものとする。

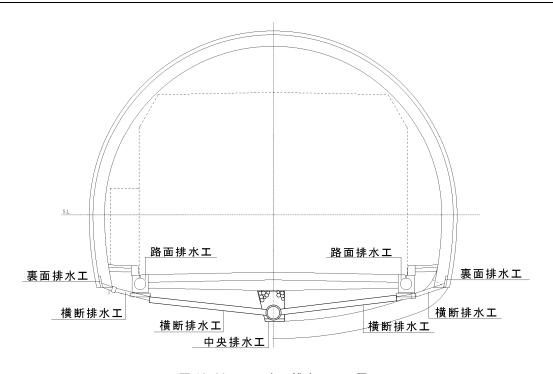


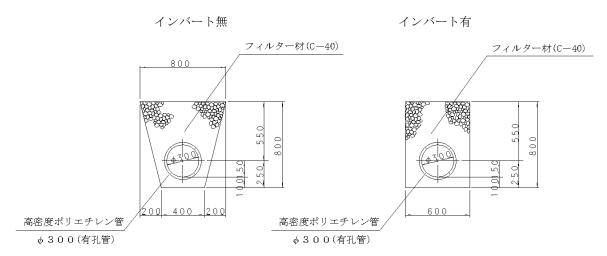
図 10.20 トンネル排水工の配置

(1) 裏面排水工

吹付けコンクリート面からの漏水を中央排水工へ導くために適切な裏面排水工を設置するものとする。裏面 排水工はトンネル用フィルターマット (200×50mm) 同等品を使用することを標準とするが、湧水量が多い場合 など、フィルターマットでは不十分と考えられるときは他の方法を検討すること。裏面排水工は覆工の設計巻 厚内に入れてはならない。

(2) 中央排水工

中央排水工は、インバートを設ける場合にはインバートの上または内側に設けることを標準とする。材料は高密度ポリエチレン管を使用するものとし、構造は図 10.21 を標準とする。ただし、恒常湧水量に対する流下能力を確認し、必要に応じて径を大きくするものとする。なお、使用する管の材質は、表 10.20 によるものとする。高密度ポリエチレン管の施工にあたっては、十分に埋め戻し材を転圧することが重要である。埋め戻しは図 10.22 に示すように 3 層以上に分けて行うこと。



※機械掘削の場合は、インバート有りの掘削断面を適用する。

図 10.21 中央排水工

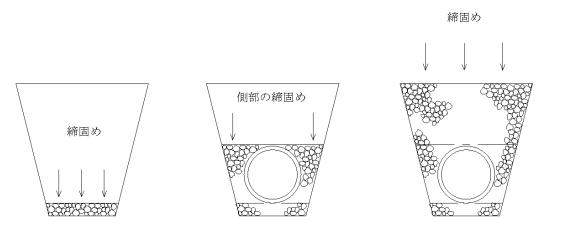


図 10.22 埋め戻し方法

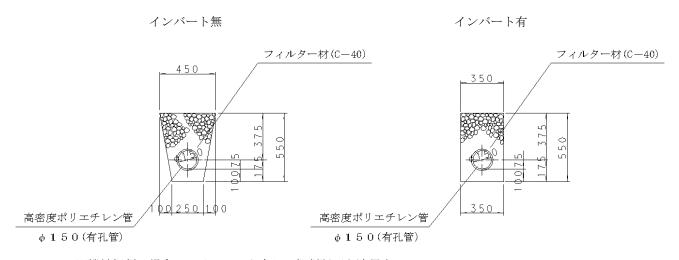
表 10.20 高密度ポリエチレン管の材質

材 質	JISK6748 (ポリエチレン成形材料)											
形状及	押出成形に	よる内面平滑タ	ト面波付の二	.重構造								
び外観	管の色は原則として黒とする											
寸 法		平均内径: ±2%										
許容差	長 さ:	0%, +2%										
品 質	試験項目	試験法	単位		規格	値						
	引張強度	JISK6761-16	$\mathrm{N/mm}^{\ 2}$		19 以上							
				管内	径に対する偏	平強度						
				呼称内径	5%偏平	10%偏平						
	偏平強度	注) JHS710	N/m	150	1700 以上	2700 以上						
				300	3300 "	5400 "						
				350	3800 "	6300 "						
				400	4300 "	7200 "						
				450	4900 "	8100 "						
				500	5400 "	9000 "						
				次の液に漬したときの								
				質量変化率								
				塩化ナトリウム溶液		± 0.05						
	浸漬試験	JISK6761-6	mg/cm^2	硫酸溶液		± 0.05						
				硝酸溶液		± 0.10						
				水酸化ナトリウム溶液		± 0.05						
				エチルアルコ	1-1/	± 0.40						
	灰分試験	JISK6761-6	%		0.1以下							

注) 日本道路公団土木試験法

(3) 横断排水工

横断排水管の設置間隔は $30\sim50$ m程度を標準とし、湧水が多い場合には設置間隔を狭くする。排水管の材質は高密度ポリエチレン管とする。裏面排水工との接続は硬質塩ビ管 ϕ 100mm によるものとする。横断排水工の標準図を図 10.23 に示す。



※機械掘削の場合は、インバート有りの掘削断面を適用する。

図 10.23 横断排水工構造図

(4) 路面排水工

トンネルには、路面排水工を設けることを標準とする。路面排水工は、将来の維持管理性を重視して選定する。図 10.24 に路面排水工の例を示す。

選定にあたっては、トンネル延長・勾配・洗浄水量および雪の引き込み等を考慮すること。また、排水工の維持管理の便宜を図るため、50m程度の間隔で清掃用の桝を設けるものとする。

監査廊の横断勾配は1%とする。

自動車専用道路以外の道路トンネルでは、自転車が車道部を走行するので、自転車のタイヤが路面排水工の開口部に落ちないよう、開口部に措置を講じること。

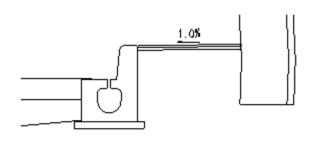


図 10.24 路面排水工の例

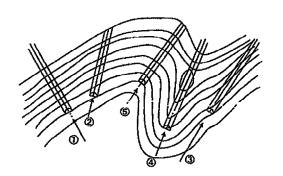
10-9 坑口部の設計

坑口部の設計は地山条件のほか、坑口斜面の状況、気象条件、坑口周辺の構造物および環境への影響、施工 条件等を十分に考慮して行わなければならない。

坑口部の設計にあたっては、下記事項について検討しなければならない。なお、坑口の位置は道路の線形計画の段 階から検討を開始すべき事項である。

(1) 坑口の位置

図 10.25 にトンネルと地形との位置関係を示す。トンネル坑口はできる限り斜面直交型とすることが望ましい。 進入の型ごとの一般的な特徴は次の通りである。



- ① 斜面直交型
- ② 斜面斜交型
- ③ 斜面平行型
- ④ 尾根部進入型
- ⑤ 谷部進入型

図 10.25 トンネル坑口と地形との関係

(道路トンネル技術基準 (構造編) 図-2.1.2参照)

① 斜面直交型

最も理想的な進入形態である。ただし、斜面の中腹に坑口が位置する場合には、工事用道路の配置や接続部道路の構造に配慮を要する。

② 斜面斜交型

地質状況によってはトンネルに大きな偏土圧が作用し対策を要することがある。非対称の坑門形状となる。

③ 斜面平行型

等高線とトンネル軸線のなす角度が極端に小さい場合であり、長い区間にわたってトンネルは偏土圧を受ける。トンネルの安定上極めて不利であり、極力避けなければならない。

④ 尾根部進入型

一般に尾根は安定した地山であることが多いが、上部にケルンバット地形がある場合は断層が存在すること があるので注意を要する。自然災害による影響は小さい。

⑤ 谷部進入型

崖錐などの未固結層が厚く堆積し、地下水が豊富である。土石流、雪崩などの自然災害を受けやすい。また、 日陰となるため積雪地では凍結路面、圧雪路面となりやすい。斜面平行型と同様、このような坑口位置は避ける べきである。

(2) トンネル坑口部の範囲

トンネルの坑口部として設計する範囲は、トンネル上の土被りが $1 \sim 2 D (D は トンネル掘削幅)$ 以下で、グランドアーチの形成が期待できないと考えられる区間とする(図 10.26 参照)。

坑口部とみなす土被り高さは、個々のトンネルの地山状態を考慮して決めるものとし、土砂 2D、軟岩 1.5D、硬岩 1D を標準とする。

坑口付け部では、最小2~3mの土被りを確保するものとする。

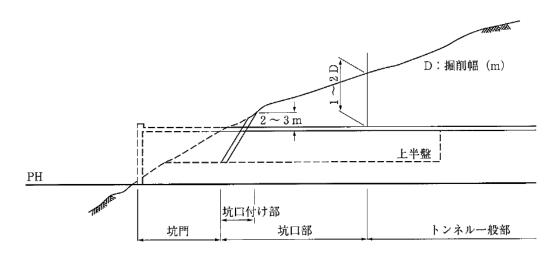


図 10.26 標準的な坑口の位置と範囲

(道路トンネル技術基準 (構造編) 図-3.6.1参照)

(3) 坑口部の設計

坑口部は地表面に接することから、斜面崩壊、落石、雪崩、偏土圧、地耐力不足、切羽崩壊、地表面沈下および既設構造物への影響等のような種々の問題に遭遇することが多い。このため、坑口部の設計にあたっては、地形・地質・気象条件、坑口部周辺の状況等を詳しく調査して、これらの問題がある場合には、適切な対策を検討しなければならない。

坑口部の施工時に予想される現象と施工実績の多い対策工法を表 10.21 に示す。

表 10.21 坑口部施工時に予想される現象と対策工法

予想される現象対策工	斜面崩壊	地すべり	岩盤崩壊	偏土圧	地耐力不足	切羽崩壊	地表面沈下	湧水	備 考
垂直縫地工	0	0		0		0	0		掘削前
法面吹付け工	0								"
法面補強ボルト	0		0						"
押え盛土	0	0		0					"
抱き擁壁	0	0		0					JJ
抑止杭	0	0							JJ
アンカーエ	0	0							JJ
パイプルーフエ	0					0	0		JJ
水抜き (坑外から)	0	0				0		0	JJ
薬液注入工(地表から)	0			0	0	0	0	0	掘削前、掘削中
薬液注入工 (坑内から)					0	0	0	0	掘削中
先受工	0					0	0		IJ.
鏡ボルト・鏡吹付けコンクリート						0	0		"
一時閉合 (仮インバート)				0	0		0		"
側壁導坑					0		0		IJ.

注) ◎:有効な工法 ○:場合により有効な工法

(道路トンネル技術基準(構造編)表-3.6.1参照)

(4) 坑口部の支保構造

坑口部の標準的な支保構造の組み合わせは道路トンネル技術基準(構造編)「6. 坑口部の設計」によるものとする。また、内空幅 14m以上の場合は、表 10.22 を参考とする。

大 断 面 (内空幅14.0m~)										
掘		口	ロックボルト			鋼製支保工			覆	イ
			施工	間隔			建	吹付け	工厚	ンバー
削 工 法		長 周 周 方 向 m 加 上 半 部 部 部		建込み間隔	cm cm	cm	F cm			
上半先進工	法	6.0	1.0	1.0	H250	H250	1.0	30	45	55
上半中壁	本坑	6.0	1.0	1.0	H250	H250	1.0	30	45	55
分割工法	中壁	6.0	1.2	1.2	H200	_	1.0	20	_	_
側壁導坑先	進工法	6.0	1.0	1.0以下	H250	_	1.0	30	45	55以下

表 10.22 坑口部の標準的な支保工の組み合わせ(内空幅 14m以上)

- 注1) 坑口部の掘削方法は、地表面、天端、鏡等周辺地山の安定を損なわない掘削工法を選定しなければならない。 また、トンネル延長を十分に考慮した上で一般部と坑口部の掘削工法を異にすることができる。
- 注2) 掘削工法は一般的には上半先進工法を用いるが、支持地盤の地耐力が小さい場合には、側壁導坑先進工法、 上半中壁分割工法を用いる。なお、部分的であれ、発破による掘削が予想される場合は上半中壁分割工法は採 用しないものとする。
- 注3) ロックボルトは原則として上半先進工法の側壁部に設置し、状況に応じてアーチ部へ打設範囲を拡大する。
- 注4)中壁分割工法での先進坑施工時に中壁に設置するロックボルトは、後進坑の掘削を考慮して、グラスファイバー等撤去・切断しやすい材質のものも使用できる。
- 注5) 先受け工は必要に応じて設置するものとし、その材質・工法の選定に当たっては地山条件を考慮し決定する ものとする。
- 注 6) 金網は原則として上下半に設置するものとする。なお、鋼繊維等による補強吹付けコンクリートを適用する場合はこの限りではない。
- 注7) 覆工およびインバートコンクリートは鉄筋(主筋にD22ctc200、配力筋D19ctc300 程度)にて補強するものとする。なお、鋼繊維等により適切な補強を行った場合はこの限りではない。
- 注8) 断面の大型化に伴って、坑口部においては入念に偏圧対策を検討する必要がある。
- 注9) 面壁型坑門を用いる場合。面壁の厚さとトンネル覆工の厚さの差を十分考慮して、面壁との接合断面の覆工 厚さを決定しなければならない。

(5) 坑口部の用地取得範囲

坑口部では、アーチアクション形成に必要な土かぶり高さを確保できる範囲までを取得すべき用地範囲として 平面図に明示するものとする。

坑口部の用地取得範囲はトンネル側面下より 45° で立ち上げ、トンネル天端の設計吹き付け最上面の高さで引いた水平線との交点までとし、坑奥方向には坑口部とみなす土被り高さ(土砂 2 D、軟岩 1.5 D、硬岩 1 Dを標準)を確保できる範囲とする。

なお、坑口部以外に坑口部とみなす土被り高さに満たない区間がある場合は、坑口部と同様の方法で用地取得 範囲を決める。

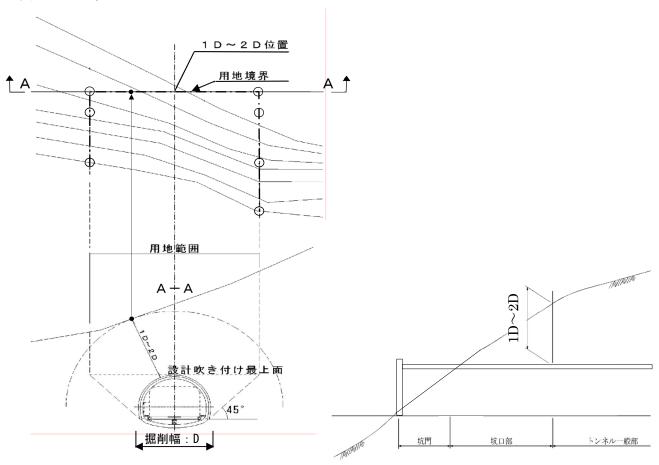


図 10.27 坑口部の用地取得範囲

(6) 抱き擁壁

抱き擁壁に土圧や地震時慣性力が作用して生じる挙動によるトンネル本体への影響を抑えるため、抱き擁壁とトンネル鋼製支保工を縁切りした構造とする。

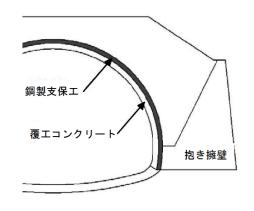


図 10.28 抱き擁壁とトンネル鋼製支保工の構造

10-10 坑門の設計

坑門は、地形・地質条件、気象条件、防災性、維持管理、周辺環境の保全と調和および車両の走行性等を考慮してその形式を選定し、設計しなければならない。

(1) 坑門設計の留意点と坑門形式の選定

坑門設計にあたっての留意事項は「道路トンネル技術基準(構造編)6-2坑門の設計」によるものとする。 形式選定にあたっては地形・地質、積雪の状況、周辺環境および走行性等について検討し、最も適合するものを 選ばなければならない。地形・地質条件の許す範囲で突出型あるいはそれに近い形式とすることが望ましい。面壁 式の坑門工を採用する場合は、壁面の輝度を抑える工夫を施すものとする。

また、坑門工およびその周囲は走行車両からは正面に見えるため、トンネルの印象を決定づける景観上重要な 部分である。地形との調和を図り、植栽の復元に努めなければならない。

(2) 坑門の基礎地盤

坑門工は十分な支持力を得られる地盤に支持させるものとする。基礎地盤の支持力が不足するために置換え基礎を採用する場合は、置換部分の上面および底面において支持力が十分に得られることを照査しなければならない。施工時においては載荷試験により支持力を確認すること。

(3) 明かり巻きの止水材

明かり巻きトンネルの打ち継ぎ部には、長期に渡り十分な止水効果が得られる材料を用いるものとする。

(4) 坑門工の塩害対策

立地条件などから塩害を受けると予想される面壁型坑門工、突出型坑門工および明り巻きなどの RC 構造物に対して塩害対策を行うものとする。塩害対策は「第5章 道路構造物」を参照して計画すること。

(5) 坑門の構造設計

道路土工カルバート工指針に準じて設計するものとする。

1) ウイング式坊門

面壁式の坑門はトンネル本体に剛結された片持版として設計するものとする。コンクリートの設計基準強度は 24N/mm^2 、鉄筋はSD345とする。

(a)荷 重

土圧は埋戻し土による静止土圧を考慮するものとし、土圧係数は一般に 0.5 としてもよい。埋戻し土の締固め 等を考慮して過載荷重 $10kN/m^2$ を考慮する。必要に応じて積雪荷重を考慮するものとする。地震の影響は考慮しないものとする (図 10.29 参照)。

(b) ウイング水平方向及び鉛直方向の応力計算

水平方向に対しては、 $\mathbf Z$ 10.29 に示す $\mathbf A$ B C D E F G の仮想ウイング端 $\mathbf G$ $\mathbf A$ $\mathbf B$ に対する曲げモーメント $\mathbf M_{\mathbf C} \sim_{\mathbf A} \sim_{\mathbf B}$ 、せん断力 $\mathbf Z$ $\mathbf S$ $\mathbf C \sim_{\mathbf A} \sim_{\mathbf B}$ を求める。

鉛直方向に対しては、面ADEFGHIの仮想ウイング端 $I\sim A\sim D$ に対する曲げモーメント $\Sigma M_I\sim_A\sim_D$ 、せん断力 $\Sigma S_I\sim_A\sim_D$ を求める。ただし、 $I\sim A\sim B$ は吹付けコンクリートの内面(覆工コンクリートの外面)を示す。

ウイング固定端の断面力は下記の式で求める。

① 水平方向の断面力

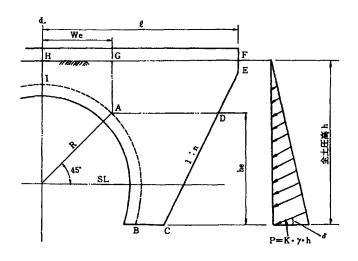
曲げモーメント
$$M_{A\sim B} = \frac{\sum M_{C\sim A\sim B}}{h_{e}}$$
(1)

せん 断力
$$S_{A\sim B}=rac{\sum S_{C\sim A\sim B}}{he}$$
(2)

② 鉛直方向の断面力

曲げモーメント
$$M_{A\sim I} = \frac{\sum M_{I\sim A\sim D}}{We}$$
(3)

せん 断力
$$S_{A\sim I} = \frac{\sum S_{I\sim A\sim D}}{W}$$
(4)



裏込め土の種類	$\gamma (kN/m^3)$
レキ・レキ質土	20
砂・砂質土	19
シルト・粘性土	18

ℓ: ウイング長(m)

he: 水平方向の断面力算出時の ウイング付根部の有効高さ(m)

we:鉛直方向の断面力算出時の ウイング付根部の有効幅(m)

k: 土圧係数

γ: 土砂の単位体積重量(kN/m³)

δ:壁面と土の摩擦角

図 10.29 ウイング式坑門工の断面力の算定

(c)配筋設計

一般にはウイング固定端の断面力計算結果に対し、**図 10.30** に示す鉄筋量算定の考え方に基づいて行うものとする。 坑門に生じる断面力がトンネル本体に影響することを考慮して、覆工外周縁部に主鉄筋同等の鉄筋を先端から 5.0m程度配筋するものとする。

Aso, Ash1:水平方向に配筋される主鉄筋量 (cm^2/m)

Asv1, Asv2: 鉛直方向に配筋される主鉄筋量(cm²/m)

 $Ash1 \ge Aso/2$

 $Asv1 \ge Aso/2$

 $Asv2 \ge Aso/4$

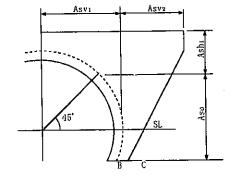


図 10.30 ウイング式坑門工の鉄筋配置の考え方

2) 突出式坑門

突出式坑門工はアーチカルバートとして「道路土工カルバート工指針」((公社)日本道路協会)に従い設計する。

(a) 設計荷重

設計荷重としては、自重、トンネル内の活荷重、埋め戻し土による鉛直土圧、水平土圧、地盤(基礎)反力、上載荷重(積雪荷重、施工機械など)を作用させて設計する。地表より露出する箇所に対し温度変化の影響を考慮するものとし、温度変化は±15℃とする。また、落石や雪崩の影響を受ける場合は設計荷重として考慮すること。落石荷重、雪崩荷重の算出は第11章 防災工によるものとする。

(b) 断面力の計算

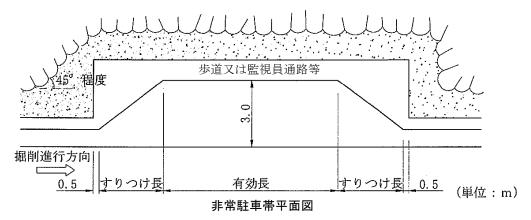
断面力の算定は地盤の弾性バネを考慮した変形法によるものとし、荷重の計算には部材外側寸法線を用い、断面力の計算に対するラーメン軸線としては各部材の中心軸寸法線を用いる。また、応力の算定に際しては全部材に軸力を考慮する。

10-11 拡幅部の設計

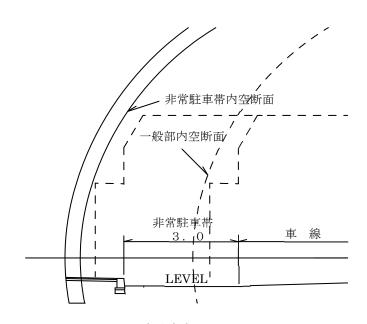
非常駐車帯等の拡幅部を設ける場合は、設置間隔等を考慮し、できるだけ地山条件の良好な位置を選定する。

(1) 非常駐車帯の構造

トンネルにおける非常駐車帯のすりつけ長および有効長は表 10.23 に示す寸法とする。非常駐車帯の平面寸法は「道路構造令の解説と運用」において道路区分ごとに定められており、有効長は20mまたは15m、すりつけ長は一般部では10mまたは20mであるが橋梁およびトンネル等では最小5mまで縮小できるとされている。幅員は3.0mであり、側帯がある場合は側帯を含んだ幅員である。



(道路トンネル技術基準(構造編)図-3.7.3参照)



非常駐車帯断面図 図 10.31 非常駐車帯

表 10.23 非常駐車帯のすりつけ長と有効長

道道	路 区 分	すりつけ長 (m)	有効長(m)		
第 3 種	1級	5	20		
第 3 種	2、3、4級	5	15		

(2) 非常駐車帯の支保構造

非常駐車帯の支保構造は、10-5-1標準支保パターンによるものとする。

10-12 トンネルの補修・補強

- 1. トンネルの補修・補強に関しては「道路トンネル維持管理便覧」((公社)日本道路協会)に基づいて調査、 工法検討および設計を行うものとする。
- 2. プレキャスト舗装版・プレキャストライニング版・プレキャストインバートを用いた道路トンネルの修繕 に関する調査・計画・設計・施工・製造については、「トンネルリニューアル設計施工マニュアル」(トンネ ルリニューアル技術検討委員会)によるものとする。

10-13 落雪対策

トンネルの坑口付近には、着雪防止板 (雪庇板)、または雪庇防止柵を設け、雪庇の成長を制御する。

10-14 トンネル舗装

- 1. トンネル内の舗装は十分な耐久性が確保できるようにしなければならない。
- 2. トンネル内舗装は照明効果および維持管理に配慮するものとする。
- 1) トンネル内舗装の設計は、8-7-3 トンネル内舗装及び「舗装の構造に関する技術基準・同解説」、「舗装設計施工指針」によるものとする。
- 2) トンネル内舗装の選定に当たっては、すべり抵抗や耐久性の他、照明効果に対する配慮が望まれる。このため、 セメントコンクリート舗装を標準とする。
- 3) 道路線形上、トンネル坑口部の取り付け道路において路面凍結を防止することが特に望まれる場合は、ロードヒーティングなどを検討すること。
- 4) セメントコンクリート舗装の場合は一般部との境界にすりつけ版を設け、段差防止を図るものとする。

10-15 トンネル照明

トンネルには設計速度、交通量、延長、構造、線形等に応じた適切な照明を設置する。

トンネル照明の設計は「道路照明施設設置基準・同解説」および本編第12章 交通安全施設によるものとする。

10-16 トンネル内の防災情報提供手段

防災情報提供手段として、ラジオ再放送設備を整備する場合は、平成27年12月25日事務連絡 トンネル内の ラジオ再放送設備の整備等について(依頼)に基づき整備するものとする。

ラジオ (AM/FM) 再放送設備は 200m以上のトンネルに設けることとし、200m未満のトンネルの場合は、道路管理課との協議によるものとする。