

第2章 設計のための基本的事項

第1節 トンネルの計画・設計

トンネルの計画にあたっては、社会性、経済性を考慮するとともにトンネル部および前後に接続する道路部を含めて総合的に検討しなければならない。

計画交通量は換気設備・非常用設備等の規模を決める重要な要素であるので決定にあたっては十分な検討を行うこと。

1 構造規格

トンネルの幅員構成・建築限界・線形等の構造規格は、道路構造令の規定によるものとする。

2 トンネル位置の選定要素

設定された予定路線について地形図を作成し、調査資料に基づいて、トンネル予定位置の詳細な検討を下記により行わなければならない。

- (1) 地形・地質から見た検討（地すべり・軟弱地盤・断層等）
- (2) 平面、縦断線形の検討
- (3) 他の道路との接続
- (4) 鉄道との関係
- (5) 河川の横断地点
- (6) 自然環境
- (7) 沿道環境（騒音・振動・地下水等）
- (8) 土地利用の現状及び将来計画
- (9) 供用開始後のトンネル坑口付近の崩壊・雪崩等の維持管理面の検討
- (10) 完成後の管理設備の検討
- (11) トンネル付近における他の構造物への影響（鉄道・道路・河川・水路等）
- (12) 気象条件

3 調 査

トンネルの建設にあたって、安全で合理的な計画・設計・施工及び維持管理の基礎資料を得るために必要に応じて下記の調査を行うものとする。

- (1) 地山条件調査：地形調査・地質調査・水文調査
- (2) 気象条件調査：気象調査
- (3) 立地条件調査：環境調査・施工条件調査・関連法令等に関する調査
- (4) その他の調査

事業損失補償問題への対応として、特に周辺の水利用への影響（湧水問題等）や生活環境への影響（振動・地盤沈下等）が予測される場合には水文調査及び環境調査を適切に実施する必要がある。施工前のデータ（水利用状況・河川流量・井戸の水位・地盤の変位等）が必要となるため、事前の地質調査等の段階で提案しておくことが大切である。

また、トンネル建設の段階と必要な調査を、表5-2-1に示す。

表5-2-1 トンネル建設の段階と必要な調査

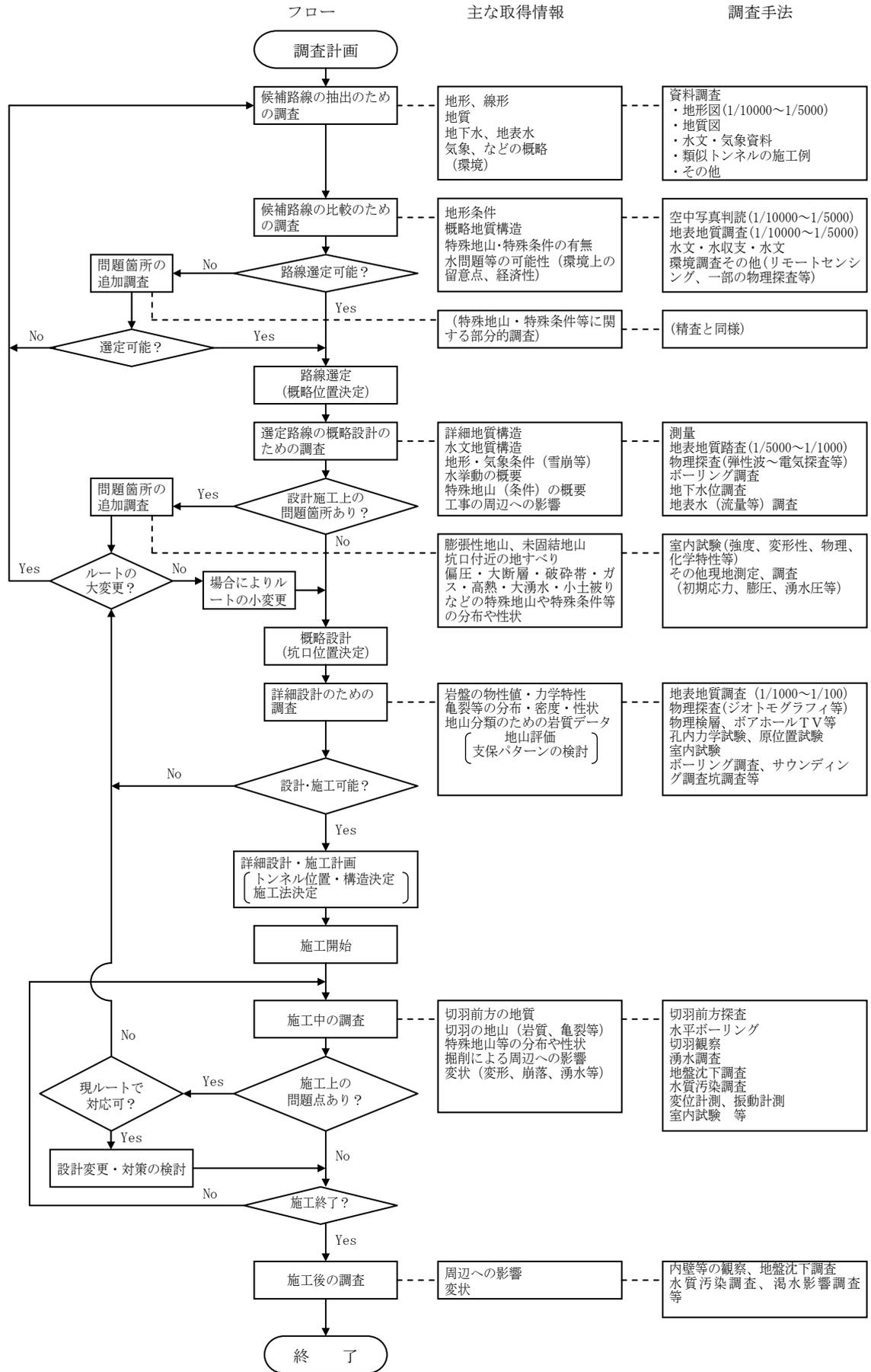
調査段階

概査
(路線選定のための調査)

精査
(設計・施工計画のための調査)

施工中の調査

調査
施工後の



4 平面線形

トンネル平面線形は、走行上の安全性を考慮して十分な視距が得られるものとし、原則として、直線あるいは拡幅を必要としない曲線半径を用いるものとする。

表 5-2-2 トンネル断面の拡幅が不必要な曲線の最小半径の例

設計速度 (km/h)	視 距 (m)	車線の幅員 (m)	路肩の幅員 (m)	最小半径 (m)	備 考
80	110	3.50	0.50	670	3種1級
60	75	3.25	0.50	330	3種2級
50	55	3.00	0.50	190	3種3級
40	40	2.75	0.50	※ 160	3種4級

- 注) 1 本表は、視線が建築限界内に入ることとして計算してある。
2 積雪寒冷地等で別途視距を確保する場合は本表と異なる。
3 ※印は道路構造令解説による曲線部の拡幅を必要としない値である。

5 縦断線形

トンネルの縦断勾配は、湧水等の排水を妨げない程度で、できるだけゆるくすることを原則とする。また換気設計上有利な勾配を選定しなければならない。縦断勾配の変化点には、十分な縦断曲線を入れるものとする。

- (1) トンネルの最小勾配は、施工中の湧水を自然流下させる観点から、0.3%以上必要である。なお、完成後の排水勾配は、0.1%以上あれば十分である。
- (2) 換気を必要とするトンネルの最急勾配は、「道路トンネル技術基準（構造編）」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。機械換気を必要としない短いトンネルの場合は、道路線形上有利な勾配として差し支えない。
- (3) ずり出しがレール方式のトンネルでは、2%程度までが望ましい。

6 トンネルに隣接する道路の線形等

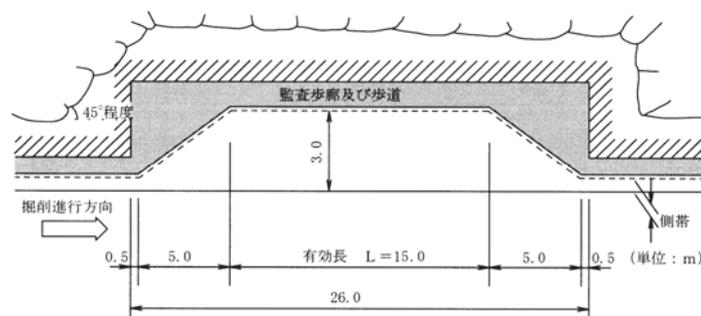
- (1) ドライバーが出来るだけ早くトンネルの存在を知り、十分な距離からトンネル坑口が見通せるような線形とする事が望ましい。
- (2) トンネル部幅員と明かり部幅員が異なる場合は、設計速度に応じたテーパ長で摺り付けを行うものとする。一般に1/25~1/50の範囲のものが用いられているが表5-2-3にその標準値を示す。

表5-2-3 テーパーの標準値

設計速度 km/h	テーパー	
	地方部標準値	都市部標準値
80	1/50	1/40
60	1/40	1/30
50	1/30	1/25
40	1/25	1/20
30	1/20	1/15
20	1/15	1/10

7 非常駐車帯

- (1) 非常駐車帯の配置は、通常500m～1500mの間隔で設けるのが一般的であるが、概ね750mピッチに設けるものとする。また、非常駐車帯の位置関係は、同一断面に集中しないよう、端部間距離として50m以上確保する。
- (2) 非常駐車帯を設ける場合は、出来るだけ地山条件の良好な箇所に設定する。
- (3) 非常駐車帯の型式は、図5-2-1を標準とする。



- 注1) 進入部の取付角度は、45°程度とする。
- 注2) 棲壁部の設計は拡大断面部に準ずるものとするが、ロックボルトは必要に応じて設けるものとする。
- 注3) 第3種第1級以上の道路においては有効長はL=20mとする。

図5-2-1 非常駐車帯部概要図

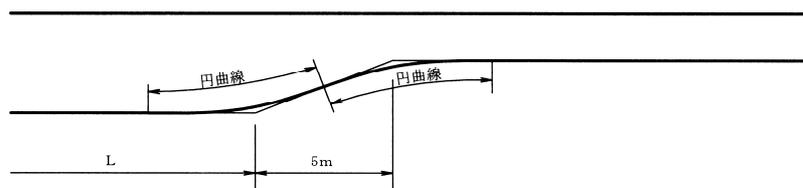


図5-2-2 すりつけ図

第2節 内空断面の設計

1 内空断面設計の一般的事項

(1) 内空断面は、道路構造令に定められた必要な建築限界の他に、換気施設、照明施設、非常用施設、内装板、管理用施設、舗装、排水施設の設置区間、及び覆工の施工誤差の余裕等をとった断面を包含していなければならない。

なお、諸設備の設置高さは、トンネル内の片勾配に留意して歩道（監査歩廊）の中にくいこまないようにすること。

(2) 同一断面で、自動車、自転車及び歩行者を通行させる場合、特に自転車及び歩行者の安全に留意した構造とする。

2 内空断面決定の諸条件

(1) 内空高の余裕

トンネル内の舗装は、全面的な打換えが困難なため普通オーバーレイが行われる。従って建築限界の内空高の外に余裕を見込んでおく必要がある。この余裕は20cmとする。

(2) 施工に対する余裕

トンネル内空断面には施工に対する余裕として片側5cmとするものとする。

(3) 監視員通路・監査歩廊

監視員通路・監査歩廊の幅員は75cmとする。

(4) 施設帯

施設帯を設ける場合は50cmを確保する。

(5) 曲線部のトンネルにおいて路面の横断勾配が変化する場合は、全ての位置において上記(1)～(4)の条件及び覆工の1打設長等の施工余裕の条件を満足しなければならない。

(6) トンネルの中心線と道路中心線が一致しない場合、中心線間隔はトンネル全長にわたって一定とする。

3 内空断面設定の考え方

(1) 建築限界の考え方

車道の建築限界および監査歩廊上の歩行空間の取り方は図5-2-3に示すとおりとする。また、トンネルの路肩は建築限界との関係から図5-2-4に示す構造とする。

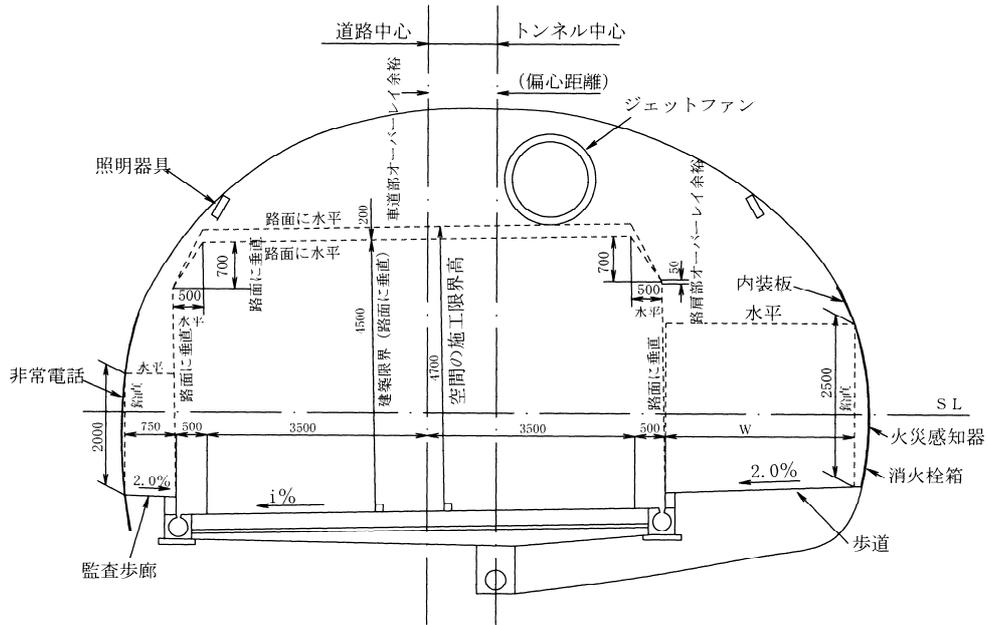


図5-2-3 建築限界の考え方

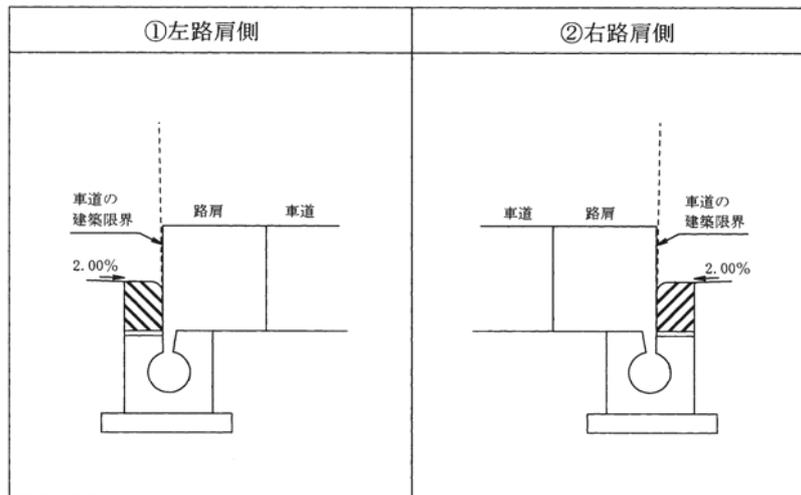


図5-2-4 トンネル路肩の構造

(2) 内空断面設定上の施設

① 舗装及び排水

底盤地山と舗装路盤は、2%程度以上の勾配で中央排水に摺付けるものとする。

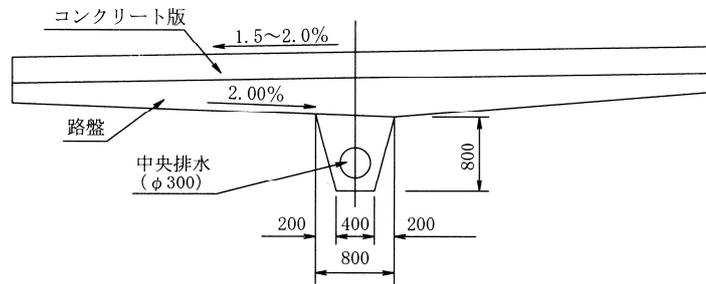


図5-2-5 舗装および中央排水工の構造

② 換気設備

換気設備として、ジェットファンを想定する場合は、下記に示す建築限界によるトンネル断面及びトンネル延長方向の設置間隔により検討するものとする。

型式	a	b	c	d	e
J F 630	200	800	250~315	250~315	車線幅員の1/2

(注) c、d寸法については、離間距離（トンネル壁面とジェットファンとの距離）が標準0.5D（D：J F口径）より短くなるにつれ、昇圧力が減少するのでJ F性能を含めた設計検討の上、寸法を上表範囲内で決定するものとする。但し、メンテナンス性を考慮し、250mmを最小値として確保する。

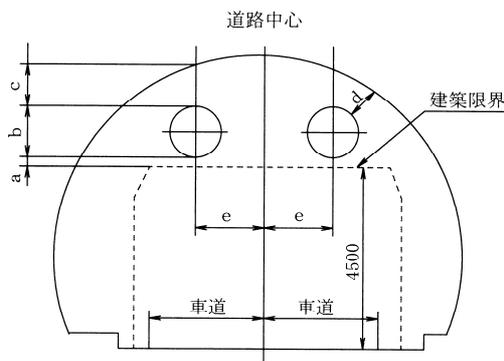


図5-2-6 ジェットファンの断面取付図

トンネル延長方向のジェットファン設置間隔

形式	口径 (mm)	坑口からJ Fまでの距離 (m)	J F間の距離 (m)
J F 630	630	80	80

表 5-2-4 断面区分

	通常断面	大断面	小断面
内空幅 (m)	8.5~12.5程度	12.5~14.0程度	3.0~5.0程度
内空形状	一般的に 上半単心円断面	一般的に 上半三心円断面	一般的に 上半単心円 側壁部鉛直断面
内空縦横比 (H/W)	概ね0.6以上	概ね0.57以上	概ね0.8以上

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5-2-7、8に示すWをいう。)

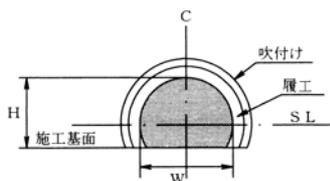


図 5-2-7 インバートなしの場合

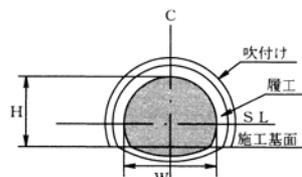


図 5-2-8 インバートのある場合

内空断面積は断面形状(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る区分を主とする。

参考として各断面のおおよその内空断面積を以下に示す。

	通常断面	大断面	小断面
内空断面積 (m ²) (参考値)	40~80程度	80~100程度	8~16程度

なお、ここでいう内空断面積とは、図5-2-7、8に示すようにインバート(盤下げ)を含まない覆工内側の全内空断面積をいい、換気計算に用いる車道内空(舗装面の上部)とは異なる。

注2) 内空形状は上半(SLより上)を形成する円弧の数で表示した。

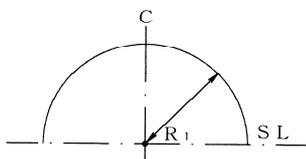


図 5-2-9 上半単心円

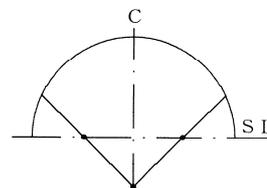


図 5-2-10 上半三心円

注3) 内空縦横比は図5-2-7、8に示す内空高さ(H)と内空幅(W)の比で表示した。

$$\text{内空縦横比} = H/W$$

注4) 内空縦横比が表2-4の値を下回る場合は、別途検討を行うこととする。

注5) 標準断面には、従来内空幅10m程度の断面に適用してきた標準的な支保構造の組合せを適用することとする。

4 道路トンネル標準断面の例

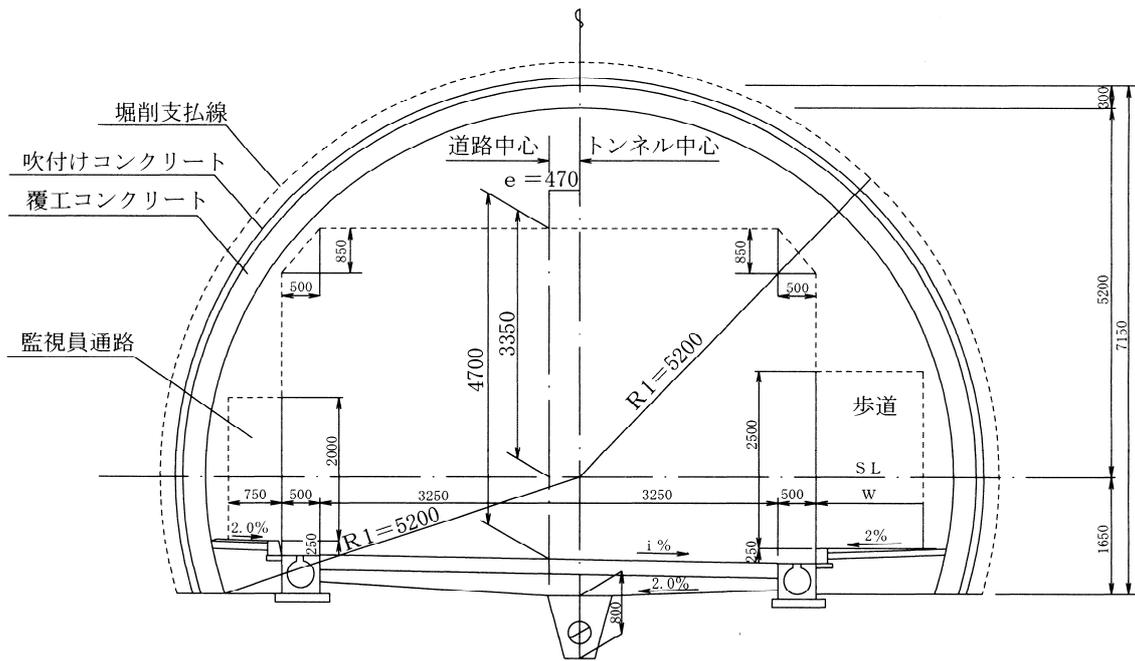


図 5 - 2 - 11 標準断面の例 (1 心円)

第3節 地山分類

1 地山分類

トンネルの設計・施工にあたっては、地質調査等の結果に技術的判断を加え地山分類を行うものとし、地山分類は表5-2-5によるものとする。

表5-2-5 NATM工法

地山等級	岩石グループ	代表岩石名	弾性波速度 V_p (km/s)					地山の状態		
			1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	岩質、水による影響	不連続面の間隔	不連続面の状態
B	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩						<ul style="list-style-type: none"> 新鮮で堅硬または、多少の風化変質の傾向がある。 水による劣化はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 節理の間隔は平均的に50cm程度。 層理、片理の影響が認められるがトンネル掘削に対する影響は小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> 不連続面に鏡肌や挟在粘土がほとんどみられない。 不連続面は概ね密着している。
		ホルンフェルス								
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩								
		第三紀層砂岩・礫岩								
		L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩							
		M層状	粘板岩、中生層頁岩							
L層状	黒色片岩、緑色片岩									
第三紀層泥岩										
C I	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩						<ul style="list-style-type: none"> 比較的新鮮で堅硬または、多少の風化変質の傾向がある。 固結度の比較的良好な軟岩。 水による劣化は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 節理の間隔は平均的に30cm程度。 層理、片理が顕著で、トンネル掘削に影響を与えるもの。 	<ul style="list-style-type: none"> 不連続面に鏡肌や薄い挟在粘土がごく一部みられる。 不連続面は部分的に開口しているが開口幅は小さい。
		ホルンフェルス								
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩								
		第三紀層砂岩・礫岩								
		L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩							
		M層状	粘板岩、中生層頁岩							
L層状	黒色片岩、緑色片岩									
第三紀層泥岩										
C II	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩						<ul style="list-style-type: none"> 比較的新鮮で堅硬または、多少の風化変質の傾向がある。 風化・変質作用により岩質は多少軟化している。 固結度の比較的良好な軟岩。 水により、劣化やゆるみを部分的に生じる。 	<ul style="list-style-type: none"> 節理の間隔は平均的に20cm程度。 層理、片理が顕著で、トンネル掘削に影響を与えるもの。 	<ul style="list-style-type: none"> 不連続面に鏡肌や薄い挟在粘土が部分的にみられる。 不連続面は開口しているものが多くなり開口幅も比較的大きくなる。 幅の狭い小断層を挟むもの。
		ホルンフェルス								
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩								
		第三紀層砂岩・礫岩								
		L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩							
		M層状	粘板岩、中生層頁岩							
L層状	黒色片岩、緑色片岩									
第三紀層泥岩										
D I	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩						<ul style="list-style-type: none"> 岩質は多少硬い部分もあるが、全体的に強い風化・変質を受けたもの。 層理・片理が非常に顕著なもの。 不連続面の間隔は平均的に10cm以下で、その多くは開口している。 不連続面の開口も大きく鏡肌や粘土を挟むことが多い。 小規模な断層を挟むもの。 転石を多く混じえた土砂、崖錐等。 水により劣化やゆるみが著しい。 		
		ホルンフェルス								
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩								
		第三紀層砂岩・礫岩								
		L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩							
		M層状	粘板岩、中生層頁岩							
L層状	黒色片岩、緑色片岩									
第三紀層泥岩										
D II	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩								
		ホルンフェルス								
	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英安山岩								
		第三紀層砂岩・礫岩								
		L塊状	蛇紋岩、凝灰岩、凝灰角礫岩							
		M層状	粘板岩、中生層頁岩							
L層状	黒色片岩、緑色片岩									
第三紀層泥岩										

注-1) 本分類表にあてはまらないほど地山が良好なものを地山等級A、劣悪なもの（内空変位200mm以上）を地山等級Eとする。

注-2) H, M, Lの区分：岩石の初生的な新鮮な状態での強度により、一軸圧縮強度で次のように区分する。

H : $qu \geq 80N/mm^2$ M : $20N/mm^2 \leq qu < 80N/mm^2$ L : $qu < 20N/mm^2$

注-3) 塊状、層状の区分 塊状：節理面が支配的な不連続面となるもの。

層状：層理面あるいは片理面が支配的な不連続面となるもの。

コアの状態、RQD	地山強度比	トンネル掘削の状況と変位の目安
コアの形状は岩片状～短柱状～棒状を示す。コアの長さが概ね10～20cmであるが5cm前後のものもみられる。RQDは70以上。	—	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて非常に大きい。不連続面の状態も良好でトンネル掘削によるゆるみはほとんど生じない。掘削壁面から部分的に肌落ちする場合もあるが掘削にともなう内空変位は15mm程度以下の微小な弾性変形にとどまる。切羽は自立する。
コアの長さが概ね5～20cmであるが5cm以下のものもみられる。RQDは40～70。	—	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きい。不連続面の状態も比較的良好でトンネル掘削によるゆるみは部分的なものにとどまる。比較的すべりやすい不連続面にそって、局部的に抜け落ちする場合もあるが、掘削にともなう内空変位は15～20mm程度以下の小さな弾性変位にとどまる。切羽は自立する。
コアの長さが10cm以下のものが多く、5cm以下の細片が多量に取れる状態のもの。RQDは10～40。	—	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べてあまり大きくはないが、概ね弾性変形をとどめる程度である。岩石の強度は大きくても不連続面の状態が悪く、掘削によりすべりやすい不連続面にそって岩塊が落下しようとしてゆるみが大きくなる。掘削にともなう内空変位は、岩石の強度が作用する荷重に比べて小さい場合には、弾塑性境界である30m程度発生するが切羽が2D離れるまでには収束する。切羽はほぼ自立する。
コアは細片状となる。時には、角礫混じり砂状あるいは粘土状となるもの。RQDは10程度以下。	4～2	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて大きくなり、弾性変形とともに一部塑性変形を生じる。岩石の強度は弾性変形をとどめるに足りるほど大きくても、不連続面の状態が非常に悪く、掘削により多くのすべりやすい不連続面にそって地山のゆるみが拡大する。掘削にともなう内空変位は、岩石の強度が作用する荷重に比べて小さい場合には、インパートで早期に閉合しないならば掘削幅10m程度のトンネルで30～60mm程度発生し、切羽が2D離れても収束しないことが多い。切羽の自立が悪く、地山条件によってはリングカットや鏡吹きを必要とする。
	2～1	岩石の強度は、トンネル掘削によって作用する荷重に比べて小さく弾性変形とともに大きな塑性変形を生じる。岩石の強度が小さいことに加えて、不連続面の状態も非常に悪く掘削により多くのすべりやすい不連続面にそって地山のゆるみが拡大し変位も大きくなる。切羽の自立が悪く、地山条件によってはリングカットや鏡吹きを必要とする。掘削にともなう内空変位は、インパートで早期に閉合しないならば掘削幅10m程度のトンネルで60～200mm程度発生し、切羽が2D離れても収束しない。

注-4) 内空変位とは、トンネル施工中に実際に計測される、トンネル壁面間距離の変化で、掘削以前に変位したものは含まない。

注-5) ゆるみとは、土圧によって閉鎖されていた岩盤中の不連続面が、トンネル掘削により応力を解放することで開口し、それによって岩塊が重力により落下しようとするをいう。

注-6) 岩石の強度とは、割れ目の影響を受けない岩片の強度のことをいう。

2 地山分類表を適用するにあたっての留意点

- (1) 道路トンネルの地山分類表は、原則として、土被り高さが20m以上500m未満の2車線トンネルの計画に適用するものとするが、3車線トンネルもこれに準ずることができる。
- (2) この表は、一般的な標準を示すものであり、坑口部で大きな偏圧が作用する場合、地すべりの発生が予想される場合、地表面沈下を抑制する必要がある場合等、特殊な事情がある場合には適用できない。
- (3) 地山等級Eは、特殊な地山条件下（大きな崖錐、大きな断層・破碎帯等の土圧が著しい地山状況）で内空変位が200mm程度以上（掘削幅10m程度のトンネルでの目安）になるもの以外には用いない。

(4) 地山判定基準

当初設計段階における地山分類は、地表地質踏査、ボーリング調査、地山試料試験等の調査結果および弾性波探査を総合的に判断して行うものとする。特に、弾性波速度および地山強度比は地山判定の一応の目安を与えるものであり、できるだけ地表地質踏査、ボーリング調査、地山試料試験等の調査結果を活用し、それらを補完する目的で使用する。

ア) 弾性波速度 (km/sec)

トンネルの調査においては、トンネルが地中の深いところを通過し、ボーリング調査などのように直接地山を観察する手法が適用できない部分があるので、間接的手法として弾性波速度を用いて補足する。弾性波速度は、不連続面を反映した岩盤の力学的性状を、広い範囲にわたって比較的簡単に把握できるので便利であるが、あくまでも間接的手法であり、誤差も大きいことを認識しておく必要がある。

- ① 弾性波探査の有効探査深さは、測線が探査深度の5～6倍必要であることから実用的には100m程度が限界であり、かつ地表面から深部の層へ順番に硬くなる（弾性波速度が早くなる）ことを仮定した方法であるので、途中で硬い層が有るなどの逆転が生じる場合には適用できない。
- ② 頁岩、粘板岩、片岩などで褶曲などによる初期地圧が潜在する場合、あるいは微細な亀裂が多く施工時にゆるみやすい場合には、実際の地山等級よりも事前の弾性波速度によるものが過大に評価されることがある。
- ③ 弾性波速度（縦波速度）および地山強度比の境界データについては、地形的特性、地質状態等により工学的に判定する。
- ④ 坑口部および谷直下付近は、トンネルの上方および側方の土被りが薄い場合が多い。その場合は、弾性波速度に対し注意を払い、この表の等級を下げることも考える。
- ⑤ トンネル基盤より上部約15mの範囲が複数の速度層からなる場合は、弾性波速度分布図における基盤の速度層より上層（速度の遅い層）の速度を採用する方が望ましい。
- ⑥ 土被りの薄い所では地質が比較的悪く、地質区分の変化も著しいことが多いため、測量誤差（航測図化図、実測図、弾性波探査測量図）や物理探査の解析誤差が地質区分の判定に大きな影響を与えるので、特に注意を払う必要がある。
- ⑦ 断層・破碎帯については、弾性波速度のみでなく、その方向・土被り・その他の判定基準も参考にして、補正を行う。

⑧ 施工中に坑内弾性波速度が得られた場合は、地山等級の確認を行い、必要があれば当初設計の変更を行う資料とする。

イ) ボーリングコア (コアの状態、RQD)

ボーリングコアの採取は、事前調査段階では、全ての岩種において直接地山を観察できる数少ない有用な指標になる。これらの観察結果は、主に地表地質調査と合わせ、岩片の強度や不連続面の状態、間隔の判定に使われる。また、ボーリングコアの状態、RQDは、ボーリングの施工技術や掘削径によって左右されるので、必ずしも一律な判定基準とはならないが、大まかな目安として利用できる。ただし、この基準は、ボーリング外径66mmのダブルコアチューブで採取されたコアについて適用する。

ウ) 地山強度比

地山強度比は、次のように定義する。

$$\text{地山強度比} : \frac{q_u}{r h}$$

q_u : 地山の一軸圧縮強度 (k N/m^2) ($1 \text{ k N/m}^2 = 1 / 1000 \text{ N/mm}^2$)

r : 地山の単位体積重量 (k N/m^3)

h : 土被り高さ (m)

なお、地山の一軸圧縮強度は、亀裂等の存在が無視できる地山においては試料の一軸圧縮強度を適用できるが、亀裂等の影響が大きい地山においては準岩盤強度 q_u' (k N/m^2) を用いることができる。

$$q_u' = \left(\frac{V_p}{U_p} \right)^2 \times q_u$$

V_p : 地山の弾性波速度 (縦波、 km/s)

U_p : 試料の超音波伝播速度 (縦波、 km/s)

一般的に $U_p \geq V_p$ であるが、スレーキング性や土被り等の関係で $V_p > U_p$ となる場合は、 $U_p = V_p$ として準岩盤強度を求める。

エ) 注意すべき岩石

下記に示す岩石については、一般的にトンネル施工にともなう問題が発生しやすく注意が必要であり、場合によっては等級を下げる必要がある。

- ① 蛇紋岩や蛇紋岩化を受けた岩石等、泥岩・頁岩・凝灰岩等、火山碎屑物等は水による劣化を生じ易いので十分注意を要する。
- ② 蛇紋岩は変質が極めて不規則であるので、物理探査やボーリングの調査の結果だけでは地質の実体を把握できないことが多いので、施工段階に十分注意を要する。
- ③ 輝緑岩、角閃岩、かんらん岩、斑れい岩、輝緑凝灰岩は、蛇紋岩化作用を受け易いので、蛇紋岩と同様の注意が必要である。
- ④ 蛇紋岩や変朽安山岩、黒色片岩、泥岩、凝灰岩等で膨張性が明確に確かめられたならば、D II または E に等級を下げる。
- ⑤ 比較的岩片の硬い頁岩、粘板岩、片岩類は、薄板状にはく離する性質があり、切羽の自立性、ゆるみ域の拡大、ゆるみ荷重に注意を必要とする場合がある。

(5) NATM工法における地山判定基準について

ア) 一般的な地山の状態

トンネル掘削の対象となる地山、すなわち岩盤を評価するためには、岩盤が岩塊、岩片という要素が重なり合った不連続物体であり、岩片がある一定以上の強度を持つものであれば、その強度は不連続面の強度に支配されるということを良く理解しておく必要がある。一方、地山の状態が非常に悪くなれば、無数の不連続面の存在により逆に連続体的な挙動を示すようになり、トンネル掘削による挙動は不連続面を含む地山の強度が支配的となる。

① 岩質

ここでいう岩質とは、新鮮な地質体が風化によって劣化した、現時点での岩盤を構成する岩片の状態のことである。事前調査においては、地表地質調査、ボーリングコアから採取した試料の室内強度試験などにより、できるだけ直接的、定量的な強度の把握に努める。施工中には、切羽より採取した岩片の一軸圧縮強度試験、点載荷試験などによって強度を判定し、ハンマーの打撃などによって補足する。

② 水による影響

地下水による地山の強度劣化は、トンネル構造と施工の難易に対して評価する必要がある。当初設計段階において、湧水が有ると予想される場合には地下水による強度劣化を想定して地山評価を行い、施工段階では、実際の湧水の量と強度劣化の度合いに応じて地山の評価を修正するものとする。

イ) 不連続面の状態

不連続面の状態は、不連続面がトンネルの挙動を支配する場合には、最も重要な地山判定項目となる。すなわち、岩盤のせん断強度は、不連続面の形状と不連続面に挟在する物質の種類によって決まる。したがって、不連続面の粗さ（形状および表面のすべりやすさ）、粘土などの充填物を主とし、長さ（連続性）、幅（開き）、風化の状態を総合的に検討して、トンネル掘削の岩盤の挙動の観点から評価する。事前調査においては、地表地質調査、ボーリングコア観察等によってできるだけ直接的な観察によって判断する必要がある。施工中は、切羽の詳細な観察により判定することができる。

ウ) 不連続面の間隔

不連続面の間隔とは、層理、片理、節理による規則性を持った割れ目の平均間隔をいい、トンネル掘削によって切羽に明確な凹凸を生じさせ、岩塊として分離するような割れ目を評価する。事前調査においては、地表地質調査、ボーリングコア観察等によってできるだけ直接的な観察によって判断する。施工中は、切羽の詳細な観察により判定できる。

エ) トンネル掘削の状況と変位の目安

トンネル掘削時の状況と変位の目安は、表5-2-5に示したとおりである。変位の計測は、ずり処理後できるだけ早い時期（遅くとも3時間以内）に初期値を測定する必要がある。なお、施工時においては、切羽で観察される不連続面の走向・傾斜とトンネル軸の関係および地下水の湧水量、地下水による強度低下に対して必要に応じて地山の評価を修正できるものとする。

第4節 掘削工法の選定

1 掘削一般

トンネル掘削にあたっては、できるだけ地山を緩めないようにすること、また余掘りを少なくすることが基本的理念である。

しかし、地山条件、作業能率等を考慮した場合、ある程度の地山の緩みや余掘りは避けられない。このため、掘削にあたっては、総合的に安全で経済的となるような掘削方式、掘削工法等を選定しなければならない。

2 掘削方式

(1) 爆破掘削

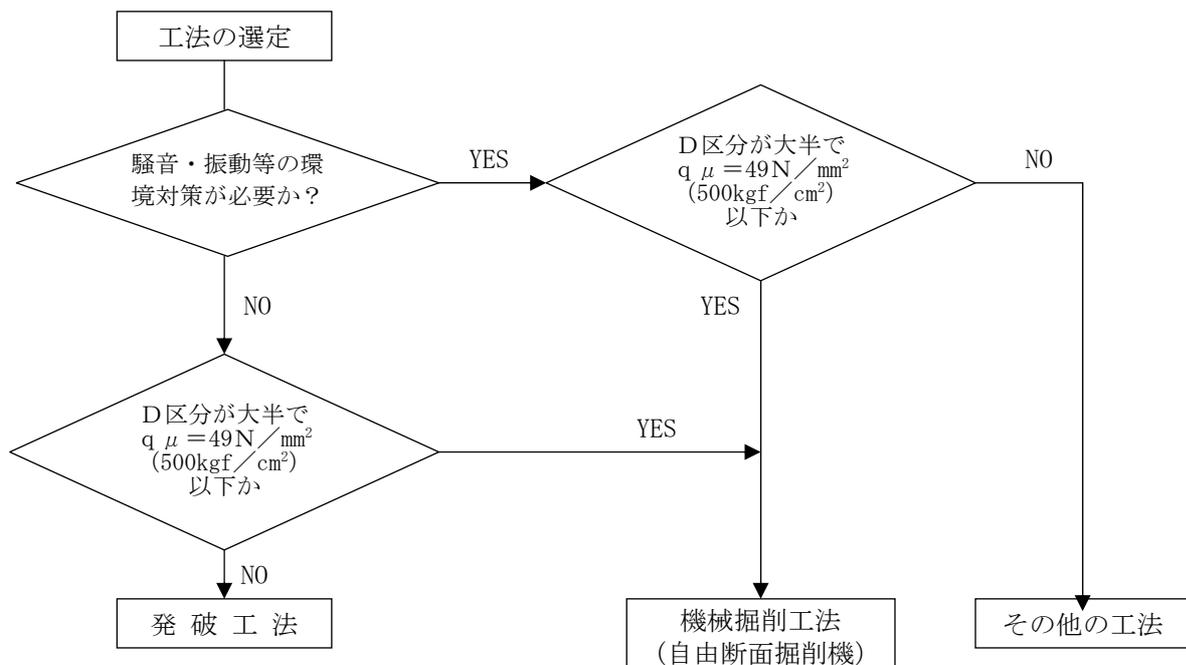
爆薬で地山を破碎掘削するもので、硬岩地山から軟岩地山まで幅広い地山に適用でき、柔軟性に富んでいるので、経済的な掘削方式となり多用されている。

(2) 機械掘削

地山を機械的に圧砕または切削する方式で、余掘りが少なく地山の緩みも少ない利点はあるが、著しい地質の変化に対応しにくい。

(3) 掘削方法の選定フロー

掘削方法の選定は、下図を標準とするが、適用に当たっては、ボーリング調査等の事前調査により、トンネルの地山条件（一軸圧縮強度、亀裂係数、地質、湧水量等）や環境条件等を総合的に判断し、これにより難しい場合は、別途選定するものとする。



(注) 大半の区分は90%程度を目安とする。

図5-2-12 掘削方法の選定フロー

3 掘削工法

(1) 一般的掘削工法図を図5-2-13に示す。

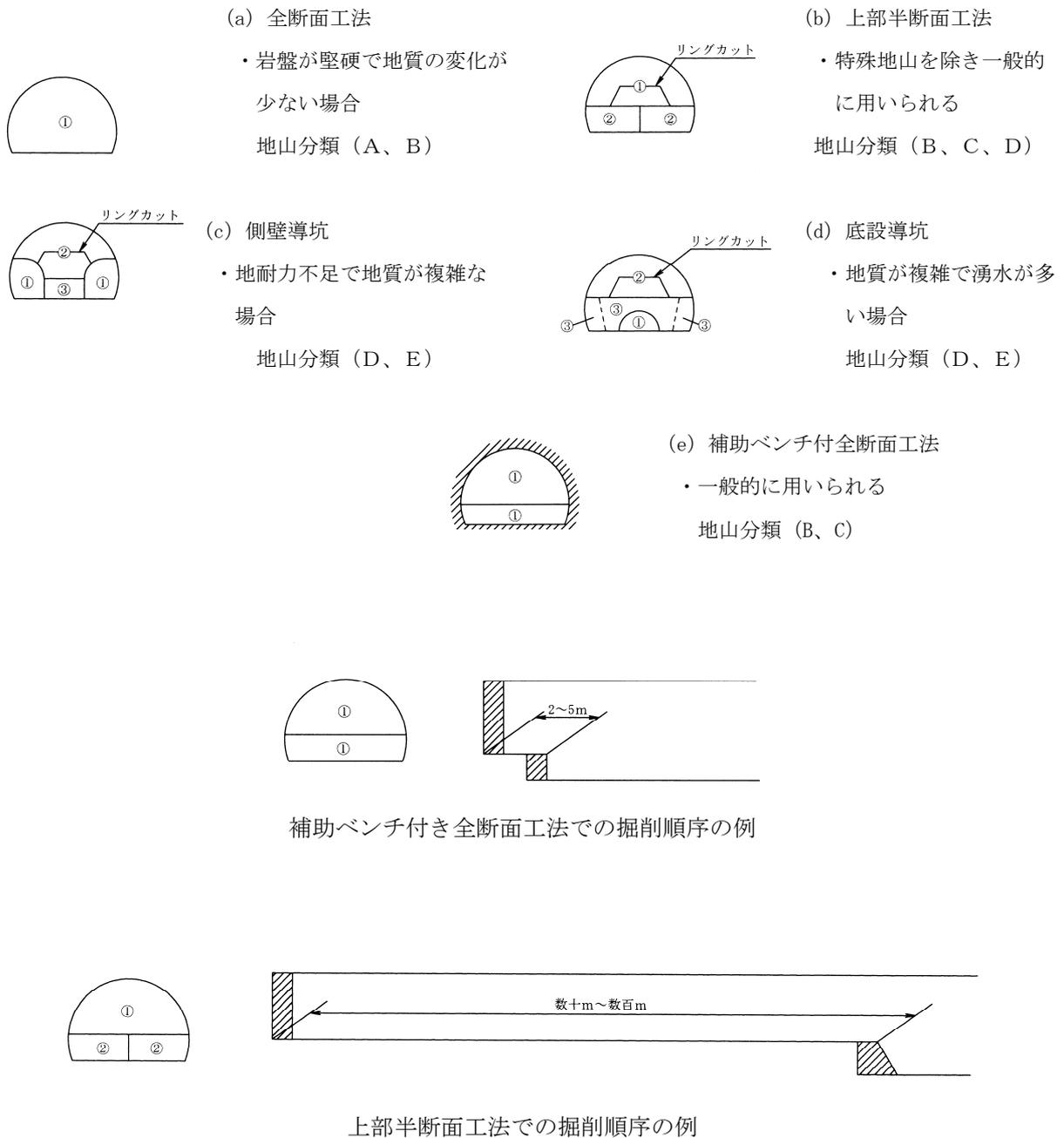


図5-2-13 掘削工法図

- 注) 1 ①②③は掘削順序を示す。
 2 切羽の安定が悪い場合は図中にて示したように、リングカットを行う。
 3 標準的な加背割図を図5-2-14に示す。一般的にSLが上半下半線となる。

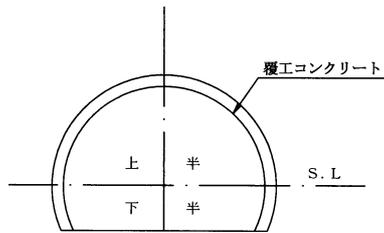


図 5-2-14 加背割図

4 ずり出し方式

ずりだし方式は、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 加背割図

一般的な加背割図と施工順序の例を図 5-2-15 に示す。

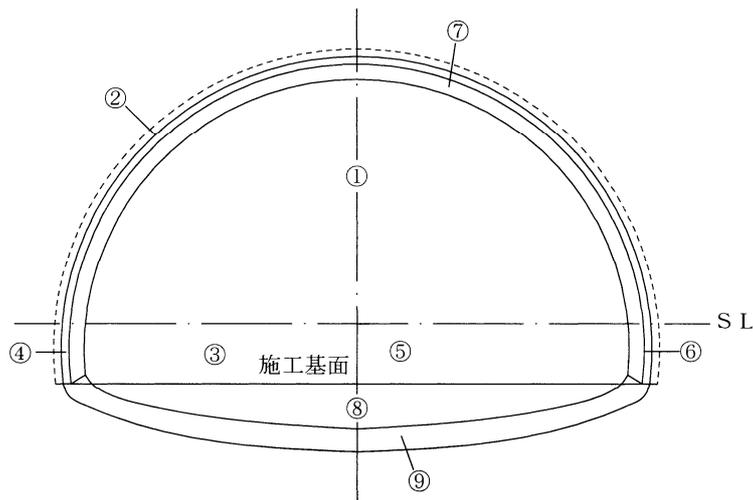


図 5-2-15 加背割図

名		称	
①	上半断面	⑥	下半吹付けコンクリート
②	上半吹付けコンクリート	⑦	覆工コンクリート
③	下半断面	⑧	盤下
④	下半吹付けコンクリート	⑨	インバートコンクリート
⑤	下半断面		

注) 補助ベンチ付全断面工法及び上部半断面工法の上下半境界は、スプリングライン (S L) を標準とする。