

9.1.4 上部工の設計

(1) 上部工形式の選定

一般に小規模農道橋の上部工形式は、

- ① 鉄筋コンクリート床版橋
- ② 単純H型鋼桁橋
- ③ プレテンション方式PC単純橋

が採用されるが、橋長、支間長、下部工等の条件、地形、周囲の環境等を考慮し、総合的に選定する。

この場合、将来水道管等を橋梁に添架する計画の有無についても、十分調整しておく必要がある。

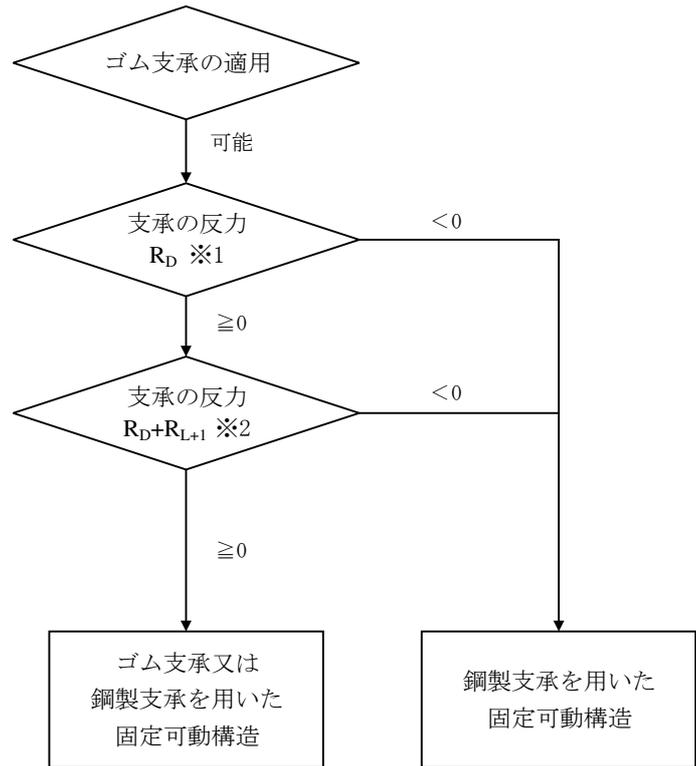
(2) 支承部構造

ア 支承選定の基本的な考え方

支承形式の選定に当たっては、「道路橋示方書（I 共通編 10.1.1(1)）」の規定に従って、道路橋支承便覧に示される次のような観点を比較検討の上、総合的な観点から決定するのがよい。

- ① 上部構造の支持条件、上部構造から伝達される荷重の大きさとその作用方向
- ② 移動量と回転量
- ③ 移動方向と回転方向の関係
- ④ 橋全体を構成する上部構造形式や下部構造形式等の構造特性
- ⑤ 地盤条件
- ⑥ 周辺環境とそれが橋に及ぼす影響
- ⑦ 耐久性
- ⑧ 施工品質の確保
- ⑨ 維持管理の確実性及び容易さ
- ⑩ 供用中の補修や部材の更新及び支承部の取り替え易さ、被災時の点検や緊急対応等の損傷時の措置
- ⑪ 経済性

参考図として図-9.1.19に支承の形式選定フローを示す。



※1 R_D : 死荷重による支承反力
 ※2 R_{L+1} : 衝撃を含む死荷重による最小反力

図-9.1.19 支承の形式選定フロー

イ 橋座部及び落橋防止システム

(ア) 支承縁端と下部構造頂部縁端との距離 S

$$S \geq 0.2 + 0.005L_2 \dots\dots\dots \text{式 (9.1.20)}$$

ここに、 S : 支承縁端距離 (m)

L_2 : 支間長 (m)

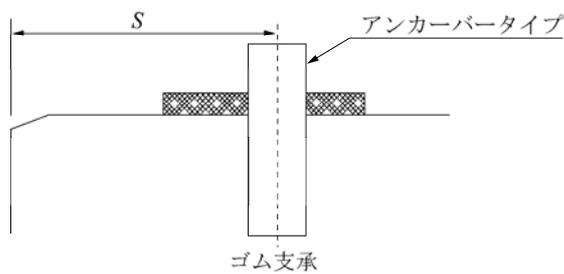


図-9.1.20 支承縁端距離

(イ) 桁端から下部構造頂部縁端までの桁端距離（桁かかり長） S_E

$$S_E = 0.7 + 0.005L_2 \dots \dots \dots \text{式 (9.1.21)}$$

ここに、 S_E ：必要桁かかり長の最小値 (m)

L_2 ：支間長 (m)

a 鉄筋コンクリート床版橋

$$L_3 = H/2$$

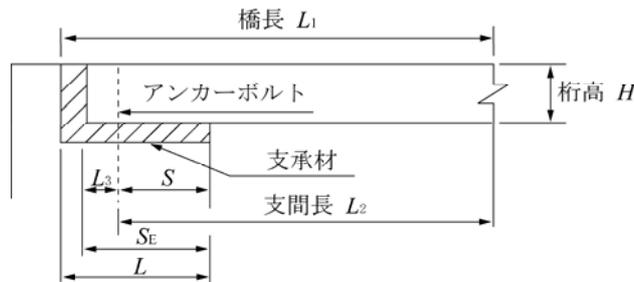


図-9.1.21 桁端から支承縁端までの距離(鉄筋コンクリート床版橋)

b PC スラブ橋及び PCT 桁橋

桁端部の支点からの張出し長 L_3 は、JIS 規格 (JIS A 5313) に準じ、表-9.1.19 及び表-9.1.20 のとおりとする。(ゴム支承の場合)

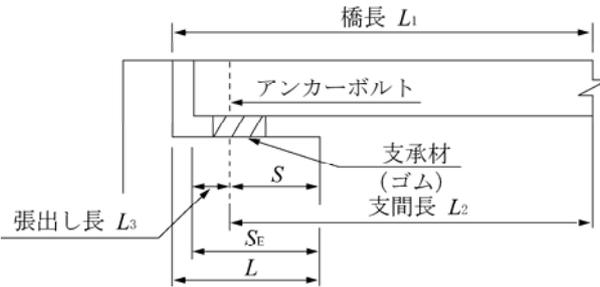


図-9.1.22 桁端から支承縁端までの距離(PC スラブ橋及び PCT 桁橋)

表-9.1.19 支間長と張出し長の関係(PCT 桁橋)

支間長 L_2 (m)	張出し長 L_3 (m)
$L_2 \leq 19$	0.30
$19 < L_2$	0.35

表-9.1.20 支間長と張出し長の関係(PC スラブ橋)

支間長 L_2 (m)	張出し長 L_3 (m)
$L_2 \leq 7$	0.15
$7 < L_2 \leq 9$	0.20
$7 < L_2 \leq 14$	0.25
$14 < L_2 \leq 19$	0.30
$19 < L_2$	0.35

(3) 伸縮装置

伸縮装置は、橋の温度変化、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮、荷重等による桁端の変位に対して、車両が橋面を支障なく走行できるようにするための装置をいう。

現在使用されている伸縮装置にはいろいろな種類があり、その使用方針も確定していない。これは、伸縮装置が破損しやすく、したがって、いまだ試用の段階という製品もあり、最終的な完成品というものができていないことに起因する。選定に当たっては、十分な比較検討が必要である。

ア 型式の選定

伸縮装置は、次の点に留意して型式を選定することが望ましい。

- ① 桁の温度変化による伸縮に適合したもの
- ② 桁のたわみ変化等変位に適合したもの
- ③ 平坦で走行性のよい構造であること
- ④ 耐久性があること
- ⑤ 防水又は排水により支承部に水が入りにくいもの
- ⑥ 施工が容易で維持補修が容易なもの
- ⑦ 床版端部がよく補強されているもの

イ 伸縮量の算定 (表-9.1.21 参照)

表-9.1.21 伸縮量

(単位: mm)

項目	橋種	鋼橋		PC橋	RC橋
		上路橋	下路、鋼床版橋		
温度変化		(-20~+40℃) -10~+40℃	(-20~+40℃) -10~+50℃	(-15~+35℃) -5~+35℃	(-15~+35℃) -5~+35℃
伸	温度変化	(0.6×1.2ℓ) 0.5×1.2ℓ	(0.6×1.2ℓ) 0.6×1.2ℓ	(0.5ℓ) 0.4ℓ	(0.5ℓ) 0.4ℓ
	乾燥収縮	—	—	0.1ℓ	0.1ℓ
	クリープ	—	—	0.2ℓ	—
縮	基本伸縮量	(0.72ℓ) 0.6ℓ	(0.72ℓ) 0.72ℓ	(0.8ℓ) 0.7ℓ	(0.6ℓ) 0.5ℓ
	伸縮余裕量	(0.14ℓ+10) 0.12ℓ+10	(0.14ℓ+10) 0.14ℓ+10	(0.16ℓ+10) 0.14ℓ+10	(0.12ℓ+10) 0.10ℓ+10
量	合計	(0.86ℓ+10) 0.72ℓ+10	(0.86ℓ+10) 0.86ℓ+10	(0.96ℓ+10) 0.84ℓ+10	(0.72ℓ+10) 0.60ℓ+10

注1) 表中の()内は特に寒冷な地方に適用する。寒冷な地方とは、北海道地方又は北海道と同等以上の地方をいう。

2) 表中のℓは伸縮桁長(m)を示す。

3) 鋼桁の線膨張係数は、 1.2×10^{-5} 、コンクリート桁の場合は、 1.0×10^{-5} とする。

4) 乾燥収縮は温度換算20℃とし、コンクリート打設後、伸縮装置設置までの材令は2~3か月と考えて、てい減係数は0.5とした。

5) 一般的なPC橋におけるクリープは、プレストレスによる軸応力度 $\sigma_p = 6.0 \text{ kN/mm}^2$ 、コンクリートのヤング係数 $E_c = 30 \text{ kN/mm}^2$ 、クリープ係数 $\phi = 2$ とし、てい減係数はプレスト導入後2~3か月と考えて、 $d = 0.5$ とした。

6) 舗装及び活荷重による桁端の回転並びに施工誤差等による伸縮の変化量は、余裕量として見込むものとし、基本伸縮量の20%に一律10mmを加えたものとする。

7) 特に軟弱地盤上の構造物で水平移動が予測される場合は、その移動量を伸縮量として見込んでよい。

(4) 防護柵

ア 防護柵

橋梁用防護柵は、「第11章 交通安全施設 11.2.9 橋梁用防護柵」を参照のこと。

イ 地覆の構造

自動車の視線誘導のためや自動車が橋面外へ逸脱するのを防ぐために、橋の幅員方向の両側に地覆を設けるものとする。地覆構造は、図-9.1.23、表-9.1.22によるものとする。

表-9.1.22 防護柵の形式と地覆寸法 (単位：mm)

区分 形式	地 覆 幅	地覆高さ
橋梁用車両防護柵 高欄兼用車両防護柵	$600 \geq B \geq 0.1 \times \text{有効幅員}$ (B：地覆幅)	250
高欄	400	100

注) 根入れの浅い場合は、固定方法及び床版補強を十分検討して設計すること。
また、防護柵の必要のない橋梁の地覆は幅30cm、高さ20cmとする。

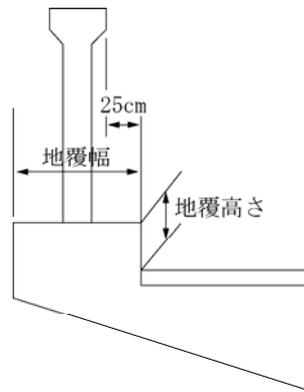


図-9.1.23 車道部地覆構造図

9.1.5 下部工の設計

(1) 下部工の形式

橋台は、上部構造を支えるとともに取付け道路の土留めの役割を果たすので、背面からの土圧を躯体が安全に支える形式を選定する必要がある。

また、背面盛土を保護するための壁（翼、そで）と併せて設けることが多いので、その取付けも十分検討しなければならない。

表-9.1.23 は、小規模な橋梁工に用いられる形式別による橋台高の一般的事例であり、施工性、経済性を考慮した比較検討を行った上で選定を行うのがよい。

表-9.1.23 形式別橋台高

形 式	橋 台 高 (m)		
	5	10	15
重 力 式	3	5	
逆 T 式	5		15

(2) 下部工の設計

橋台の設計を許容応力度法による場合の設計手順等は、次による。

ア 設計手順

橋台は、**図-9.1.24** 及び **図-9.1.25** の手順により設計を行う。



図-9.1.24 重力式橋台設計手順

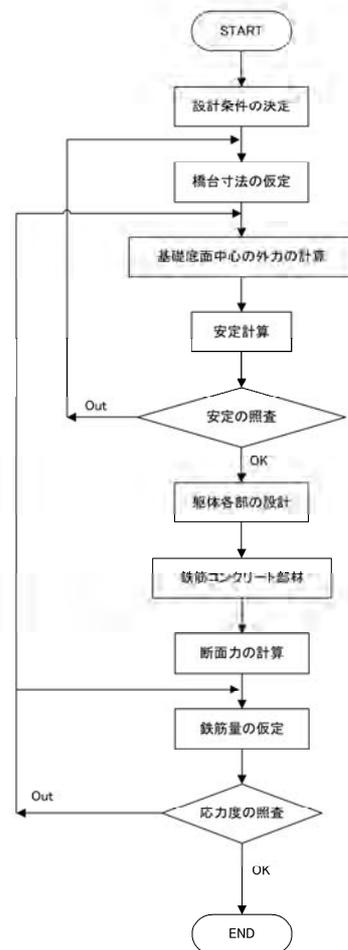


図-9.1.25 逆T式橋台の設計手順

イ 橋台の設計

(ア) 設計計算

- ① 土圧計算は、クーロン土圧を用い、擁壁工の設計に準じるが、地震時に作用する土圧には橋台の規模に関わらず、地震時土圧とする。
- ② 縦壁の部材設計においては、軸力を考慮する。
- ③ 鉄筋の段落しは行わない。
- ④ 設計水平震度の算出は、「道路橋示方書（V耐震設計編）」におけるレベル1地震動の算出方法により行う。
- ⑤ 地盤支持力の検討においてI種地盤の場合には、 $c=10\text{kN/m}^2$ の粘着力を考慮することができる。また、土質試験を行った場合は、土質試験値による。
- ⑥ 直接基礎において、擁壁工の設計に準じる。

(イ) 配筋細目

胸壁、豎壁、底版、翼壁の配力鉄筋は、荷重の分配や耐久性確保のために主鉄筋の外側に配筋する。

なお、最小鉄筋量は全て $D13@250$ ($A_s=5\text{cm}^2/\text{m}$) 以上とする。

a 胸壁

胸壁の配力鉄筋は、鉛直方向鉄筋の $1/6$ 以上を配置する。

b 豎壁

豎壁の前面鉛直方向鉄筋は、背面鉛直方向鉄筋（主鉄筋）の $1/4$ 以上配筋する。

また、配力鉄筋として鉛直方向鉄筋（主鉄筋）の $1/6$ 以上の鉄筋量を配置する。

c 底版

前フーチングの上側鉄筋は、下側鉄筋（主鉄筋）の $1/4$ 以上を配置する。

後フーチングの下側鉄筋は、上側鉄筋（主鉄筋）の $1/4$ 以上を配置する。

配力鉄筋として直行する鉄筋の外側に $1/6$ 以上を配置する。

d 翼壁

外側鉄筋（圧縮側鉄筋）は、内側鉄筋（主鉄筋）の $1/4$ 以上を配置する。

9.1.6 基礎工の設計

基礎工は、橋台又は橋脚から伝えられる荷重を安全に支持するとともに耐久性を有する構造で有害な沈下等を生じないものとしなければならない。

工法は、荷重条件、立地条件等に対して最適な基礎構造を選定するが、確実に施工でき、さらには経済性等を考慮の上、総合的に検討しなければならない。

基礎工形式の選定は、表-9.1.24を参考に行うものとする。

小規模農道橋の直接基礎の設計において、許容応力度法を適用する場合、基礎地盤の支持力に対する検討は「道路橋示方書」（平成24年3月）に準じる。なお、I種地盤の場合には、粘着力 $c=10\text{kN/m}^2$ を考慮することができる。また、土質試験を行った場合は、土質試験値による。

9.2 トンネル

9.2.1 適用の範囲

本技術書は、道路構造令に準じて計画された道路トンネルに適用する。それ以外のトンネル及びトンネルに関する一般事項については土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」（以下「設計基準「水路トンネル」」という。）を参照する。

トンネルを建設する工法には、岩盤等の地山を掘進してトンネルを建設する、いわゆる山岳トンネル工法のほか、開削トンネル工法、シールドトンネル工法等がある。農道に建設されるトンネルにおいては山岳トンネル工法が一般的であり、その事例も増加傾向にあるため、今回新たに技術書として追加した。

本技術書は、通常山岳トンネル工法により建設する2車線道路トンネル（内空幅 8.5～12.5m 程度、内空断面積 40～80m²程度）を主な対象とし、NATM 工法を標準工法として記述する。これ以上の大断面トンネルや非常駐車帯のための拡幅部及び小断面トンネル等の場合、基本的な考え方は共通する点があることから、使用する数値等については、本技術書の主旨をよく理解して、他の基準及び文献等を参考に、個々のトンネルの実情に即した適切な設計を行うものとする。

9.2.2 基本設計

(1) 一般事項

トンネル計画に当たって行う調査・設計の主な流れは、**図-9.2.1** のとおりである。計画の初期段階では、既往資料の収集・分析等、広範囲にわたる調査をもとに主要な問題点の抽出・検討を行うことから始めるが、作業を進めるに従い、必要に応じて調査及び設計の精度を段階的に深め、計画をより具体的なものとして描いていく。しかし、トンネルにおいては特に各段階ごとの調査精度には限界があるため、検討の途中で予期し得ない大きな問題が生じることもあり、このような場合には積極的にそれ以前の段階に遡って再検討を行い、経済性を検討した上で、より合理的なトンネル計画に修正していくことが必要である。さらに、経済性の検討の際には、ライフサイクルコストを考慮することを原則とする。

また、設計諸元、図面、設計・施工上の技術的課題及び留意事項等の一連の情報を分かりやすく記録・整理して、施設管理者等へ確実に引き継ぐことが重要である。

(2) トンネル位置の選定

ア 路線選定

路線の選定においては、地形図及び各種の調査資料をもとに、考えられる幾つかの比較路線を選定し、これらについて各調査・設計段階に応じた技術的、経済的な検討を加え、さらには環境への影響は社会的条件等も考慮した検討を行い、最終的に1本の予定路線を決定する。

道路トンネルは、前後に接続する道路が一体となってその機能を果たすものであり、その検討に当たっては、トンネル単独で考えるのではなく路線全体の持つ役割を十分把握し、計画する路線周辺の地形・地質等の地山条件、土地・環境等の立地条件等を総合的に検討し、目的、用途に応じて安全で経済的に施工可能な路線の選定に努めるものとする。

- | | |
|-----------------|--|
| ① 土地利用の現状及び将来計画 | ⑥ 地質等の自然条件 |
| ② 他の道路との接続 | 〔 地すべり地帯、急崖を形成する岩盤斜面、
軟弱地盤、断層、気象条件等 〕 |
| ③ 鉄道との関係 | |
| ④ 河川の横断地点 | ⑦ 自然環境、文化財等 |
| ⑤ 山地部の通過方法 | ⑧ トンネル工の排水、換気、施工性 |

イ トンネル位置の選定

予定路線に基づいてトンネル位置を選定するに当たっては、路線の性格、前後の線形のバランスを考慮してトンネルの規模を定め、その規模に応じて地形・地質による施工の難易性、道路及び交通の安全性、走行性等について、特に懸念される坑口付近の状況に留意しながら検討を行う必要がある。

積雪寒冷地においては、トンネル内の凍結・雪の吹込み・雪の持ち込み等が交通事故の誘因になるばかりでなく、除雪・凍結防止に多大の労力を強いられることになる。これは取付け道路においても同様であり、トンネルの標高の決定は凍結・除雪による交通への影響を勘案して慎重に行う必要がある。

このほか、トンネル出口が交差点・分合流部に近接していると、トンネル内で渋滞等が生じることがあるので、交通安全及びトンネル換気に対して検討する必要がある。また、集落に近い位置又は特に重要な自然環境を有する地域若しくはその近くにトンネルを計画する場合には、トンネルからの騒音・排気等が周辺の環境に及ぼす影響についても検討を行う必要がある。

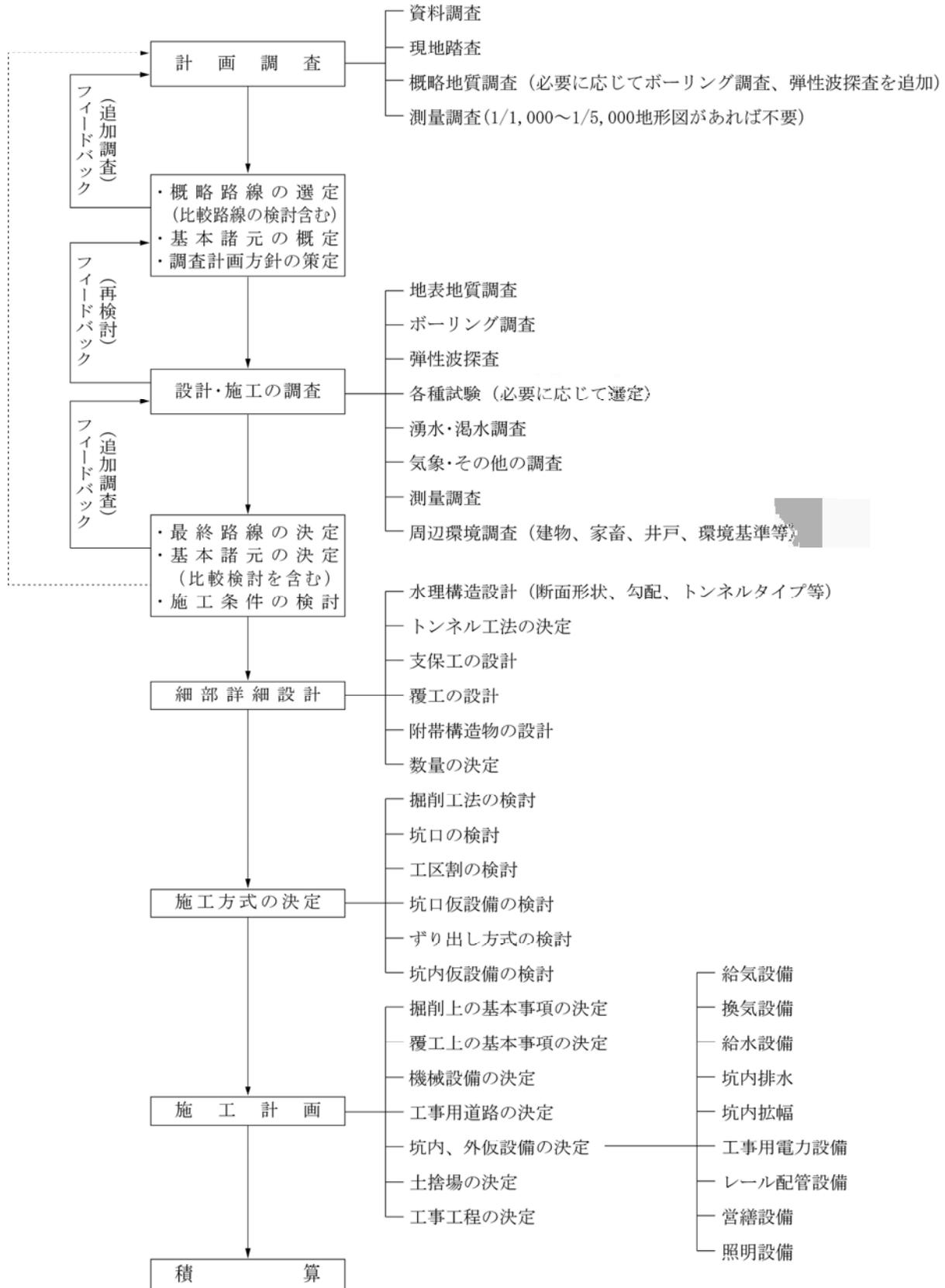


図-9.2.1 調査、設計作業の標準的な順序と項目

(3) 坑口位置

坑口位置の選定には、坑口部が一般に地形・地質上不安定な箇所では気象等の影響を大きく受けるため、十分な配慮を行う必要がある。

大規模な地すべり地帯や急崖を形成する岩盤斜面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あるとともに、供用中においてもトンネルの安全管理・維持に問題が生じる可能性があるため、このような箇所でのトンネル坑口の選定は極力避けなければならない。やむを得ず地すべり地内にトンネルを計画する場合、トンネル坑外における押え盛土や抑止工等の地すべり防止対策工を先行施工した上ででの施工を行う必要がある。また、トンネル掘削に当たっては、地すべりの誘発要因とならないよう地山の緩みを極力生じさせないようにするとともに、施工中は地中変位、ひずみ等の計測装置を設けて常時監視等細心の注意を払い、地すべりの予知と防止に努める必要がある。また、万一に備えた応急的な対策工も併せて検討しておくことが重要である。

また、豊浜トンネルの大規模な岩盤の崩落事故にみられるように、岩盤が露出した法面・斜面が存在する箇所にトンネルの坑口を計画することは長期的に崩落の危険性を有し、その対策に莫大な費用がかかる等の問題がある。したがって、こういった箇所に坑口を計画することは、できるだけ避けるものとする。やむを得ず岩盤の露出地帯に坑口を計画する場合、現地の岩盤の状況について十分な調査を行い、将来ともに坑口部として安全であるかどうかの検討を行う必要がある。調査における留意すべき事項は、「2.2.2 (7) トンネル」を参照とする。

トンネルの坑口部の計画は、地形や気象等の影響を大きく受けるが、地形とトンネル軸線とはおおむね図-9.2.2に示すような位置関係が考えられ、一般的な特長は次のとおりである。

なお、坑口部の施工の難易は、地形とトンネル軸線の位置関係によって大きく異なることに留意しておく必要がある。

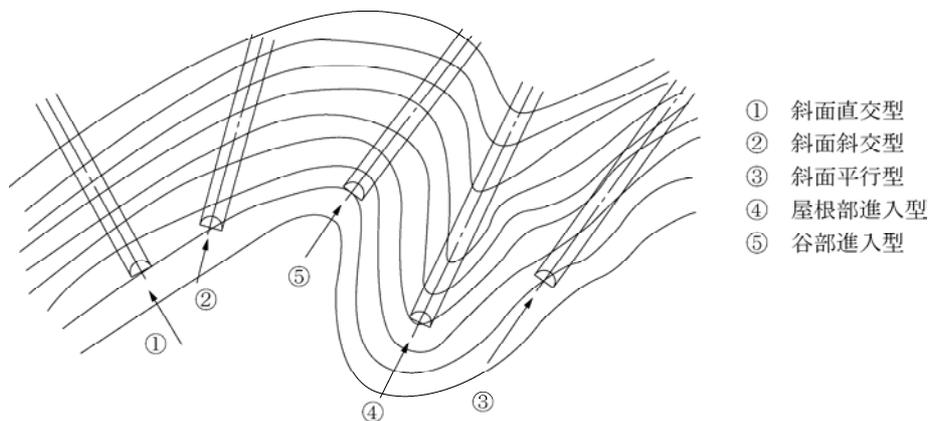


図-9.2.2 トンネル中心軸線と地形との関係¹⁶⁾

ア 斜面直交型

最も理想的なトンネル軸線と斜面の位置関係である。しかし、斜面中腹に坑口が計画される場合は工事用道路の確保や取付部の道路構造との関連等施工上の特別な配慮が必要となる。

イ 斜面斜交型

トンネル軸線が斜面に対し斜めに進入するため、非対称の切取斜面や坑門となる場合がある。また、流れ盤等の場合は偏土圧が作用することがある。このため、坑門形式や偏土圧に対する検討が必要であり、可能であれば避けるべきである。

ロ 斜面平行型

斜交が極端な場合で、長い区間にわたって谷側の土かぶりが極端に小さくなる場合があり、偏土圧に対し特別な配慮が必要となり極力避けるべきである。

エ 尾根部進入型

一般には安定している場合が多いが、ケルンバット（分離丘陵）の場合は背後に断層があることが多い。また、崖錐が侵食を受け凸形状に残っている場合もあるため、十分な地質調査を行い、地質状況を把握する必要がある。

オ 谷部進入型

一般に崖錐等の未固結堆積層が厚く分布し、地下水位が高い場合が多い。また、土石流、雪崩等の自然災害が発生しやすい位置関係である。地耐力不足によるトンネルの沈下や掘削による斜面の崩壊等が発生しやすい。

環境保全上、施工に伴う地表沈下に制約を受ける場合においては、対象構造物の設計条件を十分に把握し、これに適合した設計・施工を行う必要がある。

(4) トンネルの線形

道路トンネルは、道路施設としての一構造物であり、その線形は明かり部の構造規格に準ずる。しかし、トンネル内は閉塞された空間であり、走行性、安全性の面からもトンネル区間の線形は、明かり部よりも上位規格を用いた線形計画とすることが望ましい。

ア 平面線形

トンネルの平面線形は、前後の道路との接続が良好で、かつ、トンネルを含む相当区間がバランスのとれた線形でなければならず、地形・地質等の地山条件、施工性、走行性、安全性等を考慮して直線とするのが最も望ましい。曲線を設ける場合は、トンネル断面の拡幅を必要としない曲線半径以上とし、横断勾配と内空断面の関係、走行性、経済性等を総合的に検討してできるだけ大半径の曲線を用いることが望ましい。

また、トンネルの線形は、トンネル坑口付近の地形・地質及び前後の取付部の線形のほか、長大トンネルにおいては作業坑及び換気坑の位置等を総合的に考慮して計画を行うことはもちろん、坑口の位置、工事中の湧水、ずり出し方式、完成後の走行性及び換気等を総合的に勘案して決める必要がある。

イ 縦断線形

トンネルの縦断勾配は、原則として一定勾配又は凸勾配を基本とし、その勾配は完成後の湧水、漏水及び洗浄水等の排水に支障をきたさない範囲で極力小さくすることが望ましいが、その決定に当たっては、施工中の湧水、ずり出し方式、完成後の走行性及び換気等を総合的に勘案して決める必要がある。

施工中の湧水を自然流下方式で排水する場合には、現場の不陸等のため、最小 0.3～0.5%の勾配の確保が必要となる。なお、トンネル完成後の排水としては、湧水・漏水及びトンネル維持用の洗浄水等があるが、一般に排水施設は粗度係数の良好なコンクリート等の材料が用いられるため、排水勾配としては通常 0.1～0.2%以上あれば十分である。また、ずり出しが

レール方式の場合、労働安全衛生規則（第202条の規定）の50/1000（5%）以下を遵守するものとし、機関車の牽引率が低下し工費に大きく影響するため、1～2%以内とすることが望ましい。

一方、道路トンネルにおいて勾配を制限するもう一つの要素としては、自動車の排気ガスによる換気の問題がある。自動車の排気ガスの煤煙濃度は、3%付近を境に縦断勾配がきつくなると急増するため、機械換気を必要とするトンネルではできる限り小さな縦断勾配を採用する。やむを得ない場合でもトンネルの縦断勾配は3%程度以下を目標とするのが望ましい。

なお、機械換気を必要としない短いトンネルの場合には、3%に拘束されることなく、道路の線形上有利な勾配として差し支えない。

明かり部の地形的条件により、登坂車線の設置が必要となる場合には、トンネル坑口までその影響が及ばないような縦断線形を計画する必要がある。

トンネル内に縦断勾配の変化点を設ける場合は、視距の確保及び狭い空間での走行性を考慮して、できるだけ大半の曲線を採用することが望ましい。

(5) トンネルに接続する明かり部の線形

自動車のトンネルへの進入をスムーズにするためには、運転者が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の坑口が見通せるような線形とすることが重要である。

トンネル坑口に接近した取付部に、平面曲線が入る場合や縦断勾配の変化点がある場合には、トンネルの存在を早い時点で知ることが妨げられたり、トンネルと取付け道路部の線形が極端な不均衡になったりすることが多い。このような場合には、トンネル内にそれらに移した方が好結果を得ることもあるので、十分検討する必要がある。

また、トンネルの直前まで急な上り勾配がある場合は、自動車の速度が低下するため、トンネルに進入してから加速することになる。その結果、自動車の排気ガスの発生量が増加し、換気施設の増大を招くおそれがあるので注意する必要がある。

なお、トンネルに接続する取付け道路部の線形の決定に当たっては、坑口に近接してできる橋梁や盛土等の構造及び施工を考慮して無理のない設計とすることが必要である。

トンネルには取付け道路部より路肩幅員が縮小されている例があり、自動車がトンネルに出入りする際、なめらかに走行できるよう、トンネル坑口に接続する取付け道路には、設計速度に応じたテーパを設け、この区間で路肩幅員差をすりつけるものとする。すりつけ区間のテーパには、普通1/25～1/50の範囲のものをを用いている。

すりつけは、縁石、ガードレール、マーキング等で行うのが一般的で、坑口付近の擁壁等の構造物は原則としてすりつけを行わない。なお、構造物等が近接することにより生じた坑口の空地は、諸設備の設置場所に利用する等トンネルの維持管理に有効である。

また、積雪寒冷地の坑口では除雪時の雪を坑内に持ち込まないようにトンネル坑口手前に堆雪スペースを確保する必要がある。トンネル坑口手前の堆雪拡幅量はトンネル前面まで、手前の切土部と同一の幅員を確保することを原則とするが、トンネル内への雪の持ち込みや吹き込んだ雪の処理を考慮し、地形上、経済上許す範囲で、できるだけ広く確保することが望ましい。

9.2.3 内空断面

トンネルの内空断面の形状と寸法は、車両、歩行者、自転車等の安全に留意した上で、道路構造令に定める所要の建築限界及び換気等に必要断面を包含し、トンネルの構造物としての安全性と経済性を考慮して定めなければならない。

したがって、内空断面は道路規格が決まれば主として歩行者・自転車用通路の必要性の有無、換気の必要性の有無、非常用設備等の諸機器の有無、内装の有無、及びこれらの防災設備の保守点検用の監視員通路の有無等により必要空間を車道空間に付加し、覆工等の施工上の誤差及び曲線部での施工誤差等を考慮して、その大きさと形を決定する。

トンネルの機能に直接関係しない占用物件を内空断面に収容する場合は、通常、路肩部の側壁と側溝との間、あるいは歩道等がある場合には歩道等の下に設け、車道下に設ける例は少ない。可燃性・爆発性あるいは毒性のある物質を輸送するための占用は、トンネルにおいては避けるべきである。

(1) 建築限界

建築限界については、「3.4.5 建築限界」に示すとおりとする。

(2) 監視員通路・歩道等

延長が長く交通量の多いトンネルでは、非常用施設として火気検知器・監視装置 (ITV)、換気施設として煙霧透過率測定装置 (VI 計) 等、保守点検を定期的に行う必要がある。このため、これら機器の維持管理に従事する作業員の安全を確保するとともに、交通規制を行わずに作業ができるよう管理用の通路を設けることがある。これは監査歩廊又は監視員通路等と呼ばれるが、内空断面の決定に当たっては、あらかじめその必要性の有無、設定位置、大きさ等を決めておかなければならない。監査歩廊・監視員道路の建築限界は幅 0.75m、高さ 2.00m とし、またマウントアップは、監査歩廊で 0.25m、監視員通路で 1.0m とするのが一般的である。

図-9.2.3 に監査歩廊の例を示す。

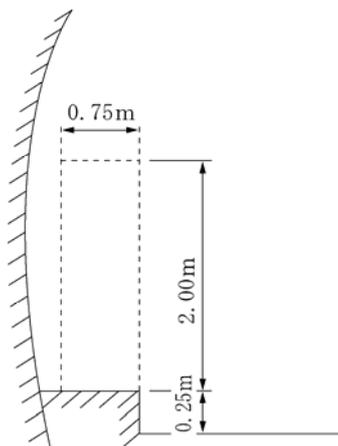


図-9.2.3 監査歩廊の例²⁷⁾

同一断面内に歩道・自転車歩行者道を設置する場合には、「3.4.4 歩道、自転車道及び自転車歩行者道」に定められた幅員を確保するものとする。さらに、歩行者及び自転車の安全のために、車道との境界に防護柵を設置する等の対策をとることが望ましい。なお、歩道、自転車歩行者道の計画に当たっては、歩行者、自転車、自動車の交通量、トンネル延長、トンネル前後区間の沿

道状況等を総合的に考慮し、歩道等の設置(両側、片側)、幅員を判断しなければならない。

トンネル部においては、幅の広い歩道を設置すると大断面となり、大幅なコスト増となる場合があることから、歩行者交通量の少ない場合は、片側にのみ歩道を設置する、管理用通路のみとする等して必要最低限の幅員とする。

(3)内空の余裕

内空断面の余裕として、一般に以下のものを見込んでいる。

ア トンネル内の舗装は全面改修が困難なため、通常オーバーレイを行うことが多い。したがって、建築限界の高さにこれらのための余裕を見込んでおく必要がある。この余裕としては20cm以上とることが望ましい。なお、路肩部の余裕としては5cm程度とするのが一般的である。

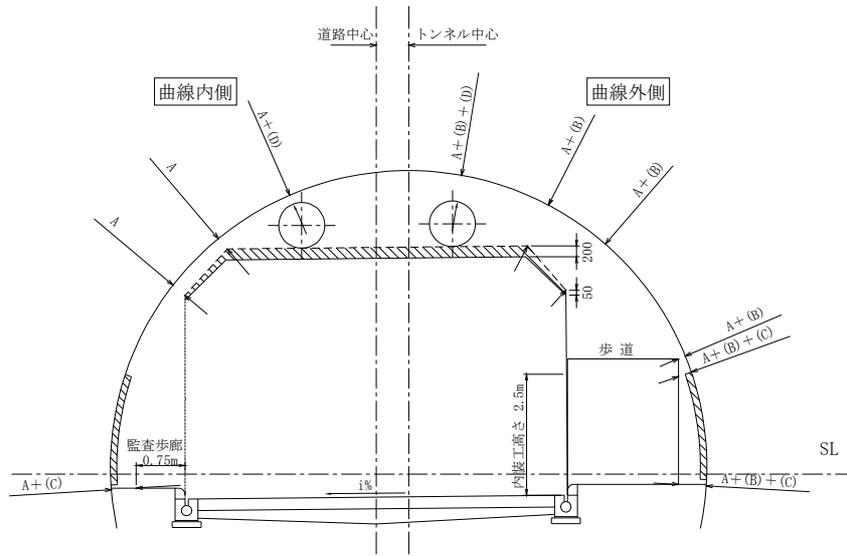
イ トンネル覆工仕上り線は設計断面に対して、施工上ある程度の誤差が生じることはまぬがれない。このためには、あらかじめトンネル断面の所要空間とは別に、施工誤差の許容範囲を見込んで断面を決定する必要がある。通常、その許容誤差は覆工面の半径方向に5cm程度を見込んでいる。

内装工の取り付け方式はタイル、パネル系とも直張り方式を標準とし、取り付け幅として30mmの余裕を見込むことを標準とする。ただし、内装版の要否については検討を行う必要がある。

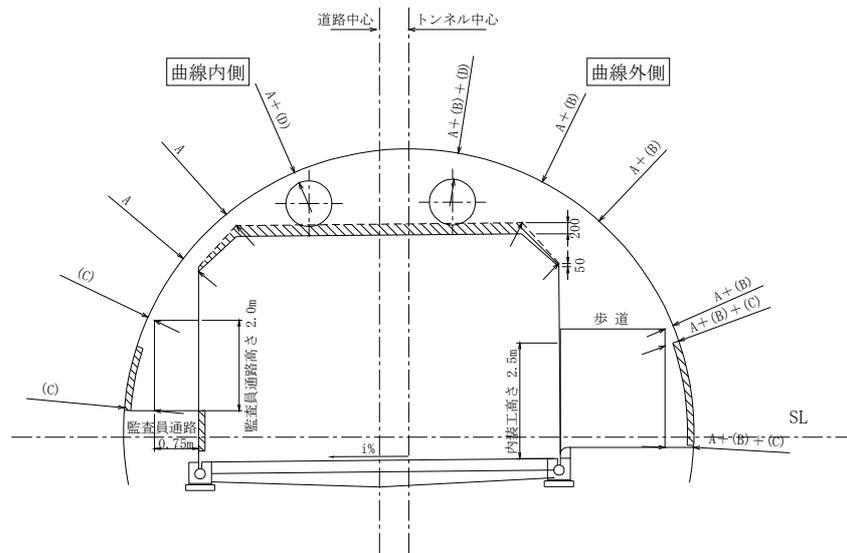
また、平面線形が曲線の場合、セントルの長さも考慮して内空断面が建築限界を侵さないよう余裕幅を検討する必要がある。

ウ トンネルの内空断面は、ジェットファンや換気ダクト等の換気方式の種類によって変化するので注意しなければならない。

なお、機械換気を必要としないトンネルであっても将来換気設備が設置される可能性のある場合には、設置し得る余裕空間を見込むものとする。ジェットファンと壁面との離隔距離は200mmを最小とする。



(a) 監査歩廊の場合



(b) 監視員通路の場合

- 舗装オーバーレイのための余裕 : 建築限界の高さに車道で200mm、路肩幅で50mmを見込む
- 施工誤差に対する余裕 A : 車道、及び歩道、監査歩廊部に50mmを見込む
- 平面曲線に起因する余裕 B : 車道及び歩道部の曲線外側に必要量を見込む
- 内装工設置に伴う余裕 C : 内装工を設置する場合には取り付け幅として30mmを設置区分に応じた内装設置範囲に見込む
- 換気設備設置に伴う余裕 D : ジェットファンと壁面との隔離距離として最小200mmを確保する
- ※ () 内は必要となる場合に見込むものを示す。
- ※その他、視距確保のための拡幅、占有物件設置による余裕を必要により見込むものとする。

図-9.2.4 内空余裕の考え方(参考)²⁷⁾

(4) 内空形状

トンネルの内空断面形状は安定性や経済性を考慮して、通常三心円(上半単心円)からなる馬てい形や、五心円(上半三心円)等の偏平断面を用いるが、地山条件が悪く土圧や水圧が大きいところでは、円形かそれに近い形状とする場合がある。このように内空断面形状は、所要の建築限界等と地山条件から合理的なものを選定する必要がある。内空断面形状の選定に当たっては、トンネルの安定性を考慮して極端に偏平な断面形状を避けるため、これまでの施工実績から内空縦横比(内空高さと同内空幅の比)をおおむね0.57~0.60以上確保することが望ましい。

なお、「9.2.5 支保工の設計」に示すように、支保の規模を決定する上で便宜上、トンネル断面の大きさを、表-9.2.1に示すようスプリングライン上での内空幅と同内空縦横比を指標として、通常断面、大断面、小断面の三つに区分することとする。このうち、小断面は、長大トンネルにおける避難通路や調査坑等で適用される。

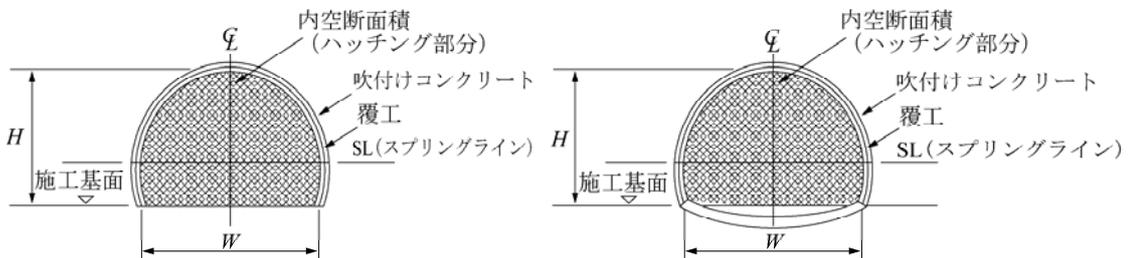
ア 上半断面及び内空縦横比

表-9.2.1に示す、通常断面の内空形状と同内空縦横比の組合せを標準とする。

表-9.2.1 断面区分²⁷⁾

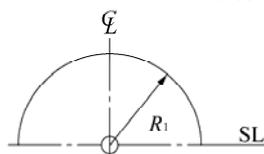
項目 \ 区分	通常断面	大断面	小断面
内空幅 (m)	8.5~12.5	12.5~14.0	3.0~5.0
内空形状	上半単心円断面	上半三心円断面	上半単心円 側壁部鉛直断面
内空縦横比	0.60以上	0.57以上	0.80以上
内空断面積 (m ²) (参考値)	40~80程度	80~100程度	8~16程度

- 注1) 内空幅とは、スプリングライン上での内空幅をいう(付図-1、2に示すWをさす)。
 2) 内空縦横比(H/W)は付図-1.2に示す内空高さ(H)と同内空幅(W)の比で表示した。
 3) 内空形状は上半(SLより上)を形成する円弧の数で付図-3、4に示すように、上半単心円(三心円)と同上半三心円(五心円)とした。
 4) 内空断面積は断面形状(内空縦横比等)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分する。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、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。
 5) 大断面における非常駐車帯の内空断面の設定に当たっては、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、地山条件等に応じた検討が必要である。

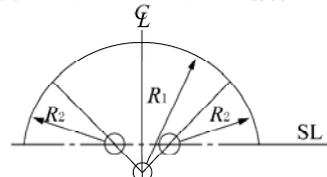


付図-1 インバートなしの場合

付図-2 インバートありの場合



付図-3 上半単心円



付図-4 上半三心円

イ 下半断面

- ① 下半半径については、上半半径の1.0倍、1.5倍、2.0倍を検討対象とし、経済性、トンネルの構造安定性等を比較の上、決定する。
- ② 覆工コンクリートの足付け位置は、拌み勾配、片勾配に関わらず、車道端部における左、又は右の最小路盤厚を確保した路盤の最下端を水平に結んだ位置とする。なお、S.L から足付け位置までの高さ(足付け高さ)は、50mm 単位に切り捨て丸めるものとし、トンネル全区間に対し変えないものとする。(図-9.2.5 参照)

なお、舗装厚により足付け位置が異なるため、断面検討の際には舗装厚を確定しておく必要がある。

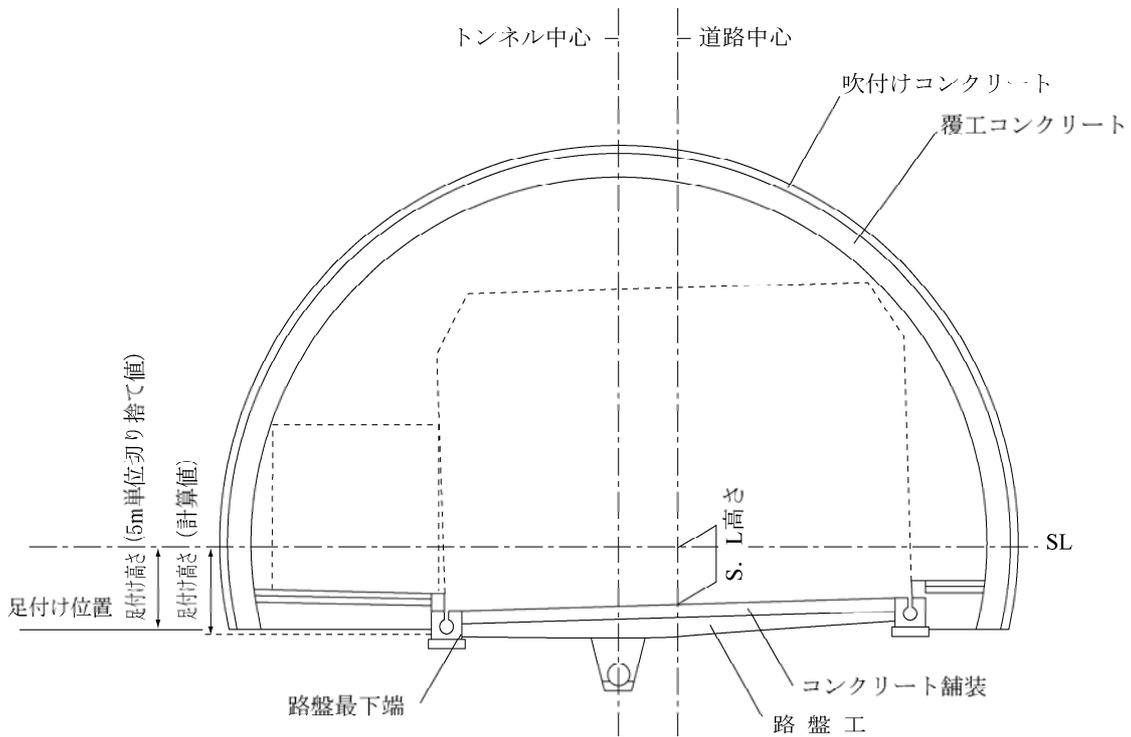
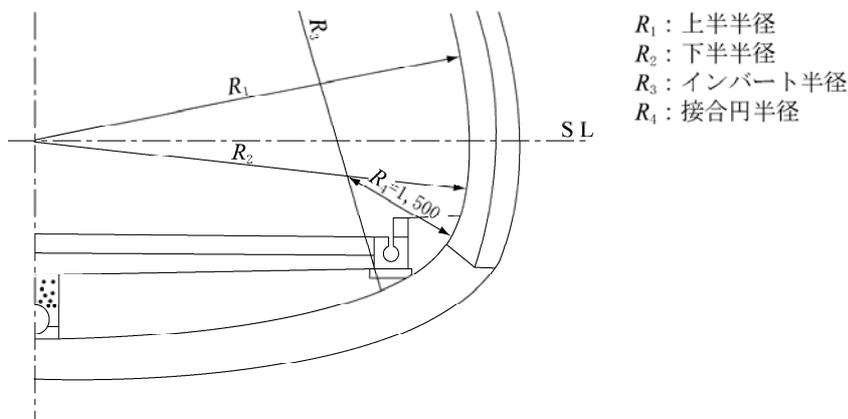


図-9.2.5 覆工コンクリートの足付け位置²⁷⁾

ウ インバート

- ① インバート半径は、中央排水工と側壁下端を通る円弧として設置する。ただし、路側排水工の設置に支障をきたす場合には、側壁下端に変えて路側排水工の端部を通る弧として設定する。
- ② インバートと側壁との接合円半径は 1.5m を標準とする。ただし、路側排水工の設置に支障をきたす場合や監査歩廊下等にトンネル設備配管を埋設するためのスペースが不足する場合には 1.0m とすることができる。
- ③ 脚部では、吹付けコンクリートと覆工の厚さの合計がインバート厚さとなるようにインバート厚さをすりつけるものとする。すりつけ形状については図-9.2.6 を標準とするが、特に側圧による押し出し等が顕著な場合には吹付け、覆工からの応力伝達性等を考慮した形状とする。

図-9.2.6 インバートの形状(標準)²⁷⁾

エ その他

- ① トンネル内に曲線区間を有し、複数の横断勾配を有するトンネルにおいては、全ての横断勾配における建築限界を包含し得る断面の選定を標準とする。ただし、曲線区間が短い、あるいは曲率が小さく拡幅量が大きな場合には別途検討を行うものとする。
- ② 道路中心とトンネル中心の偏心量については、原則としてトンネル全線で変えないものとする。ただし、トンネル内に複数の横断勾配を有し、シフトさせることにより内空断面を小さくすることが可能な場合には施工性等を考慮した上でシフトすることができる。
- ③ 断面検討時のトライアル諸数値の丸め方は、表-9.2.2 を標準とする。

表-9.2.2 トライアル諸数値の丸め値²⁷⁾

項 目	丸め値	適 用
上下半半径	1 cm	
インバート半径	1 cm	
SL 高さ	1 cm	
道路中心とトンネル中心の偏心量	1mm	