

## 第8章 トンネル

## 第8章 トンネル

### 第1節 設計一般（標準）

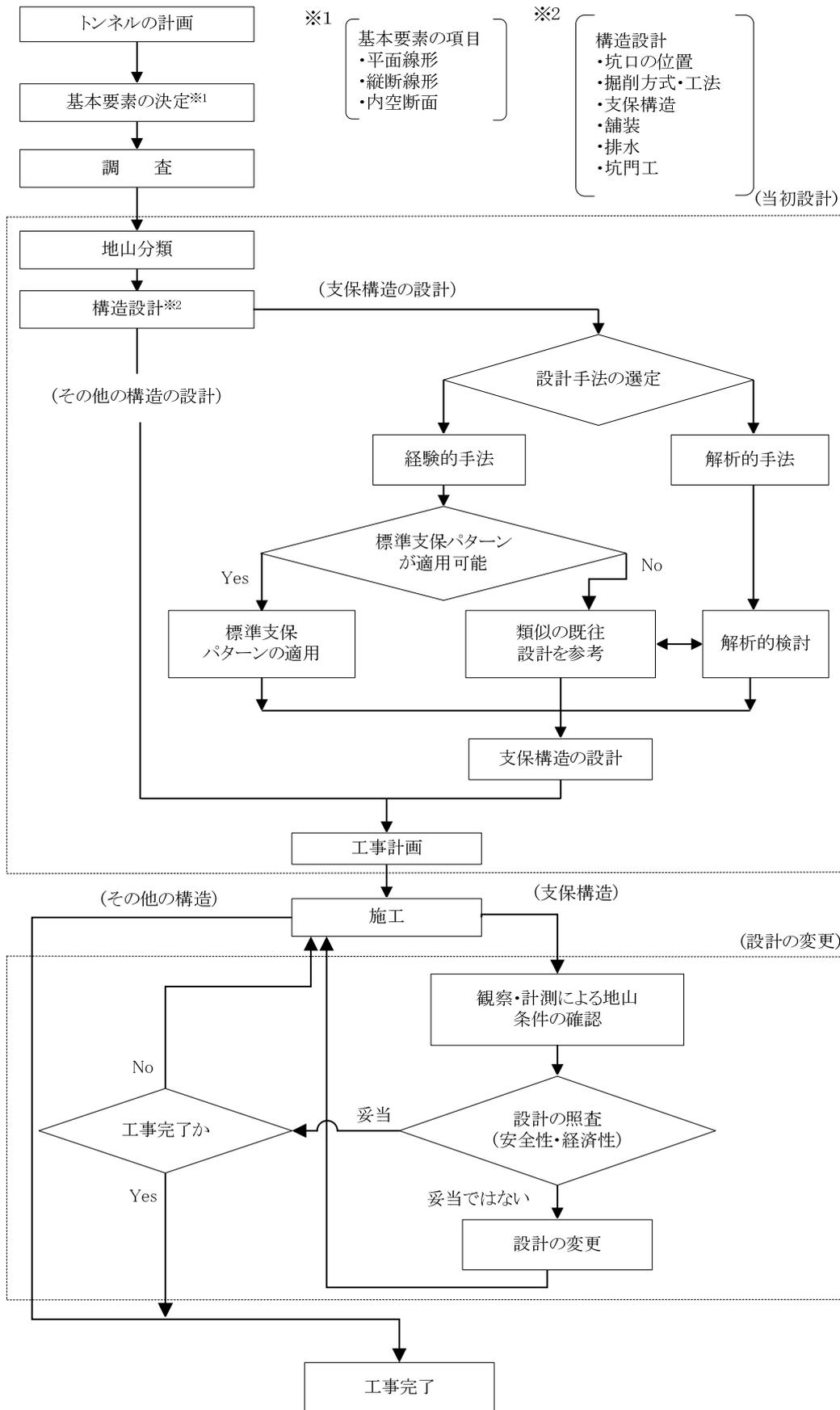
#### 1. 適用の範囲（標準）

- 1-1 本章は、国土交通省近畿地方整備局管内の山岳トンネル工法により施工される道路トンネルの設計に適用する。
- 1-2 高規格道路等の自動車専用道路の設計にあたって当便覧に記載無き事項については、東・中・西日本高速道路㈱「設計要領」を参考とし、その都度担当課と協議を行うものとする。
- 1-3 地山条件が特殊な場合や上記条件と異なる場合には、個々のトンネルの実情に即して検討し、適切な設計を行わなければならない。
- 1-4 示方書等の改訂、通達等によりその内容が当便覧と異なった場合は、便覧の内容を読み替えるものとする。
- 1-5 内容の解釈での疑問等は、その都度担当課と協議を行うものとする。
- 1-6 換気・照明・非常用施設等の付属設備の設計については、「設計便覧（案）第4編 電気・通信編及び第5編 機械編」による。

表 8-1-1 示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
道路構造令の解説と運用	平成16年 2月	(社)日本道路協会
道路トンネル技術基準（構造編）・同解説	平成15年11月	〃
国土交通省土木工事積算基準書		(財)建設物価調査会
土木構造物設計ガイドライン 土木構造物設計マニュアル（案）[土工構造物・橋梁編] 土木構造物設計マニュアル（案）に係わる設計・施工の手引き（案）[ボックスカルバート・擁壁編]	平成11年11月	(社)全日本建設技術協会
道路トンネル観察・計測指針	平成21年 2月	(社)日本道路協会
舗装設計施工指針	平成18年 2月	〃
道路トンネル技術基準（換気編）・同解説	平成13年10月	〃
道路照明施設設置基準・同解説	平成19年10月	〃
道路トンネル非常用施設設置基準・同解説	平成13年10月	〃
道路トンネル安全施工技術指針	平成 8年10月	〃
道路トンネル維持管理便覧	平成 5年11月	〃
トンネル標準示方書（山岳工法編）・同解説	平成18年 7月	(社)土木学会
NATM補助工法の手引き（案）	平成12年 3月	国土交通省近畿地方整備局
NATMの計測指針に関する調査研究報告書	昭和58年 3月	(社)日本トンネル技術協会
現場計測マニュアル	平成 3年 9月	(社)土木学会
トンネルコンクリート施工指針（案）	平成12年 7月	〃
ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン	平成12年12月	建設業労働災害防止協会
トンネル工事における標準的仮設備	平成 6年11月	(社)日本トンネル技術協会

2. 設計・施工の流れ（標準）



出典：[図8-1-1]  
 道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 H15.11  
 p75

図8-1-1 トンネル構造の設計と施工の流れ（参考）

### 3. 設計の手順（標準）

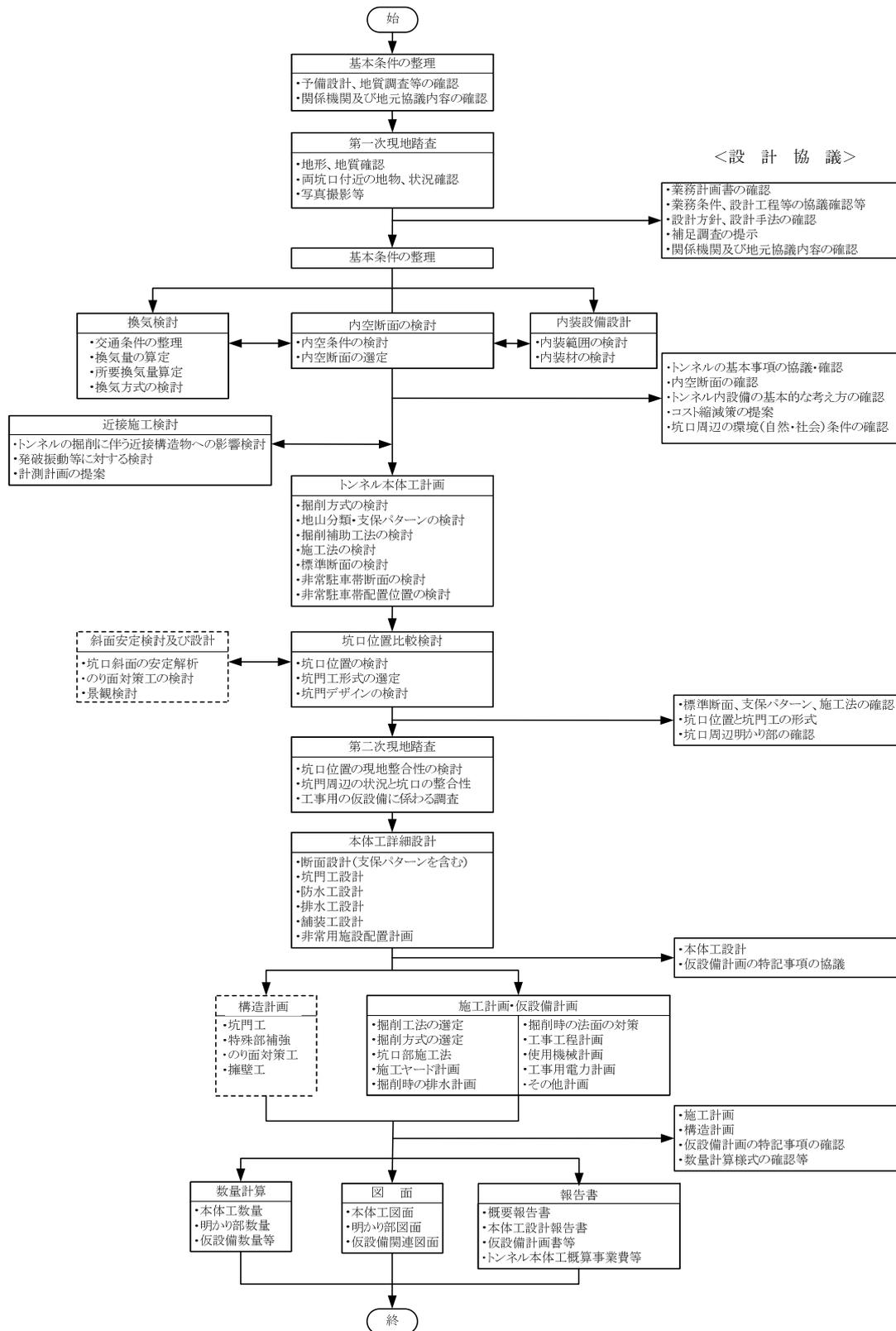


図 8-1-2 設計の手順（参考）

## 第2節 事前調査（標準）

事前調査にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第2編 計画・調査 2.調査」p14～70に準じ、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、トンネル規模に応じて、設計の各段階ごとに、系統的に地形、地質、環境等に関する調査を実施するものとする。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 関係法令等に関する調査

関係法令等に関する調査にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第2編 計画・調査 2.調査」p69 表-2.2.19に示された法令のほか、近畿地方整備局管内で定められた以下の法的規制と制約及びその対策について必要な調査を行わなければならない。

表 8-2-1 トンネル工事に関連する近畿地方整備局管内追加法令

分類	関係法	主な規制内容
環境保全 関係	近畿圏の保全区域の整備に関する法律 古都における歴史的風土の保存に関する特別措置法	近郊緑地保全区域内の行為の制限 歴史的風土保存区域内の行為の制限

### 第3節 計 画（標準）

計画にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第2編 計画・調査 1.計画」p6～13、及び「同基準 第3編 設計 2.線形設計」p86～90に準じ、社会性、経済性を考慮するとともに、トンネル部及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。

また、トンネル構造の計画にあたっては、トンネルの付属施設との関連を考慮しなければならない。同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

#### 1. トンネルの幅員

##### 1-1 車 道

車道幅員は、第1章 第3節を参考とする。

##### 1-2 歩道・自転車歩行者道

(1)歩道・自転車歩行者道幅員は、第1章 第3節を参考とする。

(2)なお、マウントアップは $H=0.25\text{m}$ 、横断勾配は $2.00\%$ を標準とし、接続する明かり部における歩道・自転車歩行者道構造、路上施設帯の有無、及びトンネル内での交通安全性等に配慮し決定するものとする。

##### 1-3 監査歩廊・監視員通路

(1)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を標準とし、歩道・自転車歩行者道が設置される場合は、監視員通路を兼ねるものとする。

(2)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。

(a)非常用施設のトンネル等級AAおよびAのトンネル。

(b)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

(c)監視員通路を有する2つのトンネルの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。

(3)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8-3-1、及び図8-3-1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 $2.00\%$ を標準とする。

表8-3-1 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

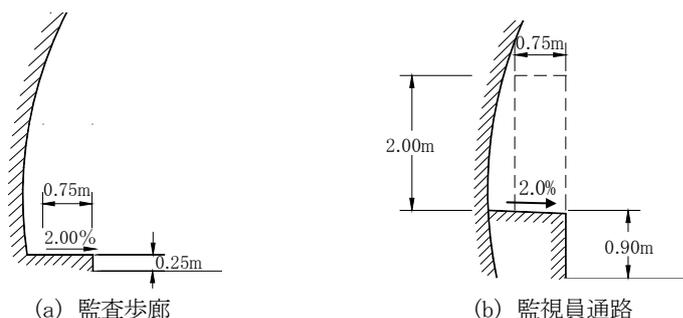


図8-3-1 監査歩廊・監視員通路の幅員、及びマウントアップ高さ（標準）

## 第4節 内空断面（標準）

内空断面の設計にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第3編 設計 3.断面の設計 3-1 内空断面」p91～98に準じ、道路構造令に定める所要の建築限界及び換気等に必要な断面を包含し、トンネルの安全性と経済性を考慮して定めなければならない。

また、同一断面内に、自動車、自転車及び歩行者を通行させるトンネルにあつては、特に自転車及び歩行者の安全に留意した構造としなければならない。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 内空断面検討の流れ

本便覧における標準的な内空断面検討の流れを図8-4-1に示す。

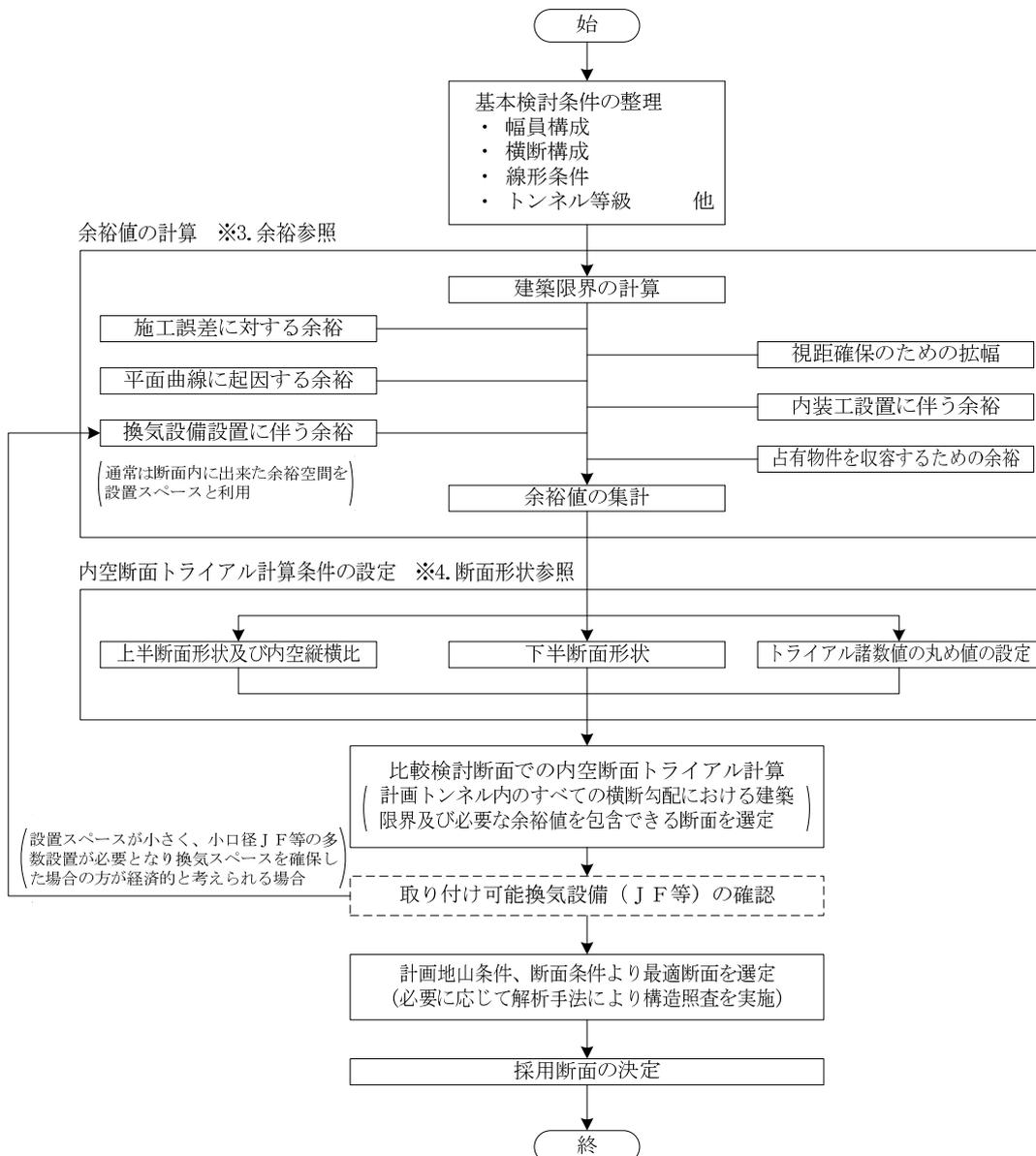


図8-4-1 内空断面検討フロー図（参考）

## 2. 建築限界

### 2-1 車道部及び歩道部

- (1) 道路構造令に定められた建築限界を満足しなければならない。
- (2) 路面上の車道幅員、路肩幅員、歩道幅員は水平距離とする。
- (3) 車道部の建築限界高さは 4.5m（路肩部 3.8m）とし、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、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取るものとする。
- (4) トンネル内の舗装は全面的な打替えが困難なため、オーバーレイのための余裕として建築限界の高さに車道で 20cm、路肩端で 5cm を余裕として見込むものとする。
- (5) 歩道部の建築限界高さは側壁側で 2.5m とし、車道の横断勾配に関係なく鉛直方向に確保する。

出典：〔(3)〕  
道路構造令の解説と運用  
(H16.2) p277, 281

出典：〔(4)〕  
道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 (H15.11)  
p95

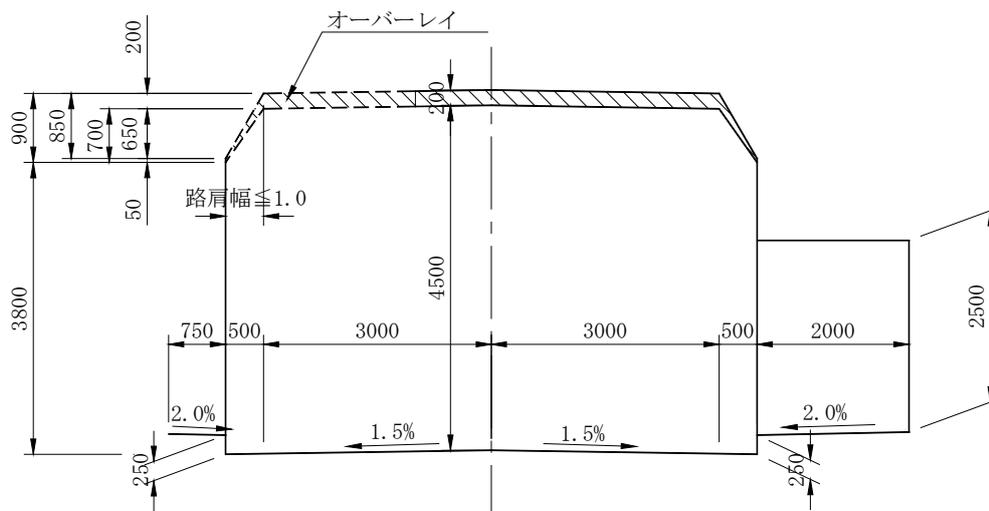


図 8-4-2 建築限界の例 (拌み勾配)

- (6) 高さ指定路線については、担当課と協議の上、建築限界を決定するものとする。指定経路における ISO コンテナ等特殊車両の通行を考慮する場合、路肩端にて H=4.1m 以上のハンチ切欠き部を設けるものとする。なお、地覆を設ける道路については地覆前面において 4.1m 以上を確保するものとする。

出典：〔(6)〕  
道路構造令の解説と運用  
(H16.2) p279

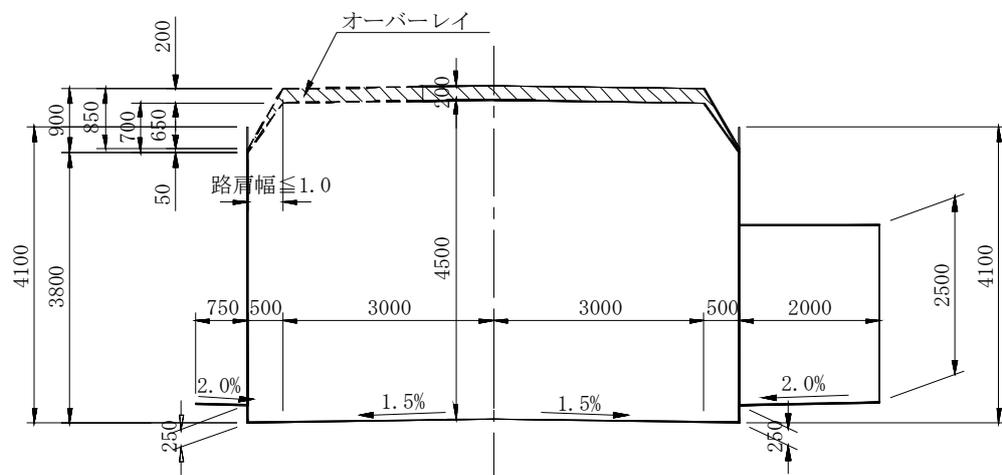


図 8-4-3 高さ指定路線における建築限界の例 (拌み勾配)

2-2 監査歩廊・監視員通路

- (1) 照明・非常用設備の保守点検等の維持管理に従事する作業員の安全確保を目的として設定する。
- (2) 監査歩廊は、監査歩廊面で幅員 0.75m のみ確保することを標準とする。
- (3) 監視員通路は、車道の横断勾配に関係なく側壁側で鉛直方向に高さ 2.0m を確保する。また、幅員 0.75m を水平方向に確保する。

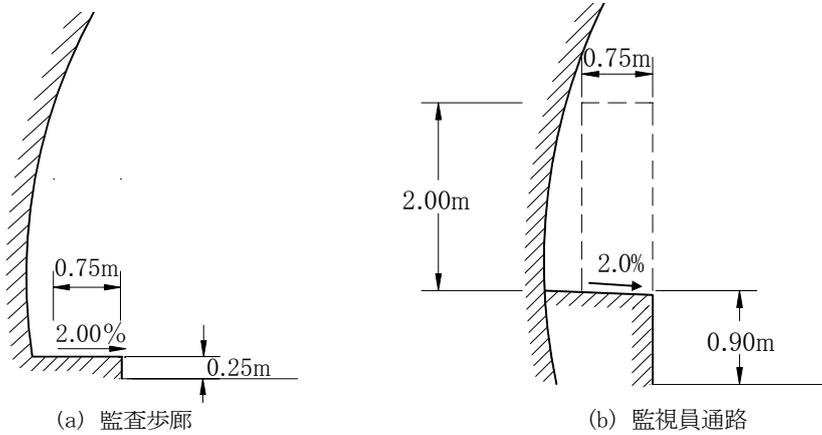


図 8-4-4 監視員通路の建築限界

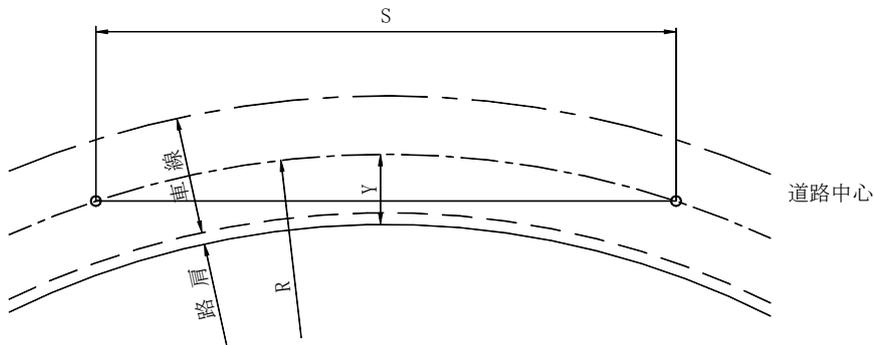
3. 余 裕

3-1 施工誤差に対する余裕

- (1) トンネルの覆工仕上が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。そのため、車道部及び歩道部・自転車走行者道部には、トンネル断面の所要空間とは別に、あらかじめ施工誤差の許容範囲として、建築限界に 5cm の余裕を見込んでおくものとする。
- (2) なお、監査歩廊には 5cm の余裕を見込むものとするが、監視員通路には余裕を見込まないものとする。

3-2 視距確保のための拡幅

曲線区間を有するトンネルにおいては、道路構造令に従い、下記により算出した視距確保のための必要幅が車線幅員の 1/2 に路肩幅を加算した値より大きな場合には、その差を拡幅幅として車線内側に確保するものとする。



$$Y = R \left( 1 - \cos \frac{R}{2R} \right) \div \frac{S^2}{8R}$$

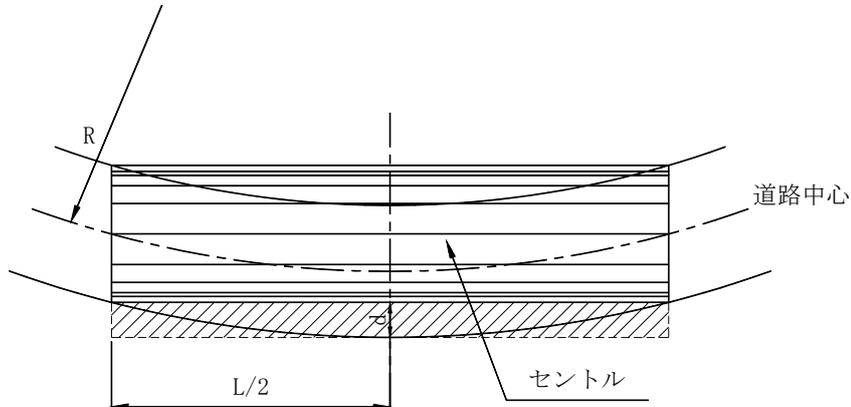
ここに Y : 視距確保のための必要幅 (m)

R : 車線中心半径 (m)

S : 視距 (m)

### 3-3 平面曲線に起因する余裕

曲線区間を有するトンネルにおいては、セントルを使用して覆工コンクリートを施工する際の移程量として、下式により算出した値を余裕として車道部及び歩道部・自転車走行者道部の曲線の外側に見込むものとする。



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

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)

### 3-4 内装工設置に伴う余裕

(1)内装工を設置する場合には、その設置高さに応じて、歩道・自転車歩行者道の建築限界を侵さないよう各内装材料に応じた浮かし幅を取り付け高さまで確保するものとする。

なお、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。詳細については第15節 内装工 (標準) を参照。

(2)坑口周辺に民家等が隣接し、供用後の周辺環境対策として防音内装を計画する場合には、別途その余裕を考慮する。

### 3-5 換気設備設置に伴う余裕

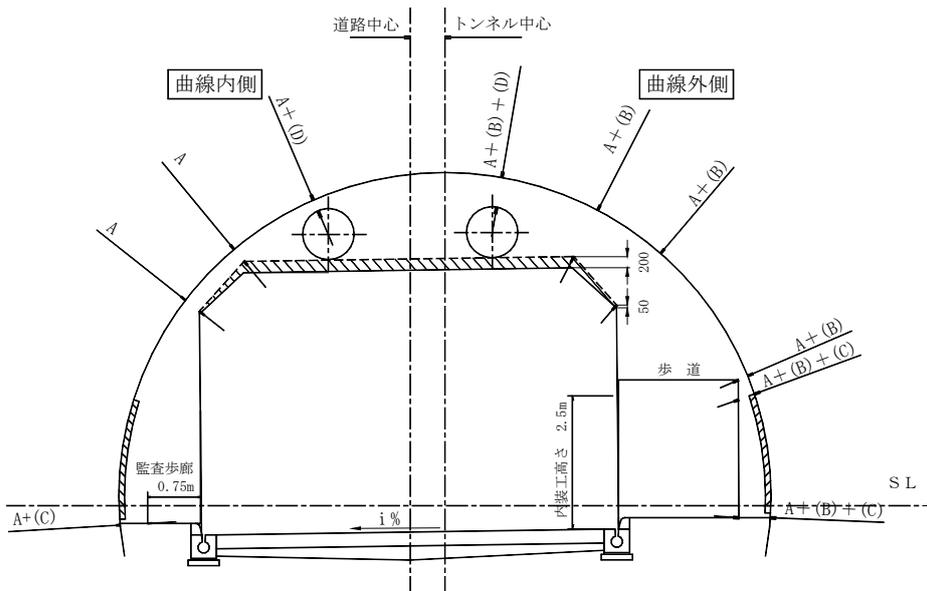
(1)換気設備が必要なトンネルにおいて、換気設備の設置に伴い断面拡大を要する場合には、トンネル施工費と換気設備のイニシャルコスト、ランニングコスト等を比較するなど、十分な検討を行う。

(2)機械換気の必要性については、第14節 換気の検討 (標準) によるものとする。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がある場合には設置し得る余裕空間を見込むものとする。(設計については、第5編 機械編による)

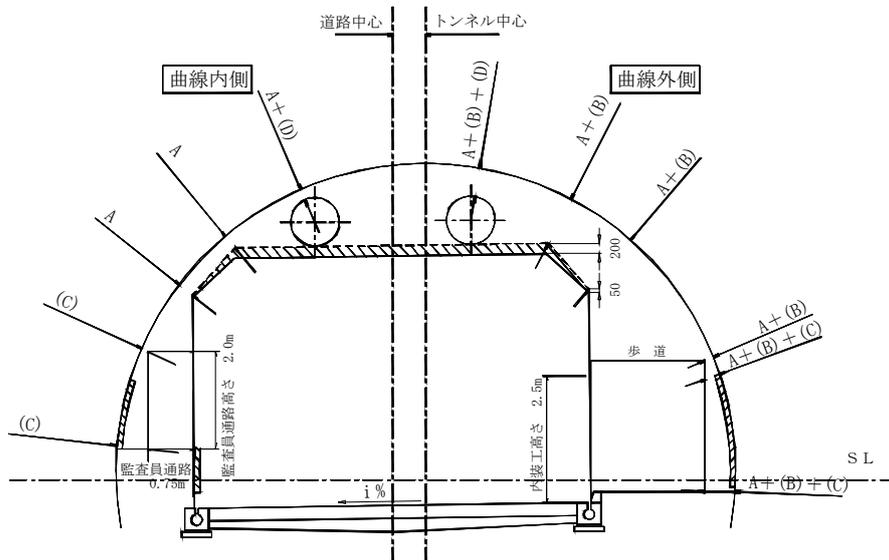
(3)ジェットファンと壁面との離隔距離は、200mmを最小とする。

### 3-6 占有物件を収容するための余裕

(1)トンネル機能に直接関係しない占有物件をトンネル内に収容する場合は、通常、監査歩廊・監視員通路及び歩道・自転車歩行者道の下に埋設することを標準とする。やむを得ずそれ以外に収容する場合には、担当課と協議の上、必要に応じて余裕を見込むものとする。



(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、路肩端で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 (図は設置区分Ⅱ)

換気設備設置に伴う余裕 D : ジェットファンと壁面との離隔距離として最小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8-4-5 余裕値の考え方 (参考)

## 4. 断面形状

### 4-1 概説

断面形状を決定するにあたっては、個々のトンネルの地山条件等に応じて最適な断面形状を決定することが望ましい。しかし、トンネルの地山性状を確実に把握し、それらを断面設計に的確に反映させることは極めて困難である。

このため、本便覧では「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成 15 年 11 月）p91～98」を参考とし、断面形状の標準を示すものとする。

### 4-2 上半断面及び内空縦横比

表 8-4-1 に示す内空形状と内空縦横比の組み合わせを標準とする。

表 8-4-1 断面区分

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 <sup>2</sup> ) (参考値)	40～80程度	80～100程度	8～16程度

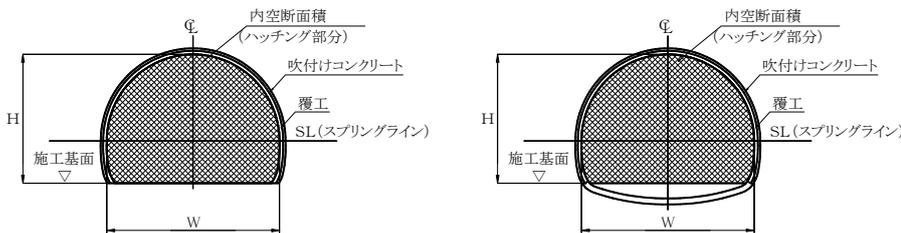
注1) 内空幅とは、スプリングライン上での内空幅をいう。(図 8-4-5(a)、(b)に示すWをさす。)

注2) 内空縦横比 (H/W) は図 8-4-5(a)、(b)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 (SL より上) を形成する円弧の数で図 8-4-5(c)、(d)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。

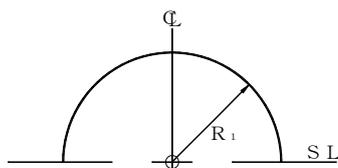
注4) 内空断面積は断面形状 (内空縦横比など) の影響を受けやすいため、この影響を受けない内空幅により断面を区分する。参考値として各断面のおおよその内空断面積を表に示した。なお、ここでいう内空断面積とは、インバート (盤下げ) を含まない覆工内側の全内空断面積をいい、換気計算に用いる車道内空 (舗装面の上部) とは異なる。

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。

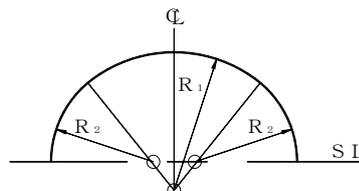


(a) インバートなしの場合

(b) インバートありの場合



(c) 上半単心円

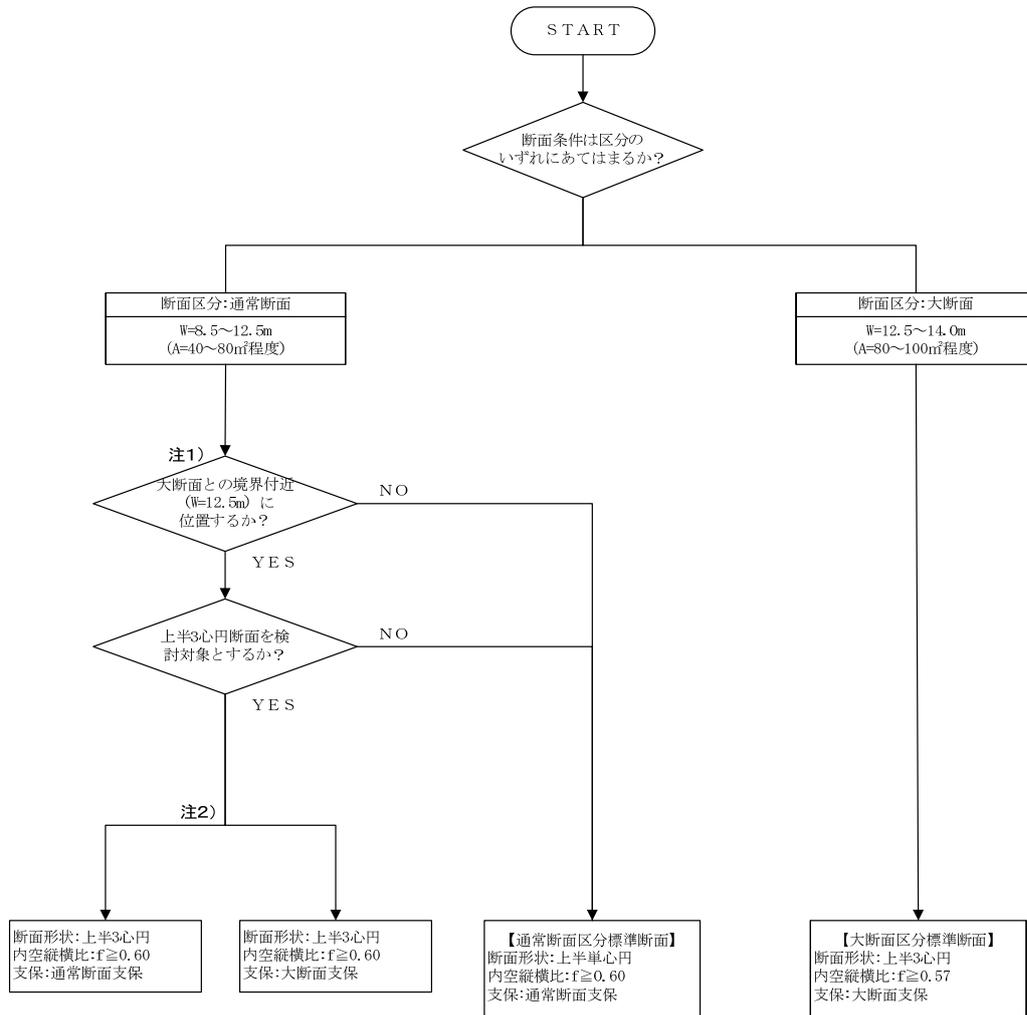


(d) 上半三心円

出典：[表 8-4-1]  
道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 p94 一部加筆

出典：[図 8-4-5]  
道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 p95 一部加筆

図 8-4-6 に本便覧に沿った内空断面検討の流れの一例を参考として示す。



注 1) 道路トンネル技術基準（構造編）同解説（社）日本道路協会（平成15年11月） P127 注6) による

注 2) 通常断面支保を採用する場合には対象地山の地山状況を把握し、類似地山での実績より採用の可否を検討する必要がある。  
また、必要に応じてフレーム計算やFEM解析等により構造照査を行う。

- : 道路トンネル技術基準（構造編）・同解説の主旨に沿った内空断面検討の流れ
- : 道路トンネル技術基準（構造編）・同解説の断面区分に沿った標準断面

図 8-4-6 上半断面、内空縦横比及び支保工検討条件設定の考え方（参考）

#### 4-3 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うえ決定する。
  - (2) 覆工コンクリートの足付け位置は、拌み勾配、片勾配にかかわらず、車道端部における左、また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 8-4-6 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。

出典：〔1〕  
道路トンネル技術基準  
（構造編）・同解説 p96  
一部加筆

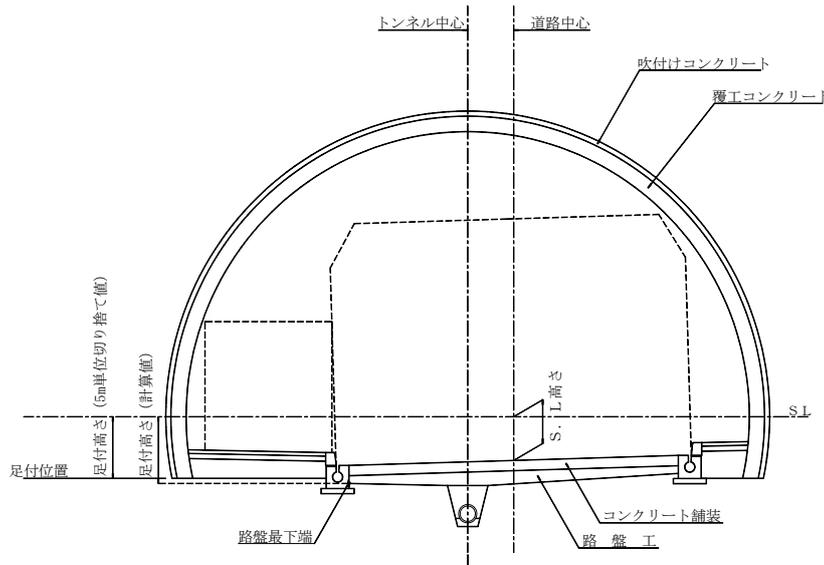
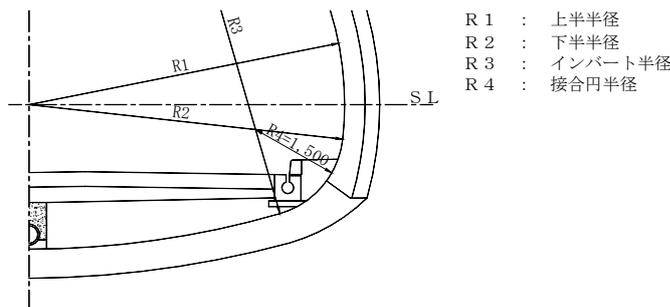


図 8-4-7 覆工コンクリートの足付け位置

#### 4-4 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 8-4-7 を標準とするが、特に側圧による押し出しなどが顕著な場合には吹付け、覆工からの応力伝達性を考慮した形状とする。（道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成 15 年 11 月）p130 図-3.4.11 参考）



- R 1 : 上半半径
- R 2 : 下半半径
- R 3 : インバート半径
- R 4 : 接合円半径

図 8-4-8 インバートの形状（標準）

出典：〔図 8-4-7〕  
道路トンネル技術基準  
（構造編）・同解説 p130  
一部加筆

## 5. その他

- 5-1 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、すべ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。
- 5-2 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うえでシフトすることが出来る。
- 5-3 連続トンネルが1事業として工事発注される場合には、経済性、施工性、維持管理性から内空断面の統一について検討を行うものとする。
- 5-4 断面検討時のトライアル諸数値の丸め方は、表 8-4-2 を標準とする。

表 8-4-2 トライアル諸数値の丸め値

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

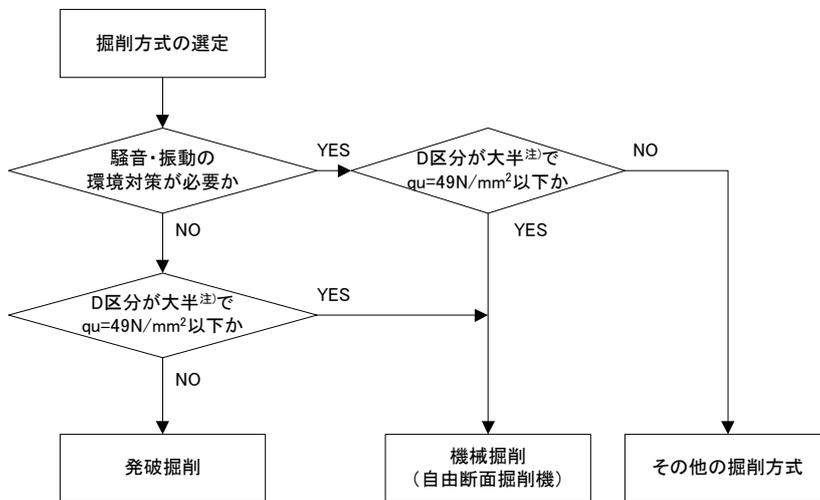
## 第5節 掘削（標準）

掘削計画にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第4編 施工 3.掘削」p187～200を参考とし、極力地山を緩めないよう、適切な掘削方式、掘削工法等を選定しなければならない。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 掘削方式

掘削方式の選定は図8-5-1、表8-5-1を標準とするが、適用にあたってはボーリング調査など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する。なお、これにより難しい場合は、別途検討するものとする。



※大半の区分は90%程度を目安とする。

図8-5-1 掘削方式選定フロー

表8-5-1 掘削方式と掘削工法

掘削方式	掘削区分	掘削工法	備考
発破掘削	B, C	補助ベンチ付き全断面工法	—
	D	上半先進ベンチカット工法 (ショートベンチカット工法)	上下半交互併進工法
機械掘削	C, D	〃	上下半同時併進工法

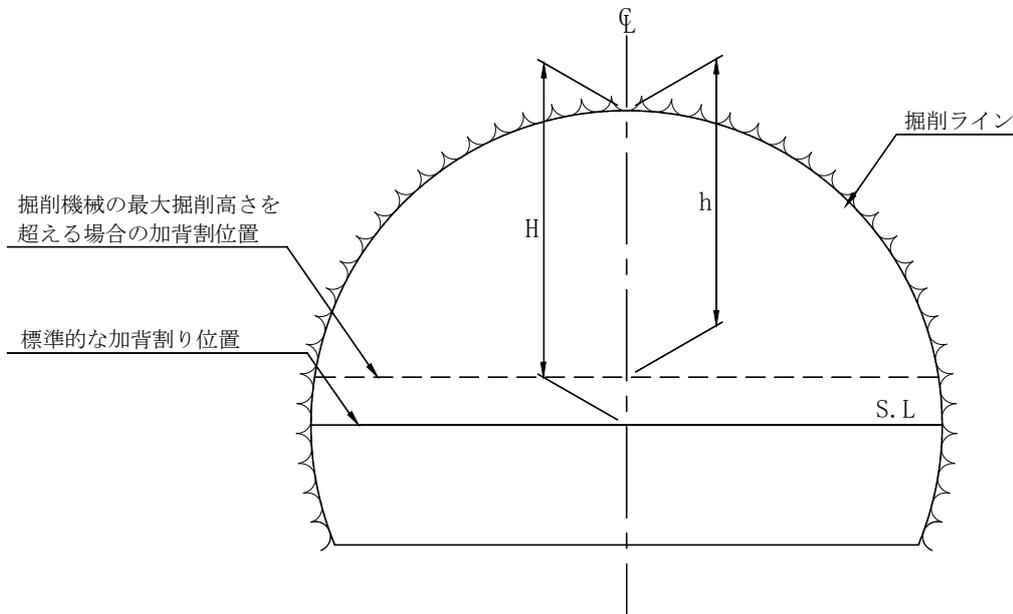
(注) 地山条件等により切羽の安定性の確立や地山の崩落防止のために必要に応じて、適切な補助工法を採用するものとする。

出典：[図8-5-1]  
国土交通省土木工事標準  
積算基準書(河川・道路  
編)

出典：[表8-5-1]  
国土交通省土木工事標準  
積算基準書(河川・道路  
編) 一部加筆

## 2. 加背割

機械掘削の場合で上半の加背が掘削機械の最大掘削高（6.0m）を越える場合は、上半盤の位置を 5cm ピッチであげるものとする。



H：標準的な加背割高（S.L）

h：上半の加背が掘削機械の最大掘削高（6.0m）を越える場合の加背割高

図 8-5-2 機械掘削時の加背割線

## 第6節 支保構造（標準）

### 1. 支保構造の設計

支保構造の設計にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第3編 設計 4.支保構造の設計」p99～131に示された支保構造と荷重の関係、あるいは各支保構造の作用効果を熟知したうえで、地山分類に応じて設定された標準的な支保構造の組み合わせの目安を参考として適切な支保構造を設定するものとする。

### 2. 地山分類

#### 2-1 概 説

「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第3編 設計 1-2 地山分類」p76～85に準じ、地質調査等の結果に技術的判断を加えて地山分類を行わなければならない。

具体的な地山分類は、「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第3編 設計 1-2 地山分類」p78～79 表-3.1.1に示された最近の施工実績の分析結果から得られた設計・施工に適用する地山分類表（表8-6-2）により行うものとする。

#### 2-2 地山分類表を適用する場合の留意事項

表8-6-2の地山分類表は、原則として吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工を主たる支保とする場合における地山分類に用いるものとするが、その適用にあたっては、次に示す事項について十分に留意しなければならない。

- (1) 地山等級Eは、特殊な地山条件下（大きな崖錐、大きな断層・破砕帯など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）になるものに適用し、支保の設計にあたっては数値解析の結果や類似の地山条件での施工事例などを参考にする。また、本地山分類表に当てはまらないほど良好な地山については地山等級Aとし、工区に占める比率や地山状態により経済的な見地からトンネル毎に設計する。
- (2) 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、地山試料試験など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、地山試料試験などの調査結果を活用し、それらを補完する目的で使用するものとする。
- (3) 施工中の地山分類は、工事着手後の切羽の観察・計測などによって直接的に掘削地山を評価することができる。この場合、まず、トンネル掘削による地山の挙動と変位の目安により地山を分類し、内空変位が30mm程度（掘削幅が10m程度のトンネルでの目安）以下でおさまる場合には、切羽観察による岩質、水による影響、不連続面の状態、不連続面の間隔によって分類するものとする。また、内空変位量が30mmを越え塑性変形を呈すると考えられる場合には、岩質、水による影響、不連続面の状態、不連続面の間隔に加え地山強度比も指標とし、さらに坑内計測結果も考慮して分類する。

出典：〔(1)～(3)〕  
道路トンネル技術基準  
（構造編）・同解説 第3編  
p80～81

表 8-6-1 岩石グループ

		岩盤の初生的性質を反映した新鮮な状態での強度の区分		
		H (硬質岩) 80N/mm <sup>2</sup> 以上	M (中硬質岩) 20~80N/mm <sup>2</sup>	L (軟質岩) 20N/mm <sup>2</sup> 以下
劣化のしかたによる区分	塊状岩盤	はんれい岩、かんらん岩 閃緑岩 花崗閃緑岩 花崗岩 石英斑岩、輝緑岩 花崗斑岩 ホルンフェルス 角閃石岩 ----- 中・古生層砂岩 石灰岩、チャート (珪岩) 片麻岩	安山岩 玄武岩、輝緑凝灰岩 石英安山岩 流紋岩 ひん岩 ----- 第三紀層砂岩、礫岩	蛇紋岩 凝灰岩 凝灰角礫岩
	層状岩盤		粘板岩 中・古生層頁岩	千枚岩 黒色片岩、石墨片岩 緑色片岩 第三紀層泥岩

出典：[表 8-6-1]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p80

注) -----は、主に地山の弾性波速度の違いによる分類を示し、分類されたグループは、表 8-6-2 の代表岩種各欄に対応する。

- (4) 上下線を段階的に建設する場合で、既に建設されたトンネルが隣接するトンネルの設計においては、既設トンネルの施工時の観察・計測データを十分に活用する。すなわち、既設トンネルの地山等級や支保パターンだけでなく、掘削時の地山の挙動と変位の実績および、不連続面の状態、不連続面の間隔、地下水の影響などの記録によって地山を分類する。

出典：[(4)]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p81~82

地山分類表の各指標の評価にあたっては、これらの指標の持つ特性を理解し総合的に判断しなければならない。以下に各指標の持つ特性について示す。

(a) 弾性波速度 (km/s)

トンネルの調査においては、対象物が線状で長く、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どうしても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必要がある。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、誤差もあることを認識しておく必要がある。弾性波速度を評価する場合には、次の点に注意する。

- (イ) 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良好に評価されることがある。
- (ロ) 弾性波速度および地山強度比の値が各地山等級間の境界となるデータについては、地形的特性、地質状態などにより工学的に判定する。
- (ハ) トンネル計画高より上部約 1.5D (Dはトンネル掘削幅) 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トンネル計画高の速度層より上層 (速度の遅い層) の速度を採用する方が望ましい。
- (ニ) 土被りの小さ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。

(ホ)断層・破砕帯については、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。

(ハ)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。

#### (5)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よ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。

##### (a)岩質、水による影響

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、地表地質踏査、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。

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。

##### (b)不連続の間隔

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的間隔を言い、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、地表地質踏査、ボーリングコア観察などによってできるだけ直接的な観察により判断する。施工中は、切羽の詳細な観察により判定できる。

##### (c)不連続の状態

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、地表地質踏査、ボーリングコア観察など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断することができる。

#### (6)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、主に地表地質踏査と合わせ、風化変質状況や岩片の強度、不連続面の状態、不連続面の間隔などの判定に使われる。RQDは、ボーリング外径66mmのダブルコアチューブで採用されたコアについて評価することを基本とし、主に硬質岩（H）や中硬質岩（M）の亀裂の状況の評価に使用されるが、軟岩（L）でも亀裂状況の参考になる。

出典：〔(5)、(6)〕  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p82～83

### (7) 地山強度比

地山強度比は、軟岩地山におけるトンネル掘削時の押し出し性の判定指標として提案されたものである。地山分類表では主に中軟質岩 (M) の層状岩盤、軟質岩 (L) の層状・塊状岩盤、あるいは風化変質した破碎帯や土砂地山における分類指標となる。

地山強度比は、次のように定義する。

$$\text{地山強度比} = \frac{q_u}{\gamma h}$$

$q_u$  : 地山の軸圧縮強度 (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  : 地山の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$h$  : 土被り高さ (m)

なお、地山の軸圧縮強度は、亀裂などの存在が無視できる地山においては試料の軸圧縮強度を採用できるが、亀裂などの影響が大きい地山においては準岩盤強度  $qu'$  (kN/m<sup>2</sup>) を用いる。

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

$V_p$  : 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)

$qu$  : 試料の軸圧縮強度 (kN/m<sup>2</sup>)

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

### (8) 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 8-6-2 に示したとおりである。変位量の計測は、支保工施工後できるだけ早い時期に初期値を測定し、初期変位速度や変位量の評価に差が生じないようにする必要がある。なお、施工時の切羽観察による地山評価においては、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するものとする。

### (9) 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、場合によっては表 8-6-2 に示される地山等級を下げる必要がある。

- (a) 蛇紋岩や蛇紋岩化を受けた岩石、泥岩・頁岩・凝灰岩、火山砕屑物などは水による劣化を生じ易いので十分注意を要する。
- (b) 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調査の結果だけでは地質の実態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。
- (c) 輝緑岩、角閃岩、かんらん岩・はんれい岩、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。
- (d) 蛇紋岩や変朽安山岩 (プロピライト)、黒色片岩、泥岩、凝灰岩など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。
- (e) 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。

表 8-6-2 地山分類表

地山等級	岩石グループ	代表岩石名	弾性波速度 $V_p$ (km/s)					地山の状況	トンネル掘削の状況	
			1.0	2.0	3.0	4.0	5.0			
B	H塊状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩、ホルンフェルス	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	不連続面の間隔は平均的に50cm程度。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。	不連続面の状態 ・不連続面に髄状や塊状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。	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。掘削面から部分的に剥離する場合もある。切羽は自立する。掘削幅10m程度のトンネルでは、掘削にともなう内空変位は15mm程度以下の微小な塑性変形にとどまる。	
		安山岩、玄武岩、流紋岩、石英、安山岩								
	M塊状	第三紀砂岩、礫岩	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	新理の間隔は平均的に30cm程度。片理が顕著でトンネル掘削に影響を与えるもの。	不連続面に髄状や塊状粘土が多く一部みられる。 ・不連続面は部分的に開口しているが開口は小さい。	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的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沿って、局部的に抜け落ちる場合もある。切羽は自立する。掘削幅10m程度のトンネルでは、掘削にともなう内空変位は15~20mm程度以下の小さな塑性変位にとどまる。	
		砂岩、凝灰岩、凝灰角礫岩、粘板岩、中古生層頁岩、黒色片岩、緑色片岩								
	L層状	第三紀泥岩	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	新理の間隔は平均的に20cm程度。片理が顕著でトンネル掘削に影響を与えるもの。 ・層理、片理が顕著でトンネル掘削に影響を与えるもの。 ・層理、片理が顕著でトンネル掘削に影響を与えるもの。	不連続面に髄状や薄い塊状粘土が部分的にみられる。 ・不連続面が開口しており開口幅も比較的大きい。 ・層の真い部分で断層を挟むもの。	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く、弾性変形とともに一部塑性変形を生じる。岩石の強度は塑性変形をどめるとともに掘削に際しては地山の緩みが加えられ、掘削により多くすべりやすい不連続面に沿って地山の緩みが加えられ、掘削の自立が難しく、地山条件によってはリングカットや鋼管杭を必要とする。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、インバーテートで早期に閉合しないならば、掘削幅10m程度発生し、切羽が20m程度発生しても収束しないことが多い。	
		花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩、ホルンフェルス								
	C I	H塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英、安山岩	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	新理の間隔は平均的に10cm以下のもので多く、5cm以下の層片が多量に取れる状態のもの。 ・層理は10~40、 ・層理は10~40。	不連続面に髄状や薄い塊状粘土が部分的にみられる。 ・不連続面が開口しており開口幅も比較的大きい。 ・層の真い部分で断層を挟むもの。	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く、弾性変形とともに一部塑性変形を生じる。岩石の強度は塑性変形をどめるとともに掘削に際しては地山の緩みが加えられ、掘削により多くすべりやすい不連続面に沿って地山の緩みが加えられ、掘削の自立が難しく、地山条件によってはリングカットや鋼管杭を必要とする。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、インバーテートで早期に閉合しないならば、掘削幅10m程度発生し、切羽が20m程度発生しても収束しないことが多い。
			第三紀砂岩、礫岩							
	C II	M塊状	安山岩、玄武岩、流紋岩、石英、安山岩	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	新理の間隔は平均的に10cm以下のもので多く、5cm以下の層片が多量に取れる状態のもの。 ・層理は10~40、 ・層理は10~40。	不連続面に髄状や薄い塊状粘土が部分的にみられる。 ・不連続面が開口しており開口幅も比較的大きい。 ・層の真い部分で断層を挟むもの。	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く、弾性変形とともに一部塑性変形を生じる。岩石の強度は塑性変形をどめるとともに掘削に際しては地山の緩みが加えられ、掘削により多くすべりやすい不連続面に沿って地山の緩みが加えられ、掘削の自立が難しく、地山条件によってはリングカットや鋼管杭を必要とする。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、インバーテートで早期に閉合しないならば、掘削幅10m程度発生し、切羽が20m程度発生しても収束しないことが多い。
			第三紀砂岩、礫岩							
D I	M層状	砂岩、凝灰岩、凝灰角礫岩、粘板岩、中古生層頁岩、黒色片岩、緑色片岩	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	新理の間隔は平均的に10cm以下のもので多く、5cm以下の層片が多量に取れる状態のもの。 ・層理は10~40、 ・層理は10~40。	不連続面に髄状や薄い塊状粘土が部分的にみられる。 ・不連続面が開口しており開口幅も比較的大きい。 ・層の真い部分で断層を挟むもの。	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く、弾性変形とともに一部塑性変形を生じる。岩石の強度は塑性変形をどめるとともに掘削に際しては地山の緩みが加えられ、掘削により多くすべりやすい不連続面に沿って地山の緩みが加えられ、掘削の自立が難しく、地山条件によってはリングカットや鋼管杭を必要とする。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、インバーテートで早期に閉合しないならば、掘削幅10m程度発生し、切羽が20m程度発生しても収束しないことが多い。	
		第三紀砂岩、礫岩								
D II	L層状	花崗岩、花崗閃緑岩、石英斑岩、ホルンフェルス	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	[Hatched Pattern]	新理の間隔は平均的に10cm以下のもので多く、5cm以下の層片が多量に取れる状態のもの。 ・層理は10~40、 ・層理は10~40。	不連続面に髄状や薄い塊状粘土が部分的にみられる。 ・不連続面が開口しており開口幅も比較的大きい。 ・層の真い部分で断層を挟むもの。	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く、弾性変形とともに一部塑性変形を生じる。岩石の強度は塑性変形をどめるとともに掘削に際しては地山の緩みが加えられ、掘削により多くすべりやすい不連続面に沿って地山の緩みが加えられ、掘削の自立が難しく、地山条件によってはリングカットや鋼管杭を必要とする。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、インバーテートで早期に閉合しないならば、掘削幅10m程度発生し、切羽が20m程度発生しても収束しないことが多い。	
		安山岩、玄武岩、流紋岩、石英、安山岩								

注1) 本分類表は、トンネル掘削に際しては、トンネル掘削中に掘削面に発生するトンネル掘削距離の増大で、掘削面に発生したものは含まない。  
 注2) H、M、Lの区分は、岩石の初生的な解理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。  
 $H: \sigma_{cu} \geq 80 \text{ N/mm}^2$      $M: 20 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{cu} < 80 \text{ N/mm}^2$      $L: \sigma_{cu} < 20 \text{ N/mm}^2$   
 注3) 塊状、層状の区分  
 塊状：新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。  
 注4) 内空変位とは、トンネル掘削中に掘削面に発生するトンネル掘削距離の増大で、掘削面に発生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によって開口し、それに沿って岩盤が重力により落下しようとすることをいう。  
 注6) 岩石の強度とは、新理面の強度を受けない岩石の強度のことをいう。

### 3. 標準支保パターン

通常の地山条件（土被り高さ 20m 以上 500m 未満程度）における標準支保パターンは、第 4 節で定めた断面区分に応じて、表 8-6-3～表 8-6-5 に示す組み合わせを標準とする。

#### 3-1 通常断面トンネル

表 8-6-3 標準的な支保構造の組み合わせの目安（通常断面トンネル 内空幅 8.5～12.5m）

地山等級	支保パターン	標準掘進長 (m)	ロックボルト				鋼アーチ支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚		変形余裕量 (cm)	掘削工法
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲	上半部種類	下半部種類	建込間隔 (m)		アーチ・側壁 (cm)	インバート (cm)		
				周方向 (m)	延長方向 (m)									
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	上半 120°	—	—	—	5	30	—	—	補助ベンチ付全断面工法または上半断面工法
C I	C I	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	—	—	—	10	30	(40)	—	
C II	C II-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上・下半	—	—	—	10	30	(40)	—	
	C II-b						H-125	—	1.2					
D I	D I-a	1.0	3.0	1.2	1.0	上・下半	H-125	H-125	1.0	15	30	45	—	
	D I-b		4.0											
D II	D II	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	注 4 0	

出典：[表 8-6-3]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第 3 編  
p126～127

注 1) 支保パターンの a、b の区分は、地山等級が C II、D I の場合は b を基本とし、トンネル掘削に伴う変位が小さく、切羽が安定すると予想される場合は a の適用を検討する。

注 2) インバートについて

- ① ( ) 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、温泉余土などの場合は ( ) の厚さを有するインバートを設置する。
- ② 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アーチ・側壁の覆工コンクリート厚さを下回ってはならない。
- ③ 地山等級が D I であっても、下半部に堅岩が現れるなど岩の長期的支持力が十分であり、側圧による押し出しなどもないと考えられる場合はインバートを省略できる。

注 3) 金網について

- ① 地山等級 D I においては、一般に上半部に設置する。なお、D II においては、上・下半に設置するのが通例である。
- ② 鋼繊維補強吹付けコンクリート (SFRC) などを用いる場合は、金網を省略できる。

注 4) 変形余裕量について

地山等級が D II 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。

注 5) 地山等級 A、E については、地山条件にあわせて、それぞれ検討するものとする。

注 6) 通常断面の適用範囲であっても、大断面との境界付近で上半三心円などの偏平な断面を採用するには、大断面の支保パターンの適用を検討する。

3-2 大断面トンネル

表 8-6-4 標準的な支保構造の組み合わせの目安（大断面トンネル 内空幅 12.5~14.0m）

出典：[表 8-6-4]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p129~131

地山等級	支保パターン	標準掘進長 (m)	ロックボルト				鋼アーチ支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚		変形余裕量 (cm)	掘削 工法
			長さ (m)	施工間隔		施工 範囲	上半部 種類	下半部 種類	建込 間隔 (m)		アー チ・ 側壁 (cm)	イン バー ト (cm)		
				周 方向 (m)	延長 方向 (m)									
B	B	2.0	4.0	1.5	2.0	上半	—	—	—	10	40	—	—	補助ベン チ付全断 面工法・ 上半断面 面工法・ 中壁分割 工法・中 央導坑先 進工法
C I	C I	1.5	4.0	1.2	1.5	上・下半	—	—	—	15	40	(45)	—	
C II	C II	1.2	4.0	1.2	1.2	上・下半	H-150	—	1.2	15	40	(45)	—	
D I	D I	1.0	6.0	1.0	1.0	上・下半	H-150	H-150	1.0	20	40	50	—	
D II	D II	1.0 以下	6.0	1.0	1.0 以下	上・下半	H-200	H-200	1.0 以下	25	40	50	注3 0	

注1) インバートについて

- ① ( ) 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、温泉余土などの場合は ( ) の厚さを有するインバートを設置する。
- ② 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アーチ・側壁の覆工コンクリート厚さを下回ってはならない。
- ③ 地山等級がD Iであっても、下半部に堅岩が現れるなど岩の長期的支持力が不十分であり、側圧による押し出しなどもないと考えられる場合はインバートを省略できる。

注2) 金網について

- ① 一般に地山等級がC IIにおいては天端付近に、D I、D IIでは上・下半部に設置する。
- 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)などを用いる場合は、金網を省略できる。

注3) 変形余裕量について

- ① 地山分類D II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5cmを控除し、掘削断面に変形余裕量を加えるものとする。

注4) 掘削工法について

- ① 中壁分割工法を採用する場合、本坑には上記の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。さらに、爆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 中壁分割工法の中壁頂部の先受けの施工が難しいことなどの理由から、中央導坑(頂部導坑)先進工法を採用する場合は、本坑には上記の支保の組み合わせを採用することとするが、中央導坑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。
- ③ 加背の高さを決定するに当たっては、支保の規模、大きさを十分勘案したうえで、安全で効率的な施工が行える高さを決定しなければならない。

注5) 地山等級A、Eについては、地山条件にあわせて、それぞれ検討するものとする。

3-3 小断面トンネル

表 8-6-5 標準的な支保構造の組み合わせの目安 (小断面トンネル 内空幅 3.0~5.0m)

山等級	支保パターン	標準掘進長 (m)	ロックボルト				鋼アーチ支保工		吹付け厚 (cm)	覆工厚 <sup>注)</sup> (cm)	掘削工法
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲	種類	建込間隔 (m)			
				周方向 (m)	延長方向 (m)						
B	B	2.0	なし	—	—	—	なし	—	5	20	全断面工法
C I	C I	1.5	2.0	1.2	1.2 ~ 1.5	上・下半	なし	—	5	20	
C II	C II	1.2									
D I	D I	1.0	2.0	1.0	1.0	上・下半	H-100	1.0	10	20	
D II	D II	1.0	2.0~ 3.0	1.0 以下	1.0	上・下半	H-100	1.0	10~12	20	

注) 該当トンネルの利用状況および地山条件などを考慮し、覆工の省略を検討する必要がある。

3-4 支保の緩和

地山条件に応じてトンネル周辺地山の挙動、支保構造に作用する荷重や変位量はそれぞれ異なる。特に低速度帯等により地山条件が急変する場合には、その区間に対する支保構造の変更のみでは力学的な不連続面が生じ、その変化点付近において覆工コンクリートにクラックが生じる恐れがある。このため、低速度帯前後等で地山等級が急変する場合には緩衝区間の必要性について検討を行う。

出典：[表-8-6-5]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p131

#### 4. 吹付けコンクリート

##### 4-1 吹付けコンクリートの配合及び強度

(1) 吹付けコンクリートの配合は、必要な強度、耐久性が得られ、水密性、付着性、施工性のよいコンクリートが得られるように定めなければならない。設計基準強度は  $18\text{N/mm}^2$  を標準とする。

(2) 吹付けコンクリートは湿式を標準とする。また、配合については表 8-6-6 を標準とする。地山状況その他の条件から他の工法を用いる場合は十分な検討を行うこと。

表 8-6-6 吹き付けコンクリートの配合 (標準)

強度	スランプ	W/C	単位セメント量	粗骨材最大寸法	急結材	単位細骨材料	単位粗骨材料
$\sigma_{28} = 18\text{N/mm}^2$	$10 \pm 2\text{ cm}$	56%	「普通ポルトランドセメント」 360 kg	13 又は 15 mm	セメント量の 5.5%	1086 kg	675 kg

注 1) 乾式の場合は別途考慮すること

注 2) 配合は施工機械や現場の材料によって変わるので、一般のコンクリートと同様に現場試験によって調整する必要がある。

##### 4-2 吹付けコンクリートの補強

###### (1) 金網の材料

構造用溶接金網  $150 \times 150 \times \phi 5$  (JIS G 3551) を標準とする。

###### (2) 金網の施工

金網の端部は相互に 1 目 (150 mm) 以上ラップさせ、取付方法はアンカー等で止める。

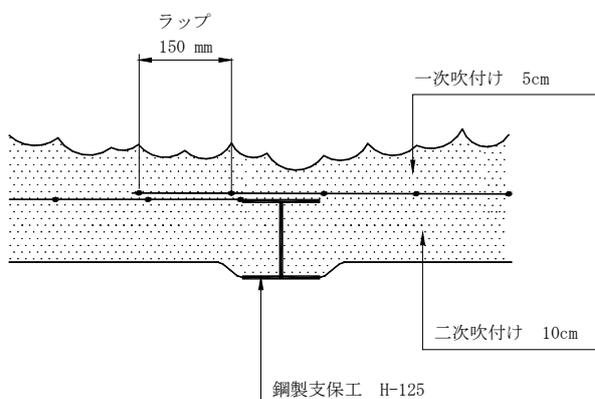


図 8-6-1 金網の取付方法 (D I-a, -b パターンによる例)

## 5. ロックボルト

### 5-1 ロックボルトの材質および強度

ロックボルトの材質は地山等級に応じ表 8-6-7 による。また、一般に使用されているロックボルトの機械的性質を表 8-6-8 に示す。

表 8-6-7 地山等級に応じたロックボルトの材質

地山等級	ロックボルト材質
B, C I	異形棒鋼と同等以上（耐力 117.7kN 以上）
C II, D I, D II	ねじり棒鋼と同等以上（耐力 176.5kN 以上）

注) 耐力はネジ部の降伏点耐力とする。

表 8-6-8 ロックボルトの機械的性質

	種類の記号	ボルトの呼び径	ねじ部の機械的性質		素材部の機械的性質	
			降伏耐力 (kN)	破断耐力 (kN)	降伏耐力 (kN)	破断耐力 (kN)
異形棒鋼	SD345※1	D25	120.5	172.5	173.5	247.9
ねじり棒鋼	STD510※1	TD24	179.3	242.1	226.4	305.8

注) ※1 JIS M 2506-1992

### 5-2 吹付コンクリートとロックボルトの位置

吹付コンクリートとロックボルトの位置は図 8-6-2 を標準とする。

支保パターン	B	C I, C II-a	C II-b	D I-a, D I-b	D II
吹付厚	5cm	10cm	10cm	15cm	20cm
概略図					

図 8-6-2 吹付コンクリートとロックボルトの位置（通常断面区分）

### 5-3 ロックボルトの定着

ロックボルトの定着は全面接着式を標準とし、ロックボルト全体をドライモルタル接着剤で地山に固定しなければならない。

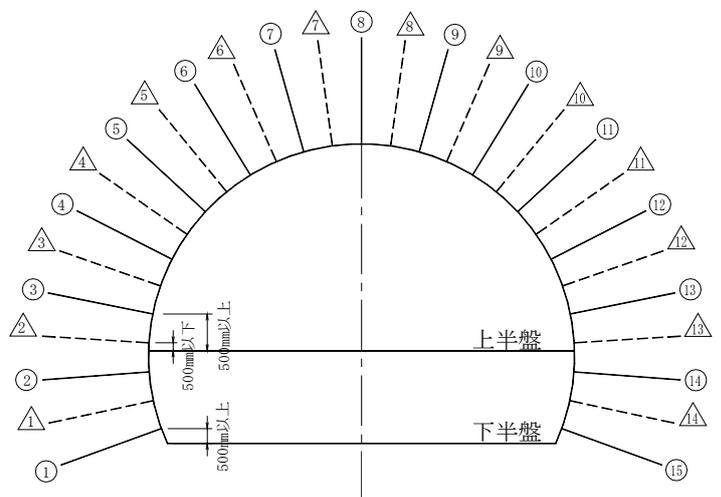
なお、湧水等がある場合は、注入急結剤を使用することができる。

#### 5-4 ロックボルトの配置

ロックボルトの配置については、下記項目について検討し決定すること。

- (1) 吹付周長に対し周方向間隔に配置する。
  - (2) 配置は左右対称とする。
  - (3) 周方向間隔は断面の途中で変えない。
  - (4) 上下半最下部のロックボルトは、打設機械のガイドセル高さを考慮し、上下半盤から 500 mm 程度の離隔を確保することが望ましい。配置する上でやむを得ない場合には、下半盤からの離隔を優先する。
  - (5) 同一トンネルであっても、上半頂部に配置するか、あるいは上半頂部を外すかは、支保パターン毎に使い分け、支保の作用効果、経済性の双方に優れた最適な配置を選定する。
- ただし、現地の状況により上記によることが不都合と思われる場合は別途考慮する。

図 8-6-3 に配置の考え方を示す。



- : 上半頂部に配置する計画
- △ : 上半頂部を外して配置する計画

図 8-6-3 ロックボルトの配置の考え方(頂部配置の採用例)

#### 5-5 ロックボルトの頭部処理

ロックボルトの頭部については、防水シートの損傷を防止するため、適切な処理を行う。

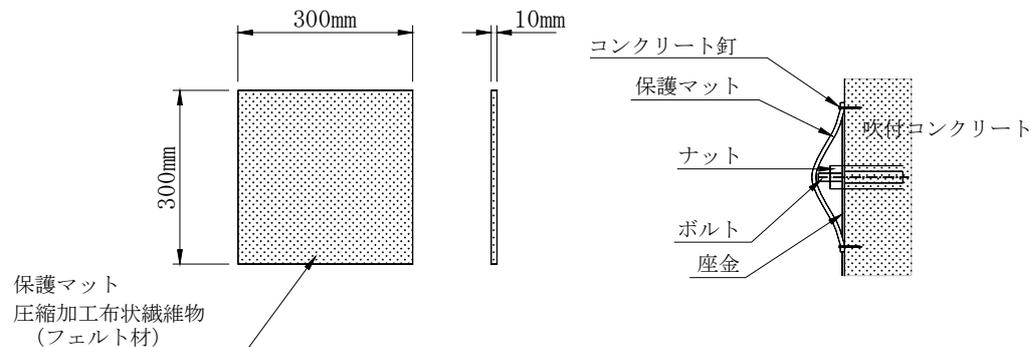


図 8-6-4 ロックボルトの頭部処理 (例)

## 6. 鋼アーチ支保工

### 6-1 鋼アーチ支保工の種類

鋼アーチ支保工の材料規格寸法諸元は表 8-6-9 を標準とする。

表 8-6-9 鋼アーチ支保工の諸元

種別	寸法 (mm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	単位重量 (kg/m)	断面二次モーメント I x (cm <sup>4</sup> )	断面係数 Z x (cm <sup>3</sup> )	冷間加工最小曲げ半径の目安 (m)	材料規格
H形鋼	H-125×125×6.5×9	30.00	23.6	839	134	1.5	SS400
	H-150×150×7.0×10	39.65	31.1	1620	216	2.0	
	H-200×200×8.0×12	63.53	49.9	4720	472	4.2	

出典：[図 8-6-9]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 p120  
一部加筆

### 6-2 鋼アーチ支保工の継手

鋼アーチ支保工の継手の位置及び構造は、掘削断面形状、施工法及び断面力の大きさと分布等を考慮して決定しなければならない。

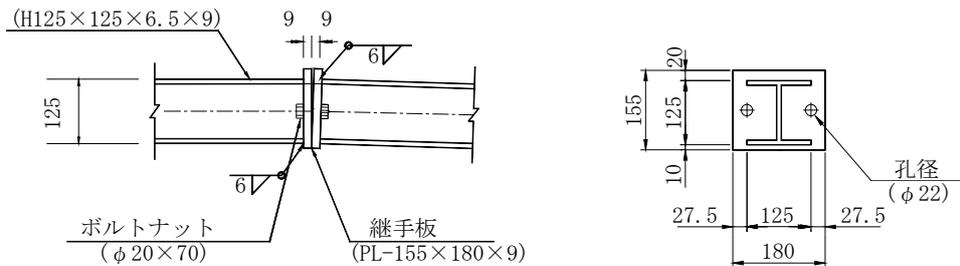


図 8-6-5 鋼アーチ支保工の継手板 (例)

出典：[図 8-6-5、8-6-6]  
トンネル標準仕方書 山  
岳編・同解説 p92  
一部加筆

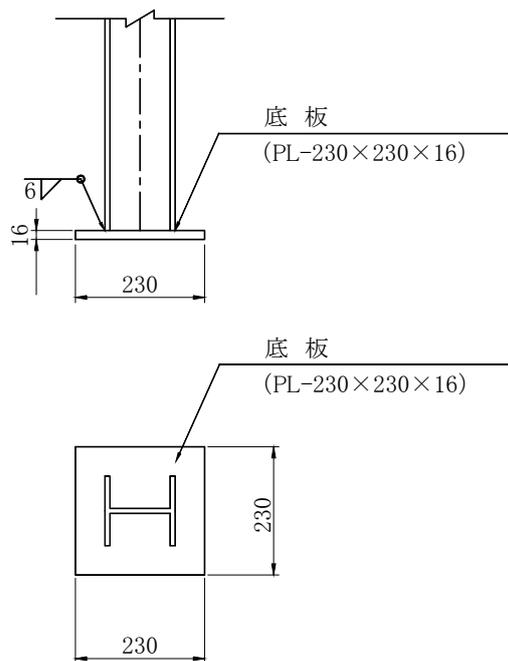


図 8-6-6 鋼アーチ支保工の底板 (例)

6-3 鋼アーチ支保工のつなぎ

吹付けコンクリートによって鋼アーチ支保工が固定されるまでの間、転倒を防止するためにつなぎ材の設計を行う。つなぎ材はさや管方式を標準とする。

ただし、坑口部に施工する鋼アーチ支保工はトンネル軸方向の荷重を受けることがあるので、つなぎ材として鋼アーチ支保工が互いに強固に連結されるタイロッド方式を基本とする。

出典：[6-3]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説  
p119 一部加筆

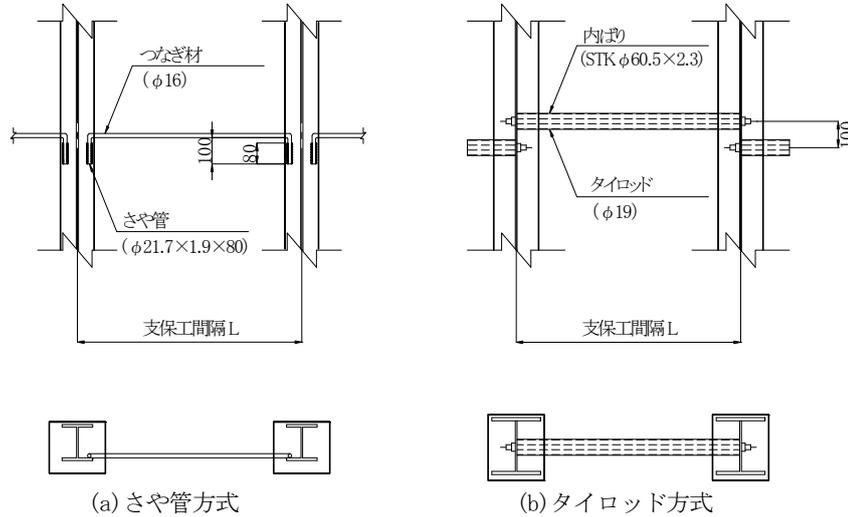


図 8-6-7 鋼アーチ支保工のつなぎ材

6-4 鋼アーチ支保工の使用材料

鋼アーチ支保工の使用材料は、表 8-6-10 を標準とする。

表 8-6-10 鋼アーチ支保工の使用材料

掘削区分 名称	通常断面 (一般部)			通常断面 (坑口部)		大断面	
	CII-b	DI-b	DII	上部断面工法 DIIIa (核製)	側壁断面工法 DIIIb (核製)	CII	DI
I形鋼 (上枠)	H125×125 ×6.5×9 n=2	H125×125 ×6.5×9 n=2	H150×150 ×7×10 n=2	H200×200 ×8×12 n=2	H200×200 ×8×12 n=2	H150×150 ×7×10 n=2	H150×150 ×7×10 n=2
継手板 (尺端)	H-155×180×9 n=2	H-155×180×9 n=2	H-180×180×9 n=2	H-230×230×16 n=2	H-230×230×16 n=2	H-180×180×9 n=2	H-180×180×9 n=2
継手板	—	H-155×180×9 n=4	H-180×180×9 n=4	H-230×230×16 n=4	—	—	H-180×180×9 n=4
I形鋼 (下枠)	—	H125×125 ×6.5×9 n=2	H150×150 ×7×10 n=2	H200×200 ×8×12 n=2	—	—	H150×150 ×7×10 n=2
底板	H-180×230×16 n=2	H-230×230×16 n=2	H-250×250×16 n=2	H-300×300×19 n=2	H-230×230×16 n=2	H-180×180×16 n=6	H-250×250×16 n=2
ボルト ナット	φ20×70 n=2	φ20×70 n=6	φ20×70 n=6	φ20×70 n=6	φ20×70 n=2	φ20×70 n=6	φ20×70 n=6
継ぎ材	φ16×1.35 n=6	φ16×1.15 n=10	φ16×1.15 n=10	φ16×1.15 n=6	φ16×1.15 n=10	φ16×1.35 n=8	φ16×1.15 n=12

(注) 断層帯等特殊な場所では、H-200 及び MU-29 を使用することができる。

## 7. 覆工（覆工コンクリート）

### 7-1 覆工コンクリートの配合

覆工に用いるコンクリートの配合は、所要の強度、耐久性及び良好な施工性が得られるよう定めなければならない。なお、覆工コンクリートの配合は表 8-6-11 を標準とする。

表 8-6-11 覆工コンクリートの配合

種 別 \ 区 分	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 cm	270 kg/m <sup>3</sup> 以上	18N/mm <sup>2</sup>
インバート	40 mm	8 cm	230 kg/m <sup>3</sup> 以上	18N/mm <sup>2</sup>

### 7-2 型 枠

- (1) スライドセントルフォーム（L=10.5m）を標準とする。
- (2) 平面曲線半径が小さい場合には、スパンの短いセントルを採用することにより平面曲線余裕が小さくなり、断面縮小が図れる場合があるため、施工性、品質管理面などを勘案のうえ、採用について検討を行う。
- (3) 長大トンネルで直線区間が長い場合には、スパンの長いセントルを採用することにより、工期短縮、コスト縮減が図れる場合があるため、施工性、品質管理面などを勘案のうえ、採用について検討を行う。

## 第7節 防水工・排水工（標準）

防水工・排水工の設計にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第3編 設計 5.排水工・防水工」p132～139を参考とし、湧水等をすみやかにトンネル外へ排出できるよう、排水工を選定しなければならない。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 防水工・排水工の設計

トンネル内の水処理の考え方は図8-7-1に示す通りである。

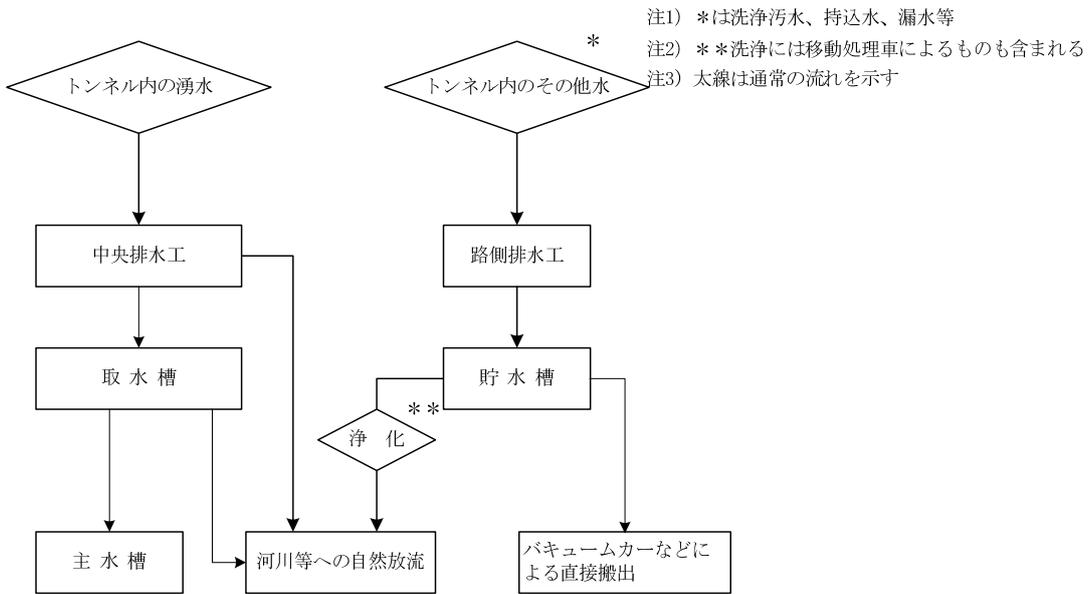


図8-7-1 トンネル内の水処理の考え方

## 2. 防水工

### 2-1 防水工

吹付コンクリート面と覆工との間には、原則として坑口部を含む全区間に、防水工を設置する。

#### (1) 防水工の材料

- (a) 覆工コンクリートのひび割れ対策及び防水工に使用する材料は、透水性緩衝材と防水シートの組み合わせられたものとし、吹付コンクリートと覆工の間に上下半の全周に設置する。
- (b) 防水工に使用する防水シートは、厚さ 0.8 mm 以上のビニールシート等とし、表 8-7-1 に示す規格に合格するものとする。また、透水緩衝材は厚さ 3mm 以上とする。

表 8-7-1 防水シートの規格

項目	試験法	規格
比重	JISK6773 (20° C)	0.95±0.05
引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	〃	15.7 以上
伸び (%)	〃	600 以上
引裂強さ (N/mm <sup>2</sup> )	JISK6301 (20° C)	4.9 以上

出典：[表 8-7-1]  
 (財)日本規格協会  
 JISK6773 (1991)  
 JISK6252 (2001)

## 3. 排水工

トンネルの排水工は、トンネルの湧水及び路面水の停滞を生ずることなく円滑に自然流下できる断面及び勾配とし、設計しなければならない。

### 3-1 裏面排水工

裏面排水工は、コンクリート打設中にコンクリートが流入したり、破損したり、目詰まり等を起こさないような設計としなければならない。

材質及び構造は図 8-7-2 を標準とし、設計区間は湧水の有無にかかわらず、明り巻き部を含むトンネル全区間とする。

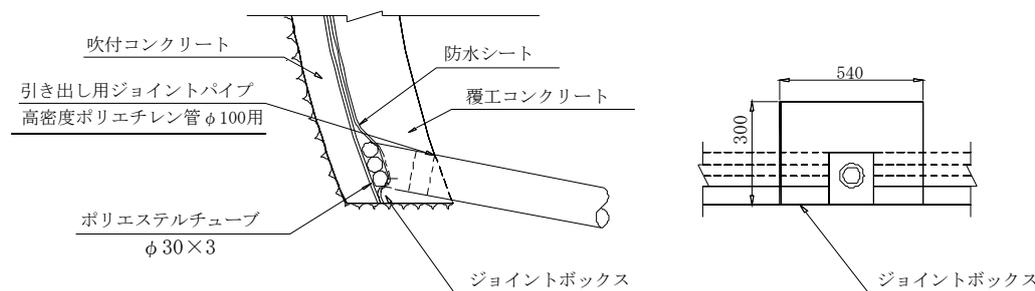


図 8-7-2 裏面排水工 (標準) (ポリエステルチューブ)

### 3-2 路盤排水工

#### (1) 中央排水工

トンネル湧水処理は、中央排水方式による地下排水工を標準とし、湧水の有無に関わらず全区間に設置するものとする。材質、構造は図8-7-3及び表8-7-2を標準とし、高密度ポリエチレン管（有孔管）を用いるものとする。

なお、インバートのある区間は、原則としてインバート上部に設置するものとし、インバート施工時に湧水が多い場合はインバート下部に排水工を設けることを検討する。中央排水工の勾配は、路面の勾配に合わせることを原則とし、最小0.3%とする。

埋め戻し土は単粒度砕石S-30を基本とするが、性能（粒径）を満足する材料であれば使用可能とする。

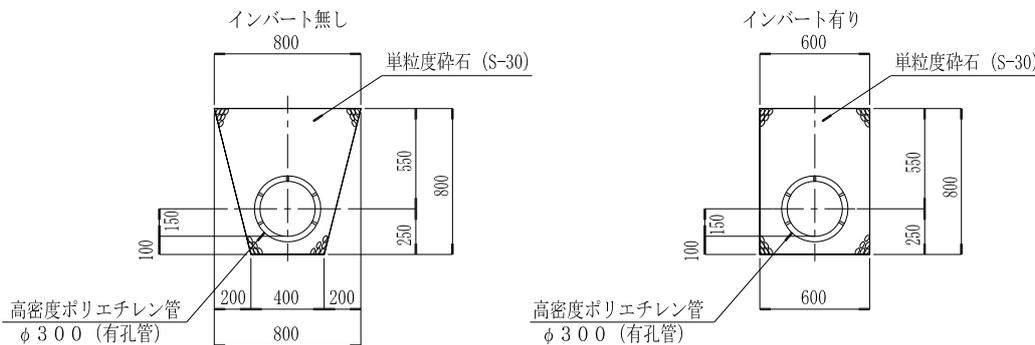


図8-7-3 中央排水工（標準）

出典：[図8-7-3]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p139

#### (2) 横断排水工

材質、構造は図8-7-5及び表8-7-2を標準とし、横断排水工は高密度ポリエチレン管（有孔管φ150）、横断排水工B（裏面排水工との接続部（引出し管））は、高密度ポリエチレン管（無孔管φ100）を用いるものとする。

また、設置間隔については50mを標準とし、湧水の有無にかかわらず、明かり巻き部を含むトンネル全区間を対象とする。

なお、湧水が多いと予想されるトンネルについては、横断排水工の設置間隔を30m以下の間隔で計画する。

埋め戻し土は単粒度砕石S-30を基本とするが、性能を満足する材料であれば使用可能とする。

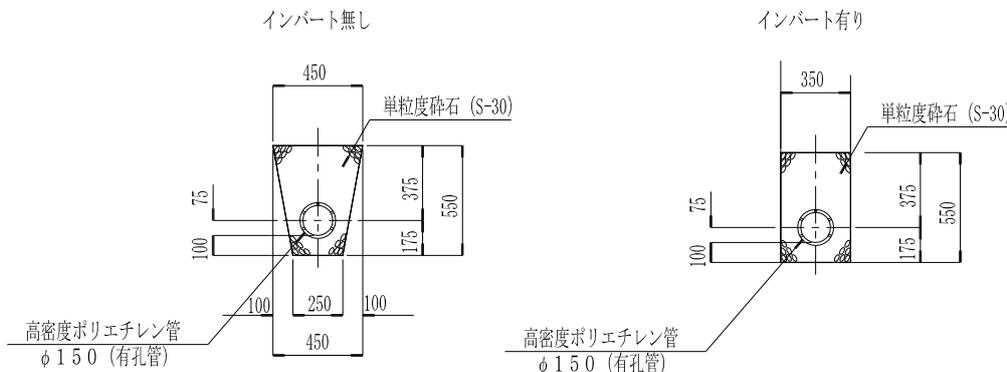


図8-7-4 横断排水工A（標準）

出典：[図8-7-4]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p139

(3) 中央排水工と横断排水工の接続

中央排水工と横断排水工の接続は施工中の横断排水管端部の慣れや目詰まりなどを考慮し、表8-7-6に示す通り、異形接続管により直接接続するものとする。

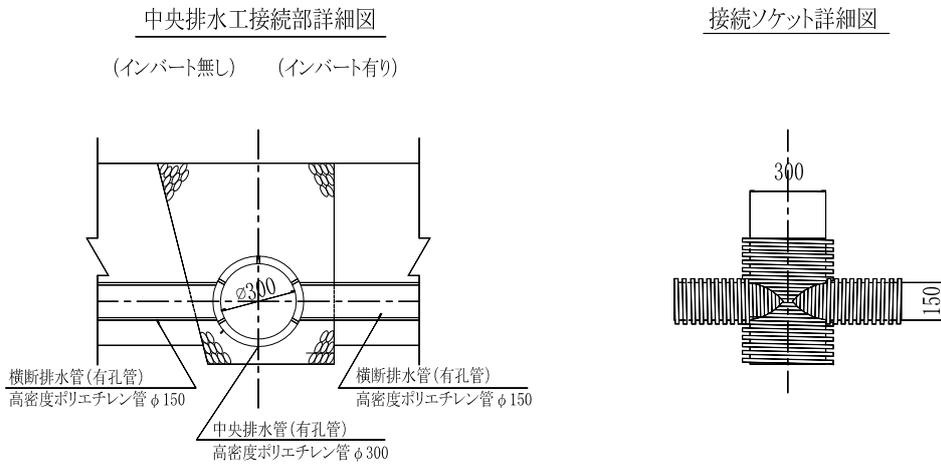


図 8-7-5 中央排水工と横断排水工の接続部 (標準)

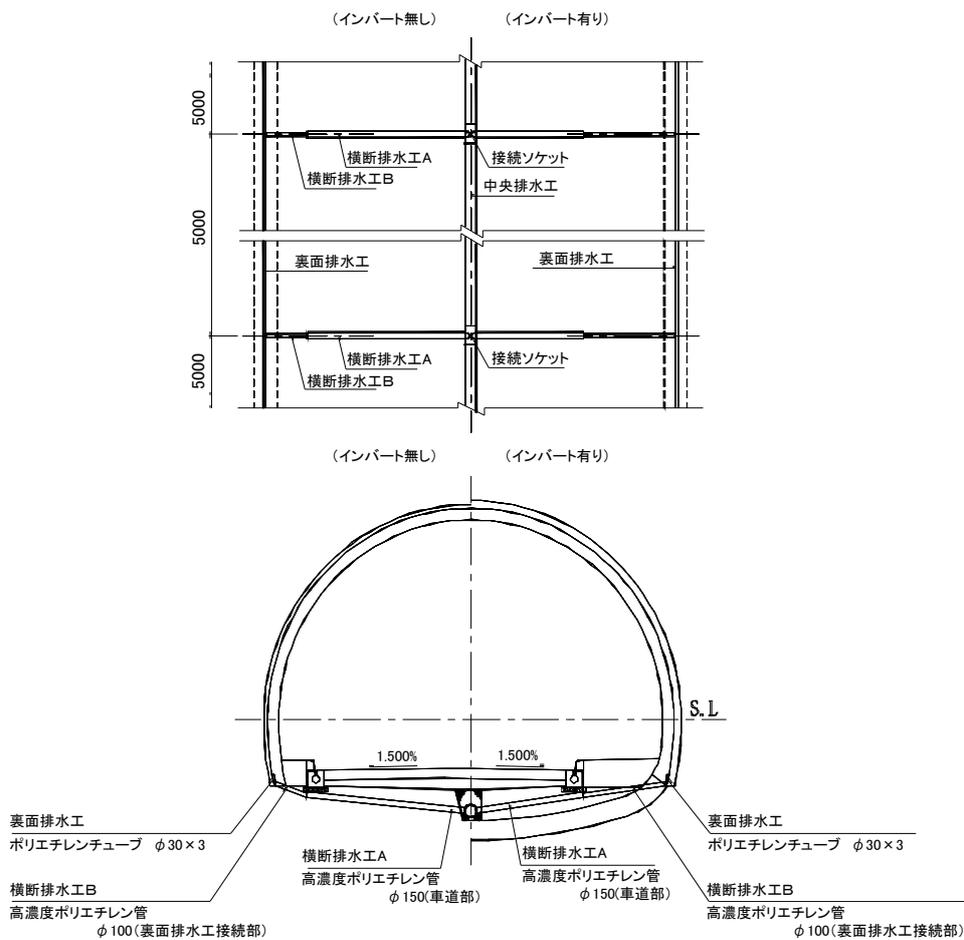


図 8-7-6 横断排水工・裏面排水工の配置

出典：[図 8-7-6]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p139 一部加筆

(4) 路盤排水工材料

路盤排水工として使用する高密度ポリエチレン管の規格を表 8-7-2 に示す。

また、施工にあたっては、埋め戻し材の転圧を十分に行うことが必要である。

表 8-7-2 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)					
形状及び外観	押出形成による内面平滑外面波付の二重構造 管の色は原則として黒とする					
寸法許容 差	平均内径：±2% 長 さ：0%， +2%					
品 質	試験項目	試 験 法	単 位	規 格 値		
	引張強度	JISK6761-16	N/mm <sup>2</sup>	19 以上		
	偏平強度	注) JHS710	N/m	管内径に対する偏平強度		
				呼称内径	5%偏平	10%偏平
				150	1700 以上	2700 以上
				200	2200 "	3600 "
				250	2700 "	4500 "
				300	3300 "	5400 "
				350	3800 "	6300 "
浸漬試験	JISK6761-6	mg/cm <sup>2</sup>	次の液に漬けたときの質量変化量			
			塩化ナトリウム溶液	±0.05		
			硫酸溶液	±0.05		
灰分試験	JISK6761-6	%	硝酸溶液	±0.10		
			水酸化ナトリウム溶液	±0.05		
			エチルアルコール	±0.40		
				0.1 以下		

出典：[表 8-7-2]  
(財)日本規格協会  
JISK6822 (1997)  
JISK6922-2 (2005)  
JISK6761 (2004)

注) 日本道路公団土木試験法

3-3 路側排水工

(1) 路側排水工は、二次製品の円形水路 (φ200 グレーチング付 T-25 対応) を標準とし、維持管理性、耐久性、経済性等を踏まえ比較選定するものとする。

(2) トンネル延長が長い場合には、「型枠を必要としない現場打ち工法」の採用を検討するものとする。

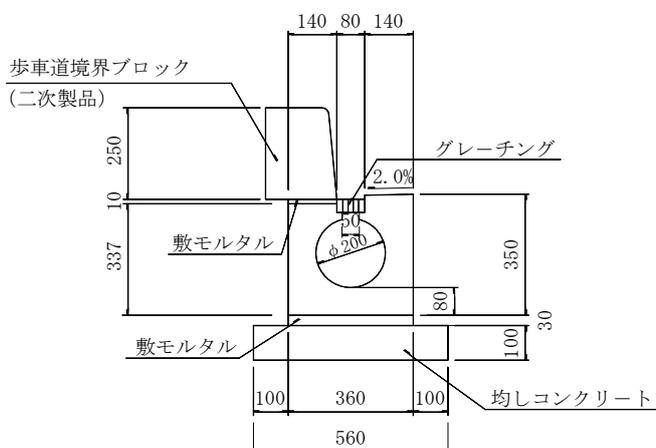


図 8-7-7 円形水路 (二次製品 グレーチング付 φ200) (参考)

- (3) 路側排水工は、原則としてトンネル両側に設置するものとする。
- (4) ただし、当該トンネルが明り部からの持込水が少なく、全区間が一定方向の片勾配である場合には、トンネル延長、勾配、湧水量、洗浄水量を考慮の上、勾配の高い方の円形水路を省略し、L型街渠等による排水を検討してもよい。

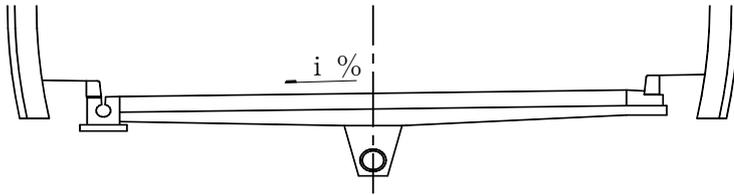


図 8-7-8 L型街渠の設置例

- (5) 明り部の縦断排水を兼用する場合は、明り部の排水量を満たす規格とする。
- (6) 集水柵の間隔は 50mを標準とし、選定した路側排水工の仕様に応じた工法・材料を選定するものとする。

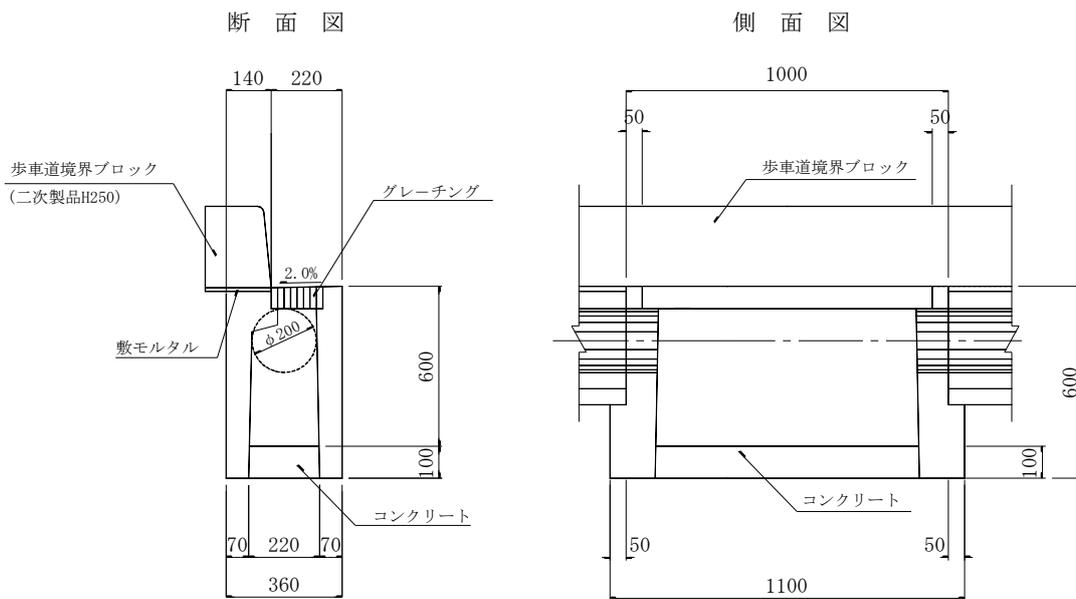


図 8-7-9 集水柵 (二次製品) (参考)

## 第8節 坑口（標準）

坑門工の設計にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第3編 坑口の設計」p140～150を参考とし、極力地山を緩めないよう、適切な掘削方式、掘削工法等を選定しなければならない。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 坑口部

#### 1-1 坑口部の範囲

トンネル坑口は一般に土被りが小さく、地山がアーチ作用によって保持できない部分であり、今までの実績によると、通常図8-8-1に示すように、土被りが $1 \sim 2D$ （ $D$ は掘削幅）の範囲である。ただし、坑口部の範囲を限定することは、地形・地質・周辺環境により異なるため難しく、地山条件が良好な堅岩の場合、洪積層台地のように地形勾配がなだらかな場合などにおいては、個々のトンネルの地山条件を考慮し、その範囲を定めるものとする。

なお、斜面平行型坑口ではトンネル直上土被りより肩部の土被りが不足する場合があるため、斜面とトンネルの位置関係に注意を要する。

標準的な坑口部の考え方を図8-8-1に示す。

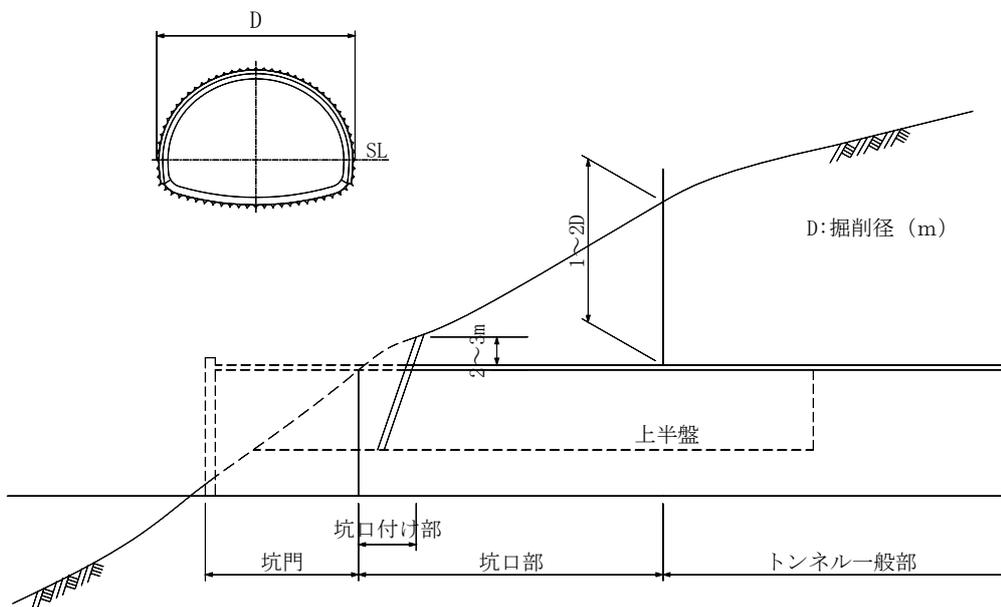


図8-8-1 坑口部の考え方（標準）

出典：[1-1]  
道路トンネル技術基準  
（構造編）・同解説 第3編  
p140

1-2 坑口部の支保構造

坑口部における標準支保パターンは、第4節で定めた断面区分に応じて、表8-8-1～表8-8-3に示す組合せを標準とする。

(1) 通常断面トンネル

表8-8-1 坑口部の標準的な支保構造の組み合わせの目安  
(通常断面トンネル 内空幅8.5～12.5m)

掘削工法	1掘進長 (m)	ロックボルト (フォアポーリング)			鋼アーチ支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚		
		長さ (m)	施工間隔		上半部 種類	下半部 種類	建込間隔 (m)		アーチ ・側壁 (cm)	インバー ト (cm)	
			周方向 (m)	延長方向 (m)							
上部半断面工法 補助ベンチ付 全断面工法	1.0	4.0 (3.0)	1.2 (0.6)	1.0 (1.0)	H-200	H-200	1.0	25	35	50	
側壁導坑先進 工法	本坑	1.0	4.0 (3.0)	1.2 (0.6)	1.0 (1.0)	H-200	—	1.0以下	25	35	50以上
	導坑	1.0	2.0 (2.0)	1.0 (0.6)	1.0 (1.0)	H-125		1.0	10	—	—

注) ( ): フォアポーリングを示す

注1) ロックボルトは側壁部付近に設置し、状況に応じてアーチへ打設範囲を拡大する。ただし、ロックボルトの長さは4mを標準とする。

注2) フォアポーリングは、天端120°の範囲に切羽天端の安定化のため必要に応じて設置するものとし、その材質および工法などの選定にあたっては、現地条件を考慮し決定するものとする。

注3) 金網は、上部半断面工法、補助ベンチ付全断面工法の場合は上・下半部に、側壁導坑先進工法の場合は上半部に設置するのを標準とする。なお、鋼繊維補強吹付けコンクリート(SFRC)などを用いる場合はこの限りではない。

出典：[表8-8-1]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p145～146

(2)大断面トンネル

表 8-8-2 坑口部の標準的な支保構造の組み合わせの目安  
(大断面トンネル 内空幅 12.5~14.0m)

出典:[表 8-8-2]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p146~147

掘削工法	1掘進長 (m)	ロックボルト (フォアポーリング)			鋼アーチ支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚		
		長さ (m)	施工間隔		上半部 種類	下半部 種類	建込間隔 (m)		アーチ ・側壁 (cm)	インバー ト (cm)	
			周方向 (m)	延長方向 (m)							
上部半断面 工法	1.0	6.0 (3.0)	1.0 (0.5)	1.0 (1.0)	H-200	H-200	1.0	25	45	50	
上半中壁分割 工法	本坑	1.0	6.0 (3.0)	1.0 (0.5)	1.0 (1.0)	H-200	H-200	1.0	25	45	50
	中壁	1.0	3.0 (3.0)	1.2 (0.6)	1.0 (1.0)	H-150	-	1.0	15	-	-
側壁導坑先進 工法	本坑	1.0	6.0 (3.0)	1.0 (0.6)	1.0以下 (1.0以下)	H-200	-	1.0以下	25	45	50以上
	導坑	1.0	2.0 (2.0)	1.0 (0.6)	1.0 (1.0)	H-125		1.0	10	-	-
中央導坑先進 工法	本坑	1.0	6.0 (3.0)	1.0 (0.5)	1.0以下 (1.0以下)	H-200	H-200	1.0以下	25	45	50以上
	導坑	1.0	2.0 (2.0)	1.0 (0.6)	1.0 (1.0)	H-125	H-125	1.0	10	-	-

注) ( ): フォアポーリングを示す

- 注1) ロックボルトは側壁部付近に設置し、状況に応じてアーチへ打設範囲を拡大する。ただし、ロックボルトの長さは6mを標準とする。
- 注2) 中壁分割工法での先進工施工時に中壁に設置するロックボルト、中央導坑先進工法での導坑施工時に設置するロックボルトは、後進坑、本坑の掘削を考慮して、ファイバー補強プラスチック棒(FRP)のロックボルトなど撤去・切断しやすいものも使用できる。
- 注3) フォアポーリングは、天端120°の範囲に切羽天端の安定化のため必要に応じて設置するものとし、その材質および工法などの選定にあたっては、現地条件を考慮し決定するものとする。
- 注4) 一次支保状態での断面閉合効果が期待出来るように、吹付けコンクリートの脚部はインバートで受けるものとする(図8-6-7参照)。
- 注5) 金網は、上部半断面工法、上半中壁分割工法、中央導坑先進工法の場合は上・下半部に、側壁導坑先進工法の場合は上半部に設置するのを標準とする。なお、鋼繊維補強吹付けコンクリート(SFRC)などを用いる場合はこの限りではない。
- 注6) 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7) 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、面壁との接合箇所の覆工厚さを決定しなければならない。

(3)小断面トンネル

表 8-8-3 坑口部の標準的な支保構造の組み合わせの目安  
(小断面トンネル 内空幅 3.0~5.0m)

掘削工法	1 掘進長 (m)	ロックボルト (フォアポーリング)			鋼アーチ支保工		吹付け厚 (cm)	覆工厚	
		長さ (m)	施工間隔		種類	建込間隔 (m)		アーチ部 (cm)	インバート部 (cm)
			周方向 (m)	延長方向 (m)					
全断面工 法	1.0	2.0 (2.0)	1.0 (0.6)	1.0 (1.0)	H-125	1.0	10	20	20

注) ( ): フォアポーリングを示す

注1) ロックボルトは側壁部付近に設置し、状況に応じてアーチへ打設範囲を拡大する。

注2) フォアポーリングは、天端 120° の範囲に切羽天端の安定化のため必要に応じて設置するものとし、その材質および工法などの選定にあたっては、現地条件を考慮し決定するものとする。  
金網は天端および側壁部に設置することを標準とする。

1-3 フォアポーリング

(1)配 置

フォアポーリングの配置については、下記項目について検討し決定すること。

なお、ロックボルトの配置については第6節 支保工・覆工(標準) 5. ロックボルト 5-4 ロックボルトの配置に基づいて配置計画を行うものとする。

- (a)天端 120° (千鳥配置) の範囲内に 0.6m間隔で打設することを標準とする。
- (b)吹付周長に対し周方向間隔に配置する。
- (c)周方向間隔は断面の途中で変えない。
- (d)支保効果及び経済性を考慮し、最適のロックボルト、フォアポーリング本数を選定する。

1-4 材 料

フォアポーリングの材料は下記を標準とする。

表 8-8-4 フォアポーリングの材料(標準)

ボルトの種類	材質	ボルト呼び径	公称径 (mm)	素 材 部			単位重量 (kg/m)
				断面積 (mm <sup>2</sup> )	降伏耐力 (kN)	破断耐力 (kN)	
異形棒鋼	SD345	D25	25.4	506.7	173.5	247.9	3.98

出典：[表 8-8-3]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p147

1-5 覆 工

坑口部の覆工は以下の理由により鉄筋による補強を行い、インパートを設置するものとする。

- (1)全土被り荷重が作用すると考えられ、荷重が大きいかつ地盤反力も不均衡となる恐れがある。
- (2)温度変化、乾燥収縮の影響が大きい。
- (3)地震の影響を受ける恐れがある。

鉄筋による補強は単鉄筋 (~~SD295~~ SD345) とし、主筋 19 mm 以上 (ctc 20 cm 程度)、配力筋 16 mm 以上 (ctc 30 cm 程度) を標準とする。

また、鉄筋による補強にかえて、鋼繊維補強コンクリート等を使用することもできる。  
主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離は、補強筋の鉄筋径を考慮して 10cm を標準とする。それ以外の場合には、下式により算定するものとする。

$$a = b + D1 / 2 + D2$$

$a$  : 主鉄筋中心からコンクリート表面までの距離 (mm)  
 $b$  : かぶり (70mm)  
 $D1$  : 主鉄筋径  
 $D2$  : 配力鉄筋径

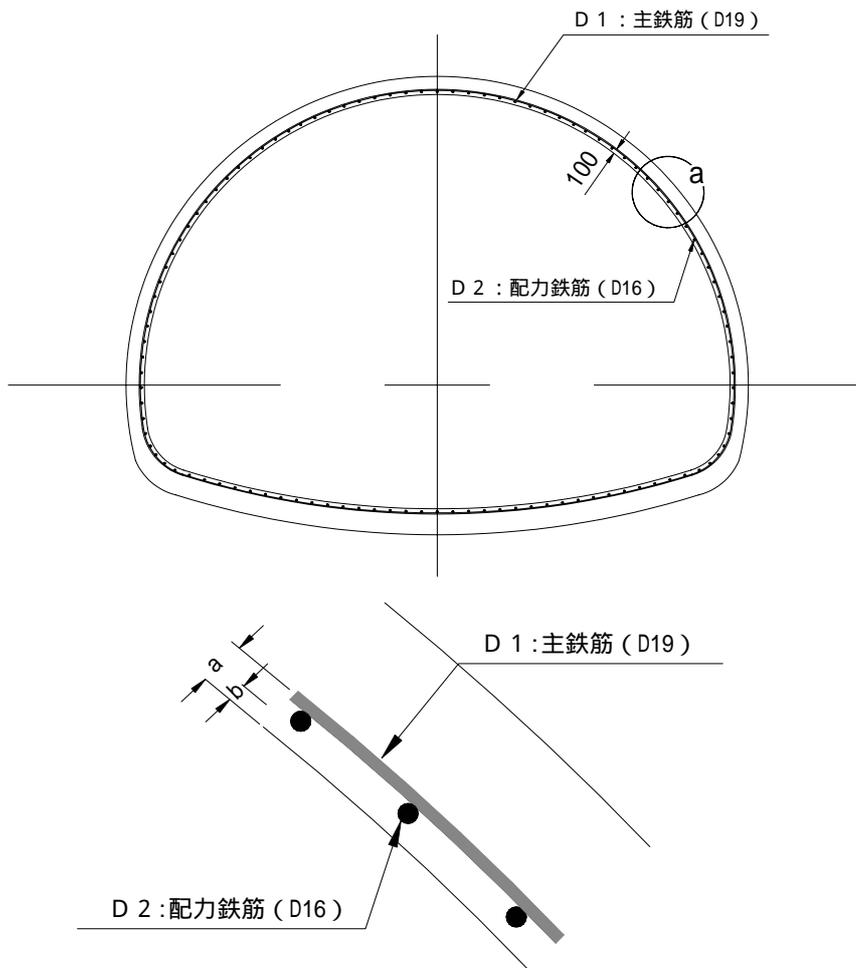


図 8-8-2 鉄筋かぶり (参考)

出典:[1-5]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p145 一部加筆

## 2. 坑口付け部

### 2-1 坑口付け部の範囲

坑口付けの切土に関しては、坑口斜面への影響、周辺景観との調和、坑口部の施工法などを考慮し、適切な土被りを確保するものとする。一般には、これまでの実績を踏まえ最小2～3m程度を確保するものとし、坑門工からこの位置までを坑口付け部とする。(図8-8-1参照)

### 2-2 坑口付け部の構造

図8-8-3に上半坑口付け部細部設計の例を示す。



### 3. 坑 門

#### 3-1 位 置

坑門背面と坑口付けとの離間距離は、S.L上で3.0m程度確保することを標準とする。(図8-8-3参照)

#### 3-2 面壁型坑門の設計

面壁型坑門の設計は、「道路土工 カルバート工指針」(社)日本道路協会 (平成11年平成22年3月)を参考にするものとする。また、配筋等については「土木構造物ガイドライン・土木構造物設計マニュアル(案)[土工構造物・橋梁編]」、「土木構造物設計マニュアル(案)に係わる設計・施工の手引き(案)[ボックスカルバート・擁壁編]」(社)全日本建設技術協会(平成11年11月)を参考とする。

面壁型の坑門は、トンネル本体(覆工)に剛結された片持版として求めるものとする。

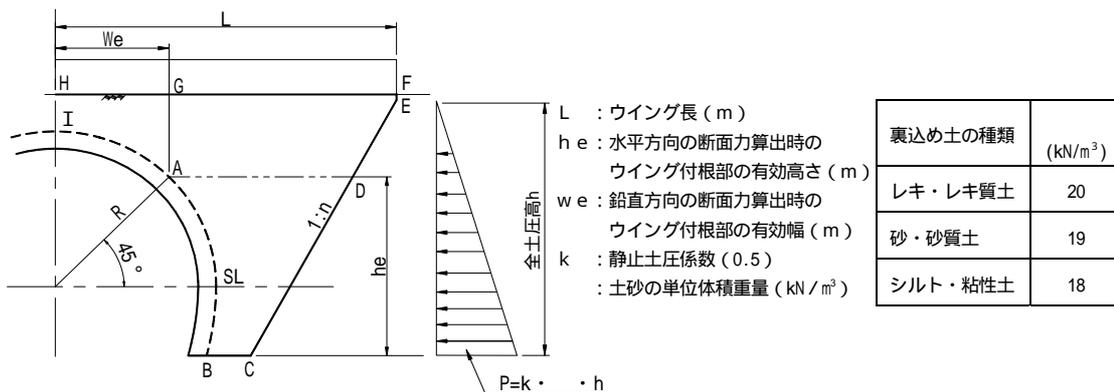


図8-8-4 ウイングの断面力の算定(片持版)

#### (1)材料及び強度

面壁型坑門工に使用するコンクリート及び鉄筋の材料、強度は、表8-8-5の通りとし、許容応力度は、第3編道路編 第5章ボックスカルバートに準じるものとする。

表8-8-5 コンクリート及び鉄筋の材料、強度

材 料		設計基準強度	規 格	備 考
コンクリート	坑門工	24 N / mm <sup>2</sup>	24 - 8 - 25	
	インパート	18 N / mm <sup>2</sup>	18 - 8 - 40	坑口部インパートと同等
鉄 筋	坑門工	180 N / mm <sup>2</sup>	S D 345	
	インパート	180 N / mm <sup>2</sup>	<del>S D 295</del> S D 345	坑口部補強鉄筋と同等

#### (2)荷重

土圧は背面埋戻し土の影響を考慮した静止土圧とする。その他の荷重としては、必要に応じて施工時荷重(仮設時荷重として計算時には、許容応力の割り増しを行う)及び雪荷重、輪荷重等を見込むものとする。

なお、施工時荷重と他荷重を同時に考慮する必要がある場合には、施工時荷重のみの場合と他荷重を考慮した場合で部材厚の大きくなる方を採用するものとする。また、地震時については一般には考慮しないものとする。

表8-8-6 設計に用いる荷重

名 称	単位荷重	備 考
施工時荷重	10kN / m <sup>3</sup>	許容応力度の割増し係数:1.25
雪 荷 重	3.5kN / m <sup>3</sup>	過去10年間の最大積雪深(m)

(3) 配筋計算

(a) ウイング水平方向及び鉛直方向の応力計算

水平方向の応力は、図 8-8-4 に示す ABCDEFG の仮想ウイング端 G~A~B に対する曲げモーメント  $\Sigma M_{G\sim A\sim B}$  を求める。

鉛直方向の応力は、面 ADEFGHI の仮想ウイング端 I~A~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~A~B は吹付コンクリートの内面（覆工コンクリートの外面）を示す。

(b) ウイング固定端の断面力

次式により求めるものとする。

(i) 水平方向の断面力

$$\text{曲げモーメント} \quad M_{A\sim B} = \frac{\Sigma M_{G\sim A\sim B}}{h e}$$

$$\text{せん断力} \quad S_{A\sim B} = \frac{\Sigma S_{G\sim A\sim B}}{h e}$$

(ii) 鉛直方向の断面力

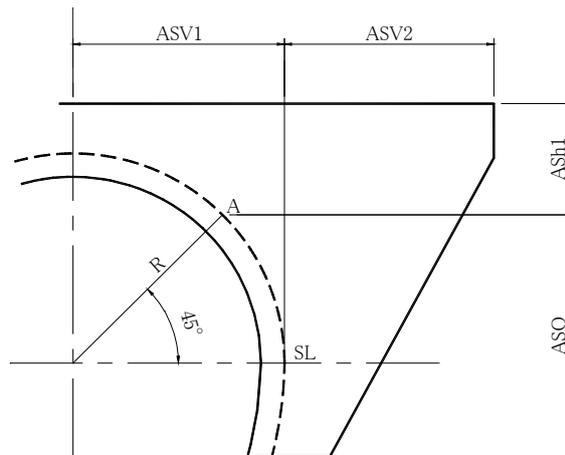
$$\text{曲げモーメント} \quad M_{A\sim I} = \frac{\Sigma M_{I\sim A\sim D}}{W e}$$

$$\text{せん断力} \quad S_{A\sim I} = \frac{\Sigma S_{I\sim A\sim D}}{W e}$$

(c) 鉄筋量の算定

一般にはウイング固定端の断面計算結果により、図 8-8-5 に示す鉄筋量算定の考え方に基づいて行うものとする。

鉛直方向については、水平方向の断面力に比べて非常に小さくなるが、鉄筋設計にあたっては、図 8-8-5 により行うものとする。



$$\begin{aligned} A_{s o}, A_{s h 1} &: \text{水平方向に配筋される主鉄筋量 (cm}^2/\text{m)} \\ A_{s v 1}, A_{s v 2} &: \text{鉛直方向に配筋される主鉄筋量 (cm}^2/\text{m)} \\ A_{s h 1} &= A_{s o} / 2 \\ A_{s v 1} &= A_{s o} / 2 \\ A_{s v 2} &= A_{s o} / 4 \end{aligned}$$

図 8-8-5 鉄筋量の算定の考え方

(4) 配筋設計

(a) 最小面壁厚及び鉄筋かぶり

- (イ) 面壁厚は、50cm 以上を標準とし、経済性、施工性を考慮して決定するものとする。
- (ロ) 横鉄筋中心からコンクリート表面までの距離は、100mm を標準とする。

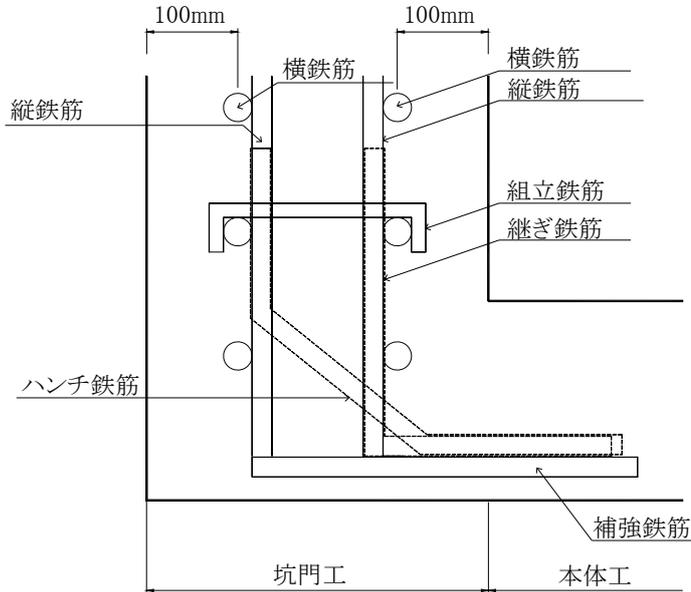


図 8-8-6 坑門工の配筋 (参考断面図)

(b) 配筋方法

- (イ) 配筋は施工性を考慮し、以下のとおりとする。
- (ロ) 重ね継ぎ手長等で調整できる鉄筋は原則として、定尺鉄筋 (50cm ピッチ) とし、 $L_{max}=12.0m$  とする。
- (ハ) 面壁に発生する応力がトンネル覆工にも影響するため、覆工外側面にも面壁に配置する主筋と同等の鉄筋を面壁前面から 5.0m 程度配筋するものとする。

(c) トンネル構造と抱き擁壁

抱き擁壁が受ける土圧の作用、あるいは地震時の挙動による影響が支保工にまで及びぶおそれがあるため、抱き擁壁とトンネル鋼製支保工は縁切りを行うことを基本とする。(図 8-8-7 参考図参照)

出典：〔c〕  
意見交換議題に対する土木研究所からの意見 トンネル担当者会議 平成 19 年 2 月 一部加筆

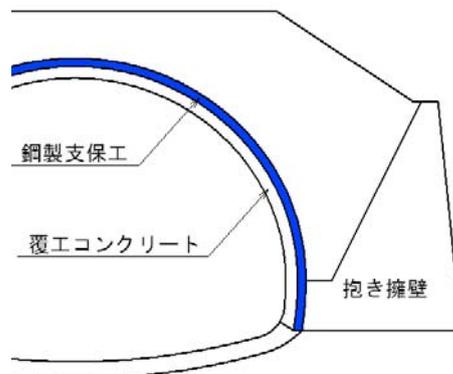


図 8-8-7 抱き擁壁構造 (参考図)

表 8-8-7 面壁型坑門の配筋の考え方

概略図	番号	名称	鉄筋加工図	配置位置	鉄筋径	長さの考え方
	①	キャップ筋		天端部	D13	L1=195 L2=縦鉄筋中心間距離
				側面部	D13	L1=195 L2=横鉄筋中心間距離
	②	組立て筋		—	D13	L1=100 L2=横鉄筋中心間距離+横鉄筋/2×2+組立て筋/2×2
	③	ハンチ筋		面壁の主筋と同じ位置	面壁主筋相当	L1=坑門工継手長 L3=本土工継手長
	④	坑門接続部鉄筋		覆工補強筋延長	覆工補強筋相当	L1=補強鉄筋を坑門工厚分長くする
	⑤	さし筋		坑門前面から約5mの位置まで(主筋同等径)	面壁主筋相当	L1=坑門工継手長 L2=4.9m
⑥	継ぎ筋		面壁の主筋と同じ位置(主筋同等径)	面壁主筋相当	L1=坑門工継手長 L2=かぶり+本土工継手長	

### 3-3 突出型坑門の設計

突出坑門の設計は、「道路土工 カルバート工指針」(社)日本道路協会(平成22年3月)を参考に  
するものとする。また、配筋等については「土木構造物ガイドライン・土木構造物設計マニュアル(案)  
[土工構造物・橋梁編]」、「土木構造物設計マニュアル(案)に係わる設計・施工の手引き(案)[ボツ  
クスカルバート・擁壁編]」(社)全日本建設技術協会(平成11年11月)を参考とする。

### 3-4 重力型坑門の設計

重力式坑門の設計は、「道路土工 擁壁工指針」(社)日本道路協会(平成11年3月)の重力式擁  
壁の設計を参考にするものとする。

## 第9節 非常駐車帯（標準）

非常駐車帯の設計にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第3編 設計 7-4 トンネル拡幅部・交差部」p157～158に準じ、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とともに、合理的な支保構造、断面形状および寸法としなければならない。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 非常駐車帯の計画

延長1,000mを越えるトンネルにおいては、非常駐車帯の設置を標準とし、計画される道路の利用条件や設計事例などを調査の上、担当課と協議を行い設置の有無を決定する。

### 2. 非常駐車帯の配置

2-1 配置は片側750m程度を標準とし、大断面となることから出来るだけ地山の良好な箇所にするものとする。

2-2 対向車線側の非常駐車帯との位置関係は、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。（図8-13-12参照）

2-3 完成4車線道路において、暫定2車線供用期間が長くなると想定される場合については、両側車線に配置することとする。又、トンネル区間が連続する場合は、明り区間の非常駐車帯位置を考慮して配慮するものとする。

### 3. 非常駐車帯の寸法

非常駐車帯の平面寸法は「道路構造令の解説と運用」（（社）日本道路協会）によるものとする。

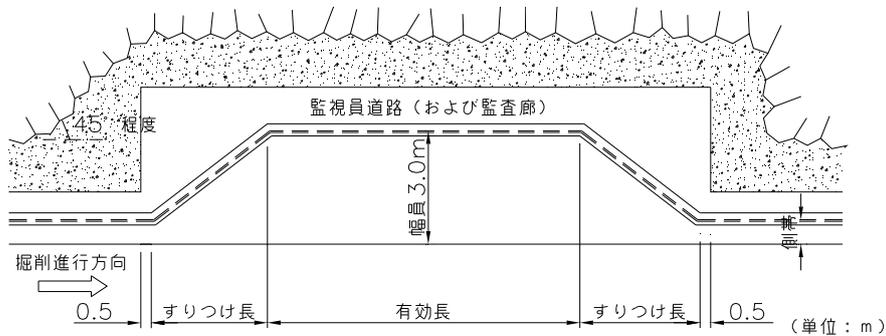


図8-9-1 非常駐車帯の平面寸法の例

トンネル内は幅員の縮小規定をもちいるため、すりつけ長は5mを標準とする。

表8-9-1 非常駐車帯のすりつけ長および有効長 単位（m）

道路区分		非常駐車帯幅員(m)	有効長(m)	すりつけ長(m)
第1種	第1,2,3,4級	3	20	5
第2種	第1,2級		20	
第3種	第1級		20	
	第2,3,4級		15	

注) 路面横断勾配は水平とする。

出典：[図8-9-1]  
道路トンネル技術基準（構造編）・同解説 第3編 p157  
一部加筆

出典：[表8-9-1]  
道路構造令の解説と運用  
P642 一部加筆

4. 断面形状及び支保構造

- 4-1 非常駐車帯断面の断面区分が、大断面の適用範囲となる場合には、一般部の側壁部半径を共有する3心円断面とし、表8-9-2に従い内空縦横比は0.57以上確保することを標準とする。
- 4-2 支保構造については表8-9-3、表8-9-4にしたがって設計することを標準とする。
- 4-3 非常駐車帯断面の断面区分が、大断面の適用範囲を越える場合には、「建設省事務連絡(平成8年8月5日)「大断面トンネルの標準支保パターンについて」における断面区分「大断面」を参考に断面形状、支保構造を設計するものとする。
- 4-4 大断面における非常駐車帯の選定にあたっては、側壁部の形状を共有する形で拡大すると、極度に偏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を行う。
- 4-5 非常駐車帯断面の断面区分が、通常断面の適用範囲となる場合には、一般部の側壁部半径を共有する3心円断面とし、(1)による断面の他、p8-22の注6)に従い、内空縦横比0.60以上において大断面支保パターンと通常断面支保パターンを適用した断面について検討を行う。
- 4-6 一般部から非常駐車帯部へのすり付け区間の支保構造は、当該非常駐車帯部の支保構造にあわせるものとし、非常駐車帯部の襍壁は吹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。

表8-9-2 非常駐車帯部の断面区分

	大断面	大断面
内空幅(m)	12.5~14.0程度	14.0~16.0程度
内空変状	一般的に上半3芯円断面	一般的に上半3芯円断面
内空縦横比	概ね0.57以上	概ね0.57以上

出典:[表8-9-1]  
大断面の支保パターンについて 事務連絡 平成8年8月 建設省道路局

表8-9-3 非常駐車帯部の支保構造の組み合わせの目安(大断面)  
(上半断面掘削、補助ベンチ付き全断面工法、中壁分割工法の場合)

地山等級	大断面 (内空幅 12.5~14.0m程度)								
	ロックボルト			鋼製支保工			吹付け厚	覆工厚	インバート厚
	長さ	施工間隔		上半部	下半部	建込間隔			
B		4.0	周方向 (m)				延長方向 (m)	なし	なし
C	4.0	1.5 上半	2.0	なし	なし	-	10	40	-
C	4.0	1.2	1.5	なし	なし	-	15	40	(45)
C	4.0	1.2	1.2	<del>H200</del> H150	なし	1.2	15	40	(45)
D	6.0	1.0	1.0	<del>H200</del> H150	<del>H200</del> H150	1.0	20	40	50
D	6.0	1.0	1.0 以下	H200	H200	1.0 以下	25	45	50

注意書きは、次頁の大断面と同様

出典:[表8-6-4]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p129~131

表 8-9-4 非常駐車帯部の支保構造の組み合わせの目安（大断面＝）

（上半断面掘削、補助ベンチ付き全断面工法、中壁分割工法の場合）

出典：[表 8-9-2]  
大断面の支保パターンに  
ついて 事務連絡 平成  
8年8月 建設省道路局

大断面（内空幅 14.0～16.0m 程度）									
地山等級	ロックボルト			鋼製支保工			吹付け厚 (m)	覆工厚 (cm)	インバート厚 (cm)
	長さ	施工間隔		上半部	下半部	建込間隔 (m)			
		周方向 (m)	延長方向 (m)						
B	4.0	1.5	1.5	なし	なし	1.5	15	40	-
C	4.0	1.2	1.5	H150	H150	1.5	15	40	(50)
C	4.0	1.2	1.2	H200	H200	1.2	20	40	50
D	6.0	1.0	1.0	H200	H200	1.0	20	40	50
D	6.0	1.0	1.0 以下	H200	H200	1.0 以下	25	45	55

注1) ロックボルトについて

ロックボルトの径は、施工性等を考慮して 25m 程度を標準とする。

切羽天端に先受け工を施工した場合には、その部分のロックボルトを省略することが出来る。

注2) インバートについて

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、大断面のD、大断面のC、D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認される場合は、インバートを省略することが出来る。

( ) 内に示した地山等級範囲において、泥岩、凝灰岩等で長期的に安定性に問題があると考えられる場合はインバートを設けることが出来る。

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出来るが、現場打ちコンクリートによるインバート部分の暑さが覆工コンクリート厚さを下回ってはならない。

注3) 金網について

地山等級がC においては天端付近に、D、D では上下半に設置する。

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4) 変形余裕量について

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、中壁分割工法は推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。

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

注5) 補助工法の摘要について

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。

第10節 補助工法（標準）

補助工法の設計にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第4編 施工 6. 補助工法」p222～234に準じ、地山条件および立地条件等を考慮して、効果的で、かつ経済性、施工性に優れた工法を選定しなければならない。

主な補助工の目的と適応性を表 8-10-1 に示す。

表 8-10-1 補助工法の目的と適応性

目的と適用地山 工 法		補助工法の目的					適用地山条件			
		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	接近 構造物 対策	硬 岩	軟 岩	土 砂
先受工	フォアボーリング	◎	○				○	○	◎	◎
	注入式フォアボーリング	◎	○			○	○	○	◎	◎
	長尺鋼管フォアパイリング	○	○			○	○		○	◎
	パイプルーフ	○	○			◎	○		○	○
	水平ジェットグラウト	○	○	○		○	○			○
	プレライニング	○	○			○	○		○	○
鏡面の 補強	鏡吹付けコンクリート		◎					○	◎	◎
	鏡ボルト		◎					○	○	○
脚部の 補強	支保工脚部の拡幅			◎		◎			○	◎
	仮インバート			○		○			○	○
	脚部補強ボルト・パイル			○		○			○	○
	脚部改良			○		○				○
湧水対策	水抜きボーリング	○	○		◎			◎	◎	◎
	ウェルポイント	○	○		○					○
	ディーブウェル	○	○		○					○
地山補強	垂直縫地工法	○	○			○		○	○	○

注) ◎：比較的良く用いられる工法，○：場合によって用いられる工法

出典：[表 8-10-1]  
道路トンネル技術基準  
(構造編)・同解説 第3編  
p224

## 第11節 工事の計画（標準）

工事の計画にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）第4編 施工 2. 施工計画」p176～279、及び「道路トンネル安全施工技術指針」（社）日本道路協会（平成8年10月）に準じ、工事の安全と円滑な進捗および周辺環境に与える影響に留意して行わなければならない。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 工事中設備計画

一般的にはトンネルが計画されるような箇所は、急峻で狭い地形の場合が多いため、慎重な計画と合理的な配置が要求される。これらの設備は周辺の環境条件・掘削工法及び方式・ずりの搬出方式・覆工方式等により規模や設備の内容が異なるが、下記の配慮が必要である。

- ・周辺の地形、地質、気象条件等を考慮して土石流や崩壊、雪崩等の災害に合わないような位置を選定する。
- ・隣接、近接する工事の工程や作業に支障のないような位置を選定する。
- ・作業規模を考慮してバランスのとれた設備及び能率的な機器の配置を行う。

以下各々の仮設備配置計画において重要な事項を記載する。

#### 1-1 電力設備

- (1) 施工に必要な負荷設備に対応できる必要電力量を決定し、電力会社の供給設備を調査のうえ、負荷設備容量に応じた受電設備及び変電設備を経て、負荷設備までの経路を決定しなければならない。
- (2) 設置にあたっては、安全性を考慮し、不必要に人や物が近よらない場所を選び、金網等で防護した設備を設けなければならない。
- (3) コンプレッサーなど大容量の電力を使用する設備の近傍に設置し、経済性に注意を払い、使いやすさ、配電のしやすい経路とする必要がある。（設計に当たっては第4編 電気・通信編による）

#### 1-2 コンプレッサー設備

コンプレッサーは、作業場まで結ぶ配管の漏洩や摩擦抵抗など経済性や作業性が見地から坑口近くに配置するのが有利であり、また、受・変電所からの高圧配電となるため、その近傍に設置することが望ましい。

#### 1-3 ずり積み換え設備（ストックヤード）

遠方までずりの運搬が必要な場合に設ける。坑内から搬出されたずりを一次ストックして、ダンプ等に積み換えて運搬する。

#### 1-4 火薬類取扱所

法令により、「通路、通路となる坑道、動力線、火薬庫、火気を取り扱う場所、人の出入りする建物等に対して安全でかつ、湿気の少ない場所に設ける。」等、定められているので、これに使用上の利便を考慮して配置する。

#### 1-5 火工所

法令を守るほか、「取扱所との相互距離は20m以上離す。」などの規定により、安全な設備配置をする。これによりがたい場合は相互の間に安全な隔壁（コンクリートブロック等）を設ける。

## 1-6 吹付プラント

骨材・セメントなどの材料搬入が便利なように搬入路の近傍で、さらに坑内への持込にも有利な配置とする。

## 1-7 給水設備

沢等からの自然流下を利用したものやポンプ送水によるものもあるが、一般的には、高い位置に20.0 m<sup>3</sup>程度の貯水槽を設けてポンプアップして貯留し、必要に応じてヘッド差を利用して給水するものが多い。

## 1-8 濁水処理設備

トンネルの汚濁水は、地質・湧水量・水質・施工方法によって大きく異なる。また、地形や周囲の環境条件によって制約を受ける場合が多く、標準的な処理方式は決めがたいため、採用にあたっては湧水量・濃度・成分等を考慮し適切な方式を選定しなければならず、設計にあたっては、「建設工事に伴う濁水対策ハンドブック」（日本建設機械化協会）により行うものとする。

設置の際には、次の点に注意しなければならない。

- (1) 湧水量の予想が難しいため、実際の湧水量が設備規模を上回っても、これを拡張できるスペースがあること。
- (2) 坑内一処理設備一放流河川の順の排水経路が短距離で、なるべく自然流下できるような配置とすること。

## 1-9 換気設備

坑内の換気は自然換気に期待出来る場合でも換気設備を設置することを原則とする。

換気計画にあたっては、「ずい道等建設工事等における粉じん対策に関するガイドライン」（平成12年12月 建設業労働災害防止協会）により行うものとする。

- (1) 集塵機を選定する際には、電気式とフィルタ式を比較するものとする。
- (2) 送風機の運転方式を決定する際には、1段運転の可能性を検討し、現場の状況に応じた方式を選定するものとする。

## 1-10 照明設備

坑内照明は、40Wの蛍光灯を片側5m間隔に設置することを標準とし、また切羽照明は500W投光器とし、切羽6ヶ（上半4ヶ、下半2ヶ）覆工4ヶを標準とする。

## 1-11 排水設備

縦断勾配が0.3%以下、又は逆勾配の場合等でポンプ排水を必要とする場合に設置する。

## 1-12 修理工場

資材置場、倉庫などの近傍で坑内への出入りに便利な位置を選ぶ。

## 1-13 資材倉庫

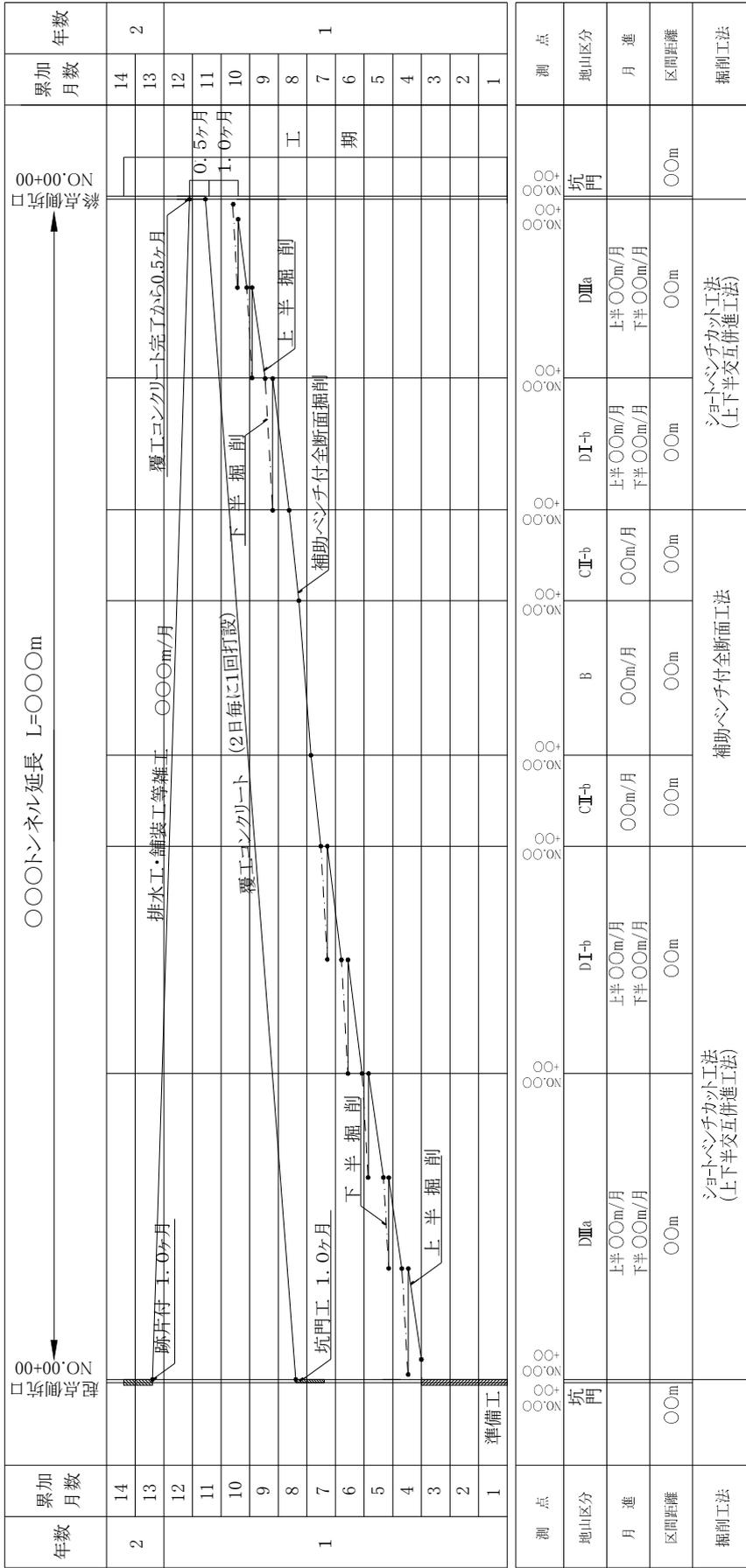
搬入材料の種類によって必要となる倉庫および部品等を保管するための倉庫をいい、管理のしやすいところに設置する。

出典：〔1〕

道路局所管直轄事業におけるトンネル工事（粉じん対策）の経済的・効率的・効果的な実施について 事務連絡 平成20年9月 道路局 一部加筆

出典：〔2〕

道路局所管直轄事業におけるトンネル工事（送風機の運転方法の選定）の経済的・効率的・効果的な実施について 事務連絡 平成22年10月 道路局 一部加筆



必要工期 = 補助ベンチ付全断面掘削期間 + 上下半交互併進時の上半掘削時間 + 上下半交互併進時の下半掘削時間 + 1.5ヶ月 (特別な場合は別) + 排水工等雑工期間 + 準備及び跡片付

図 8-11-1 標準的な工程表作成の考え方 (爆破工法による場合)

## 第12節 計測工（標準）

計測工計画については、「道路トンネル観察・計測指針」（社）日本道路協会（平成21年2月）によるものとする。

## 第13節 その他の構造物（標準）

その他の構造物の設計にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説（社）日本道路協会（平成15年11月）」、「道路トンネル技術基準（換気編）・同解説（社）日本道路協会（平成20年10月）」、「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説」（社）日本道路協会（平成13年10月）に準じ、構造的、維持管理性等を考慮のうえ、設計を行うものとする。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 諸設備のための箱抜き

1-1 トンネル側壁部等には、トンネル等級に応じて設置する非常用施設のほか、換気設備関係機器、照明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。

1-2 箱抜き形状については、本便覧 第4編 電気・通信編 第5章 道路トンネルにおける非常用施設及び第5編 機械編 第3章 トンネル機械設備によるものとし、図8-13-1～図8-13-5（非常用設備）、図8-13-6～図8-13-8（換気設備）を参考とし、照明設備等の箱抜きとあわせ、局担当課と協議のうえ、決定するものとする。

1-3 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については、必要に応じて覆工等の補強を考慮しなければならない。

1-4 補強は原則として下記の考え方で行う。

(1) 箱抜きは、吹付けコンクリート施工後に行う。

(2) ロックボルト、鋼製支保工は、可能であれば箱抜き位置をはずして設置する。

(3) 箱抜きにより、ロックボルト、鋼製支保工の効果が損なわれる場合はそれに変わる対策を考慮する。

(4) 覆工厚 $T_2$ は覆工コンクリートと同じとする。

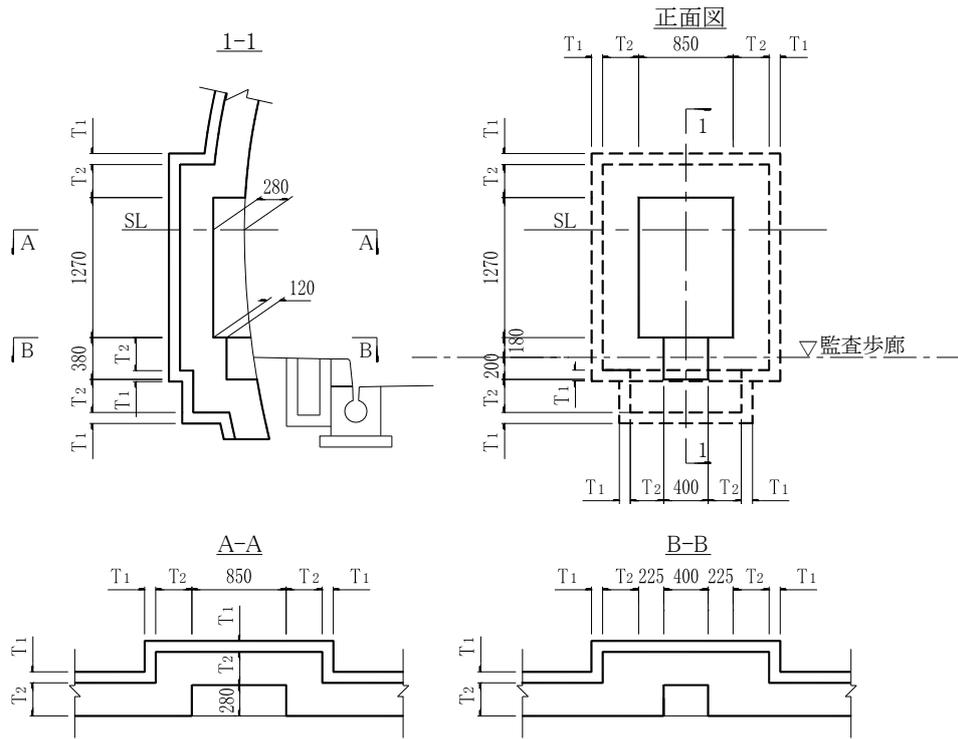


図 8-13-1 押ボタン式通報装置+消火器 (内装工なし)

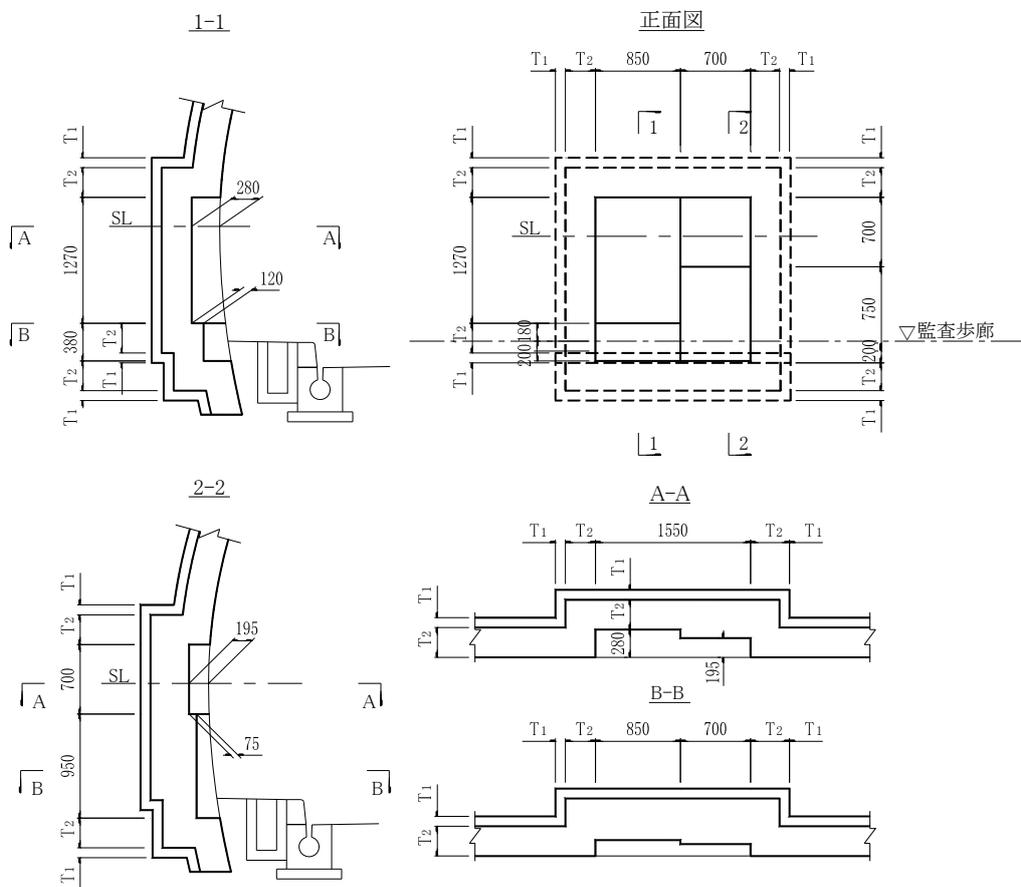


図 8-13-2 非常電話+押ボタン式通報装置+消火器

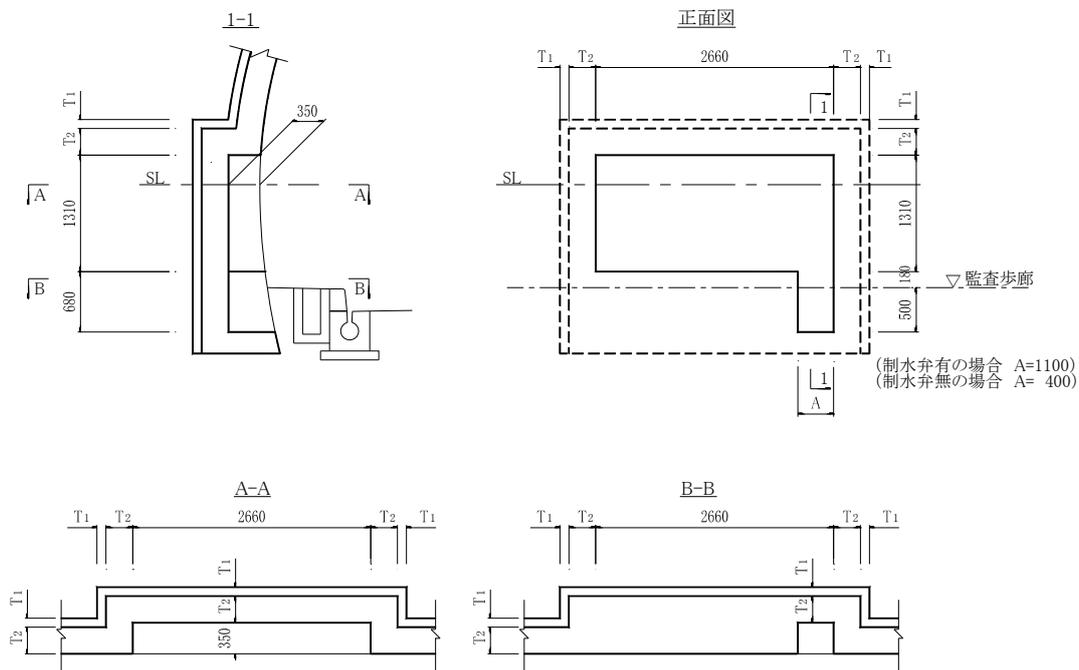


図 8-13-3(1) 押ボタン式通報装置+消火器+消火栓 (分離型 内装工なし)

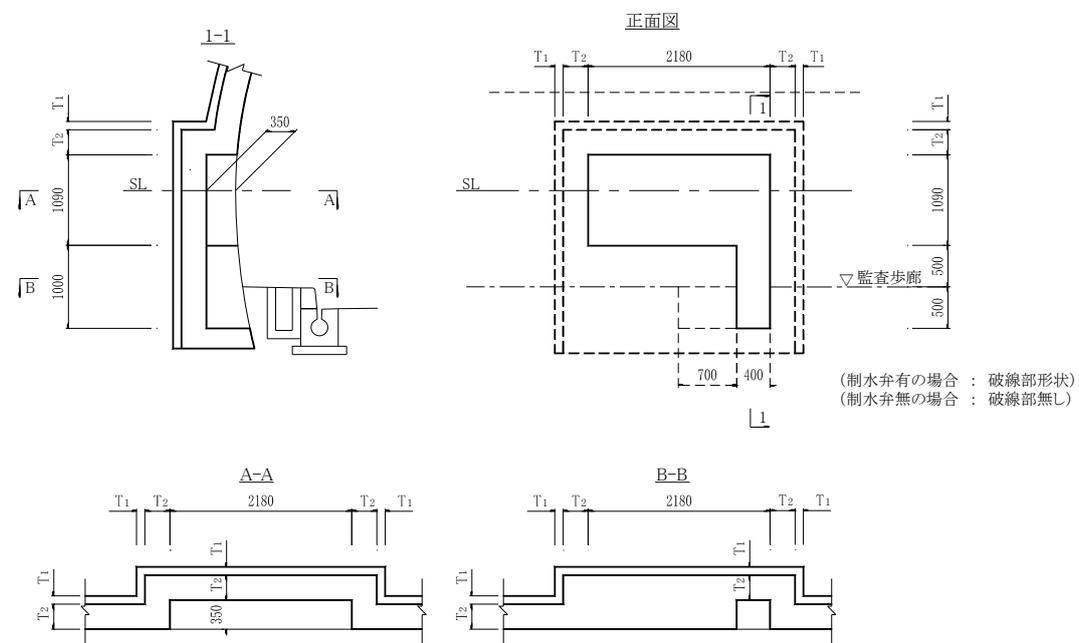


図 8-13-3(2) 押ボタン式通報装置+消火器+消火栓 (一体型 内装工なし)

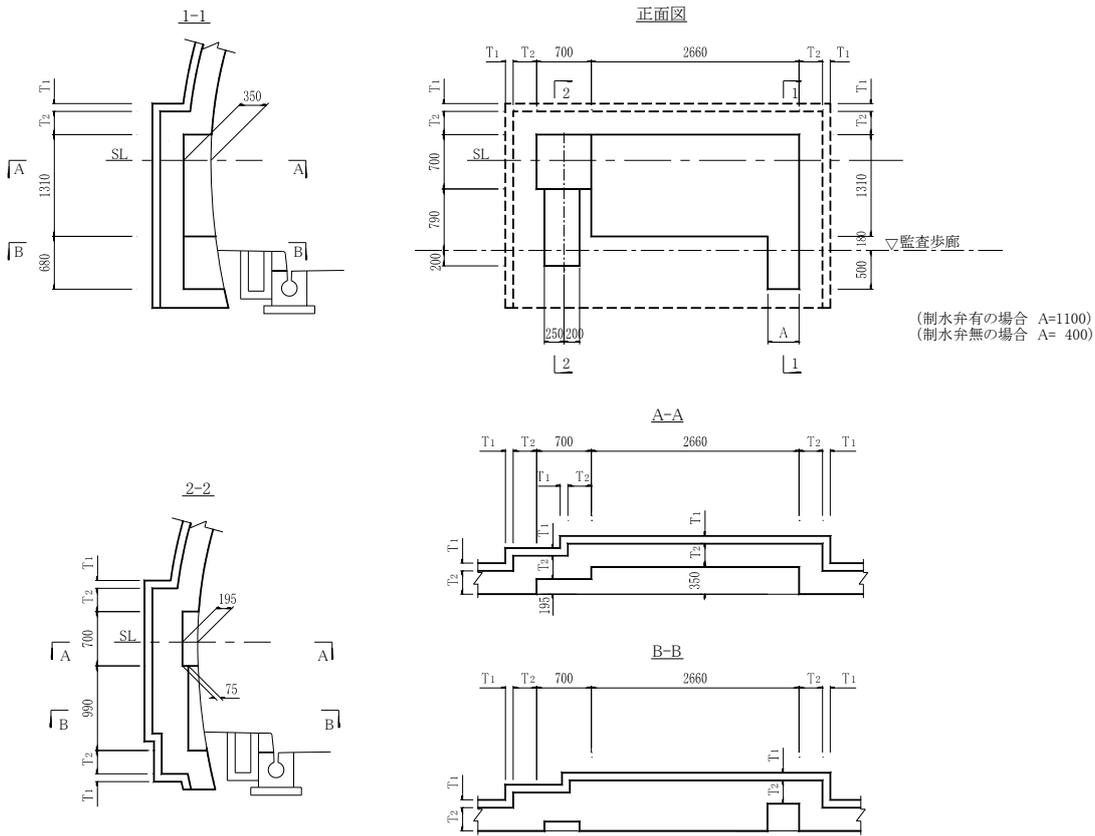


図 8-13-4(1) 非常電話+押ボタン式通報装置+消火器+消火栓 (分離型)

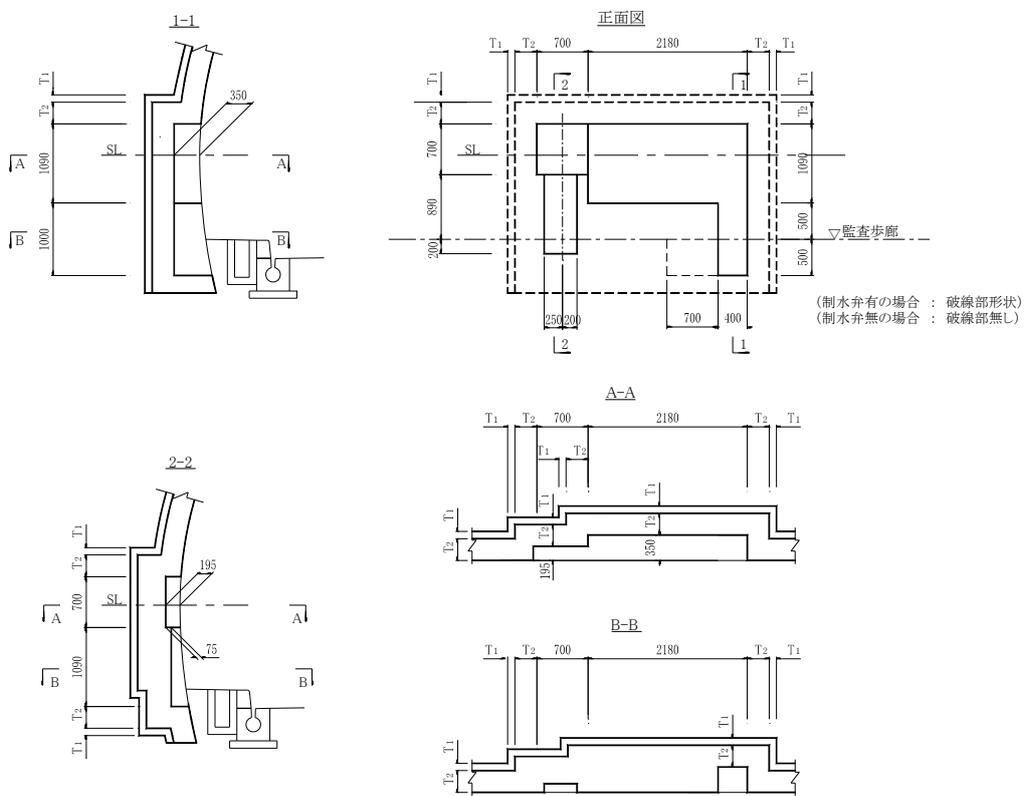


図 8-13-4(2) 非常電話+押ボタン式通報装置+消火器+消火栓 (一体型)

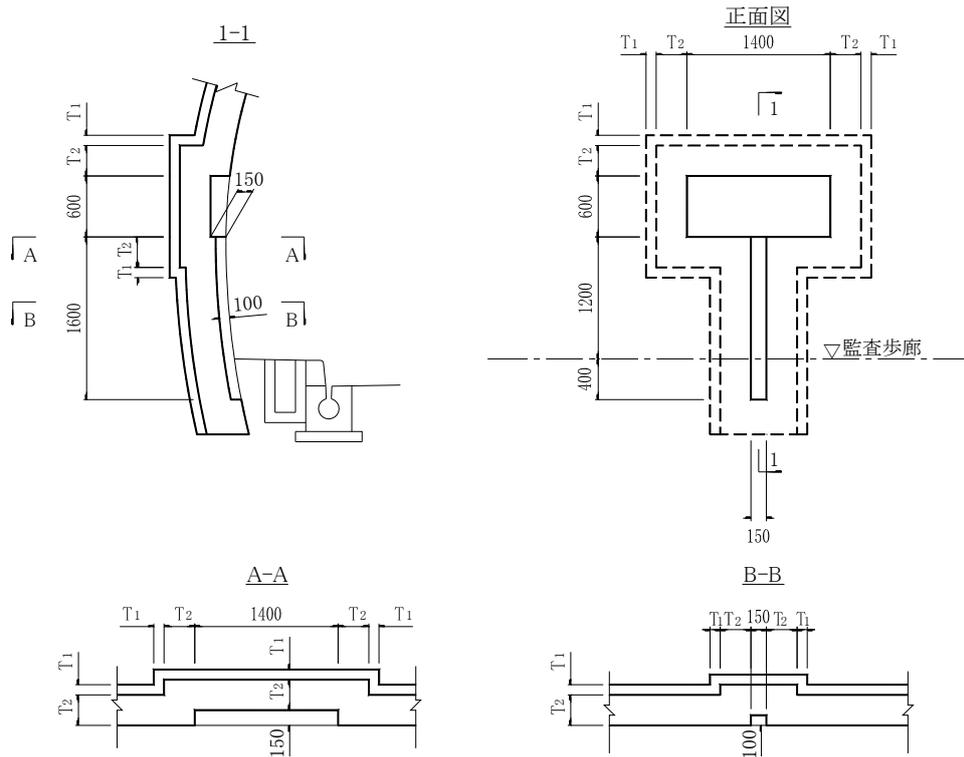


図 8-13-5 内照式誘導表示板（内装工なし）

※反射式・LEDによる内照式の場合は別途検討

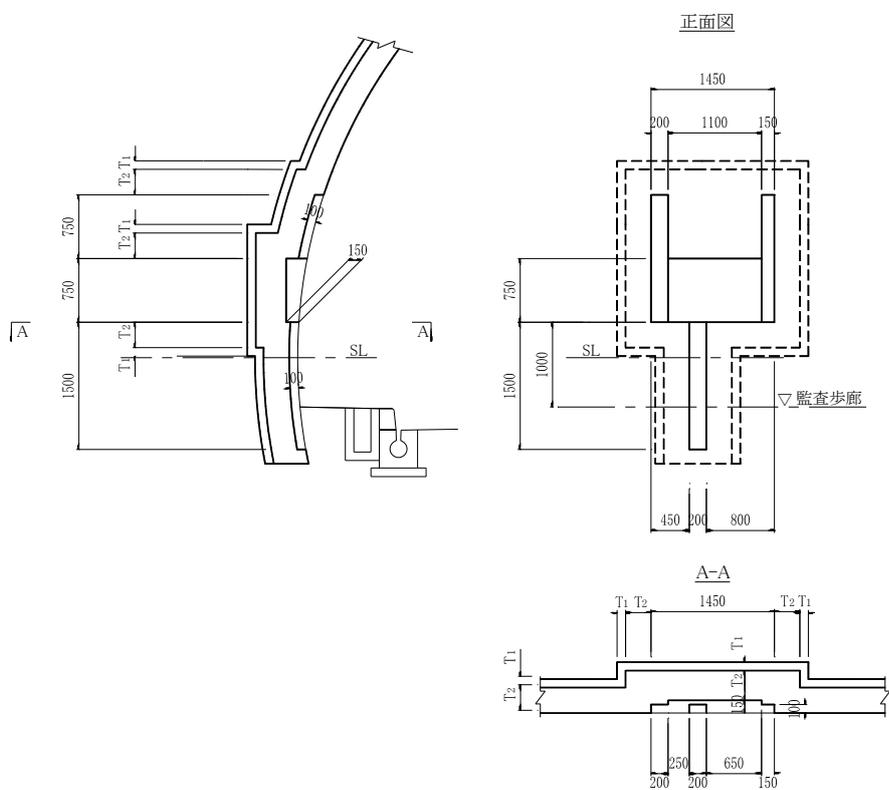


図 8-13-6(1) 煙霧透過率測定装置（V I 計）（受光部 内装工なし）

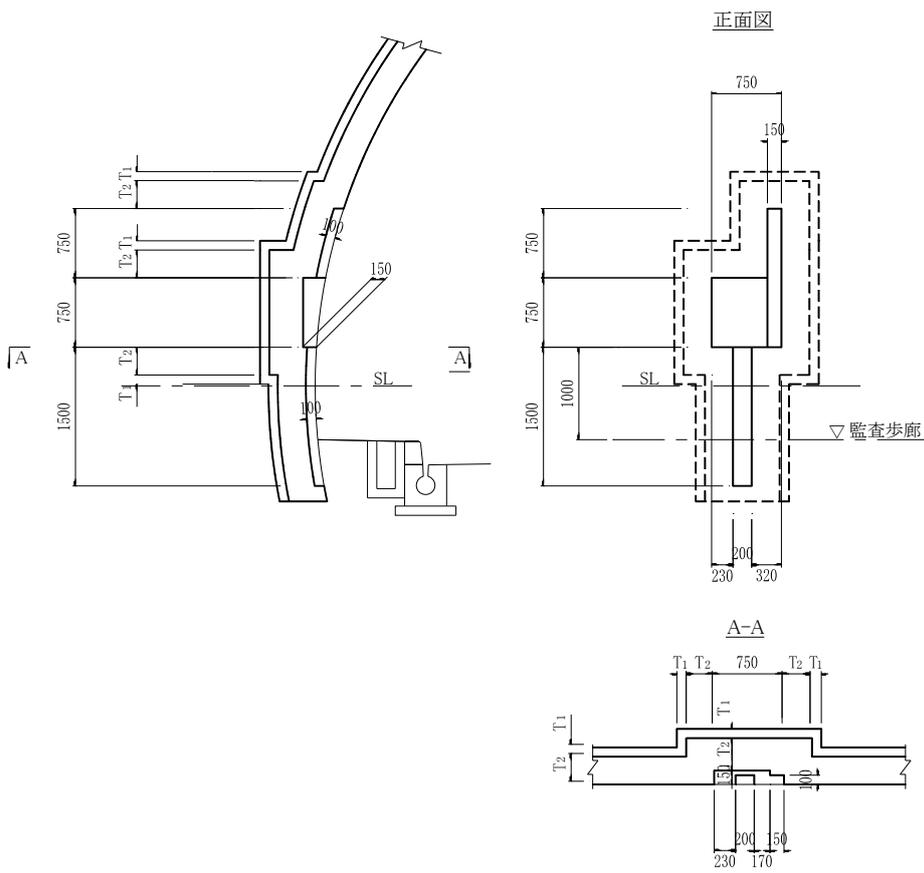


図 8-13-6(2) 煙霧透過率測定装置 (V I 計) (投光部 内装工なし)

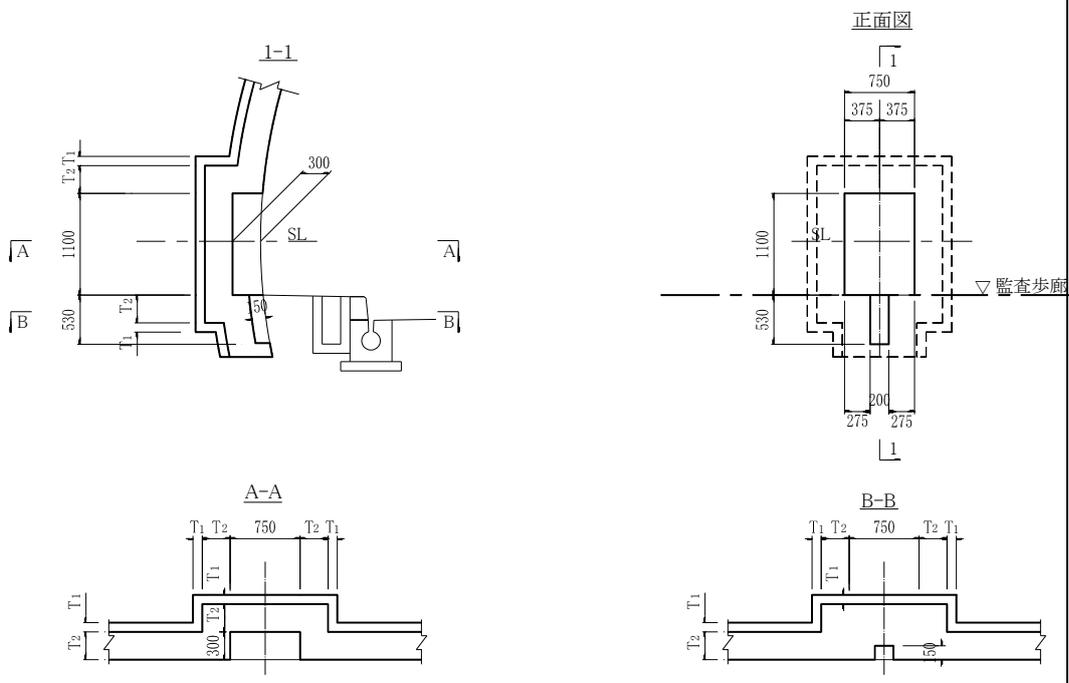


図 8-13-7 一酸化炭素検出装置 (CO 計) (内装工なし)

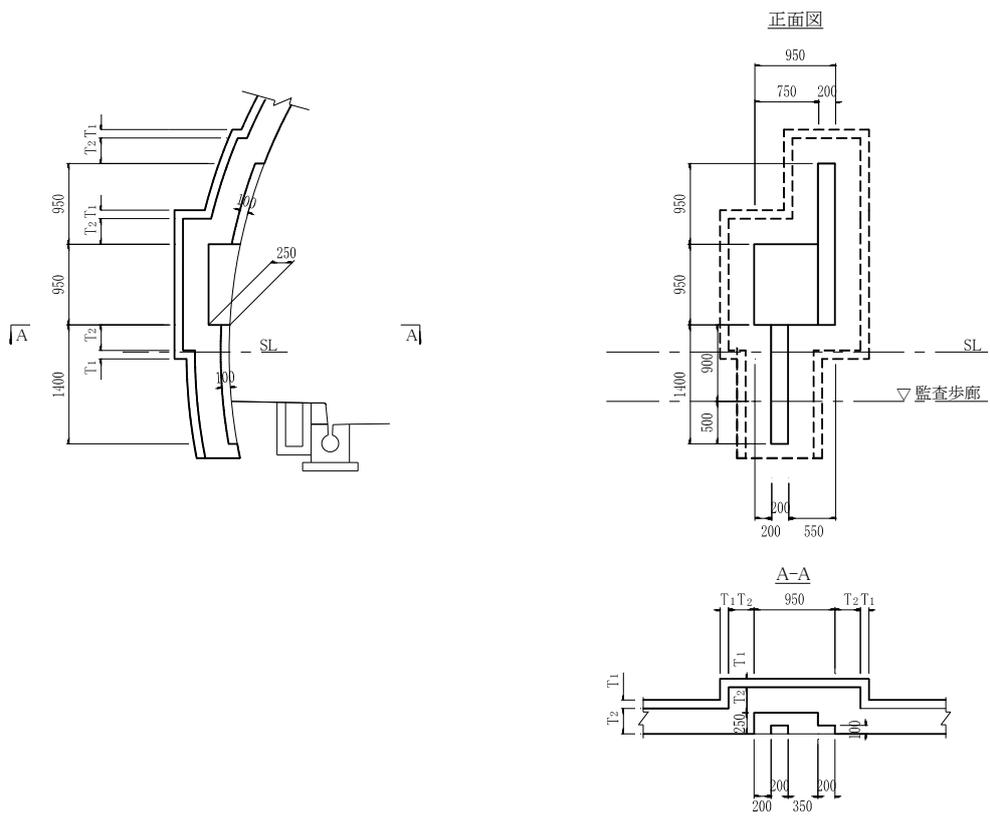


図8-13-8 風向風速測定装置 (WD計) (内装工なし)

備考

1.  $T_1$  : 吹付けコンクリート厚さ  
 $T_2$  : 覆工コンクリート厚さ
2. 制水弁の向きを含めた箱抜き形状については、照明設備等の箱抜きも含め、局担当課と協議のうえ決定するものとする。

## 2. 監視員通路の構造

監視員通路側壁の強度計算には、設計荷重として車両の追突による水平荷重を考慮して設計するものとし、内部の電らん管や、水道管を保護する構造とする。荷重は側壁面の天端に 20kN/m を作用させるものとし、その場合の許容応力度の割り増しは 50% とする。

また、監視員通路側壁には、10m 間隔程度に V カット等の収縮目地を設置するものとする。

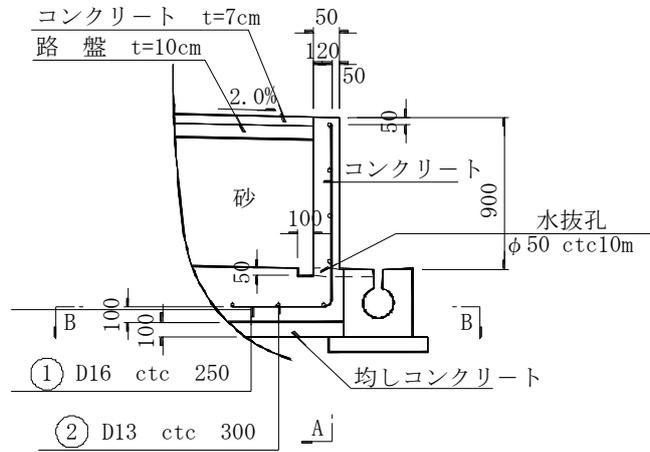
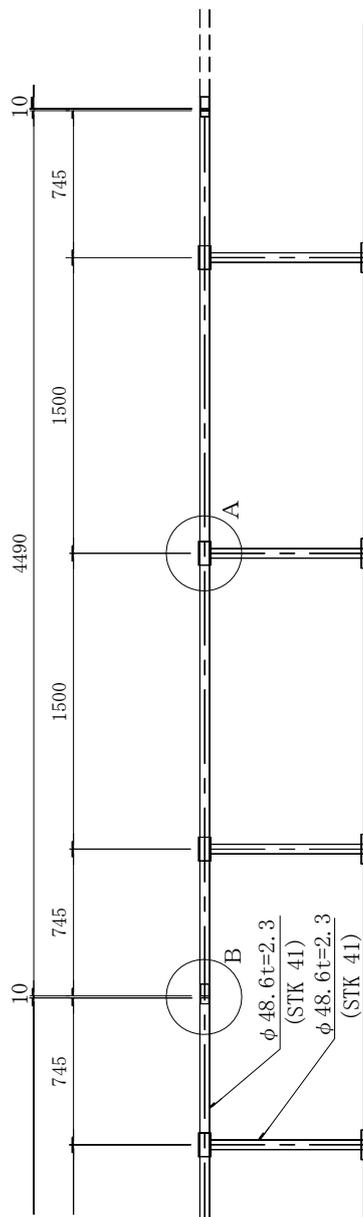
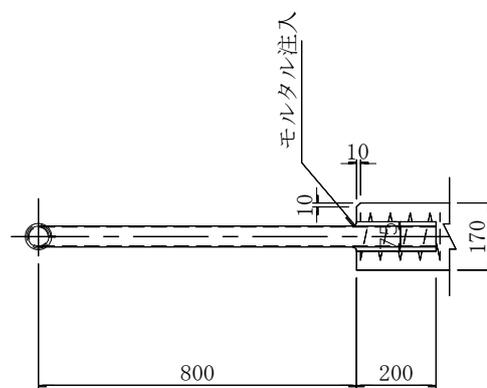


図 8-13-9 監視員通路の構造 (標準)

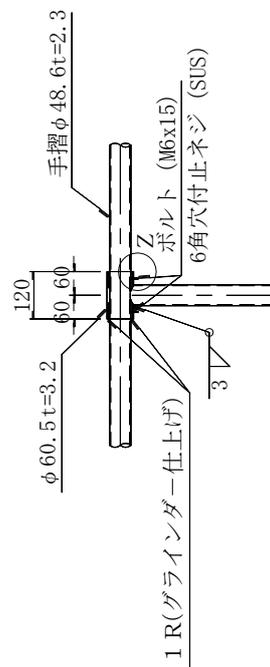


注) 手摺継手部 (B) の位置は、適宜変更してもよい。

埋込式



A部 詳細部



B部 詳細部

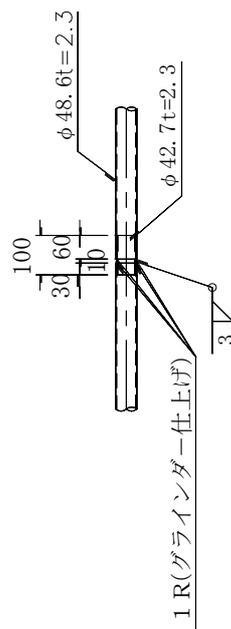


図 8-13-10 6 監視員通路の手摺り (標準)

### 3. 避難通路

#### 3-1 避難坑

##### (1) 設置

- (a) AA 級においては、排煙設備または避難坑を設置するが、延長 3,000m 以上のトンネルにおいては、避難坑を設置することが望ましい。
- (b) 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では、避難坑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
- (c) 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。。

##### (2) 断面

- (a) 避難坑の内空断面は、原則として図 8-13-11 とする。

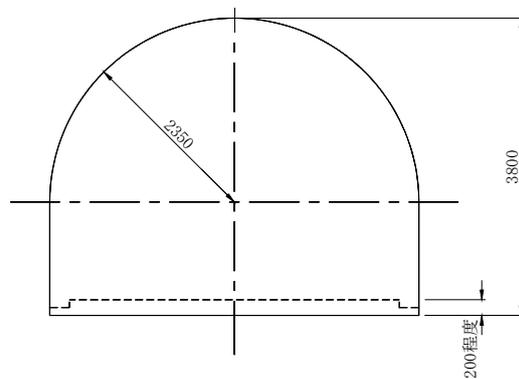


図 8-13-11 避難坑断面

#### 3-2 避難連絡坑

##### (1) 設置

- (a) 上下線トンネル間の連絡路の場合は 700~800m 程度の間隔で非常駐車帯と対に設置するものとする。
- (b) 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 300~400m 程度の間隔で設置するものとする。
- (c) 段階建設を行うトンネルでは、一期線施工時に将来の設置位置に 10m 程度先行施工しておくことを基本とするが、暫定期間、および地山状況を考慮し、設置については検討する。

出典：〔(1) (a)〕  
道路トンネル非常用施設  
設置基準・同解説 平成  
13 年 10 月 (社)日本道  
路協会  
p15  
一部加筆

出典：〔(1) (b)〕  
道路トンネル非常用施設  
設置基準・同解説 平成  
13 年 10 月 (社)日本道  
路協会  
p16  
一部加筆

出典：〔(1) (a)、(b)〕  
道路トンネル非常用施設  
設置基準・同解説 平成  
13 年 10 月 (社)日本道  
路協会  
p50  
一部加筆

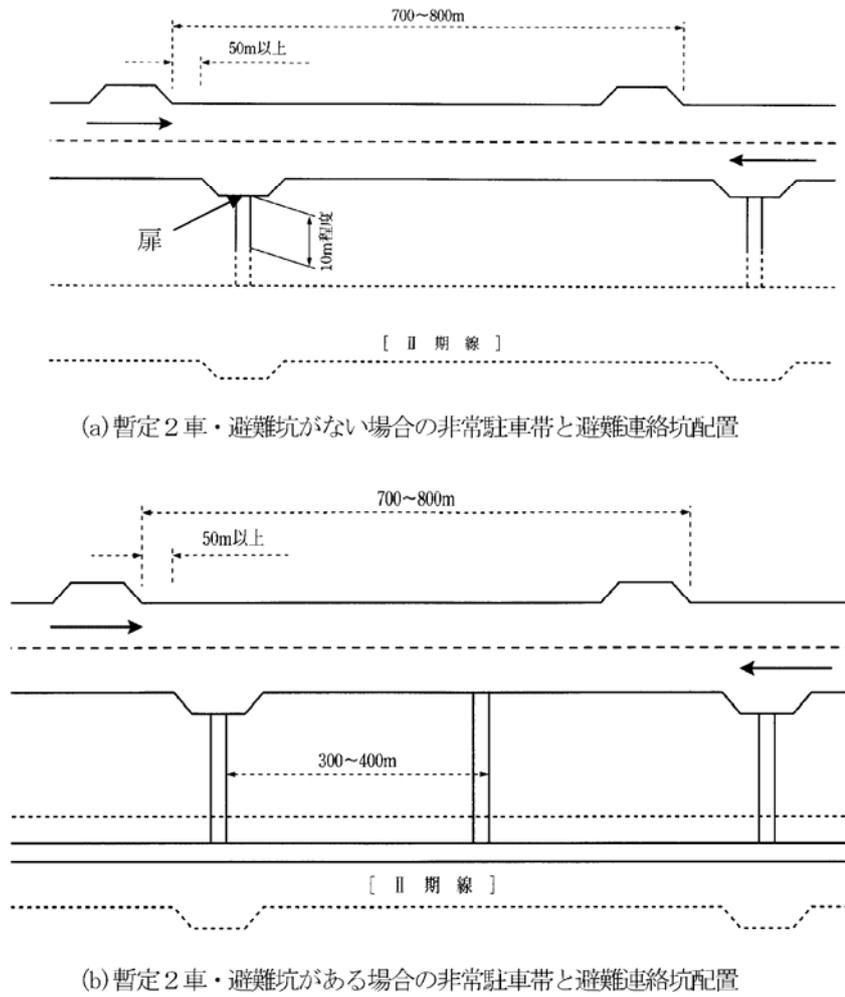


図 8-13-12 避難坑断面

(2) 断面

- (a) 避難連絡坑の断面は図 8-13-13 の(a)または(b)を標準とする。
- (b) 上下線トンネルを非常駐車帯と対で設置する箇所のうち、1箇所または数箇所は車道用避難連絡坑断面とする。

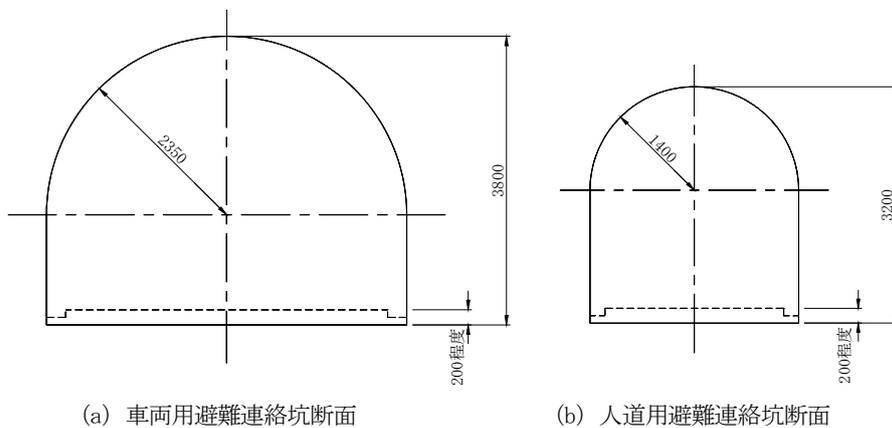


図 8-13-13 避難連絡坑の内空断面

(3) その他

- (a) 計画高は、排水勾配、本坑への取り付け等を検討して決定するものとする。
- (b) 避難連絡坑の出入り口部は、非常時における利用者の進入・脱出に支障を来さないように本坑との接続部において段差を小さくするものとする。
- (c) 連絡坑内は斜路化に努め、延長が長い場合は途中で踊り場を、また、勾配が急な場合は手摺りを設けるなど、避難者の安全に設計上の配慮を行うものとする。(図 8-13-14 参照)

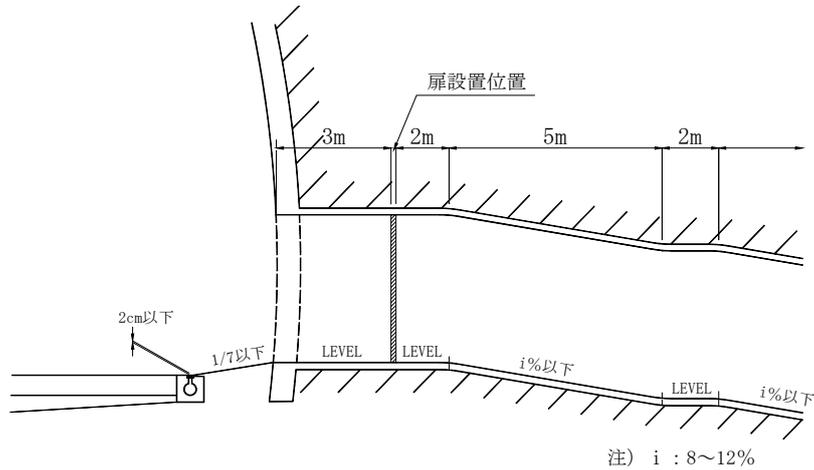


図 8-13-14 標準的な斜路の例

- (d) 縦断勾配が 12%以下に設置できない場合は階段構造とする。
- (e) 階段を設置する場合の勾配は 1/2 以下を標準とし、やむを得ない場合でも上げ寸法 16cm 以下、踏み面寸法 26cm 以上とする。また、高さ 3m を越える場合は、3m 以内毎に踊り場として 2m 程度の踏み面を設けるものとする。
- (f) 避難連絡坑と本坑との交差は原則として直交とするが、施工上の便宜を図る上で斜坑とすることが出来る。

## 第14節 換気の検討（標準）

換気の検討にあたっては「道路トンネル技術基準（換気編）・同解説」（社）日本道路協会（平成 20 年 10 月）に準じるものとする。

また、細部については「設計便覧 第 5 編 機械編」に従うものとする。

## 第15節 内装工（標準）

内装工の設計にあたっては「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説」（社）日本道路協会（平成 15 年 11 月） 第 3 編 設計 7-1 内装 p151～153 に準じ、その目的を十分考慮し、耐久性、耐触性、耐火性、施工性および維持管理の難易を考慮して設計しなければならない。

同基準に記載無き事項、あるいは特に重要と考えられる事項について、以降に記載する。

### 1. 設置基準

(1) トンネル内装工は、原則として図 8-15-1 に示す適用範囲に該当するトンネルに設置するものとする。ただし、この範囲外にあっても

- ・幾何構造が厳しい。
- ・大型車混入率が高いことが予想される。
- ・トンネル区間が連続する。

等の路線にあつて、その必要性が高い場合は内装工を設置できるものとする。

(2) 内装工設置の適用範囲の検討には、供用時より 20 年後の推定交通量（トンネル 1 本当たり）を使用するものとする。

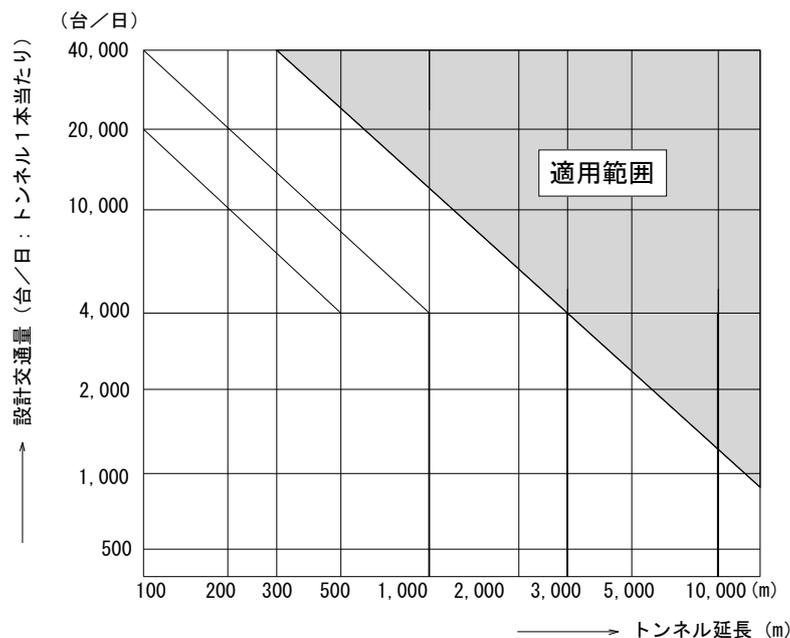


図 8-15-1 内装等級区分

出典：[図 8-15-1]  
設計要領第三集 (3) トンネル内装工編 平成 23 年 7 月 東・中・西日本高速道路株

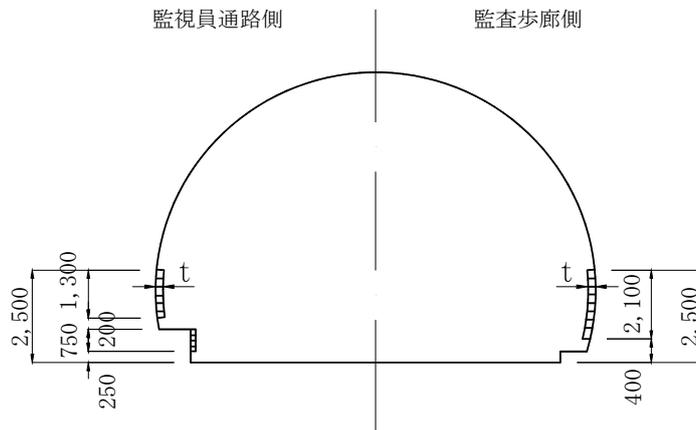
## 2. 設置範囲

(1) トンネル内装工の設置範囲は、当該トンネルの諸条件を考慮し、表 8-15-1、図 8-15-2 に示す区分に従って設置するものとする。

(2) 照明効果が低下するため、所要の路面輝度が確保されるよう検討すること。

表 8-15-1 内装等級と設置幅

路面からの高さ(m)	内装工の割付(mm)	
2.5	750+1,300	2,100



※ t は内装工の浮かし幅を表わし、設置する内装材料及び取り付け方法によって異なる。

図 8-15-2 内装工標準割り付け図

## 3. 内装材料

### 3-1 内装材料

内装材料は道路条件、設置個所、施工性、経済性、長期的な耐久性を総合的に判断して選択するものとする。

表 8-15-2 トンネル内装工検討対象材料

①	タイル直張り	⑤	アルミニウム系金属板
②	繊維補強化セメント板	⑥	タイルパネル系
③	ホーロー系金属板	⑦	セラミック系大型板
④	ステンレス系金属板	⑧	その他（塗装系を含む）

### 3-2 内装取り付け方法

内装工の取り付け方法はタイル、パネル系とも直張り方式を標準とする。

表 8-15-3 内装等級と設置幅

番号	名称	設置方法（施工法）	内装板の材種	設置幅
①	タイル直張り	(a) 接着剤張り	タイル	30mm 以下
		(b) モルタル張り	タイル	
②	パネル直張り	(a) 接着剤張りとアンカーボルトの併用	繊維強化セメント板	
			ホーロー板	
		(b) 上下部を押さえ金具とアンカーボルトで覆工面に固定	ステンレス板	
			その他	

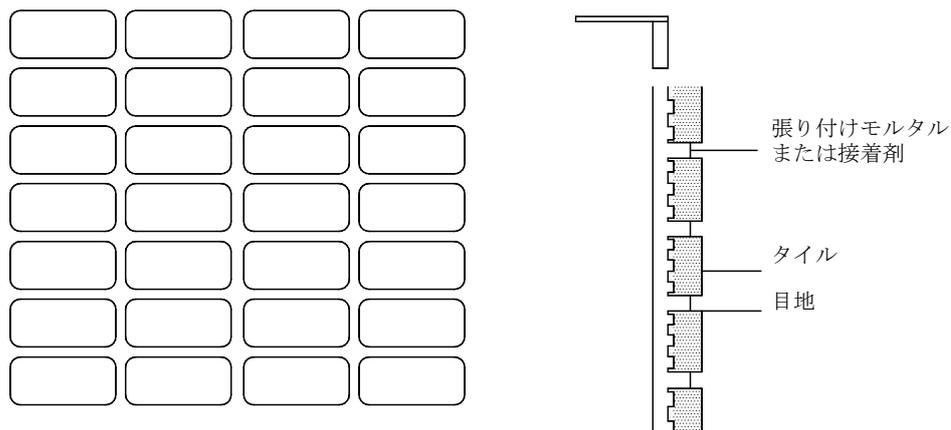


図 8-15-3 タイル直張り

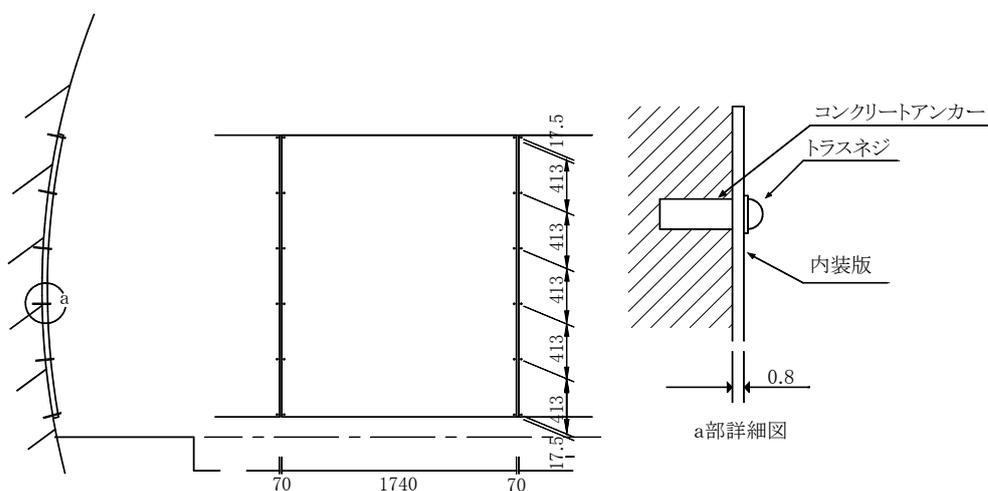


図 8-15-4 パネル直張り（ホーロー板の例）

### 3-3 材料規格

#### (1) タイル直張り

タイル直張りする場合の構造および材料規格は次のとおりとする。

##### (a) タイル規格

タイル直張りに使用するタイルは、磁器質、施ゆう、外装タイル（JIS A5209）の磁器質タイルを標準とする。タイルの裏足の高さは表 8-15-5 による。

表 8-15-4 タイル裏面の裏足の高さ

施 工 法	裏足の高さ
モルタル張り用	1.5mm 以上
接着剤張り用	1.0mm 以下

(b)タイルの表面反射率

表面反射率の測定は、JISA5400 7.5 の 45 ° 0 ° 法による試験法とし、初期値は 65%以上とする。

(c)寸法・色調

タイルの寸法は、二丁掛け (227×60mm) または 100mm 角二丁 (目地共寸法 200×100mm) を基本とし、色は白色系・ブライトゆう薬を標準とする。

(d)タイル接着強度

接着方法は全面接着とし、引張り接着強度は 0.40N/mm<sup>2</sup>以上とする。

(e)タイルの目地

目地処理は通し目地 (いも目地) とし、水平目地 4mm、縦目地 5mm を標準とする。

(f)シーリング

タイルの上端部と横断部はシーリング (JISA5758) を施工するものとする。

(g)安全衛生管理

施工中の安全衛生管理は、関連法規などに従って適切に行う。

(2)パネル系内装板

パネル系内装板の構造および材料規格は次のとおりとする。

(a)耐火性

表 8-15-5 耐火性に関する事項

項目	基準値	備考
耐火性	国土交通大臣が指定する「不燃材」であること。 または「認定不燃材」であること。	建築基準法 建設省告示 1828(昭和 45 年 12 月 28 日) の「不燃材料をしていする件」より不燃 剤申請による認定。

(b)内装材料に作用する荷重およびその他の物性値

下地構造と一体となって通常作用する外力に耐え得る強度を有する材料を採用するものとし、その物性値は基本的に JISA 5430 に規定されるスレートボードのフレキシブル板等で板圧 4mm を標準とし、かつ表 8-15-7 に示す物性値を満足するものとする。

表 8-15-6 内装材料の強度および物性値

項目	基準値	備考
内装板に関する こと	曲げ破壊荷重	<del>4.5N</del> 450N 以上 JISA 1408 3.1 および JISA 5430 の試験方法による。(3号供試体)
	たわみ (mm)	10 以上 JISA 1408 3.1 の試験方法
	含水率 (%)	10 以下 JISA 5430
	耐衝撃性試験	亀裂、剥離貫通孔、および割れのいずれもないこと JISA 5430 参考 1 の試験方法
表面塗膜に 関するもの	色	白色系を標準とする
	初期反射率	60%以上 JISA 5400 7.5 視感反射率 測定方法 JIS Z 8722
	塗膜厚 (μm)	30 以上
	塗膜硬度	無機塗膜 3~4 以上 モース強度 硬度
	耐薬品性	著しい変化のないこと 5%硝酸、5%硫酸の滴下試験、24 時間放置後の目視観察 (JISA 5707 6.8 の試験方法)
耐候性	異常なし ウエザオメーター試験 1,000 時間	