

表1-29 トンネル坑門の形式と特徴

項目	両壁型			突出型			
	重力・半重力式	ウイング式	アーチウイング式	半突出(パラベット)式	突出式	竹割(逆)式	ベルマウス(逆)式
形状							
地山条件による適用性	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的地形急峻の場合や土留擁壁の構造を必要とする場合 ・落石が多いと予想される場合 ・背面の排水処理が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・両切土工の場合 ・背面土圧を全面的に受ける場合 ・積雪量の多い場合には防雪工を併用 	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的地形がなだらかな場合 ・左右の切土工が比較的少ない場合 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根状地形や左右に他の構造物との取合いが少ない場合 ・積雪地でも可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・押え盛土を施行した場合 ・坑口周辺の地質が良くない場合 ・積雪地でも可能 ・坑口周辺地形の切り取り等、整形が比較的可能な場合 	<ul style="list-style-type: none"> ・坑門周辺の地形がなだらかな場合 ・逆竹割式の場合重心位置の関係から基礎の支持力の十分な検討を要する 	<ul style="list-style-type: none"> ・地形・地質が比較的良く、坑口周辺の開けた箇所に可能 ・積雪地では吸込み、雪庇が生じ易い
施行性	<ul style="list-style-type: none"> ・不良地山では切土量が多くなるので、背面切土法面の安定化対策としての防護を十分に行う必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・不良地山では切土量が多くなるので、背面切土法面の安定化対策としての防護を十分に行う必要がある ・トンネル本体との一体化が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・地形によっては、一部、明り巻き(特にアーチ部)が必要である ・多少の保護盛土を必要とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・数mの本体工の明り巻きを必要とし、かつ盛りこぼしに対し多少の土留壁が生ずるが、坑門としては合理的な構造である 	<ul style="list-style-type: none"> ・地形・地質が安定している場合は最も経済的であるが、地質が悪く押え盛土を必要とする場合は先に明り巻きを必要とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・型枠、配筋等に手間がかかり、経費も多くなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・型枠、配筋等に手間がかかり、経費も多くなる
景観	<ul style="list-style-type: none"> ・壁面積が大きく輝度を下げる工夫(壁面のハツリ等)が必要 ・重量感はあるが、走行上の圧迫を感じ易い 	<ul style="list-style-type: none"> ・壁面積が大きく輝度を下げる工夫(壁面のハツリ等)が必要 ・重量感はあるが、走行上の圧迫を感じ易い 	<ul style="list-style-type: none"> ・アーチ部の曲線が、周辺地形とあまり違和感を感じさせないような配慮が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・坑門コンクリートの面壁面積が少なくなるため、視覚的には違和感を感じさせない ・坑口周辺地形と良く適合する 	<ul style="list-style-type: none"> ・坑門コンクリートの面壁面積が少なくなるため、視覚的には違和感を感じさせない ・坑口周辺地形と良く適合する 	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺地形を修景することにより坑門との調和が図れる 	<ul style="list-style-type: none"> ・車両の走行に与える影響は少ない ・坑口周辺地形と良く適合する

10-3 坑門の構造設計十

坑門は、完成後これに加わる死荷重、土圧および地震の影響等に対して安全であるように設計しなければならない。これらの荷重は、坑門の型式に応じて適宜組み合わせで行うものとするが、特に、突出型のような場合は、一般に土被りが薄くまた覆工の一部が露出することもあり、地震、温度変化、コンクリートの乾燥収縮、等の影響を受け易いのでこれらを考慮した設計とする必要がある。

(1) 面壁型坑門の設計

面壁型の坑門は、トンネル本体に剛結された版構造物として、設計するものとする。そのウイングの断面力の算定は、原則として、図1-37に示すようにトンネル本体を固定端とする片持版として求めるものとする。しかし、トンネルの場合は、ウイングは本体覆工の円曲線上に固定されるため、2方向版の性状が強く滑らかな応力分布を示すことから、ウイングの設計にあたっては、次のように考えるものとする。

(a) 荷重

土圧は背面埋戻し土の影響を考慮したクーロン土圧とする。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。

(b) 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1-37に示す面A B C D E F Gの仮想ウイング端G~A~Bに対する曲げモーメント $\Sigma M_{G\sim A\sim B}$ 、せん断力 $\Sigma S_{G\sim A\sim B}$ を求める。

同様に、鉛直方向の応力は、面A D E F G H I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。

(c) ウイング固定端の断面力

ウイング固定端の断面力は、次式により求めるものとする。

①水平方向の断面力

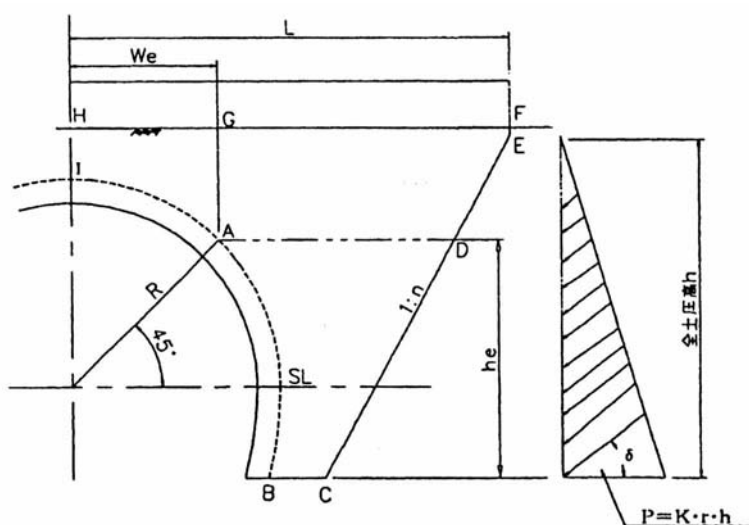
$$\text{曲げモーメント } M_{A\sim B} = \frac{\Sigma M_{G\sim A\sim B}}{h_e} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{せん断力 } S_{A\sim B} = \frac{\Sigma S_{G\sim A\sim B}}{h_e} \dots\dots\dots(2)$$

②鉛直方向の断面力

$$\text{曲げモーメント } M_{A\sim I} = \frac{\Sigma M_{I\sim A\sim D}}{W_e} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{せん断力 } S_{A\sim I} = \frac{\Sigma S_{I\sim A\sim D}}{W_e} \dots\dots\dots(4)$$



- I : ウイング長 (m)
- h_e : 水平方向の断面力算出時のウイング付根部の有効高さ (m)
- W_e : 鉛直方向の断面力算出時のウイング付根部の有効幅 (m)
- k : クーロンの土圧係数
- γ : 土砂の単位体積重量 (kN/m^3)
- δ : 壁面と土の摩擦角 ($^\circ$) ($\delta = \frac{2}{3}\phi$)
- ϕ : 土の内部摩擦角 ($^\circ$)

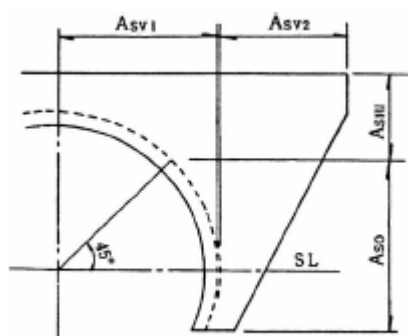
裏込め土の種類	γ (kN/m^3)	ϕ ($^\circ$)
レキ・レキ質土	20	35
砂・砂質土	19	30
シルト・粘性土	18	25

図1-37 ウイングの断面力の算定(片持版)

(d) 配筋設計

ウイングの配筋設計は、一般にはウイング固定幅の断面力計算結果により図1-38に示す鉄筋量算定の考え方に基いて行うものとする。そのなかで、鉛直方向については、一般には水平方向の断面力に比べて非常に小さくなるが、配筋設計にあたっては図1-38により行うものとする。また、坑門に生ずる応力のトンネル本体への影響を考慮して、覆工外側に主鉄筋同等の鉄筋を先端から5.0m程度配筋するものとする。

なお、図1-38は、片持版の応力計算結果を実際の応力分布状態に近似させるために、有限要素法などによる解析結果を参考にして作成したものである。



- A_{sh0} 、 A_{sh1} : 水平方向に配筋される主鉄筋量(cm^2/m)
- A_{sv1} 、 A_{sv2} : 鉛直方向に配筋される主鉄筋量(cm^2/m)
- $A_{sh1} = A_{sh0}/2$
- $A_{sv1} = A_{sh0}/2$
- $A_{sv2} = A_{sh0}/4$

図1-38 鉄筋量の算定の考え方

(e) 材料及び強度

坑門工に使用するコンクリート及び鉄筋の材料及び強度は、以下のとおりとする。

表1-30 コンクリート・鉄筋の規格(坑門)

材 料	設計基準強度	規 格	備 考
コンクリート	24N/mm ²	27- 8 -20	W/C55%以下
鉄 筋	180N/mm ²	SD345	D16 を下限

(2) 突出坑門の設計

突出坑門は、トンネル本体と同一のアーチカルバートがトンネル坑口部に連続して設けられる坑門である。設計は、完成後の整形盛土による上載荷重、水平荷重、その他の荷重(雪荷重、輪荷重等)を考慮して、断面力及び地盤の支持力の計算を行うものとする。尚、インバートの形状は、トンネル内の中央排水工の連続性からトンネル断面と同一の曲率を待った形状とする。

断面力の算定に当たっては、原則として、図1-39に示すように弾性バネを考慮した変形法により計算を行うものとする。

設計細部については、ボックスカルバートの設計に準ずるものとする。

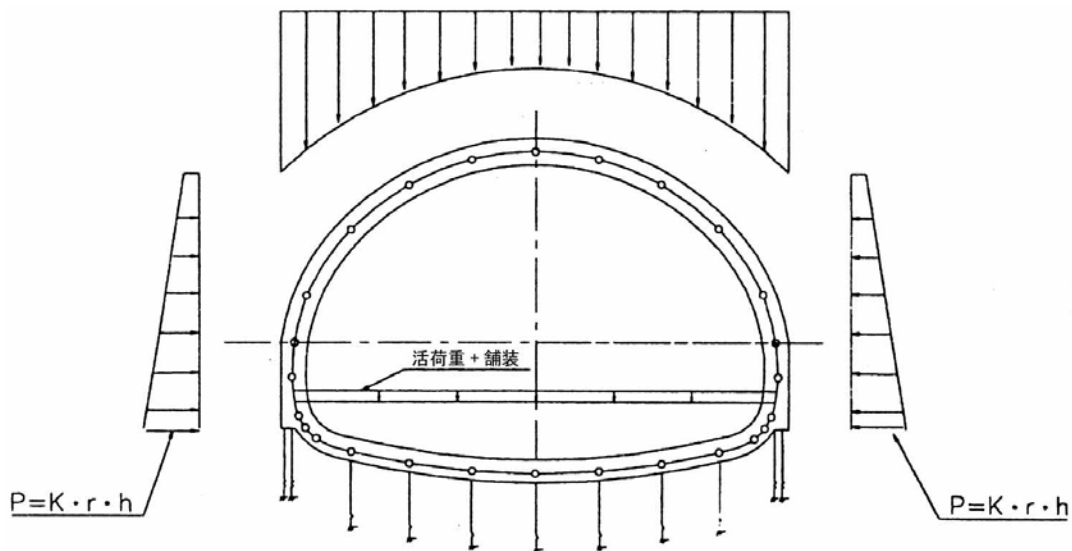
(ア)側壁に作用する水平土圧係数は0.3及び0.5として両方で部材応力を計算し、不利な応力で断面を設計する。

(イ)地山を溝型に掘削してアーチカルバートを設ける場合は、サイロ土圧を考慮する。

(ウ)土被りが薄い状態で工事車両も含めた施工時応力を照査する。

(エ)アーチカルバート構造の一部が埋戻し土から露出する場合は、地震、温度変化、コンクリートの乾燥収縮の影響等必要に応じて考慮する。

(オ)舗装部の活荷重を考慮するとインバートの変形が抑制されるため、考慮したケースと考慮しないケースの2ケースにて検討すること。



- ① 上載荷重……………埋戻し土、雪、その他
- ② 土圧……………常時：静止土圧他
地震等：クーロン土圧
- ③ 地盤定数……………弾性バネ
- ④ 温度変化、乾燥収縮……温度：±15℃
乾燥収縮：-20℃

図1-39 断面力の算定

図1-40を参考として、突出型の配筋図例を図1-41に示す。

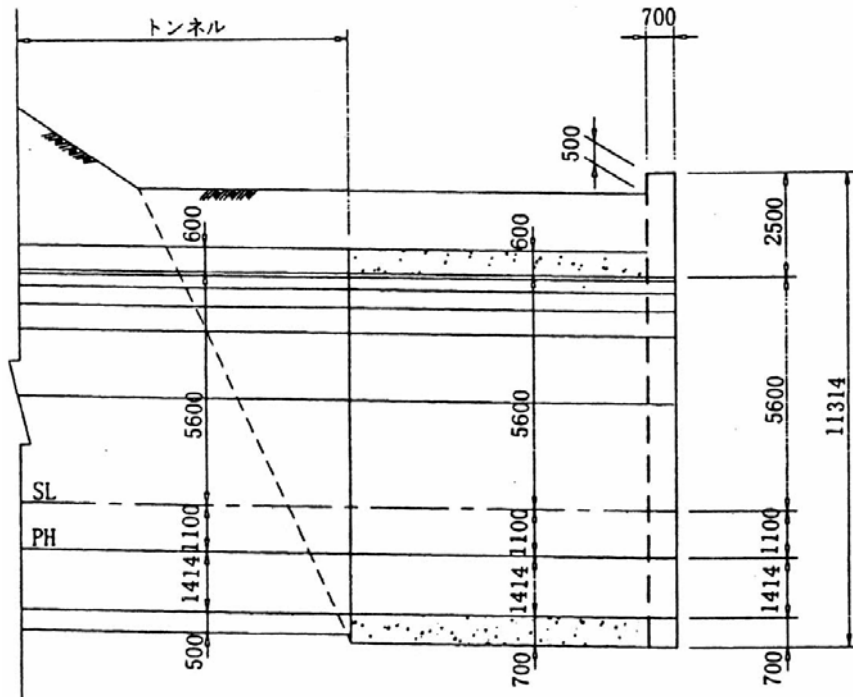


図1-40 一般図

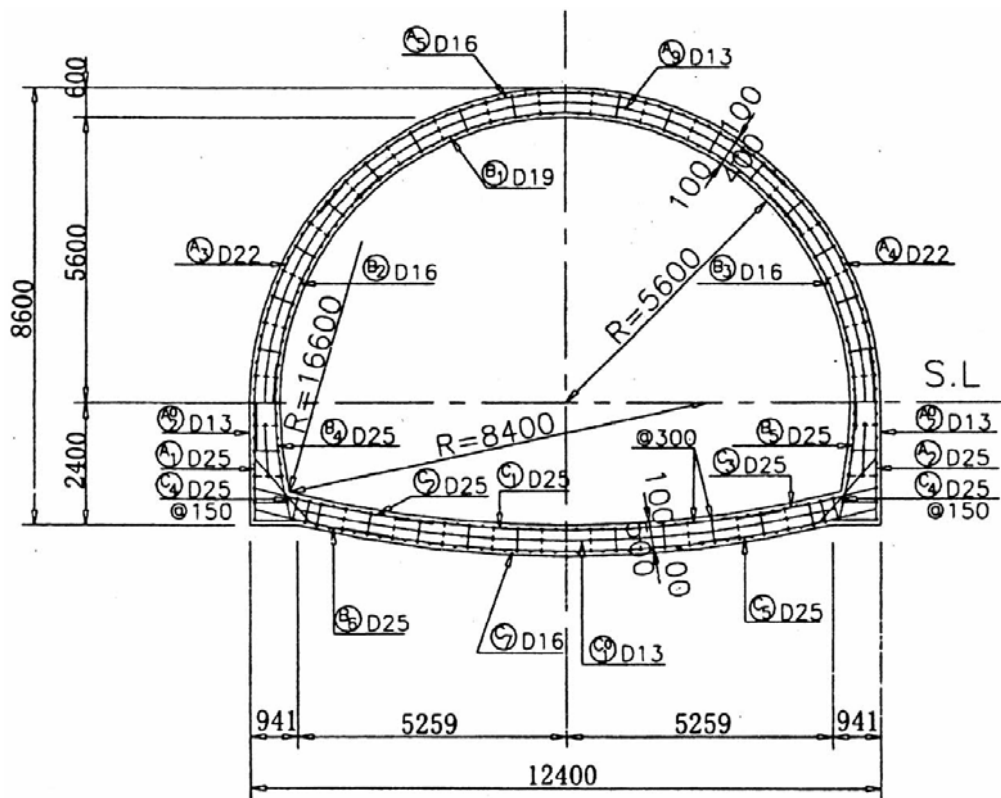


図1-41 突出型坑門の配筋図例

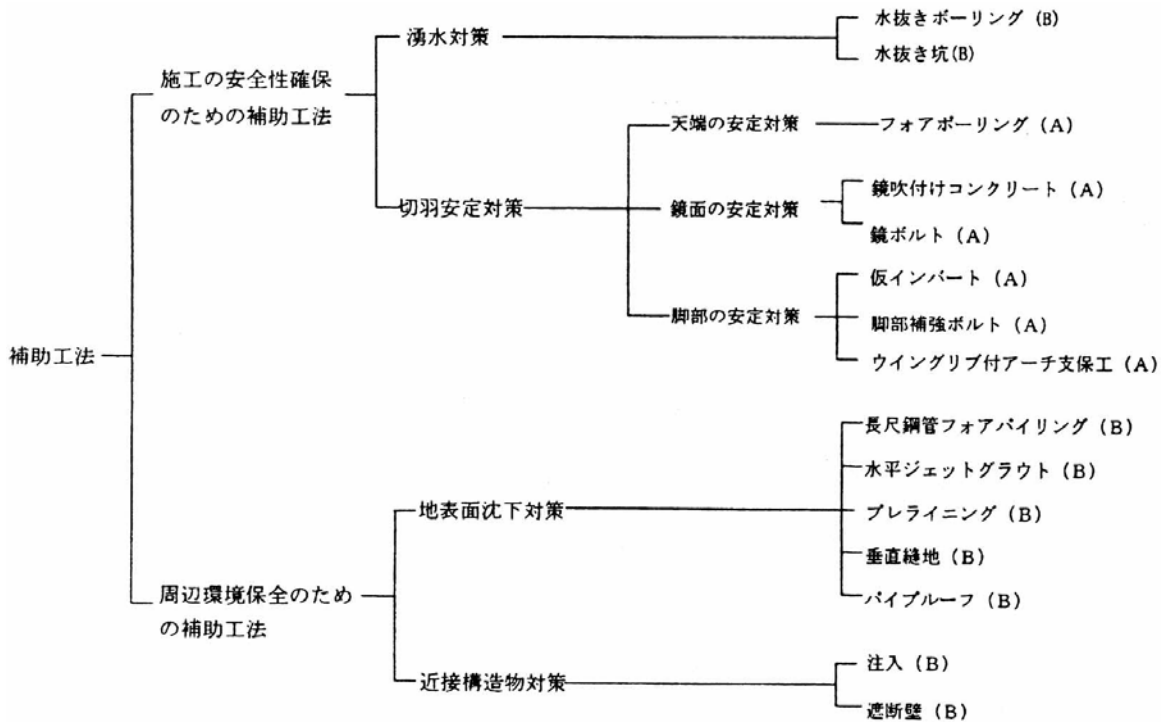
11 補助工法

11-1 概説

吹付コンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工等の通常の支保パターンでは対処できないか、対処することが得策でない場合に、切羽の安定、施工の安全性、並びに周辺環境の保全のため、主に地山条件の改善を図る目的で適用される補助的または特殊な工法を補助工法という。

本要領では、通常の施工で使用している機械、設備、材料がそのまま使用出来るもので、掘削後支保工の施工が完了するまでの切羽の自立を保持する工法を補助工法A、通常の施工機械設備・材料で対処が困難な対策及び施工サイクルへの影響の大きい対策工法を補助工法Bと称す。代表的な補助工法とその使用目的による分類を表1-31に示す。

表1-31 補助工法の分類



(注)各工法末尾の(A)(B)は補助工法の区分を表す。

補助工法(A)：通常の施工で採用され使用している機械、設備、材料がそのまま使用できるもので掘削後支保工の施工が完了するまで切羽の自立を保持する工法

補助工法(B)：通常の施工機械設備・材料で対処が困難な対策または、施工サイクルへの影響の大きい対策工法

(1) 設計時の補助工法適用について

当初設計に補助工法を盛り込むことが合理的と判断される場合には、地山条件、環境条件、掘削断面、地表面沈下の制限等の基本条件を総合的に検討し、施工性のみならず安全性と経済性が得られるよう合理的な補助工法としなければならない。また、補助工法の施工性やその効果を高めるためトンネルの施工法についても補助工法に適したものとする必要があり、種々の設計条件を総合的に考慮し、現地の状況に適合したトンネル設計・施工法としなければならない。

トンネル標準
示方書(山岳
工法編)同解説
第141条

(2) 施工中の補助工法の適用

トンネル施工中に適宜補助工法の採用について検討を行う場合には、施工状況・計測結果等を把握したうえで、掘削工法や支保パターンとの適合性についても十分に検討し、効果、経済性、工期等を勘案して決定しなければならない。また、トンネル掘削作業や施工サイクルへの影響についても留意する必要がある。

トンネル標準
示方書(山岳
工法編)同解説
第141条

補助工法に着目したトンネルの調査・設計・施工の流れを図1-42に示す。

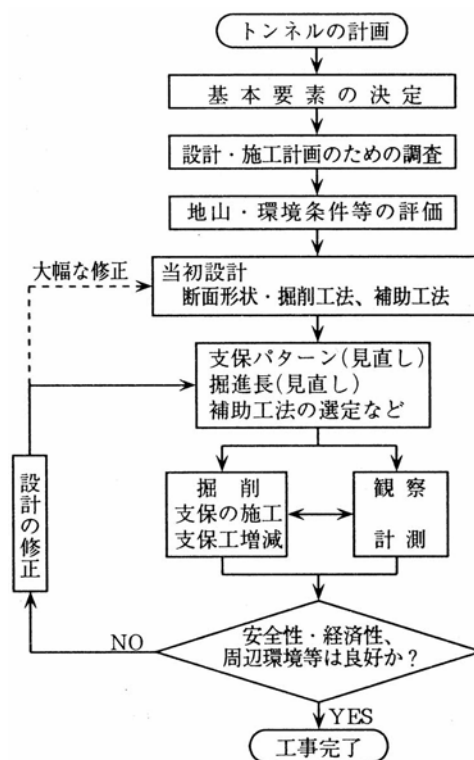


図1-42 補助工法に着目したトンネルの調査・設計・施工の流れ

11-2 補助工法の選定

当初設計に補助工法を計画することが合理的であると判断される場合、または、トンネルの施工中に補助工法の必要が認められた場合には、地山条件、施工の安全生、施工サイクルへの影響、周辺環境への影響等を考慮し、目的、効果、安全性、施工性及び経済性について検討を行い、合理的な工法を選定する必要がある。代表的な補助工法についてその使用目的と対象地山に分類したものを表1-32に示す。なお、選定に際しては「NEXCO設計要領第三集トンネル」の6-2～6-4を参考とする。

表1-32

補助工法の選定 (「トンネル標準示方書」を一部加筆修正)

工 法	目 的						対 象 地 山			補助工法の区分
	湧水対策	施工の安全性確保			周辺環境の保全		硬岩	軟岩	土砂	
		切羽安定対策	天端の安定	鏡面の安定	脚部安定	地表面沈下対策				
先受け工	フォアボーリング (非充填式・充填式、注入式)	◎	○				○	◎	◎	A
	パイプルーフ	○	○			◎	○		◎	B
	水平ジェットグラウト (噴射攪拌)	○	○			○	○		○	B
	長尺鋼管フォアバイリング (充填式、注入式)	○	○			○	○		○	B
	プレライニング	○	○			○	○		○	B
鏡面脚部の補強	鏡吹付コンクリート			◎			○	◎	◎	A
	鏡ボルト			◎			○	◎	◎	A
	仮インバート (上半、インバート)				○	○		○	○	A
	脚部補強ボルト				○	○		○	○	A
	ウイングリブ付鋼アーチ支保工				◎	○		○	◎	A
湧水対策地山補強	水抜きボーリング	◎	○	○			◎	◎	◎	B
	水抜き坑	◎	○	○			○	○	○	B
	注 入	○	○	○	○	○	◎	○	○	B
	垂直縫地		○	○		○		○	○	B
	遮断壁	○				○	◎		○	B

注) ◎：比較的好く用いられる工法、○：場合によって用いられる工法を示す。

11-3 薬液注入による施工管理

注入工法の実施にあたっては、「薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針について」(建設省事務次官通達 昭和49年7月10日)によるものとする。

なお、ウレタン系薬液については、「山岳トンネル工法におけるウレタン注入の安全管理に関するガイドライン(案)」(日本道路公団、平成4年10月)によるものとする。

道路トンネル
技術基準
(構造編)・
同解説
第4編6.(1)

12 観察・計測

(1) 観察・計測の目的

トンネルの掘削に伴う周辺地山の挙動と各支保部材の効果を把握し工事の安全性及び経済性を確認することにある。

(2) 観察・計測の分類

トンネルの施工中に行う観察・計測は計測Aと計測Bに分類する。

1) 計測A……日常の施工管理の指標を得ることを目的とする。

この計測は知識と経験を有する技術者と、その補助員が常駐して行うものとする。

2) 計測B……設計へのフィードバックと設計標準パターンの検証。

類似した条件のトンネルへの設計資料その他の蓄積を目的とする。

この計測は専門の技術者に行わせるものとする。

(3) 計測A

計測Aは、日常の施工管理のために必ず実施すべき計測項目で下記項目を計画するものとする。

1) 観察調査

2) 天端沈下測定

3) 内空変位測定

4) 地表沈下測定

(4) 計測B

計測Bは、地山条件に応じ計測Aに追加して選定する計測項目で下記項目等があるが、大きな塑性地圧や破砕帯等で計測が必要となる場合は担当課と協議するものとする。

1) 原位置調査・試験

7) 鋼アーチ支保工応力測定

2) 地山試料試験

8) 覆工応力測定

3) 坑内地中変位測定

9) 盤ぶくれ測定

4) ロックボルト軸力測定

10) A E測定

5) 吹付けコンクリート応力測定

11) ロックボルト引抜き試験

6) 地表・地中の変位測定

(注) ロックボルトの軸力測定及び引抜き試験と施工管理で行う試験とは別途と考える。

表1-33 調査の項目渡り内容

出展：道路トンネル観察・計測指針(H21.2) P12~13

計測項目	計測によって求められるおもな事項	計測種別注1)	
坑内観察調査	①切羽の自立性、素掘面の安定性 ②岩質、断層、破砕体、褶曲構造、変質帯等の性状把握 ③支保工の変状把握 ④当初の地山区分の再評価	A	
1 原位置 調査・ 試験	坑内弾性波速度測定	①当初の地山区分の再評価 ②緩み領域 ③地層の亀裂、変質の程度 ④岩盤としての強度の把握	
	ボーリング調査	①岩質、断層、破砕体、褶曲構造、変質帯、ガス等の性状把握 ②地山試料の採取	
	ボーリング孔を利用した調査	地耐力(標準貫入試験)、水圧、透水性試験(涌水圧試験)、変質係数(孔内水平載荷試験)	
	岩盤直接せん断試験	粘着力(c)、内部摩擦角(ϕ)、残留強度(c' 、 ϕ')、変形係数	
	ジャッキ試験(平板載荷試験)	変形係数、地盤反力係数	
	ポイントロード試験(点載荷試験)	点載荷強度	注2)
	シュミットハンマー試験	シュミットハンマー反発値	注2)
2 地山試 料試験	針貫入試験	針貫入勾配	
	一軸圧縮試験	一軸圧縮強度(σ_c)、静ヤング率(E_s)、静ポアソン比(ν_s)	
	超音波伝播速度測定	P波速度(V_p)、S波速度(V_s)、動ヤング率(E_d)、動ポアソン比(ν_d)	
	単位体積重量試験	単位体積重量(γ)、含水比(w)	
	吸水率試験	吸水率	
	圧裂引張試験	圧裂引張強度(σ_t)	
	クリープ試験	クリープ定数	
	粒度分析試験	土砂地山の場合、切羽の安定性の判断資料とする 泥岩、温泉余土等の場合、膨張性の判断資料とする	
	浸水崩壊度試験(スレーキング試験)	軟岩の場合、水に対する安定性の判断資料とする	
	三軸圧縮試験	粘着力(c)、内部摩擦角(ϕ)、残留強度(c' 、 ϕ')	
	X線分析試験	粘土鉱物の種類(膨張性粘土の有無)	
陽イオン交換容量試験	粘土鉱物の含有量の推定		
3 計測	天端・脚部沈下測定	トンネル天端・脚部の絶対沈下量を監視し断面の変形状態を知り、トンネル天端・脚部の安定性を判断する	A
	内空変位測定	変位量、変位速度、変位収束状況、断面の変形状態により、①周辺地山の安定性 ②支保工の設計・施工の妥当性 ③覆工の施工時期等を判断する	A
	地表面沈下測定	坑口部や土被りの小さい区間でトンネル縦断方向に地表面の沈下量を測定し、トンネル掘削の地表面への影響とトンネルの安定性を評価する	A 注4)
	坑内地中変位測定	トンネル周辺の緩み領域、変位量を知り、ロックボルトの長さ、設計、施工の妥当性を判断する	B
	ロックボルト軸力測定	ロックボルトに生じたひずみから、ロックボルト軸力を算出し、効果の確認、ロックボルト長、ロックボルト径の適否を判断する	B
	吹付けコンクリート応力測定	吹付けコンクリート応力から、支保効果の確認、増吹き必要性等を判断する	B 注5)
	地表面・地中の変位測定	トンネル掘削による地表への影響、沈下防止対策、の効果判定、トンネル周辺の緩み範囲を推定する	B
	鋼アーチ支保工応力測定	鋼アーチ支保工応力により支保工の大きさ、ピッチの適否を判断する 鋼アーチ支保工に作用する土圧の大きさ、方向、側圧係数を推定する	B
	覆工応力測定	覆工コンクリートの安全性、双設トンネルの相互干渉の有無を確認する	B
	ロックボルト引抜き試験	ロックボルトの定着効果を確認し、引抜き耐力から適正な定着方式や、ロックボルトの種類を選定を目的として実施する	B 注6)
	A E測定	山はね現象の発生の危険度を評価する	B
	盤ぶくれ測定	インバートの必要性、効果の測定をする	B
4 前方探 査	坑内弾性波探査	切羽前方にある断層・破砕帯等の位置や幅等を把握する	
	削孔検層法	削孔速度や削孔のエネルギーを算定し、地山状況との比較により断層・破砕帯等の位置や幅等を把握する	
	探りノミ	切羽前方の地質状況や地下水状況を簡易に把握する	

注1) 計測種別のAは日常の施工管理のために必ず実施すべき計測(計測A)をいう。計測種別のBは地山条件に応じ、計測Aに追加して選定される計測(計測B)をいう。なお、計測種別が空欄のもの、あるいは本表に示されていない試験、計測項目についても、必要と認められるものについては実施する。

注2) 場合によっては計測Aに含まれることがある。

注3) 地山試料試験の試験項目は地山条件に応じて選定する。

注4) 地表面沈下測定にはトンネル中心線上に測点を設置する計測Aのほかトンネル横断方向にも測点を設置する計測Bがある。

注5) 吹付けコンクリートの応力測定のうち、トンネル半径方向の測定を背面土圧測定、接線方向の測定を吹付けコンクリート応力測定とよぶ。

注6) ここでいうロックボルト引き抜き試験は、施工前あるいは掘削の初期段階で実施するものであり、日常の施工管理としてのロックボルト引き抜き試験は

計測Bとしては取り扱わない。

1) 天端・脚部沈下、内空変位の測定間隔と頻度

天端・脚部沈下および内空変位測定は、同一断面において実施することを原則とする。

表 1-34 測定の間隔

条件 地山等級	坑口付近	土かぶり 2D以下 (D:トンネル掘削幅)	施工初期の段階	ある程度施工の 進んだ段階
A、B	10m	10m	20m	必要に応じて実施
C I、C II	10m	10m	20m	30m
D I、D II	10m	10m	20m	20m
E	10m	10m	10m	10m

注1) 施工の初期の段階とは、200m程度の施工が進むまでの段階をいう。

表 1-35 測定の頻度

頻 度	測定位置と 切羽の離れ	変位速度	摘 要
2回/1日	0~0.5D	10mm/日以上	測定頻度は、変位速度より定まる測定頻度と切羽からの離れより定まる測定頻度のうち高い方を採ることを原則とする。
1回/1日	0.5~2D	5~10mm/日	
1回/2日	2~5D	1~5mm/日	
1回/1週	5D以上	1mm/日以下	

注) Dはトンネル掘削幅

2) 測点配置

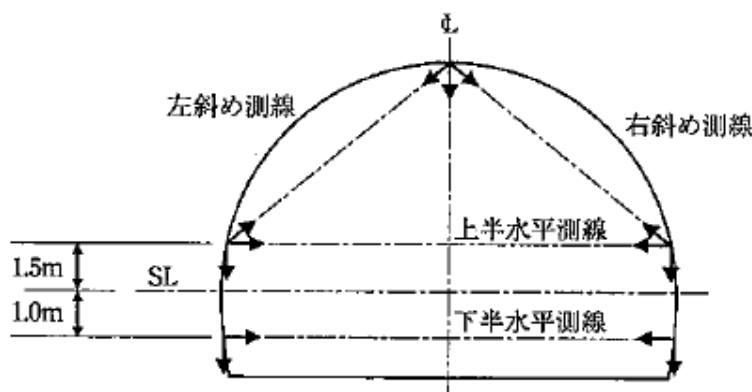


図 1-43 測点配置の例

測点を設置する上で、以下のような点に留意するとよい。

- ① 地山がよく、変位が非常に小さい場合や小断面を掘削する場合には、下半盤の水平測線を省略してよい。
- ② 変位が大きい場合や偏圧が著しい場合、盤ぶくれ等の特殊地山、あるいは大断面トンネルでは、必要に応じてアーチ肩部の左右等に測点を追加して測定する。
- ③ 中壁分割工法の場合には、中壁に測点を追加して測定する。ただし、通常の2車線断面トンネルの場合には上半盤の高さがSL付近の位置になるが、大断面トンネルの場合には上半盤の高さがSL付近の位置になるとは限らない。このような場合、測線の位置は

道路トンネル
観測・計測指針
3-2-2

道路トンネル
観測・計測指針
3-2-3

上半盤の底盤から1.0～1.5m程度の高さの位置に設定する必要がある。

3) 地表沈下測定

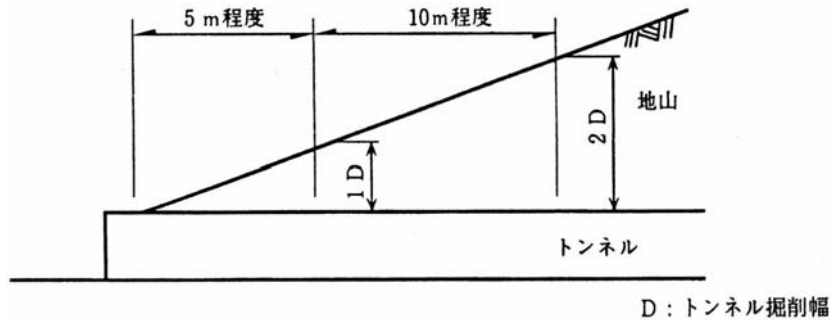


図1-44 地表沈下の測定間隔

坑口部および土被りの小さいトンネルで地表面沈下測定を行う場合は、トンネル中心線上に測点を設けることを標準とする。

地表面沈下の測定間隔は上図に示す。なお、土被りが2D以上であっても、地質、地下水、偏圧等を考慮し、地表面沈下が予想される場合は、随時、地表面沈下測定を行う。

測定は、切羽掘削による沈下の影響が現れる以前から沈下が収束するまで継続する。

13 その他構造物の設計

13-1 避難連絡坑

避難連絡坑は併設される上下線トンネル相互間を連絡するもので、トンネル内に設置される非常駐車帯の反対側側壁部に設ける。この設計にあたっては、原則として「6 支保工の設計」等の諸規定に準じて行うものとし、その内空断面は図1-45を標準とする。

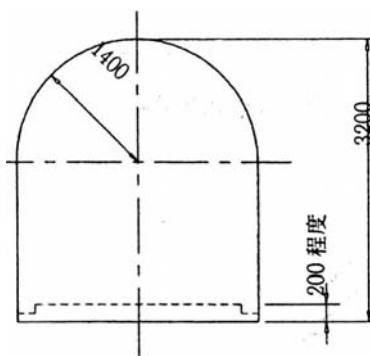


図1-45 避難連絡坑の内空断面

避難連絡坑の計画高は、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し、その出入口部は利用者の非常時における進入脱出に支障を来さないように本坑との接続部の段差を小さくするものとする。また、連絡坑内は斜路化に努め、延長が長い場合には途中に踊り場を設けたり、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置を行うものとする。(図1-46参照)

しかし、トンネル間の高低差が大きい等で斜路とすることに問題がある場合には階段で計画することができるが、その勾配は1/2以下を標準とし、やむを得ない場合でも蹴上げ寸法16cm以下、踏み面寸法26cm以上とする。また、階段部の高さが3mを超える場合には、高さ3m以内毎に2m程度の踊り場を設けるものとする。

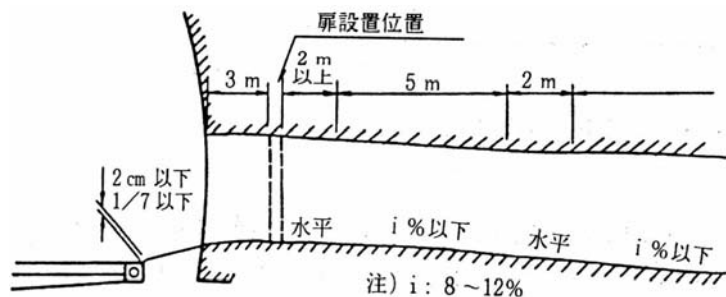
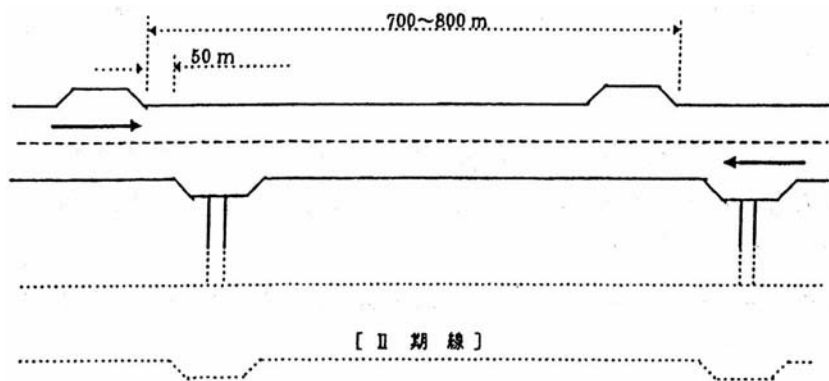


図1-46 標準的な斜路の例

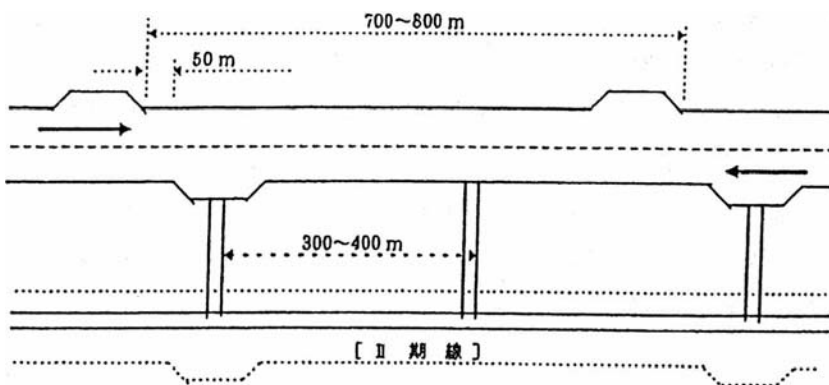
なお、避難連絡坑と本坑との交差は原則として直交とするが、施工上の便宜を図る上で斜交とすることもできる。

対面通行で暫定的に供用されるトンネルにあつては、下記のとおり避難連絡坑を設置するものとする。

- ① 避難連絡坑は、700～800m 程度の間隔でⅡ期線に向けてⅠ期線施工時にある程度掘削するものとし、原則としてⅠ期線の将来追越車線側の非常駐車帯と対の位置に設置にするものとする。



- ② 避難坑を設けるトンネルにあつては、設置間隔が 300～400m 程度になるようにⅠ期線の将来追越車線側非常駐車帯と対の位置およびその中間付近に避難連絡坑を設置するものとする。



13-2 諸設備のための箱抜き

トンネルの側壁部等には、照明設備や非常用設備、換気設備等の機器を埋設・設置するための空間(箱抜き)を設けるものとする。

設計にあたっては、箱抜きの形状や機器の配置がトンネル毎に異なるので、それぞれの詳細設計に示された形状や配置の条件に従うものとする。

箱抜きの形状寸法の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、形式寸法の大きな箱抜き(例えば、非常電話ボックス)は、覆工等に悪影響を及ぼすこともあるので、必要に応じて覆工等の補強を考慮しておかなければならない。

なお、機器立ち上げ部の配管については埋め込み式とすることを標準とする。

14 トンネル照明設計

(1) トンネル照明施設設計に用いる基準書等

トンネル照明施設の設計は、「道路照明施設設置基準・同解説」(平成19年10月)、「電気通信施設設計要領・同解説(電気編)平成20年版(トンネル照明)」、「道路トンネル照明器材仕様書」(平成20年改版)、「LED道路トンネル照明ガイドライン(案)(H23.9)」等によるものとする。

(2) 設置計画

延長50mを超えるトンネルには入口部照明等を含む照明施設を設置するものとする。また、延長50m以下のトンネルにおいては、基本照明の夜間の平均路面輝度を満たす照明を設けるものとする。

(3) 光源の選定

光源は、「道路トンネル照明器材仕様書」(平成20年改版)に規定された性能を満足するものとし、ライフサイクルコスト等を勘案して選定するものとする。

また、光源の種類は単一光源に限らず、これらの光源を組み合わせることもできる。原則としてLED道路灯を採用し、既設灯の更新においてもできる限りLED道路灯を採用するものとする。

(4) 器具の選定

照明器具は直付け型または埋め込み型で、「道路トンネル照明器材仕様書」(平成13年改訂)に適合するものとする。

(5) 照明器具の配列、取り付け高さ、振り向け

配列方式は向き合わせ配列あるいは千鳥配列を標準とするが、実情に応じて片側配列または中央配列とすることもできる。

器具は、建築限界外の路面上4m以上の高さとなる位置に、歩道等がマウントアップされている場合には中心軸が車道幅員の3/4地点(反対側車線の中央)を向くように、またそうでない場合には反対側車線の外側線を向くように取り付ける(図1-47)。

(6) 基本照明の性能指標

1) 平均路面輝度

基本照明における平均路面輝度は表14-1を標準とするが、交通量が10,000台/日未満の場合は1/2に低減させてもよい。ただし0.7cd/m²未満であってはならない。

2) 輝度均斉度

総合均斉度0.4以上を原則とする。(車線軸均斉度0.6以上を推奨する。ただし、一般国道で設計速度60km/h以上の場合に、交通量により平均路面輝度を低減しているトンネルの車線軸均斉度はこの限りでない。)

3) 視機能低下グレア

視機能低下グレアは、相対閾値増加15%以下を原則とする。

(7) 取付間隔と路面輝度均斉度

一般に照明器具の配列別に照明器具の取付高さ(H)に対する取付間隔(S)との関係において、向き合わせ配列の場合、 $S \leq 2.5H$ とされているが、取付間隔 $2.5H$ を上回る場合があっても総合均斉度 $U_0 \geq 0.4$ が満足されるときは経済性を考慮してその間隔にすることが出来

るものとする。

なお滅灯時（千鳥配列）においても総合均斉度 $U_0 \geq 0.3$ を満足することが望ましい。

歩道等がマウント・アップされている場合

歩道等がマウント・アップされていない場合

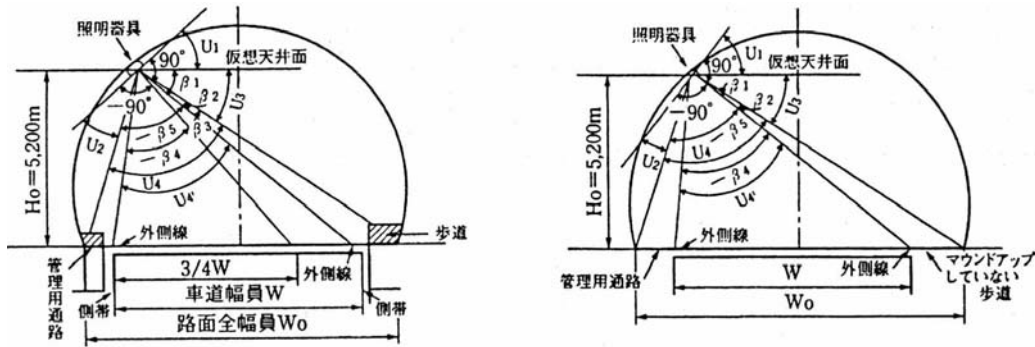


図1-47 光軸(中心軸)の位置

表1-36 基本照明の平均路面輝度

設計速度 (km/h)	平均路面輝度 (cd/m ²)
100	9.0
80	4.5
70	3.2
60	2.3
50	1.9
40以下	1.5

(7) 照明の調光

基本照明の平均路面輝度は夜間等においては、表1-36に示す値よりも低い値とすることができるが、この値は最低でも 0.7 cd/m^2 を下回らないものとする。

また、曇天時には入り口証明の路面木戸を $1/2$ に低減するものとする。

(8) 器具の配置

基本照明の器具取り付け間隔は、光束法による照明計算によって算出し、その間隔における場合の平均路面輝度を照査した上で決定した値と、器具の配列方式毎に取り付け高さとの関係から定められている標準値とを、交通量や経済性等について検討し決定するものとする。

道路照明施設設置基準
同解説

(9) 保守率

照明施設は、経年による光源の光束低下や器具の汚れにより路面輝度が設置当初の値よりも減少するため、設計時にあらかじめこれを見込んでおく必要がある。この係数を保守率というが、この値は道路構造、交通状況、ランプの交換間隔やその方法、清掃間隔によって異なり、標準値は0.5~0.7とされている。本要領では「トンネル照明設計指針」（高速道路調査会）の基準に従い表1-37に示す値を標準とする。

表1-37 保守率

日交通量 a	$20,000 \leq a$	$10,000 \leq a < 20,000$	$5,000 \leq a < 10,000$	$a < 5,000$
保守率	0.55	0.6	0.65	0.7

(10) 停電時照明

電気設備の故障などによるトンネル内の停電時には、通常の電源以外の電源によって照明を行わなければならない。停電時照明の電源には、蓄電池方式と自家発電方式とあるが、採用に当たっては照明施設以外の電力使用施設との関係もあるため、経済性や保守性を総合的に検討した上で選定するものとする。

また、この照明は停電後10分以上持続するものとする。

(11) 接続道路の照明

接続道路の照明は、夜間時トンネル入り口付近の道路幅員の変化や、出口に接続する道路の線形や障害物の存在を明示するために必要である。このため、トンネルに続く道路には坑口から15m付近の進入車線側に照明灯を1基設置するものとする。ただし、坑門と交差性や橋梁が近接する場合等で、その設置位置が合理的でないと判断される場合には適当な位置に変更できる。

(12) 非常駐車帯の照明

非常駐車帯は、トンネル内で故障等を起こした車両の駐車場所であり、簡単な修理を行う場所であるので、その照明は光源に蛍光ランプを用い、路面照度は75 Lx以上を標準とする。

(13) 配線・配管設計

配線設計は、器具の負荷容量、電圧降下、電源供給方式等を考慮して「内線規定」等に従って行うものとする。なお、使用ケーブルの最小断面積は 2.0mm^2 とする。

配管設計においては電気通信施設設計指針（電気編）によるものとする。

配管設計においては、ケーブルの被覆絶縁物を含む断面積の総和が管の内断面積の32%以下になるようにしなければならない。また、管路材は硬質ビニル電線管あるいは合成樹脂可とう電線管を標準とする。

道路照明施設設置基準・同解説
5-6

電気通信施設設置要領・同解説
(電気編)
4.3.8

道路照明施設設置基準・同解説
5-7

電気通信施設設計要領・同解説
(電気編)
4.4.4

15 トンネル非常用設備

(1) トンネル非常用設備設計に用いる基準書等

トンネル非常用設備の設計は、「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説」(平成13年10月)によるものとする。

(2) 施設設置計画

トンネルの等級区分及びトンネル等級別の非常用施設の設置標準は次のとおりである。

1) トンネルの非常用施設設置のための等級区分は、その延長及び交通量に応じて図1-48に示すように区分する。

ただし、高速自動車国道等設計速度が高い道路のトンネルで延長が長いトンネルまたは平面線形、もしくは縦断線形の特屈曲している等見通しの悪いトンネルにあたっては一階級上位の等級とすることが望ましい。

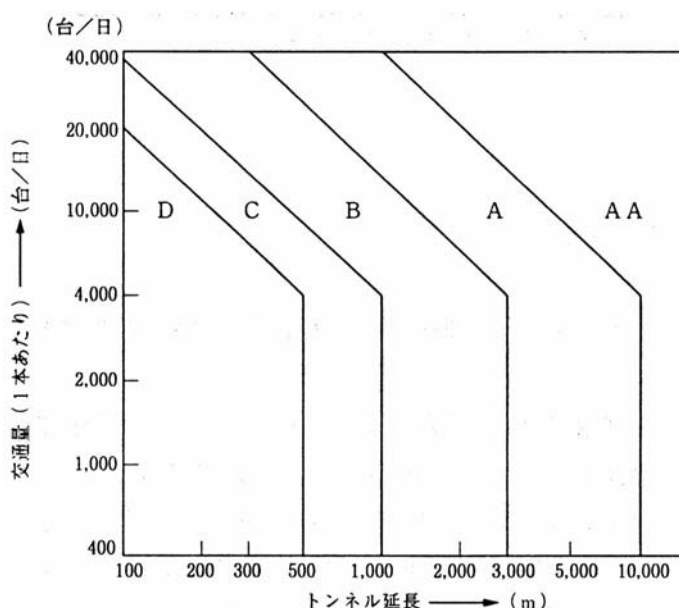


図1-48 トンネル等級区分

2) トンネルには、火災その他の非常の際の連絡や危険防止、事故の拡大防止のため、トンネル等級区分に応じて、表1-38に示す施設を設置するものとする。

表 1-38 トンネル等級別の非常用施設

非常用施設		トンネル等級				
		AA	A	B	C	D
通報・警報設備	非常電話	○	○	○	○	
	押しボタン式通報装置	○	○	○	○	
	火災検知器	○	△			
	非常警報装置	○	○	○	○	
消火設備	消火器	○	○	○		
	消火栓	○	○			
避難誘導設備	誘導表示板	○	○	○		
	排煙設備又は避難通路	○	△			
その他の設備	給水栓	○	△			
	無線通信補助設備	○	△			
	ラジオ再放送設備又は拡声放送設備	○	△			
	水噴霧設備	○	△			
	監視装置	○	△			

(注) 上表中「○印は原則として設置する」、「△印は必要に応じて設置する」ことを示す。

(3) 各施設の配置計画

1) 通報・警報設備

①非常電話

非常電話設備は、電話機とその位置を明示するための表示灯や案内板等により構成される。

非常電話の取り付け高さは、利用者が容易に取り扱えるように、送受話器の高さを路面または監視員通路面より 1.2~1.5m にすることが適当である。設置間隔は一方通行および対面通行の場合で片側 200m 以下とする。ただし、対面通行トンネルにおいて片側 200m 間隔の千鳥配置としている例もある。なお、案内板は電話を設置する側に 25m 間隔で設置する。(図 1-49 参照)

電話機は N T T の技術基準に適合したもので、N T T からの支給品とする。

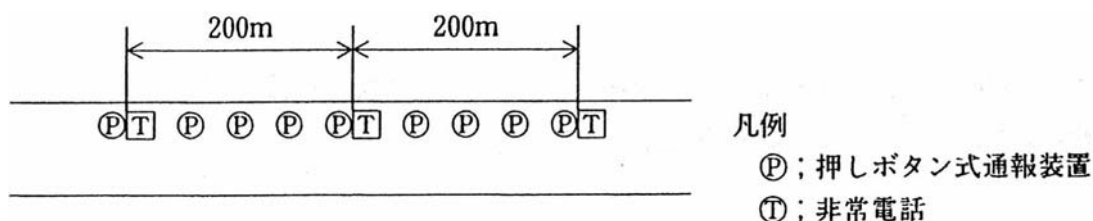


図 1-49 非常電話の設置間隔

②押ボタン式通報装置

押ボタン式通報装置は、押ボタンスイッチと赤色表示灯で構成される。

取り付け高さは、非常電話と同様に利用者が容易に取り扱えるように、路面または監視員通路面より0.8～1.5mにすることが適当である。

設置は一方通行および対面通行の場合で片側50m間隔を標準とする。ただし、対面交通トンネルにおいて片側100m間隔の千鳥配置としている例もある。

また、設置箇所に消火栓、消化器箱及び非常電話が設置される場合には、箱抜きの一体化を考慮して併設することが望ましい。

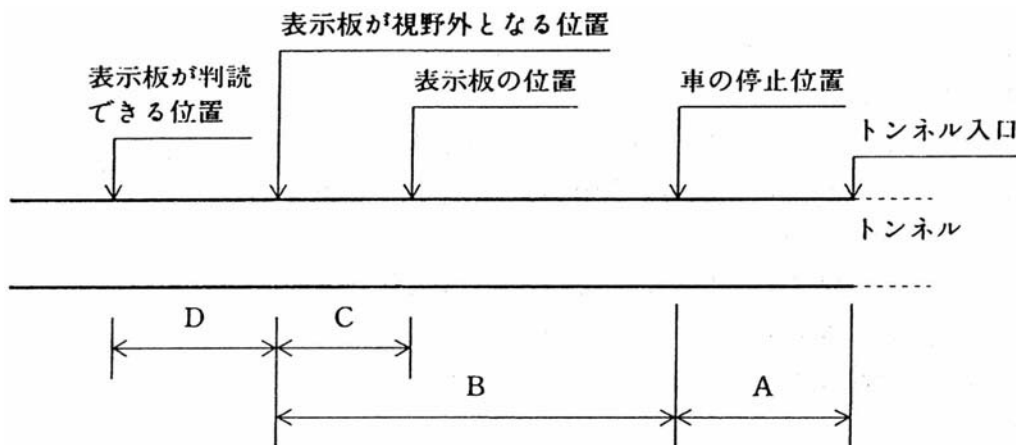
③火災検知器

光式火災検知器とし二波長式ちらつき型火災検知器またはCO₂共鳴式ちらつき型火災検知器とする。

取付間隔は25m、取付高1.2～1.5m片側配列を標準とする。

④非常警報装置

警報表示板の設置位置は、トンネル坑口付近で、トンネル利用者などが表示内容を十分視認し、安全に停止できるような位置に設けるものとし、図1-50に走行速度と警報表示板の設置位置の関係例を示す。



項目	設計速度	
	一般道路	高速道路
	60km/h	100km/h
A：停止余裕距離（料金所なし）	50m	50m
B：車の制動距離（反応距離+ブレーキを踏んで停止するまでの距離） ³⁾	85m	200m
C：表示が運転者の視野外となる距離 ²⁾	30～40m	
A+B-C：トンネル坑口と表示板の距離	95～105m	210～220m
D：判読所要距離（4文字とする）	50m	83m
C+D：最小限の視認距離	80～90m	113～123m

図1-50 警報表示板位置図の例(参考)

2) 消火設備

① 消火器

消火器は、手さげ式粉末ABC型(6kg型)が一般的であり、2本を1組として消火器箱内に格納するものとする。

消火器箱の材質はステンレス鋼製を標準とする。

消火器の配置位置は、一方通行および対面通行トンネルにおいて片側50m間隔を標準とする。ただし、対面通行トンネルにおいて片側100m間隔の千鳥配置としている例もある。

設置高さは、他の非常用施設の配置との関連、持ち出しやすい高さ及びトンネル形状などとの関係を考慮して決定する。

② 消火栓

消火栓は、口径40mm、放水量130L/min、放水圧力0.29MPaを標準とし、ホース長さは30mを標準とする。

消火栓箱の材質はステンレス鋼製を標準とする。

消火栓箱の外表面は原則として赤色蛍光塗装仕上げとする。

消火栓の設置位置は、片側50m間隔を標準とする。

消火栓箱は、材質及び塗装を前項の消火器箱と同様とする。

③ 消火ポンプ

消火ポンプは、電動機直結駆動の渦巻きポンプを標準とし、送水対象となる消火栓、給水栓等に対して必要な同時放水量を必要圧力で送水できるものとする。

④ 貯水槽

給水源は、公共用上水道を一般的とするが、公共用上水道による水源の確保が困難な場合は、トンネル湧水、井戸、沢水等から年間を通じて必要量の確保が確実にできるよう検討計画すること。

貯水槽は、各消火設備に対しての基準容量に若干の余裕を加え十分な容量となるよう計画すること。

3) 避難誘導設備

① 誘導表示板

トンネル中央を境に100mピッチで千鳥配置とし、坑口から200m程度までとする。ただし、曲線トンネルの場合は坑口が確認できる位置までとする。また500m以下のトンネルで両坑口が確認できる場合は、表示しなくてもよい。

誘導表示板は非常電話の近くに設置するものとする。

等級区分A級以上のトンネルの誘導表示板は内照式とする。

誘導表示板のレイアウトは図1-49、図1-50、とおりにする。

道路トンネル
非常用施設
設置基準・同解説
(H13.10)

4-3

道路トンネル
非常用施設
設置基準・同解説
4-3

4) その他の設備

その他の設備として通報・警報設備、消火設備および避難誘導設備を補完し、消火活動を容易にするための設備をトンネルの防災等級に応じて設置するものとする。なお、設置に当たっては、前記の基準書によるものとする。

道路トンネル
非常用施設
設置基準・同解説
4-4

(4) 配管・配線

1) 配管

- ①縦断部は歩道又は監査廊部の地中とする。
- ②機器への立上がり、立下がり部は埋込を原則とする。
- ③コンクリート内埋設配管とする場合は、耐衝撃性硬質ビニール電線管(H I V E)とする。

(参考)
電気通信施設
設計指針
(電気編)
第5章 1-10

2) 配線

- ①電源線はC Vを原則とする。
- ②信号線はC P E V、C V Vを原則とする。

16 換気設備

16-1 換気設備の設計に用いる示方書等

換気設備の設計にあたっては、次の関係図書等に準拠して行うものとする。

なお、使用にあたっては最新版を使用するものとする。

関係図書	発行年月	発行者
道路トンネル技術基準	H15.5	建設省
道路トンネル技術基準（換気編） 以下「換気基準」・同解説	H20.10	日本道路協会
道路構造令の解説と運用	H16.2	日本道路協会
道路の交通容量	S59.9	日本道路協会

16-2 調査・計画

16-2-1 一般

道路トンネル換気計画は、トンネル建設の全体計画の一環として、交通量の推移、トンネル本体の建設計画等を勘案し、綿密に行わなければならない。その手順の一例を示すと、下記のとおりである。

- (1) トンネルのルート選定
- (2) 換気設計上必要な資料の収集
- (3) 所要換気量の算定
- (4) 換気の基本計画の作成（換気方式の選定）
基本換気方式におけるトンネル周辺への影響照査
- (5) 断面計画および風量・風圧計算
- (6) 非常用設備計画……排煙設備の確認
- (7) 設備諸元の決定
- (8) 換気機器等の製作・施工
- (9) 運転調整

16-2-2 調査

換気計画にあつては、交通・気象・環境および地形・地物・地質等について調査を行わなければならない。

- (1) 交通量調査
交通量および大型車混入率、交通特性等の調査
- (2) 気象調査
自然換気力の算定のための坑口間差圧、風速、風向の調査
ただし、現実に難しい場合は、道路トンネル技術基準（換気編）・同解説による一般値を用いても良い。

道路トンネル
技術基準（換気
編）・同解説
2-1

道路トンネル
技術基準（換気
編）・同解説
2-2

(3) トンネル内現況調査

既設のトンネルにおける場合の交通量、CO濃度、煤煙濃度および換気機器の運転状態の調査

(4) トンネル外環境地用

換気により生ずる排気ガス、騒音等の影響が及ぶと思われる範囲の環境調査

(5) 地形・地物・地質調査

換気所及び立坑、斜坑等の換気用、構造物の位置選定のための調査

16-2-3 設計に用いる交通量

換気施設の設計に用いる交通量は、当該トンネルの設計交通容量を用いることを原則とする。ただし、当該道路の設計時間交通量が設計交通容量を大幅に下回る場合には、交通量として設計時間交通量を用いる事ができる。

設計に用いる交通量は、次のとおりとする。

なお、交通の集中性等により渋滞走行が予想される場合には、これらの状況においても最低限の換気状態が確保されるかどうか等について、検討することが望ましい。

道路トンネル
技術基準（換気
編）・同解説
2-3

16-2-4 換気の対象物質及び濃度

(1) 換気対象物質

トンネル換気施設設計の対象とする有害物質は、次のとおりとする。

生理的な影響を及ぼす物質……一酸化炭素（CO）

視野環境に影響を及ぼす物質……煤煙

(2) 設計濃度

換気施設の設計に用いる煤煙及び一酸化炭素の設計濃度は、トンネル内の交通の安全性及び快適性並びに維持管理作業の安全性を確保するために必要な値とするものとし、当該道路の設計速度に応じ、次の表に示す値を標準とする。

なお、歩道を有するトンネルで、且つ、歩行者が多い場合は、歩行者を対象とした設計濃度を別途設定しても良い。

設計速度	煤煙の設計濃度 (100m透過率)	一酸化炭素の 設計濃度
80km/h 以上	50%	100ppm
60km/h 以下	40%	

※走行速度は、Q-V図より設計速度を V_s/V_0 を乗じて算定するものとする。

また、渋滞走行時の設計濃度は、走行速度およびトンネル内滞留時間等から設定することが望ましい。

道路トンネル
技術基準（換気
編）・同解説
2-4

16-2-5 換気施設の必要性の検討

(1) 対面通行トンネル

対面通行のトンネルにおける交通換気力は交通量および方向別の交通量の変動により時々刻々変化する。このため、自然換気の効果を一律には決めがたいのが実情である。既往の実績から対面交通トンネルにおいて機械換気を行っているトンネルは、下図から次式で示される。

$$L \cdot N = 1000$$

但し、L：トンネル延長 (km) N：時間交通量 (台/h)

(2) 一方通行トンネル

一方通行トンネルの場合、交通換気の効果が一方向に作用するため、自然換気の限界は対面通行トンネルに比べて飛躍的に拡大される。

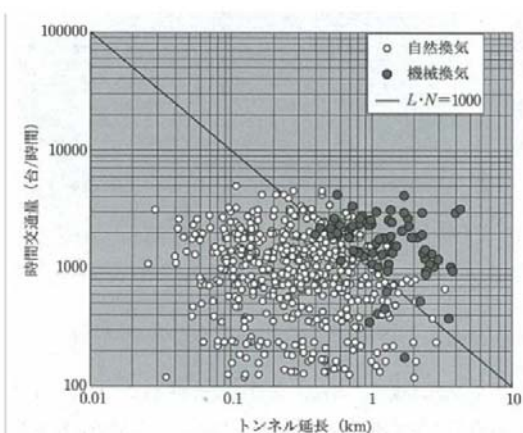
既往の実績によると、一方通行トンネルにおいて機械換気を行っているトンネルは次式で示される程度となっている。

$$L \cdot N = 3000$$

但し、L：トンネル延長 (km)

N：時間交通量 (台/h)

なお、前述した式は平均的なトンネルにおける自然換気の一つの目安であり、勾配が急なトンネル、延長が長いトンネル、大型車混入率が高いトンネル、渋滞が発生しやすいトンネルなどの特殊な場合の適用に当たっては、特に注意が必要であり、別途、検討することが望ましい。自然換気の目安(対面通行トンネル)



自然換気の目安(対面通行トンネル)

17 内装工

17-1 概説

トンネル内装工には運転者が安全に走行できるため視環境の改善及び、視線誘導を目的とする一般内装と坑口付近の騒音低減を図ることを目的とする吸音内装とがある。吸音内装は特殊であるため個別に検討するものとし、ここでは一般内装の標準的な基準を示す。

17-2 設置基準

トンネル内装工は、原則として図1-51に示す内装等級区分Ⅰ、及びⅡの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

- (1)幾何構造が厳しい。
- (2)大型車混入率が高いことが予想される。
- (3)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。

なお、内装等級区分の検討には、供用時より20年後の推定交通量(トンネル1本当たり)を使用したものとする。

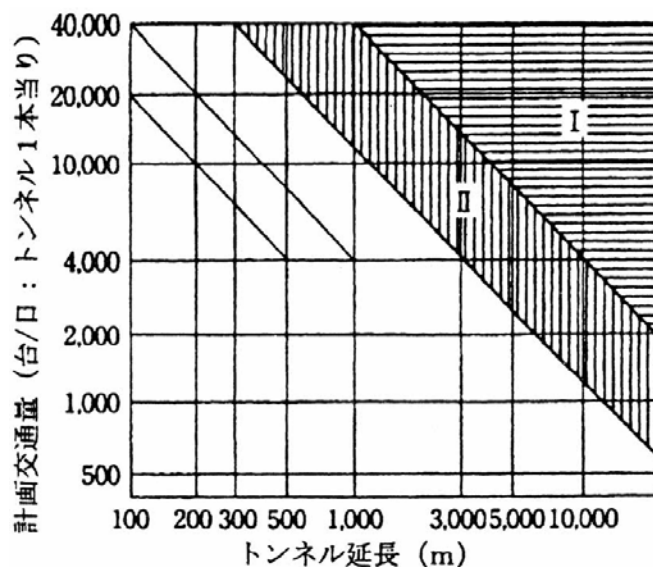


図1-51 内装等級区分

表1-39 内装等級の定義

内装等級	適用範囲
区分Ⅰ	図17-1に示すⅠに属する範囲のトンネル。
区分Ⅱ	図17-1に示すⅡに属する範囲のトンネル。

17-3 設置範囲

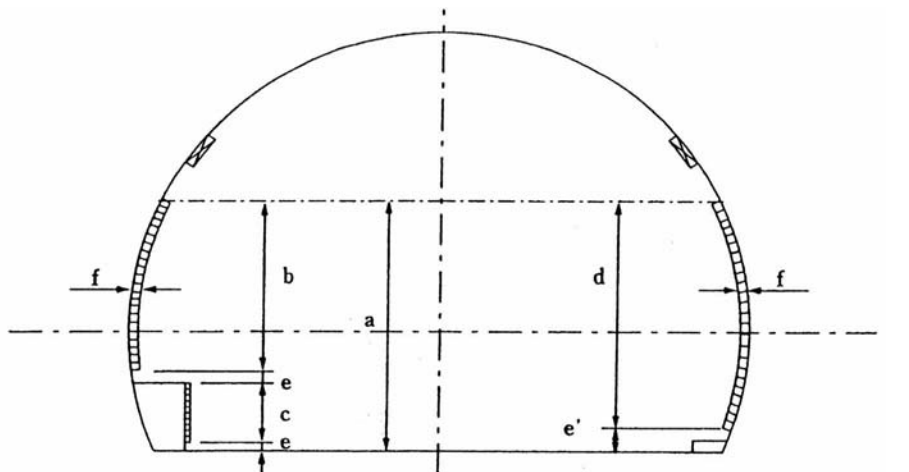
トンネル内装工の設置範囲は、当該トンネルの諸条件を考慮し、表1-40に示す区分に従って設置するものとする。

表1-40 内装等級と設置幅

内装等級	路面からの高さ	設置幅
I	3.5m	3.1m
II	2.5m	2.1m

(注1) 設置幅は図1-52のb、c、dを参照。

(注2) 具体的な設置高さについては、「トンネル標準設計図案」トンネル付帯工内装工図を参照。



a : 路面からの高さ b : 設置幅(走行側) c : 設置幅(監視員通路側面)
d : 設置幅(追越側) e, e' : 清掃余裕高 f : 浮かし幅

図1-52 内装工設置範囲

17-4 内装材料

17-4-1 内装材料

内装材料は道路条件、設置箇所、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1-41 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）

17-4-2 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1-42 内装板の設置方法と材料の種類(実績)

番組	名称	設置方法（施工法）	内装板の材種	取り付け位置
①	タイル直張り	(a)接着剤張り	タイル	監視員通路側壁部 覆工側壁部
		(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 (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	繊維強化セメント板	監視員通路側壁部 覆工側壁部
			ホーロー板	
			ステンレス板	
			その他	

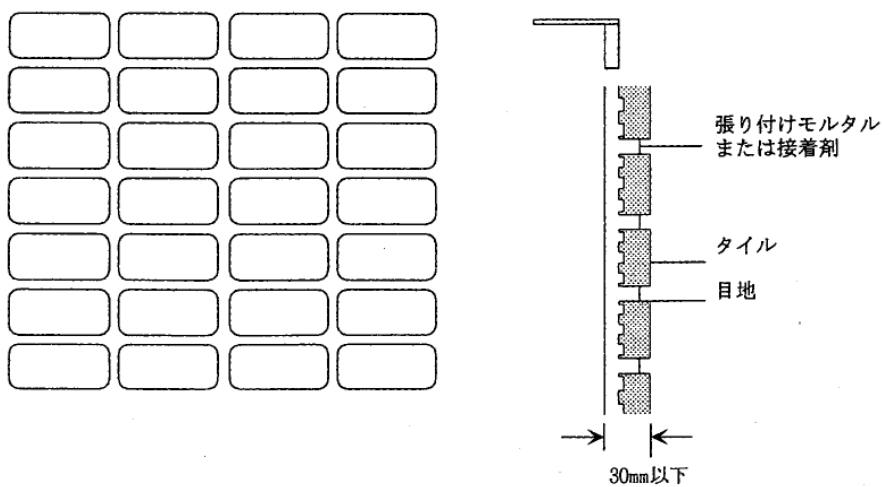


図1-53 タイル直張り

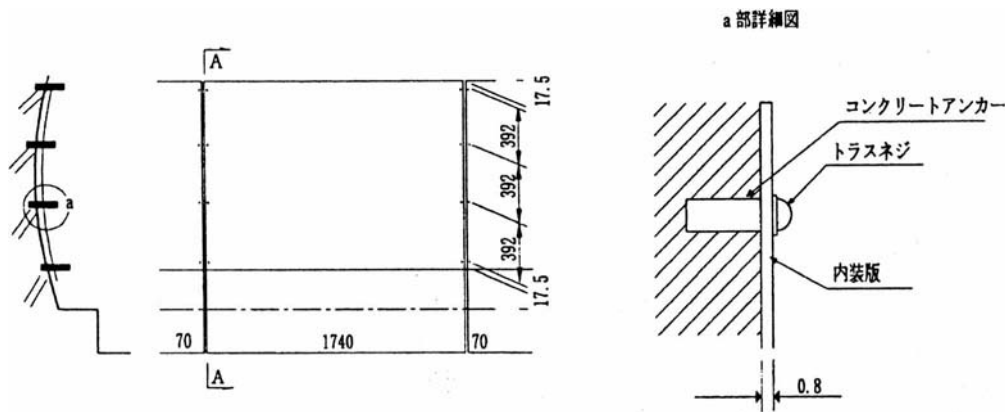


図 1-54 パネル直張り(ホーロー板の例)

17-4-3 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。

(i) 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 A 5209)の磁器質タイルを標準とする。タイルの裏足の高さは表 1-43 による。

表 1-43 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 以上

(ii) タイルの表面反射率

表面反射率の測定は、JIS A 5400 7.5 の 45° 0° 法による試験法とし、初期値は 65%以上とする。

(iii) 寸法・色

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・ブライツゆう薬を標準とする。

(iv) 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/mm² 以上とする。

(v) 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。

(vi) シーリング

タイルの上端部と横断部はシーリング(JIS A 5758)を施工するものとする。

(vii) 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。

(i) 耐火性

表 1-44 耐火性に関する事項

項目	基準値	備考
耐火性	建設大臣が指定する「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「不燃材料を指定する件」より不燃材申請による認定。

(ii) 内装材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い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 JIS A 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厚 4mm を標準とし、かつ表 1-45 に示す物性値を満足するものとする。

表 1-45 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	4.5N 以上	JIS A 1408 3. 1 および JIS A 5430 の試験方法による。(3号供試体)
	たわみ (mm)	10 以上	JIS A 1408 3. 1 の試験方法
	含水率 (%)	10 以下	JIS A 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	JIS A 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こと	
	初期反射率	60%以上	JIS A5400 7.5 視感反射率測定方法 JIS Z8722
	塗膜厚 (μm)	30 以上	
	塗膜硬度	無機塗膜 3~4 以上	モース強度
	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(JIS A 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	

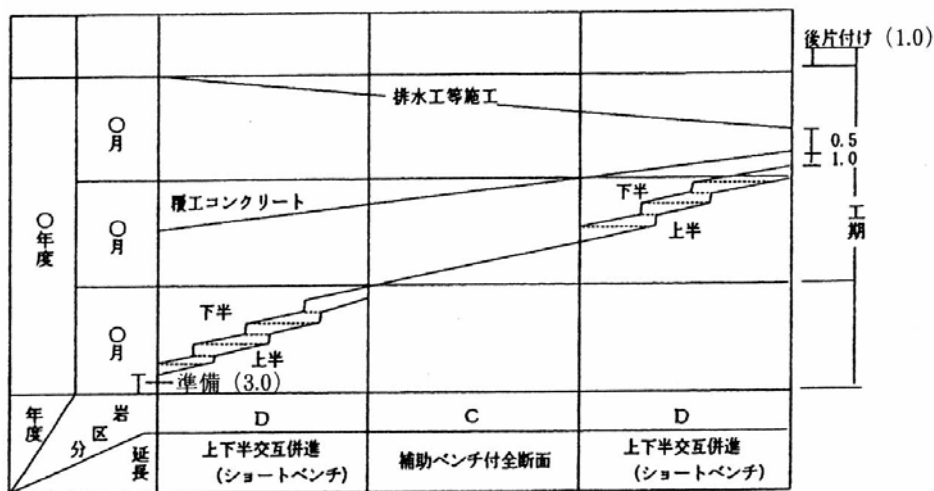
18 標準的な工程表作成の考え方

工程表の決定にあたっては、トンネル延長、地質、地形、掘削方式及び掘削工法等を考慮して決定する。

(1) 発破工法

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期間＋上下半交互併進時の下半掘削期間＋1.5ヶ月(特別な場合は別)＋排水工等雑工期間＋準備及び後片付け

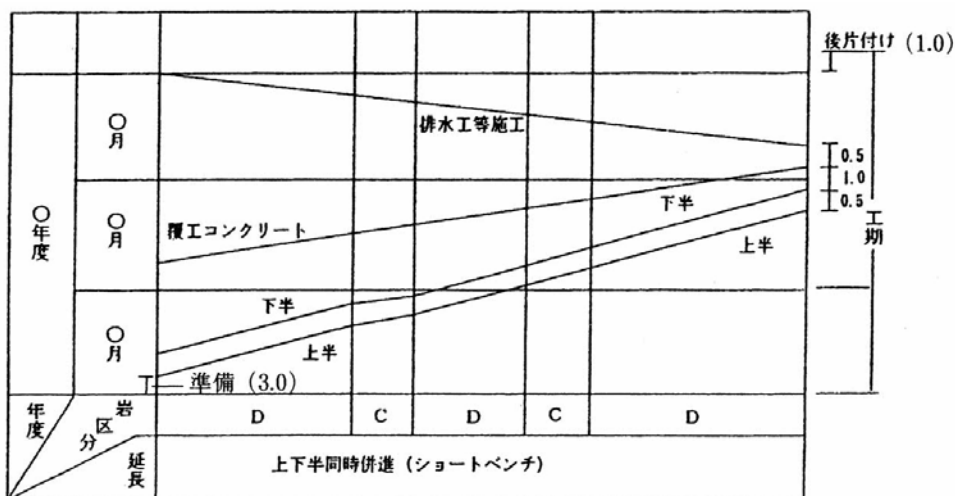
標準的な工程表作成の考え方(参考)



(2) 機械掘削工法

必要工期＝上半掘削期間＋2ヶ月(特別な場合は別)＋排水工等雑工期間＋準備及び後片付け

標準的な工程表の考え方(参考)



第2節 参考資料

1 掘削機械（自由断面掘削機）

（1）概要

岩石トンネル掘進機（自由断面掘削機）は元来、採鉱機械として発達し、その後、省力化あるいは急速施工等を目的として、軟岩用一般トンネルに使用されるようになった。また、最近では市街地近辺でのトンネル工事において発破の際に発生する種々の公害を避けるため、中硬岩および硬岩をも機械掘削で施工するケースが増えつつある。これはトンネルボーリングマシン(T. B. M)に比較して、小型軽量で機動性に富み、自由断面の切さくが可能、比較的low価格等の利点が考えられるためと思われる。

（2）掘削機の構造と特長

自由断面掘削機の呼称は、ロードヘッド、カッターローダ、ブームヘッド、アルピネマイナなどと各社異なるが、構造は、クローラ式または、車輪式の走行台車と、それに搭載されたカッタードラム式ブームに分れ、掘削は、カッタードラムを上下左右に巡回しながら行い、ずりは、かき寄せ装置（ギャザリング装置）または、ずりはね上げ式によりコンベアーに乗せ後方へ運搬するものである。

（3）掘削方式の選定

掘削方式の選定は下図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し、検討するものとする。

（4）掘削機の適用条件

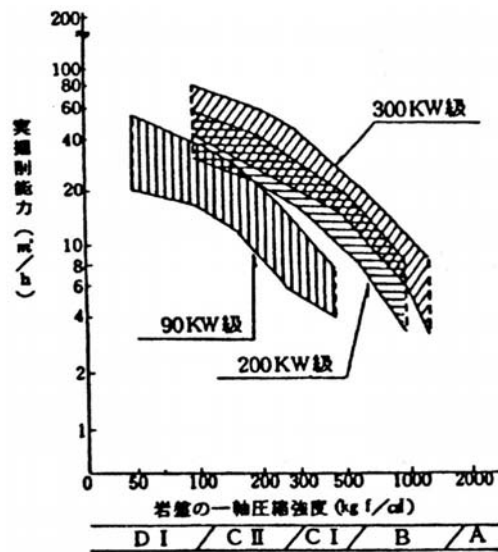
掘削機の選定にあたっては、トンネルの施工法、地質、掘削断面に適合したもので、かつ経済的で能率のよい機種を選定することが必要である。

低強度の岩質、未固結の地山で圧縮強度 $15,000\sim 20,000\text{KN}/\text{m}^2$ ($150\sim 200\text{kg f}/\text{cm}^2$) 程度の軟岩質の地山であれば掘削は容易に可能であるが、石英を多く含む地質や礫層が介在する地質では、カッター（ビット）の損傷が激しく掘削コストが増大する。中硬岩用機種を使用すれば、圧縮強度が $50,000\sim 60,000\text{KN}/\text{m}^2$ ($500\sim 600\text{kgf}/\text{cm}^2$) 程度の岩にも適用が可能であり、機種によっては $100,000\text{KN}/\text{m}^2$ ($1,000\text{ kg f}/\text{cm}^2$) 以上の硬岩の掘削実績もある。この場合、ビットの選択、掘削時の粉塵除去対策ならびに可能限度以上の硬岩に対する補助工法などについて、十分な検討を要する。

機械掘削を適用するにあたっては、経済的な掘削かどうか、掘削能力はどの程度か等を判断しなければならない。

掘削機による岩盤の掘削性については主に一軸圧縮強度、または、弾性波速度が判断の基準とされてきたが、岩質、亀裂の状態、含水状態にも大いに影響を受けるので、一概に決めることができない。

したがって、それぞれの機種に適用地質、掘削能力を明らかにすることは極めて困難であるが、何らかの目安も必要と考えられるので、図2-1に岩石の圧縮強度と実掘削能力の関係の概略図を示す。



(注) 本表は、あくまでも1つの目安であり、岩質により大きく異なることがあるので注意すること。

図2-1 掘削の能力と岩石の一軸圧縮強度の関係

(5) 掘削機の種類と選定条件

掘削機は、その構造から表2-1のように分類される。

自由断面掘削機の選定にあたって特に地質の要因は工事の成否をにぎる鍵である。メーカーの発表している公称能力は切さく可能という数字であり、経済掘進できる数値ではない。

表2-1 掘削機械の分類

分類方式	機 械	特 長	機 種
掘削方式	カッタードラムがブーム軸回りに回転	ブーム伸縮、駆動機構が簡単で強固な構造にできる。	ロードヘッド、ミニロードヘッド、ブームヘッド
	カッタードラムがブーム軸に対して直角に回転	掘削時の反力が上下方向に限定されるため、機体は軽量化できる。	アルピネマイナ、ミニヘッド、カッターローダ、フライスローダ、モービルマイナ
ずり積込み方式	かき寄せ方式	掘削と積込装置が別個に構成されるため、個々の構造は強固にできるが、構造は複雑。	ロードヘッド、ミニヘッド、ブームヘッド、アルピネマイナ、モービルマイナ
	かき上げ方式	構造が簡単で切さくと積込みが同時作業できる。 リングカット工法に適している。	カッターローダ、フライスローダ
	ブームスクリー方式	構造が簡単で、ズリ積込み時のトラブルが少ない。	ミニロードヘッド、ミゼットマイナ
走行方式	クローラ方式	狭い坑内においても機動性がよく、不整地箇所でも自由に走行できる。	ロードヘッド、アルピネマイナ、ブームヘッド、カッターローダ、ミニヘッド、フライスローダ、モービルマイナ
	レール方式	軟弱地盤に適するが、軟条布設作業が必要。	カッターローダ、フライスローダ、ミニローダヘッド

2 矢板工法

2-1 総則

NATMに準ずる。なお、矢板工法の検討に当って本資料を用いる場合には、担当課と協議するものとする。

2-2 トンネルの設計

NATMに準ずる。

2-3 内空断面の設計

2-3-1 内空断面の決定の諸条件

- (1) 換気設備の必要な場合は、その構造を十分検討のうえ内空断面に反映させなければならない。また、照明設備、非常用設備は、建築限界の余裕内に設けるものとする。
- (2) トンネル断面及び覆工厚は、側圧、かぶり、偏圧、土のゆるみ等地質、地形を十分検討して設計しなければならないが、トンネルの場合に最大荷重は最終時に作用することは必ずしもかぎらず完成直後、あるいは施工中に作用する場合もあり支保工の設計と合わせて十分検討して設計しなければならない。

また、一般的にある想定された荷重で設計されても、(イ) 設計時に想定した荷重及び分布が実際は異なる。(ロ) 覆工、構造及び材質が異なる。(ハ) 応力算出が正確でない。(ニ) 初期応力が施工中に発生する等により応力及び変形は必ずしも実際のトンネルでは作用しないのが普通であり設計に当たってはそれらを十分考慮する必要がある。

なお、一般的には設計断面は図2-2を標準とすることとした。

- (3) 断面を閉断面（インバート付）での検討は、(イ) 支持力が小さい。(ロ) ゆるい地質で鉛直荷重と横荷重を受け変位が考えられる。(ハ) 土被りが浅く、無凝集力の土質及び風化岩盤等で凝集力が小さい。(ニ) 膨張性地圧が発生する。または予測される。(ホ) 荷重のアンバランスによる偏圧がある。(ヘ) 土質が異なり荷重が非対象に作用する場合等に行い構造及び施工区間については、地質調査による各要素を十分検討して決めなければならない。また、過去の実績等も収集、検討する必要がある。
- (4) 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。したがって、建築限界の空高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。
- (5) 半横流式等天井部とダクトをもつ断面として約10m²程度（片口換気で1,000m程度）から約16m²（両坑口換気で約3,000m程度）程度までとし、1ダクト断面の変化は、トンネルアーチ部の内径を変えることなく、スプリングライン高さの調節によって行うことを原則とする。
- (6) 天井板
天井板の占有厚さは150mm程度とする。天井板として確保しなければならない。計画占有厚さは、天井版自体の厚さと撓み等を考慮して決定するものとする。

2-3-2 設計断面

標準幅員については昭和50年7月15日付建設省都計発40号建設省道企発51号道路幅員に関する基準(案)をもとに決定するが、運用にあたっては担当課と打ち合わせのうえ決定する。

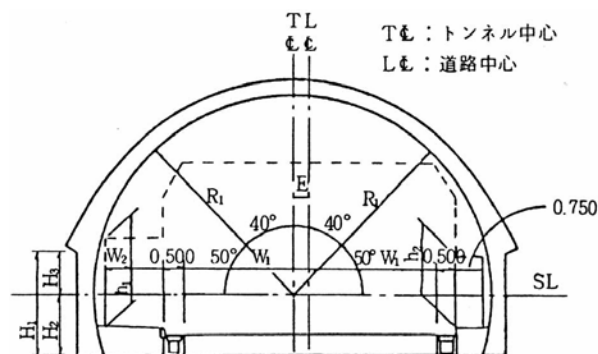


図2-2

2-4 地山分類

2-4-1 地山分類

トンネルの設計にあたっては地質調査資料をもとに、地山分類を行うものとし地山分類は表2-2によるものとする。

地山分類を適用するにあたっては、次の項目に留意したうえで用いなければならない。

(1) 表2-2は一般的な標準を示すもので、実状に即応しない場合には変更することができる。

(2) 岩質区分ABCDEは掘削支保工覆工の設計等に用いる。

(3) 岩質区分のうちEは特殊な岩質(大きな崖錐、大きな断層、破碎帯などの土圧の著しい)以外には用いない。

(4) 弾性波速度による判定基準について

(a) 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感を把握できないことが多く表2-2は調査を相当に行った場合であるので、表2-2よりランクを下げた方がよい場合もある。

(b) 輝緑岩・角閃岩・橄欖岩・斑れい岩・輝緑凝灰岩・泥岩は、蛇紋岩作用を受けやすいので同様の注意が必要である。

(c) 坑口および溪流部の近くではトンネルの上方および側方の「かぶり」が薄い場合が多い、その場合は弾性波速度に対して注意を払い、表2-2のランクを下げることも検討する必要がある。

(d) トンネル基盤より上部に約15mの同一速度層がない場合は地質図における上層(速度の遅い)の速度を採用する方が望ましい。

(e) 「かぶり」の薄いところでは、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(航空図化図、実測図、弾性波調査測量図)が地質区分の判定に大きな影響を与えるので特に考慮を払う必要がある。更に物理探査の解析誤差も加わる。

(f) 断層、破碎帯については弾性波速度のみでなく、その方向、かぶり、その他の判定基準を参考にして補正を行うものとする。

(5) 地質状態による判定基準について

設計の段階では弾性波速度の他、現地踏査、ボーリング試掘などの成果をこの基準にあてはめて岩質区分を行うが、施工中には掘削面の状態を精査して、この判定基準と比較し当初設計の岩質区分の確認を行う必要がある。

(6) ボーリングコアによる判定基準について

ボーリングコアによる判定基準およびコアの状態はボーリングの施工技術にも大き

く左右されるので、必ずしも一律な確定的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。

(7) 観察による判定基準について

岩石の硬さ、亀裂は局部的な観察では誤認しやすいものである。大局的な判断を行うべきであり、ここに示した判定基準は大まかな目安である。

(8) 地質状態による判定基準について

地圧測定あるいは支保工、覆行の応力測定などの実績及び Terzaghi の示した土荷重の表をもとにしてつくった判定基準であるが、地山のゆるみ高さは施工法にも関連するので同一岩質でも大きな差異が生じることもある。

(9) 地山分類の判定基準には、蛇紋岩、泥岩、頁岩に多くみられる膨張性地山、含水、および湧水の程度、スレーキング、ブロッキング状態は加味されてなく掘削中に変形、変状、盤ぶくれ等の原因になるもので判定に際しては十分注意が必要である。

表2-2 地山分類表

掘削区	岩室判 定 基 礎						
	岩石区分 (注)	弾性波速度					
		1	2	3	4	5	6
A	a						
	b						
	c						
	d						
B	a						
	b						
	c						
	d						
C	a						
	b						
	c						
	d						
D	a						
	b						
	c						
	d						
E	a						

掘削区	地質状態	ボーリングコアの状態	ハンマーの打撃による岩の割れ方	キレツの間隔および状態
A	(1) 岩質は非常に堅硬かつ新鮮なもので大塊状を呈し、層相変化が少なく、割れ目がほとんどないもの。 (2) 岩質は堅硬であるが厚い層状をなす岩で層理あるいは片理が認められ、その面に沿って割れ易いもの。	コア採取率は概ね90%以上で完全な柱状を呈し、細片はほとんど含まない状態のもの。	ハンマーがね返る。強くたたかろうじて新鮮な面で割れる。	50cm以上少ない。あっても密着。
B	(1) 岩質はかなり堅硬なものであっても風化作用のため変質した傾向がみられるもの。キレツには粘性土を含まない。 (2) 岩質は堅硬であるが厚い層状をなす岩で層理あるいは片理が認められ、その面に沿って割れ易いもの。	コア採取率は概ね70%以上で完全な柱状を示さないものを有し、多少の細片を含む。コアの大半がほぼ5cm以上のものが取れる状態のもの。	ハンマーで強くたたけば割れるが、ほとんどがキレツあるいは節理などに沿って比較的大きく割れる。	10~50cm間隔のこともあるがキレツは面に粘土を含まない。
C	(1) 風化作用を受けて岩石に変質をおこしているもの。 (2) 岩質は比較的堅硬であってもキレツが多く小塊状を呈しているもの。キレツは薄い粘性土を含まない。 (3) 層理や片理の顕著な岩で、非常に薄く割れ易い性質のもの。	コア採取率は概ね40~70%で、キレツが多く、まただけ易いために小さくなり、5cm以下の細片が多量にとれる状態のもの。岩石区分c dのものではコア採取率100%の柱状コアがとれる。	ハンマーで容易に割れる。比較的キレツ面などに沿って小片に割れ、むしろキレツ以外の面で割れることが困難である。	2~10cmキレツ面に粘土をはさむことが多い。
D	(1) 著しい風化変質作用を受け、中には多少硬い部分も残っているが、一部はすでに土壌化した部分のみがみられるもの。割れ目が極めて多いものでキレツ以外の部分からでも容易に割ることができ、程度のもの。 (2) 粘土化のあまり進んでいない破砕帯で、粘性土と細片状の岩片の混合した状態になっている時にはいくぶん硬いところも含まれているもの。 (3) 土砂、崖地帯など。	コア採取率は概ね40%以下となるが多く、コアは細片となるが、時には角礫混り砂状あるいは粘土状となるもの。	ハンマーで容易に崩れる。岩はもろく、指先で容易に割れる。キレツ面意外でも容易に割ることができる。	キレツの存在がはつきりなくなるとともに、キレツの存在がはつきりなくなる。
E	(1) 著しい偏圧を受けるようなかなり幅を有する断層破砕帯や大きな崖地帯など。	粘性土でなければコアの採取は困難である。		

(注) 掘削分類Eは施工の結果、必要に生じた場合のみ採取する。
a: 変成岩(千枚岩・片岩・片麻岩・ホルンフェルス等) 深成岩(はんれい岩・かんらん岩等) 中生層(粘板岩・砂岩・礫岩・礫岩・硬砂岩・石英岩・砂岩・礫岩・礫岩・礫岩等)
b: 火山岩(流紋岩・石英粗面岩・安山岩・玄武岩等) 廉岩(凝岩・ひん岩・輝緑岩等) 深成岩(花崗岩・閃緑岩等)
c: 第三紀層(頁岩・砂岩・礫岩・石炭岩・礫岩・角礫層等) 集塊岩等
d: 第四紀層(粘土・シルト・砂礫・火山灰・崖地帯等)

2-5 掘削工法の選定

2-5-1 掘削工法の選定

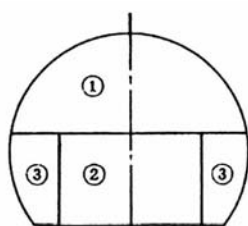
掘削工法の選定は表2-2地山分類表による。

工事積算に用いる掘削工法は、加背割より分類して次の4種を標準とする。なお、これらによるのが不適当な場合は別途に考慮するものとする。

2-5-1-1 上部半断面掘削

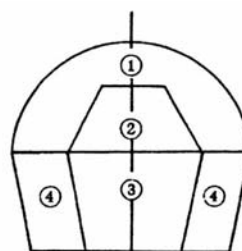
- (1) 地質が普通程度の場合に採用する。
- (2) この場合の覆工は逆巻工法を標準とする。
- (3) 加背割および掘削順序は下図によるものとする。

イ) 掘削分類(A, B, C)



- ① 上部半断面
- ② 大 背
- ③ 土 平

ロ) 掘削分類 (D)

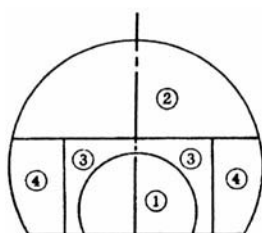


- ① リ ン グ
- ② 中 核
- ③ 大 背
- ④ 土 平

(注) 掘削分類D区間の上部半断面切払げは「リングカット方式」を原則とする。

2-5-1-2 底設導坑先進工法

- (1) 長大トンネルまたは地質がやや不良で地質が複雑で変化のある場合等に採用する。
- (2) この場合の覆工は逆巻工法を標準とする。
- (3) 加背割および掘削順序は下図によるものとする。

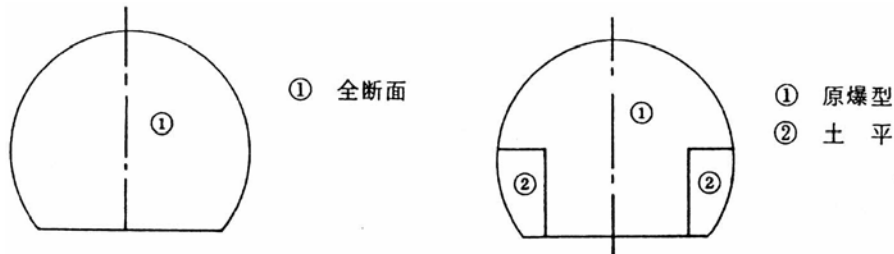


- ① 底 設 導 坑
- ② 上 部 半 断 面
- ③ 大 背
- ④ 土 平

(注) 掘削分類D区間の上部半断面切払げは「リングカット方式」を原則とする。

2-5-1-3 全断面掘削または原爆型掘削

- (1) 長大トンネルで、十分信頼できる地質調査の結果にもとづき、地質が極めて良好と判断される場合に採用する。
- (2) この場合の覆工は順巻工法を標準とする。
- (3) 加背割および掘削順序は下図によるものとする。



2-5-1-4 側壁導坑先進掘削

- (1) 地質が悪く、支保工に沈下のおそれがあるような場合等に採用する。
- (2) この場合の覆工は順巻となる。
- (3) 加背割および掘削順序は下図によるものとする。

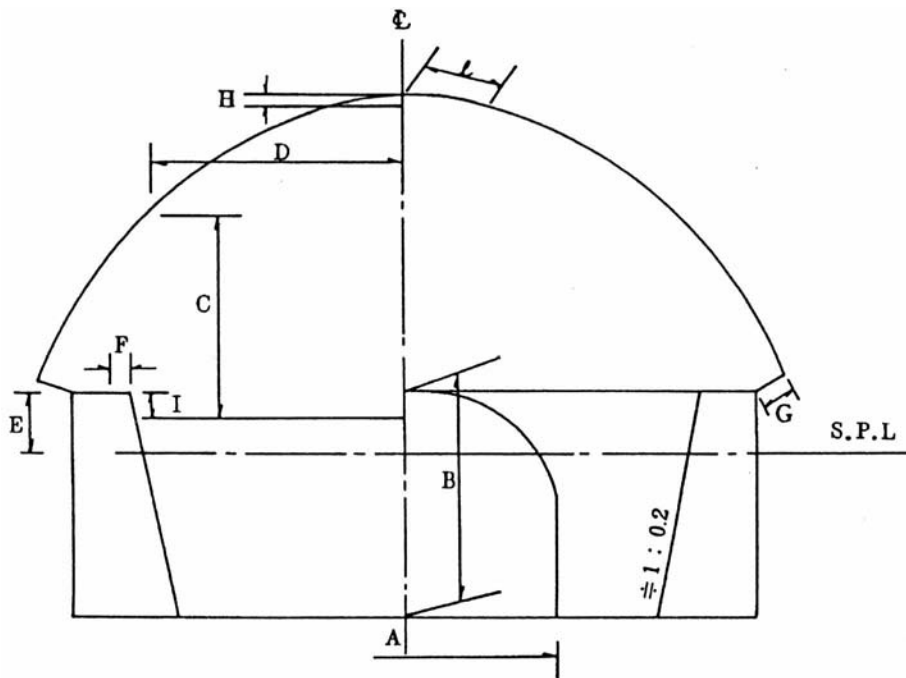


(注) 掘削分類D区間の上部半断面切上げは「リングカット方式」を原則とする。

2-5-2 標準加背割

加背割トンネルの内空断面によって異なるが、一般的には下記を参考に決定する。

- (1) 逆巻工法のアーチ部支承幅 (G) は 45 cm 巻厚区間で 40 cm、60 cm 巻厚区間で 50 cm を標準とする。
- (2) キックアップ (H) は 10 cm を標準とする。
- (3) 支保工天端の直線長 (ℓ) は 1 m 以下を標準とする。
- (4) アーチ部支承と S.P.L の高さは (E) は 80 cm を標準とする。



(注) 断面の外側線は巻立支払線より 10 cm 差引いた線を示す。

(5) 上部半断面掘削

45 cm 巻厚区間を基準にして $D \approx 3.5\text{m}$ 、 $C \approx 3.0\text{m}$ 確保できる断面とする。この場合 (I) が 50 cm より大きくなる場合はアーチ支保工の脚部を下げる等の検討を行うものとする。また土平天端幅決定の (F) は 45 cm 巻厚区間で 60 cm、60 cm 巻厚区間では 80 cm 程度とする。

土平勾配は 1 : 0.2 程度とする。

2-5-3 導坑断面の設計

(1) 導坑断面は、その導坑の目的により決定しなければならない。ただし、そのトンネルの地質、地形、トンネル規模、使用機械、工程等の条件も考慮して設計するものとする。

導坑幅および導坑高

寸 法		導坑幅 (m)	導坑高 (m)	備 考
ずり出し方式				
タイヤ方式	-	3.5	3.1	2 t ダンプトラック
レール方式	単 線	3.2	3.0	3~4.5m ³ ズリ鋼車
	複 線	5.0	3.4	3~6m ³ ズリ鋼車

- (注) 1 上表によりがたい場合は、使用する機種及び支保工、換気用風管並びに退避幅を考慮してきめる。
2 側壁導坑には適用しない。

(2) 側壁導坑先進工法

導坑幅は側壁コンクリート幅(全断面覆工、仮巻形式)導坑支保工形状、掘削ずり処理と側壁コンクリートの平行作業の可否およびズリ鋼車、コンクリート運搬方法、退避幅等を考慮のうえ決定するものとする。

- (a) 地山が膨張性の岩質で比較的悪いトンネルの導坑幅は掘削途中で側壁コンクリートの打設の必要性を考慮して4.3mを標準とし図2-3を参照すること。
- (b) 地山の岩質が性較的良好で安定しており、導坑延長が100m程度以下の導坑幅は掘削後において側壁コンクリートを打設することを考慮して、3.2mを標準として図2-4を参照すること。

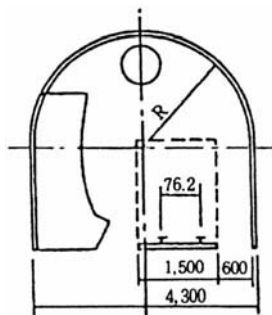


図2-3

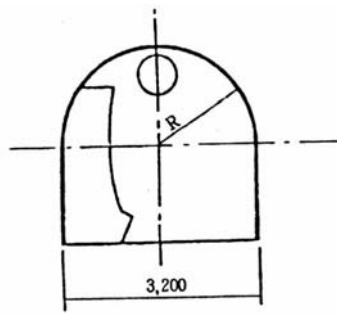


図2-4

2-6 支保工の設計

2-6-1 支保工の設計

トンネルの掘削は地山に存在する平衡状態が破れた時、その空間を保護するの必要を生じる。この役割を果たすのが支保工である。支保工は材料と使い方により種々の種別があり、その使いわけは地山の性質によって異なるが、安全性、経済性を十分満足するよう選び設計しなければならない。

2-6-2 支保工の選定

- (1) 支保工は原則とし鋼製支保工を使用するものとする。
- (2) 特に地質が良好な場合、あるいは特別に他の支保工を考慮する必要が認められるような地質の場合には、作業の安全性、施工性、経済性を検討のうえ、他の支保工を設計してもよい。
- (3) 導坑支保工は上記の(1)(2)の項に準じて設計する。
- (4) つなぎ材 頂板・底板

鋼製支保工相互間は、タイロット、内梁などのつなぎ材によって強固に連結し、支保工が単体で荷重を受けることを避け、連続した形で土荷重も支保する構造とする必要がある。これはトンネル軸方向に外力が働いた場合には支保工が転倒するおそれがあり、特に必要である。また、内梁材は原則として導坑用を木製とし、埋殺部及び本線用は鋼管とする。

2-6-3 鋼製支保工

鋼製支保工は掘削作業に伴ない、あるいは掘削後になるべく早く建て込みができ、覆工完了までの間、荷重を安全に支えるものでなければならない。また鋼製支保工はコンクリートの中に埋込むものとする。

2-6-3-1 支保工の形状寸法

支保工部材は原則として2ピース方式としてかつ想定される外力の他条件に対して有利な形を有し、施工上の便宜を備えたものでなければならない。

2-6-3-2 鋼製支保工の性質

鋼製支保工に用いる鋼材は伸び率が大きく、かつ曲げや溶接などの加工法のよいものが望ましく JIS G 3101 に規定する SS41 が適当である。

2-6-3-3 鋼製支保工の断面と建込間隔

鋼製支保工の断面および建込間隔は表2-3・表2-4の値を標準とする。

鋼製支保工は原則としてH形鋼を使用する。ただし、施工法、安全性、経済性、その他を比較検討のうえ他の形状の鋼製支保工で設計してもよい。

(1) 導坑支保工

- 1) 導坑支保工は、H形鋼支保工2ピース方式を原則とする。
- 2) トンネル延長(片押)500m未満については1回使い、500m以上の場合は2回使いとし、スクラップ控除を行うことを原則とする。ただし、コンクリートに埋め込む分については全損とする。
なお、地質状況(偏圧、破碎層等)、作業条件により使用回数を減じてよい。
- 3) 矢板の長さは掛矢板の場合(支保工間隔)+30 cmとする。
- 4) 矢板は雑木及び松矢板とし、転用は原則として行わないものとし、損率は100%を標準とする。
- 5) パッキン材等の雑材は矢板数量の20%を標準とする。
- 6) 支保工の形状寸法、間隔、矢板数量等は、次表を標準とする。

表2-3 支保工形状寸法、間隔、矢板数量等

掘削区分		A種	B種	C種	D種	E種
支保工	材料					
	H型钢形状寸法	H-100	H-125	H-125	H-125	
	底板寸法	$200 \times 200 \times 13$	$230 \times 230 \times 16$	$230 \times 230 \times 16$	$230 \times 230 \times 16$	
	頂板寸法	$180 \times 180 \times 9$	$180 \times 180 \times 9$	$180 \times 180 \times 9$	$180 \times 180 \times 9$	
	支保工建込間隔	1.5m	1.5	1.2	0.9	
矢板	材質	雑	雑	雑	松	
	厚さ	3.0cm	3.0	3.6	3.6	
	施工範囲	50%	60	80	100	
その他	内張材経	9cm	9	9	9	
	内張材及びタイロッド間隔	支保工長に対し1.2m	1.2	1.2	1.2	
	タイロッド寸法	$\phi - 16\text{mm} \times \ell - 1,650$	16×1,650	16×1,350	16×1,050	
	継手ボルト寸法	$\phi - 19\text{mm} \times \ell - 50$	19×50	19×50	19×50	

- (注) 1) 上表は標準の場合であり、地山の状態等により別途考慮することができる。
2) 上表は掛矢板の場合の値である。
3) E種については施工実態を考慮して決定する。

表2-4 導坑用支保工の断面と建込間隔

掘削分類	支保工断面	支保工ピッチ cm	備考	断面積 cm^2	質量 kg/m	断面係数		$\frac{w_x}{w_y}$
						$w_x \text{ cm}^3$	$w_y \text{ cm}^3$	
A	H-100	150	H-100×100×6×8	21.59	16.9	75.6	26.7	2.8
B	H-125	150	H-125×125×6.5×9	30.0	23.6	134	46.9	2.9
C	H-125	120	H-125×125×6.5×9	30.0	23.6	134	46.9	2.9
D	H-125	90	H-125×125×6.5×9	30.0	23.6	134	46.9	2.9
E			現場の地形地質を詳細に調査検討のうえ、それぞれ設計する。					

(2) アーチ支保工

- 1) アーチ支保工はH型鋼製2ピース方式を標準とする。
- 2) 矢板は雑および松矢板とし、長さは掛矢板の場合は(支保工間隔)+30cm、送り矢板の場合は支保工間隔の1.8倍とする。
- 3) パッキン材等の雑材は矢板数量の20~30%見込むものとする。
- 4) 掘削分類D、E種については必要に応じ皿板またはウォールプレートを設置するものとし全損で計上する。
- 5) 支保工の形状寸法、間隔、矢板数量は次表を標準とする。

表2-5 本線用鋼製支保工の断面と建込間隔

掘削分類	覆工厚 (cm)	支保工断面	支保工ピッチ (m)	備 考	断面積 (cm ²)	質 量 (kg/m)	断面係数		$\frac{wx}{wy}$
							wx cm ³	xy cm ³	
A	45	H-150	150	H-150×150×7×10	39.65	31.1	216	75.1	2.9
		H-175	150	H-175×175×7.5×11	51.42	40.4	331	112	3.0
B	45	H-175	130	H-175×175×7.5×11	51.42	40.4	331	112	3.0
		H-175	110	〃	51.42	40.4	331	112	3.0
C	60	H-200	120	H-200×200×8×12	63.5	49.9	472	160	3.0
		H-200	100	〃	63.5	49.9	472	160	3.0
D	60	H-200	90	〃	63.5	49.9	472	160	3.0
		H-200	75	〃	63.5	49.9	472	160	3.0
E	現場の地形地質を詳細に調査検討のうえ、それぞれ設計する。								

(注) 支保工断面、ピッチの欄で上段は内空幅8.5m程度、下段は10m程度の場合である。

表2-6 内空幅9.5m未満の場合

掘削区分		A種	B種	C種	D種	E種
支保工	材料					
	H型鋼形状寸法	H-150	H-175	H-200	H-200	
	底板寸法	250×250×16 ^{mm}	275×275×16	300×300×19	300×300×19	
	頂板寸法	180×180×14 ^{mm}	205×205×14	230×230×16	230×230×16	
	支保工建込間隔	1.5m	1.3m	1.2m	0.9m	
矢板	材質	雑	雑	松	松	
	厚さ	3.0cm	3.0cm	3.6cm	3.6cm	
	施工範囲	60%(掛矢板)	70%(掛矢板)	90%(掛矢板)	100%(送り矢板)	
その他	内張材径(S T K鋼管)	外径φ60.5 厚さ2.3mm	外径φ60.5 厚さ2.3mm	外径φ60.5 厚さ2.3mm	外径φ60.5 厚さ2.3mm	
	内張材及びタイロッド間隔	支保工長に対して1.2m	支保工長に対して1.2m	支保工長に対して1.2m	支保工長に対して1.2m	
	タイロッド寸法	φ=19mm× ℓ=1,650	19×1,450	19×1,350	19×1,050	
	継手ボルト寸法	φ=25mm× ℓ=75	25×75	25×75	25×75	

- (注) 1 上表は標準の場合であり、地山の状態等により別途考慮することができる。
2 縫地矢板による場合の施工範囲については別途考慮することができる。
3 E種については、施工実態を考慮して決定する。

表2-7 内空幅9.5m以上の場合

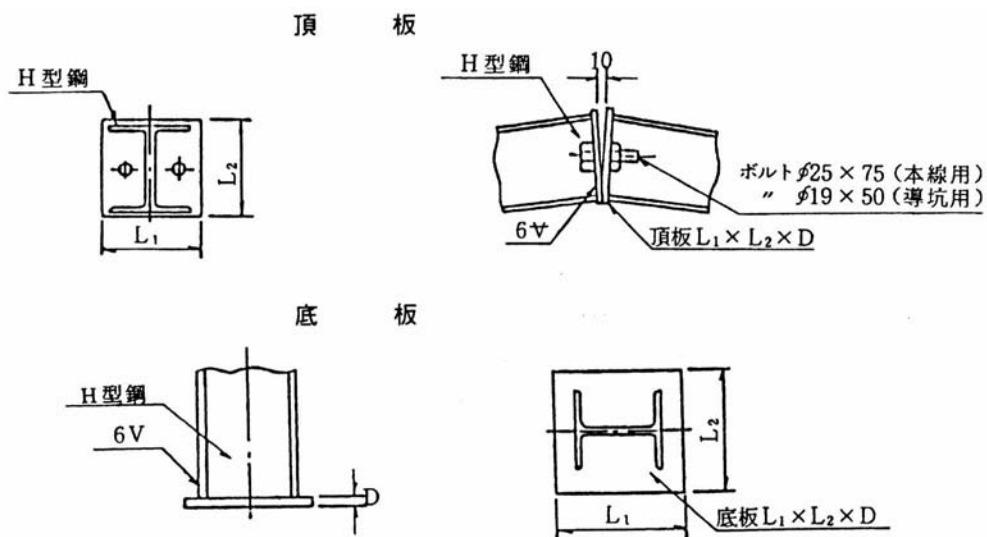
掘削区分		A種	B種	C種	D種	E種
支保工	材料					
	H型鋼形状寸法	H-175	H-175	H-200	H-200	
	底板寸法	275×275×16	300×300×19	300×300×19	300×300×19	
	頂板寸法	205×205×14	230×230×16	230×230×16	230×230×16	
	支保工建込間隔	1.5m	1.2m	1.0m	0.75m	
矢板	材質	雑	雑	松	松	
	厚さ	3.0cm	3.0cm	3.6cm	3.6cm	
	施工範囲	60%(掛矢板)	70%(掛矢板)	90%(掛矢板)	100%(送り矢板)	
その他	内張材径(S T K鋼管)	外径φ60.5 厚さ2.3mm	外径φ60.5 厚さ2.3mm	外径φ60.5 厚さ2.3mm	外径φ60.5 厚さ2.3mm	
	内張材及びタイロッド間隔	支保工長に対して1.2m	支保工長に対して1.2m	支保工長に対して1.2m	支保工長に対して1.2m	
	タイロッド寸法	φ=19mm× ℓ=1,650	1.9×1,350	19×1,150	19×900	
	継手ボルト寸法	φ=25mm× ℓ=75	25×75	25×75	25×75	

- (注) 1 上表は標準の場合であり、地山の状態等により別途考慮することができる。
2 縫地矢板による場合の施工範囲については別途考慮することができる。
3 E種については、施工実態を考慮して決定する。

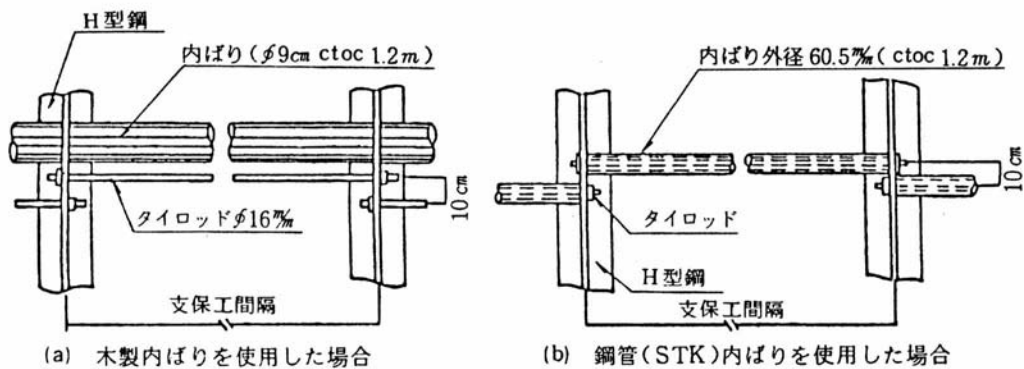
表2-8 頂板、底板の寸法(mm)

寸法 支保工断面	頂板			底板			備考
	L ₁	L ₂	D	L ₁	L ₂	D	
H-100×100	180	180	9	200	200	13	導坑用
H-125×125	180	180	9	230	230	16	〃
H-150×150	180	180	14	250	250	16	本線用
H-175×175	205	205	14	275	275	16	〃
H-200×200	230	230	16	300	300	19	〃

バックリング、ねじれなどに対する抵抗性もなるべく大きいのが望ましく、フランジの薄いものは局部的荷重による変形を起こしやすいので注意を要する。



内ばり、タイロッドの設計



2-7 余掘、余巻厚さについて

余掘および余巻の厚さは、次表の値を標準とする。

表 2-9 余掘余巻厚さ

施工箇所	区分	余掘	余巻
アーチ部	掛矢板	20cm	10cm
	送り矢板	$H/2+20cm$	$H/2+10cm$
	縫地矢板	$H+20cm$	$H+10cm$
側壁部		15cm	15cm
インバート		—	5cm

(注) 1) HはH型鋼の背面高
2) 順巻工法の場合の側壁部余巻は10 cmとする。

2-8 覆工の設計

2-8-1 覆工の形状

覆工の形状は所要の断面を包含し、土圧などの荷重に有効に耐え得るようアーチ型とし、一般として単円、3心円とする。地域区分D、Eにあつては特に側圧が大きいと判断される場合は原則としてインバートを設置するものとする。

また特に偏圧が著しいところには、これに対抗するために抱きコンクリート、その他、特殊な考慮を払わなければならない。

(a) インバートを設ける場合

(b) 通常の場合

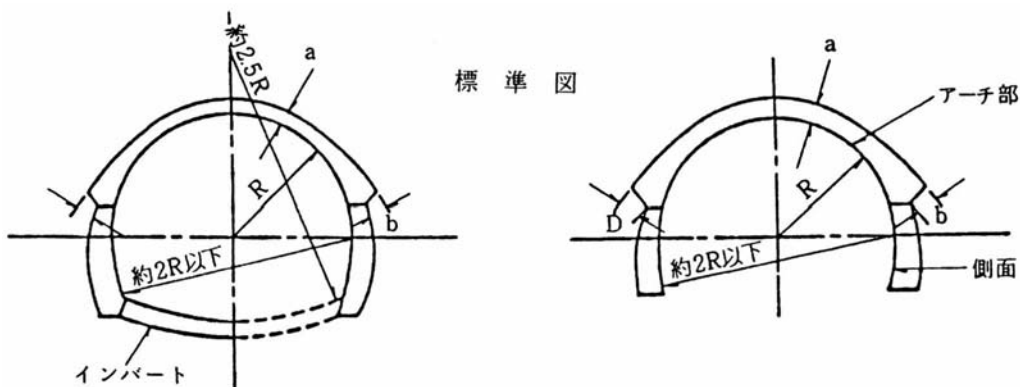


図 2-5

(1) 覆工の形状は土圧に経済的に対抗するもので、アーチとして軸力が無理なく伝達され、曲げモーメントが極力少なくなるように急激なわん曲や隅角、凹凸をさけた形状にしなければならない。

円弧と円弧との接続点はたがいに共通な切線を持つようにし、側面の円弧の半径は一般にアーチ部の半径の約2倍程度以下とする。なお側面の背面は内面の半径と平行し、地質、施工法等を考慮し鉛直とすることもできる。

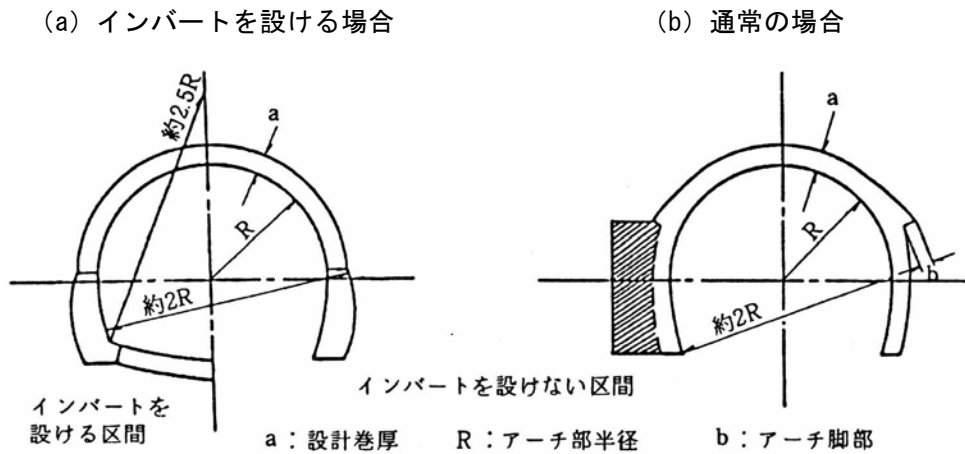


図2-6

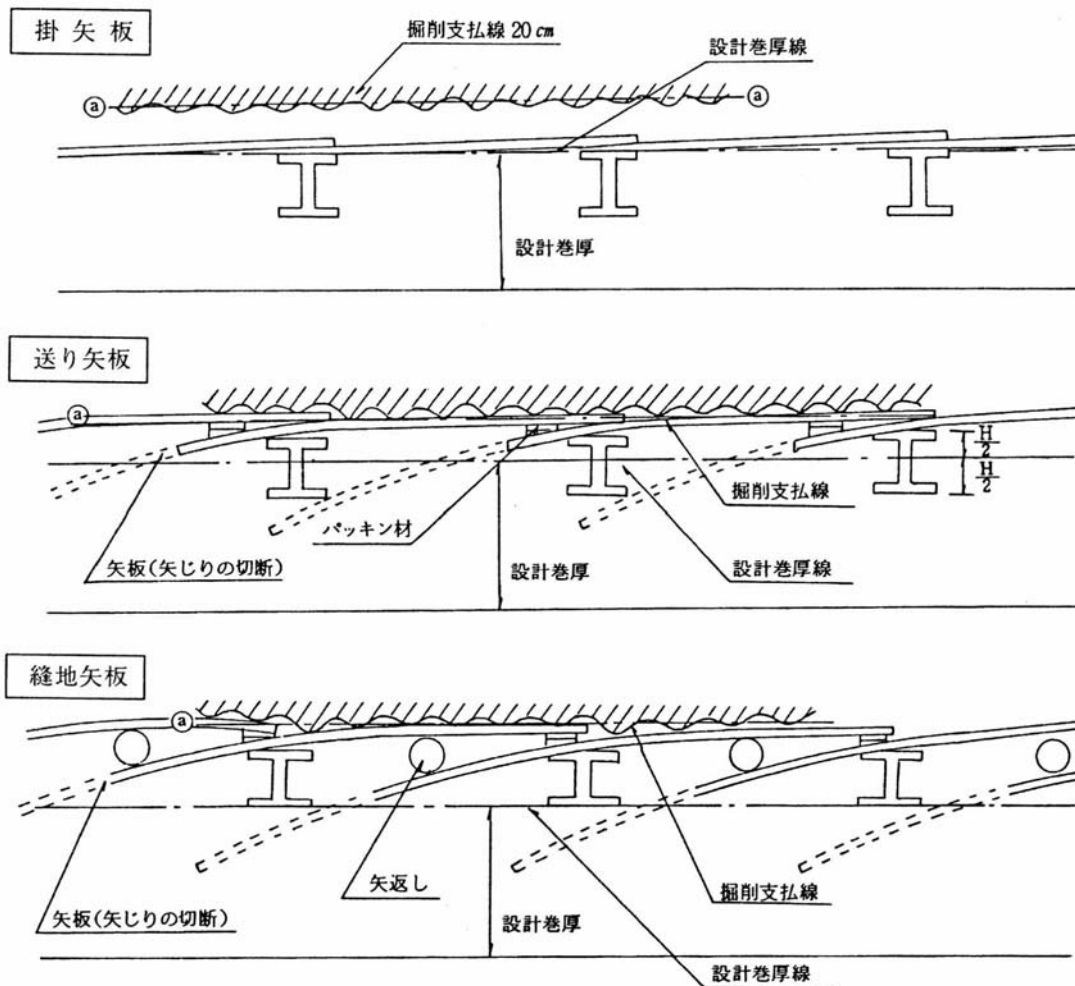


図2-7 設計巻厚の取り方

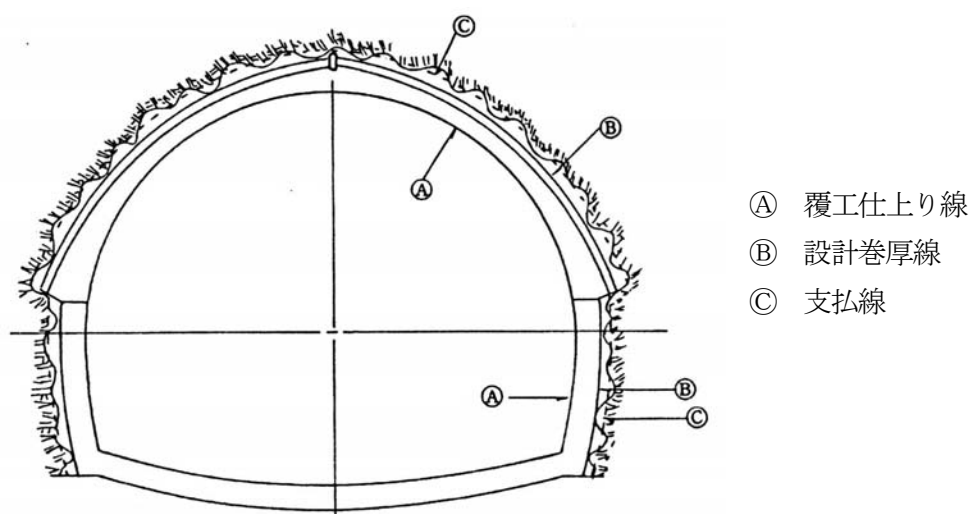


図2-8 支払線

2-8-2 覆工の厚さ

覆工の設計の厚さは原則として表2-10による。また覆工コンクリートの強度は表2-11による。

表2-10 設計巻厚

地質区分	覆工の設計巻厚 (cm)	インバート (cm)
A	45	—
B	45	—
C	60	—
D	60 (70~80)	50 (60)
E	70 (80)	50 (60)

※ () の数字は坑口部付近で偏圧荷重等が予想される箇所または膨張性地山、著しい膨張性土圧の作用する箇所に適用する。

表2-11 覆工コンクリートの配合基準

設計基準強度	粗骨材の最大寸法	スランプ	セメント量	水セメント比	セメントの種類	適用工種
18N/mm ²	40mm以下	12cm±2.5	270kg/m ³ 以上	60%以下	普通ポルトランドセメント	覆工
18N/mm ²	40mm以下	8cm±2.5	230kg/m ³ 以上	60%以下	普通ポルトランドセメント	インバート

2-8-3 補強方法

坑口部等で土かぶりが小さい場合および著しい土圧を受ける場合の覆工コンクリートの補強について。

- (1) 坑口部の覆工コンクリートには、圧縮応力のみでなく、曲げモーメントによる曲げ引張応力も働くので鉄筋により補強するものとする。

坑口部補強の例
(単鉄筋補強の場合)

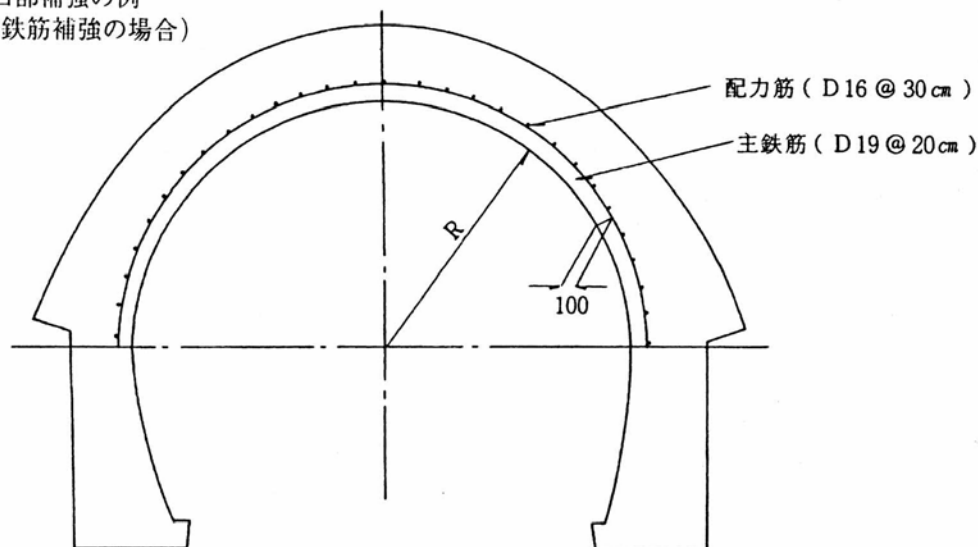


図2-9

- (2) 著しい偏圧を受けるところでは覆工のみの強化でなく押え盛土、保護切り取り、抱きコンクリート等の併用も検討するのが望ましい。

2-8-4 仮巻コンクリートについて

仮巻コンクリートは土圧が著しく大きく鋼製支保工のみでは荷重を押えきれない場合には仮巻コンクリートを設計することがある。この場合仮巻の厚さは20~40cmとする。

2-8-5 覆工背面の設計

- (1) アーチの背面と地山との間には空隙が生ずるので、地質の悪い場合、土かぶりの薄い場合などで、土圧の均等分布をはかるためエアームタル、その他による材料で注入を行うこと。

注入の設計はトンネル地山分類のD~Eの範囲を標準とする。

- (2) 注入の設計にあたっては注入材料が空隙に十分填充されるよう配合、注入孔の構造及び配列などを定めること。

注入材料や配合を決定する場合には下記のことを十分考慮しておかなければならない。

- (a) 覆工背面と地山との空隙が十分に填充できるように流動性に富むこと。
- (b) 施工中に材料の分離が少なく、注入後安定した強度が得られること。

- (c) 注入後の圧縮強度は $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上あり地山の荷重を分散させる性質があること。
 - (d) 沈降、収縮による体積変化ができるだけ少ないこと。
 - (e) 気象条件、流水及び炭酸、硫塩酸などの化学作用に対する耐久性があること。
 - (f) 安価であり施工が容易であること。
- (3) 注入材料はエアモルタルを原則とする。ただし、湧水量が多い場合にはフライアッシュ混合モルタルなどを検討すること。
- (4) 注入管は、覆工コンクリート打設時にあらかじめ埋め込んでおくものとし、50mm(JIS G 3452)径を使用する。

注入管の位置及び配置は図2-9を標準とする。注入管はすべて注入孔に使用するものではなく、多くは注入状況の確認用に利用される。また注入管の長さは(設計巻厚+余巻厚+5cm)程度とする。

- (5) 注入時期は地山が軟弱であったり軟弱地質が偏圧する場合、大きな偏圧が早期に作用することとなるので、注入は覆工後なるべく早目に注入する必要があるが、コンクリート強度が $8\sim 10\text{N}/\text{mm}^2$ 以上となって注入する。

逆巻の場合は側壁コンクリートを打設する前に注入を完了しなければならない。注入は下側の注入孔より始め最終注入圧力は $0.3\sim 0.4\text{N}/\text{mm}^2$ を標準とする。

注入モルタル配合

1 : 4 とする。

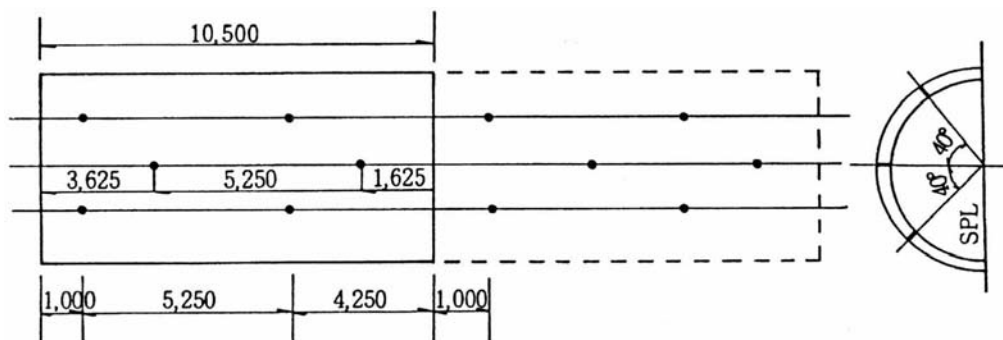


図2-10 注入管の位置および配置の一例

2-9 坑門坑

NATMに準ずる。

2-10 排水工

2-10-1 排水工

- (1) トンネルの左右両側帯の下部または歩道、監査路の下部には路面排水溝を設けるものとする。特に水量の多いトンネルについては別途歩道、監査路下部に地下暗渠を考慮してもよい。
- (2) トンネル延長及び湧水量により現場打側溝を考慮してもよい。
- (3) 設置間隔についてはNATMの排水工に準じる。
- (4) 歩道端部の排水溝(50×50)は20m間隔で路面排水溝へ流末処理する事を標準とする。

2-10-2 漏水処理工

トンネル内の漏水を防ぐために、適当な漏水処理工、防水工を設計すること。

漏水の原因は、①アーチ、側壁部のクラック箇所、②アーチ打継目、③アーチと側壁の打継目などがある。

対策処置方法としては従来から各種の方法が採用されてきたが一般には、漏水箇所の覆工をはつり、そこに鉄板、ポリエチレン管、また、アーチ表面に漏水受樋などの方法がある。

この工法で注意を要するのは、水抜き孔の断面が小さすぎると、遊離石灰などによって、水抜き孔が閉塞するおそれがあるため、少なくとも15cm程度のものを使用すること。

- (1) 掘削中に湧水が多く覆工後に背面にある湧水を削岩機、またボーリング機械により穿孔し背面水を排水する方法も検討する
- (2) アーチ打継目には止水板を設けるものとする。規格は200×6(スパンシール材同等品)とする。
- (3) 掘削中に湧水が多い箇所は、アーチ打継目には漏水処理工が可能な切欠部などを設計するとよい。

2-10-3 湧水処理工

(1) 覆工背面の水をすみやかに排水できるよう、路面下部にはトンネル全長にわたって中央排水管(有孔管)を布設すること。なお中央排水管の径は30cmを標準とする。

排水管は、将来の清掃、点検は不可能であるので、余裕のある断面とすることが望ましい。

(2) 排水管の勾配はトンネル縦断勾配に合わせて設計するものとする。

(3) トンネル覆工にインバートを設ける場合には、排水管をインバート下部に設けることを原則とする。しかし、インバートをトンネル中央部附近に設ける場合には、インバート下部に排水管を布設すると、勾配によってはその影響がトンネル全長に及び、排水管布設に要する掘削量が膨大となり、坑口部では掘削深さが問題になることがある。この場合は、その附近の湧水量が少ないと判断されるときには、排水管をインバート上面に布設してもよい。特に湧水が多い場合はインバート上面、下面とも設計することが望ましい。

中央排水工についてはNATMに準じる。

(4) 特に湧水が多い箇所は横断排水パイプ、地下排水構造を設置し、中央排水管に導くものとする。

(5) アーチ覆工背面には、必要に応じて排水パイプ、止水シート、連結防止シートなどを設けること。

(6) アーチと側壁の打継目構造

水平方向の継手としては、アーチ下端底面の構造は次のものがある。

1) 覆工背面からトンネル内への漏水防水処理はアーチ部の施工継目およびアーチ部と側壁部との継目に図2-11(a)~(c)を標準に止水工を設置する。

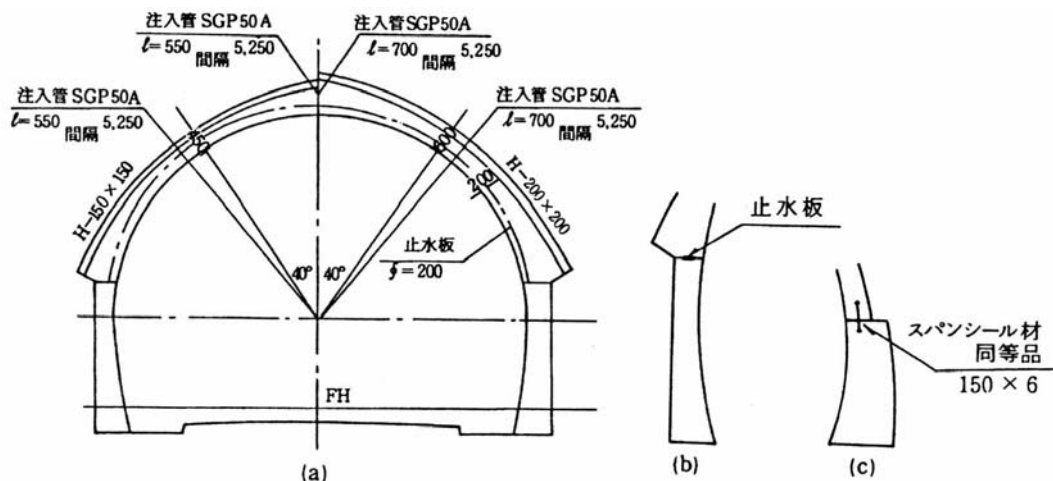


図 2-11

2) 掘削中に湧水が多い箇所の覆工背面には止水シートを設けるとよい。止水シートの設置は図2-12を標準とする。

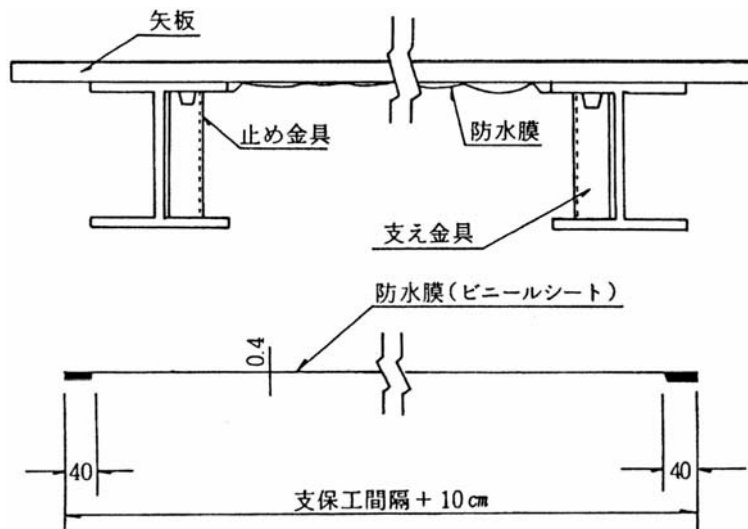


図2-12 防水膜取付図

3) 覆工の打継目、アーチ、側壁部のクラック等による漏水が発生した場合漏水防止工は、トンネルの覆工コンクリートをはつり、導水断面(内空断面)を 50cm^2 以上確保するものとし、防水目地は、スポンジ、ゴム等を用い、漏水、連結防止のために用いる急結接着剤、急結充填材等の厚さを含めて 5cm 以上(ゴム等で2重になる場合は 3cm 以上)の厚さを確保するものとする。

側壁底部からトンネル側溝への導水部は、内径 100mm 以上の塩化ビニール(VP-100)等、さびない材質のものを用い導水しなければならない。

4) 側面排水工

○側面排水の水抜構造は図2-13を標準とする。

○縦フィルターマットは、側壁の継目に設置することを標準とする。

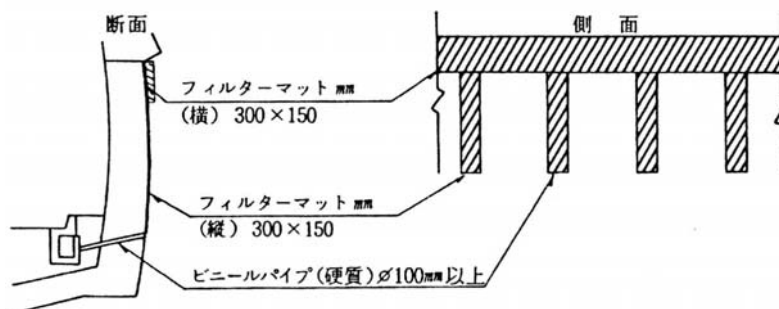


図2-13

2-11 参考資料

〇〇〇トンネル断面積集計表

		地山区分	A 種	B 種	C 種	D 種	摘 要
掘削工	設計断面積	上部半断面					
		大背					
		土平					
		導坑					
		計					
	支払断面積	上部半断面					
		大背					
		土平					
		導坑					
		計					
覆工	設計巻厚						
	設計断面積	アーチ部					
		側壁部					
		計					
	支払断面積	アーチ部					
		側壁部					
計							
妻型枠面積	アーチ部						
	側壁部						
スライディングフォーム周長	アーチ部						
	側壁部						

〇〇〇トンネル掘削集計表

地山 区分	加背割	設 計 掘 削 量			支 払 掘 削 量			摘 要
		断面積	延 長	掘削量	断面積	延 長	掘削量	
A種	上部半断面							
	大背							
	土平							
	計							
B種	上部半断面							
	大背							
	土平							
	計							
C種	上部半断面							
	大背							
	土平							
	計							
D種	上部半断面							
	大背							
	導坑							
	インバート							
	計							
合 計								

〇〇〇トンネル掘削及び支保工

	単位	〇			種			〇			種	摘要
		上部半断面	大背	土平	上部半断面	大背	土平	上部半断面	大背	土平		
1 爆破進行表	m											
穿孔数	孔/m ²											
火薬使用量	kg/m ²											
ビット消耗量	π/m ³											
ロッド消耗量	本/m ³											
支保工規格												
矢板の種類												
矢板施工範囲	%											
矢板厚	cm											
矢板長	m											
矢板巾	cm											
矢板数量	m ³											
パッキン材	%											
パッキン材量	m ³											
掘削												
支保工												

〇〇〇トンネルサイクルタイム表

種別	単位	上半	大背	土平	盤下げ	摘	要
①純断面積	m ²					() 書は側壁高×4.5m	
②支払断面積	m ²						
③1爆破進行長	m						
④1爆破掘削量(純)	m ²					①×③	
⑤" (支払)	m ²					②×③	
⑥穿孔長	cm					③+10cm	※但し土平の場合は平均厚(片側)とする。
⑦穿孔速度	cm/分						
⑧1孔当り穿孔時間	分					③÷⑦	
⑨1m ² 当り穿孔数	孔						
⑩1加背当り穿孔数	"					②×⑨	※但し土平の場合は②HQDの() 書とする。
⑪削岩機台数	台						純断面で計上
⑫" (ピック)	"						
⑬1台当り受持孔数(レック)	孔					⑩÷⑪	
⑭1m ² 当り火薬使用量	Kg						
⑮1加背当り火薬使用量	"					②×③×⑭	
⑯ピット削耗量	個/m ²						
⑰ロット消耗量	本/m ²						
⑱シャンクスリューロード	"						
⑲ジョイントスリーブ	"						
⑳積込機械能力	m ³ /h						

諸

元

工 程 計 算

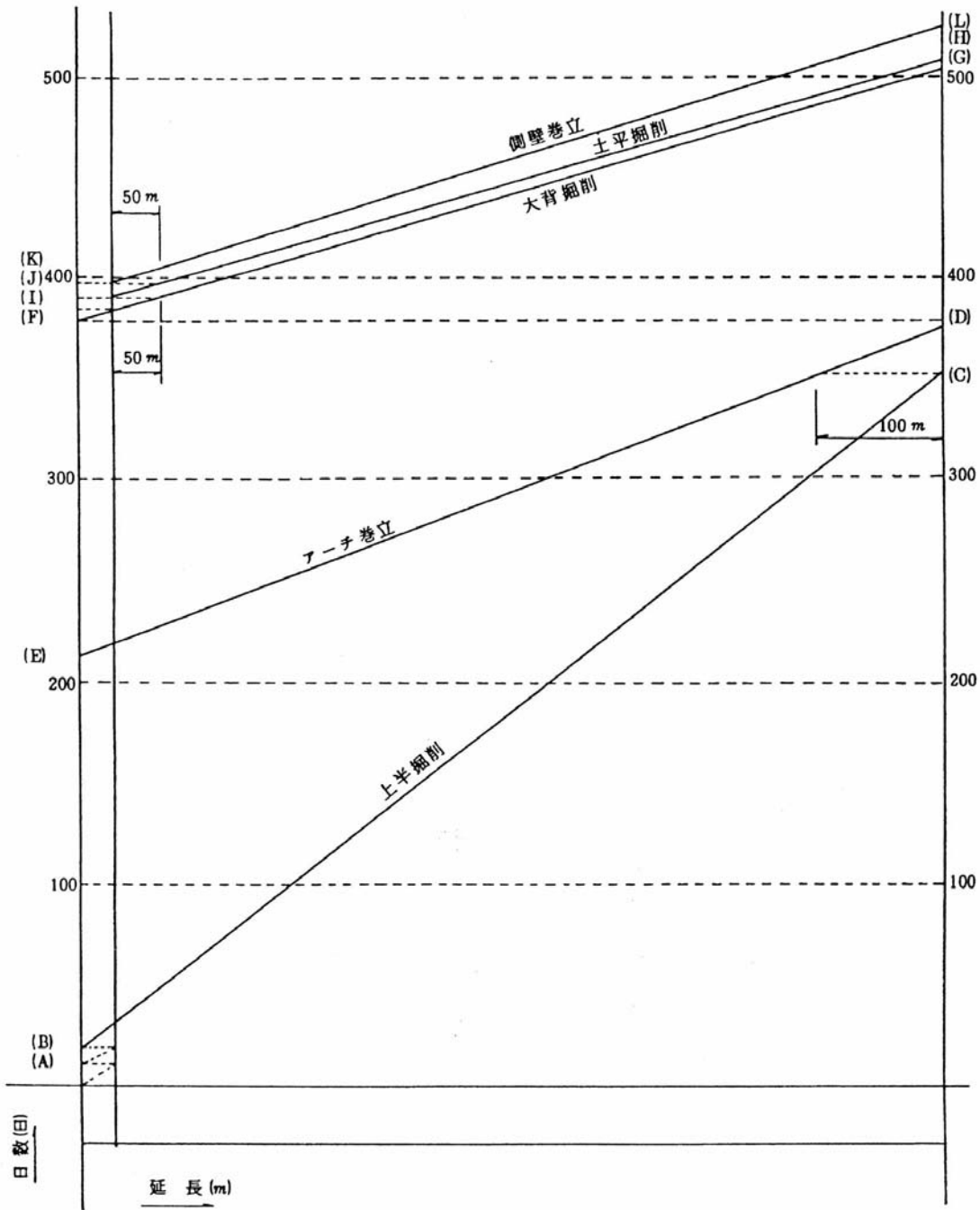
- (A) 導坑掘削完了日
- (B) 導坑巻立完了日
- (C) 上半掘削完了日
- (D) アーチ巻立完了日
- (E) アーチ巻立開始日
- (F) 大背掘削開始日
- (G) 大背掘削完了日
- (H) 土平掘削完了日
- (I) DD' 区間大背掘削完了日
- (J) 土平掘削開始日
- (K) 側壁巻立開始日
- (L) 側壁巻立完了日

工程表作成の考え方（上部半断面先進工法の場合）

- (イ) 上部半断面最終切羽とアーチ巻立の間隔 100m
- (ロ) 大背掘削はアーチ巻立完了してから開始
- (ハ) 大背切羽と土平掘削切羽の間隔 50m
- (ニ) 土平掘削切羽と側壁巻立の間隔 50m

(ホ) $L \leq 150\text{m}$ のトンネルは各加背とも単独施工を原則とし、また土平は両側の工程とする。

工程表



巻立所要日数

地 山 区 分		○ 種	○ 種	○ 種		
掘 削 延 長		m	m	m		
1日当り進行長 (土平は片側)	上部半断面					
	大背					
	土平				計	
	導坑				実働日数	供用日数
地山別・加背割 所要日数	上部半断面					
	大背					
	土平					
	導坑					

掘削所要日数

	ア	ー	チ	側	壁
①巻立延長					
②1スパン延長					
③スパン数①÷②					
④1スパン所要日数					
⑤巻立所要日数③×④					

