

# 第3章 設 計

## 第1節 支保構造の設計

### 1 支保構造一般

支保構造は、トンネルを安全に掘削できるようにするとともに、完成後の内空断面を保持し、安定を確保するものである。よって吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工及び覆工等を地山の持つ応力と一体として目的を達成されるべく支保構造を適切に組み合わせ、地山条件に最も適した構造としなければならない。

### 2 支保構造の選定

(1) 支保構造の標準パターン

ア) 一般部の支保パターン

表5-3-1 標準支保パターン（内空幅8.5~12.5m程度）

地 山 分 類	ロックボルト			鋼製支保工			吹 付 け 厚 ( cm )	覆工厚(cm)		金 網
	長 さ ( m )	施 工 間 隔		上 半 部	下 半 部	建 込 み 間 隔 ( m )		ア ー チ ・ 側 壁 部	イ ン バ ー ト 部	
		周 方 向 ( m )	延 長 方 向 ( m )							
B	3.0	1.5(上半120°)	2.0	なし	なし	—	5	30	0	—
C I	3.0	1.5(上半のみ)	1.5	なし	なし	—	10	30	(40)	—
C II	3.0	1.5	1.2	H-125	なし	1.2	10	30	(40)	—
D I	4.0	1.2	1.0	H-125	H-125	1.0	15	30	45	上半
D II	4.0	1.2	1.0以下	H-150	H-150	1.0以下	20	30	50	上下半

注) 1 地山分類A・Eについては、地山条件を考慮して、別途、支保パターンを設計するものとする。

2 トンネル内の交差部については別途考慮する。

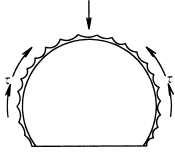
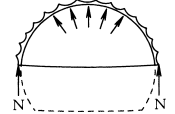
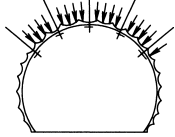
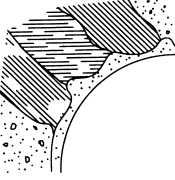
3 地山分類 D IIにおいて変形余裕量を見込む場合は、地質状態、地山特性を十分検討するものとする。

4 グランドアーチが形成され難くかつ地山の持つ強度を有効に利用することが難しいような坑口部等については、別途考慮することができる。

5 ( )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。

### 3 吹き付けコンクリート

#### (1) 吹き付けコンクリートの効果

吹き付けコンクリートの作用効果	概念図
<p>① 岩盤との付着力、せん断力による抵抗</p> <p>吹き付けコンクリートと岩盤との付着力により、吹き付けコンクリートに作用する外力を地山に分散させ、またトンネル周辺の割れ目や亀裂にせん断抵抗を与え、落ちやすいキーストンを保持し、グラウンドアーチをトンネル側面近くに形成させる。割れ目の多い硬岩等に作用効果が大きい。</p>	
<p>② 曲げ圧縮または軸力による抵抗</p> <p>比較的厚い吹き付けコンクリートが1個の部材として地山を支持するため、できるだけ早くリングに閉合することが望ましい。周辺地山に内圧を与えることにより、地山を三軸応力状態に保持し、地山の応力拡散を抑制する。軟岩や土砂地山等に作用効果が大きい。</p>	
<p>③ 外力の配分効果</p> <p>鋼製支保工、あるいはロックボルトに土圧を伝達する版として挙動する。</p>	
<p>④ 弱層の補強効果</p> <p>地山の凹みを埋め、弱層を跨いで接着することにより、応力集中を防ぎ弱層を補強する効果。</p>	
<p>⑤ 被覆効果</p> <p>風化防止、止水、微粒子流出防止等の被覆効果。</p>	

(2) 設計厚

ア) 設計吹付け厚は表 5-3-2 を標準とする。

表 5-3-2 設計吹付け厚 (cm)

地山分類	設計吹付け厚
B	5
C I、C II	10
D I	15
D II	20

(内空幅 8.5~12.5m程度)

(3) 金網

地山条件の悪い場合、靱性の向上、施工時の剥落防止、施工時の落石防止、施工後の亀裂、剥落防止等の目的で金網を使用する。

ア) 金網の設置範囲

- ・金網の設置範囲は表 5-3-3 による。また、一般的施工例を図 5-3-1 に示す。
- ・材質は構造用溶接金網150×150×φ5 (J I S G 3551) を標準とするが特殊な場合は別途考慮する。
- ・金網の設置にあたっては、1目 (150mm) 以上ラップする。

表 5-3-3 金網の設置範囲

地山分類	設置範囲
B	設置しない
C I、C II	設置しない
D I	上半部
D II	上・下半部

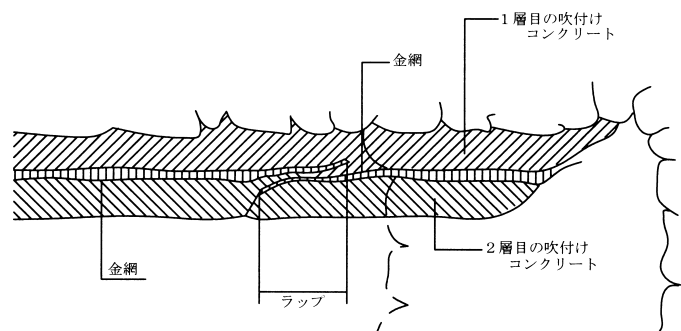
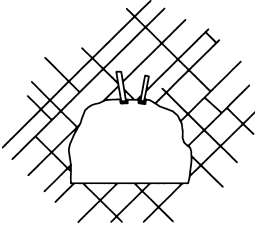
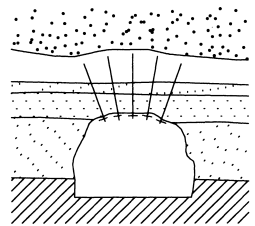
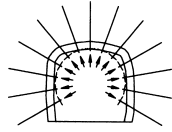
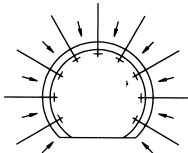
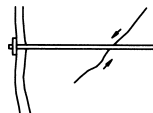


図 5-3-1 金網の施工例

## 4 ロックボルト

### (1) ロックボルトの効果

ロックボルトの作用効果	概念図
<p>① 継付け効果（吊り下げ効果）</p> <p>発破等で緩んだ岩塊を緩んでない地山に固定し、落下を防止しようとするもので、最も単純な効果である。亀裂、節理の発達する地山において、吹付けコンクリートと併せて比較的小さな目に対しても効果がある。一次覆工を地山に縫い付けるのもこれにあたる。</p>	
<p>② はり形成効果</p> <p>トンネル周辺の層を成している地山は層理面で分離して重ねばりとして挙動するが、ロックボルトによる層間の締付けにより層理面でのせん断応力の伝達を可能として、合成ばりとして挙動させる効果がある。</p>	
<p>③ 内圧効果</p> <p>ロックボルト引張力に相当する力が内圧としてトンネル壁面に作用すると考え、これによって、二軸応力状態のトンネル近傍の地山を三軸応力状態に保つ効果である。これは圧縮試験時の拘束力（側圧）の増大と同じような意味をもち、地山の強度あるいは耐荷能力の低下を防ぐ作用をする。</p>	
<p>④ アーチ成形効果</p> <p>ロックボルトによる内圧効果のため、一体化して耐荷能力の高まったトンネル周辺の地山は、内空側に一様に変位することによって地山アーチを形成する。</p>	
<p>⑤ 地山改良効果</p> <p>地中内にロックボルトが挿入されていると、地山のせん断抵抗が増大し、地山の耐荷力が大きくなるばかりでなく、地山の降伏後も残留強度が増す。こうした現象は、ロックボルトにより地山の強度特性が改善されたということになる。</p>	

(2) ロックボルトの使用区分

ア) ロックボルトの使用区分は、表5-3-4による。

表5-3-4 ロックボルトの使用区分

地山分類	ロックボルト材質
B、C I	異形棒鋼同等品以上
C II、D I、D II	ねじり棒鋼同等品以上

(内空幅8.5~12.5m程度)

(3) ロックボルトの配置及び寸法

ア) ロックボルトの配置、寸法は、表5-3-5を標準とする。

表5-3-5 ロックボルトの配置表

地山分類	長さ (m)	施工間隔 (m)	
		周方向	延長方向
B	3.0	1.5 (上半120°)	2.0
C I	3.0	1.5 (上半のみ)	1.5
C II	3.0	1.5	1.2
D I	4.0	1.2	1.0
D II	4.0	1.2	1.0以下

注) 定着は全面接着を標準とする。

(内空幅8.5~12.5m程度)

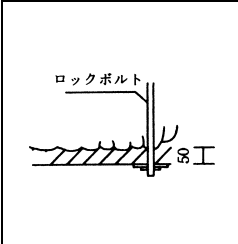
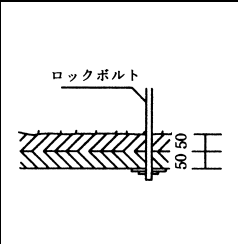
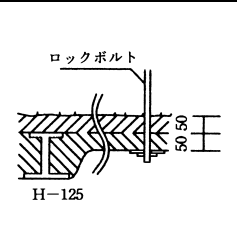
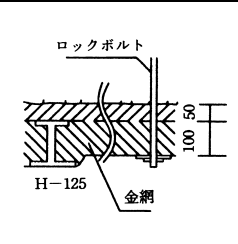
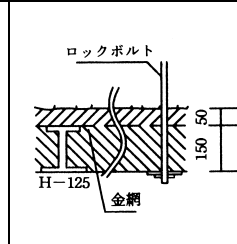
(4) 吹付けコンクリートとロックボルトの位置

ア) 吹付けコンクリートとロックボルトの位置は、表5-3-6による。また、一般的な施工例を図5-3-2に示す。

(5) ロックボルトの定着

定着剤はドライモルタルを標準とする。湧水大の箇所は樹脂タイプも検討する。

表5-3-6 吹付けコンクリートとロックボルトの位置

パターンB	パターンC I	パターンC II	パターンD I	パターンD II
吹付け厚 5cm	吹付け厚 10cm	吹付け厚 10cm	吹付け厚 15cm	吹付け厚 20cm
				

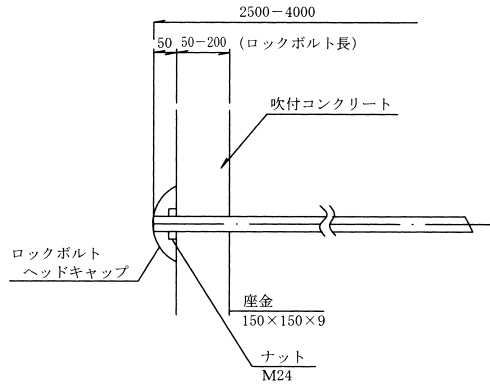


図 5-3-2 ロックボルトの施工例

## 5 鋼アーチ支保工

### (1) 鋼アーチ支保工の効果

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

### (2) 鋼アーチ支保工の材質、形状

- ア) 材質、形状の諸元を表 5-3-7 に示す。変形余裕量を考慮する時は、U形鋼を使用する場  
合がある。

表 5-3-7 鋼製支保工の諸元

種別	呼称法 (mm)	断面積 A (cm <sup>2</sup> )	単位重量 W (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> )	最小 曲率半径 R (cm)	材 料 規 格
H 形 鋼	H-125×125×6.5×9	30.00	23.6	839	134	150	S S 400
	H-150×150×7 ×10	39.65	31.1	1620	216	200	
	H-200×200×8 ×12	63.53	49.9	4720	472	420	
	H-250×250×9 ×14	91.43	71.8	10700	860	550	
U 形 鋼	(U29) 133×120	37.00	29.0	581	97.4	150	SM490

注) 1 最小曲線半径は、冷間加工による標準を示す。

2 曲線止り加工を原則とする。

(3) 鋼アーチ支保工の断面及び建込み間隔

ア) 断面及び建込み間隔は表5-3-8を標準とする。

表5-3-8 支保工断面及び建込み間隔 (内空幅8.5~12.5m程度)

岩質	呼び寸法	間隔
C II	H-125×125	1.2m
D I	H-125×125	1.0m
D II	H-150×150	1.0m以下

注) 坑口付近や断層帯等特殊な地山では別途考慮すること。

(4) 継ぎ材については、基本的にはさや管方式とするが、地滑り、偏土圧のある場合は内梁方式の使用を検討すること。

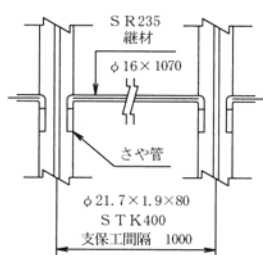


図5-3-3 継ぎ材詳細例 (さや管方式)

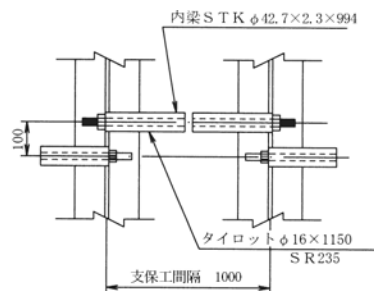


図5-3-4 継ぎ材詳細例 (タイロッド方式)

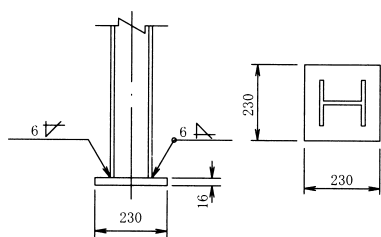


図5-3-5 底板詳細例

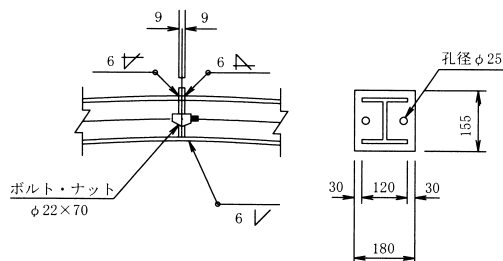


図5-3-6 継手板詳細例

## 6 覆 工

### (1) 覆工一般

吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保等他の支保構造部材とともに地山と一体となってトンネルの安定を確保する支保構造の一部を構成するもので、内装としての役目や、漏水等による劣化防止等の目的で行う。覆工の耐荷力を最大限に利用するためには、断面を閉合することが大切で、側圧が大きかったり、覆工脚部の支持力が十分でないなど地山条件が悪い場合には覆工に大きな曲げモーメントが作用する恐れがあり、このような場合にはインバートを設けて断面を閉合し、トンネルを安定な構造とする必要がある。また、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5-3-7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。なお、覆工コンクリートの配合は表5-3-9を標準とする。

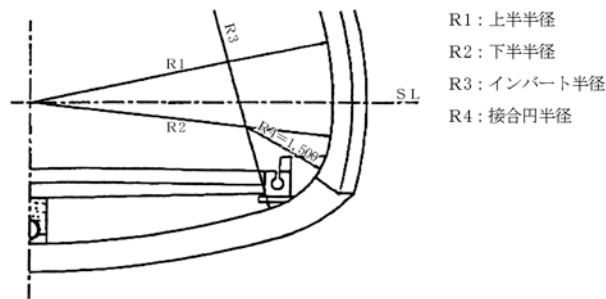


図5-3-7 インバートの形状

表5-3-9 覆工コンクリートの配合

区分 種別	粗骨材の 最大寸法	スランプ	単 位 セメント量	設計基準強度
トンネル覆工	40mm	15cm	2.7kN/m <sup>3</sup> 以上	18N/mm <sup>2</sup>
インバート	40mm	8cm	2.3kN/m <sup>3</sup> 以上	18N/mm <sup>2</sup>



## 第2節 余掘、余巻及び余吹

### 1 余掘、余巻及び余吹一般

トンネル工事では、設計断面通り掘削することは困難であり、設計巻厚を確保するには、設計断面より大きく掘削しなければならない。これを余掘といい、覆工及び吹付けコンクリートで充てんする。これをそれぞれ余巻、余吹という。この余掘を考慮した断面の外周を支払線といい、当初から各々設計数量に見込むものとする。また、変形余裕を設計図面に明示した場合の設計掘削断面積は変形余裕厚さを加算した面積とする。余掘、余巻及び余吹の標準を下表に示す。

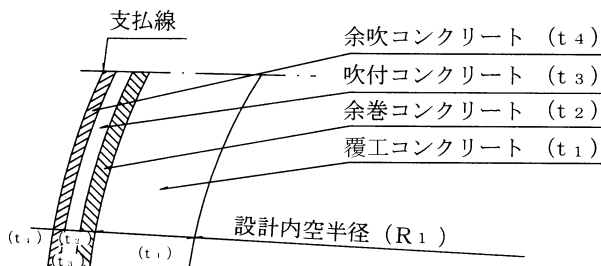
表5-3-10 余掘、余巻及び余吹厚 (cm)

掘削方法	掘削区分	余掘厚	余巻厚	余吹厚
発破工法	B	27	23	4
	C I	22	17	5
	C II	20	13	7
	D I	17	10	7
	D II	17	10	7
機械掘削	C I	13	8	5
	C II	13	8	5
	D I	13	8	5
	D II	13	8	5

- (注) 1. 設計巻厚、設計吹付コンクリート厚及び設計掘削断面に対する割増し厚さである。  
 2. 非常駐車帯、避難連絡坑等についても上表を適用する。  
 3. 変形余裕量を見込む場合は余掘、余巻は上表より5cm減じ、掘削断面に変形余裕量を加えるものとする。  
 4. 設計値と支払線の関係は、図5-3-8、5-3-9を標準とする。  
 5. インバート施工において設計厚に対する余掘、余巻コンクリート厚は5cmを標準とする。

### 2 設計値と支払線の関係

- (1) 変形余裕を見込まない場合



$$\text{設計掘削半径} = (R1) + (t1) + (t3)$$

$$\text{支払掘削半径} = (R1) + (t1) + (t3) + \text{余掘}$$

$$\text{注) 余掘} = (t2) + (t4)$$

図5-3-8

(2) 変形余裕を見込む場合

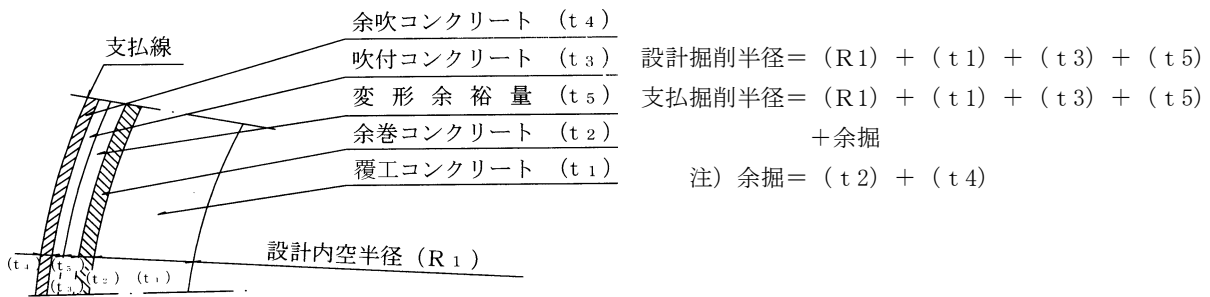


図 5-3-9

### 第 3 節 防水工及び排水工

#### 1 防水工及び排水工一般

トンネル覆工の漏水防止は、トンネル内の環境を良好に保ち通行者の安全性を計るとともに覆工コンクリートの劣化防止、寒冷地における結氷及び各種設備の耐久性の向上等、トンネルを維持するために実施するものとする。

#### 2 防水工及び排水工の分類

(1) 防・排水工の模式図

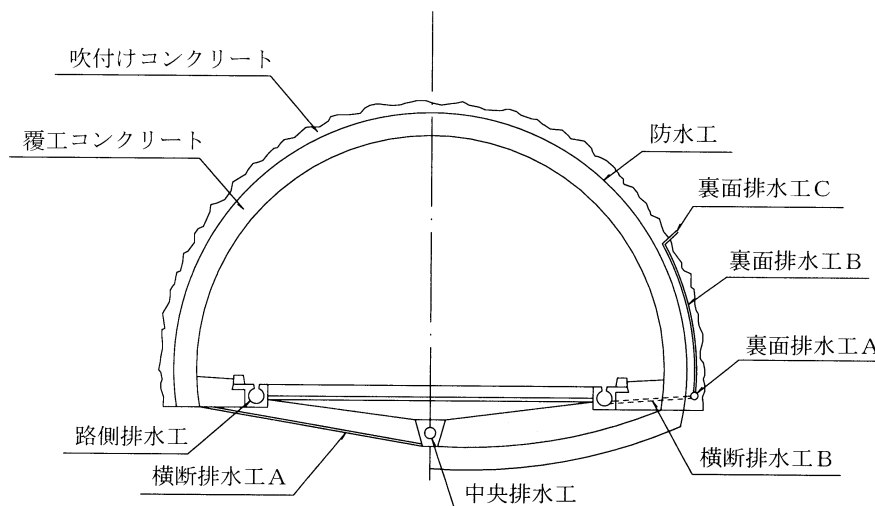


図 5-3-10

(2) 防水工

ア) 吹付けコンクリートと覆工の間に入れ、トンネル内部への漏水を防止する。また、覆工コンクリートのひび割対策として透水緩衝材と防水シートを設計するものとする。

イ) 防水工の材質

防水工に使用する防水シートは、厚さ0.8mm以上のビニールシート等で、表5-3-11に示す規格に合格するものとする。

表5-3-11 防水シートの規格

項目	試験法	規格値
比重	J I S K 6773 (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)	J I S K 6252 (20°C)	4.9以上

ウ) 透水緩衝材及び防水シートの施工

- 1) 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 (t = 3 mm) と防水シート (t = 0.8mm以上) の組み合わせられた物として、吹付けコンクリートと覆工の間に上下半の全周になじみ良く設置するものとする。
- 2) 透水性緩衝材と組み合わせられた防水シートは、吹付けコンクリートにピン等で固定させ、漏水のないよう結合させる。

(3) 裏面排水工

ア) 裏面排水工 A

トンネル背面の湧水を集め路側排水工に流すためトンネル最下部に縦断方向に設置する。(導水材)

イ) 裏面排水工 B

特に湧水の多い箇所、裏面排水工Aに導水する。

ウ) 裏面排水工 C

水道的な湧水を塩ビ管等で集水する。特に吹付けコンクリート時における湧水処理で裏面排水工Bで集水する。

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。

材質及び構造の例を図5-3-11に示す。

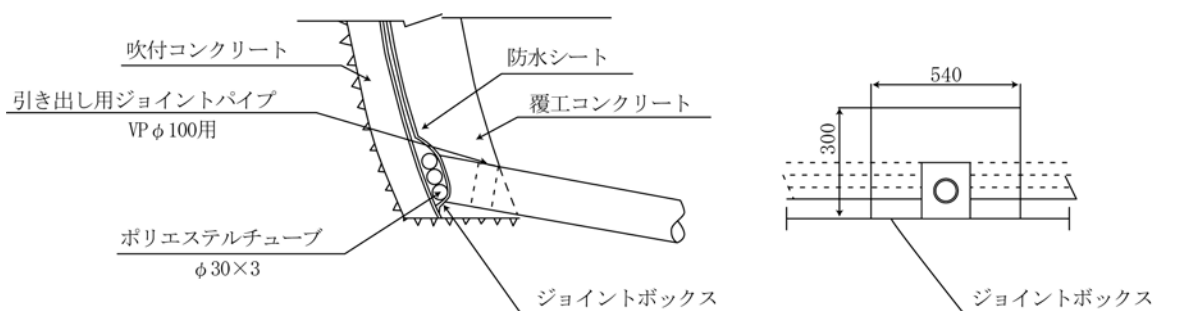


図5-3-11 裏面排水工の例 (ポリエステルチューブ)

(4) 中央排水工

- ア) 路面下部には、トンネル全長にわたって中央排水工を設けるものとする。排水管の径は30cm以上とし有孔高密度ポリエチレン管を標準とする。なお、排水勾配は、トンネル縦断勾配とする。
- イ) 施工位置は、インバートを設けるトンネルにあつては、インバート上部に施工するのが一般的である。特に湧水が多い場合はインバート下部にも排水工を設ける事を検討する。
- ウ) 標準構造を図5-3-12に示す。

(5) 横断排水工 A

- ア) 湧水が多い場合は、中央排水工の支線としてφ150の配水管を設け中央排水工に導水する。
- イ) 標準構造を図5-3-12及び図5-3-13に示す。

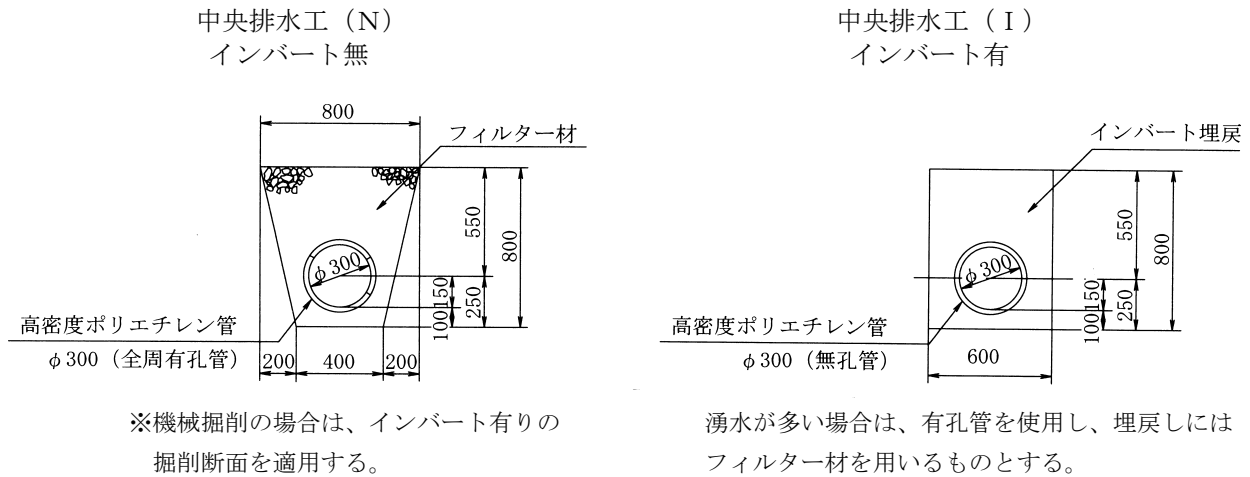


図5-3-12 中央排水工標準図

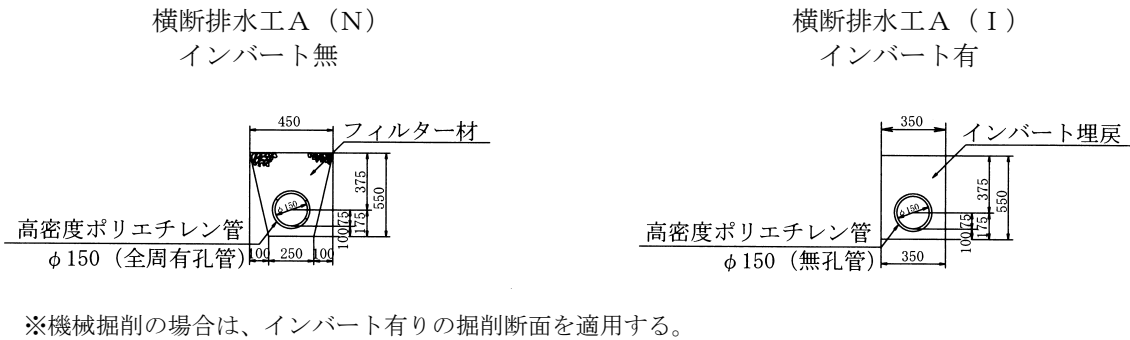


図5-3-13 横断排水工Aの標準図

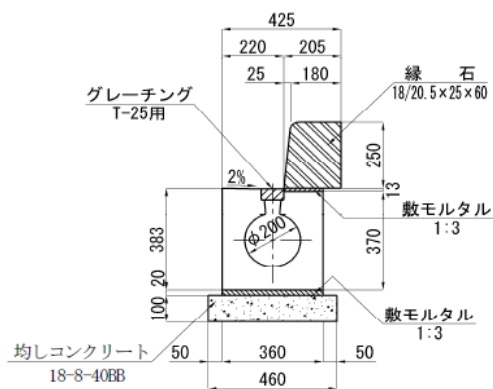
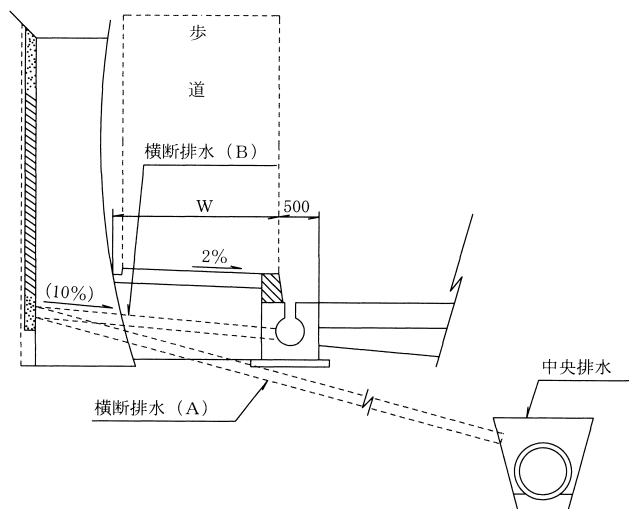
(6) 横断排水工 B

裏面排水工Aで集水した湧水を路側排水工へ導水するもので硬質塩化ビニル管のφ100～φ150程度を使用する。

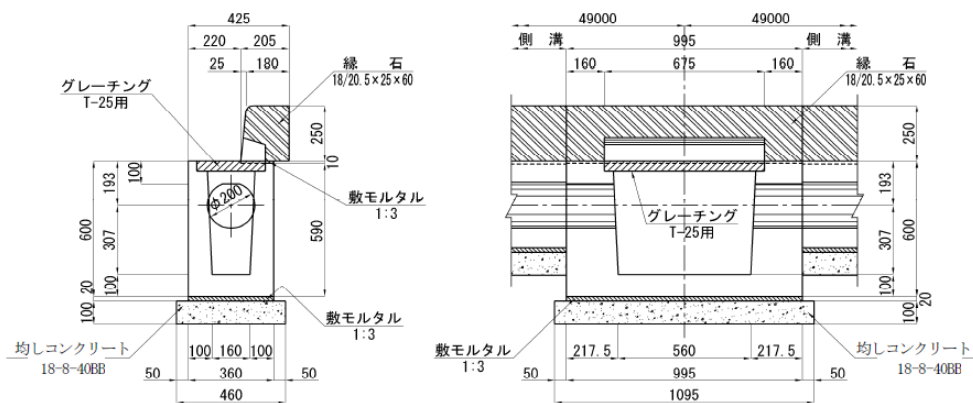
(7) 路側排水工

- ア) トンネルの路側には、排水工を両側に設置する事を原則とする。また、集水柵は50m程度の間隔で設置する。
- イ) 排水工の型式は、円形水路を標準とする。設計例を図5-3-14に示す。

構 造 図



(a) 円形水路



(b) 集水柵

図 5-3-14 路肩排水工の設計例

## 第4節 坑口部の設計

### 1 坑口部一般

トンネルの坑口部は、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にくい部分であり、斜面崩壊、偏土圧、地耐力不足、切羽崩壊、地表面沈下等の問題に遭遇する事が多い。これは岩質、地質構造、地下水等の地山内部の条件の他、地形、気象等の外的条件によっても支配される。したがって坑口部は、一般部分は別に特殊な構造と施工法を必要とする所であり、トンネルの施工が斜面や地表に影響を及ぼす可能性のある範囲を、坑口部と呼ぶこととし、これまでの実績から一般的に図5-3-15に示す通り範囲を坑口部とする。

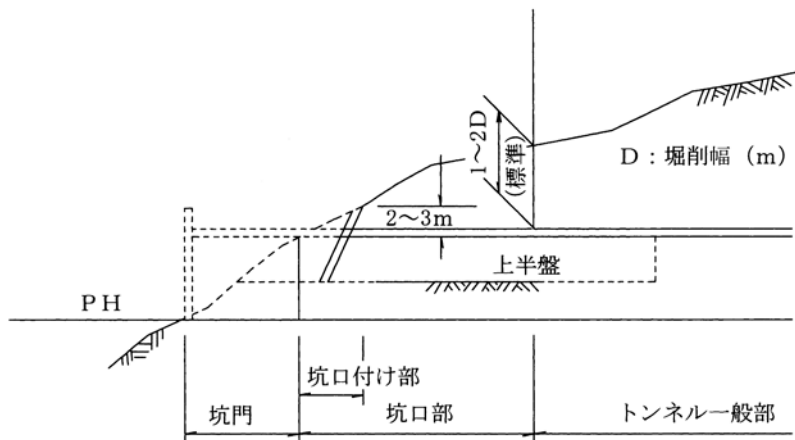


図5-3-15 一般的な坑口部の範囲

### 2 坑口部の支保パターン例

表5-3-13 坑口部の支保構造の標準

設計パターン	鋼アーチ支保工			吹付け厚 (m)	覆工厚 (cm)			フォアポーリング			備考
	上半部	下半部	建込間隔 (m)		アーチ部	側壁部	インバート部	長さ (m)	周方向 (m)	延長方向 (m)	
D III a	H-200	H-200	1.0	25	35	35	50	3.0	0.6 (上半 120°)	1.0	補助ベンチ付 全断面工法および上半工法

注1) ロックボルトは、必要に応じて、上半断面の側壁部付近に設置するものとする。長さは4mを標準とする。

注2) フォアポーリングは、必要に応じて設置するものとし、その材質および工法等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。また、設置範囲は天端から左右60度の範囲とし、打込み角度は10~30度とする。

注3) 金網は、D III aのパターンは上・下半に設置するものとする。金網の形状寸法はφ5×150×150を標準とする。

注4) 覆工は、一般的な坑口部においては、コンクリートの乾燥収縮等を考慮し、単鉄筋で補強した構造とし、主筋として直径19mm以上 (ctc20cm程度)、配筋筋として直径16mm以上 (ctc30cm程度) を用いるものとする。また、原則としてインバートにも考慮するものとする。これらの場合の鉄筋の継手は、施工性等を考慮し単列継手を用いることができるものとする。ただし、覆工等が鉄筋コンクリート構造物として設計される場合の継手構造は、千鳥配置とする。継手長については40φ (φ:鉄筋の公称直径) とする。

注5) 坑口部にはインバートを考慮するものとする。ただし、インバート部に吹付けコンクリートを施工する場合は、吹付けも含めた合計厚とする。

### 3 坑口部の予想される現象と対策

(1) 坑口部の施工時に予想される現象に対応する対策を表5-3-14に示す。

表5-3-14 坑口部施工時に予想される現象と工法

予想される現象 対 策	地 す べ り	斜 面 崩 壊	地 盤 沈 下	偏 土 圧	切 羽 天 端 崩 壊	地 耐 力 不 足	湧 水	備 考
垂 直 縫 地 工	◎	◎	◎	◎	○			掘削前
先 受 工		○	◎		◎			掘削中
鏡止（ボルト・吹付け）工			○		○			〃
一次閉合（仮インバート）			◎	◎		◎		〃
のり面吹付け工		◎						掘削前
のり面補強ボルト		◎						〃
薬液注入工（地表から）		○	○	○	○	○	○	掘削前、掘削中
薬液注入工（坑内から）			○		○	○	○	掘削中
水 抜 き（坑外から）	◎	○			○		○	掘削前
押 え 盛 土	◎	○		◎				〃
抑 止 杭	◎	○						〃
パイプルーフ工		○	◎	○	○			〃
ア ン カ ー 工	◎	○		○				〃
抱 き 擁 壁	◎	○		◎				〃

◎有効な工法

○場合により有効な工法

## 第5節 坑門工の設計

### 1 坑門工一般

坑門の設計にあたっては、地山条件、周辺の景観との調和、車両の走行に与える影響、維持管理上の便宜等を考慮して、坑門の位置、型式、構造等を決めるものとする。

### 2 坑門工設計の留意点

- (1) 坑門工の位置は、地形の横断面がトンネル軸線に対し、できるだけ左右対象となるような位置とし、偏圧を受けないようにする。
- (2) 坑門の位置は、沢や谷川と交差しないように選定するものとする。やむをえない場合においては、十分な排水設備を設けて沢水等を処理し、トンネルに悪影響を及ぼさないようにしなければならない。
- (3) 橋梁等構造物と近接する場合の坑門の位置は、地山条件を考慮し、坑門基礎の地盤反力の分布域と橋台の掘削線との関連を十分検討し、各々に悪影響を及ぼさないようにしなければならない。
- (4) 坑門の位置決定にあたっては、坑口付近に計画される将来の維持管理施設等の配置についても考慮する。
- (5) トンネル延長の短縮を計り、坑口を山腹深く切込むと、のり面の安定を侵し、崩壊地すべり等をひきおこす恐れがある。特に地山が崖堆層等の不安定なものであるときは、この危険性が大きいので安全性を十分検討しなければならない。
- (6) 土被りの浅い場合等では、明り巻工法を検討する。
- (7) 坑口付近の道路等との交差を考慮して位置を選定するものとするが、やむをえず土被りが少ない箇所に道路を跨道させる場合は、トンネル構造を十分検討する。

### 3 坑門の形式

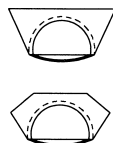
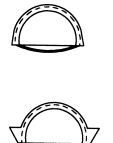
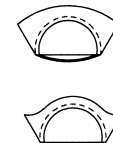
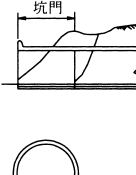
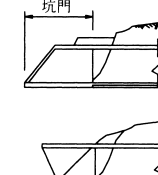
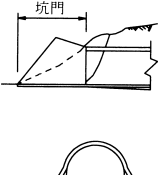
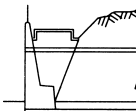
坑門は原則として土留擁壁に準じて設計するが、場合によっては、土留擁壁のない構造としてもよい。

坑門に作用する外力は、主としてトンネル軸方向の土圧であり、土留擁壁として設計するのが一般的である。自立構造またはアーチ覆工鉄筋と十分結合させるものとし、坑門と覆工とを一体化して坑門背後の土圧に抵抗させるようにする。

坑門の設計にあたっては、景観上の考慮を払うこと、またトンネル入口照明は、坑門構造の表面をできるだけ反射率の低い仕上げにするとともに経済的な照明となるよう検討するものとする。



表 5-3-12 トンネル坑門の形式と特徴

項目	両壁式		半突出型	突出壁			重力型
	ウイング式	アーチウイング式	パラペット式	突出式	竹割(逆竹割)式	ベルマウス(逆)式	重力・半重力式
形状							
地山条件による適用性	<ul style="list-style-type: none"> <li>両切面土工の場合</li> <li>背面土圧を全面的に受ける場合</li> <li>積雪量の多い場合には防雪工を併用。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>比較的地形がなだらかな場合</li> <li>左右の切土工が比較的少ない場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>尾根状地形や左右に他の構造物との取り合いが少ない場合</li> <li>積雪地でも可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>押え盛土を施工した場合</li> <li>坑口周辺の地質が良くない場合</li> <li>積雪地でも可能</li> <li>坑口周辺地形の切取りなど、整形が比較的可能な場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>坑門周辺の地形がなだらかな場合</li> <li>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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地形、地質が比較的良く、坑口周辺の開けた箇所可能。</li> <li>積雪地では吹き込み、雪庇が生じ易い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>落石が多いと予想される場合</li> <li>背面の排水処理が容易</li> </ul>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>トンネル本体との一体化が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>保護盛土を必要とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数mの本体の明り巻を必要とし、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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>型わく、配筋などに手間がかかる。</li> <li>面壁型に比べ坑門位置が前に出るため支持力不足に留意する必要がある。</li> </ul>	同 左	同 左	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
景観 車両走行性	<ul style="list-style-type: none"> <li>壁面積が大きく輝度を下げる工夫(壁面のハツリなど)が必要。</li> <li>重量感はあるが、走行上の圧迫感を感じ易い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>坑門コンクリートの面壁面積が小さいため、視覚的には違和感を感じさせない。</li> <li>坑口周辺地形と良く適合する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>圧迫感が少なく、車両の走行に与える影響は少ない。</li> <li>周辺地形と良く適合する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>圧迫感が少なく、車両の走行に与える影響は少ない。</li> <li>周辺地形を修景することにより坑門との調和が図れる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両の走行に与える影響は少ない。</li> <li>坑口周辺地形と良く適合する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>壁面積が大きく輝度を下げる工夫(壁面のハツリなど)が必要。</li> <li>重量感はあるが、走行上の圧迫感を感じ易い。</li> </ul>

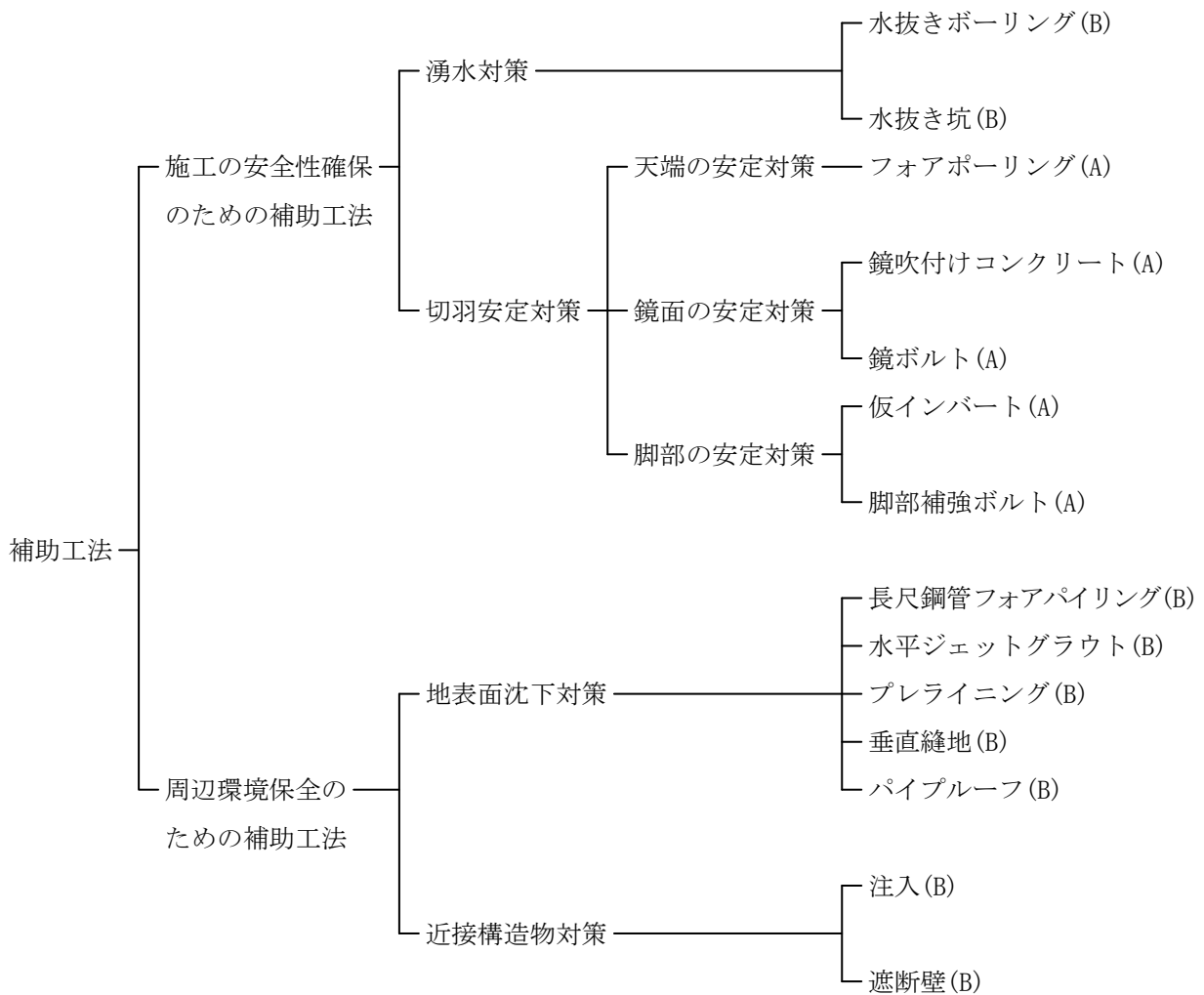
## 第6節 補助工法

### 1 補助工法一般

補助工法とは、ロックボルト、吹付けコンクリート、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、切羽の安定性・施工の安全性確保ならびに周辺環境の保全のため、主に地山条件の改善を計る目的で適用される補助的または特殊な工法をいう。

代表的な補助工法と使用目的による分類を下表に示す。

表5-3-15 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。

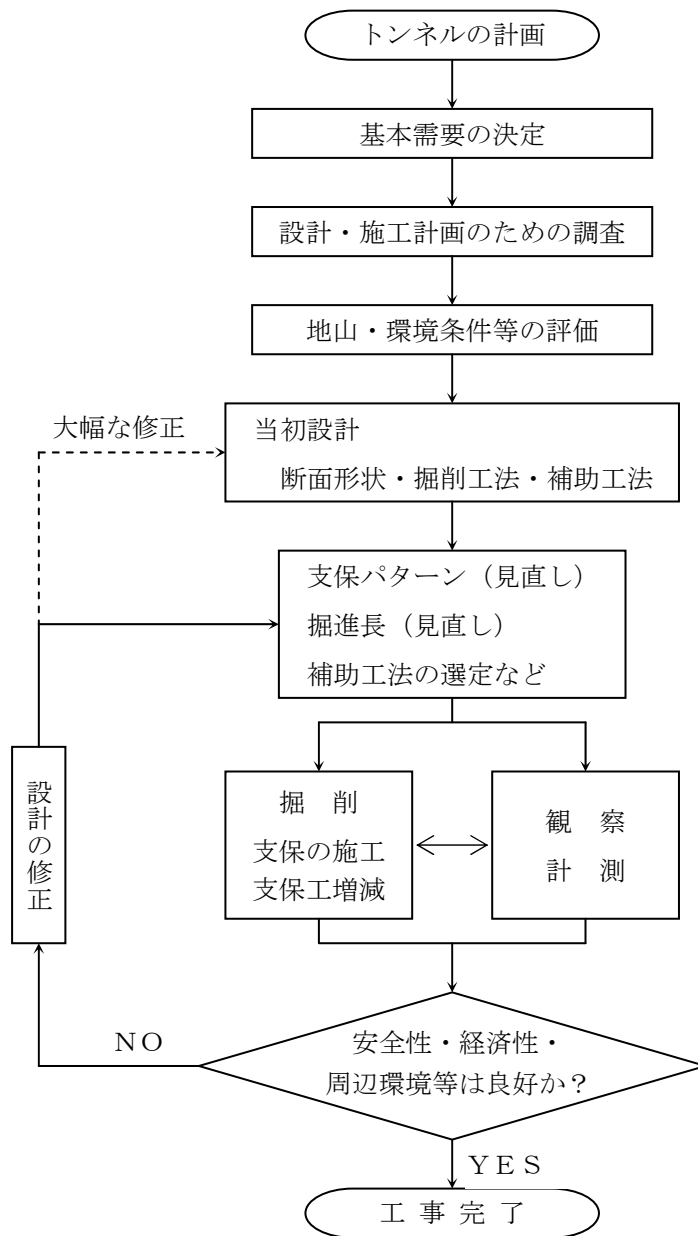


図5—3—16 補助工法にした着目したトンネルの調査・設計・施工の流れ

(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。

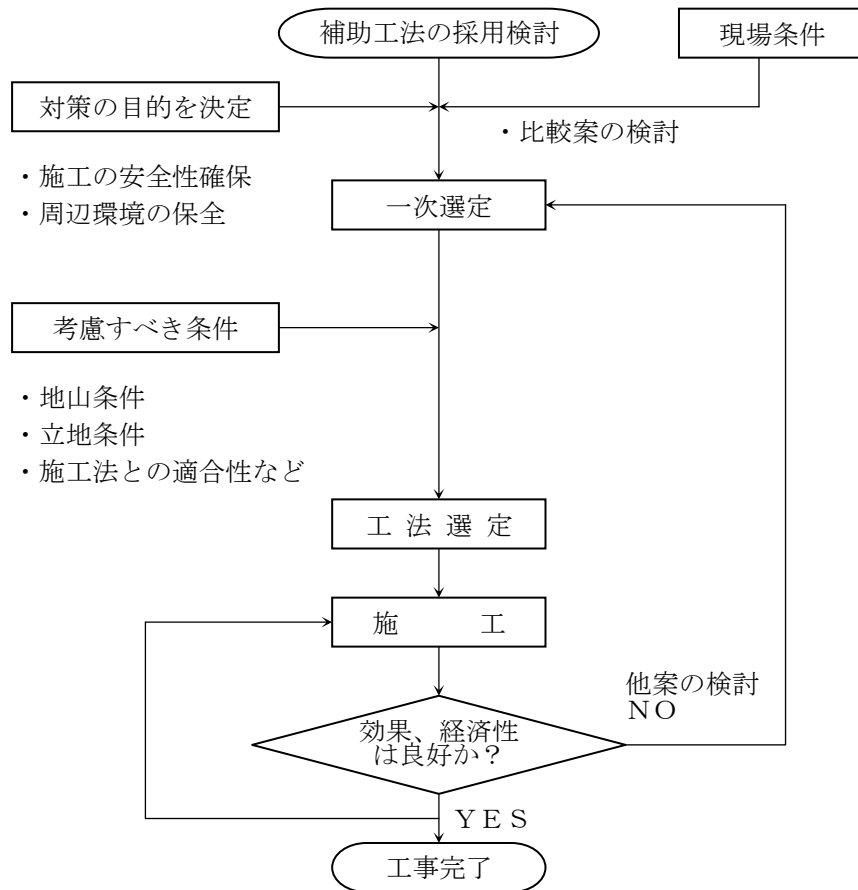


図 5-3-17 施工中における補助工法検討の流れ

## 2 補助工法の適用

補助工法は、その目的に応じて、湧水対策、切羽安定対策、地表沈下対策、近接構造物対策に分類される。補助工法の採用にあたっては、安全性・効果・経済性に優れた工法を選定しなければならない。

補助工法の効果は、主目的とする効果と、それに付随した二次的効果を併せ持つことが多い。また、複数の補助工法を組み合わせることも多く、トンネルの施工性、地山条件ならず周辺環境条件を総合的に考慮して、効果的で経済的な工法を選定しなければならない。

表5-3-16 補助工法の選定

工 法	目 的						対 象 地 山			摘 要	
	施工の安全性確保			周辺環境の保全			硬岩	軟岩	土砂		
	湧水 対策	切羽安定対策		地表面 沈下 対策	近 接 構造物 対策						
		天端の 安 定	鏡面の 安 定			脚部の 安 定					
先 受 工	・フォアボーリング (非充填・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	
	・長尺鋼管フォアパイリング (充填式、注入式)		○	○		○	○		○	B	
	・プレライニング		○	○		○	○		○	B	
鏡 面 ・ 脚 部 の 補 強	・鏡吹付けコンクリート			◎			○	◎	◎	A	
	・鏡ボルト			◎			○	○	○	A	
	・仮インバート				○	○		○	○	A	
	・脚部補強ボルト				○	○		○	○	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
	・垂直継地		○	○		○		○	○	○	B
	・遮断壁	○				○	◎			○	B

注) ◎：比較的良好に用いられる工法、○：場合によって用いられる工法、摘要欄のA、Bは補助工法の区分を表す

## 3 薬液注入における施工管理

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)」((財)国土開発技術研究センター、平成4年10月)によるものとする。

## 第7節 トンネル照明施設

### 1 トンネル照明施設に用いる示方書等

トンネル照明施設の設計に用いる示方書等は、第6編道路附属施設事業第5章道路照明施設第4節トンネル照明によるもののほか、平成19年10月「道路照明施設設置基準」（以下「道照施基」という。）、平成24年4月「LED道路・トンネル照明ガイドライン」（以下「ガイドライン」という。）、平成25年7月29日道路管理課長通知「道路照明について（通知）」によるものとする。

### 2 設置計画

トンネル照明は50m以上のトンネルに設置することを原則とする。

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・灯具の選定

原則、LED照明とし、設計時に協議のこと。基本は、基本照明・入口照明・出口照明をLED照明とし、入口照明・出口照明をLED以外の照明で検討する場合は協議のこと。

### 4 接続道路の照明

トンネルに続く道路には坑口より10m付近に照明灯を1基設置するものとする。

## 第8節 トンネル非常用設備

### 1 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5-3-20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。

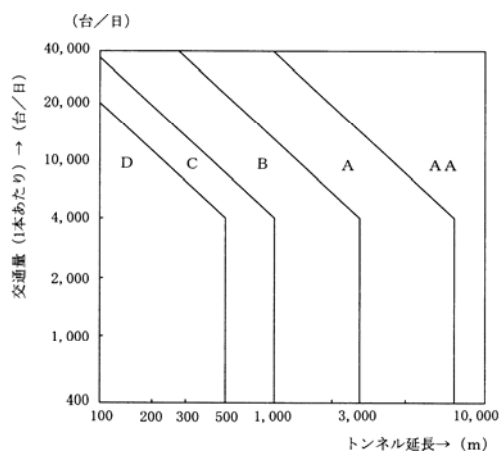


図5-3-20 トンネル等級区分

- (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5-3-22に示す施設を設置するものとする。

表5-3-22 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	○	○	○		
	排煙設備又は避難経路	○	△			
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」、「△は必要に応じて設置する」ことを示す。

## 2 通報・警報設備

### 2-1 非常電話

非常電話は両側に設置することを原則とする。ただし、トンネル延長400m未満の場合はトンネルの中央付近に1台設置する。

- (1) 扱い方が簡単で利用者と管理所等の同時通話が可能な方式とする。
- (2) 非常電話は千鳥配列とする。ただし一方通行トンネルでは左側に設置する。

$$N = L / 100 \quad (\text{非常電話の設置間隔は片側}200\text{m以下})$$

- (3) 表示灯の電源はAC 1φ 2W100Vとする。

### 2-2 押ボタン式通報装置

- (1) 配列は千鳥を標準とする。
- (2) 設置個数は  $N = L / 50$  (設置間隔は50mを標準とする)

$$L = \text{トンネル延長 (m)}$$

$$N = \text{整数切上げ}$$

- (3) 通報装置説明板を設けるものとし、レイアウトは図5-3-21を標準とする。



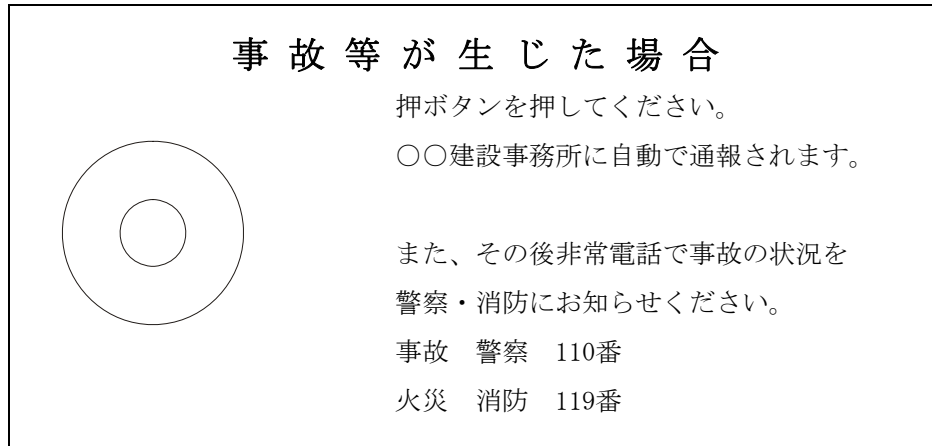


図5-3-21

### 2-3 火災検知器

- (1) 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CO<sub>2</sub>共鳴式ちらつき型火災検知器とする。
- (2) 取付間隔は25m、取付高1.3mで片側配列を標準とする。

## 3 消火設備

### 3-1 消火器

- (1) 消火器は、手さげ式粉末形（A、B、C）とし、消火器箱には押ボタン式通報装置を設け、消火器2本を収納するものとする。
- (2) 消火器箱は鋼製またはステンレス製とし、架台は溶融亜鉛メッキまたはステンレス製とする。特に気象条件等環境条件に影響を受ける場所は、ステンレス製を考慮する。
- (3) 消火器箱の前・横面の塗装は、ウレタン樹脂蛍光塗装（蛍光赤）を標準とする。
- (4) 消火器は50m間隔千鳥に配置を標準とする。ただし一方通行トンネルでは左側に設置する。

### 3-2 消火栓

- (1) 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。
- (2) 消火栓は50m間隔片側に配置を標準とする。
- (3) 口径は40mm、放水量は130ℓ/min、放水圧力は0.29MPaを標準とする。また、水源は消火栓3個同時に40分程度放水できる容量を確保する事が望ましい。

### 3-3 消火ポンプ

#### (1) 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、点検運転のためのバイパス配管も設けておくこととする。

#### (2) 容 量

消火ポンプは送水対象となる、消火栓、給水栓、水噴霧設備等に対して十分な容量と揚程を有するものとなるよう計画するものとする。

### 3-4 貯水槽

#### (1) 水源

給水源は、公共用上水道、トンネル湧水、河川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。

(2) 貯水槽

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) 給水

消火ポンプ能力や水源等から長大トンネル等については、二系統の給水も検討すること。

3-5 送水配管

(1) 配管材料

配管材料は、水道用T型遠心ダクタイトイル鑄鉄管、水道用T型ダクタイトイル鑄鉄異径管、水道用亜鉛メッキ鋼管を標準とする。

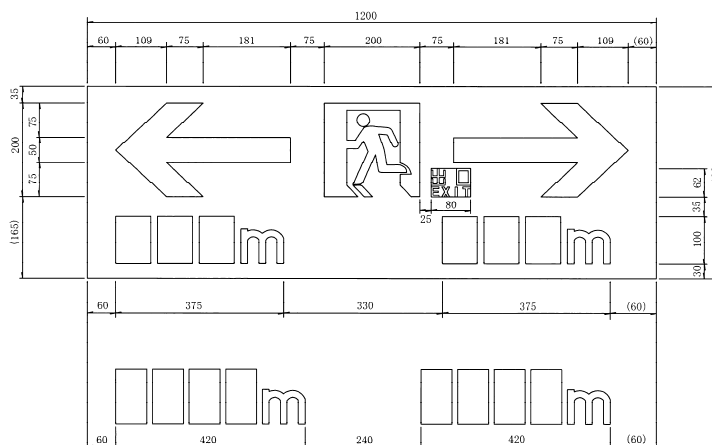
(2) 配管計画

配管は、必要な水量と圧力に耐えるものとし、車両による振動、不等沈下、凍結及び弁開閉等によるウォーターハンマ等に対して十分安全なもので維持管理も考慮した配管計画を行うものとする。

## 4 避難誘導設備

### 4-1 誘導表示板

- (1) 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。
- (2) 誘導表示板は非常電話の近くに設置するものとする。
- (3) 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。
- (4) 誘導表示板のレイアウトは図5-3-22の通りとする。



- 注) 1 白地に緑文字・緑矢印とする。  
2 ピントグラフの向きは距離数の短い方へ向けるものとする。

図5-3-22 誘導表示板レイアウト

#### 4-2 非常電話案内板

- (1) 設置間隔は25mとする。
- (2) 非常電話案内板は、図5-3-23を標準とする。

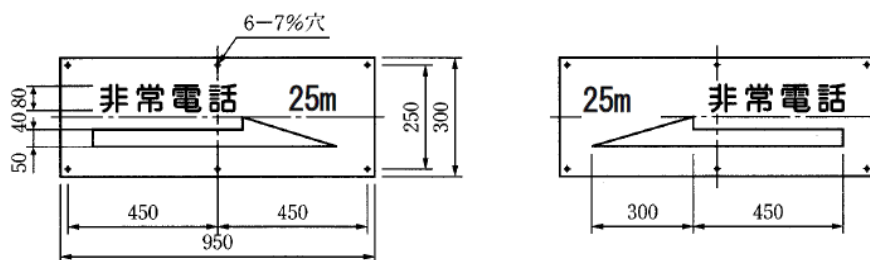


図5-3-23 非常電話案内板

### 5 その他の設備

#### 5-1 ラジオ再放送設備（割込機能あり）

- (1) 設置は道路トンネル非常用施設設置標準によるものとする。ただし、路線の状況等により設置が必要とされる場合は、本課協議とする。

サービスエリアはトンネル内本線及び非常駐車帯とする。

- (2) 対象放送局はトンネル坑口及びその周辺において放送局のサービスエリアであり電界強度が $50\text{db}\mu\text{V}/\text{m}$ 以上の局とする。（なお、ラジオ放送設備は割込み機能を具備するものとする。）
- (3) 受信架～放送架の伝送方式は、オーディオ検波再変調方式（AF変換方式）を標準とする。
- (4) 誘導線路の方式は平行2線式を標準とする。

### 6 配管配線

#### 6-1 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（HI）とする。

#### 6-2 配線

- (1) 電源線はCVを原則とする。
- (2) 信号線はCPEV、CVVを原則とする。

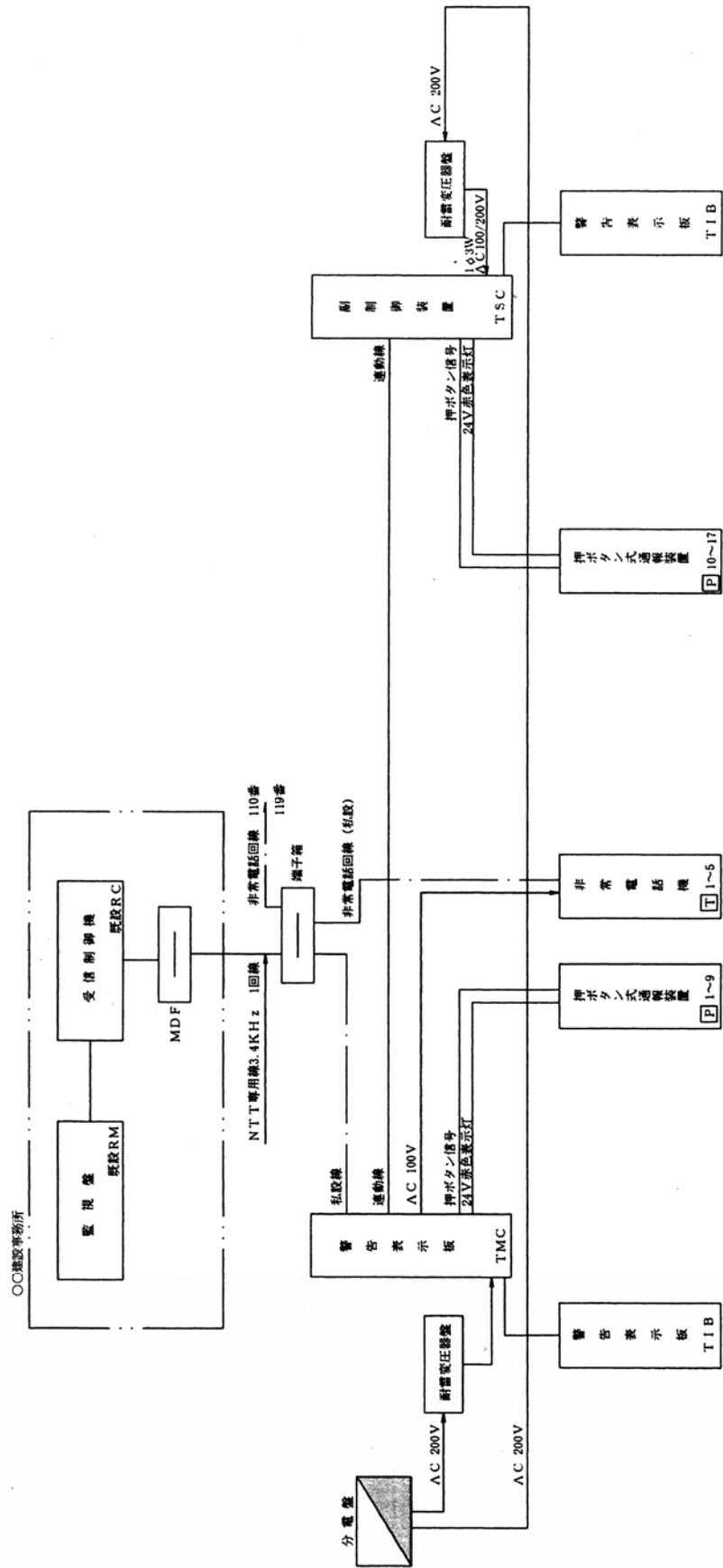


図 5 - 3 - 2 4 非常用設備系統図の例

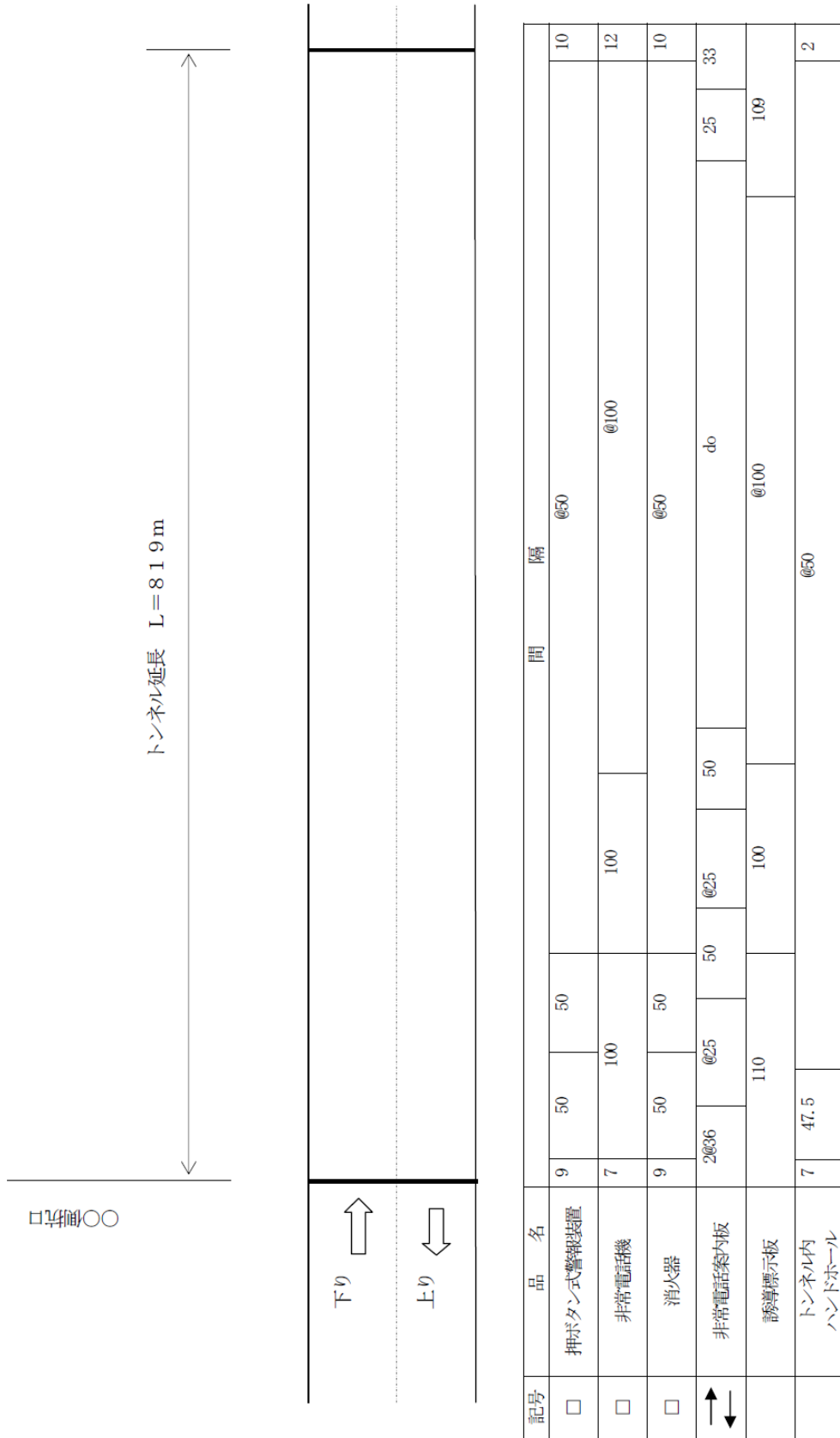


図 5 - 3 - 2 5 非常用設備割付図の例

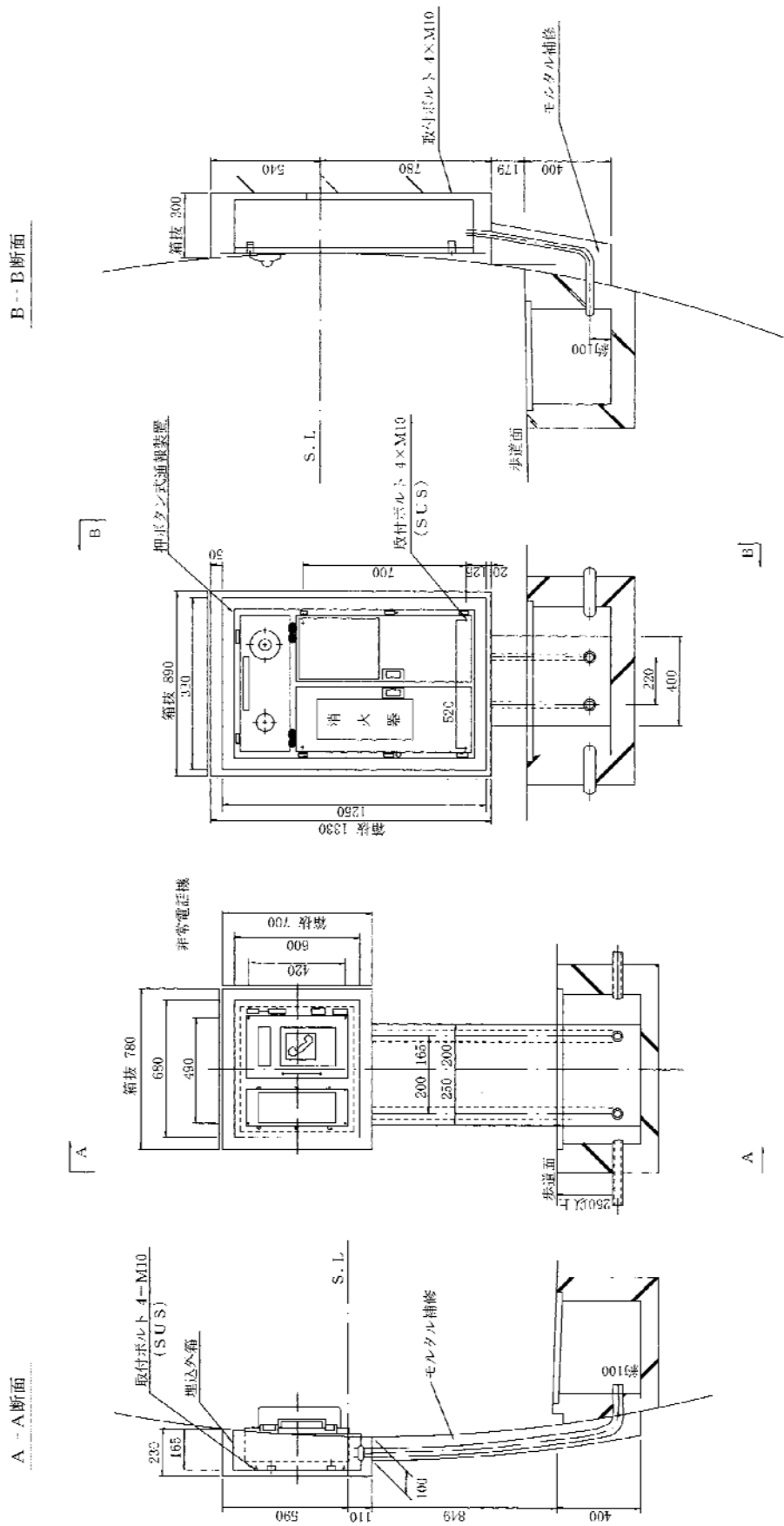
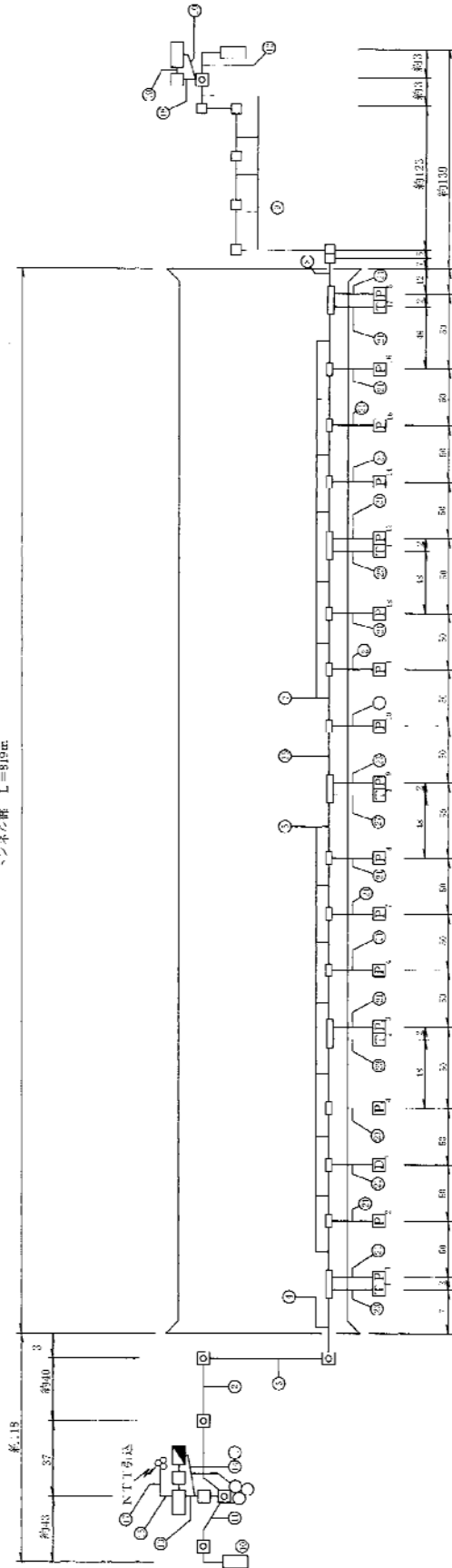


図 5-3-26 配管、配線系統図の例

# 配管図

ハンネの部 L=810mm



# 配線系統図

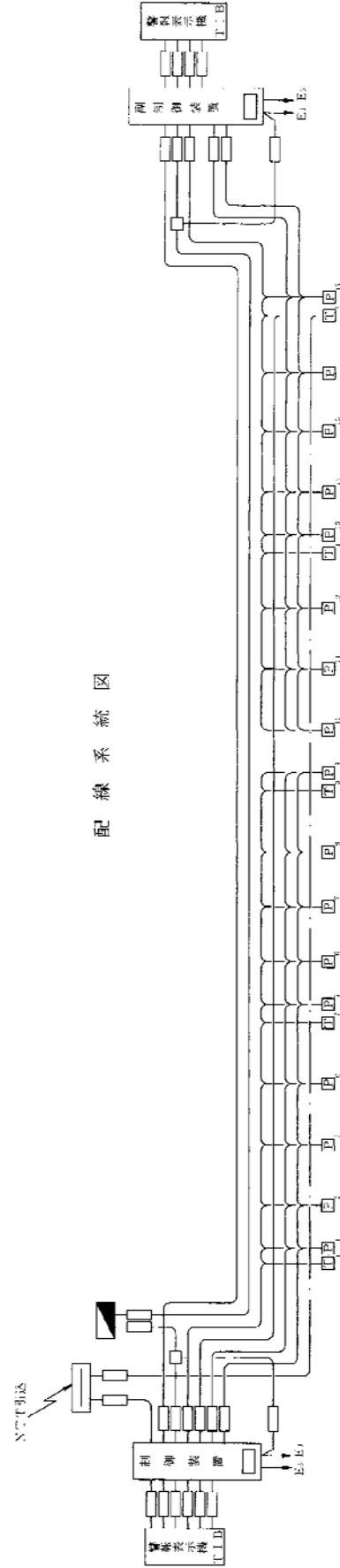
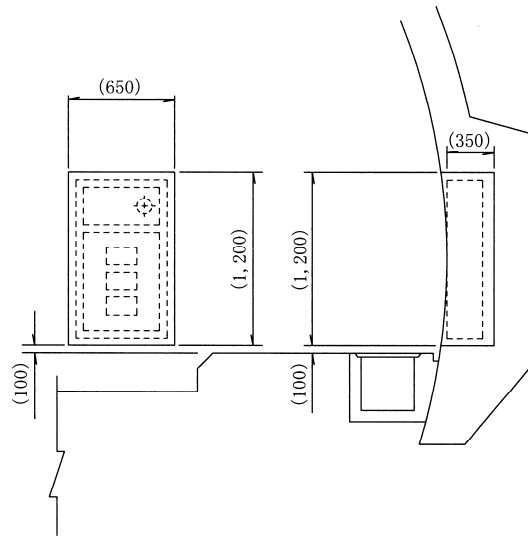


図 5-3-27 機器取付詳細図の例



消火器箱抜図 (参考)

図 5 - 3 - 2 8 箱抜図の例