

第 7 章 トンネル

I. 基本コンセプト

- ① トンネルの本体設計と施設設計の連携…………… 7- 1

II. 中部知見

- ① 効率化を目指す合理的なトンネル施工法（硬岩地山における長孔発破）
…………… 7- 2
- ② 完成後の水処理対策…………… 7- 3

III. 設計標準

- 7-1 基本事項…………… 7- 4
- 7-1-1 適用の範囲…………… 7- 4
- 7-1-2 基本的事項…………… 7- 4
- 7-2 計画・設計…………… 7- 8
- 7-2-1 内空断面の設計…………… 7- 8
- 7-2-2 地山分類…………… 7-15
- 7-2-3 掘削工法の選定…………… 7-15
- 7-2-4 支保構造の設計…………… 7-19
- 7-2-5 覆工…………… 7-30
- 7-2-6 特殊箇所の設計…………… 7-30
- 7-2-7 防水工及び排水工…………… 7-32
- 7-2-8 坑口部及び坑門の設計…………… 7-37
- 7-2-9 導坑断面の設計…………… 7-50
- 7-2-10 補助工法及び特殊工法…………… 7-51
- 7-2-11 薬液注入における施工管理について…………… 7-52
- 7-2-12 矢板工法…………… 7-52
- 7-3 付属設備…………… 7-53
- 7-3-1 トンネル照明施設…………… 7-53
- 7-3-2 トンネル非常用設備…………… 7-53
- 7-3-3 電源設備…………… 7-62
- 7-3-4 その他…………… 7-63

I. 基本コンセプト

① トンネルの本体設計と施設設計の連携

トンネルには、換気設備、電気設備、排水設備、非常用設備、電気室等の施設がある。

これら施設の設計は、一般的にトンネル本体設計とは別に行われるが、本体設計で決まってくる情報を基に行う必要がある（第1章7-2 本体設計と設備設計にある「図1-5 トンネル設計フロー」参照）

しかし多くのトンネルにおいて本体設計と施設設計で情報共有が図られず、例えば写真-7-I-1のように内装板が設置できない事例や、各設備用の箱抜きが不整合となっており、修正設計が必要となり、余分な時間や経費が必要となりかねないことがある。

そのため、本体設計と設備設計は同時並行して行い、情報共有・調整を図る必要がある。

以下、設計時において特に注意する項目について列挙するので参考とされたい。

- ・ 配置計画に基づき適切に配置がされているか
- ・ 施設の大きさにあった適切な箱抜き（施設・配管計画）が設計されているか
- ・ 各施設の配管・配線が干渉していないか
- ・ トンネル抗口部については、各種設備が集まるため空間的にみて問題はないか
- ・ トンネルのスパン割（打ち継ぎ部）の箇所に設置はおこなっていないか
- ・ 建築限界をおかしていないか



(内装板の設置ができない事例)



(使われない箱抜きの事例)

写真-7-I-1 本体設計と施設設計の不整合の事例

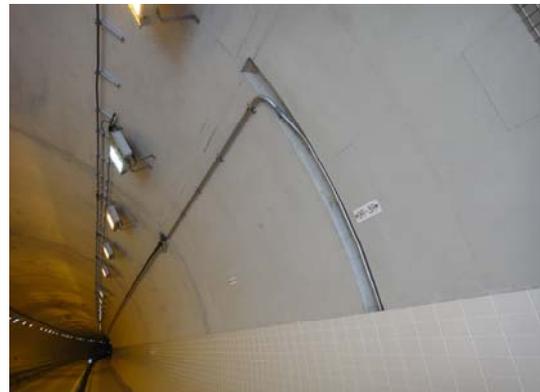
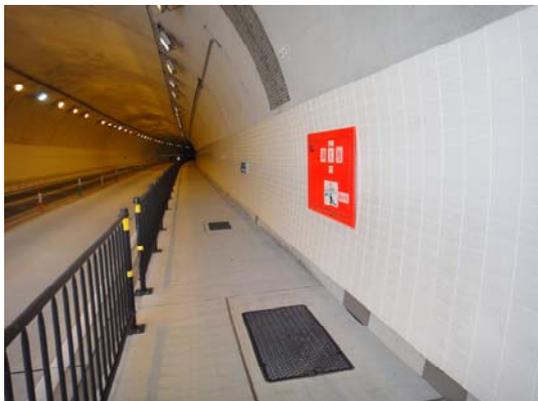


写真-7-I-2 適切に設計された事例

II. 中部知見

① 効率化を目指す合理的なトンネル施工法（硬岩地山における長孔発破）

トンネル工事費はドリルジャンボや換気設備などの機械賃料が支配的で、施工期間を短縮することが費用縮減につながる。手法としてはサイクル当りの1掘進長の延伸が有効と考えられる。

しかし、1掘進長の延伸はトンネル掘削断面における地山の自立性を低下させるリスクがありそのバランスが重要となる。熊野尾鷲道路に分布する熊野酸性岩類は硬質で自立性の高いB等級地山が連続すると予想されたため、長孔発破の試験施工を行い合理性・効率性を検証した。

1) トンネルにおける長孔発破とは？

- a) 標準1掘進長は地山等級により経験的に定められており、国内で標準的なCI等級で1.5m、CIより自立性の高いB等級地山で2.0mとされている。標準掘進長を超える発破掘削を長孔発破と呼んでいる。

b) 対象トンネルとB等級地山の1掘進長 (単位：m)

対象トンネル	全長	B等級地山延長	1掘進長
亥谷山トンネル三木里工区	1,686	537	3.0
亥谷山トンネル賀田工区	1,511	84	6.4
逢神曾根トンネル	2,360	707	4.0~6.0

c) 予測される課題と対応

ア) 余堀の増大への対応

外周孔を内側に計画することやスムーズブラस्टィングの採用により余堀量を低減した。

イ) 削孔用ロッド長尺化に伴うノミ下がりへの対応

長尺ロッドの剛性を上げるため、せん孔径を標準φ45mmからφ54mm、φ64mmに大きくした。

d) 長孔発破における発破掘削の検証

ア) 効率化・工事費用削減に有効な特徴

- i) 長孔発破実績の1m当りサイクルタイムは、各工種の準備片付け等の段取替え回数の減やドリルジャンボの出力UP（長尺削孔対応）により、標準積算基準より短縮した。

標準積算基準：4時間、長孔3m：3時間、長孔4m：3.5時間、長孔6m：3時間

イ) 効率化・工事費用削減に反する特徴

- i) 4mを超える長孔発破では、せん孔径を大きくしたことから、 m^3 当り火薬量が増加した。

- ii) 外周工を内側に計画したことで、こそく・当たり取りに手間と時間を要した。

- iii) 掘削ズリが大きくなることから坑内におけるズリの一次破碎に手間と時間を要した。

- iv) 長孔6mでは、せん孔時間を短縮するために2ブームドリルジャンボを1台追加した。

e) まとめ

今回の試験施工において、長孔発破では1m当りサイクルタイムが短縮し、経済性も向上する結果となった。一方、火薬量やズリ破碎費用の増加などが課題として挙げられる。

現状の機械設備におけるB級地山の最も効率的（経済的）な1掘進長は3~4m程度であることが伺える。¹⁾

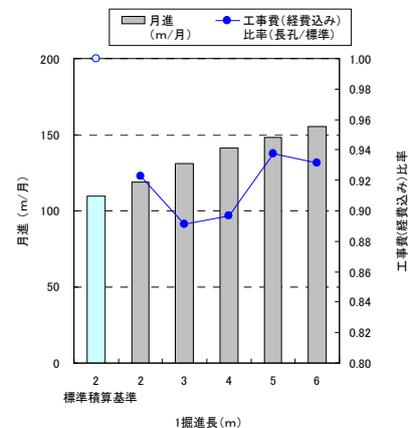


図-7-II-1 1掘進長と月進、工事費比率の関係

② 完成後の水処理対策

トンネル工事の施工に伴い発生する地下排水について、環境基準を超えるアルカリ性を呈する事例が多くあり、中部地方整備局において最近完成した24トンネルについて調査したところ、約半数のトンネルで、覆工完了後1年以上経過しても地下排水のpHが低下する見込みが無く、中和処理を継続して行うことを余儀なくされていた。

更に、これらの中和処理装置は炭酸ガスを用いた機械式中和処理装置が一般的であり、年間約1000万円程度の管理費を費やす場合もあり、設備のヤード確保と管理コストの削減が課題となっている。

上記のような機械式中和処理装置によらない中和処理について、設計者ではなく道路管理を担当する係長による提案で改善を行った事例を紹介する。

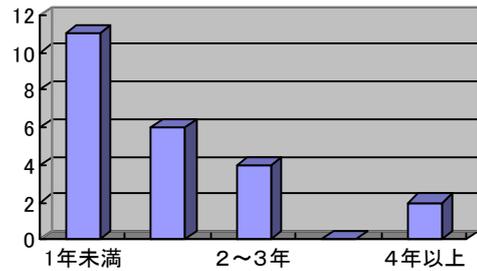


図-7-II-2 中和処理装置の設置期間



写真-7-II-1 機械式中和処理装置

a) 落差方式による中和化

トンネル施工段階では、従来の中和処理装置に加えて、トンネル坑口の地下排水流末に、階段状の落差工を設置し、落差による攪拌効果と気液接触面積を増加させ、空気中の二酸化炭素による自然中和効果を高めるような工夫を行ったところ、pHの低減効果はあったが、環境基準を満足するまでには至らなかった。

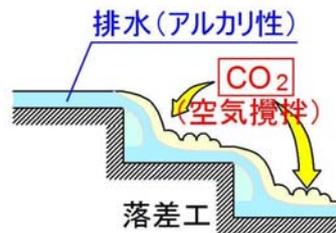


図-7-II-3 当初の中和処理対策(落差工)

b) 酸性岩石類による中和化

日常、道路を管理する立場である維持出張所の係長が、地下排水の中和処理に多額の維持管理費を費やす現状を懸念し、全国の文献などから酸性岩石類の成分溶出によりアルカリ水を中和化した事例を知り、道路巡回中に当道路の残土仮置き場に仮置きしてある岩が酸性岩であるため、それらを利用することでアルカリ水を中和処理できるのではないかと推測し、仮置きしている岩を落差工内に投入した。

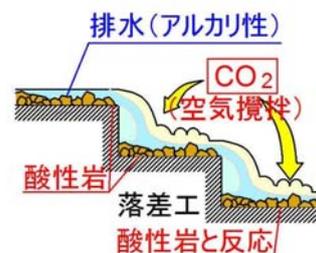


図-7-II-4 改善案(落差工+酸性岩)

その結果、環境基準を満足する値までpHが低下し、機械式中和処理装置を一切用いず、地下排水を直接放流することが可能となり、年間約1000万円もの維持管理費を不要にすることができた。

このように、設計は設計者だけではなく、道路管理を行う立場からも可能であり、常に改善する心構えを持ちPDCAを実践して、改善提案を行うことが重要である。

Ⅲ. 設計標準

7-1 基本事項

7-1-1 適用の範囲

- 1) 本要領は、NATMを標準とした山岳トンネル工法により建設する、内空幅 14.0m 程度までの道路トンネルの設計に適用する。
- 2) 本要領に定めていない事項については、第 1 章 表-1-11、表-1-12 の体系に示す示方書等によるものとするが、特殊条件等により本要領の適用が困難な場合は、個々の実情を考慮した検討に基づき、適切な設計を行うものとする。

7-1-2 基本的事項

- 1) 道路トンネルの調査・計画・設計・施工・管理
道路トンネルの調査・計画・設計・施工・管理（維持修繕）にあたっては、下記によるものとする。
 - (1) トンネルの計画にあたっては、社会性、経済性を考慮するとともにトンネル部および前後に接続する道路部を含めて総合的に検討しなければならない。
 - (2) 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。また、計画交通量は換気設備・非常用設備等の規模を決める重要な要素であるので決定にあたっては十分な検討を行うこと。
 - (3) トンネルの付属施設の設計にあたり、調査・計画から設計・施工までの期間が長い場合などには、トンネルの付属施設（特に換気設備等）に関する技術開発・性能の改善などの動向に十分留意しトンネルの設計又は施工に反映することが重要である。また、トンネル付属施設の設置位置については、維持メンテナンス時の交通への影響等を考慮した検討を行うものとする。

① 構造規格

トンネルの幅員構成・建築限界・線形等の構造規格については、道路構造令の規定によるものとする。なお、トンネルの構造規格の適用にあたっての詳細については、本設計要領の第 3 章幾何構造などによるものとする。

② トンネル位置の選定

設定された予定路線について地形図を作成し、調査資料に基づいて、下記のトンネル位置の選定要素などにより、トンネル予定位置の詳細な検討を行わなければならない。

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

③ 調査

a) 調査一般

トンネルの建設にあたっては、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、トンネルの規模に応じて、建設の段階ごとに、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。

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

b) 地上権の設定等

将来開発の可能性が考えられる場合等には、地上権の設定を考慮することが望ましい。

c) トンネル施工検討委員会等の設置

必要に応じて、学識経験者等から助言を得るため、トンネル施工検討委員会等の設置を検討するものとする。

④ 計画・設計・施工

a) 平面・縦断線形

平面・縦断線形設計にあたっては、「道路構造令の解説と運用 (社)日本道路協会 (H16.2)」、本設計要領の「第3章幾何構造」によるものとする。

b) 監視員通路の計画

トンネル内には、規模、トンネルの連続性等を総合的に判断して監視員通路を設置するものとする。

ア) トンネル等級 AA および A のトンネル。

イ) トンネル連続区間で、対面交通の供用期間が長期になると予想されるトンネル等級 B のトンネル。

ウ) 監視員通路を有するトンネル間に位置するトンネル、あるいは監視員通路を有するトンネルに近接するトンネルで、中間明り部が短く監視員通路の設置により効率的な維持管理が行えると考えられるトンネル。

エ) 監視員通路は、原則として片側（走行車線側）に設置するものとし、車道面からのマウントアップ高さは90cmを標準とする。

c) 非常駐車帯の計画

図-7-III-1 に非常駐車帯の概念図を示す。

ア) 非常駐車帯の設置間隔は片側 750m 程度を標準とし、延長 750m を超えるトンネルにおいて、道路の構造規格、防災等級、利用状況等を総合的に検討し、その設置の有無を決定する。

イ) 第3種2級以下の道路においては、有効長 $L=15m$ とする。

ウ) 非常駐車帯は断面の拡幅を伴うことから、出来るだけ地山条件の良好な箇所には設けるものとし、対向車線側との非常駐車帯同士は、同一断面に集中しないよう、端部間距離として 50m 程度確保する。

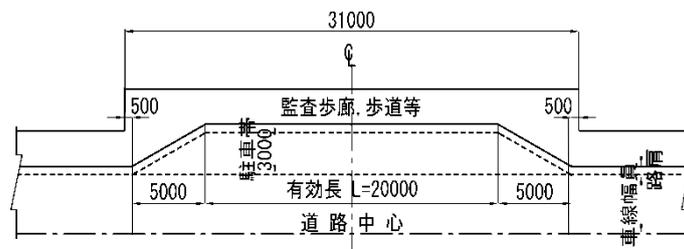
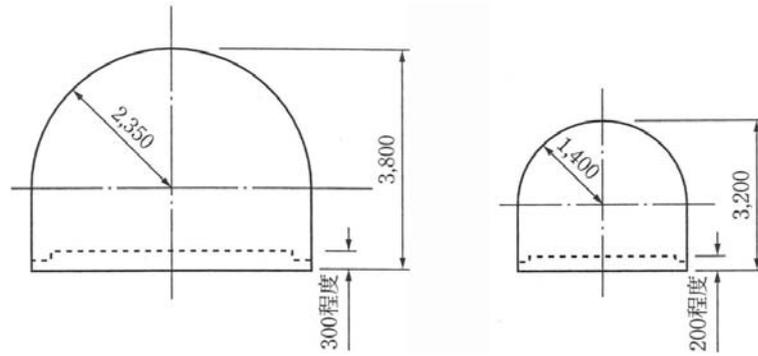


図-7-III-1 非常駐車帯概念図

d) 避難通路の計画

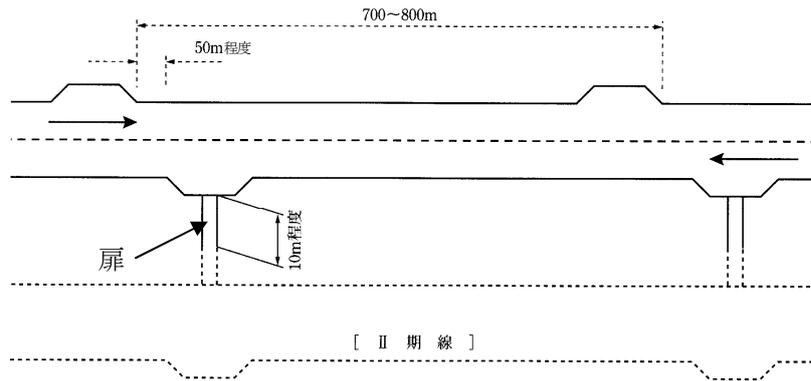
避難通路には避難坑と避難連絡坑がある。



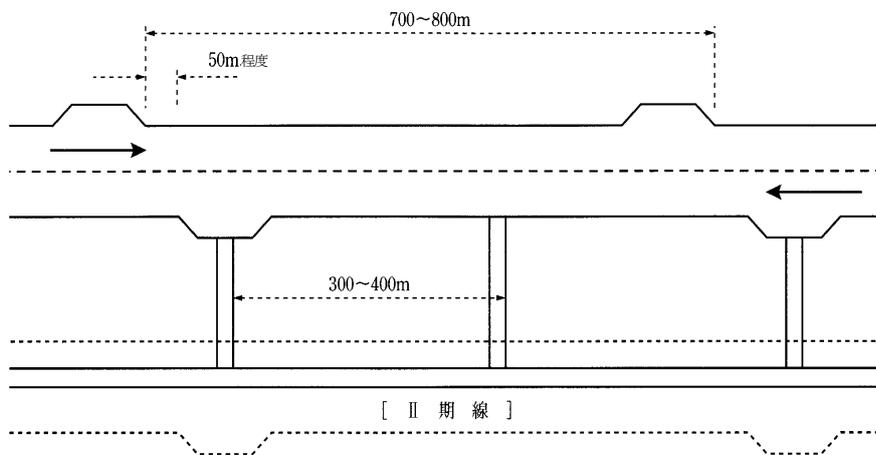
(a) 避難坑および車両用避難連絡坑 (b) 避難連絡坑

図-7-III-2 避難通路の内空断面

- ア) 避難坑は、対面交通トンネルの場合に、本坑トンネルとは別に設ける避難用のトンネルであり、トンネル等級AAおよび延長3,000m以上のA級トンネルのうち、一換気区間長（立坑等で区分された長さ）が、2,000mを超える縦流換気方式を採用するトンネルに設置する。避難坑の内空断面は図-7-III-2の(a)を標準とする。
- イ) 避難連絡坑は、一方向交通トンネルにおいては並行する上下線トンネル間、対面交通トンネルにおいては本坑トンネルと避難坑間の連絡路である。一方向交通トンネルにおいては、非常駐車帯と対に750m程度の間隔で連絡坑を設けるものとし、地山条件等により設置場所が限定される場合でも、できる限り700～800m間隔で設ける必要がある。
- また、段階建設を含む対面交通トンネルにおいては、350m程度の間隔でその配置を計画するものとし、地山条件等によりその設置場所が限定される場合でも、できる限り300～400m間隔で設ける必要がある。避難連絡坑の内空断面は図-7-III-2の(b)を標準とする。
- ウ) 避難坑は利用頻度が本坑に比較して少ないことから二次覆工を省略し、コスト縮減を図ることも想定し検討を行うことが望ましい。
- エ) 延長3,000m以上のトンネルでは車両用避難連絡坑も設置することとし、設置基準は以下の通りとする。
- i) 車両用避難連絡坑の設置にあたっては、従来の避難連絡坑のうち1箇所または数箇所を車両が通行可能な断面とする。
 - ii) 車両用避難連絡坑の間隔は概ね2,000～3,000m程度を目安とする。
 - iii) 車両用避難連絡坑は車両が入り込みやすいように、隅切りを施工するものとする。
 - iv) 避難連絡坑は完全水平に計画する。（路面に対して水平だと、扉が動かない場合がある。）



(a) 暫定2車・避難坑がない場合の非常駐車帯と避難連絡坑配置



(b) 暫定2車・避難坑がある場合の非常駐車帯と避難連絡坑配置

図-7-III-3 非常駐車帯・避難連絡坑の配置 (参考)

e) 内装の計画

内装の計画にあたってはトンネルの規模、連続性、歩行者の安全性および快適性等を総合的に判断し、設置の有無、材料を決定しなければならない。

⑤ 管理

a) トンネル内への管理標設置

ア) トンネル内は同一の構造が連続するため、損傷等があった場合に箇所を特定することが困難である等の管理上の必要性から、トンネル内へ覆工コンクリートのスパンを明示する管理標を設置するものとする。明示方法については、起点側から起点側坑門 (PS)、スパン (起点側より S001、S002、S003・・・)、終点側坑門 (PE) とする。なお、設置事例について写真 7-III-1 に示す。



写真-7-III-1 管理標の設置事例 (参考)

7-2 計画・設計

7-2-1 内空断面の設計

1) 内空断面設計の基本事項

- (1) 内空断面は、道路構造令に定める所要建築限界を侵すことなく、舗装、排水等の道路付帯構造物、換気、照明、非常用、内装等の諸設備および管理用施設の設置空間を確保し、包含していなければならない。
- (2) 内空断面には、覆工打設による施工誤差等の余裕量を見込むものとする。
- (3) 同一断面内に、自動車と自転車及び歩行者を通行させるトンネルにあっては、特に自転車及び歩行者の安全に留意した構造とする。

2) 内空断面設計の基本条件

(1) 建築限界

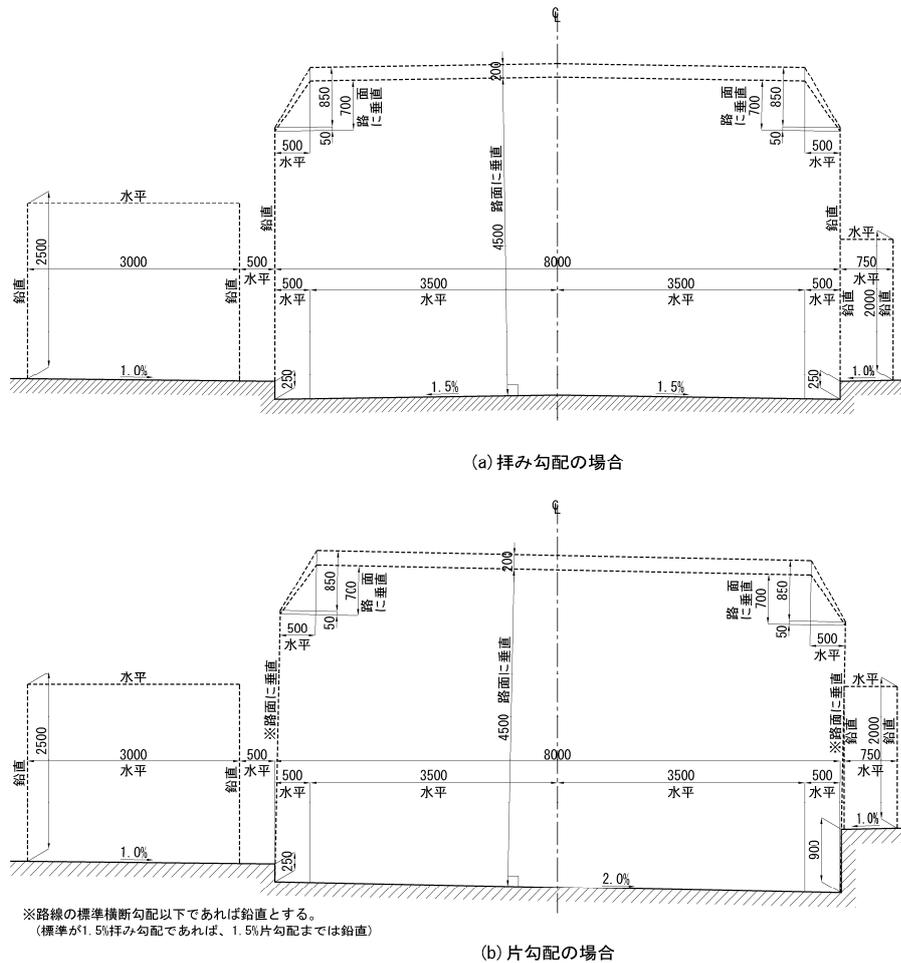


図-7-III-4 建築限界の設定 (参考)

① 車道部

車道部の建築限界高さは4.5m、路肩部3.8mとし、路面に垂直方向に確保するものとするが、路肩部の立上りについては、挿み勾配では鉛直方向、片勾配では路面に垂直方向とする。ただし、片勾配であっても路線の標準横断勾配以下であれば、挿み勾配同様鉛直方向とする。

建築限界幅は水平方向に確保する。

また、路肩側溝のエプロン、縁石等の固有形状は建築限界に考慮しない。

ISO 海上コンテナ運搬指定路線においては、別途建築限界を考慮する。(7) ISO 海上コンテ

表-7-III-1 ジェットファン設置諸元

型 式	a	b	c	d	e
J F 630	200mm	800mm	250mm 以上	250mm 以上	1525mm 以上
J F 1000	〃	1200mm	〃	〃	
J F 1250	〃	1450mm	〃	〃	
J F 1500	〃	1750mm	〃	〃	

(注) c、d 寸法は、離隔距離（トンネル壁面とジェットファンとの距離）200mm に施工誤差 50mm を考慮した数値である。

上表の適用にあたっては、ジェットファン諸元等最新機種との整合を確認すること。

高風速タイプの開発が進んでおり、各タイプの寸法と同等に評価する。

② 内装設置幅に対する余裕量

内装を施す場合は、タイル張り、パネル張りとも設置幅として 3cm を見込むものとする。ただし、選定した材料によりこれによりがたい場合は別途考慮する。

③ 舗装オーバーレイに対する余裕量

トンネル内の舗装は全面的な打替えが困難なため、オーバーレイの余裕を建築限界高さに見込んでおく必要があり、車道部で 20cm、路肩端部で 5cm を見込むものとする。

④ 施工誤差に対する余裕量

覆工コンクリート打設時の施工誤差余裕として 5cm を見込むものとする。ただし、監査歩廊に対しては見込まないものとする。

⑤ セントル設置に対する余裕量

平面線形に曲線を有するトンネルにおいては、セントル設置によって生じるライズを余裕量としてアウトカーブ側に見込むものとする。

ただし、施工誤差 5cm には含まないものとする。

⑥ 水路に対する余裕量

AA 級トンネル等水噴霧設備が計画される場合、側溝断面について考慮すること。

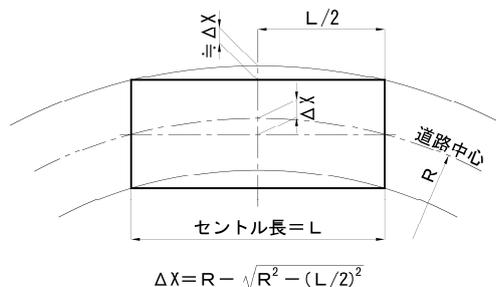


図-7-III-6 セントル設置に対する余裕量

3) 断面形状

トンネルの断面形状は、個々のトンネルの地山条件や規模等に応じて、安定性、経済性を考慮した断面形状とすることが望ましい。

(1) 断面区分

表-7-III-2 に標準的な断面区分を示す。

表-7-III-2 断面区分

		区 分		
		通常断面	大断面	小断面
項 目	内空幅 (m)	8.5~12.5 程度	12.5~14.0 程度	3.0~5.0 程度
	内空形状	一般的に 上半単心円断面	一般的に 上半三心円断面	一般的に上半単心円 側壁部鉛直断面
	内空縦横比	概ね0.6 以上	概ね0.57 以上	概ね0.8 以上
	内空断面 (m ²) (参考値)	40~80 程度	80~100 程度	8~16 程度

注1) 内空幅とは、スプリングライン上での内空幅をいう。(図-7-III-7、8に示すWをいう。)

注2) 内空縦横比 (H/W) は、図-7-III-7、8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-7-III-9、10に示すように上半単心円 (3心円) と上半3心円 (5心円) とした。

注4) 内空幅が、通常断面と大断面の境界付近に位置する場合は、それぞれの内空形状について検討し、適切な形状を決定する。

注5) 上半3心円断面の上半半径比率は、応力伝播を考慮し、クラウン1.5:サイド1.0以下とする。

注6) 内空断面積は断面形状 (内空縦横比等) の影響を受けやすいため、この影響を受けない内空幅により断面を区分する。参考として各断面のおおよその内空断面積を表示した。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面積 (舗装面の上部) とは異なる。

注7) 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、地山条件等に応じた検討が必要である。

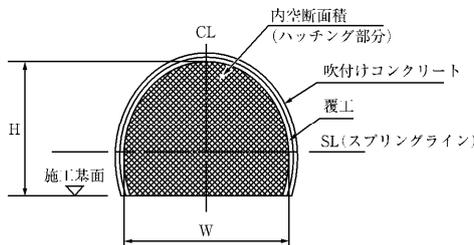


図-7-III-7 インバートなしの場合

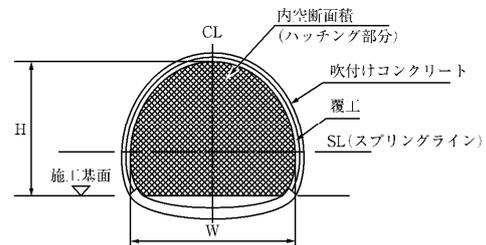


図-7-III-8 インバートのある場合

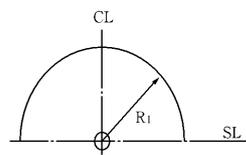


図-7-III-9 上半単心円

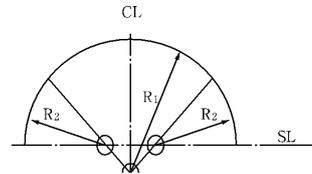


図-7-III-10 上半3心円

(2) 内空諸元寸法

SL 高さ、トンネル中心偏心量、内空半径等の諸元寸法は、原則トンネル全延長に対し一定とする。

ただし、内空諸元寸法を変化させることで大幅に経済性が向上すると考えられる場合は、施工性等を総合的に検討し決定する。

非常駐車帯部等建築限界が異なる場合はこれによらない。

(3) 下半半径

下半半径は、上半半径（上半3心円断面においてはアーチサイド半径）の1.0倍、1.5倍、2.0倍を比較検討し、最適な形状とする。

(4) 下半足付け高さ

下半の足付け高さ（側壁高さ）は、トンネル全延長に占める割合が最も大きい路面横断勾配によって決定される舗装路盤の最下端位置を、SLより5cmラウンドで切り捨てた値とし、トンネル全延長に対し一定とする。

(5) インバート

① インバート半径

インバート半径は、中央排水工下端を基準に内空側壁下端を通る円弧とする。

ただし、内空側壁下端はあくまでインバート半径算定の仮想点とし、中央排水工下端を固定とする。

中央排水工の高さは、下半の足付け高さ同様の路面横断勾配により決定する。

また、上記の手法では路肩側溝が欠損する場合、あるいは歩道、監査歩廊下の埋設物用のスペースが不足する場合等においては、適宜、内空側壁下端を移行してインバート半径を決定する。

② 側壁・インバートすり付け半径

側壁とインバートは円弧によりすり付けるものとし、半径1.5mを標準とするが、路肩側溝が欠損する場合、埋設物用のスペースが不足する場合等においては半径1.0mとすることができる。インバート半径と併せて検討し最適な形状とする。

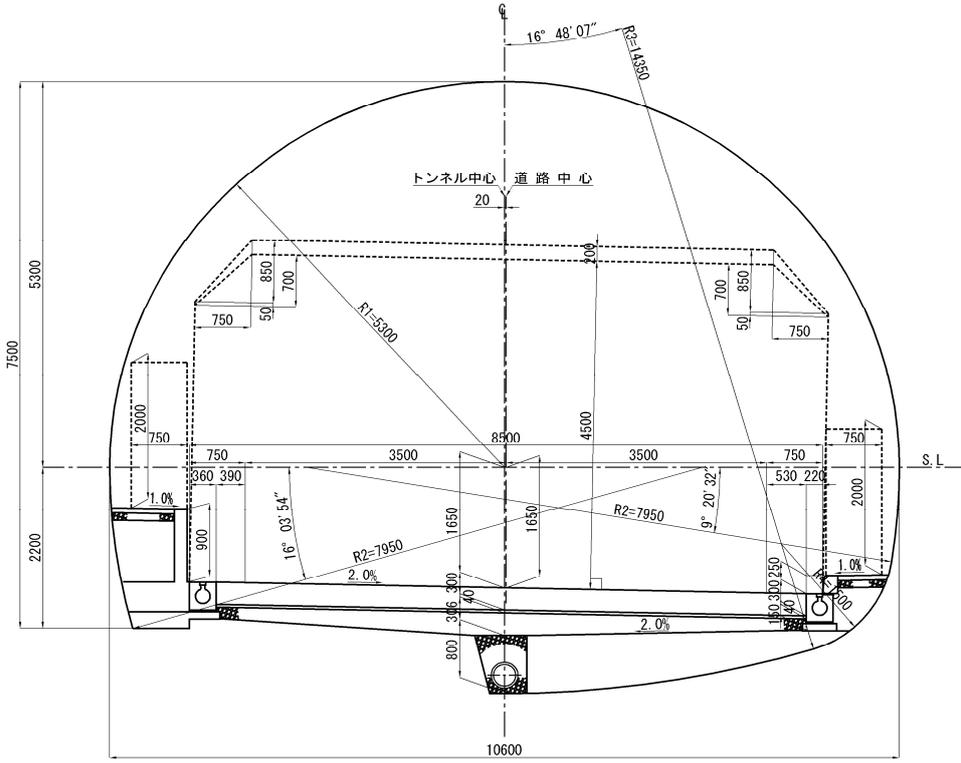
また、1車線トンネル、歩行者専用トンネル等内空幅が小さいトンネルにおいては、全体のバランスを考慮して半径1.5mあるいは1.0mを決定する。

(6) 諸元寸法のラウンド値

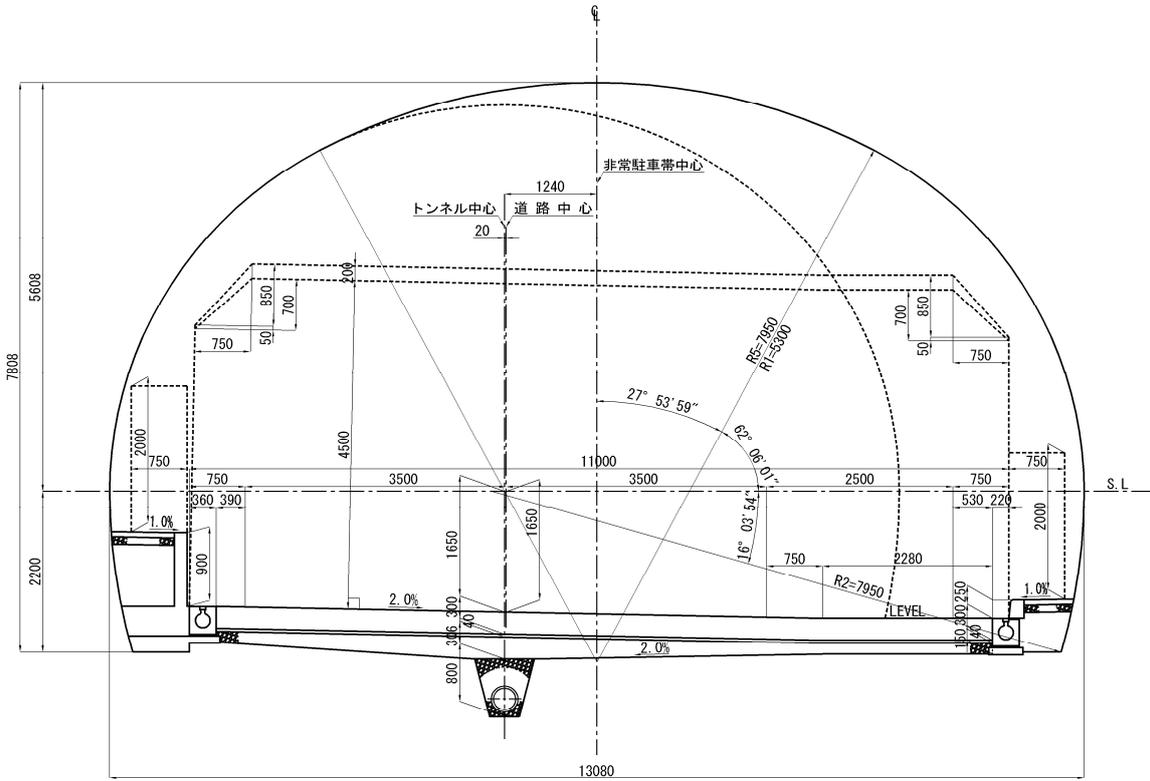
SL高さ、トンネル中心偏心量、内空半径等の諸元寸法は、表-7-III-3を標準とする。なお、構造物寸法の最小単位は施工誤差50mm程度を標準とする。

表-7-III-3 内空諸元のラウンド値

諸元	ラウンド値	摘要
SL高さ	10mm	
トンネル中心偏心量	1mm	
上・下半半径	50mm	
側壁高さ	50mm	
インバート半径	50mm	



(a) 標準部



(b) 非常駐車帯部

図-7-III-11 内空断面 (その1) (参考) : 通常断面 (内空幅 8.5m~12.5m 程度)

(7) ISO 海上コンテナ運搬指定路線における建築限界

B断面

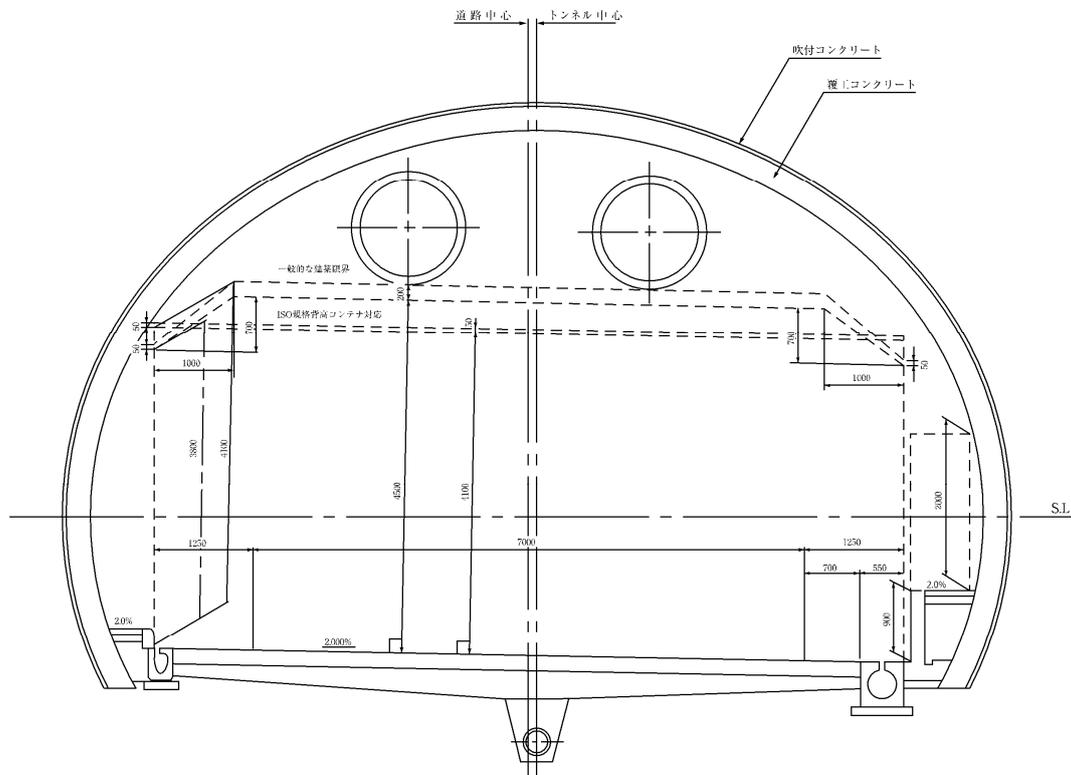


図-7-III-12 ISO 海上コンテナ運搬指定路線における建築限界 (参考)

7-2-2 地山分類

1) 地山分類

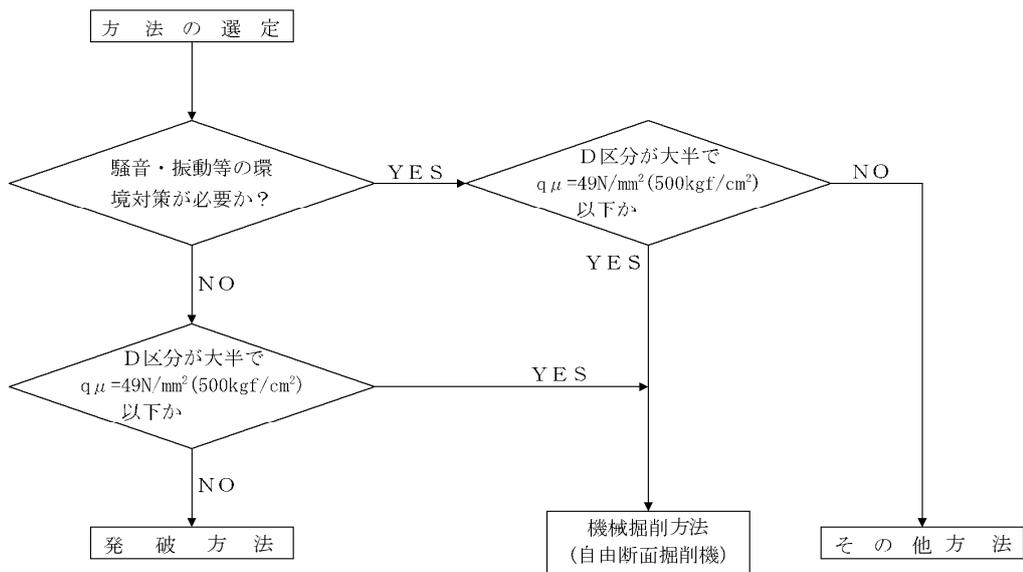
トンネルの設計・施工にあたっての地山分類は、「道路トンネル技術基準 (構造編)・同解説 (社) 日本道路協会 (H15.11)」によるものとする。

また、「トンネル標準示方書 山岳工法・同解説 (土木学会 2006年制定)」を参照するとよい。

7-2-3 掘削工法の選定

1) 掘削方法の選定

掘削方法の選定は図-7-III-13によるものとするが、適用にあたっては地質調査等の事前調査により、地山条件 (地質、一軸圧縮強度、亀裂係数、湧水量等) や環境条件等を総合的に判断し決定するものとする。



(注) 大半の区分は90%程度を目安とする。

図-7-III-13 掘削方法選定フロー

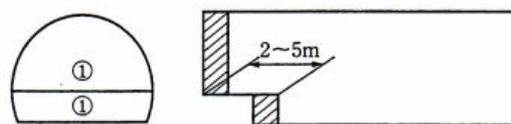
2) 掘削工法の選定

掘削工法は表-7-III-4を標準とするが、これによりがたい場合は、別途検討するものとする。

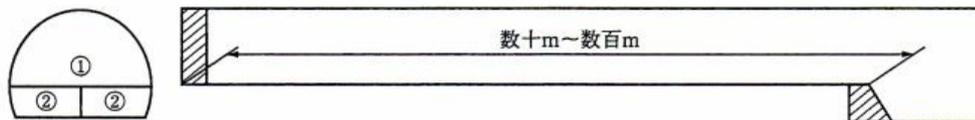
表-7-III-4 掘削方法と掘削工法

掘削方法	掘削区分	掘削工法	摘要
発破掘削	B, C	補助ベンチ付全断面工法	—
	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)	上下半同時併進工法

注) 地山条件により、切羽安定性の確保、地山の崩落防止のため、必要に応じて適切な補助工法を採用するものとする。



補助ベンチ付き全断面工法での掘削順序の例



上半断面工法での掘削順序の例

①②は掘削順序を示す。

図-7-III-14 掘削工法概要図

3) 余掘、余巻および余吹

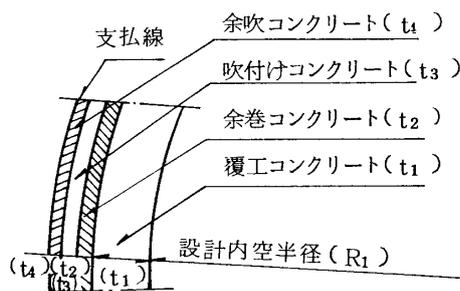
余掘り、余巻および余吹は、表-7-III-5を標準とする。

表-7-III-5 余掘、余巻及び余吹厚 (cm)

掘削方式	掘削区分	余掘厚	余巻厚	余吹厚
発破掘削	B	27	23	4
	C I	22	17	5
	C II	20	13	7
	D I	17	10	7
	D II	17	10	7
	D III	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
	D III	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 (10cm) 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-7-III-15、16 を標準とする。
 5. インバートは余掘、余巻とも 5cm を標準とする。

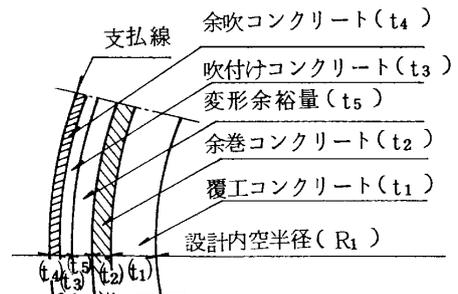
(1) 変形余裕を見込まない場合



設計掘削半径
 $= (R_1) + (t_1) + (t_3)$
 支払掘削半径
 $= (R_1) + (t_1) + (t_3) + \text{余掘}$
 注) 余掘 = $(t_2) + (t_4)$

図-7-III-15 変形余裕を見込まない場合

(2) 変形余裕を見込む場合



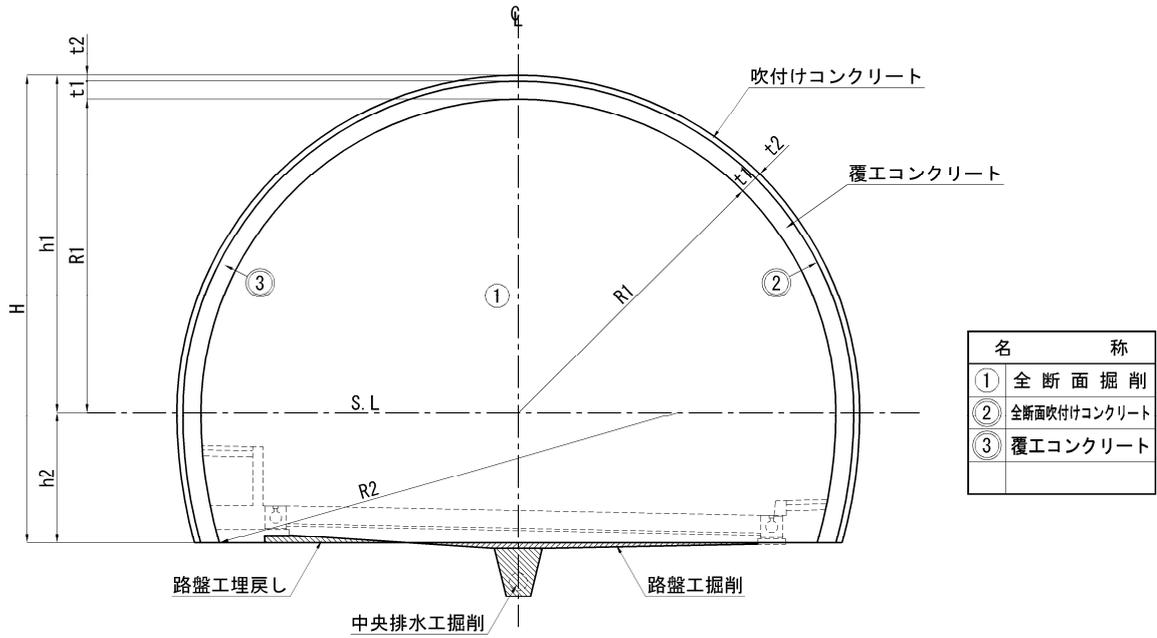
設計掘削半径
 $= (R_1) + (t_1) + (t_3) + (t_5)$
 支払掘削半径
 $= (R_1) + (t_1) + (t_3) + (t_5) + \text{余掘}$
 注) 余掘 = $(t_2) + (t_4)$

図-7-III-16 変形余裕を見込む場合

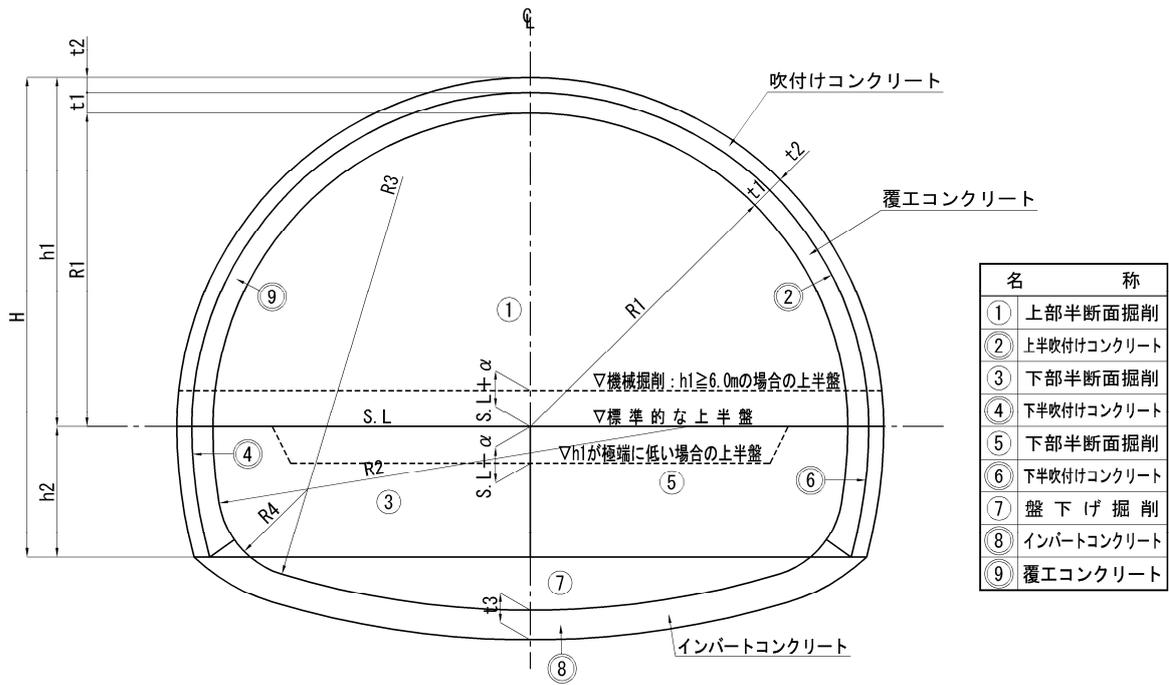
4) 加背割

加背割は図-7-III-17 を標準とする。

- (1) インバート無断面の下半盤は、側壁高さ (h2) でフラットとする。
- (2) 機械掘削方法で上半掘削高さ (h1) が 6.0m を超える場合は、10cm ラウンド (α) で上半盤を上げるものとする。
- (3) 発破掘削方法で上半掘削高さ (h1) が極端に低く、作業性が著しく悪いと考えられる場合は、施工機械、施工方法を検討し、10cm ラウンド (α) で上半盤を下げるができる。
- (4) (2)、(3) で上半盤を変更する場合、同一トンネルでその高さは一定とする。



(a) 補助ベンチ付全断面工法



(b) 上半先進ベンチカット工法

図-7-III-17 加背割図

7-2-4 支保構造の設計

1) 支保構造の選定

支保構造の選定は、以下の標準的な支保構造の組合せを適用する。

(1) 通常断面トンネル

通常断面トンネルの標準的な支保構造の組合せを、表-7-III-6 に示す。

表-7-III-6 通常断面トンネルの標準的な支保構造の組合せ (内空幅 8.5m~12.5m 程度)

地山等級	支保パターン	標準1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		上半部種類	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)								施工範囲
B	B	2.0	3.0	1.5	2.0	上半120度	-	-	5	30	-	0	補助ベンチ付全断面工法又は上部半断面工法
C I	C I	1.5	3.0	1.5	1.5	上半	-	-	10	30	(40)	0	
C II	C II-a	1.2	3.0	1.5	1.2	上・下半	-	-	10	30	(40)	0	
	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	1.0	15	30	45	0	
	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	1.0以下	20	30	50	10	

注1) 支保パターンの a、b の区分は、地山分類が 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

- ・ () 内に示した地山分類の範囲において、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。
- ・ 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。(図-7-III-19 参照。)
- ・ 地山分類が 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もの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

- ・ 地山等級 D I においては、一般に上半部に設置する。
- ・ 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。

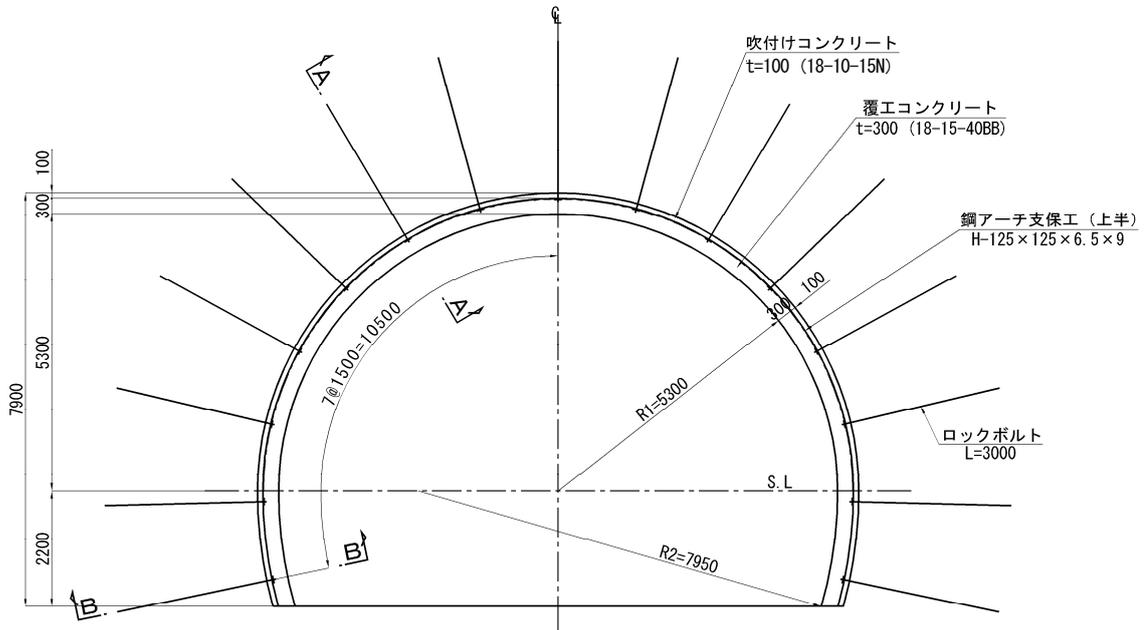
注4) 変形余裕量について

地山分類が D II においては、上部半断面工法の場合は上半部に、補助ベンチ付全断面工法は掘削に時間差がないため上・下半部に变形余裕量として 10cm 程度見込んで設計するのが通例である。なお、変形余裕量は実際の施工中の計測により適宜変更していく必要がある。

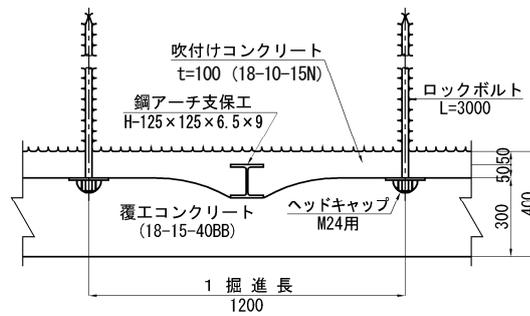
注5) 地山分類 A、E については、地山条件にあわせて、それぞれ検討するものとする。

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扁平な断面を採用する場合には、大断面の支保パターンの適用を検討する。

C II-b パターン



A-A 断面



B-B 断面

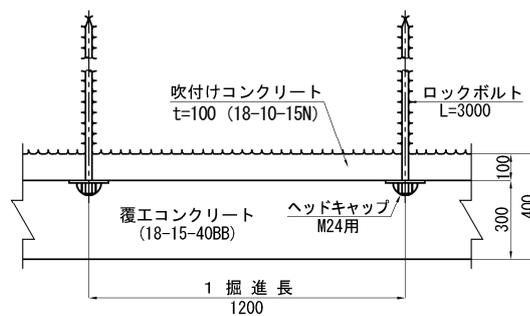


図-7-III-18 通常断面 (内空幅 8.5m~12.5m 程度) トンネル支保パターン (その1) (参考)

(2) 大断面トンネル

大断面トンネルの標準的な支保構造の組合せを、表-7-III-7に示す。

表-7-III-7 大断面トンネルの標準的な支保構造の組合せ (内空幅 12.5m~14.0m 程度)

地山等級	支保パターン	標準1掘進長(m)	ロックボルト				鋼アーチ支保工			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	建込間隔(m)	吹付け厚(cm)	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	-	0	補助ベンチ付全断面工法・上部半断面工法・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)	0	
C II	C II	1.2	4.0	1.2	1.2	上・下半	H-150	1.2	15	40	(45)	0	
D I	D I	1.0	6.0	1.0	1.0	上・下半	H-150	1.0	20	40	50	0	
D II	D II	1.0以下	6.0	1.0	1.0以下	上・下半	H-200	1.0以下	25	40	50	10	

注1) インバートについて

- ・() 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。
- ・側壁脚部では、図-7-III-21に示す例のように、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になるように、インバート厚さのすり付けを行うことが望ましいが、下半盤の施工性を考慮し決定する。
- ・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・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厚さが覆工コンクリート厚さを下回ってはならない。
- ・地山分類が 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

- ・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) 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

地山分類が D II においては、上部半断面工法の場合は上半部に、補助ベンチ付全断面工法は掘削に時間差がないため上・下半部に変形余裕量として 10cm 程度見込んで設計するのが通例である。なお、変形余裕量は実際の施工中の計測により適宜変更していく必要がある。

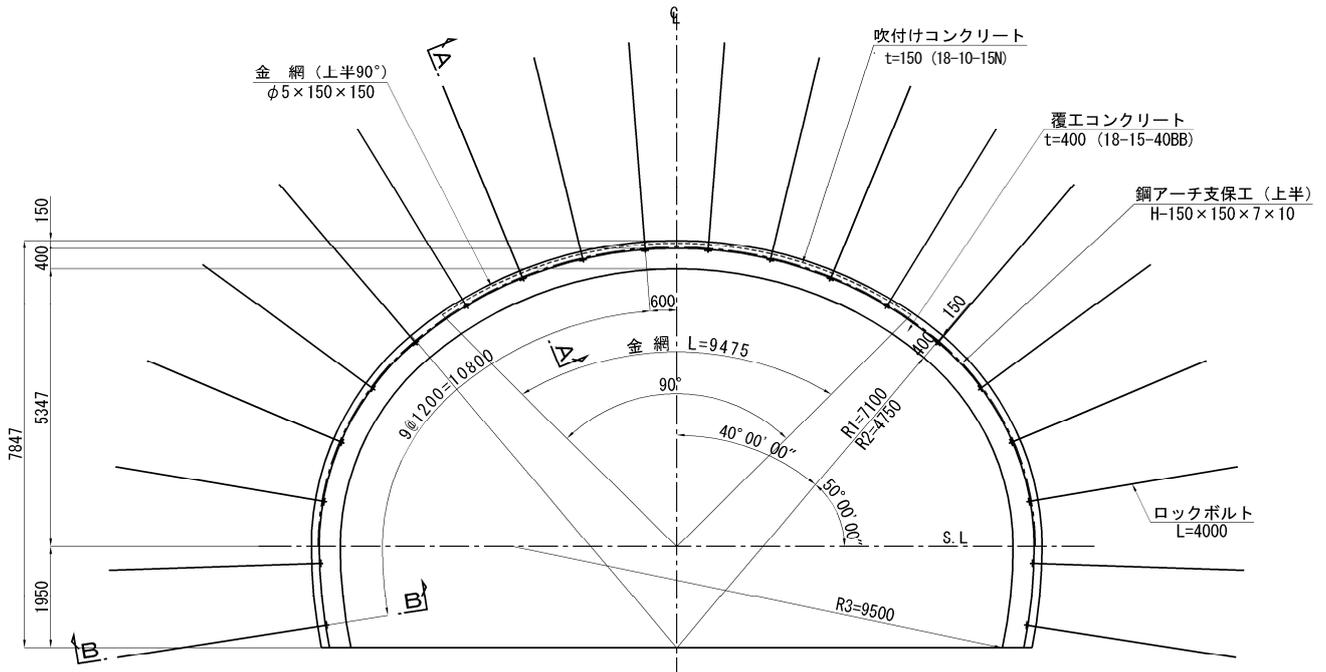
注4) 掘削工法について

- ・中壁分割工法を採用する場合、本坑には上記の支保の組合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、爆破方式では爆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、爆破との併用は好ましくない。

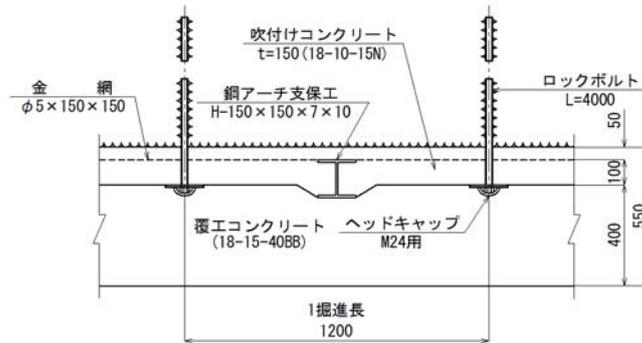
- ・中壁分割工法の中壁頂部の先受けの施工が難しいことなどの理由から、中央導坑（頂設導坑）先進工法を採用する場合は、本坑には上記の支保の組合せを適用することとするが、中央導坑の支保構造の組み合わせは、現地条件を考慮し決定するものとする。
- ・加背の高さを決定するに当たっては、支保の規模、大きさを十分勘案したうえで、安全で効率的な施工が行える高さを決定しなければならない。

注5) 地山分類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。

C II パターン



A - A 断面



B - B 断面

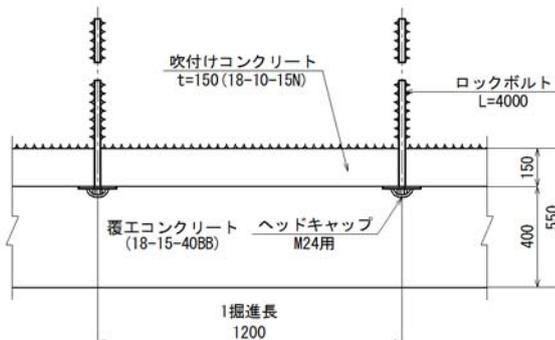
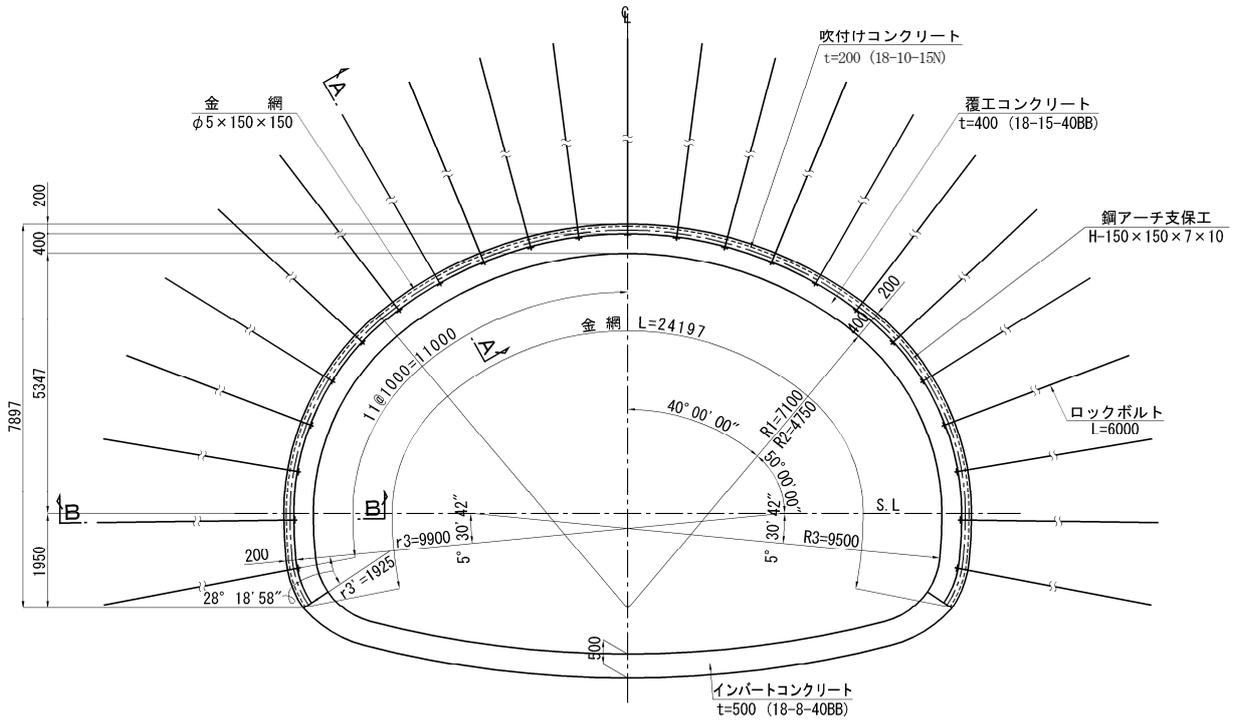
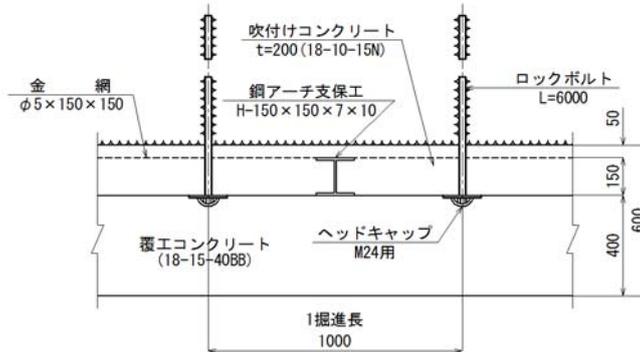


図-7-III-20 大断面（内空幅 12.5m～14.0m 程度）トンネル支保パターン（その 1）（参考）

DI パターン



A - A 断面



B - B 断面

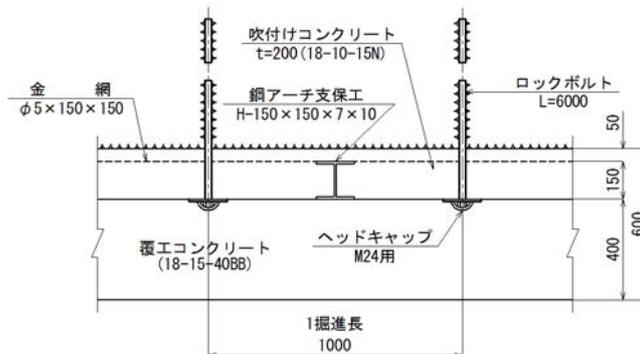


図-7-III-21 大断面（内空幅 12.5m~14.0m 程度）トンネル支保パターン（その2）（参考）

(3) 小断面トンネル

小断面トンネルの標準的な支保構造の組合せを、表-7-III-8に示す。

表-7-III-8 小断面トンネルの標準的な支保構造の組合せ (内空幅 3.0m~5.0m 程度)

地山等級	支保パターン	標準1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(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
CI	CI	1.5	2.0	1.2	1.2~1.5	上・下半	なし	-	5	20	
CII	CII	1.2									
DI	DI	1.0	2.0	1.0	1.0	上・下半	H-100	1.0	10	20	
DII	DII	1.0	2.0~3.0	1.0以下	1.0	上・下半	H-100	1.0	10~12	20	

注1) 金網について

- ・地山等級DI、DIIでは、地山状況に応じて上半部に設置する。

注2) 覆工は、トンネルの利用目的、地山状況に応じて施工を検討する。

- ・避難坑は利用頻度が低いことから安全性、維持管理性を考慮し、覆工省略の可否を検討するものとする。
 - ・暫定対面交通トンネルにおいて、将来線断面内に避難坑を設ける場合でも、坑口部あるいは地山条件の不良区間、多量湧水箇所等については、覆工の施工を検討するものとする。
- また、この場合の避難連絡坑は、将来施工を考慮し、取壊しが生じない範囲で覆工を施工する。

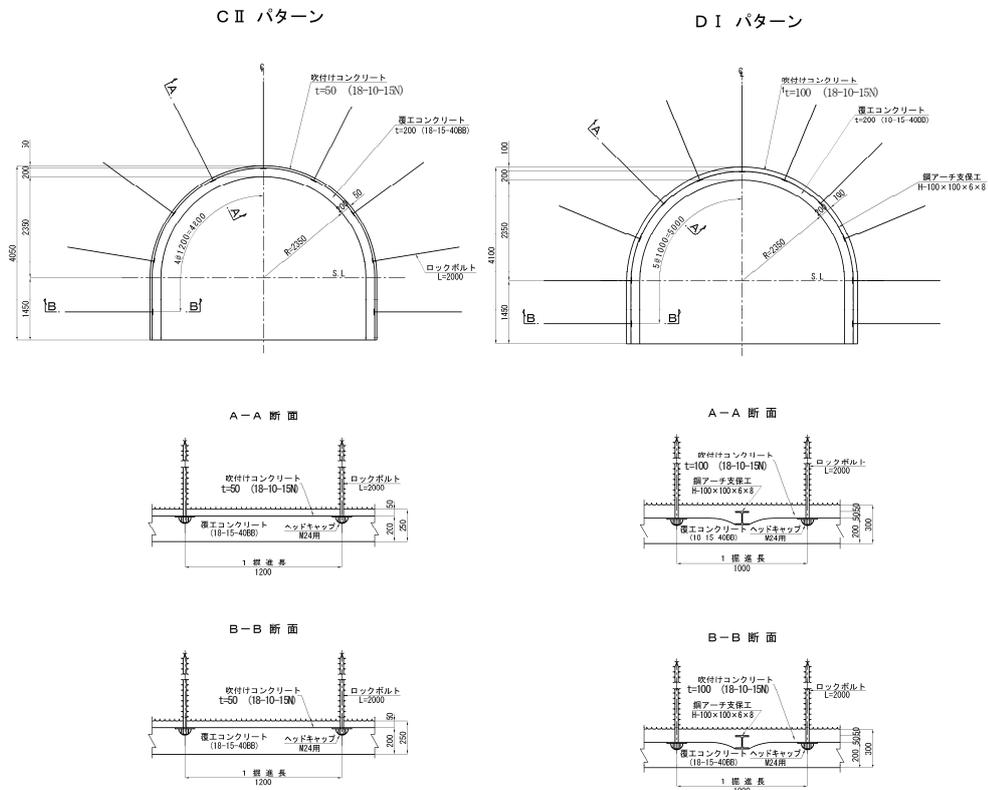


図-7-III-22 小断面 (内空幅 3.0m~5.0m 程度) トンネル支保パターン (その1) (参考)

図-7-III-23 小断面 (内空幅 3.0m~5.0m 程度) トンネル支保パターン (その2) (参考)

(4) 吹付けコンクリート

① 配合および強度

吹付けコンクリートは湿式を標準とし、配合は表-7-III-9を標準とする。

表-7-III-9 吹付けコンクリートの標準的な配合例 (1m³当り)

強度	スランプ	W/C	粗骨材 最大寸法	単位 セメント量	砂	砕石	急結剤
$\sigma_{28} = 18\text{N/mm}^2$	10±2cm	56%	1mm	普通ポルトランドセメント 360Kg	0.80m ³ (1086Kg)	0.47m ³ (675Kg)	セメント量の5.5%

注1. 乾式の場合は別途考慮すること。

2. 普通ポルトランドセメント以外のセメントを使用する場合は、別途考慮する。

3. 配合は施工機械、現場条件により異なるため、試験吹付けにより決定する。

(5) 金網の設置

吹付けコンクリートの補強、落石、剥落防止等から金網を設置する。

材質は構造用溶接金網 150×150×φ5 (JIS G 3551) を標準とし、端部相互を1目 (150mm) 以上ラップさせて設置する。

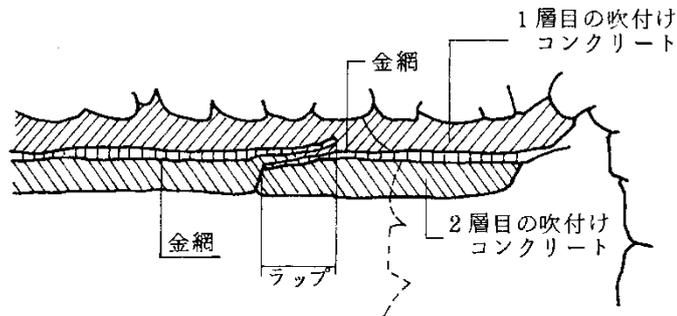


図-7-III-24 金網の設置 (参考)

(6) ロックボルト

① ロックボルトの材質および強度

地山等級によるロックボルトの使用区分は、表-7-III-10を標準とする。

表-7-III-10 地山等級によるロックボルトの使用区分

地 山 等 級	ロ ッ ク ボ ル ト 材 質
B、C I	異形棒鋼同等品以上 (耐力 117.7KN 以上)
C II、D I、D II、D III	ねじり棒鋼同等品以上 (耐力 176.5KN 以上)

注) 耐力はネジ部降伏点耐力とする。

表-7-III-11 ロックボルトの機械的性質

ロックボルトの種類	種類の記号	ボルト呼び径	ねじ部の機械的性質		素材部の機械的性質	
			降伏荷重 (kN)	破断荷重 (kN)	降伏荷重 (kN)	破断荷重 (kN)
異形棒鋼	SD345*1	D25	120.5	172.5	173.5	247.9
ねじり棒鋼	STD 510*1	T D24	179.3	242.1	226.4	305.8

注) *1 JIS M2506 - 1992 による。

② ロックボルトの定着

ロックボルトの定着は、ドライモルタルによる全面接着方式を標準とする。

湧水等で定着力が低下する場合は、注入急結剤を考慮する。

③ ロックボルトの設置

a) ロックボルトの配置は、以下を基準とし、パターン別に適切に配置するものとする。

- ・奇数本配置、偶数本配置のいずれかで左右対称配置とする。
- ・施工基面(上・下半盤)直近のロックボルトは、断面の規模、打設機械等を考慮し、打設可能な位置に配置する。
- ・最下端のロックボルトと下半盤との離隔は、周方向間隔の1/2以下とする。
- ・核残しのため、ロックボルトが壁面に直角に打設出来ない場合は、斜めに打ち込むことが出来る。
- ・上記を踏まえ、周方向間隔は、原則、上・下半一定とするが、これによりがたい場合は、別途考慮するものとする。

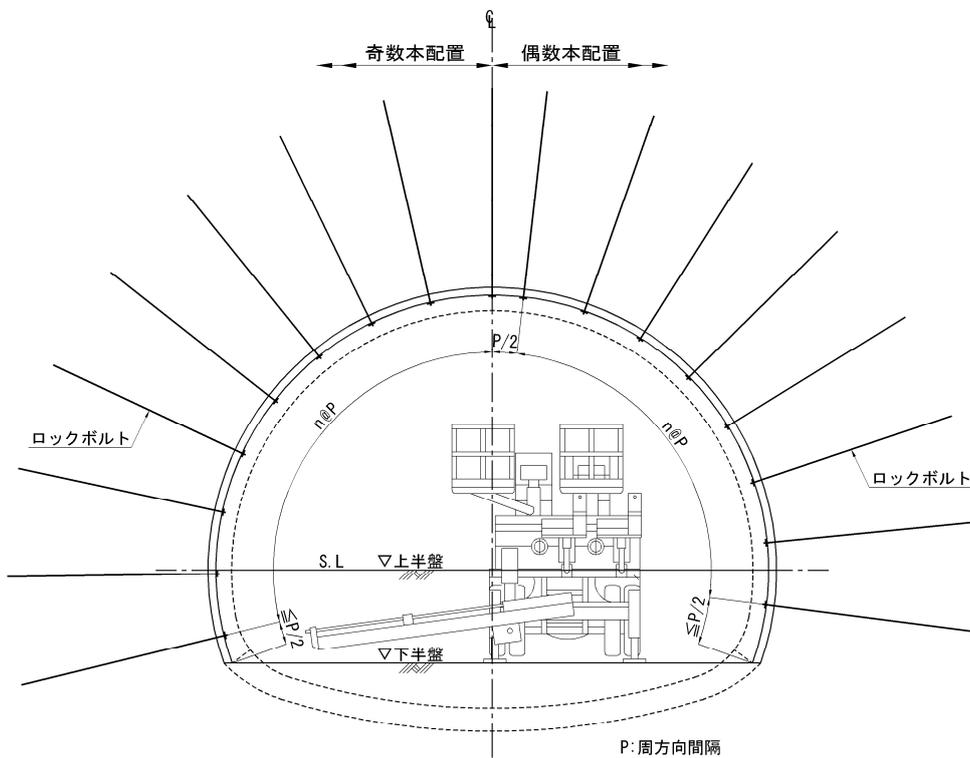


図-7-III-25 ロックボルトの配置概念図

b) ロックボルトの頭部処理

防水シートの損傷を防ぐため、ナット等吹付けコンクリートからの突出物は、保護材により処理するものとする。

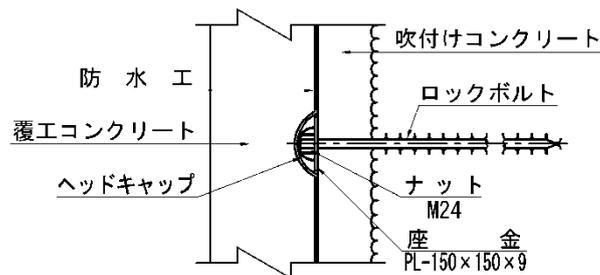


図-7-III-26 ロックボルトの頭部処理 (参考)

(7) 鋼アーチ支保工

① 鋼アーチ支保工の部材諸元

鋼アーチ支保工の部材諸元は、表-7-III-12 を標準とする。

表-7-III-12 鋼アーチ支保工の部材諸元

種別	呼称寸法 (mm)	断面積 A (cm ²)	単位重量 W (kg/m)	断面二 次モーメ ント I x (cm ⁴)	断面係数 Zx (cm ²)	冷間加工 最小曲げ 半径の目 安 (m)	材料規格
H 形鋼	H-100×100×6×8	21.59	16.9	378	75.6	1.2	SS400
	H-125×125×6.5×9	30.00	23.8	839	134	1.5	
	H-150×150×7×10	39.65	31.1	1,620	216	2.0	
	H-200×200×8×12	63.53	49.9	4,720	472	4.2	
	H-250×250×9×14	91.43	71.8	10,700	860	5.5	

② 鋼アーチ支保工の継ぎ材

鋼アーチ支保工の継ぎ材はさや管方式を標準とするが、坑口部において地形、地質条件等から偏圧を受ける場合は、タイロッド方式の採用を検討するものとする。

③ 鋼アーチ支保工のクラウン部におけるキックアップ処理

鋼アーチ支保工のクラウン部はアーチ形状で設計しているが、施工承諾でキックアップ処理されている場合が見受けられる。鋼製支保工のキックアップ処理について、「NATM トンネルにおける鋼製支保工の形状について」(平成13年4月20日付道路工事課長事務連絡)が以下のように通知されており、これによるものとする。

~~~~~

—以下通知文—

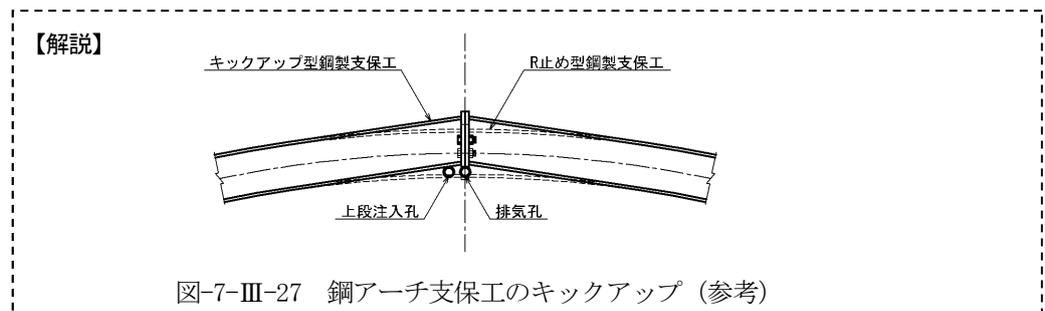
中部地方整備局管内のトンネル工事において、現在鋼製支保工のクラウン部をアーチ形状で設計しているが、工事の段階で承諾等にてアーチ形状を直線加工（キックアップ）している場合が見受けられる。

しかし、NATM トンネルにおける鋼製支保工の鋼アーチの形状については、以下の理由等から、クラウン部の形状は設計通りアーチ形状とすることが望ましいため、当面キックアップでの施工承諾は行わないこと。

- ① 道路トンネル技術基準（構造編）・同解説 4-5 鋼アーチ支保工に記載されているようにアーチとして荷重を支持するものである。（曲げが支配的となるような直線部を避け、荷重が作用した状態で最も効果的な形状となるよう配慮する。）
- ② トンネル支保構造として有効なアーチ形状の確保がトンネル構造に対して重要な課題である。

—以 上—

~~~~~



A-A 断面
(棲壁ロックボルト配置図)

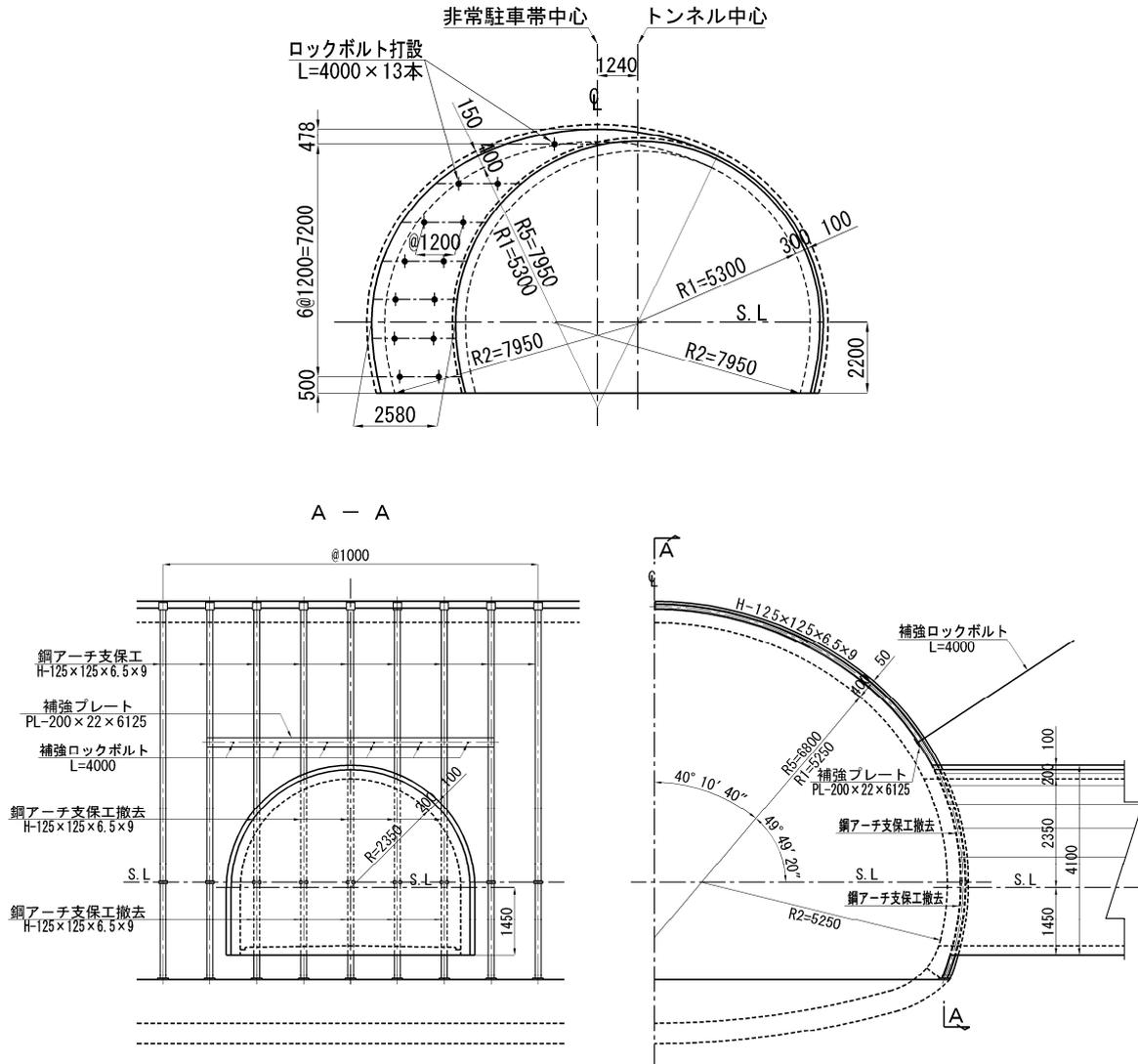


図-7-III-29 非常駐車帯部計画 (その2) (参考)

2) 箱抜き部

箱抜きの施工は、吹付けコンクリート施工後に行うことを標準とする。

- (1) トンネル断面に対する箱抜きの位置関係は、施工性を考慮し、SL を基準とする寸法表記を行う。
- (2) 箱抜きに合わせセットバックする形状で掘削を行い、吹付けコンクリート、覆工コンクリートの所要設計厚さを確保するものとする。ただし、箱抜き深さおよび幅が小さく、覆工コンクリート欠損が僅かな場合は、別途考慮する。
- (3) 箱抜き掘削により、切断される鋼アーチ支保工は、プレート、ロックボルトによる補強を行うものとする。また、地山等級D 区間においては、箱抜き掘削により、切断されるパターンボルトの再打設を行う。
- (4) 箱抜きは、機器が完全に水平となるようにする。(路面に対して水平ではない。)

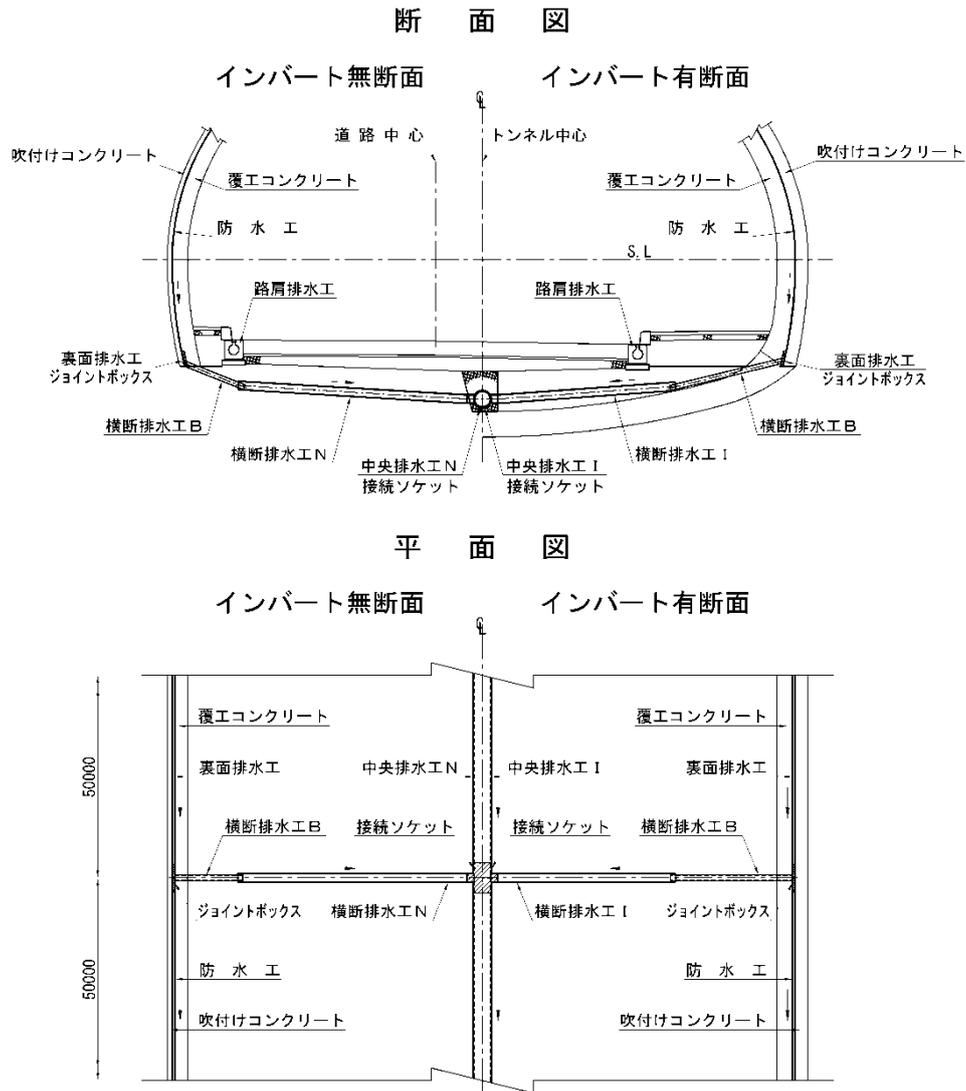


図-7-III-31 防水工、排水工の名称

2) 防水工

漏水対策および覆工コンクリートのクラック防止を目的に、坑門工を除くトンネル全延長にわたり、吹付けコンクリート、覆工コンクリート間に防水工を設置する。

防水工に使用する防水シートは、シートと透水性緩衝材が一体となった複合積層シートが広く用いられている。シートは、厚さ 0.8mm 以上のビニールシート等を標準とし、表-7-III-13 の規格に適合するものとする。透水性緩衝材は、厚さ 3mm 以上 (300g/m²) を標準とする。

表-7-III-13 防水シートの規格

項目	試験法	規格
比 重	JIS K 6773 (20° C)	0.90 ~ 0.95
引張強さ (N/mm ²)	〃	15 以上
伸び (%)	〃	600 以上
引裂張強さ (N/mm ²)	JIS K 6301 (20° C)	5 以上

3) 裏面排水工

裏面排水工の規格は図-7-III-32 を標準とし、坑門工を除くトンネル全延長にわたり設置する。

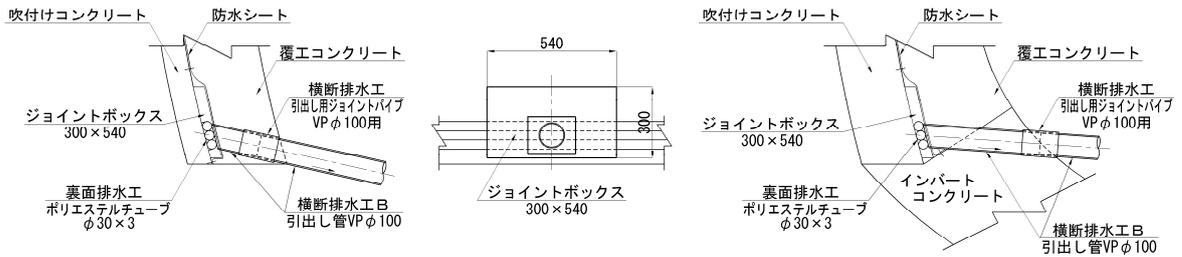


図-7-III-32 裏面排水工の標準図

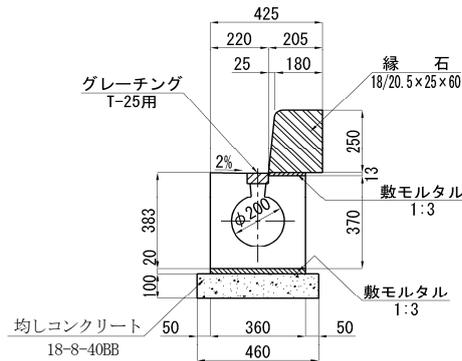
4) 路面排水工

明かりで発生した水は明かり区間で処理し、トンネル内に持ち込まないことを原則とし、トンネルに応じた必要な断面を確保すること。

路面排水工は、路肩側溝および集水柵を設置し、プレキャスト円形側溝を標準とするが、内空形状が、円形他に、短形や楕円形のタイプ等があり選定については経済性、排水能力、維持管理等を総合的に判断し、最適な構造を決定する。

集水柵の設置間隔は50m程度を標準とし、円形側溝1本当りの長さを考慮した配置とすることが望ましい。また、全区間一方の片勾配で明り部からの持込み水がない場合は、L型側溝の採用も検討する。

側 溝



側 溝 集 水 柵

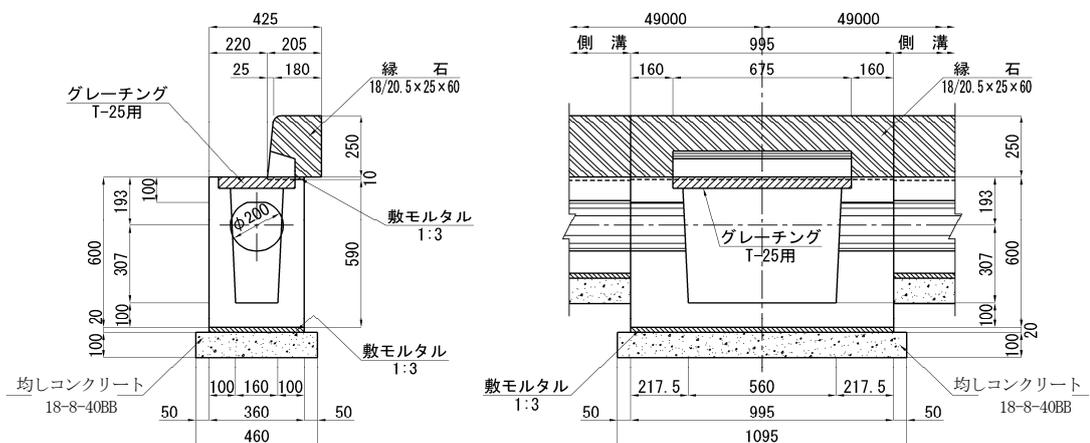


図-7-III-33 路面排水工の標準図 (参考)

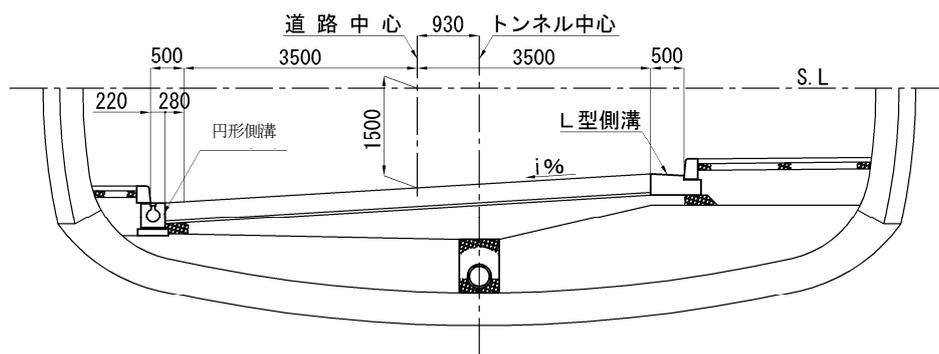


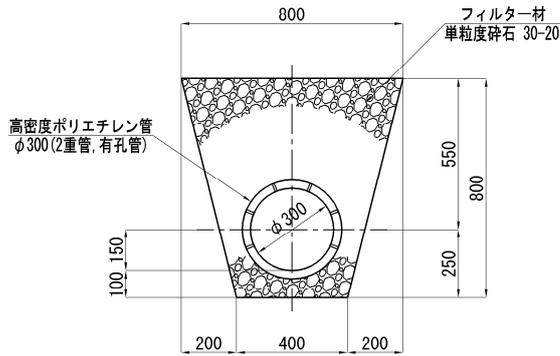
図-7-III-34 L型側溝の設置 (参考)

5) 地下排水工

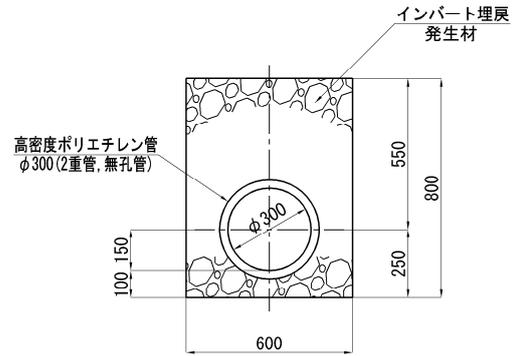
地下排水工の規格は図-7-III-35 を標準とする。

- (1) 中央排水工は、トンネル全延長にわたり設置し、インバートの有・無で使い分けるものとする。
インバート有区間で、湧水が多いと考えられる場合、インバート無区間からの流入があると考えられる場合は有孔管、フィルター材を使用するものとする。
また、特に湧水が多い場合、長大トンネルで導水距離が長くなる場合は、管径を別途考慮する。
- (2) 横断排水工も中央排水工同様、インバートの有・無で使い分けるものとする。
設置間隔は 50m を標準とするが、湧水が多いと考えられる場合は、30m 以下で配置し、インバート有区間は、有孔管、フィルター材を使用するものとする。
配置計画にあたっては、路肩集水柵と干渉しないよう配慮する。

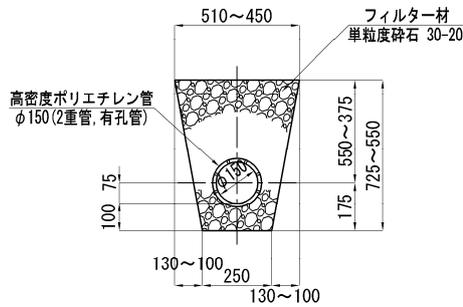
中央排水工 N
(インバート無)



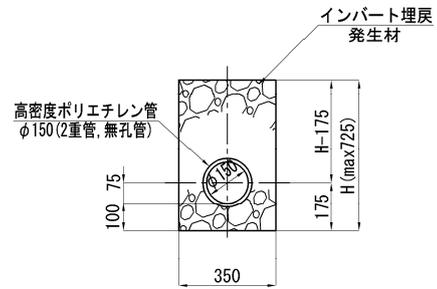
中央排水工 I
(インバート有)



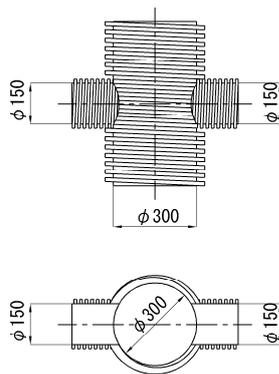
横断排水工 N
(インバート無)



横断排水工 I
(インバート有)



中央排水工, 横断排水工接続管
(異形ソケット 90° クロス 300-150)



中央排水工, 横断排水工接続概念図

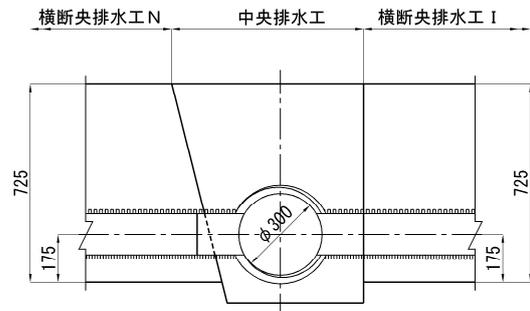


図-7-III-35 地下排水工の標準図

7-2-8 坑口部及び坑門の設計

坑口部においては設備が集中して配置されることから、機器配置を考慮して設計すること。

1) 坑口部の範囲設定

坑口部の範囲は、図-7-III-36 に示すように、土被り $1\sim 2D$ の範囲で地形、地質条件等を考慮し設定する。

また、一般部との境界付近におけるロックボルト打設域にも着目し、その作用効果についても考慮する。

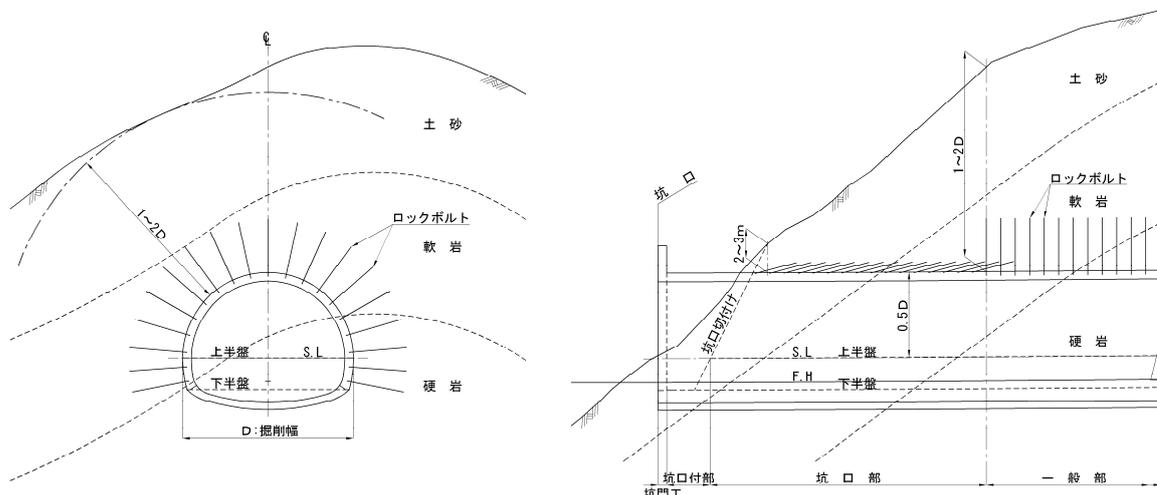


図-7-III-36 坑口部範囲設定概念図

2) 坑口部の設計

(1) 坑口部の支保構造

以下の標準的な支保構造の組合せを適用する。

① 通常断面トンネル

通常断面トンネル坑口部の標準的な支保構造の組合せを、表-7-III-14 に示す。

表-7-III-14 通常断面トンネル坑口部の標準的な支保構造の組合せ (内空幅 8.5m~12.5m 程度)

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 (cm)		
		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1) () 内はフォアポーリングを示す。

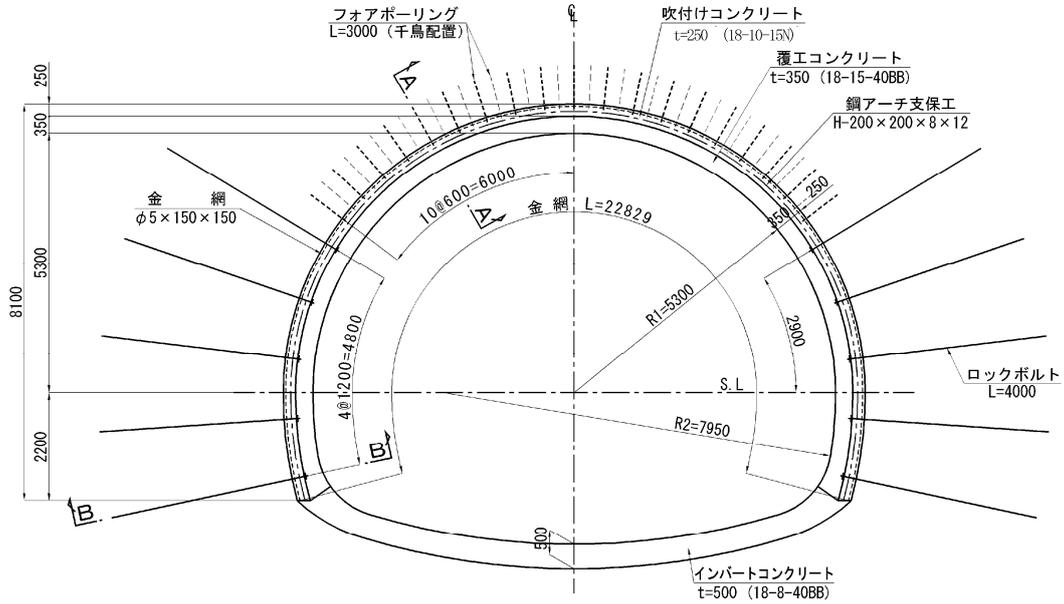
注2) ロックボルトは、側壁部付近に設置し、状況に応じてアーチへ打設範囲を拡大するものとする。ロックボルトの長さは4mを標準とする。

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のため必要に応じて設置するものとし、その材質は、異形棒鋼SD345 D25を標準とするが、現地条件等で、これにより難しい場合は、別途検討するものとする。

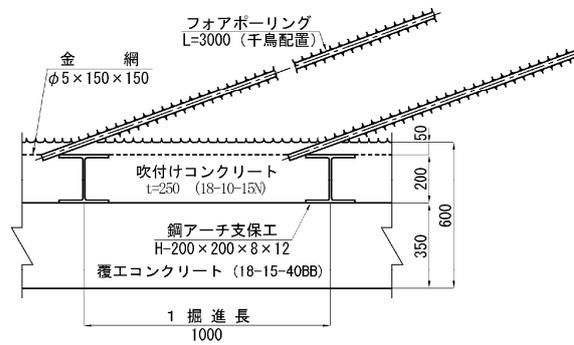
注4) 金網は、上半断面工法、補助ベンチ付全断面工法の場合は上・下半部に、側壁導坑

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。

D III a パターン



A-A 断面



B-B 断面

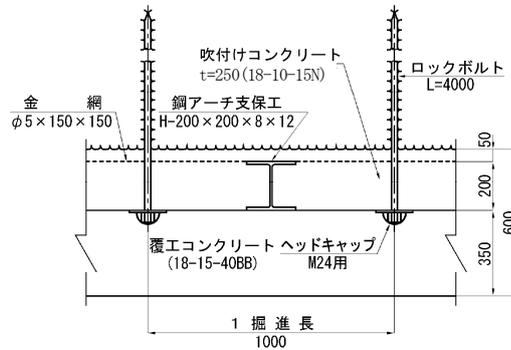
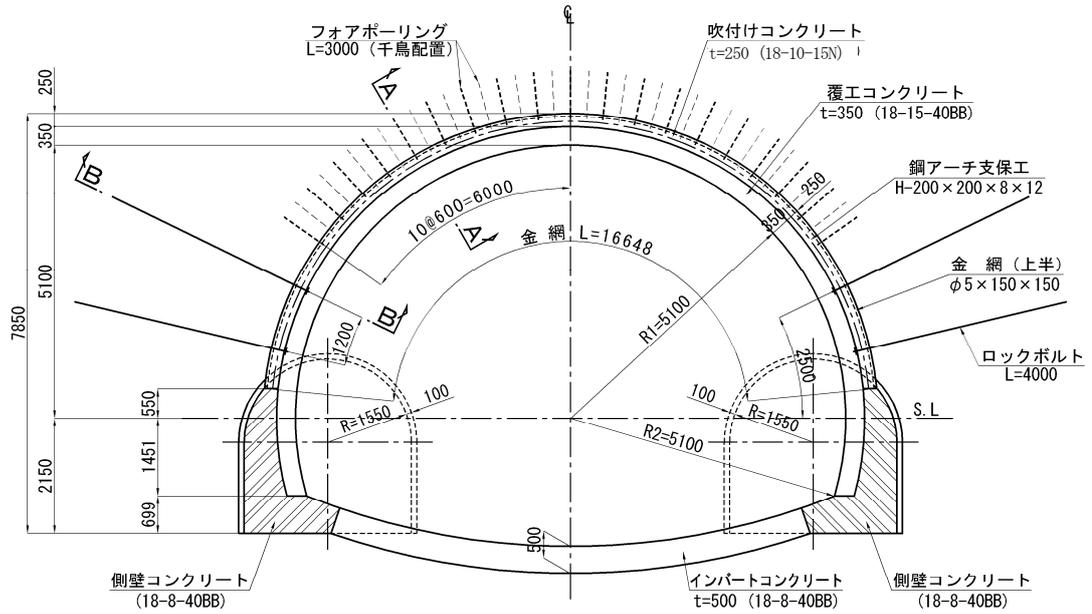
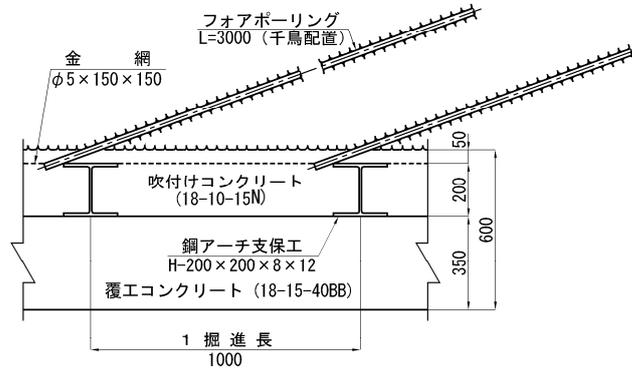


図-7-III-37 通常断面トンネル坑口部支保パターン（その1）（参考）（内空幅 8.5m～12.5m 程度）

D IIIb パターン



A-A 断面



B-B 断面

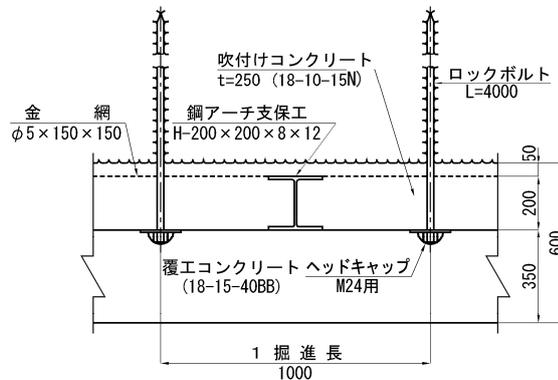


図-7-III-38 通常断面トンネル坑口部支保パターン (その2) (参考) (内空幅 8.5m~12.5m 程度)

② 大断面トンネル

大断面トンネル坑口部の標準的な支保構造の組合せを、表-7-III-15 に示す。

表-7-III-15 大断面トンネル坑口部の標準的な支保構造の組合せ（内空幅 12.5m～14.0m 程度）

掘削工法	1 掘 進長 (m)	ロックボルト (フォアポーリング)			鋼アチ支保工			吹付 け厚 (cm)	覆工厚 (cm)		
		長さ (m)	施工間隔		上半 部種 類	下半 部種 類	建込 間隔 (m)		アチ・ 側壁 (cm)	インバ ート (cm)	
			周方 向(m)	延長方向 (m)							
上半断面工法	1.0	6.0 (3.0)	1.0 (0.5)	1.0 (1.0)	H-200	H-200	1.0	25	45	50	
上半部 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 (0.5)	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-200	H-125	1.0	10	-	-

注1) () 内はフォアポーリングを示す。

注2) ロックボルトは、側壁部付近に設置し、状況に応じてアチへ打設範囲を拡大するものとする。ロックボルトの長さは6mを標準とする。

注3) 中壁分割工法での先進坑施工時に中壁に設置するロックボルト及び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) ロックボルト等撤去・切断し易いものも使用できるものとする。

注4) フォアポーリングは、天端 120° の範囲に切羽天端の安定のため必要に応じて設置するものとし、その材質は、異形棒鋼 SD345 D25 を標準とするが、現地条件等で、これにより難しい場合は、別途検討するものとする。

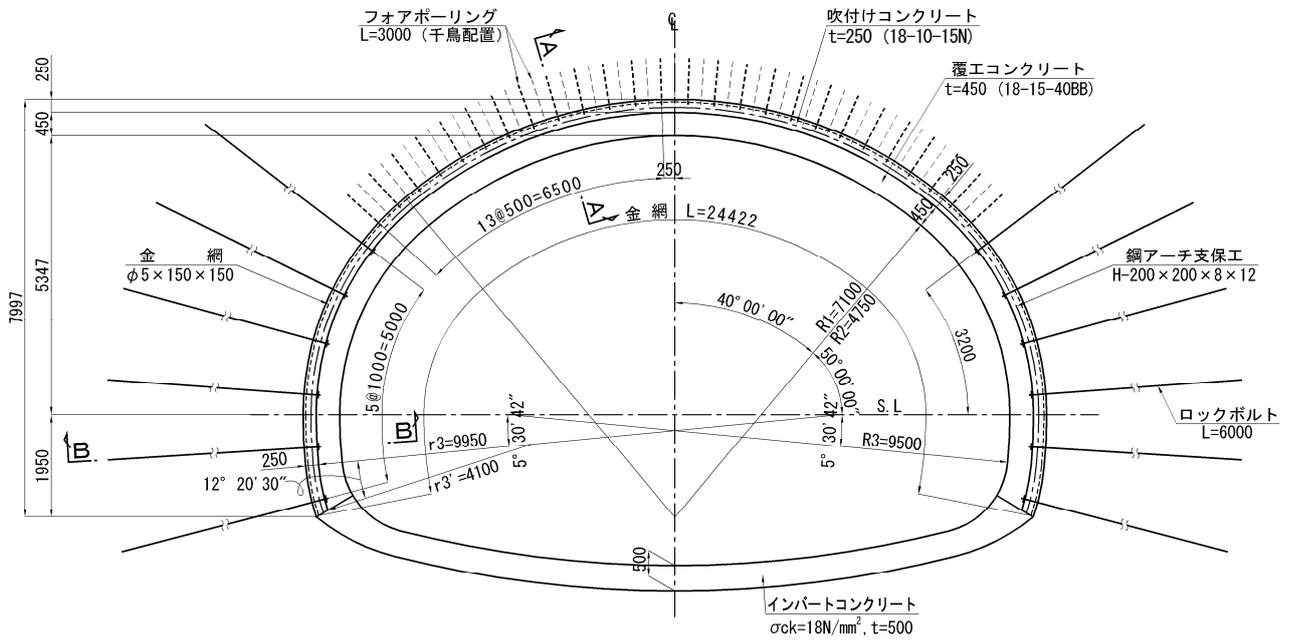
注5) 一次支保状態での断面閉合効果が期待できるように、吹付けコンクリートの脚部はインバートで受けるものとするのが望ましいが、下半盤の施工性を考慮し決定する。図-7-III-39 参照。

注6) 金網は、上半断面工法、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。

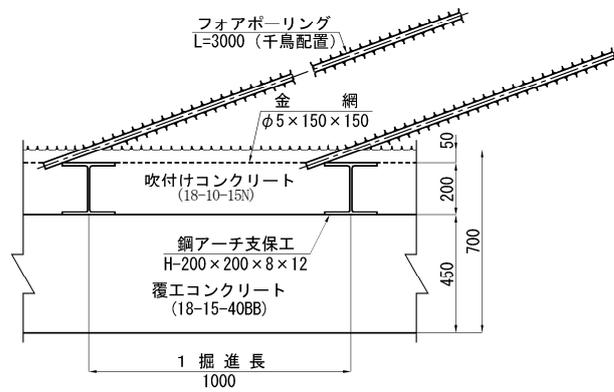
注7) 断面の大型化に伴って、坑口部においては入念に偏圧対策を検討する必要がある。

注8) 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。

D IIIa パターン



A-A 断面



B-B 断面

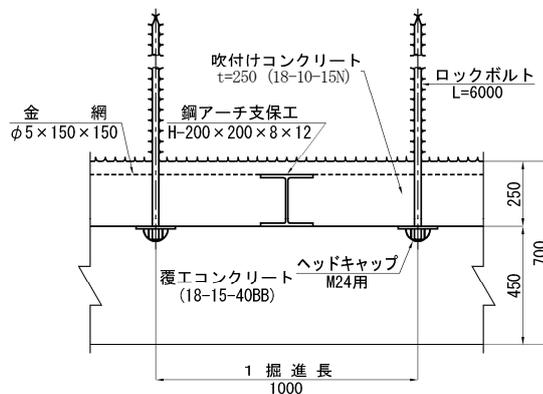


図-7-III-39 大断面トンネル坑口部支保パターン (参考)

③ 小断面トンネル

小断面トンネル坑口部の標準的な支保構造の組合せを、表-7-III-16 に示す。

表-7-III-16 小断面トンネル坑口部の標準的な支保構造の組合せ (内空幅 3.0m~5.0m 程度)

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 (cm)	
		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-250	1.0	10	20	20

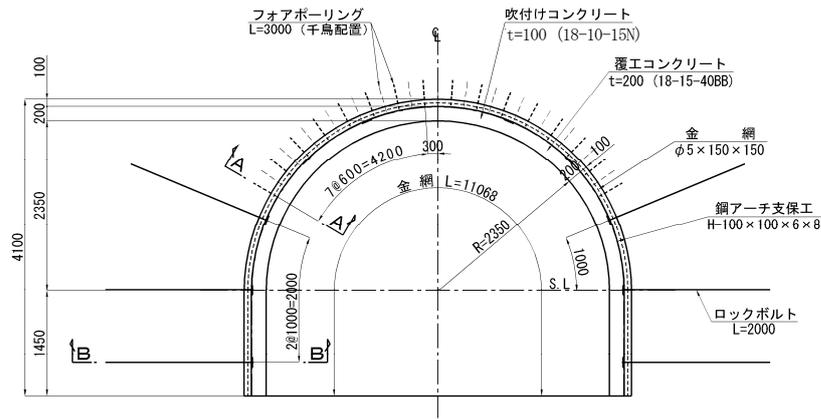
注1) () 内はフォアポーリングを示す。

注2) 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。

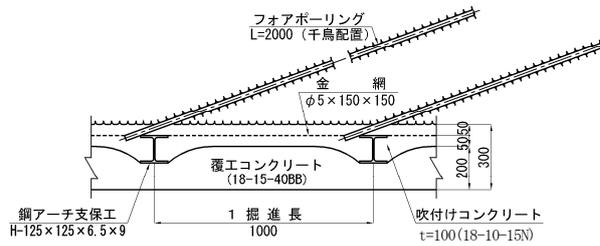
注3) フォアポーリングは、天端 120° の範囲に切羽天端の安定のため必要に応じて設置するものとし、その材質は、異形棒鋼 SD345 D25 を標準とするが、現地条件等で、これにより難しい場合は、別途検討するものとする。

注4) 金網は天端および側壁部に設置することを標準とする。

D III パターン



A-A 断面



B-B 断面

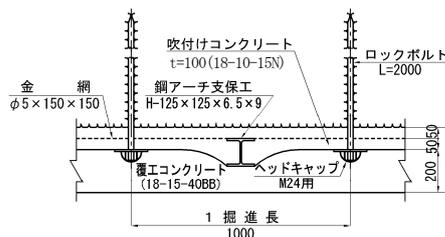


図-7-III-40 小断面トンネル坑口部支保パターン (参考)

- (2) ロックボルトおよびフォアポーリングの配置 (通常断面、大断面、小断面共通)
 ロックボルトおよびフォアポーリングは、以下の手順で配置計画を行うものとする。
- ① アーチ天端より、所定の周方向間隔の 1/2 でロックボルトを配置し、天端 60° 範囲のロックボルトは除く。
 施工基面での打設余裕離隔、最下端ロックボルトと下半盤との離隔(周方向間隔の 1/2 以下)が確保出来る配置を選択する。
 周方向間隔は、原則として、上・下半一定とするが、これにより難しい場合は、別途考慮するものとする。
 - ② SL からの距離 : L を 5cm ラウンドで定義し配置を決定する。
 一次吹付けコンクリート面の天端 60° 範囲に、所定の周方向間隔でフォアポーリングを千鳥配置する。

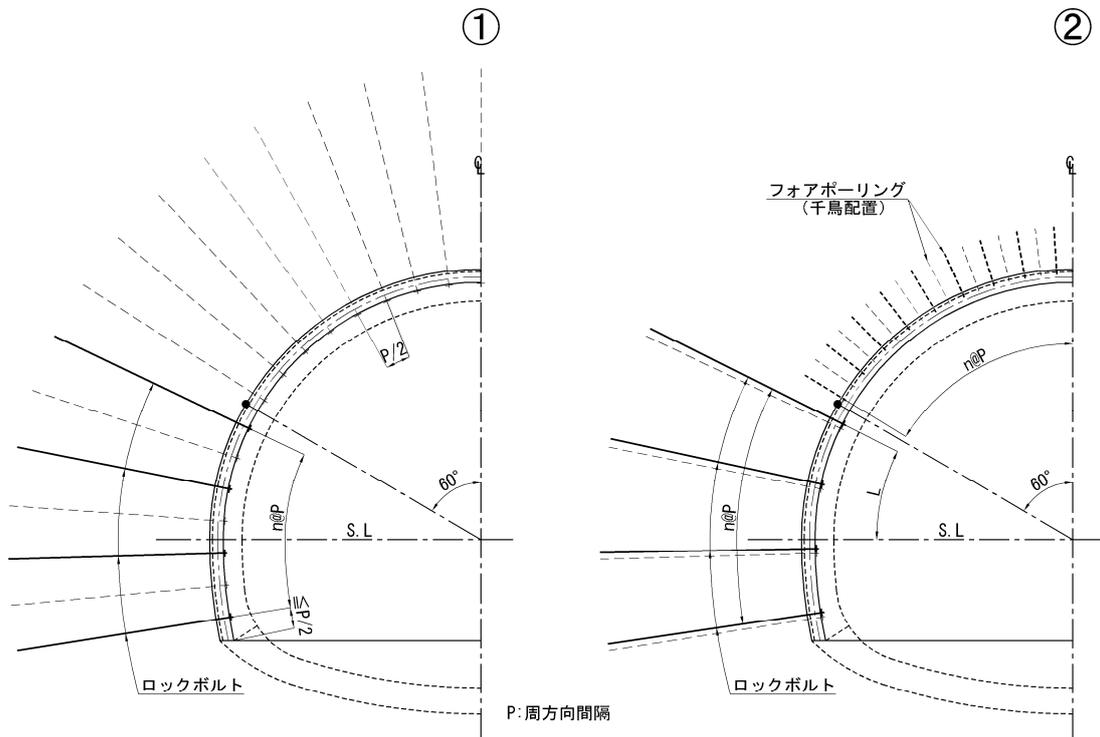
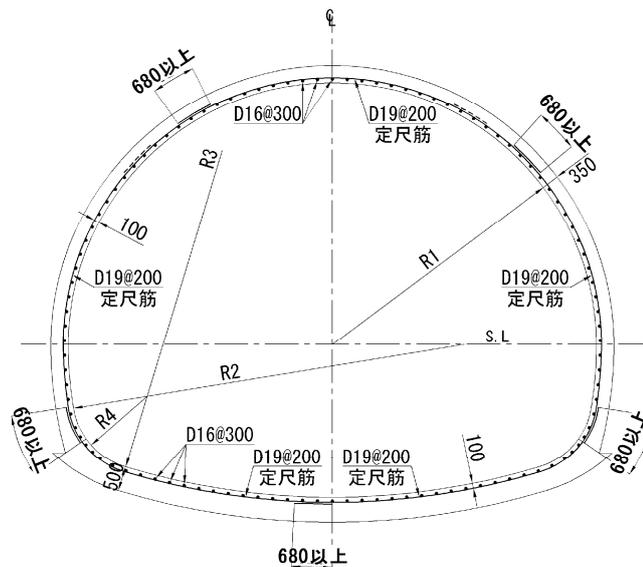


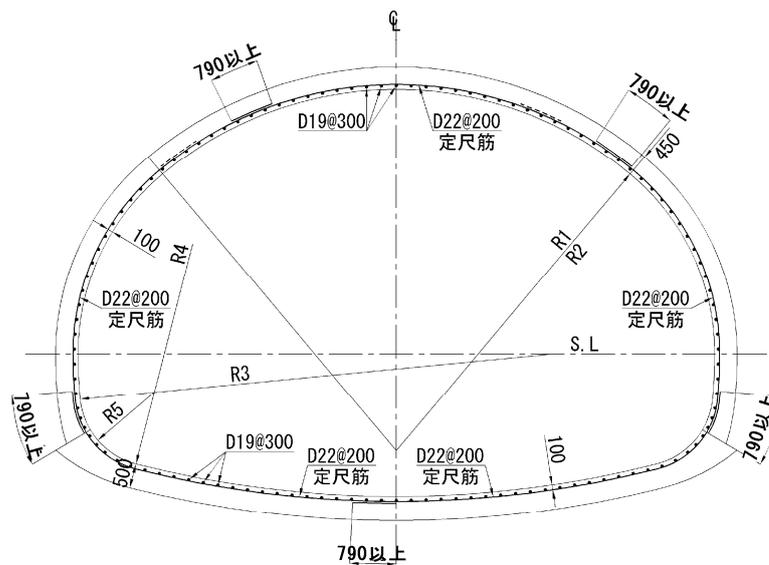
図-7-III-41 ロックボルト、フォアポーリングの配置概念図

- (3) 覆工の補強 (通常断面、大断面、小断面共通)
 坑口部の覆工コンクリートは、図-7-III-42 の要領で鉄筋による補強を行うものとする。
 ただし、上・下線の近接施工、トンネル上部の車両通行等の特殊条件があるトンネルの場合は、別途、検討を行うものとする。
- ① 通常断面および小断面トンネルにおいては、主筋D19@200、配力筋D16@300 とし、大断面トンネルにおいては主筋 D22@200、配力筋 D19@300 を標準とする。いずれも鉄筋規格はSD345を標準とし、覆工コンクリートの許容付着応力度は、 $\tau_{0a} = 1.4\text{N/mm}^2$ とする。
 - ② 主鉄筋の加工、組合せは、施工性を考慮して、インバート部 2 ピース、アーチ部 3 ピースの定尺鉄筋を標準とする。
 - ③ 継手位置は、インバート部はトンネルセンター部、アーチ部は 1 組ごとに継手位置を左右入れ替えるものとする。この場合、アーチ部は継手相互の離隔を考慮して加工長を決定するものとする。
 - ④ 配力筋は、1 打設長が標準の L=10.5m 以下であれば、原則、継ぎは行わないものとするが、

現場条件を確認の上、決定するものとする。



(a) 通常断面



(b) 大断面

図-7-III-42 覆工補強要領図

(4) 坑口付け

トンネル掘削を行うには、その準備工として自然斜面の切付けを行う必要がある。

これは、地山の緩みを誘発し、縦断方向からの押し出しとなるため、「明り支保工」により反力を確保することが必要となる。安全で確実な施工を行うため、「明り支保工」は縦断方向の剛性を高めることが望ましく、上半盤において、坑門工背面から3m程度確保し、「明り支保工」を4基以上建て込むことを標準とする。(図-7-III-43 参考)

ただし、坑口前面が橋梁あるいは盛土区間等で、かつ、背面斜面に地形的な制約がある場合は、別途、考慮するものとする。

また、到達側坑口における斜面切り付け面は、坑門工背面との余裕幅を、下半盤において50cm程度確保できる位置とする。

鋼アーチ支保工の構造は、個々のトンネルの坑口部断面に準拠するが、坑口部断面にウイング
 リブ付鋼アーチ支保工を使用している場合は、ウイングリブは設けないものとする。

土のうは、着手側坑口のみ考慮するものとするが、その積載方法は、現場条件により異なるた
 め、数量としては、外型枠(キーストンプレート)周長に対し、巻き立て厚 50cm 相当で計上する
 ものとする。

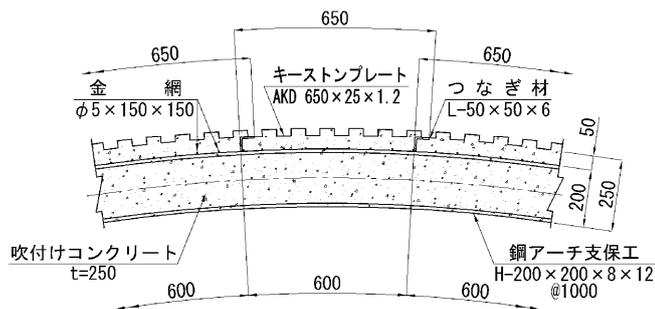
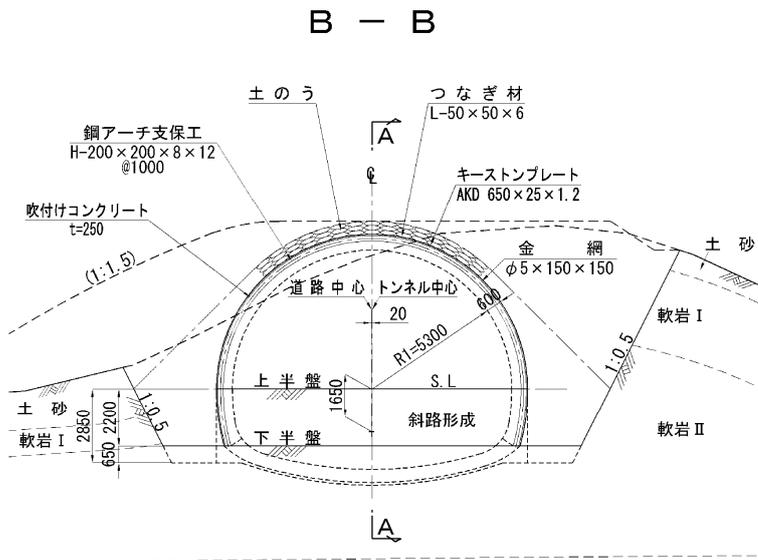
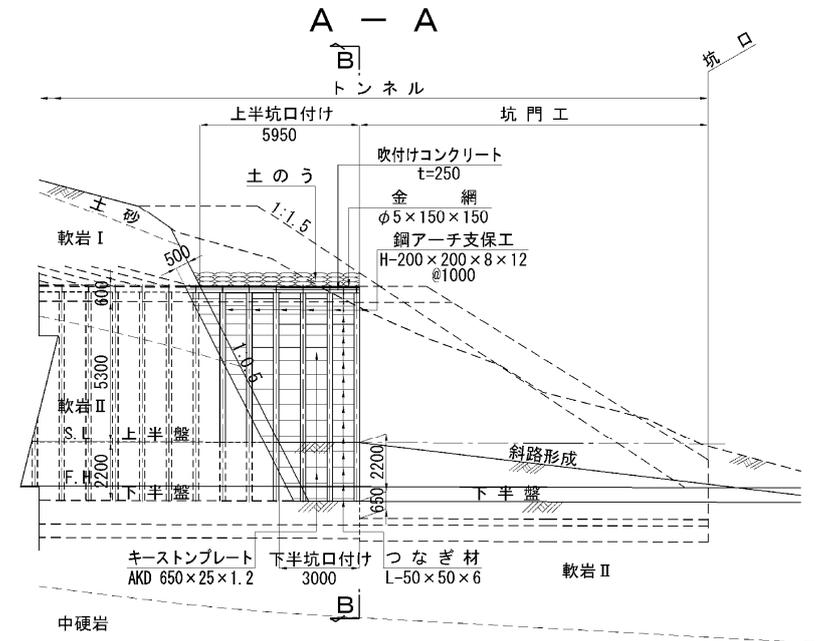


図-7-III-43 坑口付け計画 (参考)

3) 坑門工の設計

(1) 面壁型（ウイング）坑門工の設計

面壁型坑門工設計の考え方は、「道路土工 カルバート工指針（社）日本道路協会（H22.3）」および「山岳トンネルの坑口部の設計・施工に関する研究報告書（社）日本トンネル技術協会（S60.2）」を参考とする。

① 使用材料および許容応力度

- a) コンクリート：設計基準強度 $\sigma_{ck} = 24\text{N/mm}^2$
 : 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 8\text{N/mm}^2$
 : 許容せん断応力度 $\tau_a = 0.23\text{N/mm}^2$
 : 許容付着応力度 $\tau_{0a} = 1.6\text{N/mm}^2$
- b) 鉄筋：材質 SD345
 : 許容引張応力度 $\sigma_{sa} = 180\text{N/mm}^2$
 : 許容引張応力度 $\sigma_{sa} = 200\text{N/mm}^2$ （継ぎ手長算出用）

② 裏込め材

表-7-III-17 裏込め材の種類と土質定数

裏込め材の種類	単位体積重量： γ (kN/m ³)	せん断抵抗角： ϕ (°)
れき質土	20	35
砂質土	19	30
粘性土	18	25

③ 荷重

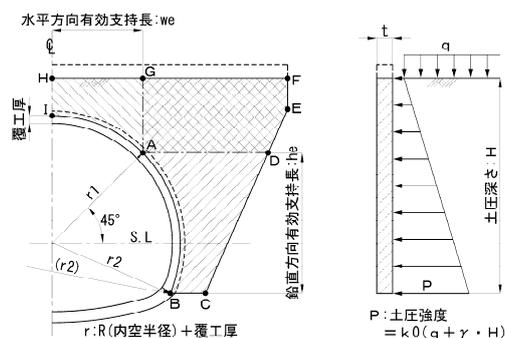
- a) 土圧：静止土圧係数 $k_0 = 0.5$
 ただし、ウイング高に対し裏込め土の盛りこぼし高が極端に高い場合は、試行くさび法により土圧係数の照査を行う。
- b) 施工時荷重： $q = 10\text{kN/m}^2$
- c) 雪荷重： $q = 3.5\text{kN/m}^2$
- d) 地震の影響は考慮しない
- e) その他必要とされるもの

④ 許容応力度の割増し率

- a) 施工時に対して：1.25

⑤ 設計手法

ウイングに作用する外力は、主としてトンネル軸線方向の土圧であり、ボックスカルバートに取付くウイング設計と同様と考えられるが、トンネル坑門工のウイングは、本体覆工コンクリートに円曲線状に支持されるため、S.Lより45°付近を境に水平方向、鉛直方向の2方向版の応力分布を示す傾向にある。しかし、2方向版での設計は煩雑となることから、トンネル本体で支持される片持版として断面力を算定し、配筋において2方向版の性状に配慮した設計とする。



a) ウイングに作用する断面力

水平方向の断面力は、面 GABCDEF に作用する土圧を鉛直方向有効支持長： h_e で支持させるものとし、せん断力および曲げモーメントを算定する。

鉛直方向の断面力は、面 HIADEFG に作用する土圧を水平方向有効支持長： w_e で支持させるものとし、せん断力および曲げモーメントを算定する。

水平方向の断面力

せん断力：
$$S = \frac{\sum sG \sim A \sim B}{h_e} \quad (\text{kN})$$

曲げモーメント：
$$M = \frac{\sum mG \sim A \sim B}{h_e} \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

鉛直方向の断面力

せん断力：
$$S = \frac{\sum sI \sim A \sim D}{w_e} \quad (\text{kN})$$

曲げモーメント：
$$M = \frac{\sum mI \sim A \sim D}{w_e} \quad (\text{kN} \cdot \text{m})$$

b) サイドウイングからの作用断面力

ウイング背面に横方向土留め(サイドウイング)が付設される場合は、サイドウイング単体で断面力(通常の片持版)を算定し、曲げモーメントのみを正面ウイングの水平方向曲げモーメントに加算し、有効支持長： h_e で除するものとする。

c) 部材厚

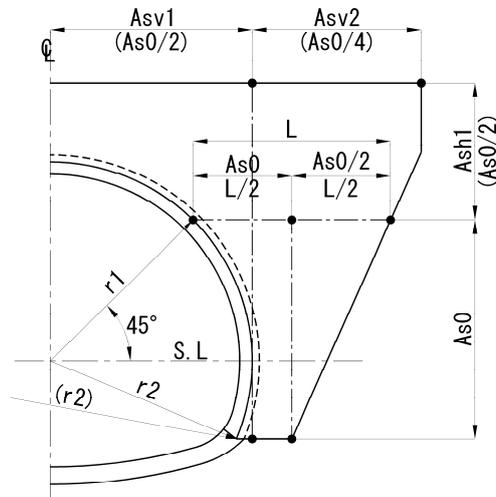
ウイングの部材厚は 10cm 間隔で設定するものとし、最小部材厚は 40cm とする。また、トンネル本体に支持させることから、本体覆工とのバランスも考慮することが望ましい。サイドウイングが付設される場合は、その接合部にサイドウイング同等厚のハンチを考慮するものとする。

d) 配筋要領

ウイング各部位の配筋は、算定した水平方向断面力より最適な部材厚および鉄筋量(As_0)を決定し、これを基準に下図の要領で配筋を行う。

鉛直方向の必要鉄筋量は、水平方向に比べ非常に小さくなる傾向にあるが、2 方向版の性状に配慮した下図の要領で配筋するものとする。

圧縮側(ウイング前面)鉄筋量は、引張側(ウイング背面)鉄筋量の 1/6 以上とする。使用鉄筋は D16~D32 とし、可能な限り定尺鉄筋を使用するものとする。



注：L は、 As_0 が @125 で決定される場合に考慮する。

図-7-III-45 配筋要領概念図

(2) 突出型（明り巻き）坑門工の設計

突出型坑門工設計の考え方は、「道路土工カルバート工指針（社）日本道路協会（H22.3）」を参考とする。

① 使用材料および許容応力度

(1) コンクリート 設計基準強度 $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca} = 8\text{N/mm}^2$	許容付着応力度 $\tau_{0a} = 1.6\text{N/mm}^2$
	許容せん断応力度	$\tau_a = 0.23\text{N/mm}^2$ (コンクリートのみで負担) $\tau_a = 1.7\text{N/mm}^2$ (斜引張り鉄筋共同で負担)
(2) 鉄筋 SD345	許容引張応力度 $\sigma_{sa} = 200\text{N/mm}^2$ 基本値	許容引張応力度 $\sigma_{sa} = 180\text{N/mm}^2$

コンクリートのみでせん断力を負担する場合の許容せん断応力度は、部材断面の有効高の影響、軸方向引張鉄筋比の影響、軸圧縮力等を考慮して補正を行う。

② 盛土材

表-7-III-18 盛土材の種類と土質定数

裏込め材の種類	単位体積重量： γ (KN/m ³)	せん断抵抗角： ϕ (°)
れき質土	20	35
砂質土	19	30
粘性土	18	25

③ 荷重

- a) トンネル内活荷重： q = 路線により決定
- b) トンネル内死荷重： q = 舗装、路盤、インバート埋戻し材等
- c) 土 圧：静止土圧係数 $k_0=0.5$ or 0.3
- d) 温度変化（露出部） $\pm 15^\circ\text{C}$ 相当
- e) 乾燥収縮 -20°C 相当
- f) 地震の影響＝水平震度
- g) 施工時荷重： $q = 10\text{kN/m}^2$
- h) 雪 荷 重： $q = 3.5\text{kN/m}^2$
- i) その他必要とされるもの

④ 許容応力度の割増し率

- a) 常時：1.00
- b) 温度変化時：1.15
- c) 地震時：1.50
- d) 施工時：右表に示す

完成後の応力度が著しく低くなる場合	1.50
完成後の応力度が許容応力度と同じ程度となる場合	1.25

⑤ 断面形状および部材厚

明り巻き断面の内空は、トンネル本体に合わせるものとし、側壁外周は鉛直を標準とする。

- a) 図-7-III-46 (a) における側壁高さは、R2 および R3 の交点①を通る鉛直線と、r3 の交点②を5cm ラウンドで切り上げた値とする。
- b) 図-7-III-46 (b) の場合は、杭の押抜せん断力等を考慮したインバート厚 t_i により決定する。

部材厚は10cm 間隔で設定するものとし、最小部材厚は60cm とする。

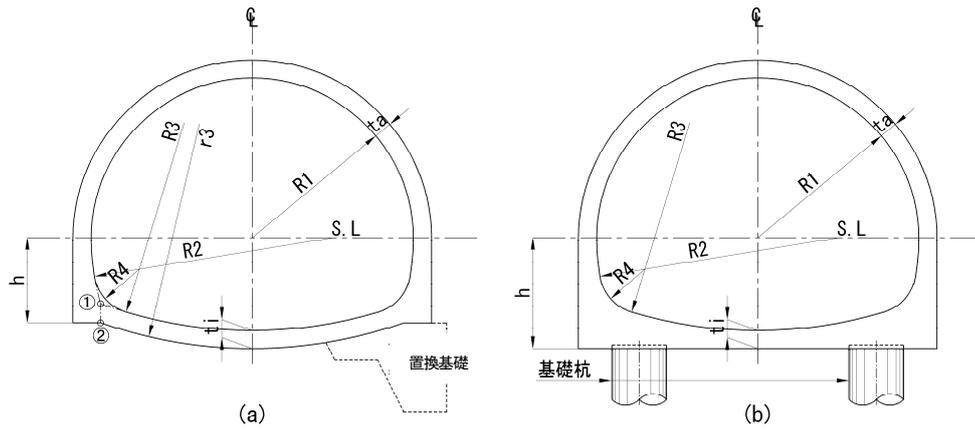


図-7-III-46 明り巻き断面 (参考)

⑥ 配筋要領

明り巻きの配筋要領は、図-7-III-47 を標準とし、可能な限り定尺鉄筋を使用する配筋方法とする。

使用鉄筋はD16～D32 を標準とする。

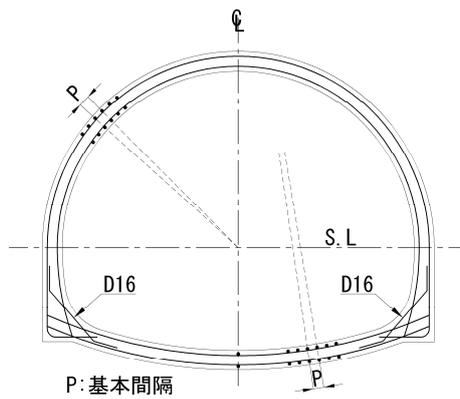


図-7-III-47 明り巻き配筋要領概念図

⑦ 継目工

明り巻きとトンネル本体間、あるいは明り巻き相互間には継目工を設置するものとする。

また、明り巻きとトンネル本体間の継目部分には、トンネル本体が露出しないよう 50cm 以上の上載土を考慮するものとする。

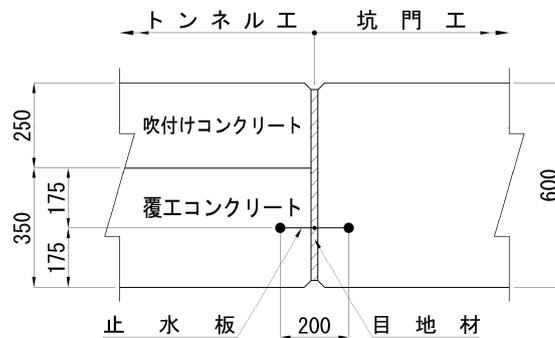


図-7-III-48 継目工の計画 (参考)

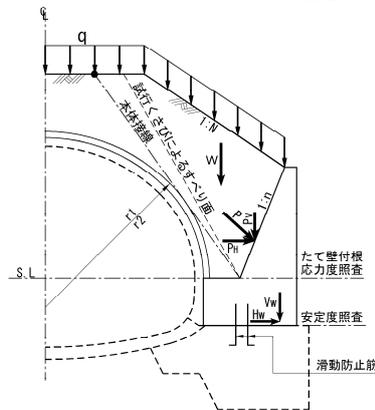
4) 抱き擁壁および置換基礎の設計

抱き擁壁および置換基礎の形状寸法は、安定計算、応力度計算により決定するものとする。

抱き擁壁はたて壁付根で応力度照査を行い、クラック防止筋 D13@250 以上の配筋を行うものとし、置換基礎との間には、水平力相当の滑動防止筋を配置するものとする。

置換基礎は、地表より露出する部分大きい場合にクラック防止筋を配筋するものとする。

抱き擁壁安定計算



置換基礎安定計算

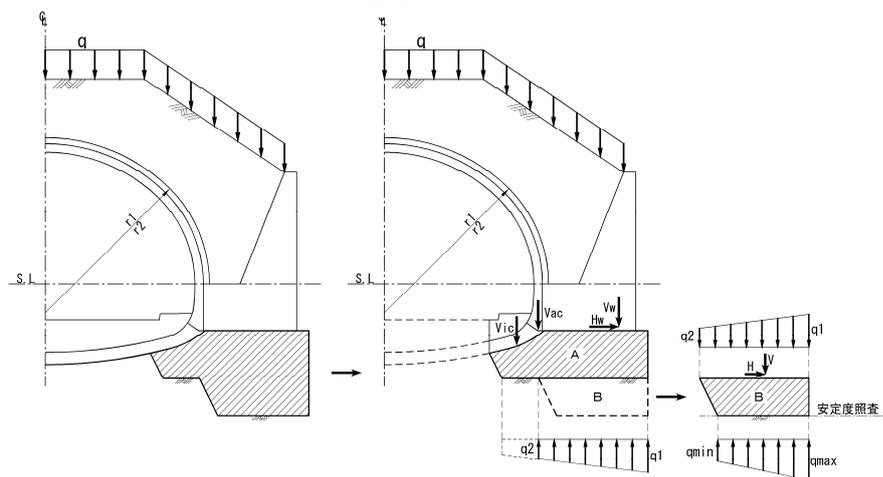


図-7-III-49 抱き擁壁、置換基礎の安定計算 (参考)

7-2-9 導坑断面の設計

導坑断面は、施工目的、地質、地形、トンネル規模、使用機械、工程等を考慮して決定しなければならない。

1) 側壁導坑先進工法 (支保パターンは小断面支保パターンに準拠する)

- (1) 掘削途中で側壁コンクリート打設の必要性がある場合は、導坑幅は 4.4m を標準とするが、作業員通路、車両幅員を確保出来るよう断面を決定する。

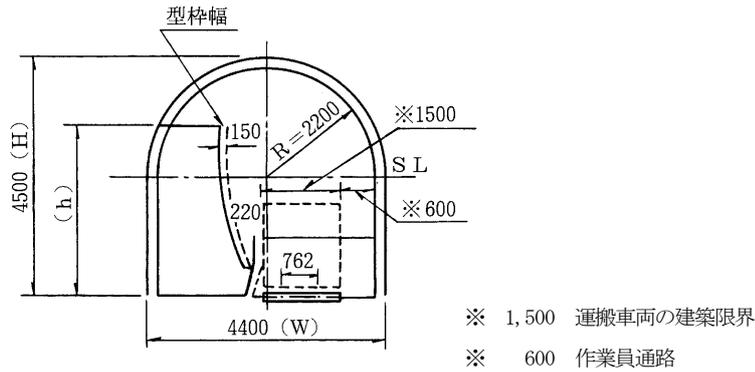


図-7-III-50 側壁導坑 (A) (参考)

(2) 導坑延長 100m 程度以下の導坑は、掘削完了後側壁コンクリートを打設することを標準とする。

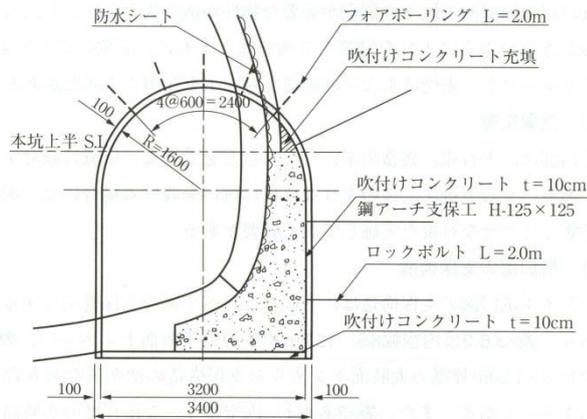


図-7-III-51 側壁導坑 (B) (参考)

2) 底設導坑先進工法 (支保パターンは小断面支保パターンに準拠する)

(1) タイヤ方式

導坑幅は、4t ダンプトラック、鋼アーチ支保工、パイプおよび待避幅を考慮して 3.5m を標準とする。

(2) レール方式単線

導坑幅は 6^{m³} ずり鋼車、鋼アーチ支保工、パイプおよび待避幅を考慮して 3.2m を標準とする。
 導坑高は、レール式ローダ、鋼アーチ支保工、換気用風管を考慮して 3.0m 程度を標準とする。

(3) レール方式複線

導坑幅は、6^{m³} ずり鋼車、鋼アーチ支保工、パイプおよび待避幅を考慮して 5.0m を標準とする。
 導坑高はレール式ローダ、鋼アーチ支保工、換気用風管を考慮して 3.4m 程度を標準とする。

7-2-10 補助工法及び特殊工法

補助工法及び特殊工法については、新技術情報提供システム (NETIS) を有効に活用し、最新技術動向を踏まえた選定を行うものとする。

ここに、補助工法：トンネルの切羽および天端等の安定のために通常の設定・人員編成を大幅に変更することなくトンネル掘削のサイクルの中で施工する補助的な工法のことをいう。

特殊工法：掘削が困難な地山の施工や構造物との近接施工のために、施工設備・人員構成

等を新たに準備して行う特殊な工法のことをいう。

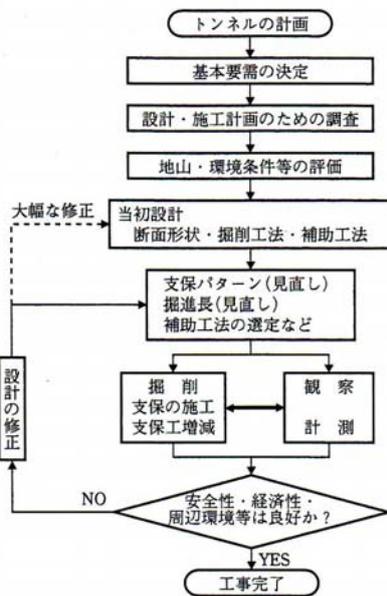


図-7-III-52 補助工法に着目したトンネルの調査・設計・施工の流れ

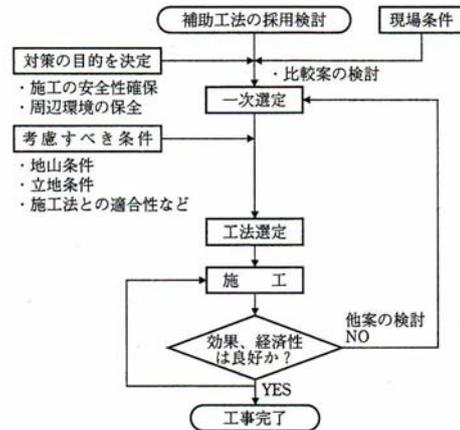


図-7-III-53 施工中における補助工法検討の流れ

7-2-11 薬液注入における施工管理について

補助工法の採用において、薬液注入材を採用した場合は、注入率なども含め効果の確認を行う必要がある。薬液注入材は周辺に影響を与えることもあるので、「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」(昭和49年7月10日 建設省事務次官通達)によらなければならない。このとき、ウレタン系注入材を用いる場合はこの暫定指針の中では緊急かつやむを得ない場合の応急措置と位置付けられているため、使用には十分な注意が必要であり、やむを得ず使用する場合は、「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」(日本道路公団(財)国土開発技術研究センター 平成4年10月)などを参考にして、安全管理に留意することが必要である。

7-2-12 矢板工法

1) 適用範囲

矢板工法は、矢板類を併用した鋼アーチ支保工と覆工コンクリートを主たる支保構造部材とする工法であり、吹付けコンクリート、ロックボルトの施工が困難な高圧多量湧水をとまなう地山、あるいは、崩落箇所の応急対策などに限定して適用するものとする。

7-3 付属設備

7-3-1 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・基準等は、「道路照明施設設置基準・同解説」((社)日本道路協会 H19.10)「電気通信施設設計要領・同解説」((社)建設電気技術協会 H25年版)、「LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案)」(国土交通省 H23.9)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) 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。

7-3-2 トンネル非常用設備

1) 通報・警報設備

(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。

① 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。

(非常電話の設置間隔は片側 200m以下)

② 送受話器の高さは、トンネル利用者などが容易に操作できるように、路面又は監視員通路面より1.20mの高さを標準とする。

③ 表示灯の電源はAC1φ2W100Vとする。

④ 非常電話案内板

a) 設置間隔は25mを標準とする。

b) 非常電話案内板は、図-7-III-53を標準とする。

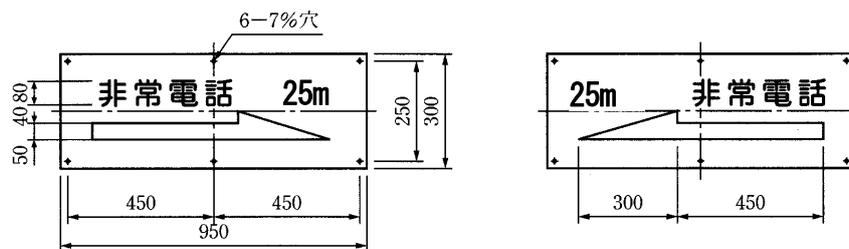


図-7-III-53 非常電話案内板

(2) 押ボタン式通報装置

① 配列は千鳥を標準とする。ただし一方通行トンネルでは左側に設置する。

② 設置間隔は50mを標準とする。

③ 通報装置説明板を設けるものとし、レイアウトは図-7-III-54を標準とする。

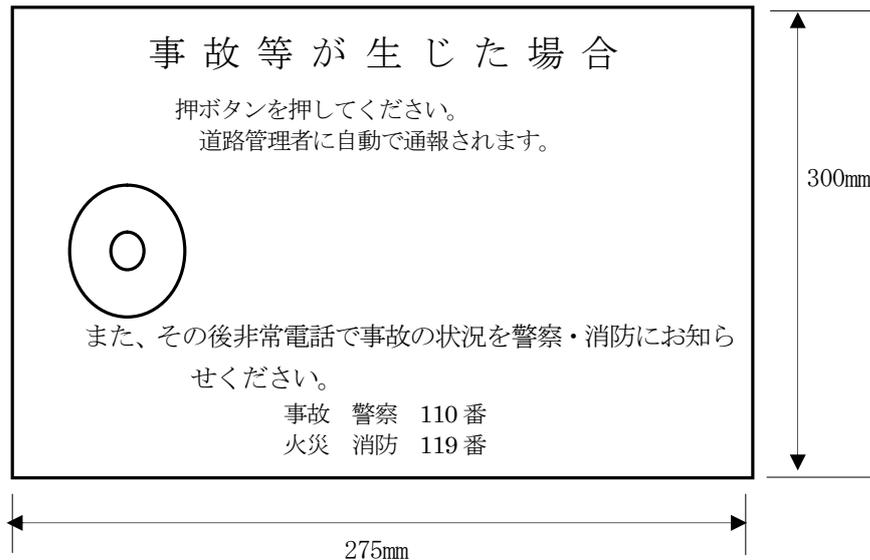


図-7-III-54 通報装置説明板

(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CO₂共鳴式ちらつき型火災検知器とする。なお、検知器は1基あたり50m(片側25m)の検知が出来るものを標準とする。
- ② 取付間隔は25m、取付高は路面又は監視員通路面より1.3mで片側配列を標準とする。ただし、同等のエリアの確保ができる場合は、間隔を広げても良いものとする。

(4) 非常警報装置

警報表示板の設置位置は、設計速度60km/hの場合、トンネル入口の100m(トンネル坑口と標示板の距離:95mから105m)手前の見易い位置を標準とする。

2) 消火設備

(1) 消火器

- ① 消火器は、手さげ式粉末ABC型消火器6kg型とし、消火器箱には押ボタン式通報装置を設け、消火器2本を1組として消火器は箱内に格納するものとする。
- 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。

(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) 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。

(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。

(5) 送水配管

① 配管材料

配管材料は、水道用 T 型遠心ダクタイル鋳鉄管、水道用 T 型ダクタイル鋳鉄異径管、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ー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。

3) 避難誘導設備

(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。この場合は蛍光灯又は LED を光源とし、停電時対策として内蔵型の無停電電源装置により 30 分以上の機能を維持できるものとする。ただし、発電機がある場合は 10 分とし、非常照明と同一無停電装置からの供給でもよい。また、この場合は耐火ケーブルを使用する。

4) その他の設備

(1) 給水栓

給水栓は、トンネル両坑口に設置することを標準とする。必要に応じてトンネル内非常駐車帯又は避難連絡坑付近に設置する。A 級又は AA 級の場合、トンネル内は 200m 程度に設置する。消火栓箱の給水栓は必要に応じて設けるものとし、給水栓への送水用として送水口を設けるものとする。

(2) 無線通信補助設備

当該路線の運用方針を確認し、設計を行うこと。

① 管理用無線補助設備

トンネル内無線電送方式は、表-7-III-19 のとおりとする。

a) 単信無線

ア) 500m以上のトンネルは、当初から管理用無線補助設備（国土交通省）を設置することを標準とする。

イ) 空中線系は耐熱LCXとし、消防用及び警察用と共用を標準とする。

b) 移動通信サービス

移動通信基盤整備協会等の電気通信事業者が参入してくる、又は、参入予定のトンネルについては、原則として移動通信サービスに必要な通信ケーブル等を兼用工作物として取扱う。

② 消防用無線補助設備

a) 1000m以上のトンネル又は、要望があるトンネルについては空中線共用装置に消防用共用器を実装するものとし、事前に消防署と調整を行い周波数の決定を行うものとする。空中線系は国土交通省と共用とし、無線設備は利用者設置とする。また、接続箱は国土交通省が設置する。

1000m以下のトンネルで、要望がない場合はスペースの確保を行っておく。

b) 空中線は、耐熱LCXを標準とする。

③ 警察用無線補助設備

a) 1000m以上のトンネル又は、要望があるトンネルについては空中線共用装置に警察用共用器を実装するものとし、事前に警察署と調整を行い周波数の決定を行うものとする。空中線系は国土交通省と共用とし、無線設備は利用者設置とする。

1000m以下のトンネルで、要望がない場合はスペースの確保を行っておく。

b) 空中線は、耐熱LCXを標準とする。

表-7-III-19 トンネル内無線伝達方式

区分		無線方式システム構成		誘導線方式	LCX方式	光+アンテナ方式
				OE平行2線方式	LCX基地局方式	光ブースタ方式
トンネル延長 200m～500m迄	通信事業者 施設計画有り	①	AMラジオ再放送	◎		
	FMラジオ再放送			◎		
移動通信サービス				◎注2		
通信事業者 施設計画無し	②	AMラジオ再放送	◎			
		FMラジオ再放送		◎		
トンネル延長 500m～1km迄	通信事業者 施設計画有り	③	AMラジオ再放送	◎		
	FMラジオ再放送			◎注1		
無線通信補助			◎			
移動通信サービス				◎注2		
通信事業者 施設計画無し	④	AMラジオ再放送	◎			
		FMラジオ再放送		◎注1		
			無線通信補助		◎	
トンネル延長 1km以上	通信事業者 施設計画有り	⑤	AMラジオ再放送	◎		
	FMラジオ再放送			◎注1		
無線通信補助			◎			
移動通信サービス				◎注2		
通信事業者 施設計画無し	⑥	AMラジオ再放送	◎			
		FMラジオ再放送		◎注1		
			無線通信補助		◎	

- ・広帯域LCX1条で、FM、VHF、K-COSMOSとの共用が可能
- ・通信事業者の施設計画のあるトンネルにおけるK-COSMOSは、原則として光ブースタ方式とする。この場合光ケーブルは、兼用工作物とする。

注1：当面、FM再放送設備の計画が無くても、VHF単信無線採用に広帯域LCXを布設。（消防等との協議結果による）

注2：トンネルの構造によるが、アンテナで坑口から放射する方法がある為、移動通信基盤整備協会等の通信事業者と調整を行うこと。

(3) ラジオ再放送設備（割込み機能あり）

- ① 設置は道路トンネル非常用施設設置基準によるものとする。
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 誘導線路の方式は平行2線式を標準とする。
- ④ FMラジオについてトンネル前後で安定した受信が可能な地域のトンネル（都市近郊）を対象とする。
なお、この場合無線通信補助設備のLCX整備と同時に行う。

(4) 拡声設備

拡声設備を実装する場合のサービスエリアは部分エリア（非常駐車帯、避難連絡坑、分岐部・合流部及び坑口等）とする。

(5) 水噴霧設備

- ① 立坑方式で換気を行う場合は、ダクト部に冷却用の水噴霧設備を設けるものとする。
- ② A級のトンネルで将来水噴霧設備を計画する場合は、水噴霧設備が設置できるよう配慮しておくものとする。

(6) 監視装置

- ① 設置は道路トンネル非常用施設設置基準によるものとする。
- ② 監視対象場所はトンネル（本坑）内車道、トンネル（本坑）内非常駐車帯、坑外（トンネル本坑付近）を標準とする。
- ③ カメラ形式は配置計画を行い、固定式・旋回ズーム式を選定する事。

5) 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、立下り部は埋込を原則とする。
- ③ 配管は、本設計要領の「第8章 交通安全施設等」8-2-9 道路付属物の配管配線の設計・施工による。

(2) 配線

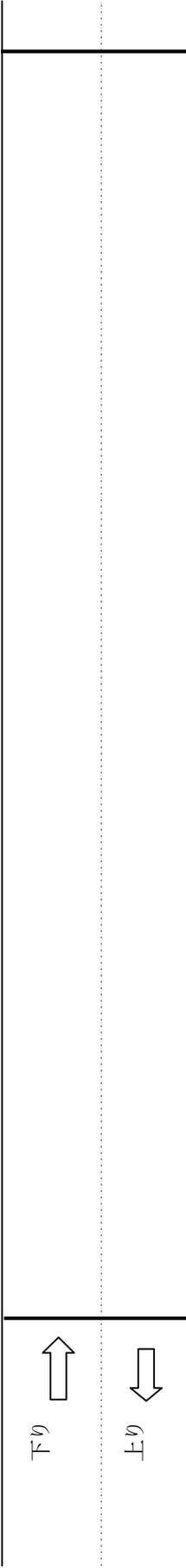
- ① 電源線はCVを原則とする。
- ② 信号線はFCPEV(-S)、CWV(-S)を原則とする。

(3) 耐火・耐熱

- ① 露出する配管・配線については耐火・耐熱性能を有する構造とすること。

○ ○ 側出口

トンネル延長 L = 819m



記号	品名	間隔									
□	押ボタン式警報装置	9	50	50	50					@50	10
□	非常電話機	7	100	100	100					@100	12
□	消火器	9	50	50	50					@50	10
↕	非常電話案内板	2036	@25	50	@25	50	50	do		25	33
	誘導標示板	110		100					@100	109	
	トンネル内 ハンドホール	7	47.5					@50			2

図-7-III-56 非常用設備割付図 (参考)

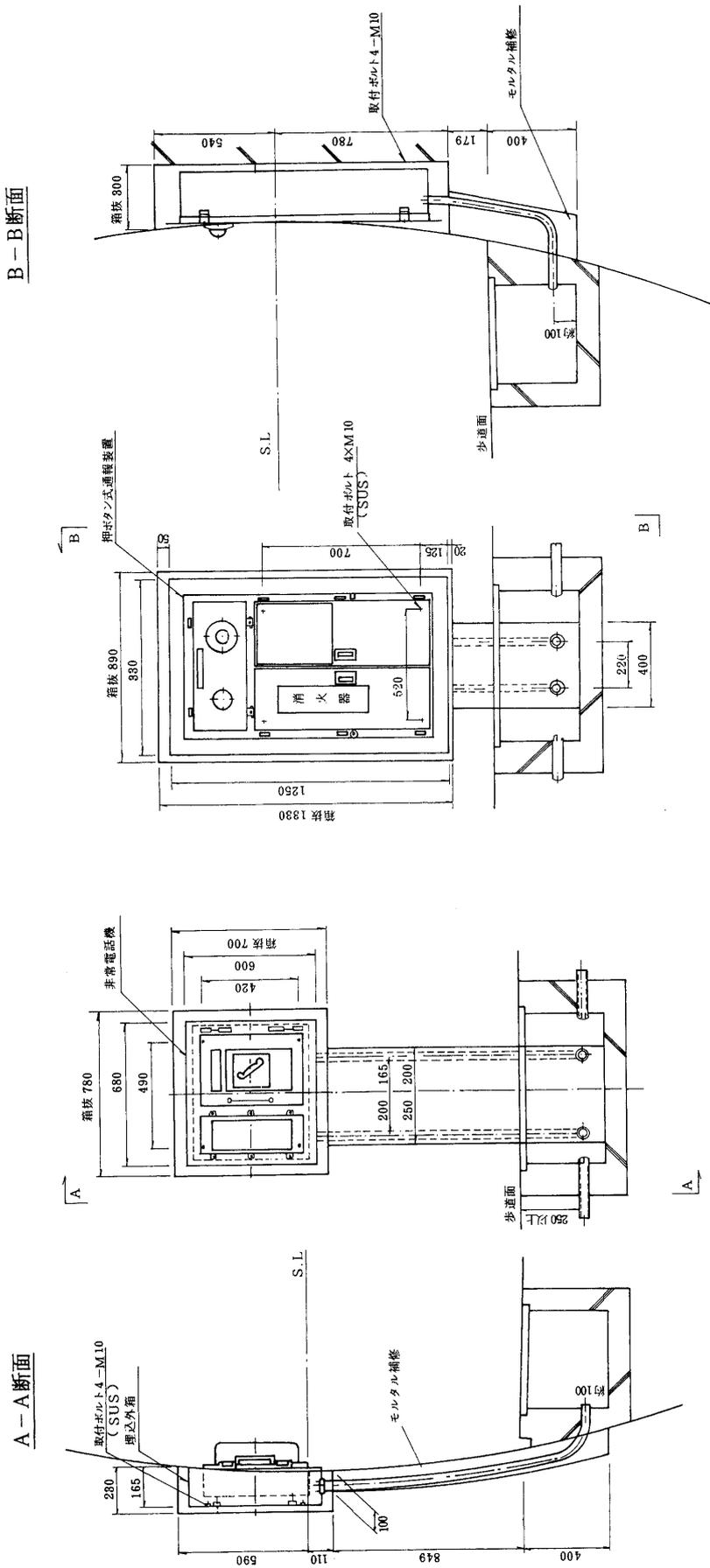
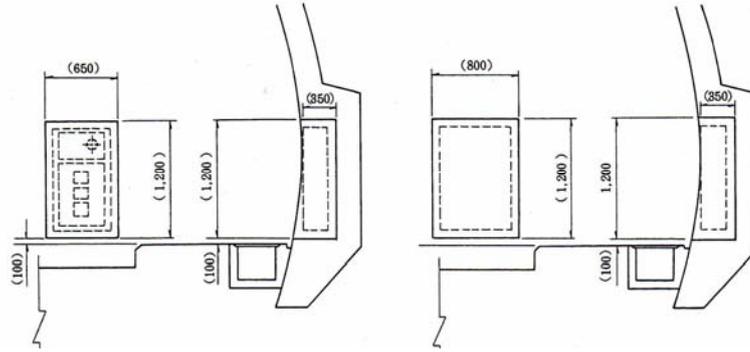
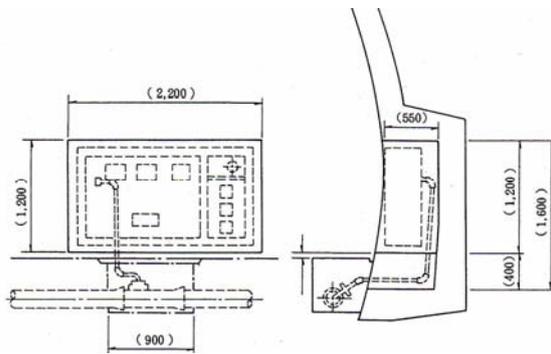


図-7-III-58 機器取付詳細図 (参考)



消火器箱抜図

Co 計箱抜図



消火栓箱抜図

図-7-III-59 箱抜図 (参考)

7-3-3 電源設備

トンネル用電源設備は、受変電設備、予備電源設備、無停電電源設備等で構成されるが、電源設備は、各システムの基となるものであり、全システムの本래の機能を發揮させるため、その仕様の決定にあたっては十分検討を行うものとする。

1) 高圧受電設備

(1) 負荷の設定

照明設備、防災設備（警報設備、消火設備、無線通信補助設備、ラジオ再放送設備、監視設備等）換気設備等の負荷を検討のうえ設計を行うものとする。

(2) 形式

屋内式キュービクル方式（JEM1425CW 形）を標準とする。（屋外に設置の場合は屋外式）

ただし、防災等級 B 級以下のトンネルで高圧受電となる場合は、JIS 規格の屋外および屋内型キュービクル方式とすることができる。

2) 低圧受電設備

形式：屋外式 JEM (1265) C 級とする。

ただし、電気室等の屋内に設置の場合は、屋内式とする。

3) 予備電源設備

(1) 予備電源設備の設置は、換気、照明、非常用施設について設備費、運用面、保守性等を検討の

うえ決定するものとする。ジェットファン・ポンプなどの大負荷がかかる設備がある場合は、停電復帰後に容量を超える恐れがあるので注意すること。

- (2) 予備電源設備の対象負荷は次のとおりとする。
 - ① 換気
防災上必要な時は、検討のうえ負荷の対象とする。
 - ② 照明
予備電源設備を設置するトンネル照明は、基本照明の1/4を対象とする。
 - ③ 非常用設備
通報警報設備、消火設備、避難誘導設備、その他の設備（無線通信補助設備、ラジオ再放送設備、水噴霧設備、監視設備等）を対象とする。
- (3) 電気方式は、受変電設備の単線結線図をよく検討のうえ決定するものとし、運転及び保守面から、極力簡潔な回路となるよう考慮した方式とする。
- (4) 機関及び発電機等は屋内式とする。
- (5) 連続運転時間は24時間以上とする。

4) 無停電電源設備

- (1) 無停電電源設備の設置は、照明、非常用設備等について、設備費、運用面、保守性等を検討のうえ決定するものとする。
- (2) 無停電電源設備の対象負荷は次のとおりとする。
 - ① 照明
無停電電源設備を設置するトンネル照明は、基本照明1/8を対象とする。
 - ② 非常用設備
避難誘導設備、無線通信補助設備、ラジオ再放送設備、監視設備、通報警報設備とし消火設備、換気設備は、原則として対象としない。
- (3) 停電時補償時間
 - ① 予備電源設備を設置する場合の補償時間は10分とする。
 - ② 予備電源設備を設置しない場合の補償時間は30分とする。

7-3-4 その他

接着系ボルトの使用にあつたての留意事項については、「接着系ボルトの使用にあつたての留意事項について」（平成25年5月29日付 国技電第20号 国総公第27号 国道利第2号 国道保第8号 国道高第64号 国土交通省大臣官房技術調査課長 総合政策局公共事業企画調査課長 道路局路政課長 国道・防災課長 高速道路課長 通達）を基に以下のとおり取りまとめたので、これによるものとする。

~~~~~

ー以下通知文ー

(今後の接着系ボルトの使用)

長期耐久性について一定の知見が蓄積がなされるまでの措置として、トンネル天井板、ジェットファン、道路標識等を固定する吊り構造等の常時引張り力を受ける箇所へは原則として接着系ボルトを使用しない。なお、常時引張り力を受ける接着系ボルトで固定された既設の吊り重量構造物については、第三者被害を防止するための措置として、バックアップ構造・部材の設置などを進める。

ー以 上ー

~~~~~

【参考文献】

- 1) 川島義和、田辺洋一他：道路トンネルにおける長孔発破の施工報告, 第22回トンネル工学研究発表会（報告I-27）, 土木学会, 2012