

2016年制定 トンネル標準示方書[共通編]・同解説 [山岳工法編]・同解説

2016年制定
トンネル標準示方書
[共通編]・同解説
[山岳工法編]・同解説

講習会（大阪会場）

（公社）土木学会

2016年制定 トンネル標準示方書[共通編]・同解説 [山岳工法編]・同解説

「共通編」
「山岳工法編 全般」及び
「第1編 総論」について

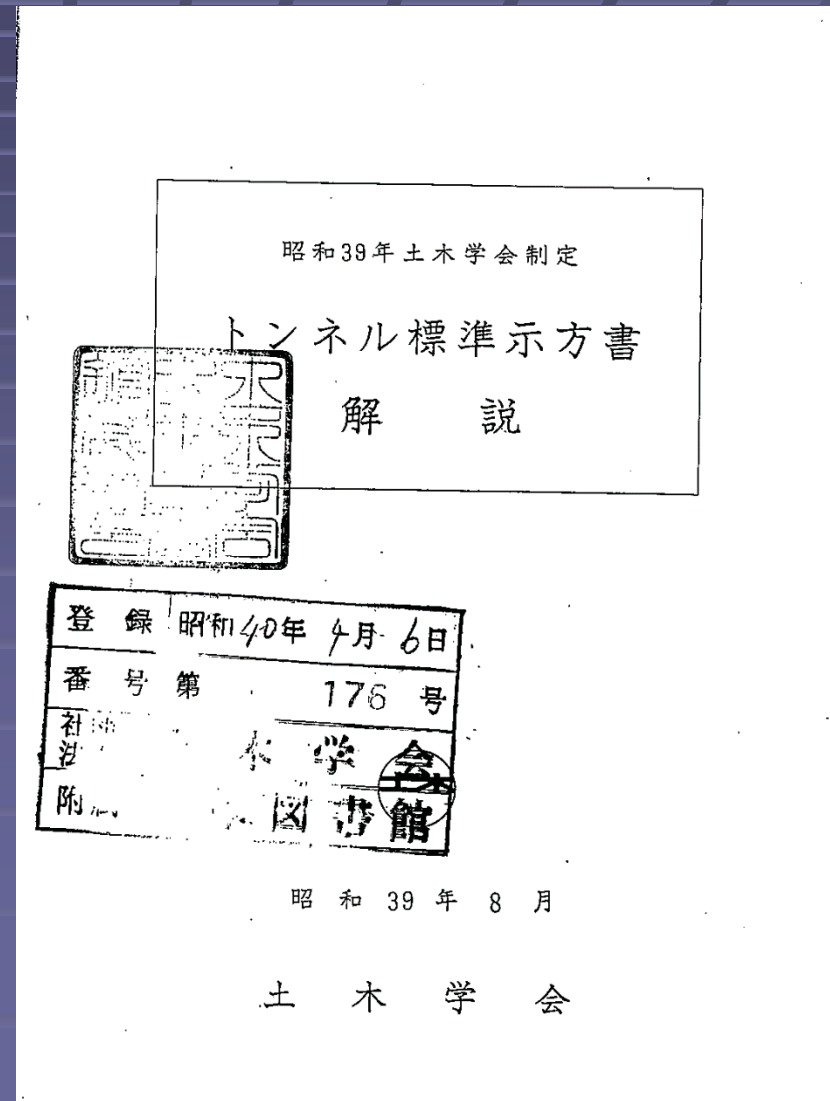
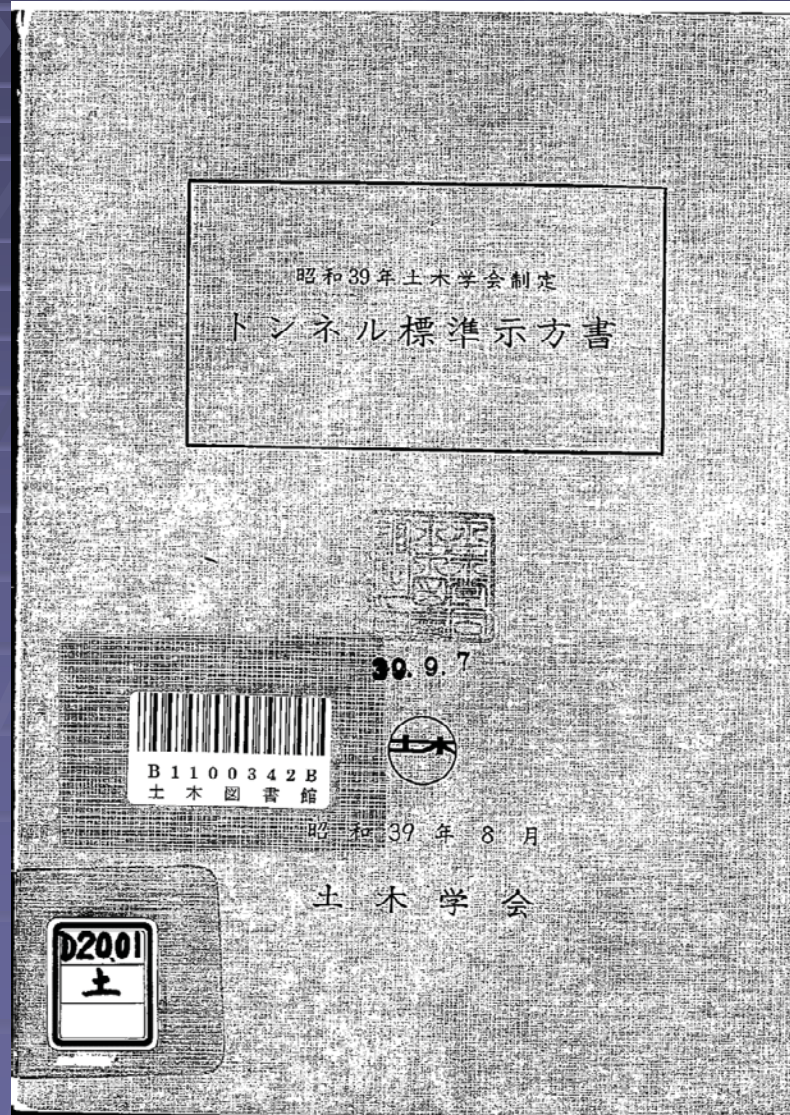
山岳トンネル小委員会

委員長 服部 修一

トンネル標準示方書制定の経緯

- 昭和39年 8月 トンネル標準示方書 解説 《制定》
- 昭和44年11月 トンネル標準示方書 解説 《改訂》
- 昭和52年 1月 トンネル標準示方書(山岳編)・同解説
《改訂》
- 昭和61年11月 トンネル標準示方書(山岳編)・同解説
《改訂》
- 平成 8年 5月 トンネル標準示方書(山岳工法編)・同解説
《改訂》
- 平成18年 7月 2006年制定トンネル標準示方書
(山岳工法)・同解説 《改訂》

初代トンネル標準示方書(1964)



1964年版トンネル標準示方書

第 36 条 底板、皿板、ウォール プレート

鋼アーチ支保工は、荷重による沈下を防止するため、部材下端に底板を取付け、必要に応じ皿板あるいはウォール プレートをを用いるなどして、十分な支持力を持つようにしなければならない。

第 37 条 つ な ぎ

鋼アーチ支保工相互間は、つなぎボルト、内ばりなどによって強固に連結しなければならない。

第 38 条 矢 板

鋼アーチ支保工の外周には、周囲の岩石、土砂をおさえるため、地質、その他の条件に応じて、矢板、矢木、ライナー プレートなどを設計しなければならない。

第 39 条 や ら ず

鋼アーチ支保工施工区間が短小な場合や、縦方向に荷重のかかる恐れのある場合は、やらずなどにより転倒防止をはからなければならない。

第 3 節 木製支柱式支保工

第 40 条 木製支柱式支保工

木製支柱式支保工は、掘削作業にともない容易に建込みができ、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。

木製支柱式支保工は、覆工を施工する際には木外しをするのが通常であるから、その際にも安全であるよう考慮しなければならない。

第 41 条 木製支柱式支保工の形状、寸法、建込み間隔

木製支柱式支保工は、地質、掘削方式、覆工の厚さなどを考えて、一般に認められている資料に基づき、その形状、寸法、建込み間隔を決定しなければならない。

第 42 条 木材の材質

木製支柱式支保工に用いる丸太材は、皮はぎ生松丸太とし、われや、著しい節がなく、なるべく真直ぐなものでなければならない。

第 43 条 木製支柱式支保工設計にあたっての注意

(1) 木製支柱式支保工の設計にあたっては、各部材が有効に働け、かつ素材の強度をなるべく害しないで加工組立てできるように考慮しなければならない。

(2) 木製支柱式支保工の設計にあたっては、沈下、転倒、ねじれなどを防止するため、つなぎばり、内ばり、やらず、鼻ばり、かすがい止め、皿板などについて十分考慮しなければならない。

第 44 条 標準図

木製支柱式支保工の形状、寸法、建込み間隔などは、標準図によって明示しなければならない。

第 6 章 覆工の設計

第 45 条 総 則

覆工はトンネルの目的に適合し、永く安全な使用に耐えるものでなければならない。

地質が堅硬で風化の恐れがなく、使用上支障のない場合は、覆工を省略したり、またはショット クリートなどによって覆工にかえることができる。

第 46 条 覆工に用いる材料

覆工に用いる材料は、トンネルの使用目的に適合したものを選定しなければならない。

第 47 条 覆工の形状

(1) 覆工の形状は、所要の内空断面を包含して、土圧に経済的に対抗す

1964年版トンネル標準示方書解説

第37条 つなぎ

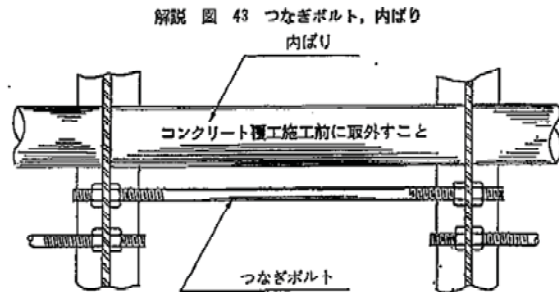
鋼アーチ支保工相互間は、つなぎボルト、内ばりなどによって強固に連結しなければならない。

【解説】 つなぎは、トンネル軸方向に作用する外力に対し、支保工相互の結合をはか
るためのものである。

つなぎボルトは引張りに対して十分余裕より、内ばりは建込み初期（支保工建込み区
間の両端）におけるトンネル軸方向の外力および発破の振動などに耐えられるよう設計し
なければならない。

つなぎはクラウンとスプリングには必ずこれをを入れるほか、支保工材に沿って 120 cm
以下の間隔でこれを入れるのが望ましい。

解説 図 43、ならびに解説 表 9 は、つなぎボルト、内ばりの設計例を示したも
のである。なお、つなぎボルトは、そのゆるみを防ぐため両側ナットにしておくのが望ま
しい。



解説 表 9 つなぎボルト、内ばり

種別	つなぎボルト 径 (mm)	内ばり 丸太末口径 (cm)
トンネルの 内空断面の幅 5 m	16~22	9
10 m	19~25	12

第38条 矢板

鋼アーチ支保工の外周には、周囲の岩石、土砂をおさえるため、地質、そ
他の条件に応じて、矢板、矢木、ライナープレートなどを設計しなけれ
ばならない。

【解説】 普通、矢板の厚さは 3~4.5 cm 程度であり、矢木は末口 9~12 cm の丸太
を用いる。

鉄矢板を用いる場合は、裏込め注入を行なう便宜をあらかじめ考えて設計しておく必要
がある。

なお護地の場合は覆工コンクリートを支保工鋼材の周囲にゆきわたらせるために、矢板
あるいは矢木の矢尻の切筋を必ず行なわなければならない。このためには、矢返しを設
計しておかないと矢尻を切ることができないから注意を要する。

また荷重のかかった時の矢板の折れを防ぐため、あるいは矢尻を切筋した時の矢板のゆ
るみを防ぐためには、返しバックンを設計しておくことが必要である(解説 図 35 参照)。

第39条 やらず

鋼アーチ支保工施工区間が短小な場合や、縦方向に荷重のかかる恐れのある
場合は、やらずなどにより転倒防止をはからなければならない。

【解説】 底設専坑から切上った最初のうち、あるいは前後の地山の地質がよい場合など
で鋼アーチ支保工の連続建込み基数が少ない場所、および坑口付近あるいは地質が悪く
て偏圧のかかるところなどでは、支保工は縦方向に荷重を受けることになるので、必ず
やらずなどを設計する必要がある。

最近鋼アーチ支保工を過信して、上記のような当然必要と思われるところに やらず な
どを設計しない例もあるので特に注意する必要がある。

第3節 木製支柱式支保工

第40条 木製支柱式支保工

木製支柱式支保工は、掘削作業にともない容易に建込みができ、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。

2016年版示方書の作成の流れ(1)

- **平成21年(2009年)**: 示方書改訂小委員会のもとに、改訂準備会(山岳、シールド、開削分科会)が発足
- **平成22年(2010年)**: 「使用状況および改訂のあり方に関するアンケート調査」の実施
- **平成23年(2011年)**: アンケート結果の集約
(土木学会誌Vol.96 2011.9月号掲載)
- **平成24年(2012年)**: 示方書改訂小委員会、そのもとに 山岳、シールド、開削トンネル小委員会が発足

平成13年(2001年):山岳工法編 アンケート調査

■ アンケート内容

- ・ 現行示方書の使用状況
- ・ 削除、簡略化意見
- ・ 維持管理の扱い
- ・ 問題点、修正指摘箇所
- ・ 記載すべき事項(個別質問)
- ・ その他自由意見

■ アンケート回答者

- ・ 国、自治体、研究所、電力、鉄道など発注者 81者
- ・ ゼネコン、コンサル、建材メーカーなど受注者 101者

合計 182者

平成23年(2011年):山岳工法編 アンケート結果(1)

- 使用状況について

発注者の **77%** 受注者の **95%** が使用

- 問題点、修正、削除、簡略化等に関する
意見が、**206件**

「第3編設計」、「第4編施工」、「第2編計画
及び調査」の順に意見が多かった

平成23年(2011年):山岳工法編

(アンケート結果2)

■ 記載すべき事項 (個別質問)

- ・限界状態設計法を適用した経験あり: 20%
- ・限界状態設計法を取り上げるべき : 66%
- ・耐震設計を適用した経験あり : 23%
- ・耐震設計を取り上げるべき : 80%
- ・標準的考え方を示すべき新分野、新技術:

「覆工(配合、施工方法)」、「重金属・酸性水」、「早期閉合」、「補助工法」、「SENS」、「防水型トンネル」、「吹付け(高強度、低粉じん等)」

2016年版示方書の作成の流れ(2)

山岳トンネル小委員会の活動

- 平成24年度～平成27年度(計4年間)で、計14回の委員会開催
- 6つの分科会を組織し、発注者および受注者からなる委員が、総勢125名で原稿作成
- 原稿は、各分科会→山岳トンネル小委員会→示方書改訂小委員会→トンネル工学委員会の査読を経て、最終的に編集WGで版下原稿を作成

主な改訂の主旨……………(巻頭文)

- 最新の技術を取り入れ、内容の充実を図った
- 国際標準に対応するため性能を明確にするための表現を取り入れた
- 維持管理に配慮した計画、設計の記述を追加した
- 重金属類等を含有了掘削処理における周辺環境への配慮等の記述を追加した
- 「都市部山岳工法」は、「編」として独立させた
- 「TBM工法」は、新たな技術的知見を追加した
- 解説文の記述の参照元を明示し、利便性 向上に努めた

2016年制定 トンネル標準示方書 [共通編]・同解説について

共通編の構成

第1章 総則

1.1 基本

1.2 用語の定義

第2章 トンネル構造物の性能規定

2.1 一般

2.2 要求性能

2.3 照査

示方書改訂小委員会
国際標準対応WG

第1章 総則

1.1 基本

本共通編は、山岳工法、シールド工法、開削工法の三工法に共通するトンネル構造物の性能規定に関する基本的な考え方を示すものである。

《要点》

①国際・国内の動向として、構造物設計法の体系が性能規定に移行している実状を解説し、トンネル構造物の性能規定の枠組みとその基本的な考え方を明確に示すこととした。

経緯 ①1998年 ISO2394(構造物の信頼性に関する一般原則)

②2002年 国土交通省:土木・建築にかかる設計の基本

③2003年 土木学会・包括設計コード(code PLATFORM)

その他 2010年 ISO13822(構造物設計の基礎－既存構造物の評価)

2014年 ISO55000シリーズ(アセットマネジメントシステム)

第1章 総則

1.2 用語の定義

使用目的, 機能, 性能, 要求性能, 法的規準,
個別基準, 照査(性能照査), 照査アプローチA,
照査アプローチB, 適合みなし規定

《要点》

ここで定義した用語は, 主に共通編で示す性能規定にかかわる基本的な用語のみとした. 各工法ごとに異なる用語の定義は各工法編にて示している. なお, 土木学会が発行する各種示方書類どうしの用語の定義の整合性は今後図られつつある.

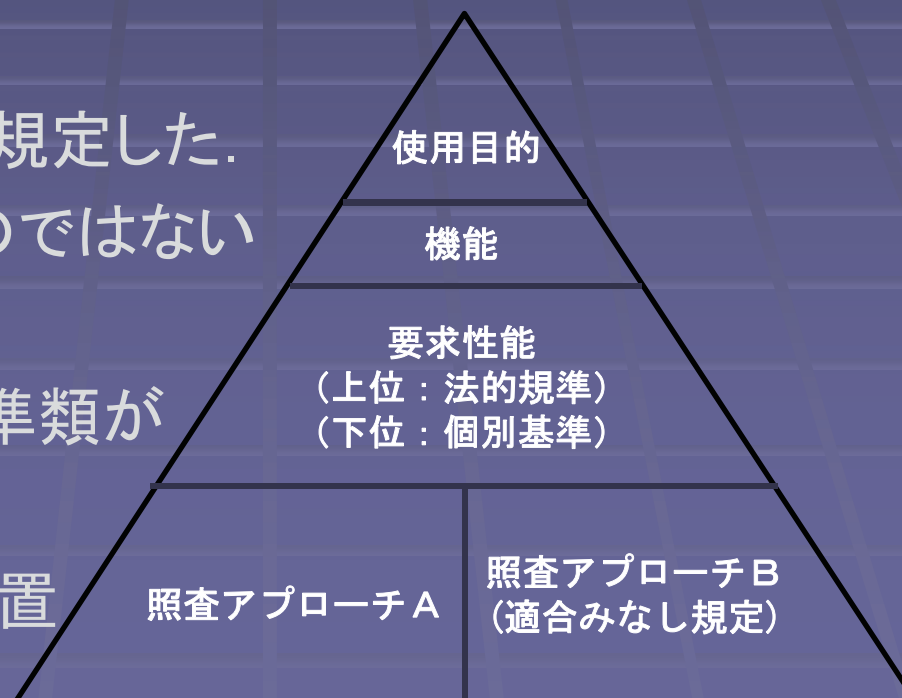
第2章 トンネル構造物の性能規定

2.1 一般

トンネル構造物がその機能を発揮して使用目的を達成するために、機能に応じた要求性能を設定し、これを満足していることを照査することを基本とする。

《要点》

- ①性能規定の枠組みを規定した。要求性能を規定したものではないことに留意頂きたい。
- ②各事業ごとの技術基準類が整備される中、トンネル標準示方書の社会的位置づけを明確にした。



トンネル標準示方書が概説する範囲

第2章 トンネル構造物の性能規定

2.2 要求性能

要求性能は、トンネル構造物の機能から要求される性能を規定するものである。

《要点》

①各事業ごとに要求性能は異なる。

国土交通省の「土木・建築にかかる設計の基本(2002.10)」を引用して構造物の基本的要求性能として「安全性」、「使用性」および「修復性」としている。また、様々な事業におけるトンネル構造物の要求性能の設ける上での視点を参考に示した。

- 利用者が安全かつ快適にトンネルを利用するために求められる性能
- 想定される作用に対して構造の安定を維持するために求められる性能
- 想定される劣化要因に対して供用期間中を通じて機能を満足するために求められる性能
- 管理者が適切な維持管理を行うために求められる性能
- トンネル周辺の人、環境、物件等への影響を最小限に抑えるために求められる性能

第2章 トンネル構造物の性能規定

2.3 照査(性能照査)

トンネル構造物の照査は、規定された要求性能に対して、構造物の性能が満足していることを確認することを基本とする。

《要点》

①トンネル構造物は、その施工法によって、力学設計の考え方が異なる。そこで、現状の各事業者ごと、各工法ごとの個別基準に従う照査法を適合みなし規定とし、これによる照査を照査アプローチBとした。

②照査アプローチAを認め、その事例を紹介した。

照査アプローチA:対象となるトンネル構造物の要求性能を適切な方法および信頼性で満足することを証明する性能の照査法。

照査アプローチB:対象となるトンネル構造物の事業者が指定する個別基準類に基づいて、そこに示された手順(設計計算など)に従う性能の照査法。

適合みなし規定:従来の実績から妥当と見なされる個別基準類に指定される材料選定・構造寸法、解析法、強度予測式等を用いた照査法。

山岳工法編の構成

【2006年制定】

- 第 1編 総論
- 第 2編 計画および調査
- 第 3編 設計
- 第 4編 施工
- 第 5編 補助工法
- 第 6編 特殊地山および都市部山岳工法のトンネル
- 第 7編 施工管理
- 第 8編 TBM工法
- 第 9編 矢板工法
- 第10編 立坑および斜坑

【2016年制定】

- 第1編 総論
- 第2編 計画および調査
- 第3編 設計
- 第4編 施工
- 第5編 施工管理
- 第6編 補助工法
- 第7編 特殊地山のトンネル
- 第8編 都市部山岳工法
- 第9編 TBM工法
- 第10編 矢板工法
- 第11編 立坑および斜坑

第1編 総論

■ 1.1 適用の範囲……(p.1)

【解説】

- 山岳工法によって建設する場合の技術上の標準を示す
- 総合的な検討を行い、判断することが重要
- 供用開始後の維持管理の観点から、建設時に配慮すべき事項についても各編に示した

第1編 総論

- 1.2 用語の定義……………(p.2)
 - 表現を見直し
 - 「早期閉合」などを追加

- 第3条 関連法規…………… (p.4)
 - 時点修正

第1編 総論

■ 1.4 山岳工法の選定と検討手順……(p.4)

【解説】

- ・ 都市部での山岳工法を選定する場合の留意事項として「供用後の未固結砂質地山の土粒子が流出した事例」などに配慮し、維持管理を含めた工法比較の重要性を追記

解説表 1.1.2

主なトンネル工法の相互比較

..... (p.5)

施工実績等の時点更新

解説表 1.1.2 おもなトンネル工法の相互比較

	山岳工法	シールド工法	開削工法
工法概要	トンネル周辺地山の支保機能を有効に活用し、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工等により地山の安定を確保して掘進する工法である。 周辺地山のグラウンドアーチが形成されること、および掘削時の切羽の自立が前提となり、それらが確保されない場合には補助工法が必要となる。	泥土あるいは泥水等で切羽の土圧と水圧に対抗して切羽の安定を図りながら、シールドを掘進させ、セグメントを組み立てて地山を保持し、トンネルを構築する工法である。	地表面から土留め工を施しながら掘削を行い、所定の位置に構造物を築造して、その上部を埋戻し地表面を復旧する工法である。
適用地質* (標準的な実績、地山条件等の変化への対応性)	一般には、硬岩から新第三紀の軟岩までの地盤に適用される。条件によっては、未固結地山にも適用される。 地質の変化には、支保工、掘削工法、補助工法の変更により対応可能である。	一般には、超軟弱な沖積層から、洪積層や、新第三紀の軟岩までの地盤に適用される。 地質の変化への対応は比較的容易である。また、硬岩に対する事例もある。	基本的に地質による制限はない。地質の変化への対応は、各種地質に適した土留め工、補助工法等を選定する。
地下水対策 (切羽の安定性、掘削面の安定性)	掘削時の切羽の安定性、地山の安定性に影響するような湧水がある場合には、地盤注入等による止水、ディーブウェル、ウェルポイント、水抜きトンネル等の補助工法が必要となる。	密閉型シールドでは、発進部および到達部を除いて一般には補助工法を必要としない。	ボーリングや盤ぶくれの対策として、土留め壁の根入れを深くしたり、地下水位低下工法や地盤改良等の補助工法が必要となる場合が多い。
トンネル深度 (最小土被り、最大深度)	未固結地山では、土被り/トンネル直径比(H/D)が小さい場合(2未満程度)には、天端崩落や天端沈下量を抑制する有効な補助工法が必要となる。 我が国の山岳部では約1~200mの深度で適用した例がある。	最小土被りは、一般には1.0D~1.5D(D:シールド外径)といわれている。これまでの実績では0.5D以下の事例もあるが、地表面沈下やトンネルの浮上りなどの検討が必要となり、地下埋設物についても十分な調査が必要となる。 最大深度は岩盤で約200m(水圧0.60MPa)の実績があるが、砂質土等の未固結地盤では最大水圧1 MPa以下の実績が多い。	施工上、最小土被りによる制限はない。 最大深度は、40m程度の実績が多いが、それ以上となる大深度の施工実績も少しずつ増えている。
断面形状	掘削断面天端部にアーチ形状を有することを原則とする。その限りでは、かなりの程度まで自由な断面で施工可能であり、施工途中での断面形状の変更も可能である。	円形が標準である。特殊シールドを用いて複円形、楕円形、矩形等も可能。 複数の断面を組み合わせて、大断面のトンネルを構築する施工法もある。 施工途中での断面形状の変更は、一般には困難である。	矩形断面が一般的であるが、複雑な形状にも対応できる。
断面の大きさ (最大断面積、変化への対応)	一般には150㎡程度までの事例が多く、370㎡程度の実績もある。 支保工や掘削工法の変更により、施工途中での断面積変更が可能である。	トンネル外径の実績は、最大で17m程度である。 施工途中で外径の変更は一般には困難であるが、径を拡大あるいは縮小する工法の実績もある。	断面の大きさおよびその変化に対して、施工上からの制限は特になし。ただし、断面が変化する隅角部は、十分な補強を行う必要がある。
線形 (急曲線への対応)	施工上の制約はほとんどない。	曲線半径とシールド外径の比が3~5程度の急曲線の実績がある。	施工上の制約はない。
周辺環境への影響 (近接施工、路上交通、騒音や振動)	近接施工の場合は、補助工法が必要である。山岳部では湧水に留意し、都市部等では掘削や地下水位低下に伴う地表面沈下に留意が必要である。 路上交通への影響は、立坑部を除き、一般に少ない。 騒音や振動は、坑口付近に限定され、一般に防音壁、防音ハウス等に対応している。	近接施工の場合は、近接の度合いにより補助工法や既設構造物の補強を必要とすることもある。 路上交通への影響は、立坑部を除き、一般に少ない。 騒音、振動は、一般には立坑付近に限定され、防音壁、防音ハウス等に対応している。	近接施工の場合は、土留め工の剛性の増大を図るとともに、近接度合いにより補助工法を用いることもある。 施工区間に作業帯を常時設置するため、路上交通への影響は大きい。 騒音や振動は、各施工段階において対策が必要であり、低騒音、低振動の工法や低騒音、低振動建設機械の採用、防音壁等に対応している。

第1編 総論

1.4 山岳工法の選定と検討手順……(p.4～6)

【解説】

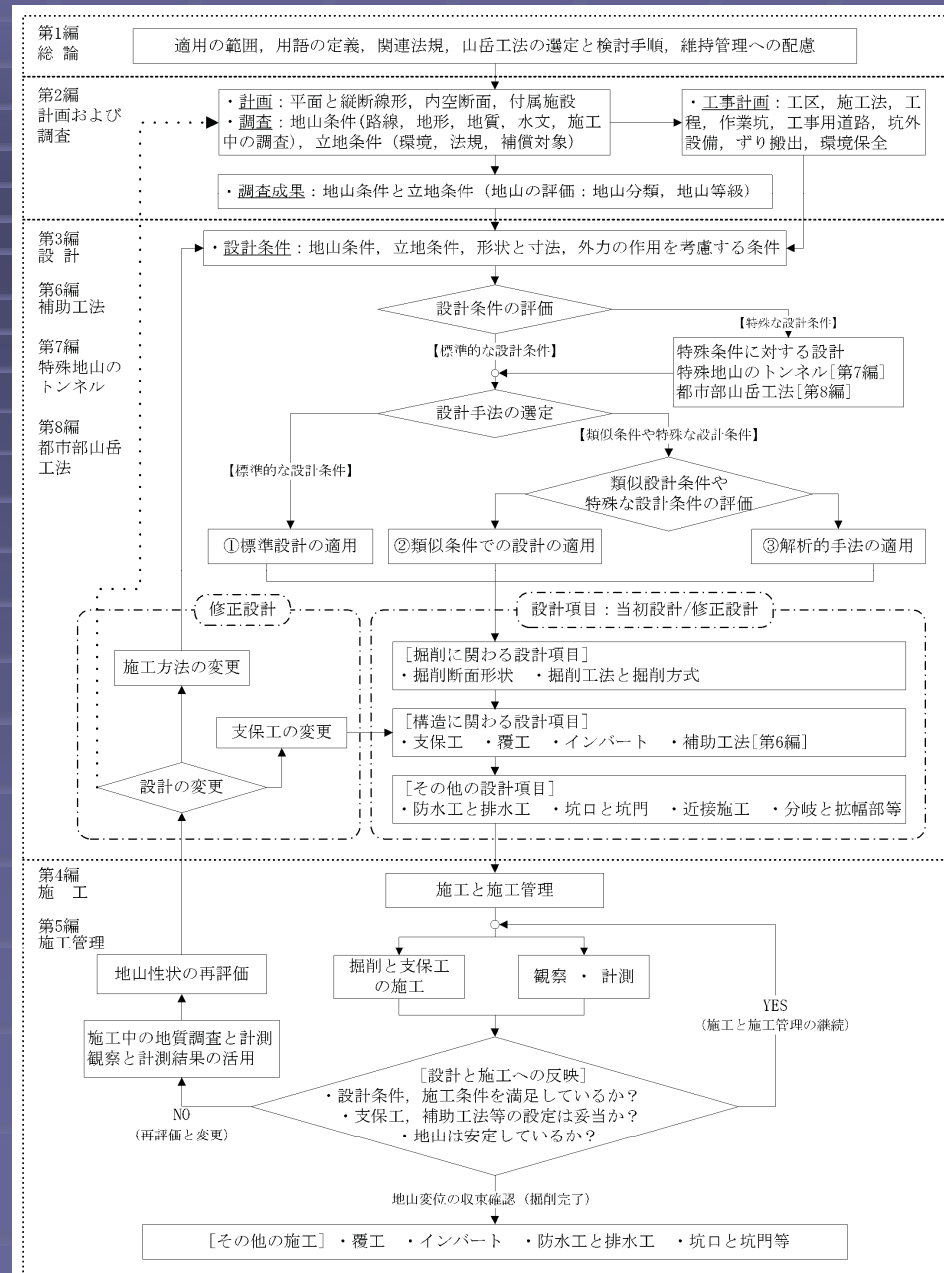
- ・ 山岳トンネルを建設するに当り、計画および調査から設計、施工、施工管理に至るまでの検討手順に関するフローチャート(解説 図 1.1.1)の構成の見直しを実施

解説図 1.1.1

山岳トンネルの計画および調査、設計、施工、施工管理のフロー

.....(p.6)

- ・構成の見直し
- ・「第3編 設計」と整合



解説図 1.1.1 山岳トンネルの計画および調査、設計、施工、施工管理のフロー

第1編 総論

1.5 維持管理への配慮……(p.7)

- 計画、設計、施工段階から供用中の**維持管理を容易に行える**よう配慮することが重要であるため、新規に本項目を追加した
- **初期点検による性能確認**が重要
- 調査、設計、施工等の**記録、情報の保存**が重要