

# 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説

## 設 計

### 「水路トンネル」

基準

基準の運用

基準及び運用の解説

---

付録 技術書

平成 26 年 7 月

農林水産省農村振興局整備部設計課監修

公益社団法人 農業農村工学会発行



24 農振第 2364 号  
平成 26 年 3 月 31 日

各 地 方 農 政 局 長 殿  
国 土 交 通 省 北 海 道 開 発 局 長 殿  
内 閣 府 沖 縄 総 合 事 務 局 長 殿

農林水産事務次官

土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の一部改正について

国営土地改良事業の工事の設計及び施工の基準に関する訓令(昭和 44 年農林省訓令第 26 号)第 4 条の規定に基づき、国営土地改良事業の実施に当たり水路トンネルの設計を行う際に遵守すべき基本事項を定めた、土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」(平成 8 年 10 月 11 日付け 8 構改 D 第 499 号農林水産事務次官依命通知)の一部が別紙新旧対比表のとおり改正されたので、御了知の上、事業の実施に当たっては遺漏のないようにされたい。

以上、命により通知する。



24 農振第 2365 号  
平成 26 年 3 月 31 日

各 地 方 農 政 局 長 殿  
国 土 交 通 省 北 海 道 開 発 局 長 殿  
内 閣 府 沖 縄 総 合 事 務 局 長 殿

農村振興局長

土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の運用について

平成 26 年 3 月 31 日付け 24 農振第 2364 号をもって土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」(平成 8 年 10 月 11 日付け 8 構改 D 第 499 号農林水産事務次官依命通知)が一部改正させたことに伴い、その遵守すべき具体的な運用について別添のとおり定めたので、国営土地改良事業の実施に当たっては遺漏のないようにされたい。

また、これに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の運用について(平成 8 年 10 月 11 日付け 8 構改 D 第 500 号構造改善局長通知)は、廃止する。



24 農振第 2366 号  
平成 26 年 3 月 31 日

各 地 方 農 政 局 整 備 部 長 殿  
国 土 交 通 省 北 海 道 開 発 局 農 業 水 産 部 長 殿  
内 閣 府 沖 縄 総 合 事 務 局 農 林 水 産 部 長 殿

農村振興局整備部設計課長

土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の基準及び運用の解説について

土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の一部改正について（平成 26 年 3 月 31 日付け 24 農振第 2364 号農林水産事務次官依命通知）及び土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の運用について（平成 26 年 3 月 31 日付け 24 農振第 2365 号農村振興局長通知）が制定されたことに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の基準及び運用の解説について別添のとおり作成したので、国営土地改良事業の実施に当たって参考とされたい。

また、これに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の基準及び運用の解説、技術書について（平成 8 年 10 月 11 日付け 8-56 農林水産省農村振興局整備部設計課長通知）は廃止する。ただし、同通知のうち技術書については、なお効力を有するものとする。





26 農振第 1022 号  
平成 26 年 7 月 25 日

各 地 方 農 政 局 整 備 部 長 殿  
国 土 交 通 省 北 海 道 開 発 局 農 業 水 産 部 長 殿  
内 閣 府 沖 縄 総 合 事 務 局 農 林 水 産 部 長 殿

農村振興局整備部設計課長

土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の技術書について

土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の一部改正について（平成 26 年 3 月 31 日付け 24 農振第 2364 号農林水産事務次官依命通知）、土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の運用について（平成 26 年 3 月 31 日付け 24 農振第 2365 号農村振興局長通知）及び土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の基準及び運用の解説について（平成 26 年 3 月 31 日付け 24 農振第 2366 号農村振興局整備部設計課長通知）が制定されたことに伴い、「技術書」について別添のとおり作成したので、国営土地改良事業の実施に当たって参考とされたい。

また、これに伴い、土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の解説及び技術書について（平成 8 年 10 月 11 日付け 8-56 農林水産省構造改善局建設部設計課長通知）を廃止する。

# 改定の要旨

## 1. 改定の背景及び必要性について

土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」は、鋼アーチ支保工と発破掘削を主体として昭和 50 年 8 月に設計基準「水路工（その 3）トンネル」として制定され、その後 NATM 工法の採用や掘削機械の進歩、さらには補修・改修技術の蓄積、労働安全・環境保全対策の整備等から、平成 4 年 3 月の全面改定によって内容の充実が図られた。その後、熟練労働者の減少による機械化施工等労働環境改善の動きが進み、補修・改修といった更新事業の増加が見られたため、基準の再編整備を実施し、平成 8 年 10 月に設計基準再編に沿って「基準書」と「技術書」に区分し現行基準として全面改定され、現在に至っている。

前回の設計基準再編に伴う全面改定から 17 年が経過し、この間の設計基準「水路トンネル」をめぐる諸課題としては、平成 13 年の土地改良法の一部改正により「環境との調和への配慮」が土地改良事業の実施の際に求められていること、施設の長寿命化に対応する必要性が生じていることなどが挙げられる。さらに、社会情勢などの変化に適切に対応する観点から、近年改定された各種設計基準類や他分野における類似構造物の動向を考慮する必要がある。

このような状況を踏まえ、本基準の改定を行うこととしたものであり、主な改定事項は以下のとおりである。

- (1) 環境との調和に配慮するため、設計の基本に記載。
- (2) 地震の影響を受けやすいトンネル坑口部の位置選定等について注意事項を記載。
- (3) 管理を新規項立てし、保全技術（補修・補強）の位置付け等を記載。

## 2. 検討経緯

土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の改定については、平成 24 年 6 月に食料・農業・農村政策審議会に諮問し、技術小委員会等における調査審議を経て、平成 25 年 3 月に同審議会から改定案は適当とする旨の答申がなされた。

なお、本基準の改定に当たっては、水路に関する専門的な知識を有する学識経験者等を構成員とする「設計基準「水路工」「水路トンネル」改定委員会（以下「改定委員会」という。）」を設置し、改定原案の検討を行った。また、検討に際しては、水路トンネル設計の経験者に査読を依頼するとともに、農林水産省のホームページを通じて広く国民から意見・情報の募集を行い、改定案に対する意見・要望等を反映することに努めた。

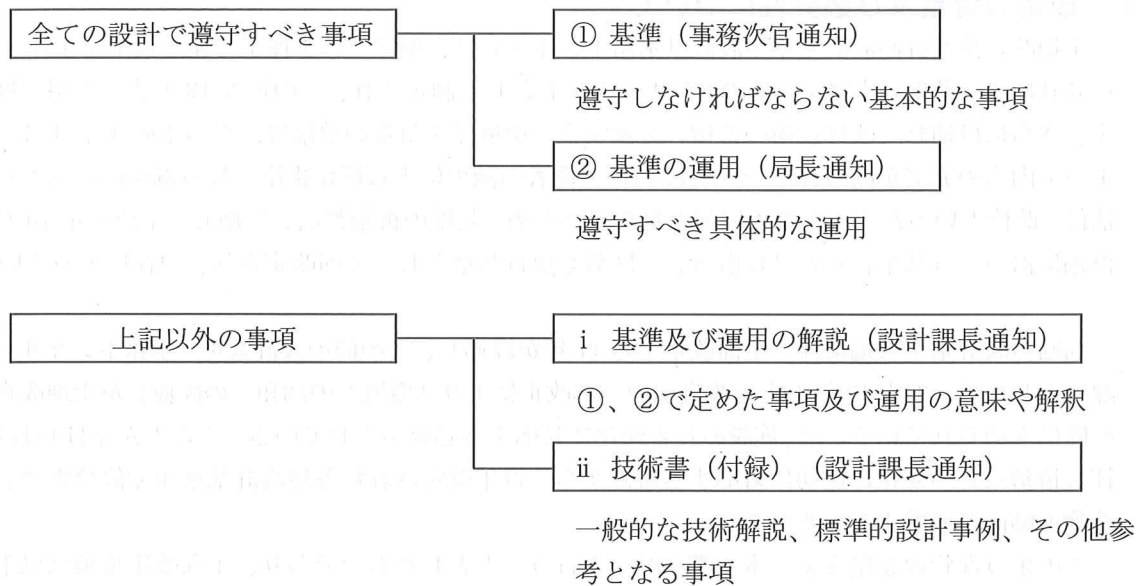
改定委員会の委員構成は次のとおりである。

委員長 青山 咸康  
委員 石黒 覚 中 達雄 平松 和昭 村上 章 毛利 栄征

（五十音順）

### 3. 土地改良事業計画設計基準・設計の構成

本基準の構成は、平成8年時点の基準書・技術書という分類ではなく、全ての設計で遵守すべき事項と、それ以外の事項とに区分している。



### 4. 土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」の主要改定項目について

#### (1) 環境との調和への配慮

平成13年度に土地改良法が改正され、土地改良事業の実施の際に、生態系を含む環境との調和に配慮することが定められた。また、平成16年度に景観法が改正され、良好な景観の形成を促進することが求められた。

これに伴い、環境との調和への配慮をするため、設計の基本として「基準」に記載した。

#### (2) 耐震設計

平成16年3月に「土地改良施設耐震設計の手引き」が策定され、土地改良施設ごとの重要度、地震動レベルに応じた耐震設計の考え方が定められた。

水路トンネルにおいては周辺地山と一体となって挙動するため、地表の構造物に比べて地震の影響が少なく、耐震性に富む構造物であり、地山が良好なトンネルについては一般に地震の影響を考慮する必要がないといわれている。ただし、土かぶりの小さい坑口付近での注意事項について「基準及び運用の解説」に記載した。

#### (3) 保全技術の充実

農業水利施設のストックマネジメントの一環として、施設の長寿命化に資するため、「農業水利施設の機能保全の手引き（水路トンネル）」が平成24年に策定された。

新たに保全技術を「基準」へ位置付けるとともに、水路トンネルの長寿命化を図りライフサイクルコストを低減させるための考え方について「基準の運用」に記載した。

# 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説

設 計

「水路トンネル」

基準

基準の運用

基準及び運用の解説



## 基 準 書 目 次

<基準(事務次官通達)>

<基準の運用(農村振興局長通達)>

1 基準の位置付け	1 運用の位置付け	4
2 トンネルの定義	2 水路トンネルの定義	4
3 設計の基本	3 設計の基本	4
4 関係法令の遵守	4 関係法令の遵守	8
5 設計の手順	5 設計の手順	8
6 調 査	6-1 調査項目	10
	6-2 地形調査	10
	6-3 地質調査	10
	6-4 水文調査	10
	6-5 立地条件調査	10
	6-6 環境調査	10
7 基本設計	7-1 基本設計の項目	12
	7-2 トンネルの分類	12
	7-3 路線の選定	12
	7-4 坑口位置の選定	12
	7-5 トンネルの線形	14
	7-6 トンネルの最小土かぶり厚さ	16
	7-7 トンネルの勾配及び断面形	18
	7-8 トンネルの最小施工断面	18
	7-9 トンネル施工法の選択	18
8 細部設計	8 細部設計	20
9 水理設計	9-1 設計流量	22
	9-2 許容流速	22
	9-3 平均流速の計算	24
	9-4 不等流の計算	24
	9-5 余裕高	24

10 無圧トンネルの 構造設計	10-1 一般事項	28
	10-2 トンネルタイプ	28
	10-3 矢板工法の設計	38
	10-4 吹付け・ロックボルト工法の設計	42
	10-5 ライニングの設計	46
	10-6 裏込注入	50
	10-7 水抜き	50
	10-8 トランジション	50
	10-9 付帯工	50
11 圧力トンネルの 構造設計	11-1 圧力トンネルに作用する荷重	54
	11-2 圧力トンネルのライニング	56
	11-3 圧力トンネルの裏込注入	58
12 トンネルの施工	12-1 施工計画	60
	12-2 掘進方式	60
	12-3 掘削工法	60
	12-4 支保工の施工	62
	12-5 作業坑	62
	12-6 ライニング	64
	12-7 裏込注入	64
	12-8 観測・計測	66
	12-9 保安施設	66
	12-10 環境保全	66
	12-11 施工管理	66
13 管 理	13 管 理	68

基準（事務次官通知）	基準の運用（農村振興局長通知）
<p><b>1 基準の位置付け</b> この基準は、国営土地改良事業の実施に当たり水路トンネルの設計を行う際に遵守しなければならない基本的な事項を定めるものである。</p> <p><b>2 トンネルの定義</b> この基準でいう水路トンネルは、農業用排水の送水の目的で一般的な工法で建設するトンネルをいう。</p> <p><b>3 設計の基本</b> 設計は、トンネルに必要な機能を確認し、安全で、かつ、管理や施工に関する条件を勘案して経済的な施設となるよう行うとともに、トンネル周辺の環境との調和に配慮しつつ行わなければならない。</p>	<p><b>1 運用の位置付け</b> この基準の運用（以下「運用」という）は、国営土地改良事業の実施に当たり、土地改良事業計画設計基準（設計 水路トンネル）（以下「基準」という）を適用する際の運用について定めるものである。水路トンネルの設計は、基準に定められた基本的な事項を遵守し、個々の設計及び施工の際には、その目的、位置、規模、社会条件及び施工条件等の実情に即し、かつ、環境との調和に配慮しつつ、この運用に沿って適切に行わなければならない。</p> <p><b>2 水路トンネルの定義</b> この基準及び運用では、一般的な工法で建設される内空断面の直径がおおむね 4m 以内の水路トンネル（以下「トンネル」という。）を対象として取り扱う。</p> <p><b>3 設計の基本</b> 基準 3 に示すトンネルに必要な機能と安全性とは、流水を安全に流下させることができるとともに、構造物が地圧や水圧等の外力の作用に対して安全かつ所要の耐久性を有することである。 トンネルの設計に当たっては、環境との調和に配慮しつつ、建設と管理が共に経済的に行われるよう、総合的な検討を行わなければならない。 また、トンネルは、設計の基本的な方針に従い、現場条件を十分に勘案した施工計画を樹立するとともに、当初の設計条件と異なる現場条件と遭遇した場合には、設計の再検討を行う等、常に検討を加えつつ安全かつ経済的に施工が行えるよう設計しなければならない。</p>

## 基準及び運用の解説

基準1及び運用1では、この基準及び運用の適用対象となる事業及び行為を規定するとともに、基準及び運用の性格を明らかにしている。

この基準は、「国営土地改良事業の工事の設計及び施工の基準に関する訓令（最終改正昭和52年農林省訓令第19号）」に基づいて位置付けられるものであり、適用範囲は、国営土地改良事業による工事の実施設計である。したがって、国営土地改良事業以外の事業における工事（補助事業など）や、工事の実施設計以外の行為（調査計画など）については、この基準及び運用の適用を受けるものではないが、この場合においても、それぞれの事業主体やその行為を行うものが、独自の判断の下で、この基準及び運用を準用することができる。

この基準及び運用では、トンネルの設計を行う際の基本的事項とその運用方法を定めている。したがって、トンネルの設計を行う上で必要となる事項のうち、この基準及び運用で定めていない事項については、現地の個別の諸条件を反映して、関連する技術書などを参考にしながら、的確な判断により決定することがそれぞれの設計技術者に求められる。

### 【関連技術書について】

上の解説で述べているように、この基準及び運用で定めない事項については、関連する技術書などを参照して、設計技術者が的確な判断を個別に行っていく必要がある。以降この欄において、関連する技術書や参考資料をできるだけ列挙するので参照されたい。

基準2及び運用2では、近年の施工実態調査結果から、内空断面の直径がおおむね4m以下の水路トンネルの設計を行う際の基本的事項とその運用方法を定めている。

この基準及び運用で定めていない事項については、現地の個別の諸条件を反映して、関連する技術書などを参考にしながら、的確な判断により決定することがそれぞれの設計者に求められる。

### 【関連技術書等】

技術書「1.3 水路トンネルの定義」

技術書「8.16 水路トンネル施工実態調査結果」

基準3及び運用3では、トンネル設計の基本的な姿勢について明らかにしている。

トンネルに限らず、公共事業で建設する土木構造物設計の基本は、所定の機能と安全性を確保したうえで、できるだけ経済的な施設とすることである。特に、トンネル工学は、経験工学的な面が強いため調査結果、施工事例（実績）及び関連する技術図書に基づいて、適切に設計する必要がある。

運用3では、経済性の検討の際には、施設建設費用だけでなく、建設された施設の維持管理費用も併せた総合的な検討を行う必要があることを明示している。

ここで、「環境との調和に配慮する」としている意味は、当該水路トンネルの設置が、ミティゲーション5原則に基づき環境に対して著しいマイナスの影響を与えることのないようにすると同時に、条件が整えば環境の保全や景観整備に積極的に貢献することについても、検討を行う必要があるということである。これらの機能の確保は、設計を行う際に経済性や維持管理性等と相反する部分があるため、地域条件に応じた適切なものとなるように農家を含む地域住民、施設予定管理者及び有識者（以下「地域住民等」という）の意見等を踏まえ、地域の合意形成を図りつつ、総合的な検討を行う必要がある。特に、トンネル内特有の生息環境も考慮し、生態系への配慮を



## 技 術 書 目 次

【関連基準】《関連運用》

## 第1章 総 論

1. 1 水路トンネルの変遷	79
1 トンネル技術の歴史	79
2 近年における情勢及び課題と展望	82
1. 2 技術書の目的	85
1. 3 水路トンネルの定義	85
1. 4 設計の基本	87
1. 5 調査・設計の手順	87

【1 基準の位置付け】	《1 運用の位置付け》
【2 トンネルの定義】	《2 水路トンネルの定義》
【3 設計の基本】	《3 設計の基本》
【5 設計の手順】	《5 設計の手順》

## 第2章 調 査

2. 1 一般事項	89
2. 2 調査計画	89
1 調査の区分	89
2 調査の段階的手順	92
3 地質調査の流れ	93
4 調査の段階と調査項目・手法・範囲	94
2. 3 調査方法と項目	95
1 調査方法と項目の選定	95
2 調査・試験の方法と得られる資料	98
2. 4 計画調査	132
1 既存資料調査	132
2 地形・地質の現地踏査	133
3 その他の調査	133
4 調査結果のまとめ	134
2. 5 基本設計調査及び工事実施調査	137
1 調査事項	137
2 地形・地質の精査	137
3 水文調査	140
4 環境及び規制法規の調査	142
5 その他の調査	143
6 調査結果のまとめ	144
2. 6 施工中及び施工後の調査	147
1 地 圧	147
2 湧 水	147
3 地山の崩壊	148
4 軟弱地盤	148
5 有害ガス	148
6 覆工の変状	149
7 渴 水	149
8 調査項目と結果のまとめ	150

【4 関係法令の遵守】	《4 関係法令の遵守》
【6 調 査】	《6-1 調査項目》
	《6-2 地形調査》
	《6-3 地質調査》
	《6-4 水文調査》
	《6-5 立地条件調査》
	《6-6 環境調査》

### 第3章 基本設計

3. 1	路線の選定	155
1	地質条件とトンネル路線の関係	155
2	地形条件とトンネル路線の関係	159
3	圧力トンネルと路線の関係	160
4	地質構造がトラブルの原因となった事例	161
3. 2	坑口位置の選定	164
3. 3	トンネルの線形	168
1	施工法等に制約される最小曲線半径	168
2	既存施設との離隔距離	169
3. 4	トンネルの最小土かぶりの厚さ	170
3. 5	トンネルの勾配及び断面形	171
1	トンネルの勾配	171
2	トンネルの断面形	172
3. 6	トンネルの最小施工断面	176
1	矢板工法の最小施工断面	176
2	吹付け・ロックボルト工法の最小施工断面	177
3. 7	トンネル施工法の選択	178
1	水路トンネルの標準施工法	178
2	矢板工法と吹付け・ロックボルト工法の特徴	178
3	トンネル施工法の選択	178
4	トンネル地圧発生メカニズム	181
5	[参考] 泥岩の粘土化帯地山における 円形トンネルの弾塑性設計法	188
	[付録] 膨張性地山における円形 トンネル設計プログラム	193
6	[参考] 矢板工法と吹付け・ロックボルト 工法の作用地圧の比較	195

【7 基本設計】	《7-1 基本設計の項目》
	《7-2 トンネルの分類》
	《7-3 路線の選定》
	《7-4 坑口位置の選定》
	《7-5 トンネルの線形》
	《7-6 トンネルの最小土かぶり厚さ》
	《7-7 トンネルの勾配及び断面形》
	《7-8 トンネルの最小施工断面》
	《7-9 トンネルの施工法の選択》

### 第4章 水理設計

4. 1	一般事項	203
4. 2	許容流速	203
4. 3	平均流速の計算	203
1	無圧トンネルの平均流速の計算	203
2	圧力トンネルの平均流速の計算	205
4. 4	不等流の計算	211
1	不等流の基礎方程式	211
2	水面追跡計算法	212
3	限界水深	214
4. 5	損失水頭及び水位の変化量	216
1	トンネルの水理設計に当たって 見込むべき損失水頭	216
2	各種損失水頭の計算法	217

【9 水理設計】	《9-1 設計流量》
	《9-2 許容流速》
	《9-3 平均流速の計算》
	《9-4 不等流の計算》
	《9-5 余裕高》

4. 6	余裕高	221
4. 7	無圧トンネルの計算例	222
1	条件	222
2	基本事項	222
3	水頭配分	222
4	水理計算のまとめ	226

## 第5章 無圧トンネル I (矢板工法の場合)

5. 1	一般事項	228
1	施工法の分類	228
2	トンネルタイプの分類	228
5. 2	トンネルタイプ	228
1	トンネルタイプ別の支保工及び ライニングの種類	228
2	トンネルタイプと適用地山	229
3	標準断面	230
4	タイプ判定	231
5. 3	施工中のトンネルタイプの判定	234
5. 4	支保工の設計	237
1	支保工に作用する地圧	237
2	鋼製支保工	237
3	鋼製支保工の構造計算方法	247
4	計算例	250
5. 5	ライニングの設計	251
1	ライニングの機能と種類	251
2	ライニングに作用する荷重	251
3	ライニングの設計巻厚	252
4	ライニングコンクリートの品質	254
5	吹付けコンクリートによるライニング	255
5. 6	鉄筋コンクリートライニングの構造設計	256
1	鉄筋コンクリート区間	256
2	鉄筋コンクリート構造の設計	256
3	曲げモーメント ( $M$ )、 軸力 ( $N$ )、せん断力 ( $S$ ) の計算	256
4	荷重の組み合わせ	265
5	断面または応力度の算定	269
5. 7	裏込注入	271
1	低圧裏込注入の機能	271
2	施工区間	271
3	注入管と注入材料	272
4	注入量の算定	273
5	設計配合と注入圧	274

### 【10 無圧トンネルの構造設計】

《10- 1	一般事項》
《10- 2	トンネルタイプ》
《10- 3	矢板工法の設計》
《10- 5	ライニングの設計》
《10- 6	裏込注入》
《10- 7	水抜工》
《10- 8	トランジション》
《10- 9	付帯工》

5. 8	水抜工	276
1	ウィープホール	276
2	アンダードレーン	277
3	サイドドレーン	277
5. 9	トランジション	278
1	オープントランジション(O, T)	279
2	クローズドトランジション(C, T)	279
5.10	付帯工	282
1	排水施設	282
2	安全施設	282
3	坑門工	282
4	法面保護工と排水対策	282
5.11	計算例	283
1	トンネルライニングの構造計算	283
2	支保工の構造計算と支保工の形状	289

## 第6章 無圧トンネルⅡ（吹付け・ロックボルト工法）

6. 1	一般事項	291
1	支保工	291
2	設計施工の手順	292
3	トンネルタイプの分類と判定基準	293
6. 2	支保工の設計	297
1	支保パターンの設定	297
2	吹付けコンクリート	300
3	ロックボルト	304
4	鋼製支保工	314
6. 3	ライニングの設計	319
1	ライニングの機能と種類	319
2	ライニングに作用する荷重	319
3	コンクリートライニングの設計巻厚	319
4	ライニングコンクリートの品質	320
5	コンクリートライニングのひびわれ対策	320
6. 4	坑口部の設計	321
6. 5	継目、水抜工及びトランジション等	321

## 第7章 圧力トンネル

7. 1	一般事項	322
1	ライニング方式の分類	322
2	最小土かぶり厚さ	322
3	トンネル施工法の選択	322
7. 2	圧力トンネルに作用する荷重	324
7. 3	圧力トンネルのライニング	324
1	一般事項	324

### 【10 無圧トンネルの構造設計】

《10- 1	一般事項》
《10- 2	トンネルタイプ》
《10- 4	吹付け・ロックボルト工法の設計》
《10- 5	ライニングの設計》
《10- 7	水抜工》
《10- 8	トランジション》
《10- 9	付帯工》

### 【11 圧力トンネルの構造設計】

《11- 1	圧力トンネルに作用する荷重》
《11- 2	圧力トンネルのライニング》
《11- 3	圧力トンネルの裏込注入》



2	円形断面の構造設計	326
3	馬てい形断面の構造設計	338
4	内張管の構造設計	339
7. 4	圧力トンネルの裏込注入	346
1	コンクリートライニング方式	346
2	内張管方式	346
7. 5	内張管の設計例	347
1	設計条件	347
2	内張鋼管管厚の算定	347
7. 6	内張管の事故	354

## 第8章 施 工

8. 1	施工計画の手順	355
8. 2	工程方式の選定	355
8. 3	掘進方式の選定	356
8. 4	掘削工法の選定	358
1	掘削工法の分類	359
2	掘削工法の選定フロー	360
3	発破掘削工法	361
4	機械掘削工法	368
5	人力掘削工法	373
6	特殊工法	374
7	切羽安定のための補助工法	379
8. 5	ずり処理方式の選定	391
1	ずり処理方式選定の手順	391
2	ずり積込み	391
3	ずり運搬	391
4	ずり捨て	396
8. 6	支保工の施工Ⅰ（矢板工法）	397
1	支保工の建込み	397
2	支保工の点検と措置	397
3	矢板の取りはずし	398
8. 7	支保工の施工Ⅱ（吹付け・ロックボルト工法）	398
1	支保工の施工順序	398
2	吹付けコンクリート	399
3	ロックボルト	407
4	鋼製支保工	409
8. 8	施工坑口と作業坑	410
1	本坑の開削施工坑口	410
2	作業坑の選定	410
3	横坑	410
4	斜坑	410
5	立坑	413

【2 トンネルの定義】	《2 水路トンネルの定義》
【3 設計の基本】	《3 設計の基本》
【4 関係法令の遵守】	《4 関係法令の遵守》
【12 トンネルの施工】	《12- 1 施工計画》
	《12- 2 掘進方式》
	《12- 3 掘削工法》
	《12- 4 支保工の施工》
	《12- 5 作業坑》
	《12- 6 ライニング》
	《12- 7 グラウチング》
	《12- 8 観察・計測》
	《12- 9 保安施設》
	《12-10 環境保全》
	《12-11 施工管理》

8. 9	ライニング	415
1	ライニング方式の選定	415
2	ライニング工法の選定	416
3	工程方式の選定	416
4	ライニング作業	418
5	コンクリート打設	418
6	型枠の選定と設置・移動	419
7	継目	421
8. 10	裏込注入	424
8. 11	観察・計測	424
1	観察・計測の位置付け	424
2	観察・計測項目の選定	426
3	観察	429
4	内空変位測定、天端沈下測定	433
5	観察、計測結果の整理	434
6	観察・計測結果の設計・施工への反映	438
8. 12	保安施設	444
1	照明施設	444
2	換気施設	444
3	坑内排水	458
4	通路	458
5	安全点検	458
6	労働衛生	460
7	火災及び爆発の防止	463
8	緊急時の処置	467
8. 13	環境保全	468
1	公害対策基本法	468
2	公害防止に関する規制基準	469
3	濁水の処理	478
4	騒音・振動対策	479
5	その他の環境保全対策	479
6	環境との調和に配慮した水路 トンネルの施工	482
8. 14	仮設備計画	485
1	送気設備	485
2	給水設備	486
3	排水設備	486
4	工事用軌道設備	490
5	換気設備	490
6	電気設備	491
7	坑口仮設	491
8	直接開削坑口の仮設備計画例	492
9	横坑坑口の仮設備計画例	517
10	斜坑坑口の仮設備計画例	523
11	立坑坑口の仮設備計画例	532

8.15 施工管理	538
1 施工管理の基本構成	538
2 施工管理の実施	538
8.16 水路（用水路、排水路、ダム仮排水路）トンネル	
施工実態調査結果	539
1 調査結果の要点	539
2 調査集計表	542

## 第9章 維持管理

9.1 管理計画	544
1 保守点検	544
2 調査	544

【13 管理】《13 管理》
----------------

## 第10章 保安全管理

10.1 機能と性能	545
1 機能と性能	545
2 性能の管理	545
3 機能診断調査	547
4 変状原因	556
5 トンネルの機能評価	558
6 対策工法の選定	559
7 対策工法の概要	563
8 資料の整備及び保管	574
10.2 施工例	575

【13 管理】《13 管理》
----------------

## 参考資料

1. 水路トンネル用語集	620
--------------	-----

# 第1章 総論

関連条項 [基準 1、運用 1] [基準 2、運用 2]  
[基準 3、運用 3] [基準 5、運用 5]

## 1.1 水路トンネルの変遷

### 1.1.1 トンネル技術の歴史

わが国におけるトンネルの発祥は、かんがい用水路トンネルであるといわれている。

最も有名なものは、農民が自力で建設した深良疏水の箱根用水トンネルであり、延長約 1.28km、断面約 4m<sup>2</sup>を 5 年間かかって、寛文 10 年（1670 年）に完成した（図-1.1.1 参照）。やはり同年代には、会津若松で滝沢用水トンネルを建設している。

用水路のほかに道路トンネルとして有名な「青の洞門」が九州耶馬溪にあり、いずれも想像を絶する難工事を克服して完成されたことが伝えられている。

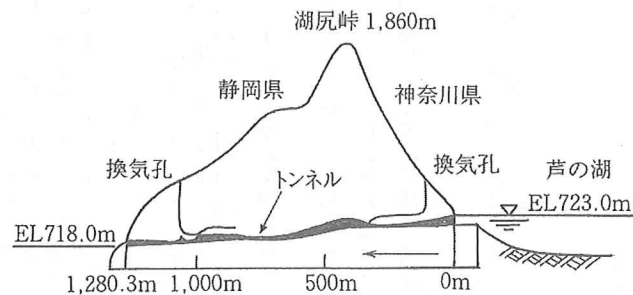


図-1.1.1 箱根用水トンネル縦断図（トンネルと地下 1971 年 6 月号）

明治に入り欧米の技術の導入とともに、鉄道トンネルを中心にトンネルの建設が急激に増加していくが、わが国の近代的なトンネルの始まりは明治 3 年（1870 年）に建設された国鉄大阪～神戸間の石屋川トンネル（ $L=61\text{m}$ ）である。このトンネルは天井川の河底下に位置し、英国人技師の指導を受け、開削工法により施工された。山岳工法により施工された最初のトンネルは、明治 13 年（1880 年）に竣工した京都～大津間の逢坂山トンネル（ $L=665\text{m}$ ）で、日本人のみの力で建設された。参考に鉄道、道路を主体とした山岳工法の発達過程を図-1.1.2 に示す。

水路トンネルとしては明治 23 年（1890 年）に工部大学校（現東京大学工学部）を卒業したばかりの青年技師、田辺朔朗の尽力によりわが国最初の運河兼かんがい用水トンネルの琵琶湖疏水トンネルが建設され、琵琶湖の水を京都市へ導水した。延長は約 3.4km で断面は、高さ 2.4m の馬てい形である。また同年代に猪苗代湖の流域変更を行う安積疏水トンネルがあるが、これはわが国におけるダイナマイトを使用した最初のトンネルであるといわれ、33 本のトンネルの延長約 7.2km、断面は当初ほろ型（上部半断面が半円形で下部半断面は長方形）であったが、その後大正年間に入り拡張して馬てい形に改良されている。



調査、設計の標準的な順序と項目

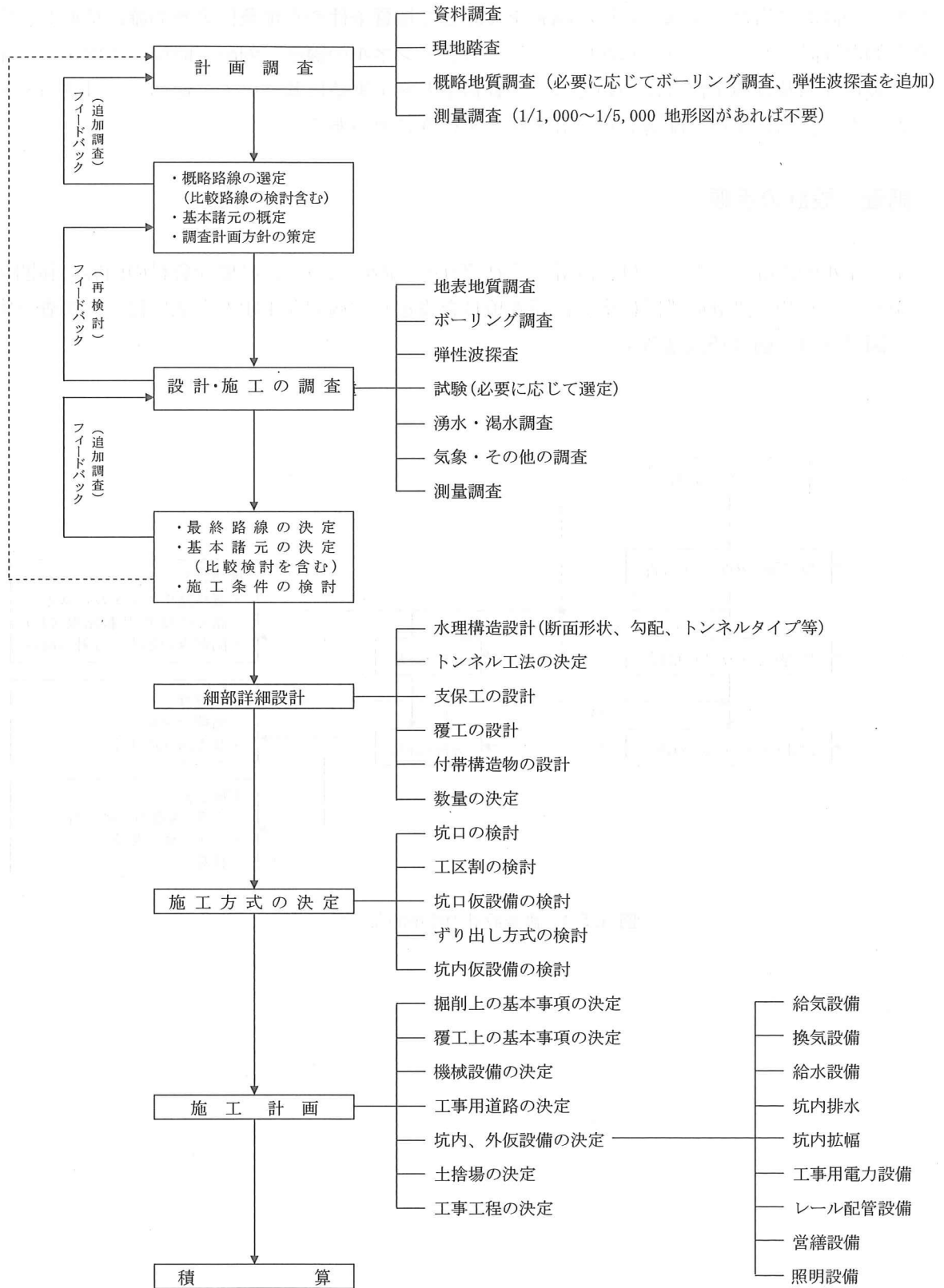


図-1.5.2 調査、設計作業の標準的な順序と項目

## 第2章 調 査

関連条項 [基準4、運用4]

[基準6、運用6-1～6]

### 2.1 一般事項

調査は、トンネルの路線選定・設計・施工・完成後の維持管理及び周辺の環境に重大な影響を与えるものであるから、十分な基礎資料を得るよう万全を期すものとする。

トンネルの計画・設計及び施工は、地形・地質及び環境条件の影響を強く受けるとともに、周辺に影響を与える場合もあるため、トンネルの路線選定、構造設計、施工法の決定、安全性の確保、仮施設、維持管理及び補償物件に関する諸般の調査を行って、十分な基礎資料を得ておくことが重要である。

特に地質構造が複雑な場合、調査が不十分なまま施工されると、計画及び設計の変更や工期の増大、工期の遅延等のほかに、たとえば、工事に起因する地下水位低下で水利用者への補償問題が生ずるといった不測の事態を招くことがあるので、十分な注意を図ることが必要である。

なお、トンネル工事に起因する環境問題は社会情勢の変化により重要になっており、必要な処置を事前に行えるように、湧水や湧水等の水文調査と、多方面への影響を考慮した環境調査にも十分に配慮して調査する。これらの調査は、工事着手前だけでは必ずしも十分な成果が得られるとは限らないので、施工中も調査を行い工事の安全性と経済性の確保に努めるとともにトンネル完成後も建設による重大な影響等のおそれがある場合には施工後も継続して調査することが望ましい。

### 2.2 調査計画

トンネルの調査には、①計画上必要な調査、②設計上必要な調査、③施工上必要な調査、④維持・管理上必要な調査、⑤その他の調査等があり、その目的、進捗状況に応じて調査項目、調査範囲、調査方針、調査内容、精度等がおのずと異なってくる。

また、調査の方法としては、①資料収集・聞き取り、②踏査、③現地調査・測量・現地試験・現地観測、④室内試験、⑤試験施工・施工後の観測、⑥補足調査、等がある。

このため、調査に当たっては、これらについて十分な調査計画をたてる必要がある。

#### 2.2.1 調査の区分

調査は実施時期、目的及び事業実施の手順を考慮して、路線の概定のための、①計画調査、路線の決定及び基本的な設計・施工法の検討のための、②基本設計調査、詳細設計・施工計画を樹立するための、③工事実施調査、④施工中の調査、⑤補足調査の5段階区分とする（図-2.2.1参照）。

2.2.2 調査の段階的手順

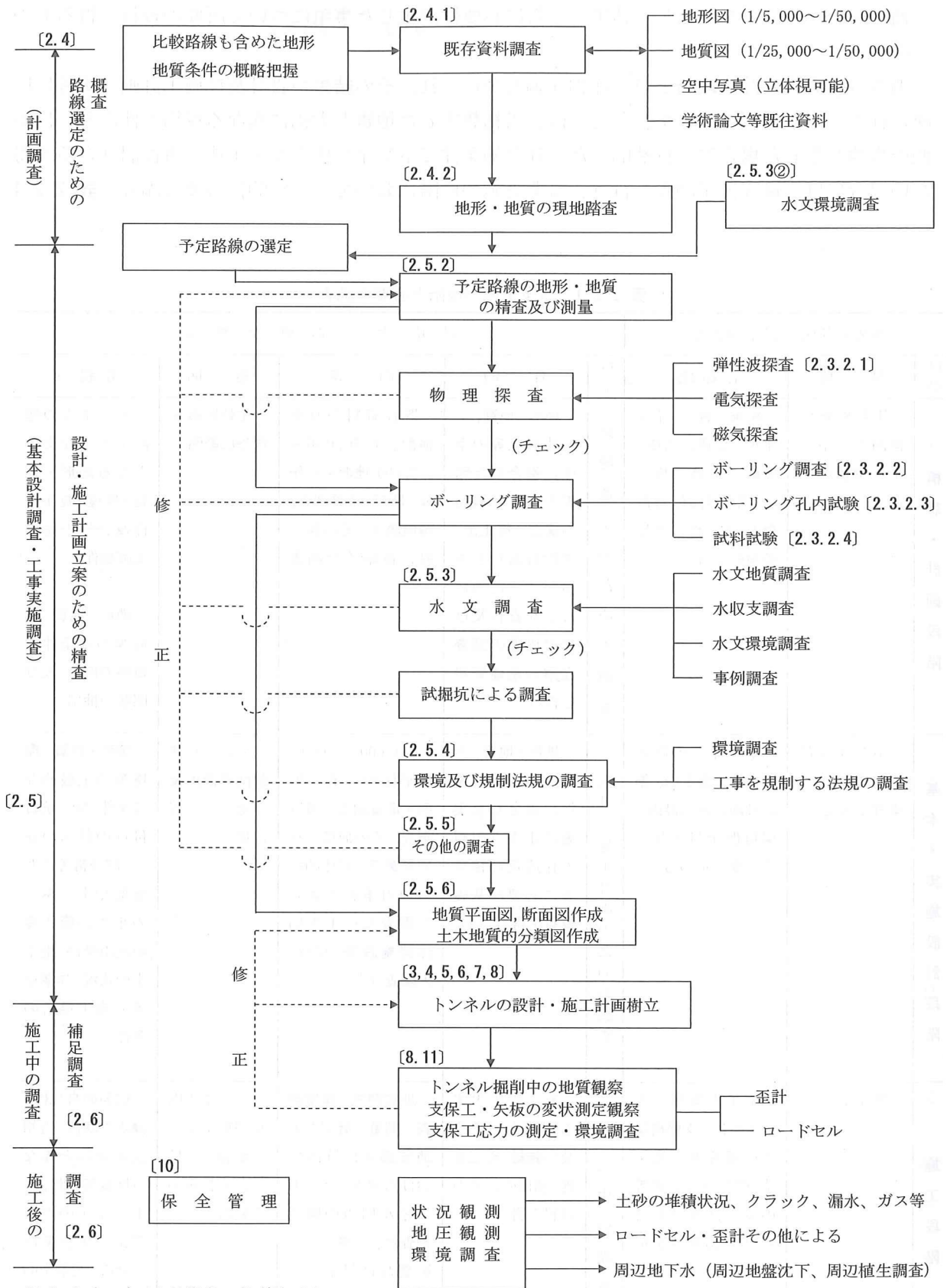


図-2.2.2 調査の段階的手順

## 第3章 基本設計

関連条項 [基準 7、運用 7-1~9]

水路トンネルの基本設計に当たっては、トンネルの目的、用途に応じて、水理条件、地形・地質条件、社会条件及び施工条件等に基づき、総合的に検討を行い、必要な機能を確保し、安全性、施工性、経済性等を備えた施設となるよう努める必要がある。

### 3.1 路線の選定

水路トンネルは一般的に他の工種と比較してm当たりの工事費が高いため、経済性を考慮して、地形上からできるだけトンネル延長の短くなる路線を選定する傾向が強い。しかし、トンネルの経済性は、路線延長とともに地質性状、地層構造、坑口部地形及び施工条件等、多くの要因によって異なる。したがって、水路トンネル路線は地形・地質調査、既存施設、物件、補償物件等の調査結果及びトンネルの形態、目的、用途に基づき、比較路線も含めて、技術的、経済的、社会的条件等を考慮して、安全にしかも経済的に施工の可能な最良な路線の選定に努めるものとする。このため、路線選定に当たっては、次の事項に留意する必要がある。

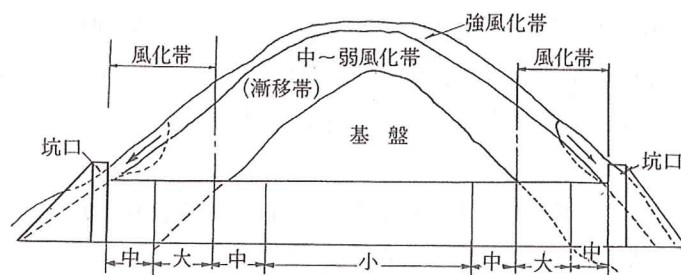
#### 3.1.1 地質条件とトンネル路線の関係

- ① 一つの山については、断層破碎帯等の特殊な条件がなければ地圧の大小は、相対的に図-3.1.1のようになる場合が多く、地山の心部が地圧も小さく、地質状況も安定している。

トンネル路線はできる限り地すべり地域及び山腹斜面と平行に通すことは避け、地山の心を通す計画が望ましい。やむを得ない場合は、崖錐、地すべり崩土の厚さや分布、地山の風化層の厚さ、地層の走向、傾斜、亀裂の主な方向と度数等を調べ、掘削時に斜面の安定を乱すことのないよう十分な対策の検討が必要となる（図-3.1.2参照）。

[参考] わが国の主な地すべり地域は「日本の地回り」（構造改善局資源課）を参照されたい。

- ② 褶曲構造は、トンネルに対して偏圧・湧水等複雑な要素が働くことが多いため、選定に当たって十分な注意を要する。向斜構造の地質で透水層が不透水層の上に載っているような場合は、鍋の底に水が貯留したようになっており、背斜構造では褶曲に伴って生じた亀裂が多く、局部的に残留応力が作用していることがある。特に含油・含ガスの地域では、背斜構造にトンネル路線が位置しないように選ぶべきである。



大：地圧の大きい区間 中：中圧区間 小：小圧区間

図-3.1.1 風化帯の発達と地圧



## 第4章 水 理 設 計

関連条項 [基準 9、運用 9-1～5]

### 4.1 一般事項

トンネルの水理設計は、原則として計画最大流量について行い、洪水を流入させる場合等の危険な条件を起こす流量についても検討を行う必要がある。トンネルの水理設計に当たっては、一連の水路組織として統一的な機能、安全性及び経済性確保の観点から一貫性を保持するよう努めるものとする。

### 4.2 許容流速

水路トンネルの水理設計に当たり、最小施工断面以上では所定の流量を条件の許す限り流速を早くすれば断面を小さくでき、一般的に経済性も有利となるが、限界流速の2/3 (フルード数<sup>1)</sup>:0.54)程度以上となると流況が不安定となるので、水路組織としての機能も含めて総合的な検討が必要となる。

一連の水路計画においてトンネル内に土砂が堆積した場合、この排除等維持管理が困難であるから、トンネル内流速は少なくとも接続する開水路の流速の1.3倍以上が望ましく、また運用9-2項運用の解説 表-3「許容流速」に示される最小許容流速及び最大許容流速の範囲内で設計するものとする。

なお、最小許容流速は最多頻度流量<sup>2)</sup>のときの流速とし、最大許容流速は最大流量のときの流速とする。

### 4.3 平均流速の計算

#### 4.3.1 無圧トンネルの平均流速の計算

無圧トンネルの場合は、開水路系であるので、原則としてマニング公式により平均流速を計算する。

(1) 平均流速公式

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \dots\dots\dots (4.3.1)$$

$V$  : 平均流速 (m/s)                       $n$  : 粗度係数  
 $R$  : 径深 (m)                               $I$  : 水路底勾配

等流以外の平均流速を求める場合、式(4.3.1)の $I$ は計算点でのエネルギー勾配または水面勾配とする。

- 
- 1) フルード数 Froude number : 流れについて、長さ $h$ 、流速 $v$ 、重力による加速度 $g$ とおくときの  $Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}$  をいう。流れに関する無次元数。開水路の流れにおいて $h$ を水深とすれば、 $Fr < 1$ のときは常流、 $Fr > 1$ のときは射流である。
- 2) 最多頻度流量 : 水路の通水期間を通して半旬平均流量単位で最多回数の発生する流量。



## 第5章 無圧トンネル I (矢板工法の場合)

関連条項 [基準 10、運用 10-1~3、10-5~9]

### 5.1 一般事項

#### 5.1.1 施工法の分類

無圧トンネルに作用する主たる荷重は地質条件によって異なる地圧と外水圧等である。このうち、地圧は施工法（トンネル工法）及び施工技術によって著しく異なる。特に山岳トンネル工法の矢板工法と吹付け・ロックボルト工法ではトンネルの発生地圧に対する対処方法が基本的に異なるため、同一地質条件であっても、支保工、覆工厚等、トンネルの構造も異なることから当技術書の構造設計は両施工法に分類して記述する。

#### 5.1.2 トンネルタイプの分類

トンネルタイプは施工法に適合し、地質の変化等に応じて、適切な構造を選定できるように詳細な分類が望ましい。しかし、地質調査結果等によって、トンネルに作用する荷重状況を的確に推定することは非常に困難であり、また、作用する荷重状況に応じた支保工及び覆工構造の細分類化も実用的でない。したがって、トンネルタイプはほぼ定着している分類法に準じ、タイプ A、B、C、D、E の 5 種類を基本タイプとし、タイプ B 及びタイプ D は施工条件等により、タイプ B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub> 及びタイプ D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> に細分類する。

### 5.2 トンネルタイプ

#### 5.2.1 トンネルタイプ別の支保工及びライニングの種類

矢板工法によって施工されるトンネルタイプの地質状況と支保工及びライニングの種類を表-5.2.1 に示す。

表-5.2.1 トンネルタイプ別支保工及びライニングの種類

トンネルタイプ	地質状況	支保工の種類	ライニングの種類
A	亀裂の少ない新鮮な岩	無支保またはロックボルト	吹付けコンクリート（モルタル）または無筋コンクリート
B	亀裂のあるやや風化した岩または軟岩	鋼アーチ支保工 （アーチ、側壁共掛矢板）	無筋コンクリート
C	風化岩、破碎帯、硬土	鋼アーチ支保工 （アーチ：送り矢板、側壁：掛矢板）	無筋コンクリート
D、E	著しい風化岩、断層破碎帯、軟質土砂	鋼アーチ支保工 （アーチ：縫地矢板、側壁：掛矢板及び縫地矢板）	無筋コンクリートまたは鉄筋コンクリート