

第3章 機能診断

3. 1 基本的事項

機能診断調査は、対象となる水路トンネルの機能全般について把握するとともに、施設の劣化予測や劣化要因の特定及び対策工法の検討に必要な事項について調査を行うものである。

水路トンネルの機能診断で実施する調査項目や調査範囲の選定に当たっては、地山の特性やトンネル形式・断面形の特性、地下水や漏水の状態等を踏まえ、調査の制約条件等も考慮しつつ、調査の目的を明確にした上で、その目的に対応した最適な手段を選択する必要がある。

【解説】

(1) 機能診断調査の基本的な考え方

- ・ 機能診断調査は、その調査の目的を明確にした上で、目的を達成するのに必要な成果を得るためには、どのような調査手法が効率的であるかとの観点から、調査全体を検討することが重要である。

また、調査内容を決定する際にも、当該調査により何を明らかにしようとしているのかといった、調査のねらいを明らかにすることが重要である。その際、調査の結果により判定できる事実がもたらすコストの縮減やリスクの回避といった効果と、調査に要する費用等が見合うものであるか、との視点での検討も必要である。

このため、水路トンネルの機能診断調査に当たっては、地山特性やトンネル形式・断面形の特性、地下水や漏水の状態等を踏まえた上での調査や通年通水等による制約を考慮した調査を実施することが重要である。

- ・ また、機能診断調査によって得た診断情報は、電子化されたデータベースに蓄積するとともに、次の段階の調査に当たっては、これらを参照して施設の状態を把握するための基礎情報として活用を図る。
- ・ なお、水路トンネルの構造性能の低下は、漏水の発生、粗度係数の低下、有効断面の減少等による断面閉塞等による通水性能の低下など、水利用性能及び水理性能の低下としてマクロ的に顕在化することも多い。水利システムを俯瞰した問診等により水利用性能及び水理性能を把握しておくことは、後の対策工法の検討等のプロセスの効率的な実施にもつながることから、こうした問診を行うことも重要である。水利システムの水利用性能及び水理性能の診断は、構造性能の機能診断手順と大きく変わることなく実施でき、①資料収集や施設管理者からの聴き取りによる事前調査、②巡回目視により概況の把握を行う現地踏査、③近接目視、計測、試験等により定量的な調査を行う現地調査、の3段階で実施することが基本となる。

(2) 機能診断調査の手順

- ・ 水路トンネルの機能診断調査は、効率的に施設を把握する観点から、
 - ① 資料収集や施設管理者からの聴き取りによる事前調査
 - ② 巡回目視により概況の把握を行う現地踏査
 - ③ 近接目視、計測、試験等により定量的な調査を行う現地調査の3段階で実施することを基本とし、必要に応じて詳細調査を実施する。

1) 事前調査

- ・ 事前調査は、設計図書、管理・事故・補修記録等の文献調査やデータベースの参照、施設管理者からの聴き取り調査等により、施設の重要度評価やリスクの把握に必要な情報を含む機能診断調査に関する基本的情報を効率的に収集し、現地踏査や現地調査等の内容を検討し実施する。

2) 現地踏査

- ・ 現地踏査については、専門的な知見を有する技術者がトンネル坑内の巡回目視、トンネル外部遠隔目視等を行い、変状が生じている位置や程度等を大まかに把握するとともに、劣化要因の推定を行う。これらを踏まえ、現地調査の単位、定量的な調査項目等を決定しつつ、安全対策の必要性の有無など、現地調査の具体的な実施方法を検討する。

3) 現地調査

- ・ 現地調査は、事前調査と現地踏査の結果を踏まえ、専門的な知見を有する技術者による近接目視による調査のほか、施設の劣化予測や対策工法検討のために必要な指標について、定量的な調査を実施する。現地調査による調査結果だけでは判定できない特殊な状況にあるなど、特に必要がある場合には、専門家や試験研究機関などによる詳細調査を実施する。

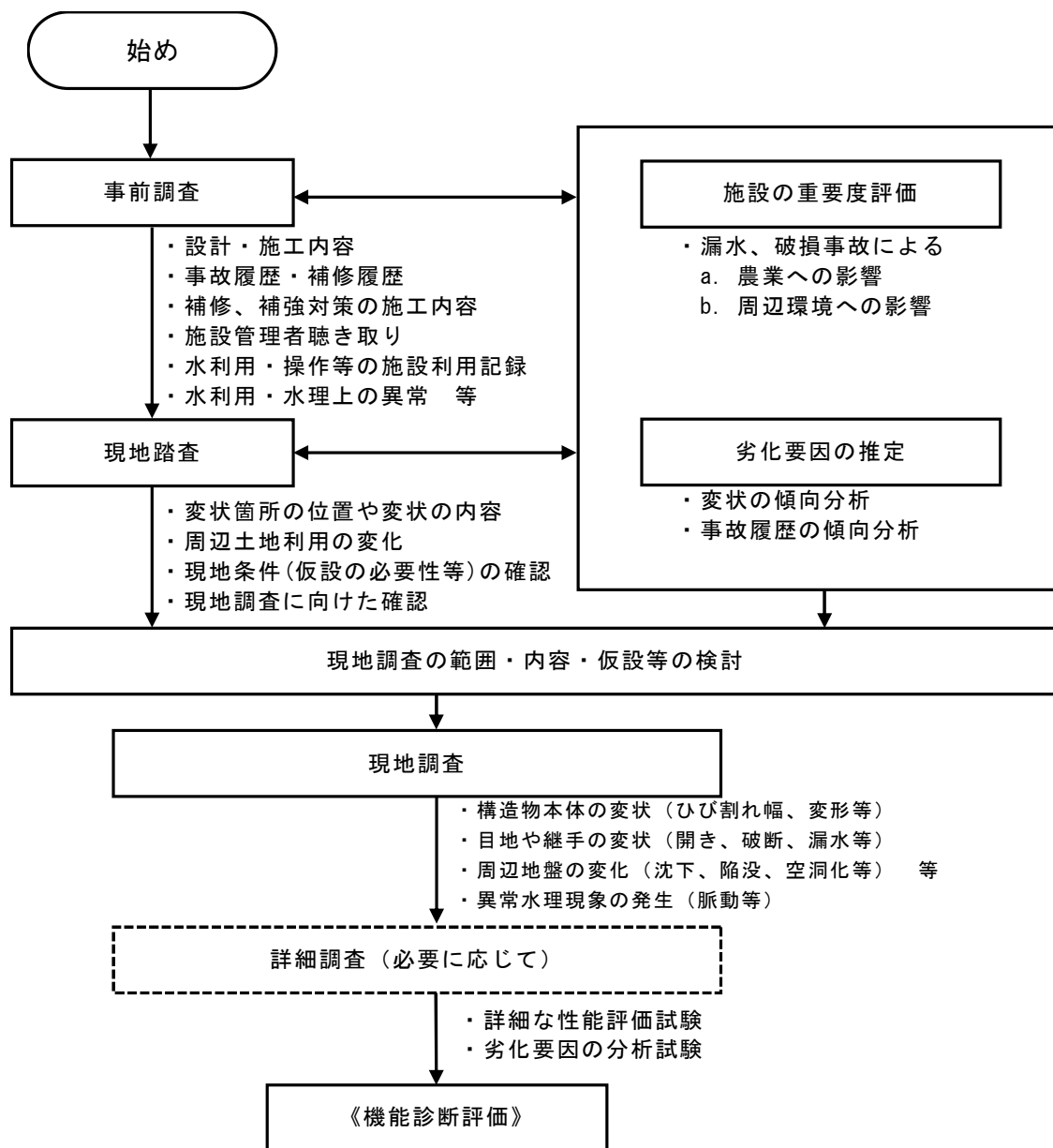


図 3-1 機能診断調査の実施フロー

3. 2 事前調査（既存資料の収集整理等）

事前調査では、現地踏査・現地調査の実施方法を検討するために必要な基本情報を収集する。具体的には、施設の設計諸元、図面、施工記録、完成図書、地域特性、地山の特性、過去の診断履歴、事故・補修履歴等の既存資料の収集と施設管理者からの聴き取りを行う。

【解説】

（１）既存資料の収集・整理

１）資料の活用方法

- ・ データベースの情報、前歴事業の設計図書、施設の補修等履歴情報、通水量の変動情報、水質等の施設供用環境に関する情報、地域の気象情報、地形・地質的な地域特性等を把握することにより、機能診断調査を効率的に実施することが重要である。また、収集・整理した資料は機能保全計画作成において施設現況調査の基礎資料として活用する。

２）設計、施工内容に関する既存資料の収集整理

- ・ 設計、施工内容に関する調査では、水路トンネルの設計図書（設計図、業務報告書）、施工記録（施工方法・技術、使用材料）、完成図書（竣工図、出来形調書、品質管理記録等）、地形・地質データ、過去の診断や事故・補修履歴等の資料を可能な限り収集するとともに、必要に応じて、構造物の設計者、施設の利用者や管理者、施工者に対して聴き取り調査を行う。主な調査項目は次のとおりである。

ア．水路トンネルの名称、所在地、設計者及び施工者

この項目は調査対象の構造物の基本事項であり、必要に応じて設計者や施工者への聴き取り調査を行う。

イ．竣工年月

設計図書、竣工図面等を参考に、竣工年月（施工時期）を調査する必要がある。劣化現象は経年的に進行するものであるため、竣工後の経過時間を把握することにより、劣化現象の原因の把握、今後の予測などを行う基礎的資料となる。また、施工当時の各種基準、材料特性などを把握することができ、それにより劣化要因を推定することが可能となる場合もある。

ウ．設計内容

設計図、業務報告書、完成図書等の設計図書等を参考に、構造物の用途・規模・構造等、当初の設計条件、荷重条件、地山条件、部材諸元等を調査し、設計内容の妥当性の確認を行うとともに、当初と現在の設計基準・規格内容を比較し、必要に応じて現在の設計基準により安全性の確認を行う。また、現地踏査及び現

地調査結果と比較することにより、設計条件との違いが明らかになり、それにより劣化要因を想定することが可能となる。

特に、ほろ形断面等、側壁が直壁で側圧の影響を受けやすい場合に、変状を生じている事例が多いため、水路トンネルの断面形を把握することは重要である。

また、掘削時等における岩種変更等に伴い、覆工巻厚を厚くしたり、無筋から鉄筋コンクリート覆工への変更等、設計を変更した箇所やその理由等を把握することは重要である。

エ．施工方法

山岳工法による水路トンネルの標準施工法には、矢板工法とNATM があるが、覆工背面の空洞の残存、ブロッキングポイントの応力集中といった現象を生じやすい矢板工法の場合、地質が良質でない区間で覆工背面の空洞が十分に充填されていないと塑性領域や緩み領域が拡大助長されトンネルの変状の原因となるなどの特性があり、施工法を把握しておくことは重要である。

オ．施工内容

水路トンネルの基準高、中心線とのずれ等を記録した出来形調書や、ひび割れ調書等を入手しておく。これと、機能診断調査の診断結果との比較により、変状やひび割れの経年変化量を算定することができ、進行性の度合いの推定が可能となる。

また、コンクリート使用材料・配合、施工記録等を分析することにより、材料、施工に起因した劣化要因の推定が可能となる。

ア) コンクリート使用材料・配合

コンクリートの品質が低いと、変状につながるが多くなることから、コンクリートの配合報告書等を収集し、使用材料、配合の内容を調査しておく。コンクリートの使用材料の調査内容を、表3-1 に示す。

表3-1 コンクリート使用材料の調査内容

材 料	調査内容例
セメント	種類及び銘柄、物理・化学試験成績表
骨 材	種類、産地、岩種、岩質、粒度分布、密度、吸水率、不純物（粘土塊、有機不純物、塩分、洗い試験で失われるものなど）、アルカリ骨材反応性
混和材料	種類及び銘柄、試験成績表、標準使用量
水	種類、水質試験表

出典：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針（2013年），P. 19

イ) 施工記録

工事誌・工事記録等を参考に掘削工法、支保パターン、補助工法の有無、地山の状態（断層破碎帯、未固結地山等）、湧水が顕著であった箇所などを整理する。また、施工記録等により、調査可能な範囲において出来形（覆工厚等）、コンクリートの練混ぜ時間、運搬時間、待ち時間、打込み時間、打込み量、打込み方法、打込み方向、打込み順序、締め固め方法、仕上げ方法、養生方法等を調査する。

さらに、坑口が開削工法により施工されている場合は、埋戻しの時期、埋戻し方法、埋戻し材料等について調査する。

ウ) 各種試験記録

試験記録等により、調査可能な範囲において、スランプ、空気量、1週・4週圧縮強度、塩分濃度等を調査する。

3) 事故履歴・補修履歴の収集整理

- 事故履歴、補修履歴の調査については、施設管理者から資料を収集し、破損の状態、補修・補強の方法、場所等を平面図、縦断図に記入するなどして整理し、範囲ごとの変状の特徴等の分析を行う。

事故・故障履歴、補修履歴を調査することにより、現在発生している変状が、過去の変状と類似の原因によるものかどうか、補修による効果がどの程度あるのかを推定することが可能である。

- なお、調査計画の策定に当たっては、使用・供用環境が類似している範囲に同様の劣化の可能性が考えられることから、これらに関する資料整理も重要である。

4) 地山の特性に係る資料の整理

- トンネルの場合は、地山の特性が構造機能に及ぼす影響が大きいため、事前にトンネル縦断図や地形図、広域地質図等既往の資料により地質構造を把握し、地山の特性、各部位の土かぶり、沢部の横断箇所、地すべり地域の想定、偏圧のかかりやすい箇所などを整理しておくことが必要である。
- 一般に地圧による変状は、塑性圧、偏圧・斜面クリープ、地山の緩みによる鉛直圧などが代表的な要因であり、地圧の種類によってそれぞれ特徴的な変状を示すので、地山の特性を把握することは重要である。

塑性圧の作用する地山では、以下のような要因により覆工の変状が生じる場合がある。

- 収束までの時間が長期化する。
- 周辺地山の応力再分配の過程で塑性領域の発生・拡大を生じ、覆工打設後

に想定していない外力が作用する。

- c. 空洞がある場合、地下水変動や膨張性地山における吸水膨張といった要因により、トンネル周辺の塑性領域が時間とともに拡大し、地山強度や剛性の低下を引き起こし、そのことがさらに塑性領域を広げる。

緩み圧の作用する地山では、地下水流入による周辺地山の風化、覆工と地山との間の空洞の影響等によって、トンネル上方の地山の緩み高さが時間とともに拡大し、トンネル上部の緩んだ地山が荷重として覆工に作用し、緩み領域の拡大とともに地圧が徐々に増加し、覆工にひび割れが発生・進展する場合がある。

- また、地下水等に起因する地すべりや斜面裾の切取り等によって水路トンネルに外力（偏圧）が作用したり、雨水の浸透による地下水位の上昇により一時的に水圧が作用したり、地下水流動に伴う地山の強度劣化を生じる場合がある。

5) 地域特性に係る資料の収集整理

- 水路トンネルは地山の特性に影響を受けることが多いため、広域地質図等から周辺の地形・地質的な特性、断層の有無などを確認する。

また、コンクリート構造物における塩害、アルカリシリカ反応、凍害については、対象施設の位置する地域の気象データや使用骨材の試験成績書等を収集した上で、これらの要因が該当する可能性の高い地域区分を示す図表（農業水利施設の長寿命化のための手引き（平成27年11月 農林水産省農村振興局整備部設計課）等を参照）と照らし合わせることで、地域特性による性能低下の要因を推定することが可能となる。

さらに、水質や流下する塵芥物の多寡など地域特性や当該施設の設置されている箇所を把握しておくことも重要である。

6) 施設管理者に対する問診事項及び取りまとめ方法

- 施設管理者に対する問診事項としては、施設のどの位置に、どのような変状が発生しているか聴き取ることを基本とするが、可能な限り変状の程度や発生時期、発生条件、水管理・保守上の課題、近接施工の有無、維持補修費用等までを確認することが望ましい。

施設造成以降、施設管理者が坑内に入ったことがない場合は、既往の調査の履歴や管理上の課題を中心に聴き取りを行う。

- また、現地踏査等のために断水や減水通水が必要な場合は、利水者に影響がないように、断水あるいは減水通水の時期や期間（時間）に関する資料の収集が必要である。なお、断水することが出来ず減水通水する際に水の供給量が不足する場合は、付近の調整池等からの一時的な水の供給等が可能かどうか確認しておく必要がある。

- ・ 近接施工の有無については、トンネル直上での切土や盛土作業、トンネル周辺の斜面の切取り作業等が地圧発生の要因となり得るので、確認しておくことが大切である。

また、施設周辺の開発・都市化等による地形や建設物等の変化、事故等による社会的影響、施設の危険度についても聴き取りを行い、施設の重要度評価の基礎資料とする。変状が顕在化している箇所では、対策工の緊急性等について施設管理者の意識・要望等を把握する。施設管理者への問診は、通常、**表2-1**に示すような日常点検票に施設管理者が定期的（施設の変状の程度に応じて設定）に記入し、それらの日常点検票を機能診断調査の実施者が収集・整理する。収集した日常点検票については、施設単位での事前調査票（問診票）（**表3-2**）の作成や、平面図に異常箇所やその内容等を書き込むなどして現地踏査における予備知識として活用できるように整理する。

- ・ なお、現状の施設に対して水利用機能や水理機能が適正に発揮されているかについても問診の対象とする必要がある。日常点検票の水利用・水理の記載を確認した上で、水利用機能・水理機能の問診票を用いて下流への配水不足等の問題の有無を確認する。問診に当たっては、水利システム図等を活用する。
- ・ **表3-3** に水路トンネルにおける水利用機能・水理機能の問診票の例と、**図3-2** に水利システムの図の例を示す。

7) 施設情報の図化

- ・ 過去のひび割れ状況等、現地踏査・現地調査に必要な情報は、平面図・縦断図、展開図等に記載し整理する。なお、情報の図化に当たっては、写真や農地地図情報（GIS）の活用も有効である。

表3-2 トンネルの事前調査票（問診票）の例

整理番号		調査年月日（今回）	平成 年 月 日
地区名		（前回）	平成 年 月 日
施設名		記入者	
覆工形式 ^{※1}	(a) 無筋コンクリート覆工 (b) 鉄筋コンクリート覆工 (c) 坑口		
項目	異常の有無、内容 ^{※2}		異常箇所 ^{※3}
構造上の 変状	覆工	1. 異常有り ①覆工が崩落している ②インバートが盤膨れしている ③覆工が変形している ④コンクリートの欠損、剥落、多数のひび割れが見られる ⑤漏水痕跡がある ⑥その他の異常が見られる（ ）	
		2. 異常無し	
	継目部	1. 異常有り ①継目部の欠損、ずれ、段差が著しく、漏水の痕跡がある ②継目部のずれ、段差が見られる ③その他の異常が見られる（ ）	
		【特記】	
	トンネル 上部地盤	1. 異常有り ①地すべり、地盤の陥没が発生している ②その他の異常が見られる（ ）	
		2. トンネル上部・周辺の改変 ①土地利用の変化（ ） ②近接施工の有無（ ） 3. 異常無し	
水理・水 利用上の 異常	通水性	1. 異常有り ①所定の通水量が確保できない ②通水量が安定しない（管理が難しい） ③漏水が発生している ④トンネル内の異常堆砂 ⑤側壁・インバートへの水生生物等の付着 ⑥その他の異常が見られる（ ）	
		2. 異常無し	
	水位の維持	1. 異常有り ①水位の異常上昇が見られる ②水位の異常低下が見られる ③水位が安定しない ④その他の異常が見られる（ ）	
		2. 異常無し	
	確認 項目	通水期間	1. 非通水期間であるため断水の必要はない 2. 通水期間中である（通水期間： ～ ） 3. 通年通水のため断水できない
		残水状況	1. 自然流下によりトンネル内に残水はない 2. トンネル内に残水有、ポンプ排水が必要（残水量： ）
機材等の搬入		1. 人肩で可能である 2. クレーン等が必要である 3. 特殊な仮設が必要	
過去の 調査実績		1. 調査実績なし 2. 調査実績あり（留意点： ）	
特記事項			

※1：覆工形式に○印をつけて、該当する項目について問診する。

※2：異常の有無、内容は、該当する番号に○印をつける。

※3：異常箇所は、測点、又は大まかな位置を記入する。

表 3-3 水路トンネルにおける水利用機能・水理機能の問診票の例

整理番号			調査年月日	平成 年 月 日
地区名			記入者	
対象施設名			形態	水路トンネル
機能・性能項目		異常の有無、内容		
水 利 用 機 能	保守管理 ・ 保全性	1. 異常あり ・ 日常的な保守管理に要する費用や労力が増加している ・ 保守管理に必要な施設(坑口までの管理用道路、除塵(スクリーン)等)が不足している 2. 異常なし 【特記事項】		
水 理 機 能	通水性	1. 異常あり ・ 所定の流量流下時に不安定な流況が生じる時がある ・ 所定の流量流下時に余裕高が不足する(天端付近まで水位が上昇する) ・ 水路の沈下や変形、異常堆砂等により、安全に水が流れない区間がある ・ 漏水が生じている(又は漏水が疑われる個所がある) ・ 必要な水位が確保できていない 2. 異常なし 【特記事項】		
	放余水性	1. 異常あり ・ 放流施設の不具合により豪雨、洪水時等の余水放流が適切にできない ・ 余水放流施設が不足している 2. 異常なし 【特記事項】		

【参考】水利システムの図化

機能診断に当たっては、事前に対象施設がどのような水利システムとして成り立っているかを把握することが望ましい。例えば、下図のような水利系統や各水利施設が俯瞰的に把握できる模式図を作成することが考えられる。作成に当たっては、施設の受益面積や水量の当初と現在を記入するとともに、鉄道や主要道路、住宅密集地など立地条件の情報を記入し、水利システムと地域社会との繋がりを明らかにしておくとの良い。

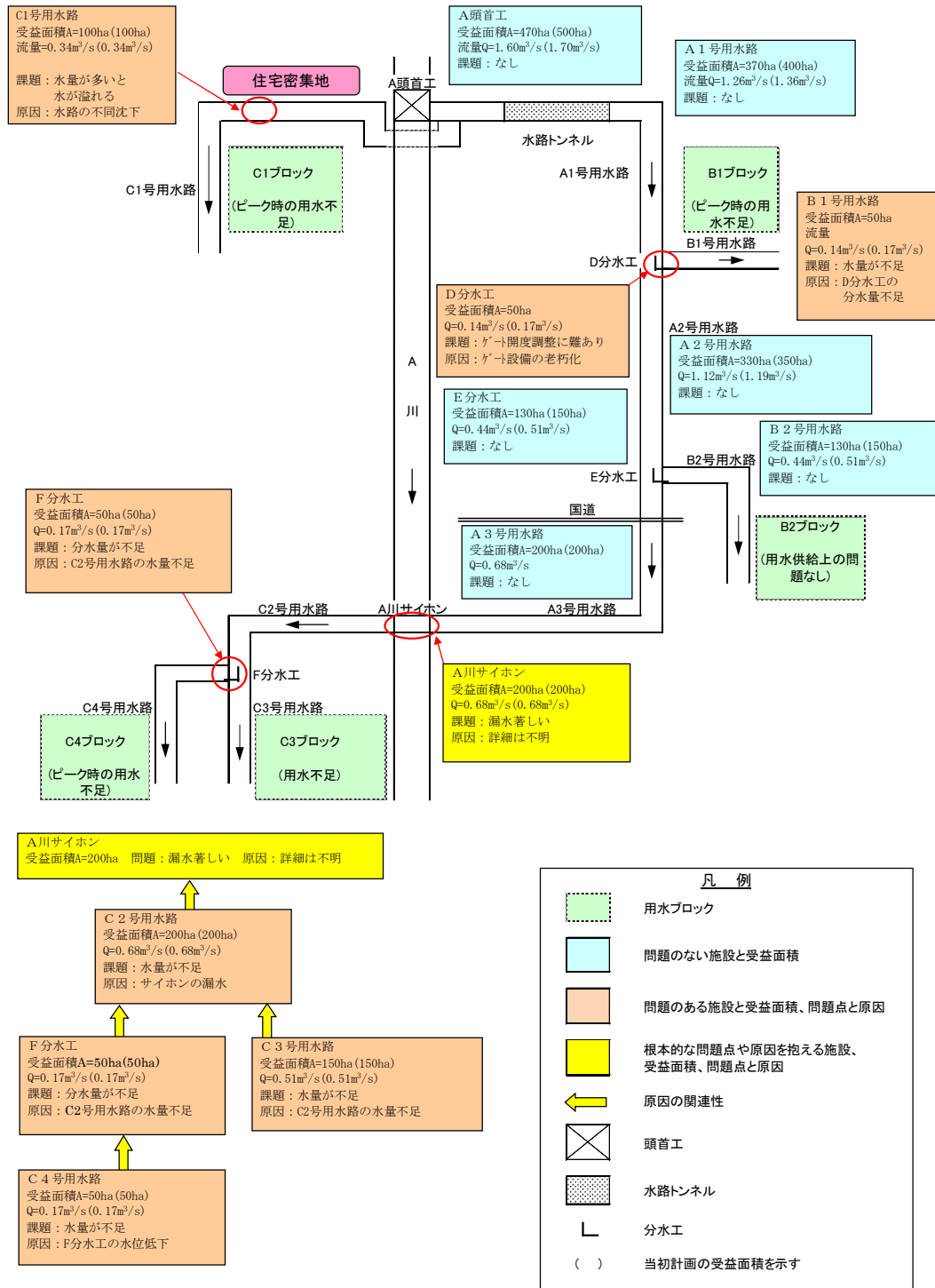


図 3-2 水利システム図 (例)

3. 3 現地踏査（巡回目視）

現地踏査では、事前調査で得られた情報を基に実際に現地を巡回目視により変状が生じている位置や程度等を大まかに把握するとともに、劣化要因の推定を行う。これらを踏まえて、現地調査の単位、定量的な調査項目等を決定しつつ、安全対策の必要性の有無など現地調査の具体的な実施方法等を検討する。

【解説】

（１）現地踏査の基本的な考え方

- ・ 現地踏査は、事前調査で得られた情報を基に、坑口周辺やトンネル坑内を巡回目視（通水状態での調査で、通水量が多く巡回が困難な場合を除く）により可能な限り対象路線全区間を観察し、トンネル上部をはじめ施設周辺の土地利用の変化等を確認しつつ、変状の有無や変状箇所の特定制を行うとともに、現地調査を実施する適切な位置や調査単位、調査地点（定点）、安全対策の必要性の有無、想定される劣化要因等を具体的に決定することを主目的として行う。なお、定点の設定は水理ユニットや同一構造区間を代表する箇所（劣化の程度が標準的な箇所）及び変状が顕著な箇所とすることを基本とする。

年間を通じて用水供給を必要とする場合においては、一時的な断水、減水通水が可能な時期や期間（時間）を把握し、水の供給不足が生じないように計画的な調査実施方法を検討する必要がある。また、部分目視や水中カメラなどの装置を用いて調査を行ってもよい。

なお、水路トンネル坑内の踏査に当たっては、酸欠、有毒ガスによる生命の危険を避けるため、踏査開始前に有資格者による酸素濃度等の測定や、換気を十分に行うなどの配慮が必要である。

- ・ また、今後実施する現地調査に当たっては、調査用台車等の仮設を必要とする場合があるため、現地踏査において、診断項目に沿った調査の実施に必要な仮設の要否を十分に検討しておくことが重要である。
- ・ 現地踏査は、専門的な知見を有する技術者が主体となって行う。また、日常管理を通じて平常時の状況を熟知する施設管理者（土地改良区等）と一緒に実施することが望ましい。事前調査において下流への配水不足等、水利用機能及び水理機能に問題があると判断された場合は、現地踏査等の際に、水路トンネルの余裕高等を調査する。

現地踏査に当たっては、以下の点に留意して巡回目視を行う。

- ① ひび割れ、摩耗などの表面変状及びひび割れからの漏水の有無、程度（範囲）
- ② ひび割れの分類（曲げひび割れ、せん断ひび割れ）

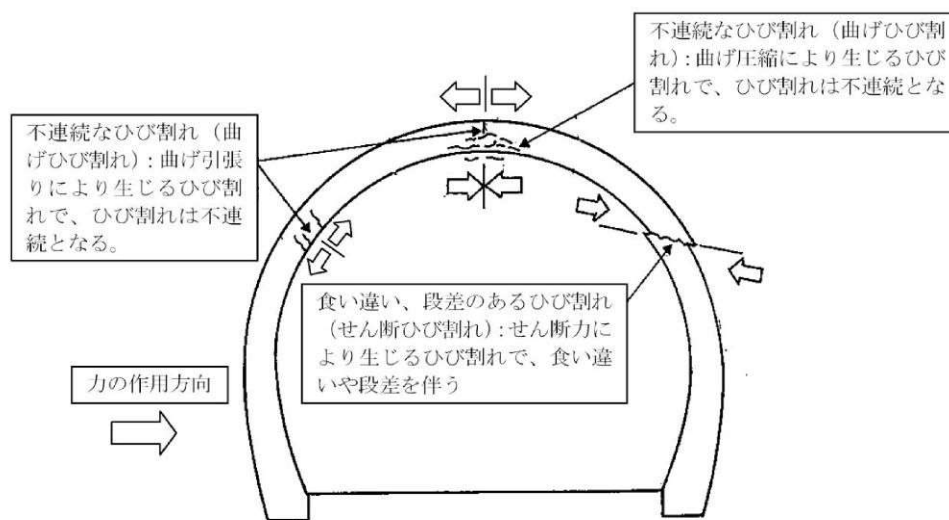
※無筋コンクリート覆工においては、曲げひび割れの場合はひび割れが不連続となり、せん断ひび割れの場合は食い違いや段差が生じる。

- ③ 構造物の変形（側壁の押し出し、インバート部の盤膨れ等）の有無、程度（特にトンネル断面がほろ形の場合は、側壁部の変状に留意）
- ④ モルタル吹き付け、コンクリート覆工の剥離、剥落の有無、程度
- ⑤ 継目部の変状（段差、止水板の破損、周縁コンクリートの欠損、漏水痕跡、背面土の吸出しの痕跡）
- ⑥ 周辺地盤の沈下、陥没
- ⑦ 水利用上、水理上の性能低下の状況

- ・ 図3-3 に曲げひび割れ、せん断ひび割れの模式図を示す。

また、事前調査で整理された情報や認識されている変状等を基に、踏査箇所や確認すべきポイントを予め整理した帳表を作成する。現地踏査票の例を表3-4 に示す。

- ・ 今後の現地調査及び継続調査時においては、調査ポイントや過去の変状を容易に把握するため、事前調査段階で作成した施設情報が記載された平面図・縦断図、展開図等を活用することが望ましい。



出典：土地改良計画設計基準・設計「水路トンネル」（平成26年3月），P. 556, 557に加筆
 図3-3 無筋コンクリート覆工における曲げひび割れ、せん断ひび割れの模式図

※本手引きでは、食い違いとは打ち継目にずれが生じた状態をいい、段差とは部材面に高低差がついた状態をいう。

表3-4 水路トンネルの現地踏査票の例

整理番号			調査年月日	平成 年 月 日
地区名			記入者	
施設名				
覆工形式 ^{※1}	(a) 無筋コンクリート覆工 (b) 鉄筋コンクリート覆工 (c) 坑口			
	変状項目	変状の程度	変状箇所 ^{※2}	
構造的な 安定性	ひび割れ・進行性 曲げひび割れ等の異常なひび割れ			
	欠損・崩壊 傾き・変形・歪み 側壁・インバートの変形			
	鉄筋の露出			
	不同沈下			
材料的劣化	コンクリート表面の剥落・欠損			
	変色などその他の変状			
	摩耗・骨材の露出			
	析出物			
	漏水・ひび割れ等からの漏水痕跡箇所			
	漏水・漏水痕跡 (異常な湿気・砂の吸出し)			
継目の劣化	欠損・段差・破断			
	欠損・崩壊・鉄筋の露出			
堆砂	通水障害を起こすような堆砂			
トンネル 上部地盤	地盤の崩落、地すべり			
	地盤の陥没の痕跡			
評価	現地調査箇所 (現地調査を行うのに適当な箇所)			
	詳細調査箇所 (補修対策の必要有無を判定するための詳細調査が必要な箇所)			
	補修対策の必要箇所 (早急に補強・補修工事を必要とする箇所)			
特記事項				

※1：覆工形式等（a, b, c）には○印をつけて、該当する変状項目について調査を行う。

※2：変状箇所は、路線測点番号、施設番号、調査平面図に付した番号等のいずれかを記入し、今後の経年調査で場所が照合できるようにする。

（２）現地調査箇所選定の考え方

- 水路トンネルは線的構造物であり、延長が長いことから、効率的な現地調査を行うためには、対象とする施設の重要度に応じた調査を行うとともに、現地踏査結果に基づいてひび割れの発生が多い区間や漏水している区間、又は比較的大きな変状が発生している区間、あるいは事故歴等がある区間を選定して調査する必要がある。また、現地調査対象区間は、地形・地質、土地利用条件等が大きく変わる変化点において、単位分割したものを基本区間として選定する。

- 現地調査の調査地点（定点）は、上記の基本区間を代表する箇所（劣化の程度が代表的な箇所）及び変状が顕著な箇所を基本とする。

なお、過去に施設の機能診断調査が実施されている場合には、調査の効率性を確保するとともに、経年変化の分析が行えるようにするため、極力、当該調査地点を活用するようにする。

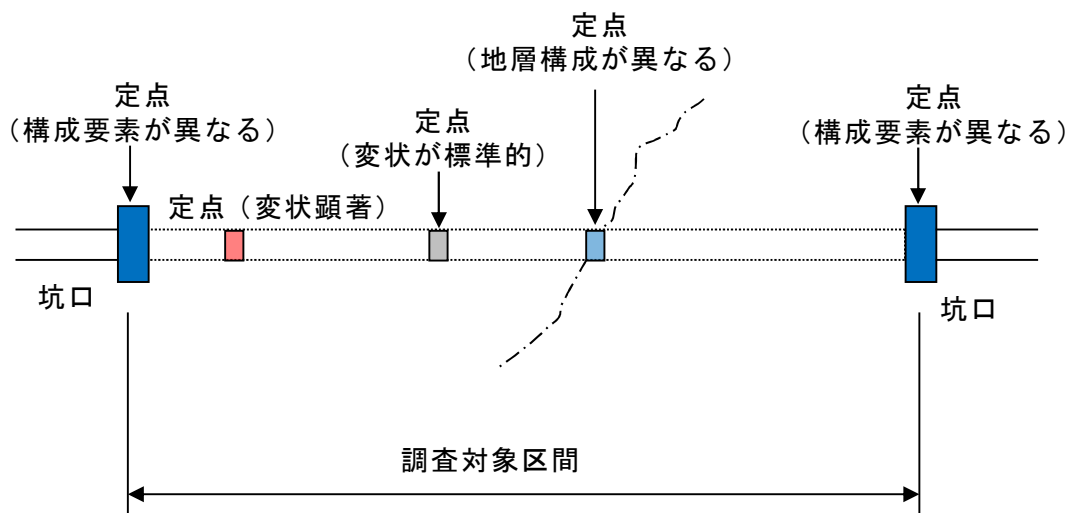


図 3-4 定点調査地点の設定（例）

3. 4 劣化要因の推定

現地調査における調査項目の設定や調査地点の選定を効率的に行う観点から、事前調査、現地踏査で得られた情報を基に、施設の重要度を評価するとともに、着目する劣化要因を推定する。

【解説】

- ・ 現地調査における調査項目の設定や調査範囲の選定を効率的に行う観点から、事前調査や現地踏査で得られた情報を基に、地下水や漏水の状態、地山の特性や使用環境との劣化要因の関連性を整理し、表3-5 に示すような「劣化要因推定表」を用いて、当該施設における主たる劣化要因を推定する。

主たる劣化要因は、「劣化要因推定表」の関連性の高さで判断されるが、関連性が低い要因であっても、過去の機能診断結果や事故原因調査等から性能低下要因が特定されている場合は、関連資料の追加収集や現地調査計画に反映させる。

表3-5 水路トンネルが置かれた環境と劣化要因の関連性（劣化要因推定表）の例

劣化要因 使用環境		内部要因			外部要因					
		塑性 圧	緩み 圧	偏圧	中性 化※1	塩害 ※1	ASR ※2	凍害	化学 的腐食	摩耗 風化
背面地山の地質 (岩種)	①やや風化が進みやすい岩 はんれい岩、輝緑岩、第三紀凝灰角礫岩等	△	△	△						
	②固結度が低く、風化が進みやすい岩 新第三紀層泥質岩、未固結堆積物、中生層の頁岩・粘板岩、蛇紋岩、温泉余土など熱変成岩類等	○	○	○						
特殊地山 条件の有無	断層破砕帯、偏圧・斜面クリープ、膨張性地山に位置する	◎	○	◎						
周辺地形	地すべり地形内を通過している 地すべり地形に近接している	○	○	◎						
事故履歴	過去に凍上圧による変状が発生した	◎	◎	○						
土かぶり	Dc < 5D Dc：土被り D：トンネル掘削径	○	○	○						
施工方法・過去の調査における空洞の有無の可能性	①矢板工法で施工された	△	△	△						
	②実際の空洞調査で空洞が発見された	○	○	○						
供用年数	①40年以上				○	○	○	○	○	○
	②20～40年未満				△	△	△	△	△	△
施工年	①1986年以前（塩分総量規制、ASR対策）					△	△			
	②1978年以前（鉄筋被り、設計基準強度）				△					
地域	①塩害を起こしやすい（起きた）地域					△				
	②ASRを起こしやすい（起きた）地域						△			
	③凍害を起こしやすい（起きた）地域							△		
	④ASR、塩害複合劣化地域					△	△			
	⑤塩害、凍害複合劣化地域					△		△		
	⑥凍害、ASR複合劣化地域						△	△		
材料	①水セメント比60%以上				△	△		△		
	②海砂の使用					△				
	③反応性骨材の使用						△			
水質	①水質が酸性								○	
	②海水の流入あり					○				
摩耗条件	①流速が2m/s以上									○
	②土砂の流入が多い									○

【関連性：高 ← ◎・○・△・なし → 低】

※1 無筋コンクリートの場合は劣化要因としない。

※2 1986年以降の施工の場合は劣化要因としない。

- また、地圧による変状進行の可能性の有無を推定するため、区間毎に、地質の良否、土かぶり、覆工背面の空洞の有無を組み合わせ「地山等の外部条件」の状態を区分する。

(1) 地質の良否による区分

- 岩種に応じて、その地質の良否を区分する。

なお、地形勾配変換点（山地部から平野部など）などで地下水が大きく流動している可能性がある場合や施工記録等から湧水が多いと判断される場合等においては、地下水の影響に留意する必要がある。

表3-6 岩種に応じた地質の良否の区分

岩 種	地 質 の 良 否
花崗岩類、安山岩、玄武岩、石灰岩、第三紀砂岩、礫岩等	良：進行性の地圧は発生しにくい。
はんれい岩、輝緑岩、第三紀凝灰角礫岩等	普通：進行性の地圧が発生する可能性がある。
新第三紀層泥質岩、未固結堆積物、中古生層の頁岩・粘板岩、蛇紋岩、温泉余土など熱変成岩類等	悪：進行性の地圧は発生しやすい。

※ 断層破碎帯、偏圧・斜面クリープ、膨張性地山である場合や周辺地山に地すべりや陥没等の変状履歴がある場合は、地質の良否を「悪」とする。

※ 凍上圧が発生する場所では、地質の良否を「悪」とする。

- 断層破碎帯とは、地殻変動により地殻に派生した断裂で、多少とも面に沿ってすべり変位の認められる断層面に沿う不規則な割れ目の帯状の集合のことであり、突然多量の湧水が出たり、断層角礫や粘土の軟弱帯がトンネル内に押出してきたり、噴出したりすることがある。
- 膨張性地山とは、山岳トンネルの掘削に当たってトンネル内空を縮小するようにはらみ出してくる地山のことをいい、粘土鉱物を含有する地山の体積膨張や地山応力による塑性変形等が要因となってトンネル周辺地山のはらみ出しが生じると考えられている。泥岩、頁岩、蛇紋岩、温泉余土等の地山は、トンネル掘削に当たって膨張性を示すことが比較的多い。このような地山で、支保工や覆工に作用する地圧のことを膨張性地圧という。
- また、斜面クリープとは、斜面を構成している地山の表層部が気温や含水量等の変化により、徐々に下方に重力移動する現象のことをいい、この移動量が大きいものを地すべりという。

(2) 土かぶりと地質の良否による地山条件の区分

- 土かぶりの大きさに応じて、その危険度を区分する。

表3-7 土かぶりによる危険度の区分

土かぶり : D_c	危険度
$D_c < 5D$	危険度 大 : トンネル変状の危険性がある。
$D_c \geq 5D$	危険度 小 : トンネル変状の危険性が低い。

※表中のDは、トンネル掘削断面の直径を表す。

※無圧コンクリートライニング断面（無支保）の最小土かぶり厚さ3Dに若干の余裕を考慮して5Dを区分の境界条件としている。

※本表は、鉄筋及び無筋コンクリート覆工の場合に適用するものとし、素掘り及びモルタル・コンクリート吹付けトンネル、又は圧力トンネルの場合は、別途検討するものとする。

※地質の状況等によっては、必ずしもこの基準によらないものとする。

【参考】最小土かぶり厚について

無圧トンネルの場合、この高さについては各種実験及び弾性理論による理論解等から、一般にトンネル掘削断面の直径の5倍程度とされているが、これは地山の地質、ライニングの有無とその材質、支保工の種類によって異なるので、次の値（表-2）を標準とする。

表-2 トンネルの最小土かぶり厚さ (D_c) の標準

区 分	岩トンネル	土砂トンネル
素掘り及びコンクリート吹付け断面	10 D_e 、ただし 最小30m	—
無筋コンクリートライニング断面 (無支保)	3 D_e	—
無筋コンクリートライニング断面 (有支保)	2 D_e	3 D_e
鉄筋コンクリートライニング断面 (有支保)	中間部	1.0 D_e
	坑口部	2m
		3m

(注) ① D_e : トンネル掘削断面の直径 (m) (余掘りを含む)

② 土かぶり厚さはトンネル本体上端から地表までの高さ

出典：土地改良計画設計基準・設計「水路トンネル」(平成26年7月), P. 17

- 上記と(1)地質の良否による区分による地山条件の区分を、図3-5に示す。

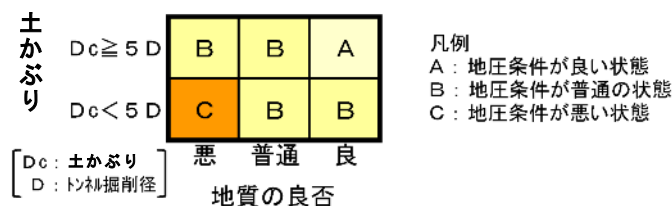


図3-5 (土かぶりと地質の良否による) 地山条件の区分

（３）覆工背面の空洞の有無と地山条件による外部条件の区分

- ・ 空洞の有無による区分を行う。トンネル覆工背面の空洞の有無については、全線を調査することが困難な場合があるため、未調査箇所については施工方法等により、空洞の有無を推定する。

なお、目視点検により、ひび割れや湧水等のトンネル変状があり、空洞があるおそれがある箇所については、実際に空洞調査を行うことが望ましい。

表3-8 覆工背面の空洞の有無の判断区分

空洞の有無	判 定 区 分
有	実際の空洞調査で空洞が発見された場合
有る可能性が高い	矢板工法で施工した場合
有る可能性が低い	NATMで施工した場合、又は実際の空洞調査で空洞が発見されなかった場合

- ・ この覆工背面の空洞の有無の判定区分を、地山条件の判定区分と組み合わせて、「地山等の外部条件」を区分する。

図3-6 に地山等の外部条件による区分を示す。

地 山 条 件	A	中	低	低
	B	高	中	低
	C	高	高	中
		有	有る可 能性が 高い	有る可 能性が 低い
		背面空洞		

凡例
 低：地圧による変状進行の可能性が低い
 中：地圧による変状進行の可能性が中
 高：地圧による変状進行の可能性が高い

図3-6 地山等の外部条件の区分

（４）施設の影響度、地山等の外部条件の区分の整理

- ・ 施設の影響度と地山等の外部条件の区分の整理は、竣工図書・工事記録（トンネル縦断図、平面図、工事誌等）及び現地踏査結果を踏まえ、下表に示す評価区間毎に評価を行い整理表（表3-9参照）を作成する。現地調査により修正があった場合は、速やかに修正・追記等を行い整理する。

なお、評価区間単位は1 スパン、又は10mを基本とし、スパン延長や地質の良否等、施設・地域の特性に応じて設定する。

表3-9 施設の影響度評価と地山等の外部条件整理表

位置情報			覆工形式	重要度評価					地山等の外部条件				備考
				条件				評価	条件			評価	
スパン	距離	追加距離		受益面積	工水・上水 共用施設	直上の 土地利用	復旧 難易度		岩種	土かぶり (m)	覆工 背面空洞		

3. 5 現地調査（近接目視と計測）

事前調査・現地踏査で得られた情報を踏まえ、調査施設の特徴（水路トンネル形式・断面形の特徴）や地山等の外部条件による区分、影響度等を勘案して、調査項目や調査単位（調査地点の密度）を設定する。特に水路トンネルの場合、覆工背面の地山状態の良否がトンネルの変状に大きく関わってくるため、地山の状態を把握するための調査手法が重要となる。なお、現地調査に当たっては類似地区の事故事例や使用・劣化環境条件も参考にすることも考慮する。

【解説】

（１）現地調査の基本的な考え方

- ・ 現地調査は、事前調査・現地踏査で得られた情報や地山等の外部条件による区分及び施設の重要度や経過年数等を踏まえ、適切な調査範囲において実施するもので、施設の性能低下状態やその要因について定量的な調査を行う。現地調査による調査結果だけでは判定できず、更に詳細な調査が必要であると判断された場合には、専門家や試験研究機関等による調査（詳細調査）を実施する。
- ・ トンネル坑内の現地調査に当たっては、酸欠、有毒ガスによる生命の危険を避けるため、調査開始前に有資格者による酸素濃度等の測定や、換気を十分に行うなどの配慮が必要である。
- ・ また、調査費用と求めたい結果との費用対効果についても十分検討し、施設の重要度が低く、事故歴や変状が無い場合や機能診断調査を行うよりも事後保全の方が明らかに経済的と判断される場合には、現地調査項目を絞り込むこともできる。

（２）現場条件により調査に制約を受ける場合の取扱い

- ・ 水路トンネルの現地調査はできる限り断水し、トンネル坑内に水がない状態で調査することが望ましいが、運用上の理由により、やむを得ず通水した状態で調査を行う場合には、調査用台車や水中カメラの使用など、通水状態での調査手法を検討するとともに、合理的な調査となるように調査可能な項目や範囲、経済性などについても留意する。

（３）調査項目及び調査内容

- ・ 現地調査では、事前調査、現地踏査の結果を踏まえ、劣化の状況や主要な劣化要因等を特定するために必要な調査項目を設定する。

特に、トンネルの変状に大きく影響する覆工背面の地山の状態は、直接目視できないため、その調査手法が重要となる。トンネル内に進入できない場合には、周辺地山の沈下・陥没・ひび割れやトンネル上部の土地利用状況など、周辺状況の情報収集に重点を置いた調査を行うものとする。トンネル内に進入できる場合では、表3-10に掲げる調査項目を標準とし、事前調査や現地踏査で得られた情報を踏まえ、必要に応じ

て劣化の状況や主要な劣化要因等を特定するために必要な項目を追加する。ただし、当該施設における調査項目の有効性や施設の置かれた状況を勘案して、調査項目を絞り込むこともできる。

- ・ なお、コンクリート覆工形式の水路トンネルでは、劣化要因推定表によって得られた主要な劣化要因を踏まえ、ひび割れ、材料劣化、変形・歪み、継目の劣化などについて調査する。
- ・ また、農業水利施設の構造性能の低下は、水利用性能・水理性能の低下としてマクロ的に顕在化することも多い。水理システムを俯瞰した問診等により水利用性能及び水理性能を把握しておくことは、後の対策工法の検討等のプロセスの効率的な実施にもつながることから、こうした問診を行うことも重要である（表3-11参照）。

表 3-10 構造機能に関する標準的な現地調査項目例

機能	性能	区 分	調査項目	調査手法	記録手法
構 造	力学 安全 性	ひび割れ	ひび割れ最大幅	定量計測 (クラックスケール)	定量記録、写真記 録、図化
			ひび割れ延長	定量計測 (スケール)	〃
			ひび割れタイプ	タイプ判別	〃
			ひび割れ段差	目視による有無 定量計測 (スケール)	
		変形・ 歪み	内空断面の変位	目視による有無、簡易計測 (下げ 振り、ポール等)	定量記録、写真記 録、図化
		圧縮強度	圧縮強度 (反発硬度)	簡易計測 (リバウンドハンマ法、 機械インピーダンス法等)	定量記録、写真記 録
	耐久 性	材料劣化	浮き	目視による有無、 打音調査	写真記録、図化
			剥離・剥落・スケーリ ング	目視による有無、 簡易計測 (デプスゲージ等)	定量記録、写真記 録、図化
			ポップアウト	目視による有無	写真記録、図化
			(析出物)エフロレッ センス	〃	〃
			(析出物)ゲルの滲出	〃	〃
			錆汁	〃	〃
			変色	〃	〃
			摩耗・風化	目視による有無、 簡易計測 (デプスゲージ等)	定量記録、写真記 録、図化
			漏水(痕跡)	目視による有無	写真記録、図化
			鉄筋露出	〃	〃
		中性化	中性化深さ／中性化 残り	ドリル法	〃
			鉄筋被り	設計図書の確認、 定量計測 (鉄筋探査)	定量記録、写真記 録、図化
	安定 性	漏水・湧水 背面土砂 吸出し	漏水、濁り	目視による有無	写真記録、図化
		不同沈下	沈下、蛇行	目視による有無 簡易計測 (スケール等)	定量記録、写真記 録、図化
	上記性能を 含む構造性能	地盤変形	覆工背面の空洞化	打音調査	写真記録、図化
			周辺地山の沈下・陥没 ・ひび割れ	目視による有無	写真記録、図化
		継目の 損傷	継目の開き	目視による有無、簡易計測 (スケ ール)	定量記録、写真記 録、図化
			継目の段差	〃	〃
			止水板の破断	目視による有無	写真記録、図化
			継目からの漏水	〃	〃
			周縁コンクリートの 欠損等	目視による有無、簡易計測 (スケ ール等)	定量記録、写真記 録、図化

表3-11 水利用機能及び水理機能に関する標準的な現地調査項目の例

機能	性能	調査項目	調査手法	記録手法	備考
水利用	保守管理・保全性	保守管理に必要な施設(排水施設、安全施設等)の有無、状態	目視による有無	状態記録、写真記録	非かんがい期
		保守管理の安全性(酸素濃度、有毒ガス、湧水等)の有無、状態	ガスの定量計測(探知機等)、湧水の目視による有無	定量記録、写真記録	〃
水理	通水性	流量	定量計測結果より算定(水位(スケール等)と流速(電磁流速計等)を計測し流量を算定する)	定量記録、写真記録	かんがい期
		水位(余裕高)	定量計測(スケール・コンベックス等)	〃	かんがい期
		水路断面	定量計測(スタッフ等)、土砂堆積の有無	〃	非かんがい期
		トンネルインバー트의勾配	縦断勾配計測(レベル等)	定量記録、写真記録、図化	〃
		摩耗・すりへり※	目視による有無	写真記録、図化	〃
		変形・歪みの有無※	目視による有無 定量計測(下げ振り等)	定量記録、写真記録、図化	〃
	水理学的安定性	坑口付近の水面動揺	目視による有無	状態記録、写真記録	かんがい期

※定点における施設状態評価表を用いた調査の項目にも該当。

- ・ 打音調査により覆工背面の空洞が想定される場合、段差が生じているひび割れの代表的な箇所等において、詳細調査としてドリル削孔やコアボーリングなどにより、覆工背面の地山の状態を調査することも考慮する。また、この調査孔を利用して空洞の有無、覆工巻厚、ひび割れの深さ等を調査し、いち早く変状の進行状態や劣化要因を推定することも重要である。

- ・ ひび割れの調査においては、その発生位置、方向等からひび割れタイプを特定し、劣化要因が推定できるようにする必要がある。特に、無筋コンクリート覆工においては、発生したひび割れが、曲げひび割れかせん断ひび割れかを特定し、例えば、曲げひび割れが発生している場合では、覆工背面に空洞が残存しているからではないか、また、せん断ひび割れが発生している場合では、地山条件等により偏圧が作用しているためではないかといった、ひび割れの分類に基づいた調査を行うことも重要である。

さらに、無筋コンクリート覆工に発生するひび割れは、曲げによる場合は不連続なひび割れが発生し、一方せん断による場合は食い違いや段差のあるひび割れが発生するので、曲げひび割れかせん断ひび割れかを特定し、なぜそれが起こっているのかといった視点で調査を行うことも重要である。

- ・ **表3-12** に水路トンネルのひび割れの分類（曲げ、せん断）に基づく調査手法の一例を示す。なお、トンネルの断面形がほろ形の場合、側壁部に変状が発生しやすいため、重点的に調査することも重要である。

また、地圧に因るものなど、ひび割れタイプの特定が困難な場合には、覆工背面の空洞調査や覆工巻厚の測定など必要に応じて詳細調査を行うことを考慮する。

表 3-12 水路トンネルのひび割れの分類（曲げ、せん断）に基づく調査手法の一例

ひび割れの分類	ひび割れの特徴	ひび割れ発生箇所	推定されるひび割れの要因	調査のポイント	備 考
曲げによるもの	不連続なひび割れで、トンネル縦断方向の引張りひび割れ（開口ひび割れ）	側壁あるいはアーチ肩部インバート（盤膨れによる）	塑性圧	地質調査データ 地下水の状況 背面空洞の有無 断面形 巻厚の測定 設計図書の確認	地圧等（塑性圧、緩み圧、偏圧）の外力の変状要因別の対策工法については、「手引き 4.4.2 対策工法選定に当たっての留意事項」の代表的な対策工法の例を参照のこと
		山側アーチ肩部	偏圧	地形・地質図等 近接施工の有無	
		覆工天端	緩み圧（側壁の押し出しや盤膨れ等の現象がみられない場合）	地質調査データ 地下水の状況 施工方法 近接施工の有無	
	不連続なひび割れで、トンネル縦断方向の圧縮ひび割れ	アーチ肩部からスプリングライン付近	緩み圧（覆工の変形が進行している場合）	地質調査データ 地下水の状況 施工方法 近接施工の有無	
	圧ざの発生	覆工天端	塑性圧、背面空洞	背面空洞の有無	
		アーチ頂部、またはやや谷側	偏圧	地形・地質図等 近接施工等	
	放射状のひび割れ	覆工天端	緩み圧（岩塊の落下・堆積による場合）	背面空洞の有無	
せん断によるもの	食い違い、段差のあるひび割れ	アーチ肩部	塑性圧、緩み圧、巻厚不足等	巻厚の測定 設計図書の確認	
	水平・横断・斜め方向の複雑なひび割れ、食い違いのあるひび割れ	アーチ肩部	偏圧（地すべり）	地形・地質図等 地すべり地帯 地下水の状況	
	放射状のひび割れ（周方向）	覆工天端	緩み圧（岩塊の落下・堆積による場合）	背面空洞の有無	

(4) 現地調査票

- 現地調査結果は、調査項目ごとに整理を行う。なお、現地調査に当たっては、中長期の変状を継続的に調査することが望ましいため、定点ごとの調査票から取りまとめるを行う。現地調査（定点調査）票を表3-13～表3-15及び表3-16に、詳細調査票を参考資料に示す。

表 3-13 コンクリート覆工形式の水路トンネル及び坑口の現地調査（定点調査）票の例（1/3）

整理番号			調査年月日			
地区名			記入者			
施設名			調査地点(測点表示等) 例: No. ○+○～No. ○+○			
定点調査番号						
土被り	m (トンネル掘削径: m)					
覆工形式	☐ (a) 無筋コンクリート覆工 ☐ (b) 鉄筋コンクリート覆工 ☐ (c) 坑口					
劣化要因の推定 (劣化要因推定表による)	外部	劣化要因		評価	特記事項(可能性のある劣化要因等)	
		塑性圧(◎・○・△・なし)				
		緩み圧(◎・○・△・なし)				
	内部	偏圧(◎・○・△・なし)				
		摩耗風化(○・△・なし)				
		中性化(○・△・なし)				
		ASR(○・△・なし)				
		凍害(○・△・なし)				
		塩害(○・△・なし)				
		化学的腐食(○・△・なし)				
調査部位	規格		調査施設概要図			
データ整理No.	スケッチ	☐ あり ☐ なし		No.		
	写真	☐ あり ☐ なし		No.		
変 状 項 目			変状の状態・程度			
ひび割れ	構造的な安定性評価(1評価)【無筋・鉄筋】					
	ひび割れ段差			☐ あり ☐ なし		
	ひび割れ最大幅 ※()の値は厳しい腐食環境の場合に適用する。	無筋	☐ ひび割れ無し ☐ ひび割れあり ☐ 開口ひび割れ ☐ 圧ざ性ひび割れ・段差ひび割れ ☐ 部分的 ☐ 全体的			
		鉄筋・坑口	☐ ひび割れ無し ☐ 0.2mm未満 ☐ 0.2mm以上～1.0mm未満 ☐ 1.0mm以上 ☐ (0.2mm未満) ☐ (0.2mm以上～0.6mm未満) ☐ (0.6mm以上)			
				実測値		(mm)
	最大幅ひび割れの延長			(m)		
	ひび割れタイプ ※複数指定可	1.曲げによる不連続なひび割れ【無筋】	☐ あり ☐ なし	ひび割れ最大幅		(mm)
			☐ 全体的			
		2.せん断による食い違いや段差のあるひび割れ【無筋】	☐ あり ☐ なし	ひび割れ最大幅		(mm)
			☐ 全体的			
		3.継目間中央や部材解放部の垂直ひび割れ【鉄筋】	☐ あり ☐ なし	ひび割れ最大幅		(mm)
			☐ 全体的			
	4.特徴的な形状を示さないひび割れ【鉄筋】	☐ あり ☐ なし	ひび割れ最大幅		(mm)	
		☐ 全体的				
	5.格子状・亀甲状などのひび割れ【鉄筋】	☐ あり ☐ なし	ひび割れ最大幅		(mm)	
☐ 全体的						
6.鉄筋に沿ったひび割れ【鉄筋・坑口】			☐ あり ☐ なし	ひび割れ最大幅	(mm)	
			☐ 全体的			
進行性(前回との変化)			☐ あり ☐ なし			
ひび割れ規模(ひび割れ幅0.2mm以上)【鉄筋・坑口】			☐ 部分的 ☐ 全体的 ☐ なし			
ひび割れ付随物(析出物、錆汁、浮き)			☐ あり ☐ なし			
ひび割れからの漏水			☐ 滲出し、漏水跡、滴水 ☐ 流水、噴水 ☐ なし			

表 3-14 コンクリート覆工形式の水路トンネル及び坑口の現地調査（定点調査）票の例（2/3）

変状項目		変状の状態・程度			
		※いずれか該当するチェックボックスに印をつけ、右欄に計測値を記入する。			
不同沈下	構造物の沈下・蛇行	☐ 局所的（施設の一部のみで発生） ☐ なし ☐ 全体的（変状が構造物全体にある）			
継目	継目の開き	☐ 局所的（施設の一部のみで発生） ☐ なし ☐ 全体的（変状が構造物全体にある）			(mm)
	継目の食い違い	☐ 局所的（施設の一部のみで発生） ☐ なし ☐ 全体的（変状が構造物全体にある）			(mm)
	止水板の破損	☐ あり ☐ なし			(箇所)
	継目からの漏水の状況	☐ 滲出し、漏水跡、滴水 ☐ なし ☐ 流水、噴水			(箇所)
	周縁コンクリートの欠損等	☐ 局所的（施設の一部のみで発生） ☐ なし ☐ 全体的（変状が構造物全体にある）			(箇所)
周辺地盤の変状	背面の空洞	☐ 局所的（施設の一部のみで発生） ☐ なし ☐ 全体的（変状が構造物全体にある） ☐ 不明			
	周辺地盤の陥没ひび割れ	☐ 局所的（施設の一部のみで発生） ☐ なし ☐ 全体的（変状が構造物全体にある）			
	背面土砂の流出	☐ 目地・ひび割れから背面土砂が流出している可能性がある ☐ なし ☐ 目地・ひび割れから背面土砂が流出している			
ひび割れ以外の変状	浮き	☐ 部分的（表面の50%未満） ☐ なし ☐ 全体的（表面の50%以上）			(m ²)面積
	剥離・剥落・スケーリング	☐ 部分的（表面の50%未満） ☐ なし ☐ 全体的（表面の50%以上）			(m ²)面積
					(cm)深さ
	析出物 （エフロレンス・ゲルなど）	☐ 部分的（表面の50%未満） ☐ なし ☐ 全体的又は鉄筋に沿った部分的（表面の50%以上）			(箇所)
	錆汁【鉄筋・坑口】	☐ 部分的 ☐ なし ☐ 全体的			(箇所)
	摩耗・すりへり	☐ 細骨材露出 ☐ 粗骨材露出 ☐ 粗骨材剥離 ☐ なし			(m ²)面積
		☐ 全体的（表面の50%以上） ☐ 水理機能・水利用機能への支障有り			
	漏水【坑口】	☐ 漏水跡、滲出し、滴水 ☐ 流水、噴水 ☐ なし			
水路底面の洗掘	☐ 洗掘深が覆工厚の1/3未満 ☐ 洗掘深が覆工厚の1/3以上～1/2未満 ☐ 洗掘深が覆工厚の1/2以上 ☐ なし				
鉄筋露出 【鉄筋・坑口】	☐ 部分的（表面の50%未満） ☐ なし ☐ 全体的（表面の50%以上）			(箇所)	
圧縮強度	反発硬度法	測定No.			(N/mm ²)
		測定No.			
	平均値【鉄筋・坑口】 （設計基準強度比）	☐ 21N/mm ² 以上 ☐ 15N/mm ² 以上～21N/mm ² 未満 ☐ 15N/mm ² 未満 （100%以上） （75%以上100%未満） （75%未満）			
	平均値【無筋】 （設計基準強度比）	☐ 18N/mm ² 以上 ☐ 13N/mm ² 以上～18N/mm ² 未満 ☐ 13N/mm ² 未満 （100%以上） （75%以上100%未満） （75%未満）			
中性化深さ 【鉄筋・坑口】	ドリル法	測定No.			(mm)
	鉄筋被り（測定値又は設計図書による）				(mm)
	中性化残り＝鉄筋被り－中性化深さ				(mm)
	平均値	☐ 中性化残り10mm以上 ☐ 中性化残り10mm未満			

表 3-15 コンクリート覆工形式の水路トンネル及び坑口の現地調査（定点調査）票の例（3/3）

点検担当者の主観的な評価	
対策の必要性	1.対策必要有(以下から選択) ☐ ①早急に詳細調査を実施し、補修対策を実施する必要有り。 ☐ ②詳細調査を実施し、対策の必要有無を検討するのが望ましい。 ☐ ③緊急の対策、調査は必要ない。 ☐ 2. 対策必要無し 【特記事項】
想定される 主な劣化要因 ※複数指定可	【劣化要因】 ☐ 1.外力(塑性圧) ☐ 2.外力(緩み圧) ☐ 3.外力(偏圧) ☐ 4.初期欠陥 ☐ 5.中性化 ☐ 6.塩害 ☐ 7.アルカリ骨材反応 ☐ 8.凍害 ☐ 9.化学的腐食 ☐ 10.摩耗・風化 ☐ 11.過荷重(地震含) ☐ 12.近接施工 ☐ 13.支持力不足 ☐ 14.その他 【特記事項】 ※14.その他にチェックした場合は、特記事項にその内容を必ず記載すること。

表 3-16 定点調査票 スケッチ図

整理番号	調査年月日		平成 年 月 日
	記入者		
	地区名	調査地点	
	施設名	(測点表示等)	
定点調査番号			

標準断面図
1:100

内空面展開図
1:100

凡例

(We_L=)	ひび割れ幅 2.0mm以上
(We_L=)	ひび割れ幅 1.0~2.0mm未満
(We_L=)	ひび割れ幅 0.20~1.0mm未満
(We_L=)	ひび割れ幅 0.20mm未満
---	剥離物(石灰分)
(We_L=)	目地の変状(剥離)
	浮き
	新亀・新溝
	骨材の露出
	湧水
	漏水(浸透)
①	写真撮影方向・番号

（５）調査頻度

- ・ 機能診断の頻度は、水路トンネルの劣化状況や偶発的な事故により、農業や周辺環境にどのような影響があるのか、その影響がどの程度までなら許容できるのか、修復の難易度や所要時間はどの程度かといった視点で検討を行い、調査に要する経費を加味して検討を行い、施設ごとに定められた重要度や健全度、調査に要する経費との関連も含めて適切に設定する必要がある。

また、劣化があまり進行しておらず、偶発的な事故によるリスクが小さい場合であっても、当該施設が今後どのような劣化過程をたどるのかを観察し予測するため、定期的な機能診断を実施する必要がある。

3. 6 機能診断評価の視点

機能診断評価は、劣化予測や対策工法の検討を行うため、機能診断調査の結果明らかとなった「施設状態」に基づき、対象施設の「健全度評価」を行う。健全度評価は、主に構造性能に係る指標に基づいて、対象施設の変状がどの程度のレベルにあるかを総合的に評価することを基本とするが、状況に応じて水利用性能、水理性能に係る指標も併せて考慮する。

【解説】

- ・ 機能診断評価は、機能保全計画を策定するために必要となる施設・設備の性能低下について、その状態と要因を把握するために実施する。また、施設・設備の状態から水路トンネルが総合的にどの程度の健全性を有するかについて評価を行うために実施する。
- ・ 健全度は、施設に求められる様々な性能の状態を包括的に評価することを意図しており、水利用性能、水理性能を支える関係にある構造性能に係る指標を中心に評価を行う。
- ・ また、施設の劣化はコンクリートなどの材料そのものの劣化、外力による変形・変位、目地の変状等、様々な要因により引き起こされるが、施設の健全度評価は、こうした劣化の主要因を見極めた上で適切に評価する。ただし、ゴミ、雑草などに起因する水利用性能及び水理性能の低下は、維持管理による対応を別途検討するものとし、健全度評価においては考慮しない。

水路トンネルにおける機能診断評価のフローを図3-7 に示す。

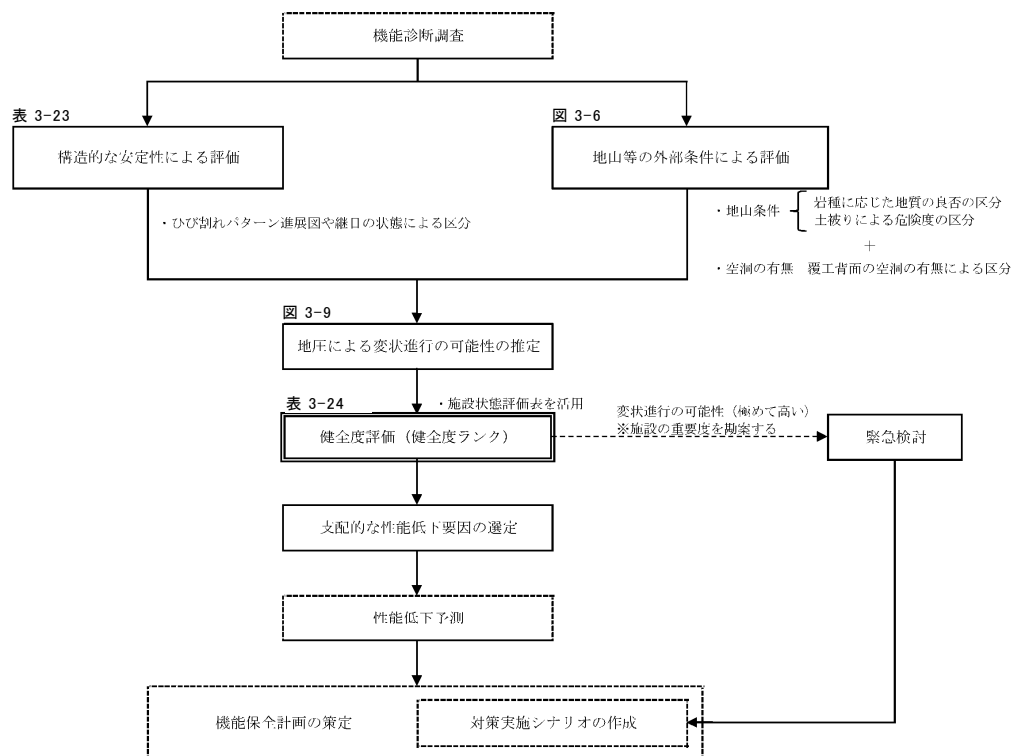


図 3-7 機能診断評価のフロー

- 水路トンネルの場合、地圧の作用によって変状を生じることが多いため、地圧の影響を考慮した上で、トンネルの健全度評価を行うことが重要である。また、鉄筋コンクリート覆工では、ひび割れは地圧だけでなく鉄筋腐食との関連性も重要となることから、鉄筋コンクリート構造物と同様の調査も必要となるほか、坑口では、地山の重量等上載荷重を受ける暗渠として設計されていることから、暗渠構造物としての調査も必要となる。
- 施設の性能低下は供用期間中に生じた様々な要因によって進行しているため、それぞれの要因について進行性があるかどうかを含めて把握することが重要である。
さらに、コンクリート覆工の劣化特性については、ひび割れタイプや外部環境によって大きく異なるため、これらを考慮して検討を行うとよい（表3-17）。

なお、水路トンネルの健全度ランクの設定を表3-18～表3-21 に示す。

(1) 性能低下の要因

- ① 外部要因（構造物の変形・変位・損傷など）
 - ・ 地震、地圧、水圧、覆工背面の空洞、地すべりなど
- ② 内部要因（コンクリート等材料そのものの劣化）
 - ・ コンクリートの摩耗、化学的侵食、塩害、中性化、凍害、複合的な要因による劣化など
- ③ その他の要因
 - ・ 継目の損傷等など

(2) ひび割れタイプ

- ・ 水路トンネルの性能低下には、内部要因や外部要因があるが、いずれの場合においてもひび割れのタイプや進行と密接な関係があるため、調査・評価、劣化予測、対策工法の検討においては、ひび割れの特徴（曲げひび割れ、せん断ひび割れ、場所、長さ、方向、進行性等）を踏まえた上で、総合的に要因の推定を行う。

特に、無筋コンクリート覆工に発生するひび割れは、曲げによる場合は不連続なひび割れが発生し、一方せん断による場合は食い違いや段差のあるひび割れが発生するので、曲げひび割れかせん断ひび割れかを特定し、なぜそれが起こっているのかといった視点で要因の推定を行うことも重要である。

また、鉄筋コンクリート覆工に発生するひび割れは、ひび割れからの水分の浸入・乾燥の繰り返しなどによる鉄筋腐食に留意する必要がある。

- ・ ひび割れは進行性と非進行性に大別されるが、ひび割れタイプによる潜在的なひび割れの進行性、非進行性の評価に加え、実際にひび割れが進行しているかを継続調査により把握することが重要である。ひび割れの進行状況はひび割れ展開図の比較によって行う。

ひび割れ規模の判定は、ひび割れの分布により「全面的」、「部分的」について判断する。

(3) 外部環境

- ・ 外部環境の影響を考慮するためには、地山等の外部条件による評価を行うとよい。
- ・ また、コンクリート覆工形式以外の水路トンネルの評価における留意点は次のとおりである。

1) モルタル・コンクリート吹付け形式

- ・ モルタル・コンクリート自体のひび割れや浮き・剥離・剥落など表面ライニング機能を重点的に評価するとともに、建設当時の使用材料や施工方法等についても留意するとよい。

なお、地圧による変状が認められる場合には、早急に別途検討が必要である。

2) 素掘り形式

- ・ 岩トンネルの場合において、多く採用されるトンネル形式で、岩盤の風化による浮き・剥離・剥落などの表面的な変状を重点的に評価する。

なお、地圧による変状が認められる場合には、早急に別途検討が必要である。

3) 内張管形式

- ・ 内張管の管種に応じて、摩耗の状態、塗装の状態、腐食の状態を重点的に評価する。

なお、内張管に変形や歪みの変状が認められる場合には、別途検討が必要である。

表 3-17 ひび割れタイプの分類とその特徴の例

ひび割れタイプ		特 徴
外力によるひび割れ	曲げひび割れ	不連続なひび割れで、側壁あるいはアーチ肩部にトンネル縦断方向の引っ張りひび割れ（開口ひび割れ）が確認される（塑性圧の可能性が高い）。 不連続なひび割れで、トンネル天端付近に縦断方向の引っ張りひび割れ（開口ひび割れ）が確認される（盤膨れが発生していない場合は緩み圧の可能性が高い）。 圧さを伴う圧縮ひび割れで、塑性圧や膨張圧による変状が進行すると、天端に発生する。 放射状のひび割れで、突発性崩壊により天端に集中荷重が作用した場合に発生する。背面に空洞がある場合が多い。
	せん断ひび割れ	側壁施工打継ぎ目に食い違いが確認される。 側壁あるいはトンネル天端付近に段差のあるひび割れが確認される（ひび割れの発生位置が左右非対称の場合は偏圧の可能性が高い）。 周方向の放射状のひび割れで、突発性崩壊により天端に集中荷重が作用した場合に発生する。背面に空洞がある場合が多い。
初期ひび割れ		部材開放部に鉛直にひび割れを生じる（乾燥収縮ひび割れ）。 部材拘束部に鉛直にひび割れを生じる（温度応力ひび割れ）。
劣化要因不特定ひび割れ		劣化要因を特定できるような特徴的な症状がない複合的な要因で、特定できない。
鉄筋腐食先行型ひび割れ		被りの薄い場所から鉄筋に沿ったひび割れを生じる（中性化、塩害によるひび割れ）。
ひび割れ先行型ひび割れ		表面からひび割れが進行し、格子状・亀甲状とひび割れが細網化（化学的侵食、ASR や凍害などその他劣化原因によるひび割れ）。

表 3-18 水路トンネル（無筋コンクリート覆工）の健全度ランクの設定例

健全度 ランク	施設の状態	現 象 例	対応する※ 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態	① S-4 以上の変状がない状態。	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態	① 覆工天端・側壁縦断方向にひび割れが生じている（曲げによる可能性が高い）。 ② 施工時の温度応力等で発生した横断ひび割れが生じている。 ③ コンクリート覆工に軽微な摩耗が生じている。 ④ 継目に軽微な変状や軽微な摩耗が認められるが、通常の使用に支障がない状態、漏水は滲出程度。	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態	① 覆工天端・側壁縦断方向にひび割れが発生している（ひび割れは開口する傾向にある）（曲げによる可能性が高い）。 ② インバートにひび割れが生じている（曲げによる可能性が高い）。 ③ コンクリート覆工の剥離・剥落が全体的に生じている。 ④ 継目の劣化により地下水が流水又は噴水している。	補修・補強
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態	① 施工打ち継目に食い違いが生じていたり、天端・側壁部に開口ひび割れが生じており、ひび割れに段差が生じている（開口ひび割れは曲げ、食い違いやひび割れの段差はせん断による可能性が高い）。 ② アーチ部に斜めひび割れが生じている（曲げによる可能性が高い）。 ③ 地圧等の外力によりインバートに盤膨れが生じている（曲げによる可能性が高い）。	補強・補修
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態 近い将来に施設機能が失われる、又は著しく低下するリスクが高い状態	① 施工打ち継目に大きく食い違いが生じていたり、天端・側壁部に大きな段差のひび割れが発生している（せん断による可能性が高い）。 ② S-2に評価される変状が更に進行した状態。 補強で対応するよりも、更新した方が経済的に有利な状態。	更 新

※ 補修は耐久性を回復又は向上させること、補強は構造的耐力を回復又は向上させることである。

※ 同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、水理性能に与える影響、重要度、リスク、劣化要因、劣化の進行状況などに応じて検討する。

※ 例えば以下のような場合については別途の観点からの検討が必要となる場合があるので、留意が必要である。

- ① S-3 評価をした場合でも、その劣化要因が外力によるものであり、劣化の程度が軽い状態でも構造的耐力を回復又は向上させる対策（補強）を検討する必要がある場合。
- ② S-2 評価をした場合でも、摩耗により粗度係数が大きくなったため通水量が確保できなくなったり、目地の損傷により漏水量が著しく多くなり、水理機能を回復させる対策（補修）を検討する必要がある場合。
- ③ その他、劣化要因等を考慮し、健全度ランクにとらわれず対策を検討すべき場合。

表 3-19 水路トンネル（鉄筋コンクリート覆工）の健全度ランクの設定例

健全度 ランク	施設の状態	現 象 例	対応する※ 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態	① S-4 以上の変状がない状態。	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態	① 覆工天端・側壁縦断方向に幅0.2 mm以上1.0 mm未満のひび割れが生じている（曲げによる可能性が高い）。 ② 施工時の温度応力等で発生した横断ひび割れが生じている。 ③ コンクリートに軽微な摩耗が生じている。 ④ 継目に軽微な変状や軽微な摩耗が認められるが、通常の使用に支障がない状態、漏水は滲出程度。	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態	① 覆工天端・側壁部に幅1.0mm以上の引張ひび割れが発生している（曲げによる可能性が高い）。 ② インバートにひび割れが生じている（曲げによる可能性が高い）。 ③ 鉄筋に達するひび割れが生じているか、又は鉄筋腐食によるコンクリートの剥離・剥落が生じている（曲げによる可能性が高い）。 ④ 継目の劣化により地下水が流水又は噴水している。	補修・補強
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態	① 覆工天端・側壁部に幅1.0mm以上のひび割れがコンクリート覆工の全体的に生じている（曲げによる可能性が高い）。 ② アーチ部に幅1.0mm以上の斜めひび割れが生じている（曲げによる可能性が高い）。 ③ 鉄筋が全体的に露出している。 ④ 地圧等の外力によりインバートに盤膨れが生じている（曲げによる可能性が高い）。	補強・補修
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態 近い将来に施設機能が失われる、又は著しく低下するリスクが高い状態	① 貫通したひび割れが拡大し、鉄筋の有効断面積が大幅に縮小した状態。 S-2に評価される変状が更に進行した状態。 ② 補強で対応するよりも、更新した方が経済的に有利な状態。	更 新

※ 補修は耐久性を回復又は向上させること、補強は構造的耐力を回復又は向上させることである。

※ 同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、水理性能に与える影響、重要度、リスク、劣化要因、劣化の進行状況などに応じて検討する。

※ 例えば以下のような場合については別途の観点からの検討が必要となる場合があるので、留意が必要である。

- ① S-3 評価をした場合でも、その劣化要因が外力によるものであり、劣化の程度が軽い状態でも構造的耐力を回復又は向上させる対策（補強）を検討する必要がある場合。
- ② S-2 評価をした場合でも、摩耗により粗度係数が大きくなったため通水量が確保できなくなったり、目地の損傷により漏水量が著しく多くなり、水理機能を回復させる対策（補修）を検討する必要がある場合。
- ③ その他、劣化要因等を考慮し、健全度ランクにとらわれず対策を検討すべき場合。

表 3-20 水路トンネル（素掘り、モルタル・コンクリート吹付け、内張管方式）の
健全度ランクの設定例

健全度 ランク	施設の状態	現 象 例	対応する※ 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態	① S-4 以上の変状がない状態。	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態	① モルタル・コンクリート吹付けに軽微なひび割れや摩耗が生じている。 ② 岩盤に軽微な肌落ちが生じている。 ③ 漏水や管内面等に軽微な変状が生じているが当面の使用には支障がない状態。	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態	① モルタル・コンクリート吹付けに顕著なひび割れや剥離・剥落が生じているか、又は顕著な摩耗が生じている。 ② 岩盤に顕著な剥離・剥落が部分的に生じている。 ③ 漏水や管内面の腐食等、深刻でない変状が顕著に生じている。	補修・補強
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態	① モルタル・コンクリート吹付けに顕著なひび割れや剥離・剥落が生じているか、又は顕著な摩耗が生じている。 ② 岩盤に顕著な剥離・剥落が全体的に生じている。 ③ 管内面の腐食や摩耗が著しく進行している。 ④ 地圧等による外力により、トンネル断面や内張管に明らかな変形・歪みが生じている。	補強・補修
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態 近い将来に施設機能が失われる、又は著しく低下するリスクが高い状態	① S-2に評価される変状が更に進行した状態。 補強で対応するよりも、更新した方が経済的に有利な状態。	更 新

※ 同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、水理性能に与える影響、重要度、リスク、劣化要因、劣化の進行状況などに応じて検討する。

※ 補修は耐久性を回復又は向上させること、補強は構造的耐力を回復又は向上させることである。

※ 例えば以下のような場合については別途の観点からの検討が必要となる場合があるので、留意が必要である。

- ① S-3 評価をした場合でも、その劣化要因が外力によるものであり、劣化の程度が軽い状態でも構造的耐力を回復又は向上させる対策（補強）を検討する必要がある場合。
- ② S-2 評価をした場合でも、摩耗により粗度係数が大きくなったため通水量が確保できなくなったり、目地の損傷により漏水量が著しく多くなり、水理機能を回復させる対策（補修）を検討する必要がある場合。
- ③ その他、劣化要因等を考慮し、健全度ランクにとらわれず対策を検討すべき場合。

表 3-21 水路トンネル（坑口）の健全度ランクの設定例

健全度 ランク	施設の状態	現 象 例	対応する※ 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態	① S-4 以上の変状がない状態。	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態	① 天端に幅0.2 mm以上1.0 mm未満のひび割れが生じている（曲げによる可能性が高い）。 ② 施工時の温度応力等で発生した横断ひび割れが生じている。 ③ コンクリートに軽微な摩耗が生じている。 ④ 継目に軽微な変状や軽微な摩耗が認められるが、通常の使用に支障がない状態、漏水は滴水程度。	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態	① 天端・側壁部に幅1.0mm以上の引張ひび割れが発生している（曲げによる可能性が高い）。 ② 鉄筋に達するひび割れが生じているか、又は鉄筋腐食によるコンクリートの剥離・剥落が全体的に生じている（曲げによる可能性が高い）。 ③ 継目の劣化により地下水が流水又は噴水している。	補修・補強
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態	① 天端・側壁部に幅1.0mm以上のひび割れがコンクリート覆工の全体的に生じている（曲げによる可能性が高い）。 ② 天端部に放射状のひび割れが生じている。 ③ 鉄筋が全体的に露出している。	補強・補修
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態 近い将来に施設機能が失われる、又は著しく低下するリスクが高い状態	① 貫通したひび割れが拡大し、鉄筋の有効断面積が大幅に縮小した状態。 ② S-2に評価される変状が更に進行した状態。 補強で対応するよりも、更新した方が経済的に有利な状態。	更 新

※ 同欄の記載内容は目安として示したものであり、健全度ランクに対応する対策の必要性の有無及びその内容は、水理性能に与える影響、重要度、リスク、劣化要因、劣化の進行状況などに応じて検討する。

※ 補修は耐久性を回復又は向上させること、補強は構造的耐力を回復又は向上させることである。

※ 例えば以下のような場合については別途の観点からの検討が必要となる場合があるので、留意が必要である。

- ① S-3 評価をした場合でも、その劣化要因が外力によるものであり、劣化の程度が軽い状態でも構造的耐力を回復又は向上させる対策（補強）を検討する必要がある場合。
- ② S-2 評価をした場合でも、摩耗により粗度係数が大きくなったため通水量が確保できなくなったり、目地の損傷により漏水量が著しく多くなり、水理機能を回復させる対策（補修）を検討する必要がある場合。
- ③ その他、劣化要因等を考慮し、健全度ランクにとらわれず対策を検討すべき場合。

3. 7 施設の健全度評価

水路トンネルの健全度の評価は、トンネル形式・断面形や地山の特性、地下水や漏水の状態等を踏まえた機能診断調査の結果に基づいて、施設の性能低下に関係するそれぞれの要因及び地圧による変状進行の可能性とその評価区分を設定した施設状態評価表を用いて行う。複数の要因が影響している場合には、性能低下を進行させる、より支配的な要因や施設全体の機能に及ぼす影響度を考慮して評価する。

【解説】

- ・ 水路トンネルの健全度の評価に当たっては、トンネル形式・断面形や地山の特性、地下水や漏水の状態等を踏まえて、施設ごとの性能低下に関係する要因とその評価区分を設定した施設状態評価表を活用する。
- ・ 施設状態の適切な評価のためには、各施設や地域の条件等を加味することが必要となる。ストックマネジメントに係る基礎的なデータ蓄積のため、基本的な評価項目と評価区分を共通化することとし、水路トンネルの基本例として、トンネル形式ごとの施設状態評価表を表3-24及び参考資料に示す。
- ・ 評価の流れとしては、施設状態評価表を用いて、調査定点ごとに、個別の変状から変状別評価を行い、これらの評価を基に主要因別の評価を行う。最終的には、主要因別評価から施設状態の評価を行うものとし、主要因別評価から施設状態評価を行う際には、水路トンネルにおける変状の場合、進行性の地圧による影響が大きいため、地圧による変状進行性の可能性の評価結果に重点をおいて評価することが重要である。
- ・ 健全度の評価において、各要因に対する評価区分が異なる場合には、基本的に最も厳しい評価（例えば、S-4とS-3があれば、S-3）を採用する。

また、施設状態評価表に基づく評価だけでは施設の状態を適切に表現しきれない場合もあるため、様々な要因を含めた最終的な評価を下すため、健全度の総合評価を行う。健全度の総合評価は、それまでの評価の過程を検証し、必要に応じて現場条件等の確認や専門的な知見を有する技術者の協力を得るなどして、総合的な技術的判断（エンジニアリングジャッジ）を踏まえたものとして行う。

なお、支配的要因の検討やエンジニアリングジャッジ等の結果により、施設状態評価表で定量的に区分される評価とは異なる評価区分を採用する際には、定量的な計測等の結果も記録した上で、どのような考え方にに基づきその評価を行ったのかについて、記録しておくことが重要である。

(1) 地圧による変状進行の可能性の評価

- 水路トンネルの場合、地圧による外力が構造機能に及ぼす影響が大きいため、地山の安定性を把握する必要があり、構造的な安定性と地山等の外部条件により地圧による変状進行の可能性を推定した上で、トンネルの健全度評価を行うことが重要である。

推定は以下の手順で行う。

1) 構造的な安定性の区分

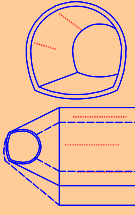
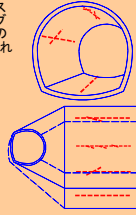
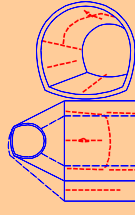
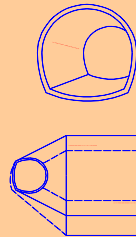
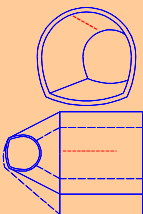
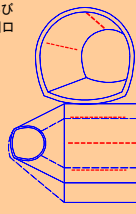
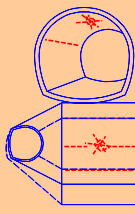
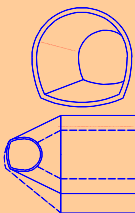
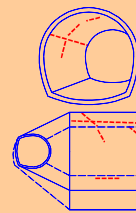
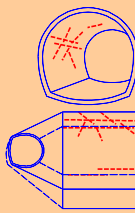
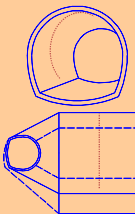
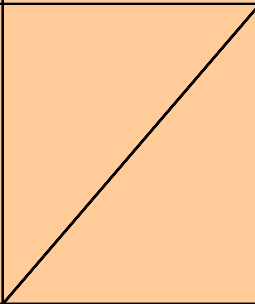
- トンネル覆工の構造耐力に係る覆工変状の現況については、トンネル覆工に生じるひび割れや継目の状態である程度評価できる。構造的な安定性の区分を表3-22に示すとおりI-2～I-5で表すこととし、現地調査結果を基に、表3-23により区分するものとする。

表 3-22 施設の状態による構造的な安定性の区分

レベル	施 設 の 状 態
I - 5	・変状がほとんど認められない状態 (ひび割れ幅0.2mm未満)
I - 4	・天端もしくは側壁にひび割れが発生している状態 (ひび割れ幅0.2mm～1.0mm未満) ・施工時の温度応力等で発生した横断ひび割れが発生している状態
I - 3	・天端もしくは側壁にひび割れが発生しており、ひび割れは開口する傾向にある状態 (ひび割れ幅1.0mm以上) ・インバートひび割れや継目の開口が生じている状態
I - 2	・天端や側壁に段差のあるひび割れが発生している状態 ・圧ざや食い違いあるいはインバートの盤膨れが発生しており、施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態

* () 内の数値は鉄筋コンクリート覆工におけるひび割れ幅を表す。

表 3-23 構造的な安定性の区分

	1-5	1-4	1-3	1-2
塑性圧による変状の代表的なパターン 側圧が卓越して変状が進行する。新第三紀泥岩、断層破碎帯、膨張性地山で発生しやすい。		 無筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ 鉄筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ: 幅0.2mm以上～1.0mm未満	側壁・スプリングラインのひび割れ開口  無筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ (側壁で開口する傾向) インバートひび割れ 縦目の開口 鉄筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ:幅1.0mm以上 (側壁で開口する傾向) インバートひび割れ 縦目の開口	 無筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ 天端・圧縮性の損傷発生 斜めひび割れ インバート膨れ・側壁の押し出し 縦目に開口・段差・食い違いが発生 鉄筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ:I-3が全体的 天端・圧縮性の損傷発生 斜めひび割れ:幅1.0mm以上 インバート膨れ・側壁の押し出し 縦目に開口・段差・食い違いが発生
緩み圧による変状の代表的なパターン 垂直圧が卓越して発生する。低土かぶりで未固結地山の場合や亀裂性の岩盤で背面に空洞がある場合に発生する。	 無筋コンクリート覆工 ひび割れ無し 鉄筋コンクリート覆工 ひび割れ幅0.2mm未満又はひび割れなし	 無筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ 鉄筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ: 幅0.2mm以上～1.0mm未満	天端ひび割れ開口  無筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ (天端で開口する傾向) 鉄筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ:幅1.0mm以上 (天端で開口する傾向)	 無筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ (ひび割れに段差が生じる) 放射状のひび割れ・損傷発生 ひび割れに囲まれた部分の発生 鉄筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ:I-3が全体的 (ひび割れに段差が生じる) 放射状のひび割れ・損傷発生 ひび割れに囲まれた部分の発生
偏圧による変状の代表的なパターン 地すべりや斜面に近接して施工されている場合に発生する。施工目地に食い違いや段差が生じる場合が多い。		 無筋コンクリート覆工 片側側壁のひび割れ 鉄筋コンクリート覆工 片側側壁のひび割れ: 幅0.2mm以上～1.0mm未満	 無筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ (片側の側壁で先行する傾向) 縦目の開口 鉄筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ:幅1.0mm以上 (片側の側壁で先行する傾向) 縦目の開口	 無筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ 側壁の押し出し 縦目の開口・段差・食い違いが発生 鉄筋コンクリート覆工 天端・側壁ひび割れ:I-3が全体的 側壁の押し出し 縦目の開口・段差・食い違いが発生
施工時のひび割れ 円周方向に生じるひび割れは、トンネルの安定性に大きな影響を及ぼさない。		 施工時の温度応力等で発生した横断ひび割れ(鉄筋・無筋共通)		

2) 地山等の外部条件の区分

- ・ 図3-6 (p. 60) で用いた地山等の外部条件の区分による。

地 山 条 件	A	中	低	低
	B	高	中	低
	C	高	高	中
		有	有る可 能性が 高い	有る可 能性が 低い
		背面空洞		

凡 例
 低：地圧による変状進行の可能性が低い
 中：地圧による変状進行の可能性が中
 高：地圧による変状進行の可能性が高い

図 3-8 地山等の外部条件の区分

3) 地圧による変状進行の可能性による健全度の区分

- ・ 表3-23 に示すトンネルの構造的な安定性と図3-8 に示す地山等の外部条件から、地圧による変状進行の可能性に基づく健全度を図3-9 のように評価する。

構 造 的 な 安 定 性	I-5	S-4	S-4	S-5
	I-4	S-3	S-4	S-4
	I-3	S-2	S-3	S-3
	I-2	S-2	S-2	S-2
		高	中	低
		地山等の外部条件		

凡 例
 S-5：地圧による変状進行の可能性は極めて低い
 S-4：地圧による変状進行の可能性は低い
 S-3：地圧による変状進行の可能性は高い
 S-2：地圧による変状進行の可能性は極めて高い

図 3-9 地圧による変状進行の可能性の推定に基づく健全度の区分

- ・ なお、トンネルの健全度評価は、図3-9 に示す健全度の区分と現地調査結果などから、表3-24及び参考資料に示す施設状態評価表に基づいて総合的に評価する。

表 3-24 水路トンネル（鉄筋コンクリート覆工）の施設状態評価表

地 区 名						評 価 年 月 日						
施 設 名						評 価 者						
定 点 調 査 番 号						調 査 地 点 (測 点 等)						
評価項目						評価区分				評価の流れ→		
健全度ランク						S-5	S-4	S-3	S-2	変状別 評価	主要因別 評価 (注4)	施設状態 評価 (注7)
外部 要因	地圧による変状進行の可能性による健全度の区分					「地圧による変状進行の可能性による健全度の区分に関する補表」に基づいて、地山等の外部条件及び構造的な安定性から健全度を評価する。				—	—	
	その他の 変状	不同沈下	構造物の沈下、蛇行	無		局所的 注3)	全体的 注3)	—				
		縫目変状	縫目からの漏水又は止水板の損傷	無	滴水	流水、噴水 止水板の損傷		—				
		周辺地盤の変状	周辺地盤の沈下・陥没・ひび割れ	無	局所的 注3)	全体的 注3)		—				
内部 要因	構造 物 自 体 の 材 料 的 な 劣 化	ひび割れ 形状 と 幅	タイプ：初辟ひび割れ 形状：縦目間中央や部材解放部の垂直ひび割れ 原因：乾燥収縮・温度応力	無又は 最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 0.2mm以上～1.0mm未満	最大ひび割れ幅 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的	—				
			タイプ：劣化因子不特定のひび割れ 形状：特徴的な形状を示さないひび割れ 原因：症状が複合的であり劣化因子を特定できないもの	無又は 最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 0.2mm以上～1.0mm未満	最大ひび割れ幅 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的					
			タイプ：ひび割れ先行型ひび割れ 形状：荷子状・亀甲状などのひび割れ 原因：ASPや塗布などの劣化原因	無又は 最大ひび割れ幅 0.2mm未満	最大ひび割れ幅 0.2mm以上～1.0mm未満	最大ひび割れ幅 1.0mm以上	S-3に該当するものが 全体的					
			タイプ：鉄筋腐食先行型ひび割れ 形状：鉄筋に沿ったひび割れ 原因：中性化・塩害	無		有	S-3に該当するものが 全体的					
			進行性（前回との変化）		有りの場合1ランクダウン							
			ひび割れ規模（ひび割れ幅0.2mm以上）		無	部分的 注2)	全体的 注2)					
		ひび割れ以外の 劣化	ひび割れ付随物 （析出物、錆汁、浮き）	無	有							
			ひび割れからの漏水	無	滴水	流水、噴水						
			浮き	無	部分的 注2)	全体的 注2)						
			剥離・剥落	無	部分的 注2)	全体的 注2)						
			析出物（エロッセ・ゲルなど） （ひび割れを含むものを除く）	無又は部分的 注2) （S-4の場合以外）	全体的又は鉄筋に沿った 部分的 注2)							
			錆汁（ひび割れを含むものを除く）	無又は部分的 注2)	全体的 注2)							
		摩耗・すりへり	無又は 細骨材露出	粗骨材露出	粗骨材剥離							
			全体的の場合、1ランクダウン 注9)									
			洗掘	無	洗掘深が覆工厚の 1/3未満	洗掘深が覆工厚の 1/3以上～1/2未満	洗掘深が覆工厚の 1/2以上					
			鉄筋露出の程度	無		部分的	全体的					
		圧縮強度	反発硬度法（鉄筋） （圧縮強度換算）※設計強度 21N/mm2の場合	21N/mm2以上 （設計基準強度比100%以上）	15N/mm2以上～ 21N/mm2未満 （設計基準強度比75%以上 100%未満）		—					
			中性化	ドリル法 （中性化残りで判定）	残り10mm以上	残り10mm未満		—				

(評価の流れにおける、主要因別評価及び施設状態評価の判定の考え方) 注8)

- 注1) 本表は、鉄筋コンクリート覆工の水路トンネルにおける基本的な評価項目と評価区分を示したものであるため、必要に応じて評価項目の追加や評価区分の設定を行うこと。
- 注2) 「部分的」とは概ね全体の50%未満を示し、「全体的」とは全体の50%以上を示す。
- 注3) 「周辺地盤の変状」などにおける「局所的」とは施設の一部で当該変状が生じている状態を指し、「全体的」とはそれが構造物全体に及んでいる状態を指す。
- 注4) 変状別評価から主要因別評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とする。
- 注5) S-1の評価は、この評価表によらず評価者が技術的観点から個別に判定する。
- 注6) 圧縮強度及び化学的腐食の調査は、必要に応じて実施する。
- 注7) 主要因別評価から施設状態評価を行う場合は、最も健全度が低い評価を代表値とすることを基本とする。
- なお、今後、性能低下を進行させる、より支配的な要因や、施設の機能に及ぼす影響がある場合には、これらを考慮して評価する。
- 注8) 評価の判定の考え方の欄には、「変状別評価」から「主要因別評価」を下すもととなった変状別評価項目、及び「主要因別評価」から「施設状態評価」を下すもととなった主要因別評価項目を記入し、その判定の考え方を記述する。特に、最も健全度が低い評価項目が複数ある場合には判定の考え方が明確となるよう留意すること。
- 注9) 摩耗・すりへりの1ランクダウンについては、水理機能・水利用機能に支障がなく、他の変状別評価項目がS-4以上であれば、1ランクダウンは行わないものとする。