

参 考 资 料

資料1. 全国水道事業体における水道施設の維持管理状況
(厚生労働省調査)

水道施設の維持管理状況調査集計表

厚生労働省健康局水道課水道計画指導室作成

本集計表は、平成18年8月30日付、各厚生労働大臣認可水道事業者及び水道用水供給事業者あて事務連絡「水道施設の維持管理状況について(照会)」による、アンケートの調査結果を集計したものである。

本調査は、導水施設(導水管及び導水渠(隧道を含む。))を対象とし、全509の事業主体から回答を得た。

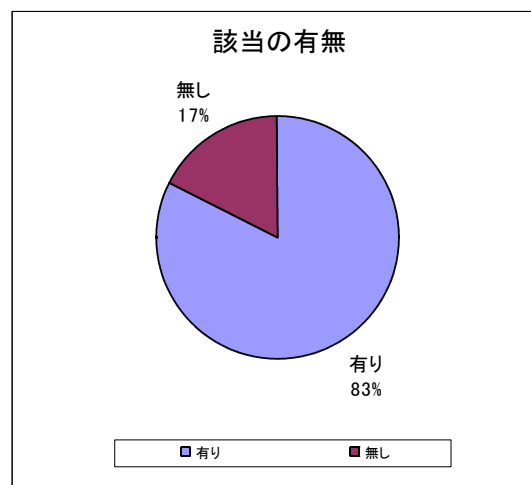
なお、アンケートの回答の中には、複数回答のものや無回答であったものも含まれているため、全体数とは合致していない部分がある。

1 該当の有無

該当の有無	事業数
有り	420
無し	89
合計	509

【考 察】

509の事業のうち17%、89事業については、用水供給事業からの受水で導水路管理が無いなどの理由により、該当無しとの回答であった。



2 施設の種別

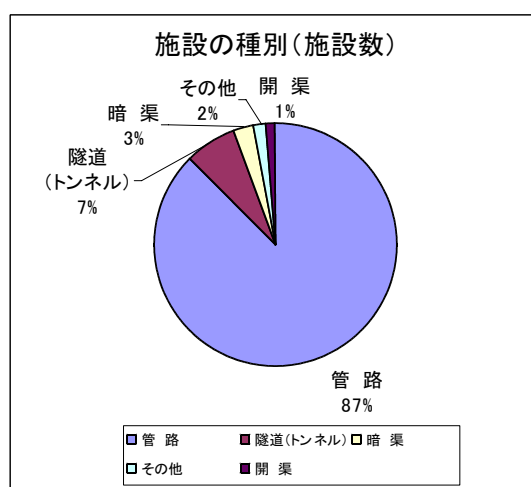
施設種別	施設数	(事業数)
管路	1,419	387
隧道(トンネル)	111	62
暗渠	44	33
その他	28	17
開渠	18	12
合計	1,620	511

※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

【考 察】

施設数の内訳において、今回の調査の発端となった導水トンネルは全体の7%、111施設である。管路が87%を占めたのは地下水を水源とする施設が多いためと考えられる。(事業数ベースの内訳は参考数値である。)

なお、施設種別における「その他」は、主として管体でコンクリート充填内巻きしたトンネル等の複合化された施設である。



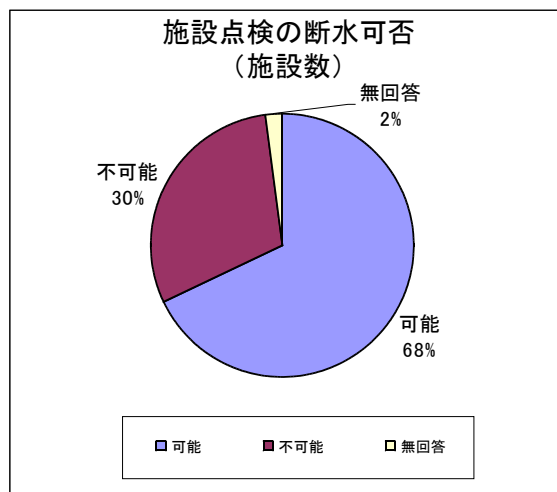
3 施設点検のための断水可否

断水の可否	施設数	事業数
可能	1,104	324
不可能	483	195
無回答	33	8
合計	1,620	527

※「1 該当の有無」で有りとは回答した事業体を対象

【考察】

施設を点検するために断水が可能と回答したのは全体の68%であり、既存のバックアップ施設や施設運用の工夫等で何らかの対応が可能な状況と考えられる。



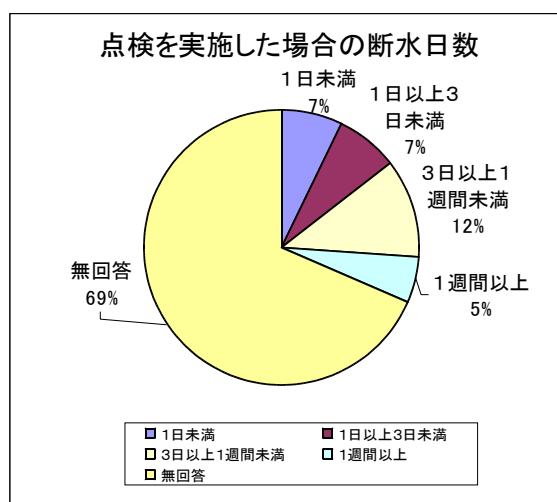
4 点検を実施した場合の断水日数

断水日数	施設数
1日未満	35
1日以上3日未満	35
3日以上1週間未満	56
1週間以上	26
無回答	331
合計	483

※「3 施設点検の断水可否」で不可能と回答した施設を対象

【考察】

無回答が69%を占めており、施設を点検するためには断水が必要との認識はあるものの、具体的な対応計画が確立されていない事業体が多いものと考えられる。



5 外部点検の有無

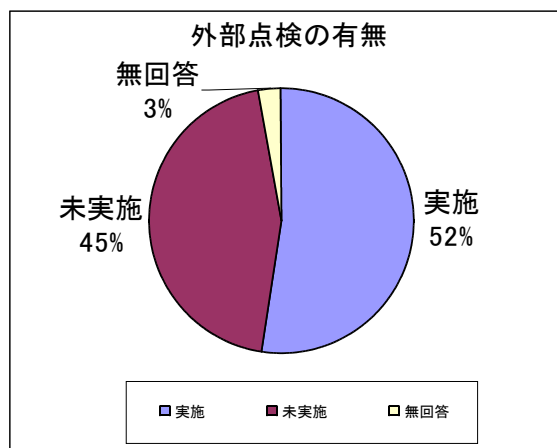
点検の実施状況	施設数
実施	847
未実施	729
無回答	44
合計	1,620

※「1 該当の有無」で有りとは回答した事業体を対象

【考察】

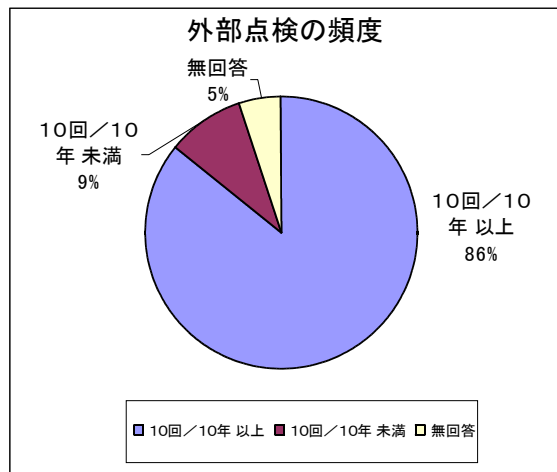
外部点検を実施しているのは全体の52%に止まっているのが実態である。

外部点検未実施の事業体においては、他事業体の実施例等も参考に、実施可能な点検内容を検討する必要があると考えられる。



6 外部点検の頻度

点検の頻度	施設数
10回／10年 以上	726
10回／10年 未満	79
無回答	42
合 計	847



※「5 外部点検の有無」で実施と回答した施設を対象

【考 察】

外部点検が行われてる施設のうち、年1回以上の頻度で実施されている施設が86%を占めている。これらの施設は、巡視点検等と併せて定期的かつ効率的に実施されているものと考えられ、点検を実施していない施設との格差が大きい状況である。

実施頻度が年1回未満の事業者においても、定期的に外部点検を実施し、経年変化を把握可能とするよう継続的な点検を検討する必要があると考えられる。

7 外部点検の主要な内容

外部点検について回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

1) 管 路

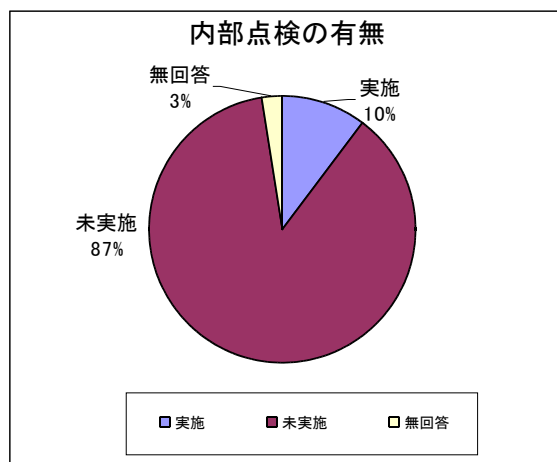
- 路線巡視の実施及び目視による漏水調査、地形の変化の確認
- 夜間における路線上の地上音聴調査
- 埋設部分を開削しての漏水の有無、腐食状況の調査
- 露出部(継手部、水管橋等)の目視点検及び仕切弁・空気弁等の弁室内目視点検
- 仕切弁・空気弁のマンホール内点検目視点検

2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 路線巡視の実施及び目視による漏水調査、地形の変化の確認
- 横坑(管理坑)、接合弁での目視点検

8 内部点検の有無

点検の実施状況	施設数
実施	165
未実施	1,413
無回答	42
合 計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業者を対象

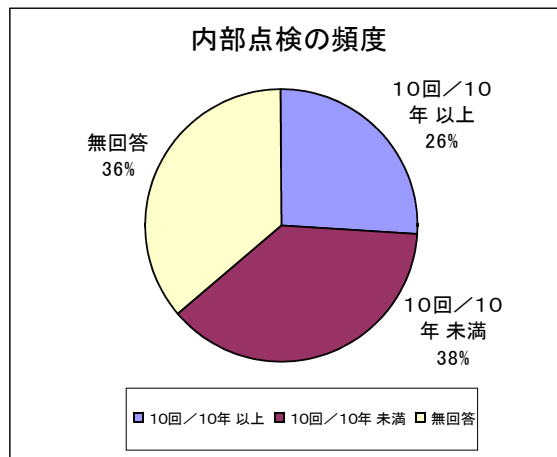
【考 察】

内部点検を実施しているのは全体のわずか10%である。(外部点検は全体の52%が実施)

内部点検未実施の事業者においては、施設に応じた効果的な点検内容を検討するとともに、内部点検を実施可能とするための施設更新等の整備計画の策定、計画に基づいた施設整備等を行う必要があると考えられる。

9 内部点検の頻度

点検の頻度	施設数
10回／10年 以上	43
10回／10年 未満	62
無回答	60
合計	165



※「8 内部点検の有無」で実施と回答した施設を対象

【考察】

内部点検が行われてる施設のうち、年1回以上の頻度で実施されている施設は26%に止まっている。

さらに無回答の割合が36%を占めているのは、内部点検の実績が有る一方で、内部点検が事故時や別件工事の機会を利用したものであり、計画的な点検計画が確立されていないためと考えられる。

10 内部点検の主要な内容

内部点検について回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

1) 管路

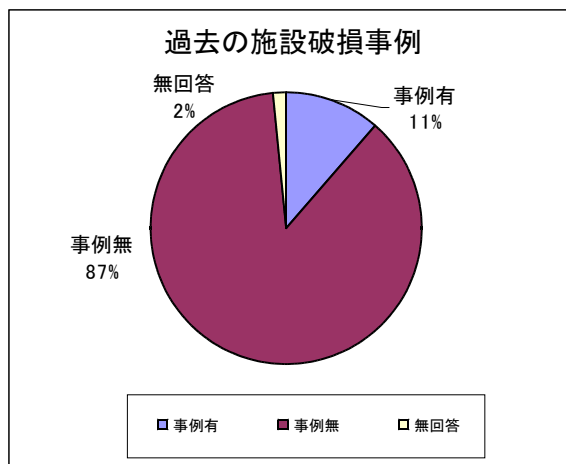
- 洗管作業に伴う、漏水及び水圧異常の点検
- 自走カメラによる点検
- 管渠内の土砂浚渫等、工事の際に目視点検

2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 空水にして目視点検、コンクリートのひび割れ(クラック)、はく落等の経年劣化等の状況確認
- 空水にしてレーダー探査、ハンマーによる打音調査(空洞調査)
- 空水にして堆砂、堆泥の状況確認
- 通水しながら潜水で実施(開渠)
- 水中ロボットによる目視調査
- 無人撮影ビデオカメラを流下させることによる損傷調査

11 過去の施設破損事例

事例の有無	施設数
事例有	184
事例無	1,410
無回答	26
合計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業者を対象

【考察】

過去に施設破損事故が発生した事例は全体の11%であるが、今後も増加することが危惧される。

12 施設破損の内容

施設破損について回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

1) 管 路

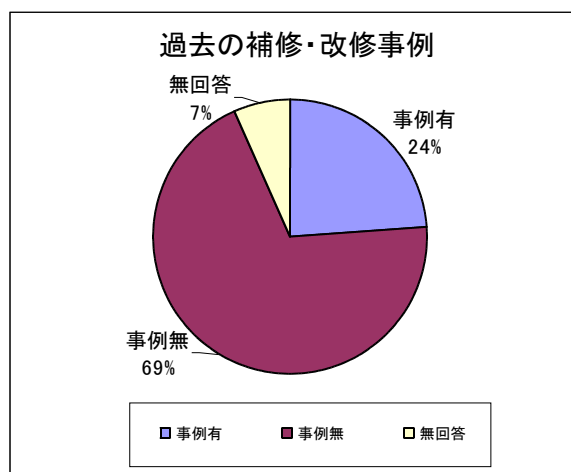
- 老朽化による破損(導水管継手の離脱による漏水、鋼管の腐食穴による漏水等)
- 電蝕によるピンホール発生
- 石綿管の破損等による漏水事故

2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 覆工背面の地山が緩んだ事によるトンネル崩落。

13 過去の補修・改修事例

補修・改修事例の有無	施設数
事例有	388
事例無	1,122
無回答	110
合 計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

【考 察】

過去に施設を補修或いは改修した事例は24%であり、「11 過去の施設破損事例」における、施設が破損した事例数を上回っていることから、定期的な点検を実施し、経年変化や劣化の度合いを把握した適切な補修等の実施が、破損事故等の未然防止に効果を発現していると考えられる。

14 補修・改修の内容

補修・改修について回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

1) 管 路

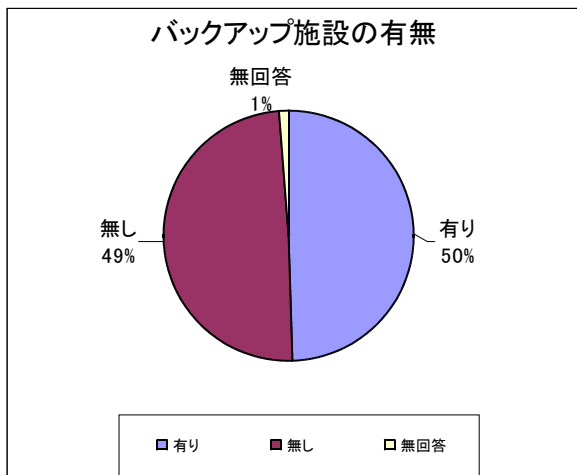
- 導水管内部より止水バンドの設置
- 熱硬化性樹脂による管内面からの補強(パイプインパイプ工法)
- 管外周のコンクリートによる巻きたて補強
- ポリピッグ洗浄による付着物除去(導水管内)
- ジュート巻きによる電蝕防止(マグネシウム)設置
- 漏水箇所に鉄板溶接、その上からアスファルトピッチを溶融させて塗布(土壌腐食防止)
- 石綿管からダクタイル鋳鉄管への布設替

2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- クラック充填補修(展開図を用い経年変化を把握)
- トンネル補強工(鋼製支保工、PC板、モルタル充填)
- ボックスカルバート内へのパイプインパイプ工法(強化プラスチック複合管)
- トンネル内面へのパイプインパイプ工法(鋼管)
- トンネル内面破損箇所のステンレス板による補修
- 崩落した隧道横にバイパス(同断面のトンネル)を施工、内面をライニング処理。
- トンネル背面の空隙部をグラウト充填(エアモルタル、発泡ウレタン、セメントベントナイト等)

15 バックアップ施設の有無

バックアップ施設の有無	施設数
有り	803
無し	798
無回答	19
合計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

【考察】

49%の施設はバックアップ施設が無い状況であり、事故時等に断水被害が免れないことから、断水被害を抑えるための施設整備計画の策定が急がれる状況である。

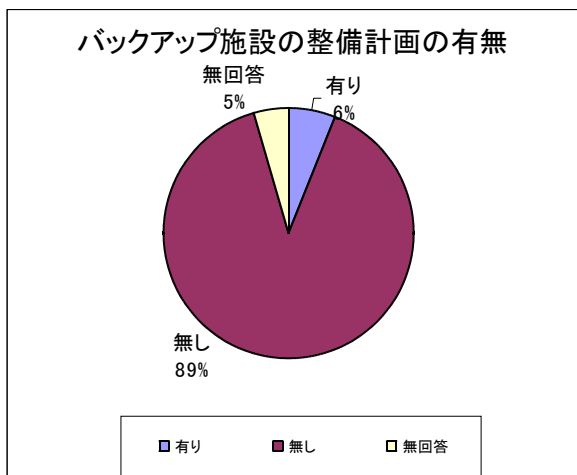
16 バックアップ施設の規模

バックアップ施設の規模及びバックアップの方法等について、回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

- バックアップ導水管または複数系統化による全量バックアップ
- 浄水場間の連結管またはループ化
- 配水池容量による対応
- 取水口の複数整備
- 3系統のうち1系統が破損した場合は2系統で運用可能(配水量の少ない時期)
- 井戸が数カ所有り点検等による断水時は他の井戸でバックアップ可能
- 自己水分を県水(用供)にて対応

17 バックアップ施設の整備計画の有無

整備計画の有無	施設数
有り	99
無し	1,447
無回答	74
合計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

【考察】

バックアップ施設の整備計画を策定しているのはわずか6%である。整備を計画的に実施するためには、中長期的な視野に立った整備計画を策定し、計画に沿った整備を実施する必要があると考えられる。

18 バックアップ施設整備計画

バックアップ施設整備計画について回答のあった中で、主立った内容は下記に示すとおりである。

- バックアップ導水管またはバックアップトンネルの整備による複数系統化
- 他系統の浄水場との連絡管整備
- 表流水の取入口から浄水場間での、原水調整池の築造
- 緊急時における他事業体からのバックアップの可能性を検討
- 非常用水源(ため池)の整備

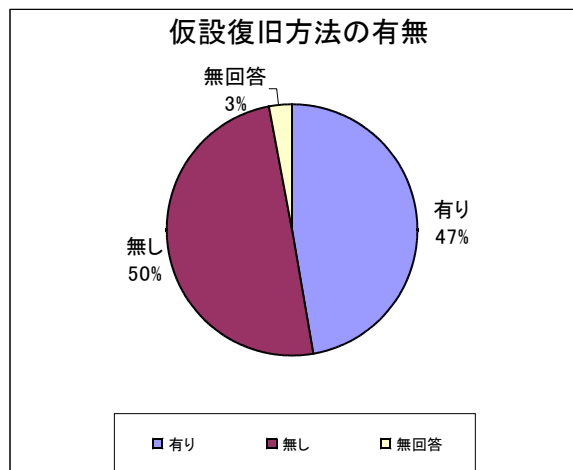
19 導水施設が大破し、導水停止となった場合の仮設復旧方法の有無

仮設復旧方法の有無	施設数
有り	765
無し	805
無回答	50
合計	1,620

※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

【考察】

50%の施設で仮設復旧方法が無い状況となっており、事故時等の断水被害を抑えるための施設整備計画を策定し、施設整備と併せた、事故時の応急給水や迅速な復旧を図るための体制整備が必要である。



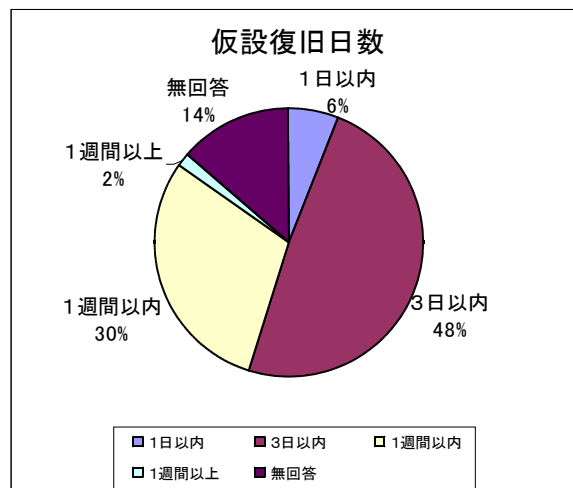
20 仮設復旧日数

仮設復旧日数	施設数
1日以内	46
3日以内	373
1週間以内	230
1週間以上	12
無回答	104
合計	765

※「19. 仮設復旧方法の有無」で有りと回答した施設を対象

【考察】

仮設復旧方法がある施設においては、3日以内での復旧が可能な施設は54%、1週間以内であれば84%をしめることから、施設規模に応じた資材等の確保及び緊急時の連絡体制が概ね確立されていると考えられ、仮設復旧方法の無い施設との格差が大きい状況である。



21 仮設復旧方法

仮設復旧方法について、回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

1) 管路

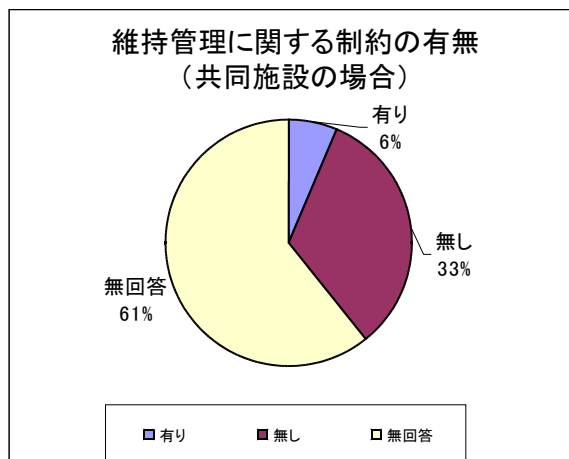
- 破損区間で仮設配管を布設
- 開削により布設替えを行い復旧
- 他の配水池より浄水受入

2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 仮設ポンプによる復旧(近隣河川、ため池等)
- トンネル下流で沢の水を緊急補水(ポンプアップ)

22 共同施設の場合の維持管理に関する制約の有無

制約の有無	施設数
有り	102
無し	533
無回答	985
合計	1,620



※「1 該当の有無」で有りと回答した事業体を対象

【考察】

共同施設の場合にあって、維持管理に何らかの制約がある施設は6%であり、定期的な点検の実施においても関係者との調整等が必要なものと思慮され、事故時等における関係機関との連絡体制や協力体制を日頃より確立しておく必要があると考えられる。

なお、無回答については制約が無い施設と考えられる。

23 制約の内容

共同施設における維持管理に関する制約について、回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

- 元来灌漑用水用として敷設された導水施設であるため、農業用水が優先
- 農業用水取水期には取水停止に制限有り
- 点検時における、工業用水等との取水量及び断水時間の調整が必要
- 管理区分により行政区域内の管路を維持管理し、費用は按分(協定書を締結)

24 その他維持管理に関する特記事項

その他維持管理に関する特記事項について、回答のあった中で主立った内容は下記に示すとおりである。

1) 管路

- 導水管の点検は、管が地中に埋設されているため、全体の点検等は実施が困難。
- 施設点検時の断水に代わるバイパス管がないため、その施設を計画し布設する必要がある。
- 老朽管の施設診断を早急を実施し、更新計画を策定する必要がある。
- 導水管が老朽化しており布設替を検討しているが資金的に進まない。
- 石綿管更新事業の中で鑄鉄管への更新を実施。
- 内挿管工事等の補強工事が早急に必要。

2) コンクリート構造物(開渠、暗渠、トンネル)

- 隧道は3～4年に1回断水し、内部点検を実施し安全を確認している。
- バックアップ施設計画としてトンネル複数化、点検時に最低限の導水量を確保するトンネル内管渠、水源の複数化が考えられる。
- 緊急時に備え、手配に時間の要する資材のストックを検討している。
- 空水にしての堆積物処理が必要な状況であるが、実施が困難である。
- 導水トンネル延長が長く、改修工事に多額の費用を要するため、国庫補助対応を要望

【まとめ】

調査の結果、外部点検を実施している施設数は全体の52%、内部点検を実施している施設数は全体の10%に留まっており、施設の点検を実施し、施設基準への適合を適切に確認しているとは言えない状況が明らかとなった。バックアップ施設及び仮設復旧方法については、約半数の施設が整備或いは計画されていない状況であり、万一の事故対応が適切に成されていない状況も明らかとなった。

また、その一方で、定期的な施設の点検、施設の適切な補修及び改修、バックアップ施設の整備、仮設復旧方法の整備、及び各整備計画の策定を実施している事業体も確認されている。

以上のことから、各事業体においては、水道法第5条、水道法第19条、及び「水道施設の工事監督の強化並びに施設管理及び水質管理の徹底について」(昭和44年6月24日付環水第9059号各都道府県知事・各指定都市市長あて厚生省環境衛生局長通知)に基づいた、計画的な施設の検査の実施、及び技術的基準の遵守に引き続き配慮するとともに、各事業体毎に、水道施設の維持管理及び事故対応に係る水準に応じた措置を段階的に講ずることが必要と考えられる。

資料 2. 維持管理事例

①水資源機構

水道施設（隧道）の維持管理取組状況 （独立行政法人 水資源機構からの報告）

1 既設トンネルの診断及び補強について

1) 診断手法

① 定量的調査手法の概要

トンネルの内部点検の多くは、目視調査が主体であったが、近年、様々な定量的調査手法が開発、実用化されてきており（下表参照）、機構においても、レーザーによるクラック調査や、地中レーダーによる空洞、覆工コンクリート厚調査を実施している。

【目視調査の問題点】

- ・ 調査精度が調査員の能力や感性に依存する
- ・ 手の届かない箇所の調査には足場が必要
 - 短い断水期間内に精度よく調査を実施することが困難
- ・ 変状記録をデータベースとして蓄積しにくい
 - 経年変化の追跡が困難
- ・ トンネル背面の状況が確認できない
 - 突発的な崩落等の危険性を把握できない

表-1 主なトンネル調査手法

区分	手法	概要	性能	
壁面連続画像計測	レーザー スキャニング法	レーザーを高速で回転照査させ反射する微弱な光を検出することで目視と同様の画像を連続的に得る。暗所での調査に有利	計測項目	ひび割れ・湧水・目地損傷等の目視で観察可能な変状
			計測速度	1.0km/h(5.0km/日)程度
			最小検出 ひび割れ幅	良好な条件下で0.1mm
	CCD ラインカメラ法	光を受光する感光部が一行に配置したカメラを用い、移動しながら壁面の連続画像を得る。明所での調査に有利で、カラー画像を計測できる。	計測項目	ひび割れ・湧水・目地損傷等の目視で観察可能な変状
			計測速度	1.0km/h(5.0km/日)程度
			最小検出 ひび割れ幅	良好な条件下で0.1mm
覆工背面計測	レーダー法	電磁波をコンクリート表面から入射し、コンクリート背面からの反射波を捉えることで、覆工の厚さ、背面の空洞の有無、規模を調査する	計測項目	覆工背面空洞、覆工厚、鋼製支保工の位置
			計測速度	1.0km/h(5.0km/日)程度
			覆工厚及び 空洞の計測誤差	±5cm程度
	簡易貫入法	覆工に設けた調査孔から貫入棒を手動で貫入させ、そのときの貫入力、貫入長をモデル試験で得られた結果と比較することで、地山状態、一軸圧縮強度を推定する	計測速度	30分/箇所
			地山性状評価	3段階(土砂、軟岩、硬岩)
			計測範囲	覆工表面から1m程度
形水 路断 面計 測	回転レーザー 測距法	レーザー測距計を回転モータで回転させ、水路の断面の形状を計測する	計測項目	内空断面形状
			計測ポイント	1断面当り200ポイント程度
			計測誤差	±1～3mm
			計測時間	1断面当り10分程度

② 機構における定量的調査の実施事例

豊川用水では、アーチクラウン1測線について、レーダー法により、覆工厚、背面空洞の有無等について調査を実施。香川用水においては、天端及び左右30度の3測線についてレーダー法による調査を行うとともに、レーザースキヤニング法に基づき、クラック、剥離等の調査を実施している。

レーダー調査				
事業名	時期	調査延長	計測内容	その他
豊川用水	H13~H14 (空水調査:2日)	約7.6km	アーチクラウン1測線 覆工厚、背面空洞の有無・範囲 鋼製支保工、鉄筋の有無	同時に目視調査、コア抜き(強度、中性化)調査 23箇所を実施
香川用水	H15 (空水調査:12日)	約3.6km ×3側線	天端及び左右30° 覆工厚、背面空洞の有無、鉄筋の有無	レーザー調査
レーザー調査				
事業名	時期	調査延長	計測内容	その他
香川用水	H15 (空水調査:12日)	約15.0km	クラック、剥離、磨耗、継目、鉄筋 露出状況	

※ 概算調査費(香川用水実績・経費込み)

レーザー調査 約112万円/km、 レーダー調査 約54万円/km

アーチ部のトンネル覆工厚不足や覆工背面に空隙があると、地震等に伴って突発性の崩落が発生する危険性がある^(*)ため、特に施工時に湧水や破碎帯等が確認されている区間については、アーチ部の1~3測線程度レーダー調査を行って状況を確認するとともに、問題となるような空洞等が確認された場合は充填等の対策を講じる必要がある。

また、トンネルの劣化が経年的に進行しているかどうかは、覆工コンクリート面の変状を定期的に調査しクラック等の進行状況を把握することで確認できる。レーザ調査は短時間でクラック等の変状を連続的に取得でき、デジタルデータとして蓄積、展開図等への整理が容易にできる。

(*)「アーチ部の背面覆工に30cm程度以上の空隙があり、有効な覆工厚さが30cm以下で、背面の地山が岩塊となって崩落する可能性のある場合に、突発性の崩落が生じている事例がある」
(道路トンネル維持管理便覧 H5.11 日本道路協会)



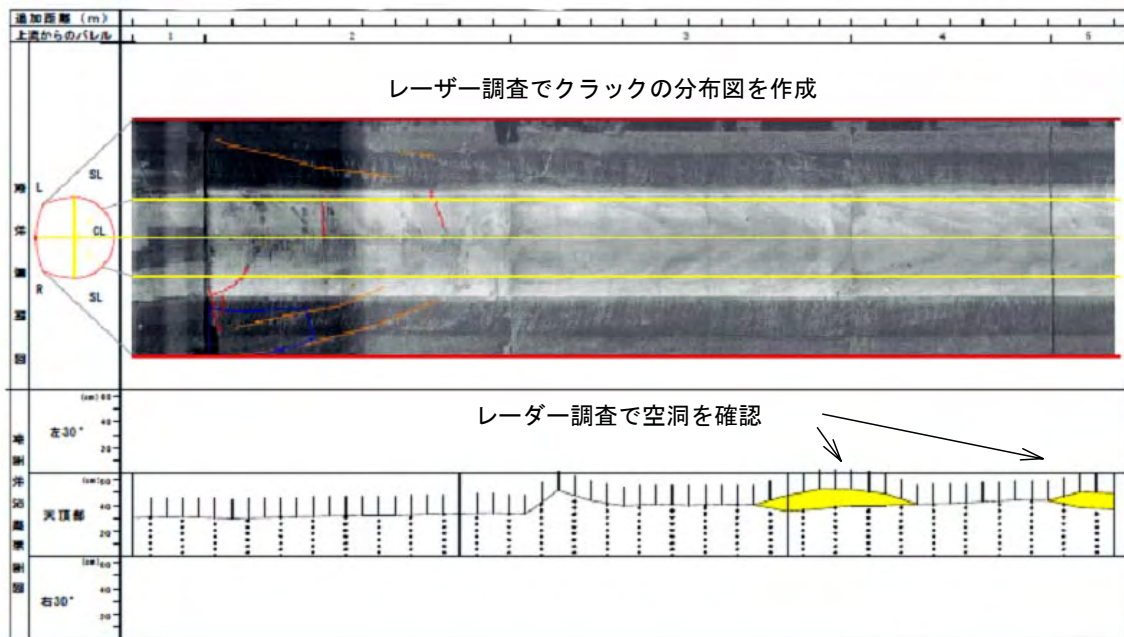
レーダー調査の状況



レーザー調査機器

※ 計測装置全体を小型の計測台車に搭載し、電動自動車で牽引しながら水路の劣化情報を連続的に収集するシステムが開発されている。(H17 官民連携新技術研究開発)

レーザー調査結果とレーダー調査結果を組み合わせた評価図の例を下記に示す。



レーザー・レーダー調査結果の整理例

2) 既設トンネルの補強工法及び事例

① 補強工法

愛知用水では、耐久性・水理性能・施工性・経済性などを比較検討し、断水可能な区間は、「鋼製支保工+コンクリート内巻工法」を、インバートが健全（アーチ部の補強のみで対応可）で断水できない区間は、「FRP グリッド増厚工法」又は「炭素繊維複合型パネル工法」を採用した。

補強工法	構造・耐久性	水理性	評価
① 鋼製支保工+コンクリート内巻工法 (35万円/m)	・ 鋼製支保工を建て込み、支保工間は吹付けコンクリートで間詰し、旧覆工と一体化させる工法。	・ 内空断面が30cm程度縮小。一部通水能力に支障をきたす場合がある。	・ 補強工法としては一般的で簡易な工法。水理的に適用が制限される場合もある。仮廻し管を坑外に設置する場合に採用可能。
② 炭素繊維シート接着工法 (36万円/m)	・ 覆工内面に炭素繊維などの高強度繊維を接着材で含浸接着させ、コンクリートと一体化し、覆工の耐荷力向上を図る工法。	・ 内空断面の縮小を最小限にできる。	・ 道路トンネルでの施工事例は多いが、水路トンネルでの施工例は少ない。
③ FRPグリッド増厚工法 (32万円/m)	・ コンクリート表面にFRPグリッドを配置し、ポリマーセメントモルタルを増厚し既設コンクリートと一体化する工法。	・ 内空断面の縮小は少ない。	・ 経済性は最も有利である。 ・ 製品の強度的には②に比べて、若干劣るが問題はない。

※ m 当たり単価は、2R:3460mm の標準馬蹄型を想定した、概算直接工事費



鋼製支保工+コンクリート内巻工法



炭素繊維複合型パネル工法

その他の補強工法

補強工法	構造・耐久性	水理性	評価
①鉄筋コンクリート内巻工法 (47万円/m)	・既設覆工コンクリートに鉄筋コンクリートを打ち足し、断面を増加、耐力の増強を図る。安全性が高く、耐久性もよい。	・内空断面が40cm程度縮小。ほとんどのトンネルで通水能力に支障。	・補強構造、耐久性面から、本格的な補強工法。水理的に適用が制限される場合が多い。仮廻し管を坑外に設置する場合に採用可能。
②PCL工法 (115万円/m)	・高強度プレキャスト鉄筋コンクリート板を組立て、既設覆工との間に裏込めを充填し、覆工の耐力増加を図る工法。	・内空断面が40cm程度縮小。ほとんどのトンネルで通水能力に支障。	・補強構造、耐久性面から本格的な補強工法。水理的に適用が制限される場合が多い。仮廻し管を坑外に設置する場合に採用可能。
③鋼板接着工法 (57万円/m)	・覆工内面に鋼板を接着し、覆工と一体化し、覆工の耐荷力を向上させる工法。剛性があり、安定度が高い補強工法。	・内空断面の縮小は少ない。	・実施例は多い。工費的には高いが、水理面や耐久性を考えた場合、本格的な補強工法。

※ m 当たり単価は、2R:3460mm の標準馬蹄型を想定した、概算直接工事費

② 薄い土被り対策（坑口部）としての補強の施工範囲

昭和 30～40 年代に施工したトンネルは、当時の基準で 1D（D：トンネル掘削断面の直径）までを暗渠構造とし、それ以上の土被りがあればアーチ作用を期待し、トンネル構造として覆工厚を決めている。

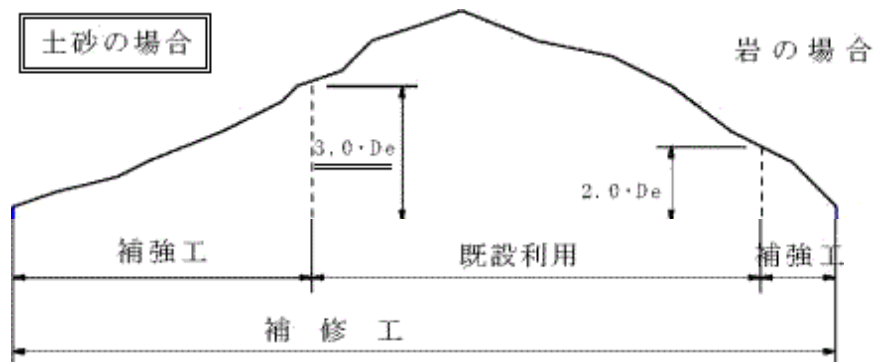
トンネルの土被りが小さいと地山のバランスが崩れ、地表まで崩壊が生じ、過大な荷重を受けてトンネルの安定が阻害される。このため、現在の基準では、下記値以上の土被りがあればアーチ構造が期待できるとし、覆工厚を決めている。

- ・岩トンネルの場合 $h \geq 2.0 De$
- ・土砂トンネルの場合 $h \geq 3.0 De$ De : トンネルの掘削径

愛知用水では、既設トンネルの現況被り厚さを調査し、上記の基準に満たない区間の覆工を補強している。

補強は、補強対象区間の覆工に作用する荷重に基づいて、覆工の所要強度と既設覆工が保有するとみられる強度を比較し、①に示した各工法を用いて、不足分を補強した。

【概要図】



なお、豊川用水の土砂トンネルにおいて、これを検証するため、暗渠の耐震性照手法である応答変位法により既設トンネルの暗渠部（最小土被り厚が3D未満）をモデルとして耐震照査を行った。その結果、側壁下端及びインバートの隅角部においてせん断破壊することが判明しており、補強の必要性を確認している。

③ トンネル覆工裏空洞化対策

愛知用水のほとんどのトンネルで覆工背面に空隙が確認された。この場合、地圧を均等に分布させることや地盤反力を有効に働かせること等の障害になることから、全てのトンネルにおいて裏込グラウトを実施した。（セメントベントナイトモルタル）

3) 診断、補強等に当たっての留意事項

○ 事故時の影響が極めて大きい

導水路施設（主にトンネル）は、通常、水路システムの上流部に位置するため、通水量が大きく代替水源がない場合が多い。このため、施設が損傷した場合の影響は極めて大きい。一方、長期間の断水が困難で、十分な点検を実施出来ない場合が多い。このため、緊急度の高い危険箇所の把握や、調査の精度の確保、効率的な調査の実施などに工夫が必要である。

○ 潜在的な突発崩壊の危険性

特に、覆工厚が所定値を下回り（当時の施工技術から）、かつ背面に空洞がある場合には、地震等により突発的な崩壊に繋がる可能性があり、緊急に対策（空洞の充填、補強）を講じることが必要となる。このような危険箇所の有無の確認には、レーダー調査はきわめて有用である。（機構施設の調査実態においても問題箇所の存在を確認）

○ 効果的、効率的な調査の実施

完全な断水が不可能な場合は、通水量を減じトンネル内水位を低下させて調査を実施することとなるが、そのような条件下でも十分な測定精度が得られるよう、計測システム、調査方法の改良も必要である。また、全線の調査実施は、経費面、断水可能時間の点で困難であることが多いことから、例えば、破碎帯や湧水等の施工時の状況を、工事誌等を用いてあらかじめ調べてから、重点的に調査を実施することが現実的。

4) 点検調査技術等の開発

機構では、これまでの調査等の経験を活かし、水道事業体のトンネルの点検、診断等について、技術的な支援を行うことが可能である。さらに、機構施設にも年間通水のため、空水にしての調査が行えないトンネルが多数あること等から、次の技術開発を行う予定である。

○ 通水しながらのトンネル点検調査技術の開発

トンネルの健全性は、アーチ部の状況に代表される。このことから、トンネル内水位を必要最小限まで落とし、アーチ部のレーザーによるクラック調査及びレーダーによる空洞・覆工コンクリート調査を通水しながら行える技術を開発する予定。

○ トンネル機能診断システムの開発

通水しながら行うトンネルの点検調査を核に、事前調査から経年把握、対策までをパッケージ化した機能診断システムを開発する予定。

- ・事前調査 : トンネル調査を実施する前に、トンネル施工時の図面、設計覆工厚、断層、湧水実績等を確認し、トンネル縦断図に記入する。
- ・トンネル調査の実施 : アーチ部のレーザーによるクラック調査、レーダーによる空洞・覆工コンクリート調査等
- ・調査結果の解析 : トンネル調査の結果をトンネル縦断図に落とし、断層等との因果関係を推測する。(必要な場合には、経年的に調査を実施)
- ・対策の必要性の検討 : 覆工厚が設計値より薄く、空洞が確認された場合、クラックが進行している場合、あるいは、断層との因果関係が推測される場合等における、対策の必要性の判断。
- ・対策工法・範囲の決定・対策の実施

これらの技術は、通年通水を行い、空水にしての点検ができないトンネルを有している水道事業体の悩みを解消できるものであり、H19年度中の開発を目指している。

2 バックアップ機能を確保する上で有効な水路システムの事例紹介

1) 水路システムの二連化

第1回委員会において水路システムの全面2連化の事例として愛知用水施設を紹介したところ。この2連化により、空水にしての水路システム全体の計画的な保守点検が可能となり、安定通水・施設の長寿命化に大きく貢献している。

一方、東海・東南海地震の対策強化地域にある豊川用水では、開水路+パイプラインの異工種・別ルートによる2連構造とする事で、安全度の向上を図っている。

また、群馬用水や香川用水においても、事故時、地震時等に二次災害危険度や応急復旧難易度が高い水管橋・サイホン等については、現在、優先して2連化を進めている。



豊川用水（開水路+パイプライン）



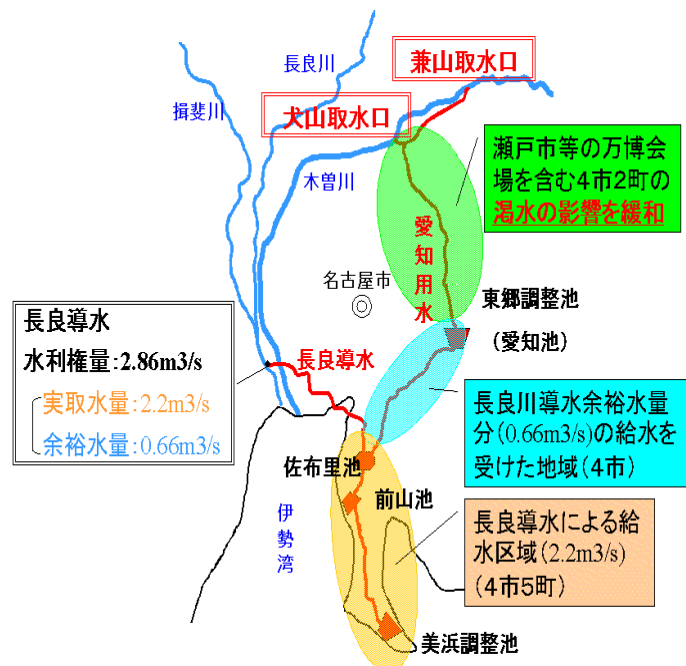
群馬用水（部分的二連化）

2) 水源のネットワーク化

愛知用水地域の水道用水は、木曾川の2ヶ所の取水口（兼山、犬山）から愛知用水で導水する他に、矢作川からの矢作導水、長良川からの長良導水を併せ持ち、水源を分散確保しており、更に相互融通出来るようネットワーク化が進められている。

平成17年6月の木曾川渇水の際、愛知用水地域も渇水となり、愛知用水から水を供給している愛知万博地域への給水が制限される状況となった。愛知万博への影響を緩和するため、愛知県と機構で協力して、長良導水からの導水量を増量し、愛知用水地域「青色の区域」にも給水し、万博会場を含む4市2町の渇水の影響緩和が図られた。

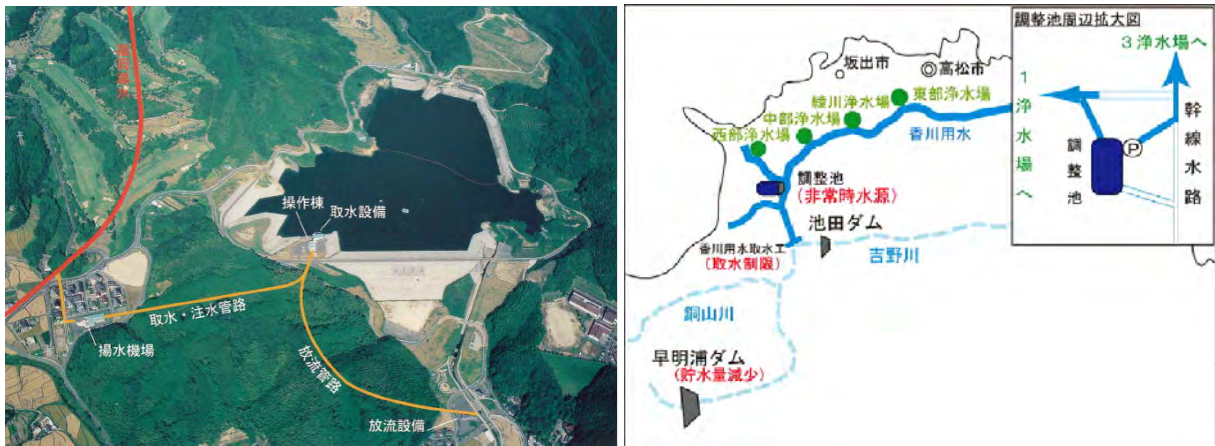
このように、水源を複数化し、供給地域間で水融通出来るシステムは、危機管理上、非常に有効である。



3) 危機管理用調整池の新設（事故・地震・渇水時等の危機管理用）

福岡導水（福岡市他9市10町に供給）や香川用水（高松市他7市6町に供給）では、導水の安定・危機管理対策（事故・地震・渇水時等）として、地区内に水道専用の調整池（福岡導水：400万m³、香川用水：300万m³（建設中））を設けている。香川用水では、平成6年に大渇水（断水を含む139日間にも及ぶ渇水）を経験。現在、H6年相当渇水を減圧給水程度の節水対応に押さえることを目的に、危機管理用調整池を新築中。

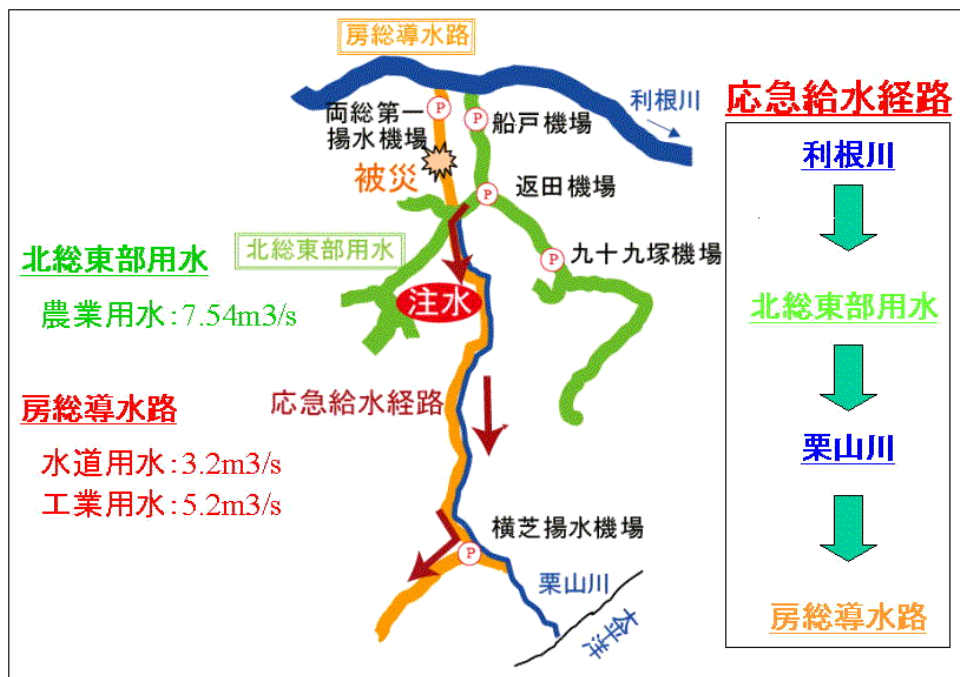
地区内に設ける大規模調整池は、導水の安定・危機管理対策として、非常に有用である。



4) 農業用水等他用途との連携

千葉県東方沖地震（昭和62年12月17日）により房総導水路北部幹線が被災し、通水が不可能となった。この際、機構が管理する、北総東部用水（農業専用）の排泥施設から、栗山川に振替注水し、房総導水路が下流堰で取水することで、応急給水を行い、用水供給を確保している。

緊急時を想定し、近傍の他用途との連携策を事前に計画し、調整を図っておくことは、緊急時の迅速な対応に有効である。



3 災害時等における機構による水供給の取組（水バッグ、可搬式海水淡水化装置の提供）

平成18年3月、国土交通省水資源部により取りまとめられた水資源政策レビューにおいて、“政策への反映の方向”の1つとして、渇水に対する備えの充実のための多様で機動的な水供給手法についての技術開発促進、活用検討が述べられている。これを受けて、また、経済産業省が行う「工業用水代替水源確保調査」の一環として、今年度、水資源機構において、水バッグによる水輸送、可搬式淡水化試験装置による機動的な水供給手法の実用化に向けた試験を行う。

以下に、各々の試験の概要をしめす。

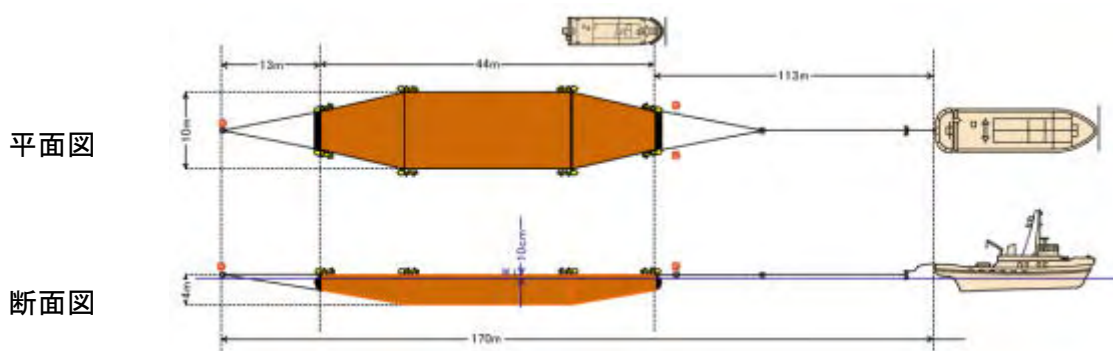
1) 水バッグによる輸送

① 試験の目的

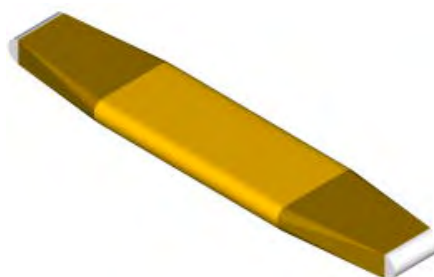
渇水時や災害時等の緊急時における機動的な水供給手法の実用化に向けた課題を洗い出す。

② 水バッグの概要（下図参照）

- ・全長：44m
- ・容量：1,000m³
- ・バッグ素材：高強度の複合素材



水バッグイメージ図



③ 試験の概要

平成19年2月26日～3月4日（予定）にかけて、和歌山県新宮市新宮港（水拠出元）⇒徳島県阿南市富岡港（水輸送先）の約170kmを、高強度複合繊維製の水輸送用バッグに淡水を入れて、海上をタグボートで曳航して輸送（2往復）し（本邦初）、富岡港において、給水車を用いて、阿南市内の企業に実際に水を供給する。

なお、試験は、水資源機構と株式会社MTI（日本郵船関連会社）の共同事業として実施する。



2) 可搬式海水淡水化試験装置

① 試験の目的

渇水時や災害時等の緊急時における機動的な水供給手法の実用化に向けた課題を洗い出す。

② 可搬式海水淡水化試験装置の概要

- ・ 処理能力：3.5 m³/日
- ・ 規格等：2 段式 RO 膜により海水を淡水化（水道水質基準を満足）
：4 トン車 2 台もしくは 10 トン車 1 台で運搬可能

③ 試験の概要

平成 19 年度 2 月 5 日～8 日にかけて、徳島県阿南市大湊港において、トラック等に搭載可能な移動式海水淡水化試験装置を用いた緊急時の水供給手法の実用化に向けた試験を水資源機構が実施。

造水した淡水については、トラック及び水タンクを用いて、阿南市内の企業に実際に水を供給した。

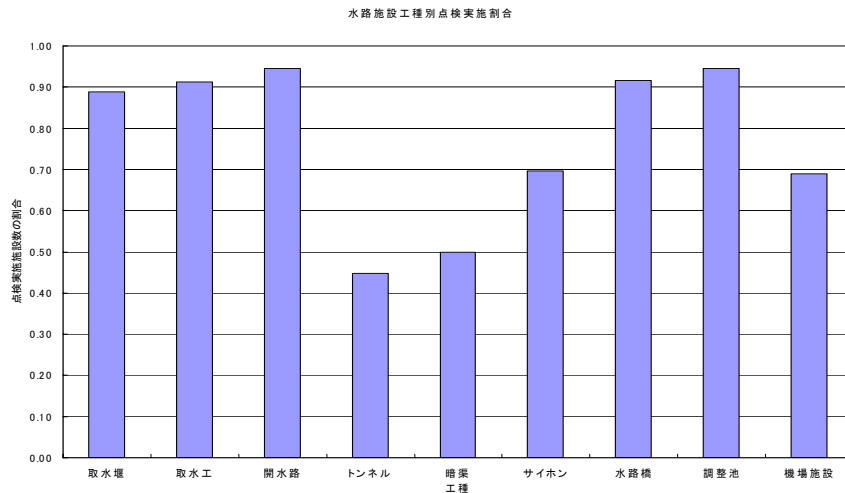


参 考)

1) 機構施設の管理の実態

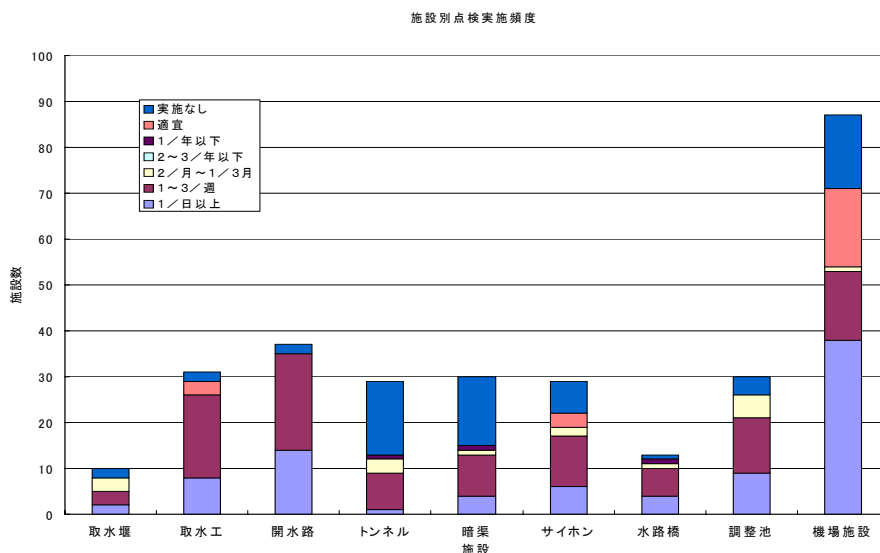
○ 主要工種毎の巡視点検状況（平成17年3月データ）

機構は、全国で取水施設 31 ヶ所、地区内調整池 30 ヶ所、導水・幹支線水路約 3000km を管理している。工種毎の巡視点検割合を下図に示す。地下構造物のトンネル、暗渠は 40～50%程度に留まっている。サイホンは70%であるが、入口部の除塵あるいは第三者の安全確保（入口部の安全施設の点検）を主眼として行っているのが実情。



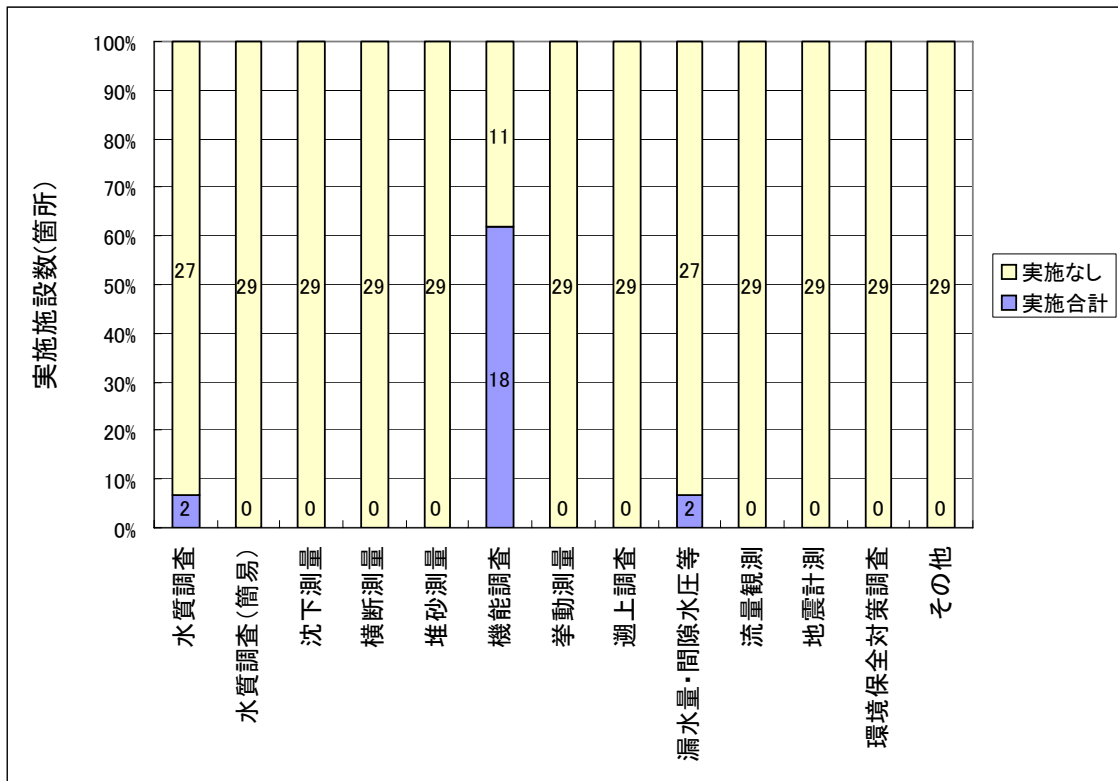
○ 工種別の点検頻度

取水堰、取水工、開水路等目視可能な施設の点検は、1回/日～1～3回/週の頻度で点検を実施しているが、トンネル・暗渠等目視できない施設の点検は、坑口部を除き実施できていないのが実情。



○ トンネルの計測・調査内容（対象施設 29施設）

トンネル内での計測・調査内容を下図に示す。管理開始以降、トンネルでは、クラック・変位・圧縮強度・堆砂量等の機能調査を18施設で実施してきている。



2) 地震防災モニタリング制度の紹介

○ 目的

牧尾ダム及び幹線水路施設を対象とした地域において、震度4以上の地震が発生したとき、被害状況を早急に把握するために、牧尾ダム及び幹線水路施設近傍に住居している方々に協力を得て防災モニターとして委嘱し、地震時における状況を調査し、機構管理所等に通報し、災害の拡大防止と水路機能の早期回復を図ることを目的に地震防災モニタリング制度を立ち上げている（愛知用水）。

現在までに、33人の方にモニターを依頼。調査項目の主なものは、以下のとおり。

- ①第3者被害が発生していないか。
- ②道路や公共施設への被害が発生していないか。
- ③水路内の障害物はないか。
- ④幹線水位・濁度に異常はないか。
- ⑤法面崩れまたは路面クラックはないか。

○ 出動実績

平成9年度から開始し、平成18年4月1日までに13回出動（延べ77人）。

②東京都水道局

東京都水道局からの報告：既存施設の耐震化、バックアップ機能の強化の事例紹介

1 東京都水道局の事業概要

平成 17 年度末において、水源量は日量 623 万 m^3 であり、特別区の在する区域及び多摩地区 25 市町の在する区域の合わせて 1,222 k m^2 の区域、1,225 万人の都民に給水しているほか、給水区域に含まれていない武蔵野市、昭島市及び羽村市の多摩地区未統合市に対して暫定分水を行っている。

また、施設能力は日量 686 万 m^3 、配水管の延長は 2 万 5,262m となっている。平成 17 年度において、多摩地区未統合市への分水量を含む総配水量は 16 億 1,589 万 m^3 、一日最大配水量は 498 万 m^3 、多摩地区未統合市の地区水源を含む一日最大配水量は 508 万 m^3 となっている。

首都東京における安定給水を確保していくため、引き続き、既存施設の更新や耐震化、バックアップ機能の強化に取り組むなど、事故時や震災時にも強い、一層信頼性の高い水道施設の整備を行っている。

その一環として実施している導水施設の耐震化対策の取り組みと施工例を報告する。

2 導水施設の耐震化と取り組み

東京都水道局が保有する導水施設は 24 路線、約 98 km である。その内、ダクタイル鋳鉄管及び鋼管の管路は 18 路線、広島県呉市で発生した崩落事故と同様の施設（隧道）は、多摩川水系に 6 路線あり、完成年の一番古いものは大正 12 年である。この路線を含め、既に耐震性向上等として 5 路線は、隧道内に新たにダクタイル鋳鉄管等を配管する改修工事が完成している。

改修工事が行われていない路線は、昭和 38 年に完成した 1 路線であるが、多摩川水系導水施設は複数に系統化されており、崩落等の事故が発生した場合には別系統で導水することが可能なため、都民への給水の影響はないと考えている。なお、この路線は、平成 14 年に耐震診断を実施しており、平成 21 年度に隧道内にダクタイル鋳鉄管を配管して耐震化を図る予定である。

隧道の導水路一覧

No.	名称	形状	幅(m)	高さ(m)	距離(m)	完成年	現状
①	砂川線	馬蹄形	2.3	2.3	1,976.4	S38.5	隧道をそのまま使用
②	羽村線	馬蹄形	3.33	3.33	5,574.0	T12.7	S63.11 ダクタイル管 ϕ 2,900 に改修
③	山口引入水路	円形	3.33	3.33	460.0	S 7.5	S62.4 ダクタイル管 ϕ 2,900 に改修
④	山口線	馬蹄形	2.3~3.64	2.3~3.64	4,023.6	S 8.12	S61.6 ダクタイル管 ϕ 2,000 に改修
		円形	2.3	2.12			
⑤	村山上下連絡管	円形	2.8	2.8	181.8	T12.8	S63.3 鋼管 ϕ 2,620 に改修
⑥	第一村山線	馬蹄形	1.79~2.73	2.3~2.58	11,136.2	T13.3	S51.3 ダクタイル管 ϕ 2,600 に改修
合計					23,352.0		改修工事済路線延長 21,376m

注) 隧道位置については、別紙 1 を参照

3 導水施設の耐震化事例

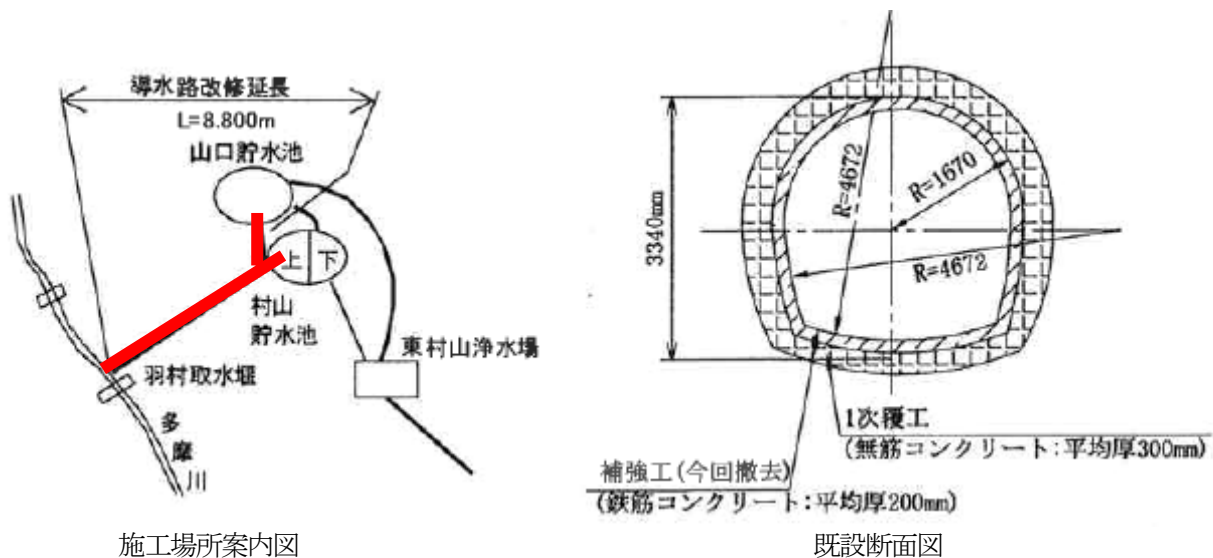
1) 羽村線導水路

(1) 概要及び背景

羽村線導水路は、羽村取水堰で取水した多摩川の原水を一時貯留する村山・山口貯水池（満水総水量：約3千6百万 m^3 ）へ送る重要な導水トンネルである。

この導水路は、総延長約8,800m（隧道区間約5,600m）、水路勾配1/1,000~1,500、最大流量毎秒12.5 m^3 として施工され、大正12(1923)年に完成した。その後、昭和63(1988)年に更新されるまで60年間以上にわたり供用されてきた。この間にクラック、湧水、崩落等が生じて、数次にわたってトンネル内をコンクリートにより補強してきたが、老朽化が進み、施設の根本的な対策が急務となっていた。

このため、種々の工法等の検討をおこない、既設の補修コンクリートを撤去して内径2,900mmのダクタイル鉄管を布設するパイプ・イン・トンネル工法により改修を行った。



(2) 工法と管種の選定

①工法の選定

前提条件は以下のとおりとした。

- i 所定の流量を確保すること。
- ii 強度・耐久性・水密性・耐震性などが十分得られること。

施工条件は以下のとおりとした。

- i 断水期間が長期にわたる工法を避けること。
- ii 施工中に供用を開始する必要がある場合は、短期間に通水できること。
- iii 1工区当たりの施工延長は、概ね1,000mを超えること。
- iv 応急補修により、断面が不正形かつ狭隘となっている所があること。
- v 導水路内は、漏水が多く作業環境がわるいこと。

以上の条件を満たすものとして、既設導水路内に新管を挿入しエアームタルを注入するパイプ・イン・トンネル工法が最適との結論に達した。

②管種の選定

管種の選定にあたっては、前記の前提条件及び施工条件から、内径 2,900 mm U形ダクタイル鋳鉄管を採用した。

採用にあたり、次のような検討および試験を行った。

i 管体応力度及び管圧の検討

管体に加わる荷重条件を下記のとおりとし、公称管厚 30 mm を決定した。

- ・既設水路の強度は考慮せず、ゆるみ高さに相当する土圧を用いた。
- ・管が大口径であることから管自重を考慮した。
- ・地下水が高いため、外水圧を考慮した。

ii 製品検査

素管寸法、質量検査、水圧試験及びモルタルライニング、接合部品の検査を行い、問題点は無かった。

iii 材料検査

管体から 4 種類の試験片を採取し、引張試験、硬さ試験、へん平試験、顕微鏡試験、化学分析試験を行った結果、いずれも規格(JIS 規格)を満足していた。

IV 継手性能試験

真直水圧試験、曲げ水圧試験、曲げ接合後の水圧試験、耐外圧試験を行った結果、すべて異常なく十分な性能を有していることを確認した。

VI 施工性試験

継手の接合、テストバンドによる水密性の確認、継手部のモルタル充填等の各作業に要する人員・時間などを調査し、これらの値は施工上支障のない程度であると判断した。

(3) 施工

①工区

総延長約 8,800m を 10 工区に分割し施工した。1 工区あたり施工延長は平均 1 km 程度とし、立坑間の中間部から 2 班同時に配管を開始するなど、工期短縮等に十分配慮した方法で施工した。

②立坑

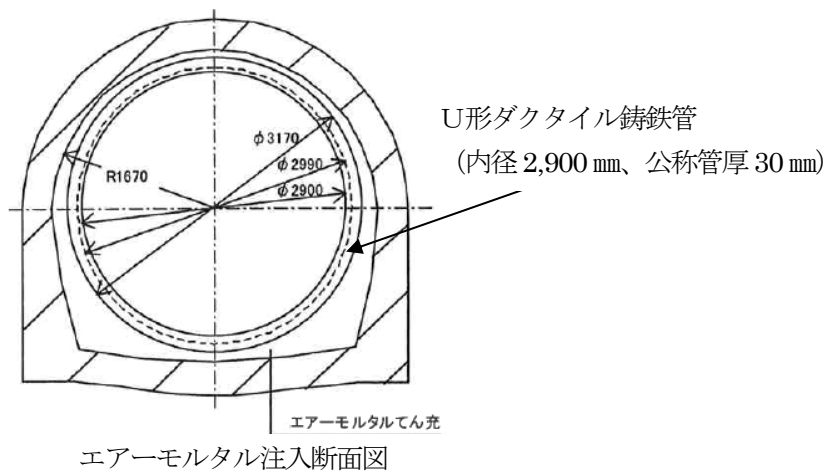
立坑は、概ね 1 km 以上の間隔を取り 5 箇所設置した。形状は、管投入並びにトンネル内挿入可能な寸法とし、いずれの立坑とも同一形状で縦横 8.8m × 5.4m の大きさで、床付けは 13.0 ~ 27.3m 程度であった。

③配管

配管工事は、水需要の少ない時期に集中して昼夜連続で施工した。管を立坑内に門型クレーン等により吊り下ろし、バッテリーカーにより所定の位置に運搬した後、4 本の芯だし用油圧ジャッキにより芯だしをして据え付けを行った。なお、エアモルタル打設時に発生する管の浮き上がりを防止するため、浮力防止材を取り付けた。

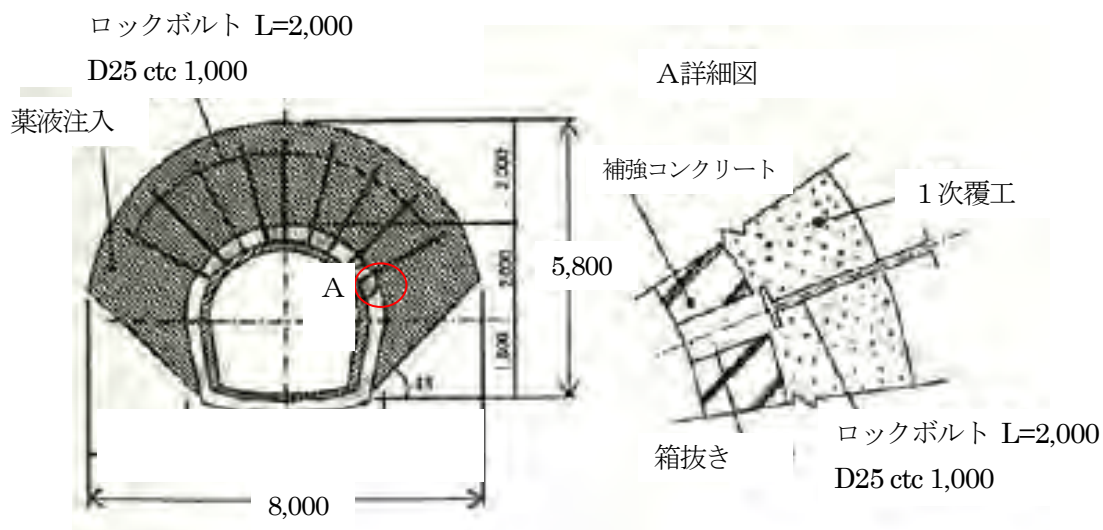
④既補修箇所の補強

過去に施工された崩落箇所の補強巻立てコンクリート区域(約 L=870m)は、配管スペースを確保するため補修巻立てコンクリート撤去することとしたが、撤去時に応力の開放によるゆるみの増大、トンネルの崩落が懸念されたため、撤去時のトンネルの補強対策として安全性及び工期の制約等の面から、薬液注入+ロックボルト(L=2.0m)を採用した。配管に先立ち、ロックボルトと薬液注入による地山の改良を行い、その後、補修巻立てコンクリートを撤去した。



項目	数 値	項目	数 値
圧 縮 強 度	20kgf/cm ²	セメント	400 kg
空 気 量	62%	発 砲 液	1.42 ㊦
水セメント比	62%	練 混 水	248 ㊦
フ ロー 値	180±20mm		

エアームタル配合表



既補修箇所の補強対策工

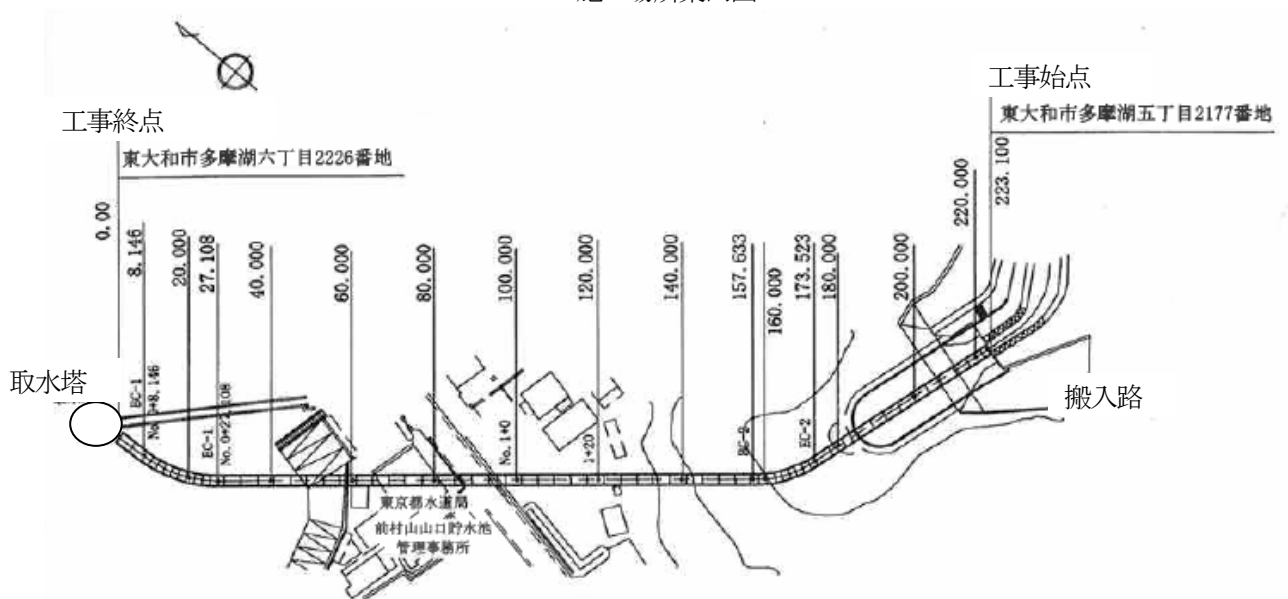
2) 村山上下貯水池連絡導水路

(1) 概要及び背景

この導水路は、村山上貯水池と村山下貯水池との貯水量の調節及び有効且つ効率的な運用を行う目的で、馬蹄形コンクリート造で築造されたものである。大正 12(1923)年に供用開始して以来 60 年余以上が経過したため、老朽化が進みその対策が急務となった。このため、耐震性向上の一環として昭和 62(1987)年 11 月から昭和 63(1988)年 3 月まで、馬蹄形コンクリート内をパイプ・イン・トンネル工法により鋼管(内径 2,620 mm)に改良したものである。



施工場所案内図



平面図

(2) 設計諸元

- ①導水路内補修工 1式
- ②導水路内配管 L=233m(鋼管内径2,620mm)の内、隧道内配管L=181.8m
- ③エアーモルタル充填工 1式
- ④勾配 0.9/1,000
- ⑤最大流量 12.5m³/s

(3) 設計

①導水路補修

配管に先立ち水路内の寸法・破損状況を調査し、破損箇所・洗掘箇所の補修及び付着物の除去を行った後に施工することとした。

②配管

導水路内の配管は、最大流量を確保することから鋼管を使用することとし、導水路内の漏水箇所の補修を行い施工環境を確保することとした。

なお、鋼管の内面塗装は、洗掘防止対策を含めてモルタルライニング工法とし、現場内モルタルライニングは以下の仕様とした。

- I セメントは、JISR5210 普通ポルトランドセメントを使用する。
- II 混和剤は、カルシウム・サルフォアルミネートを主体とするものを適当量使用する。
- III 細骨材は、清浄・強硬・耐久的でゴミ・泥・有機物が含まないものを使用する。

③ライニングの施工

下地処理を十分に行い、ライニング厚は25mm、誤差+4mm、-3mmとする。

④エアーモルタル充填

エアーモルタルの圧縮強度は20kgf/cm²とする。

(3) 施工

①管内調査

施工前に導水路内の配管中心線及び勾配の測量を行った。また、溶接は導水路内の施工となることから導水路内の漏水調査を行い、止水材注入により数箇所の漏水防止を行った。

②仮設

一般道から村山下貯水池側(工事始点)まで、大型クレーン(120t吊)、大型トレーラーの通航可能な工事用道路を設置し、また、モルタルライニング用プラント用地及び資材置き場の造成を行った。

③配管

導水路内に鋼管をトラッククレーンで吊り下ろし、鋼管両端部にローラーを取り付けウインチにより所定の位置まで運搬した。

④モルタルライニング

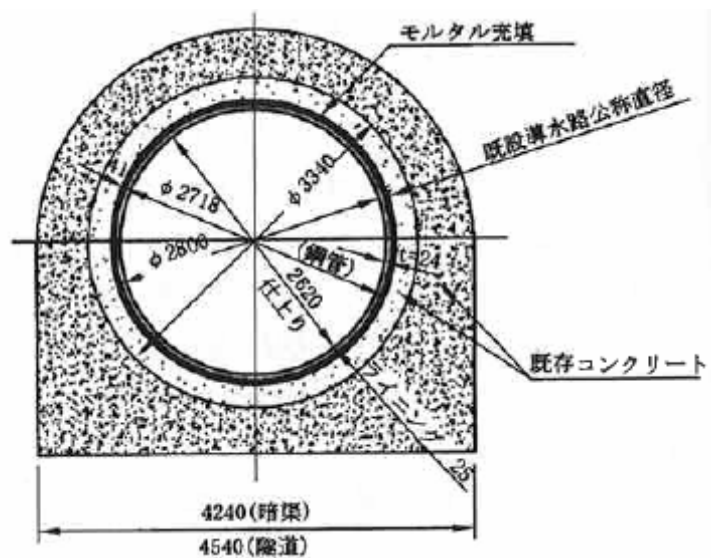
母材の素地調整後、圧縮強度300kgf/cm²、曲げ強度70kgf/cm²、スランプ6~9cmのモルタルをライニング機先端のスピナーの回転による遠心力で鋼面に吹き付け回転することで仕上げるスピナー工法により施工した。ライニング終了後、ライニング部をビニールシートで覆い、湿潤環境で11日間養生した。

⑤シールコート

ライニング養生後、ライニング面の乾燥状態を確認して吹き付け又は刷毛によりシールコート(100g/m²)を塗布した。

⑥エアームルタル

配管完了後、鋼管内に取り付けてある注入口より、圧縮強度 20 kg f/c m^2 以上、水セメント比 60~70%、フロー値(1分後) $180 \pm 20 \text{ mm}$ 、単位セメント量 400 kg/m^3 以上のモルタルを注入した。



改良断面図

参考文献

事業概要 (平成18年度版)

東京都水道局

東京都水道施設整備事業誌 (昭和61年度~平成11年度)

東京都水道局

資料3. 広島県送水施設事故調査 報告書

「第2章 今後のトンネル点検のあり方」
(広島県送水施設事故調査委員会) より

第2章 今後のトンネル点検のあり方

送水トンネルにおいて、崩落や覆工面の変状によって送水機能が低下すると、水の利用者に多大な影響を及ぼすことになる。

このため、長期間にわたって送水トンネルの機能を維持していくためには、計画的に点検などを行い、安全かつ合理的に運営していくことが必要である。

そこで、送水トンネルの維持管理に携わる関係者が、効率的かつ円滑な維持管理を行っていくための点検マニュアルを整備していくこととした。

ここでは、これに先立ち、点検マニュアルのガイドラインの策定を行ったものである。

1 トンネル点検の基本的考え方

(1) 点検の目的

外力（突発性崩壊による衝撃荷重，偏土圧など）や材質劣化などを原因として発生する，トンネルの崩落や機能低下を招く変状などを可能な限り防止し，トンネルを安全かつ合理的に運営すること

(2) 点検の方針

区 分	突発性崩壊	突発性崩壊以外
変状が生じる原因	<ul style="list-style-type: none"> 崩落しやすい地質・地層やカタクラサイト・断層 覆工背面の空洞 薄い土被り厚 	<ul style="list-style-type: none"> 外力（緩み土圧，偏土圧，地すべり，膨張性土圧，支持力不足など） 材質劣化
変状の特徴	<ul style="list-style-type: none"> 覆工に変状が見られず，短時間で破壊に至る。 	<ul style="list-style-type: none"> 覆工に変状が生じ，時間とともに進行して，破壊に至る。
点検における課題	<ul style="list-style-type: none"> 覆工の目視点検や打音調査で，その徴候を確認することは困難である。 	<ul style="list-style-type: none"> 覆工の目視点検や打音調査により，変状を確認できるが，送水停止が必要である。
点検の方針	<ul style="list-style-type: none"> まず，既存資料をもとに突発性崩壊可能性区間の絞り込みを行い，次に地上部から，続いてトンネル内での調査（覆工背面の空洞調査など）を順次行い，突発性崩壊が生じるかどうかの判定を行っていく。 	<ul style="list-style-type: none"> 国道トンネルの点検方法を規定した「道路トンネル定期点検要領（案）」及び「道路トンネル維持管理便覧」などを参考に，送水トンネルの特殊性[*]を考慮した点検方法及び実施基準を策定する。

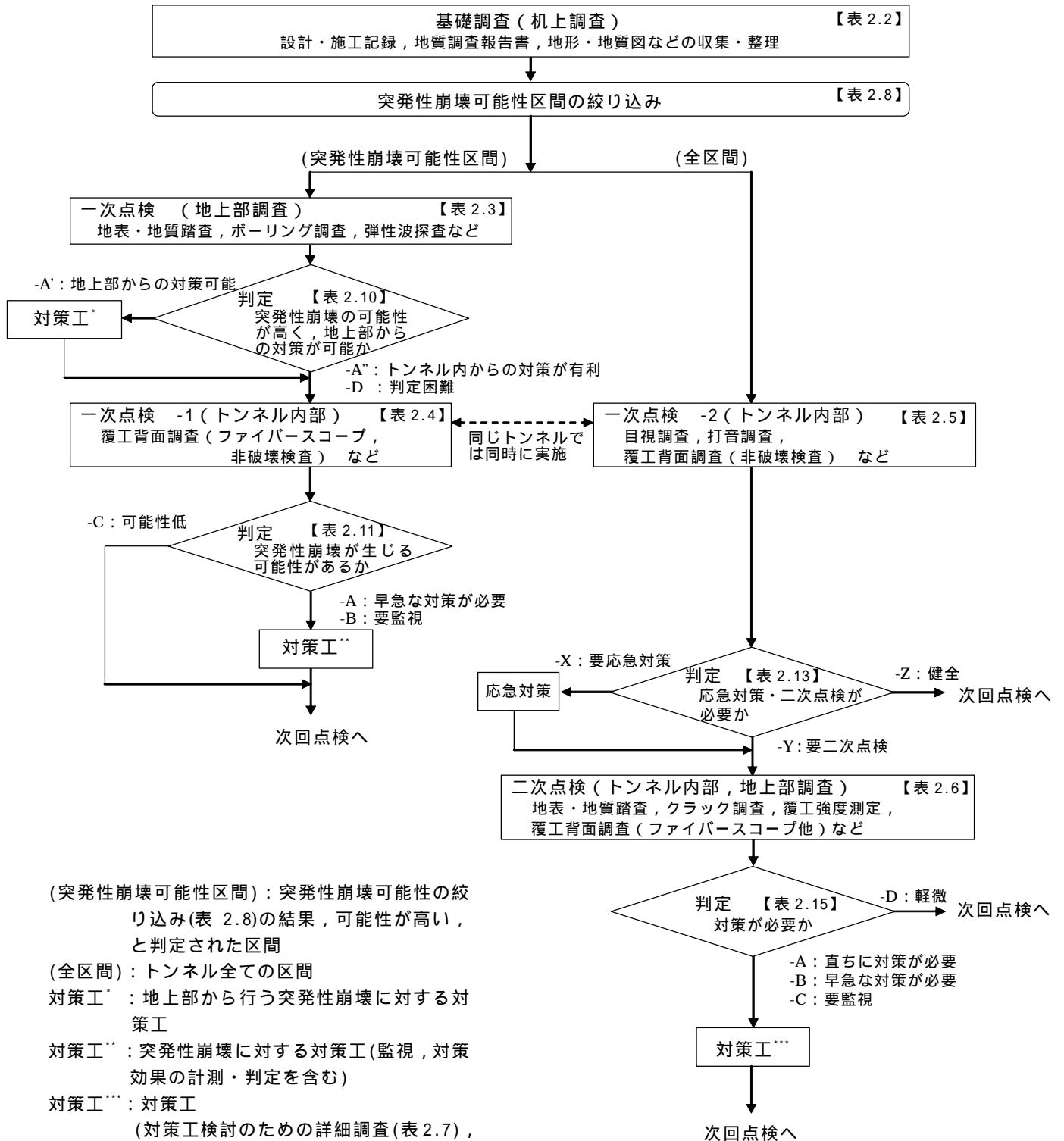
送水トンネルの特殊性^{*}

トンネルから送水される水は上水や工業用水など様々な利用がなされており，点検に伴う断水はこれらの利用者に多大な影響を及ぼすが，不断水での点検技術は確立されていない。

2 トンネル点検の基本フローチャート

トンネル点検におけるフローチャートを図 2.1 に示す。

ただし、本フローチャートは現段階における基本的な流れを示したものであり、適用にあたっては柔軟に対応していく。



(突発性崩壊可能性区間) : 突発性崩壊可能性の絞り込み(表 2.8)の結果, 可能性が高い, と判定された区間

(全区間) : トンネル全ての区間

対策工' : 地上部から行う突発性崩壊に対する対策工

対策工'' : 突発性崩壊に対する対策工(監視, 対策効果の計測・判定を含む)

対策工''' : 対策工
(対策工検討のための詳細調査(表 2.7), 監視, 対策工検討及び対策効果の計測・判定を含む)

図 2.1 点検のフローチャート

(1) 点検の種類

本ガイドラインで取り扱う点検の種類は表 2.1 のとおりである。

表 2.1 点検の種類

目的	種類	内容
資料収集	基礎調査	設計・施工時の資料を収集・整理する調査
状況把握	一次点検	基礎調査の結果,突発性崩壊が生じる可能性がある区間において,突発性崩壊の可能性を詳細に検討するために,地上部より実施する調査
	一次点検 -1	突発性崩壊が生じる可能性がある区間において,突発性崩壊の可能性をさらに詳細に検討するために,トンネル内で実施する調査
	一次点検 -2	対象トンネル全区間において,トンネルの覆工面に生じている変状の概要を把握するために,トンネル内で実施する調査
原因究明	二次点検	一次点検の結果,二次点検が必要と判定された地点において,変状の詳細状況を把握し,変状原因を推定するために,トンネル内及び地上部より実施する調査
対策工法検討	詳細調査	一次点検及び二次点検の結果に加え,対策工法の検討に必要な詳細な状況を把握するために,対策工の一環として実施する調査
臨時	臨時点検	トンネルに影響を及ぼすような地震など外的要因や環境変化があった場合に,トンネル内の異常や変状箇所を発見し,応急処置と今後の対応策を整理するために臨時に実施する調査

(2) 点検周期

概ね 5 年周期で一次点検 -2 を実施する。

本件と比べて点検の容易性があるとは言え,他事業における点検事例(第 2 回検討委員会資料参照)においては,2 ~ 6 年間隔で定期点検を実施しているところもあり,概ね 5 年周期で一次点検 -2 を実施するものとした。

ただし,変状の程度や進行状況,変状原因などにより,点検頻度は適宜見直すものとする。

突発性崩壊可能性区間については,概ね 10 年周期で最新の地形図,航空写真などを収集し,再度「突発性崩壊可能性区間の絞り込み」を実施する。

突発性崩壊可能性区間の絞り込みは,前回の絞り込み後に,大きな地形改変などによる土被り厚さの変化や集水地形への変化が生じていないかを確認するために実施する。

しかしながら,これらの変化が生じたとしても,突発性崩壊を招くまでには相当の期間が必要と考えられる。

このため, の点検周期より長い 10 年に 1 回を原則とした。

3 点検・調査の方法

各点検・調査段階において実施する調査の方法，概念図および概略調査能力は表2.2～表2.7のとおりである。

(1) 基礎調査

設計・施工時の資料を収集・整理する調査。

表 2.2 調査方法一覧表（基礎調査）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
基礎調査	既存資料調査	対象となるトンネルの履歴，構造，地山条件などについて文献などの収集・整理を行う。 収集・整理する資料は，設計・施工記録，地質調査報告書，地形・地質図，航空写真などである。 そして，これらの資料を基に地形判読などを行い，突発性崩壊が生じる地質・地形的な特徴について整理する。			

(2) 一次点検

基礎調査の結果，突発性崩壊が生じる可能性がある区間において，突発性崩壊の可能性を詳細に検討するために，地上部より実施する調査。

表 2.3 調査方法一覧表（一次点検）


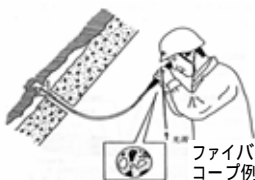
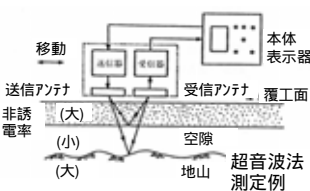
	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
一次点検	地表・地質踏査	トンネルルート上を踏査し，地形・地質状況，地表面のひび割れ，陥没などの異常の有無を調査する。			
	ボーリング調査 弾性波探査 電気探査	代表地点でボーリング調査を行い，地山の状況を直接確認する。 また，特に地質踏査で地質状況が確認できない区間においては状況によって弾性波探査，電気探査を行い，地質構造の分布範囲を把握する。			ボーリング孔を利用し，覆工背面の空洞対策を行う場合がある。
	地山試料調査	ボーリングなどによって得られた試料を用いて三軸圧縮試験，粒度試験，膨潤度試験などの室内試験を行い，地山の物理的性質の把握を行う。			

*調査項目は標準的なものであり，実施にあたっては，現地状況などを考慮し，適切に選択することが必要である。

(3) 一次点検 -1

突発性崩壊が生じる可能性がある区間において、突発性崩壊の可能性をさらに詳細に検討するためにトンネル内で実施する調査。

表 2.4 調査方法一覧表（一次点検 -1）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
一次点検 1	覆工背面調査 (簡易ボーリング)	コアボーリングまたは削孔により覆工部にボーリング孔を設け、背面空洞、背面地山状況などを調査する。	 簡易ボーリング例	20箇所 (削孔) 5箇所 (コア採取)	採取したコアを用いて一軸圧縮試験を行う場合もある。
	覆工背面調査 (ファイバースコープ)	簡易ボーリング孔の中にファイバースコープを挿入して覆工コンクリート内部の状況、覆工背面の空洞及び地質状況を把握する。	 ファイバースコープ例	20箇所	
	覆工背面調査 (非破壊検査)	覆工コンクリートの巻厚、背面の空洞及び地山状況を調査することを目的として行う。打音法、超音波法、電磁波法などがある。	 超音波法測定例	1km (超音波法)	

* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日(8時間)当たりの概略調査数量である。
調査能力は、現地の状況(調査密度、調査地点までの移動距離など)により大きく異なる場合がある。
調査項目は標準的なものであり、実施にあたっては、現地状況などを考慮し、適切に選択することが必要である。
調査時に突発性崩壊が生じて人的被害が生じないように、調査の方向、順序などについては入念な計画が必要である。

(4) 一次点検 -2

対象トンネル全区間において、トンネルの覆工面に生じている変状の概要を把握するためにトンネル内で実施する調査。

表 2.5 調査方法一覧表（一次点検 -2）

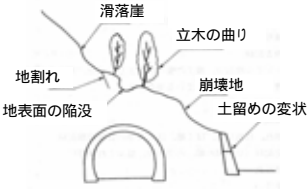


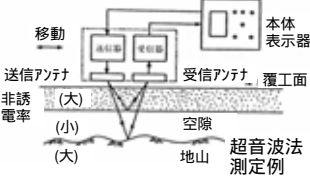
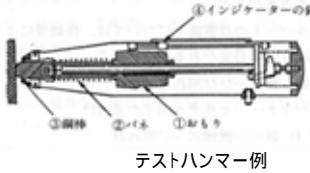
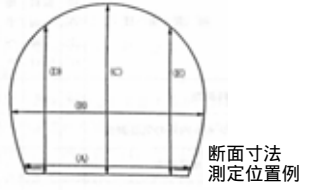
	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
一 次 点 検 2	目視調査	コンクリート覆工面の状況を目視により観察し、クラックなどの変状あるいは漏水の状況などを調査する。点検時には、前回の点検調書と比較し、進行具合についても観察する。		2km	
	打音調査	覆工コンクリート表面をハンマーで打診し、打音によりうき、はく離の判定を行う。		2km	
	覆工背面調査 (非破壊検査)	覆工コンクリートの巻厚、背面の空洞及び地山状況を調査することを目的として行う。打音法、超音波法、電磁波法などがある。		1km (超音波法)	
	農業用水路 連続劣化情報 計測システム	壁面画像計測（レーザースキャナー、CCDラインセンサカメラ）、覆工背面調査（レーダー）、覆工背面地山簡易計測（簡易貫入法）および断面計測（レーザ）を同時に実施できる。		5km/日 (地山簡易計測を除く)	新技術

* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日（8時間）当たりの概略調査数量である。
調査能力は、現地の状況（調査密度、調査地点までの移動距離など）により大きく異なる場合がある。
調査項目は標準的なものであり、実施にあたっては、現地状況などを考慮し、適切に選択することが必要である。

(5) 二次点検

一次点検の結果，二次点検が必要と判定された地点において，変状の詳細状況を把握し，変状原因を推定するためにトンネル内及び地上部より実施する調査。

表 2.6 調査方法一覧表（二次点検）


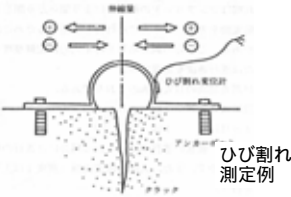
調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
地表・地質踏査	トンネルルート上を踏査し，地形・地質状況，地表面のひび割れ，陥没などの異常の有無を調査する。			
クラック調査	覆工表面に現れているひび割れ，はく離，はく落，漏水の状況などを観察する。 ひび割れについては位置，長さ，幅などをクラックスケールなどで測定する。 はく離，はく落については，ハンマー打診などによりその状況・範囲などを把握して，漏水についてはその状況を観察する。		0.2km	
覆工背面調査 (簡易ボーリング)	コアボーリングまたは削孔により覆工部にボーリング孔を設け，背面空洞，背面地山状況などを調査する。		20箇所 (削孔) 5箇所 (コア採取)	
覆工背面調査 (ファイバースコープ)	簡易ボーリング孔の中にファイバースコープを挿入して覆工コンクリート内部の状況，覆工背面の空洞及び地質状況を把握する。		20箇所	
覆工背面調査 (非破壊検査)	覆工コンクリートの巻厚，背面の空洞及び地山状況を調査することを目的として行う。打音法，超音波法，電磁波法などがある。		1km (超音波法)	
覆工強度測定 (テストハンマー)	コンクリートテストハンマーを用いた反発硬度法を利用して覆工コンクリートの概略強度を把握する。		20箇所	コア採取を行った場合，一軸圧縮試験を行う
簡易トンネル断面測定	メジャーポールなどを用いて概略のトンネル断面を把握する。		2km	内空変位測定を実施する場合もある

* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日(8時間)当たりの概略調査数量である。
調査能力は，現地の状況(調査密度，調査地点までの移動距離など)により大きく異なる場合がある。
調査項目は標準的なものであり，実施にあたっては，現地状況などを考慮し，適切に選択することが必要である。

(6) 詳細調査

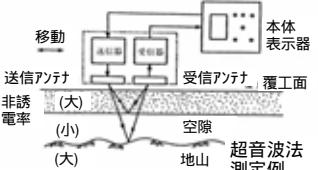

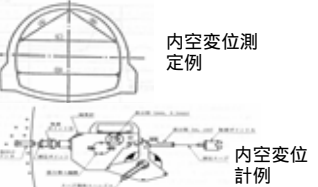
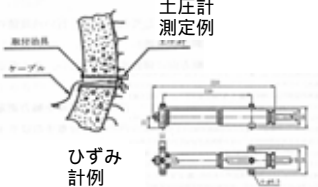
一次点検及び二次点検の結果に加え、対策工法の検討に必要な詳細な状況を把握するために、対策工の一環として実施する調査。

表 2.7(1) 調査方法一覧表（詳細調査，その1）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
詳細調査	地質調査	ボーリング、孔内検層、地下水調査などにより、トンネル周辺の地質、地下水の状況を詳細に把握する。			変状原因が、 偏土圧、地すべり と推定された場合に原則として実施する
	地山挙動調査	地山内部あるいは地表面の変位を測定し、地すべりなどによる地山移動の監視、ならびに近接工事や対策工施工中の覆工及び地山の挙動を監視する。			変状原因が、 緩み土圧、偏土圧、地すべり と推定された場合に実施することができる。
	地山試料調査	ボーリングなどによって得られた試料を用いて三軸圧縮試験、粒度試験、膨潤度試験などの室内試験を行い、地山の物理的性質の把握を行う。			変状原因が、 偏土圧、地すべり、膨張性土圧、支持力不足 と推定された場合に実施することができる。
	ひび割れ形状変化調査	ひび割れが進行している場合、その進行性を詳細に調べることを目的として、ひび割れ変位計、三方向ゲージなどで測定を行う。		5箇所 (設置)	変状原因が、 偏土圧、膨張性土圧、水圧、材質劣化 と推定された場合に実施することができる。
	漏水水質試験	コンクリートの劣化原因の究明や漏水の流入経路について概略の推定を行うことを目的として、漏水水質の測定を行う。測定には、現位置でできる簡易な方法と、採水して室内で行う詳細な分析があり、目的に応じて選択する。		20箇所 (採水)	変状原因が、 材質劣化 と推定された場合に実施することができる。

* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日(8時間)当たりの概略調査数量である。
調査能力は、現地の状況(調査密度、調査地点までの移動距離など)により大きく異なる場合がある。
調査項目は標準的なものであり、実施にあたっては、現地状況などを考慮し、適切に選択することが必要である。

表 2.7(2) 調査方法一覧表（詳細調査，その2）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
詳細調査	覆工背面調査 (非破壊検査)	覆工コンクリートの巻厚，背面の空洞及び地山状況を調査することを目的として行う。打音法，超音波法，電磁波法などがある。		1km (超音波法)	変状原因が， 緩み土圧 と推定された場合に原則として実施する。また， 材質劣化 と推定された場合には実施することがある。
	覆工背面調査 (ファイバースコープ)	簡易ボーリング孔の中にファイバースコープを挿入して覆工コンクリート内部の状況，覆工背面の空洞及び地質状況を把握する。		20箇所	変状原因が， 緩み土圧 と推定された場合に原則として実施する。また， 材質劣化 と推定された場合には実施することがある。
	覆工 コンクリート 材質試験	コンクリートの劣化原因を詳細に把握するため，一軸圧縮試験，超音波伝播試験，単位体積重量試験，割裂引っ張り試験，中性化試験，アルカリ骨材反応試験などを行う。		5箇所 (コア採取)	変状原因が， 材質劣化 と推定された場合に実施することがある。
	内空変位測定	内空変位計により，トンネル断面の測定を行い，変状の進行の有無，進行速度などを把握する。		1km	変状原因が， 偏土圧 ， 地すべり ， 膨張性土圧 と推定された場合に原則として実施する。
	覆工応力及び 背面土圧測定	覆工応力および土圧の変化を把握するため，覆工コンクリートにひずみ計などを取り付けて測定する。		2箇所 (設置)	変状原因が， 緩み土圧 ， 偏土圧 ， 地すべり ， 膨張性土圧 ， 水圧 と推定された場合に実施することがある。

* 調査能力はトンネル内における外業に係る1日（8時間）当たりの概略調査数量である。
調査能力は，現地の状況（調査密度，調査地点までの移動距離など）により大きく異なる場合がある。
調査項目は標準的なものであり，実施にあたっては，現地状況などを考慮し，適切に選択することが必要である。

4 点検の実施基準

(1) 突発性崩壊可能性区間の絞り込み

突発性崩壊可能性区間の絞り込みは、表 2.8 に示す 2 段階で行う。

表 2.8 突発性崩壊可能性区間の絞り込み

可能性	判定の内容
高い	突発性崩壊が生じる可能性があり、補修や補強を行うかどうかの検討のための一次点検を必要とするもの
低い	突発性崩壊が生じる兆候が認められないもの

具体的な絞り込みは、表 2.9 に示すカタクラサイト・断層、崩落しやすい地質・地層、土被り、及び地下水流による判定基準を設け、その結果のうち一つでも該当すれば「可能性が高い」と判定する。

なお、ここに示したものはあくまでも絞り込みの目安であり、機械的に適用するのではなく、現場の状況に応じた総合的な判定を行う必要がある。

表 2.9 突発性崩壊可能性区間の絞り込みの目安

点検箇所	突発性崩壊の要因	突発性崩壊可能性が高い
覆工背面 地山	カタクラサイト 断層	カタクラサイト、断層が存在する可能性がある（延長線上にある場合も含む）場合
	崩落しやすい地質 ^{*1)} ・ 地層	崩落しやすい地質・地層が存在する可能性がある（延長線上にある場合も含む）場合
	土被りが小さい ^{*2)}	土被りが30m程度以下である場合
	地下水流の存在	地形勾配変換点（山地部から平野部など）のように、地形的に地下水が大きく流動している可能性がある場合

崩落しやすい地質^{*1)}

これまでに生じた突発性崩壊の事例（第 2 回委員会資料参考資料参照）より、固結度の低い砂混じりシルト岩、砂岩、あるいは新第三紀の細粒～中粒の凝灰岩、泥岩で崩落が生じている。

土被りが小さい^{*2)}

今回生じたトンネル崩落は、土被りが 17～23m 程度であった。また、これまでに生じた突発性崩壊の事例（第 2 回委員会資料参考資料参照）では、土被りが 23m あるいは 26m 程度であった。

- (2) 一次点検 及び -1 結果からの判定 , (突発性崩壊可能性の判定)
 一次点検 及び -1 結果からの判定は, 突発性崩壊の可能性や緊急性, 対策の施工性を考慮し, それぞれ, 表 2.10 及び表 2.11 に示す 3 段階で行う。

表 2.10 一次点検結果の判定

区分	判定の内容
-A'	突発性崩壊が発生する可能性が高く, 地上部からの対策が可能であるもの
-A''	突発性崩壊が発生する可能性が高いが, 施工性・経済性などからトンネル内からの対策の方が有利と判断できるもの
-D	突発性崩壊が発生するかどうかの判定が困難なもの

表 2.11 一次点検結果の判定

区分	判定の内容
-A	突発性崩壊が発生する可能性が高く, 早急な対策を必要とするもの
-B	将来的に突発性崩壊が発生する可能性があるが, 当面はその危険性は低く, 定期的な監視を行う必要があるもの
-C	突発性崩壊が発生する可能性が低いもの

具体的な判定は, 表 2.12 に示すカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層, 覆工背面の空洞の程度による判定の目安による。

なお, これらに示したものはあくまでも判定の目安であり, 機械的に適用するのではなく, 現場の状況に応じた総合的な判定を行う必要がある。

表 2.12 一次点検結果からの判定 , の目安

判定	判定の目安
-A -A' -A''	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在し, 覆工背面の空洞 [*] が30cm以上ある場合
-B	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在するが, 覆工背面の空洞 [*] が30cm未満である場合
-C	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層の存在が確認できない場合 (ただし, 空洞が極度に大きい場合には, 監視の必要性などの検討を行う)
-D	地上からの調査結果では, 覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在するかどうかの判定が困難な場合

覆工背面の空洞^{*}

表-4.1.1 覆工背面空洞充填対策の目的と対象とする空洞の状態

対策目的	対象となる覆工背面の空洞の状態
①外力作用下で, 覆工の耐荷力を回復・向上させる。	覆工に外力に起因すると考えられるひび割れ等が発生し, 覆工の耐荷力が低下している箇所、特に空洞深さに係らず、残っている空洞全てが対策範囲となる。
②上方地山の緩みを防ぎ、特に突発的な崩壊を防止する。	「アーチ部の覆工背面に 30cm 程度以上の空隙があり、有効な覆工厚さが 30cm 以下で、背面の地山が岩塊となって崩落する可能性があるもの」もしくは「覆工側面に空隙があり、今後洗掘等で空洞が拡大する可能性があるもの」。

道路トンネル変状対策工マニュアル(案), p103,
 独立行政法人土木研究所, 平成 15 年 2 月

(3) 一次点検 -2 結果からの判定

一次点検結果からの判定は，対策の緊急性と変状の程度を考慮し，表 2.13 に示す 3 段階で行う。

表 2.13 一次点検結果からの判定

区分	判定の内容
-X	変状が著しく，送水トンネルの通水機能を維持することができないと判断され，応急対策を必要とするもの
-Y	変状があり，補修や補強をするかどうかの検討のために，二次点検を必要とするもの
-Z	健全なもの（変状がないか，あっても軽微）

具体的な判定は，表 2.14 に示すひび割れ，うき・はく離・はく落，傾き・沈下・変形，漏水などの程度による判定の目安を設け，その結果のうち最も判定の悪いもの（-X> -Y> -Z）を優先させる。

なお，ここに示したものはあくまでも判定の目安であり，機械的に適用するのではなく，現場の状況に応じた総合的な判定を行う必要がある。

表 2.14 一次点検結果からの判定 の目安

点検箇所	変状の種類	判定区分 -X	判定区分 -Y
覆工	ひび割れ，段差	急激にひび割れが進行しており，ブロック化して落下する可能性がある場合	構造上有害と判断できるひび割れや段差がある場合
	うき，はく離，はく落		コンクリートのはく離が発見された場合，あるいはうきの部分がはく落する可能性がある場合
	傾き，沈下，変形	目視により，明らかに傾き，沈下，あるいは変形している場合	傾きの徴候と判断される輪切り状のひび割れが明瞭に見られる場合
	漏水		大規模な漏水で，湧水に濁りが見られ，土砂が漏水とともに流出しており，そのまま放置しておくで背面地山の空洞化の拡大を招く可能性がある場合
	豆板やコールドジョイント部のうき，はく離，はく落		コールドジョイント，豆板の周囲ではく離，はく落が発見された場合，あるいはうきの部分がはく落する可能性がある場合
	補修材のうき，はく離，はく落		補修した箇所ではく離，はく落が発見された場合，あるいはうきの部分がはく落する可能性がある場合
インパート	欠損，はく離		インパート部に欠損・破損が見られる場合
覆工背面	空洞		覆工背面に空洞が見られる場合

(4) 二次点検結果からの判定

二次点検結果からの判定は、対策の緊急度と変状の程度を考慮し、構造物としての安全性に及ぼす影響に基づき、表 2.15 に示す 4 段階で行う。

表 2.15 二次点検結果からの判定

区分	判定の内容
-A	変状が大きく、構造物としての安全性が大きく低下しており、直ちに対策を必要とするもの
-B	変状があり、それらが進行して構造物としての安全性を大きく低下させる可能性が高いため、早急な対策を必要とするもの
-C	変状があり、それらが進行して将来的に構造物としての安全性を低下させる可能性があるため、重点的な監視を行い、計画的な対策を必要とするもの
-D	軽微な変状で、現状では安全性に特に問題はないもの

具体的な判定は、表 2.16～表 2.24 に示すひび割れ（幅，長さ），劣化度合，鋼材腐食，覆工背面の地質や空洞，変形速度及び漏水の程度による判定基準及び判定の目安を設け，その結果のうち最も判定の悪い（ -A> -B> -C> -D ）ものを優先させる。

なお，これらに示したものはあくまでも判定の目安であり，機械的に適用するのではなく，覆工背面の地質状況も考慮し，現場の状況に応じた総合的な判定を行う必要がある。

表 2.16 変状に対する判定基準

区分	覆工コンクリートのひび割れ	覆工コンクリートのうき，はく落	覆工コンクリートなどの断面強度の低下	鋼材腐食	覆工背面の空洞	覆工コンクリートの変形，移動，沈下	漏水
参照表	表2.17,2.18	表2.19	表2.20	表2.21	表2.22	表2.23	表2.24
-A	ひび割れが大きく密集している。また，せん断ひび割れが生じ，進行が大きいと認められるもの	アーチ上部のひび割れの密集・圧ぎによるうき，はく落が生じコンクリート塊が落下する恐れのあるもの				変形，移動，沈下などしており，構造物の機能が著しく低下しているもの	コンクリートのひび割れなどから漏水が噴出しているもの
-B	ひび割れが大きく密集している。また，せん断ひび割れが生じ，進行が認められるもの	側壁部のひび割れの密集・圧ぎによるうき，はく落が生じ，コンクリート塊が落下する恐れのあるもの	材料劣化などにより断面強度が相当程度低下し，構造物の機能が損なわれたもの	腐食により，鋼材の断面欠損が著しく，構造物用鋼材として機能が損なわれているもの	覆工背面の空洞が大きく，突発性崩壊が生じる可能性が高いもの	変形，移動，沈下などしており，近い内に構造物の機能低下が予想されるもの	コンクリートのひび割れなどから湧き水が落下しているもの
-C	ひび割れがあり，進行が認められるもの	側壁部のひび割れの密集・圧ぎによるうき，はく落が生じ，コンクリート塊が落下する可能性のあるもの	材料劣化などにより断面強度が低下し，構造物の機能が損なわれる可能性があるもの	孔食あるいは鋼材全周のうき錆が見られるもの	今後覆工背面の空洞が拡大し，突発性崩壊が生じる可能性があるもの	移動，変形，沈下などしているが，進行が緩慢であるもの	覆工のコンクリートのひび割れなどから湧水が滴下しているもの
-D	ひび割れがあるが，進行が認められないもの	うき，はく落が認められないもの	材料劣化などが見られるが，断面強度への影響がほとんどないもの	表面的あるいは小面積の腐食	突発性崩壊が生じる可能性が低いもの	移動，変形，沈下などしているが，進行が停止しており，変状が再発する恐れがないもの	覆工のコンクリートのひび割れなどから湧水が浸出しているもの

表 2.17 ひび割れの進行性の有無が確認できない場合の判定の目安

箇所	ひび割れ						判定区分
	幅			長さ			
	5mm以上	3～5mm	3mm未満	10m以上	5～10m	5m未満	
覆工							-A～ -B
							-B～ -C
							-B～ -C
							-B
							-B～ -C
							-C
							-C～ -D

*横断方向のひび割れについては1ランクさげてもよい

表 2.18 ひび割れの進行性がある場合の判定の目安

箇所	ひび割れ				判定区分
	幅		長さ		
	3mm以上	3mm未満	5m以上	5m未満	
覆工					-A～ -B
					-B～ -C
					-C
					-C

*横断方向のひび割れについては1ランクさげてもよい

複数回点検などにより、ひび割れの進行が認められた時に適用する

表 2.19 うき、はく落に対する判定の目安

箇所	位置	うき、はく落 落下の恐れ		判定区分
		有	無	
覆工	アーチ			-A～ -B
				-D
	側壁			-B～ -C
			-D	

表 2.20 断面強度の低下による判定の目安

箇所	主な原因	劣化度合			判定区分
		有効巻厚/設計巻厚			
		1/2 未満	1/2～ 2/3	2/3 以上	
アーチ	経年劣化、アルカリ骨材反応、設計・施工の不適切など				-B
					-C
					-D
側壁	経年劣化、アルカリ骨材反応、設計・施工の不適切など				-B
					-C
					-D

*有効巻厚：設計基準強度以上の部分

表 2.21 鋼材腐食による変状に対する判定の目安

箇所	主な原因	腐食の程度	判定区分
覆工コンクリート中に補強用鋼材を含む構造物	塩害、漏水、中性化など	鋼材の断面欠損の程度が著しく、構造用鋼材としての機能が損なわれているもの	-B
		浅い孔食あるいは鉄筋の全周にわたるうき錆	-C
		表面的あるいは小面積の腐食	-D

表 2.22 覆工背面の地質及び空洞に対する判定の目安

箇所	地質及び空洞の状況	判定
覆工背面	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在し、覆工背面の空洞が30cm以上ある場合	-B
	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層が存在するが、覆工背面の空洞が30cm未満である場合	-C
	覆工背面にカタクラサイトや断層あるいは崩落しやすい地質・地層の存在が確認できない場合（ただし、空洞が極度に大きい場合には、監視の必要性などの検討を行う）	-D

表 2.23 変形速度に関する判定の目安

箇所	変形速度				判定区分
	10mm/年以上	3mm/年以上 10mm/年未満	1mm/年以上 3mm/年未満	1mm/年未満	
覆工					-A
					-B
					-C
					-D

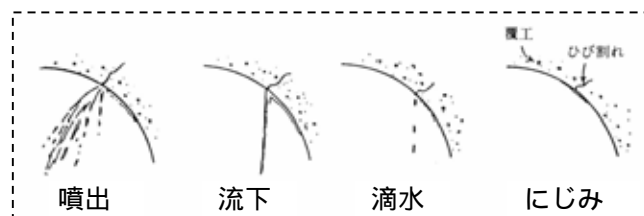
* 覆工コンクリートの変形，移動，沈下が認められ，複数回点検などによりその速度が求められた時に適用する

* 止水構造を有するトンネルに適用する

表 2.24 漏水などによる変状に対する判定の目安

	漏水の度合い				判定
	噴出	流下	滴水	にじみ	
アーチ					-A
					-B
					-C
					-D
側壁					-B
					-C
					-C
					-D

* 止水構造を有するトンネルに適用する



止水構造を有さないトンネルにおいても，継ぎ目以外の部分などから著しい漏水が認められる場合は，この目安を参考にして判定を行う

5 臨時点検

トンネルに影響を及ぼすような地震など、外的要因や環境変化があった場合に、トンネル内の異常や変状箇所を発見し、応急処置と今後の対応策を整理するために実施する調査。

(1) 臨時点検を行う地震震度

震度5弱以上（公営企業部 水道施設事故対策要綱 初期対応 に準拠）

3 水道事務所長等は、それぞれの管内において、震度4以上の地震が発生した場合は、情報収集を行うものとし、震度5弱以上の地震が発生した場合は、あらかじめ指定している危険箇所の点検を行うものとする。

水道施設事故対策要綱 公営企業部 初期対応

(2) 点検の方法

臨時点検を実施する時の点検方法 概念図及び概略調査能力を表2.25に示す。

表 2.25 調査方法一覧表（臨時点検）

	調査方法名	調査方法	概念図など	調査能力 (1班, 1日当り)	備考
臨 時 点 検	目視調査	坑口付近のコンクリート覆工面の状況を目視により観察し、クラックなどの変状あるいは漏水の状況などを調査する。 点検時には、前回の点検調書と比較し、進行具合についても観察する。			震度5弱以上が観測された管内において原則として実施する
	水質調査	目視あるいは濁度計により、濁水が生じていないかどうか調査する。			震度5弱以上が観測された管内において原則として実施する
	水位観測	坑口などに設置してある水位計により、急激な水位上昇あるいは水位低下など水位に異常が生じていないかどうかを調査する。			震度5弱以上が観測された管内において原則として実施する
	踏査	トンネルルート上（坑口付近などの土被りが小さい箇所を中心に）を踏査し、地表面のひび割れ、陥没などの異常の有無を調査する。			震度5弱以上が観測された管内において原則として実施する

(3) 点検結果の評価

点検の結果、異常が認められた場合は、異常の程度などを考慮し、詳細な点検あるいは対策工の実施について検討を行う。

6 点検実施計画作成のポイント

対象とするトンネルを安全かつ合理的に運営するためには、トンネルの覆工面や覆工背面に異常が生じていないかを点検によって確認していく必要があるが、現在の点検技術ではいずれかの段階で送水停止を伴う点検が不可欠である。

また、トンネルから送水される水は上水や工業用水など様々な利用がなされており、点検に伴う断水はこれらの利用者に多大な影響を及ぼすことになる。

このため、点検実施に当たっては、以下の点に配慮して効果的かつ効率的に実施していく必要がある。

このガイドラインは、現段階における点検のあり方を示したものであり、点検結果の蓄積・検証を行うことにより、点検頻度や判定基準の追加・変更、及び新技術の採用などによる点検方法の見直しは、固定観念にとらわれず、随時実施していく必要がある。

点検記録は、トンネルの維持管理計画の策定時や次回点検時には必ず必要となるものであり、記録を有効に活用できることが必要である。なお、記録の保管方法については、長期的な視野に立ったデータベース化について検討を行う必要がある。

このガイドラインでは、点検者の交代などによる評価結果のばらつきを平準化するため、判定について一定の基準を示したが、実際の点検及び判定に当たっては、高度な経験を有する専門技術者による意見を聞くことも必要である。

不断水や減水状態での点検方法の確立、あるいは断水時間の短縮化のために、常に新技術の動向を探り、積極的に採用する必要がある。