

第12章 対策後のモニタリング

12.1 モニタリングの目的

対策後のモニタリングは、対策工法の効果が期待される期間中、備えるべき性能（要求性能）を確認することを目的として実施する。また、補修・補強部材の変化を確認することで、変状の進行性を把握することができる。よって、対策後のモニタリング範囲は、対策を実施した区間全線を対象とする。

【解説】

対策後のモニタリングは、技術的かつ経済的に可能な範囲において調査項目を設定し、継続して行っていくことが重要である。水路トンネルの対策工法を実施した区間は、今後モニタリングのデータを蓄積し、対策工法の要求性能と効果の検証にフィードバックする必要がある。

水路トンネルの対策後のモニタリングにおいては、変状の進行性を把握することも重要な目的の一つである。対策工法を施工した時点においては、竣工から対策工事実施までの変状の経時変化が十分把握されていない場合が多く、変状の進行性が不明なまま対策工事が施される事例も少なくない。このような場合には、対策後の再劣化により、変状の進行性が明らかになる場合もある。写真-12.1.1に補修工法施工後に再劣化した事例を、写真-12.1.2に鋼板内張工法の内張鋼板が腐食した事例を示す。これらを確認することは、対策工法の効果の検証や、今後のモニタリング方針（調査頻度と調査項目）の検討にも役立つ。



写真-12.1.1 補修工法施工後の再劣化



写真-12.1.2 鋼板内張工法の腐食状況

対策区間は、もともと変状の多かった区間であるため、対策後のモニタリング範囲は、対策を実施した区間全線を対象に遠隔目視を行い、再変状が発生した箇所に定点を設ける。また、水路トンネルの内空変位を確認するための定点は、対策工施工時に設置し、施工直後の初期値を計測して記録しなければならない。定点箇所は変状の経年的変化を定量的に把握するための継続調査を実施する。

12.2 モニタリングの実施

モニタリングは、供用開始後の状況変化、当初品質の維持状況を継続的に把握し、性能等を検証するものであり、施工後に行う。

【解説】

本書に示す対策工法に求める要求性能は、対策工法の効果が期待される期間中に発揮すべき性能を施工時点で照査するために必要なものとして定めたものであり、対策工法が要求性能を備え、水路トンネルの機能が維持されているかをモニタリングにより確認し、検証しなければならない。しかしながら、本書に示す性能指標と効果が期待される期間の関係性が現時点では得られていないため、モニタリングを行いながら性能指標を見直していく必要がある。

性能の検証は、施工時に行う施工管理記録と施工後のモニタリング結果とを比較し、対策工法の性能低下状況等を評価する。次項に示すモニタリング手法の中には、簡易に測定できないものや高価なものも含まれるが、性能指標の見直しに資するデータを蓄積することが重要である。

モニタリングに当たっての留意点として以下のことが挙げられる。

- ・ 対策工法の変状や機能低下の早期検出が可能であること
- ・ 極力定量的で、精度のバラツキが少ないこと
- ・ 目視や計測した情報を高精度かつ効率的に電子情報として記録し経年的に継承していくこと

12.3 モニタリングの手法

対策工法の施工後に実施するモニタリングの調査項目は、対策工法の補強効果や変位抑制効果等を把握する目的で、各対策工法に対して適切なものを選定する。

【解説】

(1) モニタリングにおける調査項目

標準的な対策工法のモニタリングにおける調査項目を表-12.3.1 に示す。なお、各調査手法については、第2章「長寿命化対策の検討のための調査・情報整理」の表-2.3.1 及び巻末資料「1. 現地調査方法」を参照する。

表-12.3.1 モニタリングにおける調査項目（例）

対策工法 監視項目	裏込注入工法	鋼板内張工法	既製管挿入工法	製管工法	接着工法	ロックボルト補強工法	ライナープレート建込工法	備考
①覆工の変状調査と打音調査	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	ひび割れ等の進行性の有無、対策工の変状の有無
②ひび割れ調査	◎	—	◎	◎	◎	◎	—	ひび割れ幅、長さの測定、析出物の成長状況
③トンネル断面の形状調査	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	トンネル内空の変位状態の計測
④トンネルの測量	○	○	○	○	○	○	—	インバートの沈下・盤膨れの測量
⑤覆工応力と作用荷重	△	△	△	△	△	△	—	覆工に発生するひずみを測定して応力を推定
⑥補強材応力測定	—	△	△	△	△	—	—	補強材に発生するひずみを測定して応力を推定
⑦ロックボルト軸力測定	—	—	—	—	—	△	—	ロックボルトに発生する軸力の測定
⑧トンネル内外の気温調査	○	○	○	○	○	○	○	トンネル内外の気温測定
⑨湧水及び漏水調査	○	○	○	○	○	○	○	裏込注入による湧水の水質・水量への影響調査、補修・補強による水みちの変化の調査
⑩覆工厚と背面空洞調査	○	—	—	—	—	—	—	裏込注入施工後の湧水による浸食等に起因する再空洞化の確認調査
⑪増厚材の性能低下量調査	—	—	—	—	○	—	—	接着工法における増厚材のひび割れや浮き・剥離、鉄筋腐食、摩耗量等の調査
⑫塗装及び鋼板の劣化調査	—	◎	◎	—	—	—	◎	近接目視、塗装膜厚、鋼板板厚、腐食深さの測定

（注）◎：原則として実施、○：必要に応じて実施（本文中に記載）、△：特殊な場合に実施（試験施工等に適用）

① 覆工の変状調査と打音調査

覆工コンクリートや対策工に新たなひび割れや変状の発生、それらの進展状況、漏水状態の変化の有無、などについて観察し、展開図などに記録する。また、鋼板内張工法や製管工法等で補修・補強した場合は、補修・補強後の表面部材の変状（発錆、析出物、開き、膨れ、段差等）について確認・調査し、展開図などに記録する。

② ひび割れ調査

対策工施工前のひび割れの幅と長さが対策工施工前後でどのように変化したかを測定する。また、補修・補強対策後の再劣化についてもひび割れ幅、長さを測定し、析出物の状況を記録する。

既製管挿入工法については、施工後にひび割れが発生した場合を対象とする。また、製管工法は表面部材の嵌合部からの裏込充填材の析出や内面被覆管のひび割れを対象とする。

接着工法は、施工後に曲げひび割れが発生する可能性があるため、施工後1年目にひび割れ状況を確認するのが望ましい。9.4.3 接着工法の構造設計 (5) ひび割れに対する照査 に示す管理基準値を上回った場合は、ひび割れの補修を行わなければならない。

補修工法（表面被覆工法、断面修復工法、ひび割れ補修工法等）の再劣化についても、接着工法と同様の照査を行い、管理基準値を上回った場合は再補修を行わなければならない。

③ トンネル断面の形状調査

トンネル覆工の内空変位量の大きさによって、変状の程度、進行性、トンネルの安定性を判断する。特に、対策工施工前後で変位速度が変化したかどうか、対策工による補強効果を判断する上で重要である。計測範囲は、既存の変状が顕著に表れている区間や、調査や解析等で最も大きい変位が予想される区間を中心として、10～20mの間隔で定点（測定断面）を設ける。

鉄道や高速道路トンネルでは、変位速度をもとに標準設計による適用工法を選定する流れが確立しているが、水路トンネルにおいては、標準設計が確立されていないため、今後データを蓄積し、標準設計を策定することが課題である。

④ トンネルの測量

トンネルの沈下や盤ぶくれは内空変位と同様に対策工法による補強効果を判定する上で重要な監視項目である。よって、トンネルの沈下や盤ぶくれ対策に対するモニタリングに際しては、トンネル内の水準測量を実施し、その変化を把握するのが望ましい。

計測範囲は内空変位と同じ考え方でよいが、3D スキャナ測量は短時間に広範囲の測定が可能なため、変状の著しい区間と隣接する健全な区間を同時に測定し、双方を比較することで、変形モードを正確に把握することができる。

⑤ 覆工応力と作用荷重

あらかじめ覆工コンクリートにひずみ計を取り付けている場合には、覆工コンクリートの表面等に発生するひずみを測定し、弾性係数から応力を推定して応力状態の変化を把握することができる。

⑥ 補強材応力測定

あらかじめ鋼板内張工法や既製管挿入工法、製管工法、接着工法の補強材にひずみ計を取り付けている場合には、発生するひずみを測定し、補強の効果や設計の適否に関する評価を行うことができる。

⑦ ロックボルト軸力測定

ロックボルトにあらかじめひずみゲージを取り付けて軸力を測定することで、ロックボルトに生じる軸力とその分布を測定し、ロックボルトの補強効果を判定することができる。

⑧ トンネル内外の気温調査

内空変位測定器のテープやひずみ計等は温度変化の影響を受けるため、気温測定を行い測定値の温度補正を行わなければならない。すなわち、モニタリング時の坑内気温測定は、計測時の坑内環境の変動状況を把握することを目的として行う。

⑨ 湧水及び漏水調査

裏込注入工法を採用する場合には、湧水量が多く注入材が十分固結しない状態で流出することが考えられる。また、用水の利用形態によっては、補修・補強工事に伴う水質や水量の変化が大きな問題となることもあるので、水質・水量・水みちに関する調査を行う。

すなわち、対策実施後に多量の湧水が確認された場合には、湧水量や湧出箇所の変化（水みち）及び有害物質溶出の有無について調査の実施を検討する必要がある。

⑩ 覆工厚と背面空洞調査

裏込注入工施工後に湧水による浸食等により再空洞化することが考えられる。ひび割れ補修箇所の再劣化が確認された場合には、覆工背面の再空洞化が疑われる。よって、裏込注入工施工後にひび割れ等の進行が確認された場合には、原因究明の目的で背面空洞調査の実施を検討する。

調査手法は、簡易ボーリングや電磁波レーダー等によるが、鉄筋コンクリート覆工区間や非セメント系注入材（発泡ウレタン）注入区間は電磁波法で充填状況を確認できないので留意する必要がある。

⑪ 増厚材の性能低下量調査

接着工法の増厚材については、モニタリングによりひび割れ幅の管理基準値を適宜見直す方針であるため、増厚材の浮きとひび割れの相関や補強材（鉄筋）の腐食の相関を確認する目的で増厚材の性能低下量調査を行う。

性能低下量調査では、打音調査による浮きの確認や、ひび割れ幅と長さの計測を行い、浮きとひび割れの進行性を確認・調査する。鉄筋腐食の兆候が確認された場合は補修対象とする。また、計測用ピンを用いた摩耗量調査も併せて実施することが望ましい。

⑫ 塗装及び鋼板の劣化調査

鋼板内張工法や既製管挿入工法（鋼管挿入工法）については、塗装の劣化状況と鋼板の腐食状況を近接目視により確認する。

塗装の劣化や鋼板の腐食が確認された場合は、補修対策の検討に資するため、塗装膜厚や鋼板板厚、腐食深さを測定する。

(2) モニタリングの実施頻度

モニタリングは施設造成者が対策工法の施工後計画的に実施するが、モニタリング等で確認された変状の程度に応じて適宜再設定する。標準的なモニタリング頻度を以下に示す。

- 1) 原則として、対策実施の1年後及び5年後にモニタリング調査を実施する。水路トンネルの補修・補強工法については、施工後1回目の通水後に変状が見られることがあるため、対策実施1年後に目視可能な範囲で変状の有無を確認することが望ましい。例えば接着工法については、施工後早期に覆工コンクリートのひび割れに沿って増厚材にひび割れや、浮き・はく離が発生するおそれがあるため、対策実施1年後のモニタリング調査を実施することが望ましい。なお、接着工法におけるひび割れ幅の管理基準値については、9.4.3 (6) 2) を参照するものとする。
- 2) 対策2年後から4年後までは、1年後の変状を勘案して頻度や調査項目を決定する。
- 3) 対策6年後からは、原則5年に1回の頻度で実施するものとし、変状の進行状況を考慮して頻度の見直しを行う。

12.4 モニタリング記録・管理

モニタリングの結果は、直接測定及び撮影記録により結果を記録する。これらの調査結果は記録媒体で記録・管理する。

【解説】

モニタリングでは採用した対策工法、施設状況を踏まえ直接測定と撮影記録を行う。

(1) 直接測定

直接測定では、対策工法の変状箇所やウィークポイントを把握するため、ひび割れ等を直接測定し記録をとる。

(2) 撮影記録

撮影記録では、以下に配慮して記録・管理を行う。

- ・撮影箇所の確認、寸法等の判定ができるように工夫する。
- ・撮影箇所には、工事名、対策工法、ウィークポイント、測点、実測数量・寸法などを黒板等に記入し、説明資料となるように工夫する。
- ・写真はモニタリングの時期、地点が判定できるように整理し、アルバムや電子媒体で整理する。

(3) 近年の情報技術を活用したモニタリング記録・管理

近年の情報技術の発達により、計測データ等の数値的なデータ以外にも、トンネル覆工表面をデジタルカメラ、レーザー、CCDカメラ等で撮影して記録する方法や、変状展開図をCADデータとして記録する方法等、電子化されたデータとして記録する方法が普及してきた。トンネルの変状の進行は長期にわたる場合が多いので、経時的な変化を追跡できるよう、これらの方法を併用してトンネルの状態を客観的に記録できるようにするとよい。

(4) モニタリング結果の記録

モニタリング結果は所定の記録様式に整理・蓄積し、対策工法の効果検証に活用する。記録様式の一例を表-12.4.1～表-12.4.9に示す。

モニタリング調査の様式は、調査主体によって変状記録にバラツキが生じないよう留意し、記入者は各項目について漏れのないよう確実に記載するものとする。

また、蓄積したモニタリング調査データから変状規模（定量値）を整理することで、対策後の劣化進行性を把握できる。さらに、地域別・施工状況別に変状の進行度合いを分析することで、工法ごとの特性を把握することが可能となる。

表-12.4.1 モニタリング様式例（1/9）

施設基本情報・施設劣化情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】

項 目		記入欄	入力情報			添付資料	備考	
			調査	設計	施工			
施設基本情報	局名	東北農政局	○					
	都道府県名	秋田	○					
	工種区分	無圧トンネル (無筋コンクリート覆工形式、支保工有)	○					
	用排水区分	用水	○					
	造成事業名	○○事業	○					
	施設路線名	○○用水路	○					
	施設路線延長	**, *km	○					
	トンネル名称	○○トンネル	○					
	トンネル延長	***, **m	○					
	ストックDB施設番号	#####	○					
	施設管理者	○○土地改良区	○					
	供用開始年	S40 (施工年度)	○					
	施工法 (構造形式)	矢板工法	○					
	トンネル断面形状	1円弧ほろ形	○					
	断面寸法	R=0.95m、H=1.95m	○					
	地山の地質区分	岩トンネル	○					
	トンネル外部環境 (地圧、ガス、地滑り等)	無	○					
	覆工の施工方法	噴き上げ式	○					
	覆工背面の空洞充填	無	○					
	目地間隔 (1パレルの延長)	15m	○					
	施工目地の構造	止水版無、充填目地無	○					
	ひび割れ誘発目地の有無	無	○					
	設計水深	1.569m	○					
	水路勾配	1/****	○					
	平均流速	1.133m/s	○					
	灌漑期	計画最大通水量	2.951m ³ /s	○				
		灌漑期の平均水深	1.382m					
		開始月日	4月1日					
		終了月日	9月10日					
	非灌漑期	非灌漑期通水量	0m ³ /s	○				
非灌漑期の平均水深		0m						
開始月日		9月11日						
終了月日		3月31日						
共同施設 (上下・工水・発電) の該当有無		無	○	○				
施設の 使用・劣化 環境に 関する	施設諸元 (地域劣化特性)	無	○	○				
	水分供給状況 (地下水位、破碎帯、低土被りの沢地形等)	全体にわたり地下水あり	○	○				
	流下物の状況や水質 (摩耗環境や腐食の過酷性について)	特になし	○	○				
	地表外部環境の状況 (荷重や土地利用等の変化状況について)	特に使用・環境条件について変更なし	○	○				
	地下水位、坑内湧水の状況について	坑内湧水状況については、変状展開図等に記載	○	○				
特記事項		補修工事 (裏込注入工法) で裏込未注入区間あり	○	○				
施設劣化情報	業務名	業務名	○○実施設計業務	○			・変状展開図 ・背面空洞状況調査図 ・機能診断評価	背面空洞 状況調査 (機能診断含む)
		業務期間	平成○年○月○日～平成○年○月○日					
	工事名	工事名	○○工事			○		工事 (裏込注入工法)
		工事期間	平成○年○月○日～平成○年○月○日					
	業務名	業務名	○○実施設計業務		○			実施設計 (健全度評価・ 工法選定)
		業務期間	平成○年○月○日～平成○年○月○日					
	工事名	工事名	○○工事			○		工事 (既製管挿入工法)
		工事期間	平成○年○月○日～平成○年○月○日					

表-12.4.2 モニタリング様式例（2/9）

対策工法情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】[対策工法基本情報]

項 目		記入欄	入力情報			添付資料	備考
			調査	設計	施工		
対策工法基本情報	業務	業務名	〇〇トンネル他補強工法検討業務				
		業務期間	平成〇年〇月〇日～平成〇年〇月〇日				
	工事	工事名	〇〇トンネル工事				
		施工期間	平成〇年〇月〇日～平成〇年〇月〇日				
		施工業者名	〇〇建設共同企業体				
	基本情報 (設計)	対策工法名	馬蹄形FRPM管挿入工法				
		FRPM管の使用材料	特殊形状強化プラスチック複合管				
		口径、管厚	馬蹄形2R=****mm、t=32mm				
		充填材の使用材料	エアミルク				
		工法メーカー名	〇〇株式会社				
		高度化事業管理番号	対象外				
		施工延長	**、**m				・平面縦断面図
		測点（又はスパンNo.）	No. **+, ***～No. **+, ***				〃
		充填量	155m3				
		充填圧	0.02MPa以下				
		仮設ヤードから坑口までの距離	20m				・仮設図等
		坑口から既製管挿入工施工始点までの距離	****m				・平面縦断面図
		工法に求める性能（要求性能）	補強（主に構造的耐力を回復又は向上させること）				
	工法の選定理由	本トンネルの変状原因は塑性圧によるものである。塑性圧に対する耐荷性能を有し、施工可能な工法であり、施工性もよく工事費も安価であるため。					
	基本情報 (施工)	対策工法名	馬蹄形FRPM管挿入工法				
		FRPM管の使用材料	特殊形状強化プラスチック複合管				
		口径、管厚	馬蹄形2R=****mm、t=32mm				
		充填材の使用材料	エアミルク				
		工法メーカー名	〇〇株式会社				
		高度化事業管理番号	対象外				
		施工延長	**、**m				・施工計画書
		測点（又はスパンNo.）	No. **+, ***～No. **+, ***				・施工計画書
		充填量	145.9m3				・出来形管理図表
		充填圧	0.02MPa以下				・施工計画書
		仮設ヤードから坑口までの距離	20m				・仮設図等
		坑口から裏込注入工施工始点までの距離	****m				・平面縦断面図
		工法に求める性能（要求性能）	補強（主に構造的耐力を回復又は向上させること）				
	工法の選定理由	設計における工法選定に基づいて決定。					
	仮設 (設計)	坑口部仮囲いの概要	無				・仮設図等
		水替えの概要	工事用水中ポンプ（φ50mm、揚程 5m、動力 0.4kW）を使用、給水量0.06m3/min				〃
		仮設ヤード及びプラントの概要	仮設図添付				〃
		トンネル内電気設備（動力用、照明用）の概要	仮設電気設備レイアウト図添付				〃
		坑外電気設備の概要					〃
		トンネル内換気設備の概要	φ300、100V電源のポータブル型送風機				〃
		濁水処理設備の概要	機械式処理脱水方式（参考資料）濁水処理装置の例 添付				〃
仮設 (施工)	坑口部仮囲いの概要	無				・施工計画書 ・仮設図等	
	水替えの概要	排水ポンプ、常時排水 既設水路上流からの流入水：6m3/hr未満 トンネル施工区間：15m3/hr未満				〃	
	仮設ヤード及びプラントの概要	仮設図添付				〃	
	トンネル内電気設備（動力用、照明用）の概要	照明設備：投光器300W2台（20W以上の照明を9m間隔で設置） 通信配信設備：特定小電力トランシーバーを使用（途中に中継器設置）				〃	
	坑外電気設備の概要	受電設備設置、配電盤設備設置				〃	
	トンネル内換気設備の概要	反転軸流式送風機 風量：70m3/min、風圧：300Pa、出力：0.55kW				〃	
	濁水処理設備の概要	濁水処理装置（処理量3.6m3/hr）				〃	

表-12.4.3 モニタリング様式例 (3/9)

対策工法情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】[対策工法情報・併用補修工法情報]

項 目				記入欄	入力情報			添付資料	備考
					調査	設計	施工		
対策工法情報	馬てい形FRPM管	使用材料	製品名	特殊形状強化プラスチック複合管			○		
		施工管理（品質）	材料 水密性	記載無			○		
		施工管理（出来形）	基準高	管理基準値±30mmを満足			○	・出来形管理図表	
			幅	測定無			○		
			高さ	測定無			○		
			中心線のズレ	管理基準値±65mmを満足			○		
			ジョイント間隔	管理基準値+20、-0mmを満足			○		
			施工延長	※※.※※m			○		
	充填材	使用材料	製品名	エアミルク（※※-1）			○	・カタログ	
		材料	充填材の強度	1.0N/mm ² 以上（JIS A 1216に準ずる）			○		
			充填材の単位容積質量	密度 1.1±0.1t/m ³ （JHS 313に準ずる）			○		
			充填材の空気量	40±5%			○		
			充填材の水中不分離性	水中打設可能（水中分離抵抗性大）			○		
			充填材の流動性	120±20mm（JHS 313に準ずる）			○		
			長距離圧送性	記載無			○		
		施工管理（品質）	充填材の強度	1.22N/mm ² ～1.58N/mm ²			○	・品質管理図表	
			充填材の単位容積質量	1.08t/m ³ ～1.13t/m ³			○		
			充填材の空気量	記載無			○		
			充填材の流動性	120～135mm			○		
			充填量	145.9m ³			○		
			充填確認	記載無			○		
			充填圧	0.02MPa以下			○		
		施工管理（出来形）	ウィーブホール削孔長	設計値（545～1155mm）以上			○	・出来形管理図表	
			充填確認	確認孔よりリークを確認			○		
併用補修工法情報	ひび割れ補修工	ひび割れ補修工法の有無		無			○		
		工法種類		該当なし					
		製品名（会社名）		該当なし					
		主要材料		該当なし					
	断面修復工	断面修復工法の有無		無			○		
		工法種類		該当なし					
		製品名（会社名）		該当なし					
		主要材料		該当なし					
	導水・止水対策工	導水対策工の有無		有			○	・施工計画書 ・材料承認 ・断面図等	
		工法名及び概要		面状排水工及び集水処理工					
		止水対策工の有無		有					
		工法名及び概要		止水工（止水注入工（ショットプラグ）、断面補修工					
	目地補修工	目地補修工法の有無		無			○		
		工法種類		該当なし					
		製品名（会社名）		該当なし					
		主要材料		該当なし					

表-12.4.4 モニタリング様式例 (4/9)

モニタリング調査情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】〔施設・モニタリング調査基本情報及び総括〕

施設の基本情報															
地区名	〇〇地区			施設の築造年			昭和〇年施工								
対象施設名	〇〇用水路			施設の工程区分			無機コンクリート覆工（一部鉄筋コンクリート）								
	〇〇トンネル			対策工法名			既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）								
断面形状・寸法	1円弧ほろ形、R=0.95m、H=1.95m			対策工法の実施年			平成〇年								
項目	工事施工前（実施設計時）						第1回モニタリング調査（供用〇年目）								
施設・モニタリング調査基本情報	調査実施日	平成〇年〇月〇日～平成〇年〇月〇日（履行期間）			調査時間	不明		調査実施日	令和〇年〇月〇日～〇日			調査時間	9時～16時（6時間）		
	気温	測定位置	不明	測定時間	不明	数値	不明	気温	測定位置	本坑内部	測定時間	9時～16時		数値	平均 15.3℃
		測定位置	不明	測定時間	不明	数値	不明		測定位置	外気温	測定時間	15時		数値	14.4℃
		測定位置	不明	測定時間	不明	数値	不明		測定位置		測定時間			数値	
	天気	不明		調査時間等の制約条件		不明		天気	晴れ		調査時間等の制約条件		非かんがい期は通水なし		
	実施部署	〇〇事業所		実施担当者		〇〇コンサルタント（株）		実施部署	〇〇事務所		実施担当者		〇〇コンサルタント（株）		
	洗浄前の補修面状況（異物の付着状況）	記載無						洗浄前の補修面状況（異物の付着状況）	モニタリング前に洗浄無						
	洗浄方法	記載無						洗浄方法	モニタリング前に洗浄無						
	仮設の有無とその概要	記載無						仮設の有無とその概要	仮設無						
	現地調査項目	（モニタリング展開図を添付） 目視調査						現地調査項目	（モニタリング展開図を添付） 目視調査、継手間隔計測、打音調査、内空変位調査、坑内温度調査、水質（pH試験）・水量・水みち等の調査（湧水量調査）						
現地調査地点		定点No.	測点or バレルNo.		調査・試験項目		現地調査地点 （重要監視ポイント（バレル））		定点No.	測点or （管）No.		調査・試験項目			
	無	無		無		定点1		（管）No. 4		湧水量測定、pH試験					
						定点2		（管）No. 5		内空変位調査（内空寸法測定）、坑内温度測定					
						定点3		（管）No. 16		湧水量測定、pH試験					
						定点4		（管）No. 23		ひび割れ測定					
						定点5		（管）No. 34		湧水量測定、pH試験					
						定点6		（管）No. 40		打音調査、マーキング					
								以降略							
施設・モニタリング調査基本情報	現地調査地点の選定理由	無						現地調査地点の選定理由	○ひび割れが確認された No. 23 ○湧水量（流水以上の湧水） No. 4、No. 16、No. 34、No. 35、No. 37 ○打音調査で異音を確認された No. 40、No. 42、No. 43、No. 44 ○内空寸法測定 No. 5、No. 110：上・下流端付近の標準区間 No. 45、No. 102：現況の変状が著しく後施工で表込注入工法が施工された区間 No. 104、No. 105：継手の段差が最も大きかった管						
	基本調査項目	目視調査						基本調査項目	目視調査・打音調査、簡易計測調査（ひび割れ寸法、継手間隔計測、湧水量調査）						
	詳細調査項目	電気探査（全線）、岩石試験（コア抜き3箇所）						詳細調査項目	目視調査、打音調査、内空変位調査（内空寸法測定）						
	詳細調査実施の目的 調査項目の選定理由	・電気探査は、地下の地質性状や地下水の賦存状況を把握する目的 ・岩石試験は、膨張や壁膨れを発生しやすい地山の判定を行うため						詳細調査実施の目的 調査項目の選定理由	工法の要求性能である耐荷性、充填性・流動性を確認するため						
モニタリング結果	維持管理上の課題							維持管理上の課題	○トンネル内部は、スパン表記が無い。維持管理（点検）等において、例えば（変状等）が確認された際、場所を特定するのが困難である。 ○現在、利水や構造に係る支障や問題は無い。						
	モニタリング結果	○変状調査（目視調査）結果 継手ひび割れの進行、新規が確認されたスパンが23スパンあり、変状が進行しているものと考えられる。 ○電気探査 結果 ○〇トンネル区間における地山全体の比抵抗値は、概ね中央（1000m）付近を境に終点側に対して起点側の方が高い値を示す。 ○岩石試験 結果 物理試験、定性試験、科学試験を行い変状区間に分布する岩盤の膨張性地山としての判定結果は、膨張（膨潤）性がある地山の可能性が高く、特に「岩2」はその可能性が非常に高いと考えられる。 ※「岩2」はSP452+13mの左岸壁、下から1mの地点、上流坑口からは1589.029mの地点で採取した岩石試料						○基本調査 坑内目視調査 目視調査では、バレル割（管割）、継手間隔計測、ひび割れ等変状の確認・マーキング、ひび割れ幅・長さの測定、湧水量（pH含む）の測定を行い、補修対策施工前後の変状の変化を確認した。 継手部分にモルタル埋込が確認された。これについてメーカーに確認した結果、構造性能に影響を及ぼす変状（処置）ではないことが確認された。経年劣化によりモルタル埋込材の脱落等が懸念される。 中略 ○詳細調査 詳細調査として、No. 5、No. 45、No. 102、No. 104、No. 105、No. 110の内空寸法測定を行った。今後の進行性を把握する目的でモニタリングの対象とする。ただし、幅については、測定位置が正確ではなかった可能性も示唆されるため、今回の測定値は参考値扱いとする。							
		モニタリング頻度（調査項目）	特に記載無し						モニタリング頻度（調査項目）	次回モニタリングは、5年後の令和〇年を目安に実施する。					

第12章 対策後のモニタリング

表-12.4.5 モニタリング様式例 (5/9)

モニタリング調査情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】〔基本調査：目視調査（ひび割れ、浮き、剥落等の変状）〕

項目	工事施工直後										第1回モニタリング調査（令和〇年〇月〇日～〇月〇日）									
	(管) No.	継手間隔	断面変形	ひび割れ	端部仕上げ 材の欠損	継手から の湧水 (漏水)	内径測定 (mm)	幅	高さ	その他 記事	(管) No.	継手間隔	断面変形	ひび割れ	端部仕上げ 材の欠損	継手から の湧水 (漏水)	附・充填孔・ 注入孔から の析出物	内径測定 (mm)		その他 記事
																		幅	高さ	
モニタリング調査 （基本調査） 結果	1	16									1	17	—	—	—	—	—			継付部に析出物有
	2	19									2	19	—	—	—	—	—			—
	3	23									3	23	—	—	—	—	WH:1箇所			—
	4	17									4	16	—	—	—	—	WH:1・充:1			—
	5	18									5	19	—	—	—	—	WH:1箇所	1573	1599	—
	6	17									6	17	—	—	—	—	WH:1箇所			—
	7	19									7	18	—	—	—	—	WH:1箇所			—
	8	22									8	22	—	—	—	—	WH:1箇所			—
	9	21									9	21	—	—	—	—	WH:1箇所			—
	10	17									10	17	—	—	—	析出物を伴う	WH:1箇所			—
	11										11		—	—	—		WH:1箇所			—
	中略										中略									
	22	21									22	21	—	—	—	—	WH:1箇所			—
	23	18									23	17	—	W=0.3mm L=2.1m	—	—	WH:1箇所			ひび割れ析出物有
	24	18									24	18	—	—	—	—	WH:1箇所			—
	25	15									25	12	—	—	—	—	WH:1箇所			—
	26	21									26	20	—	—	—	—	WH:1箇所			土粒子混入
	以降略										以降略									
	写真番号										写真番号									
	パレルNo.		写真を添付								パレルNo.		写真を添付							
	変状										変状									

モニタリング調査情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】〔基本調査：目視調査（継手間隔）〕

試験項目	(参考)規格値
継手間隔	0, +53

: モルタル埋込

項目	工事施工直後							第1回モニタリング調査（令和〇年〇月〇日～〇月〇日）										
	(管) No.	測定値（mm）					その他	(管) No.	測定値（mm）					前回との 差	段差 （mm）	その他		
		a （上部）	b （右岸）	c （左岸）	d （水路底）	平均			a （上部）	b （右岸）	c （左岸）	d （水路底）	平均					
モニタリング調査（継手間隔）結果	1	16	15	17	16	16		1	17	16	19	17	17	+1				
	2	18	13	26	19	19		2	17	13	26	19	19	±0				
	3	20	26	18	27	23		3	22	28	15	25	23	-2				
	4	18	20	15	16	17		4	17	18	14	16	16	±0				
	5	18	19	18	18	18		5	19	19	18	18	19	±0				
	6	16	20	15	18	17		6	17	20	15	17	17	-1				
	7	22	18	21	15	19		7	21	17	20	13	18	-2				
	8	20	16	27	26	22		8	19	15	27	25	22	-1				
	9	21	23	20	21	21		9	21	22	20	21	21	±0				
	10	18	21	14	16	17		10	18	20	13	16	17	±0		析出物有		
	11							11										
	中略							中略										
	78	19	15	15	12	15		78	16	14	12	9	13	-3				
	79	16	26	10	24	19		79	20	30	14	30	24	+6				
	80	20	11	29	21	20		80	19	28	38	31	29	+10	18	析出物有		
	81	15	13	17	16	15		81	11	8	13	11	11	-5				
	82	18	14	20	15	17		82	21	19	25	20	21	+5				
	83	19	16	23	20	20		83	24	22	26	25	24	+5				
	84	16	21	13	15	16		84	13	18	9	12	13	-3	10			
	85	17	19	13	16	16		85	17	19	12	13	15	-3	7			
	86							86										
	以降略							以降略										
	写真番号		写真を添付					写真番号		写真を添付								
	パレルNo.							パレルNo.										
	変状							変状										

表-12.4.6 モニタリング様式例 (6/9)

モニタリング調査情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】〔基本調査：打音調査〕

項目	工事施工直後					第1回モニタリング調査（令和〇年〇月〇日～〇月〇日）																																
	（管）No.	調査部位	調査手法	調査（試験）結果	その他記事	（管）No.	調査部位	調査手法	調査（試験）結果	その他記事																												
モニタリング調査（基本調査）結果	1					1	全量	モルタル検査ハンマー	異音無																													
	2					2	"	"	"																													
	中略					中略																																
	39					39	"	"	"																													
	40					40	"	"	異音有																													
	41					41	"	"	異音有																													
	42					42	"	"	異音無																													
	43					43	"	"	異音有																													
	44					44	"	"	異音有																													
	45					45	"	"	異音無																													
	46					46	"	"	"																													
	以降略					以降略																																
	調査器具・調査状況写真																																					
	打音調査状況写真及び調査器具の写真を添付																																					
	変状展開図																																					
	(管)No.41 変状展開図																																					
	<table border="1" style="width: 100%;"> <caption>変状展開図（凡例）</caption> <tr> <td>●</td> <td>ウェーブホール</td> <td>●</td> <td>湧水（流水）</td> </tr> <tr> <td>○</td> <td>変状点検孔</td> <td>●</td> <td>湧水（湧水）</td> </tr> <tr> <td>◇</td> <td>変状注入孔</td> <td>●</td> <td>湧水（にじみ）</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>折出物</td> <td>—</td> <td>継手間隙</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>打音調査（異音箇所）</td> <td>—</td> <td>R4 (H29～H31)</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>水中ポンド埋込</td> <td>—</td> <td>【写真番号】</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>ひび割れ</td> <td>○</td> <td>写真番号</td> </tr> </table>										●	ウェーブホール	●	湧水（流水）	○	変状点検孔	●	湧水（湧水）	◇	変状注入孔	●	湧水（にじみ）	—	折出物	—	継手間隙	—	打音調査（異音箇所）	—	R4 (H29～H31)	—	水中ポンド埋込	—	【写真番号】	—	ひび割れ	○	写真番号
	●	ウェーブホール	●	湧水（流水）																																		
	○	変状点検孔	●	湧水（湧水）																																		
	◇	変状注入孔	●	湧水（にじみ）																																		
—	折出物	—	継手間隙																																			
—	打音調査（異音箇所）	—	R4 (H29～H31)																																			
—	水中ポンド埋込	—	【写真番号】																																			
—	ひび割れ	○	写真番号																																			

表-12.4.7 モニタリング様式例 (7/9)

モニタリング調査情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】 [基本調査：湧水量調査]

項目

工事施工直後

湧水

(管) No.

分類

箇所数

湧水量
(リットル/分)

進行性

その他 (pH)

湧水

(管) No.

分類

箇所数

湧水量
(リットル/分)

進行性

その他 (pH)

1

1

—

2

2

滴水 (WH)

1

9.0

3

3

滴水 (WH)

1

12.0

4

4

流水 (WH)

1

0.10

8.0

5

5

滴水 (充填孔)

1

10.5

5

5

滴水 (WH)

1

9.0

34

34

流水 (WH)

1

0.08

9.0

35

35

流水 (WH)

1

2.46

7.0

36

36

にじみ (WH)

1

10.0

37

37

流水 (WH)

1

0.10

7.0

38

38

—

34

34

流水 (WH)

1

0.08

9.0

35

35

流水 (WH)

1

2.46

7.0

36

36

にじみ (WH)

1

10.0

37

37

流水 (WH)

1

0.10

7.0

38

38

—

34

34

流水 (WH)

1

0.08

9.0

35

35

流水 (WH)

1

2.46

7.0

36

36

にじみ (WH)

1

10.0

37

37

流水 (WH)

1

0.10

7.0

38

38

—

34

34

流水 (WH)

1

0.08

9.0

35

35

流水 (WH)

1

2.46

7.0

36

36

にじみ (WH)

1

10.0

37

37

流水 (WH)

1

0.10

7.0

38

38

—

34

34

流水 (WH)

1

0.08

9.0

35

35

流水 (WH)

1

2.46

7.0

36

36

にじみ (WH)

1

10.0

37

37

流水 (WH)

1

0.10

7.0

38

38

—

34

34

流水 (WH)

1

0.08

9.0

35

35

流水 (WH)

1

2.46

7.0

36

36

にじみ (WH)

1

10.0

37

37

流水 (WH)

1

0.10

7.0

38

38

—

34

34

流水 (WH)

1

0.08

9.0

35

35

流水 (WH)

1

2.46

7.0

36

36

にじみ (WH)

1

10.0

37

37

流水 (WH)

1

0.10

7.0

38

38

—

34

34

流水 (WH)

1

0.08

9.0

35

35

流水 (WH)

1

2.46

7.0

36

36

にじみ (WH)

1

10.0

37

37

流水 (WH)

1

0.10

7.0

38

38

—

34

表-12.4.8 モニタリング様式例 (8/9)

モニタリング調査情報調査表【既製管挿入工法（馬てい形FRPM管）】〔詳細調査：内空変位測定・坑内気温測定〕

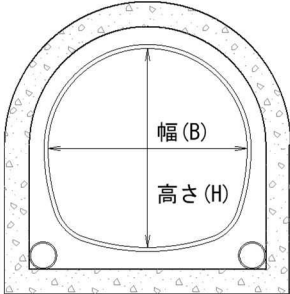
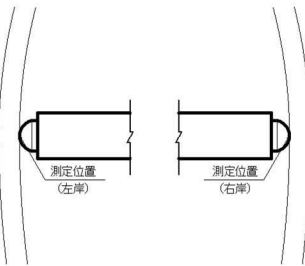
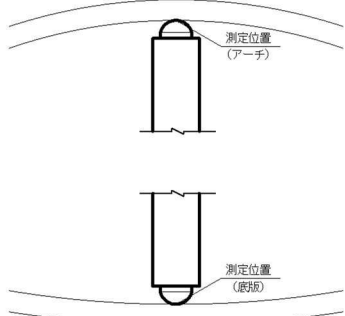
項目	工事施工直後						第1回モニタリング調査(令和〇年〇月〇日～〇月〇日)							
	(管)No.	調査項目	調査手法	測線	計測値(mm) (製品寸法)	内空変位量(mm)		(管)No.	調査項目	調査手法	測線	計測値(mm)	内空変位量(mm)	
						前回との差	累計変位						前回との差	累計変位
モニタリング調査（詳細調査）結果	5	製品寸法	—	高さ	1,600	—	—	5	内空寸法測定	デジタル計測器 (デジボーマークⅡ)	高さ	1,599	-1	-1
				幅	1,600	—	—				幅	1,573	-27	-27
	45	〃	—	高さ	1,600	—	—	45	〃	〃	高さ	1,597	-3	-3
				幅	1,600	—	—				幅	1,566	-34	-34
	102	〃	—	高さ	1,600	—	—	102	〃	〃	高さ	1,597	-3	-3
				幅	1,600	—	—				幅	1,584	-16	-16
	104	〃	—	高さ	1,600	—	—	104	〃	〃	高さ	1,597	-3	-3
				幅	1,600	—	—				幅	1,581	-19	-19
	105	〃	—	高さ	1,600	—	—	105	〃	〃	高さ	1,596	-4	-4
				幅	1,600	—	—				幅	1,590	-10	-10
	110	〃	—	高さ	1,600	—	—	110	〃	〃	高さ	1,599	-1	-1
				幅	1,600	—	—				幅	1,582	-18	-18
											最大変位(mm)	高さ:-4mm、幅:-34mm		
											平均変位(mm)	高さ:-3mm、幅:-21mm		
	(管)No.	調査項目	調査手法	気温(℃)	湿度(%)		(管)No.	調査項目	調査手法	気温(℃)	湿度(%)			
							5	坑内気温測定	温度湿度計	16.0	84.0			
							45	〃	〃	15.5	91.0			
							102	〃	〃	15.2	91.0			
							104	〃	〃	15.0	91.0			
							105	〃	〃	14.9	91.0			
							110	〃	〃	14.9	91.0			
							坑外	坑外気温測定	〃	14.4	58.0			
測定位置概略図														
測線			幅(B)			高さ(H)								
														
デジタル計測器(デジボーマークⅡ)の仕様														
■デジボーマークⅡ DM-50 の仕様														
品番	DM-20	DM-40	DM-50	DM-60										
収納長	0.550m	0.880m	1.050m	1.220m										
引出長	2.000m	4.000m	5.000m	6.000m										
外形寸法	550×44×73mm	880×44×73mm	1050×44×73mm	1220×44×73mm										
重量(電池含む)	1.2kg	1.7kg	1.95kg	2.2kg										
■共通オプション														
品名	サイズ(mm)	品番												
ポイント	15.5	SP-DM												
ラウンド	15.5	SR-DM												
ロングポイント	55.5	LP-DM												
簡易レベル	55	HV-DM												
														
														
(出典：ムラテックKDS株式会社HP)														

表-12.4.9 モニタリング様式例 (9/9)

水路トンネル調査記録表										件名		南部幹線水路 10号トンネル		モニタリング調査業務 (仮称)		整理番号		1																	
施設名称・対象構造物										断面		2R=2.0m		標準馬てい形		調査年月日		2018年12月22日																	
南部幹線水路・10号トンネル										断面形		2R=2.0m		標準馬てい形		天候 (気温)		晴れ (10℃)																	
断面タイプ										D2						記入者		〇〇〇〇																	
地質										凝灰岩						対策年		2年																	
調査方向										上流～下流						対策年		2年																	
対策工法										繊維グリッド系						経過年		2年																	
実施延長										144.00						DVIDNo.		1																	
展開図																																			
施工継目部										坑口		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
変状及び進行性																				浮き 0.15㎡															
距離 (m)										0.00		12.00		24.00		36.00		48.00		60.00		72.00		84.00		96.00		108.00		120.00		132.00		144.00	
写真番号																																			
施工継目数										1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12			
変状及び進行性														ブリストター 1.50㎡						ひび割れ 幅0.4mm L=9.0m				ひび割れ 析出物有 L=7.0m ひび割れ 析出物有 L=9.0m				ひび割れ 幅0.15mm L=8.0m							
距離 (m)										12.00		12.00		12.00		12.00		12.00		12.00		12.00		12.00		12.00		12.00		12.00		12.00			
写真番号																				1															
記事										施工後最初のモニタリング調査である。増厚材のブリストター、浮き、水平方向ひび割れが確認された。ブリストターは施工直後の初期欠陥であるが、浮き範囲が1.0mから1.5mに拡大した。ひび割れは施工直後には見られなかった変状であり、施工後に進行したものである。目地周縁の浮きは施工直後には見られなかった変状であり、施工後に進行したものである。																									