

6. 委員会答申

令和3年度及び令和4年度東京国際空港橋梁マネジメントに関する技術検討委員会において審議・検討した事項について、令和5年3月29日に三木千壽委員長から国土交通省東京航空局長に答申を行った。答申本文及び答申に添付した資料は以下である。なお、委員長答申には、本委員会外部委員の佐々木栄一、高木千太郎の2名が立ち会った。

6.1 三木千壽委員長答申本文

東京国際空港橋梁マネジメントに関する技術検討委員会は、国土交通省東京航空局長より、羽田空港内の橋梁などのインフラ施設を対象とし、DX時代にふさわしいメンテナンスシステムの構築について諮問を受けました。本委員会では、羽田空港に求められる首都圏国際空港としての交通機能や性能を継続的に確保する施策について、最新のデジタル技術を活用した点検と診断システムを構築すること、及びカーボンニュートラルに十分配慮したインフラ全体のマネジメントシステムを構築することを目的として、検討を行いました。

本委員会は、令和3年10月5日に第一回委員会を開催し、二箇年に渡って6回の委員会開催と現地視察等を行い、精力的に審議を重ねた結果、ここに初期の成果を得たので、答申いたします。

国土交通省は2012年12月の笹子トンネルの事故を契機として2013年には道路法を改定し、2014年からは道路インフラの法定定期点検を行っています。この法定定期点検により構造物の安全性は格段に向上しました。しかし、その結果には、「見落とし・空振り」や「評価のばらつき」があるなどが指摘されています。

一方、構造物の維持・管理のレベルを高めるには、財政的にも人力的にも多くの制約があります。また、インフラ点検は熟練技術者により支えられてきましたが、熟練技術者の不足は危機的な状況と言えます。今後増加の一途となるインフラの経年劣化問題の解決には、DX技術を活用したマネジメントシステムの構築が不可欠です。

羽田空港内の橋梁の多くは鋼構造物であり、使用開始後30年が経過しています。鋼構造物に生じる経年劣化としては、疲労と腐食が代表的です。疲労については、鋼床版の一部に疲労亀裂の兆候が現れていますが、極めて軽微です。腐食については、塗膜の状態は経年30年とは考えられないほど健全です。これは全溶接構造であること、下フランジとウェブが冷間加工で作られたことに起因します。対象とするインフラの、このような現状を踏まえて、先進的なインフラマネジメントシステムとそこでの要素技術を開発することとしました。

本委員会で新しく開発した技術は次の通りです。構造物のメンテナンス点検と診断については、デジタル野帳、橋梁のデジタルツイン、橋梁のセンシングとモニタリング、巡回点検のスマート化、構造物のセンシングと遠隔モニタリングシステムが含まれています。さら

に、現在の塗装の延命化を目的として、構造物洗浄技術を検討しました。塗装の塗り替えを減らすことは、費用面だけではなく、カーボンニュートラルに対して大きな貢献となります。

本委員会で審議、検討された主要な事項は、多くの地方自治体をはじめとして種々の関係団体において十分に参考となる内容、事例であり、これらを早期に公開することは、全国の道路橋を始めとした種々なインフラの安全性や耐久性を向上させることとなり、これまで行ってきた国土交通省の取り組みをさらに改善する意味からも極めて重要なこととなります。

本委員会で取り纏めた種々な取り組みや検討事項は、何れも高度な最新技術と機器などを使っていることから、次年度において、今年度に引き続き今回構築した全ての機器やシステムについて検証し、より実効性を高めること、また、予防保全に機能する機器及びシステムとして確立させることが必要と判断しています。

国土交通省東京航空局においては、この答申内容を十分に検討、理解され、速やかに交通関連施策に反映されると同時に、橋梁から他の道路施設へ拡大し、国が目指している地球環境に優しい「社会資本の老朽化対策」を最先端の技術をもって実現するよう、大いに期待するものであります。

令和5年3月29日

東京国際空港橋梁マネジメントに関する技術検討委員会
委員長 三木千壽

6.2 答申に添付した資料

三木千壽委員長答申に添えられた委員会において審議された概要は以下である。

東京国際空港橋梁マネジメント技術検討の概要

1.1 目的

東京国際空港（以下、羽田空港）は、我が国の主要な空港の一つであり、東京を中心とする国際的な交通網の中心的な位置づけを持つとともに、ビジネスや観光の拠点でもある。羽田空港の交通施設は、羽田空港を多くの人々が利用することから、アクセスの容易性や快適性を継続的に確保するだけでなく、大地震などの自然災害発災時においても十分機能を果たすことが求められている。

今回検討する東京国際空港橋梁マネジメント技術とは、先に示す国際的な空の交通網における中心的な位置づけである羽田空港の交通施設、特に橋梁に求められる要求性能を確保するために必要な施策を抽出、検討し、戦略的な予防保全型管理を最新の IT 技術や IT ツール、分析技術等を使って、効率的・効果的に実行できるよう審議し、取り纏めることである。到達点の一つとしては、戦略的な予防保全を確実に実施するプランである「東京国際空港道路施設インフラスマートマネジメント中長期計画」を策定することがあげられる。また、併せて、東京国際空港橋梁マネジメント技術検討は、今回審議、検討、構築した最新の技術やツール及び分析技術によるインフラスマートメンテナンスやマネジメントについて、全国に発信し、広く伝達する責務をも負っている。

1.2 計画の理念

今回策定する「東京国際空港道路施設インフラスマートマネジメント中長期計画」の理念は以下である。

『羽田空港道路施設の安全・安心、快適な交通機能を継続的に確保する』

1.3 計画の基本方針

「東京国際空港道路施設インフラスマートマネジメント中長期計画」の基本方針は、安全・安心、快適な交通機能を継続的に確保する予防保全を推進するとともに、日々のメンテナンスを最新の技術とツールによってスマート化し、施設の耐久性を向上させる新たな技術を加えた長寿命化対策を計画的に実施することである。なお、本委員会で示す「東京国際空港道路施設インフラスマートマネジメント中長期計画」の計画対象期間は 100 年とする。

1.4 東京国際空港橋梁マネジメント技術検討の基本条件

東京国際空港道路施設インフラスマートマネジメント中長期計画は、先に示した理念と基本方針に基づき策定するが、当計画の基本計画として東京国際空港インフラスマートマネジメントプラン・橋梁編を東京国際空港 橋梁マネジメント技術検討の基本条件に適合するように審議、検討し、その結果を取り纏める。東京国際空港橋梁マネジメントの技術検討における基本条件、課題及び課題解決策を以下に示す。

- 1) 東京航空局が管理する羽田空港管内の道路橋 25 橋(令和 4 年 3 月現在)を対象とする。
- 2) 管理橋梁 25 橋の現状は、供用開始後約 30 年(令和 4 年に開通した「多摩川スカイブリッジ接続部」を除く)経過し、種々な変状が散見されるとともに現行の技術基準等を満たしていない。以上の管理橋梁が抱えている課題について、安全・安心の確保に必要な機能や性能を確保するため適切な点検・診断、詳細調査を行い、その結果を基に、計画的に予防的措置となる維持、補修及び補強等の措置を行う必要がある。
- 3) 「東京国際空港道路施設インフラスマートマネジメント中長期計画」に繋がる基本計画となる「東京国際空港インフラスマートマネジメントプラン・橋梁編」を策定する。
- 4) 「東京国際空港インフラスマートマネジメントプラン・橋梁編」は、これまでの専門技術者の知見や技術力に頼った点検・診断、措置判断を、急速に発展する IT 技術、計測機器、最新の関連ツールを活用し、メンテナンス作業の効率化、予防的なトラブル対策の実現を目指すプランとする。

具体的には、IoT センサー等の計測機器や AI、データ分析、クラウドなどの IT 技術を活用し、最新の計測機器による道路橋の状態監視や 重大な変状発生の予知、タブレット等の ICT 端末を使った点検・診断作業の自動化、取得データの保存・分析・可視化などを行い、道路橋の信頼性、安全性の向上、コスト縮減、メンテナンス効率の向上となるインフラ DX となる先進的プランを目指す。

- 5) 羽田空港管内のトンネル、舗装、擁壁などの道路施設については、今回策定した基本計画を基に、今後順次施設別のスマートマネジメントプランを策定し、最終到達となる「東京国際空港道路施設インフラスマートマネジメント中長期計画」を早期に取り纏める。

1.5 「東京国際空港インフラスマートマネジメントプラン・橋梁編」策定の要旨

当該計画は、以下に示す基本に基づき検討し、策定する。

1) 計画対象橋梁の現状把握及び健全度評価

- ① これまでに行った定期点検・診断、種々な調査及び維持補修等の措置結果を統計的に整理、分析し、発生している変状の現状及び進行度を定量的に把握し、健全度の再評価を行う。
- ② 現在確認している変状、将来発生する可能性のある変状等について、適切にそして的確に点検・診断を行うことを可能とする点検、詳細調査、解析及び健全度診断手法を調査・選択し、それらを活かした「東京国際空港道路橋点検・診断要領（案）」を策定する。

2) インフラスマートマネジメント手法の検討

- ① インフラスマートマネジメントの柱となる橋梁の点検・診断については、デジタル情報の取得、保存、活用を基本とし、人主体の点検・診断から、人、ICT ツール及び AI 技術が一体として機能する点検・診断方法への具体的な転換策として、3D デジタル野帳システム（仮称）を構築、試行する。
- ② 日常点検及び緊急点検を効率的・効果的に行え、安全性や使用性の診断や耐用年数（余寿命）算定を支援する探査レーダ、赤外線、加速度やデジタル画像等を取得するシステムを搭載した点検車両の開発、試行を行う。また、得られたデータをインフラスマートマネジメントに活用できる分析技術を開発、試行、発展させる。
- ③ 現状や状態の把握が困難な道路橋を監視し、大地震発災時の安全性や使用性の判断をリアルタイムで行うことが可能となる最先端計測機器及びシステムの試行、検証を行う。計測機器で取得したデータ解析、安全性判断の閾値設定、リアルタイム監視についてはクラウドタイプのインフラマネジメントシステム・橋梁編を構築する。構築したシステムは、他の橋梁や他のシステムについても正常に機能し、東京航空局職員による活用が可能なように構築し、検証する。
- ④ 日常（巡回）点検、定期点検、緊急点検及び詳細調査結果、補修や補強等の措置結果について一元管理を可能とし、3D デジタル野帳や点検車両等で取得したデータを保存し、表示する「東京国際空港道路施設データベースシステム」の検討、プロトタイプの構築、試行を行う。
- ⑤ 「東京国際空港道路施設データベースシステム・橋梁編」プロトタイプをベースとして、東京国際空港インフラスマートマネジメントプラン・橋梁編を支援するアセットマネジメントシステム（仕組み）の検討を行う。
- ⑥ 東京国際空港インフラスマートマネジメントプラン・橋梁編の柱となるシステム解析技術として、種々な点検・診断やモニタリング等で取得したデータを安全性・使用

性・耐久性向上に有効に機能させる技術として、AI（インバリエント分析、モデルフリー分析、ディープラーニングなど）やFEM解析などを活用した新たなシステムを開発、試行、検討を行い、実務に導入させる。

- ⑦鋼構造物、特に鋼道路橋の代表的な変状である腐食を抑止する策として、ウルトラファインバブル水を使った構造物洗浄について試行し、コスト縮減、環境保護等における有益性を定量的に示す検証を行う。検証結果を基に、鋼道路橋を対象として実務で施行するために必要な「構造物洗浄マニュアル（案）」を策定する。
- ⑧性能を満たしていない管理橋梁については、基準適合構造物とする具体的な補強対策を対象橋梁ごとに示す。
- ⑨変状（損傷及び劣化）発生によって失われる機能や性能を回復させるために必要な維持、補修及び補強等の措置を調査・分析し、最適な措置を選択し、措置の内容、対策期間、概算費用、措置実施後の効果確認の方法等を示す。
- ⑩措置実施の優先順位判断は、劣化予測、施設重要度等によって行い、対象橋梁、部位、部材ごとに定量的に示し、「東京国際空港インフラスマートマネジメントプラン・橋梁編」を策定する。

3) PDCA サイクルの確立

インフラスマートマネジメントを継続的に進められるように、PDCA サイクル確立する流れを具体的に示す。特に重要な、PDCA サイクルの Check、Action については、先に示した東京国際空港橋梁マネジメント技術検討によって構築したシステム、分析技術などを活用する手法を具体的に示す。

4) 当該計画の活用等

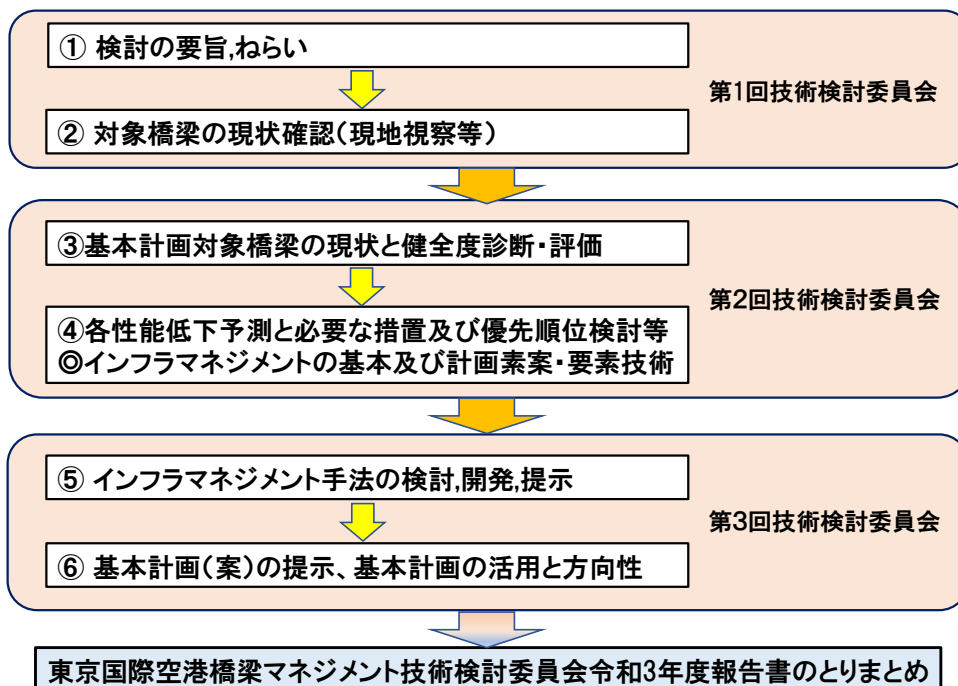
今回策定した「東京国際空港インフラスマートマネジメントプラン・橋梁編」を基に、今後早期に、道路施設（トンネル、カルバート、擁壁、舗装、設備等）へマネジメントプランを発展させ、最終到達点となる全ての道路施設や滑走路等、インフラストラクチャーを対象とした「東京国際空港インフラスマートマネジメント中長期計画」を策定する。

資料編

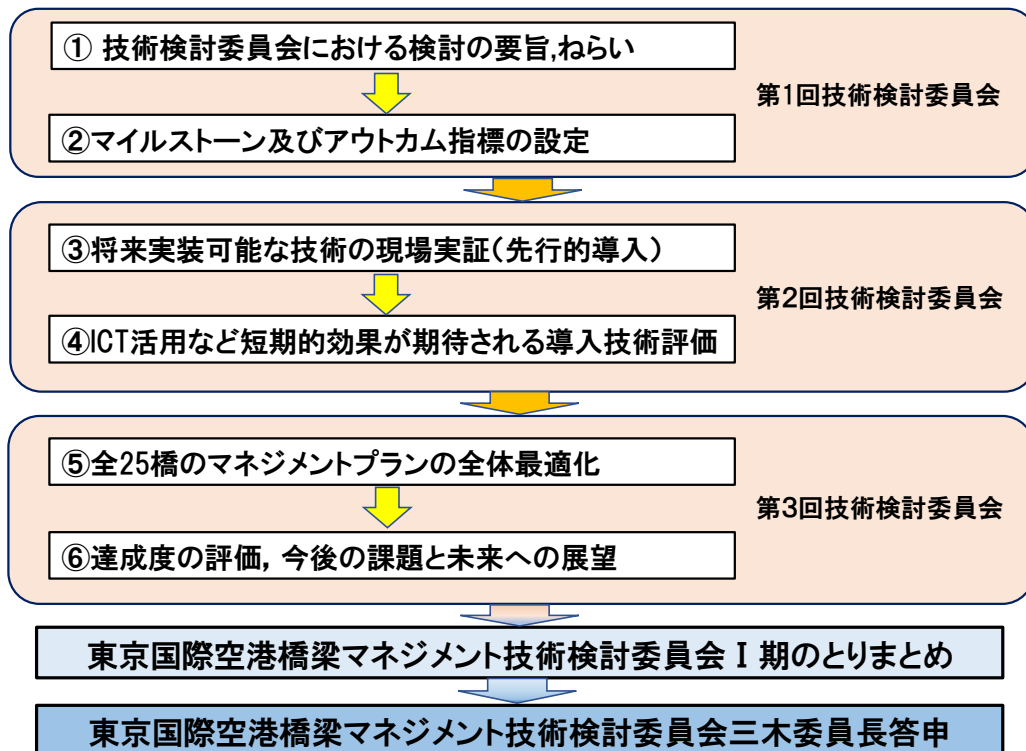
令和5年3月29日

1. 東京国際空港橋梁マネジメント技術検討の流れ

東京国際空港橋梁マネジメント技術検討委員会における検討事項の流れは以下とする。



令和4年度



2. 技術検討委員会における検討の要旨, ねらい

○令和4年度は、令和3年度に実施した対象橋梁9橋の検討結果を基に、新たに16橋を追加して25橋を対象とするインフラスマートマネジメントを策定する。

○令和3年度委員会においては、エアサイド連絡橋, 中央南・北連絡橋など全9橋を対象としてインフラスマートマネジメントの検討を行ったが、令和4年度は昨年度の成果を基に、新たに供用開始した「多摩川スカイブリッジランプ橋」を含む25橋を対象としてインフラスマートマネジメントプラン・橋梁編を策定する。

○令和4年度は、スマートインフラマネジメントの柱となるICTスキルや耐久性向上スキルの現場実装に向けた試行活用を行い、実用レベルにステップアップする。

○令和3年度に提案した、インフラスマートインフラマネジメントに関するICTスキルや構造物耐久性向上スキルの現場実装に向けた種々な試行検討を進める。

- ・スマートインフラマネジメントシステムのプロトタイプ等の試行及び効果のモニタリング
- ・昨年度提案した4Sプランにおける、メインスキルプロトタイプ等の試行とモニタリング
- ・耐久性向上スキルとなるウルトラファインバブル水(UFB水)による構造物洗浄の確立

2

3. マイルストーン及びアウトカム指標の設定

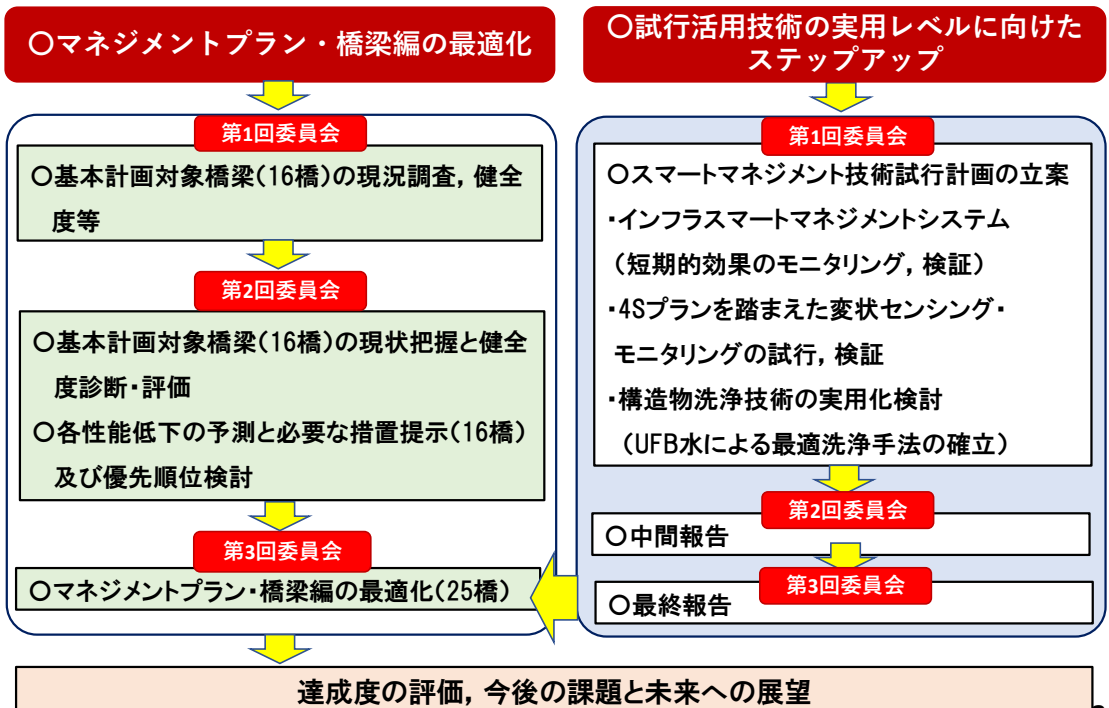
3-2 スマートマネジメント技術ごとのアウトプットとアウトカム指標(案)設定

試行活用技術	アウトプット	期待する効果	アウトカム指標 (案)
①スマートインフラマネジメントシステム 参考資料1-1	定期点検のデジタル化 (3Dデジタル野帳システムとFEMモデルの統合)	仮想空間における変状の健全度判定, 予測評価	定期点検の精度向上とデジタルツインによる維持管理の効率化など
	巡回点検のスマート化	日常点検による構造物に発生する変状の早期発見	データ蓄積に基づく重点点検箇所抽出, 点検結果との関係性, 要因分析, 専用車両開発など
	インフラの健全度モニタリング	複数の施設の統合管理, 検知モデルの精度向上	統合システム(プラットフォーム構築)による高速かつ最適な対応, 現況性能の確認と耐久性の定量的判断など
②4Sプラン変状センシング・モニタリング 参考資料1-2	変状センシングシステム	構造物に発生する変状の早期発見と臨時点検支援	適時・適切な措置によるトータルライフサイクルコストの縮減, 使用性判断など
	遠隔モニタリングシステム(スマートバルブ)	突発的な異常の遠隔検知	自然災害発災時における構造物の使用性(道路交通の制御)等の判断を遠隔で可能など
③構造物洗浄 参考資料1-3	UFB水による構造物洗浄マニュアル(案)取り纏め	構造物の長寿命化: 鋼構造物の防食塗装耐久性向上	全面塗装塗替え回数の低減など

4

3. マイルストーン及びアウトカム指標の設定

3-1 令和4年度委員会におけるマイルストーンの設定

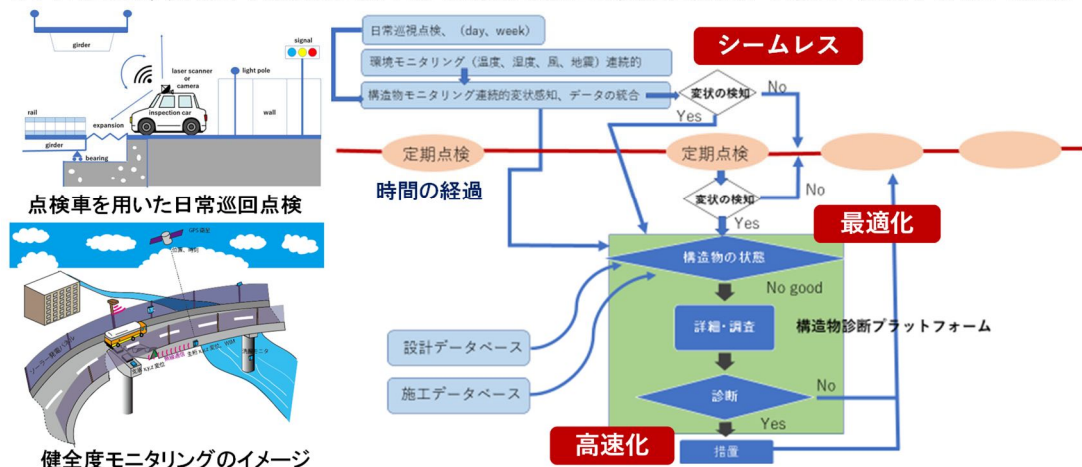


3

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-1 スマートインフラマネジメントシステム(参考資料1-1参照)

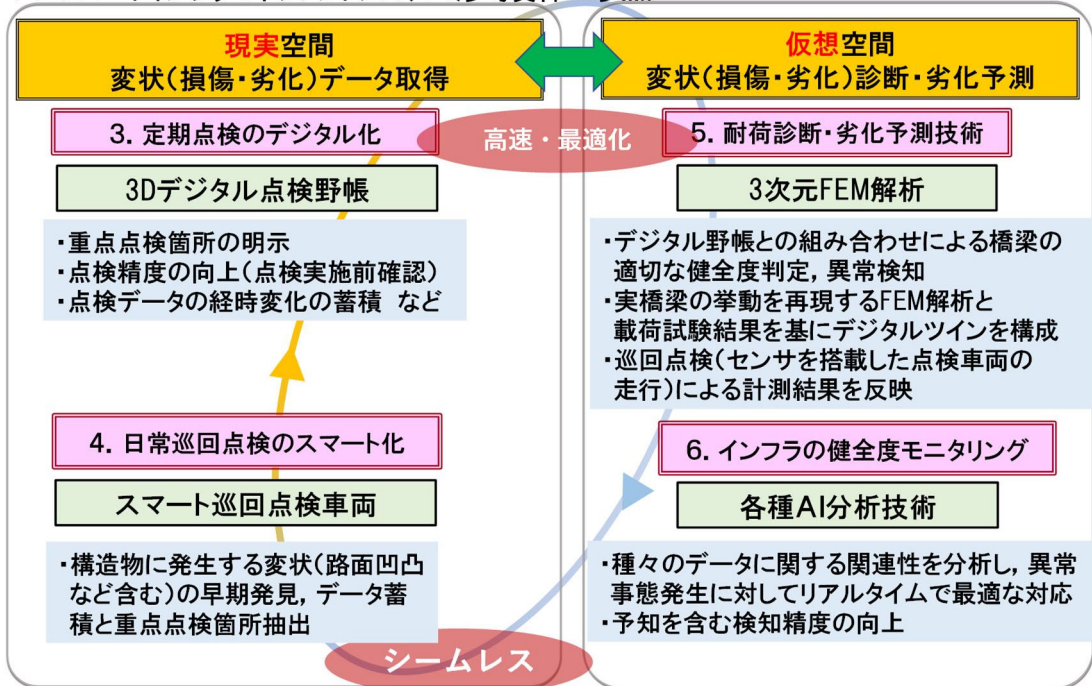
スマートインフラマネジメントシステムは、現時点で使える最新のツール(先端センシング技術, AIによる変状検知など)や最新の知見(高精度な劣化進行予測及び耐荷力推定など)を導入することにより、維持管理のスマート化(効率化, 高度化)を図ることを目的とする。内容は、5年に1度の頻度で、近接目視を主体として実施している定期点検と、従来は施設の機能の確認的な役割を果たしてきた日常巡回点検に、各種のモニタリング(作用と応答)を組み合わせデジタルトランスフォーメーション(以下, DX)でシームレスに連携し、変状の早期発見と効率的・効果的な措置の実施を高速かつ最適に実現するものである。



5

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-1 スマートインフラマネジメントシステム(参考資料1-1参照)



構造物の診断に特化したプラットフォームの実装を目指す

6

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-1 スマートインフラマネジメントシステム(参考資料1-1参照)

4-1-1 定期点検のデジタル化

(1) 3Dデジタル野帳システムの現場実証

○橋梁点検用3Dバーチャルリアリティ(virtual reality: VR)

- 橋梁をVRとして構築し、点検箇所の指示、点検結果のInput、点検結果の集計などを可能とする。
- 点検員教育ソフト(既往研究)をベースとし、対象橋梁への適用を図る。

○データ:

- 橋梁の三次元モデル(竣工図面等を基に作成)
- 点検結果(写真、健全性判定区分など)

○分析技術:

- 画像解析、音響解析による経時変化の抽出
- インバリエント分析技術の活用

○どのような結果を得るのか:

- 点検箇所と発生しやすい変状(変状, 劣化)の表示
- 塗膜割れの検出, 腐食, よごれの進行状況
- VR橋梁上における点検データの経時変化の蓄積(スマート野帳への記録)
- 誤診断(ミスジャッジ)の防止

○必要な機器:

- タブレット端末, スマートフォン



橋梁の三次元モデル



点検員による点検



変状写真の整理結果

スマート野帳への記録

プロトタイプ作成:環八跨道橋

*インバリエント分析技術:センサー等から得たビッグデータの不変的な関連性をモデル化(NEC)

7

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-1 スマートインフラマネジメントシステム(参考資料1-1参照)

4-1-2 日常点検(巡回点検)のスマート化

○点検車を使った点検の高精度化

- 複数の異なるセンサデータを統合的に分析することで異常を早期発見するとともに、異常の発生要因を特定し、ドメイン知識と併せて適切な措置方法を提示する。

○データ:

- ドライブレコーダの3D画像
- 車両で測定した加速度・変位(角加速度)
- 路面など構造物温度
- 地中レーダ探査



センサを搭載した巡回点検車両

○分析技術:

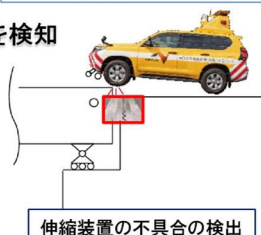
- 異種データを含めた時系列データ間における関係性の変化から異常を検知
- インバリエント分析, モデルフリー分析, ディープラーニングなどによる

○どのような結果を得るのか:

- 構造物の変状(損傷, 劣化), 地下空洞, 路面の凹凸などを検知

○必要な機器:

- 点検車両, スマートフォン, 3D画像ドライブレコーダ, 加速度計, 赤外線サーモグラフィ, 温度計, 地中レーダ
- コンピュータ



環八跨道橋他で走行計測を試行

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

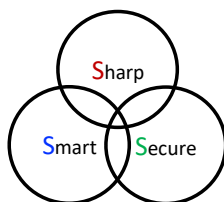
4-2 4Sプランを踏まえた変状センシング・モニタリングの試行, 検証(参考資料1-2参照)

4-2-1 4Sプランのねらい

先進的マネジメント: 画期的で, かつ, 持続可能. イノベーションとの融合による実現.

Sharp(メリハリのある), Smart(スマートな), Secure(しっかりと), Sustainability(持続可能) 道路施設マネジメントプランの策定と実行: 次世代へ安全・安心を途切れなくつないでいく.

プロジェクト目標: 先進的マネジメントプランを具体化するフィールドを構築する.



Sharp: 発生してはならない事象の明確化と対応レベルの多層化.
Smart: 社会的課題に対応したイノベーションとの融合による高度化.
Secure: 微小変化の検知と重要情報の見落とし防止, 視認困難情報の取得等による不確実性(不安要素)の低減, 確実性の確保.
 + 技術の進化・発展にも追随するSustainabilityの具備も重要.

Smart
 SDGs, ゼロエミッション等の社会的課題に対応したイノベーション
 環境発電, 自動化, AI, 自律的制御, 5G, デジタル等の先端技術による高度化.

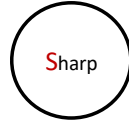
Secure
 微小変化の確実な検知, 視認困難情報の定量分析による不確実性の低減
 超高感度インデックス, 視認困難事象の分析技術(非線形度等)による実現. 36

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

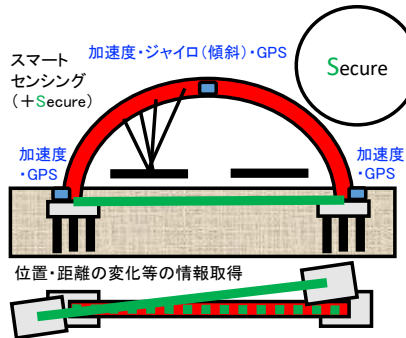
4-2 4Sプランを踏まえた変状センシング・モニタリングの試行, 検証(参考資料1-2参照)

4-2-2 変状把握センシング(状態把握, 異常時把握等)

○供用後の地盤変状により, 常時の支承の移動量に余裕が少なくなっている可能性がある。地盤変状の調査終了時から20年以上経過しているが, その後行った近接目視点検では, 支承機能の異常は確認されていない。しかし, 支承及び下部工が**想定した挙動の範囲となっている**という確認は行えていない。これらの前提条件を考慮し, 現状の調査可能範囲では, レベル2地震発災時における, **挙動の推定が困難な状況**と言える。

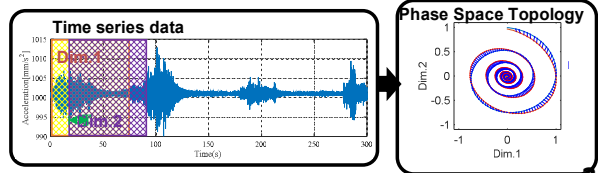


○このような状況を踏まえ, **新たに変動作用(活荷重, 風, レベル1地震など)及び偶発作用(レベル2地震)を対象として**, 目視では確認が困難な構造物の状態変化を早期に捉え, 予防保全措置判断を適切に行うことを目的として, **高感度インデックスによる構造状態の監視【構造カルテ】**を行う。



高感度インデックス監視は, 中央北・中央南・スカイアーチを対象として行う。対象とした理由を以下に示す。

- ①構造物の挙動が特に複雑
- ②ウインド沓の耐荷力が不足
- ③耐荷機構の要であるタイ材が目視による状態把握が困難



37

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-2 4Sプランを踏まえた変状センシング・モニタリングの試行, 検証(参考資料1-2参照)

4-2-3 羽田スカイアーチへの適用を想定したモニタリングシステムの検討

(8)スマート化に向けた検討



現地計測データをクラウドによってリアルタイムで確認可能



現地のPCIに位相空間分析等高度解析を行えるようプログラミングし, 分析結果をクラウドに載せるシステムを検討する。(次年度)

羽田スカイアーチ・スマートセンシング

- ①地震時挙動の把握 ➡ イベントモニタリング
- ②通常時挙動(温度変形)及び季節的・長期的挙動の把握
- ③吊ケーブルの張力, 振動数, 減衰等の把握

ヘルスマニタリング

→状態評価モデルの構築(計測することで構築モデルをアップデートし, 現況近似モデルを組む)

48

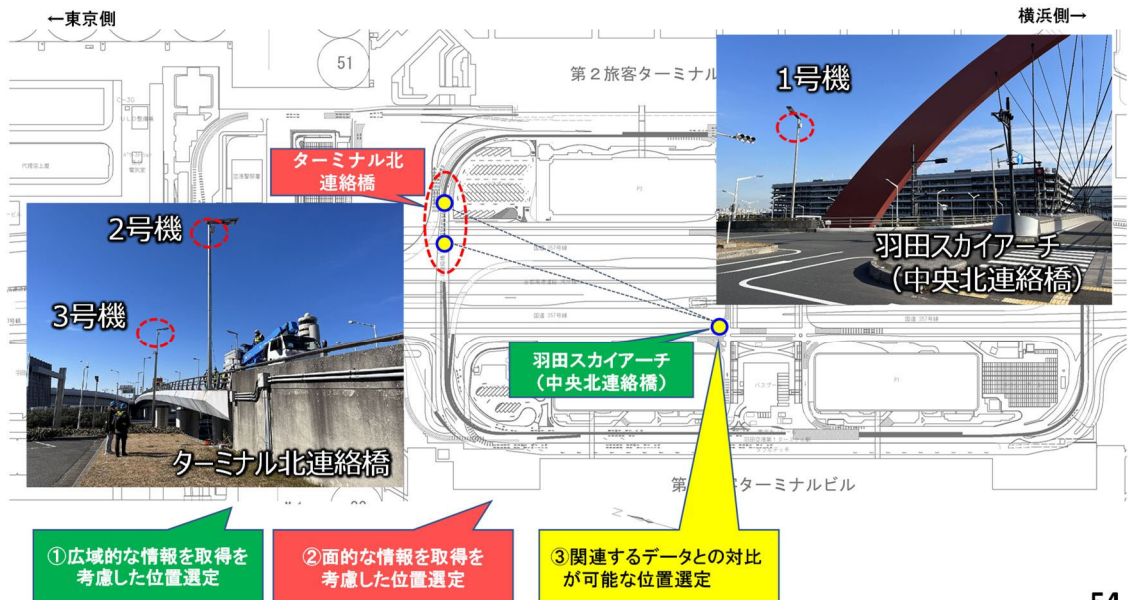
4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-2 4Sプランを踏まえた変状センシング・モニタリングの試行、検証(参考資料1-2参照)

4-2-4 スマートバルブによる構造物遠隔監視モニタリング

(4)PoCIにおけるプロトタイプの実証実験における設置位置

p49の条件を満足する箇所に設置した状況を示す。

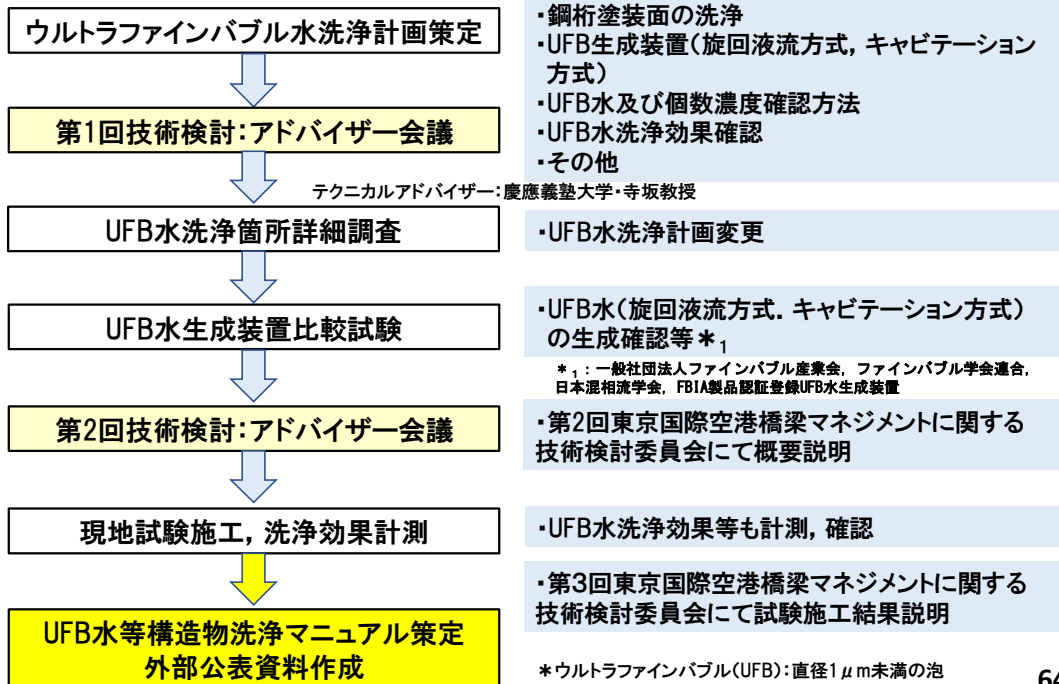


54

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-3 UFB水を用いた構造物洗浄の実用化検討(参考資料1-3参照)

4-3-2 実用化検討の流れ



64

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

構造物洗浄編(詳細:参考資料2-1)

○新たなメンテナンス手法の導入に向けた検討

「構造物洗浄」

OUTPUT

- ・UFB水の高い洗浄効果
- ・構造物洗浄マニュアル(素案)

(1)構造物洗浄の目的

- ・付着塩分および付着物(土砂, 塵埃等)の除去による耐久性能の向上
- ・付着物(土砂, 塵埃等)の除去による外観の改善
- ・堆積物除去等による腐食環境の改善(桁端部付近)
- ・近接目視点検の精度向上



試験施工状況

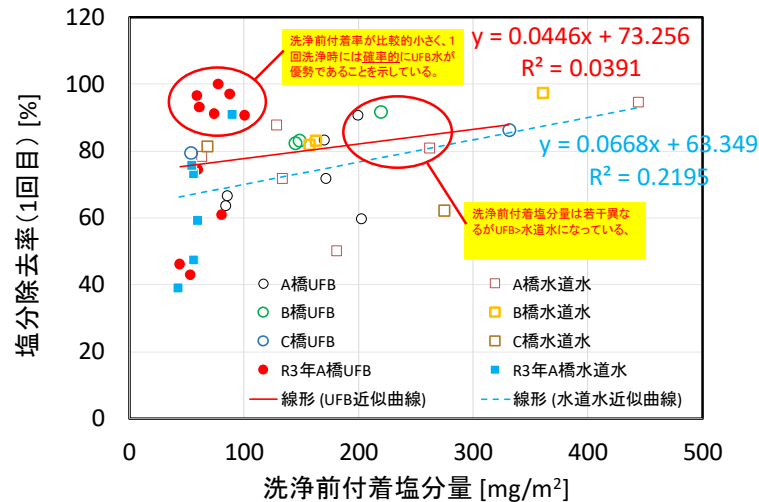
(2)構造物(橋梁等)洗浄試験施工の検討内容

- ・通常水とウルトラファインバブル水(UFB水)を用いた洗浄の比較
- ・洗浄方法(ノズルの操作方法, 水圧, 噴射距離)の検討
- ・洗浄前後で付着塩分量, 光沢度等を測定 → 付着物の除去効果, 塗装外観の改善効果の検証

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-3 UFB水を用いた構造物洗浄の実用化検討(参考資料1-3参照)

4-3-6 STEP3における施工検証の分析



(1)洗浄前付着塩分量が50~100mg/m²の範囲で、塩分除去率の下限値は、水道水■でもUFB水●でも約40%と差がない。しかし、上限値(塩分除去率90~100%)に達した回数はUFB●が6点に対し水道水■では1点のみであり、確率的にUFBが優位である。

(2)塩分除去率の近似曲線は、UFBが水道水を上回っており、洗浄効果が高い。

68

4. 試行活用技術の実用レベルに向けたステップアップ

4-3 UFB水を用いた構造物洗浄の実用化検討(参考資料1-3参照)

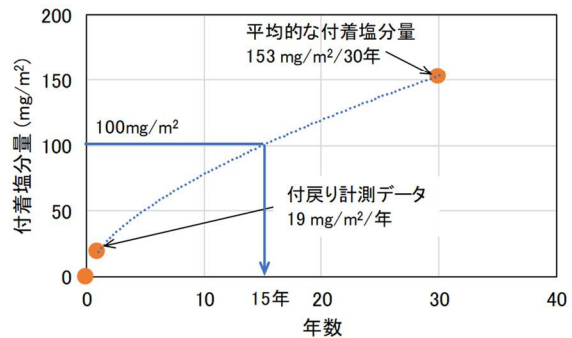
4-3-8 構造物洗浄マニュアルの改訂骨子

【洗浄サイクル】

- (1) 洗浄のサイクルは構造物の付着塩分量の調査に基づき決定するものとする。
 - 1) 今年度実施した既洗浄箇所の付着塩分の調査では、 $19\text{mg}/\text{m}^2/\text{年}$ の付戻りが確認された。
 - 2) ターミナル北連絡橋、ターミナル南連絡橋、エアサイド連絡橋で実施した未洗浄箇所の付着塩分調査では、平均で $153\text{mg}/\text{m}^2$ が確認された。
 - 3) 下図より、洗浄が必要になる付着塩分量の目安を $100\text{mg}/\text{m}^2$ とすると洗浄サイクルは15年となる。
- (2) 東京国際空港管内の道路橋の1度目の洗浄(完成後初めての洗浄)は、UFB水を用いて2回以上の洗浄を行うことで、付着塩分を十分に洗い流す。
- (3) 2度目以降の洗浄は15年サイクルとし、UFB水を用いて1回以上の洗浄を行う。
- (4) 今後、付戻りのデータを蓄積することで、より合理的に洗浄サイクルを設定することができる。



付戻り調査状況(2023/2/28)



77

5. 橋梁マネジメントプランの全体最適化

5-4 橋梁マネジメントプランの策定

5-4-1 橋梁マネジメントプラン(骨子)策定の前提条件(その1)

計画対象橋梁の現状把握及び健全度評価に基づく修繕などの措置の実施

- ①これまでに行った定期点検・診断, 種々な調査及び維持補修等の措置結果を整理し, 発生している**変状の現状及び進行度を把握し, 健全度の再評価を行った結果**に基づく。
- ②次年度以降に実施する橋梁定期点検においては, 現在確認している変状, 将来発生する可能性のある変状等について, 適切かつ**確に点検・診断を行うことが可能となる点検, 詳細調査, 解析及び健全度診断手法を調査・選択し, それらを活かした「東京国際空港道路橋点検・診断要領(案)」により実施する。**

81

5. 橋梁マネジメントプランの全体最適化

5-4 橋梁マネジメントプランの策定

5-4-1 橋梁マネジメントプラン(骨子)策定の前提条件(その2)

インフラスマートマネジメント手法の実装の効果を検討①

- ①3Dデジタル野帳などのIoT(DX)技術を駆使し、橋梁定期点検における変状の見落としを防止する(ICT技術に慣れ親しまれるよう、若手の技術者中心に実装・展開を図る)
- ②スマートインフラ巡回点検車両によるインフラ健全度モニタリングによる各種の状態把握の積み重ねにより、橋梁定期点検を効果的に補完(点検困難部位含む)し、変状の早期発見に基づく、予防保全型の維持管理を行う。
- ③具体的には、種々のデータに関する関連性に着目し、AI技術を駆使して、異常事態発生に対してリアルタイムで最適な対応・予知を含む検知精度の向上する。
- ④取得した変状に関する情報は、デジタルツインとして実装された解析モデルにて、必要に応じて、耐荷診断及び劣化予測を行い、定量的評価に基づき、誤診のない時宜に応じた措置を実施する。

82

5. 橋梁マネジメントプランの全体最適化

5-4 橋梁マネジメントプランの策定

5-4-1 橋梁マネジメントプラン(骨子)策定の前提条件(その3)

インフラスマートマネジメント手法の実装の効果を検討②

- ⑤常時における計測(BWIM, センシング(重要構造, 支承部など重要部位), スマートバルブなど遠隔監視技術)を駆使し、状況の変化を機微に捉え、かつ突発事象への対応を図る。
- ⑥①～⑤の維持管理の基礎データは、クラウドデータベース上に漏らすことなく、集約、一元管理を行うことで、効率的なマネジメントを実現、着実にPDCAサイクルを回し続ける。
- ⑦鋼部材の防食塗装を健全に保つための戦略的に実施時期を先送りするための手法として、本委員会で検討した、UFB水を用いた橋梁洗浄の技術を導入し、積極的に塗膜の長寿命化を図り、コストを縮減する。

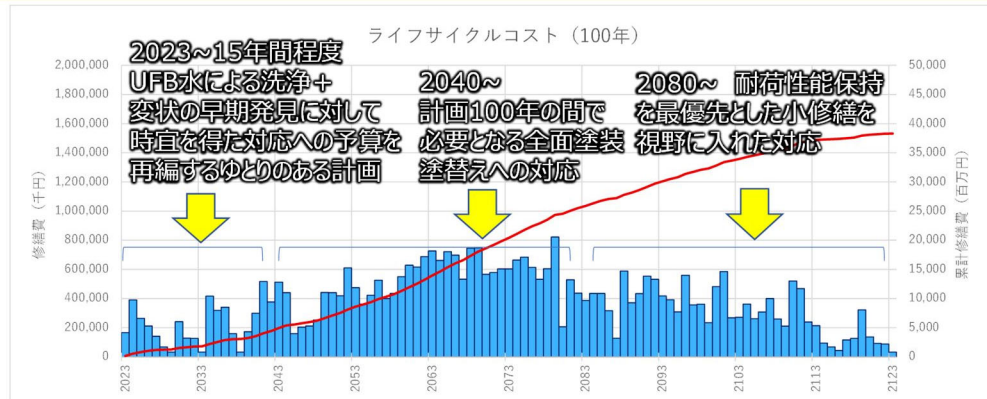
83

5. 橋梁マネジメントプランの全体最適化

5-5 TLCCの試算結果

5-5-2 全25橋のトータルライフサイクルコストの算出

- 令和3年度に実施した9橋の計画と合算した、LCCのグラフを示す。今後、100年間の修繕コストは、試算に基づくと約413億程度であった。
- 2023年から15年間程度UFB水による洗浄を行うこと。また、変状の早期発見に対して時宜を得た対応への予算を再編するゆとりのある計画とした。
- 2040年代から発生する全面塗装塗替えの実施のピークをずらしていくことが重要である。
- 2080年代から耐荷性能保持を最優先とした小修繕を視野に入れた対応とする。



85

6. 達成度の評価、今後の課題と未来への展望

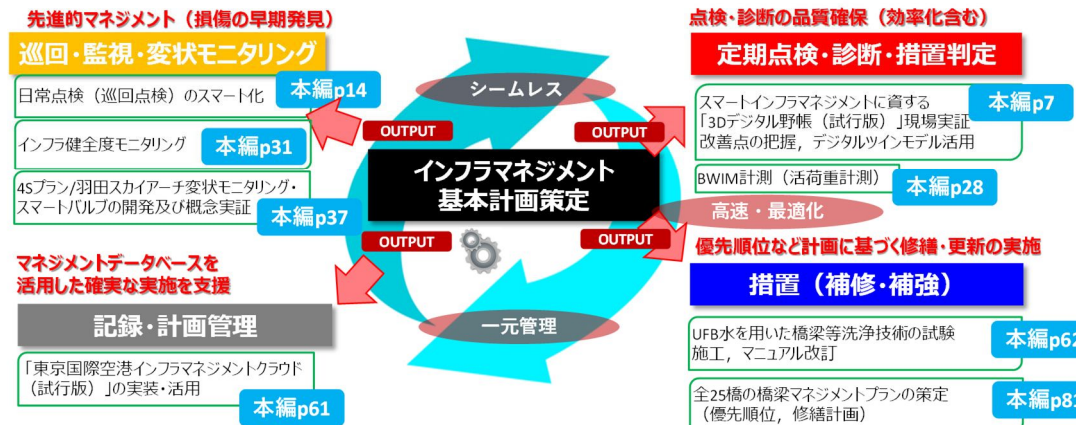
検討結果を早期に現場で試行活用を行いながら、実用レベルに向けたステップアップ

○令和4年度委員会で検討した試行技術の現場検証結果を踏まえ、更なる活用を図るための、課題の抽出と次ステップにおける対応事項を抽出した。

- ① デジタル野帳、3Dモデル(デジタルツイン)の活用、スマート点検車の現場実装と検証
- ② 4Sプランを踏まえ、開発したモニタリング技術のアップグレード、実装と現場実証
- ③ UFB水を用いた構造物洗浄効果の現場検証の継続

最終的な橋梁マネジメント対象である全25橋へ展開・拡張

○スマートインフラマネジメントの実装を前提とし、対象橋梁を重要度などを考慮した絞り込みの結果から、全25橋における橋梁マネジメント計画(骨子)を策定した。



86

令和3年度、令和4年度に開催した『東京国際空港橋梁マネジメントに関する技術検討委員会』において審議、検討した内容、成果について骨子を取り纏めた結果は以上である。なお委員会における審議、検討等の詳細については、委員会資料本編及び参考資料等を参照すること。

令和5年3月29日

東京国際空港橋梁マネジメントに関する技術検討委員会

令和5年3月29日、国土交通省東京航空局長室において、三木千壽委員長から藤田礼子東京航空局長に対し、ここに示す答申本文及び関連資料が答申された。

令和3年度、令和4年度の2箇年に渡って設置された「東京国際空港橋梁マネジメントに関する技術検討委員会」において審議、検討された内容、成果及び三木千壽委員長から国土交通省東京航空局藤田礼子局長に答申した答申本文及び答申資料は以上である。

東京国際空港橋梁マネジメントに関する技術検討委員会

令和5年3月31日