

3. インフラスマートマネジメントの基本及び計画素案・要素技術の検討 (令和3年度)

3.1 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(原案)

3.1.1 インフラスマートマネジメント中長期計画策定的前提条件

(1) 東京国際空港を取り巻く社会背景

- 東京国際空港(以降、羽田空港)は、首都東京の空の玄関として、また今後も高まる交通・物流需要に継続的に対応していく及び首都圏空港としての機能強化を図るための必要性からより積極的なインフラ整備によってストック効果を発揮させなければならない。
- さらに、今後発生が予測される首都直下地震及び東南海地震等への対応として、管理施設の耐震対策を適切に行うことで、大地震発災時においても空港機能を確実に維持し、緊急物資の輸送や経済活動の維持を確実に行えるよう対応が求められている。
- 羽田空港は、現状において、首都圏の交通利便性を向上させ、ヒト、モノの活性化の基盤となる重要拠点として種々な機能強化を図ることが求められることから、道路施設もその一翼を担わなければならない。
- 国内外の社会状況の変化から、我が国の重要拠点でもある羽田空港管内の道路施設を対象としたインフラマネジメントには、ICT(デジタル技術、IoT等含む)、DX、最新の技術や材料を使った効率的・効果的でカーボンニュートラルとなるスマートマネジメントによって、最先端の戦略的メンテナンスを進めることが求められている。
- また、羽田空港と首都圏との交通機能強化の目的で空港アクセス鉄道の基盤施設整備に着手するほか、駐機場の整備や大地震発災時後の航空ネットワークの機能確保を目的とした滑走路等の耐震性強化が図られている。加えて、防災・減災、国土強靱化3か年緊急対策として多摩川沿い護岸の整備等を進めている。

(2) インフラスマートマネジメントで解決を図るべき課題

- 羽田空港管内の道路施設に求められている種々な機能を継続的かつ確実に発揮するには、そのために必要な耐荷性能、耐久性能、維持管理性能等を確保することが求められる。必要な各性能を確保するためには、ヒト・モノ・カネの3要素を枯渇させることなく、ICT、DX、最新技術や材料等を活用した効率的・効果的なインフラスマートマネジメントを実践していくことが必要不可欠である。
- 一般的な道路施設の耐用年数は100年以上であるが、羽田空港の置かれている重要度と継続性を考慮すると200年を超える耐用年数の確保が求められる。長期的な視点に立ち、道路施設を最適な道路管理を継続的に行うには、道路管理の最適化とトータルライフサイクルコストの最小化を図るインフラスマートマネジメントとそれを実行できる人材が必要となる。しかし、施設管理のための人材は、他のインフラと同様に今後担い手が不足し、適切な技術の継承が困難になると想定される。このため、マネジメントに関連する技術が急速に進歩している中、如何に統一的に最適な道路管理を進めるかなどの課題がある。
- 羽田空港道路施設の現状から想定される課題を解決するには、施設の現状把握と劣化予測、大地震等自然災害発災時の構造物に発生する損傷の予測を的確に行い、通常時及び緊急時に発生する変状についてICTやAI等を使って性能や機能を短時間に適切に判断し、被災を最小化する種々な措置を効率的・効果的に行うインフラスマートマネジメントが必要となる。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には、施設管理者の人材、組織、予算等を考慮し、最新の技術や材料を積極的に導入するなどの対応が必要である。また、現在予定され、進行している空港アクセス線整備工事等による影響や関係施設改変を組み込むことも必要である。現時点で想定する課題解決の方法は以下である。

- ① 点検、診断の品質確保、その他の維持管理業務の円滑化に関わる対応
- ② ケーブル損傷など、早急に対応が必要な変状、TLCCの縮減への対応
- ③ 大規模地震発災時における橋梁基礎部等の挙動を踏まえた対応
- ④ インフラスマートマネジメントを進めるICT、DX、最新技術や材料の調査と導入

3.1.2 インフラスマートマネジメントの計画素案

3.1.1 で示した課題に対する解決策の方向性について、整理を行った結果を示す。種々の要素技術に対する導入の方向性については、委員会における審議及び現場ヒアリングを踏まえるものとした。

(1) 点検、診断の品質確保、及び維持管理業務の円滑化に関わる対応

図-3.1 に点検・診断及び維持管理に関する現状の課題と短期的解決策と中長期の未来像として解決へのアプローチを示す。また、図-3.2 に最新の ICT 活用した課題解決策についての新たな提案として「東京国際空港道路施設先進的マネジメント4S（案）」について示した。図-3.3 に点検・診断及び維持管理に関する短期の実施案解決策の提案、図-3.4 及び図-3.5 に中長期に関する未来像を示す。いずれも、現時点の最新技術、材料等を取った提案となっている。今回は、点検ツールとして急速に進化している機械系、ロボットや簡易航空機（ドローン）については記載していないが、近い将来、人の点検・診断作業を補助するツールから、人によって点検主体となる可能性が社会情勢や開発進展速度等から極めて高く、今後は、デジタル及び赤外線カメラ、AI や GNSS を搭載した点検機器の活用を視野に入れた試行が望ましい。ただし、羽田空港の場合は、空港であり周囲に高層建築物や山岳がないことから測位精度から GNSS と GPS を比較して優位な衛星測位システムを選択することが好ましい。

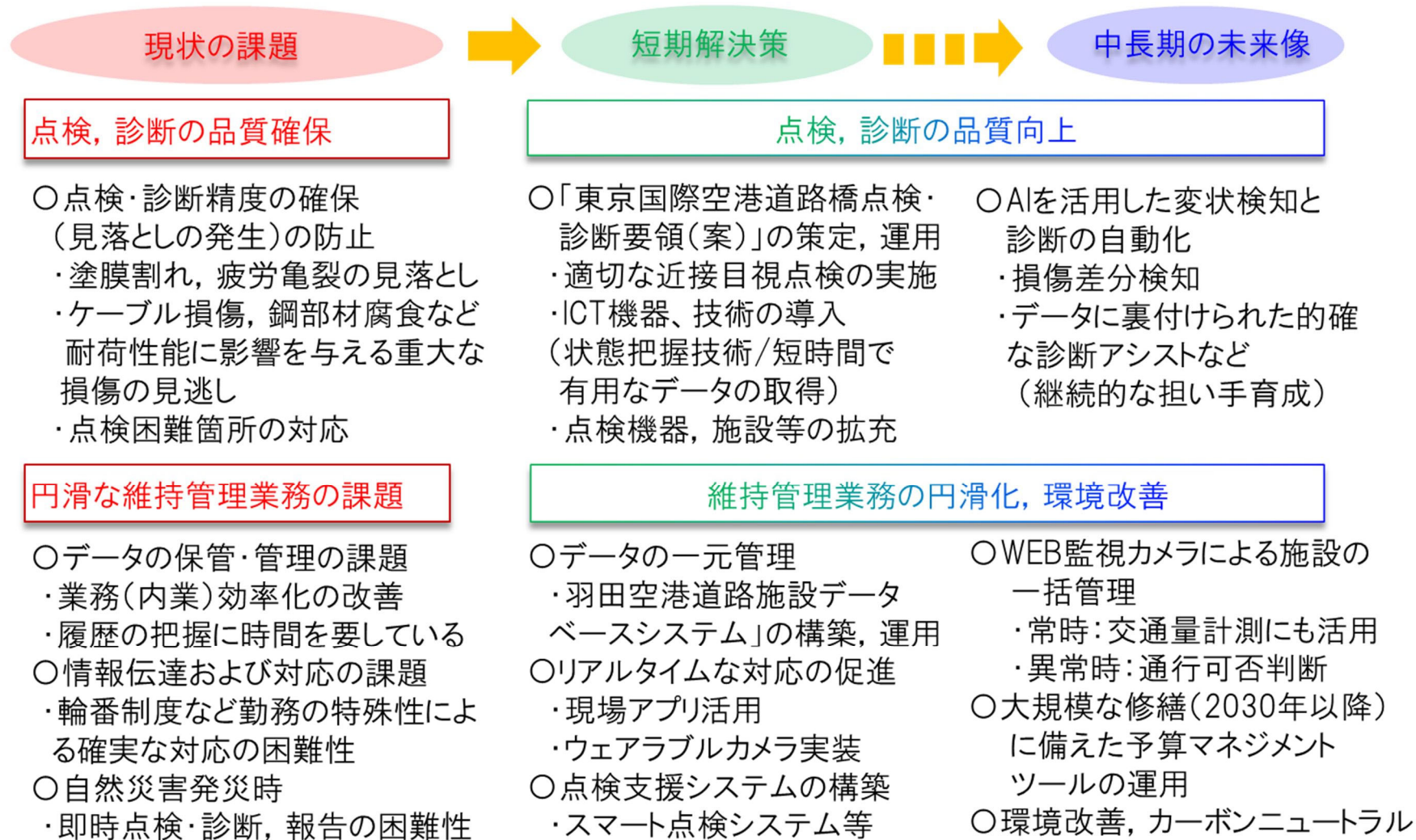
(2) ケーブル損傷など、早急に対応が必要な変状、TLCC の縮減への対応

羽田スカイアーチなどの斜張橋ケーブルの変状（損傷）について、図-3.6 に課題解決へのアプローチ、図-3.7 に短期解決策の提案、図-3.8 に中長期の未来像を示す。

(3) 大規模地震発災時における橋梁基礎部等の挙動を踏まえた対応

大規模地震発災の確立が高まる現状において、図-3.9 に課題解決へのアプローチ、図-3.10 に短期解決策の提案、図-3.11 における中長期の未来像を示す。

ここ示す（1）、（2）、（3）は、従来の定性的判断を主とする維持管理から、最新の技術や材料、ICT、IoT、AI、DX、マイニングスキル等を活用し、カーボンニュートラルにも寄与する定量的な判断に基づくインフラスマートマネジメントへ転換する基本となる。



早急な対応が求められ→短期戦略は1～3年以内を目標に実施

図-3.1 点検、診断の品質確保、及び維持管理業務の円滑化に関わる対応 課題解決へのアプローチ

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 (しっかりとした), Sustainable (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.

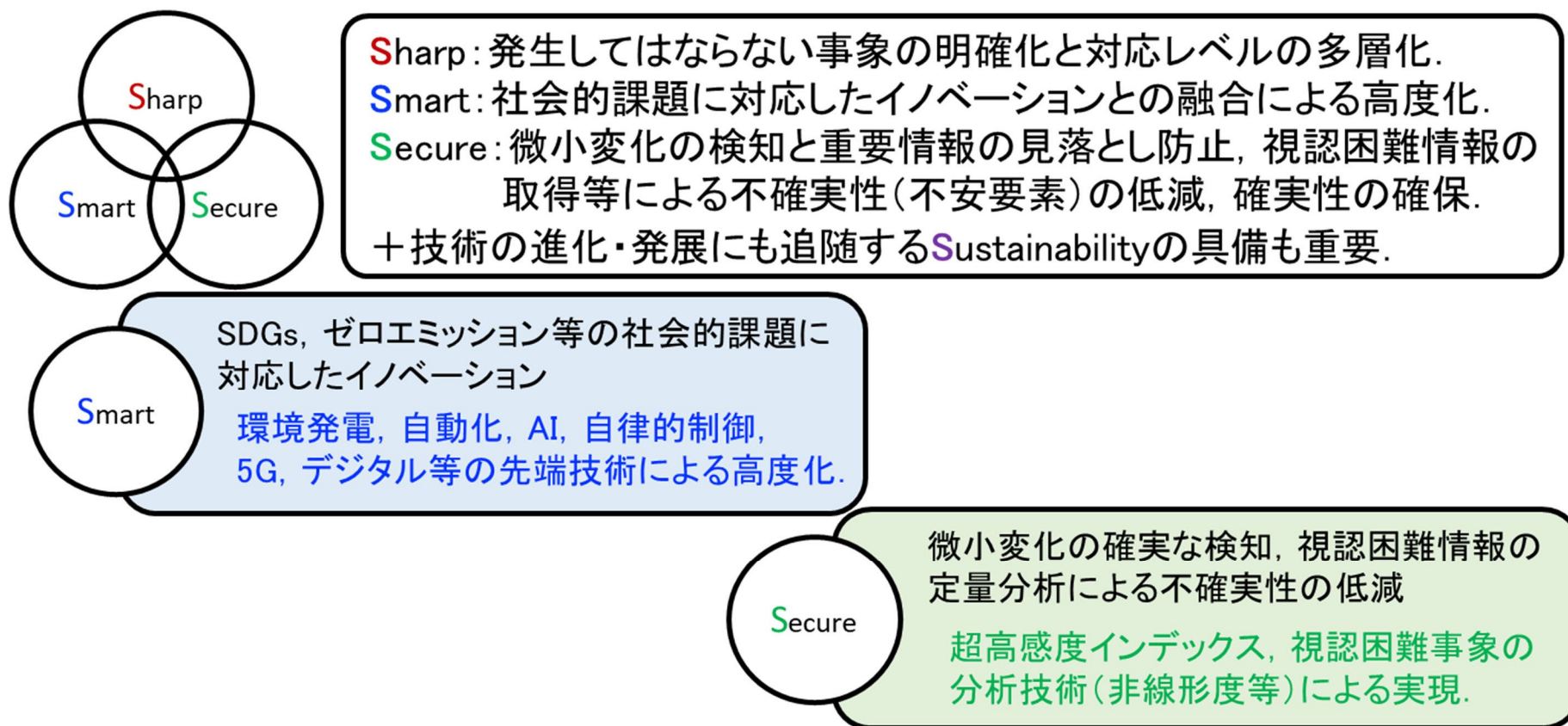
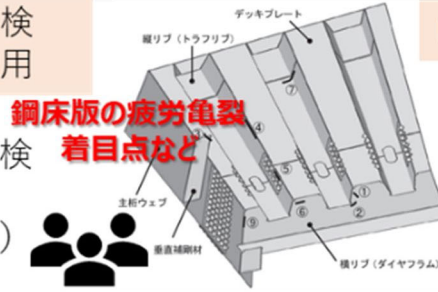


図-3.2 最新の ICT 活用した課題解決策についての提案「東京国際空港道路施設先進的マネジメント4S(案)」

点検, 診断の品質確保 実施イメージ(短期)

- 「東京国際空港道路橋点検
・診断要領(案)」の運用
- ・ 亀裂点検の手引き
 - ・ 斜張橋など特殊橋の点検の手引きなどを網羅(事前に点検会社に説明)
 - ・ 点検施設の拡充



ICT活用(状態データ取得と把握)

- ・ ケーブル振動/張力の常時監視
- ・ 地盤変状の定期監視(GNSS, MMS, SARによる取得)
- 【空港アクセス線工事対応含】
- ・ 点検困難箇所モニタリング

GNSS: Global Navigation Satellite System, MMS: Mobile Mapping System, SAR: Synthetic Aperture Radar



維持管理業務の円滑化 実施イメージ(短期)

巡回点検の実施と対応
全道路施設にも展開

タイムラグ防止

内業効率化

戦略的メンテナンスに必要な
関連資料保管庫の整備



図-3.3 点検、診断の品質確保、及び維持管理業務の円滑化に関わる対応 短期解決策の提案

点検、診断の品質確保 実施イメージ(中長期)

AIによる損傷検知と診断の自動化

現在からのデータを蓄積し、活用

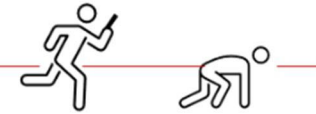
- ・画像診断/損傷差分検知
- ・診断ロジックも提示
- ・MRデバイスによる遠隔コンテンツ配信

MR: Mixed Reality・ウェアラブル



100年継続における担い手のバトンタッチ

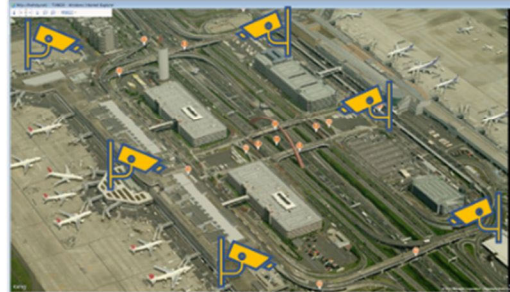
- ・診断ロジックの学習による育成(アシスト)
- ・措置(補修補強)の対応に専念できる環境



維持管理業務の円滑化 実施イメージ(中長期)

常時・異常時における対応の確実性向上

4K監視カメラ等次世代映像

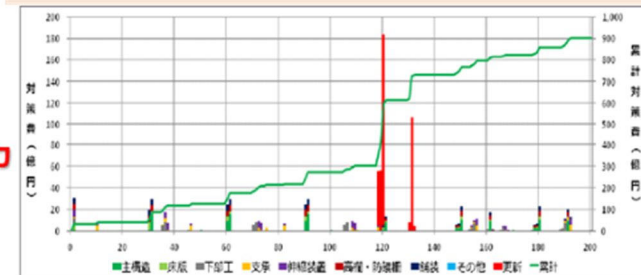


捉える事象
 常時: ケーブル振動・交通量
 地震時: 段差発生・橋台の移動



職員
 インフラマネジメントに慣れ親しめる環境

大規模な修繕(2030年~の対応)に備えた予算マネジメントツール活用開始



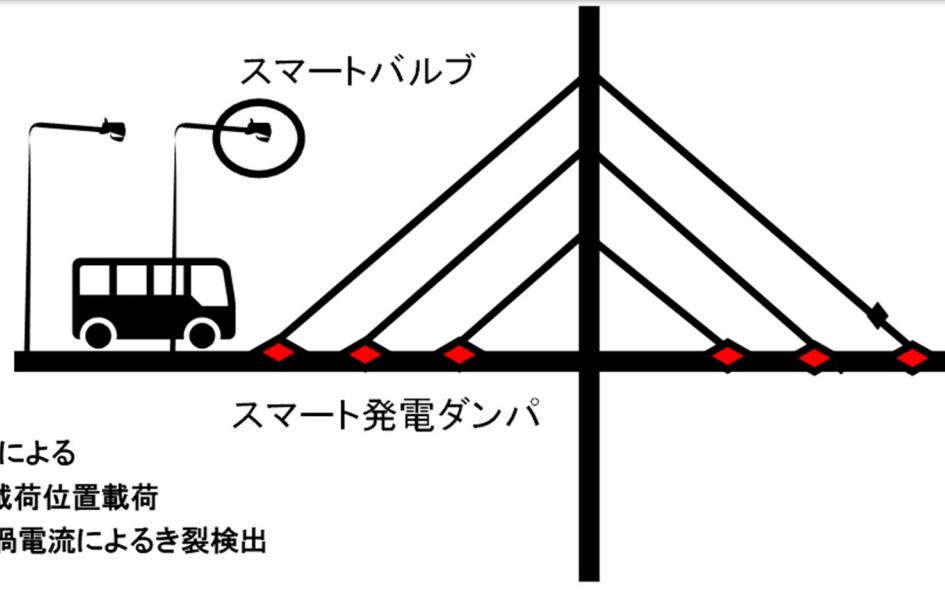
マクロLCC

対策工法	数量	単位	単価	総経費率	備考
Rc-1全面塗装	1	m ² -全面面積	20	80%	工費(防錆塗料)に適用可能。単位は1000円/㎡。空気に乾燥させる。
Rc-1全面修繕	1	m ² -全面面積	10	80%	工費(防錆塗料)に適用可能。単位は1000円/㎡。空気に乾燥させる。
Rc-1全面修繕	1	m ² -全面面積	500	80%	工費(防錆塗料)に適用可能。単位は1000円/㎡。空気に乾燥させる。
鋼製橋脚修繕	1	箇所・桁数	2000	80%	鋼製橋脚に適用可能。
当てる修繕工	1	箇所・桁数	250	80%	当てる(防錆塗料)に適用可能。単位は1000円/㎡。空気に乾燥させる。
鋼製橋脚修繕	1	m ² -全面面積	3.5	80%	鋼製橋脚に適用可能。単位は1000円/㎡。空気に乾燥させる。
交差点修繕工	1	基・交差点	100	80%	NETIS 700円/基+足場
交差点修繕工	1	基・交差点	500	80%	
伸縮装置修繕工	1	m ² -全面面積	150	80%	
ひびわれ注入工(上層工)	0.1	m ² -全面面積	10	80%	
ひびわれ注入工(下層工)	1	箇所・桁数	200	80%	
表面修繕工	1	m ² -全面面積	12	80%	
表面修繕工(上塗り工)	0.3	m ² -全面面積	12	80%	
表面修繕工(下塗り工)	1	m ² -全面面積	8	80%	
鋼製橋脚修繕工	1	m ² -全面面積	67	80%	
鋼製橋脚修繕工	1	m ² -全面面積	12	80%	

対策対象施設、対策予定時期、概算費用

図-3.4 点検、診断の品質確保、及び維持管理業務の円滑化に関わる対応に関する中長期の未来像

環境改善型(カーボンニュートラル)先進的維持管理 実施イメージ(中長期)

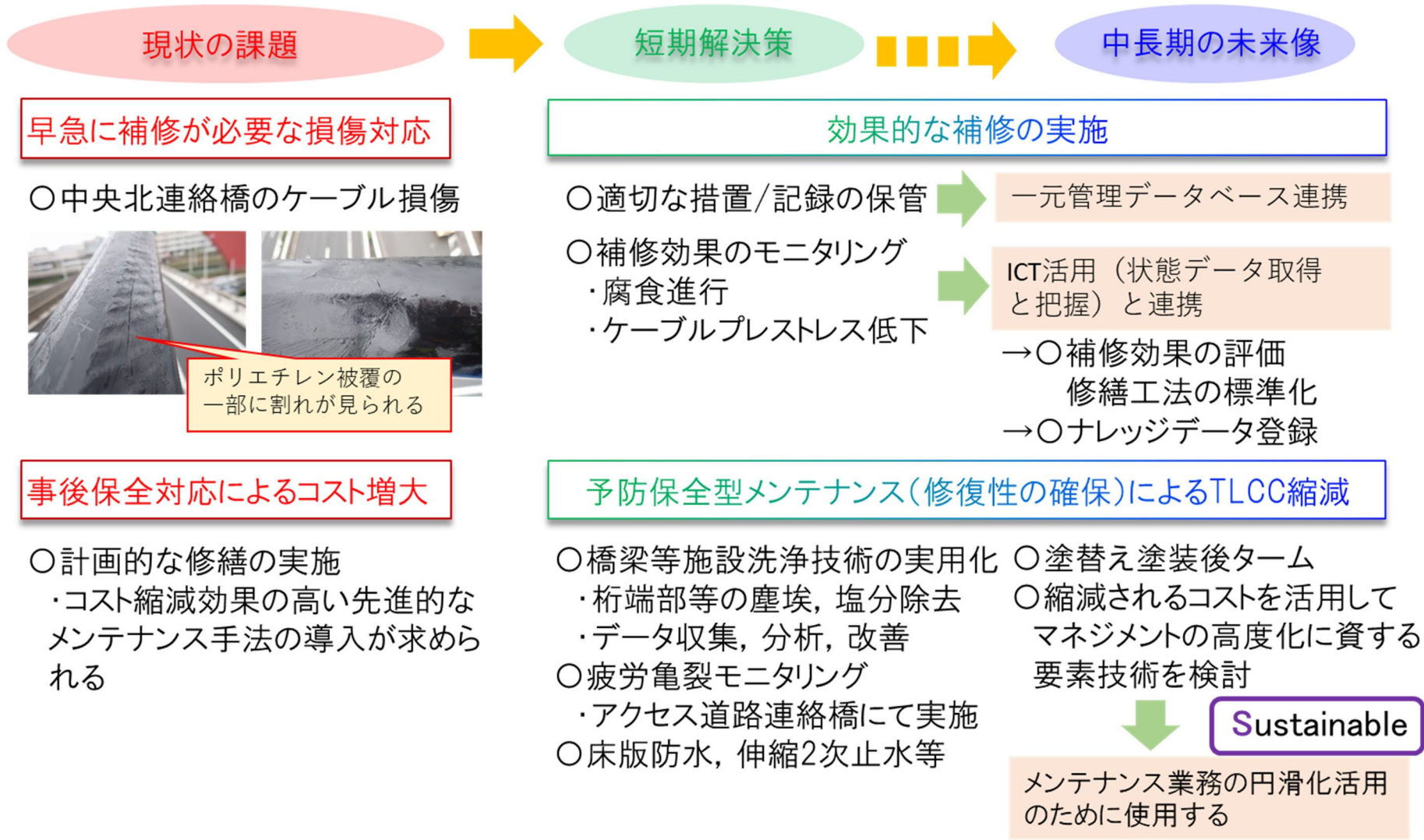


自動運転・スマートNDE: 電気自動運転車による走行(走行位置の高精度確認), 画像, 渦電流, 加速度計測.

スマート発電ダンパ: オイルダンパに替わる電磁発電ダンパ, 自律的チューニング, 自己分析, 学習などで効率的制振を行い, ケーブル機能健全化継続・最適チューニング探索・システムダンピングへの影響評価

スマートバルブ(灯具): 加速度・ジャイロ, 全天球カメラ, GPS, マイク等により, マルチ情報により状態把握. 発電も可能性がある. また, 従来の灯具のメンテナンスルーチンでの保守管理が可能.

図-3.5 点検、診断の品質確保、及び維持管理業務の円滑化に関わる対応に関する中長期の未来像
東京国際空港道路施設先進的マネジメント4S(案)



早急な対応が求められ→短期戦略は1～3年以内を目標に実施

図-3.6 ケーブル損傷など、早急に対応が必要な変状、TLCC の縮減への対応 課題解決へのアプローチ

効果的な補修の実施イメージ(短期)

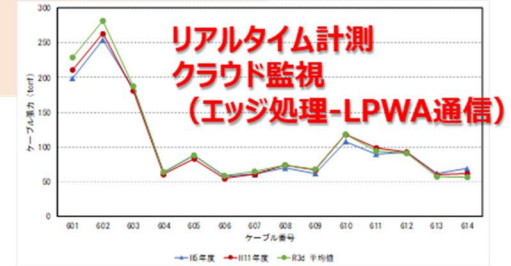
適切な措置/記録の確実な保管



補修効果のモニタリング (耐荷・耐久性能の保持)

- ・腐食進行
- ・ケーブルPS低下

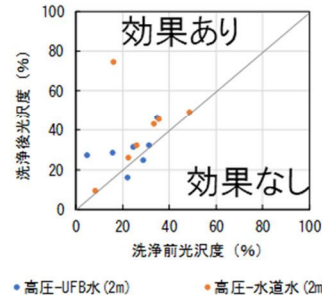
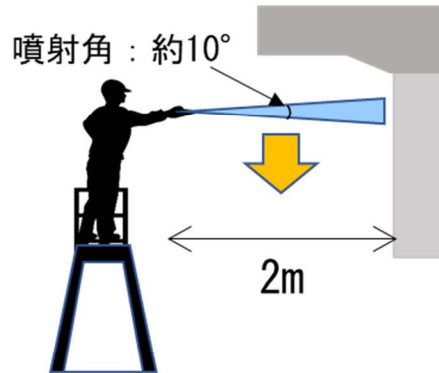
【空港アクセス線工事の進捗対応含】



LPWA:Low Power Wide Area-network

予防保全型メンテナンス(修復性の確保)によるTLCC縮減 実施イメージ(短期)

橋梁等施設洗浄技術の実用化



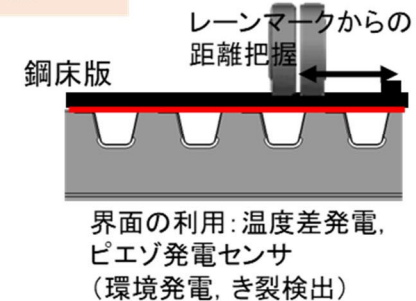
事例: 洗浄による光沢度の回復を確認

○インフラ洗浄技術の実用化

(構造物の劣化因子除去・データ収集, 分析, 改善)

疲労亀裂モニタリング他

- 亀裂検出センサ
- 活荷重計測



環境発電: ピエゾによる発電 (圧縮型: WIM, せん断型: ひずみ, 亀裂検出),
温度差発電・熱電発電 (アスファルトの温度上昇等部材間温度差あるいは空気との温度差を利用)

【候補】アクセス道路連絡橋にて実施

図-3.7 ケーブル損傷など、早急に対応が必要な変状、TLCCの縮減への対応 短期解決策の提案

効果的な補修の実施イメージ(中長期)

モニタリング結果 (最終的な値を反映)

【空港アクセス線工事完了】



○補修効果の評価結果を踏まえた
修繕工法の標準化

○効果が確認された対応は、
「ナレッジデータ」として登録

○計測継続実施の判定

予防保全型メンテナンス(修復性の確保)によるTLCC縮減 実施イメージ(中長期)

インフラ洗浄技術 (塗替え塗装後ターム)

○一般に塗替え塗装の場合
塗装塗り替えまでの期間が短くなる



○洗浄により光沢度低下、膜厚減少を抑止する
洗浄間隔の見直しなど実証を積み重ねる

現在: ポリウレタン樹脂
塗替後: フッ素樹脂, 高耐久性塗料



コスト縮減

○洗浄によりRC劣化因子を除去する
中性化・塩害の進展を抑制, 延命効果

縮減されるコストを活用してマネジメントの高度化に
資する要素技術の検討を継続する

【想定される事象】

- モータリゼーションの変化
(B活荷重を超える活荷重の導入, 電気自動車)
- カーボンニュートラルの更なる推進
- 対象維持管理施設の変化
(維持管理が必要な施設編入があった場合の対応)
- 予算の縮小

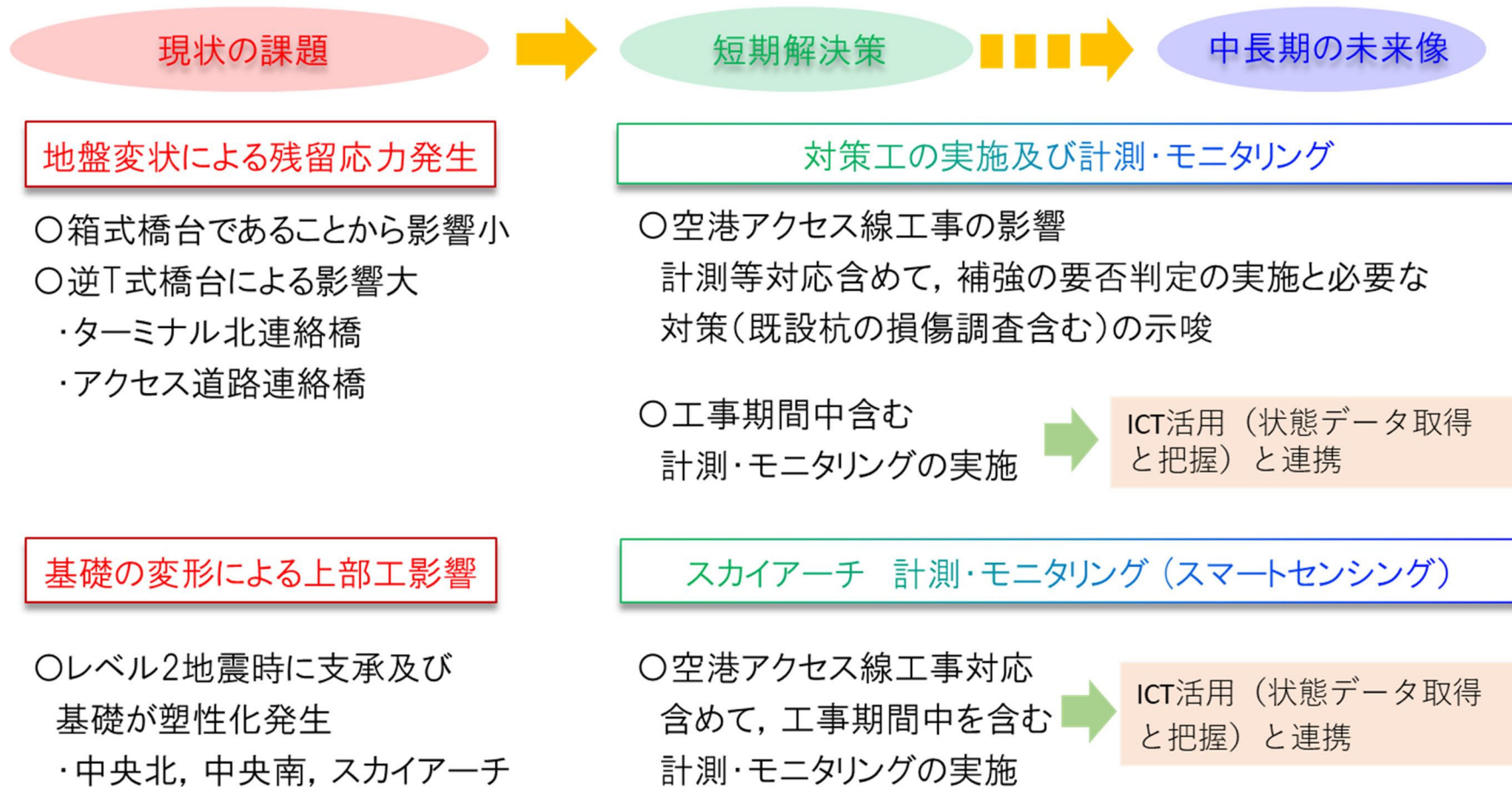


Sustainable

【確実な対応の継続】

- データに基づく予算の最適配分
- 再劣化の防止(不確実な部分を最小化)

図-3.8 ケーブル損傷など、早急に対応が必要な変状、TLCCの縮減への対応 中長期の未来像



早急な対応が求められ→短期戦略は1～3年以内を目標に実施

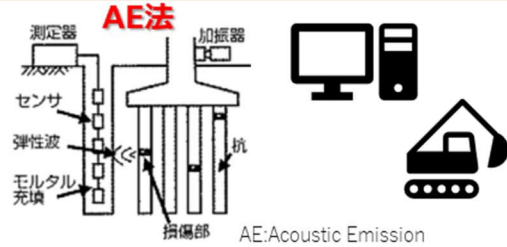
図-3.9 大規模地震発災時における橋梁基礎部等の挙動を踏まえた対応 課題解決へのアプローチ

対策工の実施及び計測・モニタリング(閾値の提示) 実施イメージ(短期)

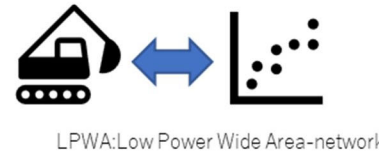
補強の要否判定の実施と必要な対策 (既設杭の損傷調査含む)



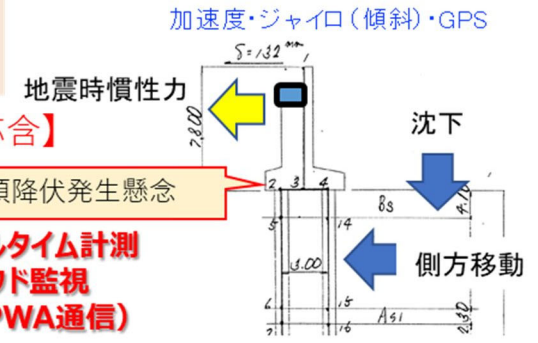
工事期間中を含む計測・モニタリングの実施



【空港アクセス線工事の進捗対応含】



杭頭降伏発生懸念
リアルタイム計測
クラウド監視
(LPWA通信)



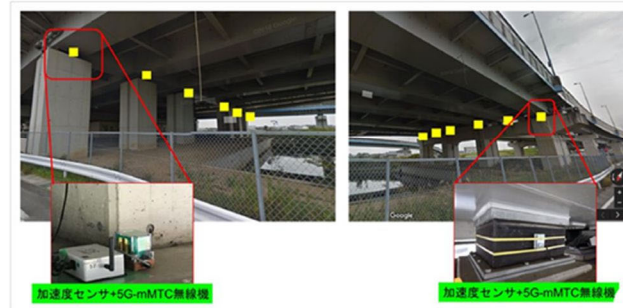
スカイアーチ 計測・モニタリング 実施イメージ(短期)

空港アクセス線工事対応含めて、工事期間中を含む計測・モニタリングの実施

○大規模地震発災時の挙動

- ・基礎杭
- ・ウィンド支承塑性化時の上部構造

リアルタイム計測
クラウド監視
(5G通信)



スマートハイウェイ (5G+IoT) 実証実験の例

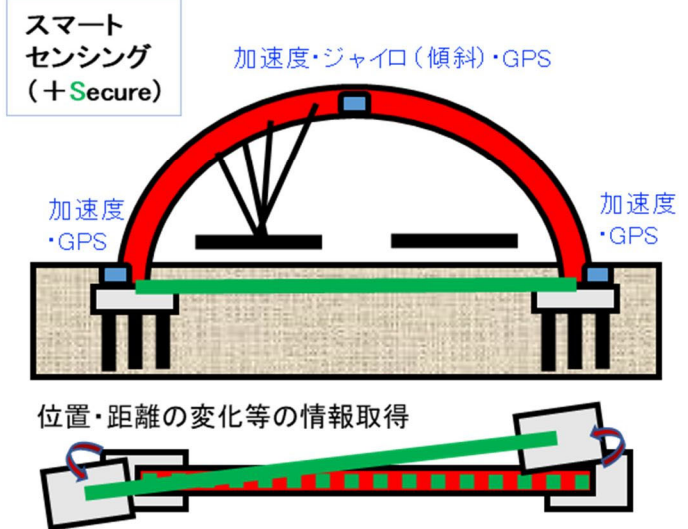


図-3.10 大規模地震発災時における橋梁基礎部等の挙動を踏まえた対応 短期解決策の提案

対策工の実施及び計測・モニタリング(閾値の提示) 実施イメージ(中長期)

モニタリングレポート (閾値と最終値を反映)

【空港アクセス線工事完了】



○補強効果の評価

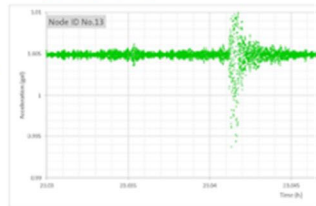
○効果が確認された対応は、「ナレッジデータ」として登録

○計測継続実施の判定

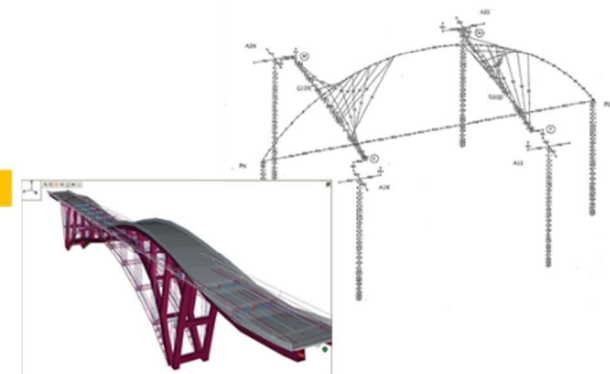
スカイアーチ 計測・モニタリング 実施イメージ(中長期・スマートセンシング)

モニタリングレポート (閾値と最終値を反映)

【空港アクセス線工事完了】



5G取得データから
以降の維持管理に参照すべき有用
なデータを選択して格納する



アップデートイメージ

Sustainable

○メンテナンスに反映できる地震が観測された場合、挙動の検証解析を実施
再現解析によるモデルアップデート3次元時刻暦応答解析モデルは、
データベース内に格納し、受託者が変わっても対応が可能なものとする。

3次元時刻暦応答解析
モデルのアップデート

図-3.11 大規模地震発災時における橋梁基礎部等の挙動を踏まえた対応 中長期の未来像

3.2 インフラスマートマネジメント中長期計画（原案）及び計画素案に対する委員からの意見

3.1.1 及び 3.1.2 に対する委員からの意見を集約した結果を、以下に示す。

- 先端技術によるメンテナンスの高度化は大賛成である。どのデータを何で測定するのが重要な課題。変化のないデータを取っても意味がない。
- 図面のデジタル化にあたっては、将来の BIM/CIM 導入を踏まえ、属性情報が付与できるものとするのが望ましい。
- 自然災害発災時とは、台風、集中豪雨、大地震等があるが、何を想定し、どのような対応が可能なのかを示し、それらに対応する機能を明らかにし、現場作業の負担がどの程度減るのかなどを示すことが必要。
- 短期戦略は、1～3 年程度で実施するとなっているが、次年度何を行い、次年度委員会に何が見える化でき、具体的に審議するのかを明らかにする必要がある。
- 今回のマネジメント中長期計画には関連し、他の施設の耐震性強化の取り組みにも貢献できる可能性があるのか。例えば、滑走路の地震直後の状況をモニタリングで把握するなどを想定されるか、対象範囲を明確にする必要がある。
- 「通常時及び緊急時に発生する変状を最小化する対策」、そのために必要な補強もマネジメントに含まれている。これは現状把握や損傷予測に基づいて、必要な対策として補強も加えていくことも含めてマネジメントプランとしてよいかどうか。
- 「円滑な維持管理業務の課題」に記述されている課題をどのように解決できる対策案なのかの相関図もしくは関連性の整理を進める必要があるように感じた。個別技術の導入でどの程度課題が改善するのかという点について、難しい点だが、技術導入のプライオリティーを決めるうえで重要である。
- 「インフラマネジメントに慣れ親しめる環境」はどのような環境か、イメージできると今後実現すべき方向性がより見えやすくなる。
- 次年度以降、空港アクセス線工事などの他の関連工事が予定されているようであるが、インフラマネジメント中長期計画との関係、整備事業サイドへの注文事項等を整理する必要がある項目を明確にする。

3.3 東京国際空港橋梁スマートマネジメントの提言

3.1、3.2 を踏まえ、「東京国際空港橋梁スマートマネジメント」（三木委員長からの提言）を示す。

3.3.1 東京国際空港橋梁スマートマネジメントの概要

東京国際空港道路施設スマートマネジメント

東京国際空港管内の橋梁を中心とする道路施設スマートマネジメントは、以下のように構成される（図-3.12 参照）。

現時点で使える最新のツール、技術、知見を導入することにより、スマート化を図る。

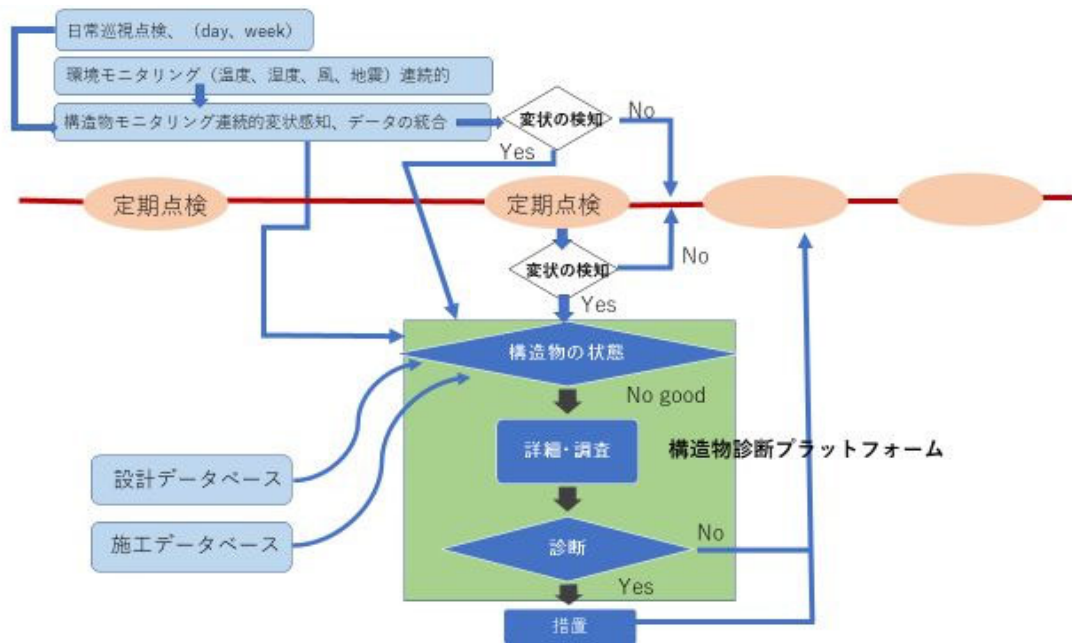


図-3.12 インフラスmartマネジメントシステムの構成

(1) 日常巡回点検

パトロール車（東京航空局所有車両）による簡易点検・診断ツールを使った巡回点検
・構造物の外形、外観、計測データ等から対象物に発生している変状を検知する。

(2) 定期点検

5年間隔で実施する法定定期点検のステップアップ

・近接目視あるいはそれと同等の方法、例えば、ロボットやドローン等の点検機器や簡易システムを使って対象物の変状を検知し、診断する。定期点検においては、新たに作成する点検手引書（案）を使った効率的な点検を行い、変状発生、進展の見逃し、見誤りを抑止する。

(3) モニタリング

最新のセンサー類を使ったモニタリングシステムによって継続的なデータを取得し、対象施設の状態を監視し、その結果を使ってリアルタイム処理し、必要なデータを蓄積し、安全性、使用性及び快適性を定量的に診断し、処理する。

(4) 詳細調査

何らかの変状あるいはその兆候を検知した際に実施する調査

・自然災害発災時（大地震、台風など）の非破壊検査を含む。

(5) 健全度診断

日常巡回点検とモニタリングをベースとした日常的な健全度診断

定期点検、詳細調査、健全度診断をベースとした定期的な健全度診断

・健全度診断は、日常点検、定期点検及び緊急点検で得られたデータを蓄積し、羽田空港管内環境の特性を考慮した分析が行えるようにする。

日常点検、定期点検、緊急点検、モニタリング、詳細調査を DX で連結することにより、新しいインフラマネジメントシステム（インフラスマートマネジメントシステム）が実現される。

日常点検は、従来はインフラ施設の機能の確認的な役割を果してきた。

近年の DX 技術を適用することにより、点検車による巡回を省力化するとともに、構造物の変状検知をも可能とする点検に変えることが可能である。

特に、レーダを用いた 3D スキャニング技術、高精度の 3D 写真技術、画像処理技術、それらに対する AI の活用は、インフラ点検のスマート化のキーとなる。

日常点検の高度化、スマート化から得られ結果は、インフラ施設の定期点検での重点的な点検箇所を特定するなど、インフラスマートマネジメントに有用な情報を提供する。さらに、定期点検の精度の向上、簡素化にもつながる。

モニタリングは、風、地震、降雨、気温などの気象、それに対する構造物の応答、変状の発生などに対して継続的に実施する。

発生する可能性がある現象や変状を予測して構築する「シナリオベースのモニタリング」がスマート化と言える。

地震時のモニタリングは、リアルタイムで判断が可能となり、ヒトへの負荷も縮減が可能となることから、発災後のインフラ施設のサービス規制を判断するうえで極めて有効である。

3.3.2 日常巡回点検のスマート化

日常（巡回）点検とは、週1回程度の点検車（黄パト）による巡視を意味する。

この日常点検をDXによりスマート化し、道路インフラに対するマネジメントの合理化をはかる。

点検車に取り付けたカメラによる画像（3D点群データあるいは写真画像）と、加速度センサーから得られる加速度、変位、速度、路面下レーダ探査によるデータとGPSから得られる位置データを組み合わせることによって位置を確定した路面の変状を検知するシステムを構築する。図-3.13にスマート点検車両による日常点検実施イメージを示す。

近接施工される開削トンネル工事、構造物築造や地盤改良等による地盤や構造物への影響の継続的モニタリングの一部とする、面に生じるひび割れなどの変状のほか周辺の照明柱、護壁などの移動や沈下が検知できる。

（1）対象

- ① 桁橋：路面、床版、支承、伸縮装置
- ② 斜張橋：ケーブル、主塔
- ③ 空港全体：照明柱、信号柱、標識板、標識柱、防護柵など

（2）取得データとその処理

① 画像

画像から変状を読み取る技術 AI活用

動画→静止画→ひずみ補正→変状判定

② 加速度

3Dの加速度、速度（1回積分値）、変位（2回積分値）と路面状態の関係を検討する。路面状態と車両の動きを関係付けるシステム。

（3）変状判定システム

位置データを介して、画像からの情報と加速度からの情報を連結することにより、対象物の健全度の状態、変状を評価するシステム。

(4) システム構築にあたって調査、効果確認、実用性等確認が必要な技術、システム

現状において、本計画に参考となるシステム、関連機器は以下である。

○iDREAMs&Infra-Doctor：首都高速道路株式会社

○走行型3Dトンネル点検システム（MIMM-R）SIP 採択

：パシフィックコンサルタツ株式会社

○ドライブレコーダ：NEC+オリエンタルコンサルタツ株式会社

○GLOCAL-EYEZ 及び路面凹凸調査：スマートシティ技術研究所・ニチレキ

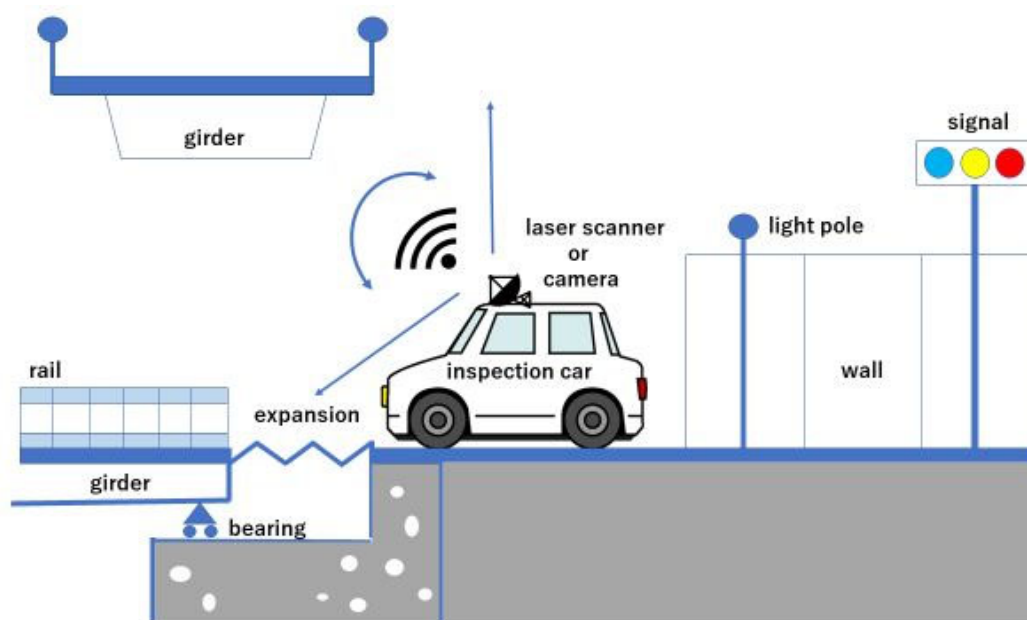


図-3.13 スマート点検車を用いた日常点検

3.3.3 定期点検のスマート化

(1) 点検の実施

羽田空港管内の多くの鋼道路橋の主桁は全溶接構造であり、しかも下フランジとウェブの接合は、下フランジを曲げ上げてウェブと完全溶け込み溶接で接合している。したがって、主桁の点検にはこの構造的特徴を活かすことから、効率化を図ることができると考えられる。点検箇所を絞った点検結果はパソコン上に構築された、詳細な点検シートにしたがって実施される。点検シートはその点検部位に生じる可能性のある変状のデータベースと紐づけられており、必要に応じて参照される。

- 点検シート（すべての点検位置と想定損傷情報を含む）に従う。
- 各構造物について、すべての点検箇所毎の点検シートを用意する。所見＋写真＋スケッチで構成。限定された構造物であることから実現が可能。
- 点検結果はデータベースを参照してリアルタイムで評価。
- 点検箇所毎の点検シートについては、三木らの点検技術者育成ソフト（土木学会論文集）を参照のこと。

(2) 点検のポイント

① 支承部

- 支承部は経年により機能が劣化する可能性が高く、重点点検箇所となる。
- 容易にアクセスできるため、近接目視によって行う。
- 機能の劣化については、継続的なモニタリングにより確認する。

② 主桁外面

- 点検対象箇所はフランジとウェブ間の水平溶接、桁ブロック間の突き合わせ溶接に限定される。溶接の施工性と欠陥の出現可能性から、両溶接線の交差部が重点点検箇所となる。
- 添接板や高力ボルトがないため、点検は外観検査で容易に実施できる。溶接の交差部については全箇所について写真撮影を行う。

ここで、下面、側面からの撮影画像で判定する。首都高速及び周辺からの写真で対応できるかどうかは課題。SIP ではいろいろなカメラや画像処理技術が提案されている。

③ 桁内面

- 主桁外面から検査した溶接部について、桁内面から検査する。すべて近接目視によって行う。

○桁に取り付けられたラテラルガセット、中間ダイアフラム取り付け部、垂直補剛材
上端部は、すべて桁内部からの近接目視点検で可能となる。

④ 鋼床版

○自動車の通過位置に沿った溶接線、縦リブ、横リブの交差部について、重点的に
検査する。近接目視によって行う。

⑤ 鉄筋コンクリート床版の点検

○下面からの写真撮影によって行う。

⑥ 斜張橋のステイケーブル

○桁側及び塔側の定着部について目視点検を行う。変状の可能性があるのは、桁側
である。

(3) 点検結果の評価

新たに構築するインフラ健全度診断フローに従う。

3.3.4 健全度モニタリング

対象構造物の健全度モニタリングとしては、構造物に対する外乱、構造物の応答、構造物の変状に分けて考えられる。健全度モニタリングの外乱と応答、変状の関係を図-3.14に示す。

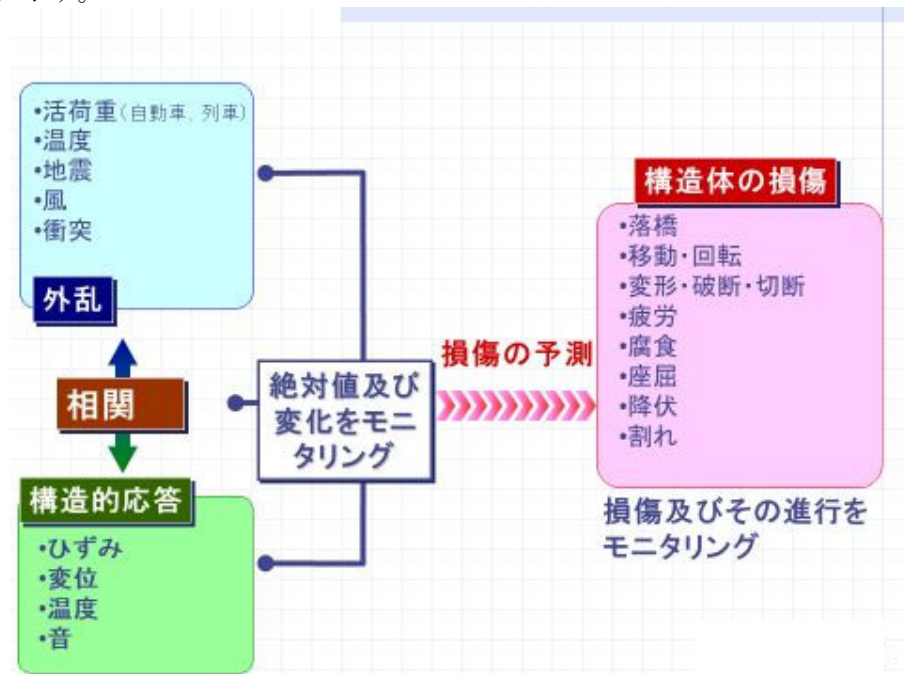


図-3.14 健全度モニタリング（外乱と応答、変状の関係）

(1) 外乱系

- ① 地震
- ② 風
- ③ 降雨
- ④ 温度
- ⑤ 湿度
- ⑥ 降雪
- ⑦ 自動車荷重

(2) 応答系

変状につながる応答、変状の検知につながる応答に限定してモニタリングする。

- ① 支承部の変位（2方向）：地震、温度、自動車荷重との相関で健全度判定
- ② 伸縮装置の間隔：同上
- ③ 主桁のたわみ
- ④ 斜張橋のケーブル：画像で連続観察、異常な挙動を通知。

(3) 変状

疲労亀裂の発生、コンクリートのひび割れ、移動などの変状の発生と進行をモニタリングする。

(4) 構造物の状態監視、シナリオベースのモニタリング

過去の変状、数値解析などにより、生じうる変状とその進行を想定して、モニタリングを行う。

① 地震時の変状

- 桁の移動と支承からの逸脱：最も起きやすい変状
支承部の変位挙動、伸縮装置の移動、落橋防止の変形など
- 端補剛材の局部座屈
- ラテラルの局部座屈、破断

② 基礎の移動（地盤沈下、側方移動など）：極めて遅い現象

- 桁端部 - 支承部の変位挙動

③ 疲労亀裂の発生と進展：鋼床版のみ可能性がある。定期点検のみで十分な可能性あり

- 亀裂発生の可能性の高い位置を焦点とするセンサーを配置する。
- 交通荷重が橋梁に与える影響については、BWIM (Bridge Weigh in Motion) の手法を用いることが有効で、5年に1回の頻度で実施するなどにより、将来にわたっての損傷度の予測が行える。

(5) センサー、データ伝送、データ処理

- ① センサー：精度、耐久性、経済性等で比較する。
- ② 伝送：有線、無線方式について検討が必要である。
- ③ 処理系：ハード、クラウド活用等について検討が必要である。

土木施設等を対象とした健全度モニタリング、特に道路橋を対象とした場合の適用イメージを図-3.15に示す。

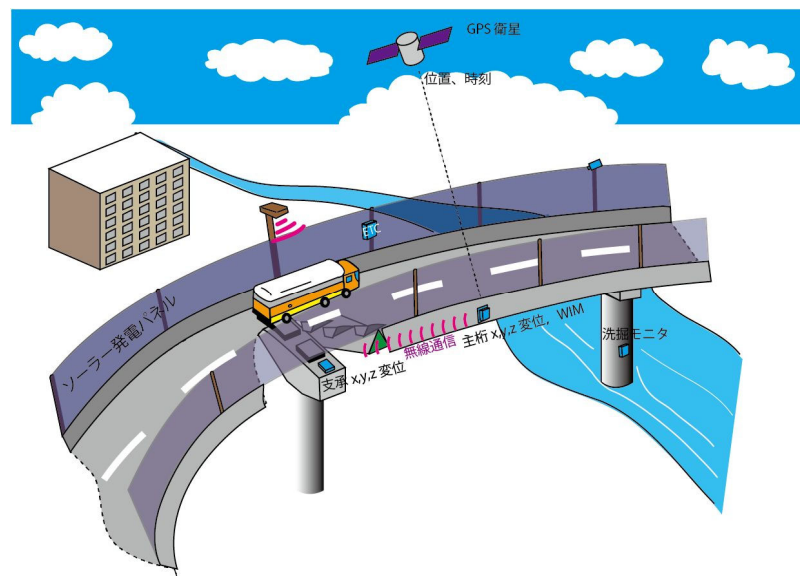


図-3.15 健全度モニタリング 適用イメージ

3.4 まとめ

スマートインフラを進めるインフラスmartマネジメントの計画原案及び種々の要素技術の提案については、費用と効果の関係、研究・開発の現状、機器類の耐久性、実装の実現性、継続性などを踏まえ、羽田空港管内の道路施設管理・運営体制を十分考慮し、予算や投資効果を勘案して導入の方向性や具体的プランを決定する必要がある。

特に、ICTを活用したインフラスmartマネジメントの要素技術は日進月歩であり、引き続き、最新の技術動向の調査と、東京国際空港道路施設スマートマネジメントへの適用性や外部公表の効果等を確認しながら、試験的導入・運用を行い、効果の評価を行うものとする。

また、マネジメントシステムやデータベースの開発、運用に関しては、他の関連するデータベースシステム、今後運用が本格化されるPRISMの国交プラットフォームや、既に運用されている空港施設CALCなどに対して、API※を通じた連携を視野におく必要がある。

※API：Application Programming Interfaceの略。ソフトウェアやプログラムやWebサービスの間をつなぐインターフェースのこと